

钣金冲压工艺窍门

与钣金件设计制造技术方法

及图集典范实用手册

标准分享网提供免费资料下载

www.valveinfo.cn



BAN JIN CHONG YA GONG YI QIAO MEN YU
BAN JIN JIAN SHE JI ZHI ZAO JI SHU FANG
FA JI TU JI DIAN FAN SHI YONG SHOU CE

银声音像出版社

钣金冲压工艺窍门与钣金件设计 制造技术方法及图集 典范实用手册

主编 徐 浩

标准分享网提供免费下载
标准分享网
www.bzfxw.com
免费专业丰富
www.valvechina.cn

银声音像出版社

目 录

第一篇 钣金冲压生产技术

第一章 钣金冲压	(3)
第一节 冲裁件工艺性	(3)
第二节 弯曲件工艺性	(6)
第三节 零件设计的改进	(6)
第四节 零件设计问题	(7)
第二章 钣金冲压技术应用	(8)
第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料	(46)
第一节 基础资料	(46)
第二节 几何作图	(63)
第三节 材 料	(79)
第四章 金属材料 and 热处理工艺	(159)

标准分子网提供免费资料下载

第二篇 钣金冲压件创新设计及应用图集

www.valveinfo.cn

第一章 坯料展开图的作法与设计要点	(195)
第一节 基本几何作图法	(195)
第二节 等径圆管制件展开图画法	(209)
第三节 圆管三通管展开图作法	(216)
第四节 多面体制件展开图的作法	(227)
第五节 圆锥体制件展开图画法	(232)
第六节 方圆过渡管件展开图的作法	(249)
第二章 钣金展开计算机算法	(259)
第三章 钣金冲压精度设计	(322)
第一节 尺寸链的基本知识	(322)
第二节 尺寸链的建立	(326)
第三节 尺寸链的计算	(331)
第四章 铂金冲压模具设计	(344)
第一节 冲压成形理论基础	(344)
第二节 冲压用材料	(362)
第三节 冲压设备的选择	(372)

第四节	冲压生产的技术经济分析	(377)
第五章	经济型冲压模具的设计	(382)
第一节	锌基合金模具	(382)
第二节	聚氨酯橡胶模	(388)
第三节	通用冲模和组合冲模	(394)
第六章	钣金冲压冲裁设计	(401)
第一节	概述	(401)
第二节	实用冲裁工艺设计	(404)
第三节	排样与搭边	(416)
第四节	实用冲裁模具设计	(419)
第七章	钣金冲压件计算机辅助设计制造及其应用图集典范	(441)
第一节	概 述	(441)
第二节	钣金制件计算机辅助设计/制造的主要工作	(451)
第三节	制件模型及坯料展开图的描述	(459)
第四节	数控冲压指令系统	(466)
第五节	钣金计算机辅助设计/制造系统(KMSM)介绍	(482)

标准分享网提供免费资料下载

第三篇 钣金冲压件加工成形技术工艺窍门及典型图例

www.valveinfo.cn

第一章	钣金冲压模具设计制造	(511)
第一节	冲模制造的要求、过程与特点	(511)
第二节	冲模的一般加工方法	(514)
第三节	冲模的装配与调试	(545)
第二章	板料成形性试验与成形性评估	(552)
第一节	基本成形性与模拟成形性	(552)
第二节	圆孔翻边成形极限的确定	(558)
第三章	钣金冲压件机械成形技术工艺	(564)
第一节	弯 曲	(564)
第二节	拉 深	(574)
第三节	拉 形	(583)
第四节	旋 压	(589)
第四章	钣金冲压件手工成形技术工艺	(596)
第一节	弯 曲	(596)
第二节	放 边	(600)
第三节	收 边	(602)
第四节	拔 缘	(604)

第五节	拱 曲	(605)
第六节	卷 边	(608)
第七节	咬 缝	(610)
第八节	矫 正	(611)
第五章	钣金展开技术工艺	(619)
第六章	钣金冲压件弯曲技术工艺	(657)
第一节	弯曲变形过程及变形特点	(657)
第二节	最小弯曲半径	(662)
第三节	弯曲卸载后的回弹	(664)
第四节	弯曲件坯料尺寸的计算	(672)
第五节	弯曲力的计算	(675)
第六节	弯曲件的工艺性	(676)
第七节	弯曲件的工序安排	(680)
第八节	弯曲模设计	(681)
第七章	钣金冲压件拉深技术工艺	(697)
第一节	拉深基本原理	(697)
第二节	旋转体拉深件坯料尺寸的确定	(708)
第三节	圆筒形件的拉深系数	(716)
第四节	圆筒形件的拉深次数及工序件尺寸的确定	(720)
第五节	圆筒形件拉深的压料力与拉深力	(731)
第六节	阶梯形件的拉深	(741)
第七节	盒形件的拉深	(744)
第八节	轴对称曲面形状零件的拉深	(755)
第九节	拉深件的工艺性	(765)
第十节	拉深模	(767)
第十一节	其它拉深方法	(776)
第八章	钣金冲压冷挤压技术工艺	(786)
第一节	概述	(786)
第二节	冷挤压的金属变形	(791)
第三节	冷挤压的材料与坯料准备	(798)
第四节	冷挤压力的确定	(801)
第五节	冷挤压件的工艺性	(808)
第六节	冷挤压工艺过程设计	(810)
第七节	冷挤压模具	(818)
第八节	温热挤压	(828)
第九章	钣金冲压工艺过程的制定	(829)
第一节	制定冲压工艺过程的基础	(829)
第二节	冲压工艺过程与冲模设计要点	(836)

第三节	冲压工艺过程制定实例	(855)
第十章	钣金冲压加工成形工艺图集典范	(865)
第一节	液压成形工艺图集典范	(865)
第二节	埂与波纹成形工艺图集典范	(867)
第三节	拉形工艺图集典范	(877)
第四节	橡胶成形工艺图集典范	(879)
第五节	加热成形工艺图集典范	(880)
第六节	典型件成形工艺图集典范	(885)
第七节	多工序成形工艺图集典范	(891)
第八节	成形技巧图集典范	(898)

第四篇 钣金冲压件的装配制作工艺及图集典范

第一章	钣金产品装配工艺规程	(905)
第二章	钣金分离技术工艺	(918)
第一节	剪切	(918)
第二节	钣金的冲裁	(922)
第三节	精密冲裁	(939)
第四节	钣金冲裁的应用	(953)
第三章	板料冲裁机理分析与试验研究	(963)
第一节	冲裁过程的弹性变形	(963)
第二节	冲裁过程的塑性变形	(974)
第三节	板料冲裁的断裂阶段	(977)
第四节	板料冲裁间隙的试验研究	(978)
第四章	钣金联接技术工艺	(994)
第一节	铆接	(994)
第二节	胀接	(1021)
第三节	螺纹联接	(1032)
第四节	咬缝联接	(1062)
第五章	初级装配技术工艺及图集典范	(1068)
第一节	零部件的组合	(1068)
第二节	简单构件的装配	(1073)
第六章	中级装配技术工艺及图集典范	(1077)
第一节	零部件的组合	(1077)
第二节	典型构件的装配技术工艺	(1082)
第七章	高级装配技术工艺及图集典范	(1091)

第一节	装配的工艺要领	(1091)
第二节	机架的装配工艺	(1092)
第八章	钣金矫形技术工艺	(1108)

第五篇 各种钣金件设计制作技术要点


第一章	汽车钣金手工成型设计制作技术要点	(1125)
第一节	弯 曲	(1125)
第二节	放边与收边	(1127)
第三节	拔 缘	(1130)
第四节	起 拱	(1133)
第五节	卷 边	(1135)
第六节	咬 缝	(1136)
第七节	制 筋	(1139)
第八节	矫 正	(1140)
第二章	汽车钣金修理加工技术要点	(1146)
第一节	车身钢板	(1146)
第二节	凹凸表面的整形	(1149)
第三节	表面收缩整形	(1154)
第四节	皱褶的展开整形	(1155)
第五节	螺钉连接、铆接与粘结	(1156)
第三章	管件冲压设计制作技术要点	(1164)
第一节	管材端面切断模具	(1164)
第二节	管材形状端面冲裁模具	(1171)
第三节	管壁冲孔模	(1174)
第四章	油罐与工业容器设计制作技术要点	(1180)
第一节	大型地下油罐放样装配工艺	(1180)
第二节	贮氨容器的放样、备料与装配	(1182)
第五章	通风机机壳设计制作技术要点	(1194)
第六章	起重机主梁设计制作技术要点	(1196)
第一节	阅读图纸	(1196)
第二节	腹板、盖板和隔板的下料	(1201)
第三节	主梁的装配、焊接顺序	(1202)
第四节	主梁变形的矫正	(1205)

第六篇 钣金冲压新型设备应用与维护

第一章	钣金折边机械设备应用与维护	(1209)
第二章	曲柄压力机械设备应用与维护	(1216)
第三章	三辊卷板机械设备应用与维护	(1236)
第四章	钻床设备应用与维护	(1239)
第五章	常用工夹量具设备应用与维护	(1244)
第六章	计算机控制技术	(1283)
第一节	几个基本概念	(1283)
第二节	自动控制系统的分类	(1287)
第三节	计算机控制系统的组成	(1291)
第四节	工业控制计算机特点和种类	(1294)
第五节	过程输入输出通道	(1295)
第六节	自动控制系统的性能指标	(1298)
第七节	PID 控制规律及 DDZ - III 型调节器	(1302)
第八节	计算机控制系统的分类	(1314)
第七章	计算机过程控制系统应用	(1318)
第一节	概 述	(1318)
第二节	集散控制系统	(1320)
第三节	可编程序控制器	(1329)
第四节	现场总线控制系统	(1339)
第五节	综合自动化系统	(1348)
第八章	钣金生产设备的使用与维护	(1352)
第一节	正确使用与维护设备的意义	(1352)
第二节	设备技术状态的完好标准	(1353)
第三节	设备的使用管理	(1357)
第四节	设备的维护管理	(1360)
第五节	设备维护情况的检查评比	(1364)
第六节	设备故障与事故管理	(1366)
第九章	钣金冲压机械故障诊断及其处理	(1374)
第一节	机械故障诊断概述	(1374)
第二节	故障特征参量	(1376)
第三节	机械故障诊断的一般思维方法	(1378)

第七篇 钣金件质量检测与产品验收技术

第一章	钣金冲压质量检验	(1397)
第一节	质量检验的职能及其活动	(1397)
第二节	质量检验的任务和方式	(1399)
第三节	检验质量职能的实施	(1403)
第四节	常用的质量检验方法	(1407)
第二章	钣金冲压初级工质量检验技能	(1411)
第一节	线性尺寸的检验	(1411)
第二节	构件形状的检验	(1412)
第三章	钣金冲压中级工质量检验技能	(1414)
第一节	形状和位置检验	(1414)
第二节	焊缝检验	(1421)
第四章	钣金冲压高级工质量检验技能	(1423)
第一节	测量基准转换及尺寸计算	(1423)
第二节	无损检测知识	(1425)
第五章	钣金冲压件统计检验	(1430)
第一节	统计检验原理	(1430)
第二节	预防性抽样检验	(1431)
第三节	产品的抽样检验	(1452)
第六章	钣金冲压检验方式与程度	(1460)
第一节	检验方式的分类	(1460)
第二节	检验程度	(1468)
第七章	检验误差分析	(1471)
第一节	标准误差	(1471)
第二节	环境误差	(1474)
第三节	测量误差	(1476)
第四节	检验员误差	(1493)
第八章	钣金冲压生产企业质量管理体系通用文件示例	(1497)
第一节	制造业质量手册示例	(1497)
第二节	制造业部门工作手册示例	(1575)



第一篇 钣金冲压 生产技术

第一章 钣金冲压

第一节 冲裁件工艺性

一、当孔位和孔距是关键尺寸时的工艺性

当只有两个孔和孔距是关键尺寸时,工艺性最好的形状如图 1-1 所示。为了外观,图 1-2 工艺性较好,圆头较差(图 1-3),因孔位偏时,圆头比方头更显著。复杂形状也是这样(图 1-4)。需要圆角时,圆弧以不与直边相切为好(图 1-5 和图 1-6)。

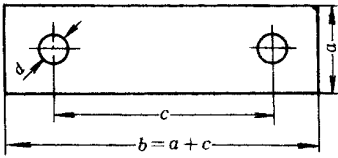


图 1-1



图 1-2

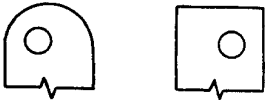


图 1-3

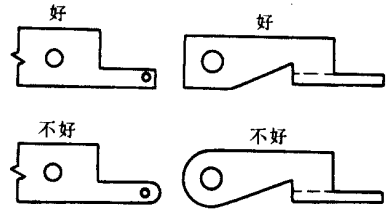


图 1-4

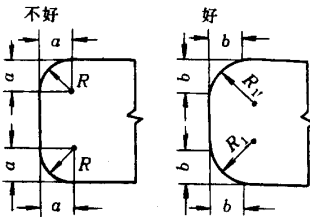


图 1-5

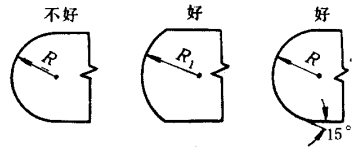
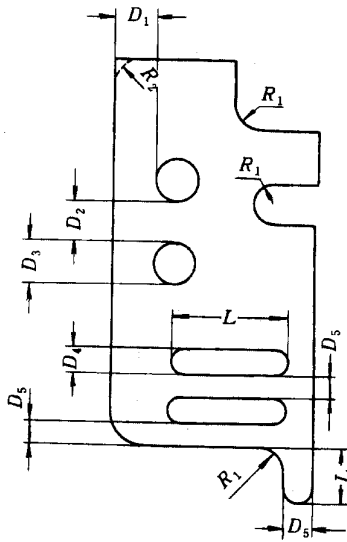


图 1-6

二、孔距、边距与圆角半径

最小尺寸见图与表



R_1	推荐 4mm 或 $2t$		
R_2	$2t_{\min}$		
D_1	t	有色金属	黑色金属
或	1.59 以下	3	3
D_2	1.6 ~ 9.7	3 或 $1.5t$ 用大数	$2t$
D_3	除合金钢用 α_{\min} 外, 其余 $1.0t$ 或 α_{\min}		
D_4	t	宽	
或	0.8 以下	1.53	
D_5	0.85 ~ 3.18	$2t$	
	3.2 ~ 9.7	$2.5t$	

t —板料厚度。

三、密集孔的安排

图 1-8 的孔布局比图 1-7 好, 因为在以后的成形中(图 1-9)可制出加强埂等形状。

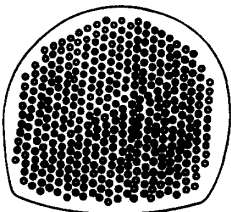


图 1-7

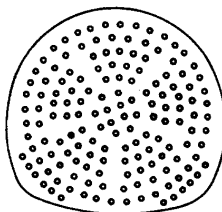


图 1-8

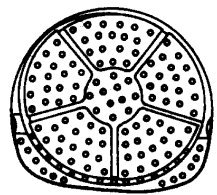


图 1-9

四、冲裁件的改进设计

图 1-10 所示将分散的板金件固定在铸成的塑料座内,不如将板金件制成图 1-11 所示的整体形状(图 1-11a),铸在塑料座内后,再用盘铣刀一次铣出所要求的工件(图 1-11b)。

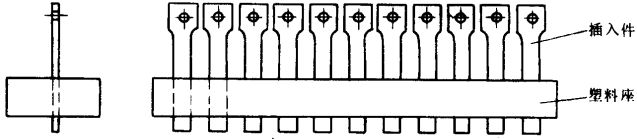
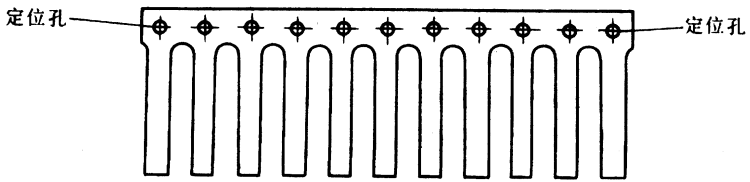
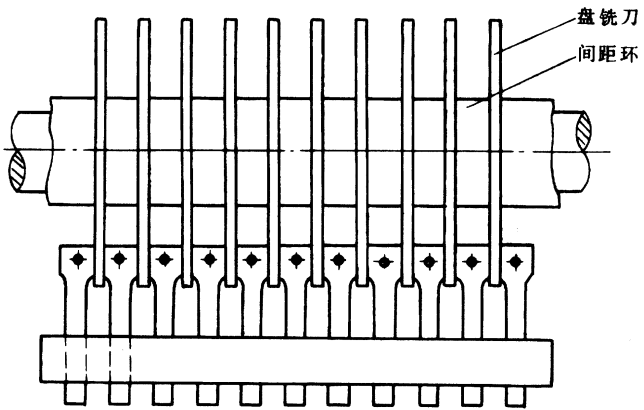


图 1-10



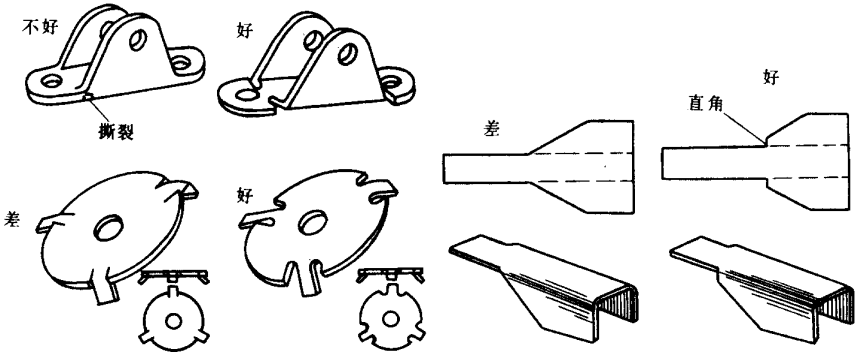
a)



b)

图 1-11

第二节 弯曲件工艺性



第三节 零件设计的改进

图 1-12 是机加工的铸件,图 1-13 是铣制作与冲压件焊成的,形状略有改进。若改成图 1-14 用两个冲压件焊在一起,效果要好得多;图 1-15 所示更好,图 1-16 最好。图 1-17 所示的装配件,不如图 1-18 的整体冲压件。

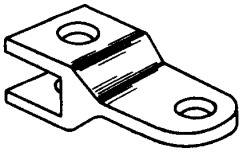


图 1-12

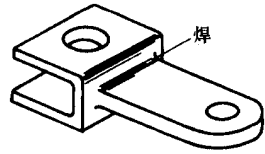


图 1-13

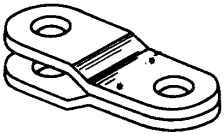


图 1-14

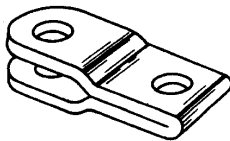


图 1-15

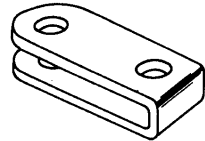


图 1-16

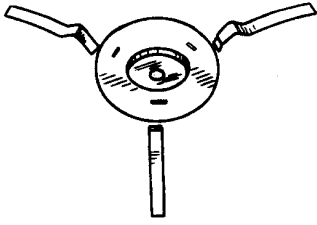


图 1-17

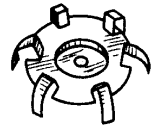


图 1-18

第四节 零件设计问题

将方板料四角裁掉或折叠起来制成方匣,对于一定的板面积,使 $x = a/6$,得到的方匣有最大的容量(图 1-19)。

对于由面积一定的毛料压延成的筒形件,当 $h = d/2$ 时,容量最大(图 1-20)。

当几种板金件混在一起如图 1-21 所示,为了避免互相交叉在一起,应使 $A > B, C > D$ 。

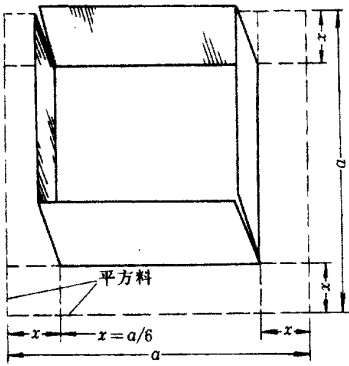


图 1-19

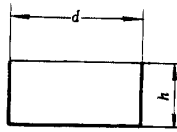


图 1-20

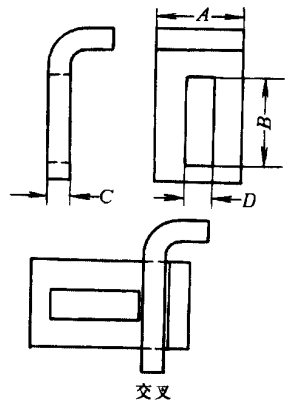


图 1-21

第二章 钣金冲压技术应用

一、钣金与制图






1. 图线

工程图样是产品制造中的基本技术文件和表达技术思想的重要工具。画出的图样不仅应完整清晰、准确无误,在图样中的图线也要遵循有关的标准规定。

图线及应用范围见表 2-1

表 2-1

图线及应用范围

图线名称	图线型式	代号	图线宽度	应用范围
粗实线		A	b	可见轮廓线 可见过渡线
细实线		B	约 $b/3$	尺寸线及尺寸界线 剖面线 重合剖面的轮廓线 螺纹的牙底线及齿轮的齿根线 引出线 分界线及范围线 弯折线 辅助线 不连续的同—表面的连线 成规律分布的相同要素的连线
波浪线		C	约 $b/3$	断裂处的边界线 视图和剖视的分界线
双折线		D	约 $b/3$	断裂处的边界线
虚线		F	约 $b/3$	不可见轮廓线 不可见过渡线

图线名称	图线型式	代号	图线宽度	应用范围
细点划线		G	约 $b/3$	轴线 对称中心线 轨迹线 节圆及节线
粗点划线		J	b	有特殊要求的线或表面的表示线
双点划线		K	约 $b/3$	相邻辅助零件的轮廓线 极限位置的轮廓线 坯料或毛坯图中制成品的轮廓线 假想投影轮廓线 试验或工艺用结构(成品上不存在)的轮廓线 中断线

(1)图线宽度 b 通常按图的大小和复杂程度并以推荐的系列来进行选择。

(2) b 的推荐系列值为 :0.18mm(由于图样复制中所存在的困难 ,应避免采用) ,
0.25mm 0.35mm 0.5mm 0.7mm 1mm 1.4mm 2mm。

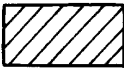

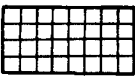

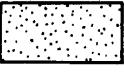
(3)通常选择 b 值为 0.5 ~ 2mm ,工程图样中推荐 $b = 1.4\text{mm}$ 和 $b = 1\text{mm}$ 。





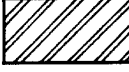
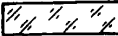




2. 剖面符号

剖面符号仅表示材料的类型 ,而材料的名称和代号必须另行注明。剖面符号参见表 2-2。

表 2-2

剖面符号

符 号	应 用 范 围
	金属材料(已有规定剖面符号者除外)
	非金属材料(已有规定剖面符号者除外)
	线圈绕组元件
	转子、电枢、变压器和电抗器等的叠钢片
	型砂、填砂、粉末冶金、砂轮、陶瓷及硬质合金刀片等

符 号	应 用 范 围	
	本质胶合板(不分层数)	
	基础周围的泥土	
	混凝土	
	钢筋混凝土	
	砖	
	玻璃及供观察的其它透明材料	
	格网(筛网、过滤网等)	
	木 材	纵剖面
		横剖面
	液 体	

- 注 1. 叠钢片的剖面线方向,应与束装中叠钢片的方向一致。
 2. 由不同材料嵌入或粘贴在一起的成品,用其中主要材料的剖面符号表示。
 3. 在装配图中,宽度 $\leq 2\text{mm}$ 的狭小面积的剖面,可用涂黑代替剖面符号。如果是玻璃或其它不宜涂黑的材料,可不画剖面符号。
 4. 液面用细实线绘制。

3. 图样画法

(1) 视图

1) 视图名称及投影影示法(见表 2-3)。

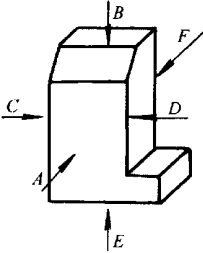
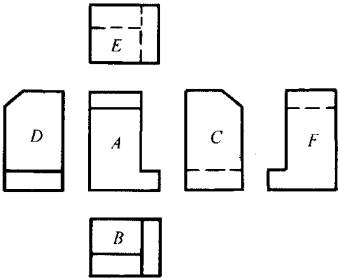
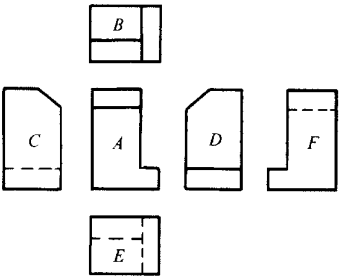
2)视图配置 我国及英国、法国、瑞士、俄罗斯等多数欧洲国家、经互会都是以第一角投影为主,而有些国家如美国、日本、澳大利亚等是以第三角投影法为主的。

3)基本视图 基本视图指机件向基本投影面投影所得的视图。基本投影面规定为正六面体的六个面,在同一张图纸内配置基本视图时,一律不标注视图名称,如图 2-1 所示。如不能按图 2-1 所示配置视图时,应在视图的上方标出视图的名称,在相应的视图附近用箭头指明投影方向,并注上同样的字母。

4)斜视图 斜视图指机件向不平行于任何基本投影的平面投影所得的视图。画斜视图时,必须在视图的上方标出视图的名称—— \times 向,在相应的视图附近用箭头指明投影方向,并注上同样的字母,如图 2-2 所示。

斜视图一般按投影关系配置,必要时也可配置在其它适当位置。为了不致引起误解时,允许将图形旋转,但需标注“ \times 向旋转”。

表 2-3 视图名称及投影方法

投影方法	视 图	
	第一角 (E)	
	第三角 (A)	

注:A方向为前视图(主视图);B方向为俯视图;C方向为左视图;D方向为右视图;E方向为仰视图;F方向为后视图。

5)局部视图 局部视图如图 2-3 所示,是将机件的某一部分向基本投影面投影而得的视图。画局部视图时,一般要在局部视图上方标出视图的名称“ \times 向”,在相应的视图附近用箭头指明投影方向,并注上同样的字母。当局部视图按投影关系配置,中间又没有其它图形隔开时,可省略标注。

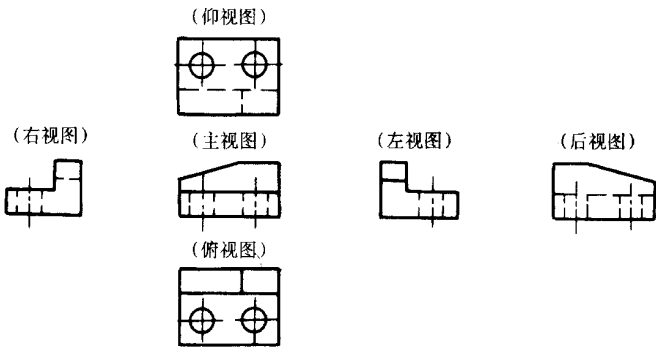


图 2-1 基本视图

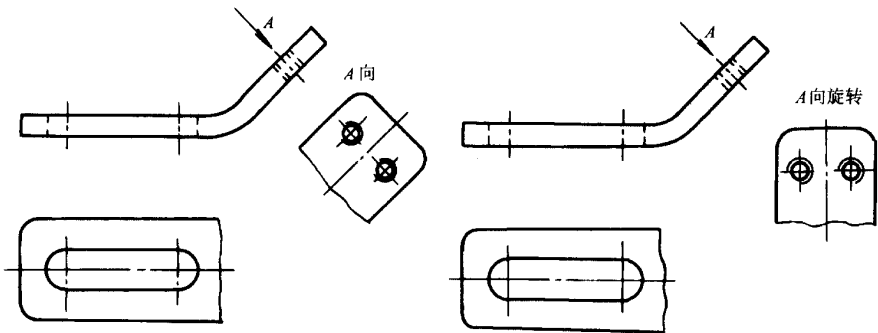


图 2-2 斜视图

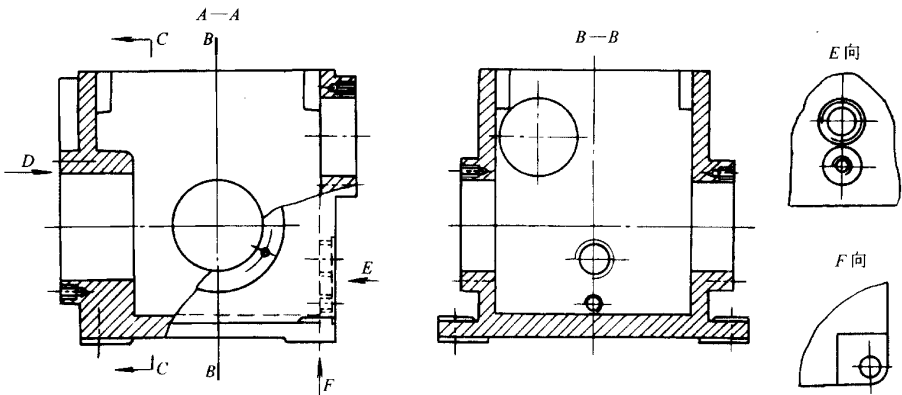


图 2-3 局部视图

局部视图和局部的斜视图的断裂边界应以波浪线表示；当所表示的局部结构是完整的，且外轮廓线又成封闭时，波浪线可省略不画。

6) 旋转视图 旋转视图是假想将机件的倾斜部分旋转到与某一选定的基本投影面平行后再向该投影面投影所得的视图，如图 2-4 所示。

(2) 剖视

1) 剖切面

① 单一剖切图面 如图 2-5 所示，单一剖切面一般是用平面来剖切机件，但也可采

用柱面剖切机件——剖视图要展开绘制。

②两相交的剖切平面 这种剖切法又称为旋转剖,如图 2-6 所示,用两个相交且垂直于某一基本投影面的剖切平面去剖开机件。画剖视图时,先假设按剖切位置切开机件,然后将剖切平面剖开的结构及其有关部分旋转转到与选定的投影面平行再进行投影。

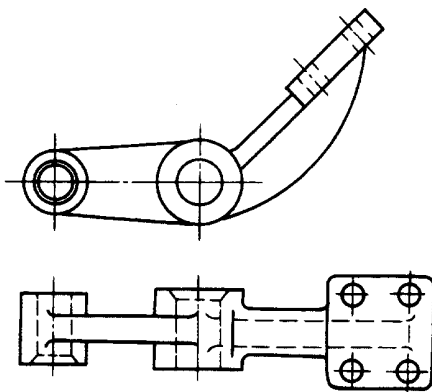


图 2-4 旋转视图

在剖切平面后的其它结构一般仍用原来位置投影(见图 2-6a)。当剖切后产生不完整要素时,应将此部分按不剖绘制(见图 2-6b)。

③几个平行的剖切平面,这是用几个平行的剖切平面剖开机件的方法,又称为阶梯剖视,如图 2-7 所示。采用这种方法画剖视图时,在图形内不应出现不完整的要素,仅当两个要素在图形上具有公共对称中心线或轴线时,可以各画一半,此时应以对称中心线或轴线为界(见图 2-7b)。

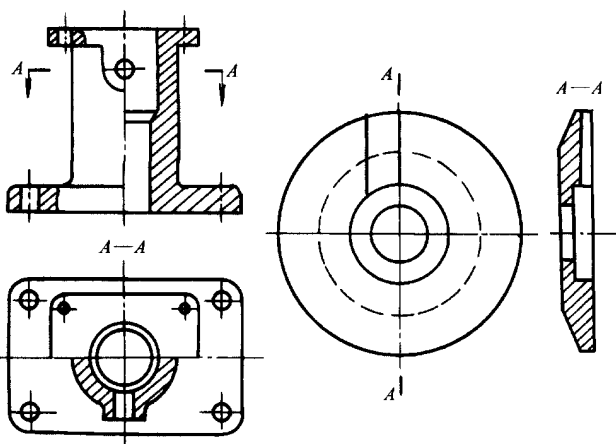


图 2-5 单一剖切面

④组合的剖切平面,如图 2-8 所示,除旋转、阶梯剖以外,用组合的剖切平面剖开机件的方法称为复合剖。采用这种方法画视图时,可采用展开画法,但在此时应标注“×—×展开”。

⑤不平行于任何基本投影面的剖切平面又称斜剖,指用不平行于任何基本投影面的剖切平面来剖开机件。采用这种方法画剖视图,在不产生任何误解时,允许将图形旋转,标注形式为“×—×旋转”。

2) 剖视

①全剖视图 指用剖切面完全地剖开机件所得的剖视图。

②半剖视图 如图 2-9 所示,当机件具有对称平面时,在垂直于对称平面的投影面上投影所得的图形,可以对称中心线为界,一半画成剖视,另一半画成视图。当机件形状

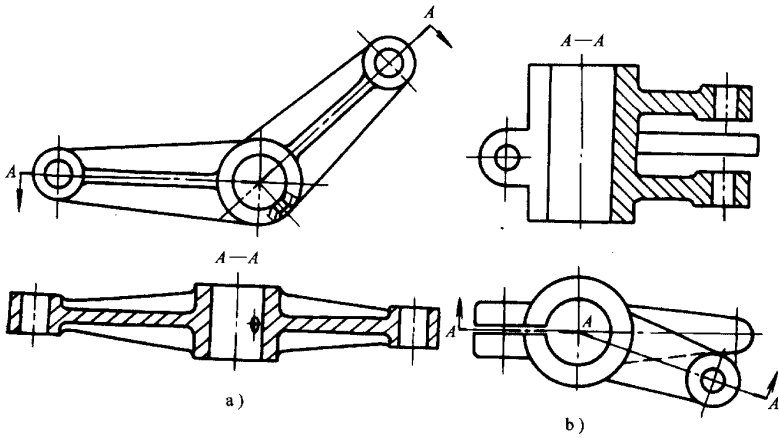


图 2-6 两相交的剖切平面

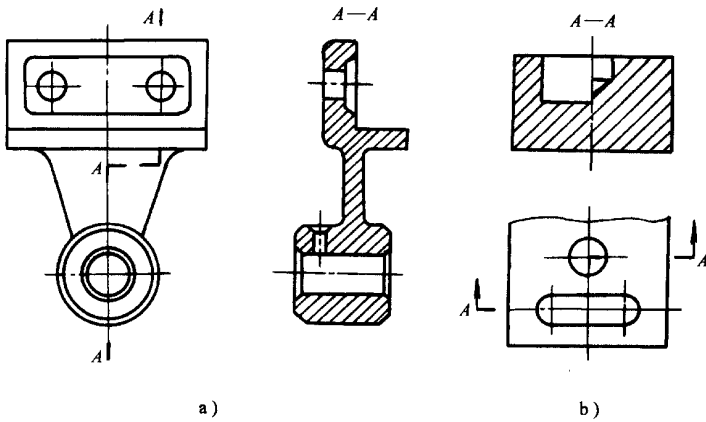


图 2-7 几个平行的剖切平面

接近于对称,且不对称部分已另有图形表达清楚时,也可以画成半剖视。

③局部剖视图 如图 2-10 所示,局部剖视图就是用剖切平面局部地剖开机件。局部剖视图用波浪线分界,波浪线不应和图样上的其它图线重合。当被剖结构为回转体时,允许将该结构的中心线作为局部剖视与视图的分界线。

(3) 剖面

1) 移出剖面 如图 2-11 所示,移出剖面的轮廓线用粗实线绘制。移出剖面应尽量配置在剖切符号或剖切平面迹线的延长线上。剖面图形对称时,也可画在视图的中断处。在不致引起误解时,允许将图形旋转,其标注形式为“ $\times - \times$ 旋转”。必要时可将移出剖面配置在其它适当的位置。由两个或多个相交的剖切平面剖切得出的移出剖面,中间一般应断开。

当剖切平面通过回转面形成的孔或凹坑的轴线时,这些结构按剖视绘制。当剖切平面通过非圆孔,会导致出现完全分离的两个剖面时,则这些结构应按剖视绘制。

2) 重合剖面 如图 2-12 所示,轮廓线与重合剖面的图形重叠时,视图中的轮廓线仍应连续画出,不可间断。对称的重合剖面不必标注。

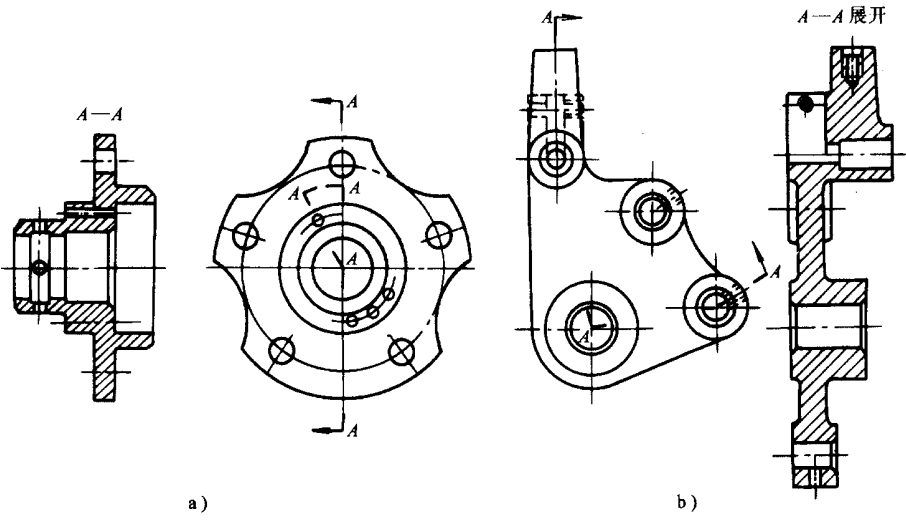


图 2-8 组合的剖切平面

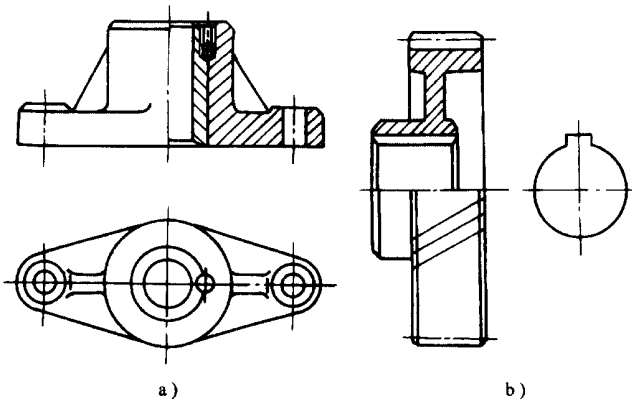


图 2-9 半剖视图

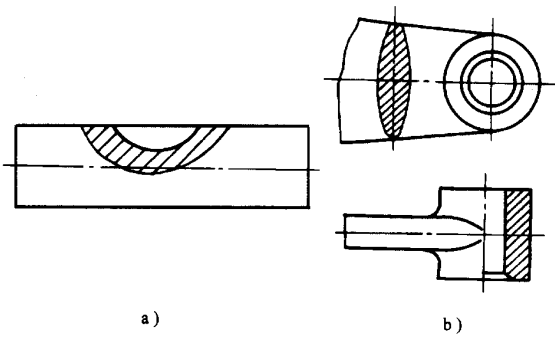


图 2-10 局部剖视图

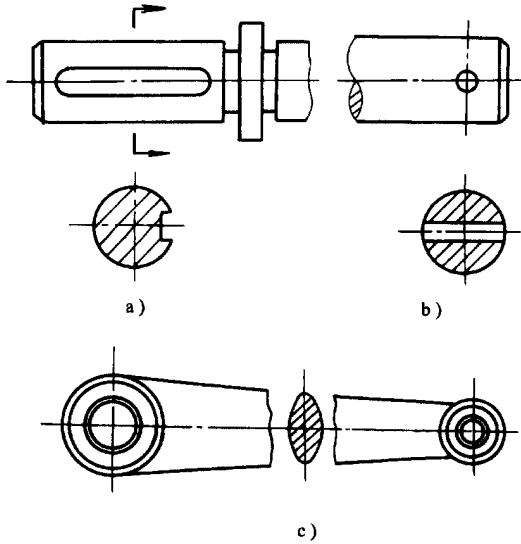


图 2-11 移出剖面

二、基本几何图形的作法

1. 直线

(1)直线的作法

1)短直线的作法 在小型物件上划线时,当所划直线 $\leq 1000\text{mm}$ 时,可用划针或石笔紧靠直尺的一侧进行。注意在划直线时划针(或石笔)应倾斜一定的角度,如图 2-13 所示。

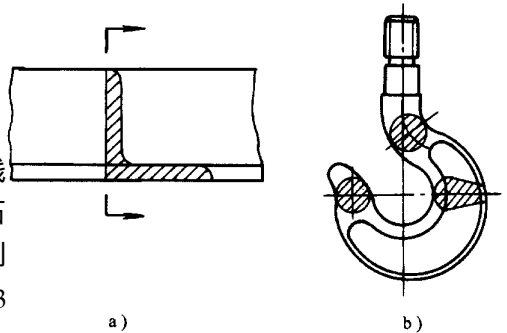


图 2-12 重合剖面

2)中长直线的作法 当所划直线为 $1000 \sim 8000\text{mm}$ 时,可采用粉线弹出,如图 2-14 所示。通常在直线大于 4000mm 时,应弹两次粉线,且以两线重合为准。

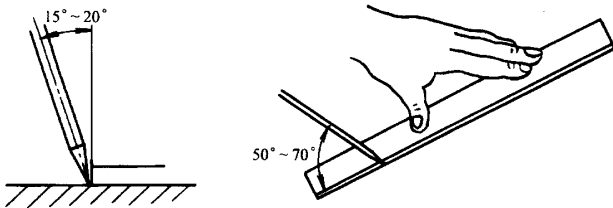


图 2-13 短直线的作法



图 2-14 中长直线的作法

3)长直线的作法 当所划直线大于 8000mm 时,可用小于 $\phi 1\text{mm}$ 的钢丝,用弹簧拉紧并托以垫块,然后再用 90° 角尺靠紧钢丝一侧并在其下端定出若干点数,再用粉线以三点弹成直线而成,如图 2-15 所示。

(2)垂线的作法

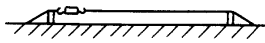


图 2-15 长直线的作法

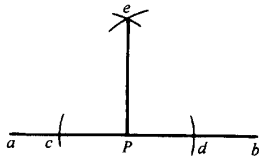


图 2-16 垂线的作法 I

1)作直线上点的垂线 如图 2-16 所示,以 P 点为中心,取适当长度为半径画弧交直线 ab 于 c 、 d 两点,分别以 c 、 d 点为中心,取大于前一半径的距离为半径画圆弧得出交点为 e ,连接 eP ,则得到 $eP \perp ab$ 。

2)作直线外点的垂线 如图 2-17 所示,以 P 点为中心,取大于直线 AB 至 P 点的距离的长度为半径画圆弧,交直线 AB 于 c 、 d 点,分别以 c 、 d 点为中心,以大于 cd 线一半的长度为半径画圆弧交点为 e ,连接 eP ,则 $eP \perp AB$ 。

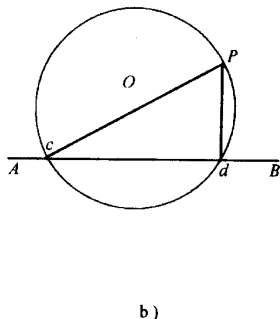
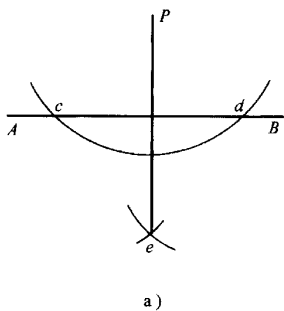


图 2-17 垂线的作法 II

3)作直线端点的垂线 如图 2-18a 所示,在直线 ab 外任取一点 O ,以 O 为中心,取 Ob 为半径画圆交 ab 于 c 点;连接 cO 并延长交圆于 d 点,连接 bd ,则 $bd \perp ab$ 。

又如图 2-18 中 b 所示,可用勾股弦法作出。在直线 ab 上取适当的长度为 L ,然后从 b 点开始量取 $bd = 4L$;再以 b 、 d 为

顶点,分别取 $3L$ 、 $5L$ 为长度为半径画圆弧得交点为 c ,连接 bc ,则 $bc \perp ab$ 。

(3)平行线的作法

1)作相距为 S 的平行线 如图 2-19 所示,在直线 ab 上任取两点为中心,以 S 长为半径画两圆弧,作出两圆弧的切线 cd ,则 $cd \parallel ab$ 。

2)过直线外一点作平行线 如图 2-20 所示,以直线 ab 外的已知点 P 为中心,取大于 P 点到 ab 的距离的长度为半径画圆弧交 ab 于 e 点;以 e 为中心,同样的半径画圆弧交 ab 于 f 点。仍以 e 为中心,取 $f-P$ 的长度为半径画圆弧,与第一次所画的圆弧交于 g 点,过 P 、 g 两点作直线 cd ,则 $cd \parallel ab$ 。

2. 曲线

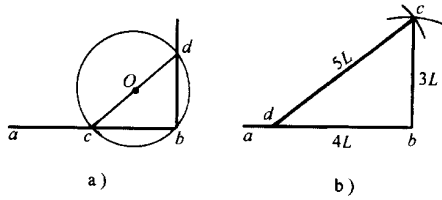


图 2-18 垂线的作法 III

(1) 圆弧的作法

1) 作图法 作图法又分为准确和近视两种,通常应用作图法来作圆弧的构件尺寸较小。

① 圆弧的准确作法 如图 2-21 所示,是用已知弦长和弦高求作圆弧。在图 2-21a 中,先连接 ac 、 bc ,并分别求作这两条直线的垂直平分线且相交于 O 点,再以 O 为中心, $a-O$ 长度为半径画圆弧,即得。

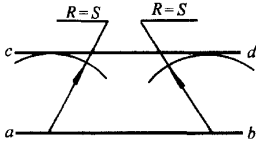


图 2-19 平行线作法 I

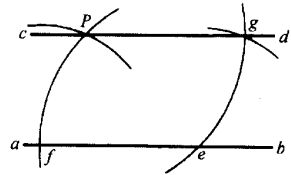


图 2-20 平行线作法 II

在图 2-21b 中,分别过 a 、 c 两点作 cd 和 ab 的平行线而得到矩形 $adce$,再连接 ac ,且过 a 点作 ac 的垂直线并交 ce 的延长线于 f 点;在 ad 、 cf 、 ae 线上各截取相同的等分(图中为四等分);分别连接 ad 与 cf 上的等分点以及 ae 上的等分点与 c 相连,可得到一组对应交点,然后圆滑连接这些对应交点,即得所求圆弧。

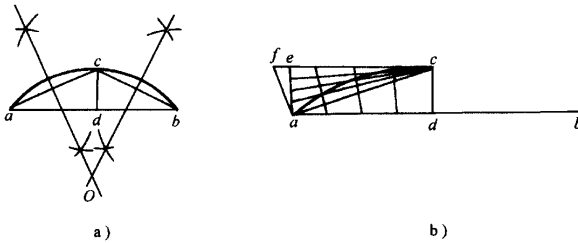


图 2-21 圆弧的准确作法

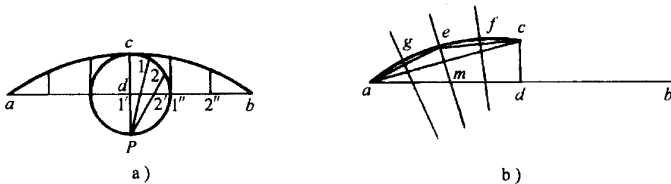


图 2-22 圆弧的近似作法

② 圆弧的近似作法 如图 2-22 所示,也是已知弦长和弦高。在图 2-22a 中,以 d

为中心, cd 为半径画圆, 延长 cd 线与圆交于 p 点, 将 $1/4$ 圆周和 $ab/2$ 作相同的等份(图中为三等分), 得 $1、2$ 点和 $1'、2'$ 点, 连接 $1-p、2-p$ 与 ab 交于 $1'、2'$ 点, 分别以 $2-1'$ 和 $2-2'$ 的长度在 ab 的 $1'、2'$ 点的向上垂线上截取等同长度, 然后圆滑连接各点, 即得出所求的近似圆弧。

在图 2-22b 中, 连接 ac 且作 ac 线的垂直平分线, 与 ac 交于 m 点, 从 m 点向上截取 $cd/4$ 的长度为 e 点, 再连接 $a-e$ 和 $c-e$, 并作两线的垂直平分线, 同理量取 $em/4$ 的长度可得 $f、g$ 点, 如果不要, 按同样的方法还可作出若干点, 然后圆滑连接所求各点, 可得到所求的近视圆弧。

2) 计算法 当求作的圆弧较大时可采用此方法。

① 若已知弦长和弦高时, 如图 2-23 所示, 其计算公式为:

$$\eta = h - \frac{4H}{B^2} X^2$$

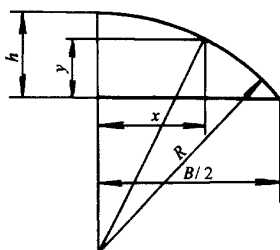


图 2-23

② 已知半径和圆心角时, 如图 2-24 所示, 其计算公式为:

$$L = R \frac{\pi\alpha}{180^\circ}$$

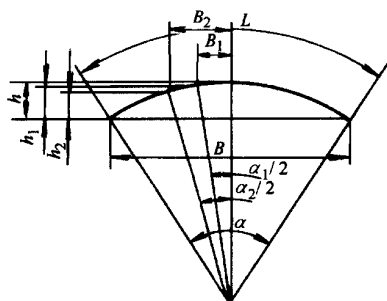


图 2-24

$$B_n = R \sin \frac{\alpha_n}{2}$$

$$h_n = R \left(\cos \frac{\alpha_n}{2} - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

(2) 椭圆的作法

1) 已知长轴作椭圆

① 长轴三等分法 如图 2-25 所示, 先将长轴 ab 三等分, 等分点为 O_1 和 O_2 , 分别以

O_1 和 O_2 为圆心, 取 aO_1 为半径画两圆, 相交于 1、2 两点。再分别以 a 、 b 为圆心, 仍以 aO_1 为半径画圆弧交两圆于 3、4、5、6 各点, 然后以 1、2 为中心, 取 2—3 点长度为半径分别画弧 $\widehat{35}$ 和 $\widehat{46}$, 即完成所求之椭圆。

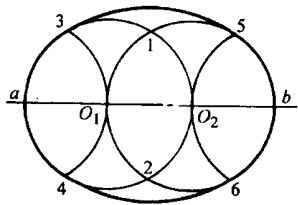


图 2-25 椭圆的作法 I

②长轴四等分法 如图 1-26 所示, 先将长轴 ab 四等分, 再分别以 O_1 和 O_2 为圆心, 取 $ab/4$ 为半径作两圆; 再以 O_1 和 O_2 为中心, 取 $O_1 - O_2$ 的距离为半径画圆弧分别相交于 1、2 两点, 连接 $1O_1$ 并延长交圆周于点 3, 同样可求出 4、5、6 点, 然后以 1、2 为中心, 取 13 为半径画圆弧 $\widehat{34}$ 和 $\widehat{56}$, 即得出所求的椭圆。

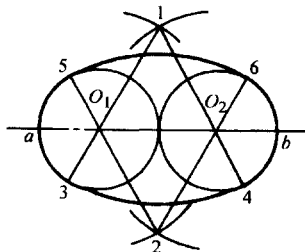


图 1-26 椭圆的作法 II

2) 已知短轴作椭圆如图 1-27 所示, 取短轴 cd 的中点为 O , 过 O 点作 cd 的垂直线, 且以 O 为圆心, cO 为半径所画的圆相交于 a 、 b 两点; 再分别以 c 和 d 为中心, 取 $c-d$ 的距离为半径画圆弧, 并与 ca 、 cb 和 da 、 db 的延长线交于 1、2、3、4 各点, 然后以 a 、 b 为中心, 取 $1a$ 为半径画圆弧 $\widehat{13}$ 和 $\widehat{24}$, 即完成所求的椭圆。

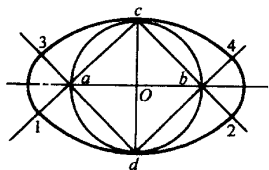


图 2-27 椭圆的作法 III

3) 已知长轴和短轴作椭圆

①四心作法如图 1-28 所示, 先连接 ac ; 以 O 为中心, aO 长为半径画圆弧, 与 Oc 的延长线交点为 1; 再以 c 为中心, $1c$ 的长度为半径画圆弧与 ac 的交点为 2; 然后作直线 $a2$ 的垂直平分线并与 ab 与 cd 得交点 3、4。同样还可求得 5、6 两点。接着以点 3、5 分别为中心, $a3$ 长度为半径画圆弧; 与以点 4、6 分别为中心, $c4$ 长度为半径所画圆弧相接, 即得所求椭圆。

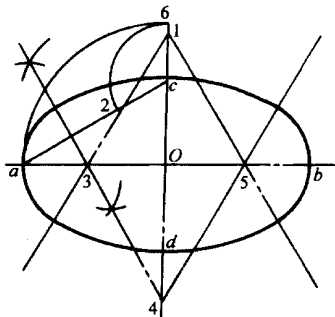


图 2-28 椭圆的作法 IV

②半径作法如图 2-29 所示, 首先以长轴的两端点 A 、 B 为中心, 以 $R = 0.7$ 短轴长度— 0.2 长轴长度为半径画圆弧与 AB 交于 1、2 点; 再分别以 1、2 点为中心, 以相同的 R 为半

径画两圆且得交点 j, k, l, m 连接 $i-l$ 并延长与 $m-2$ 的延长线相交于 3 点 ; 同样可求得 4 点。然后以 3、4 点为中心 $3c$ 长为半径画圆弧 , 得到所作椭圆。

③矩形法 如图 2-30 所示 , 首先是以长、短轴尺寸为边长作一矩形 ; 再将长轴与矩形的短边作相同的等分 (图中 $n=4$) ; 过短轴的两个顶点与长轴上的等分点连接且延长 , 与矩形短边靠近的 $1/2$ 边上的等分点连线对应相交得一组交点 ; 圆滑连接这些所求交点 , 即得到所求的椭圆。

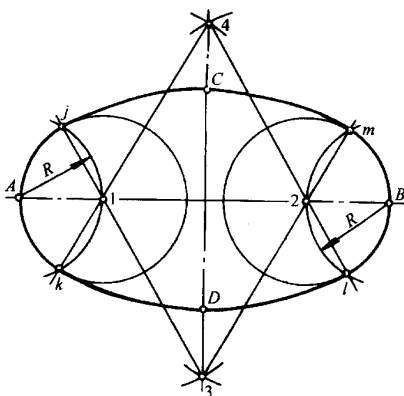


图 2-29 椭圆的作法 V

④同心作法 如图 2-31 所示 , 以 O 为圆心 , 长轴的 $1/2$ (Oa) 和短轴的 $1/2$ (Oc) 为半径画两个同心圆 , 再将大圆的圆周进行等分 (图中为 $n=12$) 并作对称连线 ; 由大圆上各等分点 , 分别引 ab 轴的垂线 , 与小圆周上的各对应点 , 所作的 ab 的平行线相交得交点 ; 用圆滑曲线连接这些交点即得到所求椭圆。

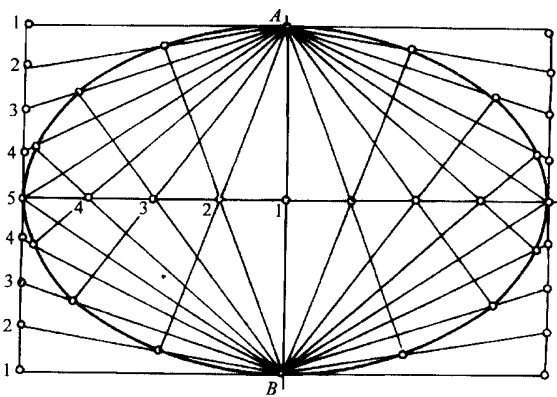


图 2-30 椭圆的作法 VI

同心作法所求的椭圆最准确。

标准椭圆即长轴是短轴长度的两倍。

且采用同心作法求出。

(3) 心形圆的作法 如图 2-32 所示 , 以 O_1 为中心 , 取 $R-r$ 为半径画圆弧交圆 O_2 于 1、2 两点 , 连接 O_1-1 和 O_1-2 并延长与圆 O_1 圆周上交于 3、4 两点 ; 再分别以点 1 和 2 为中心 , 取 r 为半径画圆弧 $\widehat{3O_2}$ 、 $\widehat{4O_2}$, 则 $\widehat{34}$ 、 $\widehat{4O_2}$ 、 $\widehat{3O_2}$ 组成一个心形圆。

(4) 卵圆的作法

1) 已知卵圆的宽度 如图 2-33 所示 , 以已知卵圆的宽度 ac 的中点为圆心 (中点设为 O) , ac 为半径画圆 , 且与垂直中心线交于 e 点 ; 连接 ae 、 ce 并延长 , 再分别以 a 、 c 为中心 , 以 ac 长为半径各画一圆弧交延长线于 f 点 ; 然后以 e 为中心 , ef 为半径画圆弧 ; 即得到所求的卵圆。

2) 已知卵圆的长度和宽度 如图 2-34 所示 , 过 O_2 作 O_1O_2 的垂直线交圆 O_2 圆周于

c 、 d 两点 截取 $ce = r$ 且连接 $e-O_1$ 并作 eO_1 的垂直平分线 交 cd 的延长线于 1 点 同理可得出 2 点。连接 $1O_1$ 和 $2O_1$ 并延长交圆 O_1 的圆周于 3、4 两点 分别以 1、2 点为中心、取 $1C$ 长为半径画圆弧 $\widehat{3c}$ 、 $\widehat{4d}$ 即得所求卵圆。

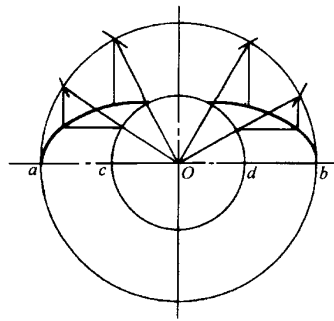


图 2-31 椭圆的作法Ⅶ

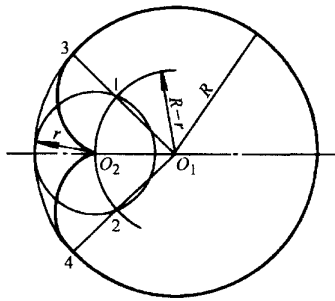


图 2-32 心圆的作法

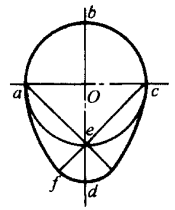


图 2-33 卵圆的作法 I

(5) 抛物线的作法

1) 已知导线和焦点求作抛物线 如图 2-35 所示 通过焦点 f 作垂直于导线 mn 的轴线且与 mn 相交于 b 点 求出 bf 的中点 d 则 d 点 就是抛物线的顶点 从 d 点沿焦点方向 取任一数目的点 1、2、3、.....(图中为 1~5 点) 并通过这些点作与 mn 的平行线 再以 f 点为中心 以 b_1 、 b_2 、 b_3 、..... 的距离为半径画圆弧与上述的平行线对应相交于 I、I₁、II、II₁、III、III₁、..... 把所得各交点圆滑连接即为所求抛物线。

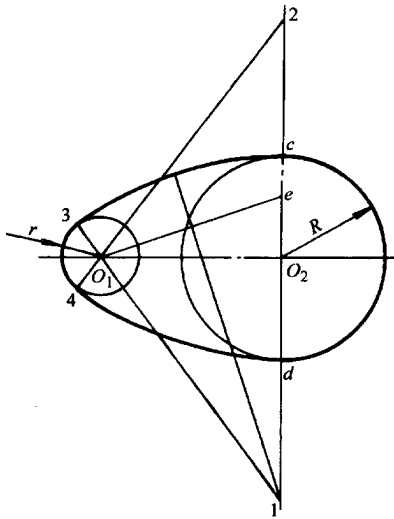


图 2-34 卵圆的作法 II

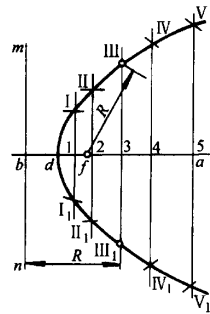


图 2-35 抛物线作法 I

2) 已知宽和高求作抛物线 如图 2-36 所示 图中只作一半。过 a 和 c 点作 ad 和 cd 的平行线得一矩形 交点为 e ；分别将 ad 、 ce 和 ae 线作相同的等分 把 ad 和 ce 上的等分点对

应相连且与从 c 点与 ae 上等分点的连线对应相交得出各点 ;用曲线将这些点圆滑连接 ,即得出所求的抛物线。

3)已知任意角作抛物线 如图 2-37 所示 ,把角的两边作相同等分 ,并按图上位置依次记入各等分点的数字 ,如 1、2、3..... ;用直线连接号数相同的点 ,即 2—1、2—2、3—3..... ;从 c 点到 a 点画曲线同所有的直线段相切 ,所得曲线就是已知角两边相切于 a 、 c 两点的抛物线。

(6)双曲线 如图 2-38 所示 ,图中已知双曲线顶点间和焦点间的距离 ,先沿着轴线 ,在焦点 f 的左面任意截取 1、2、3..... 各点 ,离焦点愈远 ,截点间隔应愈大。再以焦点 f 和 f_1 为中心 ,分别用 a_1 和 a_1 为半径各画两次圆弧 ,其交点 I、I 和 I_1 、 I_1 就是双曲线上的点 ;用同样的方法还可求出 II、II 和 II_1 、 II_1 及 III、III 和 III_1 、 III_1 等点。用曲线圆滑连接上述各点 ,即完成所求双曲线。

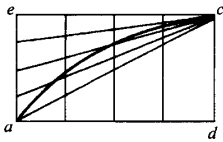


图 2-36 抛物线作法 II

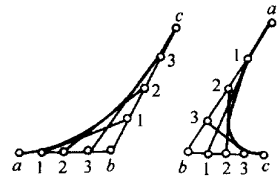


图 2-37 抛物线作法 III

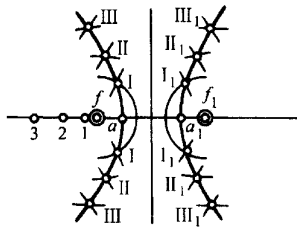


图 2-38 双曲线作法

(7) 摆线

1)已知转圆半径和导线长画普通摆线 如图 2-39 所示 ,以 O 为圆心 ,以 R 为半径作转圆 ,同导线 aa_1 切在 a 点 ;从 a 点起将圆周适当等分 (图中 $n = 12$) ,得等分点 1、2..... 12 ;在导线上截取 aa_1 等于圆周伸直长度 ,同时把 aa_1 作 12 等分 ,得等分点 $1'$ 、 $2'$ $12'$ 。通过转圆圆心 O 作导线的平行线 OO_{12} ,并从导线上各等分点向上作导线的垂直线 ,与直线 OO_{12} 相交为 O_1 、 O_2 O_{12} 等点 ;从转圆的各等分点上向右引与导线的平行线 ,然后以 O_1 为圆心 ,以 R 为半径 ,画圆弧同经过点 1 所作导线的平行线交为点 I ;同理可求出 II、III..... XII 各点。将所求各点圆滑连接 ,即得出所求的普通摆线。

2)已知转圆半径和导圆半径画外摆线 如图 2-40 所示 ,以 O' 为圆心 ,以 R 为半径画导圆圆弧 ,并在圆弧上任取一点 a ,连接 $O'-a$ 并延长 ,截取 $Oa_1 = R$ (转圆半径) ;以 O 为圆心、 R 为半径画转圆 ,且从 a 点起把转圆周适当等分 (图中为 12 等分) ,等分点 1、2、3.....12。画 O' 的中心角 $\alpha = \frac{360R}{R'}$,可得到导圆弧 $\widehat{aa'}$;并把 $\widehat{aa'}$ 12 等分 ,等分点为 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$

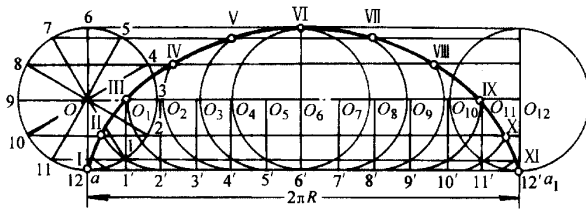


图 2-39 摆线作法 I

.....12'。用直线从 O' 点与各等分点 $1' \sim 12'$ 点, 相连并延长; 与以 O' 为中心, $OO' = R' + R$ 为半径所画圆弧相交于点 $O_1、O_2、O_3 \dots O_{12}$ 。再以 O' 为圆心, 作通过转圆上各等分点的辅助圆弧, 然后以 O_1 为中心, R 为半径画圆弧, 与通过点 1 的辅助圆弧相交在 I 点; 用 O_2 作中心, R 作半径画圆弧同通过点 2 的辅助圆相交于 II 点; 同样的方法可求得 III、IV XI 点。将各点圆滑连接, 即为外摆线。

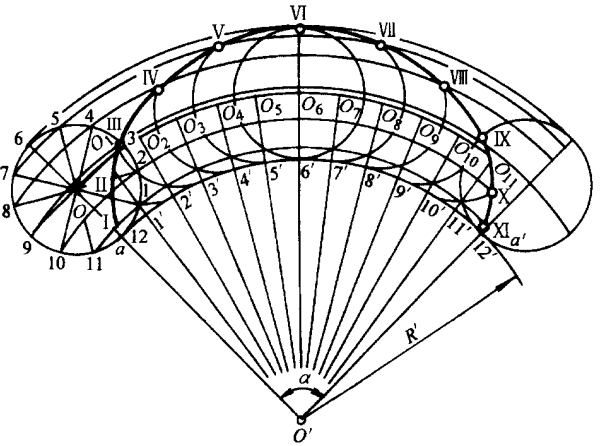


图 2-40 摆线作法 II

3) 已知转圆半径和导圆半径画内摆线 如图 2-41 所示, 内摆线的求法与外摆线的求法是相仿的, 只是转圆各位置的圆心 $O_1、O_2、O_3 \dots O_{12}$ 是用 $OO' = R' - R$ 为半径画圆弧来求取的, 其余作法均同外摆线。

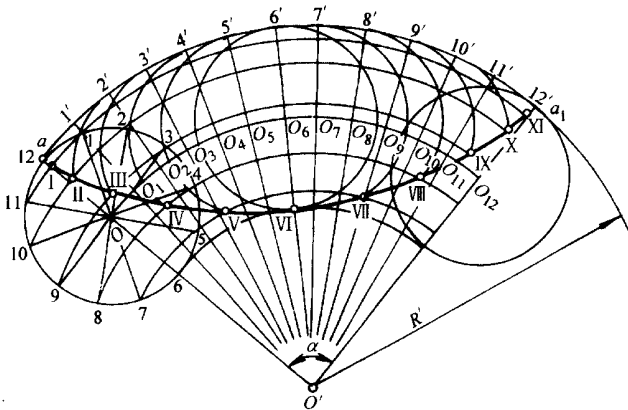


图 2-41 摆线作法 III

(8) 渐开线 (涡线)

1) 已知一个圆作渐开线 如图 2-42 所示, 先将已知圆分成若干等分 (图中为 12 等分) 且把各等分点与圆心 O 相连, 再以各等分点为切点, 画圆的切线, 然后在切点 1 的切线上, 截取一段等于圆弧 $\widehat{1-12}$ 的长度 (也可近似地采用 $1-12$ 的弦长), 得出点 I; 在切点

2的切线上,截取 $\widehat{2-12}$ 的长度(可近似地用两倍 $1-12$ 的弦长代),得出点II,同样可得到点III、IV……XII。把各点圆滑连接,即为圆的渐开线。

2)已知正方形作渐开线 如图2-43所示,分别作正方形 $abcd$ 的 ab 、 bc 、 cd 和 ad 的延长线;以 a 为中心,取 ac 作半径,自 c 点起作圆弧与 ab 的延长线交为1;再以 b 为中心,取 $b1$ 作半径画圆弧交 bc 的延长线于点2;同理以 c 、 d 为中心,取 $c2$ 、 $d3$ 作半径画圆弧得点3、4。依次直到所需的曲线为止。

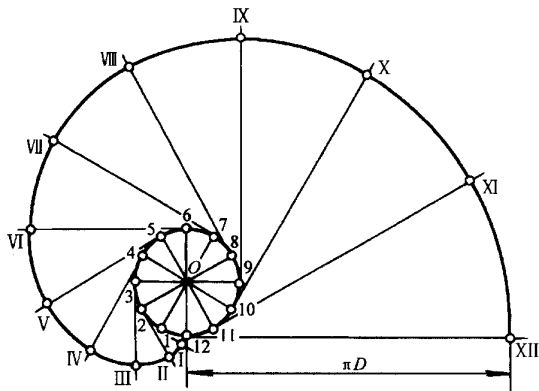


图2-42 渐开线作法 I

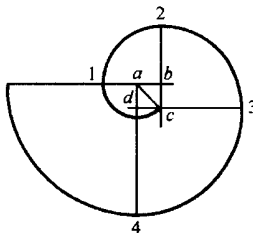


图2-43 渐开线作法 II

(9)正弦曲线 图2-44所示为已知导圆柱和导程求作的正弦曲线。

1)按已知导圆柱的尺寸画出主视图和俯视图。

2)在主视图上把已知导程 h 适当等分(图中为八等分),把俯视图也相同的等分,并分别注上符号。

3)从主视图上各等分点1、2、3……8,画水平线;与俯视图上各相应的等分点向上的垂线对应相交为 a'_1 、 a'_2 、 a'_3 …… a'_8 ;圆滑连接各点,即为正弦曲线。

(10)阿基米德螺旋线 如图2-45所示,先将已知圆的圆周适当等分(图中为八等分)得到等分点1~8,画出各等分点的半径线,再把一个半径 $O-8$ 等分成如圆周相同的份数,等分点为 1_1 、 2_1 、 3_1 、 4_1 、 5_1 、 6_1 、 7_1 。然后以 O 为圆心, $O-1_1$ 为半径画圆弧;与 $O1$ 交点为I;以 $O-2_1$ 为半径画圆弧同 $O2$ 相交为点II,同样还可求得III、IV、V、VI、VII、VIII各点。按顺序圆滑连接各点,即得阿基米德螺旋线。

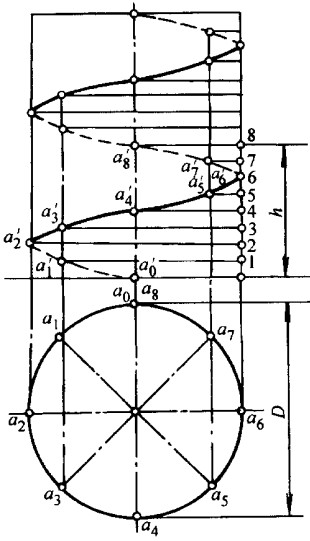


图 2-44 正弦
曲线作法

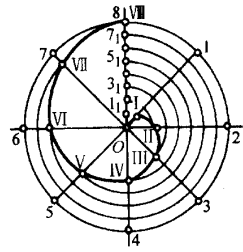


图 2-45 阿基
米德螺线作法

(11) 各种圆弧连接的作法(表 2-4)

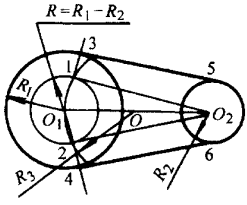
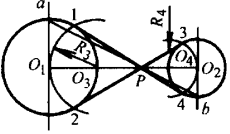
表 2-4

圆弧的连接

已知条件与要求	图 示	操 作 要 点
用已知半径 R 连接锐角两边		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别在两边内侧作平行线, 相距 R 得交点 O 2. 过 O 点分别作两边的垂线得点 1、2 3. 以 O 为中心, 用已知的 R 为半径画圆弧 $\widehat{12}$, 即得到连接圆弧
用半径 R 连接直角边		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为中心, 用已知 R 为半径画圆弧交 ab、bc 于 1、2 两点 2. 分别以 1、2 为中心, 以 R 为半径画弧交于 O 点, 再以 O 为中心, 以 R 为半径画弧 $\widehat{12}$ 即得

第二章 钣金冲压技术应用

已知条件与要求	图 示	操 作 要 点
用半径 R 连接 R_1 圆弧和 ab 直线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 O_1 为中心, $R_1 + R$ 为半径画弧与距 ab 线为 R 的平行线相交于 O 点 2. 连接 O_1O 且过 O 作 ab 垂线 得 d, c 两点 3. 以 O 为中心, R 为半径画弧 \widehat{cd} 即得
用半径 R 连接已知的 R_1 和 R_2 两圆弧		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别以 O_1 和 O_2 为中心, 以 $R_1 + R$ 和 $R_2 + R$ 为半径画圆弧相交于 O 点, 分别连接 OO_1 和 OO_2 得 1、2 两交点 2. 以 O 为中心, 以 R 为半径画圆弧 $\widehat{12}$, 即得到外连接弧
用半径 R 连接两已知圆弧(内、外弧连接)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别以 O_1 和 O_2 为中心, 以 $R - R_1$ 和 $R + R_2$ 为半径画弧交于 O 点, 连接 OO_1 和 OO_2 得 1、2 两点 2. 以 O 为中心, 以 R 为半径画圆弧 $\widehat{12}$ 即得
用半径 R 连接两已知圆弧(两弧连接)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别以 O_1 和 O_2 为中心, 以 $R - R_1$ 和 $R - R_2$ 为半径画弧交于 O 点, 连接 OO_1 和 OO_2 得 1、2 两交点 2. 以 O 为中心, 以 R 为半径画圆弧 $\widehat{12}$, 即得到连接圆弧
从圆外一点 P 作圆的切线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 连接 OP 取 OP 的中点为 O_1, 再以 O_1 为中心, OO_1 为半径画圆弧交圆 O 于点 1 和 2 2. 连接 P_1, P_2, 即得

已知条件与要求	图 示	操 作 要 点
作 O_1 圆和 O_2 两圆的切线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 O_1 为中心, 取 $R = R_1 - R_2$ 为半径画圆 2. 连接 O_1O_2 并取中点 O, 再以 O 为中心, O_1O 为半径画弧得 1、2 两交点 3. 连接 1—O_1、2—O_2 且延长得 3、4 两点 4. 分别过 3、4 两点作 $1O_2$ 和 $2O_1$ 的平行线 35、46, 即为所求切线
		<ol style="list-style-type: none"> 1. 连接 O_1O_2 且过这两点作其垂线得 a、b 两交点, 再连接 ab 交 O_1O_2 于 P 点 2. 分别取 PO_1 和 PO_2 的中点为 O_3、O_4 两点, 分别以 O_3 和 O_4 为中心, 以 O_1O_3 和 O_4O_2 为半径画圆弧得点 1、2、3、4 3. 连接 14、23 即为所求

3. 等分

(1) 线段的等分 线段的等分一般有两种方法, 如图 2-46 所示。图 2-46a 为第一种方法, 这是用划规按线段所需等分数先粗略地将线段分为若干份, 然后逐步地调整划规的开度, 反复地进行等分测量, 直至达到要求的等分为止。

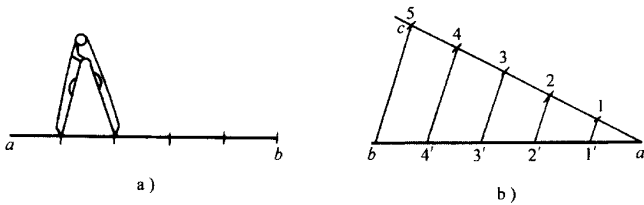


图 2-46 线段的等分法

第二种方法如图 2-46b 所示, 过 a 点作一条倾斜线(通常夹角为 $20^\circ \sim 30^\circ$) ac , 以适当的长度在 ac 上截取若干等分(本例为 5 等分), 并得 1、2、3、4、5 点; 先连接 $b-5$ 两点, 再分别过 4、3、2、1 各点作 $b5$ 的平行线, 交 ab 于 $4'$ 、 $3'$ 、 $2'$ 、 $1'$ 各点, 即把 ab 五等分。

(2) 圆的等分

1) 作图法 用作图法等分圆周通常有两种办法, 第一种是应用划规, 按线段等分的方式可求出圆周的等分点。

第二种办法如图 2-47 所示, 这其中还包含着正 n 边形的求法。本例为七等分, 首先把圆的直径 ab 等分, 得等分点 1、2、3、4、5、6, 再分别以 a 、 b 为中心, 取 $R = ab$ 为半径画圆弧得 p 点, 然后从 p 点过直径上的等分点 2 连成直线且延长交圆周于 c 点(不论作任意

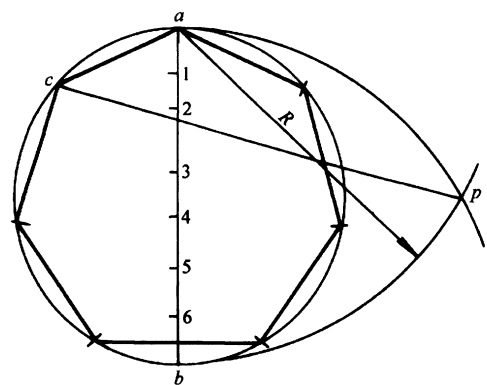


图 2-47 圆的等分

等分都要通过 2 点), 则 ac 即是所求的等分长度, 最后用 ac 去等分圆周, 即得出圆的等分。

如果把圆周各等分点用直线连成封闭的形状, 即得到圆内接正 n 边形。

2) 计算法 已知圆的直径和等分数, 则等分段的长度可按下列式计算得出:

$$P = KD$$

式中 P ——边长(等分圆周的长度);

K ——圆周等分系数(见表 2-5);

D ——圆的直径。

表 2-5 圆周的等分系数 K 值

n	K	n	K	n	K	n	K	n	K
1	0.00000	21	0.14904	41	0.07655	61	0.05148	81	0.03878
2	1.00000	22	0.14231	42	0.07473	62	0.05065	82	0.03830
3	0.86603	23	0.13617	43	0.07300	63	0.04985	83	0.03774
4	0.70711	24	0.13053	44	0.07134	64	0.04907	84	0.03739
5	0.58779	25	0.12533	45	0.06976	65	0.04831	85	0.03695
6	0.50000	26	0.12504	46	0.06824	66	0.04758	86	0.03652
7	0.43388	27	0.11609	47	0.06679	67	0.04687	87	0.03610
8	0.38268	28	0.11196	48	0.06540	68	0.04618	88	0.03569
9	0.34202	29	0.10812	49	0.06407	69	0.04552	89	0.03529
10	0.30902	30	0.10453	50	0.06279	70	0.04486	90	0.03490
11	0.28173	31	0.10117	51	0.06156	71	0.04432	91	0.03452
12	0.25882	32	0.09802	52	0.06038	72	0.04362	92	0.03414
13	0.23932	33	0.09506	53	0.05924	73	0.04302	93	0.03377
14	0.22252	34	0.09227	54	0.05814	74	0.04244	94	0.03341
15	0.20791	35	0.08964	55	0.05709	75	0.04188	95	0.03306
16	0.19509	36	0.08716	56	0.05607	76	0.04132	96	0.03272
17	0.18375	37	0.08481	57	0.05509	77	0.04079	97	0.03238
18	0.17365	38	0.08258	58	0.05414	78	0.04027	98	0.03205
19	0.16459	39	0.08047	59	0.05322	79	0.03976	99	0.03173
20	0.15643	40	0.07846	60	0.05234	80	0.03926	100	0.03141

注: n 为等分数。

(3) 正多边形的作法 除了可按如图 2-47 所示的办法来求作圆内接正 n 边形外, 现介绍几种工作中常遇到的正多边形的画法。

1) 圆内接正四边形边长的求作 如图 2-48 所示, 以圆的半径为半径, 以圆周上任意一点 a 为中心画圆弧交圆周于 b 点; 再以 b 为中心, 同样的半径画圆弧可得到 c 点; 又以 c 为中心, 并以相同的半径画圆弧而得到 d 点; 然后连接 $b-d$, 可得到 e 点; Oe 则为所求的边长。

2) 正五边形

① 已知边长作正五边形 如图 2-49 所示, 画一条直线 12 为已知边长, 以其为半径, 分别以 $1, 2$ 为圆心作两个圆, 得交点 a, b ; 再以 a 为圆心, 以相同的半径画圆得交点 c, e ;

直线连接 ab 得交点 d ,然后连接 cd 、 ed 且延长得交点 3 和 5 ;以 3、5 点为中心 , $1/2$ 长为半径画圆弧可得到 4 点 ;将所求的数字各点分别用直线连接 ,即完成所求五边形。

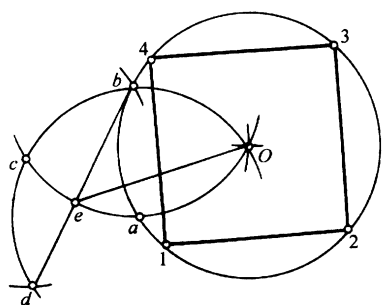


图 2-48

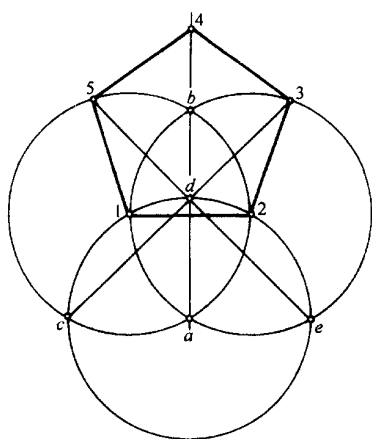


图 2-49

②作圆的内接正五边形 (边长求法 I) 如图 2-50 所示 ,以圆 O 的横轴一端 A 点为中心 , OA 为半径画圆弧交于 m 、 k 两点 ,连接 mk 交 OA 于 B 点 ,即为 OA 的中点 ;以 B 点为中心 , OB 为半径画圆 ,与 $C-B$ 的连线交于 D 点 ;以 C 为中心 , CD 长为半径画圆弧可得 1、2 两点 ,则 1、2 两点的连线即为正五边形的边长。

③作圆的内接正五边形 (边长求法 II) 如图 2-51 所示 ,用同前例一样的方法求出 Oa 的中点 b ;以 b 为中心 , bC 为半径画圆弧可得 d 点 , Cd 即为所求边长。

3)任意正多边形 如图 2-52 所示 ,分别以已知边 ab 线上的 a 、 b 点为中心 ,以 ab 长为半径画圆弧 ,与 ab 线的垂直平分线交于点 6 ,连接 $b6$,且将其六等分 ,得等分点 1、2、3、4、5 ;从 6 点起 ,沿垂直平分线向上截取 $b6$ 线上一等分的长度(如 b_1)依次而为可得 7、8、9、10……等点。如要作正六边形 ,则以点 6 为圆心 ,以 a_6 为半径画圆 ;如要作正七边形 ,则以点 7 为圆心 ,以 a_7 为半径画圆 ,以此类推。然后用 ab 长等分圆周 ,连接各等分点 ,即为所求的正多边形。

(4)角度的等分(表 2-6)。

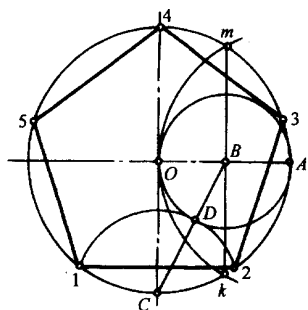


图 2-50

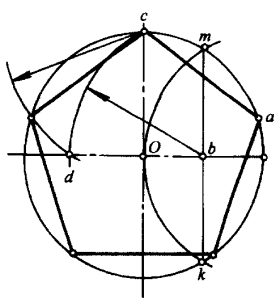


图 2-51

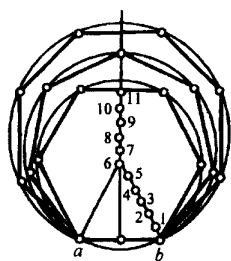
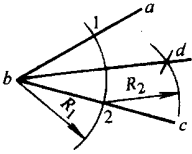
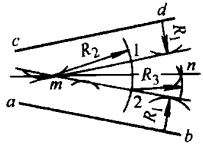
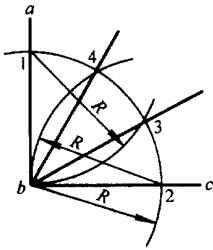
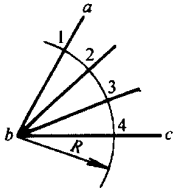
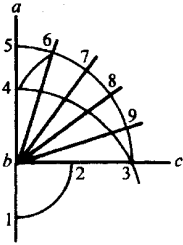


图 2-52

表 2-6

作角与角度等分

作图条件与要求	图 示	操 作 要 点
二等分 $\angle abc$		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为中心,适当长 R_1 为半径,画弧交角的两边于 1、2 两点 2. 分别以 1、2 两点为中心,大于 1—2 一半的任意长 R_2 为半径画弧交于 d 点 3. 连接 bd,则 bd 为 $\angle abc$ 的角平分线
作无顶点角的角平分线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 取适当的距离 R_1 作 ab 和 cd 的平行线交于 m 点 2. 以 m 为中心,适当长 R_2 为半径画弧交两平行线于 1、2 两点 3. 以 1、2 分别为中心,以适当长 R_3 为半径画弧交于 n 点,连接 mn 4. mn 即为 ab 和 cd 两角边的角平分线
三等分 90° 角的 $\angle abc$		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为中心,以任意长为半径画弧,交两直角边于 1、2 两点;以这两点为中心,用同 R 为半径画弧可得 3、4 两点 2. 连接 b_3、b_4,即完成 90° 角的三等分
三等分 $\angle abc$		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为中心,以任意长 R 为半径画弧交角的两条边于 1、4 两点 2. 将 $\widehat{14}$ 用量规三等分得出 2、3 两点 3. 连接 b_2、b_3 即完成 $\angle abc$ 的三等分
五等分 90° 角		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为中心,取适当长 R 为半径画弧交 ab 的延长线于点 1 和 bc 于点 2,量取点 3,使 $23 = b_2$ 2. 分别以 b、1 为中心,以 $b-3$ 和 $1-3$ 为半径画弧交 ab 于 4、5 两点 3. 以点 3 为中心,以 $3-5$ 为半径画弧交 $\widehat{34}$ 于点 6,以 $\widehat{46}$ 长在 $\widehat{34}$ 上量取 7、8、9 各点 4. 连接 b_6、b_7、b_8、b_9 即为该角的五等分

作图条件与要求	图 示	操 作 要 点
作 $\angle def$ 等于已知角 $\angle abc$		<ol style="list-style-type: none"> 1. 作直线 ef 2. 分别以 b、e 为中心, 以适当长 R 为半径画弧, 交 $\angle abc$ 于 1、2 两点和 ef 于 $1'$ 点 3. 以 $1'$ 点为中心, 取 1—2 长为半径画弧交于 $2'$ 点, 连接 $e-2'$ 并延长到 d 4. $\angle def$ 等于 $\angle abc$
用近似法作任意角度 (本例为 43°)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为中心, 取 $R = 57.3L$ 长为半径画弧交 bc 于 d 点 (L 为任意长度) 2. 在所作圆弧上, 从 d 点开始用尺子量取 $43L$ 的长度到 e 点 3. 连接 be 则 $\angle ebd = 43^\circ$

三、划线

划线包括在原材料上或经粗加工的坯料上划下料、加工、检验线及各种位置线, 通常要打(写)上必要的标志、符号。

划线按使用工具可分为手工划线和机械自动划线; 按操作位置又可分为平面划线和立体划线。划线为制作冷作产品的前道工序。

1. 划线的方法和常用符号、工具

(1) 划线的方法 划线的方法有实样法和比例法两种。工序间划线主要采用实样法。

1) 实样法 指直接在原材料或半成品上按样板或 1:1 放样办法划线。

2) 比例法 由人工或自动绘图仪在一些特定的诸如纸上按比例画出图样, 经光学等放大投影成 1:1 图像投影在原材料上, 再用人工或电印技术加以描绘。比例法便于纸面排料, 效率高, 可减轻劳动强度, 适用于成批生产。但必须有相应的专业设备。

“电印划线”是一种电子摄影过程, 其原理如图 2-53 所示。

(2) 划线的常用符号(见表 2-7)。

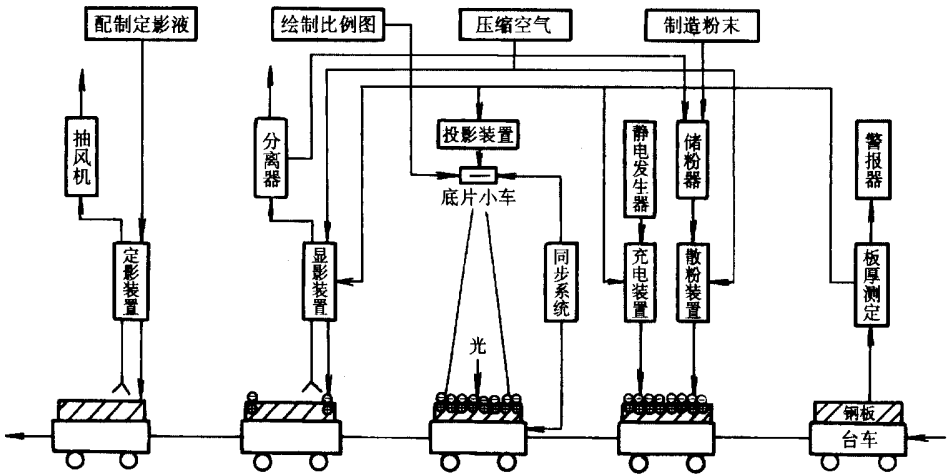


图 2-53 电印划线

表 2-7 划线中常用符号

名称	符号	符号说明
中心线		在线的两端打上三个样冲点,并注上标记符号
切断线		在线上打样冲并注上“S”符号表示剪切线;在双线上打样冲,并注上“S”符号表示切割线 在断线的一侧注上斜线符号,表示切断后为余料
对称线		在线的两端打上三个样冲点,并注上符号,表示零件图形与此线完全对称
压角线		在线的两端打上三个样冲点,并注上符号,表示钢材(或其它材料)需弯曲成一个角度
轧圆线		在钢板上注上如左图所示的反轧圆符号,表示弯成圆筒形后,标记在外侧。如标注如左图所示的正轧圆号,表示弯成圆筒形后,标记在内侧
刨边线		在线的两端均打上三个样冲点,并注上符号,表示加工以此线为准

(3)工具 划线的工具分为自动划线和手工划线两类。自动划线的工具是一些专用设备或计算机及辅助设备等机械。一般有光电粉末划线、感光划线、电子划线、数字(计算机程序)划线。利用这些专业化的工具虽然所划的线精确且高效,但某种意义上受场地、划线尺寸等因素的影响,适用性被局限,而且成本也偏高一些。手工划线在实际工作中应用广泛,使用的工具通常有划针、石笔、圆规、长杆圆规、划规、粉线、直尺、角尺、样冲、划针盘、划线规、曲线尺、吊线锤、水平仪等。

2. 平面划线

(1)基本规则

- 1)垂直线须用作图法求出,而不可用量角器或 90° 角尺划出。
- 2)用划针或石笔划线时应紧靠在尺子或样板的边沿进行。
- 3)用圆规在钢板上划线时,为防止圆规脚尖的滑动,应先在确定处打上样冲眼。

(2)注意事项

- 1)划线前要检查钢材的牌号、厚度,是否与图样及技术条件要求一致。关键零件要记录钢材的试样号或炉(批)号,必要时进行移植。
- 2)钢材的平面应平整,符合相应的技术图样及工艺要求。
- 3)为保证划线的准确性,所用的量具、工具应定期检验校正。

(3)应考虑的工艺因素

- 1)工件加工、成形时要考虑切割、卷圆、热加工等的影响。
- 2)装配时板料边缘修正和间隙大小对工件的影响。
- 3)焊接及火焰矫正的收缩变量。

3. 立体划线

(1)封头划线及排孔

1)校准环缝面

①有人孔封头 如图 2-54 所示,将直尺放在椭圆人孔的长轴和短轴位置上,用垫块衬托在封头的直边上,最终使直尺到平台的距离相等。

②无人孔封头 如图 2-55 所示,将 90° 角尺放在封头的四个对应方向,用不同厚度的垫块衬托,使封头的直边部位与 90° 角尺重合。然后将直尺放在封头顶部的最高处,量取两边 a 和 b 的高度,再以 $(a+b)/2$ 作为直尺到平台的距离。

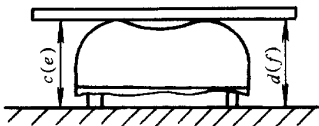


图 2-54

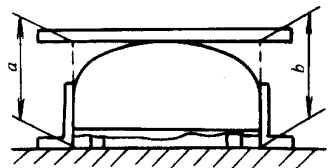


图 2-55

2)划直线段余量线 如图 2-56 所示,校准环缝面之后,以平台为基准,用划针盘划出余量及有人孔封头的人孔直段余量线。

3)划中心线 如图 2-57 所示,对于有人孔的封头划中心线如图 2-57a 所示。先将直尺放在人孔的短轴位置上,使轴线与直尺重合(目测),然后用 90° 角尺在封头的直段上

划得 I、III 两点,再用钢卷尺量取 I、III 点的左、右两面半圆弧 \widehat{a} 和 \widehat{b} 。以 $(\widehat{a} - \widehat{b})/2$ 的差值作同方向的平移,使 $\widehat{a} = \widehat{b}$,再以等弧长划出另两条中心线 II 和 IV。

划无人孔的中心线则如图 2-57b 所示,用 90° 角尺先确定在有钢印位置下部的 III 中心线。依照划有人孔封头中心线的“等弧长”法,顺次划出 I、II 和 IV 中心线即可。

4) 划十字基准线 如图 2-58 所示,在平台上用两把 90° 角尺分别放准于 I、III 的中心线上,然后用沾满划粉的线靠在 90° 角尺上,从一端而后又另一端慢慢向下移动,此时在封头的曲面上会印出一条线。同理可划出另一条线。

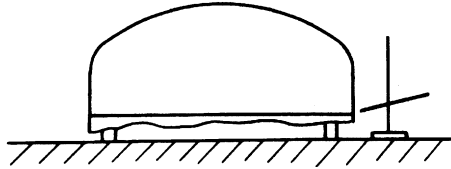


图 2-56

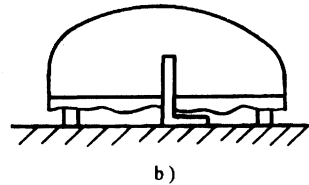
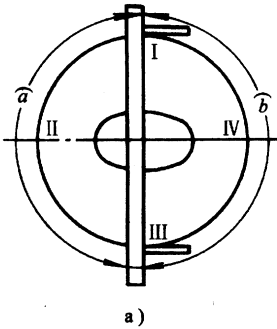
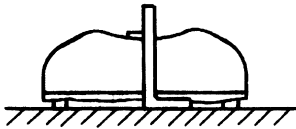


图 2-57

5) 排孔 如图 2-59 所示,在平台上以上、下中线划出 m 与 n 的距离,再用两把 90° 角尺放准在划出的 m 、 n 点处,采用“划十字基准线”的办法划出十字线,交点即为孔的中心位置。

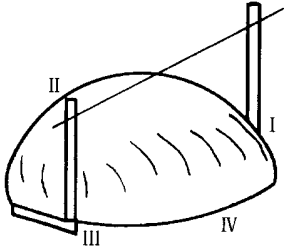


图 2-58

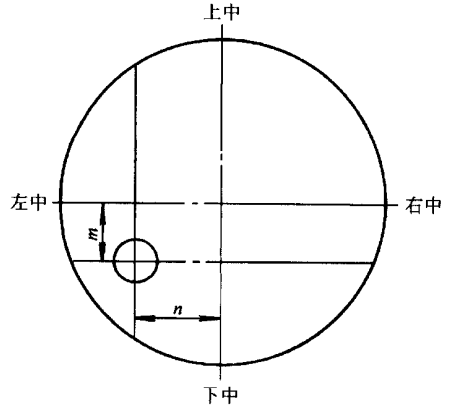


图 2-59

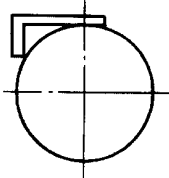
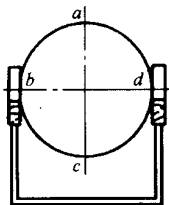
6) 封头划线操作注意事项 封头划线都是以平台为基准,当线条未全部划完时,不可在封头上任意打样冲等,谨防封头移位而影响划线的精确度。

(2) 筒体吊中线的办法(表 2-8)。

表 2-8

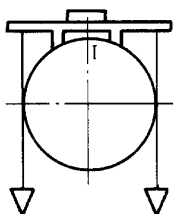
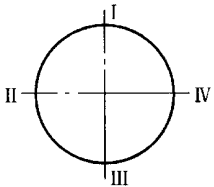
筒体吊中线的办法

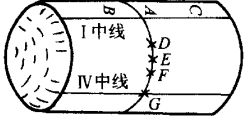
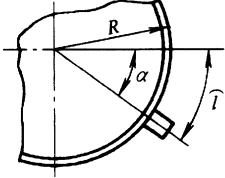
名称	简图	适用范围	操作要点
双垂线法		直径为 1000 ~ 2000mm 的筒体	调整支架,使支架上的水平仪处于水平位置。用两支吊线锤挂在支架的两端,使两只线锤的线与筒体的最大外壁均距 5mm(或线与筒壁相切)。再以两条线锤在支架的距离的 1/2 处,用万能角尺引垂线于筒壁上得点。同理可在筒体的另一侧划出另一个点来。然后两点用粉线弹出,即得一中心线
单锤线法		未装封头,有一定刚性的各种直径的筒体	用一只线锤挂在筒体的端口,使得 $\widehat{adc} = \widehat{abc}$,得点。另端部同理操作,用粉线将两点连接、弹出,即得到一条中心线

名称	简图	适用范围	操作要点
水平角尺法		小直径筒体及大直径钢管	用一把附有水平仪的 90°角尺放在筒体外壁,气泡在水平时得一点。然后按同理得另一点,两点用粉线弹出一条中心线
水位位		大直径筒体及各种大型的的安装定位	用一根两端装玻璃管且放水的塑料软管,将 b 点一端的玻璃管固定在左侧,另一端玻璃管移到右侧得 d 点,并使 $\widehat{bcd} = \widehat{bcd}$ 。作筒体另外一端上的点时,可不必挪动 b 点的玻璃管,将 d 点的玻璃管移动两处,得出 b' 和 d' 点,也使 $\widehat{b'a'd'} = \widehat{bcd}$

(3) 筒体的划线排孔(表 2-9)。

表 2-9 筒体划线排孔方法

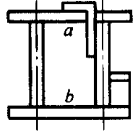
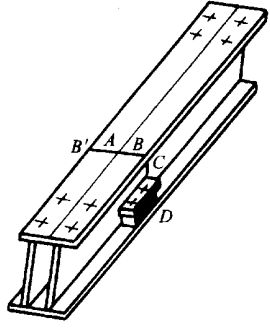
名称	简图	操作要点
吊中线		用表 2-7 中的双锤线法先确定筒体纵向基准中心线的位置,划出基准点,在两端基准点间弹出一条中心线 I。若弹出的中心线与图样要求的纵向基准中心线有偏差,可采用同方向平移的方法调整
划纵向中心线		以吊出的 I 中心线为基准,以等弧长依次划出 III 中线。再以 I、III 中心线为基准,同样以等弧长的办法,依次划出 II、IV 中心线

名称	简图	操作要点
划环向基准线		<p>先在 I 中心线上确定环向基准的位置于点 A , 用划规以 A 为中心 作出 B、C 两点 ;再分别以 B、C 为中心 不同的半径 R 画弧 ,得若干交点 D、E、F、G。连接 A、D、E、F、G 各点得表面上的垂直线。同理可得出 D'、E'、F'、G'(位于图后)点。再分别以 IV 和 II 两个中心线的 G 点和 G' 点用同法作出垂直线 ,即完成环向基准线</p>
排孔		<p>排孔时 ,图样上管座孔所注的尺寸 ,一种是标出 α 角度 ,另一种是注出 h 的距离。排孔操作时 ,环向尺寸是按筒体实际直径 ,换算对应角的弧长 纵向尺寸则只要从环向基准上量出即可。所以在排孔时按下列公式求出弧长</p> $\hat{l} = 0.01745 Ra$

(4)梁柱的划线排孔过程(表 2-10)

表 2-10

梁柱的划线排孔过程

序号	名称	简图	操作要点
1	划中线(纵向中线)		<p>在梁柱端面用 90°角尺 ,以上(下)盖板为基准 ,将 90°角尺一边紧靠胶板内壁来划线 ,一直用到这种方法画出其余各线。然后取两线距离的一半得 a、b 点 ,同样还可求出 a'、b' ,在 aa' 和 bb' 点间用粉线弹出直线 ,即为上(下)中线</p>
2	划横向中线		<p>先在上中线上确定横向基准点 A 过 A 点作垂线划出 B 及 B' 点 ,然后分别过这两点用 90°角尺划出 C、D 及 D' 点 ,连接 BD(B'D')和下盖板 DD' ,即完成</p>
3	排孔		<p>排孔主要是如何保证孔距公差 ,对纵向孔距尺寸 ,应以横向中线为基准向两边来量取。而横向的孔距 ,应以纵向中线为基准向两边量取</p>

四、放样

1. 实尺放样

实尺放样是根据图样的形状和尺寸,用基本的作图方法,在放样台上、工件上或样板上放样。对放样的要求是认真仔细。

(1)实尺放样的基准选择 选择放样基准通常与设计基准的选择是一致的,详见表 1—11 所列。

(2)放样的程序

1)放样前的准备

①准备好划线放样所需的工具等物。

②看清、看懂图样,要分析好结构设计是否合理,工艺性如何。

2)放样顺序 先划基准线,后划圆弧或圆周,最后划所有直线,完成大的轮廓线。

3)检查 校核所放图样是否符合设计图样的形状和尺寸,是否留有应留的工艺或加工余量,对矩形类的工件,还要检查对角线长度的一致性。

表 2—11

放样基准的选择

序号	基准位置	简图
1	以两个互相垂直的平面为基准	
2	以两条相互垂直的中心线为基准	
3	以一个平面和一条中心线为基准	

2. 放样尺寸的确定

放样时的坯料尺寸由零件的展开尺寸、工艺变量(伸长或收缩量)及加工余量三部分所组成。其确定方法可参见表 2-12。

表 2-12 确定坯料的方法

方法	说明	适用范围
展开法	按钣金工展开方法将工件表面展开	单向压(拉)延变形或比较均衡的双向压(拉)延变形零件
计算法	按展开原理或压(拉)延变形前后面积不变的原则推导出计算公式	
试验法	通过试验决定形状较复杂零件的坯料	存在双向压(拉)延变形的零件
综合法	对于计算过于复杂的零件,可对不同部位分别采用展开法和计算法,有时还需同时用试验法来配合验证	

(1) 筒节

1) 卷制筒节的周长,其计算式为:

$$l = K\pi(D_n + S) + 2\Delta$$

式中 l ——筒节的周长(mm);

K ——修正系数(见表 2-13);

S ——工艺变量(伸长或收缩量);

Δ ——边缘加工余量(见表 2-14)。

表 2-13 K_{π} 值

材料	冷卷		热卷
	三辊	四辊	
低碳钢及奥氏体不锈钢	3.14	3.137 ~ 3.14	3.12 ~ 3.129 ^①
低合金钢及合金钢	3.14		

①与卷制温度、辊圆次数和直径大小有关,对于温度较高、辊圆次数较多和直径小的宜取小值。

2) 环缝加工余量 薄壁筒节每端余量见表 2-14。厚壁筒节的端部错位矫正困难,所以每端应放出 7 ~ 18mm。

表 2-14 边缘加工余量 Δ (mm)

不加工	机械加工		需去除下料热影响区
	板厚 ≤ 25	板厚 > 25	
0	3	5	> 5

(2) 90°压制弯头(图 2-60)

可用试验法确定坯料尺寸,其步骤为:

1) 以半径 r_0 及 R_0 划同心圆

$$r_0 = R - \frac{1}{2}(D_w - S)$$

$$R_0 = r_0 + \frac{\pi}{2}(D_w - S)$$

$$\approx R + 1.07(D_w - S)$$

2)取 CD 等于弯头内侧展开弧长,取 AB 等于弯头外侧弧长,且放 15% 压制收缩量,即

$$CD = \frac{\pi}{2} \left[R - \frac{1}{2}(D_w - S) \right]$$

$$AB = 1.15 \frac{\pi}{2} \left[R + \frac{1}{2}(D_w - S) \right]$$

3)沿着圆弧两端作切线,放出弯头直段的长度 h 。

4)周边再放 15~35mm 余量作下料线。

5)划出等距坐标线,并将坯料线附近的交点打上圆冲眼和钢印编号。

6)下料试压(圆冲眼标记在外壁),测量工件尺寸,划修正线并依据坐标线修正坯料的尺寸。

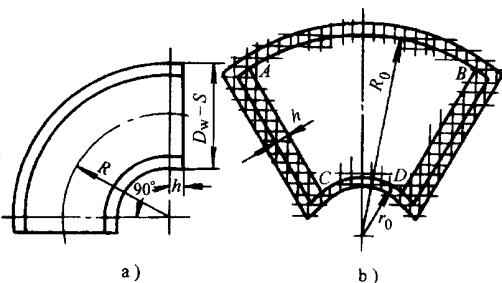


图 2-60 90°压制弯头

3. 样板的制作

(1) 样板选用的材料

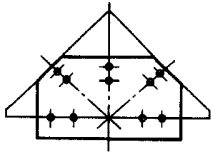
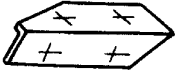
1)样板的材料 一般用 0.25~2mm 的薄钢板。但当下料数量不多、精度要求又不高时,可用硬纸片、油毛毡、胶合板、塑料片等。

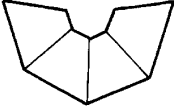
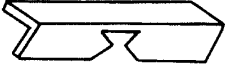
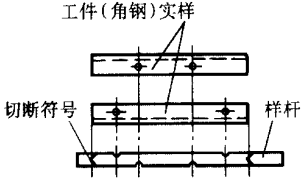
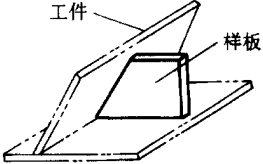

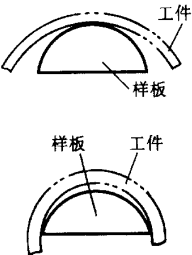
2)样杆的材料 制作样杆可选用型钢或木条,但木条必须干燥。

(2) 样板的种类(表 2-15)。

表 2-15

样板的种类

种类	名称	简图	用途
号料样板和样杆	板材样板		供板材下料用,制出的零件形状尺寸与样板相同
	型材样板		供型材下料、号孔、划端线用

种类	名称	简图	用途
号料样板和样杆	板材展开样板		供构件的展开下料使用
	型材展开样板		供型材切口的展开后及下料划缺口用
	型材样杆	 工件(角钢)实样 切断符号 样杆	供型材下料和排孔用
定位样板	斜度样板	 工件 样板	装配用,为确定零件间的相对倾斜度而用的样板
检查样板	弯曲零件样板		按样板来检验零件的质量
	卷圆零件样板	 工件 样板 工件 样板	




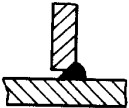

(3) 样板尺寸的确定

1) 焊接结构件的样板 这种样板要考虑焊接结构件的收缩余量,参见表 2-16。

表 2-16

焊缝横、纵向收缩近似值

(mm/m)

钢板厚度		焊缝方向	横 向							纵 向	
			5	8	10	12	14	16	20		24
对接焊缝			1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.6	3.1	0.15 ~ 0.3
			1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.4	2.8	
连接角焊缝			1.6	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	3.0	3.5	0.2 ~ 0.4
			0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	
继续角焊缝			0.4	0.3	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0 ~ 0.1

2) 弯管下料的样板 制作此类样板时要按中性层计算,但要考虑减去弯头的伸长量,具体数值参见表 2-17。

表 2-17

管子弯头伸长量

管子直径/mm		16 ~ 18	25 ~ 30	35 ~ 42	51 ~ 89	108	133	159
伸 长 量	α	180°	180°	180°	10°	10°	10°	10°
	mm	5	8 ~ 9	9 ~ 10	0.8 ~ 1.3	1.3 ~ 1.5	1.5 ~ 1.7	2.0 ~ 2.3

五、合理用料

1. 材料利用率

材料利用率的计算公式为：

$$\eta = \frac{nA_1}{A} \times 100\%$$

式中 η ——材料利用率(%)；
 n ——板料上的零件数(件)；
 A_1 ——单个零件的面积(mm^2)；
 A ——所用板料的面积(mm^2)。

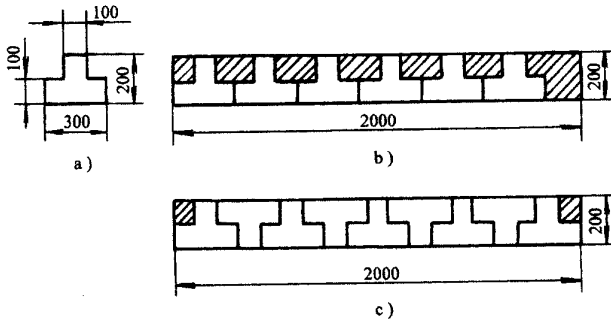


图 2-61

计算材料利用率也可用体积比,还可用重量比,但用面积比最为简略。上式中的“ nA_1 ”可解释为板料上所布零件面积之总和。

2. 合理用料的方法

材料经合理编套,可减少消耗,提高其利用率。如图 2-61 所示,若按图 b 的方案,可排出 6 个零件;但按图 c 的方案,则可排出 9 个零件。前者的材料利用率为 60%,后者则可达 90% 的材料利用率。

(1) 钢板的套料

1) 集中下料法 如图 2-62 所示,采用这样的套料方式是将同一材质和同一厚度的零件集中在一起,统筹安排,大小搭配,充分利用边角料,从而提高了材料的利用率。

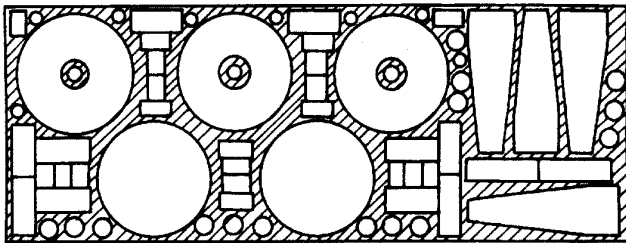


图 2-62 集中下料法

实际工作中常会遇到不论如何优化套料,总会有一些边角空余的情况。如果这时的材料质量性能较高,可以将并非同一材质,但材质性能要求较低的零件编套在内,但切记是“以高代低”,也有助于提高材料的利用率。

2) 排料套料法 按零件的形状可采用直排、对排、单排、斜排、多排等方式,以提高材料的利用率。如图 2-63 所示,这个 90°角弯头是由四节焊管组成的,每节焊管都可以展

开。排料时,如果仅按零件图给定的展开形式,就会出现如图 2-63b 中的方案。但只要领会了设计意图,每节管的焊缝位置错开,则会得到如图 2-63c 中的套料方式,情况也就会好多了。

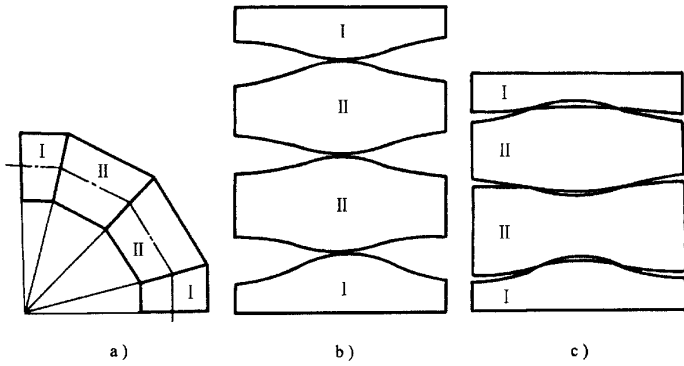


图 2-63

3)零料拼整法 在实际生产中,为了提高材料利用率,在工艺许可的条件下,可采用以小拼整的结构,如图 2-64 所示。这样也可较大地提高材料的利用率。

(2)型材的套料方法 型材的套料相对简单得多,采用的是长短搭配法,通常是先下尺寸较长的料,然后下较短的料,经严格计算,使余料最短。

(3)套料的注意事项 套料应选择最经济合理的排样方式,但必须注意,编排时要考虑加工方式,如剪切的排样要满足工艺性要求。只有综合考虑周全,才能达到合理用料。

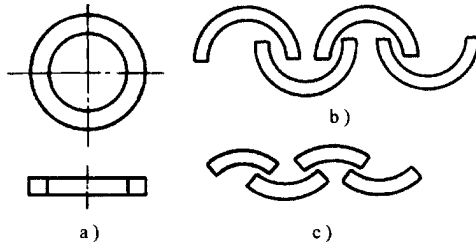


图 2-64 零料拼整法
a)零件 b)1/2 单元 c)1/4 单元

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

第一节 基础资料

一、法定计量单位

表 3-1 我国法定计量单位

量		SI 单位	
名称	符号	名称	符号
1. SI 基本单位			
长度	$l (L)$	米	m
质量	m	千克(公斤)	kg
时间	t	秒	s
电流	I	安培]	A
热力学温度	T, Θ	开尔文]	K
物质的量	n	摩尔]	mol
发光强度	I_v	坎德拉]	cd
2. SI 辅助单位			
平面角	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$ 等	弧度	rad
立体角	Ω	球面度	sr
3. 具有专门名称的 SI 导出单位			
频率	f, ν	赫兹]	Hz
力	F	牛顿]	N
重力	G, P, W		
压力(压强)	p	帕斯卡]	Pa
应力	σ, τ		
能	E, W	焦耳]	J
功	W, A		
热	Q		
功率	P	瓦特]	W
辐射能通量	P, Φ		
电荷量	Q	库仑]	C
电位	V, φ		
电压	U	伏特]	V
电动势	E		

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

量		SI 单位	
电容	C	法拉]	F
电阻	R	欧姆]	Ω
电导	G	西门子]	S
磁通量	Φ	韦伯]	Wb
磁感应强度	B	特斯拉]	T
电感	L, M	亨利]	H
摄氏温度	t, θ	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$
光通量	Φ, Φ_v	流明]	lm
光照度	E, E_v	勒克斯]	lx
吸收剂量	D	戈瑞]	Gy
比授与能	z		
比释动能	K		
剂量当量	H	希沃特]	Sv
剂量当量指数	H_1		
放射性活度	A	贝克勒尔]	Bq

4. 可与国际单位制单位并用的其他单位

时间	t	分 [小时 天(日)	min h d
平面角	α 等	度 [角分 [角秒	$(^{\circ})$ $(')$ $(")$
体积, 容积	V	升	L, l
质量	m	吨 原子质量单位	t u
长度	$l(L)$	海里	n mile
速度	v	节	kn
能	E, W	电子伏	eV
旋转速度	n	转每分	r/min
级差		分贝	dB
线密度	ρ_L	特克斯]	tex

表 3-2 用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号	所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{24}	尧它]	Y	10^{-1}	分	d
10^{21}	泽它]	Z	10^{-2}	厘	c
10^{18}	艾可萨]	E	10^{-3}	毫	m
10^{15}	拍它]	P	10^{-6}	微	μ
10^{12}	太拉]	T	10^{-9}	纳诺]	n
10^9	吉咖]	G	10^{-12}	皮可]	p
10^6	兆	M	10^{-15}	飞母托]	f
10^3	千	k	10^{-18}	阿托]	a
10^2	百	h	10^{-24}	仄普托]	z
10^1	十	da	10^{-24}	纟科托]	y

二、单位换算

1. 英寸与毫米的换算

表 3-3 英寸与毫米换算表

in(分数)	in(小数)	mm	in(分数)	in(小数)	mm
1/32	0.03125	0.794	17/32	0.53125	13.49
1/16	0.0625	1.59	9/16	0.5625	14.29
3/32	0.09375	2.38	19/32	0.59375	15.08
1/8	0.125	3.17	5/8	0.625	15.87
5/32	0.15625	3.97	21/32	0.65625	16.7
3/16	0.1875	4.76	11/16	0.6875	17.46
7/32	0.21875	5.56	23/32	0.71875	18.26
1/4	0.25	6.36	3/4	0.75	19.05
9/32	0.28125	7.14	25/32	0.78125	19.84
5/16	0.3125	7.94	13/16	0.8125	20.64
11/32	0.34375	8.73	27/32	0.84375	21.43
3/8	0.375	9.52	7/8	0.875	22.22
13/32	0.40625	10.32	29/32	0.90625	23.02
7/16	0.4375	11.11	15/16	0.9375	23.81
15/32	0.46875	11.91	31/32	0.96875	24.61
1/2	0.5	12.70	1	1.00	25.4001

表 3-4 毫米与英寸换算表

毫米 (mm)	英寸 (in)	毫米 (mm)	英寸 (in)	毫米 (mm)	英寸 (in)	毫米 (mm)	英寸 (in)
1	0.039	36	1.417	71	2.795	106	4.173
2	0.079	37	1.457	72	2.835	107	4.213
3	0.118	38	1.496	73	2.874	108	4.252
4	0.158	39	1.535	74	2.913	109	4.291
5	0.197	40	1.575	75	2.953	110	4.331
6	0.236	41	1.614	76	2.992	111	4.370
7	0.276	42	1.654	77	3.032	112	4.409
8	0.315	43	1.693	78	3.071	113	4.449
9	0.354	44	1.732	79	3.110	114	4.488
10	0.394	45	1.772	80	3.150	115	4.528
11	0.433	46	1.811	81	3.189	116	4.567
12	0.472	47	1.850	82	3.228	117	4.606
13	0.512	48	1.890	83	3.268	118	4.646
14	0.551	49	1.929	84	3.307	119	4.685
15	0.591	50	1.969	85	3.346	120	4.724
16	0.630	51	2.008	86	3.386	121	4.764
17	0.669	52	2.047	87	3.425	122	4.803

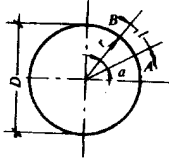
第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

毫米 (mm)	英寸 (in)	毫米 (mm)	英寸 (in)	毫米 (mm)	英寸 (in)	毫米 (mm)	英寸 (in)
18	0.709	53	2.087	88	3.465	123	4.843
19	0.748	54	2.126	89	3.504	124	4.882
20	0.787	55	2.165	90	3.543	125	4.921
21	0.828	56	2.205	91	3.583	126	4.961
22	0.866	57	2.244	92	3.622	127	5.000
23	0.906	58	2.284	93	3.661	128	5.039
24	0.945	59	2.323	94	3.701	129	5.079
25	0.984	60	2.362	95	3.704	130	5.118
26	1.024	61	2.402	96	3.780	131	5.158
27	1.063	62	2.441	97	3.819	132	5.197
28	1.102	63	2.480	98	3.858	133	5.236
29	1.142	64	2.520	99	3.898	134	5.276
30	1.181	65	2.559	100	3.937	135	5.315
31	1.221	66	2.598	101	3.976	136	5.354
32	1.260	67	2.638	102	4.016	137	5.394
33	1.299	68	2.677	103	4.055	138	5.433
34	1.339	69	2.717	104	4.095	139	5.472
35	1.378	70	2.756	105	4.134	140	5.512
141	5.551	156	6.142	171	6.732	186	7.323
142	5.591	157	6.181	172	6.772	187	7.362
143	5.630	158	6.221	173	6.811	188	7.402
144	5.669	159	6.260	174	6.850	189	7.441
145	5.709	160	6.299	175	6.890	190	7.480
146	5.748	161	6.339	176	6.929	195	7.677
147	5.787	162	6.378	177	6.969	200	7.874
148	5.827	163	6.417	178	7.008	300	11.811
149	5.866	164	6.457	179	7.047	400	15.748
150	5.906	165	6.496	180	7.087	500	19.685
151	5.945	166	6.536	181	7.12	600	23.622
152	5.984	167	6.575	182	7.16	700	27.559
153	6.024	168	6.614	183	7.20	800	31.496
154	6.063	169	6.654	184	7.24	900	35.433
155	6.102	170	6.693	185	7.28	1000	39.371

2. 角度与弧度换算

表 3-5

角度与弧度换算表

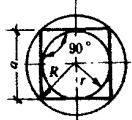
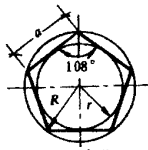
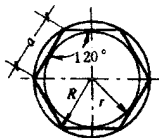
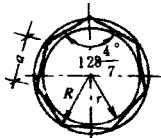
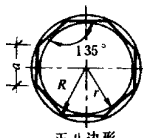
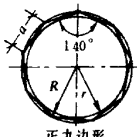
名称	图 形		计算公式			
圆 弧 长 度			AB 弧长 l $l = r \times \text{弧度数}$ 或 $l = 0.017453ra(^{\circ})$ $= 0.008727Dd(^{\circ})$			
	角度	弧度(rad)	角度	弧度(rad)	角度	弧度(rad)
	1"	0.000005	6'	0.001745	20°	0.349066
	2"	0.00001	7'	0.002036	30°	0.523599
	3"	0.000015	8'	0.002327	40°	0.698132
	4"	0.000019	9'	0.002618	50°	0.872665
	5"	0.000024	10'	0.002909	60°	1.047198
	6"	0.000029	20'	0.005818	70°	1.221730
	7"	0.000034	30'	0.008727	80°	1.396263
	8"	0.000039	40'	0.011636	90°	1.570796
	9"	0.000044	50'	0.014544	100°	1.745329
	10"	0.000048	1°	0.017453	120°	2.094395
	20"	0.000097	2°	0.034907	150°	2.617994
	30"	0.000145	3°	0.052360	180°	3.141593
	40"	0.000194	4°	0.069813	200°	3.490659
	50"	0.000242	5°	0.087266	250°	4.363323
	1'	0.000291	6°	0.104720	270°	4.712389
2'	0.000582	7°	0.122173	300°	5.235988	
3'	0.000873	8°	0.139626	360°	6.283185	
4'	0.001164	9°	0.157080	$1\text{rad} = 57^{\circ}17'44.8''$		
5'	0.001454	10°	0.174533			

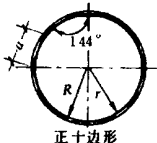
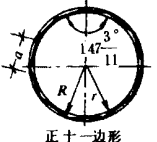
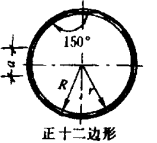
三、常用数学计算

1. 圆的内接、外切正多边形几何尺寸

表 3-6 正多边形的边长、外接圆半径、内切圆半径间的关系

名称和图形	边长 a	外接圆半径 R	内切圆并径 r	面积 A
 正三角形	$1.7321R$ $3.4641r$	$0.5774a$ $2r$	$0.2887a$ $0.5R$	$0.433a^2$


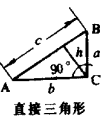

名称和图形	边长 a	外接圆半径 R	内切圆并径 r	面积 A
 <p>正方形</p>	$1.4142R$ $2r$	$0.7071a$ $1.4142r$	$0.5a$ $0.7071R$	a^2
 <p>正五边形</p>	$1.1756R$ $1.4531r$	$0.8506a$ $1.2361r$	$0.6882a$ $0.809R$	$1.7205a^2$
 <p>正六边形</p>	R $1.1547r$	a $1.1547r$	$0.866a$ $0.866R$	$2.5981a^2$
 <p>正七边形</p>	$0.8679R$ $0.9631r$	$1.1524a$ $1.1099r$	$1.0383a$ $0.901R$	$3.6339a^2$
 <p>正八边形</p>	$0.7654R$ $0.8284r$	$1.3066a$ $1.0824r$	$1.2071a$ $0.9239R$	$4.8284a^2$
 <p>正九边形</p>	$0.684R$ $0.7279r$	$1.4619a$ $1.0542r$	$1.3737a$ $0.9397R$	$6.1818a^2$

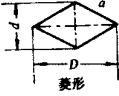

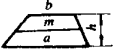


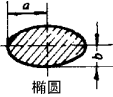
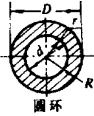
名称和图形	边长 a	外接圆半径 R	内切圆并径 r	面积 A
 <p>正十边形</p>	$0.618R$ $0.6498r$	$1.618a$ $1.0515r$	$1.5388a$	$7.6942a^2$
 <p>正十一边形</p>	$0.5635R$ $0.5872r$	$1.7747a$ $1.0422r$	$1.7028a$ $0.9595R$	$9.3656a^2$
 <p>正十二边形</p>	$0.5176R$ $0.5359r$	$1.9319a$ $1.0353r$	$1.866a$ $0.9659R$	$11.196a^2$



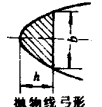

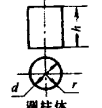
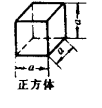
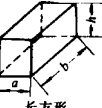
2. 常见几何图形面积和体积计算

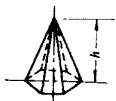
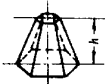

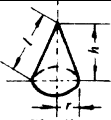
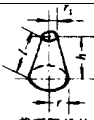
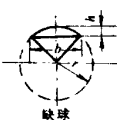
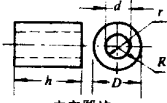
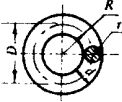
表 3-7

各种几何图形面积和体积的计算

名称和图形	计算公式
 <p>等边三角形</p>	面积 $A = \frac{a+h}{2} = 0.433a^2$ 或 $A = 0.578h$ 底边 $a = 1.155h$ 高 $h = 0.866a$
 <p>直角三角形</p>	面积 $A = \frac{ab}{2}$ 斜边 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ 直角高 $h = \sqrt{\frac{a^2 \cdot b^2}{c}}$
 <p>平行四边形和矩形</p>	面积 $A = bh$

名称和图形	计 算 公 式
 <p>菱形</p>	<p>面积 $A = \frac{Dd}{2}$</p> <p>边 $a = \frac{1}{2}\sqrt{D^2 + d^2}$</p>
 <p>正方形</p>	<p>面积 $A = a^2$ 或 $A = \frac{d^2}{2}$</p> <p>边 $a = 0.707d$</p> <p>对角线 $d = 1.414a$</p>
 <p>梯形</p>	<p>面积 $A = \frac{a+b}{2} \cdot h$</p> <p>或 $A = m \cdot h$</p> <p>中线 $m = \frac{a+b}{2}$</p>
 <p>正多边形</p>	<p>面积 $A = \frac{ak}{2} \cdot n$</p> <p>圆心角 $a = \frac{360^\circ}{n}$</p> <p>内角 $\gamma = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n}$</p>
 <p>圆</p>	<p>面积 $A = \frac{\pi}{4} D^2 = 0.7854 D^2$</p> <p>或 $A = \pi r^2 = 3.1416 r^2$</p>
 <p>椭圆</p>	<p>面积 $A = \pi ab$</p> <p>a——长轴半径</p> <p>b——短轴半径</p>
 <p>圆环</p>	<p>面积 $A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$</p> <p>或 $A = \pi(R^2 - r^2)$</p>

名称和图形	计算公式
 <p>扇形</p>	<p>面积 $A = \frac{\pi r^2 a}{360} = 0.008727 r^2 a$</p> <p>或 $A = \frac{r}{2} l$</p> <p>a——圆心角 l——弧长</p>
 <p>圆弓形</p>	<p>面积 $A = \frac{lr}{2} - \frac{\alpha(r-h)}{2}$</p> <p>$c$——弦长</p>
 <p>抛物线弓形</p>	<p>面积 $A = \frac{2}{3} bh$</p>
 <p>角锥</p>	<p>面积 $A = r^2 - \frac{\pi r^2}{4} = 0.215 r^2$</p> <p>或 $A = 0.1075 c^2$</p>
 <p>圆柱体</p>	<p>侧表面积 $M = 2\pi rh = \pi dh$</p> <p>表面积 $A = 2\pi rh + 2\pi r^2$</p> <p>体积 $V = \pi r^2 h = \frac{\pi d^2}{4} h = 0.7854 d^2 h$</p>
 <p>正方体</p>	<p>表面积 $A = 6a^2$</p> <p>体积 $V = a^3$</p>
 <p>长方形</p>	<p>表面积 $A = 2(ah + bh + ab)$</p> <p>体积 $V = abh$</p>

名称和图形	计算公式
 <p>角锥体</p>	<p>表面积 $A =$ 各三角形面积的总和 + 底面积 体积 $V = \frac{h}{3} \times$ 底面积</p>
 <p>截顶角锥体</p>	<p>表面积 $A =$ 各梯形面积的总和 + 顶面积 + 底面积 体积 $V = \frac{h}{3} (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})$ S_1——顶面积 ; S_2——底面积</p>
 <p>球</p>	<p>表面积 $A = 4\pi r^2 = \pi d^2$ 体积 $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = 4.188sr^3$ $= \frac{\pi d^3}{6} = 0.5236d^3$</p>
 <p>圆锥体</p>	<p>侧表面积 $M = \pi rl = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$ 表面积 $A = \pi r (L + r)$ 体积 $V = \frac{h}{3} \pi r^2$</p>
 <p>截顶圆锥体</p>	<p>侧表面积 $M = \pi l (r + r_1)$ 表面积 $A = \pi (r^2 + r_1^2 + rl + r_1 l)$ 体积 $V = \frac{\pi h}{3} (r^2 + r_1^2 + rr_1)$</p>
 <p>缺球</p>	<p>表面积 $A = 2\pi rh = \pi \left(\frac{b^2}{4} + h^2 \right)$ 体积 $V = \pi h^2 \left(r - \frac{h}{3} \right) = \pi h \left(\frac{b^2}{8} - \frac{h^2}{6} \right)$</p>
 <p>中空圆柱</p>	<p>表面积 $A = 2\pi (R + r) (R - r + h)$ 体积 $V = \pi h (R^2 - r^2)$ $= \frac{\pi}{4} h (D^2 - d^2)$</p>
 <p>圆球环</p>	<p>表面积 $A = 4\pi^2 Rr = \pi^2 Dd$ 体积 $V = 2\pi^2 Rr^2$ $= \frac{\pi^2}{4} Dd^2$</p>

3. 三角函数及公式(图 3-1,图 3-2)

定义 正弦 : $\sin\alpha = \frac{y}{r}$

余弦 : $\cos\alpha = \frac{x}{r}$

正切 : $\tan\alpha = \frac{y}{x}$

余切 : $\cot\alpha = \frac{x}{y}$

正割 : $\sec\alpha = \frac{r}{x}$

余割 : $\csc\alpha = \frac{r}{y}$

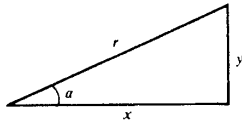


图 3-1 直角
三角形

基本关系式 : $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$

$\sec^2\alpha - \tan^2\alpha = 1$

$\csc^2\alpha - \cot^2\alpha = 1$

$\sin\alpha \cdot \csc\alpha = 1$

$\cos\alpha \cdot \sec\alpha = 1$

$\tan\alpha \cdot \cot\alpha = 1$

$\tan\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$

$\cot\alpha = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$

和、差角公式

$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha \cos\beta \pm \cos\alpha \sin\beta$

$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha \cos\beta \mp \sin\alpha \sin\beta$

$\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan\alpha \pm \tan\beta}{1 \mp \tan\alpha \tan\beta}$

$\cot(\alpha \pm \beta) = \frac{\cot\alpha \cot\beta \mp 1}{\cot\beta \pm \cot\alpha}$

倍角公式 :

$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha \cos\alpha$

$\sin^2\alpha = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\alpha)$

$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1$

$\cos^2\alpha = \frac{1}{2}(1 + \cos 2\alpha)$

$$\tan^2 \alpha = \frac{2 \tan \alpha}{1 - \tan 2\alpha}$$

$$\cot 2\alpha = \frac{\cot^2 \alpha - 1}{2 \cot \alpha}$$

$$\sin 3\alpha = 3 \sin \alpha - 4 \sin^3 \alpha$$

$$\cos 3\alpha = 4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha$$

$$\tan 3\alpha = \frac{3 \tan \alpha - \tan^3 \alpha}{1 - 3 \tan^2 \alpha}$$

半角公式：

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\cot \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}} = \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

正弦定理：

$$\frac{\alpha}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

余弦定理：

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$\cos B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$$

$$\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

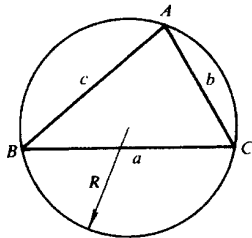


图 3-2 任意三角形

正切定理：

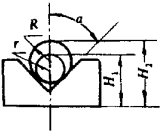
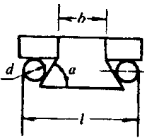
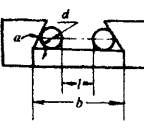
$$\frac{a - b}{a + b} = \tan \frac{A - B}{2} / \tan \frac{A + B}{2}$$

4. 常用测量计算(表 3-8)

表 3-8

常用测量计算

名称	图 形	计 算 公 式	应 用 举 例
测量内圆弧		$r = \frac{d(d+H)}{2H}$ $H = \frac{d^2}{2\left(r - \frac{d}{2}\right)}$	<p>〔例〕已知圆柱直径 $d = 20\text{mm}$,深度游标卡尺读数 $H = 2.3\text{mm}$,求圆弧工件的半径 r。</p> <p>〔解〕$r = \frac{20(20+2.3)}{2 \times 2.3}$ $= 96.9(\text{mm})$</p>
测量外圆弧		$L = 2\sqrt{H(2r-H)}$ $r = \frac{L^2}{8H} + \frac{H}{2}$	<p>〔例〕已知游标卡尺的 $H = 22\text{mm}$,读数为 $L = 122\text{mm}$,求圆弧工件的半径 r。</p> <p>〔解〕$r = \frac{122^2}{8 \times 22} + \frac{22}{2}$ $= 95.5(\text{mm})$</p>
测量外圆锥斜角		$\tan \alpha = \frac{L-l}{2H}$	<p>〔例〕已知 $H = 15\text{mm}$,游标卡尺读数 $L = 32.7\text{mm}$,$l = 28.5\text{mm}$,求斜角 α。</p> <p>〔解〕$\tan \alpha = \frac{32.7-28.5}{2 \times 15} = 0.1400$ $\alpha = 7^\circ 58'$</p>
测量内圆锥斜角		$\sin \alpha = \frac{R-r}{L}$ $= \frac{R-r}{H+r-R-h}$	<p>〔例〕已知大钢球半径 $R = 10\text{mm}$,小钢球半径 $r = 6\text{mm}$,深度游标卡尺读数 $H = 24.5\text{mm}$,$h = 2.2\text{mm}$,求斜角 α。</p> <p>〔解〕$\sin \alpha = \frac{10-6}{24.5+6-10-2.2}$ $= 0.2186$ $\alpha = 12^\circ 38'$</p>
测量内圆锥斜角		$\sin \alpha = \frac{R-r}{L}$ $= \frac{R-r}{H+h-R+r}$	<p>〔例〕已知大钢球半径 $R = 10\text{mm}$,小钢球半径 $r = 6\text{mm}$,深度游标卡尺读数 $H = 18\text{mm}$,$h = 1.8\text{mm}$,求斜角 α。</p> <p>〔解〕$\sin \alpha = \frac{10-6}{18+1.8-10+6}$ $= 0.2532$ $\alpha = 14^\circ 40'$</p>

名称	图 形	计 算 公 式	应 用 举 例
测量 V 形槽角度		$\sin \alpha = \frac{R - r}{H_2 - H_1 - (R - r)}$	<p>[例] 已知大钢柱半径 $R = 15\text{mm}$, 小钢柱半径 $r = 10\text{mm}$, 高度游标卡尺读数 $H_1 = 43.53\text{mm}$, $H_2 = 55.6\text{mm}$, 求 V 形槽斜角 α。</p> <p>[解] $\sin \alpha = \frac{15 - 10}{55.6 - 43.53 - (15 - 10)}$ $= 0.7071$ $\alpha = 45^\circ$</p>
测量燕尾槽		$l = b + d \left(1 - \cot \frac{\alpha}{2} \right)$ $= b + k^{①}$ $b = l - d \left(1 - \cot \frac{\alpha}{2} \right)$ $= l - k^{①}$	<p>[例] 已知钢柱直径 $d = 10\text{mm}$, $b = 60\text{mm}$, $\alpha = 55^\circ$, 求 l。</p> <p>[解] $l = 60 + 10 \times (1 + 1.921)$ $= 89.21(\text{mm})$</p>
测量燕尾槽		$l = b - d \left(1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$ $= b - k^{①}$ $b = l + d \left(1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$ $= l + k^{①}$	<p>[例] 已知钢柱直径 $d = 10\text{mm}$, $b = 72\text{mm}$, $\alpha = 55^\circ$, 求 l。</p> <p>[解] $l = 72 - 10 \times (1 + 1.921)$ $= 43.79(\text{mm})$</p>

① $k = d \left(1 + \cot \frac{\alpha}{2} \right)$ 。

四、金属结构件表示方法(GB4656—84)

(1) 在垂直于孔轴线的投影面上绘制孔的视图时, 应采用表 3-9 中的规定符号。孔的符号用粗实线绘制, 中心处不得有圆点。

表 3-9 在垂直于孔轴线的投影面上孔的符号

孔	孔 的 符 号			
	无沉孔	近侧有沉孔	远侧有沉孔	两侧有沉孔
在车间钻孔				
在工地钻孔				

(2)在垂直于螺栓、铆钉等轴线的投影面上绘制螺栓、铆钉连接的视图时,采用的规定符号(表 3-10)。

表 3-10 在垂直于螺栓、铆钉等轴线的投影面上绘制螺栓、铆钉连接的符号

螺栓或铆钉	螺栓或铆钉装配在孔内的符号			铆钉装在两侧有沉孔的符号
	无沉孔	近侧有沉孔	远侧有沉孔	
在车间装配				
在工地装配				
在工地钻孔及装配				

注 可根据标记区别螺栓与铆钉(例如:螺栓标记为“螺栓 M12×50CB1228—84”,而铆钉的标记为“铆钉 12×50GB 867—76”)。

(3)在平行于孔轴线的投影面上绘制孔的视图时,采用的符号(表 3-11)。符号内水平轴线为细实线,其余均为粗实线。

表 3-11 在平行于孔轴线的投影面上孔的符号

孔	孔 的 符 号		
	无沉孔	仅一侧有沉孔	两侧有沉孔
在车间钻孔			
在工地钻孔			

(4)在平行于螺栓、铆钉轴线的投影面上绘制螺栓、铆钉连接的视图时,采用的规定符号(表 3-12)。符号内的水平轴线为细实线,其余为粗实线。

表 3—12

在平行于螺栓、铆钉轴线的投影面上
绘制螺栓、铆钉连接的符号


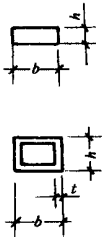














螺栓或铆钉	螺栓或铆钉装配在孔内的符号		两侧有沉孔的 铆钉连接符号	带有指定螺母位 置的螺栓符号
	无沉孔	仅一侧有沉孔		
在车间装配				
在工地装配				
在工地钻孔及装配				

(5) 型钢的标记(表 3-13)。

表 3-13

型钢的标记

名 称	标 记		尺寸含义
	符 号	尺 寸	
圆钢		d	
钢管		$d \times t$	
实心 方钢		b	
空心		$b \times t$	

名 称	标 记		尺寸含义
	符 号	尺 寸	
实心 扁 钢 空心		$b \times h$ $b \times h \times t$	
实心 六角钢 空心		S $S \times t$	
三角钢		b	
半圆钢		$b \times h$	
角钢(等边)		若无其他相应的标准时,应详细地标明型钢的规格尺寸,并在规格尺寸前加注符号标记。 (例 $\angle 80 \times 60 \times 7 - 500$)	
角钢(不等边)			
工字钢			
槽钢			
丁字钢			
Z字钢			
钢轨			
球头扁钢			

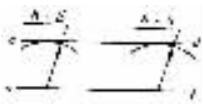
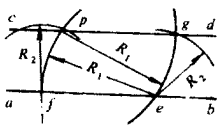
第二节 几何作图

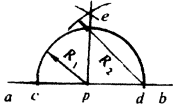
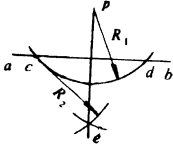
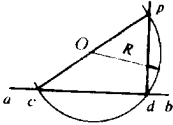

任何复杂的物体 都是由圆柱、圆锥、棱锥、球等基本几何体组成的 ,而这些几何体又都是由直线、圆弧、圆以及封闭的或开口的曲线等线条组成的。当我们用图样来表示各种不同形状零件的轮廓时 ,就是用这些线条组合种连接而成的。

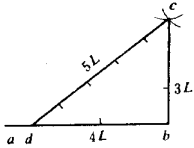
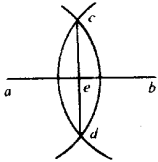
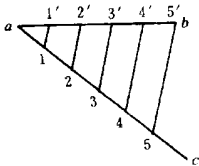
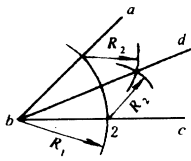
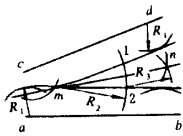
为了能在图样上精确地作出零件轮廓的图形 ,就要懂得几何学上各种不同线条的作图知识和它们连接的规则。这种作图方法就叫做几何作图。

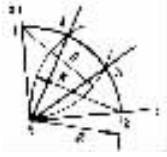
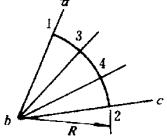
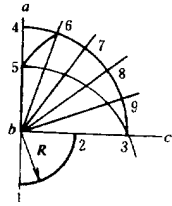
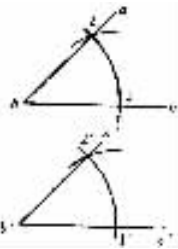
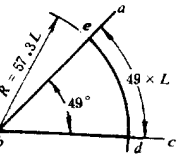
一、直线和角的画法(表 3 - 14)

表 3 - 14 直线和角的画法

名称	作图条件与要求	图 形	操作要点
平行线的画法	作 \overline{ab} 的平行线 ,相距为 S		<ol style="list-style-type: none"> 1. 在 \overline{ab} 线上分别任取两点为圆心 ,以 S 长为半径 ,作两圆弧 2. 作两圆弧的切线 \overline{cd} ,则 $\overline{cd} // \overline{ab}$
	过 p 点作 \overline{ab} 的平行线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以已知点 p 为圆心 ,取 R_1 (大于 p 点到 \overline{ab} 的距离)为半径画弧交 \overline{ab} 于 e 2. 以 e 为圆心、R_1 为半径画弧交 \overline{ab} 于 f 3. 以 e 为圆心 ,取 $R_2 = \overline{fp}$ 为半径画弧交于 g ,过 p、g 两点作 \overline{cd} ,则 $\overline{cd} // \overline{ab}$

名称	作图条件与要求	图 形	操作要点
	作过 \overline{ab} 上定点 p 的垂线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 p 为圆心,任取适当 R_1 为半径画弧交 \overline{ab} 于 $c、d$ 点 2. 分别以 $c、d$ 点为圆心,取 $R_2 (> R_1)$ 为半径画弧得交点 e,连接 \overline{ep} 则 $\overline{ep} \perp \overline{ab}$
垂直线的画法	作过 \overline{ab} 外,任意点 p 的垂线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 p 为圆心,任取适当 R_1 为半径画弧,交 \overline{ab} 于 $c、d$ 点 2. 分别以 $c、d$ 点为圆心,任取 R_2 为半径画弧得交点为 e,连接 \overline{ep} 则 $\overline{ep} \perp \overline{ab}$
	作过 \overline{ab} 端点外定点 p 的垂线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 过 p 点作一倾斜线交 \overline{ab} 于 c,取 \overline{cp} 中点为 O 2. 以 O 为圆心,取 $R = cO$ 为半径画弧交 \overline{ab} 于 d 点,连接 \overline{dp} 则 $\overline{dp} \perp \overline{ab}$
	作过 \overline{ab} 的端点 b 的垂线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 任取线外一点 O,并以 O 为圆心,取 $R = Ob$ 为半径画圆交 \overline{ab} 于 c 点 2. 连接 cO 并延长,交圆周于 d 点,连接 \overline{bd},则 $\overline{bd} \perp \overline{ab}$

名称	作图条件与要求	图 形	操作要点
垂直线的画法	作过 \overline{ab} 的端点 b ,用 3 : 4 : 5 比例法作垂线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 在 \overline{ab} 上取适当之长为半径 L ,然后以 b 为顶测量取 $bd = 4L$ 2. 以 d, b 为顶点 ,分别量取以 $5L, 3L$ 长作半径交弧得 c 点 ,连接 \overline{bc} ,则 $\overline{bc} \perp \overline{ab}$
线段的等分	作 \overline{ab} 的 2 等分		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别以 a, b 为圆心 ,任取 $R (> \frac{1}{2} \overline{ab})$ 为半径画弧 ,得交点 c, d 两点 2. 连接 \overline{cd} 并与 \overline{ab} 交于 e ,则 $ce = be$,即 $\overline{cd} \perp$ 平分 \overline{ab}
	作 \overline{ab} 的任意等分(本例为 5 等分)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 过 a 作倾斜线 \overline{ac} ,以适当长在 \overline{ac} 上截取 5 等分 ,得 1、2、3、4、5 各点 2. 连接 $b5$ 两点 ,过 \overline{ac} 线上 4、3、2、1 各点 ,分别作 $b5$ 的平行线交 \overline{ab} 于 $4', 3', 2', 1'$ 各点 ,即把 ab 5 等分
角度的等分	$\angle abc$ 的 2 等分		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为圆心 ,适当长 R_1 为半径 ,画弧交角的两边于 1、2 两点 2. 分别以 1、2 两点为圆心 ,任意长 $R_2 (> \frac{1}{2} 1-2 \text{ 距离})$ 为半径相交于 d 点 3. 连接 \overline{bd} ,则 \overline{bd} 即为 $\angle abc$ 的角平分线
	作无顶点角的角平分线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 取适当长 R_1 为半径 ,作 \overline{ab} 和 \overline{cd} 的平行线交于 m 点 2. 以 m 为圆心 ,适当长 R_2 为半径画弧交两平行线于 1、2 两点 3. 以 1、2 两点为圆心 ,适当长 R_3 为半径画弧交于 n 点 4. 连接 \overline{mn} ,则 \overline{mn} 即为 \overline{ab} 和 \overline{cd} 两角边的角平分线

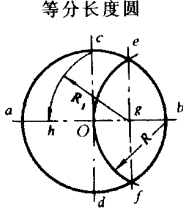
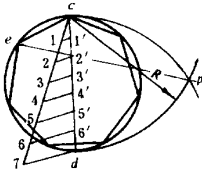
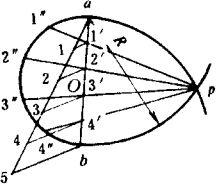
名称	作图条件与要求	图 形	操作要点
角度的等分	90°角 $\angle abc$ 的 3 等分		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为圆心,任意长 R 为半径画弧,交两直角边于 1、2 两点 2. 分别以 1、2 点为圆心,用同样 R 为半径画弧得 3、4 点 3. 连接 b_3、b_4 即为 3 等分 90°角
	$\angle abc$ 的 3 等分		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为圆心,适当长 R 为半径画弧交角边于 1、2 两点 2. 将 $\widehat{12}$ 用量规截取 3 等分为 3、4 两点 3. 连接 b_3、b_4 即为 3 等分 $\angle abc$
	90°角 5 等分		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为圆心,取适当长 R 半径画弧交 \overline{ab} 延长线于点 1 和 \overline{bc} 于点 2,量取点 3 使 $\overline{23} = \overline{b2}$ 2. 以 b 为圆心, $\overline{b3}$ 为半径画弧交 \overline{ab} 于点 4 3. 以点 1 为圆心 $\overline{13}$ 为半径画弧交 \overline{ab} 于点 5 4. 以点 3 为圆心 $\overline{35}$ 为半径画弧交 $\widehat{34}$ 于点 6 5. 以 $\widehat{a6}$ 长在 $\widehat{34}$ 上量取 7、8、9 各点 6. 连接 b_6、b_7、b_8、b_9 即为 5 等分 90°角 $\angle abc$
作已知角	作 $\angle a'b'c'$ 等于已知角 $\angle abc$		<ol style="list-style-type: none"> 1. 作一直线 $\overline{b'c'}$ 2. 分别以 $\angle abc$ 的 b 和 $\overline{b'c'}$ 的 b' 为圆心,适当长 R 为半径画弧,交 $\angle abc$ 于 1、2 点和 $\overline{b'c'}$ 于点 1' 3. 以 1' 点为圆心,取 $\overline{12}$ 为半径画弧交于点 2' 4. 连接 $b'2'$ 并适当延长到 a' 则 $\angle a'b'c' = \angle abc$
	用近似法作任意角度(图中为 49°)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为圆心,取 $R = 57.3L$ 长为半径画弧(L 为适当长度)交 \overline{bc} 于 d 2. 由于作 49°角,可取 $49 \times L$ 的长度,在所作的圆弧上,从 d 点开始用卷尺量取到 e 点 3. 连接 be, 则 $\angle ebd = 49^\circ$ 4. 作任意角度,均可用此方法,只要半径用 $57.3 \times L$ 以角度数 $\times L$ 作为弧长(L 是任意适当数)

二、圆的等分和正多边形的画法

正多边形的画法在几何作图中得到广泛地应用。在圆内作正多边形的方法,也常用求等分圆周。其作图方法见表 3-15。

表 3-15

圆的等分

作图条件 与要求	图 形	操 作 要 点
求圆的 3、4、5、6、7、10、12 等分的长度	 <p style="text-align: center;">等分长度圆</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 过圆心 O 作 $\overline{ab} \perp \overline{cd}$ 的两条直径线 2. 以 b 为圆心、R 为半径画弧交圆周于 e, f, 连接 \overline{ef} 并交 \overline{ab} 于 g 点 3. 以 g 为圆心, $R_1 = \overline{cg}$ 为半径画弧交 \overline{ab} 于 h 4. 则 $\overline{ef}, \overline{bc}, \overline{ch}, \overline{bO}, \overline{eg}, \overline{hO}, \overline{ce}$ 长分别等分该圆周的 3、4、5、6、7、10、12 等分长
作圆 O 的任意等分 (图中 7 等分)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 把圆的直径 \overline{cd} 7 等分 2. 分别以 c, d 为圆心, 取 $R = \overline{cd}$ 为半径画弧得 p 点 3. p 点与直径等分的偶数点 $2'$ 连接, 并延长与圆周交于 e 点, 则 \overline{ce} 即是所求的等分长 4. 用 \overline{ce} 长等分圆周, 然后连接各点, 即为正 7 边形
作 \widehat{ab} 半圆弧的任意等分 (图中 5 等分)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将直径 \overline{ab} 5 等分 2. 分别以 a, b 为圆心, 以 $R = \overline{ab}$ 为半径, 画弧得 p 点 3. 分别连接 $p1', p2', p3', p4'$, 并延长与圆周得交点为 $1'', 2'', 3'', 4''$ 点, 即各点将半圆弧 5 等分

圆的等分也可以用算法求得, 其计算的公式是

$$S = KD$$

式中 S ——等分圆周的弦长;

K ——圆等分数的系数;

D ——圆的直径。

K 的数值是随正多边形的边数的增减而变化的,如果边数由少变多, K 的数值就由大变小。正多边形的边数(用 N 代表)与系数(K)的关系,见表 3-16。

表 3-16 圆内接正多边形边数(N)与系数(K)的关系

N	K	N	K	N	K	N	K	N	K
1	—	21	0.14904	41	0.07655	61	0.05148	81	0.03878
2	—	22	0.14231	42	0.07473	62	0.05065	82	0.03830
3	0.86603	23	0.13617	43	0.07300	63	0.04985	83	0.03784
4	0.70711	24	0.13053	44	0.07134	64	0.04907	84	0.03739
5	0.58779	25	0.12533	45	0.06976	65	0.04831	85	0.03693
6	0.50000	26	0.12054	46	0.06824	66	0.04758	86	0.03652
7	0.43388	27	0.11609	47	0.06679	67	0.04687	87	0.03610
8	0.38268	28	0.11196	48	0.06540	68	0.04618	88	0.03559
9	0.34202	29	0.10812	49	0.06407	69	0.04551	89	0.03529
10	0.30902	30	0.10453	50	0.06279	70	0.04486	90	0.03490
11	0.28173	31	0.10117	51	0.06156	71	0.04423	91	0.03452
12	0.25882	32	0.09802	52	0.06038	72	0.04362	92	0.03414
13	0.23932	33	0.09506	53	0.05924	73	0.04302	93	0.03377
14	0.22252	34	0.09227	54	0.05814	74	0.04244	94	0.03341
15	0.20791	35	0.08964	55	0.05700	75	0.04188	95	0.03306
16	0.19509	36	0.08716	56	0.05607	76	0.04132	96	0.03272
17	0.18375	37	0.08481	57	0.05509	77	0.04079	97	0.03238
18	0.17365	38	0.08258	58	0.05414	78	0.04027	98	0.03205
19	0.16459	39	0.08047	59	0.05322	79	0.03976	99	0.03173
20	0.15643	40	0.07846	60	0.05234	80	0.03926	100	0.03141

注 $K = \sin \frac{180^\circ}{N}$ 。

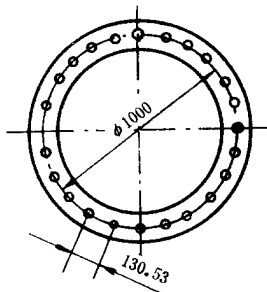


图 3-3 法兰盘

例 已知一法兰盘(图 3-3)24 孔均布,求其排孔的孔距。

解 $S = KD$

$D = 1000$, K 查表 3-16,当 $N = 24$ 时则 $K = 0.13053$ 。

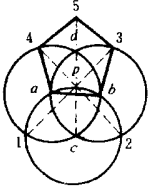
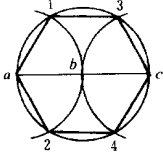
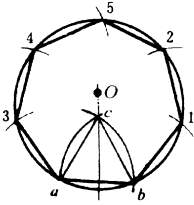
$$S = KD = 0.13053 \times 1000 = 130.53\text{mm}$$

法兰盘排孔的孔距为 130.53mm。

已知边长,作正多边形的方法,见表 3-17。

表 3-17

已知边长,作正多边形

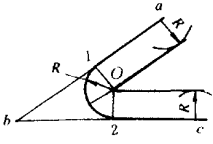
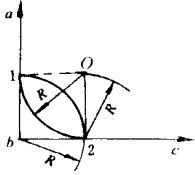
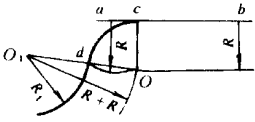
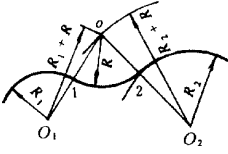
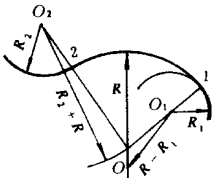
作图条件 与要求	图 形	操 作 要 点
已知一边长 \overline{ab} , 作正五边形		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别以 a 和 b 为圆心, 取 $R = ab$ 为半径画两圆, 并相交于 c、d 两点 2. 以 c 为圆心, 同样半径画圆, 分别交 a 圆于点 1、b 圆于点 2 3. 连接 c、d 交 c 圆于 p 点, 分别连接 1、p 并延长交 b 圆于点 3, 连接 2、p 并延长交 a 圆于点 4 4. 分别以点 3、4 为圆心, 同样 $R = \overline{ab}$ 为半径相交于点 5, 连接各点即为正五边形
已知一边长 \overline{ab} 作正六边形		<ol style="list-style-type: none"> 1. 延长 \overline{ab} 到 c, 使 $\overline{ab} = \overline{bc}$ 2. 以 b 为圆心取 $R = \overline{ab}$ 画圆 3. 分别以 a 和 c 为圆心, 取同样 $R = \overline{ab}$ 为半径画圆弧, 交圆周于点 1、2、3、4 点连接各点即为正六边形
已知边长 \overline{ab} 求作正七边形		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别以 a、b 为圆心, 取 $R = \overline{ab}$ 为半径画弧交于 c 点 2. 过 c 作 \overline{ab} 的垂线 3. 由于作七边形, 可以 c 向上取 O 点使 $\overline{cO} = \frac{\overline{ab}}{6}$ (若作九边形, 应以 c 向上取 3 倍 $\frac{\overline{ab}}{6}$ 的长, 若五边形可向下取 1 倍 $\frac{\overline{ab}}{6}$ 的长) 4. 以 O 为圆心, 取 \overline{Oa} 为半径画圆 5. 以 \overline{ab} 为长, 在圆周上量取 1、2、3、4、5 点。则连接各点即为正七边形

三、连接画法

各种圆弧连接的画法见表 3-18。

表 3-18

各种圆弧连接的画法

已知条件 与要求	图 形	操 作 要 点
用已知半 径 R 连接 锐角两边		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别在锐角两边内侧作二平行线, 相距 R 得交点 O 2. 过 O 点分别作两锐角边的垂线为 1、2 两点 3. 以 O 为圆心, 用已知 R 为半径画弧 $\widehat{12}$。即得连接圆弧
用半径 R 连接 90° 角 两边		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 b 为圆心, 用已知 R 为半径画弧交 \overline{ab}、\overline{bc} 于 1、2 两点 2. 分别以 1 和 2 为圆心, 同样 R 为半径交于 O 点, 再以 O 为圆心, 同样 R 画弧 $\widehat{12}$, 即得连接圆弧
用半径 R 连接 R_1 圆 弧和 \overline{ab} 直 线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 O_1 为圆心, 用 $R_1 + R$ 为半径画弧与距 \overline{ab} 直线为 R 的平行线相交于 O 点 2. 连接 O、O_1 和过 O 作 \overline{ab} 垂线得 d、c 点 3. 以 O 为圆心, R 为半径画弧 \widehat{cd}, 即得连接圆弧
用半径 R 连接两已 知 R_1 和 R_2 的圆弧		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别以 O_1 和 O_2 为圆心, 以 $R_1 + R$ 和 $R_2 + R$ 为半径画弧交于 O, 分别连接 O、O_1 和 O、O_2 得 1、2 两交点 2. 以 O 为圆心, R 为半径画弧 $\widehat{12}$, 即得连接圆弧
用半径 R 连接两已 知 R_1 和 R_2 的圆弧(内 外弧连接)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别以 O_1 和 O_2 为圆心, 以 $R - R_1$ 和 $R_2 + R$ 为半径画弧交于 O, 连接 O、O_1 和 O、O_2 得 1、2 两交点 2. 以 O 为圆心, R 为半径画弧 $\widehat{12}$, 即得连接圆弧

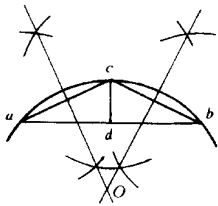
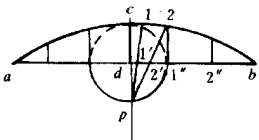
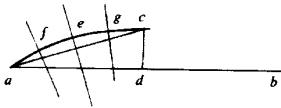
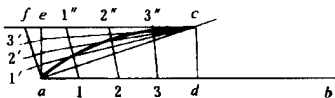
已知条件 与要求	图 形	操 作 要 点
用半径 R 连接两已知 R_1 和 R_2 的圆弧(两弧连接)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别以 O_1 和 O_2 为圆心,以 $R - R_1$ 和 $R - R_2$ 为半径画弧交于 O,分别连接 O、O_1 和 O、O_2 并延长与弧交于 1、2 点 2. 以 O 为圆心,以 R 为半径画弧$\widehat{12}$,即得边接圆弧
从圆外一点 p 作圆的切线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 连接 \overline{Op}, 并取中点为 O_1 2. 以 O_1 为圆心,取 $R = \frac{\overline{Op}}{2}$ 为半径画弧交圆 O 于 1、2 两点 3. 连接 $\overline{p1}$、$\overline{p2}$,即为相切线
O_1 圆和 O_2 圆作两圆的切线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以圆 O_1 为圆心,取 $R = R_1 - R_2$ 为半径画圆 2. 连接 O_1、O_2 并取中点 O,并以 O 为圆心取 $R_3 = \frac{1}{2} \overline{O_1O_2}$ 为半径画弧得 1、2 两交点 3. 分别连接 $\overline{1O_2}$ 和 $\overline{2O_1}$ 并延长到圆 O_1 上得 3、4 两点 4. 分别过 3、4 两点作 $\overline{1O_2}$ 和 $\overline{2O_1}$ 平行线 $\overline{35}$、$\overline{46}$,即为所求切线
O_1 圆和 O_2 圆作两圆的切线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 连接 $\overline{O_1O_2}$,分别过 O_1 和 O_2 作 $\overline{O_1O_2}$ 垂线交 O_1 圆和 O_2 圆于 a、b 点 2. 连接 \overline{ab} 交 $\overline{O_1O_2}$ 于 P 点 3. 分别取 $\overline{PO_1}$ 和 $\overline{PO_2}$ 的中点,得 O_3 和 O_4 两点,并分别以 O_3 和 O_4 为圆心取 $R_3 = \frac{\overline{PO_1}}{2}$ 和 $R_4 = \frac{\overline{PO_2}}{2}$ 为半径画弧,分别交于 1、2、3、4 各点 4. 连接 $\overline{23}$、$\overline{14}$ 即为所求切线

四、圆弧、椭圆的画法

圆弧的画法见表 3-19。

表 3-19

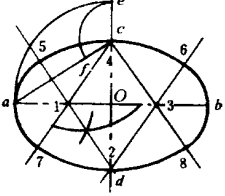
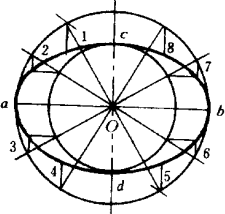
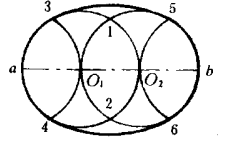
圆弧的画法

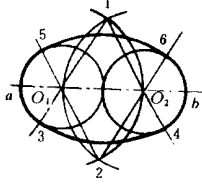
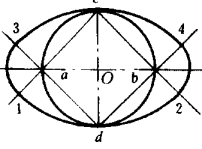
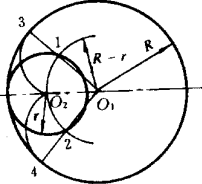
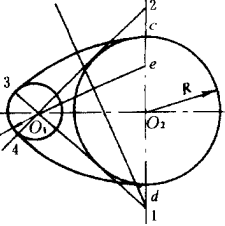
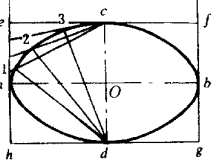
作图条件 与要求	图 形	操 作 要 点
已知弦长 \overline{ab} 和弦高 \overline{cd} 作圆弧		<ol style="list-style-type: none"> 1. 连接 \overline{ac}、\overline{bc} 并分别作垂直平分线相交于点 O 2. 以 O 为圆心, \overline{aO} 长为半径画弧, 即为所求圆弧
已知弦长 \overline{ab} 和弦高 \overline{cd} , 作圆弧 (近似画法之一)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 d 为圆心, \overline{cd} 为半径画圆, 并与延长线交于 p 点 2. 将 $1/4$ 圆周和 $1/2 \overline{ab}$ 作相同等分 (图中 3 等分) 得 $1, 2$ 点和 $1'', 2''$ 点 3. 连接小圆的 $1p, 2p$ 与 \overline{ab} 相交于 $1', 2'$ 点 4. 分别以 $11'$ 和 $22'$ 长在 \overline{ab} 的 $1', 2'$ 点的垂线上, 分别向上截取 $11'', 22''$ 长度, 各顶点圆滑连接, 即为所求的近似圆弧
已知弦长 \overline{ab} 和弦高 \overline{cd} , 作圆弧 (近似画法之二)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 连接 \overline{ac} 并作垂直平分线, 并在其上量取 $\overline{cd}/4$ 得 e 2. 分别连接 \overline{ae}、\overline{ce} 并作垂直平分线, 并在其上量取 $\overline{cd}/16$ 之长, 得 f, g 点 3. 同理将弦长作垂直平分线, 量取 $\overline{cd}/64$ 之长, 依次类推得的近似圆弧 (图中画一半)
已知弦长 \overline{ab} 和弦高 \overline{cd} , 作圆弧 (准确画法)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别过 a, c 点作 \overline{cd} 和 \overline{ab} 平行线得矩形 $adce$ 2. 连接 \overline{ac} 过 a 作 \overline{ac} 垂线交 \overline{ce} 延长线于 f 3. 在 \overline{ad}、\overline{cf}、\overline{ae} 线上各取相同等分, 分别得 $1, 2, 3$ 点、$1', 2', 3'$ 点和 $1', 2', 3'$ 点 (图中 3 等分) 4. 分别连接 $11', 22', 33'$ 和 $1'c, 2'c, 3'c$ 并对对应相交各点, 圆滑连接各点, 即得所求圆弧 (图中画一半)

椭圆 (包括心形圆和蛋形圆) 的画法见表 3-20。

表 3-20

椭圆的画法

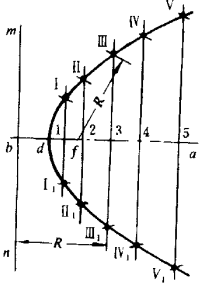
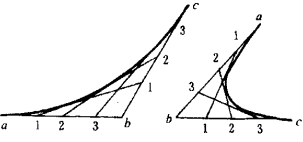
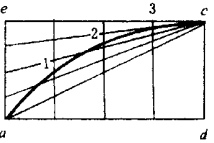
已知条件 与要求	图 形	操作要点
<p>已知长轴 \overline{ab} 和短轴 \overline{cd} 作椭圆(用四心作法)</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 作 \overline{cd} 垂直平分 \overline{ab} 并交于 O 点 2. 连接 \overline{ac} 以 O 为圆心, 取 \overline{aO} 为半径画弧交 \overline{Oc} 延长线于 e 点 3. 以 c 为圆心, \overline{ce} 为半径画弧交 \overline{ac} 于 f 点 4. 作 \overline{af} 的垂直平分线, 并分别交 \overline{ab} 于点 1、\overline{cd} 于点 2 5. 在 \overline{Ob} 和 \overline{Oc} 线上, 分别截取 $\overline{O1}$、$\overline{O2}$ 的长度得 3、4 两点 6. 分别以点 2、4 为圆心, 以 $\overline{c2}$ 为半径画弧得 $\widehat{56}$ 和 $\widehat{78}$。分别以点 1、3 为圆心, 以 $\overline{a1}$ 为半径画弧得 $\widehat{57}$ 和 $\widehat{68}$, 即完成所作的椭圆
<p>已知长轴 \overline{ab} 和短轴 \overline{cd} 作椭圆(用同心作法)</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 O 为圆心, \overline{Oa} 和 \overline{Oc} 为半径作两个同心圆 2. 将大圆等分(图中 12 等分)并作对称连线 3. 将大圆上各点分别向 \overline{ab} 作垂线与小圆周上对应各点作 \overline{ab} 的平行线相交 4. 用圆滑曲线连接各交点得所求的椭圆
<p>已知长轴 \overline{ab} 作椭圆(长轴 3 等分法)</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. 半 \overline{ab} 3 等分。等分点为 O_1 和 O_2, 分别以 O_1 和 O_2 为圆心, 取 $\overline{aO_1}$ 为半径画两圆, 且相交于 1、2 两点 2. 分别以 a 和 b 为圆心, 仍取 $\overline{aO_1}$ 为半径画弧交两圆于 3、4、5、6 各点 3. 分别以 1 和 2 为圆心, 取 $\overline{25}$ 线段长为半径画弧 $\widehat{35}$、$\widehat{46}$, 即为所求之椭圆

已知条件 与要求	图 形	操作要点
已知长轴 \overline{ab} 作椭圆 (长轴 4 等分法)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将\overline{ab} 4等分并分别以 O_1 和 O_2 为圆心,取 $1/4 \overline{ab}$ 长轴为半径,作两圆 2. 分别以 O_1 和 O_2 为圆心,取$\overline{O_1O_2}$为半径画弧相交于 1、2 两点 3. 连接$\overline{1O_1}$并延长交圆周于点 3,同理求出 4、5、6 三点 4. 分别以 1 和 2 为圆心,取$\overline{13}$为半径画圆弧$\widehat{34}$和$\widehat{56}$,即得所求的椭圆
已知短轴 \overline{cd} 作椭圆		<ol style="list-style-type: none"> 1. 取\overline{cd}的中点为 O,过 O 作\overline{cd}的垂线与以 O 为圆心,cO为半径的圆相交于 a、b 两点 2. 分别以 c 和 d 为圆心,取\overline{cd}为半径画弧交\overline{ca}、\overline{cb}和\overline{da}、\overline{db}的延长线于 1、2、3、4 各点 3. 分别以 a 和 b 为圆心,取$\overline{a1}$为半径画弧$\widehat{13}$和$\widehat{24}$,即完成所求之椭圆
已知大小 圆半径 R 、 r , 作心形 圆		<ol style="list-style-type: none"> 1. 以 O_1 为圆心,取 $R - r$ 为半径画弧交圆 O_2 于 1、2 两点 2. 连接 O_11 和 O_12 并延长与圆 O_1 并于 3、4 两点 3. 分别以 1 和 2 为圆心,取 r 为半径画弧$\widehat{3O_2}$、$\widehat{4O_2}$,即由$\widehat{34}$、$\widehat{4O_2}$、$\widehat{3O_2}$组成一个心形圆
已知两圆 心距 $\overline{O_1O_2}$, 半径为 r 、 R 作蛋形 圆		<ol style="list-style-type: none"> 1. 过 O_2 作$\overline{O_1O_2}$垂线交圆 O_2 圆周于 c、d 两点 2. 截取$\overline{ce} = r$,连接$\overline{eO_1}$并作$\overline{eO_1}$的垂直平分线交\overline{cd}延长线于点 1。同理得点 2 3. 连接$\overline{1O_1}$和$\overline{2O_1}$并延长交圆 O_1 于 3、4 两点 4. 分别以 1 和 2 为圆心,取$\overline{1c}$为半径画弧$\widehat{3c}$、$\widehat{4d}$,即得所求蛋形圆
已知长轴 \overline{ab} , 短轴 \overline{cd} 作椭圆		<ol style="list-style-type: none"> 1. 长轴\overline{ab}和短轴\overline{cd}相交于 O 点 2. 分别过 a、b 和 c、d 点作\overline{cd}和\overline{ab}的平行线,交成矩形,交点为 e、f、g、h 3. 把\overline{aO}和\overline{ae}作相同的等分(图中 4 等分)并从 c 点作\overline{ae}线上各等分点的连线和从 d 点作\overline{aO}线上的各等分点的连线并延长,各对连线交于 1、2、3 各点 4. 用光滑曲线连接各点得 $1/4$ 的椭圆,同理求出其它三边曲线

五、曲线的画法(表 3-21)

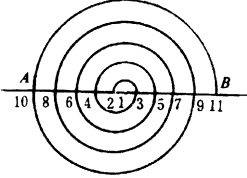
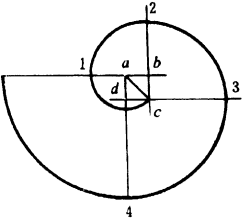
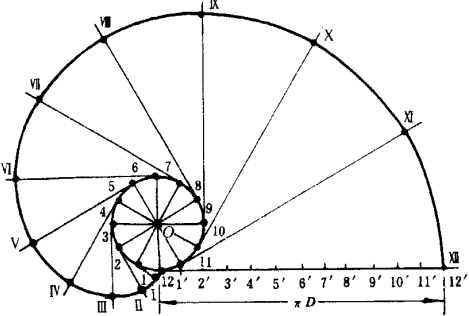
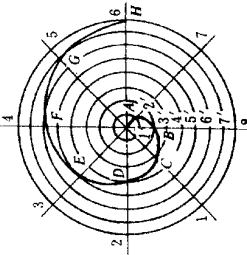
表 3-21

曲线的画法

名称	已知条件 与要求	图 形	操 作 要 点
抛物线的画法	已知导线和焦点画抛物线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 通过焦点 f 作抛物线的轴,此轴垂直于导线 \overline{mn} 并交于 b 点 2. 等分 \overline{bf} 得中点 d, d 点就是抛物线的顶点 3. 从 d 点沿焦点方向,取任意数目的、距离渐增的点,如 $1, 2, 3, \dots$ 并通过这些点画 \overline{mn} 的平行线 4. 以 f 点为圆心,用 $\overline{b1}, \overline{b2}, \overline{b3}, \dots$ 做半径,画圆弧,分别交过点 1 的平行线于 I, I_1, 过点 2 的平行线于 II, II_1, \dots 点 5. 用曲线板连接所得各点,即为抛物线
抛物线的画法	已知任意一角 abc (钝角或锐角)画抛物线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 把这角两边分为相同数量的等分, $1, 2, 3, \dots$ 2. 用直线连接同号数的点,即 $11, 22, 33, \dots$ 3. 用曲线板从 a 点到 c 点画曲线,这曲线同所有的直线段相切,即为同角 abc 两边相切于 a, c 两点的抛物线
抛物线的画法	已知抛物线的 $1/2$ 跨度为 \overline{ad} , 拱高为 \overline{cd} , 作抛物线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 过 a 和 c 作 \overline{cd} 和 \overline{ad} 平行线得矩形, 交点为点 e 2. 分别将 $\overline{ad}, \overline{ce}$ 和 \overline{ae} 作相同的等分 (图中 4 等分) 把 \overline{ad} 和 \overline{ce} 上的等分对应相连和从 c 点与 \overline{ae} 上的等分点的连线对应相交于 $1, 2, 3$ 各点 3. 用曲线圆滑连接 $a, 1, 2, 3, c$ 各点即得所求抛物线

名称	已知条件与要求	图 形	操 作 要 点
双曲线的画法	已知双曲线顶点间距离 $\overline{aa_1}$ 和焦点间距离 $\overline{ff_1}$ 画双曲线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 沿轴线在焦点 f 的左面任意截取 $1, 2, 3, \dots$ 点 2. 用焦点 f 和 f_1 做圆心, 分别用 $\overline{a_1f}$ 和 $\overline{a_1f_1}$ 做半径各作两圆弧, 得交点 I、I 和 I_1、I_1 3. 仍用 f 和 f_1 做圆心, 分别用 $\overline{a_2f}$ 和 $\overline{a_2f_1}$ 做半径各作两圆弧, 又得交点 II、II 和 II_1、II_1, \dots 用同样的方法, 得其他各点 4. 用曲线圆滑连接各点, 即画成双曲线
摆线的画法	已知转圆半径 R 和导线 $\overline{aa_1}$, 画普通摆线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 用 R 做半径作转圆 O, 同导线切在 a 点, 从 a 点起分圆周成适当等分 (图中是 12 等分), 得分点 $1, 2, 3, \dots, 12$ 2. 在导线上截取 $\overline{aa_1}$ 等于圆周长度, 把 $\overline{aa_1}$ 也等分成 12 等分, 得分点 $1', 2', 3', \dots, 12'$ 3. 经过转圆圆心 O, 作导线的平行线 $\overline{OO_{12}}$, 并从导线上各分点 $1', 2', 3', \dots, 12'$ 作导线的垂直线, 同直线 $\overline{OO_{12}}$ 交于 $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{12}$ 点 4. 从转圆上各分点作导线的平行线 5. 用 O_1 做圆心, R 做半径, 画圆弧同经过点 1 所作导线的平行线相交在点 I 6. 用 O_2 做圆心, R 做半径, 画圆弧同经过点 2 平行线相交于点 II, 同法求得 III、$IV \dots$ 7. 用曲线连接各点, 即形成普通摆线

名称	已知条件 与要求	图 形	操 作 要 点
摆 线 的 画 法	已知转 圆半径 R 和导 圆半径 R' ,画外 摆线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 用 O' 做圆心, R' 做半径画导圆弧。在导圆弧上任意取一点 a, 连 $\overline{O'a}$ 并延长, 在 $O'a$ 延长线上截取 $\overline{Oa} = a$, 用 O 做圆心, R 做半径画转圆 O 2. 从 a 点起把转圆圆周分成适当等分(图中是 12 等分), 得到分点 1, 2, 3, ..., 12 3. 使圆 O' 的中心角 $\alpha = \frac{R}{R'} \times 360^\circ$, 得到导圆弧 $\widehat{aa_1}$, 然后把导圆弧也 12 等分, 得到分点 $1', 2', 3', \dots, 12'$ 4. 连 O' 同各分点并延长, 用 O' 做圆心, $\overline{OO'} = R' + R$ 做半径画圆弧并同各延长线相交于 $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{12}$ 5. 用 O' 为圆心, 作通过转圆上各分点的辅助圆弧, 用 O_1 做圆心, R 为半径画圆弧同通过点 1 的辅助圆弧相交于点 I, 用 O_2 做圆心, R 为半径画圆弧同通过点 2 的辅助圆弧相交于点 II 6. 依照上述方法划出 III, IV, V, ..., XI 等点, 圆滑连接各点, 即为所画的外摆线
摆 线 的 画 法	已知转 圆半径 R 和导 圆半径 R' ,画内 摆线		<p>内摆线的画法和画外摆线相仿。只是在取转圆各位置的圆心 $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{12}$ 时, 用 O' 为圆心, 用 $\overline{OO'} = R' - R$ 为半径画圆弧, 其余的画法都相同</p>

名称	已知条件与要求	图 形	操 作 要 点
渐开线的画法	已知直线 \overline{AB} 作渐开线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将 \overline{AB} 分成若干等分, 1, 2, 3, ... 2. 以 1 为圆心, $\widehat{12}$ 为半径画圆弧 $\widehat{23}$ 3. 以 2 为圆心, $\widehat{23}$ 为半径画圆弧 $\widehat{34}$ 4. 以 3 为圆心, $\widehat{34}$ 为半径画圆弧 $\widehat{45}$ 5. 依次类推, 即画出直线渐开线
渐开线的画法	已知正方形 $abcd$ 画渐开线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分别作 \overline{ab}、\overline{bc}、\overline{cd} 和 \overline{ad} 的延长线, 以 a 为圆心, 取 \overline{ac} 为半径, 自 c 点起作圆弧得点 1 2. 以 b 为圆心, 取 $\overline{b1}$ 为半径画弧交 \overline{cb} 延长线于点 2 3. 同理以 c、d 为圆心取 $\overline{c2}$、$\overline{d3}$ 为半径画弧得 3、4 点, 依次类推得所求的渐开线
已知圆 O 画渐开线	已知圆 O 画渐开线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 分圆周为若干等分(图为 12 等分)得各等分点 1, 2, 3, ..., 12 2. 画出各等分点与圆心 O 的连线, 过圆上各点作圆的切线 3. 在点 12 的切线上取 $\overline{A12'} = \text{圆周长}$, 并将此线段分成 12 等分, 得各分点 $1', 2', 3', \dots, 12'$ 4. 在圆周各点的切线上分别截取线段, 使其长度分别为 $\overline{11'} = \overline{A1'}$, $\overline{22'} = \overline{A2'}$, $\overline{33'} = \overline{A3'}$, ..., $\overline{1111'} = \overline{A11'}$ 5. 圆滑连接 $A, 1, 2, \dots, 12$ 各点, 即得圆的渐开线
画阿基米德螺旋线	已知圆 O 画阿基米德螺旋线		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将已知圆分为若干等分(图为 8 等分)得 1, 2, 3, ..., 8 各点 2. 将各点与中心 O 连成直线, 把线段 $\overline{O8}$ 分成与圆相同的等分, 得 $1', 2', 3', \dots, 7', 8$ 各点 3. 以 O 为圆心, 分别以 $\overline{O8}$ 线上的各分点为半径画同心圆, 相交于相应的圆周等分线上, 得交点 A, B, C, \dots, H 4. 圆滑连接各点, 即画出阿基米德螺旋线

第三节 材 料

材料分为金属材料和非金属材料两大类。金属材料又分为黑色金属材料和有色金属材料两类。

一、黑色金属材料

黑色金属材料是以铁元素为基体的铁碳合金。它包括碳素钢、合金钢、铸铁和铸钢。

1. 钢的分类

钢的分类方法很多,可按钢的冶炼方法、钢材品质、化学成分、金相组织和用途的不同进行不同的分类。其分类方法见表 3-22。

表 3-22 钢的分类

分类名称	类 别
按化学成分	碳素钢——钢中除铁外,还含 2.11% 以下的碳以及其他硅、锰、硫、磷等微量元素 合金钢——钢中除含有碳素钢中的元素外,还含有铬、镍、钼、钨、钒等一些合金元素
按含碳量 (质量分数)分	低碳钢——含碳量小于 0.25% 的钢 中碳钢——含碳量在 0.25% ~ 0.6% 范围的钢 高碳钢——含碳量大于 0.6% 的钢
按质量分	普通钢——钢中含硫量不超过 0.055% ~ 0.065% ;含磷量不超过 0.045% ~ 0.085% 优质钢——钢中含硫量不超过 0.030% ~ 0.045% ;含磷量不超过 0.035% ~ 0.040% 高级优质钢(高级质量钢)——钢中含硫量不超过 0.020% ~ 0.030% ;含碳量不超过 0.027% ~ 0.035%
按用途分	结构钢——指作建筑结构、机器零件等用的钢 工具钢——指作工具、模具、量具等用的钢 特殊用途钢——指作特殊用途和具有特殊性能的钢,如不锈钢、耐酸钢、耐热钢、磁钢等

分类名称	类别
按冶炼方法分	<p>转炉钢——用转炉冶炼的钢。按炉衬材料又分酸性转炉钢和碱性转炉钢,按送风方法又分底吹转炉钢,侧吹转炉钢和纯氧顶吹转炉钢</p> <p>平炉钢——用平炉冶炼的钢,按炉衬材料又分酸性平炉钢和碱性平炉钢</p> <p>电炉钢——用电炉冶炼的钢。按炉衬材料又分酸性电炉钢和碱性电炉钢</p>
按浇铸前脱氧程度分	<p>镇静钢——脱氧完全的钢</p> <p>沸腾钢——脱氧不完全的钢</p> <p>半镇静钢——脱氧程度介于镇静钢和沸腾钢之间。</p>
综合分类	

2. 钢号表示方法

我国钢号表示方法,根据国家标准《钢铁产品牌号表示方法》(GB221—79)中规定,采用汉语拼音字母、化学元素符号及阿拉伯数字相结合的方法表示。常用化学元素符号见表 1—23。产品命名符号见表 3—24。钢号表示方法见表 3—25。

表 3—23 常用化学元素符号(GB221—79)

元素名称	铁	锰	铬	镍	钴	铜	钨
化学元素符号	Fe	Mn	Cr	Ni	Co	Cu	W
元素名称	钼	钒	钛	铝	铌	钽	锂
化学元素符号	Mo	V	Ti	Al	Nb	Ta	Li
元素名称	铍	镁	钙	锆	锡	铅	铋
化学元素符号	Be	Mg	Ca	Zr	Sn	Pb	Bi
元素名称	铯	钡	镧	铈	钐	铷	硼
化学元素符号	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Ac	B
元素名称	碳	硅	硒	硫	磷	氮	稀土
化学元素符号	C	Si	Se	S	P	N	RE

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

表 3-24

产品名称、用途、特性和工艺方法命名符号(GB221—79)

名 称	牌号表示		位置
	汉字	符号	
碱性平炉炼钢用生铁	平	P	牌号头
顶吹氧气转炉炼钢用生铁	顶	D	牌号头
碱性空气转炉炼钢用生铁	碱	J	牌号头
铸造用生铁	铸	Z	牌号头
冷铸车轮用生铁	冷	L	牌号头
球墨铸铁用生铁	球	Q	牌号头
金属锰、金属铬	金	J	牌号头
氧化钼块	氧	Y	牌号头
甲类钢(普通碳素钢用)		A	牌号头
乙类钢(普通碳素钢用)		B	牌号头
特类钢(普通碳素钢用)		C	牌号头
氧气转炉(普通碳素钢用)	氧	Y	牌号中
碱性空气转炉(普通碳素钢用)	碱	J	牌号中
易切削钢	易	Y	牌号头
电工用热轧硅钢	电热	DR	牌号头
电工用冷轧无取向硅钢	电无	DW	牌号头
电工用冷轧取向硅钢	电取	DQ	牌号头
电工用纯铁	电铁	DT	牌号头
碳素工具钢	碳	T	牌号头
滚珠轴承钢	滚	G	牌号头
焊接用钢	焊	H	牌号头
钢轨钢	轨	U	牌号头
铆螺钢	铆螺	ML	牌号头
锚链钢	锚	M	牌号头
地质钻探钢管用钢	地质	DZ	牌号头
船用钢	船	C	牌号尾
汽车大梁用钢	梁	L	牌号尾
矿用钢	矿	K	牌号尾
压力容器用钢	容	R	牌号尾
多层式高压容器用钢	高层	gC	牌号尾
桥梁钢	桥	q	牌号尾
锅炉钢	锅	g	牌号尾
耐蚀合金	耐蚀	NS	牌号头
精密合金	精	J	牌号中
变形高温合金	高合	GH	牌号头
铸造高温合金	高合	K	牌号头
铸钢	铸钢	ZG	牌号头
轧辊用铸钢	铸辊	ZU	牌号头
灰铸铁	灰铁	HT	牌号头
球墨铸铁	球铁	QT	牌号头
可锻铸铁	可铁	KT	牌号头
耐热铸铁	热铁	RT	牌号头
粉末及粉末材料	粉	F	牌号头
沸腾钢	沸	F	牌号尾
半镇静钢	半	b	牌号尾
高级	高	A	牌号尾
特级	特	E	牌号尾
超级	超	C	牌号尾

表 3-25

钢铁牌号表示方法(GB221—79)

产品类别	产品名称	牌号	牌号表示方法说明
普通碳素结构钢		Q195 Q215 Q235 Q255 Q275	<p style="text-align: center;">Q 235-A·F</p> <p> F—沸腾钢 b—半沸腾钢 Z—镇静钢 TZ—特殊镇静钢 </p> <p> 脱氧方法 质量等级代号 A、B、C、D 屈服强度值(MPa) 屈服点,汉语拼音第一个字母 </p> <p>* “Z”、“TZ”代号在牌号中予以省略</p>
优质碳素结构钢	普通含锰量优质碳素结构钢 较高含锰量优质碳素结构钢 锅炉用优质碳素结构钢	08F、45、20A 40Mn 70Mn 20g	<p> 表示平均含碳量的万分之几 表示脱氧方法,沸腾钢 表示平均含碳量为 0.08% 的沸腾钢 表示平均含碳量为 0.4%, 含锰量较高 (0.70%~1.00%) 的镇静钢 表示平均含碳量为 0.2% 的锅炉用钢 </p>
碳素工具钢	普通含锰量碳素工具钢 较高含锰量碳素工具钢	T7 T12A	<p> 表示碳素工具钢 表示平均含碳量的千分之几 表示优质 表示平均含碳量为 1.20% 的优质碳素工具钢 表示平均含碳量为 0.85%, 含锰量较高 (0.35%~0.6%) 的碳素工具钢 </p>

产品类别	产品名称	牌号	牌号表示方法说明
合金钢	低合金钢	15MnV 16Mn 10MnPNbRE 30CrMonSi 38CrMoAlA 20Mn2B 60Si2Mn 50CrVA	<p>高 (GB 700—1988) 的碳素工器具钢</p> <p>数字为万分之几,如 15MnPNbRE 表示平均含量为 0.15%。</p> <p>数字为千分之几,如 16Mn 表示平均含量为 0.16%。</p> <p>数字为千分之几,如 10MnPNbRE 表示平均含量为 0.10%。</p> <p>数字为千分之几,如 30CrMonSi 表示平均含量为 0.30%。</p> <p>数字为千分之几,如 38CrMoAlA 表示平均含量为 0.38%。</p> <p>数字为千分之几,如 20Mn2B 表示平均含量为 0.20%。</p> <p>数字为千分之几,如 60Si2Mn 表示平均含量为 0.60%。</p> <p>数字为千分之几,如 50CrVA 表示平均含量为 0.50%。</p> <p>在牌号前加“G”表示“高”或“纯”的符号,表示含有或含有很低的钒、铌、钽。</p> <p>数字为千分之几,如 15MnV 表示平均含量为 0.15%。</p> <p>数字为千分之几,如 16Mn 表示平均含量为 0.16%。</p> <p>数字为千分之几,如 10MnPNbRE 表示平均含量为 0.10%。</p> <p>数字为千分之几,如 30CrMonSi 表示平均含量为 0.30%。</p> <p>数字为千分之几,如 38CrMoAlA 表示平均含量为 0.38%。</p> <p>数字为千分之几,如 20Mn2B 表示平均含量为 0.20%。</p> <p>数字为千分之几,如 60Si2Mn 表示平均含量为 0.60%。</p> <p>数字为千分之几,如 50CrVA 表示平均含量为 0.50%。</p> <p>在牌号前加“G”表示“高”或“纯”的符号,表示含有或含有很低的钒、铌、钽。</p>
	不锈钢	2Cr13 00Cr18Ni10 4Cr10Si2Mo 1Cr23Ni18	
	耐热钢		
	高电阻合金	Cr20Ni80 0Cr25Al15	
	高速工具钢	W18Cr4V W6Mo5Cr4V2	
	合金工具钢	Cr12MoV 4CrW2Si	
	滚珠轴承钢	GCr15 GCr15SiMn	
焊条用钢	H08A HZCr13		

注 普通碳素结构钢的表示方法,已按新标准 (GB700—88) 规定表示。

3. 常用钢号的化学成分 (表 3-26)

表 3-26 常用钢号的化学成分

钢号	化学成分 (质量分数, %)							
	C	Si	Mn	Cr	Mo	其他	P	S
								≤
08	0.05 ~ 0.12	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	—	—	—	0.035	0.040
10	0.07 ~ 0.14	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	—	—	—	0.035	0.040

第一篇 钣金冲压生产技术

钢号	化学成分(质量分数,%)							
	C	Si	Mn	Cr	Mo	其他	P	S
								≤
15	0.12 ~ 0.19	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	—	—	—	0.040	0.040
20	0.17 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	—	—	—	0.040	0.040
25	0.22 ~ 0.30	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
30	0.27 ~ 0.35	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
35	0.32 ~ 0.40	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
40	0.37 ~ 0.45	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
45	0.42 ~ 0.45	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
50	0.47 ~ 0.55	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
60	0.57 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
70	0.67 ~ 0.75	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
15Mn	0.12 ~ 0.19	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00	—	—	—	0.040	0.040
20Mn	0.17 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00	—	—	—	0.040	0.040
25Mn	0.22 ~ 0.30	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00	—	—	—	0.040	0.040
30Mn	0.27 ~ 0.35	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00	—	—	—	0.040	0.040
16Mn	0.12 ~ 0.20	0.20 ~ 0.60	1.20 ~ 1.60	—	—	—	0.045	0.050
16MnCu	0.12 ~ 0.20	0.30 ~ 0.50	1.25 ~ 1.50	—	—	Cu 0.25 ~ 0.40	0.045	0.050
15MnV	0.12 ~ 0.18	0.20 ~ 0.60	1.20 ~ 1.60	—	—	V 0.04 ~ 0.12	0.045	0.050
T7	0.65 ~ 0.74	0.15 ~ 0.35	0.20 ~ 0.40	—	—	—	0.035	0.030
T7A	0.65 ~ 0.74	0.15 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	—	—	—	0.030	0.020
T8	0.75 ~ 0.84	0.15 ~ 0.35	0.20 ~ 0.40	—	—	—	0.035	0.030
T8A	0.75 ~ 0.84	0.15 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	—	—	—	0.030	0.020
T10	0.95 ~ 1.04	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	—	—	—	0.035	0.030
T10A	0.95 ~ 1.04	0.15 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	—	—	—	0.030	0.020
4CrW2Si	0.35 ~ 0.44	0.80 ~ 1.00	0.20 ~ 0.40	1.00 ~ 1.30	—	W 2.00 ~ 2.25	0.030	0.030
Cr12MoV	1.45 ~ 1.70	≤0.40	≤0.35	11.00 ~ 12.50	0.40 ~ 0.60	V 0.15 ~ 0.30	0.030	0.030

4. 金属材料的性能

金属材料的种类很多,为了正确合理地使用材料,必须准确掌握金属材料的各种性能。金属材料的性能包括力学性能(表 3-27)、物理性能(表 3-28)、化学性能(表 3-28)和工艺性能(表 3-29)。

表 3-27

金属材料的力学性能

名称	符号	单位	解释
抗拉强度	σ_b	MPa	试样拉断前承受的最大标称拉应力
抗压强度	σ_{bc}	MPa	试样压至破坏前承受的最大标称压应力
抗弯强度	σ_{bb}	MPa	试样在弯曲断裂前所承受的最大正应力
屈服点	σ_s	MPa	当材料承受载荷时,负荷不增加,而变形却继续增长的现象称为屈服,出现屈服时的应力叫屈服点(或称屈服极限,理论屈服强度)

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

名称	符号	单位	解 释
屈服强度	$\sigma_{0.2}$	MPa	大多数金属材料没有明显的屈服点(除低、中碳钢和少数合金钢外),规定以产生 0.2% 塑性应变时的应力作为屈服强度,以 $\sigma_{0.2}$ 表示
伸长率	δ δ_5 δ_{10}	%	拉断后的拉力试样,其标距部分所增加的长度与原标距长度之比 $\delta = \frac{\text{试样拉断后的标距长度} - \text{试样原标距长度}}{\text{试样原来长度}}$ δ_5 表示试样的长度等于 5 倍直径的伸长率 δ_{10} 表示试样的长度等于 10 倍直径的伸长率
断面收缩率	Ψ		试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比
冷弯角度	α	°	在室温下用一定直径的压头将试样弯曲到出现裂纹时的角度,一般要求压头直径 d 等于试样板厚 a 的 2 倍,此时弯角的符号是 α ($a = 2a$)。冷弯角度常用来衡量冲压板材和焊接接头的性能和质量的重要指标
弹性极限	σ_e	MPa	在弹性变形范围内,金属材料单位面积上所能承受的最大应力
刚性	—		材料抵抗弹性变形的能力称为刚性,许多结构不但要求强度高,而且要求刚性好,如起重机的悬臂梁钢架、桥梁等
硬度	HBS HBW HRA HRB HRC HV HS	—	材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。是衡量金属软硬的判据 硬度符号:布氏硬度 HBS、HBW;洛氏硬度 HRA、HRB、HRC;维氏硬度 HV;肖氏硬度 HS
冲击韧度	a_k	J/cm ²	当冲击试样被冲断时,在击断处单位截面积所消耗的冲击功也称冲击韧度
疲劳强度	σ_{-1} σ_{-1R}	MPa	钢及其他一些金属材料在交变应力作用下,可经受无数次(一般规定 10^7 循环周次)应力循环而不断裂时的最大应力。常用 σ_{-1} (光滑试样)或 σ_{-1R} (缺口试样)表示对称弯曲疲劳极限

表 3-28

金属材料的物理性能和化学性能

名称	单位	解 释
密度	g/cm ³	某种物质单位体积的质量称为这种物质的密度。钢材密度 7.85、不锈钢为 7.75、铜材为 8.9、铝板为 2.73、铸钢为 7.8、铸铁为 7.4
熔点	°C	金属或合金的熔化温度称为熔点。低碳钢的熔点为 1400~1500°C、黄铜的熔点 950°C、铝的熔点 658°C。各种金属都有各自的熔点

名称	单位	解 释
导电性	S/m	金属传导电流的性能称为导电性 ,用电导率表示。导电性最好的是银 ,其次是铜和铝
导热性	W/(m·K)	金属在加热或冷却时传导热能的性质称为导热性 ,用热导率(导热系数)表示
热膨胀性	mm/(mm·℃)	金属或合金受热时体积会胀大 ,冷却时则收缩 ,这种性能称为热膨胀性。热膨胀的大小是用线膨胀系数来表示
磁性	H/m	金属导磁的性能叫做磁性 ,用磁导率表示。铁、镍、钴等都具有较好的导磁性 ,这种金属也叫磁性金属
耐腐蚀性		金属抵抗各种介质(大气、水蒸气、有害气体、酸、碱、盐等)侵蚀的能力 ,称为金属的耐腐蚀性能 ,也叫金属的化学性能 金属耐腐蚀性能与金属的成分、组织以及介质和温度条件等有关
高温抗氧化性		金属在高温下 ,对氧化的抵抗能力叫做高温抗氧化性。如锅炉、汽轮机、喷气发动机等产品中有许多零件必须具有良好的高温抗氧化性

表 3 - 29

金属材料的工艺性能

名称	解 释
铸造性能	金属材料能否用铸造方法制成优良铸件的性能 ,包括金属的液态流动性 ,冷却、凝固时的收缩率 ,偏析倾向和吸气性等
锻压性能	金属材料在压力加工时 ,能改变形状而不产生裂纹的性能 ,称为锻压性 ,而铸铁几乎没有锻压性
切削加工性	切削加工性就是指金属材料是否易于被刀具切削的性能。切削加工性好的材料 ,切削时刀具的磨损小 ,切削效率高
焊接性	金属材料对焊接加工的适应性。主要指在一定的焊接工艺条件下 ,获得优质焊接接头的难易程度。它包括两方面的内容 ,其一是接合性能 :即在一定焊接工艺条件下 ,一定的金属形成焊接缺陷的敏感性 ;其二是使用性能 :即在一定焊接工艺条件下 ,一定金属的焊接接头适应使用要求的性能

金属材料的力学性能主要有强度、弹性、硬度、塑性、韧性和疲劳等。

5. 钢材的力学性能和应用

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

表 3-30

普通碳素结构钢的力学性能 (GB700-88)

牌号	等级	拉伸试验											冲击试验			
		屈服点 σ_s (MPa)						抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ_5 (%)					温度 ($^{\circ}\text{C}$)	V 型 冲击功 (纵向) (J)	
		钢材厚度(直径 λ mm)							钢材厚度 (直径 λ mm)							
		≤ 16	> 16 ~ 40	> 40 ~ 60	> 60 ~ 100	> 100 ~ 150	> 150		≤ 16	> 16 ~ 40	> 40 ~ 60	> 60 ~ 100	> 100 ~ 150			> 150
Q195	—	(195)	(185)	—	—	—	—	315 ~ 390	33	32	—	—	—	—	—	—
Q215	A	215	205	195	185	175	165	335 ~ 410	31	30	29	28	27	26	—	—
	B														20	27
Q235	A	235	225	215	205	195	185	375 ~ 460	26	25	24	23	22	21	—	—
	B														20	27
	C														0	
	D														-20	
Q255	A	255	245	235	225	215	205	410 ~ 510	24	23	22	21	20	19	—	—
	B														20	27
Q275	—	275	265	255	245	235	225	490 ~ 610	20	19	18	17	16	15	—	—

注 A、B、C、D 等级与化学成分有关。A、B、C 为普通级(但 S、P 含量不同),D 为优质级。

表 3-31

优质碳素结构钢的力学性能和应用 (GB699-88)

牌号	力学性能					交货 硬度 (HB)	应用举例
	σ_b	σ_s	δ_5	Ψ	a_k		
	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(%)	(%)	(J/cm^2)	不小于	
08F	295	175	35	60		131	强度不大,耐塑性、韧性好。有良好的冲压、焊接性。用于制造负荷不大的零件(冲压件、管件、垫片、螺钉、螺母、开口销等)和渗碳式氰化的零件(套筒、短轴、离合器盘、靠模、齿轮等)
10F	315	185	33	55		137	
15F	355	205	29	55		143	
08	325	195	33	60		131	
10	335	205	31	55		137	
15	375	225	27	55		143	
20	410	245	25	55		156	
25	450	275	23	50	88.2	170	

第一篇 钣金冲压生产技术

牌号	力学性能					交货 硬度 (HB)	应用举例
	σ_b (N/mm ²)	σ_s (N/mm ²)	δ_s (%)	Ψ (%)	a_k (J/cm ²)		
	不小于					不大于	
30	490	295	21	50	78.4	179	有较好的塑性和强度。多用于正火状态下的零件,如连杆、摇臂、钩环和螺栓等
35	530	315	20	45	68.6	197	
40	570	335	19	45	58.4	217	强度较高,可切削性优良。一般在正火或调质状态下使用。用于轴、销、联轴器、键、齿轮等
45	600	355	16	40	49	229	
50	630	375	14	40	39.2	241	经热处理后有高的强度和硬度,一般在正火或淬火回火后使用。用于重负荷轮、齿轮、次要弹性零件
55	645	380	13	35		255	
60	675	400	12	35		255	适当热处理后,弹性、强度高。淬火应限于小尺寸零件。用于制造凸轮轴和弹性零件
65	695	410	10	30		255	
70	715	420	9	30		269	
75	1080	880	7	30		285	
80	1080	930	6	30		285	
85	1130	980	6	30		302	
15Mn	410	245	26	55		163	强度、塑性、可切削性稍高于 15、20、25 号钢,淬透性也较好,还有较好的焊接性,用于渗碳或碳氮共渗零件:齿轮、凸轮、轴销
20Mn	450	275	24	50		197	
25Mn	490	295	22	50	88.2	207	
30Mn	540	315	20	45	78.4	217	用于中型机器中的操纵机构零件:拨叉、拉杆、杠杆和螺栓、螺母等
35Mn	560	335	19	45	68.6	229	
40Mn	590	355	17	45	58.4	229	可在正火或淬火、回火状态下使用。用于轴、花键轴、万向节和高强度的螺栓、螺母等
45Mn	620	375	15	40	49	241	
50Mn	645	390	13	40	39.2	255	用于耐磨、高负荷工作下的热处理零件
60Mn	695	410	11	35		269	弹性高,淬透性较好,但易产生淬火裂纹。用于制造弹性零件
65Mn	735	430	9	30		285	

注 力学性能是用正火后的试样测定的。

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

表 3 - 32

合金结构钢的力学性能及应用(GB3077—88)

钢号	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	屈服点 σ_s (N/mm ²)	伸长 率 δ_5 (%)	断面 收缩 率 Ψ (%)	冲击韧性 值 a_k (J/cm ²)	硬度 (HB) \leq	应用举例
20Mn2	785	590	10	40	58.4	187	可作渗碳小齿轮、小轴、滚轮等。与 20Cr 相当
40Mn2	885	735	12	45	68.6	217	应用于小断面零件,与 40Cr 相当,可代 40Cr 做重要螺栓
50Mn2	930	785	9	40	49	229	花键轴,重型机械齿轮等
20MnV	785	590	10	40	68.6	187	相当于 20Cr 和 20CrNi 的渗碳钢
30Mn2MoW	980	835	12	50	88.2	269	综合性能良好,淬透性高,用于制造轴、杆类、要求较高淬透性的调质件
35SiMn	885	735	15	45	58.4	229	除要求低温(- 20℃)冲击韧性高的情况外,可代 40Cr 作调质钢
42SiMn	885	735	15	40	58.4	229	与 35SiMn 同,但系供表面淬火之用
45MnB	1030	835	9	40	49	217	可代 45Cr,用作调质钢
20Mn2B	980	785	10	45	68.6	187	可代 20Cr,做渗碳零件
20MnVB	1080	885	10	45	68.6	207	可代 20CrNi,做渗碳零件
40MnVB	980	785	10	45	58.4	207	可代 40Cr、42CrMo、40CrNi 制造重要调质件
20SiMnVB	1175	980	10	45	68.6	207	可代 18CrMnTi、20CrMnTi 做高级渗碳零件
20Cr	835	540	10	40	584	179	较重要渗碳零件:活塞销、凸轮、传动齿轮等
40Cr	980	785	9	45	58.4	207	较重要的调质材料,用于重要齿轮、轴、连杆螺栓等

钢号	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	屈服点 σ_s (N/mm ²)	伸长率 δ_5 (%)	断面收缩率 ψ (%)	冲击韧性值 a_k (J/cm ²)	硬度 (HB) ≤	应用举例
20CrMo	885	685	12	50	98	197	用于制造较高级的渗碳零件,如齿轮、轴等,还可代替 1Cr13 钢
42CrMo	1080	930	12	45	78.4	217	用于制造机车牵引大齿轮、受负荷极大的连杆、弹簧夹等
38CrMoAl	980	835	14	50	88.2	229	用于高耐磨性、高疲劳强度和强度相当大、热处理后尺寸精确的氮化零件
35CrMnSiA	1620	1275	9	40	39.2	241	高强度钢,用于高压、高速下的叶片、轴等
20CrMnTi	1080	835	10	45	68.6	217	重要齿轮材料,供渗碳处理用
20CrNi3	930	735	11	55	98	241	用于制造高负荷条件下工作的齿轮、轴、蜗杆及螺钉等
18Cr2Ni4W	1175	835	10	45	98	269	用于制作承受重载荷和振动的高强度零件

注 力学性能是用正火试样测定的,不小于表中数值。

表 3-33 碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢的硬度和应用

类别	钢号	交货硬度 (HB)	淬火硬度 (HRC)	应用举例
碳素工具钢	T7、T7A	187	62 ~ 64	用来制造能承受冲击,并在硬度适中的情况下有较大韧性的工具,如凿子、铁剪等
	T8、T8A	187	62 ~ 64	用来制造能承受振动和有足够韧性且有较高硬度的工具,如简单冲模、木工工具等
	T10、T10A	197	62 ~ 64	用来制造不受剧烈振动而有锋利刃口的工具,如钻头、丝锥、板牙、手锯条等
合金工具钢	T12、T12A	207	62 ~ 64	用来制造不受振动、硬度很高的工具,如车刀、扩孔工具、刮刀、锉刀、丝锥等
	9SiCr	241 ~ 197	62	制造板牙、丝锥、钻头、铰刀、齿轮刀具、冷冲模等
	4CrW2Si	217 ~ 179	53	制作高冲击载荷下操作的工具,如风动工具、镗子、冲裁模、冲剪工具、小型热作模具等

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

类别	钢号	交货硬度 (HB)	淬火硬度 (HRC)	应用举例
合金工具钢	Cr12MoV	255 ~ 207	58	制造断面较大、形状复杂、经受冲击的模具和工具,如冲孔模、拉丝模、量具等
	9Mn2V	229	62	制造冷作模具及各种变形小的量规、样板、丝锥、板牙、铰刀等
	CrWMn	255 ~ 207	62	制造板牙、拉刀、量规、形状复杂、高精度的冲模等
	6Cr4W3Mo - 2V Nb	255	60	制作形状复杂、承受冲击负荷的各种冷作模具、要求较高强韧性的冷挤压模具、冷镦模具、冲头等
	3Cr2W8V	255 ~ 207		制作高压力压模、热压模、热剪切刀等
	5CrNiMo	241 ~ 197		具有良好的淬透性,用于制造大中型锻模、压模等
	5Cr4Mo3 - SiMnVAI	255	60	用于热作模具材料,也可用于冷作模具材料。如热挤压冲头、热锻模、冷镦模、冲击钻头
	3Cr3Mo3 - W2V	255		用作镦锻、辊锻、精锻、压力机等热作模具
	4Cr5Mo - SiV	229		用于制作铝合金压铸模、热挤压和穿孔用的工具和心棒、模锻锤锻模、压力机锻模、高速精锻模和塑料模等
高速工具钢	W18Cr4V	255	63	具有较高的硬度、红硬性及高温硬度。用于钻头、铣刀、铰刀、扩孔钻、丝锥、板牙、拉刀、齿轮刀具等
	W6Mo5 - Cr4V2	255	63	韧性、耐磨性均优于 W18Cr4V。用于插齿刀、锥齿轮刨刀、车刀、丝锥、钻头以及大型、热塑成形刀具
	W6Mo5 - Cr4V2A1	269	65	硬度高、耐磨、高温硬度和红硬性高、热塑性好。用于各种拉刀、齿轮滚刀、插齿刀、车刀、刨刀、铣刀、钻头

6. 黑色金属硬度及强度换算

第一篇 钣金冲压生产技术

表 3-34

碳素钢、合金钢硬度及强度换算表(GB1172-74)

硬 度						抗 拉 强 度 (kgf/mm ²)												
洛氏		表面洛氏			维氏	布 氏		碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬钼钢	铬镍钼钢	铬锰硅钢	超高强度钢	不锈钢	不分钢种	
HRC	HRA	HR15N	HR30N	HR45N	HV	HB30D ²	$d_{10} \geq d_5$ $4d_2 \leq 1mm$											
70.0	86.6				1037													
69.5	86.3				1017													
69.0	86.1				997													
68.5	85.8				978													
68.0	85.5				959													
67.5	85.2				941													
67.0	85.0				923													
66.5	84.7				906													
66.0	84.4				889													
65.5	84.1				872													
65.0	83.9	92.2	81.3	71.7	856													
64.5	83.6	92.1	81.0	71.2	840													
64.0	83.3	91.9	80.6	70.6	825													
63.5	83.1	91.8	80.2	70.1	810													
63.0	82.8	91.7	79.8	69.5	795													
62.5	82.5	91.5	79.4	69.0	780													
62.0	82.2	91.4	79.0	68.4	766													
61.5	82.0	91.2	78.6	67.9	752													
61.0	81.7	91.0	78.1	67.3	739													
60.5	81.4	90.8	77.7	66.8	726													
60.0	81.2	90.6	77.3	66.2	713												260.7	
59.5	80.9	90.4	76.9	65.6	700												262.3	
59.0	80.6	90.2	76.5	65.1	688												255.8	
58.5	80.3	90.0	76.1	64.5	676												249.6	
58.0	80.1	89.8	75.6	63.9	664												255.8	
57.5	79.8	89.6	75.2	63.4	653												249.6	
57.0	79.5	89.4	74.8	62.8	642												243.7	
56.5	79.3	89.1	74.4	62.2	631												238.0	
56.0	79.0	88.9	73.9	61.7	620												232.6	
55.5	78.7	88.6	73.5	61.1	609												227.4	
55.0	78.5	88.4	73.1	60.5	599												222.4	
54.5	78.2	88.1	72.6	59.9	589				206.6	209.3			208.6				217.7	
54.0	77.9	87.9	72.2	59.4	579				203.3	206.1			204.8				213.1	
53.5	77.7	87.6	71.8	58.8	570				200.0	202.5			201.0				208.7	
53.0	77.4	87.4	71.3	58.2	561				196.8	199.0			197.4				204.5	
52.5	77.1	87.1	70.9	57.6	551				193.7	195.5	192.5	198.5	193.8	196.7			200.5	
52.0	76.9	86.8	70.4	57.1	543				190.6	192.0	189.3	195.1	190.3	193.0			197.4	
51.5	76.6	86.6	70.0	56.5	534				188.1	187.5	188.7	186.1	191.8	187.0	189.4		193.0	
51.0	76.3	86.3	69.5	55.9	525	501	2.73		184.1	184.5	185.4	183.0	188.6	183.6	186.0		189.4	
50.5	76.1	86.0	69.1	55.3	517	494	2.75		180.3	181.6	182.1	179.9	185.4	180.4	182.7		187.0	
50.0	75.8	85.7	68.6	54.7	509	488	2.77	174.4	176.7	178.7	179.0	176.9	182.3	177.3	179.5		185.4	
49.5	75.5	85.5	68.2	54.2	501	481	2.79	171.4	177.1	175.8	175.8	173.9	179.3	174.2	176.5	175.9	175.3	
49.0	75.3	85.2	67.7	53.6	493	474	2.81	169.8	171.4	169.8	173.0	171.0	176.2	171.2	173.5	172.3	172.2	
48.5	75.0	84.9	67.3	53.0	485	468	2.83	168.6	166.6	170.2	169.8	168.2	173.3	168.3	170.7	168.8	169.2	
48.0	74.7	84.6	66.8	52.4	478	461	2.85	165.8	163.5	167.5	166.9	165.4	170.4	165.4	167.9	165.5	166.3	
47.5	74.5	84.3	66.4	51.8	470	455	2.87	163.1	160.5	164.9	164.0	162.6	167.6	162.7	165.2	162.3	163.5	
47.0	74.2	84.0	65.9	51.2	463	449	2.89	160.6	157.6	162.3	161.2	159.9	164.8	160.0	162.5	159.2	160.8	
46.5	73.9	83.7	65.5	50.7	456	442	2.91	158.1	154.9	159.7	158.4	157.3	162.0	157.3	160.0	156.3	158.1	
46.0	73.7	83.5	65.0	50.1	449	436	2.93	155.6	152.2	157.2	155.7	154.7	159.3	154.7	157.5	153.5	155.5	
									153.3	149.7	154.7	153.1	152.2	156.7	152.2	155.0	150.8	152.9

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

硬 度							抗 拉 强 度 (kgf/mm ²)										
洛氏		表面洛氏			维氏	布 氏		碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬铝钢	铬镍钼钢	铬锰硅钢	超高强度钢	不锈钢	不分钢种
HRC	HRA	HR15N	HR30N	HR45N	HV	HB30D ²	$d_{10} \ 2d_5$ $4d_2 \leq (mm)$										
45.5	73.4	83.2	64.6	49.5	443	430	2.95	151.0	147.2	152.2	150.5	149.7	154.1	149.8	152.6	148.2	150.4
45.0	73.2	82.9	64.1	48.9	436	424	2.97	148.8	144.8	149.8	148.0	147.2	151.6	147.4	150.2	145.7	148.0
44.5	72.9	82.6	63.6	48.3	429	418	2.99	146.6	142.6	147.5	145.5	144.8	149.1	145.0	147.8	143.3	145.7
44.0	72.6	82.3	63.2	47.7	423	413	3.01	144.5	140.3	145.2	143.1	142.5	146.7	142.7	145.5	141.0	143.4
43.5	72.4	82.0	62.7	47.1	417	407	3.03	142.5	138.2	142.9	140.8	140.2	144.3	140.5	143.2	138.7	141.1
43.0	72.1	81.7	62.3	46.5	411	401	3.05	140.5	136.1	140.7	138.5	137.9	142.0	138.4	140.9	136.6	138.9
42.5	71.8	81.4	61.8	45.9	405	396	3.07	138.6	134.1	138.5	136.2	135.7	139.7	136.2	138.5	134.5	136.8
42.0	71.6	81.1	61.3	45.4	399	391	3.09	136.7	132.2	136.4	134.0	133.6	137.5	134.2	136.2	132.5	134.7
41.5	71.3	80.8	60.9	44.8	393	385	3.11	134.8	130.3	134.3	131.9	131.5	135.3	132.2	133.9	130.5	132.7
41.0	71.1	80.5	60.4	44.2	388	380	3.13	133.1	128.4	132.2	129.8	129.4	133.1	130.2	131.5	128.6	130.7
40.5	70.8	80.2	60.0	43.6	382	375	3.15	131.3	126.7	130.2	127.7	127.4	131.0	128.3	129.1	126.8	128.7
40.0	70.5	79.9	59.5	43.0	377	370	3.17	129.6	124.9	128.2	125.7	125.4	129.0	126.4	126.7	125.0	126.8
39.5	70.3	79.6	59.0	42.4	372	365	3.19	127.9	123.2	126.2	123.8	123.5	127.0	124.6	124.3	123.3	125.0
39.0	70.0	79.3	58.6	41.8	367	360	3.21	126.3	121.6	124.3	121.9	121.6	125.0	122.8	121.8	121.6	123.2
38.5		79.0	58.1	41.2	362	355	3.24	124.6	119.9	122.5	120.0	119.7	123.1	121.1	119.3	120.0	121.4
38.0		78.7	57.6	40.6	357	350	3.26	123.1	118.4	120.6	118.2	117.9	121.2	119.4		118.4	119.7
37.5		78.4	57.2	40.0	352	345	3.28	121.5	116.8	118.8	116.5	116.2	119.4	117.7		116.8	118.0
37.0		78.1	56.7	39.4	347	341	3.30	120.0	115.3	117.1	114.8	114.4	117.6	116.1		115.3	116.3
36.5		77.8	56.2	38.8	342	336	3.32	118.5	113.8	115.3	113.1	112.8	115.8	114.6		113.8	114.7
36.0		77.5	55.8	38.2	338	332	3.34	117.0	112.4	113.6	111.5	111.1	114.1	113.0		112.3	113.1
35.5		77.2	55.3	37.6	333	327	3.37	115.6	110.9	112.0	109.9	109.5	112.5	111.5		110.9	111.5
35.0		77.0	54.8	37.0	329	323	3.39	114.1	109.5	110.4	108.4	107.9	110.8	110.1		109.5	110.0
34.5		76.7	54.4	36.5	324	318	3.4	112.7	108.2	108.8	106.9	106.4	109.2	108.6		108.1	108.5
34.0		76.4	53.9	35.9	320	314	3.43	111.3	106.8	107.2	105.4	104.9	107.7	107.3		106.7	107.0
33.5		76.1	53.4	35.3	316	310	3.46	110.0	105.5	105.7	104.0	103.5	106.2	105.9		105.4	105.6
33.0		75.8	53.0	34.7	312	306	3.48	108.6	104.2	104.2	102.7	102.0	104.6	104.6		104.1	104.2
32.5		75.5	52.5	34.1	308	302	3.50	107.3	102.9	102.7	101.3	100.7	103.2	103.3		102.8	102.8
32.0		75.2	52.0	33.5	304	298	3.52	106.0	101.6	101.3	100.1	99.3	101.8	102.0		101.5	101.5
31.5		74.9	51.6	32.9	300	294	3.54	104.7	100.4	99.9	98.8	98.0	100.5	100.8		100.3	100.1
31.0		74.7	51.1	32.3	296	291	3.56	103.4	99.1	98.5	97.6	96.7	99.1	99.6		99.0	98.9
30.5		74.4	50.6	31.7	292	287	3.59	102.1	97.9	97.2	96.4	95.5	97.8	98.5		97.8	97.6
30.0		74.1	50.2	31.1	289	283	3.61	100.9	96.7	95.9	95.3	94.3	96.6	97.3		96.6	96.4
29.5		73.8	49.7	30.5	285	280	3.63	99.7	95.5	94.6	94.2	93.1	95.3	96.2		95.4	95.1
29.0		73.5	49.2	29.9	281	276	3.65	98.4	94.3	93.3	93.2	91.9	94.1	95.1		94.2	94.0
28.5		73.3	48.7	29.3	278	273	3.67	97.2	93.2	92.1	92.2	90.8	93.0	94.1		93.1	92.8
28.0		73.0	48.3	28.7	274	269	3.70	96.1	92.0	90.9	91.2	89.7	91.8	93.0		91.9	91.7
27.5		72.7	47.8	28.1	271	266	3.72	94.9	90.9	89.7	90.2	88.7	90.7	92.0		90.8	90.6
27.0		72.4	47.3	27.5	268	263	3.74	93.7	89.8	88.6	89.3	87.7	89.7	91.0		89.7	89.5
26.5		72.2	46.9	26.9	264	260	3.76	92.6	88.7	87.5	88.4	86.7	88.6	90.1		88.5	88.4
26.0		71.9	46.4	26.3	261	257	3.78	91.4	87.6	86.4	87.6	85.7	87.6	89.2		87.5	87.4
25.5		71.6	45.9	25.7	258	254	3.80	90.3	86.5	85.3	86.8	84.7	86.6	88.2		86.4	86.4
25.0		71.4	45.5	25.1	255	251	3.83	89.2	85.5	84.3	86.0	83.8		87.4		85.3	85.4
24.5		71.1	45.0	24.5	252	248	3.85	88.1	84.4	83.3	85.2	83.0		86.5		84.3	84.4
24.0		70.8	44.5	23.9	249	245	3.87	87.0	83.4	82.3	84.5	82.1		85.6		83.2	83.5

第一篇 钣金冲压生产技术

硬 度							抗 拉 强 度 (kgf/mm ²)										
洛氏		表面洛氏			维氏	布 氏		碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬铝钢	铬镍铝钢	铬锰硅钢	超高强度钢	不锈钢	不分钢种
HRC	HRA	HR15N	HR30N	HR45N	HV	HB30D ²	$d_{10} 2d_5$ 、 $4d_{2.5}(mm)$										
23.5		70.6	44.0	23.3	246	242	3.89	86.0	82.4	81.3	83.8	81.3		84.8		82.2	82.5
23.0		70.3	43.6	22.7	243	240	3.91	84.9	81.4	80.5	83.1	80.5		84.0		81.2	81.6
22.5		70.0	43.1	22.1	240	237	3.93	83.9	80.4	79.4	82.5	79.7		83.2		80.2	80.8
22.0		69.8	42.6	21.5	237	234	3.95	82.9	79.4	78.5	81.9	78.9		82.5		79.2	79.9
21.5		69.5	42.2	21.0	234	232	3.97	81.9	78.5	77.6	81.3	78.2		81.7		78.2	79.1
21.0		69.3	41.7	20.4	231	229	4.00	80.9	77.5	76.7	80.7	77.5		81.0		77.3	78.2
20.5		69.0	41.2	19.8	229	227	4.02	79.9	76.6	75.9	80.2	76.8		80.3		76.4	77.4
20.0		68.8	40.7	19.2	226	225	4.03	79.0	75.7	75.1	79.7	76.1		79.6		75.4	76.7
19.5		68.5	40.3	18.6	223	222	4.05	78.0	74.8	74.3	79.2	75.5		78.9		74.5	75.9
19.0		68.3	39.8	18.0	221	220	4.07	77.1	73.9	73.5	78.8	74.9		78.2		73.7	75.2
18.5		68.0	39.3	17.4	218	218	4.09	76.2	73.1	72.7	78.3	74.3		77.6		72.8	74.4
18.0		67.8	38.9	16.8	216	216	4.11	75.3	72.3	71.9	77.9	73.7		76.9		71.9	73.7
17.5		67.6	38.4	16.2	214	214	4.13	74.4	71.4	71.2	77.5	73.1		76.3		71.1	73.1
17.0		67.3	37.9	15.6	211	211	4.15	73.6	70.6	70.5	77.2	72.6		75.7		70.3	72.4

表 3-35 低碳钢硬度及强度换算(GB1172—74)

硬 度							抗拉强度 (kgf/mm ²)
洛氏	表面洛氏			维氏	布 氏		
HRB	HR15T	HR30T	HR45T	HV	HB10D ²	$d_{10} 2d_5$ 、 $4d_{2.5}(mm)$	
100.0	91.5	81.7	71.7	233			80.3
99.5	91.3	81.4	71.2	230			79.3
99.0	91.2	81.0	70.7	227			78.3
98.5	91.1	80.7	70.2	225			77.3
98.0	90.9	80.4	69.6	222			76.3
97.5	90.8	80.1	69.1	219			75.4
97.0	90.6	79.8	68.6	216			74.4
96.5	90.5	79.4	68.1	214			73.5
96.0	90.4	79.1	67.6	211			72.6
95.5	90.2	78.8	67.1	203			71.7
95.0	90.1	78.5	66.5	206			70.8
94.5	89.9	78.2	66.0	203			70.0
94.0	89.8	77.8	65.5	201			69.1
93.5	89.7	77.5	65.0	199			68.3
93.0	89.5	77.2	64.5	196			67.5
92.5	89.4	76.9	64.0	194			66.7
92.0	89.3	76.6	63.4	191			65.9
91.5	89.1	76.2	62.9	189			65.1
910	89.0	75.9	62.4	187			64.4
90.5	88.8	75.6	61.9	185			63.6
90.0	88.7	75.3	61.4	183			62.9
89.5	88.6	75.0	60.9	180			62.1
89.0	88.4	74.6	60.3	178			61.4
88.5	88.3	74.3	59.8	176			60.7

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

硬 度							抗拉 强度 (kgf/mm ²)
洛氏	表面洛氏			维氏	布 氏		
HRB	HR15T	HR30T	HR45T	HV	HB10D ²	$d_{10} \ 2d_5、$ $4d_{2.5}$ (mm)	
88.0	88.1	74.0	59.3	174			60.1
87.5	88.0	73.7	58.8	172			59.4
87.0	87.9	73.4	58.3	170			58.7
86.5	87.7	73.0	57.8	163			58.1
86.0	87.6	72.7	57.2	166			57.5
85.5	87.5	72.4	56.7	165			56.8
85.0	87.3	72.1	56.2	163			56.2
84.5	87.2	71.8	55.7	161			55.6
84.0	87.0	71.4	55.2	159			55.0
83.5	86.9	71.1	54.7	157			54.5
83.0	86.8	70.8	54.1	156			53.9
82.5	86.6	70.5	53.6	154	140	2.98	53.4
82.0	86.5	70.2	53.1	152	138	3.00	52.8
81.5	86.3	69.8	52.6	151	137	3.01	52.3
81.0	86.2	69.5	52.1	149	136	3.02	51.8
80.5	86.1	69.2	51.6	148	134	3.05	51.3
80.0	85.9	68.9	51.0	146	133	3.06	50.8
79.5	85.8	68.6	50.5	145	132	3.07	50.3
79.0	85.7	68.2	50.0	143	130	3.09	49.8
78.5	85.5	67.9	49.5	142	129	3.10	49.4
78.0	85.4	67.6	49.0	140	128	3.11	48.9
77.5	85.2	67.3	48.5	139	127	3.13	48.5
77.0	85.1	67.0	47.9	138	126	3.14	48.0
76.5	85.0	66.6	47.4	136	125	3.15	47.6
76.0	84.8	66.3	46.9	135	124	3.16	47.2
75.5	84.7	66.0	46.4	134	123	3.18	46.8
75.0	84.5	65.7	45.9	132	122	3.19	46.4
74.5	84.4	65.4	45.4	131	121	3.20	46.0
74.0	84.3	65.1	44.8	130	120	3.21	45.6
73.5	84.1	64.7	44.3	129	119	3.23	45.2
73.0	84.0	64.4	43.8	128	118	3.24	44.9
72.5	83.9	64.1	43.3	126	117	3.25	44.5
72.0	83.7	63.8	42.8	125	116	3.27	44.2
71.5	83.6	63.5	42.3	124	115	3.28	43.9
71.0	83.4	63.1	41.7	123	115	3.29	43.5
70.5	83.3	62.8	41.2	122	114	3.30	43.2
70.0	83.2	62.5	40.7	121	113	3.31	42.9
69.5	83.0	62.2	40.2	120	112	3.32	42.6
69.0	82.9	61.9	39.7	119	112	3.33	42.3
68.5	82.7	61.5	39.2	118	111	3.34	42.0
68.0	82.6	61.2	38.6	117	110	3.35	41.8
67.5	82.5	60.9	38.1	116	110	3.36	41.5
67.0	82.3	60.6	37.6	115	109	3.37	41.2

硬 度							抗拉 强度 (kgf/mm ²)
洛氏	表面洛氏			维氏	布 氏		
HRB	HR15T	HR30T	HR45T	HV	HB10D ²	$d_{10} \ 2d_5、$ $4d_{2.5}$ (mm)	
66.5	82.2	60.3	37.1	115	108	3.38	41.0
66.0	82.1	59.9	36.6	114	108	3.39	40.7
65.5	81.9	59.6	36.1	113	107	3.40	40.5
65.0	81.8	59.3	35.5	112	107	3.40	40.3
64.5	81.6	59.0	35.0	111	106	3.41	40.0
64.0	81.5	58.7	34.5	110	106	3.42	39.8
63.5	81.4	58.3	34.0	110	105	3.43	39.6
63.0	81.2	58.0	33.5	109	105	3.43	39.4
62.5	81.1	57.7	32.9	108	104	3.44	39.2
62.0	80.9	57.4	32.4	108	104	3.45	39.0
61.5	80.8	57.1	31.9	107	103	3.46	38.8
61.0	80.7	56.7	31.4	106	103	3.46	38.6
60.5	80.5	56.4	30.9	105	102	3.47	38.5
60.0	80.4	56.1	30.4	105	102	3.48	38.3

注 抗拉强度的单位 kgf/mm² 系非法定计量单位,应换算:1kgf/mm² = 9.80665N/mm² 或 1kgf/mm² = 9.80665MPa。

二、有色金属材料

有色金属材料是指铁碳合金以外的其他金属材料。

1. 有色金属的分类及特点

有色金属约有 80 余种,一般可分为轻金属(铝、镁、钛等)、重金属(铜、镍、铅、锌、锡、汞等)、贵金属(金、银、铂等)、半金属(硅、硒、碲等)及稀有金属(锂、铍、钽、镧等)五大类。常用有色金属及其合金见表 3-36。

表 3-36 常用有色金属及其合金

分类名称	类 别
纯金属	铜(紫铜)、铝、镁、锌、铅、锡、镍等
黄铜	普通黄铜(铜锌合金)
	特殊黄铜(含有其他合金元素的黄铜)如铝黄铜、硅黄铜、锰铝黄铜、锡黄铜等
青铜	锡青铜(铜锡合金,一般还含有磷或锌、铅等合金元素)
	特殊青铜(无锡青铜):如铝青铜(铜、铝合金)、铍青铜(铜、铍合金)、硅青铜(铜、硅合金)等
白铜	普通白铜(铜、镍合金)
	特殊白铜(含有其他合金元素的白铜)如锰白铜、铁白铜、锌白铜等

分类名称	类别	
铝合金	防锈铝(铝、锰、或铝、镁合金)	
	硬铝(铝、铜、镁、或铝、铜、锰合金)	
	超硬铝(铝、铜、镁、锌合金)	
	锻铝(铝、铜、镁、硅合金)	
铸造铝合金	铝硅合金、铝铜合金、铝锌合金、铝稀土合金等	
钛合金	α 型钛合金	主要合金元素为钛、铝和锡
	β 型钛合金	合金中含有一定数量的 β 稳定元素,如铁、铜、镁、锰、铬等
	$\alpha + \beta$ 型钛合金	主要合金元素为钛、铝、钒、锡等

有色金属及其合金具有各种不同的特殊性能,在现代工业和日常生活中应用极广。有色金属及其合金的特点,见表 3-37。

表 3-37 有色金属及其合金的特点

合金	主要特点
铝及其合金	密度小(约 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$),比强度大,耐蚀性好,导电,导热,无铁磁性,反光能力强,塑性大,易加工成材和铸造各种零件
铜及其合金	有优良的导电、导热性,有较好的耐蚀性,有较高的强度和好的塑性,易加工成材和铸造各种零件
镁及其合金	密度小(约 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$),比强度和比刚度大,能承受大的冲击载荷,有良好的切削加工和抛光性能,对有机酸、碱类和液体燃料有较高的耐蚀性
锌及其合金	有较高的力学性能,熔点低,易加工成材及压力铸造
镍及其合金	有高的力学性能,耐热性能,有好的耐蚀性以及特殊的电、磁、热膨胀等物理性能
钛及其合金	密度小(约 $4.5\text{g}/\text{cm}^3$),比强度大,高、低温性能好,有优良的耐蚀性能
锡、铅合金	熔点低,导热性好,耐磨。铅合金耐蚀,密度大(约 $11\text{g}/\text{cm}^3$),X射线和 γ 射线的穿透率低
钨、钼、钽、铌及其合金	熔点高(1700℃以上),可在 1000℃以上做结构材料使用。有的高温强度和硬度

2. 有色金属及其合金的牌号

第一篇 钣金冲压生产技术

表 3-38

有色金属及其合金牌号(代号)表示法(GB340—76)

名称		牌号(代号)	说 明
纯 金 属	冶炼产品	Cu—1 ,Cu—2 Al—1 ,Al—02 Pb—1 ,Pb—2	用元素符号结合顺序号表示 ,工业纯度金属随顺序号增加而纯度降低 ,高纯度金属横线之后加一个“ 0 ”表示高纯。“ 0 ”后第一个数字表示主要成分“ 9 ”的个数
	加工产品	T1 ,T2 L1 ,L2 N2 ,N4 Zn1 ,Zn2 Pb1 ,Pb2	铜、铝、镍用汉语拼音字母加顺序号 ,其余均用元素符号加顺序号
合 金 加 工 产 品	黄 铜	H90 ,H62 HPb59—1 HSn62—1 HMn57—3—1	普通黄铜用汉语拼音字母“ H ”加铜的含量 ,三元以上的黄铜用“ H ”加第二个主添加元素符号及除锌以外的成分数字组
	青 铜	QSn4—3 QAl10—3—1.5 QSi1—3	用汉语拼音字母“ Q ”加第一主添加元素符号及除基元素铜外的成分数字组
	白 铜	B16 Mn3—12	用汉语拼音字母“ B ”加镍含量 ,三元以上的加第二个主添加元素符号及除基元素铜外的成分数字组
	镍 合 金	NCu9 NMn2—2—1	用汉语拼音字母“ N ”加第一个主添加元素符号及除基元素镍外的成分数字组。
	铝 合 金	LY1 ,LF2	用“ L ”加表示合金组别的汉语拼音字母及顺序号表示
	镁 合 金	MB1 ,MB2	用“ M ”加表示变形加工的汉语拼音字母“ B ”及顺序号表示
	铅 合 金 锌 合 金 银 合 金 金 合 金 中 间 合 金	PbSb2 ZnAl10—2 AgCu4 AuNi7.5—1.5 CuSi25	铅、锌、贵金属及稀有金属等合金用基元素的化学元素符号加第一个主添加元素符号及除基元素外的成分数字组表示
专 用 合 金	焊料 印刷合金 轴承合金	HCuZn64 HlAgCu20—15 IPbSb4—4 ChSnSb11—6 ChPbSb0.25	分别用汉语拼音字母“ Hl ”、“ I ”、“ Ch ”加两个主元素符号及除第一个主元素外的成分数字组表示

表 3-39

铸造有色合金牌号表示方法(GB8063—94)

牌号表示方法	示 例
<p>1. 铸造有色合金牌号由“Z”和基体金属的化学元素符号、主要合金化学元素符号(其中混合稀土元素符号统一用 RE 表示)以及表明合金化元素名义百分含量的数字组成。</p> <p>2. 当合金化元素多于两个时,合金牌号中应列出足以表明合金主要特性的元素符号及其名义百分含量的数字。</p> <p>3. 合金化元素符号按其名义百分含量递减的次序排列。当名义百分含量相等时,则按元素符号字母顺序排列。当需要表明决定合金类别的合金化元素首先列出时,不论其含量多少,该元素符号均应紧置于基体元素符号之后。</p> <p>4. 除基体元素的名义百分含量不标注外,其他合金化元素的名义百分含量均标注于该元素符号之后。当合金化元素含量规定为大于或等于 1% 的某个范围时,采用其平均含量的修约化整值。必要时也可用带一位小数的数字标注。合金化元素含量小于 1% 时,一般不标注,只有对合金性能起重大影响合金化元素,才允许用一位小数标注其平均含量。</p> <p>5. 数值修约按 GB8170 的规定执行。</p> <p>6. 对具有相同主成分,需要控制低间隙元素的合金,在牌号后的圆括弧内标注 ELL。</p> <p>7. 对杂质限量要求严、性能高的优质合金,在牌号后面标注大写字母“ A ”表示优质</p>	<p>铁杂质含量高 锰 镁 铜的名义百分含量 铜 硅的名义百分含量 硅 基体金属铝 铸造代号</p> <p>优质 石墨的名义含量 石墨代号 铜的名义百分含量 铜 基体金属铝 铸造代号</p>

表 3-40

专用合金名称及其代号(GB340—76)

名称	防锈铝	锻铝	硬铝	超硬铝	特殊铝
采用代号	LF	LD	LY	LC	LT
名称	硬钎焊铝	无氧钢	金属粉末	喷铝粉	涂料铝粉
采用代号	LQ	TU	F	FLP	FLU
名称	细铝粉	特细铝粉	炼钢、化工用铝粉	镁粉	铝镁粉
采用代号	FLX	FLT	FLG	FM	FLM
名称	镁合金	焊料合金	阳极镍	电池锌板	印刷合金
采用代号	MB	HI	NY	XD	I
名称	印刷锌板	稀土	钨钴硬质合金	钨钴钛硬质合金	铸造碳化钨
采用代号	XI	Xt	YG	YT	YZ
名称	碳化钛	钢结硬质合金	轴承合金	铸造合金	多用途(万能)硬质合金
采用代号	YN	YF	Ch	Z	YW

第一篇 钣金冲压生产技术

表 3-41

有色金属及其合金状态、特性代号(GB340—76)

名 称	代号	名 称	代号	
热加工(如热轧)	R	涂漆蒙皮板	Q	
退火(焖火)	M	加厚包铝的	J	
淬火	C	不包铝的	B	
淬火后冷轧(冷作硬化)	CY	硬 质 合 金	表面涂层	U
淬火(自然时效)	CZ		添加碳化钨	A
淬火(人工时效)	CS		添加碳化铌	N
硬	Y		细颗粒	X
3/4 硬、1/2 硬	Y ₁ , Y ₂		超细颗粒	H
1/3 硬	Y ₃		粗颗粒	C
1/4 硬	Y ₄	不包铝(热轧)	BR	
特硬	T	不包铝(退火)	BM	
优质表面	O	不包铝(淬火、冷作硬化)	BCY	
不包铝(淬火、优质表面)	BCO	优质表面淬火、人工时效	CSO	
不包铝(淬火、冷作硬化、优质表面)	BCYO	淬火后冷轧、人工时效	CYS	
优质表面(退火)	MO	热加工、人工时效	RS	
优质表面淬火、自然时效	CZO	淬火、自然时效、冷作硬化、优质表面	CZYO	

表 3-42

有色金属铸造方法和热处理状态代号

名 称	代号	名 称	代号
金属型铸造	J	淬火	T3
砂型铸造	S	淬火 + 自然时效	T4
压铸	Y	淬火 + 部分时效	T5
熔模铸造	R	淬火 + 完全时效	T6
壳型铸造	K	淬火 + 稳定回火	T7
变质处理	B	淬火 + 软化回火	T8
人工时效	T1	循环处理	T9
退火	T2		

3. 有色金属的主要特性和用途

表 3-43

常用有色金属的基本性能

序号	名称	化学符号	物理性能					力学性能				
			密度 γ (g/cm ³)	熔化温度 (°C)	线膨胀系数 $\alpha \cdot 10^{-6}$	热导率 λ [cal/(cm·s·°C)] ^D	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	电阻温度系数 $\alpha \cdot 10^5$	抗拉强度 σ_b (N/mm ²)	伸长率 δ (%)	收缩率 Ψ (%)	布氏硬度 (HB)
1	铝	Al	2.69	660	23.03	0.461	0.0250	423	60	40	95	20
2	铍	Be	1.86	1278 ± 5	—	0.393	0.0550	—	—	—	—	140
3	铋	Bi	9.80	271	13.3	0.0177	1.201	440	—	极脆	极脆	9
4	钨	W	19.10	3387 ± 60	4.0	0.383	0.0491	510	1500	—	—	290
5	镉	Cd	8.64	320.9	29.8	0.2200	0.0776	424	65	20	50	20
6	硅	Si	2.33	1414	2.70	0.20	—	—	脆性	脆性	—	30
7	镁	Mg	1.74	650	25.6	0.376	0.0422	412	200	10	15	25
8	锰(a)	Mn	7.30	1260	23.0	—	0.044	—	脆性	脆性	—	20

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

序号	名称 (软/硬)	化学符号	物理性能					力学性能				
			密度 γ (g/cm^3)	熔化温度 ($^{\circ}\text{C}$)	线膨胀系数 $\alpha \cdot 10^{-6}$	热导率 λ [$\text{cal}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C})$] ^①	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	电阻温度系数 $\alpha \cdot 10^5$	抗拉强度 σ_b (N/mm^2)	伸长率 δ (%)	收缩率 Ψ (%)	布氏硬度 (HB)
			9	铜(软/硬)	Cu	8.93	1083	16.6	0.910	0.0156	433	220 400~500
10	钼	Mo	10.20	2692	4.0	—	0.0503	435	700	—	—	35
11	镍	Ni	8.85	1455	12.8	0.142	0.1175	620	500	45	70	60
12	锡(β)	Sn	7.284	231.9	20.0	0.1528	0.1114	447	52	40	100	5
13	铅	Pb	11.34	327.4	29.1	0.089	0.2038	411	18	45	100	4
14	银	Ag	10.506	960.5	18.9	1.0960	0.0147	410	130	50	90	25
15	锑	Sb	6.69	630.5	11.4	0.0381	0.028	511	脆的	脆的	—	30
16	钽	Ta	16.60	3027	7.0	0.174	0.14	350	900	—	—	—
17	钛	Ti	4.50	1800~1850	—	—	0.475	—	—	—	—	—
18	铬	Cr	7.10	1765	8.2	—	0.150	—	脆性	脆性	—	90
19	锌	Zn	7.12	419.4	33.0	0.2653	0.0576	417	150	20	70	30

① $1\text{cal}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^{\circ}\text{C}) = 418.68\text{W}/(\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})$

表 3-44 铜及其合金的主要特性和用途

组别	牌号	代号	主要特性	用途举例
纯铜	2号铜	T2	具有高导电性、导热性、耐热性、耐腐蚀性及良好的展延性和切削性,但力学性能低,不能用做结构零件	用于油管、密封垫圈、垫片、铆钉及导电零件等
	3号铜	T3		
普通黄铜	59黄铜	H59	价格最便宜,强度、硬度高,塑性差,但在热态下能很好地承受压力加工,耐蚀性一般	一般机器零件、焊接件、热冲及热轧零件
	62黄铜	H62	有良好的力学性能,热态下塑性比冷态下好,切削性好,易钎焊和焊接,耐蚀,但易产生腐蚀破裂,价格便宜,应用广泛	各种深引伸和弯折制造的受力零件,用于管件、螺钉、螺母、销钉、散热器、垫圈等
	70黄铜	H70	在黄铜中塑性最佳,有较高强度,切削加工性能好,易焊接,对一般腐蚀非常安定,但易产生腐蚀开裂	揽杂的冷冲件和深冲件,如散热器外壳、导管、波纹管、垫片等
铅黄铜	59—1铅黄铜	HPb59—1	切削性好,又称快削黄铜,有良好的力学性能,能承受热冷压力加工,易钎焊和焊接,对一般腐蚀有良好的稳定性,但有腐蚀破裂倾向	适用于热冲压和切削加工制作的各种结构零件,如螺钉、垫圈、垫片、衬套、螺母等

组别	牌号	代号	主要特性	用途举例
锡 青 铜	4—3 锡青铜	QSn4—3	为含锌的锡青铜,有高的耐磨性和弹性,抗磁性良好,能很好地承受热、冷压力加工,在硬态下切削性好,易焊接和钎焊,耐腐蚀性好	制作弹簧及其他弹性元件,化工设备上的耐蚀、耐磨零件(如轴承等)和抗磁零件
	6.5—0.4 锡青铜	QSn6.5—0.4	又称磷青铜,因含磷量较高,其抗疲劳强度较高,弹性和耐磨性较好,热加工时有热脆性,只能接受冷压力加工	造纸工业用铜网和弹簧、耐磨零件及单位负荷 < 10MPa、圆周速率 < 3m/s 条件下工作的零件
	7—0.2 锡青铜	QSn7—0.2	又称磷青铜,具有很高的强度,良好的弹性和耐磨性,易焊接和钎焊,在大气、海水中耐腐蚀性好,切削性良好。适于热压加工	用于制造在中等载荷和中等滑动速度下承受摩擦的零件,如抗磨垫圈、轴承、轴套、蜗轮等,还可以制造弹簧和簧片
铝 青 铜	9—2 铝青铜	QA19—2	含锰的铝青铜,具有高的强度,在大气、海水中抗蚀性很好,可以电焊和气焊,不易钎焊,在热态和冷态下压力加工性均好	高强度耐蚀零件以及在 250℃ 以下蒸汽介质中工作的管配件和海轮上零件
	9—4 铝青铜	QA19—4	为含铁的铝青铜,化学稳定性高,比锡青铜更耐腐蚀。有相当好的耐磨性,强度和塑性都超过锡青铜。热态下压力加工性良好,可电焊、气焊,但钎焊性差。可用作高锡耐磨青铜的代用品	用于制造轴套、齿轮、蜗轮、螺母等要求强度高而耐磨的重要零件
	10—3—1.5 铝青铜	QA110—3—1.5	为含有铁、锰元素的铝青铜,有高的强度和耐磨性,经淬火回火后可提高硬度,有较好的高温耐蚀性和抗氧化性,切削性尚好,可焊接,不易钎焊,热压力加工性好	制作在高温条件下工作的耐磨零件和各种标准件,如齿轮、轴承、衬套、固定螺母等

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

组别	牌号	代号	主要特性	用途举例
铍 青 铜	2 铍青铜	QBe2	为含有少量镍的铍青铜,是一种机械、物理、化学综合性能良好的合金。具有很高的强度、弹性、屈服极限和疲劳极限,此外还有高的导电、导热性、耐磨性和硬度,无磁性,碰击时无火花,易于焊接和钎焊,在大气、海水中抗蚀性较好	制造各种精密仪表、仪器中的弹簧和弹性元件,各种耐磨零件,以及在高温、高压和高速下工作的轴承、衬套
硅 黄 铜	3—1 硅青铜	QSi3—1	具有高的强度和弹性,耐磨性好,塑性好,且在低温下仍不降低,易于钎焊和焊接,碰击时不产生火花,抗蚀性好,但热处理效果不好,通常在冷作硬化状态下应用	用于制造弹簧、弹性元件和在腐蚀介质中工作的零件以及蜗轮、齿轮、衬套等

表 3-45 铸造铜合金的主要特点和应用 (GB1176—87)

序号	合金牌号	主要特性	应用举例
1	ZCuSn3Zn8Pb6Ni1	耐磨性较好,易加工,铸造性能好,气密性较好,耐腐蚀,可在流动海水下工作	在各种液体燃料以及海水、淡水和蒸汽(≤225℃)中工作的零件,压力不大于 2.5MPa 的阀门和管配件
2	ZCuSn3Zn11Pb4	铸造性能好,易加工,耐腐蚀	海水、淡水、蒸汽中,压力不大于 2.5MPa 的管配件
3	ZCuSn5Pb5Zn5	耐磨性和耐蚀性好,易加工,铸造性能和气密性较好	在较高负荷,中等滑动速度下工作的耐磨、耐腐蚀零件,如轴瓦、衬套、缸套、活塞离合器、泵件压盖以及蜗轮等
4	ZCuSn10Pb1	硬度高,耐磨性极好,不易产生咬死现象,有较好的铸造性能和切削加工性能,在大气和淡水中有良好的耐蚀性	可用于高负荷(20MPa 以下)和高滑动速度(8m/s)下工作的耐磨零件,如连杆、衬套、轴瓦、齿轮、蜗轮等
5	ZCuSn10Pb5	耐腐蚀,特别对稀硫酸、盐酸和脂肪酸	结构材料,耐蚀、耐酸的配件以及破碎机衬套、轴瓦

序号	合金牌号	主要特性	应用举例
6	ZCuSn10Zn2	耐蚀性、耐磨性和切削加工性能好,铸造性能好,铸件致密性较高,气密性较好	在中等及较高负荷和小滑动速度下工作的重要管配件,以及阀、旋塞、泵体、齿轮、叶轮和蜗轮等
7	ZCuPb10Sn10	润滑性能、耐磨性能和耐蚀性能好,适合用作双金属铸造材料	表面压力高,又存在侧压力的滑动轴承,如轧辊、车辆用轴承、负荷峰值 60MPa 的受冲击的零件,以及最高峰值达 100MPa 的内燃机双金属轴瓦,以及活塞销套、摩擦片等
8	ZCuPb15Sn8	在缺乏润滑剂和用水质润滑剂条件下,滑动性和自润滑性能好,易切削,铸造性能差,对稀硫酸耐蚀性能好	表面压力高,又有侧压力的轴承,可用来制造冷轧机的铜冷却管,耐冲击负荷达 50MPa 的零件,内燃机的双金属轴瓦,主要用于最大负荷达 70MPa 的活塞销套,耐酸配件
9	ZCuPb17Sn4Zn4	耐磨性和自润滑性能好,易切削,铸造性能差	一般耐磨件,高滑动速度的轴承等
10	2CuPb20Sn5	有较高的滑动性能,在缺乏润滑介质和以水为介质时有特别好的自润滑性能,适用于双金属铸造材料,耐硫酸腐蚀,易切削,铸造性能差	高滑动速度的轴承及破碎机、水泵、冷轧机轴承,负荷达 40MPa 的零件,抗腐蚀零件,双金属轴承,负荷达 70MPa 的活塞销套
11	ZCuPb30	有良好的自润滑性,易切削,铸造性能差,易产生比重偏析	要求高滑动速度的双金属轴瓦、减磨零件等
12	ZCuAl8Mn13Fe3	具有很高的强度和硬度,良好的耐磨性能和铸造性能,合金致密性高,耐蚀性好,作为耐磨件工作温度不大于 400℃,可以焊接,不易钎焊	适用于制造重型机械用轴套,以及要求强度高、耐磨、耐压零件,如衬套、法兰、阀体、泵体等

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

序号	合金牌号	主要特性	应用举例
13	ZCuA18Mn13Fe3Ni2	有很高的力学性能,在大气、淡水和海水中均有良好的耐蚀性,腐蚀疲劳强度高,铸造性能好,合金组织致密,气密性好,可以焊接,不易钎焊	要求强度高耐腐蚀的重要铸件,如船舶螺旋桨、高压阀体、泵体,以及耐压、耐磨零件,如蜗轮、齿轮、法兰、衬套等
14	ZCuA19Mn2	有高的力学性能,在大气、淡水和海水中耐蚀性好,铸造性能好,组织致密,气密性高,耐磨性好,可以焊接,不易钎焊	耐蚀、耐磨零件、形状简单的大型铸件,如衬套、齿轮、蜗轮,以及在 250℃ 以下工作的管配件和要求气密性高的铸件,如增压器内气封
15	ZCuA19Fe4Ni4Mn2	有很高的力学性能,在大气、淡水、海水中均有优良的耐蚀性,腐蚀疲劳强度高,耐磨性良好,在 400℃ 以下具有耐热性,可以热处理,焊接性能好,不易钎焊,铸造性能尚好	要求强度高、耐蚀性好的重要铸件,是制造船舶螺旋桨的主要材料之一,也可用作耐磨和 400℃ 以下工作的零件,如轴承、齿轮、蜗轮、螺母、法兰、阀体、导向套管
16	ZCuA110Fe3	具有高的力学性能,耐磨性和耐蚀性能好,可以焊接,不易钎焊,大型铸件自 700℃ 空冷可以防止变脆	要求强度高、耐磨、耐蚀的重型铸件,如轴套、螺母、蜗轮以及 250℃ 以下工作的管配件
17	ZCuA110Fe3Mn2	具有高的力学性能和耐磨性,可热处理,高温下耐蚀性和抗氧化性能好,在大气、淡水和海水中耐蚀性好,可以焊接,不易钎焊,大型铸件自 700℃ 空冷可以防止变脆	要求强度高、耐磨、耐蚀的零件,如齿轮、轴承、衬套、管嘴,以及耐热管配件等
18	ZCuZn38	具有优良的铸造性能和较高的力学性能,切削加工性能好,可以焊接,耐蚀性较好,有应力腐蚀开裂倾向	一般结构件和耐蚀零件,如法兰、阀座、支架、手柄和螺母等
19	ZCuZng5A16Fe3Mn3	有很高的力学性能,铸造性能良好,耐蚀性较好,有应力腐蚀开裂倾向,可以焊接	适用高强、耐磨零件,如桥梁支承板、螺母、螺杆、耐磨板、滑块和蜗轮等

第一篇 钣金冲压生产技术

序号	合金牌号	主要特性	应用举例
20	ZCuZn26Al14Fe3Mn3	有很高的力学性能,铸造性能良好,在空气、淡水和海水中耐蚀性较好,可以焊接	要求强度高,耐蚀零件
21	ZCuZn31Al12	铸造性能良好,在空气、淡水、海水中耐蚀性较好,易切削,可以焊接	适用于压力铸造,如电机、仪表等压铸件,以及造船和机械制造业的耐蚀零件
22	ZCuZn35Al12Mn2Fe1	具有高的力学性能和良好的铸造性能,在大气、淡水、海水中有良好的耐蚀性,切削性能好,可以焊接	管路配件和要求不高的耐磨件
23	ZCuZn38Mn2Pb2	有较高的力学性能和耐蚀性,耐磨性较好,切削性能良好	一般用途的结构件,船舶、仪表等使用的外形简单的铸件,如套筒、衬套、轴瓦、滑块等
24	ZCuZn40Mn2	有较高的力学性能和耐蚀性,铸造性能好,受热时组织稳定	在空气、淡水、海水、蒸汽(小于300℃)和各种液体燃料中工作的零件和阀体、阀杆、泵、管接头,以及需要浇注巴氏合金和镀锡零件等
25	ZCuZn40Mn3Fe1	有高的力学性能,良好的铸造性能和切削加工性能,在空气、淡水、海水中耐蚀性较好,有应力腐蚀开裂倾向	耐海水腐蚀的零件,以及300℃以下工作的管配件,制造船舶螺旋桨等大型铸件
26	ZCuZn33Pb2	结构材料,给水温度为90℃时抗氧化性能好,电导率约为10~14mS/m	煤气和给水设备的壳体,机器制造业,电子技术,精密仪器和光学仪器的部分构件和配件
27	ZCuZn40Pb2	有好的铸造性能和耐磨性,切削加工性能好,耐蚀性较好,在海水中具有应力腐蚀倾向	一般用途的耐磨,耐蚀零件,如轴套、齿轮等
28	ZCuZn16Si4	具有较高的力学性能和良好的耐蚀性,铸造性能好,流动性高,铸件组织致密,气密性好	接触海水工作的管配件以及水泵、叶轮、旋塞和在空气、淡水、油、燃料,以及工作压力在4.5MPa和250℃以下蒸汽中工作的铸件

表 3-46

铝及其合金的主要特性和应用

类别	合金代号	主要特性	应用范围
工业纯铝	L4, L6	具有较高的耐腐蚀性、高的可塑性、导电性、导热性;密度小,易于进行压力加工,焊接性良好,但机械强度低,切削加工性不良	用于不受力的零件及标牌等
防锈铝	LF2	具有较高的疲劳强度,塑性与耐蚀性较好,热处理不能强化,用接触焊和氢原子焊焊接性良好,氢弧焊时有形成结晶裂纹的倾向。合金在冷作硬化和半冷作硬化状态下,切削性较好,退火状态下切削性不良,可抛光	用于焊接在液体中工作的容器和构件(如油箱、汽油和润滑油导管)以及其他中等载荷的零件、车辆和船舶的内部装饰件等
铝	LF21	是应用最广的一种防锈铝,强度不高,不能热处理强化,故常采用冷加工方法来提高它的机械性能。在退火状态下有高的塑性,冷作硬化时塑性低、耐蚀性好、焊接性良好,切削性能不良	用于要求高的可塑性和良好的焊接性、在液体或气体介质中工作的低载荷零件,如油箱、各种液体容器和其他深拉制作的小负荷零件
硬铝	LY11	标准硬铝,具有中等强度,在退火和热态下塑性尚好,可进行热处理强化,在淬火和自然时效状态下使用,点焊焊接性良好,切削性在淬火时效状态下尚好,在退火状态时不良	用作各种中等强度的零件和构件,冲压的连接部件,空气螺旋桨叶片,局部墩粗的零件,如螺栓、铆钉等
铝	LY12	是一种高强度硬铝,可进行热处理强化,在退火和刚淬火状态下,塑性中等,焊接性好,耐腐蚀性中等	用于制作各种高负荷的零件和构件

表 3-47

铸造铝合金的主要特性和用途

类别	合金代号	主要特性	用途举例
铝 硅 合 金	ZL101	1. 铸造性能良好 2. 有相当高的耐蚀性 3. 可经热处理强化,同时合金淬火后有自然时效能力,因而具有较高的强度和塑性 4. 易于焊接,切削性中等 5. 耐热性不高	适于铸造形状复杂,承受中等负荷的零件,也可用于要求高的气密性、耐蚀性和焊接性能良好的零件,如水泵及传动装置壳体,抽水泵壳体,汽化器、仪表外壳、水冷发动机汽缸缸体等
	ZL103	1. 铸造性能尚好,流动性好,收缩率较低,吸气倾向较小,气密性良好 2. 可热处理强化,耐热性较高 3. 焊接性能良好,切削加工性一般 4. 耐腐蚀性能较差	适于铸造轻载荷或中等载荷、耐蚀性要求不高的零件,如仪表外壳、油泵壳体和其她小型零件,也可用在 175~250℃ 高温下工作的零件
	ZL104	1. 铸造性能良好,无热裂倾向,气密性良好,线收缩小,但吸气倾向大,易于形成针孔 2. 可热处理强化,高温性能较差,只能在 ≤200℃ 下使用 3. 耐蚀性能好 4. 切削加工性和焊接性能一般 5. 铸件需经变质处理	适于铸造形状复杂、薄壁、耐腐蚀和承受较高静载荷和冲击载荷的大型铸件,如水冷式发动机的曲轴箱,滑块和汽缸盖、汽缸体以及其它重要零件
铝 硅 合 金	ZL105	1. 铸造性能良好,收缩率较低,吸气倾向小,气密性良好,热裂倾向小 2. 熔炼工艺简单,不需采用变质处理 3. 可热处理强化,室温强度较高,但塑性、韧性较低; 4. 高温力学性能,焊接性和切削加工性良好 5. 耐蚀性尚可	适于铸造形状复杂、承受高静载荷的零件,以及要求焊接性能良好,气密性高或工作温度在 225℃ 以下的零件,如水冷发动机的汽缸体、汽缸头、汽缸盖,空气发动机头和发动机曲轴箱等
	ZL108	是目前常用的一种活塞铝合金:1. 密度小,热膨胀系数低,导热率高,耐热性能好,但切削加工性较差 2. 铸造性能良好,无热裂倾向、气密性高,线收缩小,但易形成集中缩孔 3. 可热处理强化,室温和高温力学性能都较高 4. 在熔炼中需进行变质处理,一般在硬模中铸造	主要用于铸造汽车、拖拉机的发动机活塞和其它在高温下(≤250℃)工作的零件;当要求热膨胀系数小、强度高、耐磨性高时,也可以采用这种合金
铝 铜 合 金	ZL202	流动性不好,有热裂和缩松倾向,合金浇注温度为 700~760℃,线收缩率为 1.3%,气密性不好,适于砂型铸造。焊接性能良好,切削性能好,腐蚀稳定性不高	用于制造在常温和高温(300℃ 以下)承受大载荷或冲击载荷的零件
	ZL203	流动性差,有热裂和缩松倾向,浇注温度为 700~760℃,线收缩率为 1.3%~1.5%,气密性一般。淬火后有自然时效的倾向。切削性能良好。耐蚀性能不高(特别在人工时效状态)	用于制造承受大载荷而形状不复杂的零件

类别	合金代号	主要特性	用途举例
铝镁合金	ZL301	流动性尚好,易于氧化和形成显微疏松,浇注温度为 680 ~ 740℃,线收缩率为 1.2% ~ 1.4%,体收缩率为 4.9%,气密性低。适于砂型铸造。焊接性能尚好。切削性能极好。耐腐蚀性最好,自然时效倾向变脆	用于制造承受高载荷和要求耐腐蚀性高的零件
铝锌合金	ZL401	浇注温度为 700 ~ 780℃,形成针孔倾向小,有极好的气密性能,常温下强度低、较脆,腐蚀稳定性能差,是一种耐热合金,可不热处理	用于制造形状复杂的大型薄壁铸件在高温(400℃以下)长期工作或承受液压、气压的零件

三、非金属材料

非金属材料指塑料、橡胶、石棉、玻璃、纸张、软木、毛毡、纺织品、人造革和木材等,它们大部分是以共价键结合构成主链的高分子化合物。此外,还有各种复合材料。

非金属按高分子主链结构可分为:碳链高分子化合物、杂链高分子化合物、元素高分子化合物。按加工成形后熔融状态的不同,又可分为热固性高聚物和热塑性高聚物。

1. 塑料

塑料是以合成树脂为主要原料,加入某些添加剂,在一定的温度和压力等条件下,能固化成型的高分子材料。它具有质轻、绝缘、减摩耐磨、自润滑、耐腐蚀、美观、成型简单、生产效率高、成本低等特点。

塑料可分热塑性和热固性两大类。

热塑性塑料又称热熔性塑料。这种塑料加热时熔融,冷后固结成型,再热时又重新塑制。可用注射、挤出、吹塑、压制等工艺方法。

热固性塑料系指塑料受热后,先软化、熔融,然后变为不熔性固体并成型。可用压制、浇注等工艺方法,这种塑料只能塑制一次。

表 3-48 工程塑料的分类及其品种

分 类	品 种
热固性工程塑料	酚醛及环氧树脂、尿甲醛、聚酯以及硅树脂、聚邻苯二甲酸二丙烯酯(DAP)
热塑性工程塑料	聚乙烯、尼龙聚甲醛、聚碳酸酯、氯化聚酯、聚丙烯、低压聚乙烯、改性有机玻璃、聚苯撑氧、聚砜、ABS 及 MBS(聚甲基丙烯酸酯-苯乙烯-丁二烯的共聚体)

表 3-49

常用工程塑料的特性及用途

名称	特性	用途
聚酰胺 (尼龙) 代号 PA	有较高的抗拉强度和良好的冲击韧性及一定的耐热性能(在 100℃ 以下使用),耐磨、噪声小,能耐弱酸、弱碱和一般溶剂,但对强酸、强碱耐腐蚀力较差。耐油性极好。缺点是导热率低、热膨胀大,有冷流性及较高的吸水性和成型收缩率。加入填充料可适当得到改善	可制成轴承、齿轮、凸轮、棘轮、滚子、辊轴、滑轮、泵叶轮、风扇叶片、蜗轮、推进器、螺钉、垫片、高压密封圈、耐油密封垫片、阀门座、高压油管、传动带、砂轮粘结剂等,亦可喷涂于金属表面提高耐磨性和密封性能,以及作为修复磨损零件之用
聚甲醛 代号 POM	抗拉强度、冲击韧度、刚性、疲劳强度、抗蠕变性能都很高。尺寸稳定性好,吸水性差,摩擦系数小,有很好的耐化学药品能力,性能不亚于尼龙,但价格较低。缺点是加热易分解,成型比尼龙困难	可制作轴承、齿轮、凸轮、滚轮、辊子、阀门、法兰盘、垫圈、管道螺母、泵叶轮、车身边盘小部件、汽车仪表盘、汽化器箱体、容器、杆件及喷雾器的各种代铜零件
聚碳酸酯 代号 PC	具有突出的冲击韧性和抗蠕变性能,有很高的耐热性,耐寒性也很好,脆化温度达 -100℃。抗弯、抗拉强度与尼龙相当,并有较高的延伸率和弹性模数。但疲劳强度小于尼龙 66,吸水性较低。收缩率小,尺寸稳定性好。耐磨性与尼龙相当,并有一定抗腐蚀能力。缺点是成型条件要求较高	可用作各种齿轮、蜗轮、蜗杆、齿条、凸轮、轴承、心轴、滑轮、铰链、传送链、螺栓、螺母、垫圈、铆钉、泵叶轮、汽车汽化器零件
聚四氟乙烯 (塑料王) 代号 F-4	具有优异的化学稳定性,与强酸、强碱或强氧化剂均不起作用。有很高的耐热性、耐寒性,使用温度自 -180℃ 至 250℃。摩擦系数很低,是极好的自润滑材料。缺点是力学性能和刚性较差,有冷流动性,导热率低,热膨胀系数大,耐磨性不高。需采用预压烧结的方法,成形加工费用较高	主要用作耐化学腐蚀、耐高温的密封元件,如填料、衬垫、涨圈、阀座、阀门等;也用作输送腐蚀介质的高温管道,耐腐蚀衬里,容器以及轴承、导轨、无油润滑活塞环、密封圈等
氯化聚醚 (聚氧醚) 代号 PPOX	具有突出的化学稳定性,对多种酸、碱和溶剂有良好的抗蚀能力,其化学稳定性仅次于聚四氟乙烯,但比聚四氟乙烯价格低而容易加工。抗氧化性能比尼龙高。力学性能及减摩耐磨性好。其吸水率极小(0.01%),有高的尺寸稳定性	可用作腐蚀介质中的装备,如泵、阀门零件、轴承、密封件,以及精密机械零件,如轴承、轴承保持器、齿轮等。亦可涂覆于零件表面作耐腐蚀涂层、作为减摩或密封件

名称	特性	用途
聚苯醚 (聚苯撑氧) 代号 PPO	性能优于已有的一般工程塑料。机械强度很好,有较高的抗张强度、抗张弹性模量、硬度、足够的冲击韧性。具有突出的抗蠕变性能,使用温度自 - 127℃ 到 + 121℃,无负荷情况下间断工作可达 204℃。化学稳定性好,能耐高浓度酸、碱,并有较高的耐水、蒸汽性能。电性能优良,减摩擦、抗磨损性能良好。易于成形,收缩率小。缺点是对紫外线不稳定,在阳光中长期暴露,表面颜色变深,有应力开裂倾向,以及较低的疲劳强度	可用作齿轮、轴承、凸轮、运输设备零件、泵叶轮和叶片,水泵零件和代替不锈钢做各种化工设备,可做螺钉及其它连接件,电机电极、绕线芯子、转子、机壳等零件。亦可作为耐高温的涂料和胶粘剂
酚醛塑料 (俗称电木)	力学性能很好,刚性大,冷流性小,耐热性很高(100℃以上)。在水润滑下摩擦系数极低(0.01 ~ 0.03),PV 值很高,有良好的电性能和抵抗酸碱侵蚀的能力。不易因温度和湿度的变化而变形。成形简便,价格低廉。缺点是性质较脆,色调有限,耐光性差,耐电弧性较差	常用的为层压酚醛塑料和粉末状压塑料,有板材、管材和棒材等。可代替部分贵重的有色金属(如铝、紫铜、青铜等)制作的金属零件,如电木制品(插头、开关,电话机外壳),汽车用刹车片,潜水泵的密封件、轴承、轴瓦、皮带轮、齿轮、制动装置和离合装置的零件、摩擦轮等
聚甲基 丙烯酸甲酯 (有机玻璃) 代号 PMMA	有机玻璃是透明性最好的塑料之一,能透过紫外光,密度为普通玻璃的一半。着色性好。具有优良的耐气候性、绝缘性和较好的耐化学腐蚀性。易于机械加工,热塑成形 缺点:表面硬度不高,易擦伤,耐热性差,80℃即软化	用于仪器、仪表零件的透明配件,比如油标、镜片、标牌等及用作装饰件
聚氯乙烯 代号 PVC	聚氯乙烯有硬质和软质之分 硬质聚氯乙烯化学稳定性佳,介电性能优良,耐油性和抗老化性也比较好,易熔接和粘合,价格低廉,工农业及日常生活用品上获得广泛应用。其缺点使用温度低(60℃以下),线膨胀系数大和成形加工性不良 软质聚氯乙烯其质柔软,耐摩擦,耐挠曲,弹性良好类似橡胶,且吸水性低,易加工成形,有良好的耐寒性和电气性能,化学稳定性强,使用温度在 - 15 ~ 55℃ 之内	硬质聚氯乙烯主要用于化学工业部门作为耐腐蚀的结构材料及化学设备衬里材料,以代替有色金属、不锈钢和橡胶,也可用于电器工业作绝缘等 软质聚氯乙烯可作电线绝缘包皮及套管,耐腐蚀材料,包装材料和日常用品,如雨衣、台布等

2. 橡胶

橡胶具有高弹性,因而可作为优良的密封材料、减震材料及传动材料。

按橡胶的来源可分为天然橡胶和合成橡胶。天然橡胶是以橡胶树胶乳为原料制成;合成橡胶是指从石油、天然气、煤、石灰以及农副产品中提炼出某些低分子的不饱和烃作为原料,经过聚合反应和缩聚反应而获得的人工合成高分子聚合物。天然橡胶与合成橡胶性能比较见表 3 - 50。

表 3-50

天然橡胶与合成橡胶性能比较

种类	主要性能	用途
天然橡胶	<p>优点:弹性极大,有非常好的机械强度、抗折、耐磨、耐挠曲,有较好的耐透气性,可塑性和工艺加工性能好</p> <p>缺点:不耐老化,耐热性和热稳定性差,耐碱但不耐强酸,耐油、耐溶剂性能差</p>	<p>综合性能好,广泛用于轮胎、胶带、胶管、胶鞋及其他橡胶制品</p>
合成橡胶	<p>丁苯橡胶</p> <p>优点:耐热、耐油、耐磨、耐老化性能优于天然橡胶</p> <p>缺点:机械性能、耐寒性、可塑性和工艺加工性能较天然橡胶差</p>	<p>主要用于制造轮胎、胶板、胶鞋等</p>
	<p>丁腈橡胶</p> <p>有优异的耐油性,耐热性优于天然橡胶和丁苯橡胶</p>	<p>广泛用于各种耐油橡胶制品</p>
	<p>丁基橡胶</p> <p>优点:气密性极好,耐热性好,耐老化性及减震性好,耐酸、碱和耐极性溶剂性强</p> <p>缺点:硫化速度慢,工艺性能较差</p>	<p>用于制造轮胎内胎、水胎、耐热、耐水、耐老化垫片,化工容器衬里、减震制品、胶管、运输带等</p>
	<p>氯丁橡胶</p> <p>优点:耐老化性极好,耐热性、耐燃性好,耐油性仅次于丁腈橡胶而优于其他通用橡胶,耐酸、碱性能好</p> <p>缺点:耐寒性差,贮存稳定性差,加工不易控制</p>	<p>用途极为广泛,用于制造各种耐油、耐老化、耐热耐燃、耐化学腐蚀橡胶制品</p>

3. 其他非金属材料

表 3-51

石墨及不透性石墨耐腐蚀性能及用途

名称	耐腐蚀性能	许用温度	用途举例
人造石墨 阳极石墨板、阳极石墨棒、电极石墨块	<p>对下列介质稳定:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 耐任何浓度的酸溶液(除强氧化性酸,如王水、硝酸、60%以上铬酸外) 2. 沸腾情况下各种浓度的碱 3. 100% 氯或碘 4. 沸点以下各种浓度的盐类溶液(除强氧化性盐类溶液如重铬酸盐等外) 5. 耐一切有机化合物 <p>不耐以下介质:</p> <p>强氧化性酸、100% 溴、氯水、10% 氟等</p>	<p>≤400℃</p>	<p>阳极石墨板、棒在化工上主要用于电解槽作阳极板和电极等</p> <p>电极石墨块在化工上主要作块式石墨换热器及其他石墨设备(需浸渍后用),也用于冶金电炉作电极</p>

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

名称	耐腐蚀性能	许用温度	用途举例
不 透 性 石 墨	浸渍石墨板	$\leq 170^{\circ}\text{C}$ (以酚醛树脂浸渍时) $\leq 180 \sim 200^{\circ}\text{C}$ (以呋喃树脂浸渍时)	不透性石墨已广泛用于合成盐酸、醋酸、农药、染料等工业中作各种石墨设备,以代替有色金属及不锈钢 浸渍石墨板主要用作化工设备防腐衬里材料及作板室式石墨换热器等;压型石墨管用于列管式换热器及防腐管道等
	压型石墨管	$\leq 170^{\circ}\text{C}$ (以酚醛树脂压型时) $\leq 180 \sim 200^{\circ}\text{C}$ (以呋喃树脂压型时)	

表 3-52 工业用毛毡分类和编号

数 字	意 义
第一位数字 (颜色)	1—白色(即羊毛本色) 2—灰色(即有部分再生毛作原料,一般呈灰色) 3—天然杂色(即有部分黑色或棕色羊毛作原料) 4—彩色(由人工染色或人工加白等各色) 5—各种杂色(包括人工染色和天然杂色等混合色)
第二位数字 (原料)	1—细毛 2—半粗毛 3—粗毛 4—杂毛 5—兽毛

续表

数 字	意 义
第三位数字 (品种规格)	1—匹毡(钢丝针布毡)及长度在 5m 以上的包括 5m 2—块毡(长度在 5m 以下的) 3—毡轮 4—毡筒 5—环形零件(即油封) 6—缝接环形零件(即缝接油封) 7—块形零件 8—圆片零件 9—条形零件 0—滤芯
第四、五位数字 (密度)	44—即 $0.44\text{g}/\text{cm}^3$ 39—即 $0.39\text{g}/\text{cm}^3$

表 3-53

石棉板的规格和用途 (mm)

名称及牌号		规格			用途
		厚度	宽度	长度	
衬垫石棉板 (JC69—82)		1.6	500	900	用于联接件上的密封垫片
橡胶石棉板	XB450 (GB3985—83)	0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.0 以上	500	500	用于密封温度 450℃ 及压力 6MPa 以下水、水蒸气等介质为主的设备、管道、法兰连接处所用的密封衬垫材料
			620	620	
	1200		1000	用于 350℃ 及 4MPa 压力以下	
	1260		1260		
XB350 (GB3985—83)	1500	1350	用于 200℃ 及 1.5MPa 压力以下		
	1500	1500			
XB200 (GB3985—83)	4000				
耐油橡胶石棉板 (GB539—83)		0.4 0.5 0.6 0.8 1.0 1.2 1.5 2.0 2.5 3.0	550 1100	550 1100	供作航空发动机的煤油、润滑油及冷气系统结合处的密封衬垫材料

注 橡胶石棉板 XB450 为紫色, XB350 为红色, XB200 为灰色。

4. 胶黏剂

胶黏技术, 又称黏接技术, 是一门新兴的独立的边缘科学。它以快速、牢固、经济、节能等特点, 代替部分铆接、焊接和机械装配等繁琐传统工艺。

胶黏剂能将各种同质或异质的物体胶接在一起, 达到接合、固定、密封、补漏以及其他特殊功能的目的。

表 3 - 54

胶黏剂按基体材料分类

类型	品种	成分	
无机胶黏剂	磷酸盐胶黏剂	磷酸 - 氧化铜、磷酸铵	
	硅酸盐胶黏剂	硅酸钠、其他硅酸盐	
	磷腈树脂胶黏剂	磷腈树脂、改性磷腈树脂	
有机胶黏剂	合成胶黏剂	热固性树脂胶黏剂	酚醛树脂、氨基树脂、环氧树脂、聚氨脂树脂、不饱和聚酯及丙烯聚酯树脂、有机硅树脂
		热塑性树脂胶黏剂	乙烯基树脂、丙烯酸树脂、尼龙、线型聚脂、硝基纤维、芳杂环树脂、含氟树脂
		橡胶胶黏剂	天然橡胶、聚异丁烯及丁基橡胶、氯丁橡胶、丁腈橡胶、聚硫橡胶、硅橡胶
		特种胶黏剂	热熔胶黏剂、压敏胶黏剂、点焊胶黏剂、吸水胶黏剂、导电、导热、导磁胶黏剂、厌氧胶、光敏胶黏剂、应变胶黏剂、抗蠕变胶黏剂、液态密封胶及密封腻子、制动胶黏剂
	天然胶黏剂	动物胶黏剂	动物蛋白(皮胶、骨胶、血肌胶等) 虫胶
		植物胶黏剂	淀粉、植物蛋白、天然树脂胶(松香、桃胶等)
		矿物胶黏剂	硫磺、沥青、蜡质

四、国内外常用金属材料牌号对照

1. 国内外钢材牌号近似对照(见表 3 - 55)

第一篇 钣金冲压生产技术

表 3 - 55

国内外钢材牌号近似对照

类别	中 国	前苏联	美 国	英 国	法 国	日 本	德 国
	GB	ГОСТ	AISI ,SAE	BS	NF	JIS	DIN
结 构 钢	10	10	1010	040A10 ,045A10	XC10	S10C	C10 ,CK10
	20	20	1020	040A20 ,050A20	CC20	S20C	C22 ,CK22
	45	45	1045	060A47	XC45	S45C	C45 ,CK45
	20Cr	20X	5120	527A19 ,527A20	18C3	SCr420	20Cr4
	40Cr	40X	5140	530A40 ,S117	40C4	SCr440	41Cr4
	12CrNi3	12XH3A	E3310 ,3310	655M10 ,S107	14NC12	SNC815	14NiCr14
	40CrNiMoA	40XHMA	4340	815M40 ,S95	35NCD5	SNCM439	36CrNiMo4
	30CrMnSiA	30XГСА	—	—	—	—	—
	38CrMoAlA	38XMIOA	6470H(AMS)	905M39	45CAD6 - 12	SACM645	34CrAlMo5
	20MnV	—	—	—	—	—	20MnV6
	45MnB	—	~ TS14B50H	—	—	—	—
	12Cr2Ni14A	12X2H4A	2515	655M15 ,2582	12NC15	—	14NiCr18
弹 簧 钢	65Mn	65Г	C1065 ,1065	080A67	—	—	—
	60Si2MnA	60CГ	9260	250A58	—	SUP6	60SiMn2
	50CrVA	50XΦA	6150	735A50	50C14	SUP10	50CrV4
	75	75	1074	—	XC70 ,XC80	SUP3 ,SWR9	C75 ,MK75
轴 承 钢	GCr9	ШХ9	E51100 ,51100	~ En31	100C5	SUJ1	105Cr4
	GCr15	ШХ15	E52100 ,52100	534A99	100C6	SUJ2	100Cr6
	GCr15SiMn	ШХ15Cr	—	—	—	—	100CrMn6
工 具 钢	T8A	y8A	W108 Special	—	Y175	—	C80W1
	T12A	y12A	W112 Special	—	Y1120	—	C110W1
	9SiCr	9XC	—	—	—	—	90CrSi5
	Cr12MoV	X12M	~ D2	BD2	Z200CD12	SKD11	X165CrMoV12
	5CrNiMo	5XHM	~ L6	—	55NCDV7	SKT4	55NiCrMoV6
	3Cr2W8V	3X2B8Φ	H21	BH21	Z30WCV9	SKD5	X30WCrV9 - 3
W6Mo5Cr4V2	P6M5	M2	BM2	6 - 5 - 2	SKH9	S6 - 6 - 2	
不 锈 钢	1Cr13	12X13 ,0Ж1	403	410S21	Z12C13	SUS403	X10Cr13
	2Cr13	20X13 ,0Ж2	420 ,51210	420S37	Z20C13	SUS420J1	X20Cr13
	4Cr13	40X13 ,0Ж	4—	—	Z40C13	—	X40Cr13
	1Cr18Ni9	12X18H9 ,0Ж1	302 ,30302	302S25	Z12CN18 - 10	SUS302	X12CrNi18 - 8
	1Cr18Ni9Ti	12X18H9T , 0Ж1T	321 ,30321	S110 ,321S20	Z10CNT18 - 11	SUS321	X10CrNiTi18 - 9
	1Cr18Mn8Ni5N	12X17AГ9H4 , 0Ж878	202 ,30202	284S16	Z10CMN19 - 9	SUS202	X3CrMnNi18 - 9
	Cr17Ni2	14X17H2 , 0Ж268	431 ,51431	431S29 ,S80	Z15CN16 - 2	SUS431	X22CrNi17
	2Cr18Ni9	17X18H9	—	—	—	—	—
	9Cr18	95X18 ,0Ж229	—	—	—	SUS440C	—
耐 热 钢	4Cr10Si2Mo	40X10C2M , 0Ж1107	—	—	Z45CSD10	SUH3	—
	4Cr14Ni14W 2Mo	45X14H14B2M , 0Ж169	5700A(AMS)	331540	—	—	—
	1Cr11Ni2W2 MoV	11X11H2B2MΦ , 0Ж1961	—	—	—	—	—

2. 国内外铜合金牌号近似对照(见表 3 - 56)

类别	中国		与国外各主要工业国家的牌号对照									
	标准号	牌号	前苏联 ГОСТ	德国		英国 BS	日本 JIS ^①	美国			法国 NF	
				DIN	数字系统			ASTM	SAE			
加工铜	GB5231—85	T1(99.95)	M0(99.95)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		T2(99.90)	M1(99.90)	E-Cu57(99.90)	2.0060	C10、C102	C1100□(99.90)	110	C11000(99.90)	CA110	—	—
		T3(99.70)	M2(99.70)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		TU1(99.97)	MOB(99.97)	—	—	C110(99.99)	—	101	C10100(99.99)	—	—	—
		TU2(99.95)	M1B(99.95)	OF-Cu(99.95)	2.0040	C103(99.95)	C1020□(99.96)	102	C10200(99.95)	CA102	—	—
		TP1(99.90)	M1P(99.90)	SW-Cu(99.90)	2.0076	—	C1201□(99.90)	120	C12000(99.90)	—	—	—
		TP2(99.85)	M2P(99.70)	SF-Cu(99.90)	2.0090	C106(99.85)	C1221□(99.75)	122	C12200(99.90)	CA122	—	—
		TAg0.1 (Cu99.50)	EPCP0.1	CuAg0.1	2.1203	—	—	—	—	—	—	—
		H96	J196	CuZn5	2.0220	CZ101	C2200□	210	C21000	CA210	—	—
		H90	J190	CuZn10	2.0230	CZ101	C2200□	220	C2200	CA230	CuZn10	—
H85	J185	CuZn15	2.0240	CZ101	C2300□	230	C23000	CA240	—	—		
H80	J180	CuZn20	2.0250	CZ103	C2400□	240	C24000	CA240	—	—		
H70	J170	CuZn30	2.0265	CZ106	C2600□	260	C26000	CA260	CuZn30	—		
H68	J168	CuZn33	2.0280	—	—	—	—	—	—	—		
H65	(J165)	CuZn36	2.0335	CZ107	—	C2680□	268	C26800	CA268	CuZn36	—	
H63	J163	CuZn37	2.0331	—	—	C2700□	270	C27000	CA270	—	—	
H62	(J162)	CuZn40	2.0360	CZ108	—	C2720□	272	C27200	C27400	—	—	
H59	J160	CuZn40	2.0360	CZ109	—	C2801□	280	C28000	—	—	—	
普通黄铜	GB5232—85	H59	J160	CuZn40	2.0360	CZ109	C2800□	—	—	—	CuZn40	—

类别	中国		与国外各主要工业国家的牌号对照							法国	
	标准号	牌号	前苏联 ГОСТ	德国		英国 BS	日本 JIS ^o	美国			
				DIN	数字系统			ASTM	SAE		
镍黄铜		HNi65-5	JH65-5	—	—	—	—	—	—	—	
		HNi56-3	—	—	—	—	—	—	—	—	
铅黄铜		HPb63-3	JIC63-3	CuZn3Pb3	2.0375	CZ119, CZ124	C3560□	345	C34500 C35600	CA345	—
		HPb63-0.1	—	CuZn37Pb0.5	2.0332	—	—	—	—	—	—
黄铜		HPb62-0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		HPb61-1	JIC60-1	CuZn39Pb0.5	2.0372	CZ123	C3710□	371	C35000	—	—
铜		HPb59-1	JIC59-1	CuZn40Pb2	2.0402	CZ120	C3771□	—	C36500	—	—
		HAl77-2	JIAMLI77-2 -0.05	CuZn20Al	2.0460	CZ110	C6870□	687	C37000	—	CuZn40Pb
加铜	GB5232-85	HSn70-1	JTOMLI70-1 -0.05	CuZn28Sn	2.0470	CZ126	C4430□	443	C43000	—	—
		H68	JTMII86-0.05	—	—	CZ105	—	—	—	—	—
黄铜		HSn90-1	JIO90-1	—	—	—	—	—	C41100	—	—
		HSn62-1	JIO62-1	CuZn39Sn	2.0530	CZ112	C4621□ C4622□	462	C46200	CA462	—
锡黄铜		HSn60-1	JIO60-1	—	—	CZ113	C4640□ C4641□	464	C46400	CA464	CuZn38 Sn1
		HAl67-2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
铝黄铜		HAl60-1-1	JIAJK60-1-1	CuZn37Al	2.0510	—	—	—	—	—	—
		HZ159-3-2	JIAH59-3-2	≈ CuZn35Ni	2.0540	—	—	—	—	—	—
黄铜	GB5232-85	HAl66-6-3-2	—	—	—	—	—	670	C67000	—	—
		HMn58-2	JIMLI58-2	CuZn40Mn	2.0572	—	—	—	—	—	—
锰黄铜		HMn57-3-1	JIMLI57-3-1	—	—	—	—	—	—	—	—
铁黄铜		HMn55-3-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
铁黄铜		HFe59-1-1	JDKMLI59-1-1	—	—	—	—	—	—	—	—
		HFe58-1-1	JDKC58-1-1	—	—	CZ114, CZ115	≈ C6782□	678	—	—	—

类别	与国外各主要工业国家的牌号对照												
	中国		前苏联		德国		英国		日本		美国		法国
	标准号	牌号	BOCT	DIN	数字系统	BS	JIS ^o	ASTM	SAE	CDA	ASTM	SAE	NF
铝		QA19-4	БРАЖ9-4	CuAl8Fe	2.0932	CA106	C6161□ C6191□	616 619	C61900	616 619	—	—	—
		QA110-3-1.5	БРАЖМЦ10-3-1.5	CuAl10Fe	2.0936	—	C6241□	—	≈ C62300	—	—	—	—
		QA110-4-4	БРАЖН10-4-4	CuAl10Ni	2.0966	CA104	C6301□	630	C63000	630	—	—	CuAl9Ni 5Fe3Mn
		QA111-6-6	БРАЖН11-6-6	CuAl11Ni	2.0978	CA104	—	—	—	—	—	—	—
		QA119-5-1	—	—	—	CA105	C6280□	628	—	—	—	—	—
		QA110-5-5	БРАЖМЦ19-4-4-1	—	—	—	—	—	≈ C63200	—	—	—	—
		QBe2	БРБ2	CuBe2	2.1247	—	C1720□	172	C17200	CA172	—	—	—
		QBe1.9	БРБН1.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	CuBe1.9
		QBe1.9-0.1	БРБН1.9МГ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		QBe1.7	БРБН1.7	CuBe1.7	2.1245	CB101	C1700□	170	C17000	CA170	—	—	CuBe1.7
硅青铜		QS13-1	БРКМЦБ-1	CuSi3Mn	2.1525	CS103	—	—	C65500 C65800	—	—	—	—
		QS1-3	БРКН1-3	CuNi3Si	2.0857	—	—	—	—	—	—	—	—
		QS13.5-3-1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
锰青铜		QMn1.5	—	CuMn2	2.1363	—	—	—	—	—	—	—	—
		QMn2	—	CuMn2	2.1363	—	—	—	—	—	—	—	—
		QMn5	БРМЦ5	CuMn5	2.1366	—	—	—	—	—	—	—	—
		QZr0.2	—	—	—	≈ CC102	—	—	—	—	—	—	—
钴青铜		QZr0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		QSn4-3	БРЦЦ4-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
锡青铜		QSn4-4-2.5	БРЦЦ4-4-2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		QSn4-4-2.5	БРЦЦ4-4-2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

加 工 黄 铜

与国外各主要工业国家的牌号对照

类别	中国		前苏联 ГОСТ	德国		英国 BS	日本 JIS ^②	美国			法国 NF
	标准号	牌号		DIN	数字系统			CDA	ASTM	SAE	
锡 青 铜	GB5233—85	QSn4-4-4	EP0L1C4-4-4	—	—	—	C5441□	544	C54400	—	—
		QSn6.5-0.1	EP0Φ6.5-0.15	CuSn6	2.1020	—	C5191□	519	—	—	—
		QSn6.5-0.4	EP0Φ6.5-0.4	CuSn6	2.1020	PB103	C5191□	519	—	—	CuSn6P
		QSn7-0.2	EP0Φ7-0.2	CuSn8	2.1030	PB104	C5210□C5212□	521	C52100	CA521	CuSn8P
		QSn4-0.3	EP0Φ4-0.25	≈CuSn2	2.1010	PB101	C5101□	511 510	C51100□ C51000□	CA510	CuSn4P
铝 青 铜	—	QA15	EPA5	CuAl5	2.0916	CA101	—	606	C60600	—	—
		QA17	EPA7	CuAl8	2.0920	CA102	—	610	C61000	≈CuAl7 Fe2	
		QA19-2	EPAM19-2	CuAl9Min	2.0960	—	—	—	—	—	—

加工青铜

类别	与国外各主要工业国家的牌号对照												
	中国	前苏联	德国		英国	日本	美国		法国				
			DIN	数字系统			BS	JIS ^①		CDA	ASTM	SAE	NF
铸造锡青铜	标准号	牌号	IVCCT										
		ZCu ₃ Sn ₃ Zn ₈	EPO3L7CSH1	G - Cu ₃ Sn ₂ Zn ₈ Pb	2.1098.01	LC1	—	C844	C84400	—	—	—	—
		Pb ₆ Ni1(ZQSn3 - Sn ₃ - 7 - 5 - 1) ^①	EPO3L12CS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		ZCu ₃ Sn ₃ Zn ₁₁	EPO5L15CS	G - Cu ₃ Sn ₅ Zn ₈ Pb	2.1096.01	LC2	BC1 BC1C	C836	C83600	C83600	Cu ₃ Pb ₅ Sn ₅ Zn ₅	—	—
		ZCu ₅ Sn ₅ Pb ₅	EPO10Φ1	G - Cu ₅ Sn ₁₀	—	PB1 PB4	PBC2B	C907 C911	C90700 C91100	—	—	—	—
		Zn ₅ (ZQSn5 - 5 - 5) ^②	EPO(10 - 5) ^②	G - Cu ₅ Pb ₅ Sn	2.1170.01	—	LBC2	—	—	—	—	—	—
		ZCu ₅ Sn ₁₀ P1	EPO10L12	G - Cu ₅ Sn ₁₀ Zn	2.1086.01	G1	BC3 BC3C	C905	C90500	C90500	Cu ₅ Sn ₁₀	—	—
		Zn ₅ (ZQSn10 - 1) ^②	EPO10C10	G - Cu ₅ Pb ₁₀ Sn	2.1086.01	G1	BC3 BC3C	C905	C90500	C90500	Cu ₅ Sn ₁₂	—	—
		ZCu ₅ Sn ₁₀ Pb ₅	EPO(8 - 12) ^②	G - Cu ₅ Pb ₁₅ Sn	2.1182.01	L81	LBC4 LBC4c	C938	C93800 C94400	C93800	—	—	—
		Zn ₄ (ZQPb12 - 8) ^②	EPO4L14C17	—	—	—	—	C941	C94100	—	—	—	—
铸造铅青铜		ZCu ₅ Pb ₁₇ Sr ₄	EPO5C25	G - Cu ₅ Pb ₂₀ Sn	2.1188.01	LB5	LBC5	C943	C94300	—	Cu ₅ Pb ₂₀ Sn ₅	—	—
		Zn ₄ (ZQPb17 - 4 - 4) ^②	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
铸造铜合金		Zn ₄ (ZQPb25 - 5) ^②	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

与国外各主要工业国家的牌号对照

类别	中国		与国外各主要工业国家的牌号对照									
	标准号	牌号	德国		英国	日本	美国		法国			
			DIN	数字系统			BS	JIS ^①		CDA	ASTM	SAE
铸造铜合金	GB1176—87	ZCuPb30 (ZQPb30) ^②	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		ZCuAl8Mn13 Fe3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		ZCuAl8Mn3 Fe3Ni2(ZQ Al12-8-3-2) ^②	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		ZCuAl9Mn2 (ZQAl9-2) ^②	EPAMLI 9-2JI	—	—	—	—	—	—	—	—	
		ZCuAl19Fe4 Ni4Mn2(ZQ Al9-4-4-4) ^②	EPAXGMIL9 -4-4-1	G-CuAl10Ni	2.0975.01	AB2	—	—	—	—	—	—
		ZCuAl10Fe3 (ZQAl19-4) ^②	EPAX9-4JI	G-CuAl10Fe	2.0940.01	AB1	—	—	—	—	—	—
铸造铝合金	—	ZCuAl10Fe3 Mn2(ZQAl10 -3-1.5) ^②	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

类别	与国外各主要工业国家的牌号对照										
	中国		前苏联 ГОСТ	德国		英国 BS	日本 JIS ^①	美国		法国 NF	
	标准号	牌号		DIN	数字系统			ASTM	SAE		
铸造 铜合金	GB1176—87	ZCuZn38 (ZH62) ^②	(J162)	—	—	DCB1	—	—	—	—	
		ZCuZn25Al6 Fe3Mn3(ZH Al66-6-3-2) ^②	AJDXMIL 66-6-3-2	G-CuZn25Al5	2.0598.01	HTB2	HBSC4	C863	C86300	C86300	—
		ZCuZn26Al4 Fe3Mn3	—	—	—	—	HBSC3	C862	C86200	—	—
		ZCuZn31Al2 (ZHA167 -2.5) ^②	JIA67-2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
		ZCuZn35Al2 Mn2Fe1(ZH Fe59-1-1) ^②	JIAK60-1-1JI	—	—	—	—	—	C864 C865	C86400 C86500	—
		ZCuZn38Mn2 Pb2(ZH Mn58 -2-2) ^②	JMI(CS8-2-2	—	—	—	—	—	—	—	

与国外各主要工业国家的牌号对照

类别	中国		前苏联 ГОСТ	德国		英国 BS	日本 JIS ^①	美国			法国 NF
	标准号	牌号		DIN	数字系统			ASTM	SAE	CDA	
铸 造 铜 合 金	GB1176—87	ZCuZn40Mn2 (ZHMn58 - 2) ^②	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		ZCuZn40Mn3 Fe1(ZHMn55 - 3 - 1) ^②	—	—	—	HTB1	HBSC2	—	—	—	—
		ZCuZn33Pb2	—	—	—	SCB3	YBSC2	—	—	—	U - Z35 - Y20
		ZCuZn40Pb2 (ZHPb59 - 1) ^②	G - CuZn37Pb	2.0340.02	PCB1	YBSC2	C857	C85700	—	—	U - Z40 - Y30
		ZCuZn16Sn4 (ZHSn80 - 3) ^②	G - CuZn15Sn4	2.0492.01	—	—	SZBC2	C874 C875	C87400 C87800	C87500 C87800	—

①日本(JIS)加工铜及铜合金牌号中的符号“□”，系表示型材的类型，用英文字母来区分。各个字母的代表涵义如下：

P—板材 R—一条材 W—线材 B—棒材 BE—挤制棒材 BD—拉制棒材 T—管材 TE—挤制管材 TD—拉制管材 TW—焊接管材 F—锻件 H—铸件 PC—叠台板 S—挤制型材 TF—冷凝器用无缝管材……例如：C1020P、C1020R、C1020TD、C2600BE、C2600W等。

②带括号“()”的牌号为已废除的旧牌号。

3. 国内外铝合金牌号近似对照(见表3-57)

表 3-57

国内外铝合金牌号近似对照

类别	中国		与国外各主要工业国家的牌号对照								
	标准号	牌号	前苏联 ГОСТ	德 国		英 国 BS	日 本 JIS	美 国			法 国 NF
				DIN	数字系统			AA	ASTM	SAE	
高纯 铝锭	YB1710 —78	Al-0.5 (99.999)	—	—	—	—	特种(99.995) 1种(99.99) 2种(99.95)	—	—	—	—
	铝 工业纯 铝铝锭	—	A85 (99.85)	Al99.9H (99.90)	3.0305	—	特1种(99.90)	—	—	—	—
—		A8 (99.80)	Al99.8H (99.80)	3.0285	—	特2种(99.85)	—	—	—	A8 (99.80)	
GB1196		A199.7 (99.70)	Al99.7H (99.70)	3.0275	—	1种(99.70)	—	—	—	A7 (99.70)	
—83		A199.6 (99.60)	A6 (99.60)	—	—	—	—	—	—	—	
—		A199.5 (99.50)	Al99.5H (99.50)	3.0250	LMO	2种(99.50)	—	—	—	A5 (99.50)	
—		A199.0 (99.00)	Al99H (99.00)	3.0200	—	3种(99.00)	—	—	—	A4 (99.00)	
—		Al98.0 (99.00)	—	—	—	—	—	—	—	—	
工业高纯 铝及铝 合金加 工产品	GB3190 —82	LG5 (99.99)	AlB000	—	—	—	AlN99	—	—	—	—
		LG4 (99.97)	AlB00	—	—	—	—	—	—	—	—
		LG3 (99.93)	AlB0	—	—	—	—	—	—	—	—
		LG2 (99.90)	AlB1	—	—	—	AlN90	—	—	—	—
		LG1 (99.85)	AlB2	Al99.8	—	—	□1A	Al1080	—	—	1080 (A8)
		L1 (99.70)	Al100 (Al100)	Al99.7	3.0275	—	□	Al1070□	1070	1070	1070 (A7)
		L2 (99.60)	Al0	Al99.6	—	—	□	Al1060□	1060	1060 (996A)	—
		L3 (99.50)	Al10 (1011)	Al99.5	3.0255	—	□1B	Al1050□	1050	1050	1050(A5)
	L4 (99.30)	Al11 (1013)	—	—	—	—	Al1N30□	1235	1235	—	
	L4-1 (99.30)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
L5 (99.0)	A2	Al99.0	3.0205	—	□1C	Al1200□	1200	1100 (990A)	1200(A4)		

第一篇 钣金冲压生产技术

续表

类别	中国		与国外各主要工业国家的牌号对照									
	标准号	牌号	前苏联 ГОСТ	德 国		英 国 BS	日 本 JIS	美 国			法 国 NF	
				DIN	数字系统			AA	ASTM	SAE		
工业纯铝	—	L5-1 (99.0)	—	—	—	—	A1100□	1100	1100 (990A)	—	1100 (A45)	
		LF(98.8)	(AД)	—	—	—	—	—	—	—	—	
	—	LB1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		LB2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	包覆铝	GB3190 —82	LF2	AMГ2	AlMg2.5	3.3523	N□4	A5052□	5052	5052 (GR20A)	—	5052 (AG3)
			LF3	AMГ3 (1530)	AlMg3	3.3535	N□5	A5154□	5154	5154 (GR40A)	—	5754 (A-G3M)
			LF4	AMГ4	AlMg4.5Mn	3.3547	N□8	A5083□	5083	5083 (GM41A)	—	5083 (AG5)
			LF5	AMГ5 (1550)	AlMg5	3.3555	N□6	—	—	—	—	—
			LF5-1	—	—	—	—	A5056□	5056	5056 (GM50A)	—	—
			LF6	AMГ6 (1560)	—	—	—	—	—	—	—	—
LF10			AMГ5Π (1551)	≈ AlMg5	3.3555	≈ N□6	≈ A5056□	≈ 5056	≈ 5056 (GM50A)	—	—	
LF11			—	—	—	—	—	—	—	—	—	
LF12			—	—	—	—	—	—	—	—	—	
LF13			—	—	—	—	—	—	—	—	—	
防锈铝	GB3190 —82	LF14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		LF21	AMЛ (1400)	AlMn, AlMnCu	3.0515, 3.0517	N□3	A3003□	3003	3003 (M1A)	—	3003 (A-M1)	
		LF33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		LF43	—	AlMg1	—	—	A5005□	5005	5005	—	5005 (A-G0.6)	
		LY1	Д18 (1180)	AlCu2.5 Mg0.5	3.1305	—	A2117□	2117	2117 (CG30A)	—	2117 (A-U2G)	
		LY2	(BД17)	—	—	—	—	—	—	—	—	
		LY4	(Д19Π)	—	—	—	—	—	—	—	—	
		LY6	(Д19)	—	—	—	—	—	—	—	—	
		LY8	Д1Π (1111)	AlCuMg1	3.1325	—	A2017□	2017	2017 (CM41A)	—	2017A (A-U4G)	
		LY9	Д16Π (1161)	≈ AlCuMg2	3.1355	—	≈ A2024□	≈ 2024	≈ 2024 (CM42A)	—	≈ 2024 (A-U4G1)	
硬铝	0	B6X(1165)	—	—	—	—	—	—	—	—		
	LY11	Д1(1110)	≈ AlCuMg1	3.1325	—	≈ A2017	≈ 2017	≈ 2017 (CM41A)	—	≈ 2017A (A-U4G)		

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

续表

类别	中国		与国外各主要工业国家的牌号对照									
	标准号	牌号	前苏联 ГОСТ	德 国		英国 BS	日本 JIS	美 国			法国 NF	
				DIN	数字系统			AA	ASTM	SAE		
硬 铝		LY12	Д16(1160)	AlCuMg2	3. 1355	—	A2024□	2024、 2121	2024 (CG42A)		2024 (A - U4G1)	
		LY13	(AM4)	—	—	—	—	—	—	—	—	
		LY16	(Д20)	—	—	—	—	2319	2319		—	
		LY17	(Д21)	—	—	—	—	—	—	—	—	
铝 及 铝 合 金 加 工 产 品	GB3190 —82	LD2	AK(1340)	AlMgSiCu	3. 3214	—	—	6151	6151		—	
			LD2 - 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			LD2 - 2	—	—	—	—	H□30	—	6070		—
			LD5	AK6 (1360)	—	—	—	—	—	—	—	—
			LD6	AK6 - 1	—	—	—	—	—	—	—	—
			LD7	AK4 - 1 (1141)	—	—	—	H□16	—	2613	2618	2618A (1 - U2GN)
			LD8	AK4 (1140)	—	—	—	—	A2N01□	—	—	— (A - U2N)
			LD9	(AK2)	—	—	—	—	A2018□	2018	2018 (CN42A)	(A - U4N)
			LD10	AK8(1380)	AlCuSiMn	3. 1255	—	H□15	A2014□	2014	2014 (CS41A)	2014 (A - U4SG)

第一篇 钣金冲压生产技术

类别	中 国			与国外各主要工业国家的牌号对照							法国 NF	
	标准号	牌号	代号	前苏联	德 国		英国	日本	美 国			
				ГОСТ	DIN	数字系统	BS	JIS	AA	ASTM		SAE
铸 造 铝 硅 合 金 系	GB1173 —86	ZAlSi7Mg1	ZL101	AJ19AIK7 (AJ19B)	G - AlSi7MgWa GK - AlSi7MgWa	3.2371.61 3.2371.62	LM25	AC4C	356.0	A03560 (SC70A)	323	A - S7G
		ZAlSi7MgA	ZL101A	AJ19 - 1	—	—	—	—	A356.0	A13560 (SC70B)	336	—
		ZAlSi12	ZL102	AJ12	G - AlSi12 GK - AlSi12	3.2581.01 3.2581.02	LM6 LM20	AC3A	413.0 A413.0	A04130(SI2B) A14130(SI2A)	305	A - S13
		ZAlSi9Mg	ZL104	AJ14 AK9 (AJ14B)	G - AlSi10Mg GK - AlSi10Mg	3.2381.01 3.2381.02	LM9	AC4A	360.0	A03600 (SG100A)	309	A - S9G A - S10G
		ZAlSi5 Cu1Mg	ZL105	AJ15	—	—	LM16	AC6D	355.0	A03550 (SC51A)	322	2A - S5U
		ZAlSi5 Cu1Mg	ZL105A	AJ15 - 1	—	—	—	—	C355.0	A33550 (SC51B)	335	—
		ZAlSi8 Cu1Mg	ZL106	AJ132	G - AlSi8Cu3 GK - AlSi8Cu3	3.2161.01 3.2161.02	LM27	AC4B	328.0	A03280 (SC82A)	327	—
		ZAlSi7Cu4	ZL107	AJ17 - 4*	G - AlSi6Cu4 GK - AlSi6Cu4	3.2151.01 3.2151.02	LM21	AC2B	319.0	A03190 (SC64D)	326	A - S5UZ
		ZAlSi12 Cu2Mg1	ZL108	—	—	—	LM2	—	B332.0	A23320 (SC122A)	328、 334	—
		ZAlSi12Cu1 Mg1Ni1	ZL109	AJ130、 AJ125	—	—	LM13	AC8A	A332.0	A13320 (SN122A)	321	A - S12UNG
		ZAlSi9 Cu2Mg	ZL111	AJ14M*	—	—	—	—	354.0	A03540 (SC92A)	—	—
		ZAlSi7 Mg1A	ZL114A	—	—	—	—	—	A357.0	A13570	—	—
铸 造 铝 铜 系	GB1173 —86	ZAlSi5Zn1Mg	ZL115	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		ZAlSi8MgBe	ZL116	AJ134 (BAJ15)	—	—	—	—	B358.0	—	—	—
		ZAlCu5Mn	ZL201	AJ119	—	—	—	—	—	—	—	A - U5GT
		ZAlCu5MnA	ZL201A	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		ZAlCu10	ZL202	AJ11Z	—	—	LM12	—	222.0	A02220 (CG100A)	—	A - U10G
		ZAlCu4	ZL203	AJ17	G - AlCu4T GK - AlCu4Ti	3.1841.61 3.1841.62	LM11	AC1A	295.0 B295.0	A02950 (C4A,CS43A)	38 380	A - U5GT
		ZAlCu5MnCdA	ZL204A	B2243*	—	—	—	—	—	—	—	—
		ZAlCu5MnCdV	ZL205A	BAJ110*	—	—	—	—	—	—	—	—
		ZAlR5Cu3Si2	ZL207	ALIP1*	—	—	—	—	—	—	—	—
		ZAlMg10	ZL310	AJ18	G - AlMg10	3.3591.43	LM10	AC7B	520.0	A05200 (G10A)	324	—
		ZAlMg5Si1	ZL303	AJ113	G - AlMg5Si GK - AlMg5Si	3.3261.01 3.3261.02	LM5	AC7A	B514.0	A25140 (GS42A)	320	A - G6
		ZAlMg8Zn1	ZL305	—	—	—	—	—	—	—	—	—

- 注 1. 英国(BS)铝及铝合金加工产品牌号中的符号“□”系表示型材的类型,用英文字母来区分,其字母代表涵义为 S—板条,E—挤制的棒、线或型材,G—拉制棒材、线材,T—拉制管材,F—锻件,R—铆钉材料。例如“□1A”的牌号有 S1A、E1A、T1A 等多种型式。
2. 日本(JIS)铝及铝合金加工产品牌号中的符号“□”,也是表示型材的类型。
3. 表中带括号“()”的牌号为旧牌号,带“*”号的牌号为非标准牌号。

五、常用金属型材的主要规格

1. 钢板和钢带

热轧钢板的尺寸规格见表 3-58。

表 3-58 热轧钢板的尺寸规格

钢板公称厚度 (mm)	钢板宽度(m)																			
	0.6	0.65	0.7	0.71	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1.0	1.1	1.25	1.4	1.42	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
	钢板长度(m)																			
0.50 0.55 0.60	1.2	1.4	1.42	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.65 0.70 0.75	2.0	2.0	1.42	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.80 0.90	2.0	2.0	1.42	1.42	1.5	1.5	1.7	1.8	1.9	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.0	2.0	2.0	1.42	1.42	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2 1.3 1.4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	3.0	—	—	—	—	—	—	—
1.5 1.6 1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—	—	—	—	—
2.0 2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—	—	—
2.5 2.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—
3.0 , 3.2 ,3.5 ,3.8 , 3.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—
4.0 4.5 5.0	—	—	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—
6 7	—	—	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
8 9 10	—	—	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0
11 12	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	—
13 14 15 16 17 18 , 19 20 21 , 22 25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0	4.0
26 28 30 32 34 36 , 38 40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.5	2.5	2.5	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0

冷轧钢板的尺寸规格见表 3-59。

第一篇 钣金冲压生产技术

表 3-59

冷轧钢板的尺寸规格

公称厚度 (mm)	宽 度 (mm)																			
	600	650	700	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1430	1500	1600	1700	1800	1900	2000
	最小和最大长度(mm)																			
0.20 0.25	1200	1300	1400	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.30 0.35	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	3000	3000	3000	3000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.40 0.45																				
0.56	1200	1300	1400	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	—	—	—	—	—	—	—
0.60	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	3000	3000	3000	3000	3000	3500	—	—	—	—	—	—	—
0.65																				
0.70	1200	1300	1400	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2000	2000	—	—	—	—	—	—
0.75	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	3000	3000	3000	3000	3000	3500	4000	4000	—	—	—	—	—
0.80	1200	1300	1400	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2000	2000	2000	—	—	—	—
0.90	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3500	3500	3500	3500	3500	4000	4000	4000	4000	—	—	—	—
1.00																				
1.1	1200	1300	1400	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	—
1.2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3500	3500	3500	3500	3500	4000	4000	4000	4000	4000	4200	4200	—
1.3																				
1.4 1.5	1200	1300	1400	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2000	2000	2000	2000	2000	2500	—
1.6 1.7	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	4000	4000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	—
1.8 2.0																				
2.2	1200	1300	1400	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2000	2000	2000	2000	2000	2500	2500	2500
2.5	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	4000	4000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
2.8	1200	1300	1400	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2000	2000	2000	2000	2000	2500	2500	2500
3.0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	4000	4000	6000	6000	6000	6000	2750	2750	2700	2700
3.2																				
3.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2000	2000	2000	2000	2000	2500	2500	2500
3.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4500	4500	4500	4750	2750	2750	2700	2700
3.9																				
4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2000	2000	2000	2000	1500	1500	1500
4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4500	4500	4500	4500	2500	2500	2500
4.5																				
4.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2000	2000	2000	2000	1500	1500	1500
5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4500	4500	4500	4500	2300	2300	2300

花纹钢板的尺寸和理论重量见表 3-60。

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

表 3-60

花纹钢板的尺寸和理论重量

钢板基本厚度 (mm)		纹高(mm)				钢板宽度 (mm)	钢板长度 (mm)	理论重量 (密度 7.85) (kg/m)	
		菱形		扁豆形				菱形	扁豆形
厚度	偏差	尺寸	公差	尺寸	公差				
2.5	±0.3	1.0	+0.5 -0.2	2.5	+0.8 -0.3	600~1800 (以 50mm 进级)	600~12000 (以 100mm 进级)	21.6	22.6
3	±0.3	1.0	+0.5 -0.2	2.5	+0.8 -0.3			25.6	26.6
3.5	±0.3	1.0	+0.5 -0.2	2.5	+0.8 -0.3			29.5	30.5
4	±0.4	1.0	+0.5 -0.2	2.5	+0.8 -0.3			33.4	34.4
4.5	±0.4	1.0	+0.5 -0.2	2.5	+0.8 -0.3			37.3	38.3
5	+0.4 -0.5	1.5	+0.5 -0.6	2.5	+0.8 -0.3			42.3	42.3
5.5	+0.4 -0.5	1.5	+0.5 -0.4	2.5	+0.8 -0.3			46.2	46.2
6	+0.5 -0.4	1.5	+0.5 -0.4	2.5	+0.8 -0.3			50.1	50.1
7	+0.5 -0.7	2.0	±0.5	2.5	+0.8 -0.3			59.0	58.0
8	+0.6 -0.8	2.0	±0.5	2.5	+0.8 -0.3	66.8	65.8		

热轧钢带的尺寸规格见表 3-61。

表 3-61

热轧钢带的尺寸规格(GB3524-83)

(mm)

厚 度		宽度范围		宽 度 系 列										
2.0	2.25	50~260		50	60	65	70	75	80					
2.5	2.75	50~200		85	90	95	100	110	120					
3.0	3.25	3.5	3.75	50~300						130	140	150	160	170
	4.0	4.25								180	190	200	210	220
	4.5	4.75	5.0							230	240	250	260	270
	5.25	5.5	5.75							6.0	280	290	300	

冷轧钢带的尺寸规格见表 3-62。

表 3-62

冷轧钢带的尺寸规格

(mm)

类别	厚度	宽度范围	宽度系列
普通碳素钢冷轧钢带 (GB716—83)	0.05, 0.06, 0.08	5 ~ 100	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 160, 170, 180, 190, 200
	0.10	5 ~ 150	
	0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 1.00, 1.05, 1.10, 1.15, 1.20, 1.25, 1.30, 1.35, 1.40, 1.45, 1.50	10 ~ 200	
	1.60, 1.70, 1.75, 1.80, 1.90, 2.00, 2.10, 2.20, 2.30, 2.40, 2.50, 2.60, 2.70, 2.80, 2.90, 3.00	50 ~ 200	
低碳钢冷轧钢带 (GB3526—83)	0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.15, 0.18, 0.20, 0.22, 0.25, 0.28, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 1.00, 1.05, 1.10, 1.15, 1.20, 1.25, 1.30, 1.35, 1.40, 1.45, 1.50, 1.55, 1.60, 1.65, 1.70, 1.75, 1.80, 1.85, 1.90, 1.95, 2.00, 2.10, 2.20, 2.30, 2.40, 2.50, 2.60, 2.70, 2.80, 2.90, 3.00, 3.10, 3.20, 3.30, 3.40, 3.50, 3.60	4 ~ 300	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 43, 46, 50, 53, 56, 60, 63, 66, 70, 73, 76, 80, 83, 86, 90, 93, 96, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 205, 210, 215, 220, 225, 230, 235, 240, 245, 250, 260, 270, 280, 290, 300
优质碳素结构钢冷轧钢带 (GB3522—83)及 弹簧钢、工具钢冷轧钢带 (GB3525—83)	0.10 ~ 0.25	4 ~ 120	4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 35, 36, 38, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 200
	> 0.25 ~ 0.50	6 ~ 200 ^① 6 ~ 160 ^②	
	> 0.50 ~ 1.00	10 ~ 2000) 10 ~ 160 ^②	
	> 1.00 ~ 2.30	18 ~ 200	
	> 2.30 ~ 3.00	18 ~ 200 ^① 22 ~ 200 ^②	
	> 3.00 ~ 4.00 ^①		

续表

类别	厚度	宽度范围	宽度系列
热处理弹簧钢冷轧钢带 (GB3530—83)	0.08	3~20	1.5, 1.6, 1.8, 2, 2.2, 2.5, 2.8, 3, 3.6, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 36, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100
	0.10, 0.11, 0.12, 0.14, 0.15, 0.16, 0.18	3~40	
	0.20, 0.22, 0.23, 0.25, 0.28, 0.30, 0.32, 0.36, 0.40, 0.45, 0.50	1.5~100	
	0.60, 0.65, 0.70, 0.80, 0.90, 1.00, 1.10, 1.20, 1.40, 1.50	2.5~100	

- ① 优质碳素钢冷轧钢带；
- ② 弹簧钢、工具钢冷轧钢带。

2. 钢管

热轧钢管的品种规格见表 3-63。

表 3-63 热轧钢管的品种规格(GB8162—87)

外径 (mm)	壁厚 (mm)								
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5
钢管理论重量 (kg/m)									
32	1.82	2.15	2.46	2.76	3.05	3.33	3.59	3.85	4.09
38	2.19	2.59	2.98	3.35	3.72	4.07	4.41	4.73	5.05
42	2.44	2.89	3.32	3.75	4.16	4.56	4.95	5.33	5.69
45	2.62	3.11	3.58	4.04	4.49	4.93	5.36	5.77	6.17
50	2.93	3.48	4.01	4.54	5.05	5.55	6.04	6.51	6.97
54	—	3.77	4.36	4.93	5.49	6.04	6.58	7.10	7.61
57	—	3.99	4.62	5.23	5.83	6.41	6.98	7.55	8.09
60	—	4.22	4.88	5.52	6.16	6.78	7.39	7.99	8.58
63.5	—	4.48	5.18	5.87	6.55	7.21	7.87	8.51	9.14
68	—	4.81	5.57	6.31	7.05	7.77	8.48	9.17	9.86
70	—	4.96	5.74	6.51	7.27	8.01	8.75	9.47	10.18
73	—	5.18	6.00	6.81	7.60	8.38	9.16	9.91	10.66
76	—	5.40	6.26	7.10	7.93	8.75	9.56	10.36	11.14
83	—	—	6.86	7.79	8.71	9.62	10.51	11.39	12.26
89	—	—	7.38	8.38	9.38	10.36	11.33	12.23	13.22

第一篇 钣金冲压生产技术

续表

外径 (mm)	壁厚 (mm)								
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5
	钢管理论重量 (kg/m)								
95	—	—	7.90	8.98	10.04	11.10	12.14	13.17	14.19
102	—	—	8.50	9.67	10.82	11.96	13.09	14.20	15.31
108	—	—	—	10.26	11.49	12.70	13.90	15.09	16.27
114	—	—	—	10.85	12.15	13.44	14.72	15.98	17.23
121	—	—	—	11.54	12.93	14.30	15.67	17.02	18.35
127	—	~	—	12.13	13.59	15.04	16.48	17.90	19.31
133	—	—	—	12.72	14.26	15.78	17.29	18.79	20.28
140	—	—	—	—	15.04	16.65	18.24	19.83	21.40
146	—	—	—	—	15.70	17.39	19.06	20.72	22.36
152	—	—	—	—	16.37	18.13	19.87	21.60	23.32
159	—	—	—	—	17.14	18.99	20.82	22.64	24.44
168	—	—	—	—	—	20.10	22.04	23.97	25.89
180	—	—	—	—	—	21.58	23.67	25.74	27.81
194	—	—	—	—	—	23.30	25.60	27.82	30.05
203	—	—	—	—	—	—	—	29.15	31.50
219	—	—	—	—	—	—	—	31.52	34.06
245	—	—	—	—	—	—	—	—	38.23
273	—	—	—	—	—	—	—	—	42.72
299	—	—	—	—	—	—	—	—	—
325	—	—	—	—	—	—	—	—	—
外径 (mm)	壁厚 (mm)								
	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	11	12
	钢管理论重量 (kg/m)								
32	4.32	4.53	4.73	—	—	—	—	—	—
38	5.35	5.64	5.92	—	—	—	—	—	—
42	6.04	6.38	6.71	7.02	7.32	7.60	7.89	—	—
45	6.56	6.94	7.30	7.65	7.99	8.32	8.63	—	—
50	7.42	7.86	8.29	8.70	9.10	9.49	9.86	—	—
54	8.11	8.60	9.07	9.54	9.99	10.43	10.85	11.67	—
57	8.63	9.16	9.67	10.17	10.65	11.13	11.59	12.48	13.32
60	9.15	9.71	10.26	10.79	11.32	11.83	12.33	13.29	14.21
63.5	9.75	10.36	10.95	11.53	12.10	12.65	13.19	14.24	15.24
68	10.53	11.19	11.84	12.47	13.09	13.71	14.30	15.46	16.57
70	10.88	11.56	12.23	12.89	13.54	14.17	14.80	16.01	17.16
73	11.39	12.11	12.82	13.52	14.20	14.88	15.54	16.82	18.05
76	11.91	12.67	13.42	14.15	14.87	15.58	16.28	17.63	18.94

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

续表

外径 (mm)	壁 厚 (mm)								
	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	11	12
	钢 管 理 论 重 量 (kg/m)								
83	13.12	13.96	14.80	15.62	16.42	17.22	18.00	19.53	21.01
89	14.15	15.07	15.98	16.87	17.76	18.63	19.48	21.16	22.79
95	15.19	16.18	17.16	18.13	19.09	20.03	20.96	22.79	24.56
102	16.40	17.48	18.54	19.60	20.64	21.67	22.69	24.69	26.63
108	17.43	18.59	19.73	20.86	21.97	23.08	24.17	26.31	28.41
114	18.47	19.70	20.91	22.11	23.30	24.48	25.65	27.94	30.19
121	19.68	20.99	22.29	23.58	24.86	26.12	27.37	29.84	32.26
127	20.71	22.10	23.48	24.84	26.19	27.53	28.85	31.47	34.03
133	21.75	23.21	24.66	26.10	27.52	28.93	30.33	33.10	35.81
140	22.96	24.51	26.04	27.56	29.07	30.57	32.06	34.99	37.88
146	23.99	25.62	27.22	28.82	30.41	31.98	33.54	36.62	39.66
152	25.03	26.73	28.41	30.08	31.74	33.39	35.02	38.25	41.43
159	26.24	28.02	29.79	31.55	33.29	35.02	36.75	40.15	43.50
168	27.79	29.68	31.56	33.43	35.29	37.13	38.97	42.59	46.17
180	29.86	31.90	33.93	35.95	37.95	39.94	41.92	45.84	49.72
194	32.28	34.49	36.69	38.88	41.06	43.22	45.38	49.64	53.86
203	33.83	36.16	38.47	40.77	43.06	45.33	47.59	52.08	56.52
219	36.60	39.12	41.63	44.12	46.61	49.08	51.54	56.42	61.26
245	41.08	43.93	46.76	49.57	52.38	55.17	57.95	63.48	68.95
273	45.92	49.10	52.28	55.44	58.59	61.73	64.86	71.07	77.24
299	—	53.91	57.41	60.89	64.36	67.82	71.27	78.13	84.93
325	—	58.72	62.54	66.34	70.13	73.02	77.68	85.18	92.63
351	—	—	67.67	71.79	75.90	80.01	84.10	92.23	100.32
377	—	—	—	—	81.67	86.10	90.51	99.28	108.02
402	—	—	—	—	87.22	91.85	96.67	106.06	115.41
426	—	—	—	—	92.55	97.57	102.59	112.58	122.52
450	—	—	—	—	97.88	103.20	108.50	119.08	130.61
(465)	—	—	—	—	101.20	106.71	112.20	123.15	134.05
480	—	—	—	—	104.53	110.22	115.90	127.22	139.49
500	—	—	—	—	108.97	114.91	120.83	132.65	145.41
530	—	—	—	—	115.63	121.94	128.23	140.78	153.29
(550)	—	—	—	—	120.07	126.62	133.16	146.21	159.20
560	—	—	—	—	122.29	128.97	135.63	148.92	163.16
600	—	—	—	—	131.17	138.34	145.50	159.77	174.00
630	—	—	—	—	137.82	145.36	152.89	167.91	183.88

续表

外径 (mm)	壁厚 (mm)						
	13	14	15	16	17	18	19
	钢管理论重量 (kg/m)						
32	—	—	—	—	—	—	—
38	—	—	—	—	—	—	—
42	—	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—
54	—	—	—	—	—	—	—
57	14.11	—	—	—	—	—	—
60	15.07	15.88	—	—	—	—	—
63.5	16.19	17.09	—	—	—	—	—
68	17.63	18.64	19.60	20.52	—	—	—
70	18.27	19.33	20.24	21.31	—	—	—
73	19.23	20.37	21.45	22.49	23.48	24.41	25.30
76	20.20	21.40	22.56	23.67	24.73	25.75	26.71
83	22.44	23.82	25.15	26.44	27.67	28.85	29.99
89	24.36	25.89	27.37	28.80	30.18	31.52	32.80
95	26.29	27.96	29.59	31.17	32.70	34.18	35.61
102	28.53	30.38	32.18	33.93	35.63	37.29	38.89
108	30.46	32.45	34.40	36.30	38.15	39.95	41.70
114	32.38	34.52	36.62	38.67	40.66	42.61	44.51
121	34.62	36.94	39.21	41.43	43.60	45.72	47.79
127	36.55	39.01	41.43	43.80	46.12	48.38	50.60
133.	38.47	41.08	43.65	46.16	48.63	51.05	53.41
140	40.71	43.50	46.24	48.93	51.56	54.15	56.69
146	42.64	45.57	48.46	51.29	54.08	56.82	59.50
152	44.56	47.64	50.68	52.66	56.59	59.48	62.32
159	46.80	50.06	53.27	56.42	59.53	62.59	65.60
168	49.69	53.17	56.59	59.97	63.30	66.58	69.81
180	53.54	57.31	61.03	64.71	68.33	71.91	75.43
194	58.02	62.14	66.21	70.23	74.20	78.12	81.99
203	60.91	65.25	69.54	73.78	77.97	82.12	86.21
219	66.04	70.77	75.46	80.10	84.68	89.22	93.71
245	74.37	79.75	83.08	90.35	95.58	100.76	105.89
273	83.35	89.42	95.43	101.40	107.32	113.19	119.01
299	91.69	98.39	105.05	111.66	118.22	124.73	131.19
325	100.02	107.37	114.67	121.92	129.12	136.27	143.37
351	108.36	116.35	124.29	132.18	140.02	147.81	155.56
377	116.69	125.32	133.90	142.44	150.92	159.35	167.74
402	124.71	133.95	143.15	152.30	161.40	170.45	179.45

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

续表

外径 (mm)	壁 厚 (mm)							
	13	14	15	16	17	18	19	
	钢 管 理 论 重 量 (kg/m)							
426	132.40	142.24	152.03	161.77	171.46	181.10	190.70	
450	140.09	150.52	160.91	171.24	181.52	191.76	201.94	
(465)	144.90	155.70	166.46	177.16	187.81	198.41	208.97	
480	149.71	160.88	172.00	183.08	194.10	205.07	216.00	
500	156.12	167.79	179.40	190.97	202.48	213.95	225.37	
530	165.74	178.14	190.50	202.80	215.06	227.27	239.42	
(550)	172.15	185.05	197.90	210.70	223.44	236.14	248.79	
560	175.36	188.50	201.60	214.64	227.64	240.58	253.48	
600	188.18	202.31	216.39	230.42	244.41	258.34	272.22	
630	197.80	212.67	227.49	242.26	256.98	271.65	286.28	
外径 (mm)	壁 厚 (mm)							
	20	22	(24)	25	(26)	28	30	32
	钢 管 理 论 重 量 (kg/m)							
32	—	—	—	—	—	—	—	—
38	—	—	—	—	—	—	—	—
42	—	—	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—
54	—	—	—	—	—	—	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—
63.5	—	—	—	—	—	—	—	—
68	—	—	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	—	—	—
73	—	—	—	—	—	—	—	—
76	—	—	—	—	—	—	—	—
83	—	—	—	—	—	—	—	—
89	34.03	36.35	38.47	—	—	—	—	—
95	36.99	39.60	42.02	—	—	—	—	—
102	40.44	43.40	46.16	—	—	—	—	—
108	43.40	46.66	49.71	51.17	52.58	55.24	—	—
114	46.36	49.91	53.27	54.87	56.42	59.38	—	—

外径 (mm)	壁 厚 (mm)							
	20	22	(24)	25	(26)	28	30	32
	钢 管 理 论 重 量 (kg/m)							
121	49.81	53.71	57.41	59.18	60.91	64.21	—	—
127	52.77	56.96	60.96	62.88	64.76	68.36	71.76	—
133	55.73	60.22	64.51	66.58	68.60	72.50	76.20	79.70
140	59.18	64.02	68.65	70.90	73.09	77.33	81.38	85.22
146	62.14	67.27	72.20	74.60	76.94	81.48	85.82	89.96
152	65.10	70.53	75.76	78.30	80.79	85.62	90.26	94.69
159	68.55	74.33	79.90	82.61	85.27	90.45	95.43	100.22
168	72.99	79.21	85.22	88.16	91.04	96.67	102.09	107.22
180	78.91	85.72	92.33	95.56	98.74	104.95	110.97	116.79
194	85.82	93.31	100.61	104.19	107.71	114.62	121.33	127.84
203	90.26	98.20	105.94	109.74	113.49	120.83	127.99	134.94
219	98.15	106.88	115.41	119.60	123.74	131.88	139.82	147.57
245	110.97	120.98	130.80	135.63	140.41	149.83	159.06	168.08
273	124.78	136.17	147.37	152.89	158.37	169.17	179.77	190.18
299	137.60	150.28	162.76	168.92	175.04	187.12	199.01	210.70
325	150.43	164.38	178.14	184.95	191.71	205.07	218.24	231.21
351	163.25	178.49	193.53	200.98	208.38	223.04	237.48	251.73
377	176.07	192.59	208.92	217.01	225.05	240.98	256.71	272.25
402	188.40	206.16	223.72	232.42	241.08	258.24	275.21	291.97
426	200.24	219.18	237.92	247.22	256.46	274.81	292.96	310.91
450	212.08	232.20	252.12	262.01	271.85	291.38	310.72	329.85
(465)	219.47	240.34	261.00	271.26	281.47	301.74	321.81	341.69
480	1 226.37	248.47	269.88	280.51	291.09	312.10	332.91	353.53
500	236.74	259.32	281.72	292.84	303.91	325.91	347.71	369.31
530	251.53	275.60	299.47	311.33	323.14	346.62	369.90	392.98
(550)	261.40	286.45	311.31	323.66	335.97	360.43	384.70	408.76
560	266.33	291.88	317.23	—	—	—	—	—
600	286.06	313.58	340.90	—	—	—	—	—
630	300.85	329.85	358.66	—	—	—	—	—

冷拔钢管的品种规格见表 3-64。

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

表 3-64

冷拔钢管的品种规格

外径 (mm)	壁 厚 (mm)																	
	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2
	钢 管 理 论 重 量(kg/m)																	
6	0.0354	0.0421	0.055	0.068	0.080	0.103	0.123	0.142	0.159	0.166	0.174	0.186	0.197	—	—	—	—	—
7	0.0416	0.0496	0.065	0.080	0.095	0.122	0.148	0.172	0.193	0.203	0.213	0.231	0.247	0.260	0.277	—	—	—
8	0.0477	0.057	0.075	0.092	0.110	0.142	0.173	0.201	0.228	0.240	0.253	0.275	0.296	0.315	0.339	—	—	—
9	0.054	0.064	0.085	0.105	0.124	0.162	0.197	0.231	0.262	0.277	0.292	0.320	0.345	0.369	0.401	0.428	—	—
10	0.060	0.072	0.095	0.117	0.139	0.182	0.222	0.261	0.297	0.314	0.332	0.364	0.395	0.423	0.462	0.497	0.518	0.537
11	0.066	0.079	0.105	0.129	0.154	0.201	0.247	0.290	0.331	0.351	0.371	0.408	0.444	0.477	0.524	0.566	0.592	0.615
12	0.072	0.087	0.115	0.142	0.169	0.221	0.271	0.320	0.366	0.388	0.410	0.453	0.493	0.532	0.586	0.635	0.666	0.694
(13)	0.079	0.094	0.124	0.154	0.184	0.241	0.296	0.349	0.400	0.425	0.450	0.497	0.543	0.586	0.647	0.704	0.740	0.774
14	0.085	0.101	0.134	0.166	0.198	0.260	0.321	0.379	0.435	0.462	0.490	0.542	0.592	0.640	0.709	0.773	0.814	0.852
(15)	0.091	0.109	0.144	0.179	0.213	0.280	0.345	0.408	0.470	0.499	0.529	0.586	0.641	0.694	0.771	0.842	0.888	0.931
16	0.097	0.116	0.154	0.191	0.228	0.300	0.370	0.438	0.504	0.536	0.568	0.630	0.691	0.749	0.832	0.91	0.962	1.01
(17)	0.103	0.124	0.164	0.203	0.243	0.320	0.395	0.468	0.539	0.573	0.608	0.675	0.740	0.803	0.894	0.98	1.04	1.09
18	0.109	0.131	0.174	0.216	0.258	0.340	0.419	0.497	0.573	0.610	0.647	0.719	0.789	0.857	0.956	1.05	1.11	1.17
19	0.115	0.138	0.183	0.228	0.272	0.359	0.444	0.527	0.608	0.647	0.687	0.763	0.838	0.911	1.02	1.12	1.18	1.25
20	0.122	0.146	0.193	0.240	0.287	0.379	0.469	0.556	0.642	0.684	0.726	0.808	0.888	0.966	1.08	1.19	1.26	1.33
(21)	—	—	0.203	0.253	0.302	0.399	0.493	0.586	0.677	0.721	0.765	0.852	0.937	1.02	1.14	1.26	1.33	1.41
22	—	—	0.212	0.265	0.317	0.418	0.518	0.616	0.711	0.758	0.805	0.897	0.986	1.07	1.20	1.33	1.41	1.48
(23)	—	—	0.222	0.277	0.331	0.438	0.543	0.645	0.746	0.795	0.844	0.941	1.04	1.13	1.27	1.39	1.48	1.56
(24)	—	—	0.236	0.290	0.346	0.458	0.567	0.675	0.780	0.832	0.884	0.985	1.09	1.18	1.33	1.46	1.55	1.64
25	—	—	0.242	0.302	0.361	0.477	0.592	0.704	0.815	0.869	0.923	1.03	1.13	1.24	1.39	1.53	1.63	1.72
27	—	—	0.262	0.327	0.391	0.517	0.641	0.763	0.884	0.943	1.00	1.13	1.23	1.34	1.51	1.67	1.78	1.88
28	—	—	0.272	0.339	0.406	0.537	0.666	0.793	0.918	0.98	1.04	1.16	1.28	1.40	1.57	1.74	1.85	1.96
29	—	—	0.282	0.351	0.412	0.556	0.691	0.823	0.953	1.02	1.08	1.21	1.33	1.45	1.63	1.81	1.92	2.04
30	—	—	0.292	0.364	0.435	0.576	0.715	0.852	0.987	1.05	1.12	1.25	1.38	1.51	1.70	1.88	2.00	2.12
32	—	—	0.311	0.388	0.465	0.616	0.765	0.911	1.056	1.13	1.20	1.34	1.48	1.62	1.82	2.02	2.15	2.27
34	—	—	0.331	0.413	0.494	0.655	0.814	0.971	1.125	1.20	1.28	1.43	1.58	1.72	1.94	2.15	2.29	2.43
(35)	—	—	0.341	0.425	0.509	0.675	0.838	1.000	1.160	1.24	1.32	1.47	1.63	1.78	2.00	2.22	2.37	2.51
36	—	—	0.350	0.438	0.524	0.695	0.863	1.030	1.195	1.28	1.36	1.52	1.68	1.83	2.07	2.29	2.44	2.59
38	—	—	0.370	0.462	0.553	0.734	0.912	1.089	1.26	1.35	1.44	1.61	1.78	1.94	2.19	2.43	2.59	2.75
40	—	—	0.390	0.487	0.583	0.774	0.962	1.148	1.33	1.42	1.52	1.69	1.87	2.05	2.31	2.57	2.74	2.90
42	—	—	—	—	—	—	1.010	1.207	1.40	1.50	1.60	1.79	1.97	2.16	2.44	2.71	2.89	3.06
44.5	—	—	—	—	—	—	1.073	1.281	1.49	1.59	1.69	1.90	2.10	2.29	2.59	2.88	3.07	3.26

第一篇 钣金冲压生产技术

续表

外径 (mm)	壁 厚 (mm)																	
	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2
钢 管 理 论 重 量(kg/m)																		
45	—	—	—	—	—	—	1.090	1.296	1.51	1.61	1.71	1.92	2.12	2.32	2.62	2.91	3.11	3.30
48	—	—	—	—	—	—	1.160	1.385	1.61	1.72	1.83	2.05	2.27	2.48	2.81	3.12	3.33	3.54
50	—	—	—	—	—	—	1.21	1.44	1.68	1.79	1.91	2.14	2.37	2.59	2.93	3.26	3.48	3.70
51	—	—	—	—	—	—	1.23	1.47	1.71	1.83	1.95	2.18	2.42	2.65	2.99	3.33	3.55	3.77
53	—	—	—	—	—	—	1.28	1.53	1.78	1.91	2.03	2.27	2.52	2.76	3.11	3.47	3.70	3.93
54	—	—	—	—	—	—	1.31	1.56	1.82	1.94	2.07	2.32	2.56	2.81	3.18	3.54	3.77	4.01
56	—	—	—	—	—	—	1.36	1.62	1.89	2.02	2.15	2.41	2.66	2.92	3.30	3.67	3.92	4.17
57	—	—	—	—	—	—	1.38	1.65	1.92	2.05	2.19	2.45	2.71	2.97	3.36	3.74	4.00	4.25
60	—	—	—	—	—	—	1.46	1.74	2.02	2.16	2.31	2.58	2.86	3.14	3.55	3.95	4.22	4.48
63	—	—	—	—	—	—	1.53	1.83	2.13	2.27	2.42	2.72	3.01	3.30	3.73	4.16	4.44	4.72
65	—	—	—	—	—	—	1.58	1.89	2.20	2.35	2.50	2.81	3.11	3.41	3.85	4.29	4.59	4.88
(68)	—	—	—	—	—	—	1.65	1.98	2.30	2.46	2.62	2.94	3.26	3.57	4.04	4.50	4.81	5.11
70	—	—	—	—	—	—	1.70	2.04	2.37	2.53	2.70	3.03	3.35	3.68	4.16	4.64	4.96	5.27
73	—	—	—	—	—	—	1.78	2.12	2.47	2.64	2.82	3.16	3.50	3.84	4.35	4.85	5.18	5.51
75	—	—	—	—	—	—	1.82	2.18	2.54	2.72	2.90	3.25	3.60	3.95	4.47	4.99	5.33	5.67
76	—	—	—	—	—	—	1.85	2.21	2.58	2.76	2.94	3.29	3.65	4.00	4.53	5.05	5.40	5.75
80	—	—	—	—	—	—	—	—	2.71	2.90	3.09	3.47	3.85	4.22	4.78	5.33	5.70	6.06
(83)	—	—	—	—	—	—	—	—	2.82	3.02	3.21	3.60	4.00	4.38	4.96	5.54	5.92	6.30
85	—	—	—	—	—	—	—	—	2.89	3.09	3.29	3.69	4.09	4.49	5.09	5.68	6.07	6.46
89	—	—	—	—	—	—	—	—	3.02	3.24	3.45	3.87	4.29	4.71	5.33	5.95	6.36	6.77
90	—	—	—	—	—	—	—	—	3.06	3.27	3.49	3.91	4.34	4.76	5.39	6.02	6.44	6.85
95	—	—	—	—	—	—	—	—	3.23	3.46	3.69	4.14	4.59	5.03	5.70	6.37	6.81	7.24
100	—	—	—	—	—	—	—	—	3.40	3.64	3.88	4.36	4.83	5.31	6.01	6.71	7.18	7.64
(102)	—	—	—	—	—	—	—	—	3.47	3.72	3.96	4.45	4.93	5.41	6.13	6.85	7.32	7.80
108	—	—	—	—	—	—	—	—	3.68	3.94	4.20	4.71	5.23	5.74	6.50	7.26	7.77	8.27
110	—	—	—	—	—	—	—	—	3.75	4.01	4.28	4.80	5.33	5.85	6.63	7.40	7.92	8.43
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.38	4.67	5.25	5.82	6.39	7.24	8.09	8.66	9.22
125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.47	6.07	6.66	7.54	8.42	9.03	9.61
130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.86	8.78	9.40	10.00
133	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.05	8.98	9.62	10.24
140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.14	10.80
150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10.88	11.58
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
170	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3. 型钢

热轧圆钢、方钢的尺寸规格见表 3-65。

表 3-65 热轧圆钢、方钢的尺寸规格(GB702—86)

直径 d (或边长 a) (mm)	精度组别			截面面积 (cm ²)		理论重量(kg/m)				
	1 组	2 组	3 组	圆钢	方钢	圆钢	方钢			
	允许偏差(mm)									
5.5	± 0.20	± 0.30	± 0.40	0.2375	0.30	0.186	0.237			
6				0.2827	0.36	0.222	0.283			
6.5				0.3318	0.42	0.260	0.332			
7				0.3848	0.49	0.302	0.385			
8	± 0.25	± 0.35	± 0.40	0.5027	0.64	0.395	0.502			
9				0.6362	0.81	0.499	0.636			
10				0.7854	1.0	0.617	0.785			
* 11				0.9503	1.21	0.746	0.95			
12				1.131	1.44	0.888	1.13			
13				1.327	1.69	1.04	1.33			
14				1.539	1.96	1.21	1.54			
15				1.767	2.25	1.39	1.77			
16				2.011	2.56	1.58	2.01			
17				2.270	2.89	1.78	2.27			
18				2.545	3.24	2.00	2.54			
19				2.835	3.61	2.23	2.83			
20				3.142	4.00	2.47	3.14			
21				± 0.30	± 0.40	± 0.50	3.464	4.41	2.72	3.46
22							3.801	4.84	2.98	3.80
* 23							4.155	5.29	3.26	4.15
24	4.524	5.76	3.55				4.52			
25	4.909	6.25	3.85				4.91			
26	5.309	6.76	4.17				5.31			
* 27	5.726	7.29	4.49				5.72			
28	6.158	7.84	4.83				6.15			
* 29	6.605	8.41	5.18				6.60			
30	7.069	9.00	5.55				7.06			
* 31	± 0.40	± 0.50	± 0.60	7.548	9.61	5.93	7.54			
32				8.042	10.24	6.31	8.04			
* 33				8.553	10.89	6.71	8.55			
34				9.097	11.56	7.13	9.07			
* 35				9.621	12.25	7.55	9.62			
36				10.18	12.96	7.99	10.2			

续表

直径 d (或边长 a) (mm)	精度组别			截面面积 (cm ²)		理论重量 (kg/m)	
	1 组	2 组	3 组	圆钢	方钢	圆钢	方钢
	允许偏差 (mm)						
38	± 1.40	± 0.50	± 0.60	11.34	14.44	8.90	11.3
40				12.57	16.00	9.86	12.6
42				13.85	17.64	10.9	13.8
45				15.90	20.25	12.5	15.9
48				18.10	23.04	14.2	18.1
50				19.64	25.00	15.4	19.6
53	± 0.60	± 0.70	± 0.80	22.06	28.09	17.3	22.0
* 55				23.76	30.25	18.6	23.7
56				24.63	31.36	19.3	24.6
* 58				26.42	33.64	20.7	26.4
60				28.27	36.00	22.2	28.3
63				31.17	39.69	24.5	31.2
* 65				33.18	42.25	26.0	33.2
* 68				36.32	46.24	28.5	36.3
70				38.48	49.00	30.2	38.5
75				44.18	56.25	34.7	44.2
80	50.27	64.00	39.5	50.2			
85	± 0.9	± 1.0	± 1.1	56.75	72.25	44.5	56.7
90				63.62	81.00	49.9	63.6
95				70.88	90.25	55.6	70.8
100				78.54	100.00	61.7	78.5
105	± 0.9	± 1.0	± 1.1	86.59	110.25	68.0	86.5
110				95.03	121.00	74.6	95.0
115	± 1.2	± 1.3	± 1.4	103.82	132.26	81.5	104
120				113.10	144.00	88.8	113
125				122.72	156.25	96.3	123
130				132.73	169.00	104	133
140				153.94	196.00	121	154
150				176.72	225.00	139	177

续表

直径 d (或边长 a) (mm)	精度组别			截面积(cm^2)		理论重量(kg/m)	
	1 组	2 组	3 组	圆钢	方钢	圆钢	方钢
	允许偏差(mm)						
160	—	—	± 2.0	201.06	256.00	158	201
170				226.98	289.00	178	227
180				254.47	324.00	200	254
190				283.53	361.00	223	283
200	—	—	± 2.5	314.16	400.00	247	314
220				380.13	—	298	—
250				490.88	—	385	—

- 注 1. 圆钢椭圆度值的规定 :直径小于或等于 40mm 的圆钢不得大于公差的 50% ;直径大于 40 至 85mm 的圆钢不得大于公差的 70% ;直径大于 85mm 的圆钢不得大于公差的 75%。
2. 方钢脱方度的规定 :方钢在同一截面内 ,任何两边长之差不得大于公差的 50% ;两对角线长度之差不得大于边长公差的 70%。
3. 方钢对角线长度值的规定 :边长小于 50mm 者不得小于边长(公称尺寸)的 1.33 倍 ;边长大于或等于 50mm 者不得小于边长(公称尺寸)的 1.29 倍。工具钢全部规格不得小于边长(公称尺寸)的 1.29 倍。
4. 热轧圆钢、方钢的钢号、成分和力学性能 ,应符合有关热轧钢种标准中的规定。
5. 表中带“ * ”号的规格 ,不推荐使用。

热轧扁钢的尺寸规格见表 3 - 66。

热轧等边角钢的尺寸规格见表 3 - 67。

表 3-66

热轧扁钢的尺寸规格

宽度 (mm)	厚 度											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16
	理论重量(kg/m)											
10	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	—	—	—	—	—	—
12	0.28	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75	—	—	—	—	—	—
14	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	—	—	—	—	—	—
16	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.15	1.26	—	—	—	—
18	0.42	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.41	—	—	—	—
20	0.47	0.63	0.78	0.94	1.10	1.26	1.41	1.57	1.73	1.88	—	—
22	0.52	0.69	0.86	1.04	1.21	1.38	1.55	1.73	1.90	2.07	—	—
25	0.59	0.78	0.98	1.18	1.37	1.57	1.77	1.96	2.16	2.36	2.75	3.14
28	0.66	0.88	1.10	1.32	1.54	1.76	1.98	2.20	2.42	2.64	3.08	3.53
30	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88	2.12	2.36	2.59	2.83	3.30	3.77
32	0.75	1.00	1.26	1.51	1.76	2.01	2.26	2.55	2.76	3.01	3.52	4.02
35	0.82	1.10	1.37	1.65	1.92	2.20	2.47	2.75	3.02	3.30	3.85	4.40
40	0.94	1.26	1.57	1.88	2.20	2.51	2.83	3.14	3.45	3.77	4.40	5.02
45	1.06	1.41	1.77	2.12	2.47	2.83	3.18	3.53	3.89	4.24	4.95	5.65
50	1.18	1.57	1.96	2.36	2.75	3.14	3.53	3.93	4.32	4.71	5.50	6.28
55	—	1.73	2.16	2.59	3.02	3.45	3.89	4.32	4.75	5.18	6.04	6.91
60	—	1.88	2.36	2.83	3.30	3.77	4.24	4.71	5.18	5.65	6.50	7.54
65	—	2.04	2.55	3.06	3.57	4.08	4.59	5.10	5.61	6.12	7.14	8.16
70	—	2.20	2.75	3.30	3.85	4.40	4.95	5.50	6.04	6.59	7.69	8.79
75	—	2.36	2.94	3.53	4.12	4.71	5.30	5.80	6.48	7.07	8.24	9.42

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

规格(GB704—88)

(mm)													度 (mm)
18	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	56	60	
(密度 7.85g/cm ³)													
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28
4.24	4.71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30
4.52	5.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32
4.95	5.50	6.04	6.87	7.69	—	—	—	—	—	—	—	—	35
5.65	6.28	6.91	7.85	8.79	—	—	—	—	—	—	—	—	40
6.36	7.07	7.77	8.83	9.89	10.60	11.30	12.72	—	—	—	—	—	45
7.06	7.85	8.64	9.81	10.99	11.78	12.56	14.13	—	—	—	—	—	50
7.77	8.64	9.50	10.79	12.09	12.95	13.82	15.54	—	—	—	—	—	55
8.48	9.42	10.36	11.78	13.19	14.13	15.07	16.96	18.84	21.20	—	—	—	60
9.18	10.20	11.23	12.76	14.29	15.31	16.33	18.37	20.41	22.96	—	—	—	65
9.89	10.99	12.09	13.74	15.39	16.49	17.58	19.78	21.98	24.73	—	—	—	70
10.60	11.78	12.95	14.72	16.48	17.66	18.84	21.20	23.55	26.49	—	—	—	75

第一篇 钣金冲压生产技术

宽度 (mm)	厚 度											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16
	理论重量(kg/m)											
80	—	2.51	3.14	3.77	4.40	5.02	5.65	6.28	6.91	7.54	8.79	10.05
85	—	—	3.34	4.00	4.67	5.34	6.01	6.67	7.34	8.01	9.34	10.68
90	—	—	3.53	4.24	4.95	5.65	6.36	7.07	7.77	8.48	9.89	11.30
95	—	—	3.73	4.47	5.22	5.97	6.71	7.46	8.20	8.95	10.44	11.93
100	—	—	3.92	4.71	5.50	6.28	7.06	7.85	8.64	9.42	10.99	12.56
105	—	—	4.15	4.95	5.77	6.50	7.42	8.24	9.07	9.89	11.54	13.19
110	—	—	4.32	5.18	6.04	6.91	7.77	8.64	9.50	10.36	12.09	13.82
120	—	—	4.71	5.65	6.59	7.54	8.48	9.42	10.36	11.30	13.10	15.07
125	—	—	—	5.89	6.87	7.85	8.83	9.81	10.79	11.78	13.74	15.70
130	—	—	—	6.12	7.14	8.16	9.18	10.20	11.23	12.25	14.29	16.33
140	—	—	—	—	7.69	8.79	9.89	10.99	12.09	13.19	15.39	17.58
150	—	—	—	—	8.24	9.42	10.60	11.78	12.95	14.13	16.48	18.84

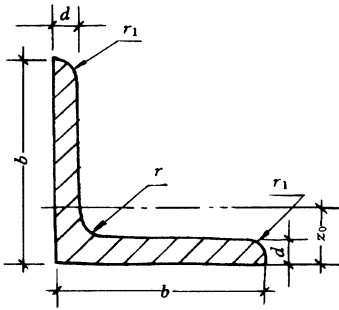
第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

(mm)													度 (mm)
18	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	57	60	
(密度 7.85g/cm ³)													
11.30	12.56	13.82	15.70	17.58	18.84	20.10	22.61	25.12	28.26	31.40	35.17	—	80
12.01	13.34	14.68	16.68	18.68	20.02	21.35	24.02	26.69	30.03	33.36	37.37	40.04	85
12.72	14.13	15.54	17.66	19.78	21.20	22.61	25.43	28.26	31.79	35.32	39.56	42.39	90
13.42	14.92	16.41	18.64	20.88	22.37	23.86	26.85	29.83	33.56	37.29	41.76	44.74	95
14.13	15.70	17.27	19.62	21.98	23.55	25.12	28.26	31.40	35.32	39.25	43.96	47.10	100
14.84	16.48	18.13	20.61	23.08	24.73	26.38	29.67	32.97	37.09	41.21	46.16	49.46	105
15.54	17.27	19.00	21.59	24.18	25.90	27.63	31.09	34.54	38.86	423.18	48.36	51.81	110
16.96	18.84	20.72	23.55	26.38	28.26	30.14	33.91	37.68	42.39	47.10	52.75	56.52	120
17.66	19.63	21.58	24.53	27.48	29.44	31.40	35.32	39.25	44.16	49.06	54.05	58.88	125
18.37	20.41	22.45	25.51	28.57	30.62	32.66	36.74	40.82	45.92	51.02	57.15	61.23	130
19.78	21.98	24.18	27.48	30.77	32.97	35.17	39.56	43.96	49.46	54.95	61.54	65.94	140
21.20	23.55	25.90	29.44	32.97	35.32	37.68	42.39	47.10	52.99	58.88	65.94	70.65	150

- 注 1. 表中的粗线用以划分扁钢的组别 :第 1 组——理论重量 $\leq 19\text{kg/m}$;第 2 组——理论重量 $> 19\text{kg/m}$ 。
 2. 扁钢的通常长度(非定尺的) :①普通钢第 1 组——长 3 ~ 9m ;第 2 组——长 3 ~ 7m ;②优质钢 2 ~ 6m。
 3. 热轧扁钢常用钢号为 Q235、20、45、16Mn ,其化学成分、力学性能应符合相应标准中的规定。

表 3-67

热轧等边角钢的尺寸规格(GB9787—88)



b ——边宽
 d ——边厚
 r ——内圆弧半径
 Z_0 ——重心距离
 r_1 ——边端内弧半径
 $r_1 = \frac{1}{3}d$

角钢号数	尺寸(mm)			截面面积 (cm^2)	理论重量 (kg/m)	外表面积 (m^2/m)	Z_0 (cm)
	b	d	r				
2	20	3	3.5	1.132	0.880	0.078	0.60
		4		1.459	1.145	0.077	0.64
2.5	25	3	3.5	1.432	1.124	0.098	0.73
		4		1.850	1.459	0.97	0.76
3.0	30	3	4.5	1.749	1.373	0.117	0.85
		4		2.276	1.786	0.117	0.89
3.6	36	3	4.5	2.109	2.163	0.141	1.04
		4		2.756	2.163	0.141	1.04
		5		3.382	2.654	0.141	1.07
4	40	3	5	2.359	1.852	0.157	1.09
		4		3.086	2.422	0.157	1.13
		5		3.791	2.976	0.156	1.17
4.5	45	3	5	2.659	2.088	0.177	1.22
		4		3.486	2.736	0.177	1.26
		5		4.292	3.369	0.176	1.30
		6		5.076	3.985	0.176	1.33

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

续表

角钢号数	尺寸(mm)			截面面积 (cm ²)	理论重量 (kg/m)	外表面积 (m ² /m)	Z ₀ (cm)
	b	d	r				
5	50	3	5.5	2.971	2.332	0.197	1.34
		4		3.897	3.059	0.197	1.38
		5		4.803	3.770	0.196	1.42
		6		5.688	4.465	0.196	1.46
5.6	56	3	6	3.343	2.624	0.221	1.48
		4		4.390	3.446	0.220	1.53
		5		5.415	4.251	0.22	1.57
		8		8.367	6.568	0.219	1.68
6.3	63	4	7	4.978	3.907	0.248	1.70
		5		6.143	4.822	0.248	1.74
		6		7.288	5.721	0.247	1.68
		8		9.515	7.469	0.247	1.85
		10		11.657	9.151	0.246	1.93
7	70	4	8	5.570	4.372	0.275	1.86
		5		6.875	5.397	0.275	1.91
		6		8.160	6.406	0.275	1.95
		7		9.424	7.398	0.265	1.99
		8		10.667	8.373	0.274	2.03
(7.5)	75	5	9	7.412	5.818	0.295	2.04
		6		8.797	6.905	0.294	2.07
		7		10.160	7.976	0.294	2.11
		8		11.503	9.030	0.294	2.15
		10		14.126	11.089	0.293	2.22
8	80	5	9	7.912	6.211	0.315	2.15
		6		9.397	7.376	0.314	2.19
		7		10.860	8.525	0.314	2.23
		8		12.303	9.658	0.314	2.27
		10		15.126	11.874	0.313	2.35
9	90	6	10	10.637	8.350	0.354	2.44
		7		12.301	9.656	0.354	2.48
		8		13.944	10.946	0.353	2.52
		10		17.167	13.476	0.353	2.59
		12		20.306	15.940	0.352	2.67

续表

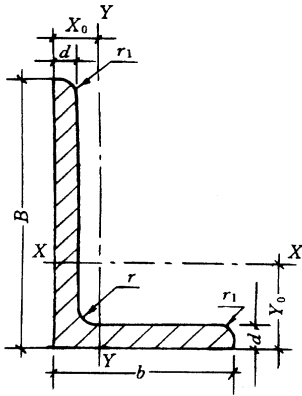
角钢号数	尺寸(mm)			截面面积 (cm ²)	理论重量 (kg/m)	外表面积 (m ² /m)	Z ₀ (cm)
	b	d	r				
10	100	6	12	11.932	9.366	0.393	2.67
		7		13.796	10.830	0.393	2.71
		8		15.638	12.276	0.393	2.76
		10		19.261	15.120	0.392	2.84
		12		22.800	17.898	0.391	2.91
		14		26.256	20.611	0.391	2.99
		16		29.627	23.257	0.390	3.06
11	100	7	12	15.196	11.928	0.433	2.96
		8		17.238	13.532	0.433	3.01
		10		21.261	16.690	0.432	3.09
		12		25.200	19.782	0.431	3.16
		14		29.056	22.809	0.431	3.24
12.5	125	8	14	19.750	15.504	0.492	3.37
		10		24.373	19.133	0.491	3.45
		12		28.912	22.696	0.491	3.53
		14		33.367	26.193	0.490	3.61
14	140	10	14	27.373	21.488	0.551	3.82
		12		32.512	25.522	0.551	3.90
		14		37.567	29.490	0.550	3.98
		16		42.539	33.303	0.549	4.06
16	160	10	16	31.502	24.729	0.630	4.31
		12		37.441	29.301	0.630	4.39
		14		43.296	33.987	0.620	4.47
		16		49.067	38.518	0.620	4.55
18	180	12	16	42.241	33.159	0.710	4.89
		14		48.896	38.383	0.709	4.97
		16		55.467	43.542	0.709	5.05
		18		61.955	48.634	0.708	5.13
20	200	14	18	54.642	42.894	0.788	5.46
		16		62.013	48.680	0.788	5.54
		18		69.301	54.401	0.787	5.62
		20		76.505	60.056	0.787	5.69
		24		90.661	71.168	0.785	5.87

热轧不等边角钢的尺寸规格见表 3-68。

第三章 钣金冲压件创新生产应用技术资料

表 3-68

热轧不等边角钢的尺寸规格(GB9788—88)



B ——长边宽度

b ——短边宽度

d ——边厚

r ——内圆弧半径

X_0 ——重心距离

Y_0 ——重心距离

r_1 ——边端内弧半径

$$r_1 = \frac{1}{3}d$$

角钢号数	尺寸 (mm)				截面面积 (cm ²)	理论重量 (kg/m)	外表面积 (m ² /m)	Y_0 (cm)	X_0 (cm)
	B	b	d	r					
2.5/1.6	25	16	3	3.5	1.162	0.912	0.080	0.86	0.42
			4		1.499	1.176	0.079	0.90	0.46
3.2/2	32	20	3	3.5	1.492	1.171	0.102	1.08	0.49
			4		1.939	1.522	0.101	1.12	0.53
4/2.5	40	25	3	4	1.890	1.484	0.127	1.32	0.59
			4		2.467	1.936	0.127	1.37	0.63
4.5/2.8	4.5	28	3	5	2.149	1.687	0.143	1.47	0.64
			4		2.806	2.203	0.143	1.51	0.68
5/3.2	50	32	3	5.5	2.431	1.908	0.161	1.60	0.73
			4		3.177	2.494	0.160	1.65	0.77
5.6/3.6	56	36	3	6	2.743	2.153	0.181	1.78	0.80
			4		3.590	2.18	0.180	1.82	0.85
			5		4.415	3.466	0.180	1.87	0.88

续表

角钢 号数	尺寸 (mm)				截面面积 (cm ²)	理论重量 (kg/m)	外表面积 (m ² /m)	Y ₀ (cm)	X ₀ (cm)
	B	b	d	r					
6.3/4	63	40	4	7	4.058	3.185	0.202	2.04	0.92
			5		4.993	3.920	0.202	2.08	0.95
			6		5.908	4.638	0.201	2.12	0.99
			7		6.802	5.339	0.201	2.15	1.03
7/4.5	70	45	4	7.5	4.547	3.570	0.226	2.24	1.02
			5		5.609	4.403	0.225	2.28	1.06
			6		6.647	5.218	0.225	2.32	1.09
			7		7.657	6.011	0.225	2.36	1.13
(7.5/5)	75	50	5	8	6.125	4.808	0.245	2.40	1.17
			6		7.260	5.699	0.245	2.44	1.21
			8		9.467	7.431	0.244	2.52	1.29
			10		11.590	9.098	0.244	2.60	1.36
8/5	80	50	5	8.5	6.375	5.005	0.255	2.60	1.14
			6		7.560	5.935	0.255	2.65	1.18
			7		8.724	6.848	0.255	2.69	1.21
			8		9.867	7.745	0.254	2.73	1.25
9/5.6	90	56	5	9	7.212	5.661	0.287	2.91	1.25
			6		8.557	6.717	0.286	2.95	1.29
			7		9.880	7.756	0.286	3.00	1.33
			8		11.183	8.779	0.286	3.04	1.36
10/6.3	100	63	6	10	9.617	7.550	0.320	3.24	1.43
			7		11.111	8.722	0.320	3.28	1.47
			8		12.584	9.878	0.319	3.32	1.50
			10		15.467	12.142	0.319	3.40	1.58
10/8	100	80	6	10	10.637	8.350	0.354	2.95	1.97
			7		12.301	9.656	0.354	3.00	2.01
			8		13.944	10.946	0.353	3.04	2.05
			10		17.167	13.476	0.353	3.12	2.13

续表

角钢 号数	尺寸 (mm)				截面面积 (cm ²)	理论重量 (kg/m)	外表面积 (m ² /m)	Y ₀ (cm)	X ₀ (cm)
	B	b	d	r					
11/7	100	70	6	10	10.637	8.350	0.354	3.53	1.57
			7		12.301	9.656	0.354	3.57	1.61
			8		13.944	10.946	0.353	3.62	1.65
			10		17.167	13.476	0.353	3.70	1.72
12.5/8	125	80	7	11	14.096	11.066	0.403	4.01	1.80
			8		15.989	12.551	0.403	4.06	1.84
			10		19.712	15.474	0.402	4.14	1.92
			12		23.351	18.330	0.402	4.22	2.00
14/9	140	90	8	12	18.038	14.160	0.453	4.50	2.04
			10		22.261	17.475	0.452	4.58	2.12
			12		26.400	20.724	0.451	4.66	2.19
			14		30.456	23.908	0.451	4.74	2.27
16/10	160	100	10	13	25.315	19.872	0.512	5.24	2.28
			12		30.054	23.592	0.511	5.32	2.36
			14		34.709	27.247	0.510	5.40	2.43
			16		39.281	30.835	0.510	5.48	2.51
18/11	180	110	10	14	28.373	22.273	0.571	5.89	2.44
			12		33.712	26.464	0.571	5.98	2.52
			14		38.967	30.589	0.570	6.06	2.59
			16		44.139	34.649	0.569	6.14	2.67
20/12.5	200	125	12	14	37.912	29.761	0.641	6.54	2.83
			14		43.867	34.436	0.640	6.62	2.91
			16		49.739	39.045	0.639	6.70	2.99
			18		55.526	43.588	0.639	6.78	3.06

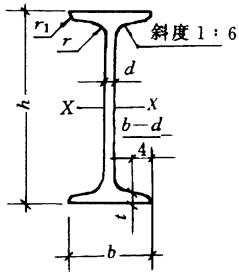
注 括号内型号不推荐使用。

热轧工字钢的尺寸规格见表 3-69。

第一篇 钣金冲压生产技术

表 3-69

热轧工字钢的尺寸规格(GB706—88)



- h ——高度
- b ——腿宽
- d ——腰厚
- t ——平均腿厚
- r ——内圆弧半径
- r_1 ——腿端圆弧半径

型号	尺寸 (mm)						截面面积 (cm^2)	理论重量 (kg/m)
	h	b	d	t	r	r_1		
10	100	68	4.5	7.6	6.5	3.3	14.345	11.261
12.6	126	74	5.0	8.4	7.0	3.5	18.118	14.223
14	140	80	5.5	9.1	7.5	3.8	21.516	16.890
16	160	88	6.0	9.9	8.0	4.0	26.131	20.513
18	180	94	6.5	10.7	8.5	4.3	30.756	24.143
20a	200	100	7.0	11.4	9.0	4.5	35.578	27.929
20b	200	102	9.0	11.4	9.0	4.5	39.578	31.069
22a	220	110	7.5	12.3	9.5	4.8	42.128	33.070
22b	220	112	9.5	12.3	9.5	4.8	46.528	36.524
25a	250	116	8.0	13.0	10.0	5.0	48.541	38.105
25b	250	118	10.0	13.0	10.0	5.0	53.541	42.030
28a	280	122	8.5	13.7	10.5	5.3	55.404	43.492
28b	280	124	10.5	13.7	10.5	5.3	61.004	47.888
32a	320	130	9.5	15.0	11.5	5.8	67.156	52.717
32b	320	132	11.5	15.0	11.5	5.8	73.556	57.741
32c	320	134	13.5	15.0	11.5	5.8	79.956	62.765
36a	360	136	10.0	15.8	12.0	6.0	76.480	60.037

续表

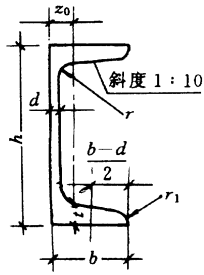
型号	尺寸 (mm)						截面面积 (cm ²)	理论重量 (kg/m)
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>r</i> ₁		
36b	360	138	12.0	15.8	12.0	6.0	83.680	65.689
36c	360	140	14.0	15.8	12.0	6.0	90.880	71.341
40a	400	142	10.5	16.5	12.5	6.3	86.112	67.598
40b	400	144	12.5	16.5	12.5	6.3	94.112	73.878
40c	400	146	14.5	16.5	12.5	6.3	102.112	80.158
45a	450	150	11.5	18.0	13.5	6.8	102.446	80.420
45b	450	152	13.5	18.0	13.5	6.8	111.446	87.485
45c	450	154	15.5	18.0	13.5	6.8	120.446	94.550
50a	500	158	12.0	20.0	14.0	7.0	119.304	93.654
50b	500	160	14.0	20.0	14.0	7.0	129.304	101.504
50c	500	162	16.0	20.0	14.0	7.0	139.304	109.354
56a	560	166	12.5	21.0	14.5	7.3	135.435	106.316
56b	560	168	14.5	21.0	14.5	7.3	146.635	115.108
56c	560	170	16.5	21.0	14.5	7.3	157.835	123.900
63a	630	176	13.0	22.0	15.0	7.5	154.658	121.407
63b	630	178	15.0	22.0	15.0	7.5	167.258	131.298
63c	630	180	17.0	22.0	15.0	7.5	179.858	141.189
①12	120	74	5.0	8.4	7.0	3.5	17.818	13.987
①24a	240	116	8.0	13.0	10.0	5.0	47.741	37.477
①24b	240	118	10.0	13.0	10.0	5.0	52.541	41.245
①27a	270	122	8.5	13.7	10.5	5.3	54.554	42.825
①27b	270	124	10.5	13.7	10.5	5.3	59.954	47.064
①30a	300	126	9.0	14.4	11.0	5.5	61.254	48.084
①30b	300	128	11.0	14.4	11.0	5.5	67.254	52.794
①30c	300	130	13.0	14.4	11.0	5.5	73.254	57.504
①55a	550	168	12.5	21.0	14.5	7.3	134.185	105.335
①55b	550	168	14.5	21.0	14.5	7.3	145.185	113.970
①55c	550	170	16.5	21.0	14.5	7.3	156.185	122.605

① 所列工字钢是按协议供应的型号。

热轧槽钢的尺寸规格见表 3-70。

表 3-70

热轧槽钢的尺寸规格(GB707—88)



- h ——高度
- b ——腿宽
- d ——腰厚
- t ——平均腿厚
- r ——内圆弧半径
- r_1 ——腿端圆弧半径
- Z_0 ——重心距离

型号	尺寸 (mm)						截面面积 (cm^2)	理论重量 (kg/m)	Z_0 (cm)
	h	b	d	t	r	r_1			
5	50	37	4.5	7.0	7.0	3.5	6.928	5.438	1.35
6.3	63	40	4.8	7.5	7.5	3.8	8.451	6.634	1.36
8	80	43	5.0	8.0	8.0	4.0	10.248	8.045	1.43
10	100	48	5.3	8.5	8.5	4.2	12.748	10.007	1.52
12.6	126	53	5.5	9.0	9.0	4.5	15.692	12.318	1.59
14a	140	58	6.0	9.5	9.5	4.8	18.516	14.535	1.71
14b	140	60	8.0	9.5	9.5	4.8	21.316	16.733	1.67
16a	160	63	6.5	10.0	10.0	5.0	21.962	17.240	1.80
16	160	65	8.5	10.0	10.0	5.0	25.162	19.752	1.75
18a	180	68	7.0	10.5	10.5	5.2	25.699	20.174	1.88
18	180	70	9.0	10.5	10.5	5.2	29.299	23.000	1.84
20a	200	73	7.0	11.0	11.0	5.5	28.837	22.637	2.01
20	200	75	9.0	11.0	11.0	5.5	32.837	25.777	1.95
22a	220	77	7.0	11.5	11.5	5.8	31.846	24.999	2.10
22	220	79	9.0	11.5	11.5	5.8	36.246	28.453	2.03

续表

型号	尺寸 (mm)						截面面积 (cm ²)	理论重量 (kg/m)	Z ₀ (cm)
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>r</i> ₁			
25a	250	78	7.0	12.0	12.0	6.0	34.917	27.410	2.07
25b	250	80	9.0	12.0	12.0	6.0	39.917	31.335	1.98
25c	250	82	11.0	12.0	12.0	6.0	44.917	35.260	1.92
28a	280	82	7.5	12.5	12.5	6.2	40.034	31.427	2.10
28b	280	84	9.5	12.5	12.5	6.2	45.634	35.823	2.02
28c	280	86	11.5	12.5	12.5	6.2	51.234	40.219	1.95
32a	320	88	8.0	14.0	14.0	7.0	48.513	38.083	2.24
32b	320	90	10.0	14.0	14.0	7.0	54.913	43.107	2.16
32c	320	92	12.0	14.0	14.0	7.0	61.313	48.131	2.09
36a	360	96	9.0	16.0	16.0	8.0	60.916	47.814	2.44
36b	360	98	11.0	16.0	16.0	8.0	68.110	53.466	2.37
36c	360	100	13.0	16.0	16.0	8.0	75.310	59.118	2.34
40a	400	100	10.5	18.0	18.0	9.0	75.068	58.928	2.49
40b	400	102	12.5	18.0	18.0	9.0	83.068	65.208	2.44
40c	400	104	14.5	18.0	18.0	9.0	91.068	71.488	2.42
6.5 ^①	65	40	4.8	7.5	7.5	3.8	8.547	6.709	1.38
12 ^①	120	53	5.5	9.0	9.0	4.5	15.362	12.059	1.62
24a ^①	240	78	7.0	12.0	12.0	6.0	34.217	26.860	2.10
24b ^①	240	80	9.0	12.0	12.0	6.0	39.017	30.628	2.03
24c ^①	240	82	11.0	12.0	12.0	6.0	43.817	34.396	2.00
27a ^①	270	82	7.5	12.5	12.5	6.2	39.284	30.838	2.13
27b ^①	270	84	9.5	12.5	12.5	6.2	44.684	35.077	2.06
27c ^①	270	86	11.5	12.5	12.5	6.2	50.084	39.316	2.03
30a ^①	300	85	7.5	13.5	13.5	6.8	43.902	34.463	2.17
30b ^①	300	87	9.5	13.5	13.5	6.8	49.902	39.173	2.13
30c ^①	300	89	11.5	13.5	13.5	6.8	55.902	43.883	2.09

① 经供需双方协议可以供应的型号。

4. 钢材的涂色标记

为了区别不同牌号的钢材,可在钢材的端头或断面涂上规定颜色的油漆,称为涂色标记。表 3-71 列举了常用钢材的涂色标记。

表 3-71 常用钢材的涂色标记

材料名称	牌 号	标 记 颜 色
普通碳素钢	Q195 Q215 Q235 Q255 Q275 特类钢	白色 + 黑色 黄色 红色 黑色 绿色 除上述标记外,另加涂银白色一条
优质碳素结构钢	05 ~ 15 20 ~ 25 30 ~ 40 45 ~ 85 15Mn ~ 40Mn 45Mn ~ 70Mn	白色 棕色 + 绿色 白色 + 蓝色 白色 + 棕色 白色二条 绿色三条
合金结构钢	Mn SiMn MnV Cr CrSi CrMn CrMnSi CrV CrMnTi	黄色 + 蓝色 红色 + 黑色 蓝色 + 绿色 绿色 + 黄色 蓝色 + 红色 蓝色 + 黑色 红色 + 紫色 绿色 + 黑色 黄色 + 黑色

第四章 金属材料 and 热处理工艺

一、金属材料的分类

金属材料分黑色金属材料和有色金属材料两大类。

黑色金属材料是以铁元素为基体的铁碳合金。它包括碳素钢、合金钢、铸铁和铸钢。

有色金属材料是指铁碳合金以外的其它金属材料。

1. 钢的分类

钢的分类方法见表 4-1。

表 4-1 钢的分类^①

分类名称	类 别
按化学成分(质量分数)分	<p>碳素钢——钢中除铁外,还含 2.11% 以下的碳以及其它硅、锰、硫、磷等少量元素</p> <p>合金钢——钢中除含有碳素钢中的元素外,还含有一定量的铬、镍、钼、钨、钒等一些合金元素</p>
按含碳量分	<p>低碳钢——含碳量小于 0.25% 的钢</p> <p>中碳钢——含碳量在 0.25% ~ 0.6% 范围的钢</p> <p>高碳钢——含碳量大于 0.6% 的钢</p>
按质量分	<p>普通钢——钢中含硫量不超过 0.055% ~ 0.065% ;含磷量不超过 0.045% ~ 0.085%</p> <p>优质钢——钢中含硫量不超过 0.030% ~ 0.045% ;含磷量不超过 0.035% ~ 0.040%</p> <p>高级优质钢——钢中含硫量不超过 0.020% ~ 0.030% ;含磷量不超过 0.027% ~ 0.035%(高级质量钢)</p>
按用途分	<p>结构钢——指作建筑结构、机器零件等用的钢</p> <p>工具钢——指作工具、模具、量具等用的钢</p> <p>特殊用途钢——指作特殊用途和具有特殊性能的钢,如不锈钢、耐酸钢、耐热钢、磁钢等</p>

分类名称	类别
按冶炼方法分	<p>转炉钢——用转炉冶炼的钢。按炉衬材料又分酸性转炉钢和碱性转炉钢,按送风方法又分底吹转炉钢,侧吹转炉钢和纯氧顶吹转炉钢</p> <p>平炉钢——用平炉冶炼的钢,按炉衬材料又分酸性平炉钢和碱性平炉钢</p> <p>电炉钢——用电炉冶炼的钢。按炉衬材料又分酸性电炉钢和碱性电炉钢</p>
按浇铸前脱氧程度分	<p>镇静钢——脱氧完全的钢</p> <p>沸腾钢——脱氧不完全的钢</p> <p>半镇静钢——脱氧程度介于镇静钢和沸腾钢之间</p>
综合分类	<pre> graph LR A[钢] --- B[碳素钢] A --- C[合金钢] B --- D[碳素结构钢] B --- E[碳素工具钢] D --- F[普通碳素钢] D --- G[优质碳素结构钢] D --- H[易切削钢] E --- I[低合金结构钢] C --- J[合金结构钢] C --- K[合金工具钢] C --- L[特殊用途钢] J --- M[合金结构钢] J --- N[弹簧钢] K --- O[轴承钢] K --- P[合金工具钢] K --- Q[高速工具钢] L --- R[不锈钢、耐热钢等] </pre>

①钢的分类已有国家标准(GB/T13304—1991),本书中的分类法系过去常见传统分类法,仅作参考。

2. 有色金属及其合金的分类

有色金属具有某些特殊的性能,如铝、镁、钛及其合金的密度小,铜、铝、镍及其合金的耐蚀性强,钨合金的热硬性好,以及其它有色合金具有特殊的电磁、热膨胀等物理性能,使其成为现代工业和日常生活中不可缺少的金属材料。常用有色金属及其合金的分类见表4-2。

表 4-2

常用有色金属及其合金

分类名称		类 别
纯金属		铜(纯铜)、铝、镁、锌、铅、锡、镍等
铜 ^① 合 金	黄铜	普通黄铜(铜锌合金)
		特殊黄铜(含有其它合金元素的黄铜)如铝黄铜、硅黄铜、锰铅黄铜、锡黄铜等
	青铜	锡青铜(铜锡合金 , 一般还含有磷或锌、铅等合金元素)
		特殊青铜(无锡青铜):如铝青铜(铜、铝合金) 铍青铜(铜、铍合金) 硅青铜(铜、硅合金)等
	白铜	普通白铜(铜、镍合金)
		特殊白铜(含有其它合金元素的白铜) :如锰白铜、铁白铜、锌白铜等
铝 ^② 合 金	形变铝合金	防锈铝(铝、锰、或铝、镁合金)
		硬铝(铝、铜、镁或铝、铜、锰合金)
		超硬铝(铝、铜、镁、锌合金) 锻铝(铝、铜、镁、硅合金)
	铸造铝合金	铝硅合金、铝铜合金、铝锌合金、铝稀土合金等
钛 合 金	α 型钛合金	主要合金元素为钛、铝和锡
	β 型钛合金	合金中含有一定数量的 β 稳定元素 , 如铁、铜、镁、锰、铬等
	$\alpha + \beta$ 型钛合金	主要合金元素为钛、铝、钒、锡等

①铜合金国家标准 GB/T5272 ~ 5234—1985。

②铝合金国家标准 GB/T3190—1996。

二、金属材料的牌号

1. 钢号的表示方法(表 4-3)

表 4-3

钢号的表示方法

钢 种	表 示 方 法
碳素结构钢 (GB/T700—1988)	用由代表屈服点的汉语拼音字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成表示 例如 Q235 - A·F Q——钢材屈服点“屈”字汉语拼音首位字母 235——表示该钢材的屈服点 $\sigma_s = 235\text{MPa}$ A、B、C、D——分别为质量等级 F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母 b——半镇静钢“半”字汉语拼音首位字母 Z——镇静钢“镇”字汉语拼音首位字母 TZ——特殊镇静钢“特镇”两字汉语拼音首位字母,在牌号组成表示方法中“Z”与“TZ”代号通常省略不标,碳素结构钢的牌号有 Q195、Q215、Q235、Q255 和 Q275 等
碳素工具钢 (GB/T1298 - 1986)	用“碳”字或字母“T”及随后的数字表示,数字代表平均含碳量的千分之几,如 T12 表示平均含碳量为 12/1000,即 1.2%
合金结构钢 (GB/T3077 - 1988)	用合金元素符号和数字表示。最前面的数字表示钢的平均含碳量,对于结构钢,用两位数字表示平均含碳量的万分之几;化学元素符号表示所含的合金元素,符号后面的数字,表示该元素的平均含量,以百分之几表示 当平均含量小于 1.5% 时,不标明含量,平均含量大于 1.5%、2.5%……时,在元素后面写为 2、3……等。例如 20Cr3MoWV 即表示该钢的平均质量分数为 0.2%,平均铬的质量分数为 3%,含钼、钨、钒的质量分数均在 1.5% 以下
合金工具钢 (GB/T1299 ~ 1985)	平均碳的质量分数 $\geq 1\%$ 时不标出含碳量;平均的质量分数 $\leq 1\%$ 时,就以千分之几表示。合金元素含量的表示方法基本上与合金结构钢相同 例如 3CrMn 钢,它的碳的质量分数量为 1.3% ~ 1.5%,因大于 1% 不标出,铬、锰的质量分数均在 1.5% 以下 又如 9Mn2V 钢的平均碳质量分数为 0.9%,平均锰的质量分数为 2%,含钒质量分数小于 1.5%

2. 常用钢材的化学成分(表 4-4)

第四章 金属材料 and 热处理工艺

表 4-4

常用钢材的化学成分

钢号	化学成分(质量分数 χ %)							
	C	Si	Mn	Cr	Mo	其它	P	S
							\leq	
08	0.05 ~ 0.12	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	—	—	—	0.035	0.040
10	0.07 ~ 0.14	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	—	—	—	0.035	0.040
15	0.12 ~ 0.19	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	—	—	—	0.040	0.040
20	0.17 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	—	—	—	0.040	0.040
25	0.22 ~ 0.30	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
30	0.27 ~ 0.35	0.17 ~ 0.37	0.05 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
35	0.32 ~ 0.40	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.400	0.040
40	0.37 ~ 0.45	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
45	0.42 ~ 0.45	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
50	0.47 ~ 0.55	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
60	0.57 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
70	0.67 ~ 0.75	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	—	—	—	0.040	0.040
15Mn	0.12 ~ 0.19	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00	—	—	—	0.040	0.040
20Mn	0.17 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00	—	—	—	0.040	0.040
25Mn	0.22 ~ 0.30	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00	—	—	—	0.040	0.040
30Mn	0.27 ~ 0.35	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00	—	—	—	0.040	0.040
16Mn	0.12 ~ 0.20	0.20 ~ 0.60	1.20 ~ 1.60	—	—	—	0.045	0.050
16MnCu	0.12 ~ 0.20	0.30 ~ 0.50	1.25 ~ 1.50	—	—	Cu0.25 ~ 0.40	0.045	0.050
15MnV	0.12 ~ 0.18	0.20 ~ 0.60	1.20 ~ 1.60	—	—	V0.04 ~ 0.12	0.045	0.050
T7	0.65 ~ 0.74	0.15 ~ 0.35	0.20 ~ 0.40	—	—	—	0.035	0.030
T7A	0.65 ~ 0.74	0.15 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	—	—	—	0.030	0.020
T8	0.75 ~ 0.84	0.15 ~ 0.35	0.20 ~ 0.40	—	—	—	0.035	0.030
T8A	0.75 ~ 0.84	0.15 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	—	—	—	0.030	0.020
T10	0.95 ~ 1.04	0.15 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	—	—	—	0.035	0.030
T10A	0.95 ~ 1.04	0.15 ~ 0.30	0.15 ~ 0.30	—	—	—	0.030	0.020
4rW2Si	0.35 ~ 0.44	0.80 ~ 1.00	0.20 ~ 0.40	1.00 ~ 1.30	—	W2.00 ~ 2.25	0.030	0.030
Cr12MoV	1.45 - 1.70	\leq 0.40	\leq 0.35	11.00 ~ 12.50	0.40 ~ 0.60	V0.15 ~ 0.30	0.030	0.030

三、金属材料的性能

金属材料的种类很多,为了正确合理地使用材料,必须掌握金属材料的各种性能。金属材料的性能包括力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能四个方面。

1. 力学性能

金属材料的力学性能主要有强度、塑性、弹性、硬度、韧性和疲劳等。

力学性能的代号和含义见表 4-5。

表 4-5 金属材料的力学性能

名称	符号	单位	解 释
抗拉强度	σ_b	MPa	试样拉断前承受的最大标称拉应力
抗压强度	σ_{bc}	MPa	试样压至破坏前承受的最大标称压应力
抗弯强度	σ_{bb}	MPa	试样在弯曲断裂前所承受的最大正应力
屈服点	σ_s	MPa	当材料承受载荷时,负荷不增加,而变形却继续增长的现象称为屈服,出现屈服时的应力叫屈服点(或称屈服极限,理论屈服强度)
屈服强度	$\sigma_{0.2}$	MPa	大多数金属材料没有明显的屈服点(除低、中碳钢和少数合金钢外),规定以产生 0.2% 塑性应变时的应力作为屈服强度,以 $\sigma_{0.2}$ 表示
伸长率	δ δ_5 δ_{10}	%	拉断后的拉力试样,其标距部分所增加的长度与原标距长度之比 $\delta = \frac{\text{试样拉断后的标距长度} - \text{试样原标距长度}}{\text{试样原来长度}}$ δ_5 表示试样的长度等于 5 倍直径的伸长率 δ_{10} 表示试样的长度等于 10 倍直径的伸长率
断面收缩率	ψ		试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比
冷弯角角	α	°	在室温下用一定直径的压头将试样弯曲到出现裂纹时的角度,一般要求压头直径 d 等于试样板厚 a 的 2 倍,此时弯角的符号是 α ($\alpha = 2\alpha_0$)。冷弯角度常用来衡量冲压板材和焊接接头的性能和质量的重要指标
弹性极限	σ_e	MPa	在弹性变形范围内,金属材料单位面积上所能承受的最大应力

续表

名称	符号	单位	解 释
刚性	—		材料抵抗弹性变形的能力称为刚性,许多结构不但要求强度高,而且要求刚性好,如起重机的悬臂梁钢架、桥梁等
硬度	HBS、HBW、HRA、HRB、HRC、HV、HS	—	材料抵抗局部变形,特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。是衡量金属软硬的判据 硬度符号:布氏硬度 HBS、HBW;洛氏硬度 HRA、HRB、HRC;维氏硬度 HV;肖氏硬度 HS
冲击韧度	a_k	J/cm ²	当冲击试样被冲断时,在击断处单位截面积所消耗的冲击功,也称为冲击韧度
疲劳强度	σ_{-1} 、 σ_{-1R}	MPa	钢及其它一些金属材料在重复或交变应力作用下,可经受无数次(一般规定 10 ⁷ 循环周次)应力循环而不断裂时的最大应力。常用 σ_{-1} (光滑试样)或 σ_{-1R} (缺口试样)表示对称弯曲疲劳极限

常用黑色金属材料的力学性能见表 4-6。

常用有色金属材料的力学性能见表 4-7。

钢在加热状态下的抗剪强度见表 4-8。

表 4-6 常用黑色金属的力学性能

材料名称	牌 号	材料的状态	力学性能			
			抗剪强度 τ /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ_{10} (%)
碳素结构钢	Q215	未经退火的	265 ~ 333	333 ~ 412	216	26 ~ 31
	Q235		304 ~ 373	432 ~ 461	253	21 ~ 35
	Q255		333 ~ 412	481 ~ 511	255	19 ~ 23
	Q275		392 ~ 490	569 ~ 608	275	15 ~ 19
优质碳素结构钢	05	已退火的	196	255	—	28
	05F		206 ~ 294	255 ~ 373	—	32
	08F		216 ~ 304	275 ~ 383	177	32
	08		255 ~ 353	324 ~ 441	196	32
	10F		216 ~ 333	275 ~ 412	186	30

材料名称	牌 号	材料的状态	力学性能			
			抗剪强度 τ/MPa	抗拉强度 σ_b/MPa	屈服点 σ_s/MPa	伸长率 $\delta_{10}(\%)$
优质碳素结构钢	10	已退火的	225 ~ 333	294 ~ 432	206	29
	15F		245 ~ 363	314 ~ 451	—	28
	15		265 ~ 373	333 ~ 471	225	26
	20F		275 ~ 383	333 ~ 471	225	26
	20		275 ~ 392	353 ~ 500	245	25
	25		314 ~ 432	392 ~ 539	275	24
	30		353 ~ 471	441 ~ 588	294	22
	35		392 ~ 511	490 ~ 637	314	20
	40		412 ~ 530	551 ~ 657	333	18
	45		432 ~ 549	539 ~ 686	353	16
	50	432 ~ 569	539 ~ 716	373	14	
	55	已正火的	539	≥ 657	383	14
	60		539	≥ 686	402	13
	65		588	≥ 716	412	12
70	588		≥ 745	422	11	
碳素工具钢	T7 ~ T12 T7A ~ T12A	已退火的	588	736	—	—
	T13 ,T13A		706	883	—	—
	T8A ,T9A	冷作硬化的	588 ~ 932	736 ~ 1177	—	—
合金结构钢	25CrMnSiA 25CrMnSi	已低温退火的	392 ~ 549	490 ~ 686	—	18
	30CrMnSiA 30CrMnSi		432 ~ 588	539 ~ 736	—	16
不锈钢	1Cr13	已退火的	314 ~ 373	392 ~ 461	412	21
	2Cr13		314 ~ 392	392 ~ 490	441	20
	3Cr13		392 ~ 471	490 ~ 588	471	18
	4Cr13		392 ~ 471	490 ~ 588	490	15
	1Cr18Ni9Ti	经热处理的	451 ~ 511	569 ~ 628	196	35

第四章 金属材料 and 热处理工艺

表 4-7

常用有色金属材料的力学性能

材料名称	牌号	材料的 状态	力学性能				弹性模量 $E/$ $\times 10^3 \text{MPa}$
			抗剪强度 τ/MPa	抗拉强度 σ_b/MPa	屈服点 σ_s/MPa	伸长率 $\delta_{10}(\%)$	
铝	1060 1050A	已退火的	78	74 ~ 108	49 ~ 79	25	71
	1200 8A03	冷作硬化	98	118 ~ 147		4	
铝锰合金	3A21	已退火的	69 ~ 98	108 ~ 142	49	19	70
		半冷作 硬化的	98 ~ 137	152 ~ 196	127	13	
铝镁合金 铝铜镁合金	5A02	已退火的	127 ~ 158	177 ~ 225	98		69
		半冷作 硬化的	158 ~ 196	225 ~ 275	206		
一号镁合金	MB1	已退火的	118 ~ 235	167 ~ 186	96	3 ~ 5	43
		已退火的	167 ~ 186	216 ~ 225	137	12 ~ 14	
八号镁合金	MB8	冷作 硬化的	186 ~ 196	235 ~ 245	157	8 ~ 10	39
		已退火的	103 ~ 147	147 ~ 211	—	12	
硬铝 (杜拉铝)	2A12	已退火的	103 ~ 147	147 ~ 211	—	12	71
		淬硬并经 自然时效	275 ~ 304	392 ~ 432	361	15	
		淬硬后冷 作硬化	275 ~ 314	392 ~ 451	333	10	
纯铜	T1 ,T2 T3	软的	157	196	69	30	106
		硬的	235	294		3	127
黄铜	H62	软的	255	294		35	98
		半硬的	294	373	196	20	
		硬的	412	41		10	
	H68	软的	235	294	98	40	108
		半硬的	275	343		25	
		硬的	392	292	245	15	
钛合金	TA2	退火的	353 ~ 471	441 ~ 588	25 ~ 30		
	TA3		432 ~ 588	539 ~ 736	20 ~ 25		
	TA5		628 ~ 667		785 ~ 834	15	102

表 4-8

钢在加热状态下的抗剪强度

钢的牌号	加热到以下温度(°C)时的抗剪强度/MPa					
	20°	500°	600°	700°	800°	900°
Q195 Q215 A0 A5	353	314	196	108	59	29
Q235 Q255 20 25	441	441	235	127	88	59
Q275 30 35	520	511	324	157	88	69
40 A5 50	588	569	373	186	88	69

注 1. 在用厚板料冲裁的实际工作中,如因冲床力量不足而需要将材料加热时,才采用本表数据。

2. 在计算所需要的力量时,应用材料正在冲压时的温度。

3. 钢在冲压时的温度最好在 700~900°C 之间。

4. 钢在蓝脆范围(100~400°C)内,由于脆性增加得快,不作任何加工。

2. 物理性能和化学性能

金属材料的物理性能和化学性能见表 4-9。

表 4-9

金属材料的物理性能和化学性能

名称	单位	解释
密度	g/cm ³	某种物质单位体积的质量称为这种物质的密度。钢材密度 7.85、不锈钢为 7.75、铜材为 8.9、铝板为 2.73、铸钢为 7.8、铸铁为 7.4
熔点	°C	金属或合金的熔化温度称为熔点。低碳钢的熔点为 1400~1500°C、黄铜的熔点 950°C、铝的熔点 658°C。各种金属都有各自的熔点
导电性	s/m	金属传导电流的性能称为导电性,用电导率表示。导电性最好的是银,其次是铜和铝
导热性	W/(m·K)	金属在加热或冷却时传导热能的性质称为导热性,用热导率(导热系数)表示
热膨胀性	mm/(mm·°C)	金属或合金受热时体积会胀大,冷却时则收缩,这种性能称为热膨胀性。热膨胀的大小是用线膨胀系数来表示
磁性	H/m	金属导磁的性能叫做磁性,用磁导率表示。铁、镍、钴等都具有较好的导磁性,这种金属也叫磁性金属
耐腐蚀性		金属抵抗各种介质(大气、水蒸气、有害气体、酸、碱、盐等)侵蚀的能力,称为金属的耐腐蚀性能,也叫金属的化学性能 金属耐腐蚀性能与金属的成分、组织以及介质和温度条件等有关
高温抗氧化性		金属在高温下,对氧化的抵抗能力叫做高温抗氧化性。如锅炉、汽轮机、喷气发动机等产品中有许多零件必须具有良好的高温抗氧化性

3. 工艺性能

金属材料要经过各种加工工艺才能制造成产品,如铸造、锻造、焊接和切削都是金属加工的工艺种类,材料对于这些工艺的适应性称为材料的工艺性能。金属材料的工艺性能见表 4-10。

表 4-10 金属材料的工艺性能

名称	解释
铸造性能	金属材料能否用铸造方法制成优良铸件的性能,包括金属的液态流动性、冷却、凝固时的收缩率、偏析倾向和吸气性等
锻压性能	金属材料在压力加工时,能改变形状而不产生裂纹的性能,称为锻压性,而铸铁几乎没有锻压性
切削加工性	金属材料是否易于被刀具切削的性能。切削加工性好的材料,切削时刀具的磨损小,切削效率高
焊接性	金属材料对焊接加工的适应性。主要指在一定的焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。它包括两方面的内容,其一是接合性能:即在一定焊接工艺条件下,一定的金属形成焊接缺陷的敏感性;其二是使用性能:即在一定焊接工艺条件下,一定金属的焊接接头适应使用要求的性能

四、钢材的分类及尺寸表示方法

1. 钢材的分类(表 4-11)

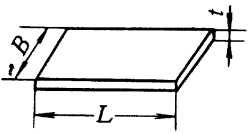
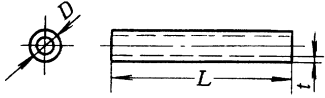
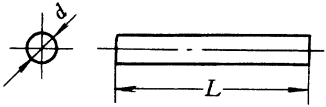
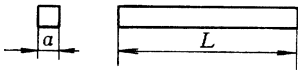
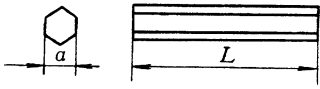
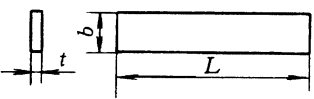
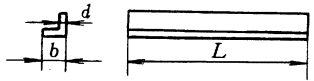
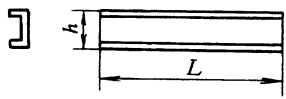
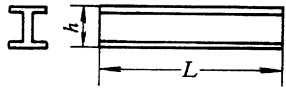
表 4-11 钢材的分类

类别	说明
钢板	厚度在 4mm 以下的叫薄板;4~25mm 称中板;25mm 以上称厚板。钢带包括在钢板之内
钢管	按生产方式分有缝钢管(焊接钢管)和无缝钢管两类。无缝钢管又分热轧和冷拔两种 按形状分圆管和异形管(扁、方、六角等)两种
型钢	按截面形状分简单截面和复杂截面两种。简单截面型钢有圆钢、方钢、扁钢、六角钢和角钢。复杂截面型钢有工字钢、槽钢、钢轨及异形钢等。直径在 5.5~9.0mm 的小圆钢称为线材
钢丝	钢丝是线材经冷加工后的产品。钢丝的形状有圆、扁、三角形等,按表面状况可分镀锌和不镀锌钢丝;按用途可分为焊条用、弹簧用、铆钉用及钢丝绳用等

2. 钢材尺寸的表示方法(表 4-12)

表 4-12

常用钢材尺寸的表示方法

名称	简图	尺寸表示方法
钢板		热— $t \times B \times L$ 冷— $t \times B \times L$ (热—热轧钢板 ; 冷—冷轧钢板)
钢管		管 $\phi D \times t \times L$ 冷管 $\phi D \times t \times L$ 煤气管 $\phi D \times t \times L$
圆钢		圆钢 $d \times L$
方钢		方钢 $a \times L$
六角钢		六角钢 $a \times L$
扁钢		扁钢 $t \times b \times L$
角钢		$\angle b \times b \times d - L$ $\angle B \times b \times d - L$
槽钢		[$h - L$ [$hQ - L$ (h 为槽钢的高度,用厘米数表示)
工字钢		工 $h - L$ 工 $hQ - L$ (Q —轻型工字钢)

五、钢材的品种规格

1. 薄钢板

薄钢板是利用热轧或冷轧方法轧制而成。根据用途不同,薄钢板材料有:低碳钢、不锈钢等,有的还在薄钢板上镀上一层有色金膜的,称镀膜薄钢板。

(1) 低碳钢薄钢板 低碳钢薄钢板有普通碳素结构钢(如 Q235)和优质碳素结构钢(如 80F)两种。

低碳钢薄钢板有较好的塑性,较低的硬度,因此能采用各种压力加工工艺,焊接性又好,适合用手工操作制造各种钣金零件,如各种容器及管子等。

热轧薄钢板的品种见表 4-13。

表 4-13

热轧薄钢板品种

钢板厚度 /mm	钢板宽度/mm													
	500	600	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1500	
	钢板长度/mm													
0.35 0.4 ,		1200		1000										
0.45 0.5 ,	1000	1500	1000	1500	1500		1500	1500						
0.55 0.6 ,	1500	1800	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500					
0.7 0.75	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000					
0.8 0.9				1500	1500	1500	1500	1500						
	1000	1200	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500					
	1500	1420	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000					
1.0 1.1 ,				1000			1000							
1.2 1.25 ,	1000	1200	1000	1500	1500	1500	1500	1500						
1.4 1.5 ,	1500	1420	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500					
1.6 1.8	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000					
2.0 2.2 ,							1000							
2.5 2.8	500	600	1000	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2200	2500	2800	
	1000	1200	1420	1800	1600	1700	1800	1900	2000	3000	3000	3000	3000	3000
	1500	1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	3000	4000	4000	4000	4000	4000
3.0 3.2				1000			1000						2800	
3.5 3.8 ,				1500	1500	1500	1500	1500	2000	2200	2500	3000	3000	
4.0	500	600	1420	1800	1600	1700	1800	1900	3000	3000	3000	3500	3500	
	1000	1200	2000	2000	2000	2000	2000	2000	4000	4000	4000	4000	4000	

冷轧薄钢板的品种见表 4-14。

表 4-14

冷轧薄钢板品种

钢板厚度 /mm	钢板宽度/mm												
	500	600	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1500
	钢 板 长 度/mm												
0.2 0.25		1200	1420	1500	1500	1500							
0.3 0.4	1000	1800	1800	1800	1800	1800	1500		1500				
	1500	2000	2000	2000	2000	2000	1800		2000				
0.5 0.55 , 0.6		1200	1420	1500	1500	1500							
	1000	1800	1800	1800	1800	1800	1500		1500				
0.7 0.75		1200	1420	1500	1500	1500							
	1000	1800	1800	1800	1800	1800	1500		1500				
0.8 0.9		1200	1420	1500	1500	1500	1500						
	1000	1800	1800	1800	1800	1800	1800		1500	2000	2000		
	1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000		2000	2200	2500		
		1200	1420	1500	1500	1500						2800	2800
1.0 1.1 1.2 , 1.4 1.5 1.6 , 1.8 2.0	1000	1200	1420	1500	1500	1500							
	1500	1800	1800	1800	1800	1800	1800			2000	2000	3000	3000
2.2 2.5 2.8 , 3.0 3.2 3.5 , 3.8 4.0	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000		2000	2000	2500	3500	3500
	500	600											
	1000	1200	1420	1500	1500	1500	1800		2000				
	1500	1800	1800	1800	1800	1800							
	2000	2000	2000	2000	2000	2000							

(2) 不锈钢薄钢板 不锈钢板是不锈耐酸钢板的简称,它是在空气、酸、碱性溶液或其它介质中,具有高化学稳定性的钢。常用于制造化工设备中耐酸碱腐蚀的容器。为使这种钢板能起防锈的作用,钢中常含有抗腐蚀的合金元素,如铬、镍、钼、钛等元素。不锈钢薄钢板的钢号有 0Cr13、1Cr13、1Cr18Ni9Ti 等。

冷轧不锈钢薄钢板的厚度为 0.5~4mm,热轧不锈钢板的厚度为 1~4mm。

(3) 镀膜薄钢板 镀膜薄钢板俗称白铁皮,是在冷轧或热轧薄钢板上镀一层锌、锡、铅的有色金属膜。按镀膜不同可分为:镀锌钢板、镀锡钢板和镀铅钢板。

镀锌钢板通常又叫白锌板。它有抗腐蚀性强及表面美观的特征,其表面有镀锌层结晶花纹。这种板适合制造防腐容器,如顶棚及房屋水道管等。

镀锡钢板表面光亮又美观,最适合制作食品容器及罐头盒等。

镀铅钢板也叫白铅板,它有抗腐蚀性强的特点。最适合制作耐酸容器。铅有毒,故不能用铅板作食品容器。

白铁皮的品种规格见表 4-15。

表 4-15

白铁皮的品种规格

(mm)

厚度 /mm	宽度 × 长度 / mm × mm														
	400 × 800	510 × 710	530 × 760	710 × 1420	750 × 750	750 × 1500	750 × 1800	800 × 800	800 × 1200	800 × 1600	850 × 1700	900 × 900	900 × 1800	900 × 2000	1000 × 2000
0.25	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.35	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.40	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.45	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.50	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.55	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.60	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.65	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.70	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.75	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.80	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
0.90	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.00	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.10	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.20	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.30	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.40	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.50	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.60	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.80	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.00	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

2. 厚钢板

厚钢板均用热轧方法轧制而成,其中有普通钢厚钢板、优质钢厚钢板和复合钢厚钢板三种。

普通钢厚钢板中常用的有普通碳素结构钢厚钢板和低合金结构钢厚钢板;

优质钢厚钢板中常用的有优质碳素结构钢厚钢板和不锈钢厚钢板等。

复合钢厚钢板中常用的有不锈复合钢厚钢板等。

热轧厚钢板的品种见表 4-16。

表 4-16

热轧厚钢板的品种

厚度 /mm	宽 度/m									
	0.6~ 1.2	>1.2 ~1.5	>1.5 ~1.6	>1.6 ~1.7	>1.7 ~1.8	>1.8 ~2.0	>2.0 ~2.2	>2.2 ~2.5	>2.5 ~2.8	>2.8 ~3.0
	最 大 长 度/m									
4.5~5.5	12	12	12	12	12	6	—	—	—	—
6~7	12	12	12	12	12	10	—	—	—	—
8~10	12	12	12	12	12	12	9	9	—	—
11~15	12	12	12	12	12	12	8	8	8	8
16~20	12	12	12	10	10	9	8	7	7	7
21~25	12	11	11	10	9	8	7	6	6	6
26~30	12	10	9	9	9	8	7	6	6	6
32~34	12	9	8	7	7	7	7	7	6	5
36~40	10	8	7	7	6.5	6.5	5.5	5.5	5	—
42~50	9	8	7	7	6.5	6	5	4	—	—
52~60	8	6	6	6	5.5	5	4.5	4	—	—

注:厚度>4~6mm的,其间隔为0.5mm;>6~30mm的,其间隔为1mm;>30~60mm的,其间隔为2mm。宽度间隔为50mm。长度为100mm的倍数,但不得小于1200mm。

3. 花纹钢板

花纹钢板的表面有一定图案形的高低不平的花纹,一般为菱形和扁豆形两种。花纹钢板常用于制造扶梯、踏板等。

花纹钢板的品种见表4-17。

表 4-17

花纹钢板的品种

钢板基本 厚 度 /mm	纹高/mm		钢板宽度 /mm	钢板长度 /mm	理论质量/(kg/m ²)	
	菱形	扁豆形			菱形	扁豆形
2.5	1.0	2.5	由 600 ~ 1800mm,其宽度以 50mm 进级	由 600 ~ 12000mm,其长度以 100mm 进级	21.6	22.6
3	1.0	2.5			25.6	26.6
3.5	1.0	2.5			29.5	30.5
4	1.0	2.5			33.4	34.4
4.5	1.0	2.5			37.3	38.3
5	1.5	2.5			42.3	42.3
5.5	1.5	2.5			46.2	46.2
6	1.5	2.5			50.1	50.1
7	2.0	2.5			59.0	58.0
8	2.0	2.5	66.8	65.8		

4. 钢板的厚度公差

钢板的实际厚度与名义尺寸之间总有一定的误差。薄钢板和厚钢板的厚度公差值见表4-18。

第四章 金属材料 and 热处理工艺

表 4-18

钢板的厚度公差值

薄板(普通精度) 板宽 $\geq 1000\text{mm}$		厚板板宽 1701 ~ 1800mm		薄板(普通精度) 板宽 $\geq 1000\text{mm}$		厚板板宽 1701 ~ 1800mm	
钢板厚度 /mm	公差 /mm	钢板厚度 /mm	公差 /mm	钢板厚度 /mm	公差 /mm	钢板厚度 /mm	公差 /mm
2.0	± 0.18	6 ~ 7	+0.7 -0.6	2.8 ~ 3.0	± 0.22	26 ~ 30	+0.6 -0.9
2.2	± 0.19	8 ~ 10	+0.6 -0.8	3.2 ~ 3.5	± 0.25	32 ~ 34	+0.6 -1.0
2.5	± 0.20	11 ~ 25	+0.6 -0.8	3.8 ~ 4.0	± 0.30	36 ~ 40	+0.7 -1.1

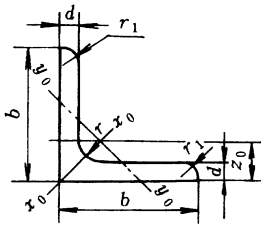
5. 角钢

角钢分等边角钢和不等边角钢两大类,常用于制造梁、柱、框架等钢结构。

热轧等边角钢的品种规格见表 4-19。

表 4-19

热轧等边角钢



符号意义:

b ——边宽

r ——内圆弧半径

d ——边厚

r_1 ——边端内弧半径 ($= \frac{1}{3}d$)

z_0 ——重心距离

型号	尺寸/mm			截面面积 /cm ²	理论质量 /(kg/m)	z_0 /cm
	b	d	r			
2	20	3	3.5	1.132	0.889	0.60
		4		1.459	1.145	0.64
2.5	25	3	3.5	1.432	1.124	0.73
		4		1.859	1.459	0.76
3.0	30	3	3.5	1.749	1.373	0.85
		4		2.276	1.786	0.89
3.6	36	3	4.5	2.109	1.656	1.00
		4		2.756	2.163	1.04
		5		3.382	2.654	1.07

第一篇 钣金冲压生产技术

型号	尺寸/mm			截面面积 /cm ²	理论质量 (kg/m)	z ₀ /cm
	b	d	r			
4	40	3	5	2.359	1.852	1.09
		4		3.086	2.422	1.13
		5		3.791	2.976	1.17
4.5	45	3	5	2.659	2.088	1.22
		4		3.486	2.736	1.26
		5		4.292	3.369	1.30
		6		5.076	3.985	1.33
5	50	3	5.5	2.971	2.332	1.34
		4		3.897	3.059	1.38
		5		4.803	3.770	1.42
		6		5.688	4.465	1.46
5.6	56	3	6	3.343	2.624	1.48
		4		4.390	3.446	1.53
		5		5.415	4.251	1.57
		6		8.367	6.568	1.68
6.3	63	4	7	4.978	3.907	1.70
		5		6.143	4.822	1.74
		6		7.288	5.721	1.78
		8		9.515	7.469	1.85
		10		11.67	9.151	1.93
7	70	4	8	5.570	4.372	1.86
		5		6.875	5.397	1.91
		6		8.160	6.406	1.95
		7		9.424	7.398	1.99
		8		10.667	8.373	2.03

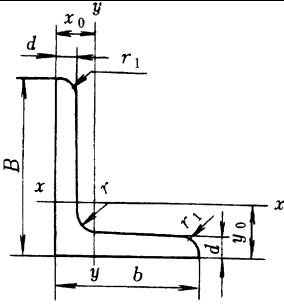
第四章 金属材料 and 热处理工艺

型号	尺寸/mm			截面面积 /cm ²	理论质量 (kg/m)	z ₀ /cm
	b	d	r			
(7.5)	75	5	9	7.367	5.818	2.04
		6		8.797	6.905	2.07
		7		10.160	7.976	2.11
		8		11.503	9.030	2.15
		10		14.126	11.089	2.22
8	80	5	9	7.912	6.211	2.15
		6		9.397	7.376	2.19
		7		10.860	8.525	2.23
		8		12.303	9.658	2.27
		10		15.126	11.874	2.35
9	90	6	10	10.637	8.350	2.44
		7		12.301	9.656	2.48
		8		13.944	10.946	2.52
		10		17.167	13.476	2.59
		12		20.306	15.940	2.67
10	100	6	12	11.932	9.366	2.67
		7		13.796	10.830	2.71
		8		15.638	12.276	2.76
		10		19.261	15.120	2.84
		12		22.800	17.898	2.91
		14		26.256	20.611	2.99
		16		29.627	23.257	3.06

热轧不等边角钢的品种规格见表 4-20。

表 4-20

热轧不等边角钢



符号意义:

B ——长边宽度

d ——边厚

b ——短边宽度

r ——内圆弧半径

r_1 ——边端内圆弧半径 ($= \frac{1}{3} d$)

x_0 ——长边重心距离

y_0 ——短边重心距离

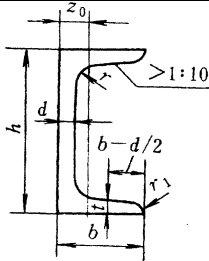
型号	尺寸/mm				截面面积 /cm ²	理论质量 (kg/m)	y_0 /cm	x_0 /cm
	B	b	d	r				
2.5/1.6	25	16	3	3.5	1.162	0.912	0.86	0.42
			4		1.498	1.176	0.90	0.46
3.2/2	32	20	3	3.5	1.492	1.171	1.08	0.49
			4		1.939	1.522	1.12	0.53
4/2.5	40	25	3	4	1.890	1.484	1.32	0.59
			4		2.467	1.936	1.37	0.63
4.5/2.8	45	28	3	5	2.149	1.687	1.47	0.64
			4		2.806	2.203	1.51	0.68
5/3.2	50	32	3	5.5	2.431	1.908	1.60	0.73
			4		3.177	2.494	1.65	0.77
5.6/3.6	56	36	3	6	2.743	2.153	1.78	0.80
			4		3.590	2.818	1.82	0.85
			5		4.415	3.466	1.87	0.88
6.3/4	63	40	4	7	4.058	3.185	2.04	0.92
			5		4.993	3.920	2.08	0.95
			6		5.908	4.638	2.12	0.99
			7		6.802	5.339	2.15	1.03
7/4.5	70	45	4	7.5	4.547	3.570	2.24	1.02
			5		5.609	4.403	2.28	1.06
			6		6.97	5.218	2.32	1.09
			7		7.657	6.011	2.36	1.13
7.5/5	75	50	5	8	6.125	4.808	2.40	1.17
			6		7.260	5.699	2.44	1.21
			8		9.467	7.431	2.52	1.29
			10		11.590	9.098	2.60	1.36
8/5	80	50	5	8	6.375	5.005	2.60	1.14
			6		7.560	5.935	2.65	1.18
			7		8.724	6.848	2.69	1.21
			8		9.867	7.745	2.73	1.25
9/5.6	90	56	5	9	7.212	5.661	2.91	1.25
			6		8.557	6.717	2.95	1.29
			7		9.880	7.756	3.00	1.33
			8		11.183	8.779	3.04	1.36

6. 槽钢

槽钢分热轧普通槽钢、热轧轻型槽钢和普通低合金钢轻型槽钢三大类。槽钢常用作柱、框架或轻型的梁等。

热轧普通槽钢的品种规格见表 4-21。

表 4-21 热轧普通槽钢



符号意义:

- h ——高度
- b ——腿宽
- d ——腰厚
- t ——平均腿厚
- r ——内圆弧半径
- r_1 ——腿端圆弧半径
- z_0 ——重心距离

型号	尺寸/mm						截面面积 /cm ²	理论质量 (kg/m)	z_0 /cm
	h	b	d	t	r	r_1			
5	50	37	4.5	7.0	7.0	3.50	6.93	5.44	1.35
6.3	63	40	4.8	7.5	7.5	3.75	8.44	6.63	1.36
8	80	43	5.0	8.0	8.0	4.0	10.24	8.04	1.43
10	100	48	5.3	8.5	8.5	4.25	12.74	10.00	1.52
12.6	126	53	5.5	9.0	9.0	4.5	15.69	12.37	1.59
14a	140	58	6.0	9.5	9.5	4.75	18.51	14.53	1.71
14b	140	60	8.0	9.5	9.5	4.75	21.31	16.73	1.67
6a	160	63	6.5	10.0	10.0	5.0	21.95	17.23	1.80
16	160	65	8.5	10.0	10.0	5.0	25.15	19.74	1.75
18a	180	68	7.0	10.5	10.5	5.25	25.69	20.17	1.88
18	180	70	9.0	10.5	10.5	5.25	29.29	22.99	1.84
20a	200	73	7.0	11.0	11.0	5.5	28.83	22.63	2.01
20	200	75	9.0	11.0	11.0	5.5	32.83	25.77	1.95
22a	220	77	7.0	11.5	11.5	5.75	31.84	24.99	2.10
22	220	79	9.0	11.5	11.5	5.75	36.24	28.45	2.03
24a	240	78	7.0	12.0	12.0	6.0	34.21	26.55	2.10
24b	240	80	9.0	12.0	12.0	6.0	39.00	30.62	2.03
24c	240	82	11.0	12.0	12.0	6.0	43.81	34.39	2.00
25a	250	78	7	12	12	6	34.91	27.47	2.065
25b	250	80	9	12	12	6	39.91	31.39	1.982
25c	29	82	11	12	12	6	44.91	35.32	1.921
28a	280	82	7.5	12.5	12.5	6.25	40.02	31.42	2.097
28b	280	84	9.5	12.5	12.5	6.25	45.62	35.81	2.016
28c	280	86	11.5	12.5	12.5	6.25	51.22	40.21	1.951
32a	320	88	8	14	14	7	48.7	38.22	2.242
32b	320	90	10	14	14	7	55.1	43.25	2.158
32c	320	92	12	14	14	7	61.5	48.28	2.092
36a	360	96	9	16	16	8	60.89	47.80	2.44
36b	360	98	11	16	16	8	68.09	53.45	2.37
36c	360	100	13	16	16	8	75.29	59.10	2.34
40a	400	100	10.5	18	18	9	75.05	58.91	2.49
40b	400	102	12.5	18	18	9	83.05	65.19	2.44
40c	400	104	14.5	18	18	9	91.05	71.47	2.42

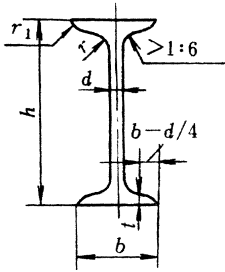
7. 工字钢

工字钢分热轧普通工字钢、热轧轻型工字钢和普通低合金热轧工字钢三大类。工字钢常用作柱、框架和横梁等。

热轧普通工字钢的品种规格见表 4-22。

表 4-22

热轧普通工字钢



符号意义:

- h ——高度
- b ——腿宽
- d ——腰厚
- t ——平均腿厚
- r ——内圆弧半径
- r_1 ——腿端圆弧半径

型号	尺寸/mm						截面面积 /cm ²	理论质量 (kg/m)
	h	b	d	t	r	r_1		
10	100	68	4.5	7.6	6.5	3.3	14.3	11.2
12.6	126	74	5	8.4	7	3.5	18.1	14.2
14	140	80	5.5	9.1	7.5	3.8	21.5	16.9
16	160	88	6.0	9.9	8.0	4.0	26.1	20.5
18	180	94	6.5	10.7	8.5	4.3	30.6	24.1
20a	200	100	7.0	11.4	9.0	4.5	35.5	27.9
20b	200	102	9.0	11.4	9.0	4.5	39.5	31.1
22a	220	110	7.5	12.3	9.5	4.8	42.0	33.0
22b	220	112	9.5	12.3	9.5	4.8	46.4	36.4
25a	250	116	8	13	10	5	48.5	38.1
25b	250	118	10	13	10	5	53.5	42.0
28a	280	122	8.5	13.7	10.5	5.3	55.45	43.4
28b	280	124	10.5	13.7	10.5	5.3	61.05	47.9
32a	320	130	9.5	15	11.5	5.8	67.05	52.7
32b	320	132	11.5	15	11.5	5.8	73.45	57.7
32c	320	134	13.5	15	11.5	5.8	79.95	62.8
36a	360	136	10.0	15.8	12.0	6.0	76.3	59.9
36b	360	138	12.0	15.8	12.0	6.0	83.5	65.6
36c	360	140	14.0	15.8	12.0	6.0	90.7	71.2
40a	400	142	10.5	16.5	12.5	6.3	86.1	67.6
40b	400	144	12.5	16.5	12.5	6.3	94.1	73.8
40c	400	146	14.5	16.5	12.5	6.3	102	80.1
45a	450	150	11.5	18.0	13.5	6.8	102	80.4
45b	450	152	13.5	18.0	13.5	6.8	111	87.4
45c	450	154	15.5	18.0	13.5	6.8	120	94.5
50a	500	158	12.0	20.0	14.0	7.0	119	93.6
50b	500	160	14.0	20.0	14.0	7.0	129	101
50c	500	162	16.0	20.0	14.0	7.0	139	109
56a	560	166	12.5	21	14.5	7.3	135.25	106.2
56b	560	168	14.5	21	14.5	7.3	146.45	115.0
56c	560	170	16.5	21	14.5	7.3	157.85	123.9
63a	630	176	13.0	22	15	7.5	154.9	121.6
63b	630	178	15.0	22	15	7.5	167.5	131.5
63c	630	180	17.0	22	15	7.5	180.1	141.0

注:工字钢通常长度 8~18 号工字钢长 5~19m 20~63 号工字钢长 6~19m。

8. 扁钢

扁钢是断面为长方形的钢材,常用作扁钢圈、框架和柱条等。

扁钢的品种规格见表 4-23。

表 4-23 热轧普通扁钢

宽度 /mm	厚 宽/mm																									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	56	60	
理 论 质 量/(kg/m)																										
10	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	0.28	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.15	1.26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	0.42	0.57	0.71	0.85	0.99	1.13	1.27	1.44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	0.47	0.63	0.79	0.94	1.10	1.26	1.41	1.57	1.73	1.88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	0.52	0.69	0.86	1.04	1.21	1.38	1.55	1.73	1.90	2.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	0.59	0.79	0.98	1.18	1.37	1.57	1.77	1.96	2.16	2.36	2.75	3.14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	0.69	0.88	1.10	1.32	1.54	1.76	1.98	2.20	2.64	2.64	3.08	3.53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	0.71	0.94	1.18	1.41	1.65	1.88	2.12	2.36	2.59	2.83	3.36	3.77	4.21	4.71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	0.75	1.01	1.25	1.50	1.76	2.01	2.26	2.54	2.76	3.01	3.51	4.02	4.52	5.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	0.85	1.13	1.41	1.69	1.97	2.26	2.51	2.82	3.11	3.39	3.95	4.52	5.09	5.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	0.94	1.26	1.57	1.88	2.20	2.51	2.83	3.14	3.45	3.77	4.40	5.02	5.65	6.28	6.91	7.85	8.79	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	1.06	1.41	1.77	2.12	2.47	2.83	3.18	3.53	3.89	4.24	4.95	5.65	6.36	7.07	7.77	8.83	9.89	10.60	11.30	12.72	—	—	—	—	—	—
50	1.18	1.57	1.96	2.36	2.75	3.14	3.53	3.93	4.32	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	8.64	9.81	10.99	11.78	12.56	14.13	—	—	—	—	—	—
56	1.32	1.76	2.29	2.64	3.08	3.52	3.95	4.39	4.83	5.27	6.15	7.03	7.91	8.79	9.67	10.99	12.31	13.19	14.07	15.82	—	—	—	—	—	—
60	1.41	1.88	2.36	2.83	3.30	3.77	4.24	4.71	5.18	5.65	6.59	7.54	8.48	9.42	10.36	11.78	13.19	14.13	15.07	16.95	18.84	21.20	—	—	—	—
63	1.48	1.98	2.47	2.97	3.46	3.95	4.45	4.94	5.44	5.93	6.92	7.91	8.90	9.69	10.88	12.36	13.85	14.34	15.82	17.80	19.78	22.25	—	—	—	—

9. 圆钢和方钢

圆钢是截面为圆形的钢材,分热轧、锻制和冷拉三种。

方钢是截面为方形的钢材,分热轧和冷拉二种。

圆钢和方钢常用作轴、撑条和箍等。

圆钢和方钢的品种规格见表 4-24。

表 4-24 热轧圆钢和方钢

直径 d (或边长 a) /mm	截面面积/mm ²		理论质量/(kg/m)	
	圆钢	方钢	圆钢	方钢
5	0.1963	0.25	0.154	0.196
5.5	0.2376	0.30	0.187	0.236
6	0.2827	0.36	0.222	0.283
6.5	0.3318	0.42	0.260	0.332
7	0.3848	0.49	0.302	0.385
8	0.5027	0.64	0.395	0.502
9	0.6362	0.81	0.499	0.636

第一篇 钣金冲压生产技术

直径 d (或边长 a) /mm	截面面积/mm ²		理论质量/(kg/m)	
	圆钢	方钢	圆钢	方钢
10	0.7854	1.0	0.617	0.785
11	0.9503	1.21	0.746	0.95
12	1.131	1.44	0.888	1.13
13	1.327	1.69	1.04	1.33
14	1.539	1.96	1.21	1.54
15	1.767	2.25	1.39	1.77
16	2.011	2.56	1.58	2.01
17	2.270	2.89	1.78	2.27
18	2.545	3.24	2.00	2.54
19	2.835	3.61	2.23	2.82
20	3.142	4.00	2.47	3.14
21	3.464	4.41	2.72	3.46
22	3.801	4.84	2.98	3.80
23	4.155	5.29	3.26	4.15
24	4.524	5.76	3.55	4.52
25	4.909	6.25	3.85	4.91
26	5.309	6.76	4.17	5.30
27	5.726	7.29	4.49	5.72
28	6.158	7.84	4.83	6.15
29	6.605	8.41	5.18	6.60
30	7.069	9.00	5.55	7.06
31	7.548	9.61	5.93	7.54
32	8.042	10.24	6.31	8.04
33	8.553	10.89	6.71	8.55
34	9.079	11.56	7.13	9.07
35	9.621	12.25	7.55	9.62
36	10.18	12.96	7.99	10.17
38	11.34	14.44	8.90	11.24
40	12.57	16.00	9.87	12.56
42	13.85	17.64	10.87	13.85
45	15.90	20.25	12.48	15.90
48	18.10	23.04	14.21	18.09
50	19.64	25.00	15.42	19.63
52	21.24	27.04	16.67	21.23
55	23.76	30.25	18.65	23.75
56	24.63	31.36	19.33	24.61
58	26.42	33.64	20.74	26.41
60	28.27	36.00	22.19	28.26
63	31.17	39.69	24.47	31.16
65	33.18	42.25	26.05	33.17
68	36.32	46.24	28.51	36.30

第四章 金属材料 and 热处理工艺

直径 d (或边长 a) /mm	截面面积/mm ²		理论质量/(kg/m)	
	圆钢	方钢	圆钢	方钢
70	38.48	49.00	30.21	38.47
75	44.18	56.25	34.68	44.16
80	50.27	64.00	39.46	50.24
85	56.75	72.25	44.55	56.72
90	63.62	81.00	49.94	63.59
95	70.88	90.25	55.64	70.85
100	78.54	100.00	61.65	78.50
105	86.59	—	67.97	—
110	95.03	—	74.60	—
115	103.82	—	81.50	—
120	113.10	—	88.78	—
125	122.72	—	96.33	—
130	132.73	—	104.20	—
140	153.94	—	120.84	—
150	176.72	—	138.72	—
160	201.06	—	157.83	—
170	226.98	—	178.18	—
180	254.47	—	199.76	—
190	283.53	—	222.57	—
200	314.16	—	246.62	—
210	346.36	—	271.89	—
220	380.13	—	298.40	—
240	452.39	—	355.13	—
250	490.88	—	385.34	—

注 热轧圆钢和方钢的长度：

普通长度：普通钢，直径或边长 $\leq 25\text{mm}$4 ~ 10m

直径或边长 $\geq 26\text{mm}$3 ~ 9m

优质钢，各种直径和边长.....2 ~ 6m

其中工具钢：

直径或边长 > 75不小于 1m

10. 钢管

钢管分有缝钢管和无缝钢管两种。

有缝钢管又称焊接钢管，有镀锌（称白铁管）和不镀锌（称黑铁管）两种。镀锌的有缝钢管常用作水管；不镀锌的有缝钢管常用于普通低压的管道系统中。

无缝钢管根据其制造方法的不同，又可分为热轧管、冷拔管和挤压管等。无缝钢管常

第一篇 钹金冲压生产技术

用作锅炉、石油化工等设备中的耐压管道。

热轧无缝钢管的品种规格见表 4-25。

表 4-25

热轧无缝钢管

外径 /mm	壁 厚/mm																		
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	11	12	
	理论质量/(kg/m)																		
32	1.82	2.15	2.46	2.76	3.05	3.33	3.59	3.85	4.09	4.32	4.53	4.74	—	—	—	—	—	—	
38	2.19	2.59	2.98	3.35	3.72	4.07	4.41	4.74	5.05	5.35	5.64	5.92	—	—	—	—	—	—	
42	2.44	2.89	3.35	3.75	4.16	4.56	4.95	5.33	5.69	6.04	6.38	6.71	7.02	7.32	7.60	7.88	—	—	
45	2.62	3.11	3.58	4.04	4.49	4.93	5.36	5.77	6.17	6.56	6.94	7.30	7.65	7.99	8.32	8.63	—	—	
50	2.93	3.48	4.01	4.54	5.05	5.55	6.04	6.51	6.87	7.42	7.86	8.29	8.70	9.10	9.49	9.86	—	—	
54	—	3.77	4.36	4.93	5.49	6.04	6.58	7.10	7.61	8.11	8.60	9.06	9.54	9.99	10.43	10.85	11.67	—	
57	—	4.00	4.62	5.23	5.83	6.41	6.99	7.55	8.10	8.63	9.16	9.67	10.17	10.65	11.13	11.59	12.48	13.32	
60	—	4.22	4.88	5.52	6.16	6.78	7.39	7.99	8.58	9.15	9.71	10.26	10.80	11.32	11.83	12.33	13.29	14.21	
63.5	—	4.48	5.18	5.87	6.55	7.21	7.87	8.51	9.14	9.75	10.36	10.95	11.53	12.10	12.65	13.19	14.24	15.24	
68	—	4.81	5.57	6.31	7.05	7.77	8.48	9.17	9.86	10.53	11.19	11.84	12.47	13.10	13.71	14.30	15.46	16.57	
70	—	4.96	5.74	6.51	7.27	8.01	8.75	9.47	10.18	10.88	11.56	12.23	12.89	13.54	14.17	14.80	16.01	17.16	
73	—	5.18	6.00	6.81	7.60	8.38	9.16	9.91	10.66	11.39	12.11	12.82	13.52	14.21	14.88	15.54	16.82	18.05	
76	—	5.40	6.26	7.10	7.93	8.75	9.56	10.36	11.14	11.91	12.67	13.42	14.15	14.87	15.58	16.28	17.63	18.94	
83	—	—	6.86	7.79	8.71	9.62	10.51	11.39	12.26	13.12	13.96	14.80	15.62	16.42	17.22	18.00	19.53	21.01	
89	—	—	7.38	8.38	9.38	10.36	11.33	12.28	13.22	14.16	15.07	15.98	16.87	17.76	18.63	19.48	21.16	22.79	
95	—	—	7.90	8.98	10.04	11.10	12.14	13.17	14.19	15.19	16.18	17.16	18.13	19.09	20.03	20.96	22.79	24.56	
102	—	—	8.50	9.67	10.82	11.96	13.09	14.21	15.31	16.40	17.48	18.55	19.60	20.64	21.67	22.69	24.69	26.63	
108	—	—	—	10.26	11.49	12.70	13.90	15.09	16.27	17.44	18.59	19.73	20.86	21.97	23.06	24.17	26.31	28.41	
114	—	—	—	10.85	12.15	13.44	14.72	15.98	17.23	18.47	19.70	20.91	22.12	9.31	24.48	25.6	27.94	30.19	
121	—	—	—	11.54	12.93	14.30	15.67	17.02	18.35	19.68	20.99	22.29	23.58	24.86	26.12	27.37	29.84	32.26	
127	—	—	—	12.13	13.59	15.04	16.48	17.90	19.32	20.72	22.10	23.48	24.84	26.19	27.53	28.85	31.47	34.03	
133	—	—	—	12.73	14.26	15.78	17.29	18.79	20.28	21.75	23.21	24.66	26.10	27.52	28.93	30.33	33.10	35.81	
140	—	—	—	—	15.04	16.65	18.24	19.83	21.40	22.96	24.51	26.04	27.57	29.08	30.57	32.06	34.99	37.88	
146	—	—	—	—	15.70	17.39	19.06	20.72	22.36	24.00	25.62	27.23	28.82	30.41	31.98	33.54	36.62	39.66	
152	—	—	—	—	16.37	18.13	19.87	21.60	23.32	25.03	26.73	28.41	30.06	31.74	33.39	35.02	38.25	41.43	
159	—	—	—	—	17.15	18.99	20.82	22.64	24.45	26.24	28.02	29.79	31.55	33.29	35.03	36.75	40.15	43.50	
168	—	—	—	—	—	20.10	22.04	23.97	25.89	27.79	29.69	31.57	33.43	35.29	37.13	38.97	42.59	46.17	
180	—	—	—	—	—	21.59	23.70	25.75	27.70	29.87	31.91	33.93	35.95	37.95	39.95	41.92	45.85	49.72	
194	—	—	—	—	—	23.31	25.60	27.82	30.00	32.28	34.50	36.70	38.89	41.06	43.23	45.38	49.64	53.86	
203	—	—	—	—	—	—	—	29.14	31.50	33.83	36.16	38.47	0.77	43.05	45.33	47.59	52.06	56.52	
219	—	—	—	—	—	—	—	31.52	34.06	36.60	39.12	41.63	44.12	46.61	49.08	51.54	56.43	61.26	
245	—	—	—	—	—	—	—	—	38.23	41.09	43.85	46.76	49.56	52.38	55.17	57.95	63.48	68.95	
273	—	—	—	—	—	—	—	—	42.64	45.92	49.10	52.28	55.45	58.60	61.73	64.86	71.07	77.24	
299	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53.91	57.41	60.89	64.37	67.83	71.27	78.13	84.93	
325	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58.74	62.54	66.35	70.14	73.92	77.68	85.18	92.9	
351	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	67.67	71.80	75.91	80.01	84.10	92.23	100.32

第四章 金属材料 and 热处理工艺

外径 /mm	壁 厚/mm																	
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	11	12
	理论质量/(kg/m)																	
377	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	81.68	86.10	90.51	99.29	108.02
402	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	87.21	91.95	96.67	106.06	115.41
426	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	92.55	97.57	102.59	112.58	122.52
450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	97.87	103.20	108.50	119.08	130.61
(465)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	101.10	106.71	112.20	123.15	134.05
480	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	104.52	110.22	115.90	127.22	139.49
500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	108.96	114.91	120.83	132.65	145.41
530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	115.62	121.94	128.9	140.78	154.29
(550)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	120.07	126.62	133.10	146.21	159.20
560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	122.28	128.97	135.63	148.92	163.16
600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	131.17	138.34	145.50	159.78	175.00
630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	137.81	145.36	152.89	167.91	183.88

六、金属材料理论质量计算

1. 基本公式

$$W = A \times L \times \rho \times \frac{1}{1000}$$

式中 W ——金属材料质量(kg);

A ——截面积(m^2);

L ——长度(m);

ρ ——金属的密度(kg/cm^3)，碳素钢为 7.85；不锈钢 7.75；铝 2.73；铜 8.9。

2. 钢材理论质量计算简式(表 4-26)

表 4-26

钢材理论质量计算简式

材料名称	理论质量 W /(kg/m)
扁钢、钢板、钢带	$W = 0.00785 \times \text{宽} \times \text{厚}$
方钢	$W = 0.00785 \times \text{边长}^2$
圆钢、线材、钢丝	$W = 0.00617 \times \text{直径}^2$
六角钢	$W = 0.0068 \times \text{对边距离}^2$
八角钢	$W = 0.0065 \times \text{对边距离}^2$
钢管	$W = 0.02466 \times \text{壁厚}(\text{外径} - \text{壁厚})$
等边角钢	$W = 0.00785 \times \text{边厚}(\text{2边宽} - \text{边厚})$
不等边角钢	$W = 0.00785 \times \text{边厚}(\text{长边宽} + \text{短边宽} - \text{边厚})$
工字钢	$W = 0.00785 \times [\text{腰厚}(\text{高} + f(\text{腿宽} - \text{腰厚}))]$
槽钢	$W = 0.00785 \times \text{腰厚}(\text{高} + e(\text{腿宽} - \text{腰厚}))]$

注 1. 角钢、工字钢和槽钢的准确计算公式很繁，表列简式用于计算近似值。

2. f 值：一般型号及带 a 级的为 3.34mm，带 b 级的为 2.65mm，带 c 级的为 2.26mm(a 、 b 、 c 为同一型号槽钢中的不同腰厚，下同)。

3. e 值:一般型号及带 a 级的为 3.26mm,带 b 级的为 2.44mm,带 c 的为 2.24mm。

4. 各长度单位均为 mm。

七、钢材的涂色标记

为了区别不同牌号的钢材,可在钢材的端头或截面涂上规定颜色的油漆,这种方法称为涂色标记。表 4-27 列举了国家标准规定的常用钢材的涂色标记。

表 4-27 常用钢材的涂色标记

材料名称	牌 号	标记颜色
碳素结构钢	Q195	白色 + 黑色
	Q215	黄色
	Q235	红色
	Q255	黑色
	Q275	绿色
	特类钢	除上述标记外,另加涂铝白色一条
优质碳素结构钢	05 ~ 15	白色
	20 ~ 25	棕色 + 绿色
	30 ~ 40	白色 + 蓝色
	45 ~ 85	白色 + 棕色
	15Mn ~ 40Mn	白色二条
	45Mn ~ 70Mn	绿色三条
合金结构钢	Mn	黄色 + 蓝色
	SiMn	红色 + 黑色
	MnV	蓝色 + 绿色
	Cr	绿色 + 黄色
	CrSi	蓝色 + 红色
	CrMn	蓝色 + 黑色
	CrMnSi	红色 + 紫色
	CrV	绿色 + 黑色
	CrMnTi	黄色 + 黑色

八、金属塑性变形的基本知识

钣金、冷作加工中的矫形、弯曲、卷板、冲压等工序,都是利用金属在常温或高温下产生的塑性变形而成为所需的形状。因此,金属的塑性变形是金属成型的基础。

1. 金属的冷塑性变形

金属在冷状态下受外力作用时,其形状和尺寸将发生变化,这种变化可以是弹性的,

也可以是塑性的。当外力解除后,金属能恢复其原来形状和尺寸的,这种变形称为弹性变形。反之,则为塑性变形。

金属是由许多晶粒组成的,金属的塑性变形是金属内部晶粒产生相对滑移的结果。所以,金属最基本的塑性变形方式是滑移。

由于金属大都是多晶体,即它们是由方向不同的许多小晶粒组成。所以金属在受到外力作用时,最有利于滑移的那些晶粒首先产生滑移,然后再逐步扩展到其它晶粒。因此,多晶体金属的变形抗力较大,晶粒愈细,其晶界愈多,金属的塑性变形抗力也愈大。

金属在冷塑性变形时,随着滑移的进行,滑移面附近的晶格发生歪曲和畸变,滑移区的晶粒破碎,造成金属进一步滑移的困难,从而使其强度、硬度升高,塑性和韧性降低。这种因金属冷塑性变形引起的金属力学性能的变化,称为冷加工硬化或冷作硬化。

冷作硬化是金属的一种重要性质,它不但使金属进一步成形需消耗更大的能量,造成成形困难,且由于金属的塑性和韧性降低,在成形时可能会产生裂纹和断裂,为防止这种现象的产生,一些冷加工后的工件需进行退火热处理。可见冷作硬化有很重要的实际意义。

冷作硬化也有其有用的一面,例如利用加工硬化可提高某些工件的强度。

金属冷塑性变形的另一种后果是产生内应力。这种内应力的存在会削弱金属的强度,而应力若释放后又会造成工件的变形。

2. 金属的再结晶

金属经过冷塑性变形后加热至较高温度时,由于原子的活动能力增加,畸变和破碎的晶粒原子重新排列,即产生新的晶核和晶核不断长大,一直到金属的冷塑性变形组织完全消失,这一过程称为金属的再结晶。

金属再结晶后强度和硬度显著下降,塑性和韧性大大提高,内应力完全消除,金属恢复到原来状态。

金属再结晶温度与熔点之间存在如下关系:

$$T_{\text{再}} = (0.35 \sim 0.4) T_{\text{熔}}$$

式中 $T_{\text{再}}$ ——再结晶绝对温度(°C);

$T_{\text{熔}}$ ——熔化的绝对温度(°C)。

3. 金属的热塑性变形

金属在再结晶温度以上进行压力加工,因塑性变形引起的冷作硬化,由于再结晶过程而消除,即金属在再结晶温度以上进行的压力加工称为热加工。

金属在热塑性变形时,金属内部发生加工硬化和再结晶软化两个相反的过程。再结晶过程是边加工边发生的。

当变形程度大而加热温度低时,由于变形所引起的强化占优势,金属的强度、硬度增加,塑性和韧性降低。金属的晶格畸变得不到恢复,变形阻力愈来愈大,甚至会造成金属破裂。相反,当变形程度较小而加热温度较高时,由于再结晶和晶粒长大占优势,金属的晶粒愈来愈粗,金属的性能也变差。由此可见,在热加工时应掌握好加热温度与变形程度,使其相互很好地配合。

4. 钢材的热加工温度范围

钢材开始压力加工时的温度称为始锻温度,加工结束时的温度称为终锻温度。始锻温度和终锻温度的范围称为锻造温度范围,即热加工温度范围。钢材的加热温度愈高,则塑性愈好,变形抗力愈小,易于成形。但加热温度过高,会使钢产生过热或过烧,同时使钢的氧化和脱碳更严重。

过热是由于加热温度过高或保温时间过长引起的,过热会使奥氏体晶粒变得粗大,钢的力学性能尤其是塑性降低而影响成形。

过烧是由于钢加热到接近熔化温度时,氧气沿晶界渗入,晶界会发生氧化变脆,塑性大大降低,使钢变脆而无法成形。

钢的最高加热温度(即始锻温度),通常要比固相线低 200℃。终锻温度应保证在加工结束时,金属有足够的塑性和获得再结晶组织。对亚共析钢为 A_{C_3} 以上 15~30℃,但质量分数在 0.3% 以下的钢,由于有足够的塑性,终锻温度可低于 A_{C_3} ,对过共析钢可在 A_1 线以上 50~100℃。

有些热加工成形,是在不太高的温度下进行的,如弯头及容器接管口的热冲压翻边约 700~750℃,筒节的中温卷圆和矫圆约 650℃。加工这些零件时,应考虑到钢材的脆化温度区,可能会对其性能产生不良影响。

钢材的热加工温度范围随钢材的成分而确定,常用金属材料的热加工温度范围见表 4-28。

表 4-28 常用金属材料的热加工温度范围

材料牌号	热加工温度/℃	
	加 热	终止(不低于)
Q235、15、15g、20、20g、22g	900~1050	700
16Mn、16MnRE、15MnV、15MnVRE	950~1050	350
15MnTi、14MnMoV	950~1050	750
18MnMoNb、15MnVN	950~1050	750
15MnVNRe	950~1050	750
Cr5Mo、12CrMo、15CrMo	900~1000	750
14MnMoVBR	1050~1100	850
12MnCrNiMoVCu	1050~1100	850
14MnMoNbB	1000~1100	750
0Cr13、1Cr13	1000~1100	850
1Cr18Ni9Ti、12Cr1MoV	950~1100	850
黄铜 H62、H68	600~700	400
铝及其合金 L2、LF2、LF21	350~450	250
钛	420~560	350
钛合金	600~840	500

钢加热时其颜色也随之变化,所以加热温度的高低一般可根据钢材的颜色作粗略地判断。在暗处观察时,钢的颜色与加热温度的关系见表 4-29。

表 4-29 钢的颜色与加热温度的关系

颜色	温度/°C	颜色	温度/°C
暗褐色	530 ~ 580	亮红色	830 ~ 900
红褐色	580 ~ 650	橙色	900 ~ 1050
暗红色	650 ~ 730	暗黄色	1050 ~ 1150
暗樱红色	730 ~ 770	亮黄色	1150 ~ 1250
樱红色	770 ~ 800	眩目白色	1250 ~ 1300
亮樱红色	800 ~ 830		

九、金属材料的热处理

热处理就是将金属加热到一定温度,并在此温度停留一段时间,然后冷却至一定温度的工艺过程。热处理的过程一般都要经过加热、保温和冷却三个阶段。

热处理虽不能改变金属零件的形状和大小,但能改变金属内部的组织,从而改善金属的性能,提高产品质量,延长使用寿命。常用的热处理种类见表 4-30。

表 4-30 常用热处理种类

名称	工艺方法
淬 火	<p>将钢加热到 A_{c_3} 以上或 $A_{c_1} \sim A_{c_m}$ 之间,保温一段时间,然后快速冷却,称为淬火。亚共析钢的淬火加热温度为 $A_{c_3} + (30 \sim 50^\circ\text{C})$。共析钢的淬火加热温度为 $A_{c_1} + (30 \sim 50^\circ\text{C})$。过共析钢的淬火加热温度为 $A_{c_1} + (30 \sim 50^\circ\text{C})$。</p> <p>淬火目的是提高钢的硬度和耐磨性,并与回火相配合,以获得良好的力学性能。</p>
回 火	<p>把淬火后的零件重新加热到低于 A_{c_1} 的某一温度,并在此温度保温一段时间,再冷至室温,称为回火。</p> <p>按回火温度的不同可分为低温回火(150 ~ 250°C)、中温回火(350 ~ 450°C)和高温回火(500 ~ 680°C)。</p> <p>低温回火后钢的内应力和脆性降低,但仍保持淬火后的高硬度和耐磨性。</p> <p>中温回火后钢的弹性极限和屈服强度提高,韧性也较好。</p> <p>高温回火后钢的强度和硬度降低,塑性和韧性提高。</p>
调质处理	<p>在淬火后随即进行高温回火,这一连续的热处理操作称为调质,可获得强度、塑性、韧性都较好的综合力学性能。</p>
退 火	<p>将钢加热到临界点 (A_{c_3} 或 A_{c_1}) 或再结晶温度以上,保温后,缓慢而均匀地冷却,称为退火。</p> <p>退火的目的是降低钢的硬度,提高塑性,改善切削加工性能和压力加工性能;细化晶粒,提高钢的力学性能;消除铸、锻、焊、轧、冷加工等所产生的内应力。</p>
完全退火	<p>把钢加热到临界点 A_{c_3} 以上 30 ~ 50°C,并保温一段时间后,缓慢冷却称为完全退火。主要用于亚共析组织的各种碳钢和合金钢的铸件、锻件及热轧型材,有时也用于焊接结构。</p>
去应力退火	<p>将钢加热到 A_{c_1} 线以下,一般为 500 ~ 650°C,保温一定时间,随炉缓冷至 300 ~ 200°C 以下出炉,称为去应力退火。去应力退火又叫软化退火。这种退火主要用于消除铸件、锻件、焊接件、热轧件、冷拉件以及切割、冷冲压过程中所产生的内应力。</p>

名 称	工 艺 方 法
再结晶退火	将钢加热到再结晶温度以上 150 ~ 250℃(碳钢再结晶退火温度即为 650 ~ 700℃) ,保温一定时间 ,然后缓慢冷却 ,称为再结晶退火。再结晶退火是冷压力加工后钢的中间退火。中间退火即为消除加工硬化
正 火	将钢加热到 A_{c_3} 或 A_{c_m} 以上 30 ~ 50℃ ,保温一定时间后 ,以稍大于退火的冷却速度(空冷或风冷)冷却 ,称为正火 正火的冷却速度比退火快 ,故获得的组织比退火的细 ,因此对同一钢材正火后的强度、硬度较退火的高
时效处理	金属经淬火或一定程度的冷加工变形后 ,随着时间的延长 ,强度和硬度有所增加 ,而塑性、韧性有所降低 ,其组织由不很稳定状态逐渐过渡到较稳定状态 ,这种现象称为时效 把金属有意识地在室温或较高温度下较长时间存放 ,使其产生时效作用 ,这种工艺称为时效处理 时效分自然时效和人工时效两种。自然时效是将金属在室温或自然条件下长时间存放而发生时效的现象 ;人工时效是将金属加热到较高温度 ,并长时间保温 ,使其产生时效作用的处理工艺 金属通过时效处理 ,可提高其强度和硬度 ,稳定工件的形状和尺寸
化学热处理	将钢放在化学介质中加热、保温 ,使某些元素通过扩散渗入到钢件表层 ,改变表层的化学成分、组织和性能 ,这种热处理操作 ,称为化学热处理 化学热处理的主要目的是提高钢的表面硬度、耐磨性、疲劳强度、抗蚀性和抗氧化性等。常用的化学热处理有渗碳、渗氮、碳氮共渗及渗铝、渗铬等

十、金属材料的预处理

预处理是指对原材料的表面清理。其目的是清除材料表面的铁锈、油污、氧化皮等。然后可以根据其需要涂装。材料经预处理后再进行划线、剪切、成形等加工。预处理能保持或提高设备的耐腐蚀性 ,是保证产品质量的一项重要措施。

常用的预处理方法有机械除锈法和化学除锈法。

1. 机械除锈法

常用喷砂、弹丸或抛丸除锈。

(1) 喷砂法 喷砂是目前广泛用于钢板、钢管、型钢及各种钢制设备的预处理方法 ,它能清除工件表面的铁锈、氧化皮等各种污物 ,并使之产生一层均匀的粗糙表面。

喷砂设备系统如图 4-1 所示 ,压缩空气经导管 1 流经混砂管 2 内的空气喷嘴时 ,空气喷嘴前端造成负压 ,将贮存在砂斗 6 中的砂粒经放砂旋塞 3 吸入与气流混合 ,然后经软管 4 从喷嘴 5 喷出 ,冲刷到工件的表面 ,将铁锈和氧化皮剥离 ,从而达到除锈目的。

压缩空气的压力一般为 0.5 ~ 0.7MPa。喷嘴采用硬质合金、陶瓷等耐磨材料制成。砂粒采用坚硬的清洁干燥的硅砂 ,粒度应均匀。

喷砂法质量好、效率高 ,但粉尘大 ,应在密闭的喷砂室内进行。

(2) 弹丸法 利用压缩空气导管中高速流动的气流,使铁丸冲击金属表面的锈层,达到除锈的目的。弹丸除锈的铁丸直径一般为 0.8~1.5mm(厚板可用 2.0mm),压缩空气压力一般为 0.4~0.5MPa。

弹丸除锈法用于零件或部件的整体除锈,这种除锈法生产率不高,约 6~15m²/h。

(3) 抛丸法 抛丸法是利用专门的抛丸机将铁丸或其它磨料高速地抛射到原材料表面上,以除去表面的氧化皮、铁锈和污垢。

抛丸机有立式和卧式两种如图 4-2 所示,立式抛丸机不易形成连续生产,一般较少应用,卧式抛丸机其表面处理质量比较均匀,可直接用传送辊道输送,应用较广。

原材料经喷砂、抛丸除锈后,一般在 10~20min 范围内,随即进行防护处理,其步骤为:

- 1) 用经净化过的压缩空气将原材料表面吹净。
- 2) 涂刷防护底漆或浸入钝化处理槽中作钝化处理,钝化剂可用 10% 磷酸锰铁水溶液处理 10min 或用 2% 亚硝酸钠溶液处理 1min。
- 3) 将涂刷防护底漆后的原材料送入烘干炉中,用加热到 70℃ 的空气进行干燥处理。

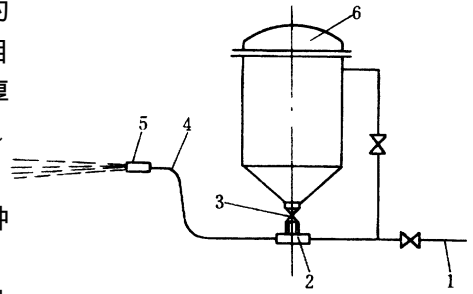


图 4-1 喷砂设备系统
1—压缩空气导管 2—混砂管 3—旋塞
4—软管 5—喷嘴 6—砂斗

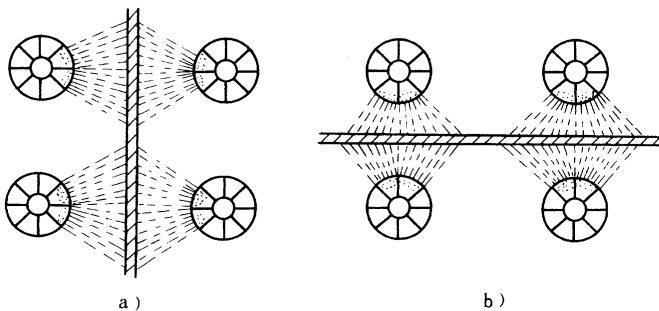


图 4-2 抛丸机
a) 立式 b) 卧式

2. 化学除锈法

化学除锈法一般用酸、碱溶液按一定配方装入槽内,将工件放入浸泡一定时间,然后取出用水冲洗干净,以防止余酸的腐蚀。

酸洗法可除去金属表面的氧化皮、锈蚀物、焊接熔渣等污物。

碱洗法主要用于去除金属表面的油污。

钝化主要作为酸洗后的防锈处理。

表 4-31 列举了几种常用的化学清洗及钝化配方。

表 4-31

化学清洗及钝化配方

名称	配方(%) (体积分数)	溶液温度 /°C	浸泡时间 /min	备注
碳钢去油	氢氧化钠 3~5 水玻璃 0.1~3 水 余量	70~90	10~30	
碳钢酸洗去氧化皮	硫酸 5~10 盐酸 10~15 若丁 约 0.5 水 余量	50~60	30~60	需有环保措施
不锈钢酸洗	浓硝酸 20 氢氟酸 10 水 70	室温	15~30	需有环保措施
	硝酸(36波美度) 100L 氢氟酸(65%) 20L 水 900L	60	20	需有环保措施
不锈钢酸洗软膏	浓硝酸 20 浓盐酸 80 白土或滑石粉调成糊状	室温	30~40	需有环保措施
不锈钢钝化	硝酸(密度 1.42) 25 水 65	室温	30~40	
	重铬酸钾 0.5~1 硝酸 5 水 余量	室温	60	或加热至 40~60°C 加速钝化
Cr13 型不锈钢碱、酸联合清洗	1. 碱洗 氢氧化钠 65~80 硝酸 35~20 2. 水浸(碱洗后接着水浸) 3. 酸洗 硫酸 15~18 食盐 3~5	38~55 70~80	10~30 1~2	Cr13 型不锈钢氧化皮十分致密牢固,此法清洗效果较好
铝及其合金碱洗去油	氢氧化钠 5 水 95	60~70	2~3	
铝及其合金酸洗	硝酸 20 氢氟酸 10~15 水 70~65	室温	数秒钟	
铝合金钝化	硝酸 35 铬酐 0.5~1.5 水 余量	室温	呈银白色为止 约 2~3min	

第二篇
钣金冲压件
创新设计
及应用图集

第一章 坯料展开图的作法与设计要点

制作金属板件的首道工序就是下料,下料前需在原始板料毛坯上画线,画线就是把制件准确的展开图画在原始板料上。本章着重介绍各种形状的金属板材制件展开图的作图方法及作图过程。

第一节 基本几何作图法

任何图形都是由线条构成的,为便于下料有必要熟练掌握一些基本几何作图方法。

一、直线、垂线、直角线的作法

1. 直线

作小型构件展开图时,直线一般是用画针配合钢板尺画出的,作大型构件展开图时,所画直线较长,可用粉线弹出。

2. 垂线

(1)中垂线法见 图 1-1,画线步骤如下:以直线 α 上任一点 1 为圆心,任意长 R 为半径画弧,交直线 α 于 2 和 2' 两点;以大于 R 的长 r 为半径,以 2、2' 分别为圆心画弧,交于 3 点和 4 点,用直线连接 3—4,则直线 3—4 就是直线 α 的垂线。

(2)半圆法 见图 1-2,步骤如下:以任意长 1—2 线段为直径画半圆,在半圆上任取一点 4,把 1—4 和 2—4 分别用直线相连接,于是 1—4 就和 2—4 垂直。

3. 直角线

方法一是用画规作直角线,如图 1-3,步骤如下:在水平线上任作倾斜直线(但应是锐角。在 $40^\circ \sim 70^\circ$ 中间为好) 1—2,以 1—2 的中点 3 为圆心,1—3(或 2—3)为半径画圆弧与水平线交于点 4,以直线连接点 2、4 即得出所求直角线。

方法二是用直尺作直角线,在放大样和现场下料时,用直尺作直角线比较简便,如图 1-4 所示。在基准线上任作倾斜直线(但应是锐角) 1—2 ($\alpha = 1600$) 然后取中点 3,将尺的 0 点对准中点 3,并以中点 3 为圆心转动直尺,与参照线得交点为 4,使得线段 3—4 的长度恰为: $\frac{\alpha}{2} = 800$ 。以直线连接点 2、4 即得出所求直角线。作完的直角是否精确,需要检查才能证明。

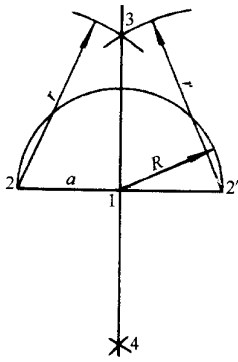


图 1-1 中垂线法

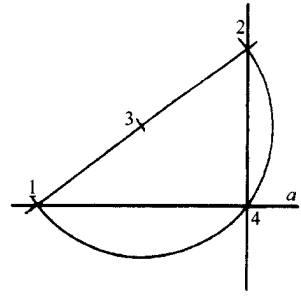


图 1-2 半圆法

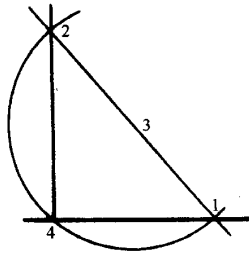


图 1-3 直角线的画法

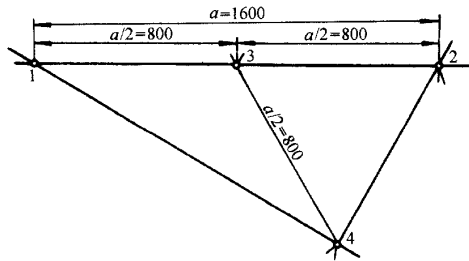


图 1-4 用直尺作直角线的画法

检查的第一种方法如图 1-5a 所示。取 1—2 等于 300, 取 2—3 等于 400, 1—3 必须是 500, 否则就不精确。检查的第二种方法, 如图 1-5b 所示, 取 1—2 和 2—3 等于 1000, 1—3 必须是 1414, 如取 1—2 和 2—3 等于 500 时, 则 1—3 必须是 707, 否则也不精确。在使用钢板之前就要用上述的方法校验一下钢板的角度是不是直角, 如图 1-6 所示。利用钢板直角下料, 可以节省工料。

二、等分线段法

第一种方法: 如图 1-7 所示, 将 1—2 线段 6 等分。由 1—2 线段的任意端点 α 或点

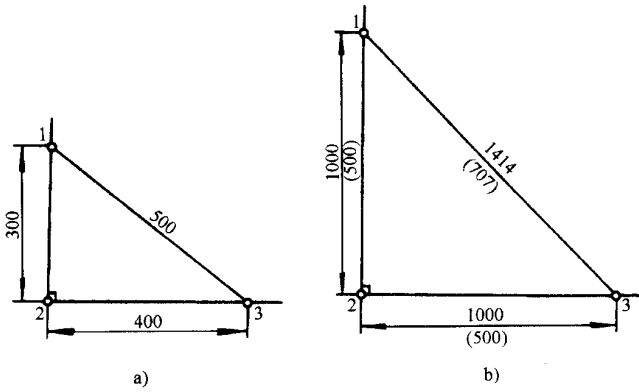


图 1-5 直角线的检查方法

1) 以适当角度(锐角)作一斜线 2—9, 在线段 2—9 上, 以画规的适当开度 2—3 为定长, 从点 2 开始依次截取 6 等分, 相应点为 3、4、5、6、7、8。以直线连接点 1、8, 由直线 2—8 上的各点分别引线 1—8 的平行线, 与线段 1—2 相交, 对应交点为 7'、6'、5'、4'、3', 所得各点分成的等分, 即为所求的 6 等分。

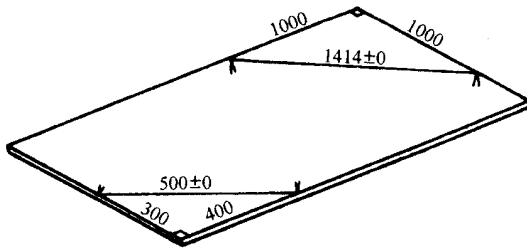


图 1-6 钢板直角的检查方法

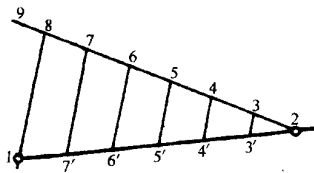


图 1-7 等分线段法(一)

第二种方法: 如图 1-8 所示, 首先用直尺画出 4 等分, 等分点为 1、4、7、10。然后再将已等分出的线段用画规等分。由于这种方法简便, 所以用得比较广泛。

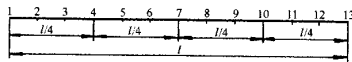


图 1-8 等分线段法(二)

三、平行线的作法

用画规作平行线: 已知直线 l 和距离 a , 求作这条直线的平行线。如图 1-9 所示, 定画规开度为 a , 在直线上任取点 1、2 为圆心, 画两个圆弧, 作圆弧的切线, 即为已知直线的

平行线。

四、角及角的等分作法

1. 角的作法

30°角的作法 如图 1-10 所示,在水平线上任取一点 O,以 O 为圆心取适当长作半径画圆弧与水平线相交于 B、C 两点,再以 O、C 分别为圆心,线段 OC 长作半径画圆弧,得交叉点为 A,以直线连接 B、A,∠ABC 就是所求的 30°角。

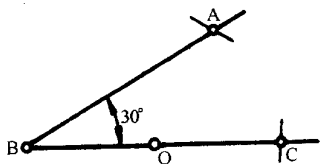


图 1-10 30°角的作法

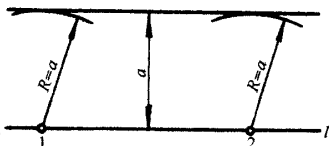


图 1-9 平行线的作法

60°角的作法 如图 1-11 所示,在水平线上任取两点 B、C,分别以 B、C 点为圆心,BC 长为半径画圆弧得交叉点 A,连接 B、A,则∠ABC 即为所求的 60°角。

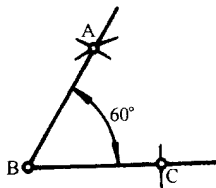


图 1-11 60°角作法

任意角的作法 如图 1-12 所示,以 57.3mm 为半径画圆弧,在所画的圆弧线上,以每隔 1mm 作半径等分圆弧,在所画的圆弧线上,以每隔 1mm 的两个等分点分别与圆心 O 连线,其所得连线的角度即为 1°。图 1-12 中所列角度一个是 75°,另一个是 95°。其作法是:首先在水平线上上任取一点 O,以 O 为圆心,57.3mm 作半径画圆弧与水平线交于点 C,由点 C 开始求取弧长 75mm 得点 A,以直线连接点 A、O,∠AOC 即为 75°。再由点 C 开始求取弧长 95mm 得点 B,以直线连接点 OB,∠BOC 即为 95°。

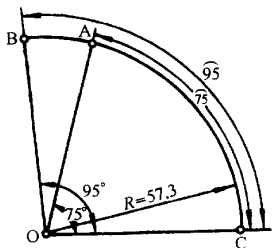


图 1-12 任意角的作法

2. 角的等分作法

二等分法 将一角分成二等分的作法如图 1-13 所示,以角顶点 B 为圆心,取适当长度作半径画圆弧分别与两边相交,得交点为 A、C,再分别以 A、C 为圆心、取适当长度作半径画圆弧,所得相交于 D,两圆弧以直线连接点 B、D,即得出二等分角。

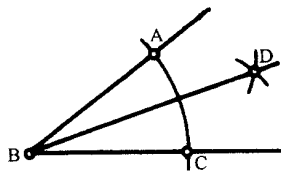


图 1-13 角的二等分法

直角三等分法 将一直角分成三等分的作法如图 1-14 所示。以 O 为圆心,取适当长度 OA 为半径画圆弧得点为 A、B,再以 A、B 为圆心,OA 为半径画圆弧,所画圆弧分别与 AB

相交,得交点为 1、2,连接 O—1, O—2 即得出所求三等分角。

若干等分法:以图 1-15 为例,将角 12 等分。已知 $\angle AOB$,以角顶点 O 为圆心画圆弧得 \widehat{AB} ,首先将 \widehat{AB} 分为 2 等分得 A—7、7—B,再将 A—7、7—B 分为 2 等分得 A—10、10—7 及 7—4, A—B 每个距离之间可作三等分,用画规定其开度为 4—B 的三分之一,三等分各段圆弧,所得的各点与 O 连线,即得出所求的 12 等分。

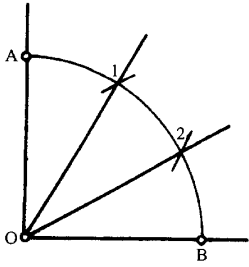


图 1-14 直角的三等分法

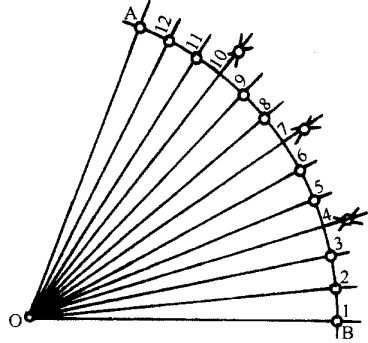


图 1-15 角的十二等分法

五、圆弧及等分圆弧的作法

1. 圆弧的作法

已知半径 R 和两点 1、2 作一圆弧:如图 1-16 所示,以点 1、2 分别为圆心,用已知半径 R 画圆弧得交叉点为 3,再以 3 为圆心,用已知半径 R 画圆弧,连接点 1、2 即得出所求圆弧。

已知三点作一圆弧:如图 1-17 所示,以点 1、2、3 分别为圆心,取适当长度作半径画四个圆弧,得交叉点为 4、5、6、7,以直线连接点 4、5 和 6、7,并延长得交点 O,以 O 为圆心, O—1(O—2 或 O—3) 为半径画圆弧,连接点 1、2、3 即得到所求圆弧。

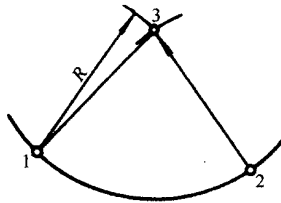


图 1-16 圆弧的作法

2. 等分圆弧的画法

如图 1-18 本例是 AB 弧四等分,具体方法是:①作弦 A—B 的中垂线交弧于 1 点;1 点将弧二等分;②作 A—1、B—1 的中垂线交弧于 2、3 两点,于是 2、3、1 三点将 \widehat{AB} 弧四等分。

如果八等分 \widehat{AB} 弧,则只要再作 A—2、2—1、1—3、3—B 的中垂线,找到各中垂线与弧的交点就行了,至于 16、32、64、...等分,可依此类推。

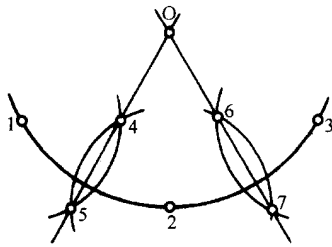


图 1-17 圆弧的作法

六、点、线、弧间的连接

1. 作过三定点的圆(三点不在一直线上)

如图 1-19 具体作法是:①分别连接 A—B 和 B—C,且作 A—B 和 B—C 的中垂线交于 O 点;②以 O 为圆心,以 O—A 为半径画圆,此圆即为所求作的圆。

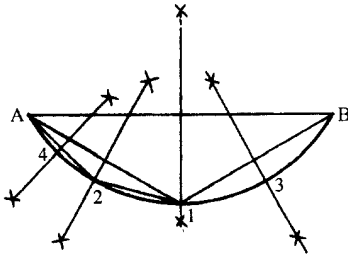


图 1-18 圆弧四等分法

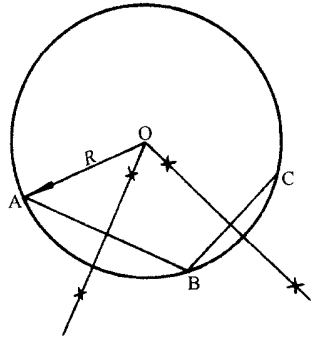


图 1-19 过三定点作圆的方法

2. 用已知半径画圆弧,连接两条相交直线的方法

如图 1-20 所示 图 1-20a 为两直线所夹角为锐角的情况;图 1-20b 为两直线所夹角为钝角的情况。分别作两条直线的平行线,使其距离等于已知半径 R ,所引的两条直线相交于 O 点,点 O 即为连接弧的圆心。由点 O 引两直线的垂线得点 4、5,以 O 为圆心, O—4 作半径画圆弧连接两直线即为所求的连接圆弧。

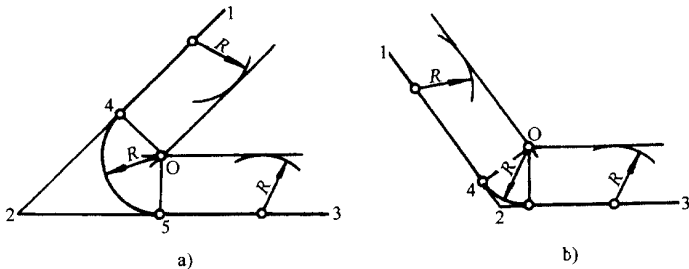


图 1-20 用圆弧连接两条相交直线的作法

3. 用两个已知半径 R 、 r 连接三直线的方法

如图 1-21 所示,先分别引 1—2、3—4 的平行线,并使其距离等于已知半径 R ,所引

的两条直线相交于 O ，再引 3—4、5—6 的平行线，并使其距离等于 r ，所引的两直线相交于 O_1 ，由 O 、 O_1 分别引直线 1—2、3—4、5—6 的垂线，得点为 7、8、9、10。以 O 、 O_1 分别为圆心， $O—7$ ($O—8$)、 $O_1—9$ ($O_1—10$) 分别为半径画圆弧，即得出所求的圆弧。

4. 用已知半径为 R_1 的圆弧连接一直线和一已知圆弧的方法

如图 1-22 所示，先画水平线 1—2，然后用已知尺寸（本例未给出）定出点 O ，以 O 为圆心，已知半径 R 、 $R + R_1$ 画同心圆弧，再引 1—2 的平行线，使其距离等于已知半径 R_1 ，得交点为 O_1 ，由 O_1 引直线 1—2 的垂直线，得交点为 4，再以直线连接点 O 、 O_1 得与圆弧交点 3，点 3、4 就是圆弧与直线连接点。以 O_1 为圆心， $O_1—3$ ($O_1—4$) 为半径画圆弧 $\widehat{34}$ ，即为所求的连接圆弧。

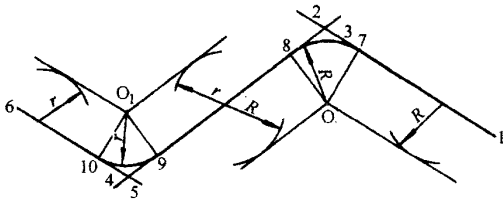


图 1-21 用圆弧连接三直线的作法

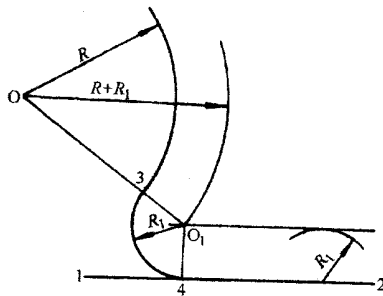


图 1-22 用圆弧连接
直线和圆弧的作法

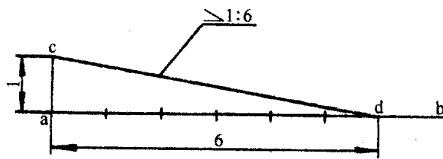


图 1-23 倾斜线的作法

七、倾斜线

如图 1-23 所示（设斜度为 1:6 的倾斜线），先画直线 $a—b$ ，再作直角 $\angle cad$ ，在垂直线 $a—c$ 上，定出任意长度 ac ，再在 $a—b$ 线上定出相当于 6 倍 ac 长度的点 d ，连接点 d 、 c 所得的直线，即与直线 $a—c$ 的斜度为 1:6。

八、几何图形

1. 三角形的作法

已知三边长 a 、 b 、 c 作三角形如图 1-24 所示。在基准线上取线段 1—2 等于已知长度 a ，以点 1、2 分别为圆心，用已知长度 b 、 c 分别作半径画圆弧得交点为 3，以直线连接点 1、3 和 2、3，即得出所求三角形。

2. 正方形的作法

如图 1-25 所示，已知正方形的边长为 a ，求作一正方形。首先作一水平线，取 1—2 等于已知长度 a ，以点 1、2 分别为圆心，已知长度 a 为半径画圆弧，与以点 1、2 分别为圆心，用 b ($b = 1.4142a$) 为半径所画的圆弧相交，得交点为 3、4。分别以直线连接各点，即得出所求正方形。

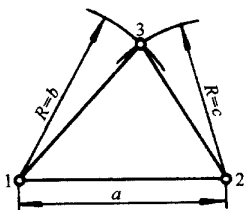


图 1-24 三角形的作法

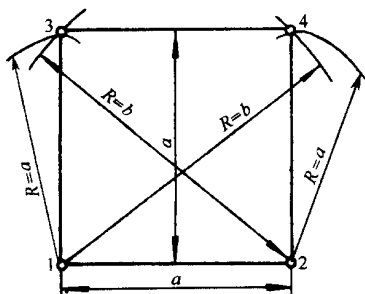


图 1-25 正方形的作法

3. 矩形作法

已知两边长度 a 和 b 作一矩形，如图 1-26 所示。作矩形的方法很多，其中简便而准确的要算对角线法。对角线的长度可以用图解法或通过计算得出。计算式为：

$$\text{对角线} \quad c = \sqrt{a^2 + b^2}。$$

用图解画法如图 1-26a 所示。先画两条平行线 1—2 和 3—4，其距离等于已知宽度 a 。在 1—2 和 3—4 线上分别取等于已知长度 b 的点为 5、6、7、8。以点 5 为圆心，6—7 对角线长为半径画圆弧与直线 3—4 相交，交点为 9，连接点 5 及 8—9 之中点 10，则 5—10 即为所求对角线 c 。已知矩形对角线距离 c 和宽度 a ，求作矩形的方法如图 1-26b 所示。

4. 五边形作法

已知正五边形的外接圆，求作正五边形。作法如图 1—27a 所示。以 O 为圆心，作已知外接圆相互垂直的直径 1—2 和 3—4，以 O —2 的中点 5 为圆心，3—5 为半径画圆弧与 1—0 交于点 6；以点 3 为圆心，3—6 为半径画圆弧，所画圆弧与外接圆交于点 7；以点 7 为圆心，3—7 为半径画圆弧得与外接圆交点为 8；以点 8 为圆心，3—7 为半径画圆弧得与外接圆交点为 9；以点 9 为圆心，3—7 为半径画圆弧得与外接圆交点为 10；点 3、7、8、9、10 为五边形顶点，分别以直线连接各点，即得出所求正五边形（图 1—27b）。

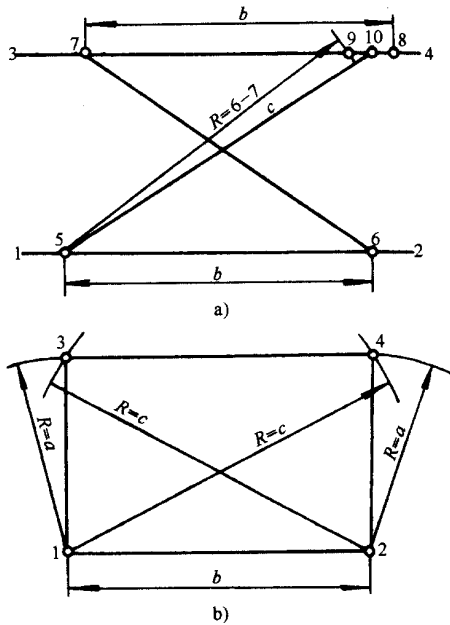


图 1-26 矩形的作法

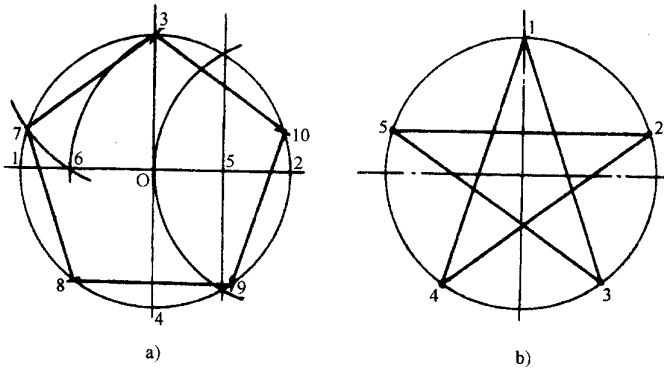


图 1-27 正五边形的作法

5. 正六边形作法

已知外接圆,求正六边形如图 1-28 所示。以 1—2 为外接圆直径, O 为圆心。分别以点 1、2 为圆心, $O-1$ (或 $O-2$) 为半径画圆弧得与圆周交点为 3、4、5、6, 分别以直线连接各点, 即得出所求的正六边形。

6. 正七边形的作法

已知正七边形的外接圆,求作正七边形如图 1-29 所示。A—B 等于已知外接圆的直径,以点 A、B 分别为圆心, A—B 为半径画圆弧得交点为 7, 7 等分直径 A—B 得点 1、2、3、...、6, 以直线连接点 7、2 并延长与圆周交于点 8, A—8 则为七边形一边长度;用画规量取 A—8 间距,在圆周上逐次地截割,得点 8、9、10、11、12、13, 分别以直线连接各点,即得出所求的正七边形。

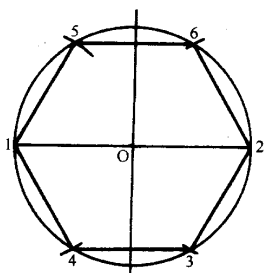


图 1-28 正六边形的作法

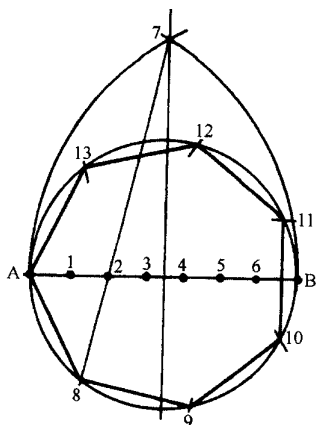


图 1-29 正七边形的作法

7. 正八边形的作法

已知八边形的外接圆,求作正八边形如图 1-30 所示。1—2 和 3—4 为已知外接圆的两相互垂直的直径, O 为圆心;分别以点 1、3 为圆心,取任意长度为半径画圆弧得交点为 5。连接点 O、5 得与圆周交点为 6。以 2、4 分别为圆心,以 1—5 (或 6—3) 为半径画圆弧得与圆周交点为 7、8、9。以直线连接圆周各点,即得出所求正八边形。

九、圆及椭圆

1. 将圆周分成若干等分的方法

如图 1-31 所示,可应用画规逐次量出,等分段的长度 p 可通过计算得出。已知直径 D 和等分数 n ,求弦长 p 时,可利用计算器把已知条件代入公式求得,没有计算器可用表 1-1 的系数进行计算,迅速而准确。

$$p = D \sin \frac{180^\circ}{n}$$

或

$$p = KD$$

例如:已知 $D = 250\text{mm}$,等分数 $n = 12$,由表 1-1 中查得 12 等分的系数 K 为 0.25882,

则

$$p = 0.25882 \times 250\text{mm} = 64.705\text{mm}$$

或

$$p = 250 \sin \frac{180}{12} \text{mm} = 64.705\text{mm}$$

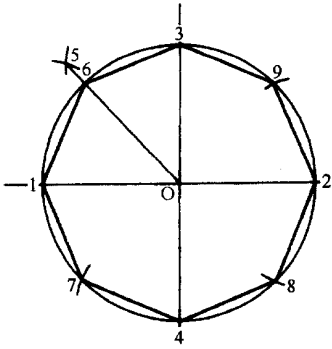


图 1-30 正八边形的作法

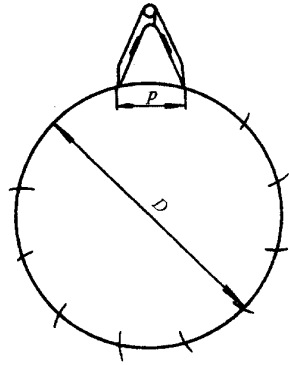


图 1-31 等分圆周的方法

表 1-1

圆周的等分系数 K 值

n	K	n	K	n	K	n	K	n	K
1	0.00000	3	0.86603	5	0.58779	7	0.43388	9	0.34202
2	1.00000	4	0.70711	6	0.50000	8	0.38268	10	0.30902
11	0.28173	29	0.10812	47	0.06679	65	0.04831	83	0.03784
12	0.25882	30	0.10453	48	0.06540	66	0.04758	84	0.03739
13	0.23932	31	0.10117	49	0.06407	67	0.04687	85	0.03695
14	0.22252	32	0.09802	50	0.06279	68	0.04618	86	0.03652
15	0.20791	33	0.09506	51	0.06156	69	0.04552	87	0.03610
16	0.19509	34	0.09227	52	0.06038	70	0.04486	88	0.03569
17	0.18375	35	0.08964	53	0.05924	71	0.04423	89	0.03529
18	0.17365	36	0.08716	54	0.05814	72	0.04362	90	0.03490
19	0.16459	37	0.08481	55	0.05709	73	0.04302	91	0.03452
20	0.15643	38	0.08258	56	0.05607	74	0.04244	92	0.03414
21	0.14904	39	0.08047	57	0.05509	75	0.04188	93	0.03377
22	0.14231	40	0.07846	58	0.05414	76	0.04132	94	0.03341
23	0.13617	41	0.07655	59	0.05322	77	0.04079	95	0.03306
24	0.13053	42	0.07473	60	0.05234	78	0.04027	96	0.03272
25	0.12533	43	0.07300	61	0.05148	79	0.03976	97	0.03238
26	0.12054	44	0.07134	62	0.05065	80	0.03926	98	0.03205
27	0.11609	45	0.06976	63	0.04985	81	0.03878	99	0.03173
28	0.11196	46	0.06824	64	0.04907	82	0.03830	100	0.03141

2. 椭圆的近似作图法

如图 1-32 所示,以长短轴的交点为圆心, $a-b$ 和 $c-d$ 为直径作两个辅助圆,将 \widehat{ab} 半圆分为若干等分(图为 6 等分),等分点为 1、2、...、5。将各等分点与 O 连接,得与 cd 圆交点为 $1'、2'、...、5'$ 。由等分点 $1'、2'、...、5'$ 引 ab 的平行线,与由等分点 1、2、...、5 引的 $O-3$ 的平行线得交点为 $1''、2''、...、5''$ 。通过各点连成曲线,即得出所求椭圆。除上述椭圆的近似作法外,在实际作图时,椭圆也可用圆规近似画出。近似的作法很多,这里只介绍最常用的一种,如图 1-33 所示。已知长轴 ab 和短轴 cd ,求作椭圆。以直线连接 ac ,以 O 为圆心, Oa 为半径画圆弧,与 Oc 延长线交点为 1。以 c 为圆心, $1-c$ 为半径画圆弧,得与 ac 交

点为2。以a和2分别为圆心,取适当长度为半径画圆弧得两交点并连成直线,此直线同ab和cd交点为3、4。作3、4两点的对称点得5、6。以点3、5分别为圆心,以(5-3)为半径画圆弧,与以点4、6分别为圆心,以(6-4)为半径画圆弧平滑连接,即得出所求椭圆。

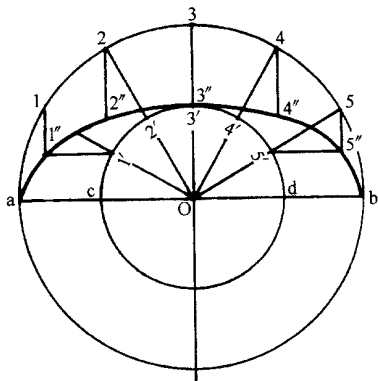


图 1-32 椭圆的近似作图法

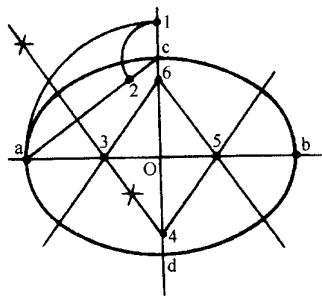


图 1-33 椭圆的近似作图法

3. 轨迹法

见图 1-34,已知长轴为 a ,短轴为 b 。画法为:①画出长短二轴 1—2 和 3—4,以短轴端点 4 为圆心,以长轴一半 $a/2$ 为半径画弧交长轴于 5 和 6 两点;②取一条细绳把绳两端固定于 5、6 两点,使细绳的长恰等于长轴 a ,同时把划针套在小绳上,象图中那样,绷紧小绳旋转一周,那么划针所描出的轨迹就是个椭圆。

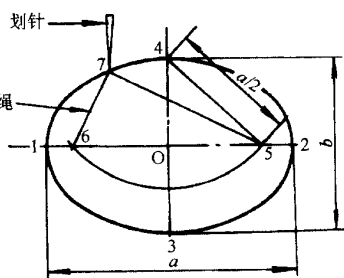


图 1-34 椭圆的轨迹作图法

虽然本方法在理论上准确,但细绳不可能没有伸缩性,况且细绳两端的固定有时也是难题,因而本方法一般用于较大尺寸的椭圆作图。

十、圆弧的伸直

将圆周或一段圆弧展开成直线,这是钣金工经常碰到的问题,一般用计算法。求圆周长的公式为:

$$S = 2\pi R = \pi d$$

式中 S ——圆周长;

π ——圆周率,约等于 3.14 或 3.1416;

R ——圆半径;

d ——圆直径。

如果是一段圆弧,则其长度公式为:

$$L = \frac{\alpha\pi R}{180^\circ}$$

式中 L ——弧长;

α ——弧所对的圆心角度数；

R ——圆弧的半径。

圆周或圆弧的伸直也可用作图法。

1. 把半径为 R 的圆周伸直

见图 1-35,作法是:①作已知圆的两条相互垂直的直径 1—1'和 4—5,以点 1 为圆心,以 R 为半径画弧交圆周于点 2,连接 O—2 且延长,交过点 4 的圆的切线于点 3;②在 3—4 的延长线上,截取 3—6 等于 $3R$,再连接 5—6,则 5—6 的长即为圆周展开长度的一半。

2. 半径为 R 圆心角小于 90° 的圆弧的伸直画法

见图 1-36。方法是:先过弧线一端点 A 作半径 O—A 的垂线 A—E,然后在 A—O 的延长线上取 D 点,使 A—D 等于 $3R$,连接 D 与弧的另一端点 B 且延长之,交 A—E 于 C 点,则 A—C 长就等于 \widehat{AB} 之长。

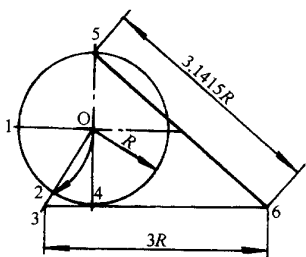


图 1-35 圆周伸直的画法

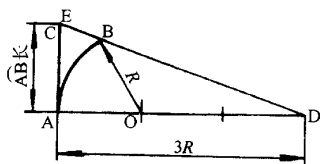


图 1-36 圆弧伸直的画法

十一、抛物线

用已知宽度 a 和高度 b 作抛物线的方法:如图 1-37 所示,图形以 OO' 为对称线,左右对称,将 O—A 和 A—D 分为相同的若干部分(图中为 4 部分)。由 O—A 的等分点向下引与 A—D 的平行线,与 A—D 的等分点与 O 连接直线相交得点为 $1' 2' 3'$ 。以曲线平滑连接各点,即得出所求的抛物线。

十二、渐开线

用已知直线 d 作渐开线的方法:如图 1-38 所示,首先把圆分成若干等分(本图为 12 等分),等分点为 $1 2 3 \dots 12$ 。分别作各等分点的切线。以点 1 为圆心,弧长 1—12 为半径画圆弧与过点 1 的切线交于 $1'$;以 2 为圆心,弧长 2—12 为半径画弧与过点 2 的切线交于 $2'$,用同样方法顺次求出点 $3' 4' \dots 12'$ 。平滑连接所得各点,即得出所求的渐开线。

十三、螺旋线

螺旋线的作法如图 1-39 所示,将圆柱水平投影圆周和导程 s 作同数等分。由导程的等分点引水平线与由圆周等分点所引的上垂线相交,对应交点连成曲线,即得出所求的螺旋线。

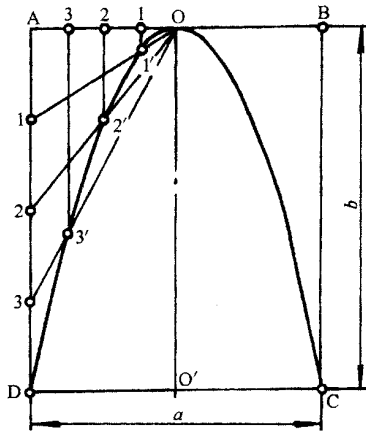


图 1-37 抛物线的作法

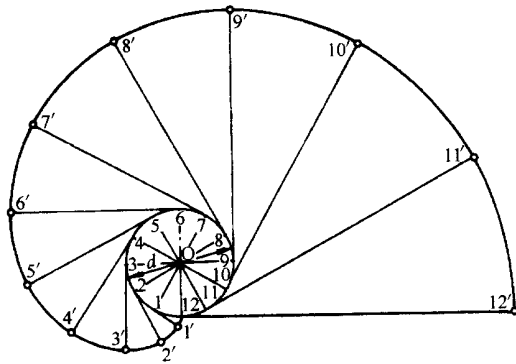


图 1-38 渐开线的作法

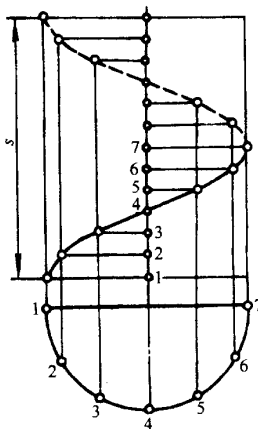


图 1-39 螺旋线的作法

第二节 等径圆管制件展开图画法

一、圆周长及圆管展开图画法

1. 圆周长的求法

求圆周长的常用方法有计算法和图解法两种。一般作圆管展开都用计算法,作异径管展开都用图解法。

计算法如图 1-40 所示。

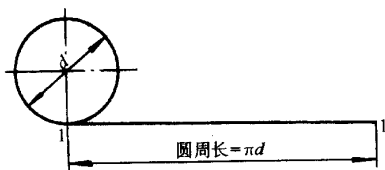


图 1-40 圆周长的算法

图解法如图 1-41 所示。先按已知直径画圆,在圆周上分成若干等分(等分要求,弦长近似等于弧长),然后将画规开度定为一个等分的弦长,在直径上(或曲线上)量取圆周上的等分数目,即得出近似圆周长。图 1-41 所示,是将圆周分成 12 等分,用画规在直线上量取 12 个等分弦长,即得出近似圆周长。

2. 圆管展开图画法

在工厂里,管道是比较常见的,但较长的管道都是由一节一节的圆管接起来的。一节圆管展开图为矩形,其表面积等于断面周长与管长的乘积,如图 1-42 所示。在实际工作中,经常是先知投影图,而后作出展开图,如图 1-43 所示。展开图上的三条基准线是必要的,在钢板上实际下料时,需将两端基准点做标记(打三个冲眼)在管道安装时就以展开图基准线为基准组成若干节管道。

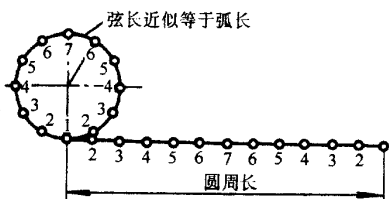


图 1-41 圆周长的图解法

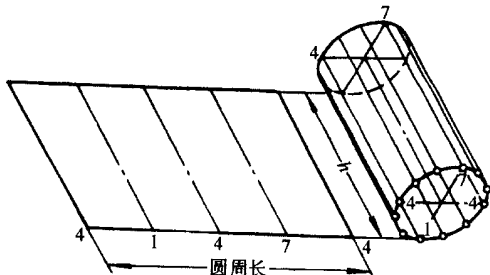


图 1-42 圆管展开图

二、两节圆管接头

1. 两节圆管直角弯头

图 1-44 所示的是两节弯头的立体图。图 1-45 所示的是两节弯头的投影图,图中已知尺寸为 d 、 h 。

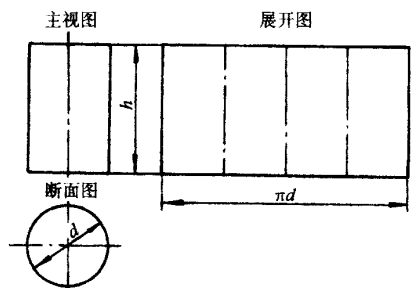


图 1-43 圆管的投影图和展开图

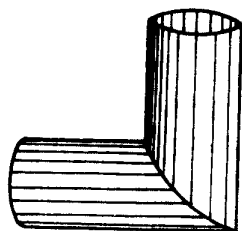


图 1-44 两节圆管弯头立体图

图 1-46 所示的是主视图、断面图和展开图。求这个展开图的主要任务是作展开曲线。先用已知尺寸画主视图的外形和左、下两个断面图,然后将两个断面图的半圆分成六等分,其等分点为 1、2、3、...、7。由左断面图圆周等分点向右引水平线,与由下断面图圆周等分点引上垂线的对应交点连成接合线,这个接合线是一条直线。从主视图可以看出,由左断面图圆周等分点向右引水平线,通过主视图放样,最后画出展开图,得出展开图的曲线。将断面图的半圆画在展开图的旁边,这是从实践中总结出来的所谓“小圆法”,用这种方法能直接画出展开曲线,既准确又缩短放样时间,如图 1-47 所示。先按圆管展开图法画出矩形,在上面的水平线上分为 12 等分,等分点为 4'、3、2、1、2、...、7、...、4。由各等分点分别上下引垂线,与半圆周上的等分点向右引水平线对应交点连成曲线,即得展开图。

2. 任意角度的两节圆管接头

图 1-48 所示的是任意角度的两节圆管弯头的实物图。图 1-49 所示的为该制件的投影图,其中已知尺寸为 a 、 d 、 α 。

图 1-50 是用放样法求图 1-48 所示制件的展开图。具体作法是先将断面图中半圆分成若干等分(图中分 6 等分),由圆周各等分点向上引与圆管中心线的平行线,与接合线相交,得出交点。在由水平管右端点所引的上垂线上截取 4—4 等于断面圆管圆周展开长度,并照录各等分点,由各等分点向左引水平线,与接合线各点分别引上垂线对应交点连成曲线,即得出展开图。

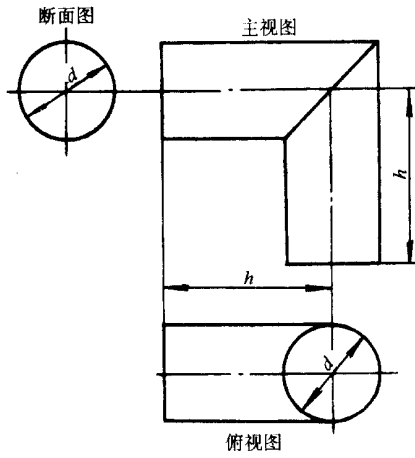


图 1-45 两节圆管弯头投影图

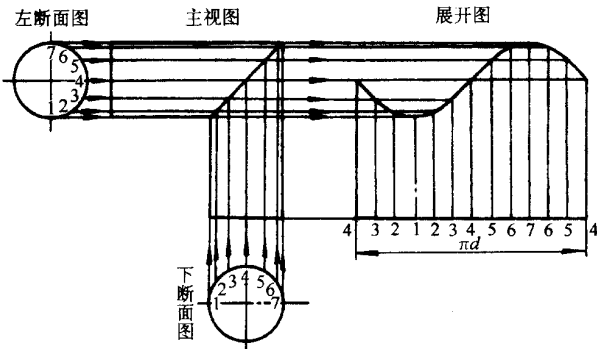


图 1-46 两节圆管弯头的主视图、断面图和展开图

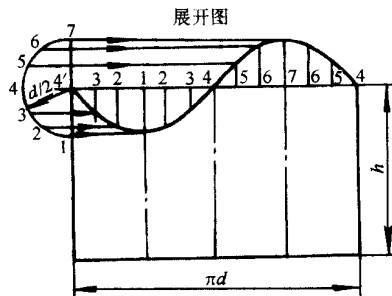


图 1-47 两节圆管接头
展开图的作法

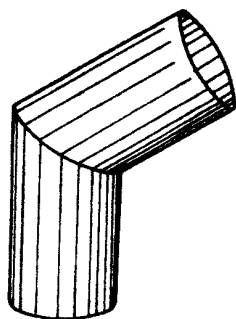


图 1-48 任意角度的两节圆管弯头的实物图

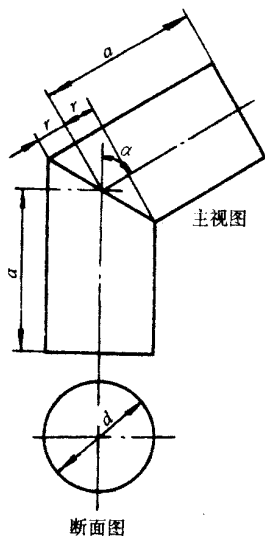


图 1-49 任意角度的两节圆管弯头的投影图

从这里我们发现,从接合线上引的各垂线正好通过以 $4'$ 为圆心, r 为半径所画的 $1/2$ 圆周的各等分点(这里是 6 等分), r 值则是接合线的上下两点距中心线的垂直距离。我们仍用“两节圆管直角弯头”中介绍的“小圆法”,就可以取消上面的繁琐的放样过程。用接合线沿中心线方向高度的一半即 r 画小圆,就能直接作出展开图,如图 1-51 所示。先对已知尺寸 a 的圆管作出展开图,在左边垂直线上分成 12 等分,等分点为 $4'$ 、3、2、1、2、...、7、...、4,按图左右引水平线,与由半径为 r 的小圆圆周等分点引上垂线对应交点连成曲线,即得出所求展开图。

三、任意角度的三节弯头

在总结前边介绍的两节弯头展开图的基础上,用“小圆法”作三节和四节弯头的展开图,取消放大样。

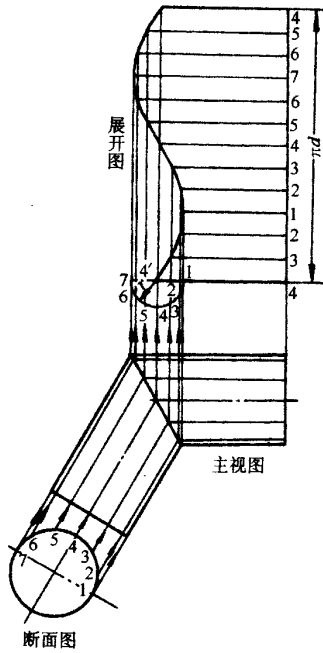


图 1-50 图 1-48 的展开图

图 1-52 所示的是三节弯头的实物图。图 1-53 所示的是该制件的主视图和断面图。图中已知尺寸为 a 、 b 、 R 、 d 、 60° 。

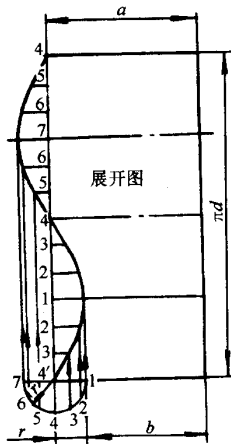


图 1-51 用“小圆法”作图 1-48 的展开图

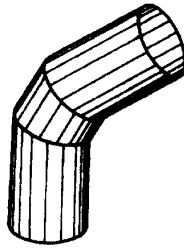


图 1-52 三节弯头的实物图

从已知尺寸看, 接合线的内外两点与圆管中心线的垂直距离差 r 不知道, 必须求出 r 才能用“小圆法”作出展开图。画竖直线 $A-B$, 由 A 引与 $A-B$ 成已知 15° 角的斜线, 与由点 B 向左引水平线得交点为 C , $B-C$ 就是所求的 r 。实际上画出的中间管 II 的展开图即可。管 I 展开图曲线用管 II 的样板画出。因此只介绍一下管 II 的展开图画法。取水平线 $O-3$, $3-O$ 分别等于已知尺寸 b , 在由点 3 所引的上垂线上, 取 $3-3'$ 等于已知断面图圆周长 πd 8 等分 $3'-3''$, 等分点分别为 $3', 2', 1', 2', 3', 4', 5', 4', 3''$ 。通过各等分点引水平线, 与由 O 为圆心, r 为半径所画的 $1/2$ 圆周上的等分点所引的上垂线对应交点连成曲线, 即得出管 II 展开图。同时得出管 I 展开图。

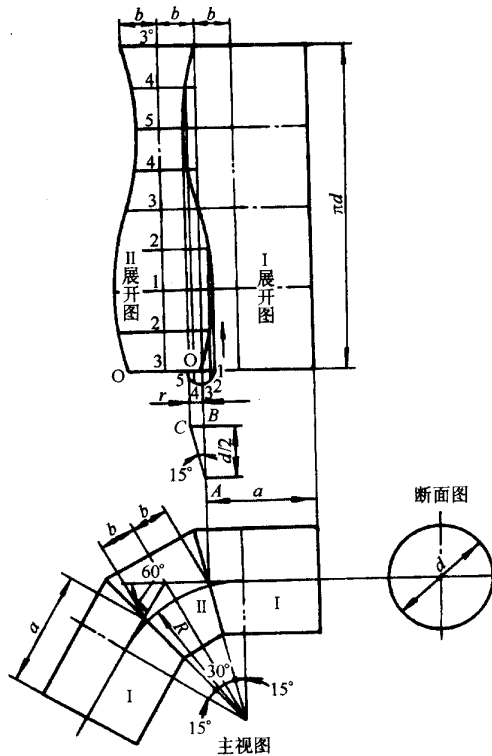


图 1-53 图 1-52 的投影图、断面图和展开图

四、四节 90°弯头

图 1-54 所示的是四节弯头的实物图。图 1-55 所示的是该制件的主视图和断面图。图中已知尺寸为 R 、 90° 、 d 。

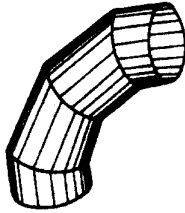


图 1-54 四节弯头的实物图

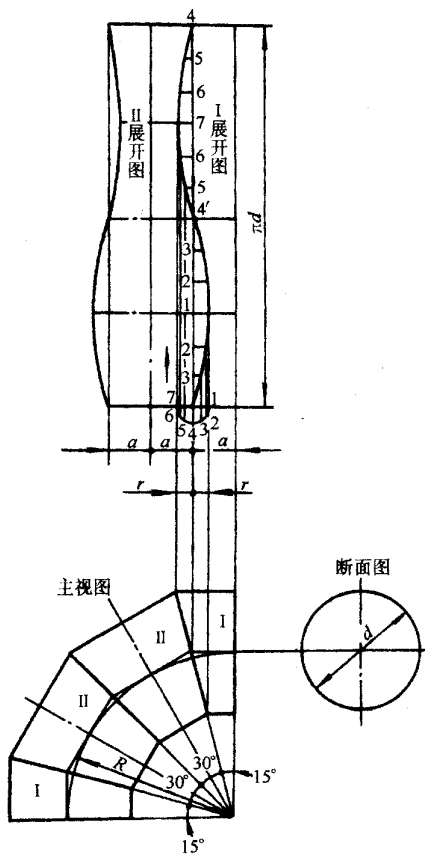


图 1-55 图 1-54 的主视图、端面图和展开图

四节弯头和三节弯头展开方法是一样的,只是已知条件不同。从已知主视图可以看出,管

I 是 15° 角, 管 II 是 30° 角, 因此, 管 II 等于管 I 的两节。但管 I 和管 II 中心长度和展开图需要的 r 必须求出, 如果用放样法求出, 只画管 I 实样即可。若用计算法也比较简单。

计算式:

管 I 中心线长度 $a = 0.2679R$

展开图需要的小圆半径 $r = 0.13395d$

展开图的画法: 画竖直线 4—4 等于断面图圆周长, 12 等分 4'—4' 等分点为 4、3、2、1、...、7、...、4。通过各等分点引水平线。以点 4 为圆心, r 作半径画半圆, 6 等分半圆周, 再由各等分点引上垂线, 与各水平线对应交点连成曲线。由点 4' 向左取 2 倍 a 的长度向上画直线, 即为管 I 展开图。

第三节 圆管三通管展开图作法

一、等径圆管三通管展开法

圆管弯头和圆管三通管从形式上看是完全不同的, 但我们不能只看它的现象, 而要看到它的本质。等径圆管三通管接合线为直线, 图 1-56 所示的就是等径等角三通管的接合线。我们先看三通管里的一个支管, 是由管中心向不同的方向斜截两次, 而弯头里的一节管是一端通过中心斜截一次, 二者只是斜截一次和斜截二次的区别, 但道理是相同的。所以我们可以根据弯头的展开原理和方法作出三通管的展开。

1. 等径等角三通管

图 1-57 所示的是等径等角三通管的主视图和断面图, 图中已知尺寸为 R 、 d , 且各支管中心线交角均为 120° 。

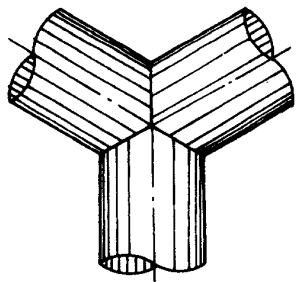


图 1-56 等径等角三通管的实物图

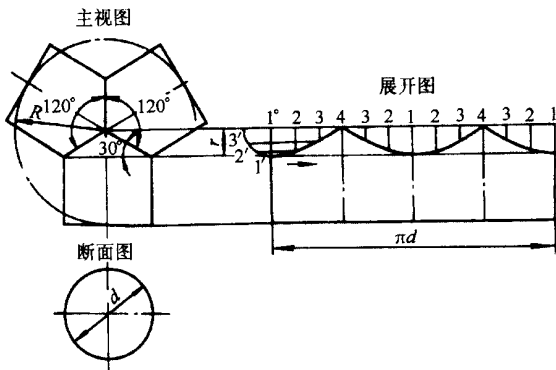


图 1-57 等径等角三通管的主视图、端面图和展开图

我们从一个支管看, 即为一个圆管由中心左右斜截两次, 角度都为 30° 。因此, 求展开图用的小圆半径的计算式为:

$$r = 0.2887d$$

展开图画法:先按圆管画出展开图,然后画曲线。把展开图上边的水平线分成 12 等分,等分点为 1° 、 2° 、 3° 、 4° 、 \dots 、 12° 。由各等分点引下垂线,再以点 1° 为圆心, r 作半径画 $1/4$ 圆,3 等分 $1/4$ 圆周,等分点为 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。由各等分点向右引水平线,与各点引下垂线对应交点连成曲线,即得出所求展开图。

2. 任意角度的等径三通管

图 1-58 所示的是任意角度的等径三通管的实物图。图 1-59 所示的是该制件的主视图、断面图和展开图。

先用放样法求展开图,将断面图半圆周分成 6 等分,等分点为 1 、 2 、 3 、 \dots 、 7 ,由各等分点向左引管 II 中心线的平行线,与管 I 的接合线交点为 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$,与管 II 的接合线交点为 $4'$ 、 $5'$ 、 $6'$ 、 $7'$ 。由接合线上的交点求展开图。

管 I 开图画法:在 A—b 向下延长线上取 $1-1^{\circ}$ 等于断面图圆周展开长度,并照录各等分点,由各点向右引水平线,与由接合线上各点向下引的 A—B 的平行线相交,对应交点连成曲线,即得出管 I 展开图。

管 II 展开图画法:在 C—D 向上延长线上取 $7-7^{\circ}$ 等于断面图圆周展开长度,并照录各点,由各点引对 $7-7^{\circ}$ 的直角线,与由接合线各点所引的 C—D 的平行线相交,对应交点连成曲线,即得出管 II 展开图。

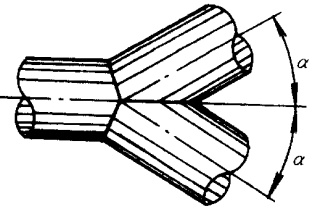


图 1-58 任意角度等径三通管实物图

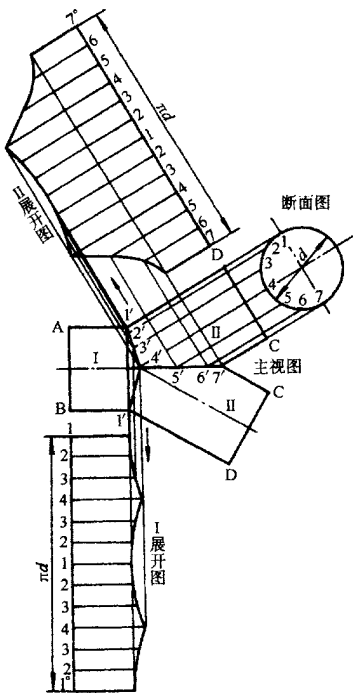


图 1-59 图 1-58 的主视图、断面图和展开图

图 1-60 所示的是任意角度等径三通管的主视图和断面图,图中已知尺寸为 a 、 b 、 d 、 α 。

根据主视图求出作展开图的半径 r 、 r_1 。

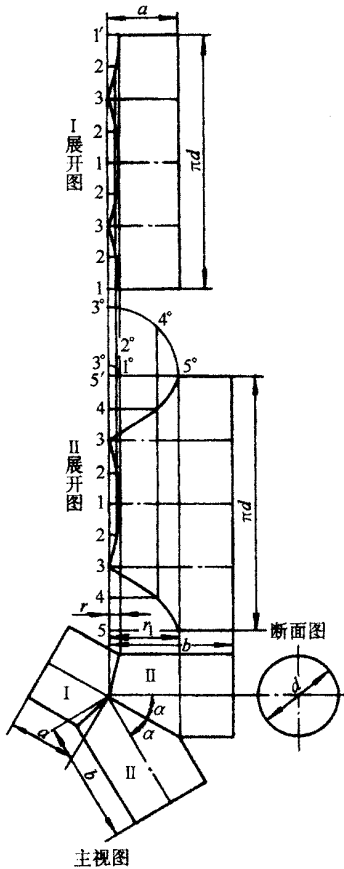


图 1-60 任意角度等径三通管的展开图

用计算法求 r_1 、 r 的计算式为：

$$r_1 = \frac{d}{2} \cot \alpha$$

$$r = \frac{d}{2} \tan \frac{\alpha}{2}$$

不用放样,直接用“小圆法”作任意角度等径三通管的展开图,如图 1-60 所示。先按圆管展开图画法画出管 I 和管 II 的展开图,然后再画曲线。8 等分展开图 1—1' 5—5',由各等分点向右引水平线,以点 5 为圆心,分别 r 、 r_1 作半径画同心 $1/4$ 圆,二等分 $1/4$ 圆周,等分点为 1° 、 2° 、 3° 和 3° 、 4° 、 5° 。通过各等分点引竖直线与各水平线相交,对应交点连成曲线,即得出管 I、管 II 的展开图。

3. 直角三通管

图 1-61 所示的是直角三通管的实物图。图 1-62 所示的是主视图、断面图和展开图。主视图的外形为已知的投影图。放样当中,先画出主视图和断面图,然后 6 等分断面图半圆周,等分点为 1、2、3、4、...、1。由各等分点引上垂线,与接合线交点为 1、2、3、4,由

接合线上各点求展开图。

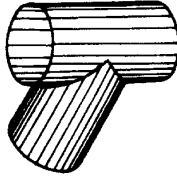


图 1-61 直角三通管的实物图

管 I 展开图画法: 在 FE 向右延长线上截取 $1-1'$ 等于断面图圆周展开长度, 并照录各等分点, 由各等分点引上垂线, 与接合线上的各点向右所引的 FE 的平行线相交, 对应交点连成曲线, 即得出管 I 展开图。

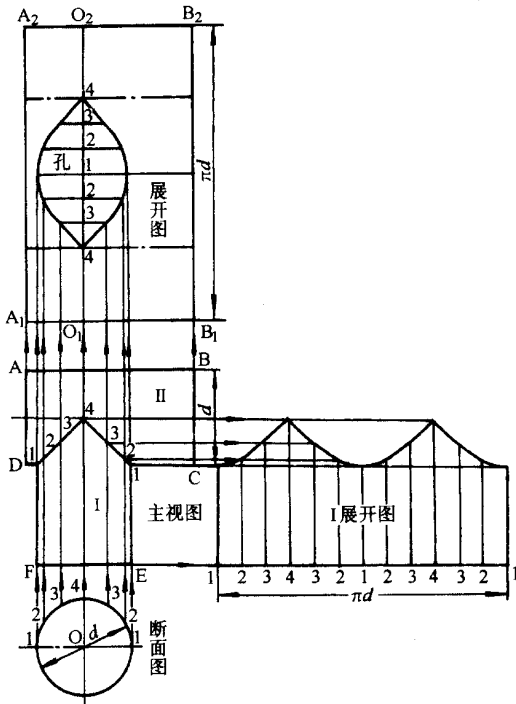


图 1-62 图 1-61 的主视图、断面图和展开图

管 II 展开图画法: 在主视图中管 I 中心线的延长线上截取 O_1O_2 等于断面圆周展开长度, 并照录各等分点, 由各等分点引水平线, 与由主视图各点所引的上垂线相交, 对应交点连成直线和曲线, 即得出管 II 展开图。

通过分析上述等径圆管制件展开图画法, 我们从复杂的放样过程中可以得到取消放大样的简便作法, 在这个过程中得出一条规律, 等径圆管制件接合线为直线。放大样最麻烦, 画小圆作曲线比较简单, 但在实际工作中还有更简便的方法。图 1-63 所示的是图 1-61 所示的直角三通管的投影图。按投影图的已知半径, 在图 1-64 上画 $1/4$ 圆, 即小放样图 a, 然后把圆周各等分点到水平线的距离 h_1 、 h_2 画在铁板条上, 再画管 I 和管 II 的展

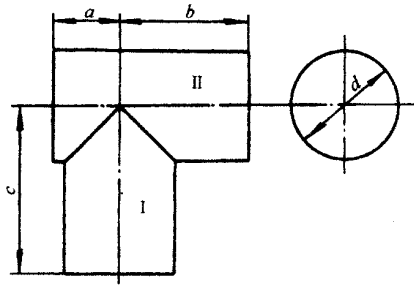


图 1-63 图 1-61 的投影图

开图,如图 1-64b 所示。把需要画曲线的地方画出等分点,而后分别作垂线,用铁板条上的记号画出各等分点垂直的距离,其点分别为 1、2、3、4,通过各点连成曲线,即为展开图上的曲线。

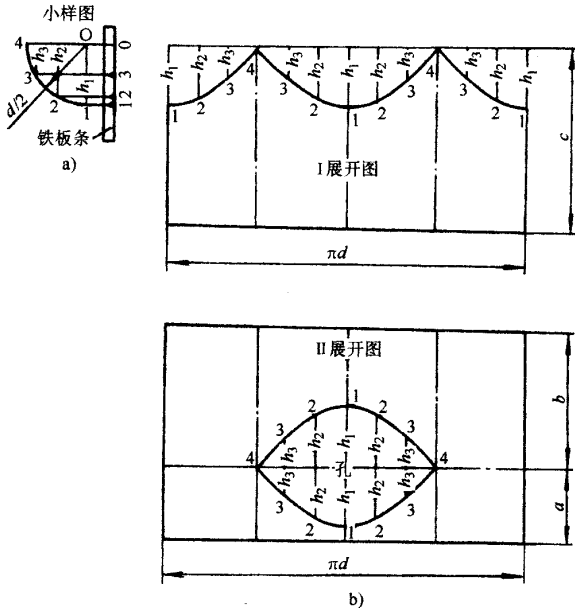


图 1-64 图 1-63 的小放样图和展开图

二、异径圆管三通管展开法

通过上面的介绍,我们可以看出:一般情况下,作展开曲线必须先要求出接合线,等径圆管相交的接合线一般为直线,比较易求出;而异径圆管相交的接合线则是曲线,相交形式不同曲线也不同,所以,对异径圆管作展开,要重视接合线的求法。以下先举三个图例,来介绍一下异径圆管的展开方法。

1. 异径直交三通管

图 1-65 所示的是异径直交三通管的立体图以及各辅助线反映到投影面上的情况。图 1-66 所示的是异径三通管的投影图,图中已知尺寸为 a 、 h 、 d 、 d_1 。

接合线的求法:如图 1-67 所示,将两个断面图的半圆周各分为 6 等分,并照录各等

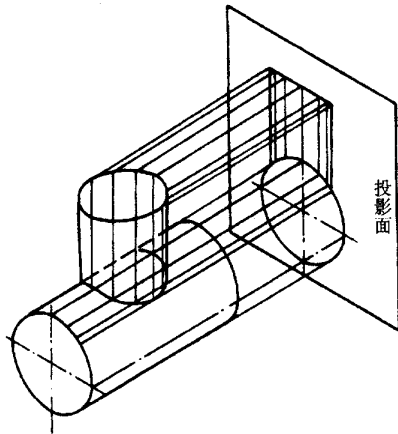


图 1-65 异径直交三通管的立体图

分点。由 T_1 圆圆周的等分点分别引下垂线,与左视图管 II 断面圆周相交。再由交点向左引水平线,与由 T_2 圆圆周等分点分别引下垂线对应交点连成曲线,即得出接合线。

管 I 展开图画法:在由管 I 顶口线向左引水平线上截取 $4-4'$ 等于断面图圆周展开长度,并照录各等分点,由各等分点引下垂线,与由接合线各点向左引水平线对应交点连成曲线,即得出管 I 展开图。

管 II 展开图画法:在由主视图管 II 右端点所引的下垂线上,截取左视图半圆周长,并由中点 4 上下照录各点,由各点向左引水平线,与由主视图左端点及接合线各点引下垂线对应交点连成直线和曲线,即得出管 II 展开图的 1/2。

通过上面求展开图的过程可以看到它的实质。由左视图上方的断面图圆周等分点引下垂线的目的,是求出左视图圆周上的接合点。由接合点向左引水平线,通过主视图,即得到了管 I 展开图。由主视图上方的断面图圆周等分点向下引垂线,通过主视图,即得到管 II 展开图。通过以上现象我们可以抓到本质,即只画出两个圆管的 1/4 断面,即可做出展开图,如图 1-68 所示。先画出 1/4 的重合断面,再将小圆周分成 3 等分,等分点为 1、2、3、4。通过各等分点作垂线,向上与大圆圆周交点为 1° 、 2° 、 3° 、 4° ,即为接合点向下得出孔的曲线,作出管 II 展开图,向左画出管 I 展开图。然后将接合点的垂直距离移到展开图上画出展开图的曲线。

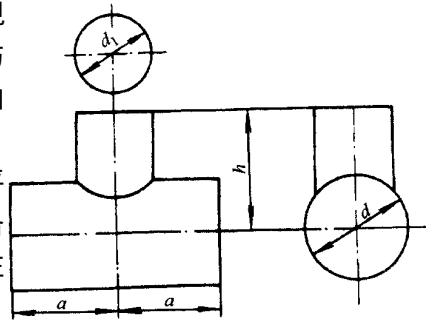


图 1-66 异径直交三通管的投影图

2. 异径斜交三通管

图 1-69 所示的是异径斜交三通管的立体图以及辅助线反映到投影面上的情况。图 1-70 所示的异径斜交三通管的投影图,图中已知尺寸为 a 、 b 、 c 、 d 、 d_1 。

接合线的求法:如图 1-71 所示,先将两个断面图半圆周各分为 6 等分。由 T_1 圆圆

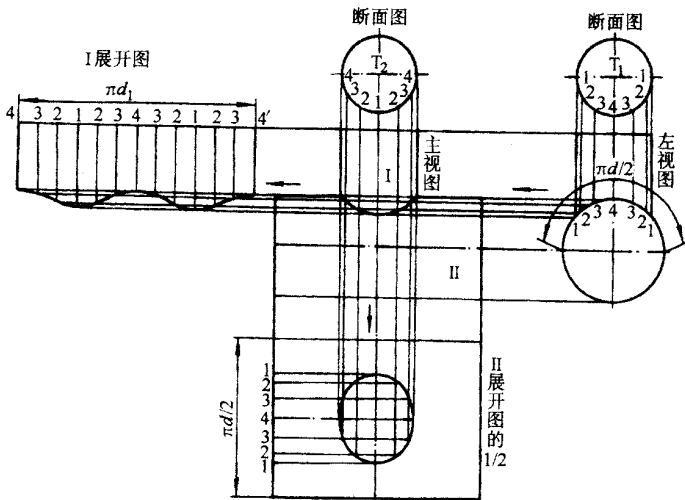


图 1-67 异径直交三通管接合线的求法

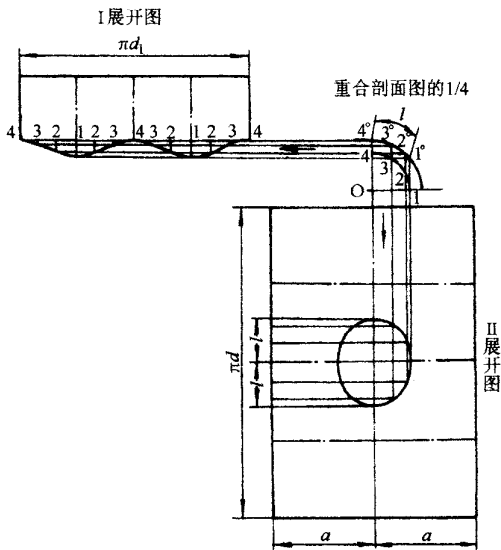


图 1-68 异径直交三通管的展开图

周等分点引下垂线与左视图圆周相交,由各交点向左引水平线,与由 T_2 圆圆周等分点向下引与管 I 中心线的平行线相交,对应交点连成曲线,即为结合线。由主视图管 I 顶口各点向右引水平线对应交点连成曲线,即为左视图管 I 顶口投影形状。

管 I 展开图画法:如图 1-72 所示,在 AB 延长线上截取 1—1 等于断面图圆周展开长度,并照录各等分点,由各等分点引 1—1 的直角线,同时由接合线各点引 AB 的平行线,将两者的对应交点连成曲线,即为管 I 展开图。

管 II 展开图画法:在由点 C 引下垂线上截取管 II 断面图半圆圆周长,并由中心 I(7) 上下照录各点,由各点向左引水平线,与由主视图点 D 和接合线各点引下垂线对应交点连成曲线,即得到管 II 展开图的 1/2。

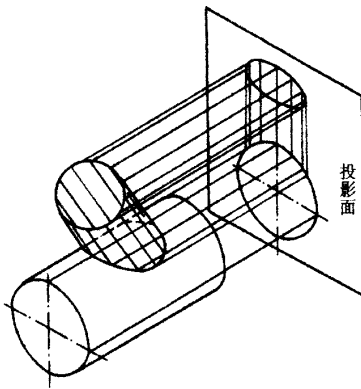


图 1-69 异径斜交三通管的立体图

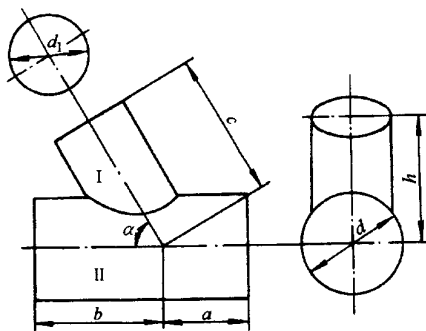


图 1-70 异径斜交三通管的投影图

通过以上介绍看来,作接合线是比较复杂的,它的主要矛盾是如何求接合线和作展开图的曲线,在实际工作中,用“小圆法”只画出曲线部分即可,如图 1-73 所示。以点 O 为圆心 $d_1/2$ 和 $d/2$ 分别为半径画出重合断面图的 $1/4$ 。3 等分小圆圆周,等分点为 1、2、3、4,由各等分点引上垂线,与大圆圆周交点为 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。任意取一点 B ,由 B 向上引与水平线成 α 角的斜线 AB ,在 $A-1$ 线上左右照录各点,由各点引与 $A-B$ 的平行线,与大圆圆周各点向左引水平线对应交点连成曲线,即为接合线,再根据接合线作展开图上的曲线。

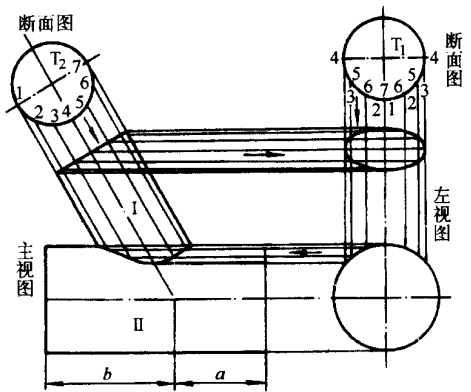


图 1-71 异径斜交三通管接合线的求法

3. 异径一侧直交三通管

图 1-74 所示的是异径一侧直交三通管的立体图以及将辅助线反映到投影面上的情况。图 1-75 所示的是异径一侧直交三通管的投影图,图中已知尺寸为 a 、 h 、 d_1 、 d 。

接合线的求法:如图 1-76 所示,先将两个断面图半圆周分别分成 4 等分,由左

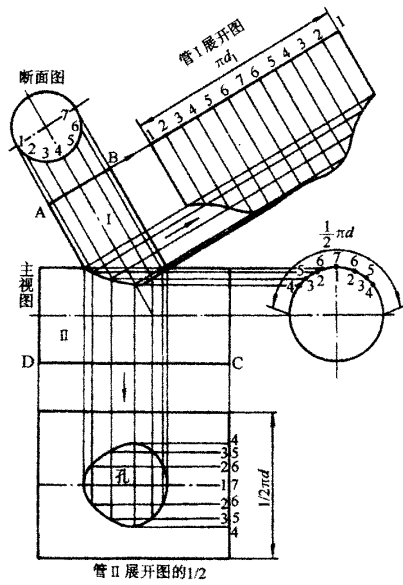


图 1-72 异径斜交三通管的展开图

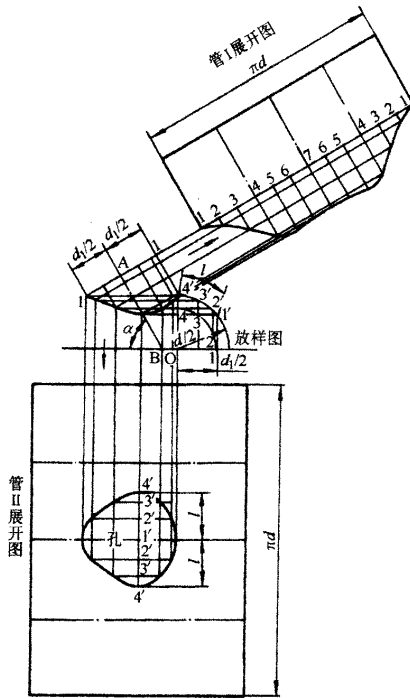


图 1-73 用“小圆法”作展开图

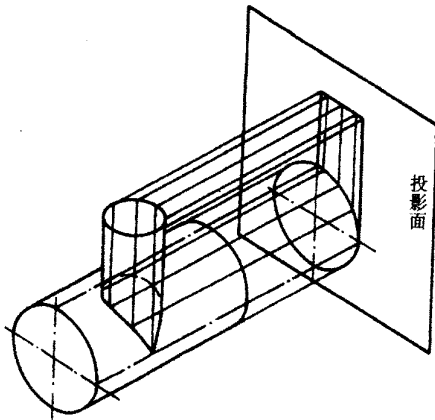


图 1-74 异径一侧直交三通管的立体图

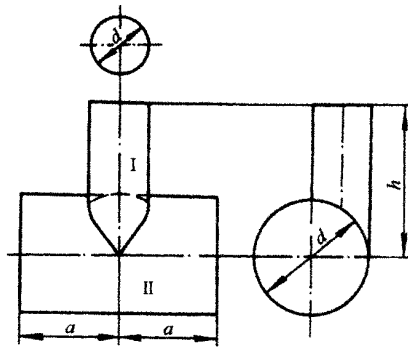


图 1-75 异径一侧直交三通管的投影图

视图上方半圆周各等分点分别引下垂线,与管 II 断面图相交,交点为 $1'$ 、 $2'$ 、...、 $5'$ 。再由各交点向左引水平线与由主视图上方半圆周各等分点分别引下垂线相交,对应交点连成曲线,即为所求的接合线。

管 I 展开图画法 :在由管 I 顶口线向左引水平线上截取 1—1 等于断面图的圆周展开长度,并照录各等分点,由各等分点引下垂线,与接合线各点向左引水平线对应交点连成曲线,即为管 I 展开图。

管 II 展开图画法 :在由管 II 右端点引下垂线上截取左视图半圆周长,并照录各等分点,由各点向左引水平线,与由主视图接线各点和左端点引下垂线对应交点连成曲线,即为管 II 展开图的 $1/2$ 。

本题与异径直交三通管接合线的位置虽然不同,但展开图画法的理论相同。如果取消放大样,画出重合断面图,也可作出展开图,如图 1-77 所示。

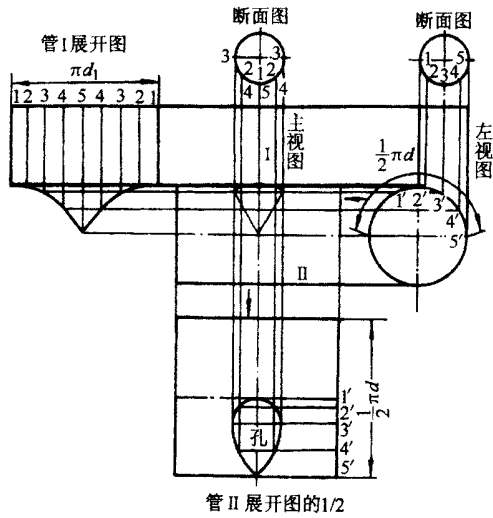


图 1-76 图 1-74 的接合线和展开图的画法

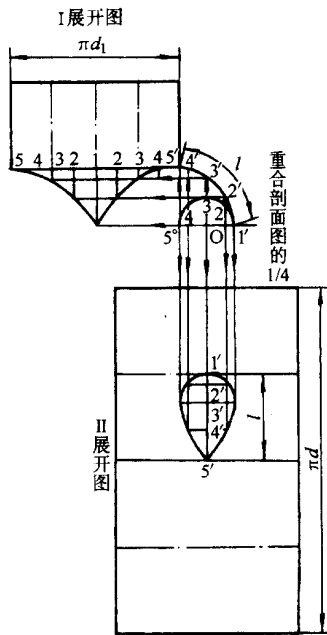


图 1-77 图 1-74 展开图的简单画法

第四节 多面体制件展开图的作法

什么叫多面体？凡是由几个平面围成的形体叫多面体。它与圆管制件是不相同的。因此作展开图时要把各侧面分别展开，然后将各侧面板展开图合起来便构成一个整体。作展开图时首先要分析各侧面的形状，相同的侧板只作一个展开图即可。

一、矩形方盒

如图 1-78 所示的是矩形方盒的立体图。图 1-79 是主视图和俯视图，图中已知尺寸为 a 、 b 。

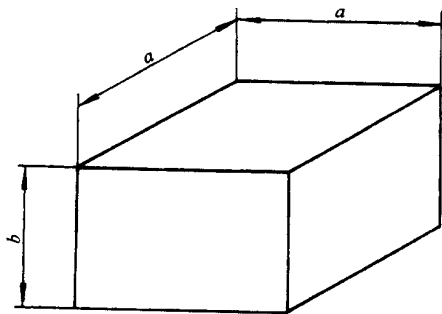


图 1-78 矩形方盒的立体图

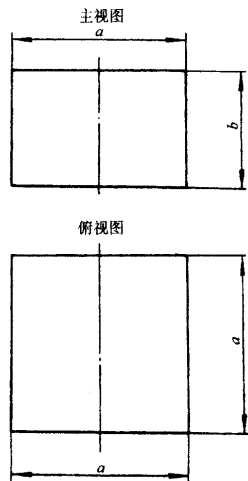


图 1-79 矩形方盒的主视图和俯视图

从图中可知，四块侧板形状是相同的，上下二块底板的形状也是相同的。因此只作出一块侧板和一块底板的展开图即可。

侧面板展开图画法：侧面板的展开图与主视图相同，画出四块就是侧板的展开图。

上下底板展开图画法：上下底板的展开图与俯视图相同，画出二块就是上下底板的展开图，如图 1-80 所示。

二、正方形大小头

图 1-81 所示的是正方大小头的立体图。图 1-82 所示的是主视图和俯视图，图中已知尺寸为 a 、 b 、 c 、 h 。

从图中可以看出，四块侧板形状是相同的，因此，只作出一块侧板的展开图即可。

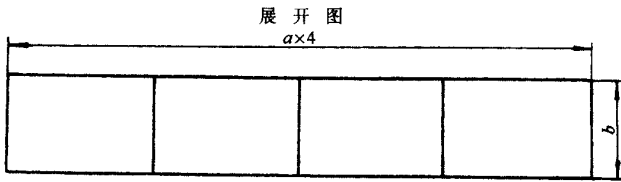


图 1-80 矩形方盒的展开图

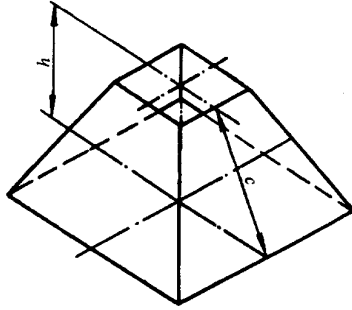


图 1-81 正方大小头的立体图

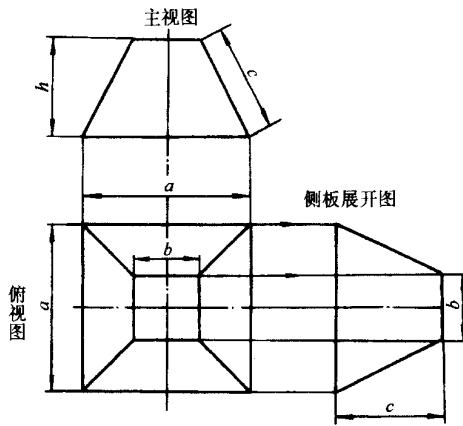


图 1-82 正方大小头的主视图、
俯视图和侧板展开图

侧板展开图画法:侧板的展开图是个梯形,上口和底口为已知尺寸 b 和 a ,其高为主视图斜边长 c 。用这一个侧板展开图作为样板,画出四块就是整体的展开图,如图 1-83 所示。

三、矩形管两节 90° 弯头

图 1-84 所示的是矩形管两节 90° 弯头的立体图。图 1-85 所示的是主视图和断面图,图中已知尺寸为 a 、 b 、 c 。

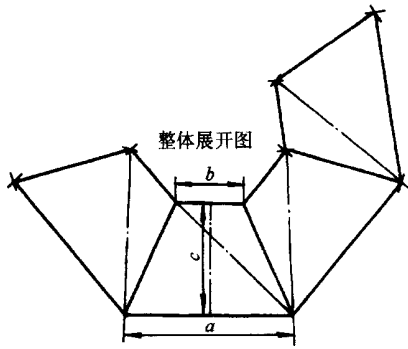


图 1-83 正方大小头的整体展开图

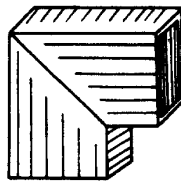


图 1-84 矩形管两节 90°弯头的立体图

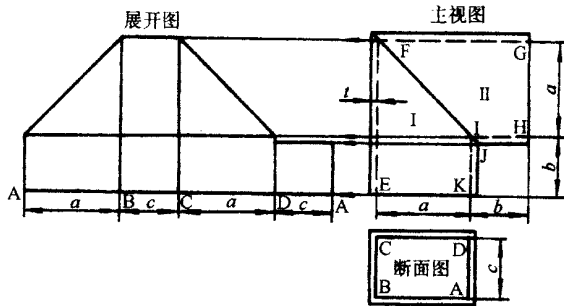


图 1-85 矩形管两节 90°弯头的主视图、断面图和展开图

展开图画法:在主视图 KE 延长线上截取 AA 等于断面图周长,并照录各棱点引上垂线,与主视图接合线点 F、I、J 向左引与 EK 平行线对应交点连成曲线,即得出所求的展开图。用此展开图画出二块就是整体的展开图。

四、方管两节 90°弯头

图 1-86 所示的是方管两节 90°弯头的立体图。图 1-87 所示的是主视图和断面图。图中已知尺寸为 a 、 b 、 d 。

展开图的画法:首先根据主视图画出前后板的展开图 I,然后根据主视图和断面图分别画出上下侧板的展开图 II、图 III。

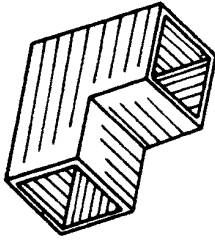


图 1-86 方管两节 90°弯头的立体图

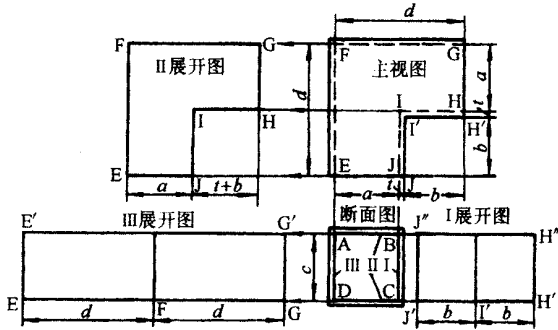


图 1-87 方管两节 90°弯头的主视图、断面图和展开图

五、方漏斗

图 1-88 所示的是方漏斗的立体图。图 1-89 所示的是主视图、左视图和俯视图,图中已知尺寸为 a 、 b_1 、 b_2 、 c_1 、 c_2 、 e 、 h_1 、 h_2 、 h_3 。

侧板展开图画法:在左视图向下延长中心线上截取等于主视图 h_3 、 f_2 、 h 得点为 A、B、C、D。通过各点引水平线,与由左视图里各点分别引下垂线对应交点分别接成直线,即得出侧板展开图。

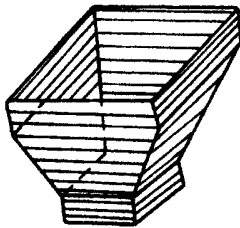


图 1-88 方漏斗的立体图

前侧板展开图画法:在主视图向下延长中心线上截取等于左视图 g 、 f 、 h 得点为 A_2 、 B_2 、 C_2 、 D_2 。通过各点引水平线,与由主视图各点分别引下垂线对应交点分别连成直线,即得出前侧板展开图。

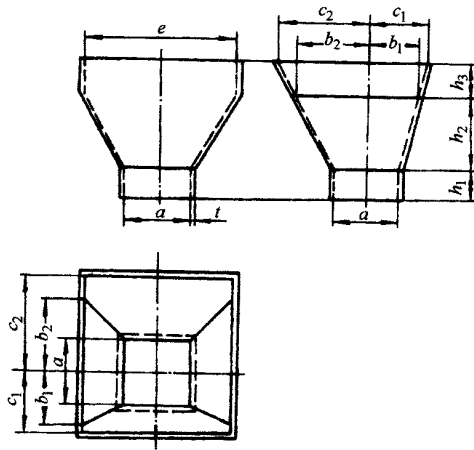


图 1-89 方漏斗的主视图、左视图和俯视图

后侧板展开图画法:在主视图向下延长中心线上截取等于左视图 g_1 、 f_1 、 h 得点为 A_1 、 B_1 、 C_1 、 D_1 。通过各点引水平线,与由主视图各点分别引下垂线对应交点分别连成直线,即得出后侧板展开图,如图 1-90 所示。

六、凸五角星

图 1-91 为凸五角星的立体图,已知半径 R 和高度 h 。

先用已知尺寸画出俯视图和主视图。由俯视图点 1、3'引上垂线与主视图得出交点与 O' 连线,得出 R' 、 r' 即为画展开图的半径。如图 1-92 所示。

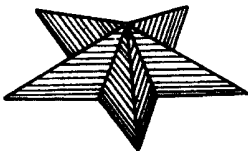


图 1-91 凸五角星的立体图

展开图画法:如图 1-93 所示,在水平线上任取点 O' 为中心 R' 、 r' ,作半径画圆周。在外圆周上任取点 1 为中心,以图 1-92 俯视图 a 作半径画圆弧与内圆周得交点为 $1'$ 、 $5'$ 。以点 1,为中心 a 作半径画圆弧与外圆周交点为 2。以点 2 为中心 a 作半径画圆弧与内圆周交点为 $2'$ 。用同样的方法顺次画圆弧求出点 3 、 $3'$ 、 4 、 $4'$ 、 5 、 $5'$ 。以直线连接各点与 O' 为折线,再以直线连接内、外圆周 $1-1'$ 、 $1'-2$ 、 $2-2'$ 、 \dots 、 $5-5'$,即得出所求展开图。

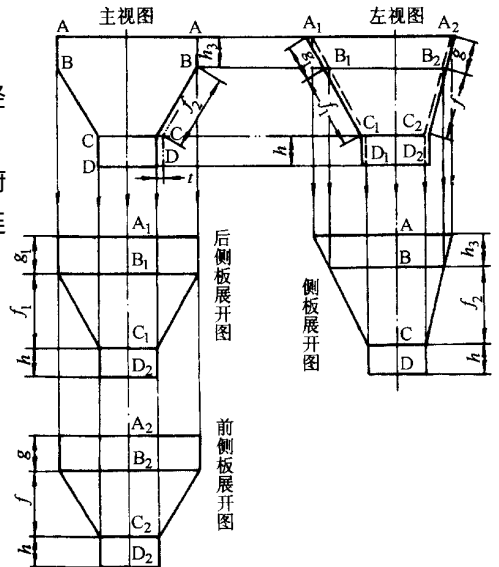


图 1-90 方漏斗的展开图

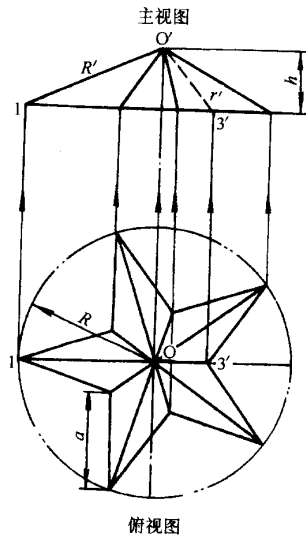


图 1-92 凸五角星的主视图和俯视图

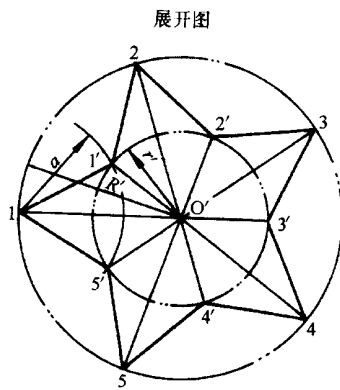


图 1-93 凸五角星的展开图

第五节 圆锥体制件展开图画法

一、正、斜圆锥及圆锥管

1. 正圆锥

图 1-94 所示的是正圆锥的立体图。图 1-95 所示的是该制件的主视图和俯视图，图中已知尺寸为 h 、 d 、 R 。

画正圆锥展开图的方法很多,这里仅介绍常用的二种方法:

(1)以点O为圆心,R作半径画圆弧,用钢卷尺在弧上量取俯视图圆周长,其点为1、2,然后与O连线,即为展开图,如图1-95所示。

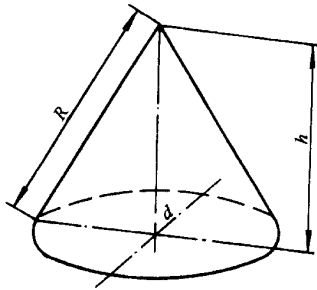


图 1-94 正圆锥的立体图

(2)先求出展开图的角度 α ($d = 180^\circ \times \frac{d}{R}$)再以点O为圆心,及作半径画圆,在圆里取出 α 角部分,即为展开图,如图1-95所示。当 α 角小于 180° 时采用第一种方法更为简便。

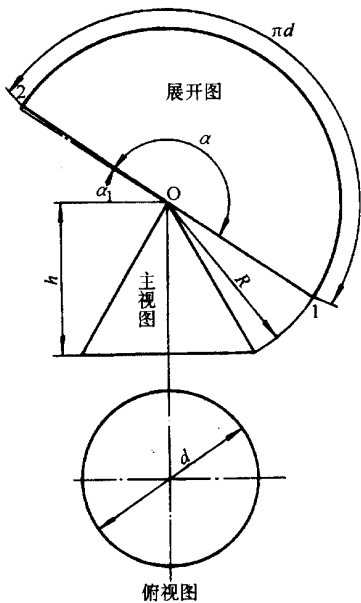


图 1-95 正圆锥的展开图

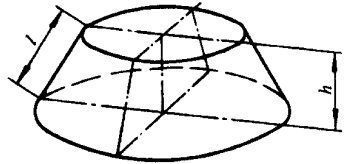


图 1-96 圆锥管的立体图

2. 圆锥管

图1-96所示的是圆锥管的立体图。图1-97所示的是该制品的主视图和俯视图,图中已知尺寸为 d_1 、 d_2 和 h 。

圆锥管一般又称为大小头,实际上就是半截正圆锥的一部分。用延长两侧线求展开

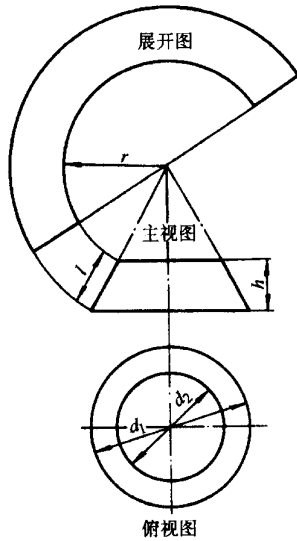


图 1-97 圆锥管的展开图

图的半径,一般不太精确,如果制件要求精确,需用计算方法。计算式如下:

$$\text{展开图半径 } r = \frac{ld_2}{d_1 - d_2}$$

展开图画法,除增加一条圆弧线外,与正圆锥展开图画法相同。

3. 斜圆锥

图 1-98 所示的是斜圆锥的立体图。图 1-99 所示的是该制件的投影图,图中已知尺寸为 a 、 d 、 h 。

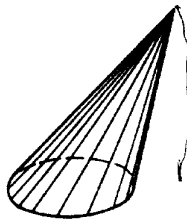


图 1-98 斜圆锥
的立体图

锥面实长线的求法:如图 1-100 所示。先用已知尺寸画出俯视图和主视图。将俯视图的半圆周分成若干等分(图中为 6 等分),等分点与 O_1 连成直线,再以 O_1 为圆心, d_1 到各点的距离作半径画同心圆弧,与水平中心线相交,交点为 $2'$ 、 $3'$ 、 \dots 、 $6'$ 。由各点引上垂线,与主视图中的水平线 $1-7$ 交点为 1 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 、 $5'$ 、 $6'$,各点和 O 连接,即为主视图各线实长。

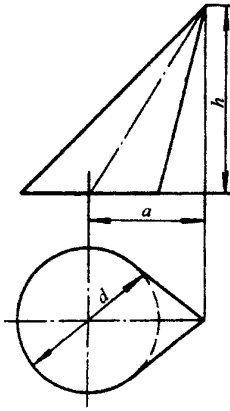


图 1-99 斜圆锥的投影图

展开图画法 :以点 O 为圆心 ,各实长线分别为半径画同心圆弧 ,在圆弧上任取一点 7 ,以 7 为圆心 ,俯视图中各等分弧长作半径 ,顺次画圆弧 ,其交点为 $1、2、\dots、7$ 。通过各点连成曲线 ,即为展开图。

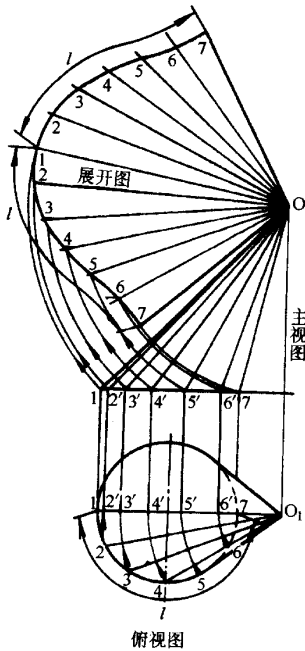


图 1-100 斜圆锥的展开图

4. 斜圆锥管

图 1-101 为斜圆锥管的立体图 ,图 1-102 为主视图 ,已知尺寸为 $d、d'、a、h$ 。圆锥顶点可用以下计算式求得 :

$$x = \frac{h(d+t)}{d'-d}$$

$$y = \frac{ax}{h}$$

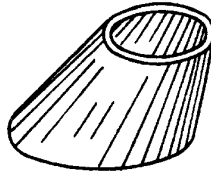


图 1-101 斜圆锥管的立体图

用已知尺寸按中心径画主视图和底断面的 1/2。在水平线上取 TO' 等于 $a+y$ 。以 T 为中心按板中心径 $d'+t$ 的一半作半径画半圆周 1—4—7。6 等分半圆周, 等分点为 1、2、3、...、7。以直线连接各等分点与 O' 。再画主视图。在由 O 引对 TO' 的直角线取 $O'C$ 、 CO 等于 h 、 x 高度。连接 1— O 和 7— O , 与由 C 向左引与 TO' 的平行线交点为 A 、 B , 即得出主视图。再以 O' 为中心 $O'-2$ 、 $O'-3$ 、...、 $O'-6$ 作半径画同心圆弧与 TO' 交点为 $2'$ 、 $3'$ 、...、 $6'$ 。连接各点与 O , 即得出各线实长。

展开图画法: 在以 O 为中心 $O-1$ 作半径画圆弧上任取一点 $1'$ 。以 O 为中心 $O-2$ 、 $O-3$ 、...、 $O-7$ 作半径画同心圆弧, 与以 r 为中心俯视图 1—2 顺次画圆弧得交点为 2、3、4、...、7。通过各点连成曲线, 并连接各点与 O , 与以 O 为中心 AB 线上各交点到 O 作半径画同心圆弧对应交点连成曲线 $A'B'$ 。则 $7-A'-B'-1'$ 为所求展开图的 1/2。

图 1-103 为另一种斜圆锥管的立体图, 图 1-104 为它的主视图和俯视图。

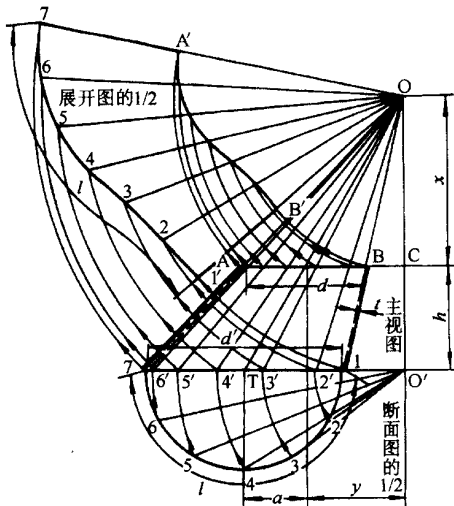


图 1-102 斜圆锥管的主视图和展开图

6。连接各交点与 O 即得出各线实长。

展开图画法: 在以 O 为中心 $O-1$ 作半径画圆弧上任取点 $1'$ 。再以 O 为中心 $O-2$ 、 $O-3$ 、...、 $O-7$ 作半径画同心圆弧, 与以 1 为中心俯视图 1—2' 作半径顺次画圆弧得交点为 $2'$ 、 $3'$ 、...、 7 、 $6'$ 、...、 $1'$ 。通过各点连成曲线。并连接各点与 O , 与以 O 为中心 AB 线上各

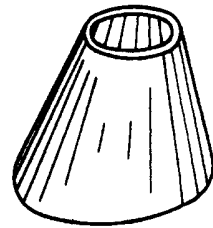


图 1-103 斜圆锥的立体图

圆锥顶点的计算式与前例相同。

用已知尺寸按中心径画出主视图和底断面的 1/2 如图 1-105。6 等分半圆周, 等分点为 1、2'、3'、...、6'、7。连接各等分点与 O' 。以 O' 为中心各等分点到 O' 作半径画圆弧与 TO' 交点为 2、3、...

交点到 O 作半径画同心圆弧对应交点连成曲线 B'B''。则 1'—B''—B'—1' 即为所求展开图。

二、正圆锥管直交圆管

图 1-106 为正圆锥直交圆管的立体图,图 1-107 为主视图和左视图。本件锥体可用‘斜圆锥管’中的计算式求锥管的顶点高度。然后用已知尺寸画出主视图和左视图。如图 1-108 所示。

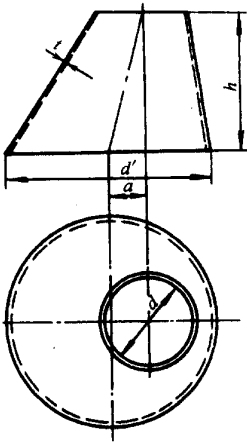


图 1-104 斜圆锥的主视图和俯视图

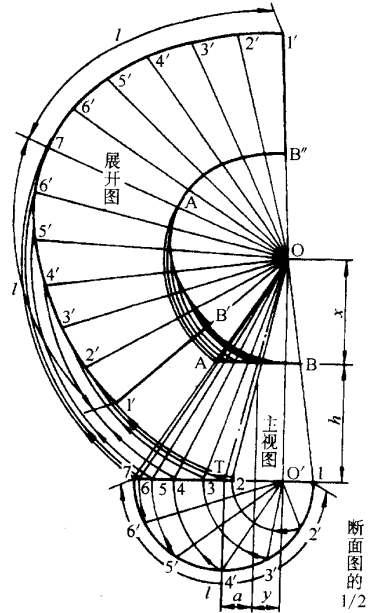


图 1-105 斜圆锥的展开图

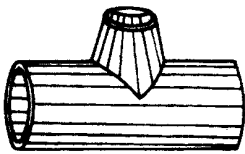


图 1-106 正圆锥直交圆管的立体图

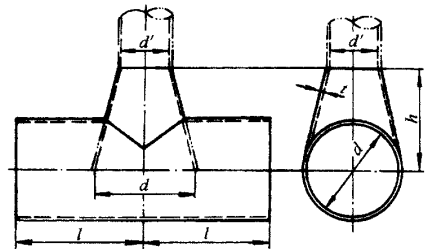


图 1-107 正圆锥直交圆管的主视图和左视图

6 等分左视图半圆周,等分点为 1、2、3、4、3、2、1。由各等分点引上垂线与 1—1 得出交点(未注符号)。以直线连接各交点与 O,与圆周交点为 1'、2'、3'、4'、3'、2'、1'。即为锥管与圆管的接合点。再以主视图 O₂ 为中心 O₂—1 作半径画半圆周,6 等分半圆周,等分点为 4、3、2、1、2、3、4。与左视图等分掉转 90°。由各等分点引上垂线与 4—4 得出交点(未

注符号) ,连接各交点与 O_1 ,与由左视图各接合点向左引与 O_2O_3 平行线对应交点连成曲

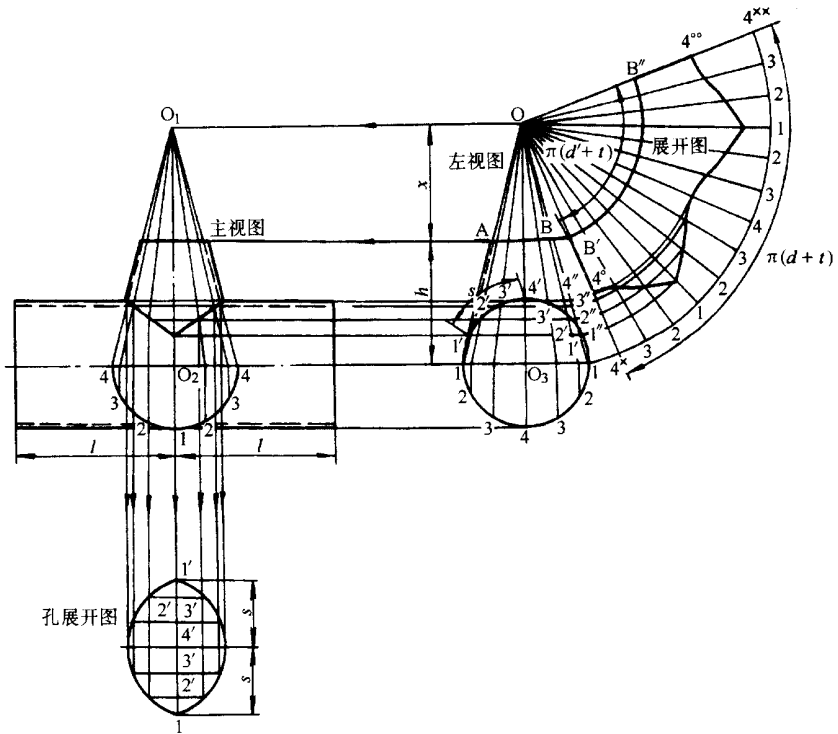


图 1-108 正圆锥直交圆管的展开图

线 ,即得出主视图锥管与圆管的接合线。

展开图画法 :由左视图各接合点向右引水平线与 1—O 交点为 1"、2"、3"、4"。在以 O 为中心 O—1 作半径画圆弧上截取 $4^{\times}-4^{\times\times}$ 等于中心径展开长度。12 等分 $4^{\times}-4^{\times\times}$,等分点为 4^{\times} 、3、2、1、2、...、 $4^{\times\times}$,连接各等分点与 O ,与以 O 为中心 OB、O—4"、O—3"、O—2"、O—1"作半径画同心圆弧对应交点连成曲线 ,则 $B''-4^{\circ}-4^{\circ}-B'$ 即为所求展开图。

切孔展开图画法 :在主视图 O_1O_2 向下延长线上截取 1'—1 等于左视图 1'—1 弧长伸直。并照录各点后引水平线 ,与由接合线各点向下引与 O_1O_2 的平行线对应交点连成曲线 ,即得出所求切孔展开图。如图 1—108 所示。

三、圆管渐缩多通管

1. 圆管渐缩三通管

图 1-109 所示的是圆管渐缩三通管的立体图。图 1-110 所示的是该制件的投影图 ,图中已知尺寸为 a 、 d_1 、 d_2 、 h 。

从图 1-110 中可以看出 ,支管的顶口和底口都是正圆 ,又是平行的 ,是斜圆锥体。整个三通管由两个斜圆锥管相交 ,一个支管即是一个斜圆锥管 ,由底口中心向上作部分垂直剖切 ,因此先按斜圆锥管展开图画法画出展开图 ,然后画出切去的部分 ,如图 1-111 所示。

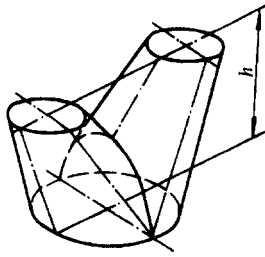


图 1-109 圆管渐缩三通管的立体图

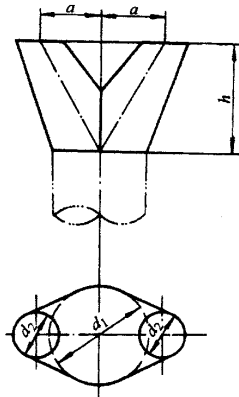


图 1-110 圆管渐缩三通管的投影图

切去部分展开图画法,由圆周点 4 引上垂线,与水平线交点为 4° ,连接 $O-4^\circ$,与剖切线交点为 $4''$ 。由点 $4''$ 向右引水平线,与 $O-4'$ 交点为 $4'$ 。以 O 为圆心, $O-4'$ 、 $O-5'$ 作半径分别画同心圆弧对应交点连成曲线,即为切去部分的展开图。

2. 圆管渐缩四通管

图 1-112 所示的是圆管渐缩四通管的立体图。图 1-113 所示的是该制件的投影图,图中已知尺寸为 d_1 、 d_2 、 R 、 h 。

渐缩四通管的每一个支管从图 1-113 所示的俯视图上看,上口和下口都是正圆,而在主视图上的上口和下口又是平行的,因此,都是斜圆锥管。三个支管合起来看,就是由三个切去了一部分的斜锥管组成的制件。因此,先按斜锥管的展开图画法作出展开图,然后再画切去的部分,如图 1-114 所示。以 O_1 为圆心 O_1 到 3—T 线各点作半径分别画出同心圆弧,与水平线相交。再由各交点作上垂线,与各实长线相交。以 O 为圆心 O 到实长线的交点作半径分别画同心圆弧,与展开图对应交点连成曲线,即为所求的展开图。

四、方管直交斜锥管

图 1-115 所示的是方管直交斜锥管的立体图。图 1-116 所示的是该制件的放样图

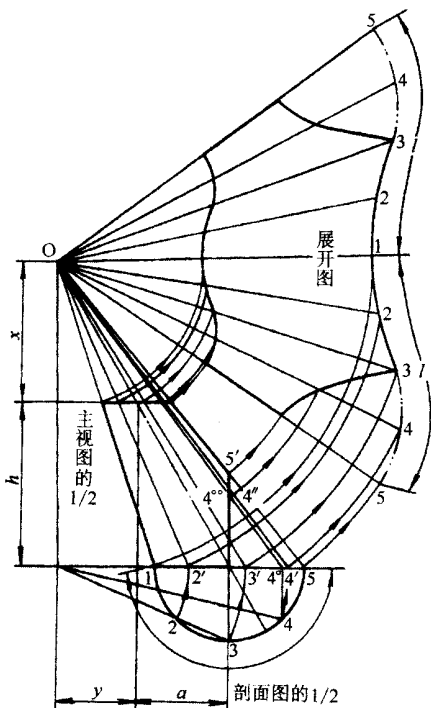


图 1-111 圆管渐缩三通管的展开图

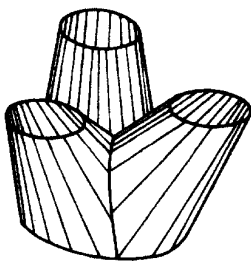


图 1-112 圆管渐缩
四通管的立体图

和投影图,图中已知尺寸为 a 、 b 、 d_1 、 d_2 、 h_1 、 h_2 。

接合线的求法:先用已知尺寸画出俯视图和主视图。然后求出锥顶 O 、 O_1 的距离(如果要求精确,需用算法求出)。在俯视图上将方管断面的点 2、3、4 与 O_1 连接,并延长与底圆相交,交点为 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。由各点作垂线,与主视图 $1^*—9^*$ 的交点为 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 。各交点与 O 连接,与 $C—5^*$ 、 $D—1^*$ 的向下延长线和中心线交点为 4、3、2。各点连接成曲线,即为所求接合线。

实长线的求法:在俯视图上 3 等分 $1/4$ 圆周,等分点为 $6'$ 、 $7'$ 、 $8'$ 、 $9'$ 。以 O_1 为圆心, O_1 到圆周各点作半径分别画同心圆弧,与 $O_1—1'$ 相交,通过其交点作上垂线,与主视图的 $1^*—9^*$ 相交,交点为 2^* 、 3^* 、 4^* 、 5^* 、 6^* 、 7^* 、 8^* 。各点与 O 分别连接的直线,即为实长线。再由接合线点 2、3、4 分别向右引水平线,与 $O—2^*$ 、 $O—3^*$ 、 $O—4^*$ 的交点为 2^* 、 3^* 、

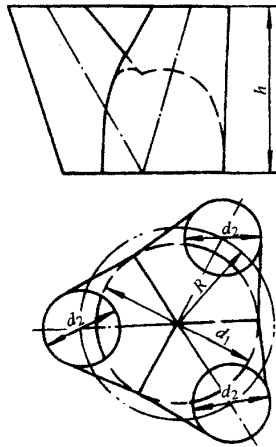


图 1-113 圆管渐缩四通管的投影图

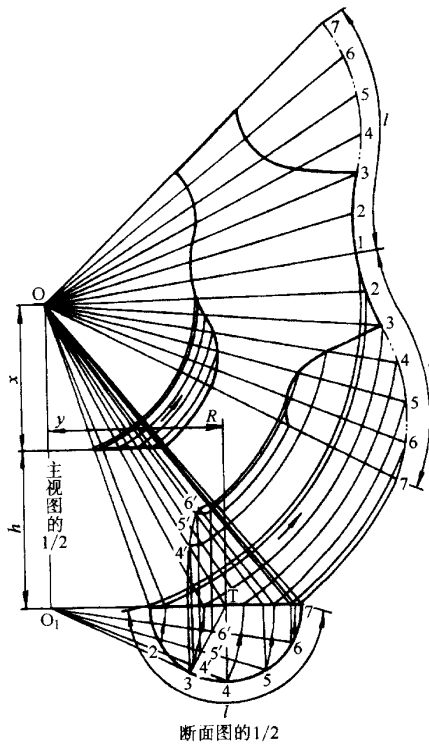


图 1-114 圆管渐缩四通管的展开图

4。

方管展开图画法：在主视图 CD 向右延长线上截取线段 4—4' 等于俯视图方管断面的展开长度，并照录各点，由各点作下垂线，与由接合线各点 1'、2、3、4、5' 向右引 CD 平行

线对应交点连成曲线,即为所求展开图。

圆锥管 I 展开图画法:以点 O 为圆心,各实长为半径,分别画同心圆弧,再由点 1' 开始分别截取俯视图圆周各弧长,依次求得点 4'、2'、3'、6、7、8、9。各点与 O 连接,与以 O 为圆心, O 到点 2^x、3^x、4^x 和 AB 线各点为半径,分别画同心圆弧,将交点连成曲线,即为所求展开图。

五、圆管平交正圆锥管

图 1-117 是圆管平交正圆锥管的立体图,图 1-118 为主视图 and 俯视图,已知尺寸为 a 、 h_1 、 h_2 、 d 、 t 、 r 。

接合线的求法:8 等分 T 圆周,等分点为 1、2、3、4、5 由各等分点向左引水平线与 OA、OB 分别交点为 1、2、3、4、5。由 OB 各

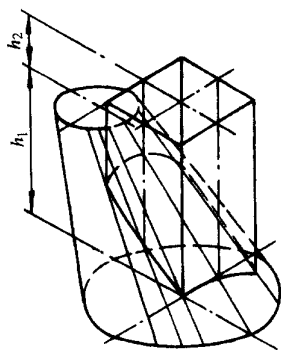


图 1-115 方管直交斜锥管的立体图

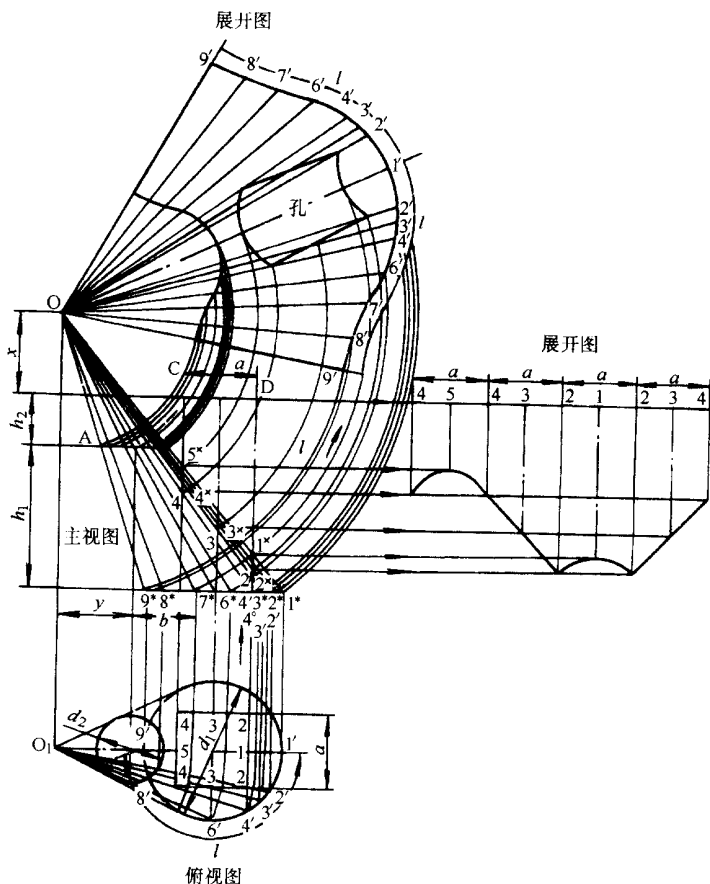


图 1-116 方管直交斜锥管的视图和展开图

交点引下垂线与俯视图 O_1T_1 交点为 1、2、3、4、5。以 O_1 为中心, O_1-2 、...、 O_1-5 作半径画同心圆弧,与 8 等分 T_1 圆周等分点向左引水平线对应交点连成曲线,即为圆管与圆锥管在俯视图上的接合线。由 2'、3'、4' 引上垂线与 2—2、3—3、4—4 交点为 2''、3''、4''。通过

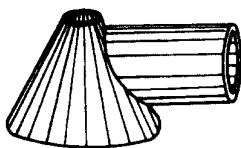


图 1-117 圆管平交
正圆锥管的立体图

各交点与 1、5 连成曲线 1—5, 即为所求接合线。

圆管展开图画法: 在 ED 向上延长线上截取 5—5 等于圆管中心径展开长度。8 等分 5—5, 等分点为 5、4、3、2、1、2、3、4、5。由各点分点向左引水平线, 与由接合线各点向上引与 ED 的平行线对应交点连成曲线, 即得出所求展开图。

切孔展开图画法: 先以直线连接俯视图接合线各点与 O_1 并延长, 与圆锥底口圆周交点为 2^* 、 3^* 、 4^* 、 5^* 、 4^* 、 3^* 、 2^* 。以主视图 O 为中心 OA 作半径画圆弧 2^* — 2^* 等于俯视图弧长 2° — 2° , 并照录各点后与 O 连线, 与以 O 为中心 O—1、O—2、...、O—5 作半径画圆弧对应交点连成曲线, 即得出切孔展开图。如图 1-118 所示。

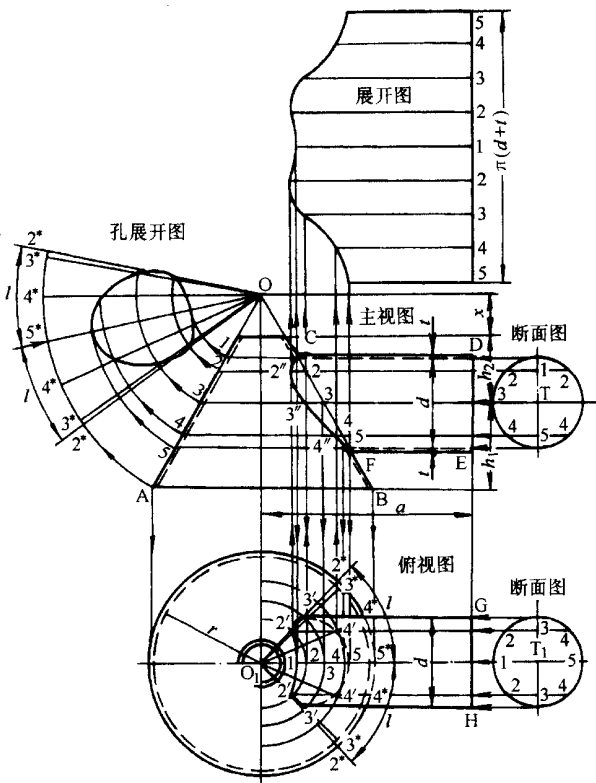


图 1-118 圆管平交正圆锥管的展开图

六、圆管偏心直交正圆锥

图 1-119 所示的是圆管偏心直交正圆锥的立体图。图 1-120 所示的是放样图和投影图, 图中已知尺寸为 a 、 d_1 、 d_2 、 h 。

接合线的求法: 8 等分俯视图 T 圆圆周, 等分点为 1、2、...、5。各等分点与 O_1 连接并延长, 与 O_1 圆圆周交点为 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 、 $5'$ 。由各交点作上垂线, 与主视图 CD 相交, 将其交点和 O 连线, 与由俯视图中过 T 圆圆周等分点所作的上垂线相交, 将对应交点连成曲线 1° — 5° , 即为所求的接合线。

圆管展开图画法: 在 AB 向右延长线上, 截取线段 1—1 等于俯视图 T 圆圆周展开长度, 并照录各点, 由各点作下垂线, 与由接合线各点向右引的与 AB 平行的直线相交, 对应交点连成曲线, 即为所求的展开图。

圆锥展开图画法: 在以 O 为圆心 O—C 作半径所画的圆弧上截取 C_1 — C_2 等于俯视图半圆周长, 并照录各点。由各点和 O 连线, 与以 O 为圆心, O 到 OC 线上的各点分别作半

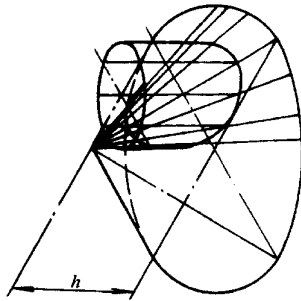


图 1-119 圆管偏心直交
正圆锥的立体图

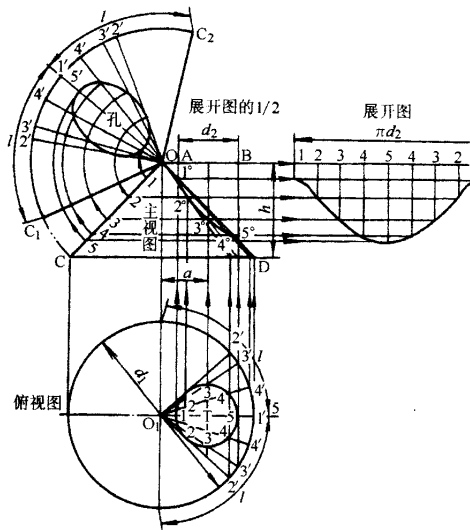


图 1-120 圆管偏心直交正圆锥的放样图和投影图

径所画的圆弧相交, 将对应交点连成曲线, 即为孔的实形。O—C₁—C₂ 为所求展开图的 1/2。

七、矩形管偏心平穿正圆锥管

图 1-121 是矩形管偏心平穿正圆锥管的立体图, 图 1-122 是主视图和俯视图, 已知尺寸为 a 、 b 、 d_1 、 d_2 、 h_1 、 h_2 、 h_3 。

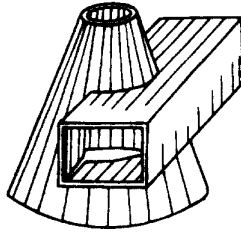


图 1-121 矩形管偏心平穿正圆锥管的立体图

I 展开图的画法:先用已知尺寸画出主视图如图 1-123。在以点 O 为中心 AO 作半径画圆弧上截取 A_1A_2 等于大头半圆周长,由点 A_1 、 A_2 和 A_1A_2 中点与 O 连线,与以点 O 为中心 AO 各点至 O 分别作半径画圆弧对应得出交点,即得出所求 I 展开图的 1/2。

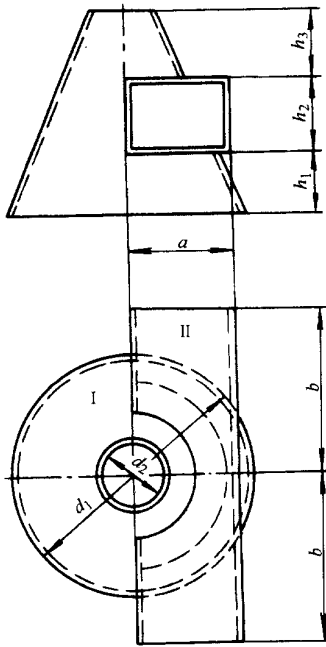


图 1-122 矩形管偏心平穿正圆锥管的主视图和俯视图

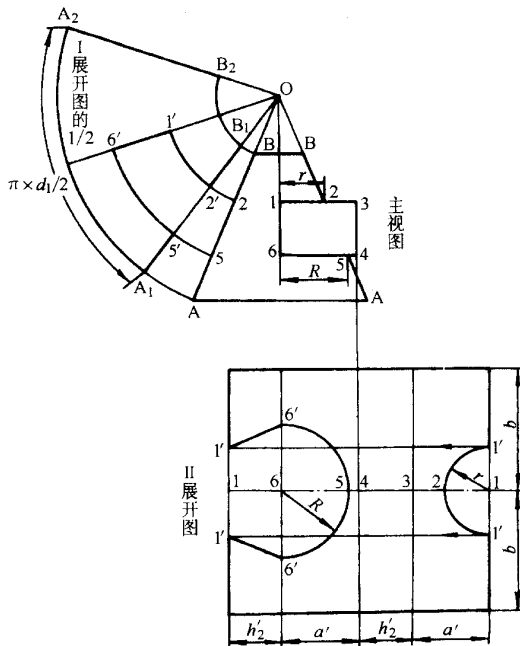


图 1-123 矩形管偏心平穿正圆锥管的展开图

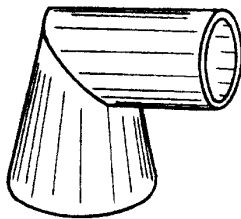


图 1-124 圆锥—圆管两节
90°弯头的立体图

II 展开图画法: 在水平线取 1—1 等于矩形里皮断面伸直长度, 在由各棱点分别引垂线上取已知 b 画直线即得出 II 展开图。再画切去的部分。以点 1 为中心主视图 r 作半径画半圆得点为 $1'$ 、 $1'$ 。由各交点向左引水平线对应得出交点。以点 6 为中心主视图 R 作半径画半圆得点为 $6'$ 、 $6'$ 。连接 $1'$ — $6'$ 即得出切去部分。

八、圆锥——圆管两节 90°弯头

图 1-124 为圆锥—圆管两节 90°弯头的立体图, 图 1-125 为主视图和俯视图, 已知尺寸为 a 、 h 、 d_1 、 d_2 、 t 。

接合线的求法: 先用已知尺寸画出主视图如图 1-126。以点 O 为中心画圆管断面。由点 1、5 与圆连成切线得交点为 $5'$ 、 $5''$ 。 $5'$ 、 $5''$ 即为所求接合线。

I 展开图画法: 由 4 等分 O 圆半圆周等分点向右引水平线与接合线得交点为 $2''$ 、 $3''$ 、

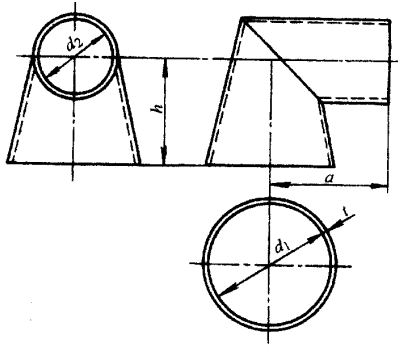


图 1-125 圆锥—圆管两节 90°弯头的主视图和俯视图

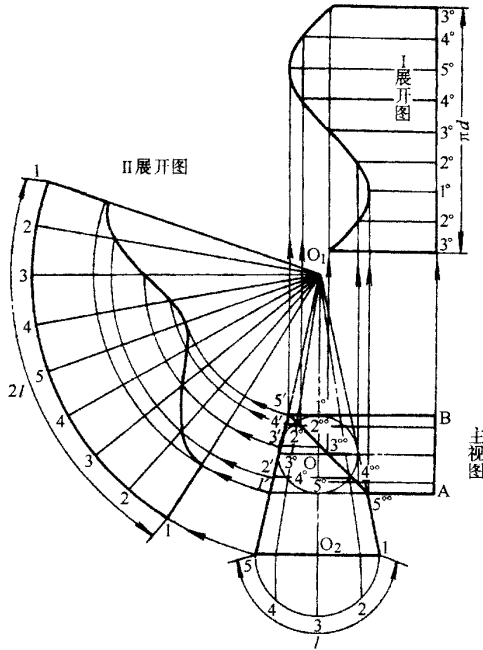


图 1-126 圆锥—圆管两节 90°弯头的展开图

4°。在 AB 向上延长线上截取 3°—3°等于 O 圆圆周伸直长度，并照录各等分点向左引水平线，与由接合线各点分别引上垂线对应交点连成曲线，即得出 I 展开图。

II 展开图画法：由 4 等分 O_2 圆半圆周的等分点 2、4 引上垂线与 5—1 得出交点与 O_1 连线，与接合线得出交点向左引水平线，与 5— O_1 得交点为 1'、2'、3'、4'、5'。在以点 O_1 为中心 5— O_1 作半径画圆弧上截取 1—1 等于半圆周长的 2 倍，并照录各等分点与 O_1 连线，与以点 O_1 为中心 5— O_1 各点至 O_1 分别作半径画同心圆弧对应交点连成曲线，即得出 II 展开图。

九、圆锥管三节任意角度弯头

图 1-127 是圆锥管三节任意角度弯头的立体图,图 1-128 是主视图和俯视图,已知尺寸为 a 、 b 、 c 、 d_1 、 d_2 、 t 、 R 及角 α 。

接合线的求法:根据已知尺寸 $a+b+c$ 和 d_1 、 d_2 画出圆锥管如图 1-129。由点 O_2 、 O_4 垂直于 7—A 得出 r_2 、 r_4 。再画弯头的主视图如图 1-130。以点 O_2 、 O_4 分别为中心 r_2 、 r_4 分别作半径画圆,由点 A、B、1、7 分别与圆的切点连线,再连两个圆的公切线得出交点连成直线,即得出所求接合线。将弯头的内外侧线 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 、 c_1 、 c_2 移到图 1-130 圆锥管两侧线画出锥管的斜截线。

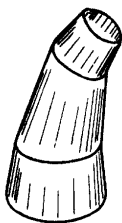


图 1-127 圆锥管三节任意角度弯头的立体图

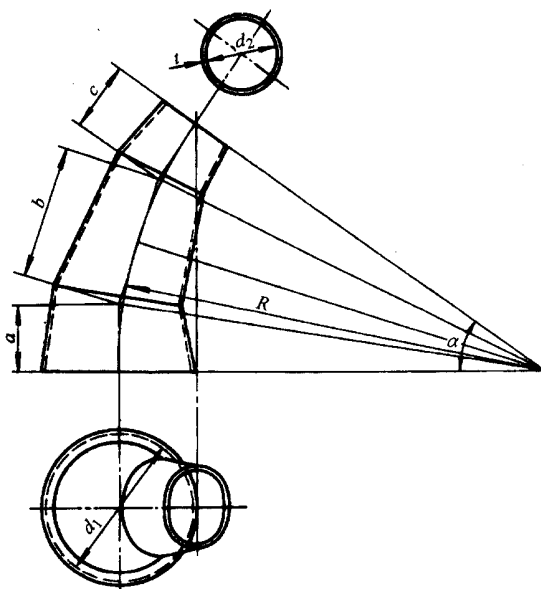


图 1-128 圆锥管三节任意角度弯头的主视图和俯视图

展开图画法:由 6 等分半圆周的等分点引上垂线,与 7—1 得出交点与 O_6 连线与斜截线得出交点,由各交点向右引水平线与 O_6 —1 得出交点。在以点 O_6 为中心 O_6 —1 作半径画圆弧上截取 4—4 等于 O_1 周周长,并照录各等分点与 O_6 连线,与以 O_6 为中心 1— O_6 各点至 O_6 分别作半径画同心圆弧对应交点连成曲线,即得出 I、II、III 展开图。

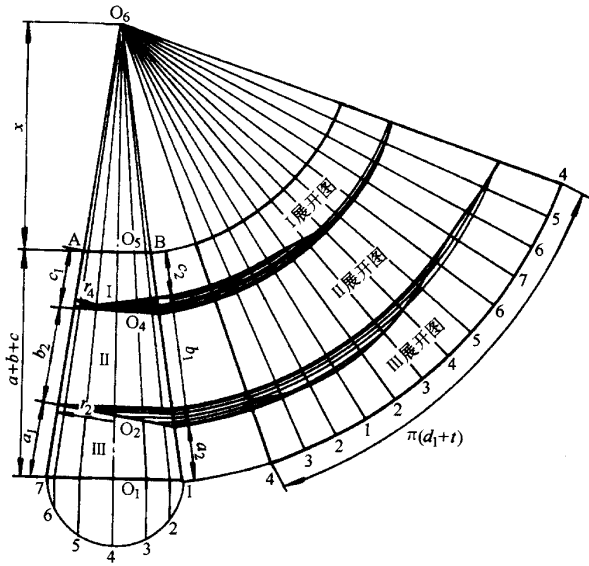


图 1-129 圆锥管三节任意角度弯头的展开图

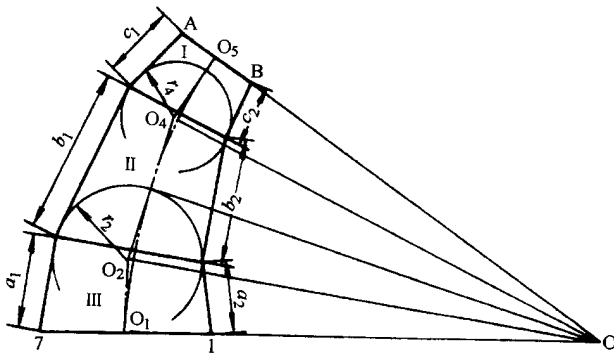


图 1-130 圆锥管三节任意角度弯头的主视图

第六节 方圆过渡管件展开图的作法

一、圆顶方底管的展开图

图 1-131 所示的是圆顶方底管的立体图。图 1-132 所示的是该制件的投影图,图中已知尺寸为 a 、 d 、 h 。

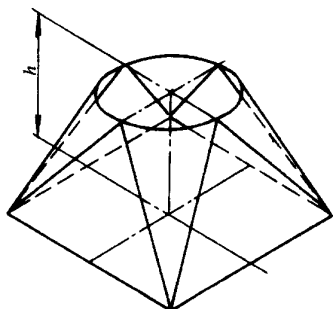


图 1-131 圆顶方底管的立体图

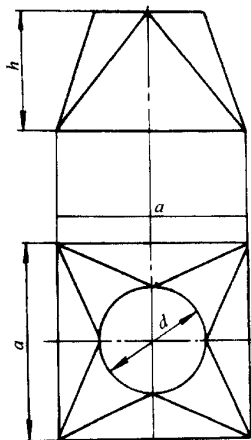


图 1-132 圆顶方底管的投影图

从俯视图中可以看出,圆顶方底管是由四个相等的等腰三角形和四个具有单向曲度的圆角部分所组成。等腰三角形展开实形还是等腰三角形,而圆周部分的弧长和弦长差距就很大,再加上适当的辅助线,才可作出圆角部分的展开图。将图 1-133 的俯视图圆周分成 12 等分,同时画出辅助线,这些辅助线是影线。再将俯视图中的等分点投影到主视图顶口,画出辅助线,如图 1-134 所示。从视图中可以看出,这些投影线都是倾斜的,在主视图向里倾斜,投影高度为 h ,因此,这些投影线都不表示实长。求实长线的方法,一般常用的有两种,一种是用俯视图投影线和主视图高度支线求出,如图 1-134 的俯视图 $2'-E-2$ 和主视图左侧 $2'-E-2$ 所示;另一种是用主视图投影线和俯视图投影线的两点水平距离支线求出,如主视图 $3'-3-C$ 所示。

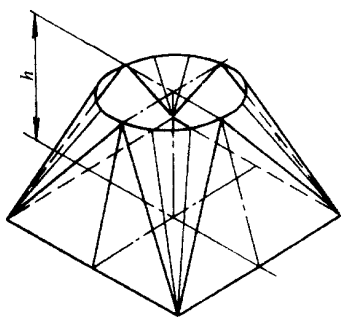


图 1-133 圆顶方底管的立体图

除了上述求实长线的方法外,还有其它形式求实长线,如图 1-135 所示。在俯视图上,以 F 为圆心, $\beta-F$ 作半径画圆弧,与 EF 的交点为 $3'$, $3'-F$ 的长度等于直线 $3-F$ 的长度,是直角三角形水平一边,而点 $3'$ 到 CD 线的距离为主视图投影高度,斜线 $3'-C$ 即为实长线。

展开图画法:在所画的竖直线上截取俯视图中直线 $F-G$ 的长度,得中点 O ,在由中点 O 向左引的水平线上,截取 $O-1$ 等于主视图中 $B-C$ 的长度。分别以点 F, G 为圆心,取实长线 e', f' 作半径画圆弧,与以点 1 为圆心,俯视图的等分弧长 r 作半径顺次画圆弧交点为 $1, 2, 3, 4$ 。以点 $4, 4$ 分别为圆心、 f' 作半径画圆弧,与以点 F, G 为圆心, a 作半径分别画圆弧的交点为 E, H 。以点 E, H 为圆心,实长线 e', f' 作半径分别画圆弧,与以点 $4, 4$ 分别为圆心,俯视图等分弧长 r 作半径顺次画圆弧的交点为 $3, 2, 1$ 。以点 $1', 1'$ 分别为圆心,主视图 $B-C$ 作半径分别画圆弧,与以点 E, H 为圆心,俯视图中的 OE 作半径分别画圆弧的交点为 O', O'' 。将其各点连成曲线和直线,即为所求展开图。

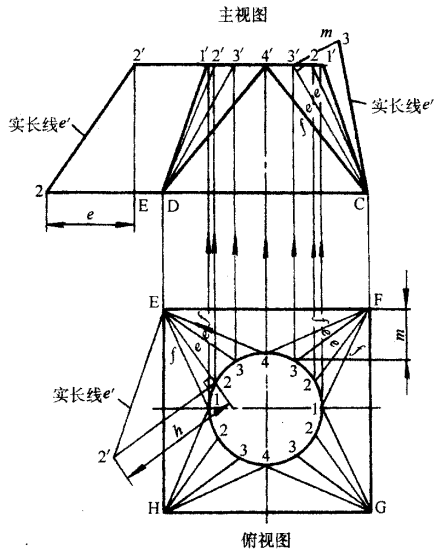


图 1-134 圆顶方底管的主视图和俯视图

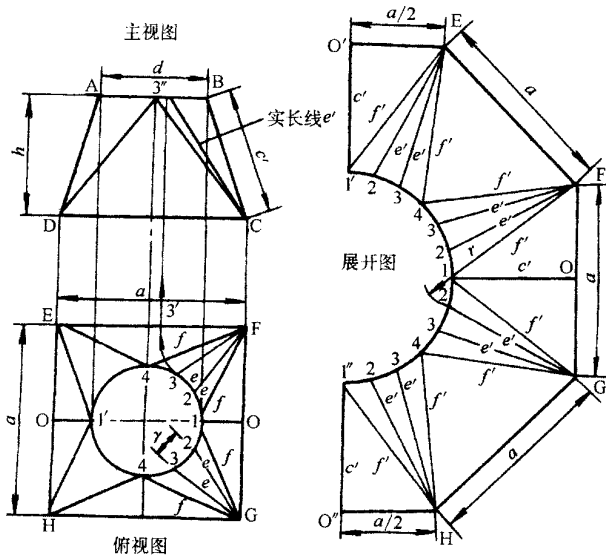


图 1-135 圆顶方底管的主视图、俯视图和展开图

二、圆顶矩形底连接管

图 1-136 是圆顶矩形底连接管立体图。图 1-137 是该制件的主视图和左视图,已知尺寸为 a 、 b 、 h 、 t 。

实长线的求法 3 等分俯视图 $1/4$ 圆周,得出等分点与 G 连线即得出投影线 c 、 d 、 e 、

f, g 。在主视图 AB、DC 向右延长线上作垂线 MN。由点 N 向右取等于俯视图各投影线长度, 得出各点与 M 连线, 即得出实长线为 e', d', f', g' 。

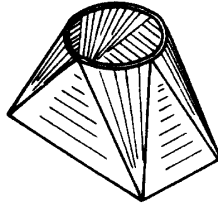


图 1-136 圆顶矩形底连接管的立体图

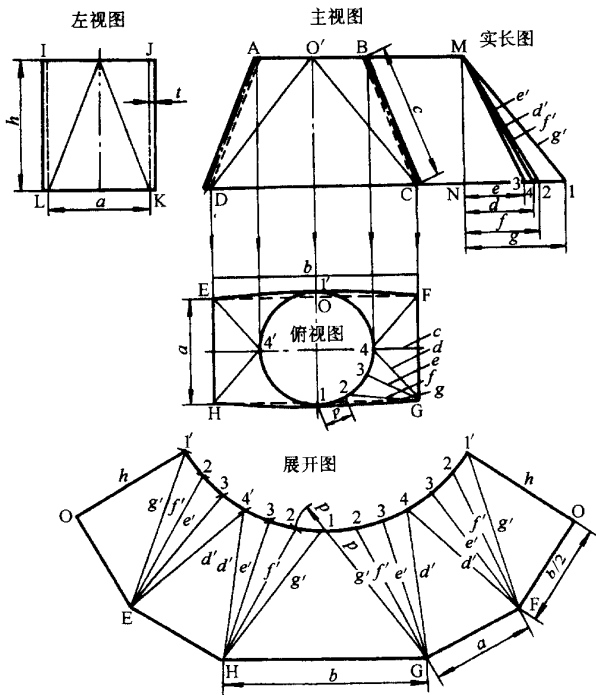


图 1-137 圆顶矩形底连接管的视图和展开图

展开图画法: 画水平线 HG 等于俯视图 HG。以 H、G 分别为中心实长线 g' 作半径画圆弧得点为 1。以点 G 为中心实长线 f', e', d' 分别作半径画圆弧, 与以点 1 为中心俯视图等分弧长作半径顺次画圆弧得交点为 2、3、4。同样的方法按俯视图各线结构顺次求出各点, 并以曲线和直线连接, 即得出所求展开图。

三、圆顶圆角方底连接管

图 1-138 为圆顶圆角方底连接管的立体图。图 1-139 为该件的投影图,已知尺寸为 a 、 b 、 d 、 t 、 h 、 c 、 r 。

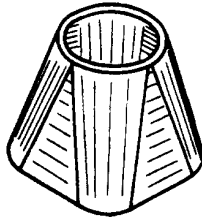


图 1-138 圆顶圆角方底连接管的立体图

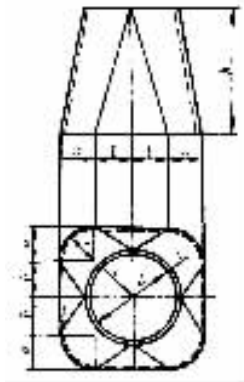


图 1-139 圆顶圆角方底连接管的投影图

实长线的求法:先用已知尺寸画出俯视图的 $1/8$ 如图 1-140。用斜圆锥管的计算式求出 x 、 y 。画实长图。在由点 O_1 引对 TO_1 直角线取 h 、 x 得点为 D 、 O 。由点 D 向左引与 TO_1 平行线。以点 O_1 为中心 $2-O_1$ 作半径画圆弧与 TO_1 得交点为 $2'$ 。连接点 1 、 $2'$ 与 O 即得出所求实长线。

展开图画法:以点 O 为中心实长线 $O-1$ 、 $O-2'$ 分别作半径画同心圆弧,取点 1 为中心俯视图弧长 $1-2$ 作半径画圆弧得交点为 2_1 。连接各交点与 O ,与以点 O 为中心实长线与 CD 各交点至 O 作半径画圆弧对应交点连成曲线 $2^{*}-2^{*}$ 。以点 2^{*} 为中心已知尺寸 $2b$ 作半径画圆弧,与以点 2 为中心 $2-2^{*}$ 作半径画圆弧得交点为 2^* 。在 $2-2^{*}$ 延长线上取等于 $2^{*}-O$ 。以 O 为中心实长线 $O-1$ 、 $O-2'$ 分别作半径画同心圆弧,与以点 2 为中心俯视图弧长 $1-2$ 作半径顺次画圆弧得点为 1_1 、 2_1 。以点 2^* 、 2^* 分别为中心已知尺寸 b 作半径画圆弧,与以点 2_1 、 2_1 分别为中心 h_1 作半径画圆弧得交点为 E_1 、 E_2 。通过各点连成曲线和直线,即得出展开图的 $1/2$ 。

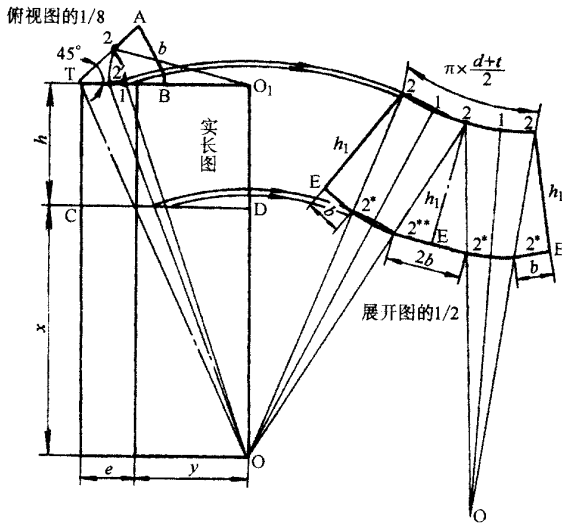


图 1-140 圆顶圆角方底连接管的展开图

四、方顶圆底连接管

图 1-141 是方顶圆底连接管的立体图,图 1-142 为该构件的图,已知尺寸为 a 、 h 、 t 。

实长线的求法:先根据已知尺寸画主视图和俯视图。3 等分 $1/4$ 圆周,等分点为 1、2、3、4。直线连各等分点与 G,得出投影线为 c 、 d 、 e 。在主视图 AB、BC 向左延长线上作垂线 IJ,由 I 向右取等于俯视图各投影线长得出各点与 I 连线,即得出实长线为 c' 、 d' 、 e' 。

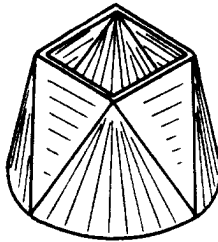


图 1-141 方顶圆底连接管的立体图

展开图画法:由中间开始向上下进行。画竖直线等于俯视图 FG。以点 F、G 分别为中心实长线 d' 作半径画圆弧得交点为 1。再以点 F、G 分别为中心实长线 e' 、 d' 分别作半径画同心圆弧,与以点 1 为中心俯视图等分弧长 p 作半径顺次画圆弧得点为 1、2、3、4。以点 4 为中心实长线 d' 作半径画圆弧,与以点 G 为中心俯视图 HG 作半径画圆弧得交点为 H。以点 H 为中心实长线 e' 、 d' 作半径画同心圆弧,与点 4 为中心俯视图等分弧长 p 作半径顺次画圆弧得交点为 3、2、1'。以点 H 为中心俯视图 KH 作半径画圆弧,与以点 1' 为中心实长线 c' 作半径画圆弧得交点为 K。通过所求各点连成直线和曲线,即得出所求展开图。

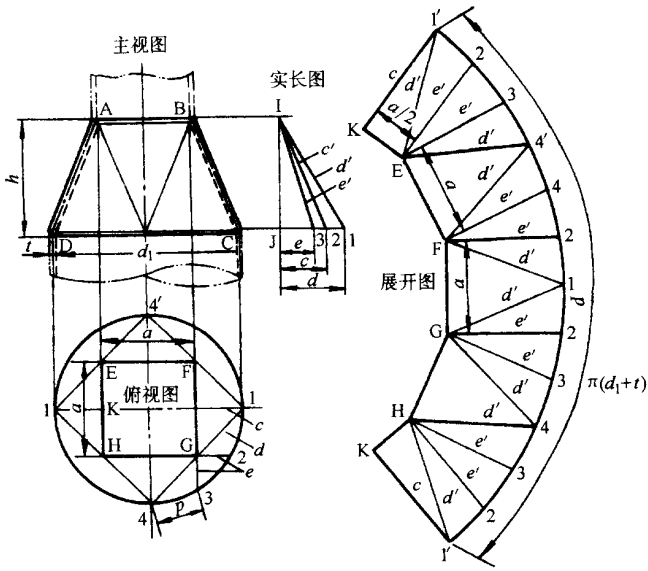


图 1-142 方顶圆底连接管的视图和展开图

五、上方下圆两节弯头

图 1-143 所示的是上方下圆两节弯头的立体图。图 1-144 所示的是该制件的主视图和剖面图,图中已知尺寸为 a 、 d 、 h 、 α 。

重合剖面的画法:如图 1-145 所示。用已知尺寸画出主视图和上下两端口的重合断面图。由于两节制件中心线长相等,因此,取接口断面的点 6 和 13 分别在 1—A 和 D—5 的中点,过 6 和 13 两点作 1—5 的垂直线段与上下两线相交,过其交点作水平线,与 B—C 相交,再以 B—C 上交点为圆心平滑连接直线段,画出接口断面图。将接合线断面的投影点移到主视图接合线上画辅助线。

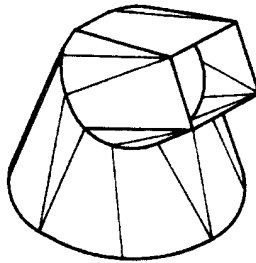


图 1-143 上方下圆
两节弯头的立体图

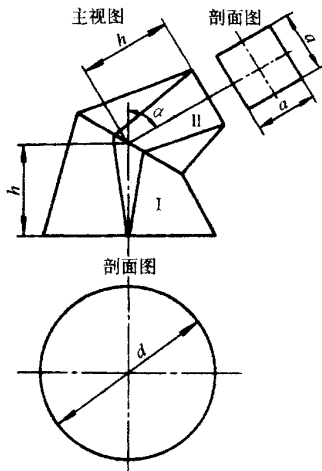


图 1-144 上方下圆两节弯头的主视图和剖面图

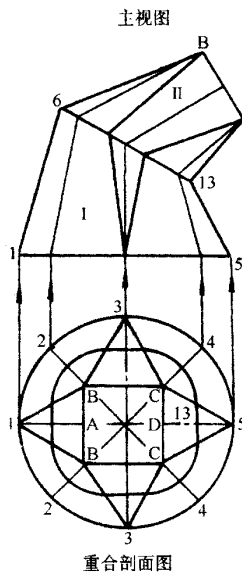


图 1-145 上方下圆两节弯头的主视图和重合剖面图

制件 I 展开图画法 将图 1-145 制件 I 的主视图和重合剖面图照画,如图 1-146 所示。先在重合剖面图上连接对角线 1—8、8—3、5—11、11—5。在主视图中,由各投影线的一端作投影线的垂线,在垂线上分别取重合剖面图中各线的端点在垂直方向的垂直距离,将其各点连成斜线,即为所求各投影线的实长线。用重合断面图的弧长和主视图上的实长线。按重合断面图各点连接形式,画出展开图的各点。将其各点连成曲线和直线,即为所求制件 I 展开图。

制件 II 展开图画法 将图 1-145 制件 II 的主视图和重合断面图照画,如图 1-147 所

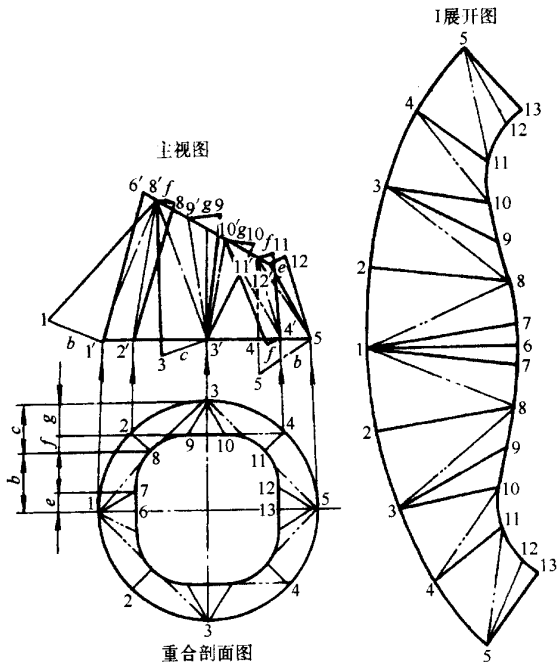


图 1-146 图 1-145 制品 I 的主视图、
重合剖面图和展开图

示。用主视图投影线支线法求实长线。在由主视图各投影线的一端所作的垂线上,分别取重合断面图各线的端点在垂直方向的距离为线段长度,将其各点连成斜线,即为所求的实长线。用重合剖面图的弧长和边长以及主视图的实长线画展开图。画水平线 6—A 等于主视图 6'—B,通过点 6、A 作垂线,上下分别取重合断面图 6—7、A—B,得点为 7、B;以点 B 为圆心,主视图中的实长线 8—B 为半径画圆弧,与以点 7 为圆心,重合断面图中的线段 7—8 为半径所作的圆弧交于点 8;以点 B 为圆心,主视图中实长线 9—B 为半径画圆弧,与以点 8 为圆心、重合剖面图中的 8—9 为半径所画的圆弧交于点 9;同理可得到其它各点,将其各点连成曲线和直线,即为制品 II 展开图。

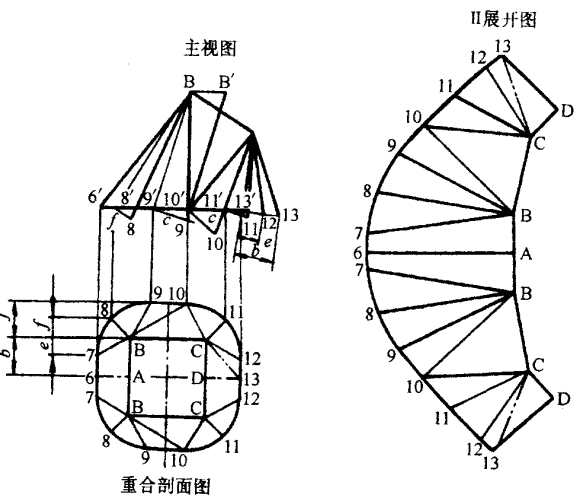
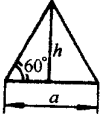
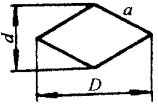
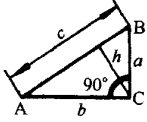

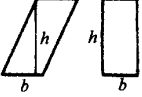
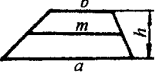
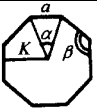

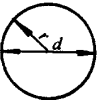
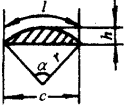
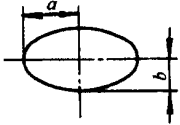
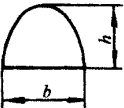
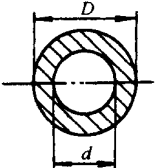


图 1-147 图 1-145 制品 II 的主视图、
重合剖面图和展开图

各种几何图形的面积计算见表 1-2。

表 1-2

各种几何图形的面积计算

名称和图形	面积	名称和图形	面积
 等边三角形	$F = 0.433 a^2$ 或 $F = 0.578 h^2$ 式中 $h = 0.866 a$, $a = 1.155 h$	 菱形	$F = \frac{1}{2} Dd$ $a = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + d^2}$
 直角三角形	$F = \frac{1}{2} ab$ $C = \sqrt{a^2 + b^2}$ $h = \frac{ab}{C}$	 正方形	$F = a^2$ 或 $F = \frac{1}{2} d^2$ $a = 0.707 d$ $d = 1.414 a$
 平行四边形和矩形	$F = bh$	 梯形	$F = \frac{a+b}{2} h$ 或 $F = mh (m = \frac{a+b}{2})$
 正多边形	$F = \frac{a \cdot K}{2} \cdot n$ a—边长 K—弦距 n—边数 圆心角 $\alpha = \frac{360}{n}$ 内角 $\beta = 180^\circ - \frac{360}{n}$	 扇形	$F = \frac{\pi r^2 a}{360}$
 圆	$F = \pi r^2$ 圆周长 $C = \pi d$	 圆弓形	$F = \frac{lr - d(l-h)}{2}$ $l = \frac{\pi r a}{180}$
 椭圆	$F = \pi ab$	 抛物形	$F = \frac{2}{3} bh$
 圆环	$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$		

第二章 钣金展开计算机算法

一、等径圆柱形管件

1. 斜交三通管(包括垂直正交三通管)

(1)示意图(图2-1)

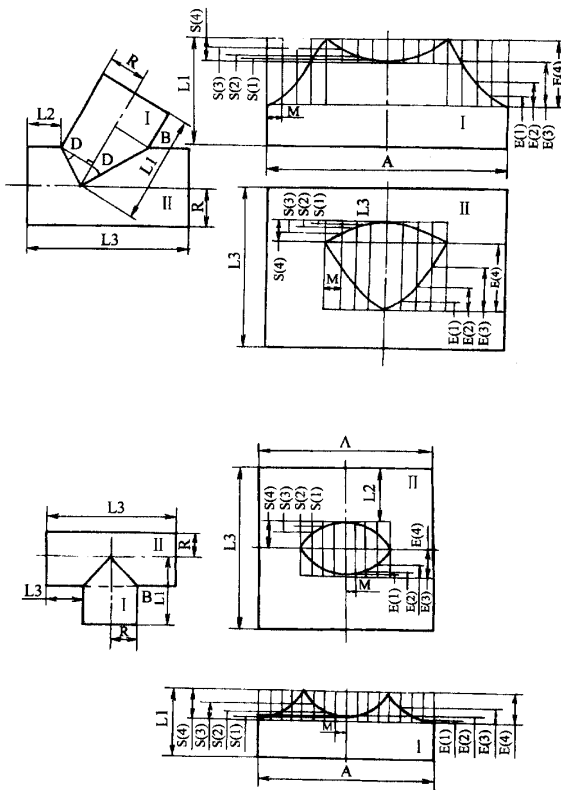


图 2-1 斜交三通管示意图

(2)程序

```

10 PRINT " R ,B ,L1 ,L2 ,L3 ,G = "
20 INPUT P ,B ,L1 ,L2 ,L3 ,G
30 LET A = 6.28318 * R
40 LET M = A / G
50 PRINT " A = ";A " M = ";M

```

```

60 LET B = B * 3.14159 / 180
70 LET D = B / 2
80 FOR I = 1 TO G / 4
90 LET X = I * 6.28318 / G
100 LET E = R * (1 - COS(X)) * COS(D) / SIN(D)
110 LET S = R * (1 - COS(X)) * TAN(D)
120 PRINT "E(" ; I ; ") = " ; E ; "S(" ; I ; ") = " ; S
130 NEXT I
140 END
    
```

(3) 说明及字母的意义

R 表示圆管半径；

B 表示斜交角度；

L1、L2、L3 表示实长；

G 表示等分数。

2. 任意角度 Y 形三通管

(1) 示意图(图 2-2)

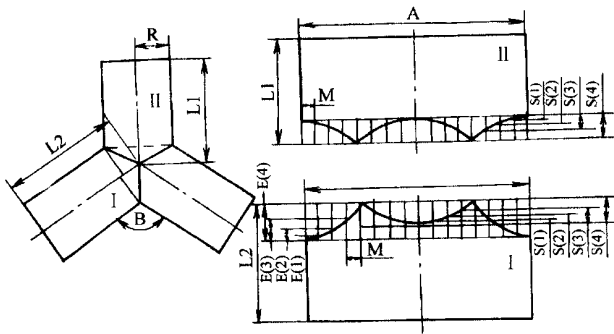


图 2-2 任意角度 Y 形三通管示意图

(2) 程序

```

10 PRINT "R ,B ,L1 ,L2 ,G = "
20 INPUT R ,B ,L1 ,L2 ,G
30 LET A = 6.28318 * R
40 LET M = A / G
50 PRINT "A = " ; A ; "M = " ; M
60 LET B = B * 3.14159 / 180
70 FOR I = 1 TO G / 4
80 LET X = I * 6.28318 / G
90 LET E = R * (1 - COS(X)) * COS(B / 2) / SIN(B / 2)
100 LET S = R * (1 - COS(X)) * TAN(B / 4)
110 PRINT "E(" ; I ; ") = " ; E ; "S(" ; I ; ") = " ; S
    
```

120 NEXT I

130 END

(3)说明及字母的意义

B 表示两节支管的夹角(其它同前)。

3. 长短脚任意角度裤形三通管

(1)示意图(图 5-3)

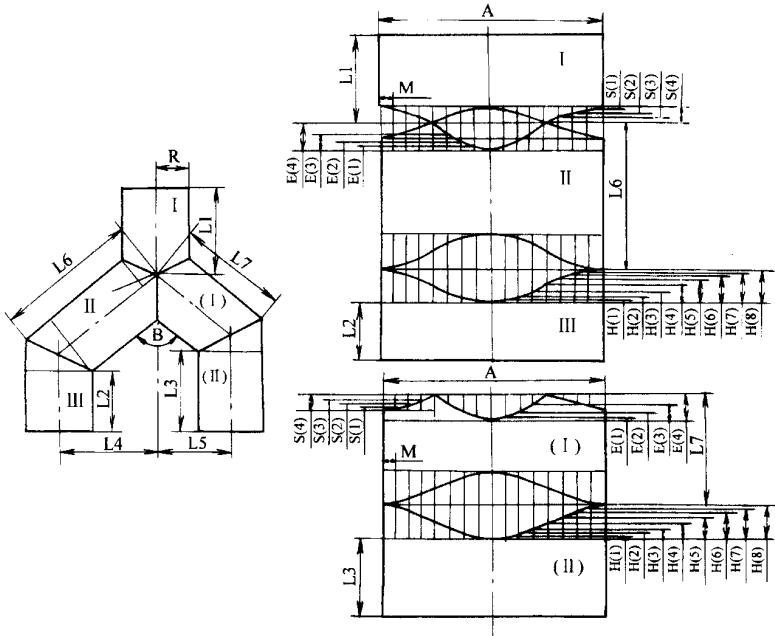


图 2-3 长短脚任意角度裤形三通管示意图

(2)程序

```

10 PRINT " R ,B ,L1 ,L2 ,L4 ,L5 ,G = ";
20 INPUT R ,B ,L1 ,L2 ,L4 ,L5 ,G
30 LET A = 6.28318 * R
40 LET M = A / G
50 LET B = B * 3.14159 / 180
60 LET L3 = L2 + ( L4 - L5 ) * COS( B / 2 ) / SIN( B / 2 )
70 LET L6 = L4 / SIN( B / 2 ) + R * TAN( B / 4 )
80 LET L7 = L5 / SIN( B / 2 ) + R * TAN( B / 4 )
90 PRINT " A = " ; A " ; M = " ; M ,
100 PRINT " L3 = " ; L3 " ; L6 = " ; L6 " ; L7 = " ; L7
110 FOR I = 1 TO G / 2
120 LET X = I * 6.28318 / G
130 IF I > G / 4 THEN 170

```

```

140 LET E = R * (1 - COS(X)) * COS(B/2) / SIN(B/2)
150 LET S = R * (1 - COS(X)) * TAN(B/4)
160 PRINT "E "; I; ") = "; E; S "; I; ") = "; S
170 LET H = R * (1 - COS(X)) * TAN(B/4)
180 PRINT "H "; I; ") = "; H
190 NEXT I
200 END
    
```

4. 带补料的三、四通管(垂直)

(1) 示意图(图 2-4)

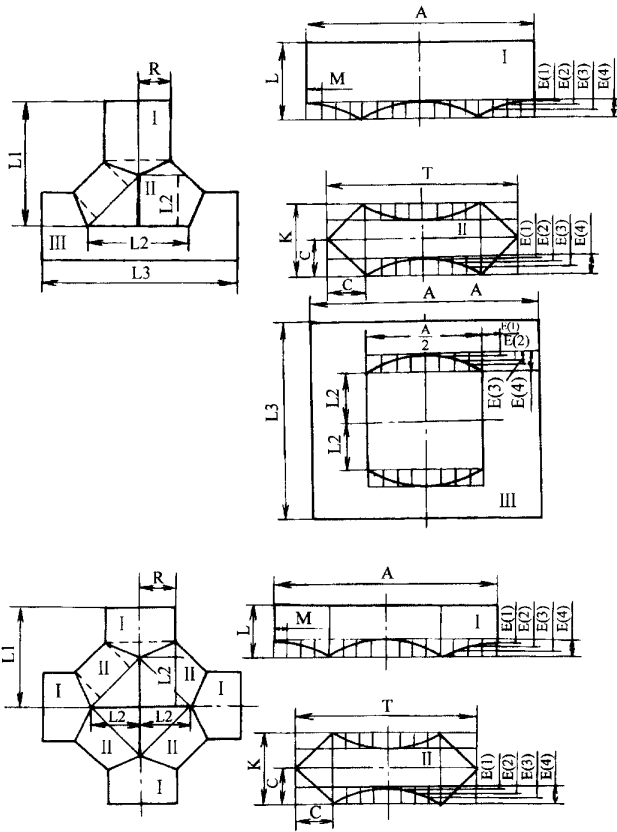


图 2-4 带补料的三、四通管(垂直)示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,L1 ,L2 ,L3 ,G = "
20 INPUT R ,L1 ,L2 ,L3 ,G
30 LET A = 6.28318 * R
40 LET M = A / G
50 LET C = L2 * SQR(2) / 2
    
```

```

60 LET L = L1 - L2
70 LET K = 2 * C
80 LET T = A/2 + K
90 PRINT " A = ";A " M = ";M " C = ";C " L = ";L " T = ";T " K = ";K ,
100 FOR I = 1 TO G/4
110 LET X = 1 * 6.2318/G
120 LET B = 0.39269875
130 LET E = R * (1 - COS(X)) * TAN(B)
140 PRINT " E( ";I " ) = ";E
150 NEXT I
160 END
    
```

5. 带补料的 120°Y 形三通管

(1) 示意图(图 2-5)

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,L1 ,L2 ,G = , ;
20 INPUT R ,L1 ,L2 ,G
30 LET A = 6.28318 * R
40 LET M = A/G
50 LET C = L2/2
60 LET L = L1 - L2
70 LET T = A/2 + 2 * C
80 LET K = L2 * SQR(3)
    
```

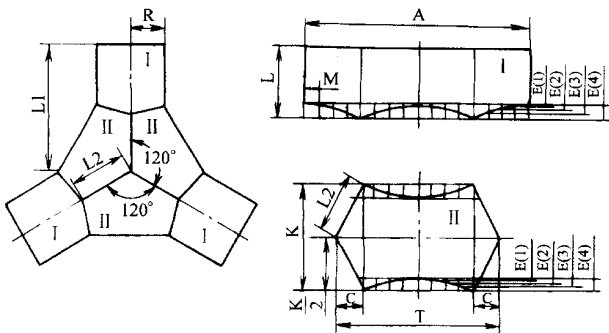


图 2-5 带补料的 120°Y 形三通管示意图

```

90 PRINT " A = ";A " M = ";M " C = ";C " L = ";L " T = ";T " K = ";K
100 FOR I = 1 TO G/4
110 LET X = I * 6.28318/G
120 LET B = 0.261799166
    
```



```

130 LET E = R * (1 - COS(X)) * TAN(B)
140 PRINT " E "; I "; ) = " ; E
150 NEXT I
160 END
    
```

6. 带补料的任意角 Y 形三通

(1) 示意图(图 2-6)

(2) 程序

```

10 PRINT " R , B , L1 , L2 , L3 , G = , "
20 INPUT R , B , L1 , L2 , L3 , G
30 PRINT " I FIGURE "
40 LET A = 6.29318 * R
50 LET M = A / G
60 LET B = B * 3.14159 / 180
70 PRINT " A = " ; A ; " ; M = " ; M ; " ; L1 = " ; L1
80 FOR I = 1 TO G / 4
    
```

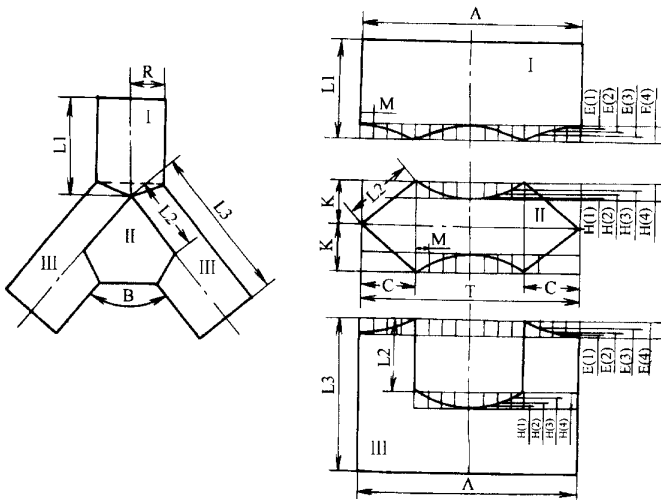


图 2-6 带补料的任意角 Y 形三通示意图

```

90 LET X = I * 6.28318 / G
100 LET E = R * (1 - COS(X)) * TAN(B / 4)
110 PRINT " E "; I "; ) = " ; E
120 NEXT I
130 PRINT
140 PRINT
150 PRINT " II FIGURE "
160 LET D = (3.14159 - B) / 4
    
```

```

170 LET K = L2 * SIN( D/2 )
180 LET C = L2 * COS( B/2 )
190 LET T = A/2 + 2 * C
200 PRINT " K = ";K ; " C = ";C ; " T = ";T ,
210 FOR J = 1 TO G/4
220 LET Y = J * 6.28318/G
230 LET H = R * ( 1 - COS( Y ) ) * TAN( D )
240 PRINT " H( ";J ; ") = ";H
250 NEXT J
260 END
    
```

7. 任意角度四通管

(1) 示意图(图 2-7)

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,B1 ,B2 ,L1 ,L2 ,L3 ,L4 ,G = ";
20 INPUT R ,B1 ,B2 ,L1 ,L2 ,L3 ,L4 ,G
30 PRINT " II FIGURE "
40 LET A = 6.28318 * R
    
```

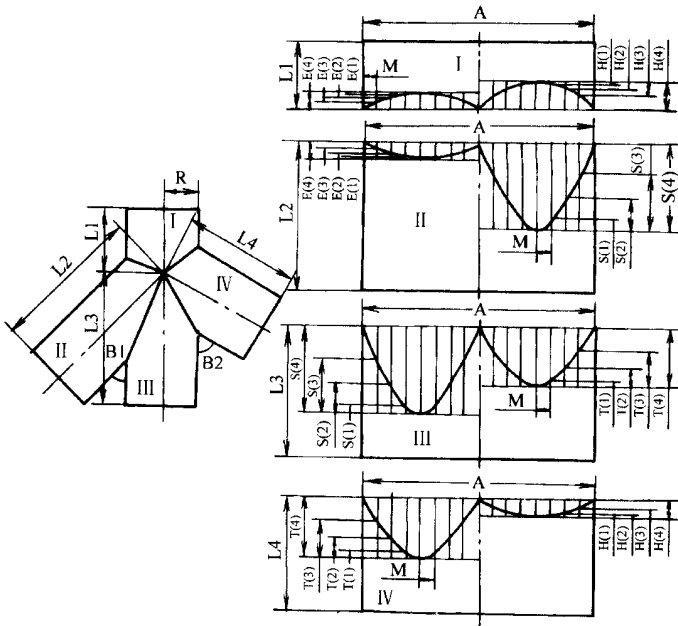


图 2-7 任意角度四通管示意图

```

50 LET M = A/G
60 LET B1 = B1 * 3.14159/180
70 PRINT " A = ";A ; " M = ";M ; " L1 = ";L1 ; " L2 = ";L2 ; " L3 = ";L3 ; " L4 = ";L4
    
```

```

80 FOR I=1 TO G/4
90 LET X= I* 6.28318/G
100 LET E = R * ( 1 - COS( X )) * TAN( B1/2 )
110 LET S = R * ( 1 - COS( X )) * COS( B1/2 )/SIN( B1/2 )
120 PRINT " H " ; I ; " ) = " ; E ; " S " ; I ; " ) = " ; S
130 NEXT I
140 PRINT
150 PRINT
160 PRINT " IV FIGURE "
170 LET B2 = B2 * 3. 14159/180
180 FOR J= 1 TO G/4
190 LET Y = J * 6.28318/G
200 LET H = R * ( 1 - COS( Y )) * TAN( B2/2 )
210 LET T = R * ( 1 - COS( Y )) * COS( B2/2 )/SIN( B2/2 )
220 PRINT " H " ; J ; " ) = " ; H ; " T " ; J ; " ) = " ; T
230 NEXT
240 END

```

8. 任意角度蛇形弯管

(1) 示意图(图 2-8)

(2) 程序

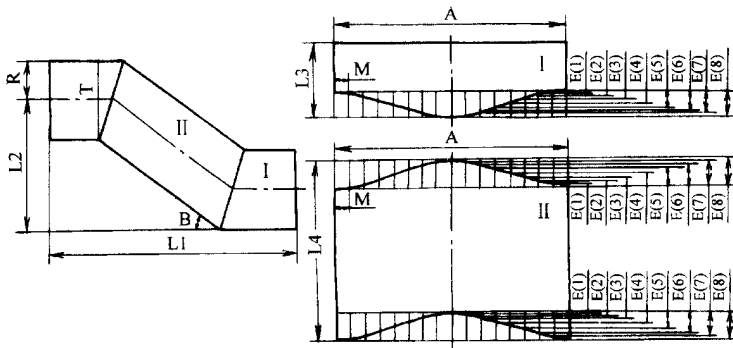


图 2-8 任意角度蛇形弯管示意图

```

10 PRINT " R , B , L1 , L2 , G = " ;
20 INPUT R , B , L1 , L2 , G
30 LET A = 6.28318 * R
40 LET M = A/G
50 LET B = B * 3.14159/180
60 PRINT " A = " ; A ; " M = " ; M
70 FOR I = 1 TO G/2

```

```

80 LET X = I * 6.28318 / G
90 LET E = R * (1 - COS(X)) * TAN(B/2)
100 PRINT "E "; I; ") = "; E
110 IF I < G/2 THEN 150
120 LET L3 = (L1 + E - (L2 - R) * COS(B) / SIN(B)) / 2
130 LET L4 = E + (L2 - R) / SIN(B)
140 PRINT "L3 = "; L3; "L4 = "; L4
150 NEXT I
160 END

```

9. 双扭向 90° 和任意角度蛇形弯管

(1) 示意图(图 2-9)

(2) 程序

```

10 PRINT "R ,B ,L1 ,L2 ,L3 ,G = ";
20 INPUT R ,B ,L1 ,L2 ,L3 ,G
30 LET A = 6.28318 * R
40 LET M = A / G
50 LET B = B * 3.14159 / 180
60 LET L4 = L1 + R * SIN(B) - (L2 - R * COS(B)) * COS(B) / SIN(B)
70 LET L5 = (L2 - R * COS(B)) / SIN(B) + R
80 PRINT "A = "; A; "M = "; M; "L3 = "; L3; "L4 = "; L4; "L5 = "; L5
90 FOR I = 1 TO G/2
100 LET X = I * 6.28318 / G
110 LET E = R * (1 - COS(X)) * TAN(B/2)
120 LET H = R * (1 - COS(X))
130 PRINT "E "; I; ") = "; E; "H "; I; ") = "; H
140 NEXT I
150 END

```

10. 四节双向 90° 弯头三通管

(1) 示意图(图 2-10)

(2) 程序

```

10 PRINT "R ,P ,G = ";
20 INPUT R ,P ,G
30 LET A = 6.28318 * R
40 LET M = A / G
50 LET B = 0.261799166
60 LET C = (P - R) * TAN(B)
70 PRINT "A = "; A; "M = "; M; "C = "; C
80 FOR I = 1 TO G/2

```

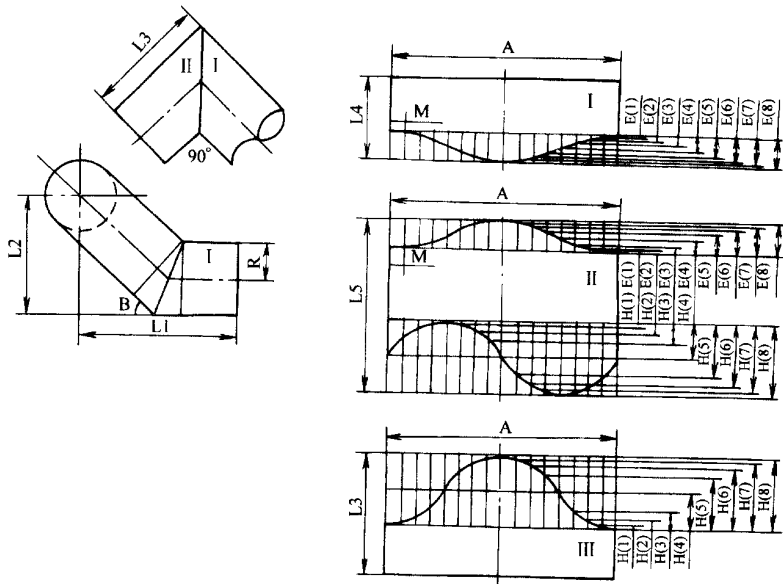


图 2-9 双扭向 90°和任意角度蛇形弯管示意图

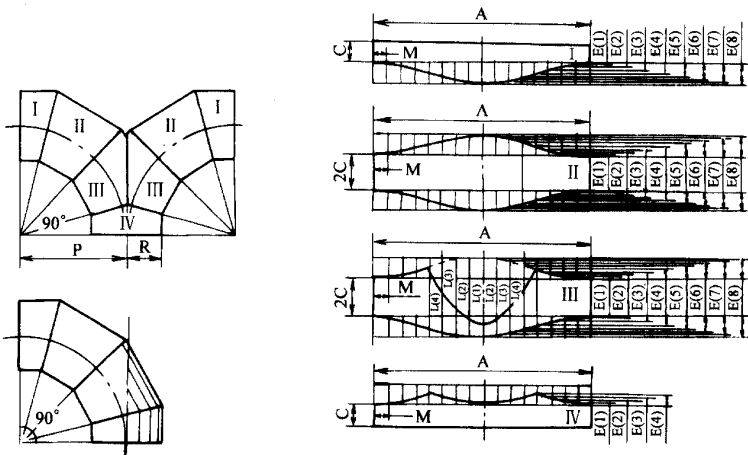


图 2-10 四节双向 90°弯头三通管示意图

```

90 LET X = I * 6.28318 / G
100 LET E = R * (1 - COS(X)) * TAN(B)
110 PRINT "E "; I; ") = "; E
120 NEXT I
130 PRINT
140 PRINT
150 FOR J = 1 TO G / 4
160 LET Y = (J - 1) * 6.28318 / G
170 LET L = 2 * R * COS(Y)

```

```

180 PRINT " I( "J"; )= " ;L
190 NEXT J
200 END

```

(3)符号意义

P :表示圆管中心半径。

11. 带斜插管的四节直角弯头

(1)示意图(图 2-11)

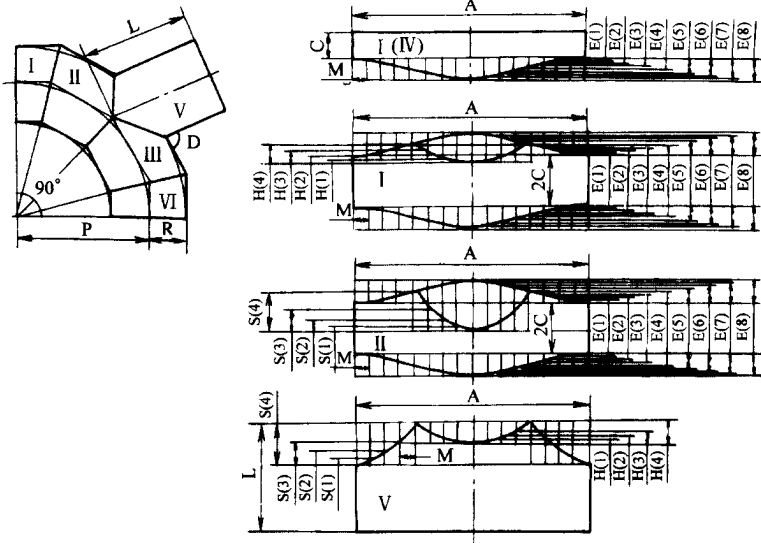


图 2-11 带斜插管的四节直角弯头示意图

(2)程序

```

10 PRINT " R ,P ,L ,D ,G = " ;
20 INPUT R ,P ,L ,D ,G
30 LET A = 6.28318 * R / G
40 LET M = A / G
50 LET B = 0.261799166
60 LET C = ( P - R ) * TAN( B )
70 PRINT " A = " ; A " M = " ; M " C = " ; C " L = " ; L
80 FOR I = 1 TO G / 2
90 LET X = I * 6.28318 / G
100 LET E = R * ( 1 - COS( X ) ) * TAN( B )
110 PRINT " E( " ; I ; ) = "
120 NEXT I
130 PRINT
140 PRINT
150 LET D1 = ( 1 - D / 180 ) * 1.570795

```

```

160 LET D2 = ( D/30 - 1 ) * B
170 FOR J = 1 TO G/4
180 LET Y = J * 6.28318/G
190 LET S = R * ( 1 - COS( Y ) ) * TAN( D1 )
200 LET H = R * ( 1 - COS( Y ) ) * TAN( D2 )
210 PRINT " S " ; J ; " ) = " ; S ; " H " ; J ; " ) = " ; H
220 NEXT J
230 END

```

二、异径圆柱形管件及异口形管件

1. 任意角度斜交不等径三通管

(1) 示意图(图 2-12)

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,R1 ,L1 ,L2 ,L3 ,B ,G = ";
20 INPUT R ,R1 ,L1 ,L2 ,L3 ,B ,G
30 PRINT " I FIGURE "
40 LET A1 = 6.28318 * R1
50 LET M1 = A1/G
60 PRINT " A1 = " ; A1 ; " M1 = " ; M1 ; " L2 = " ; L2
70 LET B = B * 3.14159/180
80 FOR I = 1 TO G/2
90 LET X = I * 6.28318/G
100 LET E1 = R1 * ( 1 - COS( X ) ) * COS( B ) / SIN( B )
110 LET E2 = ( R - SQR( R * R - ( R1 * SIN( X ) ) ^ 2 ) ) / SIN( B )
120 LET E = E1 + E2
130 PRINT " H " ; I ; " ) = " ; E
140 NEXT I
150 PRINT
160 PRINT " II FIGURE "
170 LET A = 6.28318 * R
180 PRINT " A = " ; A ; " L1 = " ; L1 ; " L3 = " ; L3
190 FOR J = 1 TO G/2
200 LET Y = J * 6.28318/G
210 LET S1 = R1 * ( 1 - COS( Y ) ) * COS( B ) / SIN( B )
220 LET S2 = ( R - SQR( R * R - ( R1 * SIN( Y ) ) ^ 2 ) ) / SIN( B )
230 LET S = S1 / COS( B ) + S2 * COS( B )
240 PRINT " S " ; J ; " ) = " ; S
250 IF J > G/4 THEN 300

```

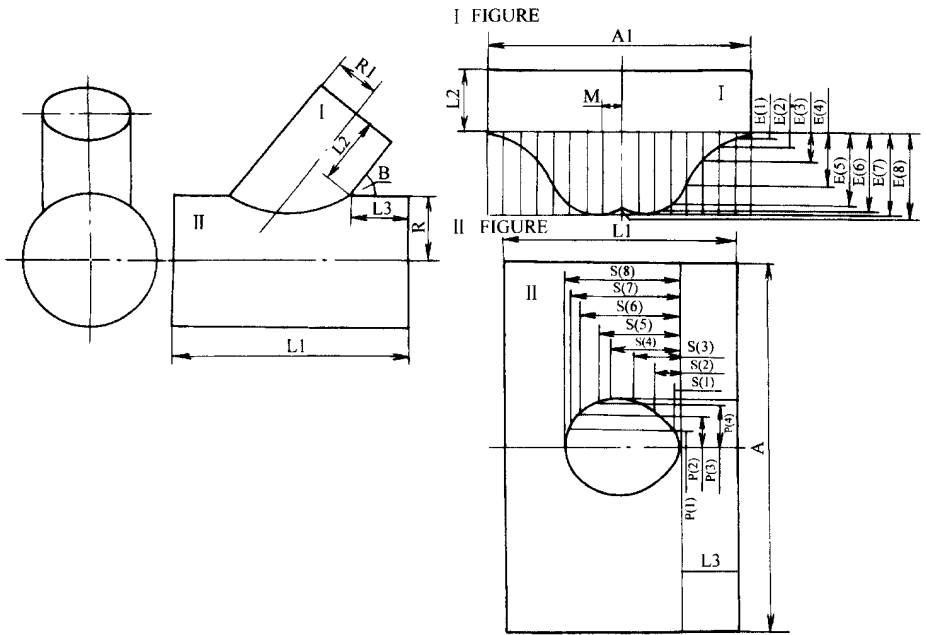


图 2-12 任意角度斜交不等径三通管示意图

```

260 LET Z = R1 * SIN(Y) / SQR(R * R - (R1 * SIN(Y))2)
270 LET C = ATN(Z)
280 LET P = R * C
290 PRINT " R ; J ; ) = " ; P
300 NEXT J
310 END
    
```

2. 异径直交错心三通管

(1) 示意图(图 2-13)

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,R1 ,P1 ,P2 ,G = ";
20 INPUT R ,R1 ,P1 ,P2 ,G
30 PRINT " I FIGURE "
40 LET A1 = 6.28318 * R1
50 LET M1 = A1 / G
60 PRINT " A1 = " ; A1 ; " M1 = " ; M1 ; " P2 = " ; P2
70 LET H = R - R1
80 FOR I = 1 TO G / 2 + 1
90 LET X = (I - 1) * 6.28318 / G
100 LET L = R - SQR(R * R - (R1 * COS(X) - H)2)
110 PRINT " II ( ; J ; ) = " ; L
120 NEXT I
    
```

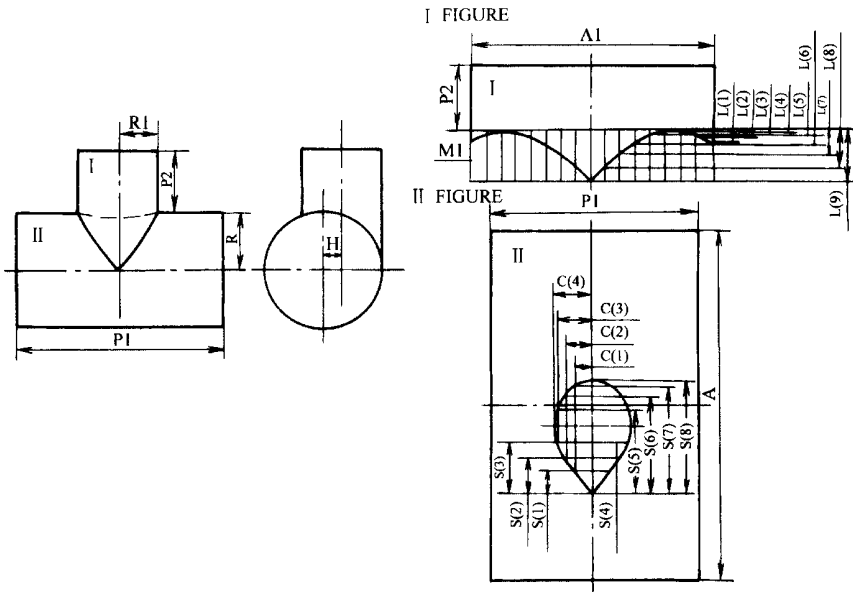



图 2-13 异径直交错心三通管示意图

```

130 PRINT
140 PRINT
150 PRINT " II FIGURE "
160 LET A = 6.28318 * R
170 PRINT " A = "; A
180 FOR J = 1 TO G/2
190 LET Y = J * 6.28318 / G
200 LET Z = (H + R1 * COS(Y)) / R
210 IF Z < 0 THEN 250
220 LET E = SQR((1 - Z * Z) * (Z * Z))
230 LET B = ATN(E)
240 GOTO 280
250 LET T = SQR((1 - Z * Z) * (Z * Z))
260 LET B = ATN(T)
270 LET B = 3.14159 - B
280 LET S = R * B
290 PRINT " S( "; J; ") = "; S
300 LET C = R1 * SIN(Y)
310 IF J > G/4 THEN 330
320 PRINT " C( "; J; ") = "; C
330 NEXT J
340 END
    
```

3. 矩形管直交圆管的三通管

(1) 示意图(图 2-14)

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,C1 ,C2 ,L1 ,L2 = ";
20 INPUT R ,C1 ,C2 ,L1 ,L2
30 LET A = 6.28318 * R
40 LET B = SQR(( C1/( 2 * R ))↑ 2/( 1 - ( C1/( 2 * R ))↑ 2 ))
50 LET S = ATN( B ) * R
60 PRINT " C1 = " ;C1 " ; C2 = " ;C2 " ; L1 = " ;L1 " ; L2 = " ;L2
70 PRINT " A = " ;A " ; S = " ;S
80 END

```

(3) 符号意义 :

C1、C2 : 分别表示矩形管的长和宽。

4. 矩形管任意角度斜插圆管的三通管

(1) 示意图(图 2-15)

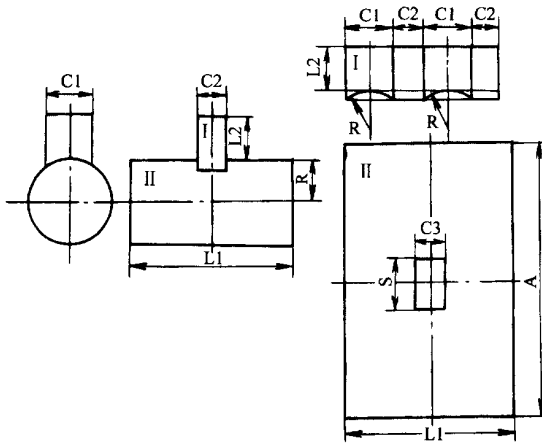


图 2-14 矩形管直交圆管的三通管示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,C1 ,C2 ,B ,L1 ,L2 ,L3 ,G = ";
20 INPUT R ,C1 ,C2 ,B ,L1 ,L2 ,L3 ,G
30 PRINT " I FIGURE "
40 LET M1 = C1/G
50 LET B = B * 3.14159/180
60 PRINT " C1 = " ;C1 " ; C2 = " ;C2 " ; L2 = " ;L2 " ; M1 = " ;M1
70 FOR I = 1 TO G/2
80 LET X = C1 * L( G * R )
90 LET X = SQR( X * X / ( 1 - X * X ) )

```

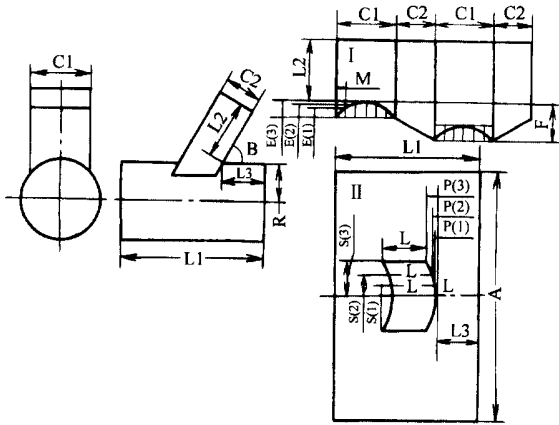


图 2-15 矩形管任意角度
斜插圆管的三通管示意图

```

100 LET X = ATN( X )
110 LET E = R * ( 1 - COS( X ) ) / SIN( B )
120 PRINT " E " ; I ; ) = " ; E
130 IF I = G / 2 THEN 150
140 NEXT I
150 LET F = E + C2 * COS( B ) / SIN( B )
160 PRINT " F = " ; F
170 PRINT
180 PRINT
190 PRINT " II FIGURE "
200 LET A = 6.28318 * R
210 LET L = C2 / SIN( B )
220 PRINT " A = " ; A ; " L = " ; L ; " L1 = " ; L1 ; " L3 = " ; L3
230 FOR J = 1 TO G / 2
240 LET Y = C1 * J / ( G * R )
250 LET Y = SQR( Y * Y * ( 1 - Y * Y ) )
260 LET Y = ATN( Y )
270 LET S = R * Y
280 LET P = R * ( 1 - COS( Y ) ) * COS( B ) / SIN( B )
290 PRINT " S " ; J ; ) = " ; S ; " R " ; J ; ) = " ; P
300 NEXT J
310 END

```

5. 扩径三通管

(1) 示意图(图 2-16)

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,R1 ,H ,L1 ,G = ";
20 INPUT R ,R1 ,H ,L1 ,G
30 PRINT " I FIGURE "
40 LET E = SQR( R1 * R1 + H * H )
50 LET B = 3.14159 * R1 / E
60 LET L = 2 * E * SIN( B )

```

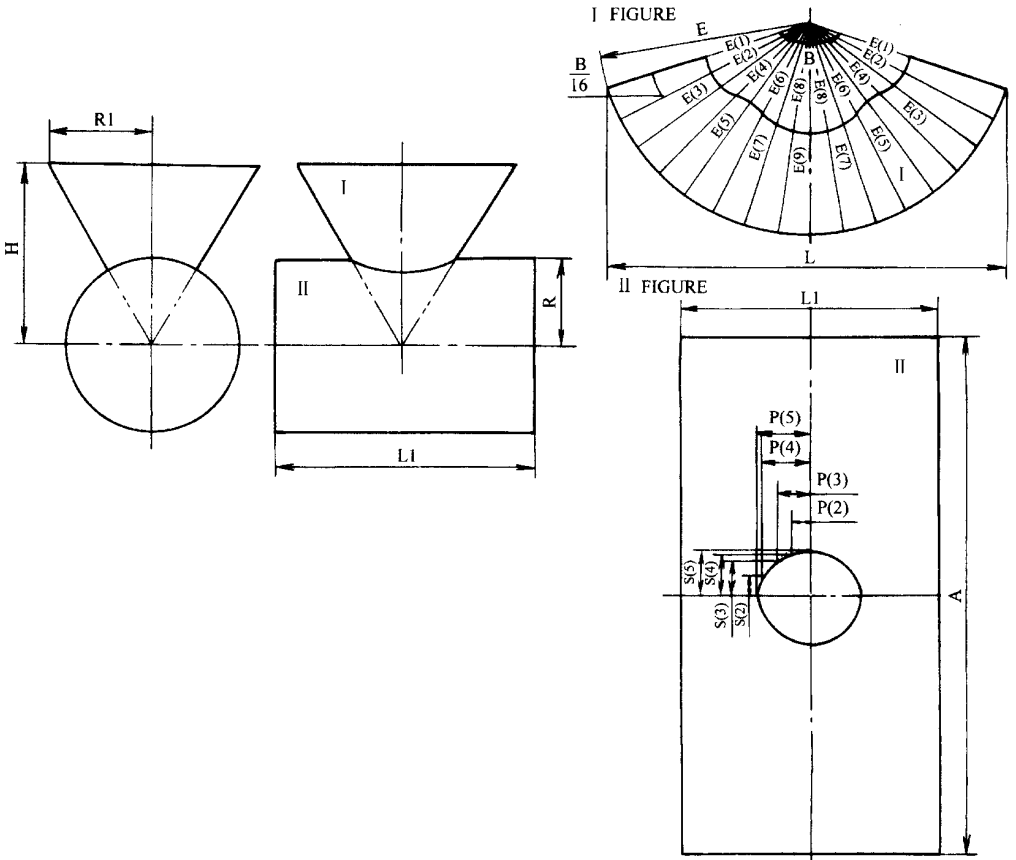


图 2-16 扩径三通管示意图

```

70 LET B = B * 360 / 3.14159
80 PRINT " E = " ; E ; " B = " ; B ; " L = " ; L
90 LET C = ATN( R1 / H )
100 FOR I = 1 TO G / 4 + 1
110 LET X = ( I - 1 ) * 6.28318 / G
120 LET X = ATN( R1 * SIN( X ) / H )
130 LET E = R * COS( X ) / COS( C )
140 PRINT " E ( " ; I ; " ) = " ; E
150 NEXT I

```

```

160 PRINT
170 PRINT
180 PRINT " II FIGURE "
190 LET A = 6.28318 * R
200 PRINT " A = ";A ; L1 = ";L1
210 FOR J = 1 TO G/4 + 1
220 LET Y = (J - 1) * 6.28318 / G
230 LET Y = ATN( R1 * SIN( Y) / H )
240 LET Z = ( G/4 + 1 - J) * 6.28318 / G
250 LET Z = ATN( R1 * SIN( Z) / H )
260 LET P = R * COS( Z) * ATN( Y )
270 LET S = R * Y
280 PRINT " R " ; J ; ") = " ; P ; S " ; J ; ") = " ; S
290 NEXT J
300 END
    
```

(3) 符号的意义：

H 表示圆锥的高；

R1 表示圆锥管的大底面半径。

6. 上圆下方的连接管

(1) 示意图(图 2-17)

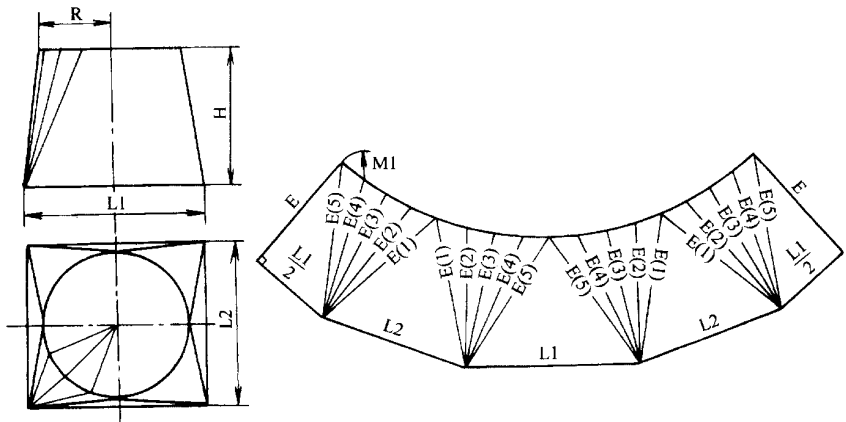


图 2-17 上方下圆的连接管示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,L1 ,L2 ,H ,G = ";
20 INPUT R ,L1 ,L2 ,H ,G
30 LET M = 6.28318 * R / G
40 LET M = INT( M )
    
```

```

50 LET E = SQR(H * H + (L2/2 - R) ^ 2)
60 PRINT " M = "; M; E = "; E
70 FOR I = 1 TO G/4 + 1
80 LET X = (I - 1) * 6.28318/G
90 LET E = SEQR(H * H + (L2/2 - R * SIN(X)) ^ 2 + (L1/2 - R * COS(X)) ^ 2)
100 PRINT " E( "; I; ") = "; E
110 NEXT I
120 END

```

7. 圆管与矩形管移心相接的连接管

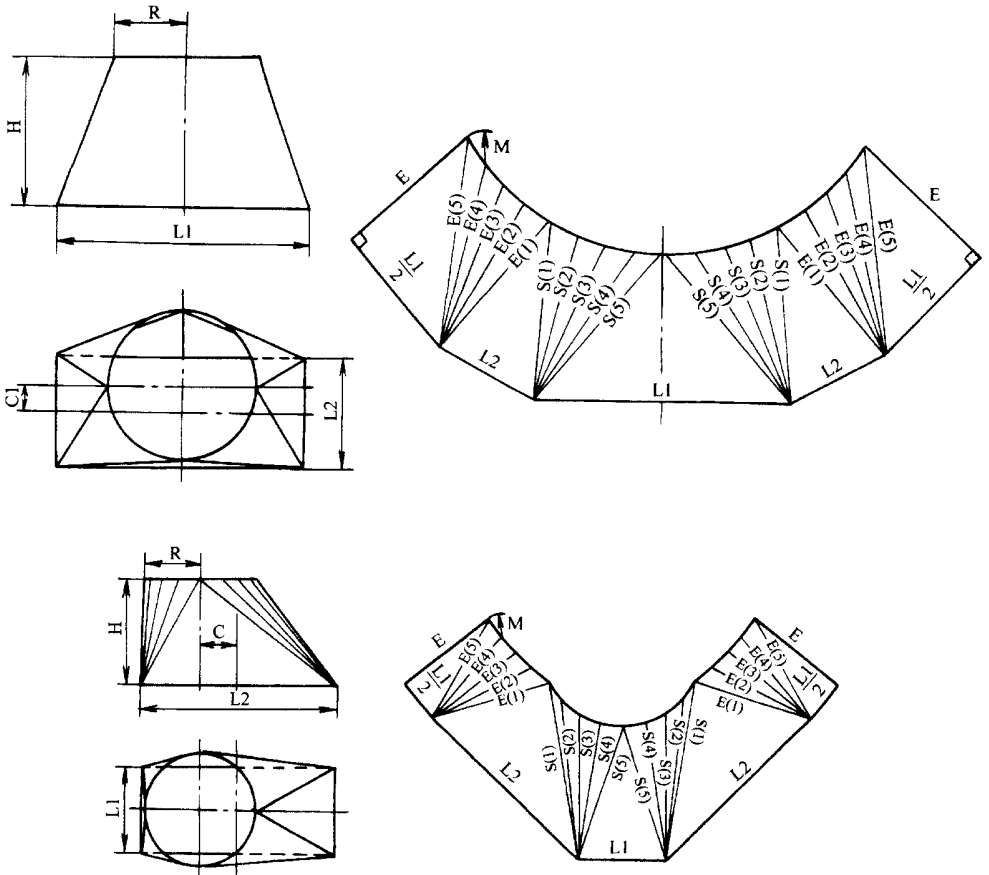


图 2-18 圆管与矩形管移心相接的连接管示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,L1 ,L2 ,H ,C ,G = ";
20 INPUT R ,L1 ,L2 ,H ,C ,G
30 LET M = 6.28318 * R/G
40 LET M = INT(M)
50 LET E = SQR(H * H + (R + C - L2/2) ^ 2)

```

```

60 PRINT " M = " ; M ; " E = " ; E
70 FOR I = 1 TO G / 4 + 1
80 LET X = ( I - 1 ) * 6.28318 / G
90 LET E = SQR( H * H + ( L2 / 2 - R * SIN( X ) - C ) ↑ 2 + ( L1 / 2 - R * COS( X ) ) ↑
2 )
100 PRINT " E = ( " ; I ; " ) = " ; E
110 NEXT I
120 FOR J = 1 TO G / 4 + 1
130 LET Y = ( J - 1 ) * 6.28318 / G
140 LET S = SQR( H * H + ( L2 / 2 - R * SIN( Y ) + C ) ↑ 2 + ( L1 / 2 - R * COS( Y ) ) ↑
2 )
150 PRINT " S " ; J ; " ) = " ; S
160 NEXT J
170 END
    
```

8. 圆管与方管移心相接的连接管

(1) 示意图(图 2-19)

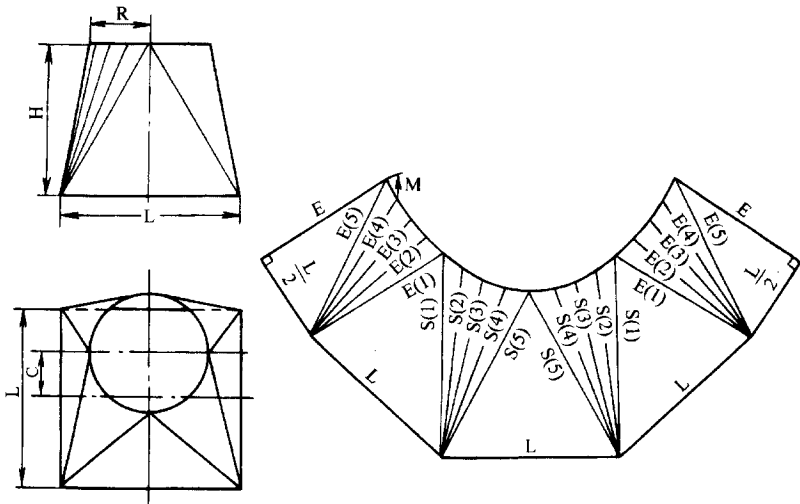


图 2-19 圆管与方管移心相接的连接管示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R L H C G = " ;
20 INPUT R L H C G
30 LET M = 6.28318 * R / G
    
```

```

40 LET M = INT(M)
50 LET E = SQR(H * H + (R + C - L/2) ↑ 2)
60 PRINT " M = " ; M ; " E = " ; E
70 FOR I = 1 TO G/4 + 1
80 LET X = (I - 1) * 6.28318/G
90 LET E = SQR(H * H + (L/2 - R * SIN(X) - C) ↑ 2 + (L/2 - R * COS(X)) ↑ 2)
100 PRINT " E " ; I ; " ) = " ; E
110 NEXT I
120 FOR J = 1 TO G/4 + 1
130 LET Y = (J - 1) * 6.28318/G
140 LET S = SQR(H * H + (L/2 - R * SIN(Y) + C) ↑ 2 + (L/2 - R * COS(Y)) ↑ 2)
150 PRINT " S " ; J ; " ) = " ; S
160 NEXT J
170 END

```

(3) 符号的意义

L: 表示正方形的边长。

9. 圆管与矩形管向任意方向移心相接的连接管

(1) 示意图(图 2-20)

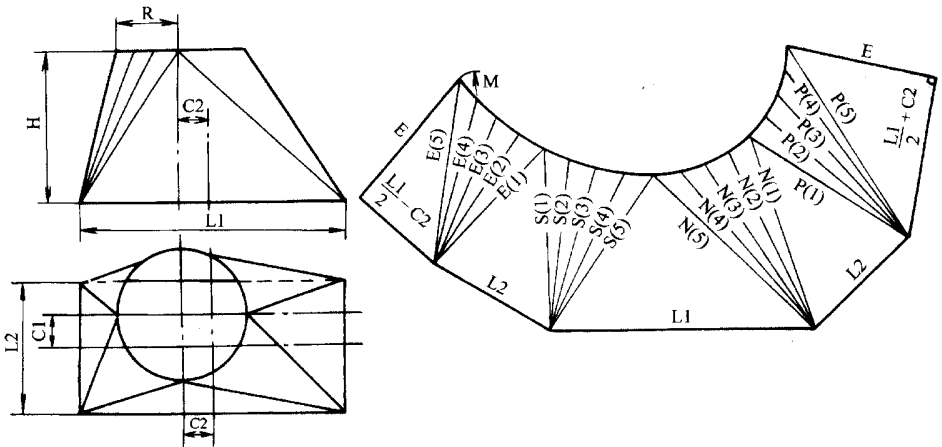


图 2-20 圆管与矩形管向任意方向移心相接的连接管示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R ,L1 ,L2 ,H ,C1 ,C2 ,G = ";
20 INPUT R ,L1 ,L2 ,H ,C1 ,C2 ,G
30 LET M = 6.28318 * R/G
40 LET M = INT(M)
50 LET E = SQR(H * H + (C1 + R - L2/2) ↑ 2)

```



```

60 PRINT " M = " ; M ; E = " ; E
70 FOR I = 1 TO G/4 + 1
80 LET X = ( I - 1 ) * 6.28318 / G
90 LET E = SQR( ( H * H + ( L2/2 - R * SIN( X ) - C1 ) ^ 2 + ( L1/2 - R * COS( X ) - C2 ) ^ 2 )
100 PRINT " E ( " ; I ; ) = " ; E
110 NEXT I
120 FOR J = 1 TO G/4 + 1
130 LET Y = ( J - 1 ) * 6.28318 / G
140 LET S = SQR( ( H * H + ( L2/2 - R * SIN( Y ) + C1 ) ^ 2 + ( L1/2 - R * COS( Y ) - C2 ) ^ 2 )
150 PRINT " S ( " ; J ; ) = " ; S
160 NEXT J
170 FOR K = 1 TO G/4 + 1
180 LET Z = ( K - 1 ) * 6.28318 / G
190 LET P = SQR( ( H * H + ( L2/2 - R * SIN( Z ) - C1 ) ^ 2 + ( L1/2 - R * COS( Z ) + C2 ) ^ 2 )
200 PRINT " P ( " ; K ; ) = " ; P
210 NEXT K
220 FOR T = 1 TO G/4 + 1
230 LET W = ( T - 1 ) * 6.28318 / G
240 LET N = SQR( ( H * H + ( L2/2 - R * SIN( W ) + C1 ) + 2 + ( L1/2 - R * COS( W ) + C2 ) ^ 2 )
250 PRINT " N ( " ; T ; ) = " ; N
260 NEXT T
270 END

```

10. 上方下圆裤形三通管

(1) 示意图(图 2-21)

(2) 程序

```

10 PRINT " R , L , H , P , G = " ;
20 INPUT R , L , H , P , G
30 LET M = 6.28318 * R / G
40 LET M = INT( M )
50 LET N = P * H / ( P + L / 2 )
60 LET E = SQR( N * N + ( P - R ) ^ 2 )
70 LET F = R + N * ( L / 2 - R ) / H
80 LET K = SQR( ( H - N ) ^ 2 + ( L / 2 - F ) ^ 2 )

```

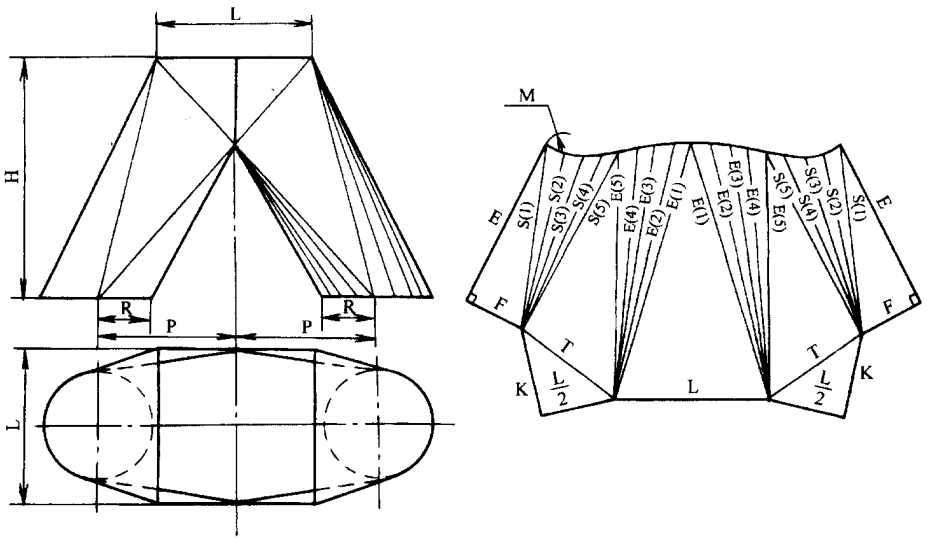


图 2-21 上方下圆裤形三通管示意图

```

90 LET T = SQR(K * K + (L/2)↑2)
100 PRINT " M = "M"; E = "E"; F = "F"; K = "K"; T = "T"
110 FOR I = 1 TO G/4 + 1
120 LET X = (I - 1) * 6.28318/G
130 LET E = SQR(H * H + (P + R * COS(X) - L/2)↑2 + (L/2 - R * SIN(X))↑2)
140 PRINT " E ("I"; ) = "E
150 NEXT I
160 FOR J = 1 TO G/4 + 1
170 LET Y = (J - 1) * 6.28318/G
180 LET S = SQR(N * N + (P - R * COS(Y))↑2 + (F - R * SIN(Y))↑2)
190 PRINT " S ("J"; ) = "S
200 NEXT J
210 END

```

(3) 符号的意义

P 表示方口与圆面的移心距。

11. 椭圆

(1) 示意图(图 5-22)

(2) 程序

```

10 PRINT " A ,B ,G = ";
20 INPUT A ,B ,G
30 FOR I = 1 TO G/4 + 1
40 LET Z = (I - 1) * 6.28318/G
50 LET X = A * COS(Z)

```

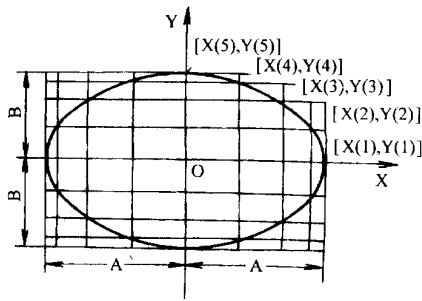


图 2-22 椭圆示意图

```

60 LET Y = B * SIN(Z)
70 PRINT "X( ;I ; ) = "; X ; "Y( ;I ; ) = "; Y
80 NEXT I
90 END
    
```

12. 椭圆锥台

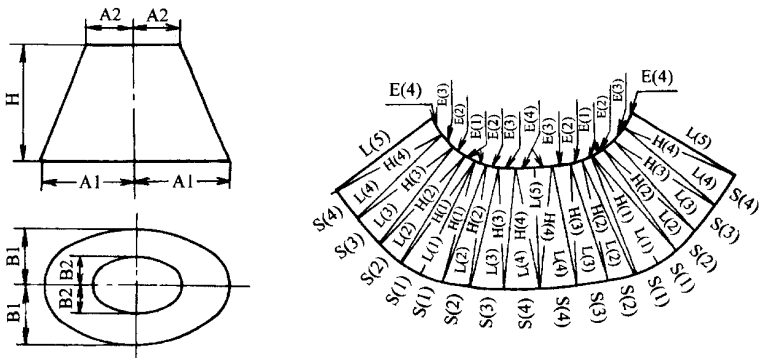


图 2-23 椭圆锥台示意图

(1) 示意图(图 2-23)

(2) 程序

```

10 PRINT " A1 ,B1 ,A2 ,B2 ,H ,G = ";
20 INPUT A1 ,B1 ,A2 ,B2 ,H ,G
30 FOR I = 1 TO G/4 + 1
40 LET Z = (I - 1) * 6.28318 / G
50 LET X1 = A1 * COS(Z)
60 LET X2 = A2 * COS(Z)
70 LET X3 = B1 * SIN(Z)
80 LET X4 = B2 * SIN(Z)
90 LET L = SQR(H * H + (X1 - X2) ^ 2 + (X3 - X4) ^ 2)
100 PRINT " L( ;I ; ) = "; L
110 NEXT I
    
```

```

120 FOR J = 1 TO G/4
130 LET T1 = (J - 1) * 6.28318/G
140 LET T2 = J * 6.28318/G
150 LET K1 = A1 * COS(T1)
160 LET K2 = A1 * COS(T2)
170 LET K3 = A2 * COS(T1)
180 LET K4 = A2 * COS(T2)
190 LET V1 = B1 * SIN(T1)
200 LET V2 = B1 * SIN(T2)
210 LET V3 = B2 * SIN(T1)
220 LET V4 = B2 * SIN(T2)
230 LET H = SQR(H * H + (K2 - K3)2 + (V2 - V3)2)
240 LET S = SQR((K1 - K2)2 + (V1 - V2)2)
250 LET E = SQR((K3 - K4)2 + (V3 - V4)2)
260 LET S = INT(S + 1)
270 LET E = INT(E + 1)
280 PRINT "H(" J ") = " H ; "S(" J ") = " S ; "E(" J ") = " E
290 NEXT J
300 END

```

13. 上圆底椭圆连接管

(1) 示意图(图 2-24)

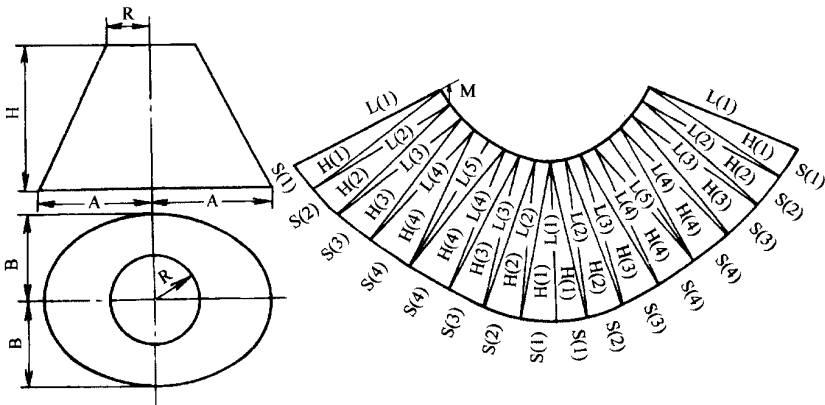


图 2-24 上圆底椭圆连接管示意图

(2) 程序

```

10 PRINT "A,B,R,H,G = "
20 INPUT A,B,R,H,G
30 LET M = 6.28318 * R/G
40 LET M = INT(M)

```

```

50 PRINT " M = " ;M
60 FOR I= 1 TO G/4 + 1
70 LET Z=( I - 1 ) * 6.28318 /G
80 LET X = A * COS( Z )
90 LET Y = B * SIN( Z )
100 LET L = SQR( H * H + ( X - R * COS( Z ) ) ↑ 2 + ( Y - R * SIN( Z ) ) ↑ 2 )
110 PRINT " I( " ;I ; " ) = " ;L
120 NEXT I
130 FOR J = 1 TO G/4
140 LET T1 = ( J - 1 ) * 6.28318 /G
150 LET T2 = J * 6.28318 /G
160 LET K1 = A * COS( T1 )
170 LET K2 = A * COS( T2 )
180 LET V1 = B * SIN( T1 )
190 LET V2 = B * SIN( T2 )
200 LET H = SQR( H * H + ( K2 - R * COS( T1 ) ) ↑ 2 + ( V2 - R * SIN( T1 ) ) ↑ 2 )
210 LET S = SQR( ( K1 - K2 ) ↑ 2 + ( V1 - V2 ) ↑ 2 )
220 LET S = INT( S + 1 )
230 PRINT " H( " ;J ; " ) = " ;H ; " S( " ;J ; " ) = " ;S
240 NEXT J
250 END

```

14. 椭圆管与圆管错心相接的连接管

(1)示意图(图 2 - 25)

(2)程序

```

10 PRINT " A ,B ,R ,H ,C ,G = "
20 INPUT A ,B ,R ,H ,C ,G
30 LET M = 6.28318 * R /G
40 LET M = INT( M )
50 PRINT " M = " = M
60 FOR I = ITOG /2 + 1
70 LET Z = ( I - 1 ) * 6.28318 /G
80 LET X = A * COS( Z )
90 LET Y = B * SIN( Z )
100 LET L = SQR( H * H + ( X + C - R * COS( Z ) ) ↑ 2 + ( Y - R * SIN( Z ) ) ↑ 2 )
110 PRINT " I( " ;I ; " ) = " ;L
120 NEXT I
130 FOR J = 1 TO G /2
140 LET T1 = J * 6.28318 /G

```

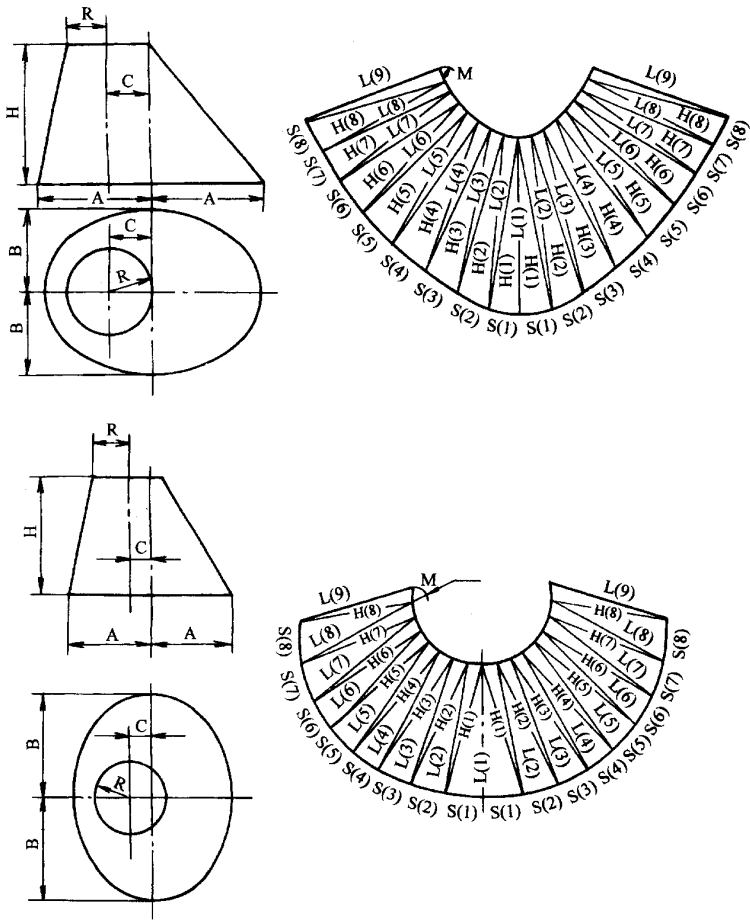


图 2-25 椭圆管与圆管错心相接的连接管示意图

```

150 LET T2 = J * 6.28318 / G
160 LET K1 = A * COS( T1 )
170 LET K2 = A * COS( T2 )
180 LET V1 = B * SIN( T1 )
190 LET V2 = B * SIN( T2 )
200 LET H = SQR( H * H + ( K2 + C - R * COS( T1 ) ) ^ 2 + ( V2 - R * SIN( T1 ) ) ^ 2 )
210 LET S = SQR( ( K1 - K2 ) ^ 2 + ( V1 - V2 ) ^ 2 )
220 LET S = INT( S + 1 )
230 PRINT " H( " J ; ) = " H ; " S( " J ; ) = " S
240 NEXT J
250 END
    
```

三、圆锥、台及管件

1. 正圆锥

(1) 示意图(图 5-26)

(2) 程序

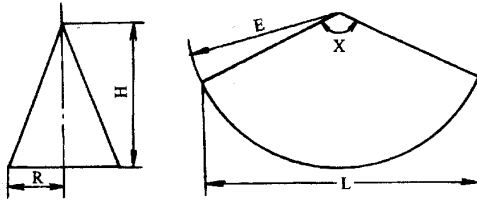


图 2-26 正圆锥示意图

```

10 PRINT " R ,H = "
20 INPUT R ,H
30 LET E = SQR( H * H + R * R )
40 LET X = 3.14159 * R/E
59 LET L = Z * E * SIN( X )
60 LET X = X * 360/3.14159
70 PRINT " E = " ; E ; " L = " ; L ; " X = " ; X
80 END
    
```

2. 正圆台

(1) 示意图(图 5-27)

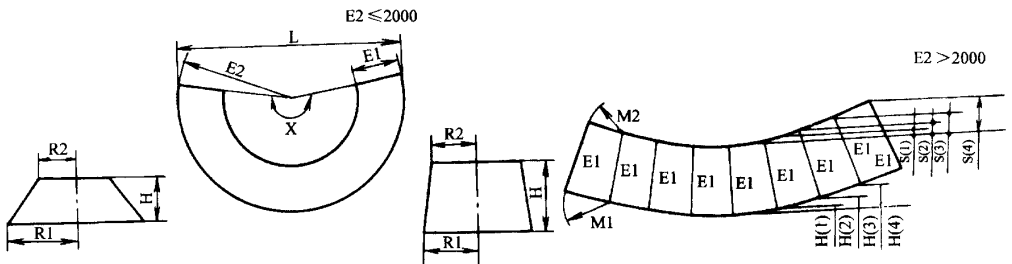


图 2-27 正圆台示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R1 ,R2 ,H = ";
20 INPUT R1 ,R2 ,H
30 LET E1 = SQR( H * H + ( R1 - R2 ) ^ 2 )
40 LET E2 = E1 * R1 / ( R1 - R2 )
50 LET X = 6.28318 * R1 / E2
60 IF E2 > 2000 THEN 110
    
```

```

70 LET L = 2 * E2 * SIN( X/2 )
80 LET X = X * 180/3.14159
90 PRINT " E1 = " ; E1 ; " E2 = " ; E2 ; " L = " ; L ; " X = " ; X
100 GOTO 240
110 PRINT " R1 R2 H G = "
120 INPUT R1 R2 H G
130 LET M1 = 6.28318 * R1/G
140 LET M2 = 6.28318 * R2/G
150 LET M1 = INT( M1 )
160 LET M2 = INT( M2 )
170 PRINT " E1 = " ; E1 ; " M1 = " ; M1 ; " M2 = " ; M2
180 FOR I = 1 TO G/2
190 LET N = G/I
200 LET H = E2 * ( 1 - COS( X/N ) )
210 LET S = ( E2 - E1 ) * ( 1 - COS( X/N ) )
220 PRINT " H ( " ; I ; " ) = " ; H ; " S ( " ; I ; " ) = " ; S
230 NEXT I
240 END

```

3. 斜切圆锥台(底为大)

(1) 示意图(图 5-28)

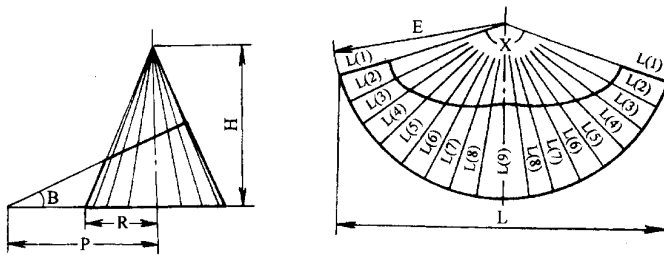


图 2-28 斜切圆锥台(底为大)示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R B P H G = " ;
20 INPUT R B P H G
30 LET E = SQR( H * H + R * R )
40 LET X = 3.14159 * R/E
50 LET L = 2 * E * SIN( X )
60 LET X = X * 360/3.14159
70 PRINT " E = " ; E ; " L = " ; L ; " X = " ; X
80 LET B = B * 3.14159/180
90 LET T = ATN( H/R )

```



```

100 FOR I = 1 TO G/2 + 1
110 LET Y = (I - 1) * 6.28318/G
120 IF I = G/4 + 1 THEN 190
130 LET Z = ATN( H / ( R * COS( Y ) ) )
140 IF Z < 0 THEN 210
150 LET L = SIN( B ) * SIN( Z ) * ( P - R * COS( Y ) ) / ( SIN( T ) * SIN( Z - B ) )
160 PRINT " L( " ; I ; " ) = " ; L
170 NEXT I
180 END
190 LET L = SIN( B ) * P / ( SIN( T ) * COS( B ) )
200 GOTO 160
210 LET Z = ABS( Z )
220 LET L = SIN( B ) * SIN( Z ) * ( P - R * COS( Y ) ) / ( SIN( T ) * SIN( 3.14159 - Z - B ) )
230 GOTO 160

```

(3) 符号意义

B 表示斜切圆锥台的倾斜角；

P 表示圆锥台底面圆心到角 B 顶点的距离。

4. 斜切圆锥台(底为小)

(1) 示意图(图 5-29)

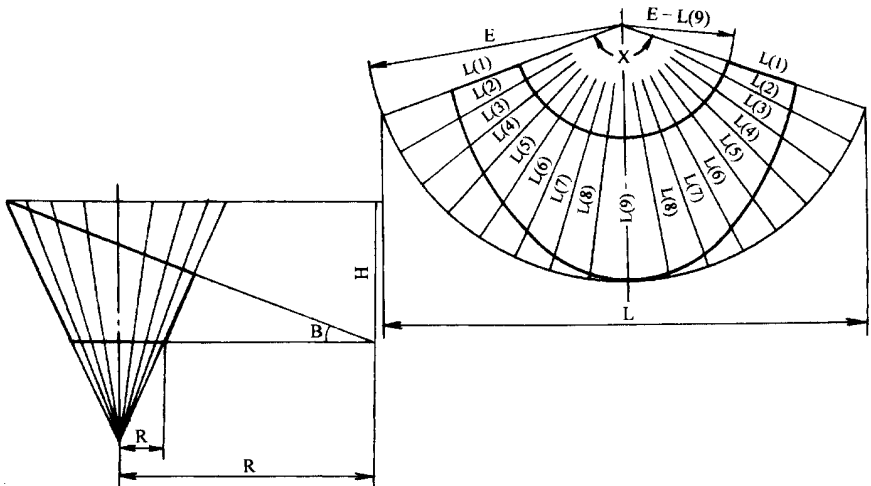


图 2-29 斜切圆锥台(底为小)示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R , B , P , H , G = " ;
20 INPUT R , B , P , H , G
30 LET B = B * 3.14159/180

```

```

40 LET T = ATN( H * TAN( B ) / ( H - ( P + R ) * TAN( B ) ) )
50 LET E = H / SIN( T ) + R / COS( T )
60 LET X = 3.14159 * COS( T )
70 LET L = Z * E * SIN( X )
80 LET X = X * 360 / 3.14159
90 PRINT " E = " ; E ; " L = " ; L ; " X = " ; X
100 FOR I = 1 TO G / 2 + 1
110 LET Y = ( I - 1 ) * 6.28318 / G
120 IF I = G / 4 + 1 THEN 190
130 LET Z = ATN( TAN( T ) / COS( Y ) )
140 IF Z < 0 THEN 210
150 LET L = SIN( B ) * SIN( Z ) * ( P - R * COS( Y ) ) / ( SIN( T ) * SIN( 3.14159 - Z - B ) )
160 PRINT " L( " ; I ; " ) = " ; L
170 NEXT I
180 END
190 LET L = SIN( B ) * P / ( SIN( T ) * COS( B ) )
200 GOTO 160
210 LET Z = ABS( Z )
220 LET L = SIN( B ) * SIN( Z ) * ( P - R * COS( Y ) ) / ( SIN( T ) * SIN( Z - B ) )
230 GOTO 160

```

5. 两节任意角度渐缩弯头

(1) 示意图(图 5-30)

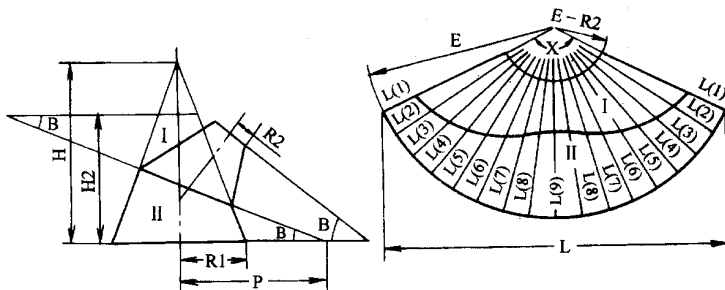


图 2-30 两节任意角度渐缩弯头示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " R1 ,R2 ,P ,B ,G = " ;
20 INPUT R1 ,R2 ,P ,B ,G
30 LET B = B * 3.14159 / 180
40 LET H2 = 2 * P * TAN( B )
50 LET E2 = SQR( H2 * H2 + ( R1 - R2 ) ^ 2 )

```

```

60 LET H = H2 * R1 / ( R1 - R2 )
70 LET E = SQR( H * H + R1 * R2 )
80 LET X = 6.28318 * R1 / E
90 IF E > 2000 THEN 140
100 LET L = 2 * E * SIN( X / 2 )
110 LET X = X * 180 / 3.14159
120 PRINT " E2 = "; E2 ; E = "; E ; L = "; L ; X = "; X
130 GOTO 250
140 LET M1 = 6.28318 * R1 / G
150 LET M2 = 6.28318 * R2 / G
160 LET M1 = INT( M1 )
170 LET M2 = INT( M2 )
180 PRINT " E2 = "; E2 ; M1 = "; M1 ; M2 = "; M2
190 FOR I = 1 TO G / 2
200 LET N = G / I
210 LET H = E * ( 1 - COS( X / N ) )
220 LET S = ( E - E2 ) * ( 1 - COS( X / N ) )
230 PRINT " H( "; I ; ) = "; H ; S( "; I ; ) = "; S
240 NEXT I
250 LET T = ATN( H / R1 )
260 FOR J = 1 TO G / 2 + 1
270 LET Y = ( J - 1 ) * 6.28318 / G
280 IF J = G / 4 + 1 THEN 350
290 LET Z = ATN( H / ( R1 * COS( Y ) ) )
300 IF Z < 0 THEN 370
310 LET L = SIN( B ) * SIN( Z ) * ( P - R1 * COS( Y ) ) * ( SIN( T ) * SIN( Z - B ) )
320 PRINT " I( "; J ; ) = "; L
330 NEXT J
340 END
350 LET L = SIN( B ) * P * ( SIN( T ) * COS( B ) )
360 GOTO 320
370 LET Z = ABS( Z )
380 LET L = SIN( B ) * SIN( Z ) * ( P - R1 * COS( Y ) ) * ( SIN( T ) * SIN( 3.14159 - Z - B ) )
390 GOTO 320

```

6. 四节任意角度渐缩弯头

(1) 示意图(图 5-31)

(2) 程序

```

10 PRINT " R1 ,R4 ,P ,B ,G = ";
20 INPUT R1 ,R4 ,P ,B ,G
30 LET B = B * 3.14159/180
40 LET H1 = 6" P * TAN( B )
50 LET E1 = SQR( H ) * H1 - ( R1 - R4 ) ↑ 2 )
60 LET E = E1 * R1 / ( R1 - R4 )
70 LET X = 6.28318 * R1 / E
80 IF E > 2000 THEN 130
90 LET L = 2 * E * SIN( X / 2 )
100 LET X = X * 180 / 3.14159
110 PRINT " E1 = " ; E1 " ; E = " ; E " ; L = " ; L " ; X = " ; X
120 GOTO 240
130 LET M1 = 6.28318 * R1 / G
140 LET M4 = 6.28318 * R4 / G

```

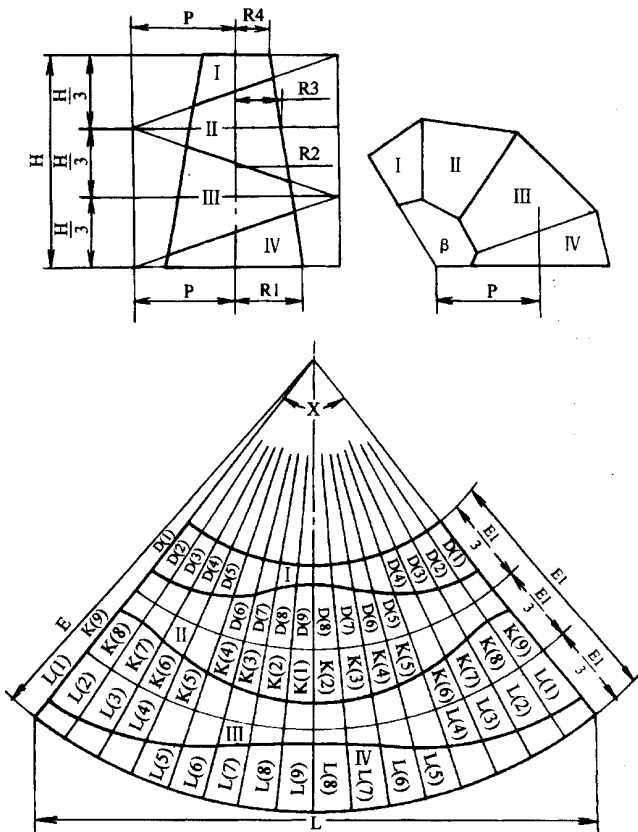


图 2-31 四节任意角度渐缩弯头示意图

```

150 LET M1 = INT( M1 )
160 LET M4 = INT( M4 )

```

```

170 PRINT " E1 = ";E1 ; M1 = ";M1 ; M4 = ";M4
180 FOR I = 1 TO G/2
190 LET N = G/1
200 LET H = E*(1 - COS(X/N))
210 LET S = (E - E1)*(1 - COS(X/N))
220 PRINT " H( ";I; ") = ";H ; S( ";I; ") = ";S
230 NEXT I
240 LET R2 = R4 + 2*(R1 - R4)/3
250 LET R3 = R4 + (R1 - R4)/3
260 LET H = H * R1/(R1 - R4)
270 LET T = ATN(H/R1)
280 FOR J = 1 TO G/2 + 1
290 LET Y = (J - 1)*6.28318/G
300 IF J = G/4 + 1 THEN 390
310 LET Z = ATN(H/(R1 * COS(Y)))
320 IF Z < 0 THEN 430
320 LET L = SIN(B)*SIN(Z)*(P - R1 * COS(Y))(SIN(T)*SIN(Z - B))
340 LET K = SIN(B)*SIN(Z)*(P - R2 * COS(Y))(SIN(T)*SIN(Z - B))
350 LET D = SIN(B)*SIN(Z)*(P - R3 * COS(Y))(SIN(T)*SIN(Z - B))
360 PRINT " I( ";J; ") = ";I ; K( ";J; ") = ";K ; D( ";J; ") = ";D
370 NEXT J
380 END
390 LET L = SIN(B)*P/SIN(T)*COS(B))
400 LET K = L
410 LET D = L
420 GOTO 360
430 LET Z = ABS(Z)
440 LET L = SIN(B)*SIN(Z)*(P - R1 * COS(Y))(SIN(T)*SIN(3.14159 - Z - B))
450 LET K = SIN(B)*SIN(Z)*(P - R2 * COS(Y))(SIN(T)*SIN(3.14159 - Z - B))
460 LET D = SIN(B)*SIN(Z)*(P - R3 * COS(Y))(SIN(T)*SIN(3.14159 - Z - B))
470 GOTO 360

```

7. 偏心锥台

(1) 示意图(图 5-32)

(2) 程序

```

10 PRINT " R1 ,R2 ,H ,C ,G = ";

```

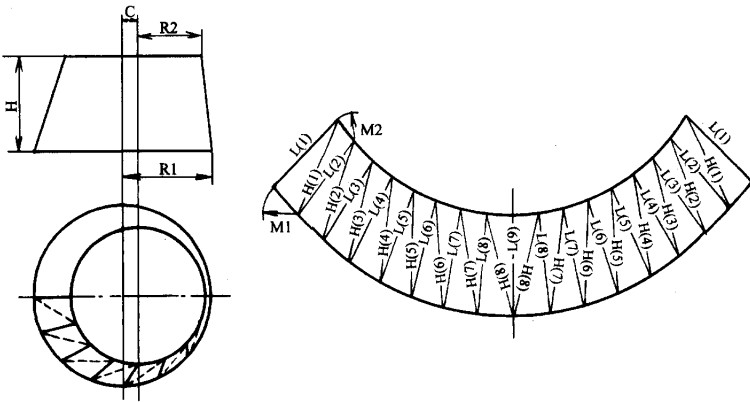


图 2-32 偏心锥台示意图

```

20 INPUT  R1 ,R2 ,H ,C ,G
30 LET    M1 = 6.28318 * R1/G
40 LET    M2 = 6.28318 * R2/G
50 LET    M1 = INT( M1 )
60 LET    M2 = INT( M2 )
70 PRINT  " M1 = " ;M1 " ; M2 = " ;M2
80 FOR    I = 1 TO G/2 + 1
90 LET    X = ( I - 1 ) * 6.28318/G
100 LET   L = SQR( H * H + ( R1 * COS( X ) - R2 * COS( X ) - C ) ^ 2 + ( R1 * SIN( X )
    - R2 * SIN( X ) ) ^ 2 )
110 PRINT " L ( " ; I " ; ) = " ; L
120 NEXT  I
130 FOR   J = 1 TO G/2
140 LET   Y1 = ( J - 1 ) * 6.28318/G
150 LET   Y2 = J * 6.28318/G
160 LET   H = SQR( H * H + ( R1 * COS( Y2 ) - R2 * COS( Y1 ) - C ) ^ 2 + ( R1 * SIN
    ( Y2 ) - R2 * SIN( Y1 ) ) ^ 2 )
170 PRINT " H ( " ; J " ; ) = " ; H
180 NEXT  J
190 END

```

8. 圆管—圆锥管两节任意角度弯头

(1) 示意图(图 5-33)

(2) 程序

```

10 PRINT  " R1 ,R2 ,C ,B ,K ,G = " ;
20 INPUT  R1 ,R2 ,C ,B ,K ,G
30 LET    B = 3.14159 * B/180
40 IF    R2 = C THEN 80

```

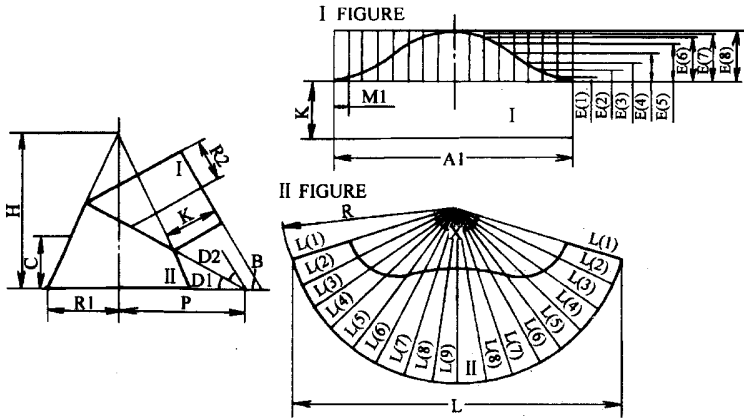


图 2-33 圆管—圆锥管两节任意角度弯头示意图

```

50 IF ABS((C - R2)/R2) < 0.001 THEN 100
60 IET R3 = (R1 - SQR(R1 * R1 - (1 - C * C/(R2 * R2)) * (R1 * R1 + C * C))) /
(1 - CXC/(R2 * R2))
70 GOTO 110
80 LET R3 = (R1 * R1 + C * C) / (2 * R1)
900 GOTO 110
100 LET R3 = R1 * R2 / (C + R2) + C * R2 / (2 * R1) - C * R2 * (C * C - R2 * R2) /
(8XR1 ↑ 3)
110 LET F = R1 - R3
120 LET E = C * R3 / R2
130 LET H = C * R1 / F
140 LET T = ATN(C / F)
150 LET D = 1.570795 - B
160 LET L1 = R3 * SIN(D) / SIN(3.14159 - T - D)
170 LET L2 = R2 / COS(T - B) - L1
180 LET L3 = E - L2
190 LET L4 = L3 * SIN(T)
200 LET L5 = R3 + L2 * COS(T)
210 LET Z = (C * R1 - 2 * C * R2 * COS(B) + C * L5 - L4 * F - 2 * R2 * F * SIN
(B)) / (2 * R2 * (C * SIN(B) - F * COS(B)))
220 LET D2 = ATN(Z)
230 LET D1 = B - D2
240 LET P = L4 / TAN(D1) + L5
250 PRINT " I FIGURE "
260 LET A1 = 6.28318 * R2
270 LET M1 = A1 / G
    
```

```

280 PRINT " A1 = ";A1 ; M1 = ";M1 ; K = ";K
290 FOR I = 1 TO G/2
300 LET X1 = I * 6.28318/G
310 LET E = R2 * ( 1 - COS( X1 )) * TAN( D2 )
320 PRINT " E ";I ; ") = ";E
330 NEXT I
340 PRINT
350 LET " II FIGURE "
360 LET R = XQR( H * H + R1 * R2 )
370 LET X = 3.14159 * R1/R
380 LET L = 2 * R * SIN( X )
390 LET X = X * 360/3.14159
400 PRINT " R = ";R ; L = ";L ; X = ";X
410 FOR J = 1 TO G/2 + 1
420 LET Y = ( J - 1 ) * 6.28318/G
430 IF J = G/4 + 1 THEN 500
440 LET W = ATN( H/R1 * COS( Y )))
450 IF W < 0 THEN 520
460 LET L = SIN( D1 ) * SIN( W ) * ( P - R1 * COS( Y )) / ( SIN( T ) * SIN( W - D1 ))
470 PRINT " I( ";J ; ") = ";L
480 NEXT J
490 END
500 LET L = SIN( D1 ) * P / ( SIN( T ) * COS( D1 ))
510 GOTO 470
520 LET W = ABS( W )
530 LET L = SIN( D1 ) * SIN( W ) * ( P - R1 * COS( Y )) / ( SIN( T ) * SIN( 3.14159 -
W - D1 ))
540 GOTO 470

```

(3) 符号的意义及说明

C 表示圆锥与圆管公共内切球球心到水平面的距离；

K 表示实长；

本例是圆锥台底面圆为大圆。

9. 圆锥台—圆管两节任意角度弯头(圆锥台底面圆为小圆)

(1) 示意图(图 5-34)

(2) 程序

```

10 PRINT " R1 ,R2 ,C ,B ,K ,G = ";
20 INPUT R1 ,R2 ,C ,B ,K ,G
30 LET B = 3.14159 * B/180

```

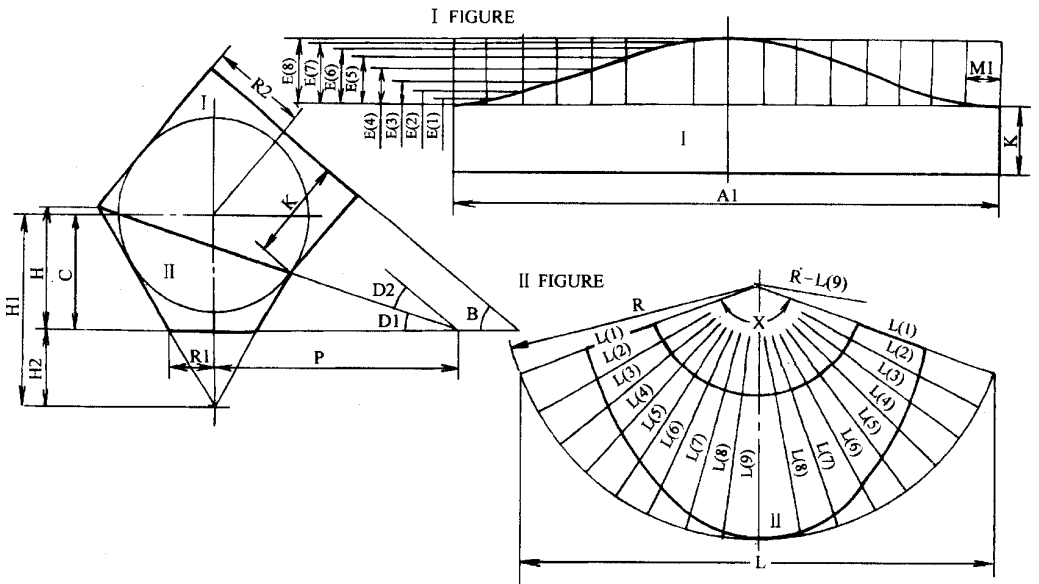



图 2-34 圆锥台一圆管两节任意角度弯头(圆锥台底面圆为小圆)示意图

```

40 IF R2 = C THEN 80
50 IF ABS((C - R2)/R2) < 0.001 THEN 100
60 LET R3 = (R1 - SQR(R1 * R1 - (1 - C * C / (R2 * R2)) * (R1 * RL + C * C))) /
(1 - C * C / (R2 * R2))
70 GOTO 110
80 LET R3 = (R1 * R1 + C * C) / (2 * R1)
90 GOTO 110
100 LET R3 = R1 * R2 / (C + R2) + C * R2 / (2 * R1) - C * R2 * (C * C - R2 * R2) /
(8 * R1 ^ 3)
110 LET F = R3 - R1
120 LET E = C * R3 / R2
130 LET H = C * R3 / F
140 LET H2 = H1 - C
150 LET T = ATN(C / F)
160 LET D = 1.570795 - B
170 LET L1 = R3 * SIN(D) / SIN(T - D)
180 LET L2 = R2 / SIN(T - D) - L1
190 LET L3 = E - L2
200 LET L4 = L3 * SIN(T)
210 LET L5 = R3 - L2 * COS(T)
220 LET I = (C * R1 - 2 * R2 * C * COS(B) + C * L5 + L4 * F + 2 * R2 * F * SIN
(B)) / (2 * R2 * (C * SIN(B) + F * COS(B)))
    
```

```

230 LET D2 = ATN( Z )
240 LET D1 = B - D2
250 LET P = L4/TAN( D1 )+ L5
260 LET H = ( 2 * R2 * COS( D1 )/COS( D2 )- L5 - R1 ) * C/F
270 PRINT " I FIGURE "
280 LET A1 = 6.28318 * R2
290 LET M1 = A1/G
300 PRINT " A1 = ";A1 ; M1 = ";M1 ; K = ";K
310 FOR I = 1 TO G/2
320 LET X1 = I * 6.28318/G
330 LET E = R2 * ( 1 - COS( X1 ) ) * TAN( D2 )
340 PRINT " E( ";I ; ) = ";E
350 NEXT I
360 PRINT
370 PRINT " II FIGURE "
380 LET R = H/SIN( T )+ R1/COS( T )
390 LET X = 3.14159 * COS( X )
400 LET L = 2 * R * SIN( X )
410 LET X = X * 360/3.14159
420 PRINT " R = ";R ; L = ";L ; X = ";X
430 FOR J = 1 TO G/2 + 1
440 LET Y = ( J - 1 ) * 6.28318/G
450 IF J = G/4 + 1 THEN 520
460 LET W = ATN( TAN( T )/COS( Y ) )
470 IF W < 0 THEN 540
480 LET L = SIN( D1 ) * SIN( W ) * ( P - R1 * COS( Y ) ) / ( SIN( T ) * SIN( 3.14159 -
W - D1 ) )
490 PRINT " L( ";J ; ) = ";L
500 NEXT J
510 END
520 LET L = SIN( D1 ) * P / ( SIN( T ) * COS( D1 ) )
530 GOTO 490
540 LET W = ABS( W )
550 LET L = SIN( D1 ) * SIN( W ) * ( P - R1 * COS( Y ) ) / ( SIN( T ) * SIN( W - D1 ) )
560 GOTO 490

```

10. 圆管裤形三通管

(1) 示意图(图 5-35)

(2) 程序

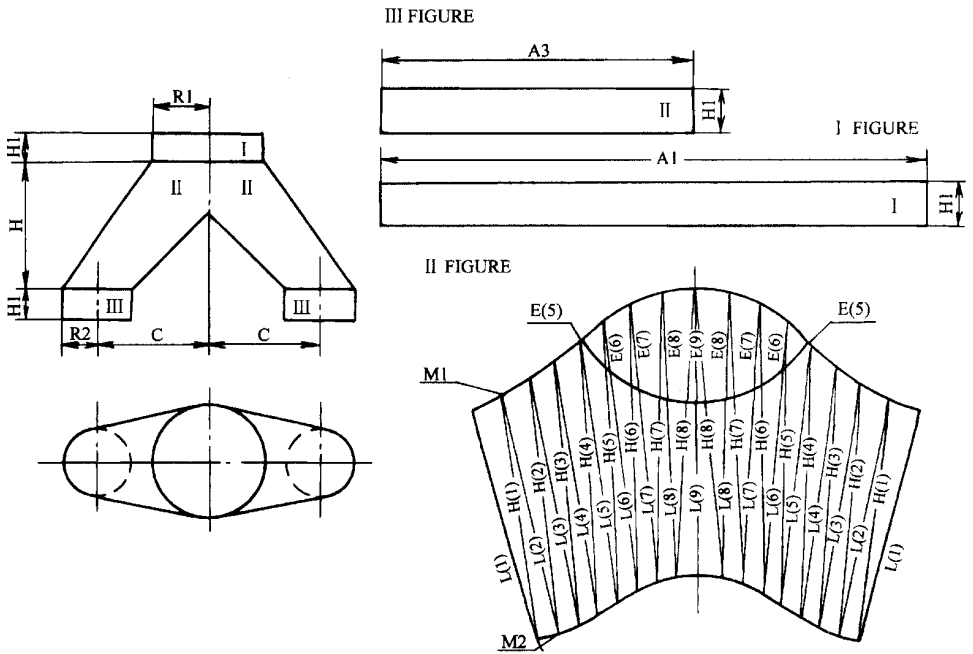


图 2-35 圆管裤形三通管示意图

```

10 PRINT " R1 ,R2 ,H ,H1 ,C ,G = ";
20 INPUT R1 ,R2 ,H ,H1 ,C ,G
30 PRINT " I FIGURE "
40 LET A1 = 6.28318 * R1
50 PRINT " A1 = ";A1 ; " H1 = ";H1
60 PRINT
70 PRINT " III FIGURE "
80 LET A3 = 6.28318 * R2
99 PRINT " A3 = ";A3 ; " H1 = ";H1
100 PRINT
110 PRINT " II FIGURE "
120 LET M1 = A1/G
130 LET M2 = A3/G
140 LET M1 = INT( M1 )
150 LET M2 = INT( M2 )
160 PRINT " M1 = ";M1 ; " M2 = ";M2
170 POR I = 1TOG/2 + 1
180 LET X = ( I - 1 ) * 6.28318 / G
190 LET L = SQR( H * H + ( R1 * COS( X ) - R2 * COS( X ) - C ) ^ 2 + ( R1 * SIN( X )
- R2 * SIN( X ) ) ^ 2 )

```

```

200 IF I < G/4 + 1 THEN 250
210 LET T = R1 * H * COS(X) / ((R1 * COS(X)) - R2 * COS(X) - C)
220 LET E = SQR(T * T + ((T * (R2 - R1) * COS(X) + T * C) / H) ^ 2 + (T * (R1 - R2) * SIN(X) / H) ^ 2)
230 PRINT "L(" ; I ; ") = " ; L ; E ; " ; I ; ") = " ; E
240 GOTO 260
250 PRINT "L(" ; I ; ") = " ; L
260 NEXT I
270 FOR J = 1 TO G/2
280 LET Y1 = (J - 1) * 6.28318 / G
290 LET (Y2) = R2 * SIN(Y1) ^ 2
300 LET H = SQR(H * H + (R1 * COS(Y2) - R2 * COS(Y1) - C) ^ 2 + (R1 * SIN(Y2) - R2 * SIN(Y1)) ^ 2)
310 PRINT "H(" ; J ; ") = " ; H
320 NEXT J
330 END

```

11. 异径 90° 连接管

(1) 示意图 (图 5-36)

(2) 程序

```

10 PRINT "R1 ,R2 ,H1 ,G = ";
20 INPUT R1 ,R2 ,H1 ,G
30 LET H2 = H1 - R1 + R2
40 LET M1 = 6.28318 * R1 / G
50 LET M2 = 6.28318 * R2 / G
60 LET M1 = INT(M1)
70 LET M2 = INT(M2)

```

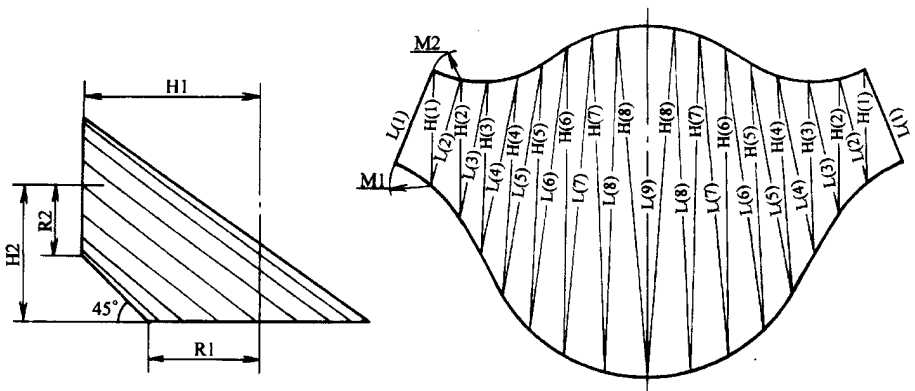


图 2-36 异径 90° 连接管示意图

```

80 PRINT " M1 = ";M1 ; M2 = ";M2
90 FOR I=1 TOG/2 + 1
100 LET X=(I - 1)* 6.28318/G
110 LET L= SQR(( H1 - R1 * COS( X ))↑ 2 +( H2 - R2 * COS( X ))↑ 2 +( R1 * SIN
(X) - R2 * SIN( X ))↑ 2 )
120 PRINT " I( ";I ; )= ";L
130 NEXT I
140 FOR J=1 TOG/2
150 LET Y1=(J - 1)* 6.28318/G
160 LET Y2= J * 6.28318/G
170 LET H= SQR(( H1 - R1 * COS( Y2 ))↑ 2 +( H2 - R2 * COS( Y1 ))↑ 2 +( R1 *
SIN( Y2 ) - R2 * SIN( Y1 ))↑ 2 )
180 PRINT " H( ";J ; )= ";H
190 NEXT J
200 END

```

12. 放射状渐缩四通管

(1) 示意图(图 5-37)

(2) 程序

```

10 PRINT " R1 ,R2 ,B ,G = ";
20 INPUT R1 ,R2 ,B ,C
30 LET B = B * 3.14159/180
40 LET T=( 3.14159 - B )/2
50 LET H1 =( R1 - R2 ) * TAN( T )
60 LET E1 = SQR( H1 * H1 +( R1 - R2 )↑ 2 )
70 LET E = R1 /COS( T )
80 LET X = 3.14159 * R1 /E
90 LET L = 2 * E * SIN( X )
100 LET X = X * 360/3.14159
110 PRINT " E1 = ";E1 ; E = ";E ; L = ";L ; X = ";X
120 PRINT
130 PRINT " I FIGURE "
140 FOR I=1 TOG/4
150 LET Y=(I - 1)* 6.28318/G
160 LET Z = ATN( TAN( T )/COS( Y ))
170 LET H = R1 * SIN( 2 ) * COS( Y )/SIN( 3.14159 - T - Z )
180 PRINT " H( ";I ; )= ";H
190 NEXT I
200 PRINT

```

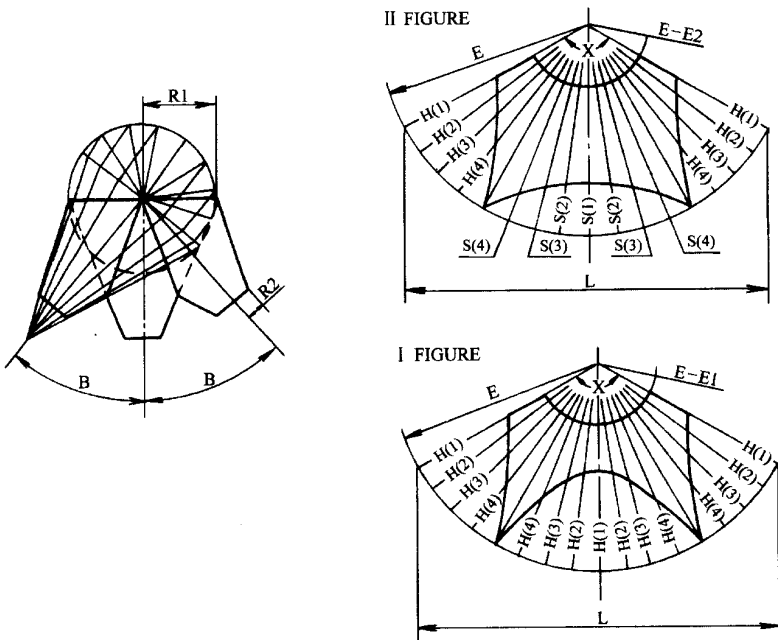


图 2-37 放射状渐缩四通管示意图

```

210 PRINT " II FIGURE "
220 FOR J = 1 TO G/4
230 LET Y = (J - 1) * 6.28318/G
240 LET Z = ATN( TAN( T ) / COS( Y ) )
250 LET H = R1 * SIN( Z ) * COS( Y ) / SIN( 3.14159 - T - Z )
260 LET S = R1 * SIN( B ) * SIN( Z ) * COS( Y ) / ( SIN( T ) * SIN( 3.14159 - Z - B ) )
270 PRINT " H " J ; ") = " ; H ; " S " J ; ") = " ; S
280 NEXT J
290 END

```

13. Y形渐缩三通管

(1) 示意图(图 5-38)

(2) 程序

```

10 PRINT " R1 ,R2 ,B ,G = " ;
20 INPUT R1 ,R2 ,B ,G
30 LET B = B * 3.14159/180
40 LET T = 1.570795 - B/4
50 LET H1 = ( R1 - R2 ) * TAN( T )
60 LET E1 = SQR( H1 * H1 + ( R1 - R2 ) ^ 2 )
70 LET E = R1 / COS( T )
80 LET X = 3.14159 * R1 / E

```

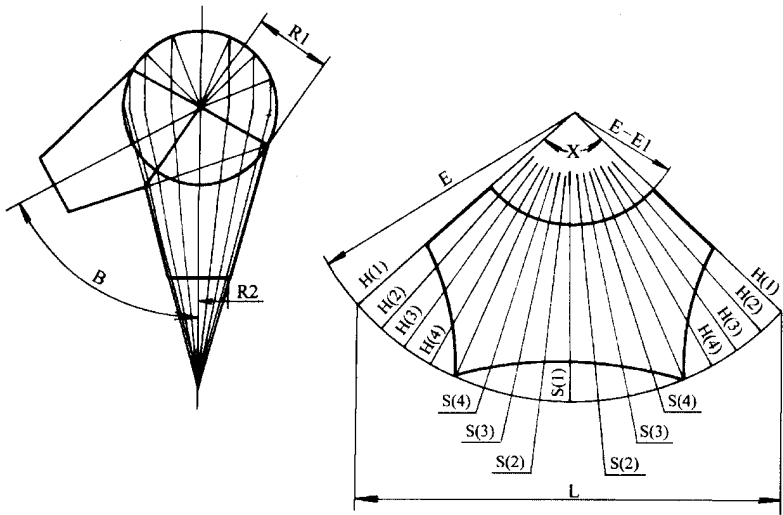


图 2-38 Y形渐缩三通管示意图

```

90 LET L = 2 * E * SIN(X)
100 LET X = X * 360 / 3.14159
110 PRINT " E1 = "; E1; E = "; E; L = "; L; X = "; X
120 FOR I = 1 TO G / 4
130 LET Y = (I - 1) * 6.28318 / G
140 LET Z = ATN(TAN(T) / COS(Y))
150 LET H = R1 * COS(B / 2) * SIN(Z) * COS(Y) * (SIN(T) * COS(Z - B / 2))
160 LET S = R1 * SIN(B / 2) * SIN(Z) * COS(Y) * (SIN(T) * SIN(3.14159 - B / 2 - Z))
170 PRINT " H "; I; ") = "; H; S "; I; ") = "; S
180 NEXT I
190 END
    
```

四、棱锥、棱台管件

1. 正 N 棱锥

(1) 示意图(图 5-39)

(2) 程序

```

10 PRINT " A , H , N = ";
20 INPUT A , H , N
30 LET B = SQR(H * H + (A / 2 * TAN(3.14159 / N))) ^ 2
40 LET R = SQR(B * B + A * A / 4)
50 PRINT " B = "; B; R = "; R
60 END
    
```

(3) 符号的意义

A 表示正 N 棱锥的底边长；

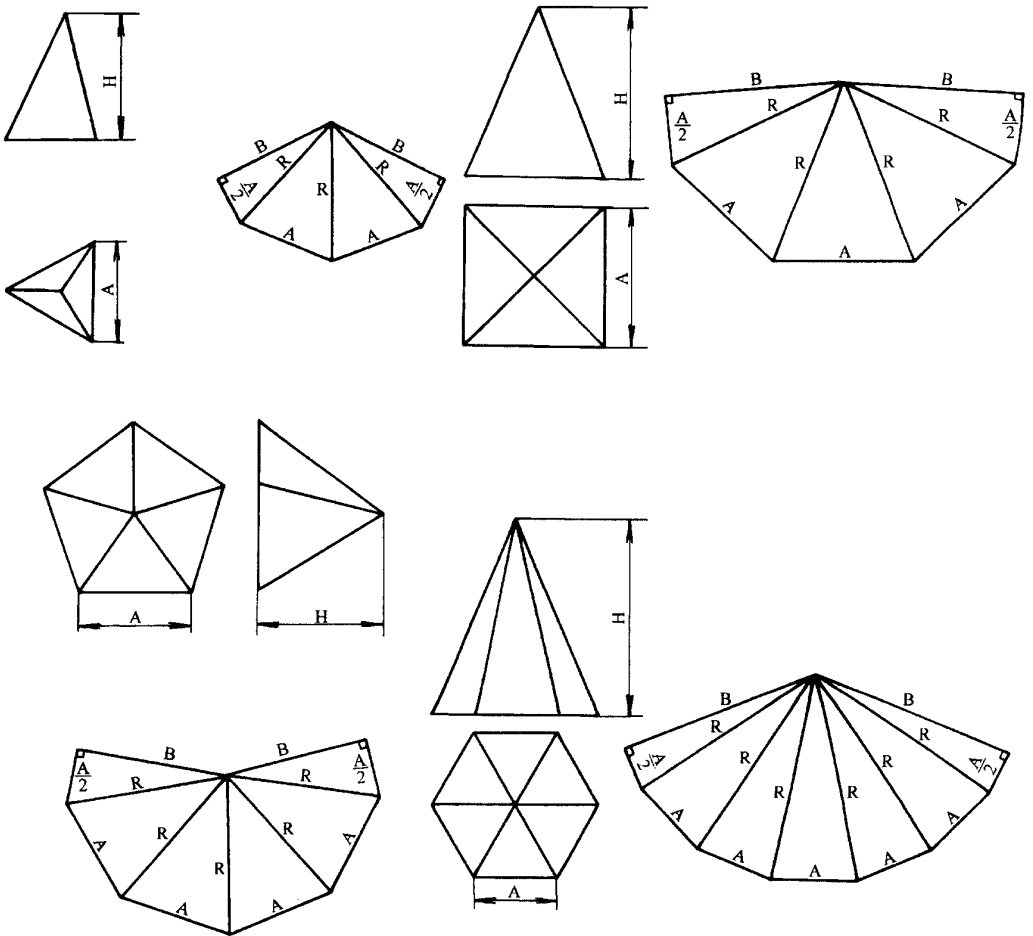


图 2-39 正 N 棱台示意图

H 表示正 N 棱锥的高；

N 表示棱锥的底边数。

2. 正 N 棱台

(1) 示意图(图 5-40)

(2) 程序

```

10 PRINT " A1 ,A2 ,H ,N = ";
20 INPUT A1 ,A2 ,H ,N
30 LET B = SQR(H * H + ((A1 - A2) * (2 * TAN(3.14159/N))))^2
40 LET R = SQR(B * B + (A1 - A2)^2 / 4)
50 LET F = SQR(B * B + (A1 + A2)^2 / 4)
60 PRINT " B = " ; B ; " R = " ; R ; " F = " ; F
70 END

```

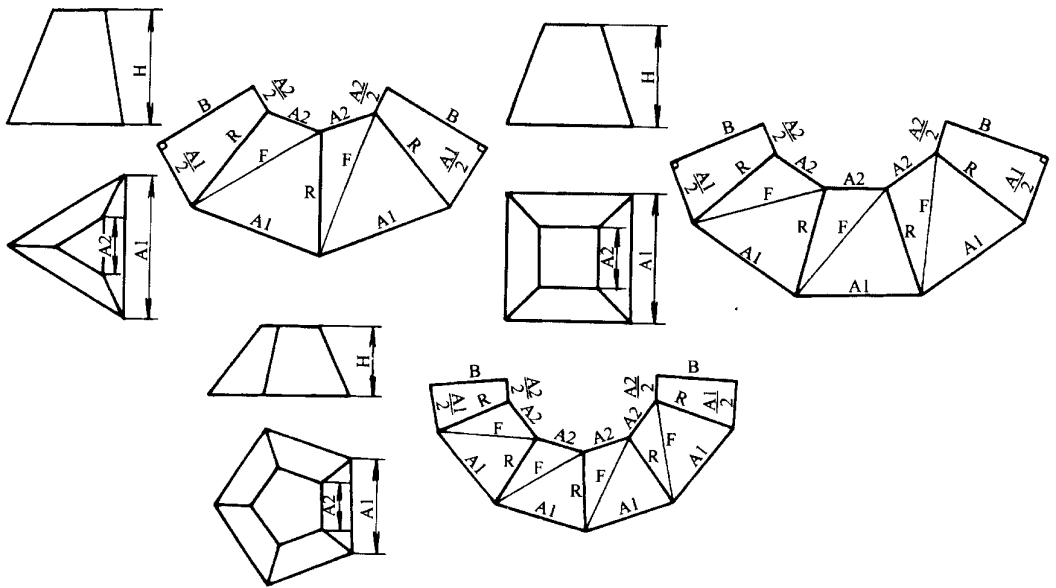



图 2-40 正 N 棱台示意图

(3) 符号的意义

A1 表示正 N 棱台的下底边长；

A2 表示正 N 棱台的上底边长。

3. 矩形棱台

(1) 示意图(图 5-41)

(2) 程序

```

10 PRINT "A1 ,C1 ,A2 ,C2 ,H = ";
20 INPUT A1 ,C1 ,A2 ,C2 ,H
30 LET B = SQR(H * H + (A1 - A2) ↑ 2 / 4)
40 LET R = SQR(B * B + (C1 - C2) ↑ 2 / 4)
50 LET F1 = SQR(B * B + (C1 + C2) ↑ 2 / 4)
60 LET F2 = SQR(H * H + (A1 + A2) ↑ 2 / 4 + (C1 - C2) ↑ 2 / 4)
70 PRINT "B = ", B ; "R = ", R ; "F1 = ", F1 ; "F2 = ", F2
80 END
    
```

(3) 符号的意义

A1 表示矩形棱台下底的长；

C1 表示矩形棱台下底的宽；

A2 表示矩形棱台上底的长；

C1 表示矩形棱台上底的宽。

4. 移心矩形棱台

(1) 示意图(图 5-42)

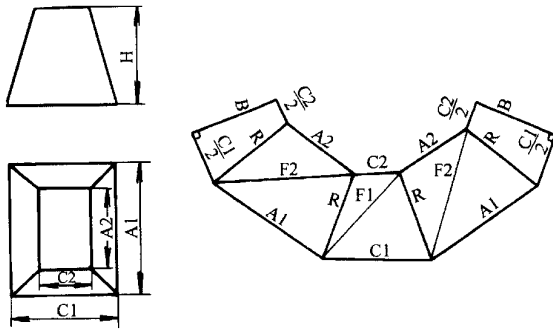


图 2-41 矩形棱台示意图

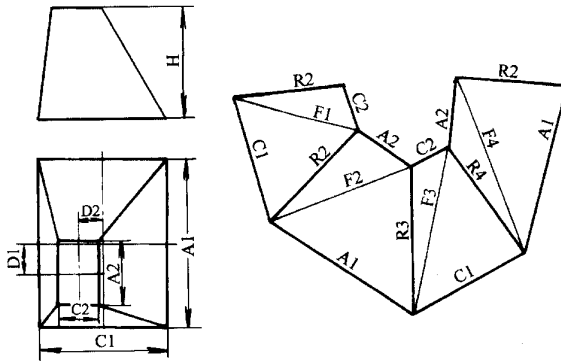


图 2-42 移心矩形棱台示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " A1 ,C1 ,A2 ,C2 ,H ,D1 ,D2 = ";
20 INPUT A1 ,C1 ,A2 ,C2 ,H ,D1 ,D2
30 LET R1 = SQR( H * H + (( A1 - A2 ) / 2 - D1 ) ^ 2 + (( C1 - C2 ) / 2 - D2 ) ^ 2 )
40 LET R2 = SQR( H * H + (( A1 - A2 ) / 2 - D1 ) ^ 2 + (( C2 - C2 ) / 2 + D2 ) ^ 2 )
50 LET R3 = SQR( H * H + (( A1 - A2 ) / 2 + D1 ) ^ 2 + (( C1 - C2 ) / 2 + D2 ) ^ 2 )
60 LET R4 = SQR( H * H + (( A1 - A2 ) / 2 + D1 ) ^ 2 + (( C1 - C2 ) / 2 - D2 ) ^ 2 )
70 LET F1 = SQR( H * H + (( A1 - A2 ) / 2 - D1 ) ^ 2 + (( C1 + C2 ) / 2 - D2 ) ^ 2 )
80 LET F2 = SQR( H * H + (( A1 + A2 ) / 2 - D1 ) ^ 2 + (( C1 + C2 ) / 2 + D2 ) ^ 2 )
90 LET F3 = SQR( H * H + (( A1 - A2 ) / 2 + D1 ) ^ 2 + (( C1 + C2 ) / 2 + D2 ) ^ 2 )
100 LET F4 = SQR( H * H + (( A1 + A2 ) / 2 + D1 ) ^ 2 + (( C1 - C2 ) / 2 - D2 ) ^ 2 )
110 PRINT " R1 = " ; R1 ; " R2 = " ; R2 ; " R3 = " ; R3 ; " R4 = " ; R4
120 PRINT " F1 = " ; F1 ; " F2 = " ; F2 ; " F3 = " ; F3 ; " F4 = " ; F4
130 END
    
```

(3) 符号的意义

D1、D2 表示移心距。

5. 任意倾角斜截棱台

(1) 示意图(图 5-43)

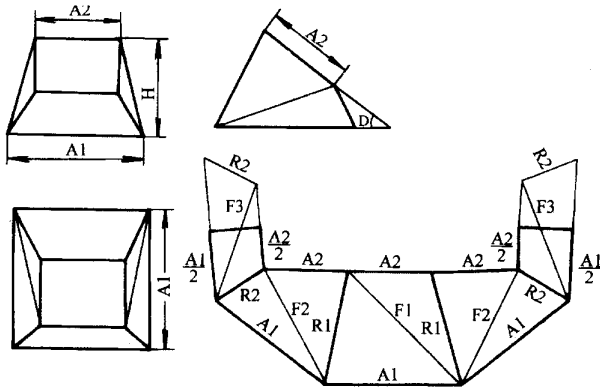


图 2-43 任意倾角斜截棱台示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " A1 ,A2 ,D ,H = ";
20 INPUT A1 ,A2 ,D ,H
30 LET D = D * 3.14159/180
40 LET H1 = H - A2 * SIN( D )
50 LET A = A1 - A2 * COS( D )
60 LET H2 = H + H1
70 LET R1 = SQR( H * H + ( A1 - A2 )↑ 2/4 + ( A * H/H2 )↑ 2 )
80 LET R2 = SQR( H1 * H1 + ( A1 - A2 )↑ 2/4 + ( A * H1/H2 )↑ 2 )
90 LET F1 = SQR( H * H + ( A1 + A2 )↑ 2/4 + ( A * H/H2 )↑ 2 )
100 LET F2 = SQR( H1 * H1 + ( A1 - A2 )↑ 2/4 + ( A1 - A * H1/H2 )↑ 2 )
110 LET F3 = SQR( H1 * H1 + ( A1 + A2 )↑ 2/4 + ( A * H1/H2 )↑ 2 )
120 PRINT " R1 = ";R1 ; R2 = ";R2
130 PRINT " F1 = ";F1 ; F2 = ";F2 ; F3 = ";F3
140 END
    
```

6. 上下口扭转 45°的正方形渐缩管

(1) 示意图(图 2-44)

(2) 程序

```

10 PRINT " A1 ,A2 ,H = ";
20 INPUT A1 ,A2 ,H
30 LET B = SQR( H * H + ( A1 - 1.414 * A2 )↑ 2/4 )
40 LET R = SQR( B * B + A1 * A1/4 )
50 PRINT " B = ";B ; R = ";R
60 END
    
```

7. 任意角度两节渐缩方口弯头

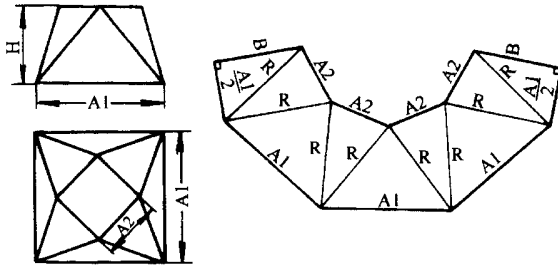


图 2-44 上下口扭转 45°的正方形渐缩管示意图

(1)示意图(图 5-45)

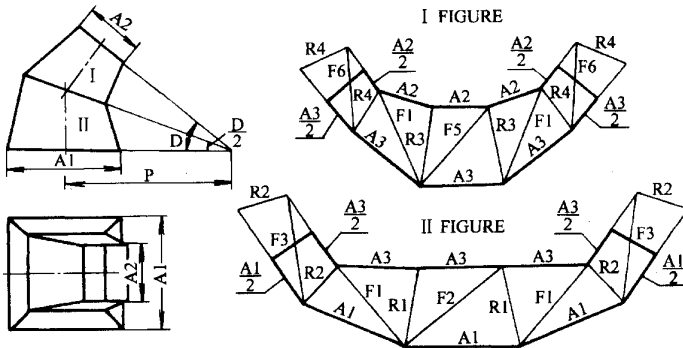


图 2-45 任意角度两节渐缩方口弯头示意图

(2)程序

```

10 PRINT " A1 ,A2 ,P ,D = ";
20 INPUT A1 ,A2 ,P ,D
30 LET D = D * 3.14159 / 360
40 PRINT " I FIGURE "
50 LET A = ( A1 + A2 ) * COS( D ) / 4
60 LET B1 = ( P + A ) * TAN( D )
70 LET B2 = ( P - A ) * TAN( D )
80 LET R1 = SQR( B1 * B1 + ( A1 - A2 ) ^ 2 / 16 + ( A1 / 2 - A ) ^ 2 )
90 LET R2 = SQR( B2 * B2 + ( A1 - A2 ) ^ 2 / 16 + ( A1 / 2 - A ) ^ 2 )
100 LET A3 = ( A1 + A2 ) / 2
110 LET F1 = SQR( B2 * B2 + ( A1 - A2 ) ^ 2 / 16 + ( A1 / 2 + A ) ^ 2 )
120 LET F2 = SQR( B1 * B1 + ( 3 * A1 + A2 ) ^ 2 / 16 + ( A1 / 2 - A ) ^ 2 )
130 LET F3 = SQR( B2 * B2 + ( 3 * A1 + A2 ) ^ 2 / 16 + ( A1 / 2 - A ) ^ 2 )
140 PRINT " R1 = " ; R1 " ; R2 = " ; R2 " ; A3 = " ; A3
150 PRINT " F1 = " ; F1 " ; F2 = " ; F2 " ; F3 = " ; F3
160 PRINT
    
```

```

170 PRINT " II FIGURE "
180 LET R3 = SQR( B1 * B1 + ( A1 - A2 ) ↑ 2 / 16 + ( A - A2 / 2 ) ↑ 2 )
190 LET R4 = SQR( B2 * B2 + ( A1 - A2 ) ↑ 2 / 16 + ( A - A2 / 2 ) ↑ 2 )
200 LET F4 = SQR( B1 * B1 + ( A1 - A2 ) ↑ 2 / 16 + ( A + A2 / 2 ) ↑ 2 )
210 LET F5 = SQR( B1 * B1 + ( A1 + 3 * A2 ) ↑ 2 / 16 + ( A - A2 / 2 ) ↑ 2 )
220 LET F6 = SQR( B2 * B2 + ( A1 + 3 * A2 ) ↑ 2 / 16 + ( A - A2 / 2 ) ↑ 2 )
230 PRINT " R3 = "; R3 ; R4 = "; R4
240 PRINT " F4 = "; F4 ; F5 = "; F5 ; F6 = "; F6
250 END

```

(3) 符号的意义

P 表示大小方口的中心到角 D 顶点的距离；

D 表示弯头的角度。

8. 大小方口渐缩三通管

(1) 示意图(图 5-46)

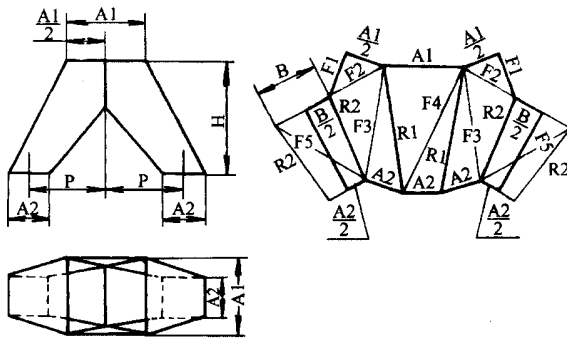


图 2-46 大小方口渐缩三通管示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " A1 ,A2 ,H ,P = ";
20 INPUT A1 ,A2 ,H ,P
30 LET H1 = H * ( 2 * P - A2 ) / ( 2 * P + A1 - A2 )
40 LET B = 2 * P * ( H - H1 ) / H
50 LET R1 = SQR( H * H + ( A1 - A2 ) ↑ 2 / 4 + ( P - ( A1 - A2 ) / 2 ) ↑ 2 )
60 LET R2 = SQR( H1 * H1 + ( B - A2 ) ↑ 2 / 4 + ( P - A2 / 2 ) ↑ 2 )
70 LET F1 = SQR( ( H - H1 ) ↑ 2 + ( A1 - B ) ↑ 2 / 4 )
80 LET F2 = SQR( F1 * F1 + ( A1 / 2 ) ↑ 2 )
90 LET F3 = SQR( H * H + ( A1 - A2 ) ↑ 2 / 4 + ( P - ( A1 + A2 ) / 2 ) ↑ 2 )
100 LET F4 = SQR( H * H + ( A1 + A2 ) ↑ 2 / 4 + ( P - ( A1 - A2 ) / 2 ) ↑ 2 )
110 LET F5 = SQR( H1 * H1 + ( B + A2 ) ↑ 2 / 4 + ( P - A2 / 2 ) ↑ 2 )
120 PRINT " B = "; B ; R1 = "; R1 ; R2 = "; R2
130 PRINT " F1 = "; F1 ; F2 = "; F2 ; F3 = "; F3 ; F4 = "; F4 ; F5 = "; F5

```

140 END

9. 圆管直交正四棱台

(1) 示意图(图 2-47)

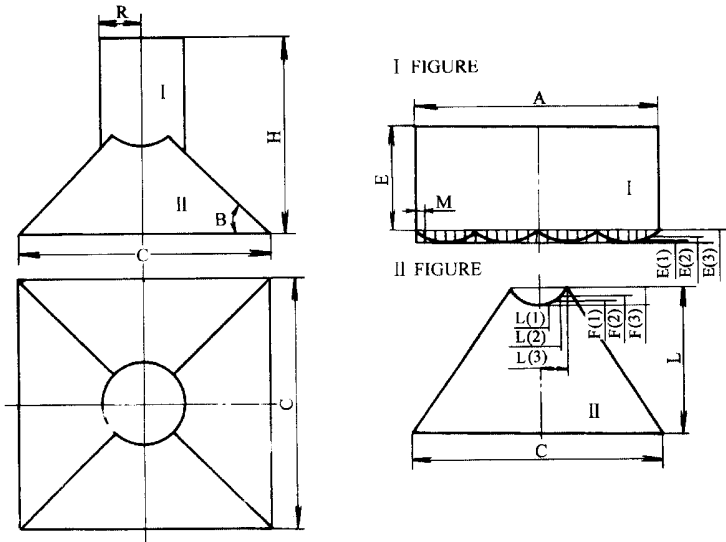


图 2-47 圆管直交正四棱台示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " C R H B G = ";
20 INPUT C R H B G
30 LET B = B * 3.14159/180
40 LET H1 = TAN(B) * ( C - 2 * R * COS( 3.14159/4 ) ) / 2
50 LET E = H - H1
60 LET A = 6.28318 * R
70 LET M = A / G
80 LET L = H1 / SIN(B)
90 PRINT " E = " ; E ; " A = " ; A ; " M = " ; M ; " L = " ; L
100 FOR I = 1 TO G / 8
110 LET X = I * 6.28318 / G
120 LET E = R * ( 1 - COS(X) ) * TAN(B)
130 LET F = E / SIN(B)
140 LET L = R * SIN(X)
150 PRINT " E ( " ; I ; " ) = " ; E ; " F ( " ; I ; " ) = " ; F ; " L ( " ; I ; " ) = " ; L
160 NEXT I
170 END

```

(3) 符号的意义

B 表示正四棱台的侧面与底面的平面角。

10. 大小方口移心渐缩裤形三通管

(1)示意图(图2-48)

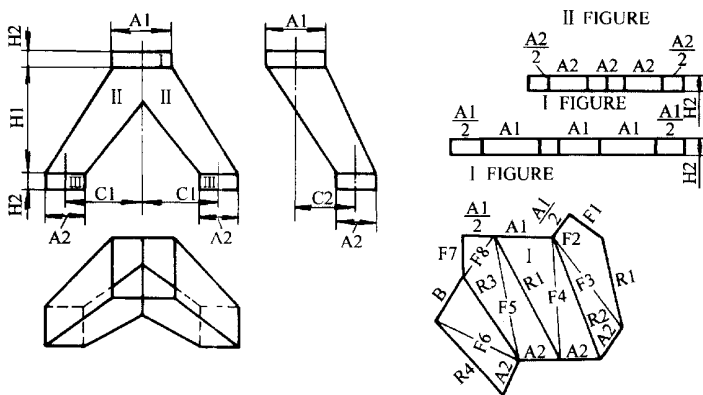


图2-48 大小方口移心渐缩裤形三通管示意图

(2)程序

```

10 PRINT " A1 ,A2 ,H1 ,H2 ,C1 ,C2 = ";
20 INPUT A1 ,A2 ,H1 ,H2 ,C1 ,C2
30 LET H = H1 * ( 2 * C1 - A2 ) / ( 2 * C1 + A1 - A2 )
40 LET B = 2 * C1 * ( H1 - H ) / H1
50 LET R1 = SQR( H1 * H1 + ( C2 + ( A1 - A2 ) / 2 ) ^ 2 + ( C1 - ( A1 - A2 ) / 2 ) ^ 2 )
60 LET R2 = SQR( H1 * H1 + ( C2 - ( A1 - A2 ) / 2 ) ^ 2 + ( C1 - ( A1 - A2 ) / 2 ) ^ 2 )
70 LET R3 = SQR( H * H + ( ( B - A2 ) / 2 + H * C2 / H1 ) ^ 2 + ( C1 - A2 ) / 2 ) ^ 2 )
80 LET R4 = SQR( H * H + ( ( B - A2 ) / 2 + H * C2 / H1 ) ^ 2 + ( C1 - A2 / 2 ) ^ 2 )
90 LET F1 = SQR( ( H1 - H ) ^ 2 + ( ( H1 - H ) * ( C2 - ( A1 - A2 ) / 2 ) / H1 ) ^ 2 )
100 LET F2 = SQR( F1 * F1 + ( A1 / 2 ) ^ 2 )
110 LET F3 = SQR( H1 * H1 + ( C2 - ( A1 - A2 ) / 2 ) ^ 2 + ( C1 - ( A1 + A2 ) / 2 ) ^ 2 )
120 LET F4 = SQR( H1 * H1 + ( C2 - ( A1 + A2 ) / 2 ) ^ 2 + ( C1 - ( A1 - A2 ) / 2 ) ^ 2 )
130 LET F5 = SQR( H1 * H1 + ( C2 - ( A1 - A2 ) / 2 ) ^ 2 + ( C1 - ( A1 + A2 ) / 2 ) ^ 2 )
140 LET F6 = SQR( H * H + ( ( B + A2 ) / 2 - H * C2 / H1 ) ^ 2 + ( C1 - A2 / 2 ) ^ 2 )
150 LET P7 = SQR( ( H1 - H ) ^ 2 + ( ( H1 - H ) * ( C2 + ( A1 - A2 ) / 2 ) / H1 ) ^ 2 )
160 LET F8 = SQR( F7 * F7 + ( A1 / 2 ) ^ 2 )
170 PRINT " B = "; B ; " R1 = "; R1 ; " R2 = "; R2 ; " R3 = "; R3 ; " R4 = "; R4 ; " H2 = ";

```

H2

```

180 PRINT " F1 = "; F1 ; " F2 = "; F2 ; " F3 = "; F3 ; " F4 = "; F4
190 PRINT " F5 = "; F5 ; " F6 = "; F6 ; " F7 = "; F7 ; " F8 = "; F8
200 END

```

11. 凸五角星

(1)示意图(图2-49)

(2)程序

```

10 PRINT " R ,H = ";
20 INPUT R ,H
30 LET R1 = SQR( H * H + R * R )
40 LET B = 0.314159
50 LET R2 = SQR( H * H + ( R * SIN( B ) / SIN( 3 * B ) ) ^ 2 )
60 LET L = 2 * R1 * SIN( 2 * B )
70 PRINT " R1 = " ; R1 ; " ; R2 = " ; R2 ; " ; L = " ; L
80 END

```

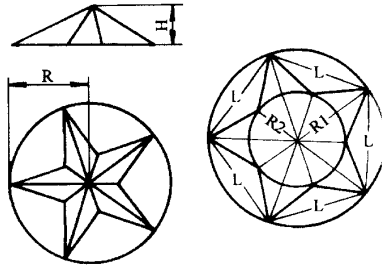


图 2-49 凸五角星示意图

五、方口曲面管、球体

1. 方口弧面罩

(1)示意图(图 2-50)

(2)程序

```

10 PRINT " R ,G = ";
20 INPUT R ,G
30 LET M = 6.28318 * R / G
40 PRINT " M = " ; M
50 FOR I = 1 TO G / 4
60 LET X = I * 6.28318 / G
70 LET E = R * ( 1 - COS( X ) )
80 PRINT " E ( " ; I ; " ) = " ; E
90 NEXT I
100 END

```

2. 方管直交方口弧面罩

(1)示意图(图 2-51)

(2)程序

```

10 PRINT " B ,R ,H ,G = "
20 INPUT B ,R ,H ,G

```

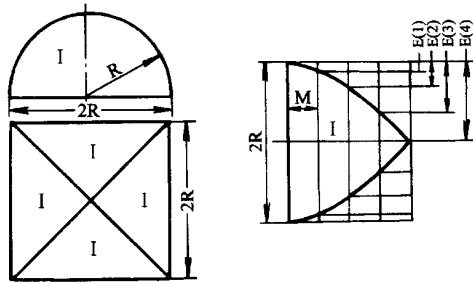



图 2-50 方口弧面罩示意图

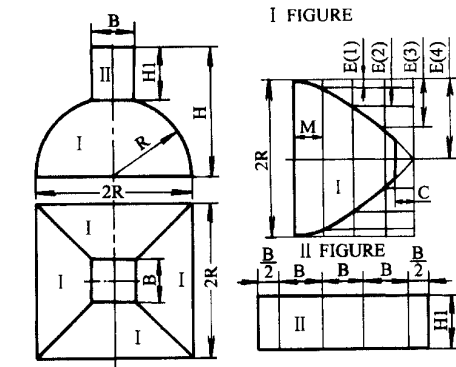


图 2-51 方管直交方口弧面罩示意图

```

30 PRINT " I FIGURE "
40 LET D = B / ( 2 * R )
50 LET D = D / SQR ( 1 - D * D )
60 LET D = ATN ( D )
70 LET C = R * D
80 LET M = 6.28318 * R / G
90 PRINT " C = " ; C ; " M = " ; M
100 FOR I = 1 TO G / 4
110 LET X = I * 6.28318 / G
120 LET E = R * ( 1 - COS ( X ) )
130 PRINT " E ( " ; I ; " ) = " ; E
140 NEXT I
150 PRINT
160 PRINT " II FIGURE "
170 LET H1 = H - R * COS ( D )
180 PRINT " H1 = " ; H1
190 END
    
```

3. 矩形口弧面罩

(1) 示意图(图 2-52)

(2) 程序

```

10 PRINT " C ,R ,G = ";
20 INPUT C ,R ,G
30 PRINT " I FIGURE "
40 LET M1 = 6.28318 * R/G
50 PRINT " M1 : " ;M1
60 FOR I = 1 TO G/4
70 LET X = I * 6.28318/G
80 LET E = C * (1 - COS(X))/2
90 PRINT " E ( " ;I ; " ) = " ;E
100 PRINT
110 PRINT " II FIGURE "
120 LET R1 = ( C * C/4 + R * R )/( 2 * R )
130 LET B = C/( 2 * R1 )
140 LET B = B/SQR( 1 - B - B )
150 LET B = ATN( B )
160 LET M2 = 6.28318 * R1/G
170 LET A = R1 * B
180 PRINT " M2 = " ;M2 ; " A = " ;A

```

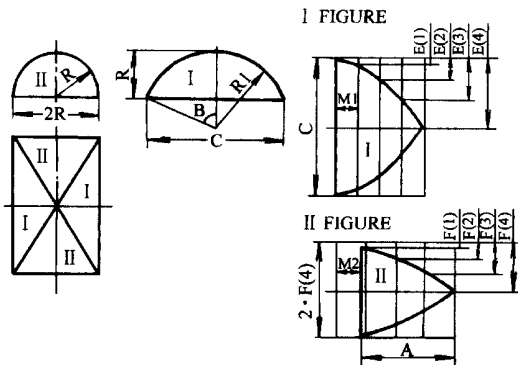


图 2-52 矩形口弧面罩示意图

```

190 FOR J = 1 TO G/4
200 LET Y = J * 6.28318/G
210 LET F = 2 * R * R1 * (1 - COS(Y))/C
220 PRINT " F ( " ;J ; " ) = " ;F
230 NEXT J
240 END

```

4. 螺旋输送机的回转叶片

(1) 示意图(图 2-53)

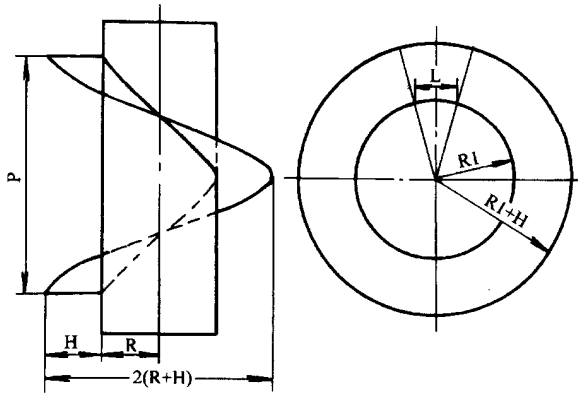


图 2-53 螺旋输送机的回转叶片示意图

(2)程序

```

10 PRINT " R ,H ,P = ";
20 INPUT R ,H ,P
30 LET L1 = SQR( 4 * ( 3.14159 * ( H + R ) ) ^ 2 + P * P )
40 LET L2 = SQR( 4 * ( 3.14159 * R ) ^ 2 + P * P )
50 LET R1 = L2 * H / ( L1 - L2 )
60 LET B = 6.28318 - L2 / R1
70 LET L = 2 * R1 * SIN( B / 2 )
80 PRINT " R1 = " ; R1 " ; L = " ; L
90 END
    
```

5. 矩形管渐缩成方管的 90°弯头

(1)示意图(图 2-54)

(2)程序

```

10 PRINT " A ,B ,R = ";
20 INPUT A ,B ,R
30 PRINT " I FIGURE "
40 LET L1 = SQR( 4 * ( 3.14159 * ( B + R ) ) ^ 2 + 4 * ( A - B ) ^ 2 )
50 LET L2 = SQR( 4 * ( 3.14159 * R ) ^ 2 + 4 * ( A - B ) ^ 2 )
60 LET R1 = L2 * B / ( L1 - L2 )
70 LET D = 6.28318 - L2 / R1
80 LET L = 2 * R1 * SIN( D / 2 )
90 PRINT " R1 = " ; R1 " ; L = " ; L
100 PRINT
110 PRINT " II FIGURE "
120 LET C1 = 1.570795 * ( R + B )
130 PRINT " C1 = " ; C1
140 PRINT
    
```

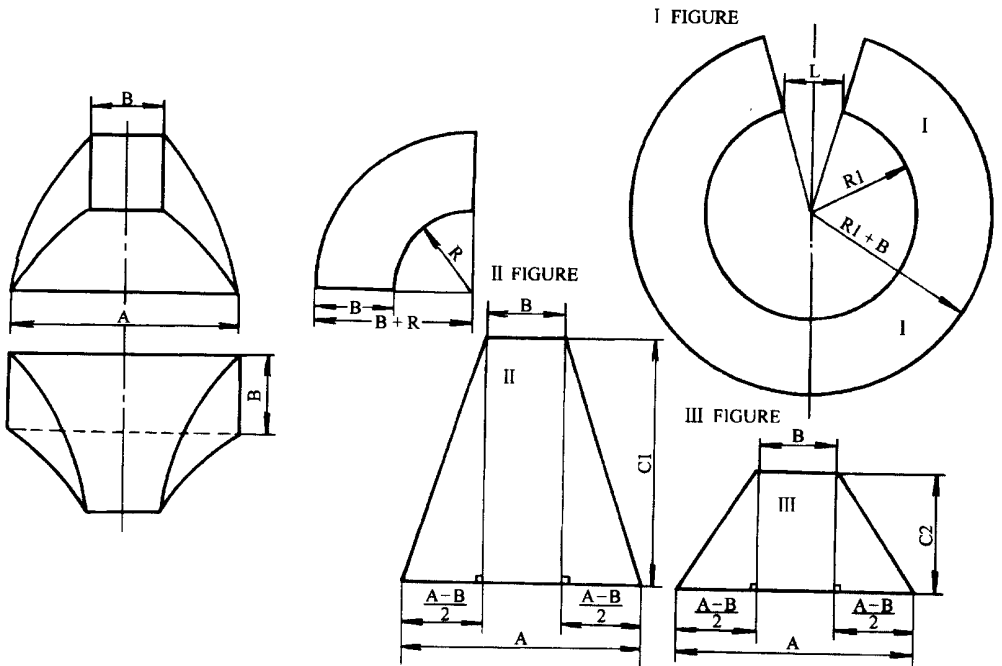


图 2-54 矩形管渐缩成方管的 90°弯头示意图

```

150 PRINT " III FIGURE "
160 LET C2 = 1.570795 * ( R + B )
170 PRINT " C2 = "; C2
180 END

```

6. 矩形螺旋管

(1) 示意图(图 2-55)

(2) 程序

```

10 PRINT " R , A , B , P = ";
20 INPUT R , A , B , P
30 PRINT " I FIGURE "
40 LET L1 = SQR( 4 * ( 3.14159 * ( B + R ) ) ^ 2 + P * P )
50 LET L2 = SQR( 4 * ( 3.14159 * R ) ^ 2 + P * P )
60 LET R1 = L2 * B / ( L1 - L2 )
70 LET D = 6.28318 - L2 / R1
80 LET L = 2 * R1 * SIN( D / 2 )
90 PRINT " R1 = "; R1 ; " L = "; L
100 PRINT
110 PRINT " II FIGURE "
120 LET C1 = 6.28318 * R * L2
130 PRINT " L1 = "; L1 ; " C1 = "; C1

```

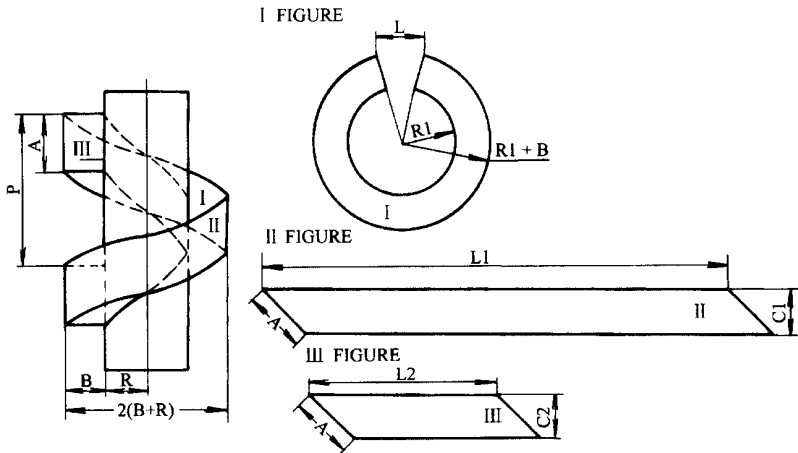


图 2-55 矩形螺旋管示意图

```

140 PRINT
150 PRINT " III FIGURE "
160 LET C2 = C1
170 PRINT " L2 = ";L2 ; C2 = ";C2
180 END

```

7. 球表面体(经线法)

(1)示意图(图 2-56)

(2)程序

```

10 PRINT " R ,G = ";
20 INPUT R ,G
30 LET B = 3.14159/G
40 LET M = 2 * R * B * COS( B )
50 LET M = INT( M + 1 )
60 PRINT " M = ";M
70 FOR I = 1 TO G/4
80 LET X = I * 6.28318/G
90 LET L = 2 * R * SIN( B ) * SIN( X )
100 PRINT " I ( ";I ; ) = ";L
110 NEXT I
120 END

```

8. 球表面体(纬线法)

(1)示意图(图 2-57)

(2)程序

```

10 PRINT " R ,G :";
20 INPUT R ,G

```

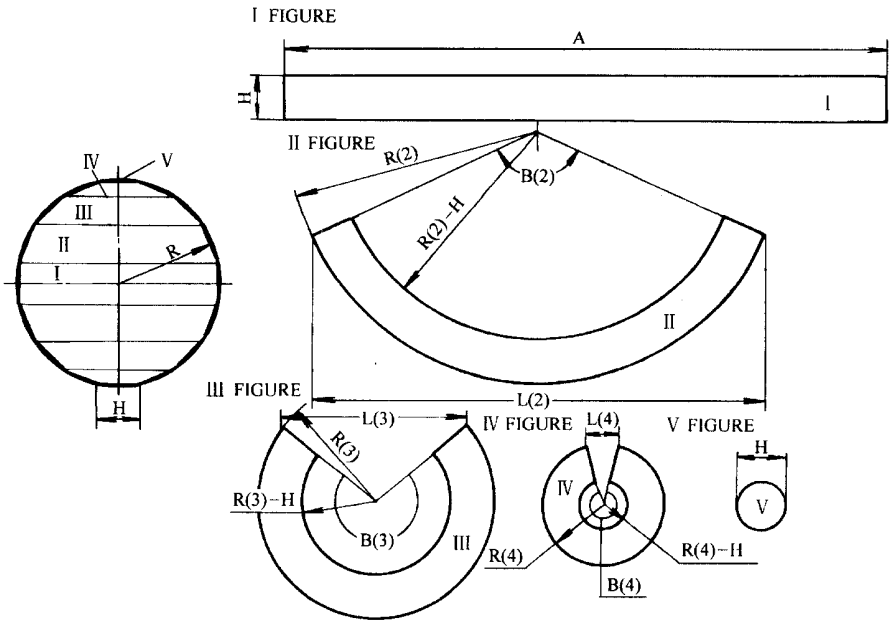


图 2-56 球表面体(经线法)示意图

```

30 LET H = 2 * R * SIN( 3.14159 / G )
40 LET A = 6.28318 * R * COS( 3.14159 / G )
50 PRINT " H = " ; H ; " A = " ; A
60 FOR I = 1 TO G / 4 - 1
70 LET X = ( 2 * I - 1 ) * 3.14159 / G
80 LET Y = ( 2 * I + 1 ) * 3.14159 / G
90 LET E = 2 * R * COS( X )
100 LET F = 2 * R * COS( Y )
110 LET R = H * E / ( E - F )
120 LET B = 3.14159 * E / R
    
```

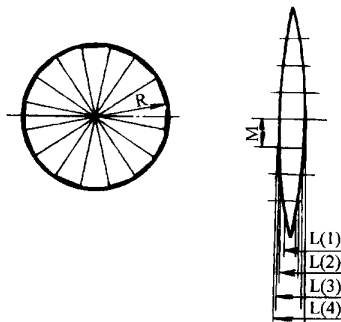


图 2-57 球表面体
(纬线法)示意图

```

130 LET L = 2 * R * SIN( B/2 )
140 LET B = 180 * B/3.14159
150 PRINT " R( " ; I + 1 ; ") = " ; R ; " L( " ; I + 1 ; ") = " ; L ; " B( " ; I + 1 ; ") = " ; B
160 NEXT I
170 END

```

9. 渐缩长圆管

(1) 示意图(图 2-58)

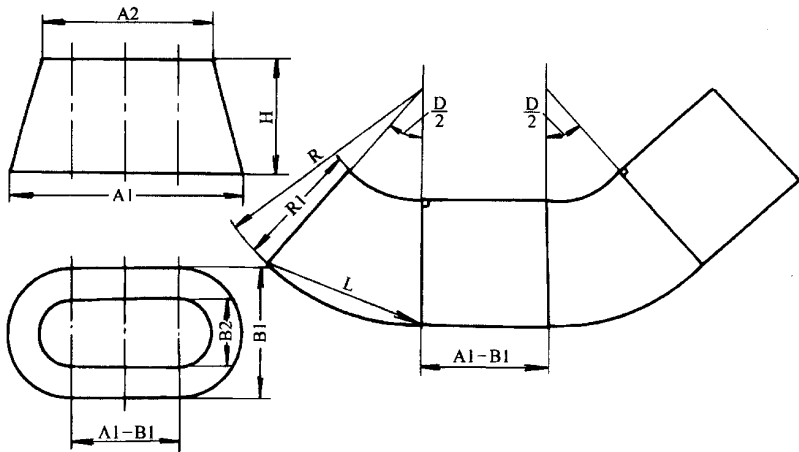


图 2-58 渐缩长圆管示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " A1 ,A2 ,B1 ,H = ";
20 INPUT A1 ,A2 ,B1 ,H
30 LET B2 = A2 - A1 + B1
40 LET R1 = SQR( H * H + ( A1 - A2 ) ^ 2 / 4 )
50 LET R = B1 * R1 / ( A1 - A2 )
60 LET D = B1 * 3.14159 / R
70 LET L = 2 * R * SIN( D / 4 )
80 LET D = D * 180 / 3.14159
90 PRINT " R1 = " ; R1 ; " R = " ; R ; " L = L " ; " ; D = " ; D ; " B2 = " ; B2
100 END

```

10. 多节任意角度长圆管弯头(立弯形)

(1) 示意图(图 2-59)

(2) 程序

```

10 PRINT " L ,R ,B ,P ,N ,G = ";
20 INPUT L ,R ,B ,P ,N ,G
30 LET B = 3.14159 * B / 180
40 LET M = 6.28318 * R / G

```

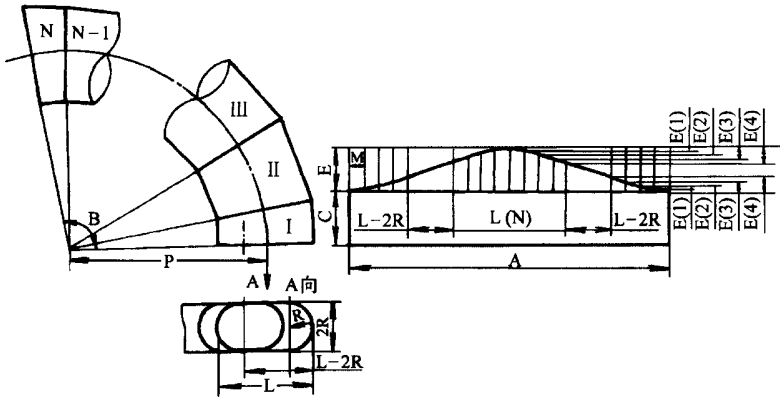


图 2-59 多节任意角度长圆弯头(立弯形)示意图

```

50 LET A = 2.28318 * R + 2 * L
60 LET B = B / (2 * (N - 1))
70 LET C = (P - L/2) * TAN(B)
80 LET E = L * TAN(B)
90 PRINT " M = " ; M ; " A = " ; A ; " C = " ; C ; " E = " ; E
100 FOR I = 1 TO G/4
110 LET X = I * 6.28318 / G
120 LET E = R * (1 - COS(X)) * TAN(B)
130 PRINT " E(" ; I ; ") = " ; E
140 NEXT I
150 END

```

(3) 字母的意义：

L 表示长圆的长；

R 表示长圆的半径；

B 表示长圆弯头的角度；

P 表示长圆弯头的中心半径；

N 表示组成弯头的长圆管节数

11. 多节任意角度长圆管弯头(平弯形)

(1) 示意图(图 2-60)

(2) 程序

```

10 PRINT " L ,R ,B ,P ,N ,G = " ;
20 INPUT L ,R ,B ,P ,N ,G
30 LET M = 6.28318 * R / G
40 LET A = 2.28318 * R + 2 * L
50 LET B = B * 3.14159 / 180
60 LET B = B / (2 * (N - 1))

```

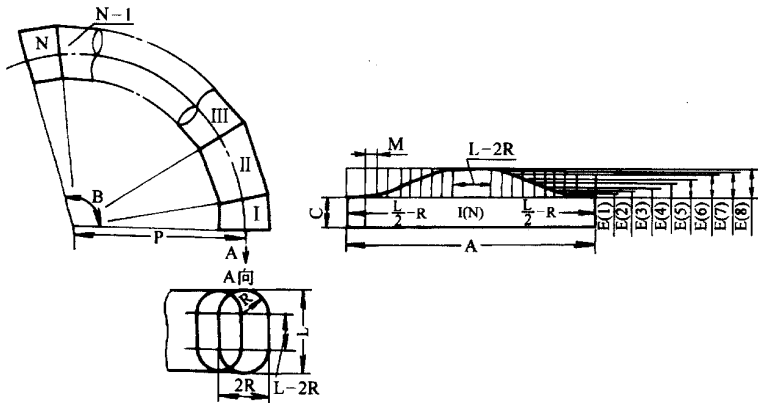



图 2-60 多节任意角度圆管弯头(平弯形)示意图

```

70 LET C=(P-R)*TAN(B)
80 PRINT "M=";M;"A=";A;"C=";C
90 FOR I=1TOG/2
100 LET X=I*6.28318/G
110 LET E=R*(1-COS(X))*TAN(B)
120 PRINT "E";I;"E)=";E
130 NEXT I
140 END
    
```

12. 长圆直交三通管(立交形)

(1)示意图(图 2-61)

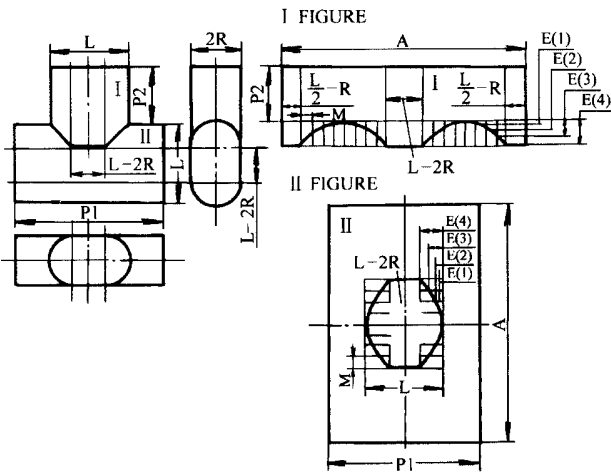


图 2-61 长圆直交三通管(立交形)示意图

(2)程序

```

10 PRINT "L,R,P1,P2,G=";
20 INPUT L,R,P1,P2,G
    
```

```

30 LET M = 6.28318 * R / G
40 LET A = 2.28318 * R + 2 * L
50 PRINT " M = " ; M ; " A = " ; A ; " P1 = " ; P1 ; " P2 = " ; P2
60 FOR I = 1 TO G / 4
70 LET X = I * 6.28318 / G
80 LET E = R * ( 1 - COS( X ) )
90 PRINT " E( " ; I ; " ) = " ; E
100 NEXT I
110 END

```

13. 长圆直交三通管(平交形)

(1) 示意图(图 2-62)

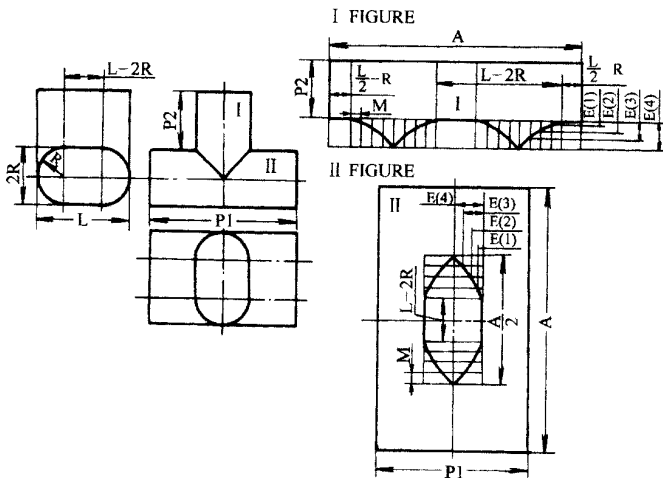


图 2-62 长圆直交三通管(平交形) 示意图

(2) 程序

```

10 PRINT " I ,R ,P1 ,P2 ,G = " ;
20 INPUT L ,R ,P1 ,P2 ,G
30 LET M = 6.28318 * R / G
40 LET A = 2.28318 * R + 2 * L
50 PRINT " M = " ; M ; " A = " ; A ; " P1 = " ; P1 ; " P2 = " ; P2
60 FOR I = 1 TO G / 4
70 LET X = I * 6.28318 / G
80 LET E = R * ( 1 - COS( X ) )
90 PRINT " E( " ; I ; " ) = " ; E
100 NEXT I
110 END

```

第三章 钣金冲压精度设计

第一节 尺寸链的基本知识

一、尺寸链的定义

尺寸链是指机器装配或零件加工过程中,由相互连接的尺寸所形成的封闭尺寸组。如图 4-1 所示的键与键槽的装配,间隙 A_0 与键槽尺寸 A_1 和键的尺寸 A_2 形成图中所示的尺寸链。对图 3-2 所示的轴套,加工该零件时,轴向尺寸 A_1 、 A_2 、 A_3 和 A_0 构成图中所示的尺寸链,其中 A_1 、 A_2 和 A_3 是加工时直接保证的,而 A_0 是加工后间接获得的,即 A_1 、 A_2 、 A_3 各尺寸的大小决定了 A_0 尺寸的大小。在图上不注出 A_0 这个封闭尺寸。

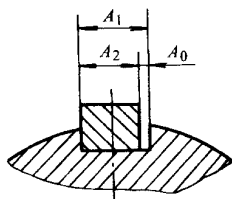


图 3-1 装配
尺寸链

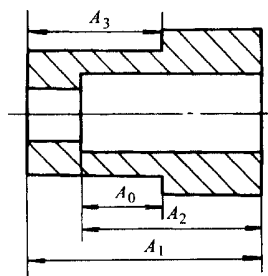


图 3-2 零件尺寸链

二、尺寸链的构成及特性

1. 尺寸链的构成

(1) 环 列入尺寸链中的每一个尺寸(角度)均称为环。如图 3-1 中的 A_0 、 A_1 、 A_2 。

(2) 封闭环 尺寸链中,在装配或加工过程最后形成的一环称为封闭环。如图 3-1 中,键与键槽的间隙 A_0 是装配后自然形成的一环;图 3-2 中的 A_0 是加工后间接获得的尺寸,两者均符合定义,皆为封闭环。图样上封闭环通常是不标注的。在装配图上,有时可用技术要求的形式提出;在零件图上,常是不标注尺寸数值的那个环。需要指出的是,一个尺寸链中仅有一个封闭环。

(3) 组成环 尺寸链中除封闭环以外的所有各环,均称为组成环。这些环中,任一环的

变动必然引起封闭环的变动,或使封闭环增大,或使封闭环减小。根据它们对封闭环影响的不同,组成环又分为增环和减环。

1)增环 与封闭环同向变动的组成环称为增环,即当该组成环增大(或减小)而其他组成环不变时,封闭环也随之增大(或减小)。如图3-1中的组成环 A_1 和图3-2中的 A_2 及 A_3 即为增环。

2)减环 与封闭环逆向变动的组成环称为减环,即当该组成环增大(或减小)而其他组成环保持不变时,封闭环却随之减小(或增大)。如图3-1中的组成环 A_2 和图3-2中的 A_1 即为减环。

增环和减环对封闭环的影响截然不同,因此,在进行尺寸链计算时,必须认真加以判别。

2. 尺寸链的特性

根据尺寸链的定义和构成方法,可以将尺寸链的特性归纳如下:

- 1)尺寸链必须是由一系列相互连接的尺寸组成的封闭图形。
- 2)一个尺寸链的环数至少有三个,两个尺寸不能构成尺寸链。
- 3)一个尺寸链只有一个且必须有一个封闭环。
- 4)尺寸链中封闭环与组成环彼此关联,互相制约,其中任何一方的变化必然引起另一方发生变化。
- 5)一个尺寸链内可以没有减环,只有增环(如长度尺寸链);也可以没有增环,只有减环(如内封闭角度尺寸链)。

三、尺寸链的分类

按不同的特征可以把尺寸链分为若干种类。

1. 按尺寸链的形成方法分类

(1)装配尺寸链 是由若干个零件(或部件)相互连接的尺寸所形成的尺寸链,而封闭环通常为装配精度,如图3-1所示, A_1 、 A_2 分别是键和轴键槽两个零件上的尺寸,因此, A_1 、 A_2 和 A_0 就是一个装配尺寸链。利用装配尺寸链,可以表示出零、部件在产品中的尺寸或位置关系。

(2)零件尺寸链 是指由零件图上给定的若干个相互连接的设计尺寸所形成的尺寸链。

(3)工艺尺寸链 是指由同一个零件的若干个相互连接的工艺尺寸所形成的尺寸链。

装配尺寸链与零件尺寸链和工艺尺寸链,除在构成方法上有所不同外,在功能上也是完全不同的。装配尺寸链的所有组成环均为各零件的相连接尺寸,而封闭环则是产品的技术规范要求或装配要求,因此封闭环是直接体现产品几何精度的最重要的一环。零件尺寸链和工艺尺寸链与装配尺寸链恰恰相反,它往往是把最次要的一环作为封闭环。

2. 按尺寸链各环在空间的分布状态分类

(1)直线尺寸链 是指各环分布在相互平行的直线上的尺寸链,如图3-1和图3-2所示。这种尺寸链是最基本的尺寸链,它的特点是:各组成环的变动量会1:1地加到封闭环上去。

(2)平面尺寸链 是指各环虽然分布在同一个或几个相互平行的平面内,但方向却不完全相同的尺寸链,如图 3-3 所示。

(3)空间尺寸链 是指各环分布在不相平行的平面内的尺寸链。

通常在计算平面尺寸链时,是将组成环投影在封闭环的方向上,从而转化为直线尺寸链。空间尺寸链一般则要求在特定的方向上求解。本教材只介绍直线尺寸链。

3. 按尺寸链各环的几何特征分类

(1)长度尺寸链是指由长度尺寸环构成的尺寸链,图 3-1 至图 3-3 均为长度尺寸链。

(2)角度尺寸链是指由角度尺寸环构成的尺寸链,如图 3-4 所示。

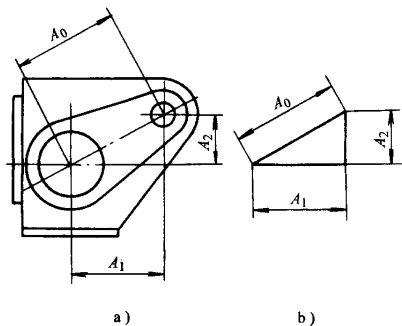


图 3-3 平面尺寸链

a)零件图 b)尺寸链

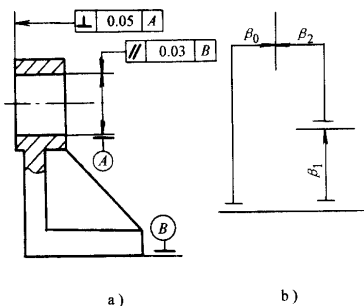


图 3-4 以长度值表示的角度尺寸链


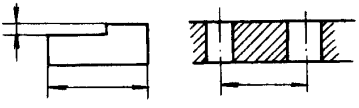
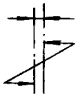
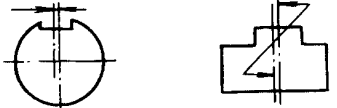

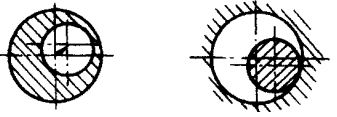


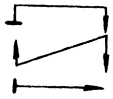
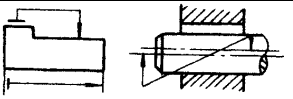
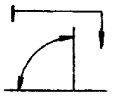





a)零件图 b)尺寸链

四、尺寸链的代号与符号

为了表示尺寸链各环的关系,可用尺寸线和尺寸界线组成互相连接的封闭图形,即尺寸链图,如图 3-1 和图 3-2 所示。尺寸链的代号常用大写拉丁字母或希腊字母表示。长度尺寸链常用 A、B、C、...等字母表示;角度尺寸链用 α 、 β 、 γ 、...等字母表示。应当注意,同一个尺寸链中的各环只能用同一个大写拉丁字母或希腊字母表示,为了区分各环的顺序,可在字母右下方加注角码,如图 4-2 中的 A_0 、 A_1 、 A_2 、 A_3 。封闭环下标加“0”,如 A_0 。为区别长度尺寸链和角度尺寸链各环的表示方法,国标规定了尺寸链各环的符号,见表 4-1。

第三章 钣金冲压精度设计

表 3-1 尺寸链中环的特征符号及图例 (GB/T 5847—1986)

	环的特征	符 号	图 例
长度 环	距 离		
	偏 移		
长度 环	偏 心		
	矢 径		
角 度 环	平 行		
	垂 直		
	倾 斜		
	角 度		

第二节 尺寸链的建立

正确建立尺寸链是利用尺寸链进行精度设计的关键。

一、建立尺寸链的方法和步骤

1. 确定封闭环

确定封闭环是建立尺寸链的第一步。根据封闭环的定义,应查明装配或加工完成以后所形成的尺寸即为封闭环。它是由其他尺寸派生出来的,通过其他尺寸而间接得到的尺寸。

2. 查找组成环

封闭环确定后,要建立尺寸链就必须找出全部组成环。所谓“全部”意味着既不能遗漏应列入该链的任一组成环,也不能多余地把任一不相关的尺寸当作组成环。因为,既定的机械结构与其某项装配精度(即封闭环)有关的组成环是一定的,同样,既定的工艺方法与其某个派生尺寸(即封闭环)有关的组成环也是一定的。所以,以某一尺寸为封闭环的尺寸链,参与其组成的各尺寸是一定的,即各组成环都是惟一的。

查找组成环时应注意的要点如下:

1)与封闭环不同,组成环必定是属于一个零件上的某个尺寸。对于装配尺寸链,组成环是零件成品已具有的尺寸;对于工艺尺寸链,组成环是本工序或上工序加工中直接得到的尺寸。

2)尺寸链中的各组成环之间必须首尾相衔接。在装配尺寸链中,前一组成环零件的尾端表面,必与后一组成环零件的首端表面相贴接;在工艺尺寸链中,前一组成环尺寸的尾端表面,必是后一组成环尺寸的首端表面。所以应从某一尺寸或某两零件相贴接处开始,逐步寻找各尺寸的关系。

3. 画尺寸链图

当尺寸链的环数较多,且它们之间的关系错综复杂时,应当选好画尺寸链的起点。对于装配尺寸链,一般是以装配基面为起点;对于零件尺寸链,一般是以轴线、中心线、中心平面或非对称形零件的某个基准面为起点。因为这些要素是固定的,由此可简化尺寸之间的连接关系。最后将各尺寸依次用尺寸线首尾衔接,形成封闭系统,即可画出尺寸链图。画尺寸链图时应注意的要点(1)遵守“最短尺寸链原则”所谓最短尺寸链,是指尺寸链中包含的环数最少。

(2)对称形的零件取半 图 3-5a 所示为一对称形零件。画尺寸链时,以轴线为界,从圆心开始,内、外圆取半径构成尺寸链,如图 3-5b 所示。

(3)形位公差应作为一环在尺寸链中画出 对于同轴度、对称度和位置度等,其特点是基本尺寸为零、公差带对称分布。在尺寸链计算过程中,它们的尺寸应表示为 $0 \pm \frac{L}{2}$,

并可以任意地把它们列入增环或减环而不影响计算结果,见图 3-5b 所示。对于其他形位公差,在尺寸链计算过程中,它们的尺寸应表示为 0^{+}_0 。

4. 判别组成环的性质

可用下述方法从一系列组成环中分辨出增环和减环。

(1)按增环和减环的定义确定根据其定义,对组成环逐个分析其尺寸的增减对封闭环尺寸的影响,以判别其为增环还是减环。此法比较麻烦,在环数较多、链的结构较复杂时,容易出现差错,通常用于简单的尺寸链,但这是最基本的方法。

(2)按箭头方向确定从封闭环 A_0 的右端起始向其左端方向前进,沿尺寸链连接的线路巡视一周,同时按前进方向在各环的字母上方画一个箭头。凡所画箭头方向与封闭环相异者为增环,相同者为减环(图 3-6b)。

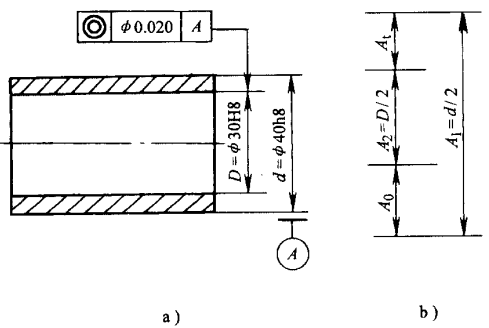


图 3-5 轴套及尺寸链

a) 图样标注 b) 尺寸链

二、装配尺寸链的建立

机器或部件由零件组装而成,装配后应达到设计的技术要求,以保证产品质量。装配的设计要求与各零件的尺寸有关,应找出对装配要求有直接影响的尺寸,通过计算确定各零件合理经济的公差。机器的尺寸联系复杂,要正确地进行设计,首先要建立装配尺寸链。

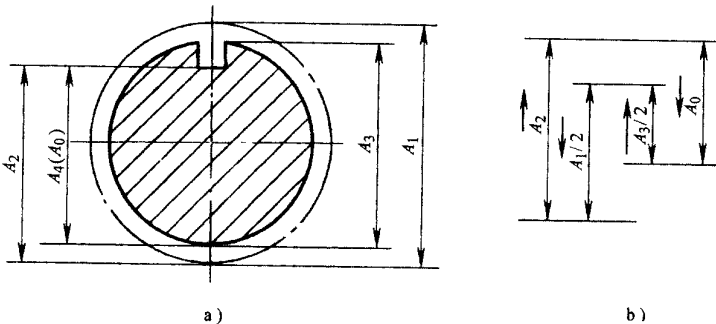


图 3-6 铣键槽的工艺尺寸链

a) 键槽的工艺尺寸 b) 尺寸链

1. 确定封闭环

根据定义,装配尺寸链中的封闭环,应在装配后自然形成的一环。通常产品的技术规范或机器上装配精度要求(常以极限尺寸或偏差的形式表示)的尺寸即为封闭环。

2. 查找组成环

在确定了封闭环以后,以封闭环的一端为起点,依次找出对封闭环有影响的各个尺

寸,最后的一个尺寸应与封闭环的另一端连接,从而构成一个闭合的尺寸链。

3. 画尺寸链图

将各尺寸依次首尾衔接,即可画出尺寸链图。

装配尺寸链的建立原理上是简单的,但装配关系复杂时,组成环往往较多,有时会构成多个互相有关的尺寸链,这时就必须认真分析各零件的相互关系,使组成环既不能重复,也不能遗漏。设计时,应尽量避免环数多、关系复杂的尺寸链,即应遵守最短尺寸链原则,使组成环环数越少越好,以符合经济性要求。

【例 4-1】图 3-7a 为车床进给箱齿轮机构装配图的一部分,要保证齿轮在轴上回转,齿轮与右端挡圈之间应该有适当的轴向间隙。试确定封闭环,找出对该间隙直接影响的全部尺寸,并画出尺寸链图,判别组成环的性质。

解 (1)首先确定封闭环 如前所述,封闭环是装配精度要求的尺寸。题中要求齿轮与右端挡圈之间应有一定的轴向间隙,因此保证齿轮在轴上回转的轴向间隙 A_0 即为封闭环。

(2)找出对该间隙直接影响的全部尺寸——查找组成环 从间隙 A_0 的右端开始,对该间隙有影响的尺寸依次是轴的两台肩之间的尺寸 A_1 、轴套宽度尺寸 A_2 、齿轮轮毂宽度尺寸 A_3 ,至间隙左端,形成封闭的系统。

(3)画出尺寸链图 按上述方法,依次用尺寸线将各环首尾相衔接,形成如图 3-7b 所示的尺寸链图。

(4)判别组成环的性质 根据增环和减环的定义,可判别 A_1 为增环, A_2 、 A_3 为减环。

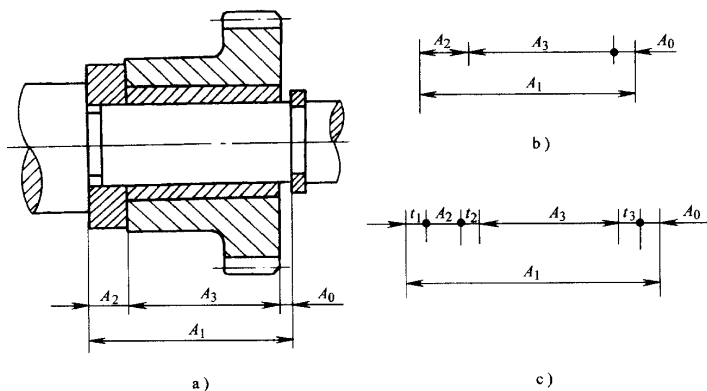


图 3-7 齿轮机构装配图及尺寸链

a) 齿轮机构 b) 尺寸链图之一 c) 尺寸链图之二

三、工艺尺寸链的建立

建立工艺尺寸链必须联系加工工艺过程及具体加工方法来确定封闭环和组成环。工艺尺寸链的封闭环是加工过程中间接得到的尺寸,而组成环是加工中直接保证的尺寸。

【例 4-2】图 3-6a 所示为轴的剖面图。在轴上铣一键槽,其加工顺序为:首先按工序尺寸 $A_1 = \phi 45.4_{-0.1}^0 \text{mm}$ 车外圆;再按工序尺寸 A_2 铣键槽、淬硬;然后按图样标注尺寸 $A_3 = \phi 45_{0.002}^{+0.018} \text{mm}$ 磨外圆。磨外圆后要求键槽深度符合图样标注尺寸 $A_4 = \phi 39.5_{-0.2}^0 \text{mm}$

的规定。试确定封闭环,并画出尺寸链图,判别组成环的性质。

解 (1)首先确定封闭环从加工顺序来看, A_4 是零件加工完毕以后自然形成的一环,所以 A_4 即为封闭环 A_0 。

(2)查找组成环 工序尺寸 A_1 、 A_2 及设计尺寸 A_3 都是在加工中直接保证的尺寸,只要 A_1 、 A_2 和 A_3 按规定的尺寸要求去加工, A_4 就能保证满足要求。因而 A_1 、 A_2 及 A_3 是组成环。

(3)画出尺寸链图 该尺寸链图可以从键槽底部(封闭环的上端内侧)向下开始,用尺寸线先画出尺寸 A_2 。为便于通过轴线建立尺寸 A_1 和 A_3 间的联系,直径尺寸改为半径尺寸,即 $A_1/2 = 22.7_{-0.05}^0\text{mm}$ 、 $A_3/2 = 22.5_{+0.001}^{+0.009}\text{mm}$,至封闭环下端,最后画出如图3-6b所示的尺寸链。

(4)判别组成环的性质 由增环和减环的定义,可判别 A_2 和 $A_3/2$ 为增环, $A_1/2$ 为减环。

四、尺寸公差与形位公差综合的尺寸链

前述两类尺寸链的建立仅仅考虑了各尺寸之间的相互关系。事实上,形位误差对机器和零件的精度也有很大的影响。因此在建立尺寸链时,应根据设计要求和具体情况,将形位公差考虑在尺寸链内。

1. 尺寸公差与形位公差的关系为包容要求

如果设计中,给出的尺寸公差与形位公差的关系为包容要求时,形位误差是由尺寸公差予以控制的,若组成环中列入了该尺寸,就不能再将形位公差视为一环列入尺寸链中,否则产生重复。

在图3-8a中,装配间隙 X_0 是自然形成的,应为封闭环。对 X_0 有影响的组成环是轴和孔的尺寸 d 、 D ,以及轴、孔的直线度误差。若轴、孔的尺寸都采用包容要求,则其直线度形状误差由轴、孔的尺寸公差控制,就不必考虑直线度误差的影响,尺寸链为图4-8b。

2. 尺寸公差与形位公差的关系为独立原则

如果设计中,给出的尺寸公差与形位公差的关系为独立原则时,则应该根据具体情况,将形位公差视为一环列入尺寸链中。

(1)列入形状公差环的尺寸链 在图4-8a中,若采用独立原则标注,则其直线度形状误差不能由轴、孔的尺寸公差控制,应将轴、孔的直线度公差 t_1 和 t_2 视为组成环列入尺寸链中(图3-8c)。若轴、孔的直线度误差增大,则由它们的作用尺寸形成的间隙 X_0 (封闭环)必将减小,故 t_1 和 t_2 均为减环。

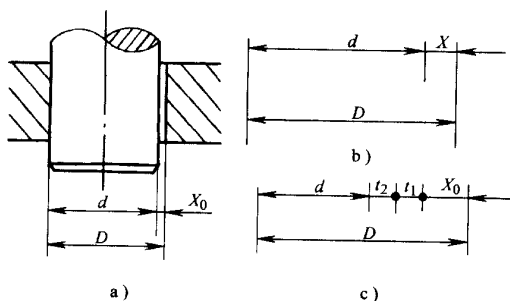


图3-8 轴孔配合及尺寸链

a)孔、轴配合 b)尺寸链图之一 c)尺寸链图之二

(2)列入定向公差环的尺寸链 在角度尺寸链中,封闭环和组成环均为定向公差

(图 4-4)。建立这类尺寸链时,应注意分析每一角度尺寸对封闭环的影响,不能有重复和遗漏。需要指出,端面圆跳动公差除用来控制被测端面的平面度误差外,还可用来控制端面对轴线的垂直度误差,故在尺寸链计算中把它视为定向公差。以图 3-7a 所示的齿轮机构为例,若各零件的轴向尺寸与定向公差按独立原则给出(图 3-9 至图 3-11),影响间隙 A_0 的组成环除 A_1 、 A_2 和 A_3 以外,还有大台肩面对轴线的端面圆跳动公差 t_1 (小台肩端面圆跳动不影响封闭环的大小)、轴套两端面的平行度公差 t_2 和齿轮两端面对内孔轴线的端面圆跳动公差 t_3 (并非两个端面圆跳动同时影响封闭环的大小,取公差值较大的一端面)。其尺寸链见图 3-7c 所示。定向公差对封闭环的影响也相当于减环,应按 0^{+t}_0 列入尺寸链。

(3)列入定位公差环的尺寸链 定位公差带(如同轴度、对称度等)相对其理想位置对称分布,因此按 $0 \pm \frac{t}{2}$ 列入尺寸链。

需要指出,径向全跳动公差主要用于控制偏心,当排除了零件形状误差后,径向全跳动公差即可视为同轴度公差,因此在尺寸链计算中可按定位公差处理。

确定各组成环时,也可以都按包容要求,只分析尺寸对封闭环的影响,形位误差不作为尺寸链的组成环。

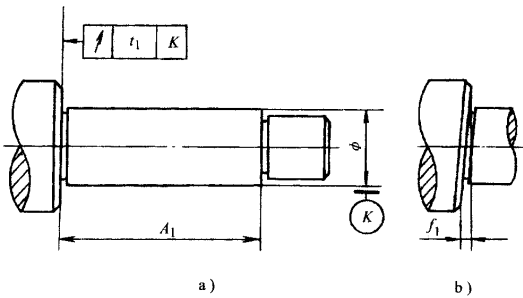


图 3-9 轴

a)图样标注 b)实际零件

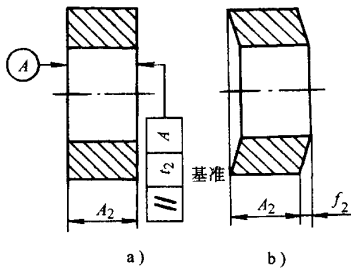


图 3-10 轴套

a)按独立原则标注 b)实际零件

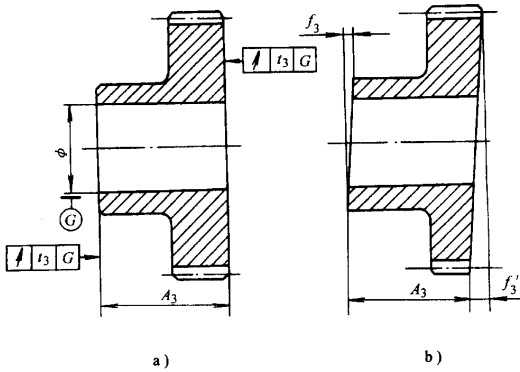


图 3-11 齿轮

a)图样标注 b)实际零件

第三节 尺寸链的计算

一、尺寸链计算要解决的问题

在机械设计制造中,通过尺寸链的计算和分析,可以解决以下几个问题。

1. 合理地分配公差

按封闭环的公差或极限偏差,合理地分配各组成环的公差与极限偏差。

2. 分析结构设计的合理性

在机器、机构或部件设计中,通过对各种方案的装配尺寸链的分析比较,可确定较合理的结构。

3. 检校图样

检查、校核零件图上尺寸、公差与极限偏差是否正确合理,可按装配尺寸链分析计算。

4. 合理地标注尺寸

装配图上的尺寸标注反映零、部件的装配关系及要求,应按装配尺寸链分析标注封闭环公差(装配技术要求)及各组成环的基本尺寸。零件图上的尺寸标注反映零件的加工要求,应按零件尺寸链分析,一般选最不重要的环作为封闭环,不需注出其公差与极限偏差。而对零件上属于装配尺寸链组成环的尺寸,则应规定公差与极限偏差。

5. 基面换算

当不便按零件图上标注的尺寸极限偏差加工和测量时,应按零件尺寸链进行基面换算。

6. 工序尺寸计算

以上解尺寸链问题,根据不同的条件和目的,归结起来有下述三种情况:

(1)正计算问题 已知各组成环的基本尺寸和极限偏差,求解封闭环的基本尺寸和极

限偏差。主要用于校核零件或装配部件相关尺寸所规定的公差是否合理,能否满足设计要求。

(2)反计算问题 已知封闭环的极限偏差和所有环(包括封闭环)的基本尺寸,求解各组成环的公差和极限偏差。主要用于新产品设计,为了保证产品的技术规范要求,必须合理地分配构成尺寸链的相关零件的尺寸公差。这种计算多用于装配尺寸链,因为该尺寸链的封闭环往往是技术规范所要求的装配精度,它是确定各相关尺寸精度的设计基础。零件尺寸链的封闭环往往是最次要的一环,不是确定各相关尺寸精度的依据,相反,只有当根据零件的功能要求决定了各组成环的公差后,才能确定封闭环的公差大小,所以反计算通常不用于零件尺寸链。

(3)中间计算问题 已知封闭环和除某一组成环的所有组成环的基本尺寸与极限偏差,求解该未知组成环的基本尺寸与极限偏差。主要用于工艺设计或零件尺寸的基面换算中,解算零件在加工过程中某个工序尺寸。

二、尺寸链的计算方法

根据对产品互换程度要求的不同,尺寸链的计算方法有以下几种。

1. 极值法

用极值法解尺寸链,就是以各环的极限尺寸为依据来计算尺寸链,不考虑实际尺寸的分布规律,计算结果可以 100% 地满足互换性要求。

(1)基本尺寸计算公式

封闭环的基本尺寸 A_0 为各组成环的基本尺寸 A_i 与各自传递系数 ζ_i 之积的代数和,即

$$A_0 = \sum_{i=1}^m \zeta_i A_i \quad (3-1)$$

式中, m 为组成环的环数, $\zeta_i = \frac{\partial f}{\partial A_i}$ (因封闭环是组成环的函数,即 $A_0 = f(A_1, A_2, \dots, A_m)$)。

对于直线尺寸链,增环传递系数 $\zeta = +1$,减环传递系数 $\zeta = -1$,设 m 个组成环中有 n 个增环,则有

$$A_0 = \sum_{z=1}^n A_z - \sum_{j=n+1}^m A_j \quad (3-2)$$

其含义为封闭环的基本尺寸 A_0 等于各增环基本尺寸 A_z 之和减去各减环基本尺寸 A_j 之和。

(2)极限尺寸计算公式

$$\left. \begin{aligned} A_{0\max} &= \sum_{z=1}^n A_{z\max} - \sum_{j=n+1}^m A_{j\min} \\ A_{0\min} &= \sum_{z=1}^n A_{z\min} - \sum_{j=n+1}^m A_{j\max} \end{aligned} \right\} \quad (3-3)$$

其含义为:封闭环的最大极限尺寸 $A_{0\max}$ 等于各增环最大极限尺寸 $A_{z\max}$ 之和减去各减环最小极限尺寸 $A_{j\min}$ 之和;封闭环的最小极限尺寸 $A_{0\min}$ 等于各增环最小极限尺寸 $A_{z\min}$ 之和减去各减环最大极限尺寸 $A_{j\max}$ 之和。

(3)极限偏差的计算公式

$$\left. \begin{aligned} ES_0 &= \sum_{z=1}^n ES_z - \sum_{j=n+1}^m EI_j \\ EI_0 &= \sum_{z=1}^n EI_z - \sum_{j=n+1}^m ES_j \end{aligned} \right\} \quad (3-4)$$

其含义为封闭环的上偏差 ES_0 等于各增环上偏差 ES_z 之和减去各减环下偏差 EI_j 之和, 封闭环的下偏差 EI_0 等于各增环下偏差 EI_z 之和减去各减环上偏差 ES_j 之和。

(4) 公差的计算公式

$$T_0 = \sum_{i=1}^m |\zeta_i| T_i \quad (3-5)$$

对于直线尺寸链, $|\zeta_i| = 1$, 则有

$$T_0 = \sum_{i=1}^m T_i \quad (3-6)$$

其含义为封闭环的公差 T_0 等于各组成环公差 T_i 之和。

需要指出的是, 当封闭环的公差一定时, 组成环的环数越多, 则要求各组成环的公差越小, 使加工困难, 制造成本提高。为了使各组成环的公差大些, 应使组成环的环数尽可能少些。从这一科学观点来看, 在满足使用要求的前提下, 机器、机构或零件都应该是越简单越好。任何不切实际地把机构设计得极为复杂的做法都是违反科学的, 设计中必须遵循“最短尺寸链原则”。这反映了设计与制造两方面的协调一致。

由于封闭环的公差大于任何一个组成环的公差, 所以其精度最低。因而在零件尺寸链中, 应该选择最不重要的尺寸作为封闭环。但在装配尺寸链中, 由于封闭环是装配后的技术规范要求, 往往体现机器或部件的精度, 一般无选择余地。

为保证经济地满足使用要求, 应尽可能使设计基准与工艺基准和测量基准相统一, 避免因基准变换而提高对组成环加工精度的要求。

用极值法解尺寸链的优点是计算简便、可靠。其缺点是封闭环的公差累积过大, 不适用于环数较多的尺寸链。当环数较多或批量生产时, 可采用统计法解尺寸链。

2. 统计法

用极值法解尺寸链的实质是保证完全互换, 并不考虑零件实际尺寸的分布规律。在一个装配尺寸链中, 即使每一个零件的实际尺寸都等于极限尺寸, 装配后也能满足装配精度要求。然而, 由式(3-6)可知, 当装配精度要求较高(封闭环公差很小)时, 各组成环的公差势必很小才能保证封闭环所体现的技术要求, 这样导致零件加工困难, 尤其当组成环的环数较多时更是如此。

采用统计法解尺寸链能够比较合理地解决这一问题。统计法解尺寸链的实质, 是按零件在加工中实际尺寸的分布规律, 把封闭环的公差分配给各组成环。实践已经证明, 在大批量生产时, 大多数零件的实际尺寸分布在公差带的中央区域, 极少数的实际尺寸接近或等于极限尺寸。在一个机构中, 恰好各零件的尺寸都处于极限状态的概率更是微乎其微。从这种实际情况出发, 在封闭环的公差相同的条件下, 采用统计法解尺寸链就可加大各组成环的公差, 以利零件的加工, 降低生产成本。

零件的实际尺寸按正态分布的情况比较普遍, 当然, 有时也不排除按非正态分布, 如均匀分布、三角分布、瑞利分布和偏态分布等。下面以正态分布为例建立有关的计算公式。

(1)基本尺寸计算公式 封闭环与组成环的基本尺寸关系仍按式(3-1)或式(3-2)计算。

(2)公差计算公式 一般情况下,各组成环的尺寸获得无相互联系,是各自独立的随机变量。若它们都按正态分布,取置信概率为99.73%(即保证99.73%零件的互换),则封闭环的尺寸也按正态分布,即封闭环的公差等于各组成环公差的平方和的平方根:

$$T_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^m T_i^2} \quad (3-7)$$

但有时各组成环的分布不是正态分布,封闭环的公差应按下式计算:

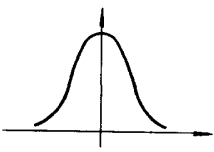
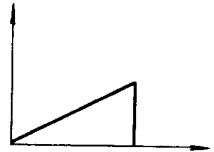
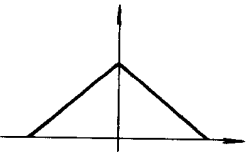
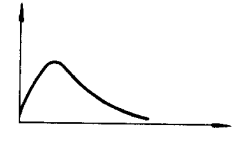
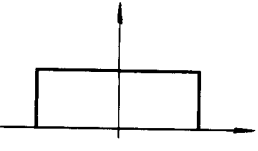
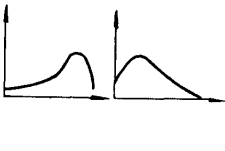
$$T_0 = \frac{1}{k_0} \sqrt{\sum_{i=1}^m k_i^2 T_i^2} \quad (3-8)$$

式中 k_0 ——封闭环的相对分布系数;

k_i ——各组成环的相对分布系数。

相对分布系数是表征实际尺寸分散性的特征参数,其大小取决于实际尺寸的分布规律,常见分布曲线的相对分布系数 k 值列于表3-2。

表3-2 常见分布曲线的相对分布系数 k 值

分布曲线		k	分布曲线		k
正态分布		1	直角分布		1.41
三角分布		1.22	瑞利分布		1.14
均匀分布		1.73	偏态分布		1.17

封闭环的分布特性取决于各组成环的分布特性,各组成环按正态分布时,封闭环也按正态分布。当各组成环分别按不同的形式分布时,只要环数 $m \geq 5$,且各组成环的分布范围又相差不大时,封闭环趋向正态分布。对于这两种情况,封闭环的相对分布系数 $k_0 = 1$ 。当组成环的环数 $m < 5$,且又不按正态分布时,封闭环的分布为介于三角分布和均匀分

布之间的某种分布,可取 $k_0 = 1.22 \sim 1.73$ 。

各组成环的相对分布系数 k_i 取决于各环自身的分布规律。大批量生产常采用调整法加工,若工艺状态比较稳定,则零件的实际尺寸一般为正态分布。但实际生产中,由于设备精度、夹具刚性、检测和加工方法等因素的影响,使获得的尺寸分布为非正态分布。如单件小批生产采用试切法加工(用万能量具检测)时,轴的实际尺寸多数接近最大极限尺寸,而孔的实际尺寸多数接近最小极限尺寸,尺寸呈偏态分布。又如在无心磨床上磨削轴时,砂轮磨损后没有自动补偿,工件的实际尺寸形成平顶分布,忽略其他因素的影响,轴的尺寸分布则为均匀分布。所以,必须了解各零件的加工方法和工艺条件,才能比较合理地确定各组成环的相对分布系数 k_i 。

(3) 中间偏差计算公式

$$\left. \begin{aligned} \Delta_i &= (ES_i + EI_i) / 2 \\ \Delta_0 &= \sum_{z=1}^n \Delta_z - \sum_{j=n+1}^m \Delta_j \end{aligned} \right\} \quad (3-9)$$

其含义为:任一组成环的中间偏差 Δ_i 等于其上、下偏差的平均值;封闭环的中间偏差 Δ_0 等于所有增环的中间偏差 Δ_z 之和减去所有减环的中间偏差 Δ_j 之和。用于各组成环为对称分布,如正态分布、三角分布等。

(4) 极限偏差计算公式

$$\left. \begin{aligned} ES_0 &= \Delta_0 + \frac{T_0}{2}, EI_0 = \Delta_0 - \frac{T_0}{2} \\ ES_i &= \Delta_i + \frac{T_i}{2}, EI_i = \Delta_i - \frac{T_i}{2} \end{aligned} \right\} \quad (3-10)$$

其含义为:各环的上偏差等于其中间偏差加上该环公差之半;各环的下偏差等于其中间偏差减去该环公差之半。用中间偏差计算封闭环极限偏差的方法,同样适用于极值法。

3. 分组装配法

分组装配法是先极值法确定各组成环的公差,然后将它们的公差扩大到经济可行、方便加工的数值。零件完工后按其实际尺寸大小分为若干组(组数应等于公差的扩大倍数),各对应组进行装配,同组零件具有互换性,从而确保装配精度。

利用分组装配法解尺寸链,既可扩大零件的制造公差,又可显著地提高装配精度。其缺点为:生产组织复杂化,检验费用增加;仅组内零件可互换;在一些组内可能有多余零件(存在失配件);分组数受几何形状误差的限制(形状公差应小于分组后每组的尺寸公差,一般取 2~4 组)。因分组装配法存在上述缺点,故一般只宜用于成批大量生产的精度高、环数少的尺寸链,如连杆、活塞、活塞销的配合,油泵、油嘴偶件的配合。

4. 修配法

修配法是各组成环的零件先按经济合理的公差进行生产,装配时用修磨、刮研等方法,修去预先选定的某个修配环的多余材料,以减小封闭环上的误差累积,达到理想的装配要求。

修配环的选择应考虑便于装拆且修配面不大,只与本尺寸链的精度有关的零件。

采用修配法解尺寸链,可以降低对组成环的精度要求来保证得到较高的装配精度。其缺点是:修配环使封闭环达到要求后,各组成环却失去互换性,增加了装配的工作量和

费用, 修配的技术水平要求高, 修配时间难以确定, 不便组织流水线生产。由此可见, 修配法适合于单件小批生产中环数多且装配精度要求高的尺寸链, 如机床、精密仪器等行业。

5. 调整法

调整法是将各组成环的零件尺寸按扩大的公差制造, 在装配时调整补偿环的尺寸或位置, 以达到补偿封闭环误差累积的目的, 最终保证装配的技术要求。

调整法所用的补偿环有垫片、镶条、套筒之类的零件, 也可以用斜面(锥套)、螺纹等机构进行连续调整。

用调整法解尺寸链, 零件的加工精度要求不必很高。缺点是增加了调整件的数量, 对微动调整件需增大机械的体积。故其合理的应用范围是: 封闭环精度高且产品使用过程中, 某些零件的尺寸会发生变化的尺寸链, 通过调整补偿环位置或更换补偿环, 可恢复机器原有精度。

三、尺寸链的计算示例

利用尺寸链的基本原理, 可以解算机械设计、制造工艺过程, 以及测量中的有关几何精度问题。

1. 正计算问题

【例 3-3】图 3-7 所示的齿轮机构, 已知 $A_1 = 50 \pm 0.05\text{mm}$, $A_2 = 15 \begin{smallmatrix} -0.20 \\ 0.25 \end{smallmatrix}\text{mm}$, $A_3 = 35 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.1 \end{smallmatrix}\text{mm}$, 大台肩面对轴线的端面圆跳动公差 $t_1 = 0.03\text{mm}$, 轴套两端面的平行度公差 $t_2 = 0.01\text{mm}$, 齿轮两端面对内孔轴线的端面圆跳动公差为 $t_3 = 0.02\text{mm}$ 。求齿轮装配后与右端挡圈之间的轴向间隙。

解 尺寸链的建立及分析见例 3-1 内容。

(1) 画尺寸链图 如图 3-7c 所示。

(2) 判别组成环的性质 A_1 为增环, t_1 、 A_2 、 t_2 、 A_3 和 t_3 为减环。需将位置公差改为 $t_1 = 0_0^{+0.03}$, $t_2 = 0_0^{+0.01}$, $t_3 = +0_0^{0.02}$ 。

(3) 代入公式计算 由题意可知, 组成环 A_1 、 t_1 、 A_2 、 t_2 、 A_3 和 t_3 为已知参数, 封闭环 A_0 为求解参数, 于是根据式(3-2)和式(3-4)求得如下结果:

封闭环的基本尺寸:

$$A_0 = A_1 - t_1 - A_2 - t_2 - A_3 - t_3 = 50 - 0 - 15 - 0 - 35 - 0 = 0$$

封闭环的上、下偏差:

$$\begin{aligned} ES_0 &= ES_1 - EI t_1 - EI_2 - EI t_2 - EI_3 - EI t_3 \\ &= [+0.05 - 0 - (-0.25) - 0 - (-0.1) - 0]\text{mm} = +0.40\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI_0 &= EI_1 - ES t_1 - ES_2 - ES t_2 - ES_3 - ES t_3 \\ &= [-0.05 - 0.03 - (-0.20) - 0.01 - 0 - 0.02]\text{mm} = +0.09\text{mm} \end{aligned}$$

(4) 验证计算是否有误 验证的目的就是检查由已知条件得到的封闭环公差, 是否等于由计算结果得到的封闭环公差。两者相等说明计算无误, 否则说明计算有误, 需要检查错误的原因, 并重新计算。

由已知条件计算的封闭环公差为

$$T_0 = \sum_{i=1}^m T_i = T_1 + t_1 + T_2 + t_2 + T_3 + t_3 \\ = (0.1 + 0.03 + 0.05 + 0.01 + 0.1 + 0.02) \text{mm} = 0.31 \text{mm}$$

由计算结果得到的封闭环公差为

$$T_0 = |ES_0 - EI_0| = | + 0.40 - (+ 0.09) | \text{mm} = 0.31 \text{mm}$$

两种方法得到的封闭环公差相等,所以证明以上计算无误。

将求解的结果以下面形式表示: $A_0 = 0_{+0.09}^{+0.40} \text{mm}$,即间隙为 $0.09 \sim 0.40 \text{mm}$ 。

【例 4-4】图 3-5a 所示为一轴套,若忽略形状误差,试求轴套壁厚的极限偏差。

解 (1)画尺寸链图 显然,轴套壁厚是加工最后间接得到的尺寸,故为封闭环 A_0 ; 由于一个尺寸链中只能且仅有一个封闭环,而该零件具有对称结构,因此相应的组成环 A_1 、 A_2 分别取轴、孔尺寸的半值(偏差和公差值也取半值),并从圆心画起,这是为了减少附加成分;另外,同轴度公差可作一线性尺寸 A_t 处理。尺寸链图如图 3-5b 所示。

(2)判别组成环的性质 根据增环和减环的特征,可知 A_1 为增环, A_2 、 A_t 为减环。其中 $A_t = 0 \pm 0.010 \text{mm}$ 。因轴为 $\phi 40\text{h}8(-0.039)$,孔为 $\phi 30\text{H}8(+0.033)$,则 $A_1 = 20_{-0.0195}^0 \text{mm}$, $A_2 = 15_0^{+0.0165} \text{mm}$ (轴、孔尺寸取半值)。

(3)代入公式计算由式(3-2)、式(3-4)求得如下结果:

封闭环的基本尺寸为

$$A_0 = A_1 - A_2 - A_t = (20 - 15 - 0) \text{mm} = 5 \text{mm}$$

封闭环的上、下偏差为

$$ES_0 = ES_1 - EI_2 - EI_t = [0 - 0 - (-0.010)] \text{mm} = +0.010 \text{mm}$$

$$EI_0 = EI_1 - ES_2 - ES_t = [(-0.0195) - (+0.0165) - (+0.010)] \text{mm} = -0.046 \text{mm}$$

(4)验算 由已知条件按式(3-6)计算封闭环公差为

$$T_0 = \sum_{i=1}^m T_i = T_1 + T_2 + T_t = (0.0195 + 0.0165 + 0.020) \text{mm} = 0.056 \text{mm}$$

由计算结果得到的封闭环公差为

$$T_0 = |ES_0 - EI_0| = 0 + 0.010 - (-0.046) \text{mm} = 0.056 \text{mm}$$

两种方法得到的封闭环公差相等,所以证明以上计算无误。

将求解的结果以下面形式表示: $A_0 = 5_{-0.046}^{+0.010} \text{mm}$

需指出的是,同轴度公差 A_t 若作为增环处理,结果仍不变,读者可自行计算证明。

2. 反计算问题

反计算问题是指设计中的计算,它是根据封闭环的精度来设计组成环的精度,通常按等公差调整法或等公差等级法,将封闭环的公差分配给各组成环,并确定组成环的极限偏差。

所谓等公差调整法,就是先将封闭环的公差平均分配给各组成环,然后根据各组成环的尺寸大小、工艺特点和功能要求等因素,适当调整各组成环公差的方法。

所谓等公差等级法,就是使各组成环的公差等级相同的设计方法,即各组成环具有相同的公差等级系数 α 。

(1)对于基本尺寸相差不大的组成环,可按等公差调整法分配。因此对于具有 m 个

组成环的线性尺寸链,任一组成环的公差应按下式计算:

1)用极值法解尺寸链

$$T_i = \frac{T_0}{m} \quad (3-11)$$

最终各组成环公差须满足下式:

$$\sum_{i=1}^m T_i \leq T_0 \quad (3-12)$$

2)用统计法解尺寸链

$$T_i = \frac{T_0}{\sqrt{m}} \quad (3-13)$$

最终各组成环公差须满足下式:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^m T_i^2} \leq T_0 \quad (3-14)$$

(2)当各组成环尺寸差别较大时 可按等公差等级法分配。由第一章标准公差计算公式,可推出各组成环的公差等级系数计算公式如下:

1)用极值法解尺寸链

$$\alpha = \frac{T_0}{\sum_{i=1}^m i_i} \quad (3-15)$$

2)用统计法解尺寸链

$$\alpha = \frac{T_0}{\sqrt{\sum_{i=1}^m i_i^2}} \quad (3-16)$$

式中 i_i ——各组成环的公差因子。

为便于计算,表3-3列出了500mm以内各尺寸段的标准公差因子数值。

表3-3 各尺寸段的标准公差因子 i 数值

分段尺寸 /mm	1~3	>3 ~6	>6 ~10	>10 ~18	>18 ~30	>30 ~50	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~180	>180 ~250	>250 ~315	>315 ~400	>400 ~500
i 1 μ m	0.54	0.73	0.90	1.08	1.31	1.56	1.86	2.17	2.52	2.90	3.2	3.54	3.86

由式(3-15)或式(3-16)求出公差等级系数后,即可根据表1-2确定各组成环所属的公差等级,再由表1-1查出各组成环的公差,并进行适当调整,使之满足式(3-12)或式(3-14)。而且,为了使尺寸链中各环的极限偏差保持协调,某一组成环的极限偏差,用极值法解尺寸链时应由式(3-4)来确定,而用统计法解尺寸链时则由式(3-9)和式(3-10)来确定,这个组成环也称为协调环。

至于各组成环公差带的分布,一般按照“入体原则”确定其极限偏差,即对于包容尺寸(内尺寸)按下偏差为零,上偏差为正的公差值;对于被包容尺寸(外尺寸)按上偏差为零,下偏差为负的公差值。

【例3-5】图3-12所示的曲轴部件中,要求轴向间隙 L_0 在0.050~0.250mm之间,已知各组成环的基本尺寸为 $L_1 = 43\text{mm}$ 、 $L_2 = L_4 = 2.5\text{mm}$ 、 $L_3 = 38\text{mm}$ 。若不考虑形位公差,

试按等公差调整法确定各尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 和 L_4 的公差和极限偏差。

解 方法一 极值法解尺寸链

(1)画尺寸链图 根据题意可知,所要求的间隙 L_0 应为尺寸链的封闭环,其公差 $T_0 = (0.250 - 0.050)\text{mm} = 0.200\text{mm}$ 。尺寸链见图 3-12 所示。

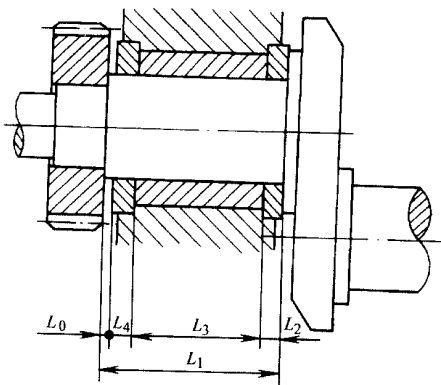


图 3-12 曲轴部件装配尺寸链

(2)判别组成环的性质 L_1 为增环, L_2 、 L_3 、 L_4 为减环。

(3)确定各组成环的平均公差 T 由式(3-11)可得

$$T = \frac{T_0}{m} = \frac{0.200}{4}\text{mm} = 0.05\text{mm}$$

(4)调整各组成环的公差 根据各组成环的基本尺寸大小、加工难易程度和功能要求,以平均公差为基础。其中 L_3 作为协调环。则各尺寸公差调整为

$$T_1 = 0.062\text{mm}, T_2 = T_4 = 0.025\text{mm}, \text{它们相当 IT9 级。}$$

T_3 按式(3-6)计算得

$$T_3 = T_0 - T_1 - T_2 - T_4 = 0.200 - 0.062 - 0.025 \times 2 = 0.088\text{mm}(\text{不必取为标准值})$$

(5)确定各组成环的极限偏差 仍以 T_3 为协调环,按“入体原则”确定其余各尺寸的极限偏差为

$$L_1 = 43 + {}_0^{+0.062}\text{mm}, L_2 = L_4 = 2.5 - {}_{-0.025}^0\text{mm}$$

按式(4-4)计算 L_3 的极限偏差

$$ES_3 - EI_1 - ES_2 - ES_4 - EI_0 = [0 - 0 - 0 - (+0.050)]\text{mm} = -0.050\text{mm}$$

$$EI_3 = ES_1 - EI_2 - EI_4 - ES_0 = [+0.062 - (-0.025) - (-0.025) - (+0.25)]\text{mm} = -0.138\text{mm}$$

则有

$$L_3 = 38 - {}_{-0.138}^{+0.050}\text{mm}$$

(6)验算 因 $T_3 = 1 | ES_3 - EI_3 = -0.050 - (-0.138) | \text{mm} = 0.088\text{mm}$

$$\text{且 } T_3 = T_0 - T_1 - T_2 - T_4 = (0.200 - 0.062 - 0.025 \times 2)\text{mm} = 0.088\text{mm}$$

两种方法得到的协调环公差相等,所以证明以上计算无误。

方法二 统计法解尺寸链

第(1)(2)两步同极值法解尺寸链。

(3)确定各组成环的平均公差 T 由式(3-13)可得

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{m}} = \frac{0.200}{\sqrt{4}} \text{mm} = 0.100 \text{mm}$$

(4)调整各组成环的公差 L_3 仍然作为协调环。则各尺寸公差调整为

$$T_1 = 0.160 \text{mm}, T_2 = T_4 = 0.060 \text{mm}, \text{它们相当 IT11 级。}$$

T_3 按式(3-7)计算:

$$\begin{aligned} T_3 &= \sqrt{\sum_{i=1}^m T_i^2} = \sqrt{T_0^2 - T_1^2 - T_2^2 - T_4^2} \\ &= \sqrt{0.200^2 - 0.160^2 - 0.060^2} \times 2 \text{mm} \approx 0.084 \text{mm} \end{aligned}$$

并且

$$\begin{aligned} \sqrt{\sum_{i=1}^m T_i^2} &= \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + T_4^2} = \sqrt{0.160^2 + 0.060^2 \times 2 + 0.084^2} \text{mm} \\ &\approx 0.1996 \text{mm} < T_0 = 0.200 \text{mm} \end{aligned}$$

满足式(3-14)要求。

(5)确定各组成环的极限偏差,仍以 T_3 为协调环,按“入体原则”确定其余各尺寸的极限偏差为

$$L_1 = 43^{+0.160}_0 \text{mm}, L_2 = L_4 = 2.5_{-0.060}^0 \text{mm}$$

按式(3-9)和式(3-10)计算 L_3 的极限偏差:

$$\begin{aligned} \Delta_3 &= \Delta_1 - \Delta_2 - \Delta_4 - \Delta_0 = [+0.080 - (-0.030) - (-0.030) - (+0.10)] \text{mm} \\ &= +0.040 \text{mm} \end{aligned}$$

则

$$ES_3 = \Delta_3 + T_3/2 = (+0.040 + 0.084/2) \text{mm} = +0.082 \text{mm}$$

$$EI_3 = \Delta_3 - T_3/2 = (+0.040 - 0.084/2) \text{mm} = -0.002 \text{mm}$$

所以

$$L_3 = 38^{+0.082}_{-0.002} \text{mm}$$

(6)验算 因 $T_3 = |ES_3 - EI_3| = | +0.082 - (-0.002) | \text{mm} = 0.084 \text{mm}$

且 $T_3 = \sqrt{T_0^2 - T_1^2 - T_2^2 - T_4^2} = \sqrt{0.200^2 - 0.160^2 - 0.060^2} \times 2 \text{mm} \approx 0.084 \text{mm}$

两种方法得到的协调环公差相等,所以证明以上计算无误。

比较两种方法的计算结果,说明当封闭环的公差一定时,用统计法确定的各组成环公差较极值法有所放大,便于零件加工,从而提高了生产的经济性。这对手环数多,装配精度要求高的尺寸链更具有实用意义。

【例3-6】图3-13所示为一对开齿轮箱装配图的一部分。该部件是由箱体、箱盖、齿轮轴和衬套组成。装配后保证轴肩与衬套端面间的间隙为 $L_0 = 1_0^{+0.70} \text{mm}$,已知各零件的基本尺寸 $L_1 = 60 \text{mm}$, $L_2 = 150 \text{mm}$, $L_3 = L_5 = 12 \text{mm}$, $L_4 = 189 \text{mm}$ 。试按等公差等级法确定各尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 的公差和极限偏差。

解 方法一:极值法解尺寸链

(1)画尺寸链图 根据题意可知,装配间隙 L_0 应为尺寸链的封闭环。尺寸链见图3

- 13 所示。

(2) 判别组成环的性质 L_1 、 L_2 为增环, L_3 、 L_4 、 L_5 为减环。

(3) 确定各组成环的公差等级系数 α 查表 3-3 知各组成环的公差因子数值 $i_1 = 1.86$, $i_2 = 2.52$, $i_3 = i_5 = 1.08$, $i_4 = 2.90$, 由式 (3-15) 可得

$$\alpha = \frac{T_0}{\sum_{i=1}^m i_i} = \frac{0.70 \times 1000}{1.86 + 2.52 + 1.08 \times 2 + 2.90} \approx 74.2$$

查表 1-2, 公差等级系数 74.2 在 IT10 级 ($\alpha = 64$) 和 IT11 级 ($\alpha = 100$) 之间, 靠近 IT10 级。

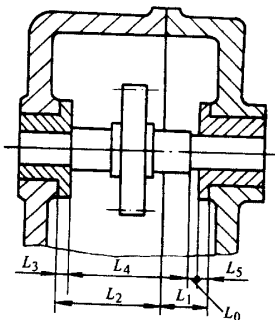


图 3-13 对开齿轮箱
装配尺寸链

(4) 确定各组成环的公差 箱体、箱盖的深度尺寸 L_1 和 L_2 较大, 不易加工; L_3 和 L_5 尺寸小且易加工。因此 L_1 、 L_2 、 L_3 和 L_5 均按 IT10 级确定公差。而 L_4 尺寸最大但不难加工, 可作为协调环。则各尺寸公差为

$$T_1 = 0.12\text{mm}, T_2 = 0.16\text{mm}, T_3 = T_5 = 0.07\text{mm}$$

T_4 按式 (3-6) 计算, 得

$$T_4 = T_0 - T_1 - T_2 - T_3 - T_5 = (0.70 - 0.12 - 0.16 - 0.07 \times 2)\text{mm} \\ = 0.28\text{mm} \text{ (不必取为标准值)}$$

(5) 确定各组成环的极限偏差 仍以 T_4 为协调环, 按“入体原则”确定其余各尺寸的极限偏差为

$$L_1 = 60^{+0.12}_0\text{mm}, L_2 = 150^{+0.16}_0\text{mm}, L_3 = L_5 = 12_{-0.07}^0\text{mm}$$

按式 (3-4) 计算 L_4 的极限偏差:

$$ES_4 = EI_1 + EI_2 - ES_3 - ES_5 - EI_0 = 0 + 0 - 0 - 0 = 0$$

$$EI_4 = ES_1 + ES_2 - EI_3 - EI_5 - ES_0 \\ = [+0.12 + (+0.16) - (-0.07) \times 2 - (+0.70)]\text{mm} \\ = -0.28\text{mm}$$

则有

$$L_4 = 189_{-0.28}^0$$

(6) 验算 因 $T_4 = |ES_4 - EI_4| = |0 - (-0.28)|\text{mm} = 0.28\text{mm}$

且 $T_4 = T_0 - T_1 - T_2 - T_3 - T_5 = (0.700 - 0.120 - 0.160 - 0.070 \times 2)\text{mm}$

$$= 0.280\text{mm}$$

两种方法得到的协调环公差相等,所以证明以上计算无误。

方法二 统计法解尺寸链

第(1)(2)两步同极值法解尺寸链。

(3)确定各组成环的公差等级系数 α 各组成环的公差因子数值同极值法解尺寸链。

由式(3-16)可得

$$\alpha = \frac{T_0}{\sqrt{\sum_{i=1}^m i_i^2}} = \frac{0.70 \times 1000}{\sqrt{1.86^2 + 2.52^2 + 1.08^2 \times 2 + 2.90^2}} \approx 154.4$$

查表1-2,公差等级系数154.4在IT11级($\alpha = 100$)和IT12级($\alpha = 160$)之间,靠近IT12级。

(4)确定各组成环的公差 L_1 、 L_2 、 L_3 和 L_5 均按IT12级确定公差。而尺寸 L_4 仍然作为协调环。则各尺寸公差为

$$T_1 = 0.30\text{mm}, T_2 = 0.40\text{mm}, T_3 = T_5 = 0.18\text{mm}$$

T_4 按式(3-7)计算,得

$$T_4 = \sqrt{T_0^2 - T_1^2 - T_2^2 - T_3^2 - T_5^2} = \sqrt{0.70^2 - 0.30^2 - 0.40^2 - 0.18^2 \times 2}\text{mm} \approx 0.418\text{mm}$$

并且

$$\begin{aligned} \sqrt{\sum_{i=1}^m T_i^2} &= \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + T_4^2 + T_5^2} = \sqrt{0.30^2 + 0.40^2 + 0.18^2 \times 2 + 0.418^2}\text{mm} \\ &\approx 0.6997\text{mm} < T_0 = 0.70\text{mm} \end{aligned}$$

满足式(3-14)要求。

(5)确定各组成环的极限偏差 仍以 T_4 为协调环,按“入体原则”确定其余各尺寸的极限偏差为

$$L_1 = 60^{+0.30}_0\text{mm}, L_2 = 150^{+0.40}_0\text{mm}, L_3 = L_5 = 12_{-0.18}^0\text{mm}$$

按式(3-9)和式(3-10)计算 L_4 的极限偏差:

$$\begin{aligned} \Delta_4 &= \Delta_1 + \Delta_2 - \Delta_3 - \Delta_4 - \Delta_0 \\ &= [+ 0.15 + (+ 0.20) - (- 0.09) - (- 0.09) - (+ 0.35)]\text{mm} \\ &= + 0.18\text{mm} \end{aligned}$$

$$\text{则 } ES_4 = \Delta_4 + T_4/2 = (+ 0.18 + 0.418/2)\text{mm} = + 0.389\text{mm}$$

$$EI_4 = \Delta_4 - T_4/2 = (+ 0.18 - 0.418/2)\text{mm} = - 0.029\text{mm}$$

所以

$$L_4 = 189^{+0.389}_{-0.029}\text{mm}$$

(6)验算 因 $T_4 = |ES_4 - EI_4| = | + 0.389 - (- 0.029)|\text{mm} = 0.418\text{mm}$

且

$$\begin{aligned} T_4 &= \sqrt{T_0^2 - T_1^2 - T_2^2 - T_3^2 - T_5^2} \\ &= \sqrt{0.70^2 - 0.30^2 - 0.40^2 - 0.18^2 \times 2}\text{mm} \\ &\approx 0.418\text{mm} \end{aligned}$$

两种方法得到的协调环公差相等,所以证明以上计算无误。

3. 中间计算问题

中间计算问题是正计算问题中的一种特殊情况。

【例 3-7】图 3-6 所示为铣键槽的工艺尺寸链,有关参数同例 3-2。试用极值法求键槽的铣削深度 A_2 。

解 第(1)(2)(3)(4)步见例 3-2。

$$\text{其中 } T_0 = |ES_0 - EI_0| = |0 - (-0.200)| \text{ mm} = 0.200 \text{ mm}$$

$$\frac{T_1}{2} = |ES_{A_1/2} - EI_{A_1/2}| = |0 - (0.05)| \text{ mm} = 0.050 \text{ mm}$$

$$\frac{T_3}{2} = |ES_{A_3/2} - EI_{A_3/2}| = |+0.009 - (+0.001)| \text{ mm} = 0.008 \text{ mm}$$

(5)代入公式计算 由式(3-2)可得 A_2 的基本尺寸为

$$A_2 = A_0 - A_3/2 + A_1/2 = (39.5 - 22.5 + 22.7) \text{ mm} = 39.7 \text{ mm}$$

按式(3-4)求得 A_2 的极限偏差为

$$ES_2 = ES_0 - ES_{A_3/2} + EI_{A_1/2} = [0 - (+0.009) + (-0.050)] \text{ mm} = -0.059 \text{ mm}$$

$$EI_2 = EI_0 - EI_{A_3/2} + ES_{A_1/2} = [-0.200 - (+0.001) + 0] \text{ mm} = -0.201 \text{ mm}$$

(6)验算 由计算结果得到的组成环 A_2 公差为

$$T_2 = |ES_2 - EI_2| = |-0.059 - (-0.201)| \text{ mm} = 0.142 \text{ mm}$$

由已知条件计算的组成环 A_2 公差为

$$T_2 = T_0 - \frac{T_1}{2} - \frac{T_3}{2} = (0.200 - 0.05 - 0.008) \text{ mm} = 0.142 \text{ mm}$$

两种方法得到的 T_2 相等,所以证明以上计算无误。

$$\text{于是 } A_2 = 39.7 \begin{smallmatrix} -0.059 \\ -0.201 \end{smallmatrix} \text{ mm} = 39.5 \begin{smallmatrix} +0.141 \\ -0.001 \end{smallmatrix} \text{ mm} = 40 \begin{smallmatrix} -0.359 \\ -0.501 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

4. 尺寸链计算的注意事项

1)在尺寸链计算中,封闭环的基本尺寸有可能等于零,如例 3-3 的间隙。

2)在尺寸链计算过程中,某些环的尺寸为所给尺寸的一半时,则应将所给尺寸的基本尺寸、公差和极限偏差取半值,代入有关公式进行计算,如例 3-7 中的 $A_1/2$ 和 $A_3/2$ 。

3)尺寸链计算的最后一步必须要进行验算。验算的方法取决于所计算问题的性质,对于正计算问题,应当以计算结果所得到的封闭环公差与已知的各组成环公差之和相对比,两者一致即说明计算无误,如例 3-3 和例 3-4。对于反计算问题,应当以计算结果得到的协调环公差,与由已知条件计算得到的协调环公差相对比,两者一致说明公差分配合理,且计算正确,如例 3-5 和例 3-6。对于中间计算问题,应当以计算结果得到的所求组成环公差,与由已知条件计算得到的所求组成环公差相对比,两者一致说明计算正确,如例 3-7。否则,应当查明错在哪里,并对计算结果予以改正。

4)当某一基本尺寸的计算结果有小数点时,应尽量圆整为整数或小数点后面为 5。基本尺寸变动后,其极限偏差也要做相应的变动,以保证该尺寸的极限值不变,如例 4-7 中 A_2 的尺寸。

第四章 铂金冲压模具设计

第一节 冲压成形理论基础

冲压成形是金属塑性成形加工中的一种,它主要是利用材料的塑性,在外力的作用下发生塑性变形而使材料成形的一种加工方法。因此,要掌握冲压成形的加工技术,就必须对材料变形性质及规律有充分的认识。

一、金属塑性变形概述

1. 塑性变形的物理概念

在金属物体中,原子之间作用着相当大的力,足以抵抗重力的作用,所以在没有其他外力作用的条件下,物体将保持自有的形状和尺寸。当物体受到外力作用之后,物体的形状和尺寸将发生变化,这种现象称为变形。变形的实质就是物体内部原子间的距离产生变化。

若作用于物体的外力去除以后,由外力引起的变形随之消失,物体能完全恢复自己的原有形状和尺寸,这样的变形称为弹性变形。

若作用于物体的外力去除以后,物体并不能完全恢复自己的原有形状和尺寸,这样的变形称为塑性变形。

塑性变形和弹性变形一样,它们都是在变形体不破坏的条件下进行的,或在变形体局部区域不破坏的条件下进行的(即连续性不破坏)。

金属材料在外力作用下,既能产生弹性变形,又能从弹性变形发展到塑性变形,是一种具有弹塑性的工程材料。

金属塑性变形过程非常复杂,但基本方式主要有滑移、孪动和晶间变形三种。

(1)滑移 固体金属都是晶体。滑移是指当作用在晶体上的剪应力达到一定数值后,晶体一部分沿一定的晶面和晶向相对于另一部分产生了滑动。这一晶面和晶向分别称为滑移面和滑移方向。图4-1所示为晶体滑移过程示意图。

金属的滑移面一般都是晶格中原子排列最密的面,滑移方向则是原子排列最密的结晶方向,因为沿着原子排列最密的面和方向滑移的阻力最小。一个滑移面及其面上的一个滑移方向组成一个滑移系。在其他条件相同的情况下,金属晶体的滑移系愈多,则滑移时可能出现的滑移位向愈多,金属的塑性就愈好。一般来说,面心立方和体心立方金属的

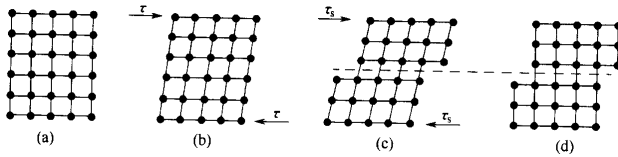


图 4-1 晶体的滑移过程

- (a) 晶格在外力作用前的状态
- (b) 晶格在剪应力 τ 作用下发生了弹性畸变；
- (c) 当 τ 增至临界值 τ_s 时晶格开始滑移；
- (d) 外力去除以后 晶格产生了永久变形 原子间的距离恢复原状

滑移系较多 因此比密排六方金属的塑性好。但金属塑性的好坏 不仅取决于滑移系的多少 还与滑移面上原子密排程度和滑移方向的数目等有关 而面心立方金属的滑移方向比体心立方金属多 且原子密排程度也较体心立方金属高 所以面心立方金属的塑性又比体心立方金属好。

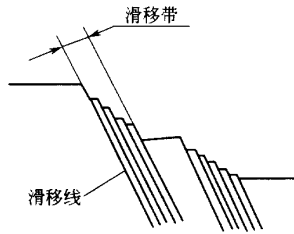


图 4-2 滑移线和滑移带

晶体的滑移是在剪应力作用下通过滑移面上的位错运动而进行的。一个位错移到晶体表面时 便形成一个原子间距的滑移量。同一个滑移面上许多位错移到晶体表面时 便形成一条明显的滑移线。许多滑移线在一起形成滑移带 如图 4-2 所示。这种滑移带常在拉伸变形后的金属试样上观察到。

(2) 孪动 孪动是在一定剪应力作用下 晶体的一部分相对于另一部分沿着一定的晶面(孪动面)和晶向(孪动方向)发动转动的结果 其过程如图 4-3 所示。

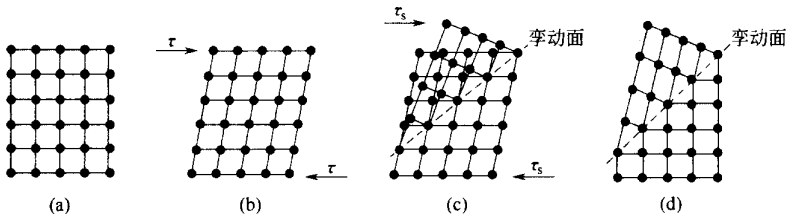


图 4-3 晶体的孪动过程

- (a) 晶体未受外力作用时
- (b) 晶格在剪应力 τ 的作用下发生了弹性畸变；
- (c) 当 τ 增至某一临界值 τ_s 时 晶格突然沿一定晶面发生转动；
- (d) 外力去除以后 原子间距离恢复 晶格产生了永久变形

孪动与滑移的主要区别是 ①滑移是平行移动 其过程是渐进的 而孪动是转动 其过程是突发的 ②孪动时原子位置不会产生较大的错位 因此晶体取得较大塑性变形的方

主要是滑移 ③孪动后晶体内部将出现空隙,易于导致金属的破坏。

由于孪动的变形速度极快,且需要的剪应力也比滑移大得多,所以孪动一般在不易滑移的密排六方晶格的金属中产生,而在体心立方晶格的金属中,只在低温或受到冲击时才产生孪动。面心立方晶格的金属一般不产生孪动。

(3)晶间变形 滑移和孪动都是发生在单个晶体内部,称为晶内变形。工业上使用的金属都是多晶体。组成多晶体的各晶粒类似于单晶体,但由于各晶粒的大小、形状和位向都不一样,晶粒之间又有晶界相连,彼此间互相牵制,所以多晶体的变形不如单晶体单纯,塑性不易充分发挥。

多晶体在外力作用下除了每个晶粒本身会产生晶内变形以外,晶粒与晶粒之间也会相对移动或转动而产生变形,这种晶粒之间的变形称为晶间变形。所以多晶体的变形实质上是晶内变形和晶间变形综合作用的结果。

晶间变形将使晶粒间的界面受到破坏,降低晶粒间互相嵌合的作用,易导致金属的破坏,因此晶间变形所允许的变形量是有限的。凡是能加强晶间结合力、减小晶间变形和利于晶内发生变形的因素,均有利于多晶体进行塑性变形。如脆性材料的晶间结合力弱,易产生晶间破坏,所以塑性差;韧性材料由于其晶间结合力强,不易产生晶间破坏,所以塑性好。组成多晶体的晶粒为均匀球状时,晶界对晶内变形的制约作用相对减小,因而具有较好的塑性;当变形时所受应力状态为压应力时,可使晶间变形困难,而晶内变形易于产生,因而可提高多晶体进行塑性变形的能力。

此外,多晶体塑性变形还受到晶界的影响,因晶界内晶格畸变更甚,晶界的存在可使多晶体的强度和硬度比单晶体高,所以多晶体内的晶粒越细,晶界区所占比例就越大,金属的强度和硬度也就越高。而且晶粒越细,变形越易分散在许多晶粒内进行,因此变形更均匀,不易造成应力集中而导致金属破坏,这就是一般的细晶粒金属不仅强度和硬度高,而且塑性也好的原因。

2. 塑性与变形抗力

所谓塑性,是指物体在外力的作用下产生永久变形而不破坏其完整性的能力。塑性不仅与物体材料的种类有关,还与变形方式和变形条件有关。例如,在通常情况下,铅具有很好的塑性,但在三向等拉应力的作用下,却会像脆性材料一样破裂,不产生任何塑性变形。又如,极脆的大理石,若给予三向压力作用,则可能产生较大的塑性变形。这两个例子充分说明,材料的塑性并非某种物质固定不变的性质,而是与材料种类、变形方式及变形条件有关。

金属塑性的高低通常用塑性指标来衡量。塑性指标是以材料开始破坏时的变形量表示,它可借助于各种试验方法测定。目前应用广泛的是拉伸试验,对应于拉伸试验的塑性指标通常是断后伸长率 δ 和断裂收缩率 φ 。除此以外,还有爱力克辛试验、弯曲试验(测定板料胀形和弯曲时的塑性变形能力)和锻粗试验(测定材料锻造时的塑性变形能力)。需要指出的是,各种试验方法都是相对于特定的受力状况和变形条件的,由此测定的塑性指标仅具有相对的比较意义,它们说明在某种受力状况和变形条件下,这种金属的塑性比另种金属的塑性高还是低,或者对某种金属来说,在什么样的变形条件下塑性好,而在什么样的变形条件下塑性差。

所谓变形抗力,是指在一定的变形条件(加载状况、变形温度及速度)下,引起物体塑性变形的单位变形力。变形抗力反映了物体在外力作用下抵抗塑性变形的能力。

塑性和变形抗力是两个不同的概念。通常说某种材料的塑性好坏是指受力后临近破坏时的变形程度的大小,而变形抗力是从力的角度反映塑性变形的难易程度。如奥氏体不锈钢允许的塑性变形程度大,说明它的塑性好,但其变形抗力也大,说明它需要较大的外力才能产生塑性变形。

3. 塑性变形对金属组织和性能的影响

金属受外力作用产生塑性变形后,不仅形状和尺寸发生变化,而且其内部组织和性能也将发生变化,这些变化可以归纳为以下四个方面。

(1)形成了纤维组织 多晶体经塑性变形后,各晶粒会沿变形方向伸长。当变形程度很大时,多晶体晶粒便显著地沿变形方向被拉长,于是便形成了金属的纤维组织,如图4-4所示。形成的纤维组织会使变形抗力增加,且会产生明显的各向异性(即板平面内不同方向的性能有所差异,一般顺纤维方向的力学性能高于垂直纤维方向的力学性能)。

(2)形成了亚组织 在金属塑性变形过程中,当变形很小时,晶粒内部位错分布相对比较均匀。随着变形程度的增加,由于位错的运动和相互作用,使位错呈不均匀分布,一些位错互相纠缠在一起,形成位错缠结。继续变形时,在纠缠处的位错愈来愈多,愈来愈密。密集的位错纠结在晶粒内围成细小的粒状组织称为胞状组织或亚组织,如图4-5所示。亚组织的内部是低位错密度区域,其边界则是高位错密度区域。亚组织的形成使得位错运动更加困难,导致变形抗力的增加。

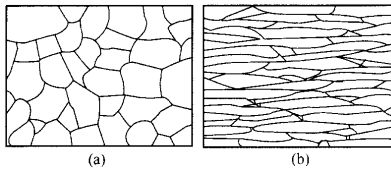


图4-4 纤维组织的形成

(a)变形前 (b)变形后

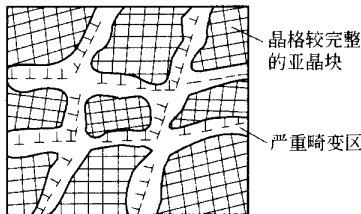


图4-5 金属变形后的亚组织结构

(3)产生了内应力 由于变形过程中每个晶粒都有不同程度的变形,为了保持金属晶体的完整性,必然会在不同变形程度的晶粒之间和每个晶粒内部造成一些自相平衡的内应力,即所谓附加应力。变形终止后,附加应力遗留在金属中变成残余应力。内应力的存在,将导致金属的开裂和变形抗力的增加。

(4)产生了加工硬化 随着变形程度的增加,金属的强度、硬度和变形抗力逐渐提高,

而塑性和韧性逐渐降低(见图4-6)这种现象称为加工硬化现象。造成加工硬化的根本原因是变形时位错运动受阻和位错密度不断增大。

金属的加工硬化在生产中具有很大的实际意义。例如,它可作为强化金属的重要手段,特别是热处理无法强化的金属材料(如纯金属、多数铜合金和镍铬不锈钢等),只有用加工硬化的方法来强化。冶金厂生产的成品材料中有“硬”、“半硬”等状态,就是经过冷轧或冷拉等方法加工硬化的。但加工硬化也有不利的一面,例如,由于塑性降低,可能给金属材料进一步成形带来困难;某些物理、化学性能的变坏,也会影响一些零件的使用。要解决这些问题,可采用一定的热处理工序。

4. 影响金属塑性的因素

前述已知,金属的塑性不是固定不变的,影响因素很多,除了金属本身的内在因素(晶格类型、化学成分和金相组织等)以外,其外部因素——变形方式(应力与应变状态)、变形条件(变形温度与变形速度)的影响也很大。从冲压工艺的角度出发,加工材料给定之后,往往着重于外部条件的研究,以便创造条件,充分发挥材料的变形潜力,尽可能的减少冲压工序次数,提高经济效益。

(1) 金属的成分和组织结构 组成金属的晶格类型,杂质的性质、数量及分布情况,晶粒大小、形状及晶界强度等不同,金属的塑性就不同。一般来说,组成金属的元素越少(如纯金属和固熔体),晶粒愈细小、组织分布愈均匀,则金属的塑性愈好。

(2) 变形时的应力状态 因为金属的塑性变形主要依靠晶面的滑移作用,而金属变形时的破坏则是由于晶内滑移面上裂纹的扩展以及晶间变位时结合面的破坏造成的。压应力有利于封闭裂纹,阻止其继续扩展,有利于增加晶间结合力,抑制晶间变位,减小晶间破坏的倾向。所以,金属变形时,压应力的成分愈大,金属愈不易破坏,其可塑性也就愈好。与此相反,拉应力则易于扩展材料的裂纹与缺陷,所以拉应力的成分愈大,愈不利于金属可塑性的发挥。

(3) 变形温度 变形温度对金属的塑性有重大影响。就大多数金属而言,其总的趋势是随着温度的升高,塑性增加,变形抗力降低(金属的软化)。温度增高能使金属软化的原因是随着温度的增加,金属组织发生了回复与再结晶,滑移所需临界剪应力降低,使滑移系增加;产生了新的变形方式——热塑性变形、扩散塑性等。

值得指出的是加热软化趋势并不是绝对的。有些金属在温升过程中的某些区间,由于过剩相的析出或相变等原因,可能会使金属的塑性降低和变形抗力增加。如碳钢加热到200~400℃之间时,因为时效作用(夹杂物以沉淀的形式在晶界滑移面上析出)使塑性降低,变形抗力增加,脆性增大,这个温度范围称为蓝脆区。而在800~950℃范围内,又会出现热脆,使塑性降低,原因是铁与硫形成的化合物FeS几乎不融于固体铁中,形成低熔点的共晶体(Fe+FeS+FeO),如果处在晶粒边界的共晶体熔化,就会破坏晶粒间的结合。因此,选择变形温度时,碳钢应避免蓝脆区和热脆区。

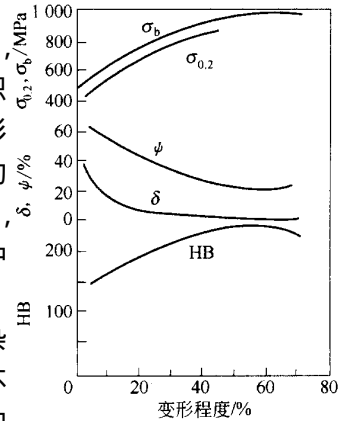


图4-6 $w_c = 0.3\%$ 的碳钢冷轧后力学性能的变化

在冲压工艺中,有时也采用加热冲裁或加热成型的方法来提高材料塑性和降低变形抗力,以增加变形程度和减小冲压力。有些工序(如差温拉深)中还采用局部冷却的方法,以增强变形区的变形抗力,提高坯料危险断面的强度,从而达到延缓破坏、增大变形程度的目的。

(4)变形速度 变形速度是指单位时间内应变的变化量,但在冲压生产中不便控制和计量,故以压力机滑块的移动速度来近似反映金属的变形速度。变形速度对金属塑性的影响比较复杂。一方面,增加变形速度,由于要驱使数目更多的位错同时运动,且要求位错运动的速度增大,而断裂抗力基本没有变化,从而导致金属的塑性降低;另一方面,增加变形速度,由于塑性变形功转变为热能的热效应显著,引起金属温度的升高,从而降低变形抗力,提高塑性。对大多数金属来说,塑性随变形速度变化的一般趋势如图4-7所示。

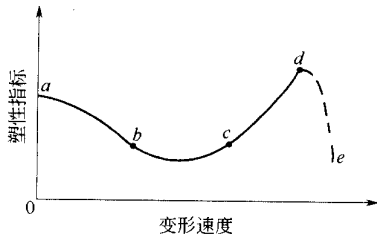


图 4-7 塑性随变形速度的变化趋势

目前,常规冲压使用的压力机工作速度较低,对金属塑性变形的影响不大。而考虑速度因素,主要基于冲压件的尺寸和形状:对于小型件的冲压,一般可以不考虑速度因素,只需考虑设备的类型、公称压力和功率等;对于大型复杂件,由于冲压成形时坯料各部位的变形极不均匀,易于局部拉裂或起皱,为了便于控制金属的流动情况,宜采用低速成形(如采用油压机或低速压力机冲压)。另外,对于加热成形工序,为了使坯料中的危险断面能及时冷却强化,宜用低速;对于变形速度比较敏感的材料(如不锈钢、耐热合金、钛合金等),也宜低速成形,其加载速度一般控制在 0.25m/s 以下。

(5)尺寸因素 同一种材料,在其他条件相同的情况下,尺寸越大,塑性越差。这是因为材料尺寸越大,组织和化学成分越不一致,杂质分布越不均匀,应力分布也不均匀。例如厚板冲裁时,产生剪裂纹时凸模挤入板料的深度与板料厚度的比值(称为相对挤入深度)比薄板冲裁时小。

5. 超塑性概念

前面讨论的各种因素对金属塑性变形的影响,是单个因素的影响,没有研究几个因素的综合影响。试验研究表明,当金属的组织结构、变形温度和变形速度三者配合恰当时,可使金属的变形抗力大大降低(有时可比普通塑性变形降低至几十分之一),拉伸时无缩颈的均匀伸长率显著增加(可比普通塑性变形提高几倍到几十倍),这种现象称为超塑性。无论是纯金属还是以纯金属为基体的合金,都能呈现超塑性,目前已发现能够呈现超塑性效应的金属材料有150多种。

试验结果表明,在超塑性状态下进行拉伸时,尽管可达到异常大的断后伸长率(可超过1000%,有的甚至达到2000%),但是晶粒并未拉长,晶粒内部很少变形,晶界也无破坏痕迹。这说明超塑性的变形机理与普通塑性变形的机理有明显的差别。实际上,超塑性变形十分复杂,变形中往往有几个过程同时进行,其中包括晶界的滑动、晶粒的转动、位错运动和扩散过程等,特殊情况下还有再结晶现象。目前,人们对超塑性变形机理的研究还处于初级阶段,还有待于进一步探索。

金属材料的超塑性一般有两种类型。一种是微细晶超塑性(又称恒温超塑性),它是先对金属作晶粒细化处理,使其尺寸达 $1 \sim 2\mu\text{m}$ 数量级(一般变形金属中的晶粒大小为 $10 \sim 100\mu\text{m}$ 数量级)然后施以一定的恒温和变形速度条件,即可得到超塑性。通常这种超塑性的变形温度在 $0.5T_{\text{熔}}$ (绝对温度)左右,应变速率为 $10^{-1} \sim 10^{-4}\text{min}^{-1}$ 。另一种是相变超塑性,它不在于作细晶处理,而在于金属必须具有相变或同素异构转变的性质。在低载荷作用下,使金属在相变点附近反复加热冷却,经过一定次数的循环后,获得很大的断后伸长率。目前研究最多、应用最广的是微细晶超塑性,而相变超塑性用于实际生产还较困难,现仅用于试验室研究。

超塑性的研究和发展产生了新的冲压工艺——超塑成形。目前应用超塑性可以进行吹塑成形、拉深、挤压等冲压工作。但由于超塑成形需要恒温条件、有抗氧化措施(对高温成形)、成形速度低、模具需耐高温等技术上和经济上的原因,超塑成形工艺目前还只局限于常规冲压工艺难于加工的零件和材料。但超塑成形在模具制造上的应用却已崭露头角,如超塑挤压模具型腔可大大简化模具的加工。

二、塑性变形时的应力与应变

在冲压过程中,材料的塑性变形都是模具对材料施加的外力所引起的内力或内力直接作用的结果。一定的力的作用方式和大小都对应着一定的变形,所以为了研究和分析金属材料的变形性质和变形规律,控制变形的发展,就必须了解材料内各点的应力与应变状态。

1. 点的应力状态

在外力的作用下,材料内各质点间就会产生相互作用的力,称为内力。单位面积上内力的大小称为应力。材料内某一点的应力大小与分布称为该点的应力状态。

为了分析点的应力状态,通常是通过该点周围截取一个微小的六面体(称为单元体),一般情况下,该单元体上存在大小和方向都不同的应力,设为 S_x 、 S_y 、 S_z [见图4-8(a)],其中每一个应力又可分解为平行坐标轴的三个分量,即一个正应力和两个切应力[见图4-8(b)]。由此可见,无论变形体的受力状态如何,为了确定物体任意点的应力状态,只需知道9个应力分量(3个正应力,6个切应力)即可。又由于所取单元体处于平衡状态,绕单元体各轴的力矩必定相等,因此其中3对切应力应互等,即

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} \quad \tau_{yz} = \tau_{zy} \quad \tau_{zx} = \tau_{xz}$$

于是,要充分确定变形体内任意点的应力状态,实际上只需知道6个应力分量,即3个正应力和3个切应力就够了。

必须指出,如果坐标系选取的方向不同,虽然该点的应力状态没有改变,但用来表示该点应力状态的各个应力分量就会与原来的数值不同。不过,这些属于不同坐标系的应力分量之间是可以换算的。

可以证明,对任何一种应力状态来说,总存在这样一组坐标系,使得单元体各表面上只有正应力,而没有切应力,如图4-8(c)所示。这时的3个坐标轴称为主轴,3个坐标轴的方向称为主方向,3个正应力称为主应力,3个主应力的作用面称为主平面。主应力一般按其代数值大小依次用 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 表示,即 $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$,带正号时为拉应力,带负号时为

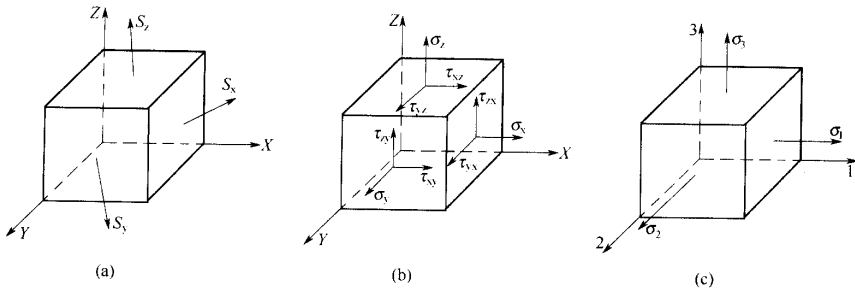


图 4-8 点的应力状态

(a)(b)任意坐标系 (c)注轴坐标系

压应力。一个应力状态只有一组主应力,而主方向可通过对变形过程的分析近似确定或通过试验确定。用主应力来表示点的应力状态,可以大大简化分析、运算工作。

以主应力表示点的应力状态称为主应力状态,表示主应力个数及其符号的简图称为主应力图。可能出现的主应力图共有 9 种,其中 4 种三向主应力图(又称立体主应力图),3 种双向主应力图(又称平面主应力图),2 种单向主应力图(又称线性主应力图),如图 4-9 所示。

在一般情况下,点的应力状态为三向应力状态。但在大多数平板材料成形中,其厚度方向的应力往往较其他两个方向的应力小得多,因此可把厚度方向的应力忽略不计,近似看做平面应力状态。平面应力问题的分析计算比三向应力问题简单,这就为分析解决冲压成形问题提供了方便。

我们把单元体上的 3 个主应力的平均值称为平均应力,用 σ_m 表示,则

$$\sigma_m = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) / 3 \quad (4-1)$$

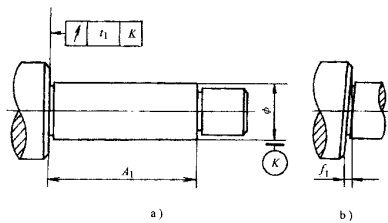


图 4-9 9 种主应力图

任何一种应力状态都可以分解成两种应力状态:一种是大小均等于平均应力 σ_m 的三向等应力状态(又称球应力状态);另一种是以各向主应力与 σ_m 的差值为应力值构成的偏应力状态,如图 4-10 所示。球应力状态不产生切应力,故不能改变物体的形状,只能使其体积发生微小变化;偏应力状态能产生切应力,可使物体形状发生改变,但不会引起物体体积的变化。显然,三向等压应力(亦称静水压力)状态不会产生塑性变形。

根据前述应力状态对金属塑性的影响情况,9 种主应力对金属塑性的影响程度可按图 4-11 所示的顺顺序排列,图中序号越小,金属的可塑性越好。

除了主平面上不存在切应力以外,单元体其他方向的截面上都有切应力,而且在与主

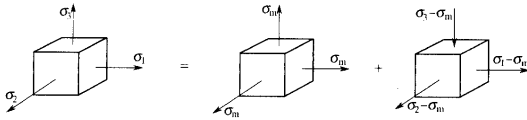


图 4-10 应力状态的分解

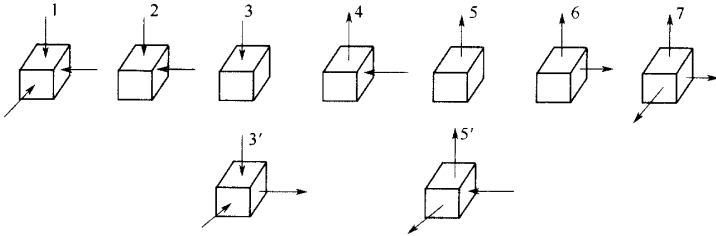


图 4-11 主应力状态对金属塑性影响的顺序

平面成 45° 的截面上切应力达到最大值,称为主切应力。主切应力的作用面称为主切应力面。主切应力及其作用面共有 3 组,如图 4-12 所示,主切应力面上的应力状态如图 4-13 所示。

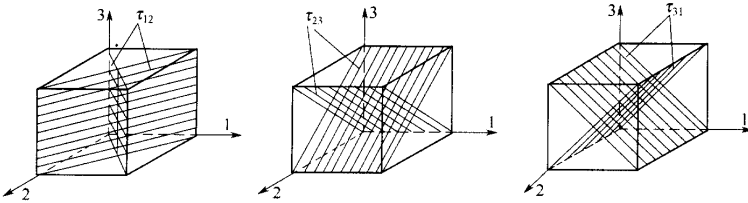


图 4-12 主切应力面及主切应力方向(用阴影线表示)

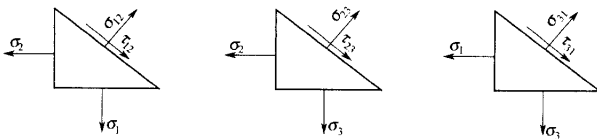


图 4-13 主切应力面上的应力状态

经过分析推导,主切应力面上的主切应力及正应力值分别为

$$\tau_{12} = \pm(\sigma_1 - \sigma_2)/2, \tau_{23} = \pm(\sigma_2 - \sigma_3)/2, \tau_{31} = \pm(\sigma_3 - \sigma_1)/2 \quad (4-2)$$

$$\sigma_{12} = (\sigma_1 + \sigma_2)/2, \sigma_{23} = (\sigma_2 + \sigma_3)/2, \sigma_{31} = (\sigma_3 + \sigma_1)/2 \quad (4-3)$$

其中,绝对值最大的主切应力称为该点的最大切应力,用 τ_{\max} 表示,若 $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$, 则

$$\tau_{\max} = \pm(\sigma_1 - \sigma_3)/2 \quad (4-4)$$

2. 点的应变状态

变形体内存在应力必伴随有应变,点的应变状态也是通过单元体的变形来表示的。与点的应力状态一样,当采用主轴坐标系时,单元体就只有 3 个主应变分量 ϵ_1 、 ϵ_2 和 ϵ_3 , 而没有切应变分量,如图 4-14 所示。一种应变状态只有一组主应变。

与应力状态一样,任何一种主应变状态也可分解成以平均主应变 ϵ_m [$\epsilon_m = (\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3)/3$] 为应变值的三向等应变状态和以各向主应变与 ϵ_m 的差值为应变值构成的偏应变状态 如图 4-15 所示。其中三向等应变状态使单元体体积发生微小的变化,偏应变状态使单元体形状发生变化。

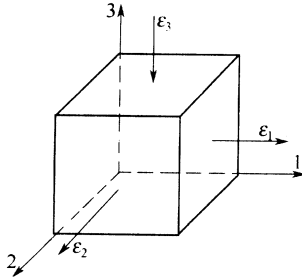


图 4-14 点的应变状态

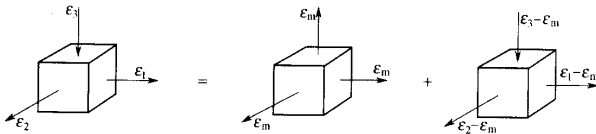


图 4-15 应变状态的分解

应变的大小可以通过物体变形前后尺寸的变化量来表示。如图 4-16 所示,设变形前的尺寸为 l_0 、 b_0 和 t_0 ,变形后的尺寸为 l 、 b 和 t ,则 3 个方向的主应变可分别用相对应变(亦称条件应变)和实际应变(亦称对数应变)表示如下。

相对应变

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \\ \delta_2 &= \frac{b - b_0}{b_0} = \frac{\Delta b}{b_0} \\ \delta_3 &= \frac{t - t_0}{t_0} = \frac{\Delta t}{t_0} \end{aligned} \right\} \quad (4-5)$$

实际应变

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_1 &= \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} \\ \epsilon_2 &= \int_{b_0}^b \frac{db}{b} = \ln \frac{b}{b_0} \\ \epsilon_3 &= \int_{t_0}^t \frac{dt}{t} = \ln \frac{t}{t_0} \end{aligned} \right\} \quad (4-6)$$

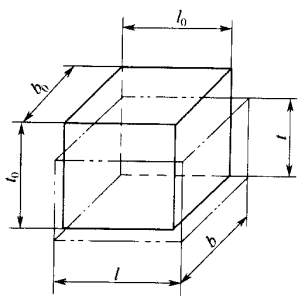


图 4-16 变形前后尺寸的变化

其中, 相对应变只考虑了物体变形前后尺寸的变化量, 而实际应变考虑了物体的变形是其中, 相对应变只考虑了物体变形前后尺寸的变化量, 而实际应变考虑了物体的变形是一个逐渐积累的过程, 它反映了物体变形的实际情况。 δ 或 ϵ 为正时表示伸长变形, 为负时表示压缩变形。

实际应变与相对应变之间的关系为

$$\epsilon = \ln(1 + \delta) \quad (4-7)$$

可见, 只有当变形程度很小时, δ 才近似等于 ϵ , 变形程度越大, δ 或 ϵ 的差值也越大。一般把变形程度在 10% 以下的变形情况称为小变形问题, 10% 以上为大变形问题。板料冲压成形一般属于大变形问题。

金属材料在塑性变形时, 体积变化很小, 可以忽略不计, 则有 $l_0 b_0 t_0 = lbt$, 即

$$\frac{lbt}{l_0 b_0 t_0} = 1$$

等式两边取对数, 可得

$$\ln \frac{l}{l_0} + \ln \frac{b}{b_0} + \ln \frac{t}{t_0} = 0$$

即

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 0 \quad (4-8)$$

这就是塑性变形时的体积不变定律, 它反映了 3 个主应变之间的数值关系。

根据体积不变定律, 可以得出如下结论:

- ① 塑性变形时, 物体只有形状和尺寸发生变化, 而体积保持不变;
- ② 不论应变状态如何, 其中必有一个主应变的符号与其他两个主应变的符号相反, 这个主应变的绝对值最大, 称为最大主应变;
- ③ 当已知两个主应变数值时, 便可算出第三个主应变;
- ④ 任何一种物体的塑性变形方式只有 3 种, 与此相应的主应变状态图也只有 3 种, 如图 4-17 所示。

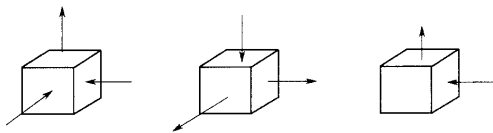


图 4-17 3 种主应变图

三、金属塑性变形的基本规律

1. 加工硬化与硬化曲线

前已述及, 对于一般常用的金属材料, 随着塑性变形程度的增加, 其强度、硬度和变形抗力逐渐增加, 而塑性和韧性逐渐降低, 这种现象称为加工硬化。材料不同, 变形条件不同, 其加工硬化的程度也不同。材料的硬化规律可以用硬化曲线来表示。硬化曲线实际上就是材料变形时的应力随应变变化的曲线, 可以通过拉伸、压缩或胀形试验等多种方法

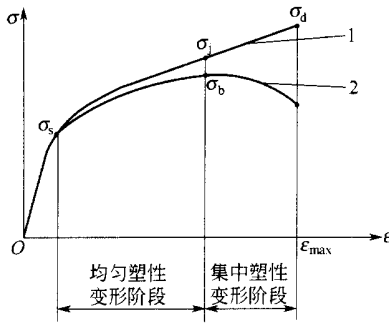


图 4-18 金属的应力-应变曲线

1—实际应力曲线 2—假象应力曲线；
 σ_s —屈服点应力； σ_j (σ_b)—缩颈点应力；
 σ_d —断裂点应力

求得。图 4-18 所示为拉伸试验时获得的两条应力-应变曲线，其中曲线 1 的应力是以各加载瞬间的载荷 F 与该瞬间试件的截面面积 A 之比 F/A 来表示的，它考虑了变形过程中材料截面面积的变化，真实反映了硬化规律，故称之为实际应力曲线（又称硬化曲线或变形抗力曲线）。曲线 2 的应力是按各加载瞬间的载荷 F 与变形前试样的原始截面面积 A_0 之比 F/A_0 来表示的，它没有考虑变形过程中材料截面面积的变化，因此应力 F/A_0 并不能反应材料在各变形瞬间的真实应力，所以称之为假象应力曲线（或称条件应力曲线），这种曲线多用于材料力学或结构力学中，以描述变形程度极小时的应力应变关系。

图 4-19 所示是用试验求得的几种金属在室温下的硬化曲线。从曲线的变化规律来看，几乎所有的硬化曲线都具有一个共同的特点，即在塑性变形的开始阶段，随着变形程度的增大，实际应力剧烈增加，但当变形程度达到某些值以后，变形的增加不再引起实际应力的显著增加，也就是说，随着变形程度的增大，材料的硬化强度 $d\sigma/d\epsilon$ （或称硬化模数）逐渐降低。

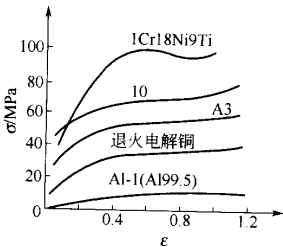


图 4-19 几种金属在室温下的硬化曲线

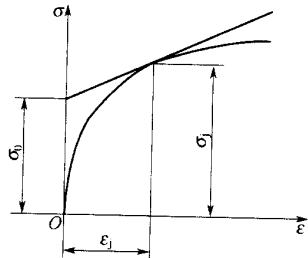


图 4-20 硬化直线

一般来说，硬化曲线所表达的应力-应变关系不是简单的函数关系，这给求解塑性力学问题带来了困难。为了实用上的需要，常用直线或指数曲线来近似代替实际硬化曲线。

用直线代替硬化曲线的实质是：在实际应力-应变所表示的硬化曲线上，于缩颈点处作一切线来近似代替实际硬化曲线，如图 4-20 所示。该硬化直线的方程式为

$$\sigma = \sigma_0 + D\varepsilon \quad (4-9)$$

式中 σ_0 ——近似屈服强度(硬化直线在纵坐标轴上的截距);

D ——硬化模数(硬化直线的斜率)。

显然,用直线代替硬化曲线是非常近似的,仅在缩颈点附近精确度较高,当变形程度很小或很大时,硬化直线与实际硬化曲线之间存在很大的差别。所以在冲压生产中常用指数曲线表示硬化曲线,其方程式为

$$\sigma = A\varepsilon^n \quad (4-10)$$

式中 A ——系数;

n ——硬化指数。

A 和 n 与材料的种类和性能有关,可通过拉伸试验求得,其值列于表 4-1。指数曲线与材料的实际硬化曲线比较接近。

表 4-1 几种金属材料的 A 与 n 值

材料	A/MPa	n	材料	A/MPa	n
软铜	710 ~ 750	0.19 ~ 0.22	银	470	0.31
黄铜($\omega_{\text{Zn}}40\%$)	990	0.46	铜	420 ~ 460	0.27 ~ 0.34
黄铜($\omega_{\text{Zn}}35\%$)	760 ~ 820	0.39 ~ 0.44	硬铝	320 ~ 380	0.12 ~ 0.13
磷青铜	1100	0.22	铝	160 ~ 210	0.25 ~ 0.27
磷青铜(低温退火)	890	0.52			

硬化指数 n (又称 n 值)是表明材料塑性变形时硬化性能的重要参数。 n 值大时,表示变形过程中材料的变形抗力随变形程度的增加而迅速增大,因而对板料的冲压成形性能及冲压件的质量都有较大的影响。

2. 卸载规律与反载软化现象

硬化曲线(实际应力-应变曲线)反映了单向拉伸加载时材料的应力与应变(或变形抗力与变形程度)之间的变化规律。如果加载一定程度时卸载,这时应力与应变之间如何变化呢?如图 4-21 所示,拉伸变形在弹性范围内的应力与应变是线性关系,若在该范围内卸载,则应力、应变仍按同一直线回到原点 O ,没有残留变形。如果将试件拉伸使其应力超过屈服点 A ,例如达到 B 点(σ_B, ε_B),再逐渐卸下载荷,这时应力与应变则沿 BC 直线逐渐降低,而不再沿加载经过的路线 BAO 返回。卸载直线 BC 正好与加载时弹性变形的直线段平行,于是加载时的总应变 ε_B 就会在卸载后一部分(ε_1)因弹性回复而消失,另一部分(ε_s)仍然保留下来成为永久变形,即 $\varepsilon_B = \varepsilon_1 + \varepsilon_s$ 。弹性回复的应变量为

$$\varepsilon_1 = \sigma_B/E \quad (4-11)$$

式中, E 为材料的弹性模量。

上述卸载规律反映了弹塑性变形共存规律,即在塑性变形过程中不可避免地会有弹性变形存在。在实际冲压时,分离或成形后的冲压件的形状和尺寸与模具工作部分形状和尺寸不尽相同,就是因卸载规律引起的弹性回复(简称回弹)造成的,因此式(4-11)对我们考虑冲压成形时的回弹很有实际意义。

如果卸载后再重新加载,则随着载荷的加大,应力应变的关系将沿直线 CB 逐渐上

升, 到达 B 点应力 σ_B 时, 材料又开始屈服, 按照应力应变关系继续沿着加载曲线 BE 变化, 如图 4-21 中虚线所示, 所以 σ_B 又可理解为材料在变形程度为 ϵ_B 时的屈服点。推而广之, 在塑性变形阶段, 硬化曲线上每一点的应力值都可理解为材料在相应变形程度下的屈服点。

如果卸载后反向加载, 即将试件先拉伸然后改为压缩, 其应力应变关系将沿曲线 $OABCA'E'$ 规律变化, 如图 4-22 所示。试验表明, 反向加载时应力应变之间基本按拉伸时的曲线规律变化, 但材料的屈服应力 σ'_s 较拉伸时的屈服应力 σ_s 有所降低, 这就是所谓的反载软化现象。反载软化现象对分析某些冲压工艺 (如拉弯) 很有实际意义。

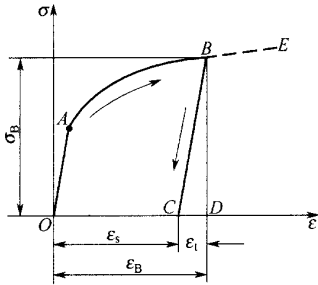


图 4-21 拉伸卸载曲线

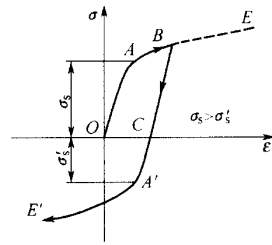


图 4-22 反载软化曲线

3. 塑性条件(屈服条件)

决定受力物体内质点由弹性状态向塑性状态过渡的条件, 称为塑性条件或屈服条件。金属由弹性变形过渡到塑性变形, 主要取决于在一定变形条件(变形温度与变形速度)下金属的物理力学性质和所处的应力状态。一般来说, 在材料性质和变形条件一定的情况下, 塑性条件主要决定于物体的应力状态。

当物体内某点处于单向应力状态时, 只要该向应力 σ_1 达到材料的屈服点 σ_s , 该点就开始屈服, 由弹性状态进入塑性状态, 即此时的塑性条件是 $\sigma_1 \geq \sigma_s$ 。但是对于复杂应力状态, 就不能仅仅根据一个应力分量来判断该点是否已经屈服, 而要同时考虑其他应力分量的作用。只有当各个应力分量之间符合一定关系时, 该点才开始屈服。

法国工程师屈雷斯加(H. Tresca)通过对金属挤压的研究, 于 1864 年提出: 在一定的变形条件下, 当材料中的最大切应力达到某一定值时, 材料就开始屈服。并通过单向拉压等简单的试验, 该定值就是材料屈服点应力值 σ_s 的一半, 即 $\sigma_s/2$ 。设 $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$, 则屈雷斯加屈服条件可表达为

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_s}{2}$$

或

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_s \quad (4-12)$$

屈雷斯加屈服条件又称最大切应力理论。该条件公式简单, 在事先知道主应力大小的情况下使用很方便。但该条件显然忽略了中间主应力 σ_2 的影响, 实际上在一般三向应力状态下, σ_2 对于材料的屈服也是有影响的。

德国力学家密席斯(Von Mises)于 1913 年在对屈雷斯加条件加以修正的基础上提出:

在一定的变形条件下,无论变形物体所处的应力状态如何,只要其三个主应力的组合满足一定条件,材料便开始屈服。该条件为

$$(\sigma_4 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_s^2 \quad (4-13)$$

密席斯屈服条件又称常量形变能量理论。因密席斯条件考虑了中间主应力 σ_2 的影响,实践证明,对于大多数金属材料(特别是韧性材料)来说,应用密席斯屈服条件更符合实际情况。

密席斯屈服条件虽然在数学表达方法上比较完善,但在方程中同时包含了全部应力分量,实际运算比较繁琐。为了使用上的方便,可将密席斯屈服条件改写成如下简单形式。

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta\sigma_s \quad (4-14)$$

式中 β 为反映中间主应力 σ_2 影响的系数,其范围为 $1 \sim 1.155$,具体取值见表 4-2。

表 4-2

β 值

中间应力	β	应力状态	应用举例
$\sigma_2 = \sigma_1$ 或 $\sigma_2 = \sigma_3$	1.0	单向应力叠加三向等应力	软凸模胀形、外缘翻边
$\sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$	1.155	平面应变状态	宽板弯曲
σ_1 不属于上面两种情况	≈ 1.1	其他应力状态(如平面应力状态等)	缩口、拉深

由表 4-2 可知,在单向应力叠加三向等应力状态下, $\beta = 1$,密席斯屈服条件与屈雷斯加屈服条件是一致的,在平面应变状态下,两个屈服条件相差最大,为 15.5%。

4. 塑性变形时应力与应变的关系

物体弹性变形时,其变形可以恢复,变形过程是可逆的,与物体的加载过程无关,应力和应变之间的关系可以通过广义虎克定律来表示。但物体进入塑性变形以后,其应力与应变的关系就不同了。在单向受拉或受压时,应力与应变关系可用硬化曲线来表示,然而在受到双向或三向应力作用时,变形区的应力与应变关系相当复杂。经研究,当采用简单加载(加载过程中只加载不卸载,且应力分量之间按一定比例递增)时,塑性变形的每一瞬间,主应力与主应变之间存在下列关系

$$\frac{\sigma_2 - \sigma_2}{\epsilon_2 - \epsilon_2} = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\epsilon_2 - \epsilon_3} = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{\epsilon_3 - \epsilon_1} = C \quad (4-15)$$

式中, C 为非负数的比例常数。

在一定的条件下, C 只与材料性质及变形程度有关,而与物体所处的应力状态无关,故 C 值可用单向拉伸试验求出。

式(4-15)也可表示为

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_m}{\epsilon_1} = \frac{\sigma_2 - \sigma_m}{\epsilon_2} = \frac{\sigma_2 - \sigma_m}{\epsilon_3} = C \quad (4-16)$$

上述物理方程又称为塑性变形时的全量理论,它是在简单加载条件下获得的,通常用于研究小变形问题。但对于冲压成形中非简单加载的大变形问题,只要变形过程中是加载,主轴方向变化不大,主轴次序基本不变,实践表明,应用全量理论也不会引起太大的误

差。

全量理论是冲压成形中各种工艺参数计算的基础,而且利用全量理论还可以对有些变形过程中坯料的变形和应力的性质作出定性的分析和判断,例如:

①由式(4-16)可知,判断某方向的主应变是伸长还是缩短,并不是看该方向是受拉应力还是受压应力,而是要看该方向应力值与平均应力 σ_m 的差值。差值为正时是拉应变,为负时是压应变。

②若 $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_m$,由式(4-16)可知, $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3 = 0$,这说明在三向等拉或等压的球应力状态下,坯料不产生任何塑性变形(但有微小的体积弹性变化)。

③由式(4-15)可知,三个主应力分量和三个主应变分量代数值的大小、次序互相对应,即若 $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$,则有 $\epsilon_1 \geq \epsilon_2 \geq \epsilon_3$ 。

④当坯料单向受拉时,即 $\sigma_1 > 0, \sigma_2 = \sigma_3 = 0$ 时,因为 $\sigma_1 - \sigma_m = \sigma_1 - \sigma_1/3 > 0$,由式(4-16)可知 $\epsilon_1 > 0, \epsilon_2 = \epsilon_3 = -\epsilon_1/2$ 。这说明在单向受拉时,拉应力作用方向为伸长变形,另外两个方向则为等量的压缩变形,且伸长变形为每一个压缩变形的2倍。如翻孔时,坯料孔边缘的变形就属于这种情况。同样,当坯料单向受压时,压应力作用方向上为压缩变形,另外两方向为等量的伸长变形,且压缩变形为每一个伸长变形的2倍。如缩口、拉深时,坯料边缘的变形即属于此种情况。

⑤坯料受双向等拉的平面应力作用,即 $\sigma_1 = \sigma_2 > 0, \sigma_3 = 0$ 时,由式(4-16)可知, $\epsilon_1 = \epsilon_2 = -\epsilon_3/2$ 。这说明当坯料受双向等拉的平面应力作用时,在两个拉应力作用的方向为等量的伸长变形,而在另一个没有主应力作用的方向为压缩变形,其值为每个伸长变形的2倍。平板坯料胀形时的中心部位就属于这种情况。

⑥由式(4-16)可知,当 $\sigma_2 - \sigma_m = 0$ 时,必有 $\epsilon_2 = 0$,根据体积不变定律,则有 $\epsilon_1 = -\epsilon_3$ 。这说明在主应力等于平均应力的方向上不产生塑性变形,而另外两个方向上的塑性变形数值相等、方向相反。这种变形称为平面变形,且平面变形时必有 $\sigma_2 = \sigma_m = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$,即 $\sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ 。如宽板弯曲时,板料宽度方向变形为0,该方向上的主应力即为其余两个方向主应力之和的一半。

⑦当坯料三向受拉,且 $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3 > 0$ 时,在最大拉应力 σ_1 方向上的变形一定是伸长变形,在最小拉应力 σ_3 方向上的变形一定是压缩变形。同样,当坯料三向受压,且 $0 > \sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ 时,在最小压应力 σ_3 (绝对值最大)方向上的变形一定是压缩变形,而在最大压应力 σ_1 (绝对值最小)方向上的变形一定是伸长变形。

四、冲压成形中的变形趋向性及其控制

在冲压成形过程中,坯料的各个部分在同一模具的作用下,却有可能发生不同形式的变形,即具有不同的变形趋向性。在这种情况下,判断坯料各部分是否变形和以什么方式变形,以及能否通过正确设计冲压工艺和模具等措施来保证在进行和完成预期变形的同时,排除其他一切不必要的和有害的变形等,则是获得合格的高质量冲压件的根本保证。因此,分析研究冲压成形中的变形趋向及控制方法,对制定冲压工艺过程、确定工艺参数、设计冲压模具以及分析冲压过程中出现的某些产品质量问题等,都有非常重要的实际意义。

一般情况下,总是可以把冲压过程中的坯料划分成为变形区和传力区。冲压设备施加的变形力通过模具,并进一步通过坯料传力区作用于变形区,使其发生塑性变形。如图4-23所示的拉深和缩口成形中,坯料的A区是变形区,B区是传力区,C区则是已变形区。

由于变形区发生塑性变形所需的力是由模具通过传力区获得的,而同一坯料上的变形区和传力区都是相毗邻的,所以在变形区和传力区分界面上作用的内力性质和大小是完全相同的。在这样同一个内力的作用下,变形区和传力区都有可能产生塑性变形,但由于它们之间的尺寸关系及变形条件不同,其应力应变状态也不相同,因而它们可能产生的塑性变形方式及变形的先后是不相同的。通常,总有一个区需要的变形力比较小,并首先满足塑性条件进入塑性状态,产生塑性变形,我们把这个区称之为相对弱区。如图4-23(a)所示的拉深变形,虽然变形区A和传力区B都受到径向拉应力 σ_r 作用,但A区比B区还多一个切向压应力 σ_θ 的作用,根据屈雷斯加塑性条件 $\sigma_4 - \sigma_3 \geq \sigma_s$,A区中 $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_\theta + \sigma_r$,B区中 $\sigma_4 - \sigma_3 = \sigma_r$,因 $\sigma_\theta + \sigma_r > \sigma_r$,所以在外力F的作用下,变形区A最先满足塑性条件产生塑性变形,成为相对弱区。

为了保证冲压过程的顺利进行,必须保证冲压工序中应该变形的部分(变形区)成为弱区,以便在把塑性变形局限于变形区的同时,排除传力区产生任何不必要的塑性变形的可能。由此可以得出一个十分重要的结论:在冲压成形过程中,需要最小变形力的区是个相对的弱区,而且弱区必先变形,因此变形区应为弱区。

“弱区必先变形,变形区应为弱区”的结论,在冲压生产中具有很重要的实用意义。很多冲压工艺的极限变形参数的确定、复杂形状件的冲压工艺过程设计等,都是以这个道理作为分析和计算依据的。如图4-23(a)中的拉深变形,一般情况下A区是弱区而成为变形区,B区是传力区。但当坯料外径D太大、凸模直径d太小而使得A区凸缘宽度太大时,由于要使A区产生切向压缩变形所需的径向拉力很大,这时可能出现B区会因拉应力过大率先发生塑性变形甚至拉裂而成弱区。因此,为了保证A区成为弱区,应合理确定凸模直径与坯料外径的比值 d/D (即拉深系数),使得B区拉应力还未达到塑性条件以前,A区的应力先达到塑性条件而发生拉压塑性变形。

当变形区或传力区有两种以上的变形方式时,则首先实现的变形方式所需的变形力最小。因此,在工艺和模具设计时,除要保证变形区为弱区外,同时还要保证变形区必须实现的变形方式具有最小的变形力。例如,在图4-23(b)所示的缩口成形过程中,变形区A可能产生的塑性变形是切向收缩的缩口变形和在切向压应力作用下的失稳起皱,传力区B可能产生的塑性变形是筒壁部分墩粗和失稳弯曲。在这四种变形趋向中,只有满

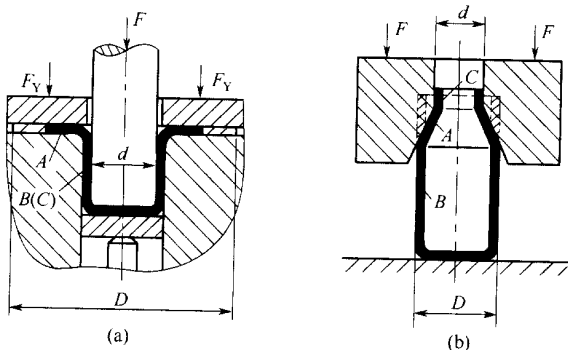


图4-23 冲压成形时坯料的变形区与传力区

(a)拉深 (b)缩口

A—变形区;B—传力区;C—已变形区

足缩口变形所需的变形力最小这个条件(如通过选用合适的缩口系数 d/D 和在模具结构上采取增加传力区的支承刚性等措施),才能使缩口变形正常进行。又如在冲裁时,在凸模压力的作用下,坯料具有产生剪切和弯曲两种变形趋向,如果采用较小的冲裁间隙,建立对弯曲变形不利(这时所需的弯曲力增大了)而对剪切有利的条件,便可在只发生很小的弯曲变形的情况下实现剪切,提高了冲件的尺寸精度。

在实际生产当中,控制坯料变形趋向性的措施主要有以下几方面。

①改变坯料各部分的相对尺寸。实践证明,变形坯料各部分的相对尺寸关系,是决定变形趋向性的最重要因素,因而改变坯料的尺寸关系,是控制坯料变形趋向性的有效方法。如图 4-24 所示,模具对环形坯料进行冲压时,当坯料的外径 D 、内径 d_0 及凸模直径 d_p 具有不同的相对关系时,就可能具有三种不同的变形趋向(即拉深、翻孔和胀形),从而形成三种形状完全不同的冲件:当 D 、 d_0 都较小,并满足条件 $D/d_p < 1.5 \sim 2$ 、 $d_0/d_p < 0.15$ 时,宽度为 $(D - d_p)$ 的环形部分产生塑性变形所需的力最小而成为弱区,因而产生外径收缩的拉深变形,得到拉深件[见图 4-24(b)];当 D 、 d_0 都较大,并满足条件 $D/d_p > 2.5$ 、 $d_0/d_p < 0.2 \sim 0.3$ 时,宽度为 $(d_p - d_0)$ 的内环形部分产生塑性变形所需的力最小而成为弱区,因而产生内孔扩大的翻孔变形,得到翻孔件[见图 4-24(c)];当 D 较大、 d_0 较小甚至为 0,并满足条件 $D/d_p > 2.5$ 、 $d_0/d_p < 0.15$ 时,这时坯料外环的拉深变形和内环的翻孔变形阻力都很大,结果使凸、凹模圆角及附近的金属成为弱区而产生厚度变薄的胀形变形,得到胀形件[见图 4-24(d)]。胀形时,坯料的外径和内孔尺寸都不发生变化或变化很小,成形仅靠坯料的局部变薄来实现。

②改变模具工作部分的几何形状和尺寸。这种方法主要是通过改变模具的凸模和凹模圆角半径来控制坯料的变形趋向。如在图 4-24(a)中,如果增大凸模圆角半径 r_p 、减小凹模圆角半径 r_d ,可使翻孔变形的阻力减小,拉深变形阻力增大,所以有利于翻孔变形的实现。反之,如果增大凹模圆角半径而减小凸模圆角半径,则有利于拉深变形的实现。

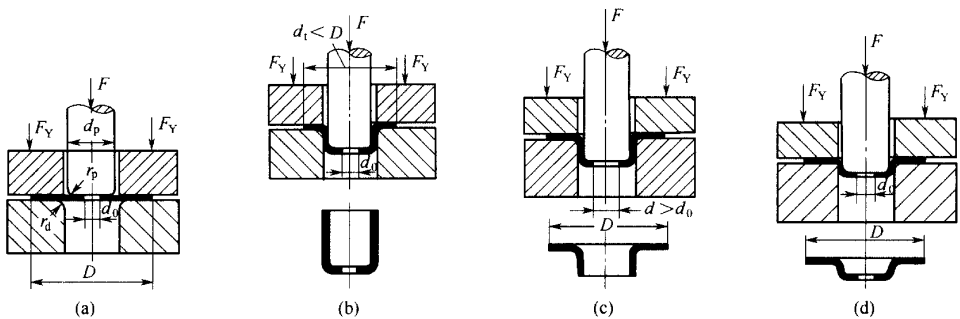


图 4-24 环形坯料的变形趋向

(a) 变形前的坯料与模具 (b) 拉深 (c) 翻孔 (d) 胀形

③改变坯料与模具接触面之间的摩擦阻力。如在图 4-24 中,若加大坯料与压料圈及坯料与凹模端面之间的摩擦力(如加大压力 F_Y 或减少润滑),则由于坯料从凹模面上流动的阻力增大,结果不利于实现拉深变形而利于实现翻孔或胀形变形。如果增大坯料与凸模表面间的摩擦力,并通过润滑等方法减小坯料与凹模和压料圈之间的摩擦力,则有

利于实现拉深变形。所以正确选择润滑及润滑部位,也是控制坯料变形趋向的重要方法。

④改变坯料局部区域的温度。这种方法主要是通过局部加热或局部冷却来降低变形区的变形抗力或提高传力区强度,从而实现对坯料变形趋向的控制。例如,在拉深和缩口时,可采用局部加热坯料变形区的方法,使变形区软化,从而利于拉深或缩口变形。又如,在不锈钢零件拉深时,可采用局部深冷传力区的方法来增大其承载能力,从而达到增大变形程度的目的。

第二节 冲压用材料

冲压所用的材料是冲压生产的三要素之一。事实上,先进的冲压工艺与模具技术,只有采用冲压性能良好的材料,才能成形出高质量的冲压件。因此,在冲压工艺及模具设计中,懂得合理选用材料,并进一步了解材料的冲压成形性能,是非常必要的。

一、材料的冲压成形性能

材料对各种冲压成形方法的适应能力称为材料的冲压成形性能。材料的冲压成形性能好,就是指其便于冲压成形,单个冲压工序的极限变形程度和总的极限变形程度大,生产率高,容易得到高质量的冲压件,且模具损耗低,不易出废品等。由此可见,冲压成形性能是一个综合性的概念,它涉及的因素很多,但就其主要内容来看,有两个方面:一是成形极限,二是成形质量。

1. 成形极限

成形极限是指材料在冲压成形过程中能达到的最大变形程度。对于不同的冲压工序,成形极限是采用不同的极限变形系数来表示的,如弯曲时为最小相对弯曲半径,拉深时为极限拉深系数,翻孔时为极限翻孔系数等。由于冲压用材料主要是板料,冲压成形大多都是在板厚方向上的应力值近似为零的平面应力状态下进行的,因此不难分析:在变形坯料的内部,凡是受到过大拉应力作用的区域,就会使坯料局部严重变薄甚至拉裂;凡是受到过大压应力作用的区域,若压应力超过了临界应力就会使坯料丧失稳定而起皱。因此,为了提高成形极限,从材料方面看,必须提高材料的抗拉和抗压的能力;从冲压工艺参数的角度来看,必须严格限制坯料的极限变形系数。

当作用于坯料变形区的拉应力为绝对值最大的应力时,在这个方向上的变形一定是伸长变形,故称这种冲压变形为伸长类变形,如胀形、扩口、圆孔翻孔等;当作用于坯料变形区的压应力的绝对值最大时,在这个方向上的变形一定是压缩变形,故称这种冲压变形为压缩类变形,如拉深、缩口等。在伸长类变形中,变形区的拉应力占主导地位,坯料厚度变薄,表面积增大,有产生破裂的可能性;在压缩类变形中,变形区的压应力占主导地位,坯料厚度增厚,表面积减小,有产生失稳起皱的可能性。由于这两类变形的变形性质和出现的问题完全不同,因而影响成形极限的因素和提高极限变形参数的方法就不同。伸长类变形的极限变形参数主要决定于材料的塑性,压缩类变形的极限变形参数一般受传力

区承载能力的限制,有时则受变形区或传力区失稳起皱的限制。所以提高伸长类变形的极限变形参数的方法有:提高材料塑性;减少变形的不均匀性;消除变形区的局部硬化或其他引起应力集中而可能导致破坏的各种因素,如去毛刺或坯料退火处理等。提高压缩类变形的极限变形系数的方法有:提高传力区的承载能力;降低变形区的变形抗力或摩擦阻力;采取压料等措施防止变形区失稳起皱等。

2. 成形质量

成形质量是指材料经冲压成形以后所得到的冲压件能够达到的质量指标,包括尺寸精度、厚度变化、表面质量及物理力学性能等。影响冲压件质量的因素很多,不同冲压工序的情况又各不相同,这里只对一些共性问题作简要说明。

材料在塑性变形的同时总伴随着弹性变形,当冲压结束载荷卸除以后,由于材料的弹性回复,造成冲件的形状与尺寸偏离模具工作部分的形状与尺寸,从而影响了冲件的尺寸和形状精度。因此,为了提高冲件的尺寸精度,必须掌握回弹规律,控制回弹量。

材料经过冲压成形以后,一般厚度都会发生变化,有的变厚,有的减薄。厚度变薄后直接影响冲件的强度和使用,因此对强度有要求时,往往要限制其最大变薄量。

材料经过塑性变形以后,除产生加工硬化现象外,还由于变形不均匀,材料内部将产生残余应力,从而引起冲件尺寸和形状的变化,严重时还会引起冲件的自行开裂。消除硬化及残余应力的方法是冲压后及时安排热处理退火工序。

原材料的表面状态、晶粒大小、冲压时材料的粘模情况及模具对材料表面的擦伤等,都将影响冲件表面质量。如原材料表面存在凹坑、裂纹、分层及锈斑或氧化皮等附着物时,将直接在冲件表面上形成相应缺陷;晶粒粗大的钢板拉深时会在拉深件表面产生所谓的“橘子皮”;易于粘模的材料会擦伤冲件并降低模具寿命。此外,模具间隙不均匀、模具表面粗糙等也会擦伤冲件表面。

二、板料的冲压成形性能试验

板料的冲压成形性能是通过试验来确定的。板料冲压成形性能的试验方法很多,但概括起来可分为直接试验和间接试验两类。在直接试验中,板料的应力状态和变形情况与实际冲压时基本相同,试验所得结果比较准确。而在间接试验中,板料的受力情况和变形特点都与实际冲压时有一定的差别,所得结果只能在分析的基础上间接地反映板料的冲压成形性能。

1. 间接试验

间接试验有拉伸试验、剪切试验、硬度试验和金相试验等。其中拉伸试验简单易行,不需专用板料试验设备,而且所得的结果能从不同角度反映板料的冲压性能,所以它是一种很重要的试验方法。板料拉伸试验的方法是:在待试验的板料的不同部位和方向上截取试料,制成如图4-25所示的标准拉伸试样,然后在万能材料试验机上进行拉伸。拉伸过程中,应注意加载速度不能过快,开始拉伸时可按 $5\text{mm}/\text{min}$ 以下速度加载,开始屈服时应进行间断加载,并随时记录载荷大小和试样截面尺寸。当开始出现缩颈后宜改用手动加载,并争取记录载荷及试样截面尺寸1~2次。根据试验结果或利用自动记录装置可绘得板料拉伸时的实际应力-应变曲线(如图4-26的实线所示)及假象应力-应变曲线

(即拉伸曲线 如图 4-26 的虚线所示)。

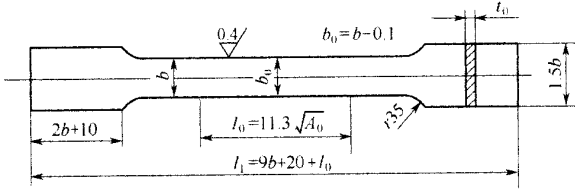


图 4-25 拉伸试验用标准试样

通过拉伸试验,可以测得板料的强度、刚度、塑性、各向异性等力学性能指标。根据这些性能指标,即可定性估计板料的冲压成形性能,现简述如下。

(1)强度指标(屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 或缩颈点应力 σ_j)强度指标对冲压成形性能的影响通常用屈服点与抗拉强度的比值 σ_s/σ_b (称为屈强比)来表示。一般屈强比愈小,则 σ_s 与 σ_b 之间的差值愈大,表示材料允许的塑性变形区间愈大,成形过程的稳定性愈好,破裂的危险性就愈小,因而有利于提高极限变形程度,减小工序次数。因此, σ_s/σ_b 愈小,材料的冲压成形性能愈好。

(2)刚度指标(弹性模量 E 、硬化指数 n)弹性模量 E 愈大或屈服点与弹性模量的比值 σ_s/E (称为屈弹比)愈小,在成形过程中抗压失稳的能力愈强,卸载后的回弹量小,有利于提高冲件的质量。硬化指数 n 可根据拉伸试验结果由公式(4-10)求得。 n 值大的材料,硬化效应就大,这对于伸长类变形来说是有利的。因为 n 值愈大,在变形过程中材料局部变形程度的增加会使该处变形抗力增大,这样就可以补偿该处因截面积减小而引起的承载能力的减弱,制止了局部集中变形的进一步发展,具有扩展变形区、使变形均匀化和增大极限变形程度的作用。

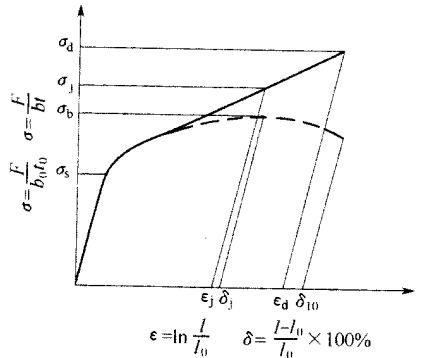


图 4-26 实际应力曲线与假象应力曲线

(3)塑性指标(均匀伸长率 δ_j 或细颈点应变 ϵ_j 、断后伸长率 δ 或断裂收缩率 ψ)均匀伸长率 δ_j 是在拉伸试验中开始产生局部集中变形(即刚出现缩颈时)的伸长率(即相对应应变),它表示板料产生均匀变形或稳定变形的能力。一般情况下,冲压成形都在板料的均匀变形范围内进行,故 δ_j 对冲压性能有较为直接的意义。断后伸长率 δ 是在拉伸试验中试样拉断时的伸长率。通常 δ_j 和 δ 愈大,材料允许的塑性变形程度也愈大。

(4)各向异性指标(板厚方向性系数 r 、板平面方向性系数 Δr)板厚方向系数 r 是指板料试样拉伸时,宽度方向与厚度方向的应变之比,即

$$r = \frac{\epsilon_b}{\epsilon_t} = \ln\left(\frac{b/b_0}{l/t_0}\right) \quad (4-17)$$

式中 b_0 、 b 、 t_0 、 t 分别为变形前后试件的宽度与厚度,一般取伸长率为 20% 时试样测量的结果。

r 值的大小反映了在相同受力条件下板料平面方向与厚度方向的变形性能差异, r 值越大, 说明板平面方向上越容易变形, 而厚度方向上越难变形, 这对拉深成形是有利的。如在复杂形状的曲面零件拉深成形时, 若 r 值大, 板料的中间部分在拉应力作用下, 厚度方向变形较困难, 则变薄量小, 而在板平面与拉应力相垂直的方向上的压缩变形比较容易, 则板料中间部分起皱的趋向性降低, 因而有利于拉深的顺利进行和冲压件质量的提高, 同样, 在用 r 值大的板料进行筒形件拉深时, 凸缘切向压缩变形容易且不易起皱, 筒壁变薄量小且不易拉裂, 因而可增大拉深极限变形程度。

由于板料经轧制后晶粒沿轧制方向被拉长, 杂质和偏析物也会定向分布, 形成纤维组织, 使得平行于纤维方向和垂直于纤维方向材料的力学性能不同, 因此在板平面上存在各向异性, 其程度一般用板厚方向性系数在几个特殊方向上的平均差值 Δr (称为板平面方向性系数) 来表示, 即

$$\Delta r = (r_{0} + r_{90} - 2r_{45}) / 2 \quad (4-18)$$

式中, r_{0} 、 r_{90} 、 r_{45} 分别为板料的纵向(轧制方向)、横向及 45° 方向上的板厚方向性系数。

Δr 值越大, 则方向性越明显, 对冲压成形性能的影响也越大。例如弯曲, 当弯曲件的折弯线与板料纤维方向垂直时, 允许的极限变形程度就大, 而当折弯线平行于纤维方向时, 允许的极限变形程度就小, 且方向性越明显, 减小量就越大。又如筒形件拉深时, 由于板平面方向性使拉深件出现口部不齐的“突耳”现象, 方向性越明显, 突耳的高度越大。由此可见, 生产中应尽量设法降低板料的 Δr 值。

由于存在板平面方向性, 实际应用中板厚方向性系数一般也采用加权平均值 \bar{r} 来表示, 即

$$\bar{r} = (r_{0} + r_{90} + 2r_{45}) / 4 \quad (4-19)$$

式中, r_{0} 、 r_{90} 、 r_{45} 的含义与式(4-18)相同。

2. 直接试验

直接试验(又称模拟试验)是直接模拟某一种冲压方式进行的, 故试验所得的结果能较为可靠地鉴定板料的冲压成形性能。直接试验的方法很多, 下面简要介绍几种较为重要的试验方法。

(1) 弯曲试验 弯曲试验的目的是鉴定板料的弯曲性能。常用的弯曲试验是往复弯曲试验, 如图 4-27 所示, 将试样夹持在专用试验设备的钳口内, 反复折弯直至出现裂纹。弯曲半径 r 越小, 往复弯曲的次数越多, 材料的成形性能就越好。这种试验主要用于鉴定厚度在 2 mm 以下的板料。

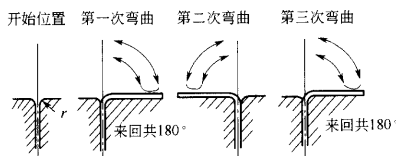


图 4-27 往复弯曲试验

(2) 胀形试验 鉴定板料胀形成形性能的常用试验方法是杯突试验, 试验原理如图 4

-28 所示。试验时将符合试验尺寸的板料试样 2 放在压料圈 4 与凹模 1 之间压紧,使凹模孔口外受压部分的板料无法流动。然后用试验规定的球形凸模 3 将试样压入凹模,直至试样出现裂纹为止,测量此时试样上的凸包深度 IE 作为胀形性能指标。 IE 值越大,表示板料的胀形性能越好。

(3) 拉深试验 鉴定板料拉深成形性能的试验方法主要有筒形件拉深试验和球底锥形件拉深试验两种。图 4-29 所示为筒形件拉深试验(又称冲杯试验)的原理,依次用不同直径的圆形试样(直径级差为 1 mm)放在带压边装置的试验用拉深模中进行拉深,在试样不破裂的条件下,取可能拉深成功的最大试样直径 D_{\max} 与凸模直径 d_p 的比值 K_{\max} 作为拉深性能指标,即

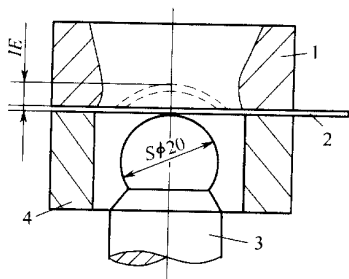


图 4-28 胀形试验(杯突试验)

1—凹模 2—试样;
3—球形凸模 4—压料圈

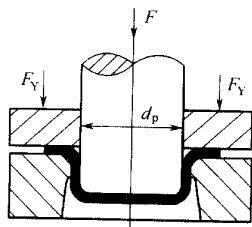


图 4-29 筒形件拉深试验(冲杯试验)

$$K_{\max} = D_{\max} / d_p \quad (4-20)$$

K_{\max} 称为最大拉深程度。 K_{\max} 越大,则板料的拉深成形性能越好。

图 4-30 所示为球底锥形件拉深试验(又称福井试验)的原理,用球形凸模和 60° 角的锥形凹模,在不用压料的条件下对直径为 D 的圆形试样进行拉深,使之成为无凸缘的球底锥形件,然后测出试样底部刚刚开裂时的锥口直径 d ,并按下式算出 CCV 值。 CCV 的值越大,则板料的成形性能越好。

$$CCV = (D - d) / D \quad (4-21)$$

球底锥形件拉深试验与筒形件拉深试验相比,试验时不用压料装置,可避免压料条件对试验结果的影响,而且只用一个试样就能简便地完成试验。同时,因锥形件拉深时,凸缘区材料向内流动的拉深变形和传力区材料变薄的胀形变形是同时进行的,故试验还可以对板料的拉深性能和胀形性能同时进行综合鉴定。

三、对冲压材料的基本要求

冲压所用的材料,不仅要满足冲压件的使用要求,还应满足冲压工艺的要求和后续加工(如切削加工、电镀、焊接等)的要求。冲压工艺对材料的基本要求主要有如下几个方面。

1. 具有良好的冲压成形性能

对于成形工序,为了有利于冲压变形和冲压件质量的提高,材料应具有良好的冲压成

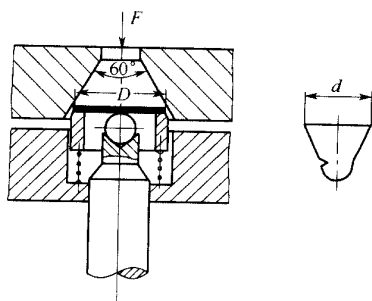


图 4-30 球底锥形件拉深试验

(福井试验)

形性能,即应具有良好的塑性(均匀伸长率 δ_j 高),屈强比 σ_s/σ_b 和屈弹比 σ_s/E 小,板厚方向性系数 r 大,板平面方向性系数 Δr 小。

对于分离工序,只要求材料有一定的塑性,而对材料的其他成形性能指标没有严格的要求。

2. 具有较高的表面质量

材料的表面应光洁平整,无氧化皮、裂纹、锈斑、划伤、分层等缺陷。因为表面质量好的材料,成形时不易破裂,也不易擦伤模具,冲件的表面质量也好。

3. 材料的厚度公差应符合国家标准

因为一定的模具间隙适用于一定厚度的材料,若材料的厚度公差太大,不仅直接影响冲件的质量,还可能导致模具或压力机的损坏。

四、冲压常用材料及选用

1. 冲压常用材料

冲压生产中最常用的材料是金属材料(包括黑色金属和有色金属),但有时也用非金属材料。其中黑色金属主要有普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢、碳素工具钢、不锈钢、电工硅钢等;有色金属主要有纯铜、黄铜、青铜、铝等;非金属材料有纸板、层压板、橡胶板、塑料板、纤维板和云母等。

冲压用金属材料的供应状态一般是各种规格的板料和带料。板料的尺寸较大,可用于大型零件的冲压,也可将板料按排样尺寸剪裁成条料后用于中小型零件的冲压;带料(又称卷料)有各种规格的宽度,展开长度可达几十米,成卷状供应,适应于大批量生产的自动送料。材料厚度很小时都是做成带料供应。

对于厚度在4mm以下的轧制钢板,根据国家标准GB/T 708—1991规定,钢板厚度的精度分为A(高级精度)、B(较高级精度)、C(普通精度)三级。对优质碳素结构冷轧薄钢板,根据国家标准GB/T 710—1991规定,钢板的表面质量可分为I(特别高级的精整表面)、II(高级的精整表面)、III(较高级的精整表面)、IV(普通的精整表面)四组,每组按拉深级别又分为 α (最深拉深)、 β (深拉深)、 γ (普通拉深)三级。

在冲压工艺资料和图样上,对材料的表示方法有特殊的规定。如材料为08钢、厚度为1.0mm、平面尺寸为1000mm×1500mm、较高级精度、较高级的精整表面、深拉深级的

优质碳素结构钢冷轧钢板表示为

$$\text{钢板} \frac{\text{B} - 1.0 \times 1000 \times 1500 - \text{GB/T 708} - 1991}{08 - \text{II} - \text{S} - \text{GB/T 710} - 1991}$$

关于材料的牌号、规格和性能,可查阅有关设计资料 and 标准,表 4-3 ~ 表 4-5 分别列出了部分冲压常用金属材料的力学性能、轧制薄钢板的厚度允差及尺寸规格。

表 4-3 冲压常用金属材料的力学性能

材料名称	牌号	材料的状态	力学性能				
			抗剪强度 τ/MPa	抗拉强度 σ_b/MPa	屈服点 σ_s/MPa	伸长率 $\delta_{10}/\%$	弹性模量 $E/10^3\text{MPa}$
普通碳素钢	Q195	未经退火的	225 ~ 314	314 ~ 392		28 ~ 33	
	Q215		265 ~ 333	333 ~ 412	216	26 ~ 31	
	Q235		304 ~ 373	432 ~ 461	253	21 ~ 25	
	Q255		333 ~ 412	481 ~ 511	255	19 ~ 23	
碳素结构钢	08F	已退火的	216 ~ 304	275 ~ 383	177	32	
	08		255 ~ 353	324 ~ 441	196	32	186
	10F		216 ~ 333	275 ~ 412	186	30	
	10		255 ~ 333	294 ~ 432	206	29	194
	15		265 ~ 373	333 ~ 471	225	26	198
	20		275 ~ 392	353 ~ 500	245	25	206
	35		392 ~ 511	490 ~ 637	314	20	197
	45		432 ~ 549	539 ~ 686	353	16	200
	50		432 ~ 569	539 ~ 716	373	14	216
不锈钢	1Cr13	已退火的	314 ~ 373	392 ~ 416	412	21	206
	2Cr13		314 ~ 392	392 ~ 490	441	20	206
	1Cr18Ni9Ti	经热处理	451 ~ 511	569 ~ 628	196	35	196
铝锰合金	LF21	已退火的	69 ~ 98	108 ~ 142	49	19	70
		半冷作硬化的	98 ~ 137	152 ~ 196	127	13	
硬铝(杜拉铝)	LY12	已退火的	103 ~ 147	147 ~ 211		12	71
		淬硬并经自然时效	275 ~ 304	392 ~ 432	361	15	
		淬硬后冷作硬化	275 ~ 314	392 ~ 451	333	10	
纯铜	T1 ,T2 ,T3	软的	157	196	69	30	106
		硬的	235	294		3	127

第四章 铂金冲压模具设计

材料名称	牌号	材料的状态	力学性能				
			抗剪强度 τ/MPa	抗拉强度 σ_b/MPa	屈服点 σ_s/MPa	伸长率 $\delta_{10}/\%$	弹性模量 $E/10^3\text{Mpa}$
黄铜	H62	软的	255	294		35	98
		半硬的	294	373	196	20	
		硬的	412	412		10	
	H68	软的	235	294	98	40	108
		半硬的	275	343		25	
		硬的	392	392	245	15	113
铅黄铜	HPb59-1	软的	294	343	142	25	91
		硬的	392	441	412	5	103
锡磷青铜 锡锌青铜	QSn6.5-0.1	软的	255	294	137	38	98
		硬的	471	539		3~5	
	QSn4-3	特硬的	490	637	535	1~2	122
钛合金	TA2	退火的	353~471	441~588		25~30	
	TA3		432~588	539~736		20~25	
	TA5		628~667	785~834		15	102

表 4-4 轧制薄钢板的厚度公差(GB 708—1988)

钢板厚度	A	B	C	
	高级精度	较高精度	普通精度	
	冷轧优质钢板	普通和优质钢板		
		冷轧和热轧	热轧	
全部宽度		宽度 < 1000	宽度 ≥ 1000	
0.2~0.4	±0.03	±0.04	±0.06	±0.06
0.45~0.5	±0.04	±0.05	±0.07	±0.07
0.55~0.60	±0.05	±0.06	±0.08	±0.08
0.70~0.75	±0.06	±0.07	±0.09	±0.09
1.0~1.1	±0.07	±0.09	±0.12	±0.12
1.2~1.25	±0.09	±0.11	±0.13	±0.13
1.4	±0.10	±0.12	±0.15	±0.15
1.5	±0.11	±0.12	±0.15	±0.15
1.6~1.8	±0.12	±0.14	±0.16	±0.16

第二篇 钣金冲压件创新设计及应用图集

钢板厚度	A	B	C	
	高级精度	较高精度	普通精度	
	冷轧优质钢板	普通和优质钢板		
		冷轧和热轧	热轧	
全部宽度		宽度 < 1000	宽度 ≥ 1000	
2.0	± 0.13	± 0.15	+ 0.15 - 0.18	± 0.18
2.2	± 0.14	± 0.16	+ 0.15 - 0.19	± 0.19
2.5	± 0.15	± 0.17	+ 0.16 - 0.20	± 0.20
2.8 ~ 3.0	± 0.16	± 0.18	+ 0.17 - 0.22	± 0.22
3.2 ~ 3.5	± 0.18	± 0.20	+ 0.18 - 0.25	± 0.25
3.8 ~ 4.0	± 0.20	± 0.22	+ 0.20 - 0.30	± 0.30

表 4-5 轧制薄钢板的尺寸规格(GB 708—1988)

钢板厚度	钢板宽度												
	500	600	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1500
冷 轧 钢 板 长 度													
0.2 0.25 0.3 0.4	1200	1420	1500	1500	1500								
	1000	1800	1800	1800	1800	1800	1500	1500					
0.5 0.55 0.6	1500	2000	2000	2000	2000	200	1800	2000					
		1200	1420	1500	1500	1500							
	1000	1800	1800	1800	1800	1800	1500	1500					
0.7 0.75	1500	2000	2000	2000	2000	2000	1800	2000					
		1200	1420	1500	1500	1500	1500						
	1000	1800	1800	1800	1800	1800	1500	1500					
	1500	2000	2000	2000	2000	2000	1800	2000					

第四章 铂金冲压模具设计

	钢板宽度															
0.8 0.9	1200	1420	1500	1500	1500	1500										
	1000	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1500	2000	2000					
	1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2200	2500				
1.0 1.1	1000	1200	1420	1500	1500	1500							2800	2800		
1.2 1.4												2000	2000	3000	3000	
1.5 1.6	1500	1800	1800	1800	1800	1800	1800									
1.8 2.0	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2200	2500	3500	3500			
2.2 2.5	500	600														
2.8 3.0	1000	1200	1420	1500	1500	1500										
3.2 3.5	1500	1800	1800	1800	1800	1800	1800	2000								
3.8 4.0	2000	2000	2000	2000	2000	2000										
热 轧 钢 板 长 度																
0.35 0.4	1200		100													
0.45 0.5	1000	1500	1000	1500	1500	1500		1500								
0.55 0.6	1500	1800	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500							
0.7 0.75	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000							
0.8 0.9												1500	1500	1500	1500	1500
	1000	1200	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500							
	1500	1420	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000						
1.0 1.1	1000				1000											
1.2 1.25	1000	1200	1000	1500	1500	1500	1500	1500								
1.4 1.5	1500	1420	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500							
1.6 1.8	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000							
2.0 2.2												1000				
2.5 2.8	500	600	1000	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2200	2500	2800				
	1000	1200	1420	1800	1600	1700	1800	1900	2000	3000	3000	3000	3000			
	1500	1500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	3000	4000	4000	4000			
3.0 3.2	1000				1000					2800						
3.5 3.8				1500	1500	1500	1500	1500	2000	2200	2500	3000	3000			
4.0	500	600	1420	1800	1600	1700	1800	1900	3000	3000	3000	3500	3500			
	1000	1200	1200	2000	2000	2000	2000	2000	4000	4000	4000	4000	4000			

2. 冲压材料的合理选用

冲压材料的选用要考虑冲压件的使用要求、冲压工艺要求及经济性等。

(1)按冲压件的使用要求合理选材 所选材料应能使冲压件在机器或部件中正常工作,并具有一定的使用寿命。为此,应根据冲压件的使用条件,使所选材料满足相应强度、刚度、韧性及耐腐蚀性和耐热性等方面的要求。

(2)按冲压工艺要求合理选材 对于任何一种冲压件,所选的材料应能按照其冲压工艺的要求,稳定地成形出不致于开裂或起皱的合格产品,这是最基本也是最重要的选材要求。为此可用以下方法合理选材。

①试冲。根据以往的生产经验及可能条件,选择几种基本能满足冲压件使用要求的板料进行试冲,最后选择没有开裂或皱褶的、其废品率低的一种。这种方法结果比较直观,但带有较大的盲目性。

②分析与对比。在分析冲压变形性质的基础上,把冲压成形时的最大变形程度与板料冲压成形性能所允许采用的极限变形程度进行对比,并以此作为依据,选取适合于该种零件冲压工艺要求的板材。

另外,同一种牌号或同一厚度的板材,还有冷轧和热轧之分,我国国产板材中,厚板($t > 4\text{mm}$)为热轧板,薄板($t < 4\text{mm}$)为冷轧板(也有热轧板)。与热轧相比,冷轧板尺寸精确,偏差小,表面缺陷少,光亮,内部组织致密,冲压性能更优。冷轧和热轧根据轧制方法不同又分为连轧与往复轧,一般来说,连轧钢板的纵向和横向性能差别较大,纤维的方向性比较明显,各向异性大;单张往复轧制时,钢板的各向均有相近程度的变形,故钢板的纵向和横向性能差别较小,冲压性能更好。此外,板料出厂或供货的性能状态也有不同,一般分为软(M)、半硬(Y2)、硬(Y)和特硬(T)四种状态,性能状态不同,其力学性能是有差别的。

③按经济性要求合理选材。所选材料应在满足使用性能及冲压工艺要求的前提下,尽量使材料的价格低廉,来源方便,经济性好,以降低冲压件的成本。

第三节 冲压设备的选择

冲压工作是将冲压模具安装在冲压设备(主要为压力机)上进行的,因而模具的设计要与冲压设备的类型和主要规格相匹配,否则是不能工作的。正确选择冲压设备,关系到设备的安全使用、冲压工艺的顺利实施及冲压件质量、生产效率、模具寿命等一系列重要问题。

冲压设备的选择,包括选择冲压设备的类型和规格两项内容。

一、冲压设备类型的选择

冲压设备类型主要根据所要完成的冲压工艺性质、生产批量、冲压件的尺寸大小和精度要求等来选择。

①对于中小型冲裁件、弯曲件或拉深件等,主要选用开式机械压力机。开式压力机虽然刚度不高,在较大冲压力的作用下床身的变形会改变冲模间隙分布,降低模具寿命和冲压件表面质量,但是由于它提供了极为方便的操作条件和易于安装机械化附属装置的特点,所以目前仍是中小型冲压件生产的主要设备。另外,在中小型冲压件生产中,若采用导板模或工作时要求导柱导套不脱离的模具,应选用行程较小的偏心压力机。

②对于大中型冲压件,多选用闭式机械压力机,包括一般用途的通用压力机和专用的精密压力机、双动或三动拉深压力机等。其中薄板冲裁或精密冲裁时,选用精度和刚度较高的精密压力机,大型复杂拉深件生产中,应尽量选用双动或三动拉深压力机,因其可使所用模具结构简单,调整方便。

③在小批量生产中,多采用液压机或摩擦压力机。液压机没有固定的行程,不会因为板料厚度变化而超载,而且在需要很大的施力行程加工时,与机械压力机相比具有明显的优点,因此特别适合大型厚板冲压件的生产。但液压机的速度低,生产效率不高,而且冲压件的尺寸精度有时受到操作因素的影响而不十分稳定。摩擦压力机结构简单,造价低廉,不易发生超载破坏等特点,因此在小批量生产中常用来弯曲大而厚的弯曲件,尤其适用校平、整形、压印等成形工序。但摩擦压力机的行程次数小,生产效率低,而且操作也不太方便。

④在大批量生产或形状复杂件的大量生产中,应尽量选用高速压力机或多工位自动压力机。

二、冲压设备规格的选择

在选定冲压设备的类型之后,应该进一步根据冲压件的大小、模具尺寸及冲压力来选定设备的规格。冲压设备的规格主要由以下主要参数确定。

(1)公称压力 压力机滑块下滑过程中的冲击力就是压力机的压力,压力机压力的大小随滑块下滑的位置(或随曲柄旋转的角度)不同而不同。公称压力是指滑块距下死点前某一特定距离 S_p (称为公称压力行程)或曲柄旋转到距下死点前某一特定角度 α_p (称为公称压力角)时,滑块所产生的冲击力。公称压力一般用 P 表示,其大小也表示了压力机本身能够承受冲击的大小,图 4-31 中曲线 a 、 b 分别表示公称压力为 P_a 和 P_b 的压力机的许用压力曲线。

冲压过程中,冲压力的大小也是随凸模(即压力机滑块)的行程变化而变化的,图 4-31 中曲线 1、2、3 分别表示冲裁、弯曲、拉深的实际冲击力曲线。从图中可以看出,三种冲击力曲线及压力机的许用压力曲线都不同步,在进行冲裁和弯曲时,公称压力为 P_a 的压力机能够保证在全部行程内压力机的许用压力都高于冲击力,因此选用许用压力曲线 a 的压力机是合适的。但在拉深时,虽然拉深变形所需的最大冲击力低于 P_a ,但由于拉深变形最大冲击力出现在拉深行程的中前期,这个最大冲击力超过了相应位置上压力机的

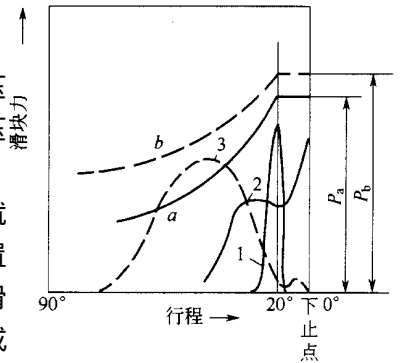


图 4-31 压力机许用压力曲线
a、b—压力机许用压力曲线；1—冲裁实际冲击力曲线；2—弯曲实际冲击力曲线；3—拉深实际冲击力曲线

许用压力,因此不能选用公称压力为 P_a (具有曲线 a)的压力机,必须选择公称压力更大(如公称压力为 P_b ,具有曲线 b)的压力机。由此可知,选择压力机时,必须使冲压力曲线不超过压力机的许用压力曲线。

实际生产中,为了简便起见,压力机的公称压力可按如下经验公式确定。

对于施力行程较小的冲压工序(如冲裁、浅弯曲、浅拉深等)

$$P \geq (1.1 \sim 1.3)F_{\Sigma} \quad (4-22)$$

对于施力行程较大的冲压工序(如深弯曲、深拉深等)

$$P \geq (1.6 \sim 2.0)F_{\Sigma} \quad (4-23)$$

式中 P ——压力机的公称压力 kN ;

F_{Σ} ——冲压工艺总力 kN 。

(2)滑块行程 滑块行程是指滑块从上止点至下止点之间的距离,用“ S ”表示。对曲柄压力机,滑块行程等于曲柄半径的2倍。确定滑块行程时,应保证坯料能顺利地放入模具和冲压件能顺利地从模具中取出。例如,对于拉深工序,压力机滑块行程应大于拉深件高度的2倍,即 $S \geq 2h$ (h 为拉深件高度)。

(3)行程次数 行程次数是指压力机滑块每分钟往复运动的次数。它主要根据生产率要求、材料允许的变形速度和操作的可能性等来确定。

(4)工作台面尺寸 压力机工作台面(或垫板平面)的长、宽尺寸一般应大于模具下模座尺寸,且每边留出 $60 \sim 100 \text{ mm}$,以便于安装固定模具。当冲压件或废料从下模漏料时,工作台孔尺寸必须大于漏料件尺寸。对于有弹顶装置的模具,工作台孔还应大于弹顶器的外形尺寸。

(5)滑块模柄孔尺寸 滑块上模柄孔的直径应与模具模柄直径一致,模柄孔的深度应大于模柄夹持部分长度。

(6)闭合高度 压力机的闭合高度是指滑块处于下止点位置时,滑块底面至工作台面之间的距离。压力机闭合高度减去垫板厚度的差值,称为压力机的装模高度。没有垫板的压力机,其装模高度与闭合高度相等。模具的闭合高度是指模具在工作行程终了时(即模具处于闭合状态下),上模座的上平面至下模座的下平面之间的距离。选择压力机时,必须使模具的闭合高度介于压力机的最大装模高度与最小装模高度之间,如图4-32所示。一般应满足

$$(H_{\max} - H_1) - 5 \geq H \geq (H_{\min} - H_1) + 10 \quad (4-24)$$

式中 H_{\max} ——压力机最大闭合高度,即连杆调至最短(偏心压力机行程调到最小)时压力机的闭合高度 mm ;

H_{\min} ——压力机最小闭合高度,即连杆调至最长(偏心压力机行程调到最大)时压力机的闭合高度 mm ;

H_1 ——压力机工作垫板厚度 mm ;

$H_{\max} - H_1$ ——压力机最大装模高度 mm ;

$H_{\min} - H_1$ ——压力机最小装模高度 mm ;

H ——模具的闭合高度 mm 。

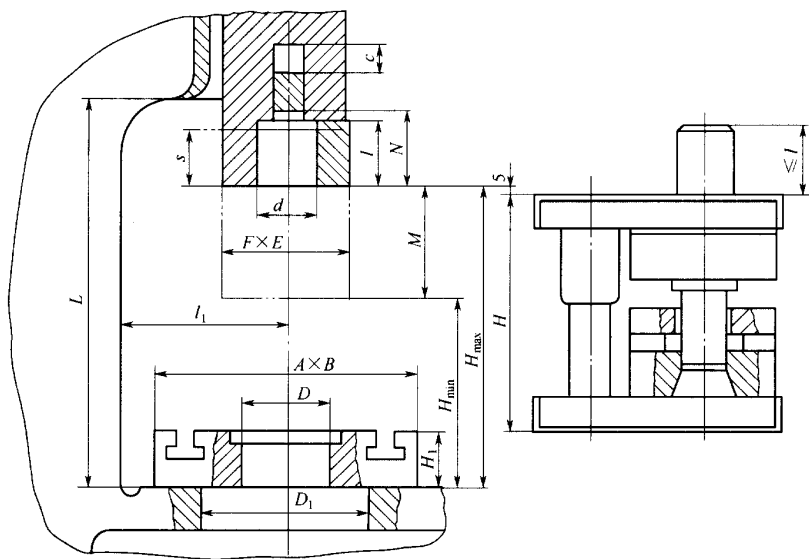


图 4-32 模具闭合高度与压力机装模高度的关系

(7) 电动机的功率 一般在保证了冲压工艺力的情况下,压力机的电机功率是足够的。但在某些施力行程较大的情况下,也会出现压力足够而功率不够的现象,此时必须对压力机的电机功率进行校核,保证电机功率大于冲压时所需的功率。

几种常用压力机的主要技术规格见表 4-6~表 4-8。

表 4-6

开式固定台压力机(部分)主要技术规格

型 号		JA21-35	JD21-100	JA21-160	J21-400A
公称压力/kN		350	1000	1600	4000
滑块行程/mm		130	可调 10~120	160	200
滑块行程次数/(次/min)		50	75	40	25
最大闭合高度/mm		280	400	450	550
闭合高度调节量/mm		60	85	130	150
滑块中心线至床身距离/mm		205	325	380	480
立柱距离/mm		428	480	530	896
工作台尺寸/mm	前后	380	600	710	900
	左右	610	1000	1120	1400
工作台孔尺寸/ mm	前后	200	300		480
	左右	290	420		750
	直径	260		460	600
垫板尺寸/mm	厚度	60	100	130	170
	直径	22.5	200		300
模柄孔尺寸/mm	直径	50	60	70	100
	深度	70	80	80	120
滑块底面尺寸/ mm	前后	210	380	460	
	左右	270	500	650	

第二篇 钣金冲压件创新设计及应用图集

表 4-7 开式双柱可倾式压力机(部分)主要技术规格

型 号		J23-6.3	J23-10	J23-16	J23-25	JC23-35	JC23-40	JB23-63	J23-80	J23-100	J23-125
公称压力/kN		63	100	160	250	350	400	630	800	1000	1250
滑块行程/mm		35	45	55	65	80	100	100	130	130	145
滑块行程次数(次/min)		170	145	120	55	50	80	40	45	38	38
最大闭合高度/mm		150	180	220	270	280	300	400	380	480	480
闭合高度调节量/mm		35	35	45	55	60	80	80	90	100	110
滑块中心线至床身距离/mm		110	130	160	200	205	220	310	290	380	380
立柱距离/mm		150	180	220	270	300	300	420	380	530	530
工作台尺寸/mm	前后	200	240	300	370	380	420	570	540	710	710
	左右	310	370	450	560	610	630	860	800	1080	1080
工作台孔尺寸/mm	前后	110	130	160	200	200	150	310	230	380	340
	左右	160	200	240	290	290	300	450	360	560	500
	直径	140	170	210	260	260	200	400	280	500	450
垫板尺寸/mm	厚度	30	35	40	50	60	80	80	100	100	100
	直径					150			200		250
模柄孔尺寸/mm	直径	30	30	40	40	50	50	50	60	60	60
	深度	55	55	60	60	70	70	70	80	75	80
滑块底面尺寸/mm	前后					190	230	360	350	360	
	左右					210	300	400	370	430	
床身最大可倾角		45°	35°	35°	30°	20°	30°	25°	30°	30°	25°

表 4-8 闭式单点压力机(部分)主要技术规格

型 号		J31-100	J31-160A	J31-250	J31-315	J31-400A	J31-630
公称压力/kN		100	1600	2500	3150	4000	6300
滑块行程/mm		165	160	315	315	400	400
滑块行程次数(次/min)		35	32	20	25	20	12
最大闭合高度/mm		280	480	630	630	710	850
最大装模高度/mm		155	375	490	490	550	650
连杆调节长度/mm		100	120	200	200	250	200
床身两立柱间距离/mm		660	750	1020	1130	1270	1230
工作台尺寸/mm	前后	635	790	950	1100	1200	1500
	左右	635	710	1000	1100	1250	1200
垫板尺寸/mm	厚度	125	105	140	140	160	200
	孔径	250	430	—	—	—	—
气垫工作压力/kN		—	—	400	250	630	1000
气垫行程/mm		—	—	150	160	200	200
主电动机功率/kW		7.5	10	30	30	40	55

第四节 冲压生产的技术经济分析

在现代工业生产与市场经济条件下,任何生产行为都必须考虑经济效益问题,即要以最小的耗费取得最大的经济效果,这就要求生产技术工作者必须具备现代技术经济效益观念。在冲压生产中,模具技术工作者应能对冲压工艺、模具设计与制造过程进行技术经济分析,在保证冲压产品质量和完成产品产量的前提下,充分发挥本企业技术与设备优势,尽量减少消耗,降低成本,争取获得最佳的技术经济效益。

一、冲压生产的盈亏分析

盈亏分析(也称保本分析)是利用生产成本、产量(或销售量)与利润三者之间的相互依存关系,通过数学方法求得盈亏平衡点来分析生产盈亏的方法,是产量、成本、利润(CVP)分析方法的一种具体应用。利用盈亏分析的结果,不仅可以规划销售、预测利润、控制成本与决策经营,而且可以决定冲压工艺方案的制定和模具结构类型的选择。

1. 冲压件销售价格的构成

冲压件销售价格一般由材料费、加工费、模具费和利润构成,即

$$P = C_M + C_W + \frac{C_D}{N} + s \quad (4-25)$$

式中 P ——单个冲压件的销售价格,即销售单价;

C_M ——单件材料费;

C_W ——单件加工费,包括工人工资、设备折旧费、车间经费等;

C_D ——模具费;

N ——总产量或销售量;

s ——单件毛利润(未扣除税金)。

式(4-25)中的前三项可归入单件生产成本,即

$$\frac{C_0}{N} = C_M + C_W + \frac{C_D}{N} \quad (4-26)$$

式中 C_0 ——产量为 N 时的总生产成本。

通常,企业总是希望降低生产成本,这样在售价不变时可获得较高的利润。然而,降低售价又有利于产品的竞争。但在没有对生产技术进行改造和更新的情况下, C_M 和 C_W 总是变化不大,因此只有 C_D/N (折合单件模具费)对降低单件生产成本意义较大。模具费一定时,冲压件产量越高,则单件生产成本越低。同样,在总产量一定的情况下,降低模具费用,也可降低单件生产成本。因此,只有在冲压件生产批量较大时,才能充分发挥冲压件生产的优越性。在制定冲压工艺方案与选择模具类型时,必须充分注意这一特点。

2. 盈亏平衡点的计算

盈亏平衡点(也称盈亏临界点),即不盈不亏时的最低产量。通过计算盈亏平衡点,可

以判断预定冲压工艺方案是否盈利。将式(4-25)两边同乘以 N 得

$$pN = C_M N + C_W N + C_D + sN \quad (4-27)$$

式中 pN ——销售收入；
 sN ——销售毛利润。

式(4-27)中的前三项之和即为产量为 N 时的总生产成本 C_0 ，即

$$C_0 = C_M N + C_W N + C_D \quad (4-28)$$

其中，材料费总额 $C_M N$ 和加工费总额 $C_W N$ 是随产量 N 的增加而增加的，属于可变成本；而模具费 C_D 是一定的，与产量无关，属于不变成本。故式(4-27)又可改写为

$$pN = C_b + C_D + sN \quad (4-29)$$

式中 C_b ——单件可变成本， $C_b = C_M N + C_W N$ ；
 C_D ——不变成本，即模具费。

由式(4-29)及式(4-28)可得销售毛利润为

$$sN = pN - C_b - C_D = pN - C_0 \quad (4-30)$$

由式(4-30)可见，在销售量 N 一定时，当销售收入 pN 等于总成本 C_0 时，利润为零，此时企业不盈不亏，由此得不盈不亏的最低销售量(即临界销售量)为

$$N_{\min} = C_0 / p = (C_b + C_D) / P \quad (4-31)$$

显然， $N > N_{\min}$ 时，企业将盈利，否则企业将亏损。

将 C_D 、 C_0 与 pN 分别绘制在盈亏平衡图上，如图4-33所示，则可清楚地看出盈亏平衡点的性质。销售收入线 pN 与总成本线 C_0 的交点 G 就是盈亏平衡点， G 点所对应的销售量即为盈亏临界销售量 N_{\min} 。 pN 线与 C_0 线之间以 G 为界分成两个阴影区： $+sN$ 区为盈利区， $-sN$ 区为亏损区。

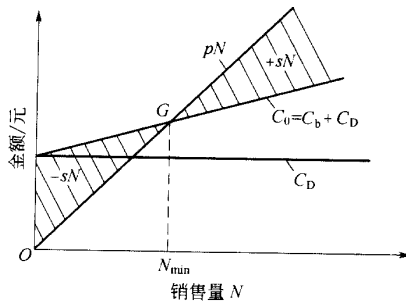


图 4-33 盈亏平衡图

二、降低冲压件生产成本的措施

冲压件生产成本包括材料费、加工费和模具费，因此，降低生产成本，就是要降低以上构成生产成本的各项费用。通常可采取以下措施。

1. 采用合理的冲压工艺

由于合理的冲压工艺能降低材料费和模具费，节约加工工时，因此能有效地降低生产成本。另外，产量较大时，采用多件同时冲压或对称冲压也可降低模具费、材料费及加工

费,还能使变形均匀,提高冲压件质量。

2. 提高材料利用率,降低材料费

冲压生产中,冲压件的原材料费一般约占生产成本的60%左右,所以提高材料利用率是降低冲压件生产成本的重要措施之一,特别是材料单价较高的冲压件,此点尤为重要。

提高材料利用率、降低材料费的方法如下:

- ①在满足冲压件强度和使用要求的情况下,减少材料厚度;
- ②改进冲压件结构形状,以利于合理排样;
- ③减少搭边,采用少、无废料排样或多列排样;
- ④采用多件组合排样或利用废料套冲。

3. 降低模具费

模具费在冲压件生产成本中占有一定比例,特别在小批量生产中,降低模具费尤其显得重要。为了降低模具费,对于小批量生产,应尽量采用简易模具,因为简易模具结构简单,制造周期短,价廉,所以能降低模具费;对于大批量生产,应尽量采用高效率、长寿命的硬质合金级进模,因为硬质合金冲模的寿命比钢模大得多(约为钢模的20~40倍),而模具制造费仅为钢模的2~4倍,这样折算到单个冲压件的模具费就可降低;对于中批量生产,应尽量使冲模标准化,大力发展冲模标准件品种,推广冲模典型结构,以最大限度地缩短冲模设计与制造周期。

4. 采用自动冲压及高速冲压

从安全和降低成本两个方面来看,自动化生产是冲压加工的发展方向。今后不仅大批量生产中采用自动化,在小批量生产中也可采用自动化。在大批量生产中采用自动化时,虽然模具费用较高,但生产率高,产量大,分摊到每个冲压件上的模具费比较低。在小批量生产中采用自动化,符合安全性要求,但从目前的技术状况来看,经济性方面还是存在问题。

自动化生产中,降低成本的手段是高速化,这样可以降低冲压件的加工费和材料费。为了实现高速化,需要相应解决压力机噪声、振动和延长模具寿命等问题。

三、技术经济分析

技术经济分析的主要任务是对各种技术方案进行经济分析比较,从中选择最优(即经济效果最好)的方案。

在冲压生产中,同样的冲压件通常可以采用几种不同的工艺方案,实际确定时应把各种方案加以分析比较。如果两种方案相比,劳动消耗相同时,得到的有用成果大的方案为优;或者得到的有用成果相同时,劳动消耗小的方案为优。为优的方案,表明经济效果好。经济效果可用下式表示

$$E = V/C \quad (4-32)$$

式中 E ——技术经济效果(经济效果系数);

V ——有用成果(使用价值);

C ——劳动消耗。

经济效果系数 E 越大,表示经济效果越好。如果 $A、B$ 两个方案相比时, $E_A > E_B$,则 A 方案为优。但在选择最优方案的技术经济分析中,还要考虑具体使用条件,因为在各种不同的因素作用下,其技术经济效果是不同的。如果几个方案中的各项内容均不相同,则应全面地进行分析,若只有某些内容不相同,而其他内容均相同,则只需就这些不同的方面进行分析比较,选择经济合理的方案。

进行技术经济分析有多种方法。在冲压生产中,常用的有方案分析法和数学分析法。

1. 方案比较法

如果有两个以上技术方案并从中选优,则可用方案比较法。方案比较法是借助于能从各方面说明方案优劣的指标,通过计算与分析比较,进行选优的方法。这里用生产成本的降低额作为衡量其技术经济效果的指标为例来进行方案比较。

例如,生产图 4-34(a)所示零件,有以下三种方案:

方案一 切削加工;

方案二 落料、整修;

方案三 精密冲裁。

其总生产成本分别为

$$C_{01} = C_{a1}N + C_{b1}$$

$$C_{02} = C_{a2}N + C_{b2}$$

$$C_{03} = C_{a3}N + C_{b3}$$

三种方案的生产成本 $C_{01}、C_{02}、C_{03}$ 与产量 N 的关系如图 4-34(b)所示。当产量为 N' 时,与切削加工(方案一)相比,两种冲压方案(方案二、方案三)生产成本的节约额分别为

$$\Delta C_{02} = C_{01} - C_{02} = N'(C_{a1} - C_{a2}) + (C_{b1} - C_{b2})$$

$$\Delta C_{03} = C_{01} - C_{03} = N'(C_{a1} - C_{a3}) + (C_{b1} - C_{b3})$$

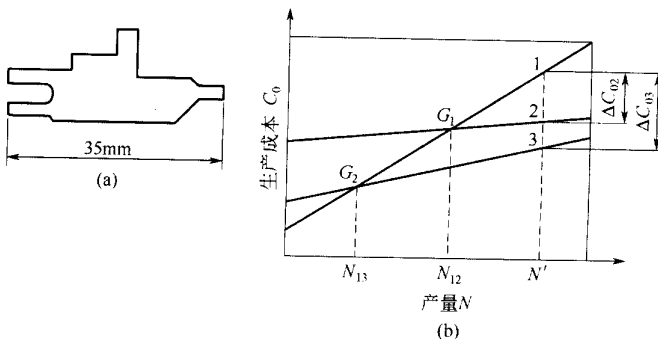


图 4-34 生产成本的比较

1—切削加工 2—落料、整修 3—精密冲裁

从图中可见,所采用的冲压方案的节约额 $\Delta C_{02}、\Delta C_{03}$ 是与各冲压方案的最小经济产量 $N_{13}、N_{12}$ 有关的,即 $N_{12} > N_{13}$ 时, $\Delta C_{03} > \Delta C_{02}$ 。所以,在此情况下,采用方案三(其成本为 C_{03})时,可获得最大的生产成本节约额。

从图中还可以看出,当产量 $N < N_{13}$ 时,采用方案一较为经济;当产量 $N > N_{13}$ 时,采用方案三较为经济;而方案二只有在产量 $N > N_{12}$ 时,才比方案一经济。

通常,冲压零件是由多道工序制成的,其工艺过程除冲压工序以外,还有热处理、表面处理等后续工序。所以在分析、比较冲压件工艺方案时,除考虑冲压工序本身的成本外,还应考虑其后续工序的加工费用,以求得冲压件整个加工过程的总成本最低。

2. 数学分析法

数学分析法是运用数学工具,通过确定目标函数,在劳动消耗一定的情况下求极大值(有用成果最大),或在有用成果一定的情况下求极小值(劳动消耗最小)的方法,进行选优,找出最佳方案。通过这样求得的数值,还应根据计算中尚未考虑进去的因素加以修正。数学分析法便于使用计算机辅助计算和分析,因而是一种很方便和有前途的方法。

例如,有一冲压车间在进行成批量生产时,由于设备和人员的原因,“工作地”需轮番重复地由生产一种零件(工序)转为生产另一种零件(工序),每次转换都要重新调整设备和安装模具。调整费是影响成本的因素之一,如果加大批量和延长生产间隔期,可以相应地减少调整次数,提高生产率和降低生产成本。但是批量和间隔期过大,又会加大在制品(即生产中的半成品)储存量,延长生产周期,降低生产率和提高成本。那么,在成批生产中,调整次数以多少为合理呢?这个问题可利用数学分析法来直接算出最经济(即最佳)的调整次数。

设该车间每月调整次数为 x (未知数,优选对象),每次调整费为 f (为平均固定值),则车间每月调整费 C_1 为

$$C_1 = fx$$

若月产量为 N ,每件单价为 p ,则每批在制品储存量价值为 pN/x ,在制品平均储存量价值为 $pN/2x$ 。又设储存费占在制品平均储存量价值的比率为 k ,则车间每月在制品储存费 C_2 为

$$C_2 = \frac{pN}{2x}k$$

由此可得每月调整费与在制品储存费的总额 C 为

$$C = C_1 + C_2 = fx + \frac{pN}{2x}k$$

令 $\frac{dC}{dx} = 0$,即

$$f - \frac{pN}{2x^2}k = 0$$

整理后得

$$x = \sqrt{Npk/2f}$$

$x = \sqrt{Npk/2f}$ 即为每月调整次数的最优解。

第五章 经济型冲压模具的设计

冲压加工已被广泛地应用于工业生产,它是一种少切屑或无切屑、经济高效的加工方法。但是其模具的制造费用较高、制造周期较长,只有在大批量生产时才能显现出其在技术上和经济上的优势。对于新产品的试制以及频繁更新换代的冲压件,要求在保证质量的前提下降低成本、尽快投产,常规模具已不能适应其需要,而采用经济型冲压模具成形则是行之有效的生产工艺方法。以下介绍几种常见的经济型冲压模具。

第一节 锌基合金模具

一、锌基合金冲模的特点与应用

锌基合金冲模是利用锌基合金作为模具材料,运用铸造、挤切等方法制造的简易模具。它的制造工艺简单、制模周期短、成本低,能在较短时间内制出样品,因此适合于新产品的试制和中、小批量的生产,是一种快捷、经济的冷冲压模具。

由于锌基合金材料的硬度低于被冲压材料,而且在冲压过程中具有自润性,因而不易拉伤工件。锌基合金冲裁模还具有自动调整和补偿凸、凹模合理间隙的功能,所以在正常使用期间毛刺不会超过允许值。

锌基合金可以用于制作各类工序的冷冲压模具,如冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模等的主要工作零件,以及卸料板、压边圈、上、下模板和导向板等。

与钢制冲模相比,锌基合金冲模的耐磨性比钢制冲模差,模具寿命相对较短。因锌基合金的硬度较低,用于弯曲、拉深、成形时不能承受过大的变形力。冲裁时,由于材料强度的限制,锌基合金复合冲裁模选用的冲裁搭边值应大于钢制冲模,故材料的利用率相对较低。

二、锌基合金的成分与性能

模具用锌基合金是以锌为基体,添加铝、铜和微量的镁等元素熔炼而成的合金材料。其中,添加铝可以细化晶粒,增加合金的强度和流动性。增添铜可以提高合金的强度和硬度。微量的镁可以细化晶粒,增加合金的硬度和抗拉强度,抑制有害元素的影响。

表 5-1 为国内外生产的几种锌基合金的配方,表 5-2 列出了部分锌基合金的物理力学性能,模具用锌基合金的力学性能近似于低碳钢或铸铁。

锌基合金的铸造性能类似于青铜,熔点低(只有 380℃),可以使用简单的设备进行熔化和配制,采用砂型、金属型铸造,一般浇铸温度应控制在 420~450℃。由于锌基合金具有冷凝收缩的性质,因此在铸造时可以将镶嵌的零件直接铸入合金。锌基合金材料具有良好的重熔性和重铸性,重熔或重铸的合金性能相同,因而合金材料可以反复重熔再用,极大地降低了模具的成本。锌基合金的易切削性能相当于铝合金,容易进行机械加工和修饰加工。

表 5-1 几种锌基合金的配方

锌基合金牌号	质量分数/%			
	锌(Zn)	铜(Cu)	铝(Al)	镁(Mg)
ZAS(日本)	其余	2.85~3.35	3.9~4.2	0.03~0.06
KirKsit(美国)	其余	3.09	3.95	0.049
(北京农业大学)	其余	2.96	3.96	0.034
(南京机械研究所)	其余	3~3.5	4~4.5	0.04~0.07
62-1(62所)	92.12	3.42	3.56	0.04
62-2(62所)	91.97	3.64	3.53	0.04
ALL13-1(前苏联)	87.4~84.9	11~13	1.5~2	0.1
ALL13-2(前苏联)	90.7~89.3	7~8	1.8~2.2	0.5

表 5-2 部分锌基合金的物理力学性能

性能	种 类							
	ZAS (日本)	Crnopdie (美国)	Kavem-2 (英国)	Z-430 (德国)	南京机械 研究所(中国)	62-1 (中国)	ALL13-1 (前苏联)	ALL13-2 (前苏联)
密度/(g/cm ³)	6.7	6.7	6.6	6.7	6.7	6.7		
熔点/℃	380	399~403	358	390	380	380	373	378
凝固收缩率/%	1.1~1.2	0.01	1.1	1.1	1~1.1	1.1~1.2		
抗拉强度/MPa	240~290	260~300	249	220~240	297.5	268		
硬度/HBS	100~115	130~150	140	—	123~131	124	250~280	200~250
抗压强度/MPa	550~600	—	685	600~700	600~700	550~600	110~125	110~125
抗剪强度/MPa	240	—	—	300	—	240		
热膨胀系数/(10 ⁻⁶ /℃)	26	—	28	27	—	26		
热导率/(W/m·K)	0.367	—	—	—	—	0.367		
伸长率/%(50mm 试件)	1.2~3.4	3.0	—	1.0	—	1.6		

三、锌基合金冲裁模的设计与制造

1. 锌基合金冲裁模的冲裁机理

锌基合金冲裁模的结构型式与普通钢模基本相似,可以制作落料模、冲孔模、切边模,也可以制成复合冲裁模。但在它的主要工作部件凸模或凹模中,一个为锌基合金材料(在生产中主要用于凹模),另一个为钢质材料。因此,锌基合金冲裁模的冲裁机理与普通钢

模并不相同。

如果凸模为淬火工具钢,其硬度在 58~62HRC 之间,锌基合金的凹模硬度则只有 120~130HBS,两者之间存在着很大的硬度差。在冲裁过程中,质软的锌基合金刃口不可能保持锋利,将出现塌角,形成钝的小圆角刃口。冲裁开始阶段,钝的合金刃口与另一个锋利的模具钢刃口作用于板料,仅在锋利的钢刃口处板料因应力集中先产生裂纹。而板料下表面凹模处的材料,由于处于三向压应力状态,裂纹出现很迟。随着凸模进一步下压,裂纹扩展到材料内部直至合金凹模附近,与刚从凹模刃口竖壁处产生的裂纹相迎合,完成了板料的分离。这种过程称为“单向裂纹扩展机理”。

在冲裁过程中,冲裁力在锌基合金凹模端面产生的作用力,迫使端面合金产生塑性变形,向刃口竖壁侧面移动,不断补偿刃口竖壁与板料相对运动所造成的磨损和间隙,达到磨损和补偿的相对平衡。这种补偿形式称为“自动补偿磨损机理”。而在冲裁过程中逐渐自动形成的合理间隙称为“动态平衡间隙”。这也是锌基合金冲裁的另一特点。

自动获得动态平衡间隙的必要条件是锌基合金冲裁模的实际起始间隙必须小于动态平衡间隙。这种间隙值因被冲材料的性质、厚度不同而异。从这个机理出发,制造锌基合金冲裁模时不需要用人工方法配制冲裁间隙。

2. 锌基合金冲裁模的设计

(1) 设计原则

由于锌基合金冲裁模采用的是一软一硬的刃口,被冲材料在软刃口一侧的毛刺较大。根据锌基合金冲裁模的工作特性,在设计落料模时,凹模选用锌基合金,而凸模采用工具钢制造。复合模的凸模和凹模选用锌基合金,而凸凹模采用工具钢制造。

(2) 冲裁间隙 C

为了便于加工制造,锌基合金冲裁模的初始间隙值一般取为零,在极个别的情况下(如冲制厚度较大或难加工的材料时),可取料厚的 5% 左右。

(3) 凸、凹模尺寸的计算

① 落料工序 设冲件尺寸为 $:D_{-\Delta}$,落料钢质凸模的尺寸为

$$D_p = (D - X\Delta - 2c)_{-\delta_p} \quad (5-1)$$

② 冲孔工序 设冲件孔径尺寸为 $:d^{+\Delta}$,冲孔钢质凹模的尺寸为

$$d_d = (d + X\Delta + 2c)^{+\delta_d} \quad (5-2)$$

式中各字母的含意与冲裁模刃口尺寸的计算相同。IT14 级以下精度的冲压件,式中单面间隙 c 一项可以不考虑。

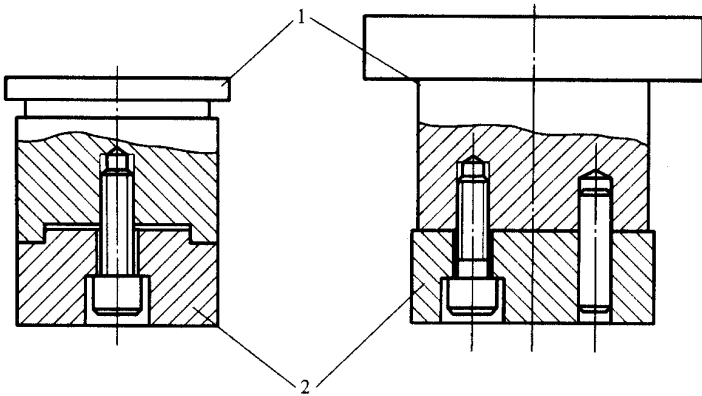
③ 选用锌基合金作凸模时应注意,锌基合金的抗压强度是有限的,只有 600~800 MPa,因此其冲裁的料厚和最小孔径受到限制,设计时必须校核。锌基合金凸模的强度较低,凸模结构一般采用组合式、镶拼式,如图 5-1 所示。

(4) 凹模洞口竖壁高度及凹模厚度的确定

锌基合金凹模必须有足够的厚度和壁厚以保证强度,凹模竖壁的高度应能满足自动补偿磨损的条件。对于锌基合金凹模的竖壁高度尺寸,一般根据经验确定,取为钢制模具的 1 倍左右。锌基合金凹模的总厚度可参考钢模选取,但不应小于 30mm。锌基合金凹模

的洞口竖壁高度可按表 5-3 选取。

(5) 冲裁力的计算



1—凸模钢质固定部分；2—锌基合金凸模

图 5-1 锌基合金凸模的结构型式

表 5-3

凹模洞口竖壁高度及凹模厚度

mm

材料厚度 t	≤ 1	≤ 2	≤ 3	≤ 4
h_1	5~8	8~12	12~15	15~20
h	> 30			

锌基合金冲裁模的实际冲裁力比钢模大一些，通常冲裁力按下式计算：

$$F = (1.5 \sim 2)Lt\tau \quad (5-3)$$

式中：

- F ——冲裁力(N)；
- L ——冲件轮廓周长(mm)；
- t ——冲件厚度(mm)；
- τ ——被冲材料的抗剪强度(MPa)。

(6) 最小搭边值的确定

锌基合金冲裁模搭边的作用不仅是为了补偿送料误差。因为锌基合金刃口冲裁时会产生塌角，出现环绕刃口的压力环带，为了防止材料的变形影响冲压件质量，保护模具刃口，搭边值应大于钢模冲裁时的搭边值。其值按下式确定：

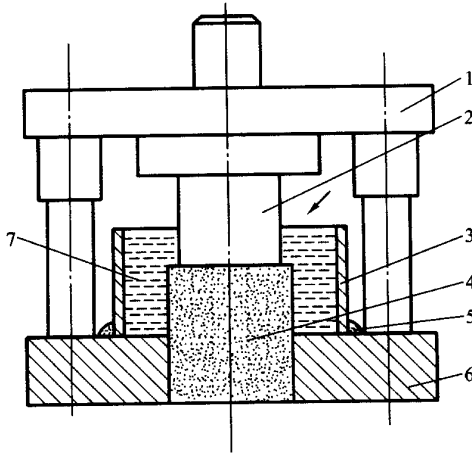
$$a = a_1 = (2 \sim 3)t \quad (5-4)$$

3. 锌基合金冲裁模的制模工艺

锌基合金冲裁模的制作方法有浇注法、挤切法、镶拼法以及加镶钢皮或钢板刃口的制作方法等。

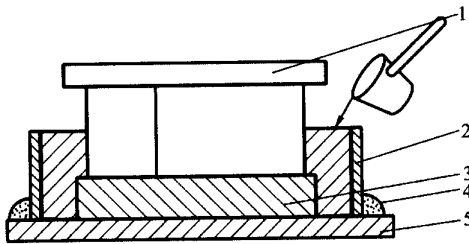
(1) 浇注法

① 模内浇注法 该方法主要用于形状轮廓简单、中小尺寸的各种料厚冲裁件,一般合金用量少于 20 kg,浇注时温度对模架的变形影响不大。制模工艺过程参见图 5-2。先将已制成的钢凸模 2 通过凸模固定板安装到上模座 1 上并找平,然后在下模座上安放凹模框 3,并在模框外侧周边填上细砂 5 压实,以防熔化合金外泄。在凹模框中放上漏料孔模芯 4,注意对准经过预热的凸模(150~200℃),并调整好凸模的高度。将已熔化的锌基合金(420~450℃)浇入模框,直至所需的高度,待合金冷凝至大约 200℃时拔出凸模(完全冷却后凸模很难拔出),随即急冷凹模以提高其机械性能。然后取出漏料孔模芯,铣削合金凹模上表面,加工螺钉孔、销孔,再将凹模安装到下模座 6 上。最后用钢凸模刃口挤切因冷凝而缩小的合金凹模刃口,形成无间隙状态的冲裁模具。试冲时冲件应先从薄料逐步加厚,以自动形成合理间隙。



1—上模座;2—凸模;3—凹模框;4—漏料孔模芯;
5—细砂;6—下模座;7—浇注锌基合金凹模

图 5-2 模上浇注



1—凸模;2—模框;3—漏料孔模芯;
4—细砂;5—平板

图 5-3 模下正向浇注

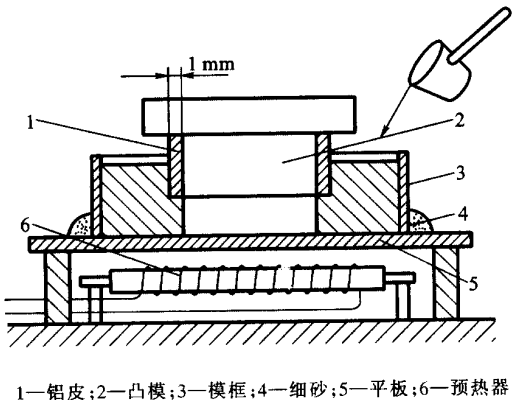
② 模外浇注法 模外浇注法是在模架外浇注凹模成形,经加工修整后再安装到模架上使用的方法。此方法用于中型零件,合金用量一般在 20~30 kg 以上,采用这种方法可

以避免浇注时温度对模架的影响。模外浇注又可分为正向浇注和反向浇注,浇注过程如图 5-3(正向浇注法)、图 5-4(反向浇注法)所示。

模外正向浇注的方法和模内浇注的制模工艺基本相同。

(2) 挤切法

所谓挤切法,就是利用钢质凸模硬度比锌基合金材料高的特点,用淬火的钢凸模对锌基合金凹模坯料进行挤切切削以获得凹模刃口的制模方法。挤切法制得的凸、凹模初始间隙为零,而且分布均匀一致,为冲裁时获得动态平衡间隙创造了必要的条件。



1—铝皮;2—凸模;3—模框;4—细砂;5—平板;6—预热器

图 5-4 模下反向浇注

(3) 镶拼法

就是将模具工作零件分块制造再拼接安装的方法。主要用于大型冲压模具,汽车覆盖件的落料、修边模具等。对于大型冲压件,采用镶拼结构有利于消除合金浇注时的收缩变形。

四、锌基合金成形模的设计与制造

锌基合金可以制作弯曲模、拉深模以及其他各种成形模具。由于锌基合金具有良好的机械性能以及耐磨损和自润滑性能,使用该类模具冲压成形不会产生划伤,有利于金属坯料在成形过程中的流动,能够获得比钢模大的成品率,适合于新产品试制及中、小批量生产。锌基合金成形模常采用模型铸造的方式浇注。

1. 模型的设计和制作

采用模型铸造的方式浇注锌基合金模具,模型的制作材料有木材、石膏、型砂、黏土、金属、塑料等。不同的模型制作方法和模型材料,其模具制造工艺方法亦不相同。

拉深模模型的设计一般先设计凸模模型,并考虑到锌基合金的冷凝作用。凹模模型以凸模模型为基准,加上拉深件材料的厚度翻制而成。

成形模模型其凸模往往采用钢模,也可用木模造砂型浇铸成凸模或凹模,再用此凸模或凹模为模型浇制相应的凹模或凸模。模型设计基本按工件的尺寸放收缩量,最后通过加工达到尺寸要求。

2. 锌基合金弯曲模和拉深模的典型结构

图 5-5 所示为锌基合金弯曲模的结构,弯曲凸模 3 和弯曲凹模 6 都是用锌基合金浇注制成的。该模具采用了整体式结构,并用样件法制模,使用了缓冲器顶杆 7 卸料。由于是校正弯曲,所以垫块 5 为钢质。

图 5-6 是锌基合金拉深模的示例,为里程表外壳的拉深模。拉深件材料为 08 钢板,料厚为 1mm。凹模 1 采用锌基合金,由于锌基合金凹模材质较软,为了避免在拉深过程中限位销 3 将凹模端面顶出凹坑,引起工件拉深深度的变化,所以凹模端面采用了钢质镶块 2。

3. 锌基合金成形模的制模工艺

简单形状的弯曲件(如V形、U形件),其模具制作时可以直接利用模框浇注成模块,通过机械加工制成凸、凹模,然后装配成模具。锌基合金拉深模及其他成形模的制模方法有石膏型制模、砂型制模、样件制模、液态金属挤压制模等。

(1) 石膏型制模工艺(图5-7)

①根据计算确定的尺寸,制作木质的凸模模型。然后浇注石膏制得锌基合金凸模的石膏凹型(图5-7a)。

②石膏凹型干燥后涂上分模剂,再重浇一次,获得石膏凹型(图5-7b)。

③将熔化的锌基合金浇入烘干的石膏凹型内,得到锌基合金凸模(图5-7c)。

④凹模模型以石膏凸型为基准,加上与零件材料厚度相等的补偿层,制得石膏型芯模型,烘干后浇注获得锌基合金凹模(图5-7d)。

(2) 砂型制模工艺

锌基合金模具的砂型制模工艺,与有色金属铸造工艺基本相同。制模工艺过程见图5-8。

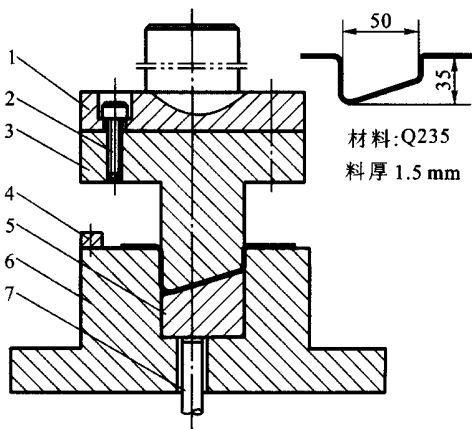
①先根据工件图纸计算制作木质的凸模模型。

②在木模上敷贴一层相当于工件厚度的铅皮、蜡板或黏土类材料,翻制一个石膏凹模过渡型,凝固后烘干。

③将木模放入砂箱,填入型砂并造型,熔化合金然后浇注锌基合金凸模。

④用石膏过渡模型制作凹模砂型,浇注锌基合金凹模。

⑤修整成型的锌基合金凸模和凹模。



1—模柄;2—螺钉;3—锌基合金凸模;4—定位板;
5—垫块;6—锌基合金凹模;7—顶杆

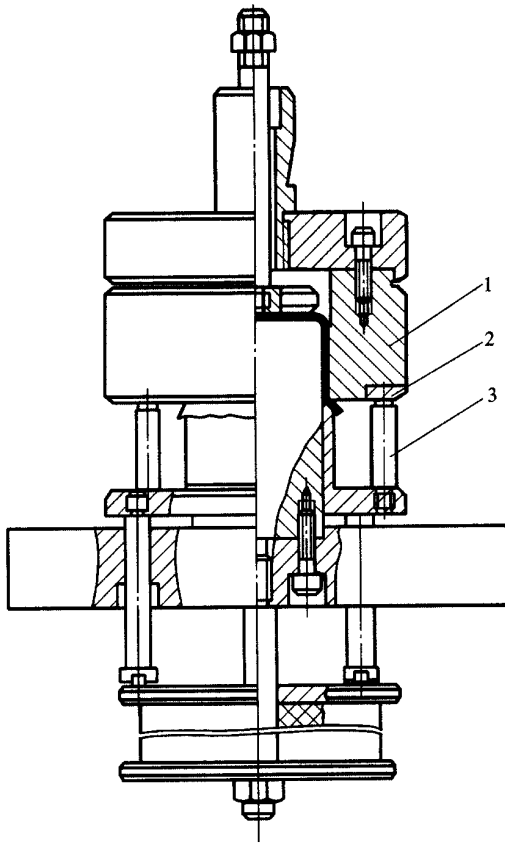
图5-5 锌基合金弯曲模

第二节 聚氨酯橡胶模

一、聚氨酯橡胶冲模的特点及应用

聚氨酯橡胶是一种人工合成的高分子弹性体材料。聚氨酯橡胶冲模采用了聚氨酯橡胶代替模具中的凸模或凹模,冲压时聚氨酯橡胶压缩变形产生的力使板料发生塑性变形或分离,从而获得所需要的合格零件。

聚氨酯橡胶冲模的特点是结构简单,制造方便,生产周期短,成本低,而且冲制的零件



1—锌合金凹模；2—镶块；3—限位销

图 5-6 锌合金拉深模

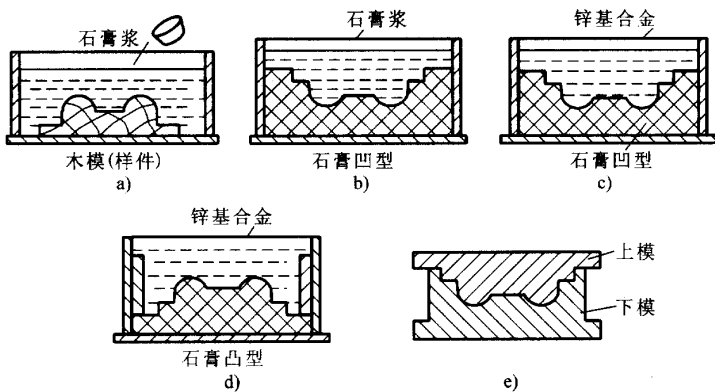


图 5-7 石膏型制模工艺示意图

精度容易保证，成形过程中不会划伤工件表面，制件质量好，适宜于新产品试制及中、小批量的生产。其缺点为冲裁时所需的冲压力及板料搭边值大于钢制模具，生产效率不够高。

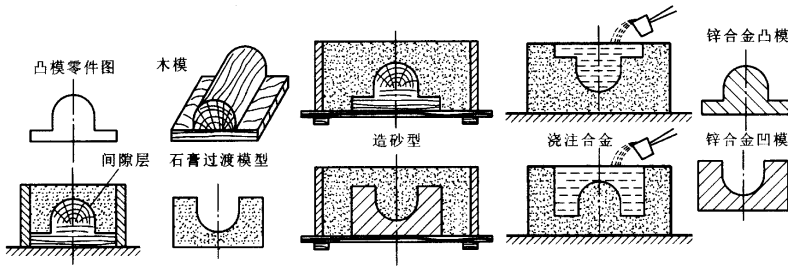


图 5-8 砂型制模工艺过程示意图

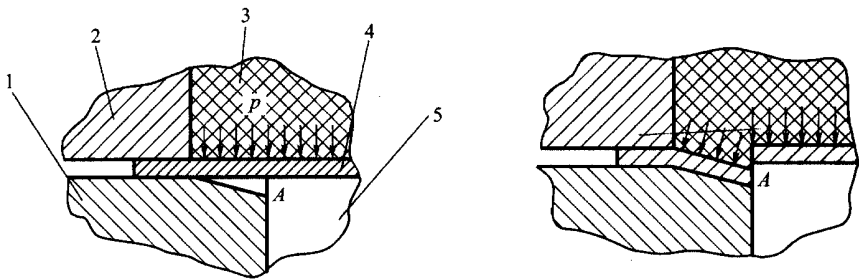
聚氨酯橡胶冲模特别适合于薄板材料的冲裁,还可进行弯曲、拉深、翻边、局部成形及胀形等冲压加工。

聚氨酯橡胶既有优异的弹性,又有一定的硬度,它的耐磨性能是天然橡胶的 5~10 倍,耐油性约为天然橡胶的 5~6 倍,而且耐老化,抗撕裂性能强,并具有良好的机械加工(车、钻、铣、磨等)性能。

二、聚氨酯橡胶冲裁模的设计

1. 聚氨酯橡胶冲裁模的冲裁机理

聚氨酯橡胶冲裁模是利用聚氨酯橡胶作为主要工作部件使板料分离的模具,主要是由钢制的凸模(或凹模)及压边圈和一个装有聚氨酯橡胶模垫的容框组成。冲裁时容框内的聚氨酯橡胶在封闭状态下受压变形,各方向所受的单位压力相等,具有静水压力的性质,其变形压力压紧坯料,并迫使坯料沿凸模或凹模刃口周边 A 处产生应力集中现象,当被冲材料受到的应力超过了材料的抗剪强度时,刃口处的材料产生裂纹,直至切断分离,如图 5-9 所示。



1—卸料板;2—容框;3—聚氨酯橡胶;4—板料;5—凸模

图 5-9 聚氨酯橡胶冲裁过程示意图

2. 聚氨酯橡胶冲裁模的结构设计

聚氨酯橡胶冲裁模可以冲裁各种复杂形状的外形、内孔和型槽以及进行冲孔、落料复合冲裁。图 5-10 所示为聚氨酯橡胶落料模,图 5-11 为聚氨酯橡胶垫圈冲孔落料复合模的示例。

(1) 凸、凹模尺寸的确定

由于聚氨酯橡胶冲裁模的凸、凹模之一为钢模,另一个为聚氨酯橡胶所代替,没有凸、

凹模冲裁间隙,因此凸、凹模的尺寸由钢质凸模或凹模确定。

落料时以聚氨酯橡胶作凹模,落料钢凸模的尺寸为:

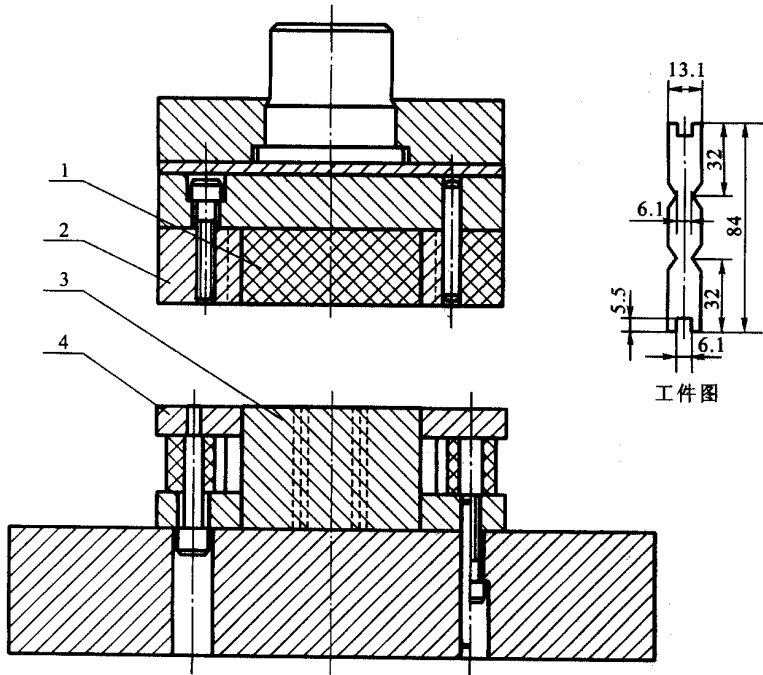
$$D_p = (D_{\max} - X\Delta) - \delta_p \quad (5-5)$$

冲孔时以聚氨酯橡胶作凸模,冲孔钢质凹模的尺寸为:

$$d_d = (d_{\min} + X\Delta) + \delta_d \quad (5-6)$$

系数 x 一般取 $1/2 \sim 3/40$ 钢质凸、凹模刃口必须锋利,淬火硬度为 $(60 \sim 64) \text{HRC}$ 。

(2) 压料板和顶杆的设计

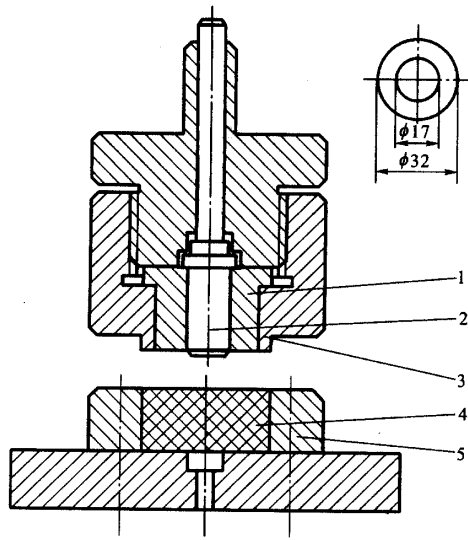


1—聚氨酯橡胶模垫;2—容框;3—凸模;4—卸料板

图 5-10 聚氨酯橡胶落料模

压料板和顶杆的运用可以使容框内的聚氨酯橡胶处于全封闭状态,这时较小的聚氨酯橡胶变形就能在凸模、凹模刃口处产生很大的单位压力,迫使板料分离,获得质量令人满意的工件。

压料板的结构形式可以分为固定式和活动式两种,它们的结构尺寸及使用场合如表 5-4 所示。



1—凸凹模；2—顶杆；3—压料圈；4—聚氨酯橡胶模垫；5—容框

图 5-11 聚氨酯橡胶垫圈复合模

表 5-4

压料板的结构

型 式	简 图	说 明
固定式压料板		<ol style="list-style-type: none"> 1. 压料板和凸凹模一起进入容框,能有效地控制橡胶变形程度,提高单位挤压力; 2. $\alpha = 5 \sim 10^\circ$, $h = 3 \sim 6t$,允许在试模时修正; 3. 适用于冲裁外形复杂的薄件
活动式压料板		<ol style="list-style-type: none"> 1. 压料板不能进入容框,能起到压料和卸料作用; 2. $\frac{Z}{2} = 0.5 \sim 1.5\text{mm}$; 3. 有效压料宽度 $b \geq 12t$

顶杆的设置可以防止冲裁时,因钢质凹模型腔内板料和聚氨酯橡胶的过度变形引起的冲裁件质量下降和聚氨酯橡胶的损坏。顶杆的结构型式取决于顶杆的直径(图 5-12),其几何参数可参考表 5-5 选取。顶杆与凸凹模内孔的配合一般采用 $\frac{H8}{h7}$ 。

(3) 容框和聚氨酯橡胶模垫的设计

容框的型腔与相应工件的外形相似,容框尺寸每边比钢制凸模大 0.5 ~ 1.5 mm,板料薄则取小值。为了提高聚氨酯橡胶压缩时的单位压力,容框型腔应比聚氨酯橡胶模垫略小,一般保持聚氨酯橡胶装入时有 0.1 ~ 0.3mm 的过盈量。容框口部的圆角半径为 $R0.5 \sim 0.8$ 。在冲压过程中,容框要承受较大的压力,所以必须具有一定的强度和刚度,通常可按强度条件进行校核。

表 5-5

顶杆的几何参数

mm

工件厚度	顶杆参数		
	h	α	r
< 0.1	0.4 ~ 0.6	45° ~ 55°	0.5
0.1 ~ 0.3	0.6 ~ 1.0	55° ~ 65°	0.5
0.3 ~ 0.5	1.2	65° ~ 70°	0.5

聚氨酯橡胶模垫的厚度一般为 12 ~ 15 mm,冲压过程中聚氨酯橡胶的压缩量不超过 30%。模垫压入容框后应与容框一起磨平。

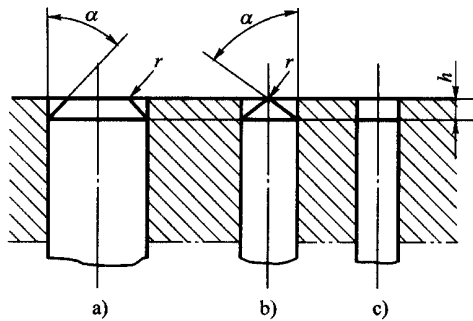


图 5-12 顶杆的结构型式

a) $d \geq 5$; b) $2.5 \leq d \leq 5$; c) $d < 2.5$

三、聚氨酯橡胶成形模

聚氨酯橡胶成形模主要由一个安装聚氨酯橡胶的容框和一个钢制凸模(或凹模)组成。模具的通用性强,可以完成不同厚度材料的弯曲、拉深、胀形等成形工序,只要换一个凸模(或凹模),利用同一个聚氨酯橡胶容框就可以在一定范围内加工不同尺寸的工件。

聚氨酯橡胶成形模一般选用硬度较低(邵氏硬度在 80A 以下)的聚氨酯橡胶,橡胶的流动性好,对成形有利。加大凸模的下压量,可以使工件受到更大的均匀压力,从而减少回弹。

聚氨酯橡胶弯曲模一般采用钢制凸模,聚氨酯橡胶用作凹模。将聚氨酯凹模设于下模时称为正弯曲,这种结构制造简单,操作方便,较为常用。将聚氨酯橡胶凹模置于上模时称为反弯曲,主要用于弯曲形状复杂的卡箍形工件。

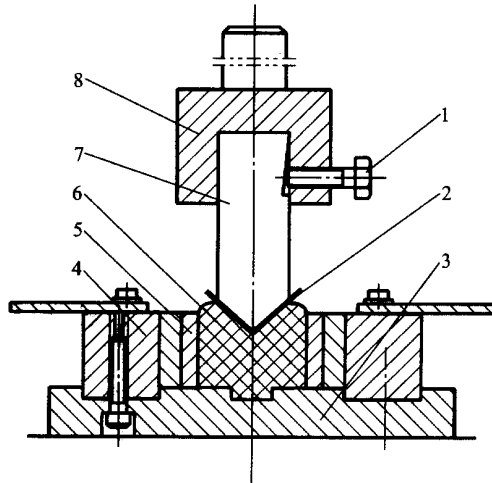
对于 V 形件和 U 形件,由于弯曲时变形区较集中,一般采用敞开式凹模。图 5-13 所示为通用 V 形件正弯曲模的结构。底板中间开槽可以减轻聚氨酯橡胶的局部压应力,提

高模具的使用寿命。

模具的聚氨酯凹模容框还可以采用另一种结构形式,在容框底部和聚氨酯橡胶模垫之间放置两个大小合适的成形棒(图5-14)并将底部加工成对称斜面,使成形棒定位于两侧。这种结构可以改善底部的受力状态,并迫使模垫产生侧向压力,从而提高了弯曲成形效果,同时降低了冲压力。

聚氨酯橡胶拉深模一般采用聚氨酯橡胶作拉深凹模,凸模为钢质。模具结构中压边圈的设置可以防止拉深时坯料凸缘区的失稳起皱。这种结构比较适合于球形、锥形、抛物面形拉深件的成形。

聚氨酯橡胶还可以用于其他类型的成形模具,如胀形模、压筋模、翻边模等等。图5-15为自行车接头胀形模的结构。成形前先将内有聚氨酯橡胶芯棒4的管件毛坯放入活动凹模2的模腔内,然后启动压力机,使上凸模1下行,对聚氨酯橡胶芯棒加压从而成形工件。成形后上凸模回升至初始位置,活动凹模由顶杆11及附加的升降装置上顶至高,高出活动凹模座6,松开活动凹模后取出工件和聚氨酯芯棒。



1—定紧螺钉;2—工件;3—底板;4—容框;
5—衬块;6—橡胶模垫;7—凸模;8—上模座

图5-13 通用V形件的正弯曲模

第三节 通用冲模和组合冲模

一、通用冲模

1. 通用冲模的工作原理及应用

虽然冲压件的形状和尺寸各种各样,但是若按几何形状分解,任何冲压件落料平面的

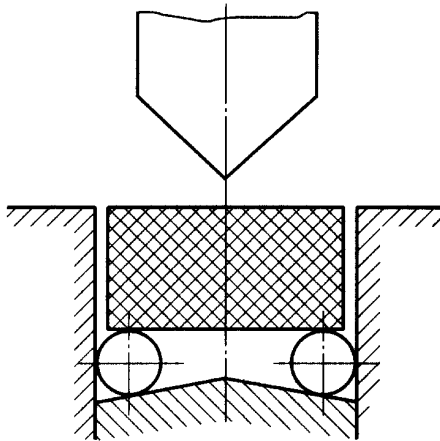
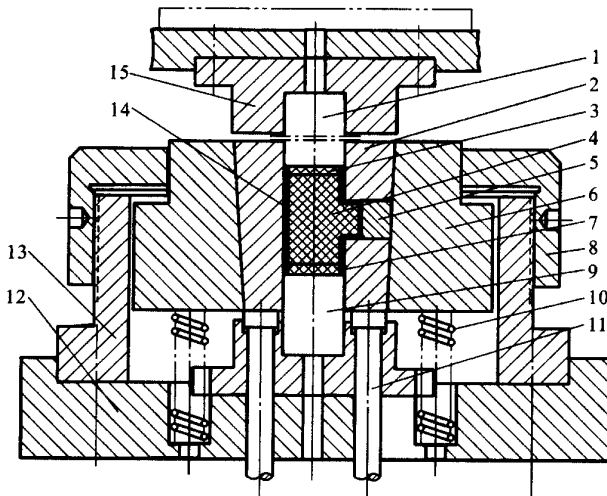


图 5-14 带成形棒的 V 形件弯曲模



1—上凸模；2—活动凹模；3—橡胶上垫片；4—聚氨酯芯棒；5—垫块；
6—活动凹模座；7—橡胶下垫片；8—定位调节圈；9—下凸模；10—弹
簧；11—顶杆；12—底板；13—定位调节座；14—工件；15—上模座

图 5-15 自行车接头胀形模

展开轮廓都可以由一些简单的直线、圆弧和圆组成。因此可以采取分解冲压的方法，设计一套加工基本几何形状的通用模具，每副模具完成轮廓形状的相应部分，使工件逐步冲压成形，即所谓“逐次冲压法”。如图 5-16 所示工件，先以坯料外形定位，冲出内孔和部分外形，然后再以内孔定位，进行切角、切边，最后使用圆弧冲模切出外形。

通常配备好一套通用冲模后，若要转换成其他产品的生产时，不需或只需增加极少量的简单冲模就能够迅速投产。但由于加工工件轮廓时是逐次接刀冲裁，冲件的形状、尺寸精度不够高，生产效率较低。因此，通用冲模适合于产品品种多、批量小，更新换代频繁，而质量要求不高的冲压件生产。

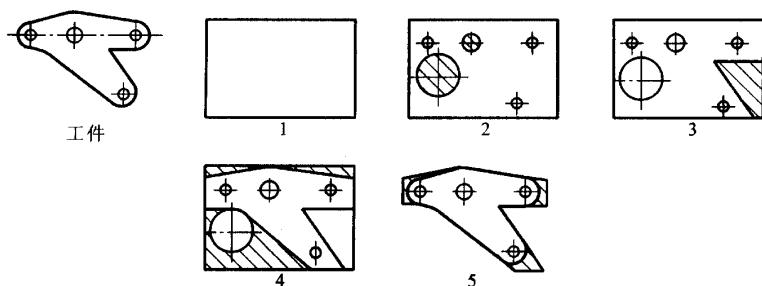


图 5-16 通用冲模的工作原理

2. 通用冲模的结构

通用冲模的结构不同于常规冲模,它具有一定的几何尺寸加工范围,凸模和凹模可以更换,并设有可调节的定位装置。除了冲孔模以外,其他通用冲模一般不具有封闭的冲裁刃口,需承受侧向压力。当侧向压力较大时,应在模具结构上设置反侧块。

图 5-17 为通用剪切模,用于不同厚度板料的冲裁和切边。上模刃口 1 和下模刃口 10 均可调换,并可调整上下刃口的间隙。反侧块 2 固定在上模体 15 上,与下模镶块 5 配合,承担冲裁时的侧向力,防止上模工作时退让。下模底板 6 的两端设置了导柱 7,与上模的导套配合成为导向结构。下模前端设置承料板 13,用以安装定位装置和送料。

图 5-18 为通用冲孔模,设有活动定位板,并能快速更换凸模和凹模,适用于在 3mm 以下料厚的板材上冲裁 $\phi 6 \sim \phi 20$ 的孔。

二、组合冲模

组合冲模是由许多不同形状、尺寸、规格的标准化模具零件和机床组合夹具零件所组成。根据待加工件的形状和尺寸,选择其中的一部分标准元件,再加上少量的模具专用零件,就可以组装出所需冲模。

冲压任务完成后,可以将模具拆卸分解成基本元件,再与其他元件重新组合,装配成新的冲模。利用不同的组合形式,可以组装成冲孔模、切角模、切边模以及弯曲模等各种模具,甚至还可以装配成简单的复合模和连续模。

组合冲模适用于多品种、少批量的冲压件生产,尤其是新产品的试制。具有通用性强、模具投产快、效率高和成本低等优点。

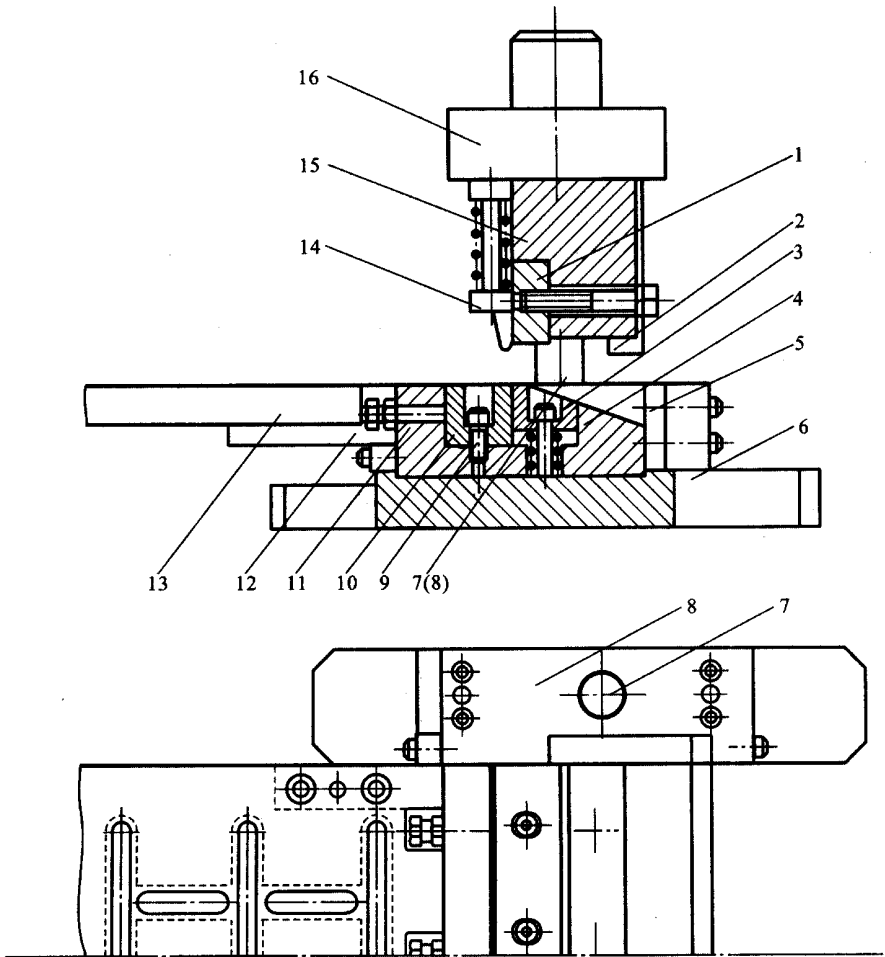
组合冲模有两种类型:一种称为积木式组合冲模,是在组合夹具的基础上发展起来的,以标准的机床组合夹具零件为主,加上适当的专用模具零件组装而成;另一种称为配套式组合冲模,是以标准的模具零件为主,加上少量的专用模具零件组装而成。

1. 积木式组合冲模

积木式组合冲模类似于积木搭建,是以组合夹具元件为基础,按照冲模的特点和要求,补充一些必要的模具通用和专用零件组合而成的冲压模具。主要适用于机械加工为主,冲压加工为辅的生产单位。

积木式组合冲模的组成元件可以分为标准化通用零件和专用零件两部分。

标准化通用零件主要是基础板、定位元件、导向元件、支承件和固定联结件等。其中



1—上模刃口;2—反侧块;3—顶板;4—下模座;5—镶块;6—底板;7—导柱;8—导柱座;9—螺钉;
10—下模刃口;11—调节螺钉;12—支撑块;13—承料板;14—压料板;15—上模体;16—上模座

图 5-17 通用剪切模

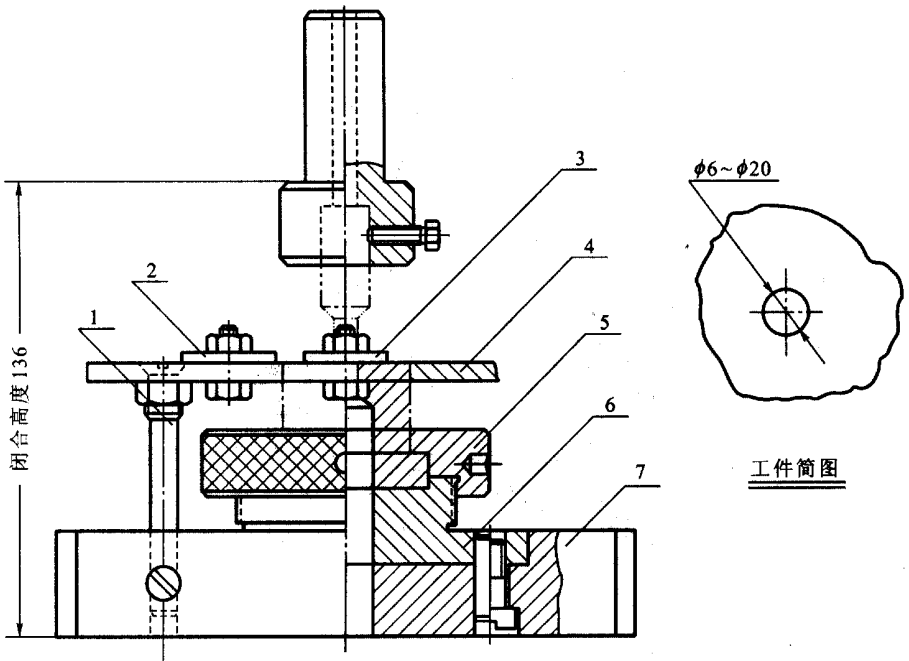
基础板开有 T 形槽,用以固定各种元件。专用零件主要是模具的凸模、凹模及其固定板、卸料板、顶料板等。

图 5-19 所示为积木式组合弯曲模示例,采用上、下基础板,弯曲凸、凹模,坯料定位元件以及模柄组装而成,元件之间由槽键定位,用紧固件联接。

对于形状为直线组成的规则冲裁件,可以采用预制的标准直线刃口拼块,拼接组合成不同形状的凹模。如图 5-20 所示,图 a 为单个刃口拼块,用作切边、裁料;图 b 为 2 个刃口拼块组合,用作切角;图 c 为 3 个刃口拼块组合,用作冲槽;图 d 为 4 个刃口拼块,用作冲孔、落料。

2. 配套式组合冲模

配套式组合冲模是以典型的冲压模具结构为基础,采用标准的通用模架、导向元件、



1—螺杆;2—侧定位板;3—后定位板;4—承料板;5—压紧螺母;6—定位套;7—下模板

图 5-18 通用冲孔模

定位元件和固定元件,再配以专用的凸、凹模等工作元件组装而成的,主要适用于冲压生产为主的工厂。与采用组合夹具元件的积木式组合冲模不同,配套式组合冲模采用的通用元件完全是按照冲压模具的结构特点设计的,因此更符合冲压模具的使用要求。

配套式组合冲模的元件可以反复拆卸、互换、组装,可以装配成落料模、复合模和级进模等。由于选用了滚珠导柱导套、浮动模柄以及导向板结构,提高了模具的工作精度,因此配套式组合冲模适合于加工形状复杂、精度要求高的冲压件。

图 5-21 所示为典型的配套式组合复合模,上模由凹模 9、凸模 2、顶板 10 组成工作和卸料部分,下模由凸凹模 3 作工作元件,导向板 8 作导向元件。凸凹模 3 用压板 5 固定在底板 7 上。工件由顶板 10 自凹模型腔内顶出,冲孔废料自底板废料孔排出。导柱下端开槽,通过卡圈卡在底板上。模具中除凸模 2、凹模 9、凸凹模 3、顶板 10、导向板 8 为专用零件外,其余均为标准件。

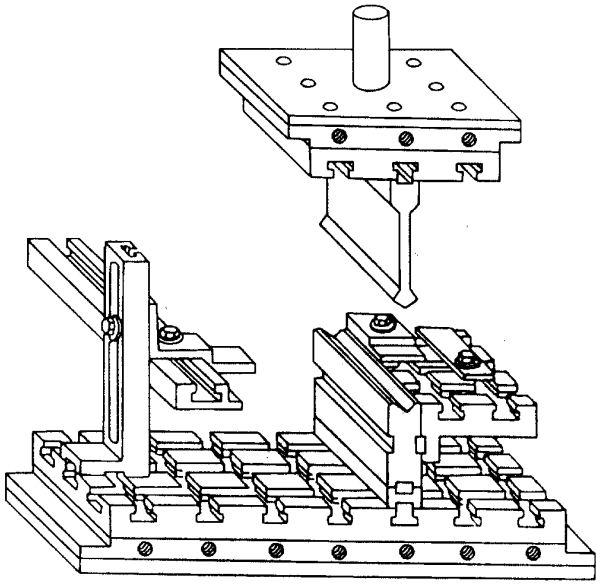


图 5-19 积木式组合弯曲模

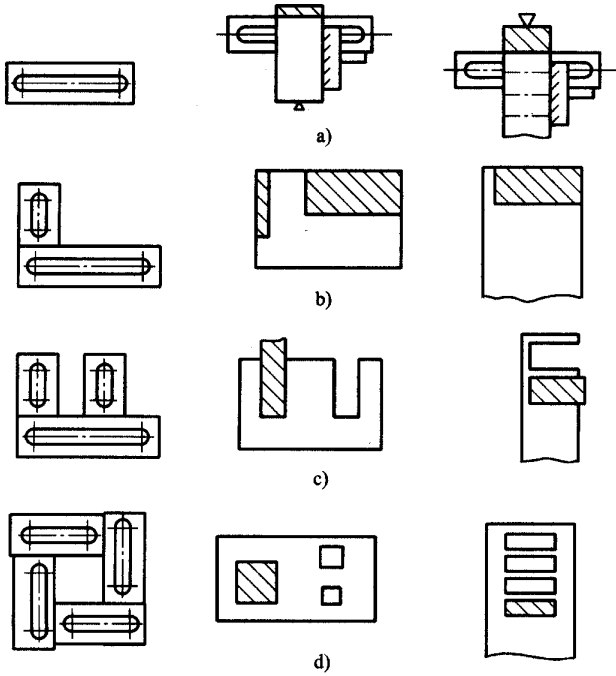
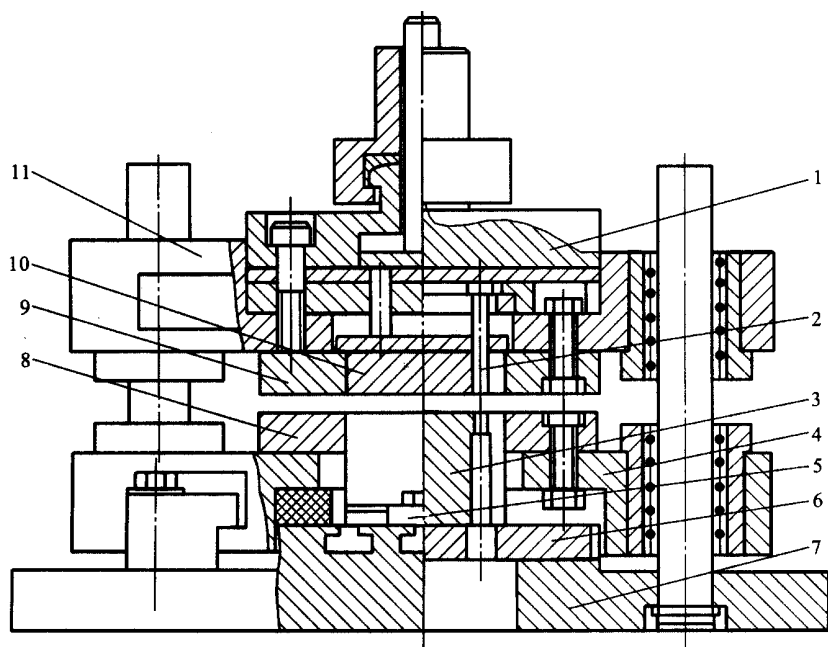


图 5-20 刃口拼块凹模的组合形式示意图



1—浮动模柄；2—凸模；3—凸凹模；4—下模板；5—压板；6—支承板；7—底板；8—导向板；
9—凹模；10—顶板；11—上模

图 5-21 配套式组合复合模

第六章 钣金冲压冲裁设计

第一节 概述

冲裁是使用模具分离材料的一种基本冲压工序,它可以直接制成平板零件或为其他冲压工序如弯曲、拉深、成形等准备毛坯,也可以在已成形的冲压件上进行切口、修边等。冲裁广泛用于汽车、家用电器、电子、仪器仪表、机械、铁道、通信、化工、轻工、纺织以及航空航天等工业部门。冲裁加工约占整个冲压加工工序的 50% ~ 60%。

图 6-1 所示的是无压边圈时金属材料的冲裁变形过程,冲裁过程大致可以分为三个阶段:弹性变形阶段、塑性变形阶段和断裂分离阶段,其变形机理详见第 2 章。

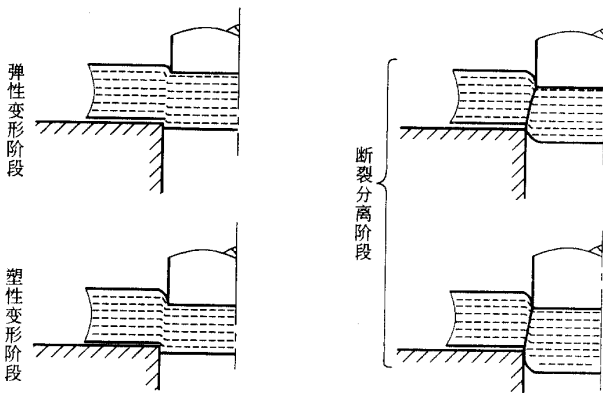


图 6-1 无压边圈时金属材料的冲裁变形过程

材料经过冲裁以后被分离成两部分,一般为冲落部分和带孔部分。若冲裁的目的是为获取有一定外形轮廓和尺寸的冲落部分,则这种冲裁工序称为落料工序,剩余的带孔部分就成为废料;反之,若冲裁的目的是为了获取一定形状和尺寸的内孔,此时冲落部分成为废料,带孔部分即为工件,这种冲裁工序称为冲孔工序。

从冲裁变形本质上讲,落料和冲孔是一回事,但是在工艺上必须作为两个工序加以区分。因为在冲模设计中,确定凸、凹模刃口尺寸和模具的结构形式时两者是不一样的。

普通冲裁材料在分离时由于受到冲裁力的作用,在凸、凹模刃口之间的材料,除了存在剪切变形之外,还存在着拉、弯、横向挤压等变形,材料最终是以撕裂形式实现分离的。

因此普通冲裁工件的断面比较粗糙、有毛刺,而且有一定的锥度,尺寸精度较低。

冲裁设计是一项技术性很强的工作。冲裁设计质量直接影响着冲压产品的质量优劣、成本消耗及生产效率,影响着冲压生产的组织与管理,因此合格的冲裁设计人员应具有较好的理论基础、丰富的实践经验、熟练的设计技能、认真负责的工作态度和善于吸取最新科学知识的能力。

一、冲裁设计在冲压加工中的作用及其基本内容

(1) 冲裁设计在冲压加工中的作用

冲压设计是冲压生产准备的基础,也是正式组织生产的依据,它体现了冲压生产工艺的先进性、合理性以及生产成本的经济性,它在一定程度上反映了工厂的生产技术水平。而冲裁设计作为冲压设计中其他工序设计的基础,在冲压生产中占有重要地位。

生产实践证明,合理的工艺方案和合理的模具结构,不仅可以为稳定产品质量、降低冲压成本提供技术保证,而且也可以为生产的组织与管理创造有利的条件。冲裁设计出现任何失误或差错,都会给生产带来不应有的损失,乃至造成人身、设备的重大事故。例如,在制定工艺方案时,可以合并的工序没有合并,致使工序数量增加,不仅影响了生产效率,而且造成了人力、物力的浪费。再如,由于模具结构设计不合理,而使送料、出件困难,这就为冲压操作带来了不便,难以保证安全生产。又如,当冲裁件作为其他工序毛坯时,由于冲裁设计不合理,导致后续工序无法进行或使冲压件产生缺陷、甚至报废等。所有这些说明,冲裁设计是一项严谨、细致而复杂的工作,它必须经过实践考验,只有保证成功的冲裁设计,才能保证成功的冲压生产。

(2) 冲裁设计的基本内容

冲裁设计包括工艺设计与模具设计两方面的内容。冲裁工艺设计,是针对给定的产品图纸,根据其生产批量的大小、冲压设备的类型规格、模具制造能力以及工人技术水平等具体生产条件,从对产品图的冲压工艺性分析入手,经过必要的工艺计算,制定出合理的工艺方案,最后编写出冲裁工艺卡的综合性的分析、计算、设计过程。冲裁工艺方案的确定,其中包括工序性质、数量的确定,工序顺序的安排,工序组合方式及工序定位方式的确定等内容。因此冲裁工艺设计实质上就是冲裁工艺的制定,而表达工艺制定内容的文件就是冲裁工艺规程。冲裁模具设计,则是依据所制定的冲裁工艺规程,仔细考虑毛坯的定位、出件、废料排除诸问题以及模具的制造维修方便、操作安全可靠等因素后,构思出与冲压设备相适应的模具总体结构,然后绘制出模具总装图和所有非标准零件图的整个设计、绘图过程。模具设计的实质就是完全实现工艺设计的内容,而模具设计的过程则是在考虑具体生产条件并综合分析研究相应设计要素后,经反复构思、修改、直至绘制出模具图纸的创造性的劳动过程。

在冲裁设计中,尽管工艺设计和模具设计各自的工作性质不同,但两者之间却存在着相互渗透、相互补充、相互依存的关系。在进行工艺设计过程中,既要考虑模具结构和模具制造的可行性,又要考虑冲压设备、原材料供应状况等生产的局限性。只有这样才能制定出技术上先进可行、成本上经济合理的最佳工艺规程。而在模具设计的过程中,必须熟悉有关的工艺设计技术,才能清楚了解工艺设计者的设计意图,从而绘制出合理的模具结

构、完成工艺规程规定的模具设计任务。由此可见,冲裁设计者必须同时具备工艺设计和模具设计两方面的知识和经验技能。

二、冲裁设计的基本要求与一般工作程序

冲裁的工艺设计和模具设计作为冲裁生产的技术准备工作,具有不同的工作性质与内容,因此提出如下的不同要求。

(1) 工艺设计的基本要求

- a. 材料利用率要高,即原材料消耗要尽可能少。
- b. 考虑工厂的具体生产条件,制定出的工艺方案要技术上先进可行,经济上合理。
- c. 工序组合方式和工序排列顺序要符合冲压变形规律,能保证冲制出合格的工件。
- d. 工序数量尽可能少,生产效率尽可能高。
- e. 制定的工艺规程,要方便工厂、车间的生产组织与管理。

(2) 模具设计的基本要求

- a. 模具应保证冲出的零件符合图纸的形状、尺寸及精度要求。
- b. 模具结构应尽可能简单,制造维修方便,成本低。
- c. 模具使用寿命高,能满足冲压生产批量的要求。
- d. 模具操作方便、安全可靠,工人劳动强度和技术水平要求低。
- e. 生产准备周期短。

(3) 冲裁设计的一般工作程序

在实际生产中,冲裁件的品种多,尺寸及其精度要求各异,且具体生产条件也不尽相同,给初次从事冲裁设计的设计人员带来一定困难。但从另一方面看,只要遵循冲压加工的基本变形规律,清楚了解冲压基本工序的变形特点,尽管冲压件的形状、尺寸及精度要求不同,冲压设计的基本原则与方法则是大同小异的。在一般情况下,冲裁设计可按以下工作程序进行。

- a. 搜集冲裁设计必须的原始资料。
- b. 分析零件的冲裁工艺性。
- c. 进行必要的工艺计算、分析、比较,确定工艺方案。
- d. 确定模具结构形式。
- e. 选择冲压设备。
- f. 编写冲压工艺过程卡片。
- g. 绘制模具装配图和零件图。
- h. 校核模具图纸。
- i. 编写设计计算说明书。

上述设计的工作程序并非是一成不变的,在某些情况下又往往需要并行进行,因此在设计过程中应灵活掌握。

三、冲裁设计中必须考虑的若干问题

冲裁设计与生产实际关系密切,为使工艺设计和模具设计尽可能适合于实际生产条

件,保证生产出质量与尺寸精度满足图纸要求的冲压件,既做到技术上可行又要使经济上合理,设计人员应具备较好理论知识、丰富的实践经验和善于借鉴他人设计经验、技巧的能力。

在冲裁设计过程中,必须考虑的问题是多方面的,概括起来主要包括以下内容。

- a. 产品零件的质量和尺寸精度要求。
- b. 产品零件对冲裁工艺的适应性。
- c. 生产批量的大小。
- d. 冲压设备条件。
- e. 模具加工条件与技术水平。
- f. 原材料性能、规格及供应状况。
- g. 操作方便与安全生产。
- h. 工厂企业管理水平。

由此可见,冲裁设计所涉及的问题很多,工艺方法的选择、工艺方案的制定和模具类型的选择及各工序的模具结构都应当在综合研究的基础上,通过分析、比较后确定合理的工艺方案,设计出合理的模具结构。

第二节 实用冲裁工艺设计

冲裁工艺设计是冲裁工艺过程设计的简称,是冲裁设计工作的重要组成部分。工艺设计主要包括冲裁件的工艺分析和工艺方案制定两方面内容,即对具体的冲裁零件,首先从其结构形状、尺寸大小、精度要求及原材料选用等方面开始,进行冲裁的工艺审查,必要时提出改进意见,然后根据具体的生产条件,并综合分析研究各方面影响因素,从而制定出一种技术上先进可行、经济上合理的工艺方案,其中包括工序数量的确定、工序顺序的排列,工序的组合方式确定及与实现工序内容有关的模具类型、设备规格、工艺定额的确定等。因此冲裁工艺设计实质上是制定冲裁工艺规程。

冲裁工艺规程作为表达工艺设计内容的技术文件,既是生产准备的基础,又是模具设计人员进行设计和生产部门用于生产调度的重要依据。冲裁工艺规程的编制,是一项复杂的技术工作,对于产品的质量、成本、生产效率及减轻劳动强度和保证安全生产等方面都有重要影响。一种合理的工艺规程不仅能确保产品质量和降低生产成本,而且能达到安全方便组织生产的目的,相反如果工艺规范编制不够合理,则会造成产品报废、成本提高或导致生产周期延长、效率降低、模具返工维修频繁、不利于生产组织管理等一系列不良后果,所以冲裁工艺规程的编制,是冲裁生产前必须完成的一项重要的技术工作。

在实际生产中,为了能编制出合理的冲裁工艺规程,不仅要求工艺设计人员应具有较好的工艺设计知识和较丰富的冲裁生产实践经验,而且还要求工艺设计人员在实际工作中与产品设计人员、模具设计人员、模具制造工人及冲裁生产工人紧密结合,及时采纳他们的合理化建议,不断吸取国内、外的先进经验并将其贯穿到工艺设计中,同时在分析和

制定工艺规程时应从工厂的具体生产条件出发,综合地考虑能保证产品质量、提高生产效率、降低生产成本、减轻工人劳动强度和保证安全操作等方面的因素后,尽量采用国内、外的先进技术,制定出合理的冲裁工艺规程。

一、冲裁工艺设计的原始资料

冲裁工艺设计应在搜集、调查研究并掌握有关设计的原始资料的基础上进行,做到有的放矢,避免工作的盲目性。工艺设计的原始资料主要包括如下内容。

(1) 冲裁件的产品图纸或产品实体及技术要求

产品图纸或实体是工艺设计的依据。提供的产品图纸应做到视图完备,尺寸标注清晰且无遗漏,并符合国家标准;技术要求应明确、合理。根据产品图纸可以全面了解冲裁件的结构形状、尺寸和精度要求以及装配关系和使用性能等。如果仅有产品实体而无图纸,应对实体进行精确测量后绘制出产品图纸,以图纸作为设计依据。

(2) 原材料的尺寸规格、力学性能及供应状态

冲裁原材料的选用对工艺设计有重要影响。在冲裁生产中,原材料的供货形态一般是条料、卷料或是废料的再利用,不同的供货形态,制定的工艺方案亦有所不同。当用边角余料或结构废料作为冲裁原材料时,只能考虑用单工序模或复合模生产,而无法采用级进模。冲裁原材料的力学性能和供应状态对冲裁工艺也有直接影响。若原材料硬度高、抗拉强度大,其冲裁工艺力大,对模具工作零件强度要求较高。由此可见,要制定出合理的工艺方案,充分了解冲裁原材料的详细资料非常重要。

(3) 产品的生产批量

产品的生产批量是工艺设计中必须考虑的重要内容。任何一种产品的生产都存在生产批量问题。在工艺设计前,根据产品批量的大小确定加工方法和选择模具类型。一般来说,不同的生产批量采用不同的模具结构、模具材料,这应以满足生产需要、保证产品质量、降低生产成本为目的。

在冲裁生产中,对具有相当批量和大批量生产的产品,在保证产品质量的前提下,工艺设计中应注重提高生产效率,尽可能地减少工序数量,采用复合模、级进模、高寿命的硬质合金模和高效率的多工位自动级进模。对多品种、小批量或试制产品,应采用钢带冲模、板模、锌基合金模、聚氨酯橡胶模等简易模具,以缩短制模周期,降低生产成本。

(4) 供选用的冲压设备的型号、规格、主要技术参数及使用说明书

工厂现有的冲压设备情况,不仅是模具设计时选择设备的重要依据,而且也对工艺方案的制定有直接影响。换言之,不同的冲压设备条件,就相应有不同的工艺方案和模具结构。例如,对厚板采用复合工序冲裁时,当冲裁工艺力超过工厂现有设备吨位时,该工艺方案就无法实施,而只能采用单工序冲裁或在模具结构上采取降低冲裁工艺力的措施解决,以满足冲裁工艺力与设备吨位的匹配。当然,当现有设备无法满足生产要求时,也可以提出增加新设备的方案。

(5) 模具制造条件与技术水平

工厂现有模具制造条件与技术水平,对工艺设计和模具设计均有直接影响,也就是说,冲裁工艺设计是应充分考虑工厂的模具制造能力及其习惯的加工方法。如果工厂的

制模能力较差,则不宜采用复合冲裁或级进冲裁的工艺方案,以免复合模或级进模的制造达不到设计要求。反之,如果工厂的制造条件与技术水平较高,且产品生产批量较大时,应采用多工序的复合冲裁或多工序的级进冲裁工艺方案,以满足大批量生产的要求。

模具制造条件与技术水平主要是指模具加工设备条件、热处理和技术检验的条件、模具材料、规格及标准件的供应状况、模具制造工人加工、装配技术水平等。随着冲裁技术的不断进步、模具加工设备的不断发展和更新,各种精密、高效加工设备如数控铣床、电火花线切割机床及加工中心等已逐渐取代常规加工设备。

(6)其他技术资料

主要包括冲压手册、冲模设计手册、冲模图册、相关国家标准、行业和企业标准和机械设计手册、材料手册等有关的技术参考资料。利用这些资料将有助于设计者设计、计算选材等,故可简化设计过程,缩短设计周期,提高设计工作效率。

二、工艺设计的基本内容与一般步骤

在了解并掌握上述原始资料的前提下进行冲裁工艺设计,冲裁工艺设计的基本内容与步骤如下。

(一)分析冲裁件的工艺性

冲裁件的工艺性是指冲裁件对冲裁工艺的适应性,即冲裁件的结构形状、尺寸大小、精度要求及所用原材料等方面是否符合冲裁加工的工艺要求。一般来说,工艺性良好的冲裁件可保证材料消耗少、工序数量少、模具结构简单、模具寿命长、成本低且产品质量稳定,还有利于生产的组织管理。在工艺设计时,首先要分析冲裁件的工艺性,这是制定工艺方案的基础。分析冲裁件的工艺性主要包括如下两方面的内容。

首先要对产品零件图纸或产品实体进行工艺性审查。根据产品零件图纸认真分析研究冲裁件的形状特点、尺寸大小及精度要求,所用原材料的力学性能、工艺性能和使用性能,产生弹性回复等缺陷的可能性,由此了解上述因素对冲裁加工难易程度的影响情况。在分析图纸时,尤其应注意零件的极限尺寸(最小冲孔尺寸、最小冲槽宽度、最小孔间距等)、尺寸公差、设计基准及其他特殊要求。因为上述因素对所需工序性质、工序顺序的确定及冲裁定位方式、模具结构形式与制造精度的选择均有显著影响。

其次要对冲裁件图纸提出修改意见。在对产品图纸进行工艺审查过程中,如果发现冲裁工艺性很差,则应同产品设计人员,在不影响产品使用要求的前提下,对冲裁件的形状、尺寸精度要求及原材料的选用等进行适当的修改。必要时,应建议产品设计部门重新设计。具体来说,若发现产品图纸中零件形状过于复杂、或尺寸精度和表面质量要求太高、尺寸标注或基准选择不合理,或通过改变零件的局部形状和尺寸,能有利于排样和节约原材料的,均可向产品设计部门提出修改意见。

冲裁件的工艺性主要指冲裁件的形状、尺寸、冲裁有利性和冲裁工件尺寸以及精度的可行性,下面对冲裁件的工艺性作进一步的详细论述。

(1)冲裁件的结构工艺性

a. 冲裁件形状应尽可能简单、对称,有利于无废料、少废料排样方式的采用,减少废料损失,降低工件成本。

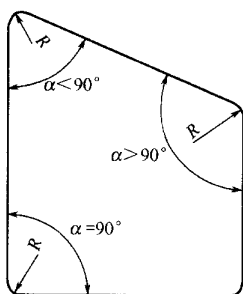


图 6-2 冲裁件的交角

b. 冲裁件外形应避免尖角,有可能时尽量采用适宜的圆角相连,如图 6-2 所示。

c. 冲裁工件的凸出或凹入部分宽度和深度,如图 6-3 所示的尺寸 b 应不小于 $1.5t$,同时应避免冲裁件上有过长的悬臂和狭槽(图 6-3 中的尺寸 L)。

d. 冲孔时孔的最小尺寸和孔的形状与材料的力学性能和材料的厚度有关,用自由凸模冲孔的最小尺寸见图 6-4 和表 6-1。

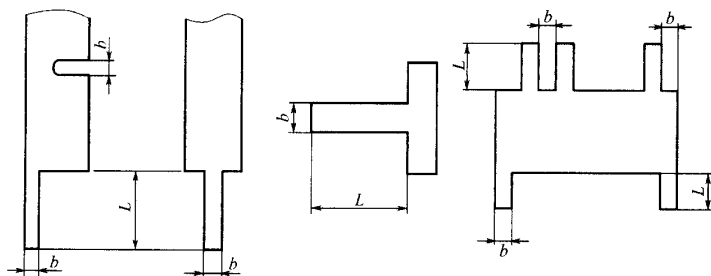


图 6-3 冲裁件悬臂、狭槽尺寸

表 6-1

用自由凸模冲孔的最小尺寸

材 料	图 6-4(a)	图 6-4(b)	图 6-4(c)	图 6-4(d)
钢 $\sigma_{cp} > 700\text{MPa}$	$d \geq 1.5t$	$a \geq 1.35t$	$a \geq 1.1t$	$a \geq 1.2t$
钢 $\sigma_{cp} = 400 \sim 700\text{MPa}$	$d \geq 1.3t$	$a \geq 1.2t$	$a \geq 0.9t$	$a \geq t$
钢 $\sigma_{cp} = 400\text{MPa}$	$d \geq t$	$a \geq > 0.9t$	$a \geq 0.7t$	$a \geq 0.8t$
黄铜、钢	$d \geq 0.9t$	$a \geq 0.8t$	$a \geq 0.6t$	$a \geq 0.7t$
铝、锌	$d \geq 0.82$	$a \geq 0.7t$	$a \geq 0.5t$	$a \geq 0.6t$
纸胶板、布胶板	$d \geq 0.7t$	$a \geq 0.6t$	$a \geq 0.4t$	$a \geq 0.5t$
硬纸、纸	$d \geq 0.6t$	$a \geq 0.5t$	$a \geq 0.3t$	$a \geq 0.4t$

e. 冲裁件上的孔与孔、孔与边缘间的距离不能太小。如图 6-5 所示,对矩形孔,孔与孔、孔与边缘间的距离 $b \geq 1.5t$;对圆形孔,孔与孔、孔与边缘间的距离 $b \geq t$;冲裁不规则形状孔时,孔与孔、孔与边缘间的距离请参考相关手册。

f. 在弯曲件或拉深件上冲孔时,孔的尺寸除应符合上述原则外,其孔壁与工件直壁之间应保持一定的距离 L ,如图 6-6 所示,距离太小时,在冲孔时会使凸模受水平推力而折断。

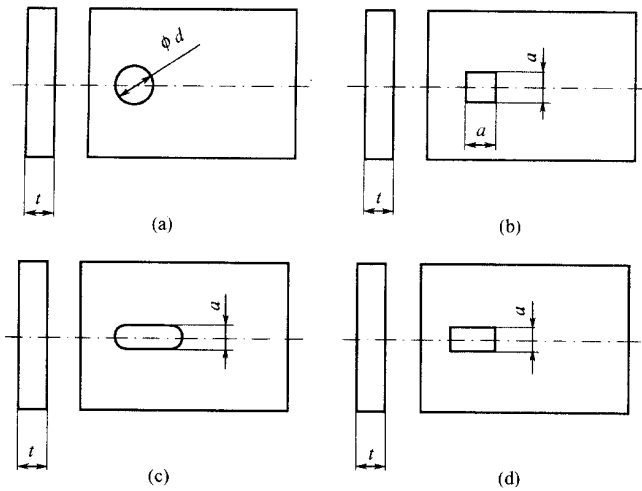


图 6-4 用自由凸模冲孔类型

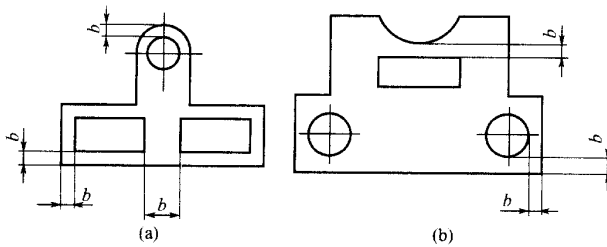


图 6-5 最小孔边距

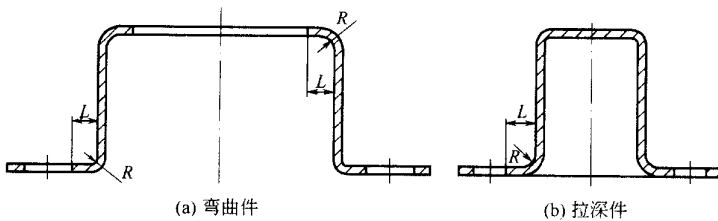


图 6-6 弯曲件、拉深件冲孔位置

(2) 冲裁件的精度要求

冲裁件的精度要求是指冲裁件的尺寸精度和表面粗糙度要求,精度要求应在经济精度范围以内,对于普通冲裁件,其经济精度不高于 IT11 级,冲孔件比落料件高一级。冲裁件外形与内孔尺寸公差可见表 6-2。如果工件精度高于上述要求,则需在冲裁后整修或采用精密冲裁。冲裁件两孔中心距所能达到的公差见表 6-3。冲裁件断面的表面粗糙度和允许的毛刺高度可见表 6-4 和表 6-5。

第六章 钣金冲压冲裁设计

表 6-2 冲裁件外形与内孔尺寸公差/mm

板料厚度	工件尺寸							
	一般公差等级的工件				较高公差等级的工件			
	< 10	10 ~ 50	50 ~ 150	1.50 ~ 300	< 10	10 ~ 50	50 ~ 150	150 ~ 300
0.2 ~ 0.5	0.08	0.10	0.14	0.20	0.025	0.03	0.05	0.08
	0.05	0.08	0.12		0.02	0.04	0.08	
0.5 ~ 1	0.12	0.16	0.22	0.30	0.03	0.04	0.06	0.10
	0.05	0.08	0.12		0.02	0.04	0.08	
1 ~ 2	0.18	0.22	0.30	0.50	0.04	0.06	0.08	0.12
	0.06	0.10	0.16		0.03	0.06	0.10	
2 ~ 4	0.24	0.28	0.40	0.70	0.06	0.08	0.10	0.15
	0.08	0.12	0.20		0.04	0.08	0.12	
4 ~ 6	0.30	0.31	0.50	1.00	0.10	0.12	0.15	0.20
	0.10	0.15	0.25		0.06	0.10	0.15	

表 6-3 冲裁件的两孔中心距公差/mm

板料厚度	普通冲孔公差			高精度冲孔公差		
	孔 距 公 称 尺 寸					
	≤ 50	50 ~ 150	150 ~ 300	≤ 50	50 ~ 150	150 ~ 300
≤ 1	± 0.10	± 0.15	± 0.20	± 0.03	± 0.06	± 0.08
1 ~ 2	± 0.12	± 0.20	± 0.30	± 0.04	± 0.06	± 0.10
2 ~ 4	± 0.15	± 0.25	± 0.35	± 0.06	± 0.08	± 0.12
4 ~ 6	± 0.20	± 0.30	± 0.40	± 0.08	± 0.10	± 0.15

表 6-4 冲裁件断面的近似表面粗糙度

板料厚度/mm	< 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5
表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	3.2	6.3	12.5	25	50

表 6-5 冲裁件断面允许毛刺的高度/mm

冲裁板料厚度	< 0.3	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2.0
新模试冲时允许毛刺高度	≤ 0.015	≤ 0.02	≤ 0.03	≤ 0.04	≤ 0.05
生产时允许毛刺高度	≤ 0.05	≤ 0.08	≤ 0.10	≤ 0.13	≤ 0.15

(3) 冲裁件的尺寸基准

冲裁件的结构尺寸基准应尽可能和制造时的定位基准重合,以避免产生基准不重合误差。冲孔件的孔位尺寸基准应尽量选择冲裁过程中自始至终不参加变形的面或线上,切勿与参加变形的部位联系起来。如图 6-7 所示,原设计尺寸的标注[图 6-7(a)]对冲裁图样是不合理的,因为这样标注,尺寸 L_1 、 L_2 必须考虑到模具的磨损而相应给以较宽的公差,造成孔心距的不稳定,孔心距公差会随着模具磨损而增大。改用图 6-7(b)的标注,两孔的孔心距才不受模具磨损的影响,比较合理。

(二) 分析、比较和确定冲裁工艺方案

在对冲裁件进行冲裁工艺性分析的基础上,根据生产批量和工厂现有的生产条件,综合考虑产品质量、生产效率、模具寿命、材料消耗及操作安全等因素后,通过各种方案的分

析与比较,然后确定最佳工艺方案。工艺方案的确定一般按如下步骤。

(1) 进行必要的工艺计算

根据产品图纸,计算所需冲裁力、卸料力、推件力和冲裁功,计算模具的压力中心等,这些工艺计算是确定工艺方案所必需的。

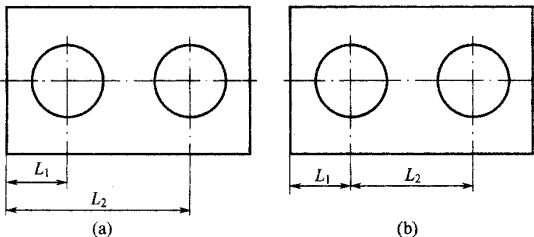


图 6-7 冲裁件尺寸标注

(2) 提出各种可能的工艺方案

在工艺计算的基础上,通过对冲裁件的工序性质、工序数量、工序顺序及

工序的组合方式等的综合分析,提出各种可能的工艺方案。冲裁件的工序性质是指冲裁件加工成形所需的工序种类如落料、冲孔等基本工序,根据冲裁件的几何形状直观确定。工序数量主要取决于冲裁件几何形状的复杂程度、尺寸精度、生产批量等因素。工序顺序的安排主要取决于冲裁件的质量稳定性、经济性、工序的变形特点和尺寸要求。工序的组合方式主要指复合冲裁或级进冲裁,工序组合的必要性取决于生产批量,工序组合的可行性受冲压变形特点、产品质量、模具结构、制造条件的制约。

(3) 最佳工艺方案的确定

冲裁件的加工往往有几种工艺方案,因此需综合考虑多方面的影响因素,并通过分析、比较,从现有的生产条件出发,在保证产品质量、满足生产批量的前提下,从中选择一种技术上可行、经济上最合理的工艺方案。

(三) 确定模具的结构形式绘制模具原理图

工艺方案确定后,即确定了冲裁的工序性质和工序的组合方式,由此确定与之对应的模具种类。在确定模具结构形式时,应综合考虑冲裁件的形状特点、精度要求及模具制造条件、操作安全性等因素。选择模具结构形式主要包括以下内容。

- a. 正、倒装结构型式的选择。
- b. 卸料方式的选择。
- c. 出件方式的选择。
- d. 定位方式的选择。
- e. 导向方式的选择。

(四) 确定冲裁设备

选择冲裁设备是工艺设计中的一项重要内容,它直接关系到设备的合理使用、安全、产品质量、模具寿命、生产效率和成本等一系列复杂问题。选择冲裁设备主要包括设备类型和设备规格的选择。

(1) 冲裁设备类型的选择

根据冲裁工艺特点和常用冲压设备特点,一般情况下冲裁设备选用机械压力机,如中小型冲裁件选用开式曲柄压力机,大、中型冲裁件选用闭式曲柄压力机,进行大批量冲裁生产时一般采用高速自动压力机。

(2) 冲裁设备规格的选择

设备类型选定之后,应进一步根据冲裁力(包括推件力、顶件力和卸料力)、冲裁功、冲裁件尺寸、模具结构形式、模具闭合高度和轮廓尺寸确定设备规格。设备规格的选择与模具设计有密切关系,应使设计的模具与所选择设备的规格(如曲柄压力机的公称压力、行程、装模高度、工作台面尺寸及滑块模柄孔尺寸等)相适应。

(五)编写冲裁工艺卡

完成上述工作程序后,即确定了冲裁件的加工工艺路线和实施其工艺路线所需的工序种类、数量、顺序、相应的模具与设备类型规格等,据此应正式编制出冲裁工艺卡。工艺卡作为冲裁设计的重要工艺文件,不仅是模具设计的基本依据,也是指导生产过程及其有关生产环节的主要依据。

为方便工厂的生产组织与管理,应根据生产类型的不同,编写出不同详细程度的工艺卡。一般情况下,在大批量生产中,需分别编制冲裁件的工艺卡、每道工序的工序卡和材料的排样卡。在成批和小批量生产中,需编制冲裁件的工艺卡。

在冲裁生产中,一般工艺卡的内容主要包括:工序序号、工序名称、工序草图、模具种类和形式、选用的设备型号、工序检验要求、板料的种类规格等。

三、凸、凹模刃口尺寸的计算

(一)计算原则

凸、凹模刃口尺寸精度是影响冲裁件尺寸精度的首要因素,模具的合理间隙值也要靠模具刃口尺寸及其公差来保证。从生产实践中可知道,由于凸、凹模之间存在间隙,从而使落下的料或冲出的孔都带有一定的锥度,而且落料件的大端尺寸等于凹模尺寸,冲孔件的小端尺寸等于凸模尺寸;在测量和使用时,落料件以大端尺寸为基准,冲孔件以小端尺寸为基准;冲裁时,凸、凹模要与冲裁零件或废料发生摩擦,凸模越磨越小,而凹模则越磨越大,凸、凹模之间的间隙必定越来越大。因此在决定凸、凹模刃口尺寸及其制造公差时要考虑以下几条原则。

a. 落料件尺寸是由凹模尺寸决定的,冲孔时孔的尺寸是由凸模尺寸决定的,因此设计落料模时应以凹模为基准,间隙取在凸模上;而设计冲孔模时,应以凸模为基准,间隙取在凹模上。凸、凹模间隙则取最小合理间隙。

b. 在冲裁过程中凸、凹模的磨损,凸模刃口磨损使冲孔尺寸减小,凹模刃口磨损则使落料尺寸增大。因此在设计冲孔模时,凸模基本尺寸应取工件孔的尺寸公差范围内的较大尺寸;设计落料模时,凹模基本尺寸应取工件尺寸公差范围内的较小尺寸。这样在凸、凹模磨损到一定程度的情况下仍能冲出合格零件。

已确定凸、凹模刃口制造公差时,应考虑工件的精度要求。凸、凹模刃口尺寸精度的选择应以能保证工件的精度要求为准,保证合理的凸、凹模间隙值,同时保证模具具有一定的使用寿命。如果对刃口精度要求过高,会使模具制造困难,增加成本,延长生产准备周期;如果对刃口精度要求过低,则生产出来的零件可能不合格,或使模具的寿命降低。工件精度与模具制造精度的关系见表6-6。若工件没有标注公差,则对于非圆形件按国家标准“非配合尺寸的公差数值”IT14精度来处理,冲模可按IT11精度制造,或者刃口制

造公差按工件公差的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ 选取,对于圆形件,一般可按 IT6~7 精度制造模具。

表 6-6 工件精度与模具制造精度的关系

板料厚度 / mm	0.5	0.8	1.0	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12
模具精度	IT8	IT8	IT9	IT10	IT10	—	—	—	—	—	—	—
IT6~7	IT8	IT8	IT9	IT10	IT10	—	—	—	—	—	—	—
IT7~8	—	IT9	IT10	IT10	IT12	IT12	IT12	—	—	—	—	—
IT9	—	—	—	IT12	IT12	IT12	IT12	IT12	IT14	IT14	IT14	IT14

(二) 计算方法

根据模具加工工艺和测量方法的不同,凸、凹模刃口尺寸的计算方法与制造公差的标注方式分为两种类型。

(1) 凸、凹模分开加工

对于圆形或简单形状的工件常常采用凸、凹模分开加工。采用这种方法时,分别标注凸、凹模刃口尺寸与制造公差。为了保证间隙值,必须满足下列条件。

$$\delta_a + \delta_t \leq Z_{\max} - Z_{\min} \quad (6-1)$$

或 $\delta_t = 0.4(Z_{\max} - Z_{\min})$ $\delta_a = 0.6(Z_{\max} - Z_{\min})$

式中 δ_t ——凸模制造公差,mm;
 δ_a ——凹模制造公差,mm;
 Z_{\min} ——最小合理间隙,mm;
 Z_{\max} ——最大合理间隙,mm。

以下对冲孔和落料两种情况分别进行讨论。

1) 冲孔

设工件孔的尺寸为 $d + \Delta$ 。根据以上原则,冲孔时首先确定凸模刃口尺寸,使凸模基本尺寸接近或等于工件孔的最大极限尺寸,再增大凹模尺寸以保证最小合理间隙 Z_{\min} 。凸模制造偏差取负偏差,凹模取正偏差。凸、凹模分开加工可使凸、凹模自身具有互换性,便于模具成批制造,但需要较高的公差等级才能保证合理间隙,模具制造困难,加工成本高。刃口尺寸计算公式如下。

$$d_t = (d + x\Delta)_{-}^{\delta_t}$$

$$d_a = (d_t + Z_{\min})_{0}^{+\delta_a} = (d + x\Delta + Z_{\min})_{0}^{+\delta_a} \quad (6-2)$$

式中 d_t ——冲孔凸模直径,mm;
 d_a ——冲孔凹模直径,mm;
 d ——冲孔工件的公称尺寸,mm;
 Δ ——工件制造公差,mm;
 x ——为了使冲裁件的实际尺寸尽量接近公差带的中间尺寸而给定的系数,与工件制造精度有关,可查表 6-7。

表 6-7

系数 x

板料厚度/mm	非圆形			圆形	
	1	0.75	0.5	0.75	0.5
	工件公差/mm				
1	< 0.16	0.17 ~ 0.35	≥ 0.36	< 0.16	≥ 0.16
1 ~ 2	< 0.20	0.21 ~ 0.41	≥ 0.42	< 0.20	≥ 0.20
2 ~ 4	< 0.24	0.25 ~ 0.49	≥ 0.50	< 0.24	≥ 0.24
> 4	< 0.30	0.31 ~ 0.59	≥ 0.60	< 0.30	≥ 0.30

冲孔时各部分尺寸与公差分配位置如图 6-8(a) 所示。

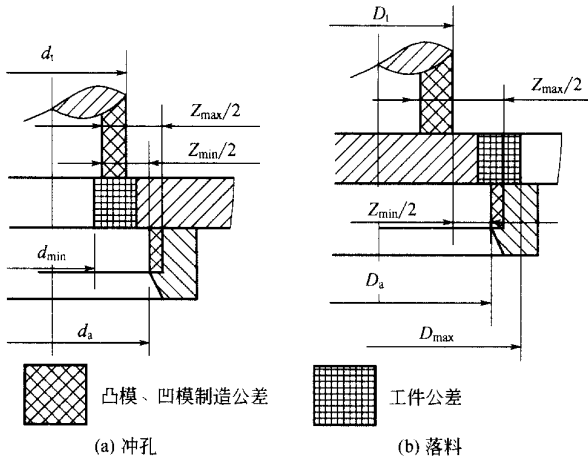


图 6-8 冲孔、落料时各部分分配位置

d_{\min} —冲孔件的最小尺寸, $d_{\min} = d - \Delta$;

D_{\max} —落料件的最大尺寸, $D_{\max} = D + \Delta$

2) 落料

设工件尺寸为 $D_{-\Delta}^0$ 。根据上述原则,落料时首先确定凹模尺寸,使凹模公称尺寸接近或等于工件的最小极限尺寸,再减小凸模尺寸以保证最小合理间隙。其计算公式如下。

$$D_a = (D - x\Delta)_+^{\delta_a} \quad (6-3)$$

$$D_1 = (D_a - Z_{\min})_{-}^{\delta_1} = (D - x\Delta - Z_{\min})_{-}^{\delta_1}$$

式中 D_a ——落料凹模尺寸, mm;

D_1 ——落料凸模尺寸, mm;

D ——落料工件的公称尺寸, mm;

Δ ——工件制造公差, mm;

Z_{\min} ——最小合理间隙, mm;

x ——为了使冲裁件的实际尺寸尽量接近公差带的中间尺寸而给定的系数,与工件制造精度有关,可查表 6-7;

δ_1 ——凸模制造公差, mm;

δ_a ——凹模制造公差, μm 。

落料件各部分尺寸及公差分配位置如图 6-8(b)所示。

(2)凸、凹模配合加工

对于冲制形状复杂或薄板工件的模具,实际冲裁间隙值小,其凸、凹模往往采用配合加工的方法。此方法是先加工好凸模(或凹模)作为基准件,然后根据此基准件的实际尺寸配做凹模(或凸模),使它们保持一定的间隙。因此只需在基准件上标注尺寸及公差,配做工件只标注公称尺寸,并注明“ $\times\times$ 尺寸按凸模(或凹模)配作,保证双面间隙 $\times\times$ ”。这样可放大基准件的制造公差,其公差不再受凸、凹模间隙大小的限制,制造容易,并容易保证凸、凹模间隙。

由于复杂形状工件各部分尺寸性质不同,也就是说在凸模和凹模磨损后,有的部分尺寸变大,有的部分尺寸变小,有的部分尺寸基本保持不变,所以基准件的刃口尺寸计算的方法也不相同。以下对冲孔和落料两种情况分别进行讨论。

1)冲孔

应以凸模为基准件,然后配做凹模。图 6-9(a)所示为一冲孔件。做凸模时,按凸模磨损后(图 6-9(b)中双点划线位置)尺寸变化增大、减小、不变三种不同情况分别进行计算。

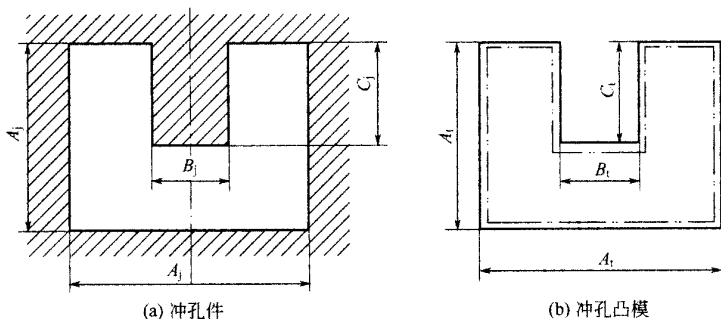


图 6-9 冲孔件和冲孔凸模尺寸

a. 磨损后凸模尺寸变小(A类),设工件尺寸为 A_{+0}^{Δ} , 则

$$A_1 = (A + x\Delta)_{-0}^{\delta_1} \quad (6-4)$$

b. 磨损后凸模尺寸变大(B类),设工件尺寸为 B_{-0}^{Δ} , 则

$$B_1 = (B - x\Delta)_{0}^{+\delta_1} \quad (6-5)$$

c. 磨损后凸模尺寸基本保持不变(C类),按工件标注尺寸不同分为三种。

工件尺寸为 C_{+0}^{Δ} 时 $C_1 = (C + 0.5\Delta) \pm \delta_1/2 \quad (6-6a)$

工件尺寸为 C_{-0}^{Δ} 时 $C_1 = (C - 0.5\Delta) \pm \delta_1/2 \quad (6-6b)$

工件尺寸为 $C \pm \Delta'$ 时 $C_1 = C \pm \delta_1/2 \quad (6-6c)$

式中 A_1 、 B_1 、 C_1 ——凸模刃口尺寸, μm ;

A 、 B 、 C ——工件公称尺寸, μm ;

δ_1 ——凸模制造偏差, μm , $\delta_1 = \Delta/4$;

Δ ——工件公差, μm

Δ' ——工件偏差, mm, 对称偏差时 $\Delta' = \Delta/2$;

x ——为了使冲裁件的实际尺寸尽量接近公差带的中间尺寸而给定的系数, 与工件制造精度有关, 可查表 6-7。

2) 落料 应以凹模为基准件, 然后配做凸模。图 6-10(a)所示为一落料件。做凹模时, 凹模刃口尺寸应按凹模磨损后(图 6-10(b)中双点划线位置)刃口尺寸的增大、减小、不变三种不同变化情况分别进行计算。

a. 凹模磨损后尺寸变大(A类)。计算这类尺寸, 先把工件尺寸化为 A_{-0}^{Δ} , 再按落料凹模公式进行计算。

$$A_a = (A - x\Delta)^{+\delta_a} \quad (6-7)$$

b. 凹模磨损后尺寸变小(B类)。计算这类尺寸, 先把工件图尺寸化为 $B + \Delta_0^{\Delta}$, 再按冲孔凸模公式进行计算。

$$B_a = (B + x\Delta)_{-\delta_a}^0 \quad (6-8)$$

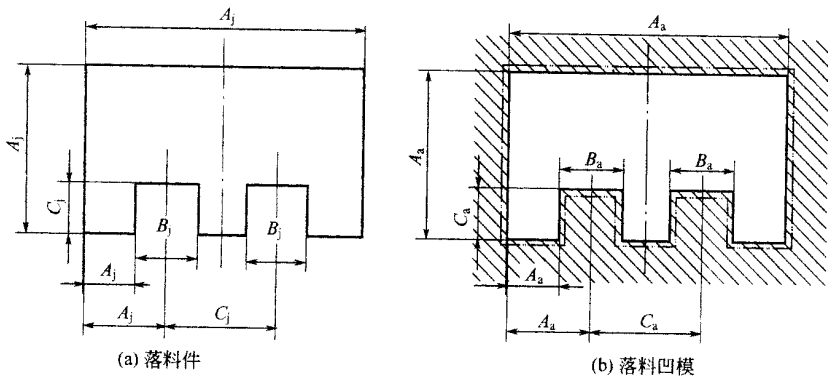


图 6-10 落料件和落料凹模尺寸

c. 凹模磨损后尺寸基本保持不变(C类)。计算这类尺寸则按下述三种情况进行计算。

工件尺寸为 $C + \Delta_0^{\Delta}$ 时 $C_a = (C + 0.5\Delta) \pm \delta_a/2 \quad (6-9a)$

工件尺寸为 C_{-0}^{Δ} 时 $C_a = (C - 0.5\Delta) \pm \delta_a/2 \quad (6-9b)$

工件尺寸为 $C \pm \Delta'$ 时 $C_a = C \pm \delta_a/2 \quad (6-9c)$

式中 A_a 、 B_a 、 C_a ——凹模刃口尺寸, mm;

A 、 B 、 C ——工件公称尺寸, mm;

δ_a ——凹模制造偏差, mm, $\delta_a = \Delta/4$;

Δ ——工件公差, mm;

Δ' ——工件偏差, mm, 对称偏差时 $\Delta' = \Delta/2$;

x ——为了使冲裁件的实际尺寸尽量接近公差带的中间尺寸而给定的系数, 与工件制造精度有关, 可查表 6-7。

需要注意的是, 如果采用电火花或成形磨削加工冲裁模时, 不论是冲孔还是落料, 都只在凸模上标注尺寸和公差, 凹模标明“与凸模配合加工, 保证最小间隙 $\times \times$ ”。

第三节 排样与搭边

一、排样

排样是指冲裁件在条料、带料或板料上布置的方法,合理的排样是降低成本的有效措施,因为通常材料费用为工件制造费用的 60% ~ 80%。

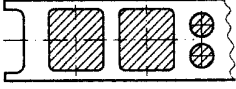
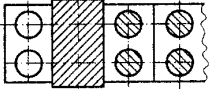
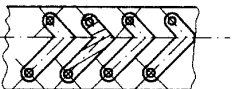
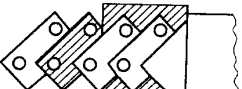
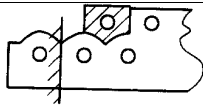
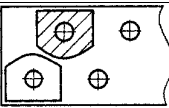
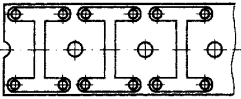
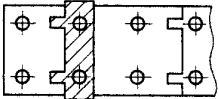
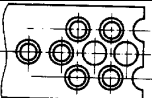
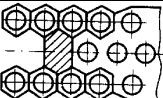
冲裁件的排样与材料的利用率有密切关系,对零件的成本影响很大,为此应设法在有限的材料面积上冲出最多数量的工件。由于排样方法的不断改进,材料利用率逐渐提高,但仅仅考虑材料利用率的提高还不够,排样的好坏同时影响冲裁件的精度、生产率的高低、模具寿命及经济效益等,还必须考虑生产操作的方便性和模具结构的合理性等问题。

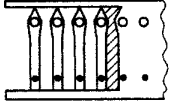
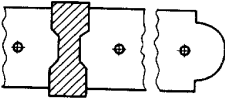
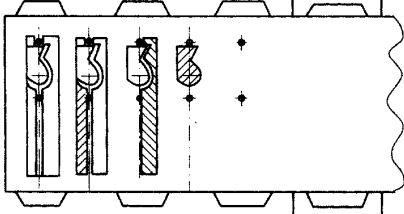
冲裁排样有两种分类方法:一种是从废料角度来分,可分为有废料排样、少废料排样和无废料排样三种。有废料排样时,工件与工件之间、工件与条料边缘之间都有搭边存在,冲裁件质量较容易保证,并具有保护模具的作用,但材料利用率低;少、无废料排样时,工件与工件之间、工件与条料边缘之间存在较少、或没有搭边存在,材料的利用率高,但冲裁时由于凸模刃口受不均匀侧向力的作用,使模具易遭到破坏。

另一种是按工件在材料上的排列形式来分,可分为直排法、斜排法、对排法、混合排法、多排法和冲搭边等多种形式,这种分类法在实际生产中应用较为广泛。排样方法见表 6-8。

表 6-8

排样方式分类

排样形式	有废料排样	少、无废料排样	适用范围
直排			方、矩形零件
斜排			椭圆形、T形、Γ形、S形零件
直对排			梯形、三角形、半圆形、T形、Ⅲ形、Ⅱ形零件
混合排			材料和厚度相同的两种零件
多行排			大批量生产中尺寸不大的圆形、六角形、方形、矩形零件

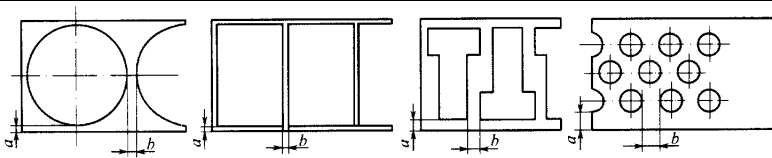
排样形式		有废料排样	少、无废料排样	适用范围
冲搭边	整裁法			细长零件、级进模
	逐次裁法			

二、搭边

搭边是指冲裁时工件与工件之间、工件与条(板)料边缘之间的余料尺寸。搭边虽然是废料,但在冲压工艺上起着很大的作用。首先,搭边能够补偿定位误差,保证冲出合格的工件;其次,搭边能保持条料具有一定的刚性,便于送料;再者搭边能起到保护模具的作用,以免模具过早地磨损而报废。

搭边值的大小决定于工件的形状、材质、料厚以及板料的下料方法。搭边值小,材料利用率较高,但给定位和送料造成很大困难,同时工件精度也不易保证,而且过小的搭边容易挤进凹模,增加刃部磨损,影响模具寿命;搭边值太大,则材料利用率降低。因此正确选择搭边值是模具设计中不可忽视的重要问题。在实际生产过程中应尽量减小搭边值,冲裁时的最小搭边值见表6-9或表6-10。多工位级进模、硬质合金模和精密冲裁模的搭边值要适当放大,见相应的章节内容。

表 6-9 金属材料冲裁的搭边值/mm

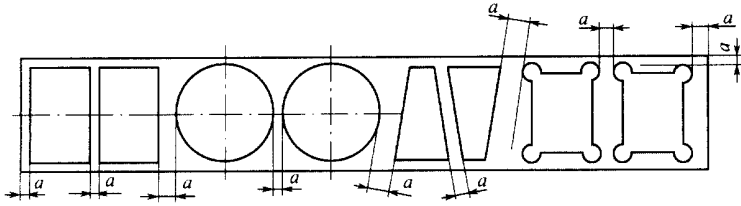


料厚	手送料						自动送料	
	圆形		非圆形		往复送料			
	a	b	a	b	a	b	a	b
< 1	1.5	1.5	2	1.5	3	2		
1~2	2	1.5	2.5	2	3.5	2.5	3	2
2~3	2.5	2	3	2.5	4	3.5		
3~4	3	2.5	3.5	3	5	4	4	3
4~5	4	3	5	4	6	5	5	4
5~6	5	4	6	5	7	6	6	5
6~8	6	5	7	6	8	7	7	6
> 8	7	6	8	7	9	8	8	7

注:冲非金属材料(皮革、纸板、石棉等)时,搭边值应乘1.5~2。

表 6-10

搭边值/mm



板料厚度 t	≤ 1.2	1.2~3	> 3
金属搭边 a	1.2	t	$0.8t$
非金属搭边 a	2	$1.4t$	$1.2t$

三、条料宽度

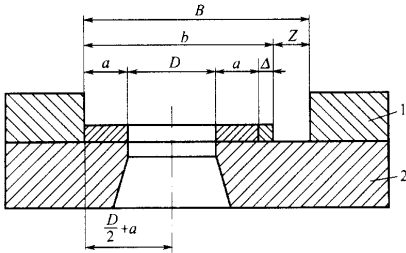
计算条料宽度的公式如下。

有侧压装置(见图 6-11)时

$$b = D + 2a + \Delta \quad (6-10a)$$

无侧压装置(见图 6-12)时

$$b = D + 2a + 2\Delta + Z \quad (6-10b)$$



- b —条料宽度的基本尺寸;
- D —冲裁件垂直于送料方向的尺寸;
- a —侧搭边的最小值, 见表 1-9 或表 1-10;
- Δ —一条料宽度的允许偏差(负向), 见表 1-11、表 1-12;
- Z —导尺与条料最大可能宽度之间的保证间隙, 见表 1-13;
- B —两导尺间距。

图 6-11 有侧压装置

1—导尺 2—凹膜

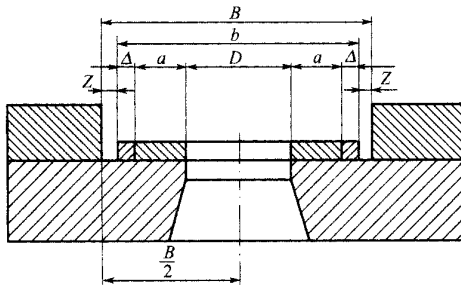


图 6-12 无侧压装置

表 6-11 用斜刃剪床剪裁条料的宽度公差(允许偏差)/mm

条料宽度	板料厚度			
	< 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 5
≤ 100	-0.6	-0.8	-1.2	-2.0
> 100	-0.8	-1.2	-2.0	-3.0

表 6-12 用滚剪机剪裁条料的宽度公差(允许偏差)/mm

条料宽度	板料厚度		
	< 0.5	0.5 ~ 1	1 ~ 2
< 20	-0.05	-0.08	-0.10
20 ~ 30	-0.08	-0.10	-0.15
30 ~ 50	-0.10	-0.15	-0.20

表 6-13 送料保证间隙 Z/mm

条料宽度	导向方式		
	无侧压	对排无侧压	有侧压
< 100	0.5 ~ 1.0	2	5
> 100	1.0 ~ 1.5	3	8

注:对较厚的材料用较大的数值

第四节 实用冲裁模具设计

一般来讲,冲裁模分为落料模、冲孔模、切口模、切边模等。冲裁模设计的主要内容包括确定模具类型,设计计算凸、凹模刃口的形状、尺寸、精度、配合间隙以及选择定位、卸料方式等。

一、冲裁模设计的原则与步骤

(1) 原则

冲裁模设计的一般原则是在满足工件尺寸精度的前提下,力求使模具的结构简单,操作方便,材料消耗少,工件成本低。

(2) 一般步骤

a. 模具设计人员进一步审查工艺方案所定的工艺顺序、工序性质和设备选用情况,并与工艺设计人员讨论修改。

b. 确定凹模尺寸,在计算出凹模的刃口尺寸的基础上,再计算出凹模的壁厚,确定凹模外轮廓尺寸。在确定凹模壁厚时要注意三个问题:第一须考虑凹模上螺孔、销孔的布

置,第二应使压力中心与凹模的几何中心基本重合,第三应尽量按国家标准选取凹模的外形尺寸。

- c. 根据凹模的外轮廓尺寸及冲压要求,从冲模标准中选出合适的模架类型。
- d. 绘制冲裁模装配图。
- e. 绘制冲裁模零件图。
- f. 编写技术文件。

二、冲裁模的分类

冲裁模的种类繁多,可按不同特征进行分类。按工序性质可分为落料模、冲孔模、切断模、切口模、切边模等。按工序的组合程度可分为单工序模、复合模和级进模。另外还可以按有无导向装置及导向方式、送料方式、卸料方式等来进行分类。

单工序模也称简单冲裁模,单工序模在压力机的一次工作行程中只能完成一道工序,如落料、冲孔、切断、切边等。单工序冲裁模从凸、凹模的装配位置可区分为正装式、倒装式,按出模方式又可分为上出件、下出件和打料出件;从卸料方式上分为刚性卸料和弹性卸料。

正装冲裁模的卸料可采用弹性卸料装置,也可采用刚性卸料装置。刚性卸料装置是利用卸料板与凸模产生的相对运动,将凸模上的废料刮下。弹性卸料板装在凸模所在的模座上,刚性卸料板则装置在凹模口端面上。

倒装冲裁模的凹模安装在上模板上,所以工件需从上模板上的凹模孔内顶出或利用弹簧或橡胶顶件器顶出,也可利用打料杆刚性打出。顶料板应高出凹模口面 $1 \sim 3\text{mm}$ 。大、中型工件的落料一般都采用打料出件。打杆应具有一定的硬度,一般都需淬火处理。倒装冲裁模的卸料一般只用弹性卸料,卸料板利用弹簧或橡胶推动,也有用气垫推动的。弹簧、橡胶可装在下模板上,也可装在压力机的工作台下面。

在压力机的一次行程中,几道工序能同时在一个工位上完成的冲模统称为复合模。复合冲裁模是指几个冲裁工序复合一起的冲裁模,如落料—冲孔复合模。冲裁工序还常与弯曲、拉深等工序组成多工序复合模,如落料—拉深复合模等。

复合模的优点是结构紧凑,生产效率高,工件精度高。工件内外形的同轴度偏差可达 $\pm(0.02 \sim 0.04)\text{mm}$,特别适合薄料(料厚 t 可小至 0.05mm)的冲裁。模具对进料的要求没有级进模那样严格,不规则的边角材料也能使用。

由于复合模的结构较复杂、构件之间具有相对运动的占多数,此外制造精度要求高,加工难度大,而且工件成形也要受到凸、凹模强度的限制,因此对某些含有狭窄悬臂、沟槽或尺寸很小的工件就不能使用复合模生产。

复合模也分倒装式和正装式。凸凹模在下模板上的称倒装式,倒装式复合模的冲孔废料直接由下模排出,装配和维修比正装式好,所以采用较多。

级进冲裁模是级进模的一种,级进模又称连续模、跳步模。级进模能在压力机的一次行程中,在不同工位上连续冲出一个或多个工件,生产效率很高,对于一些无法在复合模上进行生产的小件,往往可采用级进模生产。在一般情况下,级进模的工件精度较复合模低些,近来由于模具加工技术的提高,出现了多工位自动高精度级进模,其工件可以达到

很高的精度。

确定模具类型时,要根据冲裁精度要求、生产批量、模具加工能力等条件来选择。

生产批量与模具类型之间的关系见表 6-14。单工序模、复合模、级进模的比较见表 6-15。

表 6-14 生产批量与模具类型之间的关系

项目	单件	小批	中批	大批	大量
模具形式	简易模、单工序模	单工序模、简易模	级进模、复合模、单工序模	级进模、复合模	级进模、复合模
设备形式	通用设备	通用设备	高速、半自动化、自动、通用设备	机械化高速、自动化设备	专用、自动设备

表 6-15 单工序模、级进模和复合模的比较

比较项目	单工序模	级进模	复合模
工件尺寸公差	较低	一般 IT11 级以下	较高, IT9 级以下
工件形位公差	工件不平整,同轴度、对称性及位置度误差大	不太平整,有时要校平,同轴度、对称度及位移度误差较大	工件平整,同轴度、对称度及位置度误差较小
冲压生产率	低,压力机一次行程只能完成一个工序	高,压力机一次行程可完成多个工序	较高,压力机一次行程可完成两个以上工序
机械化自动化的可行性	较易,适于多工位压力机及自动化冲压	容易,适于单机自动化	难,工件与废料排除较复杂,只能在单机上实现部分自动化
对材料的要求	对条料宽度要求不严,可用边角料	对条料宽度或带料要求严格	对条料宽度要求不严,可用边角料
生产安全性	安全性较差	比较安全	安全性较差
模具制造的难度	较易,结构简单,制造周期短	对简单工件比采用复合模制造难度低	对复杂件比采用级进模制造难度低
应用	通用性好,适于中小批量和大型件的大批量生产	通用性较差,适于形状简单、尺寸不大、精度不高工件的大批量生产	通用性较差,适于形状复杂、尺寸不大、精度要求较高的工件的大批量生产

三、模具的结构组成

无论结构形式如何,一套模具一般都是由固定和活动两部分组成。固定部分是用压铁、螺栓等紧固件固定在压力机的工作台上,称为下模;活动部分紧固在压力机的滑块上,称为上模。上模随着压力机的滑块作上、下往复运动,从而实现对接板的冲裁加工。

根据模具零件的作用,一套模具一般可分成以下五种类型的零件。

(1) 工作零件

工作零件是直接完成冲裁工作的零件,如凸模、凹模、凸凹模等,这是模具中不可缺少的重要部分。冲裁凸、凹模刃口的锋利程度和凸、凹模之间的间隙直接影响冲裁件质量、冲裁力和卸料力大小以及模具寿命,因此冲裁凸、凹模刃口要求锋利,凸、凹模之间的间隙要求大小合理、分布均匀。

(2) 定位零件

定位零件是确定条料或坯料在模具中正确位置的零件,如挡料销、导料销、导正销、定位板、定距侧刃、导尺、侧压板等。

(3) 卸料、推件零件

卸料、推件零件是冲裁后将工件和废料排除,以保证下一次冲裁顺利进行的零件,如卸料板、推件块、废料切刀等。

(4) 导向零件

导向零件是保证上、下模之间有准确相对位置的零件,如导柱、导套、导板等。

(5) 连接固定零件

连接固定零件是将凸模、凹模、定位零件、卸料零件等固定在上、下模座上以及将上、下模固定在压力机上的零件,如上、下模座、模柄、凸模与凹模固定板、垫板、螺钉、销钉等。

冲裁模的典型结构,一般由上述五种零件组成,但不是所有的模具都具有这五部分零件,如对于试制或小批量生产的情况,为了缩短制模周期,降低成本,可把模具简化成只有工作零件和连接固定零件。对于大批量生产,为了提高生产率,模具除包括上述五种零件外,还附加自动送料、退料装置等。

四、冲裁模的零部件设计

冲裁模零件及模架已有国家标准或部颁标准,设计模具时应尽量采用标准零件。

1. 工作零件

凸模、凹模和凸凹模是冲裁模的工作零件,是完成冲裁工艺的关键,除正确计算刃口尺寸外,选择合适的结构形式也是非常重要的。

(1) 凸模设计

1) 凸模的结构形式

凸模按其工作断面的形式可分为圆形凸模和非圆形凸模,它主要是根据工件的形状和尺寸而确定。

圆形凸模是指凸模端面为圆形的凸模,常见的圆形凸模的结构形式如图 6-13 所示。图 6-13(a)(c)所示适用于冲裁直径 $d = 1 \sim 20\text{mm}$ 的工件,为了避免台肩处的应力集中

和保证凸模强度、刚度,做成圆滑过渡形式或在中间加过渡段。图 6-13(b)所示适用的冲裁直径 $d = 8 \sim 30\text{mm}$ 。图 6-13(d)所示适用于冲制孔径与板料厚度相近的小孔,由于采用了保护套结构,可以提高凸模的抗弯能力,并能节省模具材料。图 6-13(e)所示适用于冲大孔或落料用凸模,以减少磨削面积,凸模外径与端面都加工成凹形,以减轻重量。图 6-13(f)所示有利于快速换凸模。

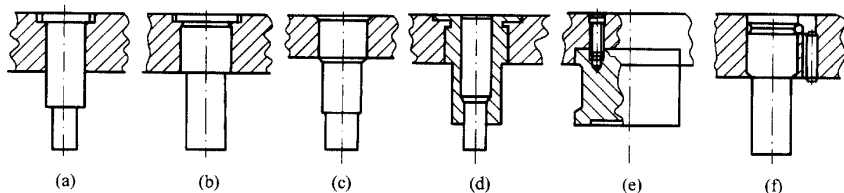


图 6-13 圆形凸模

非圆形凸模的形状复杂多变,可将其近似分为圆形类和矩形类。圆形类凸模其固定部分可做成圆柱形,但需注意凸模定位,常用骑缝销来防止凸模的转动[见图 6-14(a)]。矩形类凸模其固定部分一般做成矩形体[见图 6-14(b)]。如果用线切割加工凸模,则固定部分和工作部分的尺寸与形状一致,即为直通式凸模[见图 6-14(c)]。

大尺寸凸模常用螺钉、销钉与模座直接连接,一般不再使用固定板,从加工方便出发,大尺寸凸模也可采取分块拼合方法。

2) 凸模长度的确定

凸模长度应根据冲模的整体结构来确定,一般情况下,在满足模具结构要求前提下,凸模越短,其强度越高,材料越省。在确定凸模的长度时,应留有修磨余量,并且模具在闭合状态下,卸料板至凸模固定板间应留有避免压手的安全距离。

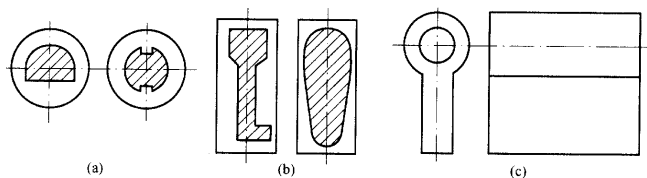


图 6-14 非圆形凸模

3) 凸模的强度校核

凸模一般不必进行强度校验,但对于特别细长的凸模或凸模断面尺寸小而冲裁的板料厚度大时,则应进行强度校验。

① 承压应力校验 冲裁时,凸模承受的压应力 δ_t ,必须小于凸模材料强度允许的压应力 $[\delta_t]$ 。

$$\delta_t = \frac{F}{A} \leq [\delta_t] \quad (6-11)$$

对圆形凸模,由上式可得

$$\frac{d_{\min}}{t} \geq \left[\frac{4\tau}{\sigma_t} \right]$$

$$\text{即} \quad d_{\min} \geq \left[\frac{4\tau t}{\sigma_t} \right]$$

式中 σ_t ——凸模承受的压应力, MPa;
 F ——冲裁力, N;
 A ——凸模最小截面积, mm^2 ;
 $[\sigma_t]$ ——凸模材料的许用压应力, MPa;
 d_{\min} ——凸模最小直径, mm;
 t ——毛坯厚度, mm
 τ ——毛拉材料的抗剪强度, MPa。

凸模的许用应力决定于凸模材料的热处理和凸模的导向性。一般工具钢,凸模淬火至 HRC 58 ~ 62 $[\sigma_t] = 1000 \sim 1600 \text{MPa}$ 。

②失稳弯曲应力校核 失稳弯曲应力采用细长压杆的欧拉公式进行校验。对于凸模自身无导向装置的情况,若引入弯曲安全系数 n ,则不发生失稳弯曲的最大冲裁力为

$$F = \frac{\pi^2 EJ}{4nL^2} \quad (6-12)$$

不发生失稳弯曲的凸模最大长度为

$$L_{\max} \leq \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{4nF}} \quad (6-13)$$

式中 F ——冲裁力, N;

E ——凸模材料的弹性模量,一般模具钢为 $2.2 \times 10^5 \text{MPa}$;

J ——凸模最小横截面的最小轴惯性矩, mm^4 ;直径为 d 的圆形凸模, $J = \frac{\pi d^4}{64} \approx 0.05 d^4$;

n ——稳定安全系数,对于淬火钢, $n = 2 \sim 3$;

L ——凸模长度, mm。

将 n 、 E 及圆形凸模的 J 值代入上式,则得到无导向装置的圆形凸模不发生失稳弯曲的最大长度为

$$L_{\max} \leq 95 \frac{d^2}{\sqrt{F}}$$

对于一般形状的凸模,则有

$$L_{\max} \leq 425 \sqrt{\frac{J}{F}}$$

对于自身有导向的凸模,相当于一端固定,另一端铰支的压杆,不发生失稳的最大冲裁力为

$$F = \frac{2\pi^2 EJ}{nL^2} \quad (6-14)$$

根据上述方法可求得不发生失稳弯曲的凸模最大长度为

圆形凸模
$$L_{\max} \leq 270 \frac{d^2}{\sqrt{F}}$$

一般形状凸模

$$L_{\max} \leq 1200 \sqrt{\frac{J}{F}}$$

(2) 凹模设计

1) 凹模刃口形式

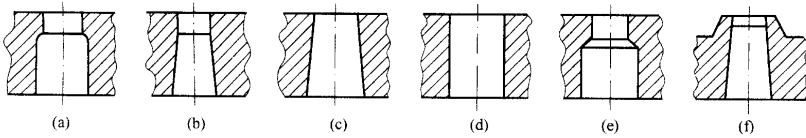


图 6-15 凹模刃口形式

如图 6-15 所示 (a)(b) 形式的特点为刃口强度较好, 刃磨后工作部分尺寸不变, 间隙大小不变。但孔口积存废料或工件, 尤其在间隙较小时, 推力大, 且磨损大, 用于冲裁形状复杂或精度要求较高的工件。(c) 形式的特点与第一种情况相比, 其刃口强度略差, 刃磨后尺寸稍有改变, 但由于锥形不易积存冲件或废料, 下漏的冲件或废料对孔口的摩擦力及胀力小, 为用于冲裁形状简单、精度要求不高、板料厚度较薄的工件。(d) 形式的特点与第一种情况相似, 用于冲裁大型或精度较高的工件以及复合模和装有反向顶出装置的情况。(e) 形式的特点为扩大部分可使凹模加工简单, 也使工件落下容易, 用于冲裁直径较小的工件。(f) 形式的特点为淬火硬度 HRC35~40, 可用手锤敲打斜面以调整间隙, 直到试出满意的冲件为止, 适于冲裁软而薄的材料。

2) 凹模结构尺寸

凹模结构尺寸如图 6-16 所示, 一般按经验方法确定。

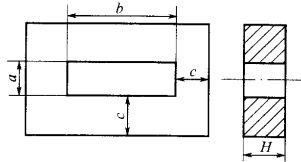


图 6-16 凹模外形尺寸

①查表 根据冲件的最大外形尺寸和料厚, 从表 6-16 中直接查出凹模厚度 H 和壁厚 c 。

表 6-16 凹模外形尺寸/mm

板料厚度 凹模外形参数	≤0.8		0.8~1.5		1.5~3		3~5		5~8		8~12	
	c	H	c	H	c	H	c	H	c	H	c	H
工件尺寸 b												
< 75	26	20	30	22	34	25	40	28	47	30	55	35
75~150	32	22	36	25	40	28	46	32	55	35	65	40
150~200	38	25	42	28	46	32	52	36	60	40	75	45
> 200	44	28	48	30	52	35	60	40	68	45	85	50

②按经验公式计算 凹模厚度

$$H = Kb \quad (6-15)$$

式中 H 、 b ——见图 6-16, H 不应小于 15~20mm;

K ——系数,可查表 6-17。

凹模壁厚(凹模刃口与外边缘的距离):小凹模 $c=(1.5\sim 2)H$,大凹模 $c=(2\sim 3)H$, c 不应小于 26~40mm。

表 6-17 系数 K 的数值/mm

料厚 t b	0.5	1	2	3	>3
< 50	0.3	0.35	0.42	0.50	0.60
50~100	0.2	0.22	0.28	0.35	0.42
100~200	0.15	0.18	0.20	0.24	0.30
> 200	0.10	0.12	0.15	0.18	0.22

对多孔凹模,凹模刃口与刃口之间的距离,按复合模的凸凹模最小壁厚选用。一般不小于 5mm,圆形凹模型腔时可适当减小些,复杂凹模型腔时的应取大些。

确定凹模的外形尺寸后,即可选择模架的形式和规格。如果采用标准模架,一般先根据凹模形状和冲压工艺特点选择模架形式,然后再按凹模外形尺寸选定模架规格。

3) 凹模的强度校核

凹模的强度校核主要是检查其厚度 H ,因为凹模下面的模座或垫板,其孔口较凹模孔口大,使凹模工作时受弯曲,若凹模厚度不够,便会产生弯曲,以致损坏模具。

凹模强度校核,一般可采用如下经验公式。

$$H_{\min} = \sqrt[3]{F/10} \quad (6-16)$$

式中 H_{\min} ——凹模最小厚度,mm;

F ——冲裁力,N。

当凹模材料为合金工具钢,冲裁轮廓长度超过 50mm 时,应将计算结果乘上一修正系数,其值见表 6-18。若为碳素工具钢,凹模厚度应再增加 30%。

(3) 凸凹模设计

表 6-18 修正系数值

冲裁轮廓长度/mm	50~75	75~150	150~300	300~500	>500
修正系数	1.12	1.25	1.37	1.5	1.6

复合模的结构特点是一定有一个凸凹模。凸凹模的内外缘均为刃口,内外缘之间的壁厚决定于冲裁件的尺寸。为保证凸凹模的强度,凸凹模应有一定的最小壁厚,如冲裁件尺寸要求小于凸凹模壁厚时,则不宜采用复合模。

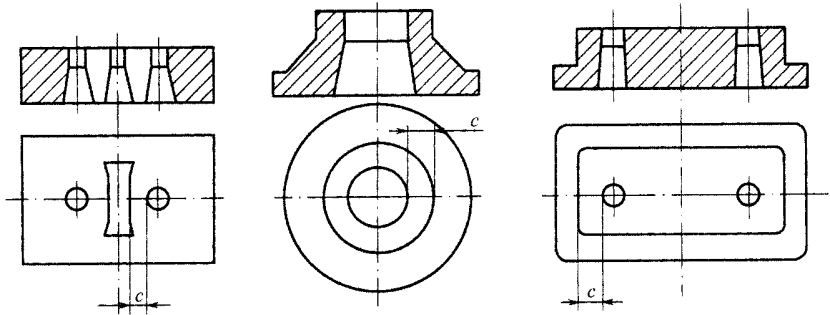
凸凹模的最小壁厚受模具结构的影响:凸凹模装于上模时(正装),内孔不积存废料,胀力小,最小壁厚可以小些;凸凹模装于下模(倒装),内孔积存废料时,胀力大,最小壁厚要大些。

凸凹模的最小壁厚值,目前一般按经验数据决定。不积聚废料的凸凹模最小壁厚:黑

色金属和硬质材料约为 1.5 倍料厚(须大于 0.7mm);有色金属和软质材料约为 1 倍料厚(须大于 0.5mm)。积聚废料的凸凹模最小壁厚见表 6-19。

表 6-19

复合模用凸凹模的最小壁厚/mm



板料厚度 t	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
最小壁厚 c	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	3.9	4.4	4.9	5.3	5.8	6.3	6.7
板料厚度 t	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
最小壁厚 c	7.2	7.6	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.2	11.8	12.4	13.0

(4) 凸、凹模镶块结构设计

大、中型和形状复杂、局部容易损坏的整体凸模或凹模,往往给锻造、机械加工或热处理带来很大的困难,而且当它局部磨损后,又会造成整个凸、凹模的报废。为了解决这个问题,常采用镶拼结构。

1) 镶拼结构的分块要点

a. 刃口形状为直线部分的镶块,长度可适当大些;复杂部分或凸出、凹进易损部分应单独分块,尺寸应尽量小;圆弧部分应单独分块,圆弧与直线部分连接处,镶块分块线应在距切点 4~5mm(中型冲模)或 5~7mm(大型冲模)处,如图 6-17(a)所示。凹模有尖角时,应在尖角处分块,如图 6-18 所示。

b. 为使镶块接合面能正确接合,并减少磨削量,接合面一般取 12~15mm,其后部留 2mm 空隙,如图 6-17(a)所示。

c. 凸模镶块与凹模镶块的分块线不应重合,最少错开 3~5mm,以免冲裁时产生毛刺。

d. 大型冲模的镶块采用螺钉紧固时,每块应以两个销钉定位。螺钉位置必须接近刃口和接合面,并作参差布置,销钉则离刃口越远越好,相对距离应尽量大,如图 6-19(a)中螺钉、销钉的布置就不好,必须改成图(b)中的布置。

e. 镶块分块应便于调节间隙,如图 6-20(a)所示间隙就不便于调整,改成图(b)就好多了。

2) 镶块的紧固

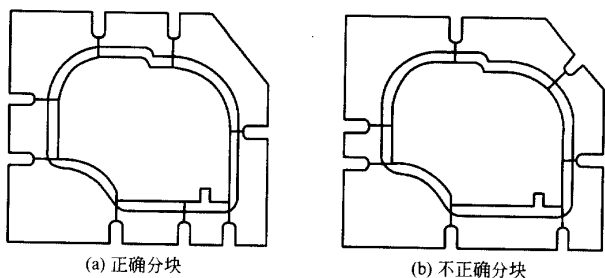


图 6-17 圆弧部分分块示意

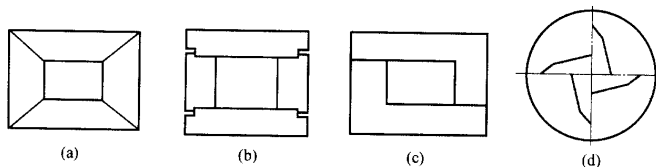


图 6-18 凹模尖角处分块示意

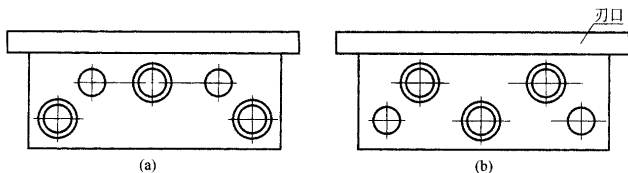


图 6-19 螺钉销钉的布置示意

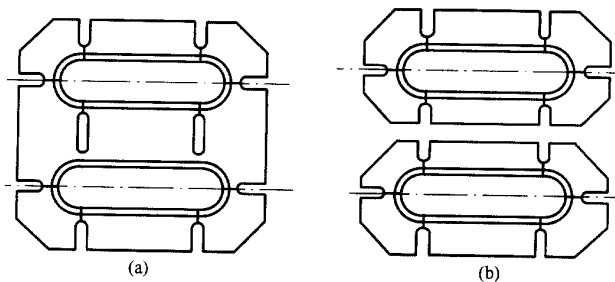


图 6-20 分块便于调节间隙示意

镶块的紧固可采用下列方法。

①框套热压法 多用于圆形镶拼模,如图 6-21 所示。框套与镶块采用基轴制 6 级精度过盈配合,过盈量为镶块拼合后外径的千分之一。装配时,框套加热至 $400 \sim 500^{\circ}\text{C}$ 。

②框套螺钉紧固法 多用于中、小镶拼模,螺钉通过框套拉紧或顶紧镶块,使镶块之间获得紧密配合,如图 6-22 所示。

③螺钉、销钉紧固法 对于大、中型镶拼模,可直接用螺钉、销钉紧固,常见形式如下。

螺钉、销钉紧固,如图 6-23(a)所示,用于冲裁料厚小于或等于 1.5mm 的工件。螺钉、销钉加止推键紧固,如图 6-23(b)所示,用于冲裁料厚大于 $1.5 \sim 2.5\text{mm}$ 的工件。窝

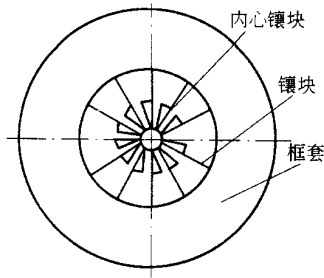


图 6-21 框套热压法

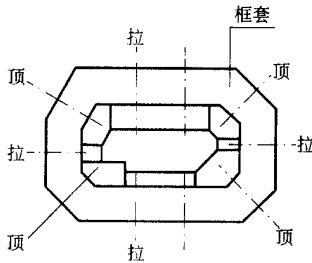


图 6-22 框套螺钉紧固法

座与螺钉、销钉紧固,如图 6-23(c)所示,用于冲裁料厚大于 2.5mm 的工件。

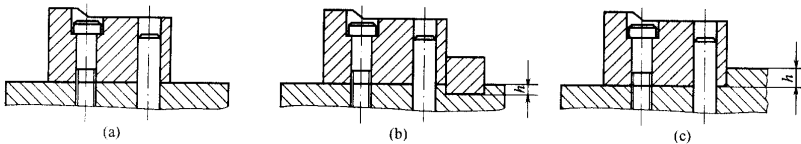


图 6-23 螺钉销钉紧固法

3) 镶块尺寸

设计大型冲模时,其镶块尺寸应尽可能按表 6-20 及图 6-24 选用。

表 6-20

大型冲模镶块尺寸/mm

H	B							
38	50	60	70	80	90	100	110	
50	60	70	80	100	110	120	135	150
65	70	80	90	100	110	120	130	150
75	80	90	100	100	130	150	170	

注:长度 L 根据需要选取,其规格有 150、175、200、225、250、275、300 mm, H、B 如图 6-21 所示。

(5) 凸、凹模紧固和固定方式

1) 机械固定

机械固定凸模和凹模,一般采用螺钉紧固、压配合等方法。

图 6-25 所示的是凸模的固定方法。其中,图(a)所示为适用于冲裁数量较少的单工序模,图(b)所示为适用于冲裁中型和大型零件的模具。图(c)所示凸模与固定板采用

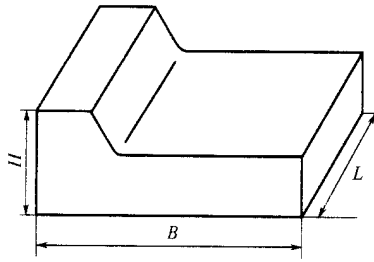


图 6-24 大型冲模镶块尺寸选择

$$H : B : L = (0.6 \sim 0.8) : 1 : (3 \sim 5);$$

尺寸范围 $H = (30 \sim 75)$,

$B = (60 \sim 170)$, L 最大至 300

H7/m6 配合, 这种形式常用于零件形状较简单和较厚材料的冲裁。图(d)所示凸模采用铆接固定, 凸模上面无台阶, 全部长度的尺寸形状一致, 装配时在上面铆合后磨平, 这种形式适用于形状较复杂的薄料零件, 便于凸模进行线切割和成形磨削。

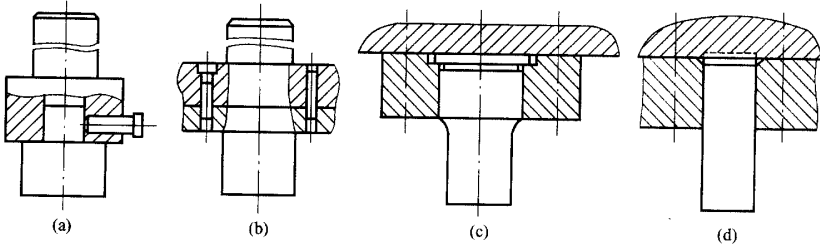


图 6-25 凸模固定

图 6-26 所示是凹模的固定方法。其中(图 a)所示为适用于冲裁数量较少的单工序模, 图(b)所示为适用于冲裁中型和大型零件的模具。图(c)所示凸模与固定板采用 H7/m6 配合, 这种形式常用于零件形状较简单和较厚材料的冲裁。

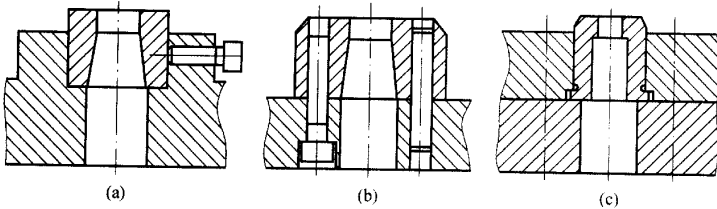


图 6-26 凹模固定

对于多凸模冲模, 其中个别凸模或凹模特别易损时, 需经常更换, 此时采用快速更换凸模和凹模的固定形式, 其结构如图 6-13(f)所示。

2) 黏结固定

① 低熔点合金浇注固定法 是利用低熔点合金冷却膨胀的原理, 使凸、凹模与固定板之间获得一定强度的连接, 其常见形式如图 6-27 所示。低熔点合金的配方见表 6-21, 工厂较多采用第一种配方, 其浇注温度为 $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$, 抗拉强度为 91.2MPa , 抗压强度为

112MPa。

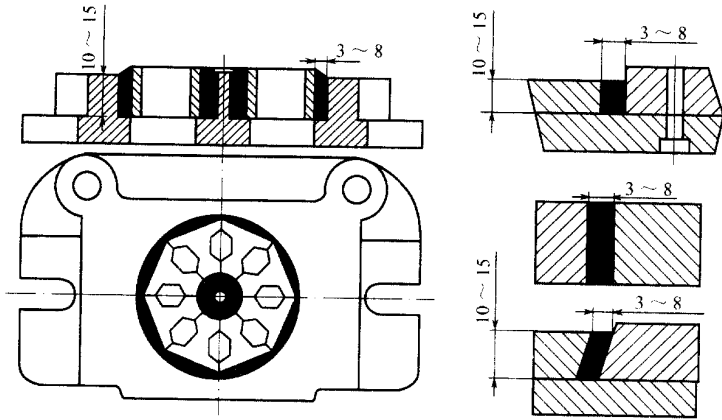


图 6-27 镶块凹模固定结构

表 6-21

低熔点合金配方/%

合金配方	元素名称	锑 Sb	铅 Pb	铋 Bi	锡 Sn
	各元素熔点/°C	630.5	327.4	271.0	232.0
序号	合金熔点/°C	配方			
1	120	9.0	28.5	48.0	14.5
2	100	5.0	35	45.0	15.0
3	139	—	—	42.0	58.0
4	106	19.0	28.0	39.0	14.0
5	170	—	—	30.0	70.0

②环氧树脂黏结固定法 其结构形式如图 6-28 所示。常用环氧树脂黏结剂的配方见表 6-22。

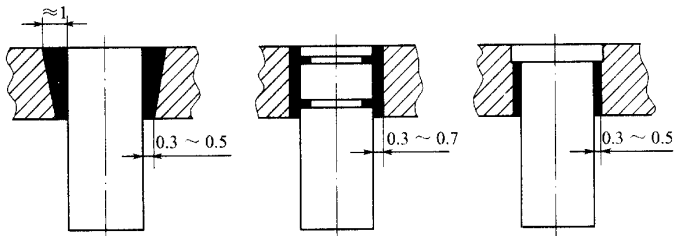


图 6-28 环氧树脂黏结固定的结构形式

表 6-22

常用环氧树脂黏结剂配方

组成成分	名称	配方(各种材料按质量比)				
		一	二	三	四	五
黏结剂	环氧树脂 6110	100	100	100	100	100
填充剂	铁粉 200~300 目	250	250	250		
	石英粉 200 目				200	100
增塑剂	邻苯二甲酸二丁酯	15~20	15~20	15~20	10~12	15
固化剂	无水乙二酸	8.4~10				
	羟基乙基乙二胺		16~19			
	二乙烯三胺					10
	间苯二胺			14~16		
	邻苯二甲酸酐				35~38	

注:环氧树脂 6110 和环氧树脂 634 可替换使用。

③无机黏结剂固定法 无机黏结剂固定的结构形式如图 6-29 所示。黏结表面要求粗糙,单面黏结间隙可采用 0.2~0.5mm。

无机黏结剂的配方为:氧化铜 3~5g,磷酸溶液 1mL。

磷酸溶液系由每 100mL 磷酸中加入氢氧化铝 4~8g 配制成的。一般说来,天热多加,天冷少加,天气干燥多加,天气潮湿少加。

2. 定位零件

根据不同的毛坯和模具结构,必须采用各种形式的定位零件。

(1) 定位板和定位销

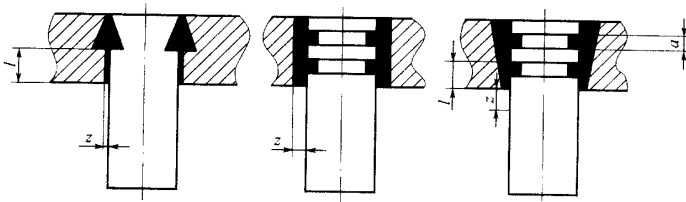


图 6-29 无机黏结剂固定的结构形式

单个毛坯进行冲裁时,一般采用定位板或定位销定位,其主要形式如下。

a. 当外形简单时,以外形定位的定位板或定位销,如图 6-30 所示。

b. 当外形复杂或外形定位不符合要求时,以内孔定位的定位板或定位销,如图 6-31 所示。

(2) 导尺(或导料销)和侧压板

1) 导尺(或导料销)

使用条料或带料冲裁时,一般采用导尺或导料销来导正材料的送进方向。导尺常用于单工序模和级进模,导料销是导尺的简化形式,多用于有弹性卸料板的单工序模,其结

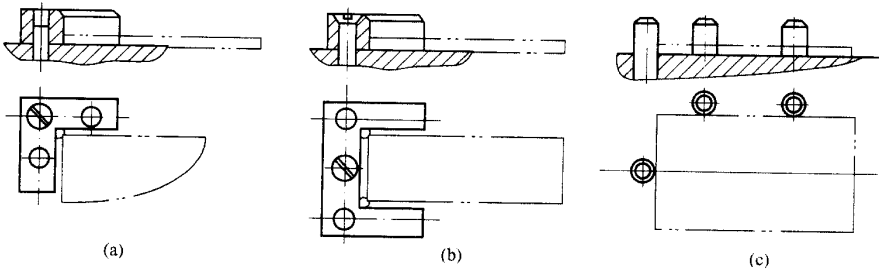


图 6-30 外形定位定位板和定位销

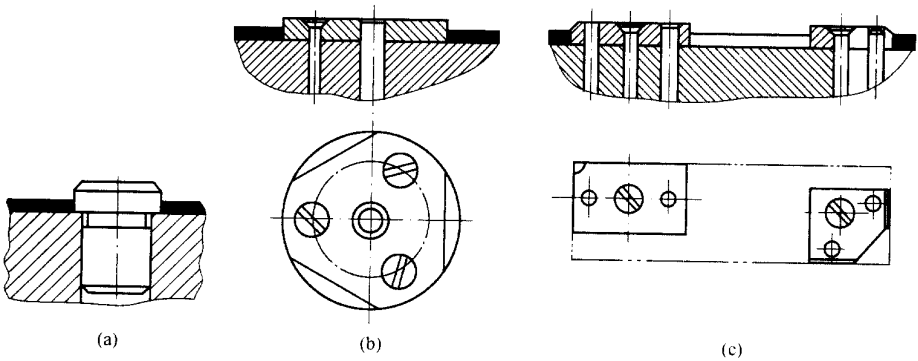


图 6-31 内孔定位定位板和定位销

构形式如图 6-32 所示。

2) 侧压板

在级进模中,为了消除条料宽度误差,保证条料紧靠一边导尺正确送进,常采用侧压板。常用的侧压板形式如下。

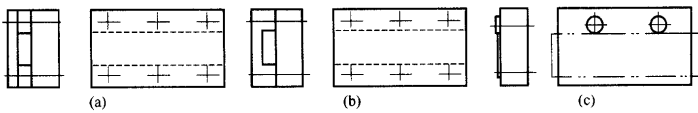


图 6-32 导尺或导料销

①簧片压块式 如图 6-33 所示,结构简单,但侧压力较小,适用于冲裁工件尺寸小,板料厚度为 1mm 以下的薄料,侧压块厚度一般为侧面导尺厚度的 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$,压块数量视凹模长度尺寸具体情况而定。

②弹簧压块式 如图 6-34 所示,由于使用弹簧,所以侧压力较大,适用于冲裁较厚的板料。

③压板式 如图 6-35 所示,其侧压力大而均匀,使用可靠,一般装在送料端,在单侧刃的级进模中使用。采用侧压板时,应注意以下两点:在条料厚度小于 0.3mm 时,不能采用侧压;当用滚轴自动送料时,不能采用侧压,否则由于侧壁摩擦,会阻碍送料。

(3) 挡料销和定距侧刃

1) 挡料销

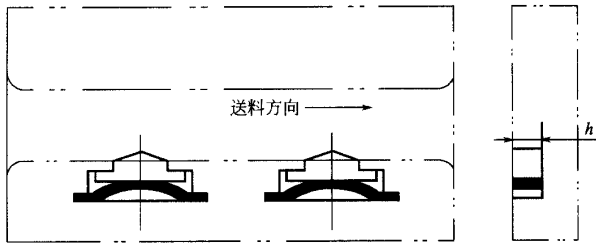


图 6-33 簧片压块式侧压

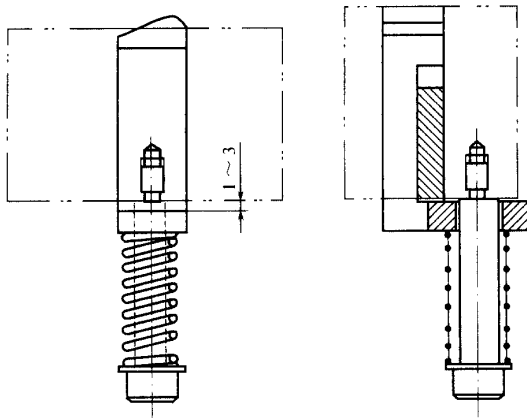


图 6-34 弹簧压块式侧压

挡料销的作用是保证条料有准确的送料进距。其结构形式与应用见表 6-23。

2) 定距侧刃

定距侧刃是以切去条料旁侧少量材料来限定送料进距。用侧刃定位可显著提高生产率,并保证较高的定位精度,而且有利于冲裁自动化。定距侧刃一般用于级进模冲制窄长形工件(步距小于 6~8mm)或薄料(0.5mm 以下)冲裁。但侧刃定位增加材料消耗,因此一般情况下用档料销能满足要求时,就不采用定距侧刃。

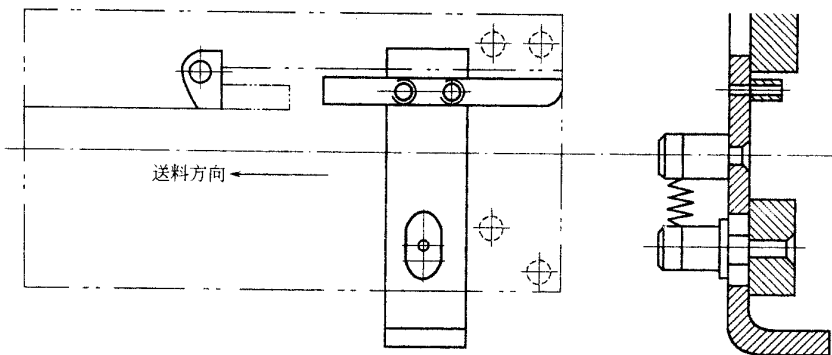


图 6-35 侧压板侧压

表 6-23

挡料销结构形式与应用

挡料销形式	简图	特点和应用
圆柱头式挡料销		<p>此种挡料销的固定部分与工作部分的直径差别很大,不至于削弱凹模的强度,并且制造简单,使用方便,一般装固在凹模上,适用于带固定卸料板和弹性卸料板的冲模中</p>
钩形挡料销		<p>此种挡料销的位置可离凹模的切削刃更远一些,因而就位置来说比圆柱头式的更好,但此种挡料销由于形状不对称,需要钻孔并另加定向装置,适用于冲制较大较厚材料的工件</p>
活动挡料销(1)		<p>冲压时条料向前推进就对挡料销的斜面施加压力,而将挡料销抬高,并使弹簧顶起。这样不必将条料在挡料销上套进套出,但定位时需要将条料前后移动,因此生产效率低。适用于冲裁窄形工件(6~20mm)和一般工件。条料厚度不小于0.8mm时导尺厚度可适当减小</p>
活动挡料销(2)		<p>最常用在带有活动的下卸料板的敞开式冲模上,因它在冲压时随凹模下行而压入孔内,工作很方便</p>
初始挡料销		<p>一般用在级进模上,当在冲第一个冲件时作确定条料的准确位置用,也就是辅助固定挡料销用,用时向里压紧</p>

①侧刃的断面形状 有长方形的、成形的和尖角形的,如图 6-36 所示。长方形侧刃 [图(a)] 制造简单,但当侧刃刃口磨钝后,使条料边缘处出现毛刺,影响正常送进。成形侧刃 [图(b)] 可克服上述缺点,但制造较复杂。尖角侧刃 [图(c)] 需与弹簧挡销配合使用,其优点是不浪费材料,但每送一进距需把条料往后拉,利用挡销背面定位,操作麻烦,影响生

产效率。

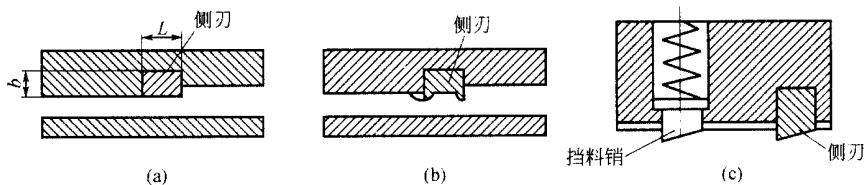


图 6-36 定距侧刀的断面形状

②侧刃的尺寸 侧刃尺寸标注采用配合加工配注尺寸方法,但一律以侧刃为基准件。侧刃断面长度为

$$L = A + (0.05 \sim 0.10) \text{ mm} \quad (6-17)$$

式中 A ——送料步距的基本尺寸。

0.05~0.10mm 的选取:工步次数多的取大值,次数少取小值;冲厚料取大值,冲薄料取小值。

侧刃制造公差取步距公差的 1/4;侧刃断面宽度, $W = 6 \sim 10\text{mm}$;侧刃孔按侧刃配做留单边间隙,侧刃切下料边宽度近似等于板料厚度。

③侧刃的固定 侧刃一般用下列几种方法固定,如图 6-37 所示。图(a)所示是用侧刃的凸缘固定,图(b)所示是侧刃铆紧在凸模固定板上,图(c)所示是用螺钉固定,图(d)所示是用销钉固定。

④侧刃的数量 可以是一个,也可以是两个。两个侧刃可以是并列布置,也可按对角布置,对角布置可以保证料尾的充分利用。

(4)导正销

导正销主要用于级进模中,以保证冲裁件内孔与外形相对位置的精度。它装在第二工位以后的凸模上,冲裁时它先插进已冲好的孔中,使孔与外形的相对位置对准,然后落料。这就消除了送料步距的误差,起精确定位作用。

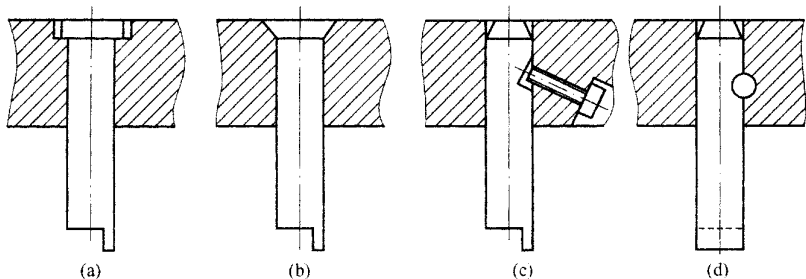
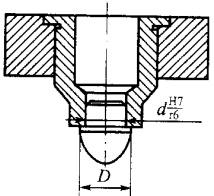
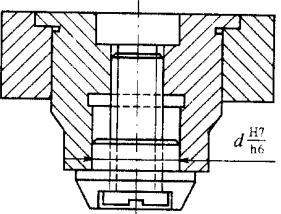
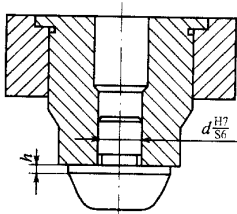
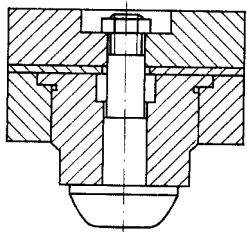


图 6-37 定距侧刃的固定

导正销的形式与应用见表 6-24。

表 6-24

导正销的形式与应用

形式	简图	应用	形式	简图	应用
压入式		用于直径小于 12mm 的孔	螺钉固定式		用于直径小于 18 ~ 50mm 的孔
		用于直径小于 10 ~ 30mm 的孔			用于直径小于 6mm 以上的孔

3 卸料和推件零件

(1) 卸料和推件装置的形式

卸料和推件装置的形式与应用见表 6-25。

(2) 弹簧和橡胶的选用

弹性卸料装置和弹性推件装置中的弹性元件,通常是弹簧和橡胶,当然也可以使用气垫。下面简要介绍圆柱螺旋压缩弹簧和橡胶的选用方法。

1) 圆柱螺旋压缩弹簧

弹性卸料装置中的弹簧,一般不进行强度设计,而是按标准选用。

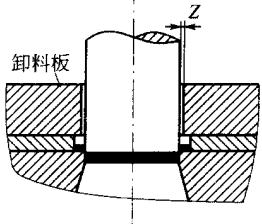
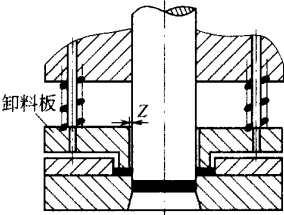
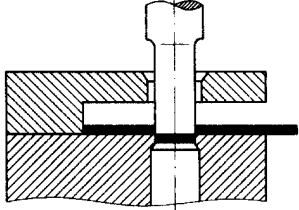
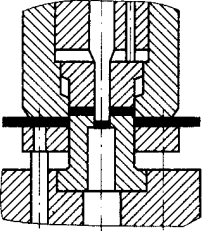
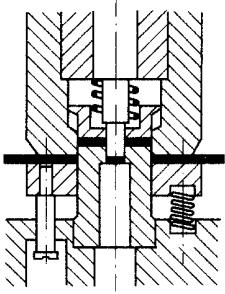
选择标准弹簧时应满足如下要求:压力要足够;压缩量要足够;要符合模具结构空间的要求。因模具闭合高度的大小,限制了所选弹簧在预压状态下的长度;上、下模板的尺寸限制了卸料板的面积,也就限制了允许弹簧占用的面积,所以选取弹簧的根数、直径和长度,必须符合模具结构空间的要求。有时为了选用标准弹簧,不得不修改模具的结构尺寸。

2) 橡胶

橡胶允许承受的负荷较弹簧大,且安装调整方便,价格又不贵,是冲模中广泛使用的弹性元件。

表 6-25

卸料和推件装置的形式与应用

形式	简图	特点和应用
固定卸料板		<p>一般装于下模的凹模面上,结构简单,卸料力大,有时还兼作凸模的导板,但无压料作用,适于冲裁料厚 $\delta \geq 0.8\text{mm}$ 的带料或条料</p>
弹性卸料板		<p>卸料力较小,但有压料作用,用于冲制薄料和要求平整的工件。常用于复合模。其弹力来源于弹簧或橡胶</p>
悬臂卸料板		<p>主要用于窄而长的冲件,在工件一侧冲孔和切口的冲模上使用</p>
弹性卸料和刚性推件装置		<p>刚性推件,其退件力大,但不起压料作用</p>
弹性卸料和弹性推件装置		<p>弹性推件,在冲裁时能压住工件,冲出的工件质量较高,但弹性元件的压力有限,当冲裁较厚材料时推件力量不足或使结构庞大</p>

(3) 卸料板和凸模之间的间隙

卸料板与凸模之间的间隙见表 6-26。

表 16-26

卸料板与凸模之间的单边间隙/mm

材料厚度	固定卸料板	弹性卸料板	材料厚度	固定卸料板	弹性卸料板
<0.5	—	0.1	1~3	0.3	0.25
<1	0.2	0.15	>3~6	0.5	0.5

4. 其他零件

(1) 导柱和导套

对生产批量大,要求模具寿命长、工件精度高的冲模,一般采用导柱、导套来保证上、下模的精确导向。

常见的导柱、导套布置形式如图 6-38 所示。图 6-38(a)所示为后侧导柱,可以三面送料,操作方便,广泛用于导向要求不太高的情况;图 6-38(b)(c)所示为中间导柱和对角导柱,导向准确,适用于工件精度要求较高或无间隙、小间隙冲模,但操作不太方便;图 6-38(d)所示为四个(或六个)导柱导向,导向情况最好,但结构复杂,只有在冲大型工件、精度要求特别高的工件或大量生产用的自动级进模才采用此类导向装置。

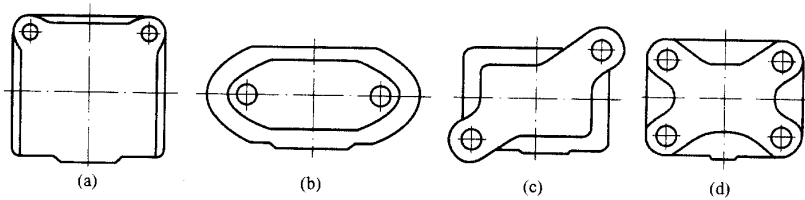


图 6-38 导柱、导套布置形式

(2) 导板

在导板模中,卸料板又起到对凸模的导向作用,即为导板。导板上的导向型孔按凸模断面形状加工,采用 H7/h6 配合。如果采用环氧树脂浇注导板型孔,则导板型孔加工将大为简化,导板上的孔和凸模之间的间隙可按需要精确地获得,保证高精度配合。

(3) 上、下模座

模座分带导柱和不带导柱两种,按其形状有圆形、正方形和长方形等。按标准选择模座时,根据生产性质和产品要求确定是否采用带导柱的模座,然后根据凹模(或凸模)、卸料和定位装置等的平面布置选择模座的形状与尺寸。

上、下模座已有国家标准,尽可能按标准选取。导柱、导套和上、下模座装配组成模架,我国已有部分模架标准化。生产中最好选用标准模架,这不仅能保证导向精度,而且由于模架系批量生产,其生产成本也低。

(4) 垫板

垫板的作用是直接承受和分散凸模传递的压力,以降低模座所受的单位压力,保护模座不被凸模端面压陷。

凸模固定端面对铸铁模座的单位压力不应大于 100MPa,对钢模座的单位压力不应大于 200MPa,否则应采用垫板。垫板厚度一般为 4~12mm,材料为 45 钢,热处理 HRC 43~

48。

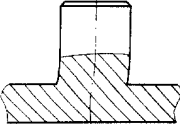
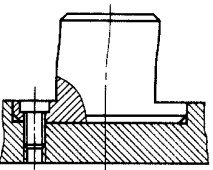
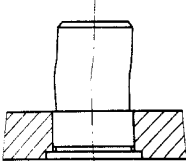
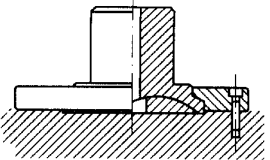
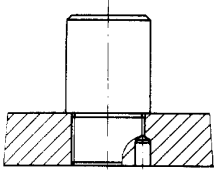
(5)凸、凹模固定板

凸、凹模固定板一般有圆形和矩形两种,凸、凹模固定板孔与凸模采用 $H7/m6$ 配合,材料一般选用 Q235。

(6)模柄

中、小型冲模通过模柄将上模固定在压力机滑块上。常用模柄的形式见表 6-27。

表 6-27 模柄的形式

形式	简图	特点和应用	形式	简图	特点和应用
整体式		模柄与上模做成整体,用于小型模具上	螺钉固定式(凸缘式)		适用于较大的模具或有刚性推件装置不能采用其他形式时
压入式		适用于所有中小模具,它与模板安装孔用 $H7/m6$ 配合,可以保证较高精度的同轴度和垂直度		浮动式	
旋入式		适用于所有中小模具,装卸方便,但垂直度精度差			

第七章 钣金冲压件计算机辅助设计制造及其应用图集典范

第一节 概述

一、计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)的基本概念

计算机辅助设计(Computer Aided Design 或 Computer Aided Drafting,简称 CAD)和计算机辅助制造(Computer Aided Manufacture,简称 CAM),是指利用计算机来辅助工程技术人员生成和利用各种数字信息和图形信息,以进行产品的设计和制造。在计算机辅助技术发展过程中,CAD和CAM的含义逐渐演变,其中一些部分形成了独立的计算机辅助单元技术。相关的企业信息化技术中,主要包括计算机辅助工程分析(Computer Aided Engineering,简称 CAE)、计算机辅助工艺过程设计(Computer Aided Planning,简称 CAPP)以及产品数据管理(Product Data Management,简称 PDM)、企业资源计划(Enterprise Resource Planning,简称 ERP)等。

1. CAD

广义地讲,将计算机辅助技术应用于产品设计的任何环节,如绘图、计算、结构设计以及分析、仿真、优化设计等等,都可以称作CAD。早期CAD系统的主要功能是计算机辅助绘图(Computer Aided Drafting,简称 CAD)随着计算机硬件、软件技术的不断发展,CAD含义发展为现在的计算机辅助设计,用计算机辅助完成整个产品设计过程。产品设计过程包括从产品要求确定、定义产品功能开始,到完成产品的材料信息、结构形状和技术要求等设计,并最终以数据、文件、图形等方式输出设计等子过程。另一方面,分析、仿真等环节形成了计算机辅助技术中独立于CAD的分支。

虽然以计算机辅助绘图为主要功能的二维CAD系统目前在我国仍然有可观的市场前景,但是从CAD系统二维绘图到三维造型的发展趋势已成为历史的必然。三维造型CAD系统自20世纪60年代开始出现,当时只是极为简单的用线框表示模型的系统,线框造型以线段组成框架,再经扫描(拉伸或旋转)构造出三维实体,其中线段包括直线、曲线及各样条曲线。20世纪70年代在军事部门、航空和汽车公司等资助下,开发了三维曲面造型CAD系统,曲面造型利用面来构造实体,一般采用样条曲线构成方法,生成封闭的曲面,然后利用曲面的延伸、偏移、补缺面的功能,生成三维封闭曲面,最后利用缝合技术产

生三维实体。1979年世界上第一个完全基于实体造型技术的大型CAD软件发布,实体造型一般利用基本三维体素如块、圆柱、圆锥、球体等,通过布尔运算,也就是实体之间的和、差、交构造出三维实体。

2. CAE

CAE有时译为“计算机辅助工程”,有时译为“计算机辅助工程分析”。就其所包含的具体内容来看,译为“计算机辅助工程分析”更为贴切。

早期的CAE主要指有限元分析和机构的运动学及动力学分析,近年来已经从对已设计产品性能的简单校核,发展到对产品性能的准确预测,再到产品工作过程的精确模拟。

最基础的CAE可以提供质量、周长、面积、体积、形心、惯性矩等信息,目前许多的CAD系统都具有这些功能。

最重要的工程分析技术之一是有限元方法(Finite Element Method,简称FEM)其基本思想是将结构离散化,用有限的简单单元来表示复杂的对象,单元之间通过有限个节点相互连接。FEM广泛应用于弹性及塑性力学、断裂力学、流体力学、热传导等领域,可完成力学分析(线性、非线性、静态、动态)、场分析(热场、电场、磁场等)、频率响应和结构优化等分析。

机构分析也是CAE的一个重要应用领域,利用机构的几何模型和运动规律等信息,完成机构内零部件的位移、速度、加速度和力的计算,机构的运动模拟、干涉和碰撞检查,以及机构参数的优化等。

CAE已经能应用于复杂的非线性系统仿真,例如分析和模拟板料冲压的塑性成形过程。借助仿真软件,技术人员能够在设计方案基本确定之后,预测产品质量,制定最优工艺方案,降低废品率,节省材料和劳动力,最大可能地降低成本,大幅度提高产品性能,缩短产品生产周期。

3. CAPP

CAPP系统可能具有工艺设计、工艺管理、工艺集成等层次的功能,一个具体的CAPP系统可能只有其中部分功能。工艺设计包括搜寻标准工艺,选择加工方法,选择毛坯制作方法,安排加工路线,选择机床、刀具、量具、夹具,选择装夹方式和装夹表面,确定切削用量,确定工序尺寸和公差,计算加工时间和加工费用,绘制工序图及编写工序卡等内容。

工艺管理包括工艺文件、信息的填写、管理,工艺、产品信息的汇总等工作,如选定或创建工艺表格形式,提供表格填写工具,表格对应功能和管理功能,工装信息汇总和通知,对工艺文件的审核和批准,标准工艺的存储等。

工艺集成指CAPP系统与CAD、CAE、CAQ(Computer Aided Quality,计算机辅助质量管理)、CAM、PDM、ERP等系统的集成及并行开发等工作,如CAPP系统从CAD系统中智能化地获取零件的尺寸、属性、工程符号等信息,对设计模型进行制造工艺分析;CAPP输出适应CAQ、CAM、PDM等系统的使用要求等。

传统上CAPP是CAD和CAM之间的桥梁,在现代CAD/CAE/CAM/CAPP/CAQ/PDM/ERP集成应用的潮流中,CAPP系统已成为联系企业信息化各单元技术的一个重要环节。

4. CAM

CAM的含义随技术进展而演变。最初CAM系统的狭义概念指的是从产品设计到加

工制造之间的一切生产准备活动,它包括 CAPP、NC 编程、工时定额的计算、生产计划的制订、资源需求计划的制订等;广义概念包括的内容则除了上述 CAM 狭义定义所包含的所有内容外,它还包括制造活动中与物流有关的所有过程(加工、装置、检验、存贮、输送)的监视、控制和管理。到今天 CAM 的狭义概念几乎缩小为 NC 编程的同义词,指利用计算机来进行数控设备的控制和操作,其输入信息是零件的工艺路线和工序内容,输出信息是刀具加工时的运动轨迹(刀位文件)、机床数控指令程序。CAPP 已被作为独立的子系统,而产品数据管理、生产计划的制订、资源要求计划的制订则分别由 PDM、ERP 系统来完成。

数控编程指根据来自 CAD 的零件几何信息和来自 CAPP 的零件工艺信息在自动或在人工干预下生成数控代码的过程,主要工作包括确认设计模型、加工轨迹生成和检验、生成 NC 指令及检验、传送至 NC 机床等。

5. PDM

PDM 最早出现在 20 世纪 80 年代初期,目的是将手工管理 CAD 技术产生的电子文档转变为用计算机来管理,即电子文档管理系统 EDM(Electronic Data Management),EDM 以操作系统的目录管理和数据库技术为基础,利用软件对电子图像进行浏览,实现工程图样的重新生成,这种软件就是 PDM 的雏形。随着 CAD 技术的发展,对产品数据的管理提出了更高的要求,开始在计算机上模拟企业中频繁进行且易被延误的更改单管理过程。这类管理逐渐扩展到产品开发过程领域中,即设计图样和电子文档的管理,自动化工程更改单的管理,材料清单的管理等。

PDM 系统是管理产品全生命过程的数据和产品开发过程的工具,确保跟踪设计、制造所需的大量数据和信息,并由此支持和维护产品。从产品来看,PDM 系统可帮助组织产品设计,完善产品结构修改,跟踪进展中的设计概念,及时方便地找出存档数据以及相关产品信息。从过程来看,PDM 系统可协调组织整个产品生命周期内诸如设计审查、批准、变更、工作流优化以及产品发布等过程事件。

6. ERP

ERP 在物料需求计划(Material Requirements Planning,简称 MRP)和制造资源计划(Manufacturing Resource Planning,简称 MRPII)的基础上发展而来。MRP 主要考虑企业的库存物料管理,以产品结构为基础、运用网络计划原理,根据产品结构各层次物料的从属和数量关系,以每个物料为计划对象,以完工日期为时间基准倒排计划,按提前期长短区别各个物料下达时间的先后顺序,体现企业主要业务部门产供销物料信息的集成,最终减少库存和减少资金占用,提高资金利用率。

MRPII 以 MRP 为核心,将物资和资金集成在一起,把生产、财务、销售、技术、采购等各个系统结合成为一体。MRPII 与 MRP 的主要区别就在于物资与资金流的信息集成,中心目标为“在正确的时间制造和销售正确的产品”。

ERP 是由美国著名的计算机技术咨询和评估集团 Garter Group Inc 于 20 世纪 90 年代初提出来的概念,其实质是在 MRPII 基础上进一步发展而形成的面向供应链(Supply Chain)的管理思想,管理核心是“在最佳的时间和地点,获得企业的最大增值”。ERP 所管理的对象包括了企业管理理念、业务流程、基础数据、人力、物力、时间、计算机硬件和软件

等所有的资源和产、供、销等业务。ERP 不但扩展了企业内部各种管理功能的信息集成,而且超出了企业本身的范围,实现了整个供需链上所有相关业务的信息集成。

二、计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)的基本组成

一个计算机辅助应用系统都是由硬件和软件两部分组成。一般情况下,高性能的系统要求高资金投入,还要求高水平的人才资源。

1. CAD 系统的组成

(1) CAD 系统的硬件 CAD 系统基本的硬件组成包括由计算机及其外围设备,单套计算机设备的硬件包括执行算术运算和逻辑运算的中央处理器,鼠标、键盘、扫描仪、图形输入板、光笔等输入设备,图形显示终端、打印机、绘图仪等输出设备,以及磁盘、光盘碟、磁带机、纸带机等存储设备,基本结构参见图 7-1。现代的集成化 CAD 系统以网络的形式出现,特别是在并行工程环境中,为了进行产品的并行设计,网络更是必不可少的,多台计算机之间通过网络连接。网络设施包括中继器(增加网线长度)、网桥(同种网相连)、路由器(选择加工路线)、网关(不同协议相连)、调制解调器(数/模转换)以及网线等。

计算机硬件系统的配置可以分为主机系统(Mainframe)、小型机系统(Turnkey system)、工作站系统(Workstation)和微机系统(Microcomputer)四大类。大型的三维造型和分析系统目前应用较多的是 CAD 工作站,二维绘图可采用微机。20 世纪 90 年代以来,计算机技术迅猛发展,CAD 技术的硬件平台的性能价格比显著提高,中、小型的三维造型和分析系统可以在微机上运行。

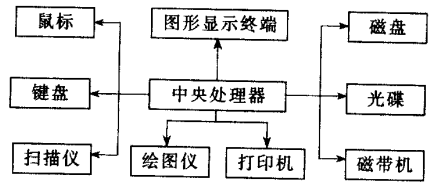


图 7-1 单套 CAD 系统的硬件基本组成

(2) CAD 系统的软件 软件可以分为三大类:系统软件、支撑软件和应用软件。系统软件主要包括面向计算机硬件控制和资源管理的操作系统,面向计算机维护的工具系统,程序设计语言(Fortran、Basic、C、C++、Java 等)及其编辑系统,数据库管理系统(对数据的输入、输出、分类、存储、检索进行管理)等。支撑软件指以系统软件为基础,进行 CAD 应用开发所需的软件平台,如 AutoCAD 等图形支撑软件,Parasolid、Asis 等三维造型核心等。应用软件是根据具体领域的工程应用特点,利用支撑软件系统开发的解决特定问题的软件系统,包括:设计计算方法库(常用数学方法库、统计数学方法库、常规设计计算方法库、优化设计方法库、可靠性设计软件、动态设计软件等)和各种专业程序库(常用机械零件设计计算方法库、常用产品设计软件包等)。有些软件,如 CAD 软件,可能既是应用软件,能应用于设计、绘图;又是支撑软件,可以在其基础上再开发钣金制件展开、数控指令编制等软件。

CAD 系统的软件组成参见图 7-2。

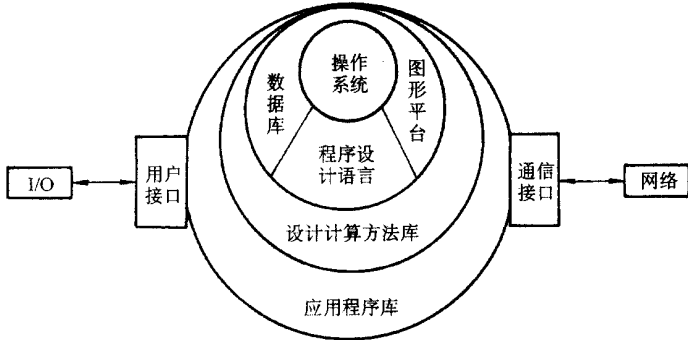


图 7-2 CAD 系统的软件组成

2. CAM 系统的组成

(1) CAM 系统的硬件 CAM 系统的硬件组成包括计算机、数控加工设备以及数控传送装置和机器人、机器手等。CAM 所用的计算机系统与 CAD 的相似,主要是工作站和高档微机系列。

对一般的机械制造企业,数控加工设备主要包括数控铣床、数控车床和加工中心等。

在钣金行业中,数控加工设备主要包括数控冲床、数控剪床、数控折弯机和数控切割机等,其中数控冲床是带有开孔的门板类钣金制件在计算机辅助制造时最重要的设备。

数控冲床的基本功能是冲模头相对工作台 X、Y 方向的成形运动,冲模头上下的冲裁运动。利用数控冲床可以直接冲压出与冲模形状相同的孔、或通过步冲(nibbling)方式冲裁出与冲模形状、尺寸不同的孔。数控机床的其他功能包括冲模转位位、夹爪移位,长圆槽、圆弧槽、均布孔、大孔、栅格孔的成组冲裁等,依具体机床的软硬件配置而定。

数控机床一般都有控制单元,将输入的数控指令转换为电脉冲数,再经伺服驱动系统带动机床部件作相应的运动。

(2) CAM 系统的软件 将数控指令转换为驱动机床设备的电脉冲数的控制软件由控制系统制造商提供,一般固化在机床控制系统中。通常 CAM 软件的功能主要是根据来自 CAD 的零件几何信息和来自 CAPP 的零件工艺信息自动或交互式生成数控指令代码,简称为数控编程。

数控编程的方式一般有四种:手工编程、数控语言编程、CAD/CAM 系统编程和自动编程。手工编程由编程人员按照数控系统规定的加工程序段和指令格式,手工编写出待加工零件的数控加工程序,不涉及到编程软件问题。

数控语言编程是用专用的语言和符号来描述零件的几何形状和刀具相对零件运动的轨迹、顺序和其他工艺参数等。由于采用类似于计算机高级语言的数控语言来描述加工过程,特别是省去了数值计算过程,大大提高了编程效率。用数控语言编写的程序称为源程序,计算机接受源程序后,首先进行编译处理,再经过后置处理程序才能生成控制机床的数控程序。典型数控编程语言是美国麻省理工学院开发的 APT(Automatically Programmed Tools)语言。APT 语言词汇丰富,定义的几何类型多,并配有多种后置处理程序,通用性好,获得广泛应用,在具体应用中 APT 演变出多种变型。

APT 语言的源程序是由语句组成的,共有四种类型的语句:几何定义语句、刀具运动语句、工艺数据语句、初始语句和终止语句;语句则是由词汇、数值、标识符号等按一定语法规则组成的。

数控语言编程往往也被称为“自动编程”,这种叫法来源于 APT 数控编程语言的名称。事实上,APT 之类的编程语言并不是自动化的编程工具,只是比手工编程前进一步,实现了用“高级编程语言”来编写数控程序。

目前多种 CAD/CAM 应用软件都具备 CAD/CAM 数控编程功能。使用 CAD/CAM 系统编程时,编程人员不需要编写数控源程序,只需要从 CAD 数据库中调出零件图形文件,并显示在屏幕上,采用多级功能菜单等作为人机界面。编程过程中系统可以给出大量的提示。这种方式操作方便,容易学习,进一步提高了编程效率。一般 CAD/CAM 系统编程软件都包括下面的基本内容:查询被加工部位图形元素的几何信息、对设计信息进行工艺处理、刀具中心轨迹计算、定义刀具类型、定义刀位文件数据等。然后经过数据后置处理器,自动生成数控加工程序,并进行加工模拟,用来检验数控程序的正确性。CAD/CAM 数控编程在编程效率、应用性、柔性等方面具有良好的综合性能。

完全意义上的数控自动编程系统是指从 CAD 数据库获取零件的几何信息,从 CAPP 数据库获取零件加工过程的工艺信息,然后自动生成数控程序,并对源程序进行动态仿真,如果正确无误,则将加工指令送到机床进行加工。

三、计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)实用软件简介

CAD/CAM 技术经过数十年发展,经历了大型机、小型机、工作站、微机为主要的时代,每个时代都有当时流行的 CAD/CAM 软件。现在工作站和微机平台 CAD/CAM 软件已经占据主导地位,出现了一批比较优秀、比较流行的商品化软件,其中不少软件系统中都包含钣金模块。

1. CAD/CAM 实用软件简介

以下介绍的系统及其特点供参考。

(1)Unigraphics(UG) UG 是美国 Unigraphics Solutions 公司发布的 CAD/CAE/CAM 一体化软件。广泛应用于航空航天、汽车、通用机械及模具等领域。UG 兼有 Unix 工作站版和 WindowsNT 微机版,将参数化和变量化技术与传统的实体、线框和表面功能结合在一起,装配图和零件图设计都从三维实体造型开始。三维实体生成后,可自动生成二维视图,如三视图、轴侧图、剖视图等。UG 具有多种图形文件接口,可用于复杂形体的造型设计,特别适合大型企业和研究所使用。

在 UG 的众多模块中关于钣金的有:钣金件设计(Sheet Metal Design)、钣金件制造(Sheet Metal Fabrication)、钣金件排样(Sheet Metal Nesting)、高级钣金设计(Advanced Sheet Metal Design)、钣金冲模工程(Sheet Metal Die Engineering)等,其中钣金件设计模块可以提供钣金件定义和仿真,几何模型的展开、折弯等功能。钣金件制造模块可以对 UG 设计的钣金件提供从转塔式多工位冲压到激光切割,以及对带有孔、槽特征的钣金件冲压自动编程的功能。钣金件排样模块可以在一张毛坯板材上对若干品种零件进行多种优化排样。

(2)Pro/ENGINEER Pro/ENGINEER 是美国参数技术公司(Parametric Technology Corpo-

ration 简称 PTC)开发的 CAD/CAM 软件,采用面向对象的统一数据库和全参数化造型技术,为三维实体造型提供了一个优良的平台。第三代机械 CAD/CAE/CAM 产品 Pro/Engineer 软件能将设计至生产全过程集成到一起,让所有的用户都能够同时进行同一产品的设计制造工作,即实现所谓的并行工程。

利用 Pro/ENGINEER 的 Pro/SHEETMETAL 模块,用户可以建立参数化的钣金造型和组装,包括生成金属板设计模型以及将它们展平成平面图形。Pro/SHEETMETAL 提供了通过参照弯板库模型的弯曲和放平能力。弯曲允许量通过弯曲或放平状态下的模型附加特征的功能,同时支持生成、库储存和替换用户可自定义的特征。

Pro/ENGINEER 的 Pro/SURFACE 是一个选项模块。它扩展了 Pro/ENGINEER 的生成、输入和编辑复杂曲面和曲线的功能,提供了一系列必要的工具,使得工程师们在整个工业范围内很容易地生成用于飞机和汽车的气动曲线和曲面,船壳设计以及通常所碰到的复杂设计问题,可以用于复杂覆盖件、表面件设计。

(3) I-DEAS I-DEAS 是美国 SDRC 公司开发的一套完整的 CAD/CAM 系统,其侧重点是工程分析和产品建模。它采用开放型的数据结构,把实体建模、有限元模型与分析、计算机绘图、实验数据分析与综合、数控编程以及文件管理等集成为一体,因而可以在设计过程中较好地实现计算机辅助机械设计。通过公用接口以及共享的应用数据库,把软件各模块集成于一个系统中。其中实体建模是 I-DEAS 的基础,它包括了物体建模、系统组装及机构设计等模块。

(4) SOLID EDGE SOLID EDGE 是 UGS 公司推出的机械设计系统,是真正的 Windows 软件,它不是将工件站软件生硬地搬到 Windows 平台上,而是充分利用 Windows 基于组件对象模型(COM)的先进技术重写代码。SOLIDEDGE 是基于参数和特征实体造型的新一代机械设计 CAD 系统,与 Microsoft office 和 Windows 的 OLE 技术兼容,这使得设计师们在使用 CAD 系统时,能够进行 Windows 文字处理、电子报表、数据库操作等。

SOLID EDGE 为钣金件设计提供了有效的设计工具,用基于特征的实体造型命令进行钣金件流线型的三维设计,具备自动折叠和打开、精确计算弯曲、自动改变倒角尺寸和斜截缝等功能。钣金环境内的命令和功能使用了钣金设计行业所熟悉的术语,如动态拖放、板材生成、自动替换弯曲和角余量、自动展开/重新弯曲造型、一次性展平和斜角等。

(5) CATIA CATIA 最早是由法国达索飞机公司研制的,目前属于 IBM 公司,是一个高档 CAD/CAM/CAE 系统,广泛用于航空、汽车等领域。CATIA 采用特征造型和参数化造型技术,允许自动指定或由用户指定参数化设计、几何或功能化约束的变量式设计。其曲面造型功能包含了高级曲面设计和自由外形设计,用于处理复杂的曲线和曲面定义,并有许多自动化功能、分析工具和一个数控工艺数据库。

(6) Cimatron Cimatron 由以色列 Cimatron Technologies 公司开发,可运行于 DOS、Windows 或 NT,是早期的微机 CAD/CAM 软件。其 CAD 部分支持复杂曲线和复杂曲面造型设计,在中小型模具制造业占有较大的市场份额。在确定工序所用的刀具后,其 NC 模块能够检查出应在何处保留材料不加工,对零件上符合一定几何或技术规则的区域进行加工。通过保存技术样板,可以指示系统如何进行切削,可以重新应用于其他加工件,即所谓基于知识的加工。

Cimatron 的 BEND 模块利用平面片模型来生成钣金的展开图案,采用自动的面和轴识别以加快处理过程,用户定义的钣金弯曲因子和长度表格以方便参数的输入和修改,三维模型的完全相关以确保三维物体的变化能反映到二维展开物体上。

(7)SolidWorks SolidWorks 是生信国际有限公司推出的基于 Windows 的机械设计软件,是微机版参数化特征造型系统,其各种应用的集成,包括结构分析、运动分析、工程数据管理和数控加工等,能实现复杂的三维零件实体造型、复杂装配和生成工程图。

SolidWorks 具有针对钣金设计的模块,包括钣金要素生成、折弯 EXCEL 表修改、折弯和非折弯特征选择、钣金零件二维展开等功能。

(8)AutoCAD 与 MDI(Mechanical Desktop)AutoCAD 系统是美国 Autodesk 公司为微机开发的一个交互式绘图软件,它基本上是一个二维工程绘图软件,具有较强的绘图、编辑、剖面线和图案绘制、尺寸标注以及方便用户的二次开发功能,也具有部分的三维作图造型功能。它是目前世界上应用最广的 CAD 软件,并以其为支撑平台开发了多种应用软件。MDI(Mechanical Desktop)是 Autodesk 公司在机械行业推出的基于参数化特征实体造型和曲面造型的微机 CAD/CAM 软件。

(9)SPI - Sheet Metal SPI - Sheet Metal 是一种专业的钣金设计和造型软件,与 AutoCAD 和 MDT 完全兼容,可以实现各种专业的钣金设计和造型功能,如:自动折边,自动倒圆角,任意选择折弯角度,自动展开计算并生成展开图,自动标注尺寸,模具库及材料库管理等等。

针对 AutoCAD 和 MDT 的不同 SPI 有两种产品。SPI for AutoCAD2000 完全与 AutoCAD2000 兼容,用于一般的非参数化的钣金零件的设计装配和展开,可以升级到 SPI for MDT 参数化的版本。以板或截面为基础,通过折边、截面拉伸、截面扫掠、抽壳等方法得到三维实体。SPI for MDT 5.0 通过 MDT 的 CAD 平台与专家技术的组合,使钣金制件的设计过程达到智能化,在钣金产品投产前使设计过程得到巨大的改进。

(10)RADAN 和 AutoSM RADAN 是英国专门研制钣金 CAD/CAM 的系统软件制造商,也是该公司的钣金 CAD/CAM 系统名。该软件基于 ASIS 造型技术,可进行钣金件三维实体造型设计、装配及分解图生成、二维设计和绘图,可以达到三维与二维设计参数相关、特征设计、弯曲展开、排样优化及 CAM。

AutoSM 与 RADAN 同是英国 RADAN 公司的产品。作为 Autodesk 公司 MAI 主要联盟成员,AutoSM 是 Radan 公司将 Radan 的三维设计、展开功能揉和在一起,提供给 Autodesk 公司,并无缝集成于其三维软件 MDT。这样 AutoSM 的钣金设计、折弯展开功能与 MDT 三维造型功能相结合,便构成了一个集通用件设计与钣金设计于一体的三维软件。同时,AutoSM 软件能够以各种格式与其他 CAM 软件集成或直接调用 RADAN 系统,输出展开图,进行自动编程。

AutoSM 有以下主要功能:快速造型、创造钣金面、自动加壳、抽壳处理、冲孔处理、成型特征、折弯系数、折弯半径、展开计算、编辑修改、板材库管理、概念设计、整机装配、数据接口。

(11)PROCAM 与 TekSoft Punch System PROCAM 是美国 TEKSOFT 公司的自动编程 CAD/CAM 软件。PROCAM 软件称为美国 PC 平台第一个 CAD/CAM 编程软件,其二维

CAD 功能类似于 AutoCAD ,三维 Surface 曲面造型功能可设计出复杂的型面 ,并提供了拉伸 (Extrude) ,旋转 (Revolve) ,扫描 (Sweep) ,放样 (Loft) ,倒角 (Fillet) ,光顺 (Smooth) ,修剪 (Trim) ,偏移 (Offset) ,投影 (Project) ,分模 (Split) ,缝合等复杂曲面设计、编辑功能。PRO-CAM2000 采用 ParaSolid 核心开发 ,使 PROCAM 软件在实体能力上得到充分加强 ,系统包含多种机加工工艺 ,如数控车、铣、冲、激光/等离子切割、线切割等。

TekSoft Punch System 适用于冲压加工。系统可以定义冲压模具、冲模补偿及冲模转位角度 ,可以用点击图标 (icon) 的方式来创建和插入冲模轨迹。可用的轨迹包括点、直线、圆弧、圆等基本图素和用宏方式定义的负责图素。系统的“ Exit ”图标可供操作者从 Punch 系统转换到 TekSoft 的其他 CAM 系统 ,如 Tek - Soft Plasma System、TekSoft Laser System 等。

(12) PICAD PICAD 系统及系列软件是中科院凯思软件集团及比京凯思博宏应用工程公司开发的具有自主知识产权的 CAD 软件 ,该软件具有智能化、参数化和较强的开放性 ,对特征点和特征坐标可自动捕捉及动态导航 ,系统提供局部图形参数化、参数化图素拼装及可扩充的参数图符库 ,提供交互环境下的开放的二次开发工具 ,用户可以任意增加功能或开发专业应用软件。

(13) 高华 CAD 高华 CAD 是由北京高华计算机有限公司推出的 CAD 产品。高华 CAD 系列产品包括计算机辅助绘图支撑系统 GHDrafting、机械设计及绘图系统 GHMDS、工艺设计系统 GHCAPP、三维几何造型系统 GHGEMS、产品数据管理系统 GHPDMS 及自动数控编程系统 GHCAM。其中 GHMDS 是基于参数化设计的 CAD/CAE/CAM 集成系统 ,它具有全程导航、图形绘制、明细表的处理、全约束参数化设计、参数化图素拼装、尺寸标注、标准件库、图像编辑等功能模块。

(14) 清华 XTMCAD 清华 XTMCAD 是清华大学机械 CAD 中心和北京清华艾克斯特 CIMS 技术公司共同开发的基于 Windows95 和 AutoCAD R12 及 R13 二次开发的 CAD 软件。它具有动态导航、参数化设计及图库建立与管理功能 ,还具有常用零件优化设计、工艺模块及工程图纸管理等模块。

(15) CAXA CAXA (Computer Aided X Advanced , X 意味着扩充) 是北京华正模具研究所 (北京航空航天大学 721 研究所) 推出的包括数控加工、工程绘图、注塑模具设计、注塑工艺分析及数控机床通信等一系列 CAD/CAM/CAE 软件的品牌名称 ,包括 CAXA - EB、IPD、IMD、WEDM、MILL、ME 六个系列。CAXA - EB 电子图板是通用中文设计二维绘图软件 ,可帮助设计人员进行零件图、装配图、工艺图表及平面包装等设计。

(16) GS - CAD98 GS - CAD98 是浙江大天电子信息工程有限公司开发的基于特征的参数化造型系统。该公司是国家科委高技术研究发展中心、浙江大学和中国航天总公司 CAD/CAM 中心在杭州联合创建的高新技术研究、开发和应用企业。

GS - CAD98 是具有完全自主版权、基于微机、中文 Windows95/NT 平台的三维 CAD 系统 ,可实现三维零件设计与装配设计 ,工程图生成的全程关联 ,在任一模块中所作的变更 ,在其他模块中都能自动地作出相应变更。

(17) 金银花系统 金银花 (Lonicera) 系统是由广州红地技术有限公司开发的基于 STEP 标准的 CAD/CAM 系统。该软件主要应用于机械产品设计和制造 ,采用面向对象、

实体建模、参数化特征造型、二维和三维一体化、SDAI 标准数据存取接口的技术 ;具备机械产品设计、工艺规划设计和数控加工程序自动生成等功能。金银花系统的系列产品包括 机械设计平台 MDA、数控编程系统 NCP、产品数据管理 PDS、工艺设计工具 MPP。

(18)开目 CAD 与开目钣金系统 KMSM 开目 CAD 是武汉开目信息技术有限公司开发的具有自主知识产权的基于微机平台的 CAD 软件 ,该公司是华工科技股份有限公司的控股子公司。开目 CAD 面向工程实际 ,模拟人的设计绘图思路 ,操作简便 ,机械绘图效率高。开目 CAD 支持多种几何约束种类及多视图同时驱动 ,具有局部参数化的功能 ,能够处理设计中的过约束和欠约束的情况。开目系列软件产品包括开目 CAD、开目 CAPP、开目 PDM、开目 BOM(Bill of Material 物料清单)、开目电气 CAD、开目机械零件 CAD、开目钣金 CAD/CAM 系统 KMSM 等 ,同时提供电子商务平台建设、ASP(Application Service Provider 应用服务商)网站建设等服务。

KMSM 以开目 CAD 为图形平台 ,以基于钣金制件库的参数化和基于面融合的面生长两种方式设计钣金件 ,可直接展开所设计的制件 ,以可视化方式对带有开孔的制件图形编制数控冲压指令。基于钣金制件库的参数化设计已经能以 ASP 方式提供远程设计服务 ,钣金件设计量较小的用户不必购买软件 ,可以通过互联网运行 KMSM 的钣金设计模块 ,在系统引导下输入钣金件特征参数 ,得到钣金件展开图的数据。

2. CAD/CAM 软件选用要点

目前 CAD/CAM 系统运行的硬、软件环境主要是工作站或微机。随着硬件技术的发展 ,在图形处理方面工件站与微机之间的差异逐渐缩小 ,由于微机的硬件投资远远低于工作站 ,逐渐成为中小企业各类 CAD/CAM 软件的主要运行平台。

CAD/CAM 系统的工作性能 ,既取决于硬件系统的好坏 ,又受到软件性能的制约。选择合适的 CAD/CAM 软件包十分重要。下面着重介绍选择基于微机的 CAD/CAM 软件的一些基本考虑。

(1)供方(Supplier) 确认供方的信誉十分重要 ,需要明确的问题包括 :谁是供方 ,供货标准是什么 ,是否有试用期 ,交货期如何 ,合同条款怎样 ,供方产品及服务的口碑如何、以及供应商的发展变化趋势和财务经营状况、软件产品是否为自主知识产权或非自主知识产权产品是否得到合法授权等。

(2)软件(Software) 首先考虑软件的功能适用性 ,软件必须能满足企业的功能要求。各种软件除共有的功能外 ,可能在特定的领域 ,如在钣金业或模具业具有专长 ,因此 ,要优先考虑本企业工作领域有专长的软件。不必片面追求软件功能多、全 ,避免为企业用不着的功能付出代价。

软件性能包括稳定性等质量特性 ,不仅要求软件能做要求它做的事 ,而且要求软件不应做不希望它做的事。软件产品难以达到 100% 的无缺陷 ,要确认缺陷的影响在可以接受的范围内。

软件效率也很重要 ,不同的 CAD 软件完成类似的工作效率可能相差好几倍。使用效率较低的软件 ,日积月累 ,消耗会很可观。必要时可以根据企业要求设计典型用例 ,请潜在的软件供方完成 ,比较不同软件的效率。

用户友善性是选择软件要考虑的一个重要方面 ,基本原则是便于掌握 ,操作简便。软

件层次的逻辑结构和操作方式、交互方式要符合操作者的工作习惯,菜单、图标的表达方式符合通行的软件方式。操作者操作软件不要求掌握太多的计算机硬件及操作系统知识。交互式操作的软件一般应包含供初学者使用的学习模块和即时帮助系统。

(3)服务(Service) 软件产品的服务是用好软件的保证,服务通常包括培训、实施、维护、升级等方面。需要明确可以得到怎样的售前培训,经过培训后关于软件掌握可以达到怎样的水平。软件的核心模块一般针对一定范围的顾客而开发,应用到具体企业中可能与企业的实际工作方式相抵触,需要通过配置乃至二次开发适应特定企业的情况。软件使用中难免会遇到问题,需要向供方咨询或要求解决。当供方的产品升级换代是应得到优惠的升级服务。

(4)兼容性(Compatibility) 要注意软件安装、运行对操作系统及硬件兼容性。特别是软件、硬件分别购置时,需要考虑软件是否能直接运行于已有配置的计算机上,可能需要扩充哪些硬件配置。

在企业的众多信息化活动中,往往需要同时使用几种 CAD/CAM 软件系统才能满足需要,由于业务往来会涉及到更多系统产生的文件和数据。因此,必须考虑所选用软件与其他软件之间数据格式的兼容性,数据转换效率高,转换后信息准确。

(5)安全性(Security) CAD/CAM 系统的输入、输出,如数据、图形、模型、分析结果、数控指令文件等大多都属于技术机密,需要保证只有得到授权的人员才能接触、修改软件系统的设计信息。设计信息的损坏、丢失也会造成很大的损失,要考虑对设计信息的保护功能,如自动定期备份、防止误删除、突然断电的保护等。

第二节 钣金制件计算机辅助设计/制造的主要工作

用计算机辅助方法设计和制造钣金件,从制件的设计开始,经过展开、排样,到剪裁、冲压、折弯,要做许多工作,其中最主要的是制件的设计和展开、坯料排样和数控指令编制。

一、计算机辅助钣金制件设计和展开

钣金件计算机辅助设计和展开方法可以简要划分为基于模型的方法和造型方法两大类。

1. 基于参数模型的设计和展开

传统的钣金件下料方法有作图法和算法两类,作图展开的基本方法有平行线法、放射线法、三角线法等,算法是用解析计算代替作图法中的放样和作图过程,计算出展开图中特征点的坐标、线段长度,再由计算结果绘制出图形。用计算机来完成这些计算工作就是最基本的钣金件 CAD 方法。

例如,要用计算方法求图 7-3 所示斜截圆柱管的展开图。斜截圆柱管可以看作一类钣金件的总称,其特征参数为外圆直径 D 、中心高 H 、斜截角 β 及板厚 t 。斜截面展开后

应该是连续的曲线,但实用中经常以折线来近似曲线,因此除这四个参数外,还要加上一个表示折线段数的参数,不妨记 90° 圆弧部分展开后的折线段数为 j 。

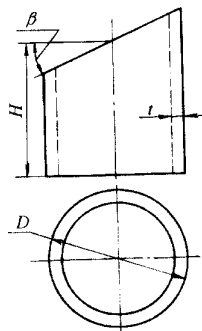


图 7-3 斜截圆柱管

用作图法对斜截圆柱管放样、画线时采用平行线法,利用断面图引辅助线,通过主视图放样,最后画出展开图。用算法设计时需要从作图过程中抽象出其数学规律,以数值方式表达出斜截面展开后各等分点的坐标。

图 7-4 所示为用算法展开斜截圆柱面的示意图。本示例中取 $j=3$,整个圆周分为 $4j$,即 12 等分。图中取斜截圆柱面最高的点位于 Y 轴上,最低的点位于 $\pm 2j$ 处。用 i 表示关于分段数的循环变量,取值范围为 $[-2j, 2j]$ 。

图中 L 表示圆管展开后的总长度,这种制件的弯曲半径与板厚的比值通常大于 5,取中性层变化系数为 0.5, $L = \pi(D - t)$ 。

图中 r 表示对应各展开点处的圆柱计算半径。用传统的算法时,为了使两节斜截圆柱管的斜截面能较好的接合,通常在高于斜截中心高,即 i 值在 $(-j, j)$ 的范围内取 $r = D/2$,即外圆半径,其他区域内取 $r = D/2 - t$,即内圆半径。使用 CAD 方法,编制程序来计算时,可以改进对 r 值的计算方法,进行插值计算,即取 $r = (D - t)/2 + (j - |i|)t/2$,使 r 值在整个圆周上连续变化。

在 i 处圆周上等分点与中心线的距离为 $r \cos(90i/j)$,注意到斜截角为 β ,则 i 处圆周上等分点的高度与中心高的距离为 $r \cos(90i/j) \tan \beta$ 。取圆柱管底面为高度基准,得到斜截面上第 i 个等分点处的座标表达式为:

$$X_i = iL/4/j$$

$$Y_i = H + r \cos(90i/j) \tan \beta$$

这两个表达式就是斜截圆柱管的展开图计算模型,适用于各种参数值的斜截圆柱管,只要给 D, H, β, t, j 等参数赋以确定的值,就可以得到给定参数的斜截圆柱管展开图。

对常用的接头、门板类钣金件,基于模型的钣金件设计展开方法构造模型时需要一定的工作量,使用时十分可靠、高效。

2. 基于造型方法的设计和展开

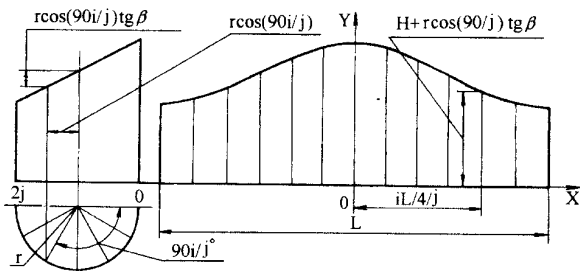


图 7-4 斜截圆柱面的算法展开

钣金零件一般可分为三类:①平板类,即一般的平面冲裁件;②弯曲类,即钣料经弯曲或弯曲加简单成形构成的零件;③成形类,即钣料由拉伸等成形方法加工而成的规则曲面

类或自由曲面类零件。许多复杂的钣金件难以用简单的模型表示,如多重弯折件和复杂曲面件等,对这些钣金件多采用造型的方法来设计。

现有的针对钣金零件特点而提出来的几何造型方法有 2D 钣金零件的几何造型和 3D 钣金零件的几何造型。前者包括编码法、面素拼合法和交互尺寸输入法等;后者原有弯曲变换拼合法、体素拼合法等方法。上述造型方法存在的共同缺点是当定义出错时,修改非常麻烦,甚至可能需要重新输入。所建立的零件模型包含的信息也不完备,特别是缺少有关工程语义信息。当零件复杂时,造型过程非常繁琐。因此,目前一些先进的商用造型系统如 Pro/Engineering 等都是采用特征造型方法来建立模型,既能表示钣金制件特点,又能满足 CAD/CAM 系统要求。

各种 CAD/CAM 系统的造型功能和方式不尽相同,简单的造型方法只用规则的面、体造型,复杂的造型方法具有高级的曲面造型和实体造型功能,如零件设计应用全参数化及基于特征造型的技术,提供如扫描、提拉、肋板、螺旋、切割、薄壁等功能,钣金设计可自动折弯工艺孔、自动展开和回折。

(1)拼合造型操作方法 利用薄片立方体、空心圆柱体等基本体元,逐形体生长成制件几何模型是钣金件造型的基本方法。拼合造型方法所用的元素可以是无厚度的面元素,也可以是有厚度的体元素。

采用特征造型原理的 CAD/CAM 系统,在钣金件设计的过程中,仍然可以按拼合造型方式来操作。

图 7-5 所示为简单的拼合造型示例,1、3 为平面块,2 为空心圆柱块,将 2 贴在 1 上、3 贴在 2 上,逐面生长为整体。重复类似过程,添加更多的面块,可以生长成为多重弯折的门板类钣金件。

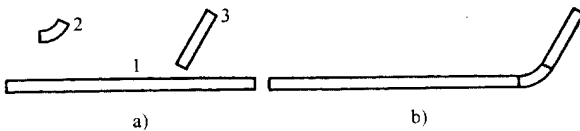


图 7-5 面生长造型示意图

利用 CAD 系统提供的圆角过渡等功能,造型时可以先不考虑起过渡作用的空心圆柱块,设计并搭接好 1、3 平面块后,指定圆弧半径,由 CAD 系统确定圆柱块,见图 7-6。

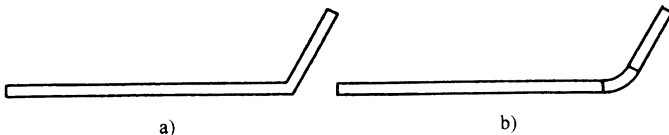


图 7-6 两个平面块倒角生成过渡圆柱块

许多钣金件都由等厚度的钣料制成,这就有可能在造型过程中使用无厚度的面块,构造出钣金件的基本结构后再指定长出厚度的方向,生长出制件,见图 2-7。这种先设计出无厚度的结构框架再生长出有厚度的制件的方法也适用于覆盖件等复杂钣金件。

面拼合方法不仅可以用于逐面生长,也可以用于从一个或一组面块上减去一部分小

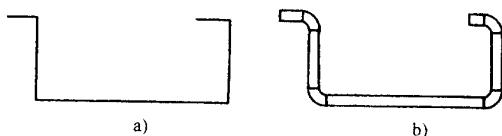


图 7-7 由无厚度的结构生成制品

面块。如门板类制品上一般都有开孔,可以用布尔减运算等方法,从实体的板上去掉孔、槽,参见图 7-8。

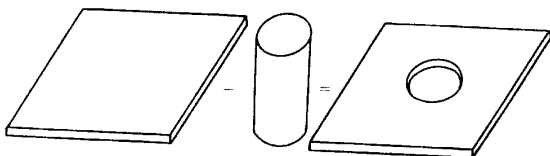


图 7-8 平板减去圆柱为带孔平板

利用 UG 在汽车驾驶室设计中采用的组合建模方法之一,可以先建立一个大的立方体和圆柱(锥)体,然后利用“Trim Body”功能修剪实体,去除多余的体积,在面与面的交接处找圆角,构造出钣金的基本面,再利用挖空模块进行有厚度(钢板厚度)的挖空,生成最终钣金件。

(2)特征造型操作方法 特征是产品描述信息的集合,它不仅具有按一定拓扑关系组成的特定形状,而且反映特定的工程语义,适宜在设计、分析和制造中使用。特征可以分为:形状特征、精度特征、材料特征等,其中形状特征是关键,是其他特征的载体或基体,也是实现参数化特征造型的核心,它可以定义为具有一定工程意义的几何形体或实体。

每个钣金零件都可以分解为一个或多个形状特征,从特征构型的角度来看,钣金件是由一系列特征构成,它们之间的相互联系便构成一个完整的零件。根据钣金件特点,可以归纳出如下主要特征:①平面特征,构成零件的平面形状,是零件的基本部分,是连接弯曲的部分,也是局部成形和冲孔的母体;②弯曲特征,是由弯曲加工工序产生的形状,最简单的弯曲特征是由圆柱面表示的弯曲区;③孔特征,作为一般子特征而依附于其他特征,如在平面或弯曲特征上冲孔;④局部成形特征,由局部成形工序在冲压件上产生的形状,通常形状和特征参数类型固定,数值变化,因此可以用参数来表达;⑤用户自定义特征,钣金件种类繁多,往往会用到一些新的特征,因此特征建模系统有必要为用户提供自定义的手段。

以 Pro/SHEETMETAL 为例,该系统提供了壁、弯曲、形状、穿孔、槽等特征。①壁特征即平面特征,平面壁可以将指定壁连接到模型的选择边上,冲压壁可以沿着模型上垂直选择边冲压出壁的指定外形;②弯曲特征,允许用户规定如何弯曲一个模型的平面部分而不需要添加新的材料;③穿孔特征,允许用户预先定义自己的穿孔形式并将它们加到库中;④形状特征,允许将复杂形状表面掺合进钣金件中。用户定义的形状特征库可以通过产生用户定义的形状特征以外的特征来生成;⑤槽特征,提供一个槽的形式库,该形式可由用户预先定义。开槽只需要二个定位基准。

Pro/SHEETMETAL 提供的操作包括 Pro/Engineering 中的基本操作,利用这些操作可以

进行面拼合、剪裁等设计。除此之外,针对钣金件设计,还提供了展平和弯曲操作。展平是将一个弯曲的钣金件展开成一个平面图形,可按照用户定义的方式进行。弯曲是将一个平面图形弯成原来钣金件的弯曲状态。Pro/SHEETMETAL 包括当进行展平操作时参照一系列弯曲表的功能。弯曲允许量是材料厚度、材质、半径和角度的函数。表格可以由外部生成并使用 Bend Table 命令进行修改。Pro/SHEETMETAL 允许用户制定板筋件的弯曲顺序并保存弯曲次序表,就像用于弯曲和展平的参考一样。Pro/SHEETMETAL 还允许用户将制造信息连接到一个形状特征上,该特征以后将被去除(多工具操作)。

高级应用可采用多种建模方法。如利用 UG 设计汽车驾驶室设计时,在曲面少且钣金没有扭曲的情况下,可以直接利用“Sketch”或“Curve”功能,生成一个钣金的封闭截面形状,通过拉伸(按引导曲线、方向-距离等)生成成形钣金件,然后在某些部位用实体修剪装配干涉区域。这种方法的实质是先构造曲面体的一个特征截面,引导该截面按一定的规律运动,得到整个曲面体。

高度复杂的曲面体没有一个确定的特征截面,例如汽车驾驶室的门,它有两个空间的曲率方向,是不规则的复杂曲面。可以先确定曲线上的点,然后利用 Bezier、B-Spline、Least Squares fitting(贝塞尔、B-样条、最小二乘法拟合)等方法来构造钣金形面的边缘线和导动线,利用这些曲线采用“Swept”等曲面构造的方法,生成没有厚度的钣金面,最后利用曲面的偏移生成相交面再缝合构造出实体。在高版本的 UG V11.0 中,偏移→生成相交面→缝合这三个步骤可用加厚薄片曲面功能 Thicken Sheet 完成。

(3)展开操作方法 钣金件展开方法的基本原理是在设计过程中,记录下各面块与其相连面块之间的拓扑关系,以此为依据进行展开。功能较简单的系统可以先指定一个基准面,再逐个指定待展开的面,一步步展开整个制件。高级的 CAD/CAM 系统可以一次操作展开多个表面。

二、计算机辅助坯料排样

钣金件的生产成本主要包括材料费、设计费、加工费和模具费等费用,其中材料费占最大的比例,计算机辅助排样系统是降低材料费用的重要工具。

人工排样方法是利用 CAD 系统的图形功能,人工平动或旋转选中的坯料轮廓,移动或复制到其他位置。自动化程度最高的排样方法是给定一定的排样要求,如单排或混排,由计算机根据设定的逻辑规则进行搜索。自动排样力法效率高,但不一定能达到最佳效果。介于人工和自动排样之间的是综合排样方法,由人工确定局部排样方案,再由计算机推到整块钣料上,或计算机做出初步方案,人工交互式调整,然后计算机再得到最终方案。

1. 坯料排样的主要因数

钣金件经过设计和展开操作后,各坯料块的轮廓形状已经完全确定。排样就是将坯料按一定的要求,运用一组操作,排列到整块钣料上。除已经确定的坯料轮廓外,排样时要考虑的主要因素包括:

(1)排样要求 排样的根本要求是材料利用率 η ,同时还要兼顾各种轮廓坯料的数量关系。记钣料的宽度为 B 、长度为 L ,要排列的坯料共有 N 类,第 i 块的面积为 S_i 、排列的坯料个数为 n_i ,则 η 的表达式为:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^N S_i n_i}{BL}$$

(2)排样参数 可以分为输入参数和操作参数两类。

输入参数包括钣料的宽度 B 、长度 L 、坯料块种类及各类坯料块的数量关系,可以对某类坯料块明确指定要排列的块数,对某些坯料块指定相互之间的比例关系,相邻坯料块之间的间隔 c , c 主要取决于加工钣料的方式,如线切割、火焰切割及冲压等。

操作参数主要指排样过程中运用的几何变换。一个平面图形在平面内的几何变换包括: X 方向平移 Δx , Y 方向平移 Δy , 旋转 $\Delta \phi$, 对非轴对称旋转的钣金件坯料块轮廓还可能有翻转变换,即镜像变换 m 。实用中也可以先将变换后的坯料块作为一种新的种类,计算机排样过程中不考虑镜像变换。

当参与排样的坯料块种类较多,轮廓形状较复杂时,如果要达到排样结果的最优化,很可能需要各坯料块,包括同一类的坯料块的变换参数 Δx 、 Δy 、 $\Delta \phi$ 都不相同,优化算法要考虑的工作量很大。因此,要综合考虑优化程度和优化工作量的关系,在一般的排样系统中都是以相对优化为约束目标。

2. 坯料排样的基本方法

坯料排样的方法多种多样,各种方法有自己的特点和适用范围。

(1)坯料简单排样方法 最简单的排样是单类坯料排样,即只对一类坯料块排样,较简单的排样系统中提供的排样形式包括普通单排、普通双排、对头双排等,见图 7-9。

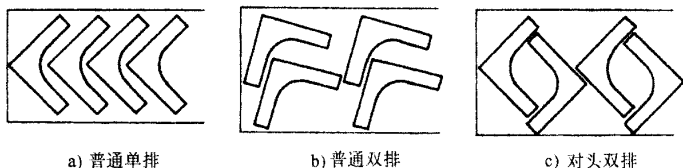


图 7-9 简单排样

传统的简单排样方法包括试探法和平行线分割一步平移法等。试探法是将坯料块的轮廓按一定的增量 Δx 、 Δy 和 $\Delta \phi$ 进行坐标变换、复制,判断相邻坯料块的轮廓是否相交,找出两图形轮廓最小距离为间隔 c 的某一位置,计算出材料利用率 η 。在不同 Δx 、 Δy 和 $\Delta \phi$ 参数中找出的利用率 η 最大者,按此参数排样。这种方法简单、直观,但计算量较大。图 7-10 为使用试探法的简单示意图

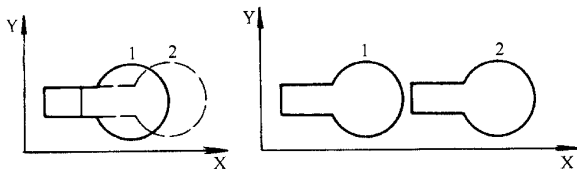


图 7-10 试探法示意图

平行线分割一步平移法用一系列等距的水平线来分割坯料轮廓,得到每一条割线在图形内部的长度,取其中最大者加上间隔 c 即为图形排样时的移动步距,参见图 7-11。

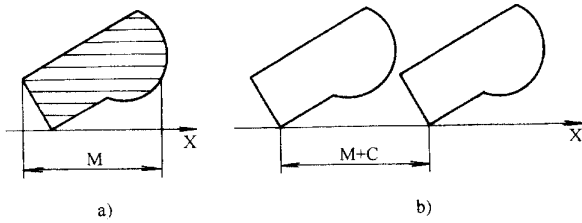


图 7-11 平行线分割法一步平移示意图

(2) 目标函数优化排样方法 目标函数优化排样方法的基本原理是以同类坯料块复制时的参数 Δx 、 Δy 和 $\Delta \phi$ 为变量,再根据参加排样的坯料块类型、轮廓形状和数量关系等得到函数关系式,构造一定的目标函数。围绕目标函数按一定的算法进行迭代,当目标函数达到设定的精度目标时,即停止迭代,按停止迭代时的参数进行排样。为了提高工作效率,可以限定部分参数的变动范围。

优化排样的算法比较复杂,同一算法对不同类型的坯料块轮廓的排样优化效果不尽一致。

当参加排样的坯料块类型多,对各类坯料块复制时的参数 Δx 、 Δy 和 $\Delta \phi$ 都不加限制时,排样效率将大为降低。这时可以做一些排样预备工作,如判断参加排样的坯料块的几何属性,或在搜索 Δx 、 Δy 和 $\Delta \phi$ 的过程中以包容坯料块,但线条较简单、较少的封闭轮廓来代替原来的坯料块轮廓。

图 7-12 所示为多种坯料块的混排结果示意图。图 7-13 为排样预备工作的示意图,图 a 中的辅助线在搜寻排样参数的过程中将替换轮廓内部的若干线条,图 b 是根据坯料块轮廓的几何属性,对“L”状或类似形状的轮廓,先将其对头双排,保存对头双排时的参数值。可以将这样双排后的两块轮廓作为一个整体再求其他的排样参数。当排样参数确定后,按坯料块的实际轮廓完成排样。

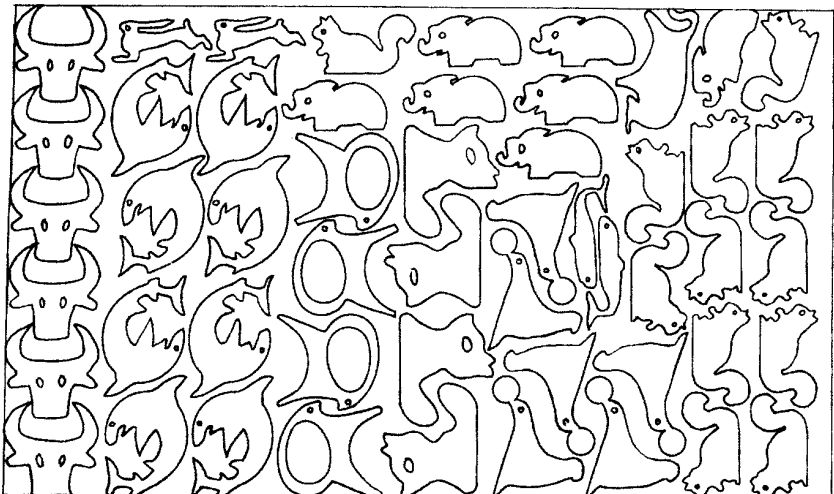


图 7-12 多种坯料块混排

(3)排样操作方法 不同排样系统的具体功能操作可能不同,基本内容可能包括:①选择钣料,从板材库中选取供排样的钣料,包括标准规格的钣料及以前用过一部分的剩余钣料。②指定坯料块,从钣金件展开后建立的坯料块库中指定要参加排样的坯料块种类和各类要复制的块数,以及指定排样后各坯料块的最小间隔。③优化排样,在选定的板材上就指定的坯料块及其数量排样。这一级菜单可以选择分支项,如单排、对头双排、混合套排、人们交互排样等。④排样编辑,对参加排样的坯料块进行预处理或对排样结果进行干涉检查、手工调整,必要时决定重新排样。⑤排样结果输出,包括输出排样结果图及相应的数据文件、材料利用率、下料计划报表等。

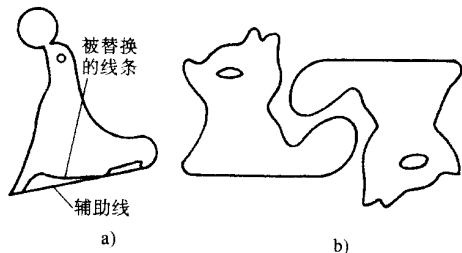


图 7-13 排样预备工作

三、数控冲压指令编制

数控编程目前是 CAD/CAM 系统中最能明显发挥效益的环节之一,在实现设计加工自动化、提高加工精度和加工质量、缩短产品研制周期等方面发挥着重要作用。

数控编程是从零件图样到获得数控加工程序的全过程。其主要任务是计算加工走刀中的刀位点(cutter location point,简称 CL 点);以及决定走刀顺序、确定工艺参数等工艺路线设计,针对数控系统的具体格式编制数控指令文件,对数控指令文件的运动仿真等内容。在制造业复杂形体零件的 CAD/CAM 中,工艺设计工作往往非常复杂,可能由专门的 CAPP 系统完成。

钣金件下料过程中,加工对象是平面的钣料,采用切割、剪切、冲压等加工方法;工艺设计工作比较简单,可以包含在数控编程系统中。在切割、剪切、冲压三者中,数控冲压指令文件最为复杂。

1. 数控冲压指令编制中的设计信息输入

钣金件设计、展开、排样后可以提供图形、数据文件等输出,图形上可以有尺寸标注。最简单的数控指令编制方法是手工编制,由人工阅读、分析图形和数据。

钣金件冲压加工一般只涉及平面图形信息的处理,采用基于点、线的数控刀具轨迹生成方法,可以直接以可视化方式对图形进行编程操作。用光标指定距离光标位置最近的图素,由计算机确认该图素的几何信息。

2. 数控冲压指令编制中的工艺设计

数控冲压时的工艺设计的基本内容主要包括:选择冲模,确定各图素的冲压顺序,确定步冲时的步距量和钣料移动速度,设置夹爪位置等。同样形状、尺寸的轮廓可能依操作者习惯采用不同的冲压方式,如对大孔、槽的冲压,可以采用面积较小的冲模,只冲出孔、

槽的内轮廓,然后移开冲模,暂停机床,人工取走孔、槽中留下的余料,再继续加工,参见图 7-14a;也可以选用面积较大的冲模,不仅冲出孔、槽轮廓,而且将内部的材料全部冲压成碎片,参见图 7-14b。图中大孔轮廓内的线条表示冲模冲压覆盖范围,在成品钣金制件中不存在。这类冲压方式的选择工作可以放到编程过程中选择不同的菜单分支来处理;功能较全的 CAD 系统中,可以有冲碎和不冲碎两种指令方式。

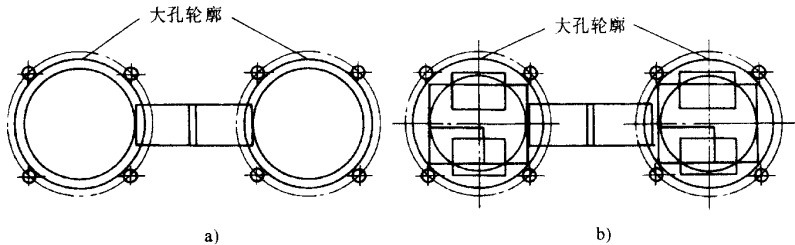


图 7-14 两种大孔冲压方式

3. 数控冲压指令编制

最简单的数控指令编制方法是手工编程,人工确定刀具运动轨迹,计算出刀位点,再编制出数控指令文件。

计算机辅助编程就是用计算机完成原来由手工完成的那些与编程有关的工作。在钣金冲压指令编程过程中,最基本操作只要指定冲模、指定待编程的图素,然后就可以由编程系统自动编制出数控指令文件。

对功能较强的指令系统,编程操作还包括是否选用成组冲压指令,是否调用子程序功能等。

4. 数控冲压指令的优化和仿真

编制出数控冲压指令文件后,还需要进行后置处理,基本的后置处理操作是优化和仿真。冲压指令的优化通常包括冲模优化和轨迹优化两部分。冲模优化的目的是将同一冲模完成的冲压指令集合到一起,以减少加工过程中的模具转换;二是对不同类型的冲模排列顺序,通常面积较小的冲模在前,面积较大的冲模在后。轨迹优化主要是为了减少冲压过程中的空行程长度。

仿真功能一般可以显示冲压指令文件的执行过程,检查冲压指令是否合理、冲模运动时是否可能与夹爪发生干涉等。还可以由冲压指令文件逆向转换为图形,将其与编程前的图形相比较,分析两个图形的一致性,从而判断冲压指令文件的正确性。

第三节 制件模型及坯料展开图的描述

钣金 CAD/CAM 系统中表达制件及其展开图的方法有基于二维图形的三视图方法和基于空间模型的造型法。

一、三视图方法描述模型

用正交的三视图表示机械结构是最传统的方法,也是表达钣金件的常用方法,一个门板类钣金制件的三视图参见图 7-15。

三视图方法是用平面图形表示立体结构,通过三视图,必要时加上一些辅助视图可以完整地表达出制件结构。组成平面图形的基本线素通常是直线、圆弧和圆,一般二维 CAD 系统只处理这些基本线素,其他复杂的曲线可以由这些线素来近似表示。

CAD 系统中的图形信息实质上以数字化形式描述,除了以基本线素表示图形上可见线条的数据外,还需要有视图对应、交点表等 CAD 系统需要的信息。

各种 CAD/CAM 系统中描述模型的数据格式有所不同,但表示直线、圆弧、圆的方式都有相似之处。基本表达方式都包括表示线素类型的标识符,表示线素特征参数,如圆弧的圆心、半径、起始角度、终止角度的参数;以及线型、层次、颜色、视图等信息的数据。下面以开目 CAD 系统中的后缀为 kmg 的二维图形文件格式为例进行说明,对不同版本以下介绍的内容可能有些差异。

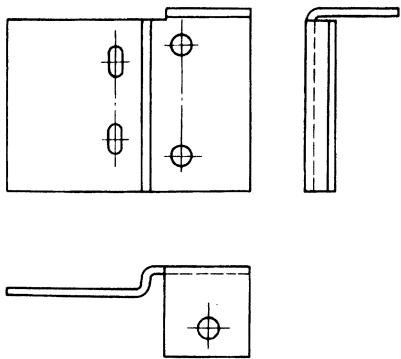


图 7-15 三视图表示的钣金件

1. 版本号

kmg 文件第一行 6.4 表示 1.4 版,6.5 表示 1.5 版。

2. 信息栏

kmg 文件第二行用 0 或 1 表示信息栏中各项是否已填写,1 表示已填,0 表示未填。信息栏有 11 个栏目,依次是:①中文图名;②设计者;③产品号;④部件号;⑤零件号;⑥代号(图号);⑦材料;⑧零件;⑨图样类别;⑩用户自定义关键字 1;⑪用户自定义关键字 2。这些栏目与信息输入状态中输入或查询选项中的一致。须注意的是对需汇总(kmbom)的图样,第①项与第⑥项应该填写,尤其是第⑥项(代号或图号)。如信息栏中没有填代号,汇总时将被忽略。

例如 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0

异形磨边机总图 YMB100-00

上面仅有第①项和第⑥项两个 1,表示只有中文图名和代号(图号)两项填写,下面紧跟两行,是上面两处所填写的内容。

3. 图形总体信息

紧跟在信息栏内容之后,占一行,分别表示:①模式填充块数;②图幅;③是否加长(y 或 n);④图框左下角 X 坐标;⑤图框左下角 Y 坐标;⑥绘图比例;⑦在开目 CAD4.0 版以前表示明细栏中零件个数。

其中图幅代号为 0,1,2,3,4,5 分别为 A, A₁,……,A₅,6 为双倍 0 号,8 为倒置 4 号,9 为横置 4 号。如果为加长图(第三项是 y)则下一行是加长系数。

例 1 0 3 n 100,100 1 1

例 2 0 3 y ,100 ,100 ,1 ,1

例 1 中第 3 项为“ n ”表示图样不加长 ,下一行不需要跟参数。例 2 中第 3 项为“ y ”表示图样加长 ,紧跟着的下一行的数字“ 2 ”表示加长系数为 2。

4. 视图分区信息

占用两行 ,第一行是分区信息是否存在 ,第二行是具体数值 ,分区信息可用 5 个数表示 ,分别是 :

xo——主视图与左视图、俯视图分界点 x 位置

yo——主视图与左视图、俯视图分界点 y 位置

xmax——主视图区域宽度

ymax——主视图区域高度

zmax——左视图区域宽度

第一行中 5 个字符为 y 或 n ,y 表示已确定 ,n 表示来确定 ,未确定的数在下一行中虽有数值 ,但不起作用。

例 1 未注册视图时

n n n n n

380 200 ,10000 ,10000 ,10000 此行无意义

例 2 y y n n n

380 200 0 0 0 (已注册了三个视图)

例 3 y y y y n

368 227 98 78 0 (注册了五视图)

5. 各视图基本信息

以 v 开头 ,每一视图占有一行 ,各项分别表示 :①标志 v ;②视图投影方向(ff81 主视 , ff82 左视 , ff84 俯视 , ff88 后视 , ff90 右视 , ffa0 仰视);③视图名称 ;④是否移动或转动(0 为没移动 ,非 0 为移动);⑤位置 dx ;⑥位置 dy ;⑦位置 dz ;⑧旋转角度 ;⑨视图区域左极限 ;⑩视图区域上极限 ;⑪视图比例。

6. 明细栏格式信息

以 m 开头加上紧跟着的后面几行。

以 m 开头的一行表示 :①标志 m ;②明细栏项目数 ;③明细栏总宽度 ;④明细栏标题部份高度 ;⑤明细栏各行高度 ;⑥明细栏高度(位置) ;⑦标题栏宽度 ;⑧明细栏中与是否分类排列。

紧跟着是明细栏各项目具体描述一个项目 ,所占行数为明细栏项目数加 1 ,每行描述一个项目 ,注意第一行表示综合项 ,行中每项意义为 :①项目填写起点 X 坐标(以明细栏左端为起点) ;②项目填写宽度 ;③填写方式(33 表示居中 ,31 表示左对齐);④填写内容 ;⑤明细栏题中的英文(可以没有)。

例 如下的明细表在文件中的表述方式 :

m 8 ,180.000000 ,10.000000 ,7.000000 48.000000 ,

180.000000 n

130 20 6 重量(kg)

0,10,33,序号

10,30,31,代号

40,50,31,名称

90,30,33,材料

120,10,33,数量

130,10,33,单重

140,10,33,总重

150,30,31,备注

7. 明细栏分段信息

以大写 M 开头,占一行数字表示各段行数。

例 M 0 不分段,全在第一段

M,10 第一段写 10 行,其余写在第二段

M,10,15 第一段写 10 行,第二段写 15 行,其余写在第三段

8. 图样分区信息

以 q 开头,后接两数,分别是图样分区宽度和图样分区高度。如不分区则无此项。

9. 明细栏是否隐藏

以大写 I 开头,后跟 y 表示隐藏,跟 n 表示不隐藏。(例: I n)

10. 直线信息

以小写字母 l 开头,每行记录一条直线的信息,各项按顺序分别表示:

标志 l 线号 起点 xb 起点 yb 终点 xe 终点 ye 分界符 # 线所在视图 线类 线型 交点表中交点指针 颜色 线宽。

例 l1 265,234 A72,234 # 1,1 3,-32,12 0

l2 466,194 A66,274 # 1,6 0,-28,5 0

线型:“0”为粗实线;“1”为细实线;“2”为虚线;“3”为点划线;“4”为双点划线。

线宽:“0”为缺省线宽,非缺省值时为该数据/256 为实际线宽。

11. 整圆或弧的信息

以 c 开头为整圆,以 a 开头为圆弧,整圆与圆弧统一编线号,每行记录一条圆或弧的信息,依次分别为:

标志 c 或 a 线号 圆心坐标 xo 圆心坐标 yo 半径 r 起始角 终止角 分界符 # 视图;线类 线型 交点表示交点指针 颜色 线宽。

例 c1 295.033844,281.881378,31 0 0 # 1 A00 0 0,1 0

a3 365.915222,192.237320,30 90,180 # 1 9d 0 9,1 0

12. 剖面线信息

每一个剖面块用一行表示剖面块信息,以大写 S 开头,紧接着每一行用小写 s 开头,后随四个浮点数,表示其中一条线的起始点与终止点坐标。

剖面线块信息:①开头标志 S;②剖面线类型(1-45° 2-135° 3-45°网纹 4-约 60°, 5-约 30° 6-约 120° 7-约 150° 8-填写黑);③剖面线距离;④剖面线偏移(为做剖中剖用);⑤所在视图;⑥剖面填充时种子最靠近的线,后面几个数也与表述填充时种子位置有

关。

例 s ,1 A5 ,1 ,1 0 0 0 0 0 0 ,10 ,1

剖面线信息 ①开头标志 s ②起点 xb ③起点 yb ④终点 xe ⑤终点 ye

例 s 272.429626 260.666992 316.248230 304.485596

s 274.919769 258.292725 318.622498 301.995453

s 277.683228 256.191772 320.723450 299.231995

13. 交点表

每一行表示一个交点的信息,以 b 开头:①开头标志 b;②交点编号;③分隔符 #;④相交的线;⑤下一交点;⑥上一交点;⑦分隔符 #;⑧相交的另一线;⑨下一交点;⑩上一交点;⑪分隔符;⑫交点类型(相切、相交、垂直相交、于端点处相交等);⑬交点处 x;⑭交点外 y;⑮如果其中一条线为圆或弧,表示圆心角;⑯如果另一条线也为圆或弧,表示另一圆心角。

交点表信息可以由 CAD 系统自动重建,如果怀疑文件中此处已经被破坏,可以全部去掉,用手工写入或修改 kmg 图形文件时,可以不必考虑手工建立交点表。

例 b1 # 1 , - 3 ,0 # 2 ,0 , - 2 # 9 ,284.610138 ,231 ,152573b4 # - 3 ,0 ,0 # 4 ,0 ,0 # 0 , 340.145935 207.597748 , - 210.798111

14. 尺寸

至少五行, D 行, P 行, U 行, t 行。第 1 行以大写字母 D 开头,包括紧跟着的几行直至下一个大写 D 开头的行之前是一个尺寸,尺寸类型很多,结构较复杂,但每一个尺寸可以单独从文本中删去,怀疑某尺寸有问题时可以删去。

大写 D 开头行表示 (1) 开头标志 D (2) 尺寸编号 (3) 尺寸类型 (4) 尺寸中变形 (5) 尺寸所在视图

其中尺寸标志及相应类型为(以下数字均为 16 进制):“1”线性尺寸(包括线性直径尺寸);“2”直线尺寸;“3”半径尺寸;“4”角度尺寸;“5”坐标式标注线性尺寸;“6”圆弧弧长尺寸;“7”粗糙度;“8”形位公差基准;“9”形位公差;“a”大块文字;“10”粗糙度 2;“11”粗糙度 3;“12”倒角尺寸;“13”未注倒角;“1a”孔柱尺寸;“1c”标高;“21”不带箭头线;“22”一端带箭头线;“23”两端带箭头线;“24”引出标注;“25”剖切位置符;“26”单项尺寸字符;“27”零件编号(不带明细);“28”焊接符;“29”表格文字;“2a”零件编号(带明细);“37”零件编号(不带序号);“3e”明细备忘录;“3f”合并进来的另一张图上的明细。

尺寸中第 2 行以 P 开头,后跟 4 个数字。

尺寸中第 3 行以 d 开头,表示尺寸的目标(引出点)。d 后紧服数字表示目标个数,然后每两个一组,用分号分开,后面的一个是线号,前面的一个是线的信息(如起始点、终止点、圆心等)。在表格文字中(尺寸类型 29)d 后一组数,前一个是尺寸中第 4 行以 u 开头,表示尺寸相对或绝对位置,如大块文字的角度、位置,线性尺寸的引出长度,数字方位等。

尺寸中第 5 行以 t 开头,后跟一个数字,表示尺寸中字符个数,紧跟着一行或多行(每行最多 26 个数)为尺寸中字符,汉字占两字符。

例 D1 ,1 A008 ,1(表示“尺寸”、“尺寸编号”、“尺寸类型”、“视图”)

Z1 ,仿宋 - GB231X(表示“字体”、“编号”、“字体名”)

p1b3 ,13 ,100 ,17(分别表示“ p - ”、“ 尺寸风格 ”、“ 颜色 ”、“ 字高 ”、“ 字宽 ”)
 d4 29 2 ,a ,1 3a 2 ;19 3(表示“ 目标 ”、“ 个数 ”、“ 线号 ”、“ 信息 ”等)
 u4 84 ,11.78 ,11.78 0.64(表示不同的浮点数)
 t7 (表示下面有 7 个数据)
 1 35 33 2e 31 30 3(表示在 1 区 ,尺寸为 53.105 ;)

15. 模式剖面

以 f 开头 ,详细说明略。

16. 曲线

以小写 w 开头 ,详细说明略。

二、造型法描述模型

造型法用模型表示钣金件 ,可以从各个不同的位置和角度观察 ,图 7-16 为一个钣金件的模型及其展开图。较高级的 CAD/CAM 系统可以由模型得到三视图。

通用的 CAD 造型系统用基本的造型功能生成钣金件模型来表达钣金制件。专业的钣金 CAD 系统能以板或截面为基础 ,通过折边、截面拉伸、截面扫掠、抽壳等方法得到三维实体。简单的、不涉及复杂曲面设计功能的系统可以在二维 CAD 平台上完成门板类制件的模型设计工作。复杂曲面造型要求高级的造型系统。

1. 常用的三维模型表达方法

曲面模型的描述有一些不同方法 ,目前形成的几何理论体系以有理 B 样条曲面(Rational B-spline Surface)参数化特征设计和隐式代数曲面(Implicit Algebraic Surface)表示这两类方法为主体 ,以插值(Interpolation)、拟合(Fitting)、逼近(Approximation)这三种手段为框架。

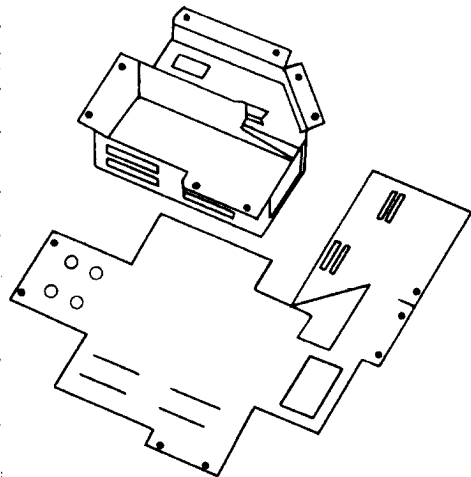


图 7-16 造型表示的钣金件及展开图

(1) 结构立体几何表达法(Constructive Solid Geometry ,简称 CG 法) 采用布尔运算法则(并、交、差)将一些简单的三维几何基元(如立方体、圆柱体、环、锥体)加以组合、变化成复杂的三维模型实体 ,这种方法的优点是易于控制存储的信息量 ,所得到的实体真实有效 ,并且能方便地修改它的形状 ,局限是可用于产生和修改实体的算法有限 ,构成图形的计算量很大。

(2) 边界表达法(Boundary/Representation ,简称 B-rep 法) 根据顶点、边和面构成的表面来描述三维模型实体。这种方法的优点是能快速地绘制立体或线框模型 ;局限是其数据是以表格形式出现的 ,空间占用量大 ,修改设计不如 CGS 法简单 ,例如 ,要修改实心立方体上的一个孔的尺寸 ,需要先用填实来删除这个孔 ,然后才能绘制一个新孔 ;所得到的实体不一定总是真实有效 ,可能出现错误的孔洞和颠倒现象 ,描述缺乏惟一性。

(3) 参数表达法(Parameter Representation) 自由曲面难于用传统的几何体元来进行描

述,可用参数表达法。这些方法借助参数化样条、贝塞尔(bezier)曲线和 B 样条来描述自由曲面,它的每一个 X 、 Y 、 Z 坐标都呈参数化形式。各种参数表达格式的差别仅在于对曲线的控制水平,即局部修改曲线而不影响临近部分的能力,以及建立几何体模型的能力。其中较好的一种是非一致有理 B 样条法,它能表达复杂的自由曲面,允许局部修改曲率,能准确地描述体元。

(4)单元表达法(Cell Representation) 单元表达法起源于分板(如有限元分析)软件,在这些软件中,要求将表面离散成单元。典型的单元有三角形、正方形或多边形,在快速成型技术中采用的三角形近似(将三维模型转化成 STL 格式文件),就是一种单元表达法在三维面的应用形式。

目前,许多 CAD 系统采用 CSG、Brep 和参数表达法的组合表达法,综合利用以上方法的优点。

2. 钣金制件三维信息描述方法简介

三维几何模型的数据结构十分复杂。以下介绍一个钣金 CAE 系统中平面造型部分的数据结构原理。

(1)三维信息描述的基本概念 该钣金 CAD 系统采用基于 B-rep 模式的实体造型方法,以点、边、环、面等几何元素及其拓扑关系表示三维钣金件。

体(SOLID)指由封闭表面围成的有效空间,其边界是有限各面的并集,外壳是形体的边界。

面(FACE)是三维体表面的一部分,具有方向性,其法矢量始终指向体外。

环(LOOP)是三维体中由有序、有向边组成的封闭边界。环中各边不能自交、相邻的两边共享一个交点。面的最大外边界为外环,内边界构成的环为内环,外环的环向与所在面的法矢量符合右手法则,内环则相反,服从左手法则。

边(LINE)是构成环和面的元素。一条边由两个端点确定,边的方向由起到指向终点。一组首尾相接的边组成的封闭区域就是环。

顶点(POINT)是边的端点。在本系统中点是两条或更多条边的交点,不允许有孤立的顶点。

图 7-17 表示一个盒子形状的三维体上的面、面法矢量、环、边、顶点等信息。

(2)有关的数据结构和算法简介 系统采用由多链表构成的层次化数据结构来表达三维信息。数据结构由体表(SOLID-TABLE)、面表(FACED-TABLE)、环表(LOOP-TABLE)、边表(LINE-TABLE)、边实体表(LINE-ENTITY)、顶点实体表(POINT-ENTITY)等组成。

从钣金件造型的角度讲,外环表示钣金件上各个面的外轮廓,一个面有且只有一个外环,内环表示面内的孔、槽,一个面可能没有也可能有多个孔、槽。对于钣金件上的折弯边,抽象到 CAD 系统是分别属于两个折弯面的有向边,两条边的空间位置重合,但方向相反。

面内的顶点相对于面的局部坐标系来定义,这样各点在面法矢量方向的 Z 坐标值均为零,从而顶点的定义成为一个二维过程。

体表、面表、环表、边表、边实体表、顶点实体表等元素都有表达自身的链表及从自身

有指向相关元素的指针。以面表为例,面表是一个双向循环链表,每个单元包括该单元对应的面所属实体的转换矩阵、一个指向此面所在实体的指针、一个指向该面第一个环的指针、以及指向上下两个相邻面表单元的指针。

采用面局部坐标系、体坐标系、空间坐标系及视线坐标系来表达拓扑关系。体表面上的顶点、边等信息相对于所在面的局部坐标系定义;空间三维体有一个实体坐标系,三维体上每个面的信息,包括面的局部坐标信息都是相对于实体坐标系定义;三维体在空间坐标系下描述。各坐标系之间通过转换矩阵联系。在平面局部坐标系中的点要转换到视线坐标系中供显示,需要经过多次转换。

平面的形状通过面局部坐标系内各个顶点的坐标值确定,平面及常用的二次曲面均可表示为统一的 $U、V$ 参数面,面的形状定义在二维面内进行。这样,可以在平面内设计出一个面,再规定该表面与相关表面的位置和方位关系、折弯或搭接关系,将多个表面联系在一起,进而设计出完整的钣金制件。

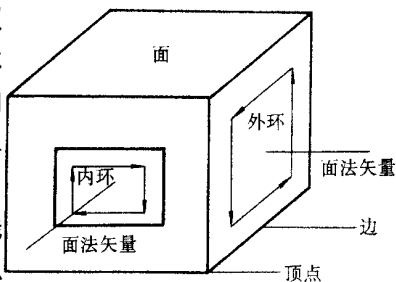


图 7-17 三维体上的几何信息

第四节 数控冲压指令系统

控制数控运动要通过数控指令代码,传统上常用的代码有 ISO(国际标准化组织)和 EIA(美国电子工业协会)两种格式,但对数控冲压而言,不同数控系统采用的代码格式有相当大的差异。即使是同一品牌的数控冲压指令系统,在具体型号的数控装置上也可能只配备整套系统的一个子集。

早期保存数控指令文件的介质主要是穿孔纸带,利用纸带上的孔“1”与无孔“0”的排列来表示数字和字母。目前常用计算机与数控机床控制器直接通信的方法,指令文件多保存在计算机的硬盘中。

一、数控指令的基本功能

数控纸带的格式包括字地址格式、分隔符顺序格式和固定顺序格式三种。在一个程序段内,若干英文字母后面附有数字的称为字的格式,每一个字根据头一个英文字母确定其含义,这样的英文字母称为字地址或地址码,这种格式称为字地址格式。目前常用的数控装置几乎都采用字地址格式。

分隔符顺序格式用分隔符(TAB)代替相当于自地址格式中英文字母部分的方式。固定顺序格式的各程序段长度为固定的数值。这两种格式目前应用得较少,以下主要介绍字地址格式的数控指令表达方式。

1. 数字码与地址码

数控指令代码用阿拉伯数字 0~9 和大写英文字母 A~Z 标识,阿拉伯数字称为数字码,英文字母称为地址码,常用地址码的含义如表 7-1 所示。

表 7-1 常用地址码含义

功 能	地 址 码	含 义
程序号	O	程序编号
顺序号	N	顺序编号
准备功能	G	机床动作方式指令
坐标字	X、Y、Z	坐标轴移动指令
	A、B、C、U、V、W	附加轴移动指令
	R	圆弧半径
	I、J、K	圆弧中心坐标
进给功能	F	进给速度指令
主轴功能	S	主轴转速指令
刀具功能	T	刀具编号指令
辅助功能	M	接通、断开、启动、停止指令,工作台停止指令
	B	
补偿	H、D	刀具补偿指令
暂停	P、X	暂停实际指令
子程序调用	P	子程序号指令
重复	L	固定循环重复次数
参数	P、R、Q	固定循环参数

数控冲压加工与车削、铣削等加工的参数类型不同,地址码的含义与表 7-1 中的不尽相同,用到的地址码一般只是表 7-1 中地址码的一个子集。

字地址格式的信息单位包括程序段、字和尺寸字等。数控指令的功能包括启动机床各坐标轴动作、准备刀具、指定加工功能等,这些数据以称之为程序段的信息单位供给数控装置。字由表示地址的英文字母、特殊文字和数字集合而成。尺寸字开始是地址码,然后是表示移动方向的“+”或“-”号,然后是表示移动量的数值。

原则上在同一个程序段内,同一个字不能重复出现,但在数控冲压指令系统中,两个地址码为“G”的字同时出现是常见的。通常程序段内不必要的“字”可以省略,被省略的字的内容与该字在前面所指定的内容相同。

数控指令系统不一定严格要求所有的字之间的顺序,如尺寸字产“X”与“Y”交换位置并不影响指令的正确与否,但习惯上还是遵循常用的字顺序,如先 X 后 Y,便于编程人员的阅读和校验。

2. 数字冲压指令系统的基本功能

数据冲压指令系统最基本的功能包括冲压和移动,移动和冲压接合在一起可以形成步冲。功能较强的冲压系统的移动可以采用绝对坐标或坐标增量两种方式定义,可以提供加工直线或圆弧上的等距孔、圆周上的螺栓孔、栅格孔、大方孔、长圆槽、圆弧槽等冲压或步冲功能。

其他功能包括:冲压范围设定、基准点的设定、夹爪移位、子程序存储和调用等,功能

较强的系统还可以由局部坐标系定义、基准点设置、步冲移动速度及冲模上下冲压速度、冲模落下后保持时间、参数放大等功能,以及装载、卸载等辅助指令。

各种数控冲压系统的功能及指令集需要针对具体系统来掌握。

二、FANUC—P 数控冲压指令

据称配备 FANUC—P 系统的数控冲床在我国市场占有率最高,同时该系统包括多种步冲功能,采用边执行边存储然后调用的子程序调用方式,编程方便,以下先介绍 FANUC—P 系统的基本功能。

并不是所有配备 FANUC—P 系统的数控冲床都能发挥以下介绍的所有功能,有些功能需要机床硬件支持。

1. FANUC—P 系统的数控指令集

(1) G92 G92(ESTABLISHING COORDINATE SYSTEM, 建立坐标系),其实际作用是确定坐标系的 X 、 Y 最大范围。

例 G92X1830.00Y1270.00

该指令表示从工作原点到冲模中心的最大距离为 X 方向 1830.00mm, Y 方向 1270.00mm,如果程序中出现了超过此范围的 X 或 Y 值的指令,该指令将不会被执行。

FANUC—P 系统对应的数控装置的最小脉冲当量为 0.01mm,小数点后保留两位,可以省略小数点后的一个或两个零,但小数点不能省略,如 X1830.00 可以省略为 X1830.,不能省略为 X1830。FANUC—P 系统中表示距离的尺寸字都应服从此规则。

(2) G90 G90(ABSOLUTE PROGRAMMING, 绝对方式编程),冲模中心从当前点移动到绝对坐标系中规定的点。

例 G90X100.00Y100.00

该指令表示冲模中心从当前点移动到相对工作原点距离为 X 方向 100.00mm, Y 方向 100.00mm 的位置。

如果两个或更多的 G90 指令连续出现,除第一个外其他的“G90”可省略,尺寸字 X 、 Y 中与上一条指令数值相同的也可以省略。

(3) G91 G91(INCREMENTAL PROGRAMMING, 增量方式编程),冲模中心从当前点移动指令中规定的增量。

例 G91X100.00Y200.00

该指令表示冲模中心从当前点在 X 方向移动 100.00mm, Y 方向移动 200.00mm。

如果两个或更多的 G91 指令连续出现,除第一个外其他的“G91”可省略,尺寸字 X 、 Y 中数值为零的也可以省略。

G90 或 G91 引导的指令执行时,移动到目标位置后,通常有一个冲压动作,除非与地址码 G70 一起使用。所用的冲模由地址码 T 指定,当 T 省略时使用当前模具冲压。

(4) G70 G70(PUNCH OFF, NOPUNCHING, 无冲压移动),冲模移动但不冲压,冲模中心的位置移动方式与当前的 G90 或 G91 状态一致。

例 G90X100.00Y100.00

G70X300.00

目前仍然处于 G90 模态,该指令表示冲模中心移动到(300.00、100.00)处,不冲压。

G70 可以与 G90 或 G91 一起使用

例 G70G90X800.Y1000.

该指令表示冲模中心移动到(800. ,Y1000.)处,不冲压。

(5)G27 G27(AUTO REPOSITIONING ,自动重定位),其实际作用是夹爪相对板材自动移位。当板材长度超过机床加工范围时,需要对板材在长度方向上分段加工;加工完一段,夹爪移位后再加工下一段。

例 G27X500.00

G27 指令只带 X 参数,该指令表示板材相对夹爪在 X 方向移动 - 500.00mm;数控系统自动执行夹爪松开、Y 向退 2.4mm、X 向移位、Y 向进 2.4mm、再夹紧等动作。

(6)G25 G25(AUTO REPOSITIONING ,自动重定位),其作用与 G27 相似,用于在板材夹持部位有弯曲部分、或为曲线边界、或有毛刺时的夹爪自动移位。与 G27 的不同点在于夹爪松开、Y 向退 2.4mm、X 向移位后,Y 向进 1.2mm 而不是 2.4mm,然后再夹紧。系统将对坐标系给以 Y 向 1.2mm 的补偿。

使用 G25 指令将导致夹持面积减小,实用中较少使用 G25 指令。

(7)G50 G50(HOME RETRACT ,回原点),工作台和滑座等都复位回原点,冲模头回中心位置;由 G93、G94、G98 等指定的坐标偏移量被清零;M99 指定的冲击速率(hit rate)被取消。

G50 及 M00、M01 指令不与尺寸字一起使用,前面可以有指令顺序号。

(8)G04 G04(DWELL 停顿),其功能为冲模落下后,停顿一段时间后再抬起。

例 G04X10.00

表示冲模落下后,停顿 10s 后再抬起。G04 只带 X 尺寸字,最小单位为 0.01s。

(9)M00 M00(PROGRAM STOP ,暂停),该指令使程序暂停,按控制面板上“ START ”按钮使机床重新运行。在暂停期间操作者可以做清除大块废料等工作。

(10)M01 M01(OPTIONAL STOP ,有条件暂停),该指令与 M00 功能相似,不同点在于 M01 只有在控制面板上的 OPTIONAL STOP ON/OFF 按钮处于“ ON ”状态时才起作用,否则系统及忽略 M01,持续运行。

(11)M99 M99(CHANGE IN NUMBER OF PUNCHING STROKES ,改变冲压速率),该指令使冲击速率由较低的改变为标准的。有些机床不支持 M99 指令。M99 指令必须作为单独的程序段。

(12)T * * * T * * * (DISIGNATION OF TOOL NUMBER ,指定冲模号),该指令用来指定转塔冲模座上的位置号,选定要用的冲模。

例 G90X500.00Y300.00T102

该指令含义是移动到(500.00 300.00)处,用“ T102 ”号冲模冲压。如果当前冲模不是“ 102 ”,将先有一组与更换冲模有关的动作;如果当前冲模是“ 102 ”,则“ T102 ”可以省略。

(13)N * * * * N * * * * (SEQUENCE NUMBER ,顺序号)表示指令的顺序号,其范围从 N0001 到 N9999 ,N 后面的零可以省略。顺序号不单独使用,需要与 G、M 等字段结合在一起使用。

在 FANUC—P 系统中,顺序号不是必需的,子程序也不一定要通过顺序号调用,常见的 FANUC—P 数控指令文件都不带顺序号。

(14)O* * * * O* * * *(PROGRAM NUMBER 程序号),当数控装置中存储多段程序时,用以区分不同程序,其范围从 O0001 到 O9999,O 后面的零可以省略。

程序号可以通过控制装置的面板输入,FANUC—P 数控指令文件通常不带程序号。

(15)F* F*(DESIGNATION OF AXIS FEED SPEED 指定轴向进给速度),用以改变轴向进给速度。其后的参数值为 1、2、3、4,进给速度随参数加大而加大,系统在启动、回原点后的默认进给参数值为 1。进给速度也可以由面板上的“FEEDRATE”开关设定,当开关上的设定值与程序中的指定值不一致时,按两者中较低的那一个值执行。

(16)G72 G7X(DESIGNATION OF PATTERN ORIGIN 指定图形原点),FANUC—P 系统中的等距孔冲压及补偿孔、槽等指令都以当前点为基准。若上一条指令执行完毕后的图形终了点与本条指令想要的当前点不一致,就需要用 G72 指令指定当前点,即图形基准点。G72 通常与 G90 一起使用,这时不必考虑上一条指令的图形终了点位置;若 G72 与 G91 一起使用,必须注意增量式移动的依据是上一条指令的图形终了点,而不是上一条指令的图形基准点。G72 与 G90 或 G91 的先后顺序没有要求。

例 G90G72X300.00Y200.00

该指令表示指定图形基准点为(300.00,200.00)。执行 G72 指令时机床部件没有实际运动。G72 指令通常与等距孔冲压或步冲孔、槽指令结合使用,在一条 G72 指令后跟随一条等距孔冲压或步冲孔、槽指令。

(17)G28 G2X(LINE AT ANGLE—LAA 冲压直线上等距孔),该指令的格式为 G281 ± dJ ± θKn,其后还可以有 T 字节,功能是在与 X 轴成 θ 角的直线上冲压间距为 d 的 n 个孔。

例 G72G90X300.Y200.

G28I25.J30.K3T366

这两条指令表示以 G72 指令指定的(300.200.)点为图形基准点,按 G28 指令的规定以 366 位置上的冲模,在与 X 轴成 30° 角的直线上冲压间距为 25 的 3 个孔。在图形基准点的位置上不冲孔。两条指令冲压的效果图见图 7-18。

如果在图形基准点上也要冲孔,可将前一条指令改为 G90X300.Y200.T366。

如果 I 参数取“-”号,相对于 J 参数加、减 180°,即 G281 - 25.J210.K3 与 G28I25.J30.K3 的冲压效果是相同的。习惯上 I 参数总取正号,J 参数在 0°~360° 范围内取值。K 参数,即冲孔个数只取正整数。

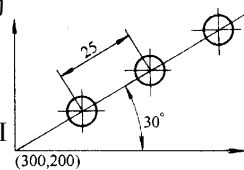


图 7-18 G28 冲压效果

(18)G29G2X(ARC—ARC 冲压圆弧上等距孔),该指令的格式为 G29I rJ ± θP ± △θK ± n,其后可以有 T 字节,功能是在起点与 X 轴成 θ 角、半径为 r 的圆弧上冲压角度增量为 △θ 的 n 个孔。

例 G72G90X400.Y240.

G28I70.J30.P15.K4T366

这两条指令表示以 G72 指令指定的(400.240.)点为图形基准点,按 G29 指令的规定

以 366 位置上的冲模,以 70 为半径,与 X 轴成 30°角的位置为起点,角度增量为 15°冲压 4 个孔。在图形基准点的位置上不冲孔。两条指令冲压的效果图见图 7-19。

I 参数,即半径 r 只取正值,即不带符号;J 参数和 P 参数,即起始角度和角度增量都以逆时针为正方向。K 参数运行取负号,这一点与 G28 中的 K 参数不同;K 参数的正、负不影响 J 参数,但会影响角度增量 P 参数,即 P 参数与 K 参数符号相同时,角度增量按逆时针方向,相反时按顺时针方向。实用中 K 参数多取正值。

(19) G26 G26(BOLT HOLE CIRCLE—BHC, 冲压圆周上等距孔),该指令的格式为 $G26I r J \pm \theta K \pm n$,可以带 T 字点;用来在半径为 r 的圆周上冲压起点与 X 轴成 θ 角、角度间隔为 $360^\circ/n$ 的 n 个孔。

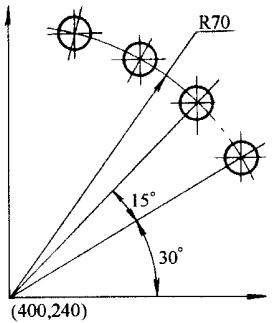


图 7-19 G29 冲压效果

例 G72G90X200.Y300.

G26I50.J36.K5T366

这两条指令表示以 G72 指令指定的(200, 300)点为图形基准点,按 G26 指令的规定以 366 位置上的冲模,以 50 为半径,与 X 轴成 36°角的位置为起点,角度增量为 72°冲压 5 个孔。在图形基准点的位置上不冲孔。两条指令冲压的效果图见图 7-20。

I 参数,即半径 r 只取正值。J 参数与 K 参数符号相同时,角度增量按逆时针方向,相反时按顺时针方向。实用中 K 参数多取正值,由 J 参数的符号决定角度增量的方向。

(20) G36、G37 G36(GRID—X, 先走 X 方向冲压栅格孔), G37(GRID—Y, 先走 Y 方向冲压栅格孔),两条指令都用来冲压栅格,参数格式完全一样,以 G36 指令为例,格式为 $G36I \pm d_1 P n_1 J \pm d_2 K n_2$,不同点只是 G36 先走 X 方向, G37 先走 Y 方向。可以带 T 字节。

例 G72G90X250.Y200.

G36I30.P4J—20.K3T366

这两条指令表示以 G72 指令指定的(250, 200)点为图形基准点,按 G36 或 G37 指令的规定以 366 位置上的冲模, X 方向以 30 为增量,冲压 5 个孔, Y 方向以 -20 为增量冲压 4 个孔,但图形基准点处不冲压。图 7-21 中从 1 到 19 依次为 G36 的冲孔顺序,从 a 到 s 依次为 G37 的冲孔顺序,最终冲压出的栅格孔是完全一样的。习惯上在 P 参数大于 K 参数时用 G36,反之用 G37。两条指令冲压的效果图见图 7-21。

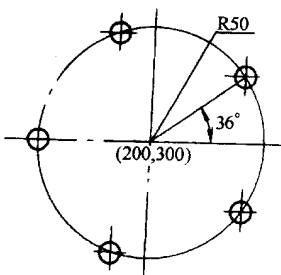


图 7-20 G26 冲压效果

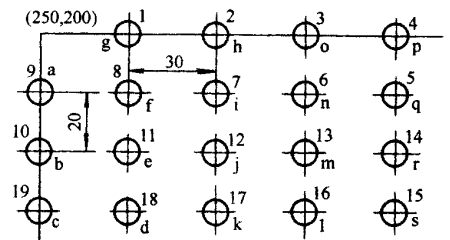


图 7-21 G36、G37 冲压效果

(21) G66 G66(SHEAR PROOF—SHP, 冲压长槽), 步冲与冲模等宽的长槽, 指令格式为 G66I $J \pm \theta P \pm W_1 Q \pm W_2 D \pm d$ 。槽长由 I 参数 I 确定, 槽宽由 Q 参数 W_2 确定, 槽的方位角由 J 参数 θ 确定, 参数 W_2 的不含正、负号的具体数值实际上直接由 T 字节中的冲模号得到, 由 Q 参数输入的 W_2 主要是其符号起作用。

例 G72G90X280.Y180.

G66I60.J45.P18Q15T333

这两条指令表示以 G72 指令指定的(280, 180)点为图形基准点, 按 G66 指令的规定以 333 位置上的冲模, 冲压一个宽度为 15, 长度为 $60 + 2 \times 0.15$ 的槽。基本长度“60”由 I 参数值确定, 按 D 参数“0.15”分别在槽的两端延长 0.15, D 参数为零时可省略 D 字节。当 P 参数 W_1 与 Q 参数 W_2 相等时, 可省略 Q 字节。两条指令冲压的效果图见图 7-22。

图形基准点与方位角 θ 确定一条基准线, 当 P 参数取正号时冲压在基准线左方, 取负后时冲压在基准线右方, 即图 7-22 中虚线所示区域。

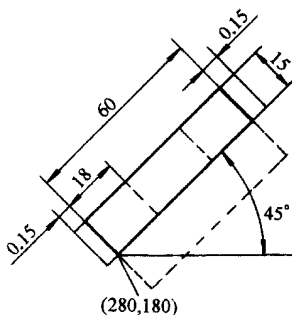


图 7-22 G66 冲压效果

使用 G66 指令时, I 参数与 P 参数的比值应大于 1.5。

(22) G67 G67(SQUARE—SQR, 冲压大方槽) 冲压平行于坐标轴长、宽都大于冲模的长槽。指令格式为 G67I $\pm l_1 J \pm l_2 P w$ 。槽长由 I 参数 l_1 确定, 槽宽由 J 参数 l_2 确定。G67 指令值用正方形冲模, 冲模边长由 P 参数 w 确定。

例 G72G90X400.Y280.

G67I - 80.J - 60.P20.T256

(G70Y800.)

M00

前两条指令表示以 G72 指令指定的(400, 280)点为图形基准点, 按 G67 指令的规定以 256 位置上的冲模, 冲压一个宽度为 60, 长度为 80 的大矩形槽。长度“80”由 I 参数值确定, 宽度“60”由 J 参数确定。正方形冲模边长“10”由 P 参数指定。两条指令冲压的效果图见图 7-23, 冲压过程如图中箭头方向所示。

就指令本身的参数符号而言, I 参数和 J 参数都可以取正号或负号, 加工时相对图形基准点按 I 参数、J 参数规定的方向运动。G67 指令执行完毕后, 操作者需要清除冲压留下的大块废料, 在 G67 指令后一般要加上 M00 或 M01 指令暂停执行程序, 清除废料后再恢复执行程序。为了便于操作者的清除工作, G67 指令的图形基准点一般定为矩形槽的右上角, I 参数和 J 参数都取负号, 此时上例中的(G70Y800.)指令可省略, 如果图形基准点

不在右上角,可以加上使机床运动但不冲压的(G70Y800)指令,移开冲模以便清除废料。

使用 G67 指令时, I 参数和 J 参数都应该是 P 参数的三倍以上。

(23) G68 G68(NIBBLING ARC—NBL—A,步冲圆弧槽),用圆形冲模步冲槽宽与冲模直径相等的圆弧槽。指令格式为 G68I r J $\pm\theta_1$ K $\pm\theta_2$ P $\pm\phi$ Qd。圆弧半径由 I 参数 r 确定,只取正号,起始角度由 J 参数 θ_1 确定,角度增量,即圆弧槽对应的圆心角由 K 参数 θ_2 确定,当 $\theta_2 = 360^\circ$ 时,G68 指令的功能实际是冲压大圆孔;Q 参数 d 表示步冲时的步长;冲模直径由 P 参数 ϕ 确定, ϕ 可以取正、负及零值。

例 G72G90X300.Y280.

G68I50.J30.K90.P8.Q3.T366

这两条指令表示以 G72 指令指定的(300, 280)点为图形基准点,按 G66 指令的规定以 366 位置上的冲模,冲压一个圆弧槽,两条指令冲压的效果图见图 7-24。圆弧槽的基准半径由 I 参数规定为“50”,当 P 参数大于零时冲压在基准半径外部,小于零时冲压在基准半径内部,等于零时冲压在基准半径上,即图中点划线圆弧的半径为 $r \pm \phi$ 。Q 参数取长度单位,数值为冲压半径处的弧长。

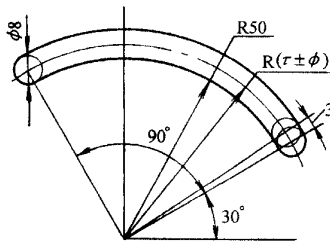


图 7-24 G68 冲压效果

(24) G69 G68(NIBBLING LINE—NBL—L,步冲长圆槽)用圆形冲模步冲槽宽与冲模直径相等的长圆槽。指令格式为 G69I r J $\pm\theta$ P $\pm\phi$ Qd。圆弧半径由 I 参数 r 确定,只取正号,起始角度由 J 参数 θ_1 确定,角度增量,即圆弧槽对应的圆心角由 K 参数 θ_2 确定,当 $\theta_2 = 360^\circ$ 时,G68 指令的功能实际是冲压大圆孔;Q 参数 d 表示步冲时的步长;冲模直径由 P 参数 ϕ 确定, ϕ 可以取正、负及零值。

例 G72G90X350.Y260.

G69I80.J35.P16.Q6.T344

这两条指令表示以 G72 指令指定的(350, 260)点为图形基准点,按 G66 指令的规定以 344 位置上的冲模,冲压一个长圆槽,两条指令冲压的效果图见图 7-25。长圆槽长度由 I 参数规定为“60”。图形基准点与 J 参数规定的方位角“35°”确定一条基准线,当 P 参数大于零时冲压在基准线左侧,小于零时冲压在基准线右侧,等于零时冲压在基准线上。

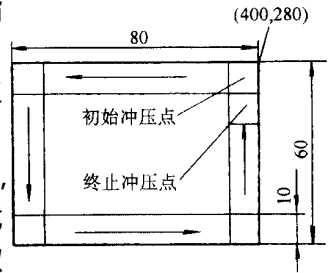


图 7-23 G67 冲压效果

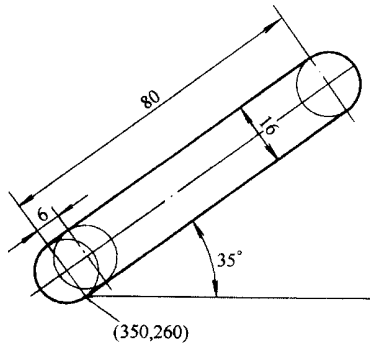


图 7-25 G69 冲压效果

(25) A*、B* A*(Pattern memory 指令存储) B*(Pattern recall 指令调用), 带有 A* 的指令用来存储一条图形加工指令。A 后带有一位号码, B 调用相应号码、已存储的指令。

```
例 G72G90X407.5Y223.
    A3G681128.5JK360.P-60.Q5.T215
    .....
    G72G90X407.5Y498.
    B3
```

程序运行到 A3 引导的指令时, 边运行边存储该条指令, 运行到 B3 时调用 A3 后的指令, 本例中 B3 等效于 G681128.5JK360.P-60.Q5.T215。

(26) G93 G93(OFFSET-1-OFS-1, 坐标偏移方式 1), 用来指定坐标变换后局部坐标系的原点。指令格式为 G90G93X ___ Y ___ 或 X ___ Y ___。

G90G93 以绝对坐标系为基准, 不考虑以前是否指定过局部坐标系。G91G93 以原指定过的坐标系为基准。

```
例 G90G93X50.Y75.....坐标基准点为( 50 ,75 )
    X250.Y130.T215.....冲压位置为( 300 ,205 )
```

```
例 G90G93X50.Y75.....坐标基准点为( 50 ,75 )
    G93X200.Y125.T215( 或 G91G93X150.Y50. ).....坐标基准点为( 200,125 )
    X100.Y80.T215.....冲压位置为( 300,205 )
```

取消局部坐标系设置用 G90G93X0.Y0.。

(27) U**、V**、W** U**、V**、W** (MACRO FUNCTION 宏功能), 将 U** 与 V** 之间的一组程序存储起来, 使用 W** 调用相应号码的一组程序。

```
例 G90G93X169.Y440.
    U15
    G90X-64.5Y-35.T255
    G36164.5P2J35.K2
    V15
    G91G93Y-240.
```

W15

本例中在运行到 U15 ~ 15 中的两条指令时,边运行边存储这两条指令。重新指定局部坐标系后,用 W15 调用这两条指令,即此处 W15 等效于这两条指令。

宏功能的参数中,从 1 ~ 59 为边存储边运行 U * * 与 V * * 之间的一组指令,60 ~ 89 的为只存储不运行 U * * 与 V * * 之间的指令,90 ~ 99 用于多重宏功能。

(28) / (/ slash character 斜线字符),主要用途是标识选择性执行的指令。设有以“ / ”引导的指令“ /G90X180.Y160.T243”,当控制单元上的“OPTIONAL BLOCK SKIP ON/OFF”按钮处于“ON”状态时,不执行该指令;处于“OFF”状态时执行该指令。

实用中有些企业保持上述按钮处于“ON”状态,将以“ / ”引导的内容作为注释行使用。

例 G50

/1604.6X1135.2X3/160X610

本例中在 G50 之后,在指令程序的最后一行加上一行注释,该注释行与数控装置要执行的指令完全无关。注释行的具体解释与企业习惯有关,本注释行的基本含义是被冲压的板材长 1604.6、宽 1135.2、厚 3,第一个夹爪位于 160 处,第二个夹爪位于 160 + 610 = 770 处,用以便于机床操作者操作。

(29)% 百分号“%”用于数据通信,作用相当于程序开始标记,通知机床数控装置接收程序。FANUC—P 系统的指令程序的第一行通常是“%”

(30) MULTIPLE PART PUNCHING 多重制件冲压 多重冲压用于在同一块板材上冲压多个相同图形的制件,或一个大型制件上相同的图形。使用多重冲压时将 G98、G75、G76 与 U、V、W 指令等结合使用。

G98 (SETTING OF REFERENCE POINT AND LAYOUT FOR MULTIPLE PART PUNCHING, 设置多重冲压时的基准点、块数及增量等)。G98 的功能相当于计算机程序语言中的双重循环语句;G98 指令通常带有 6 个参数: X、Y 参数表示基准点,相当于循环起点; I、J 参数分别表示 X、Y 方向的增量,相当于循环变量的增量值; P、K 参分别表示在 X、Y 方向的多重冲压块数,相当于循环终止值,实际冲压的块数比 P、P 参数多一个。例如: G98X30.Y100.1400.P3J250.K2 指令表示第一块以 (30,100) 为冲压基准点, X 方向共冲压 4 块, Y 方向共冲压 3 块, 相邻块之间在 X 方向的增量为 400,或在 Y 方向的增量为 250。

用 U、V 指令存储程序段。

G75 与 G76 功能相似,都是按 G98 指令规定的基准点、块数及增量值,结合 W 指令,循环调用 U、V 指令之间存储的程序段。G75 与 G76 的不同点在于前者先走 X 方向,后者先走 Y 方向。G75、G76 指令带 W、Q 两个参数,格式为 G75W * * Qn。W 参数与要调用的 U 和 V 参数一致。Q 参数 n 的取值范围为 1、2、3、4,分别表示多重制件块的冲压顺序从左下角、右下角、左上角、右上角开始。例如: G75W4Q4 指令表示调用 U4 与 V4 之间的程序段,从右上角的那一个制件开始冲压,先走 X 方向。

(31) AUTO - INDEX PROGRAMMING 自动转位编程 自动转位编程用于控制冲模的角度方位,此项功能只对配备有自动转位装置的机床有效。自动转位功能通过在指令中加上 C 字节来实现,C 后面的参数为角度值。

对 G90X __ Y、G91X __ Y __ 之类的单冲指令,如上 C 参数后冲压时冲模将转过相应

的角度。例如 G90X200.Y180.T201C30. 指令冲压时,冲模转动 30° 冲压。

对 G28 指令,采用矩形冲模,指定 J 参数规定的方位角与 C 参数一致,可以冲压不平行于坐标轴的槽。

例 G90X200.Y100.T310

G28150.J30.K30C30.

本例中 G90 指令冲压一个平行于坐标轴的孔,G28 指令冲压三个方位与坐标轴成 30° 角的孔,冲压效果见图 7-26。如果减小 C 参数值或采用更长的冲模,这三个孔可以连通称为一个长槽。

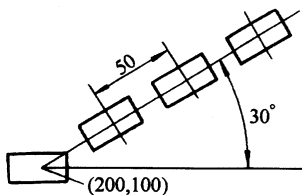


图 7-26 G28 带 C 参数效果

对 G26、G68 等指令,带有 C 参数后在冲压过程中每一次冲压都可以动态地角度转位。以 G68 指令为例,可以利用 C 参数近似冲压出扇形槽。

例 G681100.J25.K50.P0.Q6.T248C115.

本指令的冲压效果见图 7-27。设置 C 参数与 J 参数的方位角相差 90°。在步冲过程中冲模将自动地沿基准圆弧切向进行角度补偿。

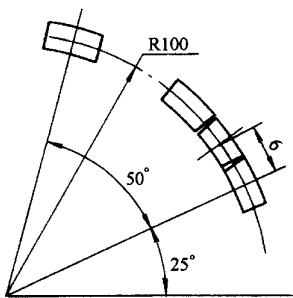


图 7-27 G68 带 C 参数效果

2. FANUC—P 系统的数控指令文件及其图形示例

一个 FANUC—P 系统的数控指令文件及其简要说明如下,表中的指令序号是为了说明时方便,不是数控指令文件运行时必需的。

%

N001G92X1830.Y1270.

N002G98X30.Y100.1400.P1J250.K2

N002 指定多重冲压的基准点、

N003U1	增量和块数
N004G90X370.Y210.T366	
N005Y10.	
N006X10.	
N007Y210.	
N008G72G90X120.Y110.	
N009A1G26I50.J45.K4T239	N003 ~ N016 : 冲压一个制件内部
N010G72G90X260.	孔、槽的程序段。该程序段被存
N011B1	储。
N012V1	
N013U2	
N014G90X260.Y110.T225	
N015X120.	
N016V2	
N017U3	
N018G72G90X380.Y220.	
N019G66I220.J-90.P85.Q5.D-0.15T218	
N020G72G90X0.Y0.	
N021G66I220.J90.P85.Q5.D-0.15	
N022V3	N017 ~ N028 : 冲压一个制件外
N023U4	部边界的程序段。该程序段被存
N024G72G90X0.Y220.	储。
N025G66I380.J0.P110.Q10.D-0.15T231	
N026G72G90X380.Y0.	
N027G66I380.J180.P110.Q10.D-0.15	
N028V4	
N029G76W1Q4	
N030G76W2Q3	N029 ~ N032 : 按 N002 规定的参
N031G76W3Q2	数,调用、执行各子程序块
N032G75W4Q3	
N033G50	

本指令程序文件中使用的冲模为 :T366(圆形冲模 ,直径 $\phi 8$) T239(圆形冲模 ,直径 $\phi 4$) T225(圆形冲模 ,直径 $\phi 60$) T218(矩形冲模 ,宽 5、长 85) T231(矩形冲模 ,宽 10、长 110)。整个文件的冲压效果见图 7-28。

在本指令文件中 ,冲压边界所用的 G66 指令中 ,D 参数都取 -0.15。其执行效果是在制件边界的四个角上 ,冲压后有长度为 0.15 的部分与整块板材相连 ,见图 7-29。这样一个制件的边界冲压完毕后该制件不至于与板材脱开 ,妨碍以后的冲压工作 ,不需要在冲压过程中多次用 G70 指令暂停冲压。当全部制件冲压完成后 ,可以用人工去掉这些长 0.15

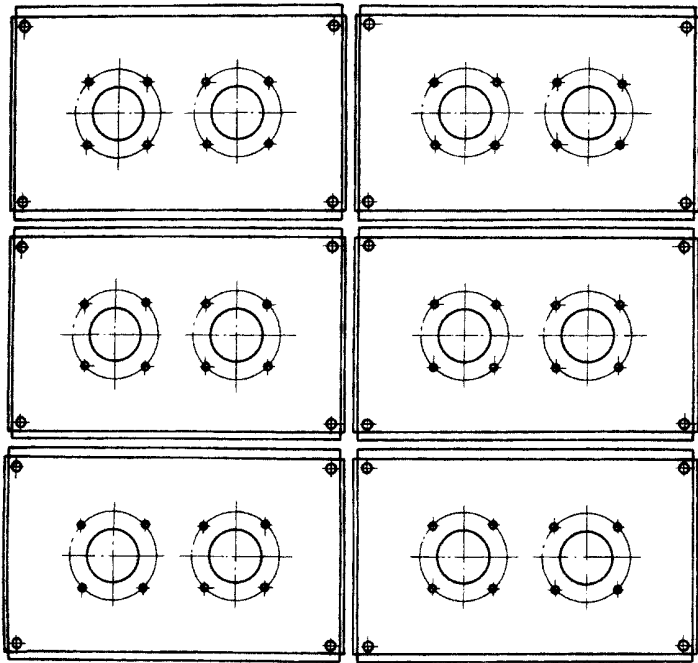


图 7-28 多重冲压效果

的连接部位。

三、其他数控冲压指令系统简介

数控冲压系统要完成的基本功能都是相似的,其实质性的区别在于有些系统将各种步冲功能形成指令,供编程人员调用;有些系统则需要编程人员自行编制子程序去完成步冲或成组冲压工作。

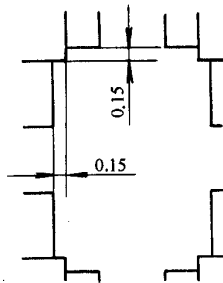


图 7-29 D-0.15 效果

1. MAP-1000 数控冲压指令系统

(1) MAP-1000 系统中关于冲压的 G 指令 MAP-1000 系统可说是功能最强的冲压指令系统之一,其 G 字节的指令所带的参数为三位数。MAP-1000 的 G 指令中冲压部分的功能见表 7-2。

表 7-2

MAP-1000 系统中关于冲压的 G 指令

指令	功能说明(Description)	FANUC—P 参考指令
G001	定位但不冲压(Positioning aond no punching)	G70
G002	单冲(Single punch)	G90, G91
G071	沿直线冲孔(Linear pattern)	G28
G072	沿圆弧冲孔(Circular pattern)(指定初始角和角度增量)	G29
G052	沿圆弧冲孔(Circular pattern)(指定初始角和终止角)	G28
G069	沿矩形四条边界冲孔(Window framer pattern)	—
G073	栅格冲孔(Grid pattern(X))(先走 X 轴)	G36
G074	栅格冲孔(Gridd pattern(Y))(先走 Y 轴)	G37
G050	沿直线步冲孔(Linear pattem with nibblig pitch)	G28
G080	步冲长圆槽(Linear nibbling)	G69
G081	步冲圆弧槽(Circular nibbling)	G68
G051	点到点步冲直槽(Point to point)(指定终点)	G66
G061	步冲直槽(Linear progressive slotting pattern)(指定长度)	G66
G062	步冲扇形槽(Circular progressive slotting pattern)(指定长度)	G28
G063	步冲带有微接头的大方槽(Window flame punching pattern(X)with micro - joint)(先走 X)	G67
G064	步冲带有微接头的大方槽(Window frame punching pattern(Y)with micro - join(先走 Y)	G67
G065	步冲、冲碎大方槽(Window flame punching pattern(X) ,full window(先走 X ,不留整块余料)	—
G066	步冲、冲碎大方槽(Window frame punchig pattern(Y) ,full window(先走 Y ,不留整块余料)	—
G077	步冲、冲碎大圆孔(Circular punchingpattern full - cirde puriching)(不留整块余料)	—
G067	步冲圆角矩形的直线部分(Window punchigwith radius)	—
G068	步冲圆角矩形的圆弧部分(Window punching with radius(corner))	—

表 7-2 中 MAP—1000 指令与 FANUC—P 指令的参照关系是相对的,功能基本相似,但 MAP—1000 指令一般带有更多的字节,直接在本条指令中指定基准点,而不是如 FANUC—P 指令那样用 G72 指令指定基准点。MAP—1000 系统的指令数量比 FANUC—P 系统的更多。MAP—1000 的指令中通常都带有 N 字节,即顺序号;指令序号也是子程序调用酌依据。MAP—1000 指令允许在冲压长槽或大方孔时在冲压过程中留下微接头连接。在此以 G064 指令为例来说明 MAP—1000 的指令结构和微接头的效果。

例 N003G064X200.00Y400.00J120.00J20.00C0.00P1.00L320.00R200.00A0.00T16F50M0

本指令的含义是冲压留有微连接边,也成为微接头的大方孔,以(X、Y)为起点,Y向五连接边;I为X向冲模尺寸,J为Y向冲模尺寸;A为冲模相对X轴的方位角度;P为微连接边宽度,即图中的“1”;L为大方孔X向长度,R为大方孔Y向长度;T为冲模号;F为工作台移动速度;M为0表示冲压角与A的相位一致。

用G061冲压直槽或G062冲压扇形槽时,在槽的中间也可以留下微接头(见图7-30)。

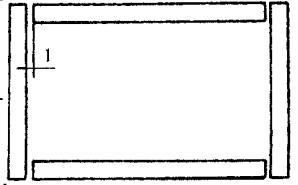


图7-30 G064冲压效果

(2)MAP—1000系统的其他指令 程序控制(Program control)指令:G000程序暂停,G003程序结束,G094自动调入程序。

指定基准点(Reference point designation)指令:G010重定位,G011重定位复位,G040图形中心补偿,G041撤销图形中心补偿,G005返回基准点,G092返回零点。

指定坐标系(Coordinate system designation)指令:G020坐标系补偿,G021撤销坐标系补偿,G090绝对坐标系,G091相对坐标系。

重复及多重(Repeat,Multiple)指令:G070重复图形,G083先走X轴的多块冲压,G084先走Y轴的多块冲压,G099重复程序,G170重复图形-Ⅱ,G183先走X轴的多块冲压-Ⅱ,G184先走Y轴的多块冲压-Ⅱ。

计时(Timing)指令:G095冲压计时命令,G096撤销冲压计时命令,G097轴向运动计时命令,G098撤销轴向运动计时命令。

放大状态(Magnification mode)指令:G027放大状态定位,G028放大状态开始,G029撤销放大状态。

装载、卸载(Loader,Unloader)指令:G012装载,G013卸载,G016工件料槽开,G017工件料槽关,G018工件料槽开和关。

夹爪设置(Clamp setter)指令:G014夹爪设置。

弯曲补偿(Camber compensation)指令:G022开始X方向端面修正测量,G023撤销X方向端面修正测量,G024开始Y方向端面修正测量,G025撤销Y方向端面修正测量。

成形、压锤控制(Forming,RAM control)指令:G030开通成形功能,G031关闭成形功能,G032压锤高速,G033压锤中速,G034压锤低速,G035设置压锤在下止点停顿时间,G036撤销压锤在下止点停顿时间,G037设置油雾喷射时间,G038撤销油雾喷射时间。

MAP—1000系统中的M功能与G功能结合使用,控制冲模在加工过程中的转位方式。M参数可以取0、1、2、3,具体取值及功能与相应的G指令有关。例如,与G072等指令一起时,若A表示初始角度,B表示角度增量,C表示冲模开始冲压时相对X轴的角度,则M表示冲模角度与A一致,冲模每次冲压回转B;M1表示冲模角度与C一致,冲模每次冲压回转B;M2表示冲模角度固定为C;M3表示冲模角度与A+C一致,冲模每次冲压回转B。

2. J92K与SIEMENS810N数控冲压指令系统简介

J92K系列数控冲模回转头压力机使用SIEMENS810N数控系统,在J92K的指令系统中使用的地址码及其含义见表7-3。

表 7-3

J92K 指令系统的地址码及其含义

地 址 码	功 能	含 义
%	程序号	程序号
N	顺序号	顺序号
G	准备功能	确定运动方式(如直线、圆)
X、Y、C	坐标字	坐标轴运动指令
T	冲模功能	指定冲模号
M、H、E	辅助功能	机床开关量控制冲孔数步距
F	进给速度	指定轴向进给速度
L	指定程序号	指定子程序
P	重复计数	指定子程序重复次数
I、J、F	参数	圆弧功能和暂停参数

J92K 的指令系统中 G90 表示绝对值编程 ,G91 表示相对值编程 ,G02 表示顺时针圆弧插补 ,G03 表示逆时针圆弧插补。G 字节与 M 字节结合使用以决定是否步冲。

例 N120X365Y289E4F30T120M22LF

本指令中 :M22 表示以 E 参数“ 4 ”为步长 ,从当前位置低速步冲到(365、289)处 ;如果高速步冲则将 M22 换为 M24。F 参数、T 参数分别表示进给速度和冲模号。LF 为程序段结束代码。

3. FAGOR 数控冲压指令系统简介

FAGOR 系统的地址码包括 :指令号 N ,准备功能 G ,坐标值 W、X、Y、Z ,进给速度 F ,主轴速度 S、冲模号 T ,辅助功能 M。

数控冲压指令系统与前面介绍的系统相比 ,有一些独到的功能 ,本节以下主要介绍若干前述系统中没有的功能 :

(1)参数编程 除了用指定的 G 功能编程外 ,还可以用参数编程。

例 N4GP36X375YP13FP10S1500TP4P4MP2

数控系统允许 255 个参变量(P00 ~ P254)供存入参数值。

(2)条件指令 在程序执行过程中 ,数控装置能提前读出 4 条指令。在程序号后加上一个或两个小数点“ . ” ,则只有当任选停止型号有效时 ,控制装置才运行该指令。

(3)圆角过渡和方角过渡 在 G05 圆角过渡模式下工作时 ,在上一条指令中所编程的轴的运动刚开始减速时就开始执行下一条指令 ,两个相反垂直运动之间的边缘连接处将为圆角 ,圆角半径值与进给速度有关。G07 方角过渡则是在上一条指令中所编程的轴的运动到达编程终点时才开始执行下一条指令 ,两个相互垂直运动之间的边缘连接处将保持直角。

(4)切于前一段轨迹的圆弧及三点圆弧 用 G08 编程 ,不需要输入圆弧中心坐标 I、J ,只输入圆弧终点坐标 X、Y ,即可得到过图形基准点和(X ,Y)点 ,与前一段轨迹相切的圆弧。用 G09 编程 ,可以用一个中间点代替圆弧中心进行圆弧编程。

(5)镜像 可以实现镜像编程。G11 为 X 轴镜像 ,G12 为 Y 轴镜像 ,G10 撤销镜像。

(6)五条件跳转/调用 用 G25 功能可以使程序由当前指令跳转到同一程序的其他指令。

(7)可控圆角过渡及倒角 G36 功能可以使冲模以编程半径绕过拐角处,使相邻图素按给定半径相切。

G39 用来切去两条相交直线的尖角而不需计算两个交点的坐标值,倒角点到相交直线角度的距离由 G37 后的 R 参数规定。

(8)在加工起点的切向切入和终点的切向退出 G37 可以用来连接两个轨迹而不必计算其交点。设当前点为(0,30)圆弧是要加工的轨迹,要使冲模切向切入的加工轨迹所需半径为 5,则执行以下两条指令后的效果如图 7-31 所示:

例 N110G90G01G37R5X20F100

N120G02X40Y10I20J0

FAGOP 系统允许三个 G 字节一起使用,G01 为直线插补,G37 为切向切入。G02 为顺时针圆弧,其后的 X、Y 表示圆弧终点坐标,I、J 表示圆心坐标。本例中如果前一条指令中省略“G37R5”,则不会有 R5 过渡圆弧,直线直接从(0,30)走到(20,30)。

G38 用于加工终点的切向退出。

(9)可编程进给率 G49 可以修改进给倍率 F,在 G49 作用下下面板上的旋钮不起作用。

(10)冲模补偿 G50 可以将各种冲模补偿尺寸放到冲模补偿表中。

(11)图形旋转 G73 功能可以使坐标轴在主平面上绕程序的基准点旋转。

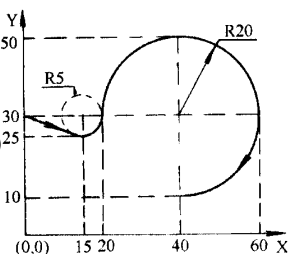


图 7-31 切向切入效果

第五节 钣金计算机辅助设计/制造系统(KMSM)介绍

开目钣金 CAD/CAM 系统(KMSM)系统以开目 CAD FOR WIN95/98/NT 为图形平台,具备开目 CAD 的主要绘图功能。主要功能是针对平板件的设计与加工,能实现钣金件的设计、展开、展开后开孔图绘制、编制数控冲压指令等功能。

一、KMSM 概述及绘图操作

KMSM 的图形操作方式与开目 CAD 中的操作方法一致,但某些功能可能落后于最新版本的开目 CAD 中的同类功能。

KMSM 的操作方式与常规的 Windows 操作方式一致,可以通过“开始”菜单或快捷方式进入,也可以到安装 KMSM.exe 的路径下直接运行该程序。

1. 用户界面

进入 KMSM 新建或读入一个 kmg 图形文件后,将出现图 7-32 所示的用户界面。整个界面分为菜单区和绘图区两大部分。如果读入一个原有的图形文件,则图 7-32 中的绘图区会有图形存在。

(1) 菜单功能 KMSM 系统中的菜单全部采用下拉菜单形式,本节以下介绍的菜单选择项不是 KMSM 所拥有的全部选项。

1) 文件菜单 KMSM 中新建、打开、保存、关闭图形文件,打印、打印预览等操作方式与 Windows 的常规操作方式完全一致,并增加了图管理、擦除、重建、移图框等选项。

2) 编辑菜单 编辑菜单包括常规的撤销、剪切、拷贝、粘贴等选项,以及改线型、改线宽、该颜色、图形复制、图形搬迁、镜面等图形操作选项。

3) 尺寸菜单 尺寸菜单包括尺寸分析、尺寸对应、去除对应、尺寸驱动、几何驱动、尺寸重排、尺寸全清等选项。

4) 窗口菜单 窗口菜单包括工具栏、状态栏、新窗口、级联、水平并列、垂直并列等选项。

5) 信息菜单 信息菜单包括信息输入、当前图信息、颜色选项、导航选项、导航开关等选项。

6) 图库菜单 图库菜单包括零件结构、滚动轴承、紧固件、系列件、表格、子图库、标题栏选用,以及建表格库、建子图库、建系列件等选项。

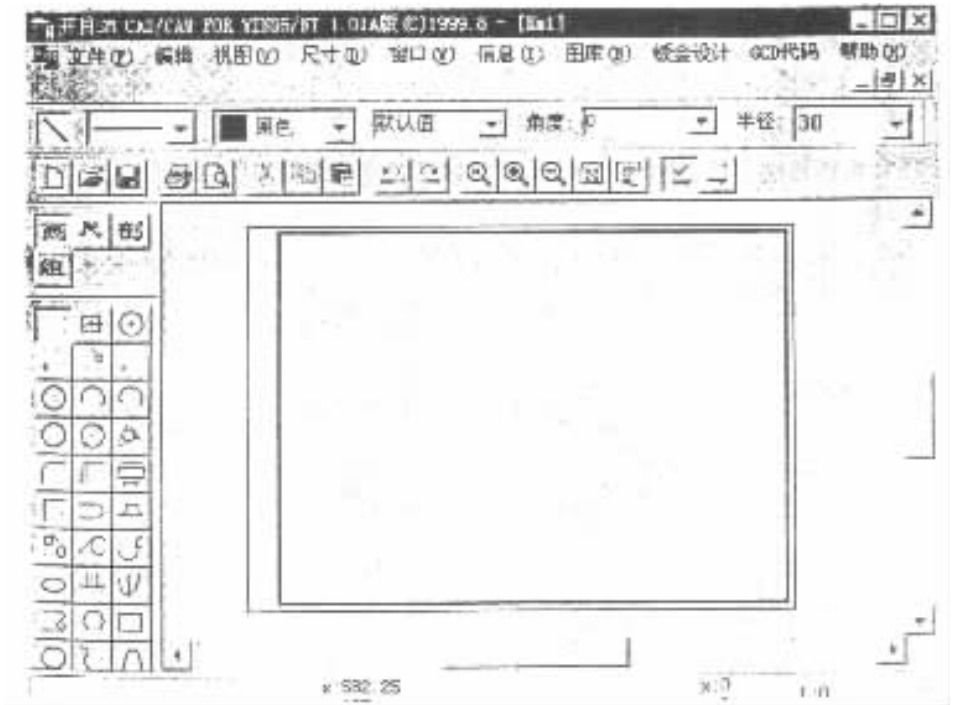


图 7-32 KMSM 的用户界面










图 7-33 设置线条参数的工具条

以上六个菜单是继承开目 CAD 中的原有菜单,其后的钣金设计和 GCD 代码两个菜

单是 KMSM 中特有的菜单, 详细内容在下文中介绍。

(2) 工具条功能 KMSM 系统中通常在水平方向和垂直方向各有两组工具条。水平工具条中一组第一组用来设置线型、当前线颜色、宽度、角度和半径, 如图 7-33 所示。

第二组包括很多小按钮, 其中一部分是 Windows 常规的文件操作、打印等工具条; 另一部分按钮的功能为:  窗口放大、 图形放大、 图形缩小、 图纸全屏显示、 移动图纸、 导航开关、 导航设置。

垂直工具条也有两组, 上面一组是主控工具条, 如图 7-34, 主控工具条的每一个按钮下方有一组对应的工具条, 按画、尺、剖、扭的顺序如图 7-35a、b、c、d 所示。

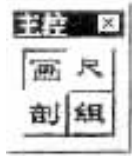


图 7-34 主控工具条

2. 基本绘图操作

(1) 常用操作

光标移动 光标沿水平或垂直方向移动。

2) 光标转动 KMSM 中光标具有方向性, 在信息区中显示光标的方向。

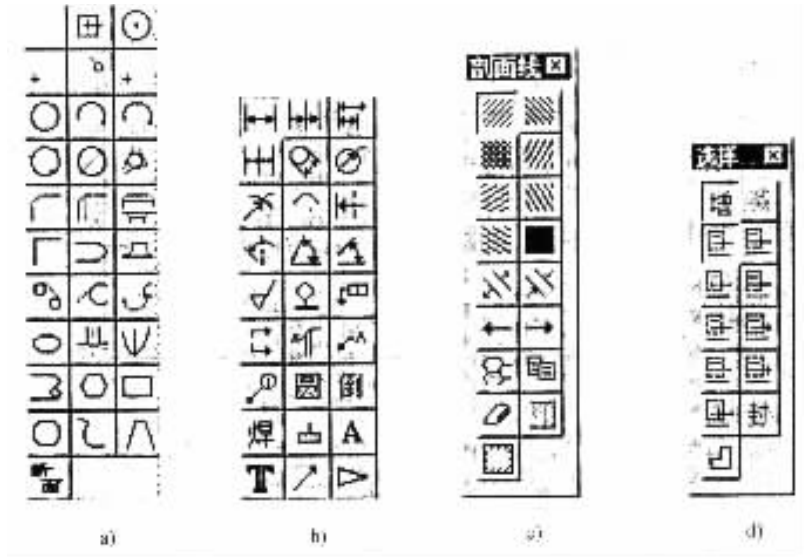


图 2-35 主控工具条下一级的个工具条

3) 光标上线 光标上线移动是指光标移至距其最近的线或特殊点(端点或交点)上的移动, 上线移动属于一种特殊的移动方式。

4) 光标对齐 光标对齐指光标作对齐、对准或对正已有图素的移动, 不同视图中的图

素也可以进行对齐操作。

5)导航 导航是指在鼠标移动状态下,系统根据用户的设置,在一定范围内,智能地搜索各种特殊位置和特殊点,并按计算得到的结果重新设置光标坐标值的过程。

6)线型 KMSM 系统设有五种线型、粗实线、细实线、虚线、点划线、双点划线,可以在这些线型中切换或设置。

7)屏幕缩放与移动 每当调入一个原有的图或开始画一张新图时,系统自动地将该图形以充满方式显示,可以对显示比例进行缩放。

屏幕的移动可通过滚动条,也可以通过单击工具条中的图标来实现。

(2)基本绘图操作

1)红光标画线(已知直线上的一个点和直线的方向)在这种方式下,直线光标相当于工程制图上的丁字尺。模仿手工绘图的思维模式与画图方法,画线前先将丁字尺摆好,即把光标移到所需的位置,转至适当的方向,然后即可沿尺于画线。

2)黄光标画线(已知直线的起点和终点) 首先将光标移到欲画直线的起点,单击鼠标左键或 Enter 键定义线的起点,此后移动光标始终有一条临时线连着起点和光标。移动光标至欲画直线的终点,单击鼠标左键或按 Enter 键则连接起点和终点的临时线变为正式线。

3)画圆弧 KMSM 提供多种画圆(弧)的方式,通过点击工具条来选择方式,点击和移动鼠标来操作。主要的一些方式包括:半径给定,圆心给定画圆或弧;给定圆周上某点和半径画圆或弧;指定圆心、圆弧的起点与终点画圆弧;给定圆周上两点和半径画圆;给定两点和半径画弧;指定圆弧上三点画圆弧;给定直径上两端点画圆;给定两两相交的三条直线画公切圆;指定两条线索做公切圆弧等。

4)圆弧过渡和倒角 作两条相交直线的过渡圆弧或倒角。

5)画切线和切圆弧 画圆(弧)与圆(弧)的公切直线,或过一点作圆(弧)的切线,或过一点作直线或圆(弧)的切圆弧。

6)画典型图形 输入椭圆中心、长轴或短轴端点、椭圆通过的一点即可画出椭圆。指定抛物线上三个点或指定顶点和一个其他点画平行于坐标轴的抛物线。画正多边形、矩形及圆角矩形。选择画波浪线按钮后,按住鼠标左键移动鼠标可画波浪线。选择作渐开线按钮,可以画渐开线齿廓。

(3)高级绘图操作

1)成组操作 组是若干直线、线段、圆弧、弧段的集合(还可包含剖面线、字符等)。成组操作是对图的部分元素进行编辑、属性修改以及图形变换的一种有效方式。它可对组中元素进行复制、移动、镜面、比例缩放、擦除、属性编辑、变形等多种操作。使用成组变形功能,使图形的编辑修改极为方便。

选定成组元素后,可以进行的操作包括:移动复制,用来复制组中元素,复制之后原来的图形仍保留;源图搬迁,将一个图形从一个地方搬迁到另一个地方,在复制或搬迁的过程中图形粘连在光标上随光标移动和旋转。还可以作伸展变形,即对图形进行局部变形的,参见图 7-36。

成组操作还包括:圆周均布,完成某一图形在圆周上的均匀排布;矩形阵列,将某一图

形快速均布成栅格状态,等距线,用来作已知曲线的等距线。

2)剖面填充 剖面填充操作包括 填充剖面线,填黑,增大或减小剖面线间距,剖面线错位,填充复杂图案,剖面线取样,剖面线擦除,改变填充边界等,仅在边界附近填充剖面线,剖面修改等。

3)图库操作 KMSM 中提供了零件结构库、滚动轴承库、紧固件库、子图库、夹具符号库、表格库,其选择全部采用图形菜单方式,用户可将库中的图形调出,修改比例后复制到正在画的图形中。

零件结构库中包括通孔、盲孔、阶梯孔、螺线孔、键槽等机械设计中常用的结构;滚动轴承库中包含冶金工业出版社出版的《机械零件设计手册》中全部滚动轴承的图样;紧固件库可以选择螺栓联接、螺钉联接、螺柱联接等装配联接组件的形式。

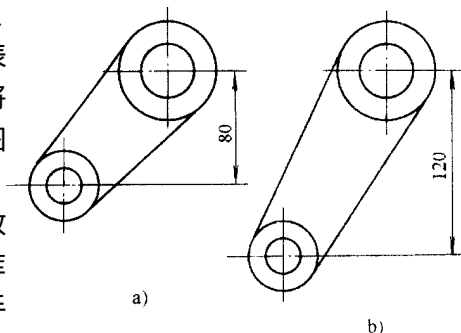


图 7-36 伸展变形效果

二、基于制件库的参数化钣金制件设计及展开

对管接头类和门、板类等常用钣金制件,KMSM 提供了详尽的展开图库。操作者通过调用展开图库,输入参数,迅速地得到制件的展开图,具有极高的设计效率。

1. KMSM 展开图库的基本操作

(1) 操作过程

1)进入展开图库操作 选中主菜单中的“钣金设计”,参见图 7-32。首先出现图 7-37 中左边的下拉菜单;在其中再选“钣金图库”;弹出图 7-37 中右边的菜单中。设接下来再选“接头展开图库”,将弹出如图 7-38 所示的钣金展开图库选择对话框。



图 7-37 展开图菜单

2)选择制件类型 图 7-38 对话框中显示出常用管接头、槽钢弯折等钣金制件的“小照片”。每张小照片由制件简图、不多于六个汉字的制件简要名称及照片下的照片文件名组成。拖动对话框中的滑动条,直到对话框中出现所要的制件;也可以直接键入要设计的制件类型名称。选取该制件后将弹出包含“大照片”的制件参数编辑对话框,见图 7-39。

3)编辑制件参数 制件参数编辑对话框包括图片区和参数编辑区。图片区内给出了制件的结构形状及特征尺寸代号。参数区内给出了各特征尺寸及初值。参数较多时修改区中将出现垂直滑动刀具条。参数修改区中最后的两项参数在图片区中未出现,其含义 t 表示制件的板厚; j 一般表示用分段直线逼近圆弧时在 90° 圆弧内对应的直线分段数。

4)制件展开图定位 确定制件的特征参数后,按确定按钮,对话框消失,出现粘连在

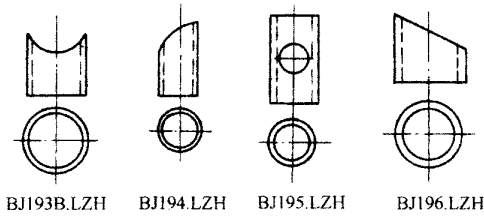


图 7-38 选择制件类型对话框的局部

光标上紫红色的制件展开图。展开图可以随光标一起移动、转动。展开图的外轮廓以粗实线绘制,是下料时的实际切割线,轮廓内与分段直线状况对应,有一些细实线绘制的线条,用以表示出外轮廓上一些点的相对位置,见图 7-40。移动或转动光标,将展开图放到合适位置后,单击鼠标左键,在所确定的位置处将绘制出黑色的制件展开图。

黑色的制件展开图定位后,光标上仍然粘连有制件展开图。图形,可以挪动光标,到另一个适当的位置再定位一个黑色的制件展开图。这一过程相当于手工复制及排样。

接头类制件的展开图一般由多块钣料块组成。确定这种制件的参数后,将首先出现第一块钢板的展开图。按鼠标左键使第一块定位后,光标上粘连的仍然是第一块,仍然可以使第一块再定位。此时若单击鼠标右键,在弹出的右键菜单中点“投影”,则光标上粘连的图形变为第二块,可以挪动光标使展开图的第二块定位。再点右键菜单中的“投影”,光标上粘连的图形变为下一块。当光标上粘连的是最后一块时,点“投影”将会回到第一块。在此过程中的任何阶段,点右键菜单中的“重选”将结束所选制件的展开图操作。

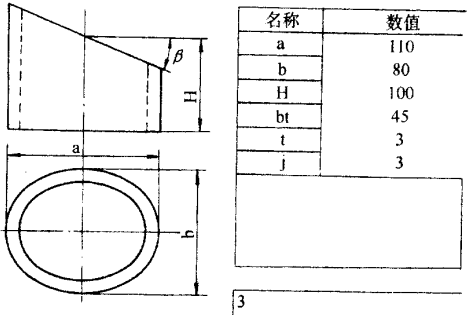


图 7-39 制件参数编辑对话框的局部

(2) 门、板类制件展开图的边界操作 门、板类制件的选择、确定参数、展开图定位等操作过程与接头类制件的完全相同,不同点在于多一项内部表面边界操作。

门板类制件往往需要在其上进行开孔。制件一般以三视图表示,开孔图也绘制在三视图上。

制件展开后为一块平板,三视图上处于弯折状态的各面块的分界线在展开图上并不清楚,但如果操作者想要在在展开后的板料上绘制开孔图,各面块的分界线作为基准是必要的。为了提供各面块的基准线条,对门板类制件的展开图,当光标位于板件展开轮廓内的某一位置时,图上将出现一个表示所在面块边界的矩形框,见图 7-41。

矩形框的个数与制件在三视图中弯折后的总面数一致。矩形框可以利用←、→、↑、↓键左、右、上、下对齐,保证在展开图上开孔的基准。矩形框上的线条不能进行上线、删除等操作。组成矩形框的线条不是图形的基本部分,存储图形文件时不存矩形框线条。

2. KMSM 制件展开图库的扩充

图库中的制件元素是有限的,必要时要根据顾客需求进行扩充。完成一个制件的展开图操作需要三个同名的文件:小照片 1zh 文件,大照片 kmg 文件及完成展开尺寸计算的

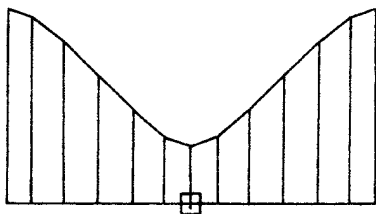


图 2-40 粘连在光标上的制件展开图

d11 文件。

(1)小照片 1zh 文件的制作 小照片 1zh 文件用以表示制件基本类型,引导使用者选择制件。制作小照片前要先绘制好与照片内容一致的 kmg 图形文件。接下来的操作过程与开目 CAD 的建库功能一致,因此在 KMSM 中应用时有的操作名称不是十分贴切。

若小照片中不加制件名,则其制作过程十分简单:①建子图库 在主菜单的“图库”选项下选“建子图库”;②入库 在“建子图库”的下级菜单中选“入库”,光标将变为手状;③确定基点 此处实际上是存储小照片文件,直接将手状光标放置在小照片图形的适当位置,按下鼠标左键,将出现 Windows 通用的存文件对话框,确认存放文件的路径、输入文件名后即可同时作好子图库 sbg 文件和小照片 1zh 文件。在 WINDOWS 版中 1zh 文件可能表现为 WinZip File。

如果要在小照片中加制件名称,操作过程为:①尺寸标注和分析在待作照片的图形上标注一个尺寸,然后进行尺寸分析,不必考虑尺寸分析的结果,不必标注多个尺寸;②数据输入 在主菜单的“图库”选项下选“数据输入”,出现的菜单见图 7-42;③数据输入 在图 7-42 所示菜单中选取“数据输入”,将出现建库对话框,在该对话框中的尺寸数值输入表中随意输入数值;系列件名”后输入不多于六个汉字的制件名称,设输入“实验制件”;④生成 当以制作小照片为目的,而不是真正建立系列件库时,可以不必进行“基点”、“取景”等操作,直接到图 7-42 所示菜单中选“生成”,弹出通用的存文件对话框,确认小照片文件存储的路径并输入文件名,设输入的文件名为 test-piece,在对话框中选“保存”,即可制作好带照片说明的小照片,见图 7-43。

在“建系列件库”选项下建立小照片时,将同时建立两个扩展名分别为 srs 和 stp 的文件,在“图库”下的“系列件...”选项下可以直接调用 srs 文件,观察小照片的制作效果。用于钣金件展开图的制作时,需要将扩展名为 stp 的文件重命名为 1zh 文件。

(2)大照片 kmg 文件的制作 KMSM 早期的 DOS 版本中使用 tif 文件作大照片,较新的 Windows 版本中直接用开目 CAD 的 kmg 图形文件作大照片。

在图 7-39 所示的直接参数编辑对话框的图形区内单击鼠标右键,将弹出如图 7-44 所示的菜单,利用该菜单提供的功能可以放大 kmg 图形,以仔细观察图形与参数的关系。

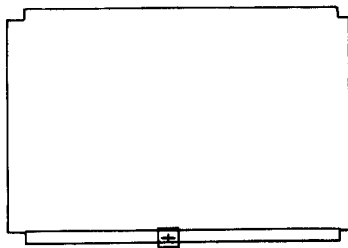


图 7-41 门、板类制件的内部表面边界

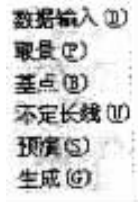


图 7-42 数据输入菜单



图 7-43 小照片效果

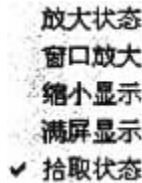


图 7-44 大照片观察菜单

用作大照片的 kmg 图形必须完整地标注制件的全部特征参数。如果尺寸完整的 kmg 图形制作小照片,则在要加制件名称的小照片制作过程的“③数据输入”阶段,需要输入较多的尺寸值。

(3)动态链接库 d11 文件的制作 KMSM 中对每一个制件都提供一个根据制件类型从参数到展开图的运算程序的动态链接库 d11 文件。操作者选择不同的钣金制件类型时,系统分别调用不同的动态链接库。动态链接库完成参数个数、名称及默认值的设置,读入编辑后的输入参数,进行展开图计算。

建立一个 d11 文件要符合 KMSM 的图形及展开图的数据格式;可以利用不同的高级语言平台,用户可以根据自己的情况选用。在 KMSM 系统开发中使用的是 VC++ 开发工具,以下的介绍以 VC++ 为对象。

1)按 kmg 文件数据格式写直线的工作 kmg 文件的数据格式在本章第三节已较详细的介绍;如果只是为了扩充展开图库的 d11 文件,只需要了解直线、圆弧、圆的表达方式就够用了。KMSM 为顾客自行扩充展开图库提供了 d11。文件的框架,展开图图形文件的文件头信息在框架中已给出,交点表等信息可以在得到展开图后由系统重建得到。

展开图可以只用直线表示,圆弧部分由分段直线近似而得到。kmg 文件中直线的一般表达方式为:

例:15 265 234 472 234 # 1,1 3,-32,12 0

说明:标志“1”,其后线号为“5”,在 d11 文件中定义一个关于线号的整型变量 order,可以赋初值为零,每写入一段直线前将该变量加 1。265,234 为直线的起点 x_b, y_b ; 472,234 为直线的终点 x_e, y_e ,这四个必须由程序编制人员计算得到。

做展开图时按最简方式写入线条,按标准方式表达的分界符材及随后的所在视图、线类、线型、交点表中交点指针、颜色、线宽等参数与最简方式的有所不同,最简直线描述方式为:

例:1 7,102.171402,-114.437180,100.737099 4.771395 0 1,10 0

说明:后四个参数中,从左到右第一个(总第七个)为视图参数,通常取“0”,即一般只在主视图中操作;第二个“1”表示板材块号,可记为 piece-number,多块的接头类制件展开后板材块数通常多于一块,赋初值为 1,写入一块板材数据后,如果还有其他块,将该变量加 1;第三个“10”表示线型,作展开图时一般只用粗实线(10)和细实线(21),根据是展开图的轮廓线条或内部辅助线条选用;第四个,即最后一个参数“0”目前没有什么特别含义,属保留参数。至于线类、颜色、线宽等参数可取默认值,交点指针先不考虑。

展开图定位前粘连在光标上的图形用最简方式表示,定位后系统自动将其转换为标准的表达方式。

2) d11 文件的框架结构 KMSM 在完成一个制件的展开图操作时,会两次调用同一个 d11 程序。第一次带参数“1”调用,读入制件各特征参数的初始值,放到制件参数编辑对话框的编辑区。参数根据需要编辑完毕、确认后,系统带参数“2”第二次调用该 d11 程序,读入需要的制件参数值,安装制件类型进行计算,得出展开图上各线条的数据,再按数据格式将数据写入一个过渡文件中。

3. 动态连接库 d11 文件的制作

本节以 MicroSoft VC++ 5.0 为平台介绍 d11 文件的制作,不同的版本的菜单及操作过程会有所不同。

(1) 创建工程框架 进入 VC++ 在“File”选项下选“New”,在弹出的“New”对话框中选“Projects”,然后再在“Project name”下键入与给定制件的照片相同的文件名,然后全部按系统的默认设置选“OK”。系统将自动建立起待作的 d11 文件的工程框架。如果是要修改已有的工程,则在“File”选项下选“Open Workspace”,然后在文件读入对话框中选定想要打开的工程。

(2) 编辑 *.cpp 的框架 此处 * 表示制件的文件名,实际文件名一般有多个字符。要创建 d11 文件,需要改动的文件只有 *.cpp 文件。VC++ 系统已经创建了 *.cpp 文件的主要框架,调入 *.cpp 后进行如下编辑工作。

1) 添加宏 系统创建 *.cpp 文件时,自动包括了以下两个宏文件 #include“stdafx.h”和 #include“*.h”,在其后插入“#include“math.h””,以满足 *.cpp 中需要数学计算的要求。

2) 添加 KMSM 的接口程序 unfold.cpp

VC++ 自动创建的 *.cpp 终止于以下语句:

```
////////////////////////////////////
//The one and only C* App object
```

```
C * App theApp ;
```

设文件名为 bj167 ,则 C * App theApp 的具体形式为 CBj167App theApp。为了便于使用者自行编辑 bj167.cpp 文件 ,KMSM 系统提供了一个 unfold.cpp 程序段。将该程序段复制到“ CBj167App theApp ;”语句后面 :

```
CBj167App theApp ;
char szSwapFileName[ 256 ];
extern“ C ”_cdecl( dllexport ) BOOL LibInit( CString strSwapFile );
extern“ C ”_cdecl( dllimport ) int LibFunc( int argc ,char * argv[ ] );
BOOL LibInit( CString strSwapFile ){
    if( strSwapFile.GetLength( )> 250 )
        return FALSE ;
    strcpy( szSwapFileName ,LPCTSTR( strSwapFile ));
    return TRUE ;
```

在 KMSM 关于展开图的 d11 文件中 ,除了“ Bj167 ”这样的文件名不同外 ,unfold.cpp 程序段是完全相同的。

3)编辑 int LibFunc(int argc ,char * argv[])函数 在 unfold.cpp 程序段中 ,涉及展开运算的内容位于名为 LibFunc 的函数中。LibFunc 函数外的程序内容的主要功能是与主程序交流。

4)创建 * .d11 文件 在 VC + + 的“ Build ”选项下选“ Build * .d11 ”,如发现错误则进行修改 ,创建无误后即得到 * .d11 动态连接库文件。

(3)LibFunc 的函数的结构及修改 LibFunc 函数的主要内容如下 ,使用者依提示进行编辑。该函数中的①、②、“ // ”之后的内容注释是为说明问题而添加的 ,并不出现在实际程序中。

```
int LibFunc( int argc ,char * argv[ ])//此处可加上对制件名称、参数的注释
{
//请 在此处加上变量定义①
float t ,r ;
float xx1[ 100 ] ,yy1[ 100 ] ,data[ 50 ];
double pi = 3.141592653 ;
int i ,parameter __number ,line __number ,order ;
FILE * fp ;
char buffe[ 80 ];
//变量定义结束
if( strcmp( argv[ 1 ] ,“1” )= 0 )
{
fp = fopen( swapfilename ,“w” );
parameter - number = //请 在 = 号后加上制件参数的个数 ,包括钣厚等
fprintf( fp ,“%d \ n” ,parameter - number );
```

```

//请 按以下格式输入参数变量名及参数值 进行变量初始化②
fprintf( fp, "%s \n", "变量名字符" ); // "变量名字符" 改为实际变量名
fprintf( 1p, "%s \n", "变量值数值" ); // "变量名数值" 改为变量初值
.....
fprintf( fp, "%s \n", "板厚 t" );
fprintf( fp, "%s \n", "板厚数值" ); // "板厚数值" 改为板厚初值
//变量初始化结束 注意输入变量的个数必须与 parameter __number 一致
fclose( fp );
exit( 0 );
}
else
{ //第二次调用 先读入确认后的参数值
if( fp = fopen( swapfilename, "r" ) == NULL ) exit( -1 );
fscanf( fp, "%d \n", &number );
for( i = 1; i <= number; i++ )
{
fscanf( 1p, "%s \n", buffer );
fscanf( fp, "%s \n", buffer );
t = atof( buffer ); //此处"t"只是用作中间变量
data[ i ] = t;
}
fclose( fp );
if( fp = fopen( "tmp __sub.sbg", "w" ) == NULL ) exit( -1 ); //打开过渡图形文件
fprintf( fp, "0 \n" ); //以最简方式写文件头信息
fprintf( fp, "4 \n" );
fprintf( fp, "%f, %f, %f \n", 0.0, 0.0, 0.0 );
//请 按以下格式添加读参数语句 将' 变量名字符 '改为实际变量名 ;
// " 序号 "从 1 开始 依次加 1
变量名 字符 = data[ 序号 ]; //适用于浮点型变量
变量名 字符 = (int) data[ 序号 ]; //适用于整型变量
//读参数结束 注意保证正确的变量名 读参数的顺序必须与赋初值时一致
}
//请 确认或修改折弯系数表达式③
float k, p, l __fold __90 //k 为折弯系数, p、k1 为计算中所用的中间变量
p = r/t;
if( p <= .25 ) {k = .2 * p / .25 ;}
if( p > .25 & & p <= .5 ) {k = (.25 - .2) * (p - .25) / (.5 - .25) + .2 ;}
if( p > .5 & & p <= .8 ) {k = (.3 - .25) * (p - .5) / (.8 - .5) + .25 ;}

```

```

if ( p > .8 && p < = 1 ) { k = ( .35 - .3 ) * ( p - .8 ) ( 1 - .8 ) + .3 ; }
if ( p > 1 && p < = 2 ) { k = ( .37 - .35 ) * ( p - 1 ) ( 2 - 1 ) + .35 ; }
if ( p > 2 && p < = 3 ) { k = ( .4 - .37 ) * ( p - 2 ) ( 3 - 2 ) + .37 ; }
if ( p > 3 && p < = 4 ) { k = ( .41 - .4 ) * ( p - 3 ) ( 4 - 3 ) + .4 ; }
if ( p > 4 && p < = 5 ) { k = ( .43 - .41 ) * ( p - 4 ) ( 5 - 4 ) + .41 ; }
if ( p > 5 ) { k = .5 ; }

1 __fold__90 = 2 * ( t + r ) - ( r + k * t ) * pi / 2 ; //对应 90°角的弯折修正量
//折弯系数确认完毕
//请 添加展开图轮廓上各点的计算表达式④
line __number = ..... ; //一块的总线段数 ,可以是数值或关于分段直线数 j 的表达式
xx[ 1 ] = xx[ line __number + 1 ] = ..... ; //给出具体数值或计算式
yy[ 1 ] = yy[ line __number + 1 ] = ..... ; //可能是自定义的多个数组
xx[ 2 ] = ..... ;
yy[ 2 ] = ..... ;
.....
xx[ line __number + 1 ] = ..... ;
yy[ line __number ] = ..... ;
//展开图轮廓上各点计算完毕 orde = 0 ; //输出线条序号从 1 开始
int piece __number , line __style ;
//请 输入块号 piece __number 及线型 line __style 将.....改为具体数值⑤
piece __number = ..... ; //值为
line __style = ..... ; //0x10 为粗实线 ,0x21 为细实线
//块号 piece __number 及线型 line __style 输入结束
for ( i = 1 ; i < = line __number ; i + + ) //输出一块展开图的轮廓据
{
    对轮廓数据 line __style 可直接写 0x10
    fprintf( fp , "1 , %d , %f , %f , %f , %f , %d , %d , %x , %d \ n" , orde + + ,
        xx[ i ] , yy[ i ] , xx[ i + 1 ] , yy[ i + 1 ] , 0 , piece __number , line
        __style 0 ) ;
} //一块展开图的轮廓数据输出结束
//请 :当需要表示展开图轮廓内表示曲线分段状况的线条时 ,添加输出 ,
.....//可以逐线条输出 ,xx[ i ] 改为 xe ,或创造条件按循环语句输出 ,
fprintf( fp , "1 , %d , %f , %f , %f , %f , %d , %d , %x %d \ n" , orde + + ,
    xx[ i ] , yy[ i ] , xx[ i + 1 ] , yy[ i + 1 ] , 0 , piece __number , 0x21 , 0line ) ;
.....//下块展开图内部分段线条输出完毕
//当展开后的板料多于一块时 ,添加相关的数据计算和线条输出程序块 ,
//piece __number + + ,重复计算和输出过程 ,直至输出全部块
//请 :当要输出门板类制件各面的参考边界时 ,按以下格式计算 ,输出数据⑦
int face __number ;

```

```

order = 1 ;
float x __min ,y __min ,x __max ,y __max ;
for( i = 1 ;i < = face __number ;i + + )
{
switch( i )
{ //请 在各 case 中输入边界边框的左下角和右上角两点的坐标值
case1 :x __min = ... ;y __min = ... ;x __max = ... ;y __max = ... ;break ;
case2 :x __min = ... ;y __min = ... ;x __max = ... ;break ;
.....
case face __number :x __min = ... ;y __min = ... ;x __max = ... ;y __max = ... ;break ;
}
fprintf( fp , "J ,% d ,% f ,% f ,% f ,% f , \ n" ,order + + ,x __min ,y __min ,x __max ,y __
max );
}
//门板类制件各面的参考边界输出完毕
fclose( fp )
return 0 ;
}

```

LibFunc 函数结构及使用的注释如下 :

1) 程序中最通用的变量名已保留在变量定义程序块。常用 t 表示板厚 ; r 表示弯折半径 ; $xx[i]$ [100] 及 $yy[i]$ [100] 表示轮廓曲线上平面点的坐标值 ; $data[i]$ [50] 表示制件的参数数组 ; π 表示 π , 整数 i 表示旋环变量 ; $parameter_number$ 表示一个制件中参数的总个数 ; $line_number$ 表示展开后外轮廓的总线条数 ; $order$ 表示线条的序号 ; $*fp$ 表示交换文件的指针变量 ; $buffer[80]$ 为转换数据类型时所用的缓冲字符串。

编辑此程序块时 , 要添加表示制件各参数的变量 , 运算时需要的中间变量。要确认给定数组的大小不至于超界。已定义的通用变量如果未用到 , 也可以去掉。

2) 此程序块中输入制件参数的初值。各参数在此处以字符串格式输入 , 不必区分整型或浮点型变量。输入参数的总个数必须与 $parameter_number$ 一致。

3) 此处折弯系数按钣金件展开手册中的表格确定 , 相邻数据中的值用线性插值获得。使用者如果有本企业专用的折弯系数计算式 , 可修改本程序块。对于按照钣金件展开手册上的标准计算式展开接头类制件时 , 可以不用本程序块。

4) 这是编辑 LibFunc 函数所需要作的核心工作 , 使用者需要有一定的钣金件展开知识。基本表达式对每一个 90° 弯折减去一个修正量 1_fold_90 。如图 7-45 所示的钣金件折弯后的长度 L 为 :

$$L = A + B - 1_fold_90$$

对非 90° 弯折要根据具体弯折角度计算修正量。

接头类制件的展开往往牵涉到圆弧弯卷 , 一般按钣金件展开手册上的相应计算式或企业内的常用计算式处理。

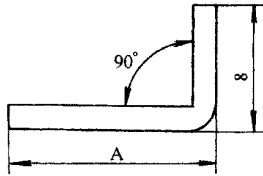


图 7-45 折弯修正量

在编写尺寸计算程序时,要注意防止非法特征参数值对线条的危害,至少要考虑除数为零、被开平方数为负数、被求反正弦或反余弦的数的绝对值大于 1 等情况的防护。

三、基于面融合的钣金制件设计及展开

KMSM 不具备一般意义上的三维设计功能,但由于钣金制件通常由等厚度的钣料构成的特殊性,KMSM 提供了基于面融合方式设计门、板制件的功能。

KMSM 中将钣金制件的三维设计分解为组成制件的各个面酌设计,指导思想是“二维设计、三维生成”,采用“面生长”的方法,通过分别定义待“生长”面的空间位置和平面形状,以及表面之间的结合状态来完、成空间面的设计。

1. KMSM 中三维面设计的操作过程

以一个如图 7-46 的盒子为例,说明并对其进行制件设计、工艺展开,最终得到该制件的下料平面图的过程。

(1)设计主要基准面 首先选取该钣金制件上的一个面作为基准面。KMSM 中对选取哪一个面作为基准面并无限制,推荐以制件上最大、与其他表面联系最多的面为基准面,通常是底面。

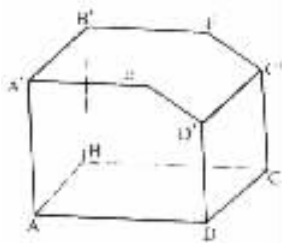


图 7-46 三维盒

进入 KMSM 系统,首先按实际形状和尺寸绘制出基准面,然后到如图 7-37 所示的菜单中选“生成三维面”,屏幕上方的菜单变为图 7-47 所示的三维设计菜单,屏幕上显示的图形由二维显示改变为三维显示,见图 7-48。



图 7-47 三维设计菜单

图 7-47 菜单中“钣金设计”下的下拉式菜单包括“添加三维面”、“删除三维面”、“修改三维面”、“查看”、“显示公共边”、“设置展开参数”、“展开三维面”、“生成二维展开图”等选项。

(2)添加表面 在图 7-47 菜单中的“钣金设计”下选择“添加三维面”,将弹出选择面定义方法对话框。KMSM 中提供了三种方法:已知交线、夹角,已知两条相交直线,已知两条平行直线。

1)指定交线、夹角添加表面 在“选择面定义方法对话框”中选择“交线夹角”,对话框消失,按系统左下角提示“请指定公共边”,指定主要基准面中待添加表面的那条边,再在随后弹出的参数输入对话框中输入新表面与基准面的夹角,在本例中为 90° ,展幕将分割成二维设计与三维显示两个区域,参见图 7-49。

在三维显示区内,被选中进行面添加的基准线以不同颜色点亮。在二维设计区中有一条虚线,表示选中的公共边在二维设计区中的位置。操作者可以以该线条为依据,按照开目 CAD 中的绘图方式,在二维设计区中以给定的虚线为一条边,绘制待添加表面的轮廓。首先与虚线的位置重合绘制一条实线,这条直线的长度可以与基准虚线不等。在二维设计区中单击鼠标左键,或绘制线条时,三维显示区中将有一个紫红色的点。操作者可以由紫红色点的位置判断新生成面将生长在其基准面的哪一侧。



图 7-48
三维显示
的平面



图 7-49 三维绘图与三维显示

在二维设计区中设计好待生长面的轮廓后,再点开图 7-47 所示的菜单,在其下选“生成三维面”,左边的二维设计窗口关闭,右边的三维显示窗口大小不变,所显示的图形中将增加新生成的表面,见图 7-50。

重复指定直线、夹角等操作,可以生成更多的表面。

2)指定两条交线添加表面 已设计的表面不少于两个时,有可能以指定两条交线的方式生成一个新表面,以减少在二维设计区绘图的工作量。

在“面定义方法选择”对话框中选“两条交线”,在三维显示区的图形中依次指定两条相交的直线。第二条交线指定后将激活二维设计窗口,屏幕分为二维设计和三维显示两个区域。在二维设计区中将出现两条相交的虚线。由于制件的表面不一定是矩形,因此两条相交线段不足以确定一个面,仍然需要在二维设计区中绘制待添加表面。

在本例中绘制出一个五条边的封闭轮廓,选“生成三维面”后三维显示区中的图形如图 7-51。



图 7-50 两个表面



图 7-51 三个表面

3)指定两条平行线添加表面 已设计好的表面较多时,可以指定两条平行线添加表面来添加表面。

在“面定义方法选择”对话框中选“平行线”,然后在三维显示区的图形中依次指定两条平行的直线。第二条直线指定后激活二维设计窗口,其中有两平行的虚线。在二维设计区中绘制待生成面的轮廓。

为了快捷、准确地绘制面轮廓,可以类似于开目 CAD 绘图时的多视图之间的对齐,按 Ctrl + Home、End、Page、Up、Page Down 等键使二维区的点与三维区中的特征点进行左、右、上、下对齐。

重复添加表面,直到得到图 7-52 所示的三维盒。

2. KMSM 中三维面的编辑与文件存取

(1) 编辑三维面

1)删除三维面 当屏幕上显示如图 7-52 所示的盒子等三维制件时,在图 7-47 菜单下选“删除三维面”,然后到三维显示图形中以鼠标单击要删除的表面。屏幕上将弹出一个消息框,提示 Face = n, n 为表示面序号的自然数。单击消息框中的确认按钮,图形中将显示出选中表面的边界,单击鼠标右键或按键盘上的回车键,将删除选中的表面。

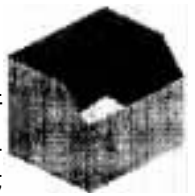


图 7-52
三维盒

2)修改三维面 当屏幕上显示如图 7-52 所示的盒子等三维制件时,在图 7-47 菜单下选“修改三维面”,然后到三维显示图形中以鼠标单击要修改的表面。屏幕上将弹出一个消息框,提示 Face = n。单击消息框中的确认按钮,图形中将显示出选中表面的边界,单击鼠标右键或按键盘上的回车键,屏幕上将出现二维设计窗口,其中显示待修改表面的轮廓。

在修改表面时,要注意二维和三维两个窗口中图素的对应关系。可以在二维、图形的边界上单击鼠标左键,根据在三维图形中出现的点来判断该怎样进行表面修改。

(2) 三维图形文件存取

1)存三维图形文件 存文件的操作与开目 kmg 图形文件的操作一致。在三维显示窗

口为活动窗口的条件下进行存文件操作,确定文件名后即可在标准的存文件对话框中选“保存”来存储钣金制件的三维设计文件。钣金三维设计文件的规定扩展名为 3d。

2)读三维图形文件 进入读文件的操作对话框后,列表框中显示的是当前路径中的开目 kmg 图形文件。直接在文件名编辑框中键入 *.3d,或将文件类型编辑框中的类型显示改为 *.3d,使列表框中显示钣金制件三维设计 3d 文件。再选中想要的文件名,单击“打开”按钮调入该图形文件。

(3)查看三维图形 到图 7-47 菜单下一级选“查看”;“查看”下的选项包括设置旋转、放大/缩小、X 正方向、Y 正方向、Z 正方向、轴测图、光源等。

1)旋转 选“旋转”后,按住鼠标左键,移动鼠标使三维图形绕一个定点旋转,从不同的角度观察钣金制件的图形。利用“旋转”功能可以将要观察、编辑的表面放置在方便的位置,便于指定直线、表面等几何要素。

2)放大/缩小 选“放大/缩小”后,光标形状变为放大镜状态。按住鼠标左键从下向上(Y 增大方向)移动鼠标,三维显示的图形将变大;反之按住鼠标左键从上向下(Y 减小方向)移动鼠标,三维显示的图形将变小。

3)沿坐标轴方向观察 分别“X 正方向”、“Y 正方向”、“Z 正方向”三维显示的投影将由轴测图形式转变为沿坐标轴的正投影方式。

当图形为沿坐标轴的正投影方式显示时,选“轴测图”将改变为轴测图方式显示。

4)光源 选“光源”将弹出光源与材质选择对话框。利用该对话框可以选择光源位置、高光指数、环境光、漫反射光、镜面光、环境光反射、漫反射、镜面反射等光线类型及其颜色模型,颜色模型下的红色、绿色、蓝色取值应当在 0~1 之间。

5)显示公共边 选中“显示公共边”将在三维图形中以紫红色线条显示出公共边,这样功能有助于区分颜色相同的不同表面的分界线。

3. KMSM 中三维钣金制件的工艺展开

KMSM 逐面生长三维设计得到的三维表面是一个抽象的、没有厚度、未考虑各表面之间联系关系的几何体,实际展开钣金制件时,需要考虑板厚、折弯状况、相邻边联系关系等工艺因素。考虑这些工艺因素的展开称为工艺展开。

(1)工艺展开的基本规定

1)以最大尺寸为设计尺寸 实际钣料都有厚度,三维设计时先按零厚度设计,在工艺展开时需要规定钣厚的生长方向。在 KMSM 系统中,按常用的绘制钣金制件三视图的尺寸标注方式来规定钣厚的生长方向,一般情况下可以认为是以制件的外尺寸,即最大尺寸为三维图形设计尺寸,具体设计尺寸示例见图 7-53。

2)中性层位置系数文件 weizhi.txt 钣料弯折时,只有一层在弯折前后长度不变,该层称为中性层。弯折后中性层外的层长度伸长,中性层内的层长度缩短。一般情况下中性层位置偏向内层,当钣厚不变、弯折半径增大时,中性层位置向中间层靠近。

中性层的具体位置由中性层位置系数确定;中性层位置系数是中性层到内层的距离与钣厚的比值,当钣厚给定时主要由折弯半径确定。KMSM 系统中按钣金展开手册配置了一个名为 weizhi.txt 的文件,其内容为一个二维列表,自变量为折弯半径与板厚的比值,因变量为中性层位置系数值。使用者可以用各种文本编辑工具打开 weizhi.txt 文件,将

weizhi.txt 改为自定义的值。对 weizhi.txt 文件中未列出值,将以相邻两对值线型插值计算相应的中性层位置系数。

3)相邻边联系状况 相邻边在结合处的相对位置一般有三种状况,见图 7-54。

图 7-54a 为板 a 压板 b, b 为板 b 压板 a, c 为两板在边界处搭接,实际工艺展开时, a、b 两板可能共有一块基准面,这样 a、b 两板弯折后不能贴合在一起,如出现如图 d 所示的状况。对于

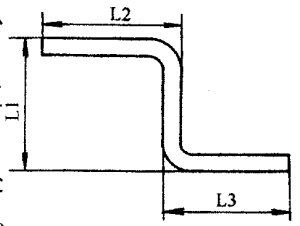


图 7-53 尺寸标注方式

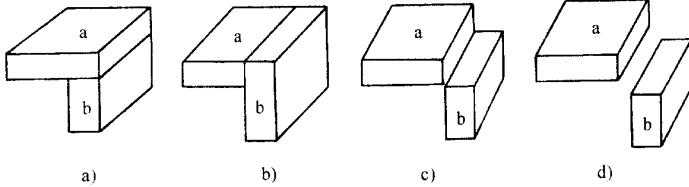


图 7-54 相邻边联系状况

不同的联系状况,展开后的板料尺寸也不相同。

(2) 工艺展开的基本过程

1) 设定板厚及圆角 在展开制件前需要先指定板厚及圆角。在图 7-47 菜单下选“设置展开参数”,弹出“展开工艺参数”对话框。在该对话框中的两个编辑框中分别输入内圆角半径和板材厚度,再选“确定”按钮即可完成参数设置。如果不进行“设置展开参数”操作,系统将按上一次设置的参数值执行。

2) 展开三维面 选“展开三维面”后,可能需要鼠标多次操作以完成一个面的展开,具体操作次数取决于待展开面与其相邻表面的联系状态。操作者可以按屏幕左下角状态栏中的提示进行操作。如果状态栏未打开,则应在开目 kmg 文件绘图状态下,即,三维显示窗口关闭状态下,在主菜单的“窗口”选项下选“状态栏”,使其为选中状态。

在三维显示窗口活动状态下,设屏幕上显示图 7-52 所示的图形。进行如下操作:

a) 展开三维面 选中“展开三维面”,状态栏中将显示“请指定待展开的表面”。

b) 指定待展开面 移动鼠标到待展开面处,单击鼠标左键,将弹出消息框显示“Face = n”。单击消息框中的“确定”按钮后,选中表面的边界变为紫红色,状态栏中将显示“单击鼠标右键或按回车键,再指定折弯边”。如果选中的表面是想要展开的表面,则单击鼠标右键或按回车键,选中表面的边界由紫红色变为白色。如果选中的表面不是想要展开的表面,则移动鼠标到适当位置重新单击鼠标左键,直到选中想要展开的表面。这一步操作中系统只承认单击鼠标右键或按回车键前最后一次选中的表面。

若几次单击鼠标左键仍不能选中想要展开的表面,可以先旋转三维图形,到适当的位置再指定待展开面。

c) 指定折弯边 当指定的待展开表面的边界为白色时。移动鼠标到该面与其基准面的分界边上,单击鼠标左键,系统自动判断待展开表面与另外若干各表面的边界为分割边,依次将各分割边以黄色显示,并弹出图 7-55 所示的压边情况对话框。

若待展开面与其他表面只有一条公共边时,将不会并弹出压边情况对话框该公共边直接显示为紫红色。



图 7-55 压边情况对话框

d)指定压边情况 依次根据黄色的分割边位置在压边情况对话框中,按想要的压边情况单击相应的按钮,确定压边情况。所有分割边的压边情况都确定后,指定的折弯边变为紫红色。

重复以上操作,依次展开各表面。图 7-52 所示图形展开第一个表面的形状见图 7-56a,全部表面展开后的展开图见图 7-56b。

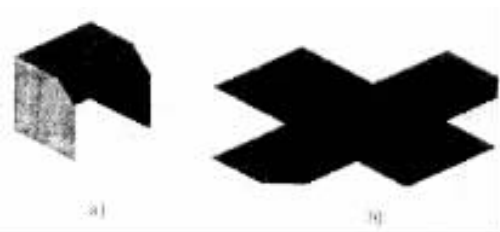


图 7-56 展开状况

c)展开表面 当制品三维形状如图 7-56b 所示时,在图 7-47 菜单下选“生成二维展开图”,在二维绘图区中得到二维展开图。

四、KMSM 系统的数控冲压指令编程

1. 数控冲压指令编程主要功能

KMSM 系统中的数控冲压指令编程功能主要包括:

(1)编制数控指令 gcd 文件 KMSM 中主要采用基于图形的可视化方式编制数控指令文件,取其后缀为 gcd。系统可以根据已绘制的 kmg 图形文件编制数控指令,也可以在没有任何图形元素的区域编制数控指令。

编制数控指令时,可以指定冲压模具;当数控指令系统具有成组冲压功能时,可以指定一组同样的图素编制成组冲压指令;可以一次编制出冲压所有同样图素,或一次编制出冲压所有封闭轮廓的数控指令。

(2)数控指令 gcd 文件显示及转换为 kmg 文件 系统可以读入一个已有的数控指令 gcd 文件,既能以文本格式显示和编辑该数控指令文件,又能以图形的方式显示运行该文件后冲压出的钣金件图形。系统能实时显示指令修改后的图形,该图形可以存储为开目 CAD 格式的 kmg 图形文件。这样,用户可以检查数控指令文件的运行效果,还可以将原有的纸带存储的 gcd 文件转换为 kmg 文件。

可以将直接绘制得到的图形文件与数控指令转换而来的图形文件重叠起来,进行对比,以判断数控指令文件的正确性。

(3)对数控指令文件进行仿真和优化 系统运行单步运行指令,以不同的颜色显示当

前指令的运行效果,实现整个数控指令文件的运行仿真。

对数控指令在冲压模具和冲压路线两方面进行优化。首先对冲压模具进行优化,同千模具的指令汇集到一起,以减少模具更换次数。然后对冲压路线进行优化,以减少冲压时的运动路线长度。

2. KMSM 数控冲压指令编程系统界面的基本操作

不同的数控冲床指令系统的功能有所不同,相应的 KMSM 系统中关于数控指令编程的菜单也有不同,以下以常用的 FANU—P 指令系统进行介绍。

在图 7-32 所示的菜单中选“GCD 代码”,其下一级的菜单见图 7-57。

操作者在进行“GCD”代码操作以前,需要创建一个名为 punch.txt 的冲压模具定义文件,该文件应存放在与 KMSM 主执行文件相同的路径中。可以用各种文字编辑工具来创建、编辑 punch.txt 文件。

punch.txt 文件中,每一行定义一种冲压模具,一行中分为:模具号、模其类型、模具参数和工位号参数四个部分。模具号为一个三位数,首位为 1~3;模具类型为一个字符,一般有“R”、“F”、“L”、“C”、“B”、“H”、“r”等七种冲压模具类型和“J”一种夹爪类型;模具参数为一至三个数字,单位为 mm;工位号参数为一个数字,单位为“”。各种类型模具定义的格式说明如下,格式中模具号是任意给出的,用户可以根据自己的习惯定义模具。定义时注意按格式中规定的标点符号进行分隔。

例 220 L 30 10 0 1.25

220 为冲模号;“L”表示长方冲模,X 方向的长度为 30mm,Y 方向的长度为 10mm,方位角为 0°;工位号为 1.25”。

(1) 选择冲压模具 在图 7-57 所示菜单中选“选择冲压模具”,其下的选项包括:通用冲模、圆形冲模、长圆冲模、方形冲模、矩形冲模、六边冲模、圆窝冲模、百叶窗模及矩形夹爪。选中某一冲模选项,将弹出冲模选择对话框。

若选择“选择通用冲模”,则冲模选择对话框中将出现 punch.txt 中定义的所有冲模及夹爪。无论 punch.txt 中按怎样的顺序定义冲压模具,在“选择通用冲模”选项下,首先自动对模具按类型排序,其类型顺序为:圆,长圆,正方,正六边形,矩形,圆窝,百叶窗,夹爪;同类型冲模按冲模面积大小从小到大排序。

选择从“圆形冲模”到“圆窝冲模”以及“矩形夹爪”,冲模选择对话框只出现该类型的模具或夹爪。选择模具或夹爪,按对话框的“确认”按钮完成一次冲模选择。系统将保存每一种类型的选定冲模号,将最后选定的冲模设置为当前通用冲模

(2) 选择冲压方法 “选择冲压方法”选项的下一级菜单如图 7-58 所示。图中分栏符上方的选项用以冲压已有的图形元素;下方的选项用以冲压没有图素的区域。

在执行“选择冲压方法”以下的各选项以前,最好先选择好步冲所需要的冲压模具。若由系统自动规定冲压模具,可能会增加所用到的冲压模具数。

1) 指定图素冲图中封闭区域”选中“指定图素冲图中封闭区域”后,将光标移到已有的封闭轮廓附近,单击鼠标左键,将自动搜寻光标附近的封闭轮廓。自动搜寻的封闭

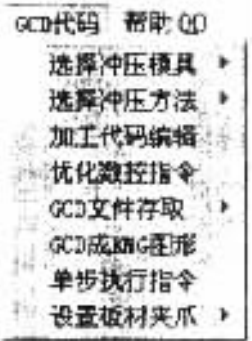


图 7-57 GCD 菜单

轮廓的线条必须是实线,其他虚线、点划线、双点划线等线型将被忽略。找到封闭轮廓后,系统将进行逻辑判断,确定冲压模具及指令类型。

首先判断轮廓是否可以归入圆、腰圆、矩形、方形、百叶窗形、正六边形及圆窝等基本图形,否则只能作为一般轮廓处理。

其次确定冲压模具。系统将按以下原则选择冲模:①对可以归入基本图形的轮廓,首先到冲模库中搜寻是否有与轮廓完全一致,可以用一个冲压动作冲出该轮廓的模具。若有这种模具,将忽略在“选择冲压模具”操作时设定的冲模,直接使用搜寻到的冲模。②对矩形轮廓,当长边不短于短边的1.5倍时,将自动搜寻是否有与矩形短边一致的方形冲压模具;对长圆槽或圆弧槽搜寻是否有与槽宽一致的圆形冲压模具。若有则直接使用该冲模。经过上两步仍未确定冲模时,则考虑用方形冲模或圆形冲模步冲直线或圆弧。③先考虑在“选择冲压模具下”设定的冲模,对设定的方形模具分析待冲压的直线是否大于或等于冲模边长的1.5倍,圆形冲模冲压曲线内侧时分析待冲压的圆弧直径是否大于冲模直径。若是则使用设定的冲模。④若设定的冲模不合适,系统将到冲模库中从小到大搜寻方形或圆形冲模,使用满足待冲压的直线大于或等于冲模边长的1.5倍,圆形冲模冲压曲线内侧时待冲压的圆弧直径大于冲模直径的冲模中,最大的冲压模具。例如,待冲压直线的长度为13mm,冲模库中有边长分别为5mm、6mm、8mm、9mm、10mm的方形冲模,系统将选用边长为8mm的冲模。

若经过以上四步仍未能确定冲压模具,说明待冲压的直线太短或圆弧半径太小,系统将提示“没有足够小的冲压模具”,应检查图形元素中是否有太小的封闭轮廓,或小冲压模具未添加到punch.txt中。

最后编制选择冲压指令。基本上在选择冲压模具时确定:①使用单冲指令;②使用单方向步冲指令;③、④中对矩形和方形,使用冲压大方孔指令,对不规则轮廓冲都按直线及圆弧数使用多条冲压直线或圆弧的指令。

“指定图素冲图素封闭区域”的操作只能从封闭轮廓内部冲压。要从外部冲压封闭轮廓,或用矩形冲模冲压直线时,可选择“指定图素冲直边或圆弧边”选项。

2) 指定图素冲直边或圆弧边”选中“指定图素冲直边或圆弧边”后,将光标移到已有的线条附近,单击鼠标左键,将自动搜寻光标附近的线条。要注意将光标放置在待编程线条的附近,以免搜寻到其他线条上;光标必须与待编程线条有一小段距离,否则无法确定冲压线条的哪一侧。

选择冲模时,若指定的冲模满足对冲压直线,直线的长度大于或等于冲模沿行进方向长度的1.5倍;对冲压圆弧内侧,圆弧直径大于或等于冲模直径,将采用指定冲模。否则,将从小到大搜寻方形冲模或圆形冲模。

用指定的冲模冲压直线时,可以用矩形冲模。对于有C轴,即冲模可转位的冲床,系统将自动使冲模的长边与直线的长度方向一致,并在指令中加上转动冲模的C参数。无

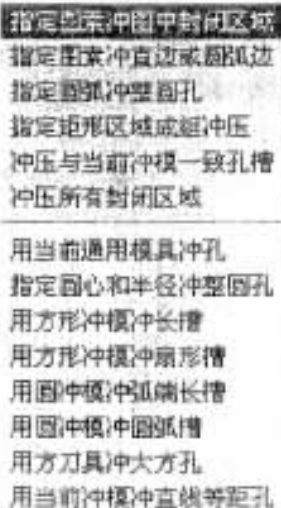


图 7-58 冲压方法菜单

C 轴的冲床在编程时,应当保证选取时冲模方位与直线方位一致,使指令中不出现 C 参数。

3) 指定圆弧冲整圆孔”选中“指定圆弧冲整圆孔”后,将光标移到已有的线条附近,单击鼠标左键,将自动搜寻光标附近的圆弧或圆。无论光标位置是在圆弧的内侧或外侧,都在圆弧内侧冲压一个整圆孔。

选择冲模及确定指令的过程与“指定图素冲图中封闭区域”下的过程一致。

4) 指定矩形区域成组冲压”此选项用以成组冲压一组按一定规律排列的,形状及特征参数值都相同的封闭轮廓。选中“指定矩形区域成组冲压”后,在不同位置两次单击鼠标左键,确定矩形对角线上的两点;与光标角度配合,可以确定一个矩形。矩形的各边不一定要与坐标轴方向一致,具体方位由光标方向确定,可用开目 CAD 中的各种操作来转动光标。

第二次单击鼠标左键后,将自动搜寻矩形中的封闭轮廓。矩形中的封闭轮廓必须具有同样的形状、尺寸参数。冲模库中必须有与封闭轮廓形状一致的冲模,不采用步冲。若没有形状一致的冲模,系统将弹出消息框,提示“没有合适的模具冲压所选区域内的封闭轮廓”。若矩形中封闭轮廓的形状不一致,或封闭轮廓位置、方位的排列不满足直线上等距、圆弧上角度等距、网格等适合用成组冲压指令的要求,将提示“不适合使用成组冲压指令”。

选择“指定矩形区域成组冲压”可以不指定冲模,系统自动搜寻与区域内的封闭轮廓一致的冲压模具。

5) 冲压与当前冲模一致孔槽”选择“冲压与当前冲模一致孔槽”前必须指定冲模。在此选项下,于屏幕上任何位置单击鼠标左键,系统将自动搜寻与当前冲模一致的所有封闭轮廓,一次编制多条单冲指令。

用“冲压与当前冲模一致孔槽”的编程顺序按照各封闭轮廓在图形文件中的排列顺序。在绘图时可以适当顾及按想要的冲压顺序来绘图,必要时在“优化数控指令顺序”选项下重新排列冲压顺序。

6) 冲压所有封闭区域”选择“冲压所有封闭区域”一般应先指定方形冲模和圆冲模。于屏幕上任何位置单击鼠标左键,系统将自动搜寻各种形状、尺寸的所有封闭轮廓,一次编制多条指令。

选用“冲压所有封闭区域”时,确定模具的步骤与“指定图素冲图中封闭区域”时的一致。该选项的编程效率极高,但在整个编程过程中不能重新指定冲压模具,冲模选择不够灵活。

7) 用当前通用模具冲孔”从本选项起及以后的选项均是在没有绘出图索的位置编制数控指令。

选用“用当前通用模具冲孔”应先指定冲模,否则系统将采用冲模排序后位于最前列、最小的圆冲模。操作时选中的冲模轮廓将粘连在光标上,见图 7-59。移动光标到所要的位置处单击鼠标左键,将编制一条单冲指令。对具备 C 轴的数控冲床,可以转动光标,冲压各种方位的孔、槽。

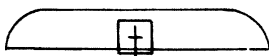


图 7-59 当前冲模冲压

8) 指定圆心和半径冲整圆孔”操作过程如下:

- ①第一次在待冲孔的圆心处单击鼠标左键,屏幕上在相应位置出现一个黄色圆点。
- ②移动鼠标,将以光标当前位置与圆心之间的距离为半径,显示一个黄色的圆。
- ③至所要求的半径处再次单击鼠标左键,图形改变为紫红色,并显示出所冲压圆的内轮廓,编制好一条数控指令。

选择冲模的顺序为:能单冲该圆孔的冲模,指定的冲模,比该圆孔直径小的冲模中直径最大的冲模。

9) 用方形冲模冲长槽”选“用方形冲模冲长槽”时只用方形冲模。长槽的宽度由冲模的边长确定,光标的方向确定长槽的方位。

执行以下操作:①第一次单击鼠标左键,确定待冲压长槽的一个角点。②移动鼠标,鼠标当前位置与第一个角点确定的线段在光标方向的投影长度将成为长槽的长度。长槽在行进方向的左侧或右侧由光标位于左侧或右侧确定。当确定的长槽长度小于冲模边长的1.5倍时,将以白色显示长槽的暂态图形;反之将以黄色显示长槽的暂态图形。③第二次单击鼠标,若暂态图形为白色,系统将不会编制数控指令,并提示“槽长度太短,不适合编制数控指令”;为黄色则图形改为紫红色,编制一条数控指令。

当光标上粘连的冲模形状不是方形时,应先执行“选择冲压模具”操作,选好方形模具后再进行“用方形冲模冲长槽”操作。

10) 用方形冲模冲扇形槽”“用方形冲模冲扇形槽”选项只适合具备C轴,且冲压过程中冲模方位可绕圆心转动的数控冲床。

①第一次单击鼠标左键,屏幕上出现一个黄色十字,确定扇形槽的圆心。②第二次单击鼠标左键,确定扇形槽的第一个角点。③移动光标,屏幕上出现一个黄色的暂态扇形。扇形的终了角度由光标当前位置与圆心位置确定,位于第一个角点的内侧或外侧由光标处在内侧或外侧确定。按“F”键使光标反向,可以改变扇形弧的顺、逆方向。④第三次单击鼠标左键,黄色暂态扇形槽变为紫红色,编制一条数控指令。

11) 用圆冲模冲弧端长槽”槽的宽度由冲模的直径确定。执行以下操作:①第一次单击鼠标左键,确定待冲压弧端长槽上一个半圆的圆心。②移动鼠标,鼠标当前位置为另一个半圆的圆心,屏幕上出现一个黄色暂态线条显示的弧端长槽。③第二次单击鼠标,黄色图形改为紫红色,编制一条数控指令。

当光标上粘连的冲模形状不是圆形时,应先执行“选择冲压模具”操作,选好圆形模具后再操作。

12) 用圆冲模冲圆弧槽”操作如下:

①第一次单击鼠标左键,屏幕上出现一个黄色十字,确定圆弧扇形槽的圆心。②第二次单击鼠标左键,确定扇形槽的一条长圆弧的起点。③移动光标,屏幕上出现一个黄色的暂态圆弧槽,其终点角度由光标当前位置与圆心确定,位于第一条长圆弧的内侧或外侧

由光标处在内侧或外侧确定。按“F”键使光标反向,可以改变圆弧槽的顺、逆方向。④第三次单击鼠标左键,黄色暂态圆弧槽变为紫红色,编制一条数控指令。

13) 用方刀具冲大方孔”操作如下:

①第一次单击鼠标左键,确定待冲压大方孔的一个角点。②移动鼠标,鼠标当前位置与第一个角点确定大方孔一条对角线。大方孔的方位由光标的角度确定。当确定长槽的短边长度小于冲模边长的1.5倍时,将以白色显示长槽的暂态图形,反之将以黄色显示长槽的暂态图形。③第二次单击鼠标,若暂态图形为白色,系统将不会编制数控指令;为黄色则图形改为紫红色,编制一条数控指令。

对具备C轴的数控冲床,可以转动光标的方向。

14) 用当前冲模冲直线等距孔”

①第一次单击鼠标左键,将确定第一个孔的位置。同时屏幕上弹出现一个对话框,要求输入孔的间距和个数。②输入孔的间距和个数后,按OK按钮将编制两条数控指令。

第一条指令单冲第一个孔。第二条指令以成组指令冲压直线上的一组等距孔。在对话框中输入的孔的个数不包括第一个孔。直线上等距孔的方位由光标的角度确定。

(3) 加工代码编辑 图7-60所示为一段FANUC—P系统数控指令对应的图形,以下参考该图形介绍“加工代码编辑”下的操作。

对FANUC—P系统“GCD”菜单初始化时确定如下四行指令;

%

G92X1830.0Y1270.0

G50

/800.X600.X2/200X200

第一行“%”表示一个数控指令文件的起点,不能省略。第二行“G92X1830.0Y1270.0”指定冲压范围,若使用者的冲床冲压范围是X1270.0或使用中不加工到机床最大工作范围,可用任意编辑工具将第二行改为“G92X1270.0Y1270.0”或想要的数值。编制数控指令时将在第二行和第三行之间插入,初始化时的第三、四两行将永远处于数控指令文件的末尾。第三行“G50”表示数控文件终止。第四行“/800.X600.X2/200X200”表示板材的外尺寸和夹爪的位置,不应该省略,需要根据这些参数绘制边界及夹爪。第四行的参数中第二个“/”前面的参数表示“长×宽×高”,第二个“/”后面的参数分别表示第一个夹爪的位置、第二个夹爪与第一个夹爪的距离。初始化的“/800.X600.X2/200X200”表示板材长800mm、宽600mm、厚2mm,第一个夹爪位于200mm、第二个夹爪位于 $200 + 200 = 400$ mm处。

图7-60图形所对应的数控指令文件的最后一行为“/891.5×522.2×3/260×360”,由此绘出图中的板材边界和夹爪位置。

当直接读入一个数控指令文件时,初始化的四行指令将被覆盖,不起作用。

选中“加工代码编辑”后,将出现如图7-61所示的数控代码编辑对话框。图中列表框中显示的指令是与图7-60所示图形对应的数控指令文件的前11行指令。

移动垂直滚动条,可以观察整个数控指令程序。进行如下操作:

1) 插入一行” 用手工方式在程序段中加上一条数控指令,操作如下:

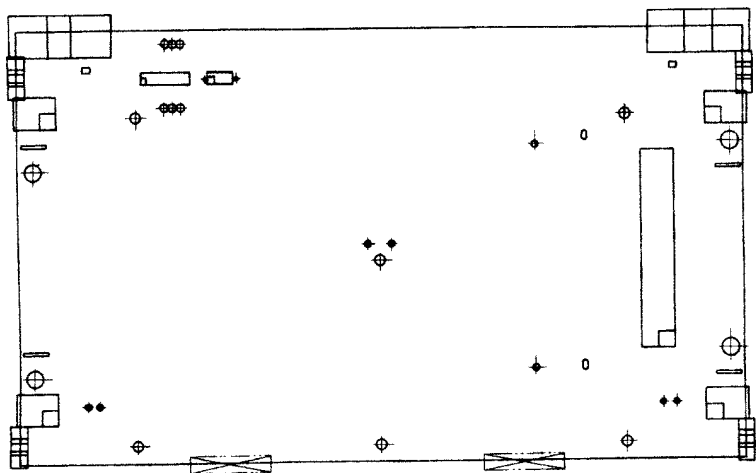


图 7-60 由数控指令文件显示的图形

①鼠标左键单击待加入数控指令的位置,被选中的指令出现在上方的编辑框中。

②鼠标左键单击“插入一行”按钮,原来被选中的一行向下移,编辑框中变为空内容。

③用键盘在编辑框中插入要加入的数控指令。

④若认为添加的指令合乎要求,以鼠标左键单击“确定”按钮,指令编辑有效;反之则单击“取消”按钮,指令编辑无效。

2) 删除一行”用以手工方式在程序段中删除一条数控指令,操作如下:

①鼠标左键单击待删除的数控指令,被选中的指令出现在上方的编辑框中。

②鼠标左键单击“删除一行”按钮,原先被选中的一行消失,自动选中下一行,编辑框中变为下一行的内容。

③单击“确定”按钮确认修改或“取消”按钮取消修改。

3) 修改一行”修改一行数控指令的内容没有直接作为一个按钮出现在对话框中。操作过程在列表框中点击待修改的指令,该指令将出现在编辑框中,用手工修改编辑框中的内容。最后以鼠标左键单击“确定”按钮确认修改,或“取消”按钮取消修改。

“确定”或“取消”对数控指令程序的编辑操作并不是对每一次“插入”、“删除”及修改都要进行,只要在退出数控指令对话框前进行一次就可以了。

FANUC—P 系统中有些指令是结合使用的,例如带“G72”的指令与随后的图形冲压指令,A 指令与 B 指令等,不能随意单独修改某中部分指令。系统中对这类问题有所考虑,例如删除“G72”指令时,系统将会作出提示,要求再次确认或与随后的图形冲压指令一起删除。但当图形冲压指令前面不是带“72”的指令时,系统难以自动辨别所作的指令编辑是否合理。因此,操作者在编辑数控指令时需要十分注意指令编辑的合理性问题。

(4) 优化数控指令 现有的“优化数控指令”所遵循的原则经过了一些用户的认可,其他使用者如果希望更改某些优化原则,可以提出要求。优化数控指令的基本原则为:

1) 冲模类型 首先按冲模类型排序,其顺序与对 punch.txt 冲模库定义文件排序时的一致,即:圆、长圆、正方、正六边形、矩形、圆窝、百叶窗。

2) 冲模面积 同类型的冲模按面积排序,面积小的在前,大的在后。

3)就近冲压 系统初始化时以右止角为冲压基准点,以后每次冲压都以前一次的图形终了点为基准点。从冲压基准点开始,按冲模顺序冲压距离基准点最近的孔。

4)分段优化 当数控指令文件中有“G27”夹爪移位指令;“M”暂停指令时,对指令文件分段进行优化。

5)简化代码 经过优化的数控指令中,没有“G91”相对冲压指令。可省略的“G90”和“T***”字节大部分被省略。

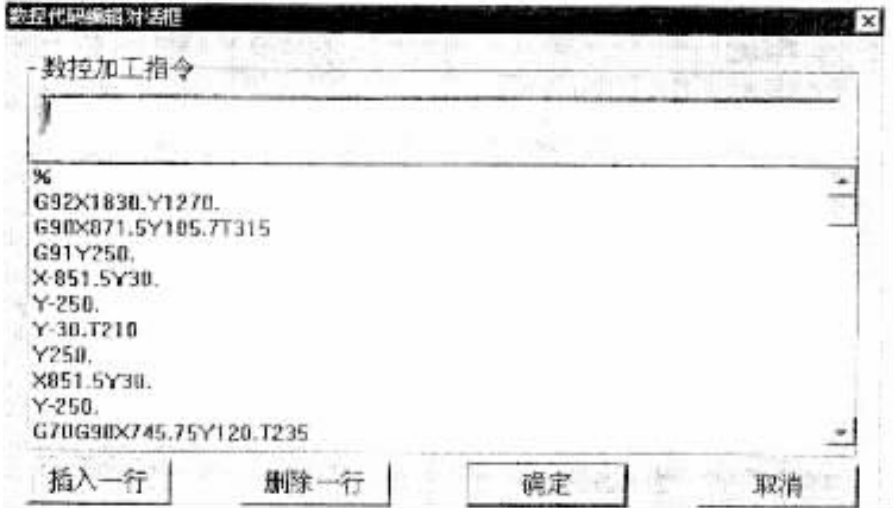


图 7-61 数控代码编辑对话框

(5)GCD 文件存取 选中“GCD 文件存取”选项后,下一级菜单有“读 GCD 文件”和“存 GCD 文件”两个选项。选中“读 GCD 文件”,将弹出 Windows 标准的读文件对话框,默认的文件扩展名为 gcd。KMSM 中一次只处理一个 GCD 文件,即读入新的数控指令文件时,将覆盖原来在编辑的文件。选中“存 GCD 文件”,将弹出标准的存文件对话框,选定或输入文件名后即可存储一个数控指令文件。

(6)GCD 成 KMG 图形 单击“GCD 成 KMG 图形”选项,与正在编辑的数控指令文件对应的屏幕图形将由紫红色转变为黑色,然后可以对该图形进行开目 CAD 中的读、存、编辑等各种操作。

在 KMSM 状态下,屏幕上可能既有直接用开目 CAD 绘制出的图素,也有由数控指令转换而来的图素。在上述两种图素重合的位置,图素仍为紫红色。直接绘制的图素需要在绘图状态下编辑。

由数控指令文件对应的屏幕图形转变而来的开目 CAD 图形文件按简化格式记录,在对其进行“组”操作等高级图形编辑前需要先进行“重建”操作。

(7)单步执行指令 “单步执行指令”选项用以仿真、检验数控指令文件的执行顺序。选中“单步执行指令”后,屏幕左上角弹出如图 7-62 所示的无模式对话框。可以进行以下操作:

1)下一条指令 单击“下一条指令”按钮,列表框内显示的指令将从前到后逐条变化。若列表框内的指令是冲压指令,屏幕上与该指令相应的图素将由紫红色变为黄色。多次

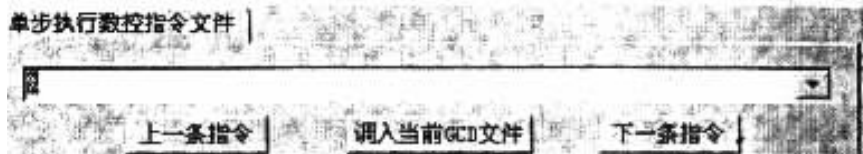


图 7-62 单步执行数控指令对话框

单击“下一条指令”按钮,由屏幕上黄色图案的变动可以观察指令的执行顺序。

2)上一条指令 单击“上一条指令”按钮,列表框内显示的指令将从后到前逐条变化,屏幕上与列表框内冲压指令相应的图素将由紫红色变为黄色。

3)选择指令单击列表框右端的“▼”处,列表框下端将从框中显示的指令起弹出其后的十余行数控指令。拖动右侧的垂直滚动工种条,可以改变显示的十余行数控指令的内容。在显示的指令行中单击想要观察的那一行指令,弹出的十余行指令消失,选中的那一行指令显示在列表框中,与其相应的图素将由紫红色变为黄色。然后以选中的那一行指令为基准,进行上一条或下一条指令显示的操作。

4)调入当前 GCD 文件 无模式对话框在第一次选中“单步执行指令”时自动调入当时的数控指令。若以后数控指令文件有所变动,再次选中“单步执行指令”时,系统不会自动调入变动后的数控指令文件,为此需要单击“调入当前 GCD 文件”,以更新列表框中的数控指令内容。

(8)设置板材夹爪 选中“设置板材夹爪”,其下有“输入板材尺寸”、“设置夹爪位置”两个选项。

1)输入板材尺寸 单击“输入板材尺寸”,将弹出输入板材尺寸对话框。分别在该对话框中的长度(X)、宽度(Y)和厚度(Z)三个编辑框中输入待冲压板材的相应尺寸,再单击“确定”按钮即可设置好板材尺寸。

2)设置夹爪位置 一般应先输入板材尺寸后再设置夹爪位置,否则将以初值长×宽×厚=800mm×600mm×3mm的板材尺寸进行操作。

单击“设置夹爪位置”,将出现如当前数控指令文件对应的图形。图中以黄色边框表示板材的长、宽范围,按初始值表示出两个夹爪位置,与光标联系的夹爪图形在X方向与光标一起运动,Y方向固定在边框底线上。

当光标移动到合适位置时单击鼠标左键,原有两个夹爪中距离光标较近的夹爪将移动到光标所确定的X位置。当光标移动出左或右边界时,单击鼠标左键时左或右边的夹爪将停留在边界处。若两夹爪的距离太近,将弹出信息框显示“两夹爪重叠,请重新设置夹爪位置”。

若光标不是与夹爪图形联系,而是粘连冲模图形,应先到“选择冲压模具”下选中“矩形夹爪”,然后再进行“设置夹爪位置”操作。

板材、夹爪设置的结果将改变指令文件最后一行的提示内容,机床操作者可按指令编制人员的设计,使用规定尺寸的板材,在规定位置设置夹爪。

第三篇
钣金冲压件
加工成形技术工艺
窍门及典型图例

第一章 钣金冲压模具设计制造

第一节 冲模制造的要求、过程与特点

一、冲模制造的基本要求

冲模制造的基本要求包括两个方面：一方面是对冲模制造工艺过程的基本要求；另一方面是对制造出来的冲模在质量和使用方面的基本要求。

1. 对冲模制造工艺过程的基本要求

冲模制造工艺过程中，应满足以下基本要求。

①要保证模具的质量。保证模具的质量是指在正常生产条件下，按工艺过程所加工的模具零件应能达到模具设计图样所规定的全部精度和表面质量要求，并通过装配后能批量成形出合格的产品零件来。一般情况下，冲模的质量是由制造工艺规程的合理性、机床的加工精度及先进程度、操作者的技术水平等决定的。

②要保证模具的制造周期。冲模的制造周期是指完成冲模制造全过程所需的时间。冲模制造周期的长短主要取决于制模技术和生产管理水平的高低。为了满足生产需要，提高产品竞争能力，必须在保证质量的前提下尽量缩短模具制造周期。为此，在制造冲模时，应力求缩短模具零件加工工艺路线，制定合理的加工工序，编制科学的工艺标准，经济合理地使用加工设备，并推行和采用“成组加工工艺”、模具标准件和模具 CAD/CAM 技术。

③要保证模具的使用寿命。模具的使用寿命是指模具在使用过程中的耐用程度，一般同一模具成形的冲压件越多，则标志模具的寿命越长。提高冲模寿命是一个综合性问题，除了正确选用模具材料以外，还应在模具结构设计、制造方法、测试设备、热处理工艺、模具使用时的润滑条件及所用冲压设备的精度等方面综合予以改进和提高。

④要保证模具的精度。模具精度包括模具零件（主要是工作零件）本身的精度和发挥模具效能所具有的精度，如凸、凹模的尺寸精度、形状与位置精度，模具零件装配后各零件之间的平行度、垂直度及定位与导向配合等精度。但通常所讲的模具精度，主要是指模具工作零件的精度。一般来说，模具精度是通过制造精度来获得的，而制造精度又受到加工方法及加工自身精度的限制。对大批量冲压成形用的模具，对其精度要求是：一方面要求同一模具成形出来的冲压件可以互换；另一方面模具本身的工作零件如有损坏，也要求可

以互换。

⑤要保证模具的成本低廉。模具成本是指模具设计制造费用与模具维修保养费用之和与模具成形出的冲压件总数的比值。在模具生产厂家,主要是指模具的制造费用。由于模具是单件生产,加之模具本身的复杂程度和精度要求都较高,故模具的成本较高。为了降低模具的制造成本,应根据冲压件批量大小,合理选择模具材料,制定合理的加工工艺规程及设法提高劳动效率。

2. 对冲模的基本要求

冲模制造出来以后,应达到以下基本要求。

①能冲出质量合格的冲压件。冲压件的质量包括其形状、尺寸、精度、断面质量和外观等方面。

②具有一定的使用寿命。制造和修理冲模时均应考虑到冲模在使用过程中的受力情况和可能的磨损,使冲模的强度、刚性、耐磨性和冲击韧度都具有足够的耐用度。

③能正确而顺利地安装到规定的压力机上。即冲模的闭合高度、模柄或安装槽(孔)尺寸、顶杆和推杆尺寸等要与压力机有关技术规格相适应。

④冲模的技术状态良好。包括各零件的配合关系是否正确和稳定,对于冲模的安装、操作和维修是否方便等。

⑤保证交货期。根据订货单位生产的需要,在保证质量的前提下,尽量缩短制造周期,按期交出合格的冲模。

⑥冲模的成本应低廉。

二、冲模制造的过程

冲模制造的过程如图 1-1 所示,主要包括冲压件分析估算、模具图样设计、编制模具制造工艺规程、生产组织准备、模具零部件的加工和热处理、模具的装配、调试及检验与包装等内容。

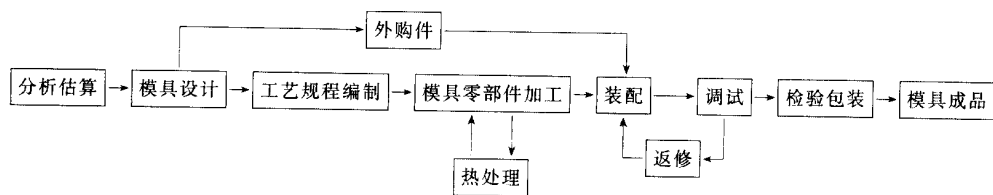


图 1-1 冲模制造的过程

1. 分析估算

在接受模具制造的委托时,首先根据冲压件图样或实物分析研究采用什么样的成形工艺方案,继而确定模具套数、模具结构及模具主要加工方法,然后估算模具费用及交货期等。

2. 模具图样设计

模具图样设计是模具制造过程中最关键的工作,通常由技术部门完成。模具设计图样一般包括模具结构总装图和模具零件图,图样中除应有的结构形状、尺寸、精度、表面粗

糙度以外,还需提出必要的技术要求,如零件材料、热处理及加工、使用等方面的要求。模具图样一旦确定,就成为生产的法规性技术文件,无论是模具原材料的准备、加工工艺的制定,还是模具的装配与验收等,都以此为准来进行工作。

3. 制定加工工艺规程

工艺规程是指按模具设计图样,由工艺人员规定出整个模具或零部件加工工艺过程 and 操作方法,一般用表格形式制定出文件下发到各加工部门及车间。由于模具加工一般是单件生产,因此模具加工工艺规程常采用工艺过程卡片形式。工艺过程卡片是以工序为单位,简要说明模具零部件加工与装配过程的一种工艺文件,它是进行技术准备、组织和指导生产的依据。

4. 零部件加工

按照零部件加工工艺规程或工艺卡片,利用机械加工、电加工及其他方法,分别进行毛坯准备、粗加工、半精加工、热处理及精加工或修研抛光,制造出符合设计图样要求的冲模零部件。

5. 模具装配

按规定的技术要求,将加工合格的零件进行配合与连接,装配成符合模具结构总装图要求的模具。除紧固定位用的螺钉和销钉外,一般零件在装配过程中仍需一定的人工修整或机械加工。

6. 模具调试

装配后的模具,需要安装到冲压设备上,进行试冲,检查模具在运行过程中是否正常,成形所得到的冲压件是否符合要求。如有不符合要求的,则必须拆下模具加以调整修正,然后再次试冲,直到能够完全正常运行并能成形出合格冲压件为止。

7. 检验与包装

调试合格后的模具,还要进行外观检验,打好标记,并将试冲出来的冲压件随同模具进行包装,填好检验单及合格证,交付生产部门使用或按合同出厂。

三、冲模制造的特点

冲模制造属于机械制造范畴,但与一般机械制造相比,它具有如下一些特点。

1. 冲模按单件、多品种方式生产

由于冲模是一种使用寿命较长的工具(一套冲模可以成形几十万以上的冲压件),因此,同一品种和规格的冲模不能同时生产很多的数量,这就决定了冲模的生产规模是单件生产的性质。此外,由于冲模属于专用工具,冲压件的品种又比较繁多,这就决定了冲模生产是多品种生产。

单件、多品种生产,在制造工艺上的特点就是“配作”,即以加工好其中的一个零件作为基准件,配作加工另一件来保证零件之间的相对位置或配合精度要求。同时,为了降低加工成本,加工过程中一般采用通用夹具和刀具,由划线和试切法来保证尺寸精度。模具零件的毛坯一般采用铸造或锻造或购买标准模板。另外,同一工序的加工往往集中的内容较多,工艺编制时也往往只编制简单的综合工艺过程卡片。

2. 冲模生产具有成套加工性

冲模生产的成套性包括两个方面:一方面是冲模零件的成套性,另一方面是冲压工序的成套性。冲模零件的成套性,就是根据冲模的标准化、系列化设计,使冲模坯料成套供应,冲模各零部件的备料、锻、车、铣、刨、磨等初次及二次加工成套地投入和交出,并由生产管理部门专人负责管理,最后由钳工修整并按装配图进行装配、试冲、调整,直至冲出合格的冲压件来。冲压工序的成套性是指一个冲压件需要多工序多套冲模来成形时,在加工和调整中必须保持工序的成套性,即各道工序的冲模应由一个调整工或调整组负责按工序顺序进行调整,直至冲出合格冲压件为止。

3. 装配后的冲模均需试冲和调整

冲模在装配后,虽按设计图样检验合格,但仍不能成为最后的产品,它必须经过试冲调整并冲出合格冲压件后才能成为合格的产品。这是因为在冲压件设计、冲压工艺制定、冲模设计与制造等方面都含有不确定因素,不能事先给以精确判断,故按设计意图制造出来的冲模(特别是成形类冲模)一般不能一次性冲出合格冲压件,必须将制造好的冲模先安装到压力机上进行试冲,并根据试冲时出现的缺陷进行修整。冲模制造的这个过程就是冲模的试模调整过程。

4. 有的冲模需要通过试验决定尺寸

在弯曲、拉深、翻边等塑性成形工序中,由于冲压中坯料的塑性变形规律不能准确控制,计算出来的坯料或工序件尺寸也不精确,因此这些成形工序的坯料或工序件尺寸往往需要在理论计算基础上通过试冲才能最终决定。在这种情况下,一般应先制造出成形模,待试验决定坯料尺寸后,再制造冲制坯料的冲裁模。有些复杂形状件的成形模,其工作部分的形状与尺寸也需通过多次试冲才能最后确定。

第二节 冲模的一般加工方法

由于冲模的主要零件是成套性的单件、小批量生产,因此加工方法视其加工条件而有较大的差异。在加工手段落后的条件下,模具的加工主要依靠普通机械加工并配合钳工修配完成。随着科学技术的发展,模具的加工制造技术也有了很大的进步,已由一般的机械加工方法,发展到以数控机床加工为主的现代模具加工方法,并逐步实现模具计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)。本节只对冲模的各种主要加工方法进行一般性介绍。

一、常规机械加工方法

(一)普通切削机床加工

1. 车床加工

车床是工厂中最普通的机械加工设备。车床的种类很多,在冲模制造中,除特殊情况外,一般使用普通车床。

在冲模零件加工中,车床主要用来加工圆形凸模、凹模镶套、导柱、导套等圆截面形状的零件,也可车锥面、镗孔、平端面、车螺纹、滚花等。经车削后的表面如需用磨削来进一

步提高精度和表面质量,一般应留出 $0.3 \sim 0.5\text{mm}$ 的磨削余量。

2. 钻床加工

钻床是一种孔加工机床。在钻床上可进行钻孔、铰孔、攻丝、孔端倒角等加工。在冲模制造中,钻床常用来加工各种螺栓过孔、螺纹孔、销钉孔、圆形漏料孔,以及作镗或线切割加工前的预孔加工。

钻床的类型有台钻、立钻和摇臂钻,其中较小零件在台钻上加工,较大的零件在立钻上加工,具有多个平行孔系的零件在摇臂钻上加工。

在冲模中,一般同一螺钉或销钉要同时穿过几块不同模板,为了保证各模板上孔的位置一致,通常采用配钻的方式。即先加工好其中一件上的各孔,再以该件为基准,配作加工其他各件上的各孔。如加工冲模时,可先将凹模按图样要求加工出螺孔、销孔及其他有同位要求的圆形孔,并经淬硬后作为基准件,再通过基准件上这些已加工好的孔采引钻其他固定板、卸料板、模座上的各孔,使各模板上孔的位置保持一致。

3. 铣床加工

铣床和铣刀的种类很多,故加工范围极广,可铣各种平面、沟槽及一些不规则曲面。在冲模制造中,应用最广的是立式铣床和万能铣床,加工的主要对象是各种冲模零件的平面及型孔,如各种模板的六面、模板上非圆形孔的粗加工或半精加工等。

利用铣床铣削冲模零件的平面时,在立式铣床和卧式铣床上都可加工,但立铣的加工质量和生产率都比较高,故在冲模标准件大批量生产中常采用立铣。

利用铣床铣削模板上的型孔时,通常是先在模板上按图样要求划线,用钻头在划线内周钻孔去掉余料,然后再用立铣刀在立式铣床或万能铣床上按划线加工成形。如孔形是尖角时,则也只能先铣出圆角,再在铣削后经过钳工进行修整。

铣削后的零件如需用磨削来提高精度和表面粗糙度等级时,一般应留有 $0.3 \sim 0.5\text{mm}$ 的磨削余量。

4. 刨床加工

冲模零件刨加工的主要设备是牛头刨床和龙门刨床。牛头刨床可以粗加工冲模零件的外形平面,也可刨斜面及垂直面,但加工时坯料上应进行划线,以作为加工的依据。这种机床操作简便,但生产效率和精度比铣床低,主要用于小型模板的平面加工和倒角,尤其适用于加工窄长形表面。龙门刨床主要用于大型模具零件的平面加工,龙门刨床上可同时安装几把刨刀,因而可同时对工件的不同部位进行刨削。

冲模零件的重要表面在刨削后应留 $0.3 \sim 0.5\text{mm}$ 的磨削余量。

目前,原以刨床加工的平面多为铣床加工所代替,以提高生产效率。

5. 镗床加工

在普通镗床上除了能将已加工过的孔通过切削扩大到所需的尺寸和精度以外,也可进行钻削、铰孔和倒角等。在冲模制造中,镗床广泛应用于有精度要求的大型模具导向孔和四角导向面的加工,也可用来加工圆筒形件拉深模的凹模腔。另外,当孔距公差要求不高,只要求两个(或多个)零件的孔位一致(同轴)时,在成批或大量生产的情况下,可采用一般专用镗床加工。如标准冲模模架的上、下模座,其导柱和导套安装孔都是标准的,可采用专用的双轴镗床来加工。

(二) 精密切削机床加工

在冲模零件加工中,所用到的精密切削机床主要是精密坐标镗床。精密坐标镗床能准确地加工出由直角坐标所确定的不同位置的各孔,孔距位置精度可达 $0.005 \sim 0.015$ mm。在冲模制造中,坐标镗床主要用于加工多圆孔凹模、卸料板和凸模固定板等零件中孔距精度要求较高的孔,也可以作准确的划线、中心距测量和其他线性尺寸的检验等工作。

利用坐标镗床镗孔时,应根据被加工零件的形状来选择合理的定位基准。基准的定位方法主要有以划线、外圆或孔为定位基准,矩形或不规则外形零件应以加工孔或以相互垂直的加工面为定位基准。

对于一些需热处理淬硬的冲模零件,由于热处理时易发生变形,致使热处理之前镗好的孔位精度受到破坏,这时为了保证各模板(如凸模固定板与凹模)上相应孔同心,可采用配镗法。即在镗削某一零件(如凸模固定板)时,其孔位不是按图样中的尺寸和公差进行加工,而是根据另一零件(如凹模或凸凹模)热处理淬硬后的实际孔位来配作加工。

(三) 成形切削机床加工

1. 仿形刨床加工

仿形刨床加工是加工冲模零件的专用设备之一,主要用来加工各种小型复杂形状的凸模、凸凹模、凹模或电加工用的电极等。其加工后的零件精度及表面粗糙度等级都比普通刨床高,尺寸精度可达 ± 0.02 mm,表面粗糙度达及 $Ra = 0.63 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 。

图 1-2 所示为仿形刨床的加工示意,图中的滑块 2、联动摆臂 4 能沿固定立柱 1 作上下运动,当滑块 2 到达最下部位置时,摆臂 4 绕轴 3 转动,从而形成刨刀的加工运动动作。

仿刨前,零件毛坯需经一般机械加工将必要的基准面(包括安装基准面和划线平面)精加工出来,然后划出轮廓线(或压出印痕),再按划线(或印痕)铣出轮廓并留均匀的仿刨余量(单边约 $0.2 \sim 0.5$ mm),最后按划线(或印痕)仿刨成形。若需淬硬的零件,仿刨时还应留出热处理后钳工研磨余量,单边约 $0.01 \sim 0.02$ mm。仿刨时,还应注意刀具的选择、刀具装夹位置及工件装夹方法等,否则会影响仿刨的正常工作。

由于现代加工技术的不断进步,仿刨已逐渐被各种电加工及数控加工所取代。但在一些小型工厂中,仿刨仍有使用。

2. 仿形铣床加工

仿形铣床是依靠仿形触销跟踪一个三维靠模来仿制三维型面的一种成形切削加工机床。图 1-3 所示为仿形铣床加工示意图,加工时,触销 13 始终压向靠模 12,并沿靠模相对移动,从而发出信号,经机床随动机构 14 和放大器 2 放大后用来控制驱动装置,使铣刀 8 跟随触销作相应的位移而完成对工件 9 的加工。

采用仿形铣床加工时,除注意工件与靠模的装夹调整外,主要还应注意触销与铣刀的选择。触销的形状应与被加工型面的形状相适应,触销的倾斜角及端头圆弧半径均相应小于被加工型面的最小斜角和最小圆角半径。如铣削立体型面时,宜采用锥形指状铣刀或球头铣刀,其铣刀的锥角或球头圆弧半径均应分别小于被加工面的斜角和圆弧半径,加工平面轮廓的型面时,则采用端头为平面的端铣刀,粗加工时宜选侧刃螺旋角较大的铣

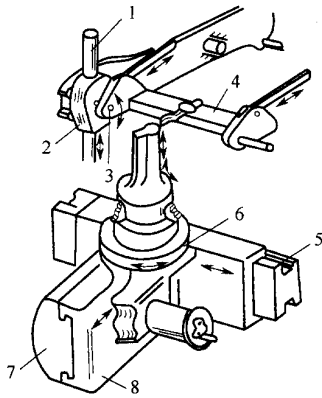


图 1-2 仿形刨床加工示意

- 1—固定立柱 2—滑块；
3—轴 4—摆臂 5—导轨；
6—回转盘 7、8—滑板

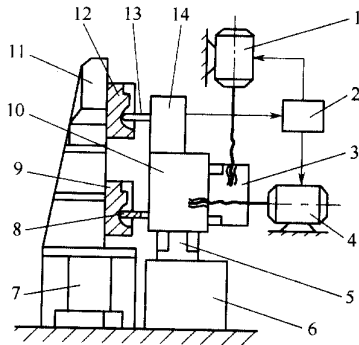


图 1-3 仿形铣床加工示意

- 1、4—电动机；
2—放大器 3—横梁；
4—立柱 5、7—底座 8—铣刀；
9—工件 10—主轴箱 11—支架；
12—靠模 13—触销 14—随动机构

刀 精加工时应采用刀齿数较多的端铣刀。

仿形铣床主要用于加工大中型冲模工作零件上的立体型面,其加工精度可达 $\pm 0.01\text{mm}$ 表面粗糙度达 $Ra = 0.8 \sim 1.6\mu\text{m}$,生产效率也较高,但加工的型面仍需钳工修整,且机床结构较复杂,事先需制作靠模,加工前的调整要求较高。目前,仿形铣床也正在被数控机床取代,但在给定模型的情况下,采用仿形铣床加工仍是最合理的加工方法。

(四) 普通磨削加工

冲模零件经过切削机床加工以后,为了提高表面质量,一般都还需经过磨削加工。磨削加工的主要设备是磨床,它是冲模加工不可缺少的设备。常用的普通磨削加工机床有

平面磨床、外圆磨床、内圆磨床和万能磨床等。平面磨床主要来磨削冲模零件中表面质量要求较高的平面,如各种模板的接合面与基准面,凸模的端面与平面状工作型面等。平磨以前零件应经过车、铣、刨等粗加工或半精加工,需热处理淬硬的零件一般在热处理以后进行平磨,但热处理前需要建立工艺基准时也应安排平磨。经平磨以后的平面其表面粗糙度值可达 $Ra = 0.8\mu\text{m}$ 以下。

外圆磨床、内圆磨床及万能磨床主要用来磨削冲模零件中的内外圆柱面、内外圆锥面及台肩部位,如圆形或圆锥形凸模与凹模、定位销、导正销、导柱与导套等。内、外圆磨削的工序安排与平磨基本相同,磨削精度可达 IT6 ~ IT9 级,表面粗糙度值可达 $Ra = 0.8\mu\text{m}$ 以下。

(五) 精密磨削加工

在冲模制造中采用的精密磨削机床主要是坐标磨床。坐标磨床是以消除材料的热处理变形为目的而发展起来的机床,它可以磨削孔距精度很高的孔以及各种轮廓形状。该种机床设有精密坐标机构,砂轮架和工作台各移动部分装有数显装置,可显示其移动量(以 μm 为单位)的大小。此外,当使用小砂轮磨削且磨量又极小时,可利用磨触指示计放大砂轮和工件接触时的声音,借助耳机做听觉检验。因此坐标磨床可以对工件实现精密磨削。

坐标磨床可以精确地对工件的内孔、外径、沉孔、锥孔及垂直、横向、底部等各面进行磨削,磨削精度可达 $0.01 \sim 0.015 \text{ mm}$,表面粗糙度值可达 $Ra = 0.32 \sim 1.25\mu\text{m}$ 。在冲模制造中,坐标磨床主要用来磨削凹模或凸模上位置精密的圆孔(圆柱孔或圆锥孔)及精密拉深模或成形模的凹模型孔等。

(六) 成形磨削加工

成形磨削是磨削复杂型面的一种精加工方法。在冲模制造中,成形磨削用来精加工经热处理淬硬后的凸模、凹模拼块等工作零件的型面,也可精加工电火花电极的工作型面,是目前比较有效的精加工方法。

冲模工作零件中的型面一般都是由圆柱面与平面相切或相交所组成,属于直母线型面。成形磨削的基本原理,即是把这些形状复杂的型面分解成若干个平面、圆柱面等简单型面,然后分段磨削,并使其连接圆滑、光洁,符合图样要求。

成形磨削的方法主要有两种:一种是在平面磨床上采用成形砂轮或专用夹具进行磨削;另一种是选用光学曲线磨床等专用成形磨床进行磨削。

1. 在平面磨床上的成形磨削加工

在平面磨床上进行成形磨削加工的方法又有如下两种。

(1) 利用成形砂轮磨削 这种方法是先把砂轮修整成与被加工工件型面完全吻合的反型面,然后再以此砂轮对工件进行磨削,使其获得所需的形状和精度。砂轮的修整方法有两种:一种是用金刚石通过专用的夹具修整;另一种是用挤轮通过挤砂轮工具修整。其中前者一般用于单件小批量零件磨削,后者用于批量零件的磨削。

(2) 利用专用夹具磨削 这种方法是将被磨削的工件按照一定条件装夹在专用夹具上,在加工过程中通过夹具依次移动或转动来调整工件相对砂轮的位置进行磨削,从而获

得所需的形状和精度。通常采用的磨削夹具具有精密平口钳、正弦磁力台、正弦分度夹具、万能夹具、旋转磁力台和中心孔夹板等。

在平面磨床上进行成形磨削 特别是在平面磨床上利用专用夹具进行成形磨削时 ,因为每次磨削时工艺上所需要的尺寸往往与被磨削零件的设计尺寸是不一致的 ,所以在成形磨削前 ,应根据设计尺寸换算出所需要的工艺尺寸 ,并绘出成形磨削工艺尺寸图。此外 ,这种磨削操作复杂 ,并需要熟练的技术。但由于不需要专用的成形磨削设备 ,所以利用平面磨床进行成形磨削的方法目前在一般中、小型工厂中仍有使用。

2. 光学曲线磨床加工

光学曲线磨床是利用光学投影放大系统将工件被磨削部分的形状尺寸放大映像到屏幕上 ,与夹在屏幕上的工件放大图对照进行加工的。光学曲线磨床的工作原理如图 1-4 所示 ,光线从光源 1 射出 ,把工件 2 和砂轮 3 的阴影射入物镜 4 上 ,并经过三棱镜 5、6 的折射和平面镜 7 的反射 ,可在光屏 8 上得到放大 50 倍的工件影像 9。将工件加工轮廓放大图 10(也放大 50 倍)挂在光屏上并使放大图与工件影像基准重合 ,控制砂轮 3 使其沿工件轮廓作磨削运动 ,将磨削前留下的加工余量磨去 ,使工件实际轮廓的影像与其放大图轮廓线完全重合为止即完成磨削。

光学曲线磨床使用的砂轮一般为薄片砂轮 ,厚度为 0.5~8mm ,直径在 $\phi 125\text{mm}$ 以内。为了保证加工精度 ,工件的放大图必须画得很准确 ,图上线条偏差应小于 0.5mm。

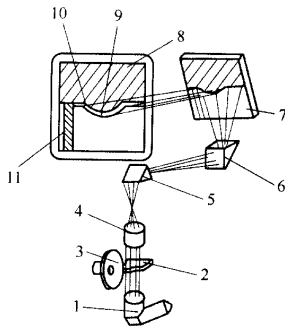


图 1-4 光学曲线磨床工作原理

- 1—光源 2—工件 ;
- 3—砂轮 4—物镜 ;
- 5、6—三棱镜 7—平面镜 ;
- 8—光屏 9—放大后的工件影像 ;
- 10—工件轮廓放大图 ;
- 11—放大后的砂轮影像

光学曲线磨床可以磨削平面、圆弧面和非圆弧形的复杂曲面 ,磨削精度可达 $\pm 0.01\text{mm}$,特别适合于单件小批量生产中各种冲模零件上复杂曲面的磨削。

表 1-1、表 1-2 分别列出了不同常规加工方法可能达到的加工精度与表面粗糙度 ,可供制定冲模零件加工工艺时参考。

表 1-1

不同加工方法可能达到的公差等级

加工方法	公差等级 IT																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
车 床																				
刨 床																				
插 床																				
钻 床																				
铰 床																				
磨 床																				
外圆磨																				
内圆磨																				
平面磨																				
金刚石车削																				
金刚石铰孔																				
精 镗																				
拍 簧																				
拍 簧																				
拍 簧																				
精车、精刨、精钻																				
粗车、粗刨、粗钻																				
粗车、粗刨、粗钻																				
磨 削																				
精 制																				
磨 造																				
砂 带 磨 造																				

表 1-2

不同加工方法可能达到的表面粗糙度

加工方法		表面粗糙度 $Ra/\mu m$													
		0.012	0.025	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	1.60	3.20	6.30	12.5	25	50	100
铰															
刮削															
刨削	粗														
	半精														
	精														
插削															
钻孔															
扩孔	粗														
	精														
金刚镗孔															
镗孔	粗														
	半精														
	精														
铰孔	粗														
	半精														
	精														
滚铣	粗														
	半精														
	精														
端面铣	粗														
	半精														
	精														
磨外圆	粗														
	半精														
	精														
磨平面	粗														
	半精														
	精														
珩磨	平面														
	圆柱														
研磨	粗														
	半精														
	精														
电火花加工															
螺纹加工	丝锥板牙														
	车														
	搓丝														
	滚压														
	磨														

二、电火花加工方法

(一)电火花加工的原理、特点及应用

1. 电火花加工原理

电火花加工是利用两电极间脉冲放电时产生的电腐蚀作用,对工件进行加工的一种工艺方法。电火花加工原理如图 1-5 所示,工件 1 和工具电极 4 分别接脉冲电源 2 的两个输出端,工件与工具电极间充满工作液(通常为煤油)。加工时,脉冲电源产生脉冲电压,工具电极趋近工件,当工具电极与工件间达到一定距离(放电间隙)时,极间的工作液在很强的脉冲电压作用下被电离击穿而发生火花放电,瞬间的高温便在工件上蚀除一个小坑穴,同时工具电极也会因放电而出现损耗。放电后的电蚀产物由流动的工作液排至放电间隙之外,经过短暂的间隔时间(即脉冲间隔),极间恢复绝缘,完成一次脉冲放电腐蚀。接着再进行下一次的脉冲放电,又使工件蚀除一个小坑。如此不断地进行放电腐蚀,工具电极不断地向工件移动(由自动进给调节装置 3 维持适当的放电间隙),最后,工具电极的形状复制在工件上,从而在工件上加工出与工具电极形状相似的型面或型孔来。

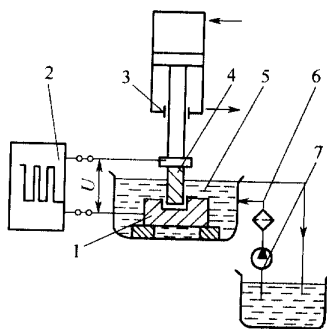


图 1-5 电火花加工原理

- 1—工件 2—脉冲电源;
3—自动进给装置 4—工具电极;
5—工作液 6—过滤器 7—泵

2. 电火花加工特点

①采用电火花加工时,由于火花放电的电流密度很高,产生的高温足以熔化或气化任何导电材料,因此可以加工任何硬、脆、软、黏或高熔点金属材料,包括热处理后的钢质零件。这样,对需热处理淬硬的冲模零件,可以将电火花加工安排在热处理工序之后,从而可消除热处理后变形对零件精度的影响,提高了冲模零件的加工精度。

②电火花加工时工具电极与工件不接触,两者之间的宏观作用力极小,所以便于加工小孔、窄缝等零件,而不受电极和工件刚度的限制。对于各种具有复杂形状型孔的凹模均可采用成形电极一次加工而不必担心加工面积过大而引起变形和开裂等问题,这样凹模可不用镶拼结构而采用整体结构,既能节约模具设计制造工时,又可提高凹模强度。

③采用电火花加工冲模,凸、凹模之间易于获得均匀的冲裁间隙和所需的漏料斜度,刃口平直耐磨,从而可以提高冲压件的质量和模具寿命。

④电火花加工是直接利用电能加工,操作方便,便于实现生产中的自动控制及加工自动化。加工后的零件精度高,表面粗糙度可达 $Ra = 1.25\mu\text{m}$,只需钳工稍加修整后即可装配使用。

电火花加工也存在一些缺点,如难于达到较小的表面粗糙度值,型孔尖角的加工难于达到要求,工具电极有损耗而影响加工精度等。

3. 电火花加工的应用

由于电火花加工的独特优点,加上数控电火花机床的普及,已在模具制造等部门得到了广泛应用。在冲模制造中,电火花加工可用来加工各种凹模及凸凹模的型孔或型面、卸料板与凸模固定板的型孔等。但随着电火花线切割加工的广泛应用,一般冲模工作零件的电火花加工已逐渐为线切割加工所取代,因而冲模零件的电火花加工主要只用于成形模和小孔冲模及多型孔冲模中的凹模及相应凸模固定板的加工。

(二)电火花加工的工艺规律

1. 加工斜度

在电火花加工过程中,由于电蚀作用,工件与电极之间存在着电蚀产物,这些电蚀产物在放电期间排出的过程中便在电极与工件侧面之间产生二次放电。二次放电的结果,使电极入口处的间隙增大,形成加工斜度,如图 1-6 所示。加工斜度的大小主要取决于单个脉冲能量的大小和电蚀产物的排出情况。加工通孔时,减小斜度的办法是使工具电极穿过工件被加工部分厚度的 1~2 倍,或改变冲油方式,采用电极振动的办法以及使工作液强迫循环。精加工的斜度一般可控制在 $10'$ 以内。

2. 电极损耗

在电火花加工过程中,对工件进行电蚀加工的同时,工具本身也受到电蚀,因而产生电极损耗。电极损耗是影响加工精度的一个重要因素,因此,加工中应设法减少电极损耗。影响电极损耗的因素主要是电源的电参数(脉冲宽度、峰值电流、脉冲间隔)、极性的配合、电极材料、加工面积、冲抽油方式及电极形状等。在冲模加工时,通常以长度损耗率(即电极长度方向上的损耗尺寸与工件上已加工出的深度尺寸之比)来衡量工具电极的损耗。

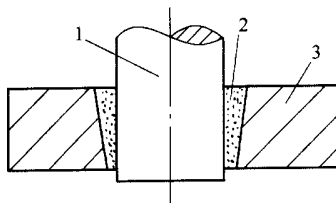


图 1-6 加工斜度

1—工具电极;

2—电蚀产物, 3—工件

3. 极性效应

在电火花加工过程中,即使阳极和阴极都用同一种材料,也总是其中一个电极的蚀除量比另一个多些,这种现象称为“极性效应”。一般,当阳极蚀除速度大于阴极时,称作“正

极性”,反之称作“负极性”。

影响极性效应的主要因素是放电时的脉冲宽度。一般采用较窄的脉冲(放电时间小于 $50\mu\text{s}$)加工时,阳极蚀除速度大于阴极,此时工件应接阳极,工具电极接阴极,即采用正极性加工。反之,用较宽的脉冲(大于 $300\mu\text{s}$)加工时,阴极的蚀除速度大于阳极,应采用负极性加工。

从提高加工生产率和减小工具电极损耗的要求出发,极性效应愈显著愈好。若采用交变的脉冲电源加工,则单个脉冲的极性效应便互相抵消,从而增加了工具电极的损耗。因此,一般都采用单向直流脉冲电源进行电火花加工。

4. 表面变质层

由于电火花放电的瞬时高温作用和液体介质的急冷作用,工件加工表面会产生一层与原来材质不同的变质层。表面变质层的厚度与工件材料及电源脉冲参数有关,它随脉冲能量的增加而增厚。粗加工时变化层一般为 $0.1\sim 0.5\text{ mm}$,精加工时一般为 $0.01\sim 0.05\text{ mm}$ 。

加工钢质工件时,表面变质层的硬度一般比较高,所以经电火花加工后工件的耐磨性提高。但变质层的存在给后续研磨抛光增加困难,而且变质层中的金相组织变化和产生的残余应力会降低工件的疲劳强度。所以,对要求疲劳强度高的冲模零件,最好将表面变质层去掉(如采用机械抛光、电解抛光等)或采用喷砂等表面处理方法来改善表面层质量。

(三)冲模电火花加工工艺

在实际生产中,冲模电火花加工的工艺过程是:选择电火花加工工艺方法→设计制造电极→准备待加工零件→在机床上装夹校正电极及待加工零件→调整机床主轴上、下位置→选择电规准→开机加工→中间检验→转换电规准加工→卸下零件检查。

下面对各主要工艺内容进行简要介绍。

1. 电火花加工工艺方法

对于冲模,凸、凹模配合间隙(特别是冲裁凸、凹模间隙)是一个很重要的质量指标,其大小和均匀性直接影响冲压件质量和模具寿命。采用电火花加工冲模时,其加工方法根据保证凸、凹模间隙的方法不同有以下三种。

(1)直接配合法 直接配合法是直接利用适当加长的凸模作工具电极加工凹模的型孔,加工后将凸模上的损耗部分切除。凸、凹模配合间隙的大小是靠调节电参数来控制放电间隙保证的。此法可以获得均匀的配合间隙,模具质量高,不需另外制造电极,工艺简单。但是用钢凸模作电极与其他电火花加工性能好的电极材料相比,加工稳定性差,加工速度也较低。直接配合法适用于加工形状复杂的凹模或多型孔凹模。

(2)间接配合法 间接配合法是将电极毛坯与凸模毛坯连接(粘接或钎焊)在一起同时加工,然后以与凸模尺寸一致的电极部分对凹模进行电火花加工。加工后再将电极部分去除。间接配合法的电极可选与凸模不同的材料(如铸铁),所以电加工性能比直接法好,且电极与凸模连接在一起加工,电极的形状尺寸与凸模一致,加工后凸、凹模间隙均匀,是一种使用比较广泛的加工方法。但由于电极与凸模必须同时磨削,这就限制了其他电加工性能更好的材料(如紫铜、石墨等)的选用。

上述两种加工方法都是靠控制放电间隙来保证凸、凹模配合间隙的。当凸、凹模配合

间隙很小时,放电间隙也要求很小,而过小的放电间隙使得加工困难,这时可将电极的工作部分用化学浸蚀法蚀除一层金属,使断面尺寸单边缩小 $\delta - \frac{Z}{2}$ (Z 为凸、凹模双边配合间隙, δ 为单边放电间隙),以满足加工时的间隙要求。反之,当凸、凹模配合间隙较大时,可用电镀法将电极工作部分的断面尺寸单边扩大 $\frac{Z}{2} - \delta$ 。

(3)修配凸模法 修配凸模法是根据凹模尺寸与精度单独设计制造电极,而凸模不加工到最终尺寸,留有一定修配余量,用制好的电极电火花加工出凹模以后,再按凹模的实测尺寸来修配凸模,以达到所要求的配合间隙。这种方法可选用电加工性能好的电极材料,放电间隙也不受配合间隙的限制,但由于电极与凸模是分别制作的,所以配合间隙很难保证均匀一致,而且增加了制造电极和钳工的工作量,主要用于加工形状较简单的冲模。

由于电火花加工时会产生加工斜度,所以为了防止凹模型孔工作部分产生反向斜度而影响漏料,在电火花加工凹模型孔时应将凹模底面朝上,使型孔的加工斜度正好成为凹模的漏料斜度。

2. 工具电极设计与制造

电火花加工冲模时,工具电极的形状精确地复制在模具型孔上,因此模具型孔的加工精度与电极精度有密切的关系。为了保证电极的精度,在设计电极时必须适当地选择电极材料和确定合理的结构与尺寸,同时还应考虑使电极便于制造和安装。

(1)电极材料 根据电火花加工原理,电极材料应选择损耗小、加工过程稳定、生产率高、机械加工性能好、采源丰富、价格低廉的导电材料。常用电极材料的种类和性能见表 1-3,具体选用时应根据加工对象、工艺方法、电源类型等因素综合考虑。

表 1-3 常用电极材料的种类和性能

电极材料	电火花加工性能		机械加工性能	说 明
	加工稳定性	电极损耗		
钢	较差	中等	好	常用电极材料,但在选择电参数时应注意加工的稳定性
铸铁	一般	中等	好	常用电极材料
石墨	尚好	较小	尚好	常用电极材料,但机械强度较差,易崩角
黄铜	好	大	尚好	电极损耗太大
紫铜	好	较小	较差	常用电极材料,但磨削较困难
铜钨合金	好	小	尚好	价格高,多用于深孔、直壁孔、硬质合金穿孔
银钨合金	好	小	尚好	价格昂贵,用于精密冲模或有特殊要求的加工

(2)电极结构 电极结构形式应根据电极外形尺寸的大小与复杂程度、电极的加工工艺性等因素综合考虑。常用的电极结构形式主要有整体式、组合式及镶拼式三种。

①整体式电极。整体式电极用整块材料制成,一般作成上下截面尺寸一致的直通式,如图 1-7 所示。当电极的体积较大时,为了减轻重量,可在其端面开孔或挖空。对于体积小易变形的电极,可在其有效长度以上的部分将截面尺寸增大。整体式电极是一种常

用结构形式。

②组合式电极。在同一模板上有多个型孔时,可以将多个电极组合在一起,一次完成各型孔的加工,这种电极称为组合式电极,如图1-8所示。用组合式电极加工生产率高,各型孔间的加工精度取决于电极的加工与装配精度。

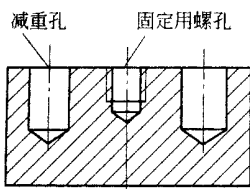


图 1-7 整体式电极

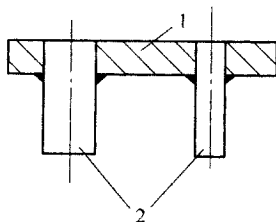


图 1-8 组合式电极

1—电极固定板 2—电极

③镶拼式电极。对于形状复杂的电极,采用整体结构又不便加工时,通常将其分成几块,分别加工后再镶拼成整体,这种电极称为镶拼式电极,如图1-9所示。镶拼式电极既便于加工,又节省材料,常用于复杂型孔的加工。

(3)电极尺寸 电极尺寸包括电极截面尺寸和电极长度尺寸。

①电极截面尺寸。根据凸、凹模图样上尺寸及公差标注方式不同,电极截面尺寸按下述两种情况确定。

a. 当凹模型孔标注尺寸及公差时,电极的截面尺寸按型孔尺寸均匀地缩小一个放电间隙 δ 。

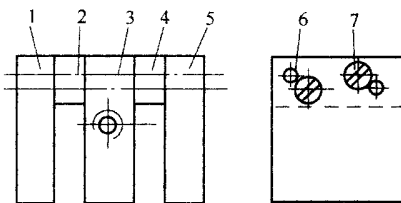


图 1-9 镶拼式电极

1、2、3、4、5—电极拼块;

6—定位销 7—固定螺钉

b. 当凸模标注尺寸及公差,而凹模按凸模配作保证双面配合间隙 Z 时,电极的截面尺寸根据配合间隙 Z 的大小不同分三种情况确定:

配合间隙等于放电间隙($Z = 2\delta$)时,电极截面尺寸与凸模截面尺寸完全相同;

配合间隙小于放电间隙($Z < 2\delta$)时,电极截面尺寸应比凸模截面尺寸均匀地缩小 $(2\delta - Z)/2$;

配合间隙大于放电间隙($Z > 2\delta$)时,电极截面尺寸应比凸模截面尺寸均匀地放大 $(2\delta - Z)/2$ 。

电极截面尺寸的公差一般取型孔制造公差的 $1/2 \sim 1/3$,以考虑加工过程中机床、装夹校正等误差的影响。电极工作表面的粗糙度 R_a 值应不大于型孔要求的粗糙度值,一般可取为相等。

②电极长度尺寸。电极长度尺寸取决于所加工零件的厚度、电极材料、使用次数、装夹形式、型孔的结构形状与尺寸、电加工余量等因素,一般情况可按下式计算[见图1-10(a)(b)]

$$L = kt + h + l + (0.4 \sim 0.8)(n - 1)kt \quad (1-1)$$

式中 L ——电极长度,mm;

t ——型孔有效厚度(电火花加工深度),mm;

h ——当型孔底部挖空时电极需增加的长度,mm;

l ——需夹持电极时而增加的长度,一般取 $10 \sim 20$ mm;

n ——电极使用次数;

k ——与电极材料、型孔复杂程度等因素有关的系数。一般紫铜为 $2 \sim 2.5$,黄铜为 $3 \sim 3.5$,石墨为 $1.7 \sim 2$,铸铁为 $2.5 \sim 3$,钢为 $3 \sim 3.5$ 。当电极损耗小、型孔简单、电极轮廓无尖角时取小值,反之取大值。

生产中为了减少脉冲参数的转换次数,简化操作,有时将电极适当加长,并将加长部分的截面尺寸均匀减小,做成阶梯电极分别完成粗、精加工,如图1-10(c)所示。阶梯部分的长度 L_1 一般取型孔有效厚度的1.5倍左右,缩小量 h_1 取 $0.1 \sim 0.15$ mm。由于阶梯部分缩小量较小,一般可用化学浸蚀方法均匀腐蚀而成。

(4)电极的制造 若电极是单独制造,则一般可按下述工艺路线进行。

①刨或铣 按图样要求,将电极毛坯刨或铣成所要求的形状,并留有1mm左右的加工余量。

②平磨 在平面磨床上磨六面(铜及石墨电极应在小台钳上用刮研的方法刮平或磨平)。

③划线 按图样要求在划线平台上划出电极截面轮廓线。

④刨或铣 按划线在刨床或铣床上加工成形,并留有 0.2 mm左右的精加工余量。

⑤成形磨削或仿刨 对于铸铁或钢制电极,可用成形磨削加工成形,而对于铜电极,不能用成形磨削,可采用仿形刨削加工成形。

⑥退磁处理及钳工修整 将电极进行退磁处理后再按图样要求精修成形,并进行钻孔和装配等工作。

电极的加工除采用上述方法外,还可采用电火花线切割加工成形。电极加工后都应经钳工修整后才使用,其表面粗糙度 R_a 值应小于 $1.6\mu\text{m}$ 。

3. 凹模的准备

凹模的准备是指用电火花加工前凹模应达到的加工要求。为了提高电火花加工效

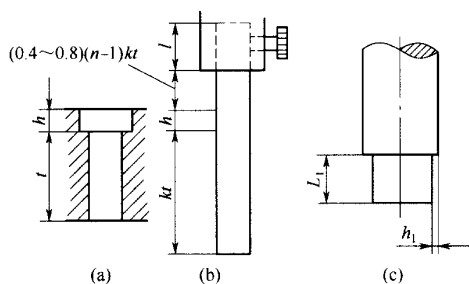


图 1-10 电极长度尺寸

(a) 反置型孔;

(b) 电极长度尺寸 (c) 阶梯电极尺寸

率,保证加工精度和便于工作液强迫循环,凹模应先将型孔的大部分余量去除,只留出 $0.3 \sim 1.5\text{mm}$ 的单边余量,并经过热处理后磨上、下面及基准,最后进行退磁处理后方可进行电火花加工。

4. 电极和工件的装夹与定位

(1) 装夹 整体式电极大多数是用通用夹具直接装夹在电火花机床主轴下端。如直径不大的电极可用标准套筒装夹[见图 1-11(a)]或钻夹头装夹[见图 1-11(b)];尺寸较大的电极可用标准螺纹夹头装夹[见图 1-11(c)];多电极可用通用夹具加定位块装夹,或用专用夹具装夹,镶拼式电极一般用连接板连接成所需的整体后再装到机床上校正。

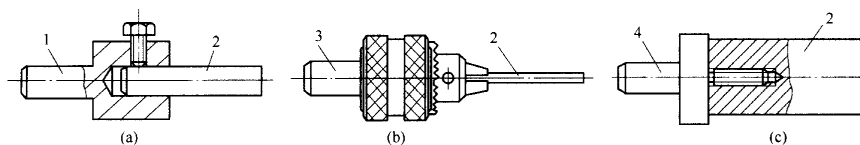


图 1-11 电极的装夹

(a) 标准套筒装夹 (b) 钻夹头装夹 (c) 标准螺纹夹头装夹

1—标准套筒 2—电极 3—钻夹头 4—标准螺纹夹头

工件的装夹一般是将工件先安放在机床工作台上,与电极相互定位后再用压板和螺钉压紧。

(2) 校正 电极装夹完毕后必须进行校正,使其轴心线(或轮廓素线)垂直于机床的工作台面(或凹模平面)。常用的校正方法有精密角尺校正和百分表校正两种。其中精密角尺校正利用精密角尺对缝隙来校正电极与工作台的垂直度,直至上下缝隙均匀为止[见图 1-12(a)];百分表校正将百分表靠在电极上,通过上下移动电极时百分表的跳动量来校正电极与工作台的垂直度,直至百分表指针基本不动为止[见图 1-12(b)]。

(3) 定位 定位是指确定电极与工件之间的相互位置,以达到一定的精度要求。常用的定位方法有划线法和块规角尺法。其中划线法是先按图样在凹模的两面划出型孔线,再沿线打样冲眼,电火花加工时根据凹模背面的样冲眼确定电极的位置,此法适用于定位要求不高、且凹模背面不加工台阶的情况。块规角尺法是先凹模上磨出一角尺面作为定位基准,然后将一精密角尺与凹模的角尺面吻合,再在角尺与电极之间填块规便可确定型

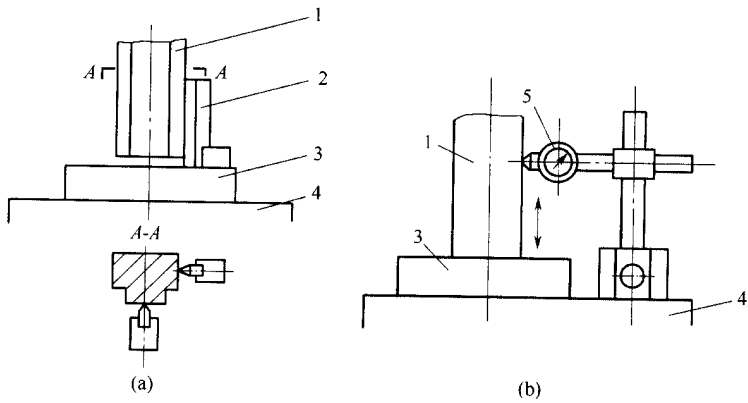


图 1-12 电极的校正

(a)精密角尺校正电极 (b)百分表校正电极

1—电极 2—角尺 3—凹模 4—工作台 5—百分表

孔的位置,如图 1-13 所示。

5. 电规准的选择与转换

电规准是指在电火花加工过程中使用的一组电脉冲参数,如电流峰值、脉冲宽度、脉冲间隔等。电规准选择是否恰当,不仅影响模具加工精度,还直接影响加工生产率和经济效益,应根据工件的加工要求、电极和工件材料、加工工艺指标和经济效果等进行选择,并在加工过程中正确及时地转换。

冲模加工时,常选择粗、中、精三种规准,每一种又可分为数档来实现。从一个规准调整到另一个规准称为规准的转换。

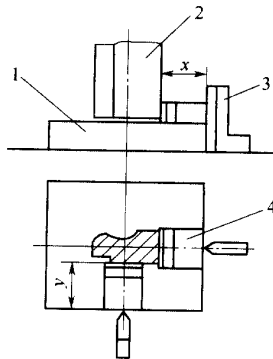


图 1-13 块规

角尺定位法

1—凹模 2—电极;

3—精密角尺 4—块规

粗规准主要用于粗加工,一般采用较大的电流峰值和较长的脉冲宽度($20 \sim 60 \mu\text{s}$),粗规准的加工速度较高,电极损耗小(钢电极损耗在 10% 以下),被加工表面粗糙度 $Ra = 12.5 \sim 6.3 \mu\text{m}$ 。

中规准是粗、精加工间过渡性加工所采用的规准,用以减小精加工余量,促进加工稳

定性和提高加工速度。中规准采用的脉冲宽度一般为 $6 \sim 20 \mu\text{s}$,被加工表面粗糙度 $Ra = 3.2 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 。

精规准用来进行精加工 ,是达到冲模零件各项技术要求(如配合间隙、刃口斜度、表面粗糙度等)的主要规准。精规准一般采用小的电流峰值、高频率和短的脉冲宽度($2 \sim 6 \mu\text{s}$) ,被加工表面粗糙度可达 $Ra = 1.6 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 。

电规准的转换通常由转换档数来表示 ,而档数又是根据加工对象来确定的。一般加工尺寸小、形状简单的型腔 ,电规准转换的档数可少些 ,加工尺寸大、深度大、形状复杂的型腔 ,电规准转换档数应多些。生产实际中粗规准一般选择 1 档 ,中规准和精规准一般选择 2 ~ 4 档。

冲模加工电规准转换的程序是 :首先按照选定的粗规准加工 ,当阶梯电极的台阶处进到刃口时 ,转换成中规准过渡 ,加工 $1 \sim 2 \text{ mm}$ (取决于刃口高度和精规准的稳定程度)后 ,再转为精规准加工 ,用末档规准修穿。转换电规准时 ,其他工艺条件也要适当配合 ,如粗规准加工时排屑容易 ,冲油压力应小些 ,转入精规准后加工深度增加 ,放电间隙小 ,排屑困难 ,冲油压力应逐渐增大 ;当穿透工件时 ,冲油压力要适当降低 ;对加工斜度要求很小、精度要求较高和表面粗糙度值要求较小的冲模 ,应将上部冲油改为下端抽油 ,以减小二次放电的影响。

三、电火花线切割加工方法

(一)电火花线切割加工的原理、特点及应用

1. 电火花线切割加工的基本原理

电火花线切割加工的基本原理与前述电火花加工一样 ,也是通过工具电极和工件之间脉冲放电时的电腐蚀作用对工件进行加工的。但线切割加工无需制作成形工具电极 ,而是采用移动着的细金属丝作为电极进行切割加工的。图 1-14 所示为电火花线切割加工原理图 ,工件 3 接脉冲电源的正极 ,电极丝 6 接负极 ,电极丝在贮丝筒 8 的带动下以一定速度运动 ,而安装工件的工作台 1 相对电极丝按预定的要求在水平两坐标方向运动 ,从而使电极沿着工作台所合成出的轨迹曲线对工件进行电腐蚀 ,实现切割加工。加工过程中电极丝与工件之间浇以循环流动的工作液 ,以便及时带走电蚀产物。电极丝以一定速度运动(称为走丝运动)可减小电极损耗 ,且不被放电火花烧断 ,同时也有利于电蚀产物的排除。

我国广泛使用的电火花线切割机床主要是数控电火花线切割机床 ,按其走丝速度分为快走丝和慢走丝两种。

快走丝线切割机床采用直径为 $0.08 \sim 0.2 \text{ mm}$ 的钼丝或直径为 $0.03 \sim 0.1 \text{ mm}$ 的钨丝作电极 ,走丝速度约为 $8 \sim 10 \text{ m/s}$,且为双向往复循环运行 ,反复通过加工间隙。工作液通常采用 5% 左右的乳化液和去离子水等。常用脉冲电源的脉宽为 $0.1 \sim 100 \mu\text{s}$,频率为 $10 \sim 100 \text{ kHz}$ 。目前 ,该类机床的加工精度可达 $\pm 0.01 \text{ mm}$,表面粗糙度 $Ra = 2.5 \sim 0.63 \mu\text{m}$,一般生产效率可达 $30 \sim 40 \text{ mm}^2/\text{min}$,切割厚度最大可达 500 mm 。

慢走丝线切割机床采用直径为 $0.03 \sim 0.35 \text{ mm}$ 的铜丝作电极 ,走丝速度为 $3 \sim 12 \text{ m/min}$,电极丝只是单向通过加工间隙 ,不重复使用 ,避免了电极损耗对加工精度的影响。工

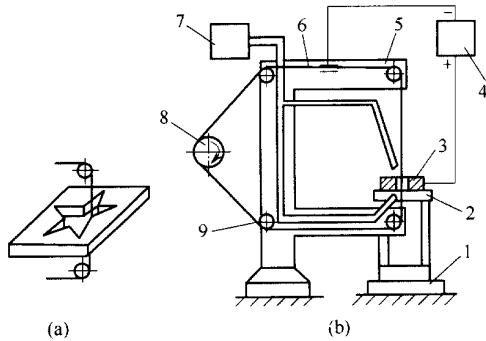


图 1-14 电火花线切割加工原理

(a)切割图形 (b)加工原理

- 1—工作台 2—夹具 3—工件；
- 4—脉冲电源 5—线架 6—电极丝；
- 7—工作液箱 8—贮丝筒 9—导轮

作液主要是去离子水和煤油。加工精度可达 $\pm 0.001 \text{ mm}$,表面粗糙度可达 $Ra = 0.32 \mu\text{m}$ 。这类机床还能进行自动穿电极丝和自动卸除加工废料等 ,自动化程度较高 ,但其售价比快走丝要高得多。

目前国内主要生产和使用的是快走丝数控电火花线切割机床。

2. 电火花线切割加工的特点与应用

电火花线切割加工与电火花加工相比具有如下特点。

①不需要另行设计制作电极 ,因而缩短了生产周期。

②由于电极丝比较细小 ,因此可以方便地加工出形状复杂、细小的内外成形表面 ,克服了成形磨削不宜加工内成形表面和电火花不宜加工外成形表面的缺点。采用四轴联动 ,还可加工锥面和上下异形体等零件。

③制造冲模时 ,在凸、凹模间隙适当(等于放电间隙)的情况下 ,凸、凹模可以同时加工出来 ,且间隙均匀。

④因电极丝在加工过程中作快速移动 ,且采用了正极性加工 ,所以电极丝的损耗很小 ,有利于提高加工精度。

⑤只要编制不同的程序就可加工不同的工件 ,灵活性强 ,自动化程度高 ,操作方便 ,加工周期短 ,成本低。

由于电火花线切割加工具有许多突出的优点 ,因而在国内外发展都较快 ,已获得了广泛的应用。在冲模制造中 ,电火花线切割可用来加工各种材料和硬度的凸模、凹模、卸料型孔与固定板安装孔等 ,特别是用来加工形状复杂、带有尖角窄缝的小型凹模型孔或凸模 ,也可用来加工样板及电极。

(二)电火花线切割加工工艺

电火花线切割加工冲模工作零件的工艺流程如图 1-15 所示。

1. 线切割前的工件准备

模具工作零件一般经机械加工、热处理等工序后再进行线切割加工。对于凹模 ,当型

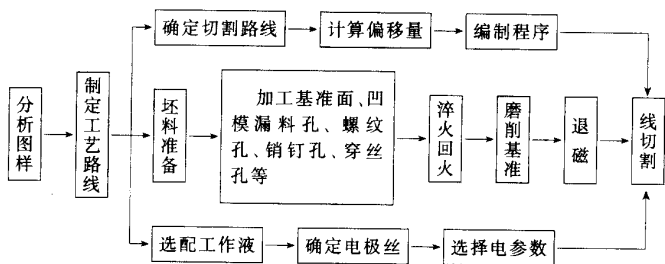


图 1-15 线切割加工工艺过程

孔尺寸较大时,为减小线切割加工量,线切割前需将型孔下部漏料部分铣(或车)出,并在型孔部位(一般距加工点 1~2mm)钻出穿丝孔(孔径 $\phi 2\sim 5\text{mm}$)。凹模材料的淬透性较差时,还应对型孔预加工去除部分材料,单边只留 3~5mm 的切割余量,以消除因材料内部残余应力变化而影响加工精度。对于凸模,毛坯经机械加工后还应保留适当余量(一般不小于 5mm),并注意留出装夹部位。

2. 线切割工艺参数的选择

(1) 脉冲参数 脉冲参数主要根据被加工零件的尺寸、精度和表面粗糙度要求确定。快走丝线切割加工的脉冲参数可参考表 1-4 选取。

表 1-4

快走丝线切割脉冲参数的选择

应用	脉冲宽度 $t_i/\mu\text{s}$	电流峰值 I_e/A	脉冲间隙 $t_0/\mu\text{s}$
快速切割或加工大厚度工件 $Ra > 2.5\mu\text{m}$	20~40	> 12	一般 $t_0 = (3\sim 4)t_i$
半精加工 $Ra = 1.25\sim 2.5\mu\text{m}$	6~20	6~12	
精加工 $Ra < 1.25\mu\text{m}$	2~6	< 4.8	

(2) 电极丝选择 对电极丝的要求是具有良好的导电性和抗电蚀性,抗拉强度高,材质均匀。常用的电极丝有钼丝、钨丝、黄铜丝等。钨丝抗拉强度高,一般用于各种窄缝的精加工,但价格昂贵,黄铜丝抗拉强度较低,适应于慢走丝加工,钼丝抗拉强度也较高,适用于快走丝加工。

电极丝直径应根据切缝宽度、工件厚度和转角尺寸来确定,一般加工带尖角、窄缝的小型模具宜选用较细的电极丝,加工大厚度或大电流切割时应选用较粗的电极丝。

(3) 工作液的选配 工作液对切割速度、表面粗糙度等有较大影响。慢走丝切割时普遍使用去离子水,快走丝切割时常用乳化液。乳化液由乳化油和工作介质(自来水或蒸馏水、高纯水等)配制而成,浓度为 5%~10%。

3. 工件的装夹与校正

工件装夹时必须保证工件的切割部位位于机床工作台纵、横进给的允许范围内,同时要不妨碍电极丝的切割运动。常见的装夹方式有悬臂装夹式、桥式装夹式和板式装夹式,如图 1-16 所示。其中悬臂装夹式用于工件的加工要求不高或悬臂较短的场合;桥式装夹式通用性强,大中小工件都适用;板式装夹式精度较高,适用于常规与批量生产。

工件装夹后还要进行校正,使工件的基准面与机床的工作台面和工作台的进给方向保持平行,以保证所切割的表面与基准面之间的相对位置精度。工件的校正方法常用的

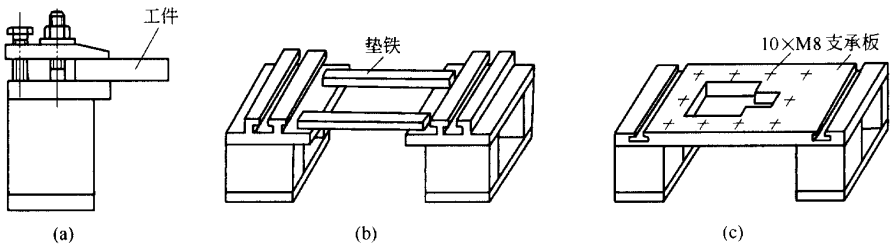


图 1-16 线切割加工时工件的装夹方式

(a)悬臂装夹式 (b)桥式装夹式 (c)板式装夹式

有百分表校正法和划线校正法,如图 1-17 所示。其中百分表校正法是利用磁力表架将百分表固定在机床丝架或其他固定位置上,使百分表与工件基准面相接触,依次在相互垂直的三个坐标方向往复移动工作台,直至百分表指针的偏摆范围达到精度所要求的数值;划线校正法是利用固定在丝架上的划针与工件图形的基准线或基准面,往复移动工作台,根据目测划针与基准间的偏离情况将工件调整到正确位置。划线校正法用于工件切割面与基准间的位置精度要求不高的场合。

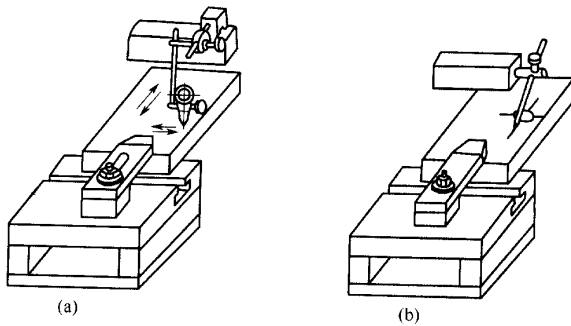


图 1-17 线切割加工时工件的校正方法

(a)百分表校正 (b)划线校正

4. 电极丝位置的调整

线切割加工之前,应将电极丝调整到切割的起始位置上。常用的调整方法有以下几种。

(1)目测法 对加工精度要求不高的工件,可以直接用目测或借助放大镜进行观测。图 1-18 所示为利用穿丝孔处划出的十字基准线,分别从基准线的两个方向(与工作台纵、横两个进给方向平行)观察电极丝与基准线的相对位置,根据偏离情况移动工作台,直到电极丝与基准线中心重合,此时工作台纵、横方向上的读数就是电极丝中心的坐标位置。

(2)火花法 如图 1-19 所示,移动工作台使工件基准面逐渐靠近电极丝,在出现放电火花的瞬时,记下工作台的相应坐标值,再根据放电间隙与电极丝直径推算电极丝中心的坐标。

(3)自动定位法 自动定位法就是让电极丝在工件圆形基准孔的中心自动定位,数控功能较强的线切割机床常用这种方法。如图 1-20 所示,首先让电极丝在 X 轴或 Y 轴方

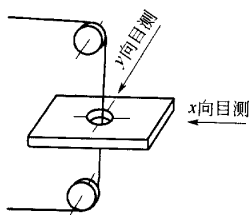


图 1-18 目测法调整电极丝位置

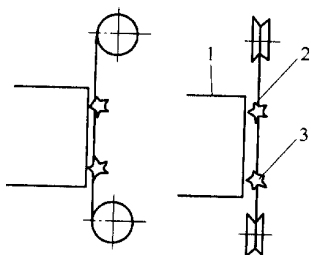


图 1-19 火花法调整电极丝位置

1—工件；
2—电极丝 3—火花

向与孔壁接触,接着在另一坐标轴方向进行上述过程,经过几次重复,数控线切割机床的数控装置自动计算后即可找到孔的中心位置。

5. 切割路线的确定

工件的切割路线主要考虑切割时工件的刚度及工件热处理后内部残余应力的变化等对加工精度的影响情况。如图 1-21 所示,用悬臂装夹法加工外形零件时,图(a)所示的切割路线是错误的,因为按此加工时,第一条边切割完成后继续加工时,由于坯料主要连接的部位被割离,余下的材料与夹持部分连接较少,工件刚度大为降低,易产生变形,因此影响加工精度。此时应将工件与夹持部分分离的路线安排在总切割路线的最后[见图(b)]。

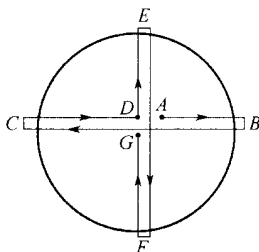


图 1-20 自动定位法确定电极丝位置

图 1-22 所示,线切割经淬硬的钢制工件时,由于坯料内部残存着拉应力,若从坯料外向内切割工件,会大大破坏内应力的平衡,使工件变形,所以图(a)是不正确的方案;图

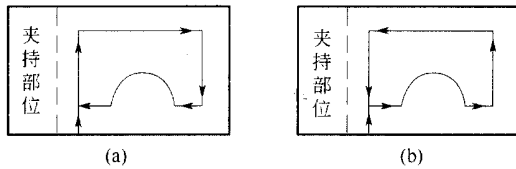


图 1-21 考虑工件刚度的切割路线

(a)错误的切割路线 (b)正确的切割路线

(b)较合理,但仍存在着变形;图(c)中电极丝不是从坯料外部切入,而是采用在坯料上作穿丝孔来切割,是最好的切割方案,精度要求较高时常采用此切割方案。

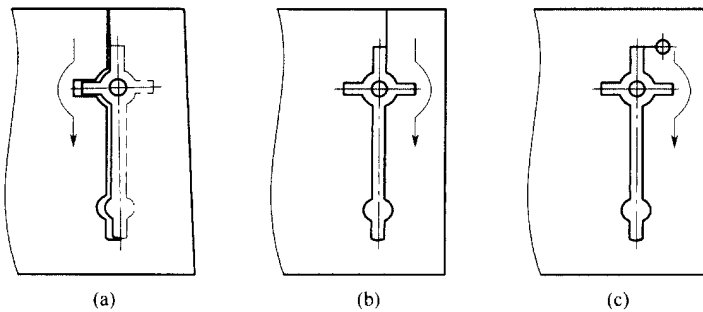


图 1-22 考虑残余应力时的切割路线

(a)不正确的方案 (b)可采用的方案 (c)最好的方案

切割型孔类淬硬工件时,为减小因残余应力引起的变形,可采用两次切割方法,如图 1-23 所示。第一次粗加工型孔,每边留 0.1~0.5 mm 精加工余量,以补偿材料应力平衡状态受到破坏而产生的变形,达到新的平衡后,再进行第二次精加工,这样就可以达到满意的加工效果。一般数控装置具有间隙补偿功能,所以第二次切割时只需在第一次切割的程序基础上外偏一个值,而不必另编程序。

6. 数控线切割程序编制

要使数控线切割机床按预定的要求自动完成切割加工,首选要把被加工零件的切割顺序、切割方向及有关参数等信息,按一定格式记录在机床所需要的输入介质(如磁盘或纸带)上,再输入机床数控装置,经数控装置运算变换以后控制机床的运动,从而实现零件的自动加工。从被加工的零件图样到获得机床所需控制介质的全过程称为程序编制。

数控线切割的程序编制方法有手工编程和计算机自动编程两种,程序的格式有 3B、4B 和 ISO 代码三种。这里以 3B 格式的手工编程为例介绍数控线切割加工程序编制的基本方法,其余程序格式及编程方法可参考有关资料。

(1)程序格式及指令 数控线切割 3B 程序格式为

B x B y B J G Z

其中 B——分隔符号,用来区分和隔离 x、y、J 等数码,B 后面的数码为 0 时,0 可以不写;

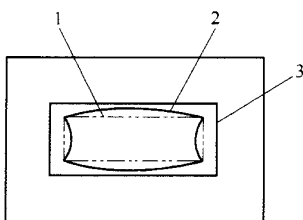


图 1-23 二次切割法

- 1—第一次切割路线；
- 2—第一次切割后的实际图形；
- 3—第二次切割的图形

x 、 y ——直线的终点坐标或圆弧的起点坐标，编程时均取绝对值，单位为 μm 。切割坐标系的原点，加工直线时取在直线的起点，加工圆弧时取在圆心。坐标轴的方向始终与机床的 X 拖板和 Y 拖板运动方向一致，当直线与 X 轴和 Y 轴重合时， x 、 y 坐标均取 0；

J ——计数长度，指从起点加工到终点时机床某个方向（计数方向）拖板进给的总长度，即为切割曲线（直线）在 X 轴或 Y 轴上的投影长度，单位为 μm 。当圆弧跨过几个象限时，应在相应的计数方向上累加，如图 1-24 所示。编程时， J 必须填满 6 位数，不足 6 位时在高位处补 0；

G ——计数方向，用 G_x 或 G_y 表示，当计数长度按 X 拖板运动方向（ X 轴）计数时用 G_x 表示，否则用 G_y 表示。为保证加工精度，计数方向由切割段终点所在位置按图 1-25 选取，图中终点在非阴影区时取 G_x ，在阴影区时取 G_y ；

Z ——加工指令，用来区分被切割图线的不同状态和所在象限，加工指令共有 12 种，以 L 表示直线， R 表示圆弧， S 表示顺圆， N 表示逆圆，字母下标 1、2、3、4 表示象限，如图 1-26 所示。

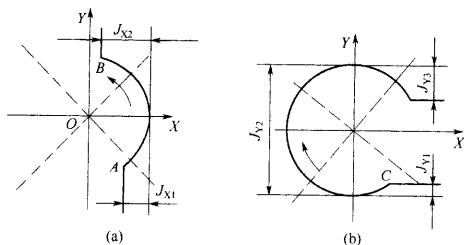


图 1-24 圆弧计数长度确定

(a) 取 G_x ， $J = J_{x1} + J_{x2}$ ；

(b) 取 G_y ， $J = J_{y1} + J_{y2} + J_{y3}$

(2) 程序编制时应注意的问题

① 程序单是按加工顺序依次逐段编制的，每加工一线段就得填写一段程序。

② 程序单中除安排切割工件图形线段的程序外，尚应安排切入、停机、拆丝或穿丝、空走等程序。

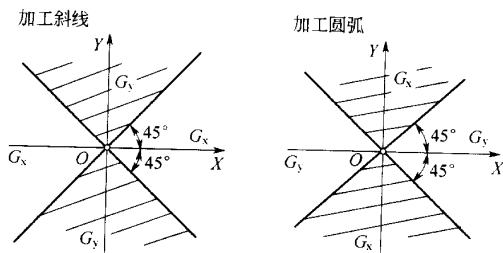


图 1-25 计数方向选取

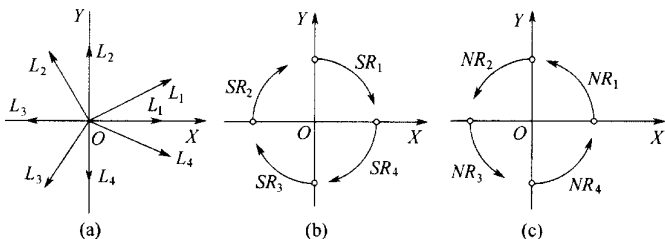


图 1-26 加工指令的确定

(a) 直线 (b) 顺圆弧 (c) 逆圆弧

③编程计算是按计算坐标系求得各交点坐标值,而程序中的数码和指令则是按切割坐标系确定的,因此应根据交点的计算坐标位移求得其切割坐标值。

④由于电极丝半径 r 和单面放电间隙 δ 的存在,当切割型孔零件时,应将电极丝中心轨迹沿加工轮廓向内偏移 $r + \delta$ 的距离;当切割外形零件时,则应向外偏移 $r + \delta$ 的距离。

⑤程序编制完成后,必须对每一段程序进行检查和校对,以防止因程序出错而造成工件报废。检查的方法可用笔代替电极丝,用坐标纸代替工件进行空运行绘图。有条件的话也可用计算机模拟运行程序,检查所显示的电极丝中心轨迹是否正确。

下面通过实例说明数控线切割程序编制的具体步骤及方法。

例 1-1 编写加工图 1-27(a) 所示凸凹模零件的数控线切割程序。电极丝为 $\phi 0.1$ mm 钼丝,单面放电间隙为 0.01 mm。

编程的步骤与方法如下。

①确定计算坐标系。由于图形上、下对称,故选对称轴为计算坐标系的 X 轴,圆心为坐标原点[见图 1-27(b)]。

②确定补偿(偏移)距离。补偿(偏移)距离为电极丝中心至切割轮廓面之间的距离,按下式计算

$$\Delta R = r + \delta = 0.1/2 + 0.01 = 0.06 \text{ mm}$$

③计算交点坐标。将电极丝中心轨迹分解成单一直线或圆弧段,并计算出各交点在计算坐标系中的坐标值。根据图示尺寸,求得各交点及圆心的坐标如表 1-5(可通过 AutoCAD 求交点坐标)。

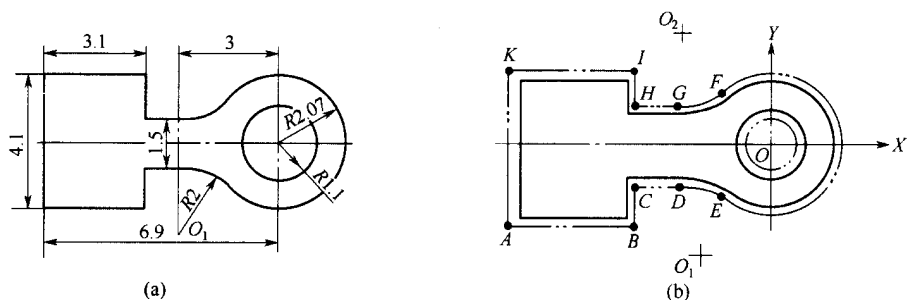


图 1-27 凸凹模线切割编程
(a)凸凹模设计图 (b)凸凹模编程示意

表 1-5 凸凹模切割轨迹交点及圆心坐标/mm

交点	X	Y	交点	X	Y	圆心	X	Y
A	-6.69	-2.11	F	-1.57	-1.439	O	0	0
B	-3.74	-2.11	G	-3	0.81	O ₁	-3	-2.75
C	-3.74	-0.81	H	-3.74	0.81	O ₂	-3	2.75
D	-3	0.81	I	-3.74	2.11			
E	-1.57	1.439	K	-6.96	2.11			

切割圆孔时,电极丝中心至圆心 O 的距离(半径)为

$$R = 1.1 - \Delta R = 1.04 \text{ mm}$$

④编写程序清单。根据凸凹模结构特征,本例确定的切割路线是:先切割圆孔(预先做出穿丝孔)然后拆丝空走,再装丝按 $B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow I \rightarrow K \rightarrow A \rightarrow B$ 的顺序切割外形。据此编制的切割程序见表 1-6。

表 1-6 凸凹模切割程序单

序号	B	X	B	Y	B	J	G	Z	备注
1	B		B		B	001040	G _x	L ₃	穿丝切割 SR ₂
2	B	1040	B		B		004160	G _y	
3	B		B		B	001040	G _x	L ₁	拆卸钼丝 空走 空走 重新装上钼丝 切入并加工 BC 段 退出 加工结束
4							D		
5	B		B		B	013000	G _y	L ₄	
6	B		B		B	003740	G _x	L ₃	
7								D	
8	B		B		B	012190	G _y	L ₂	
9	B		B		B	000740	G _x	L ₁	
10	B		B	1940	B	000629	G _y	SR ₁	
11	B	1570	B	1439	B	005641	G _y	NR ₃	
12	B	1430	B	1311	B	001430	G _x	SR ₄	
13	B		B		B	000740	G _x	L ₃	
14	B		B		B	001300	G _y	L ₂	
15	B		B		B	003220	G _x	L ₃	
16	B		B		B	004220	G _y	L ₄	
17	B		B		B	003220	G _x	L ₁	
18	B		B		B	008000	G _y	L ₄	
19					B			D	

四、数控机床加工方法

数控机床通常是指按加工要求预先编制的程序,由控制系统发出数字信息指令进行工作的切削加工机床。数控机床具有加工精度高、自动化程度高、操作者劳动强度低和利于生产管理等一系列优点,因而在机械制造特别是模具制造中得到了越来越广泛的应用。在冲模制造中,对一些形状复杂、加工精度高、必须用数学方法决定的复杂曲线或曲面轮廓的零件,以及需钻、镗、铰、铣等工序联合进行加工的零件和大型零件,用电火花或电火花线切割加工不太适应,用普通机械加工又难以达到甚至达不到要求,这时采用数控机床加工就比较方便了。

目前,在冲模加工中,常用的数控机床主要有数控铣床、数控磨床和数控加工中心机床等。

1. 数控铣床加工

数控铣床的控制系统是一台小型电子计算机,它不但能使刀具和工件自动移动到按程序指令指定的位置上进行加工,而且还能自动修正刀具的尺寸和变换主轴的速度,实现复杂形状零件的精密加工。

数控铣床主要用来加工各种平面、沟槽及复杂曲面。根据被加工零件的复杂程度和精度要求不同,可采用两坐标联动、三坐标联动或五坐标联动的数控铣床。其中五坐标联动的数控铣床的铣刀轴可一直保持与加工面成垂直状态,除可大幅度提高精度外,还可以对侧凹部分进行加工,大大提高了加工效率。

数控铣床在加工零件时,还具有刀具偏置和对称加工两个功能,从而给加工冲模零件带来了极大的方便性。刀具偏置功能是指能够根据程序编制所确定的切削轨迹向内侧或外侧自由偏置一个距离,这样在加工冲模的凸、凹模及卸料板过孔时,只需编制一个程序,加工时通过刀具偏置功能即可保证相互之间的间隙要求。对称加工功能是指能够通过简单的对称加工程序使机床加工出与某坐标轴完全对称的型面,即机床的进给可按数控指令的方向或相反的方向运动,刀具轴也能自由反转,而数控指令方向以外的其他指令仍然不变。

为提高加工精度和生产效率,目前又出现了一种具有数控和仿形相结合的多功能数控铣床。这种铣床一是能进行自动仿形加工;二是能将仿形控制与数控相结合,收集仿形动作及仿形条件的资料并进行储存,可模拟控制数值化加工;三是由于仿形加工与数控加工相结合,即主要形状用仿形加工,其他附加加工及孔加工用数控加工,这样可大大提高加工效率,且精度也可大大改善,为冲模零件的精密加工提供了极方便的条件。

2. 数控磨床加工

目前利用数控技术进行磨削加工的主要方法有数控成形磨床加工和连续轨迹坐标磨床加工。

(1)数控成形磨床加工 利用数控成形磨床进行成形磨削的方式主要有三种:第一种方式是利用数控装置控制安装在工作台上的砂轮修整装置,自动修整出所需的成形砂轮,然后利用成形砂轮磨削工件;第二种方式是利用数控装置将砂轮修整成圆弧或双斜边圆弧形,然后由数控装置控制机床的垂直和横向进给运动,完成成形磨削加工;第三种方式

是前两种方式的组合,即磨削前用数控装置将砂轮修整成工件形状的一部分,再控制砂轮依次磨削工件的不同部位,这种方法适用于磨削具有多处相同型面的工件。

数控成形磨削较普通成形磨削的自动化程度和磨削精度都高,现已进入实用阶段,为复杂精密模具零件的加工自动化提供了便利的条件。

(2)连续轨迹坐标磨床加工 连续轨迹坐标磨床的特点是可以连续进行高精度的轮廓形状磨削,并且可以磨削具有曲线组合的型槽,可用于级进冲模、精密冲模中高精度零件的精加工,是目前比较先进的磨削加工设备之一。

利用连续轨迹坐标磨床进行磨削加工的特点是:可连续不断地对零件进行加工,从而大大缩短了加工时间,加工可不受操作者技术水平的限制,完全可进行无人化运行;可进行高精度的轮廓形状加工,并能确保冲模的凸、凹模间隙均匀。

3. 数控加工中心加工

数控加工中心是一种多工序自动加工机床。它配有能容纳数十种甚至上百种刀具的刀库和相应的机械手,具有按程序自动换刀、工件换位和多坐标自动控制,可以在工件的一次安装中连续完成多个表面、多个工位的车、铣、镗、钻、攻螺纹等多种切削加工。利用数控加工中心可对冲模零件进行如下几方面的加工。

(1)多孔加工 有些冲模,特别是大中型冲模,往往在零件上设有许多圆孔,并且孔的大小不一,这种情况下采用数控加工中心自动加工最为方便。

(2)成形加工 只要在数控加工中心上输入正确的加工程序(可通过自动编程装置或CAD/CAM自动编程系统编制),即可对任何形状的工件进行自动加工,并且能从粗加工到精加工都可预定刀具和选择切削条件,因此可用来加工精度要求高、形状复杂的冲模工作零件或各种模板。

五、其他加工方法

1. 冷挤压加工

冷挤压加工是利用淬硬的挤压冲头或挤压圈,在油压机的高压作用下缓慢挤入具有一定塑性的坯料,获得与冲头外形或挤压圈内形相同、凸凹相反的模具零件的一种无切屑的压力加工方法。冷挤压加工的加工精度较高,表面质量好,有的淬火后可不再进行磨削,且生产效率高,一个冲头或挤压圈可重复加工多个工件,因此多用于加工冲模中形状比较复杂、数量较多的同类凸模或凹模的工作型面。如电动机定子片及转子片中的凸、凹模,由于每一副冲模中需要十余个同样规格大小的凸模及凹模型孔,采用冷挤压加工非常适宜。

(1)冷挤压加工凸模 图1-28所示为冷挤压加工凸模的工作示意图,图中压套6用45钢制成,而第一与第二挤压圈3、4则是由Cr12钢或硬质合金制成,并经热处理淬硬至HRC60~62。压套与挤压圈用销钉5紧固,第二挤压圈内型腔形状及尺寸与凸模要求的形状及尺寸相同,而第一挤压圈应比第二挤压圈内孔周边大0.05~0.08mm。挤压时,为了让凸模能顺利地进入挤压圈内,在压套6的上端安装有导向板2,以供挤压时导向用。

凸模毛坯在挤压前,应经刨、磨加工成形,各面只留0.1mm左右的挤压余量。经挤压后的凸模再经钳工适当修整并淬硬后即可使用。

(2)冷挤压加工凹模型孔 用冷挤压方法加工凹模型孔时,应先将所要加工的凹模型孔用机械加工方法加工成形,周边留 0.2~0.3 mm 的挤压余量。然后用挤压冲头对凹模型孔进行挤压,根据凹模精度及余量可用 2~3 个冲头依次挤,每次挤去 0.07~0.1 mm 的余量。冷挤压后的凹模,再经磨削后,钳工稍加修整并经热处理淬硬即可使用。

2. 电解加工

电解加工是利用金属在外电场的作用下,在电解液中所产生的阳极溶解作用,使零件加工成形的一种方法。利用电解加工可以对零件进行成形磨削、抛光、修磨等加工,在冲模制造中广泛应用于凸、凹模(特别是硬质合金等难加工材料的凸、凹模)的成形加工及精加工。这里只简要介绍电解成形和电解磨削的加工原理及特点。

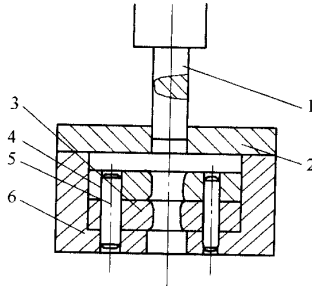


图 1-28 冷挤压加工凸模

- 1—凸模 2—导向板;
- 3—第二挤压圈;
- 4—第一挤压圈;
- 5—销钉 6—压套

(1)电解成形加工 如图 1-29 所示为电解成形加工原理,在工具电极 1 和工件 2 之间接上直流电源 5,工件接电源正极(阳极),工具电极接电源负极(阴极),并使工件与电极之间保持较小的间隙(一般为 0.1~1 mm),在间隙中通过高速流动(50~60 m/s)的电解液。当接通电源,给阳极和阴极之间加上直流电压(5~25 V、1000~10 000 A)时,阳极(工件)表面便不断产生溶解。由于阳极与阴极之间各点距离不等,则电流密度也不一样,因而阳极表面的溶解速度也不相同,距离近的地方溶解速度快。随着阴极不断进给,阳极表面不断被溶解,电解产物也不断被电解液冲走,最终阳极(工件)表面与阴极(电极)表面达到基本吻合,从而在工件上加工出相似于电极表面相反形状的工作型面。

采用电解成形加工冲模零件的特点是:加工效率高(一般比电火花加工效率高 4 倍,比一般机械加工高十几倍);加工过程中工具电极基本不损耗,故可重复使用;不受工件材料和硬度的限制;加工精度可达 0.05~0.2mm,表面粗糙度可达 $Ra = 0.6 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 。但电解加工设备投资大,电解液对设备和工艺装备有腐蚀作用。

电解成形加工的电极材料可采用 20、20Cr、45、45Cr、1Cr18Ni9Ti、黄铜等,经铣削后由钳工按样板修整成形。电解液根据工件材质不同可采用不同的配方,如加工碳钢及合金钢时,可采用 NaNO_3 (20%) + NaCl (3%~10%) 或 NaCl (7%~18%);加工 YG 类硬质合金时,可采用 NaOH (8%~10%) + 酒石酸(8%~16%) + NaCl (2%) + CrO_3 (0.2%~0.5%)。经电解加工后的零件可采用 NaNO_2 (2%) + NaCO_3 (0.6%) + 甘油(0.5%) 防腐剂处理,以

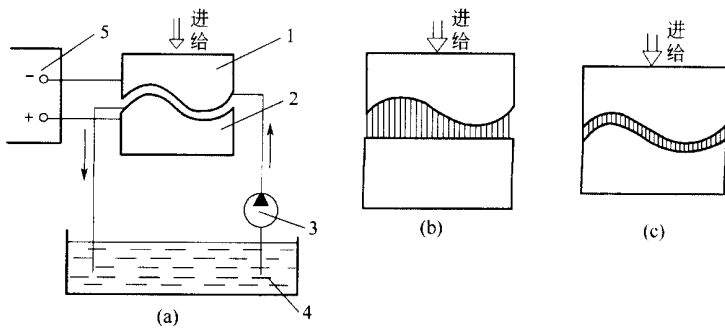


图 1-29 电解成形加工原理

1—工具电极 2—工件 3—电解液泵 4—电解液 5—直流电源

防锈蚀。

(2) 电解磨削加工 图 1-30 所示为电解磨削加工原理,工件 5 接电源正极(阳极),导电砂轮 3 接电源负极(阴极),两极间保持一定的电解间隙,并在电解间隙中注入电解液。接通电源后,阳极(工件)的金属表面发生化学溶解,表面金属原子失去电子变成离子而溶解于电解液中,同时电解液中氧与金属离子化合在阳极表面生成一层极薄的氧化膜。这层氧化膜具有较高的电阻使阳极溶解过程减缓,这时通过高速旋转的砂轮将这层氧化膜不断刮除,并被电解液带走。这样阳极溶解和机械磨削共同交替作用的结果,使工件表面不断被蚀除而形成光滑和一定尺寸精度的工作型面。

电解磨削的加工效率高,表面质量好(基本不产生磨削热烧伤和变形,表面粗糙度可达 $Ra = 0.025 \sim 0.12 \mu\text{m}$),而且具有较高的加工精度,所以目前在模具制造中应用较广,特别适用于硬质合金冲模零件的精加工。

电解磨削砂轮目前常用的有金刚石电解磨轮、树脂结合剂电解磨轮、氧化铝(碳化硅)导电磨轮、石墨磨轮等。电解液的配方也较多,其中适用于硬质合金和钢制零件溶解速度相近的配方为 NaNO_3 (5%) + Na_2HPO_4 (1.5%) + KNO_3 (0.3%, pH8 ~ 9) + $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$ (0.3%) + H_2O (92.9%)。

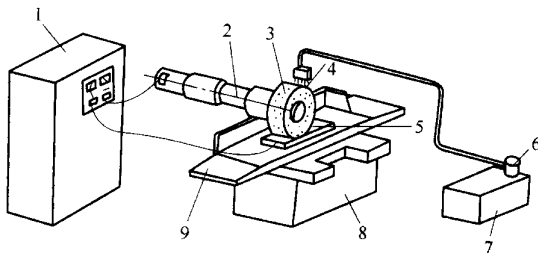


图 1-30 电解磨削加工原理

1—直流电源 2—绝缘主轴;
3—导电砂轮 4—电解液喷嘴;
5—工件 6—电解液泵;
7—电解液箱 8—机床本体 9—工作台

3. 钳工修整加工

冲模零件的加工主要是机、电加工或机电一体化加工,但无论采用何种方式,也离不开钳工手工技巧的操作。特别是受设备条件限制的模具厂,钳工还是模具加工的主要方法之一。钳工加工方法很多,这里主要介绍钳工压印加工和研配加工。

(1)压印加工 压印加工是一种钳工加工方法。图 1-31 所示为凹模型孔的压印加工,用已加工好并经淬硬的成品凸模(或用特制的压印工艺冲头)作为压印基准件,垂直放置在相应的凹模型孔上,通过手动压力机施以压力,经凸模的挤压和切削作用,在凹模上压出印痕,钳工按印痕均匀锉修型孔下部的加工余量后再压印,再锉修,如此反复进行,直至做出相应的型孔。压印前,凹模应预先加工好型孔轮廓,并留单面余量 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ 。压印过程中应使用角尺反复校正基准件与工件之间的垂直度。

压印加工也可以用加工好的凹模作为压印基准件加工凸模。采用压印加工的凸模应经过预先加工,沿刃口轮廓留 0.1 mm 左右的单面加工余量。凸模经压印后,也可按印痕由仿刨加工完成,此时余量每边可放大到 $0.5 \sim 1 \text{ mm}$ 左右。

压印多型孔工件时,需采用精密方箱夹具或精镗出工艺孔来定位,以便控制型孔间位置。也可利用已制出的一个多型孔件(如凹模或卸料板)作为导向件对工件进行压印。

压印加工是在冲模制造中缺少专用的电加工及成形磨削设备,或用成形磨削等方法难以达到凸、凹模间隙配合要求的情况下采用的一种加工方法。

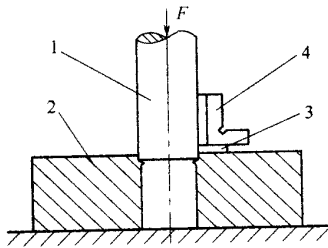


图 1-31 压印加工

1—成品凸模 2—凹模;
3—垫块 4—角尺

(2)研配加工 研配是一种手工制模精加工方法,主要用于两个互相配合的曲面要求形状和尺寸一致的情况。研配加工的基本过程是:先将一个零件按图样加工好(通常是按样板或样架加工)作为基准件,然后加工另一件时,将基准件的成形表面涂上红丹粉并使基准件与加工件的成形表面相接触,根据在加工件成形表面上印出的接触印痕多少,即可知道两个成形表面吻合程度。同时,根据接触点位置,即可确定需要修磨的部位,以便进行修磨。经修磨后,再着色检验,再进行修磨。如此循环进行修磨和检验,直至加工件的形状和尺寸与基准件完全一致(即着色检验全部接触)时为止。

冲模钳工的研配,通常用于下述两种情况。

①二维曲面的配合。如冲裁凸、凹模刃口是曲线形时,凸、凹模的配合面就是二维曲面。当冲裁间隙较小时,机加工达不到精度要求,就需靠钳工研配来保证。

②三维曲面的配合。如复杂形状件拉深或成形凸模和凹模的工作型面一般都是三维曲面,它们的形状和尺寸不易测量,一般都用模型、样架进行研合,着色检验后,再进行修

磨成形。

钳工的研配工作,一般采用风动砂轮机或在专用的修磨机上进行。研合时,导向要正确,并保证每次研合的方向和位置不变。

4. 快速成形技术

快速成形制造技术(Rapid Prototyping & Manufacturing,简称RPM),是国外20世纪80年代末发展起来的一类先进制造技术。它集数控技术、计算机技术和新型材料技术(有些还涉及到激光技术)于一体,改变了传统切削加工方法材料递减的加工原理,而采用材料累加原理来制造模型或零件,因此可成形任意复杂形状的零件,也无需刀具、夹具和模具,从而大大缩短产品的制造周期,提高产品的竞争力,特别适合于新产品开发或多品种、小批量零件的制造。目前,RPM技术已成为加速新产品开发及实现并行工程的有效手段,一些工业发达国家(如美、日等)已经全面应用这一技术来提高制造业的竞争能力。

快速成形技术制造零件的工艺流程如图1-32所示。首先在计算机上设计零件的三维CAD模型,然后运用CAD软件对零件进行分层切片离散化,分层厚度应根据零件的技术要求和加工设备分辨能力等因素综合考虑。分层后对切片进行网格化处理,所得数据经过计算机进一步处理后生成STL格式文件,然后利用STL格式文件通过计算机控制造型工具(如激光等)扫描各层材料,生成零件的各层切片形状,并实现各层切片之间的联接,以得到所要求的原型或零件。

RPM技术开创了不需任何机械加工而快速精确制造模具的方法。用RPM技术制造模具的方法一般是:先用RPM技术制造原型零件(其材料通常为树脂、胶纸、石蜡等),再通过喷涂法、石膏模铸造、实型铸造、熔模铸造等方法制造模具零件。也可用RPM技术直接制造模具零件,如用RPM技术中的选择性激光烧结法(SLS)可直接烧结合金粉末制造金属零件。

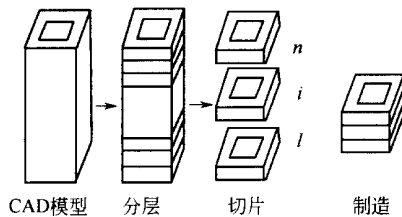


图 1-32 快速成形技术制造流程

RPM技术应用在冲模制造中,可制造中等精度、型面复杂的拉深模,成形模及简易冲模(如锌合金冲模)等,其生产周期与机械加工相比可缩短40%~60%,生产成本可降低50%~70%。一般地说,生产的零件件数越少,形状越复杂,RPM技术就越显示其加工优越性。目前,RPM和铸造的结合,已在企业中产生了巨大的经济效益。随着RPM原型精度的提高,它在模具制造领域的应用也将前景光明。

第三节 冲模的装配与调试

一、冲模的装配

冲模的装配就是根据模具结构特点和技术条件,以一定的装配顺序和方法,将符合图样技术要求的模具零件,经适当协调加工后组装成满足使用要求的模具整体。在装配过程中,既要保证配合零件的配合精度,又要保证零件之间的位置精度,对于需作相对运动的零部件,还必须保证它们之间的运动精度。因此,冲模装配是最后实现冲模设计和冲压工艺意图的过程,是冲模制造过程中的关键工序。

1. 冲模装配的技术要求

冲模装配后,应达到下述主要技术要求。

①模具上、下模座的上平面与下底面要保持相互平行,其平行度公差一般在 400 mm 测量范围内为 IT5 ~ IT6 级,在 400mm 以上测量范围内为 IT6 ~ IT7 级。

②模柄的轴心线应与上模座的上平面垂直,其垂直度公差在全长范围不大于 0.05 mm。

③用导柱、导套导向的模具,导柱、导套的轴心线应分别垂直于下模座的下底面与上模座的上平面,其垂直度公差在 160 mm 测量范围内为 IT4 ~ IT5 级,在 160 mm 以上测量范围内为 IT5 ~ IT6 级。同时应保证导柱、导套的配合间隙均匀,上模座沿导柱上、下移动时应平稳无阻滞现象。

④凸模与凹模的间隙沿工作型面应均匀一致,并符合设计要求。

⑤保证冲压时坯料在冲模内的定位准确可靠,卸料与推件动作协调灵活,出件与退料畅通无阻,使模具各部分能协调地动作并冲出合格的冲压件。

⑥模具的紧固件(如螺钉、销钉等)应固定得牢固可靠,且其头部均不得高出安装基面。

⑦模具的闭合高度及安装于压力机上各配合部位的尺寸,均应符合所选压力机的规格要求。

⑧模具装配时应考虑易损零件便于更换。

2. 冲模的装配方法

由于冲模生产是属于单件小批量生产,装配时冲模零件的加工误差积累会影响装配精度,因此传统的冲模装配工艺基本上都是采用修配和调整的配作装配法。近年来,随着模具加工技术的飞速发展,采用了先进的数控技术及计算机加工系统,因而对模具零件可以进行高精度的加工,而且模具的检测手段日益完善,使模具装配工作变得越来越简捷。装配时,只要将加工好的零件直接联接起来,不必或少量修配就能满足装配要求。因此冲模的装配方法大致有以下两种。

(1)配作装配法 配作装配法是在零件加工时,只需对有关工作型面或型孔部位进行

高精度加工,其余部位则按经济加工精度确定制造公差,装配时,由钳工采取配作或调整等方法使各零件装配后的相对位置保持正确关系,满足预定的装配精度要求。这种方法即使没有坐标镗床等高精度设备,也能装配出高质量的模具,从而实现能用精度不高的组成零件达到较高的装配精度,降低了零件的加工要求。但装配时耗费的工时较多,且需要钳工有很高的实践经验和技术水平。

(2)直接装配法 直接装配法是装配前将模具所有零件的型面、型孔及安装孔等全部按图样加工完毕,装配时只要把各零件按一定顺序和方法联接在一起即可。当装配后的位置精度达不到要求时,只需适当修配某些零件来进行调整。这种装配方法简便迅速,且便于零件的互换,但模具的装配精度主要取决于零件的加工精度,为此要有先进的高精度加工设备及测量装置才能保证模具的质量。

在装配过程中究竟选择上述哪种装配方法合适,必须充分分析该冲模的结构特点及冲模零件加工工艺和加工精度等因素,以选择最方便又最可靠的装配方法来保证冲模的质量。如在零件加工中,若主要采用了电加工机床、数控机床等精密设备加工,由于加工出来的零件质量及精度都很高,且模架又采用了标准模架结构,则可采用直接装配法。反之,如果不具备高精度加工设备,又没有采用标准模架,则只能采用配作装配法。

3. 冲模装配的工艺流程

冲模装配的工艺流程就是将冲模零件装配成模具整体的过程。一般按如下顺序和方法进行。

(1)做好装配前的准备 在冲模装配之前,应做好以下准备工作。

①认真研究模具设计图样和冲模装配技术验收条件,并根据模具结构特点和技术要求制定合理的装配工艺方案。

②根据总装图上的零件明细表清点和清洗零件,并仔细检查主要零件工作部位的尺寸、精度和表面质量。

③清理布置好工作场地,准备好必要的装配工具、夹具、量具和所需辅助材料。

(2)组件装配 组件装配是指在冲模总装配前,将两个或两个以上的零件按照规定的技术要求连接成一个组件的局部装配工作,如凸模或凹模与其固定板的组装、卸料零件的组装等。零件的组装一定要按技术要求进行,这对整副模具的装配精度起到一定的保证作用。

下面介绍冲模中主要零部件的组装方法。

①模柄的装配。压入式模柄的装配方法如图 1-33 所示,先将上模座 2 翻转并用等高垫铁支承后将模柄压入[见图 1-33(a)],然后用角尺检查模柄轴线与上模座上平面的垂直度,符合要求后再加工防转销孔(或螺孔),并装入防转销(或螺钉),最后在平面磨床上将模柄端面与上模座的下平面一起磨平[见图 1-33(b)]。旋入式模柄和凸缘式模柄的装配方法也大致相同,只是都是从上模座的上平面装入,其中旋入式模柄旋入后也要从上模座的下平面加工防转螺孔并旋入防转螺钉,防止模柄工作时松动。

②导柱、导套的装配。因为导柱、导套与模座的配合均为过盈配合,所以一般都是在压力机上将导柱、导套压入模座的。压入时应通过百分表或角尺校正导柱和导套对模座底面的垂直度要求,压入后导柱、导套其固定端端面应比相应模座的底面低 2~3mm。

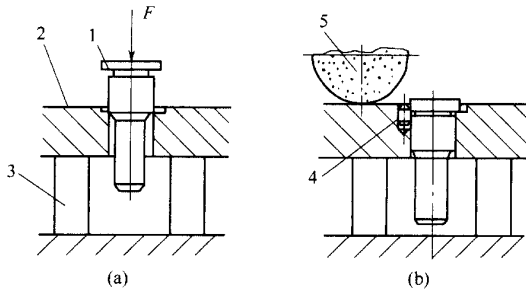


图 1-33 模柄的装配

(a) 压入模柄 (b) 磨平端面

1—模柄 2—上模座；

3—等高垫铁 4—防转销 5—砂轮

导柱、导套的装配方法如图 1-34 所示。压入导套时,先将上模座反置套在导柱上,以导柱为引导件将导套适量压入上模座[见图 1-34(b)],再取走下模座,继续将导套的配合部分全部压入[见图 1-34(c)]。

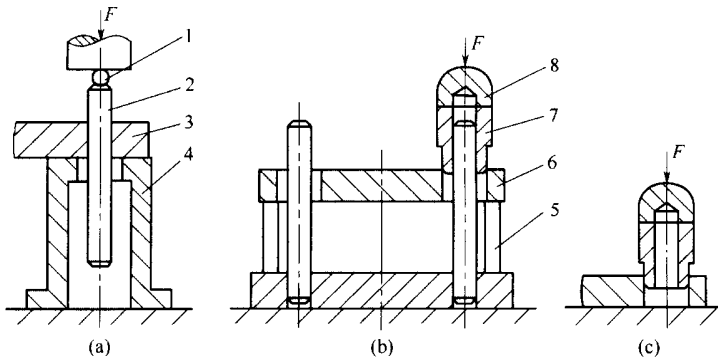


图 1-34 导柱、导套的装配

(a) 导柱装配 (b)(c) 导套装配

1—钢球 2—导柱 3—下模座 4—底座；

5—等高垫铁 6—上模座 7—导套 8—帽形垫块

③ 凹模与凸模的装配。整体式凹模一般直接用螺钉和销钉与模座联接。组合式凹模的装配如图 1-35 所示,凹模与固定板的配合常采用 H 7/n6,装配时先将凹模压入固定板,再在平面磨床上分别将上、下两端面一起磨平即可。

图 1-36 所示为凸模与固定板以铆接固定和台肩固定时的装配方法。装配时,在压力机上调好凸模与固定板的垂直度,然后将凸模压入固定板[见图 1-36(a)(b)],再检查凸模对固定板支承面的垂直度,合格后对铆接式凸模用锤子和凿子将凸模上端铆合,最后在平面磨床上将凸模上端面与固定板一起磨平[见图 1-36(c)]。对冲裁凸模,为了保持凸模刃口锋利,还应以固定板支承面定位,将凸模工作端面磨平[见图 1-36(d)]。

图 1-37 所示为用低熔点合金浇注固定凸模的装配方法。其中,图(a)为凸模固定形式,该种形式的凸模与固定板之间有间隙,将低熔点合金浇入间隙内,利用合金冷凝时的

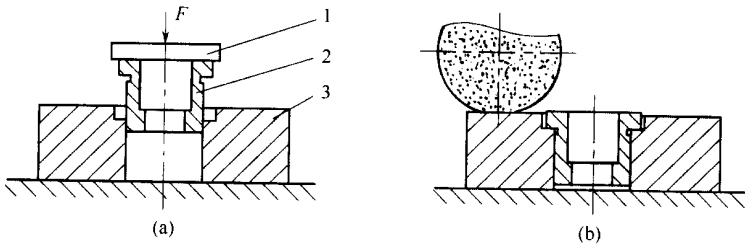


图 1-35 凹模的装配

(a) 压入凹模 (b) 磨平端面

1—垫块 2—凹模 3—凹模固定板

体积膨胀将凸模固定在凸模固定板上,因此对凸模固定板固定孔的精度要求不高,加工容易,特别适合多凸模固定。图(b)和图(c)为浇注固定方法。浇注前先将凸模和固定板的结合部位进行清洗,去除油污,然后以凹模的型孔作定位基准,用垫入垫片的方法将凸、凹模间隙调整均匀,并使凸模垂直于固定板,再通过螺钉3将凸模7固定在托板2上,并用平行夹头1将托板2与凸模固定板4固定[见图1-37(b)]。浇注时,先将凸模和固定板一起倒置,并预热凸模及固定板的浇注部位(预热温度以 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 为宜),然后将熔化的低熔点合金(熔化温度以 200°C 左右为宜)倒入凸模与固定板的间隙[见图1-37(c)],待充分冷却后(一般约24h),再卸下平行夹头、螺钉和托板,并在平面磨床上磨平即可。

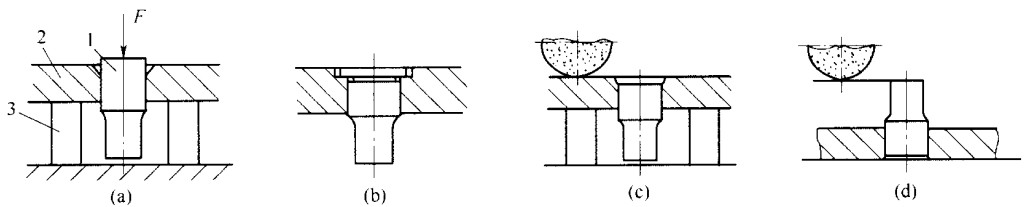


图 1-36 铆接式与台肩式凸模的装配

(a)(b) 压入凸模 (c) 磨平凸模上端面 (d) 磨平凸模工作面

1—凸模 2—凸模固定板 3—等高垫铁

(3) 总装配 总装配是将模具零件和组件结合成一副完整模具的过程。冲模总装时最主要的是要保证凸、凹模的间隙均匀,为此总装前要根据模具的结构特点、装配要求等合理地选择装配的基准件和安排好上、下模的装配顺序,然后进行装配,并保证装配精度达到确定的各项技术要求。

选择装配基准件的原则是按照模具主要零件加工时的依赖关系来确定。可以作为装配基准件的主要有凸模、凹模、凸凹模、导板(或卸料板)及固定板等。

冲模的装配顺序与模具结构有关。对于上、下模之间无导向装置的开式冲模,因凸、凹模的配合间隙是在模具安装到压力机上时才进行调整的,因此上、下模的装配顺序没有严格的要求,可以分别进行装配;对于上、下模之间有导向装置的冲模,一般先装配模架(由上、下模座及导向零件构成),再进行凸、凹模零件和其他结构零件的装配。上、下模座的具体装配顺序应根据上、下模上所安装的模具零件在装配和调整过程中所受限制的情况来决定。如果上模部分的模具零件在装配和调整时所受限制最大,应选择上模中的主

要零件作为基准件,先装配好上模,再以上模为基准装配和调整下模,保证凸、凹模间隙均匀。反之应先装下模,再以下模为基准装配调整上模。

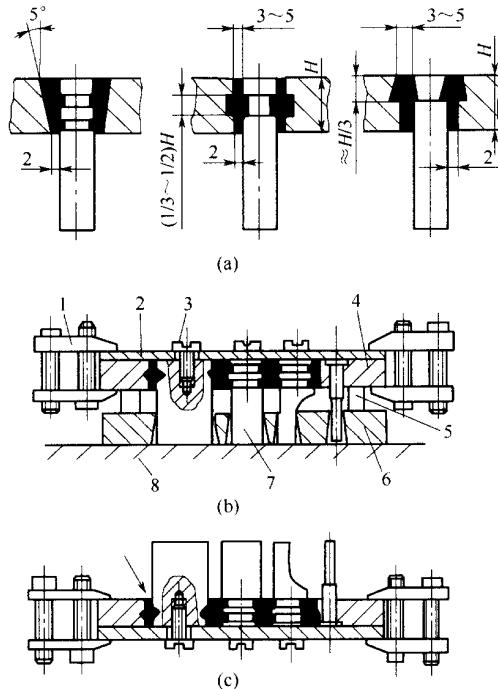


图 1-37 低熔点合金固定凸模的装配方法

(a)凸模的固定形式;

(b)凸模的定位与固定;

(c)低熔点合金的浇注

1—平行夹头 2—托板 3—螺钉;

4—凸模固定板 5—等高垫铁;

6—凹模 7—凸模 8—平板

二、冲模的调试

冲模按图样技术要求加工与装配后,必须在生产条件下进行试冲,通过试冲可以发现模具的设计与制造缺陷,找出产生缺陷的原因,对模具进行适当的调整与修理后再进行试冲,直到模具能正常工作,冲出合格的零件,才能将模具交付生产使用。冲模的试冲与调整简称为调试。

1. 冲模调试的目的

① 鉴定冲压件和模具的质量。试冲的主要目的之一就是检查冲出的冲压件是否符合冲压件图样规定的质量和尺寸要求,模具本身的动作是否合理可靠,从而确定该模具能否交付使用。

② 确定冲压件的成形条件。在对模具进行调试直至冲出合格冲压件的过程中,可以掌握模具的使用性能、冲压件的成形条件、方法及规律,从而可对冲压件成形工艺规程的

制定提供可靠的依据。

③确定冲压件的毛坯形状、尺寸及用料标准。有些形状复杂或精度要求较高的冲压件,很难在设计时精确地确定出变形前坯料的形状和尺寸,为了能得到较准确的坯料形状、尺寸和用料标准,只有通过反复调试模具才能确定。

④确定工艺和模具设计中的某些尺寸。对于一些在工艺和模具设计中难以用计算方法确定的工艺尺寸,如拉深模的凸、凹模圆角半径、某些部位的几何形状与尺寸等,必须经过试冲、修正直至冲出了合格的冲压件后方能最后确定。

⑤通过调试过程中发现问题、分析问题和解决问题,可不断积累经验,从而有助于提高模具设计与制造水平。

2. 冲模调试的内容与要求

(1)冲模调试的主要内容 冲模调试时包括以下主要内容。

①装配后的冲模能否顺利地安装在指定的压力机上。

②用指定的坯料能否在模具上顺利地冲出合格零件来。

③检查冲压件的质量是否符合冲压件图样要求。若发现冲压件有缺陷,要分析产生缺陷的原因,并设法对冲模进行修正,直至能冲出一批完全符合图样要求的冲压件为止。

④根据设计要求,进一步确定出某些模具需经试冲后才能决定的形状和尺寸,并修正这些尺寸,直到符合要求。

⑤根据调试的情况和结果,为工艺部门提供编制冲压件成形工艺规程的依据。

⑥排除影响生产、安全、质量和操作等的各种不利因素,使模具能稳定地进行批量生产。

(2)冲模调试的要求 冲模在调试时,应按下述要求进行。

①冲模的外观要求。冲模在试冲前,要经外观检验合格后才能在压力机上试冲。检验时,应按冲模技术条件对外观的技术要求进行全面检查。

②试冲材料的要求。试冲前,被冲材料必须经过质检部门检验,并符合技术协议(供货合同)的规定要求,尽可能不采用代用材料。

③试冲设备的要求。试冲时采用的压力机,其公称压力、精度等级及有关技术规格均应符合工艺规程的要求。

④试冲零件的数量。试冲的冲压件数量要根据使用部门的要求确定。一般情况下,小型冲模应大于50件,硅钢片冲模大于200件;自动冲模连续试冲时间应大于3min;贵重金属冲压件的冲模其试件数量由使用部门自定。

⑤模具交付要求。经调试后交付使用的冲模应能达到的要求是:能顺利地安装在指定的压力机上,能稳定地冲出合格的冲压件来,能安全地进行操作使用。冲模达到上述要求后,即可交付使用或入库保管。但入库保管的新冲模要附带有检验合格证及试冲后的冲压件,在无规定的情况下试冲件至少应有3~10件。

三、冲模的安装

冲模的调试及批量生产冲压件,都必须正确安装在指定的压力机上进行。冲模的安装是否正确合理,不仅影响冲压件的质量,而且还影响模具的寿命及工作安全。

冲模的安装方法与模具结构尺寸大小有关。这里以有导向装置的中小型冲模为例介绍其安装步骤及方法。

①检查冲模及压力机的技术状态。安装冲模以前,应先检查冲模的安装及使用要求与压力机的有关技术规格是否协调一致,部件是否灵活可靠,压力机的离合、制动及操纵机构等是否能正常工作。

②清除压力机滑块底面、工作台面(或垫板平面)及冲模上模座的上平面与下模座的下底面异物,不得有任何污物及金属渣屑存在。

③准备好安装冲模用的紧固螺栓、螺母、压板及垫块等。

④用手扳动压力机飞轮(中、大型压力机用微动按钮)将压力机的滑块调至上止点位置,并转动压力机调节螺杆,将连杆长度调到最短。

⑤将冲模置于压力机工作台或垫板上,移至近似工作位置。对于无导柱的冲模,可用木块将上模托起,有导柱的冲模可直接放在压力机台面上。

⑥用手扳动压力机飞轮,使滑块慢慢靠近上模,并将模柄对准滑块孔,然后再使滑块缓慢下移,直至滑块下平面贴紧上模座的上平面后,拧紧紧固螺钉,将上模固紧在滑块上。

⑦通过调整连杆长度,将压力机闭合高度或装模高度调至与模具闭合高度相符。

⑧启动压力机,使滑块停在上止点。擦净导柱、导套及滑块各部位,加以润滑油,再开动压力机空行程2~3次,依靠导柱和导套的自动调节把上、下模导正。然后将滑块停于下止点,用压板、垫块和螺栓将下模固紧。

⑨送入条料进行试冲。根据试冲情况,调整压力机闭合高度(或装模高度)以及卸料、推件与顶件装置的位置和压力,直到能冲出合格冲压件。

第二章 板料成形性试验与成形性评估

第一节 基本成形性与模拟成形性

一、基本成形性

基本成形性通常指从标准单向拉伸试验中取得的参数,其中又包括基本性能参数与基本成形参数。板材基本性能参数有弹性模量、屈服强度、极限强度、颈缩延伸率、最大断面收缩率等,以上各参数都能在一定程度上反映板料成形性的优劣。

基本成形参数主要有:

(1)厚向异性指数 r 值或 \bar{r} 值。其中 \bar{r} 值为与轧制方向成 0° 、 45° 、 90° 所取试件的平均值。对于大多数塑性金属,尤其是碳钢, \bar{r} 值能较好地反映材料的拉深成形性, \bar{r} 值越大,拉深性指数 LDR 值也越大。但对硬铝、铜合金和一些脆性材料, r 值与 LDR 的相关性较差。

(2) Δr 值 $\Delta r = \frac{1}{2}(r_{0^\circ} + r_{90^\circ} - 2r_{45^\circ})$ 。 Δr 值除可以说明拉深件杯口是否出现凸耳外,在一定程度上也说明材料成形性的优劣,因为板料成形中起皱和裂纹多始于 r 最小值的方位。

(3) n 值,即材料的硬化指数。 n 值通常是沿与轧制方向呈 0° 、 45° 、 90° 所取 n 值的平均值。 n 值可以说明材料抗颈缩的能力。理论上 $n = \epsilon_j$, 大的 n 值有助于变形区不断转移,使应变趋于均布。

二、模拟试验参数

模拟试验是指用统一规定的试件、模具、判据和变形条件,来模拟典型的成形方式的试验。通常以成形极限作为参数。常用的模拟试验有以下几种。

1. 扩孔成形试验

扩孔成形试验即用规定尺寸的模具,对一定内外径的有孔圆试件进行扩孔的试验,如图 2-1 所示。它以孔边缘或孔附近材料濒临出现细颈或裂纹时的扩孔比作为参数,或称 KWI 值,即

$$KWI = \frac{d_1 - d_0}{d_0} \times 100\%$$

应注意的是,扩孔试验有两种方法:一是采用球头圆柱形凸模扩孔;二是采用平底圆柱形凸模扩孔。前者试件的变形为扩孔与胀形的复合变形,其试验参数反映的是有拉胀变形下的极限扩孔量。此外,摩擦因素将起着相当大的作用。后者试件的变形为单纯的扩孔变形,该试验参数能单纯地反映材料的极限扩孔量,并且与摩擦因素无关。

在扩孔试验中,孔边缘状态对扩孔值十分敏感。经切削或铰制的孔,比较理想,能充分发挥孔边缘材料的塑性性能。冲裁孔有硬化区、毛刺和微裂,往往孔边缘在出现颈缩前材料已发生宏观裂纹,因而,不能真实反映材料对扩孔的适应能力,但却可以反映材料对毛刺微裂等缺陷的敏感性。从工艺角度可用冲孔,从鉴定成形性角度则不适合。

在试验数据的处理中,试验点测量应重复 10 次,舍去其最大与最小值,取其间 8 次的平均值。这是因为扩孔值受孔边缘加工的影响较大,而孔加工又包括有许多偶然性因素。

除 KWI 值外,扩孔试验也可用凸模行程 h 值作为指标。 h 值实际上由三部分组成:

- (1) 孔边缘材料经凸模圆角流向筒壁产生的高度;
- (2) 凸缘收缩产生的高度;
- (3) 筒壁拉深产生的高度。

由 A 的组成可以看出, h 值综合反映了材料对扩孔、拉深复合变形的适应能力。此外, h 值易于在试验中获得。

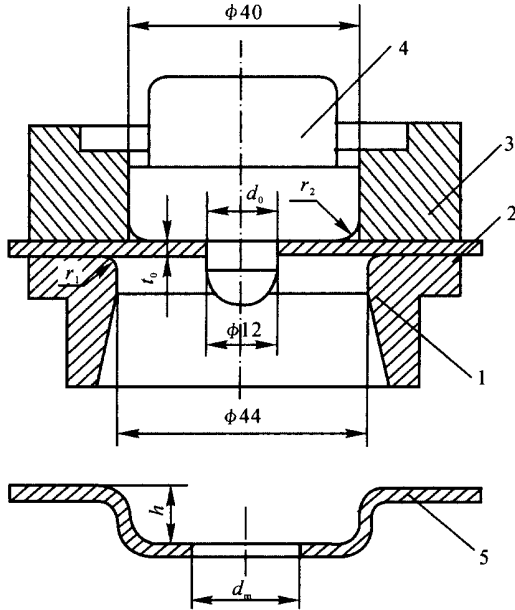


图 2-1 扩孔成形试验装置

2. 杯突试验

杯突试验即用规定直径的球凸模,对夹持于凹模与压边圈之间的试件进行压坑的试验,如图 2-2 所示。它以坑底部刚出现裂纹时的坑深(以 mm 计)作为参数,称为杯突值

I_E 。

杯突试验是为求试件适应拉胀成形能力的试验,但目前采用的定压边力试验方法,并不能完全防止凸缘区材料的内流,尽管由于部分内流形成的杯突高度是有限的,但仍占一定的比例。此外,当材料厚度较大时,由于试件绕凸模产生弯曲变形,改变了断面上的均匀应力分布,因而,对于破裂出现的时刻亦有一定的影响。总之,目前的杯突试验只能说反映材料拉胀成形的性能,但并不是完全单纯的。

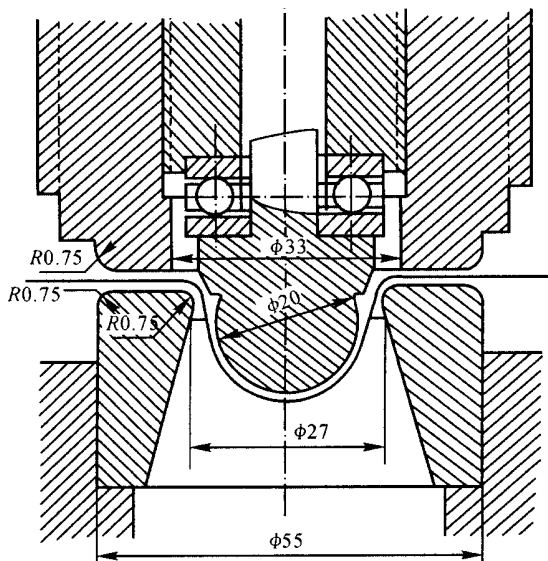


图 2-2 杯突试验装置

杯突试验数据比较分散的一个重要原因就在于试验终点不易判断和控制。在手动试验机上,它受操作者的人为因素影响较大。在凸模载荷达到最大值 P_{\max} 时,试件变形区材料已达到分散性失稳,紧接着便是集中性失稳、细颈的出现直至发展为裂纹产生。从 P_{\max} 的出现到裂纹的发展这段时间间隔,依不同材料而有差异,通过试验掌握这一点,有利于准确控制试验终点。

I_E 值实际上由三部分组成:

- (1) 与球形凸模接触区试件拉胀变形产生的高度;
- (2) 悬空区拉伸变薄产生的高度;
- (3) 凸缘区收缩产生的高度。

试件与球形凸模之间的润滑影响着试件接触部分材料变形的均匀性,从而影响着这部分材料产生的高度,试件与压边圈之间的润滑影响着凸缘收缩量的大小,从而影响着凸缘所产生的高度。同时,不同润滑条件对杯突值也有明显影响。

当两种材料具有相同的 I_E 值时, P_{\max} 小者,材料有较小的变形抵抗力,裂纹距顶点的距离近者,变形程度比较均匀。

3. 拉深试验

拉深试验是在规定尺寸模具上,将圆试件拉深成为平底杯形件的试验,如图 2-3 所

示。拉深试验包括三种不同类型的试验方法：A型、B型和C型。各种类型具有不同的试验指标，但均可以反映试件的拉深成形性能。

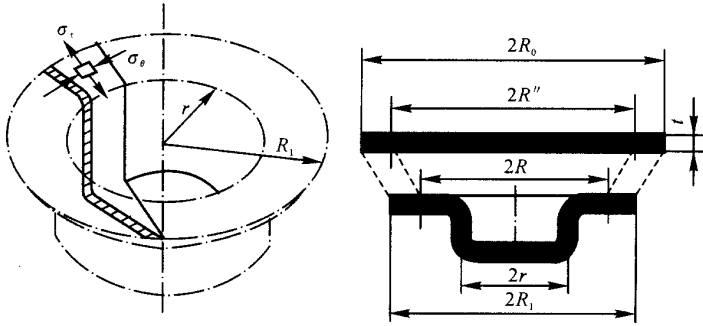


图 2-3 拉深试验

A型压延试验是采用规定原始直径为 $D_0 = 90 \text{ mm}$ 的试件在规定拉深模具上成形的。它先求出最大成形力 P_{\max} ，再用其他试件求出试件的极限承载力 P_b （即拉断杯壁的力），并以 $T_{\phi 90}$ 作为其试验指标。其中 $T_{\phi 90}$ 表达式为

$$T_{\phi 90} = \frac{P_b - P_{\max}}{P_b} \times 100\%$$

B型试验是为进一步确定板料拉深性能的试验方法。它分别采用两种以上不同直径的试件成形，求出不同的 T 值，利用最大成形力 P_{\max} 近似与试件原始直径 D_0 成线性关系这一原理，推出近似极限拉深比 LDRT。

C型拉深试验是为精确测定板料极限拉深比 LDR 的试验方法。当采用这种方法时，用外径逐步加大的试件，以杯件壁部濒于出现破裂时的试件外径与凸模外径之比作为参数，称为极限拉深比（LDR）。

三种试验方法各有特点，均能反映材料的拉深性能，但三种方法得到的试验指标各不相同，各自从不同的角度反映了材料的拉深性能。

4. 锥杯试验

锥杯试验又称为福井试验，是鉴别材料拉胀与拉深综合成形性的一种方法。将规定外径的试件放于有 60° 锥角无压边的凹模内，用规定直径的球形凸模拉深，至底部出现裂纹为止，如图 2-4 所示。以此时的杯口平均直径 D_m 与原试件直径 D_0 之比为参数，称为 CCV。

$$CCV = \frac{D_0 - D_m}{D_0}$$

由于成形后杯口有凸耳产生，使得 D_m 的测量较为困难。在不具备专用测量工具的情况下，可以用游标卡尺在与轧制方向呈 0° 、 45° 、 90° 、 135° 四个方向上分别测量杯口直径后取其平均值作为 D_m 。

锥杯试验是日本人福井伸二 1938 年首先提出的。其后又进行了系统的研究，并于 1964 年正式成为日本国家标准。这是一个成熟的标准文本，其后数十年的工业应用也证明了这一点。

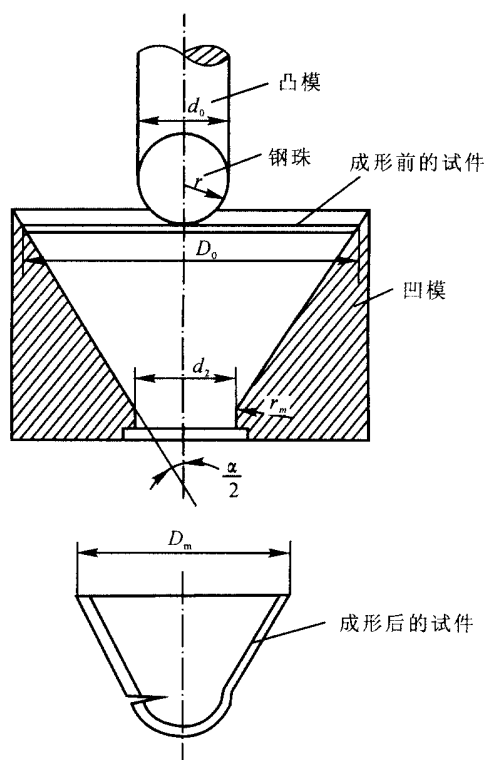


图 2-4 锥杯试验

5. 弯曲试验

金属薄板最小相对弯曲半径试验方法适用于厚度 $t < 2 \text{ mm}$ 的金属薄板。试件应在沿轧制方向呈 0° 、 45° 、 90° 方向选取。对于不同的凸模,可根据不同要求,分别采用下述不同的判据判断最小弯曲半径 R_{\min} 的出现:

- (1) 目测变形区外层出现裂纹或明显凹陷;
- (2) 用 20 倍显微镜观察出现裂纹或明显凹陷;
- (3) 用扫描电子显微镜放大 250 倍观察出现裂纹。

弯曲有多种不同的方法,但生产中采用最多者为三点压弯成形,如图 2-5 所示。压弯又分为有底模弯曲和无底模弯曲。有底模弯曲有较多的其他影响因素,例如摩擦、压校力等。选用无底模弯曲作为试验方法,不仅变形因素单纯,而且模具较简单。

测量最小相对弯曲半径有两种不同的处理方法:①用未卸载情况下,刚刚出现裂纹的 R_{\min}/t 为指标;②用卸载经回弹后的 R_{\min}/t 基为参数。因后者便于测量弯曲角度,因此多采用。

三、评估参数与模拟成形性的相关性

材料的基本成形性能试验所提供的材料参数,只能作为定性综合评价板料成形性能的依据,难以直接用于评价板料对某一具体成形工序的适应能力。然而,现实工序极其

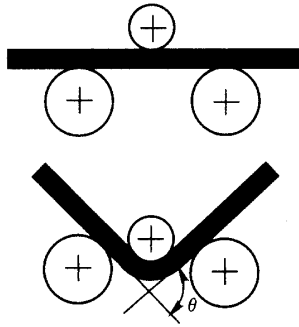


图 2-5 弯曲试验

复杂多样,难以一一观察、分析和研究,只能选取一些典型的成形工序,以小尺寸的试件,用试验求得板材在这类典型工序中的极限变形程度,并以此作为评估板材对这类工序适应能力的指标,即模拟成形性试验。

表 2-1 所示是 10 余种板材单向拉伸试验测定的基本性能数据,表 2-2 所示是对表 2-1 中所示的 10 余种板材的拉深、杯突、锥杯和扩孔四种模拟指标的试验测定。

表 2-1 单向拉伸试验数据

试验数据 材料	$\frac{A}{\text{MPa}}$	n	r	Δr	$\frac{\sigma_b}{\text{MPa}}$	$\frac{\sigma_j}{\text{MPa}}$	$\frac{\delta_{10}}{\%}$	$\frac{\varphi}{\%}$
SPCC - SD	570.218	0.206 2	1.303	0.354	343.902	411.550	46.18	56.14
20 号钢	758.051	0.233 3	0.890	0.096	430.370	539.796	39.53	54.99
45 号钢	887.719	0.210 5	0.783	0.152	521.977	639.975	32.99	48.00
08Al(太钢)	645.075	0.211 8	1.179	0.585	376.382	464.341	40.11	52.47
A3	614.241	0.221 3	0.953	0.246	357.092	439.932	40.64	48.23
SPCEN	581.035	0.253 2	1.825	0.483	322.895	410.354	53.79	58.78
08Al(HF)	566.962	0.224 2	1.676	0.916	327.388	405.480	49.11	56.88
08Al(ZL)	614.918	0.250 9	1.220	0.327	337.811	434.763	46.09	57.91
K08Al(鞍钢)	561.078	0.246 9	1.778	0.869	314.775	397.222	48.60	58.55
08Al(鞍钢)	668.817	0.244 8	1.067	0.477	373.774	473.903	44.07	56.38

表 2-2 模拟指标预估值

材 料	SPCC - SD	20 号钢	45 号钢	08AL (太钢)	A3	SPCEN	08AL (HF)	08AL (ZL)	K08AL (鞍钢)	08AL (鞍钢)
模拟参数										
I_E	11.17	11.28	11.04	11.095	11.065	11.320	11.273	11.107	11.128	11.157
LDR	2.247	2.13	2.110	2.220	2.128	2.410	2.364	2.247	2.392	2.203
KWI	108.19	98.64	81.07	104.391	196.23	185.97	144.32	132.69	175.33	117.89
k	2.161	1.853	1.087	1.830	1.909	2.792	2.241	2.437	2.072	2.241
CCV	0.226	0.215	0.192	0.231	0.186	0.253	0.245	0.243	0.227	0.223

注： $k = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{d_i}{d_{0i}}$ 称为扩孔率。式中 d_{0i} 是扩孔试验中采用的初始孔径； d_i 是相应于 d_{0i} 扩孔后的直径。

影响板材成形性能的因素很多，首先应该找到与成形性能较为密切相关的基本性能参数，分别加以比较和筛选，进行一元相关分析。

利用一元相关分析，得到一系列基本性能参数与四种模拟性能参数之间的相关系数，见表 2-30 为了减少试验工作量，每种试件，每种材料只测试 6 块试件，要确定所求得相关系数的可靠性，根据数理统计知识，在小样本情况下，可用双尾检验法来测定。检验的结果见表 2-4。

从表 2-3 和表 2-4 可以看出：

- (1) 在 1% 的显著水平上，杯突值 I_E 与 δ_{10} 、 φ 、 ϵ 有显著相关性存在；
- (2) 在 1% 的显著水平上，扩孔率 k 值与 δ_{10} 、 φ 、 ϵ 、 σ_j 、 σ_b 有强相关性存在；
- (3) 在 1% 的显著水平上，LDR 与 δ_{10} 、 φ 有显著相关性存在；
- (4) 在 5% 的显著水平上，锥杯比 CCV 值与 n 、 r 、 δ_{10} 、 φ 、 σ_b 、 σ_j 、 ϵ 有显著相关性存在。

第二节 圆孔翻边成形极限的确定

一、材料与试验方法

圆孔翻边成形极限确定的试验是对工业纯钛、 $\alpha + \beta$ 钛、30CrMnSiA 钢和 LY12 铝合金板料进行的，原材料是退火状态。材料的单向拉伸性能数据见表 2-5。表中 ϵ_j 是用对数计算的均匀延伸率，硬化指数 n 是指延伸率范围为 2% 到 ϵ_j 之间的值；厚向异性指数 $r =$

$\frac{d\epsilon_b}{d\epsilon_t}$ (而不是 $R = \frac{\epsilon_b}{\epsilon_t}$)； $\varphi_{断}$ 是试件断裂剖面收缩率。

表 2-3 一元线性相关系数

基本参数	n		r		δ_{10}		φ		σ_b		σ_j		Δr		ϵ		
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	
I_E	0.726 1	0.702 2	0.580 9	0.903 9	-0.683 4	-0.683 4	0.544 1	0.795 7									
LDR	0.374 9	0.722 1	0.801 2	0.839 2	-0.538 5	-0.532 0	0.469 3	0.621 8									
k	0.664 5	0.697 9	0.920 7	0.806 6	-0.850 2	-0.810 3	0.378 6	0.925 8									
CCV	0.587 8	0.779 3	0.864 9	0.919 7	-0.650 9	-0.610 3	0.521 2	0.750 6									

表 2-4 相关系数检验表

基本参数	n		r		δ_{10}		φ		σ_b		σ_j		Δr		ϵ	
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
I_E	+		+		+	+	+	+	+		+				+	+
LDR			+		+	+	+	+							+	
k	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+			+	+
CCV	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+			+	

表 2-5 试验材料的机械性能

试验材料及试件厚度	试件方向	$\frac{\sigma_{0.2}}{\text{MPa}}$	$\frac{\sigma_b}{\text{MPa}}$	ϵ_j	$r = \frac{d\epsilon_b}{d\epsilon_t}$	n	$\varphi_{断}$
TA2M 1.2mm	0°	376	522	0.125	1.76	0.126	0.569
	45°	407	506	0.117	2.15	0.120	0.288
	90°	438	517	0.103	2.74	0.109	0.624
	平均值	407	513	0.116	2.20	0.119	0.592
TA2M 2.0mm	0°	405	516	0.118	2.47		0.547
	45°	427	497	0.113	3.25		0.567
	90°	437	498	0.110	3.02		0.592
	平均值	424	502	0.114	3.00		0.568
TC1M 1.2mm	0°	518	767	0.161	1.16		0.401
	45°	543	718	0.142	2.90		0.496
	90°	574	748	0.094	2.43		0.480
	平均值	545	738	0.135	2.35		0.468

试验材料及试件厚度	试件方向	$\frac{\sigma_{0.2}}{\text{MPa}}$	$\frac{\sigma_b}{\text{MPa}}$	ϵ_j	$r = \frac{d_{\epsilon_b}}{d_{\epsilon_t}}$	n	$\varphi_{\text{断}}$
TC3M 1.2mm	0°	786	896	0.080	1.18	0.093	0.300
	45°	827	828	0.040	2.55	0.044	0.346
	90°	882	890	0.017	1.27	0.020	0.384
	平均值	831	861	0.044	1.89	0.050	0.344
30CrMnSiA 2.0mm	0°	378	560	0.152	0.73	0.157	0.570
	45°	410	599	0.138	0.96	0.141	0.580
	90°	428	621	0.123	1.14	0.135	0.442
	平均值	407	595	0.138	0.95	0.144	0.543
LY12M 2.0mm	0°	91	200	0.141	0.76	0.185	0.393
	45°	87	188	0.134	1.35	0.160	0.474
	90°	90	188	0.136	0.73	0.163	0.434
	平均值	89	191	0.136	1.05	0.167	0.444

表 2-5 中的平均值是这样计算的: 如果以 A_{0° 、 A_{45° 、 A_{90° 分别代表与板材轧制方向成 0° 、 45° 、 90° 三个方向所取试件的某一性能, 则其平均值 A_{CP} 为

$$A_{CP} = \frac{A_{0^\circ} + 2A_{45^\circ} + A_{90^\circ}}{4} \quad (2-1)$$

试验用凸模端头为半球面; 凸模相对进入速度约为 $20\text{mm}/\text{min}$ 。为了观察材料各向异性的影响, 在毛料上预先用铅笔画上“板材轧制方向”的标记。

毛料内孔是这样制备的: 在车床上先钻孔, 再镗孔, 然后用油石打光孔边。实践表明, 除切削性不太好的 LY12M 外, 所试验的其余四种材料都能得到满意的内孔表面质量。至于 LY12M, 镗孔后仍留有油石难于磨净的毛刺, 得先用刮刀刮一下才能打光。

极限翻边因数的试验值按下式计算:

$$K_{\max} = \frac{D_{CP}}{d_0} = \frac{D_{\text{凸}} + t}{d_0} \approx \frac{D_{\text{凸}} + t_0}{d_0} \quad (2-2)$$

式中, $D_{\text{凸}}$ 是凸模拉体部分的直径; d_0 是最小许用孔径; t 是翻边边缘瞬时厚度; t_0 是原始厚度。

二、试验结果与分析

试验观察到的一个重要现象是,对所有的钛板,裂纹总是发生在与板材轧制方向垂直的筒壁边缘上,对 30CrMnSiA 材料,裂纹总是发生在与板材轧制方向一致的筒壁边缘上。考虑到边缘材料所受拉力的实际方向差是 90° ,故由此可得出,对钛板其翻边能力是取决于其轧制方向的性能。由表 2-5 所列数据看到,仅是一个性能参数 φ 与此现象一致,其他性能参数 t, n, ε_j 等的最小值方向与此现象就不尽然符合了。因而就自然得出,板材单向拉伸时的剖面收缩率是决定其圆孔翻边成形极限的主要参数这一结论。

由此,圆孔翻边的极限翻边因数基本上应该可按式确定。

$$K_{\max} = \frac{D_{\text{凸}} + t_0}{d_0} = \frac{1}{1 - \varphi} \quad (2-3)$$

至于 LY12M 材料,或许是内孔表面质量难于完美和稳定的影响未能降低至最低程度,掩盖了板材各向异性的影响,致使翻边件裂纹部位无一定规律。对切削性能不太好的材料,有无其他更好的内孔加工方法,有待进一步探讨。

内孔采用不同加工方法对翻边极限的试验结果列于表 2-6。

至于相对厚度的影响,可以这样考虑,即认为式(2-3)还没有计及筒壁是有着一定的曲度的影响。有曲度后与平板的差别,首先是筒壁内、外侧的材料其变形程度不一样了,其次是这种曲度的造成正是凸模强迫的,或者说筒壁内侧作用有凸模施加的压力。一般借取壁部的平均应力和平均应变为分析对象来考虑前一影响,在此基础上考虑后一影响。

表 2-6 不同加工方法对极限翻边因数的影响

试验材料		牌号	TC1M		TC3M		30CrMnSiA		备注
		名义厚度 t_0/mm	1.2		1.2		2.0		
模具尺寸		相对厚度 ($t_0/D_{\text{凸}}$)(%)	3.2		4.3		7.7		加工方法 I: 在车床上先钻孔,后镗孔,再用油石打光。加工方法 II: 在车床上先钻孔,后镗孔再用砂纸打光孔边
		凸模直径 $D_{\text{凸}}/\text{mm}$	37.6		27.6		26.0		
凹模	模腔直径/mm	40.0		30.0		30.0			
		圆角半 TCA /mm	6.0		10.0		10.0		
被翻边孔的加工方法			I	II	I	II	I	II	
被翻边孔的最小原始直径 d_0/mm			23.0	26.5	20.0	26.5	14.0	17.3	
极限翻边因数	$K_{\max} = \frac{D_{\text{凸}} + t_0}{d_0}$ 试验值		1.69	1.46	1.44	1.09	2.00	1.62	
	内孔加工方法 I 比方法 II 降低		13.6%		24.3%		19.0%		
			平均降低 19.0%						

设作用在被翻孔壁边缘内侧单位高度上的单位压力为 p , 边缘材料圆周方向的平均应力为 $\bar{\sigma}_\theta$, 则按平衡方程, 有

$$p = \frac{2t}{D_{CP}} \bar{\sigma}_\theta = \frac{2t}{D_{\square} + t} \bar{\sigma}_\theta$$

由于 p 的存在, 除外表面材料外, 其他边缘材料就不是纯单向应力状态了。为了简单地计及其影响, 设材料在壁厚方向都受有平均应力 $\bar{\sigma}_t = -\frac{1}{2} \frac{2t}{D_{CP}} \bar{\sigma}_\theta$ 的作用, 那么, 这种侧向压力是有助于材料的变形伸长的。厚向异性板料在厚向主应力 σ_3 和板面内的一个主应的 σ_1 的应力状态下的塑性条件为

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{1+r}{2+r}} \sqrt{\sigma_1^2 = \frac{2}{1+r} \sigma_1 \sigma_3 + \frac{2}{1+r} \sigma_3^2} \quad (2-4)$$

σ_i 是变形抗力, 它与变形程度 ε_i 之间的关系, 通常可用幂函数表示, 即

$$\sigma_i = A \varepsilon_i^n \quad (2-5)$$

对现在研究的情况, $\sigma_i = \bar{\sigma}_\theta$, $\sigma_3 = -\frac{t}{D_{CP}} \bar{\sigma}_\theta$ 。同时, 简单加载条件下单向拉伸时的变形程度为

$$\varepsilon_i = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{\frac{2+r}{1+r}} \varepsilon_l \quad (2-6)$$

式中, ε_l 是拉应力方向的伸长应变, 对于翻边来说, $\varepsilon_l = \bar{\varepsilon}_\theta = \ln \frac{D_{CP}}{d_0}$ 。将这些关系代入式(2-4)和式(2-6), 并应用式(2-5), 可得翻边时圆周方向的平均应力 $\bar{\sigma}$ 和平均应变 $\bar{\varepsilon}_\theta$ 之间的关系式为

$$\sqrt{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{1+r}{2+r}} \sqrt{1 + \frac{2}{1+r} \left(\frac{t}{D_{\square} + t} \right) + \frac{2}{1+r} \left(\frac{t}{D_{\square} + t} \right)^2} \bar{\sigma}_\theta = A \left(\sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{\frac{2+r}{1+r}} \ln \frac{D_{CP}}{d_0} \right)^n \quad (2-7)$$

另一方面, 式(2-4)和式(2-6)对单向拉伸试件度验情况自然也适用。但颈缩后应力、应变状态的不均匀情况, 严格考虑有困难, 在此只能与通常一样, 仍认为是均匀的单向应力状态。这样, 对单向伸试件, $\sigma_1 = \bar{\sigma}_l$, $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$, $\varepsilon_l = \bar{\varepsilon}_l = \ln \frac{1}{1-\varphi}$ 。同样代入式(2-4)式(2-6)和式(2-5), 得单向拉伸时平均应力 $\bar{\sigma}_l$ 和平均伸长应变 $\bar{\varepsilon}_l$ 之间的一个关系式为

$$\sqrt{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{1+r}{2+r}} \bar{\sigma}_l = A \left(\sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{\frac{2+r}{1+r}} \ln \frac{1}{1-\varphi} \right)^n \quad (2-8)$$

为了能得到一个即使是近似的定量关系, 可假设, 圆孔翻边边缘材料接近破裂时的平均应力 $\bar{\sigma}_\theta$, 与该材料该方向单向拉伸试件接近破裂时的平均应力 $\bar{\sigma}_l$ 相等。因此, 在这个假设条件下, 由式(2-7)和式(2-8)可得极限翻边因数为

$$K_{\max} = \frac{D_{CP}}{d_0} = \left(\frac{1}{1-\varphi} \right) \left[1 + \frac{2}{1+r} \left(\frac{t}{D_{\square} + t} \right) + \frac{2}{1+r} \left(\frac{t}{D_{\square} + t} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2n}} \quad (2-9)$$

道次近似时,可取式中的 $t \approx t_0$ 代入计算。算得道次近似的 K_{\max} 后,翻边边缘的壁厚 t 就可按如下的分析得出:设壁厚的平均应变为 $\bar{\epsilon}_t = \ln \frac{t}{t_0}$,而圆周方向的平均应变,如前所述,是 $\bar{\epsilon}_\theta = \ln \frac{D_{CP}}{d_0} = \ln K$,注意到边缘是单向拉伸状态,应用体积不变条件和厚向异性指数的定义,有 $(1+r)\bar{\epsilon}_t + \bar{\epsilon}_\theta = 0$ 的关系存在。由此推导出翻边后孔边缘的壁厚为

$$t = t_0 \left(\frac{1}{K} \right)^{\frac{1}{1+r}} \quad (2-10)$$

本式可用于 K 为任何值时的情况。应用式(2-9)计算极限翻边因数时,则将首次近似的 K_{\max} 代入,算出道次近似的 t ,将它代回式(2-9),算出二次近似的 K_{\max} ,将它代入式(2-10),算出再次近似的 t ,如此逐步计算,直到计算精度满足为止。

这里研究材料的试验结果,以及按式(2-3)和式(2-9)或式(6-10)计算的结果列于表2-7。应用式(2-9)和式(2-10)时,是编程计算的;一般循环计算三次,已能准确到小数点后第三位,列入表2-7时,取到小数点后两位。

表2-7中还列入了按拉伸失稳理论预计的结果。计算公式为

$$K_{\max} = e^{(1+r)n} \quad (2-11)$$

可以看出,无论是用哪种 n, r 取值方法,按拉伸失稳理论计算的都偏小较多,除个别数据外,一般偏小20%以上,甚至偏小有大于40%的情况。

以剖面收缩率预计的数值,即使不计及相对厚度的影响,偏差也小多了,只有一个数据略超过10%,其余的都较小。而且,如所预料,是比试验值偏小。

计及厚度的影响,应用式(2-9)和式(2-10)循环计算的结果,与试验数据更为接近,只有少数偏差超过6%,而且偏差是有正有负,比较合理的。

至于翻边边缘最薄壁厚的预计值,由表中所列数据看到,偏差稍大些,但也不超过10%。

需要指出的是,式(2-9)只能用于硬化材料,与式(6-11)一样,不能用于理想塑性材料。原因是,对 $n=0$ 的理想塑性材料,给定应力并不能给定应变,而式(6-9)是从应力出发,即假设 $\bar{\sigma}_\theta = \bar{\sigma}_1$ 导出的。对于式(6-3),因为它的导出没有用到类似条件,故对理想塑性材料同样适用。

另外,如果不管 φ 与 r, n 的内在联系如何,假如 φ 是一定值的话,单就式(6-9)的指数部分看, n 值大、 r 值大,都将使极限翻边因数减小;乍看起来,这似与 n 和 r 值大,材料成形性好的一般认识矛盾;但在这里,并非没有物理意义。

n 值越大,意味着筒壁上内、外层的 σ_θ 差值越大;而 r 值大,则意味着壁厚变薄的量小,亦即外层材料实际的变形大些。在这两种情况下,外层材料自然较易破裂。

但是, n, r 的这种影响只是体现在相对厚度影响上的,而如表6-7所示,这种影响并不大,主要要看 φ_0 。当然, φ, n, r 三者之间或许就存在着一定的关系,并不是三个相互独立的量。

第三章 钣金冲压件机械成形技术工艺

第一节 弯 曲

一、概述

把平板坯料、型材或管材等弯成一定曲率、一定角度形成一定形状零件的冲压工艺称为弯曲。

当坯料上作用有外弯曲力矩 M 时,坯料的曲率发生变化。坯料上曲率发生变化的部分(图 3-1 中的 A、B、C、D 部分)是变形区。坯料变形区内靠近曲率中心的一侧(下称内层)的金属在切向压应力的作用下产生压缩变形,远离曲率中心一侧(下称外层)的金属在切向拉应力的作用下产生伸长变形。坯料变形区内的切向应力分布如图 3-1 所示。

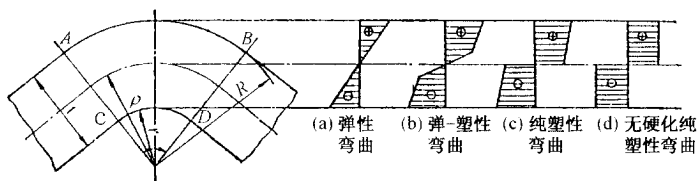


图 3-1 弯曲坯料变形区内切向应力分布

金属板的弯曲过程可分为三个阶段：

1. 弹性弯曲阶段

当外弯曲力矩的数值不大,在坯料变形区的内、外两表面引起的应力小于材料的屈服点 σ_s ,仅在坯料内部引起弹性变形。这一阶段变形区内的切向应力分布如图 3-1(a)所示。

2. 弹-塑性弯曲阶段

当外弯曲力矩的数值继续增大时,坯料的曲率半径随着变小,坯料变形区的内、外表面首先由弹性变形状态过渡到塑性变形状态,以后塑性变形由内、外表面向中心逐步扩展。应力分布如图 3-1(b)所示。

3. 纯塑性弯曲阶段

当外弯曲力矩继续增大时,坯料变形区的材料完全处于塑性变形状态,其应力分布如

图 3-1(c)(d)所示。

坯料断面上的应力,由外层的拉应力过渡到内层的压应力,中间必定有一层金属的切向应力为零,称为应力中性层。同样,应变的分布也是由外层的拉应变过渡到内层的压应变,其间必有一层金属的应变为零,弯曲变形时其长度不变,称为应变中性层。在弹性弯曲或弯曲变形程度较小时,应力中性层与应变中性层相重合,位于板厚的中央;当弯曲变形程度较大时,应力中性层和应变中性层都从板厚的中央向内层移动,而且应力中性层的位移大于应变中性层的位移。

窄板在弯曲时,其横剖面发生很大的畸变:在弯曲处的板厚减小,内层变宽,外层变窄,内外层均呈曲状(图 3-2)。宽板在弯曲时板厚也会变薄,但横剖面几乎没有畸变,因为横向的变形被宽度大的材料抵抗力所阻止。

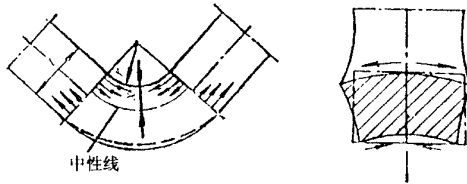


图 3-2 弯曲过程的图形

板材弯曲,根据所用设备和工具的不同,可分为压弯、拉弯、滚弯、滚压成形(辊型)四大类。本节主要以压弯为例加以说明。

弯曲按钢材在弯曲前加热与否分为冷弯、热弯。钢材加热至 500℃ 以上时,屈服极限降低,塑性显著提高,弹性变形明显减小。所以加热弯曲时,弯曲力下降,弹复现象消失,最小弯曲半径减小,有利于按加工要求控制变形。但热弯曲工艺比较复杂,高温下材料易氧化、脱碳,因而影响弯曲件的表面光洁度、尺寸精度和力学性能。热弯曲要在材料的再结晶温度之上进行,钢材的化学成分对确定加热温度的影响很大。

表 3-1 为常用材料的热弯曲温度。

表 3-1 常用材料的热弯曲温度

材 料 牌 号	热弯曲温度(℃)	
	加 热	终止(不低于)
Q235A、15、15g、20、20g、22g	900 ~ 1 050	700
16Mn、16MnR、15MnV、15MnVR	950 ~ 1 050	750
15MnTi、14MnMoV	950 ~ 1 050	750
18MnMoNb、15MnVN	950 ~ 1 050	750
15MnVNRe	950 ~ 1 050	750
Cr5Mo、12CrMo、15CrMo	900 ~ 1 000	750
14MnMoVRe	1 050 ~ 1 100	850
12MnCrNiMoVCu	1 050 ~ 1 100	850
14MnMoNbB	1 000 ~ 1 100	750
0Cr13、1Cr13	1 000 ~ 1 100	850
1Cr18Ni9Ti、12Cr1MoV	950 ~ 1 100	850
黄铜 H62、H68	600 ~ 700	400
铝及其合金 L2、LF2、LF21	350 ~ 450	250
钛	420 ~ 560	350
钛合金	600 ~ 840	500

在压力机床上使用弯曲模进行弯曲成形的加工方法称为压弯。压弯时变形有三种方式,如图3-3所示。

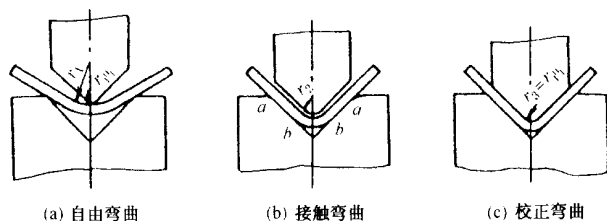


图3-3 材料压弯时的三种变形方式

采用自由弯曲,所需压弯力小,但工作时,靠调整凹模槽口的宽度和凸模的下死点位置来保证零件的形状。批量生产时,弯曲件质量不稳定,所以多用于小批生产中大型零件的压弯。

采用接触弯曲或校正弯曲时,由模具保证弯曲件精度,质量较高而且稳定。但所需弯曲力较大,并且模具周期长、费用高。所以,多用于大批量生产中的中、小型零件的压弯。

二、工艺参数

1. 弯曲半径

弯曲件的圆角半径不宜过大和过小。过大时因受回弹的影响,弯曲件的精度不易保证,弯曲半径过小时容易产生裂纹。我们常用最小弯曲半径 r_{\min} 与弯曲件厚度 t 的比值表示最小相对弯曲半径 $\frac{r_{\min}}{t}$ 。表3-2是经多次试验获得的(考虑了部分工艺因素) $\frac{r_{\min}}{t}$ 的数值。

2. 坯料尺寸

板料弯曲时,应变中性层的长度是不变的。板料弯曲坯料尺寸的确定就是根据弯曲前、后中性层长度不变的原则来确定的。V型单角弯曲坯料尺寸见表3-3至表3-5。

表3-2 最小相对弯曲半径 r_{\min}/t 的数值

材料	正火或退火的		硬化的	
	弯 曲 线 方 向			
	与轧纹垂直	与轧纹平行	与轧纹垂直	与轧纹平行
铝			0.3	0.8
退火紫铜	0	0.3	1.0	2.0
黄铜 H68			0.4	0.8
05、08F			0.2	0.5
08~10 Q195 Q215	0	0.4	0.4	0.8
15~20 Q235	0.1	0.5	0.5	1.0
25~30 Q255	0.2	0.6	0.6	1.2

第三章 板件冲压件机械成形技术工艺

材料	正火或退火的		硬 化 的	
	弯 曲 线 方 向			
	与轧纹垂直	与轧纹平行	与轧纹垂直	与轧纹平行
35 ~ 40 Q275	0.3	0.8	0.8	1.5
45 ~ 50	0.5	1.0	1.0	1.7
55 ~ 60	0.7	1.3	1.3	2.0
硬铝(软)	1.0	1.5	1.5	2.5
硬铝(硬)	2.0	3.0	3.0	4.0
镁合金 MA1 - M MA8 - M	300°C热弯		冷 弯	
	2.0	3.0	6.0	8.0
	1.5	2.0	5.0	6.0
钛合金 BT1 BT5	300°C ~ 400°C热弯		冷 弯	
	1.5	2.0	3.0	4.0
	3.0	4.0	5.0	6.0
铝合金 BM1 ,BM2 $\left(\frac{t}{\text{mm}} \leq 2\right)$	400°C ~ 500°C热弯		冷 弯	
	2.0	3.0	4.0	5.0

注：本表用于板厚小于 10mm，弯曲角大于 90°，剪切断面良好的情况。

表 3-3 在 $r < 0.5t$ 的弯曲中，求坯料展开长度的公式

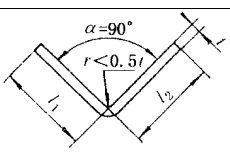
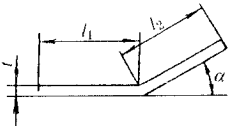
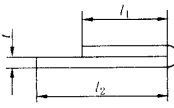
弯曲形式	简 图	计算公式
单角弯曲		$L = l_1 + l_2 + 0.5t$
		$L = l_1 + l_2 + \frac{\alpha}{90^\circ} \times 0.5t$
		$L = l_1 + l_2 + t$

表 3-4

在 $r > 0.5t$ 的弯曲中 求坯料展开长度的公式

弯曲形式	简 图	计算公式
单角弯曲 (切点尺寸)		$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi(180^\circ - \alpha)}{180^\circ} (r + x \cdot t) - 2(r + t)$
单角弯曲 (交点尺寸)		$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi(180^\circ - \alpha)}{180^\circ} (r + x \cdot t) - 2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} (r + t)$
单角弯曲 (中心尺寸)		$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi(180^\circ - \alpha)}{180^\circ} (t + x \cdot t)$

表 3-5

低碳钢板 V 形压弯 90° 时的中性层位移系数 x

r/t	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
x	0.18	0.22	0.24	0.25	0.26	0.28	0.29	0.30	0.32	0.33
r/t	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	≥ 5.0
x	0.34	0.35	0.36	0.37	0.39	0.40	0.43	0.46	0.48	0.50

注:系数 x 见表 3-5。

3. 压弯力

为使材料能在足够的压力下成形,必须计算其压弯力。它是选择压力机工作压力的重要依据。在生产中常用经验公式计算压弯力,见表 3-6。

表 3-6

求弯曲力的经验公式

弯曲方式	经验公式	弯曲方式	经验公式
V 形自由弯曲	$P = \frac{cbt^2\sigma_b}{2L}$	U 形自由弯曲	$P = Kbt\sigma_b$
V 形接触弯曲	$P = \frac{0.6cbt^2\sigma_b}{r_{\text{凸}} + t}$	U 形接触弯曲	$P = \frac{0.7cbt^2\sigma_b}{r_{\text{凸}} + t}$
V 形校正弯曲	$P = F \cdot q$	U 形校正弯曲	$P = F \cdot q$

式中 P ——压弯力(N); b ——弯曲件的宽度(mm);
 t ——弯曲件的厚度(mm);
 L ——凹模槽口两点支间距离(mm);
 $r_{凸}$ ——凸模半径(mm);
 σ_b ——材料的抗拉强度(N/mm²);
 c ——系数,取 $c = 1 \sim 1.3$;
 K ——系数,取 $K = 0.3 \sim 0.6$;
 F ——校正部分投影面积(mm²);
 q ——单位校正力(N/mm²),见表 3-7。

表 3-7 单位校正力 q 值 (N/mm²)

材料	材料厚度(mm)			
	< 1	1 ~ 3	3 ~ 6	6 ~ 10
铝	15 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50
黄铜	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80
10 ~ 20 钢	30 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100
25 ~ 30 钢	40 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 100	100 ~ 120

4. 设备选择

选择压力机时,除考虑弯曲模尺寸、模具高度、模具结构和动作配合以外,还应考虑压弯力的大小。选用的大致原则是:

$$P_{\text{压机}} \geq P_{\text{自}} + p \quad (\text{N}) \quad (3-1)$$

式中 $P_{\text{压机}}$ ——选用的压力机吨位(N);

$P_{\text{自}}$ ——自由弯曲时的压弯力(N);

p ——有压料板或推件装置的压力(N),约为自由弯曲时 $P_{\text{自}}$ 的 30% ~ 80%。

对于校正弯曲,其压弯力比自由弯曲时大得多。因此,选择设备时,可仅以校正弯曲时的压弯力为依据,即

$$P_{\text{压机}} \geq P_{\text{校}} \quad (\text{N}) \quad (3-2)$$

式中 $P_{\text{压机}}$ ——选用的压力机吨位(N);

$P_{\text{校}}$ ——校正弯曲时的压弯力(N)。

三、弯曲时的回弹

弯曲时塑性变形与弹性变形同时存在,当外载荷去除后,弹性变形即消失,因而使工件尺寸与模具尺寸不一致,这种现象称为回弹。

回弹一般以角度的变化来表示;当用大圆角半径弯曲时,除需求出回弹角外,还应求出弯曲半径的变化。

1. 影响回弹的主要因素

(1) 材料的力学性能

材料的屈服极限越高,弹性模数越小,加工硬化越激烈,则回弹越大。

(2)相对弯曲半径 $\frac{r}{t}$

相对弯曲半径 $\frac{r}{t}$ 越大,材料回弹越小,反之,则回弹越大。

(3)弯曲角 α

在弯曲半径一定时,弯曲角 α 越大,表示变形区的长度越大,回弹也越大。

(4)其他因素

零件的形状、模具的结构、弯曲方式及弯曲力的大小、摩擦等,对弯曲件的回弹也有一定的影响。

2. 减小回弹的主要措施

(1)根据计算或经验数据对弯曲模工作部分的形状作必要的修正。

(2)利用弯曲坯料不同部位回弹方向不同的规律,适当调整各种影响因素(模具的圆角半径、间隙、开口宽度、校正力、压料力等),使相反方向的回弹互相抵消。

(3)利用聚胺脂橡胶的软凹模代替金属的刚性凹模进行弯曲。

(4)改变模具结构(如带摆动块、局部突起等)。

四、压弯模

压弯模的结构形式,根据弯曲件的形状、精度要求及生产批量等进行选择。最简单而且常用的是无导向装置(利用压床导向)的单工序压弯模。这种压弯模可以整体铸造,并加工而成(如图3-4(a)、(b)所示),也可以利用钢材焊接而成(如图3-4(c)、(d)所示),或由若干零件装配、组合而成。

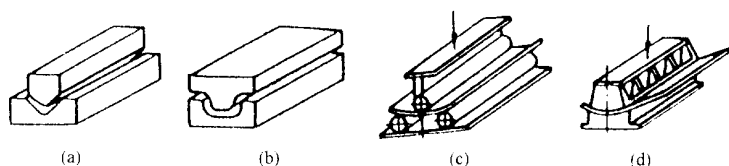


图3-4 压弯模具结构形式

冷作工所用的压弯模,多数采用焊接而成,并且尽量少用或不用切削加工零件。

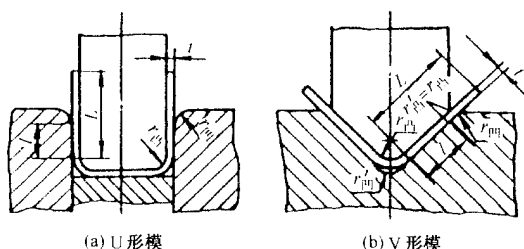


图3-5 压弯模工作部分结构

压弯模工作部分的结构形状如图3-5所示。凸模的圆角半径 $r_{凸}$ 和角度,根据弯曲

件的內圆角半径,用回弹值修正后确定。凹模非工作圆角半径 $r'_{凹}$,应取小于弯曲件相应部分的外圆角半径 $(r_{凸} + t)$ 。其他尺寸见表 3-8。

U 形件弯曲时,凸模与凹模间的间隙值可按下式确定:

$$Z = t_{max} + ct \quad (\text{mm}) \quad (3-3)$$

式中 t_{max} ——材料最大厚度(mm);

c ——系数,按表 3-8 选取;

t ——材料名义厚度(mm)。

V 形件弯曲时,凸模与凹模的间隙值,是靠调整压床闭合高度来控制的,不需要在制造模具时确定。

压弯模设计时应充分考虑回弹、定位等问题。

表 3-8 弯曲模工作部分尺寸及系数 c (mm)

L	板厚 l											
	< 0.5			0.5 ~ 2			24			4 ~ 7		
	l	$r_{凹}$	c	l	$r_{凹}$	c	l	$r_{凹}$	c	l	$r_{凹}$	c
10	6	3	0.1	10	3	0.1	10	4	0.08	—	—	—
20	8	3	0.1	12	4	0.1	15	5	0.08	20	8	0.06
35	12	4	0.15	15	5	0.1	20	6	0.08	25	8	0.06
50	15	5	0.2	20	6	0.15	25	8	0.1	30	10	0.08
75	20	6	0.2	25	8	0.15	30	10	0.1	35	12	0.1
100	—	—	—	30	10	0.15	35	12	0.1	40	15	0.1
150	—	—	—	35	12	0.2	40	15	0.15	50	20	0.1
200	—	—	—	45	15	0.2	50	20	0.15	65	25	0.15

五、压弯的一般工艺要求

压弯时,通常要考虑以下几方面的要求:

(1) 选择压力机要同时满足所需弯曲力和压弯工作所需空间范围两个要求。

(2) 安装压弯模时,应尽量使模具压力中心与压力机压力中心吻合,上、下模间隙要均匀,装夹要牢固。

(3) 弯曲件的直边长度一般不得小于板厚的两倍,以保证足够的弯曲力矩。若小于两倍时,可将直边适当地加长,弯曲后再行切除。

(4) 为防止坯料横截面畸变,板料弯曲宽度一般不得小于板厚的三倍。若小于三倍时,应将数件拼起来在同一块板上弯曲,弯曲后切开。

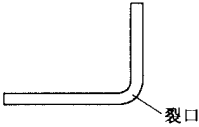
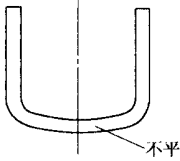
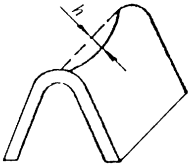
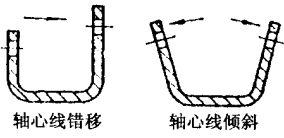
(5) 局部需要弯成折边的零件,为避免角上弯裂,应预先钻出止裂孔,或将弯曲线外移一定距离。

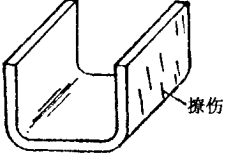
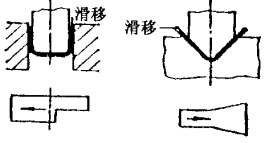
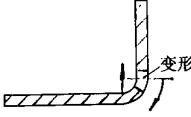
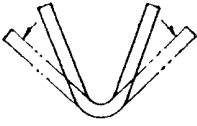
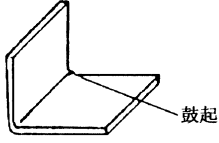
(6) 弯曲件圆角半径较小时,为避免弯裂,应注意坯料的表面质量,去除横断面毛刺及其他表面缺陷,或将质量差的表面放在弯曲内侧,使其处于受压状态,而不易裂开。

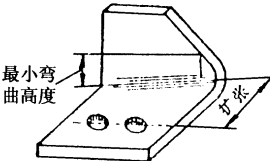
六、弯曲件常见缺陷及其消除方法

表 3-9 列出了弯曲件常见缺陷及其消除方法。

表 3-9 弯曲件常见缺陷及其消除方法

缺陷	简 图	产生原因	消除方法
裂 口		凸模弯曲半径过小 坯料毛刺的一面处于弯曲外侧 板材的塑性较低 下料时坯料硬化层过大	适当增大凸模圆角半径 将毛刺一面处于弯曲内侧 用经退火或塑性较好的材料 弯曲线与纤维方向垂直或成 45° 方向
底部不平		压弯时板料与凸模底部没有靠紧	采用带有压料顶板的模具,在压弯开始时顶板便对坯料施加足够的压力
翘曲		由于变形区应变状态引起的,横向应变(沿弯曲线方向)在中性层外侧是压应变,中性层内侧是拉应变,故横向便形成翘曲	采用校正弯曲,增加单位面积压力,根据翘曲量修正凸模与凹模
孔不同心		弯曲时坯料产生了滑动,故引起孔中心线错移 弯曲后的弹复使孔中心线倾斜	坯料要准确定位,保证左右弯曲高度一致 设置防止坯料窜动的定位销或压料顶板 减小工件弹复

缺陷	简 图	产生原因	消除方法
表面擦伤		<p>金属的微粒附在工件表面上 凹模的圆角半径过小 凸模与凹模间的间隙过小</p>	<p>适当增大凹模圆角半径 提高凸、凹模表面光洁度 采用合理的凸模与凹模间的间隙值 消除工作表面脏物</p>
尺寸偏移		<p>坯料在向凹模滑动时,两边受到的摩擦阻力不相等,故发生尺寸偏移。以形状不对称件压弯为显著</p>	<p>采用压料顶板的模具 坯料在模具中定位要准确 在有可能的情况下,采用对称性弯曲</p>
孔变形		<p>孔边距弯曲线太近,在中性层内侧为压缩变形,而外侧为拉伸变形,故使孔发生变形</p>	<p>保证从孔边到弯曲半径 r 中心的距离大于一定值 在弯曲部位设置辅助孔,以减少弯曲变形应力</p>
弯曲角度变化		<p>塑性弯曲时伴随着弹性变形,当压弯的工件从模具中取出后便产生了弹性恢复,从而使弯曲角度发生了变化</p>	<p>以校正弯曲代替自由弯曲 以预定的弹复角度来修正凸凹模的角度</p>
弯曲端部鼓起		<p>弯曲时中性层内侧的金属层,纵向被压缩而缩短,横向则伸长,故横向边缘出现突起,以厚板小角度弯曲为明显</p>	<p>在弯曲部位两端预先做成圆弧切口,将坯料毛刺一边放在弯曲内侧</p>

缺陷	简 图	产生原因	消除方法
弯曲线和两孔中心线不平行		弯曲高度小于最小弯曲高度,在最小弯曲高度以下的部分出现张口	在设计工件时应保证大于或等于最小弯曲高度 当工件出现小于最小弯曲高度时,可将小于最小弯曲高度的部分去掉后再弯曲

第二节 拉 深

一、概述

拉深也称拉延或压延,是利用模具使冲裁后得到的平板坯料变成开口的空心零件的冲压加工方法。

用拉深工艺可以制成筒形、阶梯形、锥形、球形、盒形和其他不规则形状的薄壁零件。如果与其他冲压成形工艺配合,还可制造形状极为复杂的零件。

在冲压生产中,拉深件的种类很多。由于其几何形状特点不同,变形区的位置、变形的性质、变形的分布以及坯料各部位的应力状态和分布规律有着相当大的、甚至是本质的差别。所以工艺参数、工序数目与顺序的确定方法及模具设计原则与方法都不一样。各种拉深件按变形力学的特点可分为直壁回转体(圆筒形件)、直壁非回转体(盒形体)、曲面回转体(曲面形状零件)和曲面非回转体等四种类型。本节主要以直壁回转体为研究对象。

现以圆筒形拉深件为例,说明板料的拉深过程。如图 3-6 所示,拉深模的工作部分具有一定的圆角,并且凸、凹模间隙稍大于板料的厚度。拉深时,板料坯料置于凹模上,当凸模向下运动时,迫使板料压入凹模孔,形成空心的筒形件。

拉深过程中,板料的中间直径为 d 的部分变为零件的底部,基本不发生变形。而外部环形部分的金属,将沿圆周方向发生很大的压缩塑性变形,并迫使多余的金属沿坯料的径向产生流动,从而形成拉深件的侧壁。如图 3-7 所示,如果把坯料的环形部分划分为若干窄条和扇形,假设把扇形部分切除,余下的许多窄条部分沿直径 d 的圆周弯曲后即成为圆筒的侧壁,可见扇形部分的金属是多余的,说明此部分金属在拉深过程中,沿半径方向产生了流动,从而增加了零件的高度。因此,筒壁高度 h 总是大于 $1/2(D-d)$ 。

拉深中坯料金属的周向压缩变形受到限制,从而引起很大的切向压应力,使坯料变形区因为失稳而发生起皱现象(如图 3-8 所示)。坯料严重起皱后,由于不能通过凸、凹模

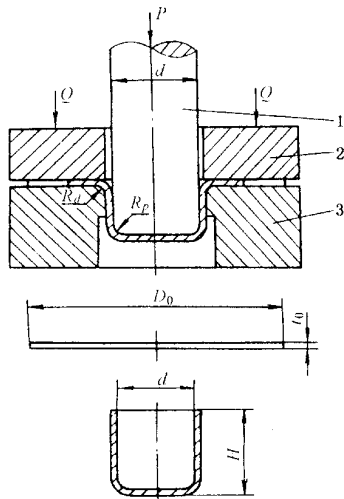


图 3-6 拉深过程

1—凸模 2—压边圈 3—凹模

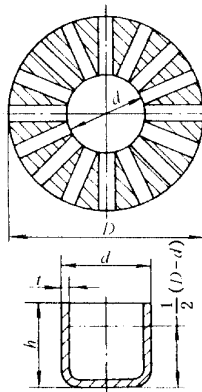


图 3-7 拉深时金属的流动

之间的间隙而被拉断,造成废品。即使轻微起皱的坯料,可能勉强地通过凹、凸模之间的间隙,也会在零件的侧壁上遗留下起皱的痕迹,影响拉深件质量。防止起皱的有效办法是采用压边圈(如图 3-6 所示)。

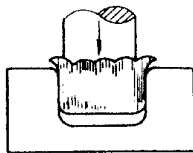


图 3-8 坯料起皱

拉深中坯料金属的周向压缩和径向流动,还将导致拉深件厚度发生变化,如图 3-9 所示。由图中可见,凸模圆角处材料厚度减薄最为严重,是发生开裂的危险区。合理选择

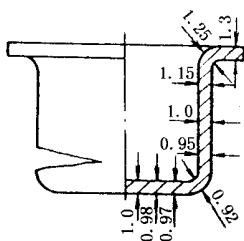


图 3-9 拉深件厚度的变化情况

凸、凹模间隙和工作圆角半径,可使板料厚度减薄现象得以改善。

此外,拉深中的大塑性变形,还可能引起材料的加工硬化,使进一步拉深发生困难。因此,拉深中应根据材料的塑性,合理选定每次拉深材料的变形程度。变形较大的拉深件,应采用多次拉深的方法,并采用中间退火的措施,以消除材料的加工硬化,完成拉深工作。

二、工艺参数

1. 坯料尺寸

旋转体零件系采用圆形坯料,其直径按面积相等的原则计算(不考虑板料的厚度变化)。计算坯料尺寸时,先将零件划分为若干便于计算的简单几何体,分别求出其面积后相加。得总面积 ΣA ,则坯料直径

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \Sigma A} \quad (\text{mm}) \quad (3-4)$$

由于板料的各向异性和模具间隙不均等因素的影响,拉深后零件的边缘不整齐,甚至出现耳子,需在拉深后进行修边。圆筒件的修边余量 Δh 。见表 3-10,当拉深次数多或板料方向性较大时,取表中较大值。当零件的 $\frac{h}{d}$ 值很小时,也可不进行修边。常用旋转体坯料直径计算公式,见表 3-11。

表 3-10

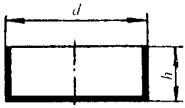
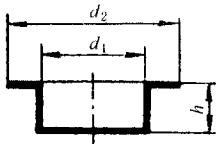
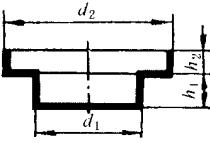
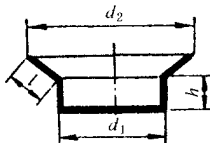
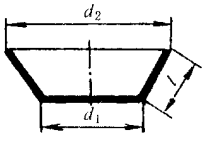
圆筒件拉深的修边余量 Δh

零件高度/mm	修边余量 Δh /mm	零件高度/mm	修边余量 Δh /mm
10 ~ 50	1 ~ 4	100 ~ 200	3 ~ 10
50 ~ 100	2 ~ 6	200 ~ 300	5 ~ 12

表 3-11

常用旋转体拉深件坯料直径的计算公式

(mm)

序号	零件形状	坯料直径 D
1		$D = \sqrt{d^2 + 4dh}$
2		$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
3		$D = \sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
4		$D = \sqrt{d_1^2 + 4d_1h + 2K(d_1 + d_2)}$
5		$D = \sqrt{d_1^2 + 2K(d_1 + d_2)}$

2. 拉深系数和次数

圆筒件的拉深系数为

$$m = \frac{d}{D} \tag{3-5}$$

式中 D ——拉深前坯料直径；
 d ——拉深后零件直径。

拉深系数反映了坯料外边缘在拉深后切向压缩变形的大小。因此它表示了拉深的变形程度。其值的倒数为拉深比 K 。即 $K = \frac{1}{m} = \frac{D}{d}$ 。圆筒件第 n 次拉深系数为： $m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$ ($n = 1, 2, \dots$)

制定拉深工艺时,为了减少拉深次数,可采用小的拉深系数(大的拉深比)。但根据前面的变形分析可知,拉深系数过小,将会在危险断面产生破裂。因此,要保证拉深顺利进行,每次拉深系数应大于极限拉深系数。极限拉深系数 m 与板料成形性能、坯料相对厚度 $\frac{t}{D}$ 、凸凹模间隙及其圆角半径等有关。见表 3-12。

表 3-12 圆筒件极限拉深系数

拉深系数	坯料的相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$					
	0.08 ~ 0.15	0.15 ~ 0.30	0.30 ~ 0.60	0.60 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2.0
m_1	0.63	0.60	0.58	0.55	0.53	0.50
m_2	0.82	0.80	0.79	0.78	0.76	0.75
m_3	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78
m_4	0.86	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80
m_5	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.82

表中数值系由实验得出, m_1, m_2, \dots 分别表示第一、二、……次拉深工序的极限拉深系数。

工艺设计时,按表 3-12 决定极限拉深系数后,就可根据圆筒件和平板坯料尺寸,从第一次拉深开始依次向后推算,便能得出所需拉深次数和各中间工序尺寸。当零件要求较高时,为了防止坯料在凸模圆角处过分变薄,一般采用比极限拉深系数稍大的值。带法兰圆筒件的第一次拉深极限拉深系数 m_F ,见表 3-13。

表 3-13 法兰圆筒零件的极限拉深系数 m_F

法兰相对直径 $\frac{d_F}{d}$	坯料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
	2 ~ 1.5	1.5 ~ 1.0	1.0 ~ 0.6	0.6 ~ 0.3	0.3 ~ 0.1
< 1.1	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59
1.3	0.49	0.51	0.53	0.54	0.55
1.5	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52
1.8	0.45	0.46	0.47	0.48	0.48
2.0	0.42	0.43	0.44	0.45	0.45
2.2	0.40	0.41	0.42	0.42	0.42
2.5	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38
2.8	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35
3.0	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33

3. 压边力和拉深力、拉深功

拉深中,为防止材料起皱而采用压边圈,压边力必须适中。压边力太小起不到防皱作用,压边力太大又易引起材料拉裂。是否采用压边圈可以从表 3-14 中作出判断。

表 3-14 采用或不采用压边圈的条件

拉深方法	第一次拉深		以后各次拉深	
	$t/D_0 \times 100$	m_1	$t/d_{n-1} \times 100$	m_n
用压边圈	< 1.5	< 0.6	< 1	< 0.8
可用可不用	1.5 ~ 2.0	0.6	1 ~ 1.5	0.8
不用压边圈	> 2.0	> 0.6	> 1.5	> 0.8

对于筒形件第一次拉深的压边力

$$Q = \frac{\pi}{4} [D_0^2 - (d_1 + 2r_d)^2] q \quad (\text{N}) \quad (3-6)$$

当 d_1/t 的值很大时

$$Q = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d_1^2) q \quad (\text{N}) \quad (3-7)$$

对于筒形件以后各次拉深的压边力

$$Q = \frac{\pi}{4} [d_{n-1}^2 - (d_n + 2r_d)^2] q \quad (\text{N}) \quad (3-8)$$

上三式中 Q ——压边力(N);

q ——单位压边力(MPa),见表 3-15;

D_0 ——坯料直径(mm);

r_d ——凹模圆角半径(mm);

d_1, \dots, d_n ——各次拉深件的直径(mm)

表 3-15 圆筒形件拉深时防皱单位压边力 q 值

材 料	单位压边力 q (MPa)	材 料	单位压边力 q (MPa)
铝	0.8 ~ 1.2	深拉深用钢: 厚度大于 0.5mm 厚度小于 0.5mm	2.0 ~ 2.5
铜	1.2 ~ 1.8		2.5 ~ 3.0
黄铜	1.5 ~ 2.0	不锈钢	3.0 ~ 4.5

拉深力常由以下经验公式计算

第一次拉深时,拉深力 F_1

$$F_1 = \pi d_1 t \sigma_b K_1 \quad (\text{N}) \quad (3-9)$$

第二次及第 n 次拉深时,拉深力 F_n

$$F_n = \pi d_n t \sigma_b K_2 \quad (\text{N}) \quad (3-10)$$

式中 t ——料厚(mm);

d_1, d_n ——第一次,第 n 次拉深半成品直径(mm);

σ_b ——抗拉强度(MPa)；

K_1 、 K_2 ——系数,见表 3-16。

带压边圈拉深时,总的拉深力应包括压边力在内。

单次行程所需拉深功可按下式计算：

第一次拉深时,拉深功 A_1

$$A_1 = \frac{\lambda_1 F_{1\max} h_1}{1\ 000} \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (3-11)$$

表 3-16 修正系数 K_1 、 K_2 和 λ_1 、 λ_2 值

拉深系数 m_1	0.55	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.75	0.77	0.80	—	—	—
K_1	1.00	0.93	0.86	0.79	0.72	0.66	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	—	—	—
λ_1	0.80	—	0.77	—	0.74	—	0.70	—	0.67	—	0.64	—	—	—
拉深系数 m_2	—	—	—	—	—	—	0.70	0.72	0.75	0.77	0.80	0.85	0.90	0.95
K_2							1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.70	0.60	0.50
λ_2							0.80	—	0.90	—	0.75	—	0.70	—

以后各次拉深时,拉深功 A_n

$$A_n = \frac{\lambda_2 F_{n\max} h_n}{1\ 000} \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (3-12)$$

式中 $F_{1\max}$ 、 $F_{n\max}$ ——第一次和以后各次拉深的最大拉深力(N)；

λ_1 、 λ_2 ——系数,见表 3-16；

h_1 、 h_n ——第一次和以后各次的拉深高度(mm)。

拉深所需压力机的电机功率为

$$N = \frac{A\zeta n}{60 \times 75 \times \eta_1 \eta_2 \times 1.36 \times 10^3} \quad (\text{kW}) \quad (3-13)$$

式中 A ——拉深功(N·m)；

ζ ——不平衡系数,取 $\zeta = 1.2 \sim 1.4$ ；

η_1 ——压力机效率,取 $\eta_1 = 0.6 \sim 0.8$ ；

η_2 ——电机效率,取 $\eta_2 = 0.9 \sim 0.95$ ；

n ——压力机每分钟行程次数。

三、拉深模工作部分

1. 拉深模间隙

一般情况下圆筒件拉深时,间隙见表 3-17。

表 3-17 拉深模间隙(单面)

材 料	间隙		
	第一次拉深	中间各次拉深	最后拉深
软 钢	$(1.3 \sim 1.5)t$	$(1.2 \sim 1.3)t$	$1.1t$
黄铜、铝	$(1.3 \sim 1.4)t$	$(1.15 \sim 1.2)t$	$1.1t$

2. 凸模、凹模尺寸

圆筒件拉深时凸凹模尺寸计算见表 3-18 和表 3-19。

表 3-18 拉深模工作部分尺寸计算公式

尺寸标注方式	凹模尺寸 D_d	凸模尺寸 d_p
<p>标注外形尺寸</p>	$D_d = (D - 0.75\Delta)^{+ \delta_d}$	$d_p = (D - 0.75\Delta - 2c)_{- \delta_p}$
<p>标注内形尺寸</p>	$D_d = (d + 0.4\Delta + 2c)^{+ \delta_d}$	$d_p = (d + 0.4\Delta)_{- \delta_p}$

表中符号： D_d —凹模尺寸； d_p —凸模尺寸； D —拉深件外形基本尺寸； d —拉深件内形基本尺寸； c —凸、凹模的单边间隙； δ_d —凹模制造公差； δ_p —凸模制造公差； Δ —拉深件公差；

表 3-19 圆形拉深模凸模、凹模的制造偏差 (mm)

材料厚度	工件直径的基本尺寸							
	~ 10		> 10 ~ 50		> 50 ~ 200		> 2000 ~ 500	
	δ_d	δ_p	δ_d	δ_p	δ_d	δ_p	δ_d	δ_p
0.25	0.015	0.010	0.02	0.010	0.03	0.015	0.03	0.015
0.35	0.020	0.010	0.03	0.020	0.04	0.020	0.04	0.025
0.50	0.030	0.015	0.04	0.030	0.05	0.030	0.05	0.035
0.80	0.040	0.025	0.06	0.035	0.08	0.040	0.06	0.040
1.00	0.045	0.030	0.07	0.040	0.08	0.050	0.08	0.060
1.20	0.055	0.040	0.08	0.050	0.09	0.060	0.10	0.070
1.50	0.065	0.050	0.09	0.060	0.10	0.070	0.12	0.080
2.00	0.080	0.055	0.11	0.070	0.12	0.080	0.14	0.090
2.50	0.095	0.060	0.13	0.085	0.15	0.100	0.17	0.120
3.50	—	—	0.15	0.100	0.18	0.120	0.20	0.140

- 注：1. 表列数值用于未精压的薄钢板。
 2. 如用精压钢板，则凸、凹模的制造公差等于表列数值的 20% ~ 25%。
 3. 如用有色金属，则凸模及凹模的制造公差等于表列数值的 50%。

3. 凹模圆角半径

凹模圆角半径 r_d 可按下面经验公式确定

$$r_d = 0.8 \sqrt{(D-d)t} \quad (\text{mm}) \quad (3-14)$$

式中 D ——坯料直径(第一道拉深为 D_0 ,第二道拉深为 d_1 ,... 以此类推)(mm);
 d ——拉深件直径(第一道拉深时为 d_1 ,第二道拉深时为 d_2 ,... 以此类推)(mm),
 也可以按表 3-20 选取。

当拉深直径 $d > 200\text{mm}$ 时,拉深凹模半径 $r_{d\min}$ 应按下式确定

$$r_{d\min} = 0.039d + 2 \quad (\text{mm}) \quad (3-15)$$

拉深凹模圆角半径 r_d 还可根据拉深件的材料种类和厚度按表 3-21 选取。

各次拉深的凹模圆角半径 r_d 的取值关系,应该使首次拉深工序的 r_d 最大,以后各次逐次减小。一般可根据下式关系确定

$$r_{dn} = (0.6 \sim 0.9)r_{dn-1} \quad (\text{mm}) \quad (3-16)$$

式中 r_{dn} ——第 n 次拉深的凹模圆角半径(mm);

r_{dn-1} ——第 $n-1$ 次拉深的凹模圆角半径(mm)。

表 3-20 拉深凹模圆角半径 r_d 的数值 (mm)

材料厚度 $D-d$	拉深凹模圆角半径 r_d 的数值 (mm)					
	~1	>1~1.5	>1.5~2	>2~3	>3~4	>4~5
~10	2.5	3.5	4	4.5	5.5	6.5
>10~20	4	4.5	5.5	6.5	7.5	9
>20~30	4.5	5.5	6.5	8	9	11
>30~40	5.5	6.5	7.5	9	10.5	12
>40~50	6	7	8	10	11.5	14
>50~60	6.5	8	9	11	12.5	15.5
>60~70	7	8.5	10	12	13.5	16.5
>70~80	7.5	9	10.5	12.5	14.5	18
>80~90	8	9.5	11	13.5	15.5	19
>90~100	8	10	11.5	14	16	20
>100~110	8.5	10.5	12	14.5	17	20.5
>110~120	9	11	12.5	15.5	18	21.5
>120~130	9.5	11.5	13	16	18.5	22.5
>130~140	9.5	11.5	13.5	16.5	19	23.5
>140~150	10	12	14	17	20	24
>150~160	10	12.5	14.5	17.5	20.5	25

表 3-21

拉深凹模圆角半径 r_d 值

材料	厚度 t (mm)	r_d	材料	厚度 t (mm)	r_d
钢	< 3	$(10 \sim 6)t$	铝、黄铜、紫铜	< 3	$(8 \sim 5)t$
	3 ~ 6	$(6 \sim 4)t$		3 ~ 6	$(5 \sim 3)t$
	> 6	$(4 \sim 2)t$		> 6	$(3 \sim 1.5)t$

注 1. 对于第一次拉深和较薄的材料应取表中上限值。

2. 对于以后各次拉深和较厚的材料 应取表中下限值。

4. 凸模圆角半径

一般情况下 除最末次拉深工序外 可取凸模圆角半径与凹模圆角半径相等。末次拉深工序中 凸模圆角半径应与拉深件的圆角半径相等。但对于厚度 $t < 6\text{mm}$ 的材料 凸模圆角半径则不得小于 $(2 \sim 3)t$ 对于 $t > 6\text{mm}$ 的材料 则不得小于 $(1.5 \sim 2)t$ 。如果工件要求的圆角半径小于上述允许值 应在最后一次拉深工序后 进行整形达到工件的要求。相邻两道工序的圆角半径 应保证前道工序冲成的中间坯料的形状符合后继工序的要求。

第三节 拉 形

一、概述

1. 定义及特点

拉形是通过拉形模对板料施加拉力 使板料产生不均匀拉应力和拉伸应变 随之板料与拉形模贴合面逐渐扩展 直至与拉形模型面完全贴合。

拉形的适用对象主要是制造材料具有一定塑性 表面积大 曲度变化缓和而光滑 质量要求高(外形准确、光滑流线、质量稳定)的双曲面蒙皮。拉形由于所用工艺装备和设备比较简单 故成本较低 灵活性大 但材料利用率和生产率较低。

2. 分类及应用

拉形的成形过程可分为弯曲→拉形→补拉三个阶段。

拉形件按几何形状可分为凸峰形(又称凸形)和马鞍形(又称凸凹形)。凸峰形纵横曲率中心同侧 回弹较小 马鞍形纵横曲率中心异侧 回弹较大(如图 3-10)。

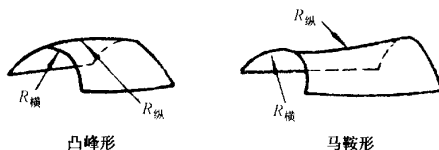


图 3-10 拉形件

按拉形原理可分为横向拉形(简单拉形)、纵向拉形(拉伸拉形)、加上压装置拉形三大类(如图 3-11(a)(b)(c))。

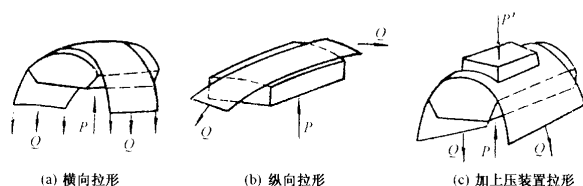


图 3-11 拉形分类

横向拉形特点是横向两侧夹钳不产生主动拉力,适用于纵向长度大和挠度小的双曲度零件;典型工艺程序为:弯曲→拉形→补拉→切割修整→验收。

纵向拉形特点是纵向两端夹钳能产生主动拉力,适用于纵向长度大曲率小、横向包角 $<90^\circ$ 的双曲度零件;典型工艺程序为:弯曲→预拉伸→拉形→拉伸→拉形→补拉→切割修整→验收。

加上压装置拉形特点是上压装置提供局部成形力并控制凸凹模相对运动,结构上与拉形机可以是一整体,也可以是附加系统,适用于有局部成形的凸凹槽等双曲度零件;其典型的工艺程序为:退火状态下弯曲→拉形→卸载荷→上压装置加压(局部成形)→淬火→拉形校形→上压装置加压局部成形校形→切割→修整→验收(注意局部成形部位厚度)。

3. 拉形工艺方法

单层拉形是一张板料拉形。适用于一次拉形成形的零件和纵向拉形的零件以及多道拉形工序的最后一道拉形工序。

多层拉形是指多张板料重叠起来拉形。适用于最终工序之前的各道拉形工序,必须满足设备技术规格。

组合拉形是指几个零件组合在一个拉形模上用一张板料同时成形。适用于材料牌号和厚度一致的零件,要求拉形模上各零件之间留出切割工艺余量 $20\text{mm} \sim 50\text{mm}$;工艺余量与各零件型面要保持光滑流线。

一次拉形是指一次拉形就能达到零件外形技术要求。适用于(拉形系数) $K_L < K_{\max}$ (极限拉形系数)的纵向拉形的零件。

多次拉形是指两次或两次以上拉形才能达到零件外形技术要求。适用于(拉形系数) $K_L \geq K_{\max}$ (极限拉形系数)的局部成形复杂的零件,如带鼓包、加强槽等零件。

联合拉形是指用拉形和其他成形方法联合起来加工才能达到零件外形要求。适用于成形外形很复杂,单靠拉形方法达不到要求的零件。

二、工艺参数

1. 坯料尺寸的确定

毛料长度尺寸 L 可按下式确定(图 3-11(a))

$$L = l + \alpha(l_1 + l_2 + l_3) \quad (\text{mm}) \quad (3-17)$$

式中 l ——零件最大截面处展开长度(mm);

l_1 ——使用和制造车间需要的工艺余量。一般取 $20\text{mm} \sim 50\text{mm}$;

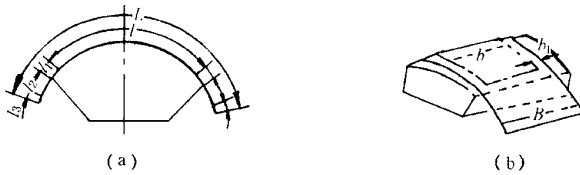


图 3-12 拉形件坯料尺寸

l_2 ——工艺余量。一般横向拉形取 100mm ~ 200mm 纵向拉形取 100mm ~ 300mm ;

l_3 ——钳口夹紧部分的工艺余量。可取 20mm ~ 30mm ,对高强度薄钢板钳口夹紧板材需要对折 ,可取 40mm ~ 60mm。

确定 l_1 (拉形模边缘至钳口悬空过渡的工艺余量) 还应考虑板厚和零件的几何形状、材料的应力分布及流动情况。

坯料宽度 B 的确定可按下式确定(图 3-12(b))

$$B = b + 2b_1 \quad (\text{mm}) \quad (3-18)$$

式中 b ——零件最大截面处展开宽度(mm) ;

b_1 ——使用和制造车间的工艺余量 ,一般取 20mm ~ 50mm ,对凸凹形零件 ,余量要包住两个凸峰圆角 纵向拉形时 适当加宽 取 30mm ~ 50mm。

坯料尺寸和形状的确定 ,还要考虑下料方便和零件特殊形状的影响。所以 坯料形状一般取长方形和等腰梯形。

2. 拉形力

拉形力 F 的计算如图 3-13 所示 ,一般可取

$$F = 0.9\sigma_b A \quad (\text{N}) \quad (3-19)$$

式中 σ_b ——材料的强度极限(MPa) ;

A ——夹头夹紧材料的断面积。

根据图 3-13 所示 ,凸模力 F_1 为

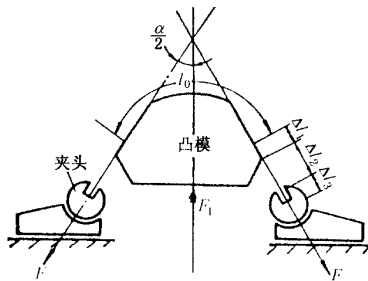


图 3-13 拉形工艺图

$$F_1 = 2F \cos \frac{\alpha}{2} \quad (\text{N}) \quad (3-20)$$

式中 F ——拉形力(N) ;

α ——坯料在模具上的包角($^\circ$)。

3. 拉形系数

拉形系数是指板料拉形后,零件延伸最大处的纤维长度 l_{\max} 与其原长度 l_0 之比

$$K_L = \frac{l_{\max}}{l_0} = \frac{l_0 + \Delta l}{l_0} = 1 + \delta \quad (3-21)$$

式中 l_{\max} ——拉形后零件延伸最大处的纤维长度(mm);

l_0 ——拉形前板料该处原始长度(mm);

Δl ——拉形后板料该处绝对伸长量(mm);

δ ——该处长度上的平均伸长率。

K_L 值越大,表示零件需要的拉形变形量也越大。生产中,常用 l_{\max} 与 l_{\min} (拉形后零件延伸最小处纤维长度)的比值近似表示 K_L 。

4. 极限拉形系数和拉形次数

极限拉形系数是指在拉形时,当板材濒于出现不允许的缺陷(破裂、严重滑移线、粗晶、橘皮等)时的拉形系数,用 K_{\max} 表示。

近似公式如下

$$K_{\max} = 1 + \frac{0.8\delta_i}{e^{\frac{\mu\beta}{2n}}} \quad (3-22)$$

式中 δ_i ——板材单向拉伸出现缺陷时的延伸率;

μ ——板料与拉形模间的摩擦系数,一般取 0.15;

n ——应变刚指数;

e ——自然对数的底;

β ——包角($^\circ$)。

实际生产中,通常由试验确定 K_{\max} 。

以拉伸破裂作为极限拉伸系数时,铝合金 LY12 与 LC4 的 K_{\max} 见表 3-22,其中退火状态 K_{\max} 取上限,新淬火状态 K_{\max} 取下限。

以不允许严重滑移线和粗晶作为极限拉形系数,对于 LF3 和 LY12—t1 ~ 1.5 的 K_{\max} 见表 3-23。

表 3-22

LY12 与 LC4 的 K_{\max}

板 厚(mm)	1	2	3	4
K_{\max}	1.04 ~ 1.05	1.045 ~ 1.06	1.05 ~ 1.07	1.06 ~ 1.08

表 3-23

LF3 与 LY12 的 K_{\max}

缺陷	严重滑移线	粗晶(退火或淬火)
K_{\max}	1.02 ~ 1.025	1.025 ~ 1.03

生产实践中,零件拉形次数一般根据零件形状复杂程度而定。 $K_L < K_{\max}$ 时,原则上拉形 1 次; $K_L > K_{\max}$ 时,原则上拉形 2 次或 3 次。

5. 其他

拉形板材的热处理状态要具有良好塑性,要正确选择热处理规范和拉形变形量,零件

上要有热处理工序检验标志。

三、拉形模设计

1. 拉形模材料

选择拉形模材料, 主要根据零件材料性质和厚度、批量和总产量。目前常用的有木质、环氧胶砂和金属材料。

零件形状简单, 板厚小于 0.8mm 的零件在研制和小批量生产时可选用木质拉形模。

板材厚度小于 2.5mm 的零件, 选用环氧胶砂拉形模。

钛合金和高强度钢板材等零件, 拉形模的材料一般选用铸钢。如果采用锌合金作拉形模, 拉形后的零件应及时进行酸洗处理, 防止腐蚀。

2. 拉形模结构

拉形模结构形式, 常见的有实心结构和空心结构。木质和环氧胶砂拉形模, 采用实心结构。钢骨架表面层环氧胶砂和金属拉形模大多采用空心结构, 壁厚 50mm ~ 100mm(马鞍形和锥形等双曲度拉形模, 拉形模纵向两端的连线和它底面要保持平行, 如图 3-14 所示)。

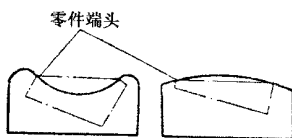


图 3-14

拉形模的高度、长度和宽度尺寸, 取决于零件形状和拉形机型号。高度应保证拉形模具有足够的刚度, 但过高, 过渡工艺余量大, 一般取 350mm ~ 700mm。拉形模的长度和宽度参照切面样板和零件工艺余量确定。拉形模圆角半径 (r) 为 20mm ~ 50mm。

马鞍形拉形模, 在它凹谷最低处需制出排气孔, 孔径 $\phi 6\text{mm} \sim \phi 10\text{mm}$ 。拉形模底面要求平整。

3. 拉形模吊环

拉形模上安装的吊环数目主要与拉形模重量有关。小拉形模(长度 < 1 000mm)安装三个吊环, 大拉形模安装四个吊环。横向拉形模的吊环放在模胎两端, 纵向拉形模的吊环放在模胎两侧。吊环之间距离要均匀(位置如图 3-15 所示)。

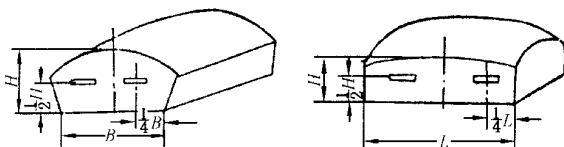


图 3-15

4. 拉形模数量和重量

研制和小批量生产时, 经常用一副拉形模辅以手加工, 或在一副拉形模上拉形两次或多次。大批量生产时, 一般情况用一副拉形模, 如果产量增加或严重影响产品质量, 可增

加过渡拉形模。

拉形模重量一定要小于使用和制造单位的吊车吨位。否则,拉形模底部必须制成空心结构,或压缩拉形模高度以减轻重量。

四、设备

目前生产中使用的拉形设备,主要有横向拉形机(台动式)和纵向拉形机(台钳双动式)两种。主要性能参数有钳口拉力、工作台升力、最大夹紧长度、工作台行程、工作台倾角等。

国内主要拉形设备性能表见表 3-24。

表 3-24 拉形设备主要性能表

横 向 拉 形 机										
型号	台面上升力		最大夹 紧长度 (mm)	两排钳 口间距离 (mm)	工作 台行程 (mm)	工作台最 大倾斜角 (°)	钳口在垂直 面内摆动角 (°)			
	(t)	(kN)								
OII-3	360	3 600	3 000	600~1 950	350	10	75			
ML-2	900	9 000	3 500	1 000~3 500	600	10	60			
Y ₃₃₁₂ -0000	1 000	10 000	3 380	1 000~3 500	600	10	向内 75 向外 10			
沈飞	1 500	15 000	4 000	1 500~3 200	450					
新阳	150	1 500	1 500	100~1 000	300					
纵 向 拉 形 机										
型号	零件最大尺寸 (mm)			钳口拉力		工作台升力		拉伸缸在 垂直面摆 动角 (°)	工作台 倾角 (°)	工作台 行程 (mm)
				(t)	(kN)	(t)	(kN)			
PO-1M	7 000×1 500×2.5			100	1 000	200	2 000	90	10	500
PO-3M	7 000×1 800×6.0			270	2 700	300	3 000	40	5	450
ML-3	8 000×2 000×4.0			300	3 000	450	4 500	45	5	500

第四节 旋 压

一、概述

旋压是一种金属回转加工工艺。在加工过程中,坯料随旋压模主动旋转或旋压头绕坯料与旋压模主动旋转,旋压头相对芯模和坯料作进给运动,使坯料产生连续局部变形而获得所需空心回转体零件。

从坯料外形变化而言,旋压可分为两种,即普通旋压和变薄旋压。普通旋压坯料直径有显著变化而壁厚只随之产生少许变化。如图 3-16(a)所示。变薄旋压时坯料直径基本不变,而壁厚显著变薄。如图 3-16(b)所示。

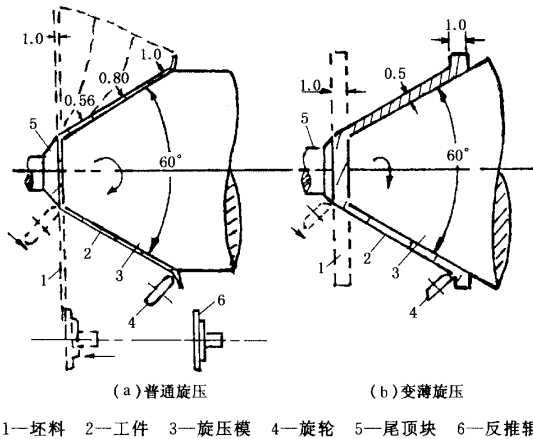


图 3-16 旋压示意图

二、普通旋压

1. 特点与应用

普通旋压的主要优点是:首先,普通旋压为半模成形,模具研制周期较短,且成本低于成套冲压模 50%~80%;其次,普通旋压为点变形,旋压机公称力比压力机低 80%~90%;再者,它可在一次装夹中完成成形、切边、制梗等多种工序,节约工时,降低成本。

中小批量生产时,采用普通旋压的经济效益一般优于拉深,在成形复杂形状工件时效果更为显著。

普通旋压可达到的直径公差为工件直径的 0.5%,甚至可达 0.1%~0.2%。普通旋压适用于延性好,加工硬化指数低的材料。常用材料中,纯铝、金、银、铝-锰系铝合金、紫铜对普通旋压的适应性优良,铝-镁-锰系铝合金、黄铜、低碳钢较好,但高镁含量的铝-镁系铝合金较差。

普通旋压可分为手工旋压及自动、半自动旋压。手工旋压适用于中、小批量及薄、软坯料,半自动或自动旋压适于中、大批量及厚、硬坯料。

2. 工艺要素

普通旋压的工艺要素包含坯料、工艺及工艺装备等几个方面的因素。其选择与搭配应能使加工中坯料不起皱、不破裂,所获工件有良好的尺寸精度与表面粗糙度,耗能小,经济效益高。

(1) 手工旋压最大适宜厚度(表 3-25)

表 3-25 手工旋压最大厚度 (mm)

材 料	铝	紫铜	软钢	不锈钢
厚 度	3~4	3	2	1.25

(2) 手工拉深旋压工序数(表 3-26)

表 3-26 手工旋压工序数

工件相对深度 h/d		< 1	1~1.5	1.5~2.5	2.5~3.5	3.5~4.5	4.5~6.0
筒形体旋压系数 $\beta = D_0/d$		< 2.23	2.23~2.45	2.45~3.16	3.16~3.87	3.87~4.36	4.36~5
旋压 工序 数	锥形、抛物线形	1	1	2	3	4	5
	筒形	1	2	3	4	5	6

表中: h —工件深度; d —工件小端直径; D_0 —坯料直径

(3) 转速与进给比

铝板拉深旋压时的转速见表 3-27。以毫米为单位的进给比 f 过大易起皱,过小易拉薄,常用 $f \approx 0.3\text{mm/r} \sim 3\text{mm/r}$ 。粗旋,软料取大值,复杂件及精旋取小值。

表 3-27 铝板拉深旋压转速

坯料直径 D_0 (mm)	< 100	100~300		300~300		300~900	
坯料厚度 t_0 (mm)	0.5~1.3	0.5~1.0	1.0~2.0	1.0~2.0	2~4.5	1.0~2.0	2.0~4.5
转速 ω (r/min)	1 100 ~ 1 800	850 ~ 1 200	600~900	550~750	300~450	450~650	250~550

(4) 坯料尺寸

坯料直径计算可参照拉深有关公式图表,按等面积原则进行。但应考虑工件侧壁减薄,按计算值应减小 5%,旋压收颈时可局部增厚,最终尺寸通过试旋确定。

薄料宜先将边缘预成形,以防在前期旋压中起皱,并可提高工效。冲裁的坯料外缘比剪切的整齐,有利于防止旋压中边缘开裂。

(5) 成形极限

旋压的变形程度以旋压系数 m 表示

$$m = \frac{d}{D} \quad (3-23)$$

式中 d ——工件直径(若锥形,指最小直径)(mm);
 D ——坯料直径 (mm)。

圆筒形件极限旋压系数 $m = 0.6 \sim 0.8$, 当相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100 = 0.5$ 时取最大值; 当 $\frac{t}{D} \times 100 = 2.5$ 时取最小值(t 为坯料厚度, mm)。圆锥形件极限旋压系数可取 $m = 0.2 \sim 0.3$ 。若工件需要的变形程度比较大时, 可在不同芯模上多次旋压, 但应进行中间退火。

(6) 旋压力

旋压力是指坯料对旋压头的作用力。

根据相似准则推导旋压力方法如下:

- ① 令模拟件所有角度等于工件相应角度;
- ② 令模拟件所有尺寸 l' 、进给比 f' 与工件相应尺寸 l 、进给比 f 保持一定比例关系

$$m_r = \frac{l}{l'} = \frac{f}{f'} \quad (3-24)$$

式中 m_r ——几何相似系数。

- ③ 如取模拟件旋压转速 ω' 与工件旋压时转速 ω 相等, 则

$$m_r = \frac{v}{v'} = \frac{T}{T'} \quad (3-25)$$

式中 v, v' ——进给速度(m/s);

T, T' ——旋压时间(s)。

如取 $v = v'$, 则 $T = T'$, 且

$$m_r = \frac{\omega'}{\omega} \quad (3-26)$$

- ④ 工件与模拟件材料的屈服极限关系为

$$m_r = \frac{\sigma_s}{\sigma'_s} \quad (3-27)$$

式中 m_c ——力学相似系数, 在一般情况下取 $m_c = 1$;

σ_s, σ'_s ——屈服强度(MPa)。

- ⑤ 由模拟件测得的力 F' 推算旋压力 F 为

$$F = F' m_c m_r^2 \quad (3-28)$$

(7) 冷却、润滑

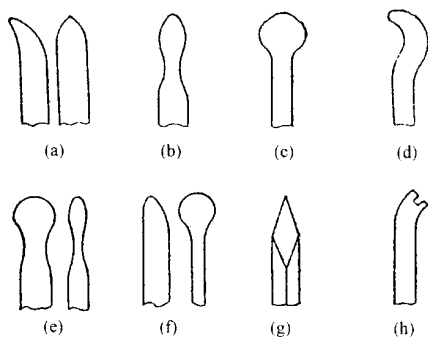
润滑剂的作用是防止坯料与工具摩擦、粘结, 主要施于旋轮工作表面。一般场合下的铝、铜、软钢用机油即可。对工件表面要求高时, 则要用肥皂、凡士林、白蜡、动植物脂等。对钢的坯料, 一般用二硫化钼油剂; 对不锈钢, 宜用氯化石蜡油剂。

冷却剂的作用是带走旋压热量, 保持工具、坯料温度平衡。常用的有机油、防锈水溶性油、乳化液等。

(8) 擀压工具

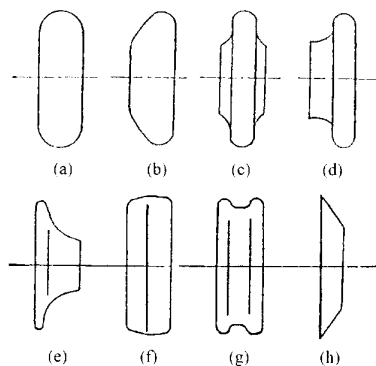
擀棒工作接触面小, 力臂长、省力, 为手工旋压常用工具。采用旋轮则使与坯料变形

区的摩擦减少,如图 3-17 与图 3-18 所示。



(a)钝头形—拉深旋压用 (b)舌形—旋压杂件用 (c)鱼尾形—旋压扩口用 (d)弯头形—旋压扩径用 (e)特形—型面成形用 (f)球形—精整用 (g)鏝形—切边、刮削用 (h)槽形—卷边用

图 3-17 擀棒工作部分典型外形



(a)多道次拉深旋压用 (b)简单拉深旋压用
(c)(d)旋压缩口用 (e)小圆角校形用 (f)压光精整用
(g)卷边用 (h)切边用

图 3-18 旋轮典型外形

旋轮外经常用范围为 70mm ~ 250mm。手工旋压及小件取小值。

(9) 旋压模

旋压模典型结构如图 3-19 所示,主要有六类。其中整体模(图 3-19(a))主要用于直径不变或单向增大的工件;空气模用于过渡工序及对外形要求不高时(图 3-19(b));分段模用于工件母线中部带凹陷(图 3-19(c));分瓣模(图 3-19(d));局部模(位置一定,图 3-19(e));局部模(位置随动,图 3-19(f))。

旋压模应有足够的刚度和动平衡性能。外形面尺寸取工件内形尺寸的中、下差,内形面尺寸取工件外形尺寸的中、上差,试后修回弹。

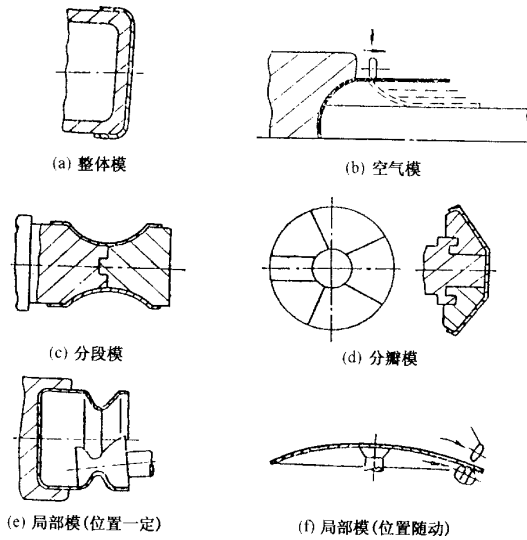


图 3-19 旋压模结构

三、变薄旋压

1. 特点与应用

变薄旋压的运动方式和普通旋压相同,不同的是坯料壁厚在成形中显著减薄而直径尺寸则基本不变。

锥形变薄旋压又称剪切旋压,适用于锥形、抛物线型、椭球形及各种扩张形件的成形。筒形变薄旋压又称流动旋压。正旋压时变形坯料的流向与旋轮进给方向相同(图 3-20(a)(c)),反旋压时则相反(图 3-20(b))。

变薄旋压过程遵循体积不变条件,对于锥形变薄旋压(图 3-20(c))

$$t = t_0 \sin \alpha \quad (\text{mm}) \quad (3-29)$$

式中 t_0 ——坯料厚度(mm);
 t ——零件厚度(mm);
 α ——角度($^\circ$)。

对于筒形变薄旋压(图 3-20(b)(a))

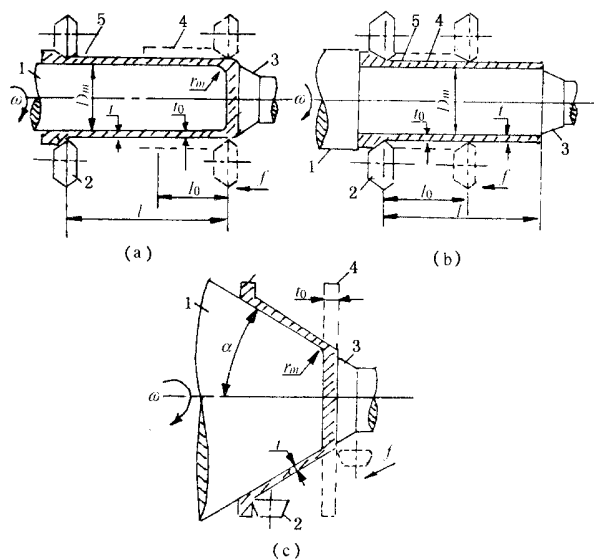
$$\left(D_m + \frac{t_0}{2}\right) t_0 \cdot l_0 = \left(D_m + \frac{t}{2}\right) t l \quad (3-30)$$

对大直径薄型件可简化为

$$t_0 l_0 \approx t l$$

式中 t_0, l_0 ——坯料厚度,深度(mm);
 t, l ——零件厚度,深度(mm);
 D_m ——模具直径(mm)。

2. 工艺要素



(a) 筒形变薄旋压—正旋压 (b) 筒形变薄旋压—反旋压
(c) 锥形变薄旋压—正旋压

1—旋压模 2—旋轮 3—尾顶 4—坯料 5—工件

图 3-20 典型变薄旋压过程

变薄旋压时,坯料、工艺及工艺装备等诸方面都有一定影响。选择和搭配时应使加工中不产生旋轮前隆起,不破裂,不严重扩径,质量好。

(1) 减薄率

锥形变薄旋压的减薄率为

$$\psi_t = \frac{t_0 - t}{t_0} (\%) \quad (3-31)$$

式中 t_0 ——坯料厚度(mm);

t ——零件厚度(mm);

ψ_t ——减薄率(%)。

其极限减薄率为 ψ_{\max} 。

筒形变薄旋压的极限减薄率与锥形变薄旋压的极限减薄率大体相当。常取 15% ~ 45%。

(2) 进给比与转速

旋轮进给比

$$f = \frac{v_s}{n_r} (\text{mm/r}) \quad (3-32)$$

式中 n_r ——主轴转速(r/min);

v_s ——旋轮沿工件母线进给速度(mm/min)。

f 大则工效高,但以不产生震动,旋压力、表面粗糙度值不过大为限。对筒形变薄旋压来说, f 过小易扩径,过大易隆起,都对直径精度不利。通常 f 过大则易造成抱模过紧,

影响卸件。软料反旋 f 过大则出现喇叭口和扩径。选择范围 :对锥形变薄旋压 f 常取 $(0.1 \sim 0.75)n_r, \text{mm}/r$ (n_r 为同步工作旋轮数) ,厚料及旋轮顶端圆角半径大时取大值 ;对筒形变薄旋压 ,正旋压常取 $f=(0.25 \sim 1.0)n_r, \text{mm}/r$,薄料取小值 ,反旋压时取 $f=(0.1 \sim 0.5)n_r, \text{mm}/r$,软料取小值。

对筒形变薄旋压 ,一种有效的安排是在前期道次令 f 足够大使工件抱模 ,终旋时则使 f 略减小以卸件。

当坯料不规则时可在头道次以小的减薄率 ,大的进给比进行校正。

转速 ω 大则工效高 ,以不产生震动 ,旋压热力不过大为限。周向线速度 v_θ 常用范围为 $(50 \sim 300) \text{m}/\text{min}$ 。厚料 ,硬料 ,小直径取小值。

第四章 钣金冲压件手工成形技术工艺

科学技术发展到今天,很多钣金零件已采用机械成形的方法。但手工成形仍不可缺少,常应用在单件生产或机床难以完成的成形零件,也应用于各种机械成形后的补充加工或修整等工作。特别是一些形状比较复杂的零件,有时还必须用手工成形的方法来制造。常用的手工成形方法有:弯曲、放边、收边、拔缘、拱曲、卷边、咬缝、矫正等。

第一节 弯 曲

手工弯曲是通过手工操作来弯曲板料和型材,常用于单件生产或机床难以成形的零件,手工弯曲的零件一般是中小型的钣金件。

一、弯曲件展开料的尺寸计算

1. 圆角很小($R < 0.5\delta$)的弯曲件展开计算法

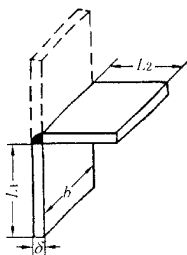


图 4-1 小圆角
单角弯曲件

对于圆角小的板料弯曲件(图 4-1)其计算公式:

$$L = L_1 + L_2 + K\delta \quad (\text{mm}) \quad (4-1)$$

式中 K ——介于 0.48~0.5 之间,软料取下限,硬料取上限。

多角弯曲时:

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n + K_1\delta(n-1) \quad (\text{mm}) \quad (4-2)$$

式中 L_1, L_2, \dots, L_n ——各直边内线长度(mm);

n ——直边的数目；

K_1 ——系数，在双角弯曲时(图 4-2)，介于 0.45~0.48 之间，在多角弯曲时(图 4-3)为 0.25(对于塑性很好的材料可取为 0.125)。

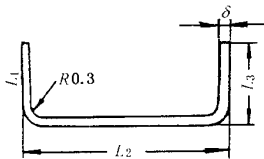


图 4-2 小圆角双角弯曲件

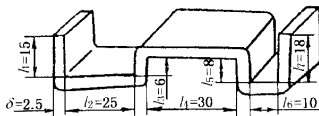


图 4-3 小圆角多角弯曲件

2. 中性层展开计算法

对弯曲件 $R > 0.5\delta$ 时(图 4-4)，毛料展开长

$$L = L_1 + L_2 + \frac{\pi\varphi}{180^\circ}(R + X_0\delta) \quad (\text{mm}) \quad (4-3)$$

式中 L_1, L_2 ——直线部分的长度(mm)；

φ ——弯曲角 α 的补角($^\circ$)；

X_0 ——中性层位移系数，通常小于 0.5(见表 4-1)。

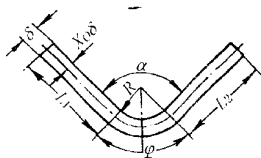


图 4-4 弯曲零件
中性层位移系数

表 4-1

$\frac{R}{\delta}$	0.25	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	> 12
X_0	0.26	0.33	0.35	0.375	0.4	0.415	0.43	0.44	0.45	0.46	0.465	0.47	0.475	0.48	0.5

当 $\frac{R}{\delta} > 12$ 时，其中性层的位置在板厚的中间；

当 $\frac{R}{\delta} \leq 12$ 时，其中性层的位置向弯曲内表面移动，其 X_0 值查表 4-1。

3. 经验计算法

对于薄板弯曲件(图 4-5)，其弯角近似直角，其毛料展开长为：

$$L = a + b - \left(\delta + \frac{R}{2} \right) \quad (\text{mm}) \quad (4-5)$$

式中 a ——零件长度(mm);
 b ——零件高度(mm);
 δ ——板料厚度(mm);
 R ——零件弯曲半径(mm)。

经验计算法只适用于单角弯曲件的计算,对多角弯曲件计算误差较大。

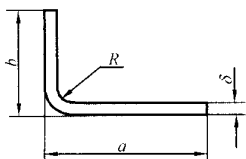


图 4-5 直角弯曲件

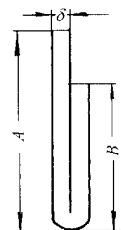


图 4-6

180°

单角弯
 曲件

如图 4-6 这种弯曲件的毛料展开长度,可以按下式近似计算:

$$L = A + B - \frac{\delta}{2} \quad (\text{mm}) \quad (4-6)$$

以上所述弯曲件毛料展开长度的计算,还应通过实验加以适当的修正。

二、手工弯曲的操作

根据弯曲零件下好展开料,划出弯曲线,弯曲时如图 4-7 所示,将弯曲线对准规铁的角,左手压住板料,右手用木槌先在两端将工件敲弯成一定角度,以便定位,然后再全部弯曲成形。

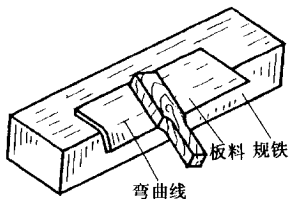


图 4-7 角形件的弯曲

如图 4-8 所示零件,当下好料开好孔后进行弯曲,当尺寸 a 和 c 很接近时,应先下料划好弯曲线,再以中间方孔定位,将模具夹在虎钳上如图 4-9 所示,弯曲两边。弯曲时用

力要均匀,且有往下压的分力,以免把孔边拉出。

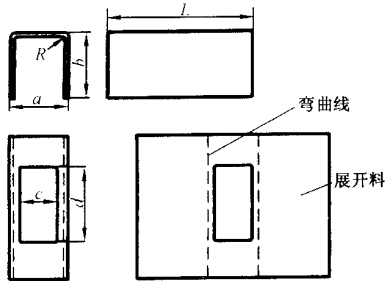


图 4-8 □形零件及展开图

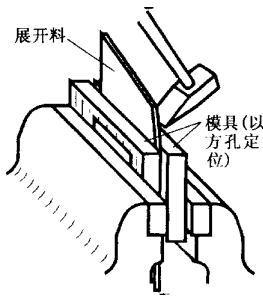


图 4-9 □形零件的弯曲

要弯曲如图 4-10 所示的□形零件,先根据划线如图 4-11(a)(b)那样先弯曲成┐形,装夹时,要使规铁离出钳口 2mm~3mm,弯曲线对准规铁的角,而后如图 4-11(c)那样弯曲成形。



图 4-10 □形零件

圆筒的弯制 无论是用薄板还是厚板弯制圆筒,都应两头端部弯制好。在圆钢上打直头时,应使板与圆钢平行放置,如图 4-12(a)所示,再锤打。然后,对钢板进行弯曲。对于薄钢板,可用木块或木槌逐步向内锤击,如图 4-12(b)所示,当接头重合,即施点固焊,焊后进行修圆。对于厚板,可用弧锤和大锤在两根圆钢之间从两端向内锤打,基本成圆后焊接接口,再修圆,如图 4-12(c)所示。

圆锥形工件的弯曲 要制作圆锥形工件,先下好料,并画出弯曲件的素线,做好弯曲样板。用弧锤和大锤按素线弯曲锤击,先弯两头,后弯中间,待接口重合后,固焊修圆,直至符合要求。

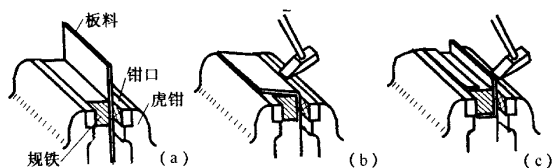


图 4-11 □形零件的弯曲

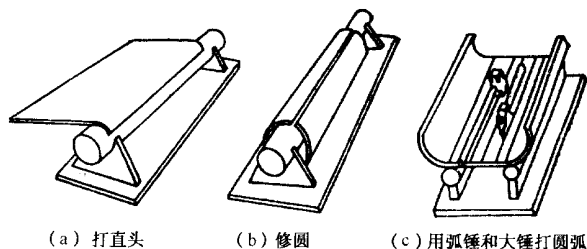


图 4-12 弯制圆筒

第二节 放边

一、“打薄”放边

“打薄”捶放是将零件的某一边(或某一部分)打薄,使该部分伸展变形,达到预想的要求。用“打薄”来放边,效果显著,但表面不太光滑,厚度不够均匀。

生产凹曲线弯边的零件见图 4-13 所示,将角形弯曲的坯料放在铁砧或平台上捶放边缘,使边缘材料厚度变薄,面积增大,弯边伸长,使直线角材逐渐捶放成曲线弯边零件。在捶放过程中,越靠近角材边缘处捶放,伸长量越大,厚度变化大些,越靠近内缘捶放,伸长量越小,厚度变化小些。

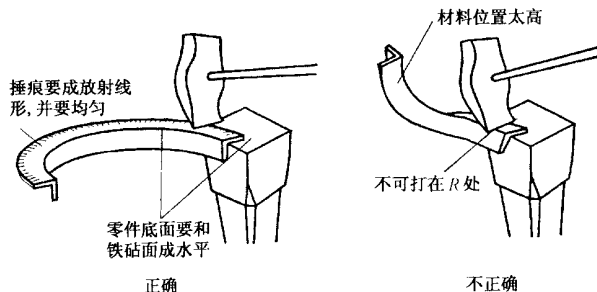


图 4-13 “打薄”捶放

“打薄”的准备工作是,先根据计算划线并剪出展开毛料,再划出弯曲线,在折弯机或其他设备上弯成角材,进而进行捶放。放边时,角材底面必须与铁砧表面保持水平,不能

太高或太低,否则角材要产生翘曲。锤痕要均匀并成放射线形,捶击面积占弯边宽度的 $\frac{3}{4}$,不能沿角材的 R 处敲打,捶击的位置要在弯曲的部分,有直线段的角形零件,在直线段内不能敲打。

在放边过程中,材料会产生冷作硬化,此时,应作退火处理后再进行捶打,否则容易发生打裂现象。放边速度不宜太快,随时用样板或量具进行外形检查,避免放边局部过量。

二、“拉薄”捶放

“拉薄”捶放是将零件的某一边(或某一部分)拉薄,增加面积,达到捶放的效果。这种方法捶放出来的表面光滑,厚度较均匀,但加工过程中容易拉裂。

“拉薄”捶放应将坯料放在厚的硬橡皮或木墩上用木槌或铁锤进行捶放,利用橡皮和木墩既软又有弹性的特点,使坯料伸展拉长。为了防止出现裂纹,可先放展坯料,再弯制弯边,两者应交替进行,形成凹曲线弯边零件。

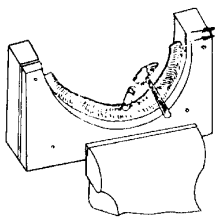


图 4-14 型胎上放边

三、型胎上放边

用这种方法放边,应先加工一个胎具,如图 4-14 所示,将零件夹紧在胎具内,木槌打击顶木,顶木使坯料伸展拉长,完成放边工作。

四、放边零件展开尺寸的计算

如图 4-15 所示半圆形零件的展开宽度可用弯曲型材展开宽度的计算公式来计算。

$$B = a + b - \left(\frac{r}{2} + \delta \right) \quad (4-6)$$

式中 B ——展开料宽度(mm);

a 、 b ——弯边宽度(mm);

r ——圆角半径(mm);

δ ——材料厚度(mm)。

展开长度 L 按放边一边的宽度一半处的弧长来计算

$$L = \pi \left(R + \frac{b}{2} \right) \quad (4-7)$$

式中 L ——展开料长度(mm);

R ——零件弯曲半径(mm);

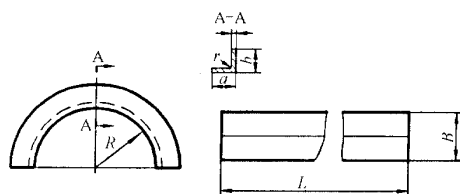


图 4-15 半圆形零件

b ——放边一边的宽度(mm)

如图 4-16 所示的直角形零件 ,其展开长度 L 为直线部分和曲线部分之和。

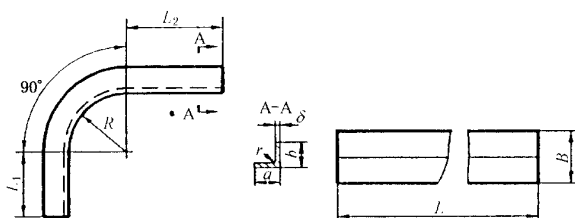


图 4-16 直角形零件

$$L = L_1 + L_2 + \frac{\pi}{2} \left(R + \frac{b}{2} \right) (\text{mm}) \quad (7-8)$$

式中 L_1 、 L_2 ——直线部分长度(mm)；

R ——弯曲半径(mm)；

b ——放边一边的宽度(mm)。

第三节 收 边

一、基本概念

收边是使角形件某一边材料被收缩 ,长度减小、厚度增大的方法来修正零件或制造凸曲线弯边零件。

收边有以下几种方法：

(1)用折皱钳起皱 ,在规铁上用木槌敲平如图 4-17 所示。折皱钳用 8mm ~ 1.0mm 的钢丝弯曲后焊成 ,表面要光滑 ,以免划伤工件表面。

(2)用橡皮打板收边 ,在修整零件时 ,对板料“松动”部分 ,用橡皮抽打 ,使材料收缩。橡皮打板用中等硬度、宽 60mm ~ 70mm、厚 15mm ~ 40mm 的橡皮板制造 ,长度可根据需要确定。

(3)即敲制凸曲线弯边 ,其收边方法见图 4-18 ,将坯料夹在型胎上 ,用铝锤顶住坯料 ,用木槌敲打顶住部分 ,使坯料逐渐被收缩靠胎。

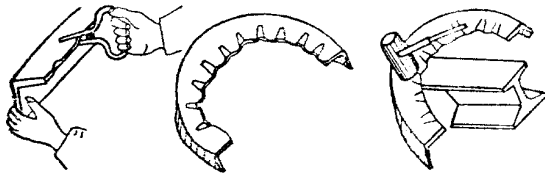


图 4-17 皱缩

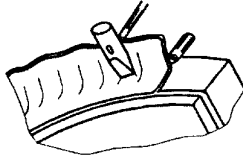


图 4-18 敲制凸
曲线弯边

二、收边零件展开尺寸的计算

1. 角材收边成半圆形零件

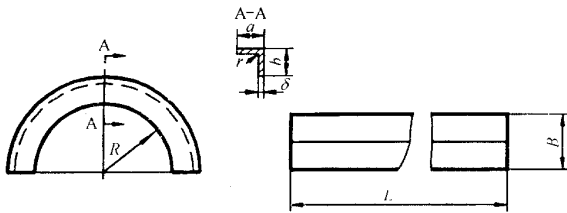


图 4-19 半圆形零件

如图 4-19 所示, 展开料的计算式为

$$B = a + b - \left(\frac{r}{2} + \delta \right) \quad (\text{mm}) \quad (4-9)$$

$$L = \pi \cdot (R + b) \quad (\text{mm}) \quad (4-10)$$

式中 a 、 b ——弯边宽度(mm);
 r ——圆角半径(mm);
 R ——弯曲半径(mm);
 δ ——材料厚度(mm)。

2. 角材收边成直角形零件

如图 4-20 所示, 展开料的计算式为

$$B = a + b - \left(\frac{r}{2} + \delta \right) \quad (\text{mm}) \quad (4-11)$$

$$L = L_1 + L_2 + \frac{\pi}{2} \cdot (R + b) \quad (\text{mm}) \quad (4-12)$$

式中 a 、 b ——弯边宽度(mm);
 L_1 、 L_2 ——直线部分长度(mm);

r ——圆角半径(mm);
 R ——弯曲半径(mm);
 δ ——材料厚度(mm)

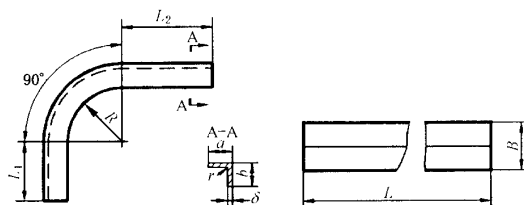


图 4-20 角形零件

第四节 拔 缘

拔缘是将板料的边缘用手工捶击的方法弯曲成弯边。拔缘分内拔缘(也叫孔拔缘,即在孔边加工出凸缘)和外拔缘。

一、自由外拔缘的操作过程

(1) 计算出坯料直径 D , 划出加工的外缘宽度线(即分出环形部分和圆柱形部分), 一般坯料直径 D 与零件直径 D_1 之比为 $0.8 \sim 0.85$ 之间。剪切坯料, 去毛刺。

(2) 在铁砧上, 按照零件外缘宽度线, 用木槌敲打进行拔缘, 先将坯料周边弯曲, 在弯边上制出皱褶, 然后打平皱褶, 使弯曲边收缩成凸边。这样经过多次制出皱褶、打平皱褶, 才能制成零件, 操作过程如图 4-21 所示。

3. 拔缘时, 捶击点的分布和捶击力的大小要稠密、均匀, 不能操之过急。否则可能出现弯边形成细纹皱折, 从而发生裂纹。

二、胎型拔缘的操作过程

(1) 利用胎型外拔缘时, 一般采用加温拔缘的方法。先在坯料中心焊一个钢套, 以便定位, 如图 4-22(a) 所示。坯料加温到 $750^{\circ}\text{C} \sim 780^{\circ}\text{C}$ 左右, 每次加热线不宜过长, 加热面略大于坯料边缘的宽度线, 拔缘过程同前述外拔缘过程。

(2) 利用胎型内拔缘时, 弯边比较困难。内孔直径不超过 80mm 的薄板拔缘时, 可采用一个圆形木槌一次冲出弯边, 见图 4-22(b)。如果孔径较大, 或是椭圆孔, 则制作一个钢凸模进行冲出弯边。

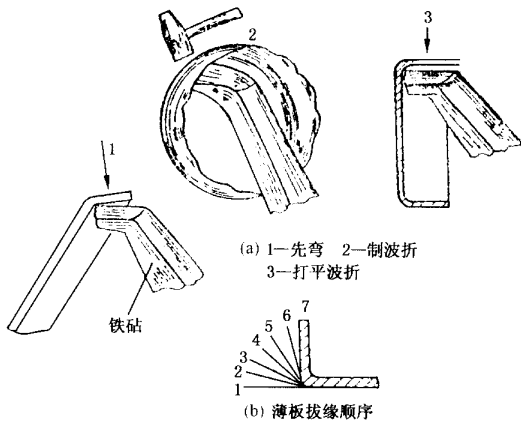


图 4-21 外拔缘操作过程

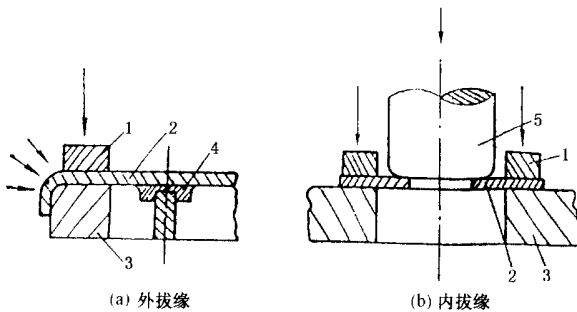


图 4-22 胎型拔缘

1—压板 2—坯料 3—胎型 4—钢套 5—凸块

第五节 拱 曲

拱曲是把板料用手锤击成半球形或其他凸凹曲面状的零件。通过锤击,如图 4-23 所示,板料四周起皱向里收边,厚度变厚,中间打薄捶放,厚度变薄。拱曲分为冷拱曲和热拱曲两种。

一、冷拱曲

1. 拱曲零件展开尺寸的确定

(1) 计算法 如图 4-24 所示,半球形的拱曲零件的坯料展开形状为一圆形,其直径为

$$D = \sqrt{2d^2} = 1.414d \text{ (mm)} \quad (4-13)$$

式中 D ——所求坯料的直径(mm);
 d ——半球形零件的直径(mm)。

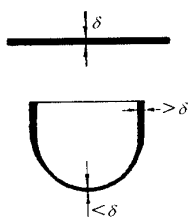


图 4-23 拱曲
件厚度
的变化

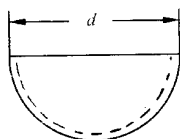


图 4-24
半球形拱
曲零件

在计算时,未考虑拱曲时材料的伸展量,故拱曲后,还应对零件的边缘进行修剪。

(2)实际比量法 用纸按实物或模胎的形状压成皱褶包在实物或模胎上,沿实物或模胎的边缘把纸剪下来,再按纸的展开尺寸加上适当的余量,即为展开件的实际尺寸。如果批量生产,则应将所得的尺寸经试做后进行修改,作出坯料的样板,进行成批下料。

2. 冷拱曲的操作方法

拱曲深度较大的零件,如图 4-25 所示,可用顶杆和手工捶击的方法进行。坯料应处于焯火状态,在加工的过程中发现有冷作硬化时,应及时进行退火处理,以免产生裂纹。

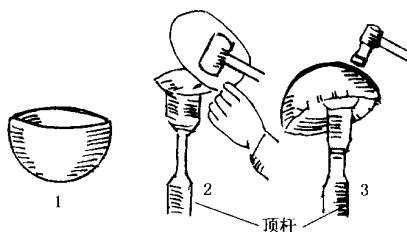


图 4-25 半球形零件的拱曲
1—零件 2—皱缩 3—伸展中部或修光

拱曲时,先把坯料的边缘作出皱褶,然后在顶杆上将边缘的皱褶慢慢打平,使边缘向内弯曲,同时用木槌轻而均匀地捶击坯料中部,使中部的材料伸展拱曲。捶击的位置要稍稍超过支承点,敲打的位置要准确,否则容易打出凹痕,甚至打裂。

捶击时,用力要轻而均匀,击点要稠密,边捶击边旋转坯料。根据需要随时调整捶击的部位,使表面保持光滑、均匀,对凸出的部位不应继续捶击,否则越打越凸起。

捶击到坯料的中心部位时,坯料应不停地转动,不能集中在一处捶击,以免坯料的某部位伸展过多而出现凸起。依次收边捶击中部,并不断地作中间检查,直至达到要求为

止。考虑到材料的弹性变形,加工后的拱曲度应稍大一些。最后修光后,消除了弹性变形,零件正好合格。

最后用平头锤顶在圆杆上,把拱曲成形的零件进行修光,并按要求划线、切割、锉光边缘。

当在胎模上用手工拱曲时,其方法如下:

一般尺寸较大、深度较浅的零件,可直接在胎模上进行拱曲。

如图4-26所示,先将坯料压紧在胎模上,用手锤从边缘开始逐渐向中心部分捶击,图中(a)(b)(c)是拱曲过程,(d)是在橡皮上伸展坯料。

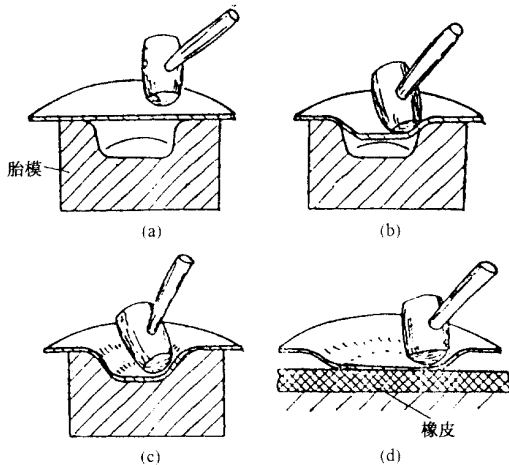


图4-26 在胎模上拱曲

在拱曲时,捶击应轻而均匀,使整个表面均匀地伸展,形成凸起的形状,并可防止拉裂。为使坯料伸展得快,又不易拉裂,在拱曲过程中,可垫橡皮、软木、砂袋等进行伸展毛坯,这样使表面质量较好。

在拱曲过程中,不能急于求成,应分几次进行,使毛坯逐渐下凹,直到毛坯全部贴合胎模,成为所需要的零件。最后用平头锤在顶杆上打光加工时出现的局部凸痕。

二、热拱曲

1. 热拱曲原理

通过加热使坯料拱曲叫热拱曲。热拱曲一般用于板料较厚、形状比较复杂以及尺寸较大的拱曲零件。热拱曲与冷拱曲的区别在于,冷拱曲是通过收缩坯料的边缘、伸展坯料中部成形,而热拱曲是通过局部加热后冷却收缩变形而成形的。如图4-27所示,对坯料之角形 ABC 处局部加热,受热后坯料要向周围膨胀,但因该区处于高温状态,力学性能比周围未加热部位低,加热区的材料膨胀不出去,只能使坯料向变厚方向膨胀,冷却后,坯料往内收缩,使 ABC 区域缩成 $A'B'C'$ 。当沿坯料四周对称而均匀地进行上述加热冷却,便可收缩成如图4-26(b)所示的拱曲零件。拱曲的程度与加热点的多少,每一点的加热范围的大小有关。加热点愈多(即愈密),拱曲程度愈大。

2. 拱曲的加热方法

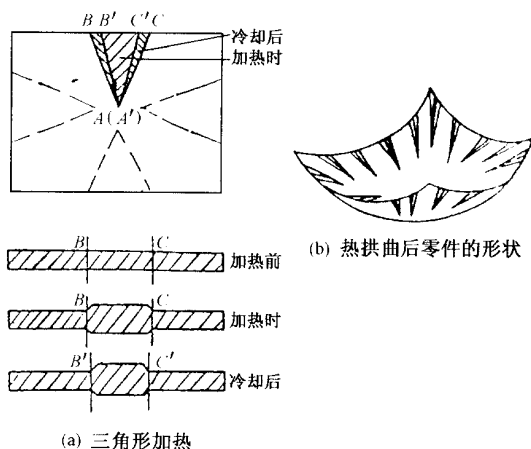


图 4-27 热拱曲原理

拱曲的加热方法有两种,加热面积较大时,采用加热炉加热;加热面积在 300mm^2 以内时,用普通氧气焊枪进行加热。

第六节 卷 边

卷边是指将板件的边缘卷曲成管状或压扁成叠边的操作,它能增加零件边缘的刚性和强度以及消除边缘锐利的锋口。卷边分夹丝卷边、空心卷边、单叠边、双叠边等四种(见图 4-28)。

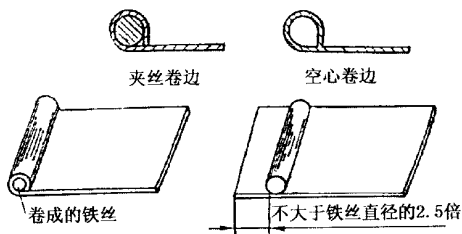


图 4-28 卷边

夹丝卷边是在已翻卷的边缘内放入一根铁丝,增加边缘的刚性。铁丝的粗细根据零件的尺寸和所受力来确定。一般铁丝的直径为板料厚度的 $4 \sim 6$ 倍。包卷铁丝的边缘,应不大于铁丝直径的 2.5 倍。

一、卷边零件展开尺寸的计算

卷边零件是由直线和曲线两部分组成。如图 4-29 所示零件的展开长度 L 为

$$L = L_1 + \frac{d}{2} + L_2 \quad (\text{mm}) \quad (4-14)$$

式中 L_1 ——板料直线部分长度(mm);

d ——铁丝直径(mm);

L_2 ——板料 270°卷曲部分长度(mm)。

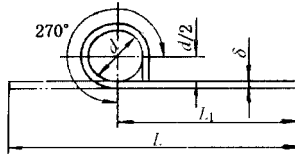


图 4-29 卷边展开
尺寸的计算

$$L_2 = \frac{3\pi}{4}(d + \delta) = 2.35(d + \delta) \text{ (mm)} \quad (4-15)$$

式中 δ ——材料厚度。

$$\text{所以 } L = L_1 + \frac{d}{2} + 2.35(d + \delta) \text{ (mm)} \quad (4-16)$$

二、手工卷边的操作

如图 4-30 所示为手工夹丝卷边,其操作过程如下。

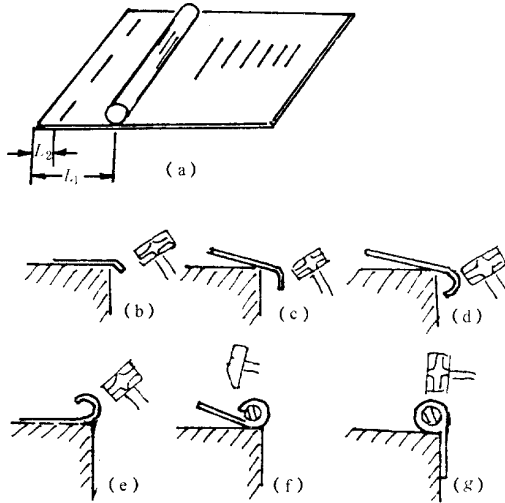


图 4-30 夹丝卷边过程

(1)在坯料上划出两条卷边线(图 4-30(a)),图中:

$$L_1 = 2.5d \text{ (mm)}$$

$$L_2 = \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}\right) L_1 \text{ (mm)} \quad (4-17)$$

式中 d ——铁丝直径(mm)。

(2)将坯料放在平台(或方铁、轨道)上,使其露出平台的尺寸等于 L_2 。左手压住毛料,右手用锤敲打露出平台部分的边缘,使向下弯曲成 $85^\circ \sim 90^\circ$,如图 4-29(b)所示。

(3) 将坯料逐渐向外伸出并弯曲,直至平台边缘对准第二条卷边线为止,也就是使露出平台部分等于 L_1 为止。并使第一次敲打的边缘靠上平台,如图 4-29(c)(d)所示。

(4) 将坯料翻转,使卷边朝上,轻而均匀地敲打卷边向里扣,使卷曲部分逐渐成圆弧形,如图 4-29(e)所示。

(5) 将铁丝放入卷边内,放时先从一端开始,以防铁丝弹出,先将一端扣好,然后嵌一段扣一段,全扣完后,轻轻敲打,使卷边紧靠铁丝,如图 4-29(f)所示。

(6) 翻转坯料,使接口靠住平台的缘角,轻轻地敲打,使接口咬紧,如图 4-29(g)所示。

空心卷边的操作过程和夹丝卷边的操作过程相同,只是最后把铁丝抽出来。抽铁丝时,把铁丝的一端夹住,将零件一边转一边拉。

第七节 咬 缝

咬缝是把两块板料的边缘(或一块板料的两边)折转扣合,并彼此压紧的连接方法。由于咬缝比较牢固,所以在许多地方用来代替钎焊。

一、咬缝的结构形式

根据结构连接的需要可做成各种各样结构形式的咬缝,按结构分有挂扣、单扣、双扣等,按形式分有站扣和卧扣,按位置分有纵扣和横扣。如图 4-31 所示。

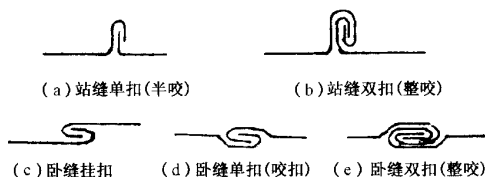


图 4-31 咬缝的种类

一般情况下,盆、桶、水壶、茶杯等采用卧缝挂扣,卧缝双扣(整咬)具有强度高、密封性好、牢靠的优点,常用于屋顶的水沟,房盖的一般地方或铁板制的门均采用挂扣,因为这些地方对强度要求不高,站缝应用于具有较大刚性的场合。

咬缝零件的坯料,必须留出咬缝余量。像卧缝单扣,在一块板料上应留出宽度等于咬缝宽度的余量,在另一块板料上应留出咬缝宽度两倍的余量,即制作单扣缝的总余量是缝宽的三倍。

二、咬缝的操作步骤

制作卧缝单扣的操作步骤如图 4-32(a)(b)(c)所示。先在板料上划出扣缝的弯折线,把板料放在角钢(或规铁)上,使弯折线对准角钢(或规铁)的边缘,弯折伸出部分成 90° 角,然后朝上翻转板料,再把弯折边向里扣,不要扣死,留出适当的间隙。用同样的方法折弯出另一块板料的边缘。然后将两块板扣上,捶击压合。捶击压合时,先将缝的两端敲

凹,以防松脱。

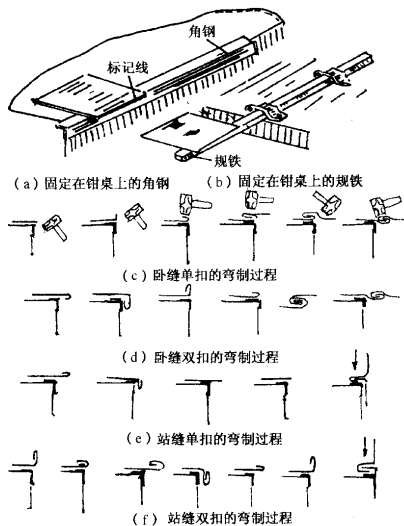


图 4-32 咬缝工具及过程

图 4-32(d)是弯制卧缝双扣的操作步骤。先在板料上制出卧缝单扣,再向里弯,翻转板料使弯边朝上,再向里扣,用同样的方法在第二块板上弯出双扣,然后把弯成的扣缝相互扣合并压紧。

图 4-32(e)是站缝单扣的弯制步骤。先在一块板上制作成站缝单扣,另一块板料的边缘弯成 90° 角,而后扣合并压紧。

图 4-32(f)是站缝双扣的弯制步骤。先在一块板上作双扣缝,另一块板料作单扣缝,再互相扣合并压紧。

第八节 矫正

对几何形状合乎产品要求的钢结构及原材料进行修正,使其产生一定程度的塑性变形,从而达到产品所要求的几何形状,这种修正的方法称为矫正。

一、矫正的工作状态

矫正工作可在以下四种状态下进行:

- (1)下料前对原材料的矫正。例如卷筒板料,应经过开卷、矫平才能进行下料。
- (2)钢结构零件的矫正。对板件的矫平,型钢件的矫直及几何形状的矫正,一般在下料以后或加工成型后进行。
- (3)对焊接变形的矫正。
- (4)钢结构产品在使用过程中的矫正。

矫正工序常常根据实际情况穿插在下料、组装、焊接等工序间多次进行。

二、矫正的要领

(1)分析工件变形的原因。产生工件变形的原因有两种情况:一是工件受到外力后产生塑性变形,一种是由内应力产生的变形。由外力作用产生的塑性变形,一般可对变形部位采取矫正措施。由内应力产生的工件变形,可根据产生内应力的部位采取措施,消除其内应力,以消除工件产生的变形。

(2)分析钢结构变形的内在联系。

(3)找准变形的部位及变形的方向。

(4)根据实际情况采用不同的矫正方法和检测手段。

三、矫正的方法

矫正的方法有机械矫正、火焰矫正、手工矫正三种。在机械矫正和手工矫正中根据材料的性质、工件的变形程度和生产的实际情况又可分为冷矫正和热矫正。

机械矫正是借助于机械设备来对变形工件及变形原材料进行矫正。常用的机械矫正设备有钢板矫正机(矫平机)、型钢矫正机(多辊型钢矫正机、型钢撑直机、圆钢管子矫直机等)及各种压力机(水压机、油压机、螺旋压力机等)。

火焰矫正是用对变形工件进行局部加热后,由收缩引起的新的变形去矫正已产生的变形。

手工矫正常用大锤、手锤、平锤、弧锤、U形夹、羊角卡、平台等工具进行手工操作,使变形工件得到所需的正确几何形状。

在机械矫正和手工矫正时,当工件变形严重,冷矫正会产生裂纹或折断;工件材质较脆,设备能力不足,冷矫时克服不了变形工件的刚性时,常采用热矫正。

钣金零件的形状繁多,在加工中产生的变形也是多种多样的,为了掌握矫正的基本要领,下面介绍一些典型零件的矫正方法。

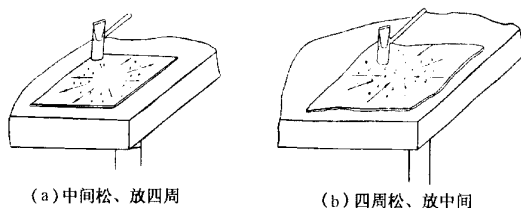


图 4-33 平板件校正

1. 钢板的手工矫正

矫正的方法是采用收边和放边的基本原理。图 4-33(a)所示为中间鼓形凸起,四周平整,能贴合平台,这种凸起的原因是周边的纤维长度比中间的纤维长度短一些,即通常所说的中间松四周紧。矫正方法是用手锤捶放四周,捶击方向由里向外,捶击点要均匀并越往外越稠密,捶击力也应越大,这样使四周的材料放松,消除凸起。图 4-33(b)所示中间贴合平台,周边扭动成波浪形,即中间的纤维长度比四周的纤维长度短一些。消除这种扭动的方法是用橡皮带抽打四周,使周边材料收缩。如果板料周边有余量,可用收边机收

边,修正后将余量切割掉。再捶放中间,捶击方向由外向内,捶击点要均匀,而且越往里越密,捶击力也越大。

有的钢板零件,往往松紧变形同时存在,而且不止一处,各处的变形程度也不一致。在矫平时,要根据具体情况灵活运用上述矫正方法。有时,松紧处一时难辨,可以从边缘内部的适当部位进行环状捶击,使其无规律的变形变成有规律的变形,再把紧的部位放松。如遇有局部严重凸起而不便放松四周时,可先对严重凸起处进行局部加热,使凸起处收缩到基本平整后,再进行冷作矫正。在矫正时,应翻动工件,两边同时进行捶击。

(1) 四周弯折:增加边缘的刚性,防止松动;

(2) 滚卷后淬火:板材滚成弧形,淬火后再反滚矫平;

(3) 预先收边:零件四周放余量,在收边机上收缩,消除边缘松紧不一现象,可防止淬火后四周松动。平板件淬火后,先用橡皮带抽打,达到基本平整后,再用锤矫平。

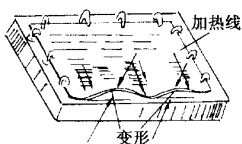


图 4-34 薄板热矫正

2. 薄板件变形的火焰矫正

钢板变形为波浪形时,应先将钢板放在有孔平台上,用羊角卡将钢板的三个边卡压在平台上,见图 4-34。然后用氧炔焰以线状加热法对凸起部分的凸峰两侧分别加热,加热线的长度应短于变形的凸起长度。如钢板厚度在 2mm ~ 4mm 之间,则加热宽度应在 10mm ~ 20mm 之间。钢板较薄时,加热速度要快些,加热用的气焊枪应选用 2 号或 3 号喷嘴,加热温度应为 600℃ ~ 800℃。随着焊枪的移动,可在火焰对工件加热的近处用水冷却。对于含碳量较高的材料,火焰与浇水的距离要适当远些,对有硬倾向的材料不允许用水激冷。各加热线之间的平行距离,应根据变形波峰高度而定,凸起愈高,则距离近些,加热温度也应高些。如一次矫不平,可进行第二次热矫平,但其加热线应在第一次加热线之间。必要时可辅以手工矫平。

3. 蒙皮零件的矫正

蒙皮零件的矫正要领与其他薄板零件一样,把“紧”处放“松”。由于这类零件的表面质量一般都要求很高,除划伤等缺陷有规定外,还不应留有较明显的痕迹。为此,矫正用的工具,如硬木槌、铝锤、滚轮及平台等表面要求光滑,一般表面粗糙度应在 $Ra1.6\mu\text{m}$ 左右。矫正时尽可能使用硬木槌。使用铝锤时,可涂油后进行捶击,使平台与零件表面及锤头与零件表面之间布有一油层,打击后基本没有锤印。这种油可采用经一般汽油稀释后的润滑油,使油层尽量薄,防止油层厚而出现小凹坑。矫正用的手锤直径要大些,一般在 60mm 以上。

对于较厚的单曲度蒙皮,当有小凸起或边缘呈波浪纹时,则用垫以硬橡皮往里墩来进行矫正。

双曲度蒙皮,一般用滚轮来放展“紧”的部位,而在区域很小或无法滚展时则用捶击的方法进行。

滚展时,首先按模胎检查“松”、“紧”的部位,并用石笔圈出滚展的范围。一般地规律是,如中间空,说明边“紧”,应滚边使中间贴紧;若两头翘表明边“松”,应滚中间,如图4-35所示。

滚展要均匀,带孔的零件,孔的周围应尽量不滚或少滚,否则容易“松”,当滚“松”后,再进行矫正,则整个表面几乎都得动。如果变形大时,最好在矫正好以后再开孔。在靠近滚展区的周围,也应滚几下,以巩固已有的曲度,消除滚展部位对周围的影响。这样反复检查、滚展并配合橡皮带的抽打,直至把零件矫好。

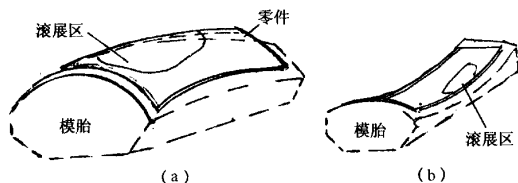


图4-35 蒙皮零件的校正

滚展时所用的滚轮,如图4-36所示。一般上滚轮是平的,下滚轮则需根据滚展的零件来确定。当零件曲度较大或需往里卷时,应使用尖滚轮;零件的曲度较小或往外张时,应使用平滚轮。滚轮滚压的程度,一般在伸展量大或材料较硬的情况下,滚轮应压得紧些;相反,当放展量小或材料较软时,滚轮应压得轻些。

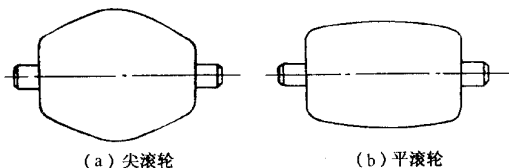


图4-36 滚展用的下滚轮

4. 角钢变形的矫正

角钢的变形有弯曲变形、扭曲变形,或者两者兼有的变形,如图4-37所示。

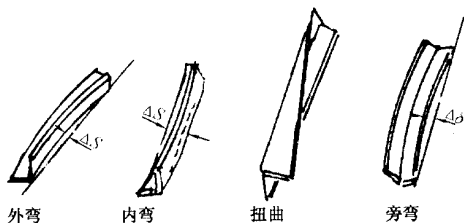


图4-37 角钢的几种变形情况

手工矫正角钢时,一般应先矫正扭曲,然后矫正弯曲和两面的垂直度。

(1)角钢扭曲的矫正 对于小角钢,一般是把角钢的一端夹紧在台钳上,用扳手夹住角钢另一端的直角边,用力使角钢沿变形的反方向扭转,并稍微超过角钢的正常状态,见图4-38。对较大角钢的扭曲,可在平台边缘上捶击。对有急弯扭曲等不适合手工冷作矫正时,可采用全加热或局部加热的方法,垫在平锤上捶击矫正。

(2)角钢两面不垂直的矫正 当两面的夹角大于 90° 时,将需矫正区段放在V形槽铁

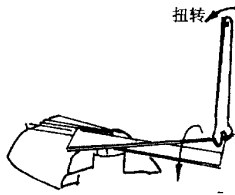


图 4-38 扭曲的
校正

或平台上捶击角钢的边缘,见图 4-39。当夹角小于 90° 时,可将角钢仰放,使其脊线贴在平台上,将平锤垫在其内侧,再用大锤击打平锤,见图 4-40。

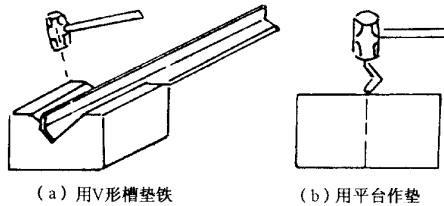


图 4-39 角钢大于 90°
的手工矫正

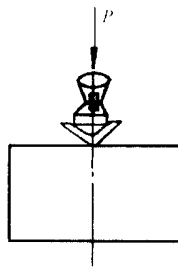


图 4-40 角钢
小于 90°
的手工
矫正

(3) 角钢弯曲的矫正

①捶击角钢弯曲的凸处 把角钢的弯曲部位放置在圆筒铁砧或带孔的平台上(如图 4-41 所示),使凸面朝上放在铁砧圆孔中间,捶击凸出部分。角钢较短时,可放在平台上,将角钢的一端垫起,使凸出部分朝上,捶击凸出部分(如图 4-42 所示)。

②扩展凹面 将角钢放在平台上,捶击凹面,如图 4-43(a)所示,捶击时,应将角钢翻动,见图 4-43(b),在凹处的两面交替捶击。

③角钢弯曲的火焰矫正 加热区域如图 4-44 所示。当局部加热后呈反弯曲时,可采用捶击、扩展凹面的方法进行矫正。

6. 焊接件的矫正

用各种截面形状的型钢经焊接而成的焊接件,因受热胀冷缩的影响,都有不同程度的

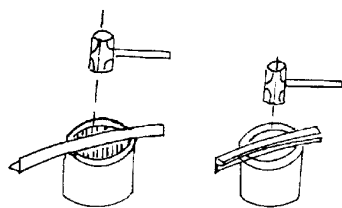


图 4-41 手工矫正角钢弯曲的方法

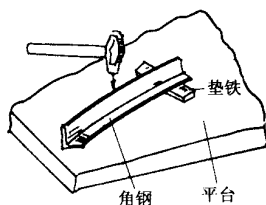


图 4-42 短角钢的矫正

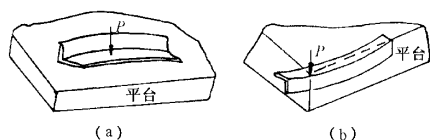


图 4-43 扩展凹面矫正角钢

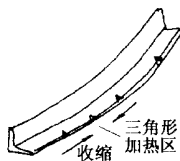


图 4-44 角钢弯曲的火矫正方法

变形,尤其是在无焊接夹具的情况下变形更大。常需进行适当的手工矫正,以保证产品的质量。

(1) 角度矫正 两根角钢成 90° 焊在一起,如图 4-45 所示,当夹角小于 90° 时,可用厚口錾子沿焊缝 $O-B_1$ 段阴影区捶击,使受捶击处的材料伸展,角度增加。当角度大于 90° 时,可用厚口錾子捶击 OB 段,使角度缩小。

(2) 矩形框架的矫正

① 双边弯曲的校正 如图 4-46 所示,焊接后框架 AD 与 BC 边出现双边弯曲现象。可将框架立于平台上,外弯边 AD 朝上, BC 边两端垫上两块垫板,左手握住一端,右手拿铁锤向下敲凸起点 E ,则 $A、E、D$ 三点可击打成一直线,从而 BC 边也成一直线。如果

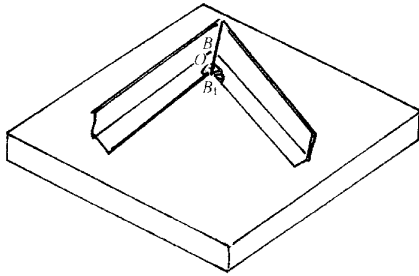


图 4-45 L形焊接件的校正

AE 、 ED 、 FC 各边略有弯曲,可用铁锤分别向外或向内捶击各凸起处,直至 AD 和 BC 边成两条直线为止。有时也可以如图 4-47 所示的那样用顶铁捶击 7、8、3、4、 b 、 c 各处,使阴影区的角度增大,矫直各边。

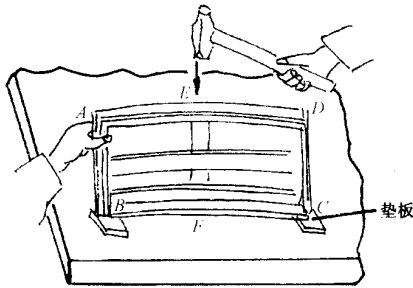


图 4-46 矩形框架校正

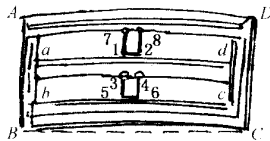


图 4-47 矩形框架的矫正

② 矫正尺寸 如图 4-48 所示, AD 边长, BC 边短,当尺寸误差较小时,可把框架竖起来,垂直立于平台上,捶击较长一边的端头,使其总长缩短。如压缩不够,可调头捶击该长边的另一端。

③ 角度不正的矫正 框架焊接后变形成平行四边形,如图 7-49 所示 B 角 D 角小于 90° ,可将框架对角竖起,使 BD 对角线垂直于平台,左手握住一边或一角,右手用力捶击 B 角处,使 B 、 D 两角的两边向外扩展,使 A 、 C 角收缩变小,从而矫正成矩形。

如图 4-50 所示,中间有构件矩形框架的角度矫正时,除了用上述方法外,还要用厚口錾子捶击 $\angle B_1$ 、 $\angle D_1$ 、 $\angle 9$ 、 $\angle 8$ 、 $\angle 12$ 、 $\angle 5$ 、 $\angle 1$ 、 $\angle 4$,焊接周围的阴影处。必须防止只捶击 $\angle B$ 和 $\angle D$,而不捶击其他各角。

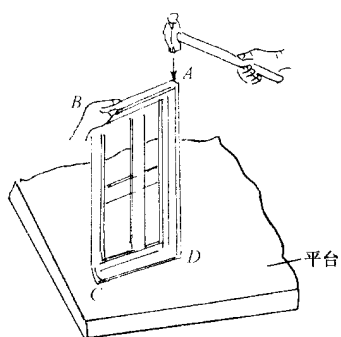


图 4-48 矫对尺寸

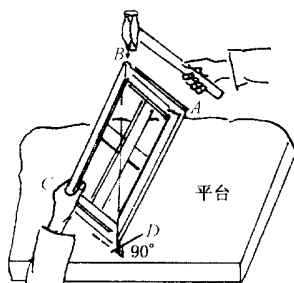


图 4-49 角度矫正

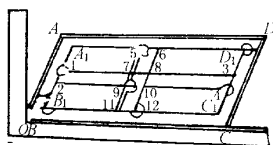


图 4-50 中间有构件
矩形框架角度的校正

第五章 钣金展开技术工艺

将构件的各个表面依次摊开在一个平面上的过程,称为展开。图 5-1 是几种基本几何体表面的展开。

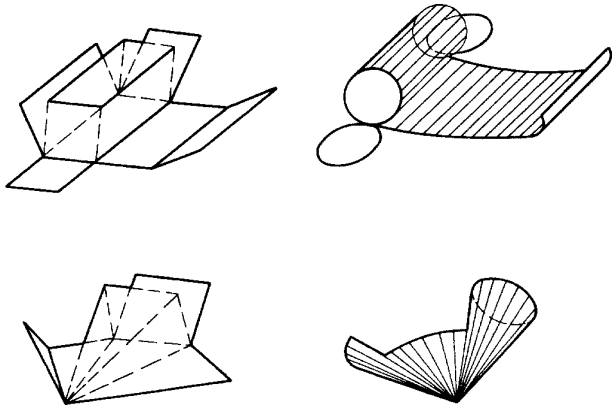


图 5-1 几种基本几何体表面的展开

一、可展表面与不可展表面

1. 可展表面

凡构件表面相邻两条直素线,能构成一个平面时(即两直素线平行或相交)即为可展表面。

可展表面能全部平整地摊开在一个平面上,而不发生撕裂或皱折。属于这类的表面有平面、柱面和锥面等。

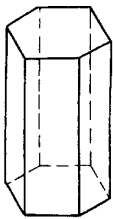
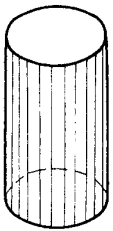
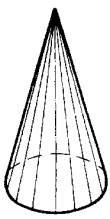
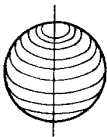
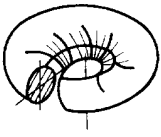
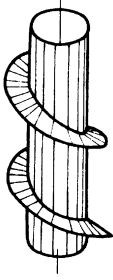
2. 不可展表面

凡母线是曲线或相邻两素线呈交叉的表面,即为不可展表面。

不可展表面只能作近似的展开。属于这类的表面有球面、圆环面和圆柱正螺旋面等。常见可展表面与不可展表面的形体见表 5-1。

表 5-1

常见可展表面与不可展表面的形体

表面性质	图 形		
可展表面	<p style="text-align: center;">棱 柱</p> 	<p style="text-align: center;">圆 柱</p> 	<p style="text-align: center;">圆 锥</p> 
不可展表面	<p style="text-align: center;">圆 球</p> 	<p style="text-align: center;">圆 环</p> 	<p style="text-align: center;">圆柱正螺旋面</p> 

二、板厚处理

1. 不同形状构件的板厚处理

(1) 弯曲件的板厚处理 当金属板弯曲时,外表面(也称外皮)受拉力而伸长($\widehat{a'b'} > \overline{a'b'}$),内表面(也称里皮)受压力而缩短($\widehat{ab} < \overline{ab}$)。在两者之间总有一层既不伸长也不缩短的中性层,如图 5-2 所示,图中 $o-o$ 为中性层。

薄板的钣金件展开,由于板厚的影响较小,所以当板厚 t 小于 1.5mm 时,可不进行板厚处理。

(2) 弯折件的板厚处理 金属板弯折时(断面为折线状)的变形与弯曲成弧状的变形是不相同的。弯折时(半径很小,接近于零),板料的里皮长度变化不大,板料的中心层和外皮都发生较大伸长。因此,折弯件的展开长度,应以里皮的展开长度为准(图 5-3),展开长度为 L_1 和 L_2 之和。

(3) 不同形状构件的板厚处理(表 5-2)

(4) 板厚处理小结

- 1) 凡回转体类构件,即断面为曲线状的展开长度,应以中性层作为放样与计算基准。
- 2) 凡棱柱、棱锥体构件,即断面为折线状的展开长度,应以内表面边长作为放样与计

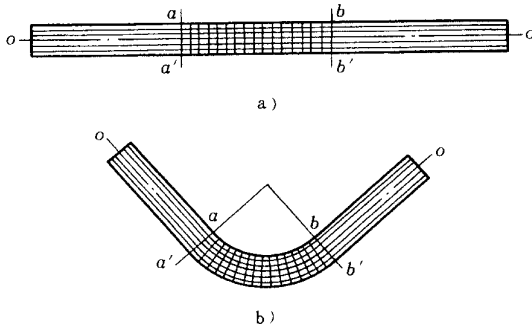


图 5-2 金属板弯曲前后比较
a)弯曲前 b)弯曲后

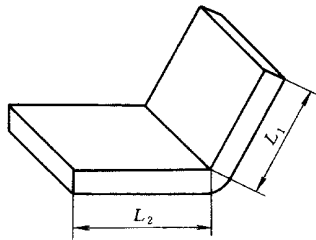


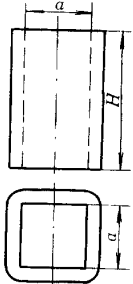
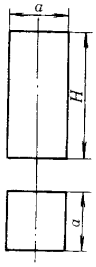
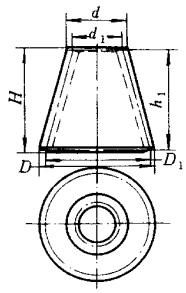
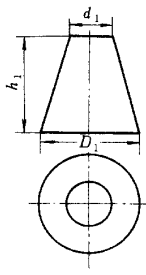
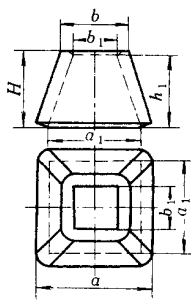
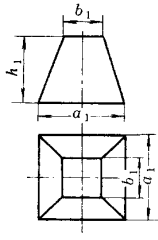
图 5-3 金属板的折弯

算的基准。

表 5-2

不同形状构件的板厚处理

类型 名称	图 形		处理方法
	零件图	放样图	
圆 管 类			<ol style="list-style-type: none"> 1. 断面为曲线形状,其展开长度应以中径(d_1)为准计算($R/t < 4$ 除外)。放样图只画出中径即可 2. 其高度 H 不变 3. 展开长度 L 为 $L = d_1\pi$

类型名称	图 形		处理方法
	零件图	放样图	
矩形管类			<ol style="list-style-type: none"> 1. 断面为折线形状,其展开长度以里皮(a)为准计算。放样图只需画出里皮即可 2. 其高度 H 不变
圆锥台类			<ol style="list-style-type: none"> 1. 上下口断面均为曲线状,其放样图上、下口均以中径(d_1、D_1)为基准 2. 因侧表面倾斜,构件高度以 h_1 为准,作为放样的基准线
棱锥台类			<ol style="list-style-type: none"> 1. 上、下口断面均为折线状,其放样图上、下口均应以里皮(a_1、b_1)为基准 2. 因侧表面倾斜,构件高度应以 h_1 为准,作为放样的基准线

类型 名称	图 形		处理方法
	零件图	放样图	
上 圆 下 方 类			<p>1. 上口断面为曲线状,放样图应取中径(d_1),下口断面为折线状,故放样图应取里皮(a_1)为准</p> <p>2. 因侧表面倾斜,构件高度应取 h_1 作为放样的基准线</p>

3)对上圆下方的构件,即断面为曲线状和折线状的投影展开,应分别以曲线状和折线状的处理原则综合应用。

4)倾斜的侧表面高度均以投影高度为放样与计算基础。

2. 构件接口的板厚处理

接口就是指构件上,由两个以上的形体相交,构成的接合处。

接口处的板厚处理,可分为不开坡口和开坡口两种。

(1)不开坡口的板厚处理

1)二节直角弯头的板厚处理 若弯头的接口处未进行板厚处理,如图 5-4a 所示,则在外侧是内表面相接触,而在内侧是外表面相接触。

接缝的中部(图中阴影部分)有缝隙(也称缺肉),弯头的夹角小于 90° 。

若对弯头进行如图 5-4b 所示的板厚处理,从主视图可知点 $1'$ 交于外表面,点 $5'$ 交于内表面,点 $3'$ 交于中性层上。作展开图时,将断面图的板厚 4 等分(与半圆周的等分数相同),作 3 个同心圆,点 2 在第 2 圈 $1/4$ 圆的中点,点 4 在第 4 圈 $1/4$ 圆的中点。向主视图引垂线作为展开的对应高度,展开长度则按断面中径 $\times \pi$ 。

2)圆管与斜板接口的板厚处理 图 5-5a 为圆管与斜板的接口,图 5-5b 为经板厚处理的放样图和展开图。

图中点 1 实际上交外表面,点 5 交内表面,所以点 3、7 交于中性层。再将断面图中板厚 4 等分,作 3 个同心圆。点 2、8 和点 4、6 分别交第 2、4 圈 $1/4$ 圆的中点(为简化,一般将点 1、2、8 定在外表面上,点 4、5、6 定在内表面上)向主视图引垂线作为对应点高度,得展开图。

(2)开坡口的板厚处理 图 5-6 为圆管与圆锥的接口,若构件尺寸不大时,不能从内部施焊,接口只能是内表面接触,连接处开 V 形坡口。

从主视图可知:

圆管展开时,应按圆管中径 $(d+t) \times \pi$ 为其展开长度,高度按 h 进行展开。

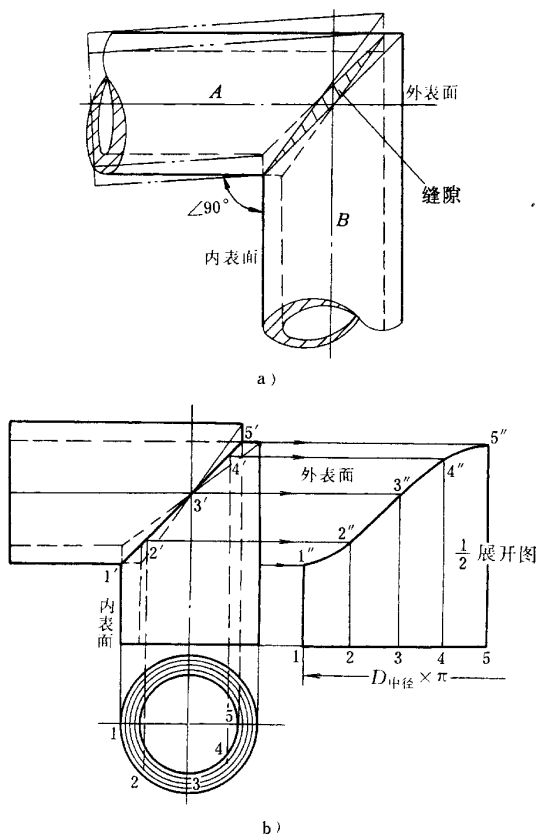


图 5-4 二节直角弯头的板厚处理

a) 未进行板厚处理的弯头 b) 经板厚处理的弯头

圆锥展开时,应按圆锥管的小口和大口,分别从内表面引板边直角线与板中性层交于 A' 、 A 点,以 $A-A'$ 、 $B-B'$ 为直径,以 L 为圆锥管的长度来进行展开,成形后再开 V 形坡口,这样才能装焊成合格产品。

接口板厚处理小结:

- 1) 相交构件的放样图高度和展开高度,均以接触部位尺寸为准。
- 2) 在不开坡口的板厚处理情况下,构件的接口往往有的地方为内表面接触,有的地方外表面接触,有的地方为中性层接触,在放样图和断面图中,应均以相应接触处的尺寸为准。

三、平行线展开法

1. 平行线展开法的应用

当构件表面的直素线彼此平行,且在投影图上都表现为实长时(如圆管、矩形管、椭圆管以及由这类管所组成的构件),都可应用平行线法展开。如图 5-7 斜截圆柱、图 5-8 斜截六棱柱和图 5-9 斜截椭圆弧板的展开,都可采用平行线法展开。

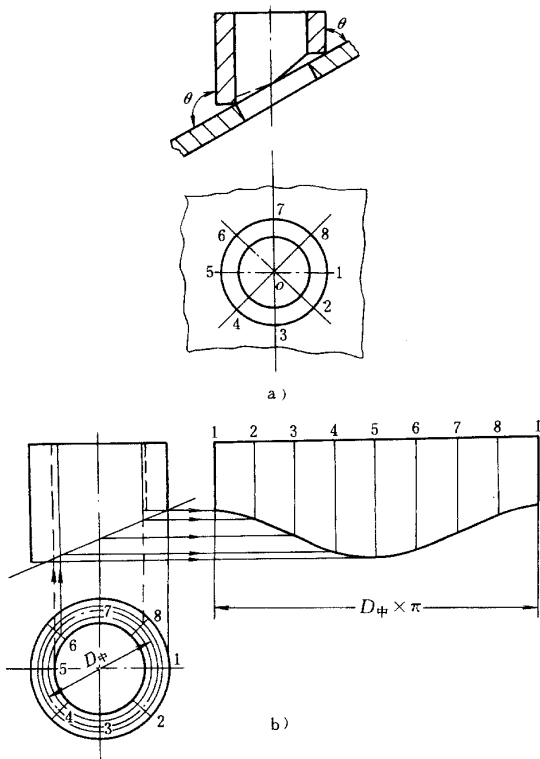


图 5-5 圆管与斜板的接口

a) 圆管与斜板接口 b) 圆管与斜板的板厚处理

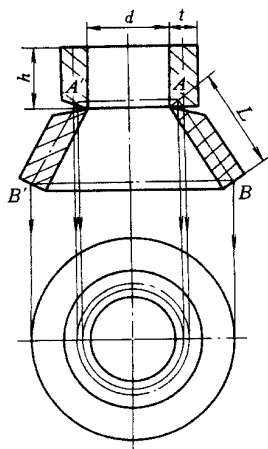


图 5-6 开 V 形坡口的板厚处理

2. 平行线展开法的一般操作步骤

1) 画出构件的主视图和断面图。主视图表示构件的展开高度。断面图表示构件展开的长度。

2) 任意等分断面图(多边形以棱线为交点)。若遇构件表面上有折线时,应增加辅助线(图 5-7 和图 5-8 中的 $a-a'$)并由各等分点向主视图引垂线,得各点对应高度。

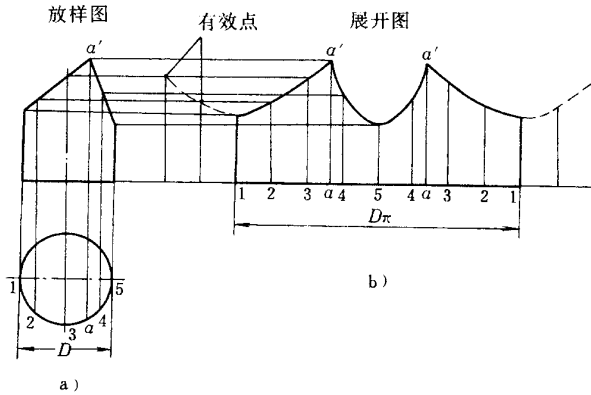


图 5-7 圆柱斜截的展开

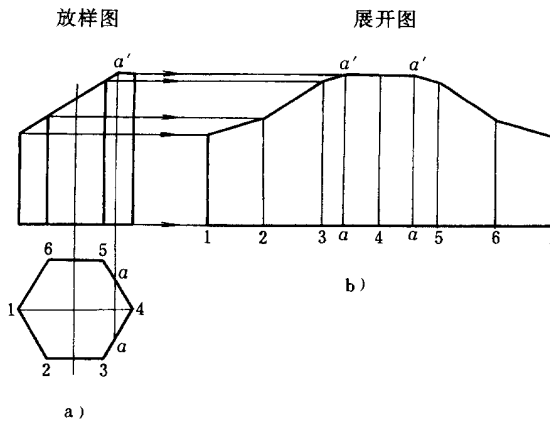


图 5-8 斜截六棱柱的展开

3) 作构件的展开线,并照录断面图中的各点,过各点作垂线,取各线高对应等于主视图素线高度。

4) 用直线或光滑曲线连接各点,即得展开图。

3. 截头圆柱、多节弯头、等径三通管的简易展开法

(1) 辅助圆法 在实际生产中,对截头圆柱、多节弯头、等径三通管等构件,可用辅助圆法展开,以简化展开作图。图 5-10 为用辅助圆法展开斜截圆柱;图 5-11 为用辅助圆法展开 3 节弯头;图 5-12 为用辅助圆法展开等径三通管。

辅助圆的展开方法:

1) 以半径 r 作辅助圆(1/2 圆、或 1/4 圆),并将其等分。

2) 在展开线的长度上作与辅助圆相同的等分。

3) 利用平行线法,求得展开曲线上的各点,用光滑曲线连接各点后得展开图。

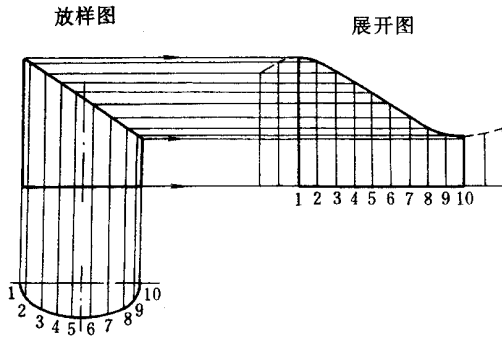


图 5-9 斜截椭圆弧板的展开

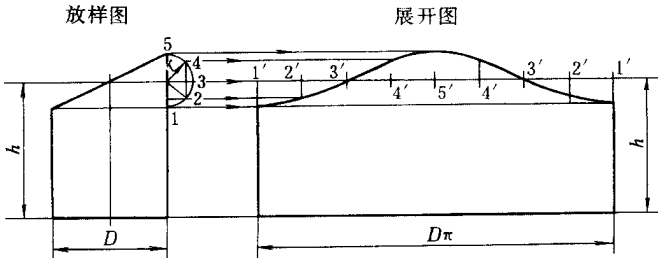


图 5-10 辅助圆法展开斜截圆柱

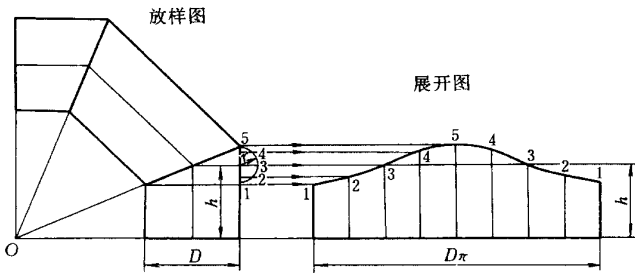


图 5-11 辅助圆法展开三节弯头

(2)系数法 按上述辅助圆法的展开,可利用系数计算出展开曲线各点的数值。

[例] 已知如图 5-13 的斜截圆柱,辅助圆半径为 r ,求展开曲线各点的系数值。

[解]取辅助圆的圆心为坐标原点,垂直方向为 y 轴,则各点 y 值为:

点 1 = $-r$

点 2 由于 8 等分圆周 $\therefore \angle 3o2$ 为 45°

点 2 = $-r \sin 45^\circ = -0.71r$

点 3 = 0

点 4 与点 2 y 值相同,由于在坐标原点的上方 \therefore 为正值即点 4 = $0.71r$

点 5 = r

根据上述求解,可编制表 5-3。

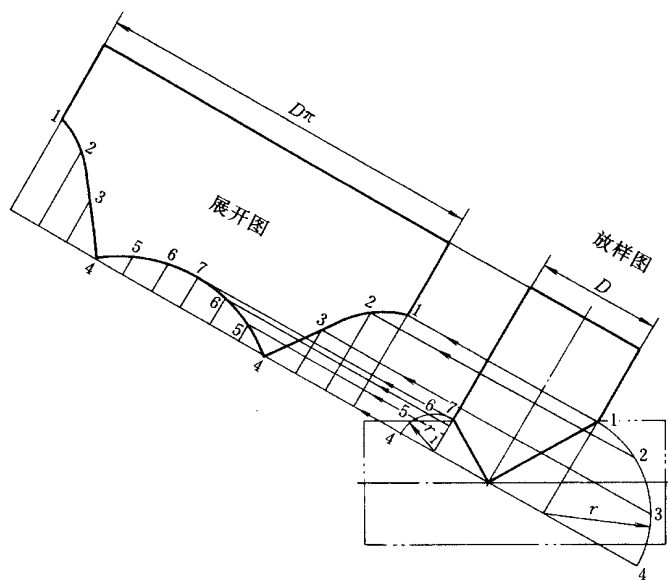


图 5-12 辅助圆法展开等径三通管

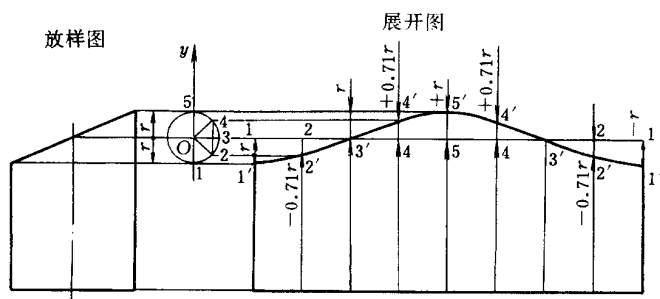


图 5-13 系数法计算展开斜截圆柱

表 5-3 8 等分圆周时展开系数表

等分点号	1	2	3	4	5
y 值	$-r$	$-0.71r$	0	$+0.71r$	$+r$

按上表求得数值,可作出斜截圆柱展开图。

若辅助圆作 12 等分(或更多等分)时,可按 8 等分相同方法,求出各点的 y 值,见表 5-4。

表 5-4 12 等分圆周时展开系数表

等分点号	1	2	3	4	5	6	7
y 值	$-r$	$-0.87r$	$-0.5r$	0	$+0.5r$	$+0.87r$	$+r$

4. 三节直角弯头的展开

(1)按尺寸画出主视图和断面图(图 5-14)

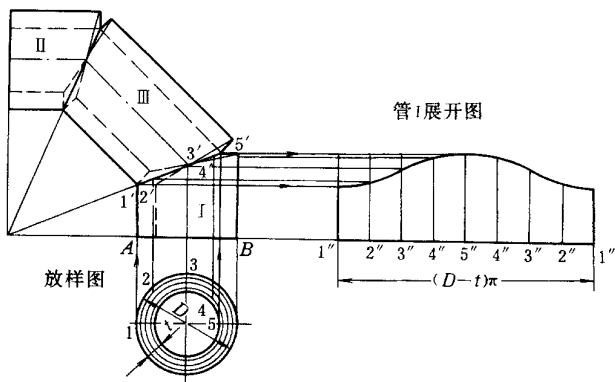


图 5-14 三节直角弯头展开

(2)分析 主视图 $1'5'$ 是两管段的结合线(相贯线),由于板厚原因,点 $1'$ 交于外表面、点 $5'$ 交于内表面,点 $3'$ 交于中性层。

(3)操作过程 8 等分断面圆周,等分点为 1、2、3、4、5(图中只标注半圆)。由各等分点向上引垂线与 $1'5'$ 结合线交点为 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 、 $5''$ 。

(4)管 I 展开 在 AB 延长线上截取 $1''1''$ 等于断面图中径 $\times \pi$ 的圆周长,并 8 等分。由等分点引上垂线与主视图的结合线 $1'5'$ 的各点向右引水平线得对应各交点,连成光滑曲线,即得管 I 展开图。同理可求得管 II、III 展开图。

5. 等径三通管的展开

(1)按尺寸画出主视图和左视图(图 5-15)

(2)分析 经板厚处理,主视图管 II 上点 $3'$ 是内表面交于管 I 上。从左视图看点 $1'$ 也是内表面交于管 I 上,所以点 $2'$ 也交于内表面。

(3)操作过程 将左视图管 II 断面图内周的 $1/2$ 圆 4 等分,得点 1、2、3,分别由点向下引垂线交管 I 外周得点 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$,且向左引水平线与主视图断面等分点向下引垂线,对应相交于 $3'$ 、 $2'$ 、 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 点。连成曲线即为所求结合线。

(4)管 II 展开 在 AB 延长线上截取 $3-3$ 等于管 II 中径 $(D-t) \times \pi$ 的圆周长,并 8 等分,各点向下引垂线与主视图的结合线 $3'$ 、 $2'$ 、 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 点向左引 AB 平行线对应相交于 $3''$ 、 $2''$ 、 $1''$ 各点,连成光滑曲线,即得管 II 展开图。

(5)管 I 展开及开孔 由主视图管 I 的 E 、 F 点向下引垂线,截取 L 等于管 I 中性层展开长,并在任意位置作平行于 EF 的 $3''-3''$ 线,对称截取左视图管 I 中性层弧长 $\widehat{3''2''1''}$ 得各点 $3''$ 、 $2''$ 、 $1''$ 。向左引各点平行线与主视图上点 $3'$ 、 $2'$ 、 $1'$ 向下引的垂线对应相交于各点,连成光滑曲线,即为所求管 I 展开及开孔。

(6)较薄板可不作板厚处理 管 II 的展开图见图 5-15 中假想线所示的图形。这说明进行板厚处理与不进行板厚处理,得到展开图是完全不同的。

6. 倾斜等径三通管的展开

(1)按已知尺寸画出主视图和左视图(图 5-16)

(2)分析 主、左视图进行板厚处理,主视图中点 $3'$ 是内表面接触,左视图中点 $1'$ 为外

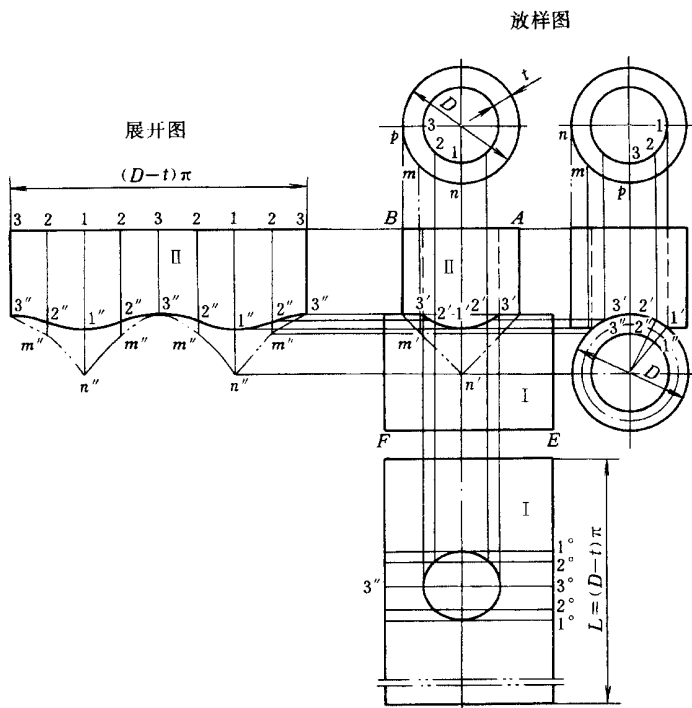


图 5-15 等径三通管展开

表面接触,点 5' 为内表面接触,所以点 2' 交中性层,点 4' 交于内表面。

(3)操作过程 将主、左视图中的断面图半圆周按上述分析作 4 等分,得点 1、2、3、4、5。主视图各点向下引垂线交管 I 外表面于 1'、2'、3'、4'、5' 点,并向右引水平线与左视图断面等分点向下引垂线对应相交于 1'、2'、3'、4'、5' 点。连成曲线即为结合线。

(4)管 II、管 I 展开及开孔方法 其展开方法与等径三通管的展开(图 5-15)相同。

7. 正六边形斜接管的展开

(1)按尺寸画出主视图和左视图(图 5-17)

(2)分析 经板厚处理,以主视图两管相交点接触位置来确定左视图的交点位置。其断面图交点 1、2、3 交内表面,点 4 交外表面,点 m 是过渡点交于中性层。

(3)操作过程 由主视图断面上的点 1、2、3 及中性层 m 、外表面 4 各点向下引垂线,交管 I 外表面于点 2'(3'), m' 、1'(4'),并向右引水平线与左视图断面等分点向下引投影线对应相交于 1'、2'、3'、 m' 、4' 各点。连接各点成光滑曲线,即为所求之结合线。

(4)管 II 展开 在左视图 AB 延长线上,截取 4-4 等于管 II 内表面边长 l 的 6 倍,并照录各点后,引垂线与左视图的结合线 1'、2'、3'、 m' 、4' 点,作 AB 的平行线对应相交得各点,连成光滑曲线,即得管 II 展开图。

(5)管 I 展开及开孔 由左视图管 I 的 EF 向下引垂线,截取 L 等于管 I 中性层的展开长,且在任意适当位置作 $C'C'$ 平行于 EF,对称截取主视图管 I 中性层弧长 \widehat{abc} ,得点 a' 、 b' 、 c' 、 b' 、 a' ,向左引平行于 EF 线,并与主视图结合线的交点 1'、2'、3'、 m' 、4' 向下引垂线对应相交,连成光滑曲线,即为所求管 I 展开及开孔展开图。

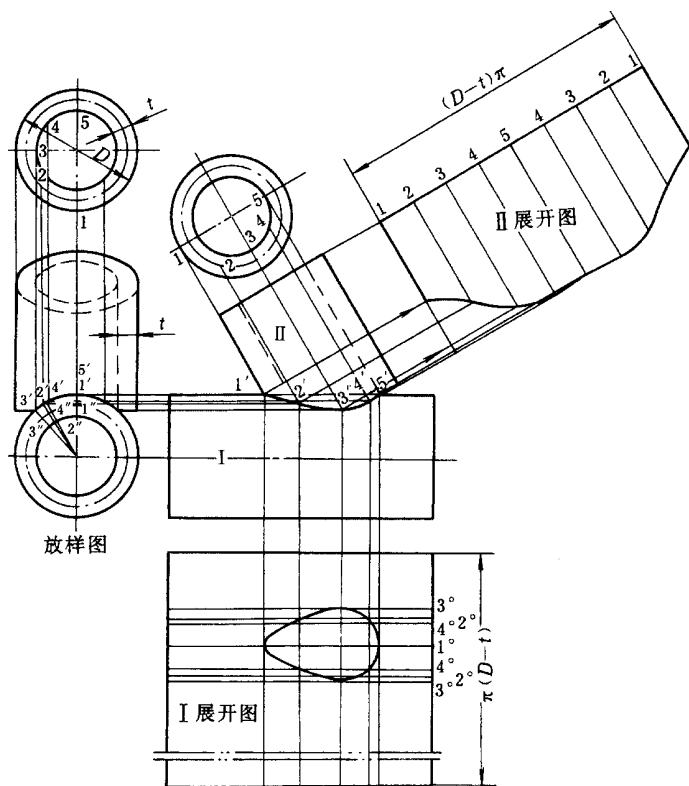


图 5-16 倾斜三通管的展开

四、放射线展开法

1. 放射线展开法的应用

当构件表面的直素线,都汇交于一点。如圆锥、角锥以及这些截体的表面,均可应用放射线法展开。如图 5-18 的斜截正圆锥的展开。

图 5-19 的底为马蹄形的锥体展开和图 5-20 斜圆锥的展开,都可应用放射线法。

2. 放射线展开法的一般操作步骤

1) 画出主视图(有时通过延长边线得顶点)和俯视图(断面图)。

2) 等分(或任意等分)断面图(棱锥取角点),由等分点向主视图底边引垂线,并与锥顶点连素线(目的是把构件表面分成若干个小三角形)。

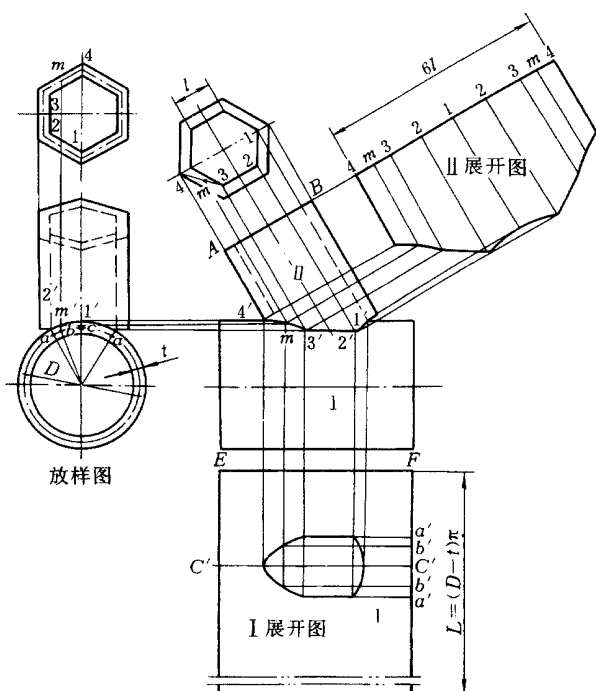


图 5-17 正六边形斜接管管的展开

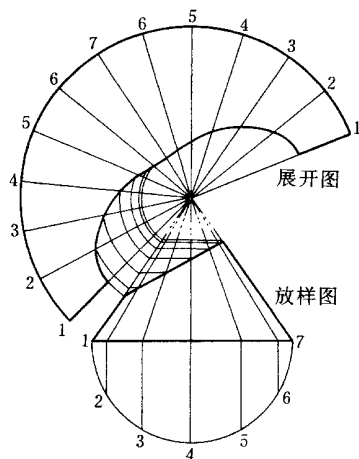


图 5-18 斜截正圆锥展开

3) 应用求实长线的方法(一般以旋转法)求出各素线的实长。

4) 以锥顶点为圆心,素线实长为半径画弧,各等分点与锥顶相连成放射线。

5) 在各放射线上,对应截取主视图各素线实长得各点,连成光滑曲线或折线,即得所求展开图。

3. 锥体和锥台的展开计算(表 5-5)

4. 烟囱帽的展开

(1) 作烟囱帽的展开图 用较厚钢板制作的烟囱帽,其形状为正圆锥形,如图 5-21

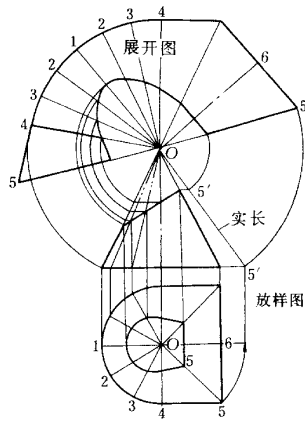


图 5-19 底为马蹄形的
锥体展开

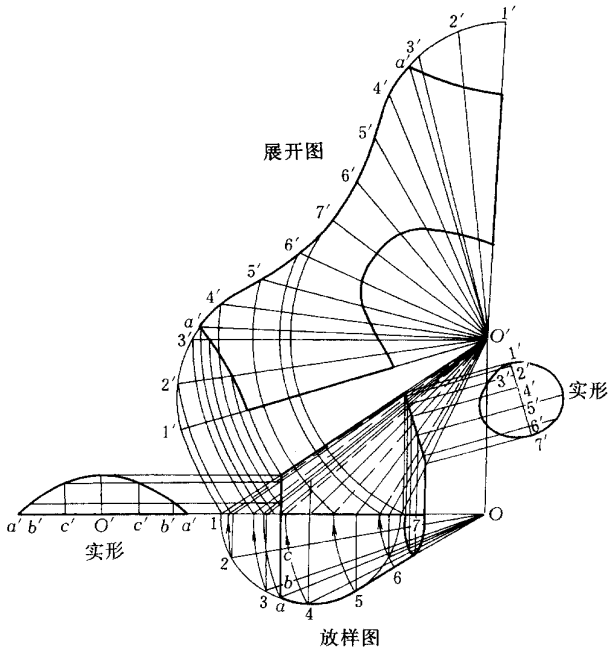
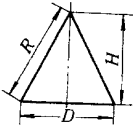
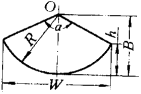
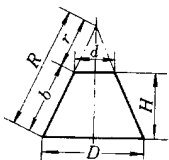
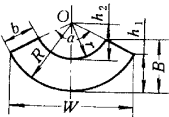


图 5-20 斜圆锥的展开

所示。

表 5-5

圆锥体和锥台的展开计算

名称	简图	计算公式	展开图
圆锥体		$R = \sqrt{H^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2}$ $a = \frac{180D}{R}$ $W = 2R \sin \frac{a}{2}$ $h = R \left(1 - \cos \frac{a}{2}\right)$ $B = R$	
圆锥台		$b = \sqrt{H^2 + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$ $R = \frac{bD}{D-d}$ $r = \frac{bD}{D-d}$ $a = \frac{180D}{R}$ $W = 2R \sin \frac{a}{2}$ $h_1 = R \left(1 - \cos \frac{a}{2}\right)$ $h_2 = r \left(1 - \cos \frac{a}{2}\right)$ $B = R - r \cos \frac{a}{2}$	

(2)分析 用较厚钢板制作圆锥体时,经板厚处理后,主视图高度 H 改为 h_1 ,展开弧长用直径 $D_1 \times \pi$ 。但为了制作正确方便,必须在扇形展开图的中心开去一个半径为 r 的圆缺。

(3)操作过程 用放射线法展开,如图 5-21 所示。

5. 斜圆锥台的展开

(1)按已知尺寸画出主视图与俯视图 见图 5-22。

(2)分析 经板厚处理,主视图的大口、小口、高度和倾斜角都会发生变化。高度 H 变为 h_1 ,直径 D 变为 D_1 ,倾斜角 α 和小口斜连接线 AB 变为 $1'7'$ 。

(3)操作过程 将俯视图的半圆周 6 等分,得 1、2、3……7 各点。分别由各点向上引垂线交主视图的大口中性层得 $1_1、2_1、3_1……7_1$ 点。并由各点向顶点 O_1 连线与小口中性层 $1'7'$ 斜线得点 $2'、3'、4'、5'、6'$ 。再由各点引水平线交 O_11_1 线于点 $2''、3''、4''、5''、6''$,得各线的实长线。

(4)展开 以 O_1 为圆心, O_11_1 为半径画弧,在弧上截取 $L = D_1 \times \pi$ 长,并 12 等分,由各点引 O_1 射线,且以 O_1 为圆心,分别以 $O_11''、O_12''、O_13''……O_17''$ 为半径长作弧,相交于

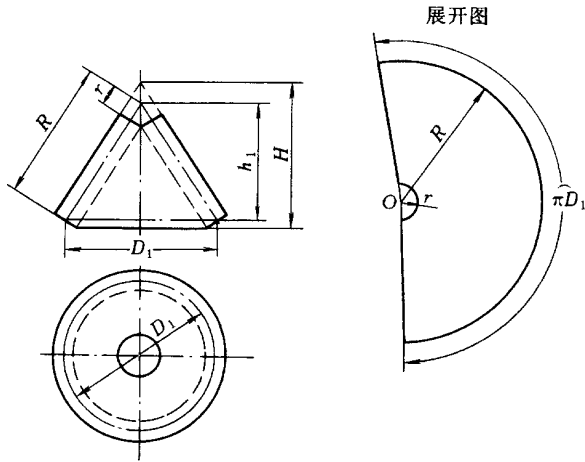


图 5-21 烟囱帽的展开

各射线,各点连成曲线,即为所求展开图。

6. 斜圆锥台直角弯头的展开

(1)按尺寸画出主视图和断面图(图 5-23)

(2)分析 经板厚处理,主视图中的点 1' 为外表面接触,点 5' 为内表面接触,所以点 3' 为中性层接触。

(3)操作过程 将管 I 断面图的半圆周和板厚各作 4 等分,点 1 在外表面,点 5 在内表面,点 3 交于中性层,点 2 和 4 分别交第 2 圈和第 4 圈 1/4 圆的 2 等分的中点处。各点向上引垂线交管 I 大口的点 1 为外表面、点 2 为第 2 圈圆、点 3 为第 3 圈圆,点 4 在第 4 圈圆的连线上(即主视图大口里、外皮的连线,同样将共作 4 等分,同理在顶角点 O_1 、 O_3 、 O_5 之间也应增加两个点,即为 O_2 、 O_4 点),连射线 O_22 、 O_33 、 O_44 交 $1'5'$ 线于 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 点。过点 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$ 作水平线,分别对应交板厚各点(即主视图板厚同样作 4 等分),然后各点均作板厚直角线交中性层 O_3A 于 $1''$ 、 $2''$ 、 $3''$ 、 $4''$ 、 $5''$ 点,即得各线的实长。

(4)管 I 展开 以 O_3 为圆心, O_3A 为半径画弧,在弧上截取 $L = D_1 \times \pi$ 长并 8 等分,从各等分点向 O_3 引射线与以 O_3 为圆心, O_32' 、 O_33' 、 O_34' 、 O_31' 、 O_35' 为半径对应相交于各射线,连成曲线,即为所求管 I 展开图。

用同样的方法可作出管 II 的展开图。

五、三角形展开法

1. 三角形展开法的应用

当构件表面,既无相互平行的边线又无集中于一点的斜边时的复杂形状构件,可采用三角形法展开。三角形法就是把构件表面分割成一组或多组三角形,依次展开在平面上。图 5-24 为变径方锥管,图 5-25 为下口倾斜的圆方接管,这些构件均可采用三角形法展开。

在展开同一构件时,可以同时使用两种或两种以上的展开方法。如图 5-26 的直角变径接头的展开。在主视图内侧先 3 等分,得点 1、2 点,并向下引垂线交俯视图 $B'C'$ 得

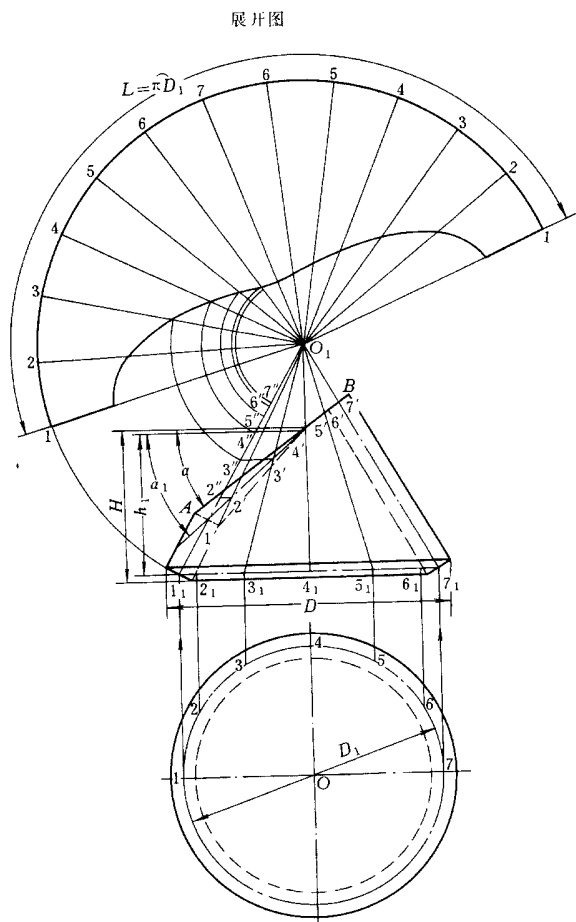


图 5-22 斜圆锥台的展开

1'、2'点。由 1'、2'点向左作水平线交 $A'D'$ 于 1''、2''点,并由 1''、2''点向上引垂线交主视图外侧于 1'''、2'''点,连接 11''、22''得到实长线。另一方面为了创造前后侧板展开的方便,可先用平行线法展开外、内侧板,得到 $b_1, 1_2, 2c$ 和 $a_1''', 1'''2''', 2'''d$ 的实长,这样就简化了作图的步骤。

2. 三角形展开法的一般操作步骤

- 1) 画出主视图、俯视图或其它视图,并将表面分割成若干小三角形。
- 2) 求出各小三角形各边的实长。
- 3) 用求出的实长,依次作出所有小三角形,得展开图。

3. 下口倾斜的圆方接管的展开

(1) 画出主视图(图 5-27)

(2) 分析 主视图经板厚处理,上圆口以板厚中性层 $1'7'$ 为直径,下口以内表面连线 $A'B'$ 为边长,高度以 h_1 和 h_2 为高,画出俯视图。

(3) 操作过程 将俯视图中上口的半圆周 6 等分,得 1、2、3……7 点。分别连接 $A_1、A_2、A_3、A_4、B_4、B_5、B_6、B_7$ 各线。在主视图由上口板厚中性层 $1'7'$ 分别向左、右引水平

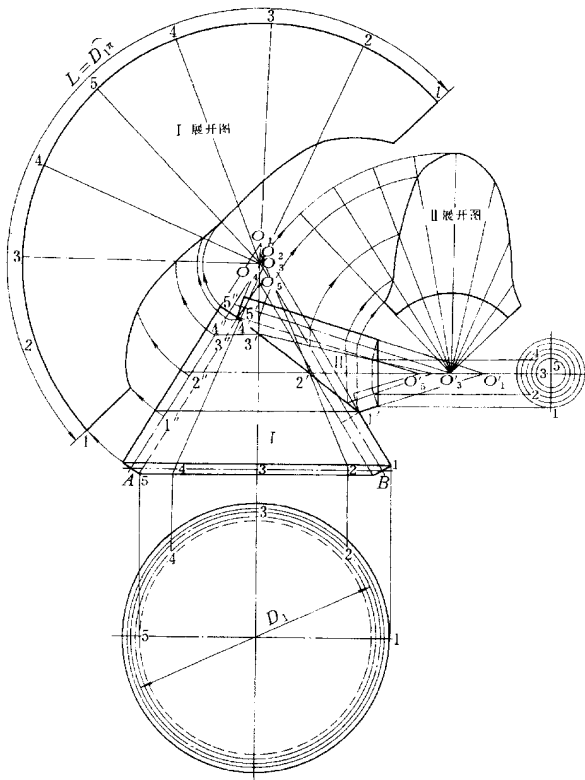


图 5-23 斜圆锥台直角弯头的展开

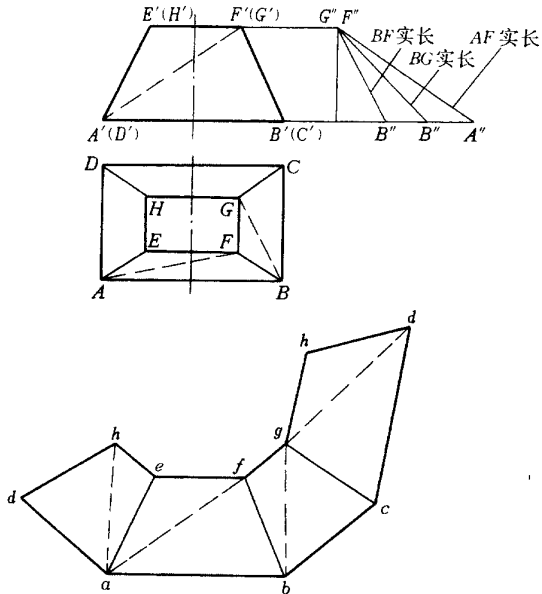


图 5-24 变径方锥管展开

线。下口从 A' 、 B' 点也分别向左、右引水平线,得 h_2 和 h_1 高度,并在水平线上又分别截取 a' 、 b' 和 c' 、 d' 等于俯视图上相应连线 a 、 b 和 c 、 d 之长,得 1、2、4、5 点,然后与 $1'$ 和 $7'$ 连接,即得相应素线的实长。

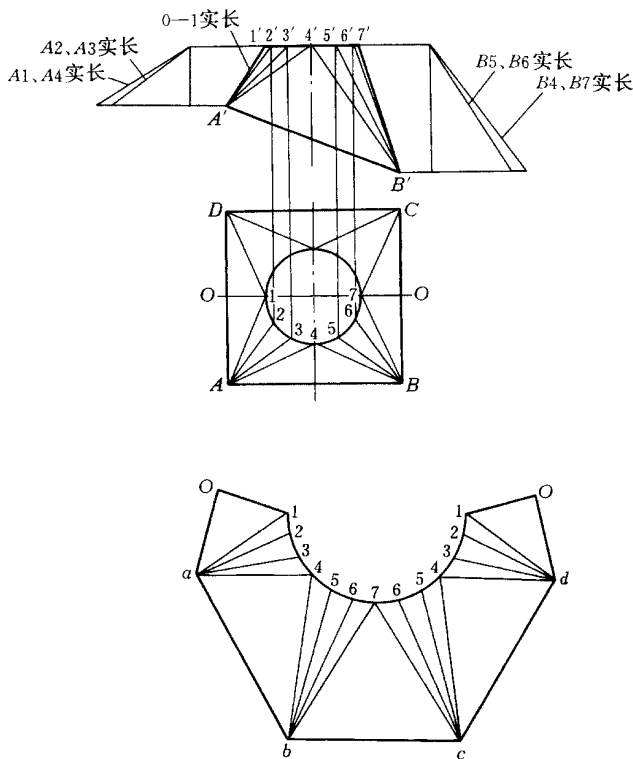


图 5-25 下口倾斜的圆方接管展开

(4)展开 作直线 $B''C''$ 等于俯视图 BC 长,并分别以 B'' 、 C'' 为圆心、 $B-7$ 、 $B-6$ 、 $B-5$ 、 $B-4$ 实长为半径作弧,得 4、5、6、7.....5、4 点。又分别以 4、 C'' 、 B'' 点为圆心,以 $A-4$ 和 $A'-B'$ 实长为半径画弧得 A'' 、 D'' 点。再以 A'' 、 D'' 点为圆心, $A-1$ 、 $A-2$ 实长为半径画弧得点 3、2、1。以 A'' 、 D'' 点为圆心、 AO 长为半径画弧与 $O-1$ 实长为半径所画的弧相交,得 O'' 点,连接各点得展开图。

4. 上下口扭转 45° 方形漏斗的展开

(1)画出主视图(5-28)

(2)分析 主视图经板厚处理,上口以内表面 E' 、 G' 点,下口以内表面 A' 、 B' 点为投影轮廓线,按 E' 、 G' 、 A' 、 B' 点投影,可作出俯视图。得到八个三角形。棱线 a 、 b 均不反映实长,高度以 h_1 和 h_2 为准。

(3)操作过程 分别由主视图 E' 、 A' 点和 G' 、 B' 点向左、右引水平线得 h_1 和 h_2 ,并在水平线上截取俯视图棱线 a 和 b 长得点,连成斜线,即为相应实长。主视图中 $A'E'$ 线就是俯视图 OE 线的实长。

(4)展开 作直线 bc 等于俯视图 BC 长,分别以 b 、 c 为圆心, Bf 的实长为半径画弧

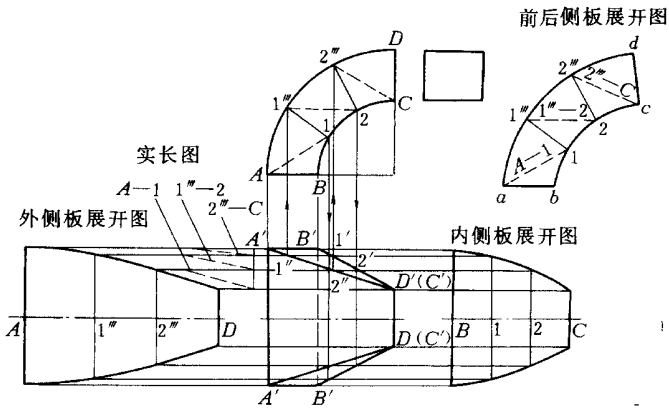


图 5-26 直角变径接头的展开

交于 g 点,又以 g, b 为圆心,俯视图 EF (图中未求) 和 BF 实长为半径画弧交于 f 点;再以 f, b 点为圆心, AE 和 $A'B'$ 实长为半径画弧交于 a 点;分别以 f, a 点为圆心,俯视图 EH 和 AE 实长为半径画弧交于 e 点;又以 e, a 点为圆心,主视图 $A'F'$ 和俯视图 AO 实长为半径画弧交于 O ,连接各点,即得展开图。

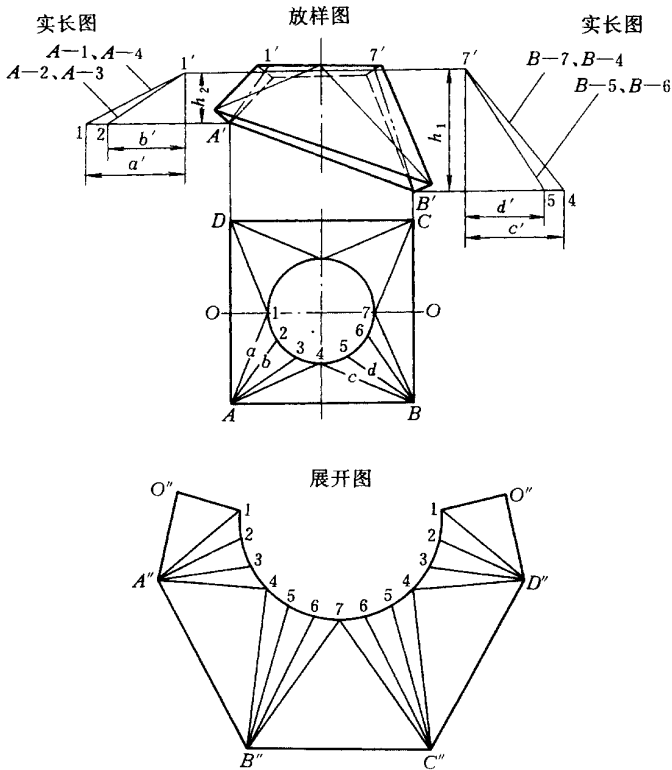


图 5-27 下口倾斜的圆方接管的展开

5. 截头椭圆锥台的展开

(1) 按尺寸画主视图(图 5-29)

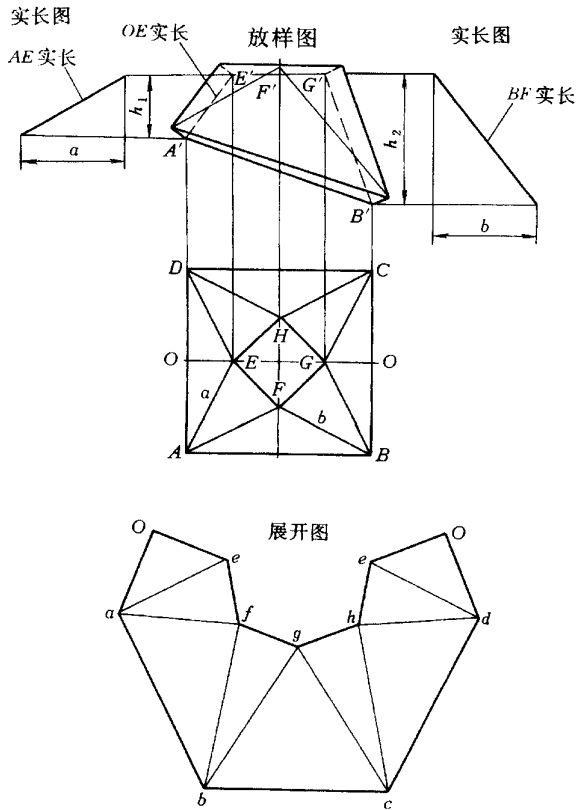


图 5-28 上下口扭转 45° 方形漏斗

(2) 分析 主视图经板厚处理, 可知上、下口均以板厚中性层 $1'-1'$ 和 $1-1$ 为直径。其高度 H 改变为 h_1 。按主视图所求板厚中性层 $1'$ 和 1 点的轮廓线, 向下引投影得俯视图的两个椭圆断面。

(3) 操作过程 将俯视图两 $1/4$ 椭圆各三等分, 得大口为 $1, 2, 3, 4$ 点和小口为 $1', 2', 3', 4'$ 点, 并把相应的点连成直线和对角线, 且分别向上引垂线交大口板厚中性层于 $1, 2, 3, 4$ 点和小口板厚中性层于 $1', 2', 3', 4'$ 点, 且相应地连成直线和对角线。由主视图的点 $1'$ 和 $1, 3'$ 分别向右引水平线与 MN 垂线相交, 在点 1 的延长线上截取俯视图各素线 b, c, d 和对角线 e, f, g 的长, 连成斜线, 即为所求之实长。

(4) 展开 作一直线 $44'$ 等于实长 d' , 以 $4'$ 和 4 点为圆心, 分别以俯视图大口 $3-4$ 和实长 g' 为半径画弧交于点 3 。以点 $4'$ 和 3 为圆心, 分别以俯视图小口 $3'-4'$ 长和实长 c' 为半径画弧交于点 $3'$, 依次累推求得各点, 用光滑曲线连接各点得展开图。

六、结合线的求法

单个构件没有结合线, 所以可直接作展开图。如果由两个或两个以上的形体相交, 就出现了结合线。

结合线既是相交构件的公共线, 又是两相交构件的分界线。因此对相交的构件, 只有

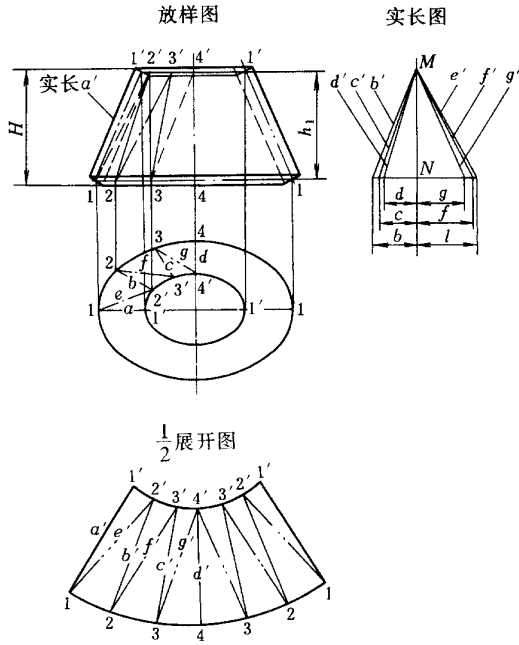


图 5-29 截头圆锥台的展开

当结合线作出后,才能进行展开。

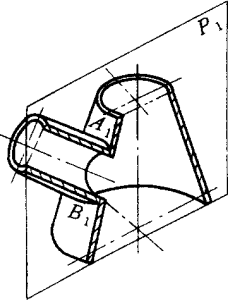
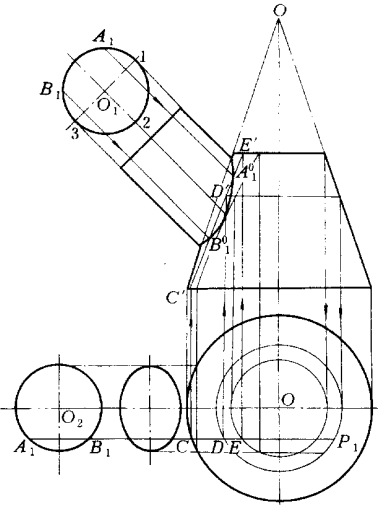
1. 结合线的作法

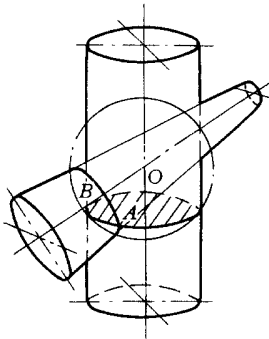
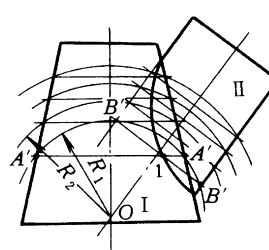
作结合线的方法与操作过程,见表 5-6。

表 5-6

结合线的作法

方法	简图	条件与操作
素线法		<p>实例 求方管斜插圆管的结合线</p> <p>分析 因管 I 垂直于侧面投影,所以左视图中$\widehat{B''D''}$即是已知结合线,现只需把$\widehat{B''D''}$向结合线投影到主视图中即可</p> <p>操作过程</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在左视图中把四棱柱的边分为点 D''、$4(3)$、A''、C''、$1(2)$ 和 B'' 点,并向下作投影线得各交点 2. 各点向主视图引水平线与主视图相应点 A'、$1(4)$、B'、D'、$3(2)$、C' 的引线相交于 A^0、1^0、B^0、2^0、C^0、3^0、D^0、4^0 点,分清可见性,将各点连接成封闭曲线,即为所求结合线
纬线法		<p>实例 求方管与四棱锥管水平相交的结合线</p> <p>分析 因管 II 垂直于正面投影,所以主视图中的正方形即是已知结合线,在主视图中增加 a'、b' 两个特殊点(因为是四棱锥两表面的交界部分)</p> <p>操作过程</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 过主视图已知点 $1'$、a'、$2'$、$(4')$、b'、$3'$ 作 5 个辅助平面(纬线),且垂直轴线 2. 将主视图 5 个辅助平面分别投影到俯视图中 3. 将主视图已知点 $1'$、a'、$2'$、$(4')$、b'、$3'$ 向下引垂线与俯视图五个切平面投影相交于 1^0、a^0、2^0、b^0、3^0、4^0 点,分清可见性,连成封闭曲线,即为所求的结合线

方法	简图	条件与操作
辅助切面法		<p>应用条件 当任一视图中没有已知结合线投影时,可采用辅助切面法</p> <p>切面的位置必须同时与两形体相交,且所得的截交线为简单的直线或圆</p> <p>操作原理</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用一个切面 P_1,使 P 过圆管的素线,且垂直于水平投影,交得圆管截面和圆锥台截面,交点为 A_1、B_1,这是两相交形体的公共点,即是结合点 2. 用多个各不相同位置的切面,即得多个结合点,用光滑曲线连接就得结合线
辅助切面法		<p>实例 求圆管与圆锥台斜交的结合线</p> <p>分析 从主俯视图中可知两视图没有已知结合线,展开时可采用辅助切面法</p> <p>操作过程</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在俯视图中,用 P_1 切面过圆管素线 A_1B_1,且垂直于水平投影,得主视图圆锥台截交线 $C'D'E'$(用纬线法把俯视图中的 CDE 点投影到主视图)并与圆管素线 A_1B_1 的延长线相应交于 A_1^0、B_1^0 点(即为所求结合点) 2. 用不同位置的切面,可以求出其余的结合点,用光滑曲线连接,得所求结合线

方法	简图	条件与操作
辅助球面法		<p>应用条件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 两相交形体必须是回转体 2. 两形体的轴线必须相交且平行于投影面 <p>操作原理</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用过回转体轴线 O 的球面与回转体相截得截交线为圆, 其投影为直线 2. 该两直线的交点 $A、B$ 既位于球面上又位于两回转体上, 该点即为结合线上的点 3. 用大小不同的球面相截, 可得许多截交点, 各点用光滑曲线连接, 即得所求结合线
辅助球面法		<p>实例 求圆锥台与圆柱管相交的结合线</p> <p>分析 由图可知, 该两相交形体均是回转体, 它们的轴线又是相交于 O, 且平行于投影面, 可用辅助球面法求结合线</p> <p>操作过程</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 以两轴线交点 O 为球心, 以 R_1 为半径作一球面, 交管 I 为 $A'、A''$ 点, 管 II 为 $B'、B''$ 点 2. 连接 $A'A''、B'B''$ 得交点 1 (即为结合线上的点) 3. 用不同半径 $R_2、R_3、\dots$ 则可求出许多的结合点, 光滑连接各点, 即为结合线

2. 求结合线的特例

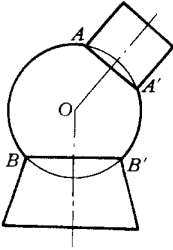
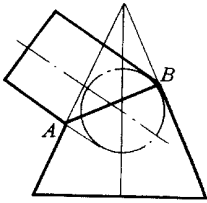
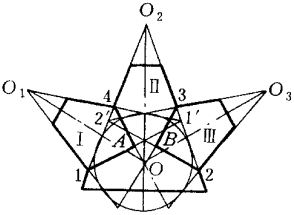
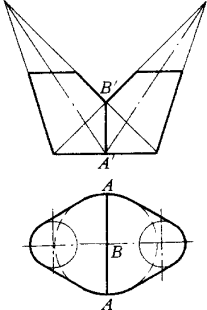
(1) 直线形结合线 对于直线形结合线的构件, 只要求出两个结合点, 用一直线连接, 即得所求的结合线。直线形结合线, 有如下四种情况, 见表 5-7。

(2) 人为结合线 为了满足产品的需要, 且达到制作简便的目的, 有意识地按相交形体的位置进行分开, 形成一条或几条直线, 即为人为结合线。

人为结合线虽可省去求结合线的过程, 但必须画出人为结合线处的断面实形(人为结合线处的断面实形, 均可按设计要求任意假定), 如图 5-30 所示。

表 5-7

直线形结合线

序号	使用条件	简 图	分 析
1	<p>两相交回转体的两轴线重合,且在投影图上反映实长,则在该视图中必定是直线形结合线</p>		<p>圆球与圆管、圆锥相交,且它们的轴线反映实长,又都通过球心,则它们的结合线也必为直线,如图中的 $A-A'$、$B-B'$</p>
2	<p>两相交回转体,同时切于一个球面,且它们的轴线既相交一点又平行某投影面时,则在该视图中必定是直线型的结合线</p>		<p>圆管与圆锥相交,且它们的轴线又平行于正面,又同切于一个球面,所以 AB 是直线形结合线</p>
3	<p>正圆锥相交时,其轴线交于一点,各轴线平行于投影面,且同切于一圆,则其结合线的投影为直线</p>		<p>对于 3 个以上形体相交时,应先以两个形体,来分析考虑。本图先考虑管 I、管 II 形体的相交,则它们的结合线是 $1-A-4$,然后再考虑管 II、管 III 的结合线是 $2-B-3$</p>
4	<p>两相交形体的轴线,既对称又垂直于某投影面时,则在该投影面上的相交形体至少有一条直线形结合线且与对称轴线重合</p>		<p>两斜圆锥对称相交,并又垂直于投影面,所以必为直线形结合线。如主视图中的 $A'B'$ 和俯视图中的 ABA 结合线</p>

下节管 I 是斜椭圆锥台,上节管 II 为椭圆的变形接头,这样相交的形体采用人为结合线后,可用三角形法进行展开。

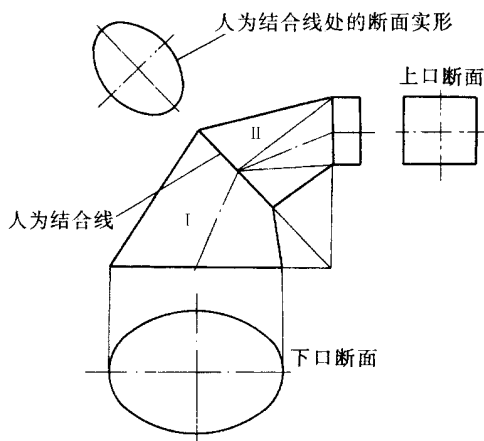


图 5-30 接头

七、不可展曲面的近似展开

1. 球面的展开(表 5-8)

表 5-8

球面的展开方法

名称	使用方法	简 图	操作要求
球的分瓣展开	平行线法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将俯视图十二等份 (即分为 12 瓣)并与顶圆 O 连接,即为 12 瓣的结合线 2. 在主视图从圆顶边点 $1'$ 起六等份,得点 $1'$、$2'$、$3'$、$4'$、$3'$、$2'$、$1'$,作水平线使交于圆周,然后向俯视图投影即为四个圆 3. 在俯视图取分段中点 M,连接 OM、并延长取 $1-1'$ 长等于主视图 $\widehat{1'-1'}$ 的弧长。过各点作垂直线。且量取俯视图各个瓣交点 $\widehat{1-1}$、$\widehat{2-2}$ $\widehat{1-1}$ 对应的弧长,光滑连接成曲线,即得展开图

名称	使用方法	简图	操作要求
球的分带展开	放射线法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 将主视图圆分割成 7 个带和 2 顶板,中间带 V 为圆柱形,其展开为 - 矩形 2. 分别将 II、III、IV 带的点 1—2、2—3、3—4 连接,并延长与中心线交于 O_2、O_3、O_4 点 3. IV 带的展开 以 O_4 为圆心, R_4 和 O_43 为半径画弧,并取主视图 IV 带大圆周长,即得 IV 带展开图 其它各带同理展开
球封头的分块展开	放射线法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 在主视图中由圆心 O_1 作 30° 角线交圆于点 3,并作直角线交中心为 O'',二等份 $\widehat{13}$ 和 $\widehat{35}$ 得点 2 和 4,且过各点作水平线得 1—1、2—2……5—5 直线,即为分割的直径 2. 以 O'' 为圆心, $O''3$ 为半径画弧交 $O''5$ 直线于 $3'$,再由 $3'$ 点分别向左和向右取点 $2'$、$1'$ 和 $4'$、$5'$ 等于主视图圆周 $\widehat{3-2}$、$\widehat{2-1}$ 和 $\widehat{4-5}$ 的弧长 3. 以 O'' 为圆心,分别以 $O''-1'$、$O''-2'$……$O''-5'$ 为半径画弧,并对应量取 $d_1\pi/6$、$d_2\pi/6$……$d_5\pi/6$ 长得点,光滑连接各点得展开图

2. 正圆柱螺旋面的展开(表 5-9)

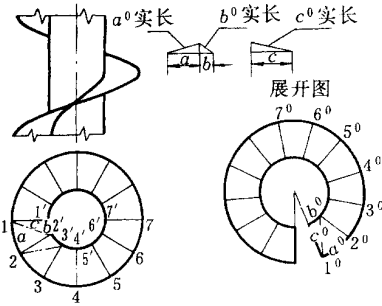
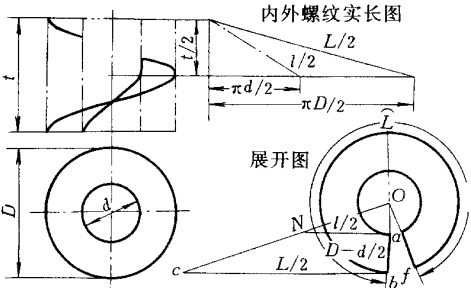
3. 圆柱螺线滑槽的展开

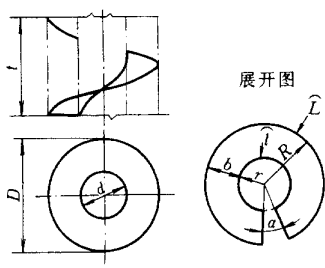
(1)按尺寸画出主、俯视图(图 5-31)

(2)分析 滑槽的两个侧板是圆柱面,底板是正圆柱螺旋面。

(3)操作过程 将俯视图的半圆周 6 等份,各等份点向上引垂线与主视图高度(t) 6 等份线相交得各点,然后连接成曲线,即完成主视图。分别求出内、外螺线的实长得 $1''2''$ 、 $2''3''$ 、 $3''4''$ 、 $4''5''$ 、 $5''6''$ 、 $6''7''$ 和 1^02^0 、 2^03^0 、 3^04^0 、 4^05^0 、 5^06^0 、 6^07^0 及 a 的实长 a^0 。

表 5-9 正圆柱螺旋面的展开方法

序号	使用方法	简图	操作要求
1	三角开法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 作主、俯视图 2. 将俯视图十二等份,得 12 个四边形,再将四边形分为两个三角形,使俯视图由 24 个小三角形组成 3. 求出俯视图 a、b、c 实长,然后用三角形法作出展开图
2	图解法		<ol style="list-style-type: none"> 1. 根据已知的 D、d 和 $t/2$ 螺距,可求出外螺线、内螺线的实长 $L/2$、$l/2$ 2. 在展开图中用 $L/2$、$l/2$ 和 $\frac{D-d}{2}$ 分别定出 bc、aN 和 ab, 连接 cN, 并延长交 ba 延长线于 O 3. 以 O 为圆心, 分别以 Oa、Ob 为半径画弧, 并截取 \widehat{bf} 等于 L 长度, 连接 Of, 即得所求之展开图

序号	使用方法	简图	操作要求
3	计算法		<p>已知 螺旋面外径 D、内径 d 和螺距 t 求作展开图</p> <p>公式</p> $\hat{L} = \sqrt{(\pi D)^2 + t^2}$ $\hat{l} = \sqrt{(\pi d)^2 + t^2}$ $b = \frac{D-d}{2}$ $R = \frac{\hat{bL}}{\hat{L} - \hat{l}}$ $a = \frac{2\pi R - \hat{L}}{2\pi R} \times 360^\circ$

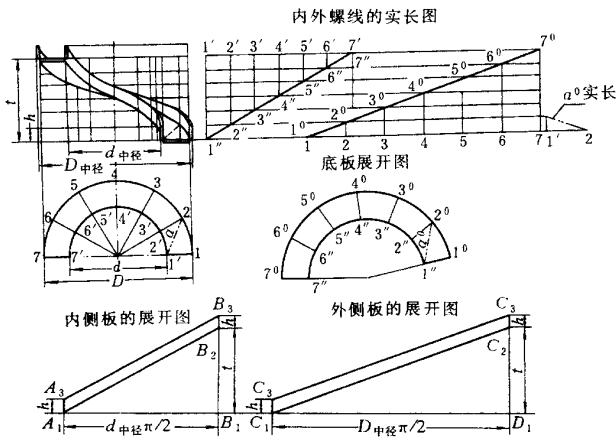


图 5-31 圆柱螺旋滑槽的展开

(4)底板的展开 用三角形法作出底板展开图。

(5)内侧板的展开 作直线 A_1B_1 等于 $d_{中径}/2$ 长,且以两端作垂线,分别截取 A_1A_3 和 B_2B_3 等于主视图的 h , B_1B_2 等于主视图的 t 。连接各点得内侧板的展开图。

同理作出外侧板的展开图。

4. 圆锥螺旋滑槽的展开

(1)按尺寸画出主、俯视图(图 5-32)

(2)分析 从主视图中,可知滑槽的两个侧板是柱面,底板是圆锥螺旋面,侧板高(h)等于 t/α (t 为滑槽高)。

主视图经板厚处理,侧板与底板是内表面接触,所以底板按侧板内表面向下引垂线得俯视图轮廓,侧板应按板厚中性层展开。

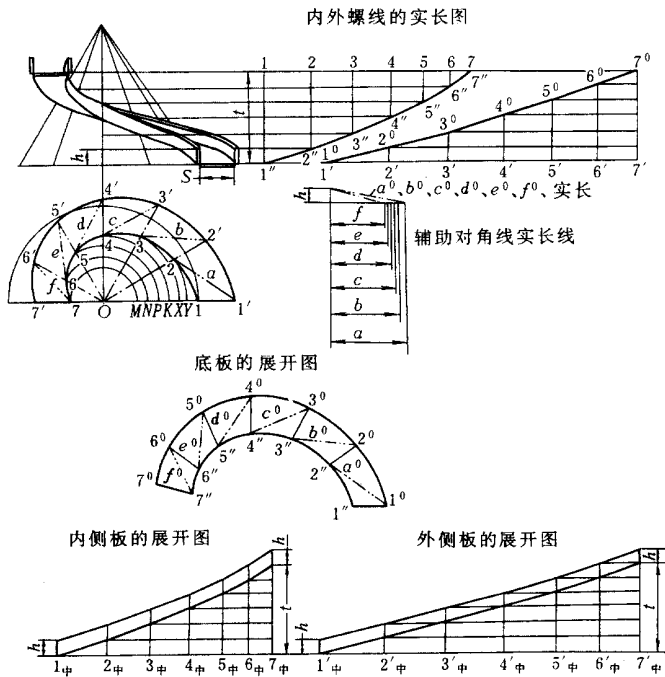


图 5-32 圆锥螺线滑槽的展开

(3)操作过程 俯视图半圆周和 1—M 直线同作 6 等份,以 O 为圆心,分别以 OM 、 ON 、 OP 、 OK 、 OX 、 OY 为半径画弧,对应相交得 1、2、3、4、5、6、7 点,并在各点分别截取 $11'$ 、 $22'$ …… $77'$ 等于主视图底板宽 S 。将各点连成曲线,成 6 个四边形。每个四边形的辅助对角线为 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 。然后分别求出内外螺线的实长和辅助对角线的实长。

(4)底板的展开 以求出底板的实长,用三角形法作出展开图。

(5)内侧板的展开 作一直线 $1_{中}7_{中}$ 等于俯视图内侧板的展开长,并在两端作垂线,截取 t 、 h 分别等于主视图的 t 、 h , t 应六等份引水平线与各中性层点作垂线得交点。后用光滑曲线连,即为所求内侧板的展开图。

同理展开外侧板。

八、结合体的展开实例

1. 圆管与封头直交的展开

(1)按尺寸画出主、俯视图(5-33)

(2)分析 主视图经板厚处理,圆管的点 $1'$ 交于外表面,点 $5'$ 交于内表面。

(3)操作过程 断面图 $1/2$ 圆作 4 等份,得 1、2、3、4、5 各点。用纬线法以 O 为圆心,分别以 O_2 、 O_3 、 O_4 为半径作圆,交中心线于 A 、 B 、 C 点。过点向上引垂线交主视图封头外皮于 A' 、 B' 、 C' 点,由 A' 、 B' 、 C' 点分别向右引水平线与俯视图点 2、3、4 向上引垂线,对应相交得点 $2'$ 、 $3'$ 、 $4'$,用光滑曲线连接得所求的结合线。

(4)圆管的展开 由圆管 MN 向右引延长线,并取 L 等于圆管中性层的展开长并 8 等份,然后用平行线法作得展开图。

2. 圆管与圆锥管直交的展开

(1) 画出主、俯视图(5-34)

(2) 分析 经板厚处理,在主视图中圆管点 $1''$ 交于外表面、点 $5''$ 交于内表面、点 $3''$ 也交于内表面,点 $2''$ 在点 $1''$ 和点 $3''$ 之间,相交于中径。又因点 $3''$ 和点 $5''$ 都交于内表面,所以点 $4''$ 也交于内表面。

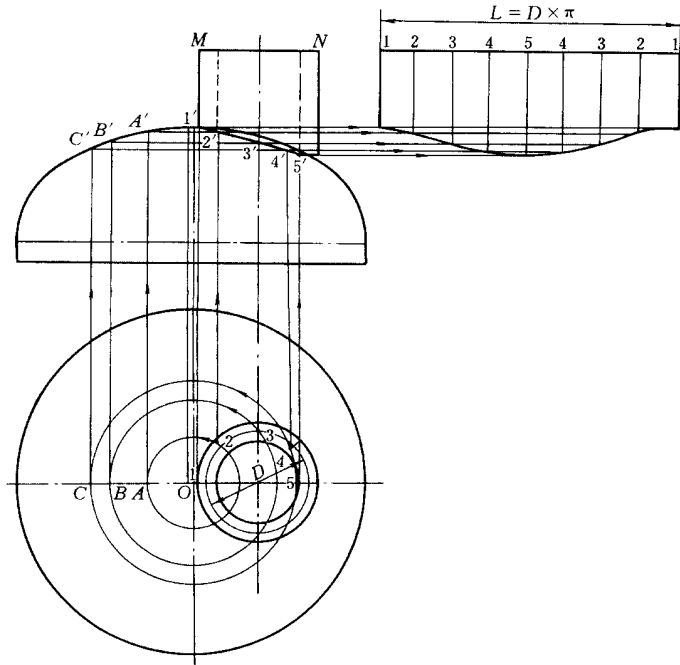


图 5-33 圆管与封头直交的展开

(3) 操作过程 俯视图圆管断面交点的分布位置,按上述分析得点 $1, 2, 3, 4, 5$ 。用纬线法以俯视图 O 为圆心,分别以 O_2, O_3, O_4 为半径,作3个同心圆交中心线于 A, B, C 点,且过点向右引水平线与俯视图点 $2, 3, 4$ 向上所引垂线对应相交于 $2'', 3'', 4''$ 点,用光滑连接各点,即得所求的结合线。

(4) 圆管的展开 由圆管 MN 向右引延长线,并取 L 等于圆管中性层的展开长,且8等份,各点作垂线与主视图各结合点 $1'', 2'', \dots, 5''$ 向右引水平线对应相交,连成曲线,即得圆管的展开图。

(5) 圆锥管的展开与开孔 圆锥管的展开方法参见图5-21。

圆锥管上的孔,在实际工作中一般均按圆管实际尺寸装配划线后再开孔。

3. 圆锥与四棱锥斜交的展开

(1) 画出主、俯视图(5-35)

(2) 分析 管I与管II斜交。在主视图中点 $5'$ 和 $1'$ 为结合线上的已知点,为了要求出其余的结合点,必须增画相交构件的辅助投影(辅助视图)。沿主视图管I轴线的方向 P 作辅助视图,在辅助视图中有圆管I的结合线的投影。主视图经板厚处理,点 $1'$ 交于内表面,点 $5'$ 交于外表面,点 $3'$ 从辅助视图看也交于内表面,则点 $4'$ 在点 $3'$ 和 $5'$ 之间相交于中

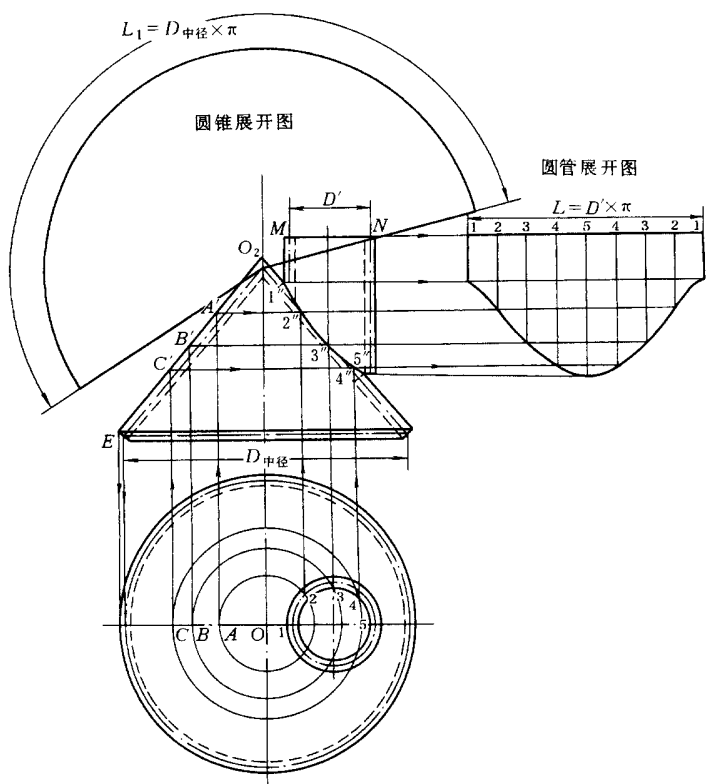


图 5-34 圆管与圆锥管直交的展开

径,点 2' 在点 1' 和 3' 之间,所以也交于内表面。

(3)操作过程 把辅助视图中圆管断面的半圆周作 4 等份,得交点 $1^0, 2^0, \dots, 5^0$ 。用素线法,将各点与锥顶 O_3 相连并延长交 $A''B''$ 于 a, b, c 点。过 a, b, c 点引管 I 轴线的平行线交主视图四棱锥大口外表面得点 a', b', c' ,且与棱锥外表面顶点 O_1 相连,与辅助视图中的点 $2^0, 3^0, 4^0$ 向主视图所作的投影线相交,得交点 $2', 3', 4'$,用光滑曲线连接,即得主视图结合线的投影。

由主视图结合点 $1', 2', 3', 4', 5'$ 向下引垂线与俯视图圆管 I 断面等份点所引水平线对应相交得点 1、2、3、4、5。连接各点得到俯视图结合线投影。

(4)四棱锥的展开与开孔 从主视图管 I 内表面处 m, n 点引线交四棱锥内表面于点 $5'', 1''$ 。结合点 $2', 3', 4'$ 向左引水平线,分别交四棱锥内表面于点 $2'', 3'', 4''$ 。再以 O_2 为圆心, O_2E' 为半径画弧截 L' 长等于俯视图中的 L 长,在 A 点开始对称取 f' 长等于俯视图中的 f ,且与点 O_2 相连。然后分别以 O_2 为圆心, $O_21'', O_22'', \dots, O_25''$ 为半径作弧,得各交点,连接各点,得四棱锥的展开图。

(5)管 I 的展开 按主视图所求得结合线,可用平行线法作展开图。

4. 迂回成直角弯头的展开

(1)按尺寸画出主、左视图(图 5-36)

(2)分析 管 I 轴线为侧垂线,在主视图上反映实长。管 III 轴线为铅垂线,在主视图

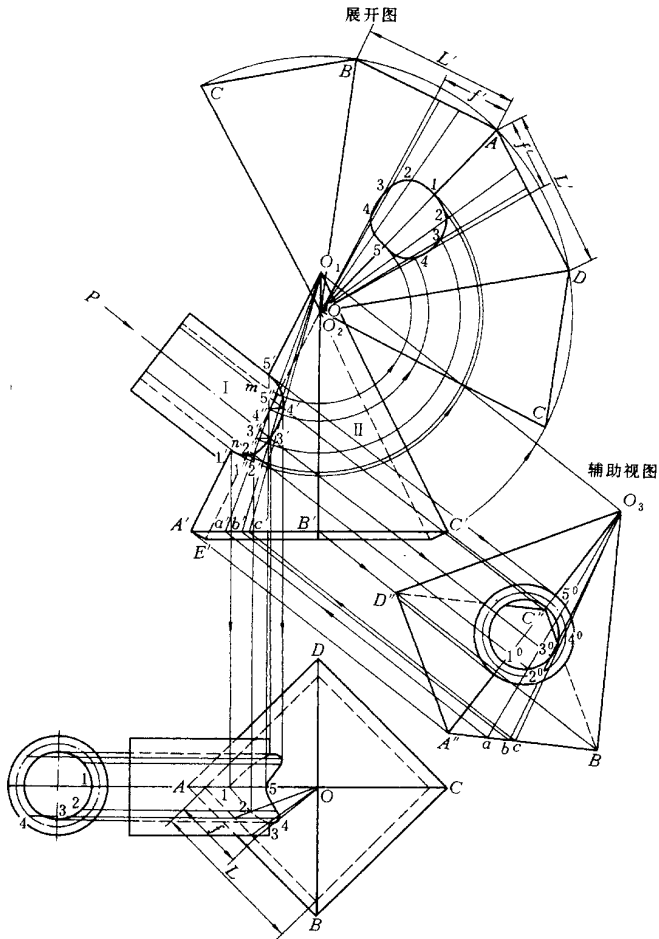


图 5-35 圆管与四棱锥斜交的展开

和左视图上都反映实长。管 II 轴线不反映实长。所以先用变换投影面法,求出管 II 实长和与管 I、III 的实际角度。

(3) 操作过程

1) 把主、左视图的管 II 进行一次变换,取 AO'_4 平行 $O_1^0O_3^0$,并在 O_1^0A 的延长线上取 AO'_2 和 $O'_2O'_1$,分别等于主视图的 b 和 a 长,连接 $O'_2O'_3$ 得 $\angle O'_1O'_2O'_3$ 即为管 I 和管 II 的实际夹角。再按已知尺寸画出圆管的轮廓线,得 $1'5'$ 线即为两管结合线。在一次变换图中,经板厚处理,点 $1'$ 是外表面接触,点 $5'$ 是内表面接触。因而在左视图的断面图中板厚作 4 等份,圆周也相应作等份,得等份点 1 2、3.....8 各点。

2) 求管 II 与管 III、I 的结合实形的错心距。用二次变换,由管 II 实长 $O'_2O'_3$ 方向的投影线上取点 O''_2 (O''_3) 过 O''_2 点作 $O''_2O''_2$ 垂线为 1^05^0 即是一次变换图中的 $1'5'$ 结合线的投影),并作 NO''_4 平行 1^05^0 ,再截取 d' ,等于左侧视图 d 长。连接 $O''_3O''_4$,并延长交圆周断面为点 $1''$ 和 $5''$ 。则 $\widehat{1''5''}$ 弧长为管 I、III 和管 II 结合实形角点的错心弧距。

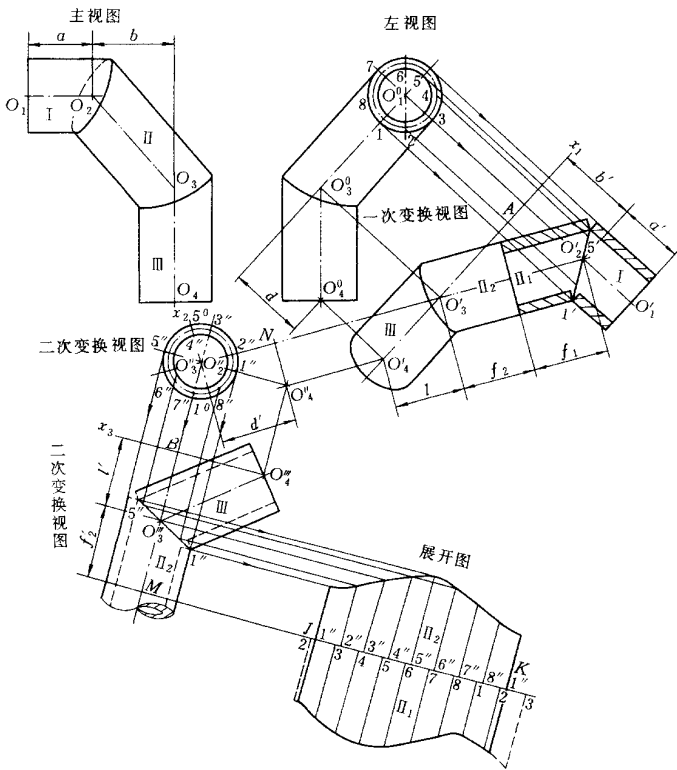


图 5-36 迂回成直角弯头(三节)的展开

3) 求管 II 与管 III 的结合实形, 可通过三次变换视图。过 O''_3 、 O''_4 点作 O''_{45} 的垂线。引 BO''_4 平行于 O''_45 。分别取 l' 和 f'_2 等于一次变换图中的 I 和 f_2 长, 并交于 O''_3 和 M 点。连接 $O''_3O''_4$, 即为管 III 轴线的实长。则 $\angle O''_4O''_3M$ 就是管 II 和管 III 的结合实角。再取圆管轮廓, 得 $1''5''$ 就是两管的结合线。

(4) 管 II 的展开 先把一次变换图中的管 II 实长分为 f_1 、 f_2 两段。再在三次变换图中以 f_2 管段, 以点 $1''$ 交外表面、点 $5''$ 交内表面、点 $3''$ 交于中性层。以二次变换图中的断面等份为点 $1''$ 、 $2''$ 、……、 $5''$ 的分布位置。由 M 点作 O''_3M 垂线, 然后取 JK 等于断面中径展开长度, 并 8 等份作垂线与三次变换图中 $1''5''$ 结合线的各点向右作 MK 平行线, 对应相交得点, 连成曲线, 即为管 II 的 f_2 段展开图。

再以二次变换图中的错心弧距 $1^01''$ 弧长 JK 线上截取对应的等份交点作垂线, 以一次变换图中管 II 的 f_1 段的各等份点实长, 得对应交点连成曲线, 就是管 II 的 f_1 段的展开图。管 I、III 展开图, 可从一次变换和三次变换视图中的实长, 直接采用平行线法展开。

5. 锅炉火门圈的展开

(1) 按锅炉简图, 画出主、俯视图(图 5-37)

(2) 分析 火门圈(管 II)为垂直于锅炉轴线的椭圆管。椭圆管一端与内胆圆锥管接触。另一端与炉壳本体接触。

主视图经板厚处理, 管 II 点 1^4 交内表面, 点 5^4 交外表面, 点 3^4 交内表面, 所以点 2^4 也

交内表面。但由于点 3^4 是内表面,点 5^4 外表面,所以点 4^4 交于中性层。

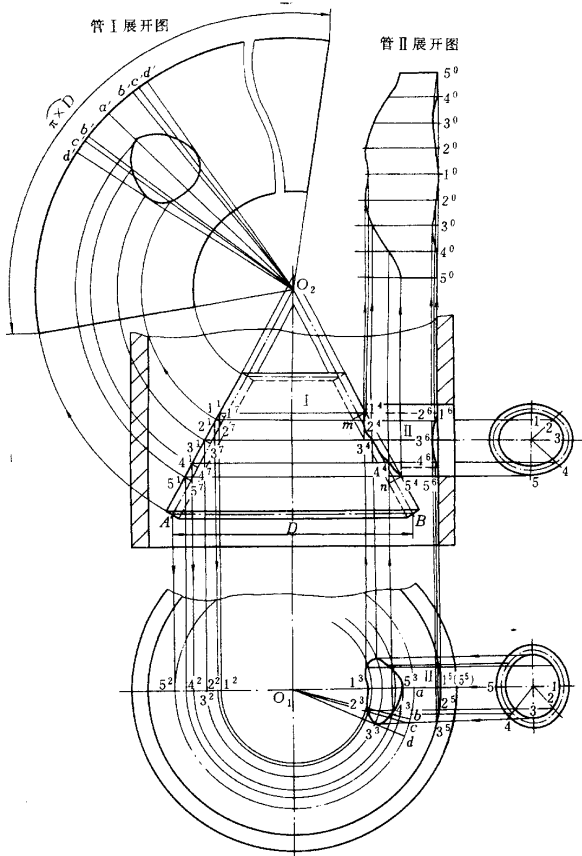


图 5-37 锅炉火门圈的展开

(3)操作过程 将主视图管 II 断面图 4 等份得点 $1, 2, \dots, 5$ (按分析布置),各点向左引水平线与管 I 外表面交于点 $1', 2', \dots, 5'$,各点向下引垂线交俯视图轴线得点 $1^2, 2^2, \dots, 5^2$ 。以 O_1 为圆心,到各点之距为半径画圆与俯视图管 II 的断面图等份向左引水平线的刘对应交点为 $1^3, 2^3, \dots, 5^3$ 。各点连成曲线即为俯视图的结合线。点 $1^3, 2^3, \dots, 5^3$ 与 O_1 连接并延长交管 I 中径圆周上的点为 a, b, c, d 。即为展开管 I 的开孔辅助线。管 II 另一端与炉壳本体接触处,其点 3 为外表面接触,点 1, 5 也在外表面,所以点 2, 4 均为外表面。因此在俯视图中管 II 与炉壳本体内表面交于 $1^5, 2^5, \dots, 5^5$ 点。由俯视图结合线的各点 $1^3, 2^3, 3^3, 4^3, 5^3$ 和点 $1^5, 2^5, 3^5$ 向上引垂线与主视图管 II 等份点(按上述分析)向左引水平线对应相交点 $1^4, 2^4, 3^4, 4^4, 5^4$ 和 $1^6, 2^6, 3^6, 4^6, 5^6$ 连成曲线,即为主视图的结合线。

(4)管 I 的展开 由主视图点 $1', 2', 3', 4', 5'$ 分别作板厚直角线交管 I 的中性层为点 $1^7, 2^7, 3^7, 4^7, 5^7$ 。以 O_2 为圆心, O_2 到各点和 A 点的距离为半径画弧等于管 I 大口中性层

展开长。并对称取点 a' 、 b' 、 c' 、 d' 等于俯视图的 a 、 b 、 c 、 d 之距,对应相交并连接各点得管 I 展开图。

(5)管 II 的展开 由主视图 5^6 、 1^6 延长,取 $5^0 - 5^0$ 等于管 II 中径展开长,将 $5^0 - 5^0$ 八等份并过各点作垂线,与主视图管 II 两端的结合线对应相交于各点,用光滑曲线连接,即得管 II 的展开图。

第六章 钣金冲压件弯曲技术工艺

将板料、型材、管材或棒料等弯成一定的角度和曲率,形成一定形状零件的冲压方法称为弯曲。弯曲属于变形工序。弯曲工艺在冲压生产中占有很大的比例。

弯曲可以利用模具在压力机上进行,也可在其它专用的折弯机、滚弯机、拉弯机、弯管机等设备上进行。各种弯曲方法尽管所用设备与工具不同,但其变形过程及特点是有一些共同规律的。本章主要讨论板料在冲模中的弯曲。

第一节 弯曲变形过程及变形特点

一、弯曲变形过程

图 6-1a~d 所示为板料在 V 形模内的校正弯曲过程。在凸模的压力下,板料受弯矩的作用,首先经过弹性变形,然后进入塑性变形。在塑性弯曲的开始阶段,板料是自由弯曲,随凸模的下压,板料与凹模 V 形表面逐渐靠紧。同时曲率半径和弯曲力臂逐渐变小,由 r_0 变为 r_1 , L_A 变为 l_1 ;凸模继续下压,板料弯曲变形区进一步减小,直到与凸模三点接触,这时曲率半径减小成 r_2 ;此后板料的直边部分则向与以前相反的方向变形,到行程终了时,凸、凹模对弯曲件进行校正,使其直边、圆角与凸模全部靠紧。由此可见,弯曲成形的效果表现为板料弯曲变形区曲率半径和两直边夹角的变化。

二、塑性弯曲变形区的应力、应变状态

观察变形后位于工件侧壁的坐标网格变化(图 6-2),可以看出:在弯曲中心角 α 的范围内,正方形网格变成了扇形,而板料的直边部分,除靠近圆角的直边处网格略有微小变化外,其余仍保持原来的正方形方格。可见塑性变形区主要在弯曲件的圆角部分,弯曲前 $\overline{aa} = \overline{bb}$,弯曲后 $\widehat{aa} < \overline{aa}$, $\widehat{bb} > \overline{bb}$,说明弯曲后内缘的金属切向受压而缩短,外缘的金属切向受拉而伸长。由内、外表面至板料中心,其缩短和伸长的程度逐渐变小。其间必有一层金属,它的长度在变形前后保持不变,称为应变中性层。

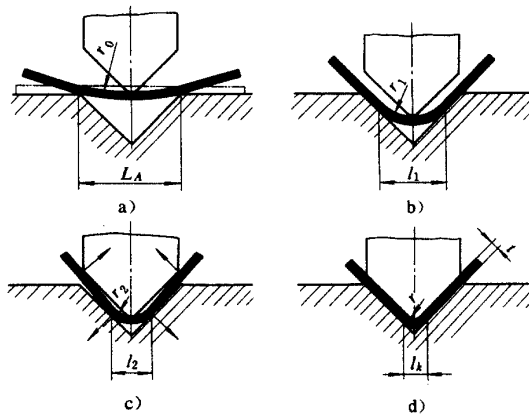


图 6-1 弯曲过程

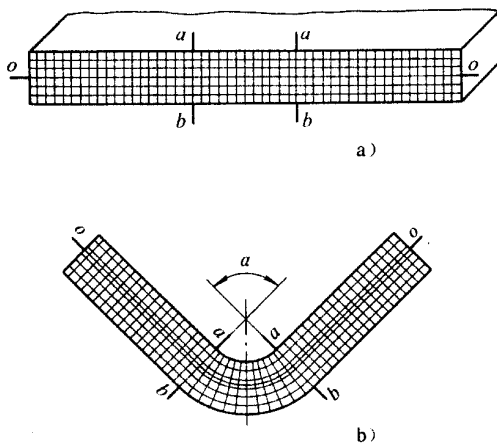


图 6-2 弯曲前后坐标网格的变化

a)弯曲前 b)弯曲后

从弯曲变形区域的横截面变化来看,变形有两种情况:窄板($B/t < 3$)弯曲时,内区宽度增加,外区宽度减小,原矩形截面变成了扇形(图 6-3a);宽板($B/t > 3$)弯曲时,横截面几乎不变,仍为矩形(图 6-3b)。

由此可见,平板坯料在塑性弯曲时,随相对宽度 B/t 的不同,其应力、应变的性质也不同,分析如下:

1. 应变状态

切向 ϵ_θ :弯曲内区压缩应变,弯曲外区拉伸应变。

径向 ϵ_r :弯曲时,主要是依靠中性层内外纤维的缩短与伸长,所以切向主应变 ϵ_θ 为绝对值最大的主应变 ϵ_{\max} 。根据塑性变形体积不变条件可知,必然引起另外两个方向产生与 ϵ_θ 符号相反的应变。由此可以判断:在弯曲的内区,因切向主应变 ϵ_θ 为压应变,所以径向的应变 ϵ_r 为拉应变;在弯曲的外区,因切向主应变 ϵ_θ 为拉应变,故径向应变 ϵ_r 为压

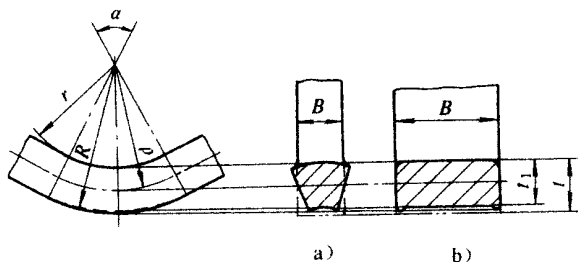


图 6-3 弯曲区域的横截面变化

a) 窄板 ($B/t < 3$) b) 宽板 ($B/t > 3$)

应变。

宽度方向 ε_ϕ 根据相对宽度 B/t 的不同,分两种情况:对于 $B/t < 3$ 的窄板,因金属在宽度方向可以自由变形,故在内区,宽度方向应变 ε_ϕ 与切向应变 ε_θ 符号相反而为拉应变。在外区 ε_ϕ 则为压应变;对于 $B/t > 3$ 的宽板,由于宽度方向受到材料彼此之间的制约作用,不能自由变形,可以近似认为无论内区还是外区,其宽度方向的应变 $\varepsilon_\phi = 0$ 。

由此可见,窄板弯曲时的应变状态是立体的,而宽板弯曲的应变状态是平面的。

2. 应力状态

切向 σ_ϕ :内区受压,外区受拉。

径向 σ_t :塑性弯曲时,由于变形区曲度增大,以及金属各层之间的相互挤压的作用,从而引起变形区内的径向压应力 σ_t ,在板料表面 $\sigma_t = 0$,由表及里逐渐递增,至应力中性层处达到了最大值。

宽度方向 σ_ϕ :对于窄板,由于宽度方向可以自由变形,因而无论是内区还是外区 $\sigma_\phi = 0$;对于宽板,因为宽度方向受到材料的制约作用 $\sigma_\phi \neq 0$ 。内区由于宽度方向的伸长受阻,所以 σ_ϕ 为压应力。外区由于宽度方向的收缩受阻,所以 σ_ϕ 为拉应力。

从应力状态来看,窄板弯曲时的应力状态是平面的,宽板则是立体的。

综上所述,将板料弯曲时的应力应变状态归纳于表 6-1。

三、弯曲变形程度及其表示方法

塑性弯曲必先经过弹性弯曲阶段,在弹性弯曲时,受拉的外区与受压的内区以中性层为界,中性层恰好通过剖面的重心,其应力应变为零。假定弯曲内表面圆角半径为 r ,中性层的曲率半径为 ρ ($\rho = r + t/2$),弯曲中心角为 α (图 6-4),则距中性层 y 处的切向应变 ε_θ 为

$$\varepsilon_\theta = \ln \frac{(\rho + y)\alpha}{\rho\alpha} = \ln \left(1 + \frac{y}{\rho} \right) \approx \frac{y}{\rho}$$

表 6-1

板料弯曲时的应力应变状态

相对宽度	变形区域	应力应变状态分析		
		应力状态	应变状态	特点
窄板 $\frac{B}{t} < 3$	内区 (压区)			平面应力状态, 立体应变状态
	外区 (拉区)			
宽板 $\frac{B}{t} < 3$	内区 (压区)			立体应力状态, 平面应变状态
	外区 (拉区)			

切向应力 σ_θ 为

$$\sigma_\theta = E\varepsilon_\theta = E \frac{y}{\rho}$$

从上式可见 材料切向的变形程度 ε_θ 和应力 σ_θ 的大小只取决于比值 y/ρ , 而与弯曲中心角 α 无关。在弯曲变形区的内、外表面, 切向应力应变最大 $\sigma_{\theta\max}$ 与 $\varepsilon_{\theta\max}$ 为

$$\varepsilon_{\theta\max} = \pm \frac{\frac{t}{2}}{r + \frac{t}{2}} = \pm \frac{1}{1 + 2 \frac{r}{t}}$$

$$\sigma_{\theta\max} = \pm E\varepsilon_{\theta\max} = \pm \frac{E}{1 + 2 \frac{r}{t}}$$

若材料的屈服点为 σ_s , 则弹性弯曲的条件为

$$|\sigma_{\theta\max}| = \frac{E}{1 + 2 \frac{r}{t}} \leq \sigma_s$$

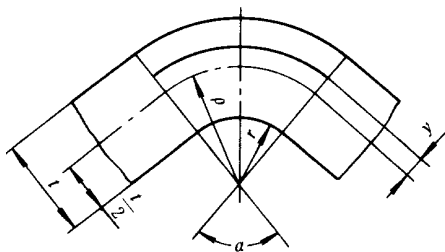


图 6-4 弯曲半径和弯曲中心角

或

$$\frac{r}{t} \geq \frac{1}{2} \left(\frac{E}{\sigma_s} - 1 \right)$$

r/t 称为相对弯曲半径, r/t 越小, 板料表面的切向变形程度 $\varepsilon_{\theta max}$ 越大。因此, 生产中常用 r/t 来表示板料弯曲变形程度的大小。

$\frac{r}{t} < \frac{1}{2} \left(\frac{E}{\sigma_s} - 1 \right)$ 时, 仅在板料内部引起弹性变形, 称为弹性弯曲。变形区内的切向应

力分布如图 6-5a 所示; 当 $\frac{r}{t}$ 减小到 $\frac{1}{2} \left(\frac{E}{\sigma_s} - 1 \right)$ 时, 板料变形区的内、外表面首先屈服, 开始塑性变形, 如果 r/t 继续减小, 塑性变形部分由内、外表面向中心逐步地扩展, 弹性变形部分则逐步缩小, 变形由弹性弯曲过渡为弹—塑性弯曲; 一般当 $r/t \leq 4$ 时, 弹性变形区已很小, 可以近似认为弯曲变形区为纯塑性弯曲。切向应力的变化如图 6-5b 和图 6-5c 所示。

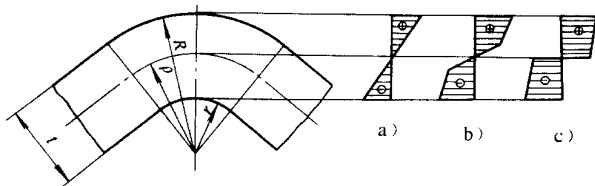


图 6-5 坯料弯曲变形区内切向应力的分布

a) 弹性弯曲 b) 弹—塑性弯曲 c) 纯塑性弯曲

四、板料塑性弯曲的变形特点

1. 中性层的内移

由图 6-5a 可见, 板料截面上的应力由外层的拉应力过渡到内层的压应力, 其间必定有一层金属的切向应力为零, 称为应力中性层。当变形程度较小时 (r/t 较大), 应力中性层和应变中性层相重合, 均位于板料截面中心的轨迹上, 其曲率半径相同, 都可用 ρ 表示, 即 $\rho = r + \frac{t}{2}$ 。当变形程度比较大 (r/t 较小) 时, 由于径向压应力 σ_r 的作用, 应力中性层和应变中性层都从板厚的中央向内侧移动, 但是应力中性层的位移量大于应变中性层的位移量。另外, 由于弯曲时板厚的变薄, 也会使中性层的曲率半径小于 $\left(r + \frac{t}{2} \right)$ 。

2. 变形区板料的厚度变薄和长度增加

如表 6-1 所列,拉区使板料减薄,压区使板料加厚。但由于中性层向内移动,拉区扩大,压区减小,板料的减薄将大于板料的加厚,整个板料便出现变薄现象(图 6-3)。 r/t 越小,变薄现象也越严重。

弯曲所用坯料一般属于宽板,由于宽度方向没有变形,因而变形区厚度的减薄必然导致长度的增加。 r/t 越小,增长量越大。

3. 弯曲后的翘曲与剖面畸变

细而长的板料弯曲件,弯曲后纵向产生翘曲变形(图 6-6)。这是因为沿折弯线方向工件的刚度小,塑性弯曲时,外区宽度方向的压应变和内区的拉应变将得以实现,结果使折弯线翘曲。当板弯件短而粗时,沿工件纵向刚度大,宽向应变被抑制,翘曲则不明显。

剖面的畸变现象:对于窄板弯曲如前所述(图 6-3a);对于管材、型材弯曲后的剖面畸变如图 6-7 所示,这种现象是因为径向压应力 σ_r 所引起的。另外,在薄壁管的弯曲中,还会出现内侧因受压应力 σ_θ 的作用而失稳起皱的现象,因此弯曲时管中应加填料或芯棒。

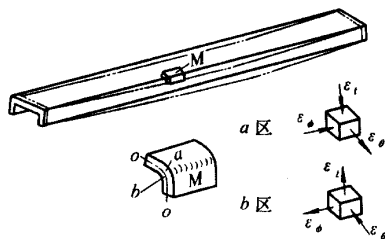


图 6-6 弯曲后的翘曲

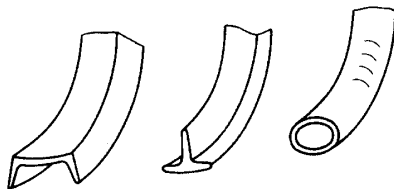


图 6-7 型材、管材弯曲后的剖面畸变

第二节 最小弯曲半径

从上一节的分析可知,相对弯曲半径 r/t 越小,弯曲时的切向变形程度越大。当 r/t 小到一定值后,则板料的外表面将超过材料的最大许可变形而产生裂纹。在板料不发生破坏的条件下,所能弯成零件内表面的最小圆角半径,称最小弯曲半径 r_{\min} ,用它来表示弯曲时的成形极限。

一、影响最小弯曲半径的因素

1. 材料的力学性能

材料的塑性越好,塑性变形的稳定性越强(均匀伸长率 δ_b 越大),许可的最小弯曲半径就越小。

2. 板料表面和侧面的质量

板料表面和侧面(剪切断面)的质量差时,容易造成应力集中并降低塑性变形的稳定性,使材料过早地破坏。对于冲裁或剪裁坯料,若未经退火,由于切断面存在冷变形硬化层,就会使材料塑性降低。在上述情况下均应选用较大的最小弯曲半径 r_{\min} 。

3. 弯曲线的方向

轧制钢板具有纤维组织,顺纤维方向的塑性指标高于垂直纤维方向的塑性指标。当工件的弯曲线与板料的纤维方向垂直时,可具有较小的最小弯曲半径(图 6-8a);反之,工件的弯曲线与材料的纤维平行时,其最小弯曲半径则大(图 6-8b)。因此,在弯制 r/t 较小的工件时,其排样应使弯曲线尽可能垂直于板料的纤维方向,若工件有两个互相垂直的弯曲线,应在排样时使两个弯曲线与板料的纤维方向成 45° 的夹角(图 6-8c)。而在 r/t 较大时,可以不考虑纤维方向。

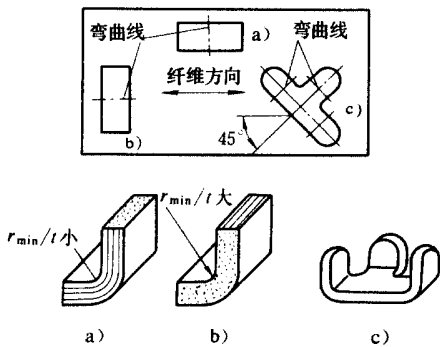


图 6-8 纤维方向对 r_{\min}/t 的影响

4. 弯曲中心角 α

理论上弯曲变形区外表面的变形程度只与 r/t 有关,而与弯曲中心角 α 无关。但实际上由于接近圆角的直边部分也产生一定的切向伸长变形(即扩大了弯曲变形区的范围),从而使变形区的变形得到一定程度的减轻,所以最小弯曲半径可以小些。弯曲中心角越小,变形分散效应越显著;当 $\alpha > 70^\circ$ 时,其影响明显减弱。

二、最小弯曲半径 r_{\min} 的数值

由于上述各种因素的综合影响十分复杂,所以最小弯曲半径的数值一般用试验方法确定。各种金属材料在不同状态下的最小弯曲半径的数值,参见表 6-2。

表 6-2

最小弯曲半径 r_{\min}

材 料	退火状态		冷作硬化状态		材 料	退火状态		冷作硬化状态	
	弯曲线的位置					弯曲线的位置			
	垂直纤维	平行纤维	垂直纤维	平行纤维		垂直纤维	平行纤维	垂直纤维	平行纤维
08、10、Q195、Q215	0.1t	0.4t	0.4t	0.8t	铝	0.1t	0.35t	0.5t	1.0t
15、20、Q235	0.1t	0.5t	0.5t	1.0t	纯铜	0.1t	0.35t	1.0t	2.0t
25、30、Q255	0.2t	0.6t	0.6t	1.2t	软黄铜	0.1t	0.35t	0.35t	0.8t
35、40、Q275	0.3t	0.8t	0.8t	1.5t	半硬黄铜	0.1t	0.35t	0.5t	1.2t
45、50	0.5t	1.0t	1.0t	1.7t	磷青铜	—	—	1.0t	3.0t
55、60	0.7t	1.3t	1.3t	2.0t					

注 1. 当弯曲线与纤维方向成一定角度时,可采用垂直和平行纤维方向二者的中间值。

2. 在冲裁或剪切后没有退火的毛坯弯曲时,应作为硬化的金属选用。

3. 弯曲时应使有毛刺的一边处于弯角的内侧。

4. 表中 t 为板料厚度。

三、提高弯曲极限变形程度的方法

在一般的情况下,不宜采用最小弯曲半径。当工件的弯曲半径小于表 6-2 所列数值时,为提高弯曲极限变形程度,常采取以下措施:

1) 经冷变形硬化的材料,可采用热处理的方法恢复其塑性。对于剪切断面的硬化层,还可以采取先去除然后再进行弯曲的方法。

2) 清除冲裁毛刺,当毛刺较小时也可以使有毛刺的一面处于弯曲受压的内缘(即有毛刺的一面朝向弯曲凸模),以免应力集中而开裂。

3) 对于低塑性的材料或厚料,可采用加热弯曲。

4) 采取两次弯曲的工艺方法,即第一次弯曲采用较大的弯曲半径,然后退火;第二次再按工件要求的弯曲半径进行弯曲。这样就使变形区域扩大,减小了外层材料的伸长率。

5) 对于较厚材料的弯曲,如结构允许,可以采取先在弯角内侧开槽后再进行弯曲的工艺(图 6-9)。

第三节 弯曲卸载后的回弹

一、回弹现象

与所有塑性变形一样,塑性弯曲时伴有弹性变形,当外载荷去除后,塑性变形保留下来,而弹性变形会完全消失,使弯曲件的形状和尺寸发生变化而与模具尺寸不一致,这种

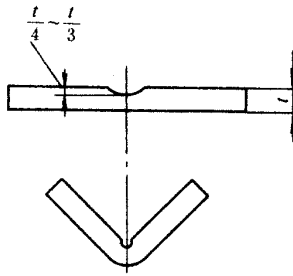


图 6-9 开槽后进行弯曲

现象叫回弹。由于弯曲时内、外区切向应力方向不一致,因而弹性回复方向也相反,即外区弹性缩短而内区弹性伸长,这种反向的弹复就大大加剧了工件形状和尺寸的改变。所以与其它变形工序相比,弯曲过程的回弹现象是一个非常重要的问题,它直接影响工件的尺寸精度。

弯曲回弹的表现形式有两个方面(图 6-10):

1. 曲率减小

卸载前弯曲中性层的半径为 ρ , 卸载后增加至 ρ' , 曲率则由卸载前的 $1/\rho$ 减小至卸载后的 $1/\rho'$ 。如以 ΔK 表示曲率的减小量, 则

$$\Delta k = \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho'}$$

2. 弯曲中心角减小

卸载前弯曲变形区的弯曲中心角为 α , 卸载后减小至 α' , 所以弯曲中心角的减小值 $\Delta\alpha$ 为

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha'$$

弯曲角的增大量为 $\Delta\beta = \beta' - \beta$ 与 $\Delta\alpha$ (或 $\Delta\beta$) 即为弯曲件的回弹量。

二、影响回弹的因素

1. 材料的力学性能

由式(6-18)可知, 卸载时弹性恢复的应变量与材料的屈服强度成正比, 与弹性模量成反比。即 $\sigma_{0.2}/E$ 越大, 回弹越大。例如图 6-11a 所示的两种材料, 屈服强度基本相同, 但弹性模量不同 ($E_1 > E_2$), 在弯曲变形程度相同的条件下 (r/t 相同), 退火软钢在卸载时的回弹变形小于软锰黄铜, 即 $\epsilon'_1 < \epsilon'_2$ 。又如图 6-11b 所示的两种材料, 其弹性模量基本相同, 而屈服强度不同。在弯曲变形程度相同的条件下, 经冷变形硬化而屈服强度较高的软钢在卸载时的回弹变形大于屈服强度较低的退火软钢, 即 $\epsilon'_4 < \epsilon'_3$ 。

2. 变形程度

r/t 越大, 弯曲变形程度越小, 中性层两侧的纯弹性变形区增加越多(如图 6-5b 所示)。另外, 塑性变形区总变形中弹性变形所占的比例同时也增大(从图 6-12 中的几何关系可以证明 $\frac{\epsilon'_1}{\epsilon_2} > \frac{\epsilon'_2}{\epsilon_2}$)。故相对弯曲半径 r/t 越大, 则回弹越大。

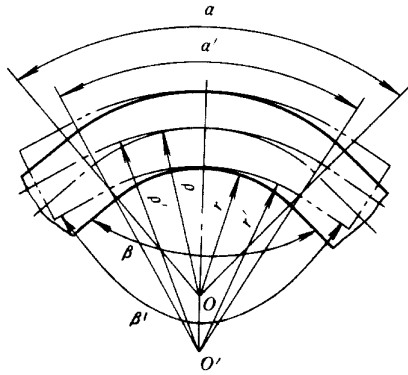


图 6-10 弯曲变形的回弹

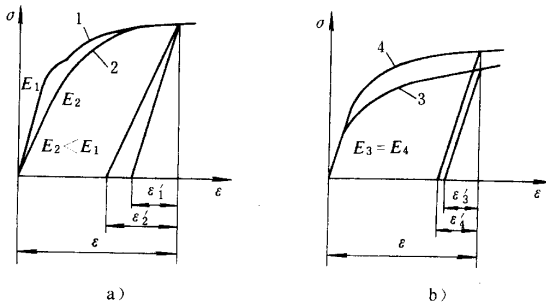


图 6-11 材料的力学性能对回弹值的影响

1、3—退火软钢 2—软锰黄铜 4—经冷变形硬化的软钢

这也是 r/t 很大的工件不易弯曲成形的道理。

3. 弯曲中心角 α

α 越大,变形区的长度越大,回弹积累值越大,故回弹角 $\Delta\alpha$ 越大。

4. 弯曲方式及弯曲模

在无底凹模内作自由弯曲时(图 6-13),回弹最大。在有底凹模内作校正弯曲时(图 6-1),回弹较小。其原因之一是:从坯料直边部分的回弹来看,由于凹模 V 形面对坯料的限制作用,当坯料与凸模三点接触后,随凸模的继续下压,坯料的直边部分则向与以前相反的方向变形,弯曲终了时可以使产生了一定曲度的直边重新压平并与凸模完全贴合。卸载后弯曲件直边部分的回弹方向是朝向 V 形闭合方向(负回弹)。而圆角部分的回弹方向是朝向 V 形张开方向(正回弹),两者回弹方向相反。原因之二是:从圆角部分的回弹来看,由于板料受凸、凹模压缩的作用,不仅弯曲变形外区的拉应力有所减小,而且在外区中性层附近还出现和内区同号的压缩应力,随着校正力的增加,压应力区向板材的外表面逐步扩展,致使板料的全部或大部断面均出现压缩应力,于是圆角部分的内、外区回弹方向一致,故校正弯曲圆角部分的回弹比自由弯曲时大为减小。综上所述,校正弯曲时圆角部分的较小正回弹加上直边部分负回弹的抵消,其结果视 r/t 、 L_A/t (L_A 为凹模开口宽度)、 α 和校正力的大小而定。这有三种可能情况:总的回弹是正的、等于零,或是负的。

当 r/t 小、 L_A/t 大、 α 小和校正力大时,就会使制件出现负回弹。因此生产中应选取适宜的凸模圆角半径、凹模开口宽度及校正力等,以此保证弯曲件的精度。

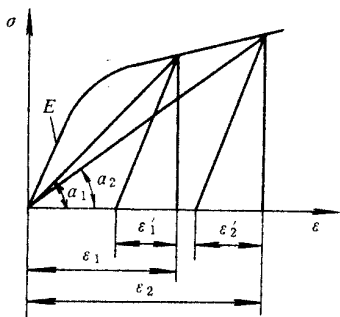


图 6-12 变形程度对弹性恢复值的影响

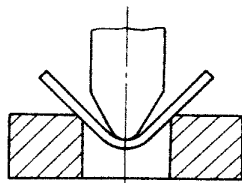


图 6-13 无底凹模内的自由弯曲

在弯曲 U 形件时,凸、凹模之间的间隙对回弹有较大的影响。间隙越大,回弹角也就越大(图 6-14)。

5. 工件的形状

一般而言,弯曲件越复杂,一次弯曲成形角的数量越多,则弯曲时各部分互相牵制作用越大,弯曲中拉伸变形的成分越大,故回弹量就越小。例如一次弯曲成形时,U 形件的回弹量较 U 形件小,U 形件又较 V 形件为小。

三、回弹值的确定

为了得到一定形状与尺寸精确的工件,应当确定回弹值。由于影响回弹的因素很多,用理论计算方法很复杂,而且也不准确。通常在设计及制造模具时,往往先根据经验数值和简单的计算来初步确定模具工作部分尺寸,然后在试模时进行修正。

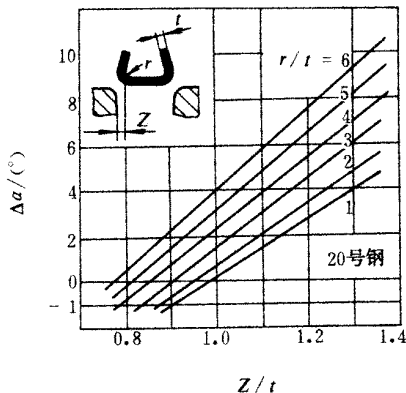


图 6-14 间隙对回弹的影响

1. 小变形程度($r/t \geq 10$)自由弯曲时的回弹值

当相对弯曲半径 $r/t \geq 10$ 时,卸载后弯曲件的角度和圆角半径变化都较大(图 6-15)。在此情况下,凸模工作部分的圆角半径和角度计算可表示为

$$r_T = \frac{r}{1 + 3 \frac{\sigma_s r}{E t}}$$

$$\alpha_T = \frac{r}{r_T} \alpha$$

式中 r_T ——凸模工作部分的圆角半径;

r ——弯曲件的圆角半径;

α_T ——凸模圆角部分中心角;

α ——弯曲件圆角部分中心角;

σ_s ——弯曲件材料的屈服点;

E ——弯曲件材料的弹性模量;

t ——弯曲件材料厚度。

2. 大变形程度($r/t < 5$)自由弯曲时的回弹值

相对弯曲半径 $r/t < 5$ 时,卸载后弯曲件圆角半径的变化是很小的,可以不予考虑,而弯曲中心角发生了变化。表 6-3 为自由弯曲 V 形件,弯曲中心角为 90° 时部分材料的平均回弹角。

当弯曲件弯曲中心角不为 90° 时,其回弹角可用下式计算:

$$\Delta\alpha = \frac{\alpha}{90} \Delta\alpha_{90}$$

式中 $\Delta\alpha$ ——弯曲件的弯曲中心角为 α 时之回弹角($^\circ$);

α ——弯曲件的弯曲中心角($^\circ$);

$\Delta\alpha_{90}$ ——弯曲中心角为 90° 时的回弹角(表 6-3)($^\circ$)。

3. 校正弯曲时的回弹值

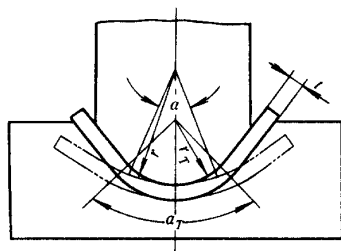


图 6-15 相对弯曲半径较大时的回弹现象

校正弯曲的回弹角可用试验所得的公式计算,见表 6-4。公式中符号如图 6-16 所示。

表 6-3 单角自由弯曲 90°时的平均回弹角 $\Delta\alpha_{90}$

材 料	$\frac{r}{t}$	材料厚度 t/mm			材 料	$\frac{r}{t}$	材料厚度 t/mm		
		< 0.8	0.8 ~ 2	> 2			< 0.8	0.8 ~ 2	> 2
软 钢 $\sigma_b = 350\text{MPa}$	< 1	4°	2°	0°	硬 钢 $\sigma_b > 550\text{MPa}$	< 1	7°	4°	2
黄 钢 $\sigma_b = 350\text{MPa}$	1 ~ 5	5°	3°	1°		1 ~ 5	9°	5°	3°
铝和锌	> 5	6°	4°	2°		> 5	12°	7°	6°
中硬钢 $\sigma_b = 400 \sim 500\text{MPa}$	< 1	5°	2°	0°	硬 铝 LY12	< 2	2°	3°	4°30'
硬黄钢 $\sigma_b = 350 \sim 400\text{MPa}$	1 ~ 5	6°	3°	1°		2 ~ 5	4°	6°	8°30'
硬青铜	> 5	8°	5°	3°		> 5	6°30'	10°	14°

表 6-4 V 形件校正弯曲时的回弹角 $\Delta\beta$

材 料	弯 曲 角 β			
	30°	60°	90°	120°
08、10、Q195	$\Delta\beta = 0.75 \frac{r}{t} - 0.39$	$\Delta\beta = 0.58 \frac{r}{t} - 0.80$	$\Delta\beta = 0.43 \frac{r}{t} - 0.61$	$\Delta\beta = 0.36 \frac{r}{t} - 1.26$
15、20、Q215、Q235	$\Delta\beta = 0.69 \frac{r}{t} - 0.23$	$\Delta\beta = 0.64 \frac{r}{t} - 0.65$	$\Delta\beta = 0.434 \frac{r}{t} - 0.36$	$\Delta\beta = 0.37 \frac{r}{t} - 0.58$
25、30、Q255	$\Delta\beta = 1.59 \frac{r}{t} - 1.03$	$\Delta\beta = 0.95 \frac{r}{t} - 0.94$	$\Delta\beta = 0.78 \frac{r}{t} - 0.79$	$\Delta\beta = 0.46 \frac{r}{t} - 1.36$
35、Q255	$\Delta\beta = 1.51 \frac{r}{t} - 1.48$	$\Delta\beta = 0.84 \frac{r}{t} - 0.76$	$\Delta\beta = 0.79 \frac{r}{t} - 1.62$	$\Delta\beta = 0.51 \frac{r}{t} - 1.71$

四、减少回弹的措施

在实际生产中,由于材料的力学性能和厚度的波动等,要完全消除弯曲件的回弹是不可能的。但可以采取一些措施来减小或补偿回弹所产生的误差,以提高弯曲件的精度。

1. 改进弯曲件的设计

(1) 尽量避免选用过大的相对弯曲半径 r/t 。如有可能,在弯曲区压制加强筋,以提高零件的刚度,抑制回弹(图 6-17)。

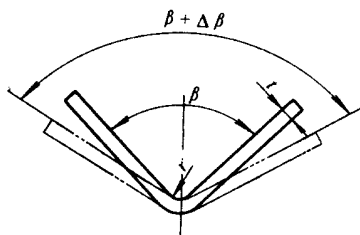


图 6-16 V 形件校正弯曲的回弹

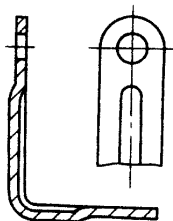


图 6-17 在弯曲区压制加强筋

(2) 尽量选用 σ_s/E 小、力学性能稳定和板料厚度波动小的材料。

2. 采取适当的弯曲工艺

(1) 采用校正弯曲代替自由弯曲。

(2) 对冷作硬化的材料须先退火,使其屈服点 σ_s 降低。对回弹较大的材料,必要时可采用加热弯曲。

(3) 弯制相对弯曲半径很大的弯曲件时,由于变形程度很小,变形区横截面大部分或全部处于弹性变形状态,回弹很大,甚至根本无法成形,这时可采用拉弯工艺。拉弯用模具如图 6-18 所示。拉弯特点是在弯曲之前先使坯料承受一定的拉伸应力,其数值使坯料截面内的应力稍大于材料的屈服强度。随后在拉力作用的同时进行弯曲。图 6-19 所示为工件在拉弯中沿截面高度的应变分布。图 6-19a 为拉伸时的应变;图 6-19b 为普通弯曲时的应变;图 6-19c 为拉弯时总的合成应变;图 6-19d 为卸载时的应变;图 6-19e 为最后永久变形。从图 6-19d 可看出,拉弯卸载时坯料内、外区回弹方向一致(ϵ_i 、 ϵ_e 均为负值),故大大减小工件的回弹。拉弯主要用于长度和曲率半径都比较大的零件。

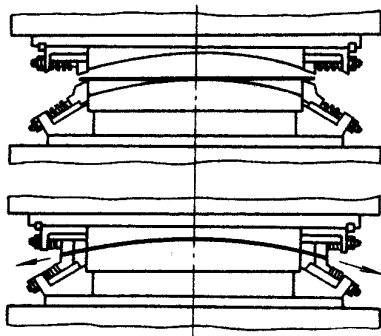


图 6-18 拉弯用模具

3. 合理设计弯曲模

(1) 对于较硬材料[如 45、50、Q275 钢和 H62(硬)等],可根据回弹值对模具工作部分的形状和尺寸进行修正。

(2) 对于软材料[如 Q215、Q235、10、20 钢和 H62(软)等],其回弹角小于 5° 时,可采用在模具上做出补偿角并取凸、凹模间小间隙的方法(图 6-20)。

(3) 对于厚度在 0.8mm 以上的软材料,相对弯曲半径又不大时,可把凸模做成局部突起的形状,使凸模的作用力集中在变形区,以改变应力状态达到减小回弹的目的,但易产

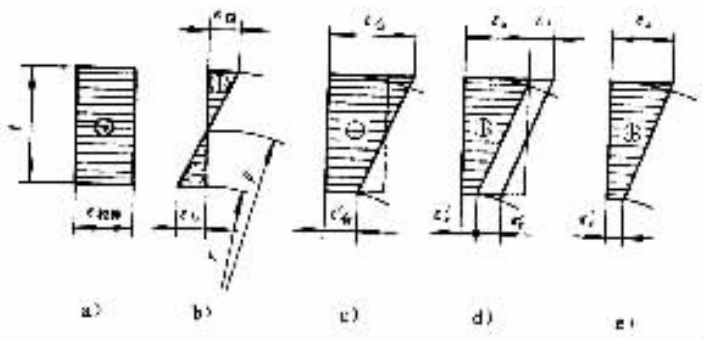


图 6-19 拉弯时断面内切向应变的分布

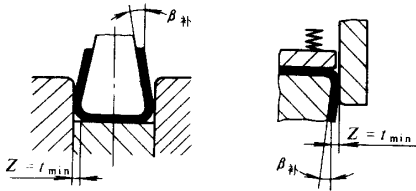


图 6-20 克服回弹措施 I

生压痕(图 6-21a、b)。也可使凸模角度减小 $2^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 的方法来减小接触面积,同样可减小回弹而压痕减轻(图 6-21c)。还可将凹模角度减小 2° ,以此减小回弹,又能减小长尺寸弯曲件纵向翘曲度(图 6-21d)。

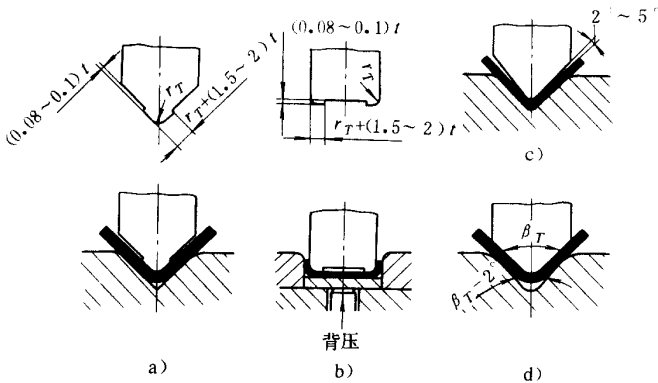


图 6-21 克服回弹措施 II

(4)对于 U 形件弯曲,为减小回弹常用的方法还有:当相对弯曲半径较小时可采取调整顶板压力的方法,也称背压法(图 6-21b);当相对弯曲半径较大背压法已无效时,可采取将凸模端面和顶板表面作成一定曲率的弧形(图 6-22a)。这两种方法的实质都是使底部产生的负回弹和角部产生的正回弹互相补偿。另一种克服回弹角的有效方法是采用摆动凹模,而凸模侧壁则减小回弹角 $\Delta\alpha$ (图 6-22b)。当材料厚度负偏差较大时,可设计成凸、凹模间隙可调的弯曲模(图 6-22c)。

(5)在弯曲件直边的端部加压,使弯曲变形的内、外区都成为压应力而减少回弹,并能得到精确的弯边高度(图 6-23)。

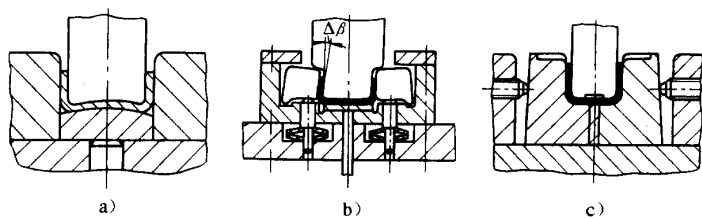


图 6-22 克服回弹措施Ⅲ

(6)用橡胶或聚氨酯代替刚性凹模,并调节凸模压入深度,以控制弯曲角度(图 6-24)。

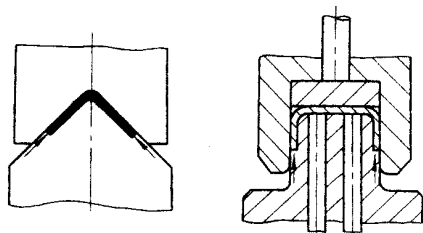


图 6-23 坯料端部加压弯曲

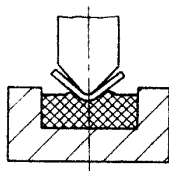


图 6-24 柔性凹模弯曲

第四节 弯曲件坯料尺寸的计算

一、弯曲中性层位置的确定

根据中性层的定义,弯曲件的坯料长度应等于中性层的展开长度。中性层位置以曲率半径 ρ 表示(图 6-25),通常用下面经验公式确定:

$$\rho = r + xt$$

式中 r ——零件的内弯曲半径;

t ——材料厚度;

x ——中性层位移系数,见表 6-5。

二、弯曲件坯料尺寸的计算

中性层位置确定后,对于形状比较简单、尺寸精度要求不高的置弯曲件,可直接采用下面介绍的方法计算坯料长度。而对于形状比较复杂或精度要求高的弯曲件,在利用下述公式初步计算坯料长度后,还需反复试弯不断修正,才能最后确定坯料的形状及尺寸。这是因为这里很多因素没有考虑,可能产生较大误差,故在生产中宜先制造弯曲模,后制造落料模(如果需要落料模时)。

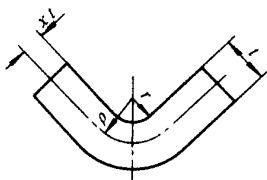


图 6-25 中性层位置

表 6-5 中性层位移系数 x 值

r/t	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	≥ 8
x	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.28	0.3	0.32	0.33	0.34	0.36	0.38	0.39	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5

1. $r > 0.5t$ 的弯曲件

$r > 0.5t$ 的弯曲件由于变薄不严重,按中性层展开的原理,坯料总长度应等于弯曲件直线部分和圆弧部分长度之和(图 6-26),即

$$L_z + l_1 + l_2 + \frac{\pi\alpha}{180}\rho = l_1 + l_2 + \frac{\pi\alpha}{180}(r + xt)$$

式中 L_z ——坯料展开总长度;

α ——弯曲中心角($^\circ$)。

2. $r < 0.5t$ 的弯曲件

对于 $r < 0.5t$ 的弯曲件,由于弯曲变形时不仅制件的圆角变形区产生严重变薄,而且与其相邻的直边部分也产生变薄,故应按变形前后体积不变条件确定坯料长度。通常采用表 6-6 所列经验公式计算。

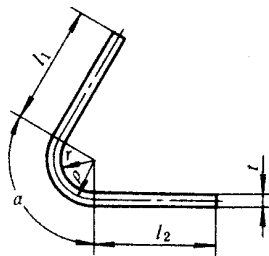
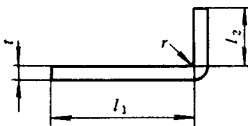
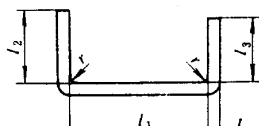
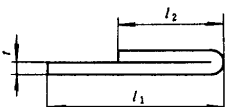
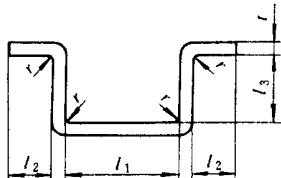


图 6-26 $r > 0.5t$ 的弯曲

表 6-6 $r < 0.5t$ 的弯曲件坯料长度计算公式

简 图	计算公式	简 图	计算公式
	$l_z = l_1 + l_2 = 0.4t$		$L_z = l_1 + l_2 + l_3 + 0.6t$ (一次同时弯曲两个角)
	$L_z = l_1 + l_2 - 0.43t$		$L_z = l_1 + 2l_2 + 2l_3 + t$ (一次同时弯曲四个角) $L_z = l_1 + 2l_2 + 2l_3 + 1.2t$ (分为两次弯曲四个角)

3. 铰链式弯曲件

对于 $r = (0.6 \sim 3.5)t$ 的铰链件(图 6-27),通常采用推圆的方法(图 6-54)成形,在卷圆过程中板料增厚,中性层外移,其坯料长度 L_z 可按下式近似计算:

$$L_z = l + 1.5\pi(r + x_1 t) + r \approx l + 5.7r + 4.7x_1 t$$

式中 l ——直线段长度;

r ——铰链内半径;

x_1 ——中性层位移系数,查表 6-7。

表 6-7 卷边时中性层位移系数 x_1 值

r/t	$>0.5 \sim 0.6$	$>0.6 \sim 0.8$	$>0.8 \sim 1$	$>1 \sim 1.2$	$>1.2 \sim 1.5$
x_1	0.76	0.73	0.7	0.67	0.64
r/t	$>1.5 \sim 1.8$	$>1.8 \sim 2$	$>2 \sim 2.2$	>2.2	
x_1	0.61	0.58	0.54	0.5	

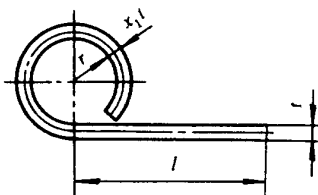


图 6-27 铰链式弯曲件

例 计算图 6-28 所示弯曲件的坯料展开长度。

解 工作弯曲半径 $r > 0.5t$ 故坯料展开长度公式为

$$L_z = 2(l_{直1} + l_{直2} + l_{弯1} + l_{弯2})$$

查表 6-5,当 $\frac{r}{t} = 2$ 时, $r_x = 0.38$; 当 $\frac{r}{t} = 3$ 时, $r_x = 0.4$ 。可推得:

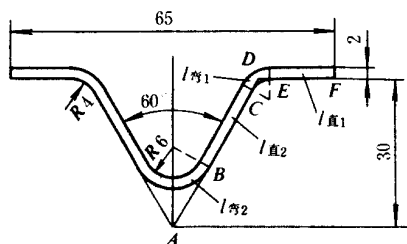


图 6-28 V形支架

$$l_{直1} = EF = [32.5 - (30 \times \tan 30^\circ + 4 \times \tan 30^\circ)] \text{mm} = 12.87 \text{mm}$$

$$l_{直2} = BC = \left[\frac{30}{\cos 30^\circ} - (8 \times \tan 60^\circ + 4 \times \tan 30^\circ) \right] \text{mm} = 18.47 \text{mm}$$

$$l_{弯1} = \frac{\pi \alpha}{180} (r + xt) = \frac{\pi \times 60}{180} (4 + 0.38 \times 2) \text{mm} = 4.98 \text{mm}$$

$$l_{弯2} = \frac{\pi \alpha}{180} (r + xt) = \frac{\pi \times 60}{180} (6 + 0.4 \times 2) \text{mm} = 7.12 \text{mm}$$

则坯料展开长度 L_z 为

$$L_z = \sum (12.87 + 18.47 + 4.98 + 7.12) \text{mm} = 86.88 \text{mm}$$

第五节 弯曲力的计算

弯曲力是选择压力机和设计模具的重要依据之一。由于弯曲力受材料性能、零件形状、弯曲方法、模具结构等多种因素的影响,很难用理论分析的方法进行准确计算,所以在生产中常采用经验公式来计算。

一、自由弯曲时的弯曲力

V形件弯曲力

$$F_{自} = \frac{0.6KBt^2\sigma_b}{r+t}$$

U形件弯曲力

$$F_{自} = \frac{0.7KBt^2\sigma_b}{r+t}$$

式中 $F_{自}$ ——自由弯曲在冲压行程结束时的弯曲力；

B ——弯曲件的宽度；

t ——弯曲件材料厚度；

r ——弯曲件的内弯曲半径；

σ_b ——材料的抗拉强度；

K ——安全系数,一般取 $K = 1.3$ 。

二、校正弯曲时的弯曲力

$$F_{\text{校}} = Ap$$

式中 $F_{\text{校}}$ ——校正弯曲力；
 A ——校正部分投影面积；
 p ——单位面积校正力，其值见表 6-8。

表 6-8 单位面积校正力 p (MPa)

材 料	料厚 t/mm		材 料	料厚 t/mm	
	~ 3	3 ~ 10		~ 3	3 ~ 10
铝	30 ~ 40	50 ~ 60	10 ~ 20 钢	80 ~ 100	100 ~ 120
黄铜	60 ~ 80	80 ~ 100	25 ~ 35 钢	100 ~ 120	120 ~ 150

三、顶件力或压料力

若弯曲模设有顶件装置或压料装置，其顶件力(或压料力) F_D (或 F_Y)可近似取自由弯曲力的 30% ~ 80%。即

$$F_D = (0.3 \sim 0.8)F_{\text{自}}$$

四、压力机公称压力的确定

对于有压料的自由弯曲

$$F_{\text{压机}} \geq F_{\text{自}} + F_Y$$

对于校正弯曲，由于校正弯曲力比压料力或顶件力大得多，故 F_Y 可以忽略，即

$$F_{\text{压机}} \geq F_{\text{校}}$$

第六节 弯曲件的工艺性

弯曲件的工艺性是指弯曲零件的形状、尺寸、精度、材料以及技术要求等是否符合弯曲加工的工艺要求。具有良好工艺性的弯曲件，能简化弯曲的工艺过程及模具结构，提高工件的质量。

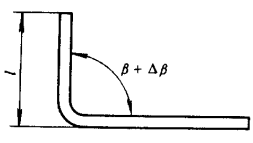
一、弯曲件的精度

弯曲件的精度受坯料定位、偏移、翘曲和回弹等因素的影响，弯曲的工序数目越多，精度也越低。其尺寸公差按 GB/T13914—92，角度公差按 GB/T13915—92，形状和位置未注公差按 GB/T13914—92，未注公差尺寸极限偏差按 GB/T15055—94。对弯曲件的精度要求应合理。弯曲件长度的未注公差尺寸的极限偏差和弯曲件角度的自由公差也可按表 6-9 和表 6-10 确定。

表 6-9 弯曲件未注公差(length尺寸)的极限偏差 (mm)

长度尺寸 l/mm		3~6	>6~18	>18~50	>50~120	>120~260	>260~500
材料厚度 t/mm	≤ 2	± 0.3	± 0.4	± 0.6	± 0.8	± 1.0	± 1.5
	>2~4	± 0.4	± 0.6	± 0.8	± 1.2	± 1.5	± 2.0
	>4	—	± 0.8	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 2.5

表 6-10 弯曲件角度的自由公差

	l/mm	~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30~50
	$\Delta\beta$	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ 30'$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$
	l/mm	>50~80	>80~120	>120~180	>180~260	>260~360
	$\Delta\beta$	$\pm 1^\circ$	$\pm 50'$	$\pm 40'$	$\pm 30'$	$\pm 25'$

二、弯曲件的材料

如果弯曲件的材料具有足够的塑性, 屈强比(σ_s/σ_b)小, 屈服点与弹性模量的比值(σ_s/E)小, 则有利于弯曲成形和工件质量的提高。如软钢、黄铜和铝等材料的弯曲成形性能好。而脆性较大的材料, 如磷青铜、铍青铜、弹簧钢等, 则最小相对弯曲半径 r_{\min}/t 大, 回弹大, 不利于成形。

三、弯曲件的结构

1. 弯曲半径

弯曲件的弯曲半径不宜小于最小弯曲半径, 也不宜过大。因为过大时, 受到回弹的影响, 弯曲角度与弯曲半径的精度都不易保证。

2. 弯曲件的形状

弯曲件形状对称, 弯曲半径左右一致, 则弯曲时坯料受力平衡而无滑动(图 6-29a)。如果弯曲件不对称, 由于摩擦阻力不均匀, 坯料在弯曲过程中会产生滑动, 造成偏移(图 6-29b)。

3. 弯曲高度

弯曲件的弯边高度不宜过小, 其值应为 $h > (r + 2t)$ (图 6-30a)。当 h 较小时, 弯边在模具上支持的长度过小, 不容易形成足够的弯矩, 很难得到形状准确的零件。若 $h < (r + 2t)$ 时, 则须预先压槽, 或增加弯边高度, 弯曲后再切掉(图 6-30b)。如果所弯直边带有斜角, 则在斜边高度小于 $(r + 2t)$ 的区段不可能弯曲到要求的角度, 而且此处也容易开裂(图 6-30c)。因此必须改变零件的形状, 加高弯边尺寸(图 6-30d)。

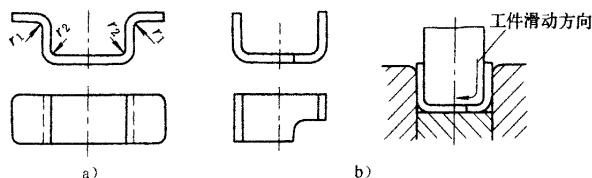


图 6-29 形状对称和不对称的弯曲件

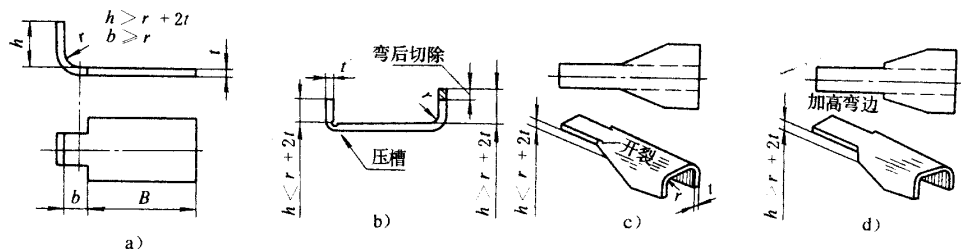


图 6-30 弯曲件的弯边高度

4. 防止弯曲根部裂纹的工件结构

在局部弯曲某一段边缘时,为避免弯曲根部撕裂,应减小不弯曲部分的长度 B ,使其退出弯曲线之外,即 $b \geq r$ (图 6-30a)。如果零件的长度不能减小,应在弯曲部分与不弯曲部分之间切槽(图 6-31a)或在弯曲前冲出工艺孔(图 6-31b)。

5. 弯曲件孔边距离

弯曲有孔的工序件时,如果孔位于弯曲变形区内,则弯曲时孔要发生变形,为此必须使孔处于变形区之外(图 6-32a)。一般孔边至弯曲半径 r 中心的距离按料厚确定:

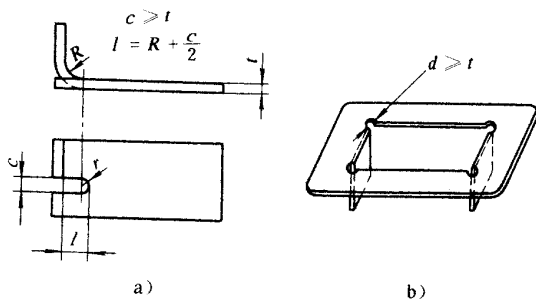


图 6-31 加冲工艺槽和孔

当 $t < 2\text{mm}$ 时, $l \geq t$

$t \geq 2\text{mm}$ 时, $l \geq 2t$ 。

如果孔边至弯曲半径 r 中心的距离过小,为防止弯曲时孔变形,可在弯曲线上冲工艺孔(图 6-32b)或工艺槽(图 6-32c)。如对零件孔的精度要求较高,则应弯曲后再冲孔。

6. 增添连接带和定位工艺孔

在弯曲变形区附近有缺口的弯曲件,若在坯料上先将缺口冲出,弯曲时会出现叉口,严重时无法成形,这时应在缺口处留连接带,待弯曲成形后再将连接带切除(图 6-33a、

b)。

为保证坯料在弯曲模内准确定位,或防止在弯曲过程中坯料的偏移,最好能在坯料上预先增添定位工艺孔(图 6-33b、c)。

7. 尺寸标注

尺寸标注对弯曲件的工艺性有很大的影响。例如,图 6-34 是弯曲件孔的位置尺寸的三种标注法。对于图 a 标注法,孔的位置精度不受坯料展开长度和回弹的影响,将大大简化工艺设计。因此,在不要求弯曲件有一定装配关系时,应尽量考虑冲压工艺的方便来标注尺寸。

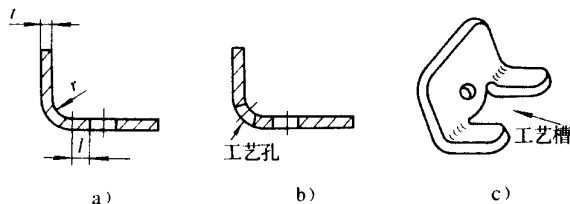


图 6-32 弯曲件孔边距离

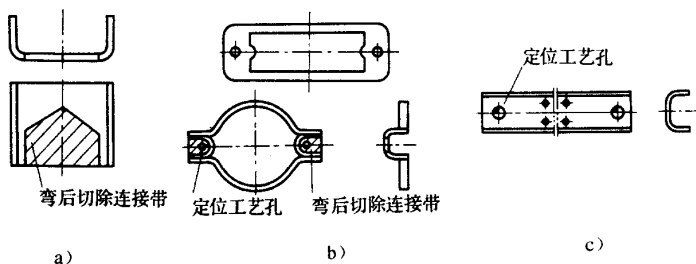


图 6-33 增添连接带和定位工艺孔的弯曲件

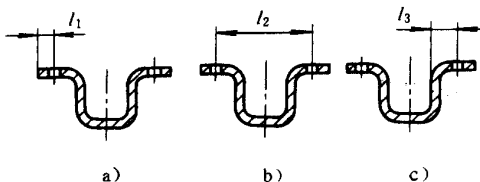


图 6-34 尺寸标注对弯曲工艺的影响

第七节 弯曲件的工序安排

弯曲件的工序安排应根据工件形状、精度等级、生产批量以及材料的力学性能等因素进行考虑。弯曲工序安排合理,则可以简化模具结构、提高工件质量和劳动生产率。

一、弯曲件的工序安排原则

(1)对于形状简单的弯曲件,如V形、U形、Z形工件等,可以采用一次弯曲成形。对于形状复杂的弯曲件,一般需要采用二次或多次弯曲成形。

(2)对于批量大而尺寸较小的弯曲件,为使操作方便、定位准确和提高生产率,应尽可能采用级进模或复合模。

(3)需多次弯曲时,弯曲次序一般是先弯两端,后弯中间部分,前次弯曲应考虑后次弯曲有可靠的定位,后次弯曲不能影响前次已成形的形状。

(4)当弯曲件几何形状对称时,为避免压弯时坯料偏移,应尽量采用成对弯曲,然后再切成两件的工艺(图6-35)。

二、典型弯曲件的工序安排

图6-36至图6-39分别为一次弯曲、二次弯曲、三次弯曲以及多次弯曲成形工件的例子,可供制订弯曲件工艺程序时参考。

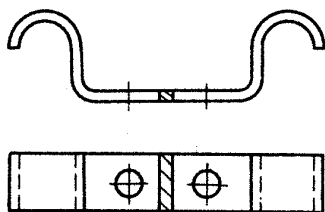


图 6-35 成对弯曲成形

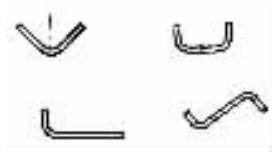


图 6-36 一道工序弯曲成形

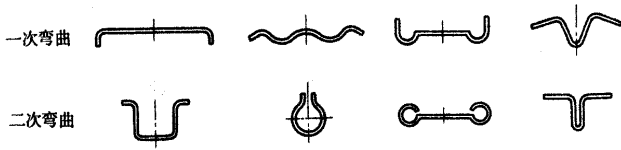


图 6-37 二道工序弯曲成形

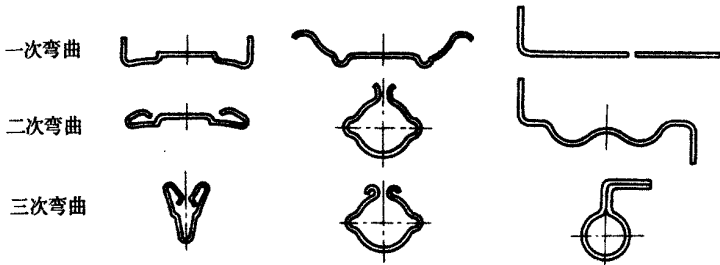


图 6-38 三道工序弯曲成形

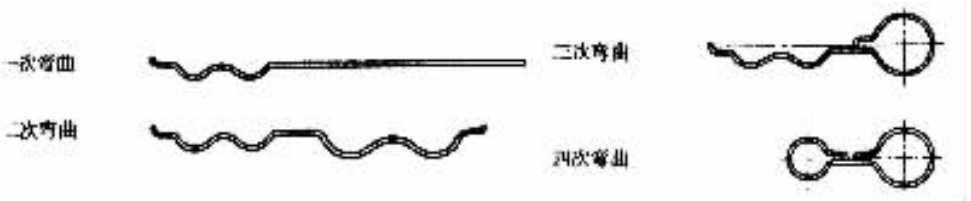


图 6-39 四道工序弯曲成形

第八节 弯曲模设计

一、典型弯曲模结构

在选定弯曲件工艺方案后,就可以进行弯曲模的结构设计。常见的弯曲模结构类型有:单工序弯曲模、级进弯曲模、复合模和通用弯曲模。下面对一些比较典型的模具结构简单介绍如下:

1. 单工序弯曲模

(1) V 形件弯曲模 图 6-40a 为简单的 V 形件弯曲模,其特点是结构简单、通用性好。但弯曲时坯料容易偏移,影响工件精度。

图 6-40b~图 6-40d 所示分别为带有定位尖、顶杆、V 形顶板的模具结构,可以防止坯料滑动,提高工件精度。

图 6-40e 所示的 V 形弯曲模,由于有顶板及定料销,可以有效防止弯曲时坯料的偏移,得到边长偏差为 $\pm 0.1\text{mm}$ 的工件。反侧压块的作用是克服上、下模之间水平方向的错

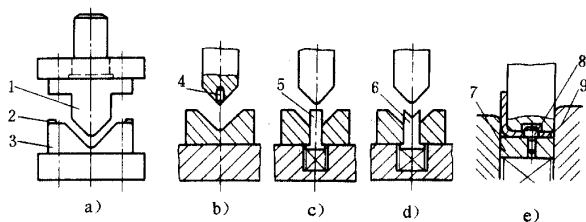


图 6-40 V 形弯曲模的一般结构形式

- 1—凸模 2—定位板 3—凹模 4—定位尖 5—顶杆
6—V 形顶板 7—顶板 8—定位销 9—反侧压块

移力,同时也为顶板导向,防止其窜动。

图 6-41 为 V 形精弯模,两块活动凹模 4 通过转轴 5 铰接,定位板 3 (或定位销) 固定在活动凹模上。弯曲前顶杆 7 将转轴顶到最高位置,使两块活动凹模成一平面。在弯曲过程中坯料始终与活动凹模和定位板接触,以防止弯曲过程中坯料的偏移。这种结构特别适用于有精确孔位的小零件、坯料不易放平稳的带窄条的零件以及没有足够压料面的零件。

(2)U 形件弯曲模 根据弯曲件的要求,常用的 U 形弯曲模有图 6-42 所示的几种结构形式。图 6-42a 所示为开底凹模,用于底部不要求平整的弯曲件。图 6-42b 用于底部要求平整的弯曲件。图 6-42c 用于料厚公差较大而外侧尺寸要求较高的弯曲件,其凸模为活动结构,可随料厚自动调整凸模横向尺寸。图 6-42d 用于料厚公差较大而内侧尺寸要求较高的弯曲件,凹模两侧为活动结构,可随料厚自动调整凹模横向尺寸。图 6-42e 为 U 形精弯模,两侧的凹模活动镶块用转轴分别与顶板铰接。弯曲前顶杆将顶板顶出凹模面,同时顶板与凹模活动镶块成一平面,镶块上有定位销供工序件定位之用。弯曲时工序件与凹模活动镶块一起运动,这样就保证了两侧孔的同轴。图 6-42f 为弯曲件两侧壁厚变薄的弯曲模。

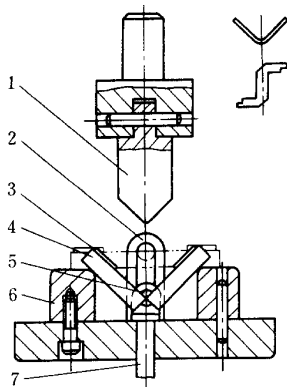


图 6-41 V 形精弯模

- 1—凸模 2—支架 3—定位板
(或定位销) 4—活动凹模 5—转轴 6—支承板 7—顶杆

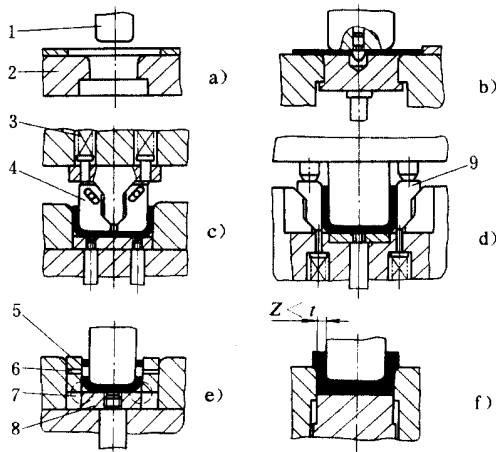


图 6-42 U 形件弯曲模

- 1—凸模 2—凹模 3—弹簧 4—凸模活动镶块
5、9—凹模活动镶块 6—定位销
7—转轴 8—顶板

图 6-43 是弯曲角小于 90° 的 U 形弯曲模。压弯时凸模首先将坯料弯曲成 U 形,当凸模继续下压时,两侧的转动凹模使坯料最后压弯成弯曲角小于 90° 的 U 形件。凸模上升,弹簧使转动凹模复位,工件则由垂直于图面方向从凸模上卸下。

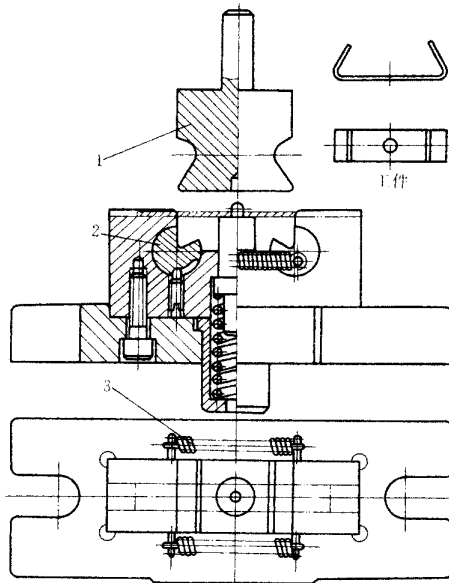


图 6-43 弯曲角小于 90° 的 U 形弯曲模

- 1—凸模 2—转动凹模 3—拉簧

(3) 卮形件弯曲模 卮形弯曲件可以一次弯曲成形,也可以二次弯曲成形。

图 6-44 为一次成形弯曲模。从图 6-44a 可以看出,在弯曲过程中由于凸模肩部妨碍了坯料的转动,加大了坯料通过凹模圆角的摩擦力,使弯曲件侧壁容易擦伤和变薄(图 b),同时弯曲件两肩部与底面不易平行(图 c)。特别是材料厚、弯曲件直壁高、圆角半径小时,这一现象更为严重。

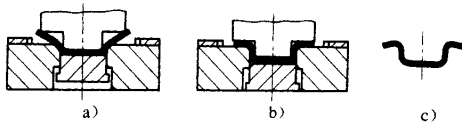


图 6-44 形件一次成形弯曲模

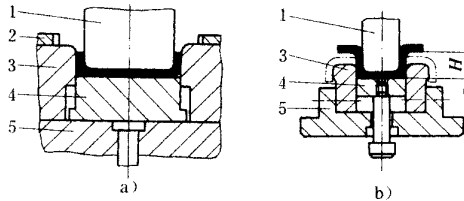


图 6-45 形件两次成形弯曲模

a)首次弯曲 b)二次弯曲

1—凸模 2—定位板 3—凹模 6—顶板 5—下模座

图 6-45 为两次成形弯曲模,由于采用两套模具弯曲,从而避免了上述现象,提高了弯曲件质量。但从图 6-45b 可以看出,只有弯曲件高度 $H=(12 \sim 15)t$ 时,才能使凹模保持足够的强度。

图 6-46 所示为两次弯曲复合的形件弯曲模。凸凹模下行,先使坯料通过凹模压弯成 U 形。凸凹模继续下行与活动凸模作用,最后压弯成形。这种结构需要凹模下腔空间较大,以方便工件侧边的转动。

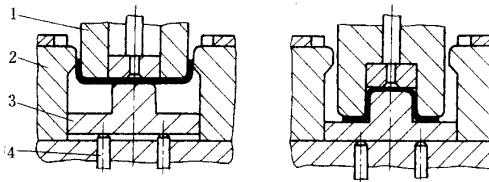


图 6-46 两次弯曲复合的形件弯曲模

1—凸凹模 2—凹模 3—活动凸模 4—顶杆

图 6-47 所示为两次弯曲复合的另一种结构形式。凹模下行,利用活动凸模的弹性力先将坯料弯成 U 形。凹模继续下行,当推板与凹模底面接触时便强迫凸模向下运动,在摆块作用下最后压弯成形。缺点是模具结构复杂。

(4) Z 形件弯曲模 Z 形件一次弯曲即可成形,图 6-48a 结构简单,但由于没有压料装置,压弯时坯料容易滑动,只适用于精度要求不高的零件。

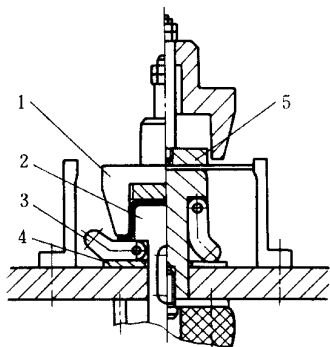


图 6-47 带摆块的 Z 形件弯曲模

1—凹模 2—活动凸模 3—摆块
4—垫板 5—推板

图 6-48b 为有顶板和定位销的 Z 形件弯曲模,能有效防止坯料的偏移。反侧压块的作用是克服上、下模之间水平方向的错移力,同时也为顶板导向,防止其窜动。

图 6-48c 所示的 Z 形件弯曲模,在冲压前活动凸模 10 在橡皮 8 的作用下与凸模 4 端面齐平。冲压时活动凸模与顶板 1 将坯料夹紧,并由于橡皮的弹力较大,推动顶板下移使坯料左端弯曲。当顶板接触下模座 11 后,橡皮 8 压缩,则凸模 4 相对于活动凸模 10 下移将坯料右端弯曲成形。当压块 7 与上模座 6 相碰时,整个工件得到校正。

(5) 圆形件弯曲模 圆形件的尺寸大小不同,其弯曲方法也不同,一般按直径分为小圆形件和大圆形件两种。

1) 直径 $d \leq 5\text{mm}$ 的小圆形件。弯小圆的方法是先弯成 U 形,再将 U 形弯成圆形,用两套简单模弯圆的方法(图 6-49a)。由于工件小,分两次弯曲操作不便,故可将两道工序合并。图 6-49b 为有侧楔的一次弯圆模,上模下行,芯棒将坯料弯成 U 形,上模继续下行,侧楔推动活动凹模将 U 形弯成圆形。图 6-49c 所示的也是一次弯圆模。上模下行时,压板将滑块往下压,滑块带动芯棒将坯料弯成 U 形。上模继续下行,凸模再将 U 形弯成圆形。如果工件精度要求高,可以旋转工件连冲几次,以获得较好的圆度。工件由垂直图面方向从芯棒上取下。

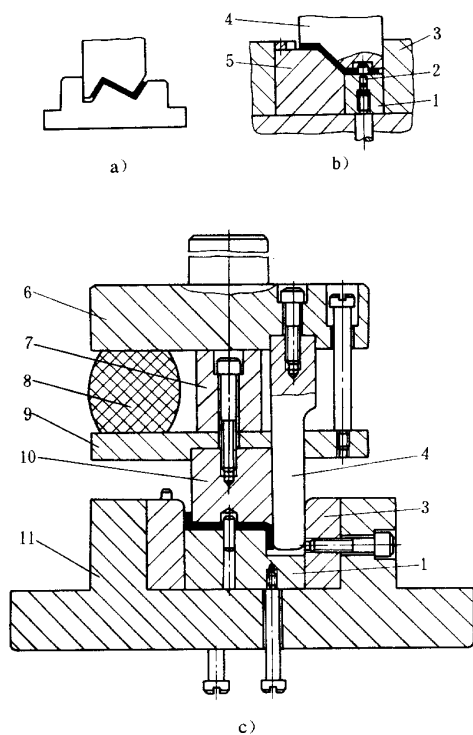


图 6-48 Z 形件弯曲模

- 1—顶板 2—定位销 3—反侧压块 4—凸模 5—凹模
 6—上模座 7—压块 8—橡皮 9—凸模托板
 10—活动凸模 11—下模座

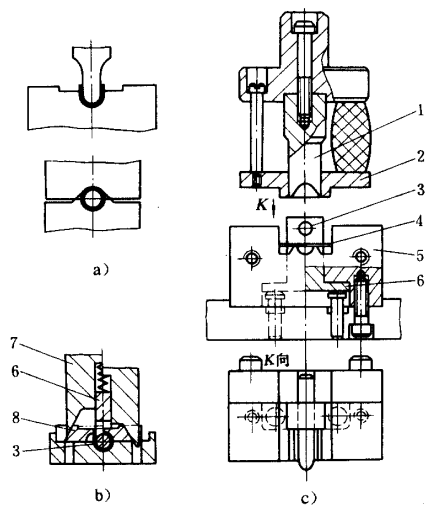


图 6-49 小圆弯曲模

- 1—凸模 2—压板 3—芯棒 4—坯料
 5—凹模 6—滑块 7—侧楔 8—活动凹模

2)直径 $d \geq 20\text{mm}$ 的大圆形件。图 6-50 是用三道工序弯曲大圆的方法,这种方法生产率较低,适合于材料厚度较大的工件。

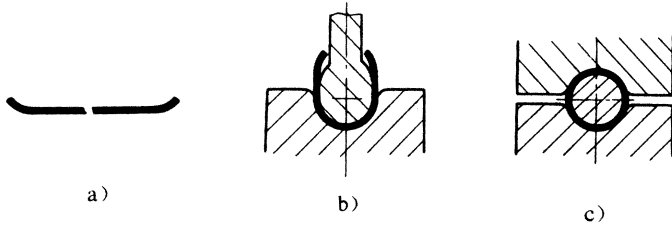


图 6-50 大圆三次弯曲

a)首次弯曲 b)二次弯曲 c)三次弯曲

图 6-51 是用两道工序弯曲大圆的方法,先预弯成三个 120° 的波浪形,然后再用第二套模具弯成圆形,工件顺凸模轴线方向取下。

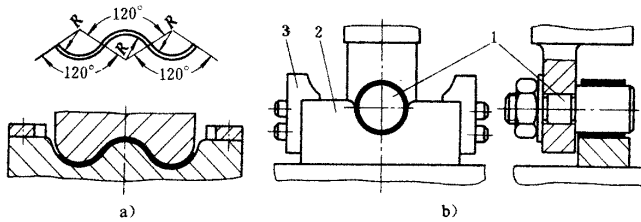


图 6-51 大圆两次弯曲模

a)首次弯曲 b)二次弯曲

1—凸模 2—凹模 3—定位板

图 6-52a 是带摆动凹模的一次弯曲成形模,凸模下行先将坯料压成 U 形,凸模继续下行,摆动凹模将 U 形弯成圆形,工件顺凸模轴线方向推开支撑取下。这种模具生产率较高,但由于回弹在工件接缝处留有缝隙和少量直边,工件精度差,模具结构也较复杂。图 6-52b 是坯料绕芯棒卷制圆形件的方法。反侧压块的作用是为凸模导向,并平衡上、下模之间水平方向的错移力。模具结构简单,工件的圆度较好,但需要行程较大的压力机。

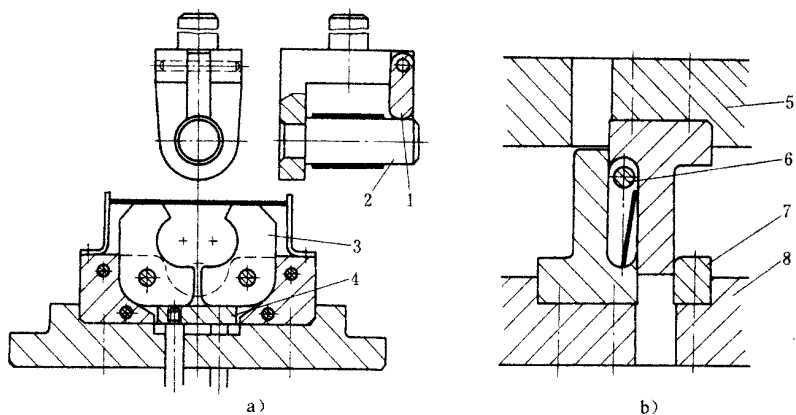


图 6-52 大圆一次弯曲成形模

1—支撑 2—凸模 3—摆动凹模 4—顶板 5—上模座 6—芯棒 7—反侧压块 8—下模座

(6) 铰链件弯曲模 图 6-53 所示为常见的铰链件形式和弯曲工序的安排。预弯模如图 6-54a 所示。卷圆的原理通常是采用推圆法。图 6-54b 是立式卷圆模, 结构简单。图 6-54c 是卧式卷圆模, 有压料装置, 工件质量较好, 操作方便。

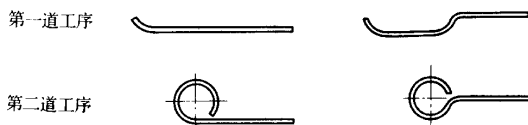


图 6-53 铰链件弯曲工序的安排

(7) 其它形状弯曲件的弯曲模 对于其它形状的弯曲件, 由于品种繁多, 其工序安排和模具设计只能根据弯曲件的形状、尺寸、精度要求、材料的性能以及生产批量等来考虑, 不可能有一个统一不变的弯曲方法。图 6-55 ~ 图 6-57 是几种工件弯曲模的例子。

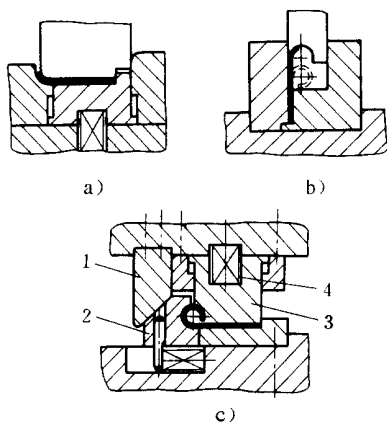


图 6-54 铰链件弯曲模

1—斜楔 2—凹模 3—凸模 4—弹簧

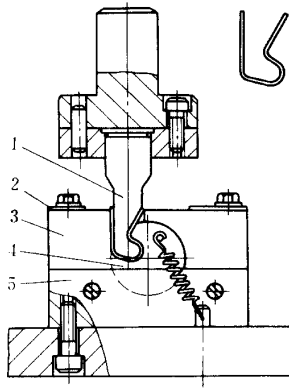


图 6-55 滚轴式弯曲模

1—凸模 2—定位板 3—凹模
4—滚轴 5—挡板

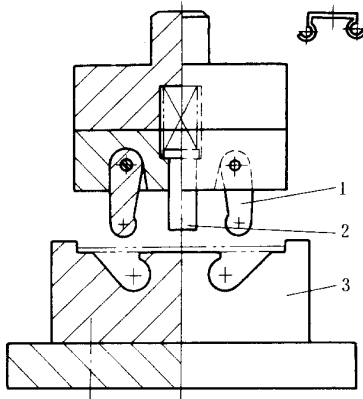


图 6-56 带摆动凸模的弯曲模

1—摆动凸模 2—压料装置 3—凹模

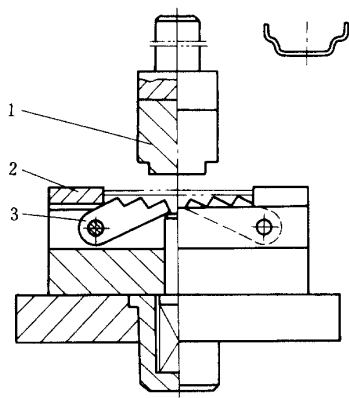


图 6-57 带摆动凹模的弯曲模

1—凸模 2—定位板 3—摆动凹模

2. 级进模

图 6-58 所示为同时进行冲孔、切断和弯曲的级进模。条料以导料板导向并从刚性卸料板下面送至挡块 5 右侧定位。上模下行时,条料被凸凹模 3 切断并随即将所切断的坯料压弯成形,与此同时冲孔凸模 2 在条料上冲出孔。上模回程时卸料板卸下条料,顶件销 4 则在弹簧的作用下推出工件,获得侧壁带孔的 U 形弯曲件。

对于批量大、尺寸较小的弯曲件,为了提高生产率,操作安全,保证产品质量等,可以采用级进弯曲模进行多工位的冲裁、压弯、切断连续工艺成形。

3. 复合模

对于尺寸不大的弯曲件,还可以采用复合模,即在压力机一次行程内,在模具同一位置上完成落料、弯曲、冲孔等几种不同的工序。图 6-59a、b 是切断、弯曲复合模结构简图。图 6-59c 是落料、弯曲、冲孔复合模,模具结构紧凑,工件精度高,但凸凹模修磨困难。

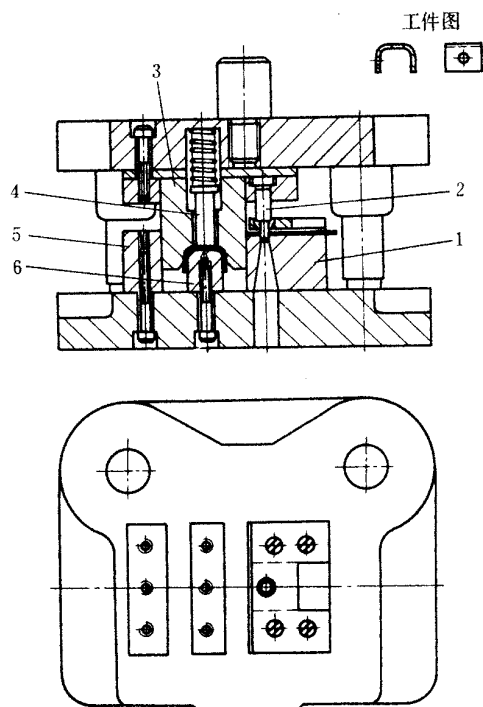


图 6-58 级进弯曲模

- 1—冲孔凹模 2—冲孔凸模 3—凸凹模
4—顶件销 5—挡块 6—弯曲凸模

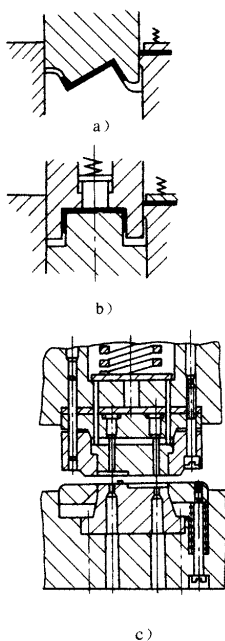


图 6-59 复合弯曲模

4. 通用弯曲模

对于小批生产或试制生产的零件,因为生产量少、品种多且形状尺寸经常改变,所以在大多数情况下不能使用专用弯曲模。如果用手工加工,不仅会影响零件的加工精度,增加劳动强度,而且延长了产品的制造周期,增加了产品成本。解决这一问题的有效途径是采用通用弯曲模。

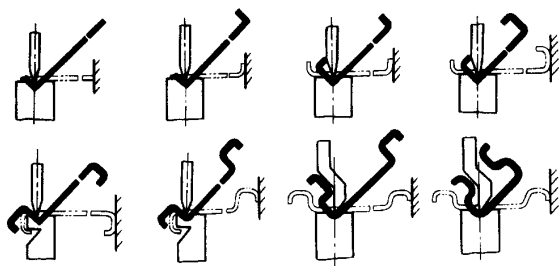


图 6-60 多次 V 形弯曲制造复杂零件举例

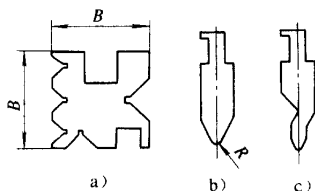


图 6-61 折弯机用弯曲模的端面形状

a)通用凹模 b)直臂式凸模

c)曲臂式凸模

采用通用弯曲模不仅可以制造一般的 V 形、U 形、U 形零件,还可以制造精度要求不高的复杂形状的零件,图 6-60 是经多次 V 形弯曲制造复杂零件的例子。

图 6-61 是折弯机上用的通用弯曲模。凹模四个面上分别制出适应于弯制零件的几种槽口(图 6-61a)。凸模有直臂式和曲臂式两种,工作圆角半径作成几种尺寸,以便按工件需要更换(图 6-61b 图 6-61c)。

图 6-62 为通用 V 形弯曲模。凹模由两块组成,它具有四个工作面,以供弯曲多种角度用。凸模按工件弯曲角和圆角半径大小更换。

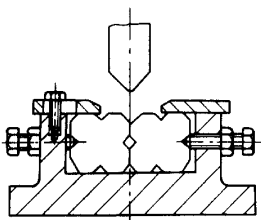


图 6-62 通用 V 形弯曲模

5. 其它弯曲模

对于小批量生产,可以用聚氨酯橡胶、锌基合金或低熔点合金制造弯曲模工作零件。

图 6-63 为聚氨酯橡胶闭角弯曲模。冲压件材料为锡青铜,板厚为 0.4mm。该零件如果采用常规钢模弯曲,则弯曲模较复杂,采用聚氨酯凹模成形,显著地简化了模具结构。

设计聚氨酯橡胶弯曲模时,应根据弯曲件的形状和尺寸选取不同的容框结构与成形方法(图 6-64);小型 V 形件的弯曲,可选 a、b 型;大型弯曲率 V 形件的弯曲可选 c 型,敞开成形;U 形件的弯曲可选 b 或 d 型,封闭成形;U 形件的弯曲可选 d 或 e 型,封闭成形;弯曲角小于 90°的拐形件弯曲可选 d 或 f 型,封闭成形;环形件的弯曲可选 g 型,封闭成形;两翼成曲形的弯曲件。可选 h 型,封闭成形。

二、弯曲模结构设计应注意的问题

综上所述,为了保证弯曲件的质量,现把在弯曲模结构设计时应注意的问题归纳如下:

1) 模具结构应能保证坯料在弯曲时不发生偏移。为了防止坯料偏移,应尽量利用零

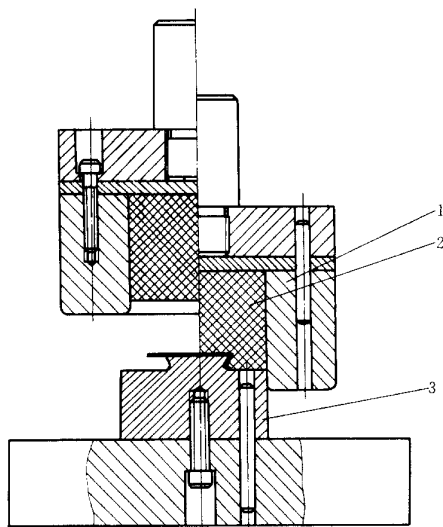


图 6-63 聚氨酯橡胶弯曲模

1—橡胶容框 2—聚氨酯橡胶 3—钢凸模

件上的孔,用定料销定位(图 6-42b),定料销装在顶板上时应注意防止顶板与凹模之间产生窜动(图 6-40e)(图 6-48b)。工件无孔时可采用定位尖(图 6-40b)顶杆(图 6-40c、图 6-58)顶板(图 6-40d、图 6-45)等措施防止坯料偏移。

2)模具结构不应妨碍坯料在合模过程中应有的转动和移动(图 6-46、图 6-60)。

3)模具结构应能保证弯曲时上、下模之间水平方向的错移力得到平衡(图 6-40e、图 6-48b、图 6-52b)。

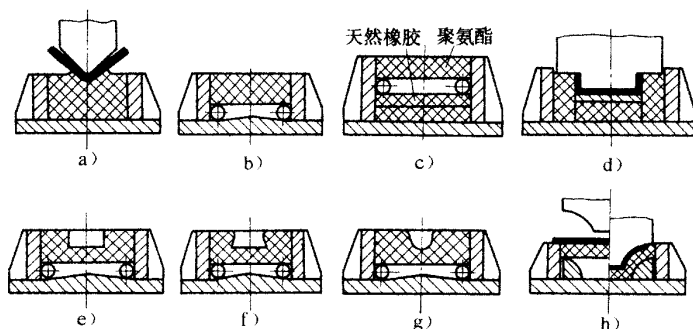


图 6-64 弯曲模容框结构与成形方法

三、弯曲模工作部分尺寸的设计

弯曲模工作部分的尺寸如图 6-65 所示。

1. 凸模圆角半径

当工件的相对弯曲半径 r/t 较小时,凸模圆角半径 r_T 取等于工件的弯曲半径,但不应小于表 6-2 所列的最小弯曲半径值。

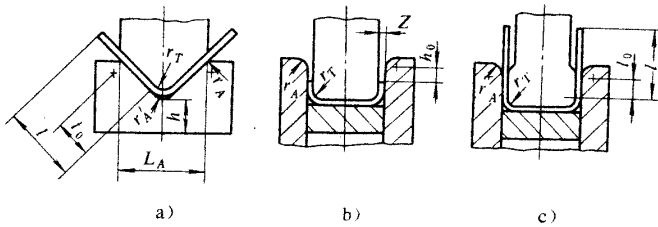


图 6-65 弯曲模工作部分的尺寸

当 $r/t > 10$ 时, 则应考虑回弹, 将凸模圆角半径 r_T 加以修正(参见本章第三节)。

2. 凹模圆角半径

凹模圆角半径 r_A 不能过小(图 6-65b、c), 以免擦伤工件表面, 影响冲模寿命。凹模两边的圆角半径应一致, 否则在弯曲时坯料会发生偏移。 r_A 值通常根据材料厚度取为

$$t \leq 2\text{mm} \quad r_A = (3 \sim 6)t$$

$$t = 2 \sim 4\text{mm} \quad r_A = (2 \sim 3)t$$

$$t > 4\text{mm} \quad r_A = 2t$$

V 形弯曲凹模的底部可开退刀槽或取圆角半径 $r'_A = (0.6 \sim 0.8)(r_T + t)$ (图 6-65a)。

3. 凹模深度

凹模深度 l_0 过小, 则坯料两端未受压部分太多, 工件回弹大且不平直, 影响工件质量。若过大, 则浪费模具钢材, 且需冲床有较大的工作行程。

V 形件弯曲模: 凹模深度 l_0 及底部最小厚度 h 值可查表 6-11。但应保证凹模开口宽度 L_A 之值不能大于弯曲坯料展开长度的 0.8 倍(图 6-65a)。

表 6-11 弯曲 V 形件的凹模深度 l_0 和底部最小厚度 h (mm)

弯曲件边长 l/mm	材料厚度 t/mm					
	≤ 2		2 ~ 4		> 4	
	h	l_0	h	l_0	h	l_0
10 ~ 25	20	10 ~ 15	22	15	—	—
> 25 ~ 50	22	15 ~ 20	27	25	32	30
> 50 ~ 75	27	20 ~ 25	32	30	37	35
> 75 ~ 100	32	25 ~ 30	37	35	42	40
> 100 ~ 150	37	30 ~ 35	42	40	47	50

U 形件弯曲模: 对于弯边高度不大或要求两边平直的 U 形件, 则凹模深度应大于零件的高度, 如图 6-65b 所示, 图中 h_0 值见表 6-12; 对于弯边高度较大, 而平直度要求不高的 U 形件, 可采用图 6-65c 所示的凹模形式, 凹模深度 l_0 值见表 6-13。

表 6-12 弯曲 U 形件凹模的 h_0 值 (mm)

材料厚度 t/mm	≤ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10
h_0	3	4	5	6	8	10	15	20	25

表 6-13 弯曲 U 形件的凹模深度 l_0 (mm)

弯曲件边长 l/mm	材 料 厚 度 t/mm				
	< 1	1 ~ 2	> 2 ~ 4	> 4 ~ 6	> 6 ~ 10
< 50	15	20	25	30	35
50 ~ 75	20	25	30	35	40
75 ~ 100	25	30	35	40	40
100 ~ 150	30	35	40	50	50
150 ~ 200	40	45	55	65	65

第七章 钣金冲压件拉深技术工艺

拉深是利用拉深模使平面坯料(工工件)变成开口空心件的冲压工序。拉深可以制成筒形、阶梯形、盒形、球形、锥形及其它复杂形状的薄壁零件,可以拉深从轮廓尺寸为几毫米、厚度仅 0.2mm 的小零件到轮廓尺寸达 2~3m、厚度 200~300mm 的大型零件。

第一节 拉深基本原理

一、拉深变形过程及特点

1. 拉深变形过程

图 7-1 为平板圆形坯料变为筒形件的变形过程示意图。拉深凸模和凹模与冲裁模不同,它们都有一定的圆角而不是锋利的刃口,其间隙一般稍大于板料厚度。

为了说明拉深坯料变形过程,在平板坯料上,沿直径方向画出一个局部的扇形区域 oab 。当凸模下压时,将坯料拉入凹模,扇形 oab 变为以下三部分:筒底部分—— oef ;筒壁部分—— $cdef$;凸缘部分—— $a'b'cd$ 。当凸模继续下压时,筒底部分基本不变,凸缘部分的材料继续转变为筒壁,筒壁部分逐步增高,凸缘部分逐步缩小,直至全部变为筒壁。可见坯料在拉深过程中,变形主要是集中在凹模面上的凸缘部分,可以说拉深过程就是凸缘部分逐步缩小转变为筒壁的过程。坯料的凸缘部分是变形区,底部和已形成的侧壁为传力区。

如果圆平板坯料直径为 D ,拉深后筒形件的直径为 d ,通常以筒形直径与坯料直径比值来表示拉深变形程度的大小,即

$$m = \frac{d}{D}$$

m 称为拉深系数, m 越小,拉深变形程度越大;相反, m 越大,拉深变形程度就越小。

为了进一步说明拉深时金属变形过程,可以进行如下试验:在圆形平板坯料上画许多间距都等于 a 的同心圆和分度相等的辐射线,由这些同心圆和分度辐射线组成网格如图 7-2a。拉深后网格变化情况如图 7-2b 所示,筒形件底部的网格基本上保持原来的形状(图 7-2d),而筒壁上的网格与坯料凸缘部分(即外径为 D 、内径为 d 的环形部分)上的网格比较发生了很大的变化,原来直径不等的同心圆变为筒壁上直径相等的圆,其间距增大了,越靠近筒形件口部增大越多,即由原来的 a 变为 a_1 、 a_2 、 a_3 ... 且 $a_1 > a_2 > a_3 > \dots > a$;

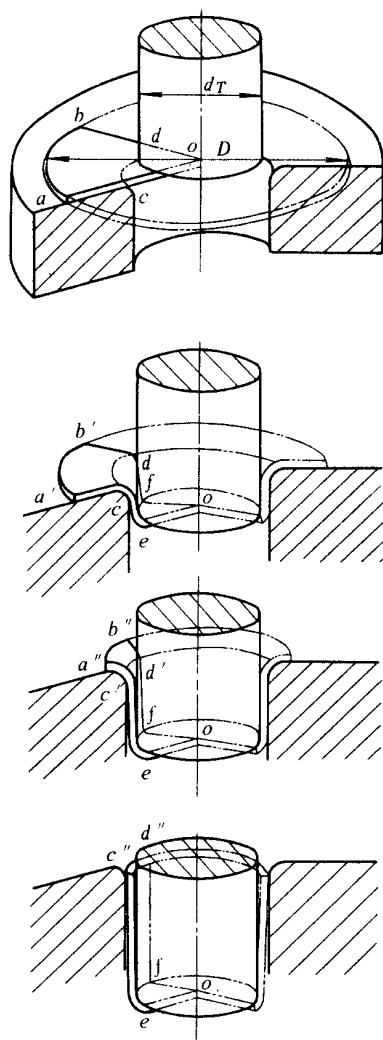


图 7-1 拉深变形过程

原来分度相等的辐射线变成筒壁上的垂直平行线,其间距缩小了,越近筒形件口部缩小越多,即由原来的 $b_1 > b_2 > b_3 > \dots > b$ 变为 $b_1 = b_2 = b_3 = \dots = b$ 。如果拿一个小单元来看,在拉深前是扇形(图 7-2a),其面积为 A_1 ,拉深后变为矩形(图 7-2b),其面积为 A_2 。实践证明,拉深后板料厚度变化很小,因此可以近似认为拉深前后小单元的面积不变,即 $A_1 = A_2$ 。

为什么拉深前扇形小单元变为拉深后的矩形呢?这是由于坯料在模具的作用下金属内部产生了内应力,对一个小单元来说(图 7-2c),径向受拉应力 σ_1 作用,切线方向受压应力 σ_3 作用,因而径向产生拉伸变形,切向产生压缩变形,径向尺寸增大,切向尺寸减小,结果形状由扇形变为矩形。当凸缘部分的材料变为筒壁时,外缘尺寸由初始的 πD 逐渐缩短变为 πd ,而径向尺寸由初始的 $(D-d)/2$ 逐步伸长变为高度 H , $H > (D-d)/2$ 。

综上所述,拉深变形过程可概括如下:在拉深过程中,由于外力的作用,坯料凸缘区内

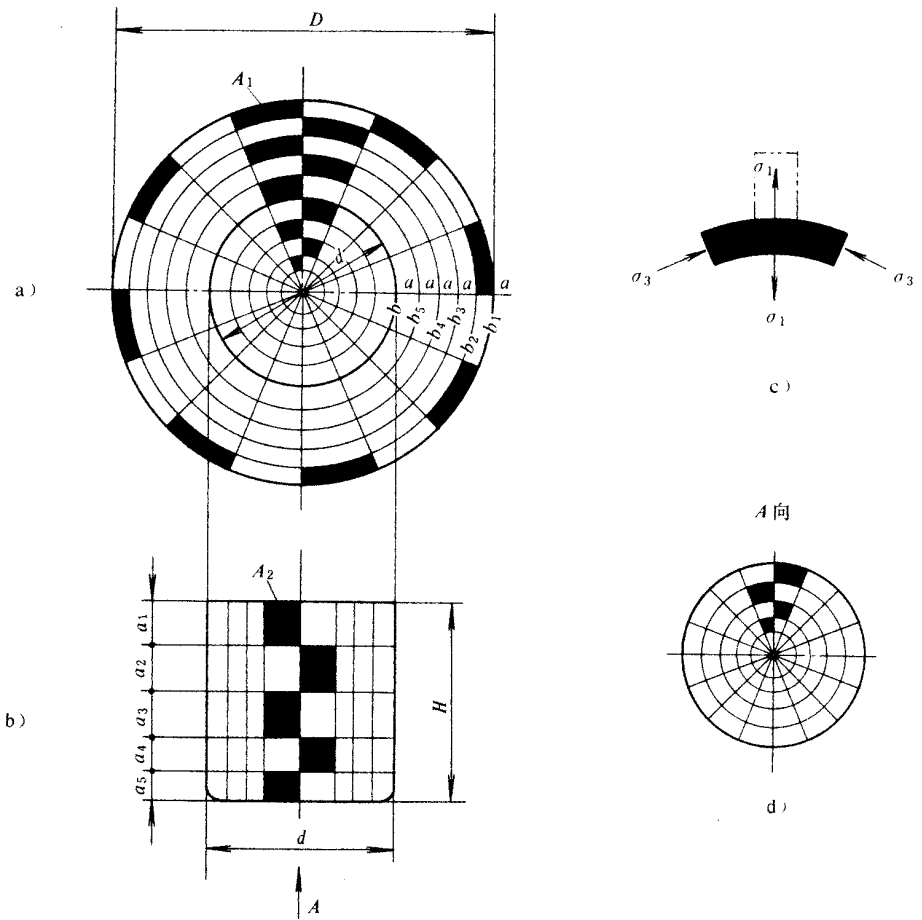


图 7-2 拉深变形特点

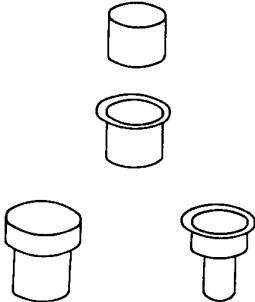
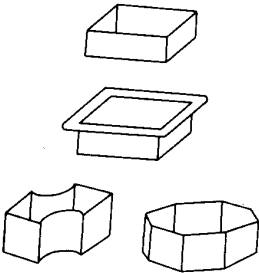
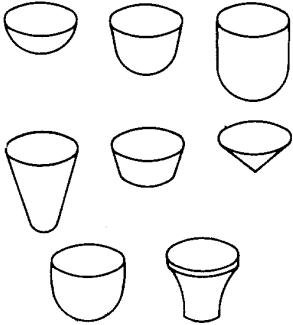
部的各个小单元体之间产生了相互作用的内应力,径向为拉应力 σ_1 ,切向为压应力 σ_3 。在 σ_1 和 σ_3 的共同作用下,凸缘部分金属材料产生塑性变形,径向伸长,切向压缩,且不断被拉入凹模中变为筒壁,最后得到直径为 d 高度为 H 的薄壁件。

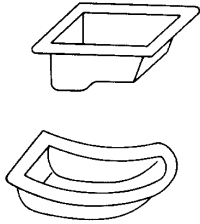
2. 拉深件种类及变形特点

以上是圆筒形件的拉深变形过程及金属变形特点。实际上,拉深件的种类很多,由于其几何形状不同,因而变形区的位置、变形的性质、坯料各部分的应力、应变状态和分布规律等都有相当大的差别,有些甚至是本质上的区别。表 7-1 是拉深件分类及其变形特点。

表 7-1

拉深件的分类

拉深件名称		拉 深 件 简 图	变 形 特 点
直壁类拉深件	轴对称零件 圆筒形件 带凸缘圆筒形件 阶梯形件		<ol style="list-style-type: none"> 1. 拉深过程中变形区是坯料的凸缘部分, 其余部分是传力 2. 坯料变形区在切向压应力和径向拉应力作用下, 产生切向压缩与径向伸长的一向受压一向受拉的变形 3. 极限变形程度主要受坯料传力区承载能力的限制
	非轴对称零件 盒形件 带凸缘盒形件 其它形状零件		<ol style="list-style-type: none"> 1. 变形性质同前, 差别仅在于一向受拉一向受压的变形在坯料周边上分布不均匀, 圆角部分变形大, 直边部分变形小 2. 在坯料的周边上, 变形程度大与变形程度小的部分之间存在着相互影响与作用
曲面类拉深件	轴对称零件 球面类零件 锥形零件 其它曲面零件		<p>除具有前项相同的变形性质外, 还有如下特点:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 因零件各部分高度不同, 在拉深开始时, 有严重的不均匀变形 2. 拉深过程中, 坯料变形区内还要发生剪切变形 <p>拉深时坯料变形区由两部分组成:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 坯料外部是一向受拉一向受压的拉深变形 2. 坯料的中间部分是受两向拉应力的胀形变形区

拉深件名称			拉深件简图	变形特点
曲面类拉深件	非轴对称零件	平面凸缘零件 曲面凸缘零件		<ol style="list-style-type: none"> 1. 拉深时坯料的变形区也是外部的拉深变形区和内部的胀形变形区所组成,但这两种变形在坯料中分布是不均匀的 2. 曲面凸缘零件拉深时,在坯料外周变形区内还有剪切变形

由表 7-1 可以看出,同一类拉深件,尽管形状和尺寸还有一定区别,但有共同的变形特点,生产中出现质量问题的形式和解决问题的方法基本相同。而不同类的拉深件,在其变形特点和生产中出现的问题及解决问题的方法上则有很大差别。这些将在后面详细论述。

二、拉深过程中坯料内的应力与应变状态

在实际生产中,拉深工艺出现质量问题的形式主要是凸缘变形区的起皱和传力区的拉裂。凸缘区起皱显然是由于切向压应力引起板料失去稳定而产生弯曲,传力区的拉裂是由于拉应力超过抗拉强度引起板料断裂。同时,拉深变形区板料有所增厚,而传力区板料有所变薄。这些现象表明,在拉深过程中,坯料内各区的应力、应变状态是不同的,因而出现的问题也不同。为了更好地解决上述问题,必须研究拉深过程中坯料内各区的应力与应变状态。

图 7-3 是拉深过程中某一瞬间坯料的应力应变的分布情况。根据应力与应变的分布,把处于某一瞬间的坯料划分为五个区。图中:

σ_1 、 ϵ_1 分别代表坯料径向的应力(σ_r)和应变(ϵ_r);

σ_2 、 ϵ_2 分别代表坯料厚度方向的应力(σ_t)和应变(ϵ_t);

σ_3 、 ϵ_3 分别代表坯料切向的应力(σ_θ)和应变(ϵ_θ)。

1. 凸缘的平面部分(图 7-3 a、b、c)

这是拉深的主要变形区,材料在径向拉应力 σ_1 和切向压应力 σ_3 的共同作用下产生切向压缩与径向伸长变形而逐渐被拉入凹模。在厚度方向,由于压料圈的作用,产生了压应力 σ_2 ,通常 σ_1 和 σ_3 的绝对值比 σ_2 大得多。厚度方向的变形决定于径向拉应力 σ_1 和切向压应力 σ_3 之间的比例关系,一般在材料产生切向压缩与径向伸长的同时,厚度有所增厚,越接近外缘,板料增厚越多。如果不压料($\sigma_2 = 0$)或压料力较小(σ_2 小),这时板料增厚比较大。当拉深变形程度较大,板料又比较薄时,则在坯料的凸缘部分,特别是外缘部分,在切向压应力 σ_3 作用下可能失稳而拱起,形成所谓起皱。

2. 凸缘的圆角部分(图 7-3 a、b、d)

这是位于凹模圆角部分的材料,切向受压应力而压缩,径向受拉应力而伸长,厚度方向受到凹模圆角的压力和弯曲作用。由于这里切向压应力值 σ_3 不大,而径向拉应力 σ_1 最

大,而且凹模圆角越小,则弯曲变形程度越大,弯曲引起的拉应力越大,所以有可能出现破裂。该部分也是变形区,但它是变形次于凸缘的平面部分的过渡区。

3. 筒壁部分(图 7-3a、b、e)

这是拉深时形成的侧壁部分,是已经结束了塑性变形阶段的已变形区。这个区受单向拉应力作用,变形是拉伸变形。

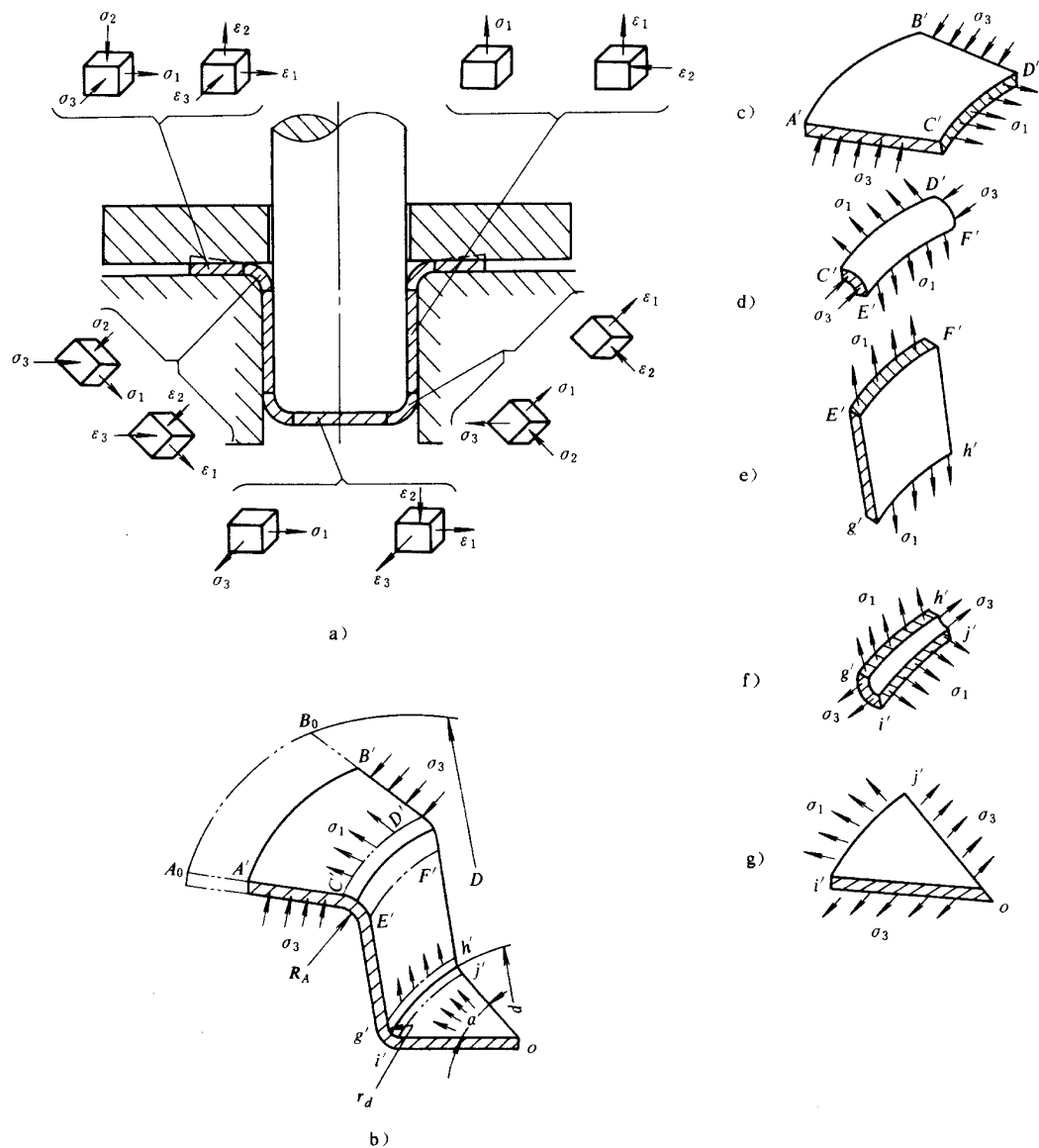


图 7-3 拉深过程的应力与应变状态

4. 底部圆角部分(图 7-3a、b、f)

这是与凸模圆角接触的部分,它从拉深开始一直承受径向拉应力和切向拉应力的作用,并且受到凸模圆角的压力和弯曲作用,因而这部分材料变薄最严重,尤其与侧壁相切的部位,所以此处最容易出现拉裂,是拉深的“危险断面”。

5. 筒底部分(图 7-3a、b、g)

这部分材料与凸模底面接触,在拉深开始时即被拉入凹模,并在拉深的整个过程保持其平面形状。它受双向拉应力作用,变形是双向拉伸变形。但这部分材料基本上不产生塑性变形或者只产生不大的塑性变形。筒壁、底部圆角、筒底这三部分的作用是传递拉深力,把凸模的作用力传递到变形区凸缘部分上,使之产生足以引起拉深变形的径向拉应力 σ_1 ,因而又叫传力区。

从拉深过程坯料的应力与应变的分析中可见,值得注意的有以下两点:

(1)在拉深过程中,坯料各区的应力与应变是很不均匀的,即使在凸缘变形区内也是这样,越靠近外缘,变形程度越大,板料增厚也越多。因而,当凸缘部分全部转变为侧壁时,拉深件的壁厚就不均匀。从图 7-4 可以看出,拉深件下部壁厚略有变薄,越接近圆角变薄越大,壁部与圆角相切处变薄最严重。拉深件上部却有增厚,越接近口部增厚越多。由于坯料各处变形程度不同,因而加工硬化程度不同,表现为拉深件各部分硬度不一样,越接近口部,硬度越大。

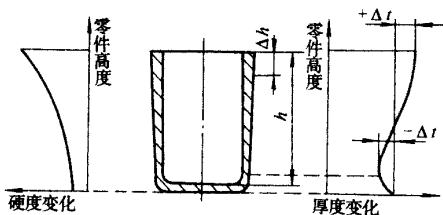


图 7-4 拉深件的壁厚和硬度的变化

(2)拉深时,凸缘变形区的“起皱”和筒壁传力区的“拉裂”是拉深工艺能否顺利进行的主要障碍。为此,必须在深入了解凸缘变形区和筒壁传力区的受力情况及其影响因素的基础上,在拉深工艺和拉深模设计等方面采取适当的措施,保证拉深工艺的顺利进行,从而保证拉深件的质量。

三、拉深时凸缘区的应力分布与起皱

1. 拉深过程中某一瞬间,凸缘区的应力分布

由于凸缘区厚度方向压应力相对很小,可以忽略不计,因此,只需分析 σ_1 和 σ_3 的大小及变化规律即可。根据力学的平衡条件和塑性条件,可以求出拉深的某一瞬间,凸缘变形区内 σ_1 和 σ_3 的大小。其值按下式计算:

$$\sigma_1 = 1.1\sigma_{sm} \ln \frac{R_t}{R'} \quad (7-1)$$

$$\sigma_3 = 1.1\sigma_{sm} \left(1 - \ln \frac{R_t}{R'} \right) \quad (7-2)$$

式中 σ_{sm} ——拉深过程中某一瞬间凸缘区变形抗力的平均值,其值与材料性质和变形程

度有关；

R_l ——拉深过程中某一瞬间凸缘区的外缘半径；

R' ——拉深过程中凸缘任意点的半径。

以不同的 R' 值代入式(7-1)和式(7-2)即可得到拉深到 R_l 时,凸缘变形区切向压应力和径向拉应力的分布曲线(图7-5)。

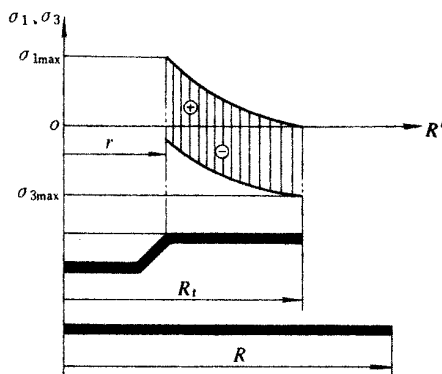


图 7-5 圆筒形件拉深凸缘区的应力分布

从图 7-5 中可以看出,应力是按对数曲线的规律分布的。在 $R' = r$ 处(即凸缘区内缘),径向拉应力最大,其值为:

$$\sigma_{1\max} = 1.1\sigma_{sm} \ln \frac{R_l}{r} \quad (7-3)$$

或

$$\sigma_{1\max} = 1.1\sigma_{sm} \ln \frac{R_l R}{Rr} = 1.1\sigma_{sm} \left(\ln \frac{R_l}{R} - \ln m \right)$$

式中 R ——坯料的半径；

r ——拉深件的半径。

当拉深刚开始时, $R_l = R$,则

$$\sigma_{1\max} = 1.1\sigma_{sm} (\ln 1 - \ln m) = 1.1\sigma_{sm} \ln \frac{1}{m}$$

上式说明坯料变形区内边缘的拉应力 σ_1 取决于材料的力学性能和拉深系数,而且拉深系数越小,径向拉应力越大。

当 $R' = R_l$ 时(即凸缘区外缘),切向压应力最大,其值为:

$$\sigma_{3\max} = 1.1\sigma_{sm} \quad (7-4)$$

如果令 $|\sigma_1| = |\sigma_3|$,可得到 $R' = 0.61R_l$ 。这意味着由 $R' = 0.61R_l$ 所作的圆,将凸缘分成两部分,由此圆向内到凹模口,这一部分的凸缘区拉应力占优势($|\sigma_1| > |\sigma_3|$),拉应变为最大主应变,板料变薄;由此圆向外到外边缘,这部分的凸缘区压应力占优势($|\sigma_3| > |\sigma_1|$),压应变为最大主应变,板料增厚。

由此可见,拉深时凸缘变形区中以压应力为主的压缩变形部分比以拉应力为主的伸长变形部分大得多,甚至整个凸缘区都是压缩变形区,故拉深成形时,凸缘区变为侧壁后

板料略有增厚。

必须注意,以上得出的 $\sigma_{1\max}$ 和 $\sigma_{3\max}$ 是指凸缘半径由 R 拉深到 R_t 时所出现的相应值。而从 R 拉深到 r 的整个拉深过程中,不同时刻下的 R_t 值所对应的 $\sigma_{1\max}$ 和 $\sigma_{3\max}$ 是不同的。

2. 整个拉深过程中 $\sigma_{1\max}$ 和 $\sigma_{3\max}$ 的变化规律

(1) $\sigma_{1\max}$ 的变化规律 在一定的材料和拉深变形程度下,以不同的 R_t 代入式(7-3),即可计算出不同拉深瞬间的 $\sigma_{1\max}$ 值。在直角坐标系上,将不同 R_t 所对应的各个 $\sigma_{1\max}$ 值连成曲线(图7-6曲线1),该曲线就是拉深过程凹模入口处坯料的径向拉应力 $\sigma_{1\max}$ 的变化规律。由曲线可知,当 $R_t = (0.8 \sim 0.9)R$ 时 $\sigma_{1\max}$ 达到最大值($\sigma_{1\max}^{\max}$)。这说明 $\sigma_{1\max}^{\max}$ 一般均发生在拉深的开始阶段。

(2) $\sigma_{3\max}$ 的变化规律 由式(7-4)可知 $\sigma_{3\max}$ 只与 σ_{sm} 有关,而 σ_{sm} 与材料性质和变形程度有关,因而,随着拉深的进行,变形程度的增加 $\sigma_{3\max}$ 也跟着增大,其变化规律与材料硬化曲线相似(图7-6曲线2)。

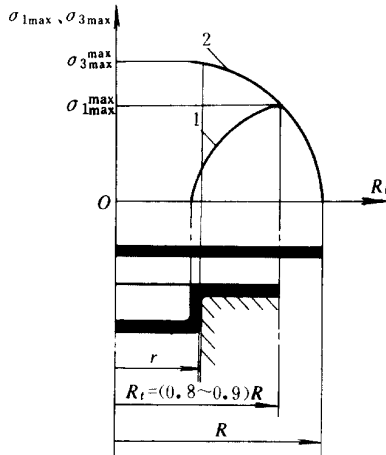


图7-6 拉深过程凸缘区应力变化
1— $\sigma_{1\max}$ 的变化曲线 2— $\sigma_{3\max}$ 的变化曲线

3. 凸缘变形区的起皱

图7-7a表示凸缘区起皱产生的原因,图7-7b表示起皱后的冲件。拉深过程中,凸缘区会不会起皱,主要决定于两方面:一方面是切向压应力的大小 σ_3 越大越容易失稳起皱;另一方面是凸缘区板料本身的抵抗失稳的能力,凸缘宽度越大,厚度越薄,材料弹性模量和硬化模量越小,抵抗失稳能力越小。这类似于材料力学中的压杆稳定问题。压杆是否稳定不仅取决于压力而且取决于压杆的粗细。在拉深过程中 $\sigma_{3\max}$ 是随着拉深的进行而不断增大的,但凸缘变形区却不断地缩小,相对厚度不断增大,即 $t/(R_t - r)$ 不断增大。这就是说,失稳起皱的因素在增加而抗失稳起皱的能力也在增加。由于以上两个作用相反的因素在拉深过程相互抵消,其结果是,凸缘起皱可能性最大的时刻是发生在凸缘宽度减少到一半左右,即 $R_t - r \approx 1/2(R - r)$ 的时刻。由此可见,最容易失稳起皱的时刻比 $\sigma_{1\max}$ 达到最大($\sigma_{1\max}^{\max}$)值的时刻晚。

根据以上对凸缘变形区的应力分析,可归纳以下三个要点:

(1)在拉深过程中,凸缘区的变形性质是压缩变形和伸长变形的综合。在 $R' = 0.61R_t$ 以外的凸缘部分为压缩变形,在此以内则是伸长变形。

(2)在拉深过程中,凸缘区切向压应力最大的部位是凸缘区的外缘,而发生起皱可能性最大的时刻是在凸缘宽度缩小到原来的一半左右的时刻,会不会发生起皱,还要看拉深变形程度和板料本身的抗失稳能力。

(3)在拉深过程中,凸缘区径向拉应力最大的部位在凹模入口处,而且是发生在拉深到 $R_t = (0.8 \sim 0.9)R$ 的时刻,其值大小取决于材料性质和变形程度(拉深系数)。

以上要点对于深入了解拉深变形的性质,拉深工艺中出现的问题以及解决问题的方法具有重要的实际意义。

四、筒壁传力区的受力分析与拉裂

在拉深过程中,坯料内各部分的受力关系如图 7-8a 所示。筒壁所受的拉应力除了与径向拉应力 σ_1 有关之外,还与由于压料力 F_Y 引起的摩擦阻力、坯料在凹模圆角表面滑动所产生的摩擦阻力和弯曲变形所形成的阻力有关。

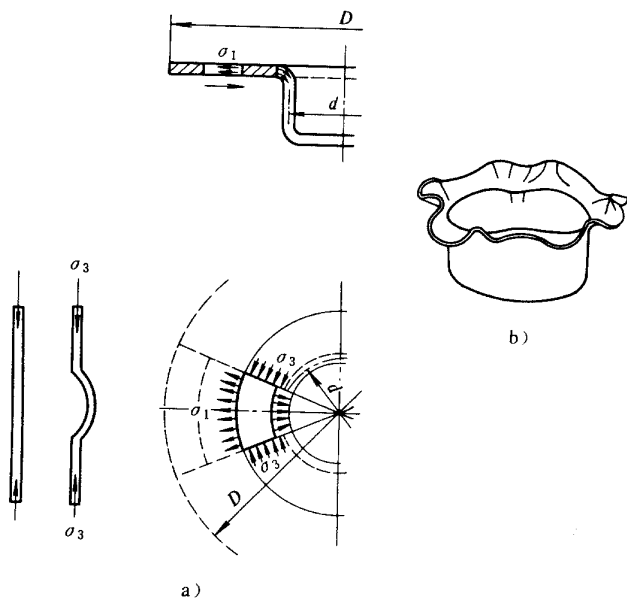


图 7-7 拉深过程起皱

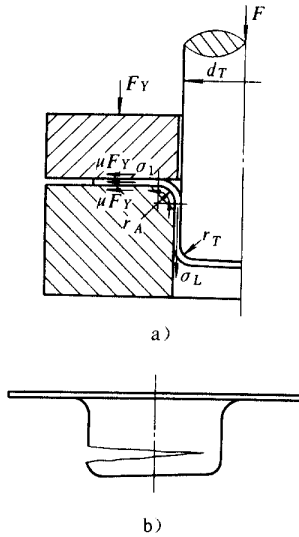


图 7-8 拉深坯料各部分的受力关系及筒壁拉裂情况

为了克服上述各种阻力,筒壁必须传递的拉应力 σ_L 值为

$$\sigma_L = \left[\sigma_{1\max} + \frac{2\mu F_Y}{\pi dt} \right] (1 + 1.6\mu) + \frac{\sigma_b}{2 \frac{r_A}{t} + 1} = \left[1.1\sigma_{sm} \left(\ln \frac{R_t}{R} - \ln m \right) + \frac{2\mu F_Y}{\pi dt} \right] (1 + 1.6\mu) + \frac{\sigma_b}{2 \frac{r_A}{t} + 1} \quad (7-5)$$

- 式中 σ_L ——拉深到某一瞬间的筒壁传力区的拉应力；
 F_Y ——压料力；
 μ ——摩擦因数；
 d ——拉深后筒形件的直径,一般取中径；
 t ——板料厚度；
 σ_b ——材料的抗拉强度；
 r_A ——凹模圆角半径；
 m ——拉深系数。

其它符号同前。

如果 $\sigma_{1\max}$ 以整个拉深过程的最大值 ($\sigma_{1\max}^{\max}$) 代入式 (7-5), 即得整个拉深过程中筒壁内最大的拉应力 ($\sigma_{L\max}$), 在出现 $\sigma_{L\max}$ 瞬间及之前是可能发生拉裂的危险阶段。

最大拉应力求出后, 最大拉深力即可按下式计算:

$$F_{\max} = \pi dt \sigma_{L\max} \quad (7-6)$$

筒壁传力区的拉裂是拉深工艺顺利进行的第二个障碍, 会不会拉裂主要取决于两方

面：一方面是筒壁传力区中的拉应力 σ_L ；另一方面是筒壁传力区的抗拉强度。当筒壁拉应力 σ_L 超过筒壁材料的抗拉强度时，拉深件壁部就产生破裂。

筒壁危险断面在凸模圆角与直壁相切处，正常情况下该危险断面上的有效抗拉强度 σ_K 为

$$\sigma_K = 1.155\sigma_b - \frac{\sigma_b}{2 \frac{r_T}{t} + 1} \quad (7-7)$$

式中 r_T ——凸模圆角半径。

当 $\sigma_L > \sigma_K$ ，拉深件就要破裂，如图 7-8b 所示。

危险断面上的有效抗拉强度求出后，危险断面处所能承受的负荷即可按下式计算：

$$F_x = \pi dt\sigma_K \quad (7-8)$$

根据以上筒壁传力区的受力分析可以看出：

(1) 式(7-5)说明，筒壁拉应力大小决定于材料的力学性能、拉深系数、润滑情况、凹模圆角半径等因素。当给定材料和一定的拉深条件时，其拉应力大小取决于拉深系数，因而拉深系数是一个很重要的参数。

(2) 式(7-7)说明，筒壁有效抗拉强度与材料的力学性能、凸模的圆角半径等因素有关。

(3) 拉深工艺顺利进行的必要条件是：筒壁传力区的最大拉应力 $\sigma_{L\max}$ 应小于危险断面的有效抗拉强度 σ_K 。为保证拉深工艺顺利进行的必要条件得到满足，必须正确确定拉深系数，合理设计拉深模工作零件，认真分析或改善原材料的拉深成形工艺性，注意拉深过程的润滑等。

第二节 旋转体拉深件坯料尺寸的确定

一、坯料形状和尺寸确定的依据

(1) 拉深时材料产生很大的塑性流动，但实践证明，拉深所需要的坯料形状与拉深件横截面轮廓形状一般是近似的，工件横截面轮廓是圆的、方的、矩形的，坯料的形状应分别为圆的、近似方的、近似矩形的。坯料周边应光滑过渡，拉深后得到等高侧壁（如果零件要求等高时）或等宽凸缘。

(2) 拉深前后，拉深件与坯料重量相等、体积不变，对于不变薄拉深，虽然在拉深过程中板料的厚度有增厚也有变薄，但实践证明，其平均厚度与原坯料的厚度差别不大，因而可以按坯料面积等于拉深件表面积的原则确定坯料尺寸。

应该指出，用理论计算方法确定坯料尺寸不是绝对准确的，而是近似的，尤其是变形复杂的拉深件。实践生产中，由于材料性能、模具几何参数、润滑条件、拉深系数以及零件几何形状等多种因素的影响，有时拉深的实际结果与计算值有较大出入，因此，应根据具

体情况予以修正。对于形状复杂的拉深件,通常是先做好拉深模,以理论分析方法初步确定的坯料进行试模,反复修正,直至得到的冲件符合要求时,再将符合要求的坯料形状和尺寸作为制造落料模的依据。

由于金属板料具有板平面方向性和模具几何形状等因素的影响,会造成拉深件口部不整齐,尤其是深拉深件。因此在多数情况下采取加大工序件高度或凸缘宽度的办法,拉深后再经过切边工序以保证零件质量。切边余量可参考表 7-2 和表 7-3。

当零件的相对高度 H/d 很小并且高度尺寸要求不高时,也可以不用切边工序。

二、简单旋转体拉深件坯料尺寸的确定

这类拉深件坯料的形状是圆的。首先将拉深件划分为若干个简单的便于计算的几何体,并分别求出各简单几何体的表面积。把各简单几何体面积相加即为零件总面积,然后根据面积相等原则,求出坯料直径。

表 7-2 无凸缘圆筒形拉深件的切边余量 Δh (mm)

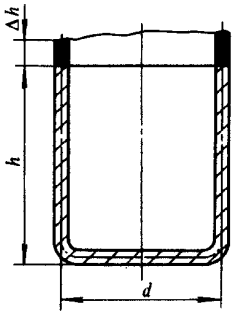
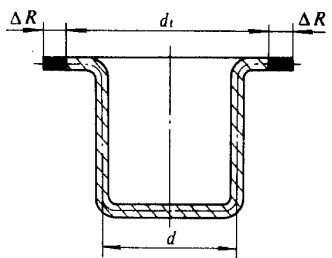
工件高度 h	工件的相对高度 h/d				附 图
	$>0.5 \sim 0.8$	$>0.8 \sim 1.6$	$>1.6 \sim 2.5$	$>2.5 \sim 4$	
≤ 10	1.0	1.2	1.5	2	
$> 10 \sim 20$	1.2	1.6	2	2.5	
$> 20 \sim 50$	2	2.5	3.3	4	
$> 50 \sim 100$	3	3.8	5	6	
$> 100 \sim 150$	4	5	6.5	8	
$> 150 \sim 200$	5	6.3	8	10	
$> 200 \sim 250$	6	7.5	9	11	
> 250	7	8.5	10	12	

表 7-3 有凸缘圆筒形拉深件的切边余量 ΔR (mm)

凸缘直径 d_i	凸缘的相对直径 d_i/d				附 图
	1.5 以下	$>1.5 \sim 2$	$>2 \sim 2.5$	$>2.5 \sim 3$	
≤ 25	1.6	1.4	1.2	1.0	
$> 25 \sim 50$	2.5	2.0	1.8	1.6	
$> 50 \sim 100$	3.5	3.0	2.5	2.2	
$> 100 \sim 150$	4.3	3.6	3.0	2.5	
$> 150 \sim 200$	5.0	4.2	3.5	2.7	
$> 200 \sim 250$	5.5	4.6	3.8	2.8	
> 250	6	5	4	3	

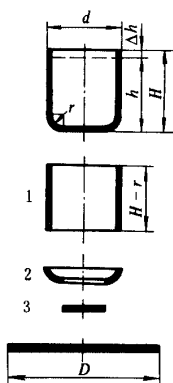


图 7-9 圆筒形
拉深件坯料
尺寸计算图

图 7-9 为圆筒形拉深件坯料尺寸计算图。按图得：

$$\frac{\pi}{4} D^2 = A_1 + A_2 + A_3 = \sum A_i$$

故

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \sum A_i} \quad (7-9)$$

$$A_1 = \pi d(H - r)$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} [3\pi r(d - 2r) + 8r^2]$$

$$A_3 = \frac{\pi}{4} (d - 2r)^2$$

把以上各部分的面积相加后代入式(7-9)整理后可得坯料直径为

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{(d - 2r)^2 + 4d(H - r) + 2\pi r(d - 2r) + 8r^2} \\ &= \sqrt{d^2 + 4dH - 1.72dr - 0.65r^2} \end{aligned} \quad (7-10)$$

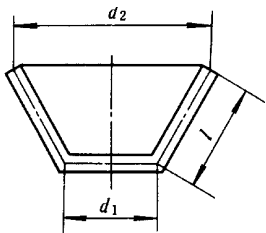
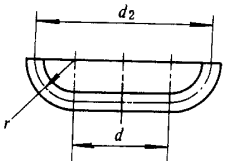
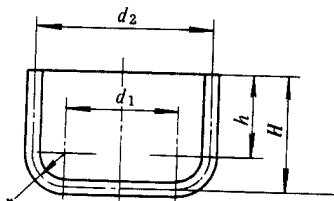
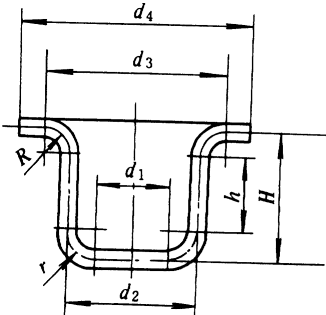
式中 D ——坯料直径；

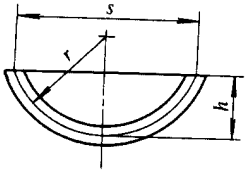
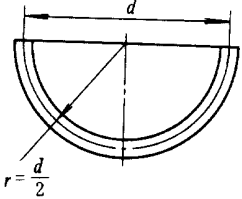
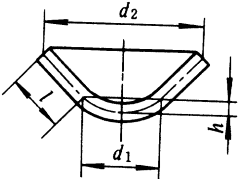
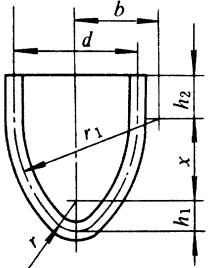
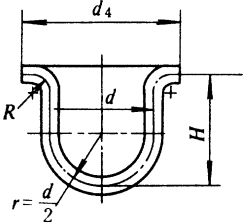
d 、 H 、 r ——拉深件直径、高度、圆角半径。

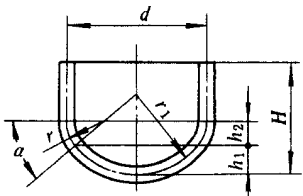
在计算中,零件尺寸均按厚度中线计算,但当板料厚度小于 1mm 时,也可以按外形或内形尺寸计算。常用旋转体零件坯料直径计算公式见表 7-4。

表 7-4

常用旋转体拉深件坯料直径的计算公式

序号	零件形状	坯料直径 D
1		$\sqrt{d_1^2 + 2h(d_1 + d_2)}$
2		$\sqrt{d_1^2 + 2r(\pi d_1 + 4r)}$
3		$\sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 6.28rd_1 + 8r^2}$ <p>或 $\sqrt{d_2^2 + 4d_2H - 1.72rd_2 - 0.56r^2}$</p>
4		<p>当 $r \neq R$ 时</p> $\sqrt{d_1^2 + 6.28rd_1 + 8r^2 + 4d_2h + 6.28Rd_2 + 4.56R^2 + d_4^2 - d_3^2}$ <p>当 $r = R$ 时</p> $\sqrt{d_4^2 + 4d_2H - 3.44rd_2}$

序号	零件形状	坯料直径 D
5		$D = \sqrt{8rh}$ 或 $\sqrt{s^2 + 4h^2}$
6		$D = \sqrt{2d^2} = 1.414d$
7		$D = \sqrt{d_1^2 + 4h^2 + 2K(d_1 + d_2)}$
8		$D = \sqrt{8r_1 \left[x - b \left(\arcsin \frac{x}{r_1} \right) \right] + 4dh_2 + 8rh_1}$
9		$D = \sqrt{8r^2 + 4dH - 4dr - 1.72dR + 0.56R^2 + d_4^2 - d^2}$

序号	零件形状	坯料直径 D
10		$D = \sqrt{4h_1(2r_1 - d) + (d - 2r) \sqrt{0.069ra - 4h_2}} + 4dH$ $\sin\alpha = \frac{\sqrt{r_1^2 - ((2r_1 - d) - 0.25d^2)}}{r_1 - r}$ $h_1 = r(1 - \sin\alpha)$ $h_2 = rs \sin\alpha$

注 1. 尺寸按工件材料厚度中心层尺寸计算。

2. 对于厚度小于 1mm 的拉深件, 可不按工件材料厚度中心层尺寸计算, 而根据工件外壁尺寸计算。

3. 对于部分未考虑工件圆角半径的计算公式, 在计算有圆角半径的工件时计算结果要偏大, 故在此情形下, 可不考虑或少考虑修边余量。

三、复杂旋转体拉深件坯料尺寸的确定

复杂旋转体拉深件的坯料尺寸可用解析法和作图法求出。其表面积是根据久里金法则求出, 即任何形状的母线绕轴旋转一周所得到的旋转体面积, 等于该母线的长度与其形心绕该轴线旋转所得周长的乘积, 如图 7-10 所示。

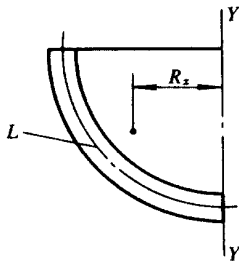


图 7-10 旋转体表面积计算图示

据此, 旋转体表面积为

$$A = 2\pi R_x L$$

根据拉深前后面积相等的原则, 坯料直径按下式求出:

$$\frac{\pi D^2}{4} = 2\pi R_x L$$

$$D = \sqrt{8R_x L} \tag{7-11}$$

式中 A ——旋转体面积;

R_x ——旋转体母线形心到旋转轴线的距离(称旋转半径);

L ——旋转体母线长度;

D ——坯料直径。

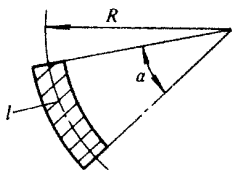
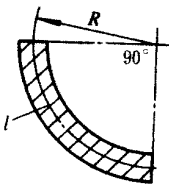
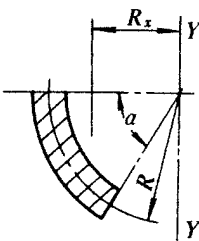
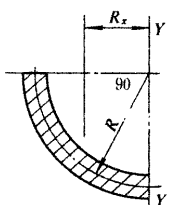
由式(7-11)可知, 只要知道旋转体母线长度及其形心的旋转半径, 就可以求出坯料的直径。求母线长度及形心位置可用解析法或作图解析法。

1. 解析法求旋转体坯料直径步骤(图 7-11)

(1) 沿厚度中线把零件轮廓线(包括切边余量)分成直线和圆弧,并算出各直线和圆弧的长度 l_1, l_2, \dots, l_n 。

(2) 找出每一线段的形心,并算出每一形心到旋转轴的距离 $R_{x1}, R_{x2}, R_{x3}, \dots, R_{xn}$ 。直线的形心在其中点上,圆弧的形心不在弧线上,可按表 7-5 中公式计算。

表 7-5 圆弧长度和形心到旋转轴的距离计算公式

中心角 $\alpha < 90^\circ$ 时的弧长	中心角 $\alpha = 90^\circ$ 时的弧长
$l = \pi R \frac{\alpha}{180}$	$l = \frac{\pi}{2} R$
	
中心角 $\alpha < 90^\circ$ 时弧的形心到 YY 轴的距离	中心角 $\alpha = 90^\circ$ 时弧的形心到 YY 轴距离
$R_x = R \frac{180 \sin \alpha}{\pi \alpha}$ $R_x = R \frac{180(1 - \cos \alpha)}{\pi \alpha}$	$R_x = \frac{2}{\pi} R$
	

(3) 计算各线段长度与其旋转半径的乘积总和:

$$\sum_{i=1}^n l_i R_{xi} = l_1 R_{x1} + l_2 R_{x2} + l_3 R_{x3} + \dots + l_n R_{xn}$$

(4) 按式(7-11)求坯料直径 D 。

$$D = \sqrt{8 \sum_{i=1}^n l_i R_{xi}}$$

例 7-1 如图 7-11 所示拉深件,板料厚度为 1mm,求坯料直径。

解:各直线段和圆弧长度为

$l_1 = 27\text{mm}$, $l_2 = 7.85\text{mm}$, $l_3 = 8\text{mm}$, $l_4 = 8.376\text{mm}$, $l_5 = 12.564\text{mm}$, $l_6 = 8\text{mm}$, $l_7 = 7.85\text{mm}$, $l_8 = 10\text{mm}$ 。

各直线和圆弧形心的旋转半径:

$R_{x1} = 13.5\text{mm}$, $R_{x2} = 30.18\text{mm}$, $R_{x3} = 32\text{mm}$, $R_{x4} = 33.384\text{mm}$, $R_{x5} = 39.924\text{mm}$, $R_{x6} =$

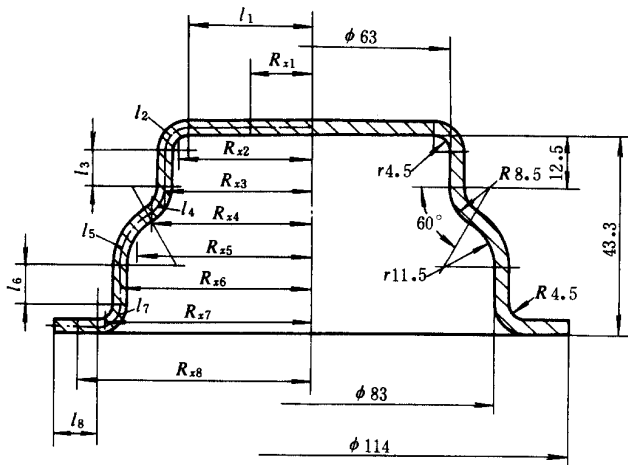


图 7-11 解析法计算坯料直径图示

42mm, $R_{x7} = 43.82\text{mm}$, $R_{x8} = 52\text{mm}$

坯料直径为

$$D = [\sqrt{8 \times (27 \times 13.5 + 7.85 \times 30.18 + 8 \times 32 + 8.38 \times 33.38) + 12.56 \times 39.92 + 8 \times 42 + 7.85 \times 43.82 + 10 \times 52}] \text{mm} = 150.6\text{mm}$$

2. 作图法求旋转体坯料尺寸步骤(图 7-12)

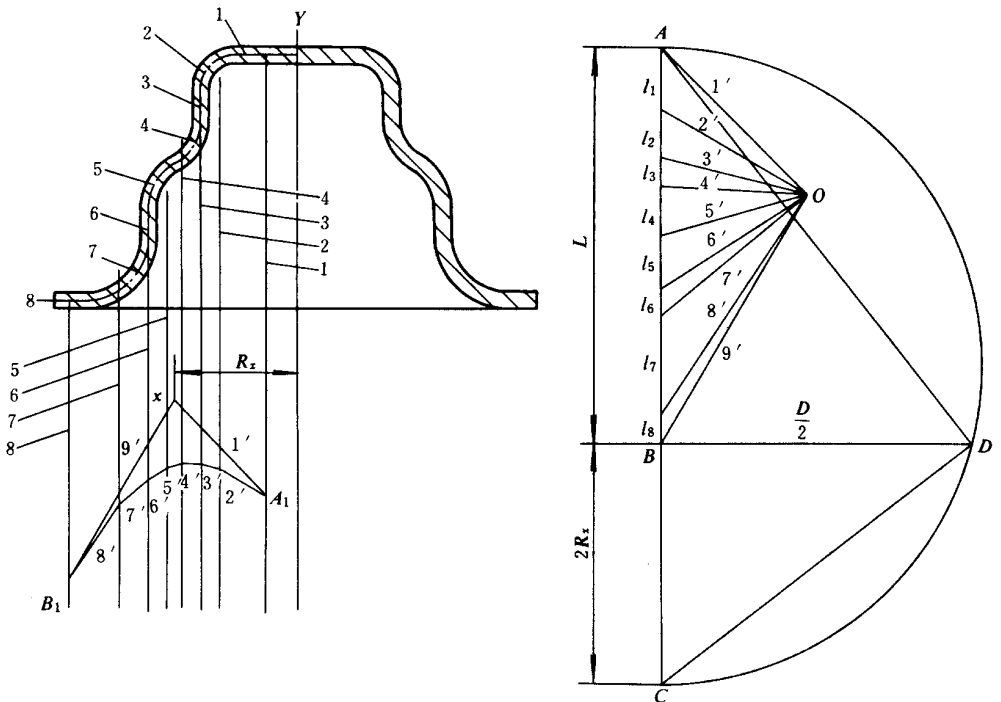


图 7-12 作图法确定坯料尺寸图示

(1)把旋转体母线分成几个简单的几何线段(直线和圆弧),计算它们的长度 l_1 、 l_2 、 l_3 、...、 l_n 及其形心位置。

(2)由各线段的形心引出与旋转轴 $Y-Y$ 的平行线 1 、 2 、 3 、...、 n 。

(3)在图形外任选一点作一射线与 $Y-Y$ 轴平行,在其上按顺序量取长度 l_1 、 l_2 、 l_3 、...、 l_n (可以按比例增大或缩小),总长 AB 即母线长度 L 。

(4)在射线外任选一点 O ,向 l_1 、 l_2 、 l_3 、...、 l_n 各线段端点引出射线 $1'$ 、 $2'$ 、 $3'$ 、...、 n' 、 $n'+1$ 。

(5)自线 1 上任一点 A_1 ,作平行于射线 $1'$ 和 $2'$ 的两直线,直线 $2'$ 与线 2 相交一点,又自此交点作平行于射线 $3'$ 的直线,并与线 3 相交一点,以此类推,最后平行于射线 n' 的直线与线 n 相交于 B_1 点。

(6)过 B_1 点作平行于 $n'+1$ 线的直线并与过 A_1 点所作的平行于 $1'$ 的直线相交于 x 点,此点与旋转轴 $Y-Y$ 轴的距离即为母线形心旋转半径 R_x 。

(7)在 AB 延长线上量取长度等于 $2R_x$ 的 BC 线段,再以 AC 为直径作圆,然后自 B 点作 AC 的垂线与圆相交于 D 点,则线段 BD 即为坯料的半径 $D/2$ 。

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 = L2R_x$$

$$D^2 = 8LR'_x$$

$$D = \sqrt{8LR'_x}$$

其结果与式(7-11)一致。

第三节 圆筒形件的拉深系数

一、拉深系数及其极限

拉深的变形程度大小,可以用拉深件的高度与直径的比值即相对高度表示。比值小的变形程度小,而比值大的变形程度大。

但在设计冲压工艺过程与确定必要的拉深工序的数目时,通常用拉深系数作为计算的依据。本章第一节已谈及拉深系数的概念。从广义上说,圆筒形零件的拉深系数是以拉深后的直径与拉深前的坯料(工序件)直径之比表示(图7-13),即

$$\text{第一次拉深系数} \quad m_1 = \frac{d_1}{D}$$

$$\text{第二次拉深系数} \quad m_2 = \frac{d_2}{d_1}$$

...

$$\text{第 } n \text{ 次拉深系数} \quad m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$$

式中 D ——坯料直径;

$d_1, d_2, \dots, d_{n-1}, d_n$ ——各次拉深后的直径(中径)。

从以上各式可以看出,拉深系数表示了拉深前后坯料直径的变化率,其数值永远小于1。拉深系数越小,说明拉深变形程度越大,相反,变形程度越小。

拉深系数的倒数称为拉深程度或拉深比,其值为

$$K = \frac{1}{m} = \frac{D}{d} \quad (7-12)$$

从拉深时坯料凸缘变形区的应力分布与起皱和筒壁传力区的受力情况与拉裂的分析中已经知道,拉深变形程度对凸缘区的径向拉应力和切向压应力以及对筒壁传力区拉应力影响极大,为了防止在拉深过程中产生起皱和拉裂的缺陷,就应减小拉深变形程度(增大拉深系数),从而减小切向压应力和径向拉应力,减小起皱和破裂的可能性。图7-14为用同一材料、同一厚度的坯料,在凸、凹模尺寸相同的模具上用逐步加大坯料直径(即逐步减小拉深系数)的办法进行试验的情况。图7-14a表示在无压料装置情况下,当坯料直径较小时(即拉深系数较大时),拉深能够顺利进行;当坯料直径加大,拉深系数减小到一定数值(如 $m = 0.75$)时,会出现皱纹。如果增加压料装置(图7-14b),则能防止起皱。此时进一步加大坯料直径,减少拉深系数,拉深还可以顺利进行。直到坯料直径加大到一定数值、拉深系数减少到一定数值(如 $m = 0.50$)后,筒壁出现拉裂现象,拉深过程被迫中断。

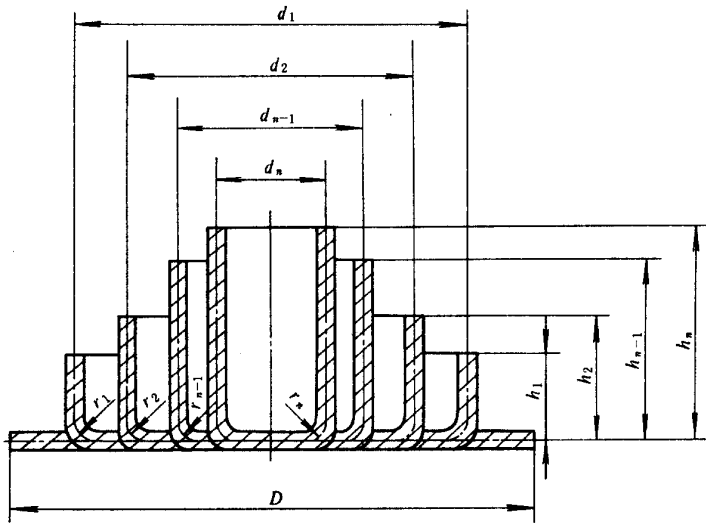


图7-13 圆筒形件的多次拉深

根据上述试验,可测出不同拉深系数下的拉深力变化曲线,如图7-14c所示。从这一系列曲线可以看出,拉深力的变化规律是相似的。但当 $m = 0.75$ 且无压料拉深时,由于起皱,皱纹拉入凸、凹间隙中,造成拉深力的第二个峰值;当 $m = 0.50$ 时,其最大拉深力 F'_{max} 大于筒壁危险断面所能承受的载荷 F_x ,所以拉深力尚未达到最大值 F'_{max} ,筒壁就产生破裂,拉深被迫中断。

因此,为保证拉深工艺的顺利进行,就必须使拉深系数大于一定值,这个一定的数值

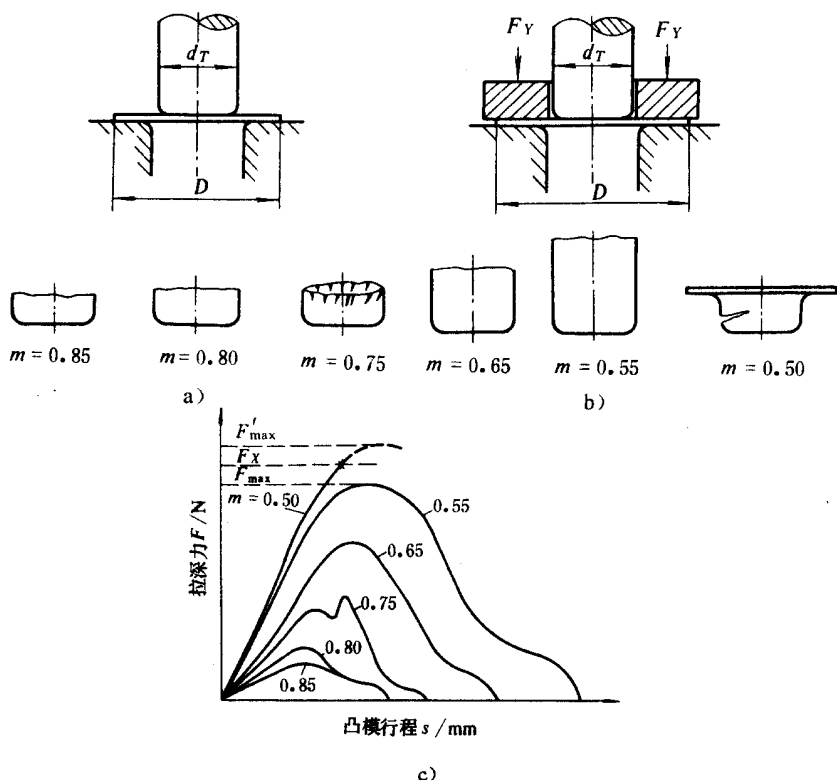


图 7-14 拉深试验

a) 无压料装置 b) 有压料装置 c) 拉深力变化曲线

即为在一定条件下的极限拉深系数。小于这个数值,就会使拉深件起皱、破裂或严重变薄而超差。

二、影响极限拉深系数的因素

由上述可知,极限拉深系数的数值取决于筒壁传力区最大拉应力与危险断面的抗拉强度。因此,凡是影响筒壁传力区的最大拉应力和危险断面的抗拉强度的因素都会影响极限拉深系数。

归纳起来,影响极限拉深系数的因素有以下几个方面:

(1) 材料的组织与力学性能 一般来说,材料组织均匀、晶粒大小适当、屈强比 $\left(\frac{\sigma_s}{\sigma_b}\right)$ 小、塑性好、板平面方向性 (Δr 值) 小、板厚方向系数 (r 值) 大、硬化指数 (n 值) 大的板料,筒壁传力区不容易产生局部严重变薄和拉裂,因而拉深性能好,极限拉深系数较小。

(2) 板料的相对厚度 $\frac{t}{D}$ 当板料相对厚度较小时,抵抗失稳起皱的能力小,容易起皱。为了防皱而增加压料力,又会引起摩擦阻力相对增大。因此板料相对厚度小,极限拉深系数较大;板料相对厚度大,极限拉深系数较小。

(3) 拉深工作条件

1) 模具的几何参数。凸模圆角半径 r_T 太小, 增大了板料绕凸模弯曲的拉应力, 降低了危险断面的抗拉强度 [见式 (7-7)] 因而会降低极限变形程度。凹模圆角半径 r_A 对筒壁拉应力影响很大 [见式 (7-5)] 拉深过程中, 由于板料绕凹模圆角弯曲和校直, 增大了筒壁的拉应力, 故要减少拉应力, 降低拉深系数, 应增大凹模圆角半径。图 7-15 表示了凸模和凹模圆角对黄铜极限拉深系数的影响。

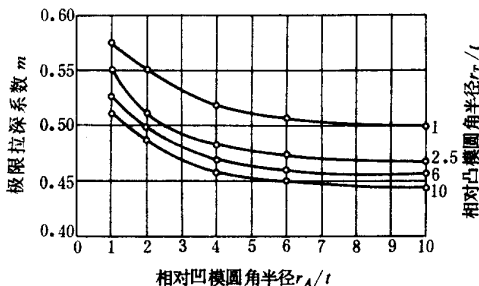


图 7-15 凸凹模圆角半径对极限拉深系数的影响

但凸凹模圆角半径也不宜过大, 过大的圆角半径, 会减少板料与凸模和凹模端面的接触面积及压料圈的压料面积, 板料悬空面积增大, 容易产生失稳起皱。因此, 凸、凹模圆角半径应适当取较大值。

凸、凹模之间间隙也应适当, 太小, 板料受到太大的挤压作用和摩擦阻力, 增大了拉深力, 间隙太大, 会影响拉深件的精度, 拉深件锥度和回弹较大。

2) 摩擦与润滑。凹模和压料圈与板料接触的表面应当光滑, 润滑条件要好, 以减少摩擦阻力和筒壁传力区的拉应力。而凸模表面不宜太光滑, 也不宜润滑, 以减少由于凸模与材料的相对滑动而使危险断面变薄破裂的危险。

3) 压料圈的压料力。压料是为了防止坯料起皱, 但压料力却增大了筒壁传力区的拉应力, 压料力太大, 可能导致拉裂。拉深工艺必须正确处理这两者关系, 作到既不起皱又不拉裂。为此, 必须正确调整压料力, 即应在保证不起皱的前提下, 尽量减少压料力, 提高工艺的稳定性。

影响极限拉深系数的因素还有拉深方法、拉深次数、拉深速度、拉深件的形状等。反拉深、柔性模拉深等可以降低极限拉深系数, 首次拉深极限拉深系数比以后各次拉深极限拉深系数小, 拉深速度慢, 有利于拉深工作的正常进行, 盒形件角部拉深系数比相应的圆筒形件的拉深系数小。

总之, 影响极限拉深系数的因素很多, 在实际生产中应尽量采取有利于减少拉深系数的措施, 以减少拉深次数, 提高生产率, 降低成本。当拉深工艺及模具已经确定之后, 也可根据实际需要与可能, 采取上述降低拉深系数的措施, 以提高拉深工艺的稳定性, 减少废品率。

三、极限拉深系数的确定

极限拉深系数值可以用理论计算方法确定, 即使求传力区的最大拉应力公式与危险断面的抗拉强度公式相等, 便可求出最小拉深系数理论值, 此值即为极限拉深系数。但在

实际生产中,极限拉深系数值一般是在一定的拉深条件下用实验方法得出的,见表 7-6 和表 7-7。

表 7-6 圆筒形件的极限拉深系数(带压料圈)

拉深系数	坯料相对厚度(t/D)(%)					
	2.0~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0.3	0.3~0.15	0.15~0.08
m_1	0.48~0.50	0.50~0.53	0.53~0.55	0.55~0.58	0.58~0.60	0.60~0.63
m_2	0.73~0.75	0.75~0.76	0.76~0.78	0.78~0.79	0.79~0.80	0.80~0.82
m_3	0.76~0.78	0.78~0.79	0.79~0.80	0.80~0.81	0.81~0.82	0.82~0.84
m_4	0.78~0.80	0.80~0.81	0.81~0.82	0.82~0.83	0.83~0.85	0.85~0.86
m_5	0.80~0.82	0.82~0.84	0.84~0.85	0.85~0.86	0.86~0.87	0.87~0.88

注 1.表中拉深系数适用于 08 钢、10 钢及 15Mn 钢等普通碳钢及黄铜 H62。对拉深性能较差的材料,如 20 钢、25 钢、Q215 钢、Q235 钢、硬铝等应比表中数值大 1.5%~2.0%,而对塑性较好的材料,如 05 钢、08 钢、10 钢及软铝等应比表中数值小 1.5%~2.0%。

2.表中数据适用于未经中间退火的拉深。若采用中间退火工序时,则取值应比表中数值小 2%~3%。

3.表中较小值适用于大的凹模圆角半径 $r_A=(8\sim 15)t$;较大值适用于小的凹模圆角半径 $r_A=(4\sim 8)t$ 。

表 7-7 圆筒形件的极限拉深系数(不带压料圈)

拉深系数	坯料的相对厚度(t/D)(%)				
	1.5	2.0	2.5	3.0	$7 > 3$
m_1	0.65	0.60	0.55	0.53	0.50
m_2	0.80	0.75	0.75	0.75	0.70
m_3	0.84	0.80	0.80	0.80	0.75
m_4	0.87	0.84	0.84	0.84	0.78
m_5	0.90	0.87	0.87	0.87	0.82
m_6	—	0.90	0.90	0.90	0.85

注:此表适用于 08 钢、10 钢及 15Mn 钢等材料。其余各项同表 7-6 之注。

在实际生产中,远不是在所有情况下都采用极限拉深系数。为了提高工艺稳定性,提高零件质量,必须采用稍大于极限值的拉深系数。

第四节 圆筒形件的拉深次数及工序件尺寸的确定

一、无凸缘圆筒形件的拉深次数及工序件尺寸的确定

1. 拉深次数的确定

拉深次数通常用以下两种方法确定:

(1)根据工件的相对高度,即高度 H 与直径 d 之比值,从表 7-8 中查得。

表 7-8 拉深件相对高度 H/d 与拉深次数的关系(无凸缘圆筒形件)

拉深次数	坯料的相对厚度(t/D) (%)					
	2~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0.3	0.3~0.15	0.15~0.08
1	0.94~0.77	0.84~0.65	0.71~0.57	0.62~0.5	0.52~0.45	0.46~0.38
2	1.88~1.54	1.60~1.32	1.36~1.1	1.13~0.94	0.96~0.83	0.9~0.7
3	3.5~2.7	2.8~2.2	2.3~1.8	1.9~1.5	1.6~1.3	1.3~1.1
4	5.6~4.3	4.3~3.5	3.6~2.9	2.9~2.4	2.4~2.0	2.0~1.5
5	8.9~6.6	6.6~5.1	5.2~4.1	4.1~3.3	3.3~2.7	2.7~2.0

注 1. 大的 H/d 值适用于第一道工序的大凹模圆角 [$r_A \approx (8 \sim 15)t$]

2. 小的 H/d 值适用于第一道工序的小凹模圆角 [$r_A \approx (4 \sim 8)t$]

3. 表中数据适用材料为 08F 钢、10F 钢。

(2) 推算方法 根据已知条件,由表 7-6 或表 7-7 中查得各次的极限拉深系数,然后依次计算出各次拉深直径,即

$d_1 = m_1 D$; $d_2 = m_2 d_1$; ... ; $d_n = m_n d_{n-1}$, 直到 $d_n \leq d$ 。即当计算所得直径 d_n 小于或等于零件直径 d 时,计算的次数即为拉深次数。

2. 各次拉深工序件尺寸的确定

(1) 工序件直径的确定 拉深次数确定之后,由表查得各次拉深的极限拉深系数,并加以调整(一般是增大),调整的原则是:

1) 保证 $m_1 \cdot m_2 \cdots m_n = \frac{d}{D}$

2) 使 $m_1 < m_2 < \cdots < m_n$

式中 d ——零件直径;

D ——坯料直径。

最后按调整后的拉深系数计算各次工序件直径:

$$d_1 = m_1 D$$

$$d_2 = m_2 d_1$$

...

$$d_n = m_n d_{n-1} \tag{7-13}$$

(2) 工序件圆角半径的确定 圆角半径的确定方法将在本章第十节详细讨论。

(3) 工序件高度的计算 根据无凸缘圆筒形件坯料尺寸的计算公式推导出各次工序件高度的计算公式为

$$h_1 = 0.25 \left(\frac{D^2}{d_1} - d_1 \right) + 0.43 \frac{r_1}{d_1} (d_1 + 0.32r_1)$$

$$h_2 = 0.25 \left(\frac{D^2}{d_2} - d_2 \right) + 0.43 \frac{r_2}{d_2} (d_2 + 0.32r_2)$$

...

$$h_n = 0.25 \left(\frac{D^2}{d_n} - d_n \right) + 0.43 \frac{r_n}{d_n} (d_n + 0.32r_n) \tag{7-14}$$

式中 h_1, h_2, \dots, h_n ——各次工序件高度;

d_1, d_2, \dots, d_n ——各次工序件直径;

r_1, r_2, \dots, r_n ——各次工序件底部圆角半径；

D ——坯料直径。

例 7-2 求图 7-16 所示筒形件的坯料尺寸及拉深各工序件尺寸。材料为 10 钢，板料厚度 $t = 2 \text{ mm}$ 。

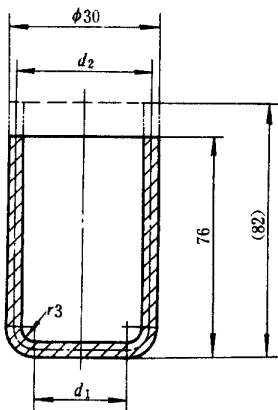


图 7-16 无凸缘筒形件

解：因板料厚度 $t > 1 \text{ mm}$ ，故按板厚中线尺寸计算。

(1) 计算坯料直径 根据零件尺寸，其相对高度为

$$\frac{H}{d} = \frac{76 - 1}{30 - 2} = \frac{75}{28} \approx 2.7$$

查表 7-2 得切边余量 $\Delta h = 6 \text{ mm}$

坯料直径为

$$D = \sqrt{d^2 + 4d(H + \Delta h) - 1.72dr - 0.56r^2}$$

依图 $d = 28 \text{ mm}$ ， $r = 4 \text{ mm}$ ， $H = 75 \text{ mm}$ 。

代入上式得

$$D = 98.2 \text{ mm}$$

(2) 确定拉深次数 坯料相对厚度为

$$\frac{t}{D} = \frac{2}{98.2} \times 100\% = 2.03\% > 2\%$$

按表 7-12 可不用压料圈，但为了保险起见，首次拉深仍采用压料圈。采用压料圈后，首次拉深的拉深系数较小，减少了拉深次数。

根据 $t/D = 2.03\%$ ，查表 7-6 得各次极限拉深系数 $m_1 = 0.50$ ， $m_2 = 0.75$ ， $m_3 = 0.78$ ， $m_4 = 0.80$ ，...

故

$$d_1 = m_1 D = 0.50 \times 98.2 \text{ mm} = 49.2 \text{ mm}$$

$$d_2 = m_2 d_1 = 0.75 \times 49.2 \text{ mm} = 36.9 \text{ mm}$$

$$d_3 = m_3 d_2 = 0.78 \times 36.9 \text{ mm} = 28.8 \text{ mm}$$

$$d_4 = m_4 d_3 = 0.8 \times 28.8 \text{ mm} = 23 \text{ mm}$$

因 $d_4 = 23\text{mm} < 28\text{mm}$

所以应该用 4 次拉深成形。

(3) 各次拉深工序件尺寸的确定 调整后的各次拉深系数如下： $m_1 = 0.52, m_2 = 0.$

78, $m_3 = 0.83, m_4 = 0.846$ 。

各次工序件直径为

$$d_1 = 0.52 \times 98.2\text{mm} = 51.6\text{mm}$$

$$d_2 = 0.78 \times 51.6\text{mm} = 39.9\text{mm}$$

$$d_3 = 0.83 \times 39.9\text{mm} = 33.1\text{mm}$$

$$d_4 = 0.846 \times 33.1\text{mm} = 28\text{mm}$$

各次工序件底部圆角半径取以下数值：

$$r_1 = 8\text{mm}, r_2 = 5\text{mm}, r_3 = 4\text{mm}$$

把各次拉深工序件的直径和底部圆角半径代入式(7-14)得：

$$h_1 = \left[0.25 \times \left(\frac{98.2^2}{51.6} - 51.6 \right) + 0.43 \times \frac{8}{51.6} \times (51.6 + 0.32 \times 8) \right] \text{mm} = 37.4\text{mm}$$

$$h_2 = \left[0.25 \times \left(\frac{98.2^2}{39.9} - 39.9 \right) + 0.43 \times \frac{5}{39.9} \times (39.9 + 0.32 \times 5) \right] \text{mm} = 52.7\text{mm}$$

$$h_3 = \left[0.25 \times \left(\frac{98.2^2}{33.1} - 51.6 \right) + 0.43 \times \frac{4}{33.1} \times (33.1 + 0.32 \times 4) \right] \text{mm} = 66.3\text{mm}$$

$$h_4 = 81\text{mm}$$

以上计算所得工序件有关尺寸都是中线尺寸,换算成工序件的外径和总高度如图 7-17 所示。

二、有凸缘圆筒形件拉深方法及工序件尺寸的确定

图 7-18 为有凸缘圆筒形件及坯料图。 $d_t/d = 1.1 \sim 1.4$ 称为小凸缘筒形件； $d_t/d > 1.4$ 则称为宽凸缘筒形件。

有凸缘圆筒形零件的拉深过程,其变形区的应力状态与变形特点与无凸缘圆筒形件是相同的。但有凸缘圆筒形件拉深时,坯料凸缘部分不是全部进入凹模口部,只是拉深到凸缘外径等于零件凸缘直径(包括切边量)时,拉深工作就停止。因此,拉深成形过程和工艺计算与无凸缘圆筒形件有一定差别。主要差别在于首次拉深。

1. 有凸缘圆筒形件的拉深变形程度

有凸缘圆筒形件的拉深系数为

$$m_t = \frac{d}{D}$$

式中 m_t ——有凸缘筒形件的拉深系数；

d ——零件筒形部分的直径；

D ——坯料直径。

当零件底部圆角半径 r 与凸缘处圆角半径 R 相等,即 $r = R$ 时,坯料直径为

$$D = \sqrt{d_t^2 + 4dn - 3.44dR}$$

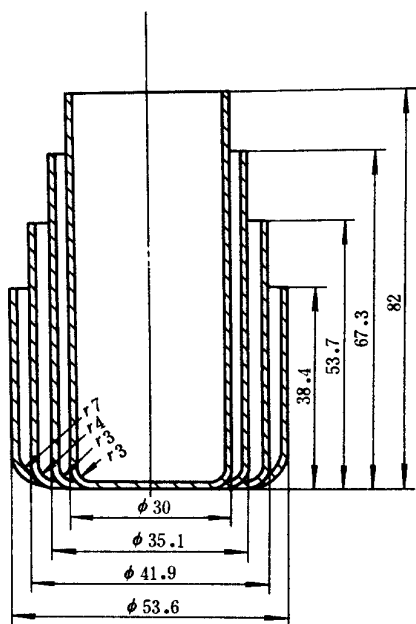


图 7-17 拉深工序件尺寸

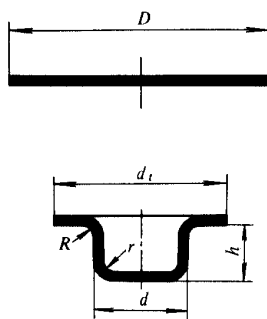


图 7-18 有凸缘圆筒
形件与坯料图

所以

$$m_t = \frac{d}{D} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{d_t}{d}\right)^2 + 4\frac{h}{d} - 3.44\frac{R}{d}}} \quad (7-15)$$

由上式可以看出,有凸缘圆筒形件的拉深系数取决于下列有关尺寸的三组相对比值:

$\frac{d_t}{d}$ ——凸缘的相对直径;

$\frac{h}{d}$ ——零件的相对高度;

$\frac{R}{d}$ ——相对圆角半径。

其中以 d_i/d 影响最大, h/d 次之, R/d 影响较小。

有凸缘圆筒形件首次拉深的极限拉深系数见表 7-9。由表可以看出, $d_i/d \leq 1.1$ 时, 极限拉深系数与无凸缘圆筒形基本相同, d_i/d 大时, 其极限拉深系数比无凸缘圆筒形的小。而且当坯料直径 D 一定时, 凸缘相对直径 d_i/d 越大, 极限拉深系数越小。但这并不表明有凸缘圆筒形件的变形程度大。在一定坯料直径 D 和圆筒形直径 d 的情况下, 有凸缘圆筒形件凸缘相对直径 d_i/d 大, 意味着只要将坯料直径稍加收缩即可达到零件凸缘外径, 筒壁传力区的拉应力远没有达到许可值, 因而可以减小其拉深系数。而无凸缘圆筒形件不存在 d_i/d 值对拉深系数的影响, 可以认为其 d_i/d 恒等于 1。

表 7-9 有凸缘的筒形件第一次拉深的极限拉深系数

凸缘的相对直径 $\frac{d_i}{d}$	坯料的相对厚度 (t/D) (%)				
	2~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0.3	0.3~0.10
1.1 以下	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59
1.3	0.49	0.51	0.53	0.54	0.55
1.5	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52
1.8	0.45	0.46	0.47	0.48	0.48
2.0	0.42	0.43	0.44	0.45	0.45
2.2	0.40	0.41	0.42	0.42	0.42
2.5	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38
2.8	0.34	0.35	0.35	0.35	0.35
3.0	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33

图 7-19 可以说明有凸缘圆筒形件拉深时其拉深力与拉深过程的关系。如果零件凸缘直径等于 d_{i1} , 拉深过程中当坯料外径收缩到等于零件凸缘直径时, 拉深力已经达到最大值, 此时如果不产生破裂, 再拉下去就没有拉裂的危险。如果零件凸缘直径等于 d_{i2} , 坯料外径收缩到等于零件凸缘直径时, 拉深力尚未达到其许可值 F_L (只达到图 7-19 曲线 1 上的 A 点), 这表明筒壁强度还有富裕量, 拉深系数可以小些 (图 7-19, m_2 和与之对应的曲线 2)。当零件的凸缘直径为 d_{i3} , 拉深过程进行到凸缘外径等于零件凸缘直径, 拉深力更小, 拉深系数可以更小。

由式(7-15)可以看出, 有凸缘圆筒形件的拉深系数取决于 $\frac{d_i}{d}$ 、 $\frac{h}{d}$ 和 $\frac{R}{d}$ 。因 $\frac{R}{d}$ 影响较小, 因此当 m_i 一定时, 则 $\frac{d_i}{d}$ 与 $\frac{h}{d}$ 的关系也就基本定了。这样, 就可用零件的相对高度来表示有凸缘圆筒形件的变形程度。首次拉深可能达到的相对高度见表 7-10, 也可查图 7-20。

当有凸缘圆筒形件的总拉深系数 m_L (即零件的直径 d 与坯料直径 D 之比值) 大于表 7-9 的极限拉深系数值, 或零件的相对高度 $\frac{h}{d}$ 小于表 7-10 的极限值时, 则凸缘圆筒形件可以一次拉深成形, 否则, 需要两次以上拉深成形。也可以根据图 7-20 左边曲线进行判断。如果由零件的 d_i/d 和 h/d 决定的点位于曲线下侧, 则能一次拉深成形, 如果位于曲线上侧, 则要多次拉深。应注意的是, 图中曲线系假定零件圆角半径为零得到的, 当零

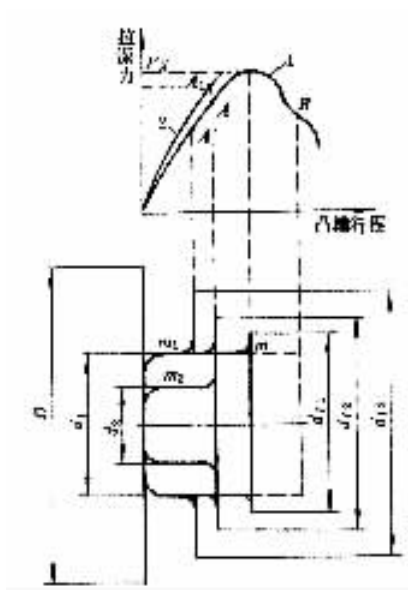


图 7-19 拉深力与拉深过程的关系

件圆角半径较大时,其成形极限可以适当放宽。

有凸缘圆筒形件以后各次拉深系数为：

$$m_i = \frac{d_i}{d_{i-1}} \quad (i = 2, 3, \dots, n)$$

其值与凸缘宽度及外形尺寸无关,可以取与无凸缘圆筒形件的相应拉深系数相等或略小的数值,见表 7-11。

表 7-10 有凸缘的圆筒形件首次拉深的极限相对高度 h_1/d_1

凸缘的相对直径 $\frac{d_i}{d}$	坯料的相对厚度 (t/D) (%)				
	2 ~ 1.5	1.5 ~ 1.0	1.0 ~ 0.6	0.6 ~ 0.3	0.3 ~ 0.10
1.1 以下	0.90 ~ 0.75	0.82 ~ 0.65	0.70 ~ 0.57	0.62 ~ 0.50	0.52 ~ 0.45
1.3	0.80 ~ 0.65	0.72 ~ 0.56	0.60 ~ 0.50	0.53 ~ 0.45	0.47 ~ 0.40
1.5	0.70 ~ 0.58	0.63 ~ 0.50	0.53 ~ 0.45	0.48 ~ 0.40	0.42 ~ 0.35
1.8	0.58 ~ 0.48	0.53 ~ 0.42	0.44 ~ 0.37	0.39 ~ 0.34	0.35 ~ 0.29
2.0	0.51 ~ 0.42	0.46 ~ 0.36	0.38 ~ 0.32	0.34 ~ 0.29	0.30 ~ 0.25
2.2	0.45 ~ 0.35	0.40 ~ 0.31	0.33 ~ 0.27	0.29 ~ 0.25	0.26 ~ 0.22
2.5	0.35 ~ 0.28	0.32 ~ 0.25	0.27 ~ 0.22	0.23 ~ 0.20	0.21 ~ 0.17
2.8	0.27 ~ 0.22	0.24 ~ 0.19	0.21 ~ 0.17	0.18 ~ 0.15	0.16 ~ 0.13
3.0	0.22 ~ 0.18	0.20 ~ 0.16	0.17 ~ 0.14	0.15 ~ 0.12	0.13 ~ 0.10

注 1. 表中大数值适于大的圆角半径,由 $\frac{t}{D} = 2\% \sim 1.5\%$ 时的 $R = (10 \sim 12)t$ 到 $\frac{t}{D} = 0.3\% \sim 0.10\%$ 时的 $R = (20 \sim 25)t$; 小数值适用于底部及凸缘小的圆角半径,随着凸缘直径的增加及相对拉深深度的减小,其数值也跟着减小。

2. 表中数值适用于 10 钢,对于比 10 钢塑性好的材料取接近表中的大值,对于塑性差的材料,取表中小数值。

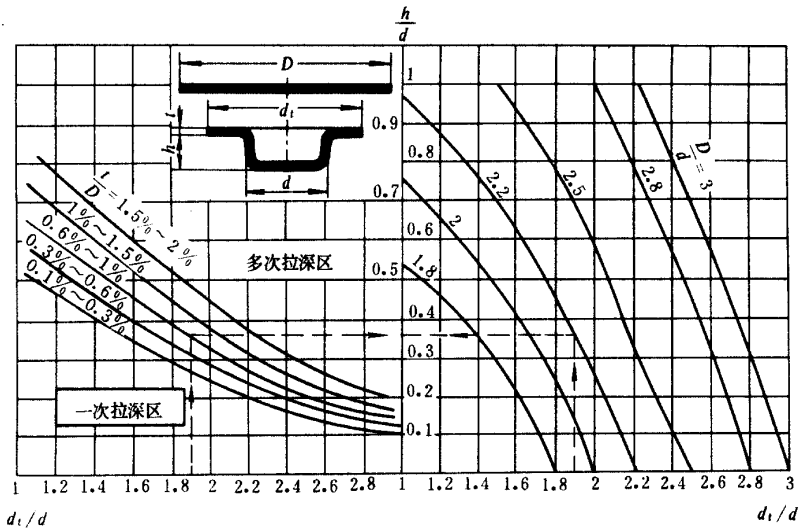


图 7-20 有凸缘圆筒形件拉深计算曲线
有凸缘的圆筒形件以后各次的极限拉深系数

表 7-11

拉深系数	坯料相对厚度 (t/D)(%)				
	2~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0.3	0.3~0.10
m_2	0.73	0.75	0.76	0.78	0.80
m_3	0.75	0.78	0.79	0.80	0.82
m_4	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84
m_5	0.80	0.82	0.84	0.85	0.86

2. 有凸缘圆筒形件的拉深方法

(1) 小凸缘圆筒形件的拉深 可以将小凸缘圆筒形件当作无凸缘圆筒形件进行拉深，只是在最后两道拉深工序中才将工序件拉成具有锥形的凸缘，最后通过整形工序，压成平面凸缘。图 7-21 为小凸缘圆筒形件及其拉深工艺过程 材料为 10 钢，板厚为 1mm。

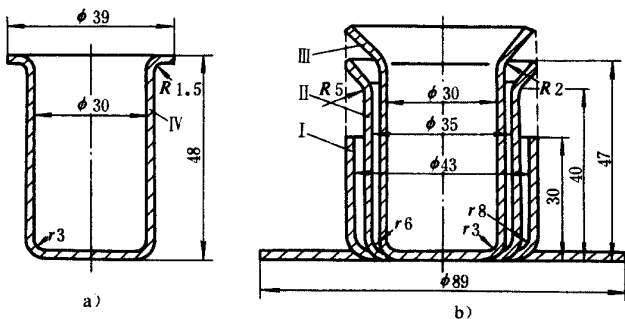


图 7-21 小凸缘圆筒形件的拉深

a) 小凸缘拉深件 b) 小凸缘件拉深过程

I—第一次拉深 II—第二次拉深 III—第三次拉深 IV—成品

(2)宽凸缘圆筒形件的拉深方法 如果根据极限拉深系数或相对高度判断,拉深件不能一次拉深成形时,则需进行多次拉深。

多次拉深必须遵循一个原则,即第一次拉深成有凸缘的工序件时,其凸缘的外径应等于成品零件的尺寸(加修边量),在以后的拉深工序中仅仅使已拉深成的工序件的直筒部分参加变形,逐步地达到零件尺寸要求,而第一次拉深时已经形成的凸缘外径必须保持不变,即在以后拉深工序中不再收缩。因为在以后的拉深工序中,即使凸缘部分产生很小的变形,筒壁传力区也会产生很大的拉应力,从而使其拉裂。为了防止这种情况的出现,在调节工作行程时,应严格控制凸模进入凹模的深度。但对于多数普通压力机来说,要做到这一点有一定困难,而且尺寸计算还有一定误差,再加上拉深时板料厚度有所变化,所以在工艺计算时,除了应精确计算工序件高度外,通常有意把第一次拉入凹模的坯料面积加大3%~5%,在以后各次拉深时,逐步减小这个额外多拉入凹模的面积,最后这部分多拉入凹模的面积转移到零件口部附近的凸缘上,使这里的板料增厚,但这不影响零件质量。用这种办法来补偿上述各种误差,以免在以后各次拉深时凸缘受力变形。这一工艺措施对于板料厚度小于0.5mm的拉深件,效果较为显著。

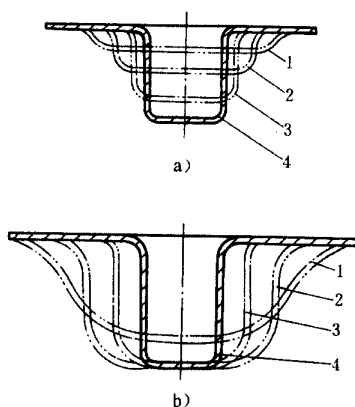


图 7-22 宽凸缘圆筒形件的拉深方法

1、2、3、4—拉深次序

在实际生产中,宽凸缘圆筒形件多次拉深的工艺方法通常有两种:

1)通过多次拉深,逐步缩小筒形部分直径以增加其高度(图7-22a)。用这种方法制成的零件,表面质量较差,其直壁和凸缘上保留着圆角弯曲和局部变薄的痕迹,需要在最后增加整形工序。

2)第一次拉深后的工序件,其凸缘处和底部的圆角半径很大,在以后各次拉深中,高度保持不变,逐步减少圆角半径和筒形部分直径而达到最终尺寸要求(图7-22b)。用这种方法拉深的零件,表面质量较高,厚度均匀,不存在上述的圆角弯曲和局部变薄的痕迹。但它只适用于坯料的相对厚度较大,采用大圆角过渡不易起皱的情况。

3. 有凸缘圆筒形拉深工序件高度的计算

根据有凸缘圆筒形件坯料直径的计算公式推导出高度的计算公式如下:

$$h_1 = \frac{0.025}{d_1}(D^2 - d_i^2) + 0.43(r_1 + R_1) + \frac{0.14}{d_1}(r_1^2 - R_1^2)$$

$$h_n = \frac{0.25}{d_n}(D^2 - d_i^2) + 0.43(r_1 + R_n) + \frac{0.14}{d_n}(r_n^2 - R_n^2) \quad (7-16)$$

式中 h_1, \dots, h_n ——各次拉深后工序件的高度；
 d_1, \dots, d_n ——各次拉深后工序件的直径；
 D ——坯料直径；
 r_1, \dots, r_n ——各次拉深后工序件的底部圆角半径；
 R_1, \dots, R_n ——各次拉深后工序件的凸缘处圆角半径。

4. 宽凸缘圆筒形件拉深工序计算程序

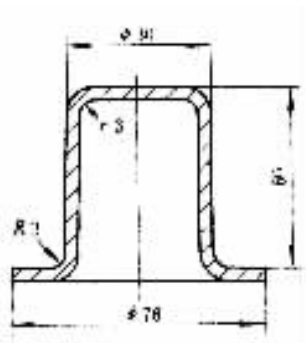


图 7-23 有凸缘拉深件

有凸缘圆筒形件拉深工序计算与无凸缘圆筒形件拉深工序计算的最大区别在于首次拉深, 现结合实例说明其工艺计算程序。

例 7-3 试对图 7-23 所示零件的拉深工序进行计算。材料 08 钢, 厚度 2mm。

解: 板料厚度大于 1mm, 按中线计算。

(1) 切边余量的确定 根据零件尺寸查表 7-3 得切边余量 $\Delta R = 2\text{mm}$, 故实际凸缘直径 $d_i = (76 + 2 \times 2)\text{mm} = 80\text{mm}$ 。

(2) 预算坯料直径

$$D = \sqrt{d_1^2 + 6.28rd_1 + 8r^2 + 4d_2h + 6.28Rd_2 + 4.56R^2 + (d_4^2 - d_3^2)}$$

依图 $d_1 = 20\text{mm}$, $R = r = 4\text{mm}$, $d_2 = 28\text{mm}$, $h = 52\text{mm}$, $d_3 = 36\text{mm}$, $d_4 = 80\text{mm}$

代入公式得

$$D = \sqrt{7630 + 5104} \text{ mm} \approx 113\text{mm}$$

(其中 $7630 \times \pi/4$ 为该拉深件除去凸缘平面部分的表面积)

(3) 判断能否一次拉深成形

$$\frac{h}{d} = \frac{60}{28} = 2.14$$

$$\frac{t}{D} = \frac{2}{113} \times 100\% = 1.77\%$$

$$\frac{d_i}{d} = \frac{80}{28} = 2.85 \text{ (此外 } d_i = d_4)$$

$$m = \frac{d}{D} = \frac{28}{113} = 0.25$$

依据表 7-9、表 7-10、图 7-20 都说明不能一次拉深成形，需要多次拉深。

(4) 确定首次拉深工序件尺寸 首先假定一个圆筒部分直径 d ，然后根据 d_1 、 D 、 t 从图 7-20 两侧曲线分别求出相对高度 h/d 值，为使实际拉深系数稍大于极限拉深系数，图 7-20 右边所得的 h/d 应稍小于左边所得 h/d 。如果假定的 d 所得结果不合适，则重新假定一个 d 值，直到合适为止。

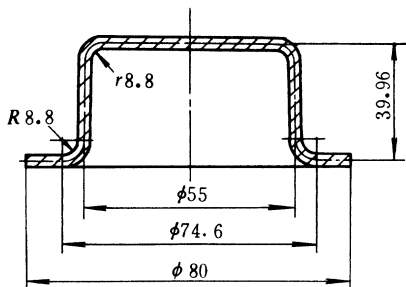


图 7-24 首次拉深工序图

本例假定 $d = 55\text{mm}$ ，

则

$$d_1/d = 80/55 = 1.45$$

$$D/d = 113/55 = 2.05$$

$$t/D \times 100\% = 1.77\%$$

查图 7-20 左边得 $h/d = 0.65$ ，右边 $h/d = 0.57$ ，因此，假定 $d = 55\text{mm}$ 合适。

取 $R = r = 9.8\text{mm}$

首次拉入凹模的材料面积比零件实际需要的面积多 5%，即首次拉深时拉入凹模的材料实际面积为(图 7-24)：

$$A = \frac{\pi}{4} [7630 + (74.6^2 - 36^2)] \times 105\% \text{mm}^2 = 12494 \times \frac{\pi}{4} \text{mm}^2$$

在多拉入凹模 5% 材料后，修正的坯料直径为：

$$D = \sqrt{12494 + (80^2 - 74.6^2)} \text{mm} = 115.5\text{mm}$$

首次拉深的高度为

$$h = \frac{0.25}{d_1} (D^2 - d_1^2) + 0.43(r_1 + R_1) = \left[\frac{0.25}{55} \times (115.5^2 - 80^2) + 0.43(9.8 + 9.8) \right] \text{mm} = 39.96\text{mm}$$

(5) 计算以后各次拉深工序件尺寸 查表 7-11 得

$$m_2 = 0.73 \quad m_3 = 0.75 \quad m_4 = 0.78$$

则

$$d_2 = m_2 d_1 = 0.73 \times 55\text{mm} = 40.2\text{mm}$$

$$d_3 = m_3 d_2 = 0.75 \times 40.2\text{mm} = 30.2\text{mm}$$

$$d_4 = m_4 d_3 = 0.78 \times 30.2\text{mm} = 23.6\text{mm}$$

调整各次拉深系数如下：

$$m_2 = 0.76 \quad m_3 = 0.79 \quad m_4 = 0.85$$

这时各次拉深后工序件的直径为：

$$d_2 = 0.76 \times 55\text{mm} = 41.8\text{mm}$$

$$d_3 = 0.79 \times 41.8\text{mm} = 33\text{mm}$$

$$d_4 = 0.85 \times 33\text{mm} = 28\text{mm}$$

以后各次工序件的圆角半径为：

$$r_2 = R_2 = 5.4\text{mm}$$

$$r_3 = R_3 = 4.6\text{mm}$$

$$r_4 = R_4 = 4\text{mm}$$

设第二次拉深时多拉入凹模的材料面积为 3%(其余 2%的材料返回到凸缘);第三次拉深时多拉入凹模的材料面积为 1.5%(其余 1.5%返回到凸缘)。则第二次拉深和第三次拉深假想的坯料直径分别为

$$D' = \sqrt{\frac{12494}{105\%} \times 103\% + (80^2 - 74.6^2)} \text{mm} = 114.4\text{mm}$$

$$D'' = \sqrt{\frac{12494}{105\%} \times 101.5\% + (80^2 - 74.6^2)} \text{mm} = 113.6\text{mm}$$

以后各次拉深工序件的高度为

$$h_2 = \frac{0.25}{d_2} (D'^2 - d_i^2) + 0.43(r_2 + R_2) =$$

$$\left[\frac{0.25}{41.8} \times (114.4^2 - 80^2) + 0.43 \times (5.4 + 5.4) \right] \text{mm} = 44.6\text{mm}$$

$$h_3 = \frac{0.25}{d_3} (D''^2 - d_i^2) + 0.43(r_3 + R_3) =$$

$$\left[\frac{0.25}{33} \times (113.6^2 - 80^2) + 0.43 \times (4.6 + 4.6) \right] \text{mm} = 53.2\text{mm}$$

最后一道拉深后达到零件的高度,原多拉入的 1.5%的材料返回到凸缘。拉深工序至此结束。

将上述按中线尺寸计算的工序件尺寸换算为外径和总高尺寸,如图 7-25 所示。

第五节 圆筒形件拉深的压料力与拉深力

一、拉深时的起皱与防皱措施

在拉深过程中,如果凸缘区起皱严重,则不可能通过凸模与凹模之间间隙而进入凹模,导致坯料断裂(图 7-26a);如果凸缘区轻微起皱,可能勉强通过凸、凹模之间间隙,但在拉深件的侧壁留下起皱的痕迹,影响了拉深件质量(图 7-26b)。

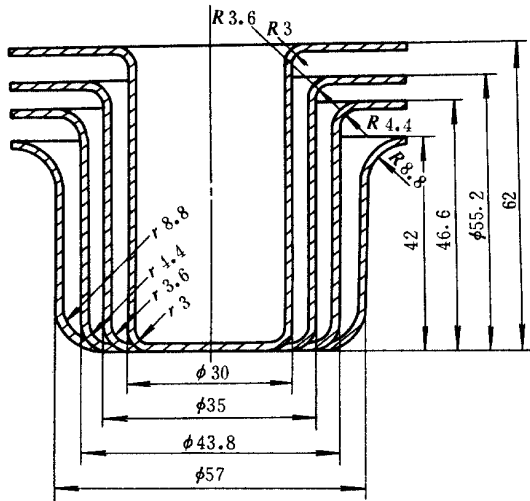


图 7-25 拉深工件尺寸

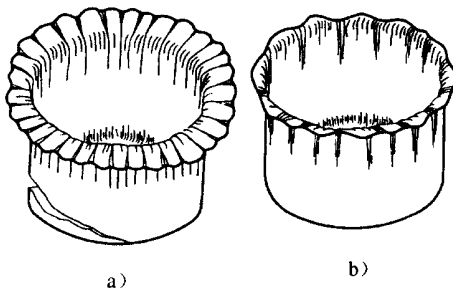


图 7-26 拉深过程坯料的起皱

a) 严重起皱导致破裂

b) 轻微起皱影响拉深件质量

影响坯料起皱的主要因素有：

(1) 坯料的相对厚度 t/D 坯料的相对厚度越小, 拉深变形区抗失稳能力越差, 越容易起皱。相反, 坯料相对厚度越大, 越不容易起皱。

(2) 拉深系数 从凸缘变形区的应力分析中已经知道, 拉深系数越小, 则切向压应力越大。同时, 拉深系数越小, 凸缘变形区宽度越大, 抗失稳能力越小。上述两个因素都促使坯料起皱倾向加大。相反, 拉深系数大, 起皱倾向性减小。

(3) 拉深模工作部分的几何形状与参数凸模和凹模圆角及凸、凹之间间隙过大, 则容易起皱。用锥形凹模拉深与用平端面凹模拉深相比, 前者不容易起皱, 如图 7-27 所示。其原因是在拉深过程中它形成的曲面过渡形状(图 7-27b), 与平端面凹模拉深时的平面形状的变形区相比, 具有较大的抗失稳能力。而且, 锥形凹模圆角处对坯料造成的摩擦阻力和弯曲变形阻力减小到最低限度, 凹模锥面对坯料变形区的作用力也有助于它产生切向压缩变形。因此, 其拉深力比平端面凹模拉深力小得多, 拉深系数可以大为减小。

在生产中, 防止圆筒形件拉深产生起皱的方法, 通常是在拉深模上设置压料圈, 并采

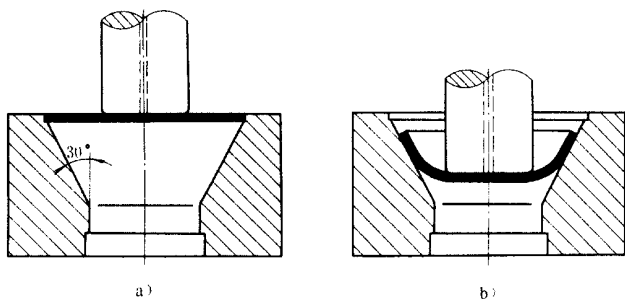


图 7-27 锥形凹模的拉深

用适当的压料力。但变形程度较小，坯料相对厚度较大，则不会起皱，就可不必采用压料圈。是否采用压料圈可按表 7-12 确定。

二、压料力的确定

压料力 F_Y 值应适当， F_Y 值太小，则防皱效果不好； F_Y 值太大，则会增大传力区危险断面上的拉应力，从而引起严重变薄甚至拉裂。压料力对拉深力的影响可从图 7-28 中看出。因此，应在保证变形区不起皱的前提下尽量选用小的压料力。

拉深所需压料力的大小与影响坯料起皱的因素有关，拉深过程所需压料力如图 7-29 所示。由图可以看出，随着拉深系数的减小，所需最小压料力是增大的。同时可以看出，在拉深过程中，所需最小压料力是变化的，一般起皱可能性最大的时刻所需压料力最大。

表 7-12 采用或不采用压料圈的条件

拉 深 方 法	第一次拉深		以后各次拉深	
	$t/D (\%)$	m_1	$t/d_{n-1} (\%)$	m_n
用压料圈	< 1.5	< 0.6	< 1	< 0.8
可用可不用	1.5 ~ 2.0	0.6	1 ~ 1.5	0.8
不用压料圈	> 2.0	> 0.6	> 1.5	> 0.8

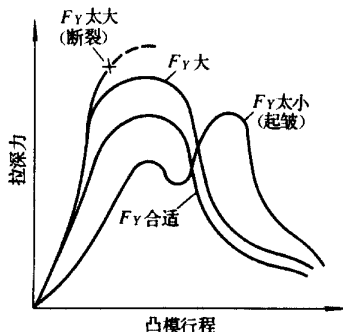


图 7-28 拉深力与压料力的关系

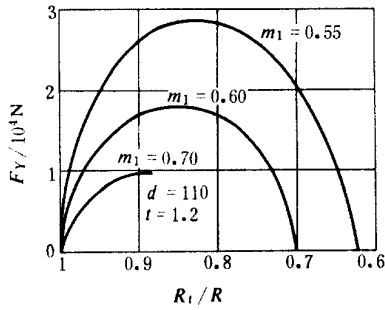


图 7-29 拉深过程所需最小压料力的实验曲线

R_t ——拉深过程凸缘外缘半径 R ——坯料半径

应该指出,压料力的大小应允许在一定范围内调节,如图 7-30 所示。由图可以看出,随着拉深系数的减小,压料力许可调节范围减小,这对拉深工作是不利的,因为当压料力稍大些时就会产生破裂;压料力稍小些时会产生起皱。这就是说,拉深工艺稳定性不好。相反,拉深系数增大,压料力可调节范围增大,工艺稳定性较好。

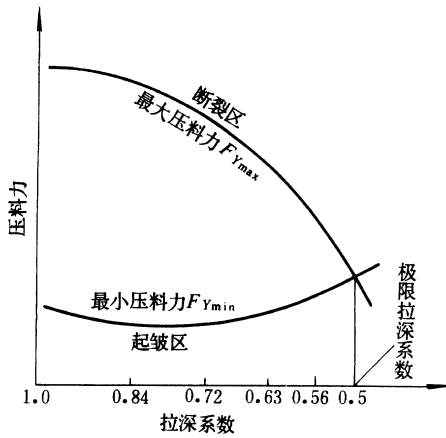


图 7-30 压料力调节范围与拉深系数的关系

在模具设计时,压料力可按下式计算:

任何形状的拉深件

$$F_Y = Ap \quad (7-17)$$

圆筒形件首次拉深

$$F_Y = \frac{\pi}{4} [D^2 - (d_1 + 2A_1)^2] p \quad (7-18)$$

圆筒形件以后各次拉深

$$F_Y = \frac{\pi}{4} [d_{i-1}^2 - (d_i + 2r_{Ai})^2] p \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (7-19)$$

式中 A ——压料圈下坯料的投影面积；
 p ——单位面积压料力， p 值可查表 7-13；
 D ——坯料直径；
 d_1, \dots, d_i ——各次拉深工序件直径；
 r_{A1}, \dots, r_{Ai} ——各次拉深凹模的圆角半径。

表 7-13 单位面积压料力

材 料 名 称		p/MPa
铝		0.8 ~ 1.2
纯铜、硬铝(已退火的)		1.2 ~ 1.8
黄 铜		1.5 ~ 2.0
软 钢	$t < 0.5\text{mm}$	2.5 ~ 3.0
	$t > 0.5\text{mm}$	2.0 ~ 2.5
镀锡钢板		2.5 ~ 3.0
耐热钢(软化状态)		2.8 ~ 3.5
高合金钢 高锰钢、不锈钢		3.0 ~ 4.5

三、压料装置

目前生产中使用的压料装置所产生的压料力难以符合图 7-29 所示的变化曲线。其常用的压料装置有两类：

1. 刚性压料装置

图 7-31 为双动压力机用拉深模，件 4 即为刚性压料圈(又兼顾落料凸模)固定在外滑块上。在每次冲压行程开始时，外滑块带动压料圈下降压在坯料的凸缘上，并在此停止不动，随后内滑块带动凸模下降，并进行拉深变形。

刚性压料装置的压料作用是通过调整压料圈与凹模平面之间的间隙获得的，而压料圈与凹模之间间隙则靠调节压力机外滑块得到。考虑到拉深过程中坯料凸缘区有增厚现象，所以这一间隙应略大于板料厚度。

图 7-32 是锥形刚性压料圈，这种压料圈使坯料凸缘部分在拉深之前变为锥形，并压紧在凹模锥面上。这在一定程度上相当于完成了一道拉深成形。所以用这种结构的压料圈时，极限拉深系数可以减小很多。使用时， α 角应根据坯料相对厚度确定，表 7-14 给出了 α 角与坯料相对厚度以及可能达到的极限拉深系数的关系。

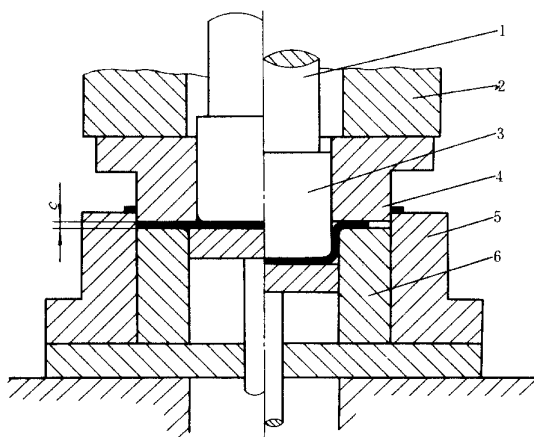


图 7-31 双动压力机用拉深模

1—凸模固定杆 2—外滑块 3—拉深凸模 4—落料凸模兼压料圈 5—落料凹模 6—拉深凹模

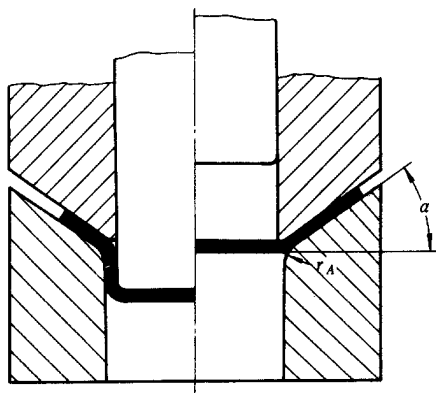


图 7-32 锥形刚性压料圈的工作原理

表 7-14 锥形刚性压料圈的角度、极限拉深系数及相对厚度

$\frac{l}{D}$	0.02	0.015	0.01	0.008	0.005	0.003	0.0015
m	0.35	0.36	0.38	0.40	0.43	0.50	0.60
$\alpha(^{\circ})$	60	45	30	23	17	13	10

刚性压料装置的特点是，压料力不随拉深的工作行程而变化，压料效果较好，模具结构简单。

2. 弹性压料装置

图 7-33 为单动压力机用弹性压料装置。这类压料装置还分三种：

(1) 弹簧式压料装置(图 7-33a)。

(2) 橡胶式压料装置(图 7-33b)。

(3)气垫式压料装置,即以压缩空气作用或空气液压联动作用防止起皱(图7-33c)。

以上三种压料装置的压料力变化曲线如图7-34所示。由图可以看出,弹簧和橡胶压料装置的压料力是随着工作行程(拉深深度)的增加而增大的,尤其橡胶式压料装置更突出。这样的压料力变化特性会使拉深过程的拉深力不断增大,从而增大拉裂的危险性。因此,弹簧和橡胶压料装置通常只用于浅拉深。但是,这两种压料装置结构简单,在中小型压力机上使用较为方便。只要正确地选择弹簧的规格和橡胶的牌号及尺寸,就能减少它的不利方面。弹簧应选总压缩量大,压力随压缩量增加而缓慢增大的规格。橡胶应选用软橡胶,并保证相对压缩量不过大,建议橡胶总厚度不小于拉深工作行程的5倍。

气垫式压料装置压料效果较好,压料力基本上不随工作行程而变化(压料力的变化可控制在10%~15%内),但气垫装置结构复杂。

压料圈是压料装置的关键零件。其结构形式除了上述的锥形压料圈外,一般的拉深模采用平面压料圈(图7-35a)。当坯料相对厚度较小,拉深件凸缘小且圆角半径较大时,则采用带弧形的压料圈(图7-35b)。

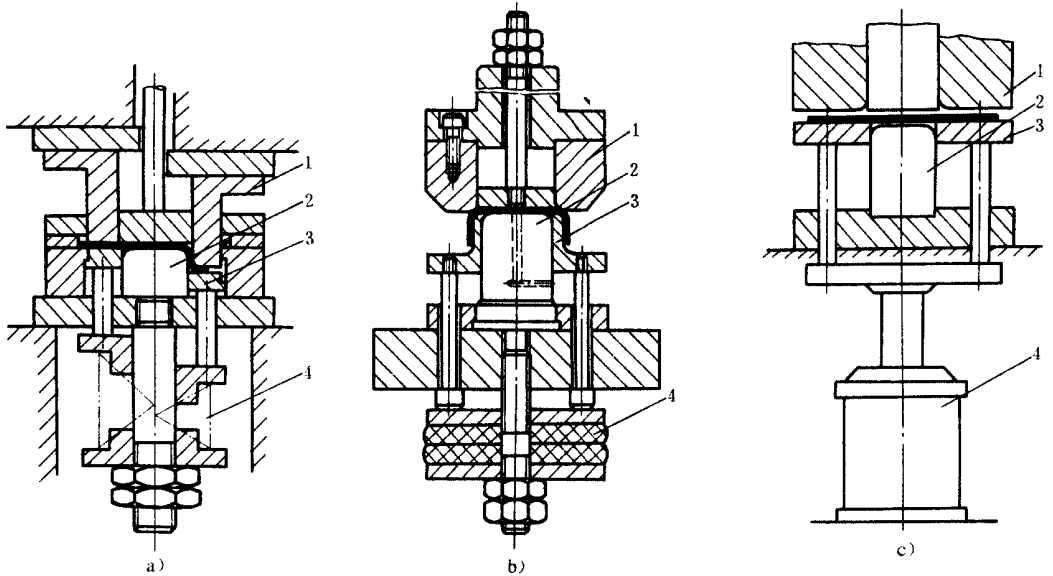


图7-33 弹性压边装置

a) 弹簧式压料装置 b) 橡胶式压料装置 c) 气垫式压料装置
1—凹模 2—凸模 3—压料圈 4—弹性元件(弹顶器)

为保持整个拉深过程中压料力均衡和防止将坯料夹得过紧,特别是拉深板料较薄且凸缘较宽的拉深件时,可采用带限位装置的压料圈(图7-36)。其压料圈和凹模之间始终保持一定的距离 S 。对于有凸缘零件的拉深, $S = t + (0.05 \sim 0.1) \text{mm}$,铝合金的拉深, $S = 1.1t$,钢板的拉深, $S = 1.2t$ (t 为板料厚度)。

对于凸缘小或球形件和抛物线形件的拉深,为了防皱,采用带拉深筋的压料圈。

总之,拉深时的起皱和防止起皱的问题比较复杂,防皱的压料与防破裂又有矛盾,目

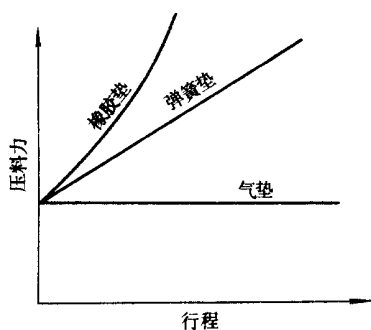


图 7-34 各种弹性压料装置的压料力曲线

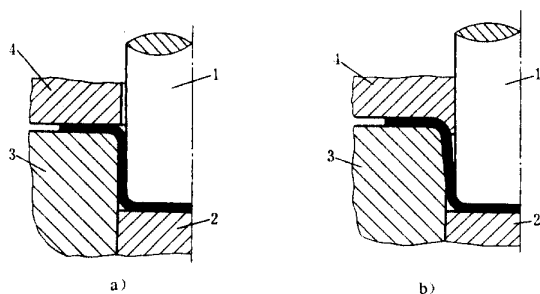


图 7-35 平面压料圈与弧形压料圈
1—凸模 2—顶板 3—凹模 4—压料圈

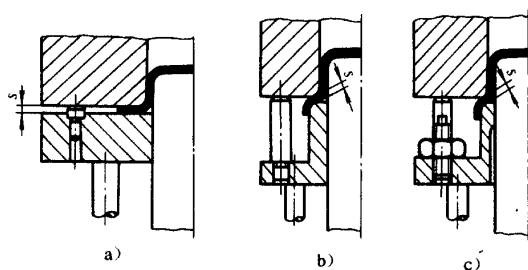


图 7-36 有限位装置的压料圈

前常用的压料装置产生的压料力还不能符合理想的压料力变化曲线。因此,如何探索较理想的压料装置是拉深工作的一个重要课题。

四、拉深力的计算

式(7-6)是拉深力的理论计算公式。在生产中常用以下经验公式进行计算:

采用压料圈拉深时

$$\text{首次拉深} \quad F = \pi d_1 t_{\sigma_b} K_1 \quad (7-20)$$

$$\text{以后各次拉深} \quad F = \pi d_i t_{\sigma_b} K_2 \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (7-21)$$

不采用压料圈拉深时

首次拉深 $F = 1.25\pi(D - d_1)t\sigma_b$ (7-22)

以后各次拉深 $F = 1.3\pi(d_{i-1} - d_i)t\sigma_b$ ($i = 2, 3, \dots, n$) (7-23)

式中 F ——拉深力；

t ——板料厚度；

D ——坯料直径；

d_1, \dots, d_n ——各次拉深后的工序件直径；

σ_b ——拉深件材料的抗拉强度；

K_1, K_2 ——修正系数其值见表 7-15。

表 7-15

修正系数 K_1 及 K_2 之值

m_1	0.55	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.75	0.77	0.80	-	-	-
K_1	1.0	0.93	0.86	0.79	0.72	0.66	0.60	0.55	0.5	0.45	0.40	-	-	-
m_2, m_3, \dots, m_n	-	-	-	-	-	-	0.70	0.72	0.75	0.77	0.80	0.85	0.90	0.95
K_2	-	-	-	-	-	-	1.0	0.95	0.90	0.85	0.80	0.70	0.60	0.50

五、压力机公称压力的确定

对于单动压力机,其公称压力应大于工艺总压力。工艺总压力为

$$F_z = F + F_Y \quad (7-24)$$

式中 F ——拉深力；

F_Y ——压料力。

选择压力机公称压力时必须注意,当拉深工作行程较大,尤其落料拉深复合时,应使工艺力曲线位于压力机滑块的许用压力曲线之下,而不能简单地按压力机公称压力大于工艺力的原则去确定压力机规格,如图 7-37 所示。由图可以看出,在进行落料(曲线 1)或弯曲(曲线 2)时,选用公称压力为 F_{ga} 的压力机,完全可以保证在全部行程里的变形力都低于压力机的许用压力,所以是合理的。但是,公称压力为 F_{ga} 的压力机,虽然它的公称压力大于拉深变形(曲线 3)所需的最大力,但在全部行程中,压力机的许用压力曲线不能都高于拉深变形力曲线,所以在这种情况下必须选用公称压力为 F_{gb} 的压力机。由图 7-37 可以看出,即使选用公称压力为 F_{gb} 的压力机,如果采用落料拉深复合工序,因为这时落料力(曲线 4)就已经超过了压力机许用压力曲线,如果加上拉深力则超过更多,所以落料拉深复合时不能选用公称压力为 F_{gb} 的压力机。还需要选更大公称压力的压力机。

在实际生产中可以按下式来确定压力机的公称压力：

浅拉深 $F_g \geq (1.6 \sim 1.8)F_z$ (7-25)

深拉深 $F_g \geq (1.8 \sim 2.0)F_z$ (7-26)

式中 F_g ——压力机公称压力。

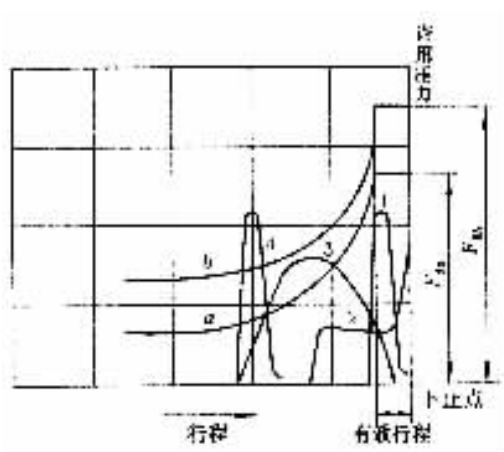


图 7-37 曲轴压力机的许用压力—行程曲线
1、4—落料工艺变形力曲线 2—弯曲工艺变形力曲线
3—拉深工艺变形力曲线

六、拉深功的计算

拉深功按下式计算：

$$W = \frac{CF_{\max}h}{1000} \quad (7-27)$$

式中 W ——拉深功(J)；

F_{\max} ——最大拉深力(包含压料力)(N)；

h ——凸模工作行程(mm)；

C ——系数,与拉深力曲线有关, C 值可取0.6~0.8

压力机的电动机功率可按下式计算：

$$P = \frac{KW_n}{60 \times 1000 \times \eta_1 \eta_2} \quad (7-28)$$

式中 P ——电动机功率(kW)；

K ——不均衡系数, $K=1.2 \sim 1.4$ ；

η_1 ——压力机效率, $\eta_1=0.6 \sim 0.8$ ；

η_2 ——电动机效率, $\eta_2=0.9 \sim 0.95$ ；

n ——压力机每分钟行程数。

若所选压力机的电动机功率小于计算值,则应另选更大的压力机。

第六节 阶梯形件的拉深

旋转体阶梯形件拉深的变形特点与圆筒形件拉深的特点相同。可以认为圆筒形件以后各次拉深时不拉到底就得到阶梯形件。但是,阶梯形件的拉深次数及拉深方法等与圆筒形件拉深是有区别的。

一、判断能否一次拉深成形

判断所给阶梯形件能否一次拉深成形的方法是,先求出零件的高度 h 与最小直径 d_n 之比(图 7-38a),然后再根据坯料相对厚度查表 7-8。如果拉深次数为 1,则可一次拉深成形,否则就要多次拉深成形。

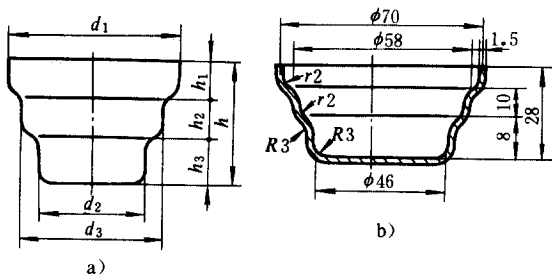


图 7-38 阶梯形件
a) 阶梯形件 b) 阶梯形件实例

例 7-4 如图 7-38b 所示的阶梯形件,材料为 08 钢,厚度为 1.5mm。试判断能否一次拉深成形?

解 按图尺寸求得坯料直径 $D = 107\text{mm}$, $\frac{t}{D} \approx 1.4\%$, $\frac{h}{d_n} = \frac{28}{46} \approx 0.6$

查表 7-8 可知,该零件可以一次拉深成形。

二、阶梯形件多次拉深的方法

(1) 当任意两相邻阶梯直径之比 (d_i/d_{i-1}) 都不小于相应的圆筒形件的极限拉深系数时,其拉深方法为:由大阶梯到小阶梯依次拉出(图 7-39a),这时拉深次数等于阶梯数目与最大阶梯成形之前的拉深次数之和。

例 7-5 如图 7-40a 所示的阶梯形件,材料为 H62 钢,厚度为 1mm,试确定拉深方法及其工序顺序。

解 按图求得坯料直径 $D = 106\text{mm}$, 则 $t/D \approx 1.0\%$, $d_2/d_1 = 24/48 = 0.5$, 经查表 7-6 可知,拉深系数显然小于极限拉深系数,但由于小阶梯高度很小,实际生产中仍采用从大阶梯到小阶梯依次拉出。其拉深次数为 3 次,拉深工序顺序如图 7-40b 所示。其中工序

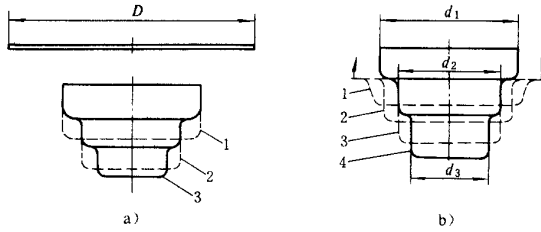


图 7-39 阶梯形件多次拉深方法

1、2、3、4—拉深次序

件Ⅲ为整形工序得到的。

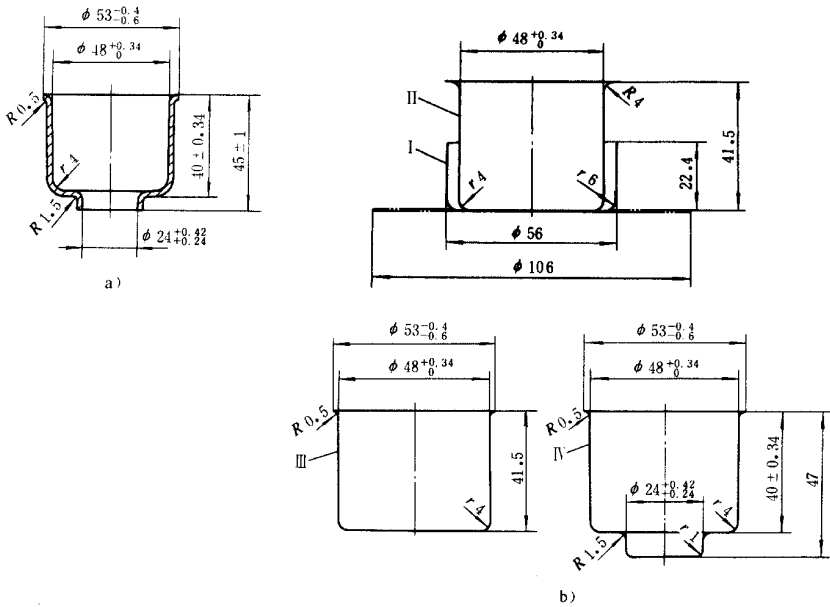


图 7-40 阶梯形件多次拉深实例

a)零件图 b)拉深工序顺序

(2)如果某相邻两阶梯直径之比(d_i/d_{i-1})小于相应圆筒形件的极限拉深系数时,则由直径 d_{i-1} 到 d_i 按凸缘件的拉深方法进行拉深,如图7-39b所示。因 d_2/d_1 小于相应的极限拉深系数,故用凸缘件的拉深方法拉深出 d_2 , d_3/d_2 不小于相应的极限拉深系数,故可直接从 d_2 拉到 d_3 ,最后拉深出 d_1 。例如图7-41所示的阶梯形件,材料为H62,厚度为0.5mm, $d_2/d_1 = 16.5/34.5 = 0.48$,该值显然小于相应的极限拉深系数,故采用凸缘件的拉深方法拉出直径16.5mm,然后再拉出直径34.5mm。

当阶梯件的最小的阶梯直径 d_n 很小, d_n/d_{n-1} 过小,其高度 h_n 又不大时,则最小阶梯可以用胀形的方法得到,但材料变薄,影响零件质量。

当阶梯件的坯料相对厚度较大($t/D \geq 1.0\%$),而且每个阶梯的高度不大,相邻阶梯直径差又不大时,也可以采用如图7-42所示的拉深方法,即首先拉成带大圆角半径的圆筒形件,然后用校形方法得到零件的形状和尺寸。用这种方法成形,材料可能有局部变

薄,影响零件质量。

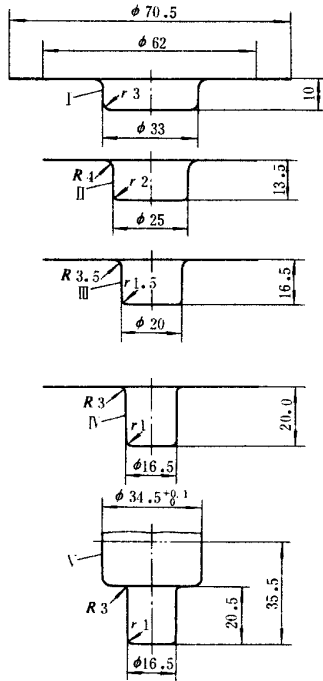


图 7-41 阶梯形拉深件实例

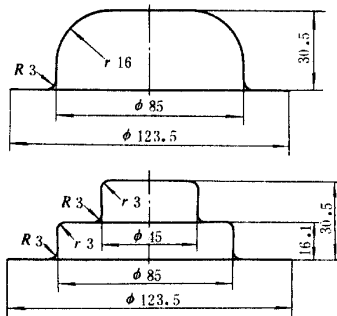


图 7-42 电喇叭底座的拉深

第七节 盒形件的拉深

一、盒形件拉深的变形特点

盒形件可以划分为4个长度分别为 $(L - 2r)$ 和 $(B - 2r)$ 的直边部分及4个半径均为 r 的圆角部分(图7-43)。圆角部分是四分之一的圆柱面;直边部分是直壁平面。假设圆角部分与直边部分没有联系,则零件的成形可以假想为由直边部分的弯曲和圆角部分的拉深变形所组成。但实际上直边和圆角是一个整体,在成形过程中必然有互相作用和影响,两者之间也没有明显的界限。

为了观察盒形件拉深的变形特点,在拉深成形之前将坯料表面的圆角部分按圆筒形件拉深试验的同样方法划网格,直边部分则划成由相互垂直的等距离平行线组成的网格($l_1 = l_2 = l_3 = b_1 = b_2 = b_3$)如图7-43所示。经过拉深成形后,其圆角部分网格的变化与圆筒形件拉深的情况相似,但也有差别。平板坯料上的径向放射线,经变形后不是成为与底面垂直的平行线,而是口部距离大底部距离小的斜线。这说明圆角部分的金属材料有向直边转移。直边部分经变形后,横向尺寸 $l_1 > l'_1 > l'_2 > l'_3$,纵向尺寸 $b_1 < b'_1 < b'_2 < b'_3$ 。这说明直边部分在变形过程中受到圆角部分材料的挤压作用,其横向压缩变形是不均匀的,靠近圆角处压缩变形大,直边中间处压缩变形小。沿高度方向伸长变形也是不均匀的,靠近口部处变形大,而靠近底部处变形小。

由以上试验分析可以看出,盒形件拉深变形有以下特点:

(1)盒形件拉深的变形性质与圆筒形件相同,坯料变形区(凸缘)也是一拉一压的应力状态,如图7-44所示。

(2)与圆筒形件拉深的最大区别在于,盒形件拉深时沿坯料周边上的应力和变形分布是不均匀的。由于圆角部分金属向直边流动,减轻了圆角部分材料的变形程度。拉应力 σ_1

在圆角中间处最大,而向直边逐步减小,变形所需要的拉应力平均值比相应圆筒形件小得多。这就减小了危险断面拉裂的可能性,因此盒形件可以取较小的拉深系数。压应力 σ_3 从圆角中部最大值向直边逐渐减小,因此,圆角部分与相应圆筒形件相比,起皱的趋向性

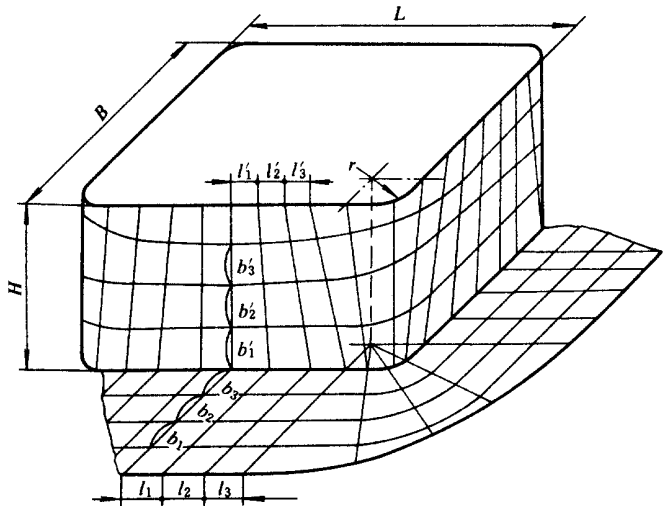


图7-43 盒形件拉深的变形特点

减小。

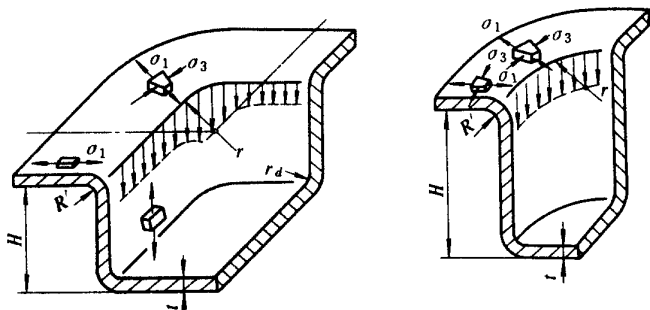


图 7-44 盒形件拉深时的应力分布

直边部分除了承受弯曲力之外,还承受横向挤压力作用,但 σ_1 和 σ_3 比圆角处小得多,破裂和起皱趋向性很小。

(3)直边与圆角变形相互影响程度取决于相对圆角半径 (r/B) 和相对高度 (H/B), r/B 越小,直边部分对圆角部分的变形影响越显著。如果 $r/B = 0.5$,则盒形件成为圆筒形件,也就不存在直边与圆角变形的相互影响了, H/B 越大,直边与圆角变形相互影响也越显著。因此, r/B 和 H/B 两个尺寸参数不同的盒形件,在展开尺寸和工艺计算上都有较大不同。

二、盒形件坯料的形状和尺寸的确定

实践证明,在盒形件拉深时,正确地确定坯料的形状和尺寸很重要,它不仅关系到节约原材料,而且关系到拉深时材料的变形和零件的质量。坯料形状及尺寸不适当,将进一步增大坯料周边变形的不均匀程度,影响拉深工作的顺利进行,影响零件质量。

口部要求不高的低盒形件,拉深后可以不切边;口部要求较高的或高盒形件一般都要经过切边。盒形件的切边余量见表 7-16。

表 7-16 盒形件的切边余量 Δh

所需拉深工序数目	1	2	3	4
切边余量 Δh	$(0.03 \sim 0.05)H$	$(0.04 \sim 0.06)H$	$(0.05 \sim 0.08)H$	$(0.06 \sim 0.1)H$

盒形件坯料形状和尺寸的初步确定方法通常是根据零件的 r/B 和 H/B 两个尺寸参数。因为这两个参数对圆角部分材料向直边转移程度影响极大。以下例举两类典型盒形件的坯料形状和尺寸的确定方法:

1. 一次拉深成形的低盒形件坯料的确定

对于 H/B 和 r/B 均较小的盒形件,其坯料的形状和尺寸可以按下述步骤来确定(图 7-45):

(1)首先将盒形件的直边按弯曲变形,圆角部分按四分之一圆筒形拉深变形,分别展开得 $ABCDEF$ 轮廓的坯料。其中

$$l_z = H + 0.57r_d \quad (7-29)$$

$$R = \sqrt{2rH} \quad (\text{当 } r = r_d \text{ 时}) \quad (7-30)$$

或
$$R = \sqrt{r^2 + 2rH - 0.86r_d(r + 0.16r_d \text{ 时})} \quad (\text{当 } r > r_d) \quad (7-31)$$

(2)修正展开的坯料形状,使圆角到直边光滑过渡。作法是:由BC中点作圆弧R的切线,再以R为半径作圆弧与直边和切线相切。这时面积 $A_1 = A_2$,拉深时圆角部分多出的面积 A_1 向直边转移以补充直边部分面积的不足 A_2 。

2. 多次拉深成形的高盒形件坯料的确定

(1)多次拉深成形的高正方形盒的坯料 正方形盒的坯料为圆形,其直径按下式计算(图7-46):

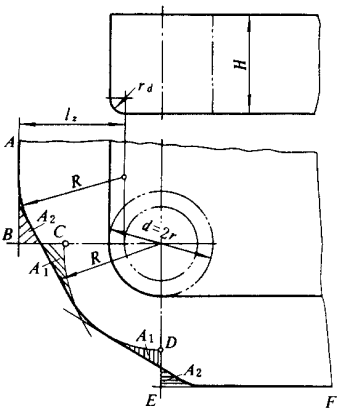


图 7-45 低盒形件坯料的初步确定

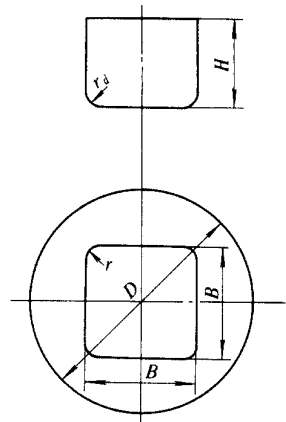


图 7-46 方形盒多次拉深坯料的形状与尺寸

当 $r = r_d$ 时

$$D = 1.13 \sqrt{B^2 + 4B(H - 0.43r)} - 1.72r(H + 0.33r) \quad (7-32)$$

当 $r > r_d$ 时

$$D = 1.13 \sqrt{B^2 + 4B(H - 0.43r_d)} - 1.72r(H + 0.5r) - 4r_d(0.11r_d - 0.18r) \quad (7-33)$$

(2)多次拉深成形的高矩形件的坯料 这种零件可以看成由宽度为 B 的两个半正方形和中间宽度为 B 长度为 $L-B$ 的槽形所组成。坯料的外形有两种(图7-47):一种是椭圆形坯料;另一种是长圆形坯料。长圆形坯料的落料模比椭圆形坯料的落料模容易制造。

椭圆形坯料尺寸按以下公式求得,即

$$L_z = D + (L - B) \quad (7-34)$$

式中 D ——边长为 B 的高正方形坯料直径,按式(7-32)或式(7-33)求得。

$$B_z = \frac{D(B - 2r) + [B + \alpha(H - 0.43r_d)](L - B)}{L - 2r} \quad (7-35)$$

$$R_b = \frac{D}{2}$$

$$R_l = \frac{0.25(L_z^2 + B_z^2) - L_z R_b}{B_z - 2R_b} \quad (7-36)$$

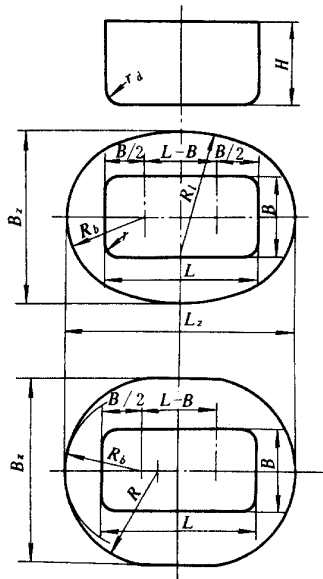


图 7-47 矩形盒多次拉深
坯料的形状与尺寸

长圆形坯料尺寸的计算方法如下：

L_2 、 B_2 分别按式(7-34)式(7-35)求出， $R = 0.5B_2$ 。

当矩形盒的长边 L 和宽边 B 相差不大，计算出的 L_2 和 B_2 相差不远时，可以把坯料简化为圆形，以利于坯料落料模的制造。

上面列举的两类典型盒形件坯料形状和尺寸的确定方法，并不能概括所有形状和尺寸的盒形件。鉴于各种盒形件的几何尺寸不同，其坯料的确定方法有一定区别，具体确定方法可参考有关资料。

三、盒形件拉深变形程度

盒形件拉深变形程度可以用拉深系数和相对高度来表示。其极限变形程度不仅取决于材料性质和坯料的相对厚度 t/D (或 t/B)，还与零件相对圆角半径 r/B 有密切关系。

对于具有较小圆角半径的盒形件拉深，其拉深变形程度可以用角部拉深系数表示：

$$\text{首次拉深} \quad m_1 = \frac{r_1}{R_y} \quad (7-37)$$

$$\text{以后各次拉深} \quad m_i = \frac{r_i}{r_{i-1}} \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (7-38)$$

式中 R_y ——坯料圆角的假想半径， $R_y = R_b - 0.7(B - 2r)$ ，对于图 7-45， $R_y = R$ ；

r_1 、 r_i ——各次拉深后工序件口部的圆角半径；

m_1 、 m_i ——首次和以后各次的拉深系数，其极限值可查表 7-17 和表 7-18。

当 $r = r_d$ 时，首次拉深变形程度也可以用盒形件相对高度来表示为

$$m = \frac{d}{D} = \frac{2r}{2\sqrt{2rH}} = \frac{1}{\sqrt{2\frac{H}{r}}}$$

式中 $\frac{H}{r}$ ——盒形件相对高度 盒形件第一次拉深的许可的相对高度见表 7-19。

如果根据零件尺寸求得的拉深系数 m 大于表 7-17 的 m_1 值 ($m \geq m_1$) 或盒形件相对高度 H/r 小于表 7-19 中盒形件第一次拉深许可的最大 H/r_1 值, 则可以一次拉深成形, 否则就要多次拉深成形。

表 7-17 盒形件角部的第一次极限拉深系数(材料 08 钢、10 钢)

$\frac{r}{B_1}$	坯料的相对厚度(t/D %)							
	0.3~0.6		0.6~1.0		1.0~1.5		1.5~2.0	
	矩 形	方 形	矩 形	方 形	矩 形	方 形	矩 形	方 形
0.025	0.31		0.30		0.29		0.28	
0.05	0.32		0.31		0.30		0.29	
0.10	0.33		0.32		0.31		0.30	
0.15	0.35		0.34		0.33		0.32	
0.20	0.36	0.38	0.35	0.36	0.34	0.35	0.33	0.34
0.30	0.40	0.42	0.38	0.40	0.37	0.39	0.36	0.38
0.40	0.44	0.48	0.42	0.45	0.41	0.43	0.40	0.42

注 1. D 对于正方形盒是指坯料直径, 对于矩形盒是指坯料宽度。

2. 对于塑性比 08 钢、10 钢差的金属 m_1 比表值适当增大, 塑性比 08 钢、10 钢更好的金属 m_1 比表值适当减小。

表 7-18 盒形件以后各次极限拉深系数(材料 08 钢、10 钢)

$\frac{r}{B}$	坯料相对厚度(t/D %)			
	0.3~0.6	0.6~1	1~1.5	1.5~2
0.025	0.52	0.50	0.48	0.45
0.05	0.56	0.53	0.50	0.48
0.10	0.60	0.56	0.53	0.50
0.15	0.65	0.60	0.56	0.53
0.20	0.70	0.65	0.60	0.56
0.30	0.72	0.70	0.65	0.60
0.40	0.75	0.73	0.70	0.67

表 7-19 盒形件第一次拉深许可的相对高度 H/r_1 (材料 10 钢)

$\frac{r}{B_1}$	方 形 盒			矩 形 盒		
	坯料相对厚度(t/D %)					
	0.3~0.6	0.6~1	1~2	0.3~0.6	0.6~1	1~2
0.4	2.2	2.5	2.8	2.5	2.8	3.1
0.3	2.8	3.2	3.5	3.2	3.5	3.8
0.2	3.5	3.8	4.2	3.8	4.2	4.6
0.1	4.5	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5
0.05	5.0	5.5	6.0	5.0	5.5	6.0

注：对塑性较差的金属拉深时， $\frac{H}{r_1}$ 的数值取比表值减小 5% ~ 7%；对塑性较好的金属拉深时，取比表中数值大 5% ~ 7%。

四、盒形件的多工序拉深方法及工序件尺寸的确定

盒形件多次拉深时的变形特点，不但与圆筒形件的多次拉深不同，而且与盒形件首次拉深的变形也有较大差别。盒形件再次拉深变形过程如图 7-48 所示。冲件底部和已经进入凹模高度为 h_2 的直壁是传力区；宽度为 b_n 的环形部分为变形区；高度为 h_1 的直壁部分是待变形区。在拉深过程中，随着拉深凸模的向下运动，高度 h_2 不断增大，而高度 h_1 则逐渐减小，直到全部进入凹模而形成冲件的侧壁。

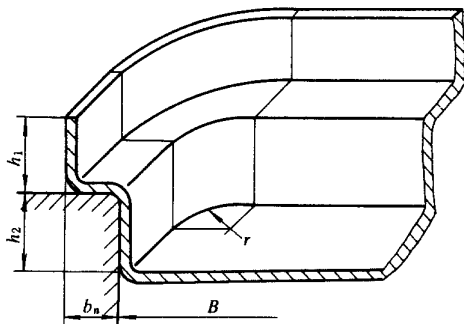


图 7-48 盒形件再次拉深变形过程

从拉深变形过程来看，盒形件再次拉深的变形区与圆筒形件再次拉深变形区的区别在于它既有圆角部分又有直边部分，要使拉深顺利进行并保证零件质量，必须使再次拉深变形区内各部分的变形均匀。否则，由于这种不均匀的变形受到高度为 h_1 的待变形区侧壁的阻碍，必然在变形区内产生附加应力。在受到附加压应力作用的部位，可能产生材料的堆集或横向起皱；在受到附加拉应力作用的部位，可能产生材料厚度过分变薄甚至破裂。因此，对于盒形件的拉深，除了应该保证沿盒形件周边各点上的拉深变形程度不超过其侧壁抗拉强度所允许的极限值之外，还必须保证拉深变形区内各部分变形均匀一致，不要产生材料的局部堆集和破裂。这点应成为确定盒形件工序顺序、变形工艺参数、工序件形状和尺寸及模具设计着重考虑的问题。在确定盒形件多次拉深工序件形状和尺寸时，最好先初步确定拉深次数。盒形件所需的拉深次数见表 7-20。

表 7-20

盒形件多次拉深所能达到的最大相对高度 $\frac{H}{B}$

拉深次数	坯料相对厚度(t/B)(%)				拉深次数	坯料相对厚度(t/B)(%)			
	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.8	0.8 ~ 1.3	1.3 ~ 2.0		0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 0.8	0.8 ~ 1.3	1.3 ~ 2.0
1	0.50	0.58	0.65	0.75	4	2.0	2.2	2.6	3.5
2	0.70	0.80	1.0	1.2	5	3.0	3.4	4.0	5.0
3	1.20	1.30	1.6	2.0	6	4.0	4.5	5.0	6.0

确定盒形件多次拉深工序件形状和尺寸的方法有几种，下面介绍一种控制角部壁间距离 δ 的计算方法。

图 7-49 为方盒形件多工序拉深工序件形状和尺寸。采用直径为 D 的圆形坯料,各中间工序都拉成圆筒形,最后一道工序拉深成方盒形。

计算从 $n-1$ 道工序开始。 $n-1$ 道工序件的直径为

$$d_{n-1} = 1.41B - 0.82r + 2\delta \quad (7-39)$$

式中 d_{n-1} —— $n-1$ 次拉深后所得的工序件内径;

B ——方盒形件边长(内形尺寸);

r ——方盒形件角部内圆角半径;

δ ——角部壁间距,即由 $n-1$ 道拉深后得到工序件的圆角内表面到盒形件角部内表面之间距。

角部壁间距 δ 值直接影响拉深变形区的变形程度及其均匀性。可以保证变形区内适度而均匀变形的 δ 值可查表 7-21。控制角部壁间距,实际上是控制角部拉深系数。

表 7-21 角部壁间距 δ 值 (mm)

角部相对圆角半径	0.025	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
$\frac{r}{B}$	0.12	0.13	0.135	0.16	0.17	0.2
相对壁间距离						
$\frac{\delta}{r}$						

其它各道拉深工序相当于坯料直径为 D 拉深成直径为 d_{n-1} 、高度为 H_{n-1} 的圆筒形件。因而工序件尺寸计算与圆筒形件拉深的计算方法相同。

图 7-50 是矩形盒多工序拉深工序件形状和尺寸。各中间工序拉深成椭圆形,最后拉深成矩形。

计算也是从 $n-1$ 道工序开始。 $n-1$ 道拉深成椭圆形,其半径为

$$R_{ln-1} = 0.705L - 0.41r + \delta \quad (7-40)$$

$$R_{bn-1} = 0.705B - 0.41r + \delta \quad (7-41)$$

式中 R_{ln-1} 、 R_{bn-1} —— $n-1$ 道拉深所得椭圆形工序件在短轴和长轴上的曲率半径;

L 、 B ——矩形盒的长度和宽度;

r ——矩形盒角部的内圆角半径;

δ ——角部壁间距。

R_{ln-1} 和 R_{bn-1} 的圆心可按图 7-50 的尺寸关系确定,画圆弧并圆滑连接即得, $n-1$ 道拉深所得工序件的形状和尺寸。如果初步确定的拉深次数为两次,则应按盒形件首次拉深的计算方法,核算是否可以从平板坯料直接拉深成 $n-1$ 道工序所得的工序件。如果不行,再进行 $n-2$ 道工序的计算。 $n-2$ 道拉深工序是从椭圆形的工序件拉深成椭圆形。此时应保证

$$\frac{R_{ln-1}}{R_{ln-1} + l_{n-1}} = \frac{R_{bn-1}}{R_{bn-1} + b_{n-1}} = 0.75 \sim 0.85 \quad (7-42)$$

式中 l_{n-1} 、 b_{n-1} —— $n-2$ 道与 $n-1$ 道工序件之间,在短轴和长轴上的壁间距离。

根据式(7-42)求出 l_{n-1} 和 b_{n-1} 如下:

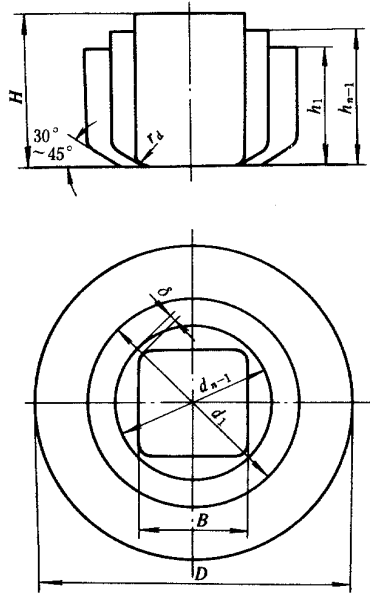


图 7-49 方盒形件多工序拉深
工序件形状和尺寸

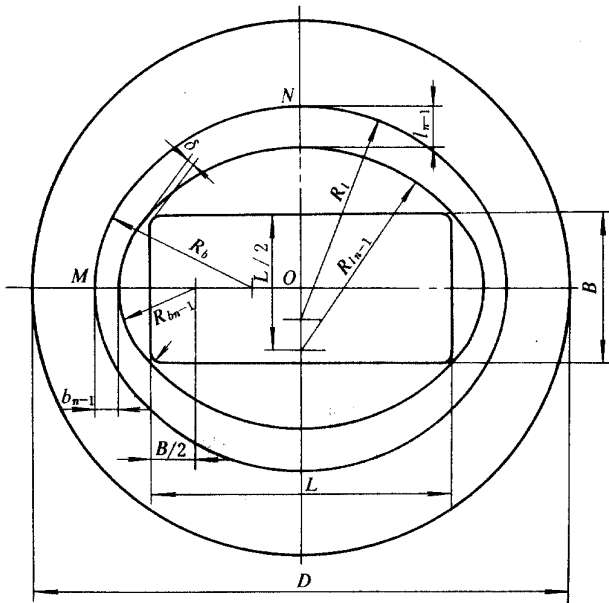


图 7-50 矩形盒多工序拉深工序件的形状和尺寸

$$l_{n-1} = (0.18 \sim 0.33) R_{m-1} \quad (7-43)$$

$$b_{n-1} = (0.18 \sim 0.33) R_{bn-1} \quad (7-44)$$

求出 l_{n-1} 和 b_{n-1} 之后, 在对称轴上找到 N 和 M 点。然后选定半径 R_l 和 R_b 作圆弧使

其通过 N 和 M 点,并圆滑连接,即得 $n-2$ 道工序件形状和尺寸。 R_l 和 R_b 的圆心都比 $R_{l_{n-1}}$ 和 $R_{b_{n-1}}$ 的圆心更靠近矩形盒的中心 O 。如果初定拉深次数为三次,则应进行核算,看其是否可以从平板坯料直接拉成 $n-2$ 道所得工序件。如果不行,则再进行 $n-3$ 道拉深工序的计算,其方法同上。

为了使最后一道拉深成形顺利进行,将 $n-1$ 道拉深成为具有和零件相同的平底形状,并以 45° 斜角和大的圆角半径将其与侧壁连接起来(图 7-49)。

例 7-6 确定图 7-51 所示方盒形件拉深工序件形状和尺寸,材料为 08F 钢,厚度为 0.5mm 。

解:板料厚度小于 1mm ,可按零件内形尺寸进行计算。

(1)初步估计拉深次数 根据零件相对高度 $\frac{H}{B} = \frac{70}{45} = 1.55$,相对厚度 $\frac{t}{B} = 1.11\%$,查表 7-20 初步估计需三次拉深成形($n=3$)。

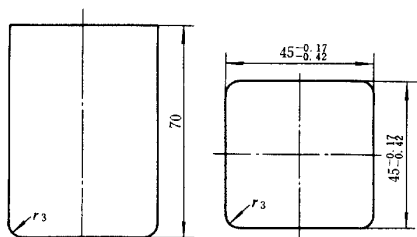


图 7-51 方盒形零件图

(2)确定坯料的形状和尺寸 多次拉深的盒形件,一般需要切边。根据零件拉深次数查表 7-16,确定切边余量 $\Delta h = 0.05H = 0.05 \times 70\text{mm} = 3.5\text{mm}$ 。所以总高度为 $(70 + 3.5)\text{mm} = 73.5\text{mm}$ 。

采用圆形坯料,其直径计算如下:

$$\begin{aligned} D &= 1.13 \sqrt{B^2 + 4B(H - 0.43r)} - 1.72r(H + 0.33r) \\ &= 1.13 \sqrt{44^2 + 4 \times 44 \times (73.5 - 0.43 \times 3)} - 1.72 \times 3 \times (73.5 + 0.33 \times 3)\text{mm} \\ &= 134.9\text{mm} \end{aligned}$$

(3)校核是否需要多次拉深成形 根据 $\frac{r}{B} = 0.067$ 和 $\frac{t}{D} = \frac{0.5}{134.9} \times 100\% = 0.37\%$,查表 7-19 得盒形件第一次拉深许可的比值 $H/r_1 \approx 4.8$ 。故一次拉深极限高度 $H = 3 \times 4.8\text{mm} = 14.4\text{mm}$,而零件拉深高度为 73.5mm ,所以不能一次拉深成形,而需要多次拉深。

(4)确定各拉深工序件形状和尺寸 本零件由平板圆坯料拉深成方盒形件采用圆筒形工序件的过渡方式。

$n-1$ 道所得工序件的尺寸计算如下:

根据 $r/B = 0.067$ 查表 7-21 得 $\delta = 0.132r = (0.132 \times 3)\text{mm} = 0.4\text{mm}$ 。

$$\begin{aligned} d_{n-1} &= 1.41B - 0.82r + 2\delta = (1.41 \times 47 - 0.82 \times 3 + 2 \times 0.4)\text{mm} \\ &= 60.38\text{mm} \approx 60.4\text{mm} \end{aligned}$$

确定 $rd_{n-1} = 3.6\text{mm}$ 。

则

$$\begin{aligned}
 h_{n-1} &= 0.25 \left(\frac{D^2}{d_{n-1}} - d_{n-1} \right) + 0.43 \frac{r_{d_{n-1}}}{d_{n-1}} (d_{n-1} + 0.32 r_{d_{n-1}}) \\
 &= \left[0.25 \times \left(\frac{134.9^2}{60.4} - 60.4 \right) + 0.43 \times \frac{3.6}{60.4} \times (60.4 + 0.32 \times 3.6) \right] \text{mm} \\
 &= 61.79 \text{mm} \approx 61.80 \text{mm}
 \end{aligned}$$

$n-2$ 道所得工序件尺寸计算如下：

初定拉深次数为三次，所以从 $n-2$ 到 $n-1$ 道的拉深属于第二次拉深，取 $m_2(m_{n-1}) = 0.79$ ，得

$$d_{n-2} = \frac{d_{n-1}}{m_{n-1}} = \frac{60.4}{0.79} \text{mm} = 76.45 \text{mm} \approx 76.5 \text{mm}$$

取 $rd_{n-2} = 8 \text{mm}$

则

$$\begin{aligned}
 h_{n-2} &= 0.25 \left(\frac{D_2}{d_{n-2}} - d_{n-2} \right) - 0.43 \frac{r_{d_{n-2}}}{d_{n-2}} (d_{n-2} + 0.32 rd_{n-2}) = \\
 &= \left[0.25 \times \left(\frac{134.9^2}{76.5} - 76.5 \right) + 0.43 \times \frac{8}{76.5} \times (76.5 + 0.32 \times 8) \right] \text{mm} \\
 &\approx 43.9 \text{mm}
 \end{aligned}$$

检查能否由平板坯料直接拉深成 d_{n-2} 的筒形件：

选取首次拉深系数 $m_1 = 0.56$ (查表 7-6, $m_1 = 0.55 \sim 0.58$) 而 $\frac{d_{n-2}}{D} = \frac{76.5}{134.9} = 0.57$ 。

所以可以由平板坯料 D 直接拉深成 d_{n-2} 的筒形件。

至此，该零件需要三道拉深成形，与初步估计的拉深次数相符。各道拉深工序件尺寸如图 7-52 所示。

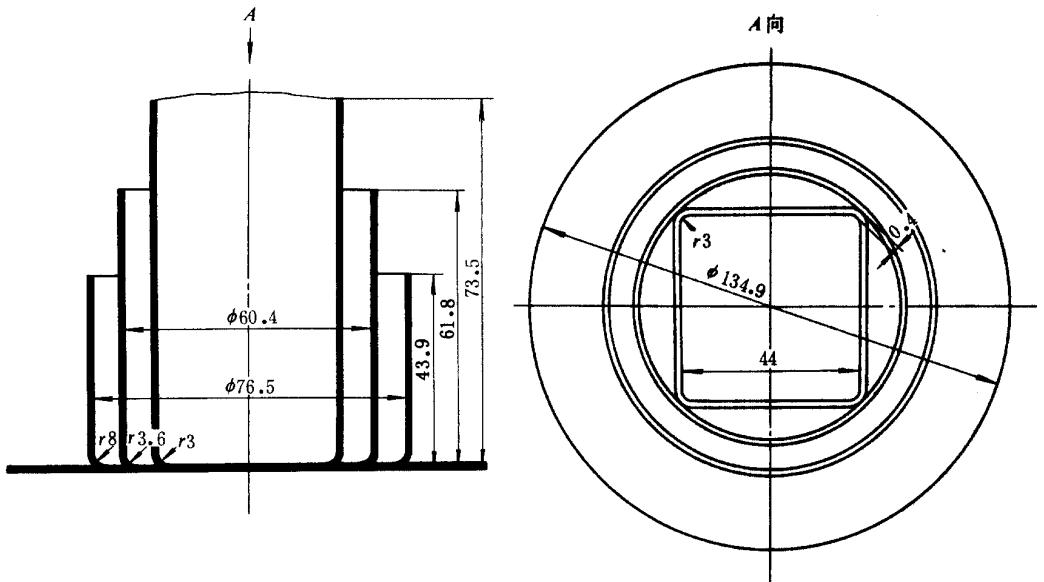


图 7-52 方盒形件三次拉深工序图

五、其它盒形零件的拉深

1. 有凸缘盒形件的拉深

能够一次拉深成形的有凸缘盒形件,其拉深的变形特点与上述无凸缘盒形件首次拉深的情况(包括只有一道拉深)基本相同,因而可以按前述的拉深方法进行拉深。

当盒形件凸缘宽度大,需要多道拉深工序时,则必须认真确定各中间工序件形状和尺寸,以保证在变形区内各部分变形均匀一致,不发生材料的局部堆集和拉裂现象。

2. 阶梯形盒形件的拉深

图 7-53 为阶梯形盒形件及其拉深工艺过程,它与阶梯形圆筒形件的拉深工艺有很大差别。阶梯形盒形件不能先拉深成大阶梯,再从大阶梯拉深到小阶梯。这是因为一经拉深成形的大阶梯形状,再进行所需尺寸的小阶梯拉深时,已成形的大阶梯直壁限制了内部小阶梯的拉深变形,使之变形成为不可能。因而,阶梯形盒形件一般要先拉深成有凸缘的工序件,得到内部的小阶梯,然后再拉深成形外部的大阶梯。

如图 7-53b~图 7-53d 所示,一次拉深和一次整形获得内部小阶梯,然后切边,最后拉深外部大阶梯。

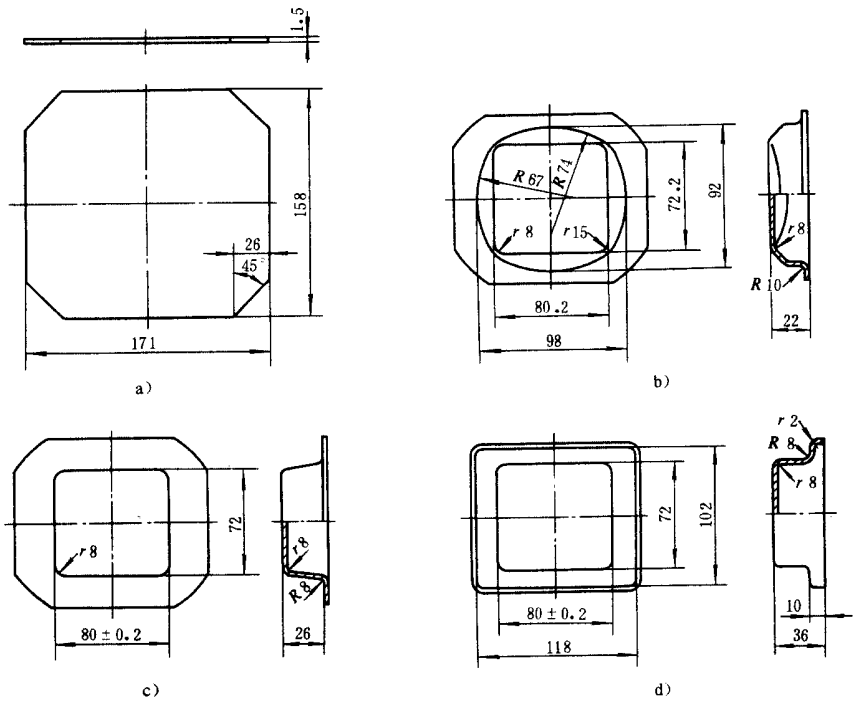


图 7-53 变压器框夹的冲压工序

椭圆形阶梯形件如果两相邻阶梯轮廓尺寸能满足式(7-42)的比例关系,则可先拉深大尺寸的外部阶梯,然后再拉深内部的小阶梯。

六、盒形件拉深力的计算

盒形件拉深力可按式计算：

$$F = KLt_{\sigma}b \quad (7-45)$$

式中 F ——拉深力；

L ——盒形件周长；

t ——板料厚度；

σ_b ——拉深件材料的抗拉强度；

K ——系数, $K = 0.5 \sim 0.8$ 。

压力机公称压力的选择与圆筒形件拉深相同。

第八节 轴对称曲面形状零件的拉深

上面所讲的均属于直壁接深件。其接深变形的共同特点是：变形区是坯料未拉入凹模的凸缘部分，传力区是拉入凹模的直壁部分。变形区在切向压应力和径向拉应力的作用下产生切向压缩变形和径向伸长变形。一般来说，变形程度受传力区承载能力的限制，而且都可以直接或间接地用拉深系数控制其变形程度，并以拉深系数作为工艺计算和模具设计的依据。拉深中出现的主要问题是拉裂和起皱，克服拉裂和起皱的主要办法是正确确定拉深系数和采用适当的压料装置及压料力。

轴对称曲面零件包括球形零件、抛物线形零件、锥形零件等。这类零件在拉深成形时，变形区的位置、受力情况、变形特点等都与直壁拉深件不同，所以在拉深中出现的问题和解决问题的方法与直壁拉深件也有很大的差别。对这类零件不能简单地用拉深系数去衡量和判断成形的难易程度，也不能用它来作为工艺过程设计和模具设计的依据。

一、轴对称曲面形状零件的拉深特点

1. 成形过程

现以球形零件拉深变形为例，来认识曲面形状零件拉深变形的共同特点。

图 7-54 是球形零件拉深成形过程。当球形面凸模向下运动接触到坯料时，位于顶点 O 及其附近的金属首先开始变形而贴紧凸模，当凸模继续向下运动时，中心附近以外的金属乃至压料圈下面的环形部分金属也逐步产生了变形并从里向外逐步贴紧凸模，最后形成了与凸模球表面一致的球形零件。

2. 成形特点

从上述球面形成过程可以看出，为使平板坯料变成球形件，整个坯料都是变形区，即凸缘部分（图 7-54 中 AB ）是变形区，中间部分（图 7-54 中 OB ）也是变形区，而且在很多情况下是主要变形区。

在整个变形区内变形性质是不同的，在凸模顶点及其附近的坯料处于双向拉应力状

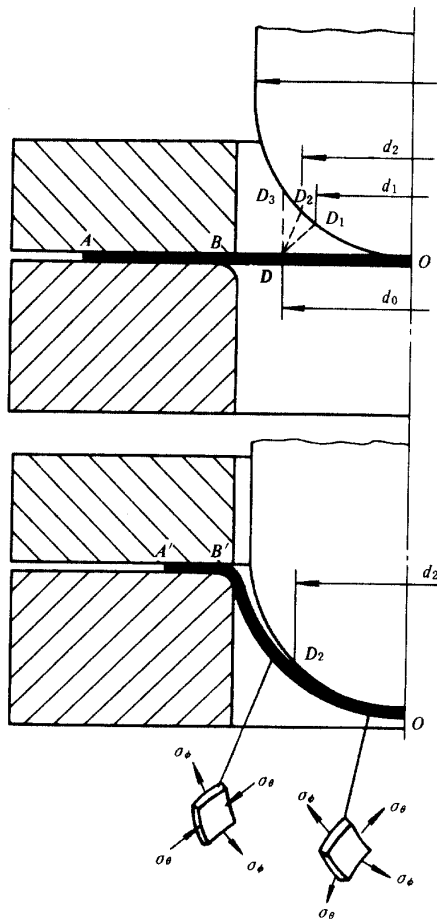


图 7-54 球形零件拉深成形过程

态(图 7-54),从而产生厚度变薄表面积增大的胀形变形。设变形前坯料上某一点 D 在板料不变薄时,应该在 D_1 点贴紧凸模,但变形后实际上是在 D_2 点或 D_3 点甚至更外的位置贴紧凸模。这就表明这个区域确实属于胀形变形区。从这个区域往外,切向拉应力逐步减小,超过一定界限后变成了压应力,这一定界限就是指切向应力为零,既不伸长又不缩短的部位。一定界限之外直至压边圈下的凸缘区都是在切向压应力,径向拉应力作用下产生切向压缩、径向伸长的变形,这种变形通常称“拉深变形”。可见曲面零件的成形是胀形和拉深变形的复合变形。

实践证明,一定界限的位置是随着压边力等冲压条件的变化而变化的。

从球形零件的成形过程中可以看出,刚开始拉深时,中间部分坯料几乎都不与模具表面接触,即处于“悬空”状态。随着拉深过程的进行,悬空状态部分虽有逐步减少,但仍比圆筒形件拉深时大得多。坯料处于这种悬空状态,抗失稳能力较差,在切向压应力作用下很容易起皱。这个现象常成为曲面零件拉深必须解决的主要问题。另一方面,由于坯料

中的径向拉应力在凸模顶部接触的中心部位上最大,因此,曲面中心部位的破裂仍是这类零件成形中需要注意的另一个问题。

3. 提高轴对称曲面形状零件成形质量的措施

轴对称曲面零件的起皱倾向比圆筒形等直壁零件大。防止这类零件拉深时中间悬空部分坯料起皱的方法有如下几种:

(1) 加大坯料直径这种方法实质上是增大了坯料凸缘部分的变形抗力和摩擦力,从而增大了径向拉应力,降低了中间部分坯料的切向压应力,增大了中间部分胀形区,从而起到了防皱的作用。

这种防皱方法简单,但增大了材料的消耗。

(2) 适当地调整和增大压料力这种方法实质是增大了凸缘部分的摩擦阻力,其防皱原理与上述相同。

轴对称曲面形状零件拉深时,为保证凸缘部分和中间部分坯料都不起皱,按中间部分不起皱的要求,平面压料圈所需要的压料力可按下式计算:

$$F_Y = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \tag{7-46}$$

式中 F_Y ——压料力;

D ——坯料直径;

d ——坯料球面部分的直径;

p ——凸缘上单位面积压料力, p 值可查表 7-22。

表 7-22 凸缘上的单位面积压料力(初始) P (MPa)

$\frac{D}{d}$	坯料相对厚度(t/D) (%)		$\frac{D}{d}$	坯料相对厚度(t/D) (%)	
	0.6~1.3	0.3~0.6		0.6~1.3	0.3~0.6
1.5	3~3.5	5~6	1.7	1.0~1.5	1.5~3
1.6	1.7~2.2	3.5~4.5	1.8	1.0~1.2	0.7~1.5

注 本表中的数据是按在压料部分不用润滑的条件下得到的实验结果,如果用润滑时,表中数据应提高 50%~100%。

本表适用于厚度为 0.5~2mm 的低碳冷轧钢板,冲压半球形。

(3) 采用带压料筋的拉深模(图 7-55) 这种模具在拉深时,板料在压料筋上弯曲和滑动,增大了进料的阻力,从而增大了径向拉应力,减少了起皱倾向,而且减少了冲件成形卸载后的回弹,提高了零件的准确性。带压料筋的拉深模,在利用双动拉深压力机和液压机进行复杂曲面形状零件的成形中,应用是比较广泛的。

压料筋的结构形状有圆弧形的(图 7-55)、阶梯形的(图 7-56),其中阶梯形的又称压料槛,它在拉深时对板料滑动的阻力较大。改变压料筋的高度、压料筋的圆角半径和压料筋的数量及其布置可以达到调整径向拉应力和切向压应力值的大小。

压料筋可以设在凹模上(图 7-55),压料圈上开出相应的凹槽;也可设在压料圈上(图 7-57),凹模上开出相应的凹槽。后一种形式用于大型覆盖零件的拉深模,便于坯料定位。

为了便于加工和调整,压料筋常作成嵌件嵌入压料圈中(图 7-57)。

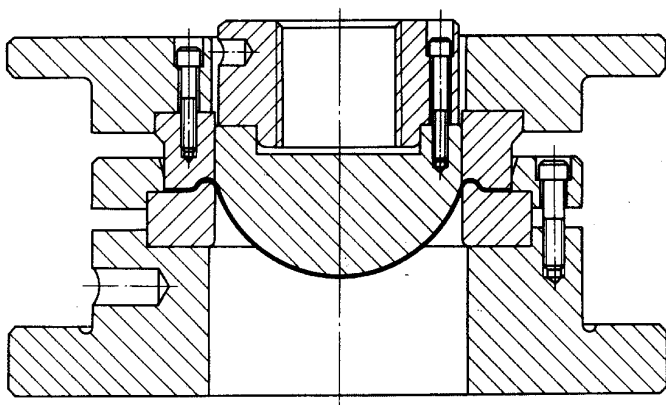


图 7-55 带圆弧形压料筋的拉深模

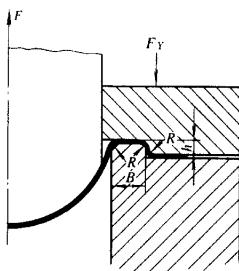


图 7-56 阶
梯形压料筋

压料筋有关尺寸可参考表 7-23。其中压料筋高度尺寸和圆弧半径很重要，一般在试模中需要加以调整和修磨，借以调整沿冲件周边各部位上的径向拉应力。

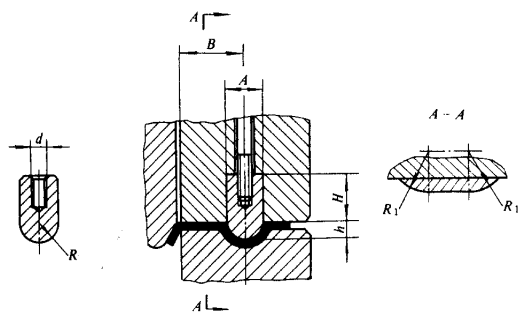


图 7-57 压料筋设在压料圈上的结构

(4) 采用反拉深方法 反拉深原理如图 7-58 所示。图 7-58a 为汽车灯前罩，经过多次拉深，逐步增大高度，减小顶部曲率半径，从而达到零件尺寸要求。图 7-58b 为圆筒形件的反拉深。图 7-58c 为正、反拉深，用于尺寸较大，板料薄的曲面形状零件的拉深。

表 7-23

压料筋尺寸

(mm)

用途	尺寸						
	A	R	B	h	R ₁	H	d
大型	20	10	32~38	8	150	—	M8
大中型	16	8	28~35	7	150	—	M6
中小型	14	7	25~32	6	125	—	M4

反拉深时,由于坯料与凹模的包角为 180°(一般拉深为 90°),所以增大了材料拉入凹模的摩擦阻力,使径向拉应力增大,切向压应力减小,材料不容易起皱。同时由于反拉深过程坯料侧壁反复弯曲次数少,硬化程度较小,所以反拉深的拉深系数可比正拉深降低 10%~15%。

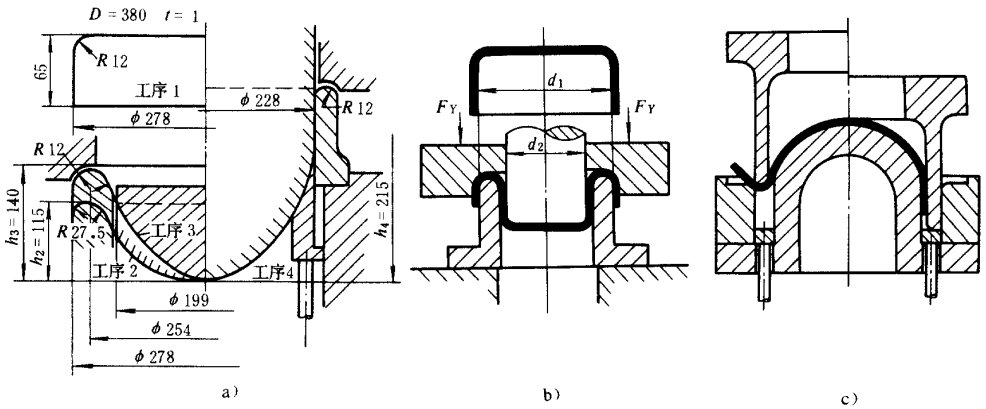


图 7-58 反拉深原理

a) 汽车灯前罩反拉深 b) 圆筒形件反拉深 c) 正、反拉深

反拉深的凹模壁厚尺寸决定于拉深系数,如果拉深系数大,则凹模壁厚小,强度低,反拉深的凹模圆角半径也受到两次拉深工序件直径差的限制,最大不能超过直径差的 1/4 (即 $(d_1 - d_2)/4$),所以反拉深不适用于直径小而厚度大的零件,一般用于拉深尺寸较大、板料较薄 ($t/D < 0.3\%$) 的零件,如图 7-59 所示。

反拉深所需的拉深力,比正拉深大 10%~20%。

以上四种防止曲面形状零件拉深时产生起皱的方法,其共同特点是,增大坯料凸缘部分的变形抗力和摩擦阻力,提高径向拉应力,从而增大坯料中间部分的胀形成分,减小中间部分起皱的可能性。但可能导致凸模顶点附近材料过分变薄甚至破裂,即防皱却带来拉裂的倾向。所以,在实际生产中必须根据各种曲面零件拉深时具体的变形特点,选择适当的防皱措施,正确确定和认真调整压料力和压料筋的尺寸,以确保拉深件的质量。

二、球形件拉深方法

球形形状的零件有多种形式(图 7-60)。

1. 半球形零件(图 7-60a)

半球形零件的拉深系数为

$$m = \frac{d}{D} = \frac{d}{\sqrt{2}d} = 0.71 = \text{常数}$$

可见半球形件拉深系数与零件直径大小无关,是个常数。因此,不能以拉深系数作为设计工艺过程的依据,而以坯料的相对厚度 t/D 作为判断成形难易程度和选定拉深方法的依据。分别不同情况,半球形零件有三种成形方法:

(1)当 $t/D > 3\%$ 时,可用不带压料装置的简单拉深模一次拉深成功(图 7-61)。以这种方法拉深,坯料贴模不良,需要用球形底凹模在拉深工作行程终了时进行整形。

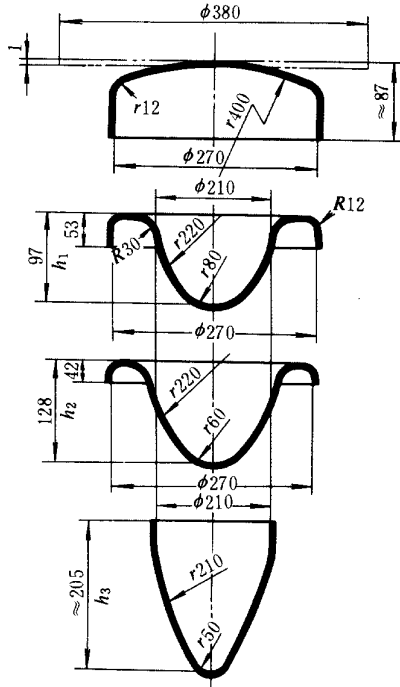


图 7-59 反拉深示例

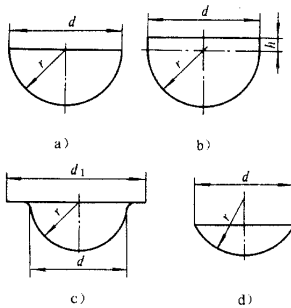


图 7-60 各种球面形状的零件

(2)当 $t/D = 0.5\% \sim 3\%$ 时,采用带压料装置的拉深模进行拉深。

(3)当 $t/D < 0.5\%$ 时,采用有压料筋的拉深模或反拉深方法进行拉深。

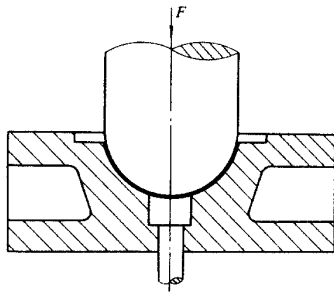


图 7-61 不带压料装置
的球形件拉深模

当球面形状零件带有高度为 $(0.1 \sim 0.2)d$ 的直壁(图 7-60b)或带有每边宽度为 $(0.1 \sim 0.5)d$ 的凸缘时(图 7-60c),虽然变形程度有所增大,但对球面的成形却有好处。同理,对于不带凸缘和不带直边的球形零件,当表面质量和尺寸精度要求较高时,可加大坯料尺寸,形成凸缘,在拉深之后再切边。

2. 高度小于球面半径的浅球零件(图 7-60d)

这种零件在成形时,除了容易起皱外,坯料容易偏移,卸载后还有一定的回弹。所以,当坯料直径 $D \leq 9\sqrt{rt}$ 时,可以不压料,用球形底的凹模一次成形。但当球面半径 r 较大,板料厚度 t 和深度较小时,必须按回弹量修正模具。当坯料直径 $D > 9\sqrt{rt}$ 时,应加大坯料直径,并用强力压料装置或带压料筋的模具进行拉深,以克服回弹并防止坯料在成形时产生偏移。多余的材料,可在成形后切边。

三、抛物线形零件的拉深方法

(1) 深度较小的抛物线形件($h/d < 0.5 \sim 0.6$) 其变形特点及拉深方法与半球形零件相似。图 7-62 为灯罩及其拉深模。灯罩的材料为 08 钢,厚度为 0.8mm,经计算得坯料直径 $D = 280\text{mm}$ 。根据 $h/d = 0.58, t/D = 0.28\% < 0.5\%$,采用上述半球形零件的第三种成形方法,即用有压料筋的凹模进行拉深(图 7-62b)。其模具设有两道压料筋。

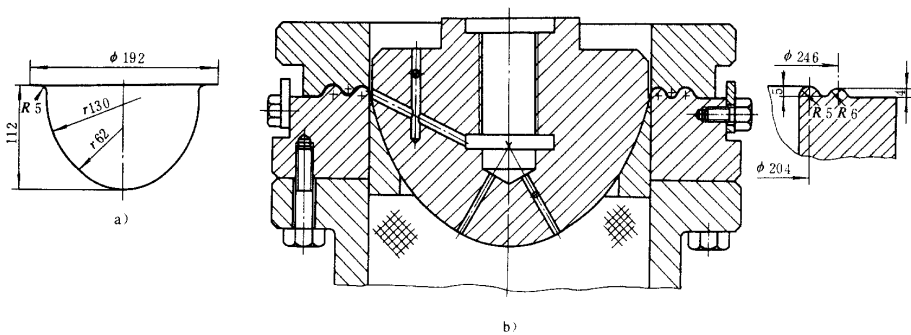


图 7-62 灯罩及其拉深模
a) 灯罩零件图 b) 灯罩接深模

(2) 深度较大的抛物线形零件($h/d \geq 0.5 \sim 0.6$)由于零件高度较大,顶部圆角较小,

所以拉深难度较大。因为在这种情况下,提高径向拉应力,增大胀形成分而防皱受到了坯料顶部承载能力的限制,所以采用反拉深或正拉深多工序逐步成形,如图 7-59 和图 7-63 所示。为保证该零件的尺寸精度和表面质量,最后一道拉深工序应有一定的胀形变形,这样,坯料面积就可以稍小于零件表面积。

四、锥形零件的拉深

锥形零件拉深的主要困难是坯料悬空面积大,容易起皱;凸模接触坯料面积小,变形不均匀程度比球形件大,尤其是锥顶圆角半径较小时容易变薄甚至破裂;如果口部与底部直径相差大时,拉深后回弹较大。

1. 确定锥形件的冲压工艺及设计模具的依据

锥形件各部分的尺寸参数不同,拉深成形的难易程度不同,成形方法也不同。

一般以下列几个尺寸参数为冲压工艺及设计模具的依据(图 7-64):

(1) 锥形件的相对高度 h/d_2 h/d_2 大,变形程度大,成形难度大,需要多工序成形;而 h/d_2 小的,成形工序少或可一次成形。

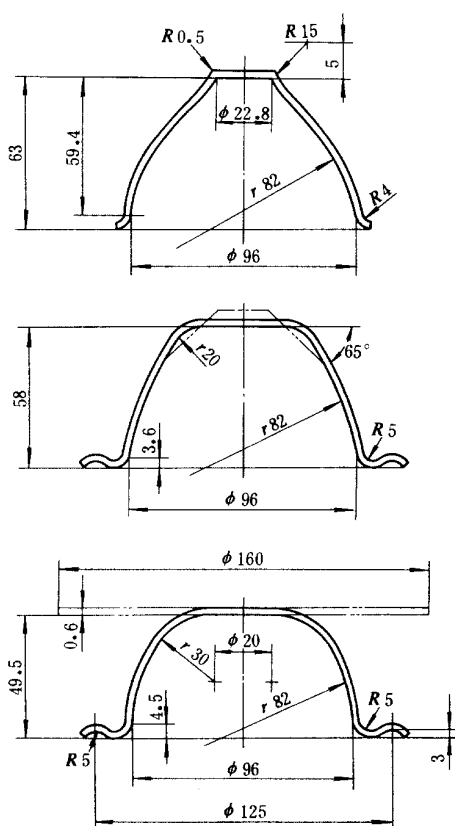


图 7-63 深抛物线形零件正拉深工艺

(2) 相对锥顶直径 d_1/d_2 当 d_1/d_2 小时,在成形过程中坯料中间部分的承载能力

差,容易破裂,而且坯料悬空面积大,容易起皱。所以 d_1/d_2 小,拉深成形难度大; d_1/d_2 大,接近于圆筒形零件,拉深成形比较容易。

(3)相对厚度 t/d_2 相对厚度小,中间部分坯料容易起皱,所以拉深成形难度大。

2. 锥形件拉深成形的方法

根据上述锥形件拉深成形难易程度的影响参数,锥形件的成形方法大体分为如下几种:

(1)相对高度较小的锥形件($h/d_2 < 0.2$) 这种浅锥形件一般可以一次拉深成形。这时相对锥顶直径 d_1/d_2 影响不大,可根据相对厚度 t/d_2 值决定拉深模的结构。

当 $t/d_2 > 0.02$ 时,采用不带压料圈,带底凹模的模具一次成形(图 7-65a)。这种成形方法回弹比较严重,通常需要试冲,修正模具。当相对厚度较小,或虽然相对厚度较大,但精度要求较高时,则采用带平面压料圈或带压料筋的模具一次成形(图 7-65b)。如果零件是无凸缘的,为了成形的需要,可加大坯料直径,成形后再切边。

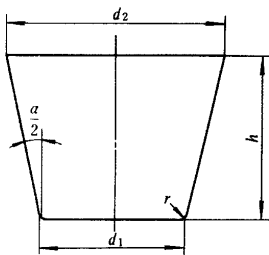


图 7-64 锥形件
的各部尺寸

(2)中等相对高度的锥形件($0.2 < h/d_2 < 0.43$) 根据 t/d_2 和 d_1/d_2 值不同,有以下拉深方法:

当 $t/d_2 > 0.02$, $d_1/d_2 > 0.5$ 时,可以采用锥形带底凹模一次拉深成形,在工作行程終了时进行一定程度的整形。假如 d_1/d_2 值增大,一次拉深可能成功的高度可以相应地增大。当 $d_1/d_2 = 0.6 \sim 0.7$ 时, h/d_2 可能达到 0.5 左右;当 $d_1/d_2 = 0.8 \sim 0.9$ 时, h/d_2 可能达到 0.5~0.6 或更大。当 $t/d_2 = 0.015 \sim 0.02$ 时,采用带压料装置的拉深模一次拉深成形。

如果锥形件相对高度超过上述范围,相对厚度较大,可采用两道拉深工序成形(图 7-66)。首先拉深成圆筒形件或带有凸缘的筒形件,然后用锥形凸、凹模拉深成锥形件,并在工作行程終了时进行整形。

当 $t/d_2 < (0.015 \sim 0.02)$, $d_1/d_2 \geq 0.5$, $h/d_2 = 0.3 \sim 0.5$ 时通常用两道拉深工序成形。第一道工序拉深成较大圆角半径的筒形或接近球面形状的工件,然后用带有一定胀形变形的整形工序压成需要的形状(图 7-67a)。第一道拉深后的工件尺寸,应保证整形时各部分直径的增大量不超过 8%。当 d_1/d_2 较小时,第一道拉深可采用近似锥形的过渡形状(图 7-67b)。

第二道拉深可以用正拉深,也可以用反拉深。反拉深能有效防止起皱,所得零件表

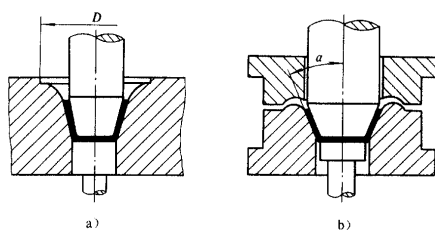


图 7-65 相对高度小的锥形件拉深方法

a) 不带压料圈的一次成形 b) 带压料筋的一次成形

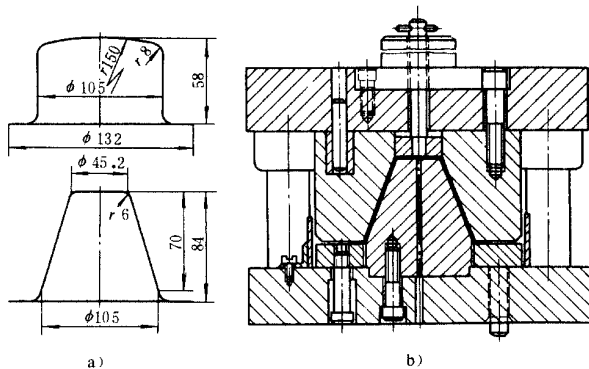


图 7-66 锥形件拉深方法及拉深模

a) 拉深工序图 b) 拉深模

面质量也较好,如图 7-68 所示。

(3) 相对高度较大的锥形件($h/d_2 > 0.5$)这种锥形件必须采用多工序拉深成形。

1) 阶梯过渡法。先逐步拉成具有大圆角半径的阶梯形工件(阶梯形的内形与要求的锥形件相切),最后整形成锥形件(图 7-69a)。其拉深方法和拉深次数计算与阶梯形件相同,拉深系数按圆筒形件拉深系数选取(表 7-6 或表 7-7)。采用这种方法,因为校形后零件表面仍留有原阶梯的痕迹,所以应用不多。

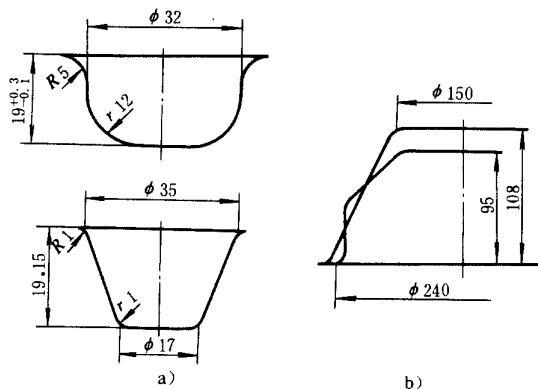


图 7-67 锥形件两次成形方法

2) 锥面逐步增大法。采用底部直径逐步缩小锥面逐步扩大的方法成形(图 7-69b)。其拉深系数可选圆筒形件的拉深系数。采用此法所得工件表面质量较好,因而应用较多。

图 7-70 为阶梯过渡方法的典型实例。

图 7-71 为锥面逐步增大法的典型实例。

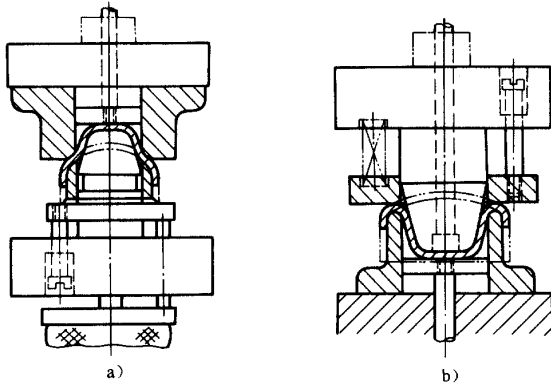


图 7-68 锥形件的正拉深与反拉深

a) 正拉深 b) 反拉深

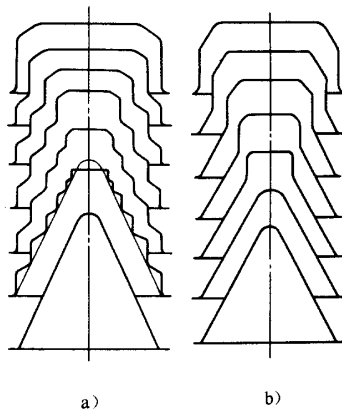


图 7-69 高锥形件的

逐步成形方法

第九节 拉深件的工艺性

一、拉深件的公差等级

一般情况下,拉深件公差不宜要求过高。其公差按 GB/T13914—92 选取,直径公差有 FT1~FT10,约相当于 IT11 以下。精度要求高的应加整形工序,以提高其精度。拉深件的

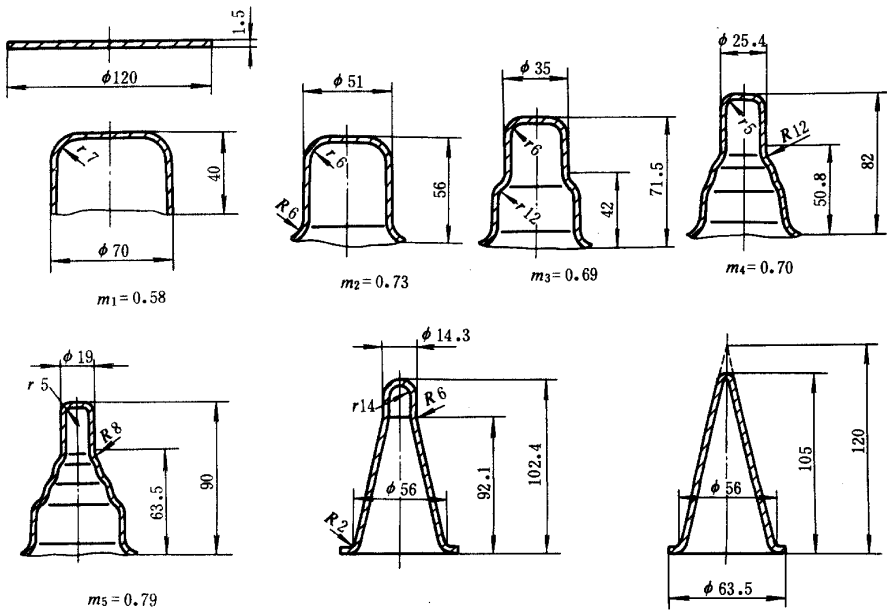


图 7-70 锥形件阶梯过渡拉深工序图

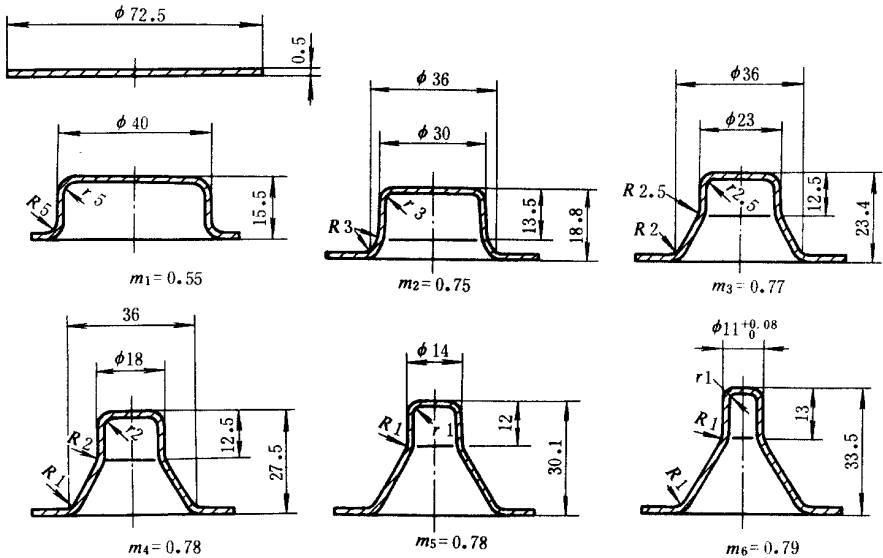


图 7-71 锥形件逐步增大拉深工序图

口部一般是不整齐的，需要经过切边。

二、拉深件的结构工艺性

(1) 拉深件应尽量简单、对称，并一次拉深成形。

(2) 拉深件壁厚公差或变薄量要求一般不应超出拉深工艺壁厚变化规律。据统计，不变薄拉深，壁的最大增厚量约为 $(0.2 \sim 0.3)t$ ；最大变薄量为 $(0.10 \sim 0.18)t$ (t 为板料厚度)。

(3)需多次拉深的零件,在保证必要的表面质量前提下,应允许内、外表面存在拉深过程中可能产生的痕迹。

(4)在保证装配要求的前提下,应允许拉深件侧壁有一定的斜度。

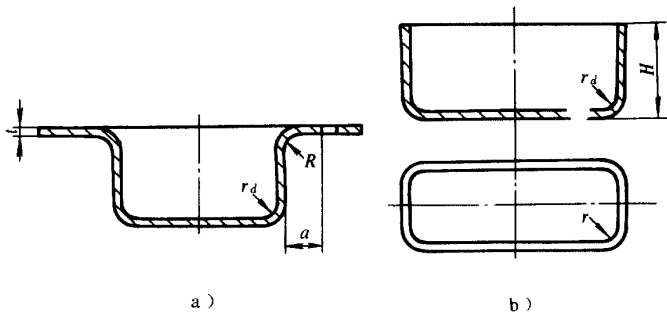


图 7-72 拉深件的圆角半径

(5)拉深件的底或凸缘上的孔边到侧壁的距离应满足: $a \geq R + 0.5t$ (或 $r_d + 0.5t$)如图 7-72a 所示。

(6)拉深件的底与壁、凸缘与壁、矩形件的四角等的圆角半径(图 7-72)应满足: $r_d \geq t$, $R \geq 2t$, $r \geq 6.3t$ 。否则,应增加整形工序。一次整形的,圆角半径可取: $r_d \geq (0.1 \sim 0.3)t$, $R \geq (0.1 \sim 0.3)t$ 。

第十节 拉深模

一、拉深模分类及其典型结构

1. 拉深模分类

根据使用的压力机类型不同,可分为单动压力机上用拉深模和双动压力机上用拉深模,根据拉深顺序可分为首次拉深模和以后各次拉深模,根据工序组合情况不同可分为单工序拉深模、复合工序拉深模、级进拉深模,根据有无压料装置可分为有压料装置拉深模和无压料装置拉深模。

2. 单动压力机用拉深模

(1)首次拉深模 图 7-73a 为无压料装置的首次拉深模。拉深件直接从凹模底下落下,为了从凸模上卸下冲件,在凹模下装有卸件器,当拉深工作行程结束,凸模回程时,卸件器下平面作用于拉深件口部,把零件卸下。为了便于卸件,凸模上钻有直径为 3mm 以上的通气孔。该模具中的卸件器是环式的,还可以是两个工作部分为圆弧的卸件板对称分布于凸模两边(图 7-77)。如果板料较厚,拉深件深度较小,拉深后有一定回弹量。回弹引起拉深件口部张大,当凸模回程时,凹模下平面挡住拉深件口部而自然卸下拉深件,此时可以不配备卸件器。

这种拉深模具结构简单,适用于拉深板料厚度较大而深度不大的拉深件。

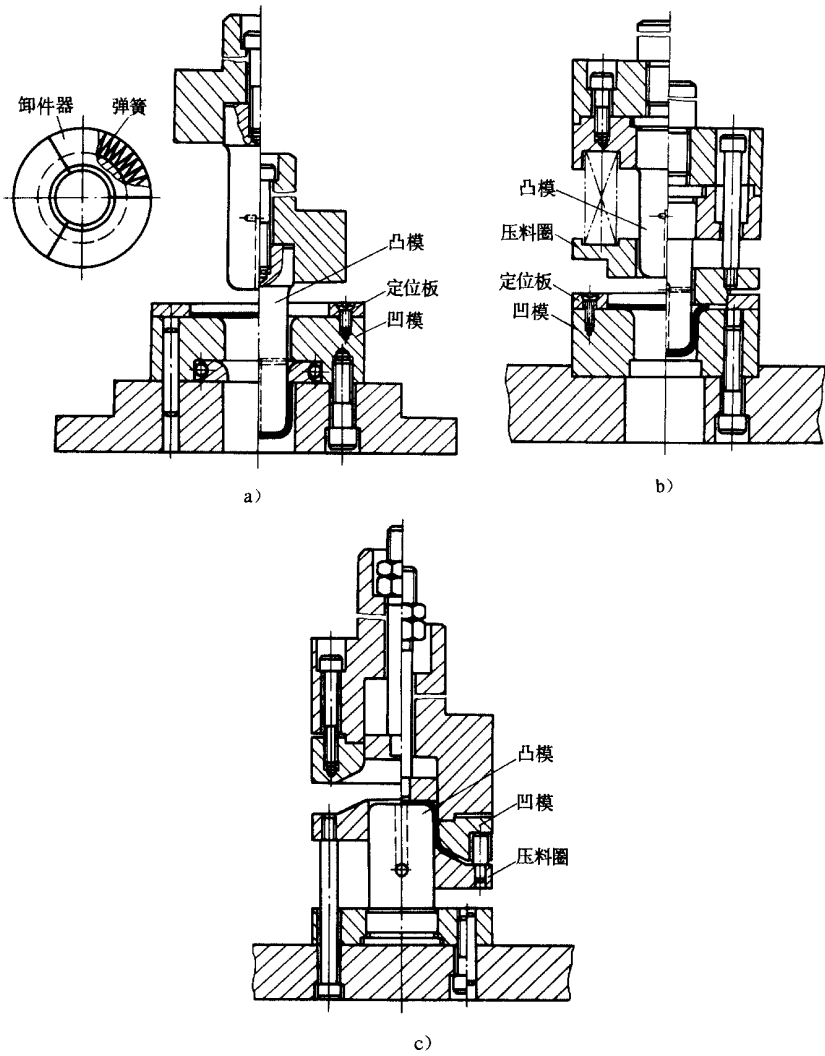


图 7-73 首次拉深模

a) 无压料装置 b) 有压料装置 c) 锥形压料圈

图 7-73b 为有压料装置的正装式首次拉深模。拉深模的压料装置在上模, 由于弹性元件高度受到模具闭合高度的限制, 因而这种结构形式的拉深模适用于拉深深度不大的零件。

图 7-73c 为倒装式的具有锥形压料圈的拉深模, 压料装置的弹性元件在下模底下, 工作行程可以较大, 可用于拉深深度较大的零件, 应用广泛。

(2) 以后各次拉深模 图 7-74a 为无压料装置的以后各次拉深模。该模具的凸模和凹模及定位圈可以更换, 以拉深一定尺寸范围的不同拉深件。

图 7-74b 为有压料装置的以后各次拉深模, 其压料装置带有三个限位柱。压料圈又是工序件的內形定位圈。

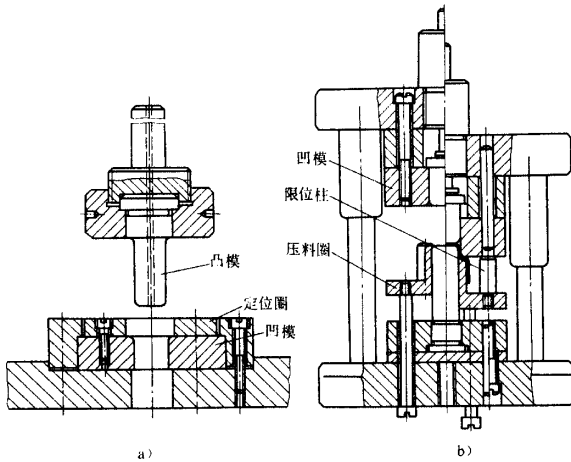


图 7-74 以后各次拉深模

a) 无压料装置 b) 有压料装置

(3) 落料拉深复合模 图 7-75 为落料拉深复合模。这种模具一般设计成先落料后拉深,为此,拉深凸模应低于落料凹模一个板料厚度。压料圈既起压料作用又起顶件作用。由于有顶件作用,上模回程时,冲件可能留在拉深凹模内,所以一般设置推件装置。

3. 双动压力机用拉深模

(1) 双动压力机用首次拉深模 图 7-76 为双动压力机用首次拉深模,下模由凹模、定位板、凹模固定板和模座组成。上模的压料圈和上模座固定在外滑块上,凸模通过凸模固定杆固定在内滑块上。该模具可用于拉深带凸缘或不带凸缘的拉深件。

(2) 双动压力机用以后各次拉深模 图 7-77 为双动压力机用以后各次拉深模。该模具与首次拉深模不同之处是,所用坯料是拉深后的工序件,定位板较厚,拉深后的零件利用一对卸件板从凸模上卸下来。该模具适用于拉深不带凸缘的拉深件。

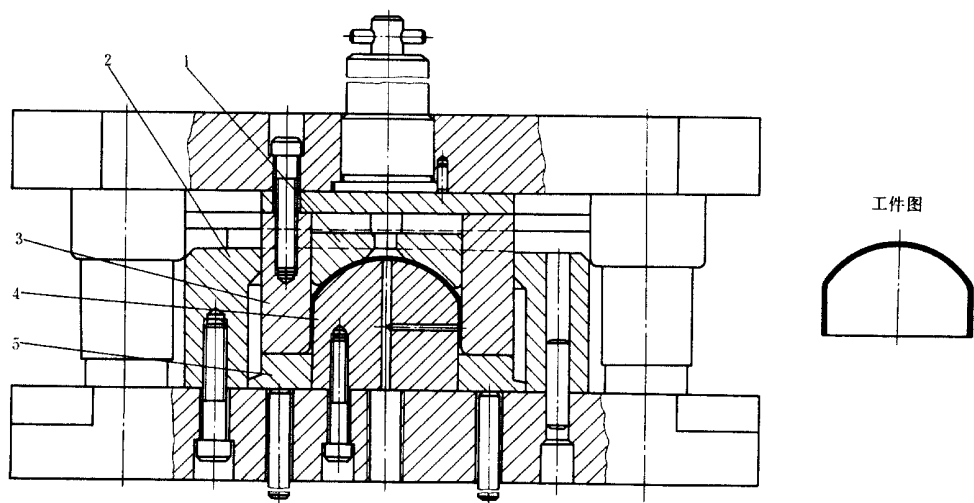


图 7-75 落料拉深复合模

- 1—推件块 2—落料凹模 3—落料凸模兼拉深凹模
4—拉深凸模 5—压料圈兼顶板

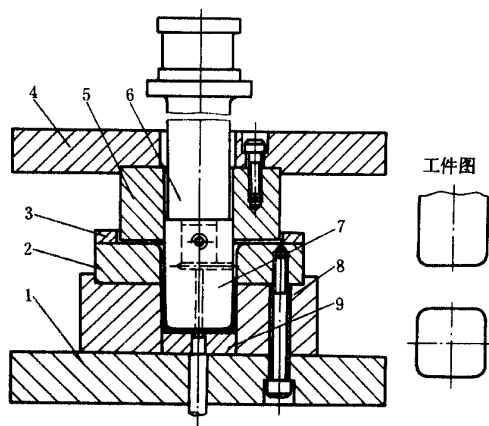


图 7-76 双动压力机用首次拉深模

- 1—下模座 2—凹模 3—定位板 4—上模座
5—压料圈 6—凸模固定杆 7—凸模
8—凹模固定板 9—顶板

二、拉深模工作部分的结构和尺寸

1. 凸、凹模的圆角半径

(1) 凹模圆角半径的确定首次(包括只有一次)拉深凹模圆角半径可按式计算:

$$r_{A1} = 0.8 \sqrt{(D-d)t}$$

或

$$r_{A1} = c_1 c_2 t$$

式中 r_{A1} ——凹模圆角半径;

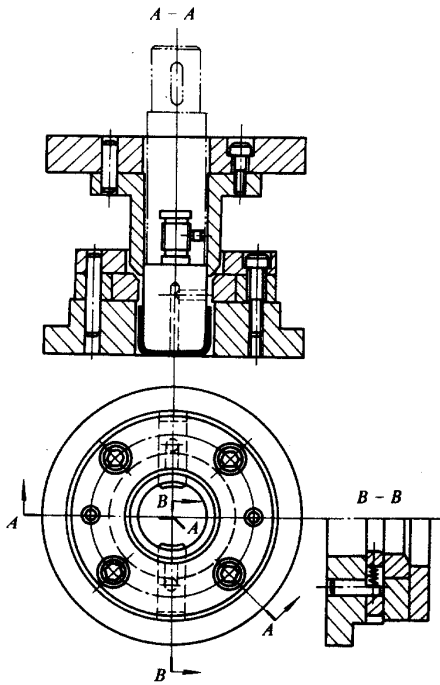


图 7-77 双动压力机用以后各次拉深模

D ——坯料直径；

d ——凹模内径；

t ——板料厚度；

c_1 ——考虑材料力学性能系数，对于软钢、硬铝 $c_1 = 1$ ，纯铜、铝 $c_1 = 0.8$ ；

c_2 ——考虑板料厚度与拉深系数的系数，见表 7-24。

表 7-24

拉深凹模圆角半径系数 c_2

材料厚度 t/mm	拉深件直径 d/mm	拉深系数 m_1		
		0.4~0.55	$\geq 0.55 \sim 0.6$	≥ 0.6
0.5	~ 50	7~9.5	6~7.5	5~6
	> 50~200	8.5~10	7~8.5	6~7.5
	> 200	9~10	8~10	7~9
> 0.5~1.5	~ 50	6~8	5~6.5	4.5~5
	> 50~200	7~9	6~7.5	5~6.5
	> 200	8~10	7~9	6~8
> 1.5~3	~ 50	5~6.5	4.5~5.5	4~5
	> 50~200	6~7.5	5~6.5	4.5~5.5
	> 200	7~8.5	6~7.5	5~6.5

以后各次拉深凹模圆角半径应逐渐减小，一般按下式确定：

$$r_{Ai} = (0.6 \sim 0.8) r_{Ai-1} \quad (i = 2, 3, \dots, n) \quad (7-48)$$

盒形件拉深模凹模圆角半径按下式计算：

$$r_A = (4 \sim 8)t \quad (7-49)$$

式中 t ——板料厚度。

以上计算所得凹模圆角半径一般应符合 $r_A \geq 2t$ 的要求。

(2)凸模圆角半径的确定 首次拉深可取：

$$r_{T1} = (0.7 \sim 1.0)r_{A1} \quad (7-50)$$

最后一次拉深凸模圆角半径 r_{Tn} 即等于零件圆角半径 r 。但零件圆角半径如果小于拉深工艺性要求时，则凸模圆角半径应按工艺性的要求确定(即 $r_{Tn} \geq t$)，然后通过整形工序得到零件要求的圆角半径。

中间各拉深工序凸模圆角半径可按下式确定：

$$r_{Ti-1} = \frac{d_{i-1} - d_i - 2t}{2} \quad (i = 3, 4, \dots, n) \quad (7-51)$$

式中 d_{i-1} 、 d_i ——各工序件的外径。

2. 拉深模间隙

拉深模的凸、凹模之间间隙对拉深力、零件质量、模具寿命等都有影响。间隙小，拉深力大，模具磨损大，但冲件回弹小，精度高。间隙过小，会使零件严重变薄甚至拉裂。间隙过大，坯料容易起皱，冲件锥度大，精度差。因此，应根据板料厚度及公差、拉深过程板料的增厚情况、拉深次数、零件的形状及精度要求等，正确确定拉深模间隙。

(1)无压料圈的拉深模 其间隙为

$$Z = (1 \sim 1.1)t_{\max} \quad (7-52)$$

式中 Z ——拉深模单边间隙；

t_{\max} ——板料厚度的最大极限尺寸。

对于系数 $1 \sim 1.1$ ，小值用于末次拉深或精密零件的拉深；大值用于首次和中间各次拉深或精度要求不高零件的拉深。

(2)有压料圈的拉深模 其间隙可按表 7-25 确定。

表 7-25 有压料圈拉深时单边间隙值 (mm)

总拉深次数	拉深工序	单边间隙 Z	总拉深次数	拉深工序	单边间隙 Z
1	一次拉深	$(1 \sim 1.1)t$	4	第一、二次拉深	$1.2t$
2	第一次拉深	$1.1t$		第三次拉深	$1.1t$
	第二次拉深	$(1 \sim 1.05)t$		第四次拉深	$(1 \sim 1.05)t$
3	第一次拉深	$1.2t$	5	第一、二、三次拉深	$1.2t$
	第二次拉深	$1.1t$		第四次拉深	$1.1t$
	第三次拉深	$(1 \sim 1.05)t$		第五次拉深	$(1 \sim 1.05)t$

注：1. t 为材料厚度，取材料允许偏差的中间值 (mm)；

2. 当拉深精密工件时，对末次拉深间隙取 $Z = t$ 。

对于精度要求高的零件，为了减小拉深后的回弹，常采用负间隙拉深模。其单边间隙值为

$$Z = (0.9 \sim 0.95)t \quad (7-53)$$

(3) 盒形件拉深模的间隙 可根据零件精度确定,当盒形件尺寸精度要求高时, $Z = (0.9 \sim 1.05)t$; 当精度要求不高时, $Z = (1.1 \sim 1.3)t$ 。末道拉深取较小值。

最后一道拉深模间隙,直边和圆角部分是不同的,圆角部分的间隙比直边部分大 $0.1t$ 。圆角部分的间隙确定方法见图 7-78。

当零件尺寸标注在内形时,凹模平面转角的圆角半径为

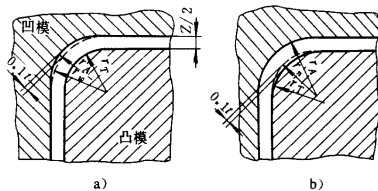


图 7-78 盒形件拉深模角部间隙确定方法

a) 尺寸标注在内形 b) 尺寸标注在外形

当零件尺寸标注在外形时,凸模平面转角的圆角半径为

$$r_A = \frac{0.414r_w - 0.1t}{0.414} \quad (7-54)$$

当零件尺寸标注在内形时,凸模平面转角的圆角半径为

$$r_T = \frac{0.414r_n + 0.1t}{0.414} \quad (7-55)$$

式中 $r_w = r_T + Z$;

$$r_n = r_A - Z;$$

t ——板料厚度。

3. 凸、凹模的结构

常见的凸、凹模结构形式如下:

(1) 不用压料的拉深模 图 7-79 为不用压料的一次拉深成形时所用的凹模结构形式。锥形凹模和等切面曲线形状凹模对抗失稳起皱有利。

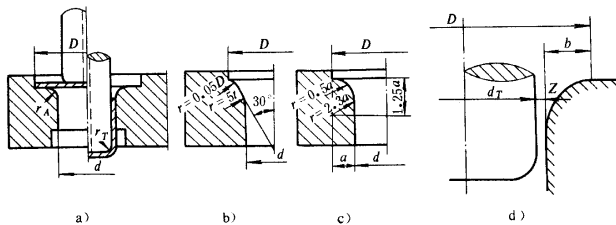


图 7-79 无压料一次拉深成形的凹模结构

a) 圆弧形 b) 锥形 c) 渐开线形 d) 等切面形

图 7-80 为无压料多次拉深的凸、凹模结构,其中尺寸 $a = 5 \sim 10\text{mm}$, $b = 2 \sim 5\text{mm}$ 。

(2) 有压料的拉深模 图 7-81 为有压料多次拉深的凸、凹模结构。其中图 7-81a 用于直径小于 100mm 的拉深件。图 7-81b 用于直径大于 100mm 的拉深件。这种结构除

了具有锥形凹模的特点外,还能减轻坯料的反复弯曲变形,提高冲件侧壁质量。凸、凹模的锥角 α 大,对拉深有利。但坯料相对厚度较小时, α 过大,容易起皱。板厚为 0.5 ~ 1mm 时, α 取 30° ~ 40°;板厚为 1 ~ 2mm 时, α 取 40° ~ 50°。

设计拉深凸、凹模结构时,必须十分注意前后两道工序的凸、凹模形状和尺寸的正确关系,做到前道工序所得工序件形状和尺寸有利于后一道工序的成形,而后一道工序的凸、凹模及压料圈的形状与前道工序所得工序件吻合,尽量避免坯料在成形过程中的反复弯曲。

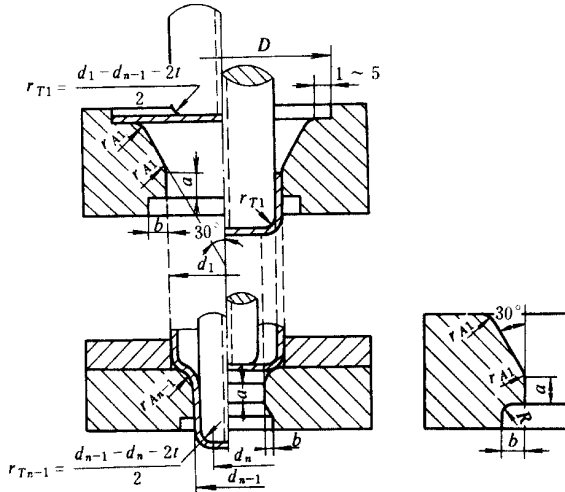


图 7-80 无压料多次拉深的凸、凹模结构

对于最后一道拉深工序,为了保证成品零件底部平整,应按图 7-82 所示的确定凸模圆角半径。对于盒形件, $n-1$ 次拉深所得工序件形状对最后一次拉深成形影响很大。因此, $n-1$ 次拉深凸模的形状应该设计成底部具有与拉深件底部相似的矩形(或方形),然后用 45°斜角向壁部过渡(图 7-82c),这样有利于最后拉深时金属的变形。图中斜度开始的尺寸为

$$b = B - 1.11r_{Tn} \quad (7-56)$$

式中 B ——盒形件长或宽;

r_{Tn} ——最后一次拉深凸模圆角半径。

4. 凸、凹模工作部分尺寸及公差

对于最后一道工序的拉深模,其凸、凹模尺寸及公差应按零件的要求来确定。当零件尺寸标注在外形时(图 7-83a)

$$D_A = (D_{\max} - 0.75\Delta)^{+\frac{\delta}{0}\Delta} \quad (7-57)$$

$$D_T = (D_{\max} - 0.75\Delta - 2Z)_{-\frac{0}{\delta_T}} \quad (7-58)$$

当零件尺寸标注在内形时(图 7-83b)

$$d_T = (d_{\min} + 0.4\Delta)_{-\frac{0}{\delta_T}} \quad (7-59)$$

$$d_T = (d_{\min} + 0.4\Delta + 2Z)^{+\frac{\delta}{0}\Delta} \quad (7-60)$$

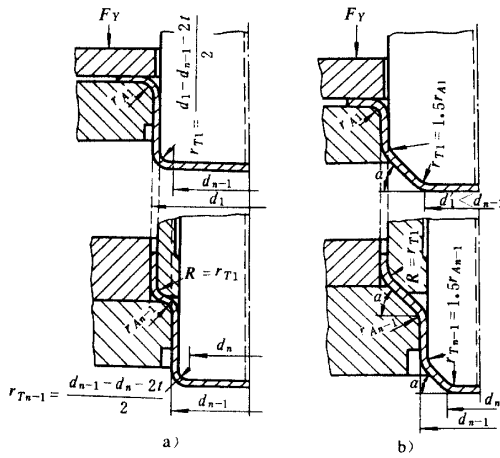


图 7-81 有压料多次拉深的凸、凹模结构

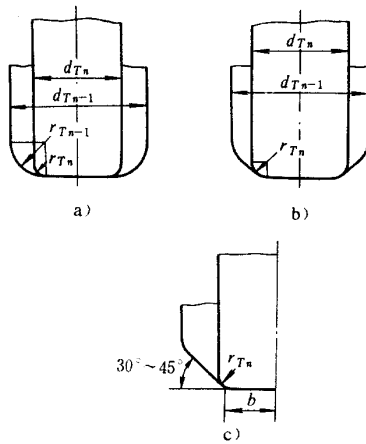
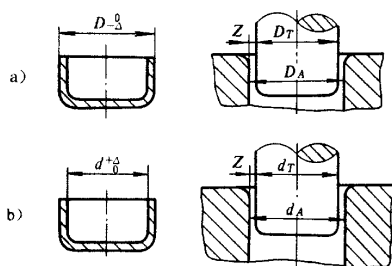


图 7-82 最后拉深

工序凸模底部的设计

- 式中 D_A 、 d_A ——凹模的尺寸；
 D_T 、 d_T ——凸模的尺寸；
 D_{\max} 、 d_{\min} ——拉深件外径的最大极限尺寸和内径的最小极限尺寸；
 Δ ——零件的公差；
 δ_A 、 δ_T ——凹、凸模制造公差 见表 7-26；
 Z ——拉深模间隙。


 图 7-83 拉深凸、凹模尺寸的确定
 凸模制造公差 δ_T 与凹模制造公差 δ_A

(mm)

表 7-26

材料厚度 t	拉深件直径 d					
	≤ 20		20 ~ 100		> 100	
	δ_A	δ_T	δ_A	δ_T	δ_A	δ_T
≤ 0.5	0.02	0.01	0.03	0.02	—	—
$> 0.5 \sim 1.5$	0.04	0.02	0.05	0.03	0.08	0.05
> 1.5	0.06	0.04	0.08	0.05	0.10	0.06

注 凸模的制造公差在必要时可提高至 IT6 ~ IT8 级 (GB1800—79)。若零件公差在 IT13 级以下,则制造公差可以采用 IT10 级。

对于多次拉深,工序件尺寸无需严格要求,所以中间各工序的凸凹模尺寸可按下式计算:

$$D_A = D + \delta_A^+ \quad (7-61)$$

$$D_T = (D - 2Z) - \delta_T^0 \quad (7-62)$$

式中 D ——各工序件的基本尺寸。

第十一节 其它拉深方法

其它拉深方法包括柔性模拉深、凸缘加热和筒壁冷却拉深、带料连续拉深、变薄拉深等。这些拉深方法是前面所述的基本拉深方法的补充和发展。有的是为了简化冲压工艺和模具、降低成本、缩短生产周期、适应小批量生产;有的是为了增大变形程度,提高生产率或解决一些特殊金属材料的拉深问题;有的是为生产用前述基本拉深方法无法生产或难以生产的零件。在实际生产中,应针对产品的具体要求,根据各种拉深方法的特点及应用场合,恰当地选择拉深方法。这里简述柔性模拉深、差温拉深、变薄拉深。

一、柔性模拉深

柔性模拉深属于柔性模成形的一种。所谓柔性模成形是指用液体、橡胶或气体的压

力代替刚性的凸模或刚性的凹模对板料进行冲压的方法。用柔性模成形方法可以进行多种冲压工序,如弯曲、拉深、翻边、平板坯料的胀形或空间坯料胀形等。由于柔性模成形使模具简单化和通用化,因而应用较为广泛。

柔性模拉深有柔性凸模拉深和柔性凹模拉深。

1. 柔性凸模拉深

图 7-84 为液体凸模拉深的变形过程,板料经过胀形阶段(图 7-84a)、拉深阶段(图 7-84b)、整形阶段(图 7-84c),成为所需要的零件。

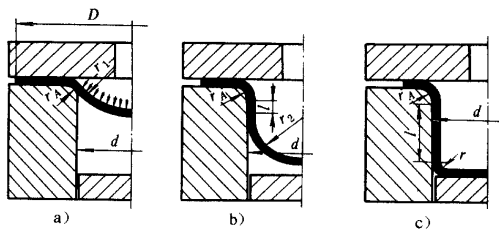


图 7-84 液体凸模拉深变形过程

最后阶段压力急剧上升,形成圆角半径 r 的最后时刻所需要的液压压力,近似值按下式计算:

$$p = \frac{t}{r} \sigma_b \quad (7-63)$$

式中 t ——板料厚度;

r ——零件底部圆角半径;

σ_b ——板料的抗拉强度;

p ——单位面积上液体压力。

用液体凸模拉深时,不存在凸模与坯料之间的摩擦力,坯料稳定性不好,容易偏斜,中间部分变薄量大。但由于模具简单,有时不用冲压设备也能进行拉深成形,所以宜用于尺寸大和曲面形状复杂零件的拉深。

图 7-85 为聚氨酯橡胶凸模拉深。在拉深过程中,聚氨酯橡胶和凹模平面对坯料加压,相当于压料装置的作用。聚氨酯橡胶(凸模)始终与坯料保持接触,可以阻止坯料的变薄,因而所得的冲件壁厚均匀、边缘平整。这种拉深方法常用于深度不大的零件的拉深成形。

2. 柔性凹模拉深

图 7-86 为容框式的橡胶凹模拉深。橡胶装在上模的容框内,凸模可以根据零件的形状进行更换。拉深开始时坯料被压料圈和橡胶压紧,接着进行拉深,拉深结束时压料圈把冲件顶离凸模。橡胶拉深一般在液压机上进行。

橡胶有普通橡胶和聚氨酯橡胶。对容框式凹模宜选硬度较低的聚氨酯橡胶(以邵氏 80A 为宜)。

图 7-87 为液体凹模拉深。高压容器下面装一橡胶囊,容器内充满液体,成为液体凹模。拉深时,将平板坯料置于刚性压料圈上,当液体凹模向下运动到一定位置时,坯料与

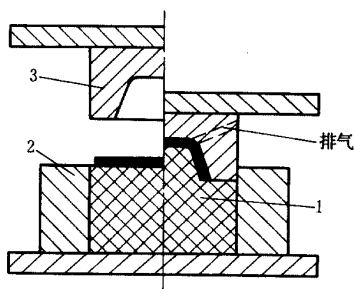


图 7-85 聚氨酯橡胶凸模拉深

1—聚氨酯凸模 2—容框 3—凹模

橡胶囊接触并被压紧, 然后进行拉深成形。在拉深过程中, 容器内液体的单位面积压力应足以防止坯料起皱并在坯料与凸模间产生足够的表面摩擦力。单位面积压力大小取决于拉深件的形状、材料的性能、拉深系数等因素。单位面积压力可通过液压系统来调节。图 7-88 所示为我国自行设计制造的 XY-1200 橡胶囊深拉深液压成形机的拉深工作过程。

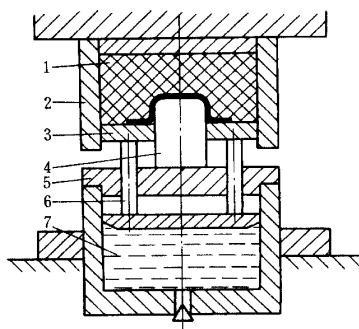


图 7-86 橡胶凹模拉深原理图

1—橡胶 2—容框 3—压料圈 4—凸模

5—凸模座 6—顶杆 7—液压缸

柔性凹模拉深为坯料的拉深成形创造了较为理想的条件, 在拉深变形时, 橡胶或高压液体将坯料紧紧地压在凸模上, 不仅提高了零件成形的准确度, 而且增大了坯料侧壁与凸模间的摩擦力, 防止坯料与凸模产生相对滑动, 减小了冲件侧壁的拉应力, 使传力区承载能力大为提高。柔性凹模拉深还减小了坯料与凹模间的相对滑动, 使坯料与凹模间的摩擦损失有相当程度的降低等。因此, 柔性凹模拉深的极限拉深系数比普通拉深的小得多, 尤其是液体凹模拉深, 见表 7-27。

液体凹模拉深比橡胶凹模拉深有更多的优点, 如橡胶囊寿命长, 拉深深度大, 能够达到更大的单位压力等。

由于柔性凹模拉深模具结构简单, 所得零件壁厚均匀, 尺寸精确, 表面质量好, 成形极限大, 所以一些复杂形状的零件, 如球形件、锥形件和非对称曲面形状零件, 有斜底、斜凸缘零件, 底部或凸缘上有凸起或凹陷的零件等均可用柔性凹模一次拉深成形, 而其中有的零件如果用刚性拉深模拉深是难以成形的。图 7-87b 所示抛物线形件, $h/d = 0.88$, 用

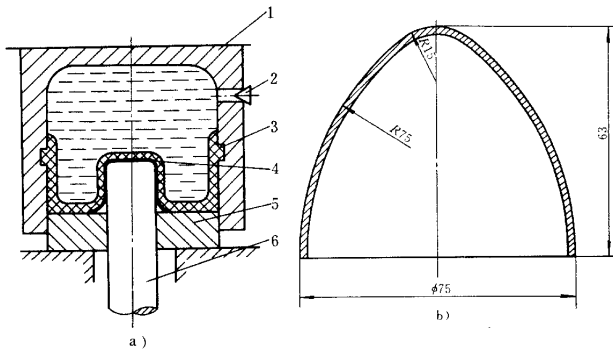


图 7-87 液压凹模拉深

a)原理图 b)抛物线形件

1—高压容器 2—调压阀 3—橡胶囊

4—零件 5—压料圈 6—凸模

液压凹模拉深一次成形, 而用普通拉深则要多次成形。

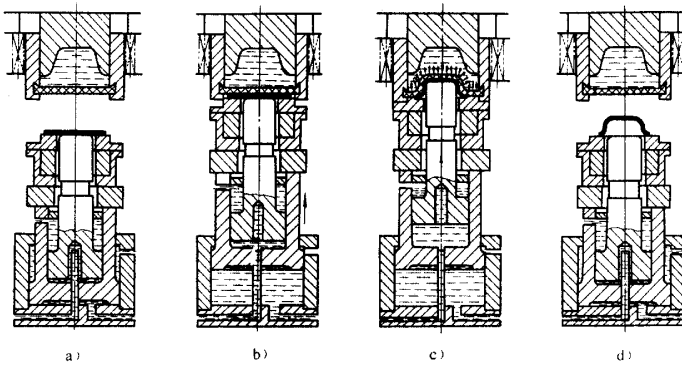


图 7-88 XY-1200 成形机深拉深工作过程图

a)原始位置 b)内缸上升, 将板料压紧

c)活塞上升, 板料成形 d)工作缸复位, 卸件

表 7-27

采用液压凹模或弹性凹模拉深时的极限拉深系数

拉深材料	拉深系数 $m_1 = d_1/D$		拉深材料	拉深系数 $m_1 = d_1/D$	
	试验值	推荐值		试验值	推荐值
硬铝	0.43	0.46	不锈钢	0.41	0.43
铜	0.42	0.45	10 钢、20 钢	0.42	0.45
铝	0.41	0.44			

二、差温拉深

从拉深变形的分析中可知, 提高凸缘变形区的塑性, 降低变形区的变形抗力, 提高侧壁传力区的强度, 均是提高拉深变形程度的有效方法。差温拉深就是为了达到上述目的

的一种拉深方法。

差温拉深分为局部加热拉深和局部冷却拉深两种。

1. 局部加热拉深法(图 7-89)

在拉深过程中,利用压边圈和凹模中的加热元件把坯料变形区加热到一定温度,以提高其塑性,降低变形抗力。同时凸模中和凹模侧壁通入冷却水,将已拉入凹模形成侧壁的材料冷却,以保证不降低其抗拉强度。这种拉深的极限拉深系数比普通拉深的小,一次拉深可以达到很大的变形程度。

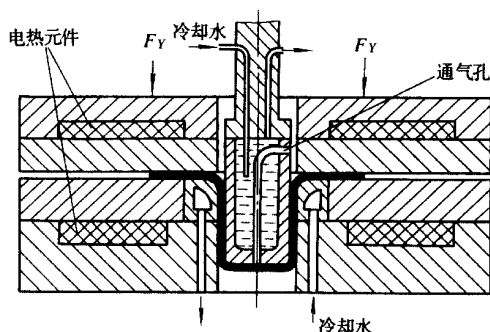


图 7-89 局部加热拉深方法

局部加热拉深方法宜用于塑性较差的材料(如镁合金、钛合金、铝合金等)和形状复杂零件的拉深。钢板因加热温度较高,所以应用有一定困难。

2. 局部冷却拉深法(图 7-90)

在拉深过程中,已形成侧壁的材料与处于低温的凸模接触,被冷却至 $-160 \sim -170^{\circ}\text{C}$ 。这时,传力区的强度大为提高(低碳钢的强度可以提高两倍,1Cr18Ni9Ti 不锈钢的强度提高 2.3 倍),因此,拉深系数可以显著降低,可达到 0.35 左右。

冷却方法是在空心凸模内加入液态氮气或液态空气,其汽化温度为 $-183 \sim -195^{\circ}\text{C}$ 。由于冷却方法繁琐,生产率不高,所以主要用于不锈钢和耐热钢等材料或形状复杂而高度大的盒形件等的拉深。

由上所述可见,柔性模拉深和差温拉深方法均可大大降低拉深系数,从而减少拉深次数,可以用于普通拉深方法难以实现的金属材料的拉深。表 7-28 是几种拉深方法的极限拉深系数的比较。

表 7-28 不同拉深方法的极限拉深系数

材 料 代号(牌号)	极 限 拉 深 系 数 m_{\min}			
	普通拉深	柔性凹模拉深	局部加热拉深	局部冷却拉深
LY12 ^①	0.54 ~ 0.56	0.46	0.37*(320 ~ 340°C)	—
LC4 ^①	0.56 ~ 0.59	0.47	—	—
LF21 ^①	0.50 ~ 0.52	0.45	0.42*(320 ~ 340°C)	—
MB1	0.87 ~ 0.91	—	0.42 ~ 0.46*(300 ~ 350°C)	—
MB8	0.81 ~ 0.83	—	0.40 ~ 0.44(280 ~ 350°C)	—
(TA2)	0.57 ~ 0.59	—	0.42 ~ 0.50(350 ~ 400°C)	—
(TA3)	0.58 ~ 0.61	—	0.42 ~ 0.50(350 ~ 400°C)	—
(1Cr18Ni9Ti)	0.53 ~ 0.57	0.44	—	0.35 ~ 0.37

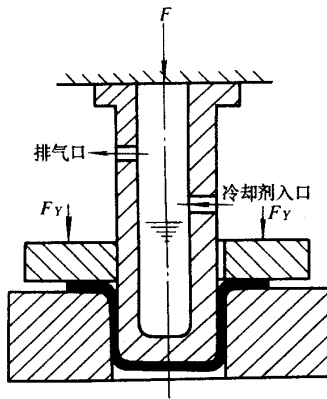


图 7-90 局部冷却拉深原理图

注：带 * 者为试验值，其余均为生产推荐使用值。

①退火。

三、变薄拉深

1. 变薄拉深的变形特点

变薄拉深是使坯料壁部厚度显著变薄直径变小(不多),高度增大,底部厚度不变,得到壁薄底厚的零件的一种拉深方法,如子弹壳等。其变形过程如图 5—91 所示。由图表明,变薄拉深时,变形区是凹模孔内的锥形部分,传力区是已从凹模内孔拉出的侧壁部分和底部。在变形区内金属处于径向和切向受压、轴向受拉的应力状态,产生厚度变薄高度增大的变形。为了达到变薄拉深的目的,必须有足够大的拉深力通过传力区使变形区产生预期的塑性变形。显然,变形程度越大,拉深力也越大,当壁部拉应力超过材料的抗拉强度时,则产生拉裂。所以变薄拉深的变形程度受侧壁传力区强度的限制。通常底部厚而壁部薄的零件需要经过多次变薄拉深获得,如图 7-92 所示。

变薄拉深的变形程度通常用变薄拉深系数表示：

$$m_i = \frac{t_i}{t_{i-1}} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (7-64)$$

式中 t_{i-1} 、 t_i ——拉深前后两工序的工序件壁厚；

m_i ——变薄拉深系数。

对于大多数金属,极限变薄拉深系数可取 0.65 ~ 0.70。各种材料变薄拉深系数极限值见表 7-29。

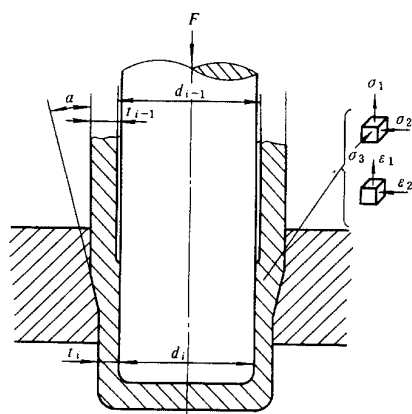


图 7-91 变薄拉深

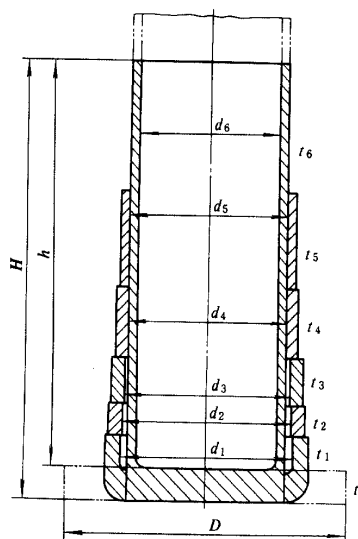


图 7-92 变薄拉深示例

表 7-29

变薄拉深系数的极限值

材 料	首次变薄系数 m_1	中间工序变薄系数 m	末次变薄系数 m_n
铜、黄铜(H68、H80)	0.45 ~ 0.55	0.58 ~ 0.65	0.65 ~ 0.73
铝	0.50 ~ 0.60	0.62 ~ 0.68	0.72 ~ 0.77
低碳钢、拉深钢板	0.53 ~ 0.63	0.63 ~ 0.72	0.75 ~ 0.77
中碳钢($w_c = 0.25\% \sim 0.35\%$)	0.70 ~ 0.75	0.78 ~ 0.82	0.85 ~ 0.90
不锈钢	0.65 ~ 0.70	0.70 ~ 0.75	0.75 ~ 0.80

注 1: 中碳钢的拉深系数为试用数据。

2. 厚料取较小值,薄料取较大值。

由上述可见,变薄拉深有如下特点:

1) 零件质量较高,这是由于在两向压应力下产生较大的塑性变形,因此晶粒细密,强度较高,壁厚均匀,厚度偏差在 $\pm 0.01\text{mm}$ 内,表面粗糙度 R_a 可达 $0.2\mu\text{m}$ 。

2) 没有起皱问题,拉深时不需要压料。模具结构简单,可在单动压力机上进行拉深。如采用多层凹模变薄拉深,可获得变形程度很大的薄壁件,如饮料罐。

3) 拉深时摩擦严重,对模具表面粗糙度、模具材料与热处理,以及润滑等要求较高。

常用于变薄拉深的材料有铜、铝、低碳钢、不锈钢等塑性较好的金属。由于变薄拉深变形程度较大,硬化较严重,因此,几乎每次拉深后都要进行软化处理。最后为了消除零件内的残余应力,还要进行低温退火。

2. 变薄拉深坯料的尺寸计算

变薄拉深应根据拉深前后材料体积不变原则和零件底部厚度来确定坯料的尺寸。

坯料的体积按下式计算:

$$V = KV_1 \quad (7-65)$$

式中 V ——坯料的体积;

V_1 ——零件的体积;

K ——考虑切边余量的系数,一般 $K = 1.15 \sim 1.2$ 。

坯料直径按下式计算:

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{V}{t}} \quad (7-66)$$

式中 D ——坯料直径;

t ——坯料厚度。

坯料厚度取零件底部厚度,如果底部需要切削加工则需加上切削加工余量。

3. 变薄拉深工序件尺寸的确定

(1) 各次拉深后工序件壁厚的确定

$$t_1 = m_1 t$$

$$t_2 = m_2 t_1$$

⋮

$$t_n = m_n t_{n-1} \quad (7-67)$$

计算到 t_n 小于零件壁厚时取 t_n 等于零件壁厚,然后调整各次变薄拉深系数。

(2) 为了使各工序拉深凸模能顺利地套入上次拉深工序件中,工序件的直径应按下列式计算:

$$d_{n-1} = d_n (1.01 \sim 1.03) \quad (7-68)$$

$$d_{n-2} = d_{n-1} (1.01 \sim 1.03)$$

⋮

$$d_1 = d_n (1.01 \sim 1.03)$$

从平板坯料变为内径为 d_1 的工序件,所需要的拉深次数及工序件尺寸按不变薄拉深

的计算方法进行计算。

(3) 各次拉深工序件高度的确定

$$h_i = \frac{t(D^2 - d_{wi}^2)}{2t(d_{wi} + d_{ni})} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (7-69)$$

式中 h_i ——该道工序件高度(不包括底部厚度 t)；

D ——平板坯料直径

t ——坯料厚度；

d_{wi} ——该道工序件外径；

d_{ni} ——该道工序件内径。

4. 变薄拉深的拉深力计算

各道拉深工序的拉深力,可按下列式计算：

$$F_i = \pi d_i (t_{i-1} - t_i) \sigma_b k \quad (7-70)$$

式中 F_i ——拉深力；

d_i ——该道工序件直径；

t_i ——该道工序件壁厚；

t_{i-1} ——前道工序件壁厚；

σ_b ——材料的抗拉强度；

k ——系数,钢 $k = 1.8 \sim 2.25$,黄铜 $k = 1.6 \sim 1.8$ 。

5. 变薄拉深模

图 7-93 为具有通用模架的变薄拉深模。该模具有以下特点：

1) 采用通用模架,凸、凹模与模座的配合部位采用标准尺寸,并用紧固圈分别紧固于上、下模座上,装配、更换较方便,适用于中、小批量的生产。

2) 采用两个(也可三个)内径不同的凹模 7,按变薄拉深顺序装在下模座 5 中,这样,在一次工作行程中进行两次变薄拉深,提高了生产率。

3) 该模具借助校模圈 9 进行凸、凹模对中,待上、下模安装后,拿掉校模圈,便可进行冲压。

4) 拉深后的冲件由卸件器 4 自凸模上卸下来。

变薄拉深凸模结构如图 7-94 所示。凸模有一定锥度和通气孔,便于卸件,对于不锈钢的变薄拉深,由于冲件在凸模上的抱合力较大,可利用凸模上的油嘴,借助液压卸件。

凹模的结构如图 7-95 所示。凹模结构对拉深金属的变形抗力影响很大。其关键是凹模锥角和刃带宽度。生产中取锥角 $\alpha = 6^\circ \sim 10^\circ$, $\alpha_1 = 10^\circ \sim 30^\circ$,刃带宽度 h 根据零件直径确定(见表 7-30)。

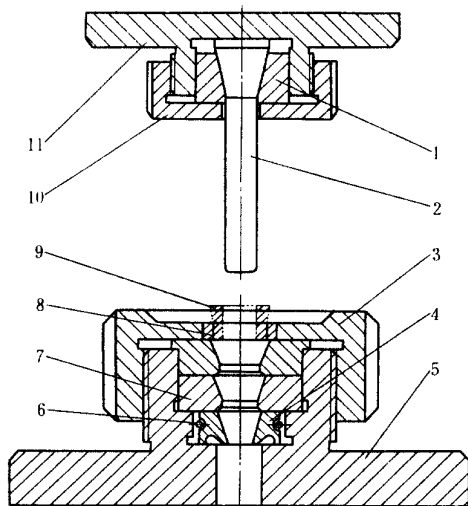


图 7-93 变薄拉深模

- 1—压圈 2—凸模 3—下紧固圈 4—卸件器
 5—下模座 6—拉簧 7—凹模 8—定位圈
 9—校模圈 10—上紧固圈 11—上模座

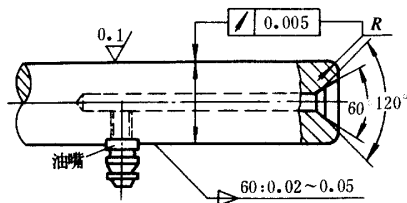


图 7-94 变薄拉深凸模结构

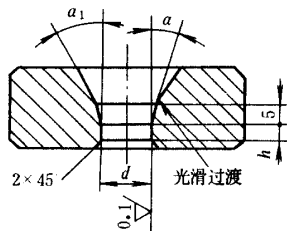


图 7-95 变薄拉深

凹模结构

刃带宽度

表 7-30

d/mm	< 10	> 10 ~ 20	> 20 ~ 30	> 30 ~ 50	> 50
h/mm	0.9	1	1.5 ~ 2	2.5 ~ 3	3 ~ 4

第八章 钣金冲压冷挤压技术工艺

第一节 概述

冷挤压是在常温下对挤压模模腔内的金属施加强大压力,使之从模孔或凸、凹模间隙中挤出,从而获得所需零件的一种加工方法。

一、冷挤压的分类

根据冷挤压时金属流动的方向与凸模运动方向的关系,冷挤压可以分为以下几类:

1. 正挤压

挤压时,金属流动的方向与凸模运动的方向一致(图 8-1)。正挤压可以利用实心或空心坯料制造各种形状的空心件和实心件,如图 8-2 所示。

2. 反挤压

挤压时,金属流动的方向与凸模运动的方向相反(图 8-3)。反挤压可以制造各种形状的杯形零件和空心零件,如图 8-4 所示。

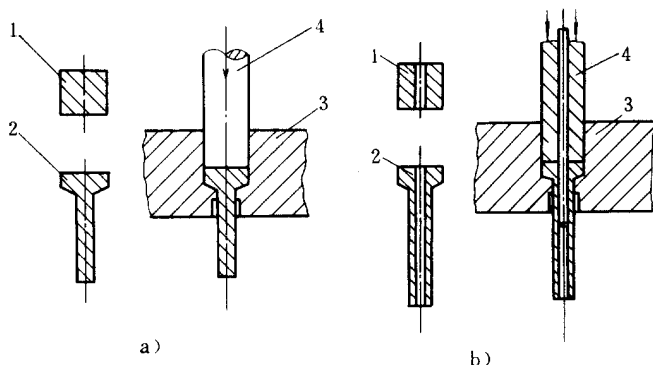


图 8-1 正挤压示意图

a) 实心 b) 空心

1—坯料 2—挤压件 3—凹模 4—凸模

3. 复合挤压

挤压时,金属朝凸模运动方向和相反方向同时流动(图 8-5)。复合挤压可以制造各

种形状的零件,如图 8-6 所示。

以上三种挤压方式的金属流动方向都是与凸模运动的方向平行,故统称为轴向挤压。

4. 径向挤压

挤压时,金属流动的方向与凸模运动的方向垂直。它又分为离心挤压和向心挤压两种。离心挤压是金属在凸模作用下沿径向外流(图 8-7);向心挤压则是沿径向内流。冷墩工艺实际上就是离心径向挤压。径向挤压主要用于制造带凸缘的零件,如图 8-8 所示。

把上述轴向挤压和径向挤压联合的加工方法称为墩挤法。采用墩挤法使冷挤压工艺的应用范围进一步扩大,图 8-9 所示支承杆的制造过程就是采用墩挤法。墩挤法能成形较为复杂的零件,可挤压出以单独的轴向或径向冷挤压难以成形的零件。

二、冷挤压的特点及应用

冷挤压的特点为：

(1) 坯料变形区塑性好,变形抗力大。由于挤压坯料处于很强的静水压力作用下,因而塑性好,变形程度可以很大,但塑性变形需要的力亦很大。

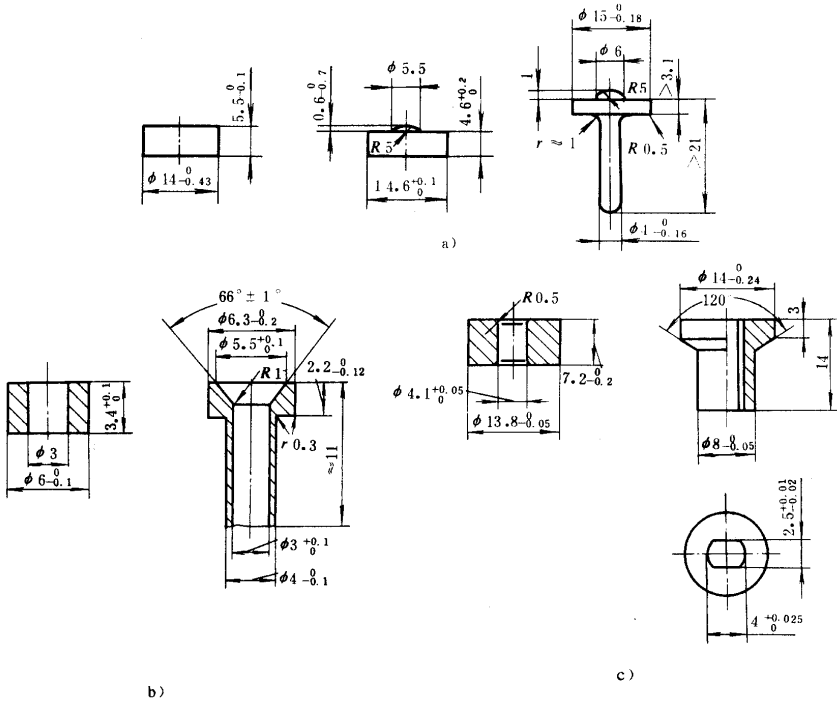


图 8-2 正挤压零件示例图

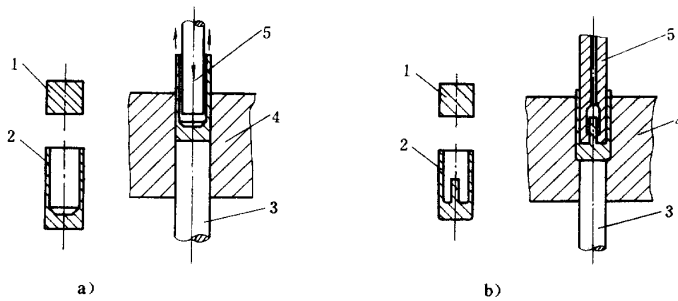


图 8-3 反挤压示意图

1—坯料 2—挤压器 3—顶杆 4—凹模 5—凸模

(2) 挤压件质量高 目前冷挤压件尺寸公差一般可以达到 IT7, 表面粗糙度 R_a 可达 $1.6 \sim 0.2 \mu\text{m}$, 在一般情况下可以不要切削加工即可满足要求。冷挤压使金属产生加工硬化、内部组织致密、纤维沿零件轮廓分布, 因而零件的强度、刚度较好, 表面硬度较高, 耐磨性、抗腐蚀性、抗疲劳性较好。因此, 制造冷挤压件可以用一般钢材代替贵重钢材。

(3) 生产率高 它与切削加工相比, 生产率可提高几十倍甚至百倍以上。

(4) 节约原材料 冷挤压属于少切削或无切削加工, 材料利用率可达 70% ~ 95%。

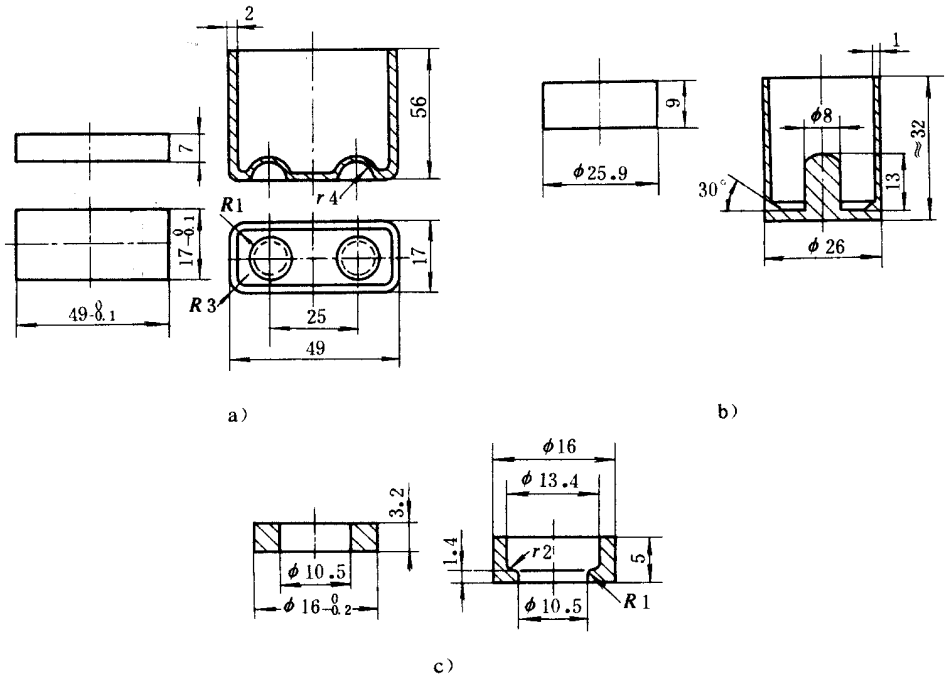


图 8-4 反挤压件示例

由于冷挤压具有上述优点, 因而应用冷挤压生产制品有明显的技术经济效果。例如汽车活塞销(图 8-10a)采用冷挤压代替原来的切削加工方法, 材料利用率由 40% 提高到 80%, 生产效率提高两倍, 成本降低 37%, 力学性能提高 20% ~ 100%, 疲劳寿命是原来的

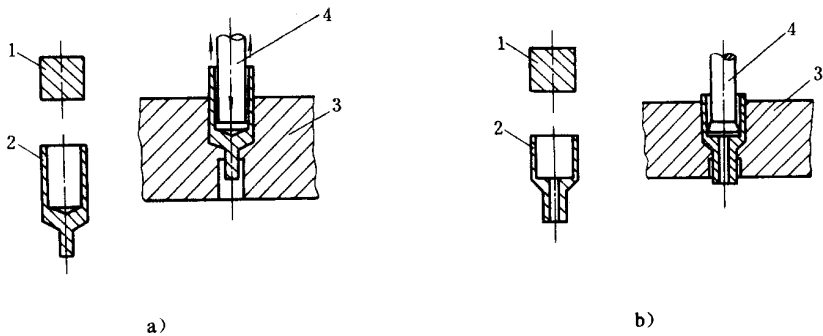


图 8-5 复合挤压示意图

1—坯料 2—挤压件 3—凹模 4—凸模

3.5 倍。实践证明它可以用 20 钢代替原来的 20Cr 钢。又如纯铁底座(图 8-10b)用冷挤压代替切削加工,材料消耗为原来的 1/10,生产率提高了 30 倍。又如纯铝电容器(图 8-10c)形状复杂、尺寸小、要求高,用切削加工无法达到要求,而采用冷挤压就比较容易达到。

与板料的拉深工艺比较,冷挤压不但能够加工出拉深无法成形的零件,而且有些薄壁空心零件虽然用拉深和冷挤压都可以成形,但采用冷挤压成形,其变形程度大,因而成形工序少,生产率高。例如图 8-11 所示零件,过去用拉深、整形、加上冲底孔共五道工序,现改为冷挤压,一次挤压代替了拉深和整形四道工序。

冷挤压在机械、电子、电器、仪表、轻工、兵器、航天等工业部门得到越来越广泛的应用。由于挤压技术的迅速发展,新的挤压方法相继出现,用于冷挤压的金属已由有色金属发展到黑色金属并正在不断扩大,制品的重量亦不断增加。

三、当前应用冷挤压技术应解决的主要问题

由于冷挤压金属变形所需要的单位挤压力很大,而且作用时间较长,所以,当前冷挤压技术的应用必须解决强大的变形抗力与模具承载能力的矛盾。为此,必须做到:

- 1) 设计合理的、工艺性良好的冷挤压件。
- 2) 恰当选择冷挤压金属材料,正确确定坯料形状尺寸及热处理规范,要特别注意坯料表面处理与润滑。
- 3) 制定合理的冷挤压工艺方案,合理选择冷挤压方式,适当控制冷挤压变形程度。
- 4) 采取有效措施解决模具的强度、刚度和寿命问题。这就要求设计合理的模具总体结构,正确确定模具工作零件的结构、几何参数及加工要求,认真选择模具材料及热处理方法。
- 5) 选用合适的挤压设备。

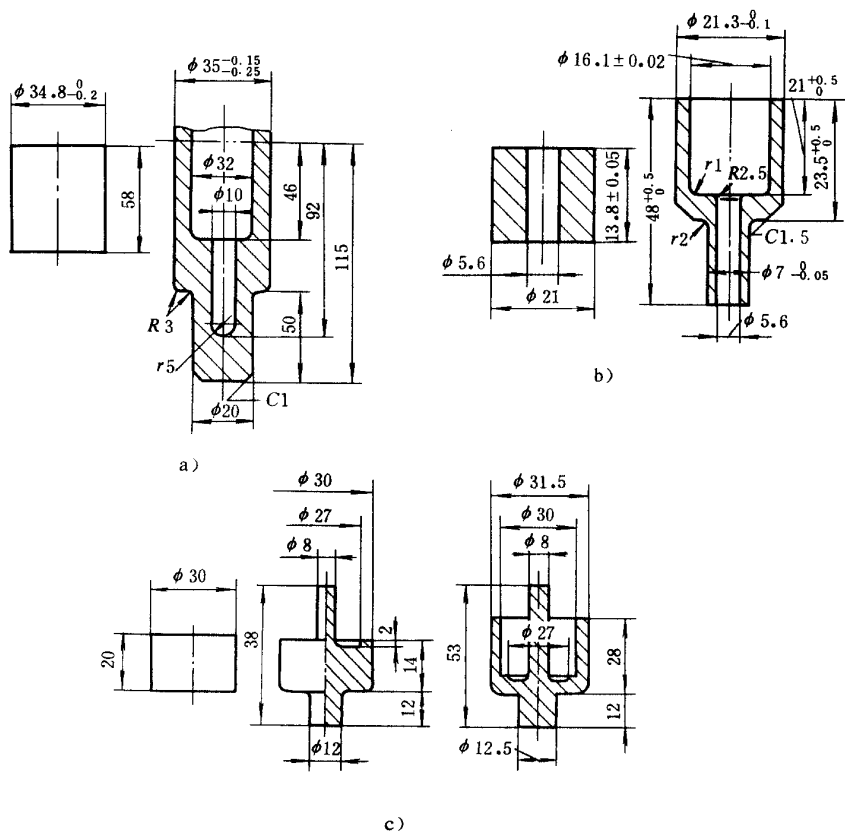


图 8-6 复合挤压件示例

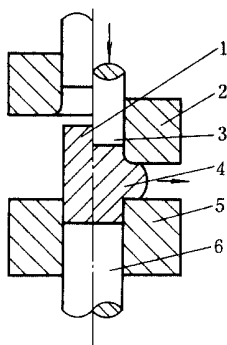


图 8-7

径向挤压

1—坯料 2—上模

3—凸模 4—挤压件

5—下模 6—顶杆

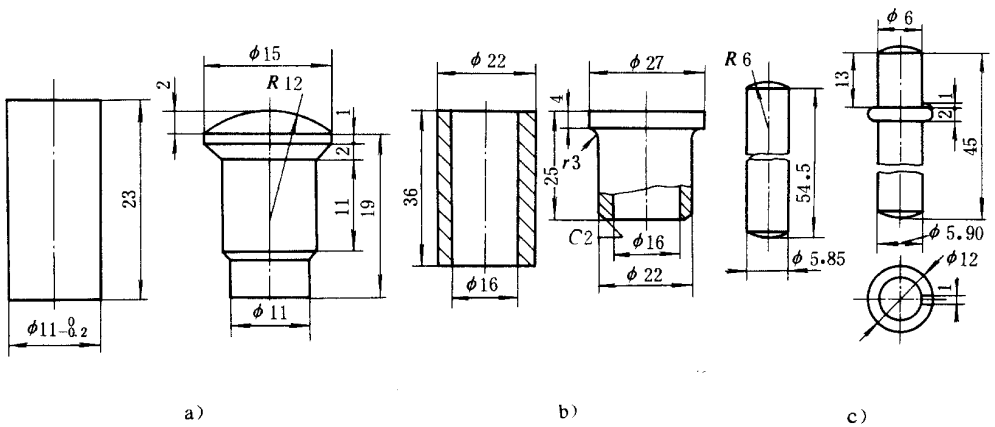


图 8-8 径向挤压件示例

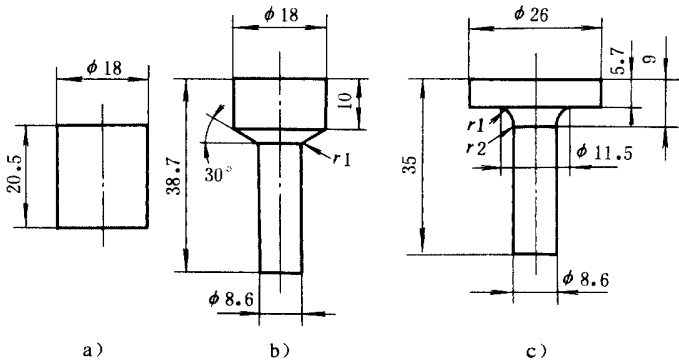


图 8-9 墩挤法示例

第二节 冷挤压的金属变形

实践证明,挤压件形状、挤压方式、摩擦条件、模具几何参数、变形程度等都直接影响着冷挤压的顺利进行和挤压件的质量。只有通过研究了解这些因素对挤压过程的影响,才能正确地设计冷挤压工艺和挤压模具。

研究挤压金属变形最简便的实验方法仍是坐标网格法。即由两个半圆柱组成圆柱体试样(图 8-12)其中一块刻有正方形网格,在拼合面上涂润滑油,拼合后即可进行各种形式的挤压试验。从试验后网格的变化情况,来分析各种挤压方式的金属变形情况及各种因素对挤压变形的影响。

一、正挤压的金属变形

图 8-13a 为正挤压过程的应力应变状态。图 8-13b 为正挤压实心件过程中试样上

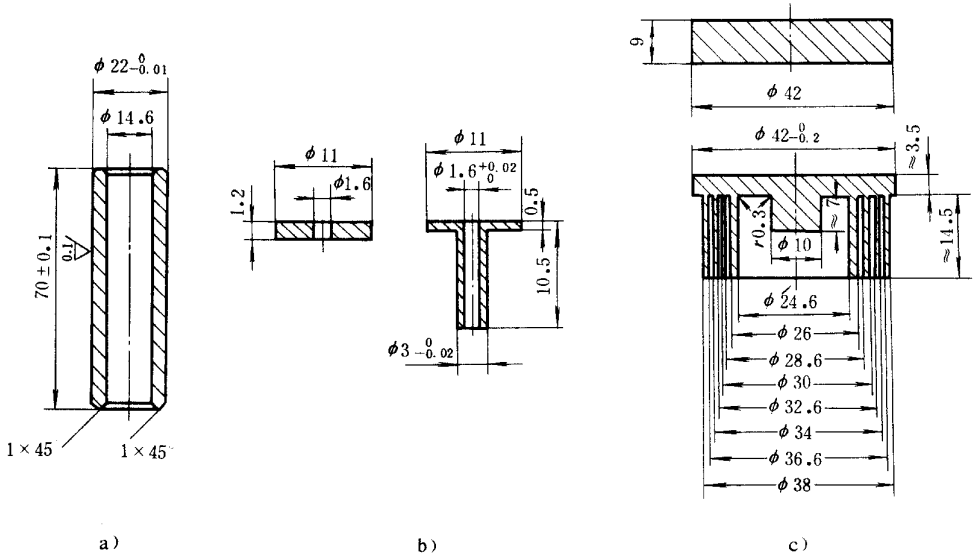


图 8-10 冷挤压零件

a) 汽车活塞销 b) 纯铁底座 c) 纯铝电容器

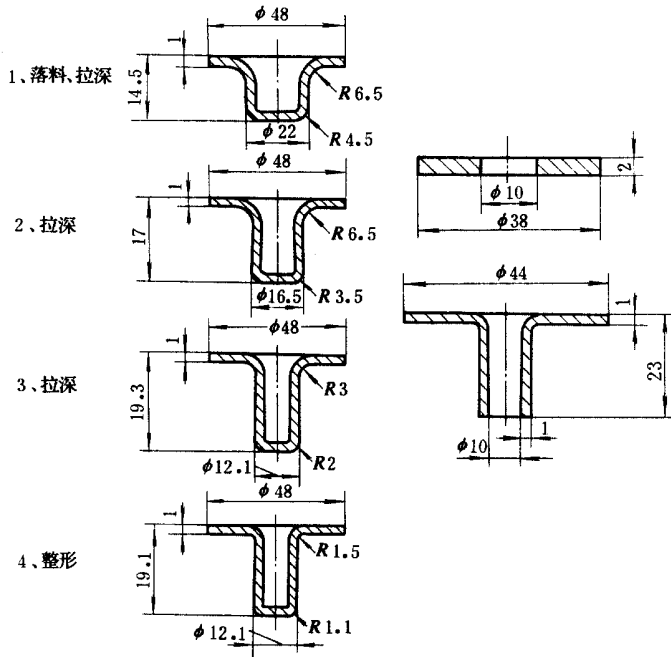


图 8-11 纯铝仪表零件

坐标网格的变化情况。变形金属大体可以分为以下几个区：

(1) 已变形区(挤出部分)由已变形区网格变化情况可以看出,沿着横截面,金属变形是很不均匀的,中间金属流动大于表面,致使横向坐标线产生很大的弯曲。

(2) 变形区 挤压金属的变形区是在凹模口附近,即图中的 I - I 与 II - II 两虚线之

间的区域。金属在这个区域产生剧烈的塑性变形,结果横向坐标线向挤出方向弯曲,纵向坐标线自 I - I 线开始向中心弯曲。

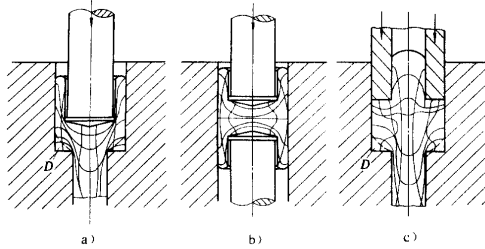


图 8-12 挤压试样

(3)待变形区 变形区与凸模端面之间为待变形区。其坐标网格没有什么变化,说明这部分金属未产生塑性变形。随着挤压过程的进行,这部分金属逐步加入变形区。当坯料高度降到一定值后,如果继续挤压,则靠近凸模的金属也开始产生塑性变形(图 8-13c)。

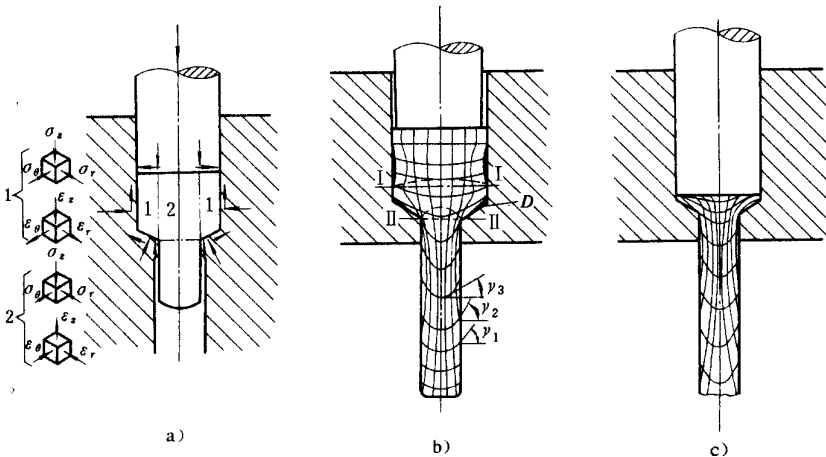


图 8-13 正挤压的金属变形情况

(4)死角 凹模转角部位的金属(图中 D 处),在挤压过程不参与变形,称为“死角”。

各区的大小及变形的均匀性与许多因素有关。影响金属变形的主要因素有:

(1)模具与挤压金属间摩擦力的影响 摩擦力对金属变形有很大影响,由于摩擦力的影响,使外层金属的流动滞后于内层,导致挤压件外层产生附加拉应力,摩擦系数越大,外层金属流动滞后内层越多,即变形不均匀性加大,附加拉力也越大,可能导致表面层产生裂纹。

(2)模具几何参数的影响 图 8-14 表示凹模中心锥角对金属变形的影响。当中心锥角 α_A 较小时,变形区集中在凹模口附近,外层与内层金属变形差别不大,“死角”最小。当中心锥角 α_A 增大时,变形区范围扩大,外层与内层金属变形差别增大,死角也相应增高。当中心锥角 α_A 达到 180° 时,变形区及变形的不均匀性达到最大。

除了凹模中心锥角对挤压金属变形有重大影响外,凹模挤出口部的圆角半径 R_A (图 8

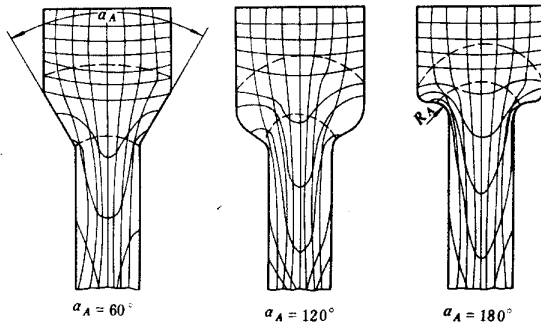


图 8-14 凹模中心锥角对金属变形的影响

- 14)对挤压金属的变形也有影响。当 R_A 较小时,金属流动阻力加大,变形不均性增加。

除了摩擦力和模具几何参数对挤压变形的影响之外,变形程度、坯料形状和尺寸、变形速度、挤压金属的性质等都对挤压变形有影响。变形程度增加,变形的不均匀性增大;坯料的横截面形状与凹模孔形状相同或接近,其变形均匀性比两者形状不相同的好。当坯料的相对高度 $h_0/d_0 = 1 \sim 1.5$ 时,变形不均匀性是随着坯料高度的增加而增大,但相对高度超过 1.5 后,随着坯料高度的增大,变形不均性不再增大。

二、反挤压的金属变形

图 8-15a 为反挤压过程的应力应变状态。图 8-15b 为高度大于直径的坯料反挤压过程中的稳定挤压阶段。此时,变形金属大体有以下几个区:

(1)粘滞区 该区是紧靠凸模端面的部分,由于凸模端面与金属之间摩擦力的影响,这个区域金属变形极小,故称粘滞区。

(2)变形区 图中两虚线之间即为反挤压金属的强烈变形区。强烈变形区的金属向外、向上流动,当到达筒壁后就不再变形,在后续变形金属的推动和本身金属流动惯性力作用下,作向上的刚性平移,成为已变形区。

在稳定挤压阶段,粘滞区和强烈变形区的大小保持不变,但其位置随着凸模的下行而逐步向下变动。

(3)待变形区 变形区下面即为待变形区。随着凸模向下移动,待变形区逐步加入变形区而减小。

(4)“死角” 处于凹模角部的金属始终不参与变形(图 8-15c 中 D 处),即为“死角”。

从上述网格变化情况和分析来看,反挤压金属变形也是很很不均匀的。在横向(直径方向),内表面变形程度大于外表面;在轴向,中部变形最大,口部和底部较小。这些不均匀的变形势必在挤压件内产生附加应力,可能造成挤压件的变形与开裂。

影响反挤压金属变形的因素与正挤压基本相同。反挤压凸模的几何参数和凸、凹模之间间隙的均匀性对反挤压变形影响甚大。实践证明,凸模端部的锥角 $\alpha_T = 126^\circ$ 时,金属变形的不均匀程度比 $\alpha_T = 180^\circ$ 时小。所以,采用合理的反挤压凸模形状及参数,有利于金属流动,也可以减少挤压力。反挤压凸、凹模间隙沿周边必须均匀,否则,将造成金属流动阻力不均匀,直接影响挤压件质量。

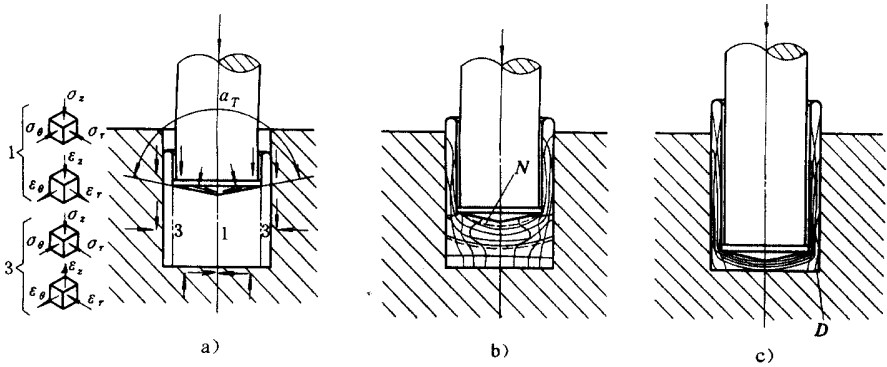


图 8-15 反挤压过程金属变形情况

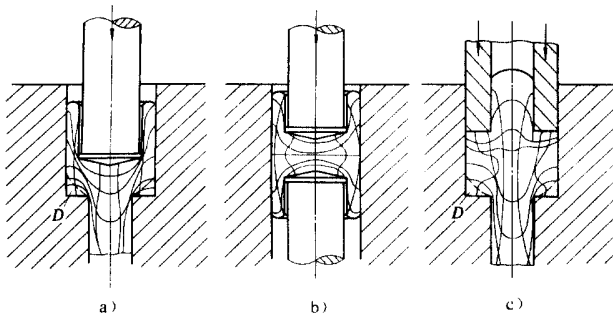


图 8-16 复合挤压的金属变形情况

三、复合挤压的金属变形

图 8-16 为复合挤压金属变形情况。由图可以看出,由于复合挤压的方式不同,因而金属流动情况也不一样。图 8-16a 是正挤压和反挤压金属变形规律的综合;图 8-16b 是上、下两个杯形反挤压变形规律的综合;图 8-16c 是上、下两个杆形正挤压变形规律的综合。

复合挤压的变形情况是比较复杂的,它存在正、反两个方向的挤出速度、挤出长度的控制问题,挤压金属变形情况既与复合挤压的方式有关,又与变形程度、凸(凹)模形状与尺寸、表面粗糙度、润滑条件等因素有关。这些因素中有一个因素变化,都会引起复合挤压时金属变形状况的变化。

综上所述,为使冷挤压金属产生较为理想的变形,即产生匀速流动和均匀变形,保证挤压件质量,必须正确设计凸、凹模的几何形状及参数,尽量减少摩擦力,注意改善润滑条件和对模具工作表面的粗糙度提出严格要求。

四、冷挤压的变形程度

1. 冷挤压变形程度的表示方法

冷挤压变形程度可用以下几种形式表示:

(1) 断面变化率

$$\psi = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\% \quad (7-1)$$

(2) 挤压比

$$R = \frac{A_0}{A} \quad (8-2)$$

(3) 对数挤压比

$$\phi = \ln \frac{A_0}{A} \quad (8-3)$$

式中 A_0 ——坯料横截面积；
 A ——挤压件横截面积。

2. 极限变形程度

冷挤压时，一次挤压加工可能达到的最大变形程度称为极限变形程度。挤压金属可能达到很大的变形程度。但变形程度很大时，单位挤压力很大，会显著降低模具的使用寿命，如果单位挤压力超过模具强度所许可的范围，则造成模具的早期破坏。所以，冷挤压极限变形程度实际上是受模具强度和模具寿命的限制。也就是说，冷挤压的极限变形程度，实际上是指在模具强度允许条件下保持模具有有一定寿命的一次挤压变形程度。

影响极限变形程度的因素很多，主要有两个方面：一是模具本身的许用单位压力（承载能力），目前，模具钢的单位压力一般不宜超过 2500 ~ 3000MPa；另一方面是挤压金属产生塑性变形所需的单位挤压力，这取决于挤压金属的性质、挤压方式、变形程度、模具工作部分的几何形状、坯料表面处理与润滑等。所以提高变形程度可以通过设计和制造耐压强度高的模具结构及正确选用模具材料与热处理方法，以提高模具本身的承载能力，还可以通过正确设计挤压工艺，以减少所需要的单位挤压力，使之在相同的模具承载能力下提高挤压变形程度。

表 8-1 为部分有色金属的极限变形程度。

表 8-1 有色金属一次挤压的极限变形程度

金属名称	断面变化率 ψ (%)		备注
铅、锡、锌、铝、防锈铝、无氧铜等软金属	正 挤	95 ~ 99	低强度的金属取上限，高强度的金属取下限
	反 挤	90 ~ 99	
硬铝、纯铜、黄铜、镁	正 挤	90 ~ 95	
	反 挤	75 ~ 90	

图 8-17、图 8-18、图 8-19 分别为碳钢正挤压实心件、正挤压空心件、反挤压空心件时的极限变形程度。这些极限变形程度值是按模具许用单位压力为 2500MPa，正挤压凹模中心锥角为 120°，坯料相对高度为 $h_0/d_0 = 0.7 \sim 1.0$ 并经退火、磷化、润滑处理后进行挤压实验得到的。

使用上述各图时应该注意，图中斜线以下是许用变形区，它可以保证模具的工作寿命达到 1 万件至 10 万件。如果需要模具寿命达到 10 万件以上，则斜线就得降低，即变形程度就得减少。斜线中间为过渡区，其上限适用于模具钢质量高，挤压条件好的情况。下限

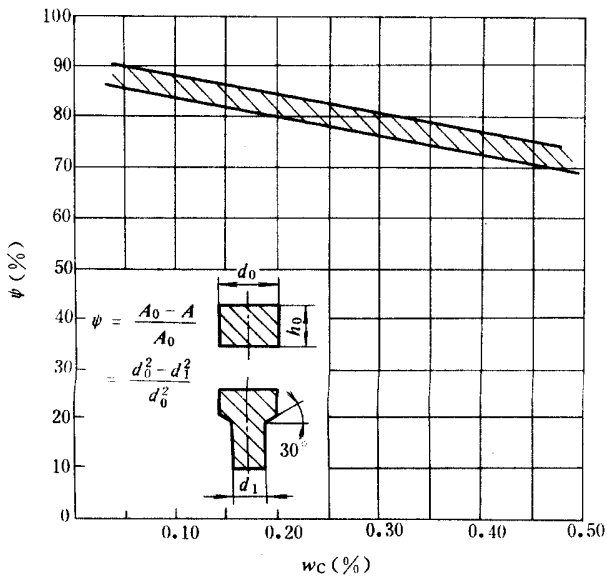


图 8-17 正挤压碳素钢实心件极限变形程度

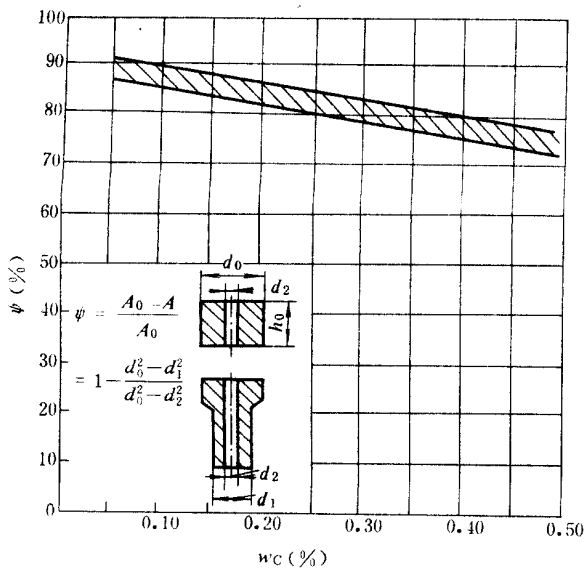


图 8-18 正挤压碳素钢空心件极限变形程度

适用于一般情况,斜线以上是待开发区,随着挤压技术的发展,斜线上限可能被突破。

如果实际生产条件与上述各图的实验条件不符,则应对极限变形程度作适当的修正。

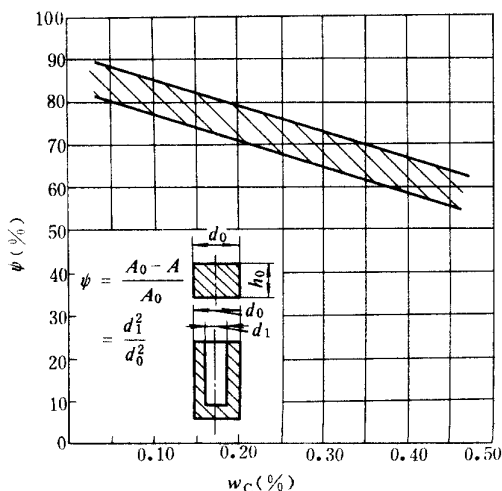


图 8-19 反挤压碳素钢空心件极限变形程度

第三节 冷挤压的材料与坯料准备

一、冷挤压用原材料

1. 冷挤压工艺对金属材料的要求

强度、硬度低,硬化模数小,有一定的塑性;化学成分要求较严格,钢中硫、磷含量少,冷挤压工艺性好。

2. 可用于冷挤压的金属材料

目前可用于冷挤压的金属主要是有色金属及其合金、纯铁、碳素钢、低合金钢、不锈钢。

此外,对于钛和某些钛合金等也可以进行冷挤压。甚至轴承钢(GCr9、GCr15)和高速钢(W6Mo5Cr4V2)也可以进行一定变形程度的冷挤压加工。随着冷挤压技术的发展和新模具材料的应用,可用于冷挤压的金属必将进一步扩大。

二、冷挤压坯料形状和尺寸的确定

1. 冷挤压坯料的形状

冷挤压坯料的形状主要是根据挤压件的截面形状和挤压方式决定。坯料的横截面轮廓形状应尽量与挤压件轮廓形状相同,并与挤压模型腔吻合,以便定位。坯料的几何形状应保持对称、规则、两端面平行,坯料表面应光滑,不能有裂纹、折叠等缺陷。

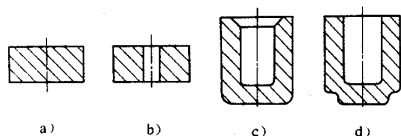


图 8-20 冷挤压用坯料的形状

常用的冷挤压坯料如图 8-20 所示。对于正挤压和径向挤压,这几种坯料都可用,实心坯料用于正挤实心件,空心坯料用于正挤空心件。反挤压常用图 8-20a、b 所示的两种坯料。

2. 坯料尺寸的确定

坯料的体积(V_0)等于零件的体积加上修边余量和切削量(需要时)。不同挤压件的修边余量可参照表 8-2 和表 8-3 选取。

表 8-2 旋转体冷挤压件高度修边余量

挤压件高度 h/mm	10	10~20	20~30	30~40	40~60	60~80	80~100
修边余量 $\Delta h/\text{mm}$	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5

注 1. 当挤压件高度大于 100mm 时,修边余量为高度的 5%。

2. 复合挤压件的修边余量应当适当加大。

3. 矩形挤压件的修边余量按表列数据加倍。

表 8-3 大量生产铝质外壳所用的修边余量

挤压件高度 h/mm	15~20	20~50	50~100
修边余量 h/mm	8~10	10~15	15~20

注 表列数值适用于大量生产壁厚为 0.3~0.4mm 的铝制反挤杯形件。

坯料横截面尺寸按下述原则确定:外径(d_0)一般比凹模小 0.1~0.2mm,以便放入凹模;内径(d_2)一般比挤压件内孔(或芯轴直径)小 0.01~0.05mm。当挤压件内孔表面粗糙度要求不高时,坯料内孔也可以比挤压件内孔大 0.1~0.2mm。

坯料的高度为

$$h_0 = \frac{V_0}{A_0} \quad (8-4)$$

式中 h_0 ——坯料高度;

V_0 ——坯料体积;

A_0 ——坯料横截面积。

例 8-1 确定图 8-21 挤压件的坯料形状及尺寸。

解 查表 8-2 取修边余量 $\Delta h = 3\text{mm}$ 。

按图求得坯料体积 $V_0 = 2278\text{mm}^3$,坯料外径取 $d_0 = 47 - 0.2 = 43.8\text{mm}$,坯料内径取 $d_2 = 10\text{mm}$;测坯料高度为

$$h_0 = \frac{V_0}{A_0} = \frac{2278}{\frac{\pi}{4}(43.8^2 - 10^2)} \text{mm} \approx 1.6\text{mm}$$

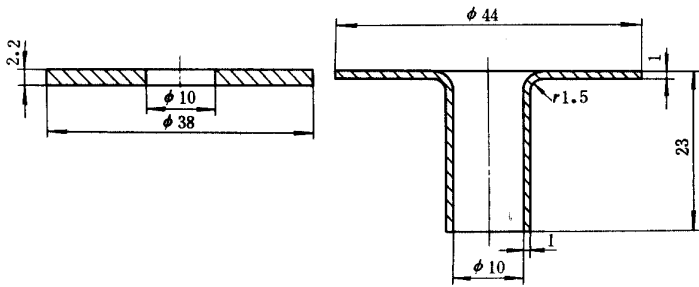


图 8-21 冷挤压件图

采用这样尺寸的坯料进行正挤压成形,其变形程度为

$$\psi = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\% = \frac{(43.8^2 - 10^2) - (12^2 - 10^2)}{43.8^2 - 10^2} \times 100\% = 97.5\%$$

查表 8-1 纯铝正挤压极限变形程度为 95% ~ 99%。这说明,挤压变形程度接近极限变形程度上限。为了减少变形程度,从而减少单位挤压力,将坯料外径减小到 $\phi 38\text{mm}$,采用正挤压和径向挤压复合成形。此时,坯料高度为

$$h_0 = \frac{V_0}{A_0} = \frac{2278}{\frac{\pi}{4}(38^2 - 10^2)} \text{mm} \approx 2.2\text{mm}$$

三、冷挤压坯料的加工方法

坯料的加工方法有:切削加工、剪切、冲裁、拉深或反挤压等。究竟采用哪一种方法制造坯料,应根据坯料的形状和尺寸、挤压件的精度和粗糙度、生产率及材料利用率等实际要求来选择。

四、冷挤压坯料的软化处理

冷挤压坯料软化处理的目的是降低材料的硬度,提高塑性,获得良好的金相组织(晶粒度大小适中的球状组织最好),消除内应力,以降低变形抗力,提高挤压件质量和模具寿命。

由于冷挤压金属变形程度较大,冷作硬化较严重,所以还应根据冷作硬化程度适当安排工序间的软化处理工序。对于黄铜和不锈钢经冷挤后务必及时进行消除应力的退火,否则会开裂。黄铜消除应力退火的加热温度为 $250 \sim 300^\circ\text{C}$; 1Cr18Ni9Ti 不锈钢消除应力退火的加热温度为 750°C 。

五、冷挤压坯料的表面处理与润滑

对冷挤压坯料进行表面处理与润滑十分必要。其目的是减少模具表面与金属间的摩擦力。

1. 表面处理

不同金属材料表面处理与润滑的方法不同,碳素钢和合金结构钢通常采用磷化处理;不锈钢(1Cr18Ni9Ti)采用草酸盐处理;硬铝采用氧化、磷化、氟硅化处理中的一种。经处理

后,获得与坯料表面牢固结合的润滑覆盖层。这个覆盖层是结晶的多孔性的薄膜,能吸附润滑剂,在挤压过程中,还能随挤压金属一起塑性变形,保证挤压过程的有效润滑。例如钢通过磷化处理,在坯料表面形成一层细致的很薄的磷酸盐薄膜覆盖层。实践证明,它吸附润滑油的能力为光滑钢表面的13倍,未经磷化处理的摩擦因数为0.108,而磷化处理后却降至0.013,磷化层还有400~500℃短时间的耐热能力。

至于磷化处理、草酸盐处理等的规范可参考有关手册。

2. 润滑处理

为了进一步降低摩擦因数,需要对坯料进行润滑处理。经磷化处理后的碳素钢和合金结构钢坯料需进行皂化润滑处理。

经皂化处理后,磷化层表面生成不溶解的硬脂酸锌层。这是更为有效的润滑层,其结构如图8-22所示。皂化处理后需经干燥,方可进行挤压。皂化处理后再加猪油拌二硫化钼润滑,则效果更好。磷化处理后也可以不进行皂化处理,而直接用猪油拌二硫化钼进行润滑。

经草酸盐处理后的不锈钢坯料以85%的氯化石蜡加15%的二硫化钼为润滑剂,经氧化处理后的硬铝坯料以工业菜油为润滑剂。

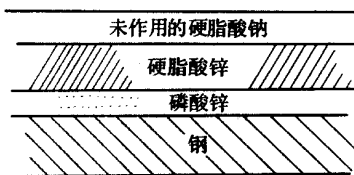


图 8-22 皂化处理后的
钢坯料表面润滑层

由于有色金属的单位挤压力不很大,一般可不经磷化等处理,而在表面清理之后直接进行润滑处理即可(见有关手册)。

第四节 冷挤压力的确定

一、冷挤压力曲线

图8-23为冷挤压时挤压力 F 与行程 S 的关系曲线。曲线 a 和 b 分别是坯料高度较大的正挤压力曲线和反挤压力曲线。曲线 c 是坯料高度较小的挤压力曲线。

由图可以看出,在冷挤压过程中压力的变化一般可分为四个阶段:Ⅰ是挤压初始墩粗与充满型腔阶段;Ⅱ是稳定挤压阶段;Ⅲ是挤压终了阶段;Ⅳ是刚端挤压阶段。值得注意的是刚端挤压阶段。当反挤压坯料底部或正挤压的凸缘厚度小于某一数值(纯铝为0.2~0.3mm,黑色金属约为1.5mm)时,则变形非常困难,变形阻力极大,挤压力急骤上升。图中曲线 c 表明,由于坯料高度较小,由初始墩粗与充满型阶段很快转入刚端挤压阶段,

故挤压力曲线的几个阶段很不明显。

显然,冷挤压工艺应在刚端挤压阶段之前结束,否则,容易造成模具和压力机的损坏。一般情况下,计算冷挤压力是以稳定挤压阶段为依据的。

二、单位挤压力及其影响因素

作用在凸模上的单位挤压力是总挤压力与凸模接触坯料的表面在凸模运动方向上的投影面积之比,即

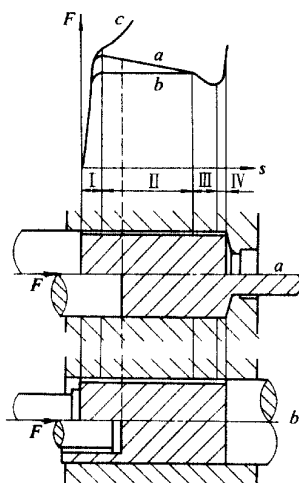


图 8-23 冷挤压力曲线

$$p = \frac{F}{A} \quad (8-5)$$

式中 p ——单位挤压力；

F ——总挤压力；

A ——凸模与挤压坯料接触表面在凸模运动方向上的投影面积。

必须注意,作用在凹模上的单位挤压力与作用在凸模上的单位挤压力是不一样的,如图 8-24 所示。正挤压时(图 8-24a),作用在凸模上的单位挤压力小于作用在凹模上的单位挤压力;在反挤压时(图 8-24b),作用在凸模上的单位挤压力则大于作用在凹模上的单位挤压力。

单位挤压力与挤压金属性能、挤压方式、变形程度、模具工作零件几何形状及参数、毛坯相对高度和毛坯处理与润滑等多种因素有关。

三、挤压力的确定

由于影响挤压力的因素较为复杂,要准确地确定单位挤压力和总的挤压力,目前还有困难。因此,在实用上通常采用近似计算和图解法确定。

图 8-25、图 8-26、图 8-27 为黑色金属的正挤压(实心件、空心件)与反挤压(空心件)确定挤压力的图解。图由①、②、③、④四个区组成,分别考虑到零件的形状、尺寸、材

料种类、变形程度、模具工作部分的几何形状、坯料的相对高度等主要因素的影响。

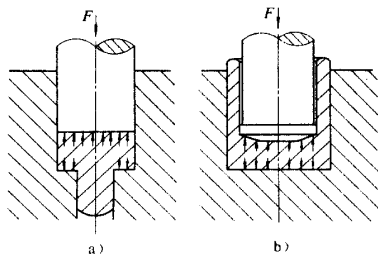


图 8-24 作用在模具上的压力

a) 正挤压 b) 反挤压

例 8-2 正挤压实心件,已知冷挤压材料为纯铁,坯料直径(凸模直径) $d_0 = 75\text{mm}$,坯料高度 $h_0 = 110\text{mm}$,挤压后直径 $d_1 = 45\text{mm}$,凹模中心锥角 $\alpha_A = 90^\circ$ 。求单位挤压力和总挤压力。

解:从图 8-25 中①区找到 $d_0 = 75\text{mm}$,作水平线与 $d_1 = 45\text{mm}$ 曲线相交,从交点垂直向上求得 $\psi = 64\%$,由 $\psi = 64\%$ 向上进入②区与纯铁曲线相交,由交点作水平线得未经修正的单位挤压力 $\bar{p} = 850\text{MPa}$,继续向左进入③区进行修正,先找坯料相对高度 $h_0/d_0 = 1.5$ 斜线进行相对高度的修正,而后找 $\alpha_A = 90^\circ$ 进行凹模中心锥角的修正,垂直向下得经修正后的单位挤压力 $p = 1050\text{MPa}$,最后垂直向下进入④区与 d_0 在④区中的投影相交,求得总挤压力 $F = 4.5\text{MN}$ 。

例 8-3 反挤压空心件,已知挤压材料为纯铁,坯料直径 $d_0 = 70\text{mm}$,高度 $h_0 = 35\text{mm}$,凸模直径 $d_1 = 58\text{mm}$ 。求单位挤压力和挤压力。

解:从图 8-27 ①区查凸模直径 $d_1 = 58\text{mm}$,作水平线与坯料直径 $d_0 = 70\text{mm}$ 相交,从交点垂直向上求得 $\psi = 69\%$,再向上进入②区与坯料相对高度 $h_0/d_0 = 0.5$ 曲线相交,由交点的横坐标线得修正系数 $K = 0.94$,由交点再向上与纯铁材料曲线相交,得未经修正的单位挤压力 $\bar{p} = 1860\text{MPa}$,再向左进入③进行修正,经坯料修正系数 $K = 0.94$ 和坯料外径 $d_0 = 70\text{mm}$ 的曲线修正后,得修正后的单位挤压力 $p = 1660\text{MPa}$,最后垂直向下进入④区,与凸模直径 $d_1 = 58\text{mm}$ 在④区的投影相交即得总挤压力 $F = 4.5\text{MN}$ 。

对于有色金属,可按图 8-28、图 8-29、图 8-30 确定单位挤压力。确定的方法是根据已知材料、 ψ 和 h_0/δ (毛坯高度与零件壁厚之比)按图中箭头方向查得单位挤压力。然后按下式可求得总的挤压力:

$$F = pA \quad (8-6)$$

四、冷挤压力机的选用

由于冷挤压时的单位压力和工作行程都很大,冷挤压件的精度要求又很高,因而对冷挤压使用的压力机提出了一些特殊要求,如能量大、刚度好、导向精度高、具备顶出机构和过载保护装置等。

用于冷挤压的压力机主要有两类:机械压力机和液压机。用于冷挤压的偏心齿轮式

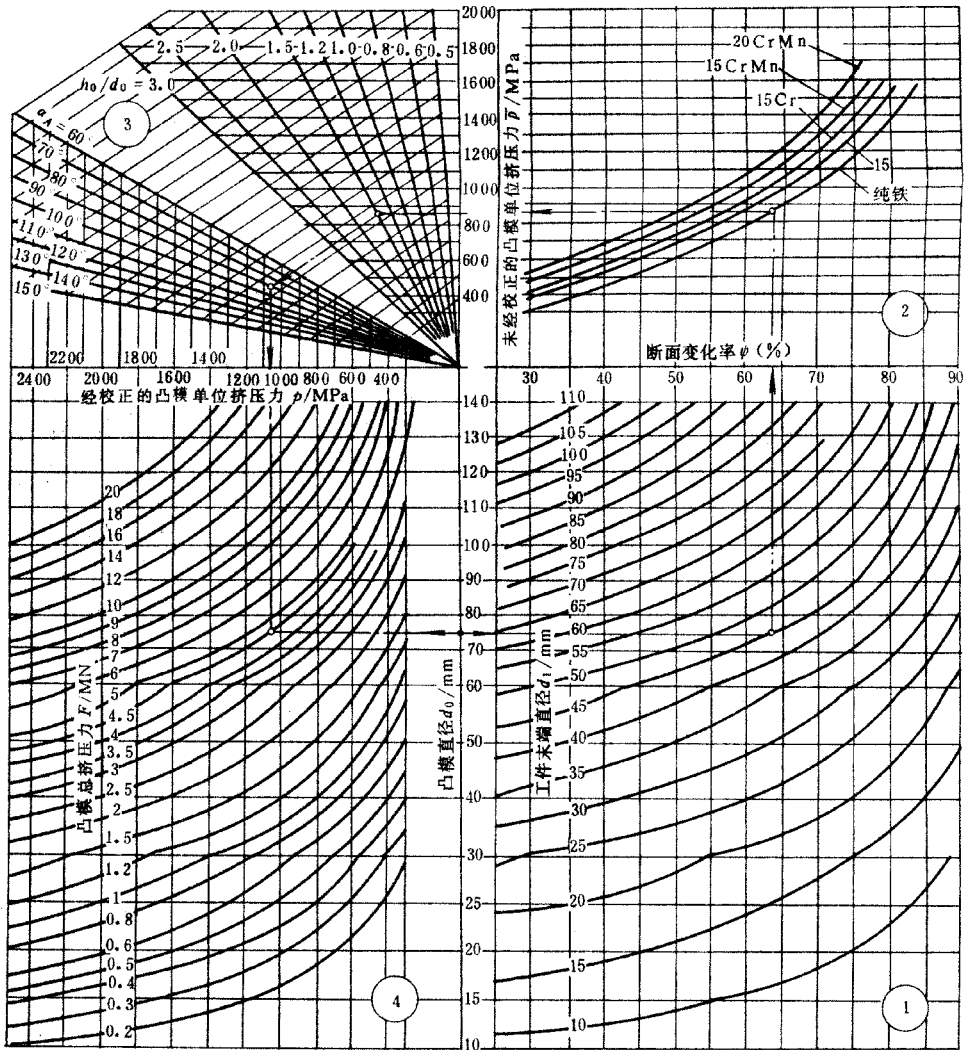


图 8-25 黑色金属正挤压实心件挤压力确定图

压力机, 作能力比通用压力机大得多, 公称压力角度一般在 $0^\circ \sim 46^\circ$, 比通用压力机大,

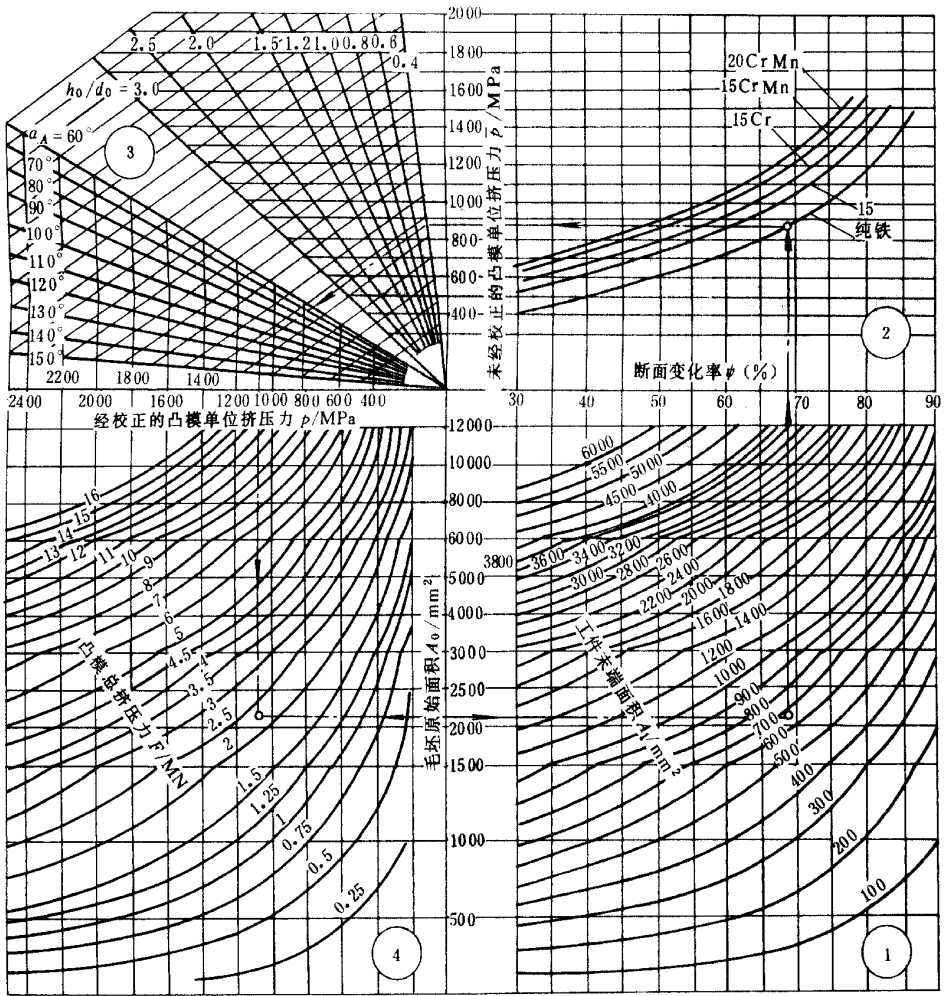


图 8-26 黑色金属正挤压空心件挤压力确定图

适应冷挤压工作行程较大的需要。肘杆式和拉力肘杆式压力机,其公称压力行程仅 3 ~ 10mm,因而只适用于工作行程较小的挤压。这种压力机工作比曲轴式(或偏心齿轮式)的平稳,冲击力小。

液压机的特性决定它适用于工作行程较大的挤压,但生产率较低。

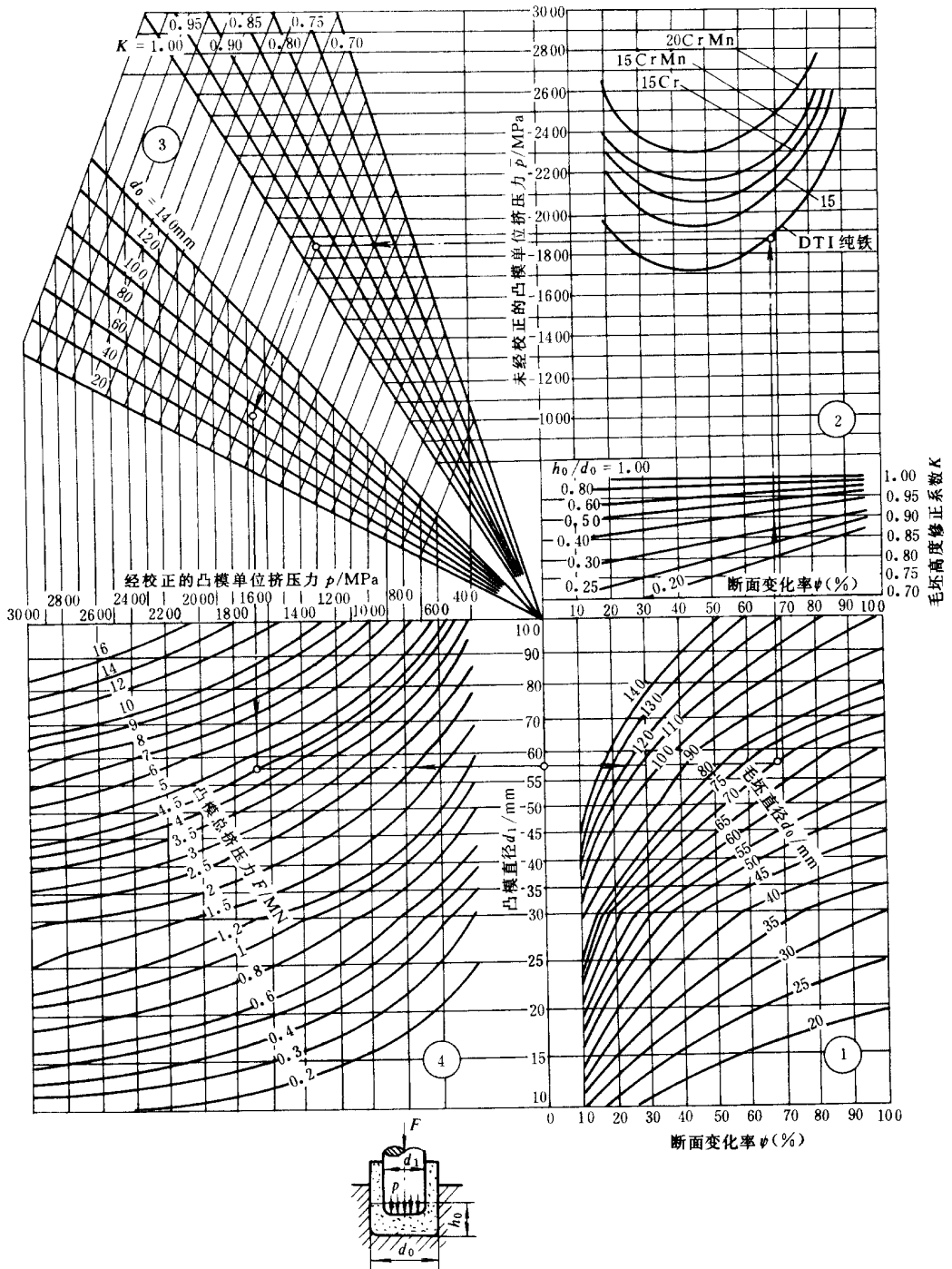


图 8-27 黑色金属反挤压空心件挤压力确定图

由于冷挤压工作行程一般较大,故应与拉深等成形工艺一样,必须校核冷挤压的压力

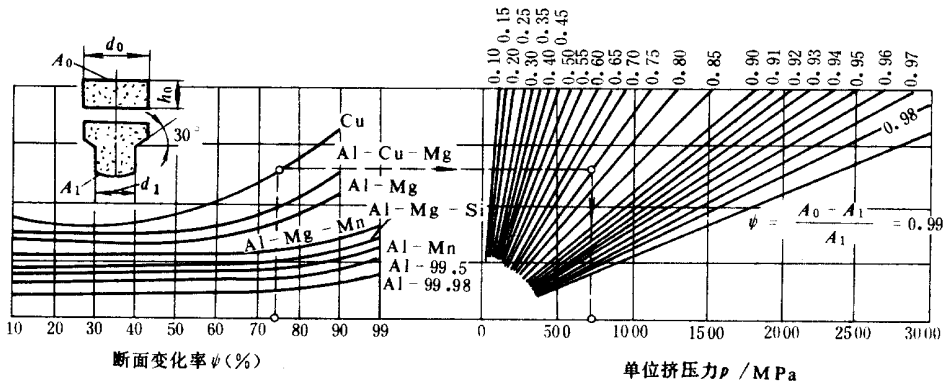


图 8-28 有色金属正挤压实心件单位挤压力计算图

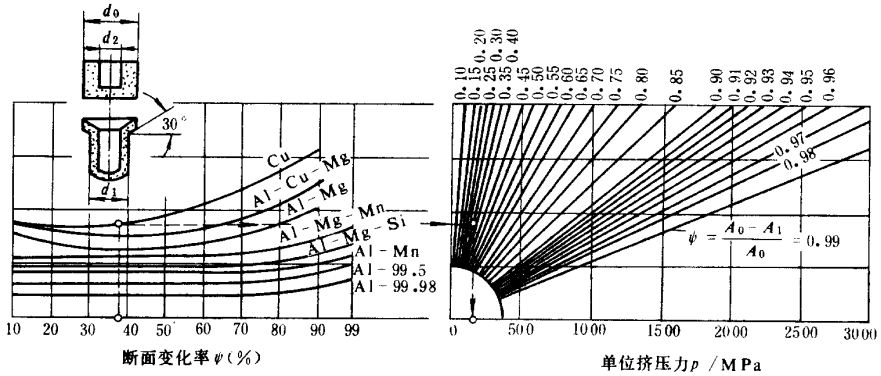


图 8-29 有色金属正挤压空心件单位挤压力计算图

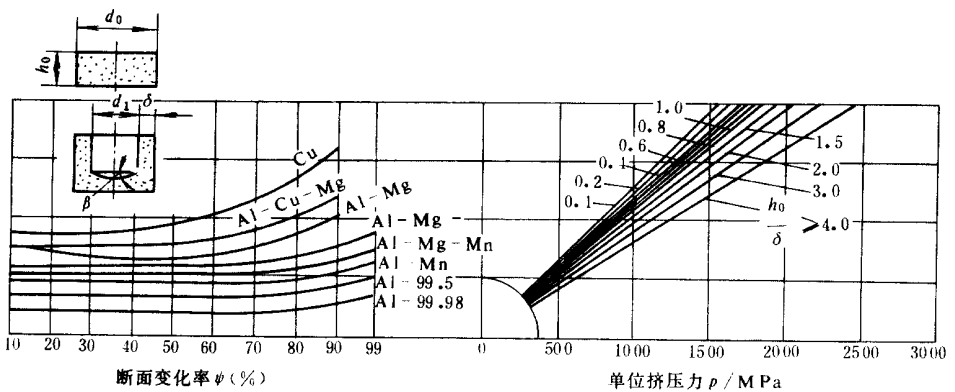


图 8-30 有色金属反挤压单位挤压力计算图

行程曲线是否在压力机的许用负荷曲线范围内,不能只根据冷挤压力选择压力机的公称压力。

第五节 冷挤压件的工艺性

一、冷挤压件的结构工艺性

根据冷挤压金属变形的特点,最适宜于冷挤压的零件形状是轴对称旋转体零件,而非轴对称零件挤压成形较困难。

挤压件应尽量避免以下结构(图 8-31):锥体、锐角、直径小于 10mm 的深孔(孔深为直径的 1.5 倍以上)、径向孔和轴向两端小而中间大的阶梯孔、径向局部凸耳、凹槽、加强筋等。如果零件使用要求必须具有上述结构,则应将零件加以简化,以改善挤压工艺性,在挤压后用切削加工等方法进行加工。

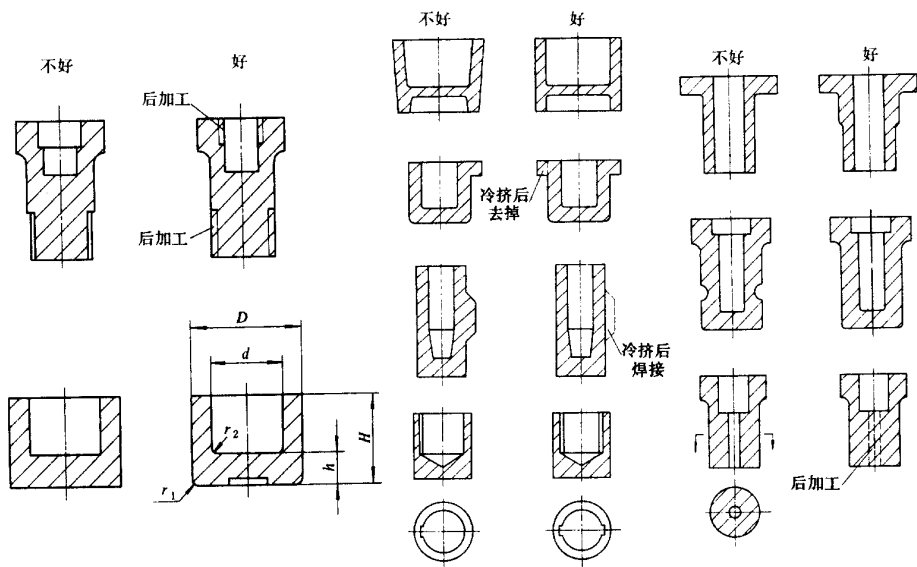
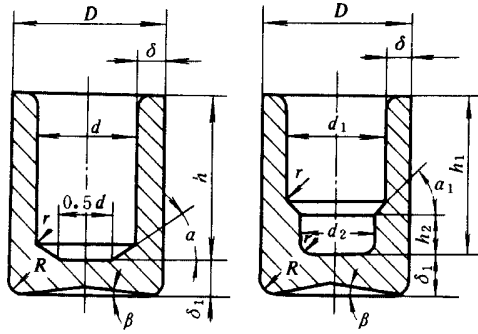


图 8-31 冷挤压件的结构工艺性

冷挤压零件一次成形允许的尺寸可参考表 8-4、表 8-5 和图 8-32。复合挤压的尺寸参数参照单一的正挤压和反挤压的尺寸。

表 8-4

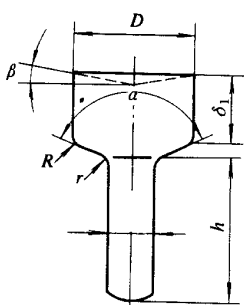
反挤压件的尺寸参考表



尺寸参数	低 碳 钢	有 色 金 属
内孔直径 d	$\leq 0.86D$	$< 0.99D$ (纯铝) $< 0.9D$ (硬铝、黄铜)
d_1	$\leq 0.86D$	$< 0.99D$ (纯铝) $< 0.9D$ (硬铝、黄铜)
d_2	$\geq 0.55D$	$\geq 0.55D$
壁厚 δ	$\geq 1/10d$	$> (1/200)\alpha$ (纯铝) $> (1/18 \sim 1/20)\alpha$ (硬铝、黄铜)
内孔深度 h	$\leq 3.0d$	$\leq 3.0d$
h_1	$\leq 3.0d_1$	$\leq 3.0d_1$
h_2	$\leq d_2$	$\leq d_2$
底部厚度 δ_1	$\geq 1.2\delta$	铜及其合金 $> 1.0\delta$ 纯铝 $> 0.5\delta$
孔底锥角 α	$0.5^\circ \sim 3^\circ$	$0^\circ \sim 2^\circ$
过渡锥角 α_1	$27^\circ \sim 40^\circ$	$12^\circ \sim 25^\circ$
底部锥角 β	$< 0.5^\circ$	0°
凹角半径 r/mm	$0.5 \sim 1.0$	$0.2 \sim 0.5$
凸角半径 R/mm	$0.5 \sim 5$	$0.5 \sim 1.0$

表 8-5

正挤压件尺寸选取参考表



尺寸参数	低 碳 钢	纯 铝
圆锥角 α	$120^\circ \sim 170^\circ$	$140^\circ \sim 170^\circ$
顶端锥角 β	0.5°	0°
凸角半径 R/mm	3	3 ~ 5
凹角半径 r/mm	$0.5 \sim 1.0$	$0.2 \sim 0.5$
杆部直径 d_1	$\geq 0.45D$	$\geq 0.22D$
杆部长度 h	$\leq 10d_1$	$\leq 10d_1$
压余厚度 δ_1	$\geq 0.5d_1$	$\geq 0.5d_1$

如果给定零件的尺寸超出以上表中所列的尺寸范围,应考虑增加工序或改变挤压方法。

二、冷挤压件的尺寸公差与表面粗糙度

冷挤压件的尺寸精度受模具精度、压力机刚度和导向精度、挤压坯料的制造及表面处理、冷挤压工艺方案的合理性等因素影响较大。随着冷挤压技术的进步,目前已经可以获得尺寸精度相当高的冷挤压件,一般可以达到 IT7。

冷挤压件的表面粗糙度与模具的表面粗糙度、润滑等因素有关,目前表面粗糙度 R_a 达 $0.2\mu\text{m}$ 。

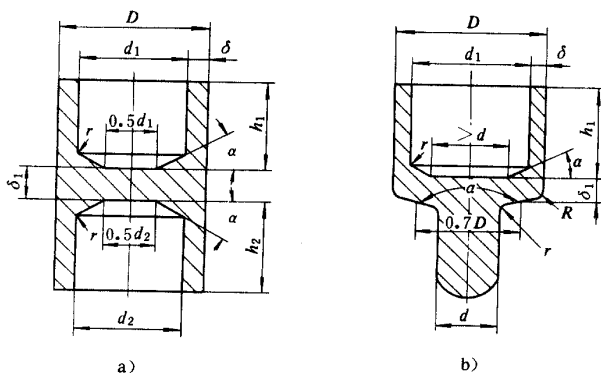


图 8-32 复合挤压件的形状及尺寸参数

第六节 冷挤压工艺过程设计

冷挤压工艺过程设计包括以下内容:挤压件的工艺性分析;确定包括冷挤压方式、工序数目及有关辅助工序在内的挤压工艺方案;制定冷挤压件图;确定坯料的形状、尺寸、重量及备料方法;挤压力计算和设备的选用;冷挤压模设计;制订工艺卡片。

现就一些主要过程叙述如下:

一、冷挤压工艺方案的确定

1. 冷挤压件分类及其挤压方式

(1) 杯形类冷挤压件(图 8-33) 这类零件一般采用反挤压(图 8-33a~c)或反挤压制坯后再以正挤压成形(图 8-33e)。有的杯形件也可用正挤压成形(图 8-33d)。带凸缘的则用反挤压与径向挤压联合成形(图 8-33f)。

(2) 管类、轴类挤压件(图 8-34) 这类零件一般采用正挤压。有的零件也可用反挤压(图 8-34d);有的用径向挤压(图 8-34e、f);阶梯相差较大的可用正挤压与径向挤压联合的墩挤成形(图 8-34g);双杆的零件(图 8-34h)也可用复合挤压。

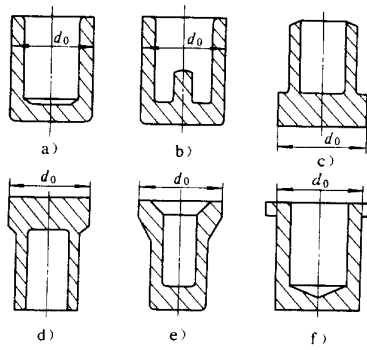


图 8-33 杯形类冷挤压件

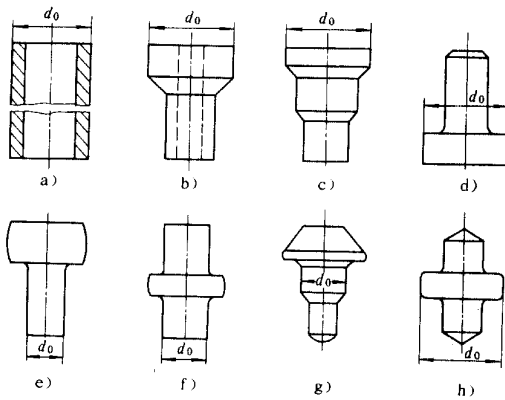


图 8-34 管类、轴类冷挤压件

(3)杯杆类、双杯类冷挤压件(图 8-35) 这类挤压件一般采用复合挤压,也有用正挤压和反挤压两次挤压。

(4)复杂形状的冷挤压件(图 8-36) 带有齿形或花键等的轴对称挤压件可以用正挤压、反挤压、复合挤压或径向挤压成形。

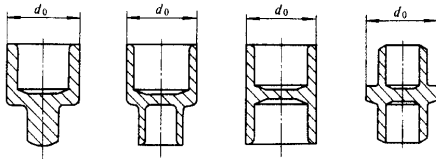


图 8-35 杯杆类、双杯类冷挤压件

2. 冷挤压工艺方案的确定基本原则

(1)零件的形状尺寸是确定挤压方式的基本依据。

(2)工序数量确定的基本依据是零件结构及挤压变形程度 原则上应尽量减少工序数量,以减少模具和设备数量,提高生产率,但变形程度不能超过极限值。在大批量生产时,应考虑适当减小变形程度,以提高模具寿命。做到以最合适的变形程度和最经济的挤压次数来生产零件。复合挤压的变形程度可以适当超过单纯正挤压或单纯反挤压的变形

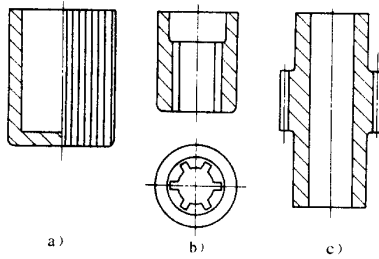


图 8-36 复杂形状冷挤压件

程度。

(3) 采用的挤压工序和工序顺序应符合挤压金属变形规律。这有利于金属流动和变形的均匀性。图 8-37a 所示零件, 如果采用复合挤压(图 8-37b), 反挤部分的变形程度($\varphi = 31\%$)远小于正挤部分的变形程度($\varphi = 94\%$), 由于正、反挤压变形程度相差甚大, 因而正、反两边金属流速相差很大。这样, 在挤压时, 金属首先向上流动, 产生反挤, 待上部完全充满型腔后, 在凸模封闭环的作用下, 金属开始向下流动, 产生正挤。这是一种很不正常的变形过程, 它将引起封闭环的早期破坏。因此, 在这种情况下, 不宜用复合挤压, 而应该采用图 8-37c 的挤压过程。

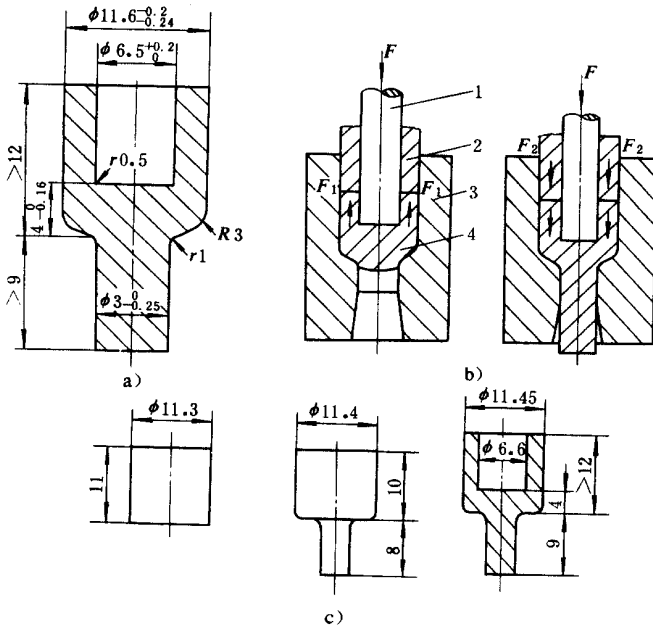


图 8-37 挤压工艺方案比较

a) 冷挤压件 b) 复合挤压示意图 c) 合理的挤压工艺方案

1—凸模 2—封闭环 3—凹模 4—挤压件

(4) 在保证零件顺利成形的条件下尽量采用冷挤压力较低的挤压工序。图 7—38 为 20 钢两种反挤工艺方案的单位挤压力比较。由图可以看出, 一次挤压比两次挤压成形的最大单位挤压力大 15% ~ 20%。因此, 对这类挤压件, 通常采用先挤大孔后挤小孔的两次

挤压成形的方法。但小孔的深度比其直径小或阶梯孔直径差较小的,也可以一次挤压成形。

(5) 必须保证零件的尺寸及精度要求 图 8-39 为钢制杯形件的挤压过程。之所以采用两次反挤成形,是因为孔的相对深度 $h_2/d_1 \geq 2.5$ 。实践证明,孔的相对深度越大,一次挤压成形所得零件的壁厚偏差越大。为保证壁厚的均匀性,两道挤压成形时,第一道挤出的深度 $h_1 \geq 1.5d_1$ (图 b),第二道挤出要求尺寸(图 c)。为了提高这类零件精度,必要时可加一道变薄修整工序,如图 8-40 序号(3)。

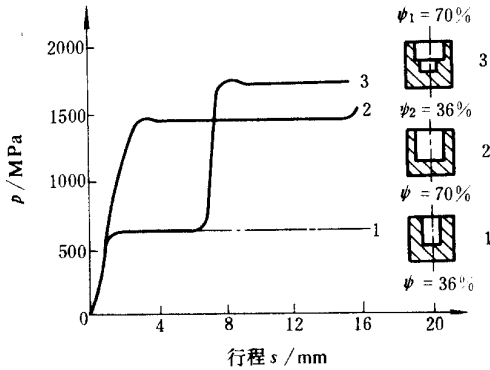


图 8-38 挤压工艺过程对单位挤压力的影响

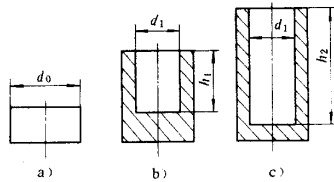


图 8-39 深杯形件的挤压

综上所述,正确确定冷挤工艺过程十分重要,尤其是复杂形状的挤压件或需要两道以上挤压成形的零件。只有挤压工艺过程确定得正确,才能得到合平要求的零件。图 8-40 是几种典型零件的挤压工艺过程。现就其中一些零件的挤压过程说明如下:

序号(2)是带底的外阶梯杯形件。这类零件通常采用预先反挤压,然后从小阶梯到大阶梯进行两道正挤压成形,以利于金属流动。

序号(4)是杯形件口部有直径较大的凸缘。这类零件的工艺过程是先反挤成筒形,再冷镦口部成形。冷镦口部必须保证 $H/\delta \leq (1.8 \sim 2)$,否则可能产生皱折。如果 $H/\delta > (1.8 \sim 2)$,可采用反挤、正挤、冷镦口部或反挤和两道冷镦口部成形。

序号(6)是内孔深度 h_2 大于外圆柱高度 H_0 的凸缘件。对于这类零件,有两种挤压工艺方案,两种工艺方案的工序件孔深 h_1 与外圆柱高度 H_0 关系为 $h_1 \leq H_0$ 。

序号(8)是阶梯轴类零件。对于这类零件,挤压的顺序是从小直径到大直径依次正挤压成形。由于在第二道挤压时,会影响到前道已挤压的部分,使之产生弯曲,故最终需要校形。如果零件精度要求高的,相邻阶梯直径相差不大的,可一次挤压成形。如果头部直

径与杆部直径差很大,可以采用先正挤后镦粗头部的工艺过程。

序号(9)是头部带凸缘零件。这类零件一般以头部冷镦方法制造,如果镦粗比大于2.5,则一次冷镦会产生纵弯曲,必须先镦成锥形的过渡形状,最后镦挤成形。

序号(10)是圆锥齿轮。以镦挤方法制造圆锥齿轮,工序件的圆锥角 α 非常重要,实践证明取 $\alpha = \alpha' - (7^\circ \sim 12^\circ)$ 最合适。否则不利于齿形的成形。

序号(11)是双杯形或杯杆形零件。对于这类零件,当两边变形程度差别不太悬殊时,一般采用复合挤压较为有利。

序号(12)是深筒锥体零件。如果锥体角度较大、长度较小且上、下变形程度相近,可以一次挤压成形。否则,采用逐步成形(如图所示),通常取 $d_1 \geq d_2, \alpha_1 \geq \alpha_2$ 。如果孔的深度很大,可能要三道工序逐步成形。

二、冷挤压件图的设计

冷挤压件图是根据零件图、冷挤压工艺性、机械加工工艺要求而设计的适合于冷挤压的图形。它是编制冷挤压工艺过程、设计冷挤压模具以及设计机械加工用夹具等的依据。

冷挤压件图设计的内容和步骤如下:

冷挤压件图设计时首先应充分了解零件的性能和使用要求,对零件进行全面的工艺性分析,初步确定零件的成形工艺路线、冷挤压方式。在此基础上,对零件进行必要的简化,确定冷挤压件的形状、尺寸。需要机械加工的部位应根据需要加上余量和公差,不需要机械加工的部分应直接按零件要求的尺寸与公差设计;其它尺寸参数均应按照挤压工艺性要求确定(见冷挤压件工艺性一节)。此外,还有其它特殊问题的考虑及技术条件的制定等。

三、冷挤压的典型实例

实例1 如图8-41a所示的导杆是细长空心零件,材料为30钢。其冷挤压工艺过程设计如下:

(1)冷挤压件图的设计 该零件是轴对称旋转体零件,材料为30钢,均适宜于冷挤压成形。根据零件特点以正挤压成形为宜,但零件必须加以简化,以改善冷挤压工艺性。

$\phi 30\text{mm}$ 与 $M22 \times 1.5$ 直径相差不大,可一律改为 $\phi 30\text{mm}$,否则凸模壁容易破裂(图8-42)。 $\phi 18\text{mm}$ 与 $M16 \times 1.5$ 直径相差不大,为了简化挤压凹模,减少挤压力,可一律改为 $\phi 18\text{mm}$ 。考虑到坯料制造的误差和压力机行程下止点控制的误差,在长度上应加修整量2mm。为改善正挤压金属变形的均匀性,减少单位挤压力,取挤压凹模中心锥角为 90° 。简化后的冷挤压件图见8-41b。

(2)坯料形状和尺寸的确定 采用空心坯料。坯料外径取 $d_0 = 29.8\text{mm}$,坯料内径取 $d_2 = 8\text{mm}$,经计算后,坯料尺寸如图8-41c所示。

(3)冷挤压工艺过程的确定 以正挤压方法加工,按图8-18查得,30钢的极限变形程度为 $79\% \sim 83.5\%$,而该挤压件总的变形程度为

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% = \frac{30^2 - 18^2}{30^2 - 8^2} \times 100\% = 69\%$$

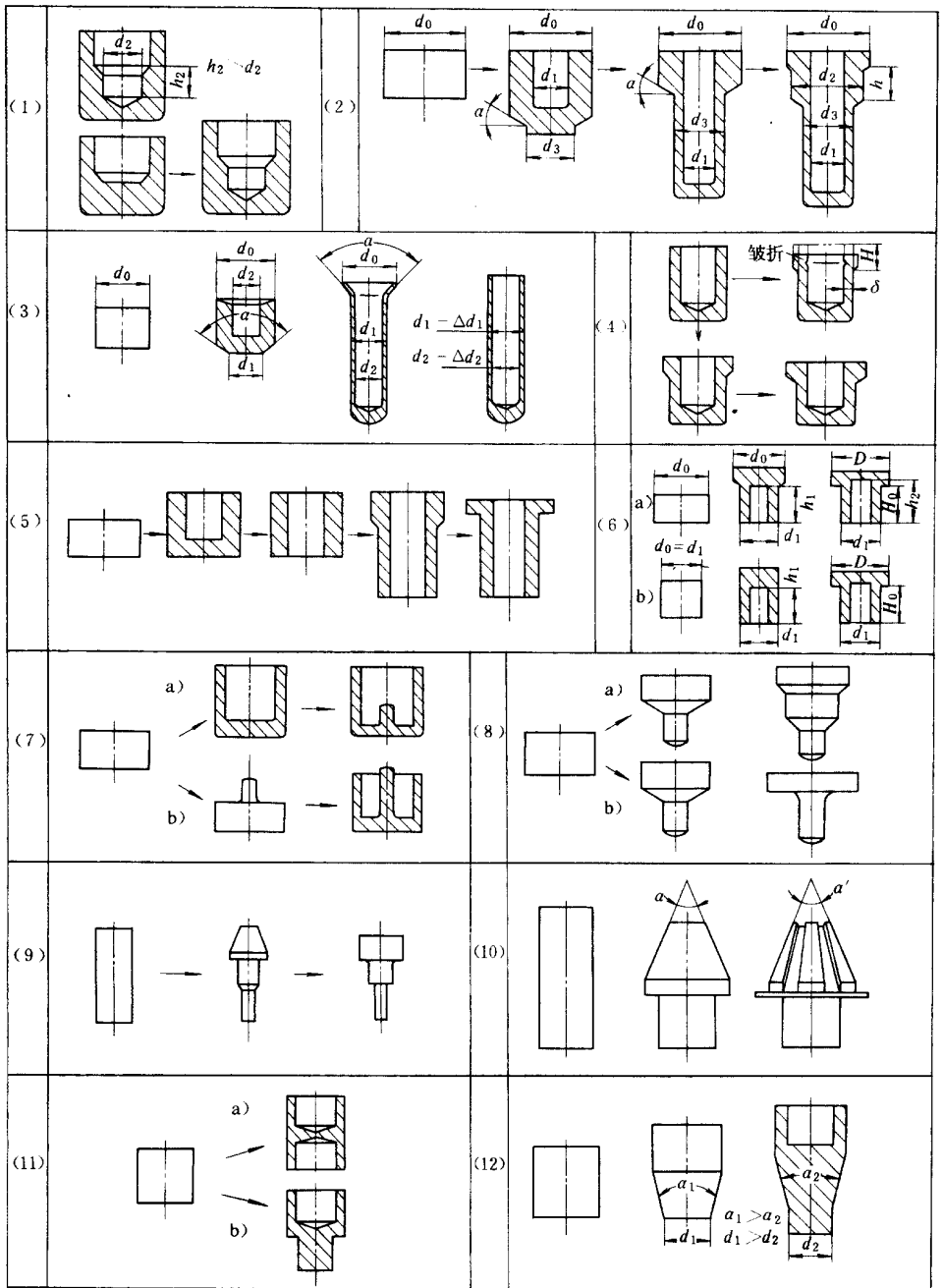


图 8-40 典型零件的冷挤压过程

因挤压件总变形程度小于极限变形程度,故可一次挤压成形。

其工艺过程确定如下:切割坯料→退火→加工坯料孔→表面磷化处理→皂化处理→一次挤压→切削加工。

在冷挤压工艺过程中,为什么把坯料孔的加工安排在退火之后呢?这是因为如果孔

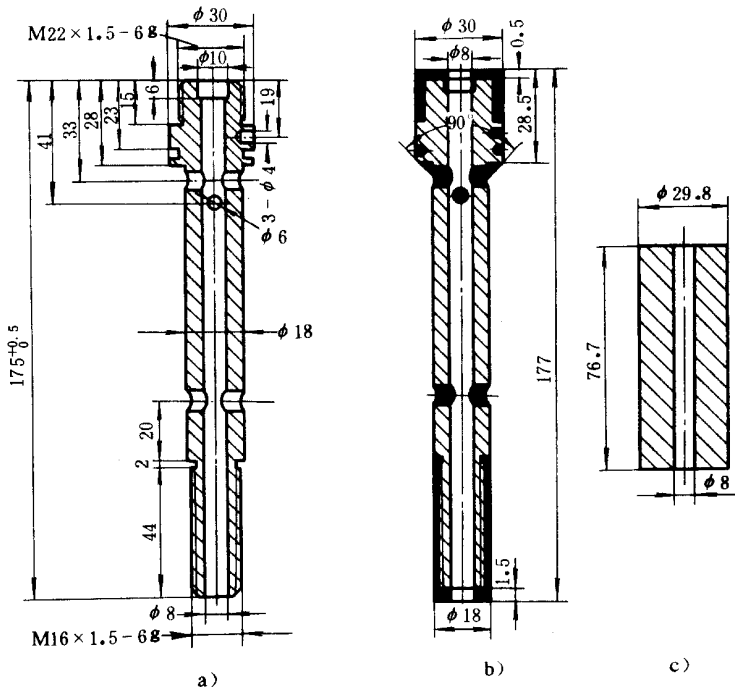


图 8-41 典型冷挤压实例之一
a) 导杆零件图 b) 冷挤压件图 c) 坯料

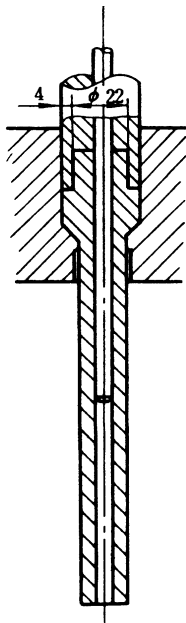


图 8-42 不合理的挤压
件形状与凸模结构

在退火之前加工出来,空心坯料在退火之后,其表面都附有氧化皮,内孔氧化皮很难在表

面清理时清理干净,这就影响了磷化和皂化的效果,致使在挤压时内孔与芯轴间的摩擦力很大,容易造成芯轴断裂。为此,在退火后加工坯料内孔,可避免上述现象的发生。

(4)冷挤压力的计算 从图 8-26 查得单位挤压力 $p = 1700\text{MPa}$,总挤压力为 1.1MN 。由此可见,单位挤压力是在模具许用单位挤压力范围内。

实例 2 如图 8-43a 所示的通讯机壳体是一个阶梯形零件,材料为 10 钢。零件结构和尺寸基本符合冷挤压工艺性要求,可按图进行冷挤压。其冷挤压过程设计如下:

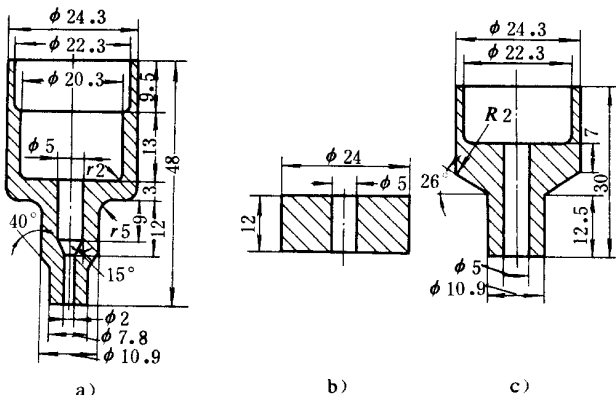


图 8-43 典型冷挤压实例之二

(1)冷挤压坯料形状和尺寸的确定 采用空心坯料,坯料外径取 $d_0 = 24\text{mm}$,坯料内径取 $d_2 = 5\text{mm}$,经计算坯料尺寸如图 8-43b 所示。

(2)冷挤压工艺过程的确定根据该零件的形状特征确定采用复合挤压。至于工序数目视其总变形程度而定。

1)正、反挤压的变形程度校核。正挤压最小直径的变形程度为

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% = \frac{(24^2 - 5^2) - (7.8^2 - 7^2)}{(24^2 - 5^2)} \times 100\% \approx 90\%$$

查图 8-18 正挤压极限变形程度为 $85\% \sim 90\%$ 。

反挤压上端薄壁部分的变形程度

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% = \frac{(24^2 - 5^2) - (24.3^2 - 22.3^2)}{(24^2 - 5^2)} \times 100\% \approx 83\%$$

查图 8-19 反挤压极限变形程度为 $77\% \sim 86\%$ 。

2)挤压工序数目的确定。根据上述计算结果,单纯的正挤压部分与反挤压部分的变形程度都接近于极限变形程度的上限,为了改善金属变形的摩擦条件,像这样的阶梯外形和内孔的零件以采用两道挤压成形为宜。

第一道复合挤压得图 8-43c 所示工序件,其正、反挤压断面变化率均为 83% 。第二道复合挤压成为图 8-43a 所示零件。正挤压部分是采用阶梯形的凸模芯轴(直径由 5mm 过渡到 2mm)进行缩径,其断面变化率为 $\psi = 39\%$;而反挤压是将厚壁部分(孔径为 20.3mm)反挤出来,使已成形部分向上刚性平移,从而获得阶梯形孔,其断面变化率为 $\psi = 68\%$ 。由此可见,两道复合挤压的变形程度都是允许的。

所以该挤压件的挤压工艺过程为:车床上制坯→退火→钻坯料孔→酸洗→磷化→皂

化→第一次复合挤压→酸洗→磷化→皂化→第二次复合挤压。

(3) 冷挤压力的计算

第一道复合挤压时,单纯正挤压的单位挤压力根据图 8-26 查得 $p = 1850\text{MPa}$;单纯反挤压的单位挤压力根据图 8-27 查得 $p = 2350\text{MPa}$ 。

第二道复合挤压时,由直径 $\phi 10.9\text{mm}$ 缩小到 $\phi 7.8\text{mm}$,其挤压力很小。单纯反挤压的单位挤压力查图 8-27 得 $p \approx 1800\text{MPa}$ 。

两道挤压工序均属复合挤压。实践证明复合挤压力小于或接近于单一挤压力较小值,根据这一规律,第一道复合挤压的单位挤压力大约为 1850MPa ;第二道复合挤压的单位挤压力不大,两道工序的单位挤压力都在模具许用单位压力范围之内。

第七节 冷挤压模具

冷挤压模具必须适应冷挤压金属变形特点和强大的冷挤压力对模具提出的要求。如:模具工作部分的形状、尺寸参数及表面粗糙度应有利于金属的塑性变形,有利于减小挤压力;模具应有足够的强度和刚度,有良好的导向装置;应选用适合冷挤压要求的模具材料及热处理工艺规范;结构上还应注意易损件拆卸、更换、安装方便以及通用性等。

一、典型冷挤压模具结构

冷挤压模具的结构形式很多,按冷挤压方式有正挤压模、反挤压模、复合挤压模及其它冷挤压模;按通用性有专用冷挤压模和通用冷挤压模;按调整的可能性有可调式冷挤压模和不可调式的冷挤压模。为适应冷挤压金属成形的需要和降低模具制造成本,往往采用可调式冷挤压模和通用式冷挤压模。

图 7-44 为挤压带凸缘的纯铝零件的正挤压模具,该模具的主要特点是:

1) 采用通用模架,通过更换凸、凹模可挤压不同的冷挤压件。凸模 6 通过弹性夹头 4、凸模固定圈 5 和紧固圈 7 固定;凹模通过凹模固定圈 10 和紧固圈 8 固定,凹模固定圈与紧固圈以 H6/h5 配合。

2) 以导柱导套导向,为了增加导柱长度,特将导柱固定于上模。当然也可以根据需要将导柱固定于下模。导柱导套以 H6/h5 配合。

3) 挤压件留在凹模中,采用拉杆式顶出装置通过顶杆 13 将挤压件顶出,卸件工作可靠。

4) 上、下模座用中碳钢,凸、凹模分别用较厚的淬硬垫板支承。

图 8-45 为挤压黑色金属空心件的反挤压模具。该模具的主要特点是:

1) 采用通用模架,更换凸模、组合凹模等零件,可以反挤压不同挤压件,还可以进行正挤压、复合挤压。

2) 凸、凹模同轴度可以调整,即通过螺钉和月牙形板调整凹模的位置,以保证凸、凹模的同轴度。同时可以依靠月牙形板和压板 1 压紧定位,以防挤压过程凹模位移。

3) 凹模为预应力组合凹模结构, 承受单位挤压力较大。

4) 对于黑色金属反挤压, 其挤压件可能箍在凸模上, 因而设置了卸件装置, 卸件板做成弯形是为了减少凸模长度。但挤压件更容易留在凹模内, 故又设置了顶件装置(顶件器)。

5) 因黑色金属挤压力很大, 所以凸模上端和顶件器下端做成锥度, 以扩大支承面积, 并加以厚垫板。

图 8-46 为螺塞径向挤压(冷墩)模具。该模具的主要特点是:

1) 该模具是以导向套 1 与下模外圈 3 导向。模具在工作时处于封闭状态, 导向套还有安全防护作用。下设限位套 4。

2) 上、下模均为预应力组合结构。上模六角型腔底部开有出气孔, 确保六角头部轮廓清晰。

3) 为了保证六角头部成形良好和提高模具寿命, 坯料体积大于零件体积, 多余金属形成飞边, 冷墩后切除。

二、冷挤压凸模与凹模的设计

1. 正挤压凸、凹模的设计

(1) 正挤压凹模 正挤压凹模是正挤压模的关键零件, 一般采用预应力组合结构。其结构形式如图 8-47 所示。其中图 8-47a 凹模内层是整体式结构, 制造容易, 应用较广, 但型腔内转角处容易因应力集中而产生横向开裂。图 8-47b、c 凹模内层为纵向分割结构, 最内层小凹模与挤压筒之间以过盈配合, 过盈量一般应大于 0.02mm 。图 8-47d~f 凹模为横向分割结构, 制造时应严格保证上、下两部分的同轴度, 为防止金属流入拼合面, 上、下两部分的拼合面不宜过宽, 一般取 $1\sim 3\text{mm}$, 而且要求抛光。图 8-47f 结构能有效地防止金属流入拼合面, 但寿命较低。

正挤压凹模重要的几何参数如图 8-48 所示。凹模中心锥角 α_A 一般取 $90^\circ\sim 126^\circ$, 塑性好的挤压材料可以增大。凹模工作带高度对于纯铝 $h_A = 1\sim 2\text{mm}$; 对于硬铝、纯铜、黄铜 $h_A = 1\sim 3\text{mm}$; 对于低碳钢 $h_A = 2\sim 4\text{mm}$ 。凹模型腔的过渡圆角 r_1 最好取 $(D_A - d_A)/2$, 不小于 $2\sim 3\text{mm}$; $R = 3\sim 5\text{mm}$ 。

凹模型腔深度为

$$h = h_0 + R + r_1 + h_3 \quad (8-7)$$

式中 h ——凹模型腔深度;

h_0 ——坯料高度;

h_3 ——凸模接触坯料时已进入凹模直壁部分的深度, 对于钢 $h_3 = 10\text{mm}$, 对于有色金属 $h_3 = 3\sim 5\text{mm}$ 。

(2) 正挤压凸模 正挤压凸模的结构形式如图 8-49 所示。其中图 8-49a 是正挤压实心件用凸模, 图 8-49b~e 为正挤压空心件用凸模。正挤压空心件凸模设计的关键是芯轴结构。芯轴受径向压力和轴向拉力的作用, 工作条件差, 容易产生断裂。图 8-49b 是整体式的凸模, 适用于挤压纯铝等软金属或芯轴与凸模直径相差不大, 芯轴长度不长的情况。图 8-49c 是固定组合式的凸模, 适用于较硬金属的正挤压。图 8-49d、e 是浮动

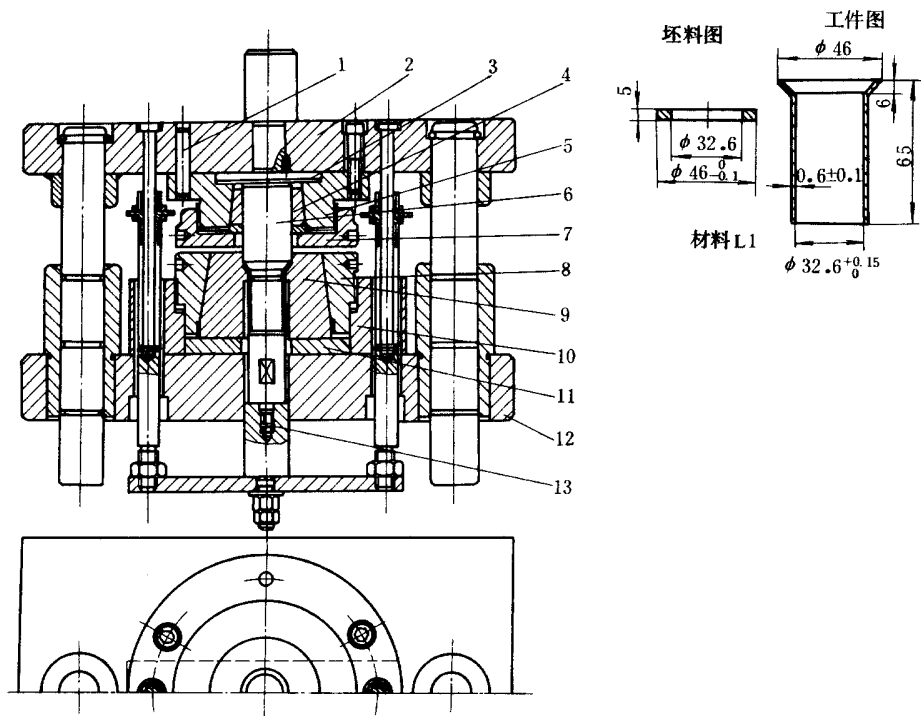


图 8-44 正挤压模具

- 1—定位销 2—上模座 3—垫板 4—弹性夹头 5—凸模固定圈
6—凸模 7、8—紧固圈 9—凹模
10—凹模固定圈 11—垫板 12—下模座 13—顶杆

式组合凸模,用于黑色金属的正挤压。在挤压过程中,芯轴可随变形金属的流动一起向下滑动,减少了芯轴被拉断的可能,提高了芯轴的寿命。

正挤压凸模重要的几何参数如图 8-49d 所示。凸模的横截面形状取决于挤压件的头部形状, d_T 等于挤压件头部尺寸并与凹模保持最小间隙等于零的间隙配合。芯轴直径 d 等于空心件内孔直径。芯轴露出凸模端面长度 l_1 ,对于正挤压杯形件,为坯料内孔深度,对于正挤压无底空心件,为坯料高度加上凹模工作带高度。

凸模工作部分长度 l 等于坯料变形高度加上凸模接触坯料时已导入凹模的深度。

2. 反挤压凸、凹模的设计

(1)反挤压凸模 反挤压凸模是反挤压模的关键零件。黑色金属反挤压凸模结构形式如图 8-50 所示。其中图 8-50a 应用较普遍;图 8-50b 挤压力小,但容易受到坯料不平度的不良影响,易造成挤压件壁厚不均匀;图 8-50c 挤压力较大,用于挤压件为平底结构或单位挤压力不大的情况;图 8-50d 结构有利于金属流动,但制造较麻烦。

黑色金属反挤压凸模的重要几何参数如下:凸模锥顶角 $\alpha_T = 180^\circ - 2\alpha$, $\alpha = 7^\circ \sim 27^\circ$;工作带高度 $h_T = 2 \sim 3\text{mm}$;圆角半径 $r = 0.5 \sim 4\text{mm}$, $R_1 = 0.05d_T$;小圆台直径 $d_1 = 0.5d_T$ 。

有色金属反挤压凸模原则上与黑色金属是一样的,但因为单位挤压力较小,因而工作带高度可以较小($h_T = 0.5 \sim 1.5\text{mm}$)。 α 角亦较小, $r = 0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 。纯铝反挤压凸模工作部分的结构及尺寸如图 8-51 所示。对于铜和硬铝等的反挤压凸模可参照黑色金属和

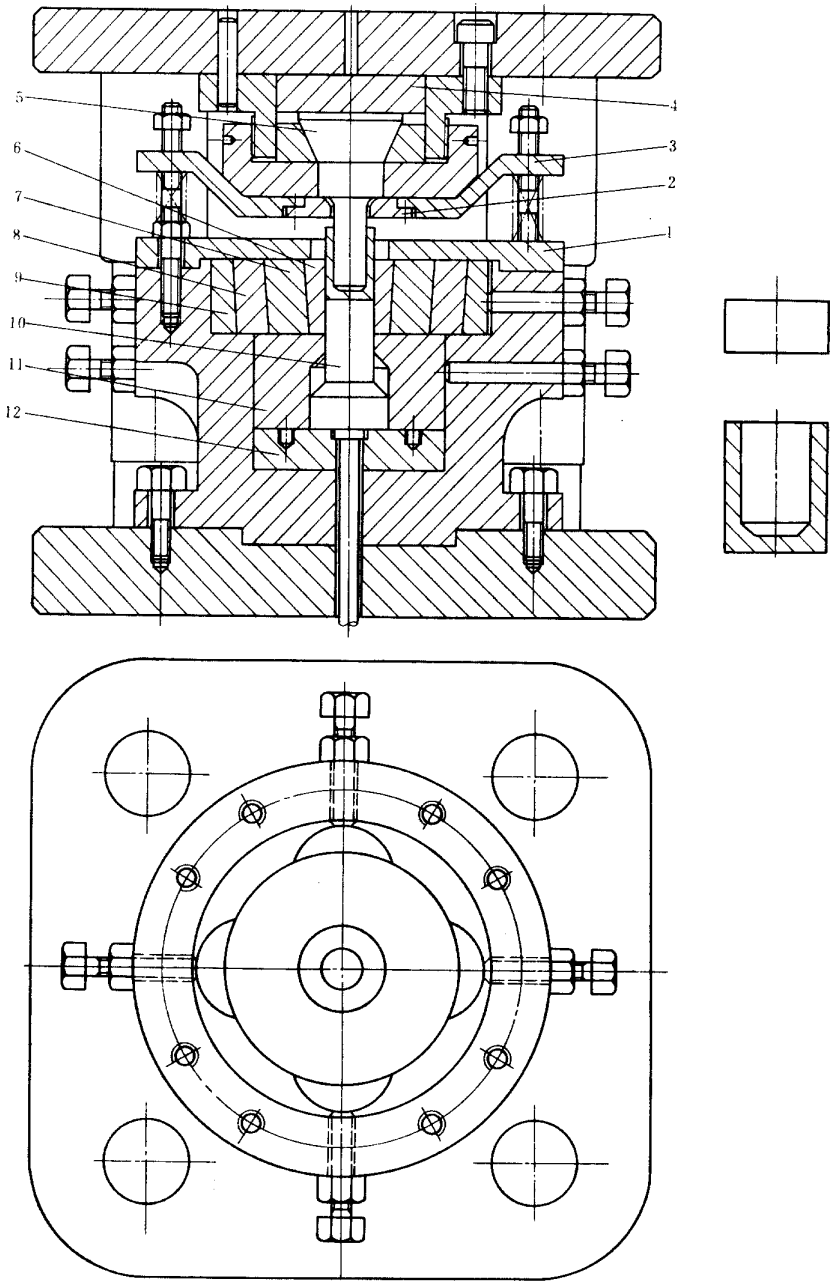


图 8-45 反挤压模具

1—压板 2—卸件器 3—卸件板 4—垫板 5—凸模 6—凹模

7—组合凹模中圈 8—组合凹模外圈 9—月牙形板 10—顶件器 11—垫块 12—垫板

纯铝的反挤压凸模进行设计。

反挤压凸模的工作部分长度 l 不宜过长,否则会失稳折断。其长度范围如下:

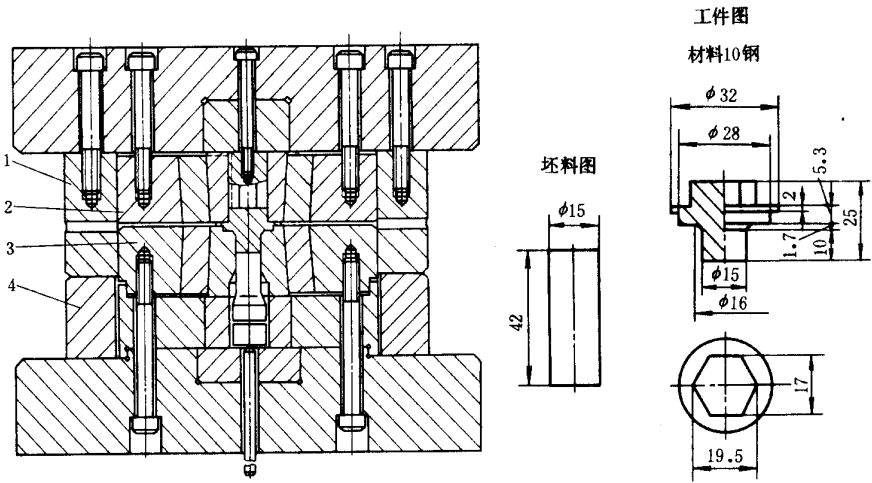


图 8-46 径向挤压(冷镦)模具

1—导向套 2—组合上模外圈 3—组合下模外圈 4—限位套

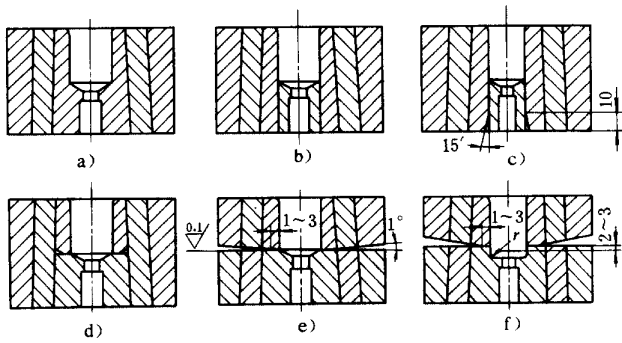


图 8-47 正挤压凹模

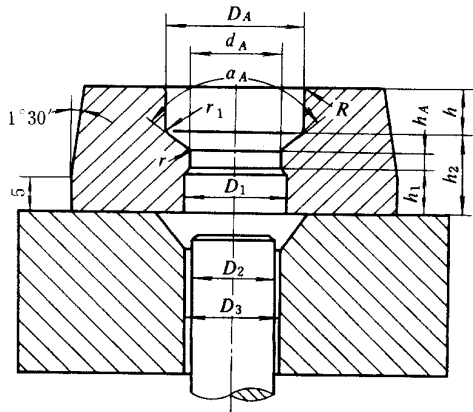


图 8-48 正挤压凹模的几何参数

纯铝 $l \leq (6 \sim 8)d_T$

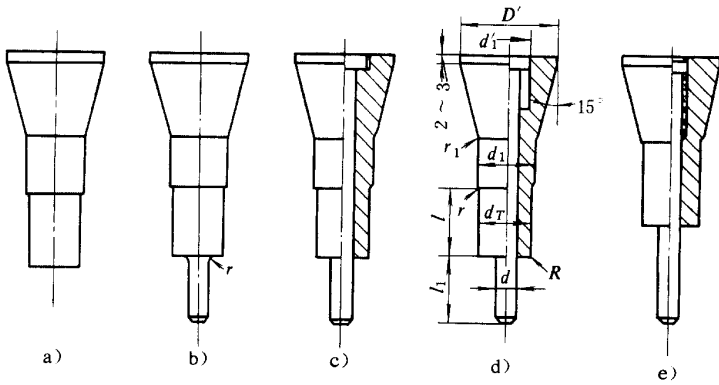


图 8-49 正挤压凸模

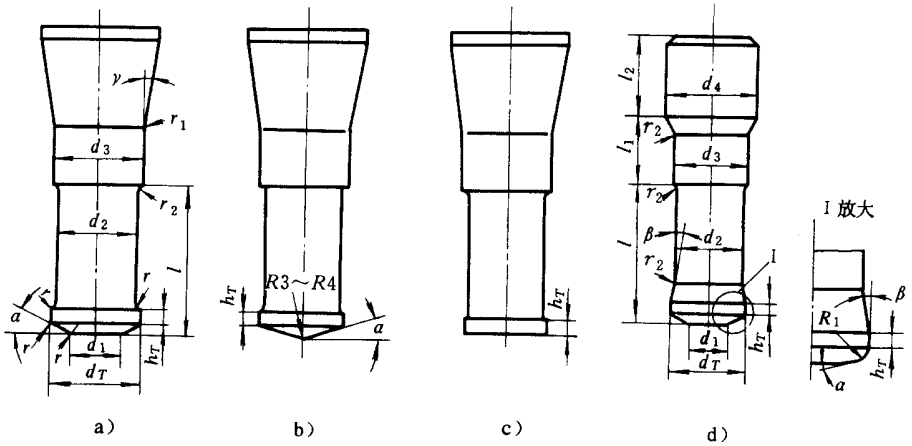


图 8-50 黑色金属反挤压凸模

黄铜 $l \leq (4 \sim 5)d_T$

纯铜 $l \leq (5 \sim 6)d_T$

钢 $l \leq (2.5 \sim 3)d_T$

反挤塑性较好的深度较大的有色金属薄壁件,为增强凸模稳定性,可在其工作端面开设对称的工艺槽(图 8-52),以增大端面与金属的摩擦,从而防止凸模滑向一侧造成挤压件壁厚不均匀和凸模折断。

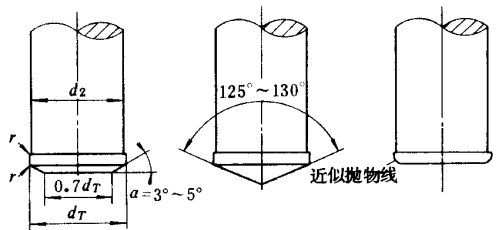


图 8-51 纯铝反挤压凸模

(2)反挤压凹模 反挤压凹模的结构形式如图 8-53 所示。其中图 8-53a、b 设有顶出装置,适用于反挤压后工作留在凹模的情况,常用于黑色金属的反挤压。图 8-53c~f 用于有色金属产量不大的场合;图 8-53e、f 为组合式结构,其中图 8-53e 设有硬质合金镶块,寿命较长,但对制造要求较高,适用于大批量生产。

反挤压凹模的几何参数如下：型腔内壁有一定斜度以利于金属的流动；凹模底部圆角根据挤压件要求而定， r 可取 $(0.1 \sim 0.2)D_A$ ，但应大于 0.5mm ； $R = 2 \sim 3\text{mm}$ 。型腔深度为：

$$h = h_0 + r + R + (2 \sim 3)\text{mm} \quad (8-8)$$

式中 h_0 ——坯料高度。

3. 冷挤压凸、凹模工作部分横向尺寸的计算

反挤压凸、凹模工作部分横向尺寸计算方法如下：

当零件要求外形尺寸时

$$D_A = (D_{\max} - 0.75\Delta)^{+\delta} A \quad (8-9)$$

$$d_T = (d_A - 1.9\delta)^{-\delta_T} \quad (8-10)$$

当零件要求内形尺寸时

$$d_T = (d_{\min} + 0.5\Delta)^{-\delta_T} \quad (8-11)$$

$$D_A = (d_T + 1.9\delta)^{+\delta} A \quad (7-12)$$

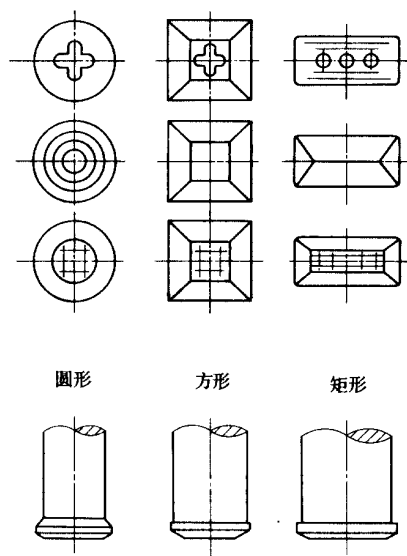


图 8-52 凸模工作端面的工艺槽形状

式中 D_A ——冷挤压凹模的基本尺寸 [当采用组合凹模时，应增加 $(0.005 \sim 0.01)D_A$ 的收缩量]；

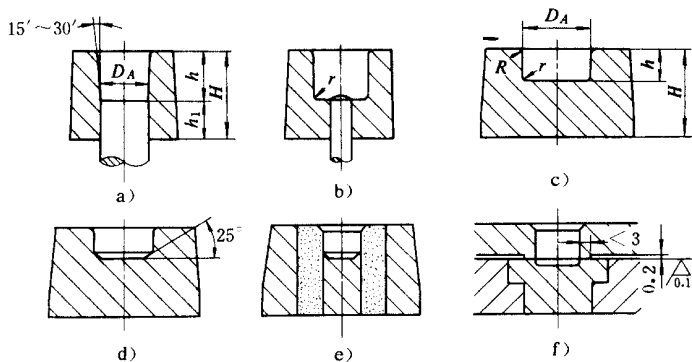


图 8-53 反挤压凹模

对于正挤压凹模工作带和芯轴横向尺寸可参照上式计算。

必须指出,冷挤压凸、凹模横向尺寸除了应考虑磨损这一因素外,还应考虑模具的弹性变形、挤压件的热胀冷缩等因素。

三、预应力组合凹模的设计

1. 冷挤压凹模的受力分析

图 8-54 所示是凹模内部的应力分布情况。其中 σ_θ 为切向拉应力, σ_r 为径向压应力, σ_v 为相当应力(等效应力或应力强度)。

由图可以看出,在凹模内壁表面($r = r_1$)处, σ_θ 、 σ_r 、 σ_v 的绝对值均最大,这是凹模的危险部位。如果这里的相当应力 σ_v 超过一定值(σ_s),凹模就会产生塑性变形直至破坏。

经推导得

$$\sigma_v = \frac{\sqrt{3 + \left(\frac{1}{a}\right)^4}}{1 - \left(\frac{1}{a}\right)^2} p \quad (8-13)$$

则

$$\frac{\sigma_v}{p} = \frac{\sqrt{3 + \left(\frac{1}{a}\right)^4}}{1 - \left(\frac{1}{a}\right)^2} \quad (8-14)$$

式中 p ——凹模内壁径向单位压力;

a ——凹模直径比, $a = d_2/d_1 = r_2/r_1$;

r_1 、 r_2 ——凹模内、外半径。

图 8-55 表示了凹模内表面相当应力 σ_v 与凹模直径比 a 的关系。由图可以看出,当凹模直径比增大时,相当应力下降,即凹模强度增大。但当 $a > 4$ 时, a 值再增大,应力降低趋于平稳,当 $a = 5$ 以后,增加 a 值,其相当应力几乎不再减小,这说明凹模强度不再增大。因此,当凹模直径比 $a = 4 \sim 6$ 时,如果要提高凹模强度,不宜再用增加壁厚的办法,而要用预应力组合凹模结构(图 8-56b~图 8-56d)。根据理论分析,对于同一尺寸的凹

模,两层组合凹模的强度是整体式凹模的 1.3 倍,三层组合凹模的强度是整体式凹模的 1.8 倍。

2. 凹模的结构形式和尺寸的确定

由于组合凹模强度比整体式凹模强度高,所以当冷挤压的单位挤压力较小时,采用整体式凹模;当单位挤压力较大时,则采用两层或多层组合凹模。图 8-57 表示了不同结构形式的组合凹模,其许用单位挤压力与凹模直径比的关系。其中 I 区是整体式凹模许用范围;II 区是两层组合凹模的许用范围;III 区是三层组合凹模的许用范围。在实际生产中,通常采用的凹模直径比为 $a = 4 \sim 6$ 。由图可以看出,在 $a = 4 \sim 6$ 的范围内,当单位挤压力 $p \leq 1100\text{MPa}$ 时应采用整体式凹模;当单位挤压力为 $1100\text{MPa} < p \leq 1400\text{MPa}$ 时,应采用两层组合凹模;当单位挤压力为 $1400\text{MPa} < p \leq 2500\text{MPa}$ 时,应采用三层组合凹模。经验表明,三层组合凹模是最好的结构形式,进一步增加层数,可以使凹模中的应力分布趋于更均匀,但给制造和装配带来了困难。

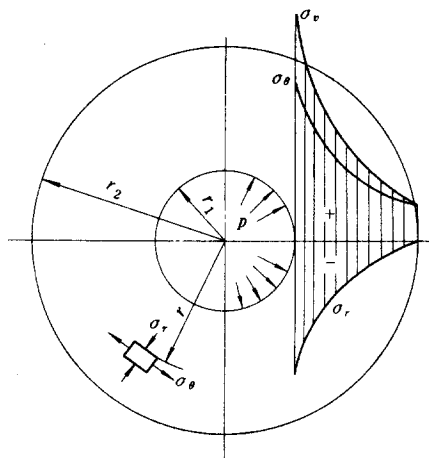


图 8-54 凹模内部的应力分布

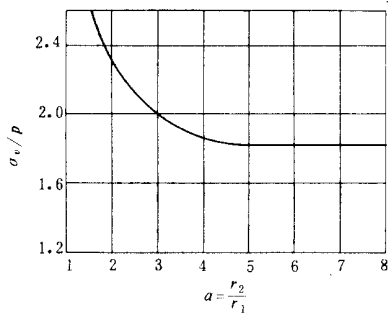


图 8-55 凹模直径比
对内壁应力的影响

预应力组合凹模各层的直径与过盈量可以通过计算法确定。也可以直接参照表 8-6 确定。一般 $\gamma = 1^\circ \sim 1.5^\circ$ (不超过 3°)。

必须指出,凹模内壁所受的侧向压力不等于凸模上的单位挤压力,也不是均匀分布的。影响凹模侧向压力的因素很多,如冷挤压方式、变形程度、凹模几何形状、摩擦情况以及变形区域的位置等。如果要较准确地确定凹模内的工作压力,应根据不同的情况加以计算。所以目前把单位挤压力作为设计凹模的工作压力只是近似的。

表 8-6

组合凹模预应力圈的直径与过盈量

预应力圈层数	预应力圈直径				过盈量		
	d_2	d_3	d_4	d_5	δ_2	δ_3	δ_4
I(即两层凹模)	$(2 \sim 3)d_1$	$2d_2$			$0.008d_2$		
II(即三层凹模)	$1.6d_1$	$1.6d_2$	$1.6d_3$		$0.01d_2$	$0.006d_3$	
III(即四层凹模)	$1.2d_1$	$1.6d_2$	$2.2d_3$	$3d_4$	$0.025d_2$	$0.008d_3$	$0.004d_4$

3. 预应力组合凹模材料及硬度要求

组合凹模的内层一般采用好的合金工具钢;中层可以用 5CrNiMo、40Cr、35CrMoA;外层可以用 5CrNiMo、35CrMoA、30CrMnSiA、40Cr、45 钢。中层热处理后硬度为 45~47HRC,外层为 40~42HRC,这样既保证了较高的强度又具有较好的韧性。

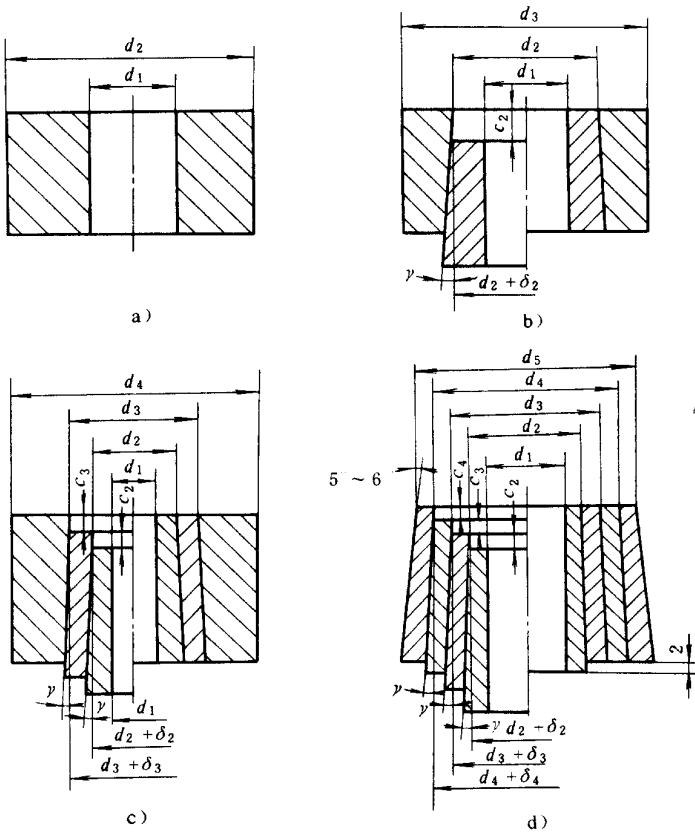


图 8-56 冷挤压凹模结构

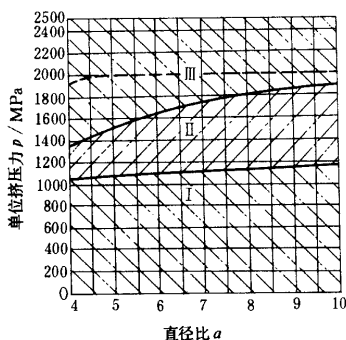


图 8-57 各种形式凹模的许用单位挤压力与直径比的关系

[对于整体式凹模 $a = d_2/d_1$,见图 8-56a ;对于双层凹模

$a = \frac{d_3}{d_1}$,见图 8-56b ;对于三层凹模 ; $a = \frac{d_4}{d_1}$,见图 8-56c]

第八节 温热挤压

温热挤压简称温挤 ,它是把金属加热到低于热压力加工温度下进行的挤压 ,也是在冷挤压工艺基础上发展起来的一项新工艺。其目的是通过加热到一定温度 ,较大幅度地降低挤压力 ,提高变形程度 ,或解决一些变形抗力很大的材料难以采用冷挤压的问题。

温热挤压有很多优点 ,它的加工温度一般不超过再结晶温度 ,既降低了变形抗力 ,又不至于严重氧化、脱碳。产品的公差等级和表面粗糙度及力学性能与冷挤压相近 ,而比热挤压高。温挤温度较高时 ,坯料或工件不需要退火处理和磷化处理 ,便于组织连续生产 ,且可以顺利地成形一些非轴对称的零件。

但温挤需要加热设备和温度控制装置 ,挤压件质量比冷挤压件稍差 ,对润滑剂要求较高。因此 ,温挤宜用于挤压高合金钢、高强度材料及其它难以用冷挤压成形的材料 ,或某材料用冷挤压加工时压力机压力不够等场合。

温热挤压加热温度的确定很重要但又很复杂 ,它牵涉到金属学等多方面的问题。一般来说 ,温度高 ,变形抗力小 ,塑性好 ,但模具抗压能力低 ;温度低 ,氧化少 ,挤压件质量高 ,但挤压力大 ,对模具也不利。总之 ,必须根据影响温挤温度确定的各种因素 ,结合实际情况 ,选择适当的温挤温度。例如低碳钢、中碳钢和低合金结构钢在机械压力机上挤压时 ,温度为 $650 \sim 800^{\circ}\text{C}$,在液压机上挤压时 ,温度为 $500 \sim 800^{\circ}\text{C}$;碳素工具钢、 $\text{Cr}12\text{MoV}$ 、 $\text{W}6\text{Mo}5\text{Cr}4\text{V}2\text{Al}$ 、 $\text{GCr}15$ 等温挤温度为 $700 \sim 800^{\circ}\text{C}$;铝及铝合金温挤温度小于或等于 250°C ;铜及铜合金温挤温度小于或等于 350°C 等。

当温挤温度较低时 ,用猪油加二硫化钼作润滑剂 ;对碳钢、合金钢、不锈钢在 $700 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 范围温挤 ,使用低温玻璃粉加二硫化钼作润滑剂 ;近年我国使用油酸 57%、二硫化钼 17%、石墨 26% 的混合物为润滑剂 ,效果良好。

第九章 钣金冲压工艺过程的制定

冲压件的生产过程通常包括原材料的准备、各种冲压工序和必要的辅助工序。有些零件还需要切削加工、焊接、铆接等才能最后完成制造的全过程。

冲压件工艺过程的制定十分重要,正确的冲压工艺过程是提高生产率、保证产品质量、降低成本的前提。

冲模是保证冲压工艺过程实现的基础,没有与冲压工艺相应的冲模类型和正确的冲模结构,冲压工艺是无法实现的。

第一节 制定冲压工艺过程的基础

一、工艺设计的原始资料

在制定冲压件工艺过程之前必须明确冲压件的产量,了解冲压件的结构与在机器中的装配关系及技术要求,原材料的规格、状态,生产车间的平面布置,设备技术参数及负荷情况,工人技术水平等。这些都是制定冲压件工艺过程必不可少的基础资料。

二、掌握变形规律,正确制定工艺过程

实践证明,金属材料在冲压过程中的变形规律,是制定冲压工艺过程及设计模具的极为重要的基础。因而,在制定冲压件工艺过程时,必须认真分析坯料变形区的应力状态和变形特点,研究坯料变形的趋向性,采取措施控制坯料变形以达到预期的成形。

1. 冲压成形时坯料各区的划分

在冲压成形时,可以把成形过程的坯料划分为变形区与非变形区。图9-1例举了拉深、翻孔、缩口三种工序在成形过程中坯料变形区与非变形区的划分,其中A区为变形区,其它区域为非变形区。从整个变形过程来看,非变形区可能是已经经历过变形的已变形区(如图中的B区)或尚未参与变形的待变形区(如图中的C区),也可能是在整个变形过程中都不参与变形的不变形区(如图中的D区)。当非变形区在成形过程中受力时,即称传力区。表9-1为上述三种工序的变形坯料的分区情况。

表9-1

冲压过程坯料各区的划分

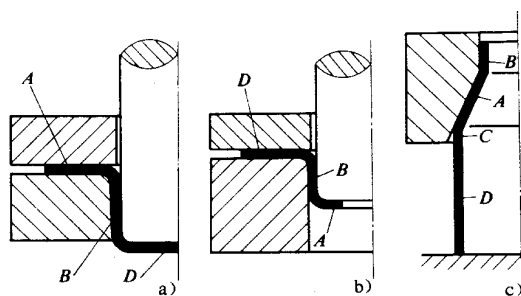


图 9-1 冲压过程中毛坯各区划分实例
a)拉深 b)翻孔 c)缩口

冲压方法	变形区	非变形区		
		已变形区	待变形区	传力区
拉 深	A	B	无	B、D
翻 孔	A	B	无	B
缩 口	A	B	C	D

以上是在变形过程中某一瞬间的坯料分区情况,在坯料整个变形过程中,各区会互相转化,如待变形区进入变形区,变形区进入已变形区等。

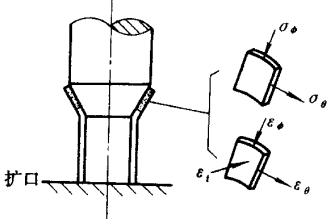
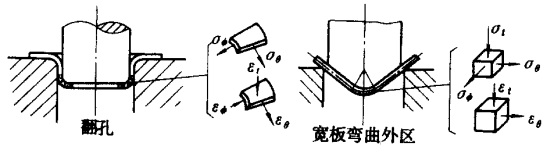
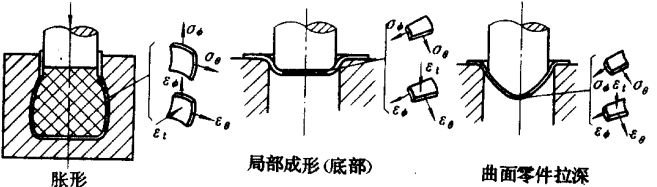
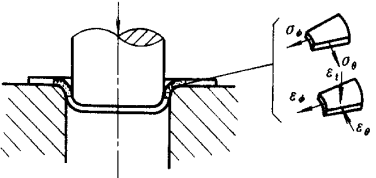
2. 冲压成形坯料变形区的应力、应变与分类

在冲压各工序的变形分析中可以看出,从本质上讲,各种冲压成形的过程就是坯料变形区在力的作用下产生变形的过程,所以坯料变形区的受力情况和变形特点是决定各种冲压变形性质的主要依据。

板料冲压中,一般可以近似地认为在板厚方向上的应力数值为零,使坯料变形区产生塑性变形是板料平面上两个互相垂直的主应力作用的结果。目前,除冷挤压等工艺外,冷冲压多数是板料冲压,所以说,绝大多数冲压变形都是平面应力状态下的变形。按板料成形时变形区的应力状态和变形特点,对板料成形工序进行归类,列于表 9-2 中。

表 9-2

板料冲压成型的基本变形形式及实例

基本变形形式	应变状态		应力状态	实例
	厚 向	经向及纬向	$\sigma_t = 0$	
I	厚度减薄	纬向伸长 $\varepsilon_\theta > 0$ 经向收缩 $\varepsilon_\phi < 0$	经压纬拉	 <p>扩口</p>
			两向受拉	 <p>翻孔 宽板弯曲外区</p>
II	$\varepsilon_t < 0$	纬向伸长 $\varepsilon_\theta > 0$ 经向伸长 $\varepsilon_\phi > 0$	两向受拉	 <p>胀形 局部成形(底部) 曲面零件拉深</p>
III		纬向收缩 $\varepsilon_\theta < 0$ 经向伸长 $\varepsilon_\phi > 0$	两向受拉	 <p>局部成形(凹模圆角部分)</p>

基本变形形式	应变状态		应力状态	实例
	厚向	经向及纬向	$\sigma_t = 0$	
III	厚度减薄 $\varepsilon_t < 0$	纬向收缩 $\varepsilon_\theta < 0$ 经向伸长 $\varepsilon_\phi > 0$	经压纬拉	<p>拉深</p>
IV		纬向收缩 $\varepsilon_\theta < 0$ 经向伸长 $\varepsilon_\phi < 0$	经拉纬压	<p>拉深 压缩类翻边</p>
		纬向收缩 $\varepsilon_\theta < 0$ 经向伸长 $\varepsilon_\phi > 0$	两向受压	<p>缩口 宽板弯曲内区</p>
V	厚度增厚 $\varepsilon_t < 0$	纬向收缩 $\varepsilon_\theta < 0$ 经向收缩 $\varepsilon_\phi < 0$	两向受压	<p>缩口</p>
VI			两向受压	<p>板料成形工序中无此类变形</p>
		纬向伸长 $\varepsilon_\theta > 0$ 经向收缩 $\varepsilon_\phi < 0$	经压纬拉	<p>扩口</p>

由表 9-2 可以看出,变形区的应力状态可以归纳为四类,即两向受拉、两向受压、经向拉纬向压、经向压纬向拉。而变形情况则比较复杂,在同一工序的变形区内,往往存在不同性质的变形,例如弯曲、拉深、扩口等。根据变形区应变状态不同,有六种基本变形形式,属于两大类成形:一类是厚度变薄的变形,通常称为伸长类成形;另一类是厚度增厚的变形,通常称为压缩类成形。

对于两类成形,由于应力状态和变形性质不同,因而产生的问题和解决问题的方法也不同。在伸长类成形中,变形区的拉应力占主导地位,厚度变薄,表面积增大,有产生破裂的可能性;在压缩类成形中,变形区内压应力占主导地位,厚度增厚,表面积减少,有产生失稳起皱的可能性。

为了保证冲压工艺过程的顺利进行,防止破裂或起皱的发生,保证产品质量,应该提高材料的极限变形程度。由于上述两类成形的变形性质和出现的问题完全不同,因而影响成形极限的因素,提高成形极限的方法就不同。伸长类变形的极限变形参数主要决定于材料的塑性,而且可以用材料的塑性指标(简单拉伸试验中的伸长率或断面收缩率)直接或间接地表示。例如平板坯料局部胀形极限值,空心坯料的胀形系数,圆内孔翻孔系数,最小弯曲半径等都与伸长率之间有明显的关系。压缩类变形的极限变形参数(如拉深系数等),一般是受坯料传力区的承载能力的限制,有的则受变形区或传力区失稳起皱的限制。所以提高伸长类成形的极限变形参数的办法有:提高材料的塑性;减少变形的不均匀性;消除坯料变形区的局部硬化或其它引起应力集中而可能导致破坏的各种因素(如去毛刺或坯料退火等)。提高压缩类成形的极限变形参数的办法有:提高传力区的承载能力;降低变形区的变形抗力或摩擦阻力,例如拉深时凸缘变形区加热或筒壁传力区冷却、柔性模拉深等;采取有效措施,防止坯料变形区的失稳起皱;以降低变形区变形抗力为主要目的的退火。

至于有的板料成形工序,在其变形区中既有伸长类变形又有压缩类变形,则必须区别不同情况,采取不同措施来解决成形中出现的问题。如果以伸长类变形为主,如弯曲、锥形件拉深等,其变形区中伸长类变形部分出现的破裂问题是主要的,可以用解决伸长类成形问题的方法来解决。如果以压缩类变形为主,坯料变形区中压缩类变形部分出现的起皱问题是主要的,则可以用解决压缩类成形问题的方法来解决。如果像曲面零件的拉深那样,伸长类变形部分出现的破裂问题和压缩类变形部分出现的起皱问题,都不可忽视,就应该采取必要措施,同时注意解决两个方面的问题。

3. 冲压成形中变形的趋向性及其控制

在冲压过程中,经常会遇到这样的情况,即成形坯料的各个部分在同一模具的作用下,却有可能发生不同的变形,也就是具有不同的变形趋向性。如图 9-2 所示,模具对环形工序件进行冲压,就可能有三种变形趋向:一种是产生拉深变形(图 9-2b);第二种是产生翻孔变形(图 9-2c);第三种是产生胀形变形(图 9-2d)。当然还有可能产生介于两种变形之间的变形,如既有胀形又有扩孔变形,既有翻孔变形又有拉深变形等。

既然同一种模具加工同一形状的坯料有不同的变形趋向,那么为了得到所要求的合格的零件,就应该正确地设计冲压工艺和模具,以便控制其变形趋向,保证坯料达到预期的变形并排除其它一切不必要的变形。控制坯料的变形趋向性措施主要有以下几方面:

(1)合理地确定坯料的尺寸 实践证明,变形坯料各部分的相对尺寸关系,是决定变形趋向性的最重要的因素。通过改变坯料的尺寸,是控制坯料变形趋向性的有效方法。图9-2所示的工序件,当 D/d_T 与 d_0/d_T 都较小时,环形部分产生拉深变形所需要的力最小,因而产生外径收缩的拉深变形,得到拉深件(图9-2b);当 D/d_T 与 d_0/d_T 都比较大时,使 d_T-d_0 环形部分产生翻孔变形需要的力最小,因而产生工序件内孔扩大的翻孔变形,得到翻孔零件(图9-2c);当 D/d_T 很大,而 d_0/d_T 很小或等于零时(不带内孔),工序件凸缘部分的拉深变形和内部的翻孔变形阻力都很大,结果使凸凹模圆角及附近的金属产生胀形变形。胀形时,工序件的外径和内孔的尺寸都不发生变化,或变化很小,成形仅靠工序件的局部变薄来实现(图11-2d)。

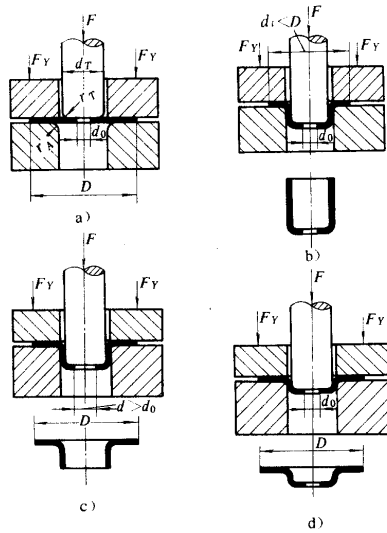


图9-2 多种变形趋向性的实例

以上所述坯料的相对尺寸与变形趋向之间的定量关系见表9-3。

表9-3 平板环形工序件的变形趋向

尺寸关系	成形方式(变形趋向)	备注
$\frac{D}{d_T} < 1.5 \sim 2; \frac{d_0}{d_T} < 0.15$	拉深	
$\frac{D}{d_T} > 2.5; \frac{d_0}{d_T} > 0.2 \sim 0.3$	翻边	要得到图9-2c所示的零件, $\frac{d_0}{d_T}$ 的值必须加大,否则内孔会开裂
$\frac{D}{d_T} > 2.5; \frac{d_0}{d_T} < 0.15$	胀形	当 $\frac{d_0}{d_T} = 0$ 时,为完全胀形

(2)正确设计模具工作部分的几何形状和尺寸这也是控制坯料变形趋向性的一种常

用方法。如图 9-2a 所示,如果增大凸模的圆角半径 r_T ,减少凹模圆角半径 r_A ,可使翻孔变形阻力减小,拉深阻力增大,所以有利于翻孔变形的实现。相反,如果增大凹模圆角半径,减少凸模圆角半径,则有利于拉深变形的实现,而不利翻孔变形。

(3)改变坯料与模具接触表面之间的摩擦阻力 生产中常用这种方法控制坯料的变形趋向。如图 11-2 所示,如果加大工序件与压料圈和工序件与凹模端面之间的摩擦力(加大压料力或减少润滑),则不利于实现拉深变形而有利于实现翻孔变形和胀形变形。如果增大工序件与凸模表面的摩擦力,减少工序件与凹模表面的摩擦阻力,则有利于实现拉深变形。所以,对坯料的润滑及润滑部位的正确选择,也是控制坯料变形趋向性的重要方法。

(4)降低变形区的变形抗力 增大传力区的强度 这种方法是使变形区产生变形的抗力减小,使之易于进入塑性状态,而不让传力区进入塑性状态。例如凸缘区加热拉深法或筒壁区冷却拉深法,又如翻孔、缩口等工序的变形区的局部加热法,都是利用上述原理来创造条件,使需要变形的部位首先产生变形,不需要变形的部位不产生变形。

分析以上控制坯料变形趋向的措施不难看出,这些措施的基本原理集中到一点就是:在冲压成形时,应创造条件,使其坯料中需要变形的部位产生变形需要的力最小,在外力作用下首先产生变形,即成为相对“弱区”,而不需要变形的部位,则应创造条件使其产生变形时需要的力较大,在整个成形过程中,这部分材料不产生塑性变形,即成为相对“强区”。以上原理可以用两句话来概括:坯料在冲压成形时“弱区必先变形,变形区应为弱区”;“强区不变形,传力区应为强区”。

以上基本原理在冲压生产中具有重要的实际意义。这是确定一些冲压工艺的极限变形参数的依据,是设计冲压工艺过程、选定工艺方案、确定工序及工序间尺寸必须遵循的原则。例如图 9-3 所示零件,当 $(D-d)$ 凸缘较大、高度 H 较小时,可用落料、冲孔和翻孔工序得到;但如果 $D-d$ 较小, H 较大时,如果仍用以上冲压工序,则不能保证坯料需要产生翻孔变形的部分为变形力较小的弱区,也不能保证坯料不需要变形的外环部分为变形力较大的强区。所以在翻孔时,坯料外径必然会缩小,使翻孔工序不可能实现。在这种情况下,就必须改变上述工艺过程,采用拉深、切底和切边的工艺方案,或采用加大外径 D ,经翻孔后再切边的工艺方案(图中双点划线所示)。

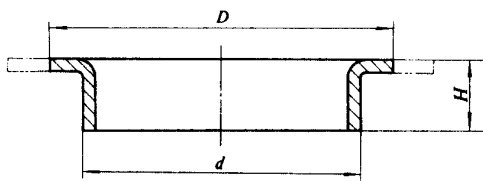


图 9-3 变形趋向性对冲压工艺影响

第二节 冲压工艺过程与冲模设计要点

冲压工艺与冲模设计过程如下：

- 1)对零件图的分析。
- 2)冲压件总体工艺方案的确定。
- 3)坯料形状、尺寸的确定。
- 4)冲压工序性质、数目和顺序的确定。
- 5)冲模类型和结构形式的确定。
- 6)冲压设备的选择。
- 7)冲模设计计算。
- 8)冲压工艺文件的编写。

以上步骤详见图 9-4 其中许多具体内容在各有关章节中已经详细叙述过,现就一些需要强调的或进一步说明的问题叙述如下：

一、对零件图的分析

1. 冲压生产经济性的分析

零件的生产批量对冲压加工的经济性起着决定性的作用。必须根据零件的生产批量和零件质量要求,确定是否采用冲压加工,用何种冲压工艺方法加工。冲压件的结构形状和尺寸与经济性也有很大关系,冲压工艺性好的零件和有利于少无废料排样的零件,冲压加工的经济性较好。零件的材料也是影响冲压件经济性的重要方面,在满足使用性能和冲压工艺性能要求的前提下应尽量采用廉价材料。

2. 冲压件的工艺性分析

冲压件工艺性,体现在零件的形状特点、尺寸大小、设计基准、公差等级和形位公差要求、材料厚度及成形后允许的变薄量、材料的力学性能和冲压性能、在冲压过程中产生回弹与翘曲的可能性、毛刺大小和方向要求等方面。以上这些内容对确定冲压工序性质、数量和顺序,对冲件定位方法,对模具结构形式选择及制造精度要求等都有很大关系。因此,在制定冲压工艺过程时必须根据产品零件图认真加以分析,尤其应该注意分析零件在冲压加工中的难点所在。

良好的冲压工艺性表现在材料消耗少,冲压成形时不必采取特殊的控制变形的措施,工艺过程简单,模具结构简单而且寿命长,产品质量稳定,操作方便等。如果发现零件工艺性差,则应该在不影响使用要求的前提下对零件的形状、尺寸及其它要求作必要的修改。如图 9-5 所示,图 a 原设计左边 $R3\text{mm}$ 和右边封闭的铰链弯曲,在板厚为 4mm 情况下都很难实现。修改后的零件就比较容易冲压加工。图 b 原设计为两个弯曲件焊接而成,在不影响使用条件下改成一个整体零件,从而减少一个零件,工艺过程变得简单,节约了材料。图 c 为某厂生产的汽车消声器后盖,在满足使用要求的条件下,修改后的形状比

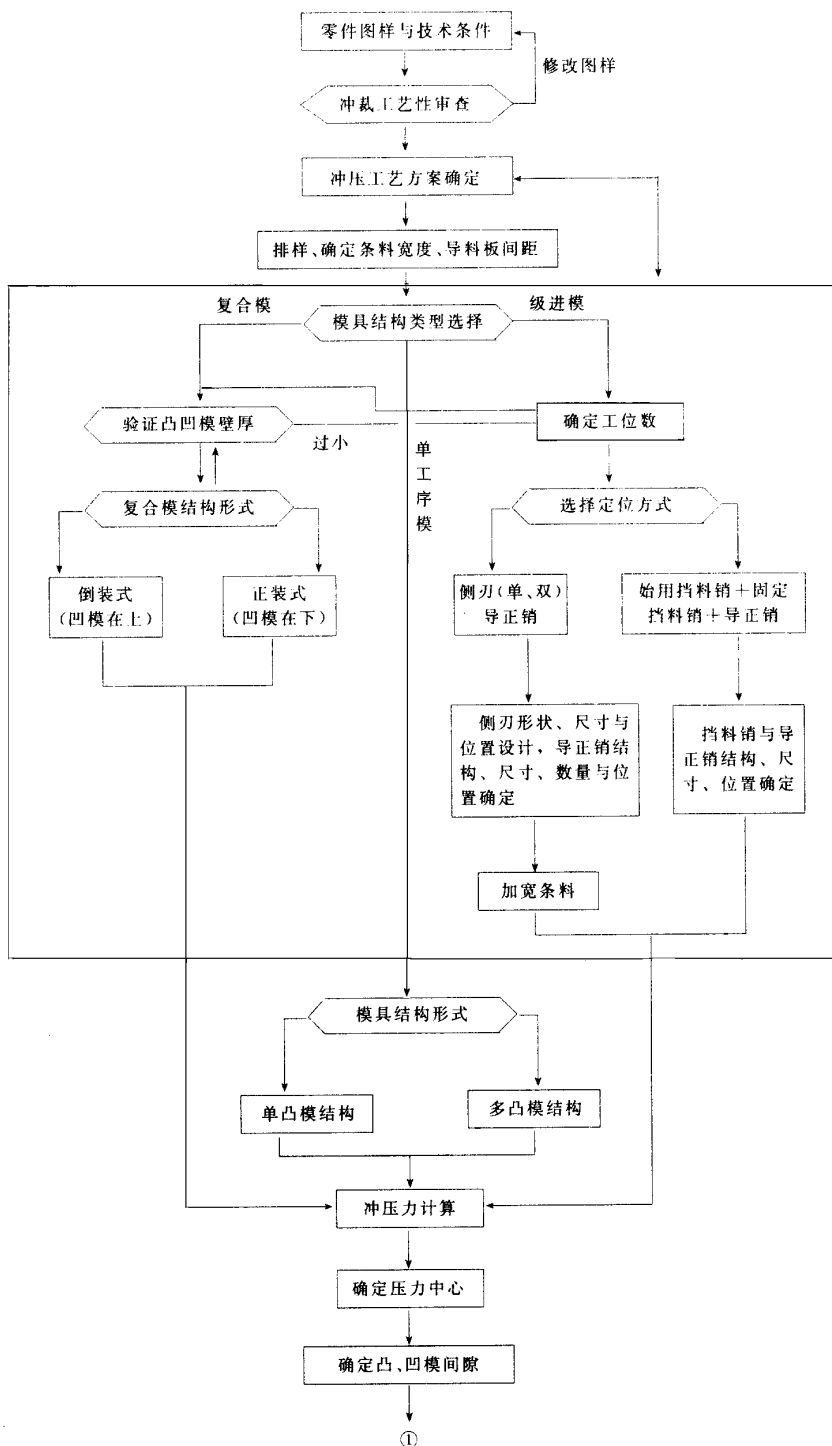


图 9-4 冲压工艺及冲模设计程序

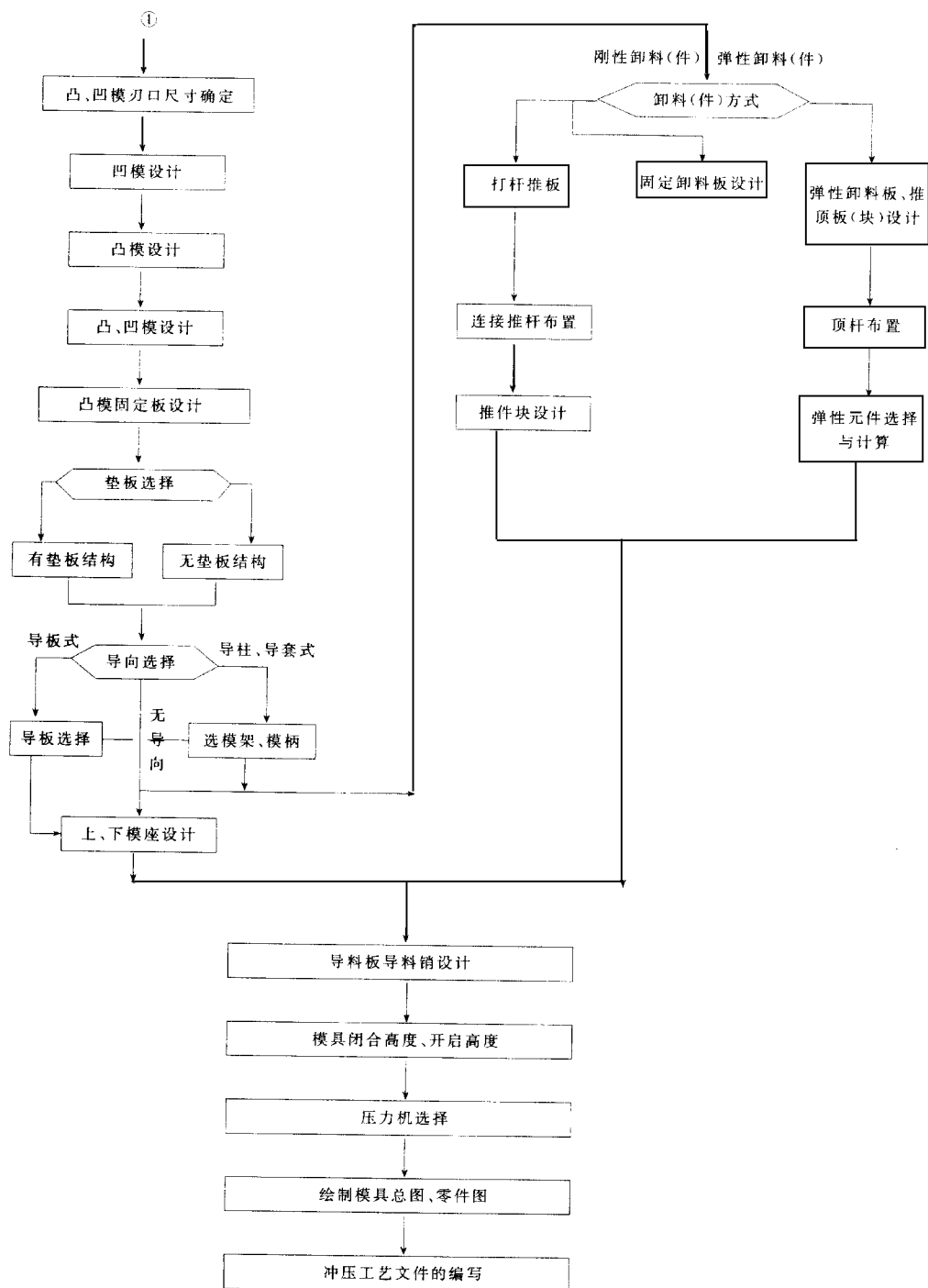


图 9-4 冲压工艺及冲模设计程序(续)

原设计的形状简单,冲压工序由原来的八道减至两道。

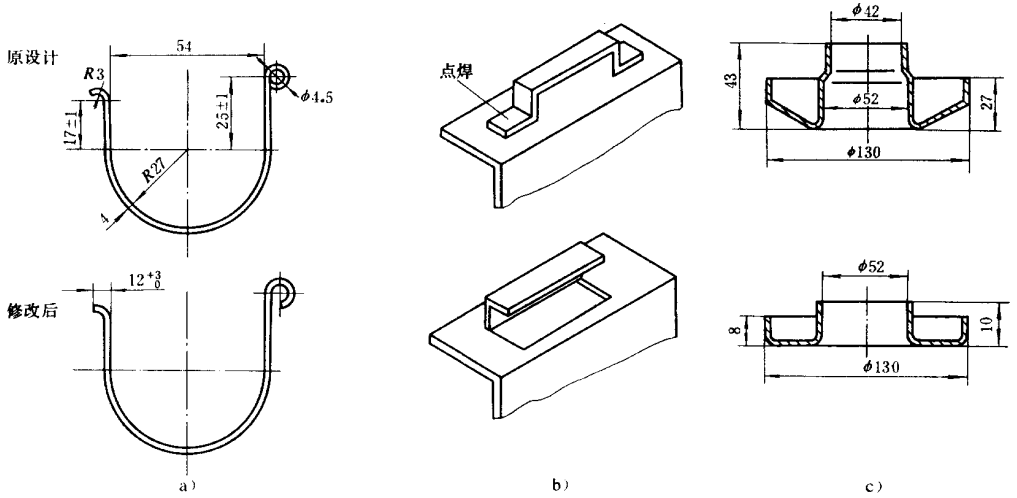


图 9-5 冲压件的结构工艺性改善的实例

从以上实例可以看出,改进冲压工艺性的潜力很大,在冲压工艺过程设计中,必须十分重视这一工作。

另外,冲压件工艺性与生产批量有一定关系。有的冲压件的工艺性在小批量生产情况下还可以,但在大批量生产情况下则很差。例如小批量生产时允许用切削加工来完成冲压件某一部分的加工,以补充冲压加工难以达到的要求,但在大批量生产中就不宜这样做,因为这样将使成本提高。

必须指出,冲压件的各项工艺性要求并不是绝对的。尤其在当前冲压技术迅速发展的情况下,根据生产的实际需要和可能,综合应用各种冲压技术,合理选择冲压方法,正确进行冲压工艺与冲模设计,做到既满足产品技术要求,又满足冲压工艺性要求是可以做到的。

二、冲压件总体工艺方案的确定

在工艺分析的基础上,根据冲压件的几何形状、尺寸、精度要求和生产批量等,确定备料、冲压加工、检验和其它辅助工序(如去毛刺、清理、酸洗、热处理、表面处理等)的先后顺序,有的零件还需要安排必要的非冲压加工工序,从而把冲压件整个制造过程确定下来。

三、冲压工序性质、数目与顺序的确定

冲压工序性质、数目与顺序的确定是制定冲压件工艺过程的核心。

生产中不少冲压件可以直观地看出所需的工序性质和顺序,根据许用变形程度,通过一般的计算即可确定工序数目。对于带孔或不带孔的各种形状的平板形零件,当产量小、外观规则、尺寸大而公差要求不高时,可用剪裁工序,如有一定产量,一般用冲裁工序。对于需要多工序冲裁的零件,其工序安排必须做到工艺稳定,先冲部分要为后冲部分提供可靠的定位,后冲部分不能影响先冲部分的质量。为此,一般是先落料或冲孔落料复合,然

后以落料所得工序件外轮廓定位进行其它冲裁工序。冲裁大小不同、相距较近的孔时,为了减少孔的变形,应先冲大孔和一般精度的孔,后冲小孔和精度较高的孔。对于窄长的大型弯曲件,可用弯边机压弯;其它有一定产量的弯曲件,通常采用弯曲模弯曲。弯曲件工序顺序一般可按以下原则安排;当采用简单弯曲模多次弯曲复杂弯曲件时,应先弯外角,后弯内角;对于弯曲件上位于变形区或靠近变形区的孔或孔与基准面相对位置要求较高时,必须先弯曲后冲孔;对于其它情况弯曲件,都应先冲孔后弯曲,以简化模具结构。对于薄壁空心件,其成形的方法很多,如拉深、挤压、旋压等。必须根据材料性质、产量大小、零件形状及尺寸等要求确定其冲压工序性质。目前,各类空心件多采用一次或多次拉深成形,对于产量不大的旋转体空心件,在可能条件下,可以用旋压加工;对于大批量生产的薄壁件,如符合冷挤压工艺性要求,可采用冷挤压加工;对于底部厚度大于壁厚的空心件,可以用变薄拉深,符合冷挤压工艺要求的,也可以用冷挤压加工;对于有凸缘的无底空心件,根据直壁口部要求,可以采用拉深后切底,也可以采用拉深后底部冲孔、翻孔,高度不高的还可以直接用落料、冲孔和翻孔工艺。校平、整形、切边等工序一般均安排在冲裁、弯曲、拉深、挤压等工序之后进行,以提高零件的精度。

应该特别注意的是,不少冲压件不经仔细推敲还难以确定其正确的工艺方案,或一个零件有多种工艺方案,必须选择一种最佳方案,这时就需要综合分析、比较,才能最后确定下来。在分析、比较时应着重考虑以下几个重要问题:

1. 冷冲压成形规律

“弱区必先变形,变形区应为弱区”是冲压成形中的一个很重要的基本规律。冲压工艺过程的制定必须遵循这个规律。

需要经过数道冲压工序成形的零件,其形状是逐步形成的。每道工序都使坯料的一部分变成零件的一部分,最后把坯料冲压成为成品零件。因此,为使每道工序都能顺利地达到预期的变形,就必须使该工序中应变形的部分处于相对的“弱区”。现举例如下:

(1)在工艺方案选定方面的实例 如图 9-6 所示两个形状相同而尺寸不同的零件,材料均为 08 钢。图 9-6a 为油封内夹圈,其冲压工艺过程是先进行落料冲孔的复合工序,后翻孔。翻孔系数为 0.8,翻孔时的变形区是外径为 $\phi 92\text{mm}$,内径 $\phi 76\text{mm}$ 的环形部分,翻孔力较小,而外径为 $\phi 117\text{mm}$,内径为 $\phi 92\text{mm}$ 的外环部分产生切向收缩的拉深变形需要的变形力较大,因此,可以保证“变形区为弱区”的条件。图 9-6b 为油封外夹圈,其高度为 13.5mm。如果也采用油封内夹圈的冲压工艺,则预冲孔直径为 $\phi 61\text{mm}$,翻孔系数为 0.68。虽然翻孔系数在允许的范围(当采用球形凸模翻孔时),但翻孔力较大。此时坯料外径为 $\phi 117\text{mm}$,内径为 $\phi 90\text{mm}$ 的外环部分产生切向收缩的拉深变形所需要的力与翻孔力相差不大,无法保证“变形区为弱区”的条件,即在翻孔变形的同时,坯料的外径也可能产生切向收缩变形,这是不允许的。因此油封外夹圈的冲压工艺过程应为图 9-6b 所示:落料、拉深、冲孔、翻孔。这时翻孔系数 $d_0/D = 80/90 \approx 0.9$ 。“变形区为弱区”的条件得到保证,因而这个工艺过程是可行的。

本例说明,有些零件的形状相同,但是由于某些部分尺寸有差别,为了保证“变形区为弱区”,必须采用不同的工艺方案。

图 9-7 表示两个形状相似的零件,材料为 08 钢,板料厚度为 0.8mm。图 a 所示零件

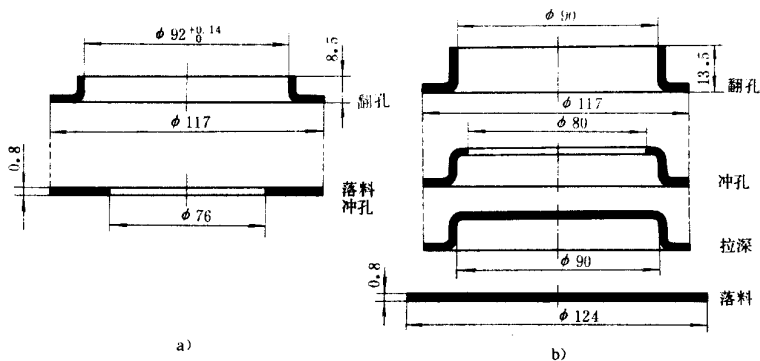


图 9-6 油封内、外夹圈的冲压工艺过程

a) 油封内夹圈 b) 油封外夹圈

的冲压工艺过程为：落料、拉深、冲孔。而图 b 所示零件如果也采用这样的工艺过程，则经计算拉深前的坯料直径应为 $\phi 81\text{mm}$ ，其拉深系数为 $33/81 = 0.4$ ，小于极限拉深系数。因此，外径为 $\phi 81\text{mm}$ ，内径为 $\phi 33\text{mm}$ 的环形部分，在拉深时不是弱区，一道拉深成形是不可能的。生产实际中采用如图 9-7b 所示的工艺过程，即经过落料冲孔复合、拉深、冲底孔与切边、冲六个 $\phi 6\text{mm}$ 孔等四道工序制成。预先冲出 $\phi 10.8\text{mm}$ 孔的作用是，使拉深时坯料内部（小于 $\phi 33\text{mm}$ 的部分）和外部（大于 $\phi 33\text{mm}$ 的部分）都成为弱区，都产生一定量的变形，内部金属向外扩展，外部金属向内收缩，从而一次拉深即可得到直径为 33mm 、高度为 9mm 的形状。所以冲出 $\phi 10.8\text{mm}$ 的孔是根据变形规律需要而附加的工序，而不是零件结构的需要。该例说明，在某些情况下，为了保证“变形区应为弱区”的条件，需要增加一些工序。

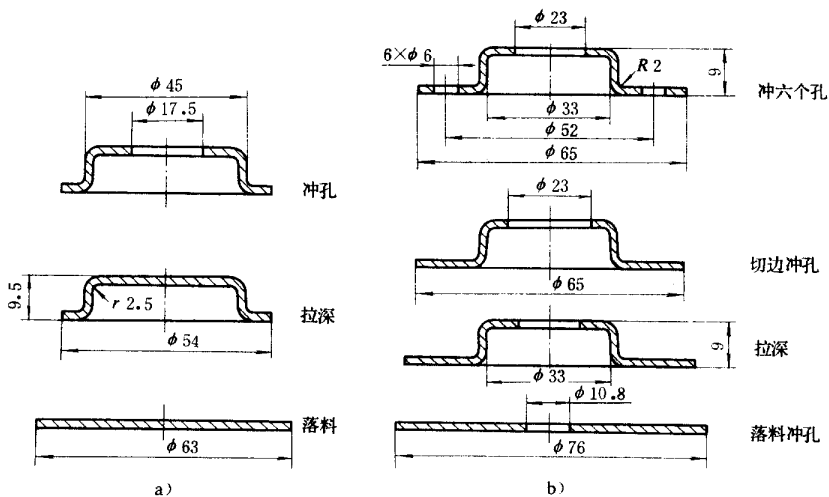


图 9-7 两种相似零件冲压工艺的比较

如图 9-7b 中所示 $\phi 10.8\text{mm}$ 这种可以改变变形趋向性的孔，在板料冲压成形中称为变形减轻孔，它具有使变形区转移的作用。这种方法在冲压成形中得到了较多的应用。

如图 9-8 所示零件,四个凸台的底部有四个孔,这四个孔不是零件的结构所需要的,而是为了保证得到凸台的高度,预先在坯料上冲出的四个孔。它使凸台的底部和外部都成为产生一定量变形的弱区,在成形凸台时,孔径扩大,补充了外部材料的不足,也防止了成形凸台时由于变形程度过大,产生破裂的可能。覆盖零件成形中的工艺孔和工艺切口,也是这个原理的应用实例。

(2)在工序顺序安排方面的实例 图 9-9 是调温器外壳的冲压工艺过程。其最大特点是,在第一道拉深工序成形的 $\phi 60\text{mm}$ 侧壁和锥形部分是零件的最终形状与尺寸。以后的工序被该部分划分为内、外两部分。冲孔和翻孔在内部进行,外径 $\phi 34\text{mm}$,内径 $\phi 20.6\text{mm}$ 的环形部分为弱区,在弱区变形时,锥形部分及其相连接的内径为 $\phi 34\text{mm}$ 的环形部分为强区,不产生变形。 $R5\text{mm}$ 整形到 $R0.5\text{mm}$ 是在已成形部分的外部进行,此时 $\phi 68\text{mm}$ 的凸缘是弱区,产生少量直径收缩变形,而 $\phi 60\text{mm}$ 的圆筒形是强区,不产生变形。

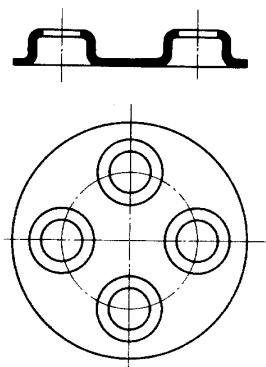


图 9-8 变形
减轻孔的作用

该例说明,当零件需要经过多道工序冲压成形时,前道成形工序所得到零件的某一部分的形状和尺寸,把未成形部分分隔成内、外两部分,在后续的冲压成形工序里,保证变形只能在已成形部分的内、外进行的条件是:内、外部需要变形的部分为弱区,不需要变形部分和已成形部分为强区。这样才能保证内、外部各自变形时都不从对方取得金属来补充,从而保证工艺过程稳定地进行。只要上述条件得到满足,不论先成形内部,还是先成形外部,或内、外两部分同时成形,从变形的可能性来看都是可行的。这时,内、外部成形的先后顺序主要应根据操作、定位、模具结构等因素来确定。

在图 9-9 所示的工艺过程中,冲 $\phi 20.6\text{mm}$ 孔工序安排在拉深成形之后,如果先冲孔,而且孔较大,势必造成变形区转移到应为强区的内部(即成为翻孔变形),或内、外都是变形区,这样就使变形达不到预期的目的,是不允许的。

2. 冲压件的精度要求

冲压件的精度要求也是冲压工艺过程确定的重要依据,以下都是制定冲压工艺过程中常遇到的应恰当安排工序顺序的实际例子。

(1)如图 9-10 所示的锁圈,材料为黄铜,厚度为 0.3mm ,其内径 $\phi 22_{-0.1}^0\text{mm}$ 是配合尺

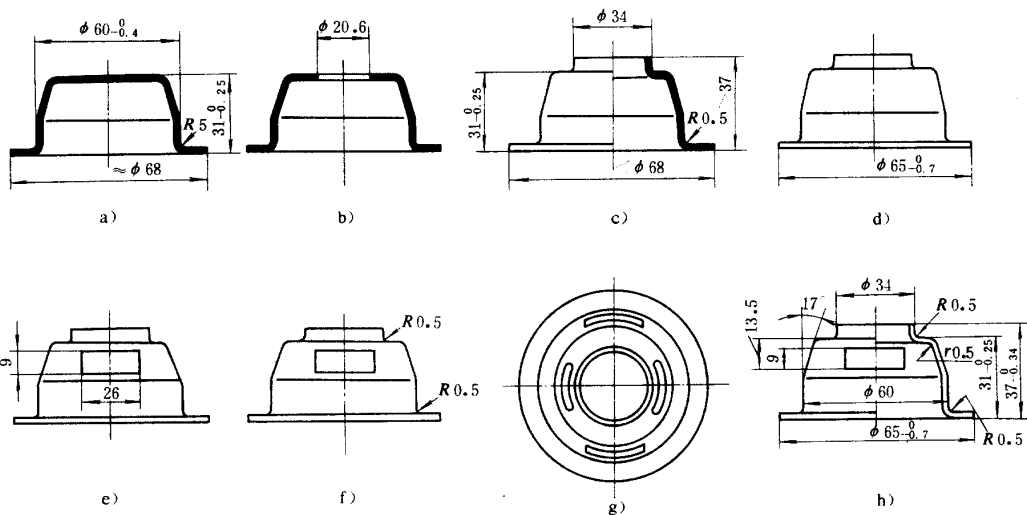


图 9-9 调温器外壳冲压工艺过程

- a) 拉深 b) 冲孔 c) 翻孔与整形 $R5\text{mm}$ 至 $R0.5\text{mm}$ d) 切边
e) 冲侧孔 f) 整形 g) 冲顶部两孔 h) 成品零件图

寸。如果采用落料冲孔复合和成形两道工序,由于成形时整个坯料都是变形区,很难保证内孔公差要求,因而采用落料、成形、冲孔三道工序(如图所示)。

本例说明,在冲压成形过程中,当坯料上的强区与弱区对比不明显时,冲压件不可能得到稳定而准确的尺寸。在这种情况下,对零件有公差要求的部位,应在成形后冲出。

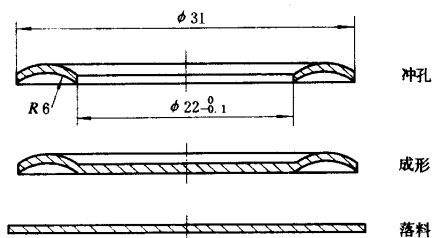


图 9-10 锁圈的冲压工艺过程

(2)凡是孔的尺寸和位置会受到成形工序的影响,而且公差要求较高时,必须在有关的成形工序之后冲出。但是,只要孔的尺寸和位置不受后续成形工序影响,或孔的尺寸和位置要求不高时,可在成形工序之前的平坯料上冲出,以便简化模具,提高生产率。如图 9-11 所示的弯曲件, $\phi 10_0^{+0.03}\text{mm}$ 孔位于弯曲变形区之外,因而可以在弯曲工序之前冲出。而四个 $\phi 5\text{mm}$ 孔及其孔心距 36mm 会受到弯曲工序的影响,不宜在弯曲前冲出,而应在弯曲工序之后冲出。

如图 9-12 所示的零件,材料为 08 钢,板料厚度为 0.8mm 。零件上面所有孔如果在拉深之前冲出,则在拉深时孔的尺寸和位置都会受到拉深工序的影响,所以都应在拉深工

序后冲出。由于对决定 $\phi 16\text{mm}$ 孔位置的中心高 10mm 无公差要求,所以可以把 $\phi 16\text{mm}$ 孔安排在切舌工序之前,与冲两个 $\phi 5.5\text{mm}$ 的孔同时进行。如果对孔的中心高 10mm 有公差要求,则 $\phi 16\text{mm}$ 的孔应在切舌之后进行。

(3) 由于材料性能的方向性及模具结构及压料力不均匀等原因,都会造成拉深件的外边缘或扩孔件的内边缘形状不规则。所以,一般情况下,在拉深或扩孔工序之后应进行切边或冲孔,如图 9-7b、图 9-9 和图 9-12 所示。但是,如果拉深件的高度不大,周边有关尺寸又没有严格的公差要求,也可以不切边或冲孔。直壁上切边的方法有:切削加工,生产率低;筒壁上切边(图 9-13a),生产率高,但模具较复杂;凸缘上切边,后再拉深成筒形件(图 9-13b),模具简单,但工序数目增加,零件质量稍差;拉深时切边(图 9-13c),生产率高,模具也不复杂,但拉深凹模容易磨损。

(4) 对冲压件上几何形状和尺寸公差要求较高而成形工序中又达不到要求的部位,应加一道整形工序。如图 9-9 所示的零件。

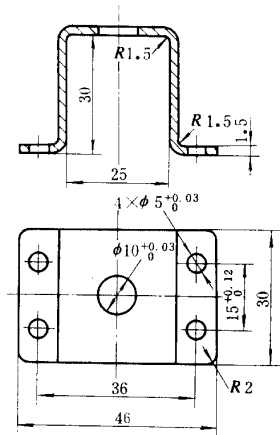


图 9-11 弯曲零件

(5) 有些冲压件对变薄量有要求,其工艺方案应予以保证。例如图 9-9 所示的零件,如果翻孔部分的口部厚度不允许变薄时,则应把工艺方案改为拉深到所需高度后切底。

3. 工序组合与模具结构

冲压工艺方案与模具结构有直接的关系。在大批量生产时应尽量采用级进模或复合模冲压,尤其是级进模冲压,以便实现自动化,提高劳动生产率,降低成本。有时生产批量虽不大,但为了操作方便,保障安全,或为了减少冲压件在生产过程中的占地面积和传递工作量,也把冲压工序相对集中,采用复合模或级进模进行冲压。

但是,冲压工序集中组合必然使模具结构复杂化。工序组合的程度受到模具结构、模具强度、模具制造和维修及设备能力等方面的限制。例如落料拉深复合,受到凸凹模壁厚的限制;落料、冲孔和翻孔三道工序的复合,受到凸凹模强度的限制;反拉深受凹模壁厚的限制;冲压件大,冲压力大,这时如果工序过多集中,就受到压力机许用压力的限制;多工位级进冲压,模具轮廓尺寸受到压力机台面尺寸的限制;工序集中后,如果冲模工作零件

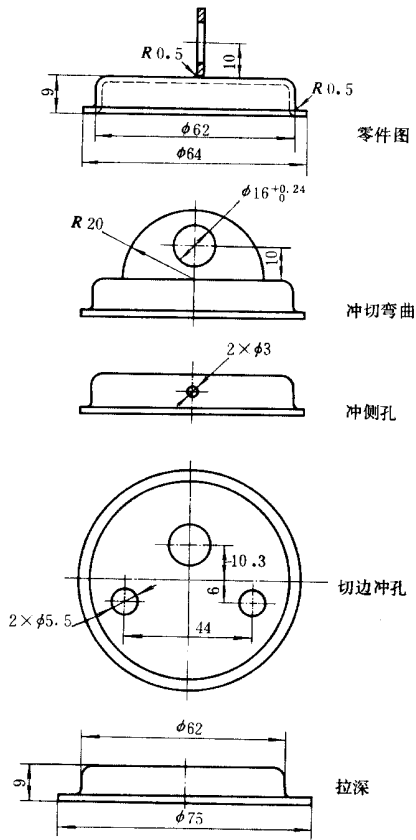


图 9-12 底板的冲压工艺过程

的工作面不在同一平面上(如图 9-12 在拉深件底部冲孔与切边复合),就会给修模带来一定困难等等。但尽管如此,随着冲压技术和模具制造技术的发展,在大批量生产中工序组合程度还是愈来愈高。

以上说明,在制定冲压工艺过程时,既要考虑工序组合的必要性,又要注意模具结构及模具强度的可能性。

4. 冲压工艺过程的定位与操作

多工序冲压必须注意解决操作中的定位问题,这与零件精度关系极大。

冲压工艺过程的定位要尽量做到基准重合和同一基准。所谓基准重合是指尽可能使定位基准与设计基准重合。如图 9-14a 所示,零件上有四个孔,其设计基准是 A 和 B 两边,如果以 A 和 B 两边定位,四个孔一次冲压或两次冲压,符合基准重合原则。但如果采用两次冲压并分别以 A 、 B 和 A 、 C 定位,这时为了保证尺寸 $395 \pm 0.5\text{mm}$,必须进行尺寸换算,把 $650_{-2.0}^0\text{mm}$ 改为 $649 \pm 0.3\text{mm}$;把 $395 \pm 0.5\text{mm}$ 改为由 $254 \pm 0.2\text{mm}$ 来控制(图 9-14b)。显然,由于基准不重合,工件精度需要提高。为了避免这种情况的出现,最好采用前一种冲压方法。

同一基准原则是指多工序在不同模具上进行冲压时,应尽量采用同一定位基准,以减小定位误差,提高工件精度,并使各模具定位零件形状、尺寸一样,以利于模具制造。如图

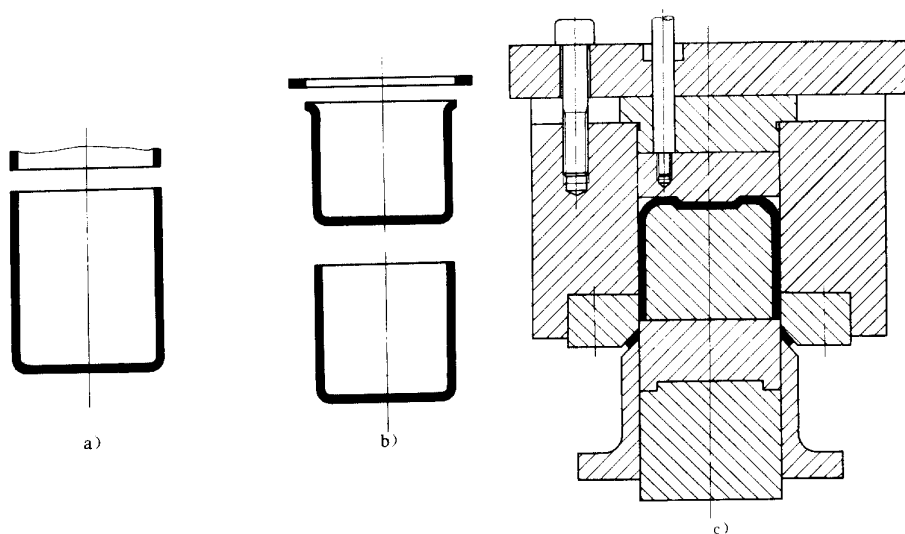


图 9-13 切边方法

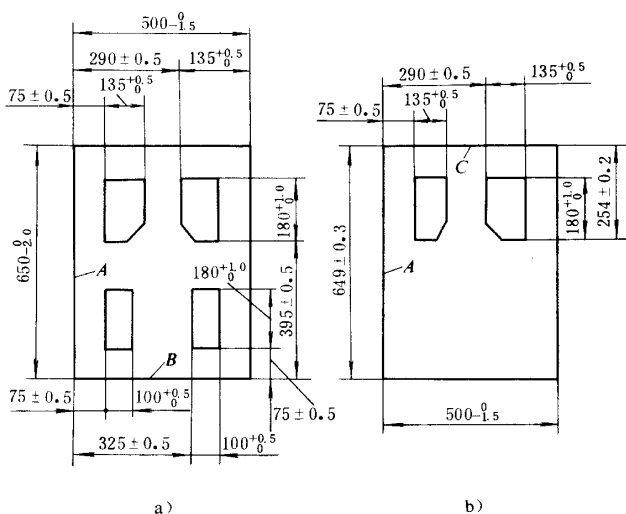


图 9-14 定位基准与设计基准的关系

9-9 所示零件,在第一道拉深成形的 $\phi 60_{-0.4}^0$ mm 圆柱内表面是以后各道工序的定位面,符合同一定位基准和基准重合原则。

冲压工艺过程的定位还应做到定位的可靠性。只有准确可靠的定位,才能保证零件质量的稳定性。为此,多工序采用同一定位基准的,应选择在整个冲压过程不产生变形和位移的部位作为定位基准。

对于非对称的零件要注意定位的方向性。如图 9-15 所示,采用了大小不同的孔定位(图 a)或位置不对称的孔定位(图 b),以免由于操作者方向识别差错而造成废品。

有时为了保证冲件精度,而工件上找不到合适的定位部位时,也可以在许可的位置上冲工艺孔或工艺切口作为后续工序的定位基准。

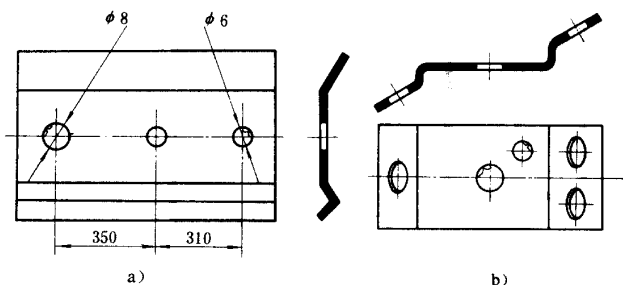


图 9-15 冲压定位的方向性

冲压工艺过程的定位必须注意操作方便、安全。如图 9-16 所示冲裁件,有两种冲裁工艺方案:一是先冲出带槽的型孔,再以型孔定位冲三个小孔,为了保证小孔和槽之间相对位置,定位较复杂,操作不方便,效率低而且不安全。而采用工艺方案二,先冲大圆孔,再以圆孔定位冲槽和三个小孔,则定位简单可靠,操作方便,效率高。

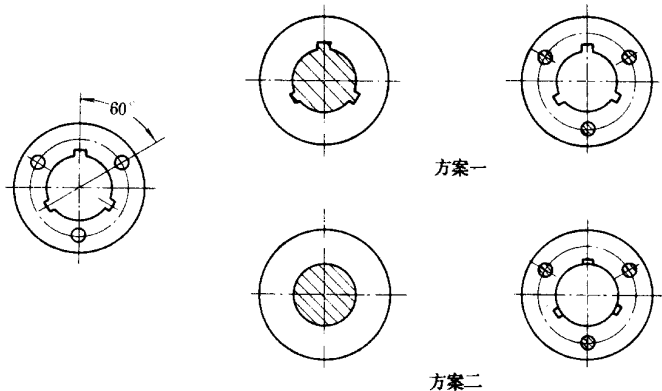


图 9-16 冲裁工艺方案

不便拿取的小零件或形状特殊不易定位的零件,产量又大的,可采用多工位级进模冲压。

5. 冲压工艺的稳定性

冲压工艺的稳定性是制定冲压工艺过程中不可忽视的问题。如果冲压工艺稳定性差,就会导致废品率增高。

影响冲压工艺稳定性的因素很多,除了工艺过程设计合理性外,还与材料厚度及力学性能的波动、模具制造误差、定位可靠性、设备精度、润滑条件的变化等因素有关。对工艺过程设计来说,首先必须保证冲压工艺过程合理,充分考虑到冲压成形的规律、冲压件的精度、模具结构及强度、定位与操作等对冲压工艺过程的要求,因为这些要求得不到满足,工艺稳定性就得不到基本保证。在这个基础上,提高冲压工艺稳定性的主要措施是适当降低冲压成形工序的变形程度,避免在接近极限变形程度的情况下成形,否则,冲压加工条件的微小变化都将引起零件形状与尺寸的变化,甚至不可能成形。例如拉深成形,其工艺稳定性与拉深变形程度的关系见图 9-15。又如翻孔和胀形,如果变形程度达到极限

变形程度、材料性能的波动或其它加工条件的不大变化,就会产生破裂。因此,适当降低变形程度,可以避免对原材料、设备、模具及操作的苛刻要求,从而提高工艺的稳定性。这对流水线大批量生产尤为重要。

6. 零件冲压工艺性的要求

图9-17是非对称形零件,冲压工艺性差,在成形时坯料会产生偏移,很难达到预期的变形效果。如果采用如图所示的工艺过程,变单件冲压加工为成双冲压加工,加一道剖切工序,这对坯料的变形均匀性、模具结构、操作等都有很大好处。

在冲压加工中,为改善冲压件的工艺性,变非对称零件为对称形零件进行冲压加工,或有意增加零件的某一部分实体(如覆盖件成形中的工艺补充部分),待成形后切掉多余部位等,都是改善模具受力情况,防止坯料在成形过程中产生偏移,提高零件质量的有效方法。因而许多异形的冲压工艺性差的零件,常用这种方法。

四、冲压工序件形状和尺寸的确定

冲压工序件是坯料与成品零件的过渡件。对于冲裁件或成形工序少的冲压件(例如一次拉深成形的拉深件,简单弯曲件等),工艺过程确定后,工序件尺寸就已经确定。

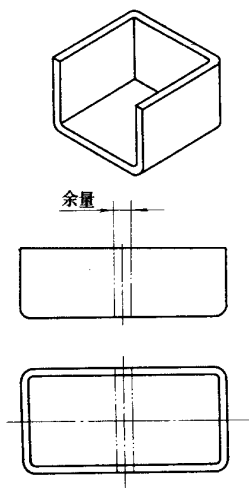


图9-17 成双冲压实例

对于形状复杂,需要多道成形工序的冲压件(如多次拉深等),在其成形过程中每个工序件都可以分成两部分:已成形部分,它的形状和尺寸与成品零件相同;有待继续成形部分,它的形状和尺寸与成品不同,是过渡性的。虽然过渡性部分在冲压加工完成后就完全消失了,但是它每道冲压工序的成败和冲压件质量有极大的影响,因而必须认真加以确定。确定工序件过渡性部分的形状和尺寸,需要考虑的问题是多方面的。下面就工序件形状和尺寸确定中的主要问题做简要说明。

(1)根据极限变形参数确定的工序件尺寸 应从实际出发合理确定变形参数值,计算出工序件尺寸。受极限变形参数限制的工序件尺寸在成形工序中是很多的,除拉深之外,还有缩口、胀形、翻孔、旋压和挤压等。除直径、高度等轮廓尺寸外,圆角半径等也直接或

间接地受极限变形程度的限制,如最小弯曲半径、拉深件的圆角半径等,这些尺寸都应根据需要进行和变形程度的可能加以确定,有的需要逐步成形达到要求。

(2) 工序件形状和尺寸应有利于下一道工序的成形。如盒形件、曲面零件等拉深件的过渡形状和尺寸,包括圆角和锥角等,前后两工序件均应有正确的关系。

(3) 工序件各部位的形状和尺寸必须根据等面积原则确定。例如图 9-18 所示出气阀罩盖的冲压工艺过程,第二道拉深所得工序件中 $\phi 16.5\text{mm}$ 的圆筒形部分与成品零件相同,在以后的各道工序中不再变形。其余部分属于过渡部分。被圆筒形部分隔开的内、外部分的表面积,应足够满足以后各道工序里形成零件相应部分的需要,不能从其它部分来补充金属,但也不能过剩。

值得注意的是,第二道工序所得工序件的底部不是做成平底而是做成球面形状。这是为了储备材料以满足压出 $\phi 5.8\text{mm}$ 的凹坑的需要。如果做成平底的形状,压凹坑时只能产生局部胀形。类似这种在冲压件的某个部位要求压出凸起或凹坑,所需材料又不容易或不能从相邻部分得到补充时,就必须采取上述的储料办法。储料部位的形状和尺寸以顺利形成零件相应部位的形状和尺寸为原则。

(4) 工序件形状和尺寸必须考虑成形后零件表面的质量。有时工序件的尺寸会直接影响到成品零件的表面质量,例如多次拉深的工序件底部或凸缘处的圆角半径过小,会在成品零件表面留下圆角处的弯曲与变薄的痕迹。如果零件表面质量要求较高,则圆角半径就不应取得太小。板料冲压成形的零件,产生表面质量问题的原因是多方面的,其中工序件过渡尺寸不合适是一个原因,尤其是对形状复杂的零件。

五、冲压辅助工序

为了保证冲压工艺过程的顺利进行,提高冲压件的尺寸精度和表面质量,提高模具的使用寿命,需要安排一些辅助工序,如润滑、坯料或工序件的热处理、酸洗等。实践证明,这些辅助工序是冲压工艺过程不可缺少的工序。

1. 润滑

在冲压中,材料与模具接触面上总是有摩擦力存在。摩擦对于板料成形不总是有害的,也有有益的一面。例如圆筒形件拉深工序(图 9-19),压边圈和凹模与板料间的摩擦力 F_1 ,凹模圆角与板料的摩擦力 F_2 ,凹模侧壁与板料间的摩擦力 F_3 等,不但增大 3 侧壁传力区的拉应力,又会刮伤模具和零件表面,因而应尽量减小。而凸模侧壁和圆角与板料之间的摩擦力 F_4 和 F_5 都会阻止板料在危险断面处的变薄作用,是有益的,不应过小。但曲面零件拉深时,如果压边圈和凹模与板料间的摩擦力过小,则拉深过程坯料容易起皱。

由此可见,在冲压成形中,需要摩擦力小的部位必须润滑,模具表面粗糙度应该小,以减小拉应力,提高极限变形程度,而摩擦力不必过小的部位,可不润滑,模具表面粗糙度不宜很小。对于其它成形工序也存在这种情况。冲压用润滑剂可查有关手册。

2. 热处理

对于拉深等成形工序,金属材料产生较大的加工硬化,致使继续变形困难甚至不可能。为了后续成形工序的顺利进行,或消除工件的内应力,必要时应进行工序间的热处理

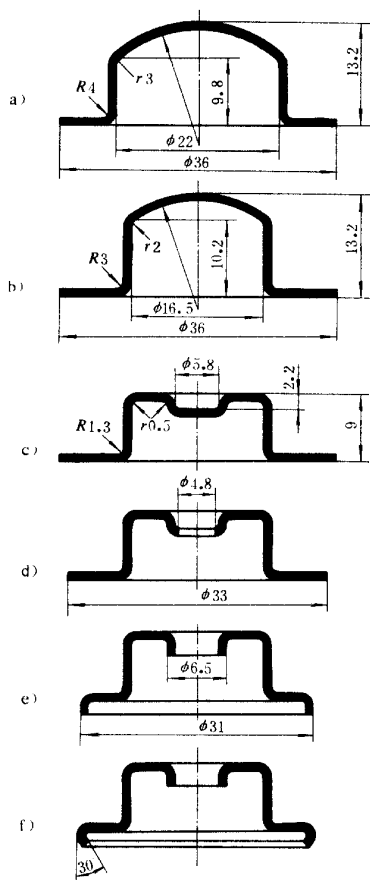


图 9-18 出气阀罩盖的冲压工艺过程

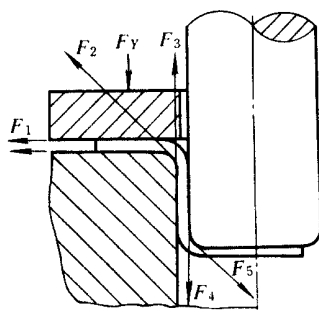


图 9-19 拉深中的摩擦力

或最后消除应力的热处理。

冲压用的原材料按硬化强度可分为普通硬化金属材料(如 08 钢、10 钢、15 钢,黄铜和退火的铝等)和高度硬化金属(如不锈钢、耐热钢、退火纯铜等)。对于普通硬化的金属,若

工艺过程正确,模具设计合理,一般可不要进行中间热处理。而对高度硬化金属,一般拉深一、二道工序后就要进行中间热处理。

不需要进行中间热处理能完成的拉深次数见表 9-4。表 9-4 中所列拉深次数不是绝对的,如果在工艺和模具方面采取有效措施,可以减少甚至不需要中间热处理工序。例如增大各次拉深系数而增加拉深次数,让危险断面沿侧壁逐次上移,可以使拉裂的矛盾得到缓和,就有可能在较大总变形程度情况下不进行中间热处理。

表 9-4 不需热处理所能完成的拉深次数

材 料	次 数	材 料	次 数	材 料	次 数
08 钢、10 钢、15 钢	3~4	黄铜 (H68)	2~4	镁合金	1
铝	4~5	不锈钢	1~2	钛合金	1

为消除加工硬化而进行的热处理方法,对于一般金属材料是退火;对于奥氏体不锈钢、耐热钢则是淬火。退火又分为低温退火和高温退火。低温退火是把加工硬化的冲件加热到再结晶温度,使之得到再结晶组织,消除硬化,恢复塑性。由于温度较低,表面质量较好。这是冷冲压中常用的方法。

高温退火是把加工硬化的冲件加热到临界点以上(钢加热到 AC_3 以上)一定的温度,使之得到经过相变的新的平衡组织,完全消除了硬化现象,塑性得到更好恢复。但温度高,表面质量较差。高温退火用于加工硬化严重的情况。

中间热处理或最后消除应力的热处理,应尽量及时进行,以免长期存放造成冲件变形或裂纹,尤其是不锈钢、耐热钢、黄铜更要注意这一点。

由于冷冲压过程进行热处理的对象是工序件或工件,而且多为板料零件,如果安排了热处理工序,就必须进行酸洗等消除氧化物或其它污物的工作,因此,应尽量避免或减少热处理工序。即使需要进行热处理,也应根据材料性质和加工硬化程度,正确确定热处理方法及其处理规范,正确选择加热方法及采取防止氧化的保护措施。

3. 酸洗

经过热处理的工序件,表面有氧化皮,需要清洗后方可继续进行冲压加工。在许多场合,工件表面的油污等也必须清洗方可进行喷漆或搪瓷等后续工序。有时在成形之前,坯料也应清洗。

清洗的方法一般是将冲压件置于加热的稀酸液中浸蚀,接着在冷水中漂洗,后在弱碱溶液中将残留于冲压件上的酸中和,最后在热水中洗涤并经烘干即可。

六、冲模类型与结构形式的确定

冲模类型与冲压工艺方案是密切相关的。而两者必须根据生产批量、零件形状和尺寸、零件质量要求、材料性质和厚度、冲压设备和制模条件、操作因素等确定。表 9-5 是生产批量的划分及其与模具类型的关系,表 9-6 是各类冲模的比较。

由表可知,模具类型首先取决于生产批量,而零件形状、尺寸、质量要求也是确定模具类型的重要依据。复合模可以冲尺寸较大的零件,但材料厚度、孔心距、孔边距有一定限

制 级进模适用于冲小型零件,尤其形状复杂的异形件,但级进模轮廓尺寸受压力机台面尺寸的限制;单工序模不受零件尺寸和板厚的限制。复合模的冲件质量高;单工序模的冲件质量较差,而级进模的冲压件质量一般高于单工序模,低于复合模。

表 9-5 冲压生产批量与合理模具类型

项目	批量				
	单 件	小 批	中 批	大 批	大 量
大 件	< 1	1 ~ 2	2 ~ 20	20 ~ 300	> 300
中 件	< 1	1 ~ 5	5 ~ 50	50 ~ 1000	> 1000
小 件	< 1	1 ~ 10	10 ~ 100	100 ~ 5000	> 5000
模具类型	简易模 组合模 单工序模	单工序模 组合模 简易模	级进模、复合模 单工序模 半自动模	级进模、复合模 单工序模 自动模	级进模、复合模 自动模
设备类型	通用压机	通用压机	高速压机 自动和半自动 通用压机	机械化高速压机 自动机	专用压机 与自动机

注:表内数字为每年班产量的概略数值(千件),供参考。

表 9-6 普通冲裁模的对比

比较项目	单 工 序 模		级进模	复合模
	无导向的	有导向的		
零件公差等级	低	一般	可达 IT13 ~ IT10 级	可达 IT10 ~ IT8 级
零件特点	尺寸不受限制 厚度不限	中小型尺寸 厚度较厚	小型件,厚度 0.2 ~ 6mm 可加工复杂零件,如宽度极小的异形件、特殊形状零件	形状与尺寸要受模具结构与强度的限制,尺寸可以较大,厚度可达 3mm
零件平面度	差	一般	中、小件不平直,高质量件需校平	由于压料冲裁的同时得到了校平,冲件平直(不弯曲)且有较好的剪切断面
生产效率	低	较低	工序间自动送料,可以自动排除冲件,生产效率高	冲件被顶到模具工作面上必须用手工或机械排除,生产效率稍低
使用高速自动冲床的可能性	不能使用	可以使用	可以在行程次数为 400 次每分或更多的高速压机上工作	操作时出件困难,可能损坏弹簧缓冲机构,不作推荐
安全性	不安全,需采取安全措施		比较安全	不安全,需采取安全措施

比较项目	单 工 序 模		级进模	复合模
	无导向的	有导向的		
多排冲压法的应用			广泛采用于尺寸较小的冲件	很少采用
模具制造工作量和成本	低	比无导向的略高	冲裁较简单的零件时比复合模低	冲裁复杂零件时比连续模低

冲模的结构形式很多,其主要结构形式及特点在各章典型模具结构分析中已有较详细叙述,这里就不重复。

七、冲压设备的选择

1. 设备类型的选择

设备类型选择的主要依据是所完成的冲压工序性质、生产批量、冲压件的尺寸及精度要求、现有设备条件等。

中、小型冲压件主要选用开式单柱(或双柱)的机械压力机;大、中型冲压件多选用双柱闭式机械压力机。根据冲压工序可分别选用通用压力机、专用压力机(挤压压力机、精压机、双动拉深压力机等)。大批量生产时,可选用高速压力机或多工位自动压力机;小批量生产,尤其大型厚板零件的成形时,可采用液压机。

摩擦压力机结构简单,造价低,在冲压时不会因为板料厚度波动等原因而引起设备或模具的损坏,因而在小批量生产中常用于弯曲、成形、校平、整形等工序。

对于薄板冲裁、精密冲裁,应注意选择刚度和精度高的压力机。对于挤压、整形等工序,应选择刚度好的压力机,以提高冲压件尺寸精度。

2. 设备技术参数的确定

压力机技术参数选择主要依据是冲压件尺寸、变形力大小及模具尺寸,并进行必要校核:

冲模总体结构尺寸必须与选用的压力机相适应,即模具的总体平面尺寸应该与压力机工作台或垫板尺寸和滑块下平面尺寸相适应;模具的封闭(闭合)高度应与压力机的装模高度或封闭高度相适应。如果不适应,必须进行必要的更改。模具与压力机相关的尺寸见图9-20。

冲模的封闭高度是指模具工作行程终了时,上模座的上平面至下模座的下平面之间的距离。压力机的封闭高度是指滑块在下止点位置时,滑块的下平面至工作台上平面之间的距离。而压力机装模高度是指压力机滑块在下止点时,滑块下平面至垫板上平面之间的距离。封闭高度和装模高度相差一个垫板厚度。没有垫板的压力机,其封闭高度与装模高度相等。

冲模的封闭高度必须在压力机的最大装模高度和最小装模高度之间。一般取

$$(H_{\max} - H_1) - 5\text{mm} \geq H \geq (H_{\min} - H_1) + 10\text{mm}$$

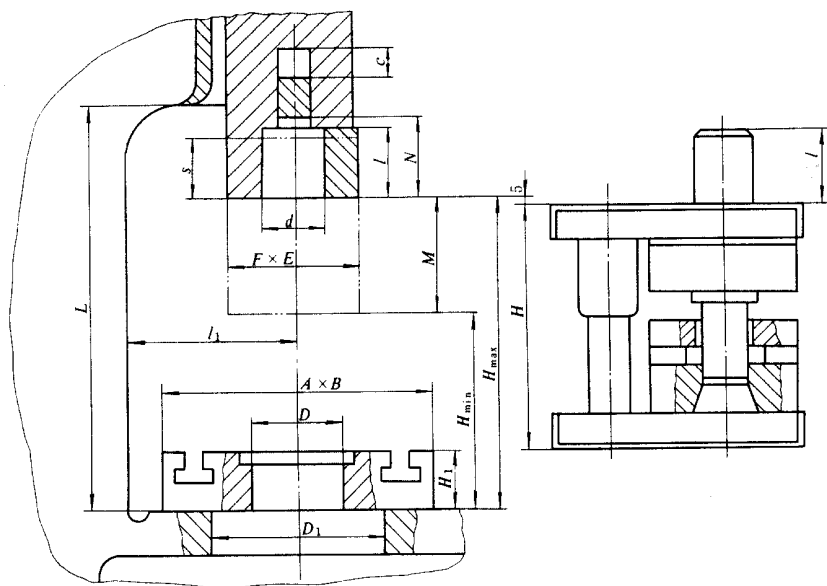


图 9-20 模具与压力机相关的尺寸

式中 H_{\max} ——压力机最大封闭高度；
 H_{\min} ——压力机最小封闭高度；
 H ——冲模的封闭高度；
 H_1 ——垫板厚度。

在一般情况下，压力机不应拆掉垫板使用。

八、模具图绘制

绘制冲模总装图和零件工作图均应严格按照制图标准(GB4457~4460-84和GB131-81)。同时,在实际生产中,结合冲模的工作特点和安装、调整的需要,冲模总装图在图面布置、视图、技术条件等方面已形成一定的习惯,但这些习惯不应违反制图国家标准。

冲模总装图图面布置一般按图 11-21 所示。

冲件图是表达该冲模冲压后所得冲件的形状及尺寸。冲件图应严格按比例画出,其方向应尽量与冲压方向一致,假如不能一致,必须用箭头注明冲压方向。冲件图需要标注的尺寸以能画出该工序图为原则,有的只标注该工序所成形部位的尺寸及其相关的尺寸。在冲件图的下方注明材料牌号及板料厚度。

级进模上的排样图应表达出排样方式、工步安排顺序及各工步所完成的冲压内容,应标注出工步间距、搭边值、条料尺寸。其他冲裁模的排样图只表示排样方式及条料尺寸、搭边值等。

主视图一般应画上、下模剖视图。上、下模可以画成非工作状态(开启状态),也可画成工作行程终了状态(即闭合状态)。习惯上还可画成半闭合和半开启状态。后一种表达方式能直观地反映出模具的工作原理,以利于安装和调整。冲模的封闭高度标注在主视图的左侧。

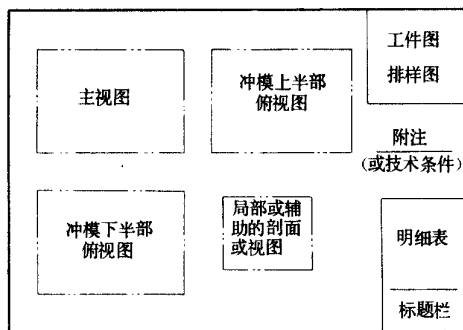


图 9-21 冲模总装图图面布置

俯视图一般是表示下模的上平面。在不影响表达下模上平面前提下,也可以一半表达下模上平面,一半表达上模上平面,还可以局部表达上模上平面。后两种表达方法可以省去专门画上模上平面的视图。俯视图需标注下模座的轮廓尺寸。

总图的技术条件应注明本模具所使用的压力机型号、模具总体的形位公差及装配、安装、调试等要求(见 GB2854—81 冷冲模架技术条件、GB/T12446—90 冷冲模架零件技术条件、GB2875—81 冷冲模典型组合技术条件)。

九、冲压工艺文件的编写

冲压的工艺文件主要是工艺过程卡和工序卡。在大批量生产中,需要制定每个零件的工艺过程卡和工序卡,在成批生产中,一般需制定工艺过程卡,小批量生产时一般只需填写工艺路线明细表即可。

冲压工艺过程卡格式、内容及填写规则可参照 JB/187.3—82 标准等指导性技术文件(见附录)。

第三节 冲压工艺过程制定实例

图 9-22 为汽车玻璃升降器外壳,图 9-23 为汽车玻璃升降器装配简图。外壳的材料为 08 钢,板料厚度为 1.5mm,年产量 10 万件。试制定冲压工艺过程。

一、零件图的分析

1. 零件的功用及冲压加工的经济性

从玻璃升降器的装配图可以看出,升降器的传动机构是装在外壳的内腔,并通过外壳凸缘上均布的三个小孔 $\phi 3.2\text{mm}$ 以铆钉铆接在车门的座板上,传动轴与外壳承托部位 $\phi 16.5\text{mm}$ 的配合为间隙配合,公差等级为 IT11 级,传动轴通过制动弹簧、联动片、心轴与小齿轮连接,摇动手柄时,传动轴将动力传至小齿轮,再带动大齿轮,推动车门的玻璃升降。

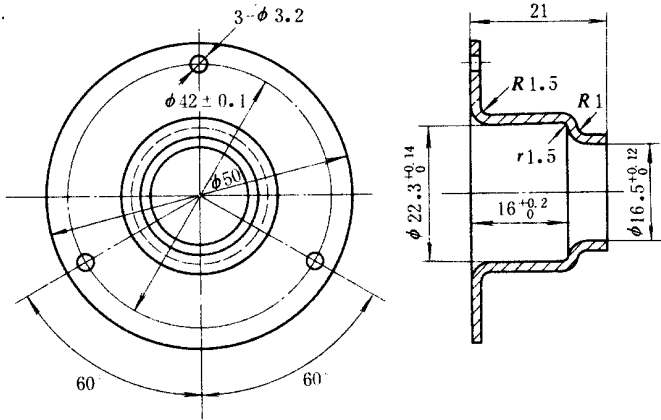


图 9-22 汽车玻璃升降器外壳

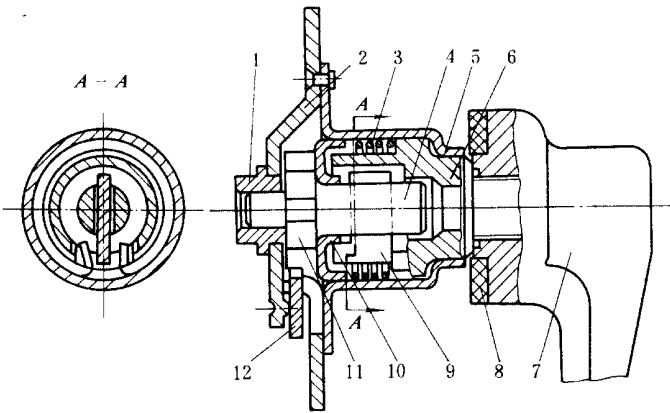


图 9-23 汽车玻璃升降器装配图

- 1-轴套 2-座板 3-制动扭簧 4-心轴 7-外壳 6-传动轴
7-手柄 8-油毛毡 9-联动片 10-挡圈 9-小齿轮 12-大齿轮

该零件的年产量属于中批量,零件外形简单对称,材料为一般的冲压用钢,采用冲压加工经济性良好。

2. 零件工艺性分析

外壳所用材料及厚度适合于冲压成形工艺并保证了足够的强度和刚度。外壳内腔的主要配合尺寸 $\phi 6.5_0^{+0.12}$ mm、 $\phi 22.3_0^{+0.14}$ mm 和 $16_0^{+0.2}$ mm 为 IT11 ~ IT12, 为保证外壳承托部位 $\phi 16.5_0^{+0.12}$ 与轴套同轴, 三个孔 $\phi 3.2$ mm 与 $\phi 16.5$ mm 的相互位置要准确, 小孔中心圆直径 $\phi 42$ mm ± 0.1 mm 为 IT10。由于外壳内腔的配合尺寸精度较高, 因此拉深时必须用较高精度的模具和较小的凸、凹模间隙, 并且需要整形工序。由于 $\phi 3.2$ mm 小孔中心距要求较高, 与 $\phi 6.5_0^{+0.12}$ mm 相互位置要求准确, 所以必须采用高级精度冲模同时冲出三个孔, 并以 $\phi 22.3_0^{+0.14}$ mm 定位。

该零件属于旋转体的带凸缘圆筒形件, 其形状、尺寸符合工艺性要求, 所以该零件冲压工艺性较好。

二、外壳冲压工艺过程的确定

1. 工序性质与数量的确定。

为了确定拉深次数,首先应确定 $\phi 6.5_0^{+0.12}$ mm 外壳底部的冲压方法。该部位的冲压方法有三种(图 9-24):一种是拉深成阶梯形,然后以切削加工法切去底部(图 a);另一种是拉深成阶梯形,然后以冲孔法冲去底部(图 b);再一种是拉深、冲孔、翻孔(图 c)。第一种方法口部质量较高,但生产率低;第二种要求拉深后的工序件底部圆角较小,需增加整形工序,即使这样口部仍是锋利的锐角;第三种生产率高且省料,在高度尺寸 21mm 未注公差情况下,翻孔可以达到要求。

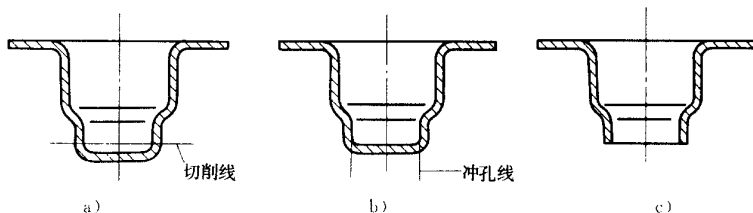


图 9-24 外壳底部的冲压方法

那么能否一次翻孔成形呢?以 $t = 1.5\text{mm}$ 、 $R = 1\text{mm}$ 、 $H = 5\text{mm}$ 、 $D = 16.5 + 1.5\text{mm} = 18\text{mm}$ 代入下式得

$$K = 1 - \frac{2}{D}(H - 0.43R - 0.72t) = 0.61$$

预冲孔直径 $d = KD = 0.61 \times 18\text{mm} = 11\text{mm}$

根据 $d/t = 11/1.5 = 7.3$ 查表,当采用圆柱形凸模翻孔并以冲孔模预冲孔时,极限翻孔系数 $K_{\min} = 0.50$ 。所以零件的实际翻孔系数 0.61 大于极限翻孔系数 0.50,可以一次翻孔成形。冲孔翻孔前工序件形状和尺寸如图 9-25 所示。

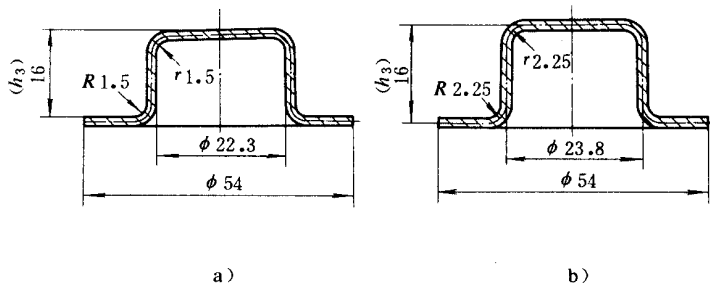


图 9-25 冲孔翻孔前工序件形状和尺寸

拉深次数确定如下:

根据 $d_i/d = 50/23.8 = 2.10$,查表 7-3 得切边余量 $\Delta R = 1.8\text{mm}$ 。实际凸缘直径 $d'_i = (50 + 2 \times 1.8)\text{mm} \approx 54\text{mm}$ 。

坯料直径按图 9-25b 计算,得 $D \approx 65\text{mm}$

根据
$$\frac{d'_t}{d} = \frac{54}{23.8} = 2.26$$

$$\frac{t}{D} = \frac{1.5}{65} \times 100\% = 2.3\%$$

查表 7-10 得首次拉深可达到的相对高度为 $h_1/d_1 = 0.35 \sim 0.45$ 。而实际工序件相对高度 $h/d = 16/23.8 = 0.67 > 0.35$ 故一次不能拉深成形,需多次拉深。

按图 7-24,可取 $d_1 = 30\text{mm}$,得 $m_1 = 30/65 = 0.46$ 。查表 7-11 得 $m_2 = 0.73, m_3 = 0.75$ 则 $m_1 m_2 = 0.46 \times 0.73 = 0.336$ 。而工序件总拉深系数 $m_z = 23.8/65 = 0.366 > 0.336$ 。所以可用两次拉深成形。但考虑到两次拉深时,接近极限拉深系数,为了提高工艺稳定性,保证零件质量,采用三次拉深。经调整后的拉深系数为

$$m_1 = 0.56, m_2 = 0.805, m_3 = 0.81。$$

$$m_1 m_2 m_3 = 0.366$$

根据上面的分析,外壳需要以下基本工序:落料、首次拉深、二次拉深、三次拉深兼整形、冲 $\phi 11\text{mm}$ 孔、翻孔、冲三个 $\phi 3.2\text{mm}$ 孔、切边。

2. 冲压工艺方案的确定

根据以上基本工序,可以拟定出五种冲压工艺方案。各方案及其顺序如下:

方案一 落料与首次拉深复合,其余按基本工序,如图 11-26 所示模具结构原理图。

方案二 落料与首次拉深复合→二次拉深→三次拉深兼整形→冲 $\phi 11$ 底孔与翻孔复合(图 9-27a)→冲三个 $\phi 3.2\text{mm}$ 孔与切边复合(图 9-27b)。

方案三 落料与首次拉深复合→二次拉深→三次拉深兼整形→冲 $\phi 11\text{mm}$ 底孔与冲三个 $\phi 3.2\text{mm}$ 孔(图 11-28a)→翻孔与切边复合(图 11-28b)。

方案四 落料、首次拉深与冲 $\phi 11\text{mm}$ 底孔复合(图 11-29)→二次拉深→三次拉深兼整形→翻孔→冲三个 $\phi 3.2\text{mm}$ 孔→切边。

方案五 带料连续拉深或多工位自动压力机上冲压。

分析比较上述五种工艺方案可以看出,方案二符合冲压成形规律,但冲孔与翻孔复合和冲孔兼切边复合都存在凸凹模壁厚太薄的问题,故不宜采用。方案三也符合冲压成形规律,但冲模工作零件不在同一平面,刃磨不方便。方案四不仅存在工作零件刃磨不方便,而且预冲的底孔在二、三道拉深时可能会变形,影响翻孔高度和口部质量,不符合冲压成形规律。方案五生产率高、安全,避免了上述方案的缺点,但需要自动模或专用压力机,适用于大批量生产。方案一没有上述缺点,模具结构简单、成本低,但生产率低,对中小批量生产是合适的,因此采用方案一为外壳的冲压工艺方案。

三、主要工艺参数的计算

1. 排样和裁板方案的确定

板料规格选用 $1.5\text{mm} \times 900\text{mm} \times 1800\text{mm}$ 。为了操作方便,采用条料单排。取搭边值 $a = 2\text{mm}, a_1 = 1.5\text{mm}$ 。则:

送进距 $S = D + a_1 = (65 + 1.5)\text{mm} = 66.5\text{mm}$

条料宽度 $b = D + 2a = (65 + 2 \times 2)\text{mm} = 69\text{mm}$

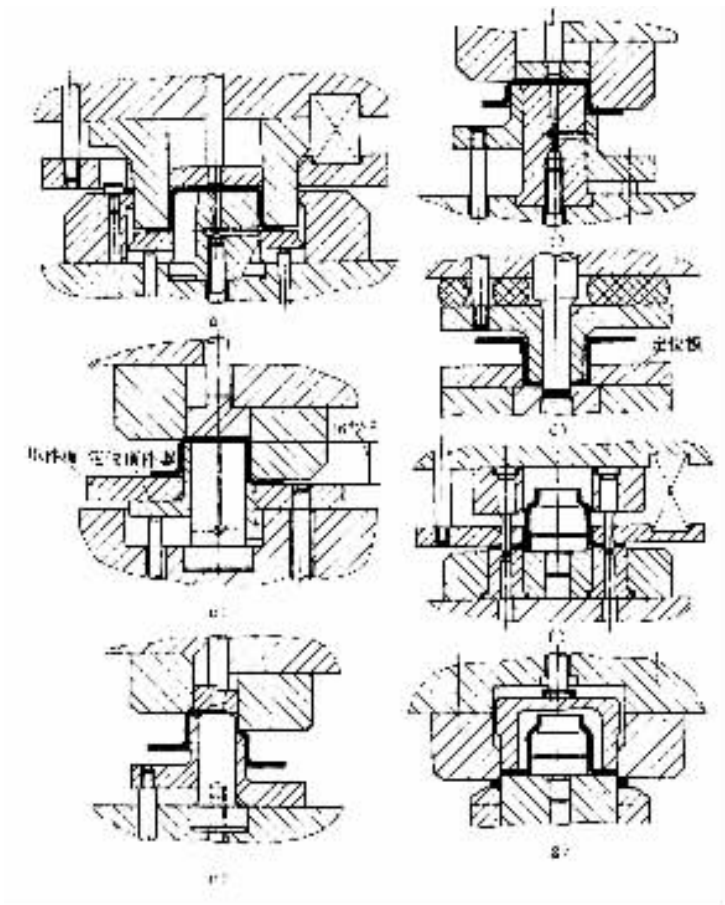


图 9-26 方案一各工序模具结构原理图

a) 落料拉深 b) 二次拉深 c) 三次拉深兼整形
d) 冲底孔 e) 翻孔 f) 冲小孔 g) 切边

如果采用纵裁法,材料利用率 $\eta = 69.5\%$,而采用横裁法材料利用率为 $\eta = 66.5\%$,故采用纵裁法。

经计算零件的净质量 $m = 0.033\text{kg}$,材料消耗定额(即一个零件所消耗的原材料质量)
 $m_0 = 0.054\text{kg}$ 。

2. 中间各工序件尺寸的确定

经计算各次拉深工序件尺寸如下(中心层尺寸,单位为 mm):

$$d_{11} = 54 \quad d_1 = 36.5 \quad R_1 = 5.75 \quad r_1 = 4.75 \quad h_1 = 13.5$$

$$d_{12} = 54 \quad d_2 = 29.5 \quad R_2 = r_2 = 3.25 \quad h_2 = 13.9$$

$$d_{13} = 54 \quad d_3 = 23.8 \quad R_3 = r_3 = 2.25 \quad h_3 = 16$$

3. 各工序变形力的计算与压力机的选用

(1) 落料拉深复合工序 本工序应分别计算出落料力、卸料力、拉深力、压料力,选用压力机时的总压力可按落料力、卸料力、压料力之和来选择。经计算,本工序总压力约为 130kN。

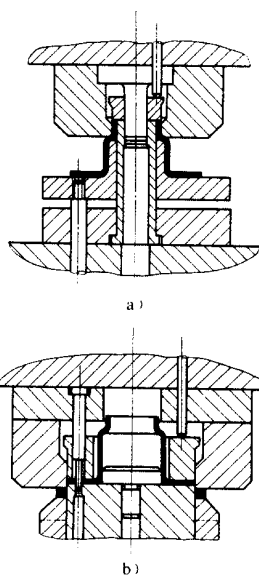


图 9-27 方案二部分模具结构原理图

a) 冲孔翻孔复合模 b) 冲小孔与切边复合

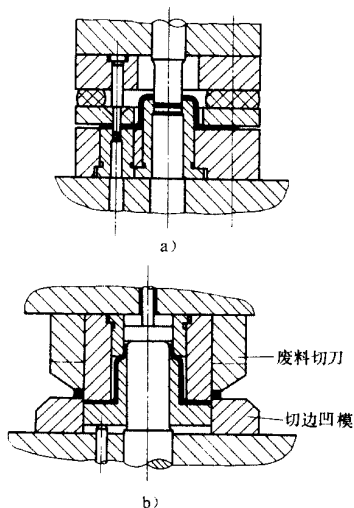


图 9-28 方案三部分模具结构原理图

a) 冲底孔与冲小孔 b) 翻孔与切边

因本工序是落料拉深复合,因此确定压力机公称压力时应考虑压力机许用负荷曲线,根据工厂现有设备选择合适的压力机。本工序可以选用 J23—35 压力机。

(2)二次拉深 应分别计算出拉深力、压料力。本工序选择压力机时总压力可按以上两种力之和来选择。经计算,本工序总压力约为 30kN。

压力机公称压力的确定同样应考虑压力机许用负荷曲线。本工序可以选 J23—25 压力机。

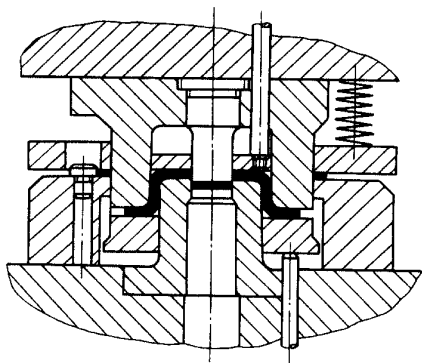


图 9-29 方案四第一道工序
模具结构原理图

本工序拉深系数较大($m_2 = 0.805$)坯料相对厚度也较大($t/d_1 \times 100\% = 1.5/36.5 \times 100\% = 4.1\%$),可以不用压料,这里的压料圈实际上是作为定位和顶件之用。

(3)第三次拉深兼整形工序 应分别计算拉深力、整形力和顶件力。顶件力可取拉深力的10%。由于本工序整形力比拉深力大得多(整形力约160kN,而拉深力约23kN),所以可按整形力选用压力机。本工序可以选J23—35压力机。

(4)冲 $\phi 11\text{mm}$ 底孔工序 应分别计算冲孔力、卸料力、推件力。选用压力机时总压力按以上三种力之和来选择。经计算总压力约为30kN,可以选J23—25压力机。

(5)翻孔工序 本工序在翻孔变形结束时,有整形作用,因而应分别计算翻孔力、整形力、顶件力。

经计算整形力约15kN,比其它两种力大得多,所以按整形力选择压力机。这里可以选J23—25压力机。

(6)冲三个 $\phi 63.2\text{mm}$ 孔工序 应分别计算冲孔力、卸料力、推件力。总压力为以上三种力之和。经计算总压力约23kN,可以选用J23—25压力机。

(7)切边工序 应分别计算切边力、废料刀的切断力。总压力可以等于两种力之和。经计算本工序总压力约95kN,可以选用J23—25压力机。

选用设备时还需要考虑模具轮廓尺寸和封闭高度以及设备负荷等因素。

四、冲压工艺过程卡的编写

见表9-7。

冷冲压工艺卡片

图号:		设计工艺卡片		零件名称	图号	设计单位	共 页
材料: Q235-A		材料: Q235-A		规格: 100×100	图号: 100-01	设计: 张三	1
工序号	工序名称	工 序 简 图	工 序 简 图	设备	工具设备	材料	备注
0	下料	剪床上板料 100×100		剪床		Q235-A	
1	冲孔	冲制内圆式拉料圆孔		J23-21	拉料圆孔		
2	拉弯	成U形		J23-22	拉弯机		
3	拉弯	二次拉弯, 成槽形		J23-23	拉弯机		
4	冲孔	冲外圆孔		J23-24	冲头		
5	冲孔	冲外圆孔 (特殊形)		J23-25	冲头		
6	冲孔	冲内圆孔		J23-26	冲头		
7	冲孔	冲内圆孔 (特殊形)		J23-27	冲头		
8	冲孔	冲内圆孔 (特殊形)		J23-28	冲头		
9	检查	按产品零件图检查					

第十章 钣金冲压加工成形 工艺图集典范

第一节 液压成形工艺图集典范

图 10-1 是扁管成形方法。在管内灌液体,一端封死,另一端接压强控制阀,折弯后,再用模具压扁。在压扁过程中,需保持一定液压,多余液体由控制阀放出。成形后,只有过渡段 A 的形状不能满足尺寸要求。

图 10-2 是将圆管滚弯成矩形管的方法。滚弯时如果管内无内压,剖面将成为如图 a 所示的形状。在管内灌液体,滚弯时用控制阀保持恒定内压,可滚成精度高的矩形剖面,如图 b 所示。

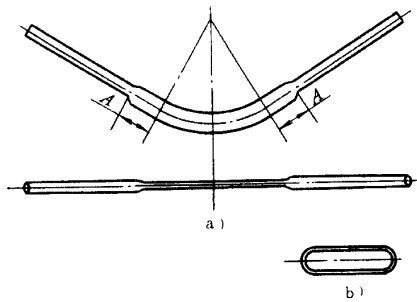


图 10-1

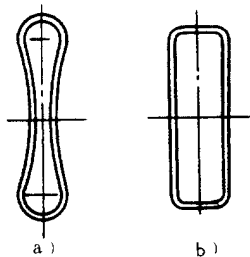


图 10-2

图 10-3 是板件液压成形装置。图 a 是装置侧面剖视图,图 b 是成形部分放大图。液压腔 2 是可以上下滑动的,其下面固定一个耐磨的高强橡皮如丁烷橡胶 6,在工作中,还可以在其下面垫一块与板料接触的橡皮。芯块 4 由几个短柱 13 和外周的环 9 支持在台面 14 上,是固定不动的。当液压机冲头将液腔 2 压在板料 5 上时,由中轴 15 连接在下面的缓冲器 17 上升,通过几个顶柱 16、顶板 11 和顶柱 10,使环件 12 上升,板料 5 被支承环 8 上的外刃 7 和固定芯块 4 的内刃切成环状。模块 3 上表面可以作成各种花样,还可以嵌入作为冲孔凸模的销子,生产出带孔的花样环形板件。所需液压力一般是相当高的,如可达 50MPa。

图 10-4 是高液压成形装置。内筒 1 由薄的硬材料制成,内径 50mm,长 170mm,周围受拼块 5 支持,外有压配合的外筒 8,外筒可承受 420MPa 的单位压力。内筒 1 下端由轴 6 封住,上端由楔块 3 支承。加工时,在内筒的室 7 内注满液体,当柱 2 压进时,液体在高压下从膨胀的内筒 1 与轴 2 之间的缝隙上溢,经楔块 3 的很多细孔挤进拼块 5 与筒 8 的缝隙 4,缝隙内液压可达 420MPa。由于拼块外部面积大,内部面积小,形成了对内筒 1 外壁的反压力,故内筒在两面高的压力下,变形是很小的。室 7 内成形压力可高达 3500MPa,这就大大提高了脆性材料的塑性和成形性能。加压时间只有几秒钟,故生产率还是相当高的。

图 10-5 是利用高液压的压延等成形装置。厚壁筒 2 的内腔下部由有密封圈的凹模 7 堵住。当有密封圈的柱塞 1 压入时,造成高达 700MPa 的液压力。毛料 6 由弹簧 3 和压边圈 5 施加压边力,压边圈下面稍成锥形,是为了提高密封性能。由凸模 4 进行变薄压延,由于毛料外边受高的液压力,有向内推进的作用,故大大提高了成形性能。对软料如铜,可用 0.25 的压延系数进行压延。由于有变薄压延性质,一次可得到高度与直径比为 5 的空心件,其壁厚只有原板厚的 40%。

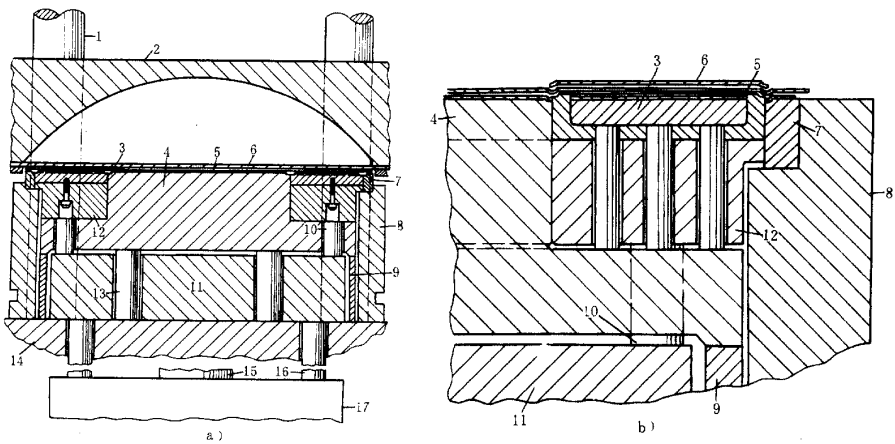


图 10-3

图 10-6 是用高的内液压配合轴向力对管件的成形装置,可将原直径 d 为 9.2mm 的铜管,胀出直径 D 为 19mm 的特形管,膨胀率达 100%,而一般只能达到 30%~50%。压

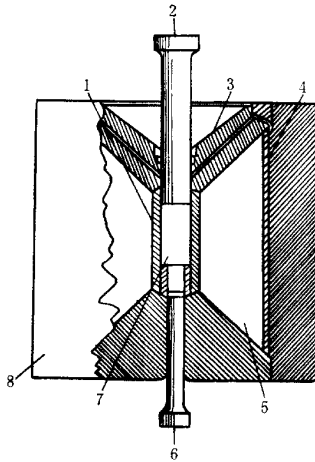


图 10-4

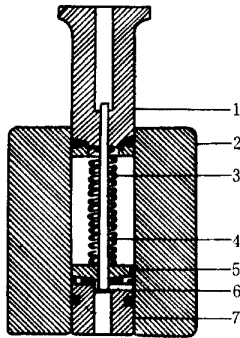


图 10-5

力筒 3 左端以过盈量 0.074mm 的塞子 2 塞进,过盈量是根据筒 3 在内压力下的膨胀不超过 0.074mm 设定的。成形时,右端由柱塞 5 和缸 6 加液压力,结合左端 1 的轴向力,在管 4 内造成高压,一次成形。缸 6 与筒 3 之间有密封圈 7。用这种装置每小时可成形 150 个工件。

第二节 埂与波纹成形工艺图集典范

一、压埂

图 10-7 是检验压埂或成形模配合的方法。在上模 1 和下模 2 关键部分放铅块,加压后可看出配合是否均匀。

图 10-8 是薄长板件压埂方法。薄长板件为了提高刚度,常需要压纵长埂。埂只能

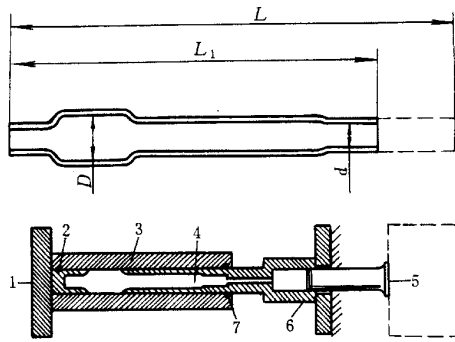


图 10-6

用弯曲方法形成,不能靠板料变薄方法,以免拉裂;而且在完全成形后,才将工件冲裁掉,以免外形畸变。图示是一种薄长件的连续成形过程。工步 1,先在两侧切两个缝。工步 2 以及以后的所有偶数工步都是空位。在工步 3 压纵向埂,两边的切缝被扩大。工步 5 是用定距刀切边挡料。在工步 7 冲两端小孔。在工步 9 冲裁落件。

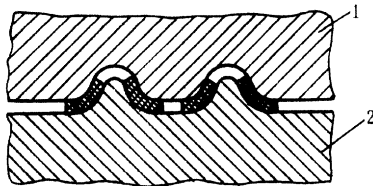


图 10-7

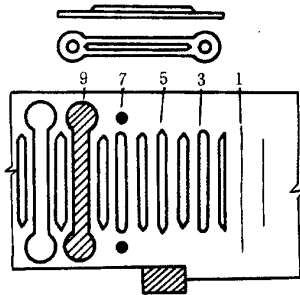


图 10-8

图 10-9 是压埂模,当中心锥 1 向下拉时,分瓣模块 2 向外扩张,使筒件在凹模 3 上压出环形埂。

图 10-10 是在压延件上压环形埂的模具。先由中心锥 1 和凹模 5 将工件压住,分瓣模块 2 下行后,一面起压件作用,一面胀开,压出环形埂 4。分瓣模块 2 开始时,与工件底部有个小间隙 6。上模上行后,由弹簧使分瓣模块向中间合拢。

图 10-11 是在板上压埂的模具。上模是用两个角铁 4 焊上一个作为凸模的圆头钢板 6,用螺栓 2 和两个钢板 1 夹住两块聚胺脂橡胶 9,螺栓 2 通过板 6 的短槽,使橡胶受压

时有活动的余地。下模是在 U 形钢 12 内用两端有挡头 11 的密集拉簧固定一个聚胺脂模块 10, 模块中间有个 U 形槽 7, 下面垫有两条半圆柱铁 13。在上模压力下, 橡胶 10 使板料包在凸模 6 圆头上形成埂条。包角 A 可达 270° 以上。上模可固定在压弯机活动冲头上, 下模以其凸起 14 固定在床台上。为了减小橡胶 9 与板料之间的摩擦力, 可在橡胶 9 下面粘一块聚四氟乙烯 (即特氟隆) 5, 并用厚度不同的垫片 3 来调节成形压力。垫片 3 愈厚, 压力愈大。成形后如果板件 8 卡在凸模 6 上脱不下来, 可轻拉板件两侧或一侧将其脱下。

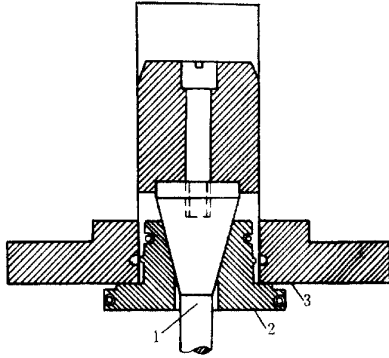


图 10-9

二、波纹与螺纹成形

图 10-12 是在管上滚螺纹的方法, 外滚轮 2 是左旋螺纹, 与芯轴 1 的螺纹配合。外滚轮压向套在芯轴 1 上的管子滚出螺纹后, 芯轴是顺时针转动时, 不必停机, 用手握住管, 其螺纹部分就会自行由芯轴上退出。

图 10-13 ~ 10-16 是压波纹板的简易模具。

图 10-13 是在上模固定一根六方钢棒 1, 下模固定两根六方钢棒和一根方钢 2, 即可用来成形梯形波纹板。用通用定位板 3 为板料定位。

图 10-14 是上下都用角铁组成的压锯齿形波纹板的模具。

图 10-15 是上模用槽钢 1, 下面用钢板条 2 组成的成形波纹板用模具。

图 10-16 是上下都用钢板条组成的成形波纹板用模具。

图 10-17 是瓦棱板成形装置。将导轨内的板料通过一对齿轮 3, 可以比一般成形速度快 20 倍的速度成形瓦棱板。出口处托板 2 倾斜一个适当角板, 将成形中自然形成弧度校正为平整的瓦棱板。上齿轮高度可以调节, 外有安全罩 1。

图 10-18 所示是夹层板芯子的一种形式, 可用以下图 8 ~ 12 的模具成形出来。为了不使压窝圆角部分变薄超差, 一般都在窝顶预先冲孔或刺孔, 孔在压窝中胀大, 可以减缓圆角部分变薄程度。

图 10-19 是在板料 1 上预先冲孔的成形模。上模 3 与下模 4 有对应的销子 2, 销子端头有直径略小于板 1 上的孔径。上下模合模时, 孔被胀大, 压出有窝的芯板, 窝顶有平

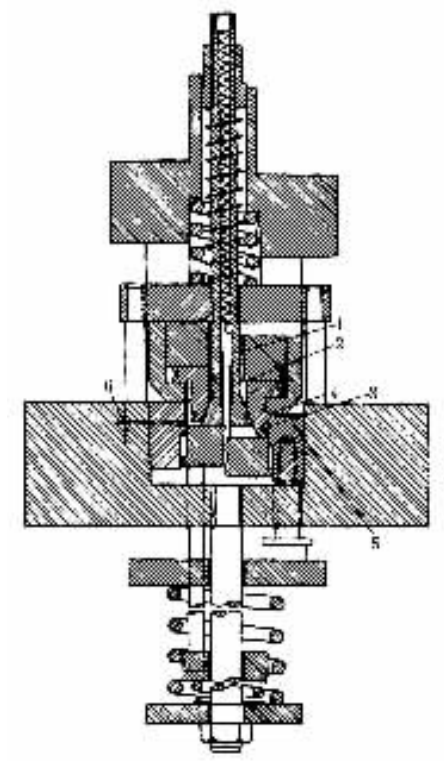


图 10 - 10

台,有足够的胶合面积。

图 10 - 20 是当板料事先未冲孔时,可在上下模上嵌以图示有锥尖的销子,合模时,先冲孔后压窝。

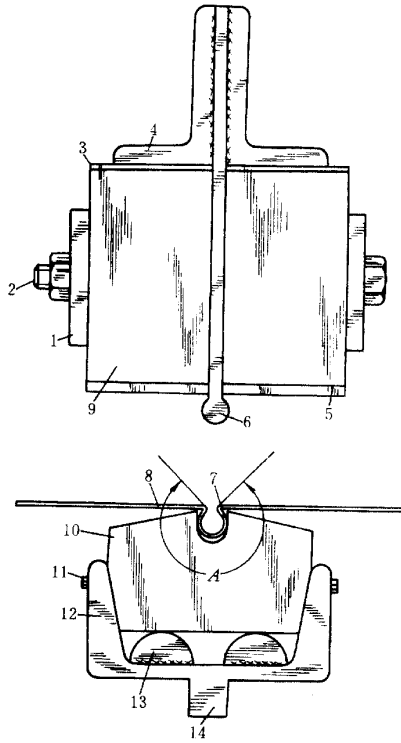


图 10-11

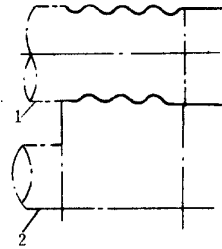


图 10-12

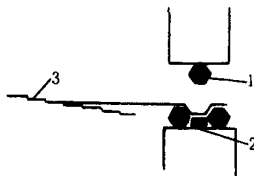


图 10-13

图 10-21 是上模 1 与下模 5 合模时,先由有中心孔 3 的销子 2 压窝到一定深度后,再由锥销 4 刺孔。

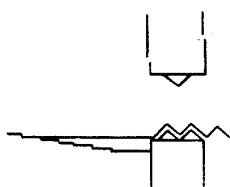


图 10-14

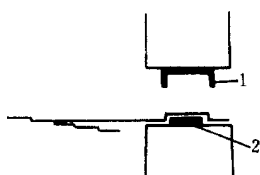


图 10-15

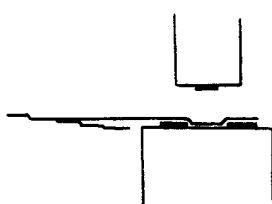


图 10-16

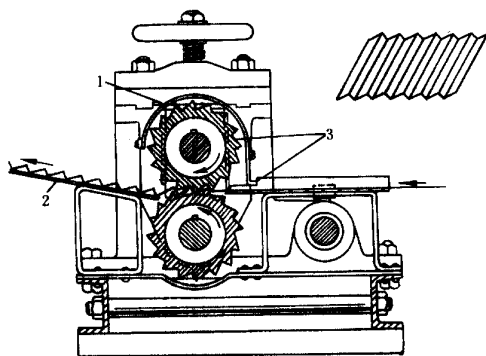


图 10-17

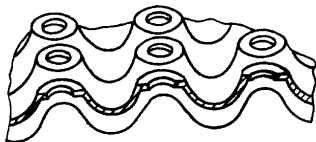


图 10-18

图 10-22 和图 10 结构一样,只是销子形状不同,图 11 更适用于塑性较差的板料。

图 10-23 是上下模都用的压窝和穿刺销子形式。合模时,先是模板 2 下行,由圆销 4 压窝到一定深度后,板 1 下行,使锥销 3 突出刺孔。

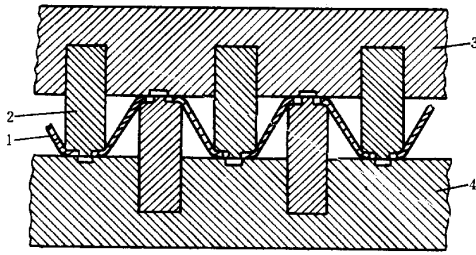


图 10-19

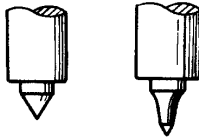


图 10-20

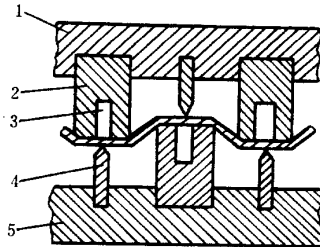


图 10-21

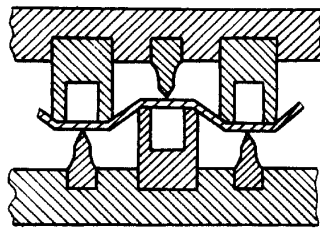


图 10-22

图 10-24 ~ 10-36 是对厚 0.5mm 以下的薄壁筒滚埂和螺纹时 ,应注意的事项和举例。

图 10-24 是滚螺纹时的金属流动倾向。如图 a 所示 ,在滚制中 ,金属有从中线 A 向外和向内流动的趋向。加大拉伸量时 ,由于加力方向不同 ,可使螺纹全部位于中线以内 (图 b) ,或全部位于中线以外。在滚制中 ,金属有从两边向中 (图 c) 或螺纹流动的趋向 ,因而减小了筒的长度。

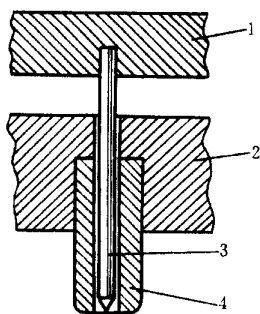


图 10-23

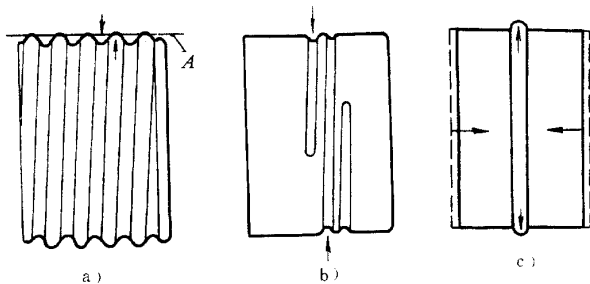


图 10-24

图 10-25 是在筒的开口端滚埂或螺纹时,端头可以自由流动,材料不易破裂,但口部会呈喇叭形。改正方法是减小内滚轮接触筒口的直径,增加外滚轮接触筒口的直径。颈部 1 更应细些,以便利材料向内收缩。螺纹始点应尽量离开口近些,以避免出现喇叭形等翘曲现象。

图 10-26 是在筒的封闭端滚埂时,由于金属流动困难,除留间隙 1 外,夹持块 3 不可夹持太紧,留一定间隙 2,以便利金属流动。

图 10-27 是在筒两端同时滚埂时,由于材料拉伸程度大,中部直径会减小。例如对 $\phi 35\text{mm}$ 厚 0.25mm 的筒,直径会减小 0.5mm 。滚螺纹的情况与同时滚很多埂类似,应试滚一次,确定直径缩小程度,再选定筒的直径。在筒上滚螺纹时,开口端会畸变,可用在开口处滚埂和埂滚螺纹同时进行的方法,最后在有一定距离处将埂修掉,可得到无畸变的直筒部。

图 10-28 是手电筒类零件(图 a)的滚螺纹方法。先滚出凸埂 3(图 b)。再滚出位于中线 4 内的螺纹(图 c),最后在平直部分 2 的切割线 1。将埂修掉。

图 10-29 是橡皮管接头,如果两端螺纹相同,可用同一装置分两次滚出;螺纹不同时,须用两种装置。

图 10-30 是滚轮设计问题。为了对消回弹,滚轮的螺纹要更深一些,在谷部保持与金属的均变间隙 1(图 a)。滚细纹时,为避免材料破裂,滚轮槽边应有小的圆角 3。图中下方是内滚轮 2。

图 10-31 是在筒封闭端滚密集埂时(图 a),筒端应有圆角 1。在滚埂内轮 2 的埂区外

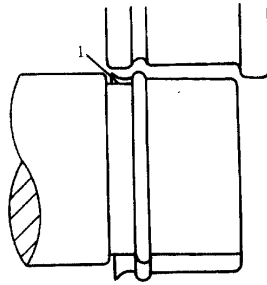


图 10-25

留出间隙 3 ,以便利金属自由缩进。(图 b)

图 10-32 是断续螺纹的滚制方法。一些薄壁筒盖或瓶盖 ,常用断续螺纹 2 图示是沿周有四个均布断续螺纹 2 的瓶盖。螺纹一端有扩大处 1。可只在内滚轮上作出三个凹槽 ,内滚轮直径是工件直径的 $\frac{3}{4}$,滚转 $\frac{4}{3}$ 周可滚出四个断续螺纹。

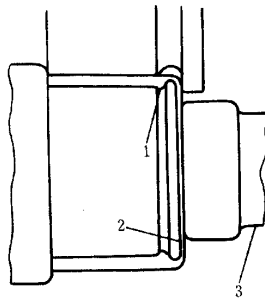


图 10-26

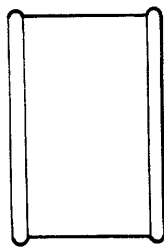


图 10-27

图 10-33 是有卷边的螺纹瓶盖 ,浅盖可将卷、滚螺纹和滚环埂同时进行 ,深盖须先进行修边和卷边 ,然后再滚螺纹。

图 10-34 是用分瓣模挤压成形断续螺纹 1 的方法 ,其优点是可以躲开搭接缝 2 ,这是滚制方法作不到的。

图 10-35 也是用挤压方法成形瓶盖和瓶口 ,瓶盖上压有内突的窝 1 ,用其拧入瓶口挤

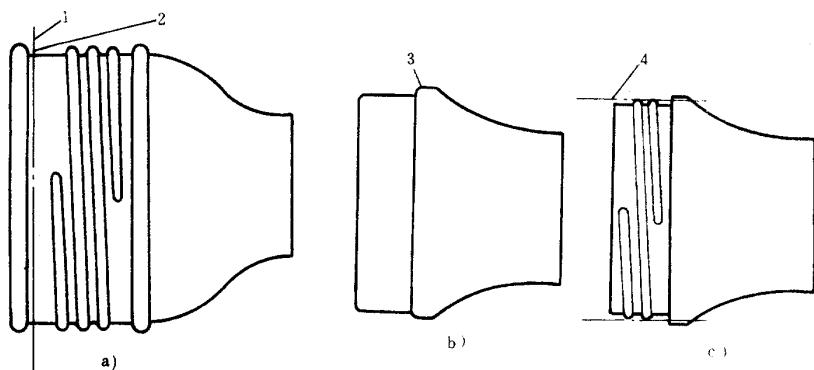


图 10-28

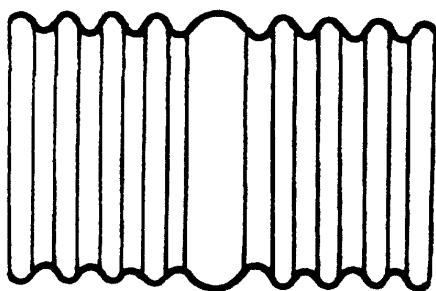


图 10-29

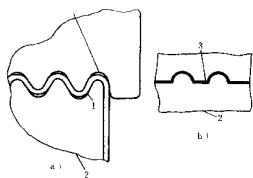


图 10-30

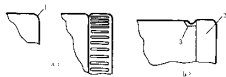


图 10-31

压的凹槽 2 内。用挤压方法可以躲开搭接缝 3。



图 10-32

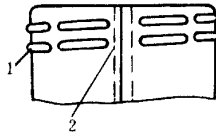


图 10-33

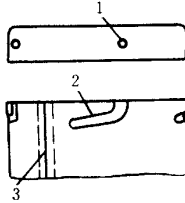


图 10-34

图 10-36 是在薄壁管或瓶端压断续螺纹的方法,这里提供的是一个实例。图 a 是正视图,图 b 是侧视图。对套在芯子 2 上的瓶 3 端头压螺纹的上下模 1,在瓶端两边各压出含角 120° 的螺纹段,同时将瓶端压扁如图 c 所示,图 f 是其放大图。将芯子连同瓶子转 180° (图 d),取下瓶子,在另一个模具(图 e)上,将扁瓶端校正为圆形。

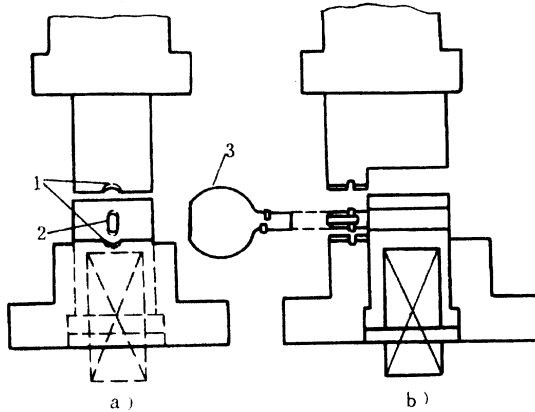


图 10-35

第三节 拉形工艺图集典范

图 10-37 和图 10-38 是钛蜂窝壁板的自阻加热拉形工艺与设备。一般需要相当大的拉力,如面板厚 0.75mm 时,每分米宽度约需 5700N 的拉力,加热温度为 $600 \sim 620\text{C}$ 。由于壁板内部的氧化层不易去掉,拉形前应对壁板四边焊封,并注入氦或氩气,要保持一定的压强。

图 10-37 是拉形前对壁板的整备方式。对钛板 1 应用缝焊 2 焊在接力板 3 上,拉形板的夹钳将接力板 3 夹住,并施加拉力。图 a, b, c 是将壁板 1 缝焊到接力板 3 上的三种方式。

图 10-38a(序号与图 1 连续)是拉形机的开始状态。壁板 1 靠在模胎 9 上,接力板 3 夹在一排钳口 6 间。由于要通 10~15kA 的强大电流,钳口应当用绝缘板如玻璃强化蜜胺板绝缘。夹钳 6 由拉杆 5 施加拉力,由侧压油缸 4 对机床回臂 7 施加侧力后,回臂绕铰接点 8 转动,如图 b 所示,将壁板 1 绕弯到模胎 9 上。

图 10-39 是板料拉形或拉校夹头。如果板料或板件在拉形或拉校中不允许用有齿夹头时,可用这里介绍的变锥角平面夹头。锥角大小视材料种类和厚度而定。图 a 是夹头剖视图。夹头 4 的孔呈锥形,上锥板由外锥板 5 和内锥板 2 组成,外锥板 5 用螺栓固定在夹头 4 上。硬化的夹紧板 6 嵌在用键固定在锥板 2 的传力板 3 上。当板料放入钳口内后,由油缸 1 推传力板 3 将板料夹紧,再用大油缸(图未示)拉夹头 4 对板料施加拉力。图示一面锥板的锥角 θ 为 12.5° ,总锥角为 25° 。而一对锥板 2 和 5 的锥度为 2.5° ,如将其转 180° 如图 b 所示,可将总锥角减小 10° ,成为 15° 。

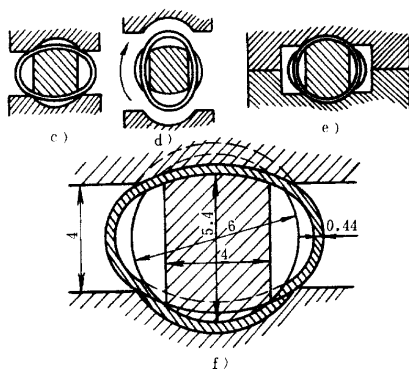


图 10-36

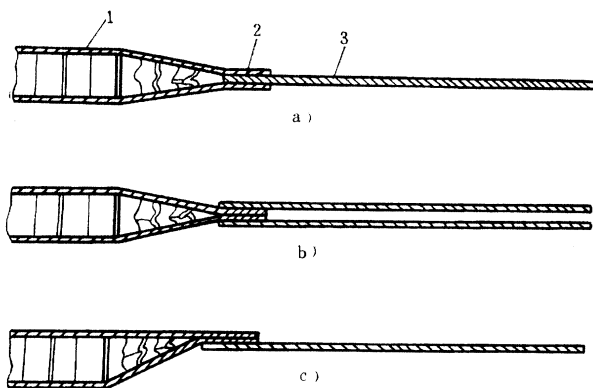


图 10-37

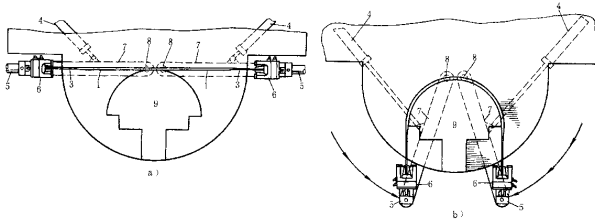


图 10-38

第四节 橡胶成形工艺图集典范

图 10-40 是将管压成凸肚形的模具,对薄壁管应在管内填充橡胶,对厚壁管可不加橡胶,直接加轴向力成形。

图 10-41 是管端橡胶成形模。将直管 3 套在凹模 5 内芯子 4 的凸台上,芯子 4 的内孔插有销子 6,在销子 6 上套一个聚胺脂橡胶环 2。图右边是成形前的状态,左边是成形后的状态。

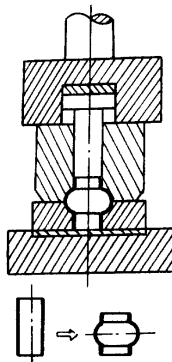


图 10-39

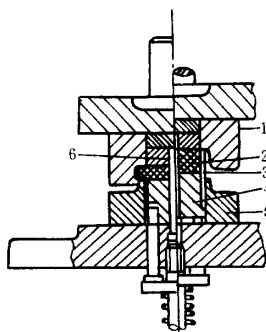


图 10-40

第五节 加热成形工艺图集典范

图 10-42 ~ 10-46 是用氧乙炔加热成形方法。

图 10-42 是将角铁 3 依次在几个弯曲点 2 加热, 将其弯曲在圆筒上, 用焊点 1 予以固定。

图 10-43 是加热翻边, 在箭头所指部位对板料加热。

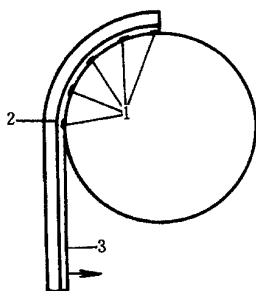


图 10-41

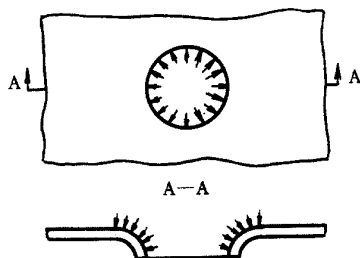


图 10-42

图 10-44 是对管局部加热胀形。

图 10-45 是对厚板局部加热后压弯。

图 10-46 是将角铁一端 1 固定,对另一端 3 扳弯,依次移动加热区 4,扳弯到销子 2 上。

图 10-47 是高温成形模具。对钛、钨和镍基合金等脆性材料,需要在 $200 \sim 1370^{\circ}\text{C}$ 之间的高温成形。图 a 所示凹模 2 可用高合金钢制成,内有通孔,用水冷却,使其温度保持在 90°C 以下,其基座 1 也有用水冷却的通孔。由装在压弯机冲头 4 上的上模 3 成形,上模 3 形状视工件形状而定。板料 5 在成形前,用下面凹模 2 中空间如图 b 所示喷灯 7 加热到所要求的高温。喷灯 7 由矩形黄铜棒制成,上通孔 9 通已混合好的气源,如氧气氢气,或氧气与甲烷、乙烷以及糠基醇等的混合气,由一排气嘴 8 喷出点燃。铜棒下面的通孔 6 通冷水冷却。成形后切断燃气供应,冷却后将工件取出。

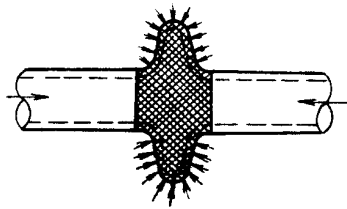


图 10-43

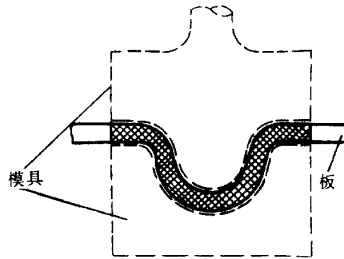


图 10-44

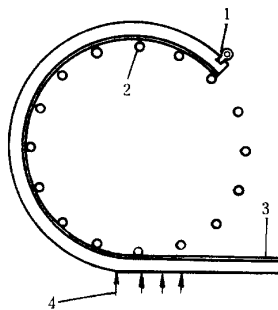


图 10-45

图 10-48 是大曲率半径大板件热成形设备。直径 35m 左右的铝或铝合金液化瓦斯

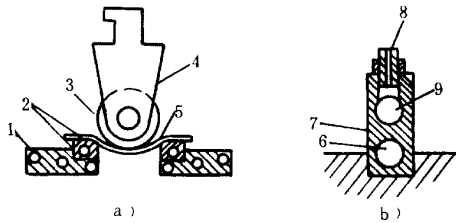


图 10-46

罐,是利用图 a 所示的梯形板料,用图 b 所示设备成形的。将在炉内由室温加热到均热温度 500°C 以下(即不使晶界熔化或再结晶的温度),一般是板每厚 25mm ,从室温加热到均热温度为 1h ,最长不超过 8h 。将加热的板料 1 用起重盘放在有轮的凸模 2 上,推到凹模 3 下面。凹模 3 用吊挂在有导向的装置上,以每秒 $25\sim 50\text{mm}$ 的速度下降。由于热板抵抗力很小,只靠凹模自重,在单位压力 $0.1\sim 0.7\text{MPa}$ 范围内,就可以合模。当温度降到 200°C 时,即可以将成形件 4 取出。用三个有轮的凸模 2,进出装卸工件,既可以提高生产效率,还可以在凸模内埋冷却水,加速降温速度。图 c 是将冷板料放在凸模上用火焰 5 加热到成形温度的方法,模具用耐火材料,如可以浇注的铝酸钙,或用 71% 硅石、 17% 矾土和 11% 石灰的混合物制成。成形的工件回弹量在 7m 长度内不超过 3mm 。成形后焊接成球形。

图 10-49 是钛合金板件蠕变成形装置,图示是钛板尚未完全成形的情形。在底板 1 上按工件形状固定一系列顶销 2,将钛合金板 3 放在销子上,用几个竖支承 4 支持个横板 5,板 5 上有一系列与销子 2 对应的孔,孔内插入一系列销子 6。根据蠕变要求,在销子 6 上置一定重量的压铁 7,压铁 7 的最大重量以不在板料上压出坑为度。将装置放入退火炉内,一般在 760°C 左右的温度加热 4.5h ,具体温度和加热时间视合金种类和厚度而定,即可以成形出一定形状的钛合金板件。用销子而不用模面板料加压,是因为这样制造容易,便于调节,装置本身吸收热量少,温度容易均化。

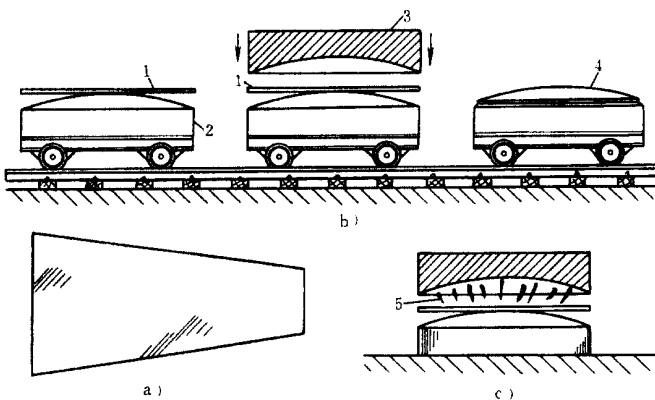


图 10-47

图 10-50 和图 10-51 是两种夹层芯板的超塑性成形方法。超塑材料如铝锌合金和耐热镍合金等板料,可用此方法成形。

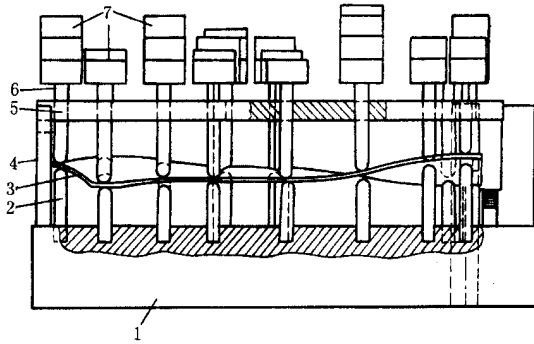


图 10-48

图 10-50a 所示夹层芯子,可用图 b 所示模具成形。凹模 5 用加热棒 2 加热,凸模 4 用凸模夹板 8 内的加热棒 7 加热。板料 3 用压边圈 6 压在凹模上。为了使成形后的工件厚度基本一致,凹模 5 的温度比凸模 4 的温度要高一些。例如对于耐热镍合金,凹模 5 保持在 1052°C ,凸模 4 保持在 955°C 的温度。为了不受辐射热的影响,中间介以隔热板 1。还可以将凸模 4 作成如图 c 所示形状,在其四角镶四条导热性好的金属条 9,下端伸出下模板 8 与大气接触,保持低温,以免工件圆角部分被拉薄和破裂。凸模剖面如图 d 所示。

图 10-51a 所示夹层芯子,是用图 b 所示模具成形的。在上模 2 和下模 4 上,固定均布的圆柱 1。模具在炉内加热到一定温度,板料是用强电流通过板两端的电阻加热到比模具更高的温度后成形,使与圆柱接触的材料厚度大于工件其余部分。

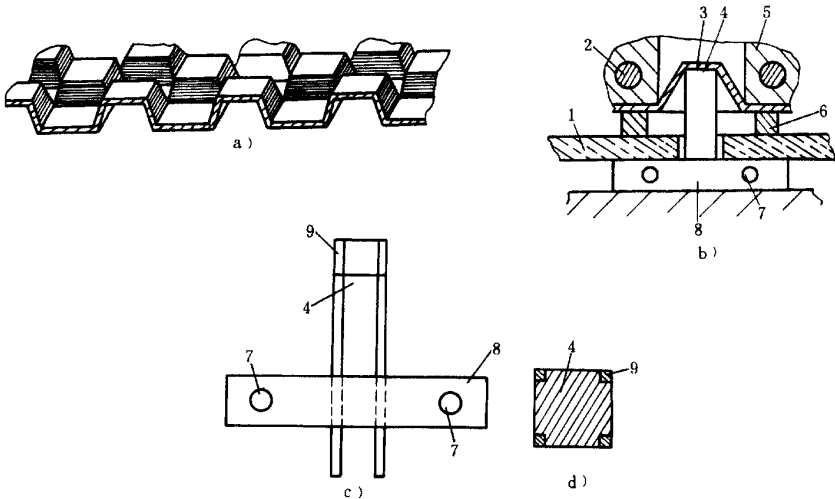


图 10-49

图 10-52 是可以快速拆装的加热成形模板。因模具在炉内加热后,需要在成形前快速安装,趁热成形。上模 6 和下模 7 在炉内加热后,下模放在下模板 8 上定位,模板上有一系列定位孔 2,除用来将模板固定在压床上外,还用来固定两个平板条 4,由螺栓 5 将板条固定在模板 8 上。其两端的螺栓还可以用其将模板固定在床台上。偏心压条 1 通过板

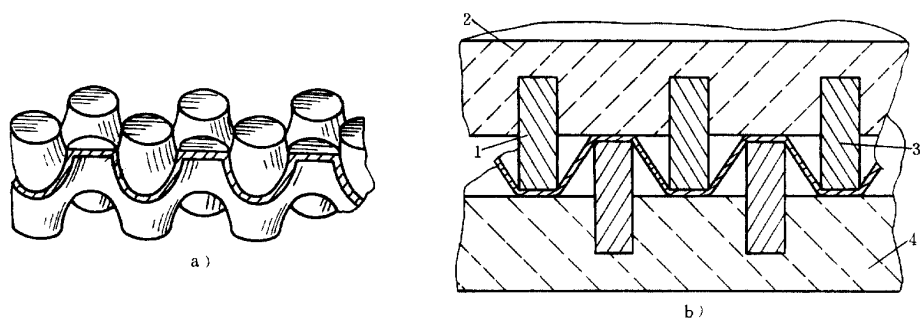


图 10-50

条 4 的孔 ,用扳手 9 将其转个方向 ,即可以将下模 7 的凸缘紧固在模板 8 上。用同样方式 ,还可以将上模 6 迅速紧固在上模板 3 上。

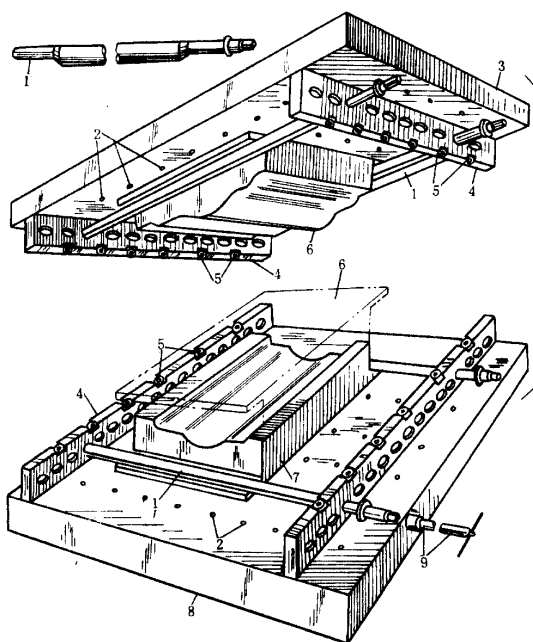


图 10-51

第六节 典型件成形工艺图集典范

一、管件成形

图 10-53 是将圆管置入凹模内,用端头呈锥形的六方凸模压入,形成六方管。亦可以压出其他形状的异形管。

图 10-54 是用与心轴配合的滚轮,将圆管滚成波形管。

图 10-55 是将深压延件修边并凸肚的模具。图 a 是经过几道压延的带凸缘的零件,图 b 是用模具 c 一次修边并成形后的零件。将图 a 所示半成品放在顶块 4 上,上模下行,斜楔将凹模 2 合拢。压板 5 将工件压在凹模 2 上,接着凸模 1 的锐边凸肩与凹模 2 将工件凸缘切掉。当顶块 4 下行至最低点时,工件停止下行,在凸模凸肩的压力下形成凸肚。此法适于相对厚度比较大的压延件。

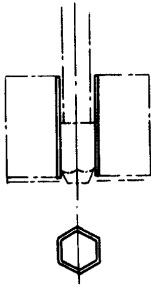


图 10-52

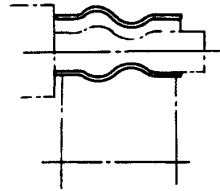


图 10-53

图 10-56 是有缝锥管的成形方法与设备。这是由梯形板料经过三道成形工序后,焊成扁管,再用芯棒成形为圆锥管。图示是经过 A~E 五个工位成形的过程。图 a 是工位 A 的放大图,梯形板 2 以其中线 1 在成形中保持笔直水平状态。由气或油缸 3 顶动的两对滚轮 4 和 5 将板边滚弯成圆弧弯边。在弯边过程中样板(图未示)推动气缸 3 在轨道上向外移动。图 b 是工位 B 的放大图,由上滚轮 6 和下滚轮 7 将板料从中线初步折弯。图 c 是工位 C 放大图,由上滚轮 9 与下滚轮 8 进一步折弯,由一对竖滚轮 10 将工件压合成扁管形。图 d 是工位 D 放大图,由高频电流 11 对用竖滚轮 14 和斜滚轮 13 合缝的扁管进行缝焊。由于扁管是斜削的,其高度由右到左逐渐变大,故支承滚轮 15 在气缸 12 的定力支持下逐渐向下移动,焊成扁管 16。在工位 E 用芯棒 17 胀成圆锥管 18。

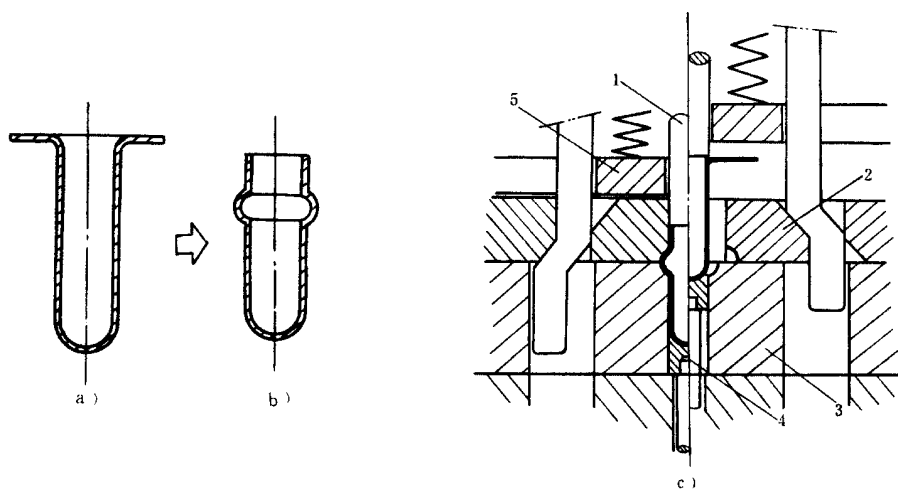


图 10-54

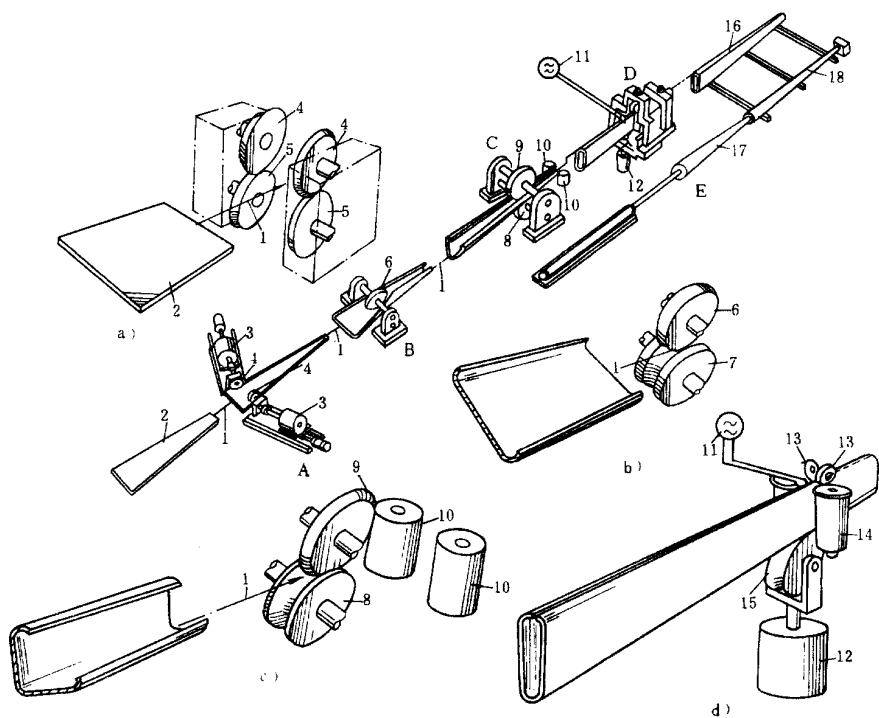


图 10-55

二、小件成形

图 10-57 是对小件不在冲床冲头下成形,且安全性好的模具。模具底座 6 固定在冲床台上,在其上面有个大的滑动部分 5,在滑动部分 5 内又有个滑动部分 1,由盖板 3 将两

个活动部分封在底座 6 内。装在冲头下的凸模 4 冲击两个活动部分的右端 ,而对小工件成形的工作部位是在冲头外面的左端。当凸模 4 下行时 ,使部分 5 和 1 在右端的开口扩大 ,使两者在左边的开口缩小 ,工件即在左部开口中成形。凸模 4 上行时 ,由弹簧 2 使两个滑动部分之间的开口张大到初始状态。

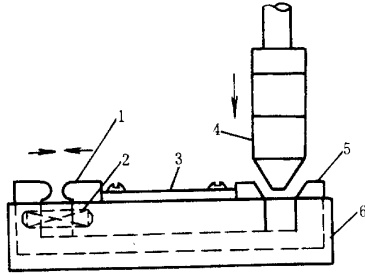


图 10-56

图 10-58 是对小而薄的镍件成形用模具。图 a 是上极点位置。图 b 是刚合模 ,导料销插入在条料上预先钻的小孔内定位 ,并使内孔翻边。图 c 是冲裁和压延。

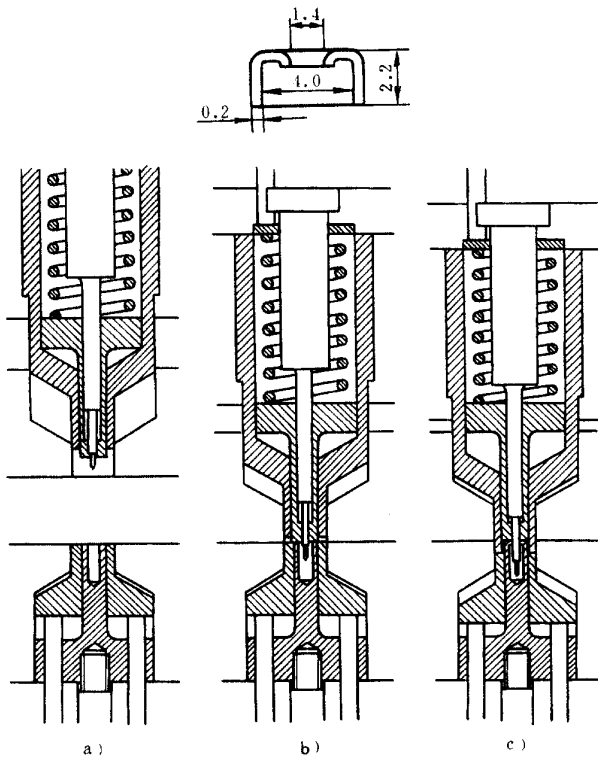


图 10-57

三、大件成形

图 10-59 是犁面成形工艺。将犁面作成图示弧形 3,可提高抵抗变形的能力。用加热成形方法将圆钢板压成图示形状,开中心孔 2 后再淬火,然后将圆周 1 两面用两块夹住,进行回火,降低中部硬度,使周边保有较高的硬度,以提高耐磨性。

图 10-60 和图 10-61 是用油层保护板件喷丸成形或强化表面的方法。除保护表面质量外,对钛合金还有保护表面不受粘污的作用。用压力粘度高的液体如机油进行保护。

图 10-60 是对大板件 1 喷丸时,喷丸离心机 6 等装置在喷丸的同时,由油箱 4 的油嘴 5 流出液体保护板件表面。液体由收集盘 2 经过管道 3 再打入箱 4 内,循环使用。由于喷丸经流体润滑和油膜的隔绝,只对板面施加成形或强化所需要的压力,而没有直接冲击摩擦造成损伤的不利作用。

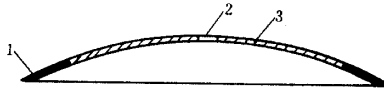


图 10-58

图 10-61 是小件用的喷丸强化装置。零件 2 和铁丸都装在滚筒 7 内,筒内壁上有几个肋板 3。滚筒 7 由动力装置 6 带动旋转。零件与铁丸转到上面落下时,互相撞击,起喷丸效用。液体由泵 1 打入滚筒中部由喷嘴 8 喷出,经一段过滤网 4 流到收集盘 5 内,循环使用。

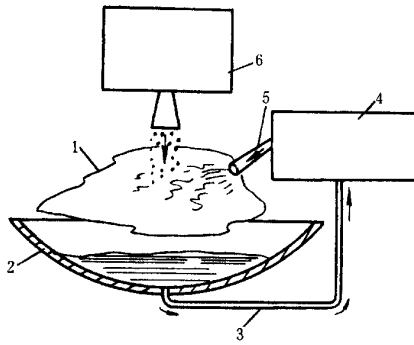


图 10-59

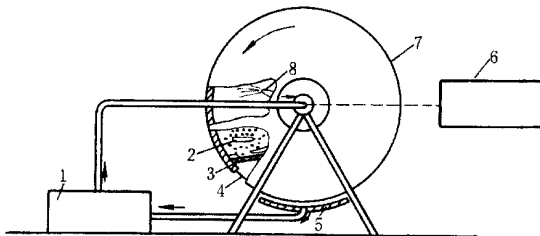


图 10-60

图 10-62 是大型压力容器的制造方法与设备。图 a 所示球形大型液化天然气容器, 一般由铝板拼焊而成, 将其按经纬线分割为许多 $3.5\text{m} \times 4.5\text{m}$ 左右的分段 1, 两端加上圆弧盖, 共须用六个如图 b 所示模具, 压成弧状段 1; 再将其放在图 c 所示底板 5 的支承 6 上, 各支承 6 的高度是按弧形配置的, 并按弧段 1 的中心线定好位置, 四周用挡板 3 定位后, 由顶架 2 导轨导向的等离子切割喷嘴 4 进行切割修边。然后如图 d 所示, 仍用顶架 2 和导轨导向的铣切头 (动力装置未示), 用两个伞形铣刀 10 将边缘上下铣出倒角, 中间的圆环 9 和导轮 11 起引导作用; 导轮 11 也可以装在铣刀 10 的后面。铣刀头由滚轮 12 和 13 支持在工件表面上。板边所留棱边 8 基本与工件曲面垂直。将铣切的各分段如图 e 所示, 用内外两条焊缝 14 焊接成为球形容器。

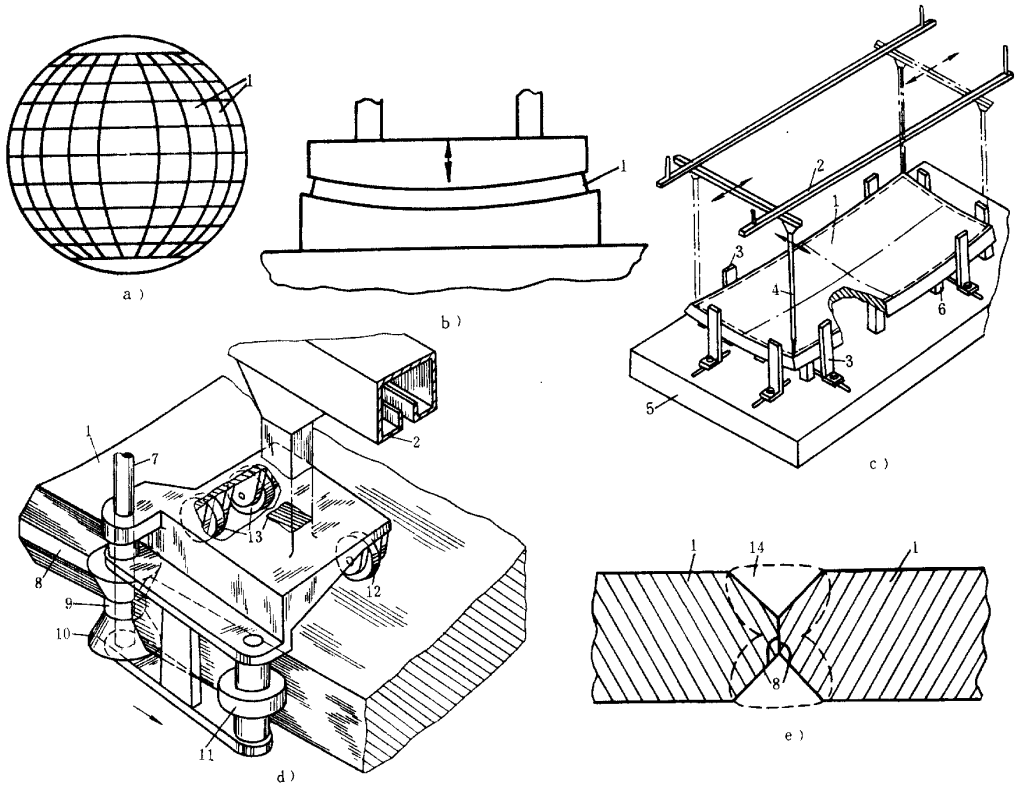


图 10-61

四、卡箍成形

图 10-63 ~ 10-67 是大同小异的卡箍成形模。

图 10-63 是一般由 U 形半成品卷边成卡箍的常用模具, 纵然上模有倾斜度, 但成形后的卡箍 4 仍不易出模, 而且材料被挤在上模 1 与下模 2 的间隙里, 会形成尖角。

图 10-64 是改进的模具, 上模 2 两边有凸起 1, 上模 2 与下模 3 合在一起时, 内斜边有向中心滑动, 使上模槽向内收拢的作用(图 b) 除成形质量好外, 上模 2 上升后, 又张开

如图 a,卡箍会自行落下。

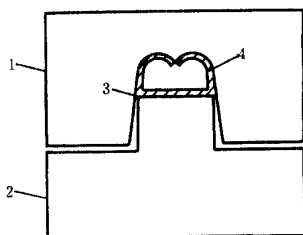


图 10-61

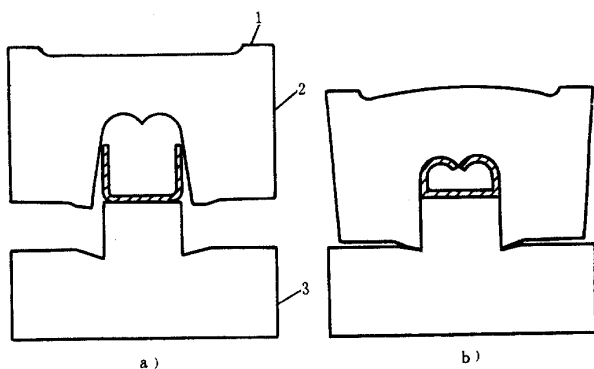


图 10-63

图 10-65 是仅在上模两侧开槽,便利成形后的卡箍出模。

图 10-66 所示的上模 1 斜度 A 稍大于下模 2 的斜度 B,成形后上模张开如初,便于卡箍出模。

图 10-67 是用曲率半径小的上罩 1 压上模 2 向下模 3 中央凸起收缩,成形后上模 2 又张开如初,容卡箍落下。

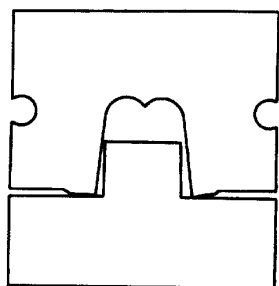


图 10-64

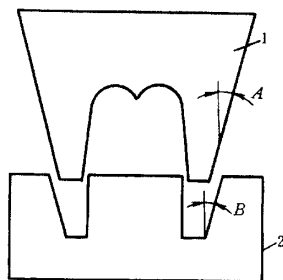


图 10-65

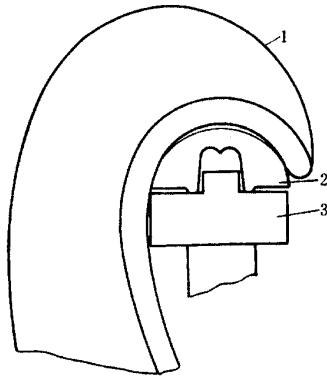


图 10-66

第七节 多工序成形工艺图集典范

图 10-68 ~ 10-81 是一些典型板金件的多工序成形方法。

图 10-68 ~ 10-70 是拱形件的成形方法。

图 10-68 是对成形性能特别好的板料(如不锈钢),可用加大对凸缘的拉力的方法,一次成形。图 a 是用加力埂的方法。图 b 是将压边圈和凹模都倾斜 $5^\circ \sim 10^\circ$,以提高凸缘的拉应力。但对其他大多数板料,都须用两道工序,才能成形。

图 10-69 是用两道工序成形拱形件的方法。图 a 是压延到底时,使底部凹进,使拉入的材料面积与虚线所示的最后形状面积相等,下道工序再压延成圆拱形。图 b 是用凸弧端凸模压延到底后,再用反压延方法最后成形。

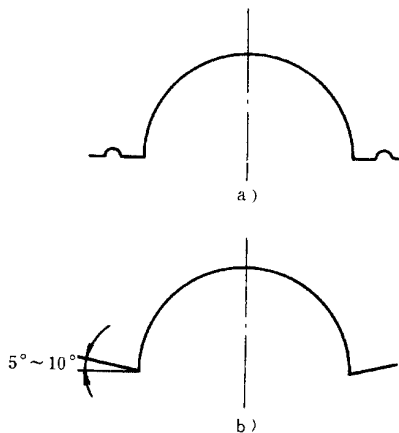


图 10-67

图 10-70 是用三步成形拱形件的方法。第一步是普通压延方法,第二步是用凸弧端

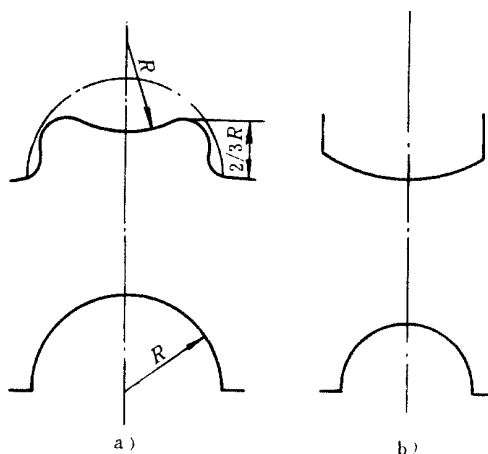


图 10-68

凸模压延成阶台形,使其面积与虚线所示最后形状的面积相等,第三步最后成形。

图 10-71 是反光镜面的成形方法。第一工序(图 a)是普通压延方法,拉入的材料面积比最后成形所需面积略小一点。第二工序(图 b)用拉力埂最后成形。

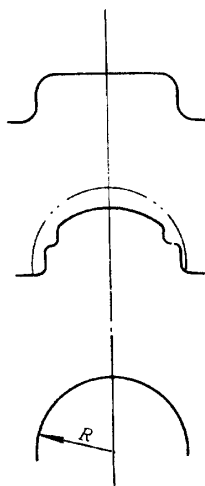


图 10-69

图 10-72 是灯头的三种成形方法。图 a 和 b 都是四步成形法,第一工序是压延,第二和第三工序都是用反压延法,第四工序最后成形。图 c 是五步成形法,其中 2、3 和 4 是用反压延法。

图 10-73 ~ 10-77 是中心有向内凹进部分的工作成形方法。

图 10-73 是用压延和反压延成形的工件。

图 10-74 是压延后冲中心孔,再用反压延成形并将中心孔胀大的工件。

图 10-75 是先压延出内部,再压延出外部的的方法。

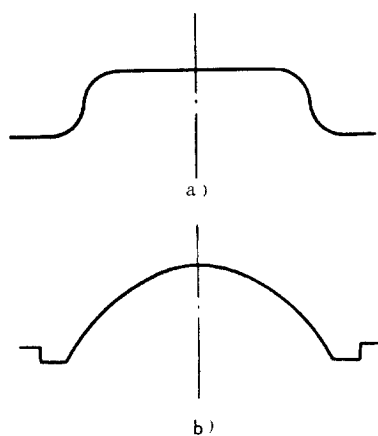


图 10-70

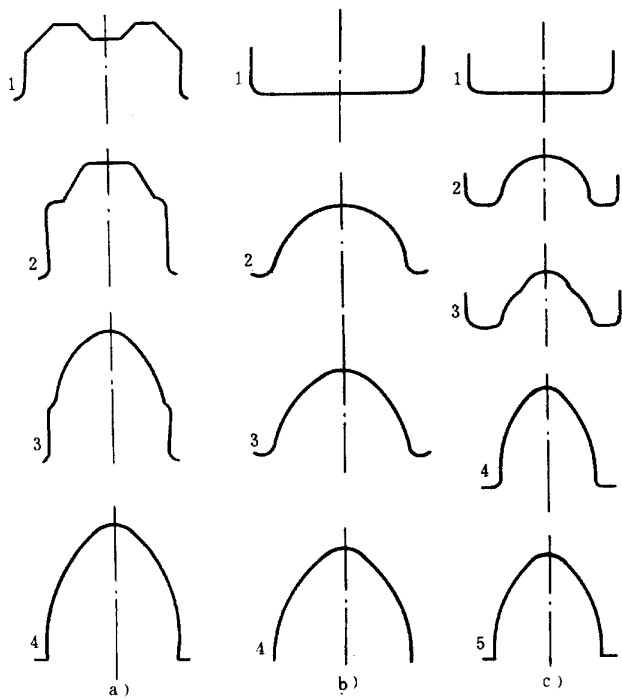


图 10-71

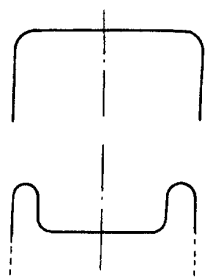


图 10-72

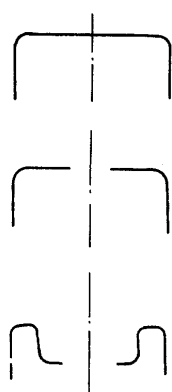


图 10-73

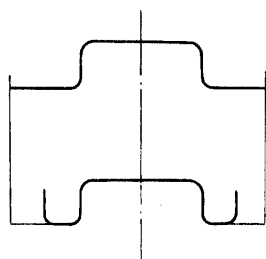


图 10-74

图 10-76 是先压延出外部,再用反压延方法依次缩小直径加深凹进深度的方法。

图 10-77 是依次缩小直径,加深深度的压延方法成形出内部后,再压延出外部。

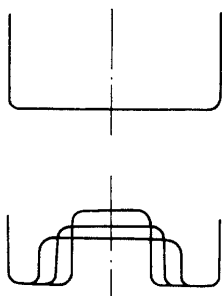


图 10-75

图 10-78 是大压延件内部有小直径凸起的工件成形实例。这类工件须用较大的压延系数,依次缩小直径,最后缩小到所要求的尺寸。

图 10-79 是在空心件中央成形大直径凸起的过程。

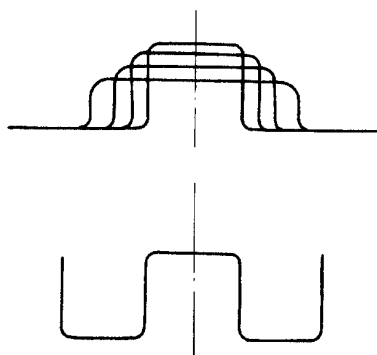


图 10-76

图 10-80 是在空心件中央成形大直径凸起的具体例子。

图 10-81 是经过多道压延成阶台形,最后再整形成为光滑的曲线形工件。

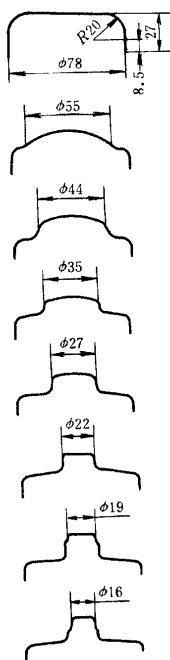


图 10-77

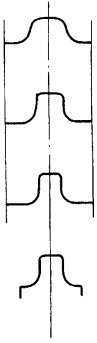


图 10-78

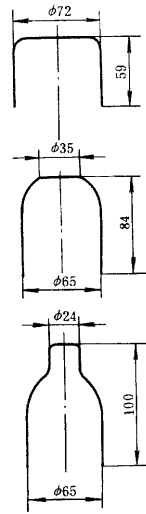


图 10-79

图 10-82 是矩形件成形方法与模具。图 a 所示的薄壁矩形件,是用图 b 所示工序成形的。图 c 是将圆筒形半成品成形为矩形件的模具。滑块 2 和 3 的初始位置如点划线所示,能够将圆筒形半成品置于其中。在斜楔 4 的作用下,前后两个滑块 2 先收拢,开始将圆筒压扁;接着左右两个滑块 3 向中间收拢,同时矩形芯子 1 插入工件内。卸料板 5 在限位柱 6 控制下,保证滑块、凹模和卸料板间的一定间隙,使四个滑块由虚线所示初始位置运动到实线所示最后位置,成形出贴合芯子 1 的矩形件。

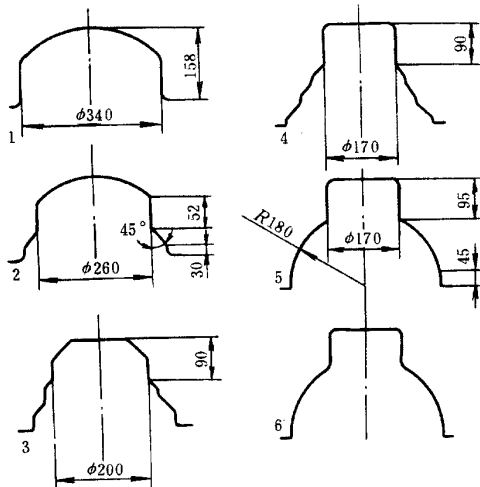


图 10-80

图 10-83 是反光镜面的多次成形方法。将毛料 2 放在凹模 3 上,在毛料上摆上小直径截球形凸模 1 进行第一次冲压(图 a),然后放上一个环形件 4,冲击一次后再加上一个环形件 4(图 b)。到接近最后形状时,换上定形凸模 5,进行最后成形(图 c)。

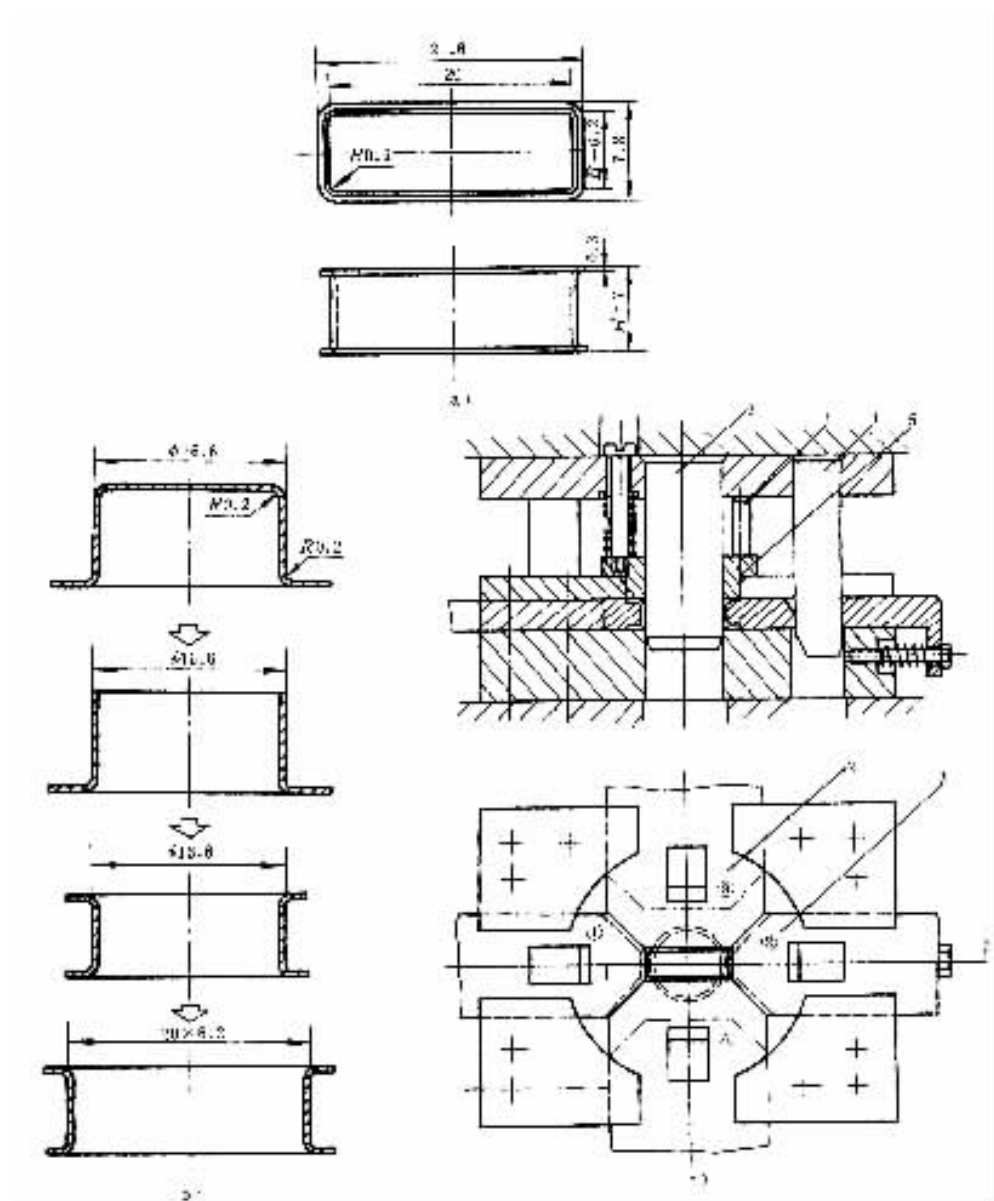


图 10-81

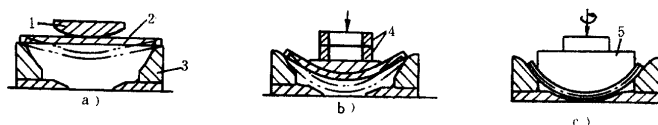


图 10-82

第八节 成形技巧图集典范

图 10-84 是一种简易模,在上模焊一个槽钢 1,在下模焊一条半圆钢棒 2,可在板料 3 上压出一系列半圆槽,槽间距离由台阶形挡料板 4 确定。

图 10-85 是上下模都用厚钢条组成的成形模。

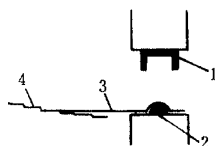


图 10-83

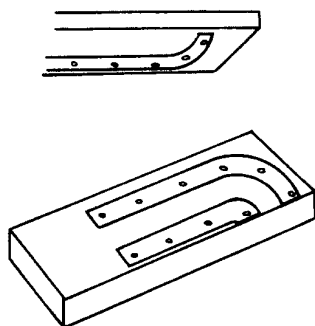


图 10-84

图 10-86 是在管端压凸泡的装置。对细长管端成形如图 a 的凸泡,用图 b 所示装置。夹板 A 和 B 在凸缘块 C 上铰接,平时由于弹簧压力,使其相连的模块 D 和 E 呈张开状态。当插入管子到 X-X 剖面虚线所示挡件器 H 时,虎钳将模块 D 和 E 合拢,将管子夹紧。将挡件器 H 扳到实线所示位置,将心轴的细端部分插入管内,用手柄转动螺栓 F,使管端在模块 D 和 E 的窝内压出凸泡。

图 10-87a 所示有凸埂的弯曲板件,其凸埂是用图 b 所示模具压出的。将弯曲的板件用下模左右定位板 4 定位。上模下行,压料曲板 3 将毛料压紧,由芯块 1 压几个凸模 2 在凹模 5 上压出埂条。

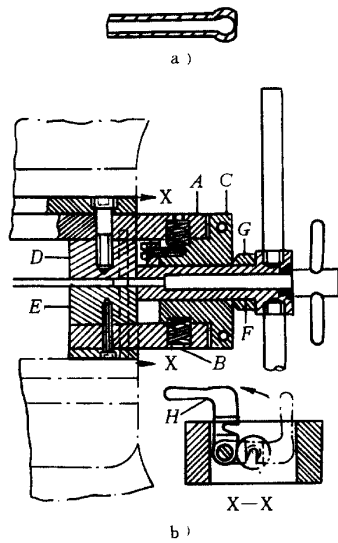


图 10-85

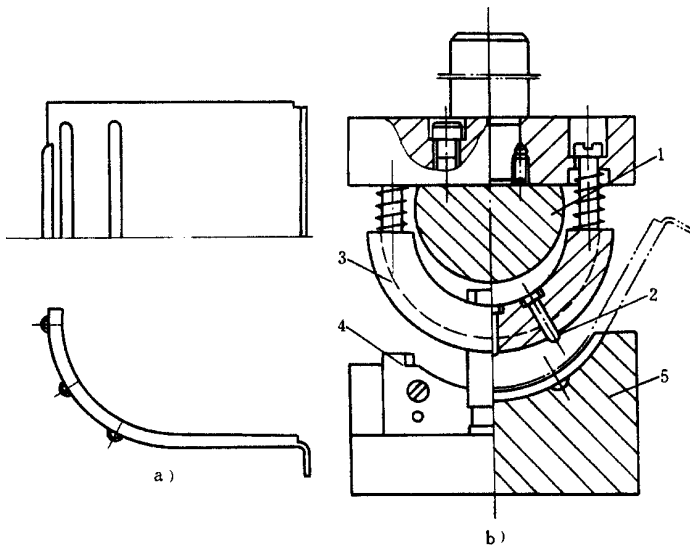


图 10-86

图 10-88 是用液压致动的成形模。图 a 所示为复杂成形件,是用图 b 所示用液压作动各工作部分的模具一次成形的。上下模分别装油缸 1 和 6,并用管路与储油罐相连,用以充压。当上模下行时,冲裁凸模 2 与凹模 4 首先进行冲裁下料工序(Ⅰ),接着油缸 1 内充高压油带动压板 3 压出工件上的八个孔(Ⅱ),油缸 1 降压,压延凸模向上进行压延,同时由冲孔凸模 5 冲中心孔(Ⅲ)。

图 10-89a 是有三个内凸台的锥形罩,其凸台是用图 b 所示模具成形的。将锥罩套在定位块 7 上模下行,铰链状的凹模 6 和凸模 3 下端接触工件凸台处。上模继续下行,压板 4 被压,压板 4 的斜孔将凹模 6 和凸模 3 收紧,当上模板 8 压在调节螺杆 9 上时,凹模 6

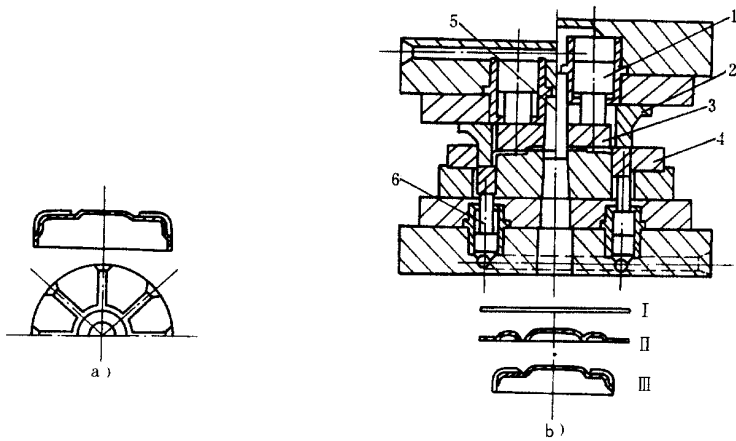


图 10-87

和凸模 3 收紧到最大限度,压出足够深的内凸台。上模上行,压板 4 被弹簧 10 上推,而凹、凸模在弹簧 1 和销子 2 作用下,仍保持收拢状态,只是在调节螺杆 9 上升吊起环件 5 时,才将凹、凸模撑开。上模完全离开下模后,压簧 1 使凹、凸模从压板 4 的斜孔中推下放松到张开状态。

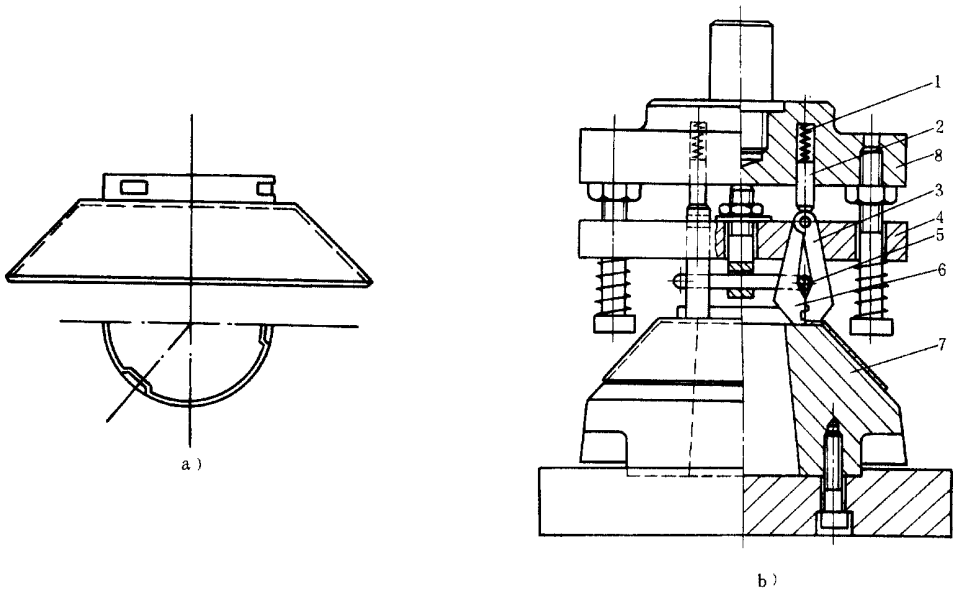


图 10-88

图 10-90 是异形椭圆环的成形设备。将异形椭圆环 1 的圆环毛料套在固定支承 6 的活动模块 7 上(图 a)。装在燕尾形支柱 3 上的气缸 2 有气压时,上凸模 4 下行,同时气缸的反力又带动下凸模 5 上升,在圆环上下两处压出向内的突起。圆环的张紧力使活动模块 7 向中间靠拢,成形为椭圆形(见正视图 b 与侧视图 c)。

图 10-91 是 Y 形剖面体的成形模具。图 a 所示工件,是由圆管用图 b 所示模具成

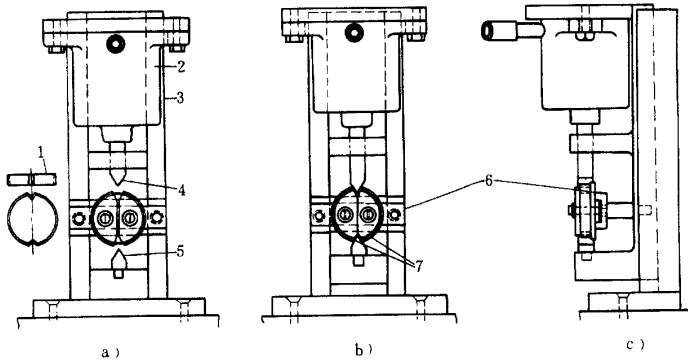


图 10-89

形的具体例子。将圆管放在下模顶板 1 上,上模下行,压环 2 的三个斜面与下模的三个 V 形凸模 3 接触,这时上模压板 4 在橡胶 5 的作用下夹住圆管。上模继续下行,使三个凸模 3 同时向圆管作径收拢运动,将圆管压成 Y 形剖面,两端的轴向力限制材料向两端流动。凸模 3 与导向块 6 用键和键槽以 $H8/g6$ 配合滑动。

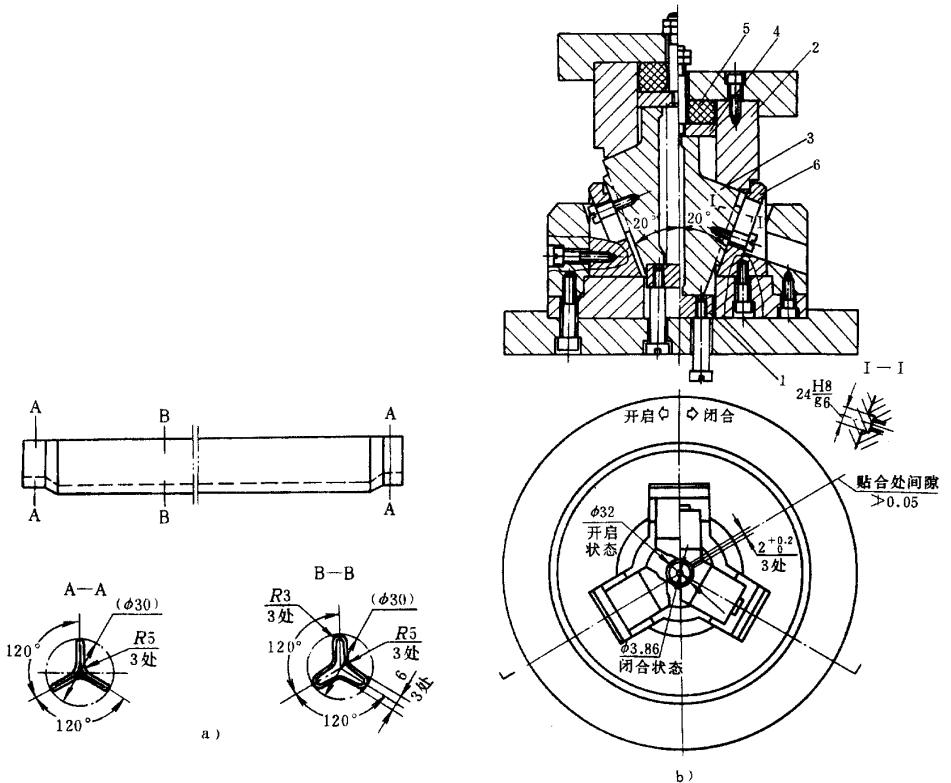


图 10-90

第四篇
钣金冲压件的
装配制作工艺
及图集典范

第一章 钣金产品装配工艺规程

一、装配原理

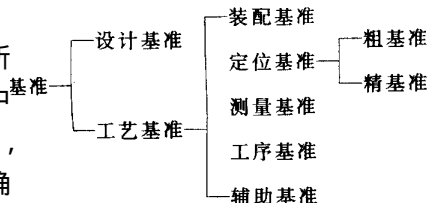
按规定的技术要求,将零件或部件进行配合和连接,使之成为半成品或成品的工艺过程称为装配。

1. 定位和基准

(1)定位 确定零件在空间的位置或相对位置,称为定位。这是进行装配时,首先要解决的问题。例如,装配梁、柱形件时,通常先将翼板或腹板放置平台上,或用三个千斤顶从下面顶住,确定了其位置,才能进行后续的装配工作。一个物体(刚体)在空间中如果不加限制,可以有沿着三个互相垂直坐标轴的移动和围绕这三个坐标轴的三个转动,这六个可能的运动称为物体(刚体)的六个自由度。放在平台上的工字梁(见图 1-10)或用三点支承)被限制了沿垂直坐标轴上下移动(因为如果上下移动,必然离开支承)和绕两个水平坐标轴的转动,称为被限制三个自由度。如果一个待装的筒体放在滚轮架上(图 1-7a、b),它还可以在架上绕自身轴线回转,也可沿自身轴线移动,但其他两个移动自由度和两个转动自由度却被限制住了。可见,用长的圆柱面采定位的零件被限制四个自由度,这时,若在筒体端面上加一挡铁,使它不能沿自身轴线移动,则被限五个自由度,若再在圆周方向定位,使它不能绕轴线转动,则六个自由度完全被限制住,它就不能有任何运动了。用合理布置的六个定位点,使工件与之紧密接触,从而完全限制六个自由度,以确定工件正确位置的原则,称为六点定位原则。三个支承点是支承一个平面的必要和充分条件。有时为了增加支承面积以求更加稳定,可以增加一个可调的支承点,这个可调支承要求能自动(如用弹性支承)或人工调整到和三个固定支承处在同一个平面上才行,如电冰箱的可调地脚螺钉。如果这个支承不在该平面上,则将破坏原来的定位,产生定位误差。以上提到的平台、支承、滚轮架的轮子、挡铁都是用来为工件定位的,称为定位元件。对工件定位常用的定位元件有挡铁(挡块)、挡钉、定位销、样板等,也可组合成拼装模具定位,如不用元件定位,也可采取划线找正定位的方法进行装配。

(2)基准 用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面称为基准,按基准的作用分类如下:

设计基准是设计图样(如零件图、装配图)上所采用的基准。图 1-15 带轮罩小罩壳拼板(件 4)中心到大罩壳拼板(件 1)的中心距 o_1o_2 为 1105mm,或者说,件 4 中心 o_2 是以件 1 中心 o_1 为基准来确



定它应位于 o_1 右方水平线上 1105mm 处,即 o_1 是 o_2 的设计基准。注意,如不计图 1-17 所示,先装焊件 1 后装焊件 4 的常用装配顺序,也可说 o_2 是 o_1 的设计基准,那么, o_1 与 o_2 是互为(设计)基准的。

工艺基准是在工艺过程中所采用的基准。上例带轮罩装配过程中,因中心距不便测量,无法直接保证尺寸 1105mm,只好在装焊完件 1 后,按件 4 内表面 B 点到件 1 内表面 A 点的距离 1315mm 来确定件 4 在水平方向的位置装焊件 4。这时, A 点就是 B 点的装配基准(测量基准)。装焊件 1 时,件 1 可能左右错位,使 A 点左右位移,导致 o_1 点产生水平方向位置误差,此时,即使可保证 $o_1 o_2 = 90\text{mm}$,而 o_2 的实际位置也相对于 o_2 的设计位置产生了水平方向的误差。这一误差是由于基准从 o_1 换成 A 点而产生的,称为基准不重合误差;同理,尺寸 $o_2 B$ 由于基准从 o_2 变成 B 也会产生基准不重合误差。这两个基准不重合误差都会使原设计尺寸 $o_1 o_2$ 不能保证 1105mm,或者说,这样装配后尺寸 $o_1 o_2$ 中增加了基准不重合误差成分。

在制造过程中,为了减小误差应尽可能按以下主要原则来选择钣金制品的工艺基准:

1)基准重合原则 选择设计基准为工艺基准,可避免基准不重合误差,否则,应计入这一误差。

2)选重要表面作基准;

3)作为基准的制品表面应平整、宜选面积较大的平面作基准,以保证定位可靠;若必须采用粗糙面为基准,只允许使用一次;

4)基准统一原则 制造过程中,尽可能采用同一表面作为基准,以减小产生误差的次数;

5)所选基准面应有利于制件的定位和夹紧。

(3)夹紧(卡夹)与装配夹具 工件定位后将其固定,使之在制造过程中保持定位位置不变的操作。习惯上把夹紧称为装夹。用于装配的夹具对制件的固紧方式有四:夹紧、压紧、拉紧与顶紧(撑紧),见图 1-1,图中所示均为常用的螺旋工具,其特点是可调,使用方便。

常用装配夹具按施力方式有楔条夹具、杠杆夹具、螺旋夹具、肘节夹具和偏心夹具等。为了捆扎与搬运,钣金装配中还使用各种吊具。

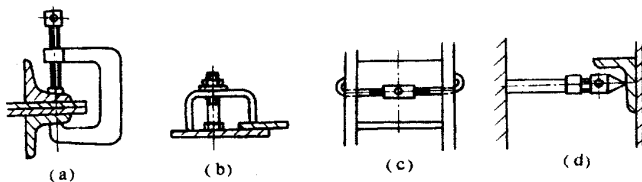


图 1-1 装配夹具的四种紧固方式

(a) 夹紧(螺旋夹,卡马)(b) 压紧(螺栓压紧);

(c) 拉紧(螺旋拉紧器)(d) 顶紧(螺旋推撑器)

2. 钣金装配的特点

(1)大多属于单件或小批量生产,生产率低;但若按相似性原则组织成组生产,可降低成本,提高效率;

(2) 装配过程伴有大量焊接或其他连接加工, 焊后变形与矫正量不小;

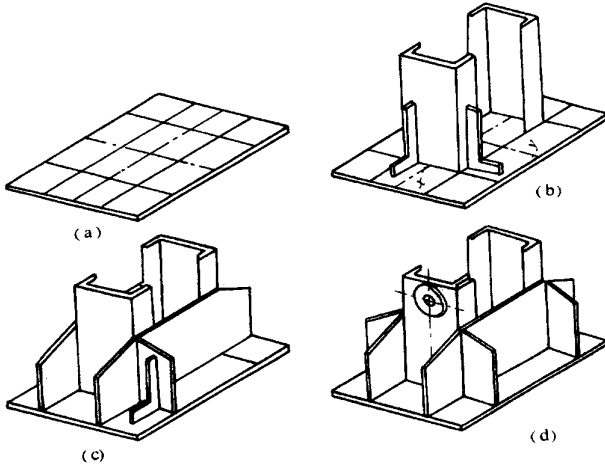


图 1-2 支承座划样装配示例

(a) 在底板上划样 (b) 装配槽钢;

(c) 装配侧板和肋板 (d) 装配补强圈

(3) 不可拆连接多, 难以返修, 需采取合理的装配方法与装配程序, 以减少或避免废品;

(4) 选配、调整与检验工作较多;

(5) 产品体积大、局部刚度低, 易变形, 必要时加固;

(6) 大型或特大型产品常要现场装配, 应先在厂内试装, 试装中宜用可拆卸连接临时代替不可拆卸连接。

二、装配方法

1. 装配方法的种类与比较

见表 1-1、表 1-2。

表 1-1

不同装配方法的比较

特点 项别	装配方法	自由装配	胎具装配	
			简单胎具的装配	复杂胎具的装配
适用范围		适用于单项产品或其他特定产品	适用于中、小批量生产和采用成组技术	适用于大批量生产
工装制作		设计和制作出一些单个独立的夹具或其他工具。成本较低	设计和制作出比较简单的装配胎具。成本较低	经过周密设计, 制作出高效率的装配胎具。工装成本较高

特点 项别	装配方法	胎具装配	
		自由装配	胎具装配
		简单胎具的装配	复杂胎具的装配
定位方式	进行划线定位和样板定位,需要边装配边定位	有定位元件,一般不需要划线定位和找正	完全自动定位,不需划线
夹紧方式	采用各种丝杠、斜楔等形式的简单夹具或通用夹具	主要采用螺旋夹紧器,也可用气压增加压力	主要采用风动、液压等形式的快速夹紧机构,少数辅以其他夹具
上下料方式	大件吊装,其他件手工操作	大件吊装,小件手工或半自动进料	大件吊装,其他件自动进料
操作特点	要由技术很熟练的工人进行操作	可由一定熟练程度的工人进行操作	要由熟练本胎具特点的工人进行操作

表 1-2 几种常用装配方法的特点

名称		特点
按定位方式	复制装配 (仿形装配)	利用对称断面形状,先装配成单面(一半)结构,再以此为样板装配另一面。适于断面形状对称的结构件。如梁、柱、屋架
	地样装配 (划样装配)	在底板(或地面)上划出十字线为装配基准,再将构件以 1:1 的实际尺寸绘制出轮廓位置线与接合线。然后按线装配。适于桁架、框架类(图 1-2)
	模具装配 (胎模装配)	在拼装模具(又称组合模具,由模座和各种夹紧、定位支架组合而成)上摆好相应装配零件、定位并夹紧后进行焊装。装配质量与效率高,适于批量生产。若采用专用胎模,适于大量生产。桁架类制件最适宜。靠模装配法是其中一种
按装配方位	卧装 (平装)	将细长构件水平放置进行装焊。适于断面不大但较细长构件
	立装 (正装)	构件自上而下进行装配。适于高度不大或下部基础较大的构件
	倒装	将构件按使用状态倒 180°进行焊装。适于上部体积大的结构和装配时正装不易放稳或上盖板无法施焊的箱形梁构件

焊装间隙与焊件收缩量见表 1-3 ~ 表 1-6。

表 1-3 普通焊件装配间隙 (mm)

焊缝	机加工后端面接地	角焊缝	型钢接头
装配间隙	0 ~ 1.5	≤ 2	≤ 3

表 1-4

几种焊件收缩量 Δ

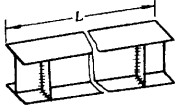
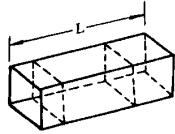
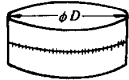
简 图	焊接收缩量 Δ
	$\Delta = A + B + C$ 适于板厚 16 ~ 40mm $A = L \times 0.3\text{mm/m}$ 基本收缩量 $B = n \times 0.2\text{mm/个}$ 与加强板数有关的收缩量 $C = L \times 0.1\text{mm/m}$ 消除应力热处理收缩量 n ——两侧加强板多的一侧板数
	$\Delta = A + B + C$ 适于板厚 16 ~ 40mm $A = L \times 0.3\text{mm/m}$ $B = n \times 0.2\text{mm/个}$ A、B、C 意义同上 $C = L \times 0.1\text{mm/m}$ n ——所焊隔板数
	$\Delta = A + C$ A、C 意义同上 $A = \pi D \times 0.4\text{mm/m}$ $C = \pi D \times 0.3\text{mm/m}$ 适于直径 $\phi 300 \sim \phi 500\text{mm}$

表 1-5

焊缝收缩近似值

(mm/m)

对接焊缝	连续焊缝	间断角焊缝
0.15 ~ 0.30	0.2 ~ 0.4	0 ~ 0.1

注：板宽 $B \geq 15t$ ，中等厚度低碳钢板适用。

表 1-6

焊缝横向收缩近似值

(mm)

接头类型	板 厚 t										
	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	横 向 收 缩 量										
Y 形对接焊缝	1.3	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.1
双 Y 形对接焊缝	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8
单面坡口十字角焊缝	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5
有坡口单面角焊缝	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4
I 形坡口单面角焊缝	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.4
双面间断角焊缝	0.4	0.3	0.3	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

2. 几种典型结构的装配方法

(1) 圆筒类零件 板卷圆(椭圆)筒类焊装前对齐与拉紧纵缝与环缝的方法见图 1-3 ~ 图 1-9。

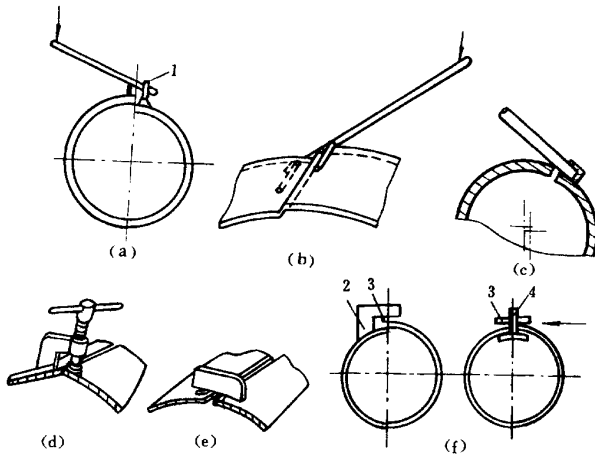


图 1-3 对齐圆筒板边的方法

(a)(b)(c)用杠杆 (d)用螺旋压马;

(e)用楔条压马 (f)用门形铁

1—扣环 2—角形铁 3—斜楔 4—门形铁

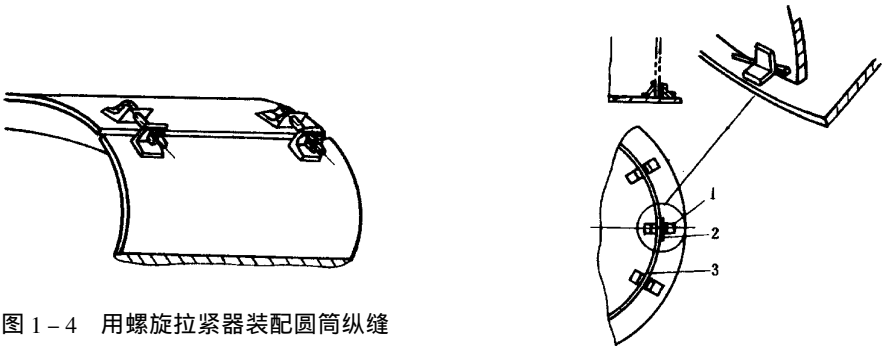


图 1-4 用螺旋拉紧器装配圆筒纵缝

图 1-5 圆筒与底板环缝的装配

1—挡块 2—楔条 3—角钢

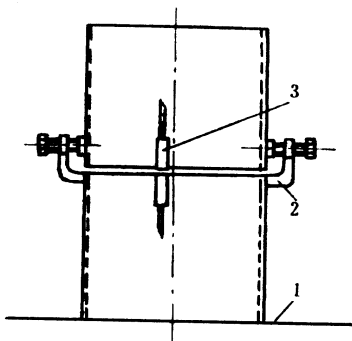


图 1-6 圆筒立装对接

1—平台 2—螺旋压马 3—松紧螺钉

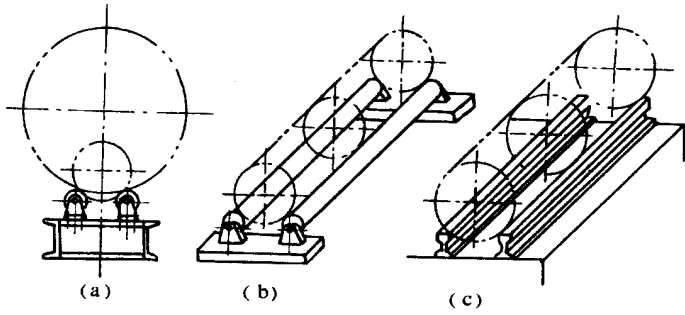


图 1-7 圆筒环缝的装配架
(a) 滚轮架 (b) 圆锥筒式 (c) 固定型钢式

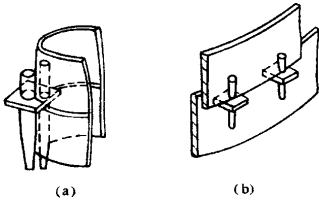


图 1-8 立装圆筒环缝的几种方法
(a) 连接板法 (b) 挡铁法

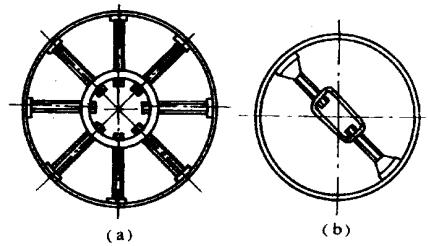


图 1-9 用径向推撑器装配圆筒
(a) 多焊 (b) 单焊

(2) 梁形、箱形类零件 见图 1-10、图 1-11。

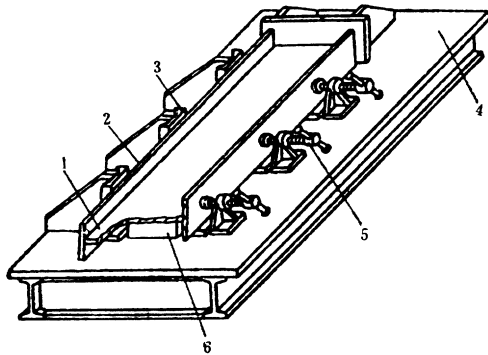


图 1-10 梁形件装配胎架
1—腹板 2—翼板 3—挡板 4—平台 5—调节螺栓 6—垫板

三、装配工艺规程

规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件。工艺文件是指导性技术文件，其作用不外是指导工人操作、管理生产。编制工艺规程的目的在于有计划组织起稳定、合理、先进的生产秩序，以优质、低耗、少无污染和高效的生产来满足市场需求、参加市场竞争。典型的工艺规程示例见表 1-8~表 1-11。

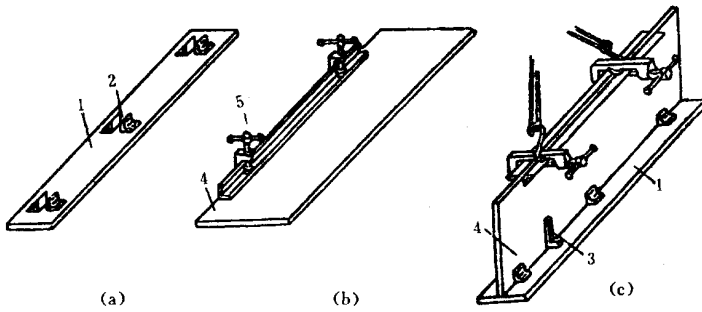


图 1-11 梁、箱类零件装配方法(T形梁的拼焊)

1—翼板 2—挡铁 3—角尺 4—腹板 5—弓形螺旋夹

1. 编制工艺规程的步骤

(1)对产品进行工艺性分析。包括熟悉产品性能、使用要求、相互装配关系、关键技术,审查装配图和零件图的工艺性、完备性、先进性、标准化程度,必要时进行符合手续的修正补充。

(2)拟定工艺路线,即装配和加工顺序及方法。必要时绘制装备系统图(产品的或及部件的)与装配次序图。应准备多种方案进行对比选择、互相补充,以求得合理方案。

(3)选择和设计制造所用设备、夹具(胎、模具)、工具、辅具。

(4)制订技术要求与检验、试验规范。

(5)确定工时定额、材料定额。

(6)预算成本。

(7)填写工艺文件,如工艺过程卡、工序卡、工艺守则、各种明细表等等。工艺文件可以是文字的、表格的、框图的、图文的多种形式,其简繁程度与生产方式、产品复杂程度、生产厂管理习惯等因素有关,例如,单件生产较简单产品,往往只需一些粗略的文字说明即可,而大批生产则应有多种详尽的文件。目前,工艺文件尚无标准式样,厂家可自行决定。

2. 装配系统图(图 1-12)与装配次序图(图 1-13)

装配系统图表达了零件、合件、组件、部件、产品五者的关系;装配次序图则表达了各零件、合件、组件、部件装配的先后顺序(由左到右、由下到上或由上到下)。图中※为各合件、组件、部件或该产品装配时的基准件。对装配(拆卸)操作而言,在拆卸同时,绘制装配次序图十分重要。

3. 编制工艺规程的实例

(1)煤斗构件组装的工艺规程 构件图见图 1-14。

1)零件工艺性分析 共有 10 个零件组成(图上略去件名),这 10 个零件都是由 Q235 钢板制成,其制造工艺见表 1-7。

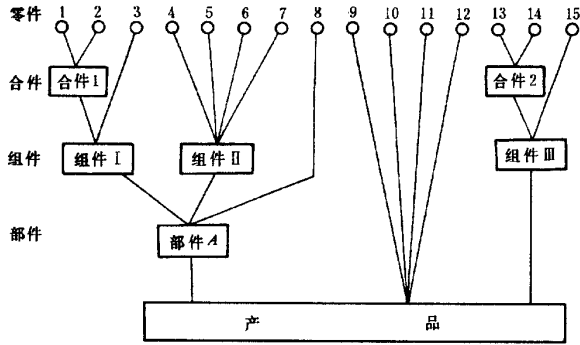


图 1-12 装配系统图

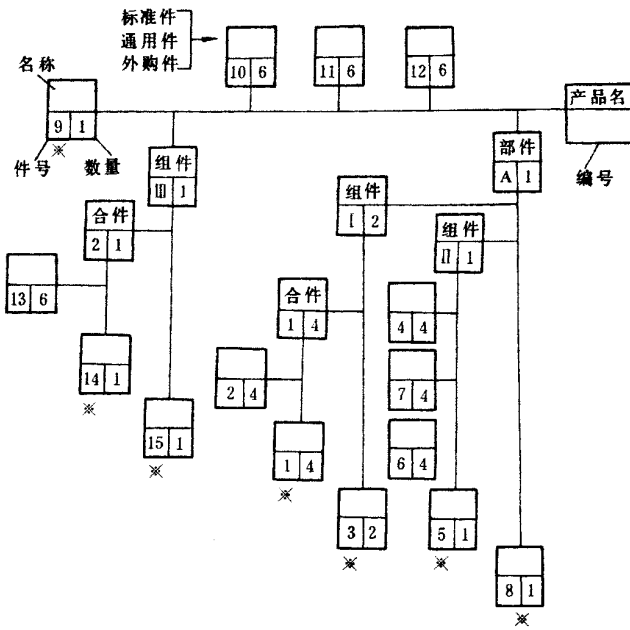


图 1-13 装配次序图

表 1-7

煤斗零件的制造工艺

件号	材料	数量	加工工序	件号	材料	数量	加工工序
1	钢板	2	划线、剪切、矫直	6	固定板	1	划线、气割、除渣、划线、钻孔
2	钢板	1	放样、划线、剪切、矫平	7	角钢	2	划线、气割、矫直
3	钢板	1	放样、划线、剪切、矫平	8	钢板	2	划线、剪切、矫平
4	钢板	1	划线、剪切、矫直	9	钢板	2	矫平、划线、气割、矫平
5	钢板	1	划线、剪切、矫平	10	钢板	2	划线、剪切、矫直

2) 构件工艺性分析 薄板壳体结构,局部刚度较差,焊接时易产生变形。宜采用立

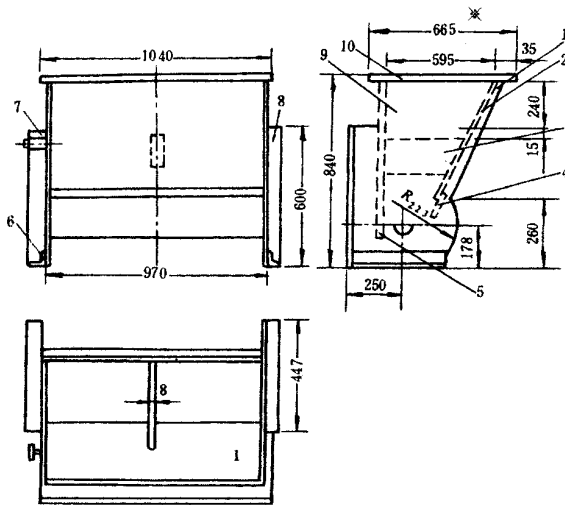


图 1-14 煤斗结构图

装,一次装配成形,以避免装配中的翻身。可先组装部件再进行总装,以达到增加刚度减少变形的目的。

3) 组装工艺规程见表 1-8。

表 1-8

煤斗装配工艺规程

工序号	工序内容	设备	工 装	
			名称	图号
10	划线 按图划出零部件定位线			
20	点焊 拼装组件	电焊机		
30	焊接组件	电焊机		
40	矫正组件			
50	拼装划线			
60	点焊 拼装部件	电焊机	平台	
70	点焊 拼装组件	电焊机	销轴	×××
80	焊接	电焊机		
90	检验 焊接质量			
100	矫正			
110	检验			

(2) 带轮罩装配工艺规程 带轮罩见图 1-15、图 1-16。

1) 零件制造工艺 见表 1-9。

2) 带轮罩装配工艺性分析 由厚 1.5 钢板组成的薄壳件,刚度差,易变形,更不宜于长焊缝,可将罩改成由带两个直边侧板的底板 3 和拼板 1、4 及角板 2、5 支板 6 焊成,采取外装方式。装焊工艺规程见表 1-10。零件装配次序图见图 1-17。

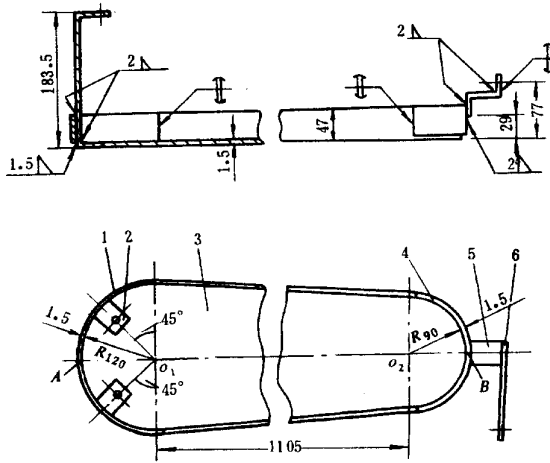


图 1-15 带轮罩

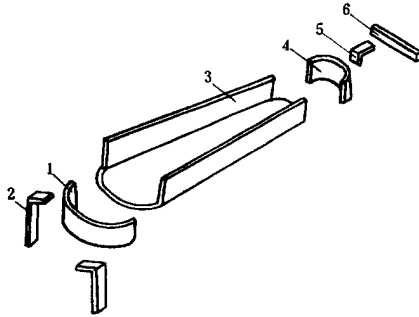


图 1-16 带轮罩分解
带轮罩各零件制造工艺

表 1-9

件号	名称	材料	数量	加工工序
1	罩壳拼板	Q235	1	划线、剪切、弯曲
2	角板		2	划线、剪切、弯曲、钻孔
3	罩壳底板		1	放样、号料、剪切、折弯
4	罩壳拼板		1	划线、剪切、弯曲
5	角板		1	划线、剪切、弯曲
6	支板		1	划线、剪切、钻孔

表 1-10

带轮罩装配工艺流程

工序号	名称	工序内容	设备	工 装	
				名称	编号
1	装罩壳 拼板 1、4	将罩壳拼板 1、4 装在罩壳底板 3 上,并 定位焊,再焊接	弧焊发 电机 AX1-320	挡铁 角尺	J-0.1 J-0.6
2	装支板 6	按图样要求,把支板 6 装焊在角板 5 上	弧焊发 电机 AX1-320	挡铁 角尺	J-0.1 J-0.6
3	划 线	在罩壳拼板 1、4 上按图中尺寸,划出角 板 2、5 的位置线	弧焊发 电机 AX1-320	挡铁 角尺	J-0.1 J-0.6
4	装角板 2、5	在罩壳拼板 1、4 上按线装配角板 2、5, 并焊接	弧焊发 电机 AX1-320	挡铁 角尺	J-0.1 J-0.6

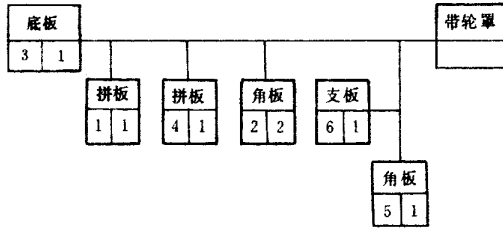


图 1-17 带轮罩的装配次序图

(3) 起重机主梁装配工艺流程 见图 1-18、表 1-11。

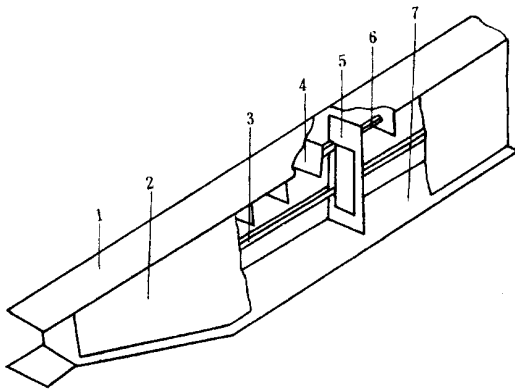


图 1-18 起重机主梁

1—上盖板 2—腹板 3—工艺角钢 4—短肋板;
5—长肋板 6—水平加肋角钢 7—下盖板

第一章 钣金产品装配工艺规程

表 1-11

起重机主梁的装配工艺规程

工 序 号	工 序 内 容	设 备	工 装	
			名 称	图 号
10	划线 在上盖板上划出筋板、腹板的定位线		划线样杆	GSBC-1.1
20	点焊 按上盖板上定位线拼装筋板	电焊机		
30	焊接	电焊机		
40	焊后矫正			
50	点焊水平角钢	电焊机		
60	拼装腹板成方箱	电焊机	安全钩	GSBC-1.2
70	方箱内点焊工艺角钢	电焊机		
80	焊接 将方箱搁在两支座上施焊内部焊缝	电焊机		
90	检验焊接质量			
100	方箱内部涂防锈漆	喷漆机		
110	拼装下盖板	电焊机	螺杆压架	GSBC-1.3
120	焊接 采用自动焊或半自动焊 焊接 4 条 纵向焊缝,两弯头处允许用手弧焊	自动焊机 电焊机		
130	检验 焊缝质量及主梁所达到技术条件的要求	超声波探伤 X 照相	水平仪	GSBC-2.1
140	主梁矫正	氧-乙炔设备		
150	检验合格后交桥架总装	起重机		

第二章 钣金分离技术工艺

第一节 剪切

剪切的原理与冲裁是相同的,只是剪切为开放式,而冲裁多为封闭的轮廓。

1. 剪切的原理及应用

(1)剪切的原理 如图 2-1 所示,剪切指利用上、下剪刀片的相对运动完成对被切物体的分离过程。将要剪切材料置于两剪刀之间,当剪切力足够大的时候,被切材料纤维首先产生弯曲和伸长的弹性变形,然后出现细微的裂纹,接着裂纹不断扩大,直至分离。

因为在外力作用下硬化现象的出现,切口附近的材料内部发生变化,其硬化区域的宽度与厚度成正比,一般在 1~2.5mm 范围内;所以在制造较为重要的结构件时,需要将硬化区域用铣削或刨削法除去。

(2)剪切的应用 剪切,尤其是机械剪切具有很高的生产效率,不仅是板料,大多数的型材也能剪断。剪切板料类,使用平口刀刃即可;若剪切型钢时,要使用与被剪型材相适应的刀具,图 2-2 所示为剪切角钢的刀刃。

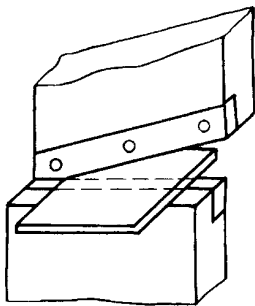


图 2-1 剪切示意图

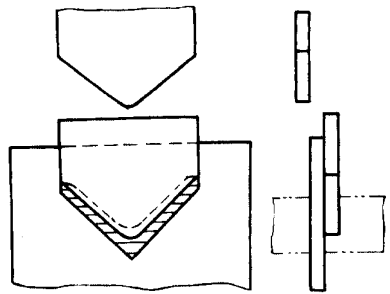


图 2-2 角钢剪切刀刃示意图

受剪切机功率的制约,目前钢板的剪切厚度 $\delta \leq 40\text{mm}$ 。凡经剪切的工件都会发生弯曲、扭曲等变形,剪切后需进行校正(平)。

2. 板料的剪切断面(图 2-3)

(1)圆角带 由于板料受剪切力使纤维产生弯曲和拉伸而造成圆角,形成圆角带。一般圆角带占到板厚的 15% 左右。

(2)光亮带 光亮带一般占到板厚的 30% ~ 50% ,是板料由于受剪切力使切面较平整、光滑而形成的。

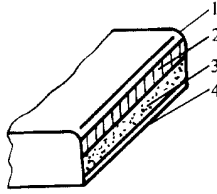


图 2-3 剪切断面示意图

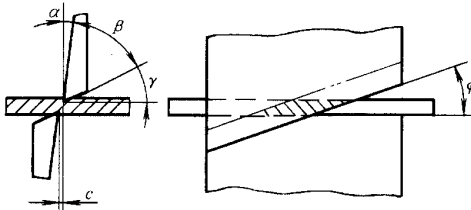
1—圆角带 2—光亮带
3—剪裂带 4—毛刺

(3)剪裂带 剪切继续,板料在受剪切处出现细微裂纹,随着裂纹的不断扩展,在板料断裂前会形成一个粗糙不平的断面,即剪裂带。剪裂带一般占板料厚度的 30% ~ 50%。

(4)毛刺 剪裂带的下端会留有毛刺,毛刺的高度与剪切的两刃口之间的间隙大小有关,通常在板厚的 1/10 以内,若超出这个范围,表明剪切间隙过大了。剪切之后需将毛刺磨去或剔除掉。

3. 剪切刀刃的几何形状和角度(表 2-1)

表 2-1 剪切刀刃的几何形状与角度



代号	名称	数据和作用
α	后角	为减少剪切过程中刀刃与材料的摩擦,刀刃后面应有一定的倾斜,即成后角,通常 $\alpha = 1.5^\circ \sim 3^\circ$
β	楔角	楔角的大小影响着刃口的强度,一般 β 在 80° 左右
γ	前角	$\gamma = 90^\circ - \alpha - \beta$
φ	剪切角度	上刀刃倾斜的角度即为剪切角度 φ , 越大,则剪切力越小,但会加剧被剪切下的材料向下弯曲和扭转现象。其值的大小视剪切板厚而定,一般板厚 $\delta \leq 10\text{mm}$ 时 φ 为 $2^\circ \sim 4^\circ$; $\delta > 10\text{mm}$ 时 φ 为 $3^\circ \sim 6^\circ$
c	刃口间隙	间隙合理,制作质量好;间隙值与板厚成正比,一般选取为板厚 δ 的 2% ~ 5%。间隙太小,剪切力增大,影响刀刃的寿命;间隙过大,材料易发生翘翻,且剪切面剪裂带扩大,毛刺长

4. 剪切方法

(1)手工剪切 利用手动剪切工具进行剪切操作即手工剪切,方法有:

1)剪外圆 当被剪件是大圆($\phi \geq 300\text{mm}$)或大圆弧时,延顺时针方向进行;剪小圆或小圆弧时,可按逆时针方向剪切。如图 2-4 所示。

2)剪内圆或内圆弧 剪内圆前,要在内圆里靠近内圆处打一个孔,以便下剪;剪切方向为逆时针。最好使用弯头剪刀剪切,此时剪切方向按弯头剪刀的自然剪切方向进行,如图 2-5 所示。

3)剪直料 分为剪短直料和剪长直料,如图 2-6 所示。

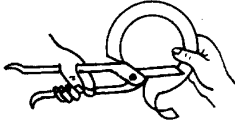


图 2-4 手工剪外圆

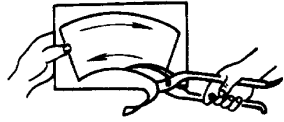
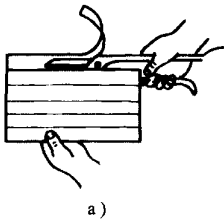
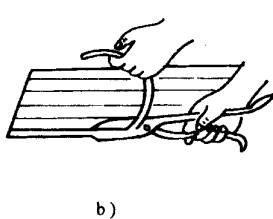


图 2-5 手工剪内圆或内圆弧



a)



b)

图 2-6 剪直料

a)剪短直料 b)剪长直料

①剪短直料 被剪掉的部分位于剪刀的右边,每剪一次剪刀张开约 $2/3$ 刀刃长,两刀刃之间不留空隙。

②剪长直料 被剪掉的部分位于剪刀的左边,并使之向上弯曲。

4)利用虎钳等剪切 将剪刀的下柄用虎钳夹住,为省力可在上柄套一根管子进行剪切,如图 2-7 所示。

5)克切 将材料置于铁砧、平台的棱角或虎钳口等处,作为下刀刃,用克子作为上刀刃,克子的刃口应倾斜 $10^\circ \sim 15^\circ$,然后用大锤锤击克子进行剪切,如图 2-8 所示。

(2)剪板机剪切

1)剪直线 先在板料上划出直线,然后将剪切线的两端对准下刀刃,控制剪切机的操纵机构进行剪切。当板料上有一些相交的剪切线时,必须先确定剪切顺序,然后按编好的顺序剪切,如图 2-9 所示。

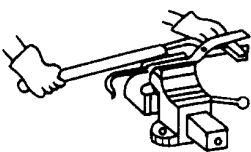


图 2-7 虎钳台上剪切

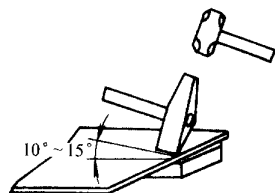


图 2-8 克切

2)剪狭料当剪板机的压料架压不住要剪切的板料时,可取与被剪板料等厚的垫板和更厚的压板加压进行剪切,如图 2-10 所示。

3)利用挡板剪切 当剪切尺寸相同、数量较多的工件时,可利用挡板定位,不必划线,能提高剪切质量和效率。只要将钢板靠紧挡板即可剪切。挡板分为前挡板、后挡板、角挡板等种类,如图 2-11 所示。

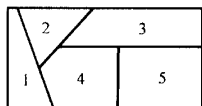


图 2-9 剪切顺序

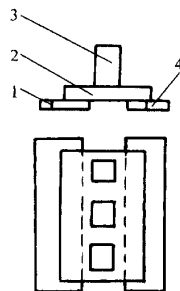


图 2-10 剪板机剪狭料

1—板料 2—压板
3—压料架 4—垫板

5. 剪切设备能力换算

在剪板机的铭牌中规定有设备能剪切的额定板厚,但这是以 25 钢 ~ 30 钢的强度极限作为标准的。在实际工作中,被剪材料的强度极限可能会大于或小于标准材料,则剪板机的实际剪切厚度需相应变化。其能力的换算公式为:

$$\delta = \delta_0 \sqrt{\frac{\sigma_{b0}}{\sigma_b}}$$

式中 δ ——所求的剪板厚度(mm);

δ_0 ——剪板机额定的最大剪板厚度(mm);

σ_{b0} ——额定剪板厚度所剪材料的抗拉强度 约 450MPa ;

σ_b ——被剪材料的抗拉强度(MPa)。

6. 剪板机操作的安全技术及维护

(1)剪板机操作的安全技术

1)要清除剪板机周围一切妨碍工作或操作安全的物件。

2)工作台上不得放置工具、杂物等。

3)剪切时必须按操作程序进行,不可过载,不允许将数块板料重叠后一起剪切。

4)操作时两手要远离刃口,也不可将手置于压紧装置的下部。

5)刀刃应保持锋利,有迟钝、损坏现象时应及时磨砺、检修、调换。

6)启动机床后,不得进行检修和清洁等工作。

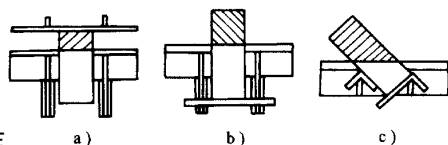


图 2-11 利用挡板剪切

a)前挡板 b)后挡板 c)角挡板

(2) 剪板机的维护

- 1) 发现设备有异常情况,应立即切断电源停止使用,进行检修。
- 2) 刃口处不许加油,保持干燥。
- 3) 设备上各滑润点必须按规定时间加油。
- 4) 电气线路应有良好的绝缘,电动机等应接地。

第二节 钣金的冲裁

1. 冲裁原理

冲裁的基本原理与剪切相同,板料的分离变形过程分为三个阶段,如图 2-12 所示。

(1) 弹性变形阶段

1) 坯料表面承受压力,产生弹性的压缩和拉伸,并略微挤入凹模的洞口形成塌角,坯料的内应力达到弹性极限。

2) 坯料上翘,间隙越大上翘的情况越严重。

(2) 塑性变形阶段 坯料的内应力超过屈服强度,产生塑性变形,部分材料被挤入洞口中,应力集中在凸、凹模刃口处,因为有间隙,材料纤维也发生弯曲和拉伸,直到坯料出现细微裂纹,金属材料的流动出现了光亮带。

(3) 剪裂阶段 坯料内应力达到抗剪强度极限,冲裁力达到最大值,受剪处光亮带终止,但细微裂纹继续发展,当凸、凹模刃口处的两裂纹重合时,坯料被分离,形成粗糙纤维状的剪裂带。

2. 冲裁板料的断面

如图 2-13 所示,冲孔时,工件板料断面的分布为 1~4,而落料时,工件板料的断面为 4~1。

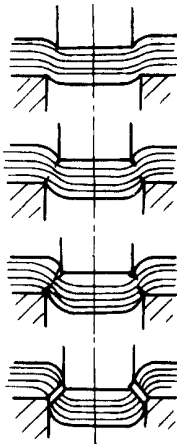


图 2-12 板料分离
变形过程

3. 冲裁间隙

冲裁间隙是冲裁中的一个重要工艺参数。

(1) 间隙对冲裁的影响 如图 2-14 所示。间隙 c 指凹、凸模之间的尺寸差, $c = (D - d) / 2$ 。落料时, 凹模尺寸等于工件的轮廓尺寸, 间隙取在凸模上。冲孔时则反之。

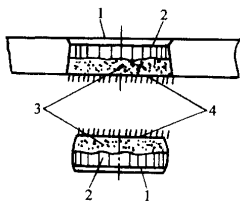
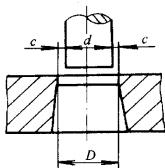


图 2-13 冲裁板料断面

1—圆角带(塌肩) 2—光亮带(塑性剪切带)
3—剪断带 4—毛刺



$$c = (D - d) / 2$$

图 2-14

1) 对断面质量的影响 冲裁间隙合理, 制出的工件断面圆角正常, 断面光滑, 无大毛刺。间隙过大, 对于薄料会使材料拉入间隙中, 形成拉长的毛刺; 对于厚料, 会形成很大的塌角, 其撕裂角也大, 而且冲裁后的工件可能产生平面扭曲、不平整等现象。间隙太小, 上、下两裂纹不重合, 断面上带有二次裂口, 其间形成毛刺和层片, 质量不合格。如图 2-15 所示。

2) 对工件尺寸的影响 冲裁工件的变形属于弹性变形, 其方向与受力方向相反。落料时, 如间隙太小, 即在圆周方向受挤压的力, 冲裁毕, 弹性恢复向外延伸, 则工件的尺寸会略大于凹模的尺寸; 间隙过大, 工件的尺寸会略小于凹模尺寸。冲孔时则发生与之相反的现象。

3) 对冲裁力的影响 间隙小, 冲裁力增大; 间隙大, 则冲裁力减小; 实际上若间隙过大, 工件承受着拉伸的力, 且裂缝加长, 冲裁力也会加大。

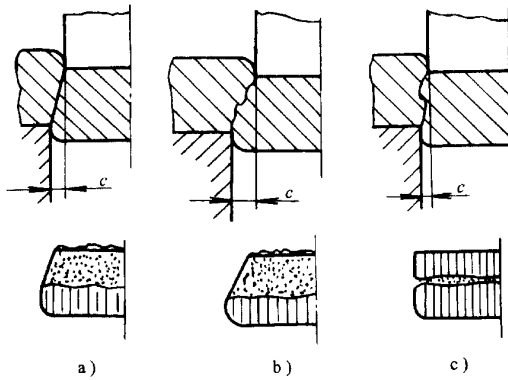


图 2-15 间隙对断面质量的影响

a) 合理 b) 过大 c) 太小

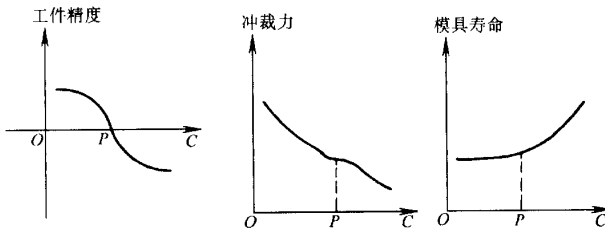


图 2-16 不同情况间隙的影响曲线图

4) 对模具寿命的影响 若间隙太小,板料对凸、凹模刃口产生的侧压力增大,摩擦力也随之增大,会加剧对模具的磨损,使之寿命下降。间隙偏大,两刃口处端面上的压应力分布不均匀,易崩刃或产生塑性变形。一般间隙偏大的不良后果可通过增加压边装置来解决,但间隙偏小带来的后果较难解决。

(2) 合理间隙的选择 从纯理论角度而言,以冲裁件断面质量对间隙的推导只能有一个数值,但如图 2-16 所示,从其它角度上来说,各自也有一个合理的数值。图中 P 点在三种不同情况下并不重合,但很接近,加之制造模具中很难达到某一假定的单一数值,所以需要确定出合理间隙的范围($c_{\min} \sim c_{\max}$)。

1) 理论计算法 从图 2-17 所示中,我们可以用理论值进行计算:

$$\tan\beta = \frac{c}{\delta - b} \quad (\beta \text{ 约为 } 5^\circ)$$

则
$$c = (\delta - b) \tan\beta$$

或
$$c = \delta \left(1 - \frac{b}{\delta}\right) \tan\beta$$

2) 经验公式法 选择时可用经验公式:

$$c = K\delta$$

式中 c ——冲裁间隙;

δ ——材料厚度;

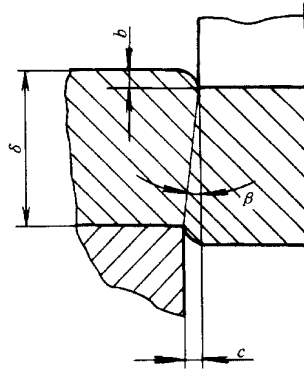


图 2-17

K ——与材料性质等有关的系数。

对软材料,如纯铁、纯铜等, $K = 0.06 \sim 0.09$ 。

对中硬材料,如 Q235、25 钢等, $K = 0.06 \sim 0.11$ 。

对硬材料,如 50 钢等, $K = 0.08 \sim 0.12$ 。

3)查表法 由于对冲裁件断面质量和尺寸精度的要求不同,冲裁间隙的选择标准也不相同。在机械、五金、汽车等行业中,由于工件的尺寸公差范围较大,所选择的冲裁间隙也较大;而仪表、电子、精密机械等部门对冲裁件尺寸精度有着比较高的要求,则要选用较小的冲裁间隙值。

在冲裁过程中,凸、凹模逐渐被磨损,简单说是凹模越来越大,凸模则越来越小,即间隙值逐步加大,所以在制造模具时,一般趋向选取最小的合理间隙。当然,如果精度要求不高时,为减少模具磨损,可采用大一些的间隙。

冲裁间隙的选择可通过查表 2-2~表 2-4 来确定。

表 2-2

工件尺寸精度要求较高时的冲裁间隙

材料厚度 δ /mm	软 铝				纯铜、黄铜、软钢 (0.08% ~ 0.2% c)			
	初 始 间 隙 值 c							
	c_{\min}		c_{\max}		c_{\min}		c_{\max}	
	$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm
0.2	2	0.004	3	0.006	2.5	0.005	3.5	0.007
0.3		0.006		0.009		0.008		0.011
0.4		0.008		0.012		0.010		0.014
0.5		0.010		0.015		0.013		0.018
0.6		0.012		0.018		0.015		0.021
0.7		0.014		0.021		0.018		0.025
0.8		0.016		0.024		0.020		0.028
0.9		0.018		0.027		0.023		0.032
1.0		0.020		0.030		0.025		0.035
1.2		2.5		0.030		3.5		0.042
1.5	0.038		0.053	0.045	0.060			
1.8	0.045		0.063	0.054	0.072			
2.0	0.050		0.070	0.060	0.080			
2.2	3	0.066	4	0.088	3.5	0.077	4.5	0.099
2.5		0.075		0.100		0.088		0.113
2.8		0.084		0.112		0.098		0.126
3.0		0.090		0.120		0.105		0.135
3.5	3.5	0.123	4.5	0.176	4	0.140	5	0.170
4.0		0.140		0.180		0.160		0.200
4.5		0.158		0.203		0.180		0.225
5.0		0.170		0.225		0.200		0.250
6.0	4	0.240	5	0.300	4.5	0.270	5.5	0.330
7.0		0.280		0.350		0.315		0.385
8.0	4.5	0.360	5.5	0.440	5	0.400	6	0.480
9.0		0.405		0.490		0.450		0.540
10.0		0.450		0.550		0.500		0.600

第二章 钣金分离技术工艺

表 2-3 工件尺寸精度要求较高时的冲裁间隙

材料厚度 δ /mm	硬铝,中硬钢(0.3%~0.4c)				硬钢(0.5%~0.65%c)			
	初 始 间 隙 值 c							
	c_{min}		c_{max}		c_{min}		c_{max}	
	$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm
0.2	3	0.006	4	0.008	3.5	0.007	4.5	0.009
0.3		0.009		0.012		0.011		0.014
0.4		0.012		0.016		0.014		0.018
0.5		0.015		0.020		0.018		0.023
0.6		0.018		0.024		0.021		0.027
0.7		0.021		0.028		0.025		0.032
0.8		0.024		0.032		0.028		0.036
0.9		0.027		0.036		0.032		0.041
1.0		0.030		0.040		0.035		0.045
1.2		3.5		0.042		4.5		0.054
1.5	0.053		0.068	0.060	0.075			
1.8	0.063		0.081	0.072	0.090			
2.0	0.070		0.090	0.080	0.100			
2.2	0.088		0.110	0.099	0.121			
2.5	0.100		0.125	0.113	0.138			
2.8	4	0.122	5	0.140	4.5	0.126	5.5	0.154
3.0		0.120		0.150		0.135		0.165
3.5		0.158		0.193		0.170		0.210
4.0		0.180		0.220		0.200		0.240
4.5	4.5	0.203	5.5	0.248	5	0.225	6	0.270
5.0		0.225		0.275		0.250		0.300
6.0		0.300		0.360		0.330		0.390
7.0	5	0.350	6	0.420	5.5	0.385	6.5	0.405
8.0		0.440		0.520		0.480		0.560
9.0	5.5	0.490	6.5	0.585	6	0.540	7	0.630
10.0		0.550		0.650		0.600		0.700

表 2-4 工件尺寸精度要求一般时的冲裁间隙

材料牌号	料厚/mm	c_{min}		c_{max}		材料牌号	料厚/mm	c_{min}		c_{max}						
		$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm			$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm					
0.8	0.05	无 间 隙				08	0.8	4.5	0.037	6.5	0.052					
10	0.10					20										
08	0.20					16Mn										
50						65Mn										
20	0.22					09Mn										
08	0.3					Q235						0.9	5	0.045	7	0.063
16Mn						08										
65Mn						09Mn										
08	0.5					30						1	5	0.50	7	0.070
65Mn						65Mn										
35		10														
20	0.6	4	0.24	6	0.36	08	1.2	5.5	0.066	7.5	0.090					
09Mn	0.7	4.5	0.032	6.5	0.046	09Mn										
65Mn						Q235										
45						08	1.5	5.5	0.083	7.5	0.113					

材料牌号	料厚/mm	c_{min}		c_{max}		材料牌号	料厚/mm	c_{min}		c_{max}													
		$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm			$\delta\%$	单面 mm	$\delta\%$	单面 mm												
20	1.5	5.5	0.083	7.5	0.113	16Mn	3	8	0.240	11	0.330												
50						Q235	3.5	7.5	0.262	11.5	0.402												
16Mn						08	4	8	0.320	11	0.440												
10	1.75	6	0.105	9	0.160	Q235		2	6	0.120	9	0.180	20	16Mn	8.5	0.340	11.5	0.460					
Q235	10	2	6	0.120	9	0.180							10						4.5	8	0.360	11	0.495
08	09Mn												Q235										
10	2	6	0.120	9	0.180	10	5	8	0.400	11	0.550												
09Mn						Q235						20	16Mn	8.5	0.425	11.5	0.575						
20	2.1	6.5	0.130	9.5	0.190	20	5.5	8.5	0.468	11.5	0.632												
16Mn						16Mn						7.5	0.188	10.5	0.262	03	7	0.385	10	0.550			
50	2.5	7	0.175	10	0.250	20	6	9	0.540	12	0.720												
Q235						Q235						08	08	8.5	0.425	11.5	0.575						
08	2.5	7.5	0.188	10.5	0.262	03	5.5	8.5	0.468	11.5	0.632												
20						16Mn						7.2	0.180	10.2	0.255	16Mn	6	9	0.540	12	0.720		
16Mn	09Mn	40	Q235	8.5	0.425	11.5	0.575																
09Mn	3							7.5	0.225	10.5	0.315	20	6	9.5	0.570	12.5	0.750						
40		08	08	08	8.5	0.425	11.5					0.575											
08	3	7.5						0.225	10.5	0.315	16Mn		6	7.5	0.450	10	0.600						
Q235			20	8	0.240	11	0.330				16Mn	8						8	0.640	11	0.880		
09Mn	3	7.5	0.225					10.5	0.315	16Mn	8		8	0.640	11	0.880							
20				8	0.240	11	0.330			0.330		16Mn					8	8	0.640	11	0.880		

注 表中所列牌号较少,实际工作中可用材料性能(σ_b)为基础,对照表中材料相近的作出间隙选择。

4. 冲裁力

(1) 冲裁力的计算 冲裁力指使材料分离时的最大抗剪能力。

1) 理论冲裁力 从理论上而言,冲裁力等于冲裁面积(轮廓长乘以料厚)与材料抗剪强度之积。即:

$$F_p = L\delta\tau_b$$

式中 F_p ——冲裁力(N);

L ——冲裁轮廓的周边长度(mm);

δ ——板料厚度(mm);

τ_b ——材料的抗剪强度(MPa),一般在手册中可查得,或 $\tau_b = (0.7 \sim 0.8)\sigma_b$ 。

2) 实际冲裁力 所谓抗剪(或抗拉)强度来自于实验室的数据,但实际工作条件与实

实验室的条件有一定的差别,则实际中的抗剪强度更大一些,计算时可用下式:

$$F_o = KL\delta\tau_b$$

式中 F_o ——实际冲裁力(N);

K ——系数, $K = 1.1 \sim 1.3$ 。

从安全角度出发, K 值可选最大,则:

$$F_o = 1.3L\delta\tau_b$$

(2)卸、推料力计算 卸料力和推料力的计算公式为:

$$F_Q = kFn = kFh/\delta$$

式中 F_Q ——卸料力或推料力(N);

F ——冲裁力(N);

n ——同时卡在模具中的件数, $n = h/t$;

h ——刃口高度(mm)如图 2-18 所示;

δ ——板料厚度(mm);

k ——系数,与工作状况有关,可按表 2-5 选取。

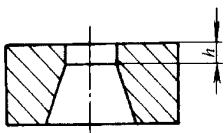


图 2-18 刃口高度示意

表 2-5

推、卸料力系数 k

板 厚 δ /mm		< 1	1~5	> 5
冲模 种类	简单模冲孔或落料	0.02~0.06	0.06~0.08	0.08~0.1
	连续模(冲孔、落料)	0.06~0.08	0.1~0.12	0.12~0.15
	多凸模冲孔	0.1~0.12	0.12~0.15	0.15~0.2

(3)压力机吨位的选择 可通过计算而选择大于实际冲裁力、推料力、卸料力三者之和的额定能力的压力机。

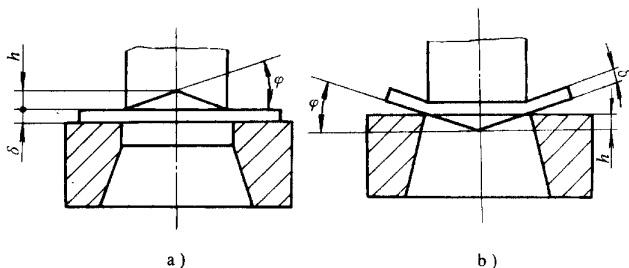


图 2-19 冲孔斜刃结构

(4)减小冲裁力的方法

1)加热冲裁

①先对要冲裁的材料进行加热,然后再冲裁。加热后材料的抗剪强度降低,冲裁力减小。

②为避免刃口的退火软化,模具应选用相应的热模钢制造。

2)斜刃冲裁 斜刃冲裁时像剪板机斜刃剪切一样,材料是逐步分离的,既减小了冲裁力,又减轻了冲裁时的振动和噪声。斜刃口的应力要对称。

①冲孔斜刃结构。为了在冲孔后得到平整的工件,凹模应作成平刃,而凸模制作成斜刃,如图 2-19 所示。为了避免冲裁时板料上翘加剧,尽量采用图 2-19a 所示的刃口结构,若采用图 2-19b 的结构应加加压边圈。

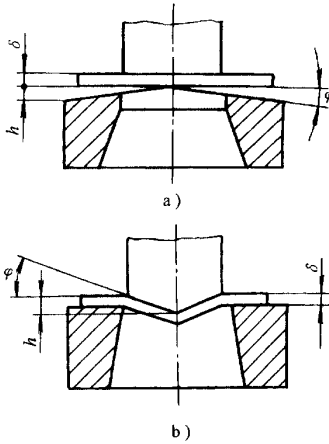


图 2-20 落料斜刃结构

②落料斜刃结构。落料斜刃结构如图 2-20 所示,其原理与冲孔时相反。

③斜刃结构参数见表 2-6。

表 2-6

斜刃结构参数

δ/mm	h/mm	$\varphi/(\text{°})$	δ/mm	h/mm	$\varphi/(\text{°})$
< 3	$2t$	< 5	3 ~ 10	$1t$	< 8°

3)阶梯凸模 在多孔冲裁时,凸模设计成不同高度,如图 2-21 所示。冲裁力最大值不再是各凸模冲裁力之和,且将其中最大的冲裁力作为确定压力机能力的依据。

①凸模的高度差 h 值与被冲材料的强度极限和厚度有关,见表 2-7。

②各阶梯凸模的分布要对称和接近压力中心。

③首先开始冲裁的是端部带有导正销的凸模;或先冲大孔、后冲小孔,这样可以使直径小的凸模长度较短,以提高其使用寿命。

5. 冲裁工艺设计

(1) 工艺方案的确定

1)冲裁件成本 冲裁件成本包括工件材料费用、工件加工费用(包括有工人的工资、设备折旧、企业管理费用等)、模具制造费用(包括模具材料费用、模具加工费等)三项之和。模具一经制成,维修费很少,可以看作是不变的;另外两项却随着生产数量的变化而

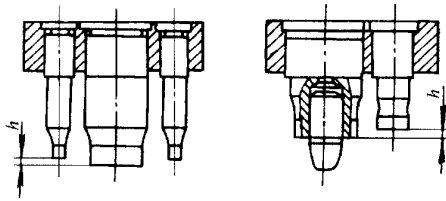


图 2-21 阶梯凸模

变化,即为可变的。一般而言,冲裁件的材料费约占总成本的 50% ~ 60%,所以,如何提高冲裁件的材料利用率、降低材料费用显得十分重要。

表 2-7 凸模的高度差 h 值

σ_b /MPa	< 200			200 ~ 500			> 500		
δ /mm	< 2	2 ~ 6	> 6	< 2	2 ~ 6	> 6	< 2	2 ~ 6	> 6
h	1.1 δ	0.8 δ	0.6 δ	0.9 δ	0.7 δ	0.5 δ	0.7 δ	0.5 δ	0.4 δ

2) 工艺方案优化 冲裁件工艺方案的制定要参照本企业现有(或即将会有)的设备、人员、工艺技术、经营现状、制模能力及生产批量等多项条件。而冲裁件的生产批量是一个重要因素。

①大批量生产时可采用生产率较高的多工位级进模、复合模及高寿命的硬质合金模。

②小批量生产时,由于模具的制造费用成为决定其成本的关键因素,尤其在新产品试制过程中更是如此。故可采用造价低廉、制造周期短,模具材料可以回收的各种简单模具、低熔点合金模、组合冲模等。

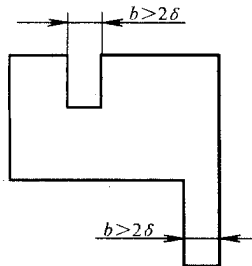


图 2-22 悬臂与狭槽尺寸

3) 冲裁件结构工艺性

①冲裁件形状尽量简单,最好是规则的几何形状或由规则的几何形状所组成。应避免过长的悬臂与狭槽,一般狭槽宽度应大于料厚的两倍,即 $b > 2$ 。如图 2-22 所示。

②最小冲孔尺寸见表 2-8。

表 2-8 冲孔的最小尺寸

材 料		铝	软 钢	硬 钢
冲孔最小半径或最小边长	圆 孔	0.8 δ	1 δ	1.3 δ
	方 孔	0.5 δ	0.7 δ	1 δ

(2) 排样 排样是工件在板料上的布置方式。

1)排样方法

①有废料排样法 此法的材料利用率较低,但工件精度较高。其形式见表 2-9。

②无或少废料排样法 其与有废料排样法相反,具体应用见表 2-10。

表 2-9 有废料排样法的形式

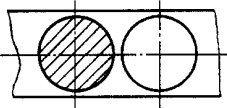
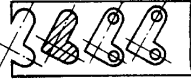
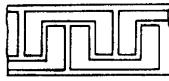
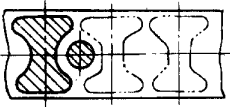
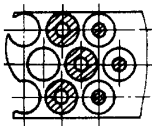
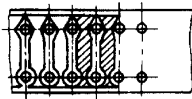
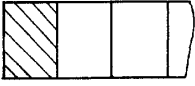
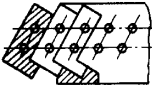
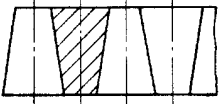
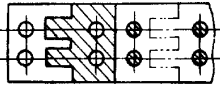
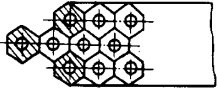
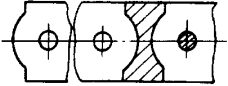
形 式	简 图	用 途
直 排		用于几何形状较为简单的工件,如圆形等
斜 排		用于角形或其它复杂外形的工件,这些工件在直排时有较多废料
对 排		用于如左图所示形状的工作,这些工件在直排和斜排中有较多的废料
混 合 排		用于两种工件,其材料及厚度一致,适于大批量生产
多 排		适用于尺寸较小的工件,在大批量生产中应用
冲裁搭边		适于大批生产中既小又窄的工件(如表针等)

表 2-10

无或少废料排样法的形式

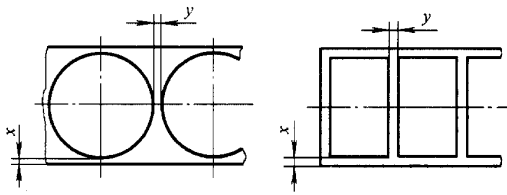
形 式	简 图	用 途
直 排		用于矩形工件
斜 排		用于角形或其它形状的工作,在外形上不允许有大的缺陷
对 排		用于梯形工件
混 合 排		用于两外形可互相嵌入的不同工件(如铰链或如简图所示的形状等)
多 排		在大批量生产中用于尺寸较小的矩形、方形及六角形的工作
冲裁搭边		适用于宽度均匀的条料或卷料制造的长形件

2) 搭边值 搭边值是指工件与工件、工件与板料边缘的距离。有搭边值可以补偿冲裁时的送料误差,保证工件精度,还可以保证条料的强度与刚度,利于送料。冲裁搭边值见表 2-11。实际工作中还应注意下述几点:

表 2-11

冲裁时合理搭边值

(mm)



料 厚			≤1	>1~2	>2~3	>3~4	>4~5	>5~6	>6~8	>8
手 送 料	圆 形	x	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7
		y	1.5	1.5	2	2.5	3	4	5	6
	非圆形	x	2	2.5	3	3.5	5	6	7	8
		y	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7
自动送料		x	3	3	3	4	5	6	7	8
		y	2	2	2	3	4	5	6	7

①软料冲裁时,搭边值应选择比表中的数值更大一些;非金属材料冲裁时,应选择为表中搭边值的 1.5~2 倍。

②冲裁间隙较大或材料很薄时,为防止材料拉入间隙,应选择较表中的数值更大一些。

③当所冲工件是窄长条且尺寸又较大时,搭边值也应更大一些。

(3)凸、凹模工作部分尺寸的确定 设计时凸模的尺寸(D_p)应为孔的最大极限尺寸,凹模的尺寸(D_d)应为工件的最小极限尺寸。间隙是:落料时,以凹模为基准去配凸模;冲孔时,则以凸模为基准来配凹模。

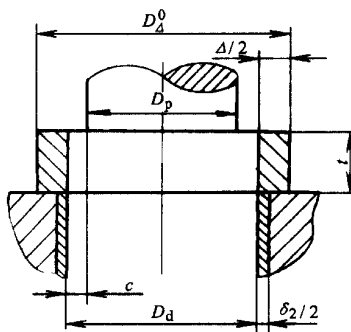


图 2-23 落料时凸、凹模工作尺寸

1)落料时凸、凹模工作尺寸 如图 2-23 所示, D 为工件基本尺寸,上偏差是 0,下偏差为 $-\Delta$,公差为 Δ 。则凸、凹模工作部分尺寸为:

$$D_d = (D - \Delta)_{+\delta_0 d}$$

$$D_p = D_d - 2c_{\min} = [(D - \Delta) - 2c_{\min}] - \delta_p^0$$

式中 δ_d 、 δ_p ——分别表示为凹、凸模的制造偏差(mm)。其值见表 2-12。

表 2-12

(mm)

基本尺寸	δ_p	δ_d	基本尺寸	δ_p	δ_d
≤ 18	-0.020	+0.020	> 180 ~ 260	-0.030	+0.040
> 18 ~ 30	-0.020	+0.025	> 260 ~ 360	-0.035	+0.045
> 30 ~ 80	-0.020	+0.030	> 360 ~ 500	-0.040	+0.050
> 80 ~ 120	-0.025	+0.035	> 500	-0.050	+0.060
> 120 ~ 180	-0.030	+0.035			

凹模 D_d 的制造偏差不应是负值, 否则在已经确定到工件的最小极限尺寸上若再小, 将会突破工件的最小极限尺寸; 对凸模而言道理相同。表中的数据为参考值, 设计时注意:

$$2c_{\min} + \delta_d + \delta_p \leq 2c_{\max}$$

即: $\delta_d + \delta_p \leq (c_{\max} - c_{\min})$

2) 冲孔时凸、凹模工作部分尺寸 冲孔时 d_p 和 d_d 与工件的关系如图 2-24 所示。则:

$$d_p = (d + \Delta) - \delta_p^0$$

$$d_d = (d + \Delta + 2c_{\min}) + \delta_d$$

$$\delta_p + \delta_d \leq (c_{\max} - c_{\min})$$

6. 提高冲裁质量的工艺方式

(1) 精整 常规冲裁(采用间隙为板料厚度的 10% 左右)工件的尺寸公差在 IT10 ~ IT11 之间, 冲裁面的表面粗糙度随着厚度和模具投入使用期限的变化在及 $R_a 3.2 \mu\text{m} \sim R_a 12.5 \mu\text{m}$ 之间, 若工件的各项质量指标要求较高时, 常规冲裁的制造手段已无法满足要求, 需进行深加工才行。

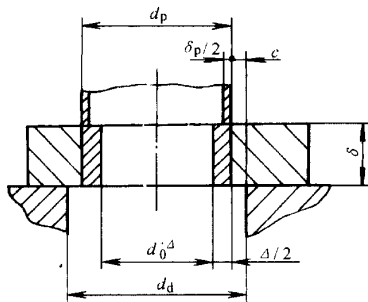


图 2-24 冲孔时凸、凹模工作部分尺寸

采用精整的工艺方式具有生产效率高、单件成本低、互换性好的优点, 遇有形状复杂、批量很大的工件时宜采用。

精整是一种再次冲裁加工的方式, 即在常规冲裁时不要一次剪切到工件的极限尺寸, 而是留有一定的整修余量, 通过精整, 取得良好效果。精整件的尺寸精度可达到 IT7 级, 冲裁面的表面粗糙度可达到 $R_a 0.40 \mu\text{m} \sim R_a 0.80 \mu\text{m}$, 应用较广。

1) 外缘切削整修 外缘切削整修如图 2-25 所示, r_y 是整修余量, s 称整修全量。

①整修方法和过程。外缘切削整修件的厚度 $t \geq 1\text{mm}$,采用凸、凹模间隙为 $0.006 \sim 0.01\text{mm}$,且与所冲材料的厚度与性能无关。在力的作用下 ,凹模刃口处多余的整修材料逐步裂变成碎屑掉下 ,当凸模伸入凹模后即完成整修。

经切削整修的工件 ,其塌角和毛刺都很小 ,但模具、工件的定位要求很高 ,除屑不易 ,效率较低。

②工件的整修并非所有都可一次完成 ,一般形状不太复杂、 $\delta \leq 3\text{mm}$ 时 ,可一次达到 ,否则将进行多次整修才行。

③模具工作部分尺寸整修如下所述 :

a. 整修前的落料模具尺寸为 :

$$D_d = (D - 2c)^{+\delta_1} = (D + y + 2c)^{+\delta_1}$$

$$D_p = (D + y) - \delta_p^0$$

$$y = 0.1 \sim 0.6\text{mm}$$

b. 整修模具尺寸为 :

$$D'_d = (D - 3/4\Delta)^{+\delta'_0}$$

$$D'_p = (D'_d - 2c') - \delta'^0 = (D - 3/4\Delta - 2c') - \delta'^0$$

其中

$$c' = 0.06 \sim 0.01\text{mm}$$

$$\delta' = |\Delta/4|$$

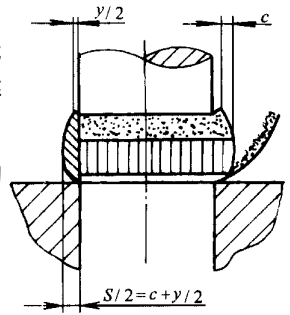


图 2-25 外缘切削整修示意

2) 外缘挤光整修

①外缘挤光整修的方法。外缘挤光整修的关键是凹模 ,其分为锥形过渡和刃口圆角两种形式 ,如图 2-26 所示。这是塑性变形的整修法 ,在强力的作用下 ,材料被均匀地挤入凹模的型腔内 ,形成光亮的剪切面。正因如此 ,当整修结束后会导致料厚 δ 的增厚。由于刃口带有圆角的凹模型腔 ,不仅不会对所冲材料产生应力集中 ,相反会增加其径向压应力 ,提高了材料的塑性 ,减缓或避免了裂纹的过早产生。

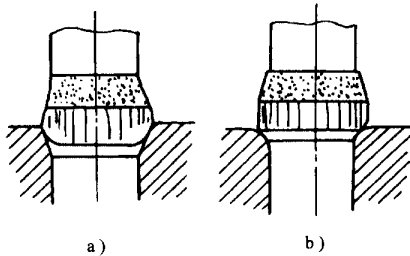


图 2-26 外缘挤光整修

a) 锥形过渡形式

b) 刃口圆角形式

②退料之后 ,因为弹性恢复 ,工件有一定的变量 ,对于十分精密件 ,要在模具设计时先留下 $0.02 \sim 0.06\text{mm}$ 的余量。外缘挤光的余量为 $0.04 \sim 0.06\text{mm}$ 。

③外缘的挤光整修质量低于切削整修 ,一般适用于软性材料。由于凹模洞口的受力很大 ,所选用的材料要耐磨、硬度高。为防止因摩擦而产生的粘结现象 ,冲裁时应加强润

滑,工件加工前可磷化或皂化。

④模具工作部分尺寸整修如下所述:

a. 挤光整修前的落料模尺寸为:

$$D_p = (D + y) \delta$$

$$D_d = (D + y + 2c) \delta$$

$$y = 0.04 \sim 0.06 \text{mm}$$

b. 挤光整修时的模具尺寸为:

$$D'_d = (D - 0.75\Delta - \delta_{\text{弹变}}) \delta$$

$$D'_p = (D - 0.75\Delta - \delta_{\text{弹变}} - 2c) \delta$$

$$c' = 0.02 \sim 0.03 \text{mm}$$

$$\delta_{\text{弹变}} = 0.02 \sim 0.06 \text{mm}$$

$$|\delta'| = 0.25\Delta$$

其中

⑤外缘挤光整修凹模的圆角有两种形式,如图 2-27 所示,图 a 中的圆角 $R = 0.2 \sim 0.3 \text{mm}$,图 b 中的椭圆角 R_1 的值可按表 2-13 选用。在实际工作中,可先将 R_1 加工的略小一些,然后根据工作情况,再适当加大,直到所冲工件质量达到要求为止。

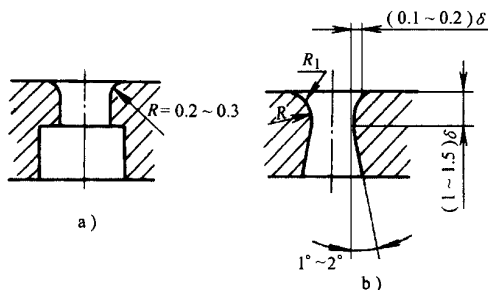


图 2-27 外缘挤光整修凹模圆角

a)圆角 b)椭圆角

表 2-13

椭圆角凹模 R_1 选用值

(mm)

材料	状态	工件厚度	R_1	材料	状态	工件厚度	R_1
软 钢	热 轧	4.0	0.5	铝 合 金	软 (硬)	4.0	0.25
		6.5	0.8			6.5	0.25
		10.0	1.4			10.0	0.4
	冷 轧	4.0	0.35	铜	软 (硬)	4.0	0.25
		6.5	0.8			6.5	0.30
		10.0	1.2			10.0	0.4

3)内孔的切削整修

①内孔切削整修的应用。此方法与外缘切削整修一样,只是整修余量更小,如图 2-28 所示。整修后孔的尺寸精度可达 IT6 级,冲截面表面粗糙度可达 $R_a 0.20 \mu\text{m}$,可以用来整修机床钻过的孔。

②模具工作部分尺寸整修如下所述：

a. 切削整修前的冲孔模具尺寸为：

$$D_d = (D - y)^{+\delta}$$

$$D_p = (D_d - 2c) = (D - y - 2c)^{-\delta}$$

$$y = 0.08 \sim 0.3\text{mm}$$

b. 切削整修时的模具尺寸为：

$$D'_p = (D - 0.75\Delta + \delta_{\text{弹变}})^{-\delta'}$$

$$D'_d = (1.1 \sim 1.3)D'_p$$

$$\delta' = 10.25\Delta$$

$\delta_{\text{弹变}}$ 见表 2-14。

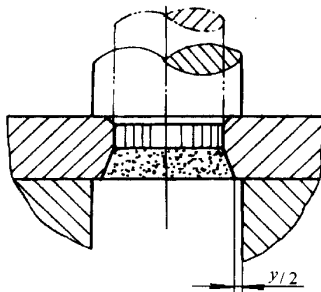


图 2-28 内孔切削整修

表 2-14

内孔整修时的 $\delta_{\text{弹变}}$

(mm)

材料	软钢	铝	铜
$\delta_{\text{弹变}}$	0.008 ~ 0.015	0.005 ~ 0.010	0.007 ~ 0.012

(2)半精冲 半精冲不需要预先进行常规冲裁,而是指直接在板坯上进行的冲裁。冲裁的间隙采用微间隙或负间隙,用大于常规冲裁的力施加到板料上,使材料沿冲模的型腔分离而完成冲裁。工件的尺寸公差精度在 IT7 ~ IT8 级之间,冲裁面的表面粗糙度在 $R_a0.8\mu\text{m} \sim R_a0.2\mu\text{m}$ 之间。

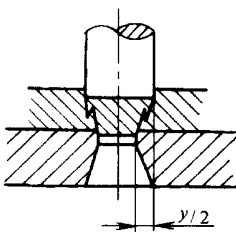


图 2-29 负间隙冲裁示意图

1) 负间隙半精冲

①负间隙冲裁的原理是凸模大于凹模,如图 2-29 所示。冲裁时,板料上、下表面裂纹不重合,形成倒锥体;凸模继续下行,将倒锥体压入凹模型腔,相当于又进行了一次整修过程。由于凸模大于凹模,冲裁时凸模不能伸入凹模型腔内,所以两者间有 0.1 ~ 0.2mm 的距离,此时落料件并未完全进入凹模,需要在冲下一个工件时,再全部压入凹模的型腔内。或在凹模型腔内设置顶杆,再将其顶回。负间隙值 y' 见表 2-15。

②负间隙冲裁主要应用于材料较软且厚度不大的材料。在强力作用下,冲裁面的

80%以上是光亮带,裂纹很小。模具结构简单,便于制造加工,但寿命低,工件的平整度也差。

表 2-15

负间隙值 y'

(mm)

板料厚度	0.5~1	1~2	2~3	3~3.5
负间隙值 y'	0.10~0.15	0.12~0.20	0.18~0.25	0.25~0.40

凹模刃口处应为圆角, $R = (0.05 \sim 0.1)\delta$ 。落料件出模后会产生回弹, $\delta_{\text{弹变}} = 0.02 \sim 0.06\text{mm}$ 。

③ 模具工作部分尺寸为:

$$D_d = (D - 0.75\Delta - \delta_{\text{弹变}})^{+\Delta/4}$$

$$D_p = (D_d + 2y')^{-\Delta/4} = (D - 0.75\Delta - \delta_{\text{弹变}} + 2y')^{-\Delta/4}$$

2) 钝刃口半精冲 钝刃口半精冲的原理与整修时外缘挤光整修是相同的。但应注意,在冲孔时凸模刃口带圆角,落料时凹模刃口处带圆角,圆角都是 $R \leq 0.1\delta$,如图 2-30 所示。

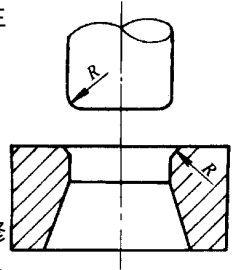


图 2-30 钝刃口半精冲示意图

钝刃口半精冲凸、凹模间隙很小,不论工件的料厚和性能,一律为 $2c' = 0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 。工件的塌角和毛刺都比较大。

第三节 精密冲裁

1. 精密冲裁的原理及应用

精密冲裁简称精冲,实际上是精密冲压,与普通冲裁是两种不同的变形机理。

(1) 概述 精冲是在 V 形环的强力压边下,通过在压力机上一次或连续几次行程中,由坯料直接冲得精度高,表面粗糙度很细,平面度、垂直度好的高质量的冲压工件。精密冲裁可以取代常规冲裁及事后再进行各种切削加工等的繁杂工艺,直接提供符合产品装配要求的板料冲压件。

(2) 精冲过程(见图 2-31)

图 a 为模具开启,将条料 9 送进工作位置。

图 b 为模具闭合,齿圈压板 10 将材料压到凹模 6 上,其 V 形突齿嵌入材料,同时推板 1 与落料凸模 7 将材料夹紧。

图 c 为材料在受压的状态下被精冲。

图 d 为精冲完毕。

图 e 为模具开启,卸料,顶杆 8 顶出冲孔的废料,推板推出工件。

图 f 为排走工件和废料,同时送进条料,准备下一个工件的精冲。

(3) 精冲原理 精冲是使坯料在冲裁过程中避免出现剪裂,而只产生塑性剪切,并使工件和板料在冲裁过程中始终保持为一个整体,直至冲裁终了时才被分离。

要获得这一效果,就要求在冲裁前,V 形压边圈先压住坯料,防止剪切区以外的材料

在剪切过程中随凸模流动,压边圈和推板的强力夹持,使坯料在冲裁过程中始终保持和冲裁方向垂直而不翘起。采用尽量小的精冲间隙和适宜的刃口圆角,构成坯料获得塑性剪切的条件,同时在V形齿圈压边力、冲裁力和推件反力的作用下,坯料变形区处于三向压应力状态,提高了被冲材料的塑性,抑制了剪切过程中裂纹的产生,从根本上防止了常规冲裁中出现的弯曲-拉伸-撕裂现象,使材料在接近纯剪切的条件下进行剪切分离,从而获得高质量、光洁、平整的精冲工件。

(4)精冲的应用 精冲是目前提高冲裁件质量经济而有效的方法。精冲的范围、工艺要求远远超过常规冲裁,如小于料厚的孔、细长的窄槽、很小的壁间距等工艺难度大的工件都可以应用精冲来实现,而且它还可以与其它冲压工序复合,进行如沉孔、压印、压凸、压扁、弯曲、半冲孔、内孔翻边等精密成形。精冲技术发展较快,不仅在电器、钟表、仪器仪表、计算机、照相机等精密机械工艺中获得广泛的应用,而且在其它工业部门中的应用范围也日益扩大。

尽管精冲水平较高,但应用范围也有制约之处,因为专用精冲压力机(三动精冲机床)造价昂贵,结构复杂,制造与维修的技术要求很高,精冲模具精度要求高,制造复杂、困难,成本也很高,对被剪材料的要求严,精冲前要根据工件形状的复杂程度和材料的性质进行软化处理,以提高塑性;另外精冲对润滑剂和润滑方法也有较高要求等。

2. 精冲的工艺性

(1)精冲与常规冲裁的比较 常规冲裁如图2-32a所示,因为没有压料和顶件板的压力,冲裁时伴随着弯曲和拉伸,所以工件的平整度差,冲裁剪切面只有大约料厚的30%是光洁平整的光亮带,其余为带斜度的粗糙的剪裂带。材料越厚,间隙越大,剪切面的特征则越明显。采用精冲时,如图2-32b所示。由于冲裁间隙很小,冲裁前在材料变形区内、外、上下均施以强大的压料力,材料在三向压应力状态下冲裁,提高了材料的塑性,避免了常规冲裁时的撕裂现象,获得的工件平整,剪切面几乎全部是光亮带,虽有毛刺和塌角,但很小,工件的尺寸精度也很高。

(2)适用于精冲的材料 适用于精冲的材料,必须具有良好的塑性、较大的变形能力(即 σ_s/σ_b 越小越好)和良好的组织结构(以扩散良好的球状渗碳体组织为最好),以便在精冲过程中不发生撕裂现象。对于碳的质量分数在0.35%以下、抗拉强度 σ_b 为300~600MPa的钢种,精冲效果好;对于碳的质量分数在0.35%~0.7%之间,以及更高的碳钢或铬、镍、钼含量低的合金钢,经过退火后也可得到良好的精冲效果。在有色金属中,纯铜、黄铜、软青铜、铝及其合金($\sigma_b \leq 250\text{MPa}$)、金、银等材料都能用于精冲。硬铝和铅黄铜等材料的精冲质量较差。

一般钢材精冲的适应范围,可根据其退火后的强度划分,见表2-16。

表2-16 精冲材料强度与范围

材料强度 σ_b/MPa	686	588	490	441	392
精冲厚度/mm	≤ 2.0	≤ 3.5	≤ 6.0	≤ 10	≤ 15

(3)精冲件的工艺性

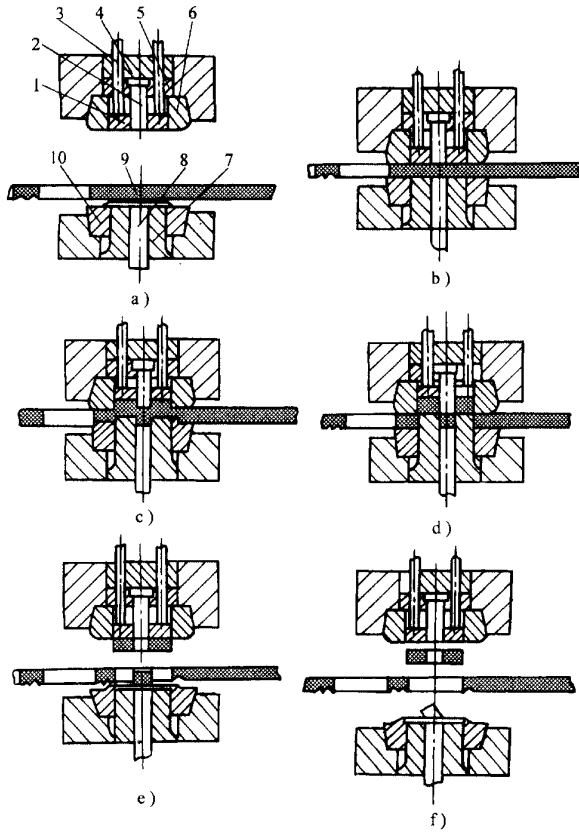


图 2-31 精冲过程

- 1—推板 2—冲孔凸模 3—顶杆
 4—垫板 5—凸模固定板 6—凹模
 7—落料凸模 8—顶杆 9—条料 10—齿圈压板

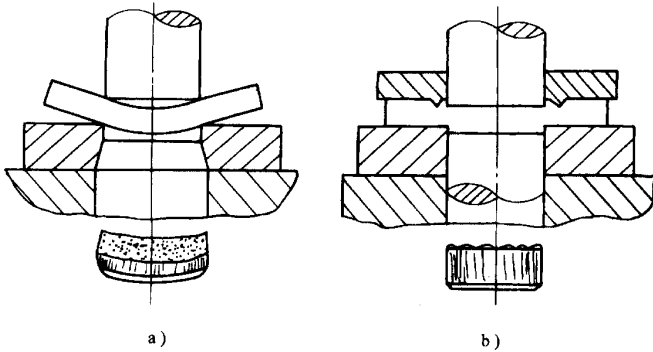


图 2-32 精冲与常规冲裁的比较

- a)常规冲裁 b)精密冲裁

1)精冲件的工艺水平 精冲的方法有 V 形齿圈压板精冲、对向凹模精冲、小间隙圆角刃口凹模精冲、负间隙精冲、往复精冲、小间隙分段凸模精冲、聚氨酯橡胶精冲等多种。由于在实际生产中广泛应用齿圈压板精冲,所以现主要介绍该工艺方法。

齿圈压板一般精冲能达到的工艺水平见表 2-17。

表 2-17 齿圈压板一般精冲的工艺水平

序号	项 目	达到的工艺水平
1	剪切面表面粗糙度	剪切面全部是光亮带,表面粗糙度 $R_a = 0.4 \sim 1.5 \mu\text{m}$
2	表面不平度	一般均较平整,不需要再经校平即可使用,每 100mm 为 0.002 ~ 0.125mm 随料厚增大而接近下限值
3	剪切面垂直度	可达到 $89^\circ 30'$ 以上,实际尺寸随料厚和间隙的增大而变化
4	尺寸精度	可达 IT6 ~ IT9 级,但当料厚 $\delta > 12\text{mm}$ 的冲裁时精度稍低
5	毛 刺	精冲件外形贴近凸模一侧有一定高度的毛刺,孔的毛刺要小于外形的毛刺
6	精冲孔距公差	一般可达 $\pm(0.01 \sim 0.05)\text{mm}$,料厚增大,公差绝对值也增大
7	塌 角	一般形状的精冲塌角为料厚的 10%,形状复杂的轮廓(如齿形等)的塌角可达到料厚的 20% ~ 30%
8	可精冲的最小圆角半径	落料时外圆角 $R \geq (0.1 \sim 0.2)\delta$;冲孔时内圆角 $r \geq (0.05 \sim 0.1)\delta$
9	可精冲的最小孔径	$d = (0.4 \sim 0.6)\text{mm}$
10	可精冲的最小窄带、窄槽宽度	$b = 0.6\delta$
11	可精冲的最小齿形模数	$m = 0.18$
12	可精冲的最小壁厚	$w = 0.4\delta$
13	精冲件的最大外形尺寸	800mm

2)精冲件的结构形状、尺寸精度

①精冲件的结构形状 精冲件的最小孔距 d_{\min} ,最小孔边距 X_{\min} ,最小孔间距 Y_{\min} ,最小窄带 Z_{\min} 见表 2-18;最小槽边距 a_{\min} ,最小槽宽见表 2-19;工件拐角处最小圆角半径见表 2-20。上述表中各值是以材料强度 $\sigma_b = 441\text{MPa}$ 为基准的,选用时,由表中查出相应数值,按实际工件的材料强度与其的百分比进行相应的增加和减少。

②精冲件的尺寸精度 精冲件的尺寸精度与模具结构、精度和材料的性能、厚度等有关,在一般情况下,其尺寸精度见表 2-21。实际上精冲的内形比外形在尺寸精度上要高

第二章 钣金分离技术工艺

一个等级 精冲软料比硬料精度也高一些。

表 2-18

精冲时的尺寸极限

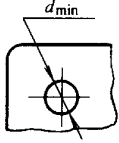
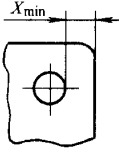
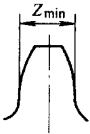
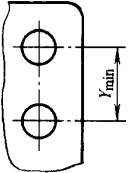
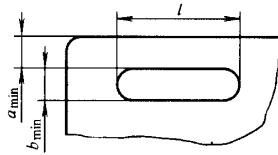
项 目	最小孔径	最小孔边距	最小窄带	最小孔间距
图 示				
尺寸极限	$(0.65 \sim 7) \delta$	$(0.5 \sim 0.55) \delta$	$(0.55 \sim 0.65) \delta$	$(0.45 \sim 0.5) \delta$

表 2-19

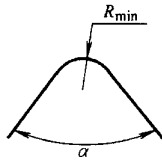
精冲时的最小槽边距和槽宽



l/mm		δ/mm									
		1	1.5	2	3	4	5	8	10	12	15
b_{\min}	2	0.69δ	0.62δ	0.58δ							
	4	0.78δ	0.72δ	0.67δ	0.62δ	0.6δ					
	6	0.82δ	0.75δ	0.70δ	0.65δ	0.63δ	0.62δ				
	8	0.84δ	0.82δ	0.73δ	0.68δ	0.65δ	0.64δ	0.63δ			
	10	0.88δ	0.82δ	0.77δ	0.71δ	0.68δ	0.67δ	0.66δ			
	15	0.94δ	0.87δ	0.83δ	0.76δ	0.74δ	0.73δ	0.71δ	0.68δ		
	20	0.97δ	0.9δ	0.86δ	0.79δ	0.76δ	0.75δ	0.73δ	0.71δ	0.7δ	0.69δ
	40			1δ	0.92δ	0.88δ	0.86δ	0.85δ	0.8δ	0.79δ	0.78δ
	60				0.98δ	0.94δ	0.92δ	0.9δ	0.85δ	0.84δ	0.83δ
	80					0.97δ	0.95δ	0.93δ	0.87δ	0.86δ	0.85δ
	100					1δ	0.95δ		0.88δ	0.87δ	0.86δ
	150							1δ	0.93δ	0.92δ	0.9δ
200								0.96δ	0.95δ	0.93δ	

表 2-20

工件拐角处最小圆角半径 R_{\min}



料厚 δ /mm	拐角角度 $\alpha(^{\circ})$				料厚 δ /mm	拐角角度 $\alpha(^{\circ})$			
	30	60	90	120		30	60	90	120
1	0.4	0.2	0.1	0.05	8	4.6	2.5	1.3	1.0
2	0.9	0.45	0.23	0.15	10	7.0	4.0	2.0	1.65
3	1.5	0.75	0.35	0.25	12	10.0	6.0	3.0	2.2
4	2.0	1.0	0.5	0.35	14	15.0	9.0	4.5	3.0
5	2.6	1.3	0.7	0.5	15	18.0	11.0	6.0	4.0
6	3.2	1.6	0.85	0.65					

表 2-21

精冲件尺寸精度

料厚 δ /mm	公差等级				孔间距公差 /mm
	$\sigma_b \leq 500\text{MPa}$		$\sigma_b > 500\text{MPa}$		
	内形	外形	内形	外形	
0.5~1	IT6~IT7	IT6	IT7	IT7	± 0.01
1~2	IT7	IT6	IT7~IT8	IT7	± 0.015
2~3	IT7	IT6	IT7~IT7	IT7	± 0.02
3~4	IT7	IT7	IT8	IT9	$+ 0.02$
4~5	IT7~IT8	IT7	IT8	IT9	± 0.03
5~6	IT8	IT9	IT8~IT9	IT9	± 0.03
6~7	IT8	IT9	IT8~IT9	IT9	± 0.03
7~8	IT8	IT9	IT9	IT9	$+ 0.03$
8~9	IT8	IT9	IT9	IT9~IT10	± 0.03
9~10	IT8~IT9	IT9	IT9	IT10	± 0.035

③精冲件的质量 剪切面质量、表面粗糙度、塌角、毛刺见表 2-17,垂直度和平直度即精冲件的剪切面倾斜值 δ 和工件表面的直线度(或平面度)见表 2-22。

表 2-22

精冲件的部分形位精度

(mm)

项目	直线度(或平面度) (在每 100mm 长度上)	剪切面倾斜值 δ	项目	直线度(或平面度) (在每 100mm 长度上)	剪切面倾斜值 δ
板厚	形位公差值		板厚	形位公差值	
0.5~1	0.13~0.06	0~0.01	5~6	0.085~0.035	0.007~0.030
1~2	0.12~0.055	0~0.014	6~7	0.08~0.035	0.009~0.034
2~3	0.11~0.045	0.001~0.018	7~8	0.07~0.03	0.011~0.038
3~4	0.10~0.04	0.003~0.022	8~9	0.065~0.03	0.013~0.042
4~5	0.09~0.04	0.005~0.026	9~10	0.065~0.025	0.015~0.046

④排样和搭边 精冲的排样和常规冲裁的排样方式是相同的,但搭边值精冲时比常规冲裁时略大,见表 2-23。

表 2-23

精冲搭边值

(mm)

料厚 δ		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8	10	12	15	18
搭边	x	1.5	2	2.5	3	4	4.5	5	5.5	6	7	8	10	12	15	18
	y	2	3	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8	10	12	15	18	20

(4)精冲与其它工序的复合

1)倒角 精冲工件的内形倒角分为三种形式,如图 2-33 所示。例角是指深度较浅,一般应小于料厚的 1/3。

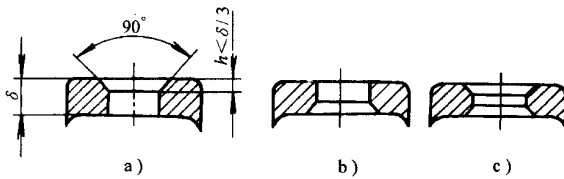


图 2-33 精冲件的倒角

- a) 塌角面倒角
- b) 毛刺面倒角
- c) 双面倒角

a. 在塌角面压倒角时,可用复合精冲的方法,如图 2-34 所示。这里的冲裁过程与常规冲裁里的复合冲裁是一样的,不同的只是变形受力状态。由于精冲时坯料变形区处于三向压应力状态,塑性剪切的精冲方式使成形(倒角)和分离同时进行成为现实。

b. 在毛刺面压倒角时,则采用如图 2-35 的连续精冲的方法。此时,在第一个工位先完成内形加倒角的冲孔工序,转到下一个工位时,用精冲的内形定位,然后是外形的落料,完成。

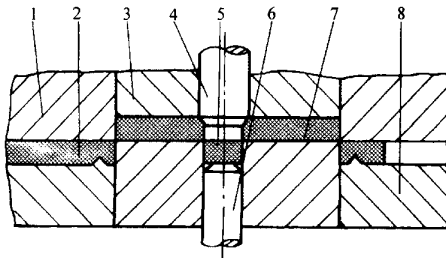


图 2-34 用复合精冲在塌角面压倒角

- 1—凹模 2—被冲材料 3—推板
- 4—冲孔及压倒角 5—冲孔废料 6—顶杆
- 7—精冲工件 8—齿圈压板

c. 当精冲件的内形双面都需压倒角时,应采用如图 2-36 所示的连续精冲的方式。与毛刺面压倒角的连续模不同之处是一个为正导销,只负责定位,而另一个却同时发挥导正和压倒角的双重作用。

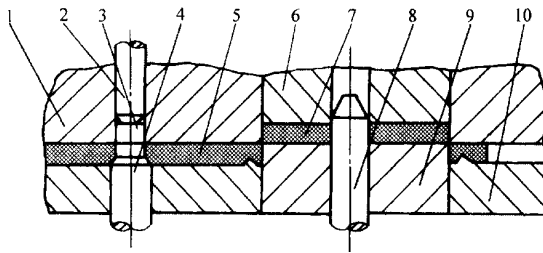


图 2-35 用连续精冲在毛刺面压倒角

- 1—凹模 2—顶杆 3—冲孔废料
- 4—冲孔及压倒角凸模 5—条料 6—推板
- 7—精冲工件 8—导正销 9—落料凸模
- 10—齿圈压板

2) 沉孔 精冲件的沉孔按形状分为锥穴沉孔和圆柱形沉孔两类;按沉孔基面又分为毛刺面沉孔和塌角面沉孔两种,如图 2-37 所示。

锥穴沉孔与倒角类似,只是深度超过了板厚的 $1/3$ 。在一般情况下,圆柱形沉孔的深度也超过了板料厚度的 $1/3$ 。这样材料的局部变形较大,同时由于被冲材料的性能差异,在沉孔挤压的边缘和孔底边缘会产生不同程度的微量凸起,如图 2-37 中放大部位处所示的那样。材料的变形大,则采用像压倒角那样的直接挤压成形是不行的,而锥穴沉孔应采用表 2-24 和表 2-25 所列的精冲方法,而圆柱形的精冲沉孔则采用表 2-26 所列的加工工艺方法。

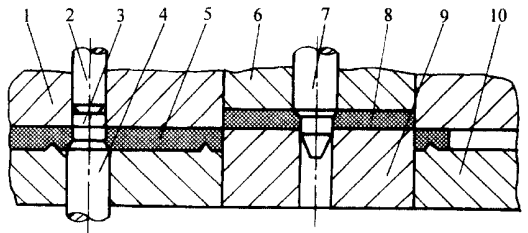


图 2-36 用连续模精冲压双面倒角

- 1—凹模 2—顶杆 3—冲孔废料
- 4—冲孔及压倒角凸模 5—条料 6—推板
- 7—压倒角及导正销
- 8—精冲工件 9—落料凸模 10—齿圈压板

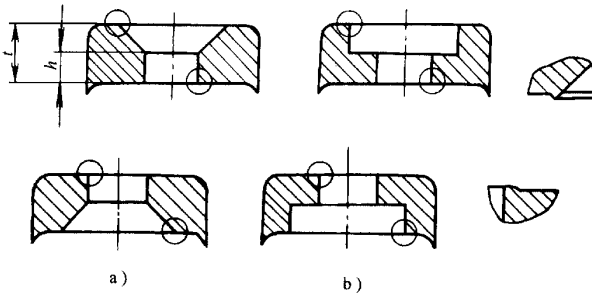


图 2-37 精冲件的沉孔

- a) 锥穴沉孔 b) 圆柱形沉孔

表 2-24

锥穴沉孔精冲方法 I

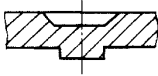
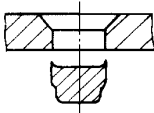
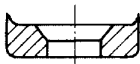
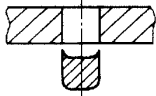
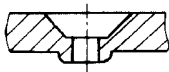
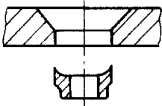
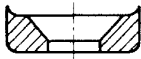
沉孔深度	序号	毛刺面锥穴沉孔	
		图 示	精 冲 方 法
沉孔深度为料厚的 30% ~ 45%	1		压沉孔
	2		冲去内孔废料
	3		落料外形
沉孔深度为料厚的 50% ~ 60%	1		预冲孔
	2		压沉孔
	3		冲去孔内废料
	4		落料外形

表 2-25

锥穴沉孔精冲方法 II


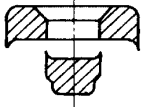
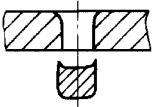

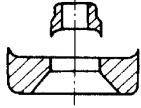
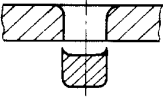
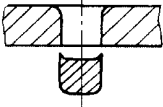
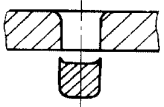
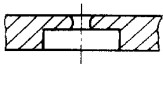
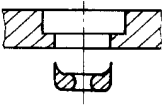
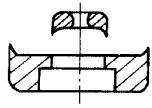
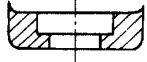
沉孔深度	序号	塌角面锥穴沉孔	
		图 示	精 冲 方 法
沉孔深度为料厚的 30% ~ 45%	1		压沉孔
	2		复合精冲内外形
沉孔深度为料厚的 50% ~ 60%	1		预冲孔
沉孔深度为料厚的 50% ~ 60%	2		压沉孔
	3		复合精冲内外形

表 2-26

圆柱沉孔加工工艺方法

序号	沉孔深度为料厚的 50% ~ 60%			
	毛刺面锥穴沉孔		塌角面毛刺沉孔	
	图 示	精冲方法	图 示	精冲方法
1		预冲孔		预冲孔
2		压沉孔		压沉孔

序号	沉孔深度为料厚的 50% ~ 60%			
	毛刺面锥穴沉孔		塌角面毛刺沉孔	
	图 示	精冲方法	图 示	精冲方法
3		冲去孔内废料		复合精冲内外形
4		落料外形		

3)半冲孔 半冲孔又称冲苞或冲凸台,如图 2-38 所示。其凸起的部分可在装配中作定距、定心、铆接及焊点。半冲孔如图 2-38a 所示时容易加工,可在凹模另一侧用较短的冲孔凸模一次成形。而图 b 和图 c 由于内外截面不一样,需要使用与内(外)形相同的凸(凹)模进行挤压才能成形。

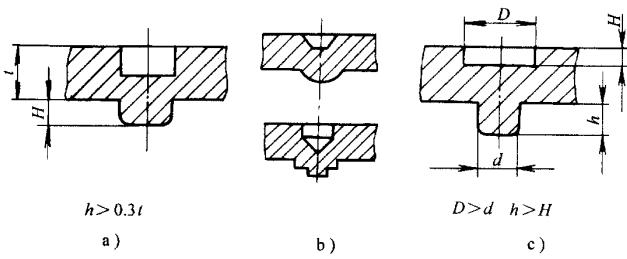


图 2-38 精冲件的半冲孔

a)内外形相同 b)内外形不同 c)内形大于外形

4)压印 压印是指在精冲件的表面压制符号、数字、刻度、花纹及各种图案等,为局部成形工序。

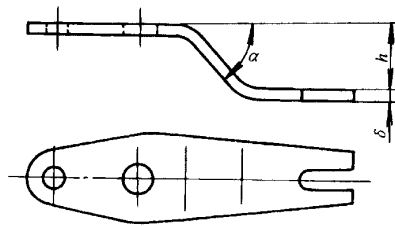


图 2-39 弯曲精冲工件

h —弯曲高度 α —弯曲角度 δ —板厚

压印成形通常和落料外形在一副复合模上完成。当在塌角面压印成形时,成形沟槽可做在推板上;当毛刺面上要压印成形时,成形沟槽可做在凸模上。当压印深度 $h > \delta/4$,

面积又较大时,应在凸模和推板上都做出相应的凸、凹槽,以满足成形时材料流动的需要。

5) 弯曲 在精冲的实际生产中,采用复合或连续模的结构,可以完成精冲件的各种弯曲工序。精冲弯曲件如图 2-39 所示。设计时应注意以下几点:

①对于精冲件的浅弯曲成形 ($h \leq \delta$),可用复合精冲模具的成形凸模及成形推板来完成,而齿圈压板和凹模可以是平面的,不必做成弯曲形状。

②对于精冲件的深弯曲 ($h < 3\delta$, 但 $\alpha < 75^\circ$) 成形,仍可用复合精冲模一次冲压完成,但它与浅弯曲成形的模具不同,不仅凸模和推板要做成弯曲形状,齿圈压板和凹模也要做成相应的弯曲成形面。

③对于弯曲角度大于 75° 或直接弯曲成 90° 的成形件,则不能用复合精冲一次成形,必须采用连续精冲的方法,或将落料和弯曲成形分成两道工序进行。

④当使用复合的弯曲精冲法时,一般无需精确计算毛坯的展开长度,而用连续精冲法弯曲成形时,需要精确计算毛坯的展开长度。

6) 在浅拉延精冲时可采用复合精冲或连续精冲的方法进行生产。浅拉延如图 2-40 所示,其工艺要求为: $R \geq \delta$, $H < 4\delta$, $(D-d)/2 \geq 3\delta$, $d \geq 4H$ 。

3. 精密冲裁力

精密冲裁力 F_0 由剪切力 F 、齿圈压板力 F_1 和推板反向压力 F_2 三部分组成,即:

$$F_0 = F + F_1 + F_2$$

其中 $F = Kl\tau$ (与普通冲裁相同,式中系数 K 一般取 1.2)

$$F_1 = (0.4 \sim 0.6)F$$

$$F_2 = AF_q$$

式中 A ——工件的受压面积 (mm^2);

F_q ——单位反压力,通常取 $20 \sim 70 \text{MPa}/\text{mm}^2$ 。

4. 凸、凹模刃口间隙及其它

(1) 精冲凸、凹模刃口间隙 精冲时的凸、凹模刃口间隙值与精冲件的形状、大小、料厚及性能等因素有关。在一般情况下,刃口间隙 α (单面) 值约为材料厚度的 $0.5\% \sim 1\%$; 材料塑性好,间隙可略大些,内形的间隙也比外形间隙大; 见表 2-27。

(2) 精冲凸、凹模具刃口圆角 这里采用的原理同本章所介绍的“纯刃口半精冲”是相同的,落料时凹模刃口倒圆角,凸模刃口应保持锋利; 冲孔时则与之相反。一般刃口的圆角值取 $R = 0.01 \sim 0.03 \text{mm}$ 为宜,而当料厚 $\delta < 3 \text{mm}$ 时的精冲,则采用 $R = 0.05 \sim 0.1 \text{mm}$ 较好。在实际工作时,先采用圆角较小值,通过试用等情况再选择确定。

(3) 精冲凸、凹模刃口尺寸 精冲时的凸、凹模刃口尺寸与常规冲裁的设计基本相同。

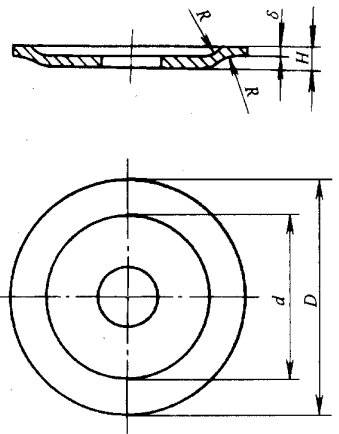


图 2-40 浅拉延

表 2-27

精冲凸、凹模单面间隙 c 值

材料厚度 δ/mm	外形	内 形		
		$d < \delta$	$d = (1 \sim 5)\delta$	$d > 5\delta$
0.5	0.5% δ	1.25% δ	1% δ	0.5% δ
1		1.25% δ	1% δ	0.5% δ
2		1.25% δ	0.5% δ	0.25% δ
3		1% δ	0.5% δ	
4		0.85% δ	0.38% δ	
6		0.85% δ	0.25% δ	
10		0.75% δ	0.25% δ	
15		0.5% δ	0.25% δ	

1) 落料时凹模刃口尺寸 D_d

$$D_d = \left(D + \frac{1}{2}\Delta \right) \begin{matrix} +\Delta/4 \\ 0 \end{matrix}$$

凸模则按凹模实际尺寸配制, 保证间隙 c 值。

2) 冲孔时凸模刃口尺寸 d_p

$$d_p = (d + \Delta/2) \begin{matrix} 0 \\ -\Delta/4 \end{matrix}$$

凹模则按凸模的实际尺寸配制, 保证间隙 c 值。

3) 孔中心距

$$L_d = (L_{\min} + \Delta/2) \pm \Delta/4$$

式中 L_d ——凹模孔中心距尺寸(mm);

L_{\min} ——工件孔中心距最小极限尺寸(mm)。

(4) 精冲的 V 形齿圈压板设计

1) V 形齿圈压板的作用它是精冲模中的重要零件, 作用为:

- ①在精冲前对材料施加足够压力。
- ②精冲后, 将废料从凸模上卸下。
- ③起对凸模的定位导向作用。

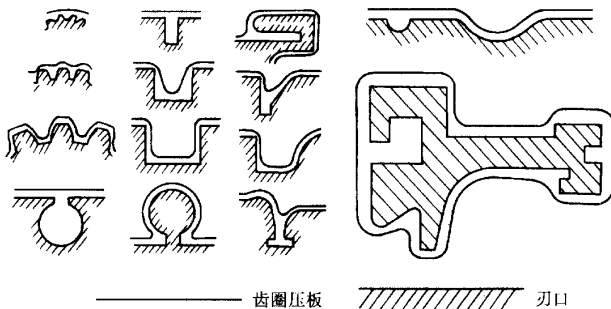


图 2-41 各种型孔与齿圈轮廓

2) 齿圈压板的分布 齿圈压板的分布与凹模型孔的形状一样, 但等距离放大一圈。

当型孔形状复杂时,可简化为相似形状,如图 2-41 所示。

3) 齿圈压板的设计原则

①当精冲材料厚度 $\delta \leq 3.5\text{mm}$ 时,只需在齿圈压板上加工出齿形,即采用单面齿圈;当精冲材料厚度 $\delta > 3.5\text{mm}$ 时,还需在凹模刃口附近加工出齿形,即采用双面齿圈。

②冲小孔时,一般不需要加工齿圈,而冲大孔时($d \geq 30\text{mm}$),最好在顶杆上加工出齿圈来。

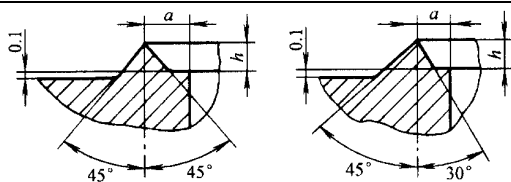
③精冲件局部需要精冲,只要在所需精冲部分加工出齿圈。

④齿圈齿形与尺寸。V形齿圈压板上的齿形有尖状、凸台和斜面齿形三种形式。目前以尖状齿形采用的较多,且效果好。单面齿圈齿形尺寸见表 2-28,双面齿圈的齿形尺寸见表 2-29。

表 2-28

单面齿圈齿形尺寸

(mm)

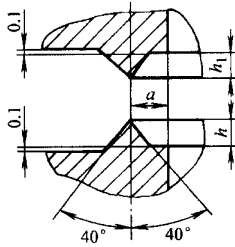


材料厚度	材料性能(σ_b/MPa)					
	~ 450		> 450 ~ 600		> 600 ~ 700	
	a	h	a	h	a	h
1.0	0.75	0.25	0.60	0.20	0.50	0.15
1.5	1.10	0.35	0.90	0.30	0.80	0.25
2.0	1.50	0.50	1.20	0.40	1.00	0.30
2.5	1.90	0.60	1.50	0.50	1.20	0.40
3.0	2.30	0.75	1.80	0.60	1.50	0.45
3.5	2.60	0.90	2.10	0.70	1.70	0.55
4.0	2.80	1.00				

表 2-29

双面齿圈齿形尺寸

(mm)



材料 厚度	材料性能(σ_b /MPa)								
	~ 450			> 450 ~ 600			> 600 ~ 700		
	a	h	h_1	a	h	h_1	a	h	h_1
4.0				1.60	0.40	0.30	1.30	0.30	0.20
5.0	2.30	0.60	0.50	2.00	0.50	0.40	1.65	0.40	0.25
6.0	2.80	0.75	0.60	2.40	0.60	0.50	2.00	0.50	0.30
7.0	3.30	0.85	0.70	2.80	0.70	0.55	2.30	0.55	0.35
8.0	3.80	1.00	0.80	3.20	0.80	0.60	2.60	0.60	0.40
9.0	4.20	1.10	0.90	3.60	0.90	0.70	2.95	0.70	0.45
10.0	4.70	1.20	1.00	4.00	1.00	0.75	3.25	0.75	0.50
12.0	4.70	1.30	1.20	4.80	1.20	0.90	3.90	0.90	0.60

第四节 钣金冲裁的应用

1. 大间隙冲裁

(1)原理 在保证一般冲裁件质量指标的前提下,为获得较高的模具寿命,合理增大相对冲裁间隙,即为合理大间隙冲裁。其最突出的特点是可将冲裁模具的寿命提高3~5倍,这是因为此时的落料件尺寸小于凹模的型腔尺寸,而冲孔尺寸则大于凸模的尺寸,在推料和卸料过程中,模具不受磨损,同时,减小了冲裁力量,一定程度上减轻了模具的凸、凹模刃口在板料的弹、塑性变形阶段的磨损。其次,模具的工作零件在采用线切割加工制造时,凸、凹模可以“一坯两件”,即两件同时加工出来,如图2-42所示。

(2)合理大间隙值 普通冲裁时的单边间隙 c 值一般在板厚的5%左右,而合理大间隙 c 值为 t 的10%左右。采用“一坯两件”的加工工艺时,线切割后的凸、凹模之间的间隙值为:

$$c = d_{\text{钼丝}} + 2\delta$$

式中 $d_{\text{钼丝}}$ ——线切割用的钼丝直径(mm),通常是 $d_{\text{钼丝}} = 0.08 \sim 0.13\text{mm}$;

δ ——线切割的放电间隙(mm),约为0.01mm。

所以,切割后直接得到的实际冲裁间隙值为:

$$c = d_{\text{钼丝}} + 2\delta = 0.1 \sim 0.15\text{mm}$$

若按常规的冲裁要求,此时只能冲裁厚度 $\delta \geq 2 \sim 4\text{mm}$ 的材料。而当采用 8% ~ 12% 的相对大间隙时,可以冲裁 $\delta = 0.8 \sim 1.8\text{mm}$ 的板料,则可加大凹模型腔尺寸或减少凸模的尺寸,从而获得所需的间隙。

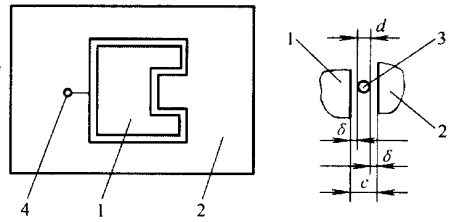


图 2-42 线切割“一坯两件”示意图

(3) 合理大间隙冲裁模

1) 工作零件的材料选择 合理大间隙冲裁模

工作零件的材料,若不是“一坯两件”,则同常规冲裁模是一样的。但由于应用最广泛的是“一坯两件”的基础,加之线切割的表面粗糙度 $R_a = 3.2\mu\text{m}$,所以线切割后可不必再进行机械加工,就可直接装模使用,其模具坯料应是在淬火后进行线切割加工,即不再进行热处理,以避免热处理而产生的变形。故此种模具的材料要具有良好的淬透性。一般不采用高碳工具钢,而应采用合金工具钢类。

2) 穿丝孔的选择 线切割的穿丝孔不宜过大,钼丝的切入点最好选择在和型孔成 45° 角的斜线上,或圆弧与直线的切点处,如图 2-43 所示。对于大、中型冲厚板料的大间隙冲裁模,钼丝孔通常穿在凸模上,而冲薄板料时,落料模最好将穿丝孔定在凹模,冲孔模则反之,但对于窄长形、小直径的凸模模具,不论冲孔还是落料,钼丝都要穿在凹模上;对于复合模等,钼丝孔要定在凹模上。

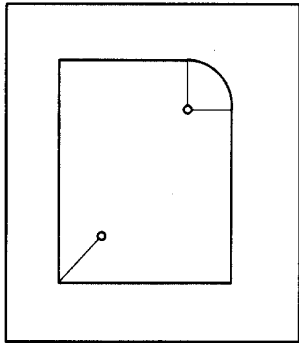


图 2-43 穿丝孔的位置

3) 模具的结构 合理的大间隙冲裁模,由于间隙较大,模具在装配时难以保证凸、凹模准确的相对位置,因此,要采用良好的导向机构,其它则同普通冲裁模一样,如图 2-44 所示。

2. 聚氨酯橡胶冲裁模

(1) 概述 聚氨酯橡胶冲裁模主要应用于在中、小批量时,工件不允许有毛刺,且厚度很薄的金属板料与非金属板料的冲孔与落料。

聚氨酯橡胶的全称是聚氨基甲酸酯橡胶,它是介于橡胶和塑料之间的弹性体材料。这种高分子材料具有硬度高、抗撕裂性好、耐油、耐磨、耐老化、易加工等良好性能。

聚氨酯橡胶具有较高的硬度,它能产生较高的单位压力和剪切力。国产的聚氨酯橡胶为邵氏 60A、70A、80A、90A 与 95A 硬度。如 95A 在压缩量 $\epsilon = 10\%$ 时,可达到单位压力 $q > 30\text{MPa}$,而天然橡胶(邵氏 70A)在 $\epsilon = 10\%$ 的时候,单位压力 $q > 4\text{MPa}$ 。此外,耐冲击强度也较高,耐油性约为天然橡胶的 5 ~ 6 倍,耐磨性为天然橡胶的 5 ~ 10 倍;同时耐老化性能、抗撕裂性能都很好,适合作冲裁模的材料。较硬的聚氨酯橡胶可以像金属一样进行各种机械加工,用它制造的模具简单,一般由一个普通材料的钢模和一个装有聚氨酯橡胶模垫的容框组成。聚氨酯橡胶模安装方便,相对的成本也低,但它对气温敏感性较高,耐水解性较差,且聚氨酯橡胶价格较高。

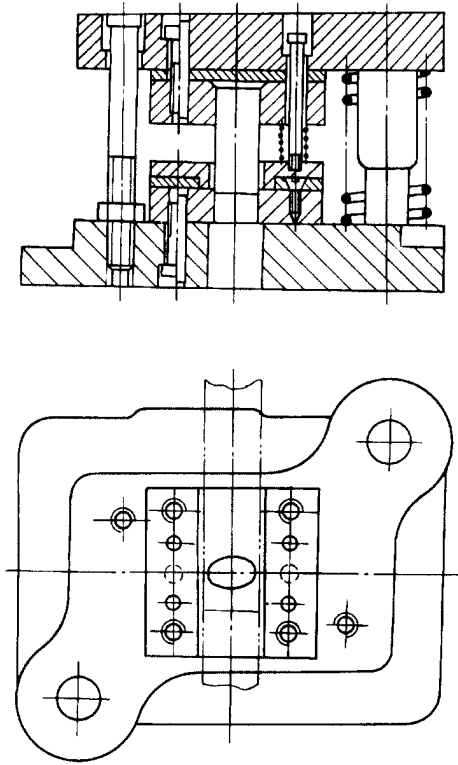


图 2-44 合理大间隙冲裁模

目前,对于板厚 $\delta = 0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 的薄料冲裁,用金属模时,由于刃口间隙太小,模具的制造不易,安装调试困难,冲裁后工件的合格率较低。虽然可利用天然橡胶作凹模,但它的抗撕裂性能差,硬度低,模具寿命很短,满足不了工艺的要求。而用聚氨酯橡胶取代就能解决薄料冲裁的难题,但此时工件的搭边值比普通冲裁时要求更大,材料的利用率较低。

(2) 聚氨酯橡胶模冲裁变形过程 利用聚氨酯橡胶进行冲裁与常规冲裁时的变形原理不同,其变形过程(冲孔原理)如图 2-45 所示。由于聚氨酯橡胶具有可压缩性和流动性能,在压力的作用下,可以认为聚氨酯橡胶模垫内及其对板料施加的压力是均布的。当板料在力的作用下发生弹、塑性变形时,板料内不同位置除厚度方向都承受压力,径向还会产生弯矩。弯矩使被冲板料上表面产生压应力,下表面产生拉应力;压力再度加大,板料就会分离。

在图 2-45a 中, A 点的弯矩最大,容易先发生破裂; B 处的弯矩最小,但因为模具刃口锋利,板料易产生应力集中,也会先破裂。而这里的破裂是我们设计所希望的, A 点的破裂是力求避免的。所以应采取图 2-45b 中的结构形式,在凹模形腔内安装顶杆,改变一下板料的受力状态,这时的最大弯矩由 A 点移到了 C 处,且减小了很多, B 处的应力集中可充分发挥作用,得到设计所希望的工件质量。

(3) 聚氨酯橡胶冲裁模

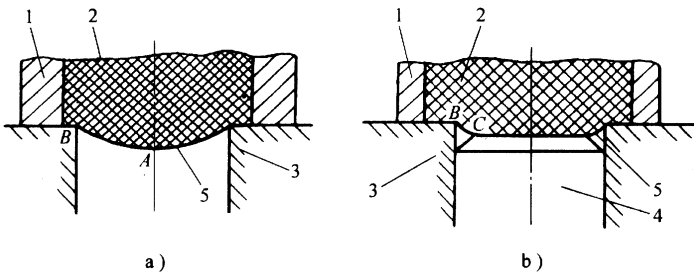


图 2-45 聚氨酯橡胶的冲孔

a) 不带顶杆时冲孔 b) 带顶杆时冲孔

1—容框 2—橡胶模垫 3—凹模 4—顶杆 5—板料

1) 模具设计 这种模具为半模结构,如图 2-46 所示。以钢制的凸模(或凹模)及一个装在容框内的聚氨酯橡胶模垫为凹模(或凸模)作为冲裁模具的工作元件。但设计时必须满足:

①保证橡胶模垫能产生足够的压力,以克服板料的抗冲裁强度,使板料经弹变、塑变达到断裂而形成所需工件。

②模具应具有完善的压料与顶件装置,以防止在冲压时坯料侧滑。

③钢制的凸模(或凹模)切入橡皮一定深度后,才能保证板料分离。

④钢凸模(或凹模)必须有锋利的刃口。

⑤橡胶模垫必须具有一定的耐磨与抗撕裂性能。

2) 顶杆和卸料板的设计

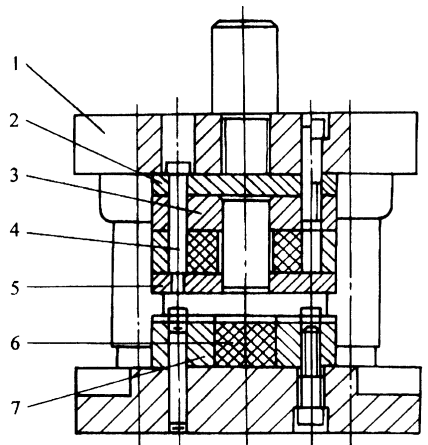


图 2-46 聚氨酯橡胶冲裁模

1—模架 2—垫板 3—固定板 4—钢凸模
5—弹性卸料板 6—聚氨酯橡胶凹模

7—容框

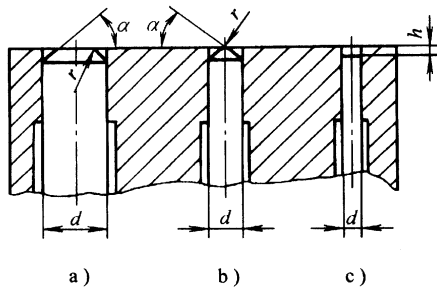


图 2-47 顶杆或推杆的结构

a) $d > 5$ b) $2.5 \leq d \leq 5$ c) $d < 2.5$

①顶杆或推杆 用于聚氨酯橡胶冲孔模凹模型腔内的顶杆或推杆的结构形式取决于型腔的直径,如图 2-47 所示。其几何参数见表 2-30。但当一个凸、凹模内同时有几种不同直径的顶杆与推杆时,冲压深度 H 应相等。

顶杆和推杆的材料一般为 45 钢或 T8A 钢, 淬火硬度为 40~45HRC。

表 2-30 顶杆的几何参数

顶杆种类	冲裁材料			$\alpha(^{\circ})$	h/mm	r/mm
	厚度/mm	直径/mm	硬度			
顶杆 A	0.2~0.3	>5	硬	70~75	0.6~1	0.5
顶杆 B	0.1~0.2	2.5~5	中	60~70	0.4~0.6	0.5
顶杆 C	<0.1	2.5	软	—	0.4	—

②卸料板 卸料板的基本形式如图 2-48 所示, 其几何参数与顶杆相同, 可按表 2-30 来确定。台阶式卸料板适用于冲裁较厚或较硬的板料。卸料板材料一般选用 45 钢等, 淬火硬度 40~45HRC。

3)凹、凸模刃口尺寸(图 2-49)

$$d_p = (d + X\Delta_1)_{+\delta_1}^0$$

$$D_d = (D - X\Delta_2)_{-\delta_2}^0$$

$$D_{\text{框}} = D_d + X(0.5 \sim 1.5)$$

$$D_{\text{模垫}} = D_{\text{框}} + 0.5\text{mm}$$

式中 d 、 D ——垫圈的内、外形尺寸(mm);

d_p ——冲孔凹模尺寸(mm);

D_d ——落料凸模尺寸(mm);

Δ_1 、 Δ_2 ——工件公差(mm);

δ_1 、 δ_2 ——制模公差(mm);

$D_{\text{框}}$ ——容框尺寸(mm);

$D_{\text{模垫}}$ ——聚氨酯橡胶模型尺寸(mm);

X ——系数(0.5~0.75)。

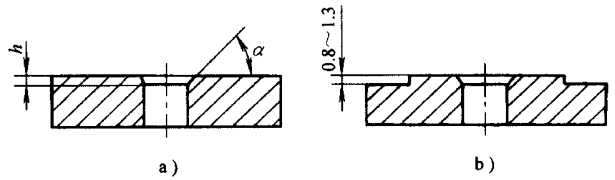


图 2-48 聚氨酯橡胶冲裁模卸料板

a) 平板式卸料板 b) 台阶式卸料板

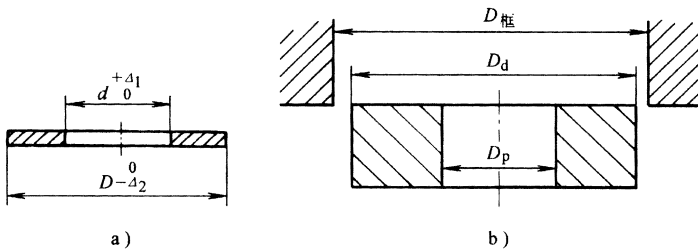


图 2-49 聚氨酯橡胶冲裁刃口尺寸

a) 工件 b) 刃口尺寸

$D_{\text{框}}$ 尺寸比落料凸模尺寸大 0.5~1.5mm, 当板料厚度 $\delta < 0.05\text{mm}$ 时, 取 0.5mm, 随所冲板厚的增加而逐渐取大值。

3. 板模

(1) 概述 板模主要用于分离薄板料和有色金属板料,且加工质量要求不高、批量较小的冲裁件。突出的特点是凹模板很薄,可分为结构简单的夹板模,凹模板厚度为 0.5 ~ 0.8mm 薄片组成的薄片模,凹模板厚度为 5 ~ 6mm 的薄板模,以及凹模板为 15 ~ 20mm 厚的板模。

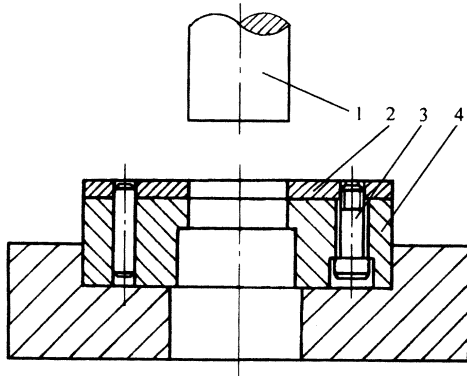


图 2-50 板模示意图

1—凸模 2—板模 3—螺钉、销钉连接件 4—底模

板模的示意图如图 2-50 所示;当小批量或试生产时,凹模(有时甚至包括凸模)不必整体都采用模具钢的材料,只要上模板为优质材料、底模为一般性的材料即可。通常的板模都是用通用模架与专用模心组成,所以可缩短模具的设计与制造生产准备周期,降低成本,节省模具钢材料。

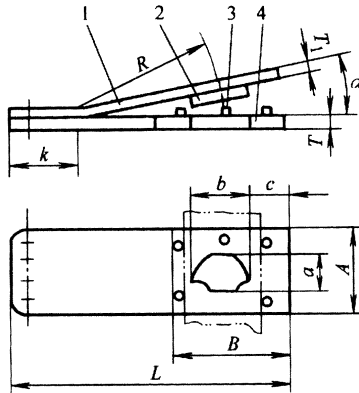


图 2-51 简单落料夹板模

1—上夹板(凸模固定板) 2—凸模 3—挡料销 4—凹模

(2) 夹板模 夹板模是一种只有模芯而不用模架的结构形式非常简单的板模,如图 2-51 所示。这种落料夹板模采用 1.5 ~ 3mm 厚的普通材料(Q235)钢板作垫板,弹簧钢板为凸模固定板,相应的模具钢板为凹模(板),将凸模铆接在夹板上,再加导料销和挡料销组成。夹板和凹模板通常采用销子、螺栓进行定位连接。凸、凹模的厚度比冲裁件要厚 1mm,在一般情况下凸模的厚度为 2 ~ 2.5mm,凹模板为 2 ~ 3.5mm。工作时将板料置于

凸、凹模之间用挡料销定位,压力机直接打击上夹板即可完成冲裁工作。

夹板模的一些关键尺寸与冲裁件尺寸如图 2-51 所示,其关系见表 2-31。但其中 R 的尺寸必须大于 200mm。

表 2-31

夹板模推荐尺寸

(mm)

工件尺寸		凹模或下模		冲模尺寸					R
a	b	A	B	L	C	T_{\min}	$T_{I\min}$	k	
10	20	50	60	125	20	1	1	20	> 200
10	35	50	75	150					
10	80	50	125	200					
25	25	75	75	150	30	2	1.5	30	
25	50	75	100	200					
25	75	75	125	250					
50	50	100	100	200					
50	75	100	125	250					
50	100	100	150	300					
75	75	125	125	250					
75	100	125	150	300					
75	150	125	200	350					
100	100	200	200	350	50	2.5	2	40	
100	150	200	250	400					
100	200	200	300	500					
200	200	300	300	500					
200	300	300	400	600					
200	400	300	400	700					
300	400	420	500	750	60	3	2	50	
300	500	420	520	850					
400	500	540	620	850	80	3	2.5	55	
400	600	540	700	1000					
500	700	650	860	1000	90	3.5	2.5	60	

夹板模制造简便,模具耗材少,成本较低廉。但由于冲裁加工时,夹角 α 由大变小,凸模刃口不是同时接触板料,两者会同时受到侧向力,冲裁间隙不易保证,板料也极易离开正常的送料位置。为避免凹、凸模相撞,常采用大间隙;又由于间隙大且不均匀,所以冲裁件质量差,不平整。有毛刺;只能用于加工尺寸精度要求不高的工件,或为后续工序准备毛坯。

夹板模的使用寿命不高,一般冲 $\delta \leq 3\text{mm}$ 的有色金属板约 1000 件左右;或 $\delta \leq 2\text{mm}$ 的软料钢板约 500 件左右。

夹板模的凸、凹模材料可采用 T7A、T8A 或 65Mn 制造,热处理后 52~56HRC。

(3) 薄片模 薄片模指凹模板为 0.5~0.8mm 厚的冲模,用于冲裁较薄的材料,凹模型腔是用凸模直接冲裁得到的,不需要专门加工和配间隙。凹模板的材料多选用贝氏体合金钢。通常是利用通用模架与专用模芯组成,也有不采用通用模架的简易薄片模,适用

于冲裁件尺寸较小、厚度不大(一般 $\delta \leq 1.5\text{mm}$)的冲孔、落料、复合、连续等各种冲裁模。图 2-52 所示为撞击式薄片冲裁模,这种模具除凸模、导板、凹模板、垫板和挡料销是专用模具元件外,其余都是通用模架元件,成本较低,且模具上模部分不必连接在冲床滑块上,可完全避开冲床精度对冲裁间隙的影响。图 2-53 所示为简易薄片冲孔模,其结构与普通冲裁模相同,应用也比较广泛。一块凹模板磨损后可再换上一块,用凸模冲出型腔,即可投入使用。

(4)薄板模与厚板模 这两种模具除凹模外的其它结构设计、间隙选择等同常规冲裁模相似。薄板模是厚度为 5~6mm 的凹模及其固定板所组成的,适用于小批量的中、小型尺寸的金属板料的分离工序,一般用于料厚 $\delta = 0.2 \sim 2\text{mm}$ 的有色金属和软钢板的冲裁。

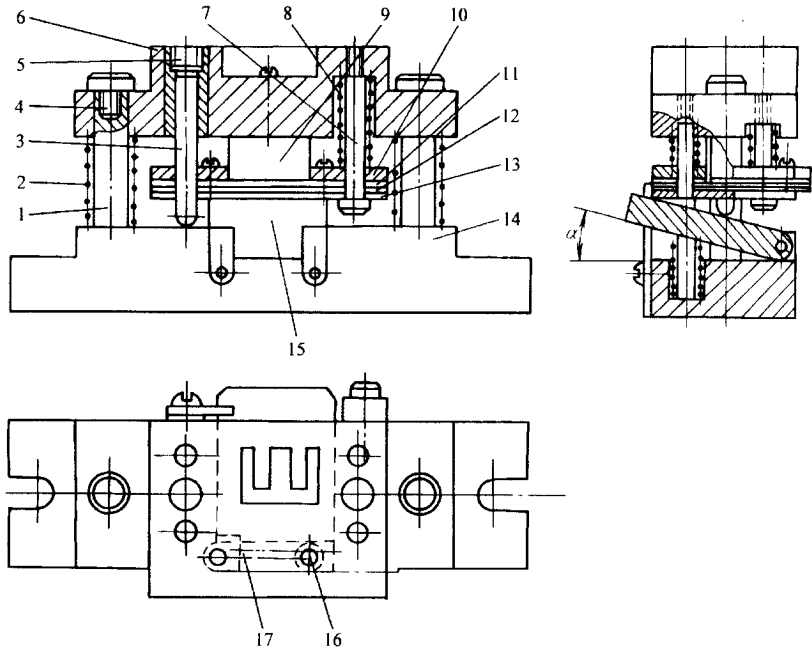


图 2-52 撞击式薄片冲裁模

- 1—导柱 2—支撑弹簧 3—小导柱 4—螺钉 5—螺塞 6—上模座
 7—卸料螺钉 8—卸料弹簧 9—凸模 10—导板
 11—导料板 12—凹模板 13—垫板 14—下模座
 15—垫板 16—挡料销 17—弹簧片

厚板模的凸、凹模均采用 15~20mm 的模具钢板加工而成,适用于中、大批量的冲裁件生产,相对常规冲裁模较为节省模具钢。

4. 通用与组合模

对于冲压件批量小、更新换代频繁、零件的形状和尺寸又比较接近的生产企业,若对每一种冲裁件都设计与制造专用冲压模具,不仅生产周期长,而且成本高。此时可采用逐次冲裁法,并应用通用冲裁模和组合冲裁模可得到解决。

多次冲裁法,就是将冲裁件的外形和内形的冲裁轮廓线,按不同的尺寸和形状分成若干次,用几种(如冲孔模、冲弧模、切直角边模等)模具逐次一一冲裁而成。如图 2-54 所

示的落料件 ,可以采用如下顺序逐次冲裁 :

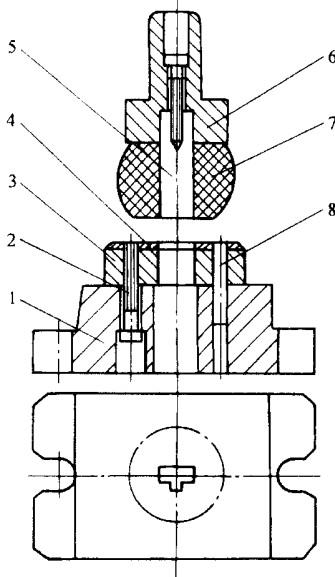


图 2-53 简易薄片冲孔模

1—下模座 2—螺钉 3—垫块
4—凹模板 5—凹模 6—模柄
7—橡胶皮 8—销钉

- ①用剪切模切出图示 3 中的四条直线边。
- ②用直边冲裁模冲出图示 1 中的四个直角边。
- ③用矩形冲槽模冲出矩形边 2。
- ④用冲孔模冲出两个圆孔 4。
- ⑤用外圆弧冲模冲出两个 90°的圆弧 5。

采用通用模多次冲裁的缺点是 ,工件尺寸和形状的精度低 ,生产效率也低 ,对冲压操作技术水平要求较高。

通用冲裁模的结构较复杂 ,设计、制造的费用高 ,故又称之为分解式组合冲模。根据组合夹具的特点 ,人们又设计出积木式组合冲模和配套式组合冲模。

积木式组合冲模 ,是利用许多标准的组装夹具元件 ,再加上一小部分冲模专用元件 ,根据工艺的要求组装成的模具。典型的组合冲模的凹模块的组装示意图如图 2-55 所示。

配套式组合冲模是以典型的冲模结构为基础 ,在一定的使用范围内采用通用的模架、导向元件等 ,再配上专用的凸、凹模工作元件装配而成的结构形式。装配好的模具和常规冲模一样是专用的 ,冲压专业厂家常会采用这种结构形式。

在组合冲模中 ,大部分元件是通用的 ,要求能经常性拆卸、组装 ,所以这部分元件的加工精度要高 ,定位需准确、可靠且应耐磨 ,还要具有较高的使用寿命 ,其设计形状必须能便于拆装 ,有着较高的标准化程度。

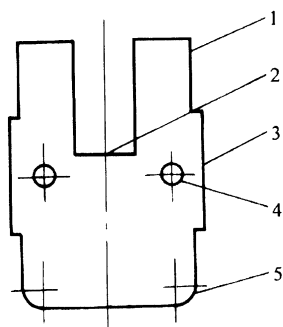


图 2-54 多次冲裁件的分解示例

- 1—直角边 2—矩形边
3—直线边 4—圆孔
5—圆弧

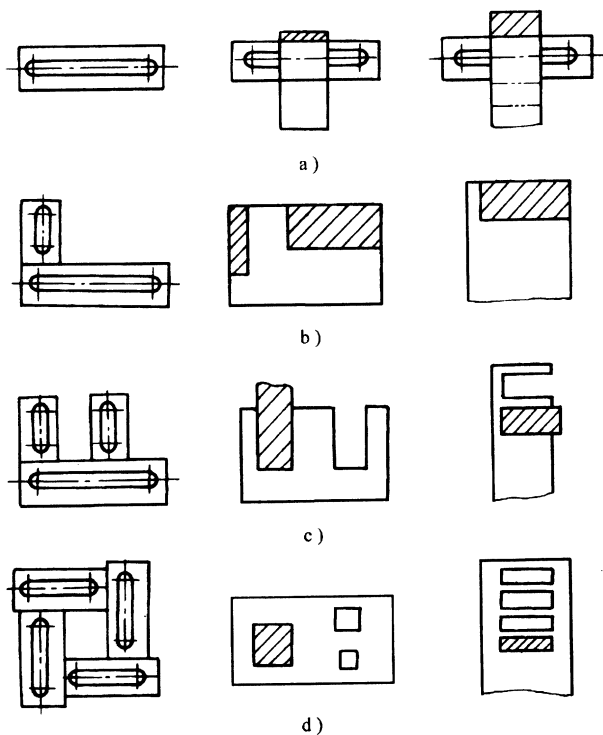


图 2-55 凹模块组装机示意图

- a)单刃块 b)双刃块组合 c)三刃块组合 d)四刃块组合

第三章 板料冲裁机理分析与试验研究

板料的冲裁过程通常简单地分为弹性变形、塑性变形及断裂分离三个阶段。由于冲裁件的冲裁轮廓线多为封闭曲线,在板料的冲裁过程中,沿此封闭曲线的切线方向,变形受到板料的相互牵制,故可近似地认为板料切线方向的变形为零。因为曲线上的任一微段都可以近似地看做一微段圆弧,直线可近似地看做半径无限大的圆弧,所以用圆形冲裁件为例进行冲裁机理分析与试验研究所得到的结论,可以推广应用于任意形状的冲裁件。本章只限于讨论常规冲裁工艺过程,不包括精密冲裁和聚氨酯橡胶无间隙冲裁工艺。

第一节 冲裁过程的弹性变形

一、冲裁过程弹性变形的理论分析

冲裁圆形工件时,板料的受力状态如图 3-1 所示。当凸模下行刚接触板料之时,凸、凹模给予板料的作用力 F_t 与 F_a 的倾角 $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$,由于凸、凹模刃口之间有冲裁间隙 Z/χ (Z 为凸模与凹模的刃口尺寸之差, $Z/2$ 为凸模与凹模单边刃口尺寸之差),故 F_t 与 F_a 不作用在同一条直线上, F_t 与 F_a 使板料内产生弯矩 M ,使板料绕凸模向上拱起,呈浅盘状。

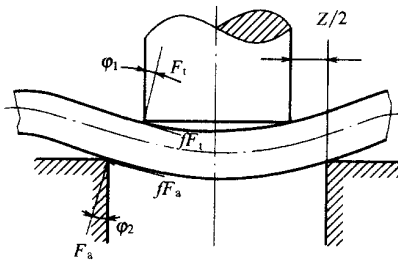


图 3-1 圆形板料冲裁瞬间受力分析

板料在弯矩 M 的作用下,上表面纤维径向受压,下表面纤维径向受拉,凸、凹模刃口表面将因阻止这种变形而产生图 3-1 所示圆形冲裁件板料的受力状态。摩擦力 fF_t 与 fF_a 方向均指向半径 R 的正方向。在整个冲裁过程中,作用力 F_t 与 F_a ,以及摩擦力 fF_t

与 fF_a 都是变量,所以图 3-1 所示为冲裁过程弹性变形中某一瞬间的受力状态,机理分析也只能是瞬间状态的机理分析。

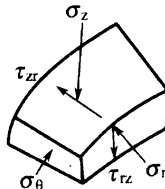


图 3-2 板料刃口区冲裁示力微体

在弹性变形阶段,板料形成一个很浅的旋转体。由于板料垂直方向位移很小,为分析问题方便,近似地按圆平板周边受均布垂直力产生小挠度问题处理,此问题为轴对称问题,可采用柱坐标系进行应力分析。

图 3-2 所示为板料刃口区冲裁时的一个示力微体。由于轴对称问题,切向(θ 方向)是主方向,所以示力微体上只有 4 个应力分量。假设切线方向应变为零,故切向主应力 σ_θ 为中间主应力,且有

$$\sigma_\theta = \mu(\sigma_r + \sigma_z) \quad (3-1)$$

式中 μ ——冲裁材料的波松比。

另外两个主应力作用在 rz 平面内,其值为

$$\frac{\sigma_r + \sigma_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_r - \sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_{rz}^2} \quad (3-2)$$

使金属材料产生塑性变形的是主剪应力,在三个主剪应力 $\tau'_{r\theta}$ 、 $\tau'_{\theta z}$ 和 τ'_{rz} 中,由于 σ_θ 是中间主应力,故在 rz 平面内的主剪应力 τ'_{rz} 是最大主剪应力,其值为

$$\tau'_{rz} = \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_r - \sigma_z)^2 + 4\tau_{rz}^2} \quad (3-3)$$

按照屈雷斯卡(Tresca)屈服准则,当 τ'_{rz} 达到板料的屈服应力 τ_s 时,板料就进入了塑性变形,所以分析冲裁机理只需要分析 rz 平面内主剪应力 τ 的分布规律。板料冲裁光弹试验已经证实了 τ'_{rz} 是最大主剪应力,且切向主应力 σ_θ 不影响 τ'_{rz} 的分布规律。

将图 3-1 所示的板料沿直径方向切出一个单位厚度的薄片,研究此薄片内的应力分布规律。在板料的弹性变形阶段近似取倾角 $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$, $F_1 = F_a$,并忽略摩擦力的影响,则此薄片可近似地视为如图 3-3 所示受集中力作用的简支梁(实际为在刃口附近高度集中的非均匀分布力)。此薄片受剪力 Q 、弯矩 M 的联合作用,由于剪力 Q 和弯矩 M 都在刃口附近达到最大值,所以板料冲裁时变形区集中在刃口连线附近。沿刃口连线取两个示力微体 A 与 B ,则因凸、凹模作用力 F_1 在 A 点产生垂直方向压应力 σ_{zA} 、径向压应力 σ_{rA} 及剪应力 τ_{rzA} ,在 B 点上产生垂直方向压应力 σ_{zB} 、径向压应力 σ_{rB} 及剪应力 τ_{rzB} 。因为弯矩 M 的作用,在 A 点还有径向压应力 σ_{r1} ,在 B 点则有径向拉应力 σ_{r2} ,如图 3-4 所示。

假设因为垂直作用力产生的各个应力分量都相等,即 $\sigma_{zA} = \sigma_{zB}$, $\tau_{rzA} = \tau_{rzB}$, $\sigma_{rA} = \sigma_{rB}$ 。而由于弯矩的作用,在 A 点和 B 点产生方向相反的径向应力 σ_{r1} 和 σ_{r2} 。因为 σ_{r1} 为压应力,而 σ_{r2} 为拉应力,根据式(3-3),并考虑到 $|\sigma_z| > |\sigma_r|$,不难得出 B 点的主剪应力大于 A 点的

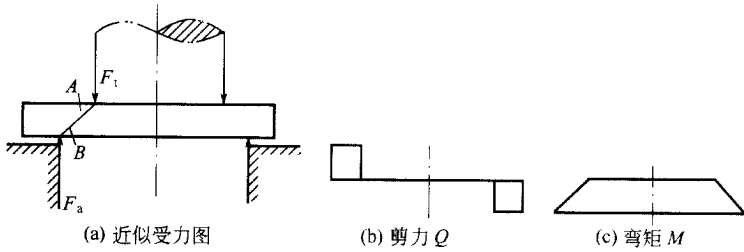


图 3-3 薄片冲裁时受力分析

主剪应力的结论。这个结论说明,凹模刃口附近的板料下表面处的主剪应力大于凸模刃口附近的板料上表面处的主剪应力。所以,在加大凸模作用力时,板料下表面必然首先达到屈服应力而进入塑性变形。冲裁光弹试验已证实了变形区集中在刃口连线附近,板料下表面主剪应力最大,板料上表面主剪应力次之,主剪应力沿刃口连线呈现下大上小的“8”字形(详见图 3-13 及其说明)。

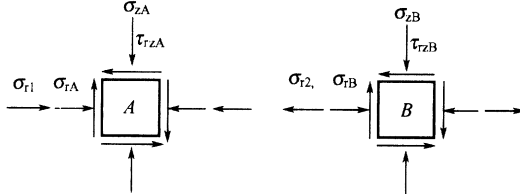


图 3-4 A、B 两点受力分析比较

综上所述可知,板料冲裁弹性变形阶段的主要力学特征如下。

- ① 切向应力 σ_θ 不影响最大主剪应力 τ'_{rz} 的分布规律。讨论冲裁机理可以只分析 rz 平面内的应力分布规律。
- ② 板料上、下表面的摩擦力均指向半径 R 的正方向。
- ③ 凹模刃口附近板料的下表面承受的主剪应力大于凸模刃口附近板料的上表面的主剪应力,并最先进入塑性变形。
- ④ 由于凸、凹模间隙越大,使弯矩越大,所以使板料进入塑性变形所需的凸模作用力(即冲裁力)越小。

二、板料冲裁光弹试验

在板料的冲裁过程中,变形区主要集中在凸、凹模刃口连线附近。这个变形区属于圣维南(Saint Venant)区,其应力分布规律无法用数学-力学方法求得。板料冲裁光弹试验可以通过等色线了解某一截面内主剪应力的分布规律,通过等色线配合等倾线可进一步了解该截面内各点的剪应力和两个主应力的数值、主应力迹线及主剪应力迹线等。通过改变试验模具的间隙可以得出不同冲裁间隙对板料内应力分布规律的影响。而且通过冻结光弹试验还可以了解不同截面内的应力分布规律。总之,通过光弹试验可以有效地观察、分析板料冲裁弹性变形阶段的力学特征,并对冲裁过程的理论分析进行验证。

1. 冲裁光弹试验原理简介

(1) 光学 - 力学定律

光学试验指出 环氧树脂模型不受力(无内应力)时是光学各向同性体 ,受力后即变成光学各向异性体。当一束平面偏振光照射受力(或有内应力)的环氧树脂模型后 ,光线沿光学主轴(与应力主轴重合)分解为两束光 ,这两束光在模型内的传播速度不同。传播速度与折射率有下述关系。

$$\begin{aligned} n_1 &= v_c/v_1 \\ n_2 &= v_c/v_2 \end{aligned} \quad (3-4)$$

式中 v_c ——偏振光在真空(空气)中的传播速度 ;
 $v_1、v_2$ ——偏振光沿两个应力主轴、 $\sigma_1、\sigma_2$ 的传播速度 ;
 $n_1、n_2$ ——偏振光由空气进入模型时沿应力主轴的折射率。

折射率与主应力数值有下列关系。

$$\begin{aligned} n_1 - n_0 &= C_1\sigma_1 + C_2\sigma_2 \\ n_2 - n_0 &= C_1\sigma_2 + C_2\sigma_1 \end{aligned} \quad (3-5)$$

式中 $C_1、C_2$ ——光学系数 ;
 n_0 ——无应力模型材料的折射率。

由式(3-5)得

$$\begin{aligned} n_1 - n_2 &= C(\sigma_1 - \sigma_2) \\ C &= C_1 - C_2 \end{aligned} \quad (3-6)$$

其中 式(3-6)表明了应力模型内某点的主应力差值与偏振光在该点的折射率之间的关系 称为光学 - 力学定律 ,是光弹试验的理论根据。

对于平面问题 ,弹性变形阶段的应力分布与材料本身无关 ,只与材料的受力状态有关。所以用环氧树脂材料代替金属材料 ,再应用相似定理 ,就可以求得金属板料冲裁加工时的应力分布规律。

(2) 平面光弹试验原理简介

设一束自然光通过起偏镜 P 后得到平面偏振光 E ,如图 3-5 所示。

假设平面偏振光为

$$E = A \sin \omega t \quad (3-7)$$

式中 A ——该偏振光的振幅 ;
 t ——光波通过的时间 ;
 ω ——该偏振光的圆频率。

当 E 射入模型后沿应力主轴分解为

$$\begin{aligned} E_1 &= E \cos \alpha = A \sin \omega t \cos \alpha \\ E_2 &= E \sin \alpha = A \sin \omega t \sin \alpha \end{aligned}$$

式中 α ——偏振光光波 E 与主应力 σ_1 的夹角。

假设试件厚度为 h ,这两束光穿过试件的速度为 v_1 与 v_2 ,沿应力主轴的折射率为 n_1 与 n_2 ,穿过试件各自用的时间为 t_1 与 t_2 ,则有

$$t_1 = h/v_1, t_2 = h/v_2$$

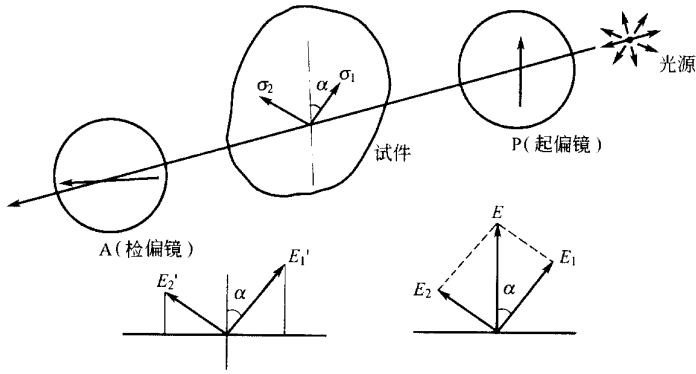


图 3-5 应力模型在正交平面偏振光场内

穿过试件后,这两束光变为

$$E'_1 = A \sin(\omega t + \phi_1) \cos \alpha$$

$$E'_2 = A \sin(\omega t + \phi_2) \sin \alpha$$

式中 ϕ_1, ϕ_2 —— E_1, E_2 穿过试件后产生的相位角。

用 v_c 表示光波在空气中的传播速度,则 E'_1 和 E'_2 之间产生的光程差 δ 为

$$\delta = v_c(t_1 - t_2) = v_c(h/v_1 - h/v_2) = h(v_c/v_1 - v_c/v_2) = h(n_1 - n_2) \quad (2-8)$$

光程差与相位差 ϕ 的关系为

$$\phi = \phi_1 - \phi_2 = 2\pi\delta/\lambda \quad (3-9)$$

式中 λ ——光波的波长。

当 E'_1 与 E'_2 到达检偏镜 A 时,只有水平分量可以通过,两束光合成为一束平面偏振光 E'' 。

$$\begin{aligned} E'' &= E'_1 \sin \alpha - E'_2 \cos \alpha \\ &= A \sin(\omega t + \phi_1) \cos \alpha \sin \alpha - A \sin(\omega t + \phi_2) \sin \alpha \cos \alpha \\ &= A \sin 2\alpha \sin(0.5\phi) \cos(\omega t + 0.5\phi_1 + 0.5\phi_2) \end{aligned}$$

光强 I_{\perp} 与振幅的平方成正比,故有

$$I_{\perp} = kA^2 \sin^2 2\alpha \sin^2(0.5\phi) \quad (3-10)$$

式中 k ——比例系数。

因为在上述的推导过程中,起偏镜 P 与检偏镜 A 垂直放置,光场中无应力模型时屏幕是暗的,故称此为暗场。当起偏镜 P 与检偏镜 A 水平放置,光场中无应力模型时,屏幕上亮的,可称为亮场。式(3-10)即为平面偏振光穿过受力模型(有内应力试件)后的暗场光强公式。

根据式(3-10),满足 $\sin \phi = 0$,即 $\phi = 2m\pi$ ($m = 0, 1, \dots$) 的点在屏幕上组成干涉条纹,此条纹称为光弹试验的等色线。将 $\phi = 2m\pi$ 代入式(3-9)和式(3-8),化简后可得 $n_1 - n_2 = m\lambda/h$,再联系光学-力学定律,将式(3-6)代入上式并化简为

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \lambda m / (hC) = fm/h \quad (3-11)$$

式(3-11)表明了屏幕上的干涉条纹 m 值与模型内该点的主应力差值的关系。其

中 $f = \lambda / C$ 称为模型材料的条纹值,它只与模型材料的光学性能 C 和所用光波波长 (λ) 有关,而与模型的受力状态(内应力)无关,可以用和试件相同的材料预先测定。 m 值可以利用光弹试验技术判定。上式说明,只要求出某点的 m 值,即可计算出该点的主应力差值,再除以 2 即可得到该点的主剪应力差值。

在上述光强公式(3-10)中, $\sin 2\alpha = 0$ 的点也可以在屏幕上组成干涉条纹,此种条纹与主应力倾角 α 有关,故称之为等倾线。在光弹试验中可以用圆偏振光场消去等倾线,而获得纯等色线条纹。

如将图 3-5 中的起偏镜 P 和检偏镜 A 平行放置,光场中无应力模型时屏幕上亮的,故称为亮场。用上述同样的推导方法,所得到的等色线条纹 m 值将是半数级的,即 $m = 0.5, 1.5, \dots$ 综上所述,通过光弹试验等色线图案可以求解:

- 模型内主应力差值和主剪应力的分布情况;
- 任何一点的主剪应力;任意两点的主剪应力比值。

(3) 冻结光弹试验原理

环氧树脂材料是一种双相结构的材料(见图 3-6)。它具有可溶分子网络和不可溶分子网络两种成分。在高温(120~130℃)时,可溶分子网络崩溃,试件所受载荷完全由不可溶分子网络承担,加载状态下缓慢降温使可溶分子网络固化,便可将不可溶分子网络的变形“冻结”在模型内。卸除外力后,不可溶分子网络的变形不能再恢复。这样便可沿任意方向切出薄片,利用光弹仪观察该截面在承载时的应力状态了。

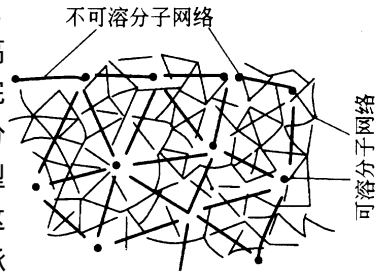


图 3-6 环氧树脂材料双相成分示意

2. 板料冲裁光弹试验

(1) 冻结试验

采用如图 3-7 所示的导板模进行板料冲裁光弹冻结试验。该导板模凸模直径 $d_1 = 16.79\text{mm}$, 凹模直径 $d_a = 18.89\text{mm}$, 双边间隙为 2.1mm。所用环氧树脂试件长度为 57mm, 宽度为 23.5mm, 厚度为 6mm。故试验的相对间隙为 35%。在自动控温的烘箱内,将温度以 5℃/h 的速度升高到 130℃,当辅助试件(径向受压圆盘)上出现清晰的等色线图案后,将载荷 F 为 51.22kN 加到凸模上端。保温 1h,然后以 2~3℃/h 的速度降温,当降到 60℃时停机,使试件在烘箱内自然降至室温。

图 3-8 所示为用 409-2 型光弹仪拍下的试件暗场等色线图案。然后按图 3-9 所示尺寸在冻结试件上切出 A、B、C 三个薄片,厚度为 2mm。试件 A、B、C 的等色线图案如图 3-10 所示。

(2) 平面光弹间隙试验

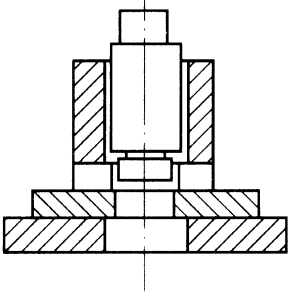


图 3-7 板料冲裁冻结光弹试验用导板模

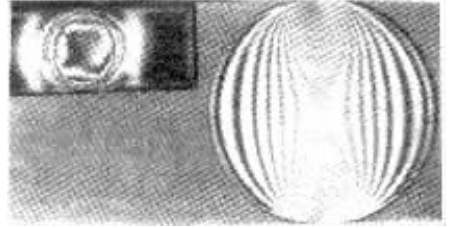


图 3-8 光弹仪拍下的试件暗场等色线图

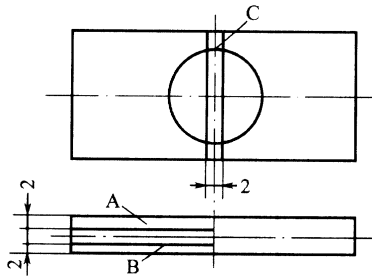


图 3-9 试件的切片位置

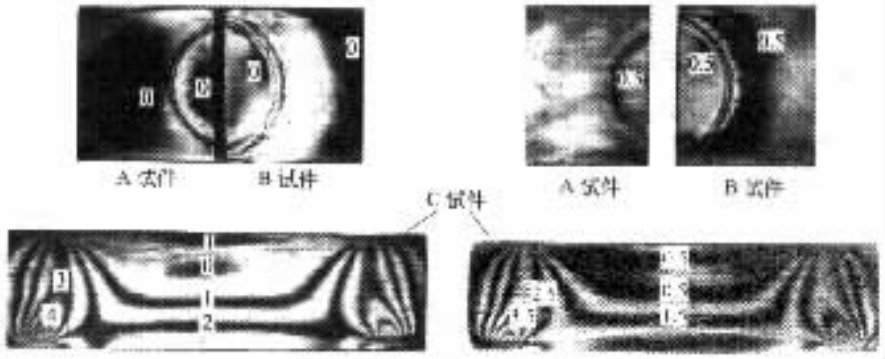


图 3-10 试件 A、B、C 暗场等色线图

将图 3-11 所示的试验装置安装在 409-2 型光弹仪上,如图 3-12 所示,通过改变两个凹模的距离,获得不同的相对冲剪间隙(见表 3-1)。该试验模具和实际冲裁模要求完全一致。模具刃口粗糙度为 $R_a 0.8 \sim 0.4 \mu\text{m}$,硬度为 HRC58~64,刃口保持锋利状态。凸模上方的 V 形槽保证加载不偏斜。凹模采用分块结构,以便于调整间隙。附件 1(两件)用于调整两个凹模块与凸模的间隙值。试验时,先将凹模、凸模、试件装在光弹仪加载架上,将附件 1 装在凹模块上,利用附件 1 上部侧表面和凸模侧表面的距离,确定冲剪凸、凹模的间隙,并确保两边间隙值相等。

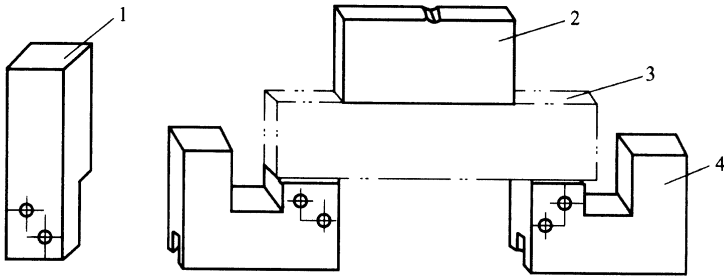


图 3-11 平面光弹间隙试验用的试验模具

1—附件 2—凸模 3—试件 4—凹模

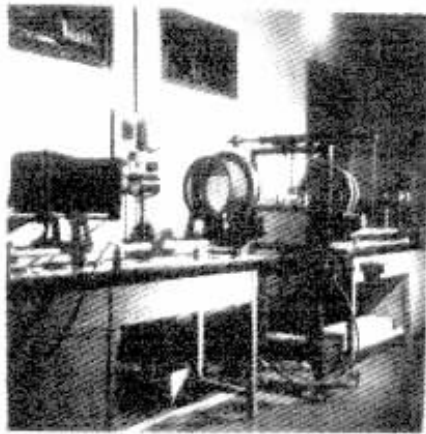


图 3-12 平面光弹试验模具装

在光弹试验机上

该试验模具凸模长度为 50mm,宽度为 10mm。试件高度为 28mm(相当于冲裁材料的厚度 t),长度为 145mm,厚度为 6.1mm(相对于冲裁材料 R 方向的切片厚度)。加载砝码为 110N,力臂比为 10:1,故试件实际加载为 1100N。

表 3-1 双边间隙及相对间隙数据

Z/mm	0.56	1.40	2.80	4.20	7.00	8.40	11.20	14.00
$(Z/t)/\%$	2	5	10	15	25	30	40	50

预先在同样的光场中测得试验所用环氧树脂试件的条纹值 f 为 $120\text{N}/\text{cm}\cdot\text{条}$,模型厚度为 0.61cm。所以将试件中任一点的 m 值乘上 f/t (此例 $f/t = 196.7\text{N}/\text{条}$)时,即可得到该点的主应力差值,再除以 2 即得到该点的主剪应力。

按表 3-1 所列的间隙值获得的等色线图案见图 3-13 所示。

3. 板料冲裁光弹试验结果分析

a. 切向主应力 σ_θ 不影响最大主剪应力 τ'_{rz} 的分布规律。图 3-10 所示的冻结试件 C 的等色线图是 rz 平面内的主剪应力 τ'_{rz} 在受切向主应力 σ_θ 影响时的分布规律。而图 3-13 所示为各种不同间隙时平面光弹试验等色线图,由于试件厚度 6.1mm 相对于高度 28mm 较小,可近似认为厚度方向能自由变形,试验得出的是在不受 σ_θ 影响下的 τ'_{rz} 的分

布规律。比较这两种情况下的等色线图可见：

- 凸模端面下方板料内都有一段平直的等色线；
 - 凹模刃口附近的条纹级数(m 值)大于凸模刃口附近的条纹级数(m 值)；
 - 刃口连线附近的条纹级数大于离开连线处的条纹级数；
 - 板料下表面的条纹级数大于板料上表面的条纹级数。
- 由此可得出中间主应力 σ_{θ} 不影响 τ'_{rz} 的分布规律。

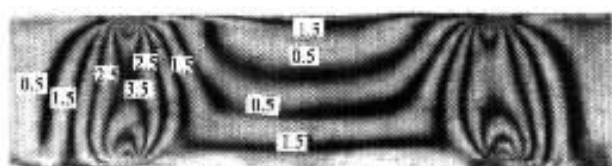
b. r_z 平面内主剪应力为最大主剪应力。图 3-10 中冻结试件 A、B 的等色线分别表明了靠近凸模与凹模处的 r_{θ} 平面内的主剪应力,而试件 C 的等色线则代表 r_z 平面内的主剪应力。 r_{θ} 平面内最高条纹级数为 0.5,而 r_z 平面内的条纹级数为 5 1PX-k,相差 10 倍之多。这说明了 τ'_{rz} 是板料内的最大主剪应力。

C_1 凸模作用力是主要集中在模具刃口处的非均布力。分析图 3-13 中一系列的等色线图可知:凸模端面下方一段平直的等色线说明此段板料处于拉伸加弯曲变形状态,0 级条纹上方径向受压,而 0 级条纹下方径向受拉。0 级条纹是 0 应力点和两向应力相等点的连线。在平直段两端,0 级条纹迅速指向凸模刃口,说明这一段板料垂直方向受到凸模的作用力,作用力越大则上移越大。从 0 级条纹的上移情况可以推断,凸模作用力是在刃口附近高度集中的非均布力,它在刃口处达到极值。间隙越大,平直段越长,0 级条纹上升越陡,则此时其作用力的集中程度越大。

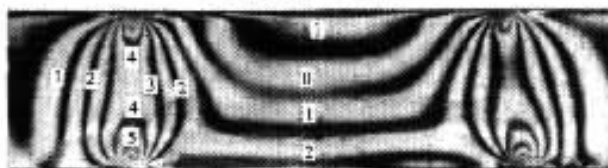
d. 板料上下两表面所受摩擦力均指向 R 的正方向,凸模下方板料处于拉伸加弯曲的组合变形状态,如图 3-13 所示,凸模端面下方板料内等色线平直,但不对称于板料中间层。零级条纹(即 $\sigma_1 = \sigma_2 = 0$)的连线向凸模一方移动,使板料下表面的条纹级数大于板料上表面的条纹级数。纯弯曲时的条纹级数应上下对称,纯弯曲加压缩时 0 级条纹级数应下移,只有弯曲加拉伸时才可能产生 0 级条纹向上移的现象。在板料弹性变形初期拉伸力是由凸、凹模的摩擦力提供的,证实了此时凸、凹模表面给予板料的摩擦力指向半径 R 正方向的推论。

e. 变形区主要集中在凸、凹模刃口连线附近,呈上小下大的倒“8”字形。如图 3-13 中的一系列等色线图所示,凹模刃口附近板料下表面内条纹级数最大,凸模刃口附近板料上表面条纹级数次之,沿刃口连线处条纹级数高,而离开刃口连线处条纹级数低。例如,在 $Z/t = 2\%$ 时,离开板料下表面 5mm 处 m 值为 4.5 级,而离开板料上表面 5mm 处 m 值为 3.5 级,即高出 1 级。同样,在 $Z/t = 30\%$ 时,离板料下表面 5mm 处 m 值为 6 级,而离板料上表面 5mm 处为 4.5 级,高出 1.5 级。 m 值大表明此处的主剪应力大。不难推知,当进一步加大凸模作用力时,必先在条纹级数最高(即主剪应力最大)的凹模刃口附近板料下表面出现塑性变形区,接着随变形过程的进行在凸模刃口附近的板料上表面出现塑性变形区。上下两个塑性变形区将沿条纹级数较高的刃口连线不断地向板料内扩展,最后出现如图 3-14 所示的上小下大的“8”字形变形区。

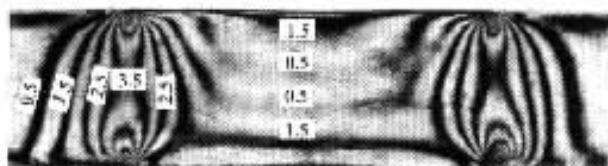
f. 间隙越大,冲裁板料所需凸模作用力(即冲裁力)越小。分析图 3-13 可知,间隙越大,条纹级数越高,板料内的主剪应力越大(见表 3-2)。



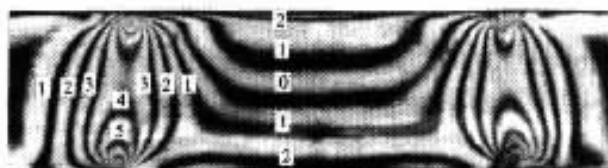
(a) 相对间隙 2% (亮场)



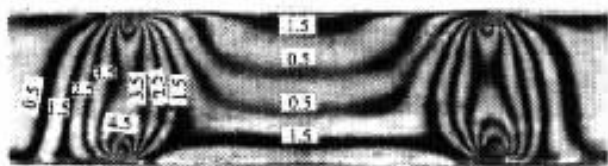
(b) 相对间隙 5% (暗场)



(c) 相对间隙 5% (亮场)



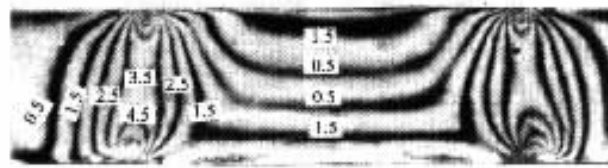
(d) 相对间隙 10% (暗场)



(e) 相对间隙 10% (亮场)



(f) 相对间隙 15% (暗场)



(g) 相对间隙 15% (亮场)

图 3-13

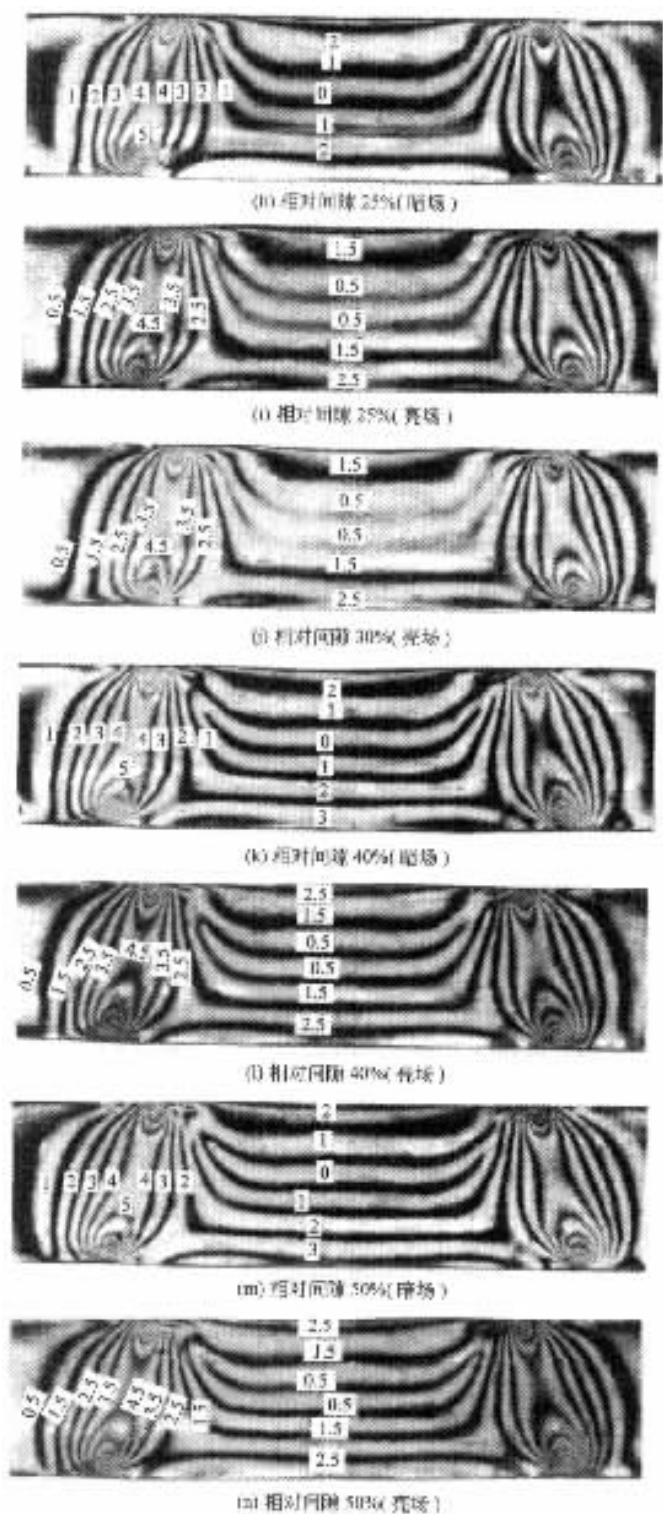


图 3-13 不同冲裁间隙的光弹试验等色线照片

表 3-2 板料内条纹级数(m 值)与相对间隙关系

(Z/t) %	2	5	10	15	25	30	40	50
上表面 m /条	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5
下表面 m /条	2	2	2.4	2.4	2.5	2.5	3.0	3.0
刃口连线处 m_c /条	3.5	3.6	3.7	3.8	4.2	4.1	4.3	4.4

注 :表中上、下表面 m 值系指平直段的条纹级数。

从表 3-2 中数值可见 :当相对间隙由 2% 提高到 50% 时 ,上、下表面的条纹级数都提高了 1 级。这说明中间板料所受的弯矩增大 ,板料将产生较大的弯曲变形 ,所以大间隙冲裁时落料件的不整度较差。设从上、下刃口出发相交的等色线条纹级数为 m_c ,当 m_c 达到屈服应力 τ_s 时 ,上、下塑性变形区连成一片 ,板料就进入了塑性大变形阶段。从表 3-2 可见 ,随着间隙的变大 , m_c 由 3.5 级增大到 4.4 级 ,提高了 0.9 级 ,即提高了 26%。这是在凸模作用力 $F = 1100N$ 不变的情况下 ,仅由于增大冲剪间隙而提高了板料内的主剪应力 ,由此不难得出大间隙冲裁时所需冲裁力必然降低的结论。

第二节 冲裁过程的塑性变形

按现代金属物理学的观点 ,金属内部存有大量的位错 ,金属塑性变形的实质就是位错的运动 ,材料的屈服极限就是开动位错使之运动所需的临界应力值。材料内部的位错数量越多 ,开动位错就越困难 ,屈服极限也就越高。位错运动的结果 ,即金属塑性变形的结果 ,使位错数量增加、位错堆积 ,增加了进一步的塑性变形的困难 ,因而材料的屈服极限提高 ,这就是通常宏观上的冷作硬化效应。当位错堆积、增殖到一定程度时 ,如果继续加大应力值 ,则会在位错的堆积处产生裂纹 ,金属就会断裂分离。

在板料冲裁的弹性变形阶段 ,板料内各处都具有同一数量级的位错 ,因而各处也具有几乎相同的屈服极限。如本章第一节所述 ,凹模刃口附近的板料下表面主剪应力最大 ,所以在加大凸模压力时 ,必将在此处最先达到板料的初始屈服极限 ,从而最早由弹性变形进入塑性变形。塑性变形使此处的屈服极限提高 ,进一步塑性变形则需进一步提高凸模的作用力 ,而提高凸模作用力 ,又使主剪应力稍小的凸模刃口附近的板料上表面处也达到了材料的初始屈服极限 ,从而也进入塑性变形。不断地加大凸模作用力 ,板料的塑性变形区就由凹、凸模刃口附近的板料下、上表面逐渐地沿刃口连线向板料内部扩展。在板料的下、上两个塑性变形区没有连成一片之前 ,板料内的塑性变形区受周围材料的限制 ,称之为塑性小变形阶段。当板料的下、上两个塑性变形区连成一片之后 ,板料就进入了塑性大变形阶段。根据上述分析和光弹试验所得的板料内主剪应力 τ'_{xz} 的分布情况 ,可以得出此时塑性变形区的形状 :光弹照片中即能使板料上下平面连成一片 ,条纹级数又是最小的条纹所包围的区域 ,如图 3-14 中的“8”字形所示。图中板料所受的冲裁力 F_c 、 F_a 及其摩擦力 $f F_a$ 的方向仍与板料弹性变形阶段时的方向相同 ,而摩擦力 $f F_c$ 则由于材料发生了

塑性流动,其方向由半径 R 的正方向转为指向 R 的负方向,侧向力 f_t 、 f_a 及摩擦力 ff_t 、 ff_a 则是伴随板料进入塑性变形后产生的。

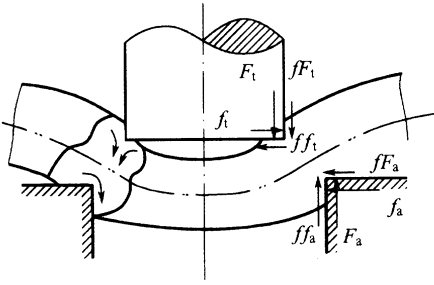


图 3-14 板料冲裁时的塑性变形区与受力状态

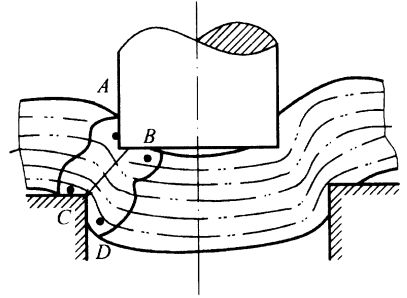


图 3-15 冲裁叠层试验

根据冲裁叠层试验,在板料的塑性变形阶段,塑性剪切部分的材料纤维起初并未被切断,如图 3-15 所示,板料的表层纤维产生很大的弯曲和拉伸,越接近中性层则越平缓。由此可见,模具刃口处板料上表面的径向应力,由弹性变形阶段的压应力状态转化成拉应力状态了。这种转化是随着被冲裁板料塑性变形的发展而逐步进行的,正是这种转化使摩擦力 fF_1 改变了方向。同时,板料上表面弹性变形时(图 3-15 中 A、B 区),由压力 F 和弯矩 M 产生的两个径向应力均为压应力,而板料的下表面上(图 3-15 中 C、D 区),由压力 F 产生径向压应力,而由弯矩 M 却产生了径向拉应力。所以,在发生上述转化时,板料的上表面纤维材料由压缩状态逐步转换为拉伸状态,而板料下表面的纤维材料一直处于拉伸状态,所以板料下表面的纤维材料径向拉伸变形程度必然大于板料上表面。随着凸模作用力的逐渐加大,在板料塑性变形的后期,必然在拉伸变形大,也是应力较大的板料下表面(即图 3-15 中 C、D 区)首先产生裂纹。在凹模刃口附近的板料下表面 C、D 两个区域内,各点的拉伸变形程度也是不相同的。摩擦力 f 地 f_b 使板料下表面与凹模接触的各点的拉伸变形程度沿凹模型腔向下逐渐增大,同时还由于凹模压力 F_b 、侧压力 f_b 和凹模刃口应力集中的影响,板料下表面最大应力点应在与凹模型腔侧壁相接触的、向下稍微离开凹模刃口的板料表面处,摩擦力使此点下移,而应力集中使此点上移,此点的位置即确定了冲裁件毛刺的高低。此点离刃口近,则毛刺低;离刃口远,则毛刺高。模具的刃口锋利时,应力集中的影响占绝对优势,故冲裁件毛刺低。而冲制一定数量的工件之后,模具刃口变钝,应力集中的影响下降,同时摩擦力数值增大,致使冲裁件毛刺增高。这就是变钝模具必须进行刃磨的原因。在常规冲裁工艺中,由于摩擦力总是存在的,所以冲裁件的毛刺是不可避免的。

为了验证上述分析的可靠性,采用放大 10 万倍的电子扫描显微镜对低碳钢 08F 冲裁过程进行扫描,图 3-16 所示是观察时拍摄的冲裁瞬间照片。当凸模行程比(凸模切入板料深度与板料厚度之比)为 22%时[见图 3-16(c)],低碳钢下表面出现可见的微裂纹;在行程比达到 31%时[见图 3-16(d)],板料下表面已形成较宽的主裂纹;当凸模行程比达到 59%时[见图 3-16(f)],板料上表面才出现裂纹。同时从图 3-16 的照片中可观察到,

裂纹的起点不在模具刃口处。这完全证实了上述的理论分析。

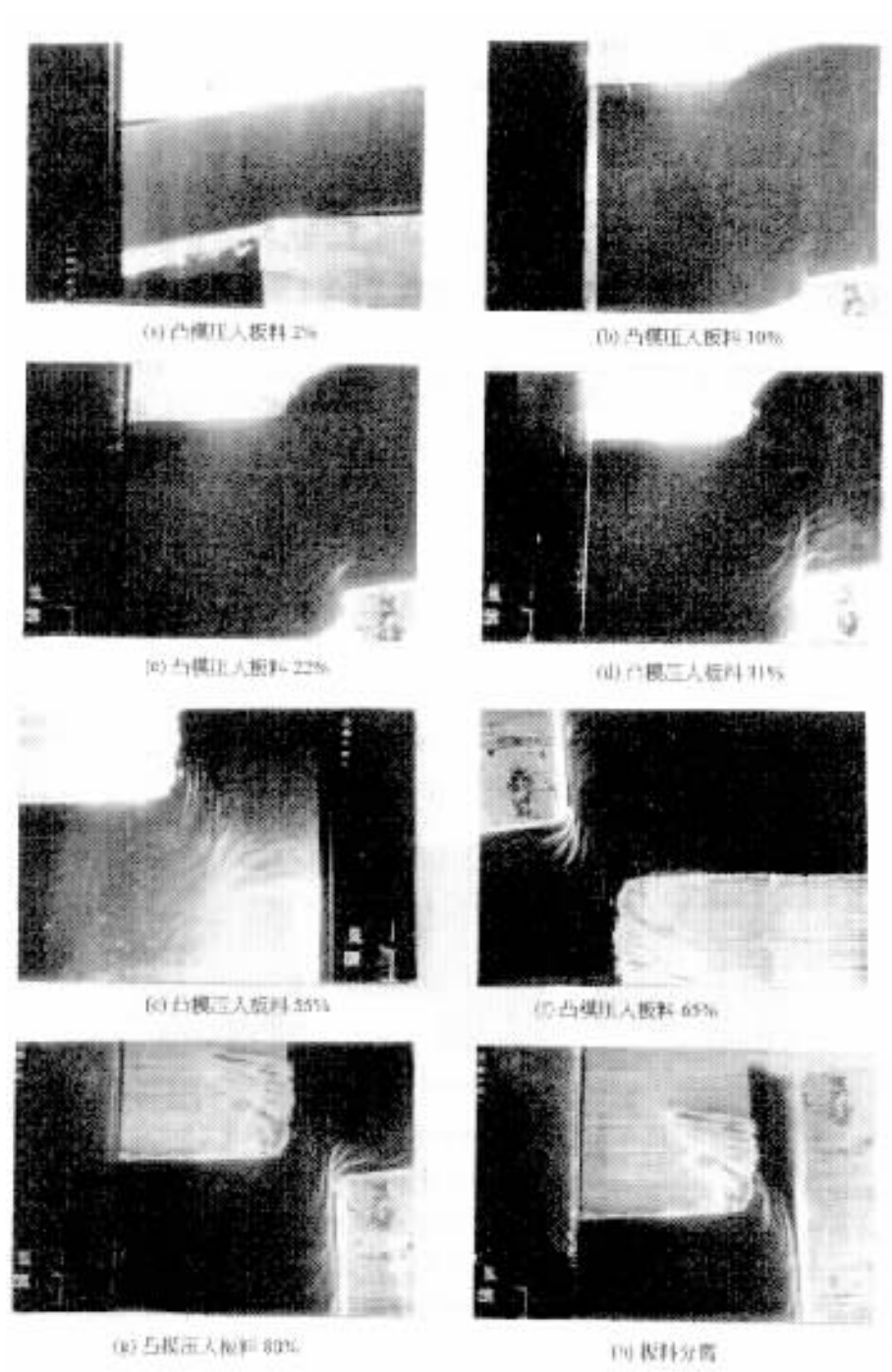


图 3-16 低碳钢 08F 冲裁过程

注 材料厚度 0.5mm 相对冲裁间隙(双边) 28%

综上所述,板料在冲裁的塑性变形阶段有以下主要力学特征。

- a. 凸模给板料上表面的水平摩擦力 $f F_1$ 的方向由指向半径 R 的正方向转向 R 的负方向。
- b. 塑性变形区集中在刃口连线附近,凹模刃口附近板料下表面的塑性变形区大于板料上表面的塑性变形区,整个塑性变形区呈下大上小的“8”字形。
- c. 与凹模型腔侧壁相接触的板料下表面先出现裂纹,继而在与凸模侧壁相接触的板料上表面出现裂纹,然后两裂纹向板料内扩展。
- d. 由于摩擦力使裂纹的起点稍微离开模具刃口,故常规冲裁工艺中的毛刺是不可避免的。

第三节 板料冲裁的断裂阶段

模具刃口附近的板料,随着板料塑性变形的发展,板料内位错数量大大增加并堆积在晶间和杂质处。塑性变形后期形成首次微裂纹,随后产生第2条、第3条微裂纹,在微裂纹根部汇集成较宽的主裂纹,或称之为裂缝,如图3-17所示。在主裂纹形成之后,板料弹、塑性变形阶段积蓄在板料内的应变能得到迅速地释放,使裂纹迅速向板料内扩展。如果间隙合理,则上下两裂纹重合;如间隙不合理,则在上下裂纹中间再产生第三条裂纹。此种板料的断裂分离过程称为双向裂纹分离理论。图3-18所示为使用放大10万倍的电子扫描显微镜拍摄的不同间隙时断裂瞬间的裂纹照片。

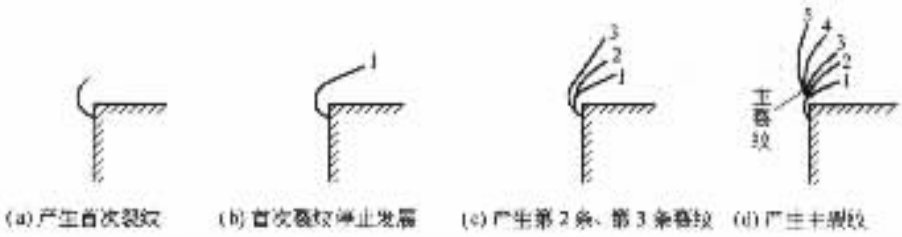


图3-17 典型的裂纹产生与发展过程

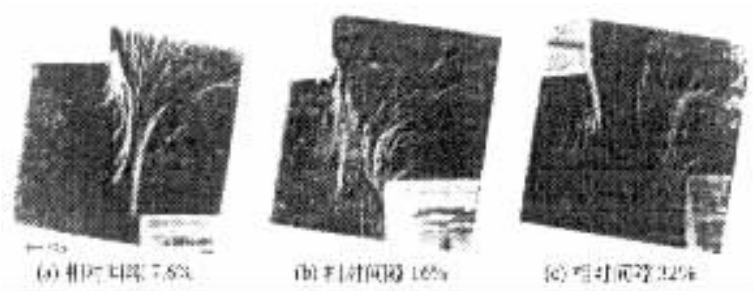


图3-18 不同间隙冲裁的剪切断面瞬间照片

不同的冲裁间隙,使冲裁件的剪切断面呈现不同的类型,根据实际板料冲裁加工试验

研究,冲裁件的剪切断面类型主要分为5种(见图3-26和图3-27)。冲裁件剪切断面上的圆角区是刃口附近的板料在分离后所保留的残余变形,冲裁件上的毛刺是由于裂缝不在模具刃口处的板料表面上所致,而光亮带则是断面在塑性变形和脱离模具时板料与模具摩擦形成的。

第四节 板料冲裁间隙的试验研究

一、相对间隙理论公式

冲裁间隙是冲裁模设计与制造中最重要的技术参数。它不仅影响冲裁力、卸料力以及顶件力的大小,而且影响冲裁件的尺寸精度、断面质量,以及模具的寿命、模具结构、制造工艺和加工成本等。因此,冲裁间隙的研究引起国内外的普遍重视。然而国内外目前所采用的冲裁间隙值各不相同,确定冲裁间隙合理值的依据与观点也各不相同。国内外的工程技术人员都知道放大冲裁间隙可以提高模具的使用寿命,但会降低冲裁件的尺寸精度。间隙增大对冲裁件的具体影响缺乏明确的指标。不考虑冲裁件的技术要求,而盲目地增大间隙是一种片面的观点,不考虑冲裁件的批量与技术要求而盲目地采用小间隙同样是一种片面的观点。因此,为了在满足冲裁件技术条件的情况下尽量延长模具寿命,需要对冲裁间隙进行系统的工艺试验。

作者通过210种不同种类与厚度的板料(国产板料占大多数)的间隙试验,提出了“按件定隙”(亦即按照冲裁件的质量与批量确定间隙的合理值)的原则,作为确定合理间隙的指导思想。图3-19所示是冲裁过程中凸模与凹模压入板料时的几何图形。根据几何关系可以建立合理的相对间隙理论公式。即

$$Z/t = \chi(1 - h_0/t)\tan\beta \quad (3-12)$$

式中 h_0 ——上、下裂纹相逢时凸模与凹模压入板

料的深度,决定于材料的屈服极限 σ_s 与延伸率 δ_k 以及板料厚度 t ;

β ——裂纹的斜角,决定于材料的屈服极限 σ_s 与延伸率 δ_k 。

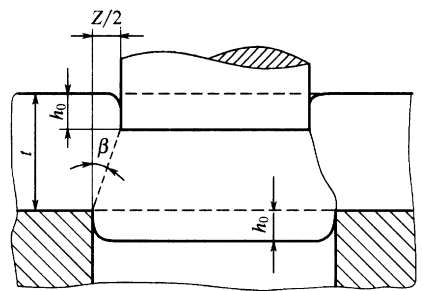


图3-19 板料冲裁过程的几何关系

由此可见,板料冲裁过程的合理间隙值决定于板料的厚度(t)与材料种类的力学性能(σ_s, δ_k)。

二、抗冲裁强度 - 相对间隙试验

在板料的冲裁过程中板料并非处于纯剪切状态,而是处于剪切、拉伸、弯曲、挤压等的组合变形状态。纯剪切只可能发生于间隙为零的冲裁过程,这不符合板料冲裁加工的实

际生产情况。随着冲裁相对间隙的不同,剪切、拉伸、弯曲、挤压等变形所占的比例也不相同,因此计算中通常采用只决定于材料种类与供应状态的抗剪强度必然带来一定的误差。这种误差的大小是随着相对间隙的变化而变化的。从生产实际出发,在运动速度不同的压力机上进行冲裁,材料的变形速度也不同。因此,由液压试验机所获得的材料剪切强度显然也与由压力机所获得的剪切强度不同。作者认为,应当以压力机进行冲裁的变形速度为前提,以剪切、拉伸、弯曲、挤压所组成的冲裁过程为对象,根据不同的相对间隙进行冲裁试验,得出抗冲裁强度,作为计算冲裁力的依据,这样才符合生产实际。作者曾经在500kN压力机上对10种常用材料进行冲裁力的动荷试验,采用光线示波器(SC-16型)记录冲裁力与凸模行程的变化波形,如图3-20所示。又在100kN的材料试验机上对这10种材料进行冲裁力的静荷试验,采用函数记录仪(LZ3-304型)记录冲裁力与凸模行程的变化波形,如图3-21所示。然后利用标定曲线,求得不同冲裁间隙所对应的冲裁力,再除以冲裁件的断面面积,得到该板料的抗冲裁强度。

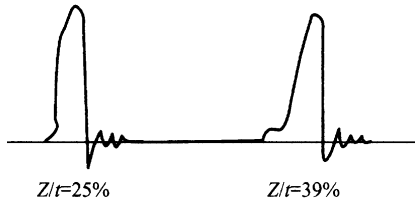


图 3-20 动荷波形

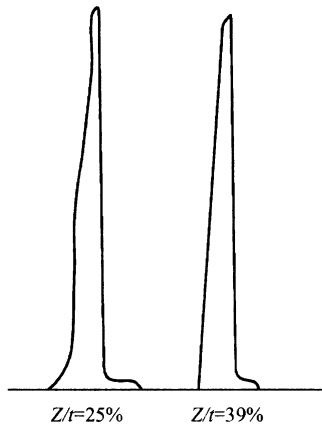


图 3-21 静荷波形

试验表明:在动荷情况下,光线示波器的波形高度与冲裁力 F 呈线性关系,静荷情况下,函数记录仪的波形高度 A 与冲裁力 F 也呈线性关系。两者的波形非常相似,两者的区别在于高度不同。

图 3-22 所示为动荷试验的工作原理。图 3-23 所示为静荷试验的工作原理。试验时光线示波器的 f 值为 2500, 所获得的标定系数 $K = 2660\text{kN/mm}$ 。在函数记录仪的量程为 50mV、衰减为 10 时, 获得标定系数 $K = 760\text{kN/mm}$ 。

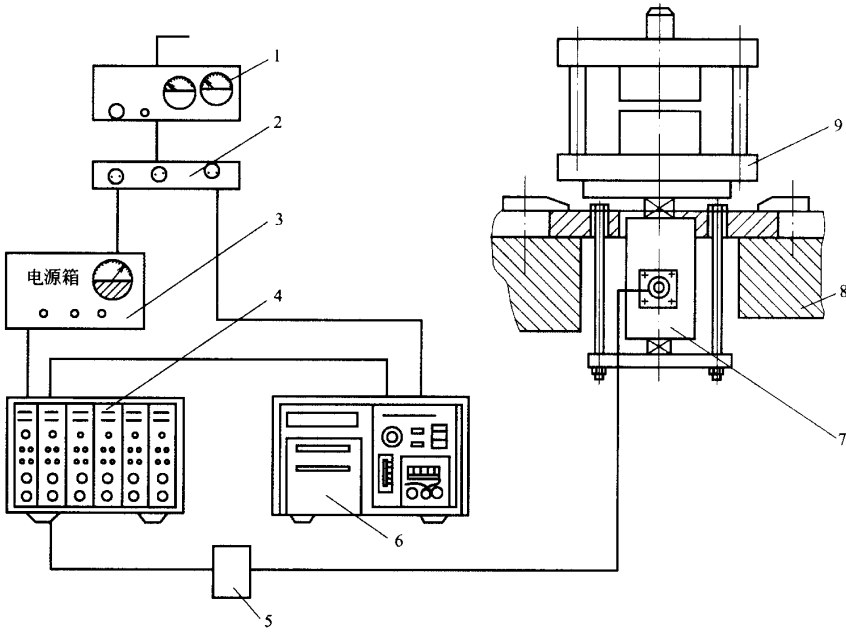


图 3-22 动荷试验工作原理

1—稳压电源 2—接线板 3—电源箱 4—电阻应变仪 5—接线盒；
6—SC-16 型光线示波器 7—传感器 8—压机台面 9—冲裁模

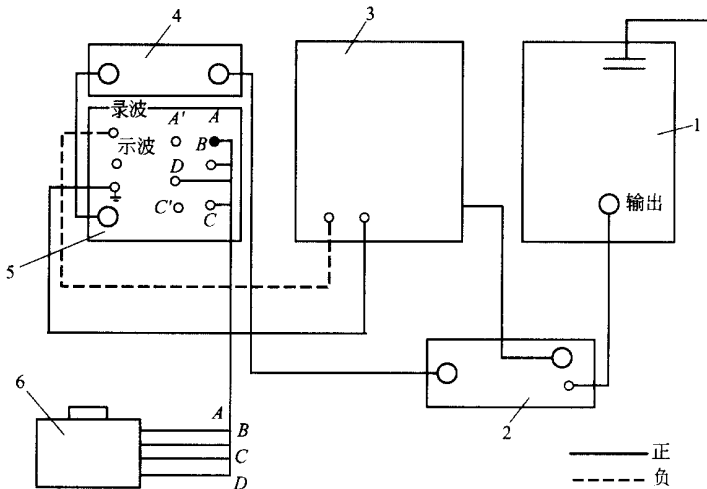


图 3-23 静荷试验工作原理

1—稳压器 2—分电盘 3—函数记录仪；
4—电源箱 5—应变仪 6—拉（压）力传感器

根据上述方法对 10 种常用材料在压力机上进行抗冲裁强度 - 相对间隙试验, 所获得的试验曲线如图 3-24 所示。图中实线为动荷的抗冲裁强度 τ_d , 虚线为静荷的抗冲裁强度 τ_j ; 由图可得如下结论。

a. 动荷的抗冲裁强度 τ_d 均大于静荷的抗冲裁强度 τ_j 。

b. 在相对间隙 $Z/t = 1\% \sim 50\%$ 的范围内均有抗冲裁强度的最大值与最小值。最大值一般发生在相对间隙 $Z/t \leq 19\%$ 的范围内, 最小值一般发生在相对间隙 $Z/t = 15\% \sim 30\%$ 范围内, 且为最大值的 78% ~ 95%, 多数材料为 85% ~ 90%。这就是合理大间隙冲裁模能减少冲裁力的原因。

c. 抗冲裁强度曲线随冲裁间隙由小变大。初期冲裁力下降是由于弯矩变大的原因, 中期出现最小值然后又变大, 其原因是在计算材料的抗冲裁强度时使用了材料原始厚度。实际上冲裁件的断裂面积小于材料的原始厚度, 实际的断裂面积应该减去材料在塑性变形过程中产生的光亮带的面积。

表 3-3 列出了动荷曲线与静荷曲线的参数。由表中可见, 动荷情况下的抗冲裁强度与静荷的比值为 1.06 ~ 1.18, 即由静荷情况下所获得的抗冲裁强度代替动荷情况下的抗冲裁强度误差约为 6% ~ 18%, 这就是有时按理论公式求冲裁力感到压力机吨位不够的原因。

表 3-3

动荷曲线与静荷曲线参数

材料名称	动荷曲线					静荷曲线					$\tau_{dmin} / \tau_{jmax}$	$\tau_{dmin} / \tau_{djin}$
	(z/t)%		τ_{dmax} /MPa	τ_{dmin} /MPa	τ_{dmin} / τ_{dmin}	(z/t)%		τ_{jmax} /MPa	τ_{jmin} /MPa	τ_{jmax} / τ_{jmin}		
	τ_{dmax}	τ_{dmin}				τ_{jmax}	τ_{jmin}					
铝青铜 QAL9-2Y	7.5	29	506	500	0.89	10	25	470	420	0.89	1.08	1.08
锡青铜 QSn4-3	5	15	461	422	0.92	4	20	460	390	0.85	1.002	1.08
锡青铜 QSn6.5-0.15	8	29.5	506	440	0.87	10	25	476	410	0.86	1.06	1.07
黄铜 H62Y	7	29	431	387	0.89	10	25	410	320	0.78	1.05	1.21
铅黄铜 Hpb59-1Y	5	25	416	390	0.94	10	26	380	340	0.89	1.09	1.15
低碳钢 Q235	5	30	470	420	0.89	10	20	440	380	0.86	1.07	1.14
硬铝 LY12CZ	2	27	325	293	0.90	4	35	305	265	0.87	1.05	1.12
低碳钢 08F	5	26.5	340	300	0.88	10	25	295	260	0.88	1.15	1.15
硬铝 12M	5	5	145	130	0.90	10	20	135	110	0.81	1.07	1.18
纯铝 L2	1	17	105	87	0.83	6	20	85	75	0.88	1.24	1.16

三、冲裁件尺寸精度与相对间隙

尺寸精度是指冲裁件的实际尺寸与设计尺寸的差值。设计模具时, 通常认为落料件外形尺寸取决于凹模刃口尺寸, 而冲孔件内形尺寸取决于凸模尺寸, 所以往往采用落料件的外形尺寸与凹模尺寸的差值, 或冲孔件的内形尺寸与凸模尺寸的差值来表示尺寸精度。

对于落料件, 尺寸精度 δ_{aj} 表示为

$$\delta_{aj} = D_a - D_j \quad (3-13)$$

式中 D_a ——凹模的尺寸;

D_j ——落料件的实际尺寸。

对于冲孔件,尺寸精度 δ_{ik} 表示为 $\delta_{ik} = d_t - d_k$ (3-14)

式中 d_t ——凸模的尺寸;

d_k ——冲孔件的实际尺寸。

图 3-25 所示为生产中 10 种常用材料落料件与冲孔件尺寸精度 - 相对间隙的关系曲线。图中实线为落料件的尺寸精度,虚线为冲孔件的尺寸精度。

从图中可见:当相对间隙较小时,冲裁件的尺寸变化较大,当相对间隙增大到某一合理值时,落料件尺寸小于凹模尺寸,冲孔件尺寸大于凸模尺寸,冲裁件与凸、凹模之间的摩擦可以显著减小,可显著提高模具寿命。此合理间隙值也不易过大,因为间隙过大,冲裁件的剪切断面光厚比小、断裂面积大,从而使冲裁力变大,反而会减少模具的使用寿命。建议合理的间隙值应该根据冲裁件的具体材料性能选取,对于落料件必须保证落料件的尺寸稍小于凹模型腔尺寸即可,而对于冲孔件,冲裁间隙还可以放大,因为使冲孔件尺寸大于凸模尺寸的冲裁间隙大于使落料件尺寸小于凹模型腔尺寸的冲裁间隙。

当冲裁件的加工精度要求不高,生产批量比较大,希望采用合理大间隙以提高模具的使用寿命时,凸、凹模的工作部分尺寸计算公式作适当的修正后,同样可以保证冲裁件的尺寸精度。

对于落料件,当零件的尺寸与公差为 $D^{-\Delta}j_0$ 它时,凹模、凸模的尺寸与公差为

$$D_a = (D_j - X\Delta + \delta_{aj})^+_{0^a} \delta_a \quad (3-15)$$

$$D_t = (D_j - X\Delta + \delta_{aj} - Z)^0_{\delta_t} \quad (3-16)$$

式中 δ_a ——凹模制造公差;

δ_t ——凸模制造公差;

Z ——最小合理间隙;

δ_{aj} ——尺寸精度修正系数,可根据材料种类与厚度,在落料的尺寸精度 - 相对间隙曲线中的合理大间隙范围内求得。

对于冲孔件,当零件的尺寸与公差为 $d_{k0}^+ \Delta$ 孔时,凸模与凹模的尺寸与公差为

$$d_t = (d_k + X\Delta - \delta_{ik})^0_{\delta_t} \quad (3-17)$$

$$d_a = (d_k + X\Delta - \delta_{ik} - Z)^+_{0^a} \delta_a \quad (3-18)$$

式中 δ_{ik} ——尺寸精度修正系数,可根据材料种类与厚度,在冲孔的尺寸精度 - 相对间隙曲线中的合理大间隙范围内求得。

四、冲裁件剪切断面类型与相对间隙

冲裁件的断面质量是冲裁件质量的主要指标之一,而断面质量中的许多指标(包括冲裁件的断面形式、毛刺高度、相对光厚比、垂直度、平面度、塌角、撕裂带等)与相对间隙有密切的关系。对 10 种常用材料各进行 9 种间隙的冲裁试验,可将落料件与冲孔件的断面形式进行归纳,如图 3-26 与图 3-27 所示。

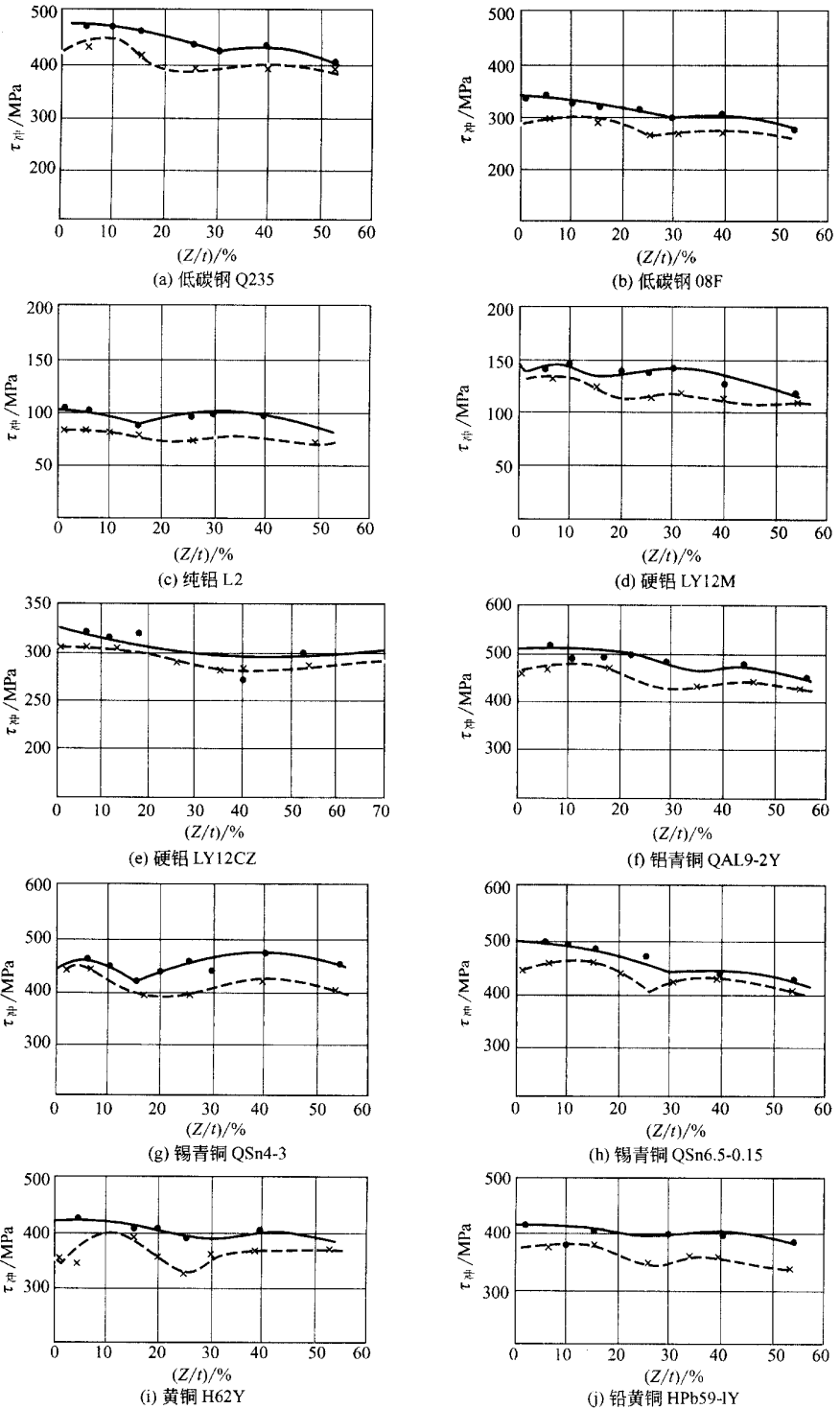
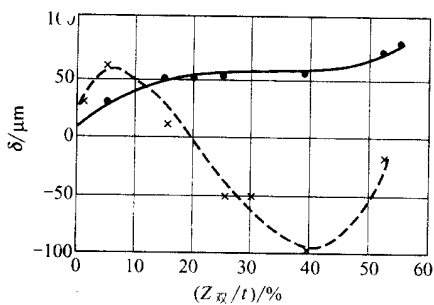
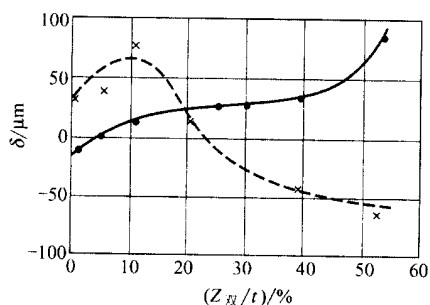


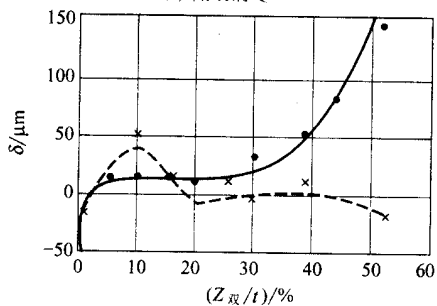
图 3-24 10 种常用材料的抗冲裁强度 - 相对间隙的试验曲线



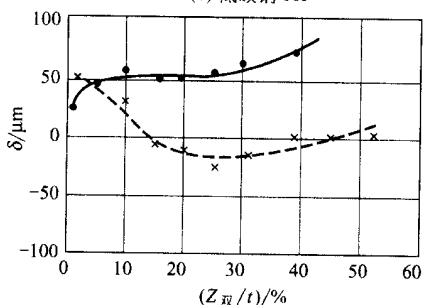
(a) 低碳钢 Q235



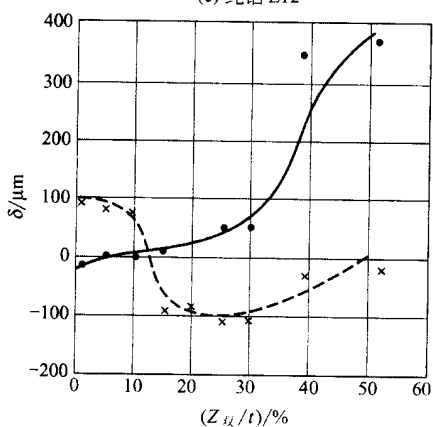
(b) 低碳钢 08F



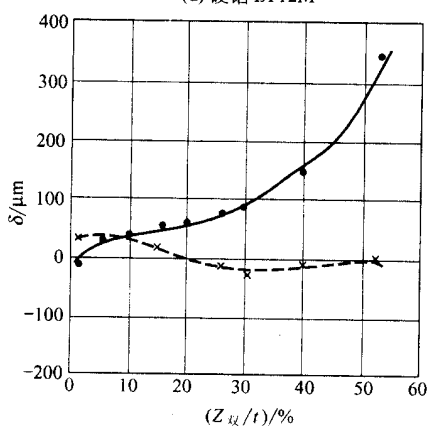
(c) 纯铝 L12



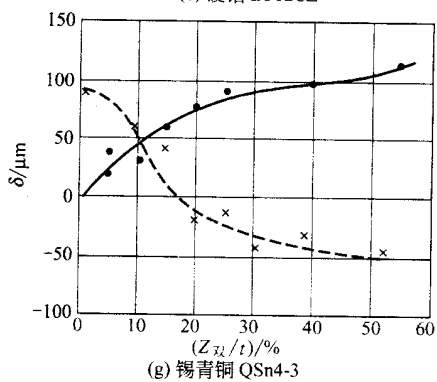
(d) 硬铝 LY12M



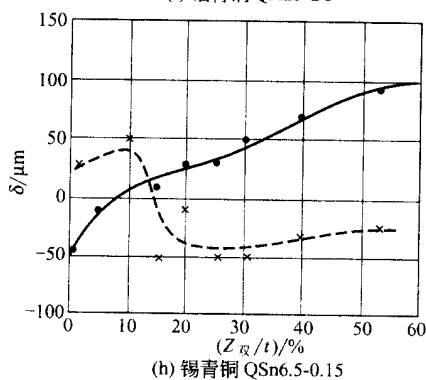
(e) 硬铝 LY12CZ



(f) 铝青铜 QAL9-2Y



(g) 锡青铜 QSn4-3



(h) 锡青铜 QSn6.5-0.15

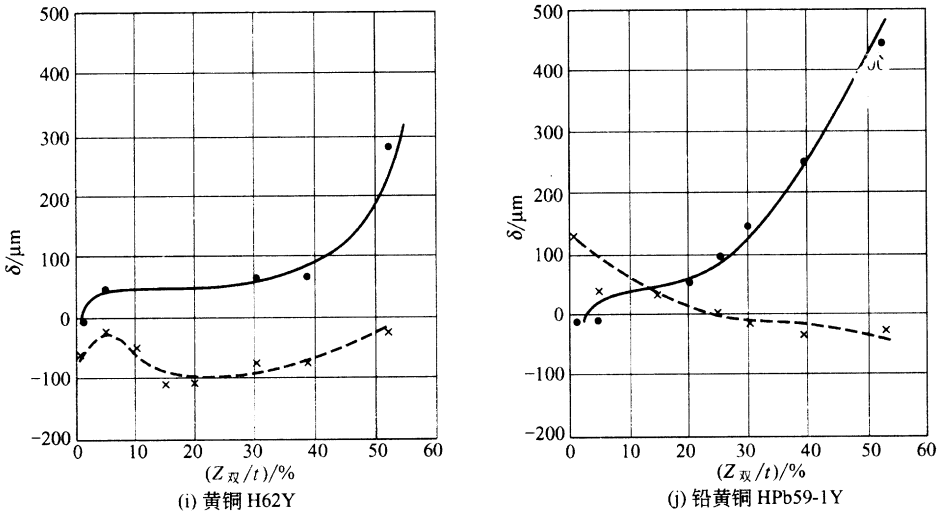


图 3-25 10 种常用材料落料件与冲孔件尺寸精度 - 相对间隙的关系曲线

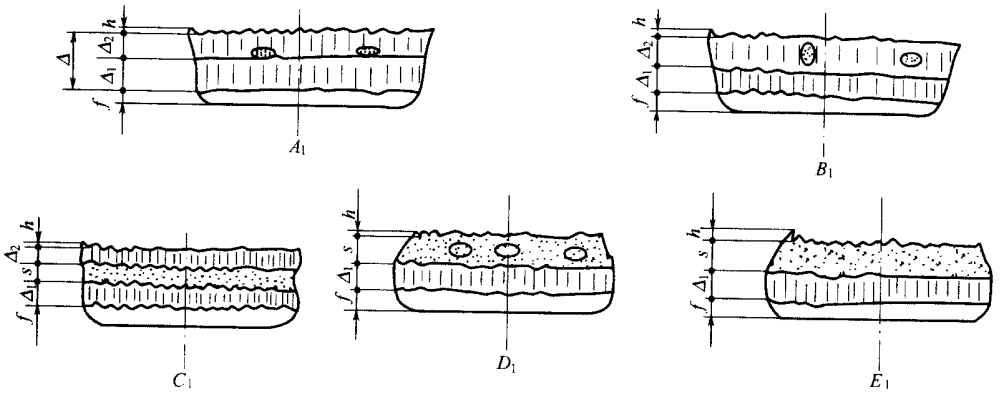


图 3-26 落料件的剪切断面类型

试验表明,冲裁件的断面形式决定于相对间隙与材料的力学性能。在一般情况下, A 与 B 型的断面发生于微间隙 ($Z/t \leq 5\%$), C 型断面发生于小间隙 ($5\% \leq Z/t \leq 10\%$), 而 D 型多发生在中等的间隙范围 ($10\% \leq Z/t \leq 20\%$), E 型发生于大间隙 ($Z/t \geq 20\%$)。表 3-4 列出了 10 种常用材料相对间隙与剪切断面形式的关系。

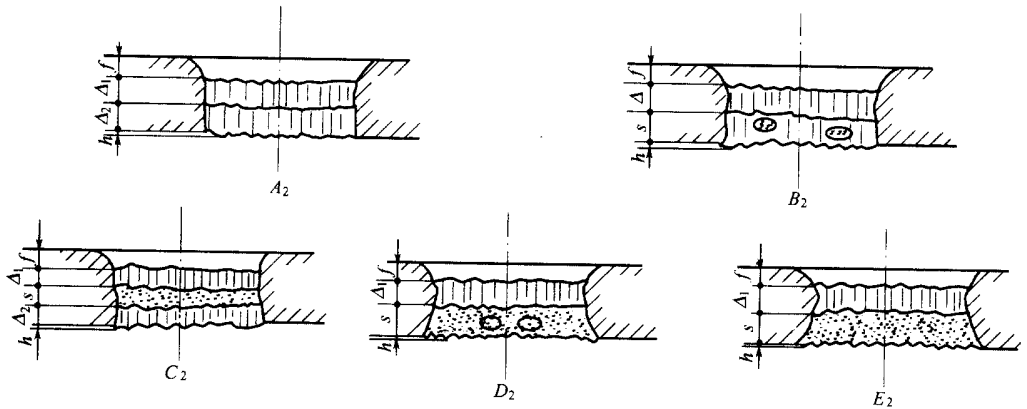


图 3-27 冲孔件的剪切断面类型

表 3-4

冲裁件断面类型与相对间隙的关系

材料名称	工序名称	相对间隙(z/t)/%								
		1	5.5	10	15	20	25	30	39	52.5
铅青铜 QA19—2Y	落料	A ₁	C ₁	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	E ₁	E ₁	C ₁
	冲孔	C ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	E ₂	E ₂	E ₂
锡青铜 QSn4 - 3	落料	A ₁	D ₁	D ₁	D ₁	E ₁	C ₁	E ₁	E ₁	E ₁
	冲孔	B ₂	D ₂	D ₂	D ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂
锡青铜 QSn6.5 - 0.15	落料	A ₁	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	E ₁	E ₁	E ₁
	冲孔	B ₂	D ₂	D ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂
黄铜 H62Y	落料	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	E ₁	E ₁	E ₁	E ₁
	冲孔	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂
铅黄铜 HPb - 1Y	落料	A ₁	B ₁	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	E ₁	E ₁	E ₁
	冲孔	B ₂	C ₂	D ₂	D ₂	D ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂
低碳钢 Q235	落料	A ₁	B ₁	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	E ₁	E ₁	E ₁
	冲孔	A ₂	B ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	E ₂
硬铝 LY12CZ	落料	B ₁	B ₁	B ₁	C ₁	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	E ₁
	冲孔	C ₂	C ₂	C ₂	C ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	E ₂
低碳钢 08F	落料	B ₁	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	E ₁	E ₁	E ₁	E ₁
	冲孔	B ₂	D ₂	D ₂	D ₂	D ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂
硬铝 LY12M	落料	C ₁	D ₁	D ₁	D ₁	D ₁	E ₁	E ₁	E ₁	E ₁
	冲孔	A ₂	B ₂	B ₂	D ₂	D ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂
纯铝 L2	落料	A ₁	B ₁	D ₁	D ₁	E ₁	E ₁	E ₁	E ₁	E ₁
	冲孔	A ₂	C ₂	D ₂	D ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂	E ₂

对于 A 型和 B 型断面应该尽量避免。因为冲裁件的这两种断面类型对模具的摩擦非常剧烈，从而模具的使用寿命很低。过去采用的冲裁间隙多为 $5\% \leq Z/t \leq 10\%$ 。此种间隙的冲裁件断面多为 C 型，此时的模具使用寿命也比较低。D 型冲裁件剪切断面类型对模具的磨损小，冲裁力也比较小，所以称为“合理大间隙”。建议采用此种冲裁间隙。对于 E 型，因为冲裁件的剪切断面垂直度不好，毛刺大，不易去除，而且冲裁件不平整，建议

不要采用。

五、相对光亮带与相对间隙

在微间隙情况下 ($Z/t < 5\%$)，由于变形区属于剪切、拉伸、弯曲、挤压的组合变形，冲裁件的断面特点是：由 bc 部分回弹后与凹模侧面摩擦而形成第一光亮带，如图 3-28 所示；由 ef 部分回弹后与废料和凹模侧面摩擦而形成第二光亮带，从而形成双光亮带；多余材料 edf 部分被废料和凹模刃口向上剪切形成切屑，黏附在第二光亮带上。当冲裁间隙很小时，还会有一部分多余材料被挤到冲裁件的端面上，形成毛刺，此种毛刺与冲裁件的结合力小，称为易去毛刺。

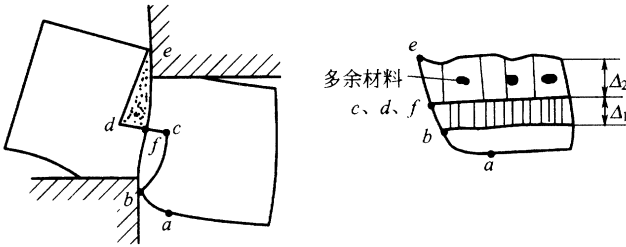


图 3-28 微间隙的冲裁件断面

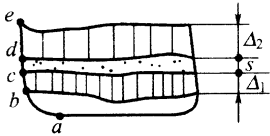


图 3-29 小间隙的冲裁件断面

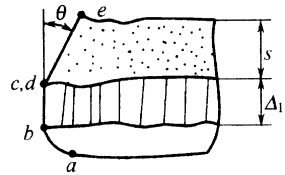


图 3-30 大间隙的冲裁件断面

在小间隙 ($Z/t = 5\% \sim 10\%$) 情况下，由于类似于上述变形组合，冲裁件的断面也类似于微间隙的情况，但在第一、二光亮带之间出现微小的撕裂带，如图 3-29 所示，使断面上形成断层。由于多余材料显著减少，所以切屑也就不存在了。

在大间隙情况下 ($Z/t \geq 10\%$)，变形区中拉伸变形的比例增加，所以撕裂带较大，而且第二光亮带也不存在了，如图 3-30 所示。宏观地看，光亮带好像是光亮的表面；但在工具显微镜下观察，光亮带实际上是由许多刀痕所组成的表面，就如刨削表面一样。

光亮带的大小主要决定于相对间隙。对于任何材料，落料件与冲孔件的变化规律均与图 3-31 所示 10 种常用材料的冲裁断面光厚比情况类似，相对间隙越大，相对光亮带就越小。

六、冲裁件毛刺高度与相对间隙

如前所述，普通冲裁加工工件的毛刺是不可避免的。即使模具的刃口处于锋利状态，冲裁间隙合理，但是由于板料的裂纹的起点不在与模具刃口的接触处，冲裁件的毛刺也是不可避免的。如果相对间隙合理，则上、下刃口的裂纹重合，毛刺比较小。当间隙过大或

由于刃口磨损而出现圆角之后,因材料在刃口处的应力集中程度减弱,这时裂纹出现的位置将离开刃口更远一些,冲裁件的毛刺高度将更大一些。由于这些毛刺的根部较宽,并与冲裁件紧密结合,所以一般难以除去,这种毛刺称为不易去毛刺。当间隙过小时,毛刺高度也很大。这是由于上、下裂纹中间的多余材料在凸模下行时互相剪切与挤压,除了一部分被挤到断面上的凹陷处外,尚有一部分被挤到冲裁件的边缘,从而形成根部较窄、较高的毛刺。这种毛刺由于为多余材料附着于冲裁件的边缘,与冲裁件的结合力较差,容易除去,这种毛刺称为易去毛刺。冲裁件毛刺的高度决定于材料种类与相对间隙。作者对 210 种不同材料种类与厚度的板料各进行的 10 次相对间隙的冲裁试验,并采用工具显微镜(放大 30 倍)测量毛刺高度,获得了 420 条毛刺高度 - 相对间隙曲线。这些曲线的变化规律基本与图 3-32 所示的 10 种常用材料落料件与冲孔件的毛刺高度与相对间隙的关系曲线相似。

最小毛刺高度 h_{\min} 一般发生于相对冲裁间隙 $Z/t > 10\% \sim 25\%$ 时,不同的冲裁材料略有不同。图中的毛刺高度包括了易去毛刺与不易去毛刺。合理大间隙冲模也能获得较小的毛刺高度。

七、垂直度与相对间隙

板料在冲裁过程中由于上、下刃口产生的裂纹不垂直于板料表面,当冲裁件与板料分离后其断面并不垂直于板料表面。冲裁件断面的垂直度主要取决于相对间隙。图 3-33 所示为对 10 种常用材料各 9 种间隙采用投影仪(放大 50 倍)测量所获得的垂直度 - 相对间隙试验曲线。

如图 3-33 所示,断面的不垂直现象随着相对间隙的增大而增大。值得注意的是,当相对间隙 $Z/t < 5\%$ 时,大部分材料的垂直度 X/t 为负值(即落料件上方的尺寸大于下方的尺寸),这是由于断面上部的回弹量大于下部的回弹量所致。当相对间隙 $Z/t < 15\% \sim 20\%$ 时,断面垂直度的变化缓慢。当 $Z/t > 15\% \sim 20\%$ 时,垂直度发生明显变化。负垂直度现象将使凸、凹模刃口受到冲裁件的严重磨损,减少模具寿命。因此应避免冲裁件出现负垂直度。

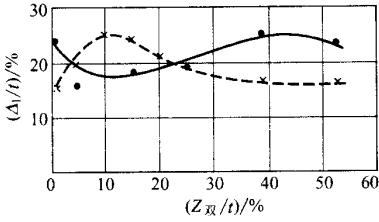
八、板料厚度 - 合理大间隙试验

为了研究板料厚度对合理大间隙的影响,作者曾经对厚度为 2.3mm、3mm、4mm、6mm、8mm、10mm、12mm 的火车专用的 WSPA 钢板进行了试验。材料种类不同,其数据尺寸应该有所区别,但是变化的趋势应该是一样的。现对 WSPA 钢板的试验结果简要讨论如下。

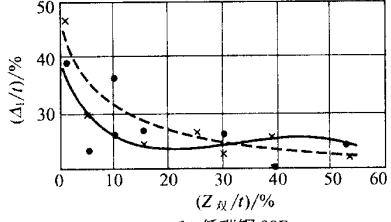
图 3-34 所示为不同的 WSPA 钢板,使凹模尺寸与落料件尺寸相等($\delta_{aj} = 0$)、凸模尺寸与冲孔件尺寸相等($\delta_{ik} = 0$)的情况下,材料厚度与相对间隙的关系曲线。图中实线为落料件的相对间隙,虚线为冲孔件的相对间隙。

图 3-35 所示为 WSPA 钢板落料件、冲孔件的毛刺高度为最小时,不同的板料厚度与相对间隙的关系曲线。图中实线为落料件的相对间隙,虚线为冲孔件的相对间隙。

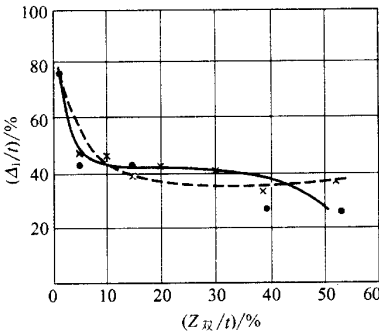
图 3-36 所示为 WSPA 钢板落料件、冲孔件的相对光亮带为 $1/3$ 时,板料厚度与相对间隙的关系曲线。图中实线为落料件的相对间隙,虚线为冲孔件的相对间隙。



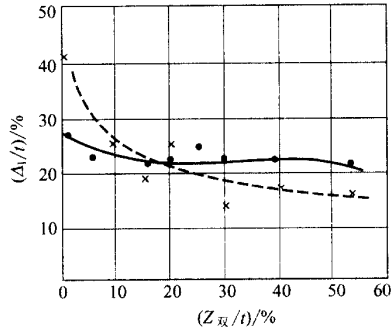
(a) 低碳钢 Q235



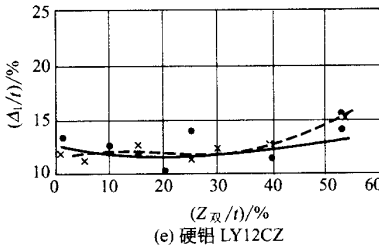
(b) 低碳钢 08F



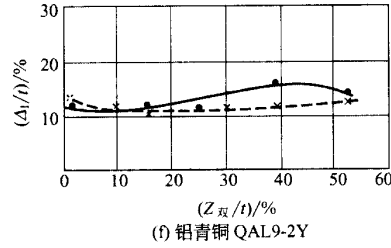
(c) 纯铝 L2



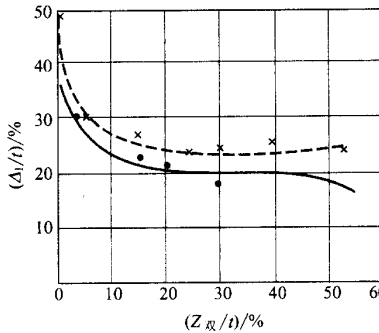
(d) 硬铝 LY12M



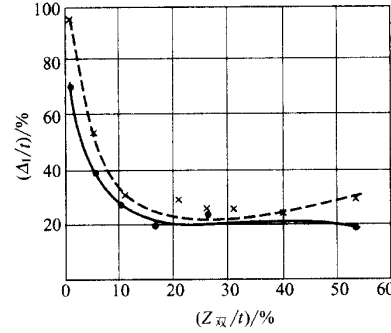
(e) 硬铝 LY12CZ



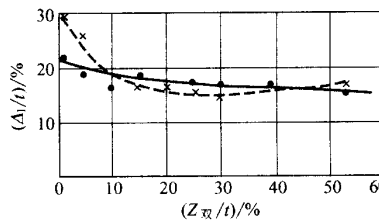
(f) 铝青铜 QAL9-2Y



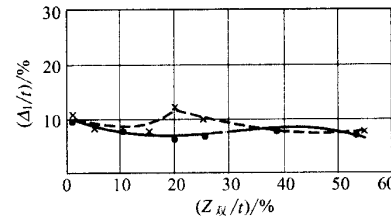
(g) 锡青铜 QSn4-3



(h) 锡青铜 QSn6.5-0.15



(i) 黄铜 H62Y



(j) 铅黄铜 HPb59-1Y

图 3-31 10 种常用材料落料件相对光亮带与相对间隙曲线

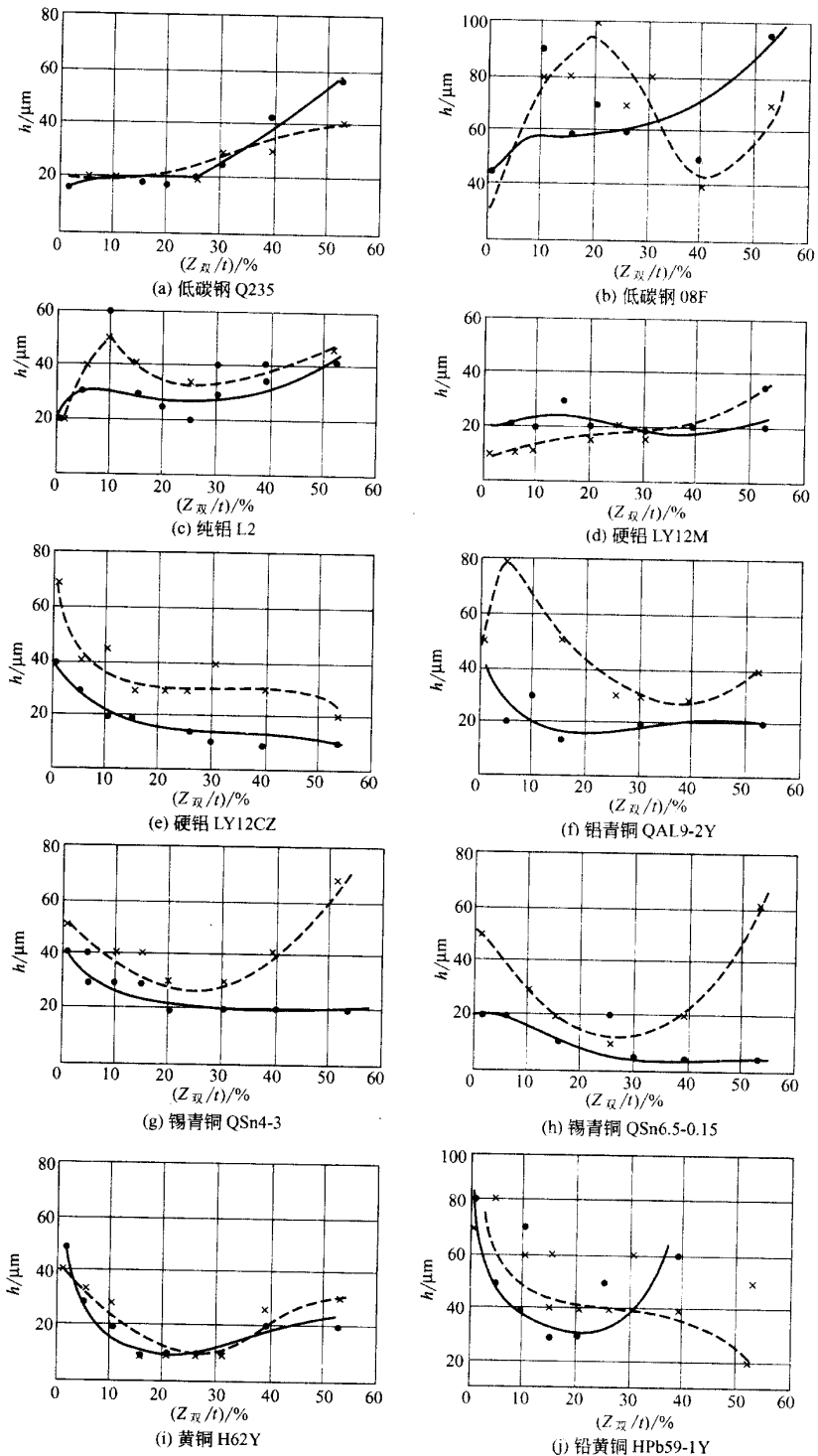
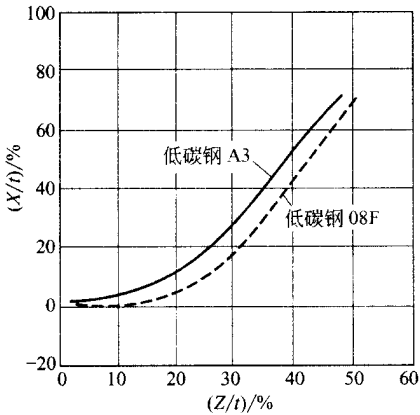
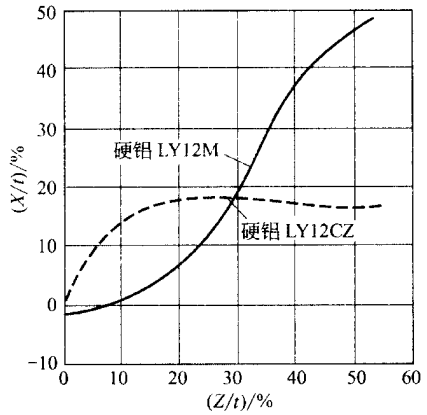


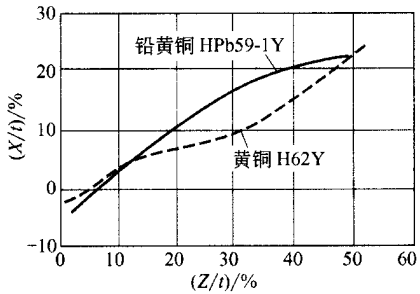
图 3-32 10 种常用材料落料件与冲孔件毛刺高度与相对间隙曲线



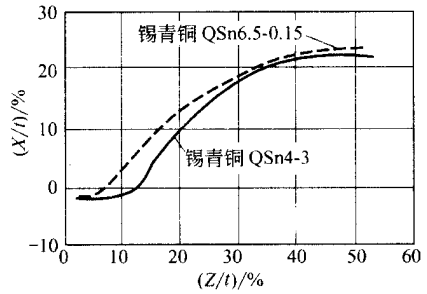
(a) 低碳钢 (08F 与 A3)



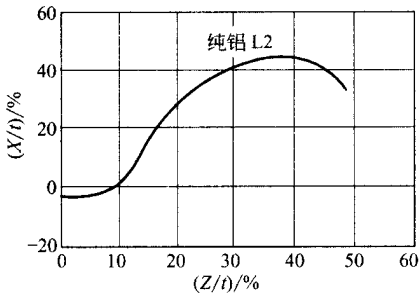
(b) 硬铝 (LY12M 与 LY12CZ)



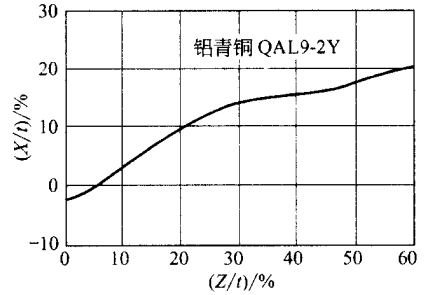
(c) 铅黄铜 (HPb59-1Y) 与黄铜 (H62Y)



(d) 锡青铜 (QSn6.5-0.15 与 QSn4-3)



(e) 纯铝 (L2)



(f) 铝青铜 (QAL9-2Y)

图 3-33 10 种常用材料的垂直度 - 相对间隙曲线

图 3-37 所示为采用合理的冲裁间隙值, WSPA 钢板落料件、冲孔件的最小毛刺高度与板料厚度的关系曲线。图中实线为落料件的毛刺高度, 虚线为冲孔件的毛刺高度。由图可见, 随着板料厚度的增大, 最小毛刺的高度也随之增大。

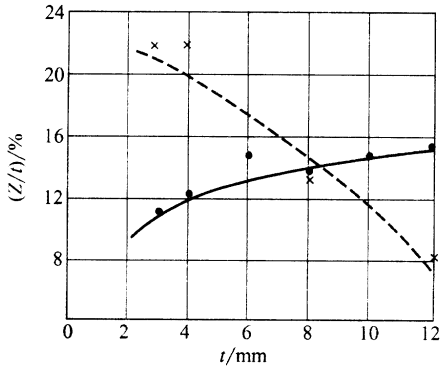


图 3-34 WSPA 钢板板料厚度与
相对间隙关系曲线
($\delta_{ij} = 0, \delta_{ik} = 0$)

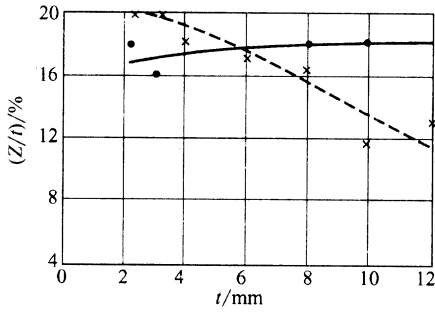


图 3-35 WSPA 钢板板料厚度
与相对间隙关系曲线
(冲裁件的毛刺高度最小)

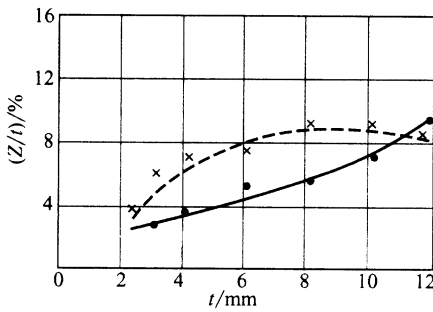


图 3-36 不同的 WSPA 钢板板料厚度
与相对间隙曲线(冲裁件的相对
光厚比为 1/3)

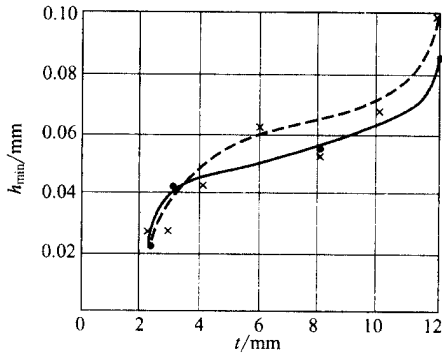


图 3-37 WSPA 钢板板料厚度
与最小毛刺高度曲线

第四章 钣金联接技术工艺

机械式联接是指依靠外力及金属零件形变所产生的机械力、实现钣金工件非冶金结合的联接方式。主要包括铆接、胀接、螺纹联接、咬缝联接等方法。

机械式联接应用面广,多属于传统加工工艺,它的基本原理简单易懂,其中铆接技术已使用数百年,而日常生活和生产实践中的螺纹联接举目可见,其应用实例数不胜数。目前随着现代制造业生产技术的不断发展,钣金联接手段越来越多,技术水平越来越高,应用领域更加广泛。虽然机械式联接在钣金联接中所占比例略有下降,但机械式联接这些传统工艺手段,仍然在许多重大工程项目和人民日常生活中,发挥着其它方法不可替代的作用。

第一节 铆接

1. 铆接的原理

铆接是指采用铆接工具、设备,利用铆钉的形变将两个或两个以上加工有铆钉孔的零件或构件(通常是金属的板材或型材及其半成品)联接成为整体的方法。

在铆接生产过程中,常使用以下工作流程:

(1)应在被联接件(铆接件)上采用切削加工方法(钻孔、扩孔、铰孔等手段)加工制备铆钉孔。

(2)按照铆接结构图样尺寸要求,选择装配基准,进行铆接件的装配、固定。

(3)选择符合技术要求的铆钉。

(4)确定铆接设备、工具等。

(5)实施铆接时的烧钉、接钉、穿钉、顶钉及铆接操作。

(6)进行铆接质量检查。

2. 铆接的特点

铆接的优点有工艺设备简单,受力均匀可靠,装配后不产生变形,强度较高,铆钉材料的塑性、韧性良好,铆接质量容易控制,检查方便,铆接产品在大多数情况下属于永久性联接,接头不易松动,使用寿命长,便于维修等特点,所以对于承受冲击和振动载荷构件的联接、某些异种金属材料的联接以及焊接性较差的金属联接,往往需采用铆接方法。随着现代工业技术的发展,虽然铆接在一些应用场所已被焊接、粘接等方法所替代,但铆接仍在汽车、航空、仪表、桥梁、建筑等行业中得到广泛的应用。不过仍应注意到铆接存在工序

多、钢材消耗多、劳动强度大、噪声大的缺点。

3. 铆接的种类

通常铆接有以下四种分类方法：

(1)根据制造结构的工作要求和应用目的分类,铆接可分为坚固铆接、紧密铆接、固密铆接。

坚固铆接要求铆钉能承受很大的作用力,保证构件有足够的强度,而对接缝处的严密性没有特别要求。常用于房架、桥梁、车辆、起重机等结构。

紧密铆接则不要求铆钉承受较大的作用力,但要求接缝处具有良好的密封性,以防止发生泄漏现象。紧密铆接常见于水箱、气箱、油罐等结构。

固密铆接既要求铆钉能承受较大的作用力,又要求接缝处非常紧密。固密铆接常用于蒸汽锅炉、压缩空气罐及其它压力容器结构。

紧密铆接和固密铆接与坚固铆接的不同之处,是沿铆缝在夹层内、外敷设密封材料,并利用铆钉的自身膨胀堵塞沿铆缝及钉孔的泄漏渠道,从而达到结构的密封性。

(2)根据铆接时铆钉的加热温度分类,铆接可分为冷铆、热铆、混合铆。

冷铆是指铆钉在常温状态下的铆接。不同的铆接产品对铆钉的选择有不同的要求。通常采用冷铆时,铆钉具有良好的塑性,而且在铆接过程中,铆钉变形阻力较小,铆接设备冲击力较大。当铆钉为低碳钢材料时,手工冷铆的铆钉直径通常不超过 $\phi 8\text{mm}$;用铆钉枪铆接的铆钉直径不超过 $\phi 13\text{mm}$;用铆接机铆接的铆钉直径可达 $\phi 25\text{mm}$ 。

热铆是指把铆钉加热至一定温度后进行的铆接。金属材料处在高温时,屈服强度降低,伸长率增加,此时铆钉变形阻力较常温时大大减小,适合于采用大直径铆钉的铆接。热铆的加热温度因施工方法不同而有所差别,手工铆接或用铆钉枪铆接低碳钢铆钉时,加热温度在 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 之间;用铆接机铆接时,加热温度约在 $650\sim 750^{\circ}\text{C}$ 之间。热铆有以下特点,即随着铆钉直径方向的冷却收缩,铆钉杆与铆钉孔之间会形成间隙,但随着铆钉在长度方向的冷却收缩,对被联接件形成压力,使得铆钉与被铆接件之间保持着十分紧密的结合。

混合铆是将铆钉头局部加热,主要是使较大的铆钉在铆接加工时铆钉杆不改变其形态,并保持稳定。

(3)根据铆接时铆钉受力性质和铆钉类型分类,铆接可分为冲击铆接、压铆和特种铆接。

冲击铆接是指在铆接过程中,铆钉枪前部的罩模(又称窝头)以相当大的动能锤击铆钉端部,利用其获得的短时加速度,以较快速度形成较大的冲击力,从而使铆钉杆墩粗并在头部形成墩头,完成铆接。根据铆钉枪冲击力作用在铆钉上的不同部位,冲击铆接又可分为正铆法和反铆法。

压铆是利用铆接机(又称压铆机)产生的均匀静压力墩粗铆钉杆、填满铆钉孔,并形成墩头,完成铆接的。压铆需要采用铆接机、压铆模具、压铆辅助机械等一系列配套设备。

特种铆接是不同于冲击铆接和压铆的其它铆接方法的统称。其包括有单面铆接、高抗剪铆钉的铆接、环槽铆钉的铆接和干涉铆接等。每种铆接方法各有特点,应用于不同的场所,故统称为特种铆接。

(4)根据铆接后的活动特征分为活动铆接和紧固铆接。

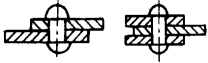
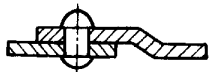
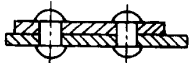
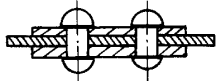
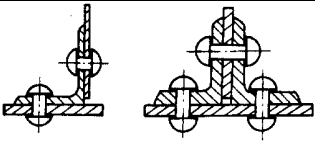
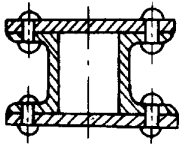
活动铆接用于要求铆接件在完成铆接后能保持相互转动的场合,多用于钳子、剪子、卡钳、圆规等产品。

紧固铆接用于要求铆接件在完成铆接后不能相互转动的场合,多用于建筑房梁、桥梁、容器等产品。

4. 铆接的形式及其主要参数

(1)铆接的形式(表 4-1)

表 4-1 铆接的形式

名称		简图	解释
搭接	平板搭接		是将一块板料搭接在另一块板料上进行铆接。一般多采用平板搭接,如果要求接触处表面平整时,可采用折板搭接
	折板搭接		
对接	单盖板对接		是将两块板料置于同一平面,使用一块或两块盖板,用铆钉联接在一起
	双盖板对接		
角接			是利用角钢和铆钉,将两块互相垂直或成一定角度的板料联接在一起
板型结合			是将型钢或成型制件与板料用铆钉联接在一起

(2)铆接的主要结构参数 在铆接结构中,铆钉的排列如图 4-1 所示,分别是单排铆钉、双排铆钉和多排铆钉。双排铆钉以上的铆钉排列分布又有平行排列、交错排列的差别。双排铆钉排列如图 4-2 所示。

铆接中最常见的尺寸参数是铆钉直径 d 、被联接件(铆接件)板厚 δ 。此外,铆接中的其它主要结构参数有钉距 t 、排距 a 、边距 l 、 l_1 、对角线铆钉孔中心距 t_1 、铆钉孔直径。铆接主要结构参数如图 4-3 所示。其主要结构参数说明见表 4-2。

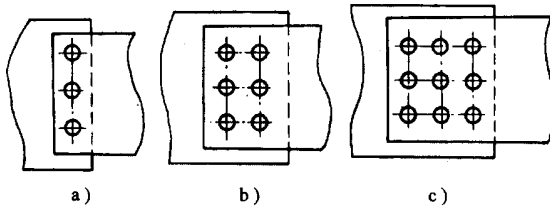


图 4-1 铆钉排列示意图

a) 单排铆钉 b) 双排铆钉 c) 多排铆钉

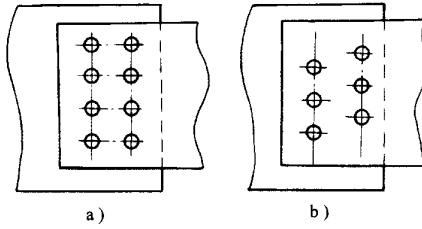


图 4-2 双排铆钉排列示意图

a) 平行排列 b) 交错排列

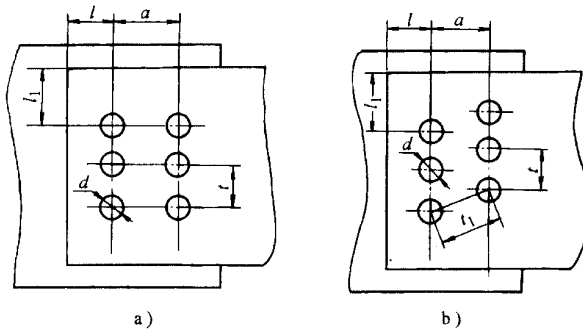


图 4-3 铆接主要结构参数示意图

a) 平行排列 b) 交错排列

表 4-2

铆接主要结构参数说明

名称	符号	说明
钉距	t	是指在一排铆钉中,相邻两个铆钉孔中心的距离。当铆钉呈单排或双排平行排列时,常取值为 $3d \leq t \leq 8d$
排距	a	是指相邻两排铆钉孔中心的距离,常取值为 $a \geq 3d$
边距	l, l_1	是指外侧铆钉孔中心到铆接件边缘的距离。沿受力方向的边距记为 l ,垂直于受力方向的边距记为 l_1

5. 铆接结构的强度计算及设计规范

(1) 铆接结构的受力分析 在铆接件和铆钉组成的联接组合中承受拉力,联接组合容易破坏,而承受压力联接组合较为安全,为此,应针对铆接结构失效特征进行受力分析。当铆接件在铆接结构中受到拉力作用时,铆钉受到切力和张力作用。如果铆接件强度大

于铆钉强度,在外力作用下,铆钉被拉长,就会出现铆钉松动、铆钉铆头脱落或铆钉中间被剪断等现象。反之,如果铆钉强度超过铆接件强度,在外力作用时,铆接件上的铆钉孔将发生变形、铆钉孔尺寸变大或铆钉孔破裂。

在铆接结构理论强度计算中主要使用等强度原则,而在铆接结构产品设计时,其承载能力应大于实际使用应力,因此必须具有一定的安全系数。要保证铆接结构的安全使用,就必须依赖于铆钉和铆接件都能正常工作。因为在铆接结构的定期维护、修理中,更换铆钉较为容易,且生产成本低,所以在铆接结构实际设计时,铆接件强度应略大于铆钉强度,以保证铆接件具有更长的使用周期。

铆钉的承载能力与铆钉所用材料和铆钉直径、长度、数量有直接关系。钢制铆钉的强度大于铜制、铝制铆钉,具有较高的承载能力。铆钉承载能力与铆钉直径、铆钉数量成正比。铆钉直径越大、数量越多,铆钉的承载能力越高;反之,铆钉直径越小、数量越少,则铆钉的承载能力越低。但铆钉承载能力与铆钉长度、铆接件厚度成反比。铆钉长度越长,铆接件厚度越大,则铆钉承载能力越低;铆钉长度越短,铆接件厚度越小,则铆钉承载能力越高。

铆接件上铆钉孔尺寸与数量也直接影响铆接件的承载能力。铆钉孔直径和数量的增加,都会降低铆接件的承载能力。

通常铆钉在铆接结构中并不直接承受切力,而是通过铆紧铆接件,从而在接触面上产生摩擦力来平衡外力,直到外力大于此摩擦力之后,铆钉才直接受力。

(2) 铆接结构的强度计算 选择典型的铆接结构,即承受单向拉伸的单排铆钉联接,受力分析如图 4-4 所示。强度计算有以下几种情况:

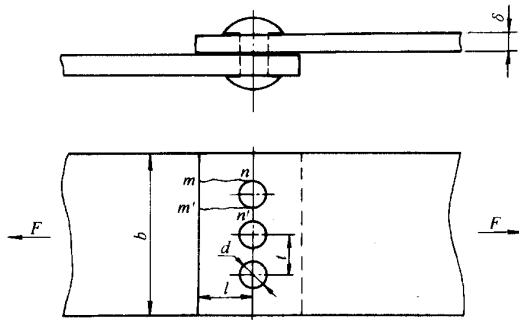


图 4-4 单排铆钉联接受力示意图

1) 如果铆接件板厚较大,而铆钉直径较小时,可能发生的失效为铆钉杆被切断,假如总数为几个铆钉中的每个铆钉均承受相同的载荷,那么其中一个铆钉的剪切载荷计算公式如下:

$$\frac{F}{n} \leq \frac{\pi d^2}{4} \tau$$

式中 τ ——铆钉材料剪切许用应力。

2) 如果铆接件板厚较薄,而铆钉直径较大时,则会导致铆钉孔前沿的金属因承受较高的压应力,而发生塑性变形,致使铆钉孔形成椭圆形状。在这种趋势下,铆接件将被铆钉

冲坏,这时铆接件局部承载能力计算公式如下:

$$\frac{F}{n} \leq \frac{\pi d}{2} \delta \sigma_c$$

式中 σ_c ——铆接件材料挤压许用应力。

3)当钉距过小时,铆接件可能会在通过铆钉线的最小承载面发生断裂,这时铆接件承载能力的计算公式如下:

$$\frac{F}{n} \leq (t - d) \delta \sigma_p$$

式中 σ_p ——铆接件材料拉伸许用应力。

4)如果铆钉线与铆接板边缘的尺寸不足时,铆钉会沿平面 $m-n$ 和 $m'-n'$ 把铆接件剪断,这时铆接件承载能力计算公式如下:

$$\frac{F}{n} \leq 2l \delta \tau'$$

式中 τ' ——铆接件材料剪切许用应力。

(3)铆接结构中常用参数的设计选择 在铆接结构的强度计算中,按照各种可能的破坏形式,根据各部分零件材料等强的原则,可基本确定铆接结构中常用参数的相互关系。对于常见的几种铆接形式,其结构参数见表 4-3。

表 4-3 几种铆接形式的结构参数

结构参数	单 排 铆 接		双排交错铆接	
	搭 接	双盖板对接	搭 接	双盖板对接
铆钉直径 d	2δ	$(1.50 - 1.75)\delta$	2δ	1.5δ
钉 距 t	$3d$	$3d$	$2d$	$2d$
排 距 a			$4d$	$6d$
边 距 l	$2d$	$2d$	$1.5d$	$1.5d$
强度系数 φ	0.67	0.67	0.75	0.84

根据铆接结构强度计算和实际数据对比,规定铆钉排列的尺寸参数如下:

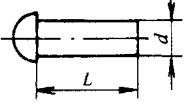
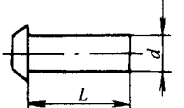
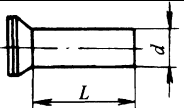
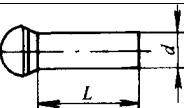
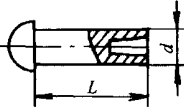
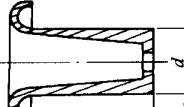
- 1)铆钉多排排列时的钉距(或排距) $t \geq 3d$ 。
- 2)当铆钉交错排列时处于对角线上的铆钉孔中心距 $t_1 \geq 3.5d$ 。
- 3)平行于受力方向的边距 $l \geq 2d$;垂直于受力方向的边距,如果板边是剪切制成的,则 $l_1 \geq 1.5d$;如果板边是辗压而成的,则取 $l_1 \geq 1.2d$ 。
- 4)为了保证铆接件板板紧密贴合,保持铆钉与铆钉之间的稳定性,铆钉排距最大值应加以控制, $a_{\max} \leq 8d$ 或 $a_{\max} \leq 12\alpha$ (δ 为铆接件中最小厚度)。如果排距太大,会使铆钉间的板材凸起,贴合不紧密。如采用角钢固定,可提高铆接件刚性,排距可适当加大。
- 5)可以板边能否互相贴合紧密为原则,控制边距的极大值 $l_{\max} \leq 4d$ 或 $l_{\max} \leq 8\delta$ 。

6. 铆钉

(1)铆钉的种类 铆钉是铆接结构的重要组成部分,能否正确选择、使用铆钉将直接影响铆接的质量。

铆钉的种类很多,主要分为普通铆接用铆钉和特种铆接用铆钉。常用于钣金作业中的铆钉有实心铆钉和部分空心铆钉。常见铆钉的种类见表 4-4。

表 4-4 常用铆钉的种类

类 型		简 图	规 格/mm		应 用
			直径 d	长度 L	
实 心 铆 钉	半圆头		0.6 ~ 16	1 ~ 110	用于承受较大横向载荷的铆接
			12 ~ 36	20 ~ 200	
	平 头		2 ~ 16	3 ~ 110	由于钉头肥大,能耐腐蚀,常用于船舶、锅炉等严重腐蚀部位的铆接
			12 ~ 36	20 ~ 200	
	沉 头 (埋头)		1 ~ 16	2 ~ 100	用于表面要求平滑,受载不大的铆接
			12 ~ 36	20 ~ 200	
	半 圆 沉 头		1 ~ 16	2 ~ 100	
			12 ~ 36	20 ~ 200	
扁圆头半空心铆钉			1.4 ~ 10	2 ~ 50	铆接方便,钉头较弱,只适用于受载不大的铆接
空心铆钉			1.4 ~ 6	1.5 ~ 15	铆钉重量轻、钉头承载能力差,适用于轻载和异种材料的铆接

铆钉可用钢、铜、铝等金属锻模镦制而成。为了保证铆钉具有较高的塑性,在铆接时容易形成镦头,因此,用冷镦法制成的铆钉须经退火处理,以降低其硬度、提高塑性,从而使铆钉在铆接过程顺利形成镦头。

(2) 铆钉的规格 铆钉的规格通常主要指铆钉的公称直径、公称长度。但在铆钉的规格中不仅包括其公称直径、公称长度,还包括铆钉用材料、表面处理等情况。如:公称直径 $d = 8\text{mm}$ 、公称长度 $l = 50\text{mm}$ 、材料为 BL2、不经表面处理的半圆头铆钉的规格记为:铆钉 8 × 50GB/T867—1986。

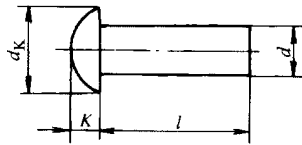
粗制半圆头铆钉规格见表 4-5;半圆头铆钉规格见表 4-6;粗制沉头铆钉规格见表 4-7;沉头铆钉规格见表 4-8;扁平头半空心铆钉规格见表 4-9;沉头半空心铆钉规格见表 4-10;标牌铆钉规格见表 4-11;常用铆钉材料及表面处理情况见表 4-12。

第四章 钣金联接技术工艺

表 4-5

粗制半圆头铆钉规格

(mm)



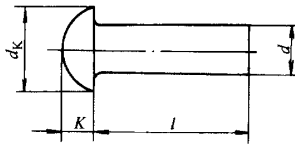
公称直径 d	铆钉头直径 $d_{K \max}$	铆钉头高度 K_{\max}	铆钉杆长度 l	公称直径 d	铆钉头直径 $d_{K \max}$	铆钉头高度 K_{\max}	铆钉杆长度 l
12	22	8.5	20 ~ 90	(22)	40.4	16.3	38 ~ 180
(14)	25	9.5	22 ~ 100	24	44.4	17.8	52 ~ 180
16	30	10.5	26 ~ 110	(27)	49.4	20.2	55 ~ 180
(18)	33.4	13.3	32 ~ 150	30	54.8	22.2	55 ~ 180
20	36.4	14.8	32 ~ 150	36	63.8	26.2	58 ~ 200

注 本表符合国标 GB/T863.1 - 1986。

表 4-6

半圆头铆钉规格

(mm)



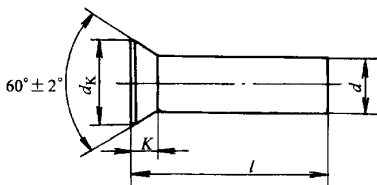
公称直径 d	铆钉头直径 $d_{K \max}$	铆钉头高度 K_{\max}	铆钉杆长度 l	公称直径 d	铆钉头直径 $d_{K \max}$	铆钉头高度 K_{\max}	铆钉杆长度 l
2	3.74	1.4	3 ~ 16	6	11.35	3.84	8 ~ 60
2.5	4.84	1.8	5 ~ 20	8	14.35	5.04	16 ~ 65
3	5.54	2	5 ~ 26	10	17.35	6.24	16 ~ 85
(3.5)	6.59	2.3	7 ~ 26	12	21.42	8.29	20 ~ 90
4	7.39	2.6	7 ~ 50	(14)	24.42	9.29	22 ~ 100
5	9.09	3.2	7 ~ 55	16	29.42	10.29	26 ~ 110

注 本表符合国标 GB/T867 - 1986。

表 4-7

粗制沉头铆钉规格

(mm)



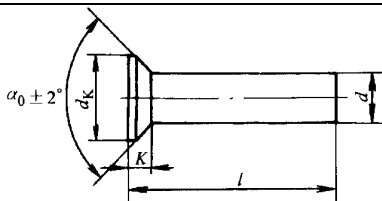
公称直径	铆钉头直径	铆钉头高度	铆钉杆长度	公称直径	铆钉头直径	铆钉头高度	铆钉杆长度
d	$d_{K \max}$	K	l	d	$d_{K \max}$	K	l
12	19.6	6	20 ~ 75	(22)	37.4	12	38 ~ 180
(14)	22.5	7	20 ~ 100	24	40.4	13	50 ~ 180
16	25.7	8	24 ~ 100	(27)	44.4	14	55 ~ 180
(18)	29.0	9	28 ~ 150	30	51.4	17	60 ~ 200
20	33.4	11	30 ~ 150	36	59.8	19	65 ~ 200

注 本表符合国标 GB/T865—1986。

表 4-8

沉头铆钉规格

(mm)



公称直径	铆钉头直径	角度	铆钉头高度	铆钉杆长度	公称直径	铆钉头直径	角度	铆钉头高度	铆钉杆长度
d	$d_{K \max}$	α_0	K	l	d	$d_{K \max}$	α_0	K	l
2	4.5	90°	1	3.5 ~ 16	6	10.62	90°	2.4	6 ~ 50
2.5	4.75		1.1	5 ~ 18	8	14.22		3.2	12 ~ 60
3	5.35		1.2	5 ~ 22	10	17.82		4	16 ~ 62
(3.5)	6.28		1.4	6 ~ 24	12	18.86	60°	6	18 ~ 75
4	7.18		1.6	6 ~ 30	(14)	21.76		7	20 ~ 100
5	8.98	2	6 ~ 50	16	24.96	8	24 ~ 100		

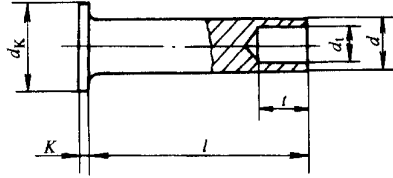
注 本表符合国标 GB/T869—1986。

第四章 钣金联接技术工艺

表 4-9

扁平头半空心铆钉规格

(mm)



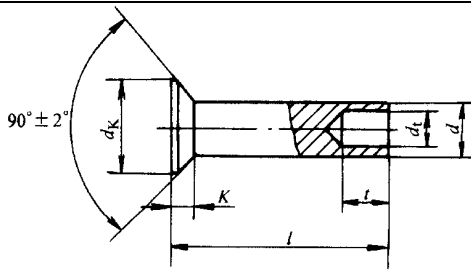
公称直径 d	铆钉头直径 $d_{K \max}$	铆钉头高度 K_{\max}	内孔直径 $d_{t \max}$		内孔长度 t_{\max}		铆钉杆长度 l
			黑色	有色	黑色	有色	
2	3.74	0.68	1.12	1.12	2.24	1.76	2~13
2.5	4.74	0.68	1.62	1.62	2.74	2.26	3~15
3	5.74	0.88	2.12	2.12	3.24	2.76	3.5~30
(3.5)	6.79	0.88	2.32	2.32	3.79	3.21	5~36
4	7.79	1.13	2.62	2.52	4.29	3.71	5~40
5	9.79	1.13	3.66	3.46	5.29	4.71	6~50
6	11.85	1.33	4.66	4.16	6.29	5.71	7~50
8	15.85	1.33	6.16	4.66	8.35	7.65	9~50
10	19.42	1.63	7.7	7.7	10.35	9.65	10~50

注 本表符合国标 GB/T875—1986。

表 4-10

沉头半空心铆钉规格

(mm)



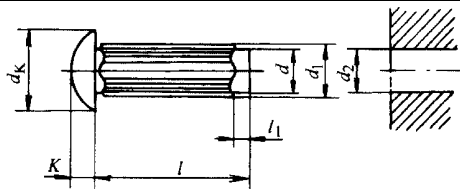
公称直径 d	铆钉头直径 $d_{K \max}$	内孔直径 $d_{t \max}$		内孔长度 t_{\max}	铆钉头高度 K	钉杆长度 l
		黑色	有色			
2	4.05	1.12	1.12	2.24	1	4~14
2.5	4.75	1.62	1.62	2.74	1.1	5~16
3	5.35	2.12	2.12	3.24	1.2	6~18
3.5	6.28	2.32	2.32	3.79	1.4	8~20
4	7.18	2.62	2.52	4.29	1.6	8~24
5	8.98	3.66	3.46	5.29	2	10~40
6	10.62	4.66	4.16	6.29	2.4	12~40
8	14.22	6.16	4.66	8.35	3.2	14~50
10	17.82	7.7	7.7	10.35	4	18~50

注 本表符合国标 GB/T1015—1986。

表 4-11

标牌铆钉规格

(mm)



公称直径 d	铆钉头直径 $d_{k \max}$	铆钉头高度 K_{\max}	铆钉杆直径 $d_{1 \min}$	铆钉孔直径		铆钉杆长度 l
				$d_{2 \max}$	$d_{2 \min}$	
(1.6)	3.2	1.2	1.75	1.56	1.5	3~6
2	3.74	1.4	2.15	1.96	1.9	3~8
2.5	4.84	1.8	2.65	2.46	2.4	3~10
3	5.54	2.0	3.15	2.96	2.9	4~12
4	7.39	2.6	4.15	3.96	3.9	6~18
5	9.09	3.2	5.15	4.96	4.9	8~20

注 本表符合国标 GB/T827—1986。

表 4-12

常用铆钉材料及表面处理情况

材 料	钢	铜	铝
		Q25、Q235、BL3、BL2、10、15、ML10、ML20	T2、T3、H62
表面处理	不经处理或做镀锌钝化	不经处理或钝化	不经处理或阳极氧化

(3) 铆钉直径及长度的确定

1) 铆钉直径的确定 铆接时,若铆钉直径过大,则铆头成形困难,容易使板料变形;若铆钉直径过小,则铆钉强度不足,造成铆钉数量增多,施工不便。铆钉直径的选择,主要根据板料的厚度确定,而板料的厚度必须按照以下三个原则确定:

- ① 板料与板料搭接铆接时,应按较厚板料厚度确定。
- ② 厚度相差较大的板料铆接时,以较薄板料的厚度确定。
- ③ 钢板与型材铆接时,以两者的平均厚度确定。

铆钉直径的选择见表 4-13。多层板料铆接件的总厚度,不得超过铆钉直径的 5 倍。铆钉直径也可按下列经验公式计算确定:

表 4-13

铆钉直径的选择

(mm)

铆接件厚度	铆钉直径	铆接件厚度	铆钉直径
5~6	10~12	13~18	24~27
7~9	14~18	19~24	27~30
9.5~12.5	20~22	≥25	30~36

$$d = \sqrt{50\delta} - 4$$

式中 d ——铆钉直径(mm);
 δ ——铆接件厚度(mm)。

2) 铆钉长度的确定 铆钉的长度直接影响铆接的质量。若铆钉杆过长、铆成的铆头过大或过高,在铆接过程中容易使铆钉杆弯曲;若铆钉杆过短,则铆头尺寸不足,影响铆接强度,也易磕伤铆接件。此外,铆接的方法不同,所需铆钉杆长度也就不同。通常铆钉长度与铆接件厚度、铆钉孔直径、铆钉直径和铆钉端部形状有关。常用的几种铆钉长度计算公式如下:

①半圆头铆钉: $L = (1.65 \sim 1.75)d + 1.1T$

②半圆沉头铆钉: $L = 1.1d + 1.1T$

③沉头铆钉: $L = 0.8d + 1.1T$

式中 L ——铆钉杆的长度(mm);
 d ——铆钉直径(mm);
 T ——铆接件的厚度之和(mm)。

7. 铆钉孔

铆钉孔的制备是铆接结构生产中重要内容之一,铆钉孔的加工质量直接影响铆接结构质量,铆钉孔必须与铆钉正确配合,才能保证铆接结构的安全使用。

(1) 铆钉孔的技术要求

1) 铆钉孔的精度 指铆钉孔直径及其长度方向的尺寸精度,以及铆钉孔孔径的形状精度(圆度、圆柱度及轴线直线度等),而且还包括采用沉头铆钉时,铆钉孔上窝孔的精度。

2) 铆钉孔的位置精度 主要反映铆接件上铆钉孔之间的同轴度以及铆钉孔之间或其它表面之间的尺寸精度。铆钉孔的边距、间距、排距精度要求见表4-14。

表4-14 铆钉孔的位置精度要求 (mm)

边距偏差	间 距 偏 差		排距偏差
	间距不大于 30	间距大于 30	
±1.0	±1.0	±1.5	±1.0

3) 铆钉孔的表面质量 主要是指铆钉孔内表面的表面粗糙度要求。一般常用铆钉孔表面粗糙度 R_a 值不大于 $6.3\mu\text{m}$ 。铆钉孔表面不允许有棱角、破损和裂纹。表面粗糙度与表面光洁度数值换算见表4-15。

表4-15 表面粗糙度与表面光洁度数值换算 (μm)

表面光洁度等级	▽1	▽2	▽3	▽4	▽5	▽6	▽7	▽8	▽9	▽10	▽11	▽12	▽13	▽14
表面粗糙度 R_a	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.80	0.40	0.20	0.10	0.050	0.025	0.012	0.008
R_z	200	100	50	25	12.5	6.3	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.10	0.05

(2) 常用铆接材料的切削加工性 切削加工性是指工程材料被切削加工的难易程度。当加工某种材料时,如果刀具耐用度高、加工质量易于保证、切屑问题易于解决,则可认为这种材料的切削加工性好。反之,切削加工性就差。在评价材料切削加工性时,如果以 σ_b

= 735MPa 的 45 钢为基准, 而用其它材料与其比较, 这个比值 K_r 称为相对加工性。常用材料的相对加工性可分为 8 级, 见表 4-16。其中铆接常用材料的切削加工性多属于 2~4 级, 切削加工性较好。

表 4-16 常用材料的切削加工性等级

等级	种类	K_r	代表性材料
1	一般有色金属	> 3.0	如 9-4 铝青铜合金
2	易切削钢	2.5 ~ 3.0	如 15Cr 退火状态($\sigma_b = 380 \sim 450\text{MPa}$) 低碳钢($\sigma_b = 400 \sim 500\text{MPa}$)
3	较易切削钢	1.6 ~ 2.5	如 30 钢正火状态($\sigma_b = 450 \sim 560\text{MPa}$)
4	一般钢及铸铁	1.0 ~ 1.6	如 45 钢、灰铸铁
5	稍难切削材料	0.65 ~ 1.0	如 1Cr13Mo 调质状态($\sigma_b = 850\text{MPa}$)、85 钢($\sigma_b = 900\text{MPa}$)
6	较难切削材料	0.50 ~ 0.65	如 40Cr 调质状态($\sigma_b = 1050\text{MPa}$)、60Mn 调质状态($\sigma_b = 950 \sim 1000\text{MPa}$)
7	难切削材料	0.15 ~ 0.50	如 50CrV 调质状态、1Cr18Ni9Ti
8	很难切削材料	< 0.15	如某些钛合金、铸造镍基高温合金

注: 表中 K_r 为相对加工性。

(3) 铆钉孔的加工方法 铆钉孔的加工方法主要有钻孔、扩孔、铰孔、冲孔、镗孔等, 其中最常用的方法是钻孔。

钻孔就是用钻头在实体材料上加工孔的操作。钻孔时, 铆接件固定不动, 钻头旋转(主运动)并做轴向运动(进给运动)。对于一般铆接产品采用钻孔的方法加工铆钉孔, 就能满足产品的质量要求, 而且生产成本低。但对于质量要求很高的铆接结构, 由于钻头刚性差, 就需要在钻孔的基础上, 再配合扩孔、铰孔等加工方法制备铆钉孔。

扩孔是使用扩孔钻对铆接件上已经钻出的孔进行扩大加工。因为扩孔的切削厚度比钻孔小的多, 所以它可以校正铆钉孔的轴线偏差, 并使其获得较准确的几何形状和较理想的表面粗糙度。实践证明, 对于直径大于 30mm 的铆钉孔, 采用钻孔、扩孔的工艺方法, 比用大钻头一次钻孔生产效率更高。扩孔可作为铆钉孔加工的最后程序, 也可作为铰孔前的准备工序。通常扩孔的加工余量为 0.5 ~ 4.0mm。

铰孔是使用铰刀精加工铆钉孔的方法。其加工精度和表面粗糙度的控制均很严格。铰孔时加工余量很小, 粗铰时为 0.15 ~ 0.5mm, 精铰时为 0.05 ~ 0.25mm。直径小于 25mm 的孔, 钻孔后可直接用铰刀铰孔; 直径大于 25mm 的孔, 需在钻孔、扩孔后, 再铰孔。

冲孔多用薄板铆接件加工。而镗孔仅用于沉头铆钉孔中窝孔的加工。

选择铆钉孔的加工方法时, 应综合考虑孔径大小、深浅、精度、表面粗糙度, 铆接件形状、尺寸、重量、材料、批量及生产设备能力等因素。

(4) 铆钉孔的加工设备及刀具

1) 铆钉孔的加工设备 主要是各种手动工具和钻床。

常用的手动工具有电钻和风钻。常用的钻床有台式钻床、立式钻床、摇臂钻床。

台式钻床简称台钻,它是一种放在台桌上的小型钻床,其钻孔直径一般在 12mm 以下,最小可以加工小于 1mm 的孔。台钻小巧灵活,使用方便,主要用于加工小型铆接件。

立式钻床简称立钻,这类钻床最大钻孔直径有 25mm、35mm、40mm 和 50mm 等几种,其规格用最大钻孔直径表示。立钻主要由主轴、主轴变速箱、进给箱、立柱、工作台和机座等部分组成。立式钻床适于加工中、小型铆接件。

摇臂钻床可以绕立柱旋转,摇臂带着主轴箱可以沿着立柱垂直移动,同时主轴箱还能在摇臂上作横向移动。摇臂钻床可以不用移动铆接件,而较方便地调整刀具,并对准铆钉孔中心。其适用于一些大型工件以及多孔铆接件的加工,广泛应用于单件或大批量生产中。

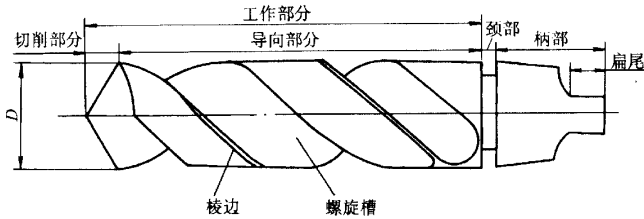


图 4-5 麻花钻头示意图

2) 铆钉孔的加工刀具

①钻头 铆钉孔加工采用的主要刀具是麻花钻头。麻花钻头由三部分组成,其示意图如图 4-5 所示,其前端为切削部分,有两个对称的主切削刃,两刃之间的夹角通常为 $2\varphi = 116^\circ \sim 118^\circ$,称为顶角。钻头顶部有横刃,可以使钻削的轴向力增加。麻花钻头中部为导向部分,有两条刃带和螺旋槽。刃带的作用是引导钻头,螺旋槽的作用是向孔外排出铁屑。

②铰刀 铰孔用的刀具称为铰刀。铰刀分为手铰刀和机铰刀两种。手铰刀尾部为圆柱形,机铰刀尾部为圆锥形。铰刀由三部分组成,其示意图如图 4-6 所示,包括工作部分(切削部分和修光部分)、颈部、柄部。切削部分的刀刃为锥形,承担主要的切削工作。手铰刀和机铰刀的锥角 2φ 并不相同,手铰刀的锥角较小 $\varphi = 30' \sim 1^\circ 30'$ 。机铰刀的锥角在加工钢时 $\varphi = 15^\circ$,加工铸铁时 $\varphi = 3^\circ \sim 5^\circ$ 。修光部分用来引导铰刀方向,修整孔的尺寸。铰刀通常有 6~12 个刀刃,刀刃数量为偶数,并成对的位于通过直径的平面内。铰刀刚性好,因而导向性好,加工精度高,表面光滑。

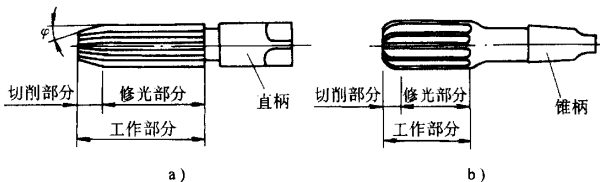


图 4-6 铰刀示意图

a) 手铰刀 b) 机铰刀

③ 刀具切削部分材料牌号的选择(表 4-17)

(5) 铆钉孔加工的工艺要点

1) 在钻孔前应根据图样选择确定加工基准。然后进行划线,即在铆接件上划出加工界线、检查圆等标记,并在划好的加工线上打样冲眼,以此作为加工、检验的依据。铆钉孔划线和标记如图 4-7 所示。大批量铆接件生产中的铆钉孔多采用辅助钻模,代替划线、打样冲眼等工作。

表 4-17 刀具切削部分材料牌号的选择

刀具名称	加工材料	
	钢 ($\leq 230\text{HBS}$; $\sigma_b \leq 850\text{MPa}$) 铸铁 ($\leq 220\text{HBS}$)	钢 ($> 230\text{HBS}$; $\sigma_b > 850\text{MPa}$) 铸铁 ($> 220\text{HBS}$)
	刀具材料牌号	
麻花钻头整体及套式扩孔钻	W18Cr4V、9CrSi、T10A、T12A	W18Cr4V
机用铰刀	W18Cr4V、9CrSi、T10A、T12A	W18Cr4V、9CrSi
镶硬质合金刀片的钻头	YG8	
镶片扩孔钻及铰刀	YT15、YG8	

2) 普通铆接结构的铆钉孔用钻孔方法加工。当采用高强度铆钉或受疲劳载荷的铆接结构时,其铆钉孔对加工精度、表面状况要求较高,可以采用先钻孔、再扩孔或铰孔的加工方法,加工中要使用冷却润滑液,以降低切削温度,提高刀具耐用度和铆钉孔的质量。

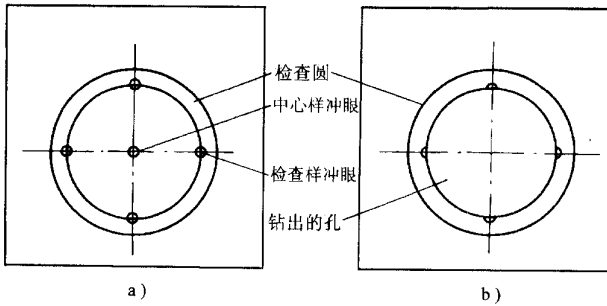


图 4-7 铆钉孔划线和标记示意图

a) 钻孔前 b) 钻孔后

3) 钻孔加工注意事项如下:

① 相同材料的铆接件叠合在一起钻孔时,先从较厚的一侧钻孔。不同材料的铆接件叠合在一起钻孔时,先从硬度值高的材料一侧钻孔。

② 在厚度大于 5mm 的铆接件上钻孔时,应使用钻孔辅助装置,如采用钻孔导套或钻模等。

③ 采用钻孔、扩孔两种方法时,钻孔直径约为 $(0.2 \sim 0.4)d$,扩孔直径为铆钉孔直径。

④ 在刚性较差的薄板铆接件上钻孔时,铆接件后面一定要有支撑物。

4) 几种铆钉孔加工方法所能达到的加工精度和表面粗糙度见表 4-18。

第四章 钎金联接技术工艺

表 4-18 几种铆钉孔加工方法的精度和表面粗糙度

加工方法	孔径精度	表面粗糙度/ μm	加工方法	孔径精度	表面粗糙度/ μm
钻 孔	H11 ~ H13	Ra12.5	铰 孔	H7 ~ H8	Ra1.6
扩 孔	H9 ~ H10	Ra6.3	钻孔 + 铰孔	H8 ~ H9	Ra3.2
铰 孔	H9 ~ H10	Ra6.3	钻孔 + 扩孔 + 铰孔	H7 ~ H8	Ra1.6

5) 要选择合理的切削用量。切削用量的确定与被加工金属材料、刀具几何参数、铆钉孔表面要求、钻头直径大小和钻床条件等因素有关。为使切削过程在最佳经济效益下达到最高生产效率,应在允许的范围内尽量选用较大的进给量,当进给量受到表面粗糙度和钻头刚度限制时,再考虑选择较大的切削速度。采用高速钢钻头的钻削用量见表 4-19;采用硬质合金钻头的钻削用量见表 4-20。镁合金铆接件钻孔时,切削速度要小($< 10\text{m}/\text{min}$),进给量稍大些($0.4\text{mm}/\text{r}$),并采用硫化油乳化液冷却润滑;钛合金铆接件钻孔时,切削速度要小($8 \sim 10\text{m}/\text{min}$),进给量更小($0.07 \sim 0.09\text{mm}/\text{r}$),并采用氯类切削液,如用氟氯烷气体冷却。

6) 要选择合理的扩孔切削用量。

① 扩孔的加工余量见表 4-21。

② 扩孔钻的进给量见表 4-22。

表 4-19 采用高速钢钻头的切削用量

铆钉孔直径 /mm	加 工 金 属 材 料 类 别					
	铸 铁		钢 (铸钢)		铜、铝及其合金	
	切削速度 (m/min)	进给量 (mm/r)	切削速度 (m/min)	进给量 (mm/r)	切削速度 (m/min)	进给量 (mm/r)
3 ~ 6	26 ~ 38	0.1 ~ 0.2	28 ~ 40	0.06 ~ 0.1	30 ~ 50	0.1 ~ 0.2
6 ~ 10	24 ~ 36	0.15 ~ 0.3	26 ~ 38	0.1 ~ 0.3	28 ~ 45	0.15 ~ 0.3
10 ~ 20	22 ~ 34	0.2 ~ 0.4	24 ~ 36	0.12 ~ 0.4	26 ~ 42	0.2 ~ 0.4
20 ~ 30	20 ~ 32	0.25 ~ 0.6	22 ~ 34	0.15 ~ 0.6	24 ~ 40	0.25 ~ 0.6
30 ~ 40	18 ~ 30	0.3 ~ 0.8	20 ~ 32	0.2 ~ 0.8	22 ~ 38	0.3 ~ 0.8
40 ~ 50	16 ~ 28	0.4 ~ 1.0	18 ~ 30	0.25 ~ 1.0	20 ~ 36	0.4 ~ 1.0
50 ~ 60	14 ~ 26	0.5 ~ 1.2	16 ~ 28	0.3 ~ 1.0	18 ~ 34	0.5 ~ 1.2
> 60	12 ~ 24	0.6 ~ 1.5	14 ~ 26	0.3 ~ 1.0	16 ~ 32	0.6 ~ 1.5

表 4-20 采用硬质合金钻头的切削用量

铆钉孔直径/mm	加工金属材料类别			
	铸 铁		铜、铝及其合金	
	切削速度/(m/min)	进给量/(mm/r)	切削速度/(m/min)	进给量/(mm/r)
10~20	50~80	0.2~0.4	60~90	0.2~0.5
20~30	45~75	0.3~0.6	55~85	0.3~0.8
30~40	40~70	0.4~0.8	50~80	0.4~1.0
40~50	35~65	0.5~1.0	45~75	0.5~1.2
>50	30~60	0.6~1.2	40~70	0.6~1.5

表 4-21 扩孔的加工余量 (mm)

孔 径	8~16	16~30	30~50	50~80
直径的加工余量	0.2~0.4	0.5~1.0	1.1~1.7	1.7~3.0

表 4-22 扩孔钻的进给量 (mm)

扩孔钻直径	加工金属材料类别			扩孔钻直径	加工金属材料类别		
	钢	铸铁 ≤200HBS, 铜及铝合金	铸铁 >200HBS		钢	铸铁 ≤200HBS, 铜及铝合金	铸铁 >200HBS
15	0.5~0.6	0.7~0.9	0.5~0.6	40	0.9~1.2	1.4~1.7	1.0~1.2
20	0.6~0.7	0.9~1.1	0.6~0.75	50	1.0~1.3	1.6~2.0	1.1~1.3
25	0.7~0.9	1.0~1.2	0.7~0.8	60	1.1~1.3	1.8~2.2	1.3~1.5
30	0.8~1.0	1.1~1.3	0.8~0.9	80	1.2~1.5	2.0~2.4	1.4~1.7
35	0.9~1.1	1.2~1.5	0.9~1.0				

7) 要选择合理的铰削用量。铰削用量包括铰削加工余量、切削速度和进给量。常用的铰削用量见表 4-23。

表 4-23 常用的铰削用量

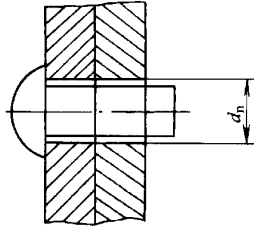
铰刀类型	铰削加工余量(单边)/mm	切削速度/(m/min)	进给量/(mm/r)
高速钢铰刀	0.10~0.30	4~6	0.2~1.5
硬质合金铰刀	0.10~0.40	8~12	0.3~1.0

(6) 铆钉孔(通孔)的规格(见表 4-24)

表 4-24

铆钉孔的规格

(mm)



铆钉公称直径 d	0.6	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6	8
精装配 d_n	0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	5.2	6.2	8.2
铆钉公称直径 d					10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
装配 d_n	精 装 配				10.3	12.4	14.5	16.5	—	—	—	—	—	—	—
	粗 装 配				11	13	15	17	19	21.5	23.5	25.5	28.5	32	38

注 本表符合国标 GB1521—88。

(7) 钻孔故障分析及防止措施(表 4-25)

表 4-25

钻孔故障分析及防止措施

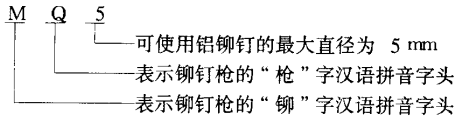
故 障	产 生 原 因	防 止 措 施
孔歪斜	钻头轴线与工件表面不垂直	检查垂直度后再钻孔
	工件表面倾斜	正确安装定位
孔壁粗糙	钻头主刀刃不锋利	磨锋主刀刃
	进给量太大	减小进给量
	冷却不足,切削液性能差	选择性能优良的切削液
钻头突然折断	钻头主刀刃磨钝,钻孔时用力过大	磨锋主刀刃,适当用力推钻
	孔钻穿时,进给量增大	孔将要钻通时,控制进给量
	钻孔时,钻头被卡住	及时清理排屑,紧固钻柄
	工件松动	可靠固定工件
孔径大于规定尺寸	钻头直径选错,钻头弯曲	正确选择钻头直径
	钻头两主切削刃不等长	修正主切削刃
	钻头摆动,钻轴偏摆	钻孔前空转检查,消除摆动
孔位钻偏或跑钻	钻头横刃太长,定心不准	先打样冲眼,待钻头定位后再慢速启动
	启动钻速太快	
孔形不圆或呈多角形	钻头两主切削刃不等长,角度不对称	正确磨刃
	钻头主切削刃不光滑	重磨钻头主切削刃
	钻头后角太大	减小后角

故障	产生原因	防止措施
孔径外面大里面小	钻头不锋利	正确磨刃
	钻较厚工件排屑不畅	增加排屑次数
	手控钻孔工具摆动	采用导套或钻模钻孔
钻头不切屑	钻头顶角过小,转速又快	选择合适顶角,转速要适当
	钻头高温软化	注意冷却,换用其它钻头
孔径小于规定尺寸	钻头直径磨损	更换钻头
	钻头顶角过小	正确刃磨钻头顶角

8. 铆接设备及工具

(1) 铆钉枪 铆钉枪因其外形不同,可分为直式、闭合式、手枪式、弯式等类型。其中手枪式铆钉枪应用较广泛。

铆钉枪因应用场合不同,分有许多型号,不同型号的铆钉枪用不同的代号表示,例如:



能使用铝铆钉的铆钉枪,一般也能使用钢铆钉,但使用钢铆钉的直径则要比使用铝铆钉直径相应减小一个规格。

铆钉枪型号的选用,要根据铆钉的材料、直径和产品结构形式的不同进行选用,材料硬、直径大的铆钉应选用功率大的铆钉枪。风动铆钉枪所用的压缩空气压力与铆钉直径关系见表 4-26。

表 4-26 铆钉枪用压缩空气压力与铆钉直径关系

铆钉直径/mm	13	16	19	22
空气压力/MPa	0.3	0.4	0.5	0.6

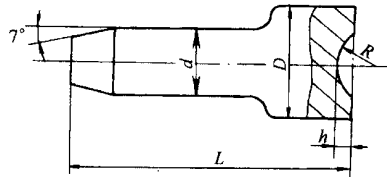
(2) 罩模(又称窝头) 罩模是安装在铆钉枪枪筒上传递活塞的冲击力打击铆钉而形成墩头,完成铆接工作的主要工具。罩模分为手工铆接用罩模和铆钉枪用罩模。铆钉枪用罩模又可分为正铆法用罩模和反铆法用罩模。

罩模的外形和接触铆钉部位的工作面的形状和尺寸,是根据铆接件的构造、铆钉头形状、铆接方法而设计制造的。罩模的尾杆直径和长度,是根据不同型号、不同功率的铆钉枪枪筒直径的大小以及铆钉枪枪筒中活塞对罩模尾杆冲击力的大小而设计的。常用罩模规格见表 4-27。

表 4-27

常用罩模规格

(mm)



未铆接前 铆钉直径	D	L	d		A		R	
			半圆头铆钉	沉头铆钉	半圆头铆钉	沉头铆钉	半圆头铆钉	沉头铆钉
13	45	130	23.6	—	8.50	—	12.5	—
16	45	130	28.2	—	9.25	—	15.5	—
19	45	130	33.2	30	11	1	18.0	11.3
22	50	130	38.2	35	13	1	20.5	16.3
25	55	130	43.1	39.5	15	1	23.0	19.5
28	60	130	48.8	39.5	17	1	26.0	19.5

选用罩模的原则如下：

1)根据铆钉枪枪筒直径选择相应直径和长度的罩模,罩模的尾杆要求光滑,表面粗糙度一般为 $R_a0.8\mu\text{m}$ 。根据铆钉材料类型的不同,罩模的材料也不相同。一般罩模采用碳素工具钢或合金工具钢制成,为了保证一定的尺寸精度和罩模的硬度,通常罩模都要经过必要的热处理。

2)根据铆钉头形状,选择相应工作面的罩模。根据铆钉直径按照罩模的规格标注选择相应直径的罩模。罩模工作面的表面粗糙度一般为 $R_a0.8\mu\text{m}$ 。

3)罩模的质量应与铆钉枪功率相匹配。若罩模过重,则冲击效率低,影响铆头质量及铆钉头部质量。

4)铆钉枪用罩模不能用于手工铆接中,罩模尾杆一旦损坏将影响铆接效率。

5)采用正铆法应选择正铆用罩模,采用反铆法应选用反铆用罩模,不可互相代用。

(3)顶把顶把是支撑铆钉或在铆钉枪冲击时利用其反作用力完成铆钉铆头成型的主要工具。根据所使用的铆钉直径、铆钉材料及铆接方法的不同,所选用的顶把质量也不同,因铆接件形状、位置不同,顶把的形状变化较多,大小不一。顶把的质量可以依据表 4-28 计算得出,也可直接按表 4-29 选取。

表 4-28

顶把质量计算表

铆接方法	正铆法		反铆法	
	铝合金	钢	铝合金	钢
顶把质量/kg	$20d$	$40d$	$5d$	$10d$

注 表中 d 为铆钉直径。

表 4-29

顶把质量与铆钉直径、材料的关系

铆钉材料	铆接方法	铆 钉 直 径 /mm								
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
		顶 把 质 量 /kg								
硬铝铆钉	正铆	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0
	反铆	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
钢铆钉	正铆	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	20.0	—	—	—
	反铆	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	—

顶把的形状是根据铆接部位的结构特点确定的,其要求是容易接近铆钉,握持方便,不易碰伤旁边零件。顶把可分为通用顶把和专用顶把。

(4)手锤 手锤是手工铆接最常用的工具,大多是圆头锤,其质量大小按铆钉直径选取。当铆钉直径为 0.25~3.6mm 时,手锤质量为 0.3~0.4kg。当铆钉直径为 4~6mm 时,手锤质量为 0.4~0.5kg。

(5)手提式铆接机 手提式铆接机结构简单、轻便,使用维修方便,但因钳口尺寸小,只能铆接结构边缘处的铆钉。它是利用斜面杠杆作用产生铆接力,而且铆接力是随着铆接行程而增加的。更换其固定臂和活动臂,可以改变喉深 H 和钳口高度尺寸 M ,以适应不同铆接结构的铆接。常用的手提式铆接机型号与性能见表 4-30。

表 4-30

常用的手提式铆接机型号与性能

型 号	铆接力 /kN	铝合金铆钉直径 /mm	钳口高度 /mm	喉 深 /mm	上模行程/mm		质量 /kg
					总行程	有效行程	
GSF—A	35	4.0	30	40	7	5	18
GSF—M	35	4.0	35	60	7	5	20

(6)大型铆接机

1)固定式单个铆接机 固定式单个铆接机适用于铆接中、小型组合件,如框架、房梁、小型铆接件等。常用的 KH—204 型气动杠杆式固定单个铆接机的主要技术参数如下:

空气压力为 506.625kPa(5 个大气压)时铆接力	50kN
可铆接的硬铝铆钉	φ6mm
可铆接的钢制铆钉	φ5mm
柱塞工作行程	7mm
空行程	53mm
每分钟行程次数	15~20 次
弯臂钳口尺寸(长×高)	1000mm×260mm
轮廓尺寸(长×宽×高)	1700mm×800mm×1800mm

2)弓臂式固定成组铆接机 弓臂式固定成组铆接机适用于铆接铆钉线为直线的梁式组合件和中型板材铆接件。常用的 KII—503 型铆接机的主要技术参数如下:

最大铆接力	250kN
-------	-------

一次铆接的铆钉数量见表 7-31。

表 4-31 一次铆接的铆钉数量

铆钉直径/mm	3	3.5	4	5	6	7	8	10
硬铝铆钉数量/个	24	17	12	8	5	4	3	2

下铆头辅助行程 300mm

下铆头的压铆行程 16mm

上铆头的行程 150mm

外形尺寸(长×宽×高) 2675mm×750mm×2530mm

弓形钳口尺寸(长×高) 1200mm×465mm

3) 龙门式固定成组铆接机 龙门式固定成组铆接机属于大型铆接设备,它适用于铆接大型板型铆接件。常用的 KII-602 型铆接机主要技术参数如下:

最大铆接力 700kN

一次铆接的铆钉数量见表 4-32。

表 4-32 一次铆接的铆钉数量

铆钉直径/mm	4	5	6	8
硬铝铆钉数量/个	36	22	16	8

每分钟行程次数 3~4 次

下铆头工作行程 200mm

上、下压铆模支撑面之间最大距离 450mm

轮廓尺寸(长×宽×高) 28000mm×6700mm×3250mm

(7) 铆接模具

1) 铆接模具的作用

- ① 预先压紧铆接件,消除铆缝间隙。
- ② 使铆钉杆形成铆头。
- ③ 用于单个铆接机用的铆接模具可以定位铆钉中心。
- ④ 用于成组铆接的铆接模具,还应具有控制铆钉铆头高度,并传递自动铆接循环信息等功功能。

2) 铆接模具的要求

- ① 铆接模具与铆钉、铆接件的接触表面应光滑,不得有夹角及局部凸、凹处。
- ② 铆接模具与铆接机安装尺寸应配合良好,并能迅速变换。
- ③ 铆接模具的材料硬度应高于铆钉材料。
- ④ 铆接模具应具有良好的刚性和尺寸稳定性。

9. 铆接工艺要点及实例

(1) 铆接工艺的主要内容

1) 工艺规程是指导加工零件的具体文件,是生产准备的基础,也是检验的重要依据。

2) 工艺规程的编制原则如下:

- ① 保证产品质量。
- ② 提高生产效率。
- ③ 降低生产成本。
- ④ 改善劳动条件。
- ⑤ 缩短生产周期。

3) 一般工艺规程的主要内容如下:

① 填写零件图号、名称、数量、材料牌号、规格等。

② 详细介绍加工工序、加工基准、工艺参数及每道工序所用设备、工装、技术要求、检验等事项。

③ 提供简图及辅助说明,如加工留量、工艺孔位置等。

4) 铆接工艺的主要内容如下:

① 选择铆接的形式,确定搭接、对接、角接等联接形式。

② 确定铆钉的排列方式及其结构尺寸参数,如铆钉数量、排距、钉距、边距等。

③ 选择铆钉的种类、材料、规格。

④ 选择铆钉孔加工方法及加工设备、刀具、加工参数等。

⑤ 确定铆接设备、工具及装配工装。

⑥ 选择合理的铆接顺序等技术措施及工艺参数。

⑦ 确定钉的加热、接钉、穿钉、顶钉、铆接等操作要点及需要的工人技术等级。

⑧ 铆接质量检验及返修方法。

(2) 铆接工艺中的几个技术问题 铆接工艺在经过广泛应用后,其技术也在不断发展、创新。在铆接工艺中应主要考虑以下工艺问题:

1) 铆接件的合理装配 通常大型铆接结构由许多部件、零件组成。在分离铆接结构时,产生许多设计分离面和工艺分离面。设计分离面一般采用可卸联接,工艺分离面一般都采用不可卸联接。

铆接结构的尺寸偏差通常取决于大、小零件或部件的加工精度、装配精度及铆接变形大小。合理选择工艺分离面组合顺序和选择正确的装配基准,对保证铆接结构尺寸精度尤为重要。因此作为装配基准的工艺分离面大多有较高的加工要求。在铆接件装配过程中,铆接件的定位、固定至关重要。常用的定位方法有划线定位、工艺孔定位、胎夹具工装定位等方法。已定位零件多采用固定铆钉、固定工艺螺栓、定位销、穿心夹等加以固定,以便进行铆接,并保证在铆接过程中铆接件之间保持正确位置尺寸关系。

2) 有效控制铆接变形 在铆接过程中,由于铆钉杆在墩粗时挤压铆钉孔壁,同时钉头、墩头挤压铆接件表面而产生内应力,在此应力作用力,铆钉附近的材料将延伸。当铆钉墩粗时,挤压力并不是沿铆钉杆全长均匀分布的,越靠近墩头处挤压力越大。另外当不同材料或不同厚度的铆接件生产时,延伸量也不一样。当产品结构比较复杂,同时铆接方法和铆接顺序也不相同,就极易产生变形,致使铆接件产生弯曲、扭曲等不同形式的变形。

预防控制铆接变形常用的措施如下:

- ①在进行工装设计时,应正确地选择定位基准。
- ②铆接件应具有一定的刚度。
- ③铆接件应具有足够加工精度,特别是装配基准面应有较高的加工精度。
- ④采用合理的铆接顺序,遵循中心法和边缘法。
- ⑤选择合适的铆钉枪及顶把等铆接工具。

(3) 铆接生产的安全操作技术

- 1)保持环境清洁,有足够操作空间,工件、工具定置管理,摆放整齐。
- 2)热铆时采用的加热炉要有良好的防火、防尘、排烟设施。每次使用后,要熄灭加热炉内余火,并清理干净。
- 3)加热后的铆钉在进行扔、接时,操作工具应齐全,配合协调,扔、接技术要正确。
- 4)使用铆钉枪时,严禁平端对人,停止使用时,一定要将枪头罩模取下,随用随上,保持实用、规范的安全操作习惯。

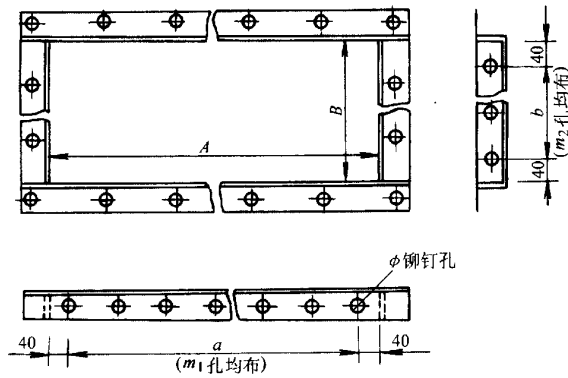


图 4-8 矩形通风管端部示意图

- 5)手工铆接时,要掌握正确的手锤操作方法。
- 6)个人防护用品要齐全。

(4) 铆接实例矩形通风管端部是由薄板与矩形法兰铆接而成的。薄板经折边后加工成矩形断面,矩形法兰则由四根角钢组焊成矩形框架。矩形通风管端部如图 4-8 所示。采用手工电钻钻铆钉孔,选取相应的铆钉。矩形通风管法兰尺寸见表 4-33。铆接前,先对称固定几点,复查尺寸后,再铆接剩余铆钉。通风管铆接时,既可以手工铆接,也可以采用铆接机铆接。为了实现密封,铆接后铆钉四周与法兰接缝处应涂上密封胶。

表 4-33

矩形通风管法兰尺寸

(mm)

序 号	风管规格		角钢规格	铆钉孔直径 ϕ	a	b	孔数价	铆钉规格			
	A	B									
1	502	202	L25 × 4	4.5	422	122	14	$\phi 4 \times 8$			
2		252				172	16				
3		322				242	16				
4		402				322	18				
5		502				422	20				
6	632	252			L30 × 4	5.5	552		172	18	$\phi 4 \times 8$
7		322							242	18	
8		402							322	20	
9		502							422	22	
10		632							552	24	
11	802	322	L30 × 4	5.5			722	242	20	$\phi 5 \times 10$	
12		402						322	22		
13		502						422	24		
14		632						552	26		
15		802						722	28		
16	1002	322			L30 × 4	5.5	922	242	22		$\phi 5 \times 10$
17		402						322	24		
18		502						422	26		
19		632						552	28		
20		800						722	26		
21		1002	922	28							
22	1252	402	L40 × 4	5.5			1172	322	28	$\phi 5 \times 10$	
23		502						422	30		
24		632						552	32		
25		802						722	34		
26		1002			922	36					
27	1602	502			L40 × 4	5.5	1522	422	34		$\phi 5 \times 10$
28		632						552	36		
29		802						722	38		
30		1002						922	40		

10. 铆接质量检查及铆接缺陷与预防措施

(1) 铆接质量检查

1) 铆接后用目测方法直接检查铆头, 不准有伤痕、压坑、裂纹等缺陷。铆头与铆接件的表面应贴合, 允许在不超过半圆周的范围内间隙 $\leq 0.05\text{mm}$, 但数量不超过铆钉总数的 10%, 而且不允许连续出现。

2) 铆接后的结构件中在铆钉间距内允许存在局部间隙, 见表 4-34。

第四章 钣金联接技术工艺

表 4-34 铆接件允许存在的局部间隙 (mm)

铆接件厚度	铆钉间距	允许间隙	铆接件厚度	铆钉间距	允许间隙
< 1.5	> 40	< 0.5	1.6 ~ 2.0	10 ~ 40	< 0.3
< 1.5	< 40	< 0.3	> 2.0	20 ~ 40	< 0.2

3) 对于一般结构铆钉周围的钢板允许凹陷量小于 0.2mm。难于铆接的部位铆钉周围的钢板允许凹陷量小于 0.3mm。

4) 用样板检验铆头, 判断铆头质量、铆头尺寸和偏差, 见表 4-35。

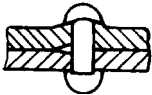
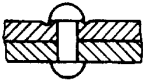
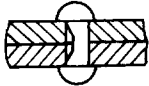
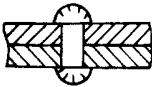
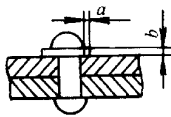
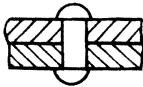


表 4-35 铆头尺寸和偏差 (mm)

铆钉直径	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0
铆头直径	3.0	3.8	4.5	5.2	6.0	7.5	8.7	11.6
铆头直径允许偏差	± 0.2	± 0.25	± 0.30		± 0.4	± 0.5	± 0.6	± 0.8
铆头最小高度	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0	2.4	3.2
铆头对铆钉轴线偏移	0.2		0.3			0.4	0.5	0.6

(2) 铆接缺陷产生原因与预防措施(表 4-36)

表 4-36 铆接缺陷产生原因与预防措施

缺陷种类	简图	产生原因	预防措施	消除方法
铆头 偏移或 钉杆歪 斜		铆接时, 铆钉枪与板面不垂直	铆钉枪与钉杆上应在同一轴线上	偏心 ≥ 0.1d 更换铆钉
		风压过大, 使钉杆弯曲	开始铆接时风门由小逐步打开	
		钉孔倾斜	钻、铰孔时, 刀具与板面垂直	
铆头 四周未 与板件 表面贴 合		孔径过小或钉杆有缺陷	铆接前检查孔径、去除毛刺和氧化皮	更换 铆钉
		风压不够	发现风压不够, 停止铆接	
		顶钉力不够或未顶严	加大顶钉力	
铆钉 头局部 未与板 件表面 贴合		罩模偏斜	铆钉枪应保持垂直	更换 铆钉
		钉杆长度不够	正确计算铆钉长度	

缺陷种类	简图	产生原因	预防措施	消除方法
板料结合面间有缝隙		装配时螺栓未紧固或过早地被拆卸	拧紧螺母,待铆接后再拆除螺栓	更换铆钉
		孔径过小	检查孔径大小	
		板件间相互贴合不严	铆接前检查板件是否贴合紧密	
铆钉形成突头及刻伤板料		铆钉枪位置偏斜	铆接时铆钉枪与板件垂直	更换铆钉
		钉杆长度不足	计算钉杆长度	
		罩模直径过大	更换罩模	
铆钉杆在钉孔内弯曲		铆钉杆与钉孔的间隙过大	选用适当直径的铆钉	更换铆钉
		风压太大	开始铆接时,风压应减小	
铆钉头上有裂纹		铆钉材料塑性不好	进行铆钉材质和铆钉塑性试验	更换铆钉
		加热温度不适当	控制并准确测量加热温度	
铆钉头周围帽缘过大		钉杆太长	正确选择钉杆长度	$a \geq 3mb$ $\geq 1.5 \sim 3mm$ 更换铆钉
		罩模直径太小	更换罩模	
		铆接时间太长	减少打击次数	
铆钉头过小高度不够		钉杆较短或孔径过大	加长钉杆	更换铆钉
		罩模直径过大	更换罩模	
铆钉头上有伤痕		罩模击打在铆钉头上	应紧握铆钉枪防止跳动过高	更换铆钉
铆钉头不成半圆形		开始铆接时钉杆弯曲	罩模施力要均匀	换铆钉
		未将钉头墩粗	更换罩模	

第二节 胀接

1. 胀接的特点

胀接是利用管子和管板变形来实现密封和紧固的一种联接方法。它可以采用不同的方法,如机械、爆炸和液压等方法,扩张管口直径,使管子端部产生均匀的径向塑性变形,管板孔壁产生弹性变形,利用管板孔壁的回弹对扩张的管子施加径向压力,使管子与管板保持紧密接触,并具有足够的胀接强度,以保证联接接头工作时,管子不会从管孔中脱落出来。同时可以具有较好的密封性,在承受工作压力时,可以保证设备内的介质不会从联接接头处泄漏出来。

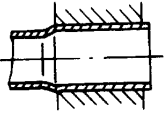
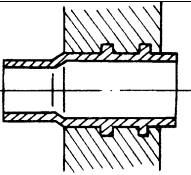
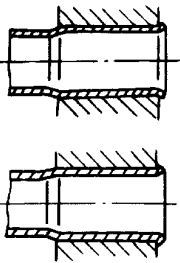
胀接广泛用于加热器、冷凝器、冷油器、省煤器等热交换器,在锅炉和中央空调设备生产中,使用也极为普遍。

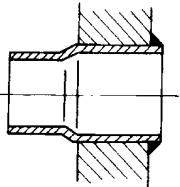
2. 胀接的结构形式

胀接主要有光孔胀接、开槽胀接、翻边胀接、胀接加端面焊接等多种形式。胀接的结构形式见表 4-37。

表 4-37

胀接的结构形式

形式	简图	特点
光孔胀接		多用于工作压力小于 0.6MPa, 温度低于 300℃ 的结构中, 胀接长度小于 20mm
开槽胀接		多用于工作压力小于 3.9MPa, 温度低于 300℃ 的结构中, 胀接长度小于 20mm
翻边胀接		采用压脚工具, 使管端已扳边的管口翻打成喇叭口或半圆形, 以提高接头的强度。常用于低压锅炉

形式	简图	特点
胀接加端面焊		多用于工作压力小于 7MPa, 温度低于 350℃ 或介质极易渗透的场合。分为光孔胀接端面焊和开槽胀接端面焊, 采用端面焊可提高接头的密封性能, 一般是先焊后胀

3. 胀接管子的技术要求

(1) 胀接管子应符合 GB3087 - 1999《低中压锅炉用无缝钢管》或 GB/T8163—1999《输送流体用无缝钢管》的技术要求, 均采用轧制无缝钢管, 而不用有缝焊接钢管。

(2) 胀接管子的外表面不应有重皮、裂纹、压扁等缺陷, 胀接管端不得有纵向划痕。如有横向划痕、麻点等缺陷时, 缺陷深度不得超过管子公称壁厚的 10%。

(3) 胀接管子的长度应根据管板间实际长度确定, 胀接管子的端面倾斜度 Δf 应不大于管子公称外径的 1.5%, 且最大不超过 1mm。管端表面粗糙度 R_a 6.3um

(4) 一般要求管子端部硬度要低于管孔壁的硬度(碳钢管子的硬度应比管孔壁低 30HBS), 当胀接管子的管端硬度不大于 170HBS, 管端可不退火, 否则应进行退火处理, 以保证管端金属具有适当的硬度和足够的塑性。

(5) 硬度测试前, 应将测试点处的氧化皮、锈蚀、油污清除掉, 并露出金属光泽。胀接管子的取样数量应不少于每个炉批号管子总数的 1%, 且不少于 3 个。测试点位置应在距管端 50mm 范围内。

(6) 胀接管端进行退火处理, 管子的退火长度一般取管板厚度再加 100mm, 应符合以下要求。

1) 退火处理时, 将管子的另一端堵住, 并转动管子进行加热。可采用电加热或火焰加热, 火焰加热时其燃料可用木炭等, 但不能用烟煤做燃料直接加热。

2) 加热应缓慢升温, 升温速度不宜超过 15℃/min。碳钢管子退火温度控制在 600 ~ 650℃, 合金钢管子退火温度 650 ~ 700℃, 保温时间 10 ~ 15min, 保温后, 管端应埋于干燥的石棉灰或石灰粉或温热的干砂中缓冷, 埋入深度不小于 350mm, 冷却到室温后方可取出。

3) 必须采用温控仪器掌握、控制退火过程中的温度。不管用何种方法加热, 管端加热温度不应超过 650℃。

(7) 胀接管端在胀接前, 应采用表面处理。

1) 管端外表面应用手工清理或用半自动双头磨管机、机械洗管机等除锈设备除锈磨光, 磨光的管端长度不小于 50mm。除锈磨光后的表面不应有起皮、凹坑、裂纹和纵向沟槽等缺陷。管端内表面不应有严重锈蚀和铁屑等杂物。胀接管端磨光后的最小管端外径见表 7-38。

表 4-38

胀接管子磨光后的最小管端外径

(mm)

管子公称直径	32	38	42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
管端最小外径	31.35	37.35	41.35	50.19	56.13	59.10	62.57	69	74.84	81.77	87.77	100.58

第四章 钎金联接技术工艺

2)除锈磨光后的胀接管子应进行检测、编号、分类,并要及时胀接,如不能及时装配胀接,则应妥善保管,以防再次生锈。如管子生锈应该重新打磨,打磨后的管端最小外径仍须符合表4-38规定。

4. 胀接管孔的技术要求

(1)胀接管孔的表面粗糙度不得大于 $R_a 12.5\mu\text{m}$ 。管孔采用钻孔、扩孔、铰孔的加工工序制备。

(2)钻孔前的准备工作如下:

1)钻孔前应在工件上划线,并经检验人员复验。划线公差见表4-39。

表4-39 划线公差 (mm)

公称尺寸	划线公差	定位孔公差	管孔中心距公差	公称尺寸	划线公差	定位孔公差	管孔中心距公差
≤260	±0.5	±0.75	±1.5	1001~3150	±1.0	±1.5	±3.0
261~500	±0.67	±1.0	±2.0	3151~6300	±1.33	±2.0	±4.0
501~1000	±0.83	±1.25	±2.5	>6300	±1.67	±2.5	±5.0

2)在钻孔中心打样冲眼,样冲眼应清晰,样冲眼直径应小于2mm。不清晰及冲歪的样冲眼应重新描冲。

(3)正确钻孔前,应试钻、刮浅窝,测量浅窝孔径,胀接管孔浅窝孔径最大公差值应小于图样规定公差的50%,浅窝孔径最大公差值见表4-40。

表4-40 胀接管孔浅窝孔径最大公差值 (mm)

管子外径	14	16	18	19	22	25	32	38	42
管孔直径	14.3	16.3	18.3	19.3	22.3	25.3	32.3	38.3	42.1
浅窝孔直径公差	+0.12 0		+0.14 0				+0.17 0		
管子外径	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
管孔直径	51.3	57.5	60.5	64.0	70.5	76.5	83.6	89.6	102.7
浅窝孔直径公差	+0.20 0						+0.23 0		

(4)钻孔的工艺规范见表4-41。

表4-41 钻孔的工艺规范

钻孔直径/mm	定孔直径/mm	转速/(r/min)	进给量/(mm/r)
38	19~23	200~250	0.3~0.5
51		100~150	0.3~0.5
60.3		60~100	0.3~0.5
76.3		60~100	0.3~0.5

(5)扩孔的工艺规范见表4-42。

表 4-42 扩孔的工艺规范

扩孔直径 /mm	定位直径 /mm	转 速 (r/min)	进给量 (mm/r)	扩孔直径 /mm	定位直径 /mm	转 速 (r/min)	进给量 (mm/r)
48~54	19~23	70~118	0.2~0.5	84~108	64	40~60	0.2~0.5
64~81	32	70~118	0.2~0.5	113~134	100	<40	0.2~0.5

(6) 铰孔的工艺规范见表 4-43。

表 4-43 铰孔的工艺规范

管子外径/mm	管孔尺寸/mm	铰孔前孔径/mm	铰刀直径/mm	转速/(r/min)	进给量/(mm/r)
38	$38.3_0^{+0.34}$	$38_0^{+0.20}$	38.5	4~36	0.56~0.9
51	$51.3_0^{+0.40}$	$51_0^{+0.20}$	51.5	15~25	0.9~1.2
60	$60.5_0^{+0.40}$	$60_{+0.20}^{+0.40}$	60.7	1~22	0.9~1.2
76	$76.5_0^{+0.40}$	$76_{0.20}^{+0.40}$	76.7	≤16.5	0.9~1.2

(7) 胀接管孔尺寸。胀接联接中,管孔直径的尺寸偏差和形位公差应符合表 4-44。当个别管孔的直径偏差超过表 4-44 中的规定,但超过部分不大于规定偏差的 50% 时,同一部件上允许超差的管孔数目规定如下:

- 1) 当管孔总数不大于 500 个时,不得超过管孔总数的 2%, 并且不多于 5 个。
- 2) 当管孔总数大于 500 个时,不得超过管孔总数的 1%, 并且不多于 10 个。

表 4-44 管孔直径的尺寸偏差和形位公差 (mm)

管子外径	14	16	18	19	22	25	32	38	42
管孔直径	14.3	16.3	18.3	19.3	22.3	25.3	32.3	38.3	42.3
管孔直径偏差	$+0.24$ 0		$+0.28$ 0				$+0.34$ 0		
管孔圆度	0.10		0.11				0.14		
管孔圆柱度	0.10		0.11				0.14		
管子外径	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
管孔直径	51.3	57.5	60.5	64.0	70.5	76.5	83.6	89.6	102.7
管孔直径偏差	$+0.40$ 0						$+0.46$ 0		
管孔圆度	0.15						0.19		
管孔圆柱度	0.15						0.19		

(8) 胀接管孔中心距尺寸公差见表 4-39。

(9)在对胀接管孔进行清理时,应先用汽油或四氯化碳等溶剂清洗胀接管孔壁上的油污,然后再用细纱布沿孔壁圆周方向打磨残留锈蚀,并去除管孔边缘毛刺。

清理后的管孔壁不得有纵向刻痕,个别管孔允许有一条螺旋形或环形刻槽,刻槽深度不得超过 0.5mm,宽度不得超过 1mm,刻痕到管孔边缘的距离不得小于 4mm。

胀接管孔经检验合格后,应涂防锈油脂进行表面保护。

5. 胀管器

(1)胀管器的分类 胀管器是胀接工艺中的主要设备,种类很多,可分为螺旋式、前进式、后退式、自动胀管器等。各种胀管器的特点和使用范围见表 4-45。

表 4-45 胀管器的特点

种类		结构特点	使用范围/mm		
			管子内径	胀接长度	
前进式胀管器	不翻边	无轴承	结构简单,制造方便,在胀接过程中与管端发生摩擦	10~15	<30
	有轴承	与管端不发生摩擦,胀壳旋转前进的轴向力由轴承承受	16~21	<50	
			22~30	<60	
	有轴承可调	胀接长度可调	31~60	<70	
翻边	可在管端部翻边	>60	<80		
后退式胀管器		胀接时,管子向外部伸长,管板变形小	胀接长度不限		

(2)前进式胀管器的工作原理 前进式胀管器是由一个胀壳、一根胀杆和三个或三个以上的胀子所组成的,如图 4-9 所示。

前进式胀管器的胀杆和胀子形状都是圆锥形的,两者锥度不同,胀杆锥度为胀子锥度的两倍,互相配合起来的外侧面正好为圆柱形。当胀杆向前推进一个距离,胀子外侧直径将增大,胀杆推进的距离越大,则胀子外侧直径也相应增加。

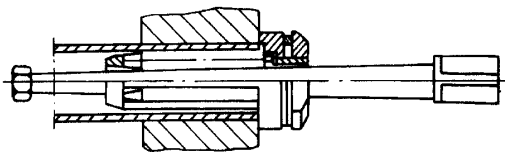


图 7-9 前进式胀管器构造示意图

前进式胀管器的工作过程如图 4-10 所示。胀管前,将胀管器塞入管内,始胀时留有适当移动距离,逐步推进胀杆,使胀杆、胀子、管子内壁都相互贴紧,用扳手或胀管机带动胀杆作顺时针方向旋转,而此时胀子反向运动,使管子内壁受到碾压,迫使金属延展,管径增大,实现胀接。

(3)选用胀管器的注意事项

- 1)根据胀接管子的内径和胀接长度,确定胀管器类型和规格。
- 2)自行设计、制造或外购的胀管器,胀杆锥度及胀接设备的转速应符合 ZBJ98001—87 的规定。
- 3)液压驱动胀管器和微机控制胀管器的控制系统应准确灵敏,性能良好。

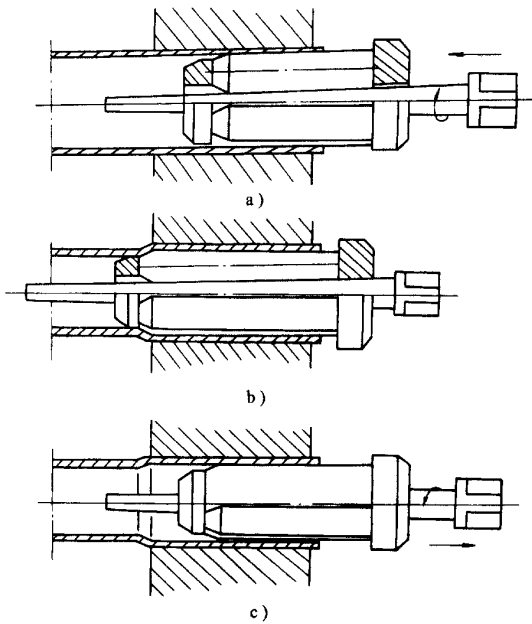


图 7-10 前进式胀管器的工作过程

a) 胀接 b) 胀接结束 c) 退出

4) 胀杆长度应小于弯管端的直段长度,当胀杆超长时,应从较小直径一端截去一部分,并将切断面修磨成圆弧状。

5) 胀管器经检测合格后,涂上润滑脂待用。

6. 胀接工艺及相关问题

(1) 胀接操作人员

1) 胀接操作人员必须经过相关技术培训,经考评合格后,才能上岗操作。

2) 胀接操作人员应掌握所用胀接设备的使用性能,熟悉产品图样、工艺文件及标准要求。

3) 胀接操作人员应认真做好胀接场地的管理工作,对所用工具、量具、检具应能正确使用,妥善保管。

(2) 胀接的准备工作 主要有正确选择胀管器和其它操作工具。通常根据胀接管子的内径和胀接长度确定胀接方法,并结合扳边等情况,选定胀管器。如果管端要翻边,应选择合适的压脚。如果胀接位置的操作空间较小,需考虑合适的转向器。如果胀接接头数量不多,可采用手动胀接;接头数量较多时,应考虑使用机械胀接。

(3) 穿管

1) 穿管前应按图样核对管子装配位置。

2) 根据管孔的直径选配管子,控制装配间隙。装配间隙对胀接质量有很大影响,间隙太大,接头的强度会大大地降低,这是由于管子在初胀过程中过分地扩张,金属产生加工硬化,塑性变形阻力增加,导致管壁和孔壁不能密切接触。此外间隙过大时,管子很难对

准管子中心,容易引起胀接偏斜和单面胀接。而间隙过小,则装配困难。胀接允许的最大装配间隙见表 4-46。

表 7-46 胀接允许的最大装配间隙 (mm)

管子公称外径	32	38	42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
最大装配间隙	1.29			1.41	1.47	1.5	1.53	1.6	1.66	1.89	1.95	2.18

3)管子两端的胀接部位穿入管孔时应能自由伸入,管子必须对正,不得歪斜。当发现有卡住、偏斜等现象时,不得强行插入,而应取出管子,按样板矫正后,再行插入。

4)穿管时应多穿一段长度,以便再次清理胀接管端或管孔壁上因穿管留下的铁锈污物。待清理完成后,再将管子安放在正确位置。

5)为了使管端进行胀接和扳边,必须从管板中伸出适当的长度。如果太长,会增加介质的流体阻力,使其根部形成死角,引起腐蚀。超过长度的部分应用机械方法去除,并清理毛刺。对于扳边胀接,由于端部膨胀太大容易出现裂纹,尺寸太短又会降低扳边的作用。当扳边角度为 12°~15°时,胀接管端伸出长度见表 4-47;当扳边角度为 90°时,胀接管端伸出长度见表 4-48。

表 4-47 管端伸出长度(扳边角度 12°~15°) (mm)

管子外径		14	16	18	19	22	25	32	38	42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
管端伸出长度	正常	6						9						10					
	最大	7						11						12					
	最小	5						7						8					

表 4-48 管端伸出长度(扳边角度 90°) (mm)

管子外径		32	38	42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
管端伸出长度	正常	8			9			10					
	最大	10			11			12					
	最小	6			7			8					

(4)胀接技术参数

管子的膨胀程度用膨胀率来表示。膨胀率不足(欠胀)时,不能保证接头的胀接强度和密封性;若膨胀率过大(过胀),会使管孔四周过分地胀大而失去弹性,不能形成足够的径向压力,也要影响密封性和胀接强度,可见欠胀和过胀都不能保证胀接质量。

目前反映膨胀率的技术参数有内径增大率和管壁减薄率。

1)内径增大率 H 是指在管子与管孔间隙已消除的情况下,再扩张量(纯挤压量)与管孔直径的比值。计算公式如下:

$$H = \frac{(D'_a - D_a) - (D_0 - D_w)}{D_0} \times 100\%$$

式中 H ——内径增大率(%);

D'_a ——管子胀接后的内径(mm);

D_a ——管子胀接前的内径 (mm);

D_0 ——胀接前管孔的直径 (mm);

D_w ——管子胀接前的外径 (mm)。

2) 管壁减薄率 ε 是指再扩张量与两倍管子壁厚的比值。计算公式如下:

$$\varepsilon = \frac{(D'_a - D_a) - (D_0 - D_w)}{2t} \times 100\%$$

式中 ε ——管壁减薄率(%) ;

t ——管子胀接前的壁厚 (mm)。

一般胀接时, 选取 $H = 1\% \sim 3\%$ 或 $\varepsilon = 4\% \sim 8\%$, 对厚壁管和有色金属管可采用较大的数值。

在胀管初期, 随着扩张率的增加, 接头的强度和密封性都随之增加。但达到一定的极限状态后, 随着扩张率的增加, 其性能却会下降, 因此必须选择一个最佳扩张率。

(5) 试胀

1) 正式产品胀接前应进行试胀, 以检查胀管器的质量、管材的胀接性能, 并确定最佳扩张率。

2) 试胀用管子、钢板的材质、规格以及管孔间距、管孔尺寸、加工方法和技术要求等均应与产品相同。

3) 试胀件尺寸规格与数量简述如下:

① 当产品管孔中心距 S 小于 $3D_0$ 时, 应做一块试胀板, 开孔数量为 $12 \sim 16$ 个。

② 当产品管孔为顺排时, 试胀孔一般按方阵布置, 且不少于四行三列(或四列三行); 当产品管孔为错排时, 试胀孔的列(行)是行(列)的 $1.5 \sim 2$ 倍, 且不少于四行(列)六列(行), 试胀件管孔分布如图 4-11 所示。

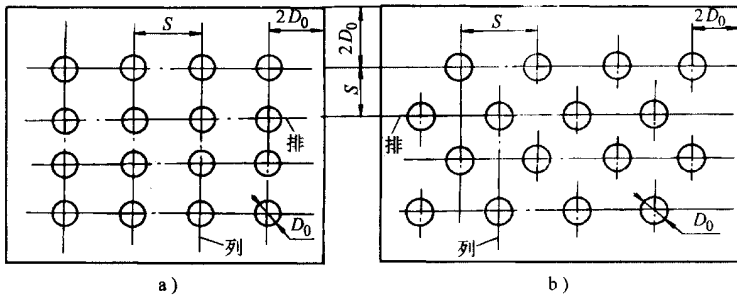


图 7-11 试胀件管孔分布

a) 顺排 b) 错排

③ 当产品的管孔中心距 S 不小于 $3D_0$ 时, 做四块单孔试胀板, 管孔中心至试胀板边缘距离不小于 $2D_0$ 。

④ 试胀管的长度不小于 300mm , 数量与管孔相同。

4) 在内径增大率 H 为 $1\% \sim 2.1\%$ 时, 选用不同的内径增大率进行试胀、测试、记录, 对每个胀接接头进行比较。检查胀接部分是否有裂纹, 胀接过渡部分是否有较大变化, 然后取内径增大率较有代表性的胀接接头进行水压试验。最后选定外观质量好、试压不漏

水,且留有充分的补胀余量的内径增大率作为胀接中试胀最佳参数,用于正式胀接生产。

(6) 胀接

1) 为了保证产品装配尺寸符合要求,胀接全过程一般分为初胀定位、复胀胀紧、最后扳边等工序。初胀的目的是实现管子与管板较好的定位和紧固。复胀是将已经初胀的管子再次胀紧,并达到规定的膨胀率。

2) 胀接环境的温度一般不低于 0℃。

3) 胀接时应先在管端内壁涂少量润滑脂后,再插入胀管器。在胀接过程中,应防止油污、水分及灰尘渗入胀接面。当完成 15~20 个胀接接头时,应对胀管器进行清洗,检查有无损伤,如无损伤则涂润滑脂继续使用,反之则应更换胀管器。

4) 胀接时应坚持一定的胀接顺序,如图 4-12 所示。

5) 同一根管子,一端为焊接而另一端为胀接时,应先焊接后胀接。

6) 通常膨胀率应控制在 1%~2.1% 范围内,并根据经验判断胀紧程度。当管板平面、管孔周围出现氧化层裂纹或剥离现象时,表明胀紧程度已达到要求。当膨胀率超过控制范围时,超胀的最大膨胀率不应超过 2.8%,超胀数量在同一胀接面中不超过胀接总数的 4%,且最多不超过 15 个。当允许超胀数量不足 2 个时,允许将数量扩大到 2 个。

(7) 管壁和孔壁的接触面宽度 在高压设备中,管板厚度一般在 100mm 以上,为了降低设备重量,大多采用低合金高强度钢,所以其膨胀率就比中、低压设备要大一些。通常将胀接长度控制在 40~50mm,并不使用管板的整个厚度。为了保证联接的可靠性,可在胀接区内加工 1~2 条深度 1~1.5mm、宽度 3~5mm 的环形槽,这样约提高联接强度 1.5 倍。

在低压设备制造中,如果管板太薄,接头容易胀过量,此外管孔与管子接触面宽度太小,不易形成严密的胀接接头,所以管板不宜太薄。最小的管板厚度可以采用下列公式计算:

$$\delta_{\min} = (D_w + 5) / 8 \text{ (mm)}$$

式中 δ_{\min} ——最小管板厚度(mm);

D_w ——管子外径(mm)。

(8) 扳边

1) 12°~15°扳边。当管端喇叭口扳边角度为 12°~15°时,扳边以起点与管板表面平齐为宜,由胀接部分转入喇叭口部分应有明显的界限,而不应有明显的切口。

2) 90°扳边。90°扳边的胀接管子,宜采用无声扳边胀管器一次胀接成形。使用其它扳边工具进行 90°扳边时,应先将管子胀接扳边成 12°~15°喇叭口后,再进行 90°扳边,扳边动作应缓慢,以避免在快速成形过程中造成管口撕裂。扳边后胀管端部不应有扳边工具冲击的印记,允许存在的印痕深度不应超过板厚的负偏差。90°扳边边缘应与管板贴紧,其最大间隙不应大于 0.4mm,且间隙大于 0.05mm 的长度不得超过管子周长的 20%。间隙可用塞尺检查,如扳边贴紧达不到要求时,不得用铁锤锤击。

3) 胀接接头不允许存在如下缺陷:

① 管端内表面粗糙、存在裂纹等。

② 12°~15°扳边后的管端裂纹。

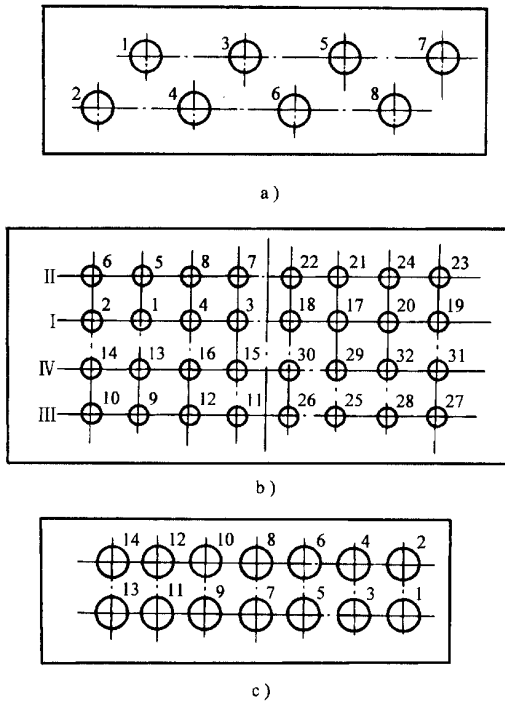


图 7-12 胀接顺序示意图

a) 错排 b) 顺排 c) 错列式

③90°扳边后边缘超过 2mm 的裂纹。

④胀口处偏移。

⑤胀口内径的圆度公差小于 0.15mm 时,其超差数量在同一胀接面超过胀口总数的 10%。

7. 胀接质量检查及预防措施

(1)胀接质量检查 在整个胀接过程中,应按照每道工序的工艺要求进行检查,其中以水压试验、胀口外观和扩胀率检查为重点。水压试验按照产品要求进行,水压试验后期,当试验压力达到工作压力时检查胀接部位有无漏水(漏水是指水珠向下流)、水印(指仅有水迹)和泪水(指水压试验期间不向下流的水珠),并分别做出标记。对水压试验中漏水或超过允许数量的泪水、水印等胀接部位,应在卸压排水后进行补胀。补胀前应测量胀口内径,确定合理的补胀量,以免过胀。同时还应对其邻近的一些胀口,进行补胀以免受其影响而松弛。同一处胀接部位,补胀次数不宜超过两次,补胀后应重新进行水压试验。对补胀后仍有漏水,且扩胀率已超过 2.8%的管子应进行撤换,重新胀接。

(2)胀接的缺陷及消除措施(表 4-49)

第四章 钎金联接技术工艺

表 7-49

胀接的缺陷及消除措施

缺陷名称	简 图	现 象	产生原因	消除措施
未胀牢		指管子胀大与未胀大的过渡不明显,手摸管子内壁无凹凸感觉	欠胀	补胀
			胀管器选择不当	选择合适胀管器
胀接长度不足		指管子下端超胀长度未达到 3~7mm	胀子太短	换胀子
			欠胀	补胀
胀口有间隙		指胀口上端或下端有间隙	胀管器取出太早或装入距离太小	补胀或调整胀管器装置距离
			胀子太短或胀杆与胀子锥度不合适	换用胀管器
胀 偏		指管子一边大,一边小	胀管器未装正	装正胀管器重胀,严重时换管重胀
切 口		指管子内壁过渡部分有棱角式深痕	胀子下端锥度太小	采用合格胀子
			胀子与翻边滚子结合处过渡不圆滑	换管重胀
过 胀		指管子下端鼓出太大;管端伸出量太大;管子内壁起皮;孔壁下端管子外表面被切	胀接时扩张率过大	换管重胀
翻边裂开		指翻边有裂纹或裂开	管端未退火	管端退火
			管端伸出太长	换管重胀

第三节 螺纹联接

1. 螺纹联接的特点

螺纹是指在圆柱、圆锥等表面上加工的螺旋线形的条纹。在外表面上的称为外螺纹或阳螺纹,在内表面(孔)上的称为内螺纹或阴螺纹。外螺纹和内螺纹分别加工在相配合的两个零件上,使它们相互固定或相对运动。

螺纹联接是以螺纹为特征的可拆联接,是钣金加工中最常用的联接方法之一。它是利用多个螺纹紧固件的良好配合,将被联接件联接成一体,如图 4-13 所示。

螺纹联接具有构造简单、联接可靠、标准化程度高、互换性强、装拆方便和成本低廉等特点。在机械制造和日常生活中被大量使用,如常见的减速机壳体、机动车和自行车等产品中,广泛用于需要拆卸的钣金零件的联接。

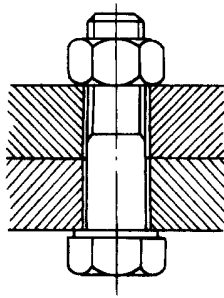


图 7-13 螺纹
联接示意图

2. 螺纹

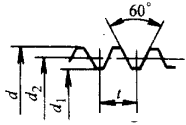
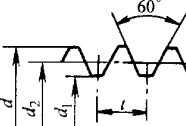
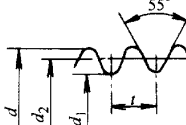
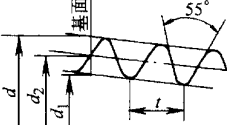

(1) 螺纹的种类 螺纹的分类方法很多,按其用途可分为联接螺纹、传动螺纹。联接螺纹主要用于紧固联接钣金零件或部件。传动螺纹用于传递动力、实现进给运动或位移,如车床的丝杆。

按螺纹轴线截面的几何形状可分为三角螺纹、梯形螺纹、方牙螺纹和锯齿形螺纹。联接螺纹的牙型均采用三角形,传动螺纹的牙型多采用梯形或矩形,锯齿形螺纹用于承受单向压力。本书仅介绍联接螺纹的情况。

常见的联接螺纹类型主要有普通螺纹、管螺纹。普通螺纹分为粗牙普通螺纹和细牙普通螺纹。公制螺纹牙型角为 60° ,英制螺纹牙型角为 55° 。联接螺纹类型和特点见表 4-50。

表 4-50

联接螺纹类型和特点

螺纹类型	牙型图	特点
普通螺纹		<p>其牙型为等边三角形,牙型角 $\alpha = 60^\circ$, 内、外螺纹旋合后留有径向间隙。外螺纹牙底允许有较大的圆角,以减小应力集中。同一公称直径的螺纹,细牙螺纹比粗牙螺纹的螺距小、升角小、自锁性较好、强度高,但不耐磨,容易脱扣。一般联接多用粗牙螺纹,细牙螺纹常用于细小零件、薄壁管件或受冲击、振动和变载荷的联接中,也可作为微调机构的调节螺纹</p>
		
圆柱管螺纹		<p>其牙型为等腰三角形,牙型角 $\alpha = 55^\circ$, 牙顶有较大的圆角,内、外螺纹旋合后无径向间隙,以保证配合的紧密性。管螺纹为英制细牙螺纹,公称直径为管子的内径,适用压力小于 1.6MPa 的水、煤气管路、润滑和电缆管路系统</p>
圆锥管螺纹		<p>其牙型为等腰三角形,牙型角 $\alpha = 55^\circ$, 螺纹分布在锥度为 $1:16$ ($\alpha = 1^\circ 47' 24''$) 的圆锥管上。螺纹旋合后利用本身的变形就可以保证联接的紧密性,不需要任何填料,密封简单。适用于高温、高压或密封性要求高的管路系统</p>
圆锥螺纹		<p>其牙型与 55° 圆锥管螺纹相似,但牙型角 $\alpha = 60^\circ$, 螺纹牙顶为平顶。多用于汽车、拖拉机、航空机械、机床的燃料、油、水、气输送管路系统</p>

(2) 螺纹的要素 在加工螺纹的螺旋运动中,刀具切入圆柱体构成凸起和凹入部分,凸起的顶端称为螺纹的牙尖,凹入的沟底称为螺纹的牙底。牙尖到牙底的垂直距离称为螺纹高度。凸起和凹入的剖面形状称为螺纹的牙型。决定螺纹几何形状和尺寸的螺纹要素有:

- 1) 螺纹的牙型是指螺纹牙齿的剖面形状,有三角形、梯形、锯齿形等。
- 2) 螺纹的公称直径是指外螺纹与牙顶或内螺纹与牙底相重合的假想圆柱的直径。
- 3) 螺纹的旋向是指螺旋曲线的旋转方向,分为左旋或右旋两种。
- 4) 螺纹的头数是指在同一圆柱断面上切断螺纹的条数。只切出一个螺纹断面的螺纹称为单头螺纹,可以切出两个螺纹断面的螺纹称为双头螺纹,可以切出两个以上螺纹断面的螺纹称为多头螺纹。
- 5) 螺纹的螺距是指经过螺纹轴线的剖面上,相邻两个牙齿间的距离。螺纹的导程是

螺旋线上任一点沿该线旋转一周,在圆柱面轴线方向上所移动的距离。单头螺纹的螺距与其导程相同,多头螺纹的螺距等于导程除以头数。

6) 螺纹旋合长度是指两个相配合的螺纹,沿螺纹轴线方向相互旋合重叠部分的长度。螺纹的旋合长度分为短旋合长度、中等旋合长度和长旋合长度。

在螺纹的上述要素中,牙型、公称直径和螺距是决定螺纹最基本的要素,通常称为螺纹三要素。凡螺纹三要素符合标准的螺纹称为标准螺纹。如果螺纹的牙型符合标准,公称直径或螺距不符合标准,这种螺纹称为特殊螺纹。若牙型也不符合标准,这种螺纹称为非标准螺纹(如方牙螺纹)。如果螺纹的头数和旋向没有特别注明,则认为是单头右旋螺纹。

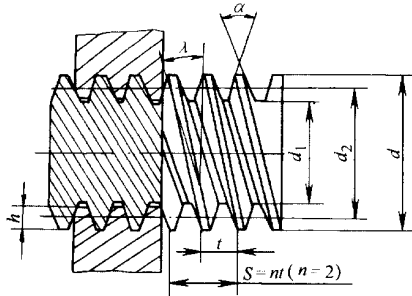
(3) 普通螺纹的几何参数和基本尺寸

1) 普通螺纹的几何参数见表 4-51。

2) 普通螺纹的基本尺寸。根据 GB/T196—1981《普通螺纹》基本尺寸(直径 1 ~ 600mm),在使用中优先选用的第一系列普通螺纹基本尺寸见表 4-52。

表 4-51

普通螺纹的几何参数

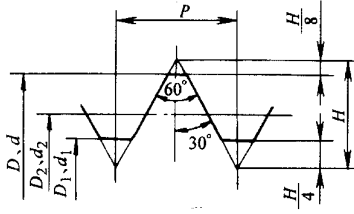


名称及符号	说 明
大径 $d; D$	是与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相重合的假想圆柱的直径。外螺纹为 d , 内螺纹为 D_1 。公制普通螺纹大径的基本尺寸为螺纹公称直径
小径 $d_1; D_1$	是与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相重合的假想圆柱的直径。外螺纹为 d_1 , 内螺纹为 D_1 。常作为外螺纹强度计算中危险截面的计算直径
中径 $d_2; D_2$	指通过螺纹轴向剖面内牙厚与牙间宽相等处的圆柱面直径,近似等于螺纹的平均直径 $d_2 \approx 0.85(d + d_1)$ 。中径是确定螺纹几何参数和配合性质的直径
头(线)数	指螺纹的螺旋线数目
螺距 P	指螺纹相邻两个牙型上对应点间的轴向距离
导程 S	指螺纹上任一点沿同一螺旋线转一周所移动的轴向距离
升角 φ	指螺旋线的切线与垂直于螺纹轴线平面间的夹角,在螺纹的不同直径处,螺旋线的升角各不相同 $\varphi = \arctan(S/\pi d_2)$
牙型角 α	指螺纹轴向剖面内,相邻螺纹牙型两侧边的夹角。螺纹牙型的侧边与螺纹轴线的垂直平面的夹角称为牙型斜角,对称牙型的牙型斜角(又称牙型半角) $\beta = \alpha/2$
工作高度 h	内、外螺纹旋合后接触面的径向高度

第四章 钣金联接技术工艺

表 4-52

常见普通螺纹基本尺寸



公称直径 D 或 d	螺距 P	中径 D_2 或 d_2	小径 D_1 或 d_1	公称直径 D 或 d	螺距 P	中径 D_2 或 d_2	小径 D_1 或 d_1
1	0.25	0.838	0.729	42	4.5	39.077	37.129
	0.2	0.87	0.783		3	40.051	38.752
1.2	0.25	0.938	0.829	48	2	40.701	39.835
	0.2	0.97	0.883		1.5	41.026	40.376
1.6	0.35	1.373	1.221	56	5	44.752	42.587
	0.2	1.470	1.383		3	46.051	44.752
2	0.4	1.740	1.567	64	2	46.701	45.835
	0.25	1.838	1.729		1.5	47.026	46.376
2.5	0.45	2.208	2.013	72	5.5	52.428	50.046
	0.35	2.273	2.121		4	53.402	51.670
3	0.5	2.675	2.459	80	3	54.051	52.752
	0.35	2.773	2.621		2	54.701	53.835
4	0.7	3.545	3.242	90	1.5	55.026	54.376
	0.5	3.675	3.459		6	60.103	57.505
5	0.8	4.480	4.134	100	4	61.402	59.670
	0.5	4.675	4.459		3	62.051	60.752
6	1	5.350	4.917	110	2	62.701	61.835
	0.75	5.513	5.188		1.5	63.026	62.376
8	1.25	7.188	6.647	125	6	68.103	65.505
	1	7.350	6.917		4	69.402	67.670
10	0.75	7.513	7.188	140	3	70.051	68.752
	1.5	9.026	8.376		2	70.701	69.835
12	1.25	9.188	8.647	160	1.5	71.026	70.376
	1	9.350	8.917		6	76.103	73.505
16	0.75	9.513	9.188	180	4	77.402	75.670
	1.75	10.863	10.106		3	78.051	76.752
20	1.5	11.026	10.376	200	2	78.701	77.835
	1.25	11.188	10.647		1.5	79.026	78.376
24	1	11.350	10.917	225	6	86.103	83.505
	2	14.701	13.835		4	87.402	85.670
30	1.5	15.026	14.376	250	3	88.051	86.752
	1	15.350	14.917		2	88.701	87.835
36	2.5	18.376	17.294	280	6	96.103	93.505
	2	18.701	17.835		4	97.402	95.670
42	1.5	19.026	18.376	315	3	98.051	96.752
	1	19.350	18.917		2	98.701	97.835
48	3	22.051	20.752	360	6	106.103	103.505
	2	22.701	21.835		4	107.402	105.670
56	1.5	23.026	22.376	400	3	108.051	106.752
	1	23.350	22.917		2	108.701	107.835
64	3.5	27.727	26.211	450	6	121.103	118.505
	2	28.701	27.835		4	122.402	120.670
72	1.5	29.026	28.376	500	3	123.051	121.752
	1	29.350	28.917		2	123.701	122.835
84	4	33.402	31.670	560	6	136.103	133.505
	3	34.051	32.752		4	137.402	135.670
96	2	34.701	33.835	630	3	138.051	136.752
	1.5	35.026	34.376		2	138.701	137.835

公称直径 D 或 d	螺距 P	中径 D_2 或 d_2	小径 D_1 或 d_1	公称直径 D 或 d	螺距 P	中径 D_2 或 d_2	小径 D_1 或 d_1	
160	6	156.103	153.505	280	6	276.103	273.505	
	4	157.402	155.670		4	277.402	275.670	
	3	158.051	156.752		6	316.103	313.505	
180	6	176.103	173.505	320	4	317.402	315.670	
	4	177.402	175.670		6	356.103	353.505	
	3	178.051	176.752		4	357.402	355.670	
200	6	196.103	193.505	400	6	396.103	393.505	
	4	197.402	195.670		4	397.402	395.670	
	3	198.051	196.752		450	6	446.103	443.505
220	6	216.103	213.505	500		6	496.103	493.505
	4	217.402	215.670			550	6	546.103
	3	218.051	216.752		6		596.103	593.505
250	6	246.103	243.505	600	6		596.103	593.505
	4	247.402	245.670					
	3	248.051	246.752					

注 表中 $D_2 = D - 2 \times 3H/8$; $d_2 = d - 2 \times 3H/8$; $D_1 = D - 2 \times 5H/8$; $d_1 = d - 2 \times 5H/8$; $H = \sqrt{3}P/2 = 0.866025404P$ 。

(4) 螺纹的互换性 螺纹联接应用广泛,普通螺纹加工大多采用专用机床流水作业大批量生产的加工模式,并遵循互换性原则。螺纹互换性主要包括螺纹公差带及旋合长度。

螺纹的几何参数很多,在加工过程中,会不可避免地出现误差,而这些误差对互换性都有不同程度的影响,如对外径、内径、中径、螺距和牙型半角等的影响。由于螺纹配合仅在螺纹牙齿侧面接触,内径、外径一般稍有间隙。因此决定螺纹配合性质的主要参数是中径、螺距、牙型半角。实践证明中径公差是衡量螺纹互换性的主要指标。

螺纹公差带是由其相对基本牙型的位置和大小所组成,如图 4-14 所示。

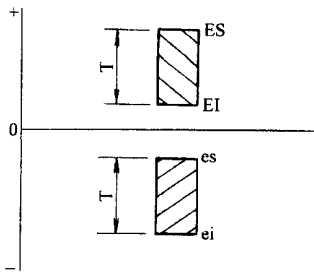


图 4-14 螺纹公差带

T—公差 ES—内螺纹上偏差 EI—
内螺纹下偏差 es—外螺纹上偏差
ei—外螺纹下偏差

普通螺纹的配合间隙最小值可以是零或有一定的间隙。螺纹公差带的位置由基本偏差确定。普通螺纹常用外螺纹的上偏差(es)和内螺纹的下偏差(EI)作为基本偏差。各种配合的公差带位置用符号表示,内螺纹规定了 G 和 H 两种位置,外螺纹规定了 e、f、g 和 h 四种位置。H、h 的基本偏差为零,G 的基本偏差为正值,e、f、g 的基本偏差为负值。外螺纹用 h 公差带、内螺纹用 H 公差带构成普通配合(含有零间隙配合);外螺纹用 e、f、g 公差带,内螺纹用 G 公差带可以构成明显的间隙配合。内、外螺纹的基本偏差见表 4-53。

以公差等级表示螺纹直径公差带的大小,内、外螺纹的直径公差等级见表 4-54 直径公差值用下列公式计算,计算所得公差值要圆整到 R40 系列中最接近的标准数。

第四章 钣金联接技术工艺

表 4-53

内、外螺纹的基本偏差

(μm)

螺距 /mm	内螺纹 D_2, D_1		外螺纹 d, d_2				螺距 /mm	内螺纹 D_2, D_1		外螺纹 d, d_2			
	G EI	H EI	e es	f es	g es	h es		G EI	H EI	e es	f es	g es	h es
0.2	+17	0	—	—	-17	0	1.25	+28	0	-63	-42	-28	0
0.25	+18	0	—	—	-18	0	1.5	+32	0	-67	-45	-32	0
0.3	+18	0	—	—	-18	0	1.75	+34	0	-71	-48	-34	0
0.35	+19	0	—	-34	-19	0	2	+38	0	-71	-52	-38	0
0.4	+19	0	—	-34	-19	0	2.5	+42	0	-80	-58	-42	0
0.45	+20	0	—	-35	-20	0	3	+48	0	-85	-63	-48	0
0.5	+20	0	-50	-36	-20	0	3.5	+53	0	-90	-70	-53	0
0.6	+21	0	-53	-36	-21	0	4	+60	0	-95	-75	-60	0
0.7	+22	0	-56	-38	-22	0	4.5	+63	0	-100	-80	-63	0
0.75	+22	0	-56	-38	-22	0	5	+71	0	-106	-85	-71	0
0.8	+24	0	-60	-38	-24	0	5.5	+75	0	-112	-90	-75	0
1	+26	0	-60	-40	-26	0	6	+80	0	-118	-95	-80	0

表 4-54

内、外螺纹的直径公差等级

螺纹直径	外螺纹		内螺纹	
	公称直径 d	中径 d_2	小径 D_1	中径 D_2
公差等级	4, 6, 8	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	4, 5, 6, 7, 8	

外螺纹公称直径公差 $T_d = K(180P^{2/3} - 3.15P - 1/2) \mu\text{m}$

内螺纹小径公差 $T_{D_1} = K(433P - 190P^{1.22}) \mu\text{m} (P < 1\text{mm})$

$T_{D_1} = K \times 230P^{0.7} \mu\text{m} (P \geq 1\text{mm})$

外螺纹中径公差 $T_{d_2} = K \times 90P^{0.4} \cdot d_m^{0.1} \mu\text{m}$

内螺纹中径公差 $T_{D_2} = K \times 118P^{0.4} \cdot d_m^{0.1} \mu\text{m}$

式中 K ——系数,按公差等级选择;

d_m ——公称直径分段内首尾两数平均值。

系数 K 、 d_m 的取值见表 4-55。

表 4-55

系数 K 和 d_m

公差等级		3	4	5	6	7	8	9	
K		0.50	0.63	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00	
公称直径/mm	0.99~1.4	1.4~2.8	2.8~5.6	5.6~11.2	11.2~22.4	22.4~45	45~90	90~180	180~355
d_m /mm	1.20	2.10	4.20	8.40	16.80	33.70	67.50	135	267.5

TD_1 、 TD_2 、 Td 、 Td_2 的单位是 μm (微米), D 和 d 的单位是 mm (毫米)。公差等级的 6 级是基本级。在同一公差等级中,内螺纹中径公差比外螺纹中径公差大 32%,这是因为内螺纹加工比外螺纹加工更加困难。

普通螺纹的内螺纹小径公差见表 4-56;外螺纹公称直径公差见表 4-57;内螺纹中径公差见表 4-58;外螺纹中径公差见表 4-59。

表 4-56 内螺纹小径公差 (TD_1) (μm)

螺距 P mm	公差等级					螺距 P /mm	公差等级				
	4	5	6	7	8		4	5	6	7	8
0.2	38	48	—	—	—	1.25	170	212	265	335	425
0.25	45	56	71	—	—	1.5	190	236	300	375	475
0.3	53	67	85	—	—	1.75	212	265	335	425	530
0.35	63	80	100	—	—	2	236	300	375	475	600
0.4	71	90	112	—	—	2.5	280	355	450	560	710
0.45	80	100	125	—	—	3	315	400	500	630	800
0.5	90	112	140	180	—	3.5	355	450	560	710	900
0.6	100	125	160	200	—	4	375	475	600	750	950
0.7	112	140	180	224	—	4.5	425	530	670	850	1060
0.75	118	150	190	236	—	5	450	560	710	900	1120
0.80	125	160	200	250	315	5.5	475	600	750	950	1180
1	150	190	236	300	375	6	500	630	800	1000	1120

表 4-57 外螺纹公称直径公差 (Td) (μm)

螺距 P /mm	公差等级			螺距 P /mm	公差等级		
	4	6	8		4	6	8
0.2	36	56	—	1.25	132	212	335
0.25	42	67	—	1.5	150	236	375
0.3	48	75	—	1.75	170	265	425
0.35	53	85	—	2	180	280	450
0.4	60	95	—	2.5	212	335	530
0.45	63	100	—	3	236	375	600
0.5	67	106	—	3.5	265	425	670
0.6	80	125	—	4	300	475	750
0.7	90	140	—	4.5	315	500	800
0.75	90	140	—	5	335	530	850
0.8	95	150	236	5.5	355	560	900
1	112	180	280	6	375	600	950

第四章 钣金联接技术工艺

表 4-58

内螺纹中径公差 (TD_2)

(μm)

公称直径 D/mm		螺距 P / mm	公 差 等 级				
>	\leq		4	5	6	7	8
0.99	1.4	0.2	40	—	—	—	—
		0.25	45	56	—	—	—
		0.30	48	60	75	—	—
1.4	2.8	0.2	42	—	—	—	—
		0.25	48	60	—	—	—
		0.35	53	67	85	—	—
		0.4	56	71	90	—	—
		0.45	60	75	95	—	—
2.8	5.6	0.35	56	71	90	—	—
		0.5	63	80	100	125	—
		0.6	71	90	112	140	—
		0.7	75	95	118	150	—
		0.75	75	95	118	150	—
		0.8	80	100	125	160	200
5.6	11.2	0.5	71	90	112	140	—
		0.75	85	106	132	170	—
		1	95	118	150	190	236
		1.25	100	125	160	200	250
		1.5	112	140	180	224	280
11.2	22.4	0.5	75	95	118	150	—
		0.75	90	112	140	180	—
		1	100	125	160	200	250
		1.25	112	140	180	224	280
		1.5	118	150	190	236	300
		1.75	125	160	200	250	315
		2	132	170	212	265	335
		2.5	140	180	224	280	355
22.4	45	0.75	95	118	150	190	—
		1	106	132	170	212	—
		1.5	125	160	200	250	315
		2	140	180	224	280	355
		3	170	212	265	335	425
		3.5	180	224	280	355	450
		4	190	236	300	375	475
		4.5	200	250	315	400	500

第四篇 钣金冲压件的装配制作工艺及图集典范

公称直径 D/mm		螺距 P /mm	公差等级				
$>$	\leq		4	5	6	7	8
45	90	1	118	150	180	236	—
		1.5	132	170	212	265	335
		2	150	190	236	300	375
		3	180	224	280	355	450
		4	200	250	315	400	500
		5	212	265	335	425	530
		5.5	224	280	355	450	560
		6	236	300	375	475	600
90	180	1.5	140	180	224	280	355
		2	160	200	250	315	400
		3	190	236	300	375	475
		4	212	265	335	425	530
		6	250	315	400	500	630
180	335	2	180	224	280	355	450
		3	212	265	335	425	530
		4	236	300	375	475	600
		6	265	335	425	530	670

表 4-59

外螺纹中径公差(TD₂)

(μm)

公称直径 d/mm		螺距 P /mm	公差等级						
$>$	\leq		3	4	5	6	7	8	9
0.99	1.4	0.2	24	30	38	48	—	—	—
		0.25	26	34	42	53	—	—	—
		0.3	28	36	45	56	—	—	—
1.4	2.8	0.2	25	32	40	50	—	—	—
		0.25	28	36	45	56	—	—	—
		0.35	32	40	50	63	80	—	—
		0.4	34	42	53	67	85	—	—
		0.45	36	45	56	71	90	—	—
2.8	5.6	0.35	34	42	53	67	85	—	—
		0.5	38	48	60	75	95	—	—
		0.6	42	53	67	85	106	—	—
		0.7	45	56	71	90	112	—	—
		0.75	45	56	71	90	112	—	—
		0.8	48	60	75	95	118	150	190

第四章 钎金联接技术工艺

公称直径 d/mm		螺距 P /mm	公差等级						
>	≤		3	4	5	6	7	8	9
5.6	11.2	0.5	42	53	67	85	106	—	—
		0.75	50	63	80	100	125	—	—
		1	56	71	90	112	140	180	224
		1.25	60	75	95	118	150	190	236
		1.5	67	85	106	132	170	212	265
11.2	22.4	0.5	45	56	71	90	112	—	—
		0.75	53	67	85	106	132	—	—
		1	60	75	95	118	150	190	236
		1.25	67	85	106	132	170	212	265
		1.5	71	90	112	140	180	224	280
		1.75	75	95	118	150	190	236	300
		2	80	100	125	160	200	250	315
2.5	85	106	132	170	212	265	335		
22.4	45	0.75	56	71	90	112	140	—	—
		1	63	80	100	125	160	200	250
		1.5	75	95	118	150	190	236	300
		2	85	106	132	170	212	265	335
		3	100	125	160	200	250	315	400
		3.5	106	132	170	212	265	335	425
		4	112	140	180	224	280	355	450
4.5	118	150	190	236	300	375	475		
45	90	1	71	90	112	140	180	224	—
		1.5	80	100	125	160	200	250	315
		2	90	112	140	180	224	280	355
		3	106	132	170	212	265	335	425
		4	118	150	190	236	300	375	475
		5	125	160	200	250	315	400	500
		5.5	132	170	212	265	335	425	530
6	140	180	224	280	355	450	560		
90	180	1.5	85	106	132	170	212	265	335
		2	95	118	150	190	236	300	375
		3	112	140	180	224	280	355	450
		4	125	160	200	250	315	400	500
		6	150	190	236	300	375	475	600

公称直径 d/mm		螺距 P /mm	公差等级						
>	≤		3	4	5	6	7	8	9
180	355	2	106	132	170	212	265	335	425
		3	125	160	200	250	315	400	500
		4	140	180	224	280	355	450	560
		6	160	200	250	315	400	500	630

普通螺纹的旋合长度分为三组,分别称为短旋合长度、中等旋合长度和长旋合长度,相应的代号为 S 、 N 和 L ,其数值规定于表 4-60。

表 4-60 螺纹旋合长度 (mm)

公称直径 $D、d$		螺距 P	旋合长度				公称直径 $D、d$		螺距 P	旋合长度						
>	≤		S	N		L	>	≤		S	N		L			
			≤	>	≤	>				≤	>	≤	>			
0.99	1.4	0.2	0.5	0.5	1.4	1.4	22.4	45	0.75	3.1	3.1	9.4	9.4			
		0.25	0.6	0.6	1.7	1.7			1	4	4	12	12			
		0.3	0.7	0.7	2	2			1.5	3.6	6.3	19	19			
1.4	2.8	0.2	0.5	0.5	1.5	1.5			2	8.5	8.5	25	25			
		0.25	0.6	0.6	1.9	1.9			3	12	12	36	36			
		0.35	0.8	0.8	2.6	2.6			3.5	15	15	45	45			
		0.4	1	1	3	3			4	18	18	53	53			
		0.45	1.3	1.3	3.8	3.8			4.5	21	21	63	63			
2.8	5.6	0.35	1	1	3	3			45	90	1	4.8	4.8	14	14	
		0.5	1.5	1.5	4.5	4.5	1.5	7.5			7.5	22	22			
		0.6	1.7	1.7	5	5	2	9.5			9.5	28	28			
		0.7	2	2	6	6	3	15			15	45	45			
		0.75	2.2	2.2	6.7	6.7	4	19			19	56	56			
		0.8	2.5	2.5	7.5	7.5	5	24			24	71	71			
5.6	11.2	0.5	1.6	1.6	4.7	4.7	90	180			5.5	28	28	85	85	
		0.75	2.4	2.4	7.1	7.1					6	32	32	95	95	
		1	3	3	9	9					1.5	8.3	8.3	25	25	
		1.25	4	4	12	12					2	12	12	36	36	
		1.5	5	5	15	15					3	18	18	53	53	
11.2	22.4	0.5	1.8	1.8	5.4	5.4					180	355	3	18	18	53
		0.75	2.7	2.7	8.1	8.1	4	24	24	71			71			
		1	3.8	3.8	11	11	6	36	36	106			106			
		1.25	4.5	4.5	13	13	2	13	13	38	38					
		1.5	5.6	5.6	16	16						3	20	20	60	60
		1.75	6	6	18	18						4	26	26	80	80
		2	8	8	24	24						6	40	40	118	118
2.5	10	10	30	30												

(5) 螺纹的测量工具和方法 螺纹的测量方法主要分为综合测量和单项测量。

1) 综合测量 综合测量能在一次测量中同时测量螺纹的几个要素尺寸。成批生产中,通常使用定尺寸的成套螺纹极限量规进行检验。

检测外螺纹时用各种卡规,用光滑的卡规检验螺纹的极限外径,其型式与检验光滑圆柱体外径相同。用通端螺纹环规检验外螺纹作用中径,并同时检测其小径的最大极限尺寸,通端螺纹环规上有完整牙型,环规螺纹长度与被测螺纹旋合长度相当,因此合格的外螺纹产品都要被通端螺纹顺利的旋入。

检测内螺纹时用各种塞规,用光滑塞规检验内螺纹小径的极限尺寸,其型式与检验光滑圆柱孔内径相同。用通端螺纹塞规检验内螺纹作用中径,并同时控制内螺纹大径的最小极限尺寸,同样通端螺纹塞规也要有完整的牙型和一定旋合长度的螺纹。

2) 单项测量 单项测量是指每次测量只检测螺纹的某一要素。它主要用于检测螺纹刀具、螺纹量规以及高精度的螺纹工件,也用于分析螺纹加工工艺中的检测。单项测量时常用的仪器有螺纹百分尺、工具显微镜等。

螺纹百分尺用于测量外螺纹的实际中径。它的构造与普通百分尺相似,只是它的测量头部形状不同,可以根据被测工件螺距范围的不同进行选择、更换。由于测量头是根据牙型角和螺距大小的标准尺寸制造的,当被测工件的螺距和牙型半角存在误差时,测量头与被测工件不能很好吻合,此方法测量误差较大,只用于工序间检验或低精度螺纹产品的检验,而不能用于精密测量。

工具显微镜是检验螺纹量规和螺纹刀具的主要测量仪器,有大型、小型、万能型三种,它能检测轮廓复杂的样板和各种零件的长度、角度、半径等参数,是一种应用很广的精密光学仪器。测量螺纹时,是利用载有被测螺纹工作台的横向、纵向移动及转动,从而测出螺纹的尺寸和角度,具有较高的测量精度。

(6) 螺纹标记 螺纹的完整标记由螺纹代号、螺纹公差带代号和螺纹旋合长度代号所组成。

螺纹公差带代号包括中径公差带代号与顶径(指外螺纹大径和内螺纹小径)公差带代号。公差带代号是由表示其大小的公差等级数字和表示其位置的字母组成,例如:6H、6g等。螺纹公差带代号标注在螺纹代号之后,中间用“—”分开。如果螺纹的中径公差带与顶径公差带代号不同,则分别注出。前者表示中径公差带,后者表示顶径公差带。如果中径公差带与顶径公差带代号相同,则只标注一个代号。例如:M10—5g6g;M10×1—6H。内、外螺纹装配在一起,其公差带代号用斜线分开,左边表示内螺纹公差带代号,右边表示外螺纹公差带代号。例如:M20×2—6H/6g。

在一般情况下,不标注螺纹旋合长度,其螺纹公差带按中等旋合长度确定。必要时,在螺纹公差带代号之后加注旋合长度代号S或L,中间用“—”分开。例如:M10—5g6g—S或M10—7H—L。特殊需要时,可注明旋合长度的数值,中间用“—”分开。例如:M20×2—7g6g—40。

3. 螺纹联接形式

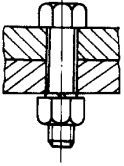
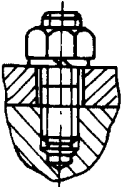
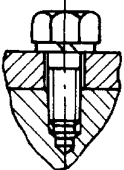
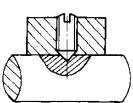
螺纹联接的基本形式有四种:双头螺柱联接、螺栓联接、螺钉联接和紧定螺钉联接。螺纹联接形式及特点见表4-61。

从螺纹联接形式可以看出,实现螺纹联接就必须采用螺纹紧固件,常用的螺纹紧固件有:双头螺柱、螺栓、螺钉(紧定螺钉)、螺母和垫圈。双头螺柱、螺栓、螺钉都是在圆柱上切削出螺纹,并在螺纹联接中承受载荷实现联接的。螺母需要与螺栓或双头螺柱配合使用

进行联接,螺母的型式很多,最常见的是各种六角螺母。垫圈通常放在螺母与零件之间,可以避免因拧紧螺母时损伤联接零件表面。

表 4-61

螺纹联接形式及特点

联接形式		简 图	特 点
螺栓联接	粗制螺栓联接		在一般情况下,螺栓的杆径比被联接件上通孔的孔径小 1~1.5mm,对通孔的加工精度要求不高,结构简单,拆装方便,使用时不受被联接件材料的限制,在一般钢结构中应用较广
	精制螺栓联接		因螺栓杆径略小于孔径,靠螺栓与孔的紧密配合来传递外力。能够精确固定被联接件的相对位置,并能承受横向载荷。但孔的精度要求较高
	高强度螺栓联接		应采用力学性能较好的材料加工螺栓。安装时,必须将螺母拧得很紧,使螺栓产生较大的预应力,靠被联接件之间的摩擦阻力来承受载荷
双头螺栓联接		指采用两端有螺纹的杆件联接件,用于不通孔,经常装拆、结构紧凑或工件较厚,不宜用单头螺栓的场合	
螺钉联接		把螺钉直接拧入被联接件的螺纹孔中,不用螺母,比双头螺栓联接简单,用于受力不大,又不需要经常拆装的场合	
紧定螺钉联接		是利用拧入零件螺纹孔中的螺纹末端顶住另一零件的表面或顶入相应的凹坑中,以固定两个零件的相对位置,并可传递不大的力或扭矩	

4. 螺纹联接的受力分析

在螺纹联接中最典型的联接形式是由螺栓与螺母构成的螺栓联接,两者有多圈螺纹旋合。当螺纹联接的主要作用是夹持紧固被联接件时,拧紧的螺栓主要承受轴向拉力,并通过多圈旋合螺纹传导到螺母上,使得螺母承受作用力,从而使被联接件间产生压紧力,其接合面紧密贴合。随着螺母旋紧角度的增加,螺栓上承受的拉力也呈线性增大。

当钣金件承受工作载荷时,施加在螺纹联接件的工作载荷通常包括有轴向载荷和横向载荷,而普通螺栓联接利用被联接件接合面上的静摩擦力平衡外加的横向载荷,螺栓并

不产生切应力。而螺栓承受的拉伸载荷使螺栓杆、螺纹部分和螺纹头部均受到拉力,但由于几何形状的改变,引发一些部位的应力集中,致使螺栓产生三个危险部位,其应力值大大超过平均值。螺栓上的三个危险部位分别是:螺栓头部与杆部的过渡圆角处、螺纹尾部;与螺母旋合的第一圈螺纹处。统计结果表明:螺栓在上述三个部位发生破坏的比例是15%、20%、65%。

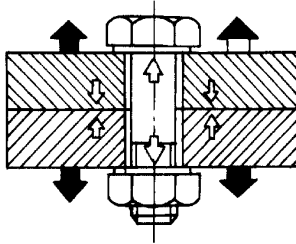


图 4-15 螺栓联接承受载荷示意图

普通螺栓的主要载荷是通过螺纹副作用其上的拉伸载荷,如图 4-15 所示。螺栓受载后,可能因杆部断裂,或者因旋合螺纹剪断,或者因头部剪断而失效。螺栓必须满足一定强度才能正常使用。可见,使螺栓杆的抗拉强度与螺纹抗剪强度相等是最佳的联接组合。

在静载荷作用下的螺纹联接,因螺纹剪断而失效,称为螺纹脱扣。随着螺纹直径与螺距比值增大,螺纹脱扣的危险性增大。在同样的公称直径下,细牙螺纹的螺纹直径与螺距比值大于粗牙螺纹,细牙螺纹的抗剪强度总是低于粗牙螺纹,同时螺栓和螺母的横向变形使细牙螺纹更容易脱扣。

在机器或构件上往往采用多个螺栓构成的螺栓组联接。为了操作方便、节约成本,在同一螺栓组联接中,无论螺栓承载是否相同,通常采用相同直径的螺纹紧固件。因此螺栓组联接的受力分析,仅在于确定所有螺栓中承受的最大载荷。按标准螺栓螺纹参数和规定材料加工的拉力试件,经拉伸试验,试件断裂前所能承受的最大拉力称为极限拉力。

5. 螺纹紧固件常用材料及力学性能

(1) 螺纹紧固件常用材料 由于螺纹紧固件是机械产品中应用广泛的标准件,生产工艺比较先进,因此螺纹紧固件制造成本中材料费用占有较大的比例,一般为 30%~80%。选择材料是螺纹紧固件生产和螺纹联接设计中重要环节。

1) 螺纹紧固件材料的要求 螺纹紧固件的材料选择一般应满足以下要求:

① 选用材料应满足使用要求,材料应具有必要的静载强度、疲劳强度、屈服强度、蠕变极限等能满足联接的性能要求。

② 选用材料应在螺纹紧固件加工过程中具有良好的工艺性,便于拉拔、切断、镦头、热处理、切削加工和装配等工序作业。

③ 选用材料应具有良好的经济性,有利于提高材料利用率,降低加工成本等。

④ 选用材料应注意螺栓、螺母的材料匹配(采用螺钉联接时,注意螺钉与被联接件的材料匹配)。避免螺旋副咬粘而影响装拆,经常装拆时应选用磨损率低的材料匹配。通常

螺栓、螺母不使用同一牌号材料,由于更换螺母比较方便,所以螺母材料的性能要略低于螺栓材料,两者的硬度相差约 20~30HBS。双头螺柱、螺钉、紧定螺钉的材料与螺栓基本相同。普通垫圈材料多采用 Q235 钢、15 钢、35 钢等钢材,弹簧垫圈用 65Mn 钢制造,并经热处理后使用。

2) 螺纹紧固件常用材料 目前螺纹紧固件使用的材料主要有:钢铁、有色金属和非金属材料等三大类。钢铁类中主要有:碳素结构钢、合金结构钢、耐热钢、不锈钢等。有色金属类中主要有:铝合金、铜合金、钛合金、镍合金等。非金属材料类主要是塑料。各种螺纹紧固件常用材料使用情况如下:

① 碳素结构钢与合金结构钢 碳素结构钢与合金结构钢是制造螺纹紧固件的主要材料,使用最普遍。

各种尺寸的螺纹紧固件都可以采用低碳钢制造,常用材料有:Q215—A、Q235—A、10 钢、15 钢、25 钢等。主要用于静载荷下的轻型结构件的联接,其抗拉强度较低,约为 400MPa 左右,具有良好的加工性能。

要求强度较高或承受冲击、振动及变载荷的螺纹紧固件多采用中碳钢和合金结构钢,常用材料为 35 钢、45 钢、15Cr、40Cr、15MnVB、30CrMnSi、40CrNi 等。中碳钢经过淬火、回火热处理,可以得到较好的力学性能,小尺寸的螺纹紧固件强度可达到 800MPa,大尺寸的螺纹紧固件强度可达到 700MPa。采用合金结构钢热处理后强度可达 1000MPa,通常用于制造 M12~M39mm 的螺栓、螺母。标准航空用螺栓要求抗拉强度和抗剪强度分别达到 1100MPa 和 655MPa,高强度航空用螺栓要求分别达到 1600MPa 和 900MPa。

② 耐热钢 大部分螺纹紧固件用于常温状态,因此对常温力学性能有严格要求。而有些螺纹紧固件使用在较高的工作温度下,则要求其具有一定的高温力学性能。

一般的低碳钢、中碳钢螺纹紧固件最高工作温度不超过 230℃。当螺纹紧固件工作温度在 230~450℃ 之间时,可以采用 37SiMn2MoV、40Cr 等合金钢,或使用耐热钢。

耐热钢具有较高的热强性、抗蠕变能力和抗氧化性,在高温环境工作时,具有较高的高温强度。制造螺纹紧固件的耐热钢有奥氏体钢和马氏体钢。奥氏体耐热钢的最高工作温度为 650~700℃,马氏体耐热钢的最高工作温度为 500~600℃。常用的耐热钢有:2Cr13、1Cr12WMoV、1Cr5Mo 等。

③ 不锈钢 不锈钢具有良好的耐腐蚀性和力学性能。有些不锈钢高温性能很好,可以用于高温环境。有些不锈钢低温韧性良好,可以用于低温环境。所以不锈钢应用面较大,但制造成本较高,主要用于有特殊要求的螺纹联接。

不锈钢螺栓、螺母等螺纹紧固件常用材料有:0Cr18Ni9、1Cr18Ni9、1Cr18Ni11Nb、00Cr17Ni14Mo3 等不锈钢,属于奥氏体不锈钢。这类不锈钢具有较好的耐腐蚀性和高温力学性能,并且呈现无磁性,使用最多。

3) 螺纹的涂层 为了改善螺纹联接的旋合性,避免螺旋副咬粘,防止腐蚀,一般需要在螺纹紧固件表面涂镀金属涂层。涂层材料应比螺纹紧固件所用材料软,而且受力变形后涂层不会损坏。螺纹紧固件涂层厚度见表 7-62。由于螺纹紧固件涂层熔点较低,因此需要控制最高工作温度。螺纹紧固件常用涂层材料见表 4-63。

第四章 钎金联接技术工艺

表 4-62

螺纹紧固件涂层厚度

螺 距/mm	< 0.4	$0.4 \sim 0.8$	> 0.8
涂层厚度个 m	$3 \sim 6$	$6 \sim 9$	$9 \sim 12$

表 4-63

螺纹紧固件常用涂层材料

涂 层	最高工作温度/°C	涂 层	最高工作温度/°C
钝化处理后的镀锌层	300	镀银层	720
钝化处理后的镀锡层	200	镀铋层	160
镀铜、镀镍后的镀铬层	600	镀铅层	200
镀铜层	700		

(2) 螺栓、螺钉和螺柱的力学性能 螺栓、螺钉和螺柱的力学性能主要包括拉伸性能、硬度、冲击吸收功等。拉伸试验是根据试验机的型号规格,将紧固件切削力工制成要求的拉伸试棒,经试验测得紧固件的抗拉强度和屈服强度,并依据试验结果将紧固件分为不同的性能等级。也可以采用螺栓、螺钉和螺柱与螺母旋合,进行拉伸试验,测出其长度方向塑性变形量不超过 $12.5\mu\text{m}$ 的最大拉力,并与螺纹应力面积的比值,称为保证应力(S_p)。

根据螺栓、螺钉和螺柱的力学性能,将其分为不同性能等级。性能等级的标记代号由两组数字和“.”表示。第一部分数字(“.”前)表示公称抗拉强度(σ_b)的 $1/100$;第二部分数字(“.”后)表示屈服值(σ_s)与公称抗拉强度(σ_b)比值(亦称屈强比)的 10 倍。这两部分数字的乘积为屈服值(公称屈服点或公称屈服强度)的 $1/10$ 。螺栓、螺钉和螺柱的力学性能见表 4-64。表 4-65 规定了各性能等级适用的钢材。粗牙螺纹的保证载荷见表 4-66。细牙螺纹的保证载荷见表 4-67。

表 4-64

螺栓、螺钉和螺柱的力学性能

力学性能		性 能 等 级											
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9	
								$\leq M16$	$> M16$				
抗拉强度 σ_b /MPa	公称	300	400		500		600	800	800	900	1000	1200	
	min	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220	
屈服点 σ_s /MPa	公称	180	240	320	360	400	480	—					
	min	190	240	340	360	420	480	—					
屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	公称	—						640	640	720	900	1080	
	min	—						640	660	720	940	1100	
洛氏 硬度 HR	min	HRB	52	67	70	80	83	89	—				
		HRC	—						22	23	28	32	39
	max	HRB	100						—				
		HRC	—						32	34	37	39	44
保证应力 S_p /MPa		180	230	310	280	380	440	580	600	660	830	970	
伸长率 $\delta_5/\%$		25	22	14	20	10	8	12	12	10	9	8	

第四篇 钣金冲压件的装配制作工艺及图集典范

表 4-65

材 料

性能等级	材料和热处理	化学成分(质量分数,%)				最低回火温度 /℃
		C		P	S	
		min	max	max	max	
3.6	低碳钢	—	0.20	0.05	0.06	—
4.6	低碳钢或中碳钢	—	0.55	0.05	0.06	—
4.8						
5.6	低碳钢或中碳钢	0.15	0.55	0.05	0.06	—
5.8						
6.8						
8.8	低碳合金钢, 淬火并回火	0.15	0.35	0.04	0.05	340
	中碳钢, 淬火并回火	0.25	0.55	0.04	0.05	450
9.8	低碳合金钢, 淬火并回火	0.15	0.35	0.04	0.05	340
	中碳钢, 淬火并回火	0.25	0.55	0.04	0.05	410
10.9	或 中碳钢, 淬火并回火	0.25	0.55	0.04	0.05	425
	低、中碳合金钢, 淬火并回火	0.20	0.55	0.04	0.05	
	或 合金钢, 淬火并回火	0.20	0.55	0.035	0.035	
12.9	合金钢, 淬火并回火	0.20	0.50	0.035	0.035	380

表 4-66

粗牙螺纹的保证载荷

螺纹直径 <i>d</i> /mm	螺距 <i>P</i> /mm	公称应力 截面积 <i>A_s</i> /mm ²	性 能 等 级									
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
			保 证 载 荷 /N									
3	0.5	5.03	905	1160	1560	1410	1910	2210	2920	3320	4170	4880
3.5	0.6	6.78	1220	1560	2100	1900	2580	2980	3930	4470	5630	6580
4	0.7	8.78	1580	2020	2720	2460	3340	3860	5090	5790	7290	8520
5	0.8	14.2	2560	3270	4400	3980	5400	6250	8240	9370	11800	3800
6	1	20.1	3620	4620	6230	5630	7640	8840	11700	13300	16700	19500
7	1	28.9	5200	6650	8960	8090	11000	12700	16800	19100	24000	28000
8	1.25	36.6	6590	8420	11300	10200	13900	16100	21200	24200	30400	35500
10	1.5	58.0	10400	13300	18000	16200	22000	25500	33600	38300	48100	56300
12	1.75	84.3	15200	19400	26100	23600	32000	37100	48900	55600	70000	81800
14	2	115	20700	26400	35600	32200	43700	50600	66700	75900	95400	112000

第四章 钣金联接技术工艺

螺纹直径 d/mm	螺距 P/mm	公称应力 截面积 A_s/mm^2	性能等级									
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
			保证载荷 /N									
16	2	157	28300	36100	48700	44000	59700	69000	91100	104000	130000	152000
18	2.5	192	34600	44200	59500	53800	73000	84500	115000	—	159000	186000
20	2.5	245	44100	56400	76000	68600	93100	108000	147000	—	203000	238000
22	2.5	303	54500	69700	93900	84800	115000	133000	182000	—	251000	294000
24	3	353	63500	81200	109000	98800	134000	155000	212000	—	293000	342000
27	3	459	82600	106000	142000	129000	174000	202000	275000	—	381000	445000
30	3.5	561	101000	129000	174000	157000	213000	247000	337000	—	466000	544000
33	3.5	694	125000	160000	215000	194000	264000	305000	416000	—	576000	673000
36	4	817	147000	188000	253000	229000	310000	359000	490000	—	678000	792000
39	4	976	176000	224000	303000	273000	371000	429000	586000	—	810000	947000

(3) 螺母的力学性能 螺母也分为不同的性能等级,按照不同的公称高度分为两类。

当公称高度大于或等于 $0.8D$ 时,螺母的标记采用螺柱性能等级标记的第一部分数字标记。该螺栓应为可与该螺母相配合螺栓中最高性能等级的螺栓,见表 4-68。符合表 4-68 规定的螺纹组合件,当拧紧到螺栓保证载荷时,不会发生螺纹脱扣。

表 4-67

细牙螺纹的保证载荷

螺纹直径 d/mm	螺距 P/mm	公称应力 截面积 A_s/mm^2	性能等级									
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
			保证载荷 /N									
8	1	39.2	7060	9020	12200	11000	14900	17200	22700	25900	32500	38000
10	1	64.5	11600	14800	20000	18100	24500	28400	37400	42600	53500	62600
10	1.25	61.2	11000	14100	19000	17100	23300	26900	35500	40400	50800	59400
12	1.25	92.1	16600	21200	28600	25800	35000	40500	53400	60800	76400	89300
12	1.5	88.1	15900	20300	27300	24700	33500	38800	51100	58100	73100	85500
14	1.5	125	22500	28800	38800	35000	47500	55000	72500	82500	104000	121000
16	1.5	167	30100	38400	51800	46800	63500	73500	96900	110000	139000	162000
18	1.5	216	38900	49700	67000	60500	82100	95000	130000	—	179000	210000
20	1.5	272	49000	62600	84300	76200	103000	120000	163000	—	226000	264000
22	1.5	333	59900	76700	103000	93200	127000	147000	200000	—	276000	323000
24	2	384	69100	88300	119000	108000	146000	169000	230000	—	319000	37200
27	2	496	89300	114000	154000	139000	188000	218000	298000	—	412000	481000

螺纹直径 <i>d</i> /mm	螺距 <i>P</i> /mm	公称应力 截面积 <i>A_s</i> /mm ²	性能等级									
			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
			保证载荷 /N									
30	2	621	112000	143000	193000	174000	236000	273000	373000	—	515000	602000
33	2	761	137000	175000	236000	213000	289000	335000	457000	—	632000	738000
36	3	865	156000	199000	268000	242000	329000	381000	519000	—	718000	839000
39	3	1030	185000	237000	319000	288000	391000	453000	618000	—	855000	999000

表 4-68 公称高度 $\geq 0.8D$ 螺母的标记制度

螺母性能等级	相配的螺栓、螺钉和螺柱		螺母性能等级	相配的螺栓、螺钉和螺柱	
	性能等级	直径范围/mm		性能等级	直径范围/mm
4	3.6、4.6、4.8	> 16	9	8.8	> 16 ~ ≤ 39
5	3.6、4.6、4.8	≤ 16		9.8	≤ 16
	5.6、5.8	所有的直径	10	10.9	所有的直径
6	6.8	所有的直径	12	12.9	≤ 39
8	8.8	所有的直径			

当公称高度大于或等于 $0.5D$ 且小于 $0.8D$ 时,螺母用“0”及一个数字标记,其中数字表示螺母保证应力的 $1/100$,单位为 MPa,而“0”表示这种螺母组合件的实际承载能力比数字表示的承载能力低,见表 4-69。

表 4-69 公称高度 $\geq 0.5D$ 、 $< 0.8D$ 螺母的标记制度

螺母性能等级	公称保证应力/MPa	实际保证应力/MPa
04	400	380
05	500	500

螺母各性能等级适用的钢材见表 4-70,性能等级为 05、8、10 和 12 级的螺母应淬火并回火处理。

各种粗牙螺纹螺母的保证应力见表 4-71,通常螺母的硬度应达到 $28 \sim 38\text{HRC}$,维氏硬度随螺母性能等级变化有不同范围的要求。

表 4-70 材 料

性能等级		化学成分(质量分数,%)			
		C max	Mn min	P max	S max
4、5、6	—	0.50	—	0.110	0.150
8、9	04	0.58	0.25	0.060	0.150
10	05	0.58	0.30	0.048	0.058
12	—	0.58	0.45	0.048	0.058

第四章 钣金联接技术工艺

表 4-71

粗牙螺纹螺母的保证应力(MPa)

螺纹直径 mm	性能等级								
	04	05	4	5	6	8	9	10	12
≥3~4	380	500	—	520	600	800	900	1040	1150
>4~7				580	670	810	915	1040	1150
>7~10				590	680	830	940	1040	1160
>10~16				610	700	840	950	1050	1190
>16~39			510	630	720	920	920	1060	1200
>39~100	—	—	—	—	—	—	—	—	—

6. 常用螺纹紧固件

(1) 常用螺纹紧固件的类型

1) 常用螺栓见表 4-72。

表 4-72

常用螺栓

(mm)

名 称	标 准	规 格($d \times l$)
方头螺栓	GB/T8—1988	(M10 ~ M48) × (20 ~ 30)
沉头带榫螺栓	GB/T11—1988	(M6 ~ M24) × (25 ~ 200)
六角头铰制孔用螺栓 A 和 B 级	GB/T27—1988	(M6 ~ M48) × (25 ~ 300)
六角头头部带孔螺栓 A 和 B 级	GB/T32.1—1988	(M6 ~ M48)
小方头螺栓	GB/T35—1988	(M5 ~ M48) × (20 ~ 300)
T 形槽用螺栓	GB/T37—1988	(M5 ~ M48) × (25 ~ 300)
活节螺栓	GB/T798—1988	(M4 ~ M36) × (20 ~ 300)
钢结构用高强度大六角螺栓	GB/T1228—1991	(M12 ~ M30) × (35 ~ 260)
钢结构用扭剪型高强度螺栓	GB/T3632—1995	(M16 ~ M24) × (40 ~ 180)
六角头螺栓 C 级	GB/T5780—1986	(M5 ~ M36) × (25 ~ 300)
六角头螺栓—全螺纹—C 级	GB/T5781—1986	(M5 ~ M64) × (10 ~ 500)
六角头螺栓—A 和 B 级	GB/T5782—1986	(M3 ~ M64) × (20 ~ 400)
六角头螺栓—全螺纹—A 和 B 级	GB/T5783—1986	(M3 ~ M64) × (6 ~ 500)
六角头螺栓—细牙—A 和 B 级	GB/T5785—1986	(M8 × 1 ~ M64 × 4) × (35 ~ 400)
六角头螺栓—细牙—全螺纹—A 和 B 级	GB/T5786—1986	(M8 × 1 ~ M64 × 4) × (16 ~ 400)

2) 常用螺柱见表 4-73。

表 4-73

常用螺柱

(mm)

名 称	标 准	规 格($d \times l$)
双头螺柱 $b_m = 1d$	GB/T897—1988	(M5 ~ M48) × (16 ~ 300)
双头螺柱 $b_m = 1.25d$	GB/T898—1988	(M5 ~ M48) × (16 ~ 300)
双头螺柱 $b_m = 1.5d$	GB/T899—1988	(M3 ~ M48) × (16 ~ 300)
双头螺柱 $b_m = 2.0d$	GB/T900—1988	(M3 ~ M48) × (16 ~ 300)
等长双头螺柱 B 级	GB/T901—1988	(M3 ~ M56) × (12 ~ 500)

3)常用螺母见表 4-74。

表 4-74 常用螺母 (mm)

名称	标准	规格 (D×P)
方螺母 C 级	GB/T39—1988	M3 ~ M24
蝶形螺母	GB/T62—1988	M3×0.5 ~ M16×1.5
小圆螺母	GB/T810—1988	M10×1 ~ M200×3
圆螺母	GB/T812—1988	M10×1 ~ M200×3
盖形螺母	GB/T923—1988	M3 ~ M24
钢结构用高强度大六角螺母	GB/T1229—1991	M12 ~ M30
1 型六角螺母 C 级	GB/T41—1986	M5 ~ M64
1 型六角螺母—A 和 B 级	GB/T6170—1986	M3 ~ M64
1 型六角螺母—细牙—A 和 B 级	GB/T6171—1986	M8×1 ~ M64×4
六角薄螺母—A 和 B 级—倒角	GB/T6172—1986	M3 ~ M64
六角薄螺母—细牙—A 和 B 级	GB/T6173—1986	M8×1 ~ M64×4
2 型六角螺母—A 和 B 级	GB/T6175—1986	M5 ~ M36
2 型六角螺母—细牙—A 和 B 级	GB/T6176—1986	M8×1 ~ M36×3
1 型六角开槽螺母—A 和 B 级	GB/T6178—1986	M4 ~ M36
1 型六角开槽螺母—C 级	GB/T6179—1986	M5 ~ M36
2 型六角开槽螺母—A 和 B 级	GB/T6180—1986	M5 ~ M36

4)常用垫圈见表 4-75。

表 4-75 常用垫圈 (mm)

名称	标准	规格 d	名称	标准	规格 d
小垫圈—A 级	GB/T848—1985	3 ~ 36	工字钢用方斜垫圈	GB/T852—1988	6 ~ 36
平垫圈—A 级	GB/T97.1—1985	3 ~ 36	槽钢用方斜垫圈	GB/T853—1988	6 ~ 36
平垫圈 倒角型—A 级	GB/T/97.2—1985	5 ~ 36	标准型弹簧垫圈	GB/T93—1987	3 ~ 48
平垫圈—C 级	GB/T95—1985	5 ~ 36	单耳止动垫圈	GB/T854—1988	3 ~ 48
大垫圈—A 和 C 级	GB/T96—1985	3 ~ 36	双耳止动垫圈	GB/T855—1988	3 ~ 48
特大垫圈 C 级	GB/T5287—1985	5 ~ 36	外舌止动垫圈	GB/T856—1988	3 ~ 48
球面垫圈	GB/T849—1988	6 ~ 70	圆螺母用止动垫圈	GB/T858—1988	10 ~ 200
锥面垫圈	GB/T850—1988	6 ~ 48	钢结构用高强度垫圈	GB/T1230—1991	12 ~ 30

5)常用螺钉见表 4-76。

表 4-76 常用螺钉 (mm)

名称	标准	规格 d
内六角圆柱头螺钉	GB/T70—1985	M3 ~ M36
吊环螺钉	GB/T825—1988	M8 ~ M100
开槽圆柱头螺钉	GB/T65—1985	M5 ~ M10
开槽沉头螺钉	GB/T68—1985	M3 ~ M10
十字槽圆柱头螺钉	GB/T822—1988	M3 ~ M10
开槽锥端紧定螺钉	GB/T71—1985	(M3 ~ M12)×(4 ~ 60)
开槽长圆柱端紧定螺钉	GB/T75—1985	(M3 ~ M12)×(5 ~ 60)
内六角平端紧定螺钉	GB/T77—1985	(M3 ~ M24)×(4 ~ 60)
开槽圆柱端定位螺钉	GB/T829—1988	M3 ~ M10
内六角锥端紧定螺钉	GB/T78—1985	(M3 ~ M24)×(4 ~ 60)

第四章 钣金联接技术工艺

名 称	标 准	规 格 d
开槽锥端定位螺钉	GB/T72—1988	(M3 ~ M12) × (4 ~ 50)
方头长圆柱端紧定螺钉	GB/T85—1988	M5 ~ M20
开槽圆柱头轴位螺钉	GB/T830—1988	M3 ~ M10
方头短圆柱锥端紧定螺钉	GB/T86—1988	M5 ~ M20
滚花高头螺钉	GB/T824—1988	M3 ~ M10

(2) 典型螺纹紧固件的规格

1) 六角头铰制孔用螺栓 A 和 B 级 六角头铰制孔用螺栓 A 和 B 级的示意图如图 4-16。其尺寸见表 4-77。

2) 1 型六角螺母 A 和 B 级的示意图如图 4-17 所示,其尺寸及质量见表 4-78,其中 A 级用于 $D \leq 16$ 的螺母; B 级用于 $D > 16$ 的螺母。

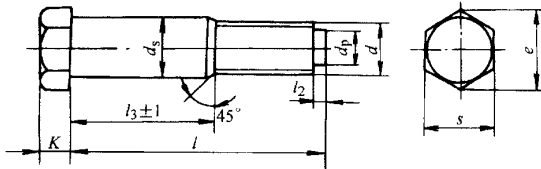


图 4-16 六角头铰制孔用螺栓

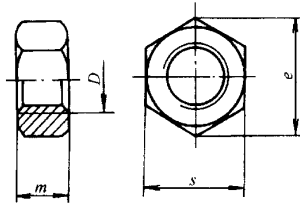


图 4-17 1 型六角螺母 A 和 B 级

表 4-77

六角头铰制孔用螺栓 A 和 B 级 (mm)

螺纹规格 d	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16	(M18)	M20	(M22)	M24	M30	M36	M42	M48	
螺 杆 直 径 d_s ($ch9$)	max	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	32	38	44	50
	min	6.964	8.964	10.957	12.957	14.957	16.957	18.948	20.948	22.948	24.948	31.938	37.938	43.938	49.938
螺栓头边距 S max	10	13	16	18	21	24	27	30	34	36	46	55	65	75	
螺柱头高度 K	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	17	20	23	26	
螺柱尖端直径 d_p	4	5.5	7	8.5	10	12	13	15	17	18	23	28	33	38	
螺柱尖端长度 l_2	1.5		2		3			4			5	6	7	8	
螺柱头 点距 e_{min}	A	11.05	14.38	17.77	20.03	23.35	26.75	30.14	33.53	37.72	39.98	—	—	—	—
	B	10.89	14.20	17.59	19.85	22.78	26.17	29.56	32.95	37.29	39.55	50.85	60.79	72.02	82.60
螺柱长度 l	min	25	25	30	35	40	45	50	55	60	65	80	90	110	120
	max	65	80	120	180	180	200	200	200	200	200	230	300	300	300
螺 杆 长 度 l_3	min	13	10	12	13	15	17	20	23	25	27	30	35	45	50
	max	53	65	102	158	155	172	170	168	165	162	180	245	235	230

注:尽可能不用括号内的规格。

表 4-78 1 型六角螺母 A 和 B 级的尺寸及质量 (mm)

螺纹规格 <i>D</i>	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
<i>e</i> min	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	72.02	82.6	93.56	104.86
<i>m</i> max	2.4	3.2	4.7	5.2	6.8	8.4	10.8	14.8	18	21.5	25.6	31	34	38	45	51
<i>s</i> max	5.5	7	8	10	13	16	18	24	30	36	46	55	65	75	85	95
每 1000 件 钢制品的 质量/kg	0.27	0.58	1.05	1.95	4.22	7.94	11.93	29	51.55	88.8	184.4	317	502.9	774.4	1091	1503

7. 螺纹加工技术及质量要求

(1) 螺纹加工方法 螺纹的加工方法很多,可以手工加工,也可以在车床、钻床、螺纹铣床、螺纹磨床等机床上用各种不同的刀具进行加工。选择螺纹加工方法,应着重考虑工件的形状、螺纹截面几何尺寸、加工精度、紧固件材料及热处理状态、生产规模等因素。

一般采用螺纹车床、螺纹磨床和研磨螺纹等方法可加工出高精度的螺纹,用铣床可以加工中等精度的螺纹,用普通的丝锥、板牙可获得一般精度的螺纹。各种螺纹加工方法的加工精度见表 4-79。

表 4-79 各种螺纹加工方法的加工精度

加工方法		精 度	加工方法	精 度
车刀车螺纹	内螺纹	4H~7H	手工丝锥	4H
	外螺纹	4H~6H	机用丝锥	4H~5H
梳形车刀车螺纹		4H~6H	圆板牙	6h
螺纹铣刀		4h~6g	砂轮磨削	4h 或 4H

攻丝和套扣是常见的手工加工螺纹的方法。攻丝是用丝锥加工内螺纹的操作,一般需要先进行钻孔或铰孔等准备。套扣是用板牙在圆柱体上加工外螺纹的操作,一般要先进行粗车、精车等加工。

(2) 攻丝

1) 攻丝的基本工具主要有丝锥、铰杆等。

① 丝锥是专门用于攻丝的工具,用工具钢制成,由切削部分、导向部分和柄部组成的。切削部分和导向部分有数道纵槽或螺旋槽,并形成切削刃。切削刃是切削螺纹的主要部分,其作用是切除孔内螺纹牙间的金属,切削部分有一定斜度,前角为 5°~10°,后角为 6°~8°。导向部分的作用是修光螺纹,并引导丝锥进入正确方向,保证切削的连续进行,其切削刃前角等于零。丝锥柄部呈圆柱形,末端的方体用以安装铰杆。

手工丝锥一般由两个丝锥配合使用,当丝锥螺距大于 2.5mm 时,常由三个丝锥配合使用,同一套丝锥分为头锥、二锥和三锥,它们的外径和切削部分斜角均不相同,一般头锥为 4°,约有 6 个不完整的牙齿;二锥为 10°,约有 3~4 个不完整的牙齿;三锥为 20°,约有两个完整的牙齿,丝锥上采用不完整的牙齿和斜角,是为了便于起削和有效地切削、切断铁屑,有利排屑,保证切削过程的顺利进行。

② 铰杆是利用一付钳牙的方孔夹持丝锥柄部的方体,利用较长的固定手柄或活动手

柄,产生较大的力矩,带动丝锥旋转切削螺纹,达到省力、高效的效果,提高手工攻丝的质量。

2)攻丝的技术要领如下:

①攻丝前要先钻预备孔,钻头的直径可根据螺纹的外径和螺距,按照下列经验公式计算:

韧性材料(钢、铜等) $D = d - t$

脆性材料(铸铁) $D = d - 1.1t$

式中 D ——预备孔用钻头直径(mm);

d ——螺纹外径(mm);

t ——螺纹螺距(mm)。

在不通孔中攻丝时,因为丝锥不能加工到孔底,所以要求孔的加工深度应大于所需螺纹长度,孔的深度应按照下式计算:

孔的深度 = 要求的螺纹长度 + $0.7d$

②首先将头锥对准插入孔内,使丝锥与工件表面保持垂直,握住铰杆并适度轻压同时进行顺时针旋转,当头锥的切削部分切入工件1~2圈后,再用目测或角尺校正方向,然后平稳转动铰杆,进行攻丝。为了避免切屑过长损坏丝锥,通常每转一圈要反向转动四分之一圈,使切屑断开,以便排出。

③头攻完成后,再用二锥进行攻丝。用手把二锥旋入已头攻过的螺孔,再装上铰杆攻丝。对较硬的材料攻丝时,要交替使用头锥、二锥(三锥),不断深入完成,防止丝锥折断。

④攻丝过程中应根据材料种类加入适量的润滑油。润滑油的种类取决于工件所用材料,如:普通碳素钢用机械油、乳化油,铸铁用煤油。

(3)套扣

1)套扣的基本工具主要有板牙、板牙架等。

①板牙是专门用于套扣的工具,用工具钢制成。最常见的是圆形板牙,分为固定式和可调节式两种。

固定式板牙由切削部分和校准部分组成。切削部分是板牙螺纹两端的锥形部分,其锥角一般为 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。切削部分的前角为 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$,后角为 $7^{\circ} \sim 9^{\circ}$ 。螺纹的中间部分为校准部分,它的前角要小些,后角为零。

可调节式板牙的螺纹孔大小可微量调节,它的内孔至外圆开了一条槽,调整槽缝边的二个螺钉,可以使槽缝胀开或缩小,从而调节螺纹直径的大小。

②板牙架是用来安装板牙,并带动板牙旋转进行套扣的工具,安装板牙部分的内部形状,应根据板牙外部形状而确定,板牙放入后用螺钉固定。

2)套扣的技术要领如下:

①套扣前应检查圆杆直径。圆杆直径太大,板牙难以套入,圆杆直径太小,套出的螺纹牙型不完整。圆杆直径一般应比螺纹外径小 $0.1 \sim 0.25\text{mm}$,也可用以下经验公式计算:

圆杆直径 = 螺纹外径 - $(0.13 \sim 0.2) \cdot$ 螺距

②套扣前应将板牙牢固安装在合适的板牙架上。圆杆的端部应该有倒角,在套扣时保持板牙端面垂直于圆杆中心线,两手稍加压力并沿顺时针方向旋转板牙架,套入几扣

后,就不需要再施加压力,而只要转动板牙架,即可继续套扣。每转 1~2 圈后应反转四分之一圈,以利于断屑。

③在套扣时要不断加入润滑油(与攻丝相同)。铜合金在套扣时,一般不用冷却润滑液。

(4)螺纹紧固件的质量要求 要保证螺纹紧固件的正常使用,就必须使螺纹紧固件具有良好的尺寸公差和力学性能,同时应具有良好的加工质量,特别应加强螺纹紧固件表面质量检查和控制。

1)螺栓、螺钉和螺柱的表面质量要求 对于螺纹公称直径为 5~64mm、产品等级为 A 和 B 级、性能等级等于或小于 10.9 级的螺栓、螺钉和螺柱等螺纹紧固件的表面质量情况见表 4-80。

表 4-80

螺栓、螺钉和螺柱的表面质量情况

缺陷名称		产生原因
裂缝	淬火裂缝	指在热处理过程中,由于过高的热应力和应变都可能产生淬火裂缝
	锻造裂缝	指在切料或锻造过程中,由于工艺不当或原材料固有的缺陷而产生
	锻造爆裂	指在锻造过程中可能产生锻造爆裂
	剪切爆裂	指在锻造过程中可能产生剪切爆裂
凹痕		凹痕是指由切屑或剪切毛刺或原材料的锈层造成的痕迹或压印
原材料的裂纹或条痕		通常是由于制造紧固件的原材料中固有的缺陷而造成的
皱纹		指在墩锻的一次冲击过程中,由于材料的位移而产生皱纹
切痕		切痕是指由于工具在螺栓或螺钉表面上的运动而产生的
损伤		指由于紧固件在制造和运输过程中受外界的影响而产生的,如凹陷、擦伤、缺口和整槽

①裂缝是指一种清晰地沿金属晶粒边界或横穿晶粒的断裂,并可能含有其它元素的夹杂物。裂缝通常是锻造或其它成形工序或热处理的过程中,由于金属受到过高的应力而造成的。当工件被再次加热时,通常由于氧化皮的剥落而使裂缝变色。

淬火裂缝通常是不规则相交、无规律方向的呈现在紧固件表面,在螺纹紧固件上不允许存在任何深度、任何长度或任何部位的淬火裂缝。

锻造裂缝多位于螺栓和螺钉的头部顶面,锻造裂缝的允许存在的长度应不大于 D ; 允许存在的深度或宽度应不大于 $0.04D$ (D 指螺纹大径)。

锻造爆裂多发生在六角头的对边平面或对角上,或在法兰面或圆头的圆周上,或在凹穴的隆起部分上出现。

剪切爆裂多发生在圆头或法兰面的圆周上出现,通常与产品轴心线约成 45° ,也可能产生在六角头的对边平面上。

②凹痕是呈现在螺栓和螺钉表面上的浅坑或凹陷。凹痕的深度应不大于 $0.02D$ (最大值 0.25mm)。凹痕的面积应保持支承面上凹痕面积之和,不应超过支承面总面积的 10%。

③原材料的裂纹或条痕是沿螺纹、光杆或头部纵向延伸的一条细直线或光滑曲线。

裂纹或条痕的深度应不大于 $0.03D$ 。

④皱纹是在锻造过程中,呈现在紧固件表面的金属折叠。位于或低于支承面的内拐角上不允许有皱纹,在外拐角上的皱纹则允许存在。

⑤切痕是纵向或圆角方向的浅沟槽。在光杆、圆角或支承面上由于加工产生的切痕有一定的要求。

⑥损伤是指紧固件任何表面上的刻痕,通常没有准确的几何形状、位置或方向,也无法鉴别外部影响的原因。损伤不能削弱紧固件的功能或使用性。

2)螺母的质量要求 对于螺纹公称直径为 $5 \sim 39\text{mm}$ 、产品等级为 A 和 B 级、性能等级等于或小于 10 级、以及 04 和 05 级的螺母,出现的表面缺陷有裂缝(淬火裂缝、锻造裂缝、锁紧部分裂缝和垫圈座裂缝)、锻造爆裂和剪切爆裂、原材料的裂纹或条痕、凹痕、皱纹、切痕、损伤等类别。常用的验收检查方法包括非破坏性检查、破坏性检查。非破坏性检查是指目测或者其它非破坏性的方法检查如用磁力技术或涡流电流进行检查。螺母的性能检查主要包括锥形保证载荷试验和扩孔试验。

8. 螺纹联接工艺及其相关问题

(1)常用的紧固件组合 螺纹联接的外观形式包括凸头型和沉头型,紧固件包括螺栓(钉)、螺母和垫片、开口销等。凸头型联接件的螺栓头凸出工件的表面,根据使用要求,其头部形状有六角、双六角、圆柱、半圆和扁圆头等类型;沉头型联接件的头部以锥体形式沉入工件内,并与工件表面齐平,根据结构受力情况,其头部锥度一般有 90° 、 100° 沉头两种。与螺栓相配合的螺母、垫圈可根据不同的要求进行选择。

(2)螺纹紧固件的装配

1)装配前的检查

①按图样明细表核对螺栓、螺母、垫圈等紧固件牌号、规格和标记是否相符,并检查外观标记和外观质量,不应有损伤、锈蚀等缺陷。

②如果图样有防腐或密封要求时,应先将螺柱涂好油膏或密封剂,再放入孔内。

③螺纹孔要符合图样和有关技术标准要求,并且应没有损伤、锈蚀和毛刺等。

④螺母安装前,应先在螺纹部分光整 $1 \sim 3$ 次,自锁螺母仅光整到自锁部分前面。

2)螺纹紧固件的装配及注意事项

①螺纹配合应做到用手能自由旋入,过紧会咬坏螺纹。过松则会使螺纹在受力后,发生断裂。

②螺栓、螺母端面应与螺纹轴线垂直。

③被联接件与螺栓、螺母的贴合面应平整光洁,否则容易松动。为了提高贴合质量可以加垫圈。

④除图样有特殊要求外,螺栓的安装方向应该是:垂直方向的螺栓,螺母在下面;前后方向的螺栓,螺母在后面;内、外结构的螺栓,螺母在里面。

⑤螺栓应按孔的轴线方向推入,装配具有过盈配合的螺栓,应在放正螺栓后(不允许偏斜时)用木锤轻轻打入或按照有关工艺文件规定的施工方法压入。

⑥装配后的螺栓末端露出螺母的高度应尽可能小,但不能小于一个螺距。

(3)螺纹紧固件的预紧

1) 预紧的作用 大多数的螺纹联接是用螺纹紧固件把两个或更多的被联接件夹紧在一起,以便抵抗外载荷作用,从而使被联接件不分离、不滑移,或者使接合面不泄漏。为此,在施加外载荷之前,需拧紧螺纹紧固件,以夹紧被联接件。称拧紧螺纹紧固件的行为为预紧,称该夹紧力为预紧力。

螺纹联接的预紧力将对紧固件的总载荷、联接的临界载荷、抵抗横向载荷能力和接合面密封能力等产生影响。过大或过小的预紧力均是有害的,所以控制预紧力的大小、准确性都十分重要。

对于螺栓组联接,每个螺栓的预紧力应该是相同的。预紧力不一致将会使被联接件或垫圈翘曲,如果有一个螺栓不能承担载荷作用,则螺栓组联接将破坏。

2) 预紧力的影响 预紧力的不当包括预紧力过大和预紧力不足两种情况。

当螺纹紧固件拧得过紧,即预紧力过大,则螺栓可能被拧断,被联接件可能被压碎、咬粘、扭曲或断裂,也可能使螺纹牙脱扣,造成螺纹联接的损坏。

当预紧力不足时,易使被联接件滑移、歪斜分离、紧固件脱扣或剪断。在螺纹联接中,预紧力使被联接件间产生正压力,依靠摩擦力抵抗外载荷,预紧力的大小决定了它的承载能力。预紧力不足还将引起横向振动,导致螺母松脱。

3) 螺栓联接预紧力的选择

在通常条件下,拧紧后的螺纹紧固件的预紧应力不得超过其材料屈服强度的 80%,对一般联接用的螺纹紧固件的预紧力选择见表 4-81。

表 4-81 螺纹联接预紧力的选择

螺纹联接类型与应用场合	预紧应力/屈服强度
受剪的铰制孔螺栓联接	0.1 ~ 0.2
拉伸载荷较小的螺栓联接(如地脚螺栓)	
可能因应力腐蚀而断裂的螺栓联接	
有垫圈的密封螺栓联接	0.35 ~ 0.40
没有垫圈的密封螺栓联接	0.50 ~ 0.60
压力容器螺栓联接预紧力的上限	
为了避免振动松脱或疲劳等压紧力过小的场合	0.70
主要根据螺栓是否允许拉力超过屈服强度	
采用力矩扳手拧紧时的预紧力上限	
装配时可以测量出螺栓强度或拉力的场合	0.85 ~ 0.95
依靠摩擦力抵抗横向外载荷的钢结构螺栓联接	1.00
外载荷必须预先准确知道,并且允许拉力超过螺栓屈服强度,螺栓经加工硬化仍有足够的韧性	

4) 螺纹联接的预紧要领

① 按施工方法和施工位置选择拧紧工具,主要是选择扳手类型及型号。

② 对未规定力矩的螺栓,在拧紧过程中采用一个标准长度的扳手。

③对有规定力矩的螺栓,先用普通扳手拧紧到一定的力度感觉,然后用木锤轻敲螺栓头,再用定力扳手拧紧到规定的力矩值。

④螺栓定力拧紧时,一般是转动螺母,如因施工部位影响,从螺栓头部拧紧时,应选用给定拧紧力矩的上限值定力或按图样规定的数值进行定力。

⑤螺母拧紧后,螺栓头部同被联接件以及被联接件之间应贴合紧密,不允许有间隙,如有间隙不允许用加大扭矩的方法排除该间隙。

⑥对于过盈配合的螺栓应在螺母一边拧紧,不得转动螺栓拧紧。

5) 螺纹组联接的预紧顺序 在螺纹组联接中,为了保证每个螺栓预紧力的一致性,保证接合面压力分布均匀,应按一定顺序来拧紧螺纹,并且不要一次完成拧紧,应按顺序分两次或三次拧紧。这是因为当拧一个螺栓、螺母时,相邻螺栓上的预紧力要发生变化,也就是说,螺栓组联接中的各个螺栓预紧时将相互影响,这种影响取决于被联接件结构的厚度、形状、螺栓间距和拧紧方式。

使螺栓之间在预紧过程中相互影响最小的拧紧顺序是最好的顺序,根据经验归纳为如下规律:从最靠近接合面形状中心的螺栓开始,然后逐步从中心向外侧扩散,主要依据中心法或对称法等基本原则。螺纹组联接的拧紧顺序如图 4-18。图中的数字代表拧紧螺栓的顺序,拆卸螺柱的顺序正好与装配拧紧螺栓的顺序相反。

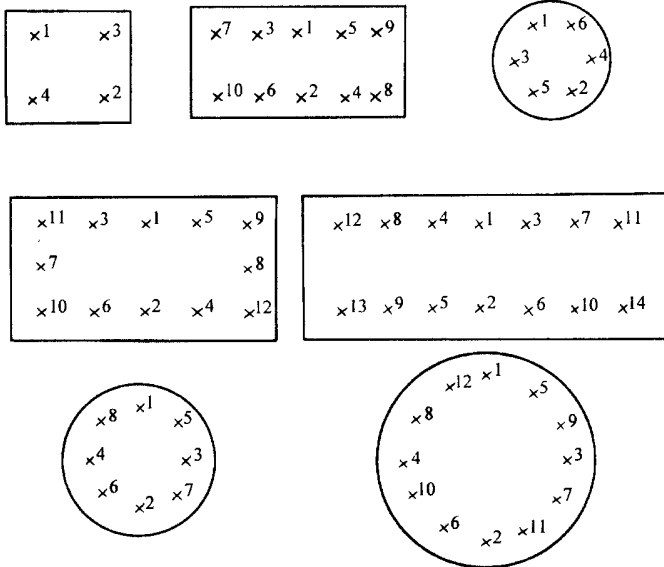


图 4-18 螺纹组联接的拧紧顺序

(4) 螺纹联接中常用的安装工具 螺纹联接常用的安装工具有非定力扳手、定力扳手、螺刀、风扳机及力矩倍增器等。

常见的非定力扳手有六角套筒扳手、六角套筒可换头、梅花套筒可换头、外六角扳手、外四方扳手、内六角扳手、单头呆扳手、活动扳手、双头呆扳手、钩形扳手、曲柄梅花扳手等。

按螺栓直径规定扳手长度的呆扳手是最简单的能在一定程度上控制拧紧力矩的扳拧

工具。相对而言,使用较方便的活扳手就无法控制拧紧力矩。

常见的定力扳手有带百分表扳式定力扳手、带指针刻度盘扳式定力扳手、带游丝表盘式定力扳手、普通弹簧式定力扳手、刻度指示弹簧式定力扳手等。

力矩扳手是最早使用的控制预紧力、使螺栓联接可靠的扳拧工具。各种定力扳手的拧紧力矩可以 $7 \times 10^{-3} \text{N} \cdot \text{m}$ 到 $1.3 \times 10^3 \text{N} \cdot \text{m}$, 力矩读数精度为 $\pm 20\% \sim \pm 2\%$ 。实践证明:操作者的技术不良和粗心大意等行为常常抵消了定力扳手的测量精度,所以定力扳手也在逐步改进。

常用的螺钉拧紧工具主要有十字旋具、快速旋具、一字旋具(俗称改锥)。

风扳机是指高效率的风动扳手,风扳机的品种较多。风扳机主要由手柄、发动机、过渡联接器、减速器、调力装置和附件等部分组成。它可以产生较大力矩,但精度较低。风扳机可以配置各种工作附件,拧紧各种螺纹紧固件,当超过规定扭矩时,风扳机中的附件可以脱离转动,从而限制过载。

力矩倍增器是靠齿轮箱增大力矩,主要用于大尺寸螺纹紧固件以及仅靠人的力量拧紧紧固件非常困难时。由于齿轮传动中的摩擦损失,力矩倍增器精度低于一般力矩扳手。也可与其它工具配合使用。

(5) 螺纹紧固件的防松

1) 螺纹紧固件的松脱及其原因 对于拧紧的螺纹紧固件,因某些因素使螺母转动,造成螺纹紧固件预紧力减少或消失,称为螺母的松动或松脱。

螺纹紧固件一般采用单头普通螺纹,螺纹升角($\varphi = 1^\circ 42' \sim 3^\circ 2'$)小于螺纹副的当量摩擦角($\varphi_v = 6^\circ \sim 9^\circ$),因此螺纹紧固件都能满足自锁条件($\varphi < \varphi_v$)。此外拧紧后的螺母和螺栓头部等支承面上的摩擦力也有防松作用,所以在静载荷和工作温度变化不大时,螺纹不会自动松脱。

螺纹紧固件的松脱多发生在承受交变载荷或振动的条件下,此时螺母即使不受松退力矩作用,也能松动回转,预紧力也会因松弛而减小。实验和使用都表明:螺纹联接在横向振动时,比在轴向振动时更容易松动。较强烈的轴向振动,作用较长时间后,也会使预紧力下降 $30\% \sim 40\%$ 。但是一般不会完全丧失预紧力而导致紧固件脱落,但强烈的横向振动可以使预紧力全部消失,造成紧固件脱落,因为横向振动才能使螺旋副和接合面上的摩擦力消失。

2) 螺纹紧固件的防松方法 防止螺纹紧固件在工作期间自动松动称为螺纹紧固件的防松。避免螺纹联接在振动下螺母自动松脱,主要有三条途径:防止摩擦力减小到临界值之下,防止过强的振动作用于螺纹副,防止螺母相对于螺栓转动。

根据生产实际中广泛采用的有效防松措施,归纳以下防止螺纹紧固件振动松脱的方法:

① 保证螺旋副和被联接件接触表面间的摩擦力,防止摩擦力降至造成松脱的临界值以下。摩擦防松多采用弹簧垫圈、波动弹性垫圈等弹性垫圈作为防松元件,也有采用对顶螺母、自锁螺母等增大摩擦力的方法。

② 机械防松方法是借助于各种金属止动零件,防止螺母与螺栓、螺母与被联接件的相对转动。如:采用开口销、槽形螺母、止动垫圈、串联金属丝、尾部分开的圆锥销及圆柱销

等方法。

③提供一个有效力矩来抵消拆卸力矩(螺母松退力矩)的作用。如:采用金属锁紧螺母或尼龙嵌物锁紧螺母。

④把螺旋副变成非运动副,排除螺母相对转动的可能性。如:采用端铆、冲点等措施或采用胶粘剂等方法固定螺纹紧固件。

对于一些有防松要求的螺纹紧固件和某些重要部位的螺纹紧固件,除了进行必要的防松操作外,还应在螺纹紧固件上作出标记,在使用维护中,对这些标记定期检查、记录,掌握螺纹紧固件的松脱情况。

9. 螺纹联接中质量问题及改进措施(表 4-82)

表 4-82 螺纹联接质量问题及改进措施

质量问题	产生原因	改进措施
螺栓(螺母)没有拧紧	工件之间有间隙或有杂物	排除工件间隙及杂物,并拧紧
	螺栓光杆露出工件表面太长,垫圈厚度不够	更换螺栓或加厚垫圈后再拧紧
沉头螺钉头凸出工件表面超差	窝孔深度不够	重新加工窝孔
	窝孔中心孔与孔中心线不同心	重新加工窝孔,并加大螺钉
螺栓头、螺母与工件之间有隙	没有拧紧	继续拧紧
	螺钉孔中心与工件表面不垂直,有单面间隙	加工工件平面或加斜垫圈、扩大孔径
螺栓折断或脱扣	拧紧力矩过大	更换螺栓,控制拧紧力矩
	螺栓与螺母的螺纹没有对正或螺距不符	更换螺栓及螺母重新拧紧
螺栓六角头棱角拧圆打滑	选用扳手不对或磨损	更换螺栓,选择合适的扳手
	扳手与螺栓接触面小	更换螺栓,重新选择扳手
拧紧力矩不正确	拧紧力矩过大或过小	按要求力矩进行拧紧
	没有正确使用定力扳手	按规定或说明书使用扳手
自锁螺母失效	自锁螺母拆卸次数过多	更换螺母
	自锁螺母锁紧部分有缺陷	
开口销活动	开口销直径与开口销孔径不符	更换开口销,重新打紧
	开口销没有压紧	更换开口销,正确打紧

第四节 咬缝联接

1. 咬缝的特点

咬缝是先将被联接件的边缘弯成一定夹角,互相扣合后彼此压紧的一种联接方法。

咬缝联接比较牢固,接缝致密性较好,对操作机械和使用工具要求较低,易于实施。咬缝联接多用于板厚小于 2mm 以下的金属薄板结构,如大量使用的管道工程中,咬缝在许多场所用来代替钎焊。

咬缝联接分类按联接形式可分为单咬缝、双咬缝、复合咬缝和角式咬缝,按咬缝外形分为平咬缝和立咬缝,按咬缝位置分为纵咬缝和横咬缝。





咬缝联接一般采用手工操作或机械设备进行。单件或少量生产时,广泛采用手工咬缝制造小型钣金制品,具有成本低、制造方便等特点。批量生产时采用机械咬缝,机械咬缝与手工咬缝相比具有噪声低、咬缝质量好、工人劳动强度低、生产效率高(可提高 8~25 倍)等优点,但设备一次性投资大。有条件应尽量采用机械咬缝。

2. 咬缝的形式和尺寸

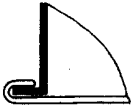


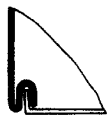


(1) 咬缝的形式 根据钣金件的结构和使用要求,采用的咬缝形式也不同。常见的咬缝形式见表 4-83。

(2) 咬缝的尺寸 咬缝的尺寸包括咬缝加工余量和咬缝宽度。咬缝宽度的大小,应视板厚和钣金件的长度而定。一般可按下列公式计算:

表 4-83 常见的咬缝形式

咬缝名称	简 图	用 途
平式普通单咬缝		多用于圆柱形、圆锥形和长方形管子联接。若咬缝需要附在平面上或需要有气密性时,采用光面咬缝,若咬缝同时需要较高强度和气密性时,采用双咬缝
平式光面单咬缝		
平式挂咬缝		
平式双咬缝		

平式咬缝

咬缝名称	简 图	用 途
角式单咬缝		用于制造折角联合肘管和盆、桶、壶等角形联接时,用角式单咬缝或角式双咬缝。在工业通风管道和机床防护罩的角形联接时,用角式复合咬缝和按扣式咬缝
角式双咬缝		
角式复合咬缝		
按扣式咬缝		
立式单咬缝		常在接管、肘管和从圆过渡到另外截面处,用于各种过渡联接
立式双咬缝		

$$B = (8 \sim 12)\delta$$

式中 B ——咬缝宽度(mm);

δ ——钣金件厚度(mm)。

在咬缝联接件的坯料下料时,必须留有咬缝加工余量,否则咬缝完成的联接件会比要求的尺寸小,而成为不合格品。咬缝加工余量应根据咬缝宽度、咬缝形式确定。常见的各种板厚的咬缝宽度和咬缝加工余量见表 4-84。其中的咬缝加工余量均为总咬缝加工余量,如钣金结构由两块板料联接而成,应考虑每一块板料各自所折的层数来确定所需的余量,但总余量不变。

表 4-84 咬缝宽度和咬缝加工余量 (mm)

钢板厚度		0.3 ~ 0.7		0.7 ~ 0.9		0.9 ~ 1.2
零件极限尺寸	直径或正方形边长	< 200	> 200	< 600	> 600	> 600
	长度	< 200	> 200	< 800	> 800	> 800
咬缝宽度 B		6 ~ 8		8 ~ 10		10 ~ 14
咬缝加工余量	平式普通单咬缝					
	平式光面单咬缝	$3B$	18 ~ 24	24 ~ 30		30 ~ 42
	平式挂咬缝					
	平式双咬缝	$5B$	30 ~ 40	40 ~ 50		50 ~ 70
	角式单(双)咬缝	$3B$	18 ~ 24	24 ~ 30		30 ~ 42
	角式复合咬缝					
	按扣式咬缝	$4B$	24 ~ 32	32 ~ 40		40 ~ 56
	立式单咬缝	$3B$	18 ~ 24	24 ~ 30		30 ~ 42
立式双咬缝	$5B$	30 ~ 40	40 ~ 50		50 ~ 70	

3. 咬缝联接件的下料

咬缝联接件下料时,因其厚度较薄主要采用剪切,包括手工剪切、风动剪切和机械剪切。

(1)常用的剪切工具 常用的小手工剪刀主要用于剪切厚度小于 1mm 的薄板;大手工剪刀主要用于剪切厚度小于 2mm 的薄板。此外,按照剪刀形状又分为直口剪、弯口剪、手提气动剪等。直口剪的剪切刃为直线,可以剪切材料厚度铝板为 1.5mm、钢板为 1mm。弯口剪的剪切刃为曲线,可以剪切材料厚度铝板为 1.2mm、钢板为 0.8mm。手提气动剪是半机械化手剪工具,剪切钢板厚度小于 2.5mm。

风动剪切用于剪切金属薄板,能作直线、曲线剪切,具有生产效率高、准确轻便等特点。使用风动剪切的压缩空气压力为 0.45 ~ 0.53MPa,气压过低会影响工具效能。在使用风动剪切工具中,每天应保持 3 ~ 4 次添加润滑油。

(2)薄板剪切质量问题及改进措施(表 4-85)

表 4-85 薄板剪切质量问题及改进措施

质量问题	产生原因	改进措施
剪不断	上、下刀刃间隙过大	调整间隙
	刀刃不锋利	修磨刀刃成锐利
	坯料太厚	按规定厚度剪切
尺寸超差	上剪刀与零件剪切线未对齐	按剪切线送入、剪切
剪切线不直	后一剪与前一剪未衔接好	按线连续剪切

第四章 钣金联接技术工艺

质量问题	产生原因	改进措施
剪断	凹角处未钻止裂孔或剪过线	钻止裂孔并留锉修余量
	剪切时剪刀全部闭合	剪刀不完全闭合,留 1/4 下次再剪
有毛刺	剪切间隙不对	调整剪刀间隙
	剪刀变钝	修磨锐利

4. 咬缝常用的金属材料

咬缝常用的金属材料要求塑性好,并具有一定的强度,以保证钣金结构具有良好的联接性能和必要的刚度。咬缝联接中常用的金属材料主要是薄钢板。

(1) 薄钢板的化学成分(表 4-86)

(2) 薄钢板的拉伸性能(表 4-87)

表 7-86 薄钢板的化学成分 (%)

牌号	等级	w_C	w_{Mn}	w_S	w_P	w_{Si}
Q195	—	0.06 ~ 0.12	0.25 ~ 0.50	≤ 0.050	≤ 0.045	≤ 0.30
Q215	A	0.09 ~ 0.15	0.25 ~ 0.55	≤ 0.050	≤ 0.045	
	B			≤ 0.045		
Q235	A	0.14 ~ 0.22	0.35 ~ 0.65	≤ 0.050	≤ 0.045	
	B	0.12 ~ 0.20	0.30 ~ .70	≤ 0.045		
	C	≤ 0.18	0.35 ~ 0.80	≤ 0.040	≤ 0.040	
	D	≤ 0.17		≤ 0.035	≤ 0.035	

表 4-87 薄钢板的拉伸性能




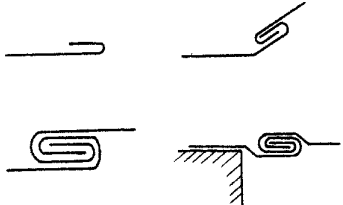

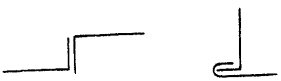

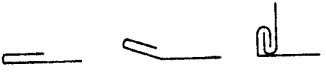

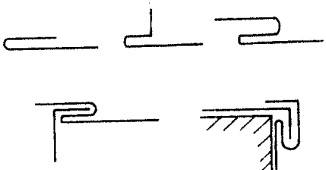

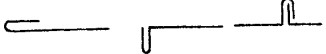

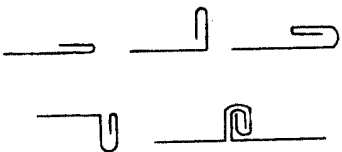
牌号及等级	σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ_5 (%)
Q195	≥ 195	315 ~ 430	≥ 33
Q215A、B	≥ 215	335 ~ 450	≥ 31
Q235A、B、C、D	≥ 235	375 ~ 500	≥ 26

5. 手工咬缝技术

(1) 手工咬缝工艺 手工咬缝一般要根据产品图样尺寸要求,计算咬缝的加工余量,并划出折边线。通常将折边处先打成 90°形状,再依据咬缝形式逐步加工。不同咬缝形式的加工工艺过程有所不同,手工咬缝的制作工艺见表 4-88。

表 4-88

手工咬缝的制作工艺

咬缝名称	咬缝形式	制作工艺过程
平式普通单咬缝		
平式双咬缝		
角式单咬缝		
角式双咬缝		
角式复合咬缝		
立式单咬缝		
立式双咬缝		


(2)手工咬缝工具 手工咬缝常用的工具有手锤、木锤、打板、扁口、规铁、压缝器等。其中打板是咬缝作业中的主要工具,用硬木制成,大小要适中。太大不易握持,太小则拍打力量不够,一般尺寸为450mm×45mm。咬缝手锤质量较轻,其质量多为0.25~0.75kg。木锤多用于圆形咬缝制品立咬边抛边,有些圆形咬缝制品也采用铁轨或圆钢作为垫铁进

行打制。咬缝的打制需要在规铁上进行,为了便于操作,一般将规铁固定在桌式台钳或其它工作台上。

6. 常用咬缝机(咬口机)的主要技术参数

机械咬缝的主要设备是咬缝机,其有多种类型和型号,常用咬缝机的主要技术参数见表 4-89。

表 4-89 常用咬缝机的主要技术参数

名称及型号	加工板 材厚度 /mm	预留咬缝尺寸 /mm		加工最 小外弯 曲半径 /mm	咬缝形状		加工咬 缝风管 形状	配用电机 功率 /kW
		中辊	外辊		中辊	外辊		
按扣式咬缝机 YZA - 10 型	0.5 ~ 1.0	31	11	—			方形、矩形	2.2
弯头按扣式咬缝机 YWA - 10 型	0.5 ~ 1.0	10	200	150			方形、矩形弯头	0.75
联合角咬缝机 YZL - 12 型	0.5 ~ 1.2	30	8	—			方形、矩形	1.5
弯头联合角咬缝机 YWA - 12 型	0.5 ~ 1.2	8	200	150			方形、矩形弯头	0.75
单平咬缝机 YZD - 12 型	0.5 ~ 1.2	24	10	—			方形、矩形圆形	1.5

第五章 初级装配技术工艺 及 图 集 典 范

按照一定的精度和规定的技术要求,将零部件进行配合和连接,使之成为半成品或成品的工艺过程称为装配。装配是产品制造过程中的最后一道工序,是一项非常重要而又细致的工作,对产品的质量起着决定性的作用。

第一节 零部件的组合

根据图样的要求,借助一定的工夹、模具(含量具及吊具),将零部件组合成形、连接或固定起来,使之成为构件或产品的工艺过程称为零部件的组合。

一、装配原理

任何零件在三维空间内都有六种运动形式,即绕三个坐标轴转动和三个坐标平面的移动。通常把这种运动的可能性称为自由度。也就是说:一个刚体在空间如果不加任何约束限制,就有六个自由度,如图 5-1 所示。要使工件在夹具上有固定不变的位置,就应该限制这六个自由度。

如果把三个互相垂直的平面 xOy 、 xOz 、 yOz 作为零件的基本定位平面,则在 xOy 平面上不在一条直线上的三个支承点限制了零件的三个自由度。如图 5-2a 所示,使零件不能绕 Ox 、 Oy 轴转动和 Oz 轴的移动;在 yOz 平面上的两个点,限制零件的两个自由度,使它不能绕 Oz 轴转动和 Ox 轴移动;在 xOz 平面上的一个点,限制了零件沿 Oy 轴上的移动。

综上所述,这六个自由度是依靠六点来限制的,这就是“六点定位规则”,简称“六点定则”。

如果把坐标平面看成是夹具平面,施加与支承点(如支承钉)反向且与零件表面垂直的力 W_1 、 W_2 和 W_3 ,则该零件得到了夹紧,如图 5-2b 所示。

1. 冷作钣金装配的特点

冷作钣金制品种类繁多,根据其外形和结构特点不同常分为框架类、壳体类、箱门类和压力容器类。冷作钣金的装配特点如下:

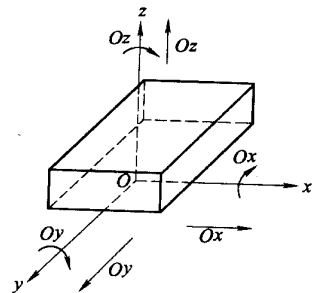


图 5-1 零件的
六个自由度

- (1) 装配过程中设备简单,加工方便,连接性强。
- (2) 坯料允许以小拼大,材料利用率高,废品率低。

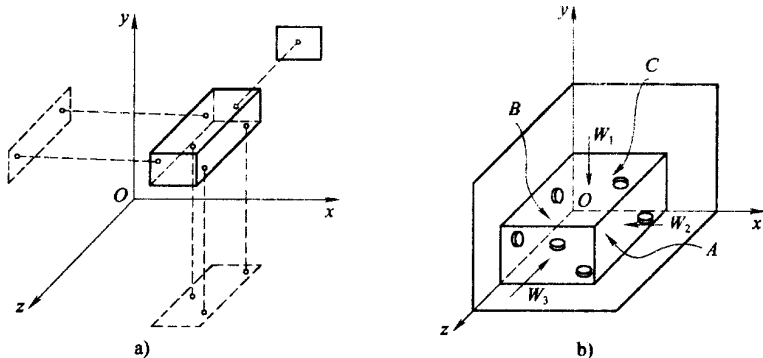


图 5-2 矩形零件的定位

a) 定位平面 b) 夹具平面

(3) 结构设计灵活性大,可根据耐磨、耐压、耐腐、耐温的情况选择不同强度和性能的材料。

(4) 加工性能好,可冲、剪、切割、焊、铆和胀接。

2. 装配的基本条件

装配必须具备定位和夹紧两个基本条件。

(1) 定位

定位就是确定零件正确位置的过程,如图 5-3 所示是在平台上工字梁的定位,工字梁翼板 4 的位置由腹板 3 和挡板 5 来定位,挡板固定在平台 6 上,腹板则靠垫块 2 来保证与平台平行。

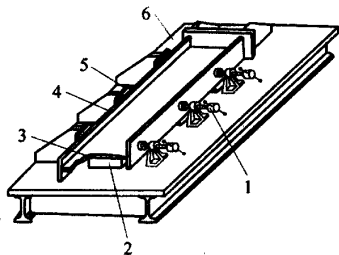


图 5-3 平台上工字梁的定位

1—调节螺杆 2—垫块 3—腹板
4—翼板 5—挡板 6—平台

(2) 夹紧
夹紧即将定位后的零件固定,使其在加工过程中保持位置不变,夹紧通常依靠螺旋夹具、气压或液压等夹具来实现。图 5-3 中所所示的翼板与腹板定位后的夹紧是由调节螺杆来完成的。

3. 装配基准面

装配时用来确定零部件或构件在产品中的相对位置所采用的基准面称为装配基准面。一般情况下装配基准面可按下列原则进行选择:

- (1) 当零部件的外形有平面也有曲面时,应选择平面作为装配基准面。
- (2) 当零件上有若干个平面的情况下,应选择较大的平面作为装配基准面。
- (3) 据零件的用途,选择最重要的平面作为装配基准面。例如,零件中某些技术要求较高,又要求预先经过机械粗加工的面,作为装配基准面。
- (4) 选择组装时,便于对其他零件的定位和夹紧的面,作为装配基准面。

二、装配方法

1. 地样装配和仿形装配法

(1) 地样装配法

地样装配法是将构件的形状按 1:1 的实际尺寸直接绘制在装配平台上,然后根据零件的位置进行装配。地样装配方法适用于框架或桁架等构件的装配。如图 5-4 所示为屋架的地样装配,装配时先在平台或地面上放出地样,然后依照地样将零部件组合起来。

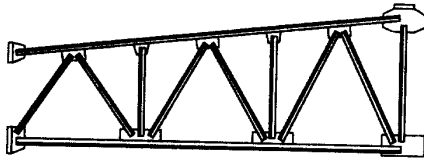


图 5-4 屋架的地样装配

如图 5-5 所示为方锥管的地样装配,它由四块梯形平板拼接而成,装配前在平台上划出方锥管在俯视图上的两个方向的投影,如图 5-5a 所示。在外围方口沿线处焊上角钢挡铁,然后将平板下部对准下口线定位,用 90°角尺放置在上口线的位置,使梯形平板斜靠在 90°角尺上,即得所需的倾斜度,如图 5-5b 所示。依次拼装各块侧板,并进行定位焊。

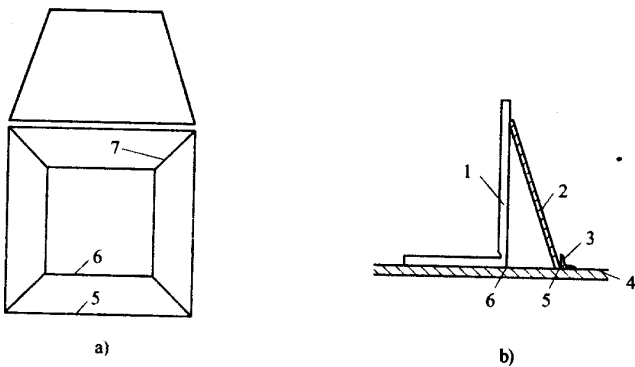


图 5-5 方锥管的地样装配

a) 方锥管投影 b) 安放平板

1—90°角尺 2—平板 3—角钢挡铁 4—平台

5—下口线 6—上口线 7—接线缝

(2) 仿形装配法

仿形装配法适用于装配断面形状对称的构件,如屋架、梁、柱等。装配成单面结构,然后以该单件作为样板,复制装配另一面。

如图 5-6a 所示为两角钢组成的简单结构,其断面形状对称,可采用仿形装配法装配。

在平台上先装配角钢和连接板,如图 5-6b 所示,连接板和角钢用定位焊固定,这样成为单面结构,以此作为仿形靠模进行复制,仿形装配另一单面结构,如图 5-6c 所示。

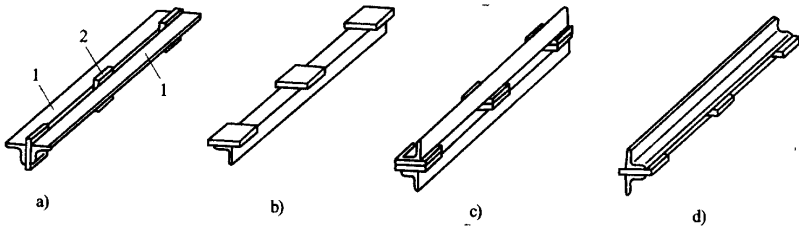


图 5-6 仿形复制装配法

a)简单结构 b)单面结构 c)仿形复制 d)完成装配
1—角钢 2—连接板

再卸下上半个的单面结构后,装配另一角钢,如图 5-6d 所示,从而完成了整个产品的装配。

2. 立装和卧装

(1) 立装法

立装法是一种自下而上的装配方法,适用断面较大而高度不大的结构,立装又分为正装和倒装。

1)正装。正装就是按产品使用时的位置自下而上地进行装配,这种方法适用于下部基础较大,且易放置平稳的结构。

如图 5-7 所示为筒体的正装,装配时首先将划好对中线的筒节 1 吊立于平台上,并在上端外壁焊上若干块斜挡铁 4,将划好对中线的筒体 5 吊于筒节 1 上,对中线、找正,用 L 形铁 3 和斜楔 2 调整错边,用调整筒节错位的方法,来保证筒体的同轴度,然后定位焊。

2)倒装。倒装就是把构件按使用时位置方向倒过来进行装配,这种方法适用于结构的上部比下部大或正装时不易放稳的结构。

如图 5-8a 所示为电动机底座,上部平面比下部大,倒装比正装的稳定性好,所以采用倒装。倒装时,以上部的面板为基准,按所划的位置线装配各立板和肋板如图 5-8b 所示,最后装底板。

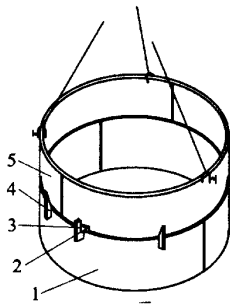


图 5-7 筒体的正装

1—筒节 2—斜楔
3—L 形铁 4—斜挡铁
5—筒体

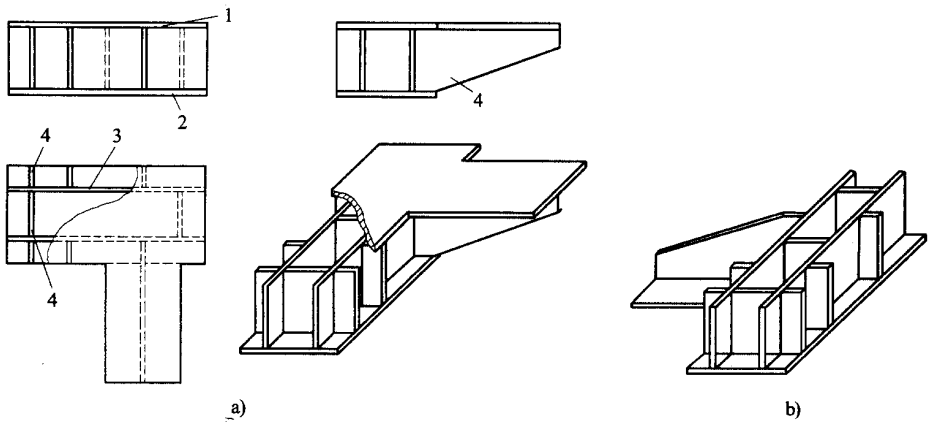


图 5-8 电动机底座的倒装

a) 结构 b) 配装

1—面板 2—底板 3—立板 4—肋板

(2) 卧装法

卧装法适用于断面不大但长度较大的细长构件,如多节筒体或立柱的装配。如图 5-9 所示为筒体环缝的装配,对多节筒体或长度较长的筒体,通常在滚轮架上进行卧装,可保证其同轴度,又可方便焊接。环缝装配前,先测量两筒体的直径,并且测出外径周长,如存在偏差则必须使两节筒体周长环缝偏差均匀,必要时划出周长的中心线。对于局部不平的圆弧接缝,可用楔铁等工具进行对正调整,并且定位焊固定。

3. 胎具装配法

胎具装配法是将零件的相互位置利用胎具定位和夹紧,这可提高装配工作的效率,保证产品质量,同时也易实现机械化和自动化装配。胎具装配适用于大批量生产和定型产品的装配。

如图 5-10 所示为 T 形梁的装配胎具,弓形支座 3 固定在槽钢 1 上,并作为腹板 4 和翼板 2 的定位基准。水平压紧螺栓 6 和垂直压紧螺栓 5 分别装在各自的支座上。当翼板和腹板置入胎具中,旋转压紧螺栓,即可进行定位、夹紧。

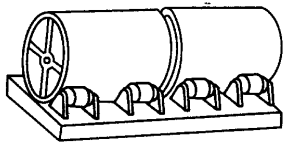


图 5-9 多节筒体的卧装

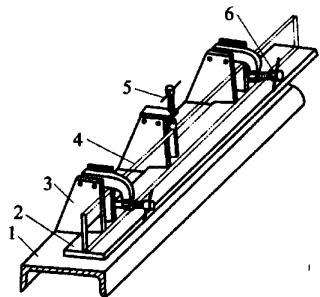


图 5-10 T 形梁的胎具装配

1—槽钢 2—翼板 3—弓形支座
4—腹板 5、6—压紧螺栓

第二节 简单构件的装配

一、简单平面框架的装配

1. 简单构件的装配

简单平面框架的装配主要指平面角钢框、型钢框的装配。通常平面框架套装在壳体的端部,以加强壳体刚性或作连接其他零件用。

(1) 角钢框的制作

通常制作方法有外弯和内弯两种形式,如图 5-11 所示为外弯型矩形角钢框,用 L40mm×40mm×3mm 制成。矩形角钢框一般有两种拼装方法:一种是用四根两端各切成 45°斜角的角钢拼接而成,如图 5-11a 所示;另一种是用两根开有切口和两根不开切口的角钢互相拼接而成,如图 5-11b 所示,这种方法的制作工艺简单,拼装方便。

图 5-11a 中壳体的外形尺寸为 2 000mm×1 000mm,为了套装方便,角钢框的尺寸应略放大,使它与壳体间留有间隙。但间隙应适当,若间隙过小,套装时有困难,若间隙过大则不便焊接。一般间隙按焊接要求取 1~2mm,随角钢框的尺寸而定,尺寸大,间隙也相应加大。本例若间隙取 2mm,则如图 5-11a 所示角钢的下料尺寸分别为 2 082mm 和 1 082mm 长,而如图 5-11b 所示角钢的下料尺寸分别为 2 002mm 和 1 082mm 长。

角钢框装配时,应先在平台上放出实样,然后按线定位拼装。批量生产时,可在平台上临时焊上定位挡铁,从而大大提高装焊效率。

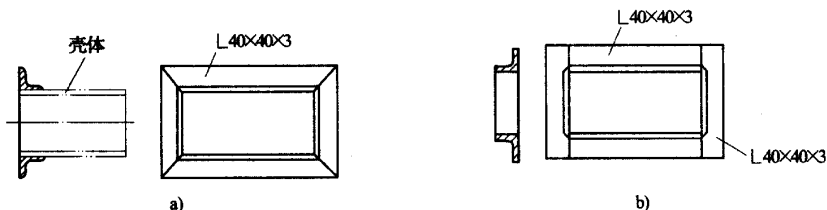


图 5-11 角钢框的制作

a) 四根均切口 b) 两根有切口、两根不切口

(2) 角钢法兰的装配

角钢法兰有外弯法兰和内弯法兰两种形式,如图 5-12 所示为外弯角钢法兰圈。角钢法兰圈也可用手工胎模热弯而成,一般分两半制造,这样弯曲和矫圆均比较方便。热弯时为便于夹持和弯曲,角钢下料长度应比理论展开长度长,加放约 6 倍角钢边宽的余量。如图 5-12 所示角钢圈内径为 $\phi 1 200\text{mm}$,则展开长度应为 3 860mm,经加放余量后,半只角钢圈的下料长度为 2 230mm。角钢弯曲后割去余料,然后再装配焊接成整圈。

2. 平面框的装配

如图 5-13 所示列举了平面框的图样。

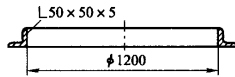


图 5-12 外弯角钢法兰圈

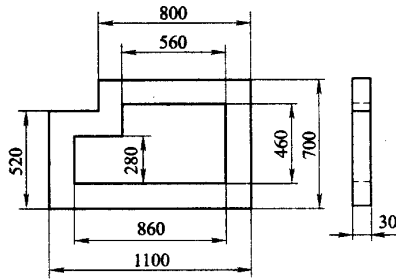


图 5-13 平面框

平面框可用同等厚度的扁钢或钢板作原材料,若用钢板整体切割而成,则中间部分便变为废料,材料的利用率不高,如图 5-14a 所示。

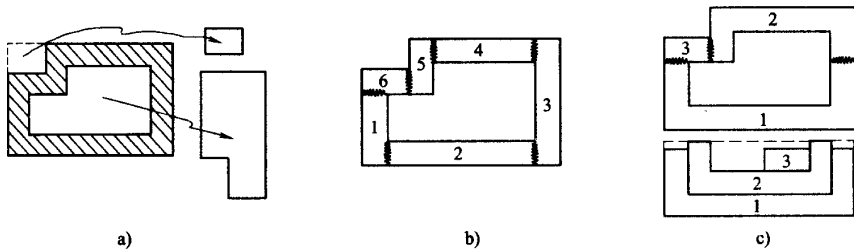


图 5-14 平面框的制作

a) 整体切割 b) 分六块拼焊 c) 分三块拼焊

若将平面框割成六块条钢分别下料后拼焊而成,如图 5-14b 所示,则材料利用率最高,但有六条拼接缝焊接工作量增大,焊接变形也随之增大,焊后需要进行矫平。

为了减少拼焊时的工作量,可将平面框分割成三部分,如图 5-14c 所示,这样既兼顾材料的利用率,又减少了拼接缝的数量。

二、简单壳体的装配

1. 罩壳的制造

如图 5-15a 所示为带传动防护罩,制作时可采用整体展开放样(见图 3-15b)把接缝布置在上下两圆弧的中间位置,这样展开图左右对称,接缝较短,剪切后沿上下半圆弧的切线处折弯,再将折弯板料的两端弯曲成形,然后焊接、矫形。

2. 矩形管的装配

矩形管的尺寸不大时,可用一块钢板制成,其咬缝可采用平式单咬缝,也可采用双折角咬缝;当尺寸较大时,通常用两块或两块以上的板料制作。

如图 5-16a 所示是采用一块板料制成的矩形管,板厚 0.8mm,咬缝宽度为 6mm,位于

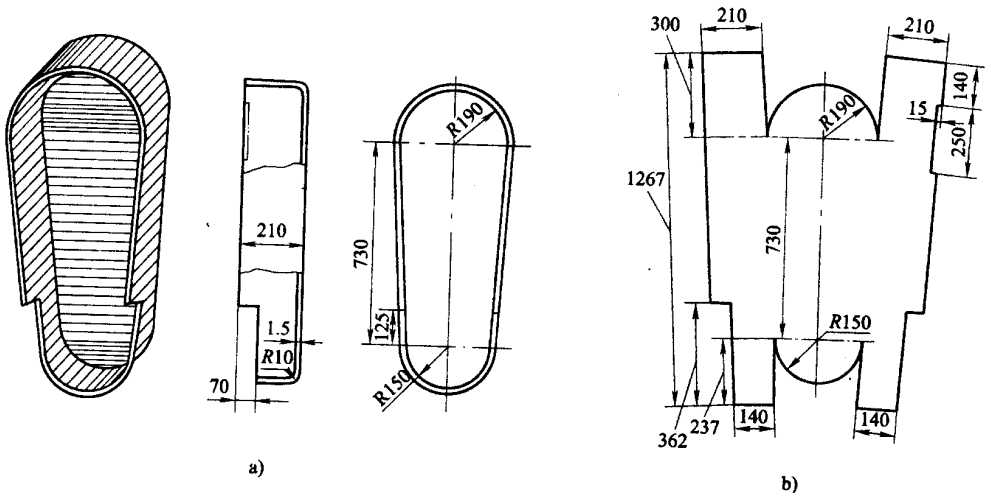


图 5-15 防护罩

a)外形和图样 b)展开图

管壁中部,矩形管制作方法如下:

(1)根据矩形管尺寸放样,连接处放出3倍于咬缝宽度(18mm)余量,并且划出折弯线,然后剪切,矫平。

(2)咬缝先按立式单咬缝咬接方法折弯、折边,如图5-16b所示,然后将板料置于方杠上按线折弯成形。

(3)将咬缝扣合,如图5-16c所示,用衬铁压紧。然后用方杠衬垫把立咬缝折弯压紧,如图5-16d所示。最后进行矫形,以达到规定的技术要求。

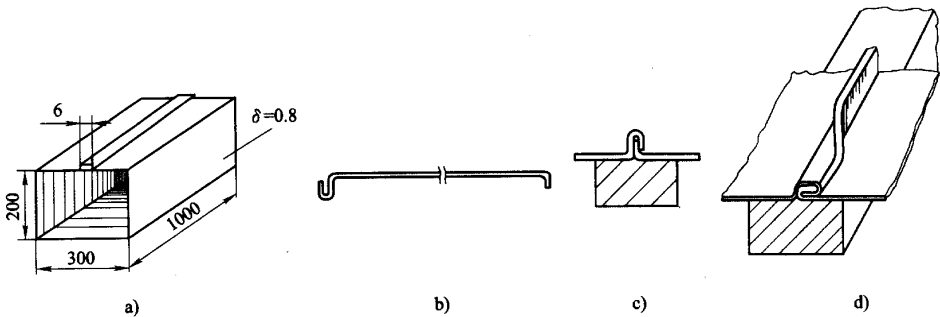


图 5-16 矩形管的制作

a)外形 b)折边、折弯 c)咬缝扣合 d)咬缝

三、常压容器的装配

如图5-17所示为常压容器的筒体与底板的环缝装配。当筒体与底板装配时,先在底板上划出筒体内径的圆周线,然后沿四周以适当的间隔焊上定位挡铁,再在外面和它对应的地方也焊上挡铁。装配时把筒体吊到底板上,让筒体位于挡铁之间,然后在筒体的外周对称地打入楔条,最后定位后进行焊接。

容器的筒体还可以采用如图 5-18a 所示的楔条夹具进行立装,它是用一块带孔的连接板,装配时把它垫放在对接缝中,然后在筒体的内外面同时向连接板孔眼打入圆锥棒,就可以夹紧和矫正错边。

筒体套装时,可采用如图 5-18b 所示的方法,沿下筒体外圆每隔 200~400mm 处焊上临时挡铁作定位用,然后将另一节节吊上,靠自重搁置在挡铁上。最后用圆锥棒夹紧,定位焊后拆除挡铁,并磨平焊疤。

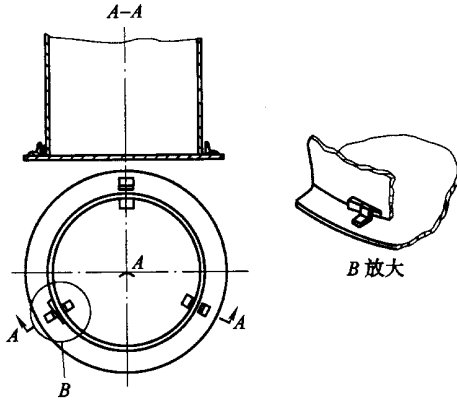


图 5-17 筒体与底板的环缝装配

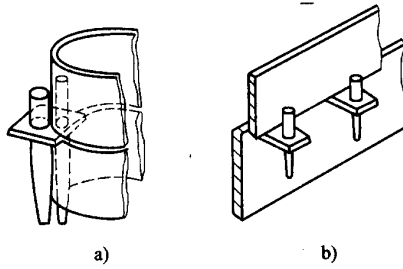


图 5-18 立装筒体环缝的方法

a)用连接板 b)用挡铁

第六章 中级装配技术工艺 及图集典范

第一节 零部件的组合

一、冷作钣金件的装配特点

冷作钣金件是以板材、型材或管材为主要原材料制作而成的,它与铸、锻件相比,具有一系列优点,加工工艺简便、设备简单、生产周期短、产生强度高、成品质量轻、材料利用率高、产品成本低,坯料可以小拼大。

冷作钣金件的装配与一般机械装配的基本原理虽然相同,但由于结构的性质不同,装配工作有下列一些特点:

1. 冷作钣金产品的零件由于精度低,互换性差,所以装配时多数需选配或调整。
2. 冷作钣金产品的连接多数采用焊接、铆接、胀接等不可拆的永久性连接,只有特殊的部件之间是螺栓连接的,所以返修困难,易导致零件的报废,因此对装配程序应有严格的要求。
3. 装配过程中,常伴有大量焊接工作,因此应掌握焊接的应力和变形的规律,在装配中采取适当措施,以防止和尽量减少焊后变形及矫正工作。
4. 冷作钣金产品由于不受尺寸限制,一般体积较庞大,刚性较差易变形,装配时应考虑加固措施。
5. 一些特别庞大的产品需分组出厂至工地总装,为保证总装进度和质量,应在厂内试装,必要时,将不可拆连接改为临时的可拆连接。
6. 冷作钣金产品的装配,在产品结构相似的情况下,可根据其重复生产的多少或批量性,配备适当的专用或通用工具、工夹模具等装置,采用机械化、自动化的装配技术,以提高产品质量和生产效率。
7. 冷作钣金产品的装配,根据国外产品的发展趋势,可尽量采用模块化装配,以达到外观简洁美观、偏差减少、尺寸精确的目的,如图 6-1 所示。冷作钣金件多用于设备、机械的外露表面或使用在自然环境中,因此这种结构一般都要进行防腐蚀处理。

二、装配中的测量

装配中的测量包括正确合理地选择测量基准,准确而迅速地确定零件位置。测量的项目通常有线性尺寸、角度、平行度(包括倾斜度)、垂直度和同轴度的测量等。

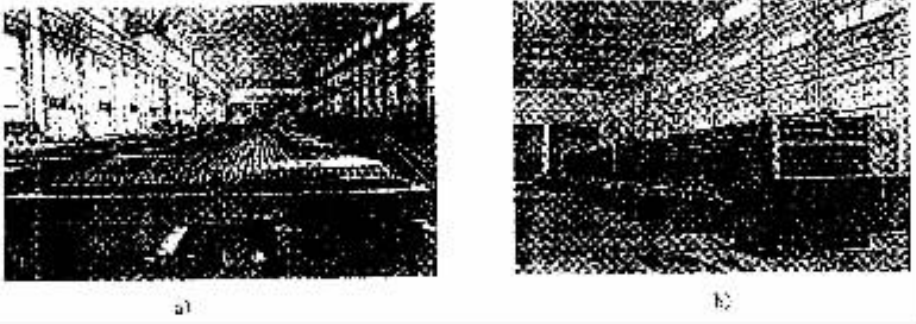


图 6-1 产品的模块化装配

a)片装 b)组装

1. 测量基准

测量时所采用的基准称为测量基准。一般情况下,多以定位基准作为测量基准,如图 6-2a 所示的圆锥台漏斗,其上法兰的装配是以 M 面作为测量基准的,测量尺寸 b 时,应以 M 面作为测量基准,高度 a 也以 M 面作为测量基准。该漏斗的测量基准与设计基准、定位基准是同一平面,可以有效地减少测量和装配误差。有时定位基准作测量基准不利于保证测量的精确度或不便于测量,就应根据工件的几何特点重新选择合适的点、线、面作为间接测量基准。如图 6-2b 所示为圆筒纵缝的装配,利用预留的测量基准线,使两基准线距离保持一致,以保证圆筒两端直径相等。

例如图 6-3 所示的工字梁,其翼板与翼板的垂直度应以腹板作为测量基准,但由于翼板的测量高度较小,会造成较大的测量误差,所以改用装配平台作为测量基准测量翼板的垂直度,但要求腹板必须与平台保持平行。此时可在号料过程中,预先在坯料上留出装配基准线(划线定位),以备装配过程中检查使用。

2. 线性尺寸的测量

线性尺寸是指零件上被测的点、线、面与测量基准间的直线距离。由于组成构件的各个零件尺寸都有要求,因此线性尺寸测量在装配中应用最广。

测量线性尺寸的量具有钢卷尺、钢直尺等,在批量生产时可采用样杆测量,例如在槽钢上装配立板时,利用样杆上标注的尺寸来确定两立板的位置,如图 6-2c 所示。

3. 形状与位置的测量

形状与位置的测量包括平行度、倾斜度、垂直度、同轴度、角度的测量等。各种形状与位置的测量方法见表 6-1。

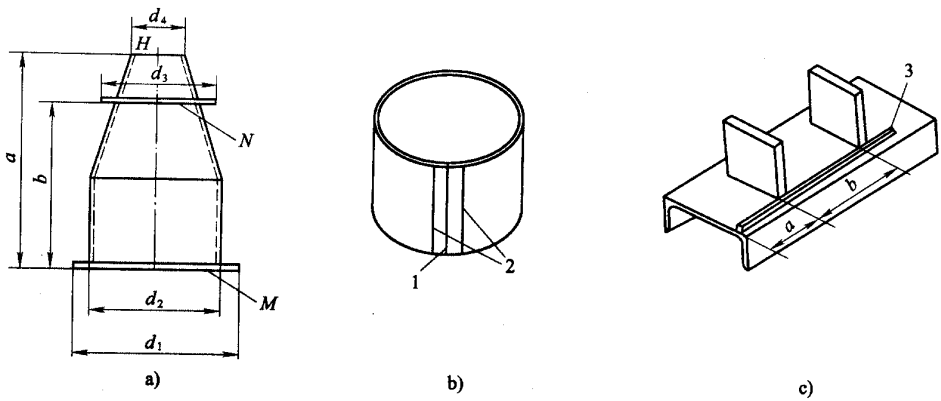


图 6-2 测量基准

a)圆锥台漏斗 b)圆筒装配预留测量基准线 c)槽钢上装配立板的尺寸测量

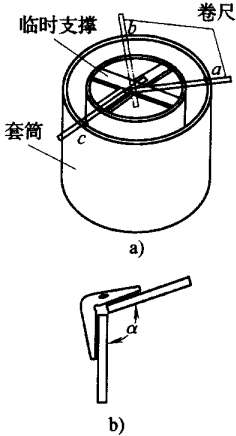
1—接缝 2—预留基准线 3—样杆

表 6-1

各种形状与位置的测量方法

项目	工、量具	图 例	说 明
平行度	钢卷尺		以圆筒下口端面为测量基准,测量两加强圈的平行度
倾余度	水平尺		在两个相互垂直的方向测量钢板的倾斜度
	水平软管		用水平软管测量倾斜度
	水准仪		用水准仪测量倾斜度

项目	工、量具	图例	说明
垂直度	90°角尺		用 90°角尺测量垂直度
	钢卷尺		利用边长 3:4:5 的关系测量垂直度
			较大工件采用测量对角线的方法检查其尺寸是否相等
垂直度	经纬仪		以测量球罐柱脚为例:将经纬仪安置在柱脚的横轴方向上,目镜十字丝对准柱脚中心线下部,将望远镜上、下移动观察。若纵丝重合于柱脚中心线,说明柱脚垂直。用同样方法在纵轴方向测量垂直度
	线锤		先测量构件上端锤线与构件水平距离 a , 再测量构件底部到线锤尖的距离 b , 两距离相等,说明构件垂直
同轴度	直尺		在内筒两端面上加上临时支撑并找出圆心位置,然后用直尺测量外筒圆周上各点三圆心的距离,如果各测点的圆心距相等,说明内、外圆筒同轴

项目	工、量具	图 例	说 明
角 度	角度样板	 <p>临时支撑 卷尺 套筒 a) b)</p>	用角度样板测量两板的夹角 α

三、装配的定位和夹紧方法

1. 定位

定位就是确定零件在空间的位置或相互位置,如图6-3所示为在平台6上装配工字梁,工字梁的两翼板4的相对位置由腹板3和挡板5来定位,挡板(或挡铁定位)固定在平台上,而腹板的高低位置则由垫块2来定位。整个工字梁由平台支承定位。

2. 夹紧

零件定位后还不能固定其位置,为此必须进行夹紧。夹紧就是借助外力将定位后的零件固定,这种夹紧力通常由刚性夹具(如螺旋夹紧器、气压或液压等夹具)来说现。如图6-3所示的翼板4与腹板3定位后的夹紧是由调节螺杆1来完成的。

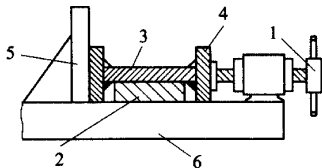


图6-1 工字梁装配的定位和夹紧

1-调节螺杆 2-垫块 3-腹板
4-翼板 5-挡板 6-平台

四、装配步骤

冷作钣金件装配的步骤分为熟悉图样、划分部组件、装配现场的设置、检查零件尺寸、零件的定位、组装等六个部分。

1. 熟悉图样

主要是指对装配图样应仔细观察,反复阅读,熟悉图样中装配件的位置和相对位置,

力求了解和掌握每一个环节,以减少装配中的差错。其内容包括图样中装配件的材料性能、焊接性能、加工方法、热处理条件。

2. 划分部组件

这是根据产品总图和装配条件(如装配场地的大小、装配件的长短)将产品划分成若干个适应生产装配的部件和组件,以更好地适应装配的合理性。

3. 装配现场的设置

这是为产品的装配创造有利的环境,包括清理装配现场、安装装配架,为产品装配的配置吊具、模具、工夹具等,有条件的还要为焊接配置一定的通风设备。

4. 检查零件的尺寸

在装配前,仔细检查零件的尺寸,避免尺寸的混淆和搞错。

5. 零件的定位

零件的定位方法不同,装配的方法也不同,所采用的定位方法一般有挡铁定位、定位销定位、划线定位、样板定位等。

6. 组装

组装是装配中的最后环节,组装中要严格遵守工求要求,按照工艺规程有序地进行装配工作。

第二节 典型构件的装配技术工艺

一、桁架装配

1. 屋架的结构

屋架结构如图 6-4 所示,它是三角形整排屋架一半的实形,各部位构造为上弦 1,下弦 2,中间立撑 3(两角钢放置方向相异,一般称为中间支撑;其他位置垂直的连接角钢称为垂撑或立撑)。基础连板 7 是跨入层架两端连接上、下弦的连板,是与基础连接的部位。斜撑 6 是屋架左右斜放位置的长短角钢,大小连接板 5 是各位置的连接角钢。檩条 4 是连接各排屋架用的,一般多数采用角钢或槽钢材料,檩条由檩档用螺栓连接。

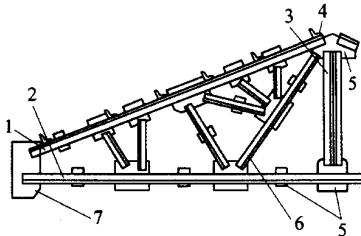


图 6-4 三角形屋架结构示意图

1-上弦 2-下弦 3-中间立撑 4-檩条 5-大小连接板 6-斜撑 7-基础连板

2. 屋架尺寸标注

屋架的尺寸标注有高度、跨度和坡度等,如图 6-5 所示。图中 4m 处为屋架高度,1/2 跨度为 12m,整个屋架跨度即为 24m。跨度也可用坡度表示 K 表示公式为:

$$K = (4\ 000 - 2\ 800) / 12\ 000 = 1\ 200 / 12\ 000 = 1 / 10$$

那么定位坡度为 1:10。

3. 屋架比例

屋架的主要部位几何尺寸的比例主要有高度比例和挠度比例。

(1) 高度比例

三角形屋架的一般高度是跨度的 1/5 ~ 1/4;梯形屋架的高度为跨度的 1/12 ~ 1/6,这主要是根据设计而定。

(2) 挠度比例

挠度就是起拱,起拱的目的是使屋架本身除具有一定的质量外,还能承受外力载荷。跨度较大而中间悬空的钢结构,就容易产生塌腰而向下弯曲。为抵抗外力的作用,防止向下弯曲,因此对屋架及其中间悬空的钢结构,根据设计要求,在装配时一定要按跨度的比例进行起拱。

挠度值的大小是根据结构刚度不同而确定的,钢屋架挠度为跨度的 1/500。屋架起拱如图 6-6 所示。

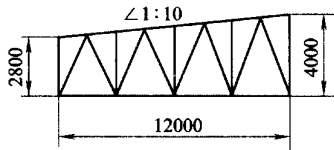


图 6-5 屋架的尺寸标注

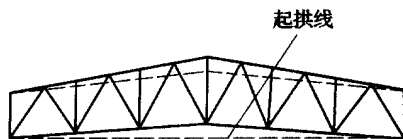


图 6-6 屋架的挠度示意图

挠度值的计算公式:

$$\text{挠度值} = \text{挠度} / \text{跨度} = f / L$$

$$\text{起拱的高度} = \text{跨度} \times \text{挠度比值}$$

例如,有一屋架的跨度为 24m,求其挠度?

根据计算起拱的高度为 $24\ 000 \times 1/500 = 48\text{mm}$,这样的屋架挠度值为 48mm。装配时应由屋架中间立撑处向上,将下弦向上抬高 48mm,起拱时应下弦、上弦同时向上抬高,如图 6-6 虚线所示。如果只将下弦抬高,而上弦不抬高,就会使装配成的屋架高度低于设计高度,从而造成质量事故。因此装配屋架起拱时,应按挠度值将上、下弦同时抬高。

4. 挠度弧画法

它即是起拱大圆弧的画法,如图 6-7 所示,有垂线法和等分法两种:

(1) 垂线法

如图 6-7a 所示,作出跨度长 ab ,过 ab 中点 c 作垂线,取 cd 等于挠度 H ,连接 ad ,过其中点 e 作垂线,取 $ef = H/4$,连接 a, f ,过其中点 g 作垂线,取 $gh = H/16 \dots$ 。依此类推,可求出一系列中点,用光滑曲线连接各点,即为所求的起拱圆弧(近似值)。

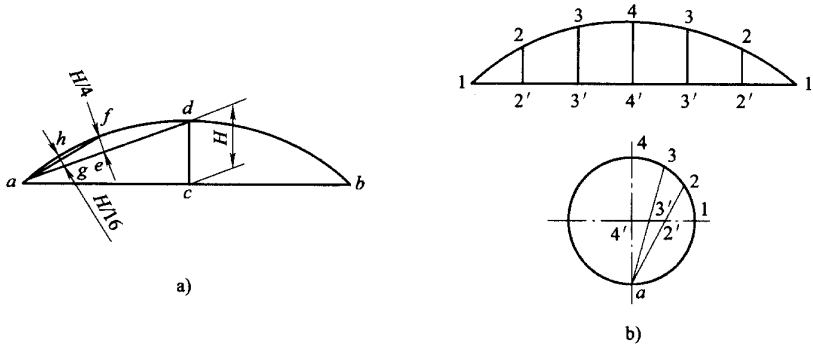


图 6-7 大圆弧的画法

a) 垂线法 b) 等分法

(2) 等分法

作出跨度长 $1-1$,将 $1-1$ 分成若干等分(图 6-7b 中为 6 等分),用所确定的挠度 $4-4'$ 为半径画圆。将 $1/4$ 圆周作相同的等分数,得等分点为 $2, 3, 4$ 。过等分点与 a 点连线与 $1-4'$ 相交,得交点为 $2', 3', 4'$ 。在跨度 $1-1$ 直线上过各点作垂线,将 $1/4$ 圆弧上的一系列长度 $2-2', 3-3', 4-4'$ 分别移到跨度 $1-1$ 各位置的垂线上,即得出各点。用光滑曲线连接各点,即画出大圆弧的起拱线。

5. 起拱圆弧的弯曲加工

屋架下弦起拱大圆弧的弯曲加工方法如下:

(1) 装配前应用冷、热方法加工出下弦零件的起拱圆弧。

(2) 装配时,将直下弦两端固定,施加千斤顶(或顶力工具)、楔具、夹具等外力,强制冷弯曲加工圆弧,但这种方法加工后的弧度,焊接后应力多,回弹大,效果欠佳。

(3) 焊接时,借助焊接的热量,有目的地使直下弦反变形或用工具附加顶、拉外力,获得起拱圆弧,但这种方法加工后曲率不均,会影响整个屋架质量。

(4) 用氧-乙炔焰逐段烘烤加热,并用样板为基准逐步烘烤预制出起拱圆弧,这种加工方法质量较好。

6. 屋架装配

钢屋架装配多数采用仿形复制法进行装配,其装配过程如下:

(1) 设计尺寸,并按长、高的尺寸,以 $1/10\ 000$ 预留焊接收缩量,在平台上划出装配底样,按跨度比例画出起拱(图 6-6 中虚线),以备装配时按实物进行起拱。

(2) 在底线上一一定要按图画好角钢的宽度、立面厚度,作为装配时的依据。

装配时,应给下一步运输和安装工序创造条件,除按设计规定的技术要求外,还应结合屋架的跨度做整体装配或按节点分段进行装配。

(3) 装配时,一定要注意平台的水平面,如平台不平,可事先在装配前用仪器或粉线调整垫平;否则,装配的屋架在上、下弦及中间部分位置会产生侧向弯曲,将导致质量缺陷。

(4) 装配流程为可将大小连接按位置画在装配平台上,确定外形、轮廓,然后将屋架的上、下弦及所有立、斜撑角钢、限位板放到连接板上,进行找正对齐,用工夹具夹紧,进行定位焊。待全部定位焊固定后,可用吊车翻转,这样就可利用该扇单片屋架为模具进行装配。当然,有许多装配场合也采用铆接来连接,如图 6-8 所示。

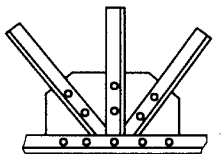


图 6-8 采用铆接连接屋架

二、机架装配

如图 6-9 所示为斜口剪板机架的结构,它由底板 1、墙板 5、台板 3、加强肋 4 和颞板 12 等组成。

机架制作时,先将墙板、台板、颞板等按图 6-9 中的尺寸分别下料成形,然后进行组装。组装时,在底板 1 上划出墙板 5、隔板 6、后墙板 11 和三角形肋板 2 的装配位置线,如图 6-10a 所示。

在底板 1 上按位置线装配隔板 6,用 90°角尺测量并矫正其垂直位置后,用定位焊固定,如图 6-10b 所示。

按底板的位置线装配左右两块墙板 5,用 90°角尺矫正其垂直位置后,用定位焊固定,如图 6-10c 所示,并进行墙板内侧与隔板之间等接缝的焊接。

按底板的位置线装配六块三角形肋板 2 和后墙板 11,并在墙板上按图装配颞板 12,用定位焊固定,如图 6-10e 所示。

按图样在墙板上分别装配左右加强肋 4、台板 3、后台板 10,用定位焊固定。然后装座板 8,使其与后台板垂直;再装上座板 7 和垫板 9,用定位焊固定,如图 6-10f 所示。最后按要求焊接所有焊缝。

三、箱体的装配

如图 6-11 所示为小型工具箱的外形,它由顶板 1、箱壁 2、门 3、底板 4 和箱脚 5 等组成。对于尺寸较小的箱体,箱壁通常用一块板料制成;尺寸较大的箱体,箱壁则需用两块以上的板料制成。由于工具箱尺寸较小,箱壁一般采用一块板料制作。工具箱顶板和底板的形状、尺寸均相同。

工具箱制作时,先加工各零部件,而后装焊成整体,其制作方法如下:

1. 根据图样将顶板(或底板)、箱壁、门和箱脚分别展开放样,其结合部位切口如图 6-12 所示。

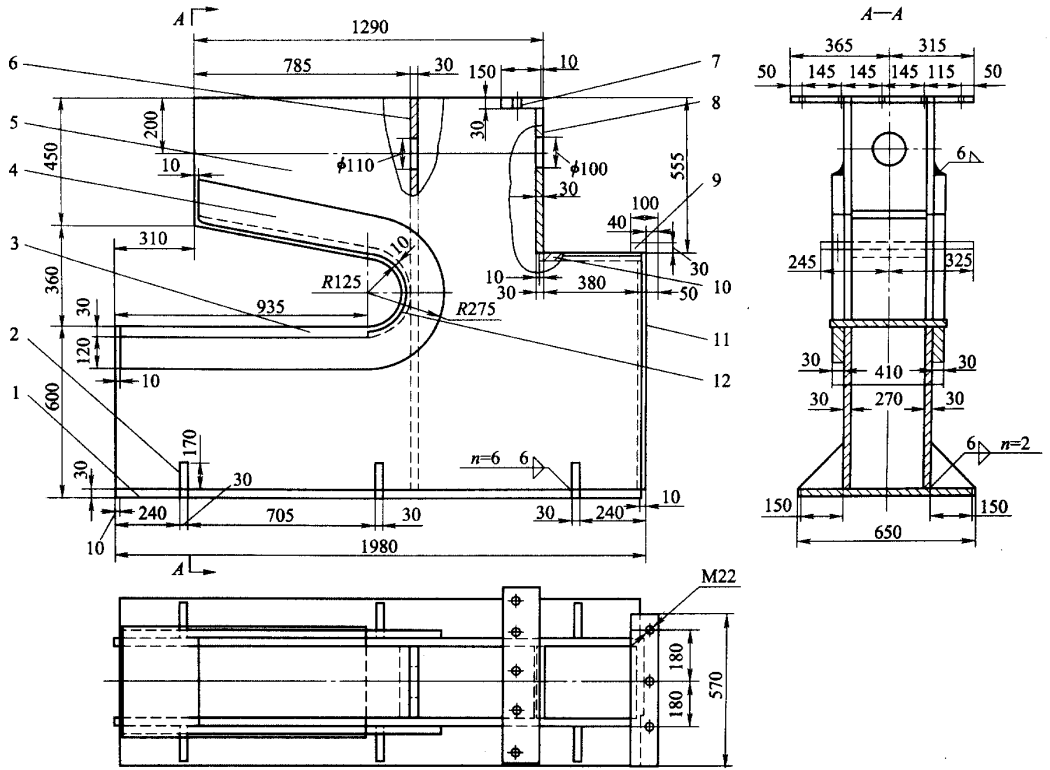


图 6-9 剪板机机架结构

- 1-底板 2-三角形肋板 3-台板 4-加强肋 5-墙板 6-隔板
7-上座板 8-座板 9-垫板 10-后台板 11-后墙板 12-顎板

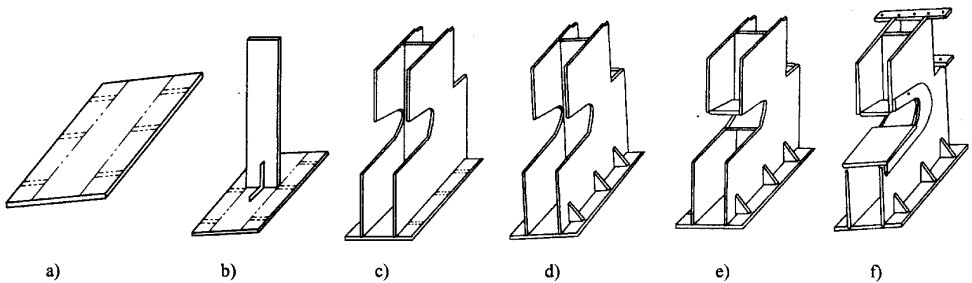


图 6-10 机架装焊过程

- a) 划装配位置线 b) 装配隔板 c) 装配墙板
e) 装配肋板等 f) 装配加强肋等

2. 将剪切后的顶板、底板、箱壁、门等坯料分别折弯成形,折弯顺序一般为先两边后中间。

3. 将顶板 1、底板 4 嵌入箱壁 2 中,用 90°角尺检测,使箱壁分别与顶板、底板成直角,定位后焊接。再将底板朝上,以箱壁为基准安装箱脚 5,定位后焊接。

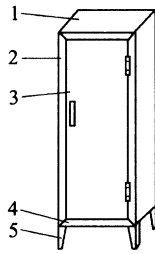


图 6-11 工具箱

1-顶板 2-箱壁 3-门 4-底板 5-箱脚

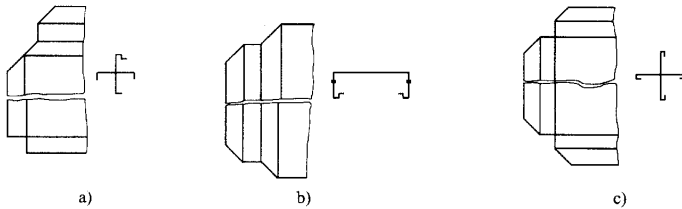


图 6-12 结合部位切口示意图

a)顶板和底板切口 b)箱壁切口 c)门切口

4. 将门 3 放入箱体门框中,调整门与框的间隙,装上铰链、门把手等,最后进行修整,磨平焊缝。

四、低压容器装配

1. 储气罐装配

储气罐是在常温下工作的压力容器,它由筒体、封头和支脚等构成,如图 6-13 所示。制作时,先分别加工各零件,然后再按技术要求装配焊接而成。

封头 1、5 按图样尺寸计算毛坯直径,划线、气割后采用热压(水压或油压)成形,并按封头高度尺寸割去余量,开坡口。封头 5 成形后,还要在中部加工出与接管连接的孔。

筒体 4 制作时,按图样尺寸展开放样,然后切割、开坡口、滚弯成形,并装焊筒体的纵缝,焊接后应矫圆,再按图样要求加工出连接孔。

封头和筒体上的接管均采用 $\phi 32 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 的钢管,经划线、锯割而成,法兰则用钢板经号料、气割、车削、钻孔等工艺加工而成。

支脚由钢板 6、7、8 等组成,其制作经放样、号料、切割、矫平等工艺。

储气罐的装配由零部件装配和总装两部分组成,其装配焊接工艺见表 6-2。

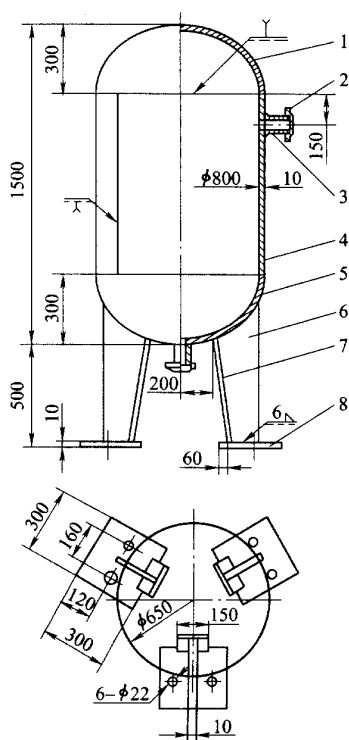


图 6-13 储气罐

1、5-封头 2-法兰 3-接管
4-筒体 6、7、8-支脚

表 6-2

储气罐的装配焊接工艺

名称		装配方法	简要说明
零部件的装配	法兰与接管的装配	立装	将法兰 2 置于平台上,装上接管 3,检测垂直度。定位焊固定,并焊接
	支脚的装配	划线装配	划线定位,装配 6、7 和 8,用 90°角尺校验垂直度,支脚的倾斜角度用角度样板来确定。定位焊固定,并焊接
	纵缝的装配	卧装	用螺旋拉紧器或杠杆—螺旋拉紧器等夹具装配纵缝,使装配间隙等达到技术要求。定位焊固定,并焊接
	环缝的装配	卧装	将筒体 4 卧放在滚轮架上,装配封头 1、5。定位焊固定,并焊接

名 称		装配方法	简要说明
总装	筒体与接管 的装配	卧装	将接管 3 装配于筒体 4 上 ,测量法兰端平面与筒身的同轴度和垂直度。定位焊固定 ,并焊接
	筒体与支 脚的装配	立装	将支脚按图样尺寸和技术要求固定于平台上 ,修正接合线 ,吊入筒体 ,调整筒体的垂直度和接管方向。定位焊固定 ,并焊接

储气罐内具有一定的压力 ,因此装焊后需做水压试验 ,检验焊缝的致密性和强度 ,以保证储气罐的质量。

2. 管排的装配

管排主要由多根管子组成 ,如图 6-14 所示 ,其中的过热器、省煤器管排中注入水后 ,通过燃煤(气或油)加热 ,加热的水进入汽包产生蒸汽 ,蒸汽用来发电。管排一般由五根(或多根)管子组合而成 ,其材料的选择取决于其承受的压力和受热面的程度 ,如典型的 20g 碳素钢或 12Cr1MoVG 是发电锅炉里管子常用的材料。有时由于受热面不一样 ,一组管排内的一根管子也会由多种材料焊接而成 ,并且管排中一根管子也会由不同直径的管子通过缩颈、墩厚和焊接而成 ,如图 6-14a、b 所示。

管排中的管子常常由多根管子弯曲而成(亦称蛇形管) ,蛇形管用弯管机进行弯制的 ,而管子的弯曲程度是由弯曲半径 R 决定的 ,由于弯曲半径不同 ,因此弯管机所选取的弯模、滚轮、夹块、样板也不同。有时一组管排由多种弯曲半径 R 组合而成 ,这样弯管时要配备几副弯模 ,因此相应的滚轮等也各不相同 ,对应的弯管直段也不相同(两滚轮之间的中心距离称为直段) ,直段长度一般至少应取 80~100mm 或 100~150mm。特别是在起弯段和结束段 ,直段更不能太短 ,否则就不能进行弯管(如图 6-15 所示) ,有时为了方便弯管应尽可能多放些余量。

管排的展开长度较长时 ,可由数根管子相接 ,并采用先拼接再弯管的方法 ,与边弯边拼接相比 ,操作方便 ,且易于保证接头的质量。

接头位置不能位于弯曲部位 ,应距弯曲合线 100~150mm 以外 ,因为弯管机两滚轮的距离至少为 100~150mm ,并且要考虑防止弯管时接头开裂。

管子弯制时 ,必须根据直径和弯曲半径 R 来选择专用的弯管模。

单根管子弯成后 ,为防止管子在弯管后回弹 ,可过弯一些。待弯好后 ,再用专用样板检查是否达到所需的弯曲半径。

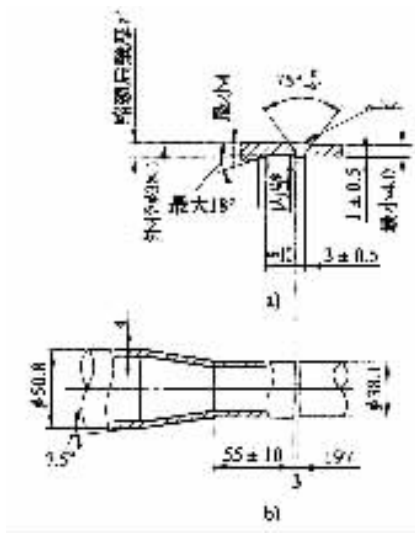


图 6-14 管排的缩颈和壁厚

a)管子的缩颈 b)管子的壁厚

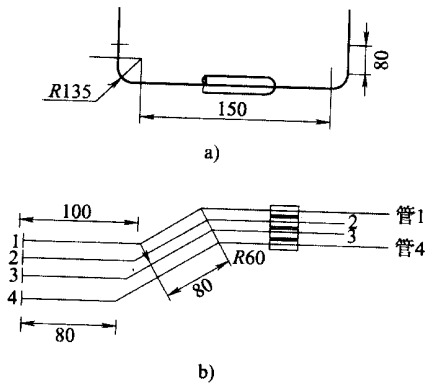


图 6-15 弯管机弯管的直段

a)直段大于 100~150mm b)直段小于 100~150mm

第七章 高级装配技术工艺 及图集典范

第一节 装配的工艺要领

一、装配的准备工作

1. 熟悉图样

装配前首先熟悉零部件图和总装图,根据图样上的技术要求,理解产品的特性和用途。了解各零部件之间的位置和相对位置、尺寸和连接方法。然后确定装配方法。同时选择好装配基准面和装配工夹具。

2. 划分部件

装配图样是一个完整的总体,它是由一系列的零件和部件构成,对于大型复杂的产品,一般是将它分成若干个部件,这样可以减少总装时间。将各部件装配和焊接后再进行总装,总装中配备手工电弧焊、自动焊和相应的其他焊接方法,采取相应的装配方法,并尽量采取模块装配方法,从而提高生产精度,保证产品质量。

3. 装配现场设置

装配现场应首先进行清理打扫,注意安全生产,地面应平整,便于安装装配平台。过道要畅通,零部件应堆放整齐,保证运输车辆通行无阻,起重机械的起吊视线清晰。工具、电弧焊机、气割设备和各种辅助设备的配置要排列有序,以便于装配工作中各个环节的顺利进行。

4. 零部件质量的检查

装配前,除了应核对零部件的材料之外,还应检查零部件的尺寸,检查零部件的直线度、平面度、测量对角线,检查弧形零件的弯曲尺寸,并根据工艺要求,留出加工余量。零件接口处应尽量去除铁锈、毛刺、油污和其他脏物。

二、装配的工艺要领

冷作钣金产品的装配工作是由许多零部件组合而成的,有一定的精度和技术要求。将零部件连接或固定的过程中掌握装配的工艺要领是非常重要的,装配中要注意以下几点:

1. 熟悉图样

熟悉图样很重要,要仔细阅读图样,注意每一个构件在图样中的位置、尺寸、作用,以及与其前后左右相应构件的连接方法。以便制定出妥善、合理的装配方案,配备与之相适应的工、夹、模具和装配场地。

2. 掌握图样

掌握图样就是在装配工作中要掌握图样中的技术要求和精度要求,结合产品的实际情况,了解产品中各种材料的性能,掌握各种材料的加工方法(包括冷加工和热加工),熟悉产品定额、工艺路线,以配备与装配相适应的工装设备和电气设备。

3. 严格地按照工艺路线

按照工艺路线有序地进行实际操作和装配,掌握装配连接(如焊接、铆接、螺纹连接、胀接等)中的应力变形,配备适当的专用或通用工夹具,采用机械化、自动化的装配技术,以防止连接后的变形和减少矫正的工作量,提高产品质量和生产效率。

4. 加强装配中各种材料的管理

注意每一个加工环节的质量检验,采用先进的无损探伤检查和光谱分析技术,对重要的装配环节可进行试样检验,试样分析。必要时,可将不可拆连接改为可拆连接或临时可拆连接,在厂内试装,力求完善。

第二节 机架的装配工艺

一、支座的装配

如图 7-1 所示为装置在筒体外壁的支承式支座,它与筒体装焊在一起,支座由底板 1、肋板 2 和垫板 3 组成。支座因装焊于筒体外壁,所以垫板的曲率半径必须与筒体一致。如果整个支座全部装焊后再与筒体组装,由于装焊过程中垫板的曲率会发生焊接变形,造成垫板与筒体不能密合,此时再矫正曲率就非常困难,所以垫板与筒体必须先装焊,然后与底板的组件组装。

1. 底板的加工图样及制造工艺表

底板的加工图样及制造工艺表如图 7-2 所示。

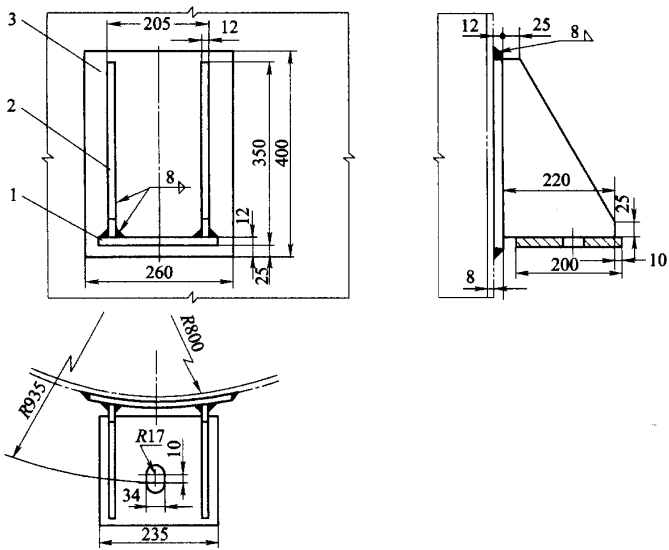


图 7-1 支承式支座

1-底板 2-肋板 3-垫板

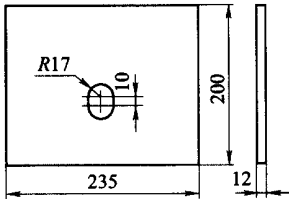


图 7-2 底板的加工工艺

工序号	工 种	工序内容	备 注
10	备料工	划线可按实际尺寸在原材料上划线	内孔可气割
20	剪板工	剪切	
30	矫正工	矫正	
40	孔加工	钻工	

2. 肋板的加工图样及制造工艺表

肋板的加工图样及制造工艺表如图 7-3 所示。

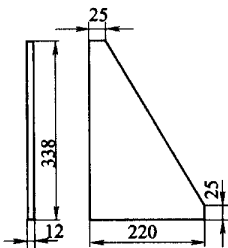
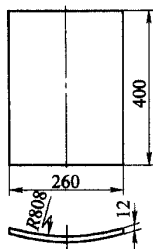


图 7-3 肋板的加工工艺

工序号	工 种	工序内容	备 注
10	放样工	放样 并制作样板	可气割
20	划线工	号料可按样板划线	
30	剪板工	剪切	
40	矫正工	矫平	

3. 垫板的加工图样及制造工艺表

垫板的加工图样及制造工艺表如图 7-4 所示。

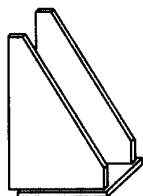


工序号	工 种	工序内容	备 注
10	划线工	划线	可气割 厚板可热卷
20	剪板工	剪切	
30	卷板工	卷板	

图 7-4 垫板的加工工艺

4. 支承式支座组装图样及装焊工艺表

支承式支座组装图样及装焊工艺表如图 7-5 所示。



工序号	工 种	工序内容	备 注
10	冷作钣金工	在底板上划出肋板的位置线，并定位装焊	测量垂直度
20	冷作钣金工	将垫板装于筒体上	
30	冷作钣金工	组装	

图 7-5 支承式支座组装工艺

二、电动机底座

如图 7-6 所示为电动机底座，它由底板 10、立板 5、11、肋板 3、7、8 和面板 2、4 组成；底座的 A 平面安装电动机，B 平面安装减速箱，底平面 C 安装在基础上。

1. 电动机底座零件的制造工艺

电动机底座零件的制造工艺见表 7-1。

表 7-1 电动机底座零件的制造工艺

零件号	名 称	材 料	数 量	零件尺寸(mm)	加工工艺
1	垫板	Q235	4	16×80×410	划线、气割、矫正
2	面板		1	10×330×430	划线、剪切、矫正
3	肋板		4	6×114×230	划线、剪切、矫正
4	面板		1	10×795×1 202	划线、剪切、矫正
5	立板		2	6×105×1 202	划线、剪切、矫正
6	垫板		4	16×100×1 182	划线、气割、矫正
7	立板		2	6×190×230	划线、剪切、矫正
8	肋板		10	6×44×105	划线、剪切、矫正
9	立板		2	6×105×230	划线、剪切、矫正
10	底板		1	10×1 125×1 202	划线、剪切、矫正
11	立板		2	6×230×839	划线、剪切、矫正

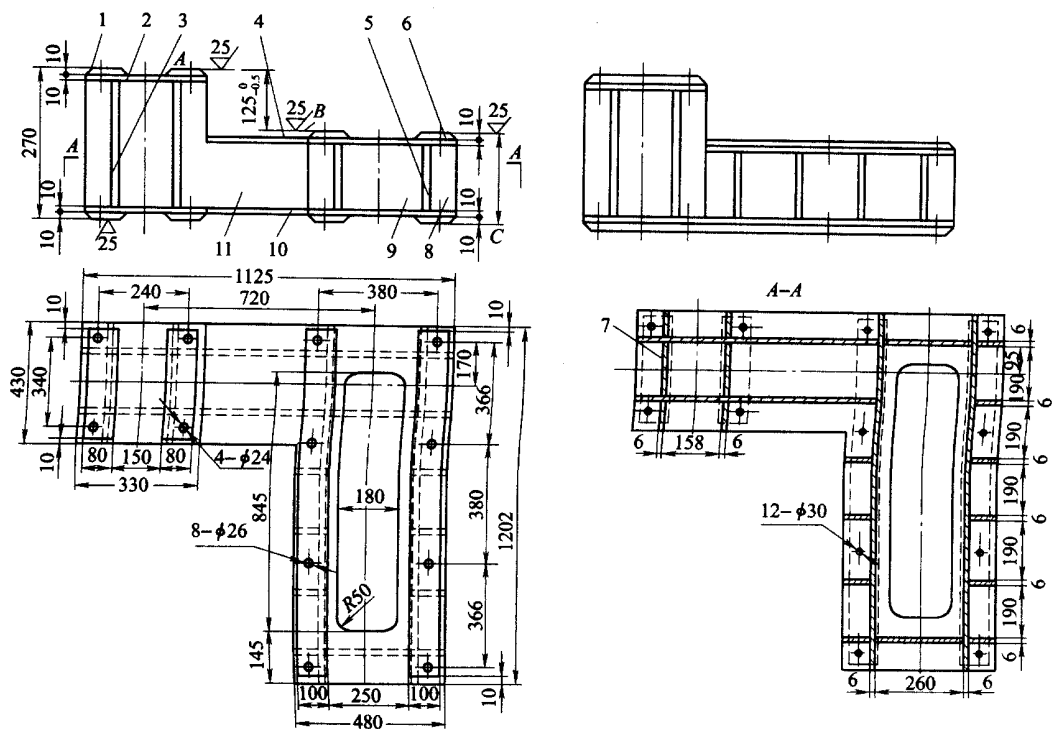


图 7-6 电动机底座

1、6-垫板 2、4-面板 3、6-肋板 5、7、9、11-立板 10-底板

2. 电动机底座的装焊工艺

电动机底座的装焊工艺见表 7-2 ,装配图如图 7-7 所示。

表 7-2 电动机底座的装焊工艺

工序号	名称	简要说明
1	装立板 5、11	以底板 10 为基准 ,划出立板 5、11 及肋板 3、7、8、9 的位置线 ,按线装配立板 5、11 ,并定位焊
2	装立板 7、9 和肋板 3、8	在底板 10 上 ,按线装配立板 7、9 ,肋板 3、8 ,并定位焊 ,如图 7-7a 所示
3	装面板 2、4	在上述装配的基础上 ,分别装面板 2、4 ,如图 7-7b 所示
4	装垫板 1、6	在面板 2、4 和底板 10 上 ,划出垫板 1、6 的位置线 ,然后按线装配并定位焊 ,如图 7-7c 所示
5	焊接	焊接各焊缝 ,焊缝高为薄件的厚度
6	热处理	消除焊接应力
7	整形	矫正装焊过程中的变形 ,然后冷作钣金加工至要求的尺寸

3. 工艺分析

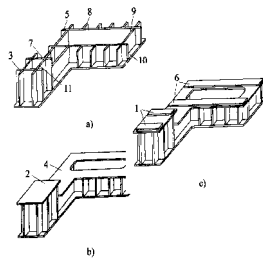


图 7-7 电动机底座
座的装配

a) 装主板与肋板 b)
装面板 c) 装垫板

(1) 垫板 1、6 需加工,所以在厚度方向需加放 5~6mm 的加工余量。

(2) A、B 两平面之间的高度为 $125_{-0.5}^0$ mm,由切削加工达到;A、C 两面的高度尺寸 270mm,由肋板 3、立板 7、11 与立板的高度尺寸保证;B、C 两平面之间的高度尺寸 145mm,由立板 5、9 与肋板 8 的高度尺寸保证。

(3) 底座 A、B 两顶面不在同一平面上,而底面 C 为平面,所以装配时只能以底板 10 为基准。

(4) 在底板 10 上装配立板与肋板时,应先装配立板,后装肋板,才能保证装配的精度。

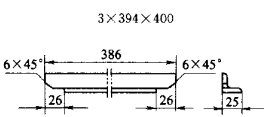
三、箱、门的装配工艺

1. 油箱

油箱用于储存柴油、润滑油等液体,一般采用低碳钢板制作。箱体壁板可采用折弯结构,也可采用角接头形式。油箱箱盖箱体顶部用螺钉连接,因而箱体顶部法兰一般用厚为 10mm 以上中厚钢板制成,也可采用如图 7-8 所示的角钢内侧加焊垫块的结构形式。

(1) 油箱零件的制造工艺

油箱零件的制造工艺见表 7-3。

零件号	名称	材料	数量	零件尺寸(mm)	加工工艺
9	钢板	Q235	2	3 × 394 × 400	划线、剪切、矫平
10	角钢	Q235	2		划线、气割(冲裁)、矫直

(2) 油箱的装焊工艺

油箱的装焊工艺见表 7-4。

表 7-4

油箱的装焊工艺

工序号	名称	简要说明
1	划线	在装配平台上划出钢板 4、5、9 的位置线,在角钢 1、10 上分别划出钢板 2 的位置线,在钢板 5 上划出油标座 3 与放油孔座 7 的位置线
2	组装角钢 1、钢板 2,角钢 10、钢板 2 和钢板 5、油标座 3、放油孔座 7	按图样所示尺寸,在角钢 1、10 上分别装配钢板 2,在钢板 5 上装配油标座 3 与放油孔座 7,并定位焊
3	焊接	分别焊接组合件角钢 1、钢板 2,角钢 10、钢板 2 和组合件钢板 5、油标座 3、放油孔座 7 的焊缝
4	矫正	矫正上述组合件的焊接变形
5	装钢板 4、5、9	按图示尺寸装配钢板 4、5、9(角对角),并定位焊
6	划线	在钢板 4、5、9 的内侧面划出角钢 1、10 和钢板 6 的位置线
7	预焊接	将钢板 4、5、9 和角钢 1、10 与钢板 6 接触部位焊缝预焊接
8	装角钢 1、钢板 2 和角钢 10、钢板 2 组件及钢板 6	在钢板 4、5、9 的内侧装配角钢 1、10 的组件和钢板 6,钢板 6 向钢板 5 一边倾斜,并定位焊
9	装角钢 8	在钢板 4、5、9 的底端装配角钢 8 的角钢脚,并定位焊
10	焊接	按图样所示要求,焊接各条焊缝,全部连续焊
11	矫正	整体焊接后,矫正焊接变形
12	试漏检查	用盛水或涂煤油试验等方法检验焊缝的密封性

(3) 工艺分析

1) 油箱为常压储液容器,箱体焊接要求密封,所以需经致密性核实验。

2) 钢板 4、5、9 和角钢 1、10 与钢板 6 的接触部分, 因相互覆盖的因素, 焊缝无法焊接, 所以在两者装配前, 应先将接触部位那一段焊缝(长度 50 mm)先焊接好后再装配。

3) 角钢 1、10 内侧的钢板 2 的凸台, 用于钻、攻螺孔(连接油箱盖), 以增加螺孔的深度, 提高连接的强度, 由于总装后两者间的焊缝无法焊接, 所以应先装焊、矫平。

4) 由于油箱的尺寸不大, 也可以在箱体装焊、矫正后, 再划出油标座 3、放油孔座 7 的位置线并开孔, 这样能保证油标座 3、放油孔座 7 尺寸的准确度。

2. 汽车储气筒门骨架

汽车储气筒门(骨架)是由钢板折弯成的上部骨架、下部骨架、右部骨架、中部骨架组装而成, 如图 7-9 所示。其中左、右部分对称布置, 在汽车的组装中应用极为广泛。上部骨架如图 7-10 所示, 中部骨架如图 7-11 所示, 左、右侧骨架如图 7-12 所示, 下部骨架如图 7-13 所示。汽车储气筒门的装配工艺如下:

1) 左、右侧骨架和下部骨架定位焊时, 最好在平台上放样, 打样冲眼, 并焊上定位挡铁。这样只要将三部分骨架放置于挡铁之内即可组装。

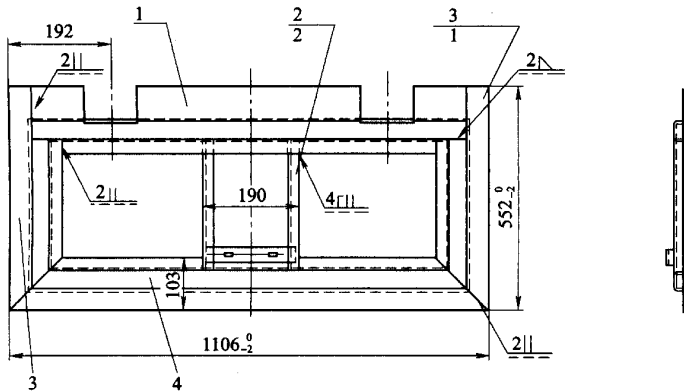


图 7-9 汽车储气筒门骨架

1 - 上部骨架 2 - 中部骨架 3 - 左、右侧骨架 4 - 下部骨架

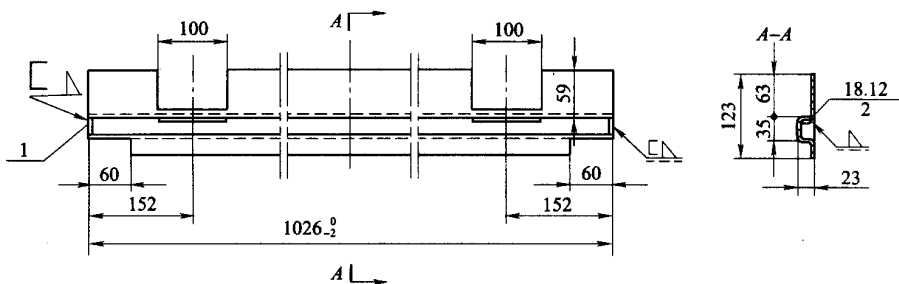


图 7-10 上部骨架

2) 这三部分骨架摆好之后, 最后用弓形架定位, 再定位焊, 这样能保证尺寸要求和装配精度。

3) 装配上部骨架时, 也可采用在平台上装焊定位挡铁和用弓形夹具加固的方法, 可保

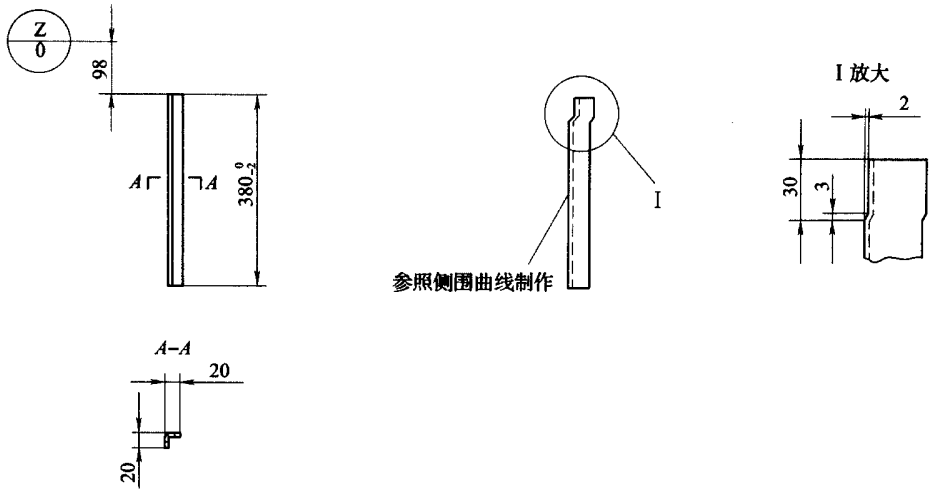


图 7-11 中部骨架

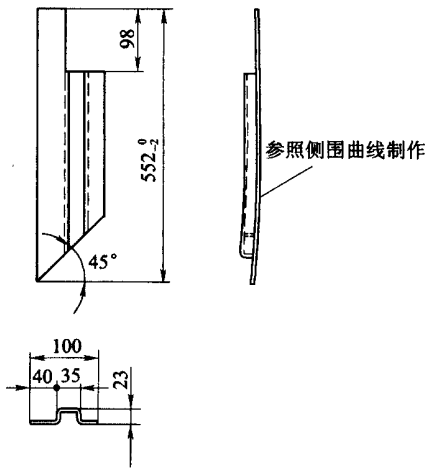


图 7-12 左、右侧骨架

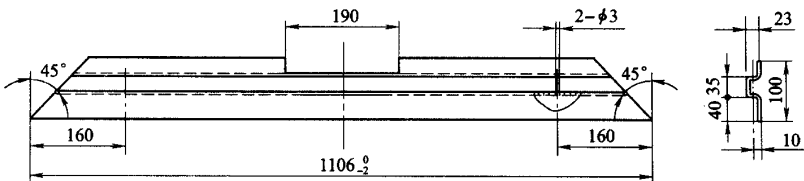


图 7-13 下部骨架

证对角线的精确度,然后再定位焊。

4) 整个框架焊好后,弓形夹具暂时不要拆除,待装配好中部骨架之后,再拆除,这样可以把焊接变形减少至最少。

5) 拆除弓形夹具后,再进行整体矫正,并修磨至平整为止。

四、中压、高压容器的装配工艺

中压容器多数制成圆柱形或球形,它除了承受内部盛放的介质压力(除工作压力外,还承受自重和其他附加设备重力的作用力),有时还受到高温或者烟气的作用,随着使用的场合及工作压力的不同,容器就制成不同的形状及大小。如果容器的壁厚不变,而形状和大小改变时均能影响承受压力的大小。

球形容器由于各点的应力均匀,所以各条拼接焊缝所受的力基本相等,同样的容积所用的材料最少(表面积最小),强度又最好。由于球形容器制造比较复杂,所以除特殊场合外,一般都以圆柱形容器代替。圆柱形容器受力不均匀,根据受力分析,纵向焊缝所受到的应力要比环向焊缝以应力大1倍,所以在制造过程中对纵向焊缝的质量要特别重视。

1. 压力容器的分类

(1)根据压力容器工作压力的高低,可分为低压、中压、高压和超高压,见表7-5。

表7-5 容器压力等级的划分

容器压力等级	低压容器	中压容器	高压容器	超高压容器
规定压力范围(MPa)	$0.1 < p < 1.6$	$1.6 < p < 10$	$10 < p < 100$	$p \geq 100$

(2)根据容器壳体结构层数的多少,可分为单层容器和多层容器两种。

2. 中压容器的制造工艺

现以压缩空气储气罐的制造工艺为例进行介绍。压缩空气通常都储存在一个压缩空气储气罐内,如图7-14所示,然后再由出气管道输送到需要的地方使用,一般它具有储存和稳压作用,并利用扩容和离心力的作用分离出压缩空气中的油和水分,利用排污管排除积水。

储气罐的制造工艺流程如图7-15所示。

(1)封头的加工

它应尽可能地采用整块钢板制成,如没有整块材料(或压力较小的封头),可用X形坡口将两半块半圆形钢板拼焊而成。但是,拼缝位置必须布置在直径或弦的方向,并且拼缝离封头的中心距离不应超过 $D/5$ (D 为封头直径)如图7-16所示。

因为在这个区域范围,压延时受到的拉应力转角外小些,所以焊缝边缘开裂的可能性就小。另外,由于毛坯较薄,为了减少皱褶和鼓包,除采用压边圈外,还应将毛坯边缘的拼缝高出钢板的部分磨平,如图7-17所示。

压制时,应根据封头的材料对模具表面涂上合适的润滑剂,这样既能延长模具使用寿命,又能使封头质量得到提高。

储气罐封头材料若为碳素钢(若又较薄)可采冷压成形(水压或油压);材料若为低合金钢等(且较厚时)可采用热压成形。加热温度一般为 $700^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$,成形后清除氧化皮并开出焊接坡口,再仔细检查质量,不允许有凸起、凹陷、刻痕等缺陷。

(2)筒体钢板的加工工艺

筒体钢板对低压、中压容器(因钢板较薄),所以采用冷卷(当 $t < D/40$)。卷板时,应注意预弯、对中、卷圆三个步骤,并应严格注意对中,即钢板的纵向中心线与辊筒轴线保持

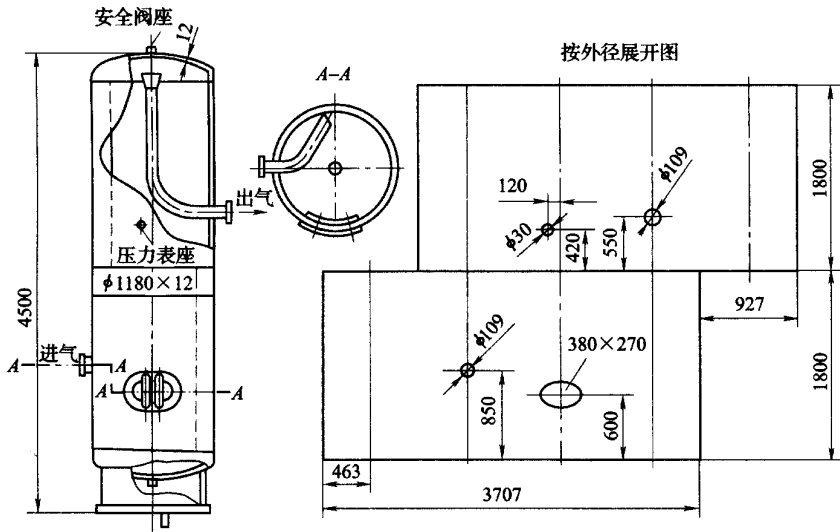


图 7-14 压缩空气储气罐

平行,否则会产生歪扭,尤其对四周坡口已加工的钢板,更应注意这一点。

两筒节纵缝应错开距离。若钢板尺寸不够需要拼接时,每一筒节只允许有两条纵缝(即允许两块拼成),但要注意新增加的纵缝位置应远离管孔和相邻筒节的纵缝,相互错开的距离应大于3倍筒节的壁厚,且不小于100mm,筒节上管孔中心线距纵向扩环向(横向)焊缝边缘的距离不小于管孔直径的0.8倍,如图7-18所示。

另外,为了防止在卷板过程中产生裂缝,在下料时应尽可能消除会导致应力集中的因素,尽量使毛坯弯曲线和钢板轧制纤维方向垂直,如图7-19a所示;最大夹角也应小于 45° ,如图7-19b所示。

(3) 组装

由于冷作钣金加工零件的精度低,互换性差,所以在环缝摆搭装焊前,要对封头和相应的每个筒节进行编号,在环缝处用卷尺测量周长,并标注所测得的尺寸,然后根据测量的结果进行选配。特别是对两块钢板拼接的筒节,还应注意筒节的纵缝位置,避免将纵缝布置在禁忌的位置上,从而造成废品。

环缝摆搭装配时,将相配的两端周长之差除以 π (圆周率),即得出两者直径的差值,用该值的 $1/2$ (即 $\Delta D/2$)来控制错边量,这样就能达到满意的装配精度。

3. 高压容器的制造工艺

近年来,石油、化工、锅炉等设备都在向大容量、高参数(高压、高温)发展,因此高压容器的容量也越来越大,温度和压力越来越高。在这样的情况下,再使用碳素钢和低合金钢制造,就难以适应这个要求,所以必须采用低合金高强度、超高强度和抗氢、耐蠕变等钢材。高压容器大体上分单层结构和多层结构两大类,每大类又分几种不同的制造方法。

一般较小的筒体制造方法是以整体锻成。随着焊接技术的发展,锻造和焊接相结合就出现锻焊结构。然而在大型容器方面,因为单层结构制造工艺比较简单,或由于本身结构的需要,有些国家仍采用单层结构,像电站锅炉汽包就是如此。

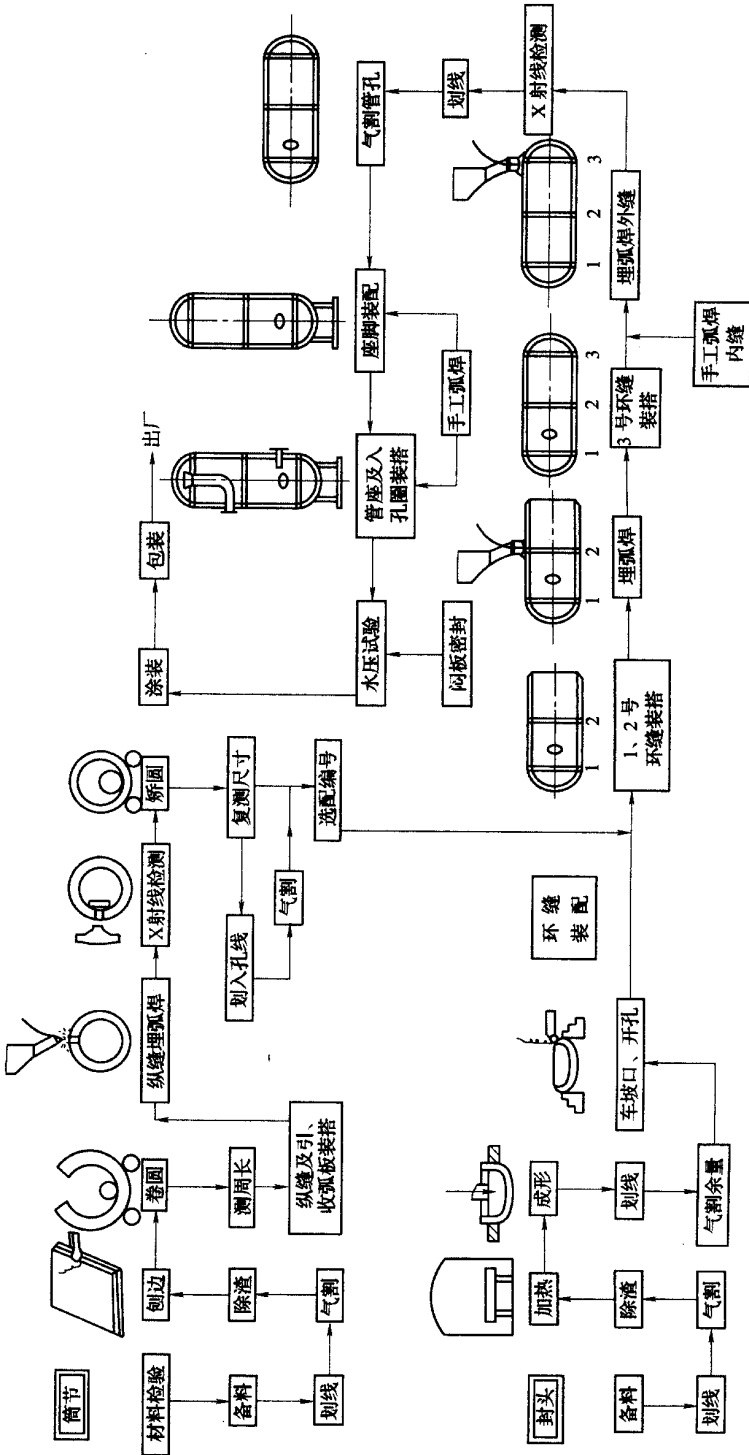


图 7-15 储气罐的制造工艺流程图

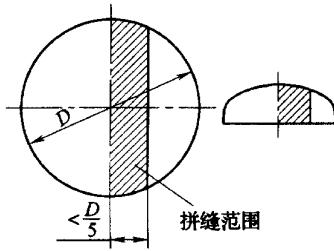


图 7-16 封头毛坯拼缝范围

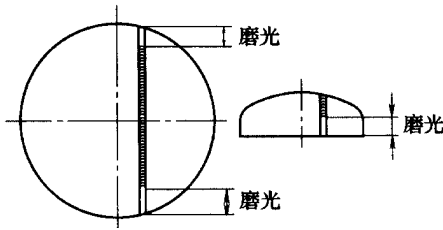


图 7-17 磨光拼焊缝的两端

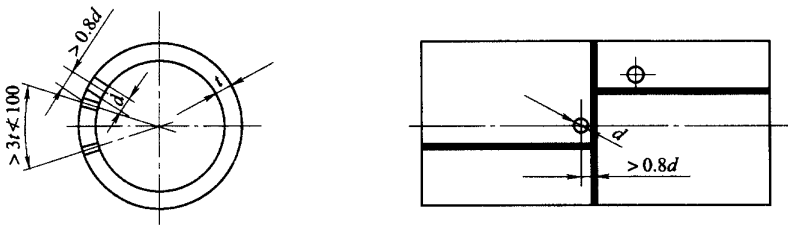


图 7-18 焊缝与管孔及焊缝距离

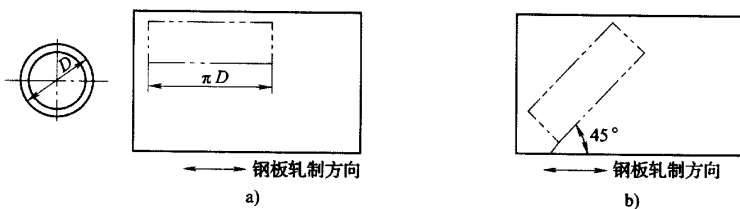


图 7-19 毛坯弯曲与钢板轧制方向

a)最佳下料方向 b)下料方向极限位置

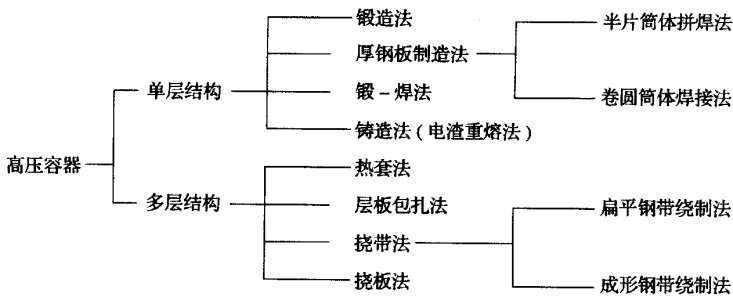
(1) 12.5 万千瓦发电机组汽包制造工艺

汽包是电站锅炉的主件,主要作用是集汽和汽水分离,所用材料为合金结构钢,厚度为 75~80mm。该材料工艺性较差,曾由于工艺不够严谨,而在水压试验时即产生爆裂,因此制造时每道工序必须严格按工艺卡进行。它的制造如图 7-20 所示。

(2) 工艺分析

一般严重的内在质量事故,多数是由于对关键工艺没有掌握,具体施工过程中又没有严格按工艺卡的规定执行等原因所造成。

该汽包由于工作时,承受高温高压,壁厚较厚,必须在热态下进行加工,加上材料的工



艺性能又差 加热温度过高、过低 加热及冷却速度的过快、过慢 都会导致金属组织内部发生变化 尤其是冷裂缝或热裂缝更会引起应力集中。随着时间的增长 裂缝逐步扩展 如未能及时发现 就会酿成重大的爆炸事故。所以 制造时必须注意以下几点：

1) 试样板。为了及时发现和防止金属内部产生缺陷 除进行必要的无损探伤外 还需要做好试样板的试样工作 利用试样板跟着产品一起进行加热、焊接、热处理等工艺。通过对试样板进行机械性能试验 得知产品在加工过程中金属内部的变化情况。

首先 试样板应取于与工件同一块母材 取样位置不宜在钢板的边缘上 因为钢板边缘存在缺陷的可能性较大 否则试样的结果就不真实。

试样板必须随炉加热或热处理 在炉子中放置的位置 应放在加热或热处理过程中产品最容易发生问题的地方。

其次 取纵缝电流焊试样板 75mm × 200mm × 700mm 四块 环缝埋弧自动焊试样板同样尺寸两块。封头及筒节试样板各一块 引、熄弧板每一节为两块 尺寸为 80mm × 200mm × 200mm。另外 用于装搭环缝的定位块 50mm × 80mm × 3 500mm 一块 此材料用 Q235 钢 先用刨床加工成相同截面的 U 形坡口 然后再载成一块备用。

电渣焊时四块(两副)试样板与产品相同规范焊接 并同炉处理。超声及磁粉检查也和筒节时进行。最后 一副做全部机械性试验 另一副留待与汽包全部加工完成最终热处理后 复核机械性能 其他试样方法与此类似。

2) 防氧化处理。为了防止金属加热时表面产生氧化 加热前先将钢板表面喷砂 除去原来的氧化皮 然后用蒸馏水把 1306 涂料调成糊状 涂覆于清洁的表面 自然待干。一般干燥时间约半天以上 如遇下雨天气 时间还需适当延长。

钢板或工件装炉时 需注意涂层不能直接接触耐火砖 应用铁板衬垫隔开 加热火焰也不能直接喷射在钢板的表面上。

3) 预热。零件与本体装焊时 虽然只是一些定位焊接 如果不注意预热 将会在焊点周围产生微裂纹 导致应力集中 促使裂纹扩展造成破坏。

预热时 预热温度控制在 $\geq 200^{\circ}\text{C}$ 局部预热范围从焊缝边缘开始 宽度 $\geq 250\text{mm}$ 。预热时 可以用煤气或油喷燃器 也可用远红外发生器装置等加热。

4) 去氢处理。筒节纵缝电渣焊焊受后 应立即进行一次正火 随后立即再进行二次正火 乘热态进行复矫圆。空冷后 接着进行回火处理。这样连续进行热处理的目的 主要是为了去除钢材中的氢气。

因为钢板厚度较大 特别是大型锻件的内部 有时会出现“白点”的缺陷 形成这种缺

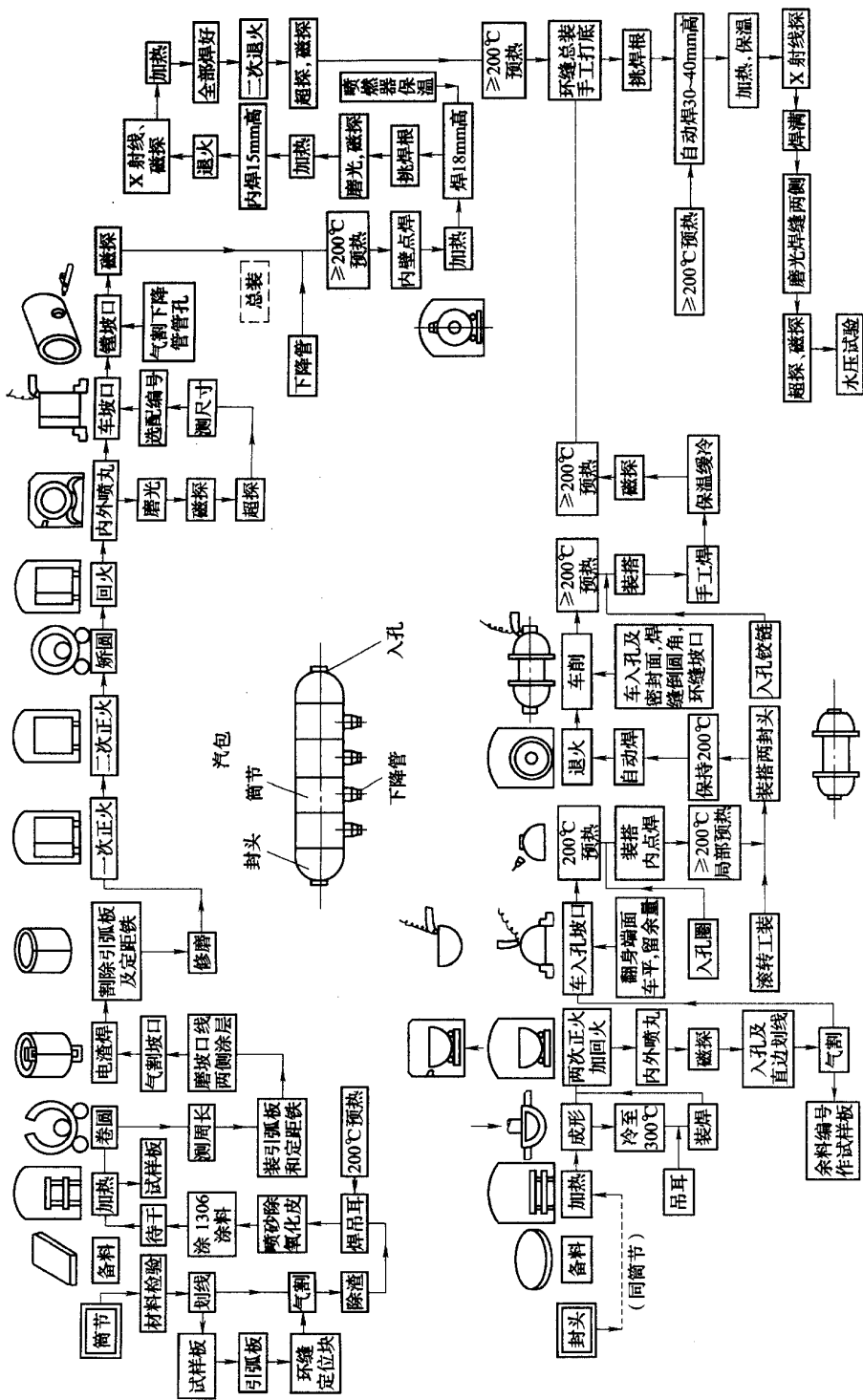


图 7-20 12.5 万千瓦发电机组汽包工艺流程图

陷的原因很多,一般认为钢材中的氢气含量是形成“白点”的主要原因。当温度在 200°C 以下,由于氢气的聚集和钢的收缩,在钢的内部引起很高的压力,它引起的应力超过钢的抗拉强度,从而使钢内部发生破裂,出现“白点”缺陷。如果将钢加热到 650°C 左右时,由于塑性变形的能力提高,就不会因氢气的聚集而造成很高的内压力,同时氢的扩散速度也显著增加,于是等温时析出的氢原子便向外扩散,最后在钢的表面处结合成氢分子而逸出。

因此,加温过程实际上是氢的扩散过程,钢材越厚从内部扩散到表面的时间越长。对高合金钢来说,重复一次处理更有必要,这就是采用两次正火再加回火的主要原因。

5)水压试验。汽包水压试验时,必须注意要用蒸馏水(避免氯离子的影响),并且水温需在 500°C 以上。由于汽包上还装有管接头或其他附属装置,所以各部分强度不完全一致,因此在高压试验时,可能导致汽包最弱点产生塑性变形。若变形时,汽包的温度低于裂纹扩展终止温度,就有可能产生脆性破坏的危险,因此水温必须高于汽包材料的脆性转变温度以上。对于壁厚较厚的容器,尤其需要注意这一点。

水压试验时,需分五级升压进行,即为 0 、 0.4MPa 、 5MPa 、 15.5MPa 、 18MPa 、 20.2MPa 。当压力由 0 升到 0.4MPa 时,检查有无渗漏的情况。由 0.4MPa 升到 18MPa 的三级中,每升一级压力后停 2min 。最后压力到达 20.2MPa 时,应维持压力达 5min 。

降压时,速度不宜太快,分四级进行,即 20.2MPa 、 18MPa 、 15.5MPa 、 50MPa ,降压速度应严格控制在每分钟内下降 0.35MPa 以下。

第八章 钣金矫形技术工艺

通常,金属材料的表面和焊接件都存在着不平、弯曲、扭曲、波浪形等的不同变形,会使下料、零件制造和装配成品的尺寸发生偏差,从而影响产品质量。矫形就是消除材料或制件的弯曲、翘曲、凸凹不平等缺陷的加工方法。

一、矫形的原理

1. 变形的原因

金属材料在外力或内应力的作用下,会引起尺寸和形状的改变,即称为变形。

造成变形的原因有:

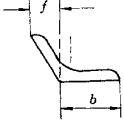
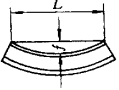
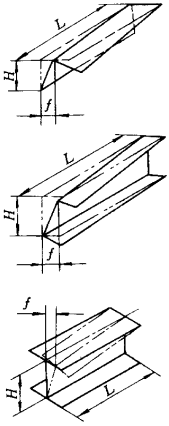
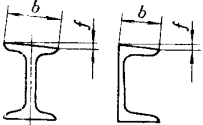
- 1) 金属材料在轧制过程中,可能产生的残留应力而引起的变形。
- 2) 金属材料在加工过程中,受外力(如剪切等)作用、局部受热(如气割、焊接等)等,也会引起变形。
- 3) 金属材料或焊接件因运输、存放不当引起的变形。

2. 矫形原理

(1) 矫形的条件 当钢材或焊接件的变形大于表 8-1 中的允许偏差值时,必须进行矫形。

表 8-1 钢材矫形后的允许偏差值 (mm)

偏差名称	简图	允许偏差值
钢材的局部波浪形、平面度和每米长度内的挠度		在 1m 范围内 $\delta \geq 14 f \leq 1$ $\delta < 14 f \leq 1.5$
角钢的局部波浪形、凹凸不平度及挠度		$f \leq \frac{1}{1000} L$ 且 ≥ 5

偏差名称	简图	允许偏差值	
角钢两翼边的垂直度		当两翼边倾斜不到 90°, 按翼边宽 b 计算, $f \leq \frac{1}{100} b$, 但 $\neq 1.5\text{mm}$ (不等边角钢按长翼边宽度计算)	
槽钢、工字钢挠度		全长挠度 $f \leq \frac{1}{100} L$, 且 $\neq 5$	
角钢、槽钢、工字钢的扭曲		长度 L	型材高度
		≤ 1000	≤ 100 > 100
		$f \leq 1.0$	$f \leq 1.5$
		> 2000	$f \leq \frac{0.5L}{1000}$ $f \leq \frac{0.75L}{1000}$
		但 $f_{\max} \neq 3$	
槽钢、工字钢翼缘的倾斜度		腿宽倾斜 $f < \frac{1}{80} b$	

(2) 矫形原理 金属材料的厚度方向可以被看作由许多层纤维组成。若材料的各层纤维长度在任何一段距离内都相等, 则材料是平直的。若各层纤维长度在某一段距离内不相等, 则材料必然是弯曲的。材料的变形是因为其中一部分纤维与另一部分的纤维长短不一造成的。矫形就是通过外力或加热作用, 使材料变形部分较短的纤维伸长或使较长的纤维缩短, 最后使各层纤维的长度相等。

矫形工作的内容有:

- 1) 在划线、切割前对原材料的矫形。
- 2) 在切割、弯形加工后对零件的矫形。
- 3) 在装配、焊接后, 对零、部件的矫形。
- 4) 对使用以后产生变形的制品进行矫形。

矫形的具体方法很多, 根据矫形时材料的温度, 可分为冷矫形与热矫形两种, 见表 8

- 2.

表 8-2

冷、热矫形的适用范围

矫形方法	适用范围	说明
冷矫形	适用于变形较小,塑料较好的钢材	在常温下进行。如局部反复矫,会产生冷作硬化现象
热矫形	适用变形严重,材料塑性差或制造厂的设备能力不足时使用	将钢材必须加热到 700 ~ 1000℃ 范围内矫形,防止高温烧损和低温脆裂。并注意冷却后的收缩量

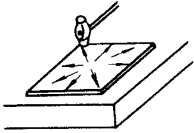
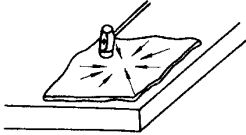
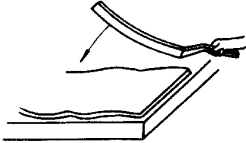
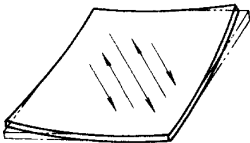
矫形时,根据作用外力的来源与性质分:手工矫形、机械矫形和火焰矫形三种。

二、手工矫形

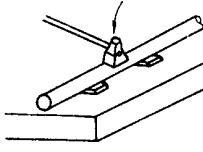
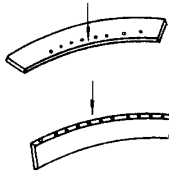
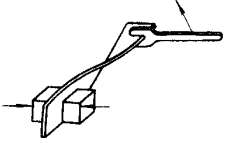
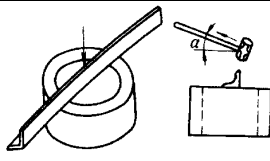
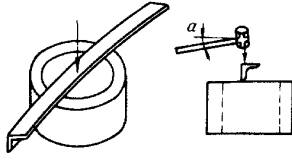
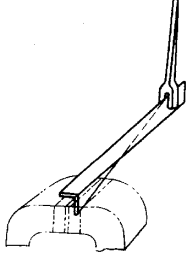
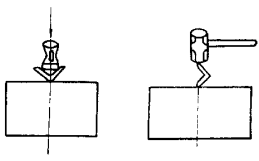
手工矫形由于矫形力小、劳动强度大、效率低,常用于矫形尺寸较小的钢材。手工矫形的方法见表 8-3。

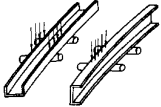
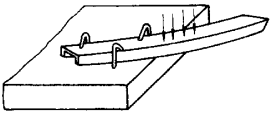
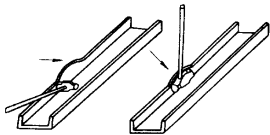
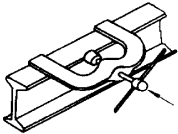
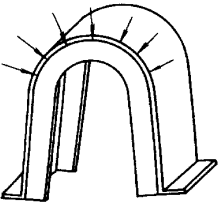
表 8-3

手工矫形

变形名称	简图	矫形要点
中间凸起		锤击由中间逐渐移向四周,锤击力由中间轻至四周重
边缘波浪形		锤击由四周逐渐移向中间,锤击力由四周轻至中间重
纵向波浪形		用拍板抽打,仅适用初矫的薄钢板
薄板 对角翘起		沿无翘起的对角线进行线状锤击,先中间后两侧依次进行锤击,使板料矫平

第八章 钣金矫形工艺技术

变形名称		简图	矫形要点
圆钢	弯曲变形		在弯曲凸部用型锤作衬垫进行锤击
扁钢	旁弯		平放时,锤击弯曲凹部竖放时,锤击弯曲的凸部
	扭曲		将扭曲扁钢的一端固定,另一端用叉形扳手反向扭曲
角钢	外弯		将角钢一翼边固定在平台上,锤击外弯角钢的凸部
	内弯		将内弯角钢一翼边夹入两档铁之间,锤击角钢的凸部
角钢	扭曲		将角钢一端的翼边夹紧,另一端用叉形扳手反向扭曲,最后再用锤矫直
	角变		角钢翼边小于 90° 用型锤扩张角钢内角 角钢翼边大于 90° ,将角钢一翼边固定,锤击另一翼边

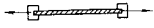
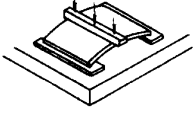
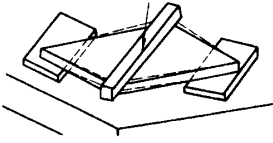
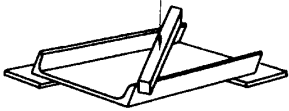
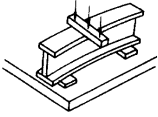
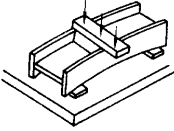
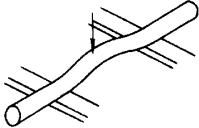
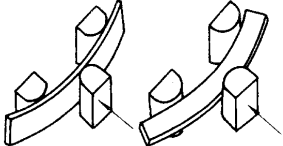
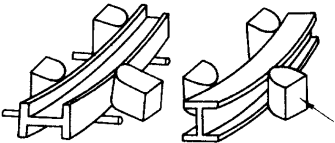
	变形名称	简图	矫形要点
槽钢	弯曲变形		<p>槽钢旁弯,锤击两翼板凸起处;槽钢上拱,锤击靠腹板上拱的凸起处</p>
	扭曲		<p>对于一般扭曲较少的构件,可用锤冷矫,较严重的扭曲需加热矫形</p>
槽钢	翼板变形		<p>局部、变形较小的,可用锤子冷矫,矫形时,用大锤挡住翼板的凸包附近平的部分,用另一大锤锤击翼板凸部,凸包消除后,再将翼板的不平处轻轻矫平。也可用大锤侧面挡在凸包附近,用另一大锤锤击外边凸部,矫形效果较好些。对质量要求较高的产品,应用平锤垫打,以避免锤印。变形严重需加热矫形</p>
工字钢	旁弯		<p>在弯曲处凸部用弯轨器矫形</p>
罩壳	焊后尺寸变大		<p>因罩壳焊缝集中在圆弧外侧,焊后焊缝收缩,使开口处尺寸变大。锤击焊缝,以便焊缝伸长而得到矫形</p>

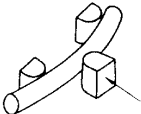
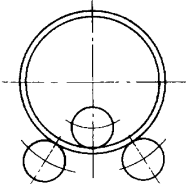
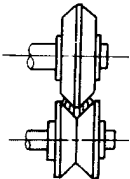
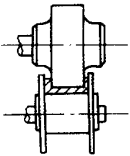
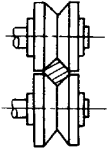
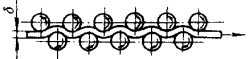
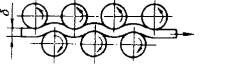
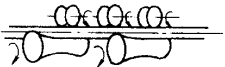
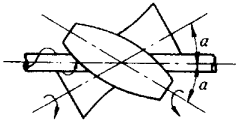
三、机械矫形

机械矫形的优点是作用力大、劳动强度低,生产效率高。机械矫形的方法见表 8-4。机械矫形的实质是使较短的金属纤维伸长。

表 8-4

机械矫形

矫形方法	简图	适用范围
拉伸机矫形		薄板、型钢扭曲的矫形、管材、扁钢和线材弯曲的矫形
压力机矫形		中厚板弯曲矫形
		中厚板扭曲矫形
		型钢的扭曲矫形
压力机矫形		工字钢、箱形梁等的上拱矫形
		工字钢、箱形梁等的旁弯矫形
		较大直径圆钢、钢管的弯曲矫形
撑直机矫形		较长而窄的钢板弯曲及旁弯的矫形
		槽钢、工字钢等上拱及旁弯的矫形

矫形方法	简 图	适用范围
撑直机矫形		圆钢等较大尺寸圆弧的弯曲矫形
卷板机矫形		钢板拼接而成的圆筒体,在焊缝处产出凹凸、椭圆等缺陷的矫形
型钢矫正机 矫 形		角钢翼边变形及弯曲的矫形
		槽钢翼边变形及弯曲的矫形
		方钢弯曲的矫形
平板机矫形		薄板弯曲及波浪形变形的矫形
		中厚板弯曲的矫形
多辊矫正机 矫 形		薄壁管和圆钢的矫形
		厚壁管和圆钢的矫形

当钢材变形既有扭曲又有弯曲时,应先矫扭曲、后矫弯曲。因为在矫扭曲时,又会产生弯曲。

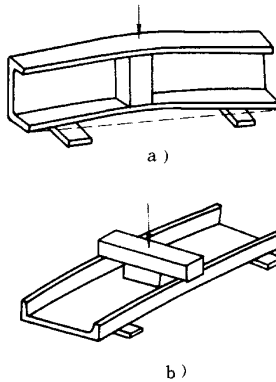


图 8-1 在压力机上矫正槽钢

a) 矫正上拱 b) 矫正旁弯

槽钢有旁弯及上拱变形时,应先矫上拱,后矫旁弯。图 8-1 为矫正旁弯及上拱的情况。在槽钢下垫两厚度相等的垫铁,垫铁距离随弯曲程度进行调整。图 8-1a 矫正上拱时,将凸部变形翼板向上,为使工件稳定,防止翼板变形,在两翼板间加一衬铁。图 8-1b 矫正旁弯时,将凸部向上,在加压部加一衬铁,衬铁的高度与翼板齐平,上面放置垫铁,当压力机施加压力后,逐步矫直。

四、火焰矫形

1. 火焰矫形的原理

利用火焰加热变形构件的凸部,使凸部金属加热膨胀受阻而产生压缩应力,当压缩应力超过热态金属的屈服强度时,凸部金属纤维产生压缩塑性变形,使该处金属的纤维缩短,从而达到矫形的目的。因此,火焰矫形的实质是使较长金属的纤维缩短。

2. 决定火焰矫形效果的因素

决定火焰矫形效果的主要因素如下:

(1)火焰加热的方式 火焰加热的方式有点状加热、线状加热和三角形加热,如图 8-2 所示。

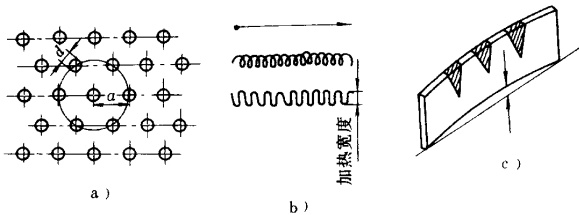


图 8-2 火焰加热的方法

a)点状加热 b)线状加热 c)三角形加热

加热方式、适用范围及加热要领见表 8-5。

(2)火焰加热的位置 火焰加热的位置应选择在金属纤维较长的部位,或者凸出部位,如图 8-3 所示。

(3)火焰加热的温度 火焰加热常采用氧乙炔加热,氧乙炔加热火焰应采用中性焰。一般钢材的加热温度应在 600~800℃左右,低碳钢不大于 850℃,厚钢板和变形较大的加热温度可高些(取 700~850℃),加热速度要慢些;薄钢板和变形较小的,加热温度可低些(取 600~700℃),加热速度要快些。严禁在 300~500℃(蓝脆温度)时矫形,以防脆裂。

表 8-5 加热的方式及要领

加热方式	适用范围	加 热 要 领
点状加热	薄板凹凸不平、钢管弯曲等的矫形	变形大,加热点距小些,加热点直径适当大些,板薄,加热温度低些 反之,则点距大些,点径小些,板厚温度高些
线状加热	中厚板的弯曲,T字梁,工字梁焊后角变形等的矫形	一般加热线宽度的板厚的 0.5~2 倍,加热深度 1/2~1/3 倍的板厚。变形较大,加热宽度和加热深度应大些
三角形加热	变形较严重,刚性较大的构件变形的矫形	一般加热三角形高度约为材料宽度的 0.2 倍,加热三角形底部宽应以变形程度而定,加热区域大,收缩量也较大

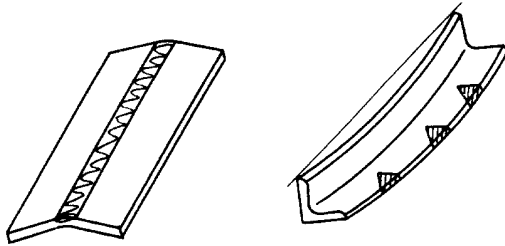


图 8-3 火焰加热的位置

为了提高矫形质量和矫形效果,还可施加外力作用或在加热区域用水急冷,提高矫形效率。

火焰矫形只适用于塑性较好的材料,不适用于高合金钢、铸铁等脆性金属材料的变形矫形。

3. 火焰矫形的步骤

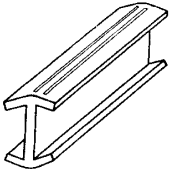
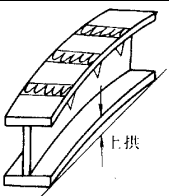
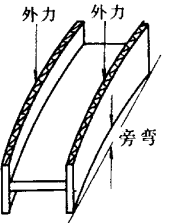
- 1)分析变形的原因和钢结构的内在联系。
- 2)正确找出变形的部位。
- 3)确定加热的方式、位置、温度和冷却方式。
- 4)矫形后的检查。

常用几种钢材和简单焊接结构件的火焰矫形,见表 8-6。

表 8-6

几种钢材及结构件的火焰矫形

变形情况		简图	矫形要点
薄钢板	中部凸起		<p>中间凸部较小,将钢板四周固定在平台上,点状加热在凸起四周,加热顺序如图中数字</p> <p>凸部较大,可用线状加热,先从中间凸起的两侧开始,然后向凸起中间围拢</p>
	边缘呈波浪形		<p>将三条边固定在平台上,使波浪形集中在一边上,用线状加热,先从凸起的两侧处开始,然后向凸起处围拢。加热长度约为板宽的 $1/2 \sim 1/3$,加热间距视凸起的程度而定。如一次加热不能矫平,则进行第二次矫形,但加热位置应与第一次错开,必要时,可用浇水冷却,以提高矫形的效率</p>
型钢	局部弯曲变形		<p>矫形时,在槽钢的两翼板处同时向一方作线状加热。加热宽度按变形程度的大小确定,变形大,加热宽度大些</p>
型钢	旁弯		<p>在旁弯的翼板凸起处,进行若干三角形加热矫形</p>
	上拱		<p>在垂直立板凸起处,进行三角形加热矫形</p>
	钢管局部弯曲		<p>采用点状加热在钢管凸起处,加热速度要快,每加热一点后迅速移至另一点,一排加热后再取另一排</p>

变形情况	简图	矫形要点
角变形		在焊接位置的凸起处,进行线状加热,如板较厚,可在两条焊缝背面同时加热矫形
上拱		在上拱翼板上用线状加热,在腹板上部用三角形加热矫形
旁梁		在上下两翼板的凸起处,同时采用线状加热,并附加外力矫形

五、钢构件的矫形

1. 门形构件的矫形

图 8-4 为立板偏向一边的形构件,因焊缝集中在构件中性轴的一侧,焊接后构件焊缝收缩产生旁弯变形。矫形时,在上、下侧板的凸部选择若干个位置,同时采用三角形加热,即可矫正形构件的旁弯。

2. 箱形梁的矫形

箱形梁焊接不当常会出现角变形、上拱和旁弯等变形。矫形时,先矫角变形,再矫上拱,最后矫旁弯,若加外力效果将更好。矫形箱形梁的加热位置和加热形状,如图 8-5 所示。

图 8-6 为箱形梁焊接后产生扭曲的矫形,箱形梁刚性较大,矫形时必须加外力协助,先把箱形梁放在平台 4 上,并用压板螺栓 3 压紧,然后在箱形梁中部上翼板处进行加热,加热宽度为 30~40mm,加热温度和速度的大小,可根据扭曲程度而定。变形较大,加热温度高些,可采用 2~3 把焊炬同时加热矫形。如扭曲很大,可在中部腹板处同样加热,加热后立即调节拉紧螺栓。若尚有扭曲,则可在 A、B 两端的腹板处加热。A 端在左板加热,B 端在右板加热,加热线 1 倾斜约 40°角。在加

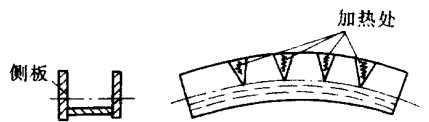


图 8-4 L形构件的火焰矫正

热后拧紧螺栓。冷却后尚有扭曲,可再重复一次,但加热位置应与前面的加热位置错开。

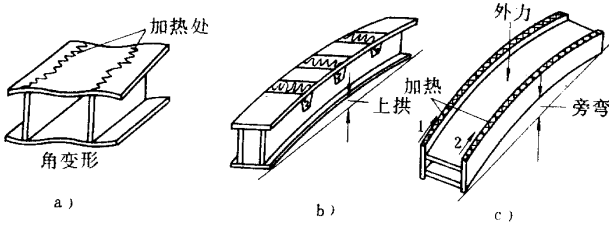


图 8-5 矫正箱形梁的加热位置

a)角变形 b)上拱 c)旁弯

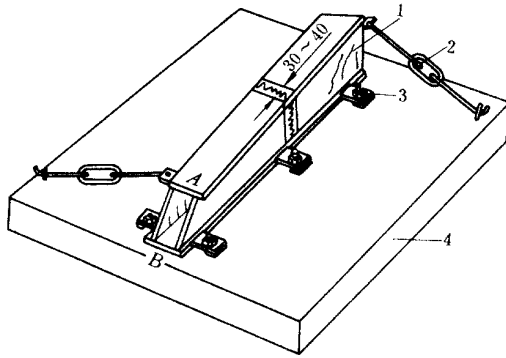


图 8-6 箱形梁扭曲的矫形

1—加热线 2—拉紧螺栓 3—压板螺栓 4—平台

3. 圆筒体的矫形

圆筒体焊后,在拼焊缝处常会产生内凹和外凸等缺陷,一般采用火焰矫形和卷板机矫形。

图 8-7 为火焰矫形筒体纵缝的内凹变形,在纵缝处作线状加热,宽度 8~20mm,温度 600℃左右,并在筒内用螺杆或千斤顶向外顶压,经两次线状加热基本上能矫正内凹。

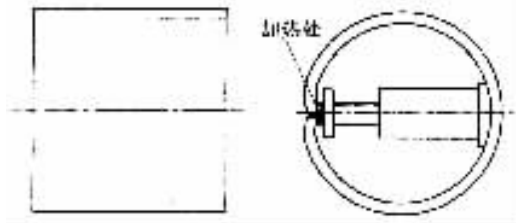


图 8-7 筒体纵缝内凹变形的矫形

厚壁筒体焊接后,常会产生局部圆弧过大、过小筒椭圆等缺陷。矫形时将筒体竖直放在平台上,下面垫上木块,用圆弧样板找出过大、过小处。分别在筒体内、外壁沿从纵缝进行线状加热,加热后自行冷却,一次不行可进行多次,直至矫圆为止,图 18-8 为厚壁筒体的火焰矫形。

当筒形体受外力碰撞会局部产生凹陷。矫形时,若能进入筒体内操作,可采用由里向

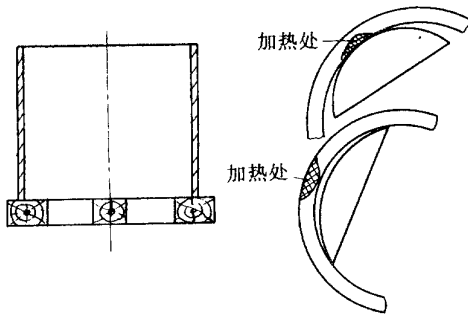


图 8-8 厚壁筒体的火焰矫形

外顶的方法,火焰加热也可在筒内进行。如不能在筒内操作时,则采用图 8-9 方法矫形,矫形时,将 1 根螺柱焊于凹陷部位的底部,把垫板和压板按图装好,并旋紧螺母,然后在凹陷部位边缘用火加热一圈,温度 800°C 左右,再旋紧螺母,使凹陷处拉出。

4. 转炉风管的矫形

转炉风管由总管和支管焊接而成。由于支管全部位于总管的一侧,焊后发生向下的弯曲,见图 8-10。火焰矫形时,加热位置在支管的对面一侧,使用三角形加热法,三角形底边宽为 10mm ,加热范围为总管所对应的 120° 弧长上,温度 800°C 左右,经两次矫形就能达到要求。

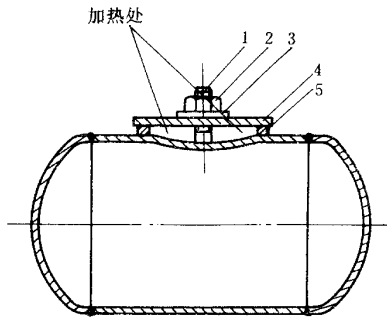


图 8-9 圆筒体凹陷的矫形

1—螺柱 2—螺母 3—垫圈
4—压板 5—垫板

5. 薄壁构件底板的矫形

角钢框与薄钢板焊接而成的底板,焊后中间凸出。矫形时将底板凸处向上,在底板的凸部用点状加热,并用锤轻压加热点四周,浇水冷却效果更好。薄壁构件底板的火焰矫形,如图 8-11 所示。

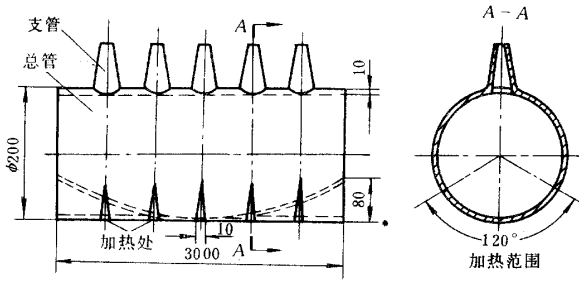


图 8-10 转炉风管的矫形

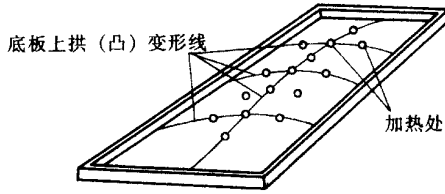


图 8-11 薄壁构件底板的火焰矫形

A decorative border with a repeating wavy pattern surrounds the text.

第五篇

各种钣金件设计 制作技术要点

第一章 汽车钣金手工成型设计制作技术要点

汽车钣金工经常要对有缺陷的钣金件进行整修复原或者配制各种钣金件。钣金成型工艺是钣金工最基本的技能。在现代化大生产中,绝大多数钣金成型工艺是在机器上完成的,手工方法只作为补充加工或修整。形状较复杂的钣金元件和单件生产的钣金件,仍然离不开手工操作。汽车钣金修理主要是手工操作。掌握最基本的手工成型工艺,是汽车钣金工必不可少的技艺。这些成型工艺包括弯曲、放边与收边、拔缘、起拱、卷边、咬缝、制筋和矫正。

第一节 弯 曲

手工弯曲是借助于工具夹和垫块,通过手工操作弯曲板料。手工弯曲制件的主要断面形式如图 1-1 所示。其中图 1-1a~图 1-1d 属于角形件,其余为圆形件。

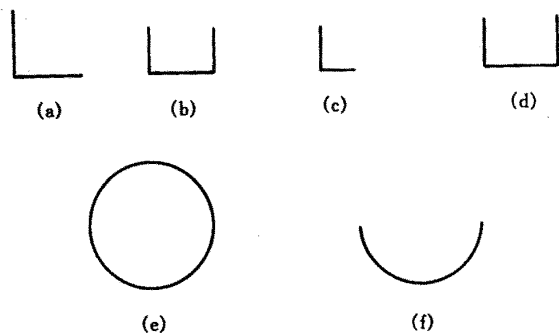


图 1-1 弯曲断面

一、角形弯折操作要点

角形弯折是将金属板料弯折成一定夹角的平面弯折,尤以弯折成 90° 角的形式居多。

1. 单一折角弯折方法

(1) 在金属板料表面上用划针划出弯折标记线。

(2) 尺寸较小的工件,可在台虎钳上直接弯折。将工件弯折线与台虎钳口对平齐,夹紧,用木锤沿弯折方向依次敲击露出钳口外面的部分,直至弯折成 90° 为止(见图 1-2a),取出弯折件,用木锤将被弯折的两个表面适当整平。

若板料露出钳口较长(见图 1-2b),则应以左手压持板料上部,右手持锤敲击钳口部分弯折,可减少反弹现象。弯折达到 90° 角,取出工件,依次平整两个被弯折表面。

(3) 对于较大的工件,弯折部位的尺寸超过虎钳口的宽度和深度时,可用两根角钢作辅助工具,连同板料一起夹持在台虎钳上(见图 1-2c),依照前述步骤进行弯折。

(4) 部件的边缘需要弯折,可以直接利用平台的直角边缘作基准,用木锤敲击板料露出平台棱边部分进行弯折,如图 1-2d 所示。

2. 多折角弯折方法

如图 1-1b、d 的弯折,其弯折角有两个以上,一般要利用相应的规铁作为辅助模具进行弯折。现以图 1-3 所示的“□”形工件为例说明其弯折方法。

(1) 画出工件展开图,并在展开图上划出弯折线。 $a-a'$ 、 $b-b'$ 、 $c-c'$,如图 1-4 所示。

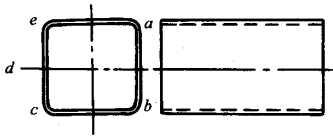


图 1-3 “□”形工件

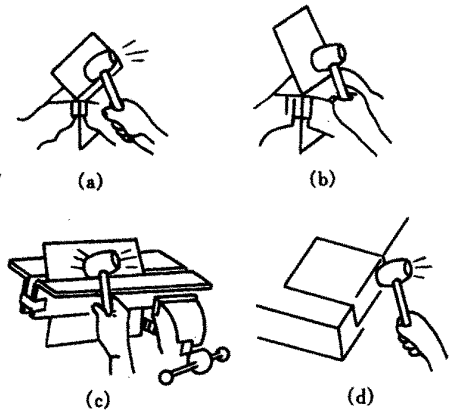


图 1-2 角形弯折的几种操作方法

(2) 依次将规铁的棱边分别与 $a-a'$ 、 $a-b'$, 对齐夹紧在虎钳上,使规铁高出钳口 2~3mm,用手锤敲出与 ab 相邻的两边,如图 1-5a、图 1-5b 所示。最后再弯折合拢边 cd 。弯折合拢边时使用的规铁的形状和尺寸必须与图样上“□”形工件内部尺寸相同。将规铁放在“□”形工件里,底部与工件靠严,规铁上部仍要高出钳口 2~3mm,夹紧后用手锤弯折成型,如图 1-5c 所示。

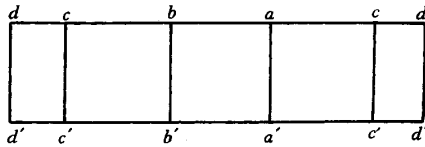


图 1-4 “□”形工件展开图

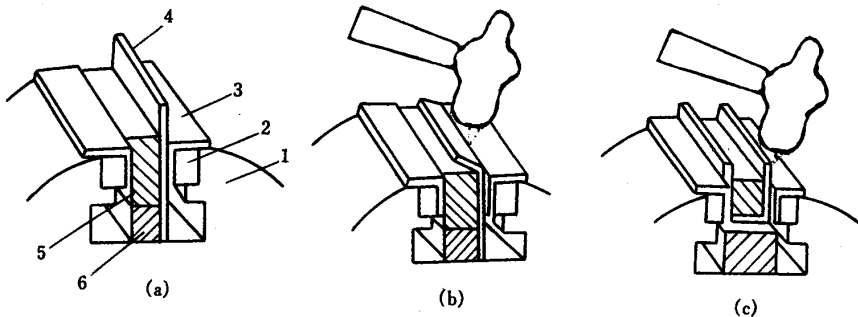


图 1-5 “□”形工件的弯曲

1. 虎钳 2. 钳口 3. 垫板 4. 板料 5. 规铁 6. 垫块

利用不同形状和尺寸的规铁,可以弯折不同形状的弯折件,其原理及操作要领与上述方法相类似,在此不另叙述。

二、弧形件的弯曲操作要点

弧形件的弯曲是将板料按图纸要求弯成圆弧或圆筒型工件。

1. 圆弧弯曲方法

首先,根据图样画出圆弧件展开图并下料,视使用的器具不同,有两种不同的操作方法。

(1)在台虎钳上弯曲。视具体情况,将钳口张开到适当位置,将板料置于钳口上,沿着钳口方向用手锤适度敲击。每敲击完一行,移动一下板料进行下一行敲击,依次使板料逐渐成为圆弧形,如图 1-6a 所示。

(2)在圆钢上弯曲。将板料置于圆钢上,沿轴向用按压法或用木锤敲击法使板料一行一行依次弯成圆弧形,如图 1-6b 所示。此方法适用于轴向尺寸较大的圆弧件弯曲。

2. 圆筒弯曲方法

(1)按圆筒展开图下料,依照前面介绍的方法,先将板料两端各敲成 $1/4$ 圆(此时,板料中部仍为平面)。然后,再将工件置于虎钳口上,沿着钳口方向依次敲击中部圆筒便逐渐成型,如图 1-6c 所示。当手锤无法在内部继续敲击时,可放在平台上,按图 1-6d 所示用木锤由外面敲击或用手按压,直至接口完全对接合拢为止。此方法要求技工的技术水平较高,且对较厚的板料难以成型。

(2)在圆钢上弯制圆筒,应先打直头,如图 1-7a 所示。打直头时应使板边与圆钢平行放置(板边平行于轴线)再捶打。

对于薄板可用木锤或木块逐步向内敲击,当接口重合时,即施以点固焊,焊后再修圆,如图 1-7b 所示。对于厚板,可用弧锤和大锤在两根圆钢间从两端头向内捶打,基本成型后焊接、修圆,如图 1-7c 所示。

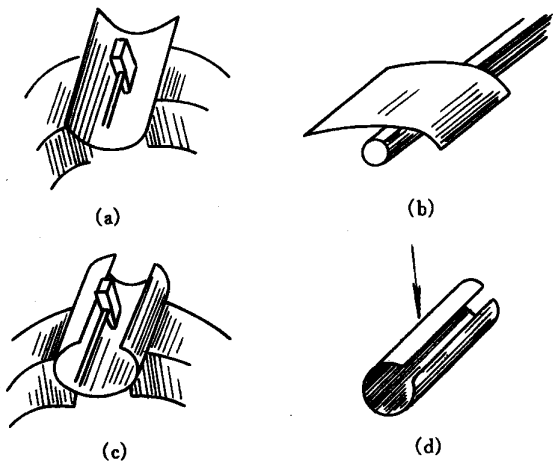


图 1-6 弧形弯曲

第二节 放边与收边

一、放边

放边是利用角形件某一边材料变薄伸长来制造曲线弯边零件的方法,如图 1-8 所示。

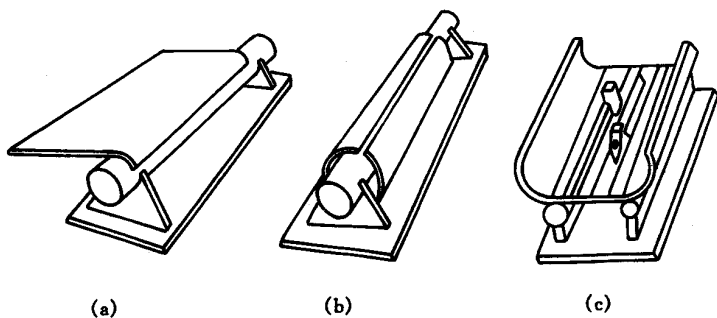


图 1-7 弯制圆筒

(a)打直头 (b)修圆 (c)用弧锤和大锤打圆弧

1. 捶放方法

制造凹曲线弯边的零件,可用直角型材料在铁砧或平台上捶放直角料边缘,使边缘材料变薄、面积增大、弯边伸长。捶放时,注意捶放力度,使靠近内缘的材料伸长较小,靠近直角料边缘的材料伸长较大。锤痕呈放射状均匀分布即可达到此目的。这样直角料就逐渐被捶放成曲线弯边的零件,如图 1-9 所示。

捶放操作要点:

- (1) 计算零件的展开尺寸并下料。
- (2) 放边前要校正直角料,使之平直。
- (3) 放边时,直角料底面必须与铁砧表面保持水平,不能太高或太低。否则放边时材料会产生翘曲。

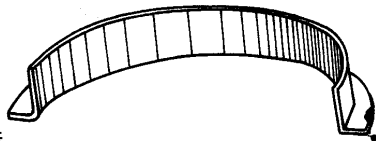


图 1-8 放边零件

曲。

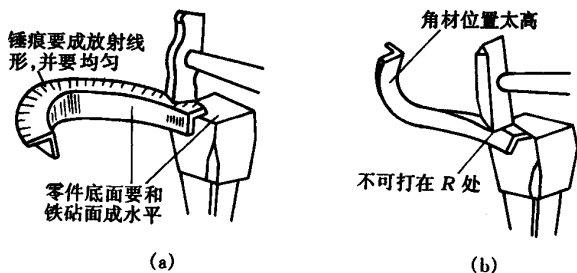


图 1-9 “打薄”捶放

(a)正确 (b)不正确

(4) 锤痕要均匀并呈放射形分布,捶击的面积占边宽的 $3/4$,绝对不能捶击直角料的过渡圆角尺处。遇有直角形件的直线部分时,不能捶放,应跳过这部分在弯曲部分捶放。

(5) 在放边过程中,材料会产生冷作硬化。发现材料变硬后,要退火处理。否则,继续捶放会被打裂。

(6) 操作过程中,随时用样板检查外形,达到要求后进行修整、校正和精加工。

2. 放边零件展开尺寸的计算

以半圆形零件为例说明展开尺寸计算方法(见图 1-10)。

(1)板料的宽度 B ,由图 1-10 可知:

$$B = a + b - \left(\frac{r}{2} + \delta \right)$$

式中 a 、 b ——弯边宽度；
 r ——弯边圆角半径；
 δ ——板料的厚度。

图中带“//”处是弯折线。

(2)展开长度 L 以边宽 b 的中点处的弧长计算如下:

$$L = \pi \left(R + \frac{b}{2} \right)$$

式中 R ——零件弯曲半径；
 b ——放边一边的宽度。

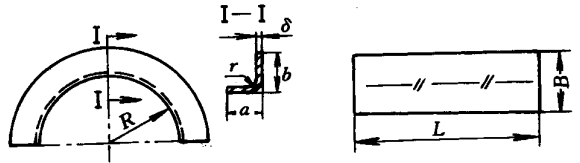


图 1-10 半圆形零件

实际操作时,根据展开图下料,首先弯折成直角料,然后放边,制成半圆形零件。

其它形状的放边展开尺寸计算,请参阅有关钣金资料,本书不作介绍。

二、收边

收边是利用角形材料某一边的收缩,长度减小、厚度增大来制造凸曲线弯边零件的方法,如图 1-11 所示。

1. 收边方法

最常用的收边方法是用折皱钳将收缩边起皱褶,使收缩边边缘长度减小,使角料呈圆弧形,然后在规铁上用木锤敲平,如图 1-12 所示。

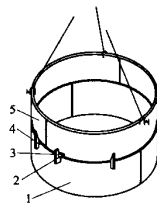


图 1-11 收边零件

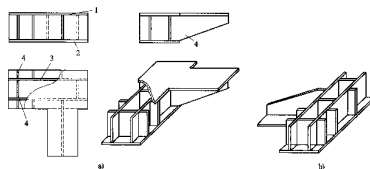


图 1-12 皱缩

2. 收边零件展开计算

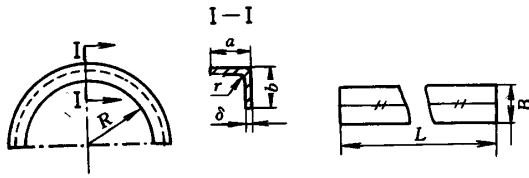


图 1-13 半圆形零件

以半圆形零件为例说明展开尺寸计算方法,如图 1-13 所示。

(1) 板料宽度 B 。

$$B = a + b - \left(\frac{r}{2} + \delta \right)$$

式中 a, b ——弯边宽度；

r ——圆角半径；

δ ——板料厚度。

(2) 板料长度 L 。

$$L = \pi(R + b)$$

式中 R ——弯曲半径。

实际操作时,根据展开尺寸下料,首先弯折成直角料,然后收边,制成半圆形零件。

第三节 拔 缘

在板料边缘,利用手工捶击弯曲成弯边的方法称为拔缘。拔缘主要针对环形板料边缘的弯曲,分为外拔缘和内拔缘两种形式,如图 1-14 所示。

图 1-14a 为外拔缘情形。图中外环形部分要向上弯折成直径为 d 的圆筒形,此时三角影线区域,以顶点为基准向上翻,三角形底边的材料将阻碍弯折顺利进行。故此应采取收边方法,使外拔缘弯边变厚顺利进行外拔缘(图中内圆形部材料向上弯折不受阻碍)。图 1-14b 中的内拔缘则相反,应对内环部分材料采用放边法,使三角影线区顶点处放松变薄,才能顺利进行内拔缘。

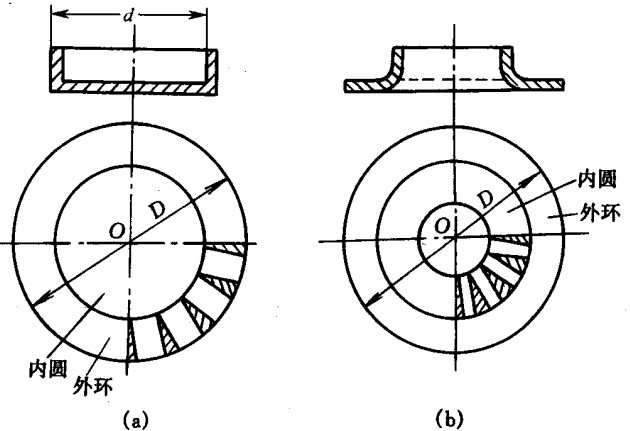


图 1-14 拔缘的种类和形式

(a) 外拔缘折角弯边 (b) 内拔缘圆角弯边

拔缘有自由拔缘和胎型拔缘两种方式。

一、自由拔缘

以外拔缘为例说明自由拔缘的操作过程。

1. 计算出坯料直径 D

坯料计算直径 D 等于零件内腔直径 d 加上两倍拔缘宽度 b 。实际下料直径可略小于计算直径。在坯料上划出内圆与外环的分界线(即外缘宽度线)。然后按毛坯直径剪切圆坯料,去毛刺。

2. 拔缘

在铁砧上,按照零件外缘宽度线,用木锤敲击进行拔缘。首先将坯料周边弯曲,在弯边上制出皱褶,再打平皱褶,使弯边收缩成凸边。然后再次起皱褶、打平,使弯边再次收缩。如此反复多次,如图 1-15 所示,即可获得所示外拔缘件。

3. 捶击方法

拔缘时,捶击点的分布和捶击力的大小要稠密、均匀,不能操之过急。捶击力不均匀,可能使弯边形成细纹皱褶或发生裂纹。

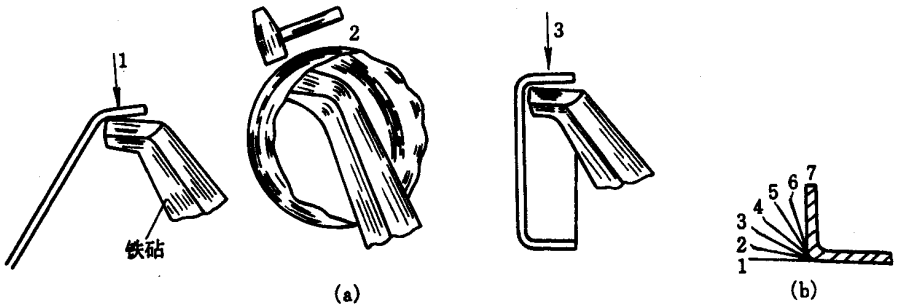


图 1-15 外拔缘操作过程

(a) 拔缘 (b) 薄板拔缘顺序

1. 先弯 2. 制波褶 3. 打平波折

4. 圆筒形零件拔缘

在圆筒形零件上拔缘可按下列步骤进行。

(1) 划出拔缘标记线。

(2) 将圆筒形零件拔缘端靠在平台或砧座的棱边上,标记线与棱边对齐,伸出部分与砧座平面约保持 30° 左右(见图 1-16a)。

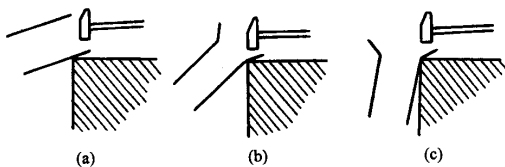


图 1-16 拔缘过程示意图

(3) 捶击伸出部分,使之向外弯曲(见图 1-16b)。敲击时用力适度,击点均匀,防止断裂。敲击完一周,将圆筒件压低一点,进行第二周敲击(见图 1-16c),如此反复三四次,即可完成拔缘。

二、胎型拔缘

图 1-17 为胎型拔缘的示意图,分外拔缘和内拔缘两种情形。

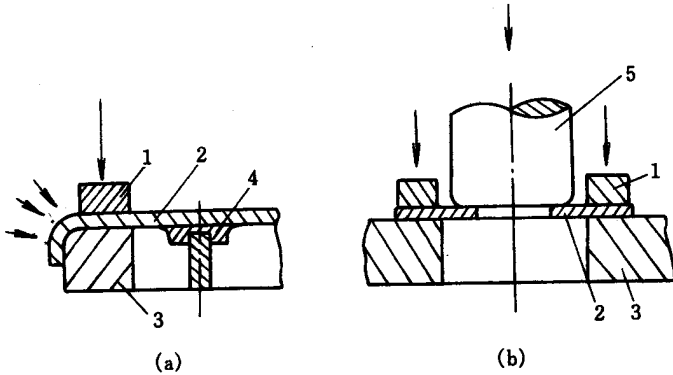


图 1-17 胎型拔缘

(a)外拔缘 (b)内拔缘

1. 压板 2. 坯料 3. 胎型 4. 钢套 5. 凸块

1. 胎型外拔缘

利用胎型外拔缘时,一般采用加热拔缘方法。拔缘前,先在坯料的中心焊装一个钢套,以便在胎型上固定坯料拔缘的位置,如图 1-17a 所示。坯料加热温度在 $750 \sim 780^{\circ}\text{C}$ 之间。每次加热不宜过度,加热面略大于坯料边缘的宽度,依次捶击被加热部分,分段完成拔缘过程,一次即可弯边成功。

2. 胎型内拔缘

图 1-17b 所示为胎型内拔缘示意图。内孔直径不超过 80mm 的薄板内拔缘,可采用一个圆形木锤一次冲出弯边。较大的圆孔和椭圆孔的厚板内拔缘时,可制作相应的钢凸模进行一次冲出弯边。

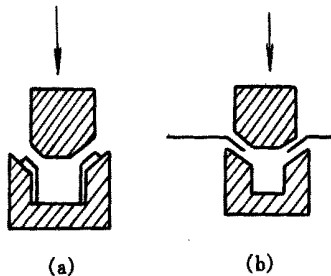


图 1-18 用模冲拔缘

(a)外拔缘 (b)内拔缘

图 1-18 为另外两种胎型拔缘的情形。

第四节 起 拱

拱曲是将板料用手工捶击成凹凸曲面形状的钣金工艺。拱曲时板料周边材料起皱向里收,中间材料被打薄向外拉。这样反复进行使钣料逐渐变形形成所需的形状。拱曲件一般底部变薄,如图 1-19 所示。拱曲分为冷拱曲和热拱曲两种。

一、冷拱曲

1. 用顶杆手工拱曲

这种方法适用于拱曲深度较大的零件,利用顶杆和手工捶击制成圆弧形零件(见图 1-20)。其操作要点如下:

(1)拱曲时,先在板料的边缘制作皱褶,然后在顶杆上将边缘的皱褶打平,使边缘向内弯曲,同时用木锤轻轻且均匀地捶击中部,使中部的坯料伸展拱曲。注意捶击位置应稍超过承点且敲打位置要准确,以免打出凹痕。

(2)捶击力要轻且均匀,捶击点要稠密,边捶击边旋转坯料。根据目测随时调整捶击部位,使表面光滑、均匀。凸出的部位不能再捶击,否则会愈打愈凸。

(3)捶击到坯料中心时要不断转动工件,不能集中在一处捶击,以免坯料中心伸展过多而凸起。依次收边捶击中部,并配合中间检查,使其达到要求为止。考虑到修光时会产生弹性回弹,一般拱曲度要稍大一些。

(4)用平头锤在圆杆顶上把拱曲成形的零件修光,然后按要求划线、切割、锉光边缘。在加工过程中,如发现坯料由于冷作而硬化,应及时退火处理,防止产生裂纹。

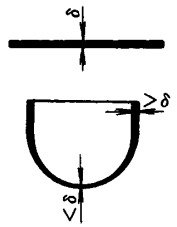


图 1-19 拱曲件厚度变化

2. 在胎模上手工拱曲法

尺寸较大,拱曲深度较浅的零件可直接在胎模上拱曲,如图 1-21 所示。其操作要点如下:

(1)将坯料压紧在胎模上,用手锤从边缘开始逐渐向中心部分捶击,如图 1-21a 所示。图 1-21b 表示在橡胶板上伸展坯料。

(2)拱曲时,捶击应轻且均匀,保持整个加工表面均匀伸展,形成凸起形状,并可防止被拉裂。为使坯料伸展得快,在拱曲过程中可垫橡胶板、软木、砂袋进行坯料伸展,使表面质量良好。

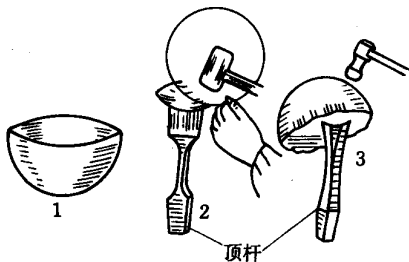


图 1-20 半球形零件的拱曲

1. 零件 2. 皱缩 3. 伸展中部或修光

(3)在拱曲过程中,不能操之过急,应分几次使坯料逐渐下凹,直到坯料全部贴合胎模为止,最后用平头锤在顶杆上打光局部凸痕。

(4)在胎模上进行较深的拱曲时,随着捶击进行,制件的周边将出现皱褶。此时应停止捶击中部,将制件皱缩的边缘贴紧砧座,敲平皱褶。皱褶敲平之后,再继续对中部捶击

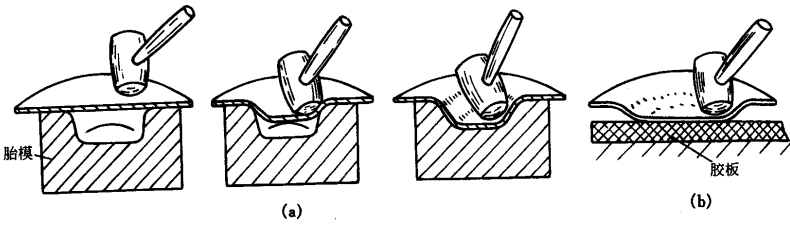


图 1-21 在胎模上拱曲
(a) 锤击 (b) 伸展坯料

拱曲。图 1-22 所示为锤拱成型过程。

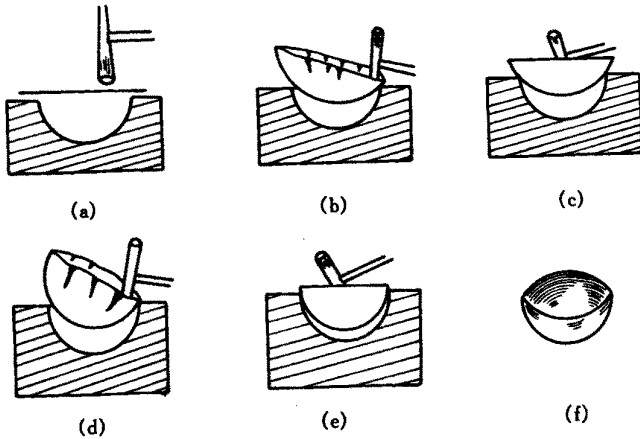


图 1-22 锤拱成型过程

精度要求不高、拱曲度不大的制品,也可以在木墩上挖坑代替铁钻座(见图 1-23)或在潮湿的土地上捶拱成型。较小的钣金制作也可以利用废轴承圈作砧座,用小手锤进行捶拱。

二、热拱曲

通过加热使板料拱曲称为热拱曲。热拱曲适用于板料较厚、形状比较复杂、尺寸较大的拱曲件。冷拱曲是通过收缩坯料的边缘、伸展坯料的中部得到拱曲件的,热拱曲是通过坯料的局部加热后冷却收缩变形而得到拱曲件的。

图 1-24a 中,对坯料三角形 ABC 处局部加热。 BC 之间的材料受热后要向周围膨胀,但受到 BC 之外未被加热的材料的阻碍,膨胀只能沿板厚度方向进行,冷却下来时, BC 之间的长度减少了,成为 $B'C'$ 。这样,一热一冷,加热区被压缩变厚,如图 1-24a 所示。如果沿坯料边缘四周对称且均匀地进行加热,便可以收缩成图 1-24b 所示的拱曲面。拱曲的程度与加热点多少和加热范围有关。加热点越多愈密,拱曲程度愈大。



图 1-23 在木墩上进行钣金捶拱

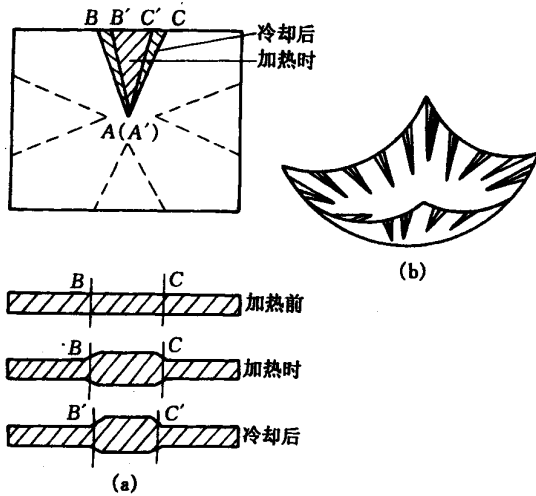


图 1-24 热拱曲原理
(a)三角形加热 (b)热拱曲后零件的形状

第五节 卷 边

卷边是将板件的边缘卷起来,其目的是增强边缘的刚度和强度。

卷边分为夹丝卷边和空心卷边两种,如图 1-25 所示。夹丝卷边是在卷边内嵌入一根铁丝,以加强边缘的刚性,铁丝直径为板料厚度的 4~7 倍,包卷铁丝的边缘应不大于铁丝直径的 2.5 倍。

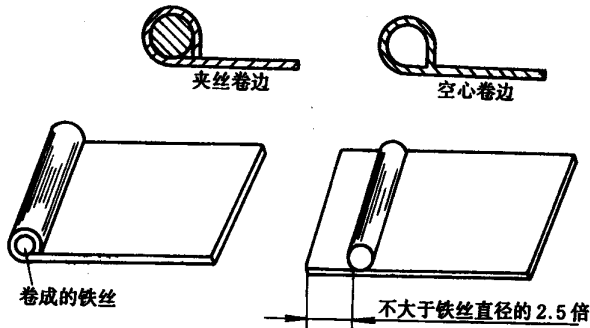


图 1-25 卷边

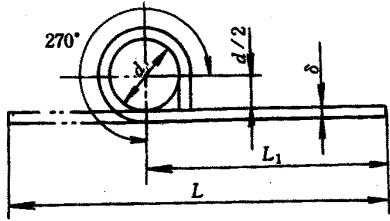
一、卷边零件展开尺寸计算

卷边零件由直线和曲线两部分组成,展开长度等于卷曲部分的展开长度与直线部分长度之和。

图 1-26 所示零件的展开长度 L 为

$$L = L_1 + \frac{d}{2} + L_2$$

式中 L_1 ——板料的直线部分长度；
 d ——铁丝直径；
 L_2 ——板料 270°卷曲部分的长度。



$$L_2 = \frac{3\pi}{4}(d + \delta) = 2.35(d + \delta)$$

所以

$$L = L_1 + \frac{d}{2} + 2.35(d + \delta)$$

式中 δ ——板料的厚度。

图 1-26 卷边展开尺寸的计算

二、卷边的操作过程

卷边的操作过程以图 1-27 为例说明如下：

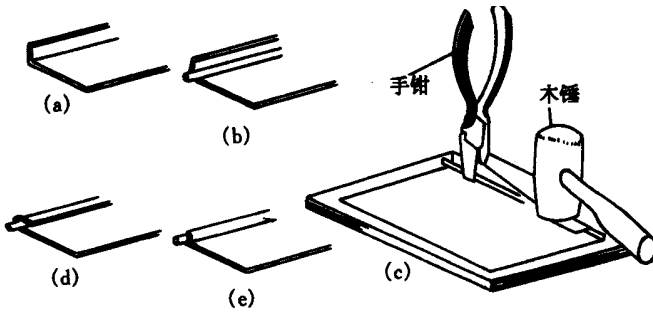


图 1-27 卷边操作过程

- (1) 将板料剪切成所需尺寸。
 - (2) 沿边量出 2.5 倍铁丝直径距离并划线。
 - (3) 将板料按划线弯折成直角(见图 1-27a)。
 - (4) 用钢丝钳剪铁丝适当长度,用木锤在光滑平板上打直铁丝。
 - (5) 将铁丝放入已折妥的边内(见图 1-27b),并用手钳固定铁丝位置(见图 1-27c)。
 - (6) 用木锤或铆钉锤捶打板缘包住铁丝(见图 1-27d)。
 - (7) 用铆钉锤逐段扣紧成型(见图 1-27e)。
- 如将铁丝抽出来,就成为空心卷边。

第六节 咬 缝

咬缝是把两块板料的边缘(或一块板的两边)折转扣合,并彼此压紧的连接方式。咬缝的结构形式列于表 1-1 中。

表 1-1

咬缝的结构形式


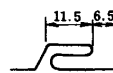

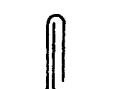











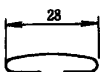
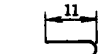
咬缝名称	缝扣	适用板厚(mm)
 匹茨堡缝		0.6~1.0 1.0~1.25
		0.6~1.0 1.0~1.5
 立缝		0.9~1.25
		0.9~1.5
 卡扣缝		0.6~1
		0.6~1
 槽缝		0.8~1.25 1.25~1.5
 双折底缝		0.5~1
		0.5~1
 套扣缝		0.5~1.25
		0.6~1.25 1.25~1.5

表 1-1 中所列的咬缝结构,在大量生产时均可以在专门的机器设备上制作;单件生产或修配时,手工制作以立缝、槽缝和双折缝居多。现将此三种咬缝的制作过程分述如下。

一、立缝

立缝又称为捷便缝,是角缝的一种形式。这种缝含有一个弯成直角的双折缝(见图 1-28a)和一个单折边,如图 1-28b 所示。将单折边置于双折缝内,并用木锤打扁咬合即可成型,如图 1-28c、图 1-28d 所示。

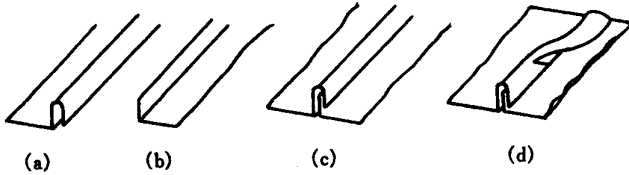


图 1-28 做捷便缝

二、槽缝

槽缝有相同的两个折边。两个折边互相钩住,然后用手槽砧或起槽机合拢缝扣,如图 1-29 所示。

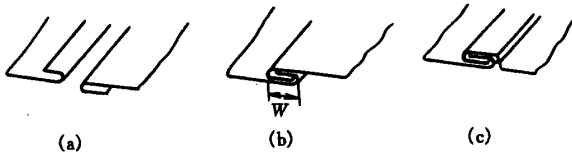


图 1-29 槽缝的制作

三、双折缝

双折缝有两种:一种是用来结合不规则的配件,如直角肘管(弯头)、偏位管、箱盒等;另一种是用来连接圆筒形底部,如桶、罐等。

(1)图 1-30 所示为第一种双折缝的制作示意图。将件 1 单边折成直角,如图 1-30a 所示;将件 2 双折边做成弯角,如图 1-30b 所示;然后将两件套扣在一起,如图 1-30c 所示;在砧铁上按图 1-30d 弯折,最后弯折成图 1-30e 所示的双折缝。

(2)图 1-31 所示为第二种双折缝的制作示意图。将柱体下边弯成单折边,如图 1-31a 所示;将底盘拔缘呈图 1-31b 形式,将圆筒放在底盘上,如图 1-31c 所示;最后用木锤将缝捶合并压实,如图 1-31d、图 1-31e 所示。

在制作咬缝前,应根据展开图和接口的咬缝结构,画出下料图。下料图是在零件展开图沿接缝边外加咬缝余量构成的,如图 1-32 所示。图中 δ_1 、 δ_2 为卷成圆筒所需咬缝的余量, δ_3 为肘弯咬缝的余量,具体尺寸可参照表 1-1 所示的咬缝结构而定。例如,采用立缝咬缝 $\delta_1 = 16\text{mm}$ $\delta_2 = 361 \times 36\text{mm}$ 。 δ_3 则根据肘弯件的咬缝形式而定。

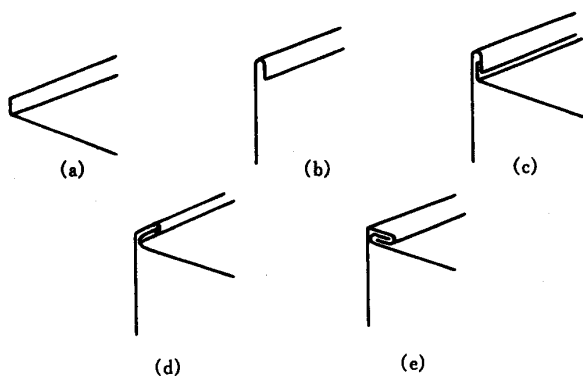


图 1-30 制作双折缝

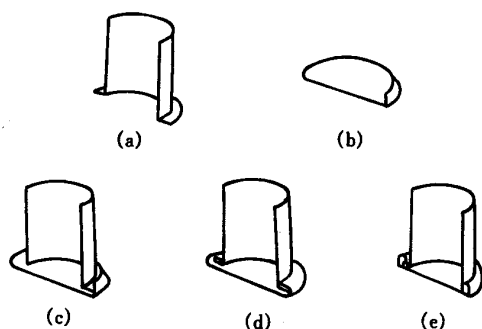


图 1-31 为固结圆筒形工作物所
做的双折底缝

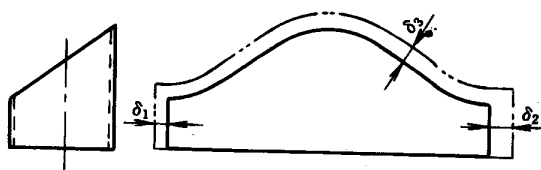


图 1-32 展开图的咬缝余量

第七节 制筋

金属薄板由于其厚度较小,若仅以其平面形式作为钣金件使用,刚度太低,极易产生凹陷变形,影响整体的美观和承载能力。在钣金件表面上制出各种凸筋,可以提高其刚度和使用性能,增加美感。筋的横断面一般为圆弧形和角形,如图 1-33 所示。

大量生产时,制筋工艺一般由相应的机器完成。手工制筋适用于单件生产和修配。简易的手工制筋方法有两种,如图 1-34 所示。

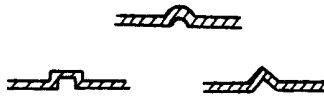


图 1-33 筋的截面形状

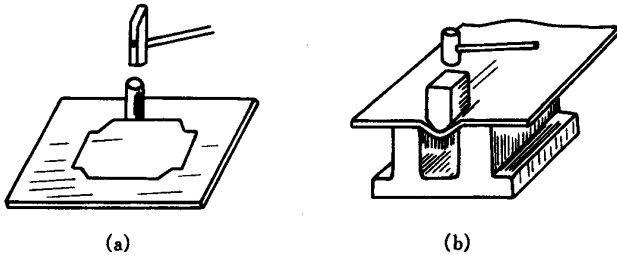


图 1-34 手工钣金制筋方法

(a)用扁冲制筋 (b)用简易模具制筋

一、扁冲制筋

图 1-34a 所示为用扁冲制筋的示意图,其过程如下:

(1)在坯料上画出制筋棱线的标记线。

(2)在平台上铺一块较厚的橡胶垫(5~10mm 厚),将制件放在橡胶垫上,操作者手持扁冲对准标记线,捶击扁冲,每冲击一次,要沿标记线移动一次扁冲,移动距离不可超过扁冲的宽度,以便冲痕前后相衔接。沿整个标记线冲击一次后,再重复冲击若干次,直至达到所需的筋的深度为止。最后,去掉橡胶垫,直接在乎台上轻轻冲击一次,使筋棱形成整齐的线条,用木锤将非制筋部分的表面整平即可。

二、简易模具制筋

图 1-34b 所示为用简易模具制筋的示意图。窄且深的条形筋,最好用模具压制,通过捶击模压而成型。

模具可以自制。两块方钢平行地焊在底板上,留出一定的间隙,即成阴模;阴模成型部分的形状和尺寸应与筋截面的形状和尺寸相符。

制筋操作时,将金属板料放在阴、阳模之间,对准制筋标记线,一人手持阳模的手柄,另一人用大锤击压阳模顶部。操作要点与前述用扁冲制筋相同,经几次冲击即可成型。

第八节 矫正

对于几何形状不符合技术要求的钣金件进行调整加工,使之达到规定要求的工艺称为矫正。

一、矫正的适用场合

(1)下料前对原材料的矫正。例如,卷筒板料下料之前要经过开卷和矫平。由于运输、存放不当造成板料、型材产生畸变,需经调平矫直后方能下料。

(2)对钢结构零件的矫正。对于板件的矫平、型钢件的矫直,都要在下料之后或成型之后进行。

(3)对焊接件变形的矫正。焊接件的变形是普遍存在的,需在焊接完成之后进行矫正。

(4)钢结构产品在使用一段时间之后产生变形,在修复时应当矫正。

二、矫正方法

矫正的方法有机械矫正、火焰矫正、手工矫正三种。机械矫正和手工矫正,视材料性质和变形程度又有冷矫正和热矫正之分。

1. 机械矫正

机械矫正是矫正钢结构件的重要手段。用于机械矫正的设备有滚板机、滚圆机、专用矫平矫直机和各种压力机械。

2. 火焰矫正

利用钢材局部加热后的收缩所引起的变形去矫正已产生的变形,或者使钢材加热后再进行机械矫正或手工矫正,主要用于不宜采用冷矫正的场合,如工件变形太严重、工件材质脆等情形。

3. 手工矫正

手工矫正是使用各种工具,在平台或辅助夹具上手工操作的矫正方法,如图 1-35 所示。

三、典型零件的矫正

1. 薄钢板的手工矫正

手工矫正薄钢板时主要工具和设备是手锤和平台。

矫正前,应检查薄板的变形情况,即判断钢板变形后的“松”、“紧”部位。有凸起或凹下,随着按压能起伏的区域是“松”区;较为平整的区域就是“紧”的区域。一块不平的薄钢板放在无孔平台上,有的部位翘起,有的部位与平台附贴。

图 1-36a 表示四周平整贴合平台,中间凸起,即中间“松”,四周“紧”,因此要用手锤捶放四周,使四周放“松”,清除凸起。操作时,捶击应由里向外进行,捶击点要均匀且愈往外愈稠密,捶击力愈大。图 1-36b 表示中间贴合平台,周边扭曲成波浪形,周边“松”中间“紧”。矫正时,先用橡皮带抽

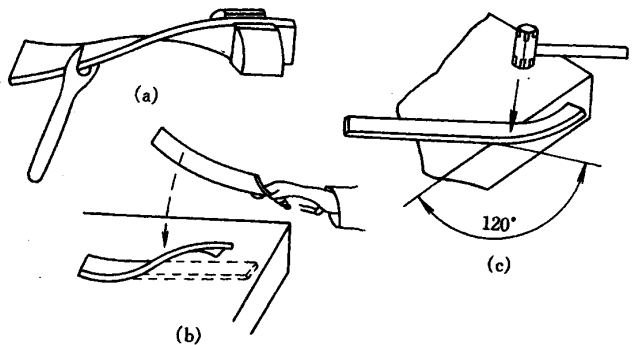


图 1-35 手工矫正的三种方法

打周边,使材料收缩,然后捶放中间部位。捶击方向由外向里,捶击点要均匀且愈往中部愈密,捶击力愈大。可见,在冷矫正时,应捶击“紧”部位,否则将无法矫正。

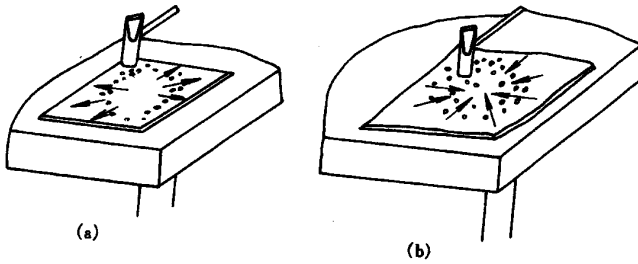


图 1-36 平板件校正

(a)中间松,放四周 (b)四周松,放中间

板件局部严重凸起不便于放松其周边时,可先对严重凸起部位局部加热,使其收缩到基本平整后再进行冷作矫正。此时,应翻动工件,两面捶击,矫正效果更好。

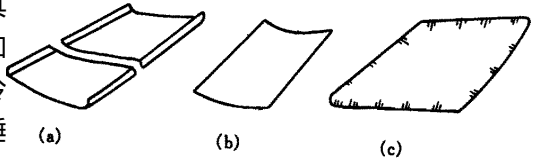


图 1-37 平板件防止淬火变形方法

(a)四周弯折 (b)滚卷后淬火 (c)预先收边

某些铝合金平板件,需经淬火处理。淬火的变形较大,增加了矫正难度。为减少淬火后矫正的工作量,可按图 1-37 所示方法,将板件前期处理后再淬火。

(1)四周折边(见图 1-37a)增加边缘的刚性,减少淬火变形。

(2)滚边后淬火(见图 1-37b)板材滚成弧形,淬火后反滚矫平。

(3)预先收边(见图 1-37c)零件四周放余量,收边起皱,消除边缘松紧不一的现象,防止淬火后四边松动。淬火后,先用橡胶抽打,基本平整后,再用锤矫平。

2. 对薄板变形的局部加热矫正

现以波浪形矫正为例说明局部加热矫正方法。钢板变形呈波浪形时,应将其放在有孔平台上,并用羊角卡将钢板三边卡牢(见图 1-38)。然后,用氧炔焰在凸起处两侧分别加热。加热线长度应短于变形凸起的长度。加热的宽度与板厚有关,2~4mm 厚的钢板,加热宽度在 10~20mm 之间。加热时选用 2 号或 3 号烧嘴,加热温度在 600~700℃ 之间。加热速度要快,随着火焰移动,应对工件已加热处用水冷却,以达到矫平要求。必要时还应辅以手工矫平。

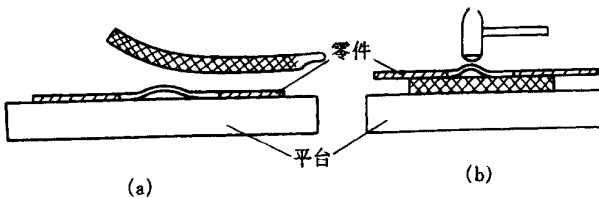


图 1-38 开有不带加强边的减轻孔零件的校正

(a)用橡胶带抽 (b)垫橡胶板敲修

3. 角钢的矫正

手工矫正角钢包括矫正扭曲、矫正弯曲和两面垂直度三项。

(1)角钢的扭曲矫正。对于小角钢可用叉子扳扭 ;对于较大角钢应在平台边缘上捶击 ,遇有急弯扭曲时 ,可采用加热方法 ,垫平捶击矫正。扭曲矫正后 ,角钢的一个表面应当处于同一平面内 ,另一个表面允许弯曲成弧形 ,但不再有扭曲现象。

(2)角钢两面不垂直的矫正。当角钢某处夹角大于 90° 时 ,将该区段置于 V 形铁或平台上 ,捶击角钢的边缘进行矫正 (见图 1-39) ;夹角小于 90° 时 ,可将角钢仰放 ,使其脊线贴在平台上 ,将平锤垫在其内侧 ,用大锤敲击平锤顶部进行矫正 ,如图 1-40 所示。

(3)角钢弯曲的矫正。角钢弯曲的冷矫正 ,有两种操作方法 :

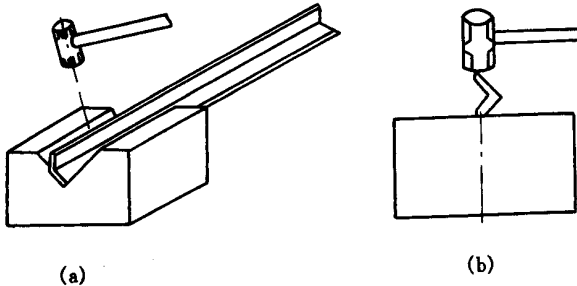


图 1-39 角钢大于 90° 的手工矫正

(a)用 V 形槽垫铁 (b)用平台作垫

①捶击角钢弯曲的凸处(见图 1-41)。将角钢弯曲部分放在钢圈上 ,凸面在上 ,凹面在下 ,直接捶击角钢凸起处。

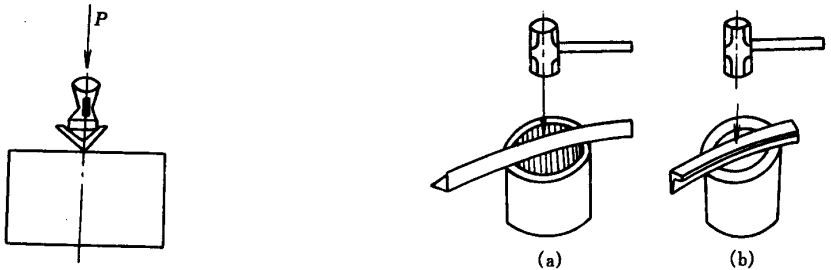


图 1-41 手工矫正角钢弯曲的方法

图 1-40 角钢大于 90° 的手工矫正

②扩展凹面。将角钢放在平台上 ,捶击凹面使之变薄放松伸展。捶击时 ,应将角钢翻动 ,在凹处两面捶击 ,如图 1-42 所示。

图 1-43 所示为角钢弯曲局部加热矫正的示意图。如局部加热后略呈反弯曲时 ,可用锤击打扩展凹面 ,达到矫正目的。

4. 焊接件的矫正

用型钢焊接而成的结构件 ,都有不同程度的变形 ,需要进行矫正。

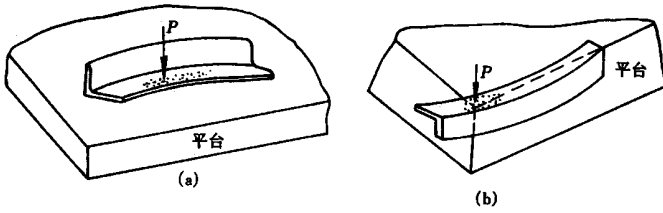


图 1-42 扩展凹面矫正角钢

(1) 角度矫正。如图 1-44 所示两根角钢焊接在一起,其夹角应是 90° 。当夹角小于 90° 时,可用厚口錾子沿焊缝 OB_1 线捶击,使该区材料伸展,角度加大;当夹角大于 90° 时,可捶击 OB 段,使角度减小。

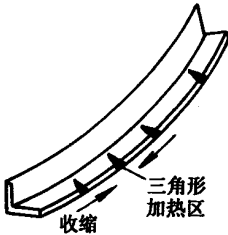


图 1-43 角钢
弯曲的局部
加热矫正方法

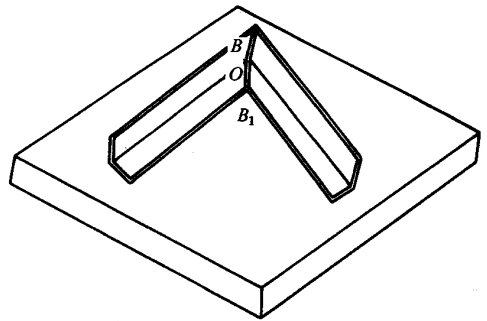


图 1-44 L 形焊接件的校正

(2) 矩形框架的矫正。焊接框架 AD 与 BC 边出现双弯曲现象,可将框架立于平台上,外弯边 AB 垂直台面, BC 边两端垫上垫板,捶击凸起点正处,可得到矫正,如图 1-45 所示。如果四边都略有弯曲,可分别向外或向内捶击凸起处。尺寸误差不太大时,可用捶击法矫正。将框架竖起来,捶击较长的对角线一端,可使该对角线长度减小,另一对角线变长,达到矫形目的。角 D 和角 B 小于 90° ,可如图 1-46 所示,捶击 B 点使其扩展。

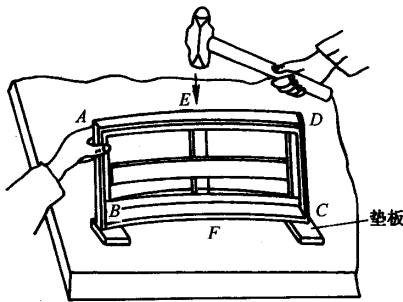


图 1-45 矩形框架校正

5. 蒙皮件表面的矫正

蒙皮表面的质量要求很高,表面要光滑,没有明显的加工痕迹。常用的矫正工具有木

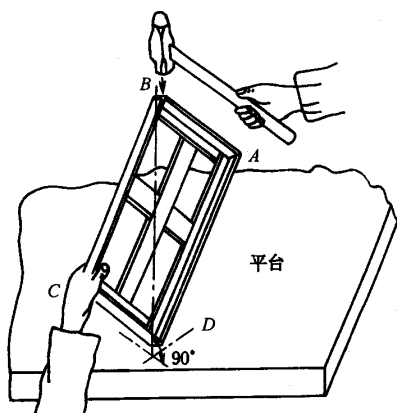


图 1-46 角度校正

锤、铝锤、滚轮及平台等,表面要光滑。使用铝锤时,应涂油捶击,利用油膜对蒙皮表面进行保护,打击后基本不出现锤印。

单曲度的蒙皮表面有小的凸起或边缘有波浪形不直时,可垫以硬橡胶垫捶击矫正。双曲度蒙皮,用滚轮来放碾“紧”的部位。

滚碾时,首先用模胎检查蒙皮的“松”、“紧”部位。模胎与蒙皮贴住,中间空则说明边“紧”,应滚边使中间贴紧;两头翘,表明边松,应滚中间,如图 1-47 所示。

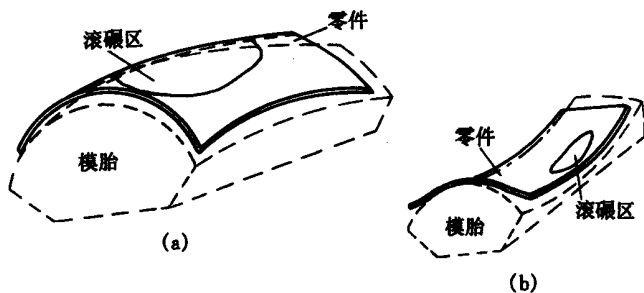


图 1-47 蒙皮零件的校正

第二章 汽车钣金修理加工技术要点

汽车钣金修理主要是指对受损伤钣金件的修复加工。受损伤钣金件的修复,无论在车上或者从车上拆卸下来进行,一般都要通过冷加工(捶击)或加热收缩的方法才能实现。个别件还要利用焊接、铆接或粘接方式修补。本章主要介绍有关的加工原理和方法。

第一节 车身钢板

一、汽车车身钢板分布

汽车结构中有两种钢板:热轧钢板和冷轧钢板。热轧钢板的厚度一般在 $1.5 \sim 8.0$ mm之间,用于制造汽车上比较厚的零部件。冷轧钢板是由热轧钢板经过酸洗后冷轧变薄,并经退火处理的钢板。大多数整体式车身都采用冷轧钢板制成。在容易受腐蚀的地方,则采用防锈钢板。

载重货车及多数大客车的车架多采用槽钢铆接而成。

汽车车身钢板的材质主要是普通低碳钢,个别部位则使用高强度低碳钢(高强度低合金钢)。

1. 低碳钢

汽车车身钢板大多数是低碳钢。低碳钢的塑性好,便于进行冷、热加工,且有良好的焊接性能,是车身钣金件的首选材料。但是,低碳钢的强度较低,如制作承载零件则结构和质量都较大,增加了汽车自身质量。因此,采用高强度钢制作承载车身的关键部件已经成为轿车制造的主导方向。

2. 高强度钢

为了节省燃料,必须减轻汽车的自重。采用整体式车身可以从结构上降低汽车自重;采用高强度低合金钢制作承重零件进一步减少了自重。例如挡泥板,不仅要起挡泥作用,还要能受悬架的一部分载荷,支承发动机、蓄电池、点火装置和减震器,以及完成相关的动力学功能(防止伤及乘员的特殊设计),因此,只能采用高强度钢板来制作,否则其自重将非常可观。图2-1所示为整体式车身中高强度钢板分布的情况。

高强度钢的使用虽然带来了许多好处,但对汽车修理来说却出现了新的难题。一是此类材料受碰撞变形的修复比普通低碳钢难得多,必须采用加热的方法才能消除材料内部的应力;二是此类材料焊接性能较差;三是有的高强度钢根本不允许加热,否则会对零

件造成结构上的损害,高强度钢的加热要受到严格的控制,四是高强度钢的焊接性比普通低碳钢差,焊接工艺相对复杂。

目前,应用于车身上的高强度钢主要有三种类型,即高抗拉强度钢(HSS)、高强度低合金钢(HSLA)和超高强度钢(UHSS)。

(1)高抗拉强度钢。高抗拉强度钢的强度比低碳钢高,因为它是经过一定热处理后形成的。日本进口的多数汽车车身都采用此类材料制成。此类材料常规加热和焊接方法都不致降低它的强度,但在汽车受碰撞而产生变形时,内应力将会增加并超过屈服强度。如果对受碰撞的部位加热,促进其恢复原来形状,一般可以减少因碰撞而产生的应力(单纯冷捶击修复则不可能消除碰撞应力),恢复材料原有强度。如果碰撞所产生的应力超过了材料的抗拉强度,钢材将会破裂。一般的焊接方法(包括气焊)都可以修理这类构件。但对于车门护梁和保险杠加强筋的变形修复应进行更换,而不宜矫正后重新使用。

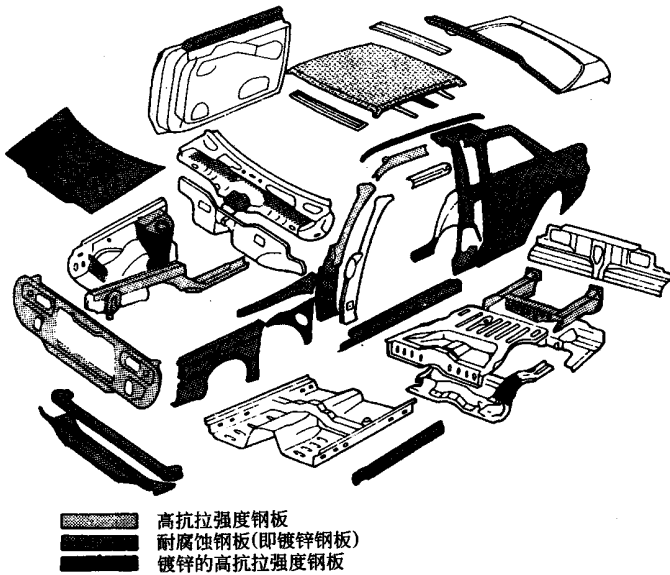


图 2-1 整体式车身上使用高强度钢的常见部位

所有新的或已修复的配件都应采用气体保护焊焊接在车身相应的位置上。

(2)高强度低合金钢。高强度低合金钢是通过在低碳钢中加入磷来提高强度的。它是最近几年新出现的一种钢,具有低碳钢相类似的加工性能,在车身结构中获得了应用。美国生产的许多轿车上,车身后梁、车门槛板、保险杠、车门立柱等都采用此类材料。对此类钢板的修理,一是要严格控制加热温度(370~480℃)和加热时间(低于3min),二是必须采用气体保护焊。

(3)超高强度钢。超高强度钢又称双相钢。它是钢材在带钢热轧机上淬火而得到的、具有两相显微组织的钢材,其强度是低碳钢的10倍左右。汽车上所有的车门护梁和一些保险杠加强筋都是用超高强度钢制成的。由于此类钢材加热会使其强度降低到低碳钢水平而失去其应有的使用价值,故修理时不允许加热。其次,此类钢非常坚硬,一般厂家无法对它实施矫正。因此,此类零部件属于不可修复、必须更换的部件。安装新的零部件

时,应采用气体保护塞焊。

二、钢板的加工性能

1. 钢材的物理结构

钢材和其它物质一样,是由原子构成的。许多原子微粒结合在一起,形成晶粒。在显微镜下,我们可以看到晶粒。晶粒以一定形状排列成为晶格组织(见图 2-2),通常是有一定规律的。

一块钢板的晶格组织状态决定了它能被弯曲或成型加工的程度。为了改变平坦的钢板形状,则必然要使弯折处的所有晶粒位置发生错动(晶格畸变)。材料发生了塑性变形(永久变形)后,晶格畸变,此时材料的强度将比原始状态下大为提高,这种现象称为冷加工硬化,冷加工硬化,导致晶格扭曲,产生残余应力。显然,钣金件在制作过程中,其弯折处都会产生残余应力。残余应力的大小取决于材料的塑性能好不好。通过适当热处理或其它方法可以消除已存在的残余应力,使构件晶格扭曲处于最低状态下组成车身钣金件。

2. 外力的影响

金属材料受外力作用就会产生变形,变形量的大小与外力载荷有关。它们的关系可用图 2-3 来说明。

图 2-3 为金属材料(低碳钢类)在拉伸机上进行拉伸试验时,变形与载荷关系的示意图。图中曲线上一点的纵横坐标分别表示当时外载荷大小与变形量的大小。 D 点表示材料已被拉断。试验结果分析表明,材料加载与变形关系经历了以下几个不同阶段:

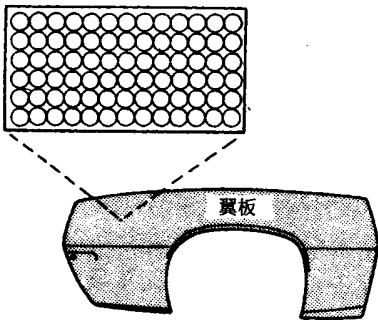


图 2-2 钢的晶格结构

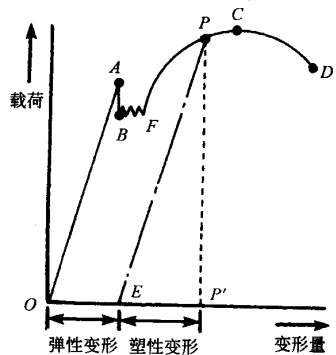


图 2-3 载荷和变形特性曲线

A - 弹性极限 B - 屈服点

C - 抗拉强度极限 D - 断裂点

(1) 弹性变形阶段。外载荷不超过 A 点对应的载荷时,材料的变形与外载荷成正比,沿直线 OA 上升。在这一阶段中,如果去除外载荷,则其变形也将全部消失,材料恢复原状。材料在去除外载荷后具有的恢复原来形状的性质称为材料的弹性。

利用材料的弹性往往对钣金修理能起到神奇的效果。如果由于碰撞在某一处产生了损伤而引起了其它区域弹性变形,则当我们消除了损伤部位的变形时,其周围区域的弹性变形会自行消失,而不必另行加工。

(2)塑性变形阶段。当载荷超过一定极限(即弹性极限),如图2-3中A点代表的载荷,即使保持载荷不变,材料的变形量也会突然增加,如图中BF部分。载荷基本不变,而变形继续增加,表明此时材料已暂时失去抵抗变形的能力,进入屈服阶段产生了塑性变形。材料处于屈服阶段是进行钣金加工的基础,如弯折成 90° 角即是让材料产生 90° 角的弯曲塑性变形。一切金属材料加工都要让它处于塑性阶段,换句话说讲,所加的载荷都要高于材料的弹性极限,即达到屈服极限才有可能实现。

继续对材料加载,使其变形再次增加,曲线将沿FP上升。此时表明,经过屈服之后材料又重新获得了抵抗变形的能力。此时,在某一状态,如P点,逐渐卸去载荷,试验表明曲线沿PE(平行于OA)直线下降到E。这说明,对应于P点的总变形量(OE)中有一部分是永久变形(塑性变形)被保留下来,而另部分变形量,即EP'所代表的变形消失了。后者属于弹性变形。材料进入屈服阶段的变形由塑性变形和弹性变形两部分组成,其中弹性变形部分当载荷去除之后是会消失的。这种现象称为变形回弹。在配制钣金件弯曲变形时,必须将回弹考虑在内才能得出所需角度的弯折件。例如弯折 90° 角,压力放松之后,由于回弹作用,实际弯折角总是大于 90° 的。只有将模具的角度做成稍小于 90° ,弯折后除去回弹量才能得到 90° 角的折角。

经过强化后,继续加载,变形量急剧增加,直至断裂。

(3)加工硬化。金属材料产生了塑性变形之后,由于晶格发生了畸变,在变形区域里变得非常硬,这种现象叫做加工硬化。经过硬化的材料强度有所增加,但其塑性则明显下降,脆性反而增加了,给再加工造成了困难。图2-4为弯曲加工硬化区晶粒分布示意图。

汽车钣金件受碰撞产生永久变形必然导致该区域材料的硬化。如果单纯用反向施力,企图矫正变形,反而会加重加工硬化的程度,甚至导致损坏。在矫正金属板过程中,总会引起加工硬化的,但一定要将它控制在最小范围内。尽量减少正、反两个方向矫正的次数,是校正操作的基本原则,以避免反复硬化导致板件开裂。

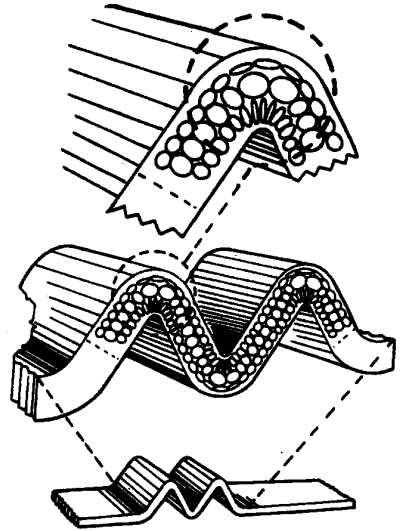


图2-4 弯曲造成加工硬化时,晶粒重新排列

第二节 凹凸表面的整形

汽车钣金件的表面绝大多数是光滑曲面,俗称之为蒙皮。由于外力冲击,使蒙皮产生凹凸变形(折损)的情况时有发生。汽车钣金修理的一项主要工作就是将已变形的表面敲平整形,恢复原来的形状。现介绍常见的整形方法。

一、铁锤垫铁(抵铁)敲击整形

1. 小范围局部凸起的整形

图 2-5 所示为小范围局部凸起变形整平的示意图。用垫铁贴紧凸起的反面,手锤敲击凸起部位,使凸起部分被压缩到原来形状。操作时要求捶击力量要轻巧,并以每秒 2 次的频率连续冲击,并做到捶击点均匀分布。

垫铁的形状要与曲面的曲率相一致,否则,将会产生严重的后果,使金属板的损坏更严重,如图 2-6 所示。

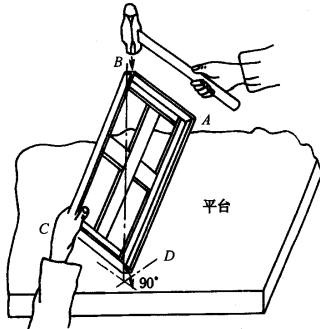


图 2-5 铁锤在垫铁上的敲击修理法

2. 局部凹陷的整形

图 2-7 为凹陷修整的示意图。与凸起的修整不同的是捶击点不在垫铁顶面上方,而是在蒙皮的凸起部位。将垫铁贴紧最低处,铁锤敲击附近凸起处即可。

一般说来采用垫铁捶击时,捶击点都应落在表面凸起部位,垫铁则处于低的部位,否则,不但原有的凹凸现象不能消除,反而会增加新的缺陷。修整凹陷时,捶击应从凹陷的外围逐渐向中心区域过渡的顺序进行,才能收到预期的效果。

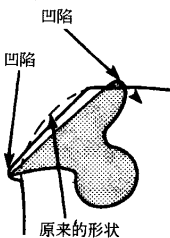


图 2-6 使用不符合底板形状的垫铁

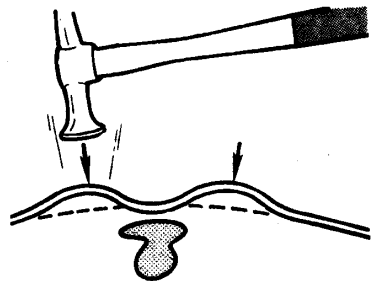


图 2-7 铁锤不在垫铁上敲击法的敲击部位

3. 大范围凹陷的整形

图 2-8 所示为大范围凹陷修复过程示意图。图 2-8a 中,粗黑线表示金属表面被撞击凹陷,周围凸起部位以细线表示。修整时,将垫铁紧压在凹陷槽最外边(此处弯曲程度最低),如图 2-8b 中虚线圆圈所示。用一平面冲击锤在凸起处进行轻度敲击(敲击点不能落在垫铁顶面之上)。利用每一次敲击时垫铁的压力迫使槽向上抬起。敲击顺序如图 2-8b 箭头所示。外围金属基本复位后,可将垫铁移置中心区,敲击附近金属表面使凹陷槽逐步消失,如图 2-8c~图 2-8e 所示。

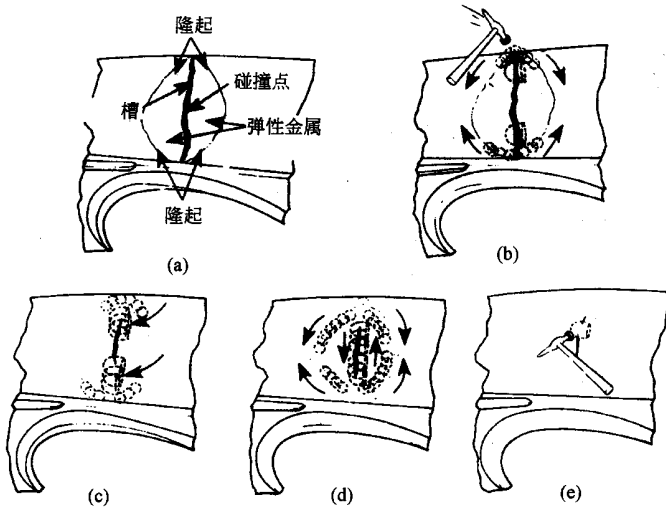


图 2-8 用铁锤和垫铁修理凹陷金属的步骤

二、撬起凹陷

利用修平刀修整凹陷如图 2-9 所示。图中车门表面某处有凹陷,将修平刀作垫铁用,采用捶击表面凸起部位的办法,可将凹陷修复。图 2-10 是用修平刀作撬棍修整车门板面凹陷的情形。经过修平刀修整之后还应用车身锤加以精修。

修平刀或垫铁无法到达处的凹陷,则应采用尖头工具(各种撬镐)撬起修复,如图 2-11 所示。将尖锤插入一个排水孔或门背后的孔内就可以撬凹陷处,既不需拆下车门内的装饰物,也不需要在外表面钻孔拉出凹陷。用尖头工具修理时,加力不可太大,从凹陷最低点开始逐步撬起。需要敲击时应注意敲击顺序和敲击点的分布,如图中所示之①、②……各点。

三、拉出凹陷

采用拉出装置将凹陷拉出,也是常用的凹陷整形方法之一。拉出装置包括吸杯、拉杆、专用拉出器。气动凹陷拉出器如图 2-12 所示,其端部有一个吸杯产生真空,惯性锤施加的力将金属凹陷部位拉回到原来形状。

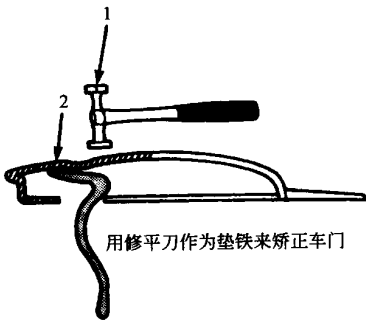


图 2-9 将修平刀作为垫铁使用

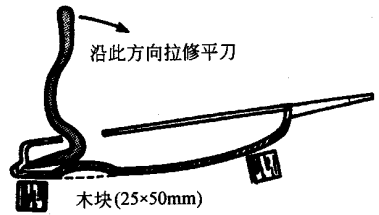


图 2-10 用修平刀修整车门面板上的凹陷

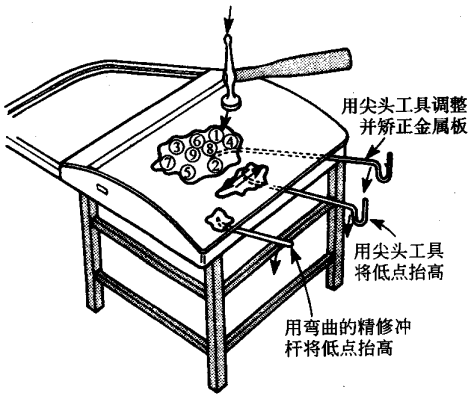


图 2-11 用尖头工具使凹陷部位升高

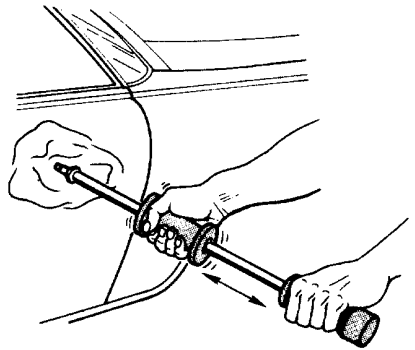


图 2-12 用凹陷拉出器消除凹陷

拉杆式拉出器的一端的螺钉拧入凹陷部位事先打通的孔中,一手握住手柄,另一手用力将重物向手柄方向反复拉动即可将凹陷消除,然后再用填料将通孔堵住。为了避免打孔带来的不便,也可以在凹陷部位点焊上销钉代替拧入螺钉,待拉出之后再刀具切除焊点,从而保持原金属表面的完整性。

四、锉平整修部位

经过整修的表面还要精修。精修一般采用表面成形锉加工,图 2-13 为成形锉的外形与可更换之锉刀片。

利用车身锉修整应从未损坏区的一边开始锉,然后穿过损坏区到达未损坏区的另一边。锉削时,应握住手柄向前推。每次锉的行程应尽可能拉长,返回行程中,锉刀面应脱离金属表面拉回,如图 2-14 所示。

经过一次锉削,可以找出剩余的高点和低点,图中光亮区为低点,可进一步拉出,再锉,直至所有低点都消失为止。最后将这一区域锉平。

图 2-15 表示在平坦或低隆起的金属表面上沿 30°方向施锉之要点;图 2-16 表示在隆起的金属表面上施锉运行的状况。

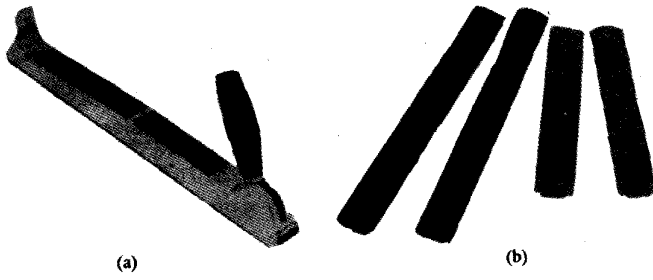


图 2-13 表面成形锉
(a)车身锉 (b)可更换的锉刀片

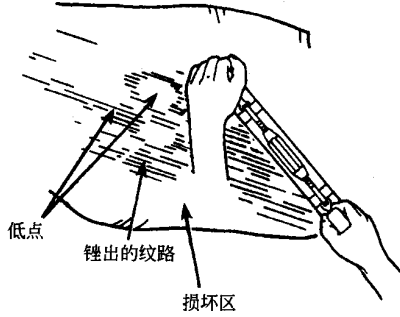


图 2-14 修理过的金属板
经锉削后露出低点

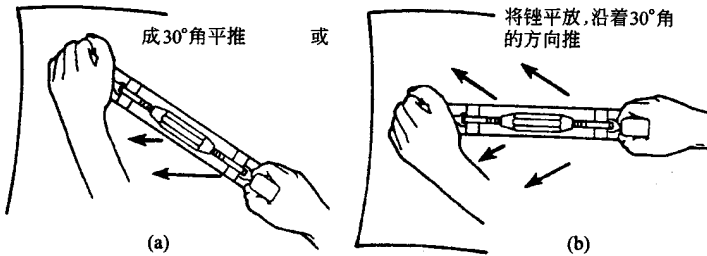


图 2-15 在平坦的或低隆起的金属板上沿 30°角推动车身锉

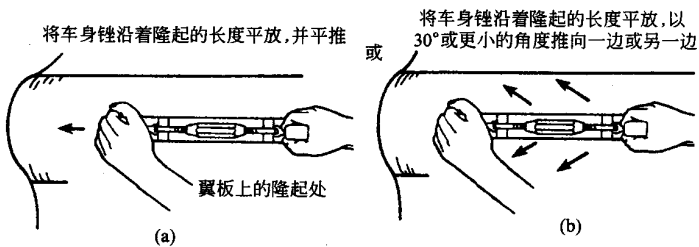


图 2-16 车身锉用在隆起的金属板上

第三节 表面收缩整形

金属板受到碰撞而产生严重变形时,在折损处通常受到拉伸作用,如隆起处、凹槽等均是拉伸的典型。金属某处受拉伸时,其晶粒将互相远离,金属板变薄且发生加工硬化现象。利用收缩法可将金属晶粒拉回到原来的位置上,使之恢复原有形状和厚度。收缩法的目的是移动受拉伸的晶体回位,但又不影响周围未受损伤的金属晶粒。

一、收缩的原理

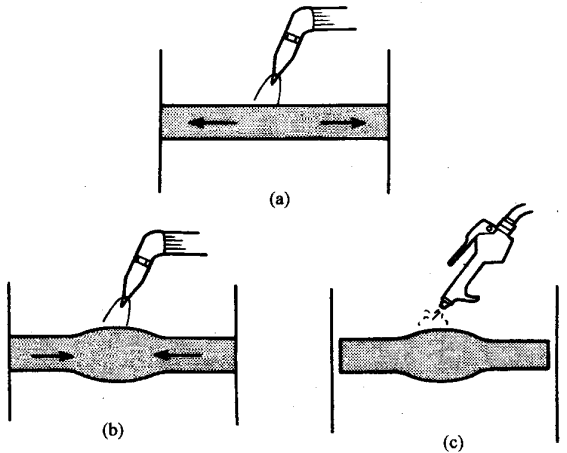
大家知道,一段能够自由伸缩的金属材料在受热时会膨胀,其长度会增加,加热完毕,冷却之后,其长度又恢复到原来的尺寸。

如果一段金属棒的两端被单方向固定,对它先加热然后冷却,金属棒的长度会缩短,现分述如下:

(1)加热时,金属棒试图膨胀,但由于两端受阻无法沿纵向膨胀,棒内部产生很大压力,如图 2-17a 所示。

(2)当温度进一步升高,使金属棒达到赤热状态开始变软,在原有压力作用之下,赤热部位直径增大,随后先前所产生的压力逐步消失,如图 2-17b 所示。此时,金属棒内已无压力了。

(3)加热后突然冷却,便会产生收缩。由于赤热部位直径已加大了,只能使钢棒长度缩短,如图 2-17c 所示。此时,由于两端单向固定,两端的收缩并不受阻,从而达到收缩的目的。



二、金属板上变形部位的收缩

将变形区中心的一小块地方加热至暗红色,随着温度升高,金属板受热处开始隆起并试图向受热范围之外的地方膨胀。由于周边金属既冷又硬,金属板无法膨胀,因而产生很大的压力载荷。如果此时继续加热,在赤热部位金属变软,于是在内部压力作用之下,金属被向表面推出,使之变厚并释放内部压力载荷。处于赤热状态的赤热部位突然冷却,金属板将会收缩,面积将会减小,从而达到消除拉伸的目的,而不影响其周围的晶格状态。

图 2-17 金属收缩原理

(a) 当膨胀力受到金属上刚性固定的限制时,产生收缩

(b) 受热变软的金属膨胀并变粗 (c) 冷却使金属收缩,使钢棒收缩到小于原先的尺寸

三、收缩法操作要点

收缩法在汽车钣金修理中占有重要位置,其工艺基本定型。加热时选用1号或2号嘴的乙炔中性焰。操作要点如下:

(1)用焊炬火焰将最凸或最凹点(伸张中心)加热至樱红色。加热范围的大小与伸张程度有关。伸张程度严重、面积较大时,加热范围直径在15~30mm之间;一般在2~15mm即可。

(2)加热后急速敲击红晕区域的周围,并逐渐向加热点的中心包围,迫使金属组织紧缩。敲击时,要用垫铁垫在部件背部,用木锤敲击,冷却后再用铁锤轻轻敲击整平。要注意敲击力量不宜太大,否则已收缩部分会重新变松弛。显然,这一工步,应由两个人分工合作完成。

(3)如果收缩一点不能达到整平的目的,可用同样方法,在该点周围适当位置进行多点收缩,但此时加热范围要小一些。

(4)所有收缩点冷却之后,进行一次全面敲平,敲击力要轻。

对于轻度的伸张,加热后可以不敲击,用棉纱蘸冷水冷却加热区域即可;轻微伸张区,加热后自然冷却也可达到收缩目的。

图2-18表示为多点收缩的顺序示意图。适当选择加热收缩区和收缩的顺序,可将多点伸张表面收缩到原来的形状。

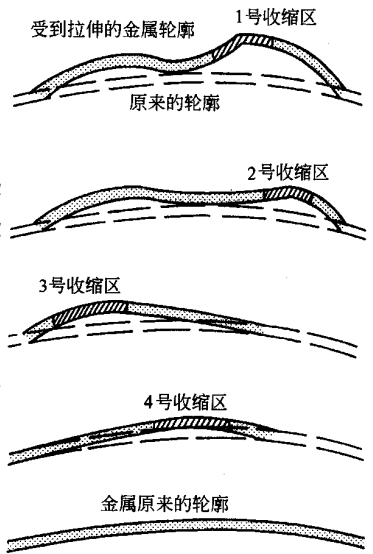


图2-18 在许多点上收缩金属

第四节 皱褶的展开整形

汽车车身某处被撞击后,钣金件表面会形成不规则的皱褶。钣金修理时必须将这些皱褶展开整形。首先,设法将死褶由里边撬开,缓解成活褶,然后加热,用锤敲击活褶的凸脊部位,逐渐将其展平,恢复原状。

皱褶的展开修整,可以直接在车上用撑拉法解皱敲平整形,也可以将钣金件拆下来,在车下展开皱褶整平修复。前者需在专门的车身车架矫正机上进行,后者主要借助一些简单器具和手工开褶方法。本节主要介绍后一种方法。

假定某小卧车右翼正面被撞击形成了皱褶,由于修理设备所限,不能在矫正机上展开皱褶。采用简易办法使其开褶,大致按如下顺序进行:

(1)将右翼上的大灯圈及灯座拆下,用一段长度合适(稍大于灯孔)的扁钢垫于大灯孔内,扁钢两端卡住灯孔的弯边。用一段钢丝绳,一端栓在扁钢中部,另一端系在树桩上。

然后开倒车自行拖拉,逐渐使皱折打开,倒车拖拉时宜缓慢进行,切勿猛冲。拖拉后,总体情况好转,只有个别小死褶没有缓解。

(2)经过拖拉后,卸下翼板,在平台上修整。一段一段地用焊炬加热死褶部位用撬具撬开死褶使其缓解。

(3)将翼板凹面向上置于平台上,从翼板里侧敲平活褶。每敲一处,都要注意让平台起到垫托作用,不能脱空。里侧的皱褶基本敲平后,翻转翼板,用垫铁抵住里侧,从外侧敲击,使皱褶完全解开。

(4)将整修过的翼板装在车上,再用手锤和垫铁进行一次全面修整。此时,大灯孔应先修圆,再修边。最后,对比两翼,将伸张的那部分用加热法收缩,使造型达到要求。

其它部位的钣金皱褶展开可仿照上述步骤进行。

第五节 螺钉连接、铆接与粘结

汽车钣金修理中常常采用螺钉连结、铆接及粘结技术,现将有关的工艺特性分述如下。

一、螺钉连接

我们知道,螺纹连接具有安装容易、拆卸方便、连接可靠的特点,是机器上最常用的连接方式之一。螺钉连接是螺纹连接的一种,在钣金修理中应用最多。螺钉的种类繁多,汽车钣金应用最多的为自攻螺钉。自攻螺钉又分为成型螺纹螺钉和切削螺纹螺钉两种,如图 2-19、图 2-20 所示。

使用成型螺纹螺钉连接时,在底板上钻定位孔的孔径应小于螺钉直径,以便在拧紧螺钉时,使螺钉附近的材料位移和变形产生紧密的连接效果(相当于在底板定位孔处挤压加工成一个螺母)。图 2-19 中 A 型用于薄板零件连接最为常见。

图 2-20 中的每一个螺钉前端的螺纹切削刃用于装配时切削相配的螺纹,一般用于铝、锌、铅的压铸件和胶合板、石棉及其它合成材料的连接。

图 2-21 为自攻螺钉连接过程示意图,淬硬的螺钉尾部有辗压出的钻尖,能保证得到正确尺寸的定位孔,从而可省去打孔的工序。

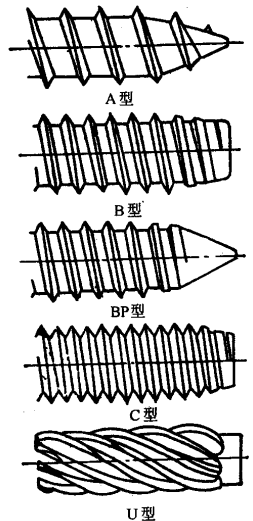


图 2-19 成型螺纹攻丝螺钉

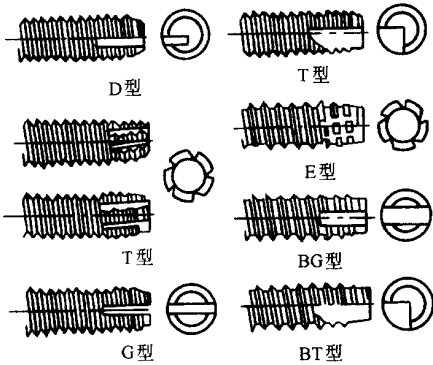


图 2-20 切削螺纹攻丝螺钉

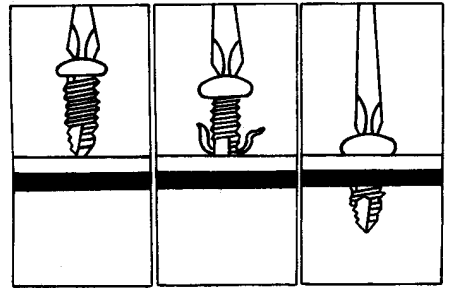


图 2-21 自钻孔攻丝螺钉

二、铆接

用铆钉将金属结构的零件铆合在一起称为铆接。铆接的基本形式如图 2-22 所示。

1. 铆钉

(1) 铆钉直径的选择。

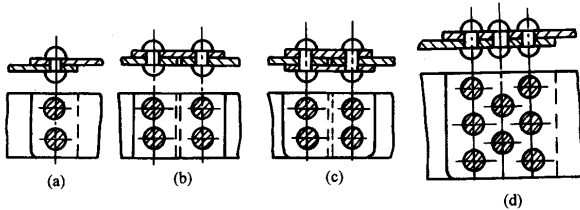


图 2-22 铆接连接形式

(a) 搭接 (b) 单盖板对接 (c) 双盖板对接 (d) 三排搭接

铆钉作为连接件承载的主体, 主要按抗剪切的强度条件计算其直径。铆钉直径过大, 铆接时铆钉头成型困难, 直径过小, 铆钉强度不足, 势必要增加铆钉数目。实用的铆钉直径主要依据板料的厚度来选择, 一般建议如下:

$$d = \sqrt{50t - 4}$$

式中 d ——铆钉直径(mm);
 t ——板料总厚度(mm)。

(2) 铆钉长度的选择。

铆接时, 铆钉杆过长, 铆成的钉头过大或过高, 铆钉杆过短, 则铆钉头不足, 影响铆接强度。不同类型的铆钉长度可按下式计算:

半圆头铆钉 $L = (1.65 \sim 1.75)d + 1.1t$;

半圆埋头铆钉 $L = 1.1d + 1.1t$;

埋头铆钉 $L = 0.8d + 1.1t$ 。

图 2-23 所示为半圆头铆钉长度确定的示意图。

经过上述计算所确定的铆钉直径和长度,可以查阅国家标准规定的数值。半圆头铆钉标准件数值见表 2-1。

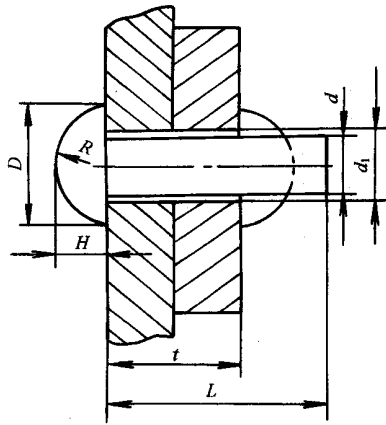


图 2-23 铆钉长度的确定

表 2-1

强固、密固结合用半圆头铆钉

(mm)

公称直径 d	头部尺寸		钉杆长度 L	公称直径 d	头部尺寸				钉杆长度 L
	直径 D	高度 H			直径 D		高度 H		
	强固结合用	密固结合用			强固结合用	密固结合用	强固结合用	密固结合用	
1	1.8	0.6	2~6	8	14	14	4.8	4.8	16~60
(1.2)	2.1	0.7	3~8	10	16	17	6.0	6.0	16~85
1.4	2.5	0.8	3~10	(11.5)	19	21	7.0	8.0	20~90
(1.7)	3.0	1.0	3~12	13	21	24	8.0	9.0	22~100
2	3.5	1.2	3~14	16	25	29	9.5	10.0	26~110
2.5	4.6	1.6	5~20	19	30	34	11.0	12.0	32~150
3	5.3	1.8	6~20	22	35	39	13.0	14.0	38~180
(3.6)	6.3	2.1	8~24	25	40	44	15.0	16.0	52~180
4	7.1	2.4	8~28	28	45	50	17.0	18.0	55~180
5	8.8	3.0	8~35	30	50	55	19.0	20.0	55~180
6	11.0	3.6	10~42	34	55	60	21.0	22.0	70~200
7	12.8	4.2	14~50	38	60	65	23.0	24.0	75~200

注 括号内的直径,两种铆钉都尽可能不采用。

2. 铆钉孔

铆钉孔直径与铆钉直径的配合必须适当。孔径过大,铆接时钉杆容易弯曲,影响铆接质量;孔径与铆钉直径相等或过小,铆接时难以插入孔内,强行铆接,由于铆钉挤压板料造成表面不平整。铆钉孔径标准见表 2-2。

表 2-2 铆钉孔径的标准

一般铆钉	铆钉直径 (mm)	6 ~ 10	13 ~ 22	25 ~ 32
	钉孔直径加大 (mm)	+ 0.7	+ 1.5	+ 2
高压铆钉	铆钉直径 (mm)	6 ~ 10	13 ~ 16	19 ~ 32
	钉孔直径加大 (mm)	+ 0.7	+ 1	+ 1.5

注：(1)对于多层板料密固铆接时，孔径应按标准孔径减小 1~2mm，以备装配后进行铣孔之用。

(2)凡冷铆的孔径应与钉径相等，如遇板料与角钢等铆接时，则孔径加大 2%。

3. 手工铆接方法

铆接有冷铆和热铆两种形式。小直径铆接多用冷铆法，大直径铆接多用热铆法。铆接手段则有手工铆、风枪铆和液压铆三种。汽车钣金修理中，多数应用手工冷铆（或热铆）。

手工铆接时，将铆钉插入钉孔后，应将铆钉顶严紧，然后用手锤捶击铆杆外伸部分，将其打成粗帽状或打平。如采用热铆则应将铆钉整体加热（或加热铆杆外伸部分）至樱红色，用与铆钉头形状相同的罩模盖上，用大锤捶击罩模，并随时转动罩模，直到将铆钉铆好为止，如图 2-24 所示。

4. 汽车钣金修理铆接工艺的特殊性

钣金修理的铆接与机械制造加工铆接，由于对象不同，实际的操作工艺也不相同。修理作业的对象是已经出厂并经过一段时间运行的汽车零部件，一般来说，表面生锈、变形，与当初制造加工时的状态已不相同了。例如，原有的铆钉可能被挤压变形，原有的孔发生错位、失圆等。所以，首先要对被修理的钣金料整平、除锈并修整原有的铆钉孔或另行制孔后才能重新铆接。举例说明如下：

货车的车架是由纵梁、横梁和支架组成，三者是铆接在一起的。车架与车身其它部分连接大都采用铆接。由于汽车在公路上行驶，车架上所承受的载荷时大时小，随机变化。这些载荷最终都要分配到各个铆钉上。铆钉、铆钉孔、接合面在交变载荷作用之下都会产生疲劳裂纹、铆钉松动、孔壁剥落、磨损和锈蚀等问题，如图 2-25 所示。

假定车架车身无其它变形故障需要修复，仅需作局部的铆接修理时，首先将有故障的铆钉头铲去，用冲子将铆钉冲出，作局部分解。然后，用碱水除油、除锈清理，经检查后确定修复方案。

(1)对有疲劳裂纹的铆钉孔，如图 2-25 中之 1、2、3、4、5 等，应将裂纹全部机械切除，然后补焊平齐重新打孔铆接。补焊时，应注意整个孔周围均匀加热，达到消除内应力目的。

(2)车架铆钉孔壁有磨损、剥落，如图 2-25 中之 6，应采取堵焊法将孔全部堵焊修复。堵焊后重新钻孔，孔径应适当扩大以达到强化孔的边缘，防止产生疲劳裂纹的目的。

(3)铆钉孔修复后，选用相应新铆钉铆接。铆接时，先用螺栓将其它孔连接起来，只铆

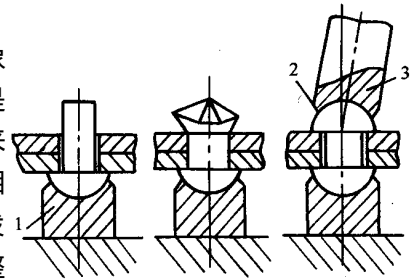


图 2-24 手工铆

1. 顶模 2. 铆头 3. 罩模

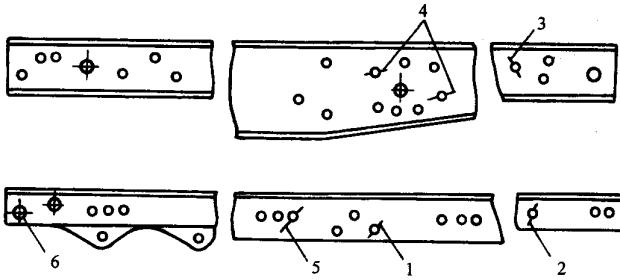


图 2-25 货车车架纵梁局部铆钉故障

1、2、3、4、5. 裂纹 6. 孔壁磨损、剥落

接其中一个孔。用依次拆卸一个螺栓,铆接一个孔的办法,最终铆接修复完毕。

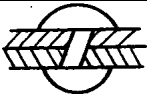
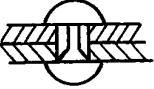
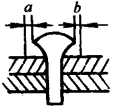
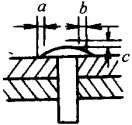
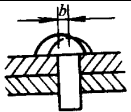
铆接完毕后,应对铆接质量进行检查。检查方法见表 2-3。检查发现不合格时应将该铆钉铲除重铆。

表 2-3

铆钉的缺陷和检查方法

缺陷名称	简图	允许误差	缺陷发生原因	检查方法
用 0.5kg 铆钉检验锤敲打时,铆钉头振动或移位		不允许	(1)铆接前两连接件没有夹紧 (2)铆钉杆没有充分墩粗 (3)铆钉孔磨大	用锤自各个方向敲打上下部钉头
铆钉头四周没有和铆接件压紧		不允许	(1)铆接时另一个铆钉头没有顶紧 (2)铆钉孔边缘没有内倒角 (3)铆钉头和铆钉杆交接处有粗大现象 (4)铆接时铆钉枪气压不够	外表观察
铆钉头敛缝		不允许	为了掩饰 1、2 两项的缺陷	外表观察并仔细察看铆钉头部的敛痕迹
铆钉头有裂纹		不允许	(1)铆钉加热时过热 (2)铆钉材料质量低劣或含碳量过高	外表观察
铆钉模在纵、横梁上造成的刻伤		$b < 0.5\text{mm}$	铆钉模锋利,铆击时不小心	外表观察

续表

缺陷名称	简图	允许误差	缺陷发生原因	检查方法
铆钉偏斜		允许不大于连接件总厚度的 3%	铆钉中心偏斜	外表观察 测量相邻铆钉的中心距离
铆钉杆未完全充满铆钉孔		不允许	(1) 铆钉杆压合不好 (2) 铆钉加热不良	(1) 用锤敲击检查 (2) 除去铆钉抽查
铆钉周缘残缺		$a + b < 0.2d$	(1) 铆钉长度不够 (2) 铆击不小心 (3) 铆钉加热不良	外表检查
铆钉头过小		$a + b < 0.1d$ $c < 0.05d$	铆钉模太小	外表观察或用样板检查
铆钉头偏移		$b < 0.1d$	(1) 铆钉孔偏斜 (2) 铆钉枪上的铆钉模产生位移	外表观察 测量相邻铆钉的中心距离

三、金属粘结

将非金属粘结剂置于被粘结件结合面之间,轻轻加压经过固化使粘结件粘结在一起的工艺称为粘结。

粘结对于所有的材料都适用,特别对于不能焊接或不宜铆接材料的固紧结合尤为重要。汽车修理(含汽车钣金)中,应用粘结技术相当普遍而且有效。现将三种常用的粘结类型分述如下:

1. 环氧树脂胶粘结

环氧树脂胶粘剂是在环氧树脂基础上,添加添加剂、填料调合而成的胶体粘剂。环氧树脂是一种人工合成的高分子树脂状化合物。它能与多种材料表面形成化学键结合,产生较大的粘接力。钣金修理中,使用环氧树脂胶粘结,可以代替焊接、铆接。

环氧树脂胶粘剂的粘附力强、固化收缩小、耐腐蚀、耐油、绝缘、使用方便(可以在常温下固化),但其韧性较差,只适于非高温件的粘接(-19~82℃)。

环氧树脂胶粘剂只能现配现用,其配方及应用场合见表 2-4。

表 2-4 常用的环氧树脂胶粘剂配方

项目 名称	补蓄电池壳		补气缸体 水套裂纹		补气缸体气门与 气缸之间裂纹		修复磨 损的孔		镶 套		修复磨 损的轴	
	环氧树脂	6101	100g	6101	100g	637	100g	6101	100g	6101	100g	6108
邻苯二甲酸 二丁酯		15g		15g		10g		-		10g		10g
固化剂	乙二胺	8g	间苯二胺	15g	顺丁烯 二甲酸酐	40g	聚酰胺	80g	乙二胺	7g	间苯二胺	15g
填 料	石英粉	15g	石英粉	15g	石英粉	10g	铁 粉	20g		二硫 化钼	2g	
	石棉粉	4g	石棉粉	10g	石棉粉	12g	玻璃丝	10g		石墨粉		
	碳 黑	30g	铁粉	20g	铁 粉	50g				玻璃丝		
备 注	用电烙铁 开 V 形槽,滴 浓硫酸浸润 10min 后冲净 烘干				加扣键		孔内涂上胶后, 将轴涂上黄油, 装合后固化		配合间隙 0.1mm		轴径车小 1mm,用玻璃丝 蘸环氧树脂胶 粘剂一层层缠 上,固化后加工 至基本尺寸	

以补蓄电池壳用的环氧树脂胶粘剂配方为例说明表中有关数字的含义如下:环氧树脂 6101 100g、邻苯二甲酸二丁酯 15g、固化剂乙二胺 8g、石英粉 15g、石棉粉 4g、炭黑 30g、电木粉 5g 混合调成 177g 胶体。适用于其它场合的环氧树脂胶粘剂的调制比例可仿此选取。

2. 酚醛树脂胶粘结

酚醛树脂胶是以酚醛树脂为主要成分加入适量添加剂调制成的。常用的酚醛树脂胶配方见表 2-5。

表 2-5 常用酚醛树脂胶配方

名 称	项 目	质 量 份 数
KH-506 胶	酚醛树脂	4
	丁腈混冻胶	3
	乙酸乙酯	7.2
	丁酸丁酯	7.2
204 胶	酚醛树脂	100
	聚乙烯醇缩甲乙醛	80
	6101 环氧树脂	30
	2-乙基 4-甲基咪唑	5

酚醛树脂胶粘结强度高,且耐热,常用于胶补发动机气缸盖、机油底壳、水箱等工作温度较

高的部件,但它抗冲击的性能差。

3. 氧化铜粘结

氧化铜粘结剂主要成分是氧化铜粉。氧化铜粉与无水磷酸调和而成氧化铜粘结剂。配制时要求氧化铜粉化学成分纯,颗粒度为 320 目,同时要制取无水磷酸,才能进行调制。无水磷酸制取方法是:取密度为 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 的正磷酸 100g,加入 6~8g 氢氧化铝,调匀加热到 $120\sim 140^\circ\text{C}$ 并保温烘干 4h,冷却后即得无水磷酸。

第三章 管件冲压设计制作技术要点

随着科学技术和工业生产的不断发展,管材制造的零件在航空、机械、石油化工、轻工及交通运输等各个领域中得到广泛应用,管材塑性加工在当代工业生产中占有十分重要的地位。本章主要介绍管件端面切断模具、管材形状端面冲裁模具和管壁冲孔模具。

第一节 管材端面切断模具

为了获得管件所需长度的管坯,需要首先对管材进行切断。管材端面切断主要有机械加工和冲压加工两种方法。机械加工方法主要包括锯床切断、车床切断、砂轮切断等,其优点是切断面质量稳定,其缺点是生产效率低,不能满足大批量生产的要求;冲压加工具有生产效率高的优点,但其缺点是切断时管壁易被压扁。如果在冲压加工过程中采取合理的工艺措施、设计合理的模具,便可以防止剪切时管材被压扁,保证切断面质量满足管件的使用要求。下面介绍几种已在生产中获得应用的管材冲压加工切断方法。

一、冲切法

冲切法是指在压力机上利用模具对管材实施切断。管材冲切过程如图 3-1 所示。冲切过程可以分为四个阶段:在第一阶段首先切刀刀尖与管壁接触,使管壁产生弹性变形;在第二阶段,随着压力增加,切刀继续下行,当压力达到一定值时,刀尖与管壁接触处的材料发生塑性变形,同时刀尖开始压入材料;在第三阶段,随着刀尖压入程度的增加,出现了应力、应变的高度集中,导致材料瞬间脆裂,刀尖随之进入管腔;在第四阶段,切刀侧刃与凹模侧刃开始剪切管壁,完成管材切断过程。冲切法适用于薄壁管的剪切加工。

为了减小管材被压扁的程度,通常将凹模做成少许的桃形,在冲切前使管材在左、右半凹模的强力夹持下产生一定的反变形,然后再由切刀冲切,从而减少管材被切刀压扁的程度。如图 3-2 所示。

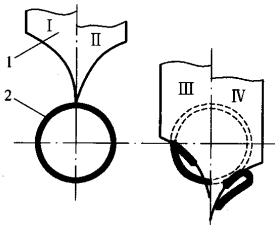


图 3-1 冲切过程示意
1-切刀 2-管材

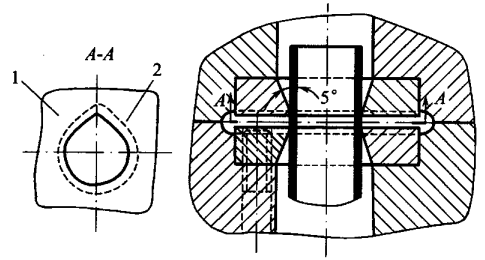


图 3-2 凹模
1-左半凹模 2-右半凹模

(1) 切刀

切刀形式如图 3-3 所示,尖劈后面做成带一定形状的曲线,设计该曲线形状时必须考虑以下因素:切屑力求向外形成以减小压扁现象,切刀应有足够的强度,曲线形状应易于磨削加工。目前生产中采用的切刀曲线多为圆弧形,这不仅易于磨削加工,而且也能较好地满足冲切要求。切刀可以分为单圆弧切刀和双圆弧切刀两种。双圆弧切刀冲切时,管材上部约 1/4 的废料先被切断并掉入管腔内,因此有利于后续的冲切工作。管壁被压扁的程度与切刀刀刃顶角有关,刀刃顶角越小则管件的圆度越好。但顶角越小,刀刃的刚度也越低,刀刃产生崩刃的危险就越大,因此设计刀刃顶角时要同时考虑管件圆度和刀刃刚度两种因素。在实际应用中,必须合理设计切刀的曲线形状和尺寸。

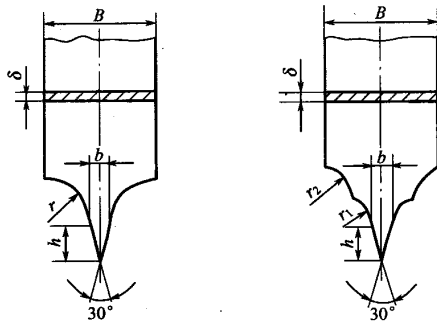


图 3-3 切刀形式

(2) 模具结构

图 3-4~图 3-7 所示为用冲切法切断管材时所用模具的几种典型结构。

图 3-4 所示是一副带有双斜楔的管材切断模,供切断一定直径而长度不同的管坯。该模具采用单圆弧切刀,凹模由左右两半组成,在斜楔作用下两半凹模可左右移动,以便工作时夹紧管材。模具工作原理如下:先将管材穿过侧导板 14 的定位孔,送至定位块,当压力机滑块下行时,两斜楔推动两半凹模夹紧管材,使管壁上部变形凸起成桃形(参考图 3-2),随着压力机滑块继续下行,切刀开始切入管壁,直至管材被完全切断为止,切下的管坯掉在下模座上的两个角铁之间,随第二次管材送进时将它推出去。定位块在角铁上可前后调整,以适应切断不同长度的管坯。

图 3-5 所示模具的凹模由左右两半组成。左半凹模为固定凹模,右半凹模为活动

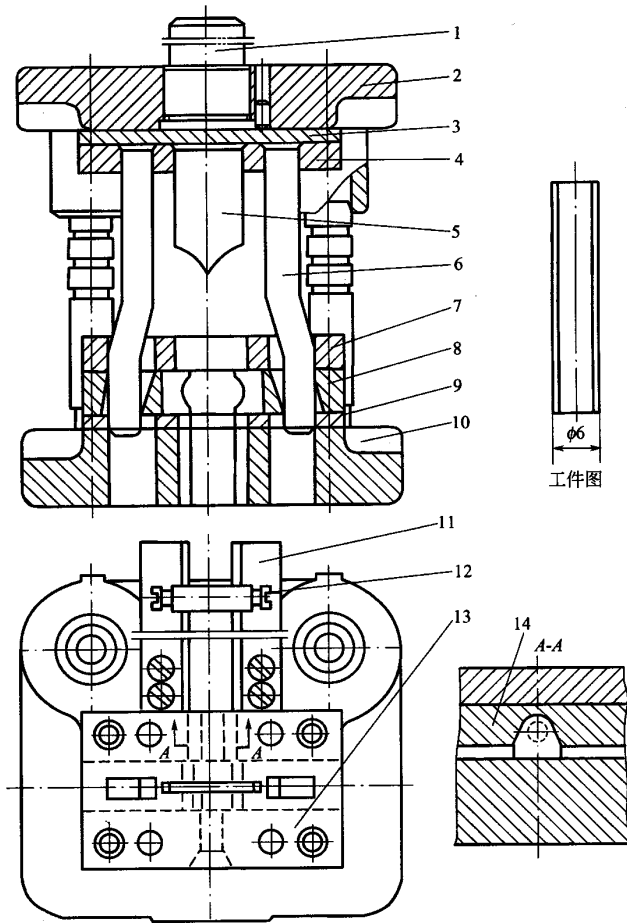


图 3-4 管材切断模

- 1-模柄 3-上模座 3,9-垫板 4-切刀固定板 5-切刀 6-斜楔;
7-卸料板 8-凹模 10-下模座 11-角铁 13-定位块 13,14-侧导板

凹模,活动凹模在斜楔与滚轮作用下,可在导轨上左右移动,达到夹紧或松开管材的目的。

图 3-6 所示的管材切断模,采用双圆弧切刀和左右组合凹模切断管材。右半凹模 23 由螺钉紧固在固定板 17 上,左半凹模 23 紧固在滑块 8 上,滑块 8 能在下模板 1 上左右滑动,靠两导板 27 导向。平时滑块 8 在弹簧 6 作用下使凹模 23 张开少许(由套筒 7 限位)便于管材送进。切刀 16 由螺钉 14、压板 25 紧固在固定板 11 上。该模具的工作原理如下:先将管材送进并穿过凹模孔,由可调挡料板 29 定位,上模下行,斜楔 9 将滑块 8 向右推进,两半凹模将管材夹紧,上模继续下行,切刀 16 便将管材逐渐切割,直至完全切断为止,工件则从孔中漏下。

图 3-7 所示的切断模,用于直径 5mm 以上的管状铆钉的管坯下料工件。该模具采用 V 形切刀,切刀厚度为 1~1.5mm。凹模由上、下两半组成。模具工作时,将管材送入凹

模中,由定位装置定长度,长度可按需要调整。压力机滑块下行,压轴 11 在弹簧的作用下使上半凹模 3 先压紧管料,然后切刀刀尖再接触管壁。切刀刀尖刺穿管壁后继续深入,管料受力方向在改变,开始时向心,继而转向离心方向,直至冲切过程结束。当模柄随滑块回程时,上半凹模在弹簧的作用下与下半凹模分离,便于切下的管坯滑出和下次送料。

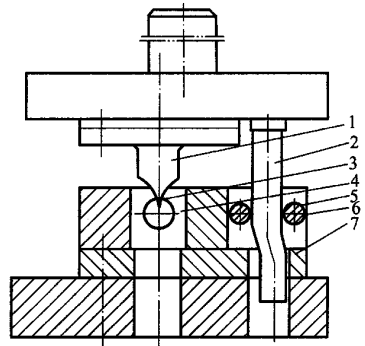


图 3-5 管材切断模

1-切刀 2-斜楔 3-固定凹模 4-活
动凹模 5-滚轮 6-芯轴 7-导轨

综上所述,冲切法适用于管材相对厚度 $t/D < 0.1$ 的薄壁管,更常用于壁厚小于 3mm、直径在 50mm 以下的场合。为了在剪切过程中降低管材切断面变形的程度,设计模具时应特别注意以下技术要点。

- a. 合理确定切刀的形状及尺寸,如圆弧半径、刀刃尖劈宽度及顶角、切刀厚度等。
- b. 合理设计组合凹模,凹模孔最好做成少许桃形,以便使管材在左、右凹模的侧向力作用下产生向上突起的反变形,从而补偿因切刀冲切管壁形成的压扁缺陷,以提高管材切断面的圆度。
- c. 合理设计斜楔机构,要求有足够的刚度,能提供足够的合模力,即当切刀冲切管材时,斜楔机构不允许有退让。

二、双重冲切法

管材在开始冲切时易发生压扁,是因为冲切时刀刃的作用力使材料被压向管的内侧,而管的内侧又没有任何支承造成的。因此,如果采用某种方法加上一种力,使材料从管内向外扩张,再用组合模刃口从外侧支撑,就能防止管材被压扁。双重冲切法就是据此提出的,如图 3-8 所示。

双重冲切法采用两道工序加工。首先在第一道工序中利用刨刀在水平方向将管材刨出一切口,然后再在第二道工序中利用锋利的可移动式薄片切刀刀刃切入切口。这时切口的两侧由组合模牢固地夹紧,该组合模还兼起固定刀刃的作用。由于切刀冲切时切屑向管材两侧外部排出,从而避免了使管材产生压扁的作用力。双重冲切法的不足之处是刨切切口及底部冲切时会产生少量的毛刺和歪斜。另外,由于第一道工序的切口加工有限制,对管壁太厚的管材不适用。

该方法适用于大批量的管材切断。但因为切屑而使材料利用率下降,所以更适用于长度大的管材切断。由于双重冲切法需要有两道工序,故通常是使用专用设备。对于非封闭曲线的型材或已有缺口的曲线型材不需要第一道工序的切口加工,则无须使用专用设备,只在普通压力机上利用剪切模一道工序完成冲切即可。如剪切铝制窗框这类挤压型材或轧制的槽形型材,由于在其横断面上已有开口的部分,就可以用这种开口来代替第一道切口工序,在普通压力机上利用剪切模直接切断即可。另外,对具有封闭曲线的异形管材,也可以先用切削或磨削的方法加工出切口,然后再在普通压力机上利用冲切法切断,在此情况下可放宽对管材壁厚的限制。

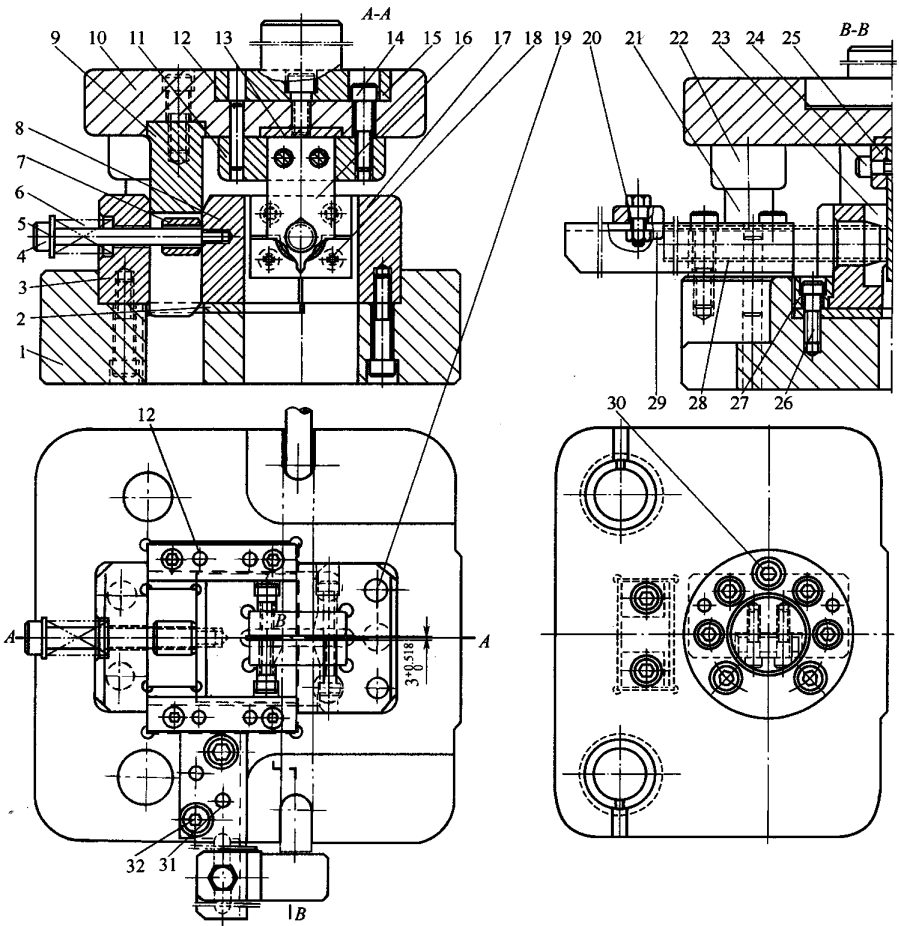


图 3-6 管材切断模

1-下模板 3-下垫板 3-反侧压块 4-卸料螺钉 5-垫圈 1-弹簧 3-套筒 8-滑块 9-斜楔 :10-上模板 :11-切刀固定板 :12、19、31-圆柱销 :13-垫板 :14、18、24、26、30、33-螺钉 :15-模柄 :11-切刀 :13-凹模固定板 20-螺母 21-导柱 23-导套 23-组合凹模 25-压板 23-导板 28-支架 29-挡料板

三、芯棒剪切法

防止管材被压扁的另一个方法是在管内放置芯棒的剪切法,如图 3-9 所示,图中活动芯棒安装在活动刀刃上,两者连成一体,因而从模具结构和被切下管材取出的角度来说,该方法适用于剪切长度较短的管材。

这种方法的技术要点是芯棒和模具内径之间间隙值的取值。因为剪切时管材切口的歪斜被限制在芯棒和模具之间的间隙内,如果间隙值取得过大,则切口的歪斜就加大,反之,如果间隙值取得过小,则送料困难。为此可将活动刀刃一侧的间隙取得比固定刀刃一侧的间隙略大一些,或将靠活动刀刃一侧的芯棒端部倒角以便于送料。但是若因管材本

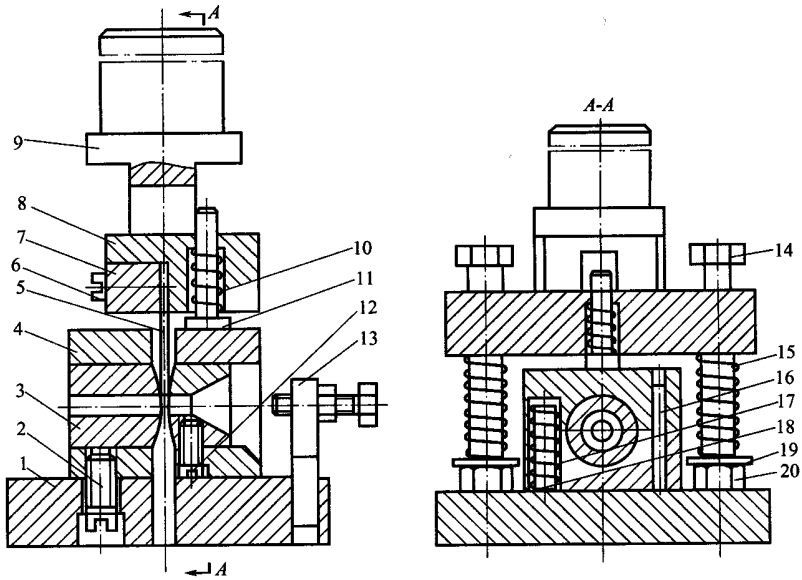


图 3-7 管材切断模

1-下模板 2、6、12-螺钉 3-凹模 4-凹模座 5-切刀 7-压块 8-切刀固定板 9-模柄 ;10、15、12-弹簧 ;11-压轴 ;13-定位装置 ;14-轴钉 ;15-导柱 ;18-芯轴 ;19-垫圈 20-螺母

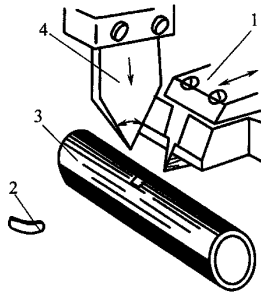


图 3-8 双重冲切法

1-刨刀 2-切屑 ;
3-管材 4-切刀

身的尺寸精度不高而不得不放大间隙时,切口就会产生较大的歪斜。将送料侧的芯棒固定,管材送进时不方便,为了解决这个问题,可采用芯棒放在管中处于浮动状态进行剪切的浮动芯棒剪切法。这种方法利用了剪切时芯棒基本不后退的现象。

芯棒剪切法为无切屑剪切,它不仅适用于薄壁管,而且对于厚壁管或断面形状复杂的异形管材也可以剪切。但是模具结构比较复杂,而且剪切厚壁管时切口面精度较差,特别是切口面的左右两端部因剪切厚度增大而成为有缺陷的断面,如果要求切断面平整,则可根据棒料精密剪切原理,采用约束剪切或高速剪切以获得平滑的剪切面。

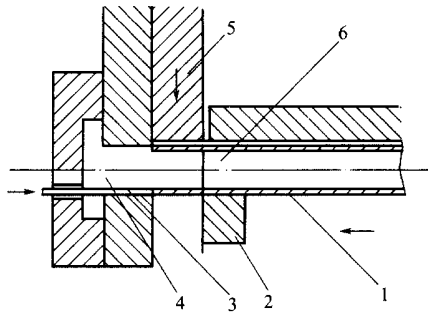


图 3-9 芯棒剪切法

1-管材 2-固定刀刃 3-推杆 4-活动刀刃的芯棒 5-活动刀刃 6-固定刀刃的芯棒

四、芯棒双重剪切法

这种剪切法是为了消除在切口面左右两端部的缺陷而提出的。芯棒双重剪切法是在芯棒放置于管中的状态下,利用使模具相对地上下左右稍微错动一下的办法,一部分一部分地进行剪切,以防止产生上述缺陷。这时与芯棒剪切法一样,也存在制件不易顶出的问题。为此,可采用图 3-10 所示的机构,将活动芯棒巧妙地装在送料侧的固定芯棒上,并设有在剪切终了后能及时返回到规定位置的机构,然后利用送进的料顶出制件。这种方法只适用于薄壁管的剪切,而且需要昂贵的专用设备,才能实现工艺上要求的剪切运动轨迹。

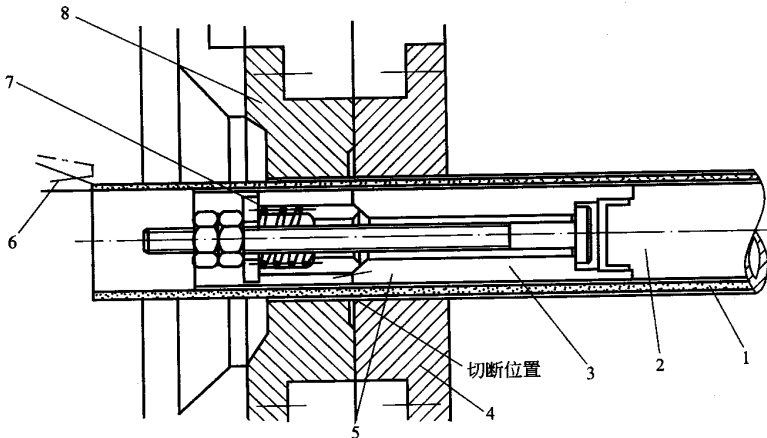


图 3-10 芯棒双重剪切法

1-管材 2-固定芯棒座 3-固定芯棒 4-固定刀刃 5-活动芯棒 6-定尺挡块 7-弹簧;
8-活动刀刃

此外,这种方法不一定要使用在上下左右作直线运动的加压装置,也可以使活动刀刃一侧一边作偏心旋转,一边错动进行剪切。

五、旋转辊剪切法

这种方法与深拉深或挤压加工的圆筒修边法相似,如图 3-11 所示。旋转辊的运动机构与轧辊机相同。剪切时只有一侧装入芯棒,因而管材直径会有些变化或产生歪斜,但由于是全周边慢慢地进行剪切,所以得到较好的切断面。该方法只适用于剪切圆柱形管材,而且当剪切的管壁太厚时也有困难。

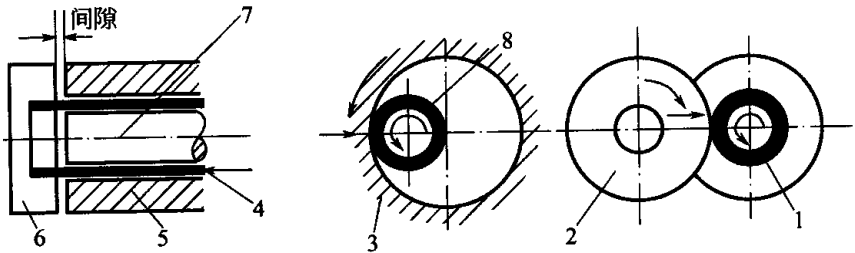


图 3-11 旋转辊剪切法

1、4、8-管材 2-外凹模 3-内凹模 5-工件支架 1-凹模 2-芯棒

第二节 管材形状端面冲裁模具

根据使用要求,有时还需对切断后的管材端口加工出各种形状,常见的管材端口形式如图 3-12 所示。管材形状端面加工可以采用两种方法:铣削加工和冲裁加工。前者刀具易损坏,效率低,也不很安全,而冲裁加工生产效率高,质量稳定,安全可靠,因此目前广泛采用冲裁加工法。下面介绍几种典型的模具结构。

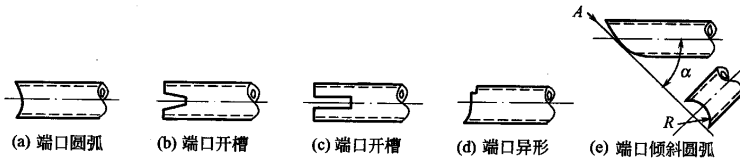


图 3-12 管材端口形式

一、端口圆弧冲裁

管材端口冲切圆弧的模具如图 3-13 所示。凸模 3 压装在固定板 2 中,固定板以支

板 1 和凹模 5 的一端面导向,借以保证凸模和凹模的单面冲裁间隙。支板和凹模一同装在下模座 7 上。开始冲裁前,应将凸模调整到与凹模圆弧面离开一个管材壁厚稍多一点的位置,以便管料 6 送进。模具工作时,将端口分两次冲切。第一次冲切时,将管料套在凸模上,以定位螺钉 4 定长,冲切下半部圆弧。第二次冲切时,将管料翻转 180°,以冲成的管端口圆弧面定位,便可完成整个冲裁过程。在此应当说明,对管端口圆弧分两次冲切是分两道工序分批进行的,即第一次冲切是将所有管料的下半部圆弧冲切掉,然后调节定位螺钉,以适应第二次冲切时的定位,并非仅对单个管料连续进行两次冲切。采用这种模具结构进行冲裁,其压力机的行程要小,不宜过大。

二、端口开槽冲裁

管材端口冲切开槽的模具结构如图 3-14 所示。芯模紧固在固定板上,固定板借弹簧和导柱可相对下模座上下活动。冲裁时应在固定板上施加压力,待芯模连同管料紧贴下模座后,凸模再开始冲裁。为提高芯模的刀口强度,凸模采用 3°~5°的斜刃。冲裁另一面时,将管料转 180°,依靠已冲好的缺口定位再进行冲裁,从而分两次完成整个冲裁过程。

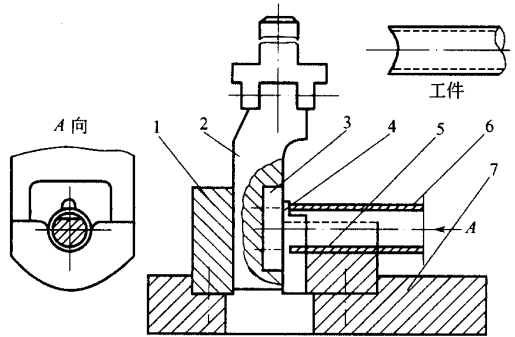


图 3-13 管材端口冲切圆弧模

1-支板 2-固定板 3-凸模 4-定位螺钉 5-凹模 6-管料 7-下模座

三、端口异形冲裁

管材端口冲切异形的模具结构如图 3-15 所示。凸模借支板作导向,芯模的头部形状与凹模一致,管料套在芯模上便能冲裁。芯模可以借销钉向上提起并转动,以便装卸管料。

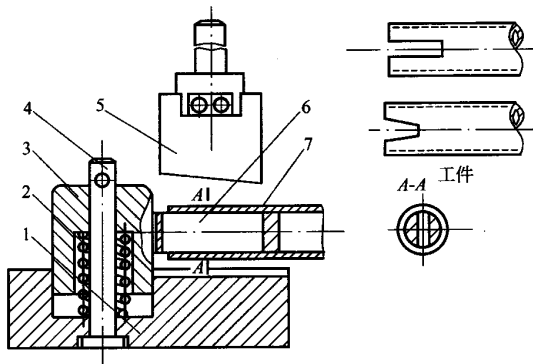


图 3-14 管材端口开槽冲裁模

1-下模座 2-弹簧 3-固定板 4-导柱 5-凸模 6-芯模 7-管料

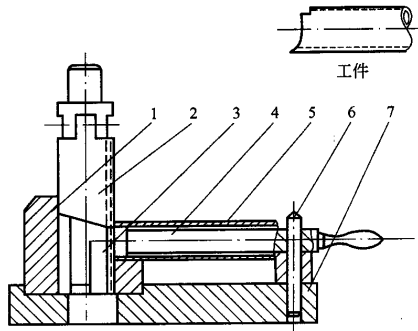


图 3-15 管材端口异形冲裁模

1-支板 2-凸模 3-凹模 4-芯模 5-管料 6-销钉 7-下模座

四、端口倾斜圆弧冲裁

管材端口冲切倾斜圆弧的模具结构如图 3-16 所示。该管端口的圆弧 R 与管料轴线成 α 斜角,它一般在卧式压力机上进行冲裁。具有特种形状刃面和刀口的凸模 1 装在压力机滑块中,凹模 2 是对开式的,借支板 4 固定在可绕 O 点转动的凹模底座上。管料插入凹模后,利用压杆 5 夹紧,凸模下行便可进行冲裁。压杆靠横楔 7 和斜楔 6 施压,斜楔与压力机滑块相连。两楔装固在另一带滑槽的底座上,底座也以 O 点为中心,可在压力机台面上回转,同时可绕压杆头部的圆弧切点摆动,这种回转和摆动与可转动的凹模底座一样,是为了适应各种不同的管端口斜角 α 。当然,当 α 角改变时,与管径尺寸改变一样,必须另行设计相应的凹模,当冲切的圆弧 R 改变时,则还需另行设计凸模。斜角 α 在 $30^\circ \sim 75^\circ$ 范围内均能冲裁,如管端口要求冲切出互成角度的多种 R ,则可分几次冲裁完成。

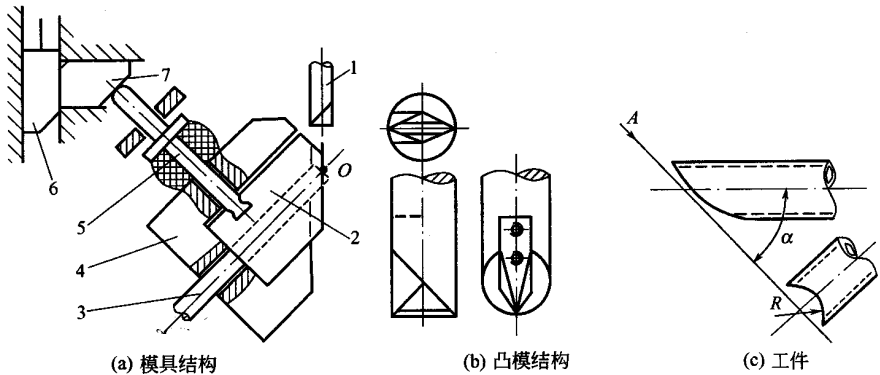


图 3-16 钢材端口倾斜圆弧冲裁模

1-凸模 2-凹模 3-管料 4-支板 5-压杆 6-斜楔 7-横楔

从上面给出的模具结构易见,由于管端口要求冲切的形状不同,采用的模具结构亦不相同。这就要求模具设计人员,能够针对管材端口的不同形式,具体分析研究端口形状

几何特点,进而巧妙地构思出相应的模具结构。模具结构既要满足冲裁管端口形状的功能要求,而且还应操作方便,安全可靠。

第三节 管壁冲孔模

实际生产中,对管件壁上的孔,往往采用钻、铣等方法加工,虽然质量稳定,但生产效率低,难以满足大批量生产的要求。随着工业生产的不断发展,近年来开始采用冲压方法加工,采用冲压方法冲孔,不仅能满足管件的使用要求,而且其效率高,模具结构简单,不需要特殊设备,在一般压力机上即可冲制,适用于大批量生产。

管材冲孔模具,按其结构特征可分为有凹模冲孔、无凹模冲孔和橡胶模冲孔三类。

一、有凹模冲孔模

管材有凹模冲孔时,根据模具工作时凸模运动方向与压力机滑块运动方向的关系,又可分为垂直冲孔和水平冲孔两种。垂直冲孔即凸模运动方向与压力机滑块运动方向相同,它是将凸模装于上模,随压力机滑块作上、下往复运动,而凹模则装于下模的悬臂支架上,凸模下行便可进行冲孔加工。由于这类模具的凹模是悬臂式安装,故常称为悬臂式冲孔模。水平冲孔时,凸模运动方向与压力机滑块运动方向垂直,它是将凸、凹模都装在下模上,利用装在上模的斜楔推动下模上装有凸模的滑块作水平运动,达到对管壁冲孔的目的。由于这类模具用斜楔机构驱动凸模作水平运动,因而可称为斜楔式冲孔模。下面介绍几种典型的模具结构。

(1) 悬臂式冲孔模

图3-17所示为悬臂式单冲冲孔模结构。凹模10压装在凹模支架5上,支架装于支座2中并由螺钉紧固。该管件壁上的两个孔用两次行程冲出。冲完第一个孔后将管坯转动 180° ,当定位销11插入已冲的孔后,再冲第二个孔。该模具结构简单,适用于小批或成批生产。但缺点是悬臂支架受力情况差,当冲裁力或力臂较大时产生的弯矩大,故应进行强度校核。

图3-18所示为悬臂式对冲冲孔模结构。两凸模7、12分别装于上、下模上,凹模10安装在支架上。支架由导向柱1导向,可作上下运动,滑键3装于支架上并沿导向柱的滑槽滑动,以保证支架相对导向柱不发生转动。该模具在压力机的一次行程中,可同时冲出管壁上两个相对的孔。由于该模具采用同时对冲工艺,支架受力平衡,故可避免悬臂式单冲时会产生较大弯矩而引起强度不足的问题。

(2) 斜楔式冲孔模

图3-19所示为单斜楔式冲孔模结构。其工作原理是:当斜楔6下行时,靠斜面A使上滑块5向右移动,靠斜面B使下滑块3向左移动,上滑块5装有凸模9和下滑块3上装有凸模11,则左、右凸模同时进入凹模,将管壁上两孔冲出。斜楔上行时,上、下滑块靠弹簧复位。冲孔废料则通过漏料孔排出。

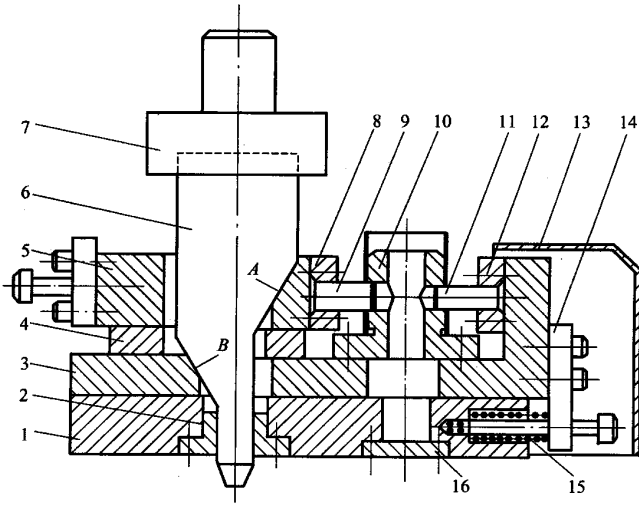


图 3-19 单斜楔冲孔模

1-下模板 2-导向套 3-下滑块 4-支撑板 5-上滑块 6-斜楔 7-模柄 8、12-凸模固定板 9-左凸模 10-凹模 11-右凸模 13-防护罩；14-挡板 15-弹簧 16-盖板

图 2-20 所示为双斜楔式冲孔模结构。该模具采用两个斜楔,且模具结构左右对称。在压力机的一次行程中,可同时冲出管件左右侧壁上的孔。斜楔上行时,左、右滑块靠斜楔及辅助弹簧复位。冲孔废料则通过压力机工作台孔漏下。

斜楔式冲孔模与悬臂式冲孔模相比,具有如下特点。

- a. 左、右凸模同时进入凹模,凹模工作稳定,凹模强度更能得到保证。
- b. 斜楔将压力机滑块的垂直运动转变为凸模的水平运动,因此凸、凹模的对中不会受压力机滑块导向精度的影响。
- c. 缺点是模具平面尺寸较大,且斜楔、滑块的制造精度及凸、凹模的装配精度(保证凸、凹模对中)要求较高。

二、无凹模冲孔模

管材无凹模冲孔,指在管内无凹模支撑的状态下,仅靠凸模对管壁实施冲孔加工。显而易见,管材在空心状态下冲孔,当凸模对管壁施加的压力超过管壁本身的刚度所能承受的能力时,管材就会被压扁,使冲孔加工无法完成。要想在管材上进行无凹模冲孔,首要的条件,是最大限度地提高管材的刚度承受能力。因此,无论是在工艺还是在模具结构方面,都必须采取特殊措施,才能满足这一要求,从而保证冲孔加工得以进行。

(1) 工艺特点

图 3-21 所示为管材对冲双孔模具,该模具呈上、下对称布置,是管材无凹模冲孔的典型结构之一。模具开始工作时,在上、下凸模还未接触管壁之前,首先由上、下活动压料板 4、5 对管料压紧,然后上、下凸模相继冲入管壁。当工作结束时,压力机滑块回程,活动压料板将管件卸下,完成一次冲孔过程。

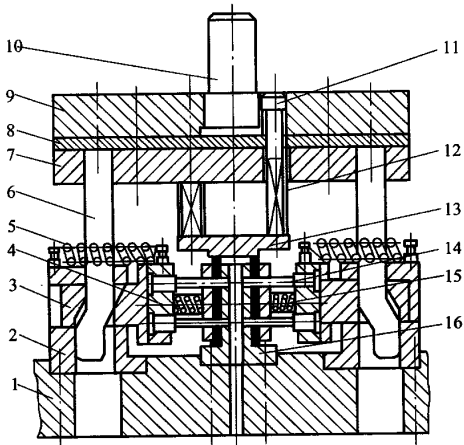


图 3-20 双斜楔式冲孔模

1 - 下模板 2 - 导向板 3 - 滑块 4 - 凸模固定板 5、12、15 - 弹簧 6 - 斜楔 7 - 固定板 8 - 垫板 9 - 上模板 10 - 模柄 11 - 卸料螺钉 13 - 压料板 14 - 凸模 16 - 凹模

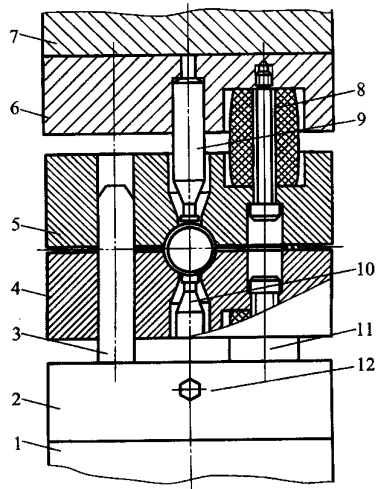


图 3-21 管材对冲双孔模具

1 - 下模座 2 - 下模座固定板 3 - 导向柱 4 - 下活动压料板 5 - 上活动压料板 6 - 上凸模固定板 7 - 上模座 8、11 - 聚氨酯橡胶 9 - 上凸模 10 - 下凸模 12 - 顶丝

由于冲孔前及冲孔过程中管料一直处于被压紧状态,这就大大增强了管材自身的刚度承受能力,使得管材在冲孔过程中失去了非稳定变形的可能性。因此,管材冲孔加工时,是由凸模将孔区的管壁逐渐顶入管材内部,使材料由弹性弯曲,到塑性变形,最后产生断裂分离的。

可以看出,管材无凹模冲孔与有凹模冲孔相比较,主要有以下特点。

a. 在管材上进行无凹模冲孔加工,首要的条件是在冲孔开始前,就必须将除被冲孔以外的全部管材都处于被压紧的状态下,直至冲孔过程全部结束。否则,管材在凸模压力作用下将产生压扁变形而使冲孔加工无法进行。因此,在模具上必须设置压紧装置,以提供足够的压紧力。

b. 管材冲孔时由于无凹模支承,材料的弹性变形过程较长,弯曲变形程度也较大,故在冲出孔的周围会形成一个“凹坑”。“凹坑”的大小与管材的尺寸、管材种类、冲孔尺寸、模具结构、压紧力等因素有关。材料较硬、管壁较厚、冲孔直径较小时,则“凹坑”较小;反之“凹坑”较大。因此,管材无凹模冲孔只适用于允许被冲孔周围有“凹坑”的管件。

c. 管材在冲孔过程中,由于材料始终紧紧靠在凸模上,因而凸模的发热及磨损比一般冲孔时严重,故设计模具时,应合理确定凸模的结构形式、材质及其热处理要求等。

(2) 模具结构

管材无凹模冲孔模与一般冲孔模相比,仅在凸模结构及压紧卸料装置上有一些特殊的要求。

①凸模结构形式 由于管材冲孔时凸模发热与磨损较一般冲孔严重,而且卸件困难,因此设计凸模时,使其工作部位与管材的接触面越小越好。在圆管上冲孔时,由于凸模接

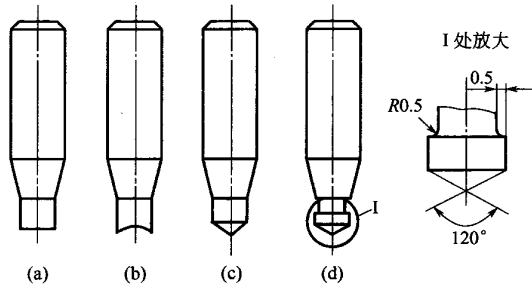


图 3-22 凸模结构形式

触的表面不是平面是管壁的弧面,所以设计时还要注意使凸模不致偏心受力,否则极易折断。

图 3-22 所示为圆管冲孔的几种凸模结构形式。生产实践表明,图 3-22(d)类凸模结构最好。该凸模冲孔时不仅对中性好,而且工作部位与管壁的接触面较小,故使用效果好。但这种凸模的中心尖处不是刃部,因而相对增加了凸模的工作行程,尤其在材质较软的管材冲孔时需较长的冲程才能将材料冲断。图 3-22(a)(b)类凸模制造、修磨都较方便,但因其对中性较差,当材质较硬或管壁较厚时冲切阻力大,易折断。因此,图 3-22(a)(b)类凸模适用于材质较软的有色金属或管壁小于 2mm 的钢管冲孔,图 3-22(c)(d)类凸模适用于材质较硬或管壁较厚的钢管冲孔。

②压紧卸料装置 为了达到使冲孔开始前及过程中使管材一直处于压紧状态的目的,在模具上必须设置压紧装置。图 3-23 所示为在圆管上冲孔时的压紧装置,它由压料板、聚氨酯橡胶垫及卸料螺钉组成。压紧装置起双重作用,不仅冲孔时对管材压紧,而且冲裁完毕,压力机滑块回程时起卸料作用。生产实践证明,采用聚氨酯橡胶代替一般橡胶或弹簧作为弹性元件,使用效果好。

(3)适用范围

管材无凹模冲孔,由于在冲出孔的周围形成一个“凹坑”。因此,该工艺仅适用于允许被冲孔周围有“凹坑”的管件。对于大多数管件上的螺钉孔、铆钉孔或穿透孔,冲孔时形成的“凹坑”比用钻孔、铰孔、铣孔等方法加工的孔使用效果好,而且管件表面平滑美观。

管材无凹模冲孔,除用于冲制圆孔、长圆孔或异形孔外,还可用于冲制切口。该工艺与机加工孔相比,制造成本低,生产效率高,使用效果好,特别适用于农机、电器、轻工等产品上的管件冲孔,经济效益显著。

最后还应说明,管材无凹模冲孔工艺,主要受材质和管壁厚度的限制。材质太软或管壁太薄,冲孔时材料只被拉长而难以断开,材质太硬或管壁太厚,冲制时阻力太大,也难以完成冲孔加工。因此,该工艺还有待于作进一步的

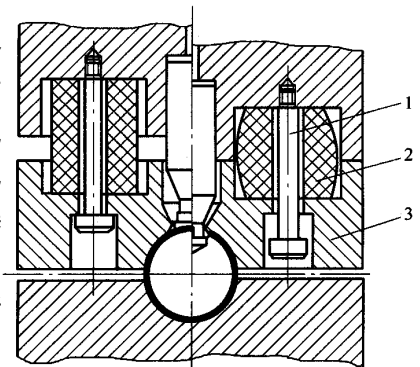


图 3-23 压紧装置结构

1-卸料螺钉 2-聚氨酯橡胶 3-压料板

理论分析与实验研究。

三、橡胶冲孔模

利用橡胶的易变形性和不易流散的聚合性,将其置于管坯内部作为弹性凸模,从而对管壁上任意形状的孔,实施冲切的工艺方法,称为橡胶模冲孔。用于冲孔加工的橡胶包括天然橡胶和人造橡胶(聚氨酯橡胶)两类,由于前者所能承受的单位压力不高,因而只能用于小批量生产中软材料和薄壁管件的冲切工作。聚氨酯橡胶是介于天然橡胶与塑料之间的弹性体,具有一系列独特的物理力学性能,不仅强度高,允许的单位压力大,而且硬度范围大,耐磨、耐油、耐老化以及抗撕裂性能也较好,因此寿命长,可用于大批量生产。

(1) 工艺特点

采用聚氨酯橡胶作弹性凸模,工具钢作刚性凹模,对管壁实施冲孔加工时具有以下工艺特点。

- 由于橡胶冲孔模为半模结构,即凸模为橡胶,仅需要制造钢质凹模,因而简化了模具制造,解决了钢质凸、凹模冲裁间隙小而配制困难的问题。
- 由于聚氨酯橡胶能产生较高的单位压力,故在管壁上冲切的孔径或槽宽可达料厚的1~2倍,甚至更小。可用于冲切的材料有普通碳钢、不锈钢、有色金属及其合金等,除脆性材料外,都可用橡胶模进行冲孔加工。
- 与用聚氨酯橡胶冲模冲裁平板零件一样,管件冲孔断面的质量很好,没有毛刺,但靠管件的内侧,由于聚氨酯橡胶的作用而形成很小的圆角。这与采用机床钻孔或铣孔而形成的内侧毛刺相比,具有很大的优点,免去了内部打毛刺的困难。

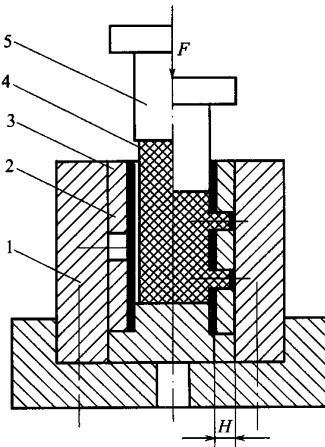


图 3-24 橡胶冲孔模

1 - 凹模护套 2 - 凹模 3 - 管坯;
4 - 聚氨酯橡胶棒 5 - 压头

- 由于冲切过程中,聚氨酯橡胶首先对管径进行校正,而后按刚性凹模刃口进行冲切,因而冲孔尺寸精度高。

(2) 模具设计

橡胶冲孔模具结构如图 3-24 所示,它主要由整体的凹模护套 1、凹模 2、聚氨酯橡胶棒 4、压头 5 等零件组成。模具工作时,首先将管坯置于凹模中,再将聚氨酯橡胶棒连同压头(用聚氨酯黏胶液将聚氨酯橡胶棒和压头粘接起来)一起深入到管坯内。随着压力机滑块下行,压头下压,使橡胶棒产生轴向压缩变形而充满管坯内腔,此时对管径起校正作用。当压头继续下压时,封闭在管坯内的橡胶单位压力急剧上升,直至使材料在凹模刀口附近产生微裂纹而最终分离,即完成了整个冲孔加工过程。

冲孔凹模的壁厚必须合理确定,它不仅影响冲裁工艺能否完成,而且还影响冲孔断面质量、冲裁力大小和橡胶棒的使用寿命。根据生产经验,壁厚 H 值可按下式确定。

$$H = 2.5(1 + \delta_{10})\sqrt{t}$$

式中 δ_{10} ——管坯材料的相对伸长率,%;
 t ——管坯壁厚,mm。

聚氨酯橡胶棒的直径尺寸设计以完成冲切工作后能够从管坯内顺利取出为原则,尽可能使其大一些,这样可以减少聚氨酯橡胶的变形量,有利于提高其使用寿命和降低压力机吨位。一般可取较管坯内径约小 4%~6% 即可。

第四章 油罐与工业容器设计制作技术要点

第一节 大型地下油罐放样装配工艺

地下油罐的建造过程是：首先从地面往下挖深坑，深度为油罐总高的 90%，然后在坑边用水泥、大理石等构筑成坚固的围墙，在地表面上建设一个平房结构，如图 7-1 所示。

一、底板的拼接

钢板经验收合格后，先制作一个钢板滑道，把钢板从上面整张滑入，先铺底面板。在水泥地上用较大尺寸画好中心线后，开始拼接底板。大型贮油罐的直径往往达到 20~30m，底面的拼接要由三步完成。

第一步是拼焊中间部分，采用钢板搭接，如图 4-2 所示。

在三张钢板相搭接处，用平锤和大锤“压马腿”，使其成为图 c 所示形状。靠严接头间隙后，进行点固焊、焊接。中部焊接后，钢板中心处会出现上凸 100~200mm

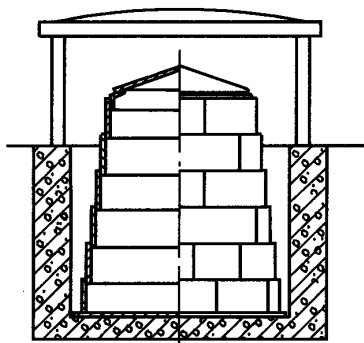


图 4-1 地下油罐装配图

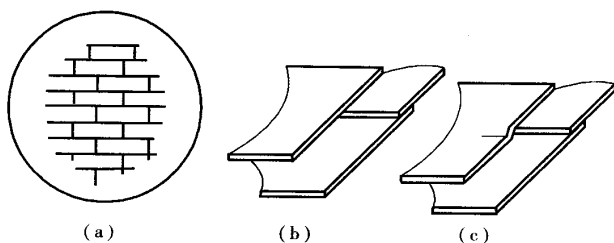


图 4-2 罐底中心部位钢板的装配

高的较大的焊接变形。因此，中间部位钢板拼装后焊接时，只焊罐底板的中心部分，焊接时，先焊接短焊缝，焊接方向是由中心向四周焊，严格控制焊接质量。焊后，用扁铲铲开四周部分的点焊缝，减少中心部分的凸状变形。

第二步是装配底板的中间过度区，即底板上不包括最外一圈与罐身相接的部分。采

用与中心区域相同的装配方法,焊接并铲开周围点固焊缝,减少焊接变形。

第三步是拼接底板的四周部分。由于底板的四周部分要与筒身形成 T 字接头,要求底板的面要平。要把底板的搭接头改为对接接头,如图 4-3 所示,要把搭接接头的端部用气割改为对接接头。底板的直径应比图纸要求大 2%,以弥补焊接收缩量。

二、装配最上面一层筒身

如图 4-4 所示,最上面一层筒身是用整张钢板围成的,在底板上临时焊上角钢头,以确定钢板的弧形,接头采用对接形式。固定好第一节筒体后,在上端装配上角钢圈,然后进行焊接。

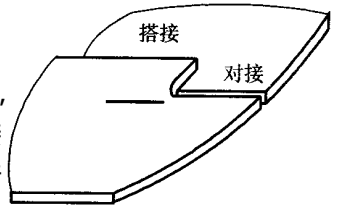


图 4-3 边板改为对接接头

三、装配焊接拱形顶

拱形罐顶的装配一般采用内部支架,如图 4-4 所示,依

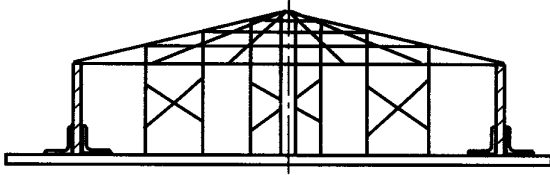


图 4-4 第一层筒身的装配

钢板的长度和宽度设定支架型钢间的距离。环形的支架间要有斜支撑。支架的中心应设立较粗的立柱,常用槽钢架或钢管柱。罐盖的中心板直径应大于 1000mm。由中心向四周铺设的钢板采用搭接接头。为了压紧板间间隙,可以用适当重量的重物压在要压紧的部位。罐体的里外都要焊接。焊接罐盖的里面是仰脸焊,里面的空间还很小,空气不流通,要注意输送新鲜空气。罐顶的焊接仍然采用先焊短焊缝后焊长焊缝、由中心向四周依次焊接的方法。装配并焊接上面的人孔管和各种连接管。

四、提升罐体、组装第二层钢板

如图 7-5 所示,提升罐体前,先要计算罐身、罐顶、附件的总重量。例如,直径 25m,高 30m,壁厚为 8mm 的罐,按每立方米 7.8t 重算,罐身重为 $\pi Dht \times 7.8 = 3.1416 \times 25 \times 30 \times 0.008 \times 7.8 \approx 147t$,设罐盖及附件为 6t,按 1.25 的安全系数,总起重量约为 184t,需要选用 10t 的手拉葫芦 20 个,在房顶四周固定好吊耳后,由 15 个人一起拉动手拉葫芦将罐体向上吊起,并测定第一层罐壁与底面的距离,当上升至合适高度后,拆除立柱及环形支架,然后围上第二层罐身板,为了夹紧第一层钢板与第二层钢板间的间隙,装配前要测量好罐身外壁与石壁墙间的距离,事先做好顶杆,可以采用管套管,中间加螺钉孔的方法调节顶杆的长度。罐体外面的工人把顶杆顶在罐外石壁和罐体之间,里面的工人往外顶夹紧钢板与钢板间的间隙。两人以敲击罐壁的方法确定要顶的位置。装配好后进行焊接,焊后进行检验。

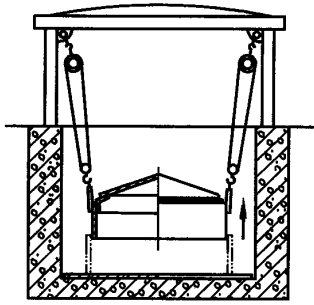


图 4-5 提升第一层准备
装配第二层

五、逐层装配

同样方法装配焊接每一层。每一层焊接后都要用白灰、煤油检查焊缝质量,及时补焊,完全无误后,再提升罐体,进行下一层钢板的装配。一层一层地逐渐向上拉升后,依次围成罐壁。最后安装罐体底部的连接管。

第二节 贮氨容器的放样、备料与装配

下面以贮氨容器为例介绍容器类构件的详细制作工艺。

贮氨容器的产品图如图 4-6 所示,使用材料是 20g 锅炉钢板,工作压力是 1.6MPa ($16\text{kgf}/\text{cm}^2$),工作温度是常温。

一、初步识图

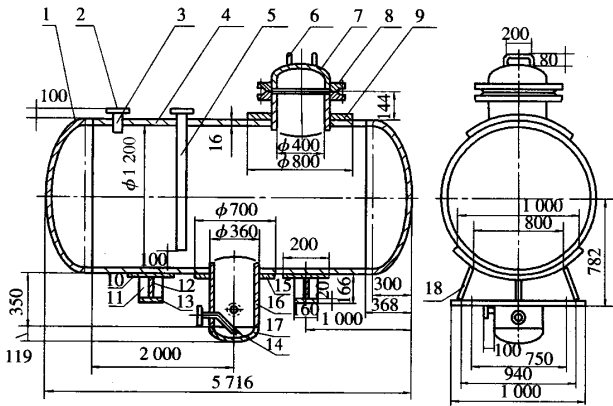
本产品图为产品的简图,为了说明工艺而简化了原图纸。从整体上看,主视图表达了构件的大部分结构和尺寸。主要零件是件封头和筒体。用剖视图表达了构件的内部结构、上下接管与罐体的结合形式以及具体尺寸。侧视图主要表达筒身形状和支座尺寸。罐体上方的圆管是人孔管,便于使用中维修人员的出入。下方的圆管是吸出管。件 9 和件 15 是加强板,加强支管与筒身间的 t 字形接头的强度。

二、产品的工艺分析

由于件 2 是与外界的连接管,连接法兰必须经机械加工。应该由铆工先下毛坯料,经机械加工、热处理后再返回到装配焊接工序。件 8 的工序也相同。除法兰外,所有零件都应由铆工和焊工完成。

罐体的尺寸为 $\phi 1200\text{mm}$,总长为 5716mm,厚 16mm,材质为 20g,属于中等大小的常见容器。

总体上看,生产时应分为几个部件生产,之后再总装焊接。罐体下面的支座如果单独



18	立板	2	δ=16	Q235	7	封头	1	φ400	20g
17	封头	1	φ366×8	20g	6	手柄	2	φ16	Q235
16	圆桶	1	φ366×8	20g	5	接管	1	φ32×3.5	20
15	加强板	1	φ=16	Q235	4	筒体	1	φ1200×16	20g
14	接管	1	φ27×3	20	3	接管	2	φ32×3.5	20
13	底板	2	δ=20	Q235	2	法兰	4	D _g 25, P _g 16	Q235
12	立板	2	δ=16	Q235	1	封头	2	φ1200	20g
11	支板	4	δ=16	Q235	件号	名称	数量	材料	材质
10	垫板	2	δ=16	Q235	贮氮容器		比例	数量	材料
9	加强板	1	φ800×6	Q235					
8	法兰	2	D=400, P=16	Q235	制图				

图 4-6 贮氮容器的产品图

装配焊接后再装配到主筒体上,不容易控制焊接变形,应该采用直接与筒身装配焊接的方法。罐体下部的小圆管应单独作为一个部件,装配焊接后再往筒身上装配,这样便于小管体的装配与焊接。件 6、件 7、件 8 为单独一个整体,当然要单独生产。封头的尺寸比较大,也较厚,对于小的结构生产厂而言,宜采用外委加工,由专业生产厂压制。筒身长 4980mm $\delta=16\text{mm}$,筒体的长度方向要由三张钢板拼焊而成,在没有大型卷板机的情况下,要分三节分别卷制。人孔管的直径较小,在没有接近尺寸的钢管原料情况下,应采用压制或卷制,需要采用一些相应的工艺措施。

生产封头时,需要设计和制作压制胎具,压制三个封头。

由于该罐属于中压力容器,焊后要进行打压试漏。

三、详细读图及零件尺寸形状确定

1. 筒身

筒身的展开尺寸按板厚中心直径乘 π 计算,即:

$$L = (1200 + 16) \times \pi = 3820.2\text{mm}$$

由于筒身直径不是很大, π 值取 3.1416 时计算精度就足够了。筒身长度为:

$$L = 5716 - (368 \times 2) = 4980\text{mm}$$

即筒身的下料尺寸为：

[件 4 $\phi 980$ (宽) $\times 3 820$. α 展开长) $\times 16$ (板厚), 材质为 20g_o]

2. 封头

封头为标准封头,即内直径为 1 200mm 时,封头的内高度为内直径的 1/4,是 300mm,直边高 h 为 68mm,去边高 $\delta = 10$ mm,板厚 $t = 16$ mm。将数据代入式 1-16,则毛坯料尺寸为：

$$D_p = 1.2D_{\text{内}} + 2h + 2\delta + 2t = 1.2 \times 1 200 + 2 \times 68 + 2 \times 10 + 2 \times 16 = 1 628 \text{ mm}。$$

考虑到封头压延后会局部变薄,取下料厚度为 18mm,因此,件 1 的下料尺寸为：

[件 1 $\phi 1 628 \times 18$ mm, 材质为 20g_o]

3. 其他件的下料尺寸确定

件 2 是法兰,按工艺卡片要求下毛坯料即可。

件 2 的下料尺寸为：

[件 2 $\phi 32 \times 3.5 \times 121$ mm。]

短管件 3 是 $\phi 32 \times 3.5$ mm 的钢管。壁厚为 3.5mm,在罐内部的伸出量只要大于板厚就行,取内部伸出长度为 10mm,而圆管与法兰焊接时,应缩进 5mm,所以件 3 的下料长度为：

[件 3 : $100 - 5 + 16 + 10 = 121$ mm。]

件 4 的下料尺寸单独计算。

件 5 的下料尺寸为： $100 - 5$ (缩进) $+ 16$ (板厚) $+ 1 200$ (内直径) $- 100$ (内部间隙) $= 1 211$ mm。

[件 5 $\phi 32 \times 3.5 \times 1 211$ mm。]

件 6 是手柄,由直径 16 的 Q235 圆钢掀制而成,在掀制后要去掉夹持部分,一般不用求出精确尺寸。设每端留头 50mm,下料长度为 $200 + 80 \times 2 + 50 \times 2 = 460$ mm,即：

[件 6 $\phi 16 \times 460 \times 2$ 个, Q235]

件 7 是封头,内直径为 400mm。设封头为标准封头,即内高为 100mm,设直边为 20mm,压制后的去边量为 10mm, $t = 10$ mm。将数据代入式 1-16 得：

$$D_p = 1.2D_{\text{内}} + 2h + 2\delta + 2t = 1.2 \times 400 + 2 \times 20 + 2 \times 10 + 2 \times 10 = 560 \text{ mm}。$$

即：

[件 7 $\phi 560 \times 10 \times 1$ 个 20g]

由于版面限制,图纸的尺寸标注不全。设件 8 的法兰加工后尺寸是图 4-7 的实线尺寸,下料尺寸是双点划线的尺寸。

毛坯料的尺寸确定原则是:法兰直径越大,毛坯料的内外径余量越大,厚度余量也越大。法兰的厚度越大,气割时割缝的倾斜度也越大,毛坯料的厚度也越大。但是,毛坯料的尺寸过大会加大机械加工的工作量,也会造成钢材的浪费。因此,适当加大毛坯料尺寸是必要的,在不造成废品的前提下,尽量减少加工余量。图中尺寸作为参考。因此,件 8 的下料尺寸为：

[件 8 $\phi 650 / \phi 400 \times 50$ mm 2 个, Q235]

件 9 加强板的下料样板需要放样求出。展开图画法如图 4-8 所示。

图(a)是图 4-6 中加强板的主视图,图(b)是加强板的直观图。图(c)表示加强板的

新的主、俯视图。在这个视图中,加强板的本质是圆筒体的一部分。而圆筒表面的素线是平行线,当素线是正垂线时,在俯视图反映实长。

具体画法是:放样时,按图纸尺寸画出图(c)中的两个圆,等分圆周,图中是12等份。圆越大等分点的个数应该越多。过内外圆的等分点向上投影,在主视图上素线积聚为点,得点1、2、3、4、5、6。这几个点间的弧线长就是素线间的距离。俯视图上的素线段是实长。画展开图时,做一系

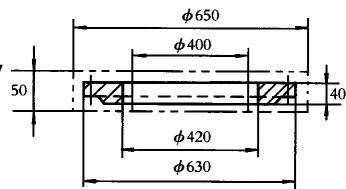


图 4-7 法兰毛坯料的尺寸确定

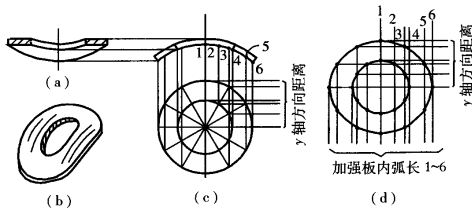


图 4-8 加强环的放样方法

列平行线,平行线间的距离是图(c)中1~6各点间圆弧长度的伸直。素线段的长度取图(c)中的各素线沿y轴方向的长度。如图(d)所示,得出交点后,画出圆滑曲线,得到展开图。下料时,直接用样板号料。在样板上标记中心线,号料时要打圆冲印,以便于装配。即:

[件9 (φ800)×16,1个,Q235。]

件10~13是支座的零件,尺寸可以由放样求出,也可以用计算法求出。下面分别加以介绍。

件10~13的放样图如图4-9所示。

支座由件10、11、12、13、18组成,其中件10和件18要求出尺寸,如果批量生产,件12要做样板。

放样时,如图4-9所示,依图所示尺寸画出件12的下料样板后,自然就求出了件18的长度a。件10的放样方法是:以616mm为半径画弧,量取弦长1000mm,再量出弧长,得到展开长L,即可依尺寸画出图形。件13上有4个孔,如果要求铆焊车间钻出,下料时要画出4个孔的位置,打上样冲印。

件10和件18的长度也可以用计算方法求出。如图4-10所示。件10的弧长求法见(a),已知圆的半径是616mm,弦长是1000mm。由弧度制公式:弧长=圆心角弧度数×半径=圆心角度数×(π/180)×半径,可以求出弧长。因此,先要求出圆心角的数值。

在三角形OAB中,AB=500mm,OB=R=616mm

$$\therefore (\overline{AB}) \sphericalR (\overline{OB}) = \sin \alpha$$

$$\therefore \sin \alpha = 500/616 = 0.8116883$$

$$\therefore \alpha = \arcsin 0.8116883 = 54.26^\circ$$

$$\therefore BC = 54.26 \times \pi/180 \times 616 = 583.4 \text{ mm}$$

件18的计算过程如下:如图4-10(b)所示,要求AB线段的长度,可以用勾股定理求

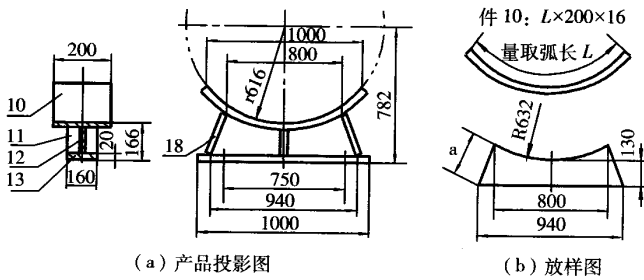


图 4-9 支座零件的放样图

出。在三角形 OAB 中, 因为 $OB = 632\text{mm}$, $AB = 400\text{mm}$

$$\therefore OA = \sqrt{632^2 - 400^2} = 489.3\text{mm}$$

$$\therefore BC = 782 - 20 - 489.3 = 272.7\text{mm}$$

$$\therefore CD = 1/2(940 - 800) = 70\text{mm}$$

$$\therefore BD = \sqrt{272.7^2 + 70^2} = 281.5\text{mm}$$

所以, 下料尺寸为:

[件 10 $583.4 \times 200 \times 16$;]

[件 11 $72 \times 130 \times 16$;]

[件 12 样板号料 ;]

[件 13 $1\ 000 \times 160 \times 20$ (号孔) ;]

[件 18 $281.5 \times 160 \times 16$ 。]

件 14~17 的尺寸计算比较简单, 弯管件 14 的下料长度也要留有余量, 弯曲后去头。件 15 的放样方法与件 9 相同。件 16 圆管交圆管的展开比较简单, 不再画出。件 16 的直径较小, 如果能征得设计部门的同意, 最好用尺寸相近的钢管代用。如果有小型卷板机, 可以卷制。否则, 可以采用分两半的方法压制。

四、主要零件的号料

1. 筒体的号料

筒身的展开料尺寸是: 4980 (筒身长) $\times 3\ 820$ (圆周展开长) $\times 16$ (板厚) $\times 1$ 个, 材质: 20g 。

由于压力容器沿圆周方向的应力较大, 圆周展开长方向的尺寸量取要与钢板的轧制

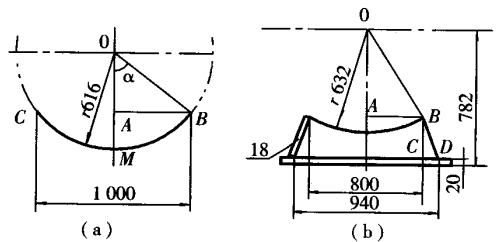


图 4-10 计算法求零件长度

方向相同。下料时, 必须沿钢板长度方向量取展开长。因此, 考虑用几张钢板下料合适时, 要考虑 4980mm , 而不考虑 $3\ 820\text{mm}$ 。 16mm 厚的 20g 钢板的常见宽度是 2m 左右, 4980mm 宽可以用两张半钢板拼接而成。如果用三张钢板拼接, 为了节约钢材, 每张钢板的宽度为 $4980/3 = 1\ 660$, 采用宽 $1\ 700\text{mm}$ 的钢板比较合适。

在安排钢板接缝时, 要考虑到接缝要和各管口的位置错开。也不要将接缝安排在加强板与筒体之间, 否则会影响对接口焊缝的检修。

为了装配时画筒体素线方便,号料时要把展开长分为四等份,打上样冲印,以便焊接后装配连接管。

2. 封头的号料

封头的毛坯料尺寸为 $\phi 1\ 628 \times 18\ 20g$,可以直接用地规画出。考虑到压延时封头的局部变薄,板厚 16 增加了 2mm,采用 18mm 厚钢板下料。

3. 加强板的号料

加强板的形状是环形,如果先下料成环形,不便于随后的弯曲工序。常见的方法是先 用卷板机将平板卷弯,然后再在弯曲的钢板上画线、气割。

五、封头压延胎具设计

1. 热压封头胎具设计

封头的压制常在压机上进行,压机两立柱之间的宽度限制了加工封头的直径,平的毛坯料必须能放得下,才能压制。

尺寸较大的封头常采用热压,既可以减少压制时起皱,又可以降低所需压力。由于压制结束时,钢板的温度还较高,冷却后会 使直径变小。

封头直径在 600mm 以下,压制上模的直径增加 0.5% ~ 0.6% ;

封头直径在 700 ~ 1 000mm 时,上模的直径增加 0.6% ~ 0.7% ;

封头直径在 1100 ~ 1 800mm 时,上模的直径增加 0.7% ~ 0.8% ;

封头直径在 2000mm 以上时,上模的直径增加 0.8% ~ 0.9%。

不锈钢的收缩率较大,按以上数值再增加 30% ~ 40%。

(1) 凸模尺寸计算。

本例件号 1 的封头直径 1 200mm,上模直径取增加 7%,即上模直径为:

$$D_2 = 1\ 200 + 1\ 200 \times 0.007 = 1\ 208.4\text{mm}。$$

上模的尺寸如图 4-11 所示。

为了使封头易于脱模, $D_1 = D_2 + (2 \sim 3)\text{mm}$;

取 $D_1 = 1\ 208.4 + 2.6 = 1\ 301\text{mm}。$

h_1 的高度是封头的直边高度加上去边的高度,直边高度依图纸而定,不能取得太大,否则不易压制,产生的皱边也多。

图 4-6 中的封头直边高度是 68mm,去边高度是 10mm,所以:

$$h_1 = 68 + 10 = 78\text{mm},$$

h_2 的高度是封头的断面椭圆的短半轴,对于标准封头,其高度是内直径的 1/4。图示高度是 300mm,加上热压后的收缩量,取系数 7%,计算出 h_2 的高度为:

$$h_2 = 300 + 300 \times 0.007 = 302\text{mm}。$$

(2) 凹模尺寸计算。

1) 凹模的间隙。加热后,钢板的局部厚度会变薄,压制时钢板的边缘又会起皱、变厚。热压时,凸凹模之间除留有 2 倍板厚的间隙外,还要

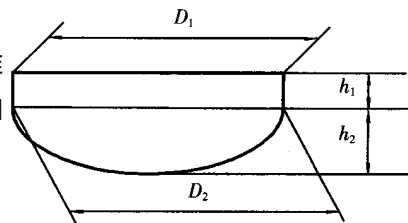


图 4-11 封头压制上模尺寸

留有 0.1 ~ 0.2 倍板厚的间隙。

如图 4-12 所示,封头的内直径是 1 200mm,板厚是 18mm,取系数为 0.15,凹模的内直径为:

$$Z = 18 \times 0.15 = 2.7\text{mm};$$

$$\text{所以 } D_3 = 1\ 200 + 2 \times 18 + 18 \times 0.15 = 1\ 238.7\text{mm}。$$

2)凹模尺寸。

一般情况下, $D_4 = D_3 + (150 \sim 200)\text{mm}$

由于封头板厚不算太厚,尺寸也不算太大,取 150mm,即:

$$D_4 = D_3 + 150 = 1\ 238.7 + 150 = 1\ 388.7\text{mm}。$$

热压时, $h_3 = (1.5 \sim 4)t = (1.5 \sim 4) \times 18 = 27 \sim 72$,选 $h_3 = 50\text{mm}$ 。

凹模圆角半径 热压时, $r = (4.5 \sim 6)t$ (不用压边圈)

$r = (3.5 \sim 4)t$ (用压边圈)

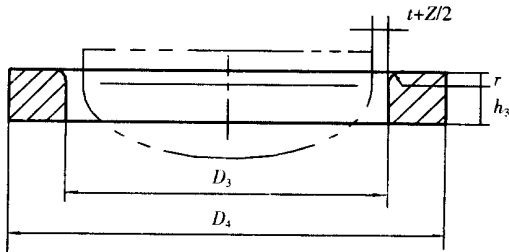


图 4-12 封头压制下模尺寸

由后面计算知需要压边圈, r 值应取 $(3 \sim 4) \times 18 = 63 \sim 72$,选 70mm,即: $r = 70\text{mm}$ 。

(3)压边圈的确定。

当封头的板厚较薄,直径较大时,压制时容易起皱,当椭圆形封头相对厚度比值:

$$t/D \times 100 \leq 1.0 \sim 1.2$$

或 $D - D' \geq (18 - 20)t$ 时,采用压边圈。

式中 t ——毛坯料板厚; D ——毛坯料

直径; D' ——封头内径。

本例 $t = 18, D = 1628$,

$$t/D \times 100 = 18/1\ 628 \times 100 = 1.1$$

$D = 1628, D' = 1200, D - D' = 1\ 628 - 1200 = 428$,而 $428/18 = 23.8$ 。

可以采用压边圈。

压边圈的外径 D_5 与凹模外径相同。

$$D_5 = D_4 = 1\ 388.7\text{mm};$$

压边圈内径 $D_6 = D_2 + (50 \sim 80)\text{mm}$ 。由 $D_2 = 1208.4$,选间隙量为 60mm,则 $D_6 = D_2 + 60 = 1\ 208.4 + 60 = 1\ 268.4$ 。即压边圈的内径为:

$$D_6 = 1\ 268.4\text{mm}。$$

压边圈的厚度确定:

当 $D_6 \leq 1\ 000$ 时, $\delta = 50 \sim 70\text{mm}$;

当压边圈的内径 $D_6 = 1\ 000 \sim 1\ 800\text{mm}$ 时, $\delta = 100 \sim 200\text{mm}$ 。

本例 $D_6 = 1\ 268$,选 $\delta = 120\text{mm}$ 。

(4)凸、凹模的尺寸及支座的结构见图 4-13,压模的支座可以是铸件,也可以是焊接件,由厚钢板焊接而成。凹模固定在支座上,压边圈的两端固定在支座上。毛坯料从凹模与压边圈之间送入。压制后,可以在间隙中插入扁钢,以使封头与凸模脱离。支座的下方可以安置顶杆,顶出封头。

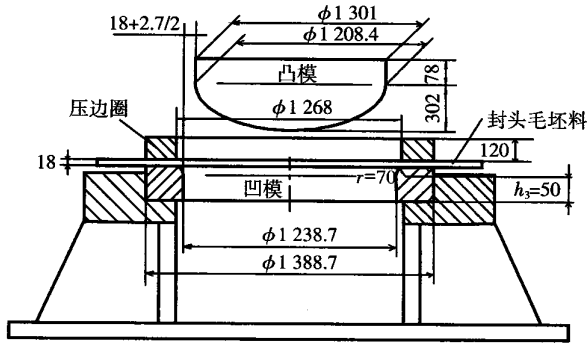


图 4-13 凸、凹模的尺寸及支座结构示意图

2. 冷压封头压制胎具设计

图 4-6 贮氨容器中件 17 封头的尺寸较小,如图 4-14 所示,宜采用冷压。

冷压封头的毛坯料计算及胎具设计基本上与热压封头的计算相同。

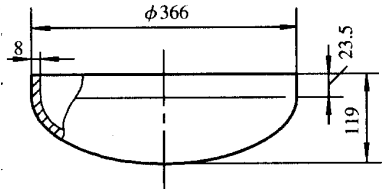


图 4-14 贮氨容器件 17 封头

(1) 毛坯料计算。

已知: $D_{内} = 350\text{mm}$, 椭圆短半轴: $b = 350/4 = 87.5\text{mm}$, 直边 $h = 23.5\text{mm}$ 。取去边余量为 $\delta = 10\text{mm}$ 。

代入式 1-16 得: $D_p = 1.2D_{内} + 2h + 2\delta + 2t = 1.2 \times 350 + 2 \times 23.5 + 2 \times 10 + 2 \times 8 = 503\text{mm}$ 。

(2) 凸模尺寸确定。

冷压后,由于钢板在室温下具有弹性,脱模后会回弹而增大内直径。碳钢的冷压封头回弹率为 $0.20\% \sim 0.40\%$,不锈钢为 $0.40\% \sim 0.70\%$ 。

件 17 的内直径是 350mm ,所以,凸模的直径:

$$D_2 = 350 - 350 \times 0.003 = 348.95 \approx 349\text{mm}$$

凸模的上部直径:

$$D_1 = D_2 + (2 \sim 3) = 349 + (2 \sim 3) = 351 \sim 352\text{mm}。取 D_1 = 352\text{mm}。$$

凸模曲面部分高度:

$$h_2 = b - b \times 0.003 = 87.5 - 87.5 \times 0.003 = 87.2\text{mm}$$

封头的直边高是 23.5mm 。去边量选 10mm 。所以,封头的直边高为:

$$h_1 = 23.5 + 10 = 33.5\text{mm}$$

(3) 凹模尺寸确定。

冷压时,凸、凹模间的间隙除了两倍板厚外,还要留 $(0.2 \sim 0.3)$ 倍板厚的间隙。即间隙 $Z = (0.2 \sim 0.3) \times 8 = 1.6 \sim 1.8\text{mm}$ 。选间隙值为 1.7mm 。间隙值是两边间隙的总和。

所以,凹模内直径为:

$$D_3 = D_{内} + 2t + Z = 349 + 2 \times 8 + 1.7 = 366.7\text{mm}$$

凹模外直径为:

$$D_4 = D_3 + (150 \sim 200) = 366.7 + (150 \sim 200) = 516.7 \sim 566.7\text{mm}。选 D_4 = 540\text{mm}。$$

冷压时,凹模直边高度 $h_3=(6\sim 10)t=(6\sim 10)\times 8=60\sim 80\text{mm}$ 。选 $h_3=70\text{mm}$ 。冷压时, $r=(4\sim 5)t=(4\sim 5)\times 8=32\sim 40\text{mm}$ 。选 $r=36\text{mm}$ 。

(4)压边圈的确定。

对于椭圆形封头, $D-D'\geq(18\sim 20)t$,要加压边圈。

式中 D ——毛坯直径; D' ——封头内径。

$D-D'=503-350=153\text{mm}$ 。 $(18\sim 20)t=(18\sim 20)\times 8=144\sim 160\text{mm}$ 。

可见,要加压边圈。

压边圈的外径与凹模外径相同,为: $D_5=540\text{mm}$ 。内径 $D_6=D_2+(50\sim 80)=360.5+(50\sim 80)=410.5\sim 440.5\text{mm}$ 。选 $D_6=430\text{mm}$ 。

压边圈的厚度 δ :

当 $D_6\leq 1000$ 时 $\delta=50\sim 70\text{mm}$;

当 $D_6=1000\sim 1800$ 时 $\delta=100\sim 200\text{mm}$ 。

由 $D_6=430\text{mm}$,选 $\delta=50\text{mm}$ 。

确定后的凸、凹模尺寸及压边圈的尺寸如图 4-15 所示。

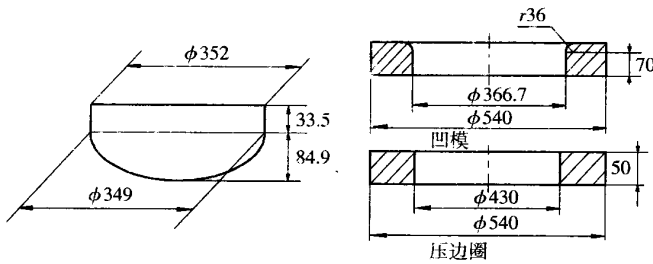


图 4-15 冷压封头的凸、凹模尺寸

六、筒体卷制方法

1. 钢板垂直于轴辊问题

目前,卷制圆筒体所用的卷板机还是经常采用三辊卷板机。卷板机的三个辊距地面有一定的高度,不便于钢板的放入。因此,大型卷板机安装后,要焊制与下辊在一个水平面上的平台。如图 4-16 所示。

平台上要安置挡铁,以保证待卷钢板垂直于轴辊,避免卷制后产生错口。但是,前提条件是,上下辊必须调的非常平行。

2. 压头问题

本例钢板较厚,也比较宽,压头采用垫铁法。如图 4-17 所示,采用垫铁和较厚的垫板可以压制和滚制钢板端部的圆弧。方法是:升起上辊后,放入垫板和垫铁,将钢板放在垫铁上,向下压上辊,也可以按图示逆时针方向滚动,多次压滚,直至端部的曲率合适为止。

3. 椭圆度问题

卷制后的圆筒可能存在曲率不均的问题,除了采用局部压滚方法外,一个比较好的方法是加热卷制好的筒体,放入卷板机进行多遍的滚卷。例如,连续不停的滚动 1 小时,不

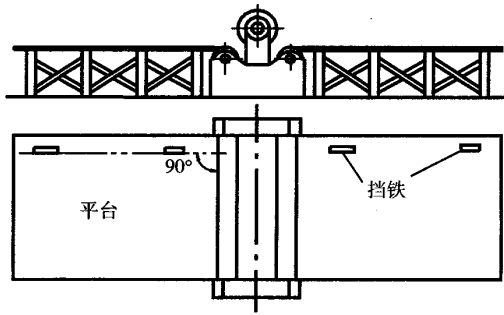


图 4-16 自制卷板机平台

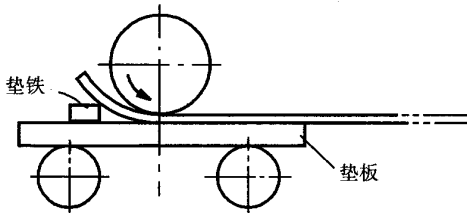


图 4-17 用垫铁压头

但形状规则,而且内应力也会减少或分布均匀。

七、筒体间的装配

罐身由三节圆筒组成,装配时,要调节装配间隙和圆筒间的同心度。两个相连接的筒节的直径存在误差,装配前要用卷尺量相接两圆筒端部的周长,将周长的差除以 π 等于直径的差。再除以2得到板与板间的错边量。用直尺或小块钢板的直边靠板边,可以测出错边量。即均匀分布错边量。装配筒节时,为了测量筒节间的同心度,如图4-18所示,可以在筒节的两个最外端找出中心,拉一根钢丝,测量筒节内壁各点到钢丝的距离就测出了同心度。

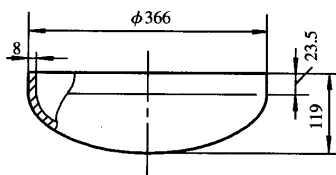


图 4-18 筒节间同心度的测量

筒节存在椭圆时,可以采用螺旋推撑器,螺旋推撑器的结构见图4-19。中间的把手用于固定中间管,转动上面的把手向上撑起。上下顶块可以自由旋转,以适应顶起处钢板的形状变化。

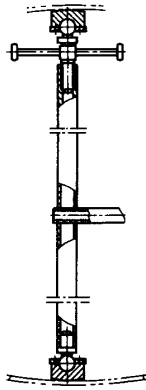


图 4-19 螺旋推撑器



图 4-20 螺旋拉紧器

螺旋拉紧器的使用方法是：用两边的卡具卡紧工件后，用圆钢棍穿入中间的缝隙，旋转中间部分以调节工件间的距离。

八、封头的装配

封头的装配经常采用吊车吊起后装配。见图 4-21。用起重机吊起封头，向筒身靠近。用盘尺量得两件 的周长后，确定错边尺寸。在间隙合适处先点焊一处，用吊车横向带劲，调整好间隙后，在另一侧再点焊一处。然后，均匀调节错边量，筒体不圆的部位可以用螺旋推撑器调整。尽量不要在接口处焊接临时卡具。尤其是不锈钢容器，不容许在其表面焊接，否则会降低不锈钢的耐蚀性能。

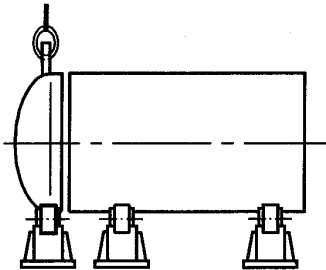


图 4-21 封头的装配

九、其他零件的装配

1. 加强板的装配

贮氨罐的件 15 是加强板，如果装配时直接装配在筒体上，然后再装配件 16，筒体外表

面与支管间的焊缝就会漏焊。正确的装配方法是：先装配件 16(小筒体)与件 4(大筒体)，焊接内、外焊缝后，为了防止大筒体外侧的角焊缝影响加强板的装配，在件 16 的内侧里面应该开坡口，将加强板套在件 16 支管的外面，进行装配点固。

2. 支座的装配

支座的装配主要是保证两支座的底面平行。先装配件 10。装配件 12 立板时就应调平两底面。调平底面时的测量最好采用水平仪。首先用水平仪调平大筒身，再调平支座的底面。也可以用简易的软管水平仪测量，见图 4-22。软管可以用透明塑料管，也可以用其他水管，端部安放玻璃管。从管的一端向里面灌水，管要放平，灌水时要尽量避免管内存有空气。

首先测量并调整筒体，实现筒体的水平。装配支座时，测量支座表面的各点，保证两支座的底面在一个水平面上。

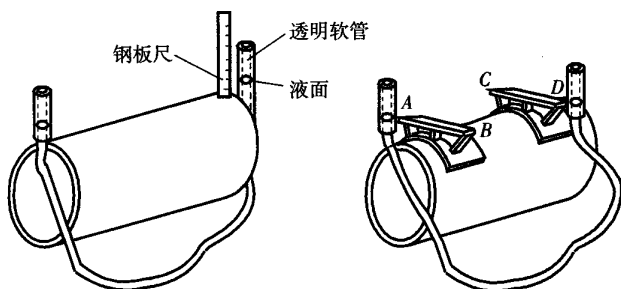


图 4-22 支座底面的水平调整

第五章 通风机机壳设计 制作技术要点

见图 5-1、图 5-2。

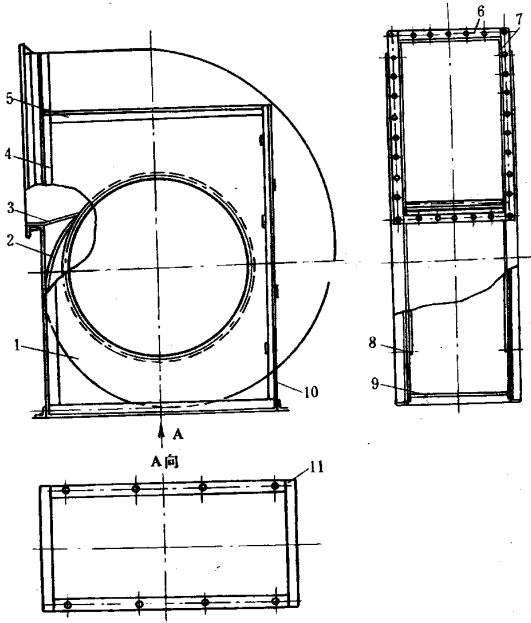


图 5-1 离心通风机机壳

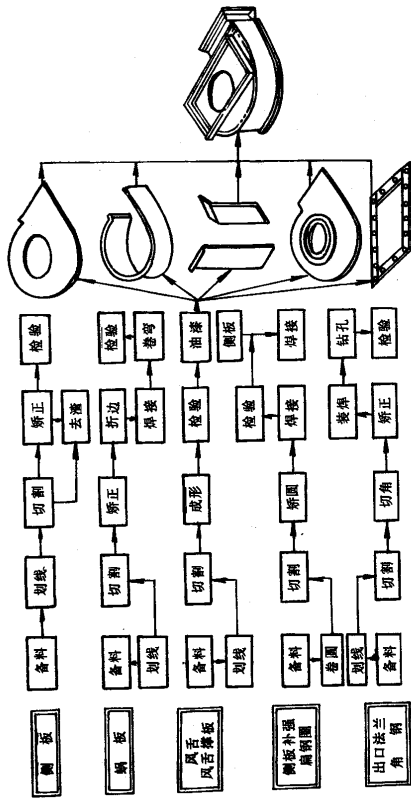


图 5-2 机壳制造工艺流程图

第六章 起重机主梁设计制作技术要点

桥式起重机主梁的生产工艺是比较典型的板焊件生产工艺。产品的结构略图见图 6-1。

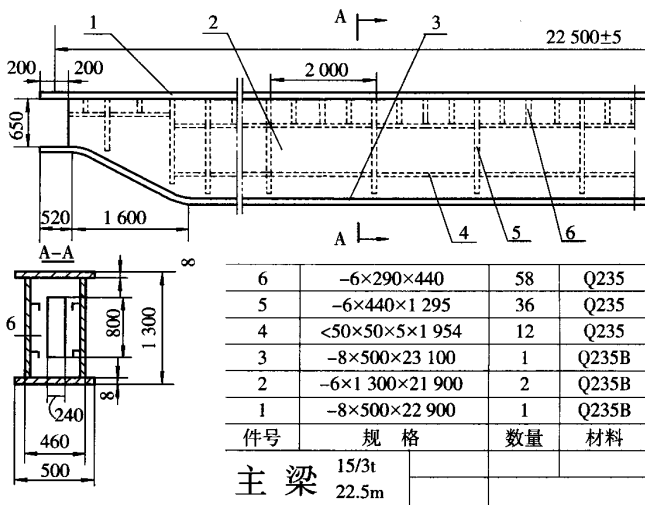


图 6-1 桥式起重机主梁产品图

第一节 阅读图纸

1. 关于起重机

由图可见,图面尽管只有一个主视图和一个断面图,而且主视图还画了一半,但还是完全表达了产品的结构和尺寸。图中的尺寸和数据并非与实际产品相同。

桥式起重机主要用于车间里面的“天车”。有单钩、双钩之分。起重量一般为 5~50t。根据车间的跨度不同,起重机的跨度为:10.5、13.5、16.5、19.5、22.5、25.5、28.5、31.5m 等。

一台桥式起重机有两根主梁,承载起重小车和起重量。因此,要求空载时主梁要有上拱度。生产过程中需要有不同的上拱度以保证最终的上拱度。

起重机的使用温度不低于 -20℃ 时,用 Q235 制作。当使用温度在低于 -20℃,不低

于 -40°C 时,用 16Mn 制造。

由于起重机在吊起物品时,吊车梁会向下弯,小车会倾向于向中间滑动,不利于稳定被吊物体。因此,起重机在出厂时,要求具有的上拱度值为:

$$F = \frac{L}{1\,000} \begin{pmatrix} +0.3F \\ -0.1F \end{pmatrix} \quad (6-1)$$

式中 F ——出厂时桥架应具有的上拱度; L ——起重机跨度。

2. 初步读图

初步阅读图纸得知主梁由上盖板件 1、下盖板件 3 和腹板件 2 组成。梁的内部有大隔板件 5、小隔板件 6 和加强角钢件 4。两端有尺寸不同的内部隔板。件 1、件 2、件 3 要求钢板的质量要好一些,为保证其化学成分,采用 Q235B(C3) 钢板。件 4 无法与下盖板焊接,在下端悬空。

3. 详细阅读图纸,确定零件尺寸

除件 3 的两端料长计算外,各零件的尺寸比较好确定,但是,由于零件的尺寸较大,焊接变形也就较大,下料时要加大尺寸。图纸零件表中的数据只能作为参考。下面对主要零件的尺寸进行分析。

(1) 件 1(上盖板)的尺寸确定。

上盖板的图纸标注尺寸为 $22\,500 \pm 5 + 400 = 22\,895 \sim 22\,905$ 。下料时,不能按这个尺寸备料,原因是主梁的上拱度和焊接收缩量需要加大下料尺寸。

上盖板长 22.5m,宽 0.5m,当然用卷板下料最好。但是,由于不同规格的起重机需要不同宽度的卷板,而轧钢厂不可能随时提供小批量的不同规格钢板。而用较宽规格的卷板下较窄尺寸的料必然造成浪费,因此,实际工作中,上盖板往往要拼接。拼接时,3~4 个焊口要加 3~4mm 的焊接收缩量。此外,由图纸可知主梁的上部焊有 40 多个大小隔板,均与上盖板焊接,其焊接收缩量更大。因此,要加长上盖板的下料尺寸。一般情况下,经验数据是:焊接收缩量是图纸标注料长的 0.25%,即:

$$\Delta L_s = (2.5/1\,000)L \quad (6-2)$$

式中 ΔL_s ——上盖板焊接收缩量; L ——上盖板图纸标注尺寸。

件 1 的图纸标注尺寸是 22900mm,代入上式得 $\Delta L_s = 57.25\text{mm}$,取 57mm,则件 1 的下料长度为 22957mm。

主梁要求有旁弯,下料时不考虑,在拼接、焊接时再考虑如何造成旁弯。

(2) 件 2(腹板)的尺寸确定。

腹板的图纸标注尺寸是 $22\,500 + 5 - 400 = 22\,100 + 5$ 。下料尺寸要大于图纸尺寸。22 500mm 是起重机沿车间纵向行走时两端行走轮距的尺寸,这个尺寸关系到主梁与端梁装配后的轮距尺寸。由于腹板的形状直接关系到主梁最终的上拱度,腹板的长度方向焊接变形预留量和上拱度预留量就显得很重要。

腹板的下料尺寸与焊接顺序和方向关系很大,又与腹板高度、是否横向拼接、内部大小隔板的尺寸、起重吨位等有关,各地的经验数据不甚相同。下面简要介绍通用的计算方法。

腹板下料长度加长 0.1% 桥架跨度,本例的跨度是 22 500mm,0.1% 是 22.5mm。即腹

板的下料长度是 22522.5mm。

腹板的预制上拱度要比 0.1% 跨度大,下料拱度大约为 $L/300 \sim L/500$,小吨位大跨度用下限 $L/300$,大吨位小跨度用上限 $L/500$ 。由于制作工艺有别,也有采用 $L/500 \sim L/650$ 的。

单个主梁装配焊接后的上拱度值和公差见表 6-1。

腹板的预制上拱度也可参考表 6-2。

表 6-1 单个主梁装配焊接后的交检拱度值(f_0)

$T \backslash L_K$	5	10	15 ~ 20	30	500
10.5	15 ± 1	15 ± 1	15 ± 1	15 ± 1	15 ± 1
13.5	24 ± 2	24 ± 2	24 ± 2	23 ± 2	23 ± 2
16.5	32 ± 2	32 ± 2	30 ± 2	29 ± 2	29 ± 2
19.5	40 ± 2	40 ± 2	39 ± 2	36 ± 2	36 ± 2
22.5	44 ± 2	44 ± 2	42 ± 2	40 ± 2	40 ± 2
25.5	53 ± 2	53 ± 2	49 ± 2	44 ± 2	44 ± 2
28.5	59 ± 2	59 ± 2	54 ± 2	51 ± 2	51 ± 2
31.5	66 ± 2	66 ± 2	60 ± 2	57 ± 2	57 ± 2

表中: L_K ——跨度, m; T ——吨位,表中数据为 mm。

表 6-2 腹板下料拱度值(f_0)

$T \backslash L_K$	5	10	15 ~ 20	30	5
7.5					
10.5	21	21	21	21	21
13.5	34	34	34	30	30
16.5	41	41	36	37	37
19.5	56	56	44	39	39
22.5	64	64	56	50	50
25.5	73	73	64	57	57
28.5	81	81	71	64	64
31.5	90	90	79	70	70

表中: L_K ——跨度, m。 T ——起重吨位, f_0 ——腹板下料上拱度, mm。

由图 6-1 得,本例的起重重量是 15/3 吨,是分别为 3t 和 15t 的双钩吊车,跨度是 22.5m。查表 6-2 得,腹板下料的上拱度是 64mm。即 $f_0 = 64\text{mm}$ 。

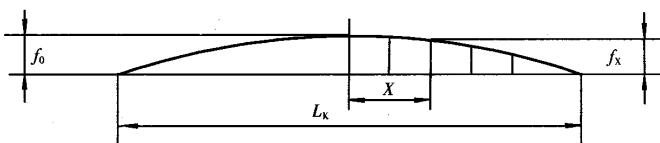


图 6-2 主梁下料尺寸确定

腹板的上拱曲线是抛物线,是较复杂的曲线,实用中用简化公式 6-3 如下:

第六章 起重机主梁设计制作技术要点

$$f_x = f_0(1 - 4x^2/L_K^2) = f_0 Z \quad (6-3)$$

式中 f_x ——任意分点处的高度,见图 6-2; f_0 ——腹板下料上拱度; x ——任意分点距中心点的距离; L_K ——起重机跨度; Z ——主梁下料拱度系数,见表 6-3。

表 6-3 主梁腹板上拱高计算系数

$L_K \backslash X$	0	1	2	3	4	4.5	5	5.5
10.5	1	0.964	0.854	0.672	0.418	0.026	0.09	-0.1
13.5	1	0.978	0.913	0.803	0.649	0.556	0.451	0.336
16.5	1	0.985	0.941	0.868	0.77	0.702	0.63	0.56
19.5	1	0.990	0.958	0.905	0.832	0.79	0.737	0.682
22.5	1	0.992	0.968	0.928	0.872	0.84	0.8	0.701
25.5	1	0.994	0.975	0.947	0.901	0.875	0.846	0.814
28.5	1	0.995	0.98	0.956	0.921	0.9	0.877	0.851
31.5	1	0.996	0.984	0.964	0.936	0.918	0.899	0.878
$L_K \backslash X$		6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
13.5	0.21	0.073	-0.08					
16.5	0.47	0.38	0.27	0.17	0.06			
19.5	0.621	0.556	0.485	0.408	0.327	0.24	0.148	
22.5	0.712	0.666	0.603	0.556	0.488	0.429	0.36	
25.5	0.778	0.71	0.698	0.654	0.606	0.556	0.502	
28.5	0.823	0.792	0.759	0.723	0.685	0.644	0.601	
31.5	0.855	0.83	0.802	0.773	0.742	0.709	0.676	
$L_K \backslash X$		10	11	12	13	14	15	16
22.5	0.21	0.044	-0.14					
25.5	0.376	0.255	0.114					
28.5	0.508	0.405	0.292	0.169	0.035			
31.5	0.597	0.512	0.419	0.318	0.209	0.092	0.03	

表中: L_K —跨度; x —分点距中心米数。

因为 $f_0 = 64\text{mm}$, 由 $f_x = f_0 \times Z$, 设画腹板时的左右方向分点距离为 1m 。可计算出:

$$X_1 = 64 \times 0.992 = 63.5$$

$$X_2 = 64 \times 0.968 = 62$$

$$X_3 = 64 \times 0.928 = 59.4$$

$$X_4 = 64 \times 0.872 = 55.8$$

$$X_5 = 64 \times 0.8 = 51.2$$

$$X_6 = 64 \times 0.712 = 45.6$$

$$X_7 = 64 \times 0.603 = 38.6$$

$$X_8 = 64 \times 0.488 = 31.2$$

$$X_9 = 64 \times 0.36 = 23$$

$$X_{10} = 64 \times 0.21 = 13.4$$

$$X_{11} = 64 \times 0.044 = 2.8$$

$$X_{12} = 64 \times (-0.14) = -8.96$$

可依此画出腹板的下料图,见图 6-3。

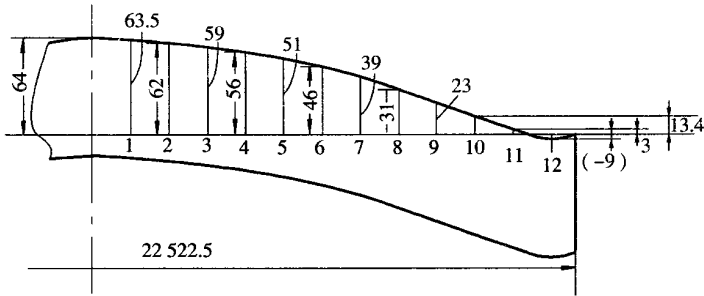


图 6-3 22.5m 起重机主梁腹板下料尺寸(拱度示意图)

(3) 下盖板尺寸确定。

下盖板不与隔板焊接,下盖板与腹板的连续焊缝会造成下盖板缩短,长度预留量一般为跨度的 $1/1000$ 。

下盖板的下料长度可以放样或计算得出。计算方法如下:

在 $\triangle ABC$ 中,

$$BC = 334 \times \sin 20^\circ = 334 \times 0.342 = 114.2;$$

$$\therefore EF = 1902 - 114.2 \times 2 = 1673.6。$$

$$\therefore EF/EB = \cos 20^\circ;$$

$$\therefore EB = EF/\cos 20^\circ = 1673.6/0.9397 = 1781。$$

求 BD 弧长可以用角度乘半径: $L = 334 \times 20 \times \pi/180 = 116.6$

所以腹板展开长为 $2 \times (1781 + 2 \times 116.6 + 520) + 17656 = 22724.4$ 。

再加上跨度的 0.1% , 即 22.5mm , 实际下盖板下料的尺寸为 $22724.4 + 22.5 = 22746.9 \approx 22747\text{mm}$ 。

件 4、件 5、件 6 的尺寸确定比较简单,大小隔板的尺寸精度要求较高,隔板边与边的垂直精度会影响到整个主梁的形状。

4. 对主梁的技术要求

(1) 主梁应保证桥架总装后的 22.5^{+625}mm 的上拱值。

(2) 旁弯不大于 11.25mm 。

(3) 盖板水平倾斜度不大于 2.5mm 。

(4) 腹板与垂直面的不垂直偏差不大于 6.5mm 。

(5) 腹板的局部波浪每米内离上盖板 433mm 以内区域不大于 3mm , 其余不大于 6mm 。

(6) 盖板与腹板焊接接头不允许在同一截面上,其间距不小于 200mm 。

(7) 上盖板宽度中线两侧各 60mm 处焊缝需磨平。

(8) 主梁两头与端梁之插口公差为 $650^{+4} - 650^{+2}\text{mm}$ 。

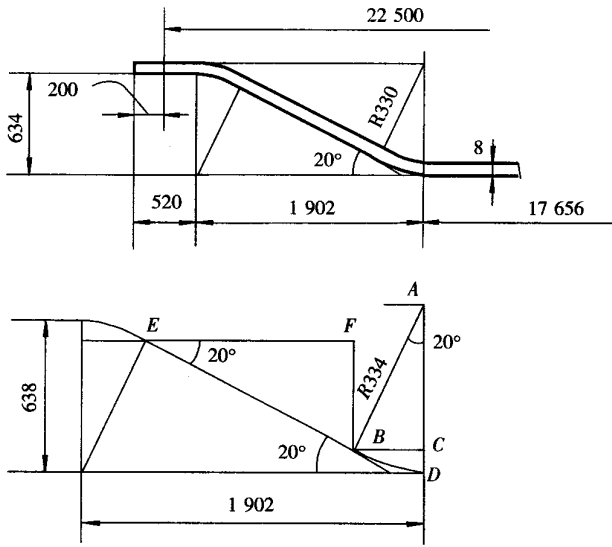


图 6-4 下盖板的计算

第二节 腹板、盖板和隔板的下料

1. 腹板的下料

腹板常采用划线后气割的下料方法,大型靠模气割法比较麻烦,采用的厂家不多。

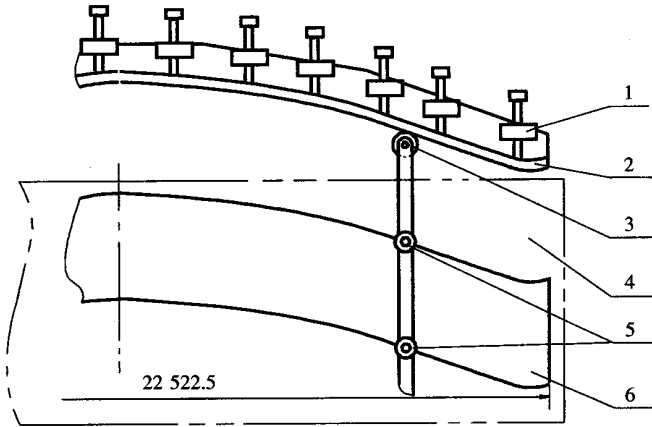


图 6-5 腹板的靠模气割下料

图 6-5 是靠模气割下料简图,件 1 是靠板弧度调节螺栓,件 2 是弧形靠板,件 3 是磁性靠轮,具有磁性,可以沿模板移动。磁轮靠直流电动机转动。件 4 是钢板。件 5 是气割割嘴。件 6 是腹板。

腹板的弧度很小,有的工厂也采用直接剪切的方法下料,边剪切边转动钢板。

腹板的拼接可以在下料前进行,也可以先剪切或气割后再拼接。拼接钢板时,为了减少焊接缺陷,应该在接口两端加接引入板和引出板。如图 6-6 所示。

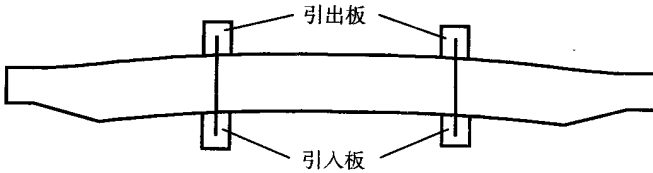


图 6-6 腹板拼接时加焊工艺板

焊接时最好采用埋弧自动焊,焊接时起头和结尾处容易产生焊接缺陷,应该加焊引入板和引出板,引弧和收尾时,焊缝应伸入工艺板 30~40mm。拼接腹板时,可以调节接缝间隙以调节上拱度。

2. 上下盖板的拼接

把盖板的分段料按顺序排好,可以用大号火焰烤枪调直单块板的旁弯,画出每块板的中心线,用粉线调直每块板的方向后,点固、焊接。焊接后,再次用火焰调节变形,矫正整个盖板的旁弯。

3. 隔板的拼接

对隔板的几何形状要求较高,一方面是要求长度、宽度方向的尺寸要一致,另一方面要求边与边的垂直度要好。为了节约原料,要采用剪切方法下料,然后进行拼接。拼接时要加固定挡铁,控制角度和方向。如果条件允许,最好拼焊后,用铣床铣切隔板的四个边。

第三节 主梁的装配、焊接顺序

1. 上盖板与大小隔板的装配

首先装配大小隔板与上盖板,在上盖板上打出粉线,偏差应小于 1mm。装配后的焊接工序要注意焊接方向。焊接方向与变形方向的规律见图 6-7。

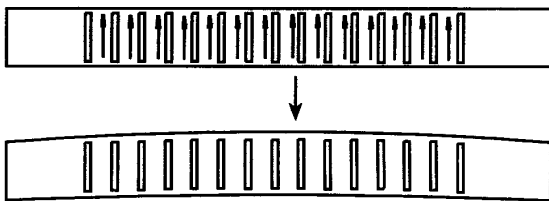


图 6-7 隔板的焊接方向与焊接变形的关系

焊接时,如果向同一方向焊接,会产生图示的变形。原因是:在无约束的条件下,先焊处的变形大。焊缝的横向收缩不同产生了图示的变形。调节同向焊缝的数量可以调节主梁旁弯的程度。主梁的旁弯值 $f = L_K/1500 \sim L_K/2500$ 。见图 6-8。件 1 是端梁,件 2 是

主梁。主梁的外弯要求值是 f 。

本例的起重机跨度是 22.5m,取 f 值为 $L/2000 = 11.25\text{mm}$ 。即主梁向走台侧弯曲 11mm,当焊完走台后,旁弯会减少。最终,小车轨道向走台侧弯曲 3mm。

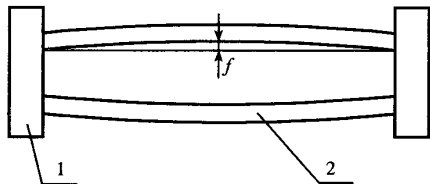


图 6-8 主梁的旁弯

2. 腹板与大小隔板的装配

腹板较长,为了便于吊运和保证上拱度,应采用专用吊具。吊具的结构可以参考图 6-9 的结构。夹紧螺杆有三个位置,可根据夹紧点的位置挪动。

如图 6-10(a)所示,采用双钩吊车或用两台吊车,用多个夹具夹紧腹板,将上盖板的两端垫起后装配腹板与大小隔板。大小隔板与腹板间的夹紧可以制作专门的夹紧器,如图 6-10(b)所示。如果梁的尺寸较大,可以采用两面夹紧的方式。夹紧器的主体可以用较大尺寸的槽钢焊接而成。

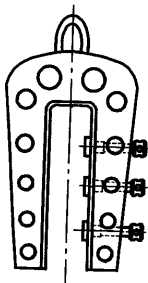


图 6-9 腹板的专用吊具

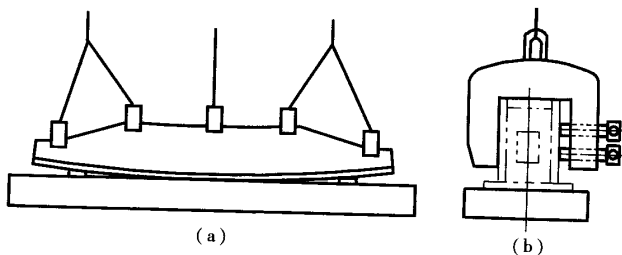


图 6-10 腹板的吊装与夹紧

3. 大小隔板与腹板的焊接

大小隔板的焊接方向与顺序对主梁的变形影响很大。如图 6-11 所示,如果每个筋板的焊缝的焊接方向都是由外向内焊,就会产生图示的变形,增加主梁的上拱度。调节焊接方向就可以调节主梁的上拱度。

4. 下盖板的装配

下盖板的装配也很重要,下盖板装配前是门形梁,门形梁刚度小,怎样矫形都很容易,所以,装配下盖板很关键。装配前,要测定上拱度,测量方法如图 6-12 所示。

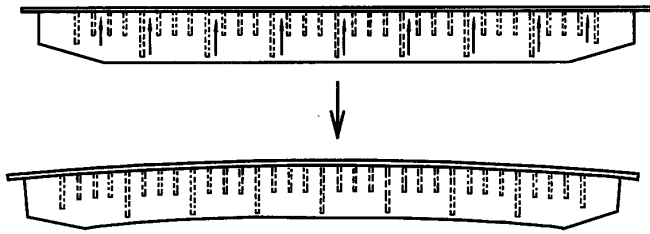


图 6-11 同向焊接引起拱度变化

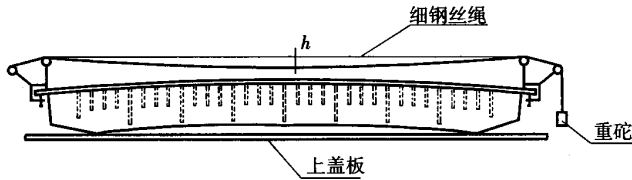


图 6-12 主梁上拱度的测量

测量主梁的上拱度时,在主梁的两端固定两个钢丝绳支架,采用 $\phi 0.49 \sim 0.52\text{mm}$ 的细钢丝绳,钢丝绳一端固定,另一端挂一个金属重砣,以拉直钢丝绳。重砣为 15kg 。测量钢丝绳两端距上盖板的高度和钢丝绳中点距上盖板的高度,求其差,再扣除钢丝下沉等数值,得到主梁上拱度的数值。

影响测量数据的因素如下。

(1) 由于钢丝绳的自重产生下沉的数值修正量见表 6-4。

表 6-4 钢绳自重扣除值

跨度	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5
扣除	1.5	2.5	3.5	4.5	6	8	10	12

注 跨度单位 m , 扣除单位 mm 。

(2) 日照对上拱度数值的影响。

大型结构件的制造往往在室外进行,在阳光很强时,主梁的上下表面温度不同,上盖板在上面时,会加大上拱度。而桥式起重机的工作环境一般在厂房内,有日照时测量上拱度,拱度值要减几 mm 到十几 mm 。当起重机的跨度为 22.5m 时,参考数据如表 6-5 所示。

表 6-5 跨度为 22.5m 主梁的日照影响上拱扣除值

Δ	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
L	0.8	1.6	2.4	3.2	4.0	4.8	5.6	6.4	7.2	8.0

注 Δ ——上下盖板的温差; L ——上拱度扣除值。

测量主梁的跨度时,用盘尺代替钢丝绳,也用重砣拉紧。盘尺下沉的数值修正量见表 6-6。

表 6-6

盘尺测得数据的修正量

$L_k \backslash S$	0.2 × 9	0.25 × 10	0.2 × 13	0.2 × 15	0.25 × 15
10.5	3	2	2	1	0
13.5	3	2	2	1	0
16.5	4	2	2	2	1
19.5	4	3	2	2	2
22.5	9	6	5	4	2
25.5	9	6	6	4	2
28.5	10	7	6	4	2
31.5	11	7	6	4	3

注： L_k —跨度； S —盘尺截面尺寸。

表中 6-6 中 跨度为 10.5 ~ 19.5m 时 ,拉直盘尺的重砣重 10kg ;跨度为 22.5 ~ 31.5m 时 ,重砣重 15kg。

如果测得的上拱度过大 ,可以根据情况选择 4 ~ 5 处 ,用大号螺栓加垫板向下压 ,合适后再装配下盖板。如果上拱度不足 ,可以在主梁的中段加垫铁 ,利用主梁的自重提高上拱度。

第四节 主梁变形的矫正

1. 上拱度的矫正

用大号焊枪加热梁的上、下部分矫正上拱度。加热高度不允许超过腹板高度的 1/4。采用三角形加热 ,烤下面增加上拱度 ,烤上面减少上拱度。加热时 ,要两面一起加热 ,以免造成新的变形。矫正时要考虑后面工序将要产生的变形。例如 :主梁上部要焊接钢轨垫板、走台与主梁的焊接等的变形都应该在矫正时给予考虑。如果整个梁的上拱度都不足时 ,可以在下盖板大隔板处横向进行几处带状加热 ,随后在其两侧腹板下侧进行三角形加热。见图 6-13。

加热宽度 e 一般取 60 ~ 100mm ,加热高度一般取 150 ~ 300mm。加热高度视情况而定。加热高度不超过梁高 H 的 1/4。

主梁的局部拱度不足时 ,可以进行局部加热。

2. 主梁盖板角变形的矫正

主梁与腹板焊接时会产生角变形。如图 6-14 所示 ,图(a)是焊接前的主梁断面图 ,图(b)是焊接后产生的角变形及其矫正。用起重机和大“鸭嘴”矫正角变形的效果较好 ,否则会浪费大量氧气、乙炔等原料。用大锤打板边时 ,不仅会加大工作量 ,还会增加钢板上

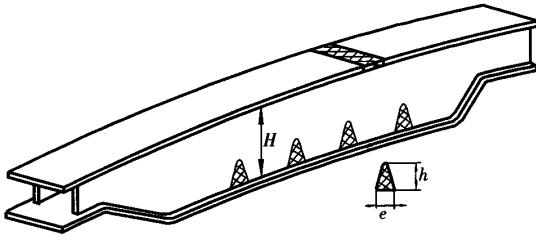


图 6-13 火焰矫正上拱度

的锤痕。

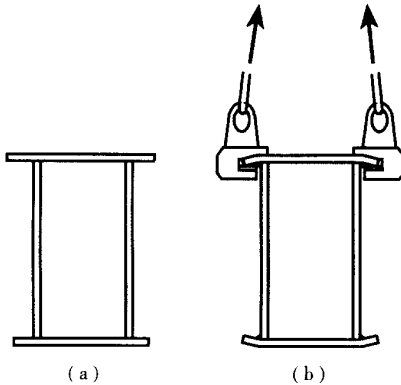


图 6-14 用起重机矫正主梁角变形

3. 旁弯的矫正

矫正旁弯时,常采用火焰矫正法,方法同上拱度的矫正方法。


4. 扭曲变形的矫正

应尽量避免主梁的扭曲变形,如果不注意焊接方向,不考虑装配、焊接顺序,装配时不注意随时测量、调整形状,产生较大的扭曲变形后,可能因无法矫正扭曲变形而造成主梁的报废。

测量主梁的扭曲时,可以用铅垂吊线,测量腹板上下两点距铅垂线的距离,比较主梁两端的数值可以知道主梁是否扭曲。较小的扭曲变形可以采用局部加热的同时加外力的方法矫正。用外力使主梁产生反向的扭曲变形,可以用卷扬机、起重机、螺旋拉紧器等施加外力。

5. 腹板局部波浪变形的矫正

由于主梁的上部筋板较多,波浪变形一般产生在腹板的中下部,无走台面更严重一些。对于外凸的波浪变形采用圆点加热,并且用手锤打击圆点的外围。对于凹陷变形,点焊上有孔的小拉板,一边加热一边往外拉。



第六篇

钣金冲压新型 设备应用与维护

第一章 钣金折边机械设备应用与维护

利用折边机可以弯折各种几何形状的金属箱、柜、盒壳、翼板、肋板、矩形管、U形梁和屏板等薄板制件,以提高结构的强度和刚度。它广泛用于钣金加工。

常用的折边设备按驱动方式分为三类,即机械折弯机、液压折弯机和气动折弯机。机械折弯机又可分为机械式折板机和机械式板料折弯机(或板料折弯压力机)。前者简称为折板机,后者简称为压弯机。前者结构比较简单,适用于简单小型零件的生产;后者结构比较复杂,适用于复杂大中型零件的生产。

一、折板机

按传动方式,折板机有手动和机动两种,一般都使用机动折板机。

机动折板机由床架、传动丝杆、上台面、下台面和折板等组成。

折板机的工作部分是固定在台面和折板上的镶条,其安装情况如图1-1所示。上台面和折板镶条一般是成套的,具有不同角度和弯曲半径,可根据需要选用。

折板机的操作过程如下:

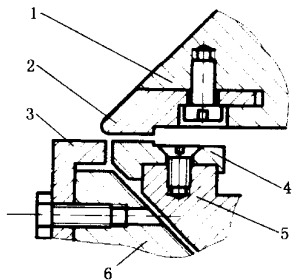


图1-1 折板上镶条的安装情况

- 1—上台面 2—上台面镶条
- 3—折板镶条 4—下台面镶条
- 5—下台面 6—折板

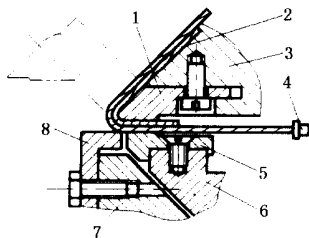


图1-2 镶条的使用情况

- 1—上台面镶条 2—特种垫板
- 3—上台面 4—挡板
- 5—下台面镶条 6—下台面
- 7—折板 8—折板镶条

(1) 升起上台面,将选好的镶条装在台面和折板上。若所弯制零件的弯曲半径比现在

镶条稍大时,可加特种垫板,如图 1-2 所示。这样在工作时,垫板要垫在坯料的下边。

(2)下降上台面,翻起折板至 90°角,调整折板与台面的间隙,以适应材料厚度和弯曲半径。为避免折弯时擦伤坯料,间隙应稍大些。

(3)退回折板,升起上台面,放入的坯料靠紧后挡板。若弯折较窄的零件,或不用挡板时,坯料的弯折线应对准上台面镶条的外缘线。

(4)下降上台面,压住坯料。

(5)翻转折板,弯折至要求的角度。为得到尺寸准确的零件,应考虑回弹,必须控制好弯折角度。

(6)退回折板,升起上台面,取下零件。

二、机械式板料折弯机

机械式板料折弯机采用曲柄连杆滑块机构,将电动机的旋转运动变为滑块的往复运动。只要传动系统和工作机构具有足够的刚度和精度,就能加工出具有相当高的尺寸重复精度。它的每分钟行程次数较高,维护简单,但体积庞大,制造成本较高,多半用于中小件折弯。

机械式板料折弯机的结构类似于普通开式双柱双点压力机。图 1-3 是一般的传动系统。工作时,拖板的起落和上下位置的调节,是两个独立的传动系统。拖板位置的调整,是由电动机 21,通过齿轮 22、20、19、23 带动轴 25 转动,装在轴 25 上的蜗杆 24 使连杆螺丝 2 旋入连杆 3 内,通过电动机换向,可上下调节拖板位置。拖板的起落是靠电动机 13 通过皮带轮 16、齿轮 10、8 带动传动轴 7 转动,通过齿轮 6 和 5 带动曲轴 4 转动,使连杆 3 带动拖板起落,进行折弯工作。

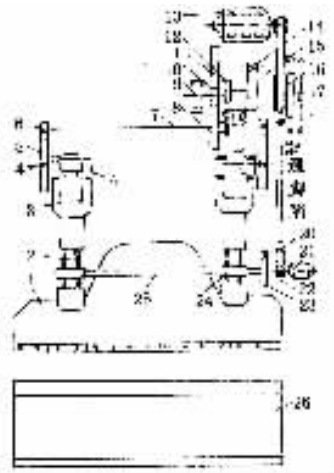


图 1-3 机械式板料折弯机传动系统

- 1—拖板 2—连杆螺丝 3—连杆 4—曲轴 5、6、8、10—齿轮
 7—传动轴 9—止动器 11、12、14、15—变速箱齿轮 13—电动机
 16—皮带轮 17—主轴 18—齿轮变速齿条 19、20、22、23—齿轮
 21—电动机 24—蜗杆 25—轴 26—工作台

机械式板料折弯机的操作过程如下：

(1) 将拖板降到最低位置,调整拖板的最低点到工作台面的垂直距离(即闭合高度)比上下两弯曲模总高度大 20mm ~ 50mm。

(2) 升起拖板,安装上模和下模。一般先把下模放在工作台上,然后下降拖板再装上模。在安装上模时,从拖板固模槽的一端,一边活动一边往里推至拖板的中间位置,使板料折弯机受力均衡,并用螺钉紧固。

(3) 开动拖板的调整机构,使上模进入下模槽口,并移动下模,使上模顶点的中心线对正下模口的中心线,固定下模。

(4) 升起拖板,按弯曲尺寸调整挡板,如图 1-4 所示。

$$A = L + \frac{B}{2} + C \quad (\text{mm}) \quad (1-1)$$

式中 A ——下模侧面至挡板距离(mm);

B ——下模槽口宽度(mm);

C ——下模侧面至下模槽口边缘的距离(mm);

L ——弯曲线至坯料边缘线的距离(mm)。

工作时,一般标出 A 值,经过试弯作适当调整后确定下来。

(5) 按要求调整弯曲角度。根据弯曲角度,选用对应的上、下模,然后只需调整上模进入下模的深度,就很容易达到要求。

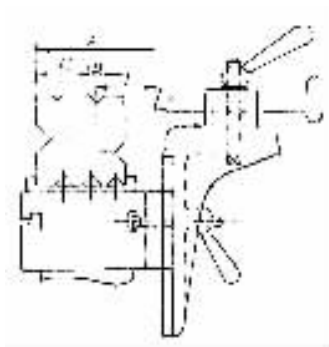


图 1-4 挡板位置的确定

三、液压板料折板机

液压板料折板机采用油泵驱动,由于液压系统能在整个行程中对板料施加压力,能在过载时自动卸荷保护,自动化程度高,使用方便,因此液压折板机是一种常用的折弯设备。一般它有两个竖直油缸推动滑块的运动。为防止滑块在运动过程中产生过大的偏斜,设有同步控制系统。

液压折板机有四种结构型式：

1. 液压下传动式

这种结构的折板机,最适合加工金属箱体。它的液压系统一般都安装在底座内(图 1-5),这使得它在实施“包围式折弯”,即加工只有一个接头的箱体时不致受到液压装置的

阻碍。

这种下传动式折板机上横梁是固定不动的,工作台往上升而完成闭合行程,工件随着工作台一起上升。液压装置在应用单面作用油缸的底座中。工作台依靠自身的重量完成返回行程。因而,这种折板机由于缺少可脱卸的上模,一般不能用来实施各种冲切加工。

这类折板机擅长于加工小规格的材料,与同等规格的其他折板机相比,操作方便、灵巧。

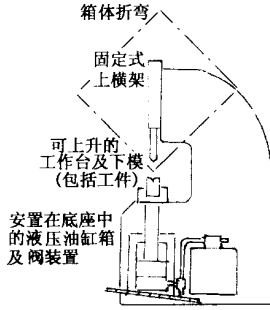


图 1-5 液压下传动式折板机

2. 液压上传式折板机——机械挡块结构

液压上传式折板机要比下传动式折板机应用范围广得多,从 15t ~ 2 000t 压力规格的上传动式折板机都具有精确的控制机构。上传式折板机采用了能操纵闭合和开启行程的双向作用缸,因而它具备了脱模功能,适用于在额定压力范围内的冲切加工。

在折弯各种角度时,机械挡块结构能精确地控制上模插入下模槽的深度,以得到准确的折弯角度。

挡块装置有两种式样,一种是外装式,另一种是内装式(图 1-6)。小吨位折板机采用手动调节,大吨位折板机采用机械调节。调节装置一般采用蜗轮副或圆锥齿轮副。

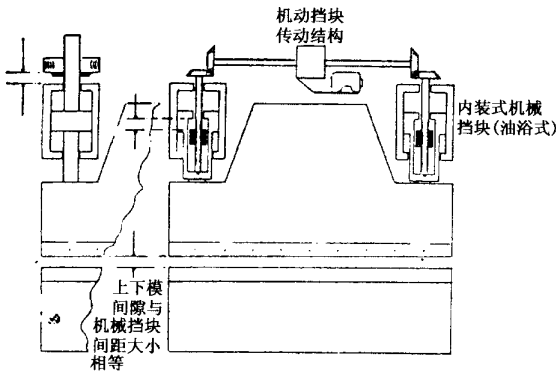


图 1-6 液压上传式折板机——机械挡块结构

3. 液压机械折板机

图 1-7 所示为液压机械折板机的结构。它汇集了机械式和液压式折板机的各自优点,特别是在平行度、压力吨位控制和可变行程机构上,更具优越性。

液压机械折板机的滑块由液压系统操纵,具有快速趋近、慢速折弯和控制压力吨位等功能。滑块通过坚固的枢轴结构与机架连接,从而保持了它上下运动的平行性。不再需要安装一个复杂且效果不理想的油缸平衡系统。

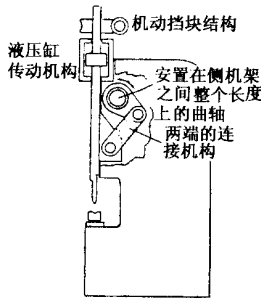


图 1-7 液压机械折板机结构

“肘杆式折板机”的结构(图 1-8)在通过机械装置保持滑块平行度的同时,联动机构还能有力地驱动滑块,以较小规格的油缸产生足够大的工作压力,从而节约了成本。

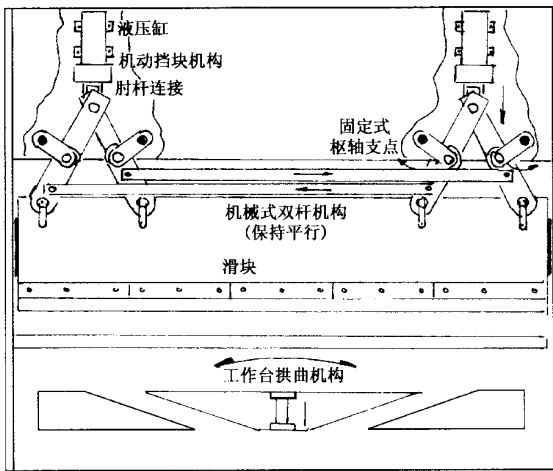


图 1-8 肘杆式折板机结构

4. 电子控制液压折板机

电气控制器使液压折板机成了一种可靠性好、调节简单、生产效率高的精密加工设备。

图 1-9 所示为电子控制折板机结构图。其整体式开关以其瞬时反应的灵敏性及交替控制的可靠性代替了继电器和限位开关。在最新的电子控制折板机上,其控制机构已能与精确度极高、运转速度很快的 CNC(计算机数字控制)系统相匹配。

电子控制折板机的主要特点是它能够通过输入数据,用电子装置操纵滑块定位。从而达到平行度很高的控制深度,以保证准确的折弯角度。

此系统有一个装在折板机床身两端的扫描装置,它的扫描范围就是模具周围区域。这些扫描头由一个附装在滑块上的电子控制器构成,并随着滑块一起上下运动。

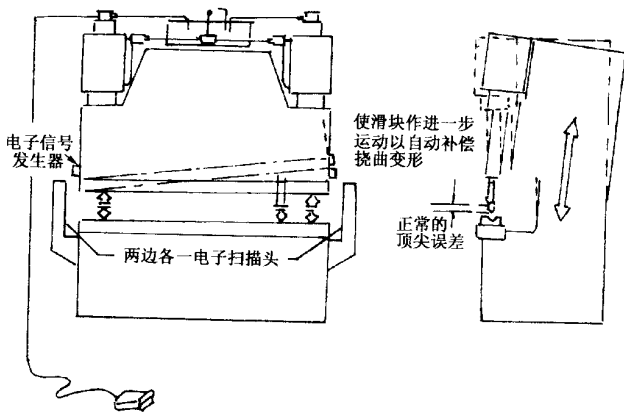


图 1-9 电子控制折板机结构

扫描头工作时,通过一个装置把信号传递给液压阀,滑块会立即停止运行。此阀为特殊结构,由控制器操纵,动作反应极为灵敏。

此系统能测量及控制滑块和工作台之间的距离。工作时它不受机架产生挠曲的影响,照样能达到精确测量和控制折弯深度的目的。

由于液压机械折板机滑块的机械联动装置提供了一种正确的模式,每台板料折弯机上只需装一个扫描头,因此降低了电器的成本。表 1-1、表 1-2、表 1-3 摘录了部分折板机的参数。

表 1-1

板料折弯压力机

型 号	公称 压力 (kN)	工作台 长度 (mm)	立柱间 距离 (mm)	喉口 深度 (mm)	滑块 行程 (mm)	滑块调 节量 (mm)	行程 速度 (mm/s)	最大开 启高度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
WB67Y-25/1600	250	1 600	1 360	20	100	0~100	20	300	3	1.8	1 735×1 501×1 870
WB67Y-40/2000	400	2 000	1 650	200	100	0~100	16.6	300	5.5	2.5	2 085×1 510×1 910
WC67Y-15/3600	1 250	3 600	3 000	320	150	120	8	78	7.5	9.5	3 690×1 920×2 450
WC67Y-125/3600	1 250	7 200		320	150	120	7	78	15	19.5	7 290×1 980×2 450
WD67Y-160/4000	1 600	4 000	3 320	320	150	0~150	8	450	15	12.9	4 080×1 900×2 800
WB67Y-160/4000	1 600	4 000	3 250	400	152	75	6	76	11	11.15	4 100×2 200×2 600
W67Y-250/500	2 500	5 000	4 100	400	250	0~250	7.5	560	22	27	5 100×2 525×4 460
W67Y-400/6000	4 000	6 000	5 000	400	320	0~280	6	630	30	45	6 100×3 232×5 540
WC67Y-63/2500	630	2 500	2 100	250	100	80	80	360	5.5	5	2 560×1 690×2 180
WC67Y-63/2500	630	2 500	2 050	250	100	80	8	710	5.5	4.5	2 597×1 725×2 345
WC67Y-100/2000	1 000	3 200	2 600	320	150	120	60	450	7.5	8	3 290×1 770×2 450
WC67Y-100/3200	1 000	3 200	3 000	320	100	80	8	78	7.5	8.5	3 290×1 920×2 450
WD67Y-100/3200	1 000	3 200	2 860	320	100	0~100	9	320	11	8.5	3 200×1 800×2 450
WB67Y-100/3200	1 000	3 200	2 550	400	100	75	6	78	7.5	6.5	3 330×1 976×2 300
WD67Y-160/4000	1 600	4 000	3 300	320	200	160	8	500	11	13	4 080×1 930×2 800
WC67Y-	100	3 200	2 600	320	150			450	7.5	8	3 260×1 300×2 500
W67-Y100/3200	100	3 200	2 680	200	150	80	32	450	7.5	8	3 290×1 770×2 450
PPV90/30	900	3 000	2 550	200	120	100	90	300	5.5	7.3	3 133×1 740×2 545
WS67Y-100/3200	1 000	3 200	2 600	400	100		10	335	11	6.5	3 246×2 355×2 125
WS67Y-100/3200	1 000	3 200	2 600	320	100		8	320	11	7.5	3 220×1 590×2 550

第一章 钣金折边机械设备应用与维护

型 号	公称 压力 (kN) (100)	工作台 长度 (mm)	立柱间 距离 (mm)	喉口 深度 (mm)	滑块 行程 (mm)	滑块调 节量 (mm)	行程 速度 (mm/s)	最大开 启高度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
W67Y-100/3200	1 600	3 200	320						11		3 240×1 500×2 510
WC67Y-100×3200	1 000	3 200	2 600	320	150	120	60	450	7.5	8	3 290×1 760×2 375
PPT100/30	1 000	3 000	2 550	200	130	100	100	310	5.5	6	3 145×1 160×2 420
PPN125/30	1 250	3 000	2 550	250	175	120	90	350	7.5	10.8	3 150×2180×2 950
PPN150/30	1 500	3 000	2 550	250	150	120	90	350	11	10.8	3150×2180×2 950
WC67Y-160/2500	1 600	2 500	2 100	320	200	160	8	500	11	9	2 580×1 930×2 750
WC67Y-160/4000	1 600	4 000	3 300	320	200	160	8	500	11	13	4 080×1 930×2 800
WC67K-160/400DNC	1 600	4 000	3 300	320	200	160	8	500	11	13	4 080×1 930×2 800

表 1-2

数控板料折弯压力机

型 号	公称 压力 (kN)	工作台 长度 (mm)	立柱间 距离 (mm)	喉口 深度 (mm)	滑块 行程 (mm)	滑块调 节量 (mm)	行程 速度 (mm/s)	最大开 启高度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
WC67K-40/2000	400	2 000	1 650	200	100	80	8	711	4	2.9	2 158×1 469×2 130
WC67K-63/2500	630	2 500	2 050	250	100	80	8	710	5.5	4.7	2 597×1 725×2 345
WC67K-100/3200	1 000	3 200	2 600	320	150	120	60	450	7.5	8	2 450×1 770×3 290
W67K-100/3100	1 000	3100	2 800	300	145	80	80	750	15	15	4 879×2 721×3 080
WC67K-100/3200	1 000	3 200	3 000	320	100	80	8	78	7.5	8.6	3 290×1 920×2 450
WC67K-125/3600	1 250	3 600	3 000	320	150	120	8	78	7.5	9.6	3 690×1 920×2 450
WC67K-160/4000	1 600	4 000	3 300	320	200	160	8	78	11	12.5	4 080×1 930×2 800
W67K-630/840	6 300	840			145				7.5	4.3	1 600×1 280×2 933
W67K-25/1600	250	1 600	1 300	200	100	75	可调节	300	4	2.5	1 660×1 090×1 960
WC67K-63/2500	630	2 500	2 100	250	100	80	8	360	5.5	5	2 560×1 690×2 180
W67K-90/3000	900	3 000	2 550	200	120	100	90	300	5.5	7.8	3 133×1 740×2 545
WC67K-100/3200CNC	1 000	3 200	2 600	320	150	120	8	450	7.5	8	3 290×1 770×2 450
W67K-125/3000	1 250	3 000	2 550	250	175	120	90	350	7.5	11.8	3 150×2180×2 950
WC67K-160/4000CNC	1 600	4 000	3 300	320	200	160	8	500	11	13	4 080×1 930×2 800
WS67K-160/3200	1 600	3 200	2 700	320	200	200	60	470	11	13	3 250×2 535×2 920
W67K-180/40	1 800	4 000	3 150	250	170	135	90	425	11	16.5	4 050×2180×3 320
WC67K-250/4000	2 500	4 000	3 300	400	250	200	6	560	15	20	4 240×2 550×4 265
WC67K-250/5000CNC	2 500	5 000	4100	400	250	200	6	560	15	22	5 240×2 550×4 265

表 1-3

双机联动板料折弯压力机

型 号	公称 压力 (kN)	工作台 长度 (mm)	立柱间 距离 (mm)	喉口 深度 (mm)	滑块 行程 (mm)	滑块调 节量 (mm)	行程 速度 (mm/s)	最大开 启高度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
2-WC67Y-250/4000	5 000	8 000	3 300	400	250	200	6	560	30	40	8 480×2 550×4 265
2-WC67Y-250/5000	5 000	10 000	4100	400	250	200	6	560	30	44	10 480×2 550×4 265
2-WC67Y-250/4000	5 000	8000		300	250	180	80	500	15×2	40	8100×2 733×3 730
2-W67Y-300/5000	6 000	10 000		250	300	220	80	550	22×2	60	
2-W67Y-300/6000	6 000	12 000		250	300	220	80	550			
2-W67Y-500/6000	10 000	12 000		300	300	220	80	600	33×2	111	14 530×3 000×5 590
WA68Y-63/4×2000	630	2 500	2 385	250				320	7.5	6.5	2 800×2 082×2 230
WA68Y-100/6×2500	1 000	3 200	3 050	320				320	11	9	3 460×2 380×2 490

第二章 曲柄压力机械设 备应用与维护

曲柄压力机(又称冲床),是以曲柄传动的加压设备。在冲压工艺中使用广泛,弯曲是冲床的工艺用途之一。

一、开式压力机

图 2-1 为 JB23-63 压力机运动原理图。电动机 1 通过三角带传动把运动传给大带轮 3,再经小齿轮 4、大齿轮 5 传给曲轴 7。连杆上端装在曲轴上,下端与滑块 10 相连接,把曲轴的旋转运动变为滑块的直线往复运动。上模 11 装在滑块上,下模口装在垫板 13 上。因此,当板料放在上下模之间时,能进行冲裁或其他冲压变形工艺。离合器 6 和制动器 8 能够有效地控制滑块的运动、停止。飞轮(即大带轮 3)能使电动机的负荷均匀,有效地利用能量。这种压力机叫开式压力机,就是由于机身三面敞开,操作者能够从压力机的前方和左右两侧接近模具。

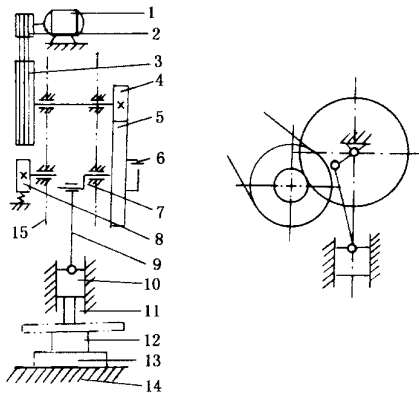


图 2-1 JB23-63 压力机运动原理图

- 1—电动机 2—小带轮 3—大带轮 4—小齿轮 5—大齿轮
6—离合器 7—曲柄 8—制动器 9—连杆 10—滑块
11—上模 12—下模 13—垫板 14—工作台 15—机身

二、闭式压力机

图 2-2 为 J31-315 压力机运动原理图。它的工作原理与 JB23-63 相同,只是它的

工作机构采用了偏心齿轮 9 驱动的曲柄连杆机构,即在最末一级齿轮上铸有一个偏心轮,构成偏心齿轮 9。连杆 12 套在偏心轮上。偏心轮可以在芯轴 10 上旋转。心轴两端固定在机身 11 上。因此当小齿轮 8 带动偏心齿轮旋转时,连杆即可摆动,带动滑块 13 上下运动。18 为装在工作台下的液压气垫,可作顶出工件的顶出器。表 2-1~表 2-15 摘录了部分压力机的参数。

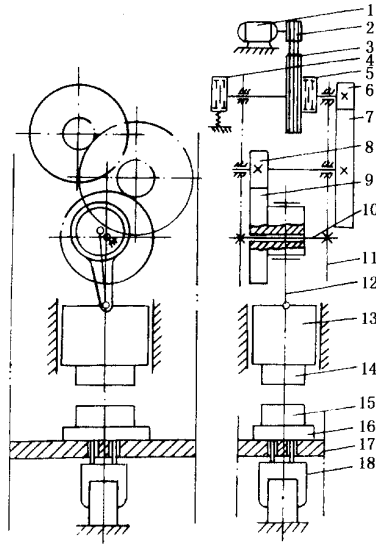


图 2-2 J31-315 压力机运动原理图

- 1—电动机 2—小带轮 3—大带轮 4—制动器 5—离合器 6、8—小齿轮
7—大齿轮 9—偏心齿轮 10—芯轴 11—机身 12—连杆 13—滑块
14—上模 15—下模 16—垫板 17—工作台 18—液压气垫

表 2-1 台式压力机

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
J04-0.5	5	50		200	150						0.095	510×300×940
JB04-0.5	5	26	260	115	115		252×252			0.25	0.065	460×305×450
J04-1	10	40	250	150			270×270	48×54	60	0.37	0.085	500×320×450
JB04-1	10	40	250	150	150	58	270×270	56×86		0.37	0.089	320×500×540
JB04-1	10	40	250	150	150		270×270			0.37	0.089	470×320×540
J04-1.5	15	40	175	180	40	80	200×140	80×60	200×140	0.37	0.085	465×425×610
JC04-3.15	315	10~ 40	200	160	25		280×180			0.37	0.185	660×475×750
JD04-0.5A	5	26	250	100	10	23.5	250×305	46×54		0.25	0.061	455×285×470
JD04-0.8	8	40	200	120	25	42	270×170	68×255		0.37	0.087	352×320×577
JD04-1A	10	40	270	140	10	26	270×290	52×60		0.37	0.085	500×310×535

表 2-2

手动冲压机

型 号	公称压力 (kN)	滑块行程 (mm)	行程次数 (次/min)	最大封闭高度 (mm)	封闭高度调节量 (mm)	滑块中心到机身距离 (mm)	工作尺寸长×宽 (mm)	滑块底面尺寸(前后×左右)mm	工作台垫板厚度 (mm)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸长×宽×高 (mm)
JH-1		134		118		100			19		0.019	286×198×312
JH-2		209		196		150			25		0.032	414×247×449
JH-3		319		297		175			30		0.048	456×290×509.5
JH-40		32		72		72	80×166				0.020	285×272×378
JH-50		32		76		75	90×180				0.025	300×283×380
JH-60		32		80		77	90×180				0.030	330×283×409
JH-80		38.2		80		80	195×105				0.040	350×323×439
JH-100		38.2		88		92	210×120				0.050	380×344×480
JH-120		45		100		100	225×130				0.060	430×369×533
JH-160		51		120		110	240×140				0.080	460×405×586.5

表 2-3

方齿条冲压机

型 号	公称压力 (kN)	滑块行程 (mm)	行程次数 (次/min)	最大封闭高度 (mm)	封闭高度调节量 (mm)	滑块中心到机身距离 (mm)	工作尺寸长×宽 (mm)	滑块底面尺寸(前后×左右)mm	工作台垫板厚度 (mm)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸长×宽×高 (mm)
JS-28		96		27		73	175×100				0.015	213×216×403
JS-36		70		60		70	180×100				0.022	218×180×384
JS-32		70		235		111	172×150				0.021	272×196×780

表 2-4

圆齿条冲压机

型 号	公称压力 (kN)	滑块行程 (mm)	行程次数 (次/min)	最大封闭高度 (mm)	封闭高度调节量 (mm)	滑块中心到机身距离 (mm)	工作尺寸长×宽 (mm)	滑块底面尺寸(前后×左右)mm	工作台垫板厚度 (mm)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸长×宽×高 (mm)
JR-26		40		60		60	165×95				0.010	200×165×373
JR-32		70		235		111	172×150				0.020	272×196×780

表 2-5

单柱固定台式压力机

型 号	公称压力 (kN)	滑块行程 (mm)	行程次数 (次/min)	最大封闭高度 (mm)	封闭高度调节量 (mm)	滑块中心到机身距离 (mm)	工作尺寸长×宽 (mm)	滑块底面尺寸(前后×左右)mm	工作台垫板厚度 (mm)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸长×宽×高 (mm)
JH11-25	250	80		220						3	2.61	1 880×1 110×2 060
JH11-40	400	80		260						4	5	2 260×1 250×2 420
JH11-63	630	120		310						5.5	5.76	2 650×1 460×2 670
JH11-80	800	120		330						7.5	8.24	2 870×1 530×2 860
JH11-100	1 000	130		350						11	11.14	2 730×1 780×2 940

第二章 曲柄压力机械应用与维护

表 2-6

单柱柱形台压力机

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)(mm)	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
J13-80	800	90	38	310	85	480	600×300		320×420	9	4.5	1 160×2 060× 3 410 1 890×2 756× 4 360
J13-100	1 000	140	35	400	110	320	420×380	350×460	11	10.8		
J13-315	3 150	150	30	400	160	340	420×380	400×760	30	27		

表 2-7

开式固定台压力机

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作台尺 寸(前后 ×左右) (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)(mm)	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JA21-2	20	35	216	180	25	90	240×160	75×80	25	0.55	0.10	730×340×685
JG21-10	100	50	90 ;110	180	40	110	200×310	150×170	35	1.1	0.7	1 820×815× 1 585
JG21-14	140	50	80 ;100	175	40	130	225×370	185×190	40	1.5	1.0	1 825×900× 1 700
JA21-25A	250	80	120	200	60	190	360×560	220×270	70	2.2	2.15	1 280×1 310× 2 125
JH21-25	250	80	100	250	50	210	440×700	250×360		2.2	2.3	1 346×830× 2 120
TH21-45	450	120	80	270	60	225	440×810	340×410	440	5.5	3.4	1 435×1 075× 2 391
JZ21-45A	450	80	100	250	60	190	360×810	340×400		5.5	4	1 850×1 110× 2 300
JZ21-60	600	90	60~120	300	70	210	400×870	400×475		5.5	5	1 970×1 210× 2 640
J21-63	630	120	55	345	90	260	480×710	325×360	90	7.5	4	1 750×1 340× 2 490
J21-63	630	100	45	400	80	250	480×710	250×280	80	5.5	4.3	1 750×1 330× 2 310
J21-63A	630	100	50~100	300	70	260	850×480	400×480	130	5.5	5.9	2 100×1 125× 2 620
J21S-63A	630	100	40	300	80	700	570×860	360×400	80	7.5	4.5	2 215×1 490× 2 610
JB21-63A	630	20 ; 50 80	65	350	70	260	480×710	240×300	90	5.5	3.5	1 430×1 050× 2 350
J21-80	800	140	45 70	320	90	290	560×1 000	430×560	140	6.5/8	7.5	1 915×1 385× 2 820
J21-80	800	130	45	380	90	290	540×800	350×370	100	7.5	7.5	1 895×1 360× 2 680
JH21-80	800	160	40~75	320	80	310	600×950	460×540	600	7.5	7.5	1 915×1 280× 2 800
JH21-80	800	160	60/40 ~75	320	80	310	600×950	460×540	600	7.5	7.5	1 915×1 280× 2 800
J21S-100A	1 000	130	38	360	100	900	710×1 080	370×430	100	11	9.5	2 800×1 740× 2 900
JB21-100	1 000	20, 72, 100	70	390	85	325	600×900	260×335	100	7.5	6.31	1 812×1 250× 2 632
JB21-100	1 000	180	30~60	350	90	3 360	680×1 070	520×630	155	7.5		2 145×680× 3 040

第六篇 钣金冲压新型设备应用与维护

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作台尺 寸(前后 ×左右) (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JB21-100	1 000	20、70、 100	70	390	85	325	600×900	260×335	80	7.5	5	1 812×1 276× 2 635
JB21-100A	1 000	100	70	390	85	325	600×900	260×340	80	7.5	5	1 812×1 270× 2 635
JB21-100A	1 000	20、70、 100	70	390	85	325	600×900	260×335	100	7.5	6.31	1 812×1 250× 2 632
JB21-100B	1 000	20、 100	70	390	85	325	600×900	260×340	90	7.5	7.85	1 830×1 270× 2 640
JE21-100B	1 000	160	65	515	100	385	750×1 060	450×560	140	7.5	9	1 940×1 520× 3 100
JE21-100B	1 000	160	65	375	100	385	600×1 000	450×560	140	7.5	8.3	2 250×1 500× 3 100
JG21-100	1 000	130	30	760	60	240				11	8	2 370×1 636× 3 012
JG21-100	1 000	140	60	400	110		600×900	400×490	110	11	10	1 630×1 180× 3 080
JH21-110	1 100	180	50/35 ~65	350	90	350	680×1 070	520×620		7.5	8.61	1 833×1 500× 3 130
JH21-110A	1 100	110	70	350	90	270	520×1 070	520×620		11	8.6	2 010×1 400× 2 890
J21-125A	1 250	130	38	480	100	380	710×1 080	370×430	100	11	10	2 320×1 735× 3 110
JH21-150	1 500	200	30~55	400	100	390	760×1 170	580×700		11	13	2 355×1 875× 3 250
JZ21-150A	1 500	130	42/65	400	100	310	600×1 170	580×700		13/16	12	2 050×1 370× 3 090
JB21-160	1 600	40、 160	50	450	120	380	710×1 120	380×510	120	15	14	2 170×1 290× 3 050
JB21-160	1 600	40、117 160	50	450	120	380	710×1 120	370×510	120	13	9	2 175×1 388× 3 047
JB21-160	1 600	40、117 160	50	450	120	380	710×1 120	370×510	120	13	9	2 175×1 288× 3 047
JC21-160A	1 600	160	45	450	130	380	710×1 120	440×600	130	15	13	2 185×1 420× 3 070
JE21-160	1 600	160	50	430	130	410	800×1 250	750×600	160	15	9.5	2 350×1 550× 3 410
J21-200M	2000	160	35~70	410			1 400×680	650×880		15	21	2 160×1 440
JZ21-200	2000	160	35~70	450	110	350	680×1 400	650×880		18.5	17	2 700×1 570 ×3 702
JA21-250	2 500	180	30	500	120	425	800×1 250	580×740	150	22	21.5	2 550×1 600× 4 500
J21-400B	4000	2000	25	550	150	480	900×1 400	600×800	170	30	22.9	2 600×1 700× 3 825

第二章 曲柄压力机械应用与维护

表 2-8

开式可倾压力机

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm)	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
J23-2	20	40	200	100	25	80	270×160	78×90	30	0.37	0.125	605×390×815
J23-3.15	31.5	25	200	120	25	90	280×160	90×100	30	0.55	0.257	670×528× 1 314
J23-3.15	31.5	25	200	120	25	90	250×160	100×90	30	0.55	0.2	675×480× 1 323
J23-3.15A	31.5	35	164	150	25	90	250×160	100×90	30	0.55	0.2	675×480× 1 323
J23-3.15	31.5	25	200	120	25	90	250×160	90×100	30	0.75	0.2	674×489× 1 323
J23-3.15	31.5	40	155	105	25	90	300×160	90×100		0.75	0.2	550×450× 1 335
J23-6.3	63	35	170	150						0.75	0.4	780×620× 1 503
J23-6.3F	63	50	170	140						0.75	0.4	780×620× 1 503
J23-6.3	63	35	170	150	30	110	310×200	120×140	30	0.75	0.4	785×550× 1 505
J23-6.3	63	35	170	150	30	110	310×200	140×120	30	0.75	0.4	780×550× 1 503
J23-6.3	63	35	170	150	30	110	310×200	120×140	30	0.8	0.4	780×550× 1 503
J23-6.3	63									0.75	0.4	780×550× 1 503
J23-6.3	63	35	170	150	30	110	310×200	120×140	30	0.8	0.4	776×550× 1 488
J23-6.3	63	35	170	150	30	110	312×100	120×140	30	0.75	0.4	784×550× 1 503
J23-6.3B	63	50	160	170	40	110	315×200	135×145	40	Y9.05 -6	0.4	811×649× 1 535
JA23-6.3	63	35	170	160	30	110	315×200		40	0.75	0.4	616×810× 1 438
JB23-6.3	63	35	170	150	30	110	315×200	120×140	30	0.75	0.4	780×550× 1 503
JC23-6.3	63	35	170	150	30	110	315×200	120×140	30	0.75	0.4	780×610× 1 503
JN23-6.3	63	40	160							0.75	0.4	780×530× 1 550
J23-7	70	50	123	110	25	114	360×218	90×110		1.1	0.4	1 000×533× 1 360
J23-10	100	45	150	180	35	130	370×240	150×170	35	1.1	0.576	900×657× 1 658
J23-10	100	45	145	180	35	130	370×240	150×170	35	1.1	0.6	895×713× 1 657
J23-10	100	45	145	180	35	135	240×370	150×170	40	1.1	0.576	895×715× 1 652
J23-10	100	45	145	180	35	130	370×240	150×170	35	1.1	0.6	895×713× 1 653
J23-10	100									1.1	0.57	895×713× 1 653

第六篇 钣金冲压新型设备应用与维护

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
J23-10	100	45	145	180	35	130	240×376	150×170	45	1.1	0.63	895×715× 1 657
J23-10	100	45	145	180	35	130	370×240	150×170	35	Y906 -6	0.58	900×697× 1 657
J23-10	100	45	145	180	35	130	370×240	150×170	35	1.1	0.6	895×713× 1 650
J23-10B	100	60	145	180	35	130	360×240	150×170	50	1.1	0.58	915×752× 1 690
J23-10B	100	60	145	180	35	130	360×240	150×170	50	1.1	0.6	885×610× 1 660
J23-10B	100	45	145	180	35	130	240×370		35	1.1	0.576	893×713× 1 653
JA23-10	100	60	142	180	50	180	380×250	140×170	50	1.1	0.65	700×950× 1 675
JB23-10	100	60	145	180	35	250	360×280	150×170	50	Y90L -6	0.8	1 050×610× 1 660
JA23-12A	120	52	140	120	30	113	350×225			1.1	0.5	1 000×540× 1 470
JA23-12B	120	52	140	150	30	113	350×225			1.1	0.53	1 000×540× 1 500
JB23-12.5	125	50	160	195	45	140	390×260	160×180	50	Y1006 -6 -BZ	0.85	925×730× 1 730
J23-15B			118							1.5	0.8	1 150×700× 1 650
J23-16											1.055	1 150×847× 1 910
J23-16	160	55	120	220	45	160	450×300	180×200	60	1.5	1.1	1 130×834× 1 890
J23-16	160	55	120	220	45	160	300×450	180×200	40	1.5	1.2	1 130×834× 1 890
J23-16	160	55	120	220	45	160	450×300	180×200	40	1.5	1.05	1 130×834× 1 890
J23-16	160	55	110	220	45	160	450×300	180×200	40	1.5	1.1	1 130×834× 1 890
J23-16	160	55	120	220	45	160	300×450	180×200	40	1.5	1.055	1 130×834× 1 890
J23-16	160	55	120	220	45	160	450×300	180×200	40	1.5	1.05	1 130×834× 1 890
J23-16	160									1.5	1.07	1 130×834× 1 890
J23-16	160	55	120	220	45	160	450×300	180×200	40	1.5	1.1	1 150×834× 1 910
J23-16	160	55	120	220	45	160	300×460	180×200	50	1.5	1.1	1 150×834× 1 880
J23-16	160	55	120	220	45	160	450×300	180×200	60	1.5	1.3	1 150×847× 1 910
J23-16	160	50	120	220	45	160	450×300	180×200	40	1.5	1.1	1 150×835× 1 890
J23-16	160	55	120	220	45		300×450	180×200	40	1.5	1.1	834×1 150× 1 910

第二章 曲柄压力机械应用与维护

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
J23-16B	160	55	120	220	45	160	450×300	145×134	60	1.1	0.78	810×1120× 1785
J23-16B	160	70	120	220	60	160	450×300	180×200	60	1.5	1.07	1140×905× 1890
J23-16B	160	70	120	220	60	160	450×300	200×180	60	1.5	1.07	834×1130× 1890
J23-16B	160	70	120	220	60	160	450×300	160×180	60	-6 -B	1.1	1150×820× 1920
J23-16B	160	55	120	227	60	160	450×300	180×200	60	Y100L -6	1.1	1145×822× 1905
JC23-16G	160	60	115	220	50	160	300×450		55	1.5	1.1	1150×800× 1895
J23-16	160	70	115	220	60	160	450×300		60	1.5	1.2	840×1160× 1925
JC23-16	160	55	120	220	45	160	300×450	160×240	40	1.5	1.1	1130×834× 1890
JE23-16	160	70	120	160	60		450×300	200×180	60	1	1.07	752×1130× 1890
JE23-16	160	70		160			450×300	200×180	60	1.5	1.07	1130×752× 1890
JN23-16	160	65	90	210	50	150	280×420	150×190	50	1.5	0.85	1120×810× 1780
JN23-16	160	65	90	210	50	150	1280×420	135×170	50	1.5	1.0	1120×700× 1780
JN23-16A	160	65	90							1.5	1	995×750× 1780
JZ23-16B	160	70	120	220	45	160	450×300	160×190	45	1.5	1.1	1180×1100× 1875
J23-20	200	65	110	240	45	180	330×510	180×220	55	1.5	1.5	1190×880× 2070
J23-20	200	70	95	240	30	190	546×368	155×165		2.2	1.25	737×1215× 1860
JD23-20	200	90	110	250	50	580	630×420	200×220	70	2.2	2.5	1745×1038× 2150
J23-25										2.2	1.78	1345×950× 2130
J23-25	250	80	100	250	50	190	560×360	200×245	70	2.2	1.744	870×1315× 2150
J23-25	250	80	55	250	70	190	560×360	210×250	70	2.2	1.75	1345×950× 2130
J23-25	250	65	55	270	55	200	560×370	220×250	50	2.2	1.8	1345×950× 2130
J23-25	250	65	55	270	55	200	560×370	220×250	50	2.2	1.78	1345×950× 2130
J23-25	250									2.2	1.78	1345×950× 2130
J23-25	250	65	60	270	55	200	370×570	220×250	65	2.2	2.3	1345×950× 2132
J23-25	250	65	55	270	55	200	200×290	180×210	50	2.2	1.8	1345×950× 2130

第六篇 钣金冲压新型设备应用与维护

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
J23-25	250	65	55	270	55	200	560×370	220×250	50	2.2	1.8	1 345×975× 2 130
J23-25	250	65	55	270	55		370×560	220×250	50	2.2	1.8	950×1 345× 2 130
J23-25A	250	65	80	257	70	190	560×360	220×250	70	Y100 I ₃ -4	1.76	1 301×1 010× 2 001
J23-25Z	250	70	55	260	70	100	360×560		65	3	1.8	1 256×950× 2 025
J23-25	250	65	55	250	50	200	560×370	220×250	50	2.2	2	1 340×950× 2 130
J23-25Z	250	65	55	250	50	200	560×370	220×250	50	1	2	1 340×950× 2 130
JA23-25A	250	60	120	140	40	125	420×250			2.2	0.95	1 150×680× 1 600
JA23-25B	250	60	120	170	40	125	420×250			2.2	1	1 150×680× 1 630
JB23-25A	250	80		230						2.2	1.9	1 390×990× 2 187
JC23-25	250	80	100	250	70	190	560×360	210×250	70	2.2	1.6	1 400×980× 2 220
JC23-25	250	70		220						3	1.4	1 320×882× 1 880
J23-25B	250	65	100	250	70	190	560×360	220×250	70	YB2 S-6	1.72	1 425×992× 2 085
JF23-25Z	250	70	55	260	70	190	360×560	185×210	65	3	1.7	1 256×940× 2 025
JG23-25A	250	80	100	270	70	200	560×370	220×265	70	YB2S -B -B3	1.6	1 310×960× 2 190
JK23-25	250	80	80	250	65	200	560×370	220×250	50	3	1.8	1 345×950× 2 130
J23-25	250	80	70	250	50	180	330×500	170×210	55	2.2	1.45	1 180×810× 1 930
JN23-25	250	80	70	250	50	180	330×550	170×210	55	2.5	1.5	1 200×850× 1 950
JN23-25A	250	80	90							2.2	1.5	
JQ23-25	250	70	80	260	70	190	360×560	185×210	65	3	1.8	1 256×940× 2 025
JB23-30	300	75	75	175	50	165	508×330	134×160		3	1.5	1 260×850× 1 850
J23S-30	300	80	100	270	70	400	290×200	470×700	70	YB2 S-8	2.25	1 550×990× 2 190
J23-35	350	100	50	195	50	205	610×400	186×210	75	3	2.5	1 345×1 100× 2 200
J23-35	350	80	50	280	60	205	200×290	190×210	70	3	2.2	1 470×1 040× 2 100
J23-35B			50							3	2.8	1 220×1 280× 2 280
JC23-35	350	100	50	270	60	205	610×380	190×210	60	3	2.2	1 470×1 040× 2 100

第二章 曲柄压力机械应用与维护

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JC23-35A	350	80	50	280	60	205	380×610	190×210	60	3	2.2	1 470×1 130× 2 100
JC23-35T	350	8	50	280	60	205	380×610	190×210	60	3	2.2	1 740×1 040× 2 100
JD23-35	350	100	50	250	75	210	610×400	220×242	60	4	2.5	1 550×1 140× 2 280
JD23-35	350	100	80	260	50	210	610×400	186×220	75	3	2.5	1 515×1 125× 2 430
JE23-35	350	80	50	300	60	220	600×400		70	3	2.1	1 386×963× 2 247
JF23-35A	350	26.2	120	273	63.5	229	673×432	222×324	50	2.2	2.5	1 600×1 391× 2 353
JG23-35	350	100	50	220	75	205	610×380	210×255	70	3	2.6	1 490×1 078× 2 260
JN23-35	350	80	60							3	2.1	1 300×850× 2 080
J23-31.5	315	25	200	120	75	90	160×250	96×100	30	0.4	0.191	474×489× 1 323
J23-40											3.54	1721×1 335× 2 488
J23-40	400	100	65	300	80	220	630×420	230×240	80	5.5	3.5	1 150×1 510× 2 180
J23-40	400	80	45	330	65	250	700×460	260×300	65	5.5	3.54	1685×1325× 2470
J23-40	400									5.5	3.54	1685×1325× 2470
J23-40	400	100	65	300	80	220	630×420		80	5.5	3	1155×1510× 2180
J23-40	400	100	58	300	80	220	630×420	280×235	80	4	2.5	1105×1530× 2215
J23-40	400	80	45	330	65	250	260×720	260×300	75	5.5	3.8	1685×1325× 2470
J23-40	400	80	45	330	65	250	700×460	260×300	65	YB2 S-4	3.54	1705×1325× 2490
J23-40	400	100	60	280	60	205	150×300	190×240	50	3	2.5	1500×1015× 2250
J23-40	400	80	45	330	65	250	460×700	260×300	65	5.5	3.5	1685×1325× 2470
J23-40	400	80	45	330	65	250	460×700	260×300	65	5.5	3.5	1335×1721× 2488
J23A-40	400	100	60	320	60	250	650×480	260×200	80	4	3	98×1450× 2350
JA23-40	400	90	65	230	50	190	620×380		4	2		1550×1030 ×2100
JA23-40	400	100	55	300	60	220	630×420	235×280	70	4	2.5	1150×1530× 2215
JA23-40A	400	100	55	300	80	220	630×420	235×280	70	4	3.37	1270×1515× 2276
JD23-40	400	80		300						4	4	1620×1220× 2400
JF23-40	400	100	50	250	75	210	610×400	220×242	60	4	3	1150×1140× 2280

第六篇 钣金冲压新型设备应用与维护

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JF23-40	400	80	45	265	65		700×460	300×260	65	1	3.54	1325×1685× 2470
JG23-40	400	100	55	300	80	220	630×420	270×320	80	4	3.2	1500×1180× 2300
JG23-40			55								3.10	1500×1180× 2300
JF23-40	400	80		265						5.5	3.69	1685×1325× 2470
JK23-40	400	100	55	300	80	250	700×460	260×300	65	5.5	3.6	1685×1325× 2470
JN23-40	400	100	60	280	60	205	380×590	190×240	60		2.5	996×1485× 2245
JN23-40	400	100	60	280	60	205	380×590	190×240	60	3	2.5	1500×1015× 2250
J23-60	600	100	65	300	50	230	860×460	200×220		5.5	3.5	1555×1180× 2328
JF23-60A	600	101.6	100	362	76	279	813×533	305×462	76	4	5.5	2051×1517× 2826
JF23-60B	600	101.6	45	362	76.2	279	813×533	305×462	76.2	4	5.5	2130×1800× 3150
J23-63	630	120	70	360	90	260	710×480	280×350	70	5	6	1290×1800× 2700
J23-63	630									7.5	4.82	1942×1490× 2850
J23-63	630	35	170	150	30	110	200×310	120×140	30	0.75	0.4	780×595× 1510
J23-63	630	120	40	335	80	290	540×840	290×330	80	7.5	4.9	1943×1472× 2860
JC23-63	630	120		360						5.5	5	1840×1450× 2740
J23-63	630	100	40	400	80		570×860	360×400	80	7.5	5.5	1500×1958× 2868
J23-63C	630	120	55	255	90		710×480	320×280	90	1	4.8	1370×1670× 2650
JA23-63	630	100	45	400	80	250	710×480	250×280	80	5.5	4.5	1330×1750× 2480
JB23-63										7.5	5.5	1958×1500× 2863
JB23-63	630	110	50	350	80	250	700×460	260×300	80	7.5	3.7	1685×1325× 2530
JB23-63A	630	100	40	400	80	310	860×570	360×400	80	7.5	4.82	1958×1497× 2578
JB23-63	630	100	40	400	80	310	860×570	360×400	80	5.5	4.82	1942×1490× 2850
JB23-63	630	100	40	400	80	310	860×570	360×400	80	7.5	4.8	1942×1490× 2852
JB23-63	630	100	40	400	80	310	860×570	360×400	80		4.82	1958×1518× 2868
JC23-63	630	120	50	360	80	260	710×480	272×320	90	5.5	4	1810×1350× 2740
JC23-63A	630	120	50	360	80	260	710×480	272×320	90	5.5	4.5	1810×1350× 2740

第二章 曲柄压力机械应用与维护

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JC23-63											5	1810×1400× 2750
JC23-63T	630	120	50	360	80	260	480×710	272×320	90	5.5	4	1810×1350× 2740
JD23-63	630	150	40	330	80	360	480×350		90	5.5	4.34	1736×1302× 2681
JN23-63	630	110	60	320	70	230	430×650	230×290	70	5.5	3.2	1530×1080× 2330
JN23-63	630	110	60	320	70	230	430×650	230×290	70	5.5	3.18	1530×1105× 2382
JN23-63	630	110	60	320	70	230	180×340	230×290	70	5.5	3.2	1530×1082× 2379
J23-80	800	130	45	380	90	290	540×800	350×370	100	7.5	5.8	1859×1360× 2710
J23-80	800	130	45	380	90	290	800×540	275×370	100	7.5	5.9	1486×1895× 2780
J23-80	800	130	45	315	130	250	770×480	240×310	95	7.5	6.5	2070×1315× 2575
J23-80	800	130	50	380	100	290	800×540	400×300	100	7.5	6.2	1480×1940× 2610
J23-80	800	120	40	390	80	310	570×920	340×400	95	7.5	6.8	1958×1547× 2860
J23-80	800	115	45	312	80	260	720×480	240×220	95	7.5	4.5	1765×1265× 2450
J23-80	800	130	45	380	90	290	230×360	350×370	100	7.5	5.8	1895×1360× 2080
J23-80	800	130	45	380	90	290	800×540	350×370	100	7.5		1895×1360× 2680
J23-80B	800	130	45	380	90	380	540×800	350×370	100	7.5	6.5	1925×1360× 2680
J23-80A	800	180	50	380	100	290	800×540	380×400	75	7.5	6.18	1480×1940× 2610
J23-80B	800	130	50	380	100	290	800×540	300×400	75	7.5	7.076	1545×1940× 2665
J23-80C	800	130	50	380	100	290	800×540	300×400	75	7.5	6.18	1480×1940× 2610
J23-80B	800	130	45	380	90	290	540×800		100	7.5	5.8	1895×1360× 2680
J23-80B	800	130	45	380	100	290	800×540	315×510	100	YB2 P1-4	6.4	1958×1528× 2778
JB23-80			45							7.5	5.3	1765×1265× 2565
JB23-80	800	115	45	350	80	260	720×480	240×220	95	7.5	4.5	126×1765× 2450
JC23-80	800	120	45	380	80	260	720×480	270×320	100	7.5	4.6	1810×1340× 2750
JC23-80A	800	115	45	340	80	260	720×480	260×295	95	7.5	5.8	1718×1303× 2465
JD23-80A	800	115	45	370	80	260	720×480	240×220	95	7.5	4.5	1265×1765× 2450
JG23-80A	800	130	60	380	160	290	542×800	350×370	100	7.5	5.8	1895×1410× 2710

第六篇 钣金冲压新型设备应用与维护

型 号	公称 压力 (kN)	滑块 行程 (mm)	行程 次数 (次/min)	最大封 闭高度 (mm)	封闭高 度调节 量(mm)	滑块中心 到机身距 离(mm)	工作尺寸 长×宽 (mm)	滑块底面尺 寸(前后×左 右)mm	工作台垫 板厚度 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JG23-80A	800	130	60	380	90	290	800×540	540×800	100	YB2 M-4	5.8	1850×1460× 2710
JN23-80	800	130	45	380	90	290	540×800	350×370	100	7.5	6.32	1930×1360× 2730
J23-100	1 000	130	38	480	90	380	710×1 080	350×370	100	11	10	2470×1740× 3310
J23-100	1 000	130	38	480	100	380	1 080×710	360×430	100	11	10	1470×2470× 3310
J23-100	1 000	130	45	315	130	250	770×480	240×310	95	7.5	6.5	2070×1315× 2575
J23-100	1 000	130	38	480	100	380	1 080×710	370×430	100	11	10	2470×1735× 3310
J23-100	1 000									7.5	6.5	2010×1315× 2575
J23-100	1 000	45	145	180	35	130	240×370	150×170	35	1.1	0.58	895×713× 1653
J23-100	1 000	130	38	480	100	380	710×1 080	360×430	115	11	12.2	2470×1740× 3290
J23-100B	1 000	140	45	400	110	320	900×600	400×490	110	Y160 M-4	10	2190×1658× 3035
J23-100B	1 000	16 140	45	400	100	320	900×600	350×540	110	7.5	6.8	1710×1060× 2600
JA23-100	1 000	150	45	430	100	320	900×600	350×460	100	11	9.34	1560×2050× 2940
VD23-150	1 000	130	40	400	100	300	860×530		100	11	8.5	2250×1600× 2965
JB23-100	1 000	150	45	430	100	320	900×600	350×460	100	11	9.43	1560×2050× 2940
JB23-100	1 000	130	40	480	100	350	1 000×650	410×360	100	11	7	2430×1740× 3240
JD23-100	1 000	115	45	365	80	260	720×480	260×295	95	11	6.2	1760×1330× 2530
JH23-100D	1 000	120	50	400	70	310	950×600	412×580	140	7.5	7.5	1170×1750× 3200
JH23-100E	1 000	10~ 100	30~ 60	400	70	310	950×600	412×580	140	7.5	7.5	1170×1750× 3200
JH23-100K	1 000	10~ 100	50	400	70	310	950×600	412×580	140	7.5	7.6	1170×1750× 3200
JN23-100	1 000	130	50	400	90	300	560×850	320×400	100	7.5	6.9	1930×1410× 2770
JN23-100	1 000	130	50	400	90	200	560×850	310×380	100	7.5	6.9	1930×1380× 2760
JN23-100	1 000	150	38	460	80	380	710×1 080	360×430	100	11	11	2320×1685× 3160
JF23-110	1 100	203.2	40	432	101.6	406	1 067×686	533×711	102	7.5	13.6	2692×2065× 3785
JA23-125	1 250	140	33~50	432	120	350	1 080×650	360×430	102	11/14	12	1810×2470× 3310
JC23-125	1 250	140	38	430	120	350	1 080×650	360×430	120	11	12	1810×2470× 3310
J23-160	1 600	55	120	220	45	160	300×450	180×220	40	1.5	1.05	1150×834× 1910

第二章 曲柄压力机械设备应用与维护

型 号	公称压力 (kN)	滑块行程 (mm)	行程次数 (次/min)	最大封闭高度 (mm)	封闭高度调节量 (mm)	滑块中心到机身距离 (mm)	工作尺寸长×宽 (mm)	滑块底面尺寸(前后×左右) (mm)	工作台垫板厚度 (mm)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸长×宽×高 (mm)
J23-160	1 600	140	38	475	100	380	710×1 160	360×430	140	15	14.8	2472×1855×3370
JB23-160	1 600	160	40	45	130	380	1 120×710	400×500	130	Y160	13	2200×1632×3260
JH23-160	1 600	160	40	430	110	380	1 120×710	400×500	130	L-4 Y180	13.5	2220×1632×3260
J23-200	2 000	145	38	497	100	400	750×1 200	380×470	140	M-4	17.3	2550×1925×3500
JB23-300	3 000	75	75	175	50	165	330×510	134×160		3	1.3	1250×870×1740
JG23-300	3 000	75	75	200	50	170	320×500	160×200		3	1.5	1290×940×1886
JE23-600	6 000	100	75	280	80	230	460×800	215×220		5.5	3.5	1530×1200×2500
JF23-630	6 300	100	75	360	85	260	500×710	270×320	90	7.5	4.4	1700×1362×2555

表 2-9 开式双点压力机

型 号	公称压力 (kN)	滑块行程 (mm)	行程次数 (次/min)	最大封闭高度 (mm)	封闭高度调节量 (mm)	滑块中心到机身距离 (mm)	工作台尺寸(前后×左右) (mm)	滑块底面尺寸(前后×左右) (mm)	工作台垫板厚度 (mm)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸(长×宽×高) (mm)
J25-125	1 250	180	35~65	400	90		680×1 880	520×1 360	155	11	16.2	2 500×2 180×3 000
J25-160	1 600	130	40~80	400			600×2 040	510×1 500		15	20.6	2 090×2 121(前后×左右)

表 2-10 开式柱形台压力机

型 号	公称压力 (kN)	滑块行程 (mm)	行程次数 (次/min)	最大封闭高度 (mm)	封闭高度调节量 (mm)	滑块中心到机身距离 (mm)	工作台尺寸(前后×左右) (mm)	滑块底面尺寸(前后×左右) (mm)	工作台垫板厚度 (mm)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸(长×宽×高) (mm)
J28-63	630	120	55	34.5	90	260	300×470	325×360		7.5	4	1750×1360×2490
J28-100	1 000	20、100	70	390	85	325		260×335			7.8	1830×1270×2640
J28-160	1 600	40、100	50		120	380	470×300	380×510		15	14	2080×1290×3050
JA28-250	2 500	180	30	450		425	340×600	580×740		22	21.5	2550×1600×4500

表 2-11

开式底传动

型 号	压机总 压力 (kN)	公称压力 (kN)		公称 压力 行程 (mm)	滑块 行程 (mm)	滑块行程 次数 (次/min)	最大 装模 高度 (mm)	装模高 度调节 量(mm)	最大 拉伸 深度 (mm)
		内 滑 块	外 滑 块						
J44-40		400			410	11			230
J44-40		400			410	11			230
J44-55B	550	550			560	9	480		280
J44-55E		550			560	9			280
J44-55D		550			560	9	480	90	280
J44-55D		550			560	9	650	530	280
J44-55E	550	550	550		560	9	480	350	280
JA44-80A		800			750	6			450
J44-80	1 600	800	800		内 640 外 500	8	内 1 000 外 800	内 700 外 550	340
JB44-80		800		640		8	1 100		
J44-100		1 000		740		8	1 100		
J44-160	2 850	1 600	1 250		内 1 000 外 670	6	内 1 200 外 900	内 900 外 650	620
129-160A							450		

第二章 曲柄压力机械应用与维护

压力机

工作台板 尺寸前后 × 左右 (mm)	地面 以上 高度 (mm)	滑块底面 尺寸前 后 × 左右 (mm)	工作台 垫板厚 度 (mm)	坯料 直径 (mm)	拉伸 直径 (mm)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长 × 宽 × 高 (mm)
650 × 600				6.00		11	14	3 244 × 2 166 × 3 200
660 × 720	3 845	860 × 670				15	22	4 105 × 2 595 × 3 845
720 × 660				780		15	19	3 740 × 2 465 × 4 023
720 × 660	3 247	720 × 660		780	550	15	20	3 140 × 2 465 × 4 047
720 × 660	3 970			780	550	15	21	3 700 × 2 430 × 4 070
720 × 660				780	550	15	19	3 740 × 2 465 × 4 075
1 100 × 1 000				1 100		30	46	4 300 × 2 900 × 5 570
1 000 × 1 100	4 650	∅300		1 000	700	22	42	2 150 × 2 500 × 6 550
1 000 × 1 100	5 070					1	42	4 250 × 3 000 × 6 870
1 200 × 1 200	5 500					1	50	4 300 × 3 150 × 7 200
1 400 × 1 500	4 972	500		1 300	800	40	64.6	3 250 × 4 520 × 7 520
630 × 1 000						10	12.0	2 700 × 1 700 × 2 800

第六篇 钣金冲压新型设备应用与维护

表 2-12

闭式单点压力机

型 号	公称压力 (kN)	公称压力行程 (mm)	滑块行程次数 (次/min)	最大装模高度 (mm)	工作台板尺寸前后×左右 (mm)	地面以上高度 (mm)	滑块底面尺寸前后×左右 (mm)	工作台垫板厚度 (mm)	气垫压紧力 (kN)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
J31-100	1 000	10	35	280	635×635	660	300×380	125		7.5	5.23	1670×1780×2780
J31-100	1 000		35	320	620×620	2 280	300×360	125		7.5	4.83	1780×1670×2780
J31-125	1 250	10	35	410	650×650	660	300×380	120		7.5	6	1670×1745×2915
JD31-130B	1 300		35	350	645×635		304×385	135		11	7.8	1824×1735×2824
J31-160	1 600		32	450	450×450	4 000	600×700	100	17.5	15	11.76	1580×1640×4000
J31-160B	1 600	8	32	370	800×800	4 350	590×755	110	160	17	16	1950×2380×4350
JA31-160	1 600	8.16	32	480	790×710	4 375	560×750	105	250	13	13.76	1583×2130×4375
JA31-160A	1 600	11.6	32		790×710					15.0	13	1590×2160×4230
JC31-160	1 600			370						18.5	16	2380×1950×4350
JA31-160C	1 600	8	32	385	790×710					11	12.45	1625×2350×4210
JA31-160D	1 600	8	32	385	790×710					11	13.34	2260×2735×4240
JC31-160B	1 600	8	32	370	800×800	4 350	590×755		160. (16)	1	16	2380×1950×4350
JD31-200	2 000		35	350	645×635		304×385	140		15	9	1874×1735×2824
S8-250	2 500	10	30 -40	500	1 000×900	750	900×800		200	22	24	2365×2900×6192 最大件：
J31-250B	2 500	10.4	20	490	950×1 000	5 660	850×980	140	400	30	30.5	2265×2070×5660
J31-250B	2 500	10.4	20	630	950×1 000	4 985	980×850	140	400	30	28	2325×2020×5460
JA31-250A	2 500			445						30	28	1835×2343×5220
JA31-250B	2 500	11.5	28	445	900×830	5 220	670×805		200 (20)	1	28	1835×2343×5220
JB31-250A	2 500			640						22	30	
JC31-250	2 500	10	28	460	900×850					22	18.2	2660×2740×4763

第二章 曲柄压力机械设备应用与维护

型 号	公称压力 (kN)	公称压力行程 (mm)	滑块行程次数 (次/min)	最大装模高度 (mm)	工作台板尺寸前后×左右 (mm)	地面以上高度 (mm)	滑块底面尺寸前后×左右 (mm)	工作台垫板厚度 (mm)	气垫压紧力 (kN)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸长×宽×高 (mm)
JD31-250	2 500	10.4	20	490	950×1 000	5 660	850×980	140	400	30	30.5	2262×2070 5660
J31-315B	3 150	10.5	20	490	1 100×1 100	5 820	910×950	140	500	30	35	2300×2530× 5820
J31-315C	3 150		20	630	1 100×1 100		960×1 070	140		30		2250× 2215× 5010
EIS-400	4 000		15(连) 10(断)	710	1 200×1 100					55	75	地上 前后左右 高 4 450× 4 820×7 780 地下 2 500× 5 100×5 900
J31-400B	4 000	13.2	20	550	1 200×1 240	6130	1 000×1 230	160	630	45	47	2400×2400× 6130
JA31-400A	4 000	13	25	530	1 060×990					30	35	3100×3120× 5948
JA31-160	1 600	17	23	660	1 060×990	5 900	810×1 010	150		40	33	2350×2650× 5900
JD31-400	4 000	13.2	20	550	1 200×1 240	6 130	1 000×1 230	160	630	45	47	2400×2400× 6130
JE31-400B	4 000		16	550	1 250×1 250	6 300	1 100×1 250	160	500	45	48	2800×3640× 6300
EIS-600	6 000		12	800	1 200×1 100				580			
JA23-630B	6 300	13	12	700	1 500×1 700	7 294	1 400×1 680	200	1 000	55	84.8	3040×4015× 7294
JD31-630	6300		12	700	1 500×1 700	6 886	1 400×1 600	180	100	55	88	3750×4640× 6885
EIS-800	8 000		10	700	1 300×1 220				500			
JD31-800	8 000		10	700	1 600×1 900	7 480	1 500×1 910	200	1 250	75	114	4620×4970× 7480
JS31-800	8 000	13			1 600×1 600					75	140	4100×4780× 8340
EIS-1000	10 000		10	800	1 600×1 400				1 000			

第六篇 钣金冲压新型设备应用与维护

表 2-13

闭式单点切边压力机

型 号	公称压力 (kN)	公称压力行程 (mm)	滑块行程次数 (次/min)	最大装模高度 (mm)	工作台板尺寸前后×左右 (mm)	地面以上高度 (mm)	滑块底面尺寸前后×左右 (mm)	工作台垫板厚度 (mm)	气垫压紧力 (kN)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JA33-500	5 000	27	12	700	1 000×1 400		800×1 100	150		40	42	2785×2578×1445
J32-800	8 000	18	28	700	1 300×1 600		1 300×1 450	180		75	70	2650×3190×6628

表 2-14

闭式双点压力机

型 号	公称压力 (kN)	公称压力行程 (mm)	滑块行程次数 (次/min)	最大装模高度 (mm)	装模高度调节量 (mm)	工作台板尺寸前后×左右 (mm)	地面以上高度 (mm)	滑块底面尺寸前后×左右 (mm)	工作台垫板厚度 (mm)	气垫压紧力 (kN)	电机功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
JH25-40	400		38	120	400	80	1 080×710		435×410	150		15	2450×1800×3500
J25-80	800		50	130	380	80	600×1 500		500×1 100	100		11	1855×1720×3075
J25-125	1250		40	180	400	100	700×1 800		500×1 400	120		11	2000×1800×3250
JA36-250	2500		17	400	590	250	1 250×2 770	5 450	1 000×2 535	160	3×220	30	2365×4140×5450
J36-250B	2500	11	17	400	590	250	1 250×2 780	5 450	1 000×2 540	160	510	30	1930×1110
JM36-250	2500	11	20	400	600	250	1 250×2 810	6000	1 250×2 750	160	500	30	3000×3160
DA300	3000	10	300	20~40	750	200	1 500×2700	750	1 300×2 500	200	300	37	2700×3960
D-27													
J25-315	3150		200	25	650	150	2 600×800		640×2100	150		30	2600×2600×4010
EIS-400	4000		600	13.3 ; 20 ; 10 ; 15	1 300		2 500×1 500			1 000~1500	50/75	126	地上 :4400×5000×8080 地下 :1100×7100×7200
J36-400B	4000	11	400	17	590	250	1 250×2 780	5 450	1 000×2 540	160	510	30	1930×4110
JC36-400	4000	13	500	14	800	400	1 500×3 000	6 870	1 400×2630	170	3×35	45	2500×4630×7870
EIS-500	5000		600	13.3 ; 20 ; 10 ; 15	1300		2500×1500×200			1000~1500	50/75	126	地上 :4400×5000×8080 地下 :1100×7100×7200
J36-630	6300		500	12	950	500	1 600×3 150	6 828	1 500×3150	200	2×80	75	3200×5555×8975
JB36-800	8000		500	6	990	500	1 800×4000	7 000	1 600×3 720	260	250	75	3585×6000×10000
EIS-800	8000		700	9	1300		3 040×1 220			1800~2500			
J36-1250	12500		500	6	1 380	250	1800×4000	7 010	1 700×3 720	220	3×200	75	3300×5835×9260

表 2-15

闭式四点压力机

型号	公称压力 (kN)	公称压力行程 (mm)	滑块行程 (mm)	滑块行程次数 (次/min)	最大装模高度 (mm)	装模高度调节量 (mm)	工作台板尺寸前后×左右 (mm)	地面上高度 (mm)	滑块底面尺寸前后×左右 (mm)	工作台垫板厚度 (mm)	气垫压紧力 (kN)	电机功率 (kW)	质量 (t)
E4S-400	4 000		600	13.3 20 10 15	1 330				2 700×900		1 000	37/55	177
E4S-500	5 000		800	10	1 300				3 800×1 850		1 000	37/55	230
E4S-600	6 000		600	13.3 20 10 15	1 400				3 700×2 200		1 000	50/75	238
JS9-630	6 300	13	600	14	1 410		2 200×4 000					75	255
E4S-800	8 000		700	11 16	1 400 1 300		4 000×2 000 4 000×2 200				1 500	90	238
E4S-1000	10 000	1 000	10	1 600		5300×2440					1 500	144	450

第三章 三辊卷板机械设 备应用与维护

一、卷弯的基本原理

卷弯的基本原理如图 3-1 所示。若坯料静止地放在下辊轴上,下表面与下辊轴的最高点 b 、 c 相接触,上表面恰好与上辊轴的最低点 a 相接触,这时上下辊轴之间的垂直距离正好等于料厚。当下辊轴不动上辊轴下降,或上辊轴不动下辊轴上升时,间距便小于料厚。若把辊轴看成是不发生变形的刚性轴,板料便产生弯曲。如果连续不断地滚压,坯料在全部滚到的范围内便形成圆滑的曲面。由于坯料的两端滚不到,故仍是直线形的,如需要曲线形的,则应用别的方法使其弯曲。

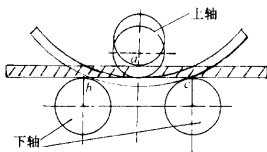


图 3-1 滚弯原理

坯料经卷弯后所得的曲度取决于上、下辊轴的相对位置、板料的厚度和力学性能。上、下辊轴的相对位置越近,弯曲的曲度越大,反之越小,辊轴的相对位置不变,板料越厚,弯曲的曲度越大,反之越小。它们之间的关系可以近似地用下式表示(图 3-2)。

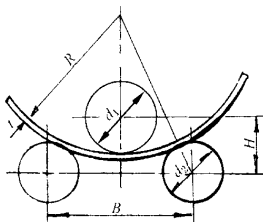


图 3-2 决定曲度的参数

$$\left(\frac{d_2}{2} + t + R\right)^2 = \left(\frac{B}{2}\right)^2 + \left(H + R - \frac{d_1}{2}\right)^2 \quad (3-1)$$

式中 d_1 、 d_2 ——上、下辊轴的直径(mm);

第三章 三辊卷板机械设备应用与维护

表 3-1

三辊卷板机

型 号	最大卷板尺寸 厚度×宽度 (mm)	卷板速度 (m/min)	滚卷最大规格 时最小弯曲 直径(mm)	材料屈服极限 (N/mm ²)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
W11-1.5×1250	1.5×1250	8.5	200	250	0.75	0.33	1680×510×980
W11-2×1600B	2×1600	11.47			3	1.5	2840×1038×1220
W11-2×1600	2×1600	10.68	240	250	4	1	2768×614×1130
W11-3×1200B	3×1200	11.47			3	1.45	
W11-3×1500	3×1500	5.5	200	250	2.5	3	3120×1240×1000
EZW11-3×3200	3×3200	5		280			
W11-3×1500B	3×1500	7	200	265	5	2.8	2800×1000×800
W11-5×2000	5×2000	7.12	380	250	4	4.6	3746×1450×1422
W11-4×3010A	4×3010	5.5	600	≤245	11	4.5	4600×1340×1422
W11-5×2500	5×2500	5.7	400	250	11	4.5	3965×1400×1050
W11-8×2000A	8×2000	5.7	350	250	11	4	3465×1400×1050
W11-6×1500B	6×1500				7.5	2.8	3180×850×1050
W11-6×1500B	6×2000				7.5	3	3680×850×1050
EZW11-6×2000	6×2000	5		280	2.2×2	3.2	3490×992×1440
W11-8×2000	8×2000			500	2.1		3600×1300×1130
W11-8×2500B	8×2500	5.5			11	6.5	4380×1372×940
W11-8×3200	8×3200	5	700	265	22	9.3	5700×1400×1300
EZW11-8×2000	8×2000	5		280	2.2×2	3.53	3490×992×1440
EZW11-8×2500	8×2500	5		250			
W11-10×2500	10×2500	5.5	700	265	22	8	4500×1600×1200
W11-12×2000B	12×2000	5.5			11	5	3880×1372×940
W11-12×3000B	12×3000	5.5			22	10	
W11-12×2000	12×2000	6	600	250	16	11.8	4980×2010×1787
W11-12×2000A	12×2000	5.5	600	245	11	6.505	4340×1415×1600

表 3-2 水平下调式三辊卷板机

型 号	最大卷板尺寸 厚度×宽度 (mm)	卷板速度 (m/min)	滚卷最大规格 时最小弯曲 直径(mm)	材料屈 服极限 (N/mm ²)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
W11×PC-18×2500	18×2 500	5	450	280	18.5	9.1	5 810×1 765×1 660
W11×PC-20×2000	20×2 000	5	600	280	18.5	15	5 570×2 174×1 800
W11×PC-18×2500	18×2 500	5	450	280	18.5	9.1	5 810×1 765×1 660
W11×PC-32×3000	32×3 000	4	700	280	45	41.54	7 200×4 000×3 450

表 3-3 微机控制型三辊卷板机

型 号	最大卷板尺寸 厚度×宽度 (mm)	卷板速度 (m/min)	滚卷最大规格 时最小弯曲 直径(mm)	材料屈 服极限 (N/mm ²)	电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
W11NC-20×8000	20×8 000	4	1 000	245	45	55	14 600×2 000×5 265
W11NC-30×2500	30×2 500	4	1100	245	45	25.33	7 500×1 640×1 790
W11NC-40×3200	40×3 200	4	1 500	250	45	41.8	8 510×1 850×2 300
W11NC-45×2500	45×2 500	4	1 500	250	45	37.5	7 810×1 850×2 300
W11NC-50×2 000	50×2 000	4	1 500	250	45	36.4	7 310×1 850×2 300
W11NC-70×3 200	70×3 200	2.5	3 000	250	75	103	13 25×3 100×3 050

t ——板料厚度(mm)；

R ——零件的曲率半径(mm)。

辊轴之间的相对距离 H 和 B 可以由机床调整,以适应零件曲率半径的要求。通常用改变 H 来得到不同的曲率半径。

二、三辊卷板机

三辊卷板机是目前国内普遍使用的卷板设备,其工作原理如图 3-3 所示。分为对称三辊卷板机和不对称三辊卷板机两种。

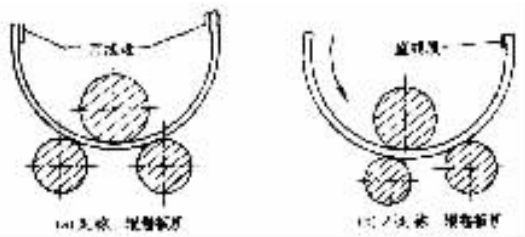


图 3-3 三辊卷板机工作原理图

表 3-1 至表 3-3 列举了不同规格三辊卷板机。

第四章 钻床设备应用与维护

常用的钻床有立式钻床、台式钻床、摇臂钻床等。

一、立式钻床(简称立钻)

立钻是立式钻床的简称,常用的立钻有 Z525、Z535、Z550、Z575 等,它们的最大钻孔直径分别为 $\phi 25\text{mm}$ 、 $\phi 35\text{mm}$ 、 $\phi 50\text{mm}$ 、 $\phi 75\text{mm}$ 。

立钻是一种通用性很强的钻床,它可以进行钻孔、扩孔、铰孔、铰孔、镗孔、刮端面及攻丝等多种加工。一般应用在单件或小批量生产中,配合其他夹具或装上专用的多轴头,也可用于大批量生产中。下面以 Z525 立钻为例说明它的结构。

立钻一般由七个部分组成,图 4-1 是 Z525 立钻总体结构图。

1. 主轴变速箱

它位于立钻的顶部,主电机安装在它的后面,变速箱左侧有两个变速手柄,参照立钻的变速标牌,扳动这两个手柄的位置,可以获得不同的主轴速度。

2. 进给(进刀)变速箱

它位于变速箱和工作台之间,安装在立柱导轨上。

进给变速箱的高度位置,可以根据被加工零件的高度进行调节(如图 4-2)所示。松开螺钉 56,摇转手柄轴 35,并通过 35 左面的蜗杆带动蜗轮 36,使齿轮 37 转动。由于与齿轮 37 相啮合的齿条 38 是固定在立柱上的,因而进给箱可以上升或下降。进给箱调整到适当位置后,拧紧螺钉 56,使进给箱固定。

进给箱左侧的手柄 10 为主轴反、正转起动的操纵手柄。正面有两个较短的进刀量变速手柄,按变速标牌指示的位置扳动这两个手柄,可以获得不同的机动进刀速度。

3. 进刀机构

在进给变速箱的右侧装有三星式进刀手柄。这个手柄连同箱内的进刀装置,统称为进刀机构。用它可以选择机动进刀、手动进刀、超越进刀或攻丝进刀等不同操作方式。

(1) 机动进刀 见图 4-3,将端盖 1 向外拉,再将三星手柄(或叫三球手柄)逆时针方向旋转 20° ,就挂上了机动送刀装置,当主轴旋转时,就能自动送刀进给。

(2) 手动进刀 选用手动进刀时,将端盖 1 向里推至原来位置,再顺时针旋转三星手柄 3,即可使主轴作手动进给。

(3) 超越进刀 当机动进刀时,若以高于机动进刀的速度逆时针旋转三星手柄 3,就可获得超越进刀运动。

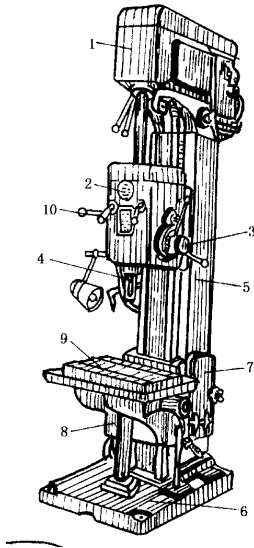


图 4-1 Z525 立钻总体结构

- 1—变速箱 2—进给变速箱 3—进刀机构 4—主轴
5—立柱 6—底座 7—电气控制箱
8—冷却油泵电机 9—工作台 10—正反转手柄

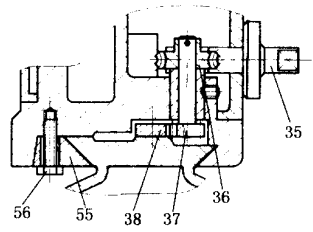


图 4-2 进给变速箱
升降机构

- 35—手柄轴 36—蜗轮
37—齿轮 38—齿条
55—立柱导轨 56—螺钉

(4) 攻丝进刀 攻丝时, 必须将端盖 1 向里推, 使手柄座 45 处于手动进刀位置, 并用攻丝夹头夹持丝锥。先用手动进刀使丝锥导入, 此后, 就由攻丝螺纹自身带动主轴进给。攻丝完毕, 使主轴反转, 退出丝锥。

4. 主轴

图 4-4 为主轴结构, 主轴上下各用一个向心球轴承 2 支承, 下面装有承受轴向力的推力球轴承 3。调整锁紧螺母 7, 能使推力球轴承 3 得到合理的配合间隙。

主轴上端的花键部分装在变速箱空心轴内, 通过花键配合, 使主轴获得旋转运动。主轴下部有莫氏 3 号锥孔, 用来安装刀具或刀具的装夹工具。轴套 32 的一侧铣成齿条与齿轮 31 相啮合, 使主轴能做上下进刀运动。

5. 立柱

立柱又叫床身, 它固定在底座 6 上, 正面常有精度较高的燕尾槽, 它的中空柱腔内装有平衡主轴的配重。

6. 底座、工作台和冷却装置

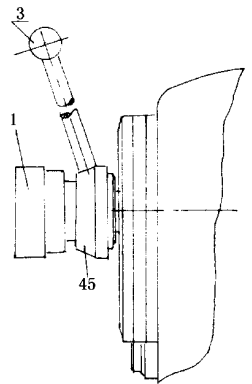


图 4-3 挂机
动进刀简图

- 1—端盖
3—三星手柄
45—手柄座

图 4-1 中 6 为机床底座,它的四角有四个地角螺栓孔。立柱左边的底座凸台上装有冷却油泵和电机 8。立柱 5 的前面装工作台 9 和升降机构。

工作台 9 安装在立柱导轨上,升降机构装在它的下面。

7. 电气控制箱

电气控制箱位于立钻下部立柱的右侧面,箱盖上装有控制转换开关,箱内有电气控制线路板。

二、台式钻床(简称台钻)

台钻是一种体积小、重量轻、结构简单、操作方便、成本低的钻床。下面以 Z512-3 台钻来说明它的结构和传动系统。

1. 台钻的结构

图 4-5 是 Z512-3 型台钻的总体结构,它由五部分组成。

(1)机头 它的主体是头架 7,头架 7 安装在立柱②上,用手柄 4 进行锁紧。主轴装在头架 7 的主轴孔内。头架右侧的手柄 3(三球式)是进给手柄。主轴 8 下端的锁紧螺母 2 供更换或卸下钻头时使用。

(2)立柱 底座④上装有圆形截面的立柱②,它的顶部是机头升降机构。松开手柄 4,旋转摇把 1,能使机头升降到合适的位置。当机头调整到所需的高度后,应将手柄 4 旋紧,以便将机头锁住。

(3)电动机 头架后面装有电机托板和电动机。松开螺钉 6,可以使电动机前后移动,借以调节三角带的松紧。调节完毕,将螺钉 6 拧紧。

(4)底座 底座上面就是工作台面,中部有一条 T 形槽,用于装夹工件或夹具。

(5)电气部分 台钻右侧有电气盒及转换开关(又称倒顺开关)。操作此开关,能使电机开、关,正转、反转,从而使主轴反转、正转或起动、停止。

2. 台钻的传动系统

台钻的主轴和电机轴上分别装有一个五级三角带轮(俗称塔轮),改变三角带在两轮相对的槽中位置(如图 4-6),能使主轴获得五级变速。

表 4-1、摘录了部分钻床的参数。

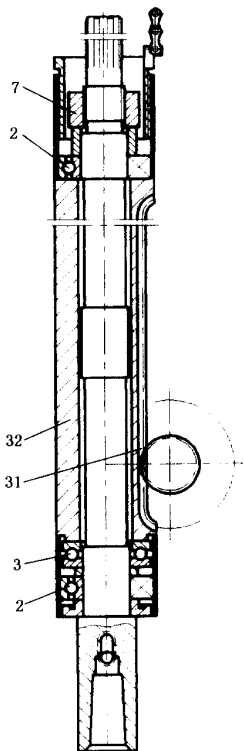


图 4-4 主轴结构简图

2—向心球轴承 3—推力球轴承 7—锁紧螺母 31—齿轮 32—轴套

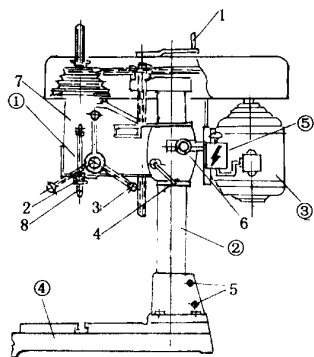


图 4-5 Z512-3 型台钻总体结构图

①机头 ②立柱 ③电动机
④底座 ⑤电器部分
1—摇把 2—锁紧螺母
3、4—手柄 5、6—螺钉
7—头架 8—主轴

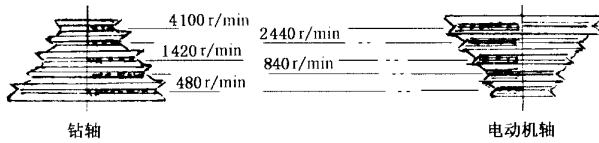


图 4-6 Z512-3 型台钻传动简图

表 4-1

台式钻床

型 号	最大钻 孔直径 (mm)	技 术 参 数					电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长 × 宽 × 高 (mm)
		主轴端至底 座距离 (mm)	主轴中心线至 立柱表面距离 (mm)	主轴转速		主轴 行程 (mm)			
				级数	范 围 (r/min)				
Z4006	6	215	140	4	1 500 ~ 12 000	60	0.37	45	530 × 280 × 520
ZTQ4106	6	300	103.5	3(5)	630 ~ 2 660	50	$\frac{0.25}{0.18}$	24	410 × 200 × 590
Z4006C	6	215	152.5	3	500 ~ 10 500	65		55	545 × 272 × 730
Z4112	12	170 ~ 355	200	5	450 ~ 4 000	100	0.37	98	695 × 385 × 855
Z4012	12						0.37	110	640 × 375 × 1 030
Z4012/1	12			4	800 ~ 4 000	100	1.1	114	740 × 385 × 810
Z512	12	130 ~ 450	190	8	460 ~ 4 250	100	0.55	124	570 × 446 × 823
Z4112B	12	480	193	5	480 ~ 4 100	100	0.55	90	698 × 380 × 1 055
Z512-3	12.7	60 ~ 330	193	5	480 ~ 4 100		0.37		680 × 380 × 920
Z4112	12.7	200 ~ 520	193	5	480 ~ 4 100	100	0.55	80	680 × 380 × 1 000
Z512-2	12.7	560	193	5	460 ~ 3 960		0.55	95	698 × 380 × 865
ZJ4113	13	285	104	5	520 ~ 2 620	50	0.25	21	420 × 230 × 555
ZJ4113	13	345	127	3	540 ~ 2 920			36	512 × 236 × 662
LT-13J	13	203	103	5	560 ~ 3 000		0.18	19	
Z4115	15	30 ~ 430	190	4	480 ~ 2 800		0.75	125	365 × 850 × 1 000
Z515-2	15	35 ~ 415	200	5	420 ~ 2 900		0.55		765 × 400 × 1 080
ZT516-W	16	450	195	5	400 ~ 4 090			100	750 × 380 × 800
Z4016A	16	150 ~ 450	200	5	335 ~ 3 150	100	0.55	90	695 × 385 × 1 120
Z4018	18	400	240	5	335 ~ 3 150		0.75	138	798 × 415 × 1 025
Z4018	18	400	240	5	335 ~ 3 150		0.75	125	798 × 454 × 1 026
Z4119	19	160 ~ 610	220	4	420 ~ 1 820		0.55	100	760 × 400 × 915
Z4019	19	230 ~ 435	185		240 ~ 3 800	110	0.55	92	675 × 320 × 970

第四章 钻床设备应用与维护

型 号	最大钻 孔直径 (mm)	技 术 参 数					电机 功率 (kW)	质量 (t)	外形尺寸 长×宽×高 (mm)
		主轴端至底 座距离 (mm)	主轴中心线至 立柱表面距离 (mm)	主轴转速		主轴 行程 (mm)			
				级数	范 围 (r/min)				
LT-19G	19	406	200	12	250~3 200		0.75	180	
Z4020	20	400	240	5	335~3 150		0.75	140	778×415×1 025
Z4020	20	400	240	5	335~3150		0.75	128	798×415×988
Z4023	23	415	191	8	240~3 800	110	0.75	100	700×350×880
Z4023	23	230~435	185		240~3 800	110	0.75	94	675×320×970
Z4123	23	160~610	220	4	420~1 820		0.55	100	760×400×915
Z4023	23	400	200	5	450~3 100		0.75	138	798×415×1 025
LT-25	25	500	225	9	160~2 060		0.75	158	

第五章 常用工夹量具设备应用与维护

一、常用工具



钣金、冷作工所用的工具有多种形式,按其功用可分为锤子、切削工具、划线工具、风动工具、电动工具、焊割工具和起重工具几大类。

1. 锤子

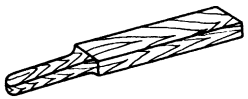
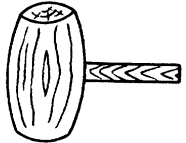
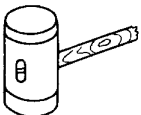


锤子有钣金锤、钳工锤和大锤等多种,其规格和用途见表 5-1。

表 5-1

锤子

名称	简图	规格/kg	用途
钣金锤 斩口锤		0.0625、0.125、 0.25、0.5、1	用于矫形弯形、放边等
钣金锤 专用锤		0.25~0.5	用于薄板的弯曲、收边、拱曲等。

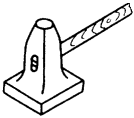
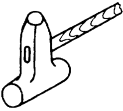
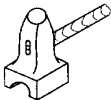
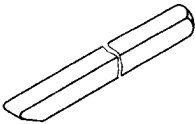
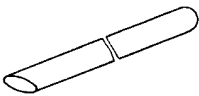
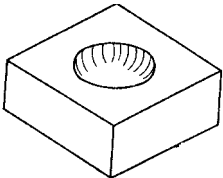
(续)

名称	简图	规格/kg	用途
方木棒		(宽×厚×长)45×45×400mm	用于薄板的卷边和咬接
木锤		0.25~1.5 用硬质木料,如檀木制成	用于锤击薄钢板、有色金属板材及粗糙度要求较高的金属表面,可防止产生锤痕
铜锤		0.25、0.5、0.75、1.0、1.25	
钳工锤		0.11、0.22、0.33、0.44、0.66、0.88、1.10、1.32、1.50	用于錾削、矫形、铆接等
八角锤		0.9、1.4、1.8、2.0、2.7、3.0、3.6、4.0、4.5、5.0、5.4、6.0、6.4、7.0、8.0、9.0、10	较大原材料的矫形、弯形用

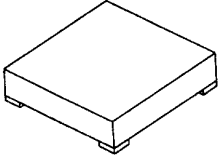
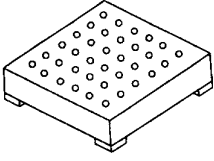
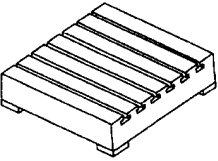
2. 衬垫工具

衬垫工具有型锤、方杠、圆杠、型胎、平台等,其用途见表 5-2。

表 5-2 衬垫工具

名称		简图	用途
型锤	平面型锤		用于表面质量要求较高工件的矫形或成形,可防止锤痕
	外圆型锤		
	内圆型锤		
方杠			用于薄板弯曲成形,咬缝等,其端部用于板边的放边、拔缘等
圆杠			用于薄板弯曲成形等,其端部用于拱曲等
型胎			用于薄板拱曲等

(续)

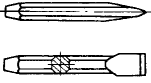


平台	平台		用于工件的矫形或装配
	带孔平台		在孔中插入卡子,固定工件,用于型材或管材的矫形或成形
	带T形槽平台		在T形槽中,插入螺栓固定工件,用于工件矫形或成形,及装配、焊接等

3. 切削工具

(1) 銼子 銼子有扁銼、挑焊根銼和风銼等多种形式(表5-3),主要用作銼断板料、銼削坡口,銼掉工件上的毛刺、焊疤和挑焊根等。

表5-3







銼子

名称	简图	材料	用途
扁銼		70、80 钢 或 T7、T8 钢等	用于銼掉焊疤,銼断薄板、开坡口和銼除毛刺等
挑焊根銼		70、80 钢 或 T7、T8 钢等	用于挑焊根,銼除焊缝的夹渣、裂纹等
风銼		70、80 钢 或 T7、T8 钢等	与风铲配合使用,能提高銼削效率

(2) 锉刀 锉刀按断面形状分,有扁锉、圆锉、方锉和三角锉等多种(表5-4)。按锉齿粗细分,有粗齿、中齿和细齿之分。锉刀一般采用 T12、T12A、T13 或 T13A 钢材制造。锉刀常用于锉掉工件的毛刺和修整工件的表面。

表 5-4

锉刀

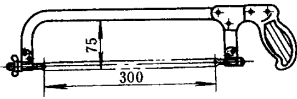
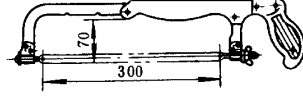
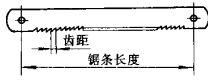
名称	简 图	规格/mm	用 途
扁锉		以工作面长度 \times 宽度 \times 厚度表示,有 100 \times 12 \times 2.5、125 \times 4 \times 3、150 \times 16 \times 3.5、200 \times 20 \times 4.5、250 \times 24 \times 5.5、300 \times 28 \times 6.5 等多种规格	锉削平面,外圆和凸弧面等
圆锉		以工作面长度 $L \times$ 圆锉直径表示,有 100 \times 3.5;150 \times 5.5;250 \times 9 等	锉圆孔,小的凹弧面和椭圆面等
半圆锉		以工作面长度 L 表示,有 150、200、250、300 等	锉大的凹弧面,平面等
方锉		以工作面长度 $L \times$ 方锉边宽表示,有 100 \times 3.5、150 \times 5.5、250 \times 9 等	锉方孔,长方孔和窄平面等
三角锉		以工作面长度 $L \times$ 三角锉边宽表示,有 100 \times 8、150 \times 11、250 \times 16、300 \times 19 等	锉内角、三角形孔和平面等
整形锉		以全长 $L \times$ 手柄直径 (d) \times 工作部分长 l 表示,其规格有下列几种: 120 \times 2 \times 45、140 \times 3 \times 65、160 \times 4 \times 65、180 \times 5 \times 80	修整精密模具或小型工件难以进行机械加工的部位

(3)手锯 手锯由锯弓和锯条组成(表 5-5)。锯弓用于张紧锯条,有固定式和可调

节式两种。可调节式锯弓能安装几种长度的锯条。

表 5-5

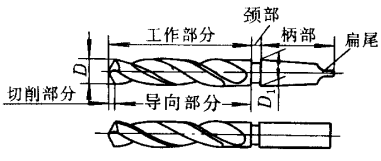
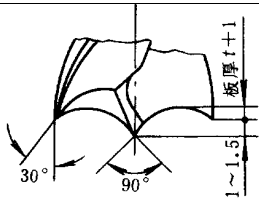
手锯

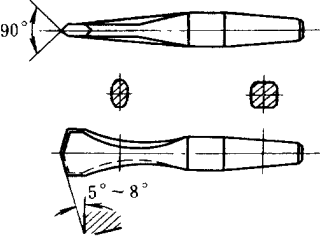
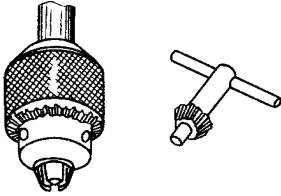
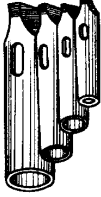
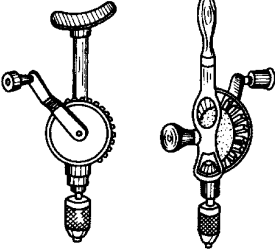
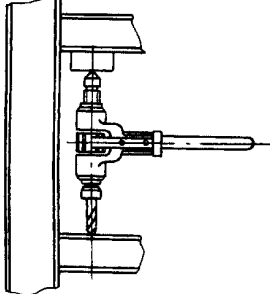
名称		简图	规格
锯弓	固定式		300mm
	可调节式		200、250、300mm
锯条			<p>按锯条长度分,有 200、250、300mm 三种</p> <p>按齿距可分为： 粗齿—齿距 1.8mm 或 25mm 长度内齿数为 14~16 齿 中齿—齿距 1.2、1.4mm 或 25mm 长度内齿数为 18~22 齿 细齿—齿距 0.8、1mm 或 25mm 长度内齿数为 24~32 齿</p>

(4) 钻具(表 5-6)

表 5-6

钻具


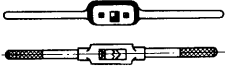
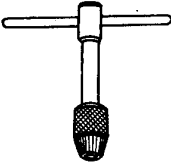
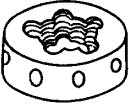
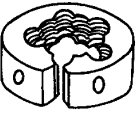

名称		简图	用途
钻头	麻花钻		用于在实心材料上的切削钻孔。麻花钻由柄部、颈部和工作部分组成。柄部有锥柄和直柄之分；工作部分由切削部分和导向部分组成；两螺旋形的槽，起排屑和输送切削液的作用
	薄板钻		在薄板上钻孔。切削部分成三个顶尖,中间的刃尖顶住工件定中心,两锋利的尖刃进行切削,把中间的圆片分离

名称	简图	用途
钻头		<p>用作手动的钻孔工具</p>
钻夹头		<p>用于夹持钻柄为圆柱形的钻头 (直径小于 13mm 的钻头)</p>
钻套		<p>用于安装锥柄的钻头。钻头按锥度大小不同组成一套,钻套上端长方形通孔,作打入铁楔时,从钻套上卸下钻头用</p>
手摇钻和胸摇钻,		<p>作手工钻孔用,适用于流动修配工作。钻孔时用手推压者称为手摇钻;用胸部顶压者称为胸摇钻。 常用规格的手摇钻有 6、9mm;胸钻有 9、12mm</p>
手扳钻		<p>在无动力设备或不便使用其它钻孔机械工作时,作为手动钻孔的工具。其规格以手柄全长表示,最小的规格为 250mm,最大的有 600mm。400mm 以下者,钻孔最大直径 25mm;450mm 以上者,钻孔最大直径 50mm</p>

(5) 攻螺纹与套螺纹工具(表 5-7)

表 5-7

攻螺纹与套螺纹工具

名称	简图	用途
丝锥		<p>用于在孔壁上切削出内螺纹</p> <p>M6 ~ M24 的丝锥一套有两支,分头锥(头攻)和二锥(二攻)</p> <p>头锥斜角小,攻螺纹时便于切入,二锥斜角大些,便于对不通孔进行攻螺纹</p> <p>M6 以下及 M24 以上的丝锥一套有 3 支,分头锥、二锥和三锥</p>
铰杠	<p>普通铰杠</p> 	<p>供安装丝锥,用作加工内螺纹或安装手用铰刀作铰孔用</p> <p>普通铰杠又分固定铰杠和活络铰杠。一般攻 M5 以下的小螺孔,均用固定铰杠;活络铰杠可调节方孔的大小,使用范围较广</p> <p>铰杠规格以铰杠长度 × 装夹直径范围表示,常用的有 130mm × (2 ~ 4)mm、180mm × (3 ~ 6)mm、280mm × (6 ~ 14)mm 等</p>
	<p>丁字铰杠</p> 	<p>在不便使用普通铰杠的场合,采用丁字铰杠,它有固定式和活络式之分</p>
圆板牙	<p>整体圆板牙</p> 	<p>用于在圆杆或管子上切削出外螺纹</p> <p>整体圆板牙的直径不能调节;而可调圆板牙沿轴向开有槽,所以直径可适当调节</p>
	<p>可调圆板牙</p> 	
圆板牙铰杠		<p>供安装圆板牙,用作加工外螺纹的辅助工具。圆板牙铰杠中部是一个安装圆板牙的圆形槽框,依靠紧固螺钉将圆板牙固定</p>

(6) 管子割刀 管子割刀专用于切割管子的手用工具,切割效率比锯切高。管子割刀如图 5-1 所示。

管子割刀的规格以型号表示,有 2~4 号,每种型号所能切割管子的直径是 2 号为 15

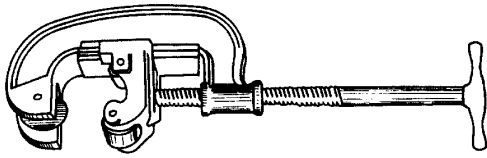


图 5-1 管子割刀

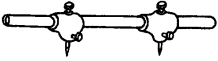
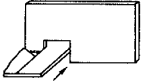
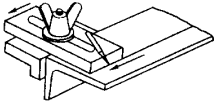
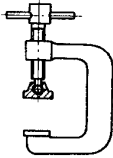
~ 50mm 3 号为 25 ~ 80mm 4 号为 50 ~ 100mm。

4. 划线工具(表 5-8)

表 5-8

划线工具

名称	简图	用途
划针		在原材料上划直线或曲线
粉线		在板料上弹出白色的长直线
墨斗		在板料上弹出黑色或彩色的长直线
样冲		划线后为了防止线被抹掉,用样冲在划好的线上打出一些小而均匀的冲眼作为标记;钻孔时在孔的中心处也要打冲眼,便于钻头对准,防止滑移
划规		划中小直径的圆、弧线或等分线段 规格有: 100、150、200、250、300、350、400mm 等

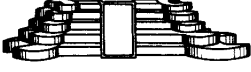
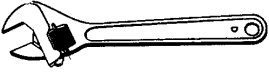


名称	简图	用途	
长杆划规		划大直径的圆或弧线	
划线盘		在制件的几个不同表面上划线或校正位置 规格有：200、250、300、400、500mm 等	
划线规	固定划线规		用于划平行于边缘的平行线
	可调划线规		
弓形夹头		夹持工件用	
V形块		用于安放圆柱形工件,以便找中心和划线,通常成对使用	
划线平台		作为划线时的基准面,或放样用,通常用铸铁或厚钢板拼焊而成,表面经切削加工	

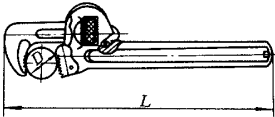
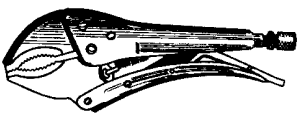
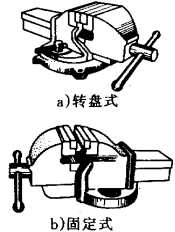
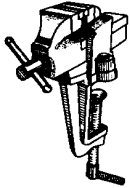
5. 扳钳工具

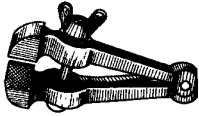
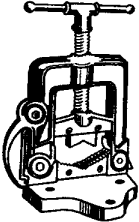
扳钳工具是各种扳手和夹钳的总称。它可分为扳手、手钳和虎钳三类,常用的见表 5

表 5-9

扳钳工具

名称	简图	用途
呆扳手		<p>呆扳手用于六角头、方头螺栓、螺钉和螺母的手工具,它的头部有一开口,用来与相应的螺栓、螺钉或螺母配合,呆扳手有单头和双头之分</p> <p>呆扳手规格以开口宽度尺寸表示。单头呆扳手规格有 8、10、12、14、17、19、22、24、27、30、32、36、41、46、50、55、65 和 75mm 多种;双头呆扳手规格有(mm × mm) 4 × 5、8 × 10、10 × 12、12 × 14、17 × 19、22 × 24、27 × 30、30 × 32、32 × 36、41 × 46、50 × 55 和 65 × 75mm 多种</p>
活扳手		<p>活扳手的开口尺寸可在规定范围内随意调节,它能适应多种规格的螺栓、螺钉和螺母</p> <p>活扳手规格以扳手体长度和最大开口宽度表示,其规格(mm × mm)有 100 × 14、150 × 19、330 × 24、250 × 30、200 × 36、375 × 46、450 × 55 和 600 × 65 多种</p>
梅花扳手		<p>梅花扳手是一种闭口式扳手,头部成环状,内孔由两个正六边形,互相交错 30°,重迭成形,使用时只须扳转 30°,扳手即可换位一次。由于扳手头部较薄,适用在狭窄的场合扳动螺栓和螺母</p> <p>梅花扳手都是双头的,其规格(mm × mm)有 5.5 × 7、8 × 10、10 × 12、12 × 14、17 × 19、22 × 24、24 × 27、27 × 30、30 × 32 等 10 余种</p>
指针式扭力扳手		<p>指针尖扭力扳手用于扳旋螺栓、螺钉和螺母时,可以控制到一定的扭矩,扳手柄上的指针能指示出扳紧时扭矩的数值</p> <p>扭力扳手规格以最大扭矩和方榫尺寸表示,一般方榫都是 13mm,最大扭矩(N · m)分 100、200、300 3 种</p>

名称	简图	用途
管子钳		<p>管子钳用来扳旋螺纹管件、圆柱形和圆管形零件。管子钳规格是以规定的两钳口最大开口尺寸和两钳口张开达到此尺寸时,整个管子钳的全长表示</p> <p>常用的规格(mm × mm)有 150 × 20、200 × 25、250 × 30、300 × 40、350 × 50、450 × 60 等多种</p>
大力钳		<p>大力钳又称多用钳,它是利用一组复合杠杆产生极大的夹紧力,夹紧力可达 5000N,其钳口开口尺寸调节范围大(0 ~ 50mm),夹持工件后还可利用锁紧把手,将各个活络节锁紧不动,钳口不会松动,故有多种用途,如焊件、铆件和钣金装配时的定位夹紧,可代替 C 形夹具,装拆螺栓、螺母等零件时可代替扳手,钻孔时用来夹紧工件,代替压板虎钳;夹持刀具进行磨削;进行小直径管件的装拆,可代替管子钳等工作</p>
台虎钳		<p>台虎钳用来夹紧工件,以进行锉削、錾削、装配和修理等工作,是手工操作中必备的工具</p> <p>台虎钳分转盘式和固定式两种</p> <p>台虎钳规格以钳口长度和钳口张开度尺寸表示,其规格(mm × mm)有 75 × 100、100 × 125、125 × 150、150 × 175 和 200 × 225 数种</p>
桌虎钳		<p>桌虎钳用途与台虎钳同,其特点是自身带有螺旋轧头,可随意夹持在适当的地方进行工作,安装方便,适用于流动修理工作</p> <p>桌虎钳的规格以钳口长度表示,常用的有 50mm、60mm 两种</p>

名称	简图	用途
手虎钳		手虎钳用来夹持小型工件,以便进行锉削、钻孔和焊接等 手虎钳规格以钳口长度表示,常用规格有25mm、40mm、50mm 3种
管子台虎钳		管子台虎钳专用于夹紧管子或圆柱形工件,是进行锯削、切削、管螺纹或管道安装修理工作的必备工具 管子台虎钳规格以号数区分,有1、2、3和4号几种。一般号数越大,所能夹持管子的直径范围越大。例如型号为CJ1的管子钳,其工作范围为10~73mm;GJ2为10~89mm、GJ3为13~114mm、GJ4为17~165mm

6. 风动工具

风动工具的种类较多,常用的有以下几种。

(1)风剪(图5-2)用于剪切2mm厚以下的低碳钢板;1.2mm厚以下的不锈钢板;以及2.5mm以下厚的铝板。能作直线或曲线的剪切,生产效率高,剪切准确、轻便。

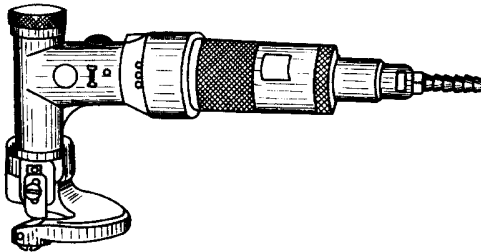


图5-2 风剪

风剪的规格用型号表示,目前采用的为12型,其技术参数见表5-10。

表5-10 12型风剪的技术参数

名称	技术参数	名称	技术参数
最大剪切厚度/mm	2 1.2 2.5	使用压缩空气压力/MPa	0.5
退火低碳钢板		耗气量(m^3/min)	0.4
不锈钢板		功率/W	206
铝板			
最小剪切半径/mm	30	风管内径/mm	8
剪切速度(m/min)	2	重量/kg	1.6
空载每分钟剪切次数	1800	全长/mm	244

使用风剪时应每天加注润滑油 3~4 次,冬天用 L-AN15 全损耗系统用油(相当于 N15 机械油),夏天用 L-AN32 全损耗系统用油(相当于 N32 机械油)。刀片用钝后只需修磨前刀,其它各面可不必修磨。

(2)风动砂轮(图 5-3)风动砂轮用于修磨大型机件、模具、焊缝和钢板边缘的毛刺、铁锈等。

风动砂轮有直柄式和直角式两种。

直角式比直柄式在结构上紧凑、尺寸小、轻便、启动力矩小,旋转平稳,操作时容易看清被磨削的部位。它除了能进行一般的磨削、清理、去毛刺和修磨焊缝外,还能进行型材的切割。

风动砂轮的型号有 S40 和 S80 型等。前者最大砂轮直径为 40mm,后者为 80mm。

(3)风铲(图 5-4)风铲用于铲除焊件表面的飞溅物、棱边、毛刺或开焊接坡口等。

风铲在使用中,每隔 2~3h 应加油润滑。

风铲的型号有 04-5、04-6 和 04-7 型多种,其技术特性见表 5-11。

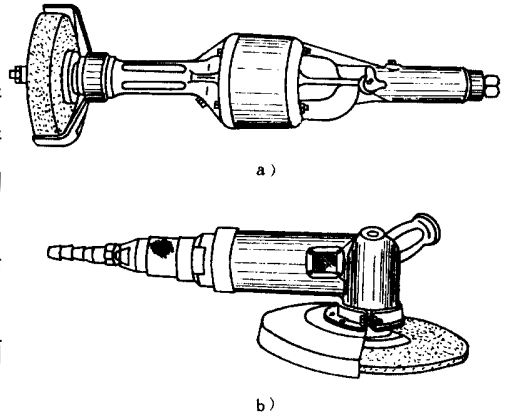


图 5-3 风动砂轮
a)直柄式 b)直角式

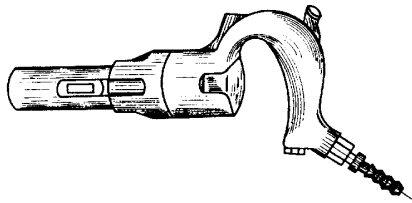


图 5-4 风铲

表 5-11

风铲型号和技术特性

风铲型号		04-5	04-6	04-7
耗气量/(m ³ /min)		0.5~0.6	0.5~0.6	0.5~0.6
锤体	直径/m	28	28	28
	重量/kg	0.27	0.4	0.54
	冲击能量/(kg·m)	1.1	1.6	2.5
	行程/mm	61	99	135
	频率次/min	2400	1500	1000

(4)风钻(图 5-5) 风钻用于钻孔、扩孔、铰孔。风钻有手枪式风钻(图 5-5a)和手提式风钻(图 5-5b)两种。

手枪式风钻适用于钻小孔,型号有 ZQ6 型和 ZQ8 型两种,其最大钻孔直径分别为 6 和 8mm。

手提式风钻用于钻较大的孔,如 ZS32 型的最大钻孔直径为 32mm,还可用作扩孔、铰孔等。

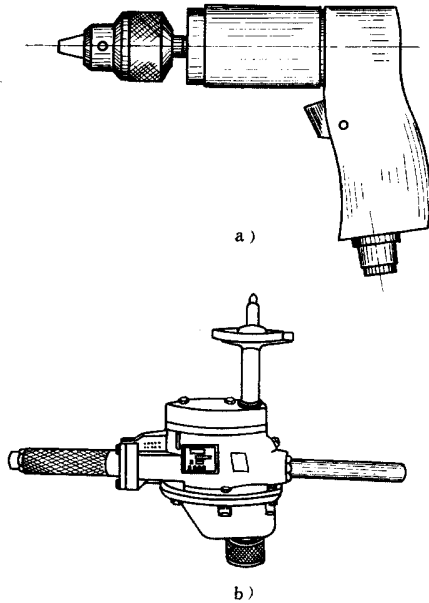


图 5-5 风钻

a)手枪式 b)手提式

(5)风动扳手(图 5-6) 风动式扳手用于扳旋螺栓、螺母。能控制螺栓、螺母的旋紧扭矩,提高生产效率和装配质量。

风动扳手有枪柄式、环柄式等多种形式,一般小型的是枪柄式,大型的是环柄式。图 5-6 为枪柄式风动扳手的形状。

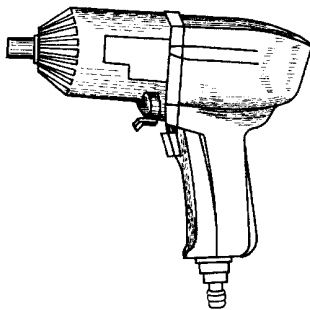


图 5-6 枪柄式风动扳手

使用时,压缩空气经由风动扳手柄部的进气阀、变向阀进入风动马达,风动马达作高速旋转,经减速器减速后带动扳轴旋转,扳轴能将螺栓拧紧或拧松。

风动扳手的规格以型号表示,QB10 型风动扳手能拧紧螺栓的范围为 M8 ~ M12,使用压缩空气的压力为 0.5 ~ 0.6MPa。

(6)风铆枪(图 5-7)风铆枪又名铆钉枪。一般用于铆接。改换其工作头后,也可作

铲削、锤击等工作用。

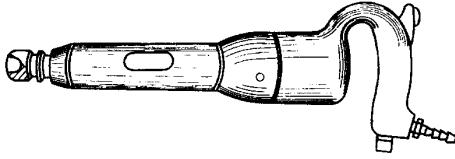


图 5-7 风钎枪

风钎枪的工作原理与风铲相同。使用前,在进气管接头处滴入少量润滑油,以保持良好的润滑。同时软管内的脏物应用压缩空气吹掉。压缩空气的压力一般为 $0.4 \sim 0.6 \text{MPa}$ 。

(7) 风动拉铆枪 风动拉铆枪用于专用铆钉的铆接工作,如图 5-8 所示。工作时,铆枪头子套在铆钉的心棒上,按动扳钮,压缩空气进入拉铆枪内,使铆钉枪头内的夹套后移而紧紧地夹住铆钉的心棒,并产生向后的拉力而铆接。

型号为 FLM-1 的风动拉铆枪,使用压缩空气的压力为 $0.25 \sim 0.6 \text{MPa}$,可产生 $3000 \sim 7200 \text{N}$ 的拉力,能拉铆直径为 $3 \sim 5.5 \text{mm}$ 的专用铝铆钉。

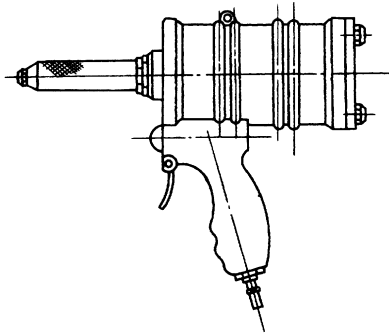


图 5-8 风动拉铆枪

7. 电动工具

电动工具是由小功率电动机,通过减速传动机构,带动工作头进行工作的。因此,电动工具在结构上也与风动工具相似,是由原动机构、减速传动机构(有的不需减速)和工作头组成。

电动工具具有重量轻、携带方便、结构简单、操作容易、效率高等特点,故得到广泛采用。

电动工具使用时应注意安全,防止触电。对长期未使用的电动工具,使用前应测量绕组的绝缘电阻,对绝缘电阻大于 $0.5 \text{M}\Omega$ 的方能使用,否则应采取干燥或检修措施,使用时工作环境的相对湿度应不超过 90% 。

电动工具的种类较多,钣金冷作工常用的有下列几种。

(1)电剪(图5-9) 电剪用于剪切薄钢板或其它金属薄板,能进行直线或曲线的剪切,生产率高,切口比手工剪整齐。

电剪上、下刀片间的间隙大小与剪切厚度有关,如被剪板厚0.9~1.2mm,刀片间隙0.15~0.2mm,板厚1.3~1.8mm,刀片间隙0.22~0.3mm,如间隙不当会影响剪切质量。

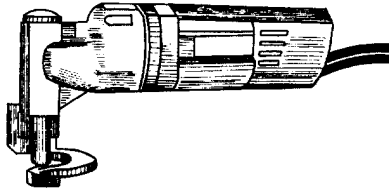


图5-9 电剪

目前应用的电剪型号有J1J-1.5型和J1J-2.5型,其主要技术参数见表5-12。

表5-12

电剪的主要技术参数

型 号	J1J-1.5 型	J1J-2.5 型
最大剪切厚度/mm		
普通退火钢板	1.5	2.5
45 钢板		2.0
铝板		3.0
剪切速度(或剪切次数)	2m/min	800次/min
最小剪切半径/mm	30	30
重量/kg	2	4

(2)电动型材切割机(图5-10)电动型材切割是利用薄片砂轮与各种金属型材摩擦产生热量,使之熔化而形成割缝。其切割效率比锯削高7~8倍。

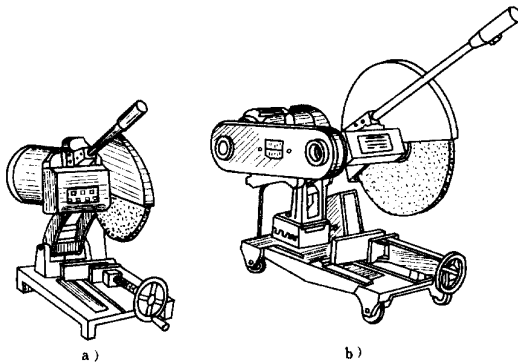


图5-10 电动型材切割机

a) J3GS-300型 b) J3G-400A型

电动型材切割机型号有J3GS-300和J3G-400A型两种,其不同之处,J3GS-300型的传动机构是把带传动改为圆锥齿轮传动,所以结构紧凑,并增加了变速装置,还可调节两种转速,高速配外径300×孔径32×厚3mm砂轮片,用于切割钢材;低速配φ300mm圆

锯片,用于切割木材、硬塑料或其它非金属材料。

电动型材切割机的主要技术参数见表 5-13。

表 5-13 电动型材切割机的技术参数

型 号	J3GS-300	J3G-400A
额定电压/V	380	380
额定功率/kW	1.4	2.2
增强纤维砂轮片/mm	外径 300×孔 32×厚 3	外径 400×孔 32×厚 3
切割线速度/(m/s)	砂轮片 68 圆锯片 32	砂轮片 60
切割范围/mm		
角钢	80×80×10	100×100×10
圆钢	φ25	φ50
钢管	φ90×5	φ130×8
槽钢		12号
重量/kg	45	76

型材切割机使用时,严禁用低于额定切割线速度的砂轮片,以避免砂轮爆裂,也不能用大于额定直径的砂轮片或圆锯片,以免电动机过载;工作时注意砂轮片的转向,切不可反向旋转切割;压下手把时要用力均匀、平稳,不能用力过猛,以防砂轮片碎裂或电动机过载。

(3) 电动割管机(图 5-11)电动割管用于切割直径 200~1000mm 的大型管材,与锯削相比,可大大减轻劳动强度,提高工作效率。

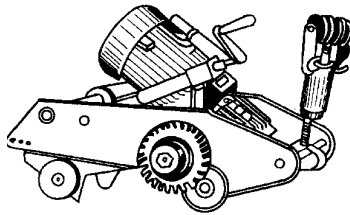


图 5-11 电动割管机

电动割管机是利用电动机,通过减速传动带动两套机构进行工作;一套为爬行机构,是使整个割管机围绕管壁低速运行;另一套机构是带动铣刀轴转动,铣刀对管子进行切削。

电动割管机型号有 J3UP-35 和 J3UP-70 两种。J3UP-70 型的铣刀转速为 70r/min;切割管径范围为 φ200~φ1000mm,最大切割管壁厚 20mm。

(4) 电钻(图 5-12)电钻作钻孔用,有多种类型,常用的是普通电钻,它可分为 J1Z 和 J3Z 型两类型号系列:

J1Z 型系列是交直流两用串励电钻,规格有 6、10、13、19mm 数种。额定电压 200V、

110V、36V 三种 ,常用 220V。

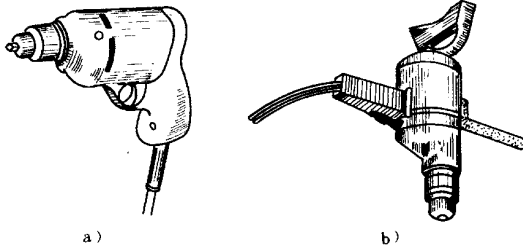


图 5-12 电钻

J3Z 型系列是三相工频电钻 ,属大规格电钻 ,其规格有 13、19、23、32、38、49mm 数种 ,额定电压 380V。

(5)电动扳手(图 5-13)电动扳手用于装拆螺栓、螺母 ,工作过程中还能起冲击作用 ,以达到一定的扭矩。

电动扳手的型号有 PIB-8、PIB-12、PIB-16、PIB-20 等。PIB-8 型用于装拆 M6 ~ M8 螺栓或螺母 ;PIB-12 的使用范围是 M10 ~ M12。

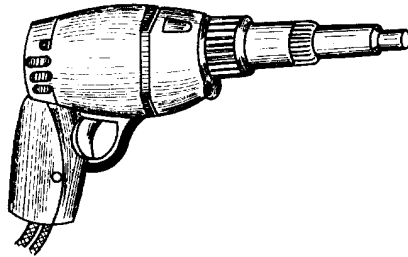


图 5-13 电动扳手

(6)电动螺钉旋具(图 5-14) 电动螺钉旋具又名螺丝刀 ,用于装拆螺钉。使用省力、效率高 ,尤其适宜于流水作业。

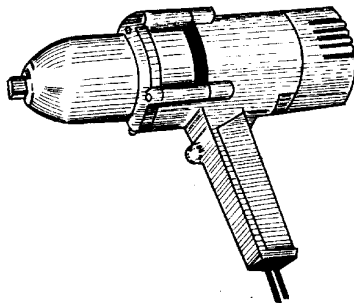


图 5-14 电动螺钉旋具

电动螺钉旋具的外形与枪柄式电钻相似。若将螺钉旋得过紧而不能转动时 ,会使传动机构中的离合器产生打滑 ,为此可避免过载。

电动螺钉旋具的型号有 P1L-6 和 P1L8 型两种。P1L6 型用于装拆 M6 螺钉或 $\phi 4\text{mm}$ 的木螺钉 ,而 P1L-8 型用于 M8 螺钉或 $\phi 5\text{mm}$ 的木螺钉。

(7)电动角向磨光机(图 5-15) S1MJ 型电动角向磨光机为直握式电动工具。电动机经减速后带动砂轮高速旋转,砂轮均采用增强树脂砂轮,用于金属铸件、零部件的清理、去毛刺、焊缝的打磨。如装上其它工作头,还可用采作砂光、抛光、除锈等。磨光机在使用时不能用力过猛,遇到转速急剧下降,应立即减少用力,防止过载。如因故突然刹停或卡住时应立即切断电源。

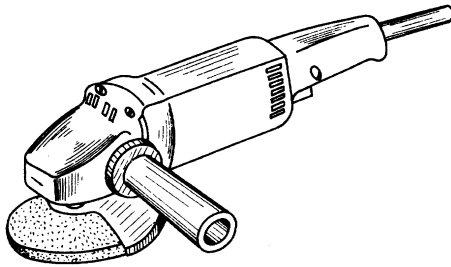


图 5-15 S1MJ 型电动角向磨光机

S1MJ 型电动角向磨光机的规格有 100 型、125 型和 150 型,其相应的砂轮最大直径为 100mm、125mm 和 150mm;100 型和 125 型的工作头空载转速为 10000r/min,150 型的工作头空载转速为 8000r/min。

8. 焊割工具

焊割工具是指电弧焊、气焊、气割时所用的工具。常用的有电焊钳、焊炬、割炬等。

(1)电焊钳电焊钳是手工电弧焊时,用于夹持焊条的专用手钳,其外形如图 5-16 所示。钳口上开有纵、横、斜三个方向的凹槽,这样可以从几个方向都能夹紧焊条,以利于多种方位的焊接。

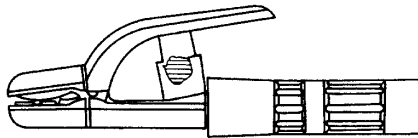


图 5-16 电焊钳

电焊钳常用的规格有 G352 和 G582 型。型号中的 C 表示电焊钳的代号,第一位数字代表所能承受的最大电流(A),第二位数字代表所能夹持焊条的最大直径(mm),第三位数字表示结构定型序号。

电焊钳型号规格如表 5-14 所示。

表 5-14

电焊钳型号规格

型号	额定电流 /A	电缆孔 /mm	适用焊条直径 /mm	重量 /kg	外形尺寸 /mm
G352	300	φ14	2~5	0.5	250×80×40
G582	500	φ18	4~8	0.7	290×100×45

(2)电焊面罩 常用的电焊面罩有手持式和头戴式两种,见图 5-17。电焊面罩的规格和用途见表 5-15。

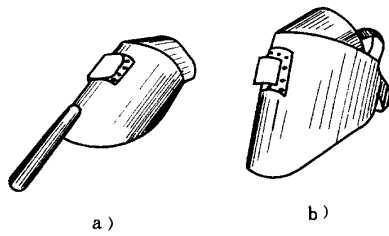


图 5-17 电焊面罩

a)手持式 b)头戴式

表 5-15 电焊面罩

类 型	规格尺寸/mm	用 途
手持式(盾式)	186 × 390	一般焊接用
头戴式(盔式)	270 × 480	用于高空作业的焊接
有机玻璃面罩	2 × 230 × 280 3 × 230 × 280	用于装配清渣

在电焊面罩的方框中镶嵌有护目遮光镜片,护目遮光镜片的色号、用途见表 5-16。

表 5-16 焊工护目遮光镜片选用

镜片号 种 类	焊接电流 / A			
	≤30	> 30 ~ 75	> 75 ~ 200	> 200 ~ 400
电弧焊	5 ~ 6	7 ~ 8	8 ~ 10	11 ~ 12
碳弧气刨			10 ~ 11	12 ~ 14
焊接辅助工	3 ~ 4			

(3) 焊炬 气焊时,用于控制气体混合比、流量及火焰并进行焊接的工具。焊炬按可燃气体与氧气混合的方式不同,可分为射吸式(低压)焊炬和等压式焊炬两种,其原理和优缺点见表 5-17。

表 5-17 焊炬的类型及其比较

类 型	工作原理	优 点	缺 点
射吸式 (低压) 焊炬	使用的氧气压力较高而乙炔压力较低,利用高压氧从喷嘴喷出时的射吸作用,使氧与乙炔均匀地按比例混合	乙炔工作压力在 0.001MPa 以上即可使用,通用性强,低、中压乙炔均可使用	易回火
等压式 焊炬	使用中压乙炔,乙炔与氧的混合是在焊(割)嘴接头与焊(割)嘴的空隙内完成的,主要用于割炬	火焰燃烧稳定,不易回火	只能使用中压乙炔,不能用低压乙炔

射吸式焊炬的规格以型号表示。图 5-18 为射吸式焊炬的外形,各种型号的射吸式焊炬的主要技术参数见表 5-18。

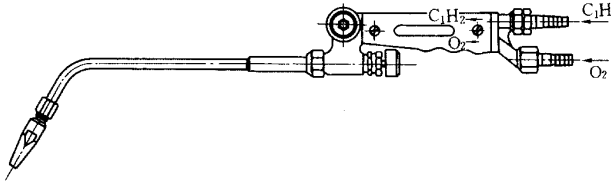


图 5-18 射吸式焊炬

表 5-18 射吸式焊炬的型号及其主要技术参数

型号	焊嘴 号码	焊嘴 孔径 /mm	焊接钢 板厚度 /mm	气体压力/MPa		气体消耗量	
				氧气	乙炔	氧气 (m^3/h)	乙炔 (L/h)
H01-2	1	0.5	0.5~0.7	0.1	0.001~0.1	0.033	40
	2	0.6	0.7~1.0	0.125		0.046	55
	3	0.7	1.0~1.2	0.15		0.065	80
	4	0.8	1.2~1.5	0.175		0.10	120
	5	0.9	1.5~2.0	0.20		0.15	170
H01-6	1	0.9	1.0~2.0	0.20	0.001~0.10	0.15	170
	2	1.0	2.0~3.0	0.25		0.20	240
	3	1.1	3.0~4.0	0.30		0.24	280
	4	1.2	4.0~5.0	0.35		0.28	330
	5	1.3	5.0~6.0	0.40		0.37	430
H01-12	1	1.4	6.0~7.0	0.40	0.001~0.10	0.37	430
	2	1.6	7.0~8.0	0.45		0.49	580
	3	1.8	8.0~9.0	0.50		0.65	780
	4	2.0	9.0~10	0.60		0.86	1050
	5	2.2	10~12	0.70		1.10	1210
H01-20	1	2.4	10~12	0.60	0.001~0.10	1.25	1500
	2	2.6	12~14	0.65		1.45	1700
	3	2.8	14~16	0.70		1.65	2000
	4	3.0	16~18	0.75		1.95	2300
	5	3.2	18~20	0.80		2.25	2600

注:型号含义:例 H01-2,即 H 为焊炬,0 表示手工,1 表示射吸式,2 为最大焊接钢板的厚度为 2mm。

图 5-19 为等压式焊炬示意图。等压式焊炬的型号有 H02-12、H02-20 等,型号中

的 H—表示焊炬 ρ —表示等压式 ,12、20—表示最大的焊接低碳钢厚度。

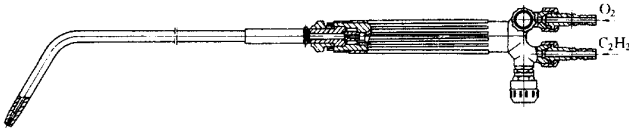


图 5-19 等压式焊炬

等压式焊炬的基本参数见表 5-19。

表 5-19 等压式焊炬基本参数

型号	嘴号	孔径 /mm	氧气工作压力/MPa	乙炔工作压力/MPa	焰芯长度 \geq /mm	焊炬总长度 /mm
H02-12	1	0.6	0.2	0.02	4	500
	2	1.0	0.25	0.03	11	
	3	1.4	0.3	0.04	13	
	4	1.8	0.35	0.05	17	
	5	2.2	0.4	0.06	20	
H02-20	1	0.6	0.2	0.02	4	600
	2	1.0	0.25	0.03	11	
	3	1.4	0.3	0.04	13	
	4	1.8	0.35	0.05	17	
	5	2.2	0.4	0.06	20	
	6	2.6	0.5	0.07	21	
	7	3.0	0.6	0.08	21	

(4) 割炬 割炬是气割的主要工具,可以安装或更换割嘴,调节预热火焰气体流量和控制切割氧流量。割炬按可燃气体和氧气混合方式不同分射吸式(低压)割炬和等压式割炬两种,如图 5-20 所示。

射吸式割炬是在射吸式焊炬的基础上增加了切割氧气的通道和阀门,采用专门的割嘴,割嘴中心是切割氧孔,预热火焰均匀地分布在切割氧孔的周围,其工作原理和射吸式焊炬基本相同。常用射吸式割炬的型号及其主要技术参数见表 5-20。

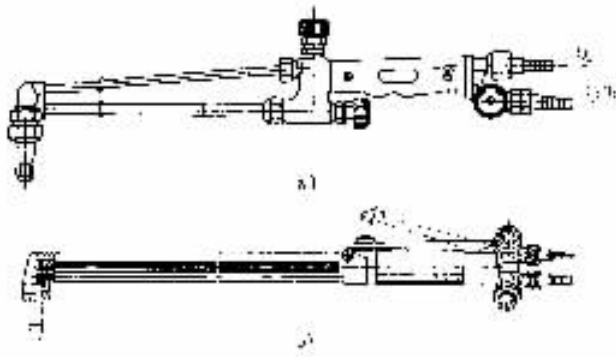


图 5-20 割炬

a)射吸式割炬 b)等压式割炬

表 5-20 射吸式割炬的型号及其主要技术参数

型号	割嘴号码	割嘴型式	切割氧孔径 /mm	切割钢板厚度 /mm	气体压力/MPa		气体消耗量	
					氧气	乙炔	氧气 (m ³ /h)	乙炔 (L/h)
G01-30	1	环形	0.6	2~10	0.20	0.001~0.10	0.8	210
	2		0.8	10~20	0.25		1.4	240
	3		1.0	20~30	0.30		2.2	310
G01-100	1	梅花形	1.0	10~25	0.30	0.001~0.10	2.2~2.7	350~400
	2		1.3	25~50	0.35		3.5~4.3	460~500
	3		1.6	50~100	0.50		5.5~7.3	550~600
G01-300	1	梅花形	1.8	100~150	0.50	0.001~0.10	9.0~10.8	680~780
	2		2.2	150~200	0.65		11~14	800~1100
	3	环形	2.6	200~250	0.80		14.5~18	1150~1200
	4		3.0	250~300	1.0		19.26	1250~1600

等压式割炬工作原理和等压式焊炬基本相同,切割氧孔在预热火焰的中央。常用等压式割炬的型号和基本参数见表 5-21。

表 5-21

等压式割炬的型号和基本参数

割炬型号	割嘴号码	切割氧孔径/mm	氧气工作压力/MPa	乙炔工作压力/MPa	可见切割氧流长度(不小于)/mm	割炬总长度/mm
G02-100	1	0.7	0.2	0.04	60	550
	2	0.9	0.25	0.04	70	
	3	1.1	0.3	0.05	80	
	4	1.3	0.4	0.05	90	
	5	1.6	0.5	0.06	100	
G02-300	1	0.7	0.2	0.04	60	650
	2	0.9	0.25	0.04	70	
	3	1.1	0.3	0.05	80	
	4	1.3	0.4	0.05	90	
	5	1.6	0.5	0.06	100	
	6	1.8	0.5	0.06	110	
	7	2.2	0.65	0.07	130	
	8	2.6	0.8	0.08	150	
	9	3.0	1	0.09	170	
G02-500	7	3.0	1.2	0.05~0.10	180	—
	8	3.5	1.6		200	
	9	4.0	2.0		220	

(5)气刨枪 气刨枪是碳弧气刨时所用的工具,其作用是夹持碳棒、传导电流和输送压缩空气,常用的形式有焊钳式气刨枪、扁碳棒气刨枪和圆周送风式气刨枪(图 5-21)。

焊钳式气刨枪为侧面送风式气刨枪,压缩空气紧贴碳棒的后侧吹出。其优点是,当碳棒伸出长度在较大范围变化时,始终能吹到熔化的铁水上,使铁水被吹走,同时碳棒前面的金属不受压缩空气的冷却,碳棒伸出长度调节方便,各种直径或扁形碳棒都能使用。缺点是只能向单一方向刨削。

圆周送风式气刨枪的压缩空气沿碳棒四周吹出。其优点是碳棒冷却均匀,刨削时熔渣从刨槽的两侧吹出,刨槽的前端无熔渣堆积,易看清刨削方向,枪体重量轻,使用灵活。

扁碳棒气刨枪用于夹持截面为长方形的碳棒。

(6)喷灯 喷灯有煤油喷灯和汽油喷灯两种,图 5-22 为一种汽油喷灯。喷灯使用时经加油后,首先加热灯头,然后用手动泵充气,当燃料到达灯头时由于受热汽化从喷嘴喷出而连续燃烧,火焰温度最高可达 1200~1300℃。

喷灯的规格一般以灯壶的贮油量 (kg)表示。煤油喷灯常用规格有 0.8、2.1、3.1kg 几种。汽油喷灯常用规格有 0.4、0.8、1.6、3.1kg 几种。应注意煤油喷灯严禁使用汽油作燃料。

(7)点火枪 气割、气焊时使用点火枪点火最为安全方便。点火枪有采用电石的机械式和电子式等,如图 5-23 所示。

(8)烙铁 烙铁分火烙铁和电烙铁两类。火烙铁的烙铁头与烙铁柄用螺纹联接或铆接而成(图 5-24a),烙铁头是用纯铜锻打而成。

火烙铁是用木炭炉、焦炉、煤气或氧-乙炔焰加热。

电烙铁是用电能加热,有直头和弯头之分(图 5-24b)。

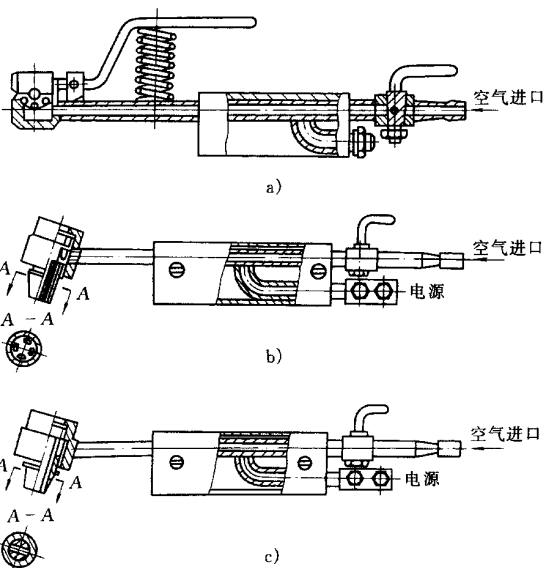


图 5-21 气刨枪

a)焊钳式气刨枪 b)扁碳棒气刨枪 c)圆周送风式气刨枪

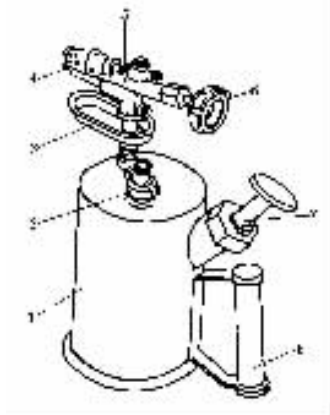


图 5-22 喷灯

- 1—筒体 2—加油阀
- 3—预热燃烧杯 4—火焰喷头
- 5—喷油针孔 6—放油调节阀
- 7—打气阀 8—手柄

弯头电烙铁常用的功率有 1.50~300W,适用于焊接电气元件及小工件。

直头电烙铁常用的功率有：

非调温型外热式电烙铁功率有 30、50、75、100、150、200、300、500W。

非调温型内热式电烙铁功率有 20、35、50、70、100、150、200、300W。

9. 起重工具

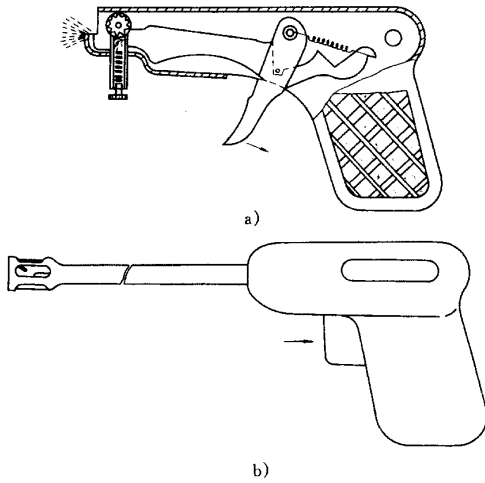


图 5-23 点火枪

a)机械式 b)电子式

起重工具是指起升重物时所用的工具。常用的有千斤顶、吊具和起重绳索等。

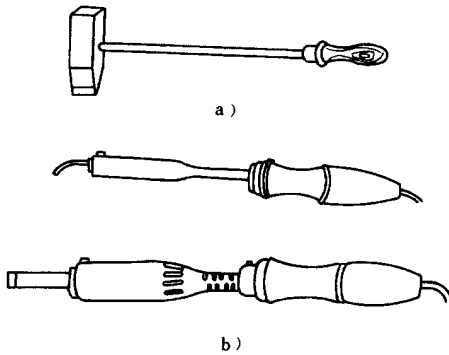


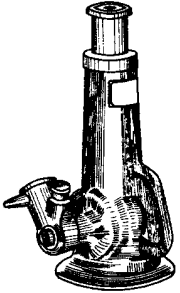
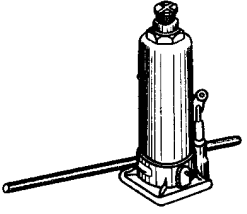
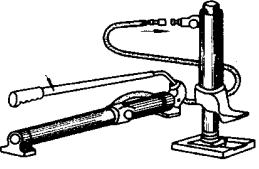
图 5-24 烙铁

a)火焰烙铁 b)电烙铁

(1)千斤顶 千斤顶用于将重物顶升高度不大的场合,在装配中也可作为顶压工作。千斤顶可分为螺旋式和液压式两种,见表 5-22。

表 5-22

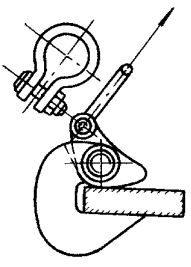
千斤顶

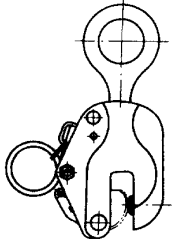
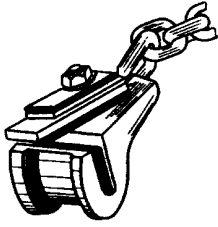
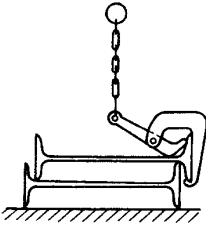
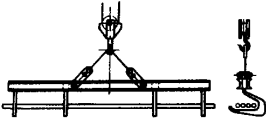
名称	简图	用途规格
螺旋式千斤顶		利用螺纹自锁可以省力的原理而制成的一种起重工具 型号有 Q3、Q5...Q50 等,起重量相应为 3、5...50t
液压千斤顶		利用油液传递压强,从而顶举重物的一种起重工具 型号有 QY3、QY8、QY20 和 QY100 等,起重量相应为 3、8、20、100t
液压分离式起顶机		除用作起重外,安装附件后,还可作拉、压、扩张、夹紧等功能。并可远离重物 1.5m 左右进行操作 规格有 5t 和 10t 两种

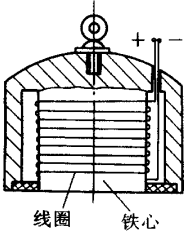
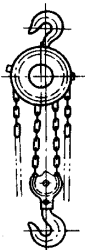
(2)吊具 吊具是起吊各种钢材时所用的工具,常用的有钢板吊具、槽钢吊具、工字钢吊具和电磁吊具等,见表 5-23。

表 5-23

常用吊具

名称	简图	用途
钢板吊具 (水平吊运)		利用偏心原理而夹紧钢板的水平吊运。为减少吊索起吊时的受力,两吊索的夹角最好不大于 120°



名称	简图	用途
<p>钢板吊具 (垂直吊运)</p>		<p>利用偏心原理而夹紧钢板的垂直吊运</p>
<p>槽钢吊具</p>		<p>用于吊运单根槽钢</p>
<p>工字钢吊具</p>		<p>用于吊运单根工字钢</p>
<p>横吊梁</p>		<p>用于吊运各种型钢、管材和轴类零件。吊运中能保持材料的平衡和无需捆绑</p>

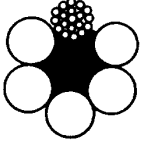
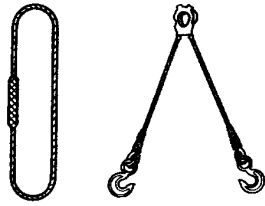

名称	简图	用途
电磁吊具	 <p style="text-align: center;">线圈 铁心</p>	<p>利用线圈通直流电后产生磁力而吊吸钢铁材料。用于吊运表面平整或数量较多的小零件</p>
手拉葫芦		<p>用于在野外或工地无起重设备的场合</p> <p>起重重量有 0.5、1、2、3、5、10t,起升高度在 2.5~5m 之间</p>

(3)起重绳索 起重绳索有麻绳、钢丝绳和吊链等,见表 5-24。

表 5-24

起重绳索

名称	简图	用途
麻绳		<p>麻绳具有轻便、容易捆绑的优点,但强度低、容易磨损和腐蚀</p> <p>用于吊运重量小于 500kg 的重物</p>
尼龙绳、涤纶绳		<p>重量轻、质地柔软,耐腐蚀,抗拉强度比麻绳高</p> <p>用于吊运表面光洁和表面不许磨损的工件</p>

名称	简图	用途
钢丝绳		具有强度高、耐磨损、工作可靠、成本低等优点。其缺点是不易折弯,不能吊运温度较高的工件
吊索		有万能吊索、单钩吊索、双钩吊索等多种形式 用钢丝绳制作的吊索具有强度高和使用方便的优点,应用广泛
吊链		有万能吊链、单钩吊链、双钩吊链等多种形式 吊链挠性好,但自重大,用于起吊沉重或高温的重物

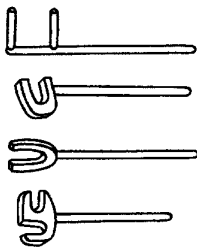
二、常用夹具

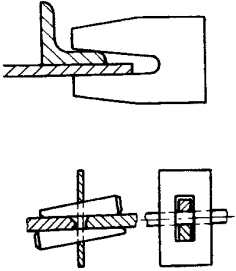
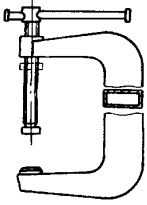
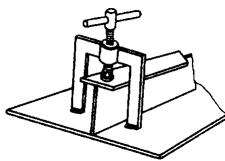
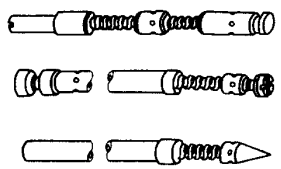
在划线、装配和焊接工作中,夹具用于工件的定位和夹紧等工作。按夹具的动作分类,可分为手动、气动、液压和磁力夹具等。

1. 手动夹具

手动夹具有杠杆式、楔条式、螺旋式、肘节式、偏心式等多种形式,见表 5-25。

表 5-25 手动夹具

名称	简图	用途
杠杆夹具		利用杠杆原理夹紧工件,又能用于矫形和翻转工件

名称	简图	用途
楔条夹具		<p>利用开口或开孔的夹板和楔条配合,将工件夹紧。将楔条打入时,楔条的斜面可产生夹紧力,从而达到夹紧的目的</p>
螺旋夹具		<p>利用螺杆的作用起到夹、拉、顶、撑等多种功能。弓形螺旋夹是夹紧器中常用的一种</p>
螺旋夹具		<p>借助 II 形或 L 形铁和螺杆起压紧作用</p>
螺旋夹具		<p>利用螺栓两端相反方向的螺纹,旋转螺栓时,只要改变两弯头的距离,可达到拉紧目的</p> <p>推撑器螺杆具有正反方向的螺纹,旋转螺杆时,起到顶紧或撑开的作用</p>

名称	简图	用途
肘节夹具		<p>用于中、薄板的拼装,其特点是夹紧快,夹紧厚度的调节范围大</p>
偏心夹具		<p>用手柄旋转偏心轮,从而改变偏心距 e,达到夹紧目的 偏心夹具优点是动作快,缺点是夹紧力小</p>

2. 气动夹具

气动夹具(图 5-25)是利用压缩空气的压力,推动活塞杆作往复移动,从而达到夹紧目的。

气动夹具适用于中、薄板构件的夹紧。

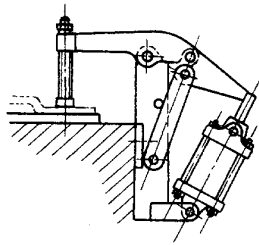


图 5-25 气动夹具

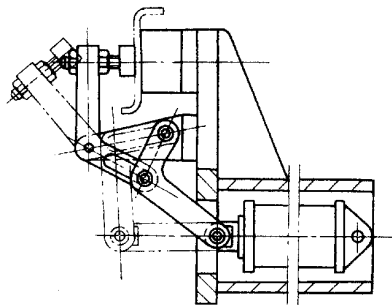


图 5-26 液压夹具

3. 液压夹具

液压夹具(图 5-26)主要由液压缸、活塞和活塞杆等组成。液压缸使活塞杆产生直

线运动,推动杠杆装置来夹紧工件的。

液压夹具的优点是夹紧力大,工作可靠,缺点是液体易泄漏,维修不便。

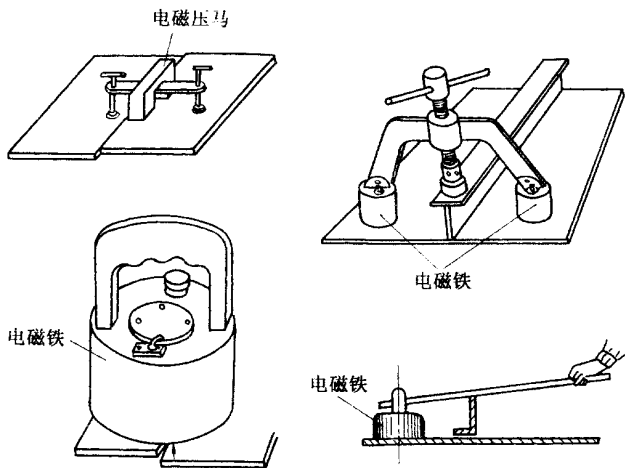


图 5-27 磁力夹具

4. 磁力夹具

磁力夹具具有永磁式和电磁式两种类型,图 5-27 为磁力夹具的应用情况,这种夹具是利用磁铁吸住钢板,靠磁力或靠旋转压马上的丝杆或用杠杆来夹紧工件的。

三、常用量具

量具的品种很多,常用的有钢直尺、钢卷尺、木折尺、游标卡尺、90°角尺、万能角度尺等,现分述如下。

1. 钢直尺(图 5-28)

钢直尺用于测量长度。其规格有 150、300、500、1000、1500、2000mm 数种,最高测量精度为 0.5mm。测量时,若从一个斜的视角读测量值就会产生读数误差。



图 5-28 钢直尺

2. 钢卷尺(图 5-29)

钢卷尺用于大尺寸的测量,携带方便,其测量精度比钢直尺低。

钢卷尺有自卷式和摇卷式两种。自卷式的长度规格(m)有 1、2、3、3.5 和 5,摇卷式的长度规格(m)有 5、10、15、20、30、50、100 几种。

3. 游标卡尺(图 5-30)

游标卡尺有多种用途,能测量工件的厚度、外径、内径及孔的深度。它是一种精度较高的测量工具。

测量精度有 0.1、0.05、0.02mm 三种。

测量长度有 125、200、300mm 等数种。

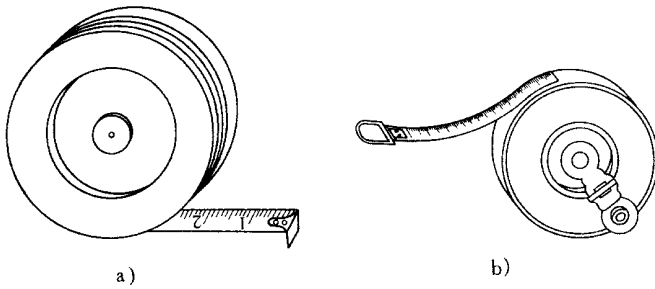


图 5-29 钢卷尺
a)自卷式 b)摇卷式

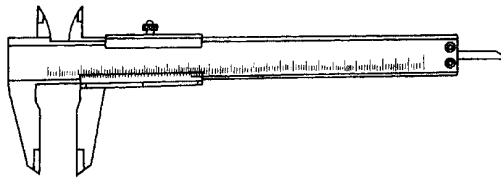


图 5-30 游标卡尺

游标卡尺属较精密的量具,使用中应注意保护内外量爪的测量面。工作时应尽量防止工件与测量面发生摩擦,表面粗糙的工件不宜用这种量具测量。

4. 卡钳(图 5-31)

卡钳是一种间接量具,当零件的外形不宜用直尺直接测量时可用卡钳先测量,再把卡钳移到直尺上读出测量结果。卡钳分外卡钳和内卡钳两种。外卡钳用于测量外径、厚度;内卡钳用于测量内孔尺寸。

卡钳的规格以全长表示,一般有 100、150、200、250、300mm 等几种。

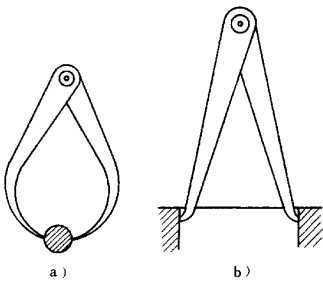


图 5-31 卡钳
a)外卡钳 b)内卡钳

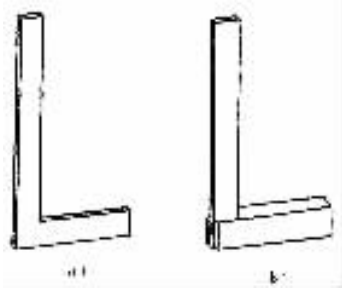


图 5-32 90°角尺
a)带边 90°角尺 b)不带边 90°角尺

5. 90°角尺(图 5-32)

90°角尺主要用于检验工件的垂直度,也可用于划垂直线,是一种定值的角度量具,90°角尺有带边和不带边两种。带边直角尺可以工件的侧面定位,直接进行测量或划线。

90°角尺的尺身长度常用的有 150、200、300、400、500、1000mm 数种。

6. 万能角度尺(图 5-33)

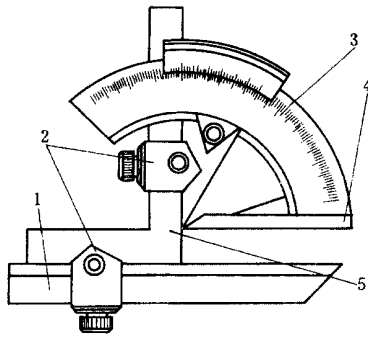


图 5-33 万能角度尺

1—直尺 2—卡块 3—主尺

4—基尺 5—90°角尺

由刻度盘、扇形板、90°角尺和直尺等组成。在刻度盘的 130°圆弧上分布着主刻线，扇形板上刻有游标。这种量角器可以测量 0°~180°的外角和 40°~130°的内角。测量精度可达 2'。

7. 焊接测量器(图 5-34)

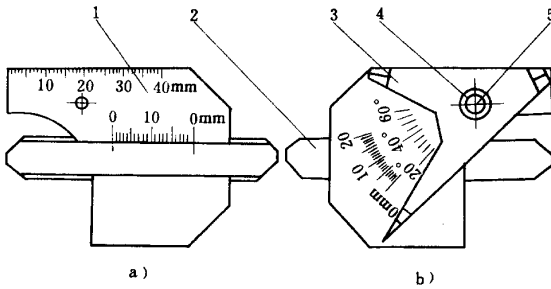


图 5-34 焊接测量器

1—测量块 2—活动尺 3—测角板 4—垫圈 5—铆钉

焊接测量器专用于测量焊件的坡口、装配尺寸、焊缝尺寸和角度等的测量工具。用焊接测量器测量焊缝尺寸的方法见图 5-35。

8. 水平尺(图 5-36)

用于测量工件表面的水平度。水平尺由尺身和水准管组成。与尺身纵向平行的水准管能测量工件的水平位置，而与尺身纵向垂直的水准管能测量其垂直度。

水准管上的刻度用来指示工件表面的倾斜程度。测量根据水准管内空气泡移动的位置来判断尺身的倾斜程度，尺身的倾斜程度就是工件表面的倾斜程度。现以刻度值为 2mm/m 的水平尺测量为例，如空气泡位于刻度正中，则表示被测表面处于水平位置。若空气泡向一端移动一个刻度，表明被测表面处于倾斜位置，即在 1m 长度内，一端高出 2mm，其倾斜度为 2/1000。

9. 水平软管(图 5-37)

水平软管用于测量较大工件的水平度。水平软管是由一根较长的橡皮管和两根短玻璃管组成。软管内加注酒精或乙醚的液体，其两端与两根高度相同的标杆相固定，标杆上

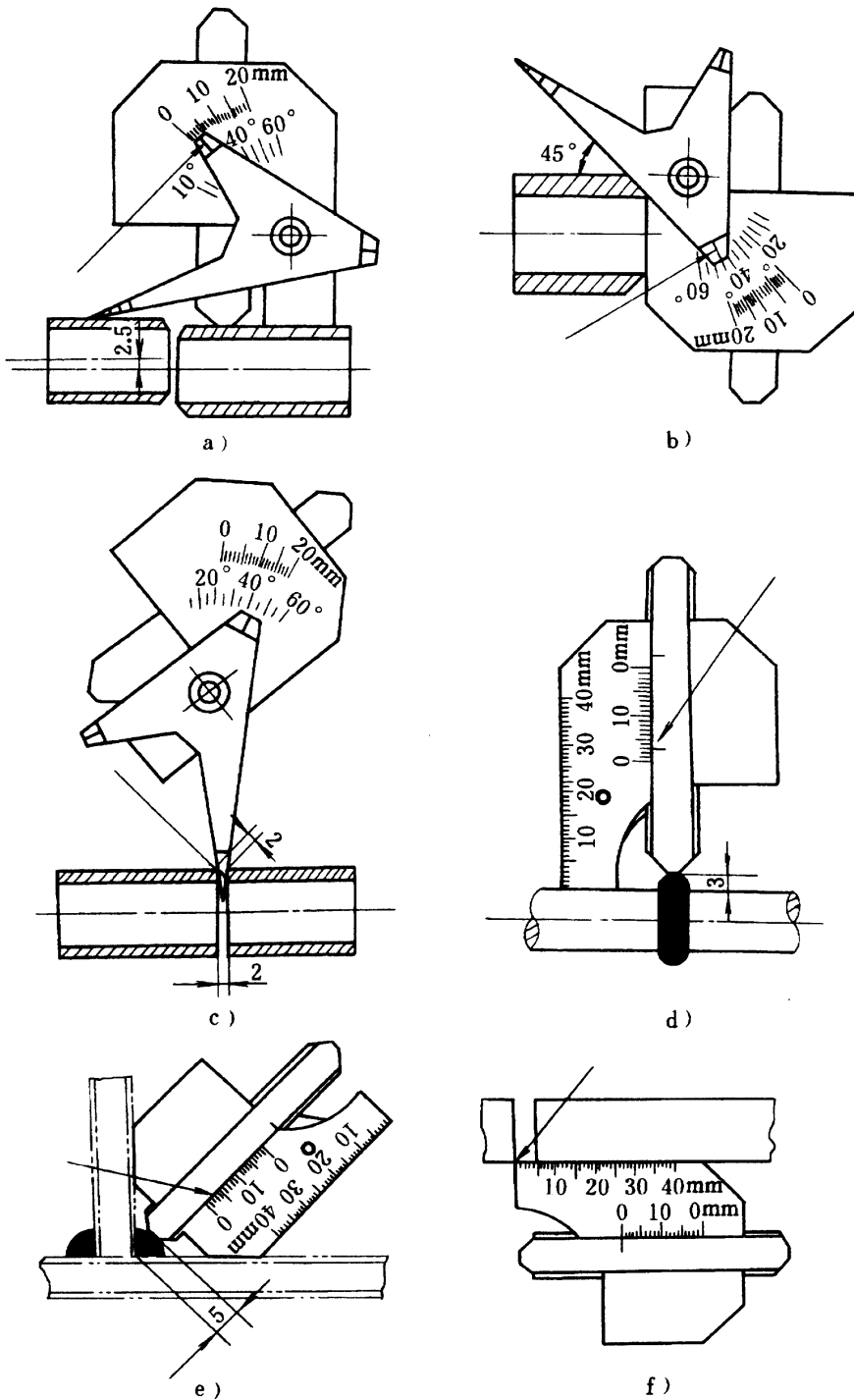


图 5-35 焊接测量器测量焊缝尺寸

- a 测量管子错边 b 测量坡口角度 c 测量装配间隙
 d 测量焊缝余高 e 测量角焊缝厚度 f 测量对接间隙

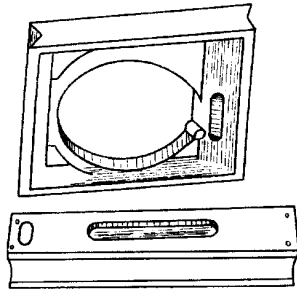


图 5-36 水平尺

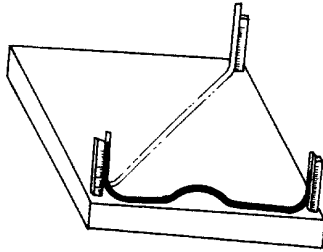


图 5-37 水平软管

有相应的刻度,测量时,把软管的两端标杆,垂直放置于被工件表面的不同位置,观察软管两端水位的高度,若高度一致,则说明处于水平位置。

10. 水准仪(图 5-38)

水准仪主要由望远镜、水准器和基座组成。在装配或安装大型构件时,水准仪用于测量结构的水平线和测定各点间的高度差。

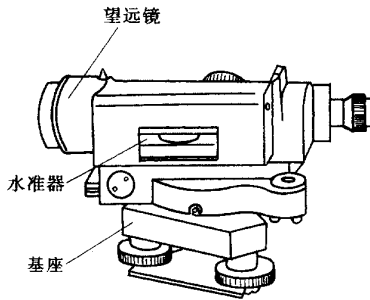


图 5-38 水准仪

11. 经纬仪(图 5-39)

经纬仪主要由望远镜、竖直度盘、水平度盘和基座等部分组成。经纬仪能用于测角、测距、测高和测定直线等。

12. 线锤(图 5-40)

装配和定位时,线锤用于测量工件的垂直度或进行定位。线锤的形状为圆锥体,顶端平面中心装有顶帽,供穿线用。规格以重量(kg)表示,有 0.1、0.2、0.25、0.3、0.4、0.5 数种。

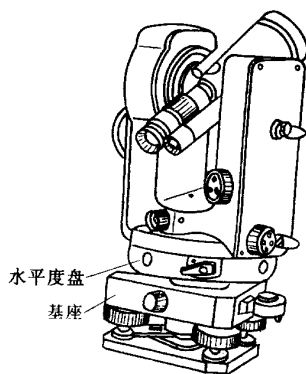


图 5-39 经纬仪

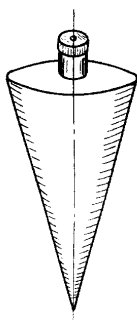


图 5-40
线锤

第六章 计算机控制技术

第一节 几个基本概念

一、模拟量、模拟信号和数字量、数字信号

(一) 模拟量、模拟信号

模拟量是时间上连续、幅值上也连续的量,比如温度、厚度、流量、压力等。

模拟信号是一种在时间上连续的信号,可用信号的某些参数(如幅值)去模拟信息(如数值或物理量的大小),所以称为模拟信号或模拟量。用模拟信号表示数据大小的缺点是精度低,表示范围小,抗干扰能力差,难于存储,难于表示逻辑信息等其他类型的信息。

(二) 数字量、数字信号

数字量是时间上离散、幅值上也离散的量,这种量常用若干位代码或序列脉冲表示其值,比如人名、学号、人数等。

数字信号是一种在时间上或空间上断续(离散)的信号,它的单个信号仅取有限的几种状态,目前常用的是二值逻辑,仅取0、1两种状态值,非0即1,依靠彼此离散的多位信号的组合表示广泛的信息,处理时逐位处理。数字信号的一种形式是脉冲,如脉冲未出现时信号为低电平0V,出现时信号为高电平+5V。这样可以用脉冲的有无来区分1或0。脉冲信号的特点是:信号电平向正(或负)方向跳变,并维持很短的时间,然后又回到原来的状态。可以利用这种跳变(脉冲的上升或下降边)表示某一时刻,起定时的作用,或依据它识别脉冲的有无。数字信号的另一种形式是电平信号,利用信号电平的高低表示不同状态值,通常定义高电平(如+5V)表示1,低电平(如0V)表示0。由于是依据电平的高低起作用,故电平信号维持某种电平的时间相对要长些。在计算机内部广泛采用电平信号表示数字代码,如寄存器输出、内部数据传送等。

开关量是只有两种取值的数字量,比如开关的断开和闭合状态、电动机的启停状态、门的开关状态。

非电模拟量既可以用模拟电信号来表示,也可以用数字电信号来表示。用数字电信号来表示非电模拟量需要有把非电模拟信号转换成数字电信号的设备,比如模/数转换器等。同样地,非电数字量既可以用数字电信号表示,也可以用模拟电信号来表示。用模拟

电信号来表示非电数字量需要有把非电数字信号转换成模拟电信号的设备,一般通过调幅、调频、调相等方式,把二进制电压脉冲信号加载到高频载波上,变换成高频模拟电信号后传输。

二、在线、离线

在计算机控制系统中,一个设备在线或联机是指该设备与计算机中央处理器连在一起,其工作直接接受中央处理器的控制。如果设备与中央处理器断开,则称离线或脱机。但通常所说的某设备(或某技术)在线是指该设备(或该技术)已成为生产线或生产流程必不可少的一个组成部分或必经的一个环节。

三、模型分类和数学模型及其自学习

(一)模型的分类

模型是对现实世界的事物、现象、过程或系统的简化描述,或其部分属性的模仿。按照表现形式,模型分为物理模型、数学模型、结构模型和仿真模型。

物理模型也称实体模型。它又可分为实物模型和类比模型。实物模型是根据相似性理论制造的按原系统比例缩小或放大的实物,例如风洞实验中的飞机模型、水力系统实验模型、建筑模型、船舶模型等。在不同的物理学领域(力学的、电学的、热学的、流体力学的等)的系统中,各自的变量有时服从相同的规律,根据这个共同规律可以制出物理意义完全不同的比拟和类比的模型,这种模型叫类比模型,例如用电阻、电容构成的电路,其输出电压特性可以模拟由节流阀和气容构成的气动系统的压力响应。

结构模型是主要反映系统的结构特点和因果关系的模型。结构模型中的一类重要模型是图模型。此外生物系统分析中常用的房室模型等也属于结构模型。结构模型是研究复杂系统的有效手段。

仿真模型是通过数字计算机、模拟计算机或混合计算机上运行的程序表达的模型。采用适当的仿真语言或程序,物理模型、数学模型和结构模型一般能转变为仿真模型。

数学模型是用数学语言描述的一类模型。数学模型可以是一个或一组代数方程、微分方程、差分方程、积分方程或统计学方程,或是它们的某种适当的组合。通过这些方程定量地或定性描述系统各变量之间的相互关系或因果关系。除了用方程描述的数学模型外,还有用其他数学工具,如代数、几何、拓扑、数理逻辑等描述的模式。需要指出的是:数学模型描述的是系统(或对象)的行为和特征而不是系统的实际结构。一般情况下,一个数学模型反映了系统(或对象)某一方面的特性。

在工业过程控制中,建立被控对象的数学模型的目的主要是:

- (1)工业过程优化操作;
- (2)控制系统方案设计和仿真研究;
- (3)控制系统的调试和控制器参数的整定;
- (4)工业过程故障检测与诊断;
- (5)设备启动与停车的操作方案;
- (6)建立操作人员培训系统。

轧钢生产过程中数学模型按用途的不同,分为工艺类数学模型和控制类数学模型。建立工艺类数学模型,需要运用工艺理论知识,如轧制原理、轧钢工艺学,这类模型一般用于过程控制级计算机进行最优设定值计算。控制类数学模型一般用于基础自动化级计算机对执行机构最优控制计算。控制模型主要是根据自动控制理论和对控制系统的性能要求,并结合对象具体特性设计出来的。不同的控制模型和控制算法体现了不同的控制规律,反馈控制中经常采用在比例控制基础上加积分控制或微分控制的控制规律。

数学模型在计算机中一般是以数学公式(转换成的程序)或表格形式出现。对数学模型的主要要求是结构简单,预报准确,以缩短计算机运算时间,并得到精确的结果,但这两者往往是互相制约的。建立数学模型的方法很多,过程也不同,多采用理论和经验相结合的方法。但一些复杂对象建模较难,甚至在目前的数学理论中还没有相应的公式能表示其特性,因此应通过其他方法(如神经网络理论、模糊控制理论)来建立模型。

(二) 数学模型的自学习

计算机控制系统由计算机系统(包括硬件和软件)、控制系统和检测仪表三部分所组成,其中软件系统(主要是数学模型)是影响计算机控制效果的关键因素,改进数学模型是提高控制系统性能的重要手段。由于建立数学模型过程中对对象复杂特性的简化处理、检测仪表测量误差等多种原因,大多数情况下得到的数学模型预报精度是不高的,在轧钢计算机控制中,常采用自适应、自学习技术提高其精度。

由于模型本身的误差、检测仪表测量误差以及过程状态的变化,造成在输入量相同的情况下,模型输出量预报值与实际值不一致,即存在预报误差。轧钢控制系统中的自适应控制一般是在有计算机控制的条件下,通过对过程信息的不断检测和某种统计算法,在线、实时地修改模型中的系数,使之能跟踪过程状态的变化,以正确反映过程各参数间的关系,从而减小过程状态变化所带来的误差,逐渐提高模型预报精度。

建立模型时一般要做实验,要用到大量的实测数据,但实验条件与生产条件不可能完全相同,并且生产条件也在变化,比如,由于轧辊磨损和换辊,轧辊表面状态会变化,外摩擦系数和轧辊直径会因此变化;由于存在偏析和温度不均,材料变形抗力会沿轧件长度方向变化,前后两根轧件也会不同,这些变化在前滑模型和轧制力模型等模型中一般不予考虑,使模型不能反映当前轧制状态,影响了模型精度。

自适应控制算法多采用指数平滑法,此时应用以下数学模型:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m) + B$$

或

$$y = Bf(x_1, x_2, \dots, x_m)$$

模型中系数 B 反应了过程状态的变化,因此,过程状态变化时对 B 作相应修正就可适应过程特性的变化。为此,可应用与当前(设为第 n 次)临近的实测数据 y, x_1, x_2, \dots, x_n 根据上面式子反算出 B 的实测值 B'_n ,此值反应了临近时刻的过程状态,接着用下列指数平滑递推公式算出用于第 $n+1$ 次设定计算用的 B 值:

$$B_{n+1} = B_n + \alpha(B'_n - B_n)$$

式中 B_n ——第 n 次设定计算用月值;

B'_n ——第 n 次设定后 B 的实测值；

α ——增益系数,在 $0 \sim 1$ 之间取值。

一般地说,当 α 取大值时,可以加快学习纠正,但易引起学习的振荡;而当 α 取小值时,则学习过程放慢,但比较稳定,见图 6-1。实际生产中,当换规格等情况发生时,希望自学习功能很快起作用,且快速学习,以克服环境的变动,而当轧过四五根钢后,设定精度由于学习而已经较高时,则希望加以稳定而不希望由于出现不好的实测数据反而学坏,因此在自学习功能中应该(1)严格控制条件,在数据不可靠时,本块钢不学习;(2)换规格时 α 值适当加大(取 $0.4 \sim 0.5$),以加快修正过程,一旦当设定精度已达到某一范围内时,应适当减少 α 值(取 $0.1 \sim 0.2$),以求学习的稳定;(3)利用数据统计的可信度计算,判别本次实测数据的可靠程度,不可靠时,取 α (即不学习),可靠性高时,取 0.35 或 0.4 ,而可靠性不很高时,可取 0.1 或 0.2 。

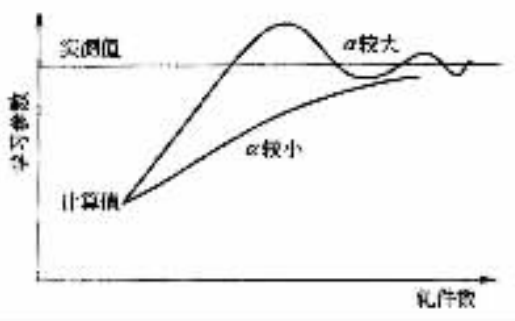


图 6-1 自学习过程

模型自学习既可以解决正在轧制带钢的(轧钢设备操作量)设定值校正问题,也可以解决同钢种、同规格的下一根带钢轧制时设定值校正问题。实践证明,如果轧机设定值计算系统有模型自学习功能,则对轧制力等模型精度要求可以适当降低。

四、控制、自动控制、实时控制

控制就是通过采取某种措施手段达到某种目标,比如采取某种冷却手段,使轧辊轴承温度始终在某一温度以下,以防轧辊轴承被烧坏。靠人力直接完成控制动作的称为手动控制或人工控制,而自动控制是在没有人直接参与的情况下,自动进行的控制过程。计算机自动控制系统是有计算机参与的自动控制系统。

实现自动化的技术手段可以是多种多样的,可用电气方法、机械方法、液压方法、电气液压方法、气动方法以及它们的综合应用的方法,其中以电气自动控制方法最为普遍。如图 6-2 所示,一个简单的自动控制系统由自动检测仪表、执行机构、控制器以及被控对象组成。

自动化技术不仅应用在工业、农业、交通运输和国防等工程领域,还应用在社会、生态环境、生物医学、管理等方面。自动控制系统性能的优劣,将直接影响到产品的产量、质量、成本、劳动条件和预期目标的完成。

在计算机控制系统中,控制对象是一个正在按自己的运动规律运行的生产过程或物

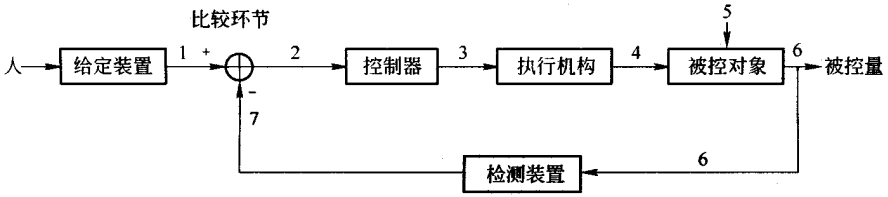


图 6-2 单回路反馈控制系统结构框图

理过程,计算机必须在上述过程正在运行的时候采集运行数据,进行各种计算,发出控制命令,并通过执行机构对该过程施加影响,在生产过程发生不正常情况时,应及时进行事故处理和报警。所以,计算机对运行情况的微小变动要及时地做出响应,及时地计算和控制。为了达到这一要求,一般是从硬件和软件两方面来保证。硬件方面配有实时时钟和优先级中断处理电路。软件方面配备有完善的时钟管理、中断处理等程序,并配备实时操作系统。应保证在过程正常进行时,严格按事先安排好的时间计划表进行操作;当过程有变化而请求中断时,则分别轻重缓急,尽快地响应。

第二节 自动控制系统的分类

自动控制系统分类方法有多种,这里介绍常见的分类方法。

一、按控制系统的结构特点分类

(一)反馈控制系统、闭环控制系统

反馈控制思路是先检查结果(被控量实际值)或结果与目标的偏差(被控量给定值与实际值之差),然后采取措施(调整控制量),使结果向目标靠近。反馈有正反馈和负反馈之分,工厂里的反馈自动控制系统都是负反馈控制系统,故在图 6-2 中给定值信号和反馈值信号极性相反(一个为“+”,一个为“-”),保证输入给控制器的信号代表设定值与反馈值之差。

在反馈控制系统中,被控对象的输出量(被控量实际值)信号通过反馈通道(检测仪表)被引回来作用到控制器输入端,影响控制信号,这样信号在系统各环节中的传递形成一个闭合环路(见图 6-2),故反馈控制系统又称为闭环控制系统。一个回路(或一个环)一般只控制一个量,有多个量需要控制时,就要设计和配置多个回路。

图 6-2 中各个环节作用如下:

(1)被控对象(或控制对象):指生产过程、生产设备。

(2)检测装置(或检测元件、检测环节、反馈环节):用来检测被控量(实际值),并按照一定比例反馈到系统输入端。自动化带钢生产线上自动检测仪表一般有金属检测器、测温计、测厚仪、测宽仪、测压仪、辊缝仪、板形仪、张力计等。

(3)控制器(或调节器、放大器、校正器):运算装置,对偏差按照控制模型,算出应该给

执行机构发出的控制信号大小和极性。控制器常兼作比较环节用,即计算被控量偏差。在模拟(连续)控制系统中,常采用集成运算放大器构成的模拟式控制器,在计算机控制系统中,常采用计算机这种数字式控制器。

(4)执行机构(执行元件、执行器)接受控制器输出的控制信号,及时把控制量调整到位。执行机构一般是电气传动系统或液压传动系统,大多数是模拟式的,它只能接受模拟控制信号。为保证执行的平稳性、快速性和准确性,往往执行机构本身就被设计成反馈控制系统,称为随动系统,如位置、速度、加速度。

图6-2中各个环节输入输出信号名称介绍如下:

(1)给定值(或设定值、目标值、基准值、系统输入量、参考输入量),是根据工艺、设备、上级控制系统或用户要求,规定(或希望)被控量实际值达到并维持稳定的值。在模拟电控系统中,如果设有专门的给定装置(如电位器),操作人员可以通过该装置将代表非电模拟量给定值的模拟电信号输入给比较环节,但在大多数控制系统中,不单独设置给定装置。

(2)被控量偏差,即被控量给定值与反馈值之差。

(3)控制信号(控制命令、控制作用),代表控制量(或其增量)的给定值。

(4)控制量(操作量、操纵量),是对被控量有显著影响,通过执行机构可灵活改变的量。控制量与被控量常常是不同的。比如被控量是轧出轧件厚度,控制量可以是辊缝、张力。

(5)扰动量(干扰量,噪声),是除给定量、控制量外,对被控量有影响的量,它可以从系统任何环节引入系统,故扰动量是较多的,来自系统外部的称为外扰,来自系统内部的称为内扰。不同干扰量随时间变化特征是多种多样的,控制目的就是克服干扰的影响,使被控量(实际值)稳定在给定值上,或在临近给定值的某一小范围内波动,或按照一定精度跟随给定值变化。

(6)被控量(或被控变量、系统输出量),是被控对象需要控制的变量,一般选择可直接测量的产品质量指标,或对产品质量起重要影响的那些输出变量作为被控量,或选择那些会超越设备能力和操作约束的输出量作为被控量。

(7)反馈值(或反馈量、测量值、实际值),是经检测装置把被控量实际值转变成与给定值信号性质相同且数量级相同的信号。

根据自动控制理论,给定值和反馈值误差都是自动控制系统本身所无法克服的,都会使控制精度降低。因此,要设法提高设备的设定精度和检测仪表的测量精度,以满足产品质量和工艺控制的要求。

反馈控制系统的特点是:对引起被控量变化的所有扰动量都能控制,适应范围广;控制模型简单,大多数情况下,采用简单的比例、积分、微分控制规律即可满足要求。但是,反馈控制是根据偏差来减小偏差,本质上是事后控制,在控制过程中信号在各个环节的变换传递形成一个闭合回路,容易造成系统不稳定,特别是存在严重滞后时。

(二)前馈控制系统、开环控制系统

如果系统的输出量不被引回来对控制系统的控制信号产生影响,这样的控制系统称为开环控制系统。如图6-3所示,在开环系统中,只有一个给定输入量,便有一个相应的

输出量。如图 6-3 所示,前馈控制过程是先检查原因(扰动量),预测结果(被控量),采取措施(调整控制量),使结果接近目标。可见,前馈控制系统是开环控制系统。

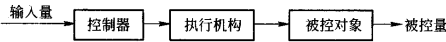


图 6-3 开环控制系统框图

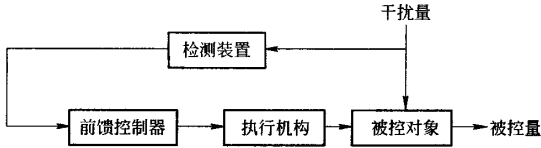


图 6-4 前馈控制系统框图

顺序自动控制系统是开环系统,是执行预先给出的顺序命令,它可分为:

- (1)时间顺序控制——按时间来编排顺序,当前一阶段控制动作结束,再经过一定时间之后转移到下一个动作;
- (2)条件顺序控制——根据前一阶段的控制结果,选定下一阶段所要完成的控制动作。顺序控制一般用于生产过程的开关量控制。

前馈控制系统的特点是根据扰动量(一般是主要扰动量)的变化,及时调整控制量,使被控量不受影响,它控制及时,不会引起系统稳定性的下降,但由于它是开环控制系统,没有反馈作用,系统本身无法检查控制效果,系统的精度只取决于检测精度、系统初始校准的精度以及系统各部件的精度等,当有其他扰动时,系统就无法控制了,因此,前馈控制一般不单独使用,而要与反馈控制相结合使用。

(三)复合控制系统、串级控制系统

复合控制系统是反馈控制和前馈控制相结合的控制系统,如图 6-5 所示,它兼顾了反馈控制和前馈控制的优点。

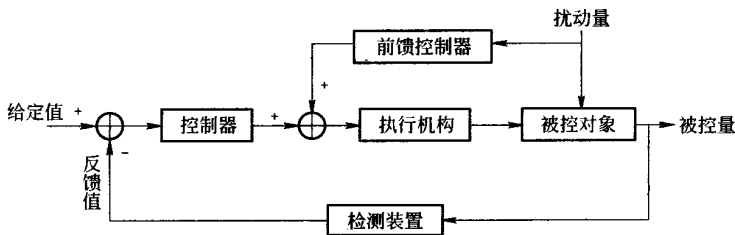


图 6-5 复合控制系统结构框图

在串级控制系统中,有两个或两个以上的回路,这些回路有主回路、副回路之分,主回路一般仅有一个,主回路的被控量称为主被控量,副回路可以有一个或多个,主回路的输出作为副回路设定值或设定值修正的依据,副回路的输出作为真正的控制量作用于被控对象。串级控制可以较容易解决几个因素影响同一个被控量的相关问题,它在轧钢自动化生产中应用较多。图 6-6 是加热炉炉温和煤气流量的串级控制原理图,图中 TC 为温度控制器,是主控制器,FC 为煤气流量控制器,是副控制器,T 为炉温,是主被控量,Q 为煤

气流量,是副被控量。实际加热操作时,由于向炉子供应的煤气压力不恒定,虽然煤气管道阀门位置固定,但并不能保证流量恒定,因此只有温度控制单回路时,煤气压力的变化会引起炉温变化。炉温变化经热电偶测出后,再来调整阀门位置,会使炉温长时间偏离设定值。如图 6-6 所示,增加一个流量控制副回路后,煤气压力变化引起的流量变化在副回路得到克服,使流量恒定,这样就把煤气压力这一个干扰的影响消灭在产生不良结果之前。

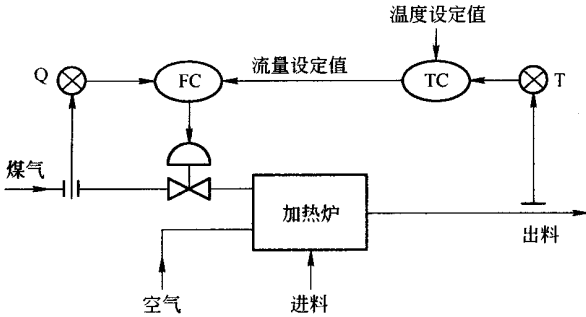


图 6-6 炉温和煤气流量的串级控制

二、按照系统给定值的特点分类

(一) 定值控制系统

定值控制系统是工业生产过程中应用最多的一种控制形式,这种系统在运行时,其被控量的给定值是固定不变的。

(二) 随动控制系统(或随动系统、伺服系统)

随动控制系统是一种被控量的给定值随时间变化,且事先不知道如何变化的控制系统。串级控制时,主被控量不稳定时,主控制器输出是变化的,故副回路构成的控制系统就是随动控制系统;主被控量稳定时,主控制器输出是不变的,故副回路构成的控制系统就是定值控制系统。例如,在图 6-6 所示的系统中,当炉温不变时,煤气流量设定值也不变,此时,流量调节回路为定值控制系统;炉温变化时,煤气流量设定值随之变化,此时,煤气流量调节回路为随动控制系统。

又比如用手抓桌上的东西,眼睛及神经、手臂、大脑和东西就构成一个反馈控制系统,用眼睛“测出”东西和手的位置差,并把这个测量值信号通过神经传给大脑,大脑通过判断运算决定手臂动作方向和位移量,并指挥手臂动作使手指靠近东西。如果东西位置不变,则这样系统为定值控制系统;如果东西是运动的,则这样的系统为随动控制系统。对随动控制系统的主要要求是被控量快速、准确地跟随给定值变化。

(三) 程序控制系统

程序控制系统是给定值按既定的规律随时间变化的反馈控制系统。控制目的是使被控量按规定的程序自动变化。由于冷轧钢卷放在罩式退火炉中后,要按照预定的温度曲线经历升温、保温、降温 3 个阶段,因此罩式退火炉温度控制系统是典型的程序控制系统。

三、按被控对象工艺过程来分类

(一) 电力拖动自动控制系统

电力拖动自动控制系统是以机械运动为主要生产方式,以电动机为被控对象的系统,包括定值控制系统和随动控制系统。

(二) 过程控制系统

过程控制是指对石油、化工、机械、冶金、轻工、建材、原子能等工业生产中连续的或按一定周期程序进行的生产过程的自动控制。被控量通常是温度、流量、压力、液位等过程变量。

四、按自动控制系统的功能分类

(1) 自动调节系统。即定值控制系统。

(2) 最优控制系统(Optimal Control Systems)。最优控制系统是在给定约束条件下,使系统的某种性能指标具有最优值(或极大或极小值)的自动控制系统。构成最优控制系统的控制规律成为最优控制,相应的系统运动轨迹称为最优轨线,而对应的性能指标值称为最优指标值。最优控制系统有开环和闭环两种结构形式。

(3) 自适应控制系统(Adaptive Control System)。自适应控制系统是一种能够连续测量输入信号和系统特性的变化,自动地改变系统的结构与参数,使系统具有适应环境的变化并始终保持优良品质的自动控制系统。

(4) 自学习系统(Self Learning System)。自学习系统具有辨识、判断、积累经验和学习的功能。在控制特性事先不能确切知道或不能确切地用数学模型描述时,采用自学习控制可以在工作过程中,不断测量,估计系统的特性,并决定最优控制方案,实现性能指标最优控制。

第三节 计算机控制系统的组成

一、硬件组成

用一台计算机控制多个量的过程计算机控制系统硬件组成如图6-7所示。由图可见,一个简单的计算机控制系统硬件是由主机、外部设备、过程输入通道(或称检测通道)输出通道(或称控制通道)、人机联系设备和通讯设备、生产过程等组成。

主机包括CPU、RAM、ROM。外部设备包括输入设备、输出设备和外存储器。常用的输入设备是键盘,用来输入程序、数据和操作命令。输出设备有打印机、CRT显示器、绘图机等。外存储器有磁盘、磁带、光盘等,它们兼有输入输出功能。

计算机通过过程输入输出通道与生产过程发生联系,过程输入输出通道有模拟量、数

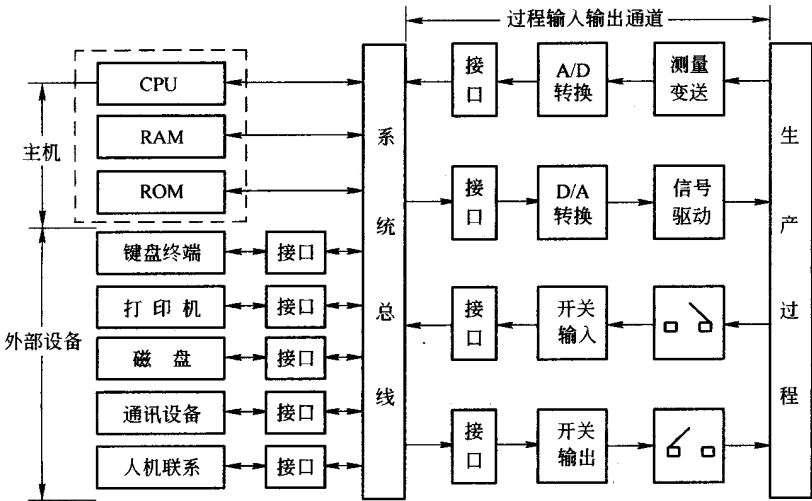


图 6-7 过程计算机控制系统的硬件组成

字量、开关量、脉冲量输入输出通道。

当控制范围较大、控制点较多，或工艺流程较复杂时，往往需要多台计算机组成的网络来完成，这样，一台计算机可通过通讯设备与在其他地理位置、具有其他功能的另一台、多台计算机传递、交换信息。

二、软件组成

没有安装软件的计算机只能称为裸机。计算机要完成某项任务，实现某种功能，必须既有硬件的支持，还要有软件的支持。软件是各种程序的统称，软件的优劣不仅关系到硬件功能的发挥，而且也关系到计算机对生产过程的控制品质和管理水平。

软件分为两大类：系统软件和应用软件。系统软件一般包括汇编语言、高级算法语言、过程控制语言、数据结构、操作系统、数据库系统、通信网络软件和诊断程序等。计算机专业设计人员负责研制系统软件，而过程计算机控制系统设计人员则要了解系统软件，从而更好地编制应用软件。应用软件是控制系统设计人员针对某个生产过程而编制的控制和管理程序，它的优劣直接影响控制品质和管理水平。应用软件一般分为过程输入程序、过程控制程序、过程输出程序、人机接口程序、打印显示程序和各种公共子程序等。其中，过程控制程序是应用软件的核心，是基于经典或现代控制理论的控制算法的具体实现。过程输入、输出程序分别用于过程输入、输出通道，一方面为过程控制程序提供运算数据，另一方面执行控制命令。

现以板坯轧制带钢的轧制过程为例，来说明各个程序的相互关系。图 6-8 是某 1700mm 带钢热连轧机控制的功能程序简要结构图。图中的程序只是反映轧制过程中的主要功能程序，而未将加热炉前面、加热炉里面和加热炉后面的有关功能程序包括在内。在板坯未开始轧制前，先由轧制指令输入程序读入轧制指令卡片（包括钢坯卡片和钢批卡片）上的信息（如钢号、材质、钢坯尺寸、成品尺寸和质量要求等），这时与输入-输出控制程序有关。另外由操作人员通过操作台送入辊径和轧制负荷分配等数据，这时手动设定

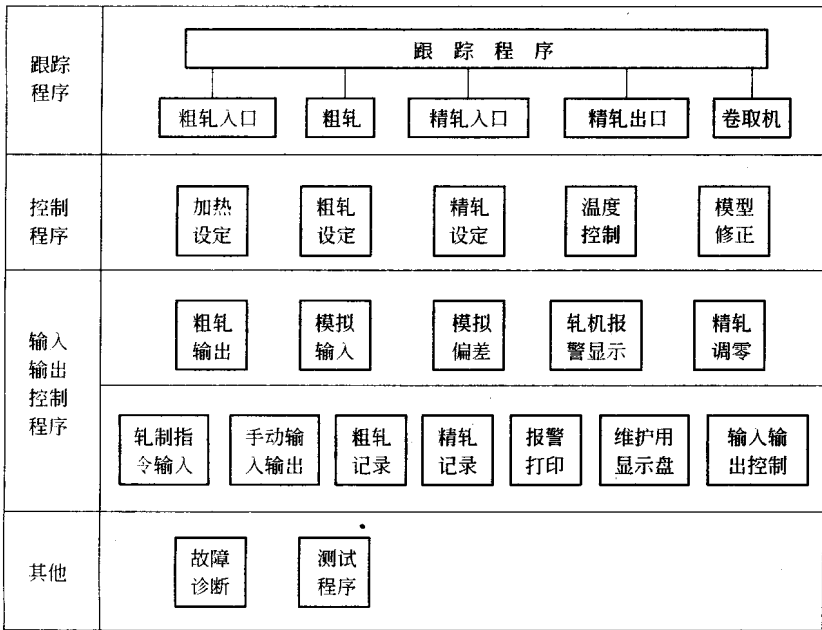


图 6-8 热连带钢轧机计算机控制的功能程序结构

输入-输出程序动作。换辊之后,进行轧辊的压靠调零,并将该零点值送入计算机。此项工作由精轧零点调整程序来完成,此时轧件对轧辊的轧制压力等模拟量的测量由模拟量等输入量的测量程序来完成。为了进行各种控制,首先必须预先由板坯跟踪程序查明每块板坯在什么位置,并以粗轧入口、粗轧机架、精轧入口、精轧出口和卷取机等处为关卡,来跟踪板坯的位置。当板坯一到达这些关卡处,相应的粗轧入口跟踪程序、精轧入口跟踪程序、精轧出口跟踪程序、卷取机跟踪程序就分别开始动作。粗轧入口跟踪程序将轧制指令转到规定的地方,供后面轧机区域的有关各种程序应用。然后粗轧设定程序开始动作,如果前面没有板坯,就由粗轧输出程序将压下量、侧导板的位置和立辊轧机的立辊开口度等参数送给各机架的控制装置。由粗轧跟踪程序从测量仪表读入轧制压力和轧制功率等规定的数,并在最后一架粗轧机处测量粗轧出口带坯的温度、宽度和厚度。如果各项条件检查都通过了,就使精轧设定程序和温度控制程序动作。由精轧入口跟踪程序进行精轧入口温度的测量,并检查它是否已处于能用计算机控制的状态。如果精轧机已处于能用计算机进行控制的状态,接着由精轧设定程序计算为确保精轧机组出口温度和厚度所需的各机架压下螺丝的设定值和轧辊转速的设定值,并通过轧机报警显示和设定值输出程序等将这些设定值送出,对精轧机进行设定。然后带钢进入精轧机,由精轧机出口跟踪程序测量与精轧有关的各种数据,如轧制压力、压下螺丝的位置、电压、电流、精轧出口温度和出口厚度等。为了检查这些实测值是否与预设定值一致,所以在上述参数测量完毕后,必须启动控制模型修正程序(即模型自学习程序),对精轧机设定模型和精轧机出口温度设定模型进行修正。卷取机跟踪程序对卷取温度等进行测量。当带钢的尾部离开精轧机组后,便将记录程序投入工作。当有反常事态和需要告诉操作人员信息时,由报警蜂鸣

器和打字机程序发出通知。当机器发生故障时,由故障诊断程序进行处理。

第四节 工业控制计算机特点和种类

一、工业控制计算机特点

把工业控制计算机与通用的商业计算机比较,可以大致归纳出工业控制计算机具有以下特点:

(1)可靠性高。工业控制计算机是经过特殊设计和制造的,能保证在有振动、冲击、灰尘、高温、电磁干扰、化学腐蚀等复杂的工业现场环境条件下整天连续 24h 正常工作。

(2)有开放式的总线结构,有丰富的应用于各种场合的数据采集及输出等 I/O 接口模板。

(3)软件采用组态软件、多任务实时操作系统。

(4)采用专用键盘和面板。一般采用薄膜式键盘,盘上各个键只与某一操作功能对应。为了方便监视和输入输出数据,有的计算机把测量值、设定值的显示区、键锁、功能键等集中做在一张面板上。

二、工业控制计算机的种类

(一)可编程控制器(简称 PLC)

可编程控制器是从早期的继电器逻辑控制系统与微计算机技术相结合而发展起来的。它的低端为继电器逻辑控制的代用品,其高端实际上是一种高性能的计算机实时控制系统。PLC 是以微处理器为主的工业控制器,处理器以扫描方式采集来自工业现场的信号。PLC 主要功能有条件控制,即逻辑运算功能;定时控制;计数控制;步进控制;A/D、D/A 转换;数据处理、级间通讯等。PLC 的主要特点是:工作可靠,可与工业现场信号直接连接,积木式组合,操作容易,易于安装及维修。目前微处理器的大大发展提高了 PLC 的性能,特别是在运算速度方面的提高不但拉大了与继电器控制的距离,也缩小了与微型机功能的区别。PLC 在自动化轧钢生产线上应用很广泛。

(二)单回路调节器

单回路调节器是一个简单的计算机闭环控制系统,即直接数字控制(DDC)系统。主要是模拟量输入、输出;开关量输入、输出;CPU 存储器、键盘、显示、各种接口等组成。它多用于过程控制系统,其控制算法多采用比例积分微分(PID)算法,可取代模拟控制仪表。它的主要特点是:实现了仪表和微机的一体化,具有丰富的运算和控制功能,有专用的系统组态器,人机接口灵活,便于级间通讯,有断电保护和自诊断功能。

(三)总线式工业控制机

总线式工业控制机是依赖于某种标准总线,按工业化标准设计,包括主机板在内的各

种 I/O 接口功能模板而组成的计算机,例如,PC 总线工业控制计算机,STD 总线工业控制计算机以及 Q-BUS、Multibus、VME bus 等等。总线式工业控制机与通用的商业化计算机比较,取消了计算机系统主板,采用开放式总线结构,各种 I/O 功能模板可直接插在总线槽上,选用工业化电源,可按控制系统的要求配置相应的模板,便于实现最小系统。

(四) 分布式计算机控制系统

分布式计算机控制系统也称为集散型计算机控制系统,简称集散型控制系统(DCS)。它实际上是利用计算机对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制。它是由计算机技术、信号处理技术、测量控制技术、通信网络技术和人机接口技术相互发展、渗透而产生的新型工业计算机控制系统。

集散型控制系统是采用标准化、模块化、系列化设计,由过程控制级、控制管理级和生产管理级所组成的一个以通信网络为纽带的集中显示、操作和管理,控制相对分散,具有灵活配置,组态方便的多级计算机网络系统结构。

(五) 单片微计算机

单片微计算机是将 CPU、RAM、ROM、定时/计数、多功能(并行、串行、A/D、I/O) 通讯控制器,甚至图形控制器、高级语言、操作系统等都集成在一块大规模集成电路芯片上。由于单片微计算机的高度集成化,它具有体积小、功能强、可靠性高、功耗小、价格低廉、易于掌握、应用灵活等多种优点。目前已越来越广泛地应用于工业测控领域。

(六) 现场总线系统

现场总线是用于现场仪表与控制室系统之间的一种全数字、双向、多站的通信系统,也就是通讯总线一直延伸到现场仪表,变送器、调节阀、基地式控制器、记录仪、显示器、PLC 及手持终端和控制室自动化设备间可以在同一总线上进行双向多信息数字通信。传统的 4~20mA 模拟直流回路只能在一根两芯电缆中单向传输一个参数(一个控制器 I/O 点对应现场一个测控点),会出现 4~20mA 传输的瓶颈现象,故用现场总线代替 4~20mA 模拟信号标准是控制系统发展的必然趋势。现场总线的出现将对传统的控制系统结构带来革命,并开辟过程控制新纪元。

第五节 过程输入输出通道

一、计算机控制系统概念与结构特点

计算机闭环控制系统的基本结构如图 6-9 所示,由于执行机构和被控对象一般是模拟式的,而计算机是数字电子装置,因此计算机控制系统通常是具有数字-模拟混合式的结构,在控制过程中,对被控量的检测、按照某种控制算法对偏差的运算处理及控制信号输出都是分次进行的,而不是连续进行的,前后两次之间的时间间隔称为采样周期。每一个周期由被控量(偏差)等信号的采集、运算处理和控制输出 3 个阶段组成。被控对象输

出的模拟量 通过检测环节(各种传感器)被转换成相应的电压或电流信号,再经过模/数转换将模拟信号转换成计算机能够接受处理的数字量送入计算机,从而完成了现场信息的采集过程。计算机经数学运算和处理后的数字信号经过数/模转换和保持,再经过执行机构施加到被控对象,实现控制信息的输出。

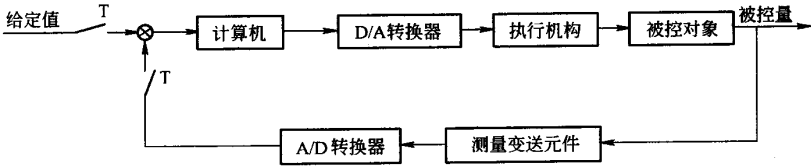


图 6-9 计算机闭环控制系统框图

计算机控制系统的信号流程如图 6-10 所示。其中主要有四种信号:模拟信号(来自被控对象的信息大部分是模拟信号)、离散模拟信号(时间上连续的信号经采样后得到的时间上离散而幅值上连续的信号)、数字信号、量化模拟信号(时间上连续、幅值上连续量化的信号)。

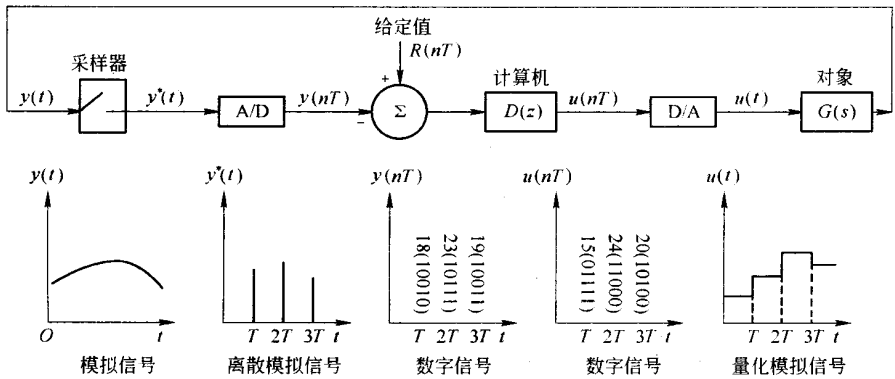


图 6-10 计算机控制系统的信号流程图

二、输入通道(检测通道)

输入通道不一定存在所有控制系统中,如时序控制系统。输入通道有以下特点:

(1) 输入通道靠近被测对象。输入通道要完成对被测对象的状态、量值的准确测量,为减少传输损耗,防止干扰,常常把输入通道与计算机系统分开,将输入通道放到被测对象的现场中。

(2) 输入通道所处环境多样化。由于输入通道中的信号检测总是针对着被测对象的,被测对象的现场环境因素的多样性严重影响着输入通道的方案设计。

(3) 输入通道电路设计与传感器、变换器的选择有关。不同的传感器和变换器,及输出信号大小及电平形式是不同的,因而要设计不同的电路将这些信号转换成计算机所能接受的 TTL 电平形式。

(4) 输入通道常常是一个模拟、数字混合电路。由于传感器经常是小信号,模拟量输

出,必须要有一部分电路(如集成运算放大器、A/D转换器)将传感器输出信号转换成计算机能接收的电平信号。

(5)输入通道易引入干扰。输入通道通常靠近被测对象现场,易受干扰,而且在对传感器输出信号进行增益放大,送给计算机时,也易引入干扰,所以,抗干扰历来是输入通道设计中的一个重要内容。

根据传感器输出信号的大小、类型,输入通道结构如图6-11~图6-13所示。在输入通道中,如果传感器输出的是能满足A/D转换输入要求的大信号模拟电压,则可直接送入A/D转换器,经A/D变换后再送入计算机。也可经过V/F变换成频率量(脉冲量)送入计算机,此种方法虽然响应速度慢,但抗干扰能力强,便于长距离传输。如果传感器输出的是小信号模拟电压,应选通过一个电压放大电路,再送给A/D转换或V/F转换电路。如果传感器输出的是电流信号,应通过I/V变换,将电流转换为电压量,再根据电压量的大小决定是否放大。最简单的I/V变换器就是一个精密电阻,当电流流过时,其两端的电压V和电流I成正比。如果传感器输出的是频率信号,则应放大整形成TTL电平方波信号送给计算机。对于开关信号,经过整形电路后,送给计算机。

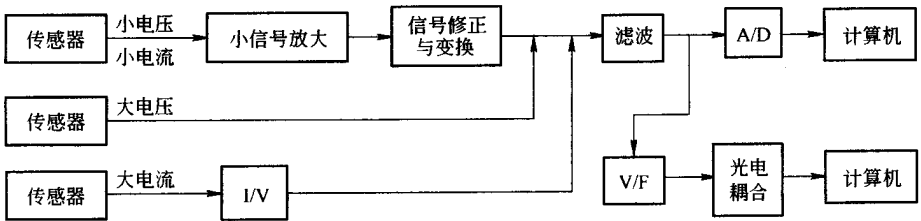


图 6-11 单路模拟量输入通道

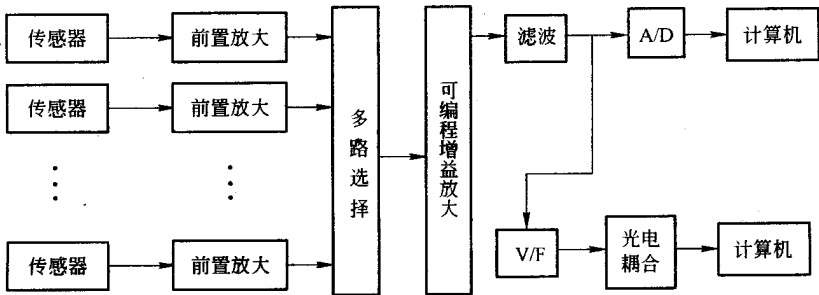


图 6-12 多路模拟量输入通道

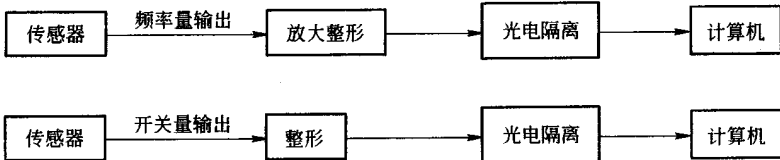


图 6-13 频率量及开关量输入通道

当被测对象较多时,输入通道就变成了多输入结构,如果系统中只有一个CPU,则只

能对这些信号进行分时采样。为了满足多路分时传送,必须配置多路选择开关。多路开关的选择由计算机控制,以保证在每一时刻计算机只采集一路信号(即一个被控量)。此外,为了增加输入通道的抗干扰能力,在传感器和计算机之间设置了光电隔离器,以抑制干扰信号的作用。

三、输出通道(控制通道)

根据计算机的输出特性及执行机构对输入信号的要求,输出通道具有以下特点:

(1)小信号输出,大功率控制。计算机输出电压和电流是有一定范围的,而被控对象的输入往往要求较大的电压或电流,这样在计算机与被控对象之间就有一个功率放大电路,将计算机输出不失真加以放大,去控制被控对象。

(2)是一个输出通道。在计算机控制系统中,计算机的输出作为被控对象的控制信号送给控制通道,被控对象的状态反馈信号作为检测信号输入检测通道。

当计算机以开关量形式输出控制信号时,被控对象通常只具有两种工作状态,由于被控对象经常是大功率输入,因而要有功率开关驱动电路。当计算机以数字量形式输出时,可直接用于控制数字量系统。由于CPU输出的是电数字量,而执行机构和被控对象一般为非电模拟量,因此需要经过变换,这些变换包括D/A转换、A/A转换、A/P变换。D/A是数/模转换装置,将电数字量转换为电模拟量。电模拟量变换A/A包括放大、调制等。A/P将电模拟量变换为非电模拟量,此环节实质上是执行机构,如电磁离合器、伺服阀、电液伺服阀等。为了增强计算机控制系统的抗干扰能力,在控制通道中也应有光电隔离。

第六节 自动控制系统的性能指标

一、系统的稳定性

控制系统静态是指被控量不随时间变化的平衡状态,动态是指被控量随时间变化的不平衡状态。自动控制系统在受到扰动作用后,原平衡状态(或稳定状态)被打破,但经历一段时间后,进入另一个、新的平衡状态(或稳定状态),这一过程称为过渡过程(或暂态响应过程、动态过程)。过渡过程中被控量随时间的变化情况集中体现了控制系统性能的好坏。

对自动控制系统的性能质量要求可以归结为3个方面:稳定性、准确性、快速性(或灵敏性),这三方面的性能指标可以从系统过渡过程曲线中体现出来。

扰动作用的地点、形式、幅值大小和频率高低不同,对被控量的影响也不同。一般地说,扰动信号是随机的,无法预测的,为了比较系统中参数或结构变化对性能的影响,即对不同的系统进行性能的比较,必须规定一些典型的基本的试验输入信号。如图6-14所示,常用的典型的基本试验输入信号(在时域分析中)有阶跃输入、斜坡输入(或阶跃速度函数信号),抛物线输入(阶跃加速度函数信号),正弦输入(或正弦函数信号)。阶跃信号

是一种突变信号,控制系统如果对这种扰动作用能够承受,则对于一般的扰动作用就完全能承受。因此,控制系统的性能指标,可以用单位阶跃扰动后被控参数的过渡过程曲线来分析。图 6-15 表示在单位阶跃扰动(包括给定值作阶跃变化)作用下的几种典型过渡过程曲线。图 6-15(a)(b)所示的过渡过程是稳定的,过渡过程结束后,系统恢复平衡,图 6-15(a)中的曲线 1 所反映的过程是单调变化的,曲线 2 所反映的过程有单峰值,它们都属于“非周期”、“非振荡”过程;图 6-15(b)中的曲线表示“衰减振荡”过程,振幅越来越小。图 6-15(c)曲线表示“等幅振荡”过程,振幅随时间延长保持不变。图 6-15(d)曲线表示“发散振荡”过程,振幅越来越大。图 6-15(c)和图 6-15(d)所表示的过程是不稳定过程,而不稳定的系统不仅效果差,而且可能引起事故,因此图 6-15(c)、图 6-15(d)所表示的过程,生产中不能采用。

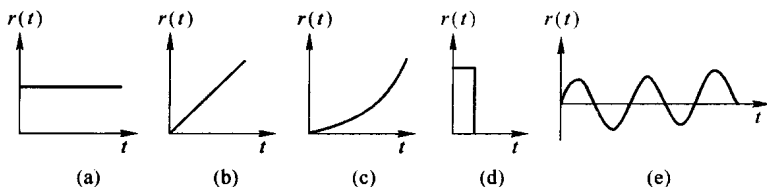


图 6-14 典型输入

(a)阶跃函数 (b)等速函数 (c)抛物线函数 (d)脉冲函数 (e)正弦函数
 $r(t)$ —输入信号; t —时间

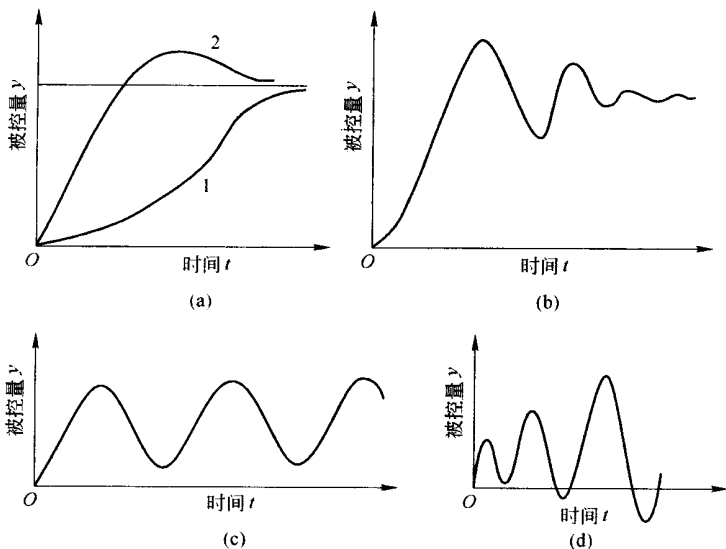


图 6-15 几种典型的阶跃响应过程

(a)非振荡过程 (b)减幅振荡 (c)等幅振荡 (d)发散振荡

在自动控制系统中,造成系统不稳定的物理原因主要是:系统中存在惯性或延迟环节(例如机械惯性、电动机电路的电磁惯性、液压缸传递中的液压油惯性、晶闸管的延迟、齿轮的间隙等),它们使系统中的信号产生时间上的滞后,使输出信号在时间上较输入信号

滞后了 τ 时间。当系统设有反馈环节时,又将这种在时间上滞后的信号反馈到输入端,如图 6-16 所示。由图可见,反馈量中出现了与输入量极性相同的部分,这同极性的部分便具有正反馈的作用,它便是系统不稳定的因素。当滞后的相位过大,或系统放大倍数不适当(如过大),使正反馈作用成为主导作用时,系统便会形成振荡而不稳定了。例如当滞后的相位为 180° 时,则在所有时间上都成了正反馈,假如系统的开环放大倍数又大于 1,则反馈量进入输入端,经放大后,又会产生更大的输出,如此循环,即使输入量消失,输出量的幅值也越来越大,形成增幅振荡。

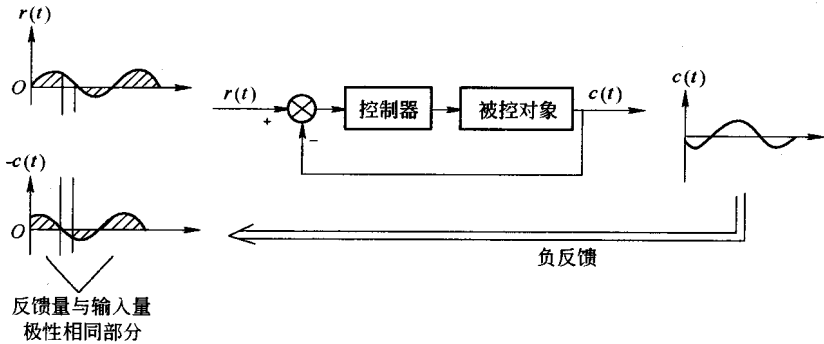


图 6-16 造成自动控制系统不稳定的物理原因

只有稳定的系统才能完成正常的控制任务,并要求系统具有一定的稳定裕度。非振荡过程时间较长,故多采用减幅振荡过程。

二、控制系统的性能指标

图 6-17 为给定值或扰动阶跃变化下的过渡过程标准曲线。

(1) 余差(或静差、稳态误差)。余差是阶跃作用下的最终稳态偏差 $\epsilon(\infty)$ 。它是反映控制精度的一个稳态指标。 $\epsilon(\infty) = r - y(\infty) = r - C$

其中 $y(\infty)$ 为被控量 $y(t)$ 达到最终稳态时的值,图 6-16 用 C 表示。 r 为被控量给定值。对于定值控制系统, $r=0$,则有 $\epsilon(\infty) = -C$ 。

(2) 超调量和最大偏差。设输出变量最终稳态值为 C ,而输出变量超出其最终稳态值的最大瞬时幅值为 B ,如图 6-17 所示。对于随动系统,定义超调量 σ 为

$$\sigma = \frac{B}{C} \times 100\%$$

超调量是反映超调情况和衡量稳定程度的指标。

对于定值控制系统,若最终稳态值 C 很小或趋于零时,采用超调量就不合适,通常改用最大偏差 A 表示。

$$|A| = |B + C|$$

(3) 衰减比与衰减率。在阻尼振荡过程中,常用衰减比 n 来衡量衰减程度的指标。它等于两个相邻的同波峰值之比,如图 6-17 所示。衰减比 n 为

$$n = \frac{B}{B'}$$

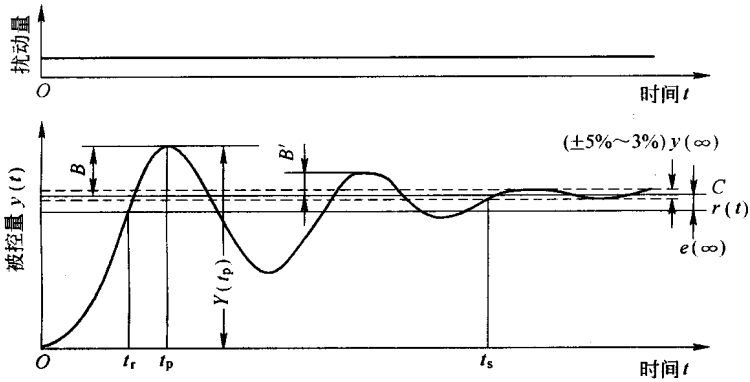


图 6-17 闭环控制系统的阶跃响应

前一幅值为分子,后一幅值为分母。 $n = 1:1$ 是等幅振荡,系统是临界稳定; n 小于 1:1,系统是发散而不稳定的; n 越大,衰减越大,系统越稳定。故衰减比也是衡量稳定性的指标。为保持系统具有足够的稳定裕度,衰减比 n 常取 4:1 或 10:1。这样,系统大约在两个周期后可趋于稳定。

如果闭环系统是二阶振荡环节,则 σ 和 n 有一一对应关系

$$n = \frac{1}{\sigma^2}$$

衰减率 ψ 是衰减比的另一种表示形式。它是指每经过一个周期后,波动幅度衰减的百分数,即

$$\psi = \frac{B - B'}{B}$$

衰减比 n 与衰减率 ψ 两者有简单的对应关系,例如 n 为 4:1 就相当于 $\psi = 0.75$; $n = 10:1$ 相当于 $\psi = 0.90$ 。

(4) 调节时间与振荡频率。调节时间 t_s 是从过渡过程开始到结束所需要的时间。过渡过程要绝对地达到新的稳态值,需要无限长的时间,一般认为当被控变量进入其与稳态值相对偏差为 $\pm 5\%$ 或 $\pm 3\%$ 范围内时,就算过渡过程结束,这时所需要的时间就是 t_s ,如图 6-17 所示。调节时间 t_s 是衡量控制系统快速性的一个指标。过渡过程振荡频率 β 是振荡周期 T 的倒数,记为

$$\beta = \frac{2\pi}{T}$$

在同样的振荡频率下, n 越大则调节时间 t_s 越短;在同样衰减比下,振荡频率越高,则调节时间越短。因此,振荡频率在一定程度上也可作为衡量快速性的指标。

(5) 峰值时间与上升时间。被控变量达到最大值时的时间为峰值时间 t_p 。

上升时间 t_r 是从过渡过程开始到被控变量第一次达到给定值时的时间。

上述质量指标不是强制性条件,而是一般性规定,对于较多的无特殊要求的系统适用,有特殊要求时,可能需要补充一些规定。

第七节 PID 控制规律及 DDZ - III 型调节器

一、PID 控制规律

控制规律是指在控制过程中被控量的偏差信号(即控制器输入信号)与控制器输出信号之间的运算关系,这种关系由控制器决定。比例、积分、微分控制的简称是 PID 控制。PID 控制是在工业过程中历史最久、生命力最强、应用最广的基本控制算法。PID 控制的优点是原理简单,使用方便,控制品质对过程特性的变化灵敏度比较低,调节器参数调整比较容易;具有无余差功能,精度较高,适应性广,可用于各类工业过程的控制,并已商品化。计算机过程控制的基本控制算法仍然是 PID 控制,据估计工业控制中 PID 控制占有 90% 以上。

理想连续 PID 作用可用下式描述:

$$u(t) = K_c \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] + u_0 \quad (6-1)$$

式中 $u(t)$ ——控制器输出;

K_c ——比例放大系数(又称比例增益);

T_i ——积分时间(s 或 min);

T_d ——微分时间(s 或 min);

$e(t)$ ——设定值 $r(t)$ 和测量值 $y(t)$ 的偏差,即 $e(t) = r(t) - y(t)$;

u_0 ——使偏差趋于零时的稳态控制输出,即控制作用的初始稳态值。

(一) 比例控制算法

比例控制算法的方程式有绝对值输出和增量输出两种式子。

绝对值输出(位置式):

$$u(t) = K_c e(t) + u_0 \quad (6-2)$$

增量输出(增量式):

$$\Delta u(t) = K_c e(t)$$

式中 $\Delta u(t) = u(t) - u_0$ 为偏差, u_0 为偏差为零时的初始值, K_c 为比例增益,即比例放大系数。而对 e 来说,其初始值为零,因此 $e(t)$ 既是增量,又是绝对值。

A 比例控制特点

(1) 输出的物理限制。在实际系统中,控制器的输出要受物理上的限制,故控制器有饱和现象。比例特性的输出饱和如图 6-18 所示。设 e 的范围为 $-50\% \sim 0 \sim +50\%$, u 的范围为 $0 \sim 100\%$,则在 $K_c > 1$ 的情况下,当 $|e|$ 达到 $50\% / K_c$ 时, u 将达到 0% 或 100% ,即使 $|e|$ 继续增大, u 不再变化。因此,从局部范围看,它是线性的,但从整体范围看,却是一种非线性特性。

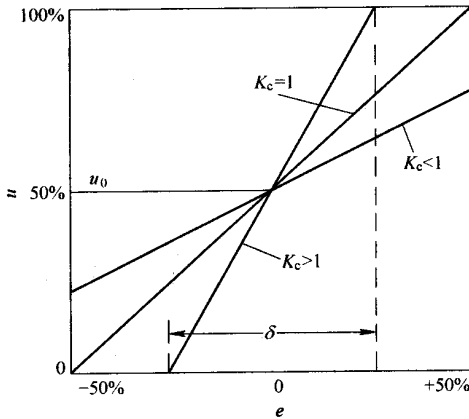


图 6-18 比例作用下的 u 和 e 的关系

(2) u 和 e 的量纲。在采用单元组合仪表时, u 和 e 是有量纲的。例如 DDZ - II 型仪表为 10mA ;DDZ - III 型仪表为 4 ~ 20mA ,QDZ 型气动仪表为 0.2 ~ 1kg/cm² 等。

(3) 工业实际应用中常用比例度 δ 来代替 K_c 。比例度 δ 的定义为

$$\delta\% = \frac{\frac{e}{|e_{\max} - e_{\min}|}}{\frac{\Delta u}{|u_{\max} - u_{\min}|}} \times 100\%$$

若 e 和 u 采用上单位时, $|e_{\max} - e_{\min}| = |u_{\max} - u_{\min}|$, 则上式可写成

$$\delta = \frac{e}{\Delta u} = \frac{1}{K_c} \times 100\%$$

可见, 比例度 δ 与 K_c 成反比, 但要注意这是有条件的, 即 e 和 u 的量程范围相同。由图 6-18 可见, δ 正好是 Δu 与 e 成比例的偏差范围, 故有时 δ 又称比例带。

(4) 控制器增益 K_c 与正反作用关系。实际上反作用控制器的 K_c 为正, 因为偏差在控制器中常定义为 $e = y - r$ 为正作用, 但在控制算式中定义 e 为 $r - y$, 如式(6-1)。故控制器反作用时 K_c 为正, 正作用时 K_c 为负。控制器正反作用的选择原则是控制器增益 K_c 与广义对象(包括执行机构和被控对象)增益 K_0 之间的乘积为正值。

(5) 输入与输出是一一对应的硬关系, 时间上无滞后, 反应及时, 但有余差。

B 比例增益 K_c 对控制品质的影响

在定值控制系统中, K_c 越大, 则最大偏差越小, 振荡倾向越强, 振荡频率越高, 稳定性下降。随动控制中, K_c 越大, 振荡倾向越强, 调节速度加快, 稳定性下降。

(二) 比例、积分控制算法

比例积分 PI 控制输出方程为

$$u(t) = K_c \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau \right] + u_0 \quad (6-3)$$

$$\Delta u(t) = K_c \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) dt \right]$$

式中 $\Delta u(t) = u(t) - u_0$, T_i 是积分时间, 或称再调时间或重定时间。可见, 积分作用就是控制器输出 $u(t)$ 与偏差 $e(t)$ 随时间的累计量成正比。由此可见, 只要偏差存在 (即 $e(t) \neq 0$) 控制器输出就不断变化, 直到使 $e(t) = 0$ 或输出达到上限或下限为止。

如图 6-19 所示, 偏差从 $t=0$ 开始作阶跃变化, 在 $t=0$ 时, 由于积分作用项仍为零, 故只有比例作用项输出 $\Delta u_p(t) = K_c e(t)$ 。随着时间推移, 积分项开始起作用, 由于 e 不变, 所以积分作用引起的控制器输出 $\Delta u_i(t) = \frac{K_c e}{T_i} \int_0^t d\tau$, 即 $u_i(t)$ 是随时间增长的一条斜线, 如图 6-19 所示。当时间 t 达到 T_i 时, 则有 $\Delta u_i(T_i) = \frac{K_c e}{T_i} T_i = K_c e = \Delta u_p$ 。因此, 积分时间 T_i 就是在阶跃外扰作用下, 在立即发生 $\Delta u_p(t) = K_c e(t)$ 项之后, $u_i(t)$ 项为由开始积分到与 $\Delta u_p(t)$ 项相等时所需的时间, 如图 6-19 所示。 T_i 越小, 则积分作用越强, 时间特性上积分作用的斜率越大。一般 T_i 可在数秒到数十分钟范围内调整。

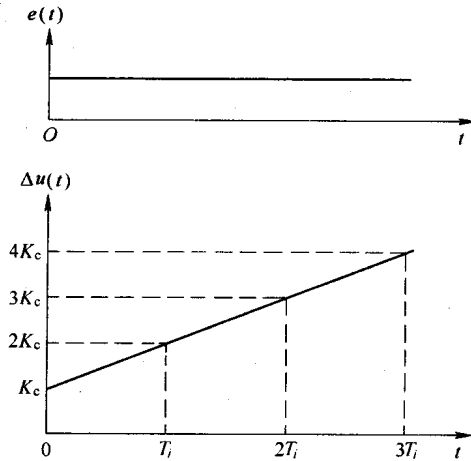


图 6-19 PI 作用的时间特性

A PI 作用特性分析

(1) PI 作用是粗调的比例作用和细调的积分作用的组合。当偏差一出现时 Δu_p 立即产生, 用来克服干扰, 然后积分作用逐渐产生, 使余差慢慢消除。因为直到 $e=0$ 时积分作用才停止, 所以积分作用能消除余差。PI 作用也可看成比例增益随时间不断增大的比例作用。

(2) PI 作用是及时的比比例作用和滞后的积分作用的组合。比例作用与 e 变化同步, 能及时起控制作用, 而积分作用则不然, 在图 6-20 区间 I, 积分作用 Δu_i 会增加, 用以克服偏差, 方向正确合理, 能起控制作用; 在区间 II, 由于在 t_1 点, 偏差 e 已开始由增大向减小方向变化, 这时比例作用开始减弱, 但积分作用仍然继续增强, 没有转向, 造成控制作用的滞后性, 这必然会引起控制过程振荡倾向增强, 也就是对闭环系统稳定性不利。这正是积分作用的主要缺点。常用积分分离控制算法来避免。

B 积分作用的特点

(1) 消除余差。从物理概念来看, 积偏差不除, 输出的 u_i 一直变化, 只有当偏差为零

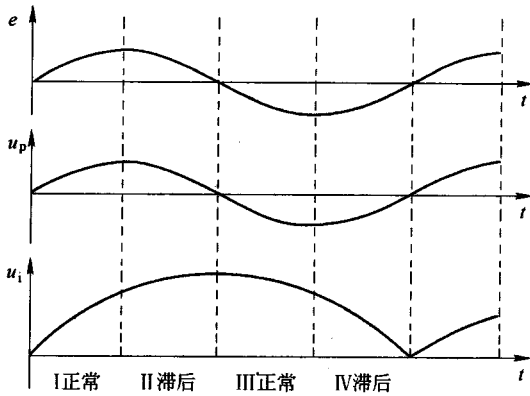


图 6-20 积分作用的滞后

时 u_i 在任何数值上保持不变,这就符合了在不同负荷与干扰下的需要。从控制器稳定增益看,引入积分作用使控制器的稳态增益很大,接近 ∞ ,因此,余差会趋于零。

(2) 积分作用导致控制器频率特性相位滞后。对同一对象,引入积分作用后,将使系统开环特性的相位滞后增加,将导致闭环系统振荡倾向加强,稳定裕度下降。

(3) 引入积分作用将增加闭环响应动态特性的阶数,响应越加缓慢。

(4) 积分作用降低了系统的振荡频率。增强积分作用,也就是减小 T_i 或提高 K_c ,使闭环系统的响应更加灵敏,提高闭环响应速度,造成较大的超调量和较长时间的振荡。

(三) 比例微分控制作用

单独的理想微分控制有以下特性:微分控制不改变闭环响应的阶数;闭环系统的自然频率 ω_0 保持不变,工作频率降低;微分控制作用使被控过程具有良好的鲁棒性(使闭环系统受到更大的阻尼,衰减比增大,稳定性提高);微分控制作用不能单独用作控制器(因为当偏差存在且不变时,都没有微分作用,这样达不到消除偏差的目的);微分作用只能起辅助的控制,可以与其他控制作用构成 PD 和 PID 控制器。

理想的 PD 作用可写成

$$u(t) = K_c \left[e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] + u_0 \quad (6-4)$$

或

$$G_d(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_c(1 + T_d s)$$

式中 T_d 是微分时间,它是指在斜坡函数输入下,要达到同样的输出值 u ,PD 作用比单纯 P 作用快 T_d 的时间。因此,有时称微分时间 T_d 为超前时间。

理想微分作用难以在物理上实现,实际上采用不完全微分即可实现 PD 作用。

实际 PD 作用可写成

$$G_d(s) = K_c(1 + T_d s) \frac{1}{\frac{T_d}{K_d} s + 1}$$

这相当于在理想 PD 作用上串一个一阶滞后环节。 K_d 称为微分增益,在工业控制器

中, K_d 是预先设计好的且固定不变的, 其值为 $5 \sim 10$, 视仪表类型而异。电动单元组合表 II 型中 $K_d = 5$; III 型电动调节器中 $K_d = 10$; 气动 II 型调节器中 $K_d = 6$ 。经实际 PD 作用, 在阶跃和斜坡函数输入下的输出变化过程如图 6-21 所示。

A 决定微分作用强弱的因素

微分作用强弱首先决定于一开始跳到比例作用的倍数, K_d 越大, 跳得越高, 微分作用越强。微分作用强弱其次决定于跳变后下降时间的长短。微分时间 T_d 越大, 跳变后下降时间越长, 微分作用越强。因为微分时间 T_d 也可这样定义, 即当一开始跳变后就开始下降, 一直降到 $0.63 \times (K_d - 1) K_c e$ 时所需的时间。可见, 一开始跳得越高, 降得越慢, 则微分作用越强。

B 微分超前作用

微分超前作用是指与比例控制相比较而言的。

(1) 当偏差做阶跃变化时, PD 控制输出一跃到单纯比例控制的 K_d 倍, 因此, 控制效果显著。要起到同样的控制效果, 比例作用要比微分作用延迟时间 T_d 。

(2) 当偏差做正弦变化时, 微分作用输出比单纯比例作用在相位上超前 $1/4$ 周期, 如图 6-22 所示。

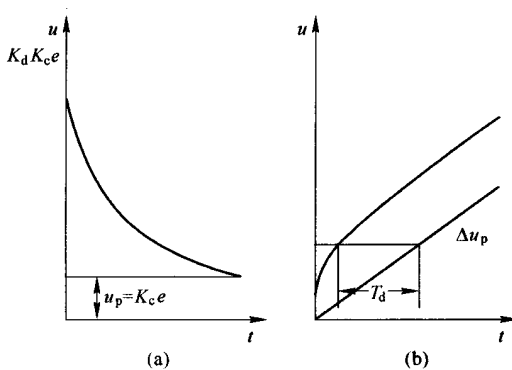


图 6-21 实际 PD 特性
(a) 阶跃输入下 (b) 斜坡输入下

(3) 当偏差为斜坡函数变化时, 由图 6-21 可见, 微分作用比单纯比例作用超前 T_d 时间。

(4) 从频率特性看, 微分作用在相位上超前, 可使闭环稳定性提高。

C 实际 PD 控制的特点

(1) 从时间特性看, 微分作用是按偏差的变化趋势来控制的, 比较及时, 时间上超前显然对控制有利。

(2) 引入微分作用后, 相位超前, 对提高闭环稳定性有利, 若达到同样稳定性则可提高 K_c , 而使最大偏差或超调量减小, 调节时间缩短。

(3) 微分作用对纯时间滞后起不到改善品质的效果。

(4) 由于微分作用对高频干扰放大得比较厉害, 故对于高频噪声的对象, 一般不引入微分控制。例如流量或液位对象, 较少引入微分作用。否则, 必须先对测量值进行滤波。

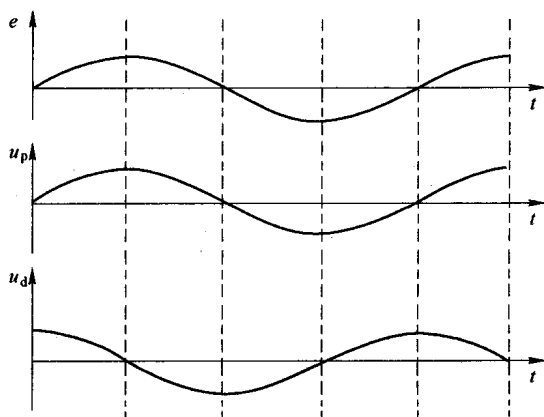


图 6-22 微分作用的超前

$K_c > 1$ 时实际 PD 具有微分作用。若 $K_d = 1$, 就退化为比例作用。当 $K_d < 1$ 称反微分时, 起到滞后作用。例如对于某些噪声很大的流量控制系统, 采用反微分作用可起到良好的滤波作用。

(5) 微分先行控制。对于具有微分作用的控制, 当设定值变化时, 偏差 e 的阶跃变化会引起输出的大幅度突变, 将会造成执行器的全开或全关, 对控制过程是不利的, 有时工艺过程也不允许。这时, 可对测量值做 PD 运算, 即把微分环节放在比较环节之前, 所以称为微分先行。这样, 设定值的变化不会立即反映出来。

(四) 比例、积分、微分控制算法

A 模拟比例、积分、微分控制

理想模拟比例、积分、微分控制作用可写成

$$u(t) = K_c \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] + u_0 \quad (6-5)$$

或

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

实际 PID 控制为

串行:

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \left[\frac{T_d s}{K_d s + 1} \right]$$

并行:

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_c \left[1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{K_d s + 1} \right]$$

由图 6-23 可见, 当偏差做阶跃变化时, PID 控制器输出 u 先做飞跃, 接着逐渐下降, 这是微分作用, 然后又开始回升, 这是积分作用, 而比例作用则是基本的控制作用, 在整个

控制期间都起作用。微分作用在控制前期起主要作用,控制后期起主要作用的是积分作用。

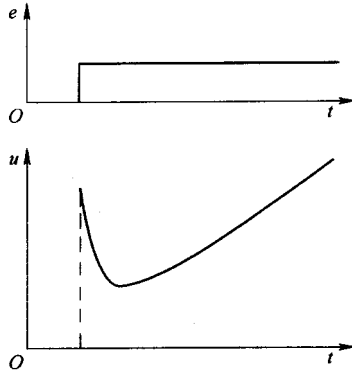


图 6-23 实际 PID 控制器的阶跃响应

PID 三种控制作用组合所导致的闭环系统的动态响应大体上与 PI 控制作用的结果相似。加入微分作用带来的好处是,当积分作用使过程的闭环响应减慢,可用增大 K_c 来提高闭环响应速度,但当 K_c 增大到足够大时,响应的振荡加剧,甚至导致不稳定性。这时,引入微分作用可使系统稳定性提高,这样就能选择合适的 K_c 值,在保持适中的超调量和衰减系数下,获得满意的响应速度。这就是说,引入微分作用后,尽管 K_c 增大导致了较快的响应,但超调量几乎不变,且调节时间 t_s 更短,使闭环系统控制品质大大提高。

B 离散理想比例、积分、微分控制算法

数字计算机对数据的处理在时间上是离散的,设采样周期为 T_s ,则每经过一个采样周期进行一次数据采样、控制运算、数据输出,控制器输出并通过保持器使数据在采样间隔期间予以保持。离散理想 PID 控制算法可由连续理想 PID 控制算式直接经离散化导出。离散 PID 控制算法可分为三种形式:

(1) 位置式。位置式是直接给出控制器输出 $u(t)$,由式(6-5)经离散化可得

$$\begin{aligned} u(k) &= K_c e(k) + \frac{K_c T_s}{T_i} \sum_{i=0}^k e(i) + \frac{K_c T_d}{T_s} [e(k) - e(k-1)] + u_0 \\ &= K_c e(k) + K_I \sum_{i=0}^k e(i) + K_D [e(k) - e(k-1)] + u_0 \end{aligned} \quad (6-6)$$

式中 $K_I = \frac{K_c T_s}{T_i}$; $K_D = \frac{K_c T_d}{T_s}$; u_0 为控制器初始值。

(2) 增量式

$$\begin{aligned} \Delta u(k) &= u(k) - u(k-1) \\ &= K_c \Delta e(k) + \frac{K_c T_s}{T_i} e(k) + \frac{K_c T_d}{T_s} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \\ &= K_c \Delta e(k) + K_I e(k) + K_D [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \end{aligned} \quad (6-7)$$

式中 $\Delta e(k) = e(k) - e(k-1)$

(3) 速度式。速度算法是增量输出与采样周期之比,速度算法为

$$\begin{aligned}
 V(k) &= \frac{\Delta u(k)}{T_s} \\
 &= K_c \frac{\Delta e(k)}{T_s} + \frac{K_c}{T_i} e(k) + \frac{K_c T_d}{T_s^2} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \quad (6-8)
 \end{aligned}$$

三种算法形式的选择与执行器形式和应用方便性有关。从执行器形式可看出：

(1) 位置式输出须经过 D/A 转换为模拟量, 且要有保持器, 使输出信号保持到下一采样周期输出信号到来时为止。

(2) 增量算法的输出可直接通过步进电动机等具有零阶保持特性的累积性执行器相连化为模拟量。

(3) 速度算法的算出必须采用积分式执行机构。从应用方便性看, 当采用增量和速度算法时, 手动、自动切换比较方便, 因为可以从手动时的 $u(k)$ 直接求得自动时的输出 $\Delta u(k)$ 和 $\Delta u(k)/T_s$ 。而且这两种算法不会发生积分饱和问题, 只要 $e(t)$ 一换向, $\Delta u(k)$ 也立即换向。一般速度算法很少采用, 除非遇到积分型执行器。

C 离散实际 PID 控制算法

上述的离散理想 PID 控制算法存在理想微分控制所固有的缺点, 即对高频干扰理想微分作用响应过于灵敏, 容易引起振荡, 降低控制品质; 在实现计算机控制时, 由于计算机对每一个回路的输出时间是很短暂的, 而驱动执行器动作又需要一定时间, 这样, 对较大的输出在短暂的时间内执行器往往达不到应有的开度, 造成输出失真。离散理想 PID 中的微分作用, 只在第一个采样周期起作用, 而在第二个采样周期中微分作用立即消除。这样, 虽然在第一个周期中微分作用跳得很高, 但持续时间很短, 控制系统得到的控制能量显然极少, 也就是说, 微分作用造成的控制作用很弱, 为此可采用实际 PID 使控制更为有效。

离散实际 PID 可参照连续实际 PID 的方法, 在理想 PID 输出中串联一个一阶惯性环节。

实际 PID 控制算式

(1) 位置式

$$\begin{aligned}
 u(k) &= (1 - \beta)u(k-1) + \beta p(k) \\
 p(k) &= R_c \left\{ e(k) + \frac{T_s}{T_i} \sum_{i=0}^k e(i) + \frac{T_d}{T_s} [e(k) - e(k-1)] \right\} + u_0 \quad (6-9)
 \end{aligned}$$

式中
$$\beta = \frac{T_s}{T_s + \frac{T_d}{K_d}}$$

(2) 增量式

$$\begin{aligned}
 \Delta u(k) &= (1 - \beta)\Delta u(k-1) + \beta\Delta p(k) \\
 \Delta p(k) &= K_c \left\{ \Delta e(k) + \frac{T_s}{T_i} e(k) + \frac{T_d}{T_s} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \right\}
 \end{aligned}$$

(3) 速度式

$$V(k) = \frac{\Delta u(k)}{T_s} = (1 - \beta)V(k-1) + \beta V'(k)$$

$$V'(k) = \frac{\Delta u(k)}{T_s} = K_c \left\{ \frac{1}{T_s} \Delta e(k) + \frac{1}{T_i} e(k) + \frac{T_d}{T_s} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \right\}$$

离散实际 PID 控制算法输出在较长时间内保持微分作用,因而可获得较好的控制效果。

(五)其他离散 PID 控制算法

为适应不同对象和系统的要求,改善控制品质,可在上述 PID 控制算法的基础上进行改进,常用的有下列几类:

A 积分分离 PID 控制算法

积分作用主要作用是消除余差,在接近设定值的变化后期起作用,但是积分作用带来的缺点是降低稳定性,并使超调量增加。积分分离是在被控量开始跟踪而偏差较大时,暂时取消积分作用,一旦被控变量接近设定值时再引入积分作用用来消除余差。

积分分离控制算法可写成

$$|e(k)| \begin{cases} > a & \text{取消积分作用} \\ \leq a & \text{引入积分作用} \end{cases}$$

B 带不灵敏区的 PID 控制算式

对于某些控制系统如液位控制系统,并不要求准确控制在设定值上,而是允许在一定的范围内变化。在这种情况下,可采用带不灵敏区的 PID 控制算法,以避免执行机构的频繁动作或防止流量经常波动。

设 B 为不带灵敏区宽度,则具有不灵敏区的 PID 控制算法可写成

$$\Delta u(k) = \begin{cases} \Delta u(k) & \text{当 } |e(k)| > B \text{ 时} \\ 0 & \text{当 } |e(k)| \leq B \text{ 时} \end{cases}$$

不灵敏区 B 的数值可按对象由实验或经验确定。 B 值小,调节阀动作频繁; B 值大,系统比较迟缓,且偏差较大; $B=0$ 则为一般 PID 控制算式。

C 微分先行 PID 控制算法

为了避免设定值突变引起控制系统的过大的超调量的调节阀剧烈动作,可采用微分先行 PID 控制算法。

$$\Delta u(k) = K_d [e(k) - e(k-1)] + K_1 e(k) + K_D [y(k) - 2y(k-1) + y(k-2)]$$

(六)控制算法在计算机中实现时一些应注意的问题

A 信号的输入

采用计算机实现离散 PID 控制时,一台计算机常常要控制多个回路。输入信号必须经过多路开关采样,送往放大器及 A/D 转换器,然后由 CPU 进行运算。输入信号必须经过模拟和数字滤波。计算机控制多个回路必须按顺序进行。不同物理量的采样周期可以不同,对于每一个回路,每巡回一次要完成输入采样、PID 运算和输出三个步骤。输入信号除模拟量外,还有开关量、脉冲量,它们不需要 A/D 转换器。

B 信号的量化

在计算机中是用二进制代码进行运算的,因此输入的测量值和设定值都必须经量化变为数字量。设模拟量为 x 相应的数字量为 y ,则

$$y = \frac{x - K_2}{K_1 q}$$

式中, K_1 为变送器输出和输入的量程范围之比, K_2 为零点压缩, q 为量化单位, $q = \frac{M}{2^N}$, 其中 M 为模拟量的全量程, N 为寄存器的位数。

例如, 设某温度变送器的量程为 $50 \sim 100^\circ\text{C}$, 变送器相应的输出为 $4 \sim 20\text{mA}$, 求温度为 75°C 时相应的 12 位二进制代码。

$$q = \frac{M}{2^N} = \frac{16}{2^{12}} = \frac{16}{4096}$$

$$K_1 = \frac{100 - 50}{20 - 4} = \frac{50}{16}$$

$$K_2 = 50^\circ\text{C}, x = 75^\circ\text{C}$$

$$y = \frac{75 - 50}{\frac{50}{16} \times \frac{16}{4096}} = 2048_+ = 10000000000_+$$

可见, 12 位 A/D 转换器, 小于 $1/4096$ 的量要被圆整掉, 其精度级可达到 0.05 级。

C 输出

计算机输出有模拟量、脉冲量、开关量三种。数字计算机运算结果经 D/A 转换后就是模拟输出, 它经电气转换后可操纵气动调节阀。在采样间隔必须采用保持器进行保持。脉冲量输出可直接驱动步进电机, 这时制控算法应采用增量型。步进电机带动电位器, 转换成电流信号, 再经电气转换来操纵气动调节阀。开关量输出用来控制阀门的开闭或电机启停, 常用于联锁保护或程序(顺序)控制。

D 采样周期的选择

在数字控制系统中, 采样周期的最大值是受系统稳定性限制的, 由稳定条件可求得采样周期的最大值 $T_{s\max}$, 而最小值 $T_{s\min}$ 为微机执行控制程序所耗费的时间, 既要求系统稳定工作, 又要求数字控制系统能保证有一定的动、静态指标, 这就需要按照采样定理来考虑采样周期。按采样定理确定采样周期的上限值, 但采样定理没有给出采样周期下限值, 但这并不意味着采样周期越短越好。采样周期太小, 将加重计算机的计算负担, 不利于充分发挥计算机的功能, 也使两次采样间偏差变化太小, 数字控制器的输出值变化不大。实际应用中, 常按一定原则, 结合使用经验来选择采样周期。

确定采样周期主要应考虑以下因素:

(1) 给定值的变化频率。加到被控对象上的给定值变换频率越高, 采样频率就越高。这样给定值的改变可以迅速得到反映。

(2) 被控对象的特性。若被控对象是慢速的热工或化工对象时, 采样周期一般取得较大, 若对象是较快的系统时, 采样周期就取得较小。

(3) 使用的控制算式和执行机构的类型。当采用 PID 算式时, 积分作用和微分作用与采样周期都有关。选择采样周期大小, 将使微分作用不明显。因为当采样周期小到一定值时, 由于受计算精度的限制, 偏差值 $e(k)$ 始终为零。此外, 执行机构动作惯性大, 采样周期选择要与之适应, 否则, 执行机构来不及反映数字控制器输出值的变化。

(4)控制的回路数。控制回路数 n 与采样周期 T_s 的关系为 $T_s \geq \sum_{j=1}^n T_j$ 式中 $T_j (j = 1, 2, \dots)$ 指各回路控制程序的执行时间,控制回路数较多时,相应的采样周期就越长。

二、DDZ - III型调节器

调节器是对被控量测量值与给定值的偏差进行比例、积分、微分运算的装置,其输出为统一标准电流信号,用它去控制执行机构的动作,实现对生产过程的自动控制。

DDZ - III型(电动单元组合仪表中的)调节器接受变送器或转换器的 $1 \sim 5V$ 直流电压信号,经过 PID 运算后,输出 $4 \sim 20mA$ 的直流信号。DDZ - III型调节器是采用运算放大器的串联、并联或串、并联的方法来实现 PID 各种控制规律的。由于在 DDZ - III型调节器中采用了高增益、高输入阻抗的集成电路。这不仅提高了调节器的性能指标,而且扩大了调节器的功能,可组成变型的特种调节器。它还比较圆满地解决了与计算机联用的问题,能与 DDC 和 SPC 联用。

DDZ - III型调节器由控制单元和指示单元两部分组成。控制单元包括输入电路、比例微分(PD)电路、比例积分(PI)电路、输出电路(U/I 转换电路)软手动、和硬手动电路。指示单元包括输入信号指示电路和设定信号指示电路。

DDZ - III调节器有“自动”、“保持”、“软手动”和“硬手动”四种状态,用联动开关(即自动-手动切换开关)进行上述状态的切换。调节器的手动操作分为软手动和硬手动两种。所谓软手动操作,是指调节器的输出电流与手动输入电压成积分关系(又称速度式);所谓硬手动操作,是指调节器的输出电流与手动输入电压成比例关系。

当联动开关置于自动状态时,输入信号与设定信号在输入电路进行比较,产生偏差信号,然后对此偏差信号进行 PID 运算,并由 U/I(电压/电流)转换电路转换成 $4 \sim 20mA$ 的直流电流后输出。当联动开关置于“软手动”状态时,可用扳键选择使调节器为保持状态(即具有“保持”特性)或使调节器的输出根据需要按快慢两种速度以积分方式上升或下降。当联动开关置于“硬手动”状态时,移动硬手动操作杆,能使调节器的输出迅速改变到所需要的数值上。

自动-软手动的切换是双向无平衡无扰动的,硬手动→软手动或硬手动→自动的切换也是无平衡无扰动的,仅自动或软手动切换到硬手动时,必须预先平衡方可达到无扰动切换。

DDZ - III型调节器的面板结构图 6-24 所示。图中标号及其功能介绍如下:

- (1)位号牌。用于标记及编号,如调节器用于何种控制系统及部位。
- (2)双针指示表。黑针指示给定值,红针指示输入信号值,两针重合时表示偏差为零,两针不重合,其差值为偏差。
- (3)标尺。一般标尺刻度为 $0 \sim 100\%$,但也可根据实际需要更换成方根刻度或标成温度、压力、流量、液位等物理量。
- (4)外给定指示灯。当该指示灯亮时,表示调节器工作于外给定信号状态。
- (5)内给定拨盘。用于调节内给定信号的大小。
- (6)手动-自动切换开关。用于选择调节器的工作状态,即自动、软手动、或硬手动工

作状态。

(7)硬手动操作杆。用于硬手动操作时来调节调节器的输出信号。

(8)输出指示表(阀位指示表)。在 0 ~ 100% 的刻度盘上指示调节器的输出信号, 亦即指示现场调节阀的位置。

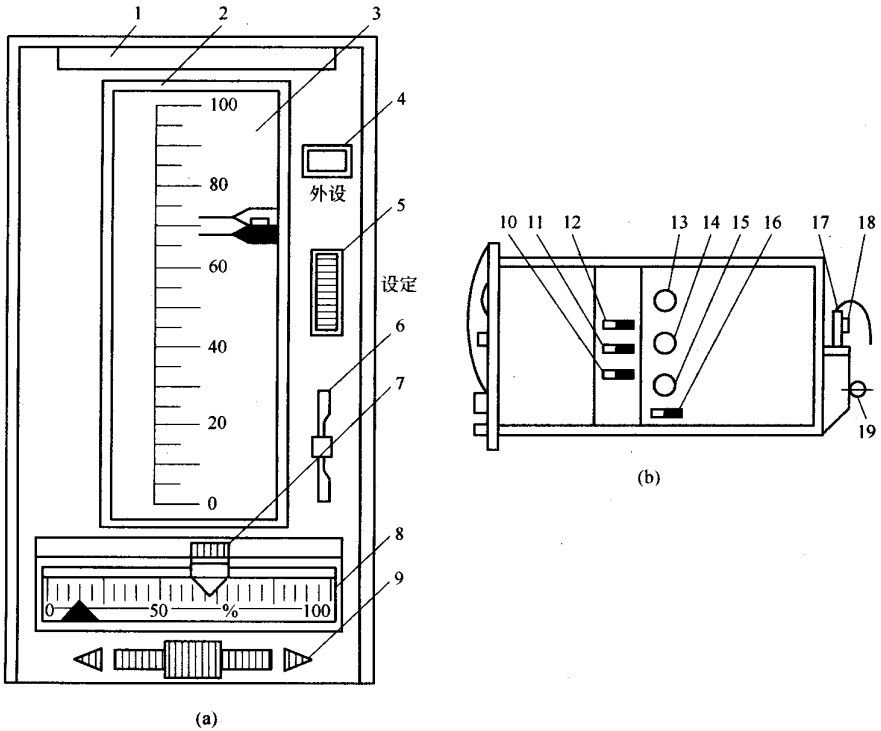


图 6-24 调节器的面板结构示意图

(a) 正面板图 (b) 侧面板图

(9)软手动操作扳键。用于软手动操作时来调节调节器的输出信号。当往右按时, 则输出增大, 往左按输出减小, 当松开时, 则输出“保持”。

(10)积分时间选择开关。当开关置于“ $\times 1$ ”挡或“ $\times 10$ ”挡时, 表示积分时间刻度值应乘以 1 倍或乘 10 倍即为积分时间。

(11)测量 - 校验开关。当开关置于“测量”时, 双针分别输入信号和给定信号。当开关置于“校验”时, 输入与给定指针应同时指示在 50% 上, 以此来检查指示回路工作是否正常。

(12)内 - 外给定“切换开关。用于选择内给定信号或外给定信号。

(13)微分时间“整定旋钮。用于设定微分时间数值。当“微分时间”显示“关”时, 表示切除微分作用。

(14)比例度(带)整定旋钮。

(15)积分时间整定旋钮。

(16)正 - 反作用“切换开关。当开关置于“正作用”位置时, 表示调节器输入信号增

加,其输出亦增加。反之则为“反作用”,即调节器输入信号增加,其输出减小。

- (17)多芯插件。供连接外回路用。
- (18)插孔盒。用手提式操作器配合时使用。
- (19)熔断丝。

第八节 计算机控制系统的分类

根据计算机应用特点和参与控制的方法,计算机控制系统可以分成以下几种类型。

一、数据采集系统

在数据采集系统中,计算机一般只对工业过程的各种参数进行巡回检测、报警、结果处理,并在规定的时间,通过显示、打印等方式向操作人员提供各种数据,而不参与对过程的控制。

二、计算机操作指导系统

计算机根据现场测得的大量过程参数进行计算,向操作人员提供一些参考性数据,如控制器整定参数、被控量设定值、操作变量设定值等,计算机不直接对工业对象施加影响,而是操作人员自己根据计算机输出信息,并结合自己的判断去改变控制器的给定值或直接操作执行机构。如果操作指导系统直接从现场输入实测参数,由计算机进行分析和计算,并给出操作指导信息,则称其为“在线”操作指导系统,如图6-25所示。另外一种“离线”操作指导系统,其现场实测参数是由操作员通过计算机输入设备传给计算机的,如图6-26所示。

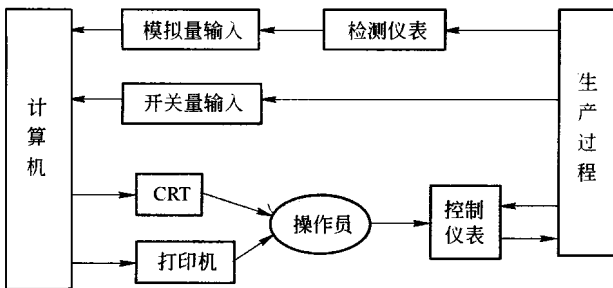


图 6-25 在线操作指导系统框图

操作指导系统一般用于试验新方案、新设备、新的数学模型、新的控制程序和培训新的操作人员。

三、直接数字控制系统

如图6-27所示,计算机控制并通过输入通道获得有关数字信号数据后,根据设计的

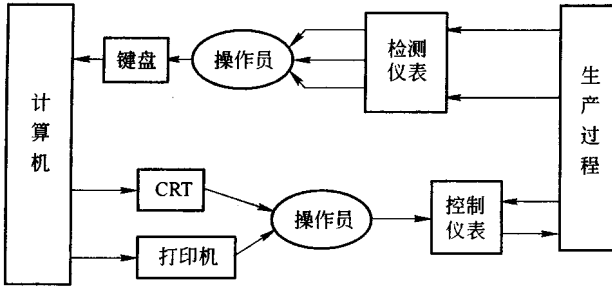


图 6-26 离线操作指导系统框图

控制规律运算,然后发出数字控制信号,通过输出通道直接去控制执行机构,从而达到控制被控量的实际值的目的。在控制回路中,计算机起到数字控制器的作用。这种系统可以实现比例积分微分 PID 控制、非线性、自适应、最优等复杂控制。

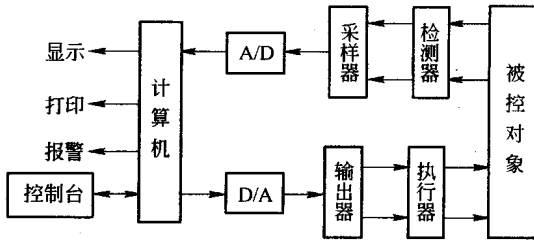


图 6-27 直接数字控制系统框图

四、监督控制系统

监督控制系统有两种模式,一种是 SCC + 模拟控制器,计算机根据现场测得的各有关变量的情况,按一定算法计算回路的设定值,用于改变控制器的设定值,这种方式称为设定值控制(SPC),如图 6-28 所示。由于具体的控制工作是由模拟控制器完成,计算机只监视这些控制器工作情况,修正设定值,因此称为监督控制。但是,监督控制不仅包括设定值控制,还包括数据处理、最优计算等功能。另一种是 SCC + DDC,实为二级计算机控制系统,当直接数字控制级 DDC(或称基础自动化级)计算机出现故障时,可由监督控制级 SCC(或称过程控制级)计算机代替,确保安全生产。

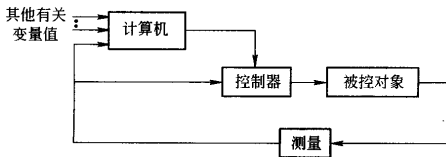


图 6-28 计算机设定值控制系统框图

操作指导系统与监督控制系统比较,前者实际上去调整控制器设定值的是人。当操作人员交换工作时,就会引起运行上的差别,若原料条件和生产条件发生变化仍要求生产

出原来的产品,则人工设定不一定准确。因此,就要考虑用计算机来代替人来完成这项工作。监督控制系统正是在这种需求下发展起来的,它可以考虑工艺设备情况,根据合理的数学模型,进行最优的设定值计算,并按照计算的设定值由 DDC 去调整控制器设定值。监督控制系统效果的好坏,主要在于设定模型、算法和程序。

目前二级计算机控制系统在我国轧钢厂应用的例子较多,比如热连轧精轧机组、连续热镀锌机组、罩式退火炉等机组的控制系统多为二级计算机控制系统。

五、多级计算机控制系统

多级计算机控制系统是按企业组织生产过程的层次和等级配置多台计算机来综合实施信息管理和生产过程控制的数字控制系统。通常,计算机多级控制系统是由管理计算机系统和过程计算机系统组成的多机系统。其中,过程计算机从属于管理计算机,形成一个可进行信息交换的并协同工作的多级控制体系。这种多级控制的多机系统工作方式,往往比同样个数的单机工作要有效得多。典型的计算机多级控制系统由直接数字控制、计算机监督控制、管理信息系统三级组成。直接数字控制系统处于多级控制系统的最末级。其任务是直接控制生产过程,实施多种控制功能,并完成数据采集、报警等工作,直接数字控制系统通常由若干台微型计算机构成。

图 6-29 为五级计算机控制系统,DDC 级计算机主要是接受 SCC 级计算机给出的设定值,对设备进行直接数字控制,比如进行简单的比例、积分、微分控制,或者进行程序控制、顺序控制、比值控制、串级控制、前馈控制以及延迟补偿、自适应自学习控制。此外,这一级还可以收集数据和监视报警等。SCC 级主要进行最优控制的设定计算,指挥 DDC 级的工作,调整常规控制器的设定值和向操作员发出操作指令。MIS 级是生产管理级,它主要进行生产的计划和调度,指挥 SCC 级工作。这一级又可以按照企业规模和管理范围大小,分成几级,例如车间管理级、分厂管理级和公司管理级。由于管理级计算机主要任务是信息处理,故 MIS 级的计算机都是大型的通用计算,要求数据处理和科学计算的能力强,内外存容量大。

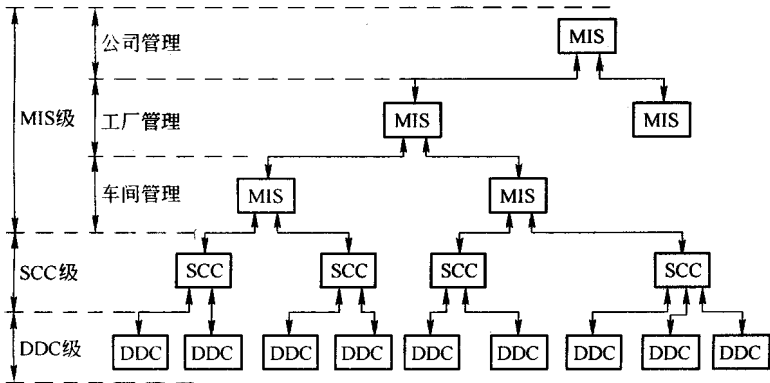


图 6-29 多级计算机控制系统

六、分散控制系统

分散控制系统是由多台计算机分别控制生产过程中多个控制回路,同时又可集中获取数据和集中管理的自动控制系统。分散控制系统是控制技术、计算机技术、数据通信技术、屏幕(CRT)显示技术的综合应用。采用微处理机分别控制各个回路,而用中小型工业控制计算机或高性能微处理机实施上一级控制。各个回路之间和上下级之间通过高速数据通道交换信息。分散控制系统具有数据获取、直接数字控制、人机交互以及监控和管理等功能。

生产过程的控制系统的经历了从模拟控制(即未经量化的变量控制)系统、计算机监督控制系统、直接数字控制系统、多级控制系统到分散控制系统的发展过程。直接数字控制的缺点是可靠性低,计算机本身的故障会使整个系统失去控制。因此一般计算机监督控制系统与直接数字控制系统组合起来,只把模拟控制器不能胜任的任务和发生故障后不致危及整个系统的任务交给直接数字控制系统去完成,随着对生产过程控制的要求越来越高,出现了计算机多级控制系统,使得数据获取和控制装置大为增加,电缆大为延长,监督控制系统的中央数字控制任务趋于繁重,它的设计成本增加,且安装费时,因而应用受到限制。

分散控制系统是在计算机监督控制系统、直接数字控制系统和计算机多级控制系统基础上发展起来的,是生产过程的一种比较完善的控制与管理系统的。在分散控制系统中,按地区把微处理机安装在测量装置与控制执行机构附近,将控制功能尽可能分散,管理功能相对集中。这种分散化的控制方式改善了控制的可靠性,不像在直接数字控制系统中那样,会由于计算机的故障而使整个系统失去控制。当管理级发生故障时,过程控制级(控制回路)仍具有独立控制能力,个别控制回路故障时也不会影响全局。相对集中的管理方式有利于实现功能标准化的模块化设计。与计算机多级控制系统相比,分散控制系统在结构上更加灵活、布局更为合理和成本更低。1980年前后终于彻底地分散到一台微型机只控制一个回路。这种完全分散的控制系统的又称为完全分散控制系统或集散系统。

第七章 计算机过程控制系统应用

20 世纪 60 年代以后,随着工业生产过程的大规模化,要求控制系统既能处理大量数据,又能实现高级控制,于是,自动化技术和计算机技术相结合产生了计算机控制系统。

第一节 概 述

一、计算机控制系统的组成

图 7-1 是计算机控制系统的框图。图中,过程变量的信号经测量线路变换成电信号,由多路开关、采样保持器巡回检测,再经模/数转换器(A/D)变换成数字量,然后送到数字控制器与给定值比较后,按照一定的控制规律进行运算输出控制量,该控制量经数/模转换器(D/A)、保持器和执行器后用于生产过程的有关过程变量。

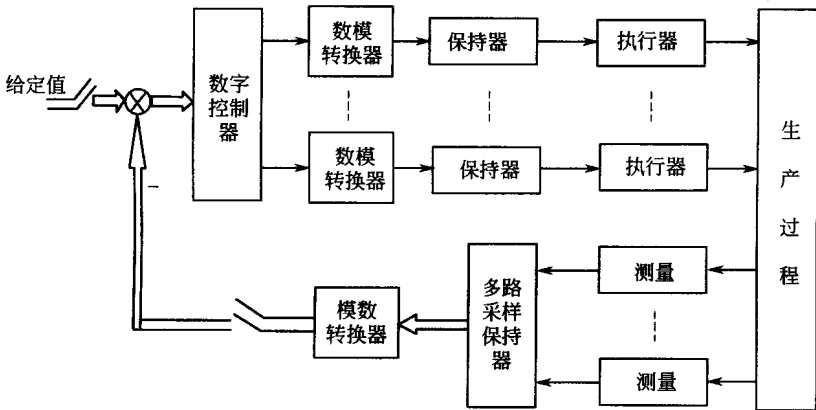


图 7-1 计算机控制系统框图

由图可见,计算机控制系统组成与典型连续控制系统组成相类似,它由被控对象、测量变送、控制器和执行器组成。不同点是计算机控制系统的控制器用数字控制器实现,此外为了信号匹配,数字计算机输入侧带有多路开关、采样保持器和 A/D,输出侧带有 D/A 和保持器,典型的计算机控制系统的形式如图 7-2 所示。

在计算机控制系统中,测量变送环节对被控对象各被控变量进行测量得到模拟信号,经多路开关、采样保持器和模/数转换器(A/D)后得到数字信号,该数字信号送到数字控

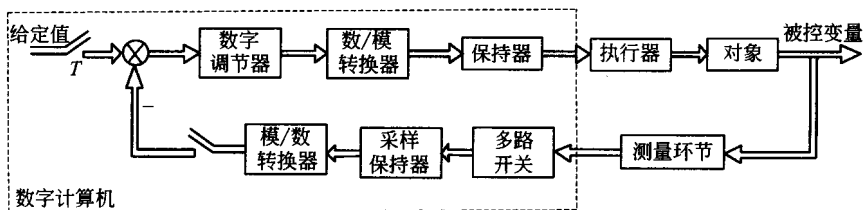


图 7-2 计算机控制系统典型结构图

制器与设定值比较,并按照一定控制规律进行运算,输出数字形式的控制量,再经数/模转换(D/A)和保持器后,送执行器控制各被控变量。

二、计算机控制系统的发展

最初的计算机控制系统是替代常规控制仪表的直接数字控制系统(DDC),它容易进行信息通信,实现集中控制、显示和操作,控制精度高,使生产过程综合控制水平得到提高。但在大型化工厂或装置中,一台计算机要集中控制几十甚至几百个回路,使事故发生的危险性高度集中,一旦计算机控制系统故障,控制、监视和操作都无法进行,给生产带来很大影响,甚至造成全局性的重大事故。集中控制固有的缺陷使 DDC 未能普及推广。进入 20 世纪 70 年代后,为了进一步提高控制系统的安全性和可靠性,开发研制了新型的集散控制系统。该控制系统将控制分散,危险分散,并将操作、监测和管理集中,克服了常规仪表控制系统控制功能单一和计算机控制系统危险集中的缺点,它能实现连续控制、间歇(批量)控制、顺序控制、数据采集处理和先进控制,将操作、管理与生产过程密切结合。

20 世纪 60 年代末,为缩短开发周期,减少接线,降低成本,开发研制了用于逻辑控制的可编程控制器(Programmable Logic Controller,简称 PLC)。它是一类适合工业现场环境下运行的计算机控制系统,它对工业恶劣环境的适应性强,采用梯形图、语句表等编程语言,易于学习和掌握。同时,它可以作为 DCS 的下位机完成分散控制的功能。

20 世纪末,计算机、信息技术的飞速发展,引发自动化系统结构的变革:专用微处理器嵌入传统测量控制仪表,使它们具有数字计算和数字通信能力;采用双绞线等作为通信总线,把多个测量控制仪表连接成网络系统,并按开放、标准的通信协议,在多个现场智能测量控制设备之间以及与远程监控计算机间实现数据传输与信息交换,组成各种适合实际需要的自动控制系统,即现场总线控制系统。现场总线控制系统的出现,使自动化仪表、集散控制系统和可编程序控制器产品的体系结构、功能结构发生变革。

计算机控制系统向分散化、网络化、智能化方向发展,其功能和结构等都比初期有较大改进;各种计算机控制系统也互相渗透,出现你中有我,我中有你的情况,并形成更完善的系统——计算机集成制造系统(CIMS——Computer Integrated Manufacturing System),它把企业内部各环节,包括工程设计、在线和离线过程监控、产品销售、市场预测、定货和生产计划、新产品开发、产品设计、经营管理和用户反馈信息等高度计算机化、自动化和智能化,形成现代化的管控一体化大系统。

第二节 集散控制系统

一、集散控制系统的特点和发展概况

(1) 集散控制系统的特点

作为新一代工业自动化过程的管理和控制设备,DCS 具有下列特点。

①采用智能技术 集散控制系统(DCS)采用微处理器为核心的“智能技术”,凝聚计算机先进技术,这是集散控制系统有别于其他控制系统装置的最大特点。

集散控制系统中的现场控制单元、过程输入输出接口、操作站以及数据通信接口等均采用 16 位、32 位或 64 位微处理器,具有记忆、数据运算、逻辑判断功能,能实现自适应、自诊断、自检测等“智能”。

②丰富的功能软件包 集散控制系统具有丰富的功能软件包,它能提供控制运算、过程监视、显示、信息检索和报表打印等功能。

应用软件的模块化,使用户可根据过程应用要求进行组态。集散控制系统有两种组态方法:功能模块法和高级语言程序设计法。控制功能模块连接方式通常用菜单或填表方式,常用的高级语言有 C、FORTRON、BASIC、梯形逻辑语言及专用控制语言等。

③采用局部网络通信技术 集散控制系统的通信网络是典型局域网。采用工业局域网技术组成通信网络,传输实时控制信息,对分散过程控制单元和人机接口单元进行控制、操作管理,实现全系统的综合管理。传输速率达 5~10 Mb/s,响应时间仅数百微秒,误码率低于 $10^{-8} \sim 10^{-10}$ 。

④友善的人机接口 微处理器的迅速发展,使集散控制系统中的 CPU 广泛采用处理速度快的 32 位微处理器;人机工程学的发展,使易操作性大大提高;CRT 显示技术和多媒体技术的发展,使显示画面更丰富多样。如有总貌显示、报警汇总、操作编组、点调整、趋势编组、趋势记录点、操作指导信息、流程图等画面和音响报警、语音输出、系统维护等功能。

⑤高可靠性 集散控制系统的 MTBF 可达 100 000 h 以上,MTTR 仅几分钟。

硬件工艺方面的高可靠性表现为使用高度集成化的元器件;采用表面安装技术,使用 CMOS 器件减小功耗;对每个元件的可靠性测试等。

冗余技术提高了系统可靠性。集散控制系统中的人机接口、控制单元、过程接口、电源、I/O 插件、信息处理器、通信系统均可采用冗余配置。

此外,还采用容错技术提高系统可靠性。集散控制系统采用故障自检、自诊断技术,包括符号检测技术、动作间隔和响应时间的监视技术、微处理器及接口和通道的诊断技术、故障信息和故障判断技术等,提高系统的可靠性。

(2) 集散控制系统的发展概况

随着大规模集成电路的问世,微处理器技术和控制技术、显示技术、计算机技术、通信

技术(即所谓 4C 技术)等的发展,在继承常规模拟仪表和 DDC 优点基础上,进一步提高控制系统安全性和可靠性,降低成本。

1975 年推出第一套集散控制系统以来,集散控制系统的结构和性能日臻完善,其发展大体分三个阶段:

- ①1975 ~ 1976 年,集散系统的诞生时期。
- ②1977 ~ 1984 年,集散系统飞速发展时期。
- ③1985 ~ 综合信息管理系统时期。

集散控制系统还将继续发展,表现为:系统小型化和微型化;现场检测变送器智能化;现场总线标准化;通信网络标准化;DCS 与 PLC、SCADA 等的互相渗透;系统软件智能化等。集散控制系统将适应各种过程控制需要,取得更好的技术和经济效益。

二、集散控制系统的硬件和软件

(1) DCS 的基本构成

集散控制系统的品种繁多,但系统的基本构成相似,图 7-3 是集散控制系统的基本构成。由图可见,集散控制系统一般由以下三大部分组成。

①过程控制单元 过程控制单元是集散系统的核心部分,又称基本控制器或闭环控制站,主要完成连续控制功能、顺序控制功能、算术运算功能、报警检查功能、过程 I/O 功能、数据处理功能和通信功能等。提供的控制算法和数学运算有 PID、非线性增益、位式控制、选择性控制、函数计算、多项式系数、Smith 预估等。

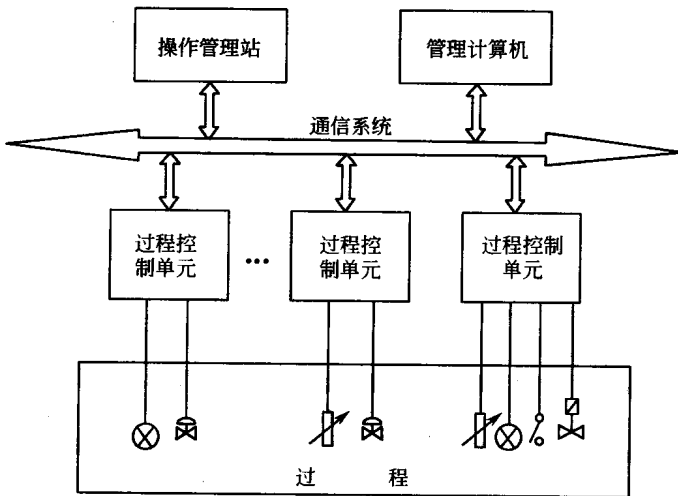


图 7-3 集散控制系统的基本结构

②操作管理站 作为集散系统的人机接口装置,操作站一般配有高分辨率、大屏幕的彩色 CRT、键盘、打印机、硬拷贝机和大容量存储器等。按 CRT 显示器上的画面和数据,操作员可进行监视、操作和控制,控制或维修工程师可实现控制系统组态、系统的生成和维护。作为管理计算机,它可通过通信接口与通信系统相连,采集各种数据信息,用各种高级语言编程,执行工厂的集中管理和实现最优控制、顺序控制、后台计算以及软件开发

的特殊功能。

③通信系统 通信系统是具有高速通信能力的信息总线,可由双绞线、同轴电缆或光纤构成。为实现数据的合理传送,通信系统必须具有一定的网络结构,并遵循一定的网络通信协议。

早期的集散系统采用专门的通信标准或通信协议,系统兼容和互连性差。为此,国际电工委员会(IEC)、国际标准化组织(ISO)、美国电子电气工程师协会(IEEE)、工厂自动化协议集团(MAP集团)等都为不同层次网络制定了相应的标准。

通常,集散控制系统网络结构的最高层为工厂主干网络(称计算机网络级),负责中央控制室与上级管理计算机的连接,采用MAP、ETHERNET、ISO8802.4宽带通信网;第二层为过程控制网络,负责中央控制室各控制装置间的相互连接,支持集中智能、分散智能、分级智能及其组合的控制系统;最低一层为现场总线网,负责现场智能检测器、智能执行器与中央控制室控制装置间的互联。

(2)集散控制系统应用软件组态

①集散控制系统硬件组态 集散控制系统的硬件组态是根据系统规模及控制要求选择硬件,包括通信系统、人机接口、过程接口和电源系统的选择,集散控制系统与下位设备及上位机通信接口的选择,上位机及集散控制系统控制单元的选择等。

进行硬件组态时,应综合考虑各方面的因素。首先要满足系统的控制要求,选择性能价格比最佳的配置;其次,还应考虑它在未来的定位;另外,还应考虑操作人员的易操作性,系统的易维护性等。

②集散控制系统的软件组态 DCS应用软件组态是在系统硬件和系统软件的基础上,用软件组态方式将系统提供的功能块连接起来达到过程控制的要求。例如,模拟控制回路的组态是将模拟输入卡与选定的控制算法连接起来,再通过模拟输出卡将控制输出的结果送至执行器。

应用软件组态的方式有直接经DCS操作站组态、通过填写表格进行组态准备工作和利用PC机进行组态等三种。组态结果转换成DCS可接收的编码。

应用软件的组态包括:网络组态文件(NCF)组态、数据点组态、用户画面、自由格式报表和键定义组态、区域数据库和历史组态和控制程序的编制等。

三、TDC 3000 系统简介

TDC 3000系统是霍尼威尔公司在原有的TDC 2000系统的基础上推出的一套集散控制系统,现已推出新的TPS系统。TDC 3000系统构成见图7-4。

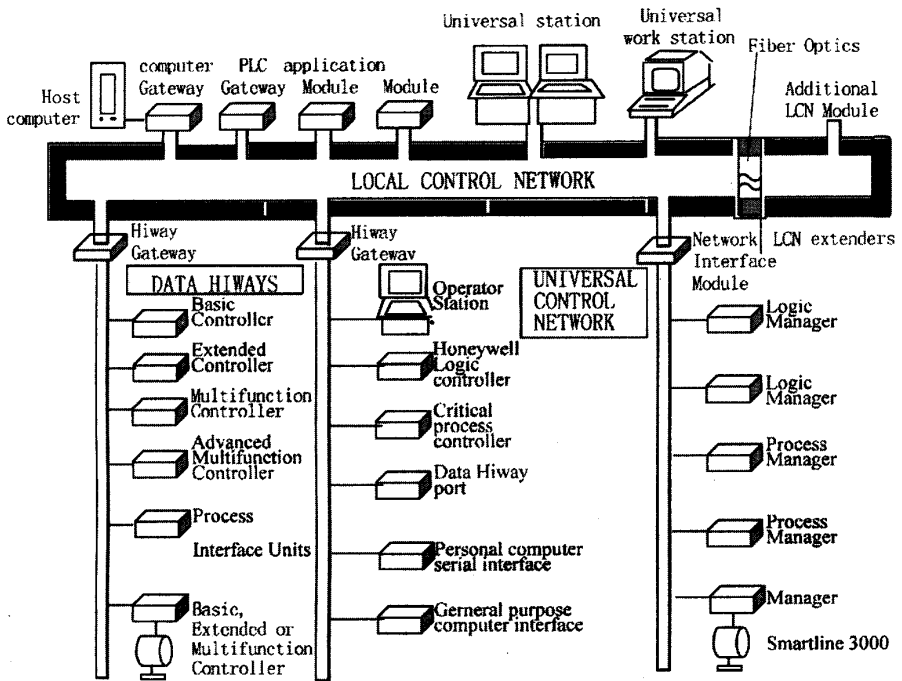


图 7-4 TDC3000 系统构成图

HOSTCOMPUTER—上位计算机；
 COMPUTER GATEWAY (CG3)—计算机接口；
 PLC GATEWAY (PLCG)—PLC 接口；
 APPLICATION MODULE(AM)—应用模块；
 HISTORY MODULE(HM)—历史模块；
 UNIVERSAL STATION(US)—万能操作站；
 UNIVERSAL WORK STATION(UWS)—万能工作站；
 LOCAL ODNTROL NERWORK(LCN)—局部控制网络；
 FIBER OPTICS—光缆；
 LCN EXTENDERS(LCNE)—LCN 扩展器；
 ADDITIONAL LCN MODULE—附加 LCN 模块；
 DATA HIWAYS(DHW)—数据高速通道；
 HIWAY GATEWAY(HG)—高速通道接口；
 BASIC CONTROLLER(CB)—基本控制器；
 EXTENDED CONTROLLER(EC)—扩展控制器；
 MULTIFUNCTION ODNTROLLER(MC)—多功能控制器；
 ADVANCED MULTIFUNCTION ODNTROLLER(AMC)—
 先进多功能控制器；

PROCESS INTERFACE UNIT(PIU)—过程接口单元；
 BASIC、EXTENDED、MULTIFUNCTION CON-
 TROLLER—基本、扩展、多功能控制器；
 SMARTLINE 3000—3000 系列智能变送器；
 OPERATOR STATION—操作站；
 HONEYWELL LOGIC CONTROLLER—霍尼韦尔逻辑器；
 CRITICAL PROCESS CONTROLLER—关键过程控制器；
 DATA HIWAY PORT(DHP)—数据高速通道端口；
 PERSONAL COMPUTER SERIAL INTERFACE(PCSI)—
 个人计算机串行接口；
 GENERAL PURPOSE COMPUTER INTERFACE(GPCI)—
 通用计算机接口；
 NETWORK INTERFACE MODULE(NIM)—网络接口模
 件；
 LOGIC MANAGER(LM)—逻辑管理站；
 PROCESS MANAGER(PM)—过程管理站；
 ADVANCED PROCESS MANAGER(APM)—先进过程管
 理站；
 UNIVERSAL CONTROL NETWORK(UCN)—万有控制网
 络

由图可见 ,TDC3000 系统由 LCN 网络及其模件、UCN 网络及其模件、DHW 网络及其模件等组成。

由于 DHW 通信网络是 TDC 3000 基本系统(即 TDC 2000 系统)采用的 ,与 LCN、UCN 通信网络技术相比 ,属于初级的网络 ,已逐渐被 UCN 通信网络取代。下面简要介绍 LCN、UCN 通信网络及其模件。

(1) LCN 通信网络及其模件

LCN 通信网络及其模件由局部控制网络 LCN、万能操作站(US)、万能工作站(UWS)、历史模件(HM)、应用模件(AM)、网络接口模件(NIM)、高速通道接口(HG)、计算机接口(CG)、可编程逻辑控制器接口(PLCG)等组成。LCN 通信网络及其模件不与现场过程直接相接 ,主要提供与过程网络之间的连接、LCN 网络上模件之间的通信、系统的人机接口以及先进控制策略和综合信息处理功能。

①局部控制网络(LCN 网络) 局部控制网络用以支持 LCN 网络上模件之间的通信 ,遵循 IEEE 802.4 通信标准 ,采用总线型通信网络 ;令牌传送”通信协议。

②万能操作站(US) 万能操作站是 TDC 3000 系统的人机接口 ,具有操作员属性、工程师属性和系统维护等三方面功能。

操作员属性功能是当万能操作站内存装入操作员属性系统软件且键锁位置在操作员位置时 ,系统具有的过程操作显示、系统状态显示、系统功能显示等功能。

工程师属性和系统维护功能是在 US 上装有工程师属性的系统软件或万能属性的系统软件时 ,维护工程师可调出系统组态、维护主菜单 ,实现系统组态和维修等功能 :

③万能工作站(UWS) 万能工作站是 TDC 3000 系统的又一人机接口 ,具有 US 全部功能 ,并具有过程工程师、维护工程师和过程管理工程师的功能。

过程工程师功能包括显示系统组态、数据点建立、画面建立、控制语言(CL)编程、日志和报表格式、文件编辑、实用程序、系统功能等。过程工程师可以借助这些画面建立过程和系统数据库、建立画面显示和报表、编制、编译和完成 CL 程序等。

过程维修工程师功能包括显示维护建议、存储器、系统维护日志等。维护工程师可以借助这些画面诊断 LCN 模件、UCN、DATAHIWAY 和过程连接设备上的问题、显示和打印发生故障时的有关信息等。

过程管理工程师功能包括显示连续过程操作、趋势和报表、时序、报警、系统功能等。管理员和操作员可以借助这些画面监视处理和对过程分析、监视过程、时序、系统报警和操作信息、显示和打印历史过程、过程趋势、平均值、报表和日志 ,监视控制室和过程中控室的系统状态 ,装载其他系统模件操作程序和数据库等。

④应用模件(AM) 应用模件 AM 用来完成 UCN 和 DHW 网络的模件不能完成的高级控制功能、复杂及多变量运算功能 ,提高过程控制及管理水平。包括通信功能、上位控制功能、高级运算功能、与用户画面的交互作用等功能和 AM 的应用软件包。

⑤历史模件(HM) 历史模件 HM 是 TDC 3000 系统的存储单元 ,它是系统软件、应用软件和过程历史数据等的存储设备。

(2) 万能控制网络及模件

万能控制网络 UCN 是 Honeywell 公司 1988 年推出的新型过程控制和数据采集系统 ,

由先进过程管理站(APM)、过程管理站(PM)、逻辑管理站(LM)、网络接口模块(NIM)及通信系统组成。

①过程管理站(PM) 过程管理站是 UCN 网络的核心设备 ,用于工业过程控制和数据采集。

PM 数据点是 PM 进行数据采集和过程控制的基础 ,根据 PM 的功能结构可将 PM 数据点分为 I/O 数据点和 PMM 数据点两部分。其中 I/O 数据点包括模拟输入点、智能变送器接口点、模拟输出点、数字输入点、数字输出点、脉冲输入点。

PMM 数据点主要有常规 PV 点、常规控制数据点、数字复合数据点、逻辑数据点、用户程序——过程模件点等。

常规 PV 点提供适用的可组态方法以实现过程变量(PV)的计算和补偿功能。包括的控制算法有数据采集、流量补偿、三取中选择、高 - 低和取均值、求和、积算器、带超前 - 滞后的可变时滞、通用线性化、计算等。

常规控制数据点提供一些有效的控制算法 ,包括的控制算法有 PID、带前馈 PID、带外部积分外反馈 PID、位置比例、比值控制、斜坡和保持、自动和手动操作、增量加法器、切换开关、超驰选择器等。

数字复合数据点是一种多输入、多输出点 ,用于提供与离散设备如马达、泵及电磁阀等的接口。

逻辑数据点使用 26 种逻辑算法与数字复合点组合使用 ,实现全集中的逻辑功能。

用户程序——过程模件点是用 CL/PM 语言编制的用户程序。所有的过程模件程序 ,可以共享系统的公共数据库 ,通过数据库进行通信。

②先进过程管理站(APM) 先进过程管理站 APM 是 TDC 3000 系统中用于工业过程控制和数据采集的过程控制站 ,它为监视和控制提供更灵活的 I/O 功能。主要功能如下 :

- a. 执行数据采集和过程控制的功能 ,包括常规调节控制、逻辑控制、顺序控制功能 ,与驻留在 UCN 网络上其他设备进行点对点的通信功能等 ;
- b. 通过串行接口 ,提供与 MODBUS 子系统的双向通信功能 ;
- c. 在万能操作站或万能工作站上与工程师或操作员进行通信的功能 ;
- d. 支持在 LCN 控制网络上通过 AM 或上位机实现高级控制策略 ;
- e. APM 可以使用具有高性能的优化软件包 ;
- f. 数字输入顺序事件处理 ;设备管理点 ;CL 程序数组点 ;非 TDC 3000 设备接口能力 (串行) ;大存储量 (是 PM 的四倍多) ;字符串变量 ;时间变量。

与 PM 数据点类似 ,APM 数据点也可分为 I/O 数据点和 APMM 数据点两部分。

其中 ,I/O 数据点包括 模拟输入点 ;智能变送器接口点 ;串行设备接口点 ;串行接口 IOP ;脉冲输入点 ;模拟输出点 ;数字输入点 ;数字输出点。

③逻辑管理站(LM)逻辑控制站(LM)是用于逻辑控制的现场控制站。LM 具有 PLC 控制的优点 ,同时在 UCN 网络上 ,LM 可以方便地与系统中各模件进行通信 ,使 DCS 与 PLC 有机结合 ,使数据能集中显示、操作和管理。它提供逻辑处理、梯形逻辑编程、执行逻辑程序、与 LCN、UCN 中模件进行通信等功能 ,能构成冗余化结构。

逻辑管理器有 RUN ,PROGRAM ,RUN/PROGRAM ,DISABLE 四种工作状态。RUN 状态

是 LM 的主要工作方式 ,LM 处于该状态时 ,处理器模块将扫描执行存放于 MM 中的用户程序。PROGRAM 状态是 LM 的编程状态 ,用户可在这个状态编写梯形图程序并装入系统。RUN/PROGRAM 状态是允许用户在线修改程序的状态。DISABLE 状态是输出信号可根据 PIOM 模块上的设定保持或清零。这时输出信号将不能以强制或其他方式改变。

同其他 UCN 模块一样 ,LM 数据点也以数据点为基础进行逻辑处理。LM 的数据点有数字输入点、数字输出点、数字复合点、模拟输入点、模拟输出点、链接点、状态标志点、数值数据点和时间数据点等。

四、集散控制系统应用示例

下面介绍 TDC - 3000 系统在低压蒸汽压力分程控制系统中的应用。

(1) 工艺过程简介及控制要求

该装置公用工程单元低压蒸汽系统工艺流程和基本控制方案如图 7 - 5 所示。

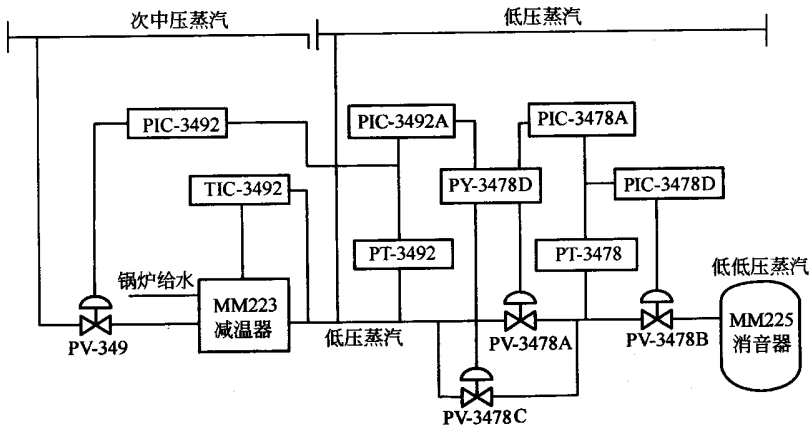


图 7 - 5 工艺流程和基本控制方案

次中压蒸汽经 PV - 3492 减压和减温器 MM223 减温后成为低压蒸汽。低压蒸汽再经 PV - 3478A/C ,PV - 3478B 减压后成为低低压蒸汽。低低压蒸汽经消音器 MM225 后排出大气。按工艺要求 ,低压蒸汽管网压力的稳定 ,是通过控制系统 PV - 3478A/C 阀组的分程控制实现 ,要求蒸汽管网压力波动范围较小时 ,启用口径为 6 in (1 in = 25.4 mm) 的 C 阀控制 ,保证控制精确度 ,蒸汽管网压力波动范围较大时 ,则关闭 C 阀 ,用口径为 10 in 的 A 阀进行控制 ,要求 A ,C 阀的切换过程对蒸汽管网压力的扰动最小。

控制阀 PV - 3478A/C 前、后分别设有压力检测点 PT - 3492 和 PT - 3478 ,经控制器 PIC - 3492A ,PIC - 3478A 的输出信号送高选器 PY - 3478D ,PY - 3478D 输出经逻辑运算后控制 PV - 3478A/C 阀。

(2) 控制回路组态

针对工艺特点 ,选用蒸汽压力控制阀 PV - 3478A/C 前后压力 PT - 3492 ,PT - 3478 作为被控变量 ,PV - 3478A/C 作为操作变量 ,采用选择性控制系统作为基本控制方案。其中 PY - 3478D 为高选器 ,PIC - 3492 ,PIC - 3478B 分别作为前、后压力的单回路控制器 ,TIC -

3495 作为单回路的温度控制器。高选器经逻辑点 APMILPEI 逻辑运算后分别由软开关 SWITCHPHS3478A/C 经模拟输出点 PY 3478A/C 控制阀 PV 3478A/C 的动作。控制回路组态连接图见图 7-6。

(3) APM 逻辑点功能和组态

APM 逻辑点与数字组合点一起提供一种可组态的复合逻辑功能。逻辑点由逻辑块、标志、数值、用户定义描述、输入连接、输出连接等组成。

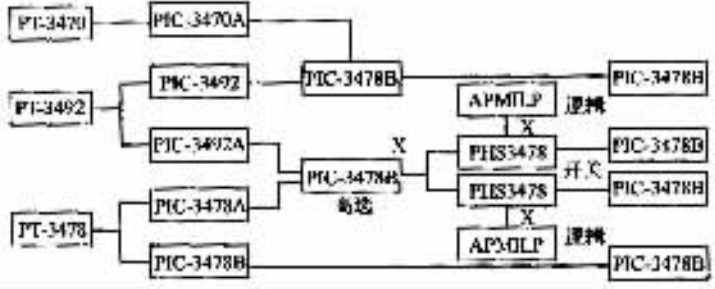


图 7-6 控制回路组态连接图

逻辑点 APMILPEI 组态结构示意图如图 7-7 所示。输出连接如表 7-1 所示。它是实现分程控制作用的关键。LOGICMIX 型号为 12-16-8, 有 12 个逻辑输入, 16 个逻辑块, 8 个逻辑输出。设定输入连接为 PY 3478DOP, 输出连接为:

数值点 NUMERIC1: 10.00000
 NUMERIC2: 14.00000

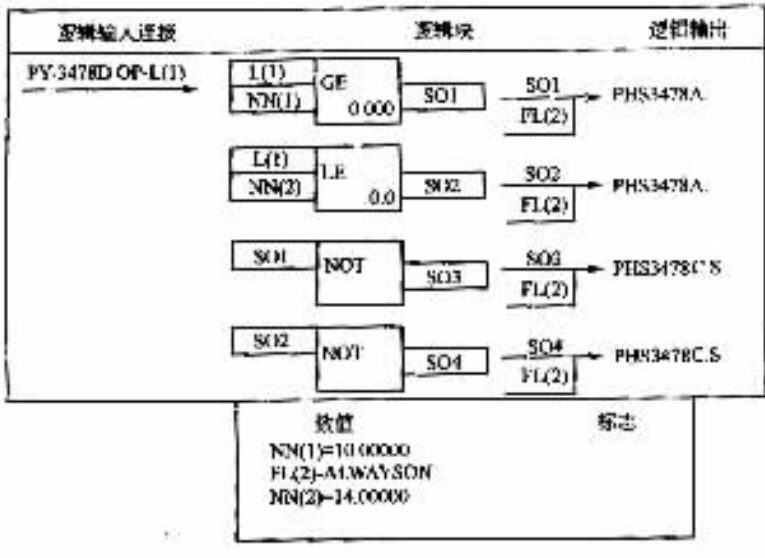


图 7-7 逻辑点 APMILPEI 组态结构示意图

表 7-1

输出连接

逻辑输出源	目的点(信号、参数)
SO1	PSH3478 AS1
SO2	PSH3478 AS2
SO3	PSH3478C S1
SO4	PSH3478C S2

(4)对流量特性的改进设计

设计分程控制的目的,一是为扩大控制阀的可调范围,改善控制品质;二是满足工艺操作的特殊要求。结合阀的特性及工艺要求,确定分程控制阀分程范围。PHS3478A、PHS3478C为DCS软开关,由逻辑点APMILPR1进行开关选择,当运算器PY3478D输出为0~10%范围时,PHS3478C选择由PY3478D来的 X_1 作为输入控制C阀动作,同时PHS3478A选择逻辑点置零信号 X_2 被强制置零,使A阀全关。当PY3478D输出为10%~14%范围时,C阀仍开,同时PHS3478A选择由PY3478D来的 X_1 作为输入来控制阀动作,A阀逐渐打开,当PY3478D输出为14%时,PHS3478C选择逻辑点置零信号 X_2 被强制置零,即C阀全关。此时A阀已有一定的开度;当PY3478D输出为14%~100%范围时,PHS3478A保持 X_1 作为输入来控制A阀动作,PHS3478C继续保持输入 X_2 ,C阀全关。

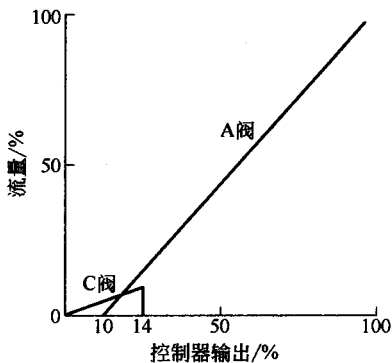


图 7-8 PV-3478A/C 阀流量特性图

设定10%~14%为过渡范围,可避免控制阀开启时死区对流量特性的影响,使A/C阀切换时系统不会受到显著扰动。PV-3478A/PV-3478C阀流量特性如图7-8所示。

通过在分程控制中引入APM逻辑运算功能,提高分程控制应用的灵活性,使控制阀的可调范围扩展和流量特性的修正方便。

第三节 可编程序控制器

一、可编程序控制器的特点及发展

可编程序控制器(PLC)是专门为工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编程的存储器,在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作指令,并通过数字式或模拟式的输入和输出来控制各种类型的机械和生产过程。由于它具有操作方便、可靠性高等优点,可编程序控制器目前已成为工业自控领域中广泛应用的自动化装置,受到广大工程技术人员的重视和欢迎。

(1)可编程序控制器的发展史

美国的数字设备公司(DEC公司)于1969年研制出了第一台可编程序控制器PDP-14。其后,美国的MODICON公司推出了同名的084控制器,日本于1971年推出DSC-8控制器,西欧国家的各种可编程序控制器也于1973年研制成功,中国在1974年开始研制并于1977年研制出第一台具有实用价值的可编程序控制器。

从控制功能来看,可编程序控制器的发展经历以下四个阶段。

①初创阶段:第一台PLC问世到20世纪70年代中期。这一阶段的产品主要用于逻辑运算和计时、计数运算。

②扩展阶段:20世纪70年代中期到20世纪70年代末期。这一阶段产品扩展了功能,包括数据的传送、数据的比较和运算、模拟量的运算等功能的扩展。

③通信阶段:20世纪70年代末期到20世纪80年代中期。这一阶段可编程序控制器在通信方面有很大的发展,形成分布式的通信网络系统。但由于制造厂商各自采用不同通信协议,产品互通较难。另外,在该阶段,数学运算功能得到较大扩充,产品可靠性进一步提高。

④开放阶段:20世纪80年代中期以后。主要表现在通信系统的开放,各制造厂产品可以通信。在这一阶段,产品规模增大,功能完善,大中型产品多数有CRT显示,此外,还采用标准软件系统,增加高级编程语言等。

(2)可编程序控制器的主要功能

可编程序控制器的主要功能表现如下。

①开关逻辑和顺序控制 可编程序控制器最广泛的应用是在开关逻辑和顺序控制领域,主要功能是开关逻辑运算和顺序逻辑控制。

②模拟控制 过程控制点数不多,开关量控制较多时,PLC可作为模拟量控制的控制装置。采用模拟输入输出卡件可实现PID等反馈或其他模拟量控制运算。

③信号联锁 信号联锁是安全生产的保证,高可靠性的可编程序控制器在信号联锁系统中发挥很大作用。

④通信 可编程序控制器可作为下位机,与上位机或同级的可编程序控制器进行通

信,完成数据处理和信息交换,实现对整个生产过程的信息控制和管理。

(3) 可编程序控制器的特点

可编程序控制器的主要特点如下。

①可靠性 可靠性高是 PLC 的主要特点。与通用计算机控制系统相比,PLC 在软硬件方面都采取了一系列提高可靠性的措施。

②易操作性 PLC 的操作、维修和编程都非常方便,极易操作使用。

③灵活性 可编程序控制器的灵活性表现在编程的灵活性、扩展的灵活性和操作的灵活性等三方面。

④机电一体化 可编程序控制器是专门为工业过程控制而设计的控制设备。机械和电气部件被有机地结合在一起,适应了机电一体化——仪表、电子、计算机综合的要求,体积大大减小,功能不断完善,成为当今数控技术、工业机器人、过程控制等领域的主要控制设备。

二、可编程序控制器的工作原理

可编程序控制器综合应用了自动化、计算机和通信等各个领域的成熟技术,形成以微处理器为核心的高度模块化的机电一体化装置。可编程序控制器的实际组成与一般微型计算机基本相同,也由硬件和软件两大部分组成。

(1) 可编程序控制器的硬件系统

可编程序控制器硬件系统主要由基本控制单元、扩展单元和外部设备等三部分组成。

①基本控制单元 PLC 的基本控制单元是独立于被控生产过程或机械的构成 PLC 控制系统的工作部件,它可由主机、输入、输出、外围接口和整机电源等五个主要模块组成。

a. 主机模块 包括微处理器 CPU 和存储器两部分。主要操作功能为编程方式时,接收并存储从编程器送入的用户程序和数据;运行方式时,根据程序执行结果更新状态标志和输出缓冲区的内容;采用集中刷新方法更新输出控制操作;进行必要的监控和故障自诊断;监控方式时,按监控操作要求,显示指令执行情况或内部器件工作的某些状态。

PLC 的主机模块在硬件结构上与一般微机系统相似,小型低档 PLC 采用 Z80 - CPU、8039、8031 等 8 位通用微处理器或单片机;中大型 PLC 采用高速双极型位片式微处理器(如 AMD2900、AMD2901、AMD2903 等)或高档微处理器等。

PLC 的存储器分系统程序存储器和用户程序存储器。前者存储 PLC 的操作系统或监控程序,并在出厂时固化在 EPROM 中。用户程序在调试后固化在 EPROM 或 EEPROM 中。

b. 输入模块 从现场传感器输入的信号,经输入模块缓冲和隔离后进入 PLC 的主机。输入量可以是开关量(如按钮、行程开关和继电器触点的通/断等)、数字量(如拨码开关等)或模拟量(4~20mA 电流或 0~5V 电压等)。

c. 输出模块 PLC 把运算处理结果通过输出模块送现场执行机构。

d. 外围接口模块 PLC 需要通过外围接口模块与编程器和扩展单元等部件连接。外围接口按信息传递方式可分为并行和串行两种方式。

PLC 的数据总线、控制总线和地址总线通过并行接口直接与外围部件连接。并行口

传输数据简便、迅速,但传输距离较短。小型 PLC 的编程器通过并行接口直接与主机相连。扩展的 I/O 模块也可经并行接口与基本单元连接,扩展整机 I/O 容量。串行通信可直接通过 RS-232C 或 RS-422 进行,或经调制解调器,用通信电缆以至光纤实现相互连接。PLC 与智能化编程器、远程 I/O 机架、通用微机系统等的连接,均通过串行接口实现。

e. 电源模块 PLC 的电源模块可分为三部分:处理器电源、I/O 模块电源和 RAM 后备电源。通常,构成基本控制单元的处理器与少量的 I/O 模块,可由同一个处理器电源供电。扩展的 I/O 机架必须使用独立的 I/O 电源。

② 扩展单元 PLC 为满足多样化的控制要求及环境条件,提供了名目繁多的扩展单元。有些只需增加一些硬件电路,有些除无 CPU 外,与基本单元很相似,有些则高度智能化并自带编程器。

③ 外部设备 PLC 的外部设备主要有编程器、彩色图形显示器和打印机等。

编程器是编制、调试用户程序的外部设备,是人机交互的窗口。通过编程器可以把新的外部程序输入到可编程序控制器的 RAM 中,或者对 RAM 中的已有程序进行编辑,还可以对 PLC 的工作状态进行监视和跟踪,这对调试和试运行用户程序是非常有用的。

大中型 PLC 通常配接彩色图形显示器,用以显示模拟生产过程的流程图、实时过程参数、趋势参数及报警参数等过程信息,使得现场控制情况一目了然。

PLC 可配接打印机等外部设备,打印、记录过程参数、系统参数以及报警事故记录等。还可以配置其他外部设备,例如,配置盒式磁带机或磁盘驱动器,用于存储用户应用程序和数据;配置 EPROM 写入器,用于将程序写到 EPROM 中。

(2) 可编程序控制器的工作原理

可编程序控制器的工作方式是周期扫描方式。在系统程序监控下,PLC 周而复始地按固定顺序对系统内部的各种任务进行查询、判断和执行,这个过程实质上是一个不断循环的顺序扫描过程。一个顺序扫描过程称为一个扫描周期。

可编程序控制器在一个扫描周期内基本上要执行以下六个任务。

① 运行监控任务 为了保证系统可靠工作,可编程序控制器内部设置系统定时计时器 WDT(Watch Dog Timer),由它来监视扫描周期是否超时。PLC 在每个扫描周期内都要对 WDT 进行复位操作,如果不能执行该任务,则 WDT 的计时会超过设定值,表明系统硬件或用户软件发生故障。

② 与编程器交换信息任务 当 PLC 执行到与编程器交换信息任务时,就把系统的控制权交给编程器,并启动信息交换的定时器。在编程器取得控制权后,用户就可以利用它来修改内存中的应用程序,对系统的工作状态进行修改。编程器在完成处理任务或达到信息交换的规定时间后,就把控制权交给可编程序控制器。在每个扫描周期内都要执行此项任务。

③ 与数字处理器 DPU 交换信息任务 一般大中型可编程序控制器多为双处理器系统。其中,字节处理器 CPU,为系统的主处理器,数字处理器 DPU,为系统的从处理器。与数字信息处理器交换信息的任务主要是数字处理器的寄存器信息与主系统的寄存器信息和开关量信息的交换。这个任务占用的时间随信息交换量而变化。一般小型可编程序控制器没有这个任务。

④与外部设备接口交换信息任务 该任务主要是 PLC 与上位计算机、其他 PLC 或一些终端设备,如彩色图形显示器、打印机等交换信息。这一任务的大小和占用时间的长短随主机外设的数量和数据通信量而变化。如果没有连接外部设备,则该任务跳过。

⑤执行用户程序任务 可编程序控制器在每个扫描周期内都要把用户程序执行一遍。用户程序的执行是按用户程序的实际逻辑关系结构由前向后逐步扫描处理的,运行结果装入输出状态暂存区中,系统的全部控制功能都在这一任务中实现。

⑥输入输出任务 PLC 内部开辟了两个暂存区:输入信号状态暂存区和输出信号状态暂存区。用户程序从输入信号状态暂存区中读取输入信号状态,运算处理后将结果放入输出信号状态暂存区中。输入输出状态暂存区与实际输入输出单元的信息交换是通过执行输入输出任务实现的。输入输出任务还包括对输入输出扩展接口的操作,即实现主机的输入输出状态暂存区与简单输入输出扩展机中的输入输出单元或与智能型输入输出扩展机中的输入输出状态区之间的信息交换。可编程序控制器在每个扫描周期都执行该任务。

(3)可编程序控制器的软件系统

可编程序控制器的软件系统由系统程序和用户程序两大部分组成。

①系统程序 系统程序又称系统软件,它由可编程序控制器制造厂商编制,固化在 PROM 或 EPROM 中,安装在可编程序控制器上,随产品提供给用户。系统程序包括系统管理程序、用户指令解释程序和供系统调用的标准程序模块等。

由于通过改进系统程序可以在不改变硬件系统的情况下大大改善可编程序控制器的性能,所以制造厂商对系统程序的编制极为重视,其产品的系统程序也在不断升级和完善。

②用户程序 用户程序又称应用软件,它是根据生产过程控制的要求由用户使用制造厂商提供的编程语言自行编制的程序。用户程序包括开关量逻辑控制程序、模拟量运算程序、闭环控制程序和操作站系统应用程序等。

(4)可编程序控制器的编程语言

可编程序控制器有多种程序设计语言可供使用。标准编程语言有梯形图、语句表、功能表图、功能模块图和结构化文本编程语言等五种。

①梯形图 传统的电器控制系统中,工程技术人员普遍采用电磁式继电器及相应的梯形图来实现 I/O 逻辑控制。现代的 PLC 梯形图几乎照搬继电器梯形图的形式,因而现场的操作和维护人员不感陌生。传统的继电器控制逻辑是由硬接线完成的,而类似梯形图编程的可编程序控制器则利用内部可编程序的存储器,通过软件方法实现相应的连接。这种软接线的 PLC 梯形图程序实现容易,修改灵活方便,是广大工程技术人员的首选编程语言。

②语句表 采用助记符形式表示机器的操作指令,是常用的计算机编程方法。PLC 的指令类似于微机的汇编语言,但更为简单而易于使用。不同的可编程序控制器有不同的指令系统,它们对于操作码和操作数的表示方法、取值范围都有不同的规定。表 7-2 给出了三种 PLC 部分指令的对照。

表 7-2

典型 PLC 的逻辑指令

欧姆龙公司	CE 公司	三菱公司	功能说明
LD	STR	LD	以常开触点开始一个逻辑行
LDNOT	STR NOT	LDI	以常闭触点开始一个逻辑行
OUT	OUT	OUT	输出
AND	AND	AND	串联常开触点
OR	OR	OR	并联常开触点
AND NOT	AND NOT	ANI	串联常闭触点
OR NOT	OR NOT	ORI	并联常闭触点
AND LD	AND STR	ANB	并联支路的串联
ORLD	OR STR	ORB	串联支路的并联

③功能表图 对于控制要求比较高的场合,可采用功能表图的编程方法设计 PLC 用户程序。该方法就是将整个控制程序划分为若干状态步,每步实现相应的局部操作,并为顺序转换到下一步创造条件。此时,PLC 按逐步推进的方式来执行整个用户程序。

④功能模块图 功能模块图用功能模块表示模块所具有的功能,通过软连接方式将所需功能模块按控制要求连接,完成所需控制功能。在 DCS 和大型 PLC 中,这种编程方法得到广泛应用。

⑤结构化文本语言 结构化文本语言用结构化描述语句描述程序,是类似高级语言的一种编程语言。常用于描述控制系统中各个控制变量之间的关系,扩展了 PLC 运算和数据转换等功能。

三、可编程序控制器的编程

在 PLC 的编程语言中,梯形图和语句表是最常用的两种编程方法。本节以 OMRON 公司 C200H 可编程序控制器为例介绍 PLC 的基本指令。

(1)指令系统概述

在可编程序控制器中,不管是哪一种产品,要把它用于生产过程的控制,必须通过对 PLC 的编程来实现。不同的 PLC 产品,虽然它们的指令表示形式不同,但是它们有相同或相似的功能,即使部分功能有一定的扩展或约束,也可从基本功能出发进行对比和参考,并方便地编程。

PLC 指令的基本形式由操作码和操作数组成。其基本形式有两种:①操作码+操作数;②操作码+标识符+参数。

操作码用于说明 CPU 执行什么操作命令,即 CPU 的操作和完成的功能。操作数用于说明操作的对象或目标是什么,即操作所需要的信息从哪里得到,要对哪里的执行机构、继电器等对象或目标进行操作。标识符用于说明参数的特性。

①操作码 操作码的描述可以有多种方法。在小规模的 PLC 产品中,所用编程器上键钮的数量不可能很多,通常采用助记符的方法表示基本操作指令。例如,标有 AND 的

键钮表示要执行逻辑与操作。对一般的控制系统或程序中较少采用的操作指令,采用功能键钮的方法,即通过功能键钮和数字键钮的组合表示有关的操作指令。例如,在OMRON公司的C200H可编程序控制器中,用标有FUN的键钮和0、1两个数字键钮表示程序的结束,书写时可表示为FUN(01)。在采用CRT屏幕显示方式编程时,操作码描述方法也有多种。通常可用梯形图图形符号表示。并通过CTRL、ALT、SHIFT和功能键实现各种功能操作指令的输入。

②操作数

a. 操作数的地址 操作数与输入、输出卡件的安装位置,即它们在内存中的地址有关。整体型PLC的输入、输出位置是固定的,输入输出操作数的地址也是固定的,因此,确定操作数较方便。例如,在OMRON公司的CA0型可编程序控制器有24路输入和16路输出,共有40个通道。其中,输入地址0000和0001是高速信号输入端,0002~0015及0100~0107是一般信号输入端;输出地址有0500~0503四个独立输出端,0504~0511及0600~0603共三组公用输出端,其中,每组4个输出端共用一个公用端。根据产品的地址分配,操作数与地址有一一对应关系。例如,要对接到0000地址的输入信号采样,操作数就取该地址。因此,进行与逻辑操作的指令是:AND 0000。模块型PLC的输入输出配置可根据过程控制的要求选择,因此,对这类产品有两种操作数的表示方法。一种方法是对所用卡件的地址进行编号,卡件的安装位置与地址无关,卡件的地址是通过卡件上一些短接线的有无或波段选择开关的位置来确定。例如,OMRON公司的C200H型可编程序控制器中高机能输入输出单元的地址与它所安装位置无关,通过单元卡件上波段选择开关选择通道号的高位,而通道的低位是单元的各位位号。因此,如果该单元的波段选择开关置为1,则该单元上的通道地址高位是110~119。这种定义通道地址的方法称为自由定位,固定通道的方法。另一种方法是在PLC的固定位置有固定的地址,在单元卡件上不必设置地址的方法。例如,在C200H型产品中,对于安装CPU的机架,从左到右的次序,卡件的地址通道是000~007,因此最多可以安装8个单元卡件。

操作数的表示可与地址一致。例如,地址0000既可表示地址,也可表示操作数。有时,操作数可有不同的表示。例如,在西门子公司的PLC产品中,卡件地址用整数表示,卡件上的8个位表示成小数的形式。此外,在某些开放系统的产品中,卡件地址与操作数间不必有相同的数值,只需要有一一对应关系即可,可采用目标地址作为寻址的依据,对目标定址后就可对目标进行操作了。

b. 操作数的实际意义 在可编程序控制器中,操作数可以是实际存在的信号。例如,LD 00000表示对接到地址为00000的信号进行采样;ASND 00001表示将上面操作的结果与接到地址为00001的信号进行与运算;OUT 01000表示将运算结果输出到连接到地址为01000端子的执行机构。这里,接到00000,00001等的信号是实际存在的信号,它可能是一个继电器常开触点的信号,也可能是液位开关的信号或接近开关的信号等。输出到01000的信号可能是去一个交流接触器的控制信号,也可能是一个电磁阀的控制信号等。总之,这里与PLC相接的信号都是实际存在的信号。在可编程序控制器中,操作数也可以是内部的信号,如内部继电器、内部继电器触点、时间继电器等。这些继电器或触点是实际不存在的,只能通过编程器的监视才能了解它的运行状态。内部的信号地址根据内

存的允许范围选择。为了了解系统的运行状态或提供某种信息,如运算结果是否有进位,系统需要 0.1 s 的时钟脉冲信号等,这些内部信号是系统本身已实现的,在应用时可以直接从有关的地址得到。这些内部信号通常没有具体的实际意义。另外,操作数也可以是用户的数据,例如延时时间、计件个数等。这些数据在编程时可直接输入,也可通过外部开关或电位器输入,再经转换后作为可调整的数据,这些数据是具有实际意义的数据。

c. 操作数的存放 操作数需要放在一定的内存单元中。PLC 的存储器分为系统存储器和用户存储器。系统存储器已由制造厂商固化在 EPROM 中,用于系统程序的存放和对系统程序的管理和监控等。用户存储器主要用于存放用户的应用程序和操作数据。为了与电气控制系统保持一致,常采用继电器编号的方法存放操作数据。

(2) 基本编程指令

PLC 的指令系统非常丰富,包括基本逻辑类指令、计时计数类指令、分支跳转类指令、数据移位和传送类指令、数据比较和数制变换类指令、数据运算类指令和一些专用指令。下面以 OMRON 公司的 C200H 为例,对常用的基本逻辑类指令和计时计数类指令作一介绍,其他指令的功能请读者参阅有关书籍。

① 基本逻辑类指令

a. 逻辑存取(LD)、逻辑取反(LD NOT)、输出(OUT)和输出取反(OUT NOT)指令。

图 7-9 为上述指令的应用示例。图中 (a) 表示存取地址为 00001 的接点的状态,然后输出到接在 00200 端子上的负载设备去。(b) 表示存取地址为 00002 的接点的状态,然后输出到接在 00200 和 00201 端子上的负载设备去。这里,00001 为常开接点,00002 为常闭接点。输出指令可以多次使用,如图 7-9 (b) 中就有两个输出指令。输出继电器线圈不能直接接到梯级的两条母线上,其间至少应有一个接点。另外,对计时器和计数器的输出,在 C200H 系列的产品中采用 TIM 和 CNT 指令,而有些产品则全部采用 OUT 指令。

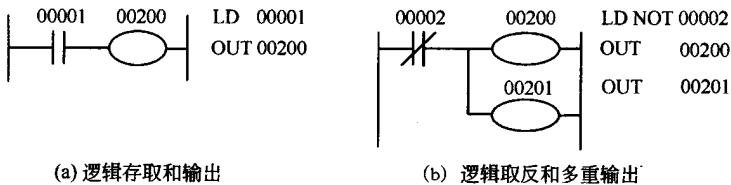


图 7-9 逻辑存取、逻辑取反和输出指令的梯形图表示

b. 与(AND)、或(OR)、非(NOT)逻辑指令。

上述四条指令为简单逻辑处理指令。图 7-10 为与逻辑运算、或逻辑运算的应用示例。在三菱公司的产品中,采用助记符 ANI 表示与非运算,助记符 ORI 表示或非运算。

c. 程序块的串联(AND LD)、并联(OR LD)指令。

在梯形图中,程序块串联或并联是以存取指令(LD 或 LDNOT)作为程序块的起点或终点的。通常,第一个程序块是从第一个存取指令开始到第二个存取指令前的程序段,第二个程序块是从第二个存取指令开始到 ANDLD 或 ORLD 指令前的程序段。需要注意的是,程序块串联或并联指令是对两个程序块而言的,如果要对多组程序块进行串联或并联的操作,则需要多个 AND LD 或 OR LD 指令。程序块串联和并联的示例见图 7-11。

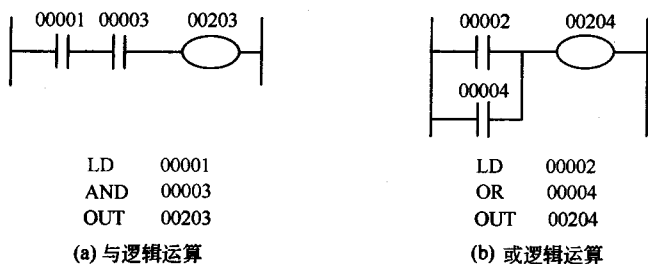


图 7-10 与逻辑运算、或逻辑运算梯形图

d. 结束指令[END(01)]和空操作指令[NOR(00)]

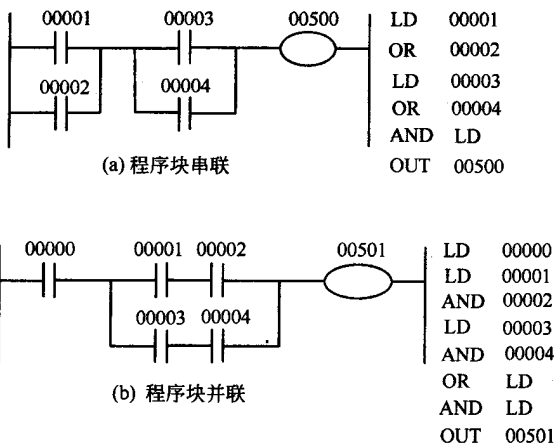


图 7-11 程序块串联和并联的示例

每个 PLC 程序的结尾必须是一条 END 指令,表示 PLC 在执行用户程序时从该点返回程序起始点,重新开始循环执行,而不管以下是否还有程序或指令。在 C200H 产品中,采用 END 指令表示程序的结束。

在 PLC 使用的初期,由于没有语句的删除和插入功能,程序的更改和重新输入比较困难。因此,提供了空操作指令,即对该步程序执行空操作,这就为用户程序的更改提供了删除或插入的可能。此外,空操作有时也用作为一个极短暂的延时。

在编程器中,有些编程器产品有 END 和 NOP 的按键,可直接输入该指令。有些产品不带 END 和 NOP 的按键,可以通过功能键和数字键的组合来输入该指令。例如,C200H 的产品中,采用 FUN 键和 0、1 两个数字的组合来完成 END 指令的输入,采用 FUN 键和数字键 0、0 来完成 NOP 指令的输入。

② 计时计数类指令

a. 定时器指令(TIM) 在顺序逻辑控制系统中,不少过程的控制与时间有关。因此,PLC 产品常设置定时器。定时器有两种计时方式:一种为递增计时方式,计时器从 0 开始递增计时,当内部计时值与所需要计时设定值相等时,表示计时时间到,计时器输出一个信号;另一种为递减计时方式,计时器内部计时值的初值等于计时设定值,开始计时后内部计时值递减,直到减到等于 0 时,计时时间到,计时器输出一个信号。C200H 采用递减

计时方式。

计时器指令作为输出指令时,有的产品采用 OUT 指令,有的采用 TIM 指令等。同样,计时器输出触点的存取指令也有所不同。C200H 产品采用 TIM 指令,如用 TIM 002 表示输出到 002 的计时器,用 LDTIM 002 表示存取编号 002 的计时器的状态。

三菱公司的计时器直接用 T 加编号,既作为输出也作为输入接点用。计时器输出指令用 OUT 指令。如,OUTT 450 表示输出到编号为 450 的计时器,LDT 450 表示存取编号为 450 的计时器状态。

b. 计数器指令(CNT) 可程序控制器中一般都设有计数器,计数器通常采用递减计数的方式工作。在计数开始时,由外部或程序设置的计数设定值被送到当前计数器的存储单元中。计数器有两个输入端:计数输入信号端和复位信号端。计数输入信号的每次上升沿触发执行当前计数值减一的操作,直到当前计数值为零时,计数器线圈激励,并输出信号。复位信号端为 1 时,计数器的当前计数值复位到计数设定值。

计数器指令的使用与计时器指令有很多相似的地方。如计数器的计数值也可以程序设置或外部通道来设置,设置的数据必须采用 BCD 码等。所不同的是,计数器在电源掉电时能保持计数的数据,而计时器在电源掉电时被复位。

C200H 产品的计数器与计时器数据区是公用的。计数设定值范围是 0000 ~ 9999,当需要大的计数值时,可以采用多个计数器嵌套的方式实现。

四、可程序控制器系统应用示例

下面介绍 PLC 在脱离子水处理生产过程中的应用示例。

(1) 工艺过程简介及控制要求

原水经阳床进料阀 V_{11} 后从阳床底部进入阳床,与阳床内弱酸树脂先进行离子交换,利用弱酸树脂对水中的钙、镁、钠等碱离子有较强交换能力,除去水中的大部分钙、镁、钠等离子,然后进入阳床上部,再与强酸树脂进行离子交换,使残留的钙、镁、钠去除。经阳床出口阀 V_{12} 进入脱二氧化碳塔的顶部,与自下而上的空气在塔内填料表面充分接触,脱除酸性水中的二氧化碳后流入塔底的水箱。经阴床加料泵加压和阴床进料阀 V_{13} 后,从阴床底部进入阴床。与阴床内弱碱树脂进行离子交换,除去大部分水中的杂质阴离子,然后进入阴床上部,与强碱树脂进行离子交换,使残留的阴离子去除。经出料阀 V_{14} 进入一级水总管,用于一般的工业锅炉等用水。合格的一级水自上而下通过混床,得到进一步精制,成为合格的二级脱离子水,经脱离子水总管送入水箱,作为工业过程中要求较高的脱离子水。阳床和阴床运行系统的流程简图见图 7-12。

再生的目的是恢复离子交换树脂的交换能力。再生是用一定浓度的酸或碱的再生溶液连续送入阳床和阴床,使离子交换树脂的活性得到恢复。水处理运行过程和再生过程是周期性交替进行的。所需控制的阀门较多,但大多数是开关阀,因此,采用可程序控制器实现整个生产过程的控制是可能和有效的。

(2) 脱离子水处理过程的控制系统

脱离子水处理过程顺序控制系统分为四大部分:阳床和阴床的运行、混床的运行、阳床和阴床的再生、混床的再生等。这里仅介绍阳床和阴床的运行控制系统。阳床和阴床

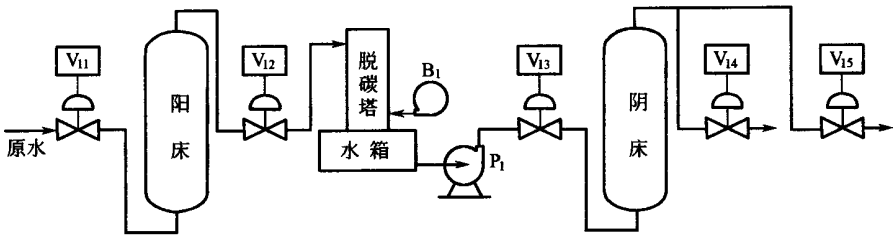


图 7-12 阳床和阴床运行系统的流程简图

运行时,各控制阀和运转设备的动作是: V_{11} 、 V_{12} 、 V_{13} 、 V_{14} 阀全开和空气鼓风机 B_1 、脱碳塔出水泵 P_1 运转。整个系统的流量由流量控制回路控制,图中未画出。系统运行条件是:再生生产过程结束及手动启动运行。系统停运条件是:流量累积量达到设定值,或出水的电导率高于某一设定值,或手动停止运行。

图中的 V_{15} 是再生时使用的控制阀。 V_{11} 、 V_{12} 、 V_{13} 和 V_{14} 是通过电磁阀控制的气动控制开关阀。空气鼓风机电机和泵电机的启动信号由中央控制室发送到电气控制室。地址分配如下: V_{11} 、 V_{12} 、 V_{13} 、 V_{14} 、 B_1 和 P_1 全开或运转信号地址为 00500 ~ 00505;各自的反馈信号(阀全开和电机运转)地址为 00000 ~ 00005;手动启动和停止信号的地址为 00006 ~ 00007;流量累积量达到设定值信号地址为 00010;出水电导率高于设定值信号地址为 00011;再生结束信号来自可编程控制器内部继电器,地址为 HR0001。如果输出开阀信号或开设备电机信号后 5s 内未接收到阀门全开或电机已运转的反馈信号,则发出报警,报警信号地址为 00600。根据上述地址编制的梯形图程序如图 7-13 所示。实际应用时,情况要复杂些,例如,水箱的液位报警信号要引入,为了使水处理过程成为连续过程,通常有两个或两个以上的阳床和阴床,因此,它们之间的切换或并联运行等问题都需要考虑。

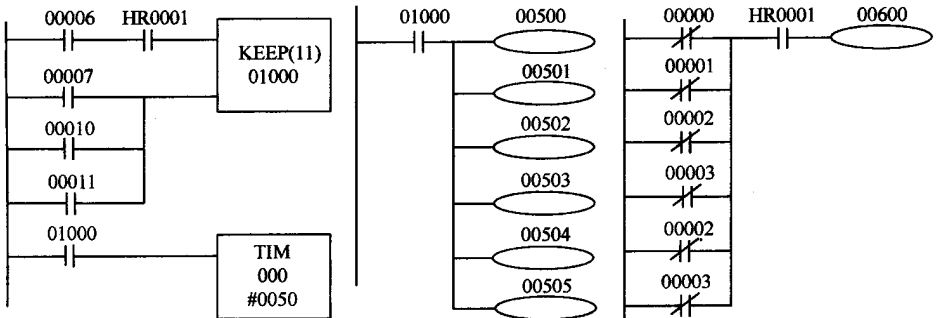


图 7-13 阳床和阴床运行的梯形图程序

第四节 现场总线控制系统

一、现场总线系统的特点

(1) 现场总线控制系统的结构特点

现场总线控制系统打破传统控制系统的结构形式。传统模拟系统采用一对一的设备连线,按控制回路分别进行连接。位于现场的测量变送器与位于控制室的控制器之间,控制器与位于现场的执行器、开关、马达之间均为一对一的物理连接。由于现场总线控制系统采用现场智能设备,把原先DCS系统中处于控制室的控制模块、各输入输出模块置入现场,使现场测量变送仪表可以直接与阀门等执行机构传送数据,控制系统功能直接在现场完成,实现彻底的分散控制。

采用数字信号代替模拟信号,实现一对电线上传输多个信号,现场设备以外不再需要A/D、D/A转换部件。简化了系统结构、节约了硬件设备、连接电缆、安装和维护费用。

(2) 现场总线控制系统的技术特点

①系统的开放性 一个开放系统是指它可与遵守相同标准的其他设备或系统连接。因此,用户可根据应用需要,把来自不同供应商的产品组成所需的开放互联系统。

②互可操作性与互用性 互可操作性是指实现互联设备间、系统间的信息传送与沟通。互用性则意味着不同生产厂家的性能类似的设备可实现互相替换。

③现场设备的智能化与功能自治性 现场总线控制系统将传感测量、补偿计算、过程处理与控制等功能分散到现场设备中完成,仅靠现场设备即可完成自动控制的基本功能,并可随时诊断设备的运行状态。

④系统结构的高度分散性 现场总线控制系统构成一种新的全分散性控制系统。它从根本上改变了原有DCS集中与分散相结合的体系,简化系统结构,提高了系统可靠性。

⑤对现场环境的适应性 现场总线是专为现场环境而设计,它支持双绞线、同轴电缆、光缆等,具有较强抗扰能力,采用两线制实现供电和通信,并满足本安防爆要求等。

(3) 现场总线控制系统的优点

现场总线控制系统的优点如下。

①节省硬件数量和投资 现场总线控制系统中分散在现场的智能设备能执行多种传感、控制、计算等功能,减少了变送器、控制器、计算单元等数量,也不需要信号调理、转换等功能单元及接线等,节省了硬件投资,减少了控制室面积。

②节省安装费用 现场总线系统的接线简单,一对双绞线或一条电缆上通常可挂接多个设备,因而电缆、端子、桥架等用量减少,设计和校对量减少。增加现场控制设备时,无需增设新的电缆,可就近连接到原有电缆上,节省了投资,减少了设计和安装工作量。

③节省维护费用 现场控制设备具有自诊断和简单故障处理能力,通过数字通信能将诊断维护信息送控制室,用户可查询设备的运行、诊断、维护信息,分析故障原因并快速排除,缩短了维护时间,同时,系统结构简化、连线简单也减少了维护工作量。

④用户具有高度的系统集成主动权 用户可自由选择不同厂商所提供设备来集成系统。不用为系统集成中的不兼容协议、接口犯愁,使系统集成的主动权掌握在用户手中。

⑤提高系统的准确性与可靠性 现场总线设备的智能化、数字化,从根本上提高了测控精度。此外,系统结构简化,设备和连线减少,功能增强等,提高了系统可靠性。

二、现场总线控制系统的发展

现场总线是 20 世纪 80 年代中期在国际上发展起来的。随着微处理器和计算机功能的增强和价格的降低,计算机和计算机网络系统得到迅速发展,处于生产过程底层的测控自动化系统,采用一对一连线,用电压、电流的模拟信号进行测量控制等,难以实现设备之间以及系统与外界之间的信息交换。现场总线正是为实现整个企业的信息集成,实施综合自动化而开发的一种通信系统,它是开放式、数字化、多点通信的底层控制网络。

(1) 现场总线标准的发展

1983 年 Honeywell 推出了智能化仪表——Smart 变送器,这些带有微处理器芯片的仪表增加了复杂的控制功能外,在 4~20mA 输出直流信号上叠加了数字信号,使现场和控制室之间的连接由模拟信号过渡到模拟和数字信号并存。此后几十年间,世界上各大公司都相继推出了各有特色的智能仪表。如 Rosemount 公司的 1151, Foxboro 的 820, 860 等。以微处理器芯片为基础的智能型仪表,为现场仪表的数字化及实现复杂应用功能提供了基础。但由于不同厂商设备之间的通信标准不统一,严重束缚了工厂底层网络的发展。

1984 年,美国仪表协会(ISA)下属的标准与实施工作组 SP50 开始制定现场总线标准;1985 年,国际电工委员会决定由 Proway Workong Group 负责现场总线体系结构与标准的研究制定工作;1986 年,德国制定了过程现场总线(Process Fieldbus)标准 PROFIBUS,拉开了现场总线标准制定及产品开发序幕。1992 年,由 Rosemount, ABB, Foxboro, Siemens, Yokogawa 等 80 多家公司联合,成立 ISP 组织,在 PROFIBUS 的基础上制定现场总线标准。1993 年,以 Honeywell, Bailey 等公司为首,有 120 多个公司加盟,成立了 WorldFIP 组织,该组织以法国标准 FIP 为基础制定现场总线标准。1994 年,ISP 和 WorldFIP 北美分部合并,成立了现场总线基金会(Fieldbus Foundation,简称 FF),并于 1996 年第一季度颁布低速总线 HI 标准,将不同厂商符合 FF 规范的仪表互联,组成控制系统和通信网络,使 HI 低速总线步入实用阶段。

由于现场总线产品投资效益和商业利益的竞争,几种现场总线标准在今后一段时期内会共存,从长远看,现场总线将向开放系统、统一标准的方向发展。

根据 1999 年渥太华会议的纪要,将原 IEC61158.3~6 的技术规范作为新标准 IEC61158 的类型 1(Type 1)。而其他总线按原技术规范作为新标准的类型 2~类型 8(Type 2~Type 8)。修改后的现场总线国际标准最终在 2000 年初获得通过。根据该国际标准,现场总线有 8 类。分别是:Type1:1999 年 IEC61158TS 技术规范全面定义在现场总线,即

FFHi ;Type 2 :Control Net ;Type 3 :Profibus ;Type 4 :P - Net ;Type 5 :FF HSE ;Type 6 :Swift Net ;Type 7 :WorldFIP ;Type 8 :Interbus。

8 类现场总线采用完全不同的通信协议。要实现这些现场总线的相互兼容和互操作几乎不可能。Type4 和 Type 6 是功能相对较简单的现场总线 ,Type2 是监控级现场总线 ,Type 8 是现场设备级现场总线 ,Type 2、Type 3 和 Type 7 是以 PLC 为基础的控制系统的现场总线 ,只有 Type 1 和 Type 5 是从传统 DCS 控制系统发展而来的现场总线。其中 ,Type1 是现场设备级低速现场总线 ,而 Type 5 是监控级的高速现场总线。

(2) 现场总线控制系统的发展

现场总线导致了传统控制系统结构的变革 ,形成了新型的网络集成式全分布控制系统——现场总线控制系统 FCS(Fieldbus Control System)。它将挂接在总线上 ,作为网络节点的智能设备连接为网络系统 ,并构成自动化系统 ,实现基本控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、监控、优化及管控一体化的综合自动化功能。这是继基地式气动仪表控制系统、电动单元组合式模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统、集散控制系统后的新一代控制系统。

新型现场总线控制系统把封闭、专用的解决方案变成公开化、标准化的解决方案 ,即把来自不同厂商而遵守同一协议规范的自动化设备 ,通过现场总线网络连接成系统 ,实现综合自动化的各种功能 ;同时把 DCS 集中与分散相结合的集散系统结构 ,变成新型的全分布式结构 ,把控制功能彻底下放到现场 ,依靠现场智能设备本身实现基本控制功能。

三、基金会现场总线

基金会现场总线标准由现场总线基金会(Fieldbus Foundation)组织开发。

(1) 基金会现场总线的通信系统

根据自动化系统的特点 ,基金会现场总线通信模型将 ISO 开放系统互连分层模型的七层 :物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层进行演变 ,得到物理层、数据链路层和应用层的三层模型。并在原有 ISO/OSI 参考模型第七层应用层之上增加新的一层——用户层。此外 ,基金会现场总线通信模型还按现场总线的实际要求 ,把应用层划分为两个层次——总线访问子层和总线报文规范子层。其中 ,物理层(PL)规定了信号的发送 ;数据链路层(DLL)规定了设备的共享网络和调度通信 ;应用层(AL)规定了设备间交换数据、命令、事件信息以及请求应答中的信息格式 ;用户层(UL)用于组成用户需要的应用程序 ,如规定标准的功能块、设备描述 ,实现网络管理、系统管理等。FF 现场总线将第 2 到第 7 层称为通信栈。

变送器、执行器等属于现场总线物理设备 ,每个具有通信能力的现场总线物理设备都具有通信模型。图 7-14 从物理设备构成角度表明了通信模型的主要组成部分及其相互关系。由图可见 ,通信参考模型对应的四个分层 ,按各部分在物理设备中要完成的功能 ,被分为三大部分 :通信实体、系统管理内核和功能块应用进程。各部分之间通过虚拟通信关系(VCR)沟通信息。

通信实体的任务是生成报文和提供报文传送服务。层协议的基本目标是构成虚拟通信关系。网络管理代理则是要借助各层及其层管理实体 ,支持组态管理、运行管理和出错

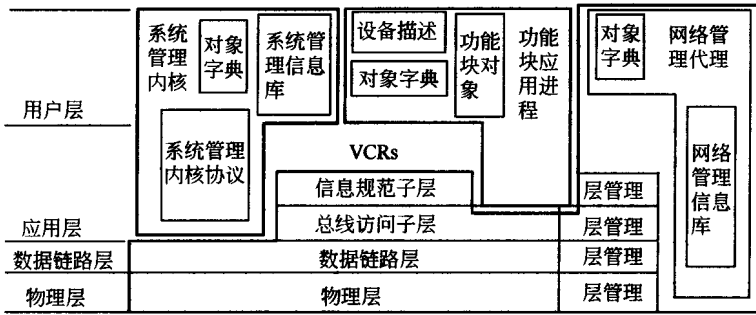


图 7-14 通信模型的主要组成部分及其相互关系

管理的功能。各种组态、运行和故障信息保持在网络管理信息库(NMIB)中,并由对象字典(OD)来描述。对象字典定义和描述设备的网络可视对象。可通过网络得到这些保留在对象字典中的网络可视对象的描述信息。

系统管理内核(SMK)在模型分层结构中只占有应用层和用户层的位置。它的任务是在设备运行之前将基本的系统信息置入SMIB,然后根据系统专用名,分配给该设备一个永久的数据链接地址,在不影响网络上其他设备运行的前提下,将该设备带入到运行状态。当设备加入到网络之后,可以按需要设置远程设备和功能块。由系统管理内核提供对象字典服务,如在网络上对所有设备广播对象名,等待包含这一对象的设备响应后,获取网络中有关对象的信息。为协调与网络上其他设备的动作和功能块同步,系统管理还为应用时钟同步提供一个通用的应用时钟参考,使每个设备能共享共同的时间基准,并可通过调度来控制功能块执行时间。

功能块应用进程(FBAP)在模型分层结构中位于应用层和用户层,用于实现用户所需要的各种功能。在现场总线系统中,应用进程AP是指设备内部实现一组相关功能的整体。功能块把为实现某种应用功能或算法,按某种方式反复执行的函数模块化,提供一个通用结构来规定输入、输出、算法和控制参数,把输入参数通过这种模块化的函数,转化为输出参数。

(2)基金会现场总线系统的组态与运行

基金会现场总线系统是一个完整、协调而有序工作的自动化系统与网络系统。在系统启动运行之前,要对组成系统的自控设备、网络节点设置特定参数,然后按一定程序,使各设备进入各自工作状态,集成为一个有序工作的系统。

①系统的组态 系统组态就是从系统整体需要的角度,为其组成成员分配角色、选择希望某个设备所承担的工作,并为它们完成这些工作设置好静态参数、动态初始参数以及不易丢失的参数值。基金会现场总线规定了组态的四个层次:制造商定义层组态、网络定义层组态、分布式应用定义层组态和设备定义层组态。不同层次规定不同的组态信息。

②网段与系统的启动 系统启动时,组成这个系统的各总线段分别启动。总线段接通电源时,位于这个总线段上的链路主设备如果判断出没有链路活动调度器LAS在工作,就马上进入竞争LAS的过程。通常,因其他设备还未进入竞争,因此,第一个接通电源的链路主设备将赢得竞争而成为LAS。成为LAS的链路主管,开始运用负责时间发布

的数据链路协议数据单元(TDDLPU),为它的本地总线段提供数据链路时间。当含有系统时间的主管LAS加入到网络时,它也开始发布时间。在根部接口上收到TDDLPU的网桥,对自身本地时钟进行调整后,再对它下游端口重新发布时间。当所有在该网络中的网桥都处于工作状态,并具有重发布后的时间时,所有总线段上数据链路时间就不再进行同步操作。

(3)现场总线控制系统的网络布线与安装

由于现场总线控制系统一条双绞线上挂接着多个现场设备,传送多个测点的过程变量和其他信息,因而它的布线和安装与传统的模拟控制系统相比有许多新的要求与特点。

①现场总线网段的基本构成 图7-15为一个典型的基金会现场总线网段。在这个网段中,有作为链路主管、组态器和人机界面的计算机;符合FF通信规范要求的PC接口卡;网段上挂接的现场设备;总线供电电源;连接在网段两端的终端器;电缆或双绞线以及连接端子。

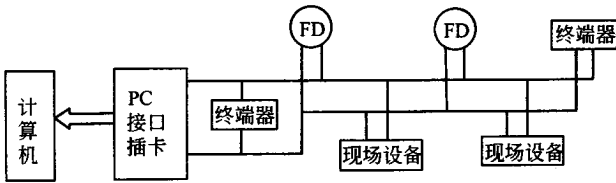


图7-15 基金会现场总线网段的基本构成

可采用中继器延长网段长度,用中继器增加网段上的连接设备数或采用网桥或网关与不同速度、不同协议的网段连接;有本安防爆要求的危险场所,现场总线网段应配本安防爆栅。图7-16为基金会现场总线的本安网段示例。

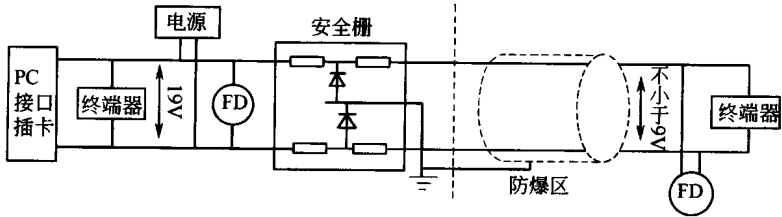


图7-16 基金会现场总线的本安网段

下面对其中的部分构成部件作一说明。

- a. 现场设备 网段连接的现场设备分总线供电式现场设备和单独供电的现场设备。
- b. 终端器 终端器是连接在总线末端或末端附近的阻抗匹配元件。每个总线上需要有且只能有两个终端器。它用于保护信号,使它少受衰减与畸变。
- c. 电缆 表7-3中列出A、B、C、D四种现场总线中常使用的电缆。其中,A型屏蔽双绞线为新安装系统中推荐使用的电缆;B型电缆适用于新安装工程中需多双绞线对、外层全屏蔽的场合;未加屏蔽的单对或多双绞线的C型电缆和没有双绞线、外层全屏蔽多芯D型电缆主要用于改造工程。另外,其他类型电缆也可在现场总线系统中使用。

表 7-3

现场总线电缆规格

型号	特征	规格/mm ²	最大长度/m
A	屏蔽双绞线	0.8	1 900
B	屏蔽多股双绞线	0.32	1 200
C	无屏蔽多股双绞线	0.13	400
D	外层屏蔽、多芯非双绞线	0.125	200

d. 中继器 中继器用来扩展现场总线网络。在现场总线网络的任何两个设备之间最多可以使用 4 个中继器。使用 4 个中继器时,网络中两个设备间的最大距离可达 9 500 m。使用 4 个中继器时网段上各种设备的个数可以达到 156 个。

e. 网桥 网桥用于连接不同速度或不同物理层的现场总线网段,组成大网络。

f. 网关 网关用于将现场总线网段连到其他通信协议的网段,如以太网段等。

② 总线供电与网络配置在网络上如果有两线制的总线供电现场设备,应确保每个设备至少有 9V 的电压来驱动。为此,在配置现场总线网段时需要了解当前每个设备的功耗情况、设备在网络中的位置、电源在网络的位置、每段电缆的阻抗和电源电压等情况。每个现场设备的电压由直流回路的分析得到。

需要混合使用几种电缆时,例如,两种电缆混合使用的最大长度可以由下式决定

$$\frac{LX}{MAXX} + \frac{LY}{MAXY} < 1$$

式中,LX 为电缆 X 的长度,LY 为电缆 Y 的长度,MAXX 为电缆 X 单独使用时的最大长度,MAXY 为电缆 Y 单独使用时的最大长度。

在总线供电设备组成的系统中,还要根据欧姆定理和电缆阻抗,设备所需的工作电压和电流来决定总线长度,使电源能满足总线上远端设备的供电要求。

③ 现场总线的接地、屏蔽与极性 在现场总线网络中,将任何信号传输导体接地会引起这条总线上的所有设备失去通信能力。任何一根导线接地或两线接在一起,都会导致通信中断。

现场总线电缆最好采用屏蔽电缆。可使用多芯“仪器”电缆,其中有一条或多条双绞线,一个金属屏蔽和一根屏蔽线。也可使用有单一屏蔽的双绞线电缆。新安装工程可购买“现场总线电缆”。现场总线电缆的屏蔽沿着电缆的整个长度仅在一处接地,屏蔽线绝对不可用作电源的导线。当使用屏蔽电缆时,要把所有分支的屏蔽线和主干的屏蔽线连接起来,最后在同一点接地。为达到本安要求的安装,接地点还需要按本安接地规定选择。

由于现场总线使用的 Manchester 信号是一个每位改变极性的交变电压信号。在非供电网络中,仅有这种交变电压存在,在供电网络中,交变电压被加载到为设备供电的直流电压上。因此,现场总线信号是有极性的,现场设备必须接线正确才能得到正确的信号。

建立现场总线网络时,必须考虑现场总线信号的极性,所有“+”端必须互相连接,所有“-”端也必须互相连接。对无极性现场设备,可在网络上按任何方向连接。

四、现场总线控制系统的应用

现场总线仪表的最大特点在于它的控制单元在物理位置上可与测量变送单元以及操作执行单元合为一体,因而可以在现场构成完整的基本控制系统。由于它具有通信能力,可以与多个现场智能设备沟通、综合信息,因此,便于构成多个变量参与的复杂控制系统与精确测量系统。现场总线仪表的数字通信特点,使它不仅可传递测量的数值信息,还可传递设备标识、运行、故障诊断状态等信息,构成智能仪表的设备资源管理系统。

下面以锅炉汽包水位的三冲量控制系统为例,介绍现场总线控制系统在设计、安装、运行方面的特点以及如何实现现场总线控制系统。

图 7-17 为汽包水位三冲量控制系统的典型控制方案,它把与水位控制相关的汽包水位、给水流量、蒸汽流量等三个冲量,引入控制系统。这里采用两个控制器构成的串级前馈控制系统。

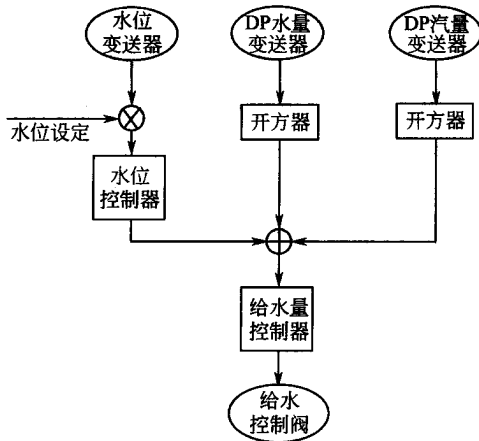


图 7-17 锅炉汽包水位的三冲量系统控制方案

(1) 现场总线控制系统的设计

在控制系统方案选定之后,主要的设计工作如下。

① 根据控制方案选择所需现场总线仪表。

三冲量水位的现场总线控制系统需要一个液位变送器、两个流量变送器和一个给水控制阀。现场总线仪表实现阻尼、开方、加减和 PID 运算等功能可完全靠嵌入在现场变送、执行器中的功能块软件完成,因此,可减少硬件投资,节省安装工时与费用。

② 选择计算机与网络配件。

为满足现场设备组态、运行、操作的需求,一般需选择一台或多台与现场总线网段连接的计算机。PC 现场总线接口板可与几个现场总线通道集成连接。电源、终端器、缆线等也是现场总线的基本硬件。图 7-18(a)为现场总线基本硬件构成图。图中显示了两台冗余的相同工业 PC 机的配置和具有 4 个通道的现场总线 PCI 接口卡等。

考虑到方便现场配线等原因,另一种配置方法是设置通信控制器,其一侧与现场总线

网段连接,另一侧采用 PC 机联网方式,完成现场总线网段与 PC 机之间的信息交换。图 7-18(b)是这种控制系统的硬件配置。

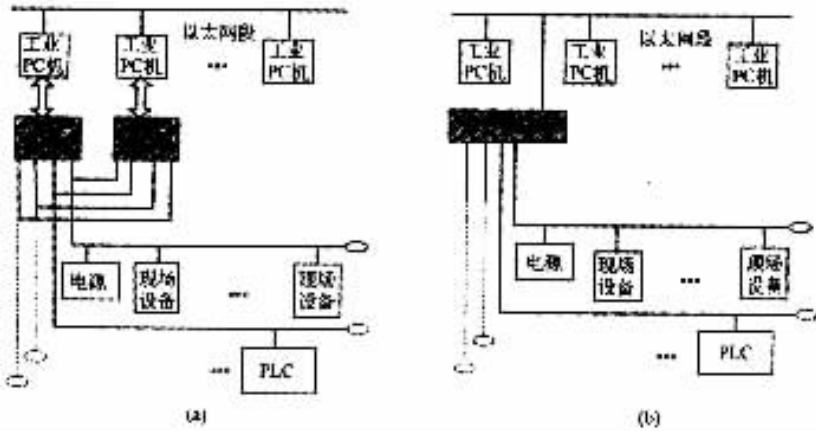


图 7-18 控制系统的硬件配置示意图

锅炉控制系统中还有用于联锁系统和开关量控制的 PLC,它需与现场设备等交换信息,因此,采用 PLC 与现场总线网段接口,使 PLC 成为现场总线网段的节点成员。

作为工厂底层网络,现场总线网段设计时,还需考虑它与工厂网段间的连接。

③ 选择开发组态软件、控制操作的人机接口软件 MMI。

鉴于硬件采用工业 PC 机,因此,以 Windows 平台的应用软件成为现场总线控制系统的主要开发和应用平台。在选择中要注意到 MMI 软件平台的开放性。窗口式软件采用图形化界面,易于操作,简单明了,便于用户熟悉掌握。

组态软件是现场总线控制系统的特色软件,它主要完成以下任务:在应用软件的界面上选中所连接的现场总线设备;对所选设备分配位号;从设备的功能库中选择功能块;实现功能块连接;按应用要求为功能块赋予特征参数;对现场设备下载组态信息等。

④ 根据控制系统结构和控制策略所需功能块以及现场总线设备具备的功能块库的条件,分配功能块所在位置。

分配在同一设备中的功能块连接属于内部连接,其信号传输无须通过总线通信;而位于不同设备的功能块之间的连接属于外部连接,其信号传输须通过总线进行通信。分配功能块位置的原则是:减少外部连接,优化通信流量。

对三冲量水位控制系统,功能块分配如下:

- 汽包液位变送器 LT-101 内,选用 AI 模拟输入功能块,主控制器 PID 功能块;
- 给水流量变送器 FT-103 内,选用 AI 模拟输入功能块,求和算法功能块;
- 蒸汽流量变送器 FT-102 内,选用 AI 模拟输入功能块;
- 阀门定位器 FV-101 内,选用副控制器 PID 功能块,AC 输出功能块,并实现现场总线信号到控制阀门的气压转换;

现场总线功能块的选用是任意的,因而,现场总线控制系统的设计具有较大柔性。

通过组态软件,完成功能块之间的连接。按三冲量控制系统框图和功能块分配方案,

功能块组态连接如图 7-19 所示。

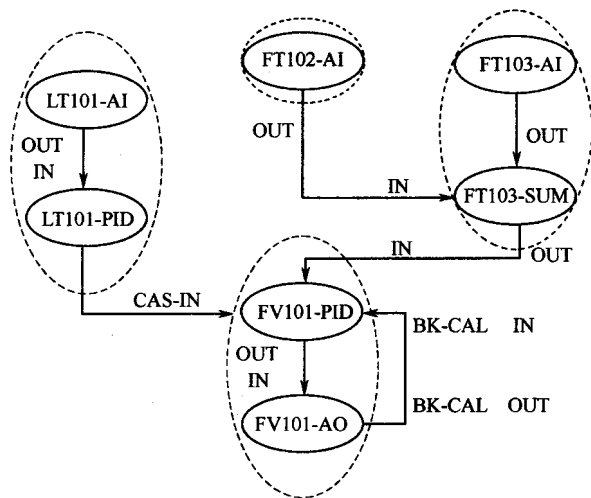


图 7-19 功能块的分布与连接

图中虚线表示物理设备,实线表示功能块,实线内标有位号和功能块名称。这里,BK-CAL IN,BK-CAL OUT 分别表示控制器输入和阀位反馈信号的输出,用于反算;CAS-IN 表示串级输入。实行组态时,只需在窗口式图形界面上选择相应设备的功能块,在功能块的输入输出间简单连线,便可建立信号传递通道,完成控制系统的连接组态。

⑤ 功能块特征化。

不同功能块有不同功能,也有不同特征参数。

组态的另一项任务是确定功能块中的特征参数。图 7-20 为给水流量测量变送器的 AI 功能块,可通过组态决定 AI 功能块的特征参数,如输入测量范围、输出量程、工程单位、滤波时间、是否需开方处理等。

⑥ 网络组态。

网络组态包括现场总线网段,和作为人机接口操作界面的 PC 机与它相连网段的组态。内容有网络节点号分配,确定 LAS 主管、后备 LAS 主管等。

⑦ 下载组态信息。

组态完成后,需下载组态信息,将组态信息代码送相应现场设备,并启动系统运行。

(2) 现场总线控制系统软件

现场总线信号传入计算机后,还要进行一系列处理。因此,仍需具有类似 DCS 或其他计算机控制系统那样的控制软件、人机接口软件。现场总线控制系统软件是现场总线控制系统集成、运行的重要组成部分。

现场总线控制系统软件主要由下列部分组成:

- ① 组态软件 包括通信组态与控制系统组态,用来生成各种控制回路和通信关系;
- ② 维护软件 用于对现场控制系统软硬件运行状态的监测、故障诊断及测试维护等;
- ③ 仿真软件 用于对现场总线控制系统的部件,如通信节点、网段、功能模块等进行仿真运行,作为对系统进行组态、调试、研究的工具;

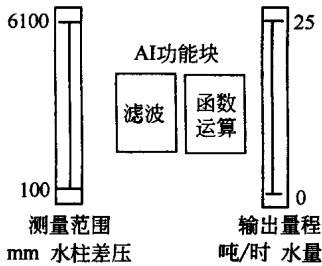


图 7-20 AI 功能块的特征化

④现场设备管理软件 它是对现场设备进行维护管理的工具；

⑤监控软件 是直接用于生产操作和监视的控制软件包,主要内容有实时数据采集、常规控制计算与数据处理、优化控制、逻辑控制、报警监视、运行参数的画面显示、报表输出、操作与参数修改等。另外,文件管理、数据库管理等内容也是现场总线控制系统监控软件的组成部分。一些监控软件中,还配备有实时统计质量控制软件。

第五节 综合自动化系统

一、综合自动化的意义

综合自动化、CIMS(计算机集成制造系统,Computer Integrated Manufacturing Systems)和 CIPS(计算机集成过程系统,Computer Integrated Process Systems)是三个涵义基本相同的术语。

美国 Joseph Harrington 于 1973 年在《Computer Integrated Manufacturing》一书中提出 CIMS 术语,并阐述了两个基本概念:

①企业生产的各个环节,即从市场分析、产品设计、加工制造、经营管理、到销售直至服务,是连接在一起的整体,需要统一考虑;

②整个生产过程实质上是一个数据采集、传递和加工的过程,最后形成的产品可看做是数据的物质表现。

在机电制造行业,贯彻这种思想的、用计算机和网络集成的、包括决策计划、生产调度、产品生产控制以及经营销售、物流运输、直至售后服务管理在内的自动化系统已发展起来,并在 20 世纪 80 年代形成一定规模。虽然 CIMS 技术尚不够成熟,但它代表了当代一种技术浪潮和发展趋势。

在过程工业中,需要建立 CIMS 的理由如下。

①在市场经济条件下,企业一方面要追求产品高质量低成本,另一方面更要注意市场需要。由单纯的计划经济到按市场需要组织生产,经营管理变得越来越重要。对产品的计划和调度确定具体生产的产品类型和数量,过程工况信息又反过来影响经营和生产管

理系统。经营管理与运行控制组成整体,由计算机进行通讯、分析和决策,这是很有好处的。

②计算机技术突飞猛进。通过网络技术,信息传送速度与区域扩大。数字化、智能化和网络化是信息技术时代的特征。一个企业技术领导入不仅应能在办公室计算机屏幕了解全厂运行状态,甚至当身在外地时,也能容易地通过网络系统做到这一点。

③自动化理论与方法有了许多新的成果。在控制方面,除了基层控制以外,以约束多变量预测控制为代表的先进控制有了很大的进步,操作优化与工况监测的技术也日趋成熟。在生产管理方面,计划和调度已有很多算法。它们在信息通道上是递阶关系。因此,整体优化并不简单地是各个系统优化的集合,其经济效益将优于各个孤立的优化子系统。

④自动化控制装置引入计算机技术,当前,DCS、PLC 与工业 PC 机是控制装置的主流,如用网络连接,已具备实现 CIMS 的物质条件。现场总线系统品质优越,投资低于 DCS 等系统,对 CIMS 的实现更为合适。

⑤机电制造行业 CIMS 发展的道路和效果,吸引过程工业界人士。

在过程工业中的 CIMS,常将其中的 M(制造)改为 P(过程),称为 CIPS(计算机集成过程系统)。过程集成这个术语早就出现,当时是指设计中按优化要求选择生产流程,把若干个单元组合在一起,以实现规定的生产要求。

在中国,常用一个更合适的名词——综合自动化系统,综合意味着管理与控制一体化,这类系统具有综合性功能意味着这类系统能综合地考虑问题,追求的是整体的优化。

由于综合自动化能带来巨大经济效益,各国都对之十分关注,努力把各个自动化孤岛联结成为一个有机的整体。虽然,大多数企业都有计划或打算,但由于技术复杂,工作规模大,投资金额高,故需分步进行。中国从八·五期间开始推广试点,现已在若干大型过程工业企业逐步开展工作。

一个典型企业在各层的投资与经济收益比例见图 7-21。

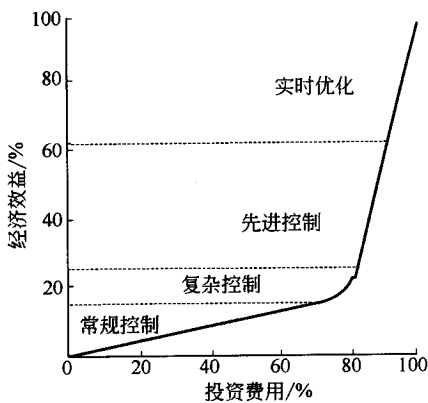


图 7-21 一个典型企业在各层的投资与经济收益比例

二、综合自动化系统的特点

综合自动化系统的主要特点如下。

①系统采用递阶系统结构形式。人员介入程度自上而下递增,人工智能应用程度也自上而下递增,工作频率的周期却自上而下递减。

②系统包括控制与管理两个方面。综合自动化系统通常由 DCS 或现场总线系统完成控制任务,由中、小型机或微机完成管理任务。

③其他任务。物流储运、劳动工资和财务会计等方面的工作,可建立相应计算机系统,与系统主线并行连接。

④系统的信息集成。生产控制系统大量应用计算机控制装置,建立了不同规模的管理信息系统(Management Information System, MIS)。在综合自动化系统中,由于有合适的网络系统,编程方便的软件平台和良好的数据库,使信息能灵活方便地相互传送。

⑤系统的功能集成。在系统内,信息贯通是前提,可靠运行是基础,整体优化是目标。整体优化算法贵在画龙点睛,出奇制胜,从十分复杂的情况中找到关键命题,用力求简单的方法去解决应用实际问题。

⑥涉及的领域宽广。综合自动化系统工作的进行需要有一个由各类专门人才组成的班子,特别是自动化专业、工艺专业和计算机专业的技术专家。

为了使 CIMS 的设计能有完整的规范可循,以建立一个合理且有效的系统结构和一套指导设计实施和运行的有效方法体系,已有多种关于 CIM 体系结构的研究成果。它们的思路是对系统模型集、方法体系、建模方法和工具、基础结构等共同需要解决的问题,用通用方式开发,综合后供企业使用。以求极大地降低集成工程的成本,减少复杂性,缩短开发周期,减少风险。并保证技术、人、经营等要素真正实现有机集成。为保证通用性,体系结构是抽象化、模块化和开放性的。

比较著名的 CIM 体系有:

①CIM-OSA(Open System Architecture for Computer Integrated Manufacturing)欧共体欧洲 CIM 结构委员会 AMICE 研究组在 1984 年开始开发;

②GRAI-GIM 体系结构法国 Bordeaux 大学在 1984 前后开发;

③Purdue(普渡)体系结构美国工业界与 Purdue 大学集团在 1989~1992 年间开发。它以机电(离散制造)和过程工业(连续制造)两大类型企业实施 CIM 的经验为基础。

三、工业生产过程计算机集成控制系统的构成

工业过程计算机集成控制系统是一种综合自动化系统。其目的是使企业用最短周期、最低成本、最优质量,生产出适销对路的产品,以获取最大的经济效益,增强国内外市场的竞争能力。其实质是将过程控制、计划调度、经营管理和市场销售等信息集成,以求得全局优化。它将企业中的信息集成和利用,为各级领导、管理和生产部门提供辅助决策与优化手段,并将这些经营决策和优化调度与生产控制联系起来,成为一体化的信息集成系统。通常,它由如图 7-22 所示的六级构成。即决策级、经营管理级、计划调度级、车间或装置的优化操作级、单元过程的先进控制(APC)与优化级(APS)和最基础的基本控制级

(DCS)。前三级是全厂级,后三级是车间(或装置)和单元过程级。

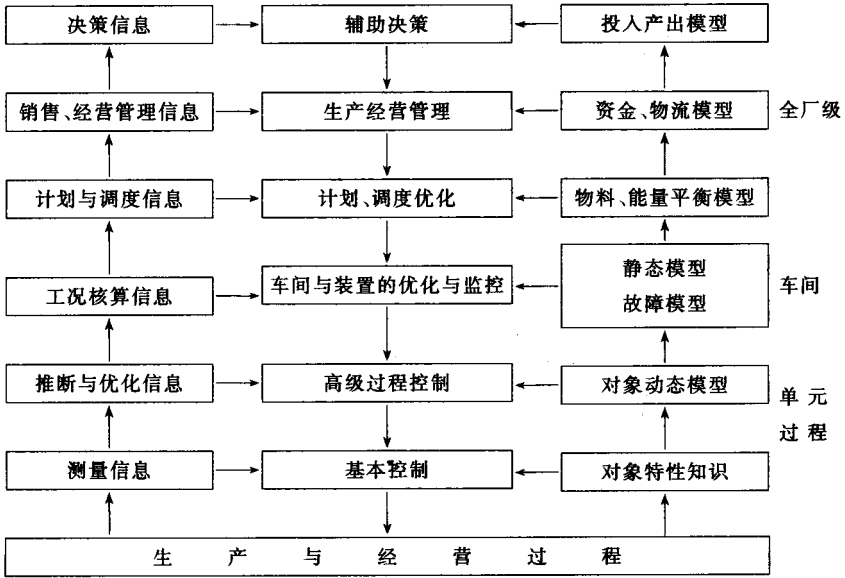


图 7-22 工业过程计算机集成系统功能框图

①基本控制级 也称直接控制级,用于实现对生产装置的直接控制,由 PID、串级、比值、均匀、分程、选择性和前馈等基本控制算法构成。硬件一般由集散控制系统(DCS)或工业 PC 或 STD、单回路和多回路控制器等工控机或常规电动单元组合仪表实现。

②先进控制与估计级 它用于在基本控制级的基础上,基于对象的动态模型实现多变量约束控制、各种预测控制、推断控制、解耦控制、自适应控制、人工神经网络控制、智能控制和不可测输出变量的估计等先进控制算法。通常由上位机(PC-486,586 等)来实现。上位机与 DCS 等基本控制级通过通信实现数据交换。

③装置优化级 它用于实现生产装置的最优工况运行、故障的预报与诊断。它以下面各级控制系统作为广义对象,寻求生产装置的稳定优化。它的功能在上位机实现,通过通信与 DCS 及全厂级管理计算机联系。本级的上位机可与先进控制级的上位机合用。

④计划调度级 它用于逐月落实生产计划、组织日常的均衡与优化生产。它以各车间或装置作为调度对象,保持全厂生产平衡与优化。通常由全厂调度计算机来实现。

⑤管理级 分为经营管理、生产管理和人文管理。主要任务是按部门落实综合计划。它考虑全厂资金、物流的运转与存储、供销渠道的畅通、合同的管理和生产任务的完成。由全厂管理计算机来完成。

⑥辅助决策级 以整个工厂作为广义对象,按市场情况制定发展规划和年度综合计划,辅助厂长作出决策,寻求全厂的整体优化。

工业过程计算机集成系统的核心是信息的获取、处理与加工。来自基本控制级的直接测量信息,经过浓缩处理及加工后变成高级控制的不可测变量的估计信息以及车间核算和工况信息,经统计、分析和汇总后送到调度级和管理级,再经深度加工后进入决策级作为企业领导决策的依据。

第八章 钣金生产设备的使用与维护

设备的正确使用和维护,是设备管理工作的重要环节。某位国家领导人曾经指出“要像战士爱护武器一样爱护机器设备,维护设备完好,保护企业生产力”。正确使用设备,可以防止发生非正常磨损和避免突发性故障,能使设备保持良好的工作性能和应有的精度,而精心维护设备则可以改善设备技术状态,延缓劣化进程,消灭隐患于萌芽状态,保证设备的安全运行,延长使用寿命,提高使用效率。因此,企业应该责无旁贷地做好这方面的工作,并在转换经营机制的过程中,探索和总结出设备的使用与维护方面的新经验、新的激励机制和自我约束机制,这为保持设备完好、提高企业经济效益、保证产品质量和安全生产做出新贡献。

第一节 正确使用与维护设备的意义

一、正确使用设备的意义

设备在负荷下运行并发挥其规定功能的过程,即为使用过程。设备在使用过程中,由于受到各种力和化学作用,使用方法、工作规范、工作持续时间等影响,其技术状况发生变化而逐渐降低工作能力。要控制这一时期的技术状态变化,延缓设备工作能力的下降过程,必须根据设备所处的工作条件及结构性能特点,掌握劣化的规律,创造适合设备工作的环境条件,遵守正确合理的使用方法、允许的工作规范,控制设备的负荷和持续工作时间,精心维护设备。这些措施都要由操作者来执行,只有操作者正确使用设备,才能保持设备良好的工作性能,充分发挥设备效率,延长设备的使用寿命。也只有操作者正确使用设备,才能减少和避免突发性故障。正确使用设备是控制技术状态变化和延缓工作能力下降的首要事项。因此,强调正确使用设备具有重要意义。

二、正确维护设备的意义

设备的维护保养是管、用、养、修等各项工作的基础,也是操作工人的主要责任之一,是保持设备经常处于完好状态的重要手段,是一项积极的预防工作。设备的保养也是设备运行的客观要求,马克思说:“机器必须经常擦洗。这里说的是一种追加劳动,没有这种追加劳动,机器就会变得不能使用。”陈云同志也指出:“企业一定要维护设备,特别是关键设备,四个九不行,必须做到万无一失。”设备在使用过程中,由于设备的物质运动和化学

作用,必然会产生技术状况的不断变化和难以避免的不正常现象,以及人为因素造成的损耗,例如松动、干摩擦、腐蚀等。这是设备的隐患,如果不及时处理,会造成设备的过早磨损,甚至形成严重事故。做好设备的维护保养工作,及时处理随时发生的各种问题,改善设备的运行条件,就能防患于未然,避免不应有的损失。实践证明,设备的寿命在很大程度上决定于维护保养的程度。

因此,对设备的维护保养工作必须强制进行,并严格督促检查。车间设备员和机修站都应把工作重点放在维护保养上,强调“预防为主、养为基础”。

三、在设备使用与维护保养方面的经验

东风汽车公司通过多年实践,结合本企业大量流水均衡生产的实际,逐步形成了有本厂特色的设备计划生产维修制。在这个维修体制中,突出了对设备的维护保养和检查,把设备管理的重心下移到生产现场。他们把设备现场视为“帝王”,让生产和管理上的各种矛盾都汇集到现场,使维修管理人员在现场“曝光”,通过加强现场管理来改变科室与现场之间的“浮萍”现象。他们要求做到:现场管理抓信息,日常保养抓坚持,润滑工作抓治理,优质服务抓班组。他们体会到,操作者对所操作的设备最了解、最熟悉、最能不断发现和揭露设备上所存在的问题,给维修管理人员提供第一手资料,以便使设备管理工作及维修工作不脱离现场实际,切实做到为现场服务。在具体做法上,他们所开展的“三全定保”活动,就是加强设备维护保养的重要措施之一。

“三全定保”活动,即全面动员、全体人员参加、全部主要工艺设备的定期保养活动。由于自动线操作工人较少,而设备多,有些设备也特大,所以一两天内单靠操作工人保养设备是难以彻底保养好的。因而就要求专业厂(分厂)全体干部参加保养。由于全体干部参加,因而更要深入、全面动员。为此,厂里专门编写了定期保养小册子,编制了典型设备保养录相带,组织了表演队到各车间巡回表演,车间主任和科长们还进行了定保内容的学习和考试,各专业厂(分厂)设备厂长亲自作动员报告,同时还要亲自保养一台设备,并经车间工人、设备员检查,不合格者扣款30元。对于年老体弱不宜参加设备保养的领导干部,则负责送开水、饮料,炊事员负责送饭到现场。有的专业厂(分厂)还组织共青团突击队、妇女突击队负责地坑和难度较大的公用设备的保养。设备部门除保证保养器材供应外,又组织了层层验收,厂里验收后还进行总结表彰。事实说明,“三全定保”活动取得了显著成效,使设备故障率降低了46.2%,很多设备厂长、车间主任都主张每年进行几次。

第二节 设备技术状态的完好标准

一、设备的技术状态

设备技术状态是指设备所具有的工作能力,包括性能、精度、效率、运动参数、安全、环境保护、能源消耗等所处的状态及其变化情况。企业的设备是为满足某种生产对象的工

艺要求或为完成工程项目的预定功能而配备的,其技术状态如何、直接影响到企业产品的质量、数量、成本和交货期等经济指标能否顺利完成。设备在使用过程中,受到生产性质、加工对象、工作条件及环境等因素的影响,使设备原设计制造时所确定的功能和技术状态将不断发生变化而有所降低或劣化。为延缓劣化过程,预防和减少故障发生,除操作工人严格执行操作规程、正确合理使用设备外,必须定期进行设备状态检查,加强对设备使用维护的管理。

二、设备的完好标准和确定原则

保持设备完好,是企业设备管理的主要任务之一。按操作和使用规程正确合理地使用设备,是保持设备完好的基本条件。因此,应制定设备的完好标准,为衡量设备技术状态是否良好规定一个合适尺度。

设备的完好标准是分类制定的,以金属切削设备为例,其完好标准包括:

- 1) 精度、性能能满足生产工艺要求;
- 2) 各传动系统运转正常,变速齐全;
- 3) 各操纵系统动作灵敏可靠;
- 4) 润滑系统装置齐全,管道完整,油路畅通,油标醒目;
- 5) 电气系统装置齐全,管线完整,性能灵敏,运行可靠;
- 6) 滑动部位运行正常,无严重拉、研、碰伤;
- 7) 机床内外清洁;
- 8) 基本无漏油、漏水、漏气现象;
- 9) 零部件完整;
- 10) 安全防护装置齐全。

以上标准中1)~6)项为主要项目,其中有一项不合格即为不完好设备。

对于非金属切削设备(如:锻压设备、起重设备、工业炉窑、动力管道、工业泵等)也都有其相应的完好标准。

不论哪类设备的完好标准,在制定时都应遵循以下原则:

- 1) 设备性能良好,机械设备能稳定地满足生产工艺要求,动力设备的功能达到原设计或规定标准,运转无超温超压等现象;
- 2) 设备运转正常,零部件齐全,安全防护装置良好,磨损、腐蚀程度不超过规定的标准,控制系统、计量仪器、仪表和润滑系统工作正常;
- 3) 原材料、燃料、润滑油、动能等消耗正常,无漏油、漏水、漏气(汽)、漏电现象,外表清洁整齐。

完好设备的具体标准应由各行业主管部门统一制订。国家和各工业主管部门通过对主要设备完好率(流程行业的企业可为泄漏率)的考核来了解和考查企业设备的完好状况。

三、完好设备的考核和完好率的计算

1. 完好设备的考核

- 1)完好标准中的主要项目,有一项不合格,该设备即为不完好设备。
- 2)完好标准中的次要项目,有二项不合格,该设备即为不完好设备。
- 3)在检查人员离开现场前,能够整改合格的项目,仍算合格,但要作为问题记录。

2. 设备检查及完好率计算

- 1)车间内部自检应逐台检查,确定完好台数;
- 2)设备动力科抽查完好设备台数的百分之十到十五,确定完好设备合格率;
- 3)完好率的计算

①设备完好率

$$\text{设备完好率} = \frac{\text{完好设备台数}}{\text{主要生产设备总台数}} \times 100\%$$

②完好设备抽查合格率

$$\text{抽查合格率} = \frac{\text{抽查设备合格台数}}{\text{抽查设备总台数}} \times 100\%$$

③抽查完好率折算

抽查后完好率 = 设备完好率 × 抽查合格率

四、单项设备完好标准

1. 锻压设备完好标准

锻压设备类(1~6项为主要项目):

- 1)能力能满足生产工艺要求;
- 2)2~10项参照金属切削机床标准执行。

2. 起重设备完好标准

起重设备类(1~7项为主要项目):

- 1)起重和牵引能力能达到设计要求;
- 2)各传动系统运转正常,钢丝绳、吊钩符合安全技术规程.....
- 3)制动装置安全可靠,主要零部件无严重磨损;
- 4)操作系统灵敏可靠,调速正常;
- 5)主、副梁的下挠上拱、旁弯等变形均不得超过有关技术规定;
- 6)电气装置齐全有效,安全装置灵敏可靠;
- 7)车轮无严重啃轨现象,与轨道有良好接触;
- 8)润滑装置齐全,效果良好,基本无漏油;
- 9)吊车内外整洁,标牌醒目,零部件齐全。

3. 铸造设备完好标准

铸造设备类(1~3项为主要项目):

- 1)性能良好,能力能满足工艺要求;
- 2)设备运转正常,操作控制系统完整可靠;
- 3)电气、安全、防护、防尘装置齐全有效.....;
- 4)设备内外清洁整齐,零部件及各滑动面无严重磨损;

5)基本无漏水、漏油、漏气、漏砂现象；

6)润滑装置齐全,效果良好。

4. 工业锅炉设备完好标准

1)出力基本达到原设计要求和领导部门批准的标准……

2)炉壳、炉筒、炉胆、炉管等部位,无严重腐蚀；

3)电气、安全装置齐全完好,管路畅通,水位计、压力表、安全阀灵敏可靠；

4)主要附机、附件、计量仪器仪表齐全完整,运转良好,指示准确；

5)各控制阀门装置齐全,动作灵敏可靠；

6)传动和供水系统操作灵敏可靠；

7)主、附机外观整洁,润滑良好；

8)基本无漏水、漏油、漏气现象。

5. 动能设备完好标准

动能设备类 1)~5)项为主要项目：

1)出力基本达到原设计要求；

2)各传动系统运转正常,各滑动面无严重锈蚀、磨损；

3)电器和控制系统、安全阀、压力表、水位计等装置齐全,灵敏可靠；

4)无超温、超压现象,基本无漏水、漏油、漏气现象；

5)润滑装置齐全,管道完整,油路畅通,油标醒目,油质符合要求；

6)附机和零件部件齐全,内外整洁。

6. 电气设备完好标准

电气设备类 1)~3)项为主要项目：

1)各主要技术性能达到原出厂标准,或能满足生产工艺要求；

2)操作和控制系统装置齐全,灵敏可靠；

3)设备运行良好,绝缘强度及安全防护装置应符合电气安全规程；

4)设备的通信、散热和冷却系统齐全完整,效能良好；

5)设备内外整洁,润滑良好；

6)无漏油、漏电、漏水现象。

7. 工业炉窑设备完好标准

工业炉窑类 1)~4)项为主要项目：

1)能力基本达到原设计要求,满足生产工艺要求；

2)操作、燃烧和控制系统装置齐全,灵敏可靠；

3)电气及安全装置齐全完整,效能良好；

4)箱体、炉壳、砌砖体等部件无严重烧蚀和裂缝；

5)传动系统运转正常,润滑良好；

6)设备内外整洁,无漏油、漏水、漏气。

第三节 设备的使用管理

一、设备的合理使用

合理使用设备,应该做好以下几方面工作:

1. 充分发挥操作工人的积极性

设备是由工人操作和使用的,充分发挥他们的积极性是用好、管好设备的根本保证。因此,企业应经常对职工进行爱护设备的宣传教育,积极吸收群众参加设备管理,不断提高职工爱护设备的自觉性和责任心。

2. 合理配置设备

企业应根据自己的生产工艺特点和要求,合理地配备各种类型的设备,使它们都能充分发挥效能。为了适应产品品种、结构和数量的不断变化,还要及时进行调整,使设备能力适应生产发展的要求。

3. 配备合格的操作者

企业应根据设备的技术要求和复杂程度,配备相应的工种和胜任的操作者,并根据设备性能、精度、使用范围和工作条件安排相应的加工任务和工作负荷,确保生产的正常进行和操作人员的安全。

机器设备是科学技术的物化,随着设备日益现代化,其结构和原理也日益复杂,要求具有一定文化技术水平和熟悉设备结构的工人来掌握使用。因此,必须根据设备的技术要求,采取多种形式,对职工进行文化专业理论教育,帮助他们熟悉设备的构造和性能。

4. 为设备提供良好的工作环境

工作环境不但对设备正常运转,延长使用期限有关,而且对操作者的情绪也有重大影响。为此,应安装必要的防腐蚀、防潮、防尘、防震装置,配备必要的测量、保险用仪器装置,还应有良好的照明和通风等。

5. 建立健全必要的规章制度

保证设备正确使用的主要措施是:①制定设备使用程序;②制定设备操作维护规程;③建立设备使用责任制;④建立设备维护制度,开展维护竞赛评比活动。

顺便指出,为了正确合理地使用设备,还必须创造一定的条件,比如:①要根据机器设备的性能、结构和其他技术特征,恰当地安排加工任务和工作负荷。近年来,在有的企业中存在的拼设备现象,就包括不能恰当按工作负荷来使用设备;②要为机器设备配备相应技术水平的操作工人;③要为机器设备创造良好的工作环境;④要经常进行爱护机器设备的宣传和技术教育。

二、设备使用前的准备工作

这项工作包括:技术资料的编制,对操作工的技术培训和配备必需的检查及维护用仪

器工具,以及全面检查设备的安装、精度、性能及安全装置,向操作者点交设备附件等。技术资料准备包括设备操作维护规程,设备润滑卡片,设备日常检查和定期检查卡片等。对操作者的培训包括技术教育、安全教育和业务管理教育三方面内容。操作工人经教育、培训后要经过理论和实际的考试,合格后方能独立操作使用设备。

三、设备使用守则

(一)定人、定机和凭证操作制度

为了保证设备的正常运转,提高工人的操作技术水平,防止设备的非正常损坏,必须实行定人、定机和凭证使用设备的制度。

1. 定人、定机的规定

严格实行定人、定机和凭证使用设备,不允许无证人员单独使用设备。定机的机种型号应根据工人的技术水平和责任心,并经考试合格后确定。原则上既要管好、用好设备,又要不束缚生产力。

主要生产设备的操作工作由车间提出定人、定机名单,经考试合格,设备动力科同意后执行。精、大、稀设备和有关设备的操作者经考试合格后,设备动力科同意并经企业有关部门合同审查后,报技术副厂长批准后执行。定人、定机名单保持稳定,有变动时,按规定呈报审批,批准后方可变更。原则上,每个操作工人每班只能操作一台设备,多人操作的设备,必须由值班机长负责。

为了保证设备的合理使用,有的企业实行了“三定制度”(即:设备定号、管理定户、保管定人)。这三定中,设备定号、保管定人易于理解,管理定户就是以班组为单位,把全班组的设备编为一个“户”,班组长就是“户主”,要求“户主”对小组全部设备的保管、使用和维护保养负全面责任。

2. 操作证的签发

学徒工(或实习生)必须经过技术理论学习和一定时期的师傅在现场指导下的操作实习后,师傅认为该学徒工(或实习生)已懂得正确使用设备和维护保养设备时,可进行理论及操作考试,合格后由设备动力科签发操作证,方能单独操作设备。

对于工龄长且长期操作设备,并会调整、维护保养的工人,如果其文化水平低,可免笔试而进行口试及实际操作考试,合格后签发操作证。

公用设备的使用者,应熟悉设备结构、性能,车间必须明确使用小组或指定专人保管,并将名单报送设备动力科备案。

(二)交接班制

连续生产的设备或不允许中途停机者,可在运行中交班,交班人须把设备运行中发现的问题,详细记录在“交接班记录簿”上,并主动向接班人介绍设备运行情况,双方当面检查,交接完毕在记录簿上签字。如不能当面交接班,交班人可做好日常维护工作,使设备处于安全状态,填好交班记录交有关负责人签字代接,接班人如发现设备异常现象,记录不清、情况不明和设备未按规定维护时可拒绝接班。如因交接不清设备在接班后发生问题,由接班人负责。

企业在用的每台设备,均须有“交接班记录簿”,不准撕毁、涂改。区域维修站应及时收集“交接班记录簿”,从中分析设备现状,采取措施改进维修工作。设备管理部门和车间负责人应注意抽查交接班制度的执行情况。

(三) “三好”、“四会”和“五项纪律”

1. “三好”要求

(1)管好设备 发扬工人阶级的责任感,自觉遵守定人、定机制度和凭证使用设备,管好工具、附件,不损坏、不丢失、放置整齐。

(2)用好设备 设备不带病运转,不超负荷使用,不大机小用,精机粗用。遵守操作规程和维护保养规程,细心爱护设备,防止事故发生。

(3)修好设备 按计划检修时间停机修理。参加设备的二级保养和大修完工后的验收试车工作。

2. “四会”要求

(1)会使用 熟悉设备结构、技术性能和操作方法,懂得加工工艺。会合理选择切削用量,正确地使用设备。

(2)会保养 会按润滑图表的规定加油、换油,保持油路畅通无阻。会按规定进行一级保养,保持设备内外清洁,做到无油垢、无脏物,漆见本色铁见光。

(3)会检查 会检查与加工工艺有关的精度检验项目,并能进行适当调整。会检查安全防护和保险装置。

(4)会排除故障 能通过不正常的声音、温度和运转情况,发现设备的异常状态,并能判定异常状态的部位和原因,及时采取措施排除故障。

3. 使用设备的“五项纪律”

1)凭证使用设备,遵守安全使用规程。

2)保持设备清洁,并按规定加油。

3)遵守设备的交接班制度。

4)管好工具、附件,不得遗失。

5)发现异常,立即停车。

四、设备操作规程和使用规程

设备操作规程是操作人员正确掌握操作技能的技术性规范,是指导工人正确使用和操作设备的基本文件之一。其内容是根据设备的结构和运行特点,以及安全运行等要求,对操作人员在其全部操作过程中必须遵守的事项。一般包括:

1)操作设备前对现场清理和设备状态检查的内容和要求;

2)操作设备必须使用的工作器具;

3)设备运行的主要工艺参数;

4)常见故障的原因及排除方法;

5)开车的操作程序和注意事项;

6)润滑的方式和要求;

7)点检、维护的具体要求;

- 8) 停车的程序和注意事项；
- 9) 安全防护装置的使用和调整要求；
- 10) 交、接班的具体工作和记录内容。

设备操作规程应力求内容简明、实用,对于各类设备应共同遵守的项目可统一成标准的项目。

设备使用规程是根据设备特性和结构特点,对使用设备作出的规定。其内容一般包括:

- 1) 设备使用的工作范围和工艺要求；
- 2) 使用者应具备的基本素质和技能；
- 3) 使用者的岗位责任；
- 4) 使用者必须遵守的各种制度,如定人定机,凭证操作、交接班、维护保养、事故报告等制度；
- 5) 使用者必备的规程,如操作规程、维护规程等；
- 6) 使用者必须掌握的技术标准,如润滑卡、点检和定检卡等；
- 7) 操作或检查必备的工器具；
- 8) 使用者应遵守的纪律和安全注意事项；
- 9) 对使用者检查、考核的内容和标准。

第四节 设备的维护管理

一、设备的维护保养

通过擦拭、清扫、润滑、调整等一般方法对设备进行护理,以维持和保护设备的性能和技术状况,称为设备维护保养。设备维护保养的要求主要有四项:

- (1) 清洁 设备内外整洁,各滑动面、丝杠、齿条、齿轮箱、油孔等处无油污,各部位不漏油、不漏气,设备周围的切屑、杂物、脏物要清扫干净；
- (2) 整齐 工具、附件、工件(产品)要放置整齐,管道、线路要有条理；
- (3) 润滑良好 按时加油或换油,不断油,无干摩擦现象,油压正常,油标明亮,油路畅通,油质符合要求,油枪、油杯、油毡清洁；
- (4) 安全 遵守安全操作规程,不超负荷使用设备,设备的安全防护装置齐全可靠,及时消除不安全因素。

设备的维护保养内容一般包括日常维护、定期维护、定期检查和精度检查,设备润滑和冷却系统维护也是设备维护保养的一个重要内容。

设备的日常维护保养是设备维护的基础工作,必须做到制度化和规范化。对设备的定期维护保养工作要制定工作定额和物资消耗定额,并按定额进行考核,设备定期维护保养工作应纳入车间承包责任制的考核内容。设备定期检查是一种有计划的预防性检查,

检查的手段除人的感官以外,还要有一定的检查工具和仪器,按定期检查卡执行,定期检查有人又称为定期点检。对机械设备还应进行精度检查,以确定设备实际精度的优劣程度。

设备维护应按维护规程进行。设备维护规程是对设备日常维护方面的要求和规定,坚持执行设备维护规程,可以延长设备使用寿命,保证安全、舒适的工作环境。其主要内容应包括:

- 1)设备要达到整齐、清洁、坚固、润滑、防腐、安全等的作业内容、作业方法、使用的工具及材料、达到的标准及注意事项;
- 2)日常检查维护及定期检查的部位、方法和标准;
- 3)检查和评定操作工人维护设备程度的内容和方法等。

二、设备的三级保养制

三级保养制度是我国 20 世纪 60 年代中期开始,在总结前苏联计划预修制在我国实践的基础上,逐步完善和发展起来的一种保养修理制,它体现了我国设备维修管理的重心由修理向保养的转变,反映了我国设备维修管理的进步和以预防为主、预防为主的维修管理方针的更加明确。三级保养制内容包括:设备的日常维护保养、一级保养和二级保养。三级保养制是以操作者为主对设备进行以保为主、保修并重的强制性维修制度。三级保养制是依靠群众、充分发挥群众的积极性,实行群管群修,专群结合,搞好设备维护保养的有效办法。

(一)设备的日常维护保养

设备的日常维护保养,一般有日保养和周保养,又称日例保和周例保。

1. 日例保

日例保由设备操作工人当班进行,认真做到班前四件事、班中五注意和班后四件事。

(1)班前四件事 消化图样资料,检查交接班记录。擦拭设备,按规定润滑加油。检查手柄位置和手动运转部位是否正确、灵活,安全装置是否可靠。低速运转检查传动是否正常,润滑、冷却是否畅通。

(2)班中五注意 注意运转声音,设备的温度、压力、液位、电气、液压、气压系统,仪表信号,安全保险是否正常。

(3)班后四件事 关闭开关,所有手柄放到零位。清除铁屑、脏物,擦净设备导轨面和滑动面上的油污,并加油。清扫工作场地,整理附件、工具。填写交接班记录和运转台时记录,办理交接班手续。

2. 周例保

周例保由设备操作工人在每周末进行,保养时间为:一般设备 2h,精、大、稀设备 4h。

(1)外观 擦净设备导轨、各传动部位及外露部分,清扫工作场地。达到内洁外净无死角、无锈蚀,周围环境整洁。

(2)操纵传动 检查各部位的技术状况,紧固松动部位,调整配合间隙。检查互锁、保险装置。达到传动声音正常、安全可靠。

(3)液压润滑 清洗油线、防尘毡、滤油器,油箱添加油或换油。检查液压系统,达到

油质清洁,油路畅通,无渗漏,无研伤。

(4)电气系统 擦拭电动机、蛇皮管表面,检查绝缘、接地,达到完整、清洁、可靠。

(二)一级保养

一级保养是以操作工人为主,维修工人协助,按计划对设备局部拆卸和检查,清洗规定的部位,疏通油路、管道,更换或清洗油线、毛毡、滤油器,调整设备各部位的配合间隙,紧固设备的各个部位。一级保养所用时间为4~8h,一保完成后应做记录并注明尚未清除的缺陷,车间机械员组织验收。一保的范围应是企业全部在用设备,对重点设备应严格执行。一保的主要目的是减少设备磨损,消除隐患、延长设备使用寿命,为完成到下次一保期间的生产任务在设备方面提供保障。

(三)二级保养

二级保养是以维修工人为主,操作工人参加来完成。二级保养列入设备的检修计划,对设备进行部分解体检查和修理,更换或修复磨损件,清洗、换油、检查修理电气部分,使设备的技术状况全面达到规定设备完好标准的要求。二级保养所用时间为7天左右。二保完成后,维修工人应详细填写检修记录,由车间机械员和操作者验收,验收单交设备动力科存档。二保的主要目的是使设备达到完好标准,提高和巩固设备完好率,延长大修周期。

实行“三级保养制”,必须使操作工人对设备做到“三好”、“四会”、“四项要求”,并遵守“五项纪律”。三级保养制突出了维护保养在设备管理与计划检修工作中的地位,把对操作工人“三好”、“四会”的要求更加具体化,提高了操作工人维护设备的知识和技能。三级保养制突破了原苏联计划预修制的有关规定,改进了计划预修制中的一些缺点、更切合实际。在三级保养制的推行中还学习吸收了军队管理武器的一些做法,并强调了群管群修。三级保养制在我国企业取得了好的效果和经验,由于三级保养制的贯彻实施,有效地提高了企业设备的完好率,降低了设备事故率,延长了设备大修理周期、降低了设备大修理费用,取得了较好的技术经济效果。

三、精、大、稀设备的使用维护要求

(一)四定工作

- 1)定使用人员。按定人定机制度,精、大、稀设备操作工人应选择本工种中责任心强、技术水平高和实践经验丰富者,并尽可能保持较长时间的相对稳定;
- 2)定检修人员。精、大、稀设备较多的企业,根据本企业条件,可组织精、大、稀设备专业维修或修理组,专门负责对精、大、稀设备的检查、精度调整、维护、修理;
- 3)定操作规程。精、大、稀设备应分机型逐台编制操作规程,加以显示并严格执行;
- 4)定备品配件。根据各种精、大、稀设备在企业生产中的作用及备件来源情况,确定储备定额,并优先解决。

(二)精密设备使用维护要求

- 1)必须严格按说明书规定安装设备;
- 2)对环境有特殊要求的设备(恒温、恒湿、防震、防尘)企业应采取相应措施,确保设备

精度性能；

- 3)设备在日常维护保养中,不许拆卸零部件,发现异常立即停车,不允许带病运转；
- 4)严格执行设备说明书规定的切削规范,只允许按直接用途进行零件精加工。加工余量应尽可能小。加工铸件时,毛坯面应预先喷砂或涂漆；
- 5)非工作时间应加护罩,长时间停歇,应定期进行擦拭、润滑、空运转；
- 6)附件和专用工具应有专用柜架搁置,保持清洁,防止研伤,不得外借。

四、动力设备的使用维护要求

动力设备是企业的关键设备,在运行中有高温、高压、易燃、有毒等危险因素,是保证安全生产的要害部位,为做到安全连续稳定供应生产上所需要的动能,对动力设备的使用维护应有特殊要求：

- 1)运行操作人员必须事先培训并经过考试合格；
- 2)必须有完整的技术资料、安全运行技术规程和运行记录；
- 3)运行人员在值班期间应随时进行巡回检查,不得随意离开工作岗位；
- 4)在运行过程中遇有不正常情况时,值班人员应根据操作规程紧急处理,并及时报告上级；
- 5)保证各种指示仪表和安全装置灵敏准确,定期校验。备用设备完整可靠；
- 6)动力设备不得带病运转,任何一处发生故障必须及时消除；
- 7)定期进行预防性试验和季节性检查；
- 8)经常对值班人员进行安全教育,严格执行安全保卫制度。

五、设备的区域维护

设备的区域维护又称维修工包机制。维修工人承担一定生产区域内的设备维修工作,与生产操作工人共同做好日常维护、巡回检查、定期维护、计划修理及故障排除等工作,并负责完成管区内的设备完好率、故障停机率等考核指标。区域维修责任制是加强设备维修为生产服务、调动维修工人积极性和使生产工人主动关心设备保养和维修工作的一种好形式。

设备专业维护主要组织形式是区域维护组。区域维护组全面负责生产区域的设备维护保养和应急修理工作,它的工作任务是：

- 1)负责本区域内设备的维护修理工作,确保完成设备完好率、故障停机率等指标；
- 2)认真执行设备定期点检和区域巡回检查制,指导和督促操作工人做好日常维护和定期维护工作；
- 3)在车间机械员指导下参加设备状况普查、精度检查、调整、治漏,开展故障分析和状态监测等工作。

区域维护组这种设备维护组织形式的优点是:在完成应急修理时有高度机动性,从而可使设备修理停歇时间最短,而且值班钳工在无人召请时,可以完成各项预防作业和参与计划修理。

设备维护区域划分应考虑生产设备分布、设备状况、技术复杂程度、生产需要和修理

钳工的技术水平等因素。可以根据上述因素将车间设备划分成若干区域,也可以按设备类型划分区域维护组。流水生产线的设备应按线划分维护区域。

区域维护组要编制定期检查和精度检查计划,并规定出每班对设备进行常规检查时间。为了使这些工作不影响生产,设备的计划检查要安排在工厂的非工作日进行,而每班的常规检查要安排在生产工人的午休时间进行。

六、提高设备维护水平的措施

为提高设备维护水平应使维护工作基本做到三化,即规范化、工艺化、制度化。

规范化就是使维护内容统一,哪些部位该清洗、哪些零件该调整、哪些装置该检查,要根据各企业情况按客观规律加以统一考虑和规定。

工艺化就是根据不同设备制订各项维护工艺规程,按规程进行维护。

制度化就是根据不同设备不同工作条件,规定不同维护周期和维护时间,并严格执行。

对定期维护工作,要制定工时定额和物质消耗定额并要按定额进行考核。

设备维护工作应结合企业生产经济承包责任制进行考核。同时,企业还应发动群众开展专群结合的设备维护工作,进行自检、互检,开展设备大检查。

第五节 设备维护情况的检查评比

设备维护保养的检查评比是在主管厂长的领导下由企业设备动力部门按照整齐、清洁、润滑、安全四项要求和管好、用好、维护好设备的要求,制定具体评分标准,定期组织的检查评比活动。检查结果在厂里公布,并与奖罚挂钩,以推动文明生产和群众性维护保养活动的开展,这是不断提高设备完好率的重要措施。

车间内部主要检查设备操作者的合格使用及日常(周末)维护情况。检查评比以鼓励先进为主,可采取周检月评,即每周检查一次,每月进行评比,由车间负责,对成绩优良的班组和个人予以奖励。

厂内各单位的检查评比,以设备管理、计划检修、合理使用、正确润滑、认真维护等为主要内容。采取季评比、年总结。对成绩突出者,给予奖励。

(一)检查评比活动的方式

1)车间内部的检查评比。由分管设备主任、车间机械员、维修组长、生产组长组成车间检查组,每周对各生产小组、操作工人的设备维护保养工作进行检查评比。

2)全厂性的检查评比。由企业设备负责人和设备动力科长组织有关职能人员和车间机械员对各车间设备管理与维修工作进行检查评比,每月检查评分由设备动力科设备管理组负责,季度或半年的互检评比由各车间机械员等代表参加。

(二)检查工作的主要内容

(1)车间内部的检查评比主要内容是操作工人的日常维护保养;

(2) 厂内检查评比

1) 检查车间有关设备管理各项管理工作:设备台账、报表、各种维修记录、交接班记录和操作证。

2) 三级保养工作开展情况,各级保养计划的完成情况及保养质量。按“四项要求”抽查部分设备。

3) 设备完好率及完好设备抽查合格率。

4) 设备事故。

(三) 评比方法

(1) 对车间的月度检查评比产生全厂劳动竞赛中的设备评比。

(2) 半年及年末的互检评比产生下列先进称号:

1) 设备维护先进个人;

2) 设备维护先进集体(机台或小组);

3) 设备维修先进个人;

4) 设备维修先进小组;

5) 设备工作先进车间。

(四) 设备维护先进机台(红旗机台)的评比条件

1) 产品产量、质量应达到规定指标;

2) 本设备应全面符合完好设备标准;

3) 操作工人认真执行日保及一保作业,严格遵守操作规程;

4) 严格执行设备管理有关制度要求,如对设备的日常检查,清扫擦试、交接班记录等;

5) 全年无设备事故,设备故障少。

(五) 检查评比的奖励

检查评比以鼓励先进为主,推动设备管理工作深入开展。

对单台设备操作工人,主要按“四项要求”和“三好”、“四会”守则进行评比。对生产班组、机台、个人,可采取周检月评,每周检查一次,每月进行评比,由车间负责,对成绩优良的班组和个人给予适当奖励。

开展“红旗设备竞赛”是搞好班组设备维护的一种形式。凡是执行设备管理制度好,按规定做好日常维护和定期维护,产品质量合格,各种原始记录齐全、可靠并按时填报,检查期内无任何事故,保持设备完好,符合竞赛条件者,可发给流动红旗。由车间采取月评比季总结,并把评红旗设备同奖励挂钩,以利于推动设备维护工作。

对车间的检查评比,由厂检查评比组负责,采取季评比、年总结。对车间在设备管理、使用、维护、计划检修等方面成绩突出的,给予适当奖励,并授予“设备维护先进个人”、“设备维护先进机台(或小组)”、“设备管理和维修先进车间”等光荣称号。

第六节 设备故障与事故管理

一、设备故障及故障管理

(1)设备故障 设备或系统在使用过程中,因某种原因丧失了规定功能或降低了效能时的状态,称为设备故障。在企业生产活动中,设备是保证生产的重要因素,而设备故障却直接影响产量、质量和企业的经济效益。在目前机床设备的设计、制造质量尚未达到很高水平的情况下,加之管理不善,设备在运转过程中,往往故障频繁,造成长时间的停机和修理工作量费用的膨胀,加强故障管理愈发成为急待解决的问题。

(2)设备故障管理 设备故障的产生,受多种因素的影响,如设计制造的质量,安装调试水平,使用的环境条件,维护保养,操作人员的素质,以及设备的老化、腐蚀和磨损等。为了减少甚至消灭故障,必须了解、研究故障发生的宏观规律,分析故障形成的微观机理,采取有效的措施和方法,控制故障的发生,这就是设备的故障管理。故障管理,特别是对生产效率极高的大型连续自动化设备的故障管理,在管理工作中,占有非常重要的地位。

二、设备故障管理的重要性

高度现代化设备的特点是高速、大型、连续、自动化。面对生产率极高的设备,故障停机会带来很大的损失。在大批量生产的机械流程工厂,如汽车制造厂等,防止故障,减少故障停机,保持生产均衡是非常重要的。它不仅能减少维修工作的人力、物力费用和时间,更重要的是保持较高的生产率,创造出每小时几万甚至几十万产值的经济效益。对化工、石油、冶金等流程工业,设备的局部异常会导致整机停转或整个自动生产线停产,甚至由局部的机械、电气故障或泄漏导致重大事故的发生,以至污染环境,破坏生态平衡,造成不可挽回的损失。因此,随着设备现代化水平的提高,加强设备故障管理,防止故障的发生,保持高效的正常运转,有着重要的意义。

三、设备故障全过程管理

目前,大多数设备远未达到无维修设计的程度,因而时有故障发生,维修工作量大。为了全面掌握设备状态,搞好设备维修,改善设备的可靠性,提高设备利用率,必须对设备的故障实行全过程管理。

设备故障全过程管理的内容包括:故障信息收集、储存、统计、整理,故障分析,故障处理,计划实施,处理效果评价及信息反馈(使用单位内部反馈和制造单位反馈)。设备故障的过程管理如图 8-1 所示。

(一)故障信息的收集

1. 收集方式

设备故障信息按规定的表格收集,作为管理部门收集故障信息的原始记录。当生产

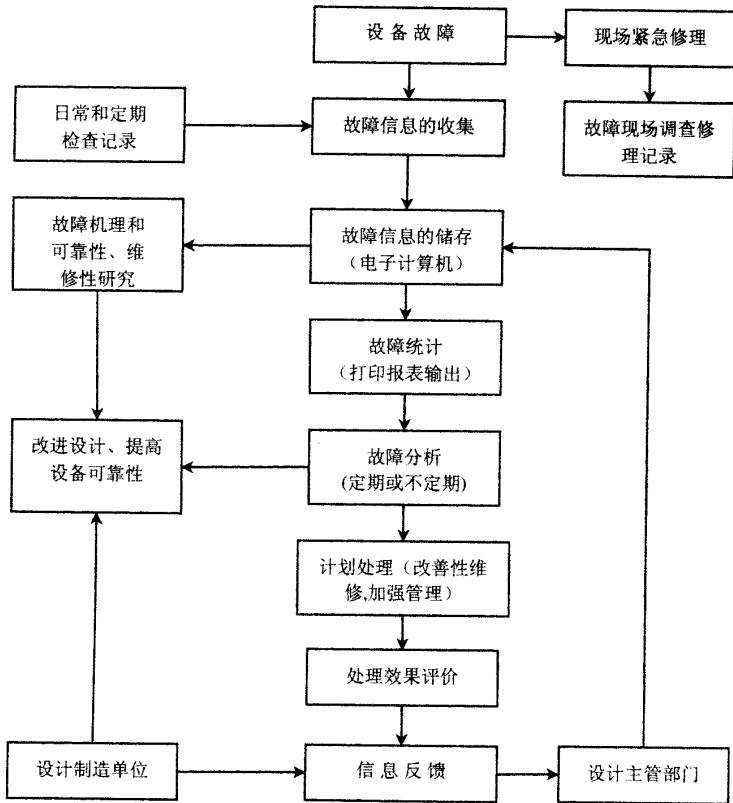


图 8-1 设备故障全过程管理

现场设备出现故障后,由操作工人填写故障信息收集单,交维修组排除故障。有些单位没有故障信息收集单,而用现场维修记录登记故障修理情况。随着设备现代化程度的提高,对故障信息管理的要求也不断提高,表现在:①故障停工单据统计的信息量扩大;②信息准确无误;③将各参量编号,以适应计算机管理的要求;④信息要及时地输入和输出,为管理工作服务。

故障信息收集应有专人负责,做到全面、准确,为排除故障和可靠性研究提供可靠的依据。

2. 收集故障信息的内容

具体内容包括:

(1)故障时间信息的收集 包括统计故障设备开始停机时间,开始修理时间,修理完成时间等。

(2)故障现象信息的收集 故障现象是故障的外部形态,它与故障的原因有关。因此,当异常现象出现后,应立即停车、观察和记录故障现象,保持或拍摄故障现象,为故障分析提供真实可靠的原始依据。

(3)故障部位信息的收集 确切掌握设备故障的部位,不仅可为分析和处理故障提供

依据,还可直接了解设备各部分的设计、制造、安装质量和使用性能,为改善维修、设备改造、提高设备素质提供依据。

(4)故障原因信息的收集 产生故障的原因通常有以下几个方面:

- 1)设备设计、制造、安装中存在缺陷;
- 2)材料选用不当或有缺陷;
- 3)使用过程中的磨损、变形、疲劳、振动、腐蚀、变质、堵塞等;
- 4)维护、润滑不良,调整不当,操作失误,过载使用,长期失修或修理质量不高等;
- 5)环境因素及其他原因。

(5)故障性质信息的收集 有两类不同性质的故障:一种是硬件故障,即因设备本身设计、制造质量或磨损、老化等原因造成的故障;另一种是软件故障,即环境和人员素质等原因造成的故障。

(6)故障处理信息的收集 故障处理通常有紧急修理、计划检修、设备技术改造等方式。故障处理信息的收集,可为评价故障处理的效果和提高设备的可靠性提供依据。

3. 故障信息数据的准确性

影响信息收集准确性的主要因素是人员因素和管理因素。操作人员、维修人员、计算机操作人员与故障管理人员的技术水平、业务能力、工作态度等均直接影响故障统计的准确性。在管理方面,故障记录单的完善程度,故障管理工作制度、流程及考核指标的制定,人员的配置,均影响信息管理工作的成效。因此,必须结合企业和人员培训,才能切实提高故障数据收集的准确性。

(二)故障信息的储存

开展设备故障动态管理以后,信息数据统计与分析的工作量与日俱增。全靠人工填写、运算、分析、整理,不仅工作效率很低,而且易出错误。采用计算机储存故障信息,开发设备故障管理系统软件,便成为不可缺少的手段。软件系统可以包括设备故障停工修理单据输入模块,随机故障统计分析模块,根据企业生产特点建立的周、月、季度、年度故障统计分析模块,维修人员修理工时定额考核模块等,均是有效的辅助设备管理。在开发故障管理软件时,还要考虑设备一生管理的大系统,把故障管理看成是设备管理的一个子系统,并与其他子系统保持密切联系。

(三)故障信息的统计

设备故障信息输入计算机后,管理人员可根据工作需要,打印输出各种表格、数据、信息,为分析、处理故障,搞好维修和可靠性、维修性研究提供依据。

(四)故障分析

故障分析是从故障现象入手后,分析各种故障产生的原因和机理,找出故障随时间变化的宏观规律,判断故障对设备的影响。研究偶发故障不知事件的预测、预防,从而控制和消灭故障。

设备的故障是多种多样的,为分析故障产生的原因,首先需要对故障进行分类。

1. 故障的分类

- 1)按故障发生状态,可分为突发性故障和渐发性故障;

2)按故障发生的原因,可分为设备固有的薄弱性故障、操作维护不良性故障、磨损老化性故障;

3)按故障结果,可分为功能性故障和参数性故障;

4)按故障的危险程度,可分为安全性故障和危险性故障;

5)按功能丧失程度,可分为完全性故障和部分性故障。

2. 故障模式与故障机理分析

(1)故障模式 每一种故障的主要特征叫做故障模式。生产中常见的故障模式有 振动、变形、腐蚀、疲劳、裂纹、破裂、渗漏、堵塞、发热、烧损、各种绝缘、油质、衬质的劣化、噪声、脱落、短路等。

(2)故障机理 指诱发零件、部件、设备发生故障的物理、化学、电学和机械学的过程。

故障的发生受时间、环境条件、设备内部和外部多种因素的影响,有时是一种原因起主导作用,有时是多种因素综合作用的结果。

零件、部件、设备发生故障,大多是由于工作条件、环境条件等方面的能量积累超过了它们所能承受的界限。这些工作条件和环境条件称为故障应力。它是广义的,如工作载荷、电压、电流、温度、湿度、灰尘、放射性、操作失误、维修中安装调整的失误、载荷周期长短、时间劣化等,都是诱导故障产生的外因。作为故障体的零件、部件、设备,其强度、特性、功能以及内部应力和缺陷等,在外部应力作用下,对故障的抑制和诱发也起着重要的、即内因的作用。

因此,故障应力、故障机理、故障模式是密切相关的,如图 8-2 所示。同一故障可诱发出两种以上的故障机理,如热应力可使材料力学性能降低,同时使零件表面被腐蚀。不同故障应力可分别或同时导致不同的故障机理,某一机理又可衍生另一机理,经过一定时间便形成多种故障模式。例如,蠕变破坏可使零件破裂,而疲劳载荷加上热影响也可造成破裂、破断和磨损。磨损引起发热导致零件磨损、变形、腐蚀和熔融等。有时故障模式相同,造成故障的原因和机理却完全不同。因此,在分析研究设备的故障模式和故障机理时,必须综合考虑故障件本身设计制造过程中各种应力的作用,以及使用、维护保养等。

3. 故障分析的具体方法

分析故障时,首先由设备管理部门统计员或故障管理员汇总计算机打印的记录故障的各种报表,再会同车间机械员一起分析故障频率、故障强度率,采取直方图、因果图等方法,全面分析故障机理、原因,找出故障规律,提出对策。诸如:

1)故障频率和故障强度分析;

2)故障部位分析;

3)故障原因分析。造成故障的原因是多方面的,只有分析研究每一个具体故障的机理,找出导致故障产生的根本原因,才能判断外部环境对故障的影响,也只有这样,故障宏观规律的研究才有可靠的保证。由此可见,故障微观机理的研究是十分重要的,它是有效排除故障、提高设备素质的基础。

查找故障原因时,先按大类划分,再层层细分,直到找出主要原因,采取有效措施加以解决。通常采用的故障因果图的方法,如图 8-3 所示。

4)设备可利用率分析。设备可利用率公式为

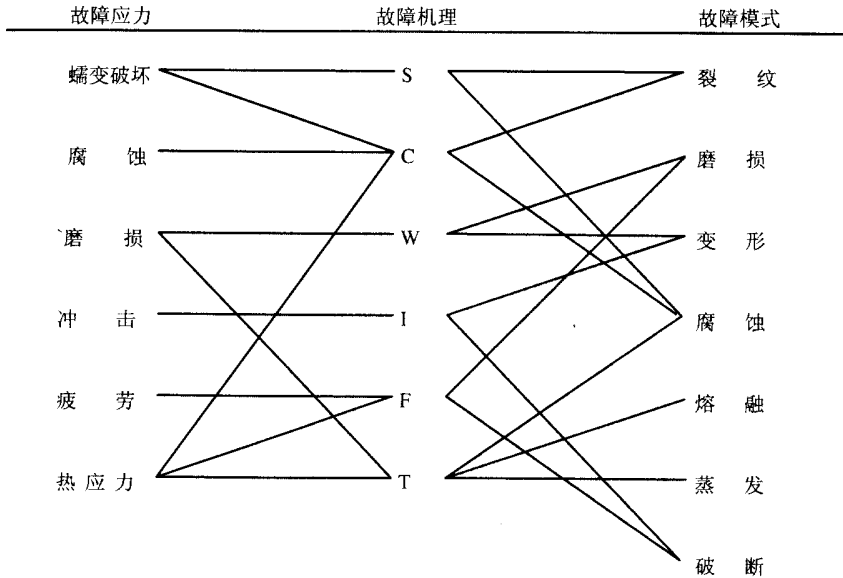


图 8-2 故障机理与故障模式

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT}$$

式中 $MTBF$ ——平均故障间隔时间；

$MTTR$ ——平均修理时间；

MWT ——平均等待时间。

从设备可利用率公式中可以清楚地看到， $MTTR$ 和 MWT 愈大，则 A 愈小； $MTTR$ 和 MWT 趋于零时，则 A 趋于 1，即设备可利用率趋于 100%。在设备使用中，如果不出故障、不需要修理，则 $MTTR$ 和 MWT 等于零。所以，对设备可利用率的主要影响因素是故障。企业应从统计 $MTBF$ 、 $MTTR$ 和 MWT 着手，研究故障随时间的变化规律。

5) 故障树分析法的应用。故障树分析法是可靠性预测的一种方法，它在可靠性设计中占有很重要的地位。近年来，一些企业将故障树分析法用于设计和生产现场的管理，取得了较好的效果。

故障树分析(Fault Tree Analysis)简称为 FTA，它是从上一层次的故障入手，分析下一层次故障对上一层次故障的影响。如分析设备零、部件对整个设备产生故障的影响。这种方法不仅可以分析硬件失效，而且可以分析软件、人为因素、环境因素等引起的失效。不仅能分析单一零、部件故障引起的设备(系统)故障。而且可以分析由两个以上零、部件故障引起的设备故障，采用这种方法对有效防止故障和事故，减少停产损失，提高企业经济效果，有着积极的作用。

(五) 故障处理

故障处理是在故障分析的基础上，根据故障原因和性质，提出对策，暂时地或较长时间地排除故障。

重复性故障采取项目修理、改装或改造的方法，提高局部(故障部位)的精度，改善整

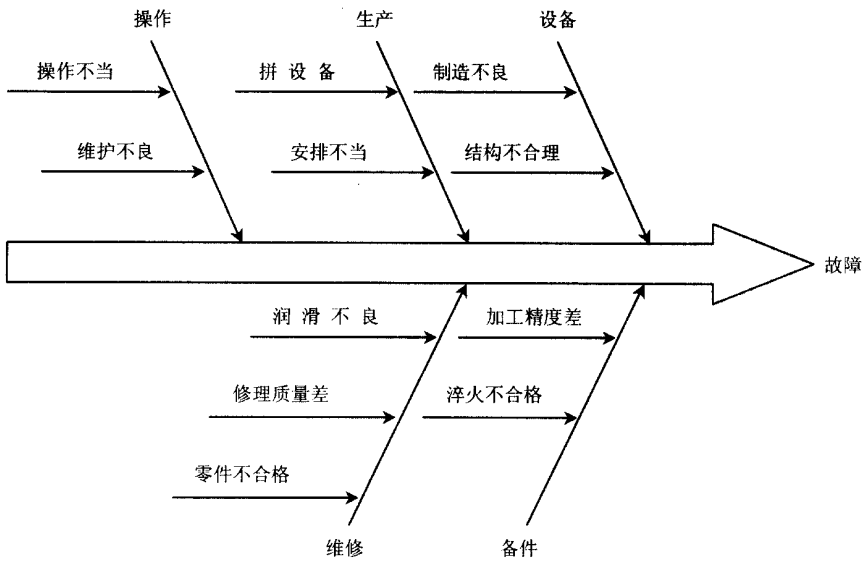


图 8-3 故障因果图

机的性能。对多发性故障的设备,视其故障的严重程度,采取大修、更新或报废的方法。对于设计、制造、安装质量不高,选购不当,先天不足的设备,采取技术改造或更换元器件的方法。因操作失误、维护不良等引起的故障,应由生产车间培训、教育操作工人来解决。因修理质量不高引起的故障,应通过加强维修人员的培训、重新设计或改进维修工夹具、加强维修工的考核等来解决。总之,在故障处理问题上,应从长远考虑,采取有力的技术和管理措施加以根除,使设备经常处于良好状态,更好地为生产服务。

(六) 成果评价与信息反馈

对故障管理成果的评价,带有总结性质。由于管理人员认识的局限性,分析问题的主观性,分析故障时缺乏必要手段、素材以及资料不够准确,处理故障时缺乏足够时间等,均会影响故障性质,在短时间内不可能彻底修好,在总结、评定时,应进一步安排计划修理,根除隐患。对已经妥善处理的故障,应填写成果登记表,并将此信息输入计算机,作为故障全过程管理的信息之一加以保存,既可为开展故障诊断和可靠性、维修性研究提供素材,又可为设备选型和购置提供参考资料。

四、设备事故及其类别

设备故障所造成的停产时间或修理费用达到规定限额者为设备事故。企业对发生的设备事故,必须查清原因,并按照事故性质严肃处理。具体划分标准如下:

设备事故分为一般事故、重大事故和特大事故三类。设备事故的分类标准由国务院工业交通各部门确定。

(1) 一般事故 修理费用一般设备在 500 ~ 10000 元,精、大、稀设备及机械工业关键设备达 1000 ~ 30000 元者,或造成全厂供电中断 10 ~ 30min 时为一般事故。

(2) 重大事故 修理费用一般设备在 10000 元以上,精、大、稀设备及机械工业关键设

备达 30000 元以上者,或造成全厂供电中断 30min 以上者为重大事故。

(3)特大事故 修理费用一般设备在 50 万元,或造成全厂停产两天以上,车间停产一周以上者为特大事故。

任何一种事故都会给国家与人民的财产、企业的经济效益带来很大损失,严重的设备爆炸事故,有害气体、液体的泄漏事故,还会污染环境、破坏生态平衡和损害人体健康,因此要采取有效措施、消除事故隐患,搞好安全生产,搞好设备管理,防止事故的发生。

五、设备事故的性质

根据事故产生的原因,可将设备事故性质分成三种:

(1)责任事故 由于人为原因造成的事故,称责任事故。如擅离工作岗位,违反操作规程,超负荷运转,维护润滑不良,维修不当,忽视安全措施,加工工艺不合理等造成的事故。

(2)质量事故 因设备的设计、制造质量不良、修理质量不良和安装调试不当而引起的事故。

(3)自然事故 因各种自然灾害造成设备事故。

六、设备事故的调查分析及处理

(一)设备事故发生后的工作

立即切断电源,保持现场,逐级上报,及时进行调查、分析和处理。

一般事故发生后,由发生事故单位的负责人,立即组织机械员、工段长、操作人员在设备动力科有关人员参加下进行调查、分析。重大事故发生后,应由企业主管负责人组织有关科室(如技安科、设备动力科、保卫科等)和发生事故单位的负责人,共同调查分析,找出事故原因,制定措施,组织力量,进行抢修。尽快恢复生产,尽量降低由设备事故造成的停产损失。

(二)事故调查分析

调查是分析事故原因和妥善处理事故的基础,这项工作必须注意以下几点:

1)事故发生后,任何人不得改变现场状况。保持原状是查找分析事故原因的主要线索。

2)迅速进行调查。包括仔细查看现场、事故部位、周围环境,向有关人员及现场目睹者询问事故发生前后的情况和过程,必要时可照像。调查工作开展愈早愈仔细,对分析原因和处理愈有利。

3)分析事故切忌主观,要根据事故现场实际调查,理化实验数据,定量计算与定性分析,判断事故原因。

(三)设备事故的处理

事故处理要遵循“三不放过”原则,即:①事故原因分析不清,不放过;②事故责任者与群众未受到教育,不放过;③没有防范措施,不放过。企业生产中发生事故总是一件坏事,必须认真查出原因,妥善处理,使责任者及群众受到教育,制定有效措施防止类似事故重

演,绝不可掉以轻心。

在查清事故原因、分清责任后,对事故责任者视其情节轻重、责任大小和认错态度,分别给予批评教育、行政处分或经济处罚。触犯法律者要依法制裁。对事故隐瞒的单位和个人,应加重处罚,并追究领导责任。

(四)设备事故损失的计算

1. 停产时间及损失费用的计算

停产时间:是指从发生事故停工开始,到设备修复后投入使用为止的时间。

停产损失费用:停产损失(元)=停机小时×每小时生产成本费用。

2. 修理时间和费用的计算

修理时间:是指从开始修理发生事故的设备,到全部修好交付使用为止的时间。

修理费用:修理费(元)=材料费(元)+工时费(元)

3. 事故损失费(元)=停产损失费(元)+修理费(元)

(五)设备事故的报告及原始资料

1. 设备事故报告

发生设备事故单位应在三日内认真填写事故报告单,报送设备管理部门。一般事故报告单应由企业设备管理部门签署处理意见。重大和特大事故报告单应由企业主管领导批示。特大事故应报告上级主管部门及国务院下属各大部,听候处理指示。

设备事故处理和修复后,应按规定填写修理记录,计算事故损失费用,报送设备管理部门,设备管理部门每季度应统计上报设备事故及处理情况。

2. 设备事故原始记录及存档

设备事故报告表应记录的内容:

- 1)设备名称、型号、编号、规格等;
- 2)发生事故的时间,详细经过,事故性质,责任者;
- 3)设备损坏情况,重大、特大事故应有照片,以及损坏部位,原因分析;
- 4)发生事故前、后设备主要精度和性能的测试记录,修理情况;
- 5)事故处理结果及今后防范措施;
- 6)重大、特大事故应有事故损失的计算。

设备事故的所有原始记录和有关资料,均应存入设备档案。

第九章 钣金冲压机械故障 诊断及处理

机械故障诊断包括机械故障诊断的理论与技术两大部分。作为机械故障诊断的理论基础,本章先来讨论几个与机械故障诊断有关的基本问题,主要包括机械故障概述、诊断信息的来源、故障诊断的一般思维方法。

第一节 机械故障诊断概述

一、机械故障及其分类

所谓机械故障,就是指机械系统(零件、组件、部件或整台设备乃至一系列的设备组合)因偏离其设计状态而丧失部分或全部功能的现象。通常见到的发动机发动不起来,机床运转不平稳、汽车刹车不灵等等现象都是机械故障的表现形式。机械故障可以从不同的角度来进行分类。不同的分类方法反映了机械故障的不同侧面,对机械故障进行分类的目的是为了更好地针对不同的故障形式采取相应的对策。以下是各种故障分类方法。

1. 按发生的原因分

(1)磨损性故障 机械系统因使用过程中的正常磨损而引发的一类故障,对这类故障形式,一般只进行寿命预测。

(2)错用性故障 因使用不当而引发的故障。

(3)先天性故障 由于设计或制造不当而造成机械系统中存在某些薄弱环节而引发的故障。

2. 按造成的后果分

(1)危害性故障 故障发生后会对人身、生产和环境造成危险或危害的一类故障,如机床保护系统不能进行有效工作而造成损害工件或操作者等。

(2)安全性故障 故障的发生不会对人身、生产和环境造成危害的一类故障,如保护系统在不需保护时动作等。

3. 按发生的快慢分

(1)突发性故障 不能靠早期测试探测出来的一类故障。即此类故障是不可预测的,对这类故障只能进行预防,如过载造成机件损坏。

(2)渐发性故障 故障的发展有一个过程,因而可对其进行预测和监视,如疲劳裂纹的产生和扩展。

4. 按发生的范围分

- (1)部分性故障 设计功能部分丧失的一类故障。
- (2)完全性故障 设计功能完全丧失的一类故障。

5. 按发生的频次分

- (1)偶发性故障 发生频率很低的一类故障,即“意外现象”。
- (2)多发性故障 经常发生的一类故障。

机械故障还可从其他角度来进行分类。在以上所列的五种分类方法中,按故障原因和按故障发生的快慢这两种分类方法对于机械故障诊断最具现实意义。

二、机械故障诊断及其分类

所谓机械故障诊断,就是对机械系统所处的状态进行监测,判断其是否正常,当出现异常时分析其产生的原因和部位,并预报其发展趋势。机械故障诊断可以分类如下:

1. 按目的分

(1)功能诊断 即对新安装或刚维修过的机械系统诊断其功能是否正常,也就是投入运行前的诊断。

(2)运行诊断 即对服役中的机械系统进行的诊断。

2. 按方式分

(1)巡回检测 就是每隔一定的时间对服役中的机械系统进行检查和诊断。

(2)在线监测 就是连续地对服役中的机械系统进行监测,此时测试传感器及二次仪表等安装在设备现场,随机械系统一起工作。

3. 按提取信息的方式分

(1)直接诊断 诊断对象与诊断信息来源直接对应的一种诊断方法,即一次信息诊断。如通过检测齿轮的安装偏心和运动偏心等参数来判断齿轮运转是否正常即属此类。

(2)间接诊断 诊断对象与诊断信息来源不直接对应的一种诊断方法,即二次、三次等非一次信息的诊断。如通过测箱体的振动来判断齿轮箱中齿轮是否正常等。通常所说的诊断主要是指间接诊断。

4. 按诊断时所要求的机械运行工况条件分

(1)常规工况诊断 在机械的正常运行条件下进行的一种故障诊断方式。

(2)特殊工况诊断 对某些机械,需为其创造特殊的工作条件才能对其进行诊断,如动力机组的升降速过程诊断。

5. 按功能分

(1)简易诊断 对机械系统的状态作出相对粗略的判断。一般只回答“有无故障”等问题,而不分析故障原因、故障部位及故障程度等。

(2)精密诊断 是在简易诊断基础上更为细致的一种诊断过程,它不仅要回答“有无故障”的问题,而且还要详细地分析出故障原因、故障部位、故障程度及其发展趋势等一系列的问题。

此外,机械故障诊断还可根据所采用的技术手段不同而分为振动诊断、油样分析、温度监测以及无损检测等。本书的后续章节就是按照这条线索来进行讨论的。

三、机械故障诊断的基本环节

一个完整的诊断过程一般由以下几个基本环节组成。

1. 确立运行状态监测的内容

主要包括确立监测参数、监测部位及监测方式等方面的内容,这主要取决于故障形式,同时也要考虑被监测对象的结构、工作环境等因素以及现有的测试设备条件,这是整个诊断工作的基础。状态监测的内容确立得当,不仅能极大地提高诊断效率,有时甚至决定着诊断工作的成败,因此必须对此予以足够的重视。

2. 建立测试系统

根据步骤1的要求选取传感器及其配套设施,组成测试系统,用以收集故障诊断所需的信息。在建造测试系统时,不仅要注意有用信号的获取(灵敏度和精度等性能),同时还要考虑测试系统的环境适应性以及如何在测试阶段进行降噪除噪等,以便简化后续的信号分析处理过程。正确、有效信号的取得是正确诊断的先决条件,偏离了这个前提,诊断工作就无从谈起。

3. 测试、分析及信息提取

主要内容是对借助测试系统所获得的信号进行加工,包括滤波、异常数据的剔除以及各种分析算法等,其主要目的是从有限的信号中获得尽可能多的关于被诊断对象状态的有用信息,这是机械故障诊断的核心,关于这方面的内容,本书在后续章节还将以较大的篇幅进行论述。

4. 状态监测、判断及预报

是诊断工作的最后一个环节,也就是机械故障诊断的最终目的之所在。这一步工作主要是构造或选定判据,确定划分设备状态的各有关参量的阈值等内容,以此判定被诊断对象的运行状态,并对其未来发展趋势进行预测。

第二节 故障特征参量

在前一节里,我们已对机械故障及其诊断方法进行了分类,并简述了机械故障诊断的几个实施步骤。对机械故障诊断有了初步认识之后,接下来简要讨论故障特征参量这个机械故障诊断工作的灵魂。

一、故障特征参量的定义

对于某一具体的故障类型,我们所关心的问题是:①这种故障通过哪些物理参量表现出来;②与各物理参量间的关系强弱情况如何。一般而言,对于前一个问题,只要机械系统的状态发生了变化,就必定会影响到与之相联系的各个动态物理参量,牵涉面较广,而

故障类型与物理参量的关系强弱是我们最感兴趣的。因为只有那些与某种故障类型之间的关系密切、对故障灵敏可靠的物理参量才被用于故障的诊断。在机械故障诊断学领域,将这些对故障灵敏、稳定可靠的物理参量称为故障特征参量。

机械系统的故障类型是千差万别的,与每一种故障类型相对应,机械系统必定会通过一个或多个物理参量将其表征出来,每一种故障类型也必须由一种或多种原因所引起。这就是说,故障表现与其特征参量和故障原因之间存在如下的对应关系

$$F = f(\alpha_1, \alpha_2, \dots) \quad (9-1)$$

式中 F ——某种故障类型;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots$ ——各特征参量或故障原因。

故障诊断就是要确定 F 与 $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ 之间的某种对应关系 f , 以便通过检测 $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ 来判断故障类型 F 是否发生,或在已知 F 发生的情况下去查明造成 F 的原因 $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ 等。

应该指出的是,对于同一种故障类型,当它们发生在不同的机械系统上时,其故障特征参量也不同,因此,在确定某种故障的特征参量时,应结合具体的系统进行。例如,一般机器的轴承发生故障时,其温度会升高,此时温度可选为故障特征参量。然而,对于矿山井下的通风机,其转子轴承处于风道内,受到强风冷却,即使出现故障温度也未必明显升高,此时就不宜选用温度作为轴承故障的特征参量。

二、故障特征参量的选取原则

由上面的分析可知,虽然某种故障类型发生所能引起变化的物理参量有许多个,但可用作故障特征的参量是有限的,这就引出了如何来选定故障特征参量的问题。实践证明,选取故障特征参量应遵循以下原则:

1. 高度敏感性

机械系统状态的微弱变化应引起故障特征参量的较大变化。

2. 高度可靠性

故障特征参量是依赖于机械系统的状态变化而变化的,如果把故障特征参量取作应变量,系统状态取作自变量,则故障特征参量应是系统状态这个自变量的单值函数。

3. 实用性(或可实现性)

故障特征参量应是便于检测的,如果某个物理参量虽对某种故障足够灵敏,但这个参量不易获得(经济的、技术方面的考虑),那么这个物理参量也不使用作故障特征参量。

三、故障特征参量的选定方法

如前所述,不同的故障类型有不同的故障特征与之相对应,也就是说,故障类型不同,其故障特征参量也不同。即使是同一种故障类型,当其环境条件(包括故障主体)发生变化时,其故障特征参量也不同,因此故障特征参量一般通过理论分析和实验的方法来确定。

第三节 机械故障诊断的一般思维方法

故障识别理论是与思维科学以及故障诊断的技术手段的发展密不可分的。与传统的诊断手段相对应的识别理论只能借助形式逻辑进行一些简单的推理,而与现代诊断技术相对应,则有故障树分析、模式识别以及模糊诊断等多种识别理论。在本节里,我们只讨论形式逻辑推理与故障树分析的基本原理。

一、形式逻辑推理

可以认为,故障诊断过程是一个观察、假设、验证、修正假设、再验证……,直至找到故障的真正原因的过程。即可把故障诊断过程划分为以下五个步骤:

- ① 调研考察,得出故障现象;
- ② 假设原因;
- ③ 由假设原因推断出应有的结果;
- ④ 将推断结果与考察所得的现象进行比较;
- ⑤ 得出假设成立与否的结论,如果原假设不成立,则需另立假设。

以上第③、④、⑤是属于证实或推翻假设。在分析故障时,往往进行某些试探性的调整和拆卸,观察故障症状的变化,以查寻或反证故障发生的部位。下面将具体讨论在调研考察之后提出假设原因的逻辑方法,即探求因果关系的逻辑方法。为此先介绍几个逻辑概念。

1. 原因与结果

引起某现象产生的现象叫做原因,由另一现象引起的现象叫结果。

2. 因果关系的特性

(1) 因果关系的相对性 也就是说因果关系不是固定不变的,一个现象对于其原因来说是结果,而对于该现象的后果来说又是原因。

(2) 因果关系的确定性 即同质的原因必然会引起同质的结果,而且原因的易变必然会导致结果的易变。

(3) 因果关系的普遍性 没有一个现象不是由一定的原因引起的,也没有一个现象不产生一定的结果。

探求现象间的因果关系,首先要确定可能的原因或结果,然后从可能的原因或结果中进行比较,删除虚假成分,找出真正的原因或结果。传统的求因果关系的五种逻辑方法(穆勒五法)都是根据某个现象与另一个现象在某些场合下所显示的对应关系,从而概括出一般性的结论,以断定它们之间是否存在必然的因果关系。

3. 逻辑推理方法

(1) 契合法(求同法) 在被研究现象出现的若干场合中,如果仅有唯一的一个情况在这些场合中是共同具有的。那么这个唯一的共同情况就是被研究现象的原因(或结果),

即：

场合	先行(或后行)情况	被研究现象
1	A、B、C	a
2	A、D、E	a
3	A、F、G	a
……	……	……

结论：情况 A 是现象 a 的原因(结果)

应用契合法时要注意发掘各种场合中所隐蔽的共同情况,它很可能是被研究现象的真正原因(或结果)。比较的场合越多,结论的可靠程度就越高。

(2)差异法(求异法) 如果被研究现象出现的场合与不出现的场合只有一个情况是不同的,其他情况完全相同,而且这个情况在被研究现象出现的场合中是存在的,在被研究现象不出现的场合是不存在的,那么这个唯一不同的情况就是被研究现象的原因(或结果),即：

场合	先行(或后行)情况	被研究现象
1	A、B、C	a
2	—、B、C	—

结论：情况 A 是现象 a 的原因(结果)

在故障分析时,形成上述差异场合的方法有轮流切换法和换件比较法。轮流切换法的公式如下：

场合	先行(或后行)情况	被研究现象
1	A、B、C	a
2	A、—、C	a
3	A、B、—	a
4	—、B、C	—

结论：情况 A 是现象 a 的原因(结果)

换件比较法：分析故障时,如果怀疑某一零件或部件是机器故障的起因,则使用完好件替换,并观察换件前后机器状态的变化,以此断定原零件是否是故障原因之所在。

(3)契合差异并用法(求同求异法) 有两组事例,一组是由被研究现象出现的若干场合组成的正事例组,另一组是由研究现象不出现的若干场合组成的负事例组。如果在正事例组各场合中只有一个唯一的共同情况,而且这个情况在负事例组中的各个场合都不存在,那么这个情况就是被研究现象的原因(或结果),即有如下的公式：

场合	先行(或后行)情况	被研究现象	
1	$A、B、C、D$	a	正
2	$A、E、F、G$	a	事
3	$A、C、D、F$	a	例
.....	组

场合	先行(或后行)情况	被研究现象	
1	$—、B、C、D$	$—$	负
2	$—、D、E、F$	$—$	事
3	$—、C、D、F$	$—$	例
.....	组

结论:情况 A 是现象 a 的原因(结果)

应用此法时要注意,正负两组事例的组成场合越多,结论越可靠;对于负事例组的各个场合,应选择与正事例组场合较好相似的来比较,因为负事例组的场合是无限多的。

(4)共变法 在被研究现象发生变化的各个场合,如果其中只有一个情况是变化着的,而其他情况都保持不变,那么这个唯一变化着的情况便是被研究现象的原因(或结果),有如下的公式:

场合	先行(或后行)情况	被研究现象
1	$A_1、B、C、D$	a_1
2	$A_2、—、C、D$	a_2
3	$A_3、B、—、D$	a_3

结论:情况 A 是现象 a 的原因(结果)

应用共变法时要注意,原因和结果的共变可能是同向的,也可能是异向的,还可能是在一定范围内是同向的,而在另一范围内是异向的。

(5)剩余法 有一个复合的被研究现象,如果已知这个复合现象的一部分是某些情况的结果,那么这个复合现象的剩余部分就是别的情况的结果,即有如下的公式:

由 $a、b、c、d$ 构成的复合的被研究现象是复合的情况 $A、B、C、D$ 作用的结果。

已知: 现象 a 是情况 A 作用的结果

现象 b 是情况 B 作用的结果

现象 c 是情况 C 作用的结果

结论: 现象 d 是情况 D 作用的结果

这里复杂现象的剩余部分 d 的原因 D ,可能是个已发现过的情况 ,也可能是个尚未发现过的情况 ,即关于未知情况的推测 ,而这种推测的证实和认识还需要有个过程。

在应用剩余法进行推断时 ,有以下两点需提请注意 :

①必须确认复杂现象的一部分(a 、 b 、 c)是某些情况(A 、 B 、 C)引起的 ,而剩余部分(d)不可能是这些情况(A 、 B 、 C)引起的 ;

②复杂现象剩余部分的原因(D) ,不一定是个单一的情况 ,还可能是一个复杂的情况。实际上多层次、多原因的复杂故障树正是描述这种逻辑关系的。

二、故障树分析法(FTA)

1. 故障树分析法概述

故障树分析法(Fault Tree Analysis)是由美国贝尔电话研究所的沃森(Watson)和默恩斯(Mearns)于 1961 年首次提出并应用于分析民兵式导弹发射控制系统的。其后 ,波音公司的哈塞尔(Hasse)、舒劳德(Schroder)、杰克逊(Jackson)等人研制出故障树分析法计算程序 ,标志着故障树分析法进入了以波音公司为中心的宇航领域。1974 年 ,美国原子能委员会发表了以麻省理工学院(MIT)拉斯穆森(Rasmussen)为首的安全组所写的“商用轻水反应堆核电站事故危险性评价”的报告 ,该报告采用了美国国家航空和管理部于 60 年代发展起来的事件树(ET :Event Tree)和故障树分析方法。这一报告的发表引起了各方面的很大反响 ,并推动了故障树分析法从宇航、核能进入电子、化工和机械等工业领域。

所谓故障树分析 ,就是首先选定某一影响最大的系统故障作为顶事件 ,然后将造成系统故障的原因逐级分解为中间事件 ,直至把不能或不需要分解的基本事件作为底事件为止 ,这样就得到了一张树状的逻辑图 ,称为故障树。如图 9—1 所示就是一简单的故障树。这一简单的故障树表明 :作为顶事件的系统故障是由部件 A 的故障或部件 B 的故障引起的 ,而部件 A 的故障可能由元件 1 引起 ,也可能由元件 2 引起 ,部件 B 的故障则由元件 3 和元件 4 同时发生故障时引起 ,这样 ,就将引起系统故障的基本原因及其影响途径表达得一清二楚。

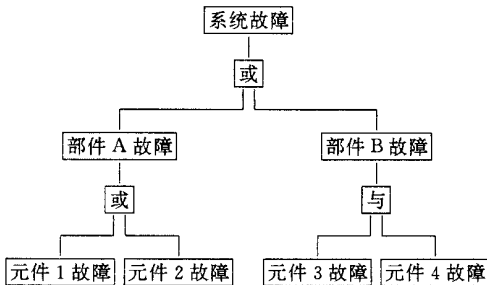


图 9-1 简单的故障树

更一般地说 ,故障树分析就是以故障树为基础 ,分析影响顶事件发生的底事件种类及其相对影响程度。故障树分析包括以下几个主要步骤 :建立故障树、故障树的定性分析和故障树的定量分析。下面依次加以介绍。

2. 故障树的建立

故障树的建立有人工建树和计算机辅助建树两类方法,它们的思路相同,都是首先确定顶事件,建立边界条件,通过逐级分解得到原始故障树,然后将原始故障树进行简化,得到最终的故障树,供后续的分析计算用。

(1)确定顶事件 在故障诊断中,顶事件本身就是诊断对象的系统级(总体的)故障事件。而在系统的可靠性分析中,顶事件有若干的选择余地,选择得当可以使系统内部许多典型故障(做为中间事件和底事件)合乎逻辑地联系起来,便于分析。

所选的顶事件应该满足:①要有明确的定义;②要能进行分解,使之便于分析顶事件和底事件之间的关系;③要能度量以便于定量分析。

选择顶事件,首先要明确系统正常和故障状态的定义;其次要对系统的故障作初步分析,找出系统组成部分(元件、组件、部件)可能存在的缺陷,设想可能发生的各种人为因素,推出这些底事件导致系统故障发生的各种可能途径(因果链),在各种可能的系统故障中选出最不希望发生的事件作为顶事件。

对于复杂的系统,顶事件不是唯一的,必要时还可以把大型复杂的系统分解为若干个相关的子系统,以典型中间事件当作故障树的顶事件进行建树分析,最后加以综合,这样可使任务简化并可同时组织多人分工合作参与建树工作。

(2)建立边界条件 建立边界条件的目的是为了简化建树工作。所谓边界条件是指:

- ①不允许出现的事件;
- ②不可能发生的事件,实际中常把小概率事件当作不可能事件;
- ③必然事件;
- ④某些事件发生的概率;
- ⑤初始状态。当系统中的部件有数种工作状态时,应指明与顶事件发生有关的部件的工作状态。





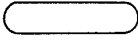

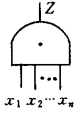
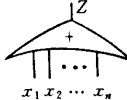

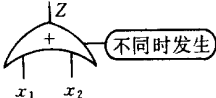
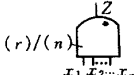
建立边界条件和建树时应该注意的:

- ①小概率事件不等同于小部件的故障和小故障事件;
- ②有的故障发生概率虽小,但一旦发生则后果严重,为安全起见,这种小概率故障就不能忽略;
- ③故障定义必须明确,避免多义性,以免使故障树逻辑混乱;
- ④先抓主要矛盾,开始建树时应先考虑主要的、可能性很大的以及关键性的故障事件,然后在逐步细化分解过程中再考虑次要的、不经常发生的以及后果不严重的次要故障事件;
- ⑤强调严密的逻辑性和系统中事件的逻辑关系,条件必须清楚,不可紊乱和自相矛盾。

(3)建树符号 建树符号包括故障事件符号、逻辑门符号和转移符号等,如表9—1所示。

表 9—1

建树符号

分类	符 号	含 义
故障事件符号		顶事件 :故障树分析中所关心的结果事件 ,位于故障树的顶端
		中间事件 :位于底事件和顶事件之间的结果事件
		基本事件 :在特定的故障树分析中无须探明其发生原因的底事件
		未探明事件 :原则上应进一步探明其原因但暂时不必或不能探明其原因的底事件
		条件事件 ,当此符号中给定的条件满足时 ,对应的逻辑门才起作用的特殊事件
		开关事件 :在正常工作条件下必然发生或必然不发生的特殊事件
逻辑门符号		与门 :表示全部输入事件 x_1, x_2, \dots, x_n 都发生才能使输出事件 Z 发生 ,其逻辑表达式为 $Z = \prod_{i=1}^n x_i$
		或门 :表示输入事件 x_1, x_2, \dots, x_n 中只要有一个发生就能使输出事件 Z 发生 ,其逻辑表达式为 $Z = \sum_{i=1}^n x_i$
		非门 :表示输出事件是输入事件的对立事件 $Z = \overline{x}$
		异或门 :表示只有当输入事件 x_1, x_2 单个发生时 ,才能使输出事件发生 ,其逻辑表达式为 $Z = x_1 \oplus x_2 = \overline{x_1}x_2 + x_1\overline{x_2}$
		表决 (r/n) 门 :表示 n 个输入事件 (x_1, x_2, \dots, x_n) 中至少有 r 个发生 ,才能使输出事件发生

分类	符 号	含 义
逻辑门符号		顺序与门 :表示仅当输入事件按规定的顺序发生时才能使输出事件 Z 发生
		禁门 :表示仅当条件事件发生时,输入事件的发生方导致输出事件 Z 的发生
		持续时间与门 :表示仅当输入事件都发生并持续规定的时间时,输出事件 Z 才发生
转移符号		转向符号 :表示“下面转到以字母数字为代号所指的子树去”
		转此符号 :表示“由具有相同字母数字的转向符号转到此处来”
		相似转向符号 :表示“下面转到以字母数字为代号所指结构相似而事件标号不同的子树去”,不同的事件标号在三角形旁边注明
		相似转此符号 :表示“相似转向符号所指子树与此处子树相似但事件标号不同”

下面以减速器的故障为例,来说明建树过程。

显然,在本例中,减速器的故障就是顶事件。假定减速器故障仅包括漏油、振动噪声和减速器不能工作三种形式,它们可作为故障树的第二级。而减速器的振动噪声可能来自齿轮箱,也可能来自基座、电机或工作中的不平稳外载荷,它们可作为故障树的第三级。齿轮箱由转轴组件和轴承系统组成,它们构成故障树的第四级。而转轴组件又包括齿轮和转轴,成为故障树的第五级,这样层层分解,最后可以建立如图 9-2 所示的故障树。需要说明的是,图 9-2 所示的减速器故障树与某一实际的减速器故障情形可能并不完全相符,此处所列只是为说明故障树的建立方法。由此可以看出,一张实际的故障树可能非常复杂,这取决于考虑问题的角度和出发点。

3. 故障树的简化

在分析系统故障时,最初建立的故障树往往并不是最简的,可以对它进行简化。最经常采用的简化方法是借助逻辑代数的逻辑法则进行简化,为此,先来介绍几个基本的逻辑

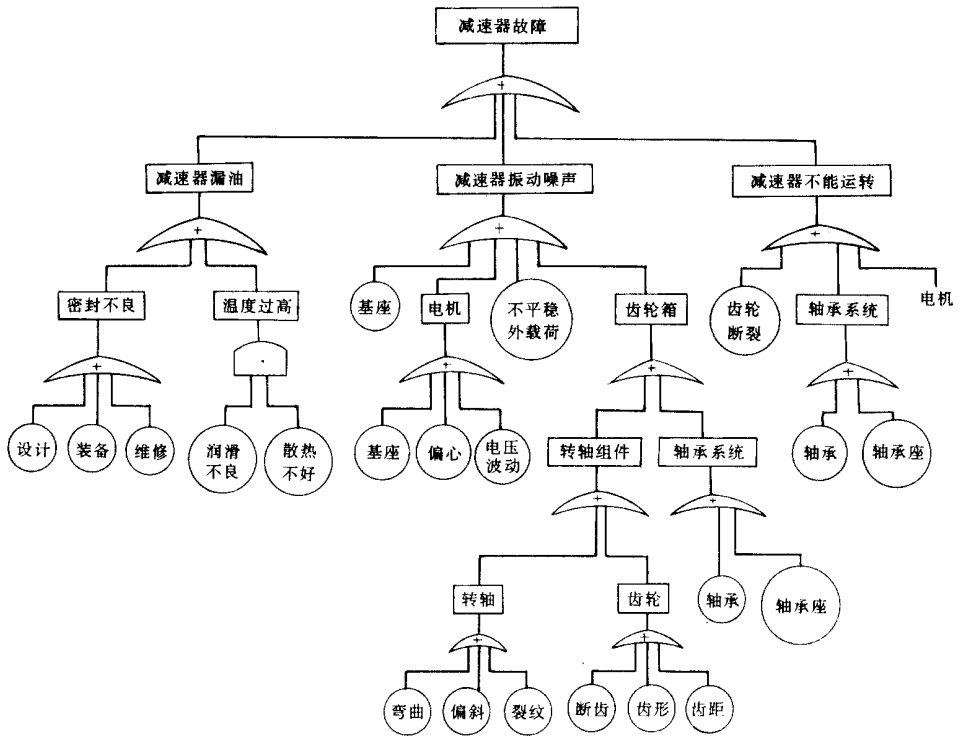


图 9-2 减速器的故障树

关系和逻辑运算法则、故障树的结构函数 最后以一个实例来说明简化方法。

(1)基本逻辑关系 两个变量的基本逻辑关系如表 9—2 所示 ,逻辑运算的真值表如表 9—3 所示。

表 9-2 两个变量的基本逻辑关系

逻辑关系	表达式	含义	其他表示方法
逻辑非	$\overline{x_1}$	没有 x_1	$cx_1, \overline{x_1}'$
逻辑与	$x_1 x_2$	x_1 与 x_2	$x_1 \wedge x_2, \overline{x_1} \cap x_2$
逻辑或	$x_1 + x_2$	x_1 或 x_2 或两者	$x_1 \vee x_2, \overline{x_1} \cup x_2$
蕴涵	$x_1 \Rightarrow x_2$	有 x_1 必有 x_2	$\overline{x_1} \vee x_2, \overline{x_1} + x_2, \overline{x_1} \subset x_2$
同一	$x_1 \Leftrightarrow x_2$	x_1, x_2 同有同无	$x_1 x_2 + \overline{x_1} \overline{x_2}$

表 9-3 两个变量逻辑运算的真值表

x_1	x_2	$\overline{x_1}$	$\overline{x_2}$	$x_1 + x_2$	$x_1 \cdot x_2$	$x_1 \Rightarrow x_2$	$x_1 \Leftrightarrow x_2$
0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	1	1	1	1

(2)逻辑运算的基本法则 为简便起见,现将逻辑运算的基本法则列于表9—4。

表9—4 逻辑运算法

逻辑关系	运算公式	备注	逻辑关系	运算公式	备注
逻辑和运算	$A + B = B + A$ $A + (B + C) = (A + B) + C$ $A + A + \dots + A = A$ $A + 1 = 1$ $A + 0 = A$	交换律 结合律 同一律 01律 01律	对偶律 (摩根律)	$\overline{A \cdot B \cdot \dots \cdot K} = \overline{A} + \overline{B} + \dots + \overline{K}$ $\overline{A + B + \dots + K} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \dots \cdot \overline{K}$	
	逻辑积运算	$AB = BA$ $A(BC) = (AB)C$ $A \cdot A \cdot \dots \cdot A = A$ $A \cdot 1 = A$ $A \cdot 0 = 0$		交换律 结合律 同一律 01律 01律	吸收律
分配律			$A(B + C) = AB + AC$ $A + BC = (A + B)(A + C)$		
否定运算	$\overline{\overline{A}} = A$ $A + \overline{A} = 1$ $\overline{\overline{AA}} = 0$	复原律 互补律	对合律	$AB + \overline{AB} = A$ $(A + B)(\overline{A + B}) = A$	

(3)故障树的结构函数 由图9—1所示的简单故障树可以看出,由于故障树是由构成它的全部底事件的“或”和“与”的逻辑关系联结而成,因此可用结构函数这一数学工具给出故障树的数学表达式,以便于对故障树作定性分析和定量计算。

系统故障称为故障树的顶事件,以符号 T 表示,系统各部件的故障称为底事件,如对系统和部件均只考虑故障和正常两种状态,则底事件可定义为

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{当第 } i \text{ 个底事件发生时(故障)} \\ 0, & \text{当第 } i \text{ 个底事件不发生时(正常)} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9-2)$$

系统顶事件的状态如用 ϕ 来表示,则 ϕ 必然是底事件状态 $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 的函数。

$$\phi = \phi(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (9-3)$$

同时
$$\phi(x) = \begin{cases} 1, & \text{当顶事件发生时} \\ 0, & \text{当顶事件不发生时} \end{cases} \quad (9-4)$$

$\phi(x)$ 定义为故障树的结构函数。

显然,图9—3所示的与门故障树的结构函数为

$$\phi(x) = \prod_{i=1}^n x_i \quad (9-5)$$

图9—14所示的或门故障树的结构函数为

$$\phi(x) = \sum_{i=1}^n x_i \quad (9-6)$$

也可写为

$$\phi(x) = \sum_{i=1}^n x_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - x_i) \quad (9-7)$$

(4)简化实例 下面以两个简单的例子来说明故障树的简化过程。

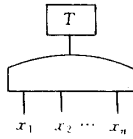


图 9-3 与门故障树

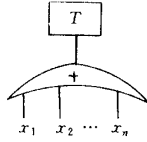


图 9-4 或门故障树

对图 9-5 (a) 故障树的简化过程如下

$$T = x_1(x_1 + x_4)x_3 = x_1x_3$$

对图 9-5 (b) 故障树的简化过程如下

$$T = x_1x_2 = x_1(x_3 + x_4) = x_1(x_1x_5 + x_4) = x_1x_5 + x_1x_4 = x_1(x_5 + x_4)$$

4. 故障树的定性分析

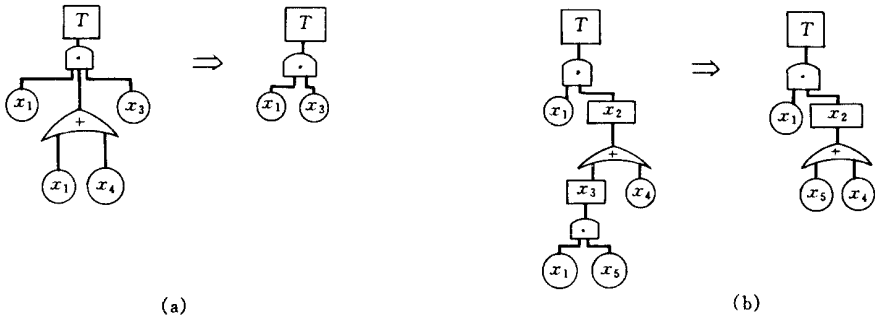


图 9-5 故障树简化实例

对故障树作定性分析的主要目的是为了弄清系统(或设备)出现某种故障(顶事件)的可能性有多少,亦即分析有哪些因素会引发系统的某种故障。定性分析首先必须确定系统的最小割集。

(1) 割集和最小割集 割集是引起系统故障发生的几个故障底事件的集合,即一个割集代表了系统发生故障的一种可能性或一种故障模式。

如一故障树的底事件集合为 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 当有一个子集 $\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}\}, i = 1, 2, \dots, k$

$$\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}\} \subset \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (9-8)$$

当满足条件 $x_{i1} = x_{i2} = \dots = x_{ik} = 1$ 时,使 $\phi(x) = 1$,亦即该子集所含之全部底事件均发生时,顶事件必然发生,则该子集就是割集,其割集数为 k 。

割集的对偶是路集,路集是系统不发生故障的底事件的集合,即一个路集代表了一个系统正常的可能性或模式。

最小割集是指包含有最少数量而又最必须的底事件的割集,全部最小割集的完整集合代表了给定的全部故障,因此,最小割集的意义就在于它给出了处于故障状态的系统中所必须要修理的故障模式。

(2)最小割集的求取 目前,对最小割集的研究较多,在此介绍较常用的两种方法,即塞迈特里斯算法和富塞尔算法。

①塞迈特里斯算法(上行法) 由塞迈特里斯(Semanderes)研制(1972年)的最小割集算法,其基本原理是:对给定的故障树从最下一级中间事件开始,如中间事件是以逻辑与门把底事件联系在一起,可用与门结构函数式(式9-5);如中间事件是逻辑或门与底事件相联,则用或门结构函数式(9-6);依次往上,直至顶事件,运算才终了。在所得计算结果中,如有相同的底事件出现,就应用布尔代数加以简化。

对图9-6所示的故障树,显然可以写出:

$$\begin{aligned}
 T &= (x_1 + x_2 + x_3) \wedge (x_3 + x_4) \wedge (x_1 + x_4) \\
 &= (x_1x_3 + x_1x_4 + x_2x_3 + x_2x_4 + x_3 + x_3x_4) \wedge (x_1 + x_4) \quad (9-9) \\
 &= x_1x_3 + x_1x_4 + x_1x_2x_3 + x_1x_2x_4 + x_1x_3x_4 + x_2x_3x_4 + x_2x_4 + x_3x_4
 \end{aligned}$$

由此得到8个割集。

可用逻辑代数对上式进行化简得到最小割集为

$$T = x_1x_3 + x_1x_4 + x_2x_4 + x_3x_4 \quad (9-10)$$

即该故障树有4个最小割集,为 x_1x_3 、 x_1x_4 、 x_2x_4 、 x_3x_4 ,同时可得其等价故障树如图9-7所示。

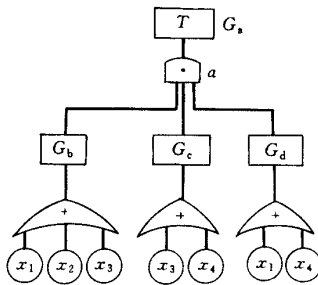


图 9-6 故障树举例

②富塞尔(Fussell)算法(下行法) 求故障树最小割集的另一种算法是富塞尔(Fussell)根据范斯莱(Vesely)编制的计算机程序MOCUS(获得割集的方法)于1972年提出的一种手工算法。它根据故障树中的逻辑或门会增加割集的数目,逻辑与门会增大割集容量的性质,从故障树的顶事件开始,由上到下,顺次把上一级事件置换为下一级事件,遇到与门将输入横向并列写出,遇到或门则将输入事件竖向串联写出,直至把全部逻辑门都置换为底事件为止,由此可得该故障树的全部割集。

以图9-7所示的故障树为例,作Fussell推算的过程如图9-8所示。显然,Fussell算法与Semanderes算法所得结果相同。

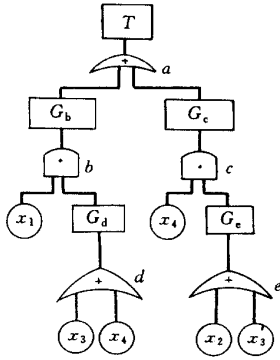


图 9-7 图 9-6 的
等价故障树

需要说明的是,由于图 9-7 所示的故障树已经过最小割集处理,故富塞尔推算得到的结果均为最小割集,而对于一般的故障树,则仍须用布尔代数对富塞尔推算结果进行简化,才能求得最小割集。

5. 故障树的定量分析

所谓故障树的定量分析,就是以故障树为基础,分析系统故障的发生概率以及各底事件的重要程度,包括结构重要度、概率重要度和关键性重要度等三个不同含义的定量指标。

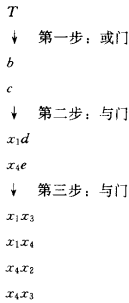


图 9-8 富
塞尔推
算过程

(1) 概率计算的基本公式 设事件 x_1, x_2, \dots, x_n 的发生概率分别为 P_1, P_2, \dots, P_n ,

① 当 x_1, x_2, \dots, x_n 为相互独立的事件时,有

和的概率
$$P(\sum_{i=1}^n x_i) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (9-11)$$

积的概率
$$P(\prod_{i=1}^n x_i) = \prod_{i=1}^n P_i \quad (9-12)$$

② 当 x_1, x_2, \dots, x_n 为相斥事件时,有

和的概率
$$P(\sum_{i=1}^n x_i) = \sum_{i=1}^n P_i \quad (9-13)$$

积的概率
$$P(\prod_{i=1}^n x_i) = 0 \quad (9-14)$$

③当 x_1, x_2, \dots, x_n 为相容事件时,有

和的概率

$$P(\sum_{i=1}^n x_i) = \sum_{i=1}^n P(x_i) - \sum_{i < j=2}^n P(x_j x_k) + \sum_{i < j < k=3}^n P(x_i x_j x_k) + \dots + (-1)^{n-1} P(x_1 x_2 \dots x_n) \quad (9-15)$$

积的概率

$$P(\prod_{i=1}^n x_i) = P(x_1)P(x_2/x_1)P(x_3/x_1 x_2) \dots P(x_n/x_1 x_2 \dots x_{n-1}) \quad (9-16)$$

实际计算时,当 $P_i < 0.1, i = 1, 2, \dots, n$ 时,相容事件近似于独立事件;当 $P_i < 0.01, i = 1, 2, \dots, n$ 时,相容事件近似于相斥事件。

值得注意的是,在应用上述公式计算系统故障的概率时,当故障树中包含两个以上同一底事件时,则必须应用逻辑代数整理简化后,才能使用以上概率计算公式,否则会得出错误的结论。因此,在计算概率之前,必须将故障树化为结构最简,即与最小割集对应。

(2)顶事件的发生概率 求顶事件的发生概率有多种方法,这里介绍由最小割集结构函数求顶事件的故障概率的算法。该算法的基本思路是:将故障树的结构函数表示成最小割集和的形式,然后应用概率计算的基本公式求出系统故障发生的概率。即将系统的最小割集结构函数表达为

$$\phi(x) = \sum_{i=1}^k M_i(x) \quad (9-17)$$

式中 k ——最小割集数;

$M_i(x)$ ——某一最小割集,其定义为

$$M_i(x) = \prod_{x_j \in M_i} x_j \quad (9-18)$$

系统顶事件发生的概率,即是使 $\phi(x) = 1$ 的概率,为

$$g(P) = P\left\{\left(\sum_{i=1}^k M_i(x) = 1\right)\right\} \quad (9-19)$$

对图 9-7 所示的故障树,令底事件 x_1, x_2, x_3, x_4 的发生概率分别为 $P_1 = 0.01, P_2 = 0.005, P_3 = 0.02, P_4 = 0.03$,各最小割集间看作相斥事件,于是有系统(顶事件)故障发生的概率为:

$$\begin{aligned} g(P) &= P\left\{\left(\sum_{i=1}^k M_i(x) = 1\right)\right\} \\ &= P_1 P_3 + P_1 P_4 + P_2 P_4 + P_3 P_4 \\ &= 0.01 \times 0.02 + 0.01 \times 0.03 + 0.005 \times 0.03 + 0.02 \times 0.03 \\ &= 0.00125 \end{aligned}$$

(3)事件的重要度计算 故障树的各个底事件(或各最小割集)对顶事件发生的影响称为底事件(或最小割集)的重要度。研究事件重要度对改善系统设计、提高系统的可靠性或确定故障监测的部位、制定系统故障诊断方案、减小排除故障的时间等具有重要意义。

一个故障树往往包含有多个底事件,为了比较它们在故障树中的重要程度,在故障树的定量分析中常作结构重要度、概率重要度和关键重要度等计算。

①结构重要度 底事件的结构重要度,是在不考虑其发生概率值的情况下,观察故障树的结构,以决定该事件的位置重要程度。由于底事件 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的状态取 0 或 1,当 x_i 处于某一状态时,其余 $n-1$ 个底事件组合之系统状态数为 2^{n-1} 。因此,第 i 个底事件 x_i 的结构重要度定义为

$$I_{\phi}(i) = \frac{1}{2^{n-1}} [\sum \phi(1_{ix}) - \sum \phi(0_{ix})] \quad (9-20)$$

式中 $\phi(1_{ix}) = (\phi(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 1_i, x_{i+1}, \dots, x_n))$, 即第 i 个底事件为 1;

$\phi(0_{ix}) = (\phi(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 0_i, x_{i+1}, \dots, x_n))$, 即第 i 个底事件为 0;

n ——底事件个数。

该定义中, $\sum \phi(1_{ix})$ 表示底事件 x_i 和顶事件同时发生的状态组合数目,即 $x_i = 1, \phi(x) = 1$; $\sum \phi(0_{ix})$ 表示底事件 x_i 不发生而顶事件发生的状态组合数目,即 $x_i = 0, \phi(x) = 1$ 。两者相减则代表了底事件 x_i 发生则顶事件发生、且底事件 x_i 不发生顶事件也不发生(其他底事件不变)的情况,这些状态组合与顶事件发生与否密切相关,因此可以利用其数目与系统总状态数之比来表示底事件 x_i 的结构重要度。

仍以图 9-7 所示的故障树为例来说明事件结构重要度的计算方法。为此,先列出底事件状态与顶事件状态表,如表 9-5 所示。

表 9-5 底事件状态与顶事件状态 $\phi = x_1(x_3 + x_4) + x_2(x_2 + x_3)$

x_1	x_2	x_3	x_4	ϕ	x_1	x_2	x_3	x_4	ϕ
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

对底事件 1 来说,首先找出底事件 1 和顶事件同时发生的集合,即 $\phi(1_{1x}) = 1$,有 (1001) (1010) (1011) (1101) (1110) (1111) 共 6 个,再找出底事件 1 不发生而顶事件发生的集合,即 $\phi(0_{1x}) = 1$,有 (0011) (0101) (0111) 共 3 个,于是可得底事件 1 的结构重要度为

$$I_{\phi}(1) = \frac{1}{2^{4-1}} (6 - 3) = \frac{3}{8}$$

同理可得

$$I_{\phi}(2) = \frac{1}{2^{4-1}} (5 - 4) = \frac{1}{8}$$

$$I_{\phi}(3) = \frac{1}{2^{4-1}} (6 - 3) = \frac{3}{8}$$

$$I_{\phi}(4) = \frac{1}{2^{4-1}}(7-2) = \frac{5}{8}$$

即在此例中,底事件 4 的结构重要度最高: $I_{\phi}(4) > I_{\phi}(3) = I_{\phi}(1) > I_{\phi}(2)$ 。

② 概率重要度 底事件 x_i 发生概率的变化引起顶事件发生概率的变化程度定义为该底事件的概率重要度,记作 $I_g(i)$,其数学表达式为

$$I_g(i) = \frac{\partial g(P)}{\partial P_i} \quad (9-21)$$

由于在一般情况下,有

$$g(P) = P_i g(1_i P) + (1 - P_i) g(0_i P) \quad (9-22)$$

式中 $g(P)$ ——顶事件发生的概率;

P_i ——底事件 x_i 发生的概率。

因此,底事件 x_i 的概率重要度为

$$I_g(i) = g(1_i P) - g(0_i P) \quad (9-23)$$

式中 $g(1_i P)$ ——底事件发生时顶事件发生的概率;

$g(0_i P)$ ——底事件不发生时顶事件发生的概率。

由式(9-21)可得顶事件发生概率 $g(P)$ 的变化量 $\Delta g(P)$ 与底事件发生概率的变化量 ΔP 间的近似关系为

$$\Delta g(P) = \sum_{i=1}^n I_g(i) \Delta P_i \quad (9-24)$$

图 9-7 所示故障树中各底事件的概率重要度(假定 $P_1 = 0.01$, $P_2 = 0.005$, $P_3 = 0.02$, $P_4 = 0.03$)可如下求得:

对于底事件 1 而言,在表 9-5 中找出只有右边的 $\phi = 1$ (此时 $x_1 = 1$)而左边的 $\phi = 0$ (此时 $x_1 = 0$)的事件组合,即只有底事件 1 发生顶事件才发生的事件组合,为(1001)、(1010)和(1110)。把各底事件看成相互独立、各事件组合看成相斥,应用式(9-23)可得

$$\begin{aligned} I_g(1) &= \overline{P_2} \overline{P_3} P_4 + \overline{P_2} P_3 \overline{P_4} + P_2 P_3 \overline{P_4} \\ &= \overline{P_2} \overline{P_3} P_4 + P_3 \overline{P_4} \\ &= 0.995 \times 0.98 \times 0.03 + 0.02 \times 0.97 \\ &= 0.048653 \\ &\approx 0.049 \end{aligned}$$

同理可得 $I_g(2) = \overline{P_1} \overline{P_3} P_4 = 0.99 \times 0.98 \times 0.03 = 0.029106 \approx 0.029$

$$\begin{aligned} I_g(3) &= \overline{P_1} \overline{P_2} P_4 + P_1 \overline{P_2} \overline{P_4} + P_1 P_2 \overline{P_4} \\ &= \overline{P_1} \overline{P_2} P_4 + P_1 \overline{P_4} \\ &= 0.99 \times 0.995 \times 0.03 + 0.01 \times 0.97 \\ &= 0.0392515 \\ &\approx 0.039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_g(4) &= \overline{P_1} \overline{P_2} P_3 + \overline{P_1} P_2 \overline{P_3} + \overline{P_1} P_2 P_3 + P_1 P_2 \overline{P_3} + P_1 \overline{P_2} \overline{P_3} + P_1 \overline{P_2} P_3 \\ &= \overline{P_1} P_2 + P_1 \overline{P_3} + \overline{P_1} \overline{P_2} P_3 \\ &= 0.99 \times 0.005 + 0.01 \times 0.98 + 0.99 \times 0.995 \times 0.02 \end{aligned}$$

$$= 0.034451$$

$$\approx 0.034$$

即 $I_g(1) > I_g(3) > I_g(4) > I_g(2)$

③关键重要度 底事件 x_i 发生概率的变化率的改变引起顶事件发生概率变化率的改变程度定义为该底事件的关键重要度,记作 $I_c(i)$ 其数学表达式为

$$I_c(i) = \frac{\partial \ln g(P)}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial g(P) P_i}{g(P) \partial P_i} \quad (9-25)$$

即关键性重要度是顶事件发生概率与某事件概率变化率之比,式中 $g(P)$ 为顶事件发生的概率。

关键性重要度 $I_c(i)$ 与概率重要度的关系为

$$I_c(i) = \frac{P_i}{g(P)} I_g(i) \quad (9-26)$$

仍以图 9-7 所示的故障树为例,前已求得顶事件发生的概率为 $g(P) = 1.25 \times 10^{-3}$, 于是可得底事件 x_1, x_2, x_3, x_4 的关键性重要度分别为

$$I_c(1) = \frac{P_1}{g(P)} I_g(1) = \frac{0.01}{1.25 \times 10^{-3}} \times 0.049 = 0.392$$


$$I_c(2) = \frac{P_2}{g(P)} I_g(2) = \frac{0.005}{1.25 \times 10^{-3}} \times 0.029 = 0.116$$

$$I_c(3) = \frac{P_3}{g(P)} I_g(3) = \frac{0.02}{1.25 \times 10^{-3}} \times 0.039 = 0.624$$

$$I_c(4) = \frac{P_4}{g(P)} I_g(4) = \frac{0.03}{1.25 \times 10^{-3}} \times 0.034 = 0.816$$

即 $I_c(4) > I_c(3) > I_c(1) > I_c(2)$

由以上讨论可以看出,对于不同的重要度定义,各底事件间的相对重要程度是不同的。

A decorative border with a repeating wavy pattern surrounds the text.

第七篇

钣金件质量检测 与产品验收技术

第一章 钣金冲压质量检验

第一节 质量检验的职能及其活动

众所周知,质量检验技术的发展,直接依赖于人类改造自然的实践活动。不论在何时,在整个生产过程中检验都是一个不可缺少的基本环节。

一、质量检验的活动

在 GB/T19000—2000 中对检验的定义是:“通过观察和判断,适当时结合测量、试验所进行的符合性评价”。在检验过程中,我们可以将“符合性”理解为满足要求。

由此我们可以看出,质量检验活动主要包括以下几个方面:

1. 明确并掌握对检验对象的质量要求:即明确并掌握产品的技术标准,明确检验的项目和指标要求,明确抽样方案,检验方法及检验程序,明确产品合格判定原则等;
2. 测试:即用规定的手段按规定的方法在规定的条件下,测试产品的质量特性值。
3. 比较:即将测试所得的结果与质量要求相比较,确定其是否符合质量要求。
4. 评价:根据比较的结果,对产品质量的合格与否作出评价。
5. 处理:出具检验报告,反馈质量信息,对产品进行处理。具体讲就是:
 - (1)对合格的产品或产品批作出合格标记,填写检验报告,签发合格证,放行产品。
 - (2)对不合格的产品或产品批填写检验报告与有关单据,说明质量问题,提出处理意见,并在产品上作出不合格标记,根据不合格品管理规定予以隔离。
 - (3)将质量检验信息及时汇总分析,并反馈到有关部门,促使其改进质量。

二、质量检验的职能

在产品质量的形成过程中,检验是一项重要的质量职能。其职能大体可以概括为以下几个方面。

1. 把关

把关的职能是质量检验最基本的职能,也可以称其为质量保证的职能。这种职能是质量检验出现时就存在的。不论是过去和现在,还是生产自动化高度发展的将来,质量检验的把关作用都是不可缺少的。

众所周知,生产过程是极其复杂的。在生产过程中,由于受到人员、设备、材料、方法、环境、测量等各种因素的影响,不可避免地会产生产品质量的波动。各个过程不可能始终处于绝对的稳定状态。要求每个过程都生产百分之百的合格品实际上是不可能的。无需进行产品检验的理想生产是难以实现的。随着科学技术的不断发展,检验工作也向着快速、精密、综合、多功能的方向发展。手工检验可能会逐步被自动化检验所代替,有些设备甚至把加工和检测组合成为一体,使检验与加工逐步融合,向现代化、连续化和自动化方向发展。然而,此时检验的把关职能不但不能被取消,相反要求其更加完善,更加科学化。只有通过检验,严格把关,做到不合格的原材料不投产,不合格的半成品不转序,不合格的零部件不组装,不合格的产品不出厂,才能真正保证产品质量。

2. 预防

现代质量检验和传统的质量检验相比一个重要的区别就在于:传统的质量检验是一种单纯的事后把关,而现代质量检验在严格把关的同时,还要具有预防作用。

首先,原材料、外购件和外协件等的入厂检验,前一个过程的把关检验,对后面的生产和后一个过程的生产都能起到积极的预防作用。

其次,通过过程生产时的首件(批)检验和巡回检验起预防作用。当一批产品开始生产,或一个轮班开始加工,当设备重新进行调整或进行修理后,均应进行首件(批)检验。在正式投产后,还要定期或不定期地到生产现场进行巡回检验。其目的都是为了及时发现问题,迅速采取措施,以预防大批不合格品的产生。

特别是,在质量管理和质量控制过程中,通过质量检验获得质量信息,掌握质量动态,及早发现质量问题,及时采取措施,将质量问题消灭在萌芽状态,制止其不良后果的蔓延,防止同类问题再发生,预防大批不合格品的产生。

随着生产自动化的不断提高,随着生产规模的不断扩大,质量检验的这一职能将会显得更加重要。

3. 监督验证

建立在“检验”基础之上的产品质量的监督和验证,是发展社会商品经济,保证产品质量的客观要求。

质量监督包括以下几个方面:

(1)自我监督:是指通过企业内部的检验系统,对原材料、外购件和外协件的进厂质量的监督,设计质量的监督,加工质量的监督,出厂质量等的监督。

(2)国家监督:是指由国家授权的,以第三方公正立场的机构对产品质量进行的质量监督。如:国家商检部门对进出口产品质量等所进行的监督。

(3)用户监督:通过各种形式,由用户对产品质量进行评价。

(4)社会监督:如通过消费者协会对产品质量进行评议,对质量争议进行仲裁,以保护用户的利益。

而以上的质量监督工作都是以公正的、实事求是的检验结果为依据的。

除此之外,企业在有些情况下,为了证实自己的产品质量,也必须通过检验加以验证。

4. 报告

为了有利于企业领导和有关职能部门及时而准确地掌握生产过程中的质量状态,评

价和分析质量管理的绩效,了解质量变化的情况,必须把在检验工作中搜集的质量信息作好记录,从中分析质量问题、质量动态、质量趋势等。并将分析和评价的结果及时向领导和有关部门反馈,以作为提高产品质量的决策依据。

总之,充分发挥质量检验部门在保证产品质量上的作用是企业领导及质保体系领导的必要职责。首先要充分认识质量检验部门职能的重要性,对保证及提高产品质量的重要作用。一个有效运行的质量检验部门可以对生产过程的各个环节实施有效的质量监督,及时告警。可以及时反馈产品质量信息,为领导及有关部门的决策提供依据。还可以对质量问题进行预防及把关,降低不合格品带来的损失,从而降低产品成本。

质量检验工作的基本指导思想是:作为企业质量保证体系的一个组成部分,要加强与企业其他有关部门的相互协作,坚持质量第一,严格把住质量关,及时反馈质量信息及质量趋势,为促进及改进产品质量服务。

第二节 质量检验的任务和方式

一、质量检验的任务(目的)

(一)产品质量的判断

按照规定的质量要求和判断规则,通过检验来判定产品质量是否合格,确定产品质量等级或缺陷的严重性程度,为质量改进提供依据。

(二)质量问题的预防

例如,通过质量检验,确保不合格的原材料、外购件、外协件不投入生产、装配、出厂,以防止由于不合格品投入使用而给用户、企业、社会造成损失,在生产过程中,通过质量检验,收集数据,进行统计分析,以保证生产过程处于受控状态,避免大批不合格事件的发生。

(三)质量信息的反馈

通过质量检验,把产品存在的质量问题反馈给相关部门,及时查明发生质量问题的原因,为质量改进和质量管理活动的开展提供依据。

(四)仲裁质量纠纷

当供需双方因产品质量问题发生纠纷时,通过仲裁检验来确定质量责任。

在企业生产过程中,质量检验的方式很多。而为了准确地获得产品质量信息,节约检验费用,缩短检验周期,有效地组织和管理质量检验,应选用合理的检验方式。

二、质量检验的方式

企业质量检验的方式可以从不同特征进行分类,常用的有以下几种。

(一)按生产过程的次序分类

1. 进货检验(入厂检验)

进货检验是由检验部门对进厂的物质,如原材料、外购件、外协件等进行入库前的检验。进货检验包括首件(批)进货检验和成批进货检验。

(1)首件(批)进货检验

首件(批)进货检验是由企业检验部门对供货单位首次提供的产品(样品)进行的质量检验。首件(批)检验的目的是为了了解供货单位提供的产品质量是否能满足自己的质量要求,并为以后的成批验收制定相应的验收标准。

在以下几种情况下都应进行首件(批)进货检验:首次交货时;设计有较大变化时;原材料成分有较大改变时;该产品(样品)的制造工艺有较大改变时;该产品停产较长时间后又恢复生产时等。

(2)成批进货检验

成批进货检验是由企业检验部门对供货单位正常提供的成批产品进行验收的检验。成批检验的目的是为了防止不符合质量要求的原材料、零部件等物品进入企业的生产过程,以稳定正常的生产次序,保证产品质量。

2. 过程(工序)检验

过程检验是对生产过程中的零件或产品的质量和与质量有关的要素进行的检验。过程检验的目的是防止不合格产品流入下一个过程,避免成批不合格产品的发生。在过程控制中,过程检验的结果则可以作为判断过程是否处于受控状态及过程质量是否满足过程规格要求的依据。

过程检验又包括首件(批)检验、巡回检验、检验站检验。

(1)首件(批)检验

长期的实践经验表明,通过首件(批)检验可以及时发现系统性因素的影响,从而采取纠正或改进措施,以防止成批不合格品的发生。

通常在下述情况下应该进行首件(批)检验:

- ①一批产品开始生产时;
- ②轮班或操作工人有变化时;
- ③设备重新调整或工艺有重大变化时;
- ④原材料发生变化时等。

(2)巡回检验

巡回检验是指在生产过程中由检验人员深入到生产现场对加工出来的产品进行的抽检。其目的是及时发现质量异常,预防不合格品的发生。

通常巡回检验是按生产过程的时间顺序进行的,因此有利于判断生产过程随时间推移而发生的变化,这对保证整批加工产品的质量是极为有利的。

(3)检验站检验

此种检验是把一个班次或一个批次的过程产品,送到厂(车间)设立的专检机构进行的检验。其任务主要是判定产品是否合格,并使合格品继续转入下一个过程,对不合格品做出妥善处理。

3. 完工检验

完工检验是指在某一加工或装配车间全部过程结束后的半成品或成品的检验。对半成品而言,完工检验是指零部件入库前的检验。成品检验是对完工后的产品进行的检验。其目的是防止不合格产品出厂,既避免给用户造成损失,也是为了维护企业的信誉。对于制成成品立即出厂的产品,成品检验也就是出厂检验;而对于制成成品后不立即出厂,需要入库储存的产品,则在出库发货前,还需再进行一次出厂检验。只有在成品检验合格后,才允许对产品进行包装。对于返工修复后的产品必须重新进行检验。

(二)按检验的数量分类

1. 全数检验

全数检验亦称为百分之百检验,简称为全检。全检是指对一批待检的产品逐件进行检验。全检一般来说比较可靠,且能提供较完整的检验数据,获得较全面的质量信息。但也要考虑到错检和漏检的可能性。通常,要想检查后获得百分之百的合格品,唯一的办法就是进行全检,而且可能是不止一次的全检。

全检常用于下述情况:

- (1)非破坏性的检验;
- (2)产品主要质量特性不多,检验费用较少的检验;
- (3)关键项目或重要项目的检验;
- (4)批量不大,不必进行抽检的检验;
- (5)精度要求较高的产品的检验;
- (6)能够用自动化方法进行的检验;
- (7)质量不稳定的产品或过程的检验等。

2. 抽样检验

抽样检验简称抽检。抽检是指根据数理统计的原理所预先制定的抽样方案,从交验的产品批中随机抽取部分样品进行检验,然后根据样品的检验结果,按照规定的判断准则,对产品批的质量作出判断的检验。

抽样检验常用于下述情况:

- (1)带有破坏性的检验;
- (2)生产批量大、自动化程度高、产品质量比较稳定的产品或过程的检验;
- (3)外购件,外协件成批进货的验收检验;
- (4)某些生产效率高,检验时间长的产品或过程的检验;
- (5)希望节省检验费用的检验;
- (6)作为过程控制的检验等。

需要说明的是,建立在数理统计原理基础之上的抽样检验,其样本中的个体(样品)对总体(批)来说有一定的代表性,因此根据所抽取样本的质量可以对总体(批)的产品质量作出一定可信度的评价。然而,正因为随机抽取的是部分样品,它毕竟有异于总体(批),所以评价的可信度有一定的限度。

3. 免检

免检是指如果能够得到由有权威的检验机构进行检验所获得的可靠资料证明,并经

过相关部门批准,可以对产品实行免检。但实行免检的产品应进行定期或不定期的抽检。

(三)按检验后检验对象的完整程度分类

1. 破坏性检验

破坏性检验指产品经过检验后其功能已遭破坏而不能使用的检验。例如电子产品的寿命试验,炮弹等军工产品的发射试验,布匹或材料的强度试验等均属于破坏性检验。

破坏性检验只能采用抽检的形式。其主要问题是要寻求既能保证一定的可靠性又能使检验数量达到最少的抽检方案,换句话说就是如何实现可靠性和经济性的统一。

2. 非破坏性检验

非破坏性检验是指产品经过检验后完整无损,不影响其使用性能的检验。例如机械零件的尺寸等大多数检验均属于非破坏性检验。随着无损检测的发展,非破坏性检验的范围在逐渐扩大。

(四)按检验的体制分类

1. 自检

自检是指由生产工人在产品制造过程中,根据质量标准和有关技术文件的要求,对自己生产的产品进行的自我检验。其目的是实现自我把关。通过自检,主动挑出不合格品,防止不合格品流入下一过程。与此同时,通过自检也可以及时发现自己生产过程中出现的质量异常情况,以便迅速采取措施予以纠正。

2. 互检

互检是指在生产工人之间对所生产的产品进行的检验。在生产过程中,通过工人之间的互检,可以起到相互促进、相互监督、严格把关的作用。

3. 专检

专检是指由专职检验人员对产品进行的检验。专检是现代社会化大生产劳动分工的客观要求,它的作用是互检和自检所不能代替的。在自检、互检、专检中,必须以专检为主导。同时,企业领导要保证专检行使质量否决权,保证专检工作不受干扰,以使专检能真正发挥其应有的作用。

(五)按检验方法分类

1. 感官检验

利用人的感觉器官(如眼、耳、口、皮肤等)作为测量工具对产品质量进行评价的检验。例如对产品的外观、颜色、伤痕、产品的粗糙度、气味等进行检验即可使用感官检验。

2. 器具检验

器具检验是主要利用仪器、量具或检测设备,应用物理和化学方法对产品质量特性进行的检验。例如对产品性能、强度、硬度、可靠性等物理、化学特性的检验可使用器具检验。

3. 试用性检验

试用性检验是把产品交给用户或其他人试用,让用户在使用的各个方面或使用的全过程对产品的有关特性提供鉴定性的资料,以此来判定产品的质量。在开发新产品、新材料、新工艺及制修订产品标准等时常采用此种方法。

第三节 检验质量职能的实施

一、检验准备工作

检验准备工作是生产技术准备工作的一个重要组成部分,必须进行认真准备并付诸实施。检验准备工作一般包括技术准备工作、人员准备工作和物质准备工作。具体讲包括以下几个方面。

1. 熟悉和掌握技术标准

产品质量是根据产品图样、工艺和技术标准来检验的。因此,检验人员应根据所承担的检验任务,熟悉相应的质量要求,掌握检验依据,熟悉产品结构和工艺流程。

2. 检验计划的编制

检验计划是企业整个检验活动带有规划性的总体安排,或对某一检验活动事前拟定的具体检验内容和步骤。它是指导质量职能部门进行质量检验的依据。检验计划的重要内容包括:设计检验流程图,选择检验方法,设立检验站,质量特性缺陷严重程度分级,编制检验指导书,编制增添、完善检测手段的计划,分析补充质量特性、人员的配备和培训。

3. 制订明确的检验工作质量责任制

为了完成质量检验工作的职能,检验部门应有明确的检验工作质量责任制。

4. 制定监督检查计划

检验部门对产品质量应进行定期或不定期的产品质量监督检查。在准备工作中,应将抽查产品质量计划列入准备工作中去。

5. 检验用工、夹、量具的准备

在检验过程中,正确使用工、夹、量具,对提高检验精度,保证产品质量有着非常重要的意义。检验用的工、夹、量具配备齐全程度,检验精确程度,反映了一个企业对产品和过程质量的检测能力。在生产过程中,任何一个环节缺少必要的检测手段,其产品质量都无法保证。因此,在检验工作正式开展之前,应根据所生产产品品种和数量,参照检验作业指导书、过程文件和图样,准备相应的工、夹、量具。

6. 质量检验记录的准备

质量检验记录提供了质量动态、质量信息。它是质量管理和质量控制的重要信息来源。因此,应事先准备好各种检验记录和检验报告表,各种检验结果标识、标签等。

二、进货检验

进货检验是对进厂的原材料、外购件、外协件、配套件、辅料等在入库前进行的验收性检验。其目的就是确保未经科学而充分地检验合格的原材料和外购件、外协件不投入使用或加工(特殊情况除外)。

对于任何一个企业,其所需的原材料和零部件都不可能完全由本厂制造。特别是随

着生产向标准化、专业化发展,考虑到生产成本的经济性和缩短产品的生产周期或由于受自身加工能力的限制,企业生产的产品越来越多的使用外购件和外协件。因此,原材料、外购件、外协件的质量对产品的质量特性起着决定性的作用。根据《中华人民共和国产品质量法》中的规定:生产者应当对其生产的产品质量负责。因此,如果由于某一个外购件或外协件的质量而影响整机的质量特性是作为整机不合格来处理的,即产品质量问题由主机厂负全责。因此,严格把好进货关,对保证产品质量是极其重要的。

1. 原材料进货检验

对于一般用途且无特殊要求的原材料,在货物进厂时,只需按照国家或行业标准进行验收即可。如果对原材料的质量有特殊要求时,则应在订货时,以合同的方式明确具体的质量要求(如具体质量指标、检验项目、检验方法、合格与否的判别准则、质量索赔条款等)。在进货时,按合同条款进行检验。

图 1-1 所示的是原材料进厂检验的一般检验程序。

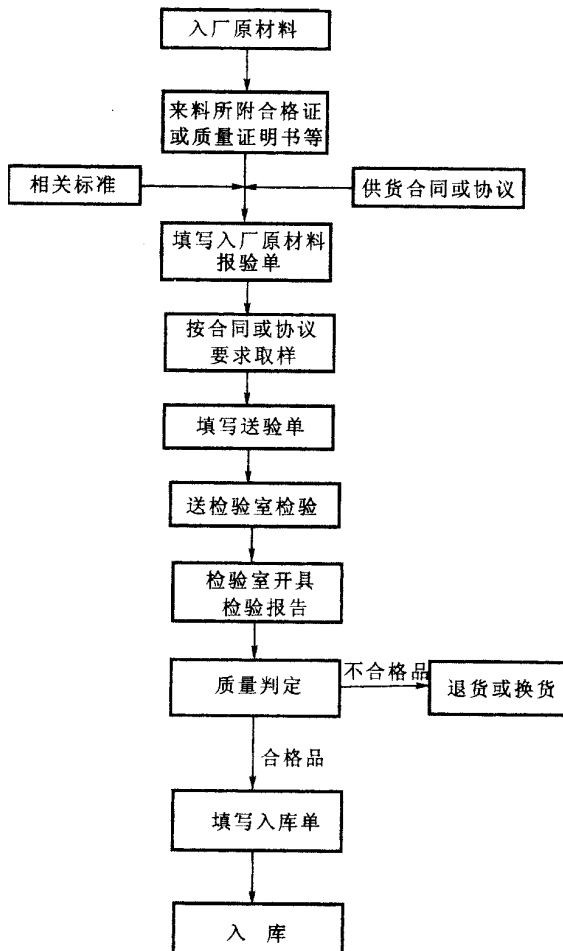


图 1-1 原材料检验程序

2. 外购件进货检验

如前所述,外购件的质量对产品质量有着直接的影响。因此,必须认真选择供方,并严格进行进货检验。在选择供方时,应首先考虑其质量保证能力。对于经过认可具有质量保证能力的供方,应建立长期稳定的供需关系。通常对供方的要求是:所提供的产品质量优,价格合理,供货及时,发货数量准确,并能提供良好的售后服务。

在外购件进货检验时,必须做好首件(批)外购件的检验。通过首件(批)外购件的检验及时发现产品中存在的质量问题,以保证企业生产的正常进行。

首件(批)送检样品必须由供方进行严格检测,确定产品已能满足需方技术要求后,将首件(批)样品连同质量合格证书和必要的检测数据一同发往需方。需方在收到首件(批)样品后,应按要求对其质量特性进行检验,并与供方提供的质量合格证书及检测数据进行核对。在进行首件(批)检验时,若本单位不具备相应的检测手段,则可以委托第三方进行检验,但必须明确技术要求,以利于委托检验的顺利进行。

对于成批外购件的进厂检验,应事先确定抽样检验方案、抽样检验的方法、抽样检验的地点等。随后,按照事先的规定进行检验。检验后,对于不合格件(批)应及时妥善处理。

3. 外协件和配套件的检验

由于外协单位和配套单位协作和配套产品的质量直接关系到主机厂产品的质量。因而,加强外协件和配套件的检验,严格把好外协件和配套件的质量关,对于保证产品质量也是非常重要的。

外协单位和配套单位之间的关系是建立在相互依存、互惠互利、共同提高的基础之上的。因此,外协单位和配套单位很自然地就成为了主机厂质量保证体系中不可缺少的一部分。因此,必须对其质量保证能力及产品质量进行审核。只有当供方的质量保证能力达到要求时,才可以与其建立长期稳定的供货关系。在确定了供需关系之后,主机厂的检验人员应经常到供方单位进行监督和指导,可以采取定期或不定期的方式到供货单位进行质量抽查。在外协件和配套件到厂后,需方应按照产品的技术要求对其进行严格的检查。

4. 辅助材料的检验

辅助材料是指在生产中起辅助作用而不构成产品实体的材料。对于不同行业,辅助材料有不同的范围。尽管辅助材料是不构成产品实体的材料,但它的质量往往会对产品质量具有决定性的影响。因此,对于辅助材料也应列入检验的质量控制范围之内。

三、过程检验

通常,最终的产品都是由若干个零部件组成的。而这些构成最终产品的零部件又是由若干个生产过程(通常也称为工序)加工和装配而成的。通过这些生产过程,才逐渐形成产品技术要求所规定的质量特性,最终实现整个产品应具有的特性。因此,一个最终产品是否能满足产品技术要求,其关键在于每一个零部件在生产过程中是否能形成符合要求的质量特性。通过过程检验可以尽早发现过程(工序)中的不合格产品,防止不合格品流入下一个生产过程,甚至可能被装在最终产品上,以致造成不合格产品出厂或流入用户

手中。同时,通过过程检验还可以获取质量数据,以对过程进行质量控制,防止出现不合格品。

1. 零部件过程检验

零部件加工过程的检验,可以采用本章介绍的各种检验方式和方法进行。在检验过程中,应特别加强自检、互检、专检相结合的检验方式。加强首件检验,加强过程质量控制。在检验过程中,从质量控制点的设置、抽样方案、检验项目、检验方法、检验设备的确定,到检验数据的处理和判定等都应严格依据检验过程文件。

总之,零部件加工过程的检验,是产品质量检验过程中工作量最大的检验,也是整个检验工作的基础,一定要认真组织实施。

2. 装配过程的质量检验

按规定的产品技术要求,将零件或部件进行配合和连接,使之成为半成品或成品的生产过程即称为装配。在生产过程中,装配过程是形成最终产品的最后一个过程。装配过程的质量对最终产品的质量具有决定性的影响。把好装配质量关是检验工作最主要的任务之一。也只有把好装配质量关才能保证用合格的零部件装配出合格的产品。在装配过程中,对于不同的生产规模,所采用的检验方式和方法也不相同。

四、成品检验(最终检验)

成品检验是指对由零部件装配成的最终产品的检验。成品检验又称为最终检验。即使在产品的整个生产过程中都强调积极的预防与严格的把关相结合,仍然不能削减甚至放弃成品检验。这是因为成品检验是产品出厂前的最后一次检验,是对成品是否能满足质量要求的最终判定,它关系到将要出厂的产品是否合格的关键问题。成品检验对防止不合格品出厂,维护企业的信誉,维护用户的利益,起着十分重要的作用,它是检验活动的重中之重。因此,企业必须严格按照最终检验和试验的要求,认真进行成品检验,确保不合格产品不流出企业,不流入市场。

成品检验一般包括以下几方面的内容:

1. 外观检验

外观检验通常按照本章第四节介绍的感官检验进行。

外观检验通常包括标牌位置、平整性、牢固性的检验;产品表面平整度的检查,表面伤痕、锈蚀情况检查;外露接缝的平整性和缝隙大小的检查;涂漆部位色泽、光亮度、平整度检查;运转部位的防护性检查等。

2. 精度检验

产品的精度是产品性能的主要因素,它表示产品工作的准确程度。精度的高低直接影响产品的特性和功能。因此必须做好产品精度的检验工作。

由于不同的产品,其精度要求不同,因而精度检验的内容也不同。进行精度检验时可根据产品标准中所要求的检验项目和检验方法进行。

精度检验一般包括几何精度检验、工作精度检验和精度保持性等检验。

3. 性能检(试)验

为了评定产品的性能是否能完全满足标准的技术要求,必须进行严格的性能检验。

因此,产品性能(试)验是鉴定产品质量的一个重要环节。

性能(试)验包括产品所能完成的功能、物理性能、化学性能、几何精度、抵御环境变化的能力、产品运动部件运动的准确性、操作的方便程度、产品的外观等。

产品性能(试)验常用的方法有:结构受力试验、空运转试验、负荷试验、精度检验、高低温试验、湿热试验、温度冲击试验、防腐试验、防霉试验、密封试验、震动试验、冲击和碰撞试验、恒加速度试验等。

4. 安全环境检验

产品的安全性是指产品在使用过程中保证安全的程度,包括产品对使用人员是否会造成人身伤害事故,是否会影响人体健康或产生生态和环境污染等的可能性。

安全检验通常包括:发生事故的可能性、安全闭锁、隔离和互锁装置、安全防护及保险装置、安全监控装置、安全报警装置、电器设备的安全接地装置等。

环境保护检验包括:噪音检验、粉尘检验、废气处理检验等。

5. 包装检验

产品包装的作用是为了保护产品的质量,以利于产品的贮存和运输。因此,产品的包装质量是产品质量的一个重要组成部分。包装质量既影响产品的质量,又影响产品在市场销售。包装检验通常包括:包装材料的检验,包装方法的检验,包装防霉、防雨、防震、防锈等能力的检验,包装外观的检验,包装标志的检验,装箱单符合性的检验等。

五、不合格品的管理

在生产过程中,由于人、机、料、法、环、测等各种因素的影响,不合格品的出现是在所难免的。因此,必须加强不合格品的管理,防止和杜绝不合格品在未经处理之前继续流转,以确保产品质量。同时,通过对不合格品的管理,找出造成不合格品的原因,以便采取措施,加强生产过程的质量控制,防止或减少后续不合格品的产生。

第四节 常用的质量检验方法

在质量检验中,质量检验方法通常指检验原理、检验器具和检验条件等的总称。但在实际检验工作中,检验方法一般指获得检验结果的方式。

我们知道,产品质量是否合格,是将产品质量的检验结果同产品质量标准进行比较来判定的。符合标准就是合格,不符合标准就是不合格。而检验结果是否准确可靠,与选择的检验方法有着十分密切的关系。如果选择的检验方法不当,则有可能造成判断错误,影响对产品质量评价的正确性。

通常,按照检验原理、检验条件、检验设备的特点,检验方法有多种不同的分类。例如,按照检验项目的类别,可分为感官检验、物理检验、化学检验、微生物检验等;按照被检验的产品是否受到破坏,可分为破坏性检验和非破坏性检验;按照获得检验结果的途径,可分为直接检验与间接检验等。除此之外,型式(例行)试验、环境试验、可靠性试验、

安全性试验等也是检验目的、要求和条件不同的一些试验类别。

本节仅简要介绍其中的感官检验、物理检验、化学检验、微生物检验、环境试验和可靠性试验。

一、感官检验

感官检验是指利用人的感觉器官(如眼、耳、鼻、口、皮肤等)作为测量工具来对产品质量进行评价和判定。

图 1-2 是感官检验的示意图。

从图 1-2 中可以看出,为评价某种产品的质量,可以由感觉器官感知的产品特性刺激人的感觉器官,通过神经中枢和各部分神经的综合作用传递给大脑,再经过大脑的综合加工,然后以语言或文字的形式来表达检验结果。感官检验是重要的检验手段之一。其重要性在于许多产品的某些质量特性只能靠感官检验。例如:啤酒的透明度、色泽、滋味、香气等。即使有些质量特性能够用仪器进行检验,但从某种意义上说,为了降低成本,快速进行检验,也需要采用感官检验。特别是在机械工业生产中,从零件的缺陷、锈蚀以及在加工过程中表面粗糙度的评定到产品外观、油漆、包装质量、操作的灵活性、使用方便性等普遍采用或依靠感官检验。

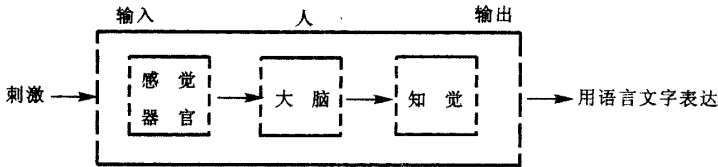


图 1-2 感官检验的测定过程

除此之外,感官检验的重要性还在于产品的感官质量是向用户反映的第一个信息,用户对产品的内在质量往往缺乏必要的检验手段和知识,但是对于感官质量,用户却拥有发言权。

因此,加强感官质量检验对于维护用户利益,促进企业发展提高经济效益都有着重要意义。

应该指出,用人的感觉代替测试仪器进行感官检验,其结果易受检验者感觉器官的敏锐程度、审美观、经验丰富与否、健康状况、心理(情绪)等因素影响,因而检验结果难免带有主观性,检验结果在大多数情况下只能用比较性的用词,如优、良、劣、好、较好、一般等表示,不如理化检验可以用确切的数字表示。

二、物理检验

物理检验法指利用物理原理借助各种检测仪器设备对产品的物理量及其在力、电、声、光、热等作用下所表现的物理性能和机械性能的检验方法。

在机械、电子、电器、石油、化工、轻工、建筑材料、压力容器、船舶、军工等产品质量检验中广泛应用各种物理检验方法。

物理检验的原理如图 1-3 所示。

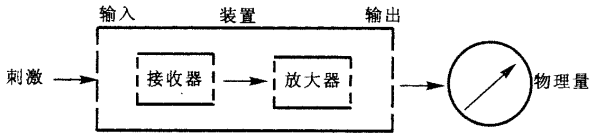


图 1-3 物理检验的测定过程

物理检验法门类繁多,分类方法尚未统一,使用时可从不同的角度进行分类。例如根据被测量是否随时间变化可分为静态测量和动态测量;根据测量手段不同可分为直接测量和间接测量;根据测量时是否与被测对象接触可分为接触式测量与非接触式测量;根据测量时被采集的信息的多寡可分为多点测量和单点测量;根据测量结果的显示方式可分为模拟式测量和数值式测量;根据检验对象的性质和要求不同又可分为几何量的测量、物理量的测量、机械性能的检测等。

三、化学检验

化学检验是用一定的方法对产品的化学组分及其含量进行测定,并把检测结果与质量标准进行比较,以判定产品质量是否合格的过程。(而其中为获得检测结果所进行的试验测定和数据处理的过程称其为化学分析。)

在企业质量检验的工作中,化学检验的一项主要工作就是在已知物质的组分情况下来测定组成该物质各组分的相对含量。具体操作方法分为化学分析法和仪器分析法两种。

化学分析法是根据已知的,能定量完成的化学反应进行的分析。而仪器分析法是指需要借助特殊的仪器,通过检验试样溶液的光学性质、电化学性质等物理或(物理)化学性质而求出待测组分含量的方法。

四、微生物检验

在工业产品检验中,微生物检验是针对部分工业产品(如饮用水、食品、药品等)细菌污染的定性和定量检验。

为了保证商品质量,维护广大消费者的身体健康。目前,我国对食品(包括肉、蛋、乳及乳制品、水产品、罐头、饮料、糖果、糕点、蔬菜、瓜果、冷食菜、豆制品等)、饮用水、药品及一些与人体健康直接相关的重要产品均规定了卫生标准,以严格控制细菌污染,防止各种有害的病原微生物侵入人体而损害人的身体健康。

微生物检验常规的检验项目有:细菌总数的测定;大肠菌群的测定;霉菌总数的测定;肠道致病菌的检验;化脓性细菌的检验;微生物食物中毒的检验;活螨及螨虫卵的检验等。

五、环境试验

随着用户对产品可靠性要求的提高,环境试验越来越引起企业和用户的关注。

所谓环境试验是指产品在自然环境或人工模拟的工作条件下所进行的试验。

环境试验理想的方法是把产品放在实际的工作环境中进行测试。然而,这种方法不仅费时,而且需要经过反复的比较才能得到正确的结果。因此,在实际生产中,在分析确

定了环境对产品影响规律的基础上,常采用强化或加速的人工模拟试验方法以缩短试验时间,尽快取得结果。

一种产品采用怎样的环境试验以及环境试验的严酷程度,取决于产品的使用条件及可靠性要求。通常在产品验收技术条件中应有具体的规定。

常用的环境试验方法如:高低温试验、温度冲击试验、耐潮及防腐试验、防霉试验、防尘试验、密封试验、震动试验、冲击和碰撞试验、运输试验等。

六、可靠性试验

可靠性是产品在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的能力。可靠性试验是为了验证产品的可靠性指标是否满足质量要求,并发现产品在设计 and 生产上存在的不足而进行的试验。

可靠性试验的主要手段是对产品进行寿命试验(或称耐久试验)。由于寿命试验常需花费较长的时间,并具有破坏性,因此寿命试验常采用抽样检验。

第二章 钣金冲压初级工 质量检验技能

产品的质量是指产品的使用价值,即产品满足使用要求所具备的特性,质量特性一般包括性能、可靠性、安全性、使用寿命、经济性、外观及包装等诸多方面。在一定的生产条件下,一个质量好的产品是使用价值诸多因素的最佳组合,为此企业的管理和技术部门制定一系列相应的各种检验手段和技术参数,它是保证产品经过生产过程,最后获得合格产品的重要手段。对一般企业来说,产品是否合格?是以技术标准来衡量和判断的,符合标准的,是合格品;不符合标准为不合格品。当然不合格品不一定是废品,有些可通过修复成为合格品。因此,质量检验是保证产品质量重要手段之一。产品质量检验是多方面的,在冷作钣金生产过程中,线性尺寸检验和构件形状检验是常用的检验方法。

第一节 线性尺寸的检验

线性尺寸是指零件上被测的点、线、面与测量基准间的距离。由于构成零件形状的基本单元是线条,因此线性尺寸是最基本技术标准,也是应用最多的检验方法。在其他项目的检验时,往往也须辅之以线性尺寸的检测。

一、用直尺等量具检验

冷作钣金产品进行线性尺寸检验主要量具是直尺、卷尺等。当测出的尺寸与图样技术要求尺寸相符,或其偏差尺寸在所要求的偏差范围内,则零件合格,否则为不合格。

原材料检验时,如测量厚度、直径等尺寸,应距原材料边缘或断面不小于40mm处检测,否则会产生较大误差。一般测量的点在两个以上,再取其平均值,以得到较准确的测量值。

零件检验时应先看图样,掌握零件线性尺寸的测量基准及其数值,然后用量具从基准开始测量零件的线性尺寸,如图2-1a所示,看其数值是否达到技术标准。

二、用量规、样杆等检验

当零件的数量较多时,可用量规、样杆等进行线性尺寸的检测,以提高检验的效率。量规和样杆一般按图样的技术要求自制,或用其他量具改制成为专用量具。如图2-1b所示的在槽钢上装有立板,而且数量较多,如果要求是检验立板安装位置是否正确,用卷尺

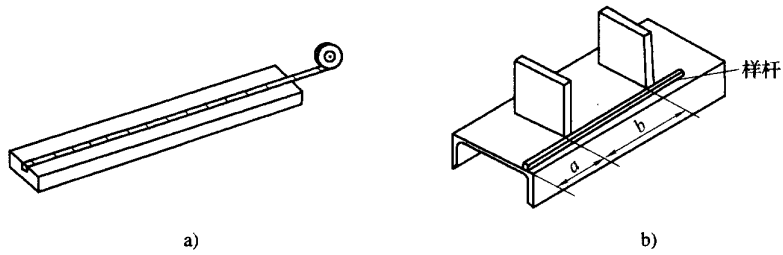


图 2-1 线性尺寸检验

a)用卷尺检验 b)用样杆检验

进行检验,则重复工作量将很大,而采用上述有专用刻度的样杆(预先按图样技术要求制作)进行检验,则实用,方便,简捷,效率高。

第二节 构件形状的检验

构件或零件的形状检验,一般要进行两个以上的线性尺寸、角度等两个或三个方向的检测。

一、用角尺、卷尺等检验

如图 2-2a 所示为直角梯形零件,检验时可用 90° 角尺直接检测其两直角,如图 2-2b 所示。当基准边和被测边分别与角尺的两内边贴合,说明两边垂直。梯形零件的上边、下边和高分别用卷尺进行检测,如图 2-2c 所示。当 5 个检验的数值均在技术要求的范围以内,零件才为合格,否则为不合格。

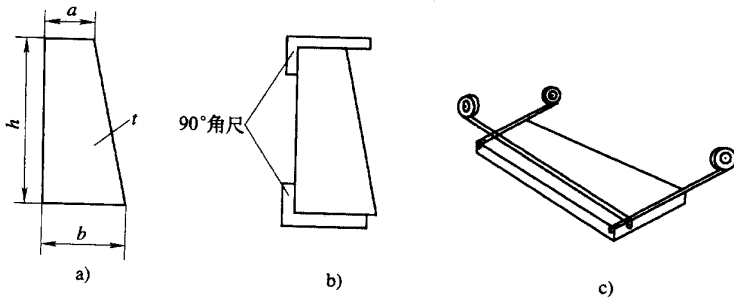


图 2-2 直角梯形零件检验

a)直角梯形零件 b)直角检验 c)线性尺寸检验

二、用辅助线性尺寸检验

如图 2-3 所示为用型钢制成的框架,检验其四个直角时,由于框架的尺寸较大,用一般小 90° 角尺进行检验,就会产生较大误差,若用辅助线性尺寸检测,则更为简捷、方便。

用卷尺分别测量矩形框架的对角线 ac 和 bd ,当 $ac = bd$ 时 ,就可说明矩形框架的四个内角均为直角。

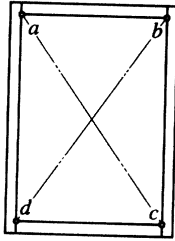


图 2-3 型钢框架
直角检验

三、用样板检验

当零件、构件的形状为圆弧或成一定角度 ,或形状较复杂 ,可用样板进行检验。样板可直接检测零件的整体形状和尺寸 ,也可用于检测零件部分形状和尺寸。如图 2-4 所示为用样板检验的实例 ,其中图 2-4a、b 分别为用弧形样板检测钢板成形后的内圆弧和外圆弧 ,当成形的钢板均与样板贴合 ,或误差在规定的范围内 ,则工件合格 ;否则为不合格。如图 2-4c、d 所示分别为用样板检测钢板安装的外角和内角 ,同样当检测的钢板与样板贴合 ,或误差未超过规定的要求 ,说明焊接合格 ;否则焊接不合格。

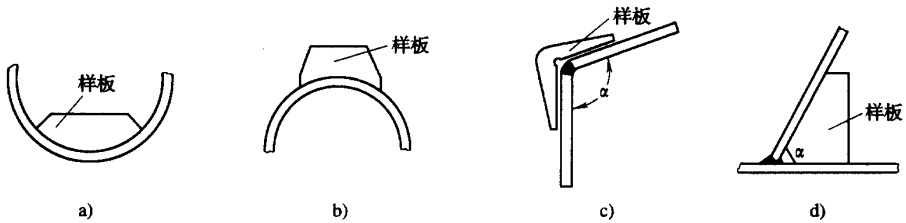


图 2-4 样板检验的实例

- a) 样板检测内圆弧 b) 样板检测外圆弧
c) 样板检测外角 d) 样板检测内角

第三章 钣金冲压中级工 质量检验技能

产品质量检验是多方面的,在冷作钣金生产过程中,外部检验一般通过线性尺寸、角度、内外形状及位置等检测,对构件进行检验,而内部检验通常采用非破坏性检验方法,如水压试验、超声波检查、X射线检查等对构件进行检验。

第一节 形状和位置检验

一、构件的偏差

偏差是指某一物体的量值与其基本或标称值的之差。偏差有尺寸的偏差、形状和位置的偏差等,构件偏差是这些偏差的综合反映。在生产实践中,由于存在着加工误差和测量误差,因此构件不可能准确地加工成所指定形状和尺寸,总是存在着尺寸和形状等偏差。如果根据产品的性能和使用等要求,将偏差限定在一定的范围,即构成了公差。

在生产加工中,对工件的尺寸、形状和位置都限定了偏差允许变化的范围,即尺寸、形状和位置公差,它是衡量产品质量的重要指标之一,对保证产品质量和产品的工作精度、运动平稳性和使用寿命等都有很大的影响。不同的等级要求、不同的加工方法所允许偏差是不同的。

1. 放样、样板和号料允许偏差

放样、样板和号料的允许误差见表 3-1。

表 3-1 放样、样板和号料允许偏差

项 目	允许偏差		
	放样	样板(样杆)	号料
十字线(mm)	± 0.25	± 0.25	± 0.5
直线(mm)	± 0.25	± 0.25	± 0.5
曲线(mm)	± 0.5	± 0.5	$\pm 0.5 \sim \pm 1.0$
平行线间距 和分段尺寸(mm)	± 0.5	± 0.5	± 0.5

续表

项 目	允许偏差		
	放样	样板(样杆)	号料
结构线(mm)	±0.5	±0.5	±1.0
轮廓线(mm)	±0.5~±1.0	±0.5~±1.0	±1.0
宽度、长度线(mm)	±0.5	±0.5	±1.0
对角线(mm)	±1.0	±1.0	±1.0
两孔(钻孔)距离(mm)	±0.5	±0.5	±0.5
两端孔距(mm)	—	±1.0	±1.5
两排孔距(mm)	—	±0.5	±0.5
孔中心位移(mm)	—	<0.5	±0.5
地样(mm)	±1.0	—	—
角度	±1°	±20′	±20′

2. 气割长度偏差

气割长度偏差包括工件内、外尺寸,台阶尺寸,直径尺寸等,其偏差见表3-2。

表3-2 长度尺寸偏差 mm

级别	长宽比	标称尺寸 L	切割厚度					
			6~50	>50~100	>100~150	>150~200	>200~250	>250~300
A	≤4:1	>315	±0.5	±1.0	±2.0	±2.5	—	—
		>315~1000	±1.0	±2.0	±2.5	±3.0		±4.0
		>1000~2000	±1.5	±2.5	±3.0	±3.5		±5.0
		>2000~4000	±2.0	±3.0	±4.0	±4.5		±6.0
B	>4:1	>315	±1.5	±2.5	±3.0		—	—
		>315~1000	±2.5	±3.5	±4.0	±4.5		±5.0
		>1000~2000	±3.0	±4.0	±5.0	±6.5		±7.0
		>2000~4000	±3.5	±4.5	±6.0	±7.0		±8.0

注 ①当工件长宽比大于4:1,选用A级尺寸偏差时,应在图样上或工艺上注明,否则视为B级。

②工件尺寸大于4000mm,尺寸偏差应另作规定,并标注在图样上。

3. 机械剪切偏差

通常在剪切机上剪切厚度不大于12mm,剪切面平整,其剪切的允许偏差见表10-3。

表 3-3

机械剪切的允许偏差

项 目	允许偏差
零件宽度、长度	± 2.0
边缘缺棱	1.0
型材端部垂直度	2.0

4. 钢材弯曲成形(圆形)的尺寸允许偏差

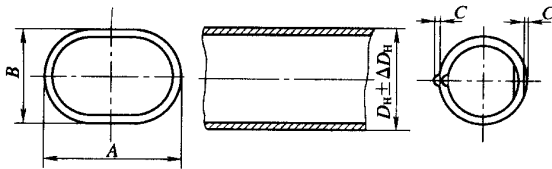
钢材弯曲成圆形时,其偏差表现为直径偏差、圆度、弯角。圆形弯曲件允许的成形偏差见表 3-4。

表 3-4

弯曲成形(圆形)尺寸允许偏差

mm

外径 D_H	允许偏差			
	ΔD_H	筒体壁厚为下列数值的圆度(A-B)		弯角 C
		≤ 30	> 30	
≤ 500	± 4	6	4	3
$> 500 \sim 1\ 000$	± 5	8	5	3
$> 1\ 000 \sim 1\ 500$	± 7	11	7	4
$> 1\ 500 \sim 2\ 000$	± 9	14	9	4
$> 2\ 000 \sim 2\ 500$	± 11	17	11	5
$> 2\ 500 \sim 3\ 000$	± 13	20	13	5
$> 3\ 000$	± 15	23	15	6



注 ①要求筒体内外面或单面机械加工时,其卷圆成形、矫圆后,筒体的圆度值可取表中的 1/2。

②筒体接缝错边量不得大于厚度的 20%,且不超过 4mm。

5. 焊接零件组装的允许偏差

构件是由不同零部件组合装配而成的,装配时其偏差见表 3-5。

表 3-5

焊接零件组装的允许偏差

项 目		允许偏差(mm)	简图
对口错边 Δ		$t/10$ 且不大于 3.0	
间隙 a		± 1.0	
搭边长度 a		± 5.0	
缝隙 Δ		1.5	
工字形截面	高度 h	± 2.0	
	垂直度 Δ	$b/100$ 且不大于 2.0	
	中心偏移 e	± 2.0	
型钢错位 Δ	连接处	1.0	
	其他处	2.0	
箱形截面	高度 h	± 2.0	
	宽度 b	± 2.0	
	垂直度 Δ	$b/200$ 且不大于 3.0	

6. 构件预装配的允许偏差

预装配构件是出厂前在自由状态下进行的预拼装,其拼装的允许偏差见表 3-6。

表 3-6

构件预装配的允许偏差

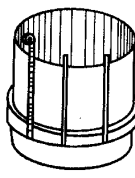
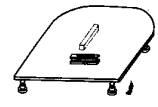
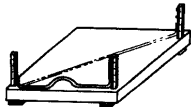
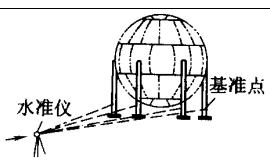
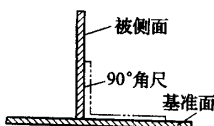
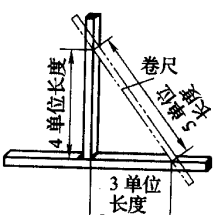
mm

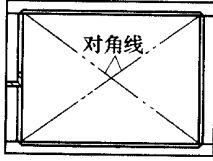
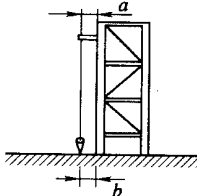
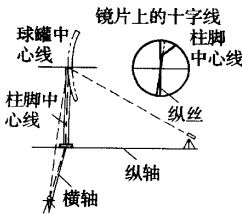
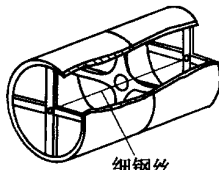
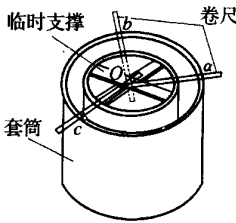
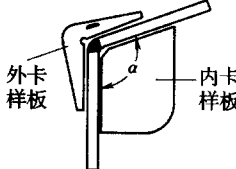
构件类型	项 目	允许偏差
多节柱	预拼装单元总长	± 5.0
	预拼装单元弯曲矢高	$1/1\ 500$ 且不大于 10.0
	接口错边	2.0
	预拼装单元柱身扭曲	$H/200$ 且不大于 5.0
梁和桁架	跨度最外端两安装孔或 两支承面最外侧距离	± 5.0 - 10.0
	接口截面错位	2.0
	设计要求起拱	$\pm 1/1\ 500$
	节点处杆件轴线错位	3.0
管构件	预拼装单元总长	± 5.0
	预拼装单元弯曲矢高	$1/1\ 500$ 且不大于 10.0
	对口错边	$t/10$ 且不大于 3.0
	坡口间隙	+ 2.0
构件平面总体预拼装	各楼层柱距	- 1.0
	相邻楼层梁与梁之间距离	± 4.0
	各层间框架两对角线之差	± 3.0
	任意两对角线之差	$H/2\ 000$ 且不大于 5.0 $\sum H/2\ 000$ 且不大于 8.0

二、构件的形状、位置检验

构件的形状、位置检验是对加工后的构件形状、零件之间的相对位置进行检测,通常检测主要内容有平行度、倾斜度、垂直度、同轴度、角度等。常用的形状与位置的测量方法见表 3-7。

表 3-7 常用形状与位置的测量方法

项 目	工、量具	简 图	说 明
平行度	钢卷尺		以圆筒上端口为测量基准,用钢卷尺、直尺或样杆测量下加强圈的平行度
倾斜度	水平尺		用水平尺在两个相互垂直的方向测量钢板的倾斜度
	水平软管		用水平软管在两个方向测量倾斜度
	水准仪		用水准仪测量立柱倾斜度
90°角尺			用 90°角尺测量垂直度
垂直度	钢卷尺		利用勾股定理(边长比为 3:4:5)取合适的单位长度,用钢卷尺通过测量三角形各边长,以确定两直角边的垂直度

项目	工、量具	简图	说明
垂直度	钢卷尺 或直尺		矩形框架的边框垂直度可用钢卷尺或直尺,通过测量框架对角线是否相等,以确定垂直度
	线锤		用线锤吊垂,分别测量构件上、下两点与线锤的距离 a, b ,以确定构件的垂直度
	经纬仪		用经纬仪分别在两个方向测量立柱中心线的上、下两点,以确定立柱的垂直度
同轴度	钢丝		在圆筒两端加上临时支撑并找出圆心,测量位置安放测量卡板,用钢丝连接两圆心并绷紧,通过测量钢丝与卡板孔的距离,以确定其同轴度
	钢卷尺 或直尺		在内圆筒的端面装上临时支撑并找出圆心,用钢卷尺或直尺测量外圆筒圆周上各点至圆心的距离,以确定内、外圆筒端面的同轴度
角度	角度样板		用角度样板测量两板间的夹角 α

第二节 焊缝检验

在焊接结构生产中,由于目前所使用的焊接技术而得到的焊缝质量尚未达到足够的稳定性,因而为保证焊接构件的质量,必须对焊缝进行质量检验,确保焊缝符合所规定的技术要求和结构的安全使用性。焊缝的检验分非破坏性检验和破坏性检验两大类。通常在生产中焊缝的检验为非破坏性检验,如直观检验、致密性检验等。

一、焊缝的直观检验

焊缝的直观检验有两项内容。

1. 焊缝外形尺寸检验

焊缝外形尺寸检验是采用测量工具对焊缝外形尺寸进行检测,它包括检验焊缝的宽度、高度及焊缝的平直度、焊接波纹的平整度等各项成形指标是否达到技术要求。

2. 焊缝表面质量检验

焊缝表面质量检验是用目视或用5~10倍放大镜对焊缝表面进行检查,观察焊缝表面是否存在咬边、焊瘤、未焊透、弧坑及表面气孔、夹渣、裂纹等焊缝缺陷。

二、焊缝的致密检验

各种储存液体或气体用的容器及压力容器,如锅炉、管道等构件,对焊缝的致密性有一定的技术要求。为确保构件的运行安全,必须对焊缝进行致密性试验,常用的焊缝致密性检验方法有水压试验、气压试验或煤油试验等三种:

1. 水压试验

水压试验适用于检验焊缝的致密性和强度,其试验方法有两种:一种是用于开口容器的致密性试验,在常压下水将容器灌满或部分灌水,不附加压力,检验焊缝的致密性;另一种是用水将容器灌满,并封闭容器上所有孔,用水泵把容器内的水压提高进行强度试验,通常试验压力为工作压力的1.25~1.5倍,并在此压力下持续一段时间,然后把压力降至容器的工作压力,进行致密试验。用小锤距焊缝15~20mm处,沿焊缝方向轻轻敲击,若发现焊缝上有水滴或细水纹出现,则说明焊缝不致密。

2. 气压试验

气压试验是将压缩空气通入密闭容器内,在焊缝表面涂抹肥皂水,当焊缝有穿透性缺陷时,容器内的气体就会从这些缺陷中逸出,使肥皂水起泡,此处即为缺陷所在。在气压试验中还有一种氨气试验,该试验方法是向密闭容器中通入含有10%氨的气体,在容器外壁焊缝处贴上一条比焊缝略宽的硝酸汞溶液试纸,如果容器焊缝某处有泄漏,则该处试纸中硝酸汞溶液与氨发生化学反应呈现黑色斑点,以显示该处有穿透性缺陷。气压试验通常用于一些管子或小型受压容器检验。

3. 煤油试验

煤油试验是在焊缝的一面涂抹上白垩粉水溶液,在焊缝的另一面涂煤油,若焊缝中存在细微的裂纹或穿透性气孔等缺陷,煤油会渗过缝隙在白垩粉上形成明显的油斑,从而确定焊缝缺陷的位置。

试验时,为了能正确地确定缺陷的大小和位置,应在涂煤油后立即观察,当出现油斑时,要及时标出缺陷区,否则随着时间的延长油斑扩大,造成判断误差加大。如果经过5min仍未发现油斑点,则焊缝致密性为合格。煤油试验用于常压容器的致密性试验。

随试验技术的发展,现在还可以使用专用渗透剂和显示剂进行致密性试验,给试验操作带来极大的方便。

第四章 钣金冲压高级工 质量检验技能

第一节 测量基准转换及尺寸计算

一、测量基准的转换

基准是零件上用于确定其他点、线、面位置的依据,图样上的基准是设计人员根据技术要求和相应的技术参数等而设定的,通常在产品制造中所选取的划线基准、放样基准、装配基准及测量基准等均应与设计基准一致。这样产品在制造中能按设计的要求和技术参数进行制造和检验,掌握零件的形状和尺寸的变化,最终产品加工后很容易保证其形状和尺寸与设计要求的相关技术参数相一致性,便于制造出合格的产品。但在实际生产中,由于诸多因素的影响,不可能完全以设计基准为基准,这就需要变换基准位置,再进行划线、放样、装配等,这时测量基准也应作相应的转换,以便于操作。

不同工件的结构特点、不同的技术要求、不同的生产条件和方式,测量基准转换的方法各不相同,其转换时应考虑以下问题:

1. 采用转换后的测量基准进行测量,应保证其测量的准确度,并最终符合技术要求。
2. 便于测量操作,误差要小。

测量基准通常与定位基准相重合,如在平台上进行立体划线、装配时,一般均以平台作为测量基准。如图4-1所示为用钢板组合的工字梁,要求翼板与腹板垂直。如果装配时以翼板为测量基准,测量腹板与翼板的垂直度就很不方便。如果转换以装配平台为测量基准,使工字钢卧装,用厚度相等的垫块衬垫,再用 90° 角尺测量翼板的垂直度,则既容易测量,又能保证测量的准确度。

二、尺寸链的计算

冷作钣金零件加工后要进行组合和装配,装配精度的优劣将直接影响到构件及产品的工作性能和使用寿命,而装配精度取决于各零件的加工精度。因此零件加工时,要提高其加工要求,这将造成加工的困难,加大制造的成本,这不符合生产的经济性,所以在大多数情况下按经济加工精度来加工零件。在组合、装配时,采取一定的工艺措施,如选配、修配、调整等来达到构件或产品的装配精度,这样既降低了零件的加工精度,减少了生产成

本,又满足了构件整体要求。

当构件的装配精度完全依赖于零件的加工精度时,则装配时其零件完全可以互换,称完全互换法;当构件的装配精度不完全取决于零件的加工精度时,其组合时要采取一定的工艺措施,如选配法、修配法和调整法等,这些都是冷作钣金加工经常采用的方法。

对构件有关尺寸所组成的尺寸链进行分析,根据构件的装配精度,合理分配各组成环公差的过程,称为解尺寸链,它是保证构件的制造、装配精度、降低生产成本的重要依据。

如图 4-2a 所示为由外框、构件 1 和构件 2 组成焊接构件,如果要求装配间隙为 0.5~3mm,其尺寸链简图如图 4-2b 所示。其中构件 1 尺寸 A_1 和构件 2 尺寸 A_2 是减环,外框尺寸 A 是增环尺寸, A_{Δ} 封闭环,其计算步骤如下:

$$A_{\Delta} = A - (A_1 + A_2) = 900 - (600 + 300) = 0\text{mm}$$

可见该环基本尺寸无误。

封闭环公差 : $\delta_{\Delta} = 3 - 0.5 = 2.5\text{mm}$

公差分配 : $\delta_1 = 1.0\text{mm}$, $\delta_2 = 0.5\text{mm}$

$$\delta = \delta_{\Delta} - (\delta_1 + \delta_2) = 2.5 - (1 + 0.5) = 1\text{mm}$$

各尺寸公差 :

$$A_1 = 600_{-1.0}^0\text{mm}$$

$$A_2 = 300_{-0.5}^0\text{mm}$$

$$A = 900_{+1.0}^{+0.5}\text{mm}$$

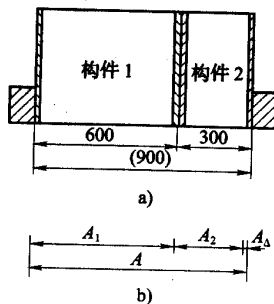


图 4-2 焊接构件
a)焊接构件 b)尺寸链简图

经上述计算可知,如果尺寸链各环均按上述计算值进行加工,则在装配时不需修配和调整,就能保证达到规定的要求,但对加工的难度和要求提高了。一般冷作钣金生产中按经济加工精度进行加工,然后在装配中采用修配法调整,如上述焊接构件若按 IT14 等级加工,通过查阅标准公差值可得 $\delta_1 = 1.75\text{mm}$ 、 $\delta_2 = 1.3\text{mm}$,则构件 1 和构件 2 的尺寸按 $A_1 = 600_{-1.75}^0\text{mm}$ 、 $A_2 = 300_{-1.3}^0\text{mm}$ 加工,外框尺寸在装配时可修整而定。

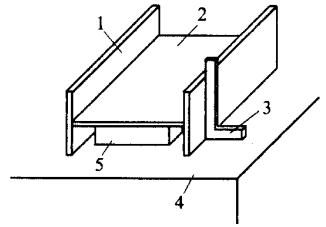


图 4-1 装配工字梁的
测量基准转换
1—翼板 2—腹板 3—90°角尺
4—平台 5—垫块

第二节 无损检测知识

冷作钣金构件的结构发生破坏的主要原因之一是由于结构中有缺陷存在,缺陷削弱了结构的强度,使构件的承载能力下降,从而影响了产品的质量。因此在产品的制造和检修中,要采用一定的方法对构件进行检测,以便及时发现缺陷,再采取一定的措施去除这些缺陷,以保证产品的质量。

检验构件质量的方法很多,无损检测为非破坏性的检验方法之一,它是在不损坏检验对象的情况下,对构件或零件进行探查缺陷的检验。无损检测的方法有:着色探伤、荧光检测、磁粉检测、射线检测、超声波探伤等。无损检测可在生产制造中,或制造后的成品,或产品在使用中均能对构件进行检测。

一、渗透检测和荧光渗透检测

1. 渗透检测

渗透检测俗称着色探伤,其工作原理是基于毛细管现象。渗透检测时,将擦拭干净的被检测部位涂以渗透剂,具有良好流动性和极强渗透性的渗透剂,便会渗入到焊件表面微小的裂缝等缺陷中去。随后将被检测部位再擦拭干净,涂以显现粉,侵入裂缝等缺陷中的渗透剂,遇到显现粉便会呈现出缺陷的位置和形状来。

渗透检测常用的着色剂有苏丹红Ⅳ号、128 烛红和刚果红等。

2. 荧光渗透检测

荧光渗透检测的原理是利用被吸附于缺陷中的荧光物质,受到紫外线的照射发出荧光来发现缺陷的。检测时,将被测部位浸入(或涂抹)煤油与矿物油的混合液数分钟,然后取出擦干。由于混合液的渗透力很强,所以极细微的裂缝等缺陷中仍有残留混合液,此时撒上荧光粉,再擦拭干净,但在缺陷的空隙中,仍有少量荧光粉依附于混合液而存在。在暗室中用紫外线光源进行照射,渗入缺陷里的荧光物质就发出荧光,显现出缺陷的位置和形状,如图 4-3 所示。

荧光渗透检测常用的荧光物质有发绿光的 CaS 、发黄绿光的 ZnS 、发蓝光的 CaMo_4 等。

渗透检测和荧光渗透检测的特点是:设备简单、使用经济、显示缺陷直观和可以同时显示不同方向各类缺陷。由于其不受材料磁性的限制,可以检查各种金属、非金属、磁性、非磁性材料及零件的表面缺陷。但这两种探伤方法的操作工序相对比较繁杂,只能检查受检部位表面的缺陷,对于表层以内的缺陷,渗透检测和荧光检测方法就无法检测。

二、磁粉检测

磁粉检测时,先将被检部位充磁,被检部位中便有磁力线通过,这时在被检部位表面撒布磁粉(磁粉平均粒度在 $5 \sim 10 \mu\text{m}$),观察磁粉在磁力线作用下形成的形状、多少和厚薄痕迹,以判断缺陷大小和位置。

当被检部位的断面尺寸相同、内部材料均匀时,磁力线分布均匀,因而磁粉的分布也是均匀的。当被检物由于截面形状不同,或者内部存在着裂纹、气孔等缺陷时,则磁力线因各段磁阻不同而产生弯曲,磁粉的分布也随磁力线呈现弯曲。当缺陷位于焊缝表面或接近于表面时,则磁力线不仅在焊缝内部弯曲,而且将穿过表面而形成“漏磁”,这时磁粉就会被吸附在“漏磁”处,表现出一定形状的磁粉痕迹。磁粉痕迹的显现程度与磁力线方向有关,当缺陷是线状缺陷,而磁力线与之垂直,则显现最清楚,但当磁力线与线状缺陷平行,则不易显现。因此,变换磁力线的方向,可以使磁粉显现达到最佳灵敏度。纵向充磁可灵敏地检测焊缝的横向裂纹,如图4-4a所示,而横向充磁可灵敏地检测到焊缝的纵向裂纹,如图4-4b所示。

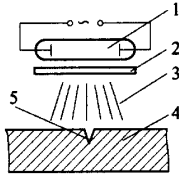


图4-3 荧光渗透检测

1—紫外线光源 2—滤光片 3—紫外线 4—被检验工作 5—荧光显现的缺陷

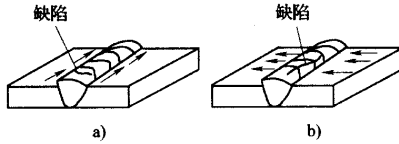


图4-4 磁粉检测

a)纵向充磁 b)横向充磁

为了便于观察,常用的磁粉有黑色、红色及白色,还可以用荧光磁粉,这样在紫外线照射下显现缺陷更明显。

磁粉检测用于铁磁性材料(如铁、钢、镍、钴等及其合金)表面和浅表面的裂纹、夹层、折叠等缺陷的探测,以及在这些材料进行焊接后,对焊缝表面的裂纹、夹渣、气孔等检测,检测的灵敏度较高,效果较好。

磁粉检测的操作简便、灵敏度高、结果可靠,但随着材料内缺陷的深度增加,其灵敏度迅速降低。此外,磁粉检测对于有色金属、奥氏体不锈钢、非金属材料等非导磁性材料无法进行检测。

三、射线检测

射线检测是检验材料、焊缝内部缺陷准确而又可靠的方法之一,它可以非破坏性地检测出内部缺陷的形状、位置和大小。

1. 射线检测原理

射线能穿透普通光线所不能穿透的物质,并在穿透中表现出有一定规律的衰减性,射

线还能使某些物质产生光学作用,如使感光底片感光,或使某些物质产生荧光等。射线检测就是利用射线的上述特性进行检测的。

检测时,射线透过被检测物体,使置于被检测物后面的感光底片感光,通过暗房的显影处理,就可以显现出射线透过被检物的内部情况。如果被检物内部完好,质地均匀,则射线通过物体的衰减程度无差异,底片上的感光也是均匀的;如果被检物内部存在缺陷,如有夹渣、气孔、裂缝等,则射线穿透时衰减的程度就不一样。有缺陷部位由于吸收的射线粒子较少,射线强度高于其他无缺陷的部位,相应的底片感光量大,显影后形成黑度较大,从而将被检测物内部的缺陷显现出来。射线检测有 X 射线检测和 γ 射线检测两种。

(1) X 射线检测

如图 4-5a 所示为 X 射线检测焊缝的示意图, X 射线是波长较短的电磁波,它由 X 射线管产生,能量很高。检测时, X 射线照射在焊缝上,透过焊缝和钢板使感光底片感光,再通过底片的显影处理,就可显示其内部是否存在如夹渣、气孔等缺陷。

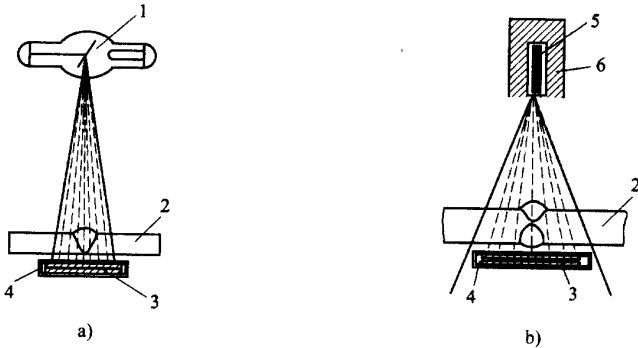


图 4-5 射线检测示意图

a) X 射线检测 b) γ 射线检测

1—X 射线管 2—被检测件 3—底片

4—底片夹 5— γ 射线源 6—铅盒

X 射线检测一般用于检测厚度小于 30mm 的材料,其灵敏度较高,透视的时间较短,速度快;但透视的设备较复杂,费用也较大。

(2) γ 射线检测

如图 4-5b 所示为 γ 射线检测焊缝的示意图, γ 射线是利用镭、铀或钴等放射元素放射出的 γ 射线,它的波长比 X 射线更短,穿透力更强,能穿过更厚的金属。 γ 射线源是放在铅盒内,使用时将开口的面向着被检测的焊缝或材料, γ 射线则透过被检测物使底片感光,通过底片的显影处理,显示出被检物的内部情况。

γ 射线由于穿透能力大,能透照厚 300mm 钢板,因而常用于检测厚度较厚的材料。 γ 射线检测设备轻便,透视时不需要电源,操作简单,野外也能工作,较为方便。在检测环缝时,可采用一次曝光,但透视时间较长。当被检测物厚度小于 50mm 时,由于其穿透能力太强,显示缺陷的灵敏度反而较低。

射线检测一般只用于重要构件上,如锅炉焊缝等检测。焊缝在射线检测之前,必须进

行表面检查,如咬边、焊瘤等,其不规则程度应不妨碍检测时对底片上缺陷的辨认,否则检测前应加以修整。

2. 射线检测的缺陷识别

射线检测一般由专业人员操作,但作为操作人员应具备一定的缺陷评定知识,这对操作和缺陷的后期处理有很大的好处。

射线检测的评定是根据检测对象,按国家相应的质量标准进行评定,如焊缝质量,根据国家有关标准按其缺陷数量分成四级。

I 级焊缝内不准有裂纹、未熔合、未焊透以及条状夹渣等。

II、III 级焊缝内不准有裂纹、未熔合、双面焊和加垫板的单面焊中的未焊透。

IV 级焊缝为焊缝内部缺陷超过了 III 级焊缝标准的焊缝。

焊缝中的气孔则以工件厚度和评定区域内数量进行分级, I 级焊缝中的气孔数量为最少, II、III 级随之增加,超过 III 级的定义为 IV 级焊缝。

在射线检测时,焊缝缺陷在底片上反映的特征如下:

(1) 未焊透

未焊透在底片上呈现一条断续或连续的黑直线状,如图 4-6a 所示。在未开坡口对接焊缝中,黑线的宽度常是较均匀的;V 形坡口焊缝中的未焊透往往偏离焊缝中心,底片上呈现的黑线一边较直、较黑,宽度不一致;另一边黑度不均匀,呈断续状。

(2) 裂纹

在底片上呈现略带曲折、波浪状黑色细条纹,有时也成直线细纹,轮廓较为分明,两端较为尖细,中部稍宽,不大有分枝,两端黑度逐渐变浅,最后消失,如图 4-6b 所示。

(3) 气孔

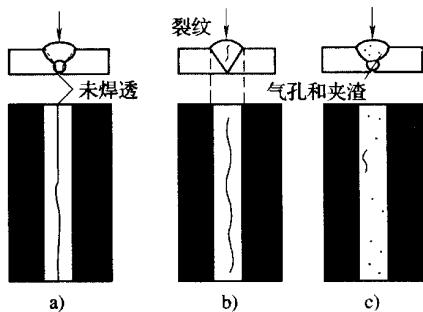


图 4-6 焊缝缺陷的显现示意图

a) 未焊透 b) 裂纹 c) 气孔和夹渣

气孔在底片上多呈现圆形或椭圆形黑点,如图 4-6c 所示。其外形较规则,中心处较黑,四周逐渐淡化;黑点的分布不一致,有稠密的,也有稀疏的。

(4) 夹渣

夹渣在底片上呈现为不同形状的点或条状。点状夹渣呈单独黑点,外观不太规则,带有棱角,黑度均匀;条状夹渣呈宽而短的粗线条,长条形夹渣,线条较宽,且宽度不太一致。

(5) 咬边和未熔合

咬边和未熔合在底片上显现黑度较深,且靠近母材的一侧。

四、超声波探伤

超声波是一种入耳听不见的高频波($f > 20\ 000\text{Hz}$),它能在金属中传播,具有良好的穿透能力,当超声波从一介质传播到另一介质时,会在两种介质的界面上发生反射和折射。超声波探伤就是利用该特性进行探伤、检测焊缝中缺陷的。

超声波探伤用超声波脉冲反射式探伤仪(简称超声波探伤仪)进行检测,探伤仪由超声波发生器、换能器(探头)、接收机和显示器四大部分组成。超声波发生器产生高频脉冲电压,换能器将高频脉冲电压转换为超声波向被检测物发射,同时探测反射的超声波,接收机的作用是放大接收的信号,显示器将放大的信号显示出来。

如图4-7为超声波探伤仪检测示意图,检测时扫描发生器发出一个信号,作用在高频脉冲发生器上,产生一个高频电流脉冲,它同时作用在超声波发射探头和接收放大器上,作用在接收放大器上的高频脉冲信号经放大后,加在示波器的垂直偏转板上,在荧光屏上形成第一个脉冲(始脉冲)。高频电流脉冲作用在探头上,由于探头内装有压电晶体,能把高频交变电压脉冲转变为超声波,并向被测物发射,这样超声波在被测件中传播。如果在传播方向遇到缺陷就会引起反射,没有遇到缺陷的超声波继续传播,直至被测件底面(介质界面)再发生反射,接收探头接收到这些反射波后,将其转换成高频电流脉冲,通过放大器放大,加到示波器的垂直偏转板上,则荧光屏上便显示出相应的脉冲。由于缺陷反射的脉冲和被测件底面反射的脉冲有时间上的差异,便能方便地确定被测件内部是否有缺陷存在。

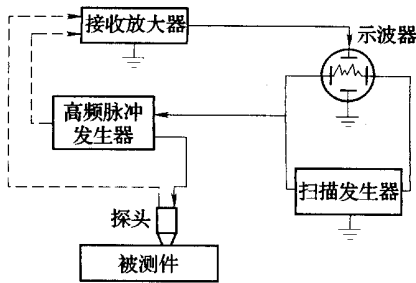


图 4-7 超声波探伤仪检测示意图

超声波探伤时,根据荧光屏上显示的第一始脉冲和第三底脉冲之间是否有第二缺陷脉冲,以及三个脉冲之间的位置,以判断被测件内是否有缺陷存在及缺陷在传播方向的位置。

第五章 钣金冲压件统计检验

第一节 统计检验原理

一、统计检验基本含义

统计检验是在产品制造或验收过程中,应用概率论和数理统计学原理,对产品质量进行检验的一种方法。把数理统计用于检验,可以说是现代质量检验的最明显标志。统计检验法分为两种:一种是预防性抽样检验,即通常所说的工序质量控制;另一种是成品的抽样检验,用以代替整批零件的百分之百的验收检验,以减少检验的劳动量。

预防性抽样检验是在生产过程中周期性地对产品作有计划的抽样检验,对检验所得数据进行处理和分析,记录在一定格式的图表上,用以判断零件是否合格,推断两次抽样期间加工出的产品质量及其变化趋势。等工序过程失控,发现异常时,可以及时分析原因,采取措施,使工序过程恢复正常状态。为了预防不良品发生,特别是成批不良品发生,不断提高产品质量,早在1924年,美国贝尔电话实验室的休哈特博士就发表了“控制图”理论,在统计质量控制阶段(即企业质量管理第二阶段)得到了很大的发展和推广,目前已成为世界各国普遍采用。

统计检验所抽取的样品数量少,可以减少检验工作量,缩短检验时间,降低检验费用和产品成本。尤其是进行破坏性检验(例如,热处理零件剖开实物作金相检验或渗碳层深度检验),或批量特别大的零件生产,要进行全数检验根本不允许时,统计检验的优越性就更为突出。因此,统计检验是一种积极的检验方法,是实现质量检验管理现代化的有效途径之一。

二、采用统计检验须具备的条件

采用统计检验须具备下述条件:

- (1)大量生产具有足够大的批量;
- (2)工艺过程稳定,并具备保证工艺过程稳定的条件,
- (3)两次调整机床设备之间的时间足够长(比如一个班内只作一次调整或几个班才作一次调整);
- (4)加工方法能保证足够的精度,满足工序能力指数 $CP > 1$ 。

第二节 预防性抽样检验

在生产过程中进行预防性抽样检验有多种形式,主要有控制图法、分布量规法和预控图法三种,常用的为控制图法,以下简单介绍控制图法的基本形式和种类。

一、控制图的基本形式

控制图是对过程质量特性值进行测定、记录、评估和监察过程是否处于统计控制状态的一种用统计方法设计的图。统计分析的目的在于分析工艺过程的稳定性,查明工序的精度,确定机床(设备)的调整精度。而统计检验的目的在于观察过程稳定性的保持和及时防止破坏过程稳定的苗头的出现,主要是为了预防不合格品的产生。

控制图是一种统计方法,适用于按时间顺序能够获得管理特性值的场合,其基本形式如图 5-1 所示。

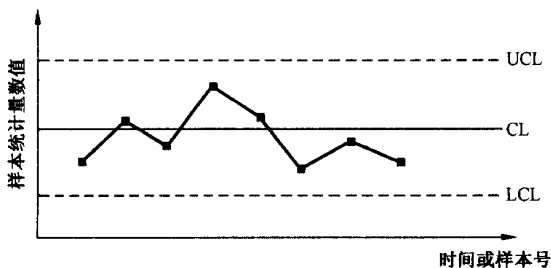


图 5-1 控制图示例

图上有用实线绘制的中心线(CL)用虚线绘制的上控制限(UCL)和下控制限(LCL),图中并有按时间顺序抽取的样本统计量数值的描点序列,各点之间用直线段相连,以便看出点子的变化趋势。

图中,UCL、CL和LCL统称为控制线,它们是互相平行的。若控制图中的描点在UCL与LCL之外或描点在UCL与LCL之间的排列不随机,则表明过程出现异常。

在生产过程中,检验员定期抽取样本,测量各样本的质量特性值,并将测得的数据经统计计算点画到图上,观察这些点子是否超出控制界限以及点子排列有无异常情况,以此判断生产过程是否处于稳定状态。

二、控制图的分类和使用

1. 常规控制图的分类

常规控制图的类型、名称代号及控制限公式见表 5-1。

表 5-1

控制图的类型、名称代号及控制限公式

类型	控制图名称代号		统计量	标准值未给定			标准值给定		
				CL	UCL	LCL	CL	UCL	LCL
正态分布 计量控制图	均值—极差控制图 $\bar{X} - R$	\bar{X} 图	\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$\bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	\bar{X}_0 或 μ	$X_0 + A\sigma_0$	$X_0 - A\sigma_0$
		R 图	R	\bar{R}	$D_1\bar{R}$	$D_3\bar{R}$	R_0 或 $d_2\sigma_0$	$D_2\sigma_0$	$D_1\sigma_0$
	均值—标准差控制图 $\bar{X} - s$	\bar{X} 图	\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_3\bar{s}$	$\bar{\bar{X}} - A_3\bar{s}$	X_0 或 μ	$X_0 + A\sigma_0$	$X_0 - A\sigma_0$
		s 图	s	\bar{s}	$B_4\bar{s}$	$B_3\bar{s}$	s_0 或 $C_4\sigma_0$	$B_5\sigma_0$	$B_6\sigma_0$
	单值—移动极差控制图 $\bar{X} - R_s$	X 图	X	\bar{X}	$\bar{X} + E_2\bar{R}$	$\bar{X} - E_2\bar{R}$	X_0 或 μ	$X_0 + 3\sigma_0$	$X_0 - 3\sigma_0$
		R_s 图	R_s	\bar{R}	$D_4\bar{R}$	$D_3\bar{R}$	R_0 或 $d_2\sigma_0$	$D_2\sigma_0$	$D_1\sigma_0$
中位数—极差控制图 $Me - R$	Me 图	X	\bar{Me}	$\bar{Me} + A_4\bar{R}$	$\bar{Me} - A_4\bar{R}$	—	—	—	
	R 图	R	\bar{R}	$D_4\bar{R}$	$D_3\bar{R}$	—	—	—	
泊松分布 计数控制图	不合格品率控制图 p	p 图	p	\bar{p}	$\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	p_0	$p_0 + 3\sqrt{p_0(1-p_0)}$	$p_0 - 3\sqrt{p_0(1-p_0)}$
		np 图	np	\bar{np}	$\bar{np} + 3\sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{p})}{n}}$	$\bar{np} - 3\sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{p})}{n}}$	np_0	$np_0 + 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$	$np_0 - 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$
	不合格数控制图 c	c 图	c	\bar{c}	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	c_0	$c_0 + 3\sqrt{c_0}$	$c_0 - 3\sqrt{c_0}$
		u 图	u	\bar{u}	$\bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	$\bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	u_0	$u_0 + 3\sqrt{u_0/n}$	$u_0 - 3\sqrt{u_0/n}$

注:各系数 $A, A_2, A_3, B_3, B_4, B_5, B_6, D_1, D_2, D_3, D_4, C_4, d_2$ 从表 5-2 中根据 n 查; A_4 从表 5-3 中查; $E_2 = 3/d_2$

表 5-2

计量控制图计算控制线的系数表(GB/T 4091—2001)

子组中观测值个数 n	控制限系数											中心线系数			
	A	A_2	A_3	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	$1/C_4$	d_2	$1/d_2$
2	2.121	1.880	2.659	0.000	3.267	0.000	2.606	0.000	3.686	0.000	3.267	0.7979	1.2533	1.128	0.8865
3	1.732	1.023	1.954	0.000	2.568	0.000	2.276	0.000	4.358	0.000	2.574	0.8862	1.1284	1.693	0.5907
4	1.500	0.729	1.628	0.000	2.266	0.000	2.088	0.000	4.698	0.000	2.282	0.9213	1.0854	2.059	0.4857
5	1.342	0.577	1.427	0.000	2.089	0.000	1.964	0.000	4.918	0.000	2.114	0.9400	1.0638	2.326	0.4299
6	1.225	0.483	1.287	0.030	1.970	0.029	1.874	0.000	5.078	0.000	2.004	0.9515	1.0510	2.534	0.3946
7	1.134	0.419	1.182	0.118	1.882	0.113	1.806	0.204	5.204	0.076	1.924	0.9594	1.0423	2.704	0.3698
8	1.061	0.373	1.099	0.185	1.815	0.179	1.751	0.388	5.306	0.136	1.864	0.9650	1.0363	2.847	0.3512
9	1.000	0.337	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	0.547	5.393	0.184	1.816	0.9693	1.0317	2.970	0.3367
10	0.949	0.308	0.975	0.284	1.716	0.276	1.669	0.687	5.469	0.223	1.777	0.9727	1.0281	3.078	0.3249
11	0.905	0.285	0.927	0.321	1.679	0.313	1.637	0.811	5.535	0.256	1.744	0.9754	1.0252	3.173	0.3152
12	0.866	0.266	0.886	0.354	1.646	0.346	1.610	0.922	5.594	0.283	1.717	0.9776	1.0229	3.258	0.3069
13	0.832	0.249	0.850	0.382	1.618	0.374	1.585	1.025	5.647	0.307	1.693	0.9794	1.0210	3.336	0.2998
14	0.802	0.235	0.817	0.406	1.594	0.399	1.563	1.118	5.696	0.328	1.672	0.9810	1.0194	3.407	0.2935
15	0.775	0.223	0.789	0.428	1.572	0.421	1.544	1.203	5.741	0.347	1.653	0.9823	1.0180	3.472	0.2880

子组中观测值个数 n	控制限系数												中心线系数			
	A	A_2	A_3	B_3	B_4	B_5	B_6	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	$1/C_4$	d_2	$1/d_2$	
16	0.750	0.212	0.763	0.448	1.552	0.440	1.526	1.282	5.782	0.363	1.637	0.9835	1.0168	3.532	0.2831	
17	0.728	0.203	0.739	0.466	1.534	0.458	1.511	1.356	5.820	0.378	1.622	0.9845	1.0157	3.588	0.2787	
18	0.707	0.194	0.718	0.482	1.518	0.475	1.496	1.424	5.856	0.391	1.608	0.9854	1.0148	3.640	0.2747	
19	0.688	0.187	0.698	0.497	1.503	0.490	1.483	1.487	5.891	0.403	1.597	0.9862	1.0140	3.689	0.2711	
20	0.671	0.180	0.680	0.510	1.490	0.504	1.470	1.549	5.921	0.415	1.585	0.9869	1.0133	3.735	0.2677	
21	0.655	0.173	0.663	0.523	1.477	0.516	1.459	1.605	5.951	0.425	1.575	0.9876	1.0126	3.778	0.2647	
22	0.640	0.167	0.647	0.534	1.466	0.528	1.448	1.659	5.979	0.434	1.566	0.9882	1.0119	3.819	0.2618	
23	0.626	0.162	0.633	0.545	1.455	0.539	1.438	1.710	6.006	0.443	1.557	0.9887	1.0114	3.858	0.2592	
24	0.612	0.157	0.619	0.555	1.445	0.549	1.429	1.759	6.031	0.451	1.548	0.9892	1.0109	3.895	0.2567	
25	0.600	0.153	0.606	0.565	1.435	0.559	1.420	1.806	6.056	0.459	1.541	0.9896	1.0105	3.931	0.2544	

资料来源:ASTM,Philadelphia,PA,USA.

5-3 A_4 的值(GB/T 4091—2001)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_3	1.88	1.19	0.80	0.69	0.55	0.51	0.43	0.41	0.36

2. 各类控制图的使用场合

(1) $\bar{X} - R$ 控制图。对于计量值数据而言,这是最常用最基本的控制图。它用于控制对象为长度、重量、强度、纯度、时间、收率和生产量等计量值的场合。

\bar{X} 控制图主要用于观察正态分布的均值的变化, R 控制图用于观察正态分布的波动情况或变异度的变化,而 $\bar{X} - R$ 控制图则将二者联合运用,用于观察正态分布的变化。

(2) $\bar{X} - s$ 控制图与 $\bar{X} - R$ 图相似,只是用标准差控制图(s 图)代替极差控制图(R 图)而已。极差计算简便,故 R 图得到广泛应用,但当样本量 $n > 10$,这时应用极差估计总体标准差 σ 的效率减低,需要应用 s 图来代替 R 图。

(3) $Me - R$ 控制图与 $\bar{X} - R$ 图也很相似,只是用中位数控制图(Me 图)代替均值控制图(\bar{X} 图)。由于中位数的计算比均值简单,所以多用于现场需要把测定数据直接记入控制图进行控制的场合。为了简便,常规定 n 为奇数。中位数图还有一个好处,即它受异常数据的影响较少,但如果收集数据时注意遵守各种规定,则异常数据的出现也不会很多。

(4) $\bar{X} - R_s$ 控制图。多用于下列场合:对每一个产品都进行检验,采用自动化检查和测量的场合;取样费时、昂贵的场合;以及如化工等气体与液体流程式过程,样本均匀的场合。由于它不像前三种控制图那样取得较多的信息,所以它检出过程变化的灵敏度也要差一些。

(5) p 控制图。用于控制对象为不合格品率或合格品率计数值质量指标的场合。这里需要注意的是,在根据多种检查项目综合起来确定不合格品率的情况,当控制图显示异常后难以找出异常的原因。因此,使用 p 图时应选择重要的检查项目作为判断不合格品的依据。 p 图常用于控制不合格品率、交货延迟率、缺勤率、差错率等等。

(6) np 控制图。用于控制对象为不合格品数的场合。设 n 为样本量, p 为不合格品

率 则 np 为不合格品数,故取 np 作为不合格品数控制图的简记记号。由于当样本量 n 变化时, np 控制图的控制线都成为凹凸状,不但作图难,而且无法判异、判稳,故只在样本量相同的情况下,方才应用此图。

(7) c 控制图。用于控制一部机器,一个部件,一定的长度,一定的面积或任何一定的单位中所出现的不合格数目。如布匹上的疵点数,铸件上的砂眼数,机器设备的缺陷数或故障次数,电子设备的焊接不良数、传票的误记数,每页印刷错误数,办公室的差错次数等等。

(8) u 控制图。当上述单位一定,也即样品的大小保持不变时,可以应用 c 控制图,而当样品的大小变化时则应换算为平均每单位的不合格数后再使用 u 控制图。例如,在制造厚度为 2 mm 的钢板的生产过程中,一批样品面积为 2 m² 的,下一批样品面积为 3 m² 的。这时就应都换算为平均每平方米的不合格数,然后再对它进行控制。

三、控制图的观察与分析

检验员不仅需熟练进行控制图的绘制,更重要的是要对控制图进行观察和分析,对生产过程是否处于正常状态,能够作出正确判断。发现异常状况,要立即反馈,以利尽快查明原因,采取措施,迅速恢复到正常状态,发挥统计检验和预防控制作用。

1. 判断正常准则

(1)所有点在控制限之内,并应大致均匀而随机散布在中心线周围。

(2)点在控制界限内排列无缺陷。所谓无缺陷,原则是:

- ①连续 25 个点子在控制限内,
- ②无链、趋势和以下判别准则中其他模式,
- ③过程稳定,可预测。

2. 判断异常标准

国家标准 GB/T 4091—2001《常规控制图》明确给出了变差的可查明原因的八种模式如图 5-2 所示。

上、下控制限分别位于中心线的上、下 3σ 距离处。为了便于应用这八种模式,将控制图分为 6 个区,每个区的宽度为 1σ 。6 个区的标号为 A、B、C、C、B、A,两个 A 区、B 区、C 区分别在中心线两侧,关于中心线对称。

这八种检验模式适用于 \bar{X} 图和单值(X)图。假定质量特性 X 的观测值服从正态分布。

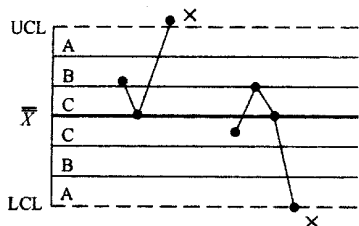
凡有下列情况之一,均可判为异常:

(1)点子超出了控制限(图 5-2 检验 1)。

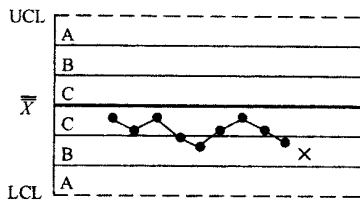
(2)点子落在警戒区内,即指点子落在 $\pm 2\sigma \sim \pm 3\sigma$ (A 区)之间。如出现下列情况,可判为异常:连续 3 点中有 2 点在警戒区内(图 5-2 中检验 5)。

(3)点子虽在控制限之内,但其排列有缺陷,如出现下列情况之一,可判为异常:

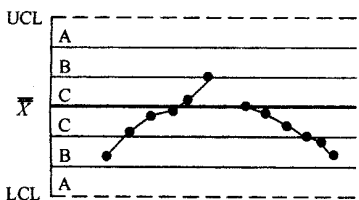
- ①出现链——在中心线同一侧连续出现 9 个点时(图 5-2 检验 2),
- ②有倾向——连续 6 点上升或下降时(图 5-2 检验 3):
- ③连续 14 点中相邻点交替上下(图 5-2 检验 4),



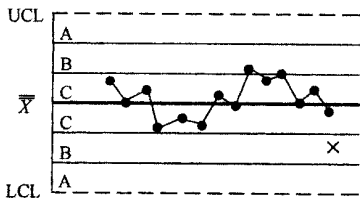
检验1: 1个点落在A区以外



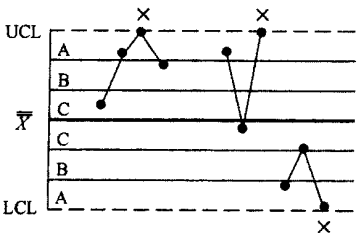
检验2: 连续9点落在中心线同一侧



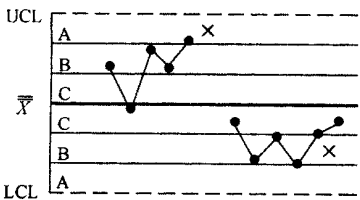
检验3: 连续6点递增或递减



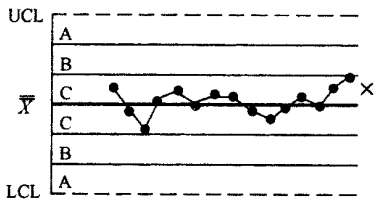
检验4: 连续14点中相邻点交替上下



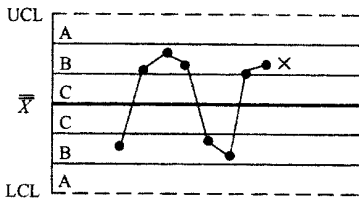
检验5: 连续3点中有2点落在中心线同一侧的B区以外



检验6: 连续5点中有4点落在中心线同一侧的C区以外



检验7: 连续15点落在中心线两侧的C区内



检验8: 连续8点落在中心线两侧且无一在C区内

图 5-2 可查明原因的模式检验(GB/T 4091)

- ④连续 5 点中有 4 点落在中心线同一侧的 C 区以外(图 5-2 检验 6),
- ⑤连续 15 点落在中心线两侧的 C 区内(图 5-2 检验 7),
- ⑥连续 8 点落在中心线两侧且无一在 C 区内(图 5-2 检验 8)。

四、控制图的应用实例

1. 均值—极差控制图($\bar{X} - R$)

($\bar{X} - R$)控制图是将 \bar{X} 图与 R 图联合运用的一种图。 \bar{X} 图用来控制工序平均值的变动。 R 图则是用来控制工序极差的变动。因此 $\bar{X} - R$ 图属于双值控制图,其质量情报较系统而完整,对工序控制有较高的灵敏度,是大批量生产中最常见的控制图。 $\bar{X} - R$ 图的

作图步骤见例 5-1。

【例 5-1】某检验员巡回检验衬套的内径 $\phi 40.5_0^{+0.018}$ ，现场随机抽样，抽样间隔为 1 小时，样本大小为 $n=5$ 件，试用 $\bar{X}-R$ 图作统计检验控制零件质量。

此例为标准值未给定情况。

(1) 收集数据：抽样检测记录见表 5-4。

(2) 数据分组：填入数据表，按测量时间的顺序对数据进行分组，分组的组数用 k 表示，通常取 $k=20\sim 25$ ，每组的数据个数（即样本大小）用 n 表示，一般取 $n=2\sim 6$ 。

本例， $k=25$ ， $n=5$ （见表 5-4）。

(3) 求各组的平均值 \bar{X}_i 和极差 R_i ，并记入表 5-4 中。

平均值 \bar{X} 计算公式为：

$$\bar{X}_i = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (5-1)$$

依次计算各组平均值：

$$\text{第一组的平均值 } \bar{X}_1 = \frac{40.59 + 40.65 + 40.63 + 40.55 + 40.57}{5} = 40.598 \text{ (mm)}$$

$$\text{第二组的平均值 } \bar{X}_2 = \frac{40.53 + 40.54 + 40.55 + 40.59 + 40.65}{5} = 40.572 \text{ (mm)}$$

.....

极差 R 计算公式为：

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (5-2)$$

依次计算各组极差 R ：

$$R_1 = 40.65 - 40.55 = 0.10 \text{ (mm)}$$

$$R_2 = 40.65 - 40.53 = 0.12 \text{ (mm)}$$

.....

表 5-4

$\bar{X}-R$ 数据表

零件名称		衬套		车间		×××		设备		车床(×××)	
工序名称		车内径		班组		×组		抽	数量	5件	
质量特性		$\phi 40.5_0^{+0.18}$		操作者		×××		样	间隔	1小时	
班产量		150		检验员		×××		测量单位		0.01mm	
日期	时间	样本序号	测量值/mm					平均值 \bar{X} /mm	极差 R/mm		
			X_1	X_2	X_3	X_4	X_5				
6/5	8:30	1	40.59	40.65	40.63	40.55	40.57	40.598	10		
	9:30	2	40.53	40.54	40.55	40.59	40.64	40.572	12		
	10:30	3	40.63	40.62	40.61	40.59	40.56	40.602	7		
	11:30	4	40.59	40.57	40.61	40.62	40.56	40.590	6		
	13:30	5	40.66	40.54	40.57	40.58	40.55	40.580	11		
	14:30	6	40.57	40.58	40.59	40.59	40.59	40.582	2		
	15:30	7	40.54	40.64	40.63	40.62	40.61	40.608	10		
7/5	16:30	8	40.56	40.54	40.57	40.59	40.62	40.576	8		
	8:30	9	40.54	40.59	40.55	40.54	40.66	40.576	12		
	9:30	10	40.59	40.65	40.64	40.62	40.61	40.622	6		
	10:30	11	40.52	40.55	40.64	40.55	40.58	40.568	12		

续表

日期	时间	样本 序号	测量值/mm					平均值	极差
			X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	\bar{X}/mm	R/mm
8/5	11:30	12	40.56	40.59	40.59	40.56	40.54	40.564	5
	13:30	13	40.54	40.58	40.65	40.64	40.64	40.612	11
	14:30	14	40.54	40.60	40.53	40.54	40.58	40.558	7
	15:30	15	40.62	40.64	40.65	40.61	40.62	40.628	4
	16:30	16	40.66	40.59	40.59	40.56	40.58	40.596	10
	8:30	17	40.54	40.58	40.59	40.64	40.64	40.598	10
	9:30	18	40.52	40.59	40.66	40.57	40.59	40.586	14
	10:30	19	40.63	40.61	40.59	40.59	40.58	40.600	5
	11:30	20	40.66	40.58	40.59	40.61	40.59	40.606	8
	13:30	21	40.52	40.59	40.59	40.58	40.64	40.584	12
	14:30	22	40.60	40.64	40.63	40.60	40.66	40.626	6
	15:30	23	40.52	40.54	40.56	40.54	40.58	40.548	6
	16:30	24	40.63	40.64	40.56	40.59	40.62	40.608	8
	9/5	8:30	25	40.63	40.57	40.58	40.54	40.52	40.568

(4) 求总平均值 $\bar{\bar{X}}$ 和 \bar{R} 。

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{k} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{X}_i \quad (5-3)$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{40.598 + 40.572 + 40.602 + \dots + 40.568}{25} = 40.5902 \text{ mm}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i \quad (5-4)$$

$$\bar{R} = \frac{0.10 + 0.12 + 0.07 + \dots + 0.11}{25} = 0.085 \text{ (mm)}$$

注意：平均值 $\bar{\bar{X}}$ 的小数点后位数取值比原测量值多一位小数， $\bar{\bar{X}}$ 的又要比 \bar{X} 的多取一位小数。 \bar{R} 比原测量值多取一位小数。

(5) 求中心线和上、下控制限：

 \bar{X} 图的计算公式为：

$$CL = \bar{\bar{X}} \quad (5-5)$$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad (5-6)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (5-7)$$

 \bar{R} 图的计算公式为：

$$CL = \bar{R} \quad (5-8)$$

$$UCL = D_4 \bar{R} \quad (5-9)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (5-10)$$

式中 A_2 、 C_3 及 D_4 是与 n 有关的常数，其数值可查表 5-2。

 \bar{X} 图

$$CL = \bar{\bar{X}} = 40.5902$$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 42.5902 + 0.577 \times 0.085 = 40.6392$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 40.5902 - 0.577 \times 0.085 = 40.541$$

R 图

$$CL = \bar{R} = 0.085$$

$$ULC = D_4 \bar{R} = 2.115 \times 0.085 = 0.180$$

$$LCL = 0$$

(6)作图打点、连线(见图 5-3)。

(7)记上有关事项:在图上要标注符号 \bar{X} 和 R 。还要标记上图名,样本大小、取样时间、操作工、检验员等事项。

(8)判断:对控制图按判断正常、异常准则进行观察分析,及时作出正常或异常判断。本例为正常,即生产过程处于统计控制状态,可连续加工。

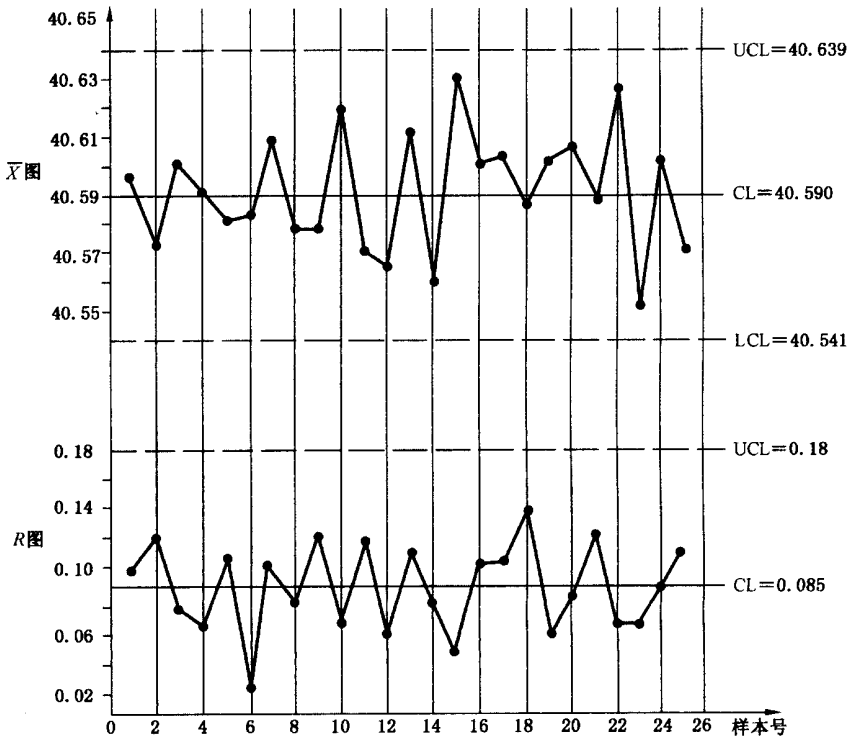


图 5-3 衬套 $\phi 40.50^{+0.18}$ 孔径 $\bar{X} - R$ 控制图

2. 均值—标准差控制图($\bar{X} - s$)

均值—标准差控制图($\bar{X} - s$ 图)仅是用标准差 s 来替代极差 R ,其作图方法见例 5-2。

【例 5-2】某手表厂为提高产品质量解决因螺栓松动引发的螺栓脱落造成停摆,采用 $\bar{X} - s$ 控制图对过程进行控制。

(1)收集螺栓扭矩数据(见表 5-5)。

(2)计算平均值 \bar{X}_i 和标准差 s_i (填入表 5-5)。

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{1j} - \bar{X}_1)^2}{n-1}}$$

(3) 计算总平均值 \bar{X} 和平均标准差 \bar{s} ;

得 $\bar{X} = 163.256$

$\bar{s} = 5.644$

(4) 计算 s 图的控制限(查表 5-2)

查 $n = 5$ 时, $B_4 = 2.089$, $B_3 = 0$ 代入 s 图公式 得到 :

$UCL_s = B_4 \bar{s} = 2.089 \times 5.644 = 11.790$

$CL_s = \bar{s} = 5.664$

$LCL_s = B_3 \bar{s} = -$

(5) 做图 连线(见图 5-4)

表 5-5 手表的螺栓扭矩

样本序号	直径					平均值 \bar{X}_i	标准差 s_i
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5		
1	154	174	164	166	162	164.0	7.211
2	166	170	162	166	164	165.6	2.966
3	168	166	160	162	160	163.2	3.633
4	168	164	170	164	166	166.4	2.608
5	153	165	162	165	167	162.4	5.550
6	164	158	162	172	168	164.8	5.404
7	167	169	159	175	165	167.0	5.831
8	158	160	162	164	166	162.0	3.162
9	156	162	164	152	164	159.6	5.367
10	174	162	162	156	174	165.6	8.050
11	168	174	166	160	166	166.8	5.020
12	148	160	162	164	170	160.8	8.075
13	165	159	147	153	151	155.0	7.071
14	164	166	164	170	164	165.6	2.608
15	162	158	154	168	172	162.8	7.294
16	158	162	156	164	152	158.4	4.775
17	151	158	154	181	168	162.4	12.219
18	166	166	172	164	162	166.0	3.743
19	170	170	166	160	160	165.2	5.020
20	168	160	162	154	160	160.8	5.020
21	162	164	165	169	153	162.6	5.941
22	166	160	170	172	158	165.2	6.099
23	172	164	159	165	160	164.0	5.148
24	174	164	166	157	162	164.6	6.229
25	151	160	164	158	170	160.6	7.057

(6) 判断, 查找超出上控制限或下控制限的点, 应查找异常的原因, 采取措施加以纠正

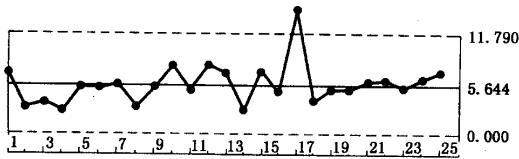


图 5-4 标准差控制图

正 然后把这些点子剔除,重新计算 $\bar{X}-s$ 的控制限,反复数次,直至过程均未出现失控。

3. 中位数—极差控制图 ($Me-R$)

中位数—极差控制图 ($Me-R$) 的作图步骤与 $\bar{X}-R$ 图基本相同,所不同的只是在计算上有区别。

(1) 找出或计算出各样本的中位数 Me 和极差 R ,将测得的数据按大小顺序排列:

当 n 为偶数时:

$$Me = \frac{X_{im} + X_{(m+1)}}{2} \quad (m = \frac{n}{2}; i = 1, 2, \dots, k) \quad (5-11)$$

当 n 为奇数时:

$$Me = Me_{im} \quad (m = \frac{n+1}{2}; i = 1, 2, \dots, k) \quad (5-12)$$

$$R_i = X_{imax} - X_{imin} \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (5-13)$$

(2) 计算中位数 Me 和极差 R 的平均值:

$$\bar{Me} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k Me_i \quad (5-14)$$

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i \quad (5-15)$$

(3) 计算中心线及上、下控制限:

Me 图计算公式为:

$$CL = \bar{Me} \quad (5-16)$$

$$UCL = \bar{Me} + A_4 \bar{R} \quad (5-17)$$

$$LCL = \bar{Me} - A_4 \bar{R} \quad (5-18)$$

R 图计算公式为:

$$CL = \bar{R} \quad (5-19)$$

$$UCL = D_4 \bar{R} \quad (5-20)$$

$$LCL = D_3 \bar{R} \quad (5-21)$$

式中, A_4 、 D_3 及 D_4 是与 n 有关的常数, A_4 的数值列于表 5-3, D_3 和 D_4 可查表 5-

2。

现以上例各样本的数据,用 $Me-R$ 图作统计检验控制零件质量。

由于 $n=5$ 的奇数,各样本的中位数 $Me_i = X_{im}$,其数据和极差 R 见表 5-6。

(4) 用公式 5-14 和 5-15 分别计算 \bar{Me} 和 \bar{R} 的平均值:

$$\bar{Me} = \frac{40.59 + 40.55 + 40.61 + \dots + 40.57}{25} = 40.586$$

$$\bar{R} = \frac{10 + 12 + 7 + \dots + 11}{25} = 0.085$$

(5) 求 \overline{Me} 图的中心线和控制限为：

$$CL = \overline{Me} = 40.586$$

$$UCL = \overline{Me} + A_4 \bar{R} = 40.586 + 0.691 \times 0.085 = 40.645$$

$$LCL = \overline{Me} - A_4 \bar{R} = 40.586 - 0.691 \times 0.085 = 40.527$$

(6) 求 R 图的中心线和控制限为：

$$Cl = \bar{R} = 0.085$$

$$UCL = D_4 \bar{R} = 2.115 \times 0.085 = 0.18$$

(7) 作图打点、连线(见图 5-5)。

表 5-6

$Me - R$ 图数据

样本 序号	测量值/mm					中位数 Me/mm	极差 $R/\mu m$
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5		
1	40.59	40.65	40.63	40.55	40.57	40.59	10
2	40.53	40.54	40.55	40.59	40.65	40.55	12
3	40.63	40.62	40.61	40.59	40.56	40.61	7
4	40.59	40.57	40.61	40.63	40.56	40.59	6
5	40.66	40.64	40.57	40.58	40.55	40.57	11
6	40.57	40.58	40.58	40.59	40.59	40.58	2
7	40.54	40.64	40.63	40.62	40.61	40.62	10
8	40.56	40.54	40.57	40.59	40.62	40.57	8
9	40.54	40.59	40.55	40.54	40.66	40.55	12
10	40.59	40.65	40.64	40.62	40.61	40.62	6
11	40.52	40.55	40.64	40.55	40.58	40.55	12
12	40.56	40.57	40.59	40.56	40.54	40.56	5
13	40.54	40.58	40.65	40.64	40.65	40.64	11
14	40.54	40.60	40.53	40.54	40.58	40.54	7
15	40.62	40.64	40.65	40.61	40.62	40.62	4
16	40.66	40.59	40.59	40.56	40.58	40.59	10
17	40.54	40.58	40.59	40.64	40.64	40.59	10
18	40.52	40.59	40.66	40.57	40.59	40.59	14
19	40.63	40.61	40.59	40.59	40.58	40.59	5
20	40.66	40.58	40.59	40.61	40.59	40.59	8
21	40.52	40.59	40.59	40.58	40.64	40.59	12
22	40.60	40.64	40.63	40.60	40.66	40.63	6
23	40.52	40.54	40.53	40.54	40.58	40.54	6
24	40.63	10.64	40.56	40.59	40.62	40.62	8
25	40.63	40.57	40.58	40.54	40.52	40.57	11

4. 单值—移动极差控制图($X - R_s$ 图)

单值控制图(X 图)简单易行,测量数据可直接标注在图上,多用于单件加工的工时长、产品批量小、测量费用高的零件。移动极差(R_5)是指测得的相邻两个数据之差的绝

对值。通常是将 X 图和 R_s 图联用,以避免仅使用 X 图时,由于某种偶然出现奇异的单值,使坐标点越出控制限,因此去调整工序,而使生产受到不应有的影响。 $X - R_s$ 图的作图步骤见例 5-3。

【例 5-3】某检验员在工序临床检验一个零件,孔中心距为 65 ± 0.4 mm,现场按加工时间顺序随机抽取 25 件进行测量,试用 $X - R_s$ 图控制加工质量。

本例为标准值未给定。

(1)从工序中通过测量,收集数据列表 5-7。

(2)求各个样本的移动极差 R_{si} 及其平均值 \bar{R}_s ,并记入表 5-7 中。

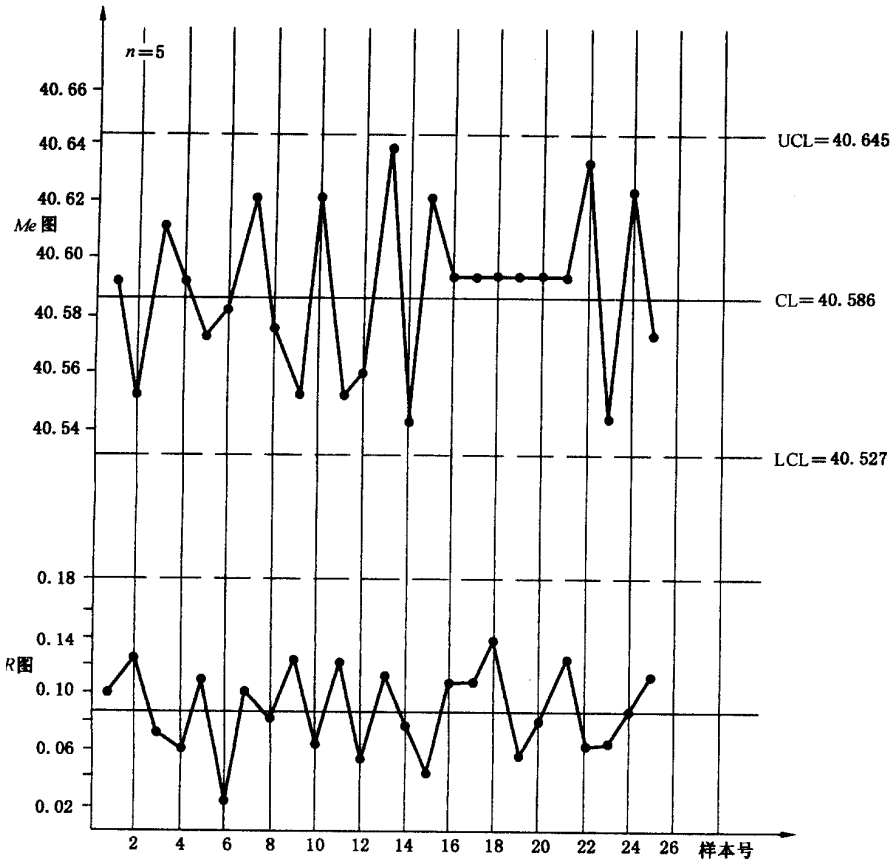


图 5-5 衬套 $\phi 40.5^{+0.18}$ 孔径 $Me - R$ 控制图

R_{si} 和 R_s 的计算公式为：

$$R_{si} = |X_i - X_{i+1}| \quad (5-22)$$

$i = 1, 2, \dots, (n-1)$

$$\bar{R}_s = \frac{R_{s2} + R_{s3} + \dots + R_{sn}}{n-1} = \frac{1}{n} \sum_{i=2}^n R_{si} \quad (5-22)$$

依次计算各样本 R_{si} 值：

$$R_{s2} = |X_1 - X_{1+1}| = |X_1 - X_2| = |65.18 - 65.02| = 0.16$$

$$R_{s3} = |X_2 - X_3| = |65.02 - 64.86| = 0.16$$

.....

$$\bar{R}_s = \frac{R_{s2} + R_{s3} + \dots + R_{sn}}{n - 1} = \frac{0.16 + 0.16 + \dots + 0.16}{25 - 1} = 0.1296 = 0.13$$

(3) 求 \bar{X} 图的中心线和控制限：

$$CL = \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad (5-24)$$

$$UCL = \bar{X} + E_2 \bar{R}_s \quad (5-25)$$

$$LCL = \bar{X} - E_2 \bar{R}_s \quad (5-26)$$

式中 E_2 是与 n 有关的常数, 可查表 5-8 求得; 由于移动极差相当于 $n = 2$, 故 $E_2 = 2.659$ 。

$$CL = \bar{X} = \frac{65.18 + 65.02 + \dots + 64.98}{25} = 64.998$$

$$UCL = \bar{X} + E_2 \bar{R}_s = 64.998 + 2.659 \times 0.13 = 65.344$$

$$LCL = \bar{X} - E_2 \bar{R}_s = 64.998 - 2.659 \times 0.13 = 64.652$$

表 5-7

$\bar{X} - R_s$ 图数据表

件名	联接体	班产量	16 件	车间	加工
件号		设备	镗床	班组	组
工序名称	缝孔	质量要求	65 ± 0.4	操作者	
工序号		测量单位	0.01mm	检验员	
样本号	\bar{X}	R_s	样本号	\bar{X}	R_s
1	65.18	—	15	65.14	0.12
2	65.02	0.16	16	65.00	0.14
3	64.86	0.16	17	64.88	0.12
4	64.92	0.06	18	64.98	0.10
5	65.18	0.26	19	65.08	0.10
6	65.04	0.14	20	64.96	0.12
7	64.86	0.18	21	65.02	0.06
8	65.00	0.14	22	64.16	0.14
9	64.92	0.08	23	64.92	0.24
10	65.16	0.24	24	64.82	0.10
11	65.00	0.16	25	64.98	0.16
12	64.88	0.12	合计	1624.96	3.24
13	64.98	0.10	平均值	64.998	0.13
14	65.02	0.04			

表 5-8

\bar{X} 图常数

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E_2	2.659	1.772	1.457	1.290	1.184	1.109	1.054	1.010	0.975

(4) 求 R_s 图的中心线和控制限：

$$CL = \bar{R}_s \quad (5-27)$$

$$UCL = D_4 \bar{R}_s \quad (5-28)$$

$$LCL = D_3 \bar{R}_s \quad (5-29)$$

$$CL = \bar{R}_s = 0.13$$

$$UCL = D_4 \bar{R}_s = 3.267 \times 0.13 = 0.425$$

$$LCL = D_3 \bar{R}_s = 0$$

(5) 作图打点 连线 (见图 5-6)。

(6) 记上有关事项。

(7) 判断。生产过程处于统计控制状态。

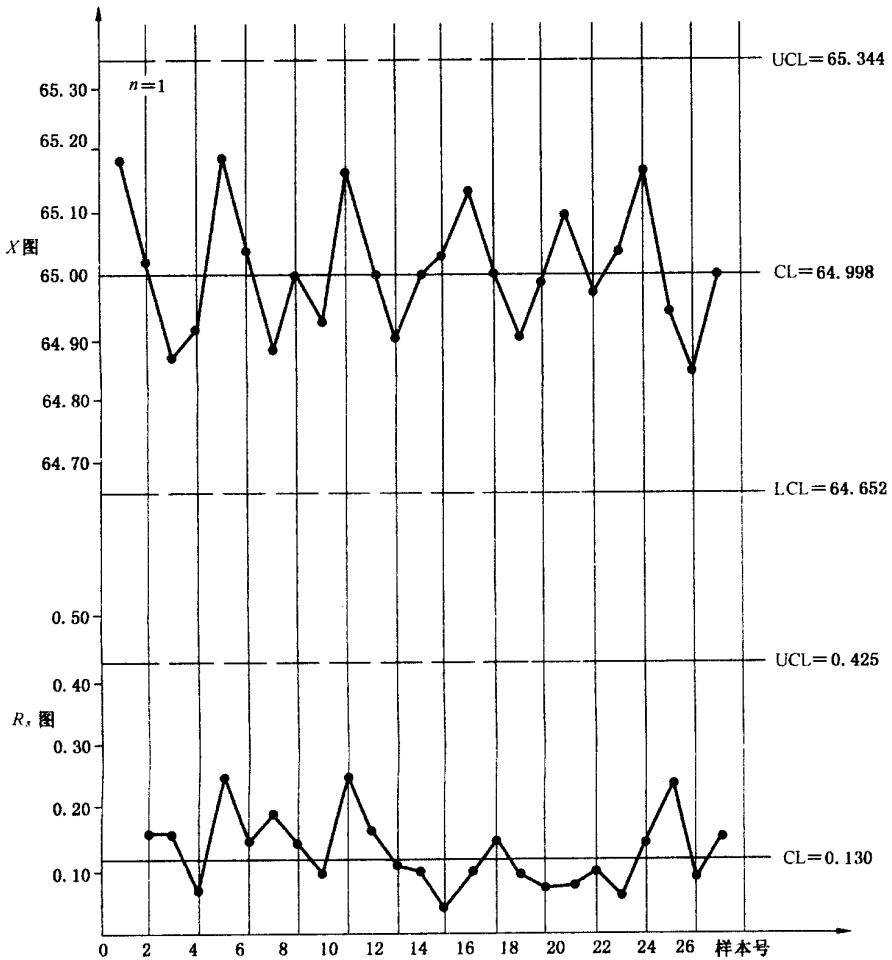


图 5-6 某件中心距离(65 ± 0.4) X - R_s 控制图

5. 不合格品率控制图(p图)

不合格品率控制图主要用于判断生产过程的不合格品率是否处于或保持在所要求的水平。

为了使 p 控制图在控制限的计算上简单易行,所收集的样本大小最好相同,或满足以下条件:

$$n_{\max} < 2\bar{n} \text{ 和 } n_{\min} > \frac{\bar{n}}{2}$$

否则,其控制限要按各样本分别进行计算,计算过程较繁琐,控制限将是由不规则的折线所组成, p 控制图画法见例 5-4。

【例 5-4】某检验员检验一种零件,某不合格品数据见表 5-9,试画 p 控制图。

本例为标准值未给定。

(1) 收集数据,填入数据表(见表 5-9)。

本例,样本数取 $k=25$,样本大小 n 不等, $n_{\max}=150$, $n_{\min}=100$,

$$\text{因为 } \bar{n} = \frac{3000}{25} = 120 \quad 2\bar{n} = 2 \times 120 = 240$$

$$\frac{1}{2}\bar{n} = \frac{1}{2} \times 120 = 60,$$

$$\text{所以 } n_{\max} < 2\bar{n}, n_{\min} > \frac{1}{2}\bar{n}$$

故可用样本大小的均值 \bar{n} 为代表。

(2) 求各样本的不合格品率(p_i)及其平均值(\bar{p});

$$p_i = \frac{(np)_i}{n_i} \quad (i = 1, 2, \dots, k) \quad (5-30)$$

$$\bar{p} = \frac{(np)_1 + (np)_2 + \dots + (np)_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{\sum_{i=1}^k (np)_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (5-31)$$

$$p_1 = \frac{2}{100} = 2\%$$

$$p_2 = \frac{3}{100} = 3\%$$

.....

$$\bar{p} = \frac{400}{3000} = 1.3\%$$

(3) 求中心线和控制限:

$$CL = \bar{p} \quad (5-32)$$

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = \bar{p} + A\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (5-33)$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = \bar{p} - A\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (5-34)$$

$A = \frac{3}{\sqrt{n}}$ 和 $\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}$ 的数值分别查 5-10 和表 5-11。

本例, $CL = \bar{p} = 1.3\%$

$$UCL = \bar{p} + A\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} = 1.3\% + 0.27\% \times 11.33 = 4.4\%$$

$$LCL = \bar{p} - A\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})} = 1.3\% - 0.27\% \times 11.33 = -1.8\% (\text{无意义})$$

(4)作图打点,连线(见图5-7)。

(5)标上有关事项。

(6)判断。生产过程处于控制状态,可继续加工。

表5-9 某零件不合格品率统计表

组号	样本大小 n	不合格品数 np	不合格品率 $p/\%$	组号	样本大小 n	不合格品数 np	不合格品率 $p/\%$
1	100	2	2	14	100	1	1
2	100	3	3	15	100	1	1
3	100	1	1	16	150	2	1.33
4	100	0	0	17	150	2	1.33
5	100	2	2	18	150	4	2.67
6	100	4	4	19	150	0	0
7	100	1	1	20	150	1	0.67
8	100	1	1	21	150	3	2
9	100	0	0	22	150	2	1.33
10	100	3	3	23	150	0	0
11	100	1	1	24	150	1	0.67
12	100	2	2	25	150	3	2
13	100	0	0	合计	3000	40	$\bar{p} = 1.3$

表9-10

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}} \text{数值表}$$

\bar{n}	A	\bar{n}	A	\bar{n}	A	\bar{n}	A	\bar{n}	A	\bar{n}	A
1	3.00	26	0.59	51	0.42	76	0.34	105	0.29	260	0.19
2	2.12	27	0.58	52	0.42	77	0.34	110	0.29	270	0.18
3	1.73	28	0.57	53	0.41	78	0.34	115	0.28	280	0.18
4	1.50	29	0.56	54	0.41	79	0.34	120	0.27	290	0.18
5	1.34	30	0.55	55	0.40	80	0.34	125	0.27	300	0.17
6	1.22	31	0.54	56	0.40	81	0.33	130	0.26	310	0.17
7	1.13	32	0.53	57	0.40	82	0.33	135	0.26	320	0.17
8	1.06	33	0.52	58	0.39	83	0.33	140	0.25	330	0.16
9	1.00	34	0.51	59	0.39	84	0.33	145	0.25	340	0.16
10	0.95	35	0.51	60	0.39	85	0.33	150	0.24	350	0.16
11	0.90	36	0.50	61	0.38	86	0.33	155	0.24	360	0.16
12	0.87	37	0.50	62	0.38	87	0.32	160	0.24	370	0.16
13	0.83	38	0.49	63	0.38	88	0.32	165	0.23	380	0.15
14	0.80	39	0.48	64	0.38	89	0.32	170	0.23	390	0.15
15	0.77	40	0.47	65	0.37	90	0.32	175	0.23	400	0.15
16	0.75	41	0.47	66	0.37	91	0.31	180	0.22	410	0.15

第五章 钣金冲压件统计检验

\bar{n}	A	\bar{n}	A	\bar{n}	A	\bar{n}	A	\bar{n}	A	\bar{n}	A
17	0.73	42	0.46	67	0.37	92	0.31	185	0.22	420	0.15
18	0.71	43	0.46	68	0.36	93	0.31	190	0.21	430	0.14
19	0.69	44	0.45	69	0.36	94	0.31	195	0.21	440	0.14
20	0.67	45	0.45	70	0.36	95	0.31	200	0.21	445	0.14
21	0.65	46	0.44	71	0.36	96	0.31	210	0.21	460	0.14
22	0.64	47	0.44	72	0.35	97	0.30	220	0.20	470	0.14
23	0.63	48	0.43	73	0.35	98	0.30	230	0.20	480	0.14
24	0.61	49	0.43	74	0.35	99	0.30	240	0.19	490	0.14
25	0.60	50	0.42	75	0.35	100	0.30	250	0.19	500	0.13

表 5-11

$\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}$ 数值表

$\bar{p}\%$	$\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}$	$\bar{p}\%$	$\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}$	$\bar{p}\%$	$\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}$	$\bar{p}\%$	$\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}$	$\bar{p}\%$	$\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}$
0.1	3.16	2.9	16.78	5.7	23.20	8.5	27.90	12.6	33.20
0.2	4.47	3.0	17.06	5.8	23.40	8.6	28.00	12.8	33.40
0.3	5.47	3.1	17.33	5.9	23.60	8.7	28.20	13.0	33.60
0.4	6.31	3.2	17.60	6.0	23.70	8.8	28.30	13.2	33.80
0.5	7.05	3.3	17.87	6.1	23.90	8.9	28.50	13.4	34.10
0.6	7.72	3.4	18.12	6.2	24.10	9.0	28.60	13.6	34.30
0.7	8.34	3.5	18.38	6.3	24.30	9.1	28.80	13.8	34.50
0.8	8.91	3.6	18.63	6.4	24.50	9.2	28.90	14.0	34.70
0.9	9.44	3.7	18.88	6.5	24.70	9.3	29.00	14.2	34.90
1.0	9.95	3.8	19.12	6.6	24.80	9.4	29.20	14.4	35.10
1.1	10.43	3.9	19.36	6.7	25.00	9.5	29.30	14.6	35.30
1.2	10.89	4.0	19.60	6.8	25.20	9.6	29.50	14.8	35.50
1.3	11.33	4.1	19.83	6.9	25.30	9.7	29.60	15.0	35.70
1.4	11.75	4.2	20.06	7.0	25.50	9.8	29.70	15.2	35.90
1.5	12.16	4.3	20.29	7.1	25.70	9.9	29.90	15.4	36.10
1.6	12.55	4.4	20.51	7.2	25.90	10.0	30.00	15.6	36.30
1.7	12.93	4.5	20.73	7.3	26.00	10.2	30.30	15.8	36.50
1.8	13.30	4.6	20.95	7.4	26.20	10.4	30.50	16.0	36.70
1.9	13.65	4.7	21.16	7.5	26.30	10.6	30.80	16.2	36.80
2.0	14.00	4.8	21.38	7.6	26.50	10.8	31.00	16.4	37.00
2.1	14.34	4.9	21.59	7.7	26.70	11.0	31.30	16.6	37.20
2.2	14.67	5.0	21.79	7.8	26.80	11.2	31.50	16.8	37.40
2.3	14.99	5.1	22.00	7.9	27.00	11.4	31.80	17.0	37.60
2.4	15.30	5.2	22.20	8.0	27.10	11.6	32.00	17.2	37.70
2.5	15.61	5.3	22.40	8.1	27.30	11.8	32.30	17.4	37.90
2.6	15.91	5.4	22.60	8.2	27.40	12.0	32.50	17.6	38.10
2.7	16.21	5.5	22.80	8.3	27.60	12.2	32.70	17.8	38.30
2.8	16.51	5.6	23.00	8.4	27.70	12.4	33.00	18.0	38.40

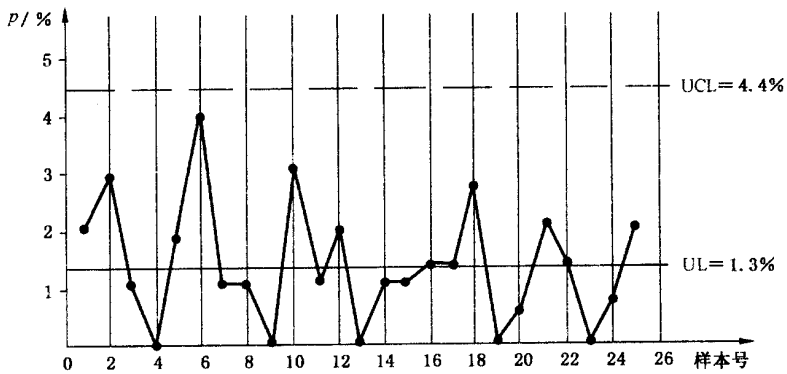


图 5-7 某零件 p 控制图

6. 不合格品数控制图(np 图)

不合格品数控制图也可用以判断生产过程的不合格率是否处于或保持所要求的水平,适用于样本大小相等的场合。

np 图的作图步骤与 p 图基本相同,有所区别的是在计算,现举实例如下:

【例 5-5】某检验员临床巡回检验一种机加工件,抽样间隔 1 小时,样本大小 $n = 20$ 件,要求不合格品率的平均值 $\bar{p} \leq 1.5\%$,各样本的检验结果列于表 5-12,试进行计算并画图。

表 5-12 某零件不合格品记录表

时间	样本序号	样本大小	不合格品数
8月7日 8:30	1	20	2
	9:30	20	1
	10:30	20	0
	11:30	20	0
	14:00	20	1
	15:00	20	0
	16:00	20	1
8月9日	8:30	20	0
	9:30	20	0
	10:30	20	1
	11:30	20	2
	14:00	20	0
	15:00	20	1
	16:00	20	0
8月8日	8:30	20	1
	9:30	20	0
	10:30	20	0
	11:30	20	0
	14:00	20	0
	15:00	20	1
	16:00	20	0
	17:00	20	1
18:00	20	0	
合计		500	13

(1) 求样本不合格品数平均值(\bar{np})和平均不合格品率(\bar{p}):

$$\bar{np} = \frac{\bar{np}_1 + \bar{np}_2 + \dots + \bar{np}_k}{k} = \frac{\sum_{i=1}^k (np)}{k}$$

$$\bar{np} = \frac{2+1+\dots+1}{25} = \frac{13}{25} = 0.52$$

$$\bar{np} = \frac{\bar{np}}{n} \quad (5-36)$$

$$\bar{np} = \frac{\bar{np}}{n} = \frac{0.52}{20} = 2.6\%$$

(2) 求中心线和控制限:

$$CL = \bar{np} \quad (5-37)$$

$$UCL = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} \quad (5-38)$$

$$LCL = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} \quad (5-39)$$

$$CL = \bar{np} = 0.52$$

$$UCL = 0.52 + 3\sqrt{0.52 \times (1 - 0.026)} = 0.52 + 2.14 = 2.66$$

$$LCL = 0.52 - 3\sqrt{0.52 \times (1 - 0.026)} = 0.52 - 2.14 = -1.62 \text{ (无意义)}$$

(3) 作图打点, 连线(见图 5-8)。

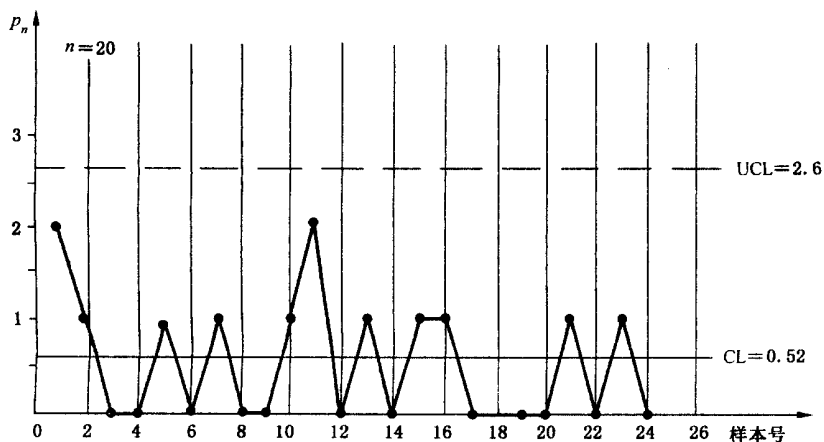


图 9-8 不合格品数控制图(np图)

(4) 判断。由于实际不合格品率大于质量指标要求, 即 $\bar{p} = \frac{\bar{np}}{n} = \frac{0.52}{20} = 0.026 = 2.6\% > 1.5\%$, 故需立即采取措施改进生产过程, 直到 \bar{p} 值小于 1.5%, 再将分析用控制图转变为控制图。

7. 不合格数控制图(c图)

不合格数控制图是以产品上的不合格数来控制产品质量, 常用于对锻件表面的重皮、氧化坑, 铸件表面的砂眼, 电镀件表面的斑点和喷漆件表面的气孔和色斑等缺陷进行控制, 适用于样本大小相同的场合。

c 图的画法参见例 5-6。

【例 5-6】某检验员检验一种电镀件,其表面斑点缺陷记录见表 5-13,试画 c 图。

本例为标准值未给定。

(1)收集数据,填入数据表(见表 5-13)。

(2)求样本缺陷数的平均值 \bar{c} 。

表 5-13 某电镀件表面斑点记录表

样本序号	缺陷数	样本序号	缺陷数	样本序号	缺陷数	样本序号	缺陷数
1	3	8	3	15	2	22	7
2	5	9	4	16	3	23	4
3	4	10	7	17	6	24	3
4	8	11	6	18	4	25	6
5	2	12	2	19	3	合计	111
6	5	13	3	20	2		
7	6	14	8	21	5		

$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k c_i \quad (5-40)$$

$$\bar{c} = \frac{3+5+\dots+6}{25} = 4.44$$

(3)求中心线和控制限:

$$CL = \bar{c} \quad (5-41)$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \quad (5-42)$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \quad (5-43)$$

$$CL = \bar{c} = 4.44$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 4.44 + 3\sqrt{4.44} = 4.44 + 6.32 = 10.76$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 4.44 - 3\sqrt{4.44} = 4.44 - 6.32 = -1.88 \text{ (无意义)}$$

(4)作图打点,连线(见图 5-9)。

(5)标上有关事项。

(6)判断。电镀件表面斑点质量处于正常稳定状态,可以继续生产。

8. 单位不合格数控制图(u 图)

单位不合格数可以是单位产品的不合格数,也可以是单位长度或单位面积上的不合格数。例如,某产品的样本大小等于 5 个单位面积,总不合格数 c 为 30 个,则单位面积不合格数 $u = \frac{30}{5} = 6$ 个。由于采用单位不合格数,尽管控制图上的上、下限可以随样本大小 n 而变,但其中心与 n 无关。 u 图的画法参见例[5-7]。

【例 5-7】某检验员检验某一产品喷漆表面上的缺陷记录见表 5-14,试画 u 图。

(1)收集数据,填入数据表(见表 5-14)。

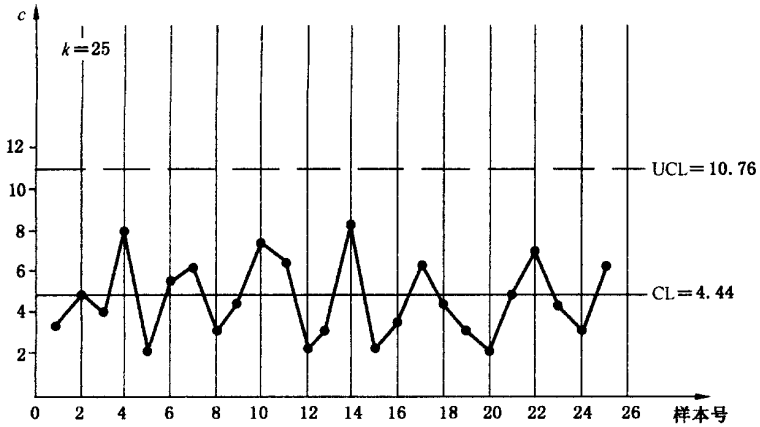


图 5-9 电镀件表面斑点 c 控制图

表 5-14

某产品喷漆表面缺陷记录表

样本序号	样本大小 n (面积)	缺陷数 c	单位缺陷数 u	样本序号	样本大小 n (面积)	缺陷数 c	单位缺陷数 u
1	1	4	4	14	2	10	5
2	1	5	5	15	2	9	4.5
3	1	7	7	16	2	6	3
4	1	1	1	17	3	9	3
5	1	4	4	18	3	12	4
6	1	3	3	19	3	15	5
7	1	2	2	20	3	6	2
8	1	5	5	21	3	19	6.3
9	2	6	3	22	3	14	4.7
10	2	8	4	23	3	13	4.3
11	2	7	3.5	24	3	9	3
12	2	4	2	25	3	6	2
13	1	12	6	合计	51	196	$\bar{u} = 3.84$

(2) 求样本的单位缺陷数(u)及其平均值(\bar{u}):

$$u = \frac{c}{n} \tag{5-44}$$

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} \tag{5-45}$$

样本序号 1, $u = \frac{c}{n} = \frac{4}{1} = 4$

样本序号 9, $u = \frac{c}{n} = \frac{6}{2} = 3$

样本序号 17, $u = \frac{c}{n} = \frac{9}{3} = 3$

$$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} = \frac{196}{51} = 3.84$$

(3)求中心线和控制限：

$$CL = \bar{u} \quad (5-46)$$

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{u}{n}} \quad (5-47)$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{u}{n}} \quad (5-48)$$

$$CL = \bar{u} = 3.84$$

$$\text{当 } n=1 \text{ 时, } UCL = 3.84 + 3\sqrt{\frac{3.84}{1}} = 9.72$$

$$\text{当 } n=2 \text{ 时, } UCL = 3.84 + 3\sqrt{\frac{3.84}{2}} = 7.997$$

$$\text{当 } n=3 \text{ 时, } UCL = 3.84 + 3\sqrt{\frac{3.84}{3}} = 7.23$$

LCL 计算结果为负数,故无意义。

(4)作图打点,连线(见图 5-10)。

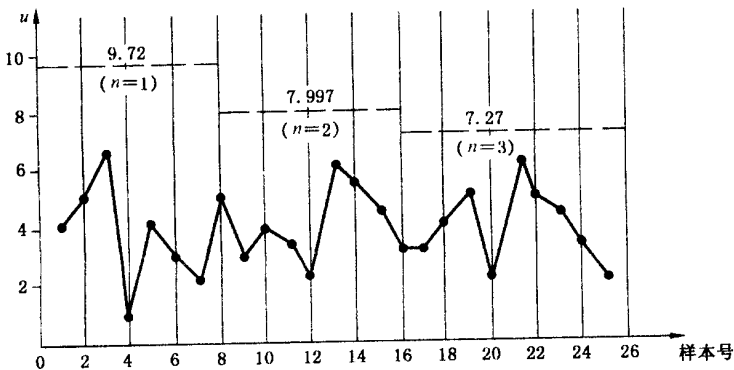


图 5-10 某产品喷漆表面 u 控制图

(5)标上有关事项。

(6)判断。生产过程处于控制状态,可以继续加工。

第三节 产品的抽样检验

一、抽样检验的概念与类型

抽样检验即根据数理统计原理,事先制定一个抽样方案,然后从送检的一批产品中随机抽取规定的数量进行检验,并以检验结果同抽样方案规定的标准比较,以作出这批产品是否合格的判断。

抽样检验的类型有多种划分的方法,通常可以按以下几个方面分类。

1. 按数据的性质分类

(1) 计数抽样检验是根据样品中的不合格品个数或缺陷的个数来判断整批产品是否合格的抽样检验叫计数抽样检验。例如测量工作是以通止量规为依据,将产品判为合格或不合格。

(2) 计量抽样检验是对各个样品的参数值进行统计,并用来判断整批产品是否合格的抽样方法叫做计量抽样检验。

计数抽样检验与计量抽样检验的比较见表 5-15。

表 5-15 计数抽样与计量抽样比较

项 目	计数抽样	计量抽样
质量的表示方法	用不合格品个数或缺陷的个数表示	用计量值表示
检验方法	无需熟练的检验技术 检验用的时间少 检验设备简单 检验记录简单 计算简单	一般需要熟练的检验技术 检验用的时间长 检验设备复杂 检验记录复杂 计算复杂
用于实际时的理论限制	抽样时最好保证随机抽取的形式,一般均可满足抽样所需的条件	抽样时要求保证随机抽取的形式。适用范围限于正态分布或其他特殊的条件
正确地判断批好坏的能力与检验件数	在得到同等判断能力方面,试样的数量增大而检验件数相等时判断能力下降	在得到同等判断能力方面,试样数量减少而检验件数相等时,判断能力提高
检验记录的利用	检验记录用于其他方面的作用较低	检验记录用于其他方面的作用较高

2. 按制定抽样方案的原理分类

(1) 标准型:这是抽样检验的基本方式,它是基于同时控制生产方和使用方风险这一准则而制定的。通常称之为能够满足买卖双方要求的组合式抽样检验。由于不需要利用抽样检验的历史资料,常用于孤立的一批产品的验收检验。

(2) 挑选型:按预先选定的抽样方案对每一批都进行抽检,判为合格的批被接受通过,但要将在样本中挑出的不合格品换成合格品,并补够数量。对于不合格批必须进行百分之百检验,以合格品换出批中的不合格品后,再次提交检验,因此,它不适用于破坏性检验,常用于不能选择供应方的购入检验,或者用于生产过程中的中间检验或巡回检验。

(3) 调整型:调整型抽样方案就是根据连续交检批质量变化情况,按预先规定的调整规则,随时调整抽样方案。当批的质量正常时,采用正常抽样方案;当批的质量变坏时,改用加严抽样方案;当批质量变好时,转为放宽的抽样方案。由于利用转移规则适时地调整方案的宽严,为买卖双方都提供了更多的保护。

3. 按抽取样本次数分类

(1) 一次抽样:根据一次抽取样本中的不合格品数来判断批产品的合格与否称一次抽样。一次抽样方案通常用记号 $[n; n; A_c; R_e]$ 来表示一次抽样方案, n 表示样本量, A_c 表示接

收数 R_e 表示拒收数。抽样程序如图 5-11 所示。

(2)二次抽样:根据二次抽取样本中的不合格品数来判断批产品的合格与否,称二次抽样。如第一次样本质量足够好或足够坏,可以直接接收或拒收该批,就不需要用抽第二样本。只有中间情况,不能作出批合格与否判断时,才抽取第二样本。常用记号

$[n_1; Ac_1; Re_1]$
 $[n_2; Ac_2; Re_2]$ 表示二次抽样方案,二次抽样检验程序如图 5-12 所示。

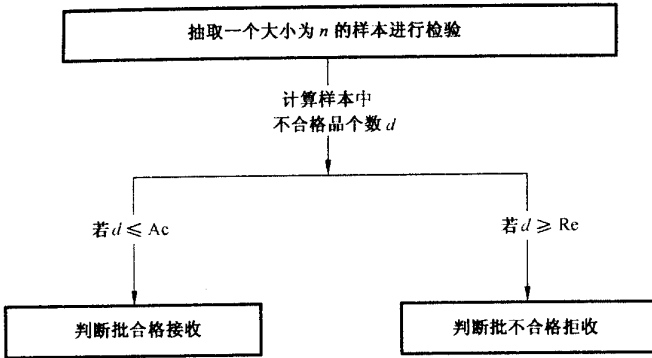


图 5-11 一次抽样检验示意图

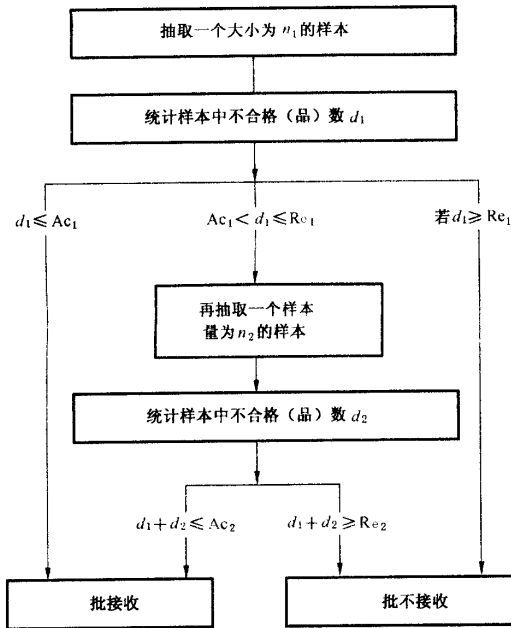


图 5-12 二次抽样检验示意图

(3)五次抽样:这是把二次抽样扩大到五次的一种抽样检验方式。也就是说,每次抽取同数量的样本进行检验,然后把检验结果与合格判定标准作比较,以判定合格、不合格

及未确定三类,并在规定的五次抽样次数范围内作出批合格与否判断。常用记号

$$\left[\begin{array}{l} n_1 ; Ac_1 ; Re_1 \\ n_2 ; Ac_2 ; Re_2 \\ n_3 ; Ac_3 ; Re_3 \\ n_4 ; Ac_4 ; Re_4 \\ n_5 ; Ac_5 ; Re_5 \end{array} \right]$$

表示五次抽样方案。

(4)序贯抽样:当试验带有破坏性时,要求采用的抽样方案既能满足对于两种错判概率的限制,又能使抽样单位产品的个数尽可能少。因此,在两次抽样的基础上引伸出序贯抽样。采用序贯抽样检验,每次只从批中随机抽检一个单位产品进行检验,然后按判定规则作出合格、不合格或不能确定,再抽下一个单位产品的判断,一旦作出批合格或不合格的判定,就终止检验。

二、百分比抽样检验及其不合理性

1. 百分比抽样检验的概念

所谓百分比抽样检验,就是不论产品批量的大小如何,一律按同样的百分比从产品批中抽取样本,而在样本中允许出现的不合格品个数是相同的。比如,按10%抽取样本,当批量为1000时,样本大小为100,当批量为100时,样本大小为10,并且规定的这两个样本中都不允许有不合格品,即规定 $Ac = 0$ 。有的还规定,当第一次抽检未被接收时,还可允许第二次加倍抽取样本进行检验,同样规定 $Ac = 0$,即不允许有不合格品。可见,这种抽样方案,对大批量严,对小批量松,而且当批量很大时,抽取的样本数也随之增大,不经济。

2. 百分比抽样检验的不合理性

(1)抽样比例的确定缺乏理论根据:采用百分比抽检时,应确定多大的比例,并无科学根据,大多是靠“拍脑袋”确定的,即使是参照类似的产品标准或行业规定,但实际上那些规定也是没有什么依据的。一般是认为重要的,抽样比例就高些,不太重要的就低些。并且常常因人而异。

(2)百分比抽检没有明确的质量保证值:现假定批量为 N ,按20%从批中取样本 n 进行检验,未发现有不合格品就接收,即 $Ac = 0$,若发现有不合格品就拒收。

设有两批批量不同的产品要作检验:

第一批产品的批量 $N_1 = 10$,其中有1件不合格品(即 $d_1 = 1$),则批不合格品率 $p_1 = d_1/N_1 = 1/10 = 10%$,按20%抽取样本 $n = 20\% \times N_1 = 2$,抽取的样本 n_1 为合格品的可能性为80%,抽到不合格品的可能性为20%,也就是产品批 N_1 被接收的可能性为80%。

第二批产品的批量 N_2 为50,其中也只有1件不合格品(即 $d_2 = 1$),则批不合格品率 $p_2 = d_2/N_2 = 1/50 = 2%$,按20%抽取样本 $n_2 = 20\% \cdot N_2 = 10$,当把产品批按10件为一组分成分五组时,显然其中有一组样本含有那一个不合格品,其余四组则均为合格品,此时该批被接收的可能性同样为80%。

由此可以看到,两批不同批量的产品,虽然批不合格品率有好有坏,相差很大,但用同一百分比抽样时,产品批被接收的可能性都是相同的,因此说明,被接收的产品批没有明

确的质量保证值,不能反映其实际质量水平到底是多少。

(3)百分比抽样具有“大批严、小批松”的缺点:今有批量不同的五批产品,规定均按5%抽样,并规定合格判定数 $A_c = 0$,则抽样方案分别是:

$N_1 = 100$	$n_1 = 5$	$A_c = 0$
$N_2 = 200$	$n_2 = 10$	$A_c = 0$
$N_3 = 400$	$n_3 = 20$	$A_c = 0$
$N_4 = 600$	$n_4 = 30$	$A_c = 0$
$N_5 = 2\ 000$	$n_5 = 100$	$A_c = 0$

将这五个方案画出如图 5-13 所示抽样特性曲线,可以看出方案(100/0)比方案(5/0)严得多。当批的不合格品率均为 20%时,这两个方案的接收概率相应为 0.13 和 0.90。

三、计数调整型抽样检验

1. 计数调整型抽样方法的形成

计数调整型抽样检验是当今国内外应用最广的一种检验方案。具有代表性的计数调整型抽样方案是美国军用标准 MIL-105D(简称 105D)。日本在 105D 的基础上,制定了日本工业标准,称为 JISE9015。1974 年国际标准化组织(ISO)也在 105D 的基础上制定并颁布了 ISO 2859 国际标准。我国标准 GB/T 2828-1987,就是参照国际标准 ISO 2859:1974 制定的。它适用于连续批的检验。

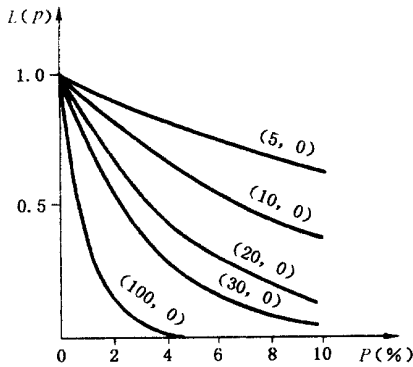


图 5-13 抽样特性曲线

国际标准化组织(ISO)后采纳对 ISO 2859 标准作了重大修订,将该标准作为一个通称为《计数抽样检验程序》的系列标准的第一部分,即 ISO 2589-1:1999《按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划》,我国于 2003 年根据该标准发布了与此等同的 GB/T 2828.1-2003 国家标准

2. 计数调整型抽样方案的基本特点

所谓调整型抽样方案,就是在验收过程中,不是采用固定的一种抽样方案,而是根据产品质量的变化,轮番地采用正常检验、加严检验和放宽检验这三个不同的抽样方案,通过转换规则连续组成一个完整的抽样体系。该方案一个显著特点,就是检验员(或使用方)可以根据已有的历史资料调整抽样方案的宽严程度。即在一般情况下,采用正常检

验 经过初次或几批检验结果表明制造者提供的批质量变好时 转换到放宽检验 ;反之 ,当批质量变坏时 转换到加严检验 如果质量下降到某种规定程度时 就要停止检验 ,直至采取措施 ,确认质量有明显好转后 ,才能重新开始实行抽样检验。在调整型抽样方案中 ,正常检验体现了对生产方的保护 ,加严检验体现了对使用方的保护。而放宽检验则是对提供优质产品生产力的一种鼓励。三种方案转换过程如图 5 - 14 所示。

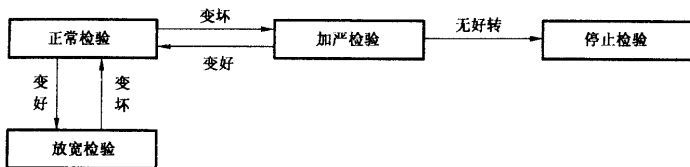


图 5 - 14 调整型抽样方案相互转换示意图

调整型抽样方案的主要优点在于对产品质量具有较好的辨别能力。通过调整检验的宽严程度 ,能鼓励和促进生产方更好地关心提高产品质量 ,也为使用方择优选择产品提供了科学的依据。此外 ,还具有抽样数量少、检验费用低等优点。因此被广泛应用于原材料、工序检验、零部件和产品成品检验。原则上适用于连续批检验。

3. 计数调整型抽样检验的使用方法

参阅 GB/T 2828.1 - 2003(ISO 2859—1 :1999 ,IDT)《计数抽样检验程序 第 1 部分 按接收质量限(AQL)检验的逐批检验抽样计划》。

四、孤立批抽样检验

1. 抽样方法及标准的形成

我国参照国际标准以极限质量 LQ 检索的孤立批抽样检验方案 ISO 2859 - 2 :1985 设计 ,发布 GB/T 15239 - 1994《孤立批计数抽样检验程序及抽样表》国家标准 ,专门用于孤立批的抽样检验。在生产实际中 ,孤立批的情况主要有 :从连续稳定生产的供应商处采购的一批或少数几批产品的验收 ;质量波动大、忽好忽坏的产品批的检验 ;单位生产或新产品小批试制过程中加工的产品的验收。

2. 孤立批抽样方法的特点

(1)GB/T 15239 中规定以极限质量 LQ 为质量指标。对于一个产品来说 ,是否被接收 ,取决于生产方式或使用方对检验批的质量要求 ,而极限质量 LQ 是与较低接收概率相对应的一种质量水平 ,是使用方所不希望的质量水平。

孤立批抽样方案确保当产品批的质量水平接近极限质量时 ,批被接收的概率很小。因此可以说孤立批的抽样方案是通过控制使用方风险来实现对批的质量保证的。

(2)根据产品来源的不同而区分检验模式。GB/T 15239 根据产品批的来源不同 ,提供两种抽样模式。

模式 A 是在生产方和使用方均为孤立批的情形下使用 ,如单件小批生产、质量不稳定产品批、新产品试制的产品批的检验。

模式 B 针对来自于稳定的生产过程的少数几批产品的验收 ,即对生产方是连续的 ,

而使用方由于对这种产品采购的产品批数较少,对它而言应视为孤立批。

3. 孤立批抽样检验 GB/T 15239 的使用

孤立批抽样检验方案 GB/T 15239 - 1994 的抽样检验程序如下:

- (1) 规定单位产品需检验的质量特性,并规定不合格的分类;
- (2) 根据产品批的来源选择合适的抽样模式;
- (3) 规定检索方案所需的要素,检索抽样方案。

不同的抽检模式所需规定的检索要素是不同的,对于模式 A 必须规定极限质量 LQ 、批量 N 和抽样类型。极限质量的规定方法与 AQL 相似,因为它们均是对质量水平提出的要求,只不过极限质量 LQ 是批不可容许的质量水平,因此对于同一种产品 LQ 值的大小应与以往规定的 AQL 值拉开一定距离,如果两个值太接近,会使检索出抽样方案样本量过大,如果两个质量水平相差太远,又会使抽样方案过于宽松。批量 N 的大小根据生产实际组批,组批的要求与前面的内容相同。在孤立抽样检验两种模式均给出了一次和二次抽样方案,抽样类型的选取与 GB/T 2828.1 相同。

孤立批的抽样方案的 B 模式除规定以上要素外,还要给出检验水平,因为 B 模式的设计是根据极限质量 LQ 、批量 N 、检验水平的抽样类型设计的。在 B 模式中检验水平的规定与 GB/T 2828.1 相同,仍为 4 个特殊水平和 3 个一般检验水平。但是在孤立批检验标准中检验水平的作用和 GB/T 2828.1 有所不同,B 模式中规定在极限质量处的接收概率应很低,因此只要给出了极限质量,无论是选择哪个检验水平,在极限质量处的接收概率相差不大,不同的检验水平在对检验批规定极限质量相同的情况下对使用方的影响较小,而对生产方的影响较大。如当 $N = 10\ 000$ ($LQ = 2.0\%$) 时,检验水平为 II 的抽样方案为 (200, 1),当检验水平为 III 时,抽样方案为 (315, 3)。两个方案在极限质量处的接收概率相差不大,而在生产方风险为 5% 处的质量水平相差很大。当极限质量与过程平均相差较大时,可以选择较低检验水平。

五、计数挑选型抽样检验

计数挑选(又称选别型)抽样检验是以不合格品率表示产品批的质量。用预选规定的抽检方案对批进行检验,合格的批直接被通过,不合格批须经全数检验将其中的不合格品换成合格品(包括经整修为合格品)后再被通过或接收。

计数挑选型抽样检验,最早是美国的道奇(H. F. Dodge)与罗米格(H. G. Romig)两博士提出的。日本在道奇-罗米格抽样检验表的基础上,制定了 JISE 9006 抽检表。挑选型抽检程序可以用图 5-15 表示。

经抽检被判为不合格的批,还需进行全数检验挑剔出不合格品(包括修整或更换),这是挑选型抽检的特征。因此,对于破坏性检验不适宜,因为全数检验是不可能的。

计数挑选型抽样检验通常适用于下列场合:

- (1) 产品一批接一批地入库时;
- (2) 各工序间半成品转序交接时;
- (3) 向指定用户连续供货时。

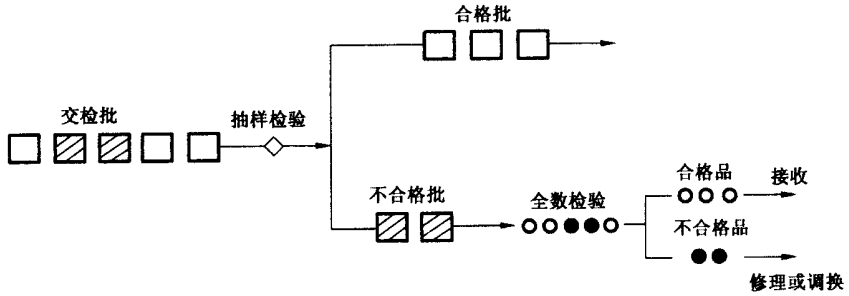


图 5-15 挑选型抽检程序图解

六、计数连续生产型抽样检验

计数连续生产型抽样检验，是在连续制造产品的过程中进行的，可将产品质量控制在规定的平均质量水平内。其基本做法是：在开始检验时，逐个检验每个产品，如果连续 i 个产品都不合格，接下去采用抽样检验，在相邻的每 j 个产品中任抽 r 个进行检验，只要没有不合格品出现，就继续采用抽检；一旦出现不合格品，立即恢复逐个检验（参见图 5-16）。在整个过程中所发现的不合格品，有两种处理方法。一种为如数替换成合格品，另一种则是简单地剔除。

这种抽样检验方式适用在以下场合：

- (1) 采用传送带方式连续生产的产品的连续检验。
- (2) 代替对抽检不合格批的全数检验。
- (3) 合格质量水平(AQL)要求严格的抽检的预检验。
- (4) 代替一般允许混入少量不合格品的全数检验。

连续生产型抽样检验的最基本方案，是 1943 年道奇发表的 CSP-1。此外，还有道奇的 CSP-2 及 CSP-3，这些都是从逐个检验开始的方案。日本 JISE 9008 标准(JISZ 9008 标准，请参阅高风林编译《质量管理的抽样检验方法》)，即是在 CSP-1 基础上制定出来的。

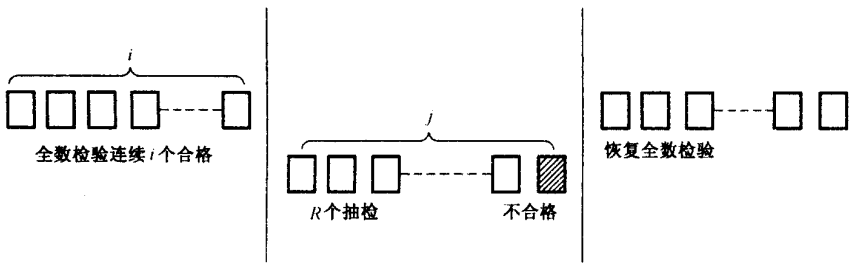


图 5-16 连续生产型抽检程序图解

第六章 钣金冲压检验方式与程度

第一节 检验方式的分类

对于不同的检验对象,在不同的情况和条件下,可以采取不同的检验方式。不同的检验方式又反映了不同的检验精度和要求。合理选择检验方式的原则是:既要保证质量,又要利于生产,还要尽可能减少检验工作量,节省检验费用,缩短检验周期。

检验方式种类较多,常用的分类方法如表 6-1 所示。

表 6-1 检验方式分类表

类 别	检 验 形 式
按产品制造工艺流程分	进货检验 工序检验 成品检验 出厂检验
按检验地点分	固定检验 巡回检验
按检验的数量分	全数检验 抽样检验 免检
按检验目的分	把关检验 预防检验 考核检验
按检验性质分	破坏性检验 非破坏性检验
按检验的内容分	性能试验 耐久性试验 严酷检验 分析检验 验证检验
按检验实施方分	第一方检验(生产方检验) 第二方检验(消费者和买方检验) 第三方检验(国家监督检验、第三者仲裁检验)

一、按产品制造工艺流程分类

产品质量是在产品生产的全过程中形成的,为了保证最终出厂的产品质量,就必须对产品制造工艺流程中各道工序进行道道检验,严格把关(见图 6-1)。

1. 进货检验

进货检验包括用于生产的各种原材料、辅料、外购件、外协件的最初样品和成批进货检验。由于现代化工业生产的标准化、专业化水平越来越高,外购件及配套产品的比重也越来越大,故外购零部件和配套产品的质量直接关系到出厂的成品质量;另外,为了压缩库存,加速资金周转,器材的库存量发展趋势是越来越少。以前,通常在生产使用前几个

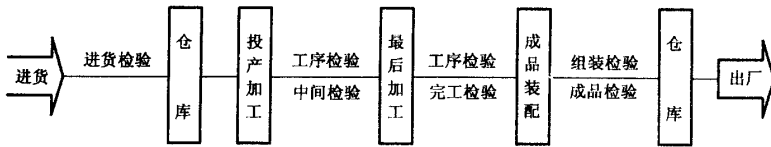


图 6-1 产品制造工艺流程中检验把关示意图

月或几个星期就已购入库存起来。现在，则要在生产进行的前几天才接收货物。因此，进货检验批中的缺陷就会引起严重的生产问题。由此可见，进货检验的目的是为了防止不符合质量要求的材料或零部件进入工艺流程，打乱正常秩序，造成制品的报废或降低成品质量。进货检验是把好产品质量的第一关。企业目前存在的普遍问题是，企业虽订有质量验收标准，但标准不够明确；虽订有测试条件，但测试设备不全；虽配备专职检验人员，但人员数量不足、素质较差。因此，往往有些进货项目或有些项目中某些重要质量特性不作检验，就验收入库。

进货检验一般是以抽样方式进行的。抽样方案是供需双方共同协商确定的。进货检验需编制检验指导书，如表 6-2 所示。为了减少进货检验的检验范围或项目，供方在交货时必须提供具有试验记录的质量保证或质量证明书。

表 6-2 进货检验指导书

件号	×××	件名	弹 簧	检验地点		进货检验站	
取样方式	随机取样	取样计划： 合格质量水平 1.5% 一次正常抽样方案，一般检验水平 II。					
取样地点	外购件库房						
编制号	×××						
检验项目	规 格			检验手段	备 注		
材 料	65# 碳素弹簧钢丝			火花鉴别			
旋 向	左施			目测			
有效圈数	$n = 6$			目测			
总圈数	$n_1 = 8$			目测			
形位公差	两端并紧修平，并与中心线保持垂直，在全长 59mm 范围内为 0.5 mm。			直角尺与目测			
弹性应力	长度压缩至 55 mm 时 $p_1 = 136.2 \text{ N}$ 长度压缩至 52.5 mm 时 $p_2 = 221.5 \text{ N}$ 长度压缩至 40.5 mm 时 $p_3 = 629.2 \text{ N}$			弹簧应力检验仪			
钢丝直径	$\phi 4.5$			游标卡尺			
全 长	59			游标卡尺			
圆 距	8			游标卡尺			
外 径	$\phi 31.5$			游标卡尺			

批准： 审校： 编制： 日期：

单纯做进货验收检验来防止不合格品验收入库,仅仅是一种方法,往往是不易把住关,或者是不经济的。因此,就有到供方去考查工程能力、工艺稳定程度及质量保证条件的必要,择优签订合同,把重点放在促进供方提供质量保证上,将会取得更好的效果。

2. 工序检验

工序检验是为判断半成品能否由上一道工序转入下一道工序所进行的检验。其目的是为了早期及时发现不良品。一般地说,在当道工序发现不良品比在下道工序发现不良品损失少,而且可以及早采取措施。因此工序检验往往同时起到两种作用:一是提供资料来对产品作出判定,即产品是否符合标准,要作出合格与否的结论;二是提供资料来对工序作出判定,即监督工序状态是否发生变化,判定工序加工能力来确定该工序是继续进行还是停止,进而预测正在生产和将要生产的产品质量。

工序检验包括首件检验、巡回检验、中间检验和完工检验。

(1)首件检验:在生产过程中,对生产开始时和工序要素变化后的首件产品质量所进行的检验叫首件检验。这就是说,当操作者、机器、材料、方法和环境五大因素发生改变时(如白班、夜班的更替;刀、量、夹具的变更;材料的改变及供货厂家的不同等等)都必须进行首件检验。首件检验的目的是为了及时发现对图纸或工艺的错误理解,工艺过程质量是否处于正常状态,及时发现问题,以防止成批废品发生。对首件或头几个件进行检验时,如果发现有不合格品,就要立即查明原因,并且采取措施,对生产过程中影响质量的有关因素加以调整和改进。当消除这些不正常的因素后,再开始生产。首件检验需查对的内容包括:

- ①查对工艺卡片或过程卡片与工作票是否相符;
- ②查对所用的工、夹、刃量具与工艺规定是否相符;
- ③查对加工所使用的切削用量是否符合规定;
- ④检查首件尺寸、表面粗糙度和形位精度是否符合规定;
- ⑤通过首件检验合格的工件应以适当方式打上标记,在该批产品完工前或到下班为止应一直单独存放,工厂中俗称建立“首件”。

大批量生产的产品“首件”并不是只限于一件,而是要有一定数量的试样。在质量的保证是以工装为决定因素的工序(如模锻件、冲压件)时,首件检验更为重要。此时模具的定位精度反复校正,故有时称作工装的安装检验,或称工装验证。为了使工装定位准确,一般采用了定位精度公差的预控法,即反复调整工装,使定位尺寸控制在中间公差范围的预控线内,这种预控法是符合正态概率分布原理,是使废品发生的概率控制在极小范围内的简便方法。

我国许多企业实行的“首件三检制”对于预防成批不良品和防止错漏检起到了积极作用。所谓“首件三检制”即操作者自检、班组长(或班组质量员)复检、专职检验员终检。三者对首件产品严格检验,共同负责。实行“首件三检制”,虽然稍微增加了成批产品加工前的“麻烦”,但是“磨刀不误砍柴功”,在加工第一件产品时把一切能够考虑到的问题,都由三个人的集体智慧事先考虑周到,恰恰是为了避免成批加工中出现意想不到的问题,从而免去了更多的麻烦和损失,并在精神上增强了操作者成功的信心。

(3) 中间检验: 又称关卡检验或工程检验。这是一种在工程之间对整批的零件进行的集中检验, 目的是用来决定该批零件是否可以流转到下道工序。如零件机械加工后, 在流转到热处理工序之前, 均要作中间检验。这时发现不良品, 便于返修。中间检验采用感官检验方法的项目较多。例如用视觉检验零件的毛刺、磕碰、裂纹、黑皮、表面粗糙度、弯曲变形等外观质量, 同时还可检查出漏工序。中间检验还应对零件尺寸和形位精度作抽检或全检。

表 6-4

巡回检验指导书

件号	× × ×	件 名	活 塞	编制时间	年 月 日	
工序号	项目号	项 目 名 称		技术要求	检 具	检验程度
9	1	左螺纹尺寸精度		M39 × 2 - 2a	螺纹塞规	抽检
	2	螺纹对 φ70 圆跳动		0.10	螺纹千分尺	抽检
	3	90°锥面对 φ40 圆跳动		0.1	偏摆仪	抽检
	4	90°锥面粗糙度		3.2 $\sqrt{\text{V}}$	粗糙度标准块 (目测比较)	抽检
	5	90°锥度角度公差		90° ± 15'	专用量具	抽检
	6	60°锥面角度公差		60° $^{0}_{-30'}$	专用量具	抽检
10	7	花键根部圆弧		R ₁ - R1.5	半径规	抽检
	8	花键齿侧粗糙度		3.2 $\sqrt{\text{V}}$	粗糙度标准块	抽检
	9	花键综合精度		不等分累积 误差小于 0.2	综合量规	全检
	10	齿侧倒棱		0.8 × 45°	目测	全检
16	11	小圆外径		φ45 $_{-0.06}^{+0.04}$	卡规	全检
	12	小圆外径粗糙度		0.8 $\sqrt{\text{V}}$	粗糙度标准块 (目测比较)	全检
	13	小圆 φ40 对轴心跳动		0.01	偏摆仪	抽检
17	14	大圆外径		φ70 $_{-0.04}^{+0.02}$	卡规	全检
	15	大圆外径粗糙度		0.4 $\sqrt{\text{V}}$	粗糙度标准块	全检

批准: 审核: 编制: 日期:

(4) 完工检验。零件按加工工序完成后, 要集中到完工检验站, 按完工零件检验卡片或产品图纸规定进行的检验。合格者要打印上合格标记, 才可入库或进入装配流程。

3. 成品检验

成品检验包括检验项目较多, 一般有组装检验和产品外观、完整性、性能、精度、清洁度、喷漆、包装和可靠性检验等。成品检验的目的是防止有缺陷的产品交库或出厂。因此, 要对成品外观、性能、精度以及完整性等项目进行百分之百检验。这是把好产品质量的最后关, 一定要从严从细。为了防止因漏检验致使有缺陷产品出厂, 应编制并遵循成

二、按检验的地点分类

按检验的地点可分为固定检验和巡回检验两种方式。

1. 固定检验

固定检验又称检验站检验或集中检验。这种检验是把受检产品(零件)送到规定的检验地点进行检验。这是最常用的一种形式,适用于检验批量大,检验的质量特性项目多,需装备专用的检验仪器、测试设备进行检验的零部件中间周转跨车间前的检验(例如机加工零件送热处理前的中间检验),以及零件完工和成品装配后的检验等。固定检验的优点是把产品(零件)集中到一个地方而使检验方便易行,可以利用某些特别需要的检测设备,便于批的区分等。

2. 巡回检验

巡回检验能贯彻预防为主,临床作检验,把不良品及时发现当道工序,有利于及早采取措施,因此已被各加工制造工厂所广为采用。

三、按检验的数量分类

按检验数量可分为全数检验、抽样检验和免检三种方式。详见本章第二节。

四、按检验的目的分类

把检验的目的可分为把关性检验、预防性检验和考核性检验三种方式。

1. 把关性检验

把关性检验是对零件或产品批进行验收检验,其目的是把关。

2. 预防性检验

预防性检验采用首件检验、巡回检验和控制图等检验形式,目的是为了及时发现质量问题,了解产品质量波动情况,找出异常,及时采取措施,防止不良品发生。

3. 考核性检验

考核性检验包括复检、循环检验等,目的是考核检验准确性。

五、按检验的性质分类

按检验的性质可分为破坏性检验和非破坏性检验两种方式。

1. 破坏性检验

在检验过程中,为了测量、试验而使该产品丧失使用价值,或者是降低了产品价值的检验,称作破坏性检验。例如,热处理零件要切片作金相、碳层深度和淬硬层深度的检验,金属材料的拉伸试验,电子设备的加速恶化试验等,均属破坏性检验。产品寿命试验也是一种破坏性试验。

采用破坏性检验,非但不能作全数检验,即便抽样检验也只能抽取极小量的样本。一般地说,这不是保证质量的上策。因而有必要研究用非破坏性检验来代替破坏性检验。例如,对于钢铁制品,常用检验硬度作为强度的代用特性。检验产品微细裂纹和内部缺陷,已普遍采用超声波探伤、磁力探伤、X射线无损探伤技术。非破坏性检验方法正在迅

速发展,应注意研究采用。尤其应关心是否开发出对保证产品安全行之有效的非破坏性检验方法。

2. 非破坏性检验

检验中对产品进行测量、试验,但并不降低其使用价值,这种检验称作非破坏性检验。通常能进行的检验大部分属于这种检验。

六、按检验的内容分类

按检验的内容可分为性能试验、耐久性试验、严酷检验、分析检验及验证检验五种形式。

1. 性能试验

性能试验即按产品标准对产品性能所进行的检验。

2. 耐久性试验

耐久性试验即对产品能否长时间发挥性能所进行的检验,也可以说成是寿命或可靠性试验。

3. 严酷检验

严酷检验即在严酷条件下所进行的检验(例如超负荷试验,加速性试验)。

4. 分析检验

分析检验是为了对产品质量和工序质量进行分析所进行的检验,检验中即使发现有不合质量特性也不停止,而要将检验一直进行到底。

5. 验证检验

所谓验证检验是为确认产品或工序是否存在异常的一种检验。在多数情况下,这种检验的样本远比通常的抽样检验为少。验证检验也有种种方法,最极端的例子是只检验一个样本,称作单个样本试验。

七、按检验实施方分类

按检验实施方可分为第一方检验(生产方检验)、第二方检验(消费者和买方检验)及第三方检验(国家监督检验、第三者仲裁检验)三种方式。

1. 第一方检验(生产方检验)

第一方检验是生产企业为了及时发现生产中的不合格品,不使其流入下道工序,确保出厂产品质量符合要求而实施的检验。对整个社会生产活动来说,生产方检验是保证产品质量的基础环节之一。这一环节抓好了,第二方和第三方检验就好办了,就能确保社会生产活动的经济效益。

2. 第二方检验(消费者和买方检验)

第二方检验又称验收检验,是买方为了保证所买到的产品符合质量要求而进行的检验,目的是保护自身的经济利益。通过验收检验,把及时发现的质量问题,提供给生产方,又可弥补第一方检验的不足,也是获取改进产品质量信息的重要渠道。

3. 第三方检验

实施第三方检验,通常有两种情况。第一种是当买卖双方发生质量争议需要仲裁时,

由具有权威性的第三方作仲裁检验。第二种是国家为了监督质量方针、政策、标准的贯彻执行,指导和控制经济活动的健康发展而进行的质量监督检验。由于监督检验具有科学性、公正性和不盈利性原则,所以它比其他检验具有更高的权威性。因此,监督检验在法律上具有更强的仲裁性。

第二节 检验程度

检验程度,可供选用的方法有:全数检验、抽样检验和免检(全数不检验)三种。选用哪种程度作检验,要看被检产品的具体情况。例如,高压容器的焊缝,即使只有一处不合格,出厂后,在使用中也会在安全上、经济上造成很大影响。有的如普通弹簧、垫圈、小螺帽、螺钉,即使混有百分之几的不合格品,在使用中也不一定会造成多大危害。因此,在进行检验时,就要研究应该采用何种程度作检验。确定检验程度应从保证用户或下道工序取得所需质量特性以及从经济效果角度来综合考虑。

一、全数检验

全数检验指的是对交检验的所有产品,都要进行检验,这种检验又称全检或百分之百检验。

1. 全数检验的局限性

通常人们认为全数检验才可以保证验收产品的质量。其实实际情况并非如此,全数检验也存在着如下问题:

(1)不可靠:全数检验即100%检验,但并不是100%正确。往往因种种原因会发生错检和漏检。例如,在交检批量大、不合格品率高、零件形状复杂而检验项目多、检验工作量大而检验时间要求紧急以及检验员长时间连续紧张工作导致疲劳过度,就难免发生错检和漏检。

(2)不经济:对于一些价值不高,不太重要而且批量较大的产品,就不必采用全数检验,否则就会导致检验费用增大,使产品成本增加,这在经济上是不合算的。

(3)不可能:对一些带破坏性检验的产品,就不能采用100%检验,只能抽检。

2. 全数检验适用场合

尽管有上述问题,全数检验仍然有相当多的适宜采用场合,具体情况有:

(1)致命缺陷的检验,即哪怕有一个不合格品也会造成人身或设备严重事故的时候,如汽车的刹车器检验、高压容器的耐压试验等。

(2)当某些原材料或半成品混有不合格品时,或某道工序加工质量发生异常时需实行全数挑选检验。

(3)全数检验容易,而且检验费用较少的情况下,例如电灯泡的点亮试验。

(4)贵重金属制品或价格昂贵的产品,即使有少量的不合格品也会给经济带来极大的影响。

(5)产品的批量较小或检验工作量不多的场合,例如单件或小批生产。

(6)工序的工程能力差,出现不良品多的工序。

(7)采用自动化检验,检验结果十分可靠,而又确实能易于做到100%检验的场合。

此外,对于精、尖产品,特别关键的质量特性,为提高产品质量的保证程度,往往不仅做一次全数检验,甚至做多次重复检验。值得注意的倾向是,随着对产品质量要求越来越严格和检测手段自动化迅速发展,对成品质量的检验有向采用全数检验发展的趋势。

二、抽样检验

抽样检验是指按事先制定的抽样方案,对一批产品,按一定的数量抽取样本,根据样本检验结果,来判断整批产品的质量水平,得出整批产品合格与否的结论。抽样检验的工作过程大致如图3—2所示。采用抽样检验接收的是合格批,拒收的是不合格批。

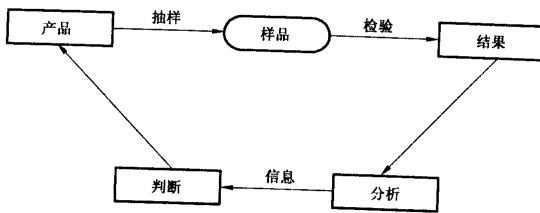


图 6-2 抽样检验过程示意图

抽样检验的一个显著特点是允许在一批产品中存在一定数量的不合格品。因此,不是所有的被检产品都可以采用抽样检验的方式,但是抽样检验可以大大减少检验工作量,节省检验费用,只要正确地运用这种方法,也是可以有效地保证达到所要求的质量水平的。

1. 抽样检验适用场合

(1)需作破坏性检验的场合,不可能采用全数检验的方式。

(2)检验对象是连续体或成堆的物品。例如带钢、电线、纸张、布匹和煤堆;连续加工的如冲压成形零件,如果取首件和最后加工的一个零件作检验是合格的,则可认为中间加工的零件也都是合格的。

(3)产品的数量大,并允许有某种程度的不合格品混入的场合。例如,标准件中的螺钉、螺帽、销钉等。

(4)希望花费较少检验费用的场合,抽样产品数量少,减少了检验工作量,检验费用低。

(5)检验的项目多或检验所需时间长的场合。在检验项目多或检验时间长的情况下,要进行各项全数检验是有困难的,在这种场合,若允许混有某种程度的不合格品,则抽样检验既经济又有利。

(6)为了促进生产工人提高产品质量的场合。在这种场合全数检验时,合格品验收,只将不合格品报废或拒收,这对生产工人往往压力不大,这时若采用抽样检验,对批量作合格与否判断,拒收的是成批产品(包括合格品和不合格品),工人不仅要自检来区分合格品和不合格品,而且要对不合格品负有修复的责任,这会给生产工人带来较大的损失和压

力,促使他们想方设法提高产品质量。

2. 抽样检验必须注意的事项

(1)抽样检验是对批量作出合格与否的判定。如果产品不是作为批量处理时,就不必采用抽样检验。一般样本小于批量40%时采用抽样检验才有经济意义。

(2)抽样检验是以随机抽取试样为基本条件的。所以,如果不能满足这种条件就不适用。

3. 全数检验与抽样检验的比较

表6-6展示全数检验与抽样检验的比较,从表中可以得出两种检验方法的适用场合。

表6-6 全数检验与抽样检验的比较

对比项目	全数检验	抽样检验
检验项目	检验项目少,检验工作简便易行	检验项目多,检验工作量大
批量大小	适合小批量的场合	适合大批量的场合(连续体、成堆物品、量大数多的物品)
有致命缺陷的	适用	不适用
检验费用	高	低
即使有少量的不合格品,也不会经济上或使用上产生大的影响	不适用	适用
对生产工人提高质量的刺激	小	大
检验性质(破坏与非破坏)	适宜非破坏性检验的场合	适宜破坏性检验的场合

第七章 检验误差分析

检验的目的在于确保产品质量,即应可靠地判断产品、零件的被检质量特性是否符合质量标准要求。但是,在实际工作中,检验误差总是在所难免,检验工作中必然存在误判。如把部分不合标准的不合格品误判为合格品而验收,简称“漏检”,或把符合标准的合格品错判为不合格品而拒收,简称“错检”。为了提高检验工作质量,防止漏检、错检发生,研究检验误差及其防止措施,就成为—个重要课题。从20世纪70年代初开始,检验误差已为质量控制研究者所关注。

检验误差按产生的原因,可分为标准误差、环境误差、测量误差和检验员误差四类。有些错、漏检是单一原因造成的,也有两种以上原因综合引起的。

第一节 标准误差

一、标准误差的定义

所谓标准误差,就是由于质量标准不明确而引起的检验误差。因为检验工作的依据是标准。在机械工业企业中俗称“三按”,即按图纸、按工艺、按规定的通用技术条件作检验。如果标准规定的不明确,检验时就容易发生错误判断。现场调查表明,标准误差产生的原因有以下几个方面:

1. 标准不统一

具体说来就是图纸、工艺和技术文件规定不一致。例如,图纸规定蜗杆要铲除不整扣部分(俗称半扣),由于工艺文件没有规定,检验员在现场巡回检验时,因偏重于按工艺,而忽略查看产品图纸,结果发生了漏检。

2. 图面不清

图面上有含糊不清的文字或图形,使检验员易产生错误的理解或疏忽。例如6和b分不清,检验员将标为 $\phi 25 d_6$ 的6级精度的卡板误当为 $\phi 25 d_b$ 2级精度卡板使用,造成了成品废品。又如图7-1所示,某零件内孔倒稍原规定为 90° ,由于装配时发现有问题,技术人员就把倒稍改注为 45° ,但图形未修改,夜班检验,检验员只注意看了图形,未认真看角度的标注,检验员凭经验办事,将操作者仍加工 90° 的倒角也判合格了。

3. 标准不完善

根据现场调查归纳标准不完善,引起错、漏检的原因有:

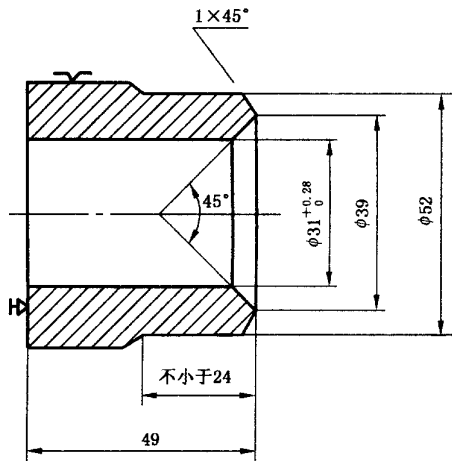


图 7-1 图面不清举例

(1)标准不够明确。例如相交孔,在磨削时,孔的周围极易产生局部超差,由于工艺等技术文件未对超差区域、超差值作明确规定,检验员按超差打废原则,把不应判为废品的报废了。再如涂色研磨的平面,按某项通用技术条件规定着色面应不小于75%,面对通气、通液孔的周围必须得到环状着色才行。由于工艺等文件对此未作特殊规定,检验员对未达到环状着色的带孔平面按通用技术条件规定只要涂色面积达到就判为“合格”,结果在装配时发现串气、漏油,达不到产品出厂的质量要求。

(2)使用检验手段不当。对规定的质量特性,没有规定相应的检验手段,往往易发生检验员自行选用的检验手段不当,造成误差。

(3)规定的手段不完备。如锯齿形螺纹环规,没有标记旋入端,操作工人把螺纹锯齿形状加工反了,检验员以反方向旋入而造成误判;又如用于检测偏心槽转子的专用量具,没有防止偏心方向反的特殊标记或限位的保险措施,以致发生了操作工人把偏心槽方向铣反了,检验员也没有在首件检验时发现,造成了大批废品的质量事故。如图7-2所示。

(4)现场使用的工艺、图纸因破损、油污造成模糊不清,易于看错引起错、漏检。

二、防止标准偏差的措施

1. 进行质量特性重要性分级

按全面质量管理的观点,要求设计人员对质量特性的重要性进行分级,并在图纸、工艺和检验文件中加以标志或编制专门的质量特性的重要性分级表。例如,某厂工艺文件上标注 $47^{+0.05}_{-0.2}$ 或 $47^{+0.05}_{-0.1}$ 尺寸公差后,质量特性重要性分级标志符号表示对上偏差的要求是关键,绝不允许超差,而下偏差则是次要的,注意掌握了质量特性要点,有利于防止或减少错、漏检发生。

2. 制定检验计划

制定检验计划是防止标准错差发生的有效措施。检验计划明确规定了检验内容、检验方式、检测手段和检验程度,以对检验员工作进行指导,使检验员工作做到标准明确,内

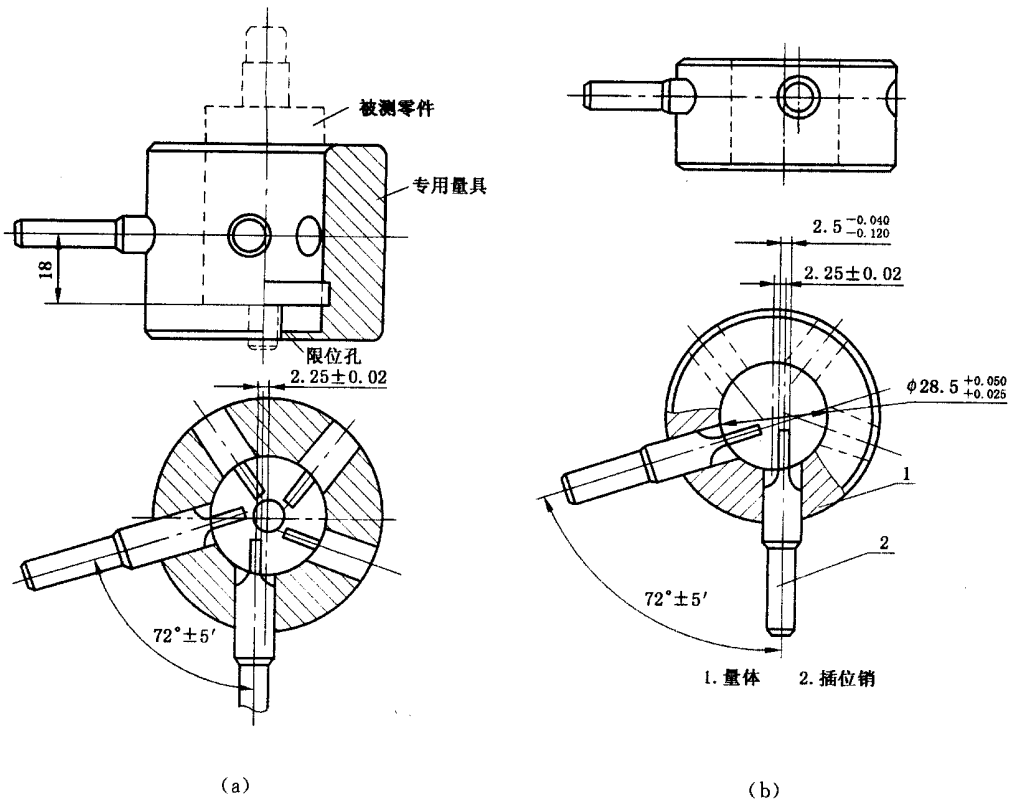


图 7-2 专用量具没有防止偏心槽方向的标记

容具体。当然要做到标准明确,就必须进行标准说明,因为任何检验工作都包含着要解释技术标准或技术要求。检验员必须知道怎样是合格的,怎样是不合格的。为此,对图纸、工艺和检验文件上某些质量特性阐述不清之处加以解释和补充;对无法测试的质量特性项目提出改用其他代用特性作试验;对易用错方向的量具作出明显标志等保险措施;并准备“比较”用的实物样品,用实物帮助说明标准含义和不合格界限。

3. 开展首件复核检验

从标准偏差发生的频次分析,多数出现于新产品首次上场投产。图纸、工艺刚修改后,特别是产品图纸或工艺上简图只改尺寸、形位公差等标注,不相应按比例改图形以及调配新检验员,是造成标准偏差的重要原因。实践证明,做好首件检验,开展首件复核检验是一项有效的对策。做法是:检验员对每班加工的首件(包括机床的调整以及刃、夹具重新安装等)进行检验。对新产品首次上场,由检验科的技术人员临床严格执行“三按”,复核检验首件;对刚修改的图纸、工艺或调配新检验员时,由检验组长进行首件复核检验。

除上述措施外,还应及时更换现场已破损、油污的图纸和工艺文件。绘图、描图和校对时,要注意防止图画文字和图形不清等问题发生。

第二节 环境误差

一、环境误差的定义

由于检验环境(包括检验场地的设置、照明和秩序等)引起的检验误差称环境误差。在不少企业中,相当普遍存在着只重视检验员错、漏检现象,不重视分析检验环境是否有问题。检验环境问题既不纳入工艺,又不讲究其合理性,一般都是择空设置,一旦安装新设备,就再择空搬迁。需知检验环境不仅对检验误差影响很大,而且对检验效率和生产效率的影响也是可观的。

二、检验场地的要求

为防止由于检验场地设置不当造成检验误差,检验场地应符合:

- (1)要有满足检验工作正常进行的足够的面积。
- (2)要有良好的自然采光和足够的照明设施。
- (3)环境的温度、湿度和震动要符合测试条件的要求。
- (4)尽可能避免有危害人体的噪声、气味和其他外来干扰,导致检验员产生过度疲劳和精力分散,引起检验工作的失误,这对作感官检验时尤为重要。

三、检验场地的秩序

检验场地的秩序既需宜人,又要宜物(即要满足被检验的产品、零件流程要求)。检验员在从事检验时,可能是坐着、站着或蹲着,因此,在设计场地用具和辅助设施时,如工作台、案、椅、凳等,所设计的尺寸应适宜工作的要求。即要为检验员提供舒适并有吸引力的工作场所,保证检验工作方便。如果待检验的、合格的和不良品放置杂乱无序,就易发生程序误差,造成未经检验的或不良品混入合格品交库。因此,讲究检验场地秩序是防止检验误差的一项有效措施。

1. 检验场地的总体布置

检验场地的总体布置要满足被检零件流程要求,检验工具要摆放整齐,又要得心应手,既要顺手拿放便利,节省时间,但又不致妨碍检测工作。

2. 待检和已检产品零件箱放置位置

存放待检和已检的零件箱、框放置的位置和高度要合适,这样有利于检验员轻拿轻放,摆放整齐,不致发生零件磕碰和划伤。

3. 被检零件的存放

被检的零件(包括待检、已检的合格品和不良品)应存放整齐,要指定位置存放,做有标记,互相隔离,以防不良品与合格品相混,造成差错。

4. 应满足视觉要求

检验工作大量的的是利用视觉进行的,从生理学观点看,人的视觉有如下特点:

- (1)眼睛的水平运动比上下方向快;
- (2)眼睛的上下方向运动比水平运动易于疲劳;
- (3)对产品的水平方向尺寸的估计比垂直方向更为准确;
- (4)对直线轮廓比对曲线轮廓更易于接受。

因此,根据被检零件类型、规格、设置检验场地秩序时,要注意充分考虑到视觉的特点来安排。

5. 检验台应整洁

检验台上不允许乱放无用的杂物,并要保持清洁,这样做的好处是:

- (1)能保持被检零件的清洁度;
- (2)能保证检测精度和效率;
- (3)能养成文明生产的良好习惯。

6. 检验后的零件应分类标记

为了便于分辨零件的质量类别,除加盖合格印记外,一般还可以将废品涂上红色,返修品涂上黄色,以资区分,防止差错。

四、检验环境的宜人学评价

1. 以宜人学观点评价检验场地

由于各行各业对检验场地的要求不同,检验场地的宜人评价所包括的内容也就十分广泛。以下问题是在以宜人学观点评价检验场地时所需要考虑的:

- (1)检验场地面积是否足够宽敞?
- (2)检验工作台、案、椅、凳、测试设备、量具、零件和照明条件的安排,是否便于检验员采取方便的操作姿势?是否尽最大可能创造条件允许坐着工作?
- (3)为什么工作位置不方便?是照明灯位置不合适、零件摆放位置不当、或是工作台(案)配置不适宜吗?
- (4)是否可设计其他更宜人的检验场地方案?
- (5)对要求配戴的专用劳保用品(如专用防护衣、耳塞、鞋、手套、眼睛、口罩等),可否更适宜检验员的操作和有舒适感?
- (6)这种检验工作是否要求很强的照明或特种照明?是否已具备了?
- (7)是否一定要有全面的人工照明或局部人工照明?符合要求吗?
- (8)被检质量特性值的精度如何?环境的温度、湿度、噪音、震动是否适应要求?
- (9)测试设备是否很容易读出指示值?
- (10)工作中的体力和心理负荷要求,是否与现职检验人员相适应?

以上几点,都是检验环境与检验误差的因果关系。

2. 巡回临床检验的环境

随着成批大量生产,流水线生产的需要,特别是检验工作应贯彻以预防为主方针,巡回检验已成为普遍采用的一种形式。重视改善临床检验的环境,防止检验误差发生是很重要的环节。然而这个问题还未被普遍引起重视,通常存在的问题有:

(1) 工位器具不能满足检验条件要求, 往往易把待检的和已检的零件存放在同一框内, 甚至杂乱无间地存放在一个框内, 使待检的和已检的零件难以区分。

(2) 照明条件差, 特别是夜班, 往往光线太弱, 使检验员看不清量具刻度。对深孔、盲孔或阶梯孔的粗糙度以及内表面的沟痕等其他缺陷难以进行检验和判断。

(3) 生产指挥人员或操作工人为了图快、赶任务, 往往私自越工序或将一道工序分为两道干, 两道工序合为一道干, 使检验工作发生困难和差错。

(4) 突击赶任务, 上道工序刚干完, 立即转入下道工序, 不给检验留时间。可是, 通常一个巡回检验员要流动检验 10~30 个工人干的活, 致使检验员无法执行检验任务。

由于上述问题的存在, 出现检验误差实属必然, 必须对症下药, 采取措施, 予以改善, 才能充分发挥巡回检验的优点, 使检验工作有效进行, 并防止差错发生。

从改善检验环境来降低错、漏检, 在国外也是研究的一个课题。例如, 美国有人曾对一家玻璃制品厂装配线检验工作进行了调查, 分析后提出下列改进措施:

一是改进照明。采用适宜的柔和灯光, 调整灯的高度和位置, 使光线落在检验员的工作台上, 并适当提高照亮度(达到美国照明工程学会建议的 100W) 照明条件改善后, 对各类缺陷的误检率影响不尽相当, 一般说来, 总的漏检率可减少 6 个百分点(从 20% 下降到 14%)。

二是改善检验背景。在检验员的工作环境周围布置不透明的纸, 使检验背景统一完整。纸的颜色视检验对象的颜色而异, 能使检验对象突出、清晰即可。在此, 还应考虑不同颜色对工人情绪与健康的影响, 尽量让检验员感到和谐、舒适、愉快。这一措施, 对不同类型缺陷的误检率影响亦不尽相同, 可使总的漏检率下降 4 个百分点(由 20% 下降到 16%)。

三是调整工作台和椅子。尽量缩短工作台与传送带之间的距离, 以便检验员可以轻松地从传送带上拿起产品检验。工作台和椅子的高度要适合每一个检验员的身材, 使检验员在工作时自然而舒适, 这一项改进虽对漏检也有减少, 但最明显的是使检验工作效率提高 19%。

第三节 测量误差

一、测量误差的基本概念

测量是检验过程中重要的程序, 掌握和应用测量误差基本知识, 可以减少因测量误差而造成的检验误差。

测量是以确定量为目的的一组操作, 它是一个已知量作为标准与另一被测的同类量相比较, 从而确定出该被判的量值的大小。任何一个测量过程都包括测量对象、测量单位、测量方法和测量精确度四个要素。任何一个测量, 不管我们测量得多么仔细, 使用的仪器多么精确, 采用的方法多么正确, 都不可避免地会有误差。例如, 要测量某一个尺寸

值,作等精度测量,采用同一台仪器,同一种测量方法,在同一环境下,由同一个检验员来进行若干次测量,所获得的每次测量结果往往是不同的,如果作不等精度测量,采用不同的量仪,不同的测量方法,在不同的环境下,由不同的检验员来测量,则所测结果差别就更为明显。因此,我们所得到的实际测量值,仅仅是被测量的近似值,它与被测量的真值之差,就叫做测量误差。

$$\delta = L - L_0 \quad (7-1)$$

式中: δ ——测量误差; L ——测量结果; L_0 ——被测量的真值。

实际上,绝对真实的量值是无法求得的。人们通常把使用更精密的仪器,在更高一级的测量条件下测量的量值,作为近似的真值,有时也称为实际值。例如,在车间里,检验员用分度值为0.02 mm游标卡尺测量得某零件轴径为49.96 mm,送到计量室用分度值为0.001 mm测微计测量为49.972mm,则在车间里使用游标卡尺测得的误差为:

$$\delta = L - L_0 = 49.96 - 49.972 = -0.012 \text{ mm}$$

为了减少测量误差对测量结果的影响,如果已知测量误差的数值,可以对测量结果进行修正。修正值(K)与测量误差的数值相同,符号相反,即

$$K = -\delta \quad (7-2)$$

$$L_0 = L + K = L - \delta \quad (7-3)$$

例如,在上例中,游标卡尺测量轴径的测量误差为-0.012mm,修正值为0.012mm,某零件轴径的实际值为 $49.96 + 0.012 = 49.972 \text{ mm}$ 。

测量误差的大小决定测量的精确度。测量误差愈小,测得值愈接近于真值,测量的精确度愈高;测量误差愈大,测得值愈偏离真值,测量的精确度愈低。

在实际测量工作中,常易将精确度、精密度和准确度这三个词混乱使用,弄不清它们的各自含义,在这里有必要作简明的阐述。

1. 准确度

准确度表示在测量结果中反映出整个测量系统误差大小的程度。系统误差愈大,则被测量物的测量值,对其真值的偏差也愈大,即测量值的准确度愈低。

2. 精密度

精密度表示测量结果中的随机分散的特性,这是指在多次测量中所得到的重复一致的程度。在测量中随机误差愈大,则多次重复测量同一被测量值是时所得的测量值分散程度也愈大,即测量值的精密度愈低。

3. 精确度(又称精度)

精确度是测量的精密度和准确度的综合反映,用以描述测量结果与真值的接近程度,只有在随机误差和系统误差都小时,才能说精确度高。

一般说来,精密度高而准确度不一定高,反之亦然。但精确度高,则精密度和准确度都高。为了更直观一些说明问题,现以射击为例。如图7-3所示,图中(a)表示精密度高而准确度低,即系统误差大而随机误差小。图中(b)表示准确度高而精密度低,即系统误差小而随机误差大。图中(c)表示精确度高,即系统误差和随机误差都小。

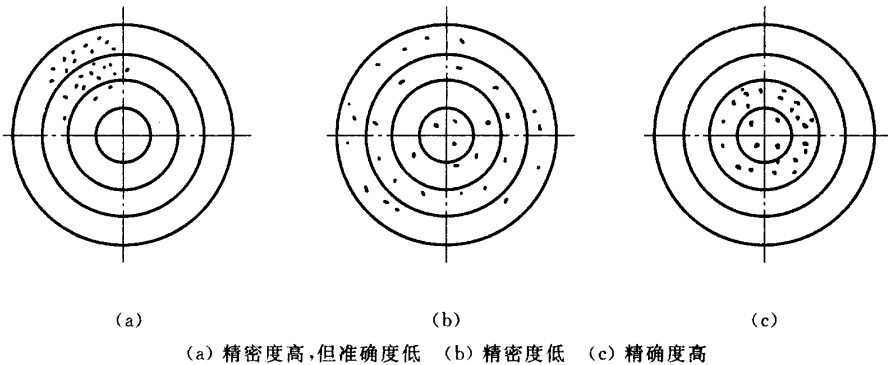


图 7-3 以射击为例,说明精密度与精确度区别

二、测量误差的来源

引起测量误差的因素很多,要减少测量误差,达到必须的测量精度要求,就要着重查明测量误差来源,分析引起测量误差的主要原因。通常认为主要与下列因素有关:

1. 标准器具的误差

按量值传递系统规定,用作比较测量的标准器具,如量块、标准线纹尺、光栅尺,在工厂里检验工作现场还常常使用各种标准件和校对件等,这些标准器具都不可避免地存在着误差,这些误差必将直接反映到测量结果中造成测量误差。例如,在测微计上,用 5 等量块作基准,测量 $\phi 50$ mm 的塞规,由于 50 mm 的 5 等量块中心长度测量的极限误差为 $0.7\mu\text{m}$,因而测量结果中就有可能发生 $0.7\mu\text{m}$ 的测量误差。从技术经济指标综合考虑,一般取标准器具的误差约为总测量误差的 $1/3 \sim 1/10$ 。

为了减少标准器具产生的测量误差,可采用如下做法:

(1) 在使用量块作标准器具时,要注意按等使用,注意加修正值,还要正确组合量块,即要求选择量块的块数尽量少,一般不超过 4 块。例如,一盒 83 块组合的量块,组合 49.95 mm 有两种组合方法:

第一种组合方法

1.05
1.9
7
40
49.95

第二种组合方法

1.45
8.5
40
49.95

第二种组合方式,少用一块量块,因此,有利于减少量块组合误差。

(2) 使用标准件和校对件作标准器具时,要注意:

- ① 标准件的形状和尺寸应与被测件一致,以免产生误差。
- ② 标准件的尺寸精度一般要比被测件高 2 级左右,形状误差和表面粗糙度也要有严

格要求,一般情况下,形状误差可取尺寸公差的 1/3 倍。为了尽量减少由于形状误差产生的测量误差,除了在标准件上标注其尺寸外,还要标注检定时的测量截面。例如,在图 7-4 所示的标准环规上(俗称对表圈)刻有一条横线,表示在这个截面位置测量的孔径为 40.002mm,在用来自校对内径表时,也应在这个截面内使用,以减少因圆度产生的误差。

③ 标准件使用的材料必须是变形小且耐磨的材料。

④ 标准件要定期进行检定。

2. 测量器具的误差

长度测量常用的测量器具有千分尺、游标卡尺、百分表等各式万能量具、机械量仪、电感量仪、气动量仪以及各种光学仪器。测量器具的误差主要有以下几个方面:

(1) 设计原理误差。例如,有些测量器具在结构设计上违反阿贝原理,有些量仪的传动机构在设计时采用了近似设计,使传动机构存在着原理误差。一般来讲,绝大多数原理误差是一个定值或是某个有规律变化的函数。可以直接计算出大小,并可以用调整或修正值的方法来加以部分或全部地消除。现以违反阿贝原则产生的误差来作说明。

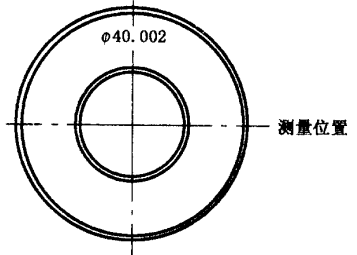
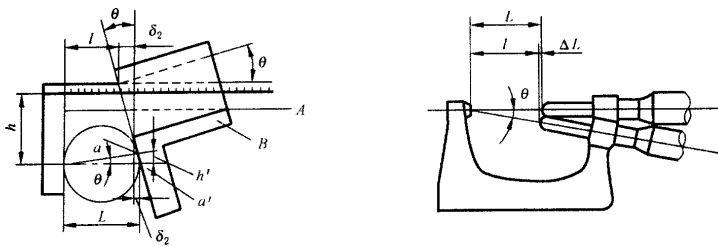


图 7-4 在标准件上标明测量截面

所谓阿贝原则,就是“被测线应与基准线重合,或者位于基准线的延长线上”。符合阿贝原则,可以使测量误差最小。在检验员常用的万能量具中,符合阿贝原则的有外径千分尺、内径千分尺、百分表、游标测深尺等,不符合阿贝原则的有游标卡尺、游标高度尺和内测千分尺等。图 7-5(a)所示为违反阿贝原则的游标卡尺,图 7-5(b)所示为符合阿贝原则的外径千分尺。



(a) 违反阿贝原则的游标卡尺

(b) 符合阿贝原则的外径千分尺

图 7-5 阿贝原则与游标卡尺、外径千分尺

当千分尺的基准轴线与测量中心线产生倾斜角 θ , 设被测件实际尺寸为 L , 刻度线为指标的尺寸为 l , 则由此引起的误差 ΔL 为:

$$\begin{aligned} \Delta L &= L - l = L(1 - \cos\theta) = L\left\{1 - \left(\cos^2 \frac{\theta}{2} - \sin^2 \frac{\theta}{2}\right)\right\} \\ &= 2L\sin^2 \frac{\theta}{2} \approx 2L\left(\frac{\theta}{2}\right)^2 = \frac{L}{2}\theta^2 \end{aligned} \quad (7-4)$$

因 ΔL 为二阶误差,数值极小,因此通常这种原理误差可以忽略不计。

由于游标卡尺的构造不符合阿贝原则,量爪在测量时,因主尺和游框之间配合间隙引起 θ 倾斜,直径 L 在主尺上的实际读数为 l ,又考虑到量爪实际上没有和被测件的直径 a 点相接触,而只是接触在 a' 点(如图7-5),所以,产生的误差 ΔL 为:

$$\Delta L = L - l = \delta_1 + \delta_2$$

$$\delta_1 = (h - h') \tan \theta \approx (h - h') \theta$$

$$h' = L \theta$$

$$\delta_2 = L(1 - \cos \theta) \approx \frac{1}{2} L \theta^2$$

$$\Delta L = (h - L \theta) \theta + \frac{1}{2} L \theta^2 = h \theta - \frac{1}{2} L \theta^2 \quad (7-5)$$

因为 $\frac{1}{2} L \theta^2$ 二阶误差,数值极小,可以略去不计,但 $h \theta$ 为一阶误差,数值较大,则不能略去不计。

(2)制造装配误差。例如,由于零件的制造误差、装配间隙、摩擦,都会使量具和量仪产生测量误差。

(3)调整使用方法不正确。例如,没有调到零位,放大比不准确,因而产生测量误差。

(4)测量器具因使用磨损也会产生测量误差。

测量器具的误差在测量总误差中占有很大比重。为了减少测量器具误差,检验员除了要注意正确调整使用测量器具外,还应按照GB/T 3177—1997《光滑工件尺寸的检验》选择合适的测量器具。对广泛使用的千分尺,采用量块作标准件,以比较测量法代替绝对测量法,一般可使千分尺的可测精度提高1~2级。

3. 测量方法误差

测量时,由于采用的测量方法不同,产生的测量误差也不一样,有些被测量不能直接测出,需要间接测量其他量。例如,非整圆工件的直径(图7-6)要采用“弦长弓高”间接测量方法。螺纹的中径可以在工具显微镜上作直接测量,也可以用三针通过计算机作间接测量,这些都可引起测量误差。测量方法误差还应包括测量基准面的选择,安装定位方法和瞄准方式不正确等引起的误差。

测量方法的合理选择,对于减少测量误差具有很重要的意义。如选择不合理,尽管量具仪器很精密,工作很仔细,测量误差可能仍然很大。如选择合理,则可收到事半功倍的效果。为了减少测量方法误差,提高测量精度,需不断改进测量方法。

(1)合理选择测量基面。选择测量基面应遵守基面统一原则。即应使设计基面、工艺基面、装配

基面和测量基面都在零件的同一个表面上,以确保不产生定位误差。但在零件的加工过程中,由于种种原因,可能使工艺基面与设计基面不一致,这时,测量基面的选择主要由零件的工艺过程来决定。在工序检验时,测量面应与工艺基面一致,以安装在机床夹具上的定位面作为测量基面;在零件完工检验时,则应以装配基面作为测量基面。

在选择测量基面时,有时因各种条件所限,不能实现基面统一的原则,需要采用辅助

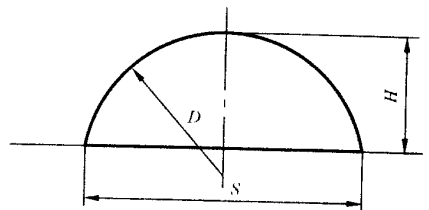


图7-6 间接测量直径

基面。这时需注意：

①选择具有精度较高的尺寸或尺寸组的表面作为辅助基面,以减少定位误差的影响。

②在被测尺寸较多时,应选择与被测尺寸关系较密切的表面作为辅助基面,以免在测量各尺寸时,由于更换基面而带来误差。

③基面的稳定性要好,以免定位不稳引起测量误差。

(2)合理选择被测零件的定位方法。根据零件的形状来选择合适的定位方法。例如,以平面定位时应注意由于工作台倾斜引起的定位误差。在以内孔表面定位时,为了减少定位误差,可以采取以下措施：

①对单件产品,可按内孔的实际尺寸,配制专用的检验芯轴。

②对批量产品,可按内孔的尺寸公差,制作一组尺寸不等的分组芯轴。

③采用阶梯芯轴或锥度芯轴。

(3)合理选择测量点位置。在检验工作中,有时由于疏忽,没有注意测量点位置的选择,往往造成错、漏检。例如,阶梯的孔和没有测量根部是否清根,有交叉槽或孔的磨加工内径,没有测量槽孔边缘(因为这里最易磨大超差),形状复杂和易变形的零件没有测量出因变形局部超差的位置。有经验的检验员,在注意选择了这些特殊需要测量点的位置以外,通常对轴和孔径按其长度大小来决定选择测量点位置。

当 $n = 1$,即选择一个测量点时,要选在被测长度 L 的中部,即

$$X_1 = 0.5L$$

当 $n = 2$ 时,要对称地选择在两侧

$$X_1 = 0.21L; X_2 = 0.79L$$

当 $n = 3$ 时,则选为：

$$X_1 = 0.15L \quad X_2 = 0.5L \quad X_3 = 0.85L$$

当 $n > 3$ 时,可按对称最佳原理,在中点(0.5L)的两侧对称地增加选择测量点。因为按照这种方法选择的测量点,测量结果的平均值最具有代表性。

(4)测量次数的选择。如果仪器设备、环境条件或测量方法欠佳,对同一被测值进行数次测量,发现测量值分散,说明测量结果中随机误差大,测量精密度低。此时可以增加测量次数,采用多次测量结果的算术平均值,以减少随机误差。

(5)防止产生读数误差。读数误差又称视差。这是由于在测量过程中,眼睛对主刻度与游标刻度(或指针与刻度盘)瞄准读数时,因主尺刻度与游标刻度不在同一平面上,或指针与刻度盘有一定距离(如图7-7所示),眼睛的瞄准位置不同而产生误差。

当在刻度的垂直位置进行瞄准读数时,没有误差,但通常易产生偏斜,因人的眼睛视力总有差异,在进行瞄准读数时,总是视觉较强的眼睛起作用,这就产生视差,视差常与被测件的形状特点、刻线宽度及照明条件有关。视差 Δ 的一般计算公式为：

$$\Delta = h \operatorname{tg} \phi \quad (7-6)$$

式中： h ——主尺刻度面与游标刻度面的距离或是指针与刻度盘的距离；

ϕ ——眼睛瞄准方向与垂直于刻度表面(或刻度盘)方向的夹角。

(6)估读误差。估读误差就是在测量时,要估读出刻度不足一整格的读数发生的差异,通常要求估读到 $1/10 - 1/20$ 格。估读所能达到的精度与刻间距有关。如气动仪的刻度

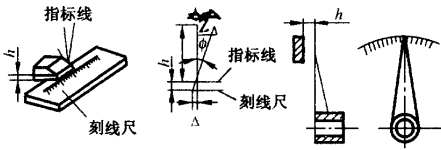


图 7-7 视差示意图

间距离较大, 杠杆百分表的刻度间距就较小, 其数据如表 7-1 所示。

表 7-1 测量器具刻度间距与估读误差

刻度间距/mm	1	2	3	4	5
估读误差(格值)	±0.1	±0.07	±0.06	±0.05	±0.04

此外, 因检验员过度疲劳和疏忽, 也会引起误读和误记, 造成测量方法误差。

4. 测量环境条件误差

在测量过程中, 温度、振动、测力和灰尘对测量误差都有影响, 其中温度对测量误差的影响最大。

(1) 温度误差。在长度测量时规定的标准温度为 20℃, 但实际上由于种种原因, 使被测件的温度和测量器具的温度均与标准温度有偏差。再由于被测件与测量器具的材料不同, 线膨胀系数亦不相同。表 7-2 列出了不同材料的线膨胀系数, 这些都要引起测量误差, 计算公式为:

$$\Delta L = L [d_1(t_1 - 20) - d_2(t_2 - 20)] \quad (7-7)$$

式中: L ——被测件的长度; t_1 、 t_2 ——被测件和测量器具的实际温度; d_1 、 d_2 ——被测件和测量器具的线膨胀系数。

【例 7-1】设有长度 $L = 100\text{mm}$ 的铜、黄铜、铝棒各一根, 其温度 t 为 30℃, 求相对于标准温度 20℃ 各引起的尺寸变化量。

解:

钢: $\Delta L = 11.5 \times 10^{-6} \times 100 \times (30 - 20) \approx 0.012(\text{mm})$

黄铜: $\Delta L = 18.5 \times 10^{-6} \times 100 \times (30 - 20) \approx 0.019(\text{mm})$

铝: $\Delta L = 24 \times 10^{-6} \times 100 \times (30 - 20) \approx 0.024(\text{mm})$

【例 7-2】用千分尺测量铝制零件, 零件尺寸 $L = 500\text{mm}$, 温度 $t_1 = 25^\circ\text{C}$, 千分尺温度 $t_2 = 16^\circ\text{C}$, 求产生的测量误差。

解: $\Delta L = L [d_1(t_1 - 20) - d_2(t_2 - 20)]$

$$= 500 [24 \times 10^{-6} (25 - 20) - 11.5 \times 10^{-6} (16 - 20)]$$

$$= 0.083(\text{mm})$$

表 7-2 不同材料的线膨胀系数(1/°C)

材料	d	材料	d
钢	11.5×10^{-6}	铬	8.4×10^{-6}
铸铁	10.4×10^{-6}	镍	13×10^{-6}
铝	24×10^{-6}	镍合金	15.2×10^{-6}
黄铜、青铜	18.5×10^{-6}	不锈钢	$(10 - 18) \times 10^{-6}$
紫铜	16.5×10^{-6}	硬质合金	5.5×10^{-6}
铝合金	27×10^{-6}	玻璃	$(6 - 9) \times 10^{-6}$
银	19.7×10^{-6}	石英	0.5×10^{-6}
金	14.3×10^{-6}		

可见温度变化产生的测量误差对于精密测量是不可忽略的,只有在标准温度下测量,即 $t_1 = t_2 = 20^\circ\text{C}$ 时 $\Delta L = 0$ 这就是计算室要求空调的原因,如 $20^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ $20^\circ \pm 0.5^\circ\text{C}$,实际上温度绝对为 20°C 的测量条件是达不到的。因此,在精密测量时,为了减小温度误差,常采用定温的办法实现等温条件下测量,即在测量之前,必须进行定温,使被测件温度 t_1 、测量器具温度 t_2 及测量温度 t 相一致,这时 $t_1 = t_2 = t$ $\Delta L = L(a_1 - a_2)$ 通常精密室内备有平板,将待测件放在平板上进行定温,定温时间一般在 0.5 ~ 4 小时左右。实践得知珩磨孔径,必须定温 4 小时以上才可进行测量,以减少温度误差。

(2)测力误差。在检验工作的现场,绝大多数的测量均为接触测量,为了保证测量器具的测头与被测件可靠接触,需要有一定的测力,因此,就要引起被测表面和测头产生弹性变形,这种变形量一般不大,在普通测量和相对测量时,可以不考虑,但在采用绝对法作精密测量或测量细铜丝、铝丝直径以及橡胶、尼龙制件等较软零件时,就必须考虑因测力而造成的测量误差。

为了减少测力引起的误差,在测量时需注意:

- ①限定测力的大小并使之稳定;
- ②对橡胶、尼龙制品可选用显微镜等光学仪器作非接触测量;
- ③在测量时,操作要正确,防止测头对被测件表面产生高速冲击造成大的误差;
- ④注意合理选择测头的形状和尺寸,以减少压陷量。

三、测量误差分类

测量误差按其性质,可以分成系统误差、随机误差和过失误差三类。

1. 系统误差

(1)系统误差的定义。系统误差是在同一条件下,对同一量进行重复测量时,其误差的绝对值和符号保持恒定,或者在条件改变时,按某一确定的规律变化的误差。这类误差常因测量仪器不准、测量方法不对或其他外界固定因素而产生。系统误差按其性质可分为:

①定值系统误差 这是在整个测量过程中数值大小和符号都不变的系统误差。检验员在测量中,最常遇到的有量块的修正量、千分尺校对棒的修正值、游标卡尺内量爪的修

正量、百分表和千分尺调零位误差等,它们对每一个测量值的影响均为一定的常数。

②变值系统误差 这是数值大小和方向按一定规律变化的误差。检验员在测量中常遇的有螺纹的螺距、齿轮周节的累积误差以及长度随温度升降而引起的误差。此外,由于被测件安装偏心,会产生周期性改变数值大小和符号的周期性系统误差。

(2)系统误差的消除。系统误差对测量结果影响很大,必须予以消除。消除系统误差的关键,在于及时发现系统误差的存在。一般地讲,系统误差是属于技术上的问题,有经验的检验员,在测量之前,就可预计到可能产生系统误差的因素,针对不同情况,可采取相对应的技术措施予以消除,或者得出未能消除的系统误差的修正量。

检验员在现场测量时,既要准又要快,消除系统误差的方法有:

①修正量法,即对所用的测量器具,预先作周期检定,以取得修正量,在测量时,用修正量来消除系统误差。例如,使用量块作比较测量时,使用卡尺的测量爪测量孔径和槽宽,都是采用修正量法。还有采用间接测量法时,对测量方法的误差通过计算来取得修正量。例如,用三针测量螺纹中径要计算螺距、半角、螺旋角和三针直径误差的修正量就是一例。

②比较法 这是检验员在生产现场常采用的方法。例如,用千分尺测量某件外径,由于千分尺精度满足不了测量精度要求,可用量块或标准件作基准对千分尺定“0”。然后进行比较测量,就可发现和消除因千分尺可能引起的系统误差。

③补偿法:又称两次读数法。即在测量时,使定值系统误差在两次读数时所对应的测量状态中正好方向相反。这样在取两次读数的平均值作为测量结果时,定值系统误差便相互补偿而消除。如在大型或万能工具显微镜上测量螺纹的螺距、半角等,均采用两次读数法来消除因装置(即被测螺纹的轴心线与工作台纵向移动方向不一致)而产生的系统误差。

2. 随机误差

(1)随机误差的定义。随机误差又叫偶然误差。它是指误差的大小与符号在每次测量中不是按一定的规律变化。例如,在相同的条件下,对同一量进行多次测量,各次所得的结果在最后有效的数字上往往各不相同。随机误差产生的原因很多,是由多项微小因素变异所造成的。如在测量过程中,测量器具发生微小变异(联接件的弹性变形、油膜的停滞现象)检验员心理上 and 感官上的变异(疲劳、注意力集中程度)以及环境温度和测力微小变化等。

测量实践表明,测量误差中不可避免地存在着随机误差,而且人们不可能预先确定其大小和方向,但我们用概率分析随机误差时,从一系列数值中,却可看出有统计学上的规律,这种规律就是随机误差的特性,通常将随机误差的特性归纳为:

①对称性:即绝对值相等的正误差和负误差出现的频次大致相等,并以多次测量值的算术平均值为中心而对称分布。

②单峰性:由于多次重复测量取得的测量值,是以它们的算术平均值为中心而集中对称分布,即测量值出现在其平均值附近的频率为最大,并呈现一个峰值。

③有界性:在一定的测试条件下,随机误差的绝对值不会超出一定的界限。也就是说,随机误差的分布具有有限的范围。

④相消性 随着测量次数的增加,绝对值相等、方向相反的误差出现的机会相同,即当测量次数 n 足够大时,所有误差的代数和将趋近于零。

(2)随机误差的正态分布。随机误差特性表明随机误差显然是遵循正态分布规律的。为了研究随机误差的分布特性,我们可以进行这样实验,在立式光学计上对外径为 30.036mm 的零件进行 120 次重复测量,可得 120 个数据,然后将这些数据进行整理,可得各随机误差值与相应出现的次数或出现的频率之间的关系,列成表 7-3,并画成直方图 7-8(a),连接每个长方图的上部中点成一折线。若将 N 取得无限大,误差区分组很细时,这条连续对称的折线就会成为光滑曲线,即随机误差的正态分布曲线,如图 7-8(b)所示,长方形的面积表示落在相应区域的误差的出现次数与总次数的比值 n_i/N 。

表 7-3 立式光学计上对外径为 30.036mm 的零件垂直重复测量值

实际测量值/mm	误差/ μm	出现次数 n_i	频率 n_i/N
30.031	-5	1	0.008
30.032	-4	3	0.025
30.033	-3	9	0.075
30.034	-2	13	0.103
30.035	-1	19	0.153
30.036	0	32	0.267
30.037	+1	18	0.150
30.038	+2	14	0.117
30.039	+3	8	0.067
30.040	+4	2	0.017
30.041	+5	1	0.008

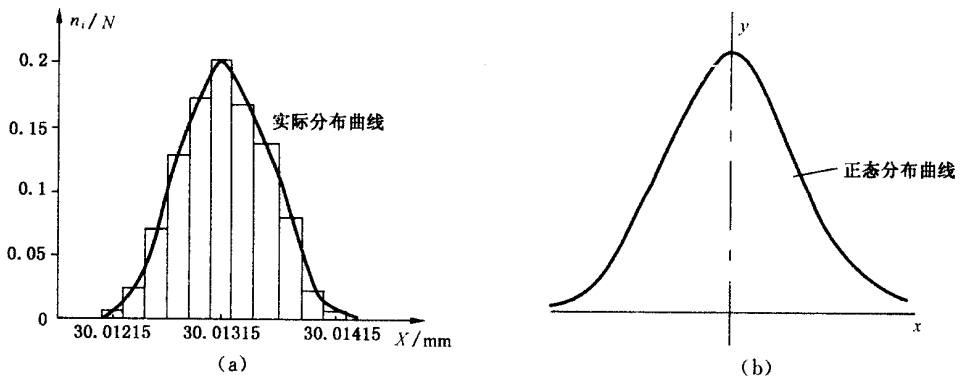


图 7-8 随机误差的直方图与正态分布曲线图

数学家高斯早在 1795 年就总结出正态分布曲线方程为：

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2n}} e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}} \quad (7-8)$$

式中： y ——概率分布密度； σ ——标准偏差； e ——自然对数的底 $e \approx 2.7128$ ； δ ——随机误差。

按最小二乘法原理即各误差平方和为最小($\sum \sigma^2 = \text{最小}$)出发,则标准偏差 σ 就是各个随机误差平方和平均值的平方根,以公式表示即:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n}} = \pm \sqrt{\left[\frac{\delta^2}{n} \right]} \quad (7-9)$$

式中 n ——测量次数。

今取 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 三个不同的标准偏差值,画出图 7-9,则可看出, σ 值越小,曲线越陡,它表明了测量值的分散性越小,说明测量的精确度越高。 σ 值越大,曲线越平坦,测量值的分散性越大,说明测量的精确度越低。因此,在实距中,通常都是用标准偏差 σ 全为随机误差的评定尺度。

(3) 随机误差的 t 分布。在重复测量次数 n 较小时,为了估计随机误差的极限值,常采用 t 分布。因此,可以说 t 分布反映了重复测量次数 n 较小的平均值误差的分布规定(图 7-10 所示)。

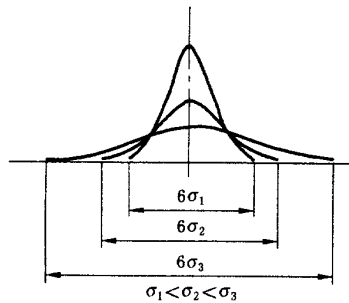


图 7-9 标准偏差曲线图

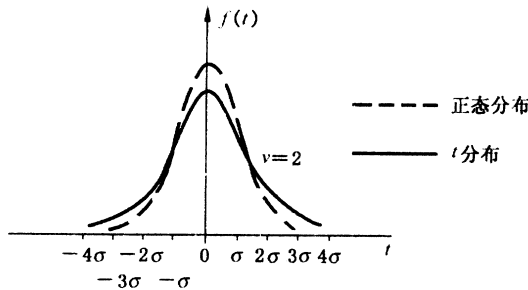


图 7-10 t 分布图

实线为 t 分布图形,它与图中虚线所示的正态分布图形略有不同。但当 n 趋于无穷大,自由度 v 随之趋于无穷大时, t 分布曲线即趋近于正态分布曲线。

t 分布是在概率密度方程中,用随机变量 t 来替代随机变量 \bar{X} 。

$$t = \frac{\bar{X}_i - a}{S/\sqrt{n}} \quad (7-10)$$

式中 \bar{X}_i ——测量值的平均值; a ——被测量的真值; S ——有限次测量的标准偏差; n ——

测量次数。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (7-11)$$

t 分布的概率密度方程为：

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{n\phi}} \frac{\Gamma(\frac{\phi+1}{2})}{\Gamma(\frac{\phi}{2})} \left(1 + \frac{t^2}{\phi}\right)^{-\frac{\phi+1}{2}} \quad (7-12)$$

式中： ϕ ——自由度 ($\phi = n - 1$)； Γ ——函数符号。

(4) 减少随机误差的方法。采用多次测量取其算术平均值作为最后的测量结果，通常是作为减少随机误差的有效方法。算术平均值可由下式求得：

$$\bar{L} = \frac{1}{n} (L_1 + L_2 + \dots + L_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i \quad (7-13)$$

式中： \bar{L} ——算术平均值； L_i ——第 i 个测量值； n ——测量的次数。

通常取全部测量值的算术平均值作为最后测量结果，其原因是因为算术平均值最接近于真值 L 。

因为 $L_0 = L_1 - \delta_1 = L_2 - \delta_2 = \dots = L_n - \delta_n$

$$\text{所以 } nL_0 = \sum_{i=1}^n m_i L_i - \sum_{i=1}^n m_i \delta_i$$

$$L_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i L_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i \delta_i$$

式中： m_i ——相应的 L_i 出现的次数。

当 $n \rightarrow \infty$ 时，由随机误差相消性知：

$$\sum_{i=1}^n m_i \delta_i = 0$$

$$\text{即，} \quad L_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i L_i = \bar{L} \quad (7-14)$$

虽说测量次数 n 愈大，全部测量值的算术平均值愈趋于真值。但在事实上要进行无限次测量是不可能的，在进行有限次数值测量时，算术平均值是最接近于真值的，故以算术平均值作为最后测量结果最为可靠。

3. 过失误差

过失误差又称粗大误差，是在该测量条件下所不应有的误差。它使测量结果明显受到歪曲，导致测量值的失真，因而在处理测量数据时，首先需要判别其中是否存在过失误差，并要予以剔除。

过失误差产生原因可分为主观和客观的两个方面。主观上，检验员的粗心大意、心情不佳以及缺乏经验等而引起的误差。例如，不正确的操作，读错数据、记录差错、计算失误等。客观上，主要是指在测量过程中某些突然发生的不正常因素。例如，由于外界干扰、测量条件意外改变而产生的仪器瞬间停滞、指针的跳动、零位的走失等。

要防止和消除过失误差，重要的是要加强检验员的责任心，做到严格、认真地进行测量，此外，还要保证测量条件的恒定。当外界条件发生剧烈变化时，应当停止测量，直至外

界条件恢复正常重新调整机器后,再进行测量。在测量过程中,对于误读、误记或计算错误,要注意随时发现,随时剔除。

有时,直到测量结束也没有充分理由确定在哪一个测量值中存在过失误差,这时可用统计方法来判别。根据有关资料介绍,判别过失误差的准则有许多种,例如“ 3σ ”准则、 t 分布检验准则、肖维勒准则、格拉布斯准则、狄克松准则等,现将两种常用的“ 3σ ”准则和 t 分布检验准则介绍如下:

(1) 3σ 准则:

“ 3σ ”准则又称莱因达准则,主要适用于重复测量次数多,又服从正态分布的误差。凡任一剩余误差超出 $\pm 3\sigma$,即认为是过失误差,而将其剔除。这就是说,对某一重复测量多次的一组数据,先求出算术平均值 \bar{x} , 剩余误差 $\delta_i = x_i - \bar{x}_i$ 及标准偏差的估计量:

$$S = \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{n-1}} \quad (7-15)$$

因为是有限次的测量,故用 S 代替 σ ,然后用 $3S$ 作为准则来检查所有的剩余误差,若某一个 $S_i > 3\sigma$,则将该剩余误差判为过失误差,予以剔除,然后重新计算 S 值,并重新判断其他剩下的测量值是否含有过失误差。这里需注意的是,在剔除含有过失误差时,只能逐个的剔除,每次只能剔除一个,也就是说,每次只能剔除大于 3σ 的剩余误差中绝对值最大的那一个测量值。然后,重新估算 \bar{x} 、 S_i 及 S ,再作第二次判别。如此重复,一个一个地剔除,直到无超出 3σ 时,即认为测量结果不包含有过失误差。实践证明,一般剔除次数并不多或无需剔除。

【例 7-3】对某孔径测量 15 次,得表 7-4 所列数据,试用 3σ 准则判断 15 个测量值中是否含有过失误差。

表 10-4

某孔径测量数值

序号 i	测量值 x_i (mm)	剔除过失误差值前		剔除过失误差值后	
		$\delta_{Ii} = x_i - \bar{x}_I$ (μm)	δ_{Ii}^2 (μm)	$\delta_{IIi} = x_i - \bar{x}_{II}$ (μm)	δ_{IIi}^2 (μm)
1	30.025	+2	4	0	0
2	30.030	7	49	+5	25
3	30.000	-23	529	-	-
4	30.020	-3	9	-5	25
5	30.025	+2	4	0	0
6	30.030	+7	48	+5	25
7	30.025	+2	4	0	0
8	30.030	-7	49	+5	25
9	30.025	+2	4	0	0
10	30.020	-3	9	-5	25
11	30.025	+2	4	0	0
12	30.020	-3	9	-5	25
13	30.025	+2	4	0	0
14	30.025	+2	4	0	0
15	30.020	-3	9	-5	25

$$\bar{x}_I = 30.023$$

$$\bar{x}_{II} = 30.025$$

$$\sum \delta_{Ii}^2 = 740$$

$$\sum \delta_{IIi}^2 = 175$$

解：

$$\bar{x}_I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 30 \text{ mm} + \frac{1}{15} (25 + 30 + 0 + 20 + 25 + 30 + 25 + 30 + 25 + 20 + 25 + 20 + 25 + 25 + 20) \mu\text{m} = 30\text{mm} + \frac{345}{15} \mu\text{m} = 30.023\text{mm}$$

$$S_I = \sqrt{\frac{\sum \delta_{Ii}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{740}{15-1}} = 7.27 \mu\text{m}$$

$$3S_I = 21.8 \mu\text{m}$$

因为 $|\delta_3| = |-23 \mu\text{m}| > 3S_I = 21.8 \mu\text{m}$

所以 $x_3 = 30.000\text{mm}$ 中含有过失误差, 应予剔除。

为进一步查明除 x_3 外, 其余的 14 个测量值是否还有过失误差, 剔除 x_3 后, 计算余下的 14 个测量值的平均值。

$$\bar{x}_{II} = 30\text{mm} + \frac{1}{14} (25 + 30 + 20 + 25 + 30 + 25 + 30 + 25 + 20 + 25 + 20 + 25 + 25 + 20) \mu\text{m} = 30\text{mm} + \frac{345}{14} \mu\text{m} = 30.025\text{mm}$$

$$S_{II} = \sqrt{\frac{\sum \delta_{IIi}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{175}{14-1}} = 3.7 \mu\text{m}$$

$$3S_{II} = 3 \times 3.7 = 11.1 \mu\text{m}$$

由此可见, 剔除了 x_3 后, 其余各测量值的剩余误差的绝对值均不超过 $3S_{II}$, 故可认为余下的 14 个测量值, 不含有过失误差。

(2) t 分布检验准则；

在 3σ 准则中, 标准差的估计量 σ , 一般是大量重复测量的统计量, 对于次数少的重复测量, 用 3σ 准则来剔除过失误差, 就显得不够合适。故在重复测量次数较少时, 宜采用 t 分布检验准则, 即按照 t 分布的实际分布范围来确定过失误差的界限。 t 分布检验准则的特点是: 在作重复测量 n 次中, 有个别较大的剩余误差被怀疑为过失误差时, 应先剔除含有此剩余误差的测量值。然后, 将余下的 $(n-1)$ 个测量值及其剩余误差来计算标准偏差的估计量。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \delta_i^2}{(n-1)-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \delta_i^2}{n-2}} \quad (7-16)$$

t 分布的实际分布范围与 t 分布的自由度 ($v = n - 2$), 与置信概率 $P_a = (1 - \alpha)$ 有关, 查表 7-5 可确定 t_g 值, 若被怀疑并被剔除的测量值确实属于含有过失误差, 则其剩余误差绝对值应大于或等于 $t_g S$ 即:

$$|v_g| \geq t_g S$$

这表明将测量值剔除是正确的。反之, 若

$$|v_g| < t_g S$$

则表明该测量值并不含有过失误差。剔除是不应该的。

【例 7-4】用分度值为 0.02mm 的游标卡尺测量某一空刀宽度 10 次,读数是 30.02、30.04、30.04、30.10、30.06、30.02、30.06、30.04、30.04、30.04,试判别 10 次测量值中是否含有过失误差。

解:怀疑第 4 个测量值 30.10mm 含有过失误差。

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 30 + \frac{1}{9}(2 + 4 + 4 + 6 + 2 + 6 + 4 + 4 + 4) \times 10^{-2} \\ &= 30 + \frac{36}{9} \times 10^{-2} = 30.04(\text{mm})\end{aligned}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \delta_i^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{16}{8}} = 1.414 \times 10^{-2} = 0.01414(\text{mm})$$

若要求置信概率 $P_a = 0.95$ 且 $v = n - 2 = 10 - 2 = 8$

查表 10-5 得 $t_g = 2.508$

$$t_g S = 2.508 \times 0.01414 = 0.0355$$

而 $v_4 = |x_4 - \bar{x}| = 30.10 - 30.04 = 0.06$

$$v_4 = 0.06 > t_g S = 0.0355$$

检验结果,说明怀疑第 4 个测量值 30.10 含有过失误差是正确的,应予以剔除。

【例 7-5】用千分尺测量某一轴径 10 次,读数是 29.99、29.988、29.988、29.986、29.988、29.985、29.984、29.984、29.982、29.982 mm,试判别 10 次测量值中是否含过失误差。

解:怀疑第 1 个测量值 29.99mm 含有过失误差,

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 29.98 + \frac{1}{9}(8 + 8 + 6 + 8 + 5 + 4 + 4 + 2 + 2) \times 10^{-3} \\ &= 29.985(\text{mm})\end{aligned}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \delta_i^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{48}{8}} \times 10^{-3} = 0.0025(\text{mm})$$

若要求置信概率 $P_a = 0.95$ 且 $v = 10 - 2 = 8$

查表 7-5 得 $t_g = 2.508$

$$t_g S = 2.508 \times 0.0025 = 0.0063$$

而 $|v_1| = |x_1 - \bar{x}| = |29.99 - 29.985| = 0.005\text{mm}$ 。

即 $|v_1| = 0.005 < t_g S = 0.0063\text{mm}$ 。

检验结果,说明第 1 个测量结果 29.99 中并不含有过失误差,不应剔除。

表 7-5

t 分布自由度、置信概率与 t_g 值

t_g	P_a			t_g	P_a		
	0.999	0.99	0.95		0.999	0.99	0.95
v				v			
2	77.696	77.964	15.561	17	4.131	3.006	2.181
3	34.486	11.460	4.969	18	4.074	2.997	2.168
4	14.468	6.530	3.558	19	4.024	2.953	2.156
5	9.432	5.043	3.041	20	3.979	2.932	2.145
6	7.409	4.355	2.777	21	3.941	2.912	2.135
7	6.370	3.963	2.616	22	3.905	2.895	2.127
8	5.733	3.711	2.508	23	3.874	2.880	2.119
9	5.314	3.536	2.431	24	3.845	2.865	2.112
10	5.014	3.409	2.372	25	3.819	2.852	2.105
11	4.791	3.310	2.372	26	3.796	2.840	2.099
12	4.618	3.233	2.291	27	3.775	2.830	2.094
13	4.481	3.170	2.261	28	3.735	2.820	2.088
14	4.369	3.118	2.236	29	3.737	2.810	2.083
15	4.276	3.075	2.215	30	3.719	2.802	2.079
16	4.198	3.038	2.197	40	3.602	2.742	2.048

四、测量数据的处理

由于在测量过程中,受到种种确定因素和随机因素影响,在测量结果中,可能同时存在许多系统误差、随机误差和过失误差。当剔除过失误差后,决定测量精度的是系统误差和随机误差,系统误差影响测量准确度,随机误差影响测量的精密性。为了由各个单项测量误差求出总误差,必须解决误差合成问题。通常为了计算多项系统误差和随机误差的总误差,需通过下列步骤。

1. 分析误差来源

分析确认测量结果中的误差来源,注重影响大的因素,对影响甚微的可忽略不计。

2. 分析误差性质

首先注意寻找发现过失误差并予以剔除,再分析哪些属于系统误差,并严格区分出哪些属于定值系统误差,哪些属于变值系统误差。

3. 确定每项误差的数值或极限变动范围

可按前面已经介绍了的计算法、查表或经验统计数据来作确定,有时也可采用实验法来确定某一种因素产生测量误差的数值。例如用接触测量较软工件时,就可用实验法得出在一定的测力下,由于材料的硬度和弹性模数对测量结果产生的影响。

4. 计算综合误差

(1) 计算定值系统误差(Δ):

$$\Delta = \sum_{i=1}^n \Delta_i = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n \quad (7-17)$$

(2) 计算变值系统误差和未定系统误差的极限变动范围。

变值系统误差和未定系统误差的共同特点是, 尽管我们无法确定其具体数值, 但可确定极限变动范围, 对于这种已知极限变动范围的系统误差, 其合成方法与随机误差相同。

假设已知有 n 个变值和未定系统误差的极限变动范围为 $\pm e_1 \pm e_2, \dots, \pm e_n$, 其综合误差 $\pm e$ 仍然为变值系统误差和未定系统误差, 计算公式如下:

$$\pm e = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2} = \pm \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2} \quad (7-18)$$

若已知变值系统误差和未定系统误差的极限变动范围 $\pm e_{\text{变}}$ 和 $\pm e_{\text{未}}$, 则其综合误差可以计算为:

$$\pm e = \pm \sqrt{e_{\text{变}}^2 + e_{\text{未}}^2} \quad (7-19)$$

(3) 计算随机误差的极限变动范围:

$$\pm \delta = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2} \quad (7-20)$$

(4) 计算测量结果的综合误差:

$$\Delta L_{im} = \Delta \pm e \pm \delta = \sum \Delta_i \pm \sqrt{e_i^2} \pm \sqrt{\sum \delta_i^2} \quad (7-21)$$

式中: Δ ——定值系统误差; $\pm e$ ——变值和未定系统误差的变动范围; $\pm \delta$ ——随机误差的极限变动范围。

由公式(7-18)、(7-19)和(7-20)可知, 变值系统误差和未定系统误差的合成方法与随机误差的计算方法虽相同, 但应特别说明的是二者具有根本区别。

随机误差具有相消性、多次测量的平均值趋向于零, 变值和未定系统误差则不具有相消性。

随机误差随测量次数的增加而减少, 变值和未定系统误差则与测量次数无关。

【例7-6】选用分度值为 0.001 mm 的测微计和 5 等量块组作比较测得某零件外径 $\phi 54.94$ mm。试计算测量结果可能产生综合误差。

解: 首先寻查是否有过失误差, 并予以剔除, 再分析各项误差来源、误差性质和计算误差数值。

(1) 可选用的 50、3.5、1.44 三块组合量块, 查量块检定证书上列出的量块中心长度的修正量为:

$$L_1 = 50\text{mm} \quad \Delta_1 = -0.0004\text{mm}$$

$$L_2 = 3.5\text{mm} \quad \Delta_2 = -0.0005\text{mm}$$

$$L_3 = 1.44\text{mm} \quad \Delta_3 = -0.007\text{mm}$$

因为量块修正量属于定值系统误差, 其数值为:

$$\begin{aligned} \Delta &= \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 = -0.0004 + (-0.0005) + (-0.0007) \\ &= -0.0016(\text{mm}) \end{aligned}$$

(2) 从量块资料中查出 5 等量块中心长度测量的极限误差为:

$$L_1 = 50\text{mm} \quad e_1 = \pm 0.7\mu\text{m}$$

$$L_2 = 3.5\text{mm} \quad e_2 = \pm 0.5\mu\text{m}$$

$$L_3 = 1.44\text{mm} \quad e_3 = \pm 0.5\mu\text{m}$$

因 5 等量块中心长度测量的极限误差属未定系统误差,不具有相消性,而且与测量次数无关。其数量为:

$$\pm e_{未1} = \pm \sqrt{\sum e_i^2} = \pm \sqrt{0.7^2 + 0.5^2 + 0.5^2} = \pm 1(\mu\text{m})$$

(3)由表 10-6 查出,分度值为 0.001 mm 的测微计的示值的极限值为 $\pm 0.5\mu\text{m}$,也属于未定系统误差,不具有相消性,与测量次数无关,其数值为:

$$\pm e_{未2} = \pm 0.5\mu\text{m}$$

将未定系统误差 $e_{未1}$ 和 $e_{未2}$ 按式(7-19)合成:

$$\pm e = \pm \sqrt{e_{未1}^2 + e_{未2}^2} = \pm \sqrt{1^2 + 0.5^2} = \pm 1.1(\mu\text{m})$$

(4)由表 10-6 查出测微计的示值变化的极限变动范围为 1/3 刻度值,现按 $\pm 0.15\mu\text{m}$ 计算,因示值变化的极限变动范围属随机误差,其数值具有相消性,与测量次数有关,多次测量的平均值趋向于零,因为在现场作检验测量,测量次数少,故应计算入综合误差,其数值为:

$$\pm \delta = \pm 0.15\mu\text{m} \approx 0.2\mu\text{m}$$

(5)测量结果的综合误差:

$$\Delta L_{im} = \Delta \pm e \pm \delta = (-1.6 \pm 1.1 \pm 0.2)\mu\text{m}$$

表 7-6

测微计的分度值和允许误差(JJG 40—2001)

mm

分度值	0.01	0.005	0.02	0.001
示值范围	± 0.3	± 0.15	± 0.06	± 0.03
示值误差	± 0.0025	± 0.002	± 0.001	± 0.0005
示值变化	$\leq 1/4$ 分度	$\leq 1/3$ 分度		

第四节 检验员误差

在质量检验过程中,检验员的检验误差是经常发生的。国外调查研究表明,由于检验员的检验误差存在,使得检验质量特性的缺陷准确性约为 80%,也就是检验员一般仅能挑出实际缺陷的 80%,而其余的 20%往往会漏掉。我国的不少企业对于检验员的检验误差尚没有引起应有重视,其检验的准确性就更低了,甚至频繁出现成批漏检。因此,重视调查分析检验员的检验误差,对症下药,采取有效防止措施,是提高检验工作质量,保证把好产品质量关,降低废品损失的一项重要内容。

检验员的检验误差可分为技术误差、粗心大意误差、程序误差和明知故犯误差四类。

发现检验员的检验误差,一般有以下几种方法:

复核检验:由技术水平较高的检验员来复核其他检验员已检过的合格品和不良品。

循环检验:由几个检验员对同一批产品或零、部件,各自进行检验,看谁发现的缺陷

多。

重复检验 :由检验员本人对已检过的产品或零、部件 ,再重复检验一次。

建立标准样品 :把被检验产品与标准样品排列在一起作比较。

一、技术误差

1. 技术误差的定义

所谓技术误差 ,系指检验员缺乏检验技能而造成的误差 ,检验员的技能低下有以下原因 :

(1) 检验员有生理缺陷 ,如视力异常 ,看不准量具读数。

(2) 检验技术不熟练 ,如不会使用 0.001 mm 内径表测量内孔 ;不会使用三针测量螺纹中径等。

(3) 缺乏技术知识 ,如看不懂剖视图。

检验技能 ,还应包括工作经验和技巧。

2. 防止技术误差的措施

技术误差是可以防止的 ,其主要措施如下 :

(1) 选择适合作检验工作的人员来担当检验员。

(2) 组织技术理论学习和岗位练功 ,不断提高技术业务水平 ,使之胜任检验工作。

(3) 总结、推广优秀检验员的工作经验和技巧 ,对所出现的错检、漏检及时分析原因 ,吸取教训 ,引以为戒。

(4) 对有生理缺陷不宜做检验工作的人 ,应重新调配做其他适当工作。

(5) 对检验员进行应知、应会考核及漏检(错检)率考核 ,合格者发证书 ,做到持证上岗。

二、粗心大意误差

1. 粗心大意误差的定义

顾名思义 ,粗心大意误差是一种由于检验员的粗心大意而致的误差。一般越是需要思想高度集中的检验程序 ,越容易发生粗心大意误差。这类误差 ,从现象上看 ,常常表现为失察、遗忘和大意等等。一个责任心强专心致志对待工作的检验员 ,是不易发生粗心大意误差的 ;而一个心有忧烦事 ,情绪不佳或者抱着满不在乎态度对待工作的检验员 ,则容易犯粗心大意误差的错误。一旦因此发生严重质量事故 ,造成大批废品 ,将铸成难以弥补的损失。

粗心大意误差 ,有时可能是由于检验敏感不强造成的。尤其是在任务急 ,时间紧的情况下 ,若是检验员的检验敏感性不强 ,最容易发生检验误差。

美国朱兰博士曾作过统计 ,他让学员在半分钟内观察一组英文字母 ,要求每个人数出“F”字母出现的次数 ,结果 ,仅有 80% 的人是准的。这表明在快速检验中 ,人的敏感性对检验误差有一定影响。

2. 防止粗心大意误差的措施

(1) 采用确保不出差错的检验方法。根据以往的经验与教训 ,对症下药 ,在检验计划

中提供不出差错的积极措施。为此,广泛应用的形式有;

- ①多余法:例如复核检验、重复检验、设警钟警报等;
- ②递减记数法:例如设计连锁检验程序,按顺序作检验,检验完一项就减少一项;
- ③自动防止故障法:例如对用于检验锯齿形螺纹的环规明确规定施进方向,可有效防止扣形加工反的错误。

(2)采用自动化检验。对于大批量的重复检验,若采用自动化检验装置,则只要装置正常稳定,就不会发生粗心大意的误差。

(3)采用感觉放大器。比如采用放大镜、扩音器以及其他检测放大仪器来帮助感觉器官,提高察觉质量特性缺陷的能力。

(4)建立标准样品,采用比较法。例如提供一套表面粗糙度标准样块,这时检验员就能将零件表面粗糙度与样块作比较。如有的厂把经过认真加工检验合格的首件,建立为标准件;有的厂把国外的先进产品或零件拿来进行比较检验;有的建议成对地检验零件,也有利于减少误差。

(5)采用样板检验。例如模具检验,通常都是先制造一套若干块样板,用来检验模具的尺寸、形状和位置,通过与样板的对比,可以一目了然地看出差错。

(6)化繁杂的检验项目为简明的检验内容。为此,可设置障板将他人所负责检验的那些特性遮掉,使之能集中精力检验自己负责的部分。

此外,还可以进行编组检验。实践证明,同一个检验员,当他检验的质量特性小,而零件形状又简单时,发生误差就较少,而检验的质量特性多,零件形状复杂时,发生的误差就比较多。因此,可对形状复杂,检验质量特性多的零件,将需检验的质量特性进行编组,分别由两个或两个以上检验员来各检其中一组,这样由繁化简,能防止检验误差发生。

(7)进行覆盖检验。即采用覆盖用的视觉辅助工具进行检验。例如采用画有指导线或公差线的透明纸,检验人员判断零件尺寸大小或位置时,由于有了指导线而大大简化检验工序,因而也就减少了检验误差。

三、程序性误差

程序性误差指因生产不均衡,在中间检验站或完工检验站混乱地堆着待检产品和检验过的产品,或由于标志不清,发生已检与未检,合格与不合格产品的混淆性错误。

这种程序性误差,可以通过明确鉴别标志和严格调运手续而使之减少,一般采用分区堆放,涂色堆放或标志堆放。

四、明知故犯误差

检验人员明知故犯误差,一般有以下几种形式:

1. 管理引起的误差

管理引起的误差常有如下几种形式:

(1)企业在遇到产量、质量、成本等各项指标发生矛盾时,往往会加班加点,突击完成数量,容易出现不能严格遵守质量标准,犯了明知故犯的错误。

(2)企业习惯上的前松后紧。靠月末大突击来完成任务,检验员压力较大,容易造成

月末通通放走了事的现象。

(3)技术文件不统一,容易产生工序之间的扯皮现象,检验员随水逐波。

(4)检验员反映的正确意见和要求得不到支持时,检验员限于条件,勉强放行。

(5)有意的弄虚作假,检验人员不能正面抵制。

2. 检验人员本身引起的误差

(1)质量意识差,私自放宽标准,认为超差一些没啥,不能当优等品还可当合格品。

(2)怕得罪人,拉关系,做好人,不敢坚持原则。

(3)工作不认真,责任心差,工作中漫不经心,怕脏怕累,马虎草率。

(4)检验知识贫乏,不懂装懂。

3. 防止明知故犯误差的措施

(1)从管理上建立质量保证体系,明确各级人员质量职责和权限。

(2)企业领导以身作则,从管理上消除引起明知故犯误差的弊端。

(3)选用经过培训教育并证明是办事公道、作风正派的、能坚持质量原则、能胜任检验工作的人员来从事检验工作。

(4)明确规定检验人员的职责、权限、奖惩办法。

(5)进行复核检验和定期审核。

第八章 钣金冲压生产企业质量管理体系通用文件示例

第一节 制造业质量手册示例

質量手冊

第一版

审 核：
批 准：
日 期：
文件发放号：
地 址：
电 话：
传 真：
邮 编：

颁布令

本公司依据 GB/T 19001—2000《质量管理体系 要求》编制完成了《质量手册》第一版,现予以批准颁布实施。

本手册是公司质量管理体系的法规性文件,是指导公司建立并实施质量管理体系的纲领和行动准则。公司全体员工必须遵照执行。

总经理:

年 月 日

任命书

为了贯彻执行 GB/T 19001—2000《质量管理体系 要求》,加强对质量管理体系运作的领导,特任命 为我公司的管理者代表。

管理者代表的职责是:

1. 确保质量管理体系所需的过程得到建立和保持;
2. 向最高管理者报告质量管理体系的业绩,包括改进的需求;
3. 确保在整个组织内提高满足顾客要求的意识;
4. 就质量管理体系有关事宜对外联络。

总经理:

年 月 日

目 录

标题 GB/T 19001—2000 标准条款对照

0.1	目录	
0.2	质量手册说明	4.2.2
0.3	质量手册修改控制	
0.4	公司概况(略)	
1.0	公司组织机构图	
2.0	公司质量管理体系结构图	
3.0	质量管理体系过程职责分配表	
4.0	质量管理体系	4.1 4.2
4.1	文件控制程序	4.2.3
4.2	记录控制程序	4.2.4
5.0	管理职责	5.1 5.2
5.1	质量方针和质量目标	5.3 5.4.1
5.2	质量管理体系策划控制程序	5.4.2
5.3	职责、权限和沟通	5.5
5.4	管理评审控制程序	5.6
6.0	资源管理	6.1
6.1	人力资源控制程序	6.2
6.2	基础设施和工作环境控制程序	6.3 6.4
7.0	产品实现	
7.1	产品实现的策划程序	7.1
7.2	与顾客有关的过程控制程序	7.2
7.3	设计和开发控制程序	7.3
7.4	采购控制程序	7.4
7.5	生产和服务提供控制程序	7.5
7.6	监视和测量装置的控制程序	7.6
8.0	测量、分析和改进	8.1
8.1	顾客满意程度测量程序	8.2.1
8.2	内部审核程序	8.2.2
8.3	过程和产品的监视和测量程序	8.2.3 8.2.4
8.4	不合格品控制程序	8.3
8.5	数据分析控制程序	8.4
8.6	改进控制程序	8.5
附录 1	第二级文件清单	
附录 2	记录清单	

质量手册说明

1 手册内容

本手册系依据 GB/T 19001—2000《质量管理体系 要求》和本公司的实际相结合编制而成,它包括:

- (1)公司质量管理体系的范围,它包括了 GB/T 19001—2000 标准的全部要求;
- (2)为公司质量管理体系编制的形成文件的程序;
- (3)质量管理体系所过程之间相互作用的表述。

2 术语和定义

本手册采用 GB/T 19001—2000《质量管理体系 基础和术语》的术语和定义。

3 本手册为公司的法规性文件,是受控文件,由总经理批准颁布执行。手册管理的所有相关事宜均由质管部统一负责,未经管理者代表批准,任何人不得将手册提供给公司以外人员。手册持有者调离工作岗位时,应将手册交还质管部,办理核收登记。

4 手册持有者应使其妥善保管,不得损坏、丢失、随意涂抹。

5 在手册使用期间,如有修改建议,各部门负责人应汇总意见,及时反馈到质管部;质管部应根据需要及时组织对手册的适用性、有效性进行评审;必要时应对手册予以修改,执行《文件控制程序》的有关规定。

补充说明:

1. 本节与标准条款“4.2.2 质量手册”相对应。

2. 本范例包含了标准要求的全部条款。如果公司根据实际情况对标准的第7章内容,包括某些条款或其子条款,进行了适当的删减,则应在本节详细说明删减的细节及其合理性。但是这种删减不应影响组织提供满足顾客和适用法律法规要求的产品的能力或责任的要求。

3. 这里使用“删减”而不使用“剪裁”一词,是因为后者可能具有“量体裁衣”的含义。即组织可能由于某种原因达不到标准要求,而将标准的某些要求删去,这对于声称符合 GB/T 19001—2000 标准要求的组织是不能允许的。对于要实施标准要求的组织,应该是把自己提高到标准的要求。

4. 如果组织外包的产品实现过程对组织的产品符合性有影响,则对外包的控制不应删减,并在第7章的适当位置对控制的方式和程度予以说明。

5. 本手册包括了公司质量管理体系要求的所有程序文件。即把过去为1994版标准习惯上编制的质量手册和程序文件合并为一份文件。这种简化是为了更方便于组织使用,增强了文件的实用性。对于产品种类众多或大型的组织,则可能在手册的第7章“产品实现”中针对不同类别产品的实现过程,编制相应的程序文件分册;或在第7章中仅对相应的程序文件引用,而把程序文件归入相关部门的工作手册中。

6. 质量手册是法规性的文件,因此对于公司全体员工应是强制性的要求,必须认真贯彻执行。

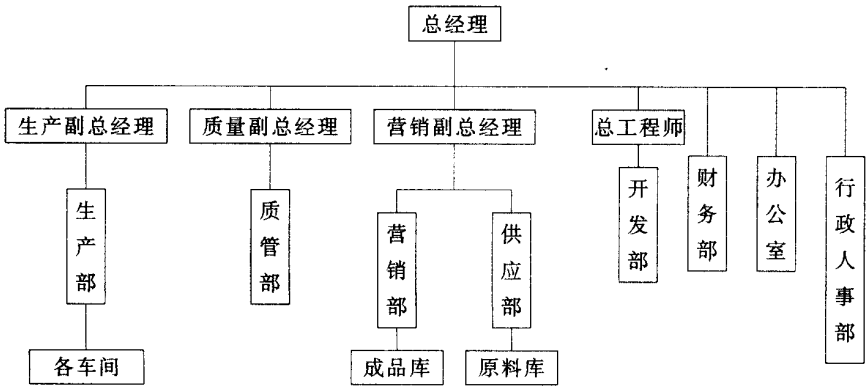
质量手册修改控制

章节号	修改条款	修改理由	修改人	审核	批准	批准日期

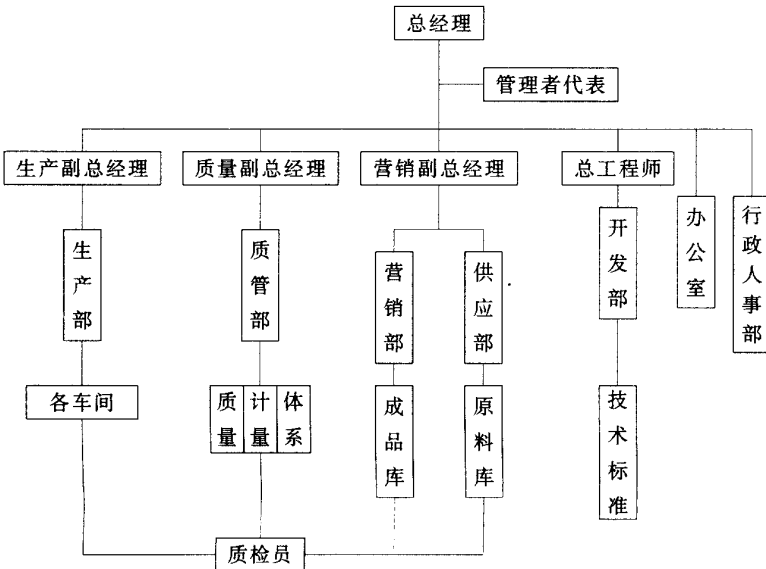
补充说明：

根据标准“4.2.3 文件控制”的 c) 条款要求，应“确保文件的更改和现行修订状态得到识别”，因此编制此表以标识手册的修订状态。如更改过多，则可能导致手册换版。

公司组织机构图



公司质量管理体系结构图



补充说明：

1. 这里列出了质管部的 4 项主要工作，即质量：对全公司的生产和服务质量负全面的监督管理责任；计量：对所有与生产和服务有关的监视和测量装置的校准负责；标准：对企业工作标准、管理标准的管理负主要责任；体系：负责企业质量管理体系的日常运作。
2. 开发部对产品的技术标准管理负主要责任。

3. 质检员在业务上归质管部管理,他们作为质管部的派出人员,对确保和证实产品的符合性进行监视和测量。

质量管理体系过程职责分配表

标准要求	职能部门								
	最高管理者	开发部	生产部	质管部	营销部	供应部	办公室	行政人事部	各车间
4 质量管理体系	▲	△	△	△	△	△	△	△	△
4.2.3 文件控制	△	▲	△	▲	△	△	▲	△	△
4.2.4 记录控制	△	△	△	▲	△	△	△	△	△
5.1 管理承诺	▲	△	△	△	△	△	△	△	△
5.2 以顾客为关注焦点	▲	△	△	△	△	△	△	△	△
5.3 质量方针	▲	△	△	△	△	△	△	△	△
5.4 策划	△	△	△	▲	△	△	△	△	△
5.5 职责、权限与沟通	▲	△	△	△	△	△	△	▲	△
5.6 管理评审	▲	△	△	△	△	△	△	△	△
6.1 资源的提供	▲	△	△	△	△	△	△	△	△
6.2 人力资源	△	△	△	△	△	△	△	▲	△
6.3 基础设施	△	△	▲	△		△			△
6.4 工作环境	△	△	▲	△	△	△	△		△
7.1 产品实现的策划	▲	△	△	▲	△	△			△
7.2 与顾客有关的过程	△	△	△	△	▲	△			△
7.3 设计和开发	△	▲	△	△	△	△			△
7.4 采购	△	△	△	△	△	▲			△
7.5 生产和服务提供	△	△	▲	△	△	△			▲
7.6 监视和测量装置的控制	△	△	△	▲		△			△
8.1 总则	▲	△	△	▲	△	△			△
8.2 监视和测量	△	△	△	▲	△	△	△	△	△
8.3 不合格品控制	△	△	△	▲	△	△	△	△	△
8.4 数据分析	△	△	△	▲	△	△	△	△	△
8.5 改进	△	△	△	▲	△	△	△	△	△
▲ 主要职能 △ 相关职能									

补充说明：

1. 对职责分配,原则上标准的一个要求,应由一个部门主管。对于表中同一个标准要求如果出现多个▲,则说明有多个主管部门,这是因为它们分管的范围不同。例如对

“文件控制”开发部主要是分管技术文件、质管部主要分管质量管理体系运作的有关文件、办公室则主要负责行政管理性文件。

2. 在编制组织内部审核计划时,对有关部门的审核内容应参考此表的职责分配来编制。

质量管理体系

1 目的

规定对公司建立、实施和保持质量管理体系的总体性要求及对质量管理体系文件编制的总要求。

2 范围

适用于对公司质量管理体系及体系文件的控制。

3 职责

3.1 总经理

- a. 负责领导建立、实施和保持公司的质量管理体系;
- b. 负责批准公司的质量手册、质量方针和目标。

3.2 管理者代表

- a. 确保质量管理体系所需的过程得到建立、实施和保持;
- b. 向最高管理者报告质量管理体系的业绩和任何改进的需求;
- c. 确保在整个组织内提高满足顾客要求的意识;
- d. 代表企业就质量管理体系的有关事宜对外进行联络。

3.3 质管部

- a. 在管理者代表的领导下,对公司质量管理体系的日常运行进行控制;
- b. 负责组织编制与质量方针和目标相一致的质量管理体系文件。

4 要求

4.1 质量管理体系的总要求

公司按照 GB/T 19001—2000 标准要求建立了质量管理体系,形成文件,加以实施和保持,并持续改进其有效性。为此应做到下述要求:

a. 为确保质量管理体系的充分性,公司应对质量管理体系所需要的过程及其在组织中的应用进行识别,这应包括管理活动、资源提供、产品实现及和测量有关的过程。应根据这些过程对产品质量的影响大小及复杂程度进行相应的控制。

b. 应确定过程之间的内在联系、排列顺序和相互作用。对产品实现的过程,公司采用流程图的方式说明主要的实现过程,并明确影响产品质量的关键工序和特殊过程。

c. 为使过程在受控状态下运行以达到预期目标,公司根据必要性确定了所需的控制

准则和方法,明确规定了过程的输入、输出及开展的活动和投入的资源。

d. 确保可以获得必要的资源和信息,以支持对这些过程的运作和监视。

e. 规定对过程进行监视、测量和分析的方法,以了解过程运行的趋势及实现策划结果的程度,并根据分析的对过程采取必要的措施,以实现持续的改进。

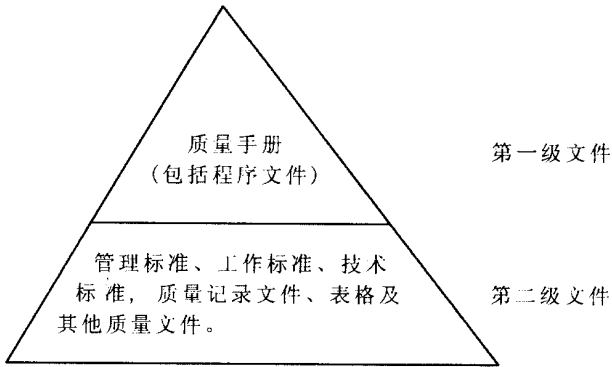
f. 根据外包加工产品对公司产品符合性的影响程度,在公司产品实现的过程中,明确对其实施控制的程度。

4.2 质量管理体系应形成文件,并贯彻实施和持续改进

4.2.1 按照 GB/T 19001—2000 标准的要求及公司的实际情况,编制了适宜的文件以确保质量管理体系有效运行。

4.2.2 公司制定了质量方针和目标,请参阅《质量方针》和《管理策划控制程序》。

4.2.3 公司质量管理体系文件结构图:



4.2.4 第一级文件为质量手册,包括了所有的程序文件。

4.2.5 第二级文件可分为两类:

a. 部门工作手册,作为各部门运行质量管理体系的常用实施细则,包括管理标准(各种管理制度等);工作标准(岗位责任制和任职要求等);技术标准(国标、行标、企标及作业指导书、检验规范等);部门质量记录文件等。

b. 其他质量文件:可以是针对特定产品、项目或合同编制的质量计划、设计开发输出文件或其他标准、规范等,文件的组成应适合于其特有的活动方式。

4.2.6 随着组织内外环境的变化、质量管理体系的变化及质量方针、目标的变化,应及时评审质量管理体系文件的适宜性,必要时予以修订,以确保文件的有效性、充分性和适宜性,执行《文件控制程序》的有关规定。

4.2.7 文件的详略程度应取决于公司规模、产品类型、过程复杂程度、员工能力素质等,应切合实际,便于理解应用。

4.2.8 文件可呈现任何媒体形式,如纸张、磁盘、光盘或照片、样件等,都应按照《文件控制程序》进行管理。

4.2.9 为实施上述要求,本章编制了下述程序文件:

标题	GB/T19001—2000 标准对照条款
4.1 文件控制程序	4.2.3

4.2 记录控制程序

4.2.4

补充说明：

1. 本节包含了标准“4.1 总要求”及“4.2 文件要求”。
2. 由于本质量手册包含了所有的程序文件,因此公司质量管理体系文件结构分为两级。
3. “部门工作手册”中的文件均在相对稳定的一段时间内有效,其他仅在短时间内有效的文件,不列入工作手册。手册中文件分为两类:
 - (1) 部门负责编制的文件,有的适用于全公司实施,有的仅适用于本部门内部实施。
 - (2) 公司其他部门编制的文件,凡适用于本部门实施的文件也纳入部门工作手册。
4. 标准要求形成文件的程序只有6个,即文件控制、记录控制、内部审核、不合格品控制、纠正措施和预防措施。因为这6个文件与环境管理体系的要求是共用的。但这决不意味着只需编写6个形成文件的程序,而是要求组织为确保其过程的有效策划、运行和控制,应根据组织的实际情况编制所需的其他文件,这对质量管理提出了更高的要求。
5. 有些程序如果不形成书面文件也不会影响质量,就可以不编写形成文件的程序;或者组织的规模和文化能够确保这些程序能有效地执行,也可以不形成书面文件。但是为了证实组织的质量管理体系符合标准的要求,组织必须提供充分的客观证据(不一定是书面的,而注重其控制效果)以证实其质量管理体系已被有效实施。
6. 质量管理体系文件的编制可能是一个“由薄到厚,再由厚到薄”的过程。开始时,可能编写了很多文件,但经过一段时间运行后,则会将一些文件简化,因此要求对于质量管理体系文件应适时进行评审。

文件控制程序

1 目的

对质量管理体系所要求的文件进行控制,确保各相关场所使用文件为有效版本。

2 范围

适用于对质量管理体系所要求的文件进行控制。

3 职责

- 3.1 总经理负责批准发布质量手册。
- 3.2 管理者代表负责审核质量手册。
- 3.3 各部门负责相关文件的编制、使用和保管。
- 3.4 质管部负责质量管理体系文件的管理、控制
- 3.5 开发部负责技术文件的管理、控制。
- 3.6 办公室负责厂级行政管理文件及部分外来文件的管理、控制。
- 3.7 各部门资料员负责本部门与质量管理体系有关的文件的收集、整理和归档等。

4 程序

4.1 文件分类及保管

4.1.1 质量手册(包含了公司质量方针、目标及所有过程控制的程序文件),由质管部备案保存。

4.1.2 公司第二级质量管理体系文件:

a. 部门工作手册 这是各部门运行质量管理体系的常用实施细则,包括管理标准(部门管理制度等);工作标准(岗位责任制和任职要求等);技术标准(国标、行标、地标、企标及作业指导书、检验规范等);部门质量记录文件等。由各相关部门自行保存并报质管部备案存档。

b. 其他质量文件:可以是针对特定产品、项目或合同编制的质量计划、设计开发输出文件或其他标准、规范等,文件的组成应适合于其特有的活动方式。由各相应的业务部门保存、使用。

c. 公司级行政管理文件,如各种行政管理制度、部分外来的管理性文件,包括与质量管理体系有关的政策、法规文件等,由办公室保存。

4.2 文件的编号

4.2.1 文件编号按下述规则要求执行:

a. 质量手册:

公司名称代号—ZS—版次,手册中各章以章节号区分,例如:XX—ZS—01,表示公司质量手册第1版。

b. 记录:主管部门代号—质量手册中的文件章节号—记录编号,例如:ZG—5.6—01,表示质管部在质量手册中第5.6章《管理评审控制程序》中的第1个记录文件。

c. 各部门其他质量文件:部门代号—文件顺序号—年号,例如:YX—05—2000,表示营销部于2000年发放的第5号文件。

d. 设计、工艺文件的编号按《设计、工艺文件管理规定》执行。

4.2.2 各部门代号规定如下:

营销部:YX,质管部:ZG,开发部:KF,生产部:SC,行政部:XZ,办公室:BG,供应部:GY,人事部:RS

4.3 文件的编写、审核、批准、发放

文件发布前应得到批准,以确保文件是适宜的。

a. 质量手册由质管部负责组织编写,由管理者代表审核,上报总经理批准发布,由质管部负责登记、发放。

b. 各部门工作手册由各部门经理组织编写、汇总,由管理者代表审核,报总经理批准,质管部负责登记、发放。

c. 文件的发放、回收要填写《文件发放、回收记录》。应确保文件使用的各场所都应得到适用文件的有关版本。

4.4 文件的受控状况

文件分为‘受控’和‘非受控’两大类。凡与质量体系运行紧密相关的文件应为受控,

对这些文件的编制、审核、批准、发放、使用、更改、再次批准、标识、回收及作废等均应受到控制,由各主管部门按规定执行。所有受控文件必须在该文件封面右上角加盖表明其受控状态的印章,并注明分发号。

4.5 文件的更改和现行修订状态的控制

a. 质量手册的更改由质管部组织进行,填写《文件更改申请》,经管理者代表审核,上报总经理批准后更改。质管部应保留文件更改内容的记录。

b. 其他文件的更改由各相应主管部门填写《文件更改申请》,经原审批部门审批,再由各相应部门指定人员进行更改、发放、处理。如果指定其他部门审批时,该部门应获得审批所需依据的有关背景资料

c. 对质量手册和部门工作手册的修订状态,采用本质量手册 0.3 节的文件修改记录表进行识别,对其他文件的修订应由主管部门保留文件修改的有关记录。

d. 所有被更改的原文件必须由相应主管部门收回,以确保有效文件的惟一性。

4.6 文件的领用

a. 应经相应主管部门负责人批准后方可领用文件,领用者应填写《文件发放、回收记录》。

b. 因破损而重新领用的新文件,分发号不变,并收回相应旧文件;丢失补发的文件,应给予新的分发号,并注明已丢失的文件的分发号失效;发放部门做好相应发放签收记录。

4.7 文件的保存、作废与销毁

4.7.1 文件的保存

a. 与质量管理体系相关的文件都必须分类存放在干燥通风,安全的地方。

b. 各部门文件由本部门资料员保管。质管部每季度对各部门文件保管情况进行检查。对受控文件,各部门资料员应及时填写本部门使用文件的《受控文件清单》。

c. 任何人不得在受控文件上乱涂画改,不准私自外借,确保文件的清晰、易于识别和检索。

4.7.2 文件的作废与销毁

a. 所有失效或作废文件由相关部门资料员及时从所有发放或使用场所撤出,加盖“作废”印章,确保防止作废文件的非预期使用。

b. 如因法律或其他原因需保留的任何已作废的文件,都应在文件封皮标加盖“作废”印章,并标注“仅供参考”。

c. 对要销毁的作废文件,由相关部门填写《文件销毁申请》,经管理者代表批准后,由质管部授权相关部门销毁。

4.7.3 文件的借阅、复制

借阅、复制文件者应填写《文件借阅、复制记录》,由相关部门负责人按规定权限审批后向资料管理人借阅、复制。复制的受控文件必须由资料管理人登记编号,并加盖“受控”印章。

4.8 外来文件的控制

4.8.1 收到外来文件的部门,需识别其适用性,并控制分发以确保其有效。

4.8.2 开发部、质管部及办公室在各自的权限范围内负责收集与产品有关的国家、行业、地方、国际标准及法律、法规等的最新版本,统一编号、加盖受控印章,分发到相关部门使用,并把旧标准收回。

4.8.3 各部门要把上述标准及其他与质量管理体系有关的外来文件填入《部门受控文件清单》,并报质管部备案。

4.9 为保证文件的适宜性,质管部应根据需要及时组织对现有质量管理体系文件进行评审,各部门结合平时使用情况进行适时评审,必要时予以修改,执行4.5条款规定。

4.10 对承载媒体不是纸张的文件的控制,也应参照上述规定执行。

4.11 记录是一种特殊的文件,应执行《记录控制程序》的有关规定。

4.12 设计、工艺文件的管理应执行《设计、工艺文件管理规定》。

4.13 对计算机文件的管理应执行《软件管理规定》,对软件的采购、开发、使用、加密、防病毒等提出严格要求。质管部监督各部门对软件控制的执行情况。

5 相关文件

5.1 《记录控制程序》

5.2 《设计、工艺文件管理规定》

5.3 《软件管理规定》

6 记录

6.1 《文件发放、回收记录》

6.2 《文件借阅、复制记录》

6.3 《部门受控文件清》

6.4 《文件更改申请》

6.5 《文件销毁申请单》

补充说明:

1. 本节与标准要求“4.2.3 文件控制”相对应。

2.“受控文件”是指对文件整个寿命期进行控制,这包括了文件的编制、评审、批准、发放、实施、更改、再次批准、标识、收回、作废等均纳入控制,登记在案。

3. 本节重点在于强调对质量管理体系运行相关的部门应该得到它进行过程策划、运行和控制的所需的文件,并且要保证这些文件是唯一有效的版本。

4. 对企业相关的法律法规应纳入受控文件管理,因为必须保证这些文件是最新的有效版本。

记录控制程序

1 目的

对质量管理体系所要求的记录予以控制,以提供对产品、过程和体系符合要求及体系

有效运行的证据。

2 范围

适用于为证明产品、过程和体系符合要求和质量管理体系有效运行的记录。

3 职责

3.1 质管部为监督、管理各部门的记录控制情况的主管部门。

3.2 各部门资料员负责收集、整理、保管本部门的记录。

3.3 档案室负责保管超过一年的记录。

3.4 各部门负责人负责批准本部门编制的记录格式。

4 程序

4.1 记录的标识、编号

质管部负责对各种记录应进行标识、编号,以便于识别与检索。记录的标识编号按《文件控制程序》执行。

4.2 记录填写

4.2.1 记录填写要准确、及时、内容完整、字迹清晰,不得随意涂改。如因某种原因不能填写的项目,应能说明理由,并将该项用单杠划去。各相关栏目负责人签名不允许空白。

4.2.2 如因笔误或计算错误要修改原数据,不能采取涂抹的方式,而应采用单杠划去原数据,在其上方写上更改后的数据,并签上更改人的姓名及日期。

4.3 记录的保存、保护

4.3.1 各部门的资料员必须把所有记录分类,依日期顺序整理好,存放于通风、干燥的地方,所有的记录应保持清洁,字迹清晰。各部门按规定的期限保存记录,对于保存一年以上的记录交档案室保存。

4.3.2 质管部编制《记录清单》(附备案的原始记录样本),将公司所有与质量管理体系运行有关的记录汇总,包括名称、编号、保存期等内容,交管理者代表审核,总经理批准。各部门应将本部门使用的记录清单作为部门工作手册的附录,并汇总本部门的记录原始样本。

4.3.3 质管部每三个月要检查一次各部门记录的使用、管理情况。

4.4 记录发放、借阅和复制

a. 各部门向质管部领用所需记录空白表,应填写《文件发放、回收记录》。

b. 各部门保管的记录应便于检索,需借阅或复制者要经相应部门负责人批准并填写《文件借阅、复制记录》,由记录管理人登记备案。

4.5 记录的销毁处理

对超过保存期的记录,或因其他特殊情况需要销毁时,由档案室主管填写《文件销毁记录》交质管部确认,报管理者代表审核,总经理批准后由授权人执行销毁。

4.6 记录格式

4.6.1 各部门的记录格式,由各部门经理负责组织编制,部门经理审批,交质管部备案。

4.6.2 各相关部门可根据工作需要提出记录格式设计更改,执行《文件控制程序》有关文件更改的规定。

5 相关文件

5.1 《文件控制程序》

6 记录

6.1 《记录清单》

6.2 《文件发放、回收记录》

6.3 《文件借阅、复制记录》

6.4 《文件销毁记录》

补充说明:

1. 本节与标准“4.2.4”条款相对应。

2. 记录是一种特殊类型的文件,因此对于设计出来的记录表格应经过主管领导的审核、批准。

3. 原则上来说,记录表格上的各栏目都应填写相关的记录内容,而不应有空白,否则可能出现“有章不循”。因此,如因某种原因而不填写的栏目,应采用单杠划去,并能说明原因。

4. 记录应规定保存期,原则上来说应与产品的寿命期相同。当然,应根据实际情况作出相应的规定。对于质量管理体系运行的记录,应保存3年以上,因为质量管理体系认证证书的有效期为3年,因此这期间有关体系运行的记录应保存,以便于追溯。

管理职责

1 目的

规定公司总经理应承诺和实施的活动。

2 范围

适用于公司总经理为建立和改进质量管理体系的承诺提供证据。

3 要求

3.1 管理承诺

公司总经理通过以下的活动对其建立和改进质量管理体系的承诺提供证据:

3.1.1 向组织传达满足顾客和法律、法规要求的重要性:

a. 总经理应树立质量意识,清楚了解让顾客满意是最基本的要求。

b. 总经理应清楚了解产品质量与公司每一个成员对质量的认识紧密相关。

c. 总经理应采取培训、内部刊物、质量例会等各种方式使全体员工都能树立质量意识,都能认识到满足顾客的要求和法律法规的要求对公司的重要性;并能经常持续地加强员工对质量的意识,使他们积极参与与提高质量有关的活动。执行《与顾客有关的过程控制程序》关于“与产品有关要求的确定”、“顾客沟通”、《设计和开发控制程序》关于“设计和开发的输入”及《顾客满意程度调查程序》等的有关规定。

3.1.2 总经理负责制定和批准公司的质量方针和质量目标,参见《质量方针》和《管理策划控制程序》。

3.1.3 总经理应对质量管理体系的适宜性、充分性、有效性进行评审,以评估持续改进质量管理体系的机会,使管理承诺得到落实。应按策划的时间间隔主持管理评审,执行《管理评审控制程序》。

3.1.4 总经理应确保公司质量管理体系运作能获得必要的资源,执行《资源管理》的规定。

3.2 以顾客为关注焦点

总经理应以增强顾客满意为目的,确保顾客的要求得到确定并予以满足,为此应做到:

3.2.1 确定顾客的需求和期望

通过市场调研、预测,或与顾客的直接接触来实现,执行《与顾客有关的过程控制程序》。

3.2.2 将顾客的需求和期望转化为对公司产品要求、过程要求和质量管理体系的要求,如对产品特性的要求、各种生产和检验规范等。

3.2.3 使转化成的要求得到满足

a. 公司必须满足法律法规及强制性国家和行业标准的规定;

b. 顾客的期望和需求、法律法规及强制性国家和行业标准的要求也会随着时间的推移而修订,因此组织转化的要求及已建立的质量管理体系也应随之更新,执行《管理评审控制程序》和《文件控制程序》的规定。

3.3 为实现上述要求,本章编制下列文件:

标题	GB/T 19001—2000 标准对照条款
5.1 质量方针和质量目标	5.3.5.4.1
5.2 质量管理体系策划控制程序	5.4.2
5.3 职责、权限和沟通	5.5
5.4 管理评审控制程序	5.6

补充说明:

1. 本节与标准“5.1 管理承诺”相对应。

2. 本节是对最高管理者的承诺作出规定,可以作为对最高管理者进行审核时的依据。

3. 内审组对于组织的最高管理者也应进行审核,这是组织管理透明化、民主化的进步,有利于更好地实现全员参与的目的。

4. 最高管理者对承诺的实现,要提供充分的证据,而不是流于形式。最高管理者的重点在于控制过程的结果,而过程的细节应该交给各职能部门去操作。

质量方针和质量目标

1. 为确定组织在质量方面追求的宗旨和方向,特确定本公司的质量方针为:

“科技领先、优质高效、顾客至上、遵信守约”

本公司要以先进的技术不断开发新产品,以最好的质量和最高的效率保持企业的生命力,以顾客为关注焦点实现我们对顾客的承诺。

本方针与公司总体经营方针相适应、协调,它是公司经营方针的重要组成部分。体现了满足要求和持续改进的承诺。

2. 为实现组织的质量方针,确定组织总的质量目标为:

(1)常规产品成品合格率达到95%,今后三年内每年递增1%;

(2)常规产品零部件合格率达到93%,在今后三年内每年递增1%;

(3)开发新产品总体一次成功。

与质量相关的各部门应根据组织总目标进行分解,转化为本部门每年具体的工作目标,为保证目标的顺利完成,需进行相应的质量策划,执行《质量管理体系策划控制程序》的有关规定。

3. 各级领导要将质量方针和质量目标传达到管理、执行、验证和作业等层次,使全体员工正确理解并坚决执行。

4. 公司应不断地对质量方针、质量目标进行适宜性评审,必要时可对其进行修改以适应公司内外环境的变化,执行《管理评审控制程序》。

5. 对质量方针、质量目标的批准、发布、评审、修改都应实行控制,执行《文件控制程序》关于文件更改的有关规定。

补充说明:

1. 本节与标准“5.3 质量方针”和“5.4.1 质量目标”相对照。

2. 方针下面的文字为对方针的统一解释,应该使全体员工正确理解,并认真执行。质量方针是组织在质量方面的宗旨、发展方向,而质量目标则是质量方针的具体落实、展开,应是可测量的。

3. 质量目标是在质量方针的指导框架下展开的,应该具有挑战性,组织只有经过一定努力才能达到。如果提出的目标已经实现了,则应该提出新的目标。如果目标是用百分数来表示,则对于质量目标的计算方法、分子和分母的信息来源及采样计算的时间间隔等应在各部门相应的部门工作手册中给出。

4. 每年各部门都应制定新的质量目标,以实现持续发展。

质量管理体系策划控制程序

1 目的

进行质量管理体系的策划,以制定质量目标,并规定必要的运行过程和相关资源以实现质量目标。

2 范围

适用于对确保实现质量目标的过程和资源加以识别和策划。

3 职责

3.1 总经理根据组织的质量目标,配置必要的资源,负责批准有关部门编制的质量管理体系策划输出文件。

3.2 管理者代表负责审核各部门为质量管理体系策划编制的有关文件。

3.3 质管部负责组织各部门进行质量管理体系策划,编写相应的策划文件,并对实施情况进行监督检查。

3.4 各部门主要负责人负责组织本部门的质量管理体系策划。

4 程序

4.1 进行质量管理体系策划的时机

总经理应确保对质量管理体系进行策划,以满足质量目标及质量管理体系的总要求。

组织在下列情况下需进行质量管理体系策划:

- 按照质量管理标准建立、改进质量管理体系;
- 组织的质量方针、质量目标、组织机构发生重大变化;
- 组织的资源配置、市场情况发生重大变化;
- 现有体系文件未能涵盖的特殊事项。

4.2 质量管理体系策划的内容

总经理应确保对实现质量目标所需的资源加以识别和策划。策划的内容应包括:

- 需达到的质量目标及相应的质量管理过程,确定过程的输入、输出及活动,并作出相应规定;
- 识别为实现质量目标所需建立的过程的资源配置;
- 对实现总体质量目标和阶段或局部的质量目标进行定期评审的规定,重点应评审过程和活动的改进;
- 根据评审结果寻找与质量目标的差距,确保持续改进,提高质量管理体系的有效性和效率;
- 策划的结果(包括变更)应形成文件,如质量管理方案、质量管理计划等。

4.3 质量管理体系策划输出文件的编制原则

a. 应参照质量手册的有关内容,应符合质量方针、目标,并与产品实现过程的策划及其他质量体系文件的内容协调一致;

b. 已有的质量文件中的内容可被引用,并根据特殊的要求增加新的内容。

4.4 质量管理体系策划输出文件的编制、审批和发放

4.4.1 质量管理体系策划输出文件由质管部组织各部门负责人编制,经管理者代表审核、总经理批准后,以受控文件形式发放到相关部门。

4.4.2 质量管理体系策划输出文件的封面必须写明策划项目名称及编号、编制人、审核人、批准人、发布日期。

4.5 质量管理体系策划的实施、监督检查和更改

4.5.1 各部门在执行中应按照策划规定的内容、进度、要求进行控制,并将执行情况、存在的问题等及时反馈到质管部。

4.5.2 质管部对策划实施情况进行检查和验证,协调相应的资源,并填写《质量管理体系策划实施情况检查表》报告总经理。

4.5.3 对质量管理体系策划的更改

a. 策划输出文件的更改应在受控状态下进行,应由更改部门填写《文件更改申请单》,经总经理批准后进行更改,按《文件控制程序》执行。

b. 在更改期间应保持质量管理体系、的完整运行,例如组织机构的调整应对职责作出相应的变更,以确保体系正常运作。

4.6 质量管理体系策划所形成的相关文件,由质管部负责存档保存。

5 相关文件

5.1 《文件控制程序》

5.2 《产品实现的策划控制程序》

6 记录

6.1 《质量管理体系策划实施情况检查表》

6.2 各部门的质量管理体系策划输出文件

6.3 《文件更改申请单》

补充说明:

1. 本节与标准“5.4.2 质量管理体系策划”相对应。

2. 质量管理体系策划对于组织来说是属于战略决策式的策划,应由最高管理者总负责。

3. 质量手册、程序文件等都是质量管理体系策划的结果。标准“7.1 产品实现的策划”是针对特定产品、项目或合同的具体操作性的策划,可以看作是质量管理体系策划的一部分。

4.“保持质量管理体系的完整性”很重要,一般有两种情况可能造成质量管理体系局部失效:

(1)当组织内外部环境发生重大变化时,造成质量管理体系局部失效,如机构的合并、

改组、人员调整,使得某些职责权限失控,应对质量管理体系中的职责和权限及时调整。

(2)某些组织尽管对质量管理体系进行了策划,例如编制了质量手册等文件,但是在执行时仍然习惯于按老的惯例去做,而把手册的有关规定放在一边,造成体系的“两张皮”,这也是体系不完整的体现。

职责、权限和沟通

1 目的

对组织内的职能及其相互关系予以规定和沟通,以促进有效的质量管理。

2 范围

适用于组织内对质量管理体系有关的管理层及各职能部门和有关人员的职责、权限的规定及沟通。

3 职责和权限

3.1 总经理

- a. 全面领导公司的日常工作,向公司传达满足顾客和法律、法规要求的重要性;
- b. 制定质量方针和质量目标,负责批准公司的质量手册和各部门的工作手册;
- c. 主持管理评审;
- d. 确保质量管理体系运行所必要的资源配备;
- e. 负责批准项目建议书、新产品的试产报告;
- f.

3.2 总工程师

- a. 在总经理的领导下对公司新产品的研制开发负全面责任,确保质量管理体系在设计开发部门的正常运行;
- b. 负责审核项目建议书,下达设计和开发任务书,负责批准设计开发方案、设计开发计划书、设计开发评审报告、设计开发验证报告,负责审核试产报告;
- c.

3.3 生产副总经理

- a. 在总经理的领导下全面负责公司的生产运作,确保质量管理体系在生产部门的正常运行;
- b. 负责审批生产计划;
- c. 负责生产设施的配置、监督生产设施的使用、维护;
- d.

3.4 供销副总经理

- a. 在总经理领导下全面负责公司产品的市场营销和原材料供应工作,确保质量管理体系在营销部门的正常运行;

b. 负责审批特殊合同的产品需求评审表；

c.

3.5 质量副总经理兼管理者代表

a. 在总经理的领导下确保公司质量管理体系的过程得到建立、实施和保持；

b. 领导公司的内部审核，向最高管理者报告质量管理体系的业绩，包括改进的需求；

c. 确保在整个公司内提高满足顾客要求的意识；

d. 代表公司就与质量管理体系有关的事宜进行外部联络；

e. 负责审核质量手册和各部门的工作手册；

f.

3.6 质管部经理

a. 在管理者代表的领导下，全面主管公司质量管理体系的具体实施；

b. 负责组织编制与质量方针和目标相一致的质量管理体系文件，负责编制公司年度内审计划、管理评审计划，并组织实施；

c. 负责组织计量器具、各类检测设备的周期校准，负责对产品实现过程的监视和测量；

d. 负责监督、管理公司执行国家、行业和企业标准的情况；

e. 在自己的职权范围内组织处理不合格品、检查、验证纠正、预防和改进措施的执行效果；

f. 组织采用适用的统计技术进行数据分析；

g. 负责管理公司质量管理体系文件；

h.

3.7 开发部经理

a. 在总工程师的领导下组织和实施公司新产品的设计和开发全过程；

b. 确保质量管理体系在本部门的正常运行；

c. 负责新产品技术文件的编制、发放、保管；

d.

3.8 营销部经理

a. 全面负责公司产品的日常销售工作，确保质量管理体系在本部门正常运行；

b. 组织识别顾客的需求和期望，组织有关部门对产品需求进行评审；

c. 负责与顾客沟通，建立顾客档案，妥善处理顾客意见；

d.

3.9 生产部经理

a. 全面负责公司产品的日常生产，确保质量管理体系在本部门正常运行；

b. 负责根据市场需求制定生产计划，并组织协调各部门按计划进行生产；

c. 负责生产设备的管理，确保满足生产需要；

d. 编制生产作业指导书，并监督执行；

e.

3.10 供应部经理

a. 全面负责公司生产所需原材料的采购供应,确保质量管理体系在本部门正常运行;

b. 负责组织对顾客需求的确认和产品需求的评审及对供方进行评价,确保采购合格的产品;

c. 负责制定采购计划,准备采购资料,执行采购作业;

d.

3.11 办公室主任

a. 全面负责公司的日常行政管理工作,确保质量管理体系在本部门正常运行;

b. 对公司管理性的文件进行管理,保存公司一年以上的质量记录;

c. 负责公司对外公共关系、宣传等工作,为企业树立良好形象;

d.

3.12 人事部经理

a. 全面负责公司的人事管理工作,确保质量管理体系在本部门正常运行;

b. 负责按照公司要求配置人力资源,满足生产和发展的需要;

c. 负责组织全体员工的培训工作,制定培训计划并组织实施;

d.

3.13 各车间主任

a. 全面负责本车间的日常生产,确保质量管理体系在本部门正常运行;

b. 负责指导员工按计划进行生产和过程的控制;

c. 指导和监督正确使用生产设施,并进行维护保养;

d.

4 内部沟通

4.1 组织的最高管理者应确保在不同层次和职能之间,就质量管理体系的过程,包括质量要求、质量目标及完成情况,以及实施的有效性,进行沟通,达到相互了解、相互信任,实现全员参与的效果。对于沟通的方式,应予以确定。

4.2 内部沟通的分类

4.2.1 自上而下的沟通

公司每周由总经理或其授权人主持召开公司例会,讨论生产、质量、顾客反馈及市场等各方面的情况,及时采取相应的措施,以确保质量管理体系的正常运作。

4.2.2 自下而上的沟通

各部门应建立报告制度,在每周公司例会上向最高管理者报告部门运作情况,以作为最高管理者进行决策的依据。

4.2.3 部门内部的沟通

各部门每周由部门经理召开质量例会,讨论部门质量目标的实现情况及存在的问题,以便及时采取相应的纠正或预防措施,加强对产品实现过程及产品本身质量的监视和测量。

4.2.4 各部门之间的沟通

a. 对于跨部门之间需要协调、沟通的事宜,例如设计开发、生产、计划、质量等问题,应由公司主管领导主持进行沟通。对于日常事务的沟通,可以采用部门间传递《信息联络单》方式沟通,执行《数据分析控制程序》的有关规定;

b. 各业务主管部门应建立基层检查制度,每周至少一次到分管的业务基层检查工作,并填写相应的记录,针对问题及时在现场纠正或发出《纠正和预防措施处理单》限期纠正,执行《不合格品控制程序》和《改进控制程序》的有关规定。

4.2.5 其他的沟通方式

质量管理体系有关的各种信息沟通,也可采用小组简报、各种会议、布告栏、内部刊物及各种媒体等,具体执行《数据分析控制程序》。

5 相关文件

5.1 《数据分析控制程序》

5.2 《不合格品控制程序》

5.3 《改进控制程序》

5.4 各部门的岗位责任制

6 记录

6.1 《信息联络单》

6.2 《纠正和预防措施处理单》

补充说明:

1. 本节与标准“5.5 职责、权限与沟通”对应。

2. 应确保各部门人员有职有权,而不是有职无权。这对于家族式的私营企业尤其重要。因为在我国目前发展阶段,存在大量的家族式管理的企业,很多公司往往仍然实行的是“人治”而不是“法治”,虽然公司建立了一些责任部门,但权力往往只是集中在少数家族人的手里,而造成一些部门是有职而无权。如果不解决这个问题,势必影响我国民营企业的发展。

3. 对于小的企业,一个人可以兼管几个部门,但不能一个职责,大家都说了算。应是“一元化”的领导。

管理评审控制程序

1 目的

按策划的时间间隔评审质量管理体系,以确保其持续的适宜性、充分性和有效性。

2 范围

适用于对公司质量管理体系的评审。

3 职责

3.1 总经理主持管理评审活动。

3.2 管理者代表负责向总经理报告质量管理体系运行情况,提出改进建议,组织编写相应的管理评审报告。

3.3 质管部负责评审计划的制定、收集并提供管理评审所需的资料,负责对评审后的纠正、预防和改进措施进行跟踪和验证。

3.4 各相关部门负责准备、提供与本部门工作有关的评审所需资料,并负责实施管理评审中提出的相关的纠正、预防措施。

4 程序

4.1 管理评审计划

4.1.1 每年至少进行一次管理评审,可结合内审后的结果进行,也可根据需要安排。

4.1.2 质管部于每次管理评审前一个月编制管理评审计划,报管理者代表审核,总经理批准。计划主要内容包括:

- a. 评审时间;
- b. 评审目的;
- c. 评审范围及评审重点;
- d. 参加评审部门(人员);
- e. 评审依据;
- f. 评审内容。

4.1.3 当出现下列情况之一时可增加管理评审频次。

- a. 公司组织机构、产品范围、资源配置发生重大变化时;
- b. 发生重大质量事故或用户关于质量有严重投诉或投诉连续发生时;
- c. 当法律、法规、标准及其他要求有变化时;
- d. 市场需求发生重大变化时;
- e. 即将进行第二、三方审核或法律、法规规定的审核时;
- f. 质量审核中发现严重不合格时;
- g. 其他情况需要时。

4.2 管理评审输入

管理评审输入应包括与以下有关的当前的业绩和改进的机会:

- a. 审核结果,包括第一方、第二方、第三方质量管理体系审核、产品质量审核等的结果;
- b. 顾客的反馈,包括满意程度的测量结果及与顾客沟通的结果等;
- c. 过程的业绩和产品的符合性,包括过程、产品的监视和测量的结果;
- d. 改进、预防和纠正措施的状况,包括合理化建议、对内部审核和日常发现的不合格项采取的纠正和预防措施的实施及其有效性的监控结果;
- e. 以往管理评审跟踪措施的实施及有效性;

f. 可能影响质量管理体系的变更,包括内外环境的变化,如法律法规的变化,新技术、新工艺、新设备的开发等;

g. 质量管理体系运行状况,包括质量方针和质量目标的适宜性和有效性;

h. 改进的建议。

4.3 评审准备

4.3.1 预定评审前十天,质管部以书面形式向管理者代表汇报现阶段质量管理体系运行情况并提交本次评审计划,由管理者代表审核,总经理批准。

4.3.2 质管部负责根据评审输入的要求,组织评审资料的收集,要求企业各部门准备参加评审会议的讨论提纲等必要的文件,评审资料由管理者代表确认。

4.3.3 质管部向参加评审的人员发放《管理评审通知单》,及本次评审计划和有关资料。

4.4 管理评审会议

a. 总经理主持评审会议,各部门负责人和有关人员就评审输入做出评价,对于存在或潜在的不合格项提出纠正、预防或改进措施,确定责任人和整改时间。

b. 总经理对所涉及的评审内容作出结论(包括进一步调查、验证等)。

4.5 管理评审输出

4.5.1 管理评审的输出应包括以下方面有关的措施:

a. 质量管理体系及其过程有效性的改进,包括对质量方针、质量目标、组织结构、过程控制等方面的评价;

b. 与顾客要求有关的产品的改进,对现有产品符合要求的评价,包括是否需要对产品、过程审核等与评审内容相关的要求;

c. 资源需求等。

4.5.2 会议结束后,由质管部根据管理评审输出的要求进行总结,编写《管理评审报告》,经管理者代表审核,交总经理批准,并发至相应部门并监控执行。

4.6 改进、纠正、预防措施的实施和验证

质管部根据《改进控制程序》的规定,对改进、纠正和预防措施的实施效果进行跟踪验证。

4.7 如果评审结果引起文件更改,应执行《文件控制程序》。

4.8 管理评审产生的相关的质量记录应由质管部按《质量记录的控制程序》保管,包括管理评审计划、评审前各部门准备的评审资料、评审会议记录及管理评审报告等。

5 相关文件

5.1 《内部审核程序》

5.2 《改进控制程序》

5.3 《文件控制程序》

5.4 《质量记录控制程序》

6 记录

6.1 《管理评审计划》

6.2 《管理评审通知单》

6.3 《管理评审报告》

6.4 《纠正和预防措施处理单》

补充说明：

1. 本节与标准“5.6 管理评审”相对应。

2. 管理评审应由最高管理者主持进行,因为讨论的问题关系到组织的大政方针,必须由最高管理者作出决策。

3. 评审的目的是评审质量管理体系持续的适宜性、充分性、有效性。

(1)适宜性:组织所处的内外部环境是不断变化的,因此应确保体系不断适应这种变化。

(2)充分性:对质量管理体系覆盖范围内的对与质量有关的各种现存的过程和可能出现的新过程(如为了改进体系或产品质量需要增加新的过程)应予以充分识别和控制,不能有遗漏。

(3)有效性:对所策划的活动是否达到目的进行度量。组织的活动应该是优质、高效的。

4. 管理评审的输入和输出,即管理评审的内容及评审结果,应严格按照标准条款“5.6.2 评审输入”和“5.6.3 评审输出”逐条准备和作出回答。

5. 审核时除了查看文件中规定的记录文件外,还应查看评审会议的发言记录。

资源管理

1. 企业应及时确定并提供所需的资源,以便:

a. 实施、保持质量管理体系,并持续地改进其有效性;

b. 通过满足顾客,增强顾客满意。

2. 资源可包括:人员、信息、供方、基础设施、工作环境及财务资源等;必要时还可能包括利用外部供方提供的资源。

3. 本公司从顾客满意的角度出发,对人员、设施和工作环境规定了相应的要求,特编制以下的程序文件:

标题 GB/T 19001—2000 标准条款对照

6.1 人力资源控制程序 6.2

6.2 基础设施和工作环境控制程序 6.3 6.4

补充说明:

1. 本节与标准“6.1 资源提供”相对应。

2. 由于组织所处的环境是变化的,因此资源的提供也是动态的,应不断适应并满足这一变化。

人力资源控制程序

1 目的

确保从事影响产品质量工作的所有人员能胜任要求。

2 范围

适用于从事影响产品质量工作的所有人员,包括临时雇用的人员,必要时还包括供方的人员。

3 职责

3.1 人事部

a. 负责编制各部门负责人的《岗位工作人员任职要求》,并采取必要的措施以满足要求;

b. 负责《公司年度培训计划》的制定及监督实施;

c. 负责上岗基础教育;

d. 负责组织对培训效果进行评估。

3.2 各部门

a. 编制本部门员工《岗位工作人员任职要求》;

b. 负责本部门员工的岗位技能培训。

3.3 总经理

批准公司年度培训计划,批准《岗位工作人员任职要求》。

4 程序

4.1 人员能力

4.1.1 从事影响产品质量工作的所有人员应是胜任的,对能力的判断应从教育、培训、技能和经验等方面考虑。

4.1.2 人事部编制各部门负责人《岗位工作人员任职要求》,各部门负责人编制本部门《岗位工作人员任职要求》,岗位工作人员任职要求应报总经理审批。

4.1.3 部门负责人应至少满足下列条件之二:

a. 大专以上学历,并已工作二年以上;

b. 具备相关专业的技术职称;

c. 受过相关的职业培训;

d. 具备三年以上相关工作经验。

4.1.4 《岗位工作人员任职要求》经审批后,作为人事部选择、招聘、安排人员的主要根据。

4.2 培训和意识

4.2.1 人事部应根据对从事影响质量的活动的人员的能力需求,分别对新员工、在岗员工、转岗员工、各类专业人员、特殊工种人员、内审员等进行培训或采取其他措施以满足要求。

4.2.2 新员工培训

a. 公司基础教育:包括公司简介、员工纪律、质量方针和质量目标、质量、安全和环保意识、相关法律法规、质量管理体系标准基础知识等的培训。在进入公司一个月内,由人事部组织进行;

b. 部门基础教育:学习本部门工作手册的主要内容,由所在部门负责人组织进行;

c. 岗位技能培训:学习生产作业指导书、所用设备的性能、操作步骤、安全事项及紧急情况的应变措施等,由所在岗位技术负责人组织进行,并进行书面和操作考核,合格者方可上岗。

4.2.3 在岗人员培训

按培训计划,每年应对在岗员工至少进行一次全面的岗位技能培训和考核。

4.2.4 特殊工作人员培训

a. 特殊工序、关键工序人员的培训,由所在岗位技术负责人负责培训,培训考核合格后上岗,每年对于这些岗位的人员还应进行培训和考核;

b. 电气焊工、计量员、电工、锅炉工、天车工、叉车工、驾驶员等需取得国家授权部门相应的培训合格证书;

c. 质量管理体系内审员应由质量认证咨询机构培训、考核合格、持证上岗。

4.2.5 工程技术人员培训

各类工程技术人员是新产品开发的主力军,应创造条件使他们的知识不断更新,由开发部负责人安排组织培训或外送培训。

4.2.6 转岗人员培训(同 4.2.2b、c)

4.2.7 通过教育和培训,使员工意识到:

a. 满足顾客和法律法规要求的重要性;

b. 违反这些要求所造成的后果;

c. 自己的工作对质量管理体系的重要性;

d. 如何为实现自己工作的质量目标做出贡献。

4.2.8 评价所提供培训的有效性

a. 人事部组织各部门通过操作考核、理论考核、业绩评定和观察等方法,评价培训的有效性,考察被培训的人员是否具备了所需的能力。

b. 每年第四季度人事部组织各部门培训负责人及员工代表,召开年度培训工作会议,评价培训的有效性,征求意见和建议,以便更好地制定下年度的培训计划。

c. 人事部应加强对员工日常工作业绩的评价,可随时对各部门员工进行现场抽查,对不能胜任本职工作的员工,应及时暂停工作,安排培训、考核,或转岗,使员工的能力与其从事的工作相适应。

4.2.9 人事部负责建立员工能力档案、保存员工的教育、培训、岗位资格认可和经验的适当记录,如学历证明、培训记录、职称证明、工作经历等。

4.3 培训计划及实施

4.3.1 每年 11 月各部门上报人事部下一年度的《培训申请单》,根据 公司需求及下年度各部门《培训申请单》,人事部于 12 月制定下一年度的培训计划(包括培训内容、对象、时间、考核方式等内容)经总经理批准后下发各部门,并监督实施。

4.3.2 每次培训各相关部门应填写《培训签到表》及《培训记录表》,记录培训人员、时间、地点、教师、内容及考核成绩等,培训后将有关记录、试卷或操作考核记录等交人事部存档。

4.3.3 各部门的计划外培训,应填写“培训申请单”,报管理者代表批准,由相关部门组织实施。

5 相关文件

5.1 各部门工作手册及相关的法律法规

5.2 各部门《岗位工作人员任职要求》

6 记录

6.1 《培训记录表》

6.2 《培训申请单》

6.3 《年度培训计划》

6.4 《员工能力档案》

补充说明:

1. 本节与标准“6.2 人力资源”相对应。

2. 各部门在部门工作手册中编制“工作标准”时,一定要将《岗位工作人员任职要求》纳入其中。

3. 目前西方第三代管理理论的一个重要核心思想是进行“人的革命”,即以“能力人”假设为基础和前提的“能本管理”——充分挖掘人的潜力、发挥人的创造能力和智力。因此人力资源的控制对于企业非常重要,这不单纯是一个人员培训问题,而是更广义上的以人的能力为本的管理。这也是 2000 版标准比 1994 版标准的一大进步。

4. 本节 4.2.1 条款“……进行培训或采取其他措施以满足要求。”这里其他措施包括严格的人员招聘、业绩考核、人事考核、面谈、自我申报、适应性观察、企业管理模拟性训练等人力资源开发方式。

基础设施和工作环境控制程序

1 目的

确定、提供并维护为达到产品符合要求所需要的基础设施,确定并管理为达到产品符合要求所需的工作环境。

2 适用范围

适用于对为实现产品符合性所需的基础设施和工作环境的控制。

3 职责

3.1 生产部负责对实现产品符合性所需的基础设施进行控制。

3.2 行政部负责对实现产品符合性所需的工作环境进行控制。

4 程序

4.1 基础设施的确定、提供和维护

4.1.1 公司为实现产品符合性活动所需的基础设施包括：

- a. 建筑物、工作场所(如办公和生产场所)和相关设施(如供应水、汽、电的设施)；
- b. 过程设备(如机器、含有计算机软件的各类控制和测试设备、局域网及各种工具、辅具,如工、卡、量具等)；
- c. 支持性服务(如交付后活动的维护网点、配套用的运输或通讯服务等)。

4.1.2 设施的提供

- a. 生产部根据使用部门的要求及公司发展的需要,填写《生产设施配置申请单》,注明设施名称、用途、型号规格、技术参数、单价、数量等,报主管生产的副总经理批准后,由生产部负责组织安排采购或自制的有关事宜,供应部具体实施采购。
- b. 需要自制的设施由使用部门提出,由开发部设计,经生产部和开发部共同审核,主管生产的副总经理批准后,由生产部组织加工制造,执行《设计和开发控制程序》的有关规定。

4.1.3 设施的验收

- a. 采购或自制完成的设施,生产部组织使用部门进行安装调试,确认满足要求后,由生产部和使用部门在《设施验收单》上签字验收,并记录设施名称、型号规格、技术参数、单价、数量、随机附件及资料等内容。《设施验收单》由生产部保管。低值易耗的工、卡、量具等由使用部门自行验收。
- b. 验收不合格的设施,生产部与供方协商解决,并在《设施验收单》上记录处理结果。
- c. 生产部对验收合格的设施进行编号,建立《设施管理卡》和设施档案,并在《生产设施一览表》上登记。
- d. 生产部根据合格的设施验收单办理登记和建档手续,低值易耗的工、卡、量具等由仓库凭设施验收单办理入库手续。

4.1.4 设施的使用、维护和保养

- a. 对于大型、精密设备或关键、特殊过程所用的设施必须有操作规程,相关操作人员应由部门技术负责人培训、考核合格后,持证上岗。其他设施根据生产需要,生产部组织编写相应的操作规程。
- b. 生产部制定《设施日常保养项目表》,规定保养项目、频次,发给使用部门执行,各岗位负责人监督检查执行情况。生产部每季度收集《设施日常保养项目表》,整理入档并

作为制定下年度检修计划的依据。

c. 生产部每年 12 月制定下年度的《设施检修计划》,发至各部门执行。

d. 日常生产中车间无法排除的故障,应填写《设施检修单》报生产部检修。检修中的设施应挂红色检修牌,检修好的设施应有使用部门负责人签字验收方可使用。生产部应将检修情况记录在相应的《设施管理卡》上。

e. 现场使用的设施应有统一的编号,以便于维护保养。

4.3.5 设施的报废

a. 对无法修复或无使用价值的设施,由生产部填写《设施报废单》,经生产副总批准后报废,生产部在《设施管理卡》及《生产设施一览表》中注明情况。

b. 对低值易耗的工装、夹具、辅具等,由使用部门填写《设施报废单》报生产部经理批准,即可报废。

c. 报废的设施应挂黑色报废牌。

4.4 工作环境

行政部应确定并管理为实现产品符合性所需的工作环境,这应包括物理的、社会的、心理的要求(如创造一种良好的工作氛围,更好发挥员工的潜能),为此应做到:

a. 配置适用的厂房和办公场所,并根据需要适当装修,防止暴晒、风雨侵蚀和潮湿;

b. 配置必要的通风、照明、消防器材,保持适宜的温、湿度和职业卫生、安全;

c. 生产部对车间设施实行定置管理,要考虑人体工效学的要求,努力提高工作效率;

d. 确保员工生产符合劳动法规的要求。

5 相关文件

5.1 《生产和服务提供控制程序》

6 记录

6.1 《生产设施配置申请单》

6.2 《设施验收单》

6.3 《设施管理卡》

6.4 《生产设施一览表》

6.5 《领物单》

6.6 《设施日常保养项目表》

6.7 《设施检修计划》

6.8 《设施检修单》

6.9 《设施报废单》

补充说明:

1. 本节对应标准“6.3 基础设施”和“6.4 工作环境”。

2. 设备应按重要度分级,例如 A 类:重要设备,如大型、精密或关键工序的生产设备; B 类:一般设备,如普通工序所用的设备; C 类:辅助设备。

3. 根据设备不同的重要度,制定相应的编号和保养规定。

4. 对生产中使用的模具、工装、卡具、量具等,应建立专门的管理制度,以规定其使用、检查、检验和修理、贮存等的要求。

产品实现

组织应将过程管理的原则用于所有的活动,产品的实现是实现产品的一组有序的主要过程与支持性过程,它们使组织获得产品、产生增值。对于这些过程应进行充分的确定,以确保质量管理体系的充分性。这些过程中,一个过程的输出将直接形成下一个过程的输入。而且这些过程和子过程的相互影响可能是复杂的,下述文件提供了这些过程的框架:

标题	GB/T 19001—2000 标准条款对照
7.1 产品实现的策划控制程序	7.1
7.2 与顾客有关的过程控制程序	7.2
7.3 设计和开发控制程序	7.3
7.4 采购控制程序	7.4
7.5 生产和服务提供控制程序	7.5
7.6 监视和测量装置的控制程序	7.6

补充说明:

1. 对于质量手册来说,本节是最代表组织产品特点的文件。应在相应的章节中把组织产品实现的过程充分予以说明。

2. 手册其他章节的内容,不同类型的生产组织均可参考本书提供的内容编写相应的程序文件。

产品实现的策划控制程序

1 目的

对特定产品、项目或合同规定专门的质量措施、资源和活动顺序,以确保满足规定要求。

2 适用范围

适用于特定产品、项目及合同有关的质量策划的控制及相应的质量计划的编制、实施和控制。

3 职责

3.1 总经理负责批准有关部门编制的质量计划。

3.2 质管部负责对各部门质量策划的实施情况进行监督检查。

3.3 各部门负责人负责本部门相关的质量策划及编制、实施相应的质量计划。

4 程序

4.1 对于组织的产品实现所需的过程都应进行策划。

4.2 进行质量策划的时机

- a. 对有特殊要求的常规产品、项目、合同或活动；
- b. 现有体系文件未能涵盖的特殊事项。

对引进、试制新产品,采用新工艺或新材料,技术革新或技术改造的策划,应执行《设计和开发控制程序》中关于设计和开发策划的有关规定。

4.3 质量策划的内容

- a. 针对特定产品、项目或合同确定的质量目标和要求。
- b. 针对特定产品、项目或合同所需建立的过程、文件和资源要求。应确认主要过程和支持性过程,即应识别关键的过程和活动;对过程或涉及的活动规定途径,并对这些途径进行评审和形成文件,确认所需资源,包括人力、物力、财力和信息等。
- c. 运作阶段的划分、人员的职责权限和相互关系。
- d. 确定过程涉及的验证、确认、监视、检验和试验活动及产品验收准则。
- e. 确定为实现过程和产品的符合性提供证据的质量记录。

4.4 质量策划的输出

策划的输出形式将因产品、项目或合同的特点不同而不同。可以是口头形式、文件或实物的形式,质量计划是一种常见的输出形式。

4.5 质量计划的编制原则为：

- a. 质量计划的内容要根据质量策划内容来确定；
- b. 应参照质量手册的有关内容,应符合质量方针、目标,并与质量管理体系文件中的内容协调一致；
- c. 可引用已有的质量文件中的相关内容,并根据特殊的要求编制新的内容；
- d. 根据实际情况,可编写总体质量计划,也可只编写有关的单项计划,如设计质量计划、采购质量计划,也可针对某一特定的活动,如产品促销活动、用户服务周等；
- e. 质量计划可以作为独立的文件,也可以根据需要作为其他文件(如项目计划等)的一部分。

4.6 质量计划的编制、审批和发放

4.6.1 质量计划由各主管部门负责人组织编制,经管理者代表审核,总经理批准后,以受控文件形式发放到使用和相关部门(顾客有要求时,可发放给顾客),并报质管部备案。

4.6.2 质量计划的封面必须写明项目名称及质量计划的编号、编制人、审核人、批准人、发布日期。

4.7 质量计划的实施、监督和修改

4.7.1 各部门在执行中应按照质量计划的规定要求进行控制,并将计划的执行情况及时反馈到质管部。

4.7.2 质管部负责监督各部门质量计划的实施,根据要求协调相应部门之间的接口

和资源配置,填写《质量计划实施情况检查表》以进行总体控制,并及时报告总经理。

4.7.3 质量计划的修改

当质量计划需要修改时,由修改部门填写《文件更改申请单》,经总经理批准后进行修改,按《文件控制程序》执行。

4.8 质量计划完成后,与计划有关的文件由质管部负责归档保存。

5 相关文件

5.1 《文件控制程序》

6 记录

6.1 《质量计划实施情况检查表》

6.2 各部门的质量计划

6.3 《文件更改申请单》

补充说明:

1. 本节与标准“7.1 产品实现的策划”相对应。

2. 本节所说的策划,是指对常规的产品、项目、合同或活动有特殊要求时所进行的策划。而对开发、引进、试制新产品,采用新工艺或新材料,技术革新或技术改造的策划,应执行《设计和开发控制程序》中关于设计和开发策划的有关规定。

3. 任何产品的实现过程都应进行策划,对于常规的产品、项目或合同的有关活动也存在策划,只是其相关过程目前的结果都是以前策划的输出。而当出现新的特殊要求时,就应进行新的策划。

与顾客有关的过程控制程序

1 目的

充分了解顾客的要求并转化为对公司产品的要求,从而确保满足顾客的要求和期望。

2 范围

适用于对顾客采购我公司的产品有关要求的确定、评审及与顾客的沟通。

3 职责

3.1 营销部负责确定顾客的要求与期望,组织有关部门对产品要求进行评审,并负责与顾客沟通。

3.2 质管部负责评审对新产品质量要求的检测能力。

3.3 开发部负责评审新产品的设计开发能力。

3.4 生产部负责评审产品的生产能力及交货期。

3.5 供应部负责评审所需物料采购的能力。

3.6 总经理负责审批特殊合同的产品要求评审表。

4 程序

4.1 与产品有关要求的确定

营销部负责确定顾客对产品的需求与期望,将顾客规定的订货要求,如合同草案、技术协议草案及口头订单等填写在《产品要求评审表》中:

- a. 顾客规定的要求,包括产品质量要求及价格、交付和交付后活动(如运输、保修、培训等)等方面的要求;
- b. 顾客没有明示的要求,但规定或预期的用途所必然要包括的产品要求,这是一类习惯上隐含的潜在要求,公司为满足顾客要求应作出承诺;
- c. 与产品有关的法律法规要求,包括环境、安全、健康等方面与产品及产品实现过程有关的要求;
- d. 企业确定的附加要求,这是组织自己主动承诺实现的要求。

4.2 对产品要求的评审

4.2.1 在公司向顾客作出提供产品的承诺之前(如提交标书、接受合同或定单及接受合同或定单的更改),营销部应对已确定的产品要求实施评审。

4.2.2 评审

4.2.2.1 产品要求的评审应在投标、合同签订之前进行,应确保:

- a. 产品要求得到规定;
- b. 顾客没有以文件形式提供要求时(如口头定单),顾客要求在接收前得到确认;
- c. 与以前表述不一致的合同或定单要求(如投标或报价单)已予以解决;
- d. 公司有能满足规定的要求。

4.2.2.2 合同的分类

- a. 常规合同:对公司定型产品所定的合同
- b. 特殊合同:常规合同以外的所有销售合同,如新产品开发或有定型产品改进要求的合同。

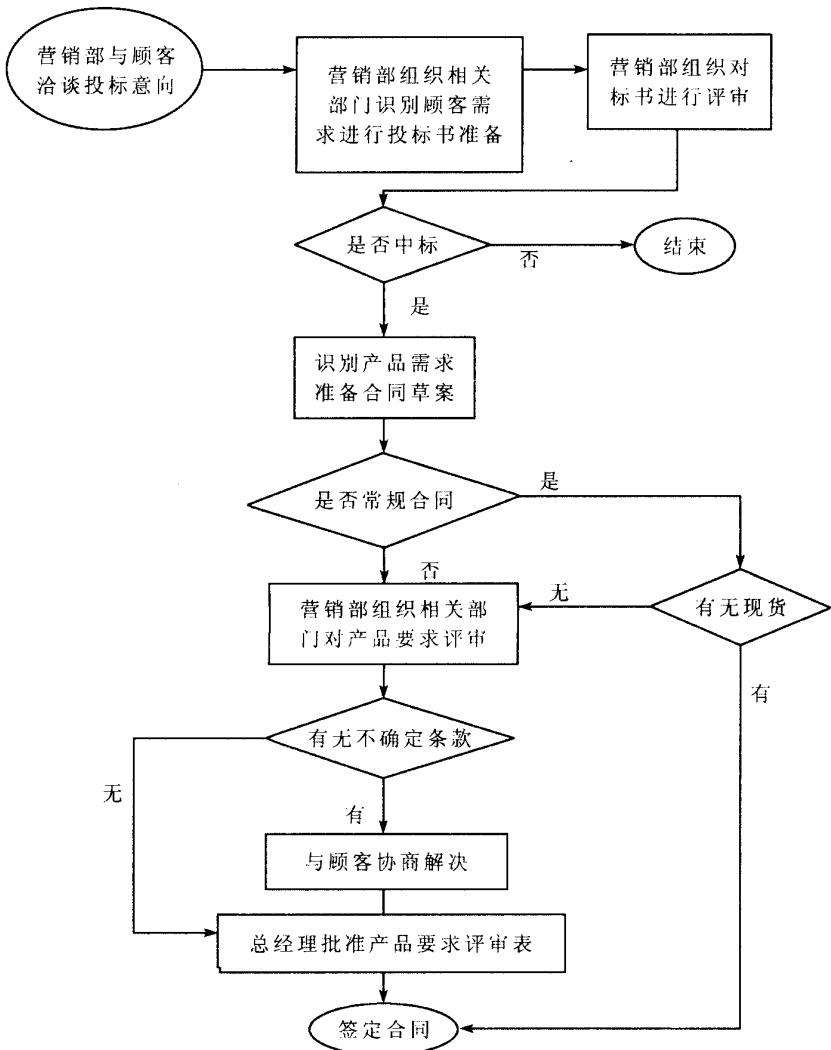
4.2.2.3 营销部负责将《产品要求评审表》交相关部门进行评审。

4.2.2.4 评审流程图

4.2.2.5 对于有现货的常规合同,由营销部销售员将产品名称、型号规格和数量等填写在出库单上并签名,经仓库管理员确认无误并签名即完成产品要求的评审。

4.2.2.6 对于无现货的常规合同,生产部对生产能力、交货日期,采购部对物料采购能力进行评审,由相应负责人填写《产品要求评审表》,并签名确认。然后营销部综合各部门意见,并对合同条款的适用性、完整性、明确性等进行评审,并填写《产品要求评审表》的相关栏目,营销部经理签名确认即完成评审。

4.2.2.7 对于特殊合同,除生产部、采购部、营销部进行评审外,开发部经理应评审产品的设计开发能力、质管部对确保产品质量要求的检测能力进行评审,并在《产品要求评审表》中签名确认。《产品要求评审表》报总经理批准。



4.2.2.8 对于口头定单(如电话定货),营销部销售员负责将相关内容填入《定单确认表》中,经双方确认(可用传真件、电话记录等方式确认),并执行4.2.2.5~4.2.2.7相应条款的规定。

4.2.2.9 在评审过程中,评审人员对产品要求中有关内容提出问题或修改建议时,由营销部负责与顾客联系,征求其书面意见。

4.2.2.10 营销部负责保存《产品要求评审表》、合同及其他相关文件,包括对于评审过程中提出的问题的解决及评审结果的实现等跟踪措施的记录。

4.3 合同的签定和实施

4.3.1 对产品要求评审后,由营销部经理代表公司与顾客签定合同;对老顾客的口头定单,双方对《定单确认表》的内容确认后,即视同签定合同。对于新顾客则必须签定正式合同。

4.3.2 合同签订后,营销部负责将相关的文件,根据各部门的需要发到相关部门,作为设计开发、生产、采购、检验和出货等的依据。

4.3.3 营销部负责合同执行的监督,根据需要及时将信息与顾客沟通。

4.4 产品要求的变更

当产品要求由于某种原因需要变更时,相应的文件(如合同、定单确认表等)应得到修改,应把变更的要求与顾客协商一致,并通知相关部门,执行《文件控制程序》的有关规定。必要时,对更改的内容还需再评审。

4.5 与顾客的沟通

4.5.1 营销部负责与顾客的沟通。在产品售出前及销售过程中,营销部应通过多种渠道(如广告宣传、产品服务月、顾客定货会等)向顾客介绍产品,回答顾客的咨询,并予以记录。

4.5.2 根据需要将合同的执行情况随合同的进展反馈给顾客,包括产品要求方面的更改,要与组织内部相关部门及顾客协调一致。

4.5.3 产品售出后,要搜集顾客的反馈信息,妥善处理顾客投诉,以取得顾客的持续满意,执行《顾客满意程度测量程序》的有关规定。

5 相关文件

5.1 《文件控制程序》

5.2 《顾客满意程度测量程序》

6 记录

6.1 《产品要求评审表》

6.2 《出库单》

6.3 《定单确认表》

6.4 《标书》

6.5 《合同》

补充说明:

1. 本节对应标准“7.2 与顾客有关的过程”。

2. 对任何顾客的需求都应转化为公司对产品的要求,而产品的要求除了包含顾客的需求外,还包括了标准7.2.1的b)、c)、d)条款的要求,可见产品的要求比顾客的要求包含的内容还要多。

3. 对任何类型的产品需求(常规合同、非常规合同等)都应进行评审,但是评审的方式有所不同。对有现货的常规合同的评审很简单,而对没有现货的常规合同或特殊合同,则评审参加方及评审内容要根据需要增加。

4. 对老顾客的口头定单(如电话记录等)应进行确认,填写在《定单确认表》中,应将对方姓名、电话、联系方式及所需产品规格型号、价格、数量、交货期等记载清楚,可视同合同执行。但是为了慎重,也可以对《定单确认表》评审后,起草合同并传真给对方,经对方签名盖章后传真回来,可视为签定了合同。

5. 有的企业没有销售部门,其销售业务由总公司的销售部门或销售公司执行。此时对产品要求的识别和评审,则是对总公司下达的生产任务进行识别和评审。

6. 特殊情况时,组织可能无法对产品的每一个定单以正式评审的方式进行产品要求的评审。如网上销售,组织可对供货商的产品目录或广告实施评审,以确保在网页目录上的产品(商品)的规格、型号等信息均正确无误,供货商有能力供货(或者对缺货的商品进行适当标识,这需要组织及时评审供货情况,以识别存货的状态)。这时的组织仅是中介商,其本身并不生产商品。

设计和开发控制程序

1 目的

对设计和开发的全过程进行控制,确保产品能满足顾客的需求和期望及有关法律、法规要求。

2 范围

适用于本公司新产品的设计、开发全过程,包括新产品的研制、引进产品的转化、定型产品及生产过程的技术改进等。

3 职责

3.1 开发部负责设计、开发全过程的组织、协调、实施工作,进行设计和开发的策划、确定设计、开发的组织和技术的接口、输入、输出、验证、评审,设计和开发的更改和确认等。

3.2 总工程师负责审核项目建议书、下达设计和开发任务书,负责批准设计开发方案、设计开发计划书、设计开发评审、设计开发验证报告,负责审核试产报告。

3.3 总经理负责批准项目建议书、试产报告。

3.4 供应部负责所需物料的采购。

3.5 营销部负责根据市场调研或分析,提供市场信息及新产品动向,负责提交顾客使用新产品后的《客户确认报告》。

3.6 质管部负责新产品的检验和试验。

3.7 生产部负责新产品的加工试制和生产。

4 程序

4.1 设计和开发的策划

4.1.1 设计和开发项目的来源

a. 营销部与顾客签定的新产品合同或技术协议。根据总经理批准的相应的《产品要求评审表》,总工程师下达《设计开发任务书》,并将与新产品有关的技术资料转交开发部。

b. 营销部根据市场调研或分析提出《项目建议书》,报总工程师审核、总经理批准后,

总工程师下达《设计开发任务书》,并将相关背景资料转交开发部。

c. 开发部综合各方面信息,提交《项目建议书》,报总工程师审核、总经理批准后,总工程师下达《设计开发任务书》,交开发部实施。

d. 生产部根据技术革新需要,提交《项目建议书》,报总工程师审核、总经理批准后,总工程师下达《设计开发任务书》,转交开发部组织实施。

4.1.2 开发部经理根据上述项目来源,确定项目负责人,将设计开发策划的输出转化为《设计开发方案》、《设计开发计划书》。计划书内容包括:

- a. 设计开发的输入、输出、评审、验证、确认等各阶段的划分和主要工作内容;
- b. 各阶段人员职责和权限、进度要求和配合单位;
- c. 资源配置需求,如人员、信息、设备、资金保证等及其他相关内容。

4.1.3 设计开发策划的输出文件将随着设计开发的进展,在适当时予以修改,应执行《文件控制程序》的有关规定。

4.1.4 设计和开发不同小组之间的接口管理

a. 设计开发的不同小组可能涉及到公司不同职能或不同层次,也可能涉及到公司外部。

b. 对于日常的设计开发信息,设计开发人员填写《设计开发信息联络单》,由设计组负责人审批后发给相关小组。需要开发部经理进行协调工作的,由开发部经理审批后组织协调。

c. 对于重要的设计开发信息,开发部经理可以组织各小组的协调会议或图纸会审会议等方式进行沟通。应及时将有关信息传递到各相应部门,以便采取相应的措施予以改进。

d. 营销部负责与顾客的联系及信息传递。

4.2 设计和开发的输入

4.2.1 设计开发输入应包括以下内容:

a. 产品主要功能、性能要求,这些要求主要来自顾客或市场的需求与期望,一般应包含在合同、定单或项目建议书中;

b. 适用的法律、法规要求,对国家强制性标准一定要满足;

c. 以前类似设计提供的适用信息;

d. 规定对产品的安全和正常使用必需的产品特性,包括安全、包装、运输、贮存、维护及环境等。

4.2.2 设计开发的输入应形成文件,并填写《设计开发输入清单》,附有各类相关的资料。

4.2.3 开发部经理组织有关设计开发人员和相关部门对设计开发输入进行评审,对其中不完善、含糊或矛盾的要求作出澄清和解决,确保设计开发的输入满足任务书的要求。

4.3 设计和开发的输出

4.3.1 设计开发人员根据设计开发任务书、方案及计划等开展设计开发工作,并编制相应的设计开发输出文件。

4.3.2 设计开发输出文件应以能针对设计开发输入进行验证的方式提出,以便于证明满足输入要求,为生产运作提供适当的信息。

设计开发输出文件因产品不同而不同,可包括:

- a. 指导生产、包装等活动的图样和文件,如零件图、部件图、总装图、电气原理图、生产工艺及包装设计等;
- b. 包含或引用验收准则;
- c. 采购物资分类明细表、外协件清单;
- d. 质量重要度分级明细表;
- e. 产品技术规范或企业标准;
- f. 用户手册。

4.3.3 项目负责人对输出文件进行审核,并填写《设计开发输出清单》。输出文件经开发部经理批准后,才能发放。

4.4 设计和开发的评审

4.4.1 在设计开发的适当阶段应依据所策划的安排,进行系统的、综合的评审,一般由项目负责人提出申请,开发部经理批准,并组织相关人员和部门进行评审。

a. 应在设计开发计划中明确评审的阶段、达到的目标、参加人员及职责等,并按照计划进行评审。

b. 评审的目的是评价满足阶段设计开发要求的能力及对于内外部资源的适宜性,满足总体设计输入要求的充分性及达到设定目标的有效性,识别和预测问题的部位和不足,提出相应的纠正措施,以便在早期避免产品的各种不合格和缺陷。

c. 根据需要也可安排计划外的适当阶段评审,但应提前明确时间、评审方法、参加人员及职责等。

d. 评审的方式可采用会议评审、专家评审、逐级审查、同行评审等。

4.4.2 项目负责人根据评审结果,填写《设计开发评审报告》,对评审作出结论,报开发部经理审核、总工程师批准后发到相关单位,根据需要采取相应的改进或纠正措施,开发部负责跟踪记录措施的执行情况,填写在《设计开发评审报告》的相应栏目内。

4.5 设计和开发的验证

为确保设计和开发输出满足输入要求,应依据策划的安排对设计和开发进行验证。验证的方式可以为:

a. 根据评审通过的设计开发初稿制作样机。质管部负责对样机进行型式试验或送权威检测机构检测,并出具检测报告。对样机的部分设计或功能、性能,可引用已证实的类似设计的有关证据,作为本次设计的验证依据。

b. 在设计开发的适当阶段也可以进行验证,可采用与已证实的类似设计进行比较、计算验证、模拟试验等。

4.5.1 项目负责人综合所有验证结果,编制《设计开发验证报告》,记录验证的结果及跟踪的措施,报总工程师批准,确保设计开发输入中每一项性能、功能指标都有相应的验证记录。

4.5.2 样机验证通过后,开发部组织各相关部门对小批生产的可行性进行评审,根

据产品的特点,填写《试产报告》,报总工程师审核、总经理批准后,开发部指导生产部进行小批试产(数量不大于20件)。

4.5.3 质管部对小批试产的产品进行检验或试验,出具相应的检测报告,生产部对其工艺进行验证并出具工艺验证报告;采购部出具物资批量供应可行性报告;财务部出具成本核算报告;开发部综合上述情况,填写《试产总结报告》,报总工程师审核、总经理批准后,作为批量生产的依据。

4.6 设计和开发确认

确认的目的是证明产品能够满足规定的或已知的预期用途的要求。应依据策划的安排对设计和开发进行确认。只要可行,确认通常应在产品交付之前(如单件产品)或产品实施(如批量产品)之前完成。如需经用户使用一段时间才能完成确认工作的,应在可能的适用范围内实现局部确认,如采用模拟或其他方式完成。

可以选择下述几种确认方式之一:

a. 开发部组织召开新产品鉴定会,邀请有关专家、用户参加,提交《新产品鉴定报告》,即对设计开发予以确认。

b. 试产合格的产品,由营销部联系交顾客使用一段时间,营销部提交《客户试用报告》,说明顾客对试样符合标准或合同要求的满意程度及对适用性的评价,顾客满意即对设计开发予以确认。

c. 新产品可送往国家授权的试验室进行型式试验并出具合格报告,并提供用户使用满意的报告,即为对设计开发予以确认。

上述报告及相关资料为确认的结果,开发部对此结果进行分析,根据需要采取相应的跟踪和改进措施,并填写在《设计开发信息联络单》上传递给相关部门执行,以确保设计开发的产品满足顾客预期的使用要求。

4.7 设计和开发文件归档

通过设计开发确认后,开发部项目负责人将所有的设计开发输出文件进行整理,送交档案室归档。

4.8 设计和开发更改的控制

4.8.1 设计开发的更改发生在设计开发、生产和保障的整个寿命周期中,设计开发人员应正确识别和评估设计更改对产品的原材料使用、生产过程、使用性能、安全性、可靠性等方面带来的影响。

4.8.2 设计开发的更改提出部门应填写《文件更改申请单》,并附上相关资料,报总工程师批准后方可进行更改。

a. 在设计开发过程中的更改:

在设计开发过程中,设计开发人员可在设计开发输出文件上直接划改(应签名)或重新编制相应的文件,执行《文件控制程序》及《设计、工艺文件管理规定》。

b. 在设计开发定型后的更改:

产品定型后如需更改设计,更改建议人可将更改的建议填写在《设计开发信息联络单》中提交开发部,由相关设计人根据可行性和必要性填写《文件更改申请单》,并附上相关资料,报总工程师批准后方可进行更改,执行《文件控制程序》及《设计、工艺文件管理规

定》。

c. 当更改涉及到主要技术参数和功能、性能指标的改变,或人身安全及相关法律法规要求时,应对更改进行适当的评审、验证和确认,经总工程师批准后才能实施。评审应包括评价更改对产品组成部分和已交付产品的影响。

d. 对更改的评审结果及任何必要的措施的记录由开发部保存。

5 相关文件

5.1 《文件和资料控制程序》

5.2 《设计、工艺文件管理规定》

6 记录

6.1 《项目建议书》

6.2 《设计开发任务书》

6.3 《设计开发方案》

6.4 《设计开发计划书》

6.5 《设计开发输入清单》

6.6 《设计开发信息联络单》

6.7 《设计开发评审报告》

6.8 《设计开发验证报告》

6.9 《设计开发输出清单》

6.10 《试产报告》

6.11 《试产总结报告》

6.12 《客户试用报告》

6.13 《新产品鉴定报告》

6.14 《产品要求评审表》

6.15 《文件更改申请单》

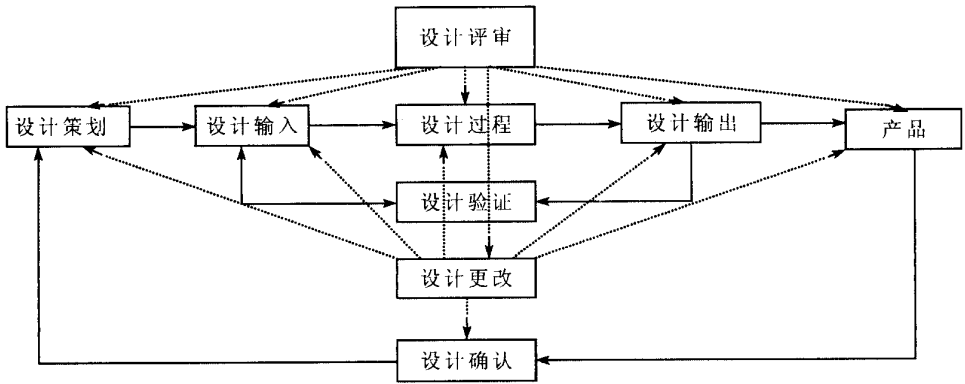
补充说明：

1. 本节对应标准‘7.13 设计和开发’的要求。

2. 设计评审、设计验证、设计确认比较：

	设计评审	设计验证	设计确认
目的	评价阶段设计结果满足要求的能力、识别问题	证实设计输出满足设计输入的要求	证实产品满足规定的或已知的预期用途的要求
对象	阶段设计结果	设计输出文件、图纸、样机等	通常是向顾客提供的产品,有时也可以是样品
时机	在设计适当阶段	当形成设计输出时	只要可行应在产品交付或生产和服务实施之前
方式	会议	试验、计算、对比、文件发布前的评审	试用、模拟

3. 设计开发各阶段之间的相互关系：



4. 对于一些简单的或有以往经验可借鉴的设计开发,其中某些阶段可以省略或合并,但应在设计和开发策划时予以规定。反之,对于大型、复杂、难度高的产品等,设计开发的七个阶段需更进一步细化。

5. 如果组织把设计开发的具体过程包给外单位(外包供方)实施。则组织在本条款的要求中可以将“设计输入”、“设计输出”进行删减,但是其他子条款一般均不能删。

采购控制程序

1 目的

对采购过程及供方进行控制,确保所采购的产品符合规定要求。

2 适用范围

适用于对生产所需的原材料采购、外包加工及供方提供服务的控制;对供方进行选择、评价和控制。

3 职责

3.1 供应部

a. 负责按公司的要求组织对供方进行评价,编制《合格供方名录》,并对供方的供货业绩定期进行评价,建立供方档案;

b. 负责制定采购计划,执行采购作业。

3.2 开发部

负责编制采购物资技术标准及《采购物资分类明细表》;

3.3 质管部

负责对采购物资的进货验证。

3.4 管理者代表批准《供方评定记录表》。

3.5 总经理批准《月采购计划》。

4 程序

4.1 采购物资分类

开发部负责制定采购物资技术标准及《采购物资分类明细表》,根据其随后的产品实现及最终产品的影响,决定对供方及采购产品控制的类型和程度。

采购物资分为三类:

- a. 重要物资 构成最终产品的主要部分或关键部分,直接影响最终产品使用或安全性能,可能导致顾客严重投诉的物资;
- b. 一般物资 构成最终产品非关键部位的批量物资,它一般不影响最终产品的质量或即使略有影响,但可采取措施予以纠正的物资;
- c. 辅助物资 非直接用于产品本身的起辅助作用的物资,如一般包装材料等。

4.2 对供方的评价

4.2.1 供应部根据采购物资技术标准和生产需要,通过对物资的质量、价格、供货期等进行比较,选择合格的供方,填写《供方评定记录表》。对同类的重要物资和一般物资,应同时选择几家合格的供方。供应部负责建立并保存合格供方的质量记录。根据《采购物资分类明细表》规定的产品类别,明确对供方的控制方式和程度。

4.2.2 对有多年业务往来的重要物资的供方,应提供充分的质量证明文件,适当时包括以下内容,以证实其质量保证能力:

- a. 供方产品质量状况或来自有关方面的信息(如供方其他用户对其产品质量的反馈);
- b. 供方质量管理体系对按要求如期提供稳定质量产品的保证能力;
- c. 供方顾客满意程度;
- d. 产品交付后由供方提供相关的服务和技术支持能力(如零配件供应、维修服务等);
- e. 其他方面,如履约能力有关的财务状况、价格和交付情况等。

4.2.3 对第一次供应重要物资的供方,除提供 4.2.2 所述的书面证明材料外,还需经样品测试及小批量试用,测试合格才能供货。

- a. 新供方根据提供的技术要求提供少量样品;
- b. 质管部对样品进行验证,出具相应的验证报告,并填写《供方评定记录表》中相应栏目,反馈给供应部。
- c. 样品如不合格可再送样,但最多不能超过两次。
- d. 样品验证合格后,供应部通知供方小批量供货,经质管部进货验证合格后,交生产部试用,并由质管部出具相应试用后的验证报告,填写《供方评定记录表》中相关栏目,反馈给供应部。

e. 小批量进货验证或试用不合格则取消其供货资格。样品验证、小批量试用均合格的供方经管理者代表批准后,可列入《合格供方名录》。

4.2.4 对于一般物资供方,除应提供必要的质量证明文件外,还需要经过样品验证和小批试用合格,各相关部门提供评价意见,管理者代表批准,可列入《合格供方名录》。

4.2.5 对于批量供应辅助物资的供方,也应提供质量证明文件,质管部在进货时对

其进行验证,并保存验证记录,合格者由管理者代表批准后,即可列入《合格供方名录》。对零星采购的辅助物资,其进货验证记录即为对此供方的评价。

4.2.6 供方产品如出现严重质量问题,供应部应向供方发出《纠正和预防措施处理单》,如两次发出处理单而质量没有明显改进的,应取消其供货资格。

4.2.7 供应部每年对合格供方进行一次跟踪复评,填写《供方年度业绩评定表》,评价时按百分制,质量评分占60%,交货期评分占20%,其他(如价格、售后服务等)占20%。评定总分低于60(或质量评分低于48),应取消其合格供方资格;如因特殊情况留用,应报管理者代表批准,但应加强对其供应物资的进货验证,并执行4.2.6条款。连续第二次评分仍不及格,应取消其供货资格。

4.2.8 对外包加工的供方控制,也应执行上述条款规定。本公司产品的表面处理是由外包方加工的,公司规定质管部每个月定期到供方现场对其产品实现过程及相关的监视和测量进行检查,并记录在案。

4.2.9 对服务供方的控制

为公司提供服务的供方,如运输公司、检测、培训机构等,也应经评价合格后方可向公司提供服务。对国家授权的计量试验室,可不再做服务质量评价。

4.3 采购

4.3.1 采购计划

供应部根据生产部的《月生产计划》及库存情况编制《月采购计划》,经总经理批准后实施采购。对于临时采购的物资,相关部门填写《临时采购要求单》,报总经理批准,交供应部实施。

4.3.2 采购的实施

a. 供应部根据批准的《月采购计划》、《临时采购要求单》,按照采购物资技术标准在《合格供方名录》中选择供方并进行采购;

b. 第一次向合格供方采购重要和一般物资时,应签定《采购合同》,明确品名规格、数量、质量要求、技术标准、验收条件、违约责任及供货期限等。

c. 供应部根据需要将相应的技术要求作为合同附件提供给供方。

d. 采购前采购员应核实提供给供方技术要求是否有效,将《采购单》交供应部经理确认后实施采购。

4.4 采购信息

4.4.1 采购信息应表述拟采购的产品:

a. 对产品型号、规格及质量要求(可直接引用各类标准或提供规范、图样等技术文件);

b. 对产品的验收要求;

c. 其他要求,如价格、数量、交付等;

4.4.2 对重要的采购产品供方,适当时还应包括:

a. 产品的批准要求,采购产品的验收依据、准则或标准;

b. 程序的批准要求,涉及采购双方应遵守的程序或协议;

c. 过程的批准要求,采购的产品的实现过程确认的有关要求;

d. 设备的批准要求,用于制造所采购产品的特定设备能力的要求,如维护保养规定等;

e. 供方人员的资格要求,如对生产、检测人员的要求;

f. 供方与采购产品有关的质量管理体系要求,如要求供方通过质量管理体系认证或通过第三方审核。

4.4.3 在将上述要求向供方进行沟通或说明前,应由采购部门负责人对其要求是否适当进行审批,以确保有关的采购要求是适宜的(即适合组织的产品需要)和充分的(即所提出的采购要求是全面的)。

4.4.4 本公司表述采购信息的文件包括《月采购计划》、《临时采购要求单》、《采购物资分类明细表》、《采购单》、《采购合同》及附件、外包加工合同及《供方评定记录表》、《合格供方名录》等,由供应部保管。采购文件发放前,应由相应的发放部门负责人对其要求是否适当进行审批。

4.5 采购产品的验证

组织应确定并实施检验或其他必要的活动,以确保采购的产品满足规定的采购要求。

4.5.1 对采购的产品可以有如下几种验证方式:

- a. 由质管部进行进货验证;
- b. 由顾客在本公司现场实施验证;
- c. 由本公司在供方现场实施验证;
- d. 由顾客在供方现场实施验证。

对后两种情况,供应部应在采购文件中规定验证的安排和产品放行的方法。

4.5.2 验证活动可包括检验、测量、观察、工艺验证、提供合格证明文件等方式。根据《采购物资分类明细表》,在相应的检验规程中规定不同的验证方式。

4.5.3 顾客的验证不能免除本公司提供合格产品的责任,也不能排除其后顾客拒收的可能。

5 相关文件

5.1 《改进控制程序》

5.2 《过程和产品的测量和监控程序》

5.3 《采购物资分类明细表》

6 记录

6.1 《供方评定记录表》

6.2 《合格供方名录》

6.3 《供方年度业绩评定表》

6.4 《纠正和预防措施处理单》

6.5 《月采购计划》

6.6 《临时采购要求单》

6.7 《采购单》

6.8 《采购合同》

6.9 《外包加工合同》

补充说明：

1. 本节对应标准“7.4 采购”的内容。

2. 采购产品指任何影响本组织产品质量的采购物品和外包项目。在确定采购产品对本组织影响时应考虑：

- a. 对本组织中间产品和最终产品的影响；
- b. 对本组织产品加工过程或服务提供过程的产品实现后续过程的影响；
- c. 直接影响(如原材料、零部件等)或间接影响(如模具、焊条等)；
- d. 影响的重要程度(如是否影响产品正常使用的关键特性或安全性等)。

3. 当进货验证采用核对合格证明文件时(如合格证、材质单等),应在进货验证规程中规定对合格证明文件核对的内容,应对主要技术参数逐项与技术标准要求核对,并在验证记录中反映核对的过程,而不是单纯看是否有合格证明即完事。

4. 对产品外包供方的控制,应将供方与组织相关的产品实现的各过程,当作本组织产品实现过程的一部分进行控制。除对供方提供的产品实施进货验证外,适当时采取的控制措施还可包括：

- a. 对供方在提供产品所相关的过程、人员、设施、生产环境、原材料及检验等方面进行审核；
- b. 如供方在某些方面有欠缺。组织应帮助其完善,包括对其工艺改进的要求、对承包方人员实施培训等；
- c. 组织定期派人前往承包方现场进行监督检查,并填写相应的记录。

生产和服务提供控制程序

1 目的

策划并在受控条件下进行生产和服务提供,以确保满足顾客的需求和期望。

2 适用范围

适用于对生产和服务提供的控制、生产和服务提供过程的确认、标识和可追溯性、顾客财产、产品防护等的控制。

3 职责

3.1 生产部

- a. 负责指导车间进行生产和过程控制、确认；
- b. 负责生产设施的维护保养；
- c. 编制必要的生产作业指导书；
- d. 负责产品的防护；

e. 负责对实现产品符合性所需的工作环境进行控制。

3.2 开发部负责编制相应的工艺规程。

3.3 主管生产的副总经理负责《月生产计划》的审批,负责设施采购的审批。

3.4 质管部负责产品验证和标识及可追溯性控制。

3.5 生产车间负责产品实现的具体实施;

3.6 营销部负责产品的交付及售后服务工作。

4 程序

4.1 获得表述产品特性的信息

4.1.1 根据设计和开发的输出、产品实现过程策划的输出和顾客要求评审的输出等获得必要的生产服务信息,分别执行相应的《设计和开发控制程序》、《实现过程的策划程序》、《与顾客有关的过程控制程序》的有关规定。

4.1.2 生产部负责对影响产品质量的关键过程和特殊过程编制生产作业指导书,其他情况下如必要时也应编制生产作业指导书。根据不同工序,作业指导书可采用工艺过程卡、操作规范等形式。

4.1.3 生产计划

a. 生产部根据获得的产品特性信息,考虑库存情况,结合车间的生产能力,于每月底制定下月的《月生产计划》,经生产副总经理批准后,发放至相关单位作为采购、生产等的依据。《月生产计划》为滚动计划,将随供应、生产、销售等情况的变动进行修改,执行《文件控制程序》的有关规定。

b. 车间主任根据《月生产计划》制定《周生产计划》,安排生产,填写《领料单》向仓库领取所需物料,并统计每天生产情况,填写《生产日报表》报生产部。生产部根据每月计划的完成情况,作为制定下月计划的参考。

4.2 过程确认

4.2.1 生产流程图

4.2.2 关键和特殊过程

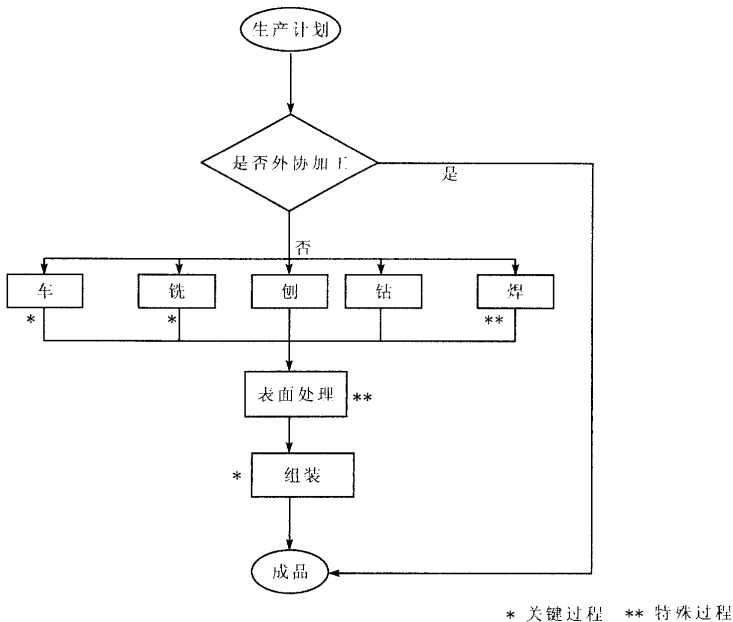
4.2.2.1 关键过程:

- a. 对成品的质量、性能、功能、寿命、可靠性及成本等有直接影响的工序;
- b. 产品重要质量特性形成的工序;
- c. 工艺复杂,质量容易波动,对工人技艺要求高或问题发生较多的工序。

4.2.2.2 特殊过程:

- a. 产品质量不能通过后期的监视或测量加以验证的工序;
- b. 产品质量需进行破坏性试验或采用复杂、昂贵的方法才能测量或只能进行间接监视的工序;
- c. 该工序产品仅在产品使用或服务交付之后,不合格的质量特性才能暴露出来。

4.2.2.3 本公司生产的关键过程是机加工的车、铣及组装,特殊过程是铆焊工序的电、气焊及表面处理。对这些过程应进行确认,以证实它们实现所策划结果的能力。适用时,这些确认的安排包括:



a. 为过程的评审和批准所规定的准则,以证实所使用的过程方法是否符合要求并有效实施。本公司对焊接和表面处理的工艺应经开发部编制、生产车间经试运行并评定后方可正式实施。

b. 对所使用的设备的认可,包括对设施能力(包括精确度、安全性、可用性等要求)及维护保养有严格要求,并保存维护保养记录,执行《基础设施和工作环境控制程序》的有关规定。相关生产人员要进行岗位培训、资格鉴定,考核合格上岗。

c. 车间应确保实施针对这类过程的特定方法和程序。

d. 对这些过程的生产监控应进行记录,填写相应的《生产日报表》和检验记录。

e. 过程的再确认:当生产条件发生变化时(如材料、设施、人员的变化等),应对上述过程进行再确认,确保对影响过程能力的变化及时作出反应,根据需要对相应的生产工艺和生产作业指导书进行更改,执行《文件控制程序》关于文件更改的有关规定。

4.3 车间应使用适宜的生产服务设施,除生产设备外,包括对各种工装、卡具、模具、辅具等的控制,并安排适宜的工作环境,应按规定对设施进行维护保养,执行《基础设施和工作环境控制程序》的有关规定。

4.4 对生产服务运作实施监视和测量,配置适用的监视与测量装置,以便在产品和服务提供过程中进行产品特性及过程特性的监视和测量,执行《监视和测量装置的控制程序》。生产中要认真做好自检(检查本工序产品)、互检(检查上一工序产品)、专检(专职检验员)并做好相应记录。有首检要求的,需经检验合格,检验员签字认可后,方可批量生产,对产品的放行应执行《过程和产品的监视和测量程序》的有关规定。

4.5 标识和可追溯性控制

4.5.1 适当时质管部规定对产品进行标识的方法,并针对监视和测量要求标识产品的状态;质管部对标识的有效性进行监控;当产品出现重大质量问题时,组织对其进行追溯。

4.5.2 各相关部门负责所属区域内产品的标识,负责将不同状态的产品标识并分区摆放,负责对所有标识的维护。

4.5.3 产品标识及可追溯性

a. 在有追溯性要求时,对产品予以标识以便于追溯;如果不标识不会引起产品混淆或无追溯要求时,也可以不对产品进行标识。产品标识采用采购产品本身的标识(如原标识不清,仓库保管员应挂上《物料标识卡》)、仓库《领料单》、《随工单》、成品《合格证》。

b. 当合同、法律、法规和公司自身需要(如顾客因质量问题引起投诉的风险等)对可追溯性有要求时,本公司产品的追溯路径为:

4.5.4 产品状态标识为:

a. 检验状态。合格、不合格、待检、待定,填写在相应的检验记录上作为检验状态标识,在生产现场以标牌作为标识,由质管部监督实施;

b. 紧急放行标识。对因生产急需来不及检验的产品应在随工单上标识“紧急放行”,由生产部监督车间实施;

c. 根据需要标识产品加工状态为“正加工”、“待加工”,由生产部监督车间实施。

4.6 顾客财产的控制

4.6.1 顾客的财产一般包括:

a. 顾客提供的构成产品的物料或组件,生产、检测用的设备;

b. 顾客提供的用于修理、维护或升级的产品;

c. 顾客直接提供的包装材料;

d. 服务作业,如代贮存、来料加工所涉及的材料;

e. 代表顾客提供的服务,如代顾客托运;

f. 顾客知识产权的保护,包括信息、规范、图样等。

4.6.2 顾客财产的验证

a. 质管部按照《过程和产品的监视和测量程序》要求进行验证,出具相应的检验报告;

b. 在进货、使用、贮存、搬运期间如发现不合格,应填写《顾客财产问题反馈表》连同检验报告,及时反馈给顾客,协商处理;

c. 本公司的验证不能免除顾客提供合格产品的责任。

4.6.3 验证合格的顾客财产入库贮存时,应将其放置于专门指定的区域,或在其《物资收发卡》上注明为顾客提供的产品。

4.6.4 对于顾客财产的贮存和维护,应根据产品的特点,或按照顾客的要求进行控制,并定期检查产品状况,防止由于贮存、维护不当造成变质、损坏或丢失。对使用顾客提供的设备,应按规定进行维护保养、对测试设备应按期校准。

4.6.5 顾客的财产应按顾客指定的用途使用,未经顾客同意不得擅自挪作它用或处理。

4.6.6 顾客知识产权的控制

对于顾客的知识产权,如专利技术、产品规范、设计图样、管理或商业机密等信息,应进行保密控制。对顾客提供的有关产品技术文件等,应按《设计、工艺文件管理规定》进行控制。

4.7 产品防护

4.7.1 对于产品从接收、内部加工、放行、交付直到预期目的地的所有阶段,应防止产品变质、损坏和错用。

4.7.2 应针对顾客的要求及产品的符合性对其提供防护,应包括标识(包括运输标记)、搬运、包装(包括装箱)、贮存和保护(包括隔离)等。

4.7.3 产品搬运的控制

产品所在现场的负责人根据产品的特点,配置适宜的搬运工具,规定合理的搬运方法,应考虑:

- a. 不得破坏包装,防止跌落、磕碰、挤压;
- b. 应按照包装箱外标识的要求进行搬运,保持搬运通道畅通,搬运过程中注意保护好产品,防止丢失或损坏;
- c. 对易损、危险物品应制定专门的搬运指导书,或使用特殊的搬运工具;
- d. 天车、叉车操作工应有国家劳动部门颁发的上岗证,并按规定对设备维护保养;
- e. 根据需要对搬运人员进行必要的培训,使其掌握必需的作业规程要求。

4.7.4 包装控制

- a. 开发部负责确定包装材料、包装设计和要求,根据需要编制相应的包装作业指导书,以防止产品受损;
- b. 车间包装工在包装过程中应注意核对产品合格证,保持产品外观清洁、完整,按装箱单核对装箱配件及各种技术文件,包装后加上正确的标识。

4.7.5 贮存控制

- a. 营销部和供应部分别编制成品库和原材料库的仓库管理制度,规范仓库的管理,按规定码放,对有贮存期限要求的物品,要明确标识有效期,保证先入先出。
- b. 仓库应配置适当的设备(空调、抽风机、消防设备等),以保持安全适宜的贮存环境。
- c. 对贮存物品的环境及安全有明确要求。
- d. 所有贮存物品应建立“物资收发卡”和台账,仓库每月定期盘点,做好账务清理,保持账、卡、物一致;仓管员应经常查看库存物品,发现异常及时通知质管部确认、处理。

4.8 产品放行、交付及交付后活动的控制

4.8.1 对原材料、半成品和成品的放行,应执行《过程和产品的监视和测量控制程序》的有关规定。

4.8.2 产品的交付

a. 营销部负责对提供运输服务的供方进行评价,并对其每次运输质量进行记录(顾客自行提货除外),以跟踪监督,执行《采购控制程序》对供方评价的规定。营销部应与运输公司签订合同及购买保险,以确保运输过程中的产品质量。

b. 合同要求时,公司对产品的保护要延续到交付的目的地。

4.8.3 产品交付后的活动

4.8.3.1 营销部负责产品的售后服务:

a. 负责组织、协调产品的服务工作;

b. 负责与顾客联络,妥善处理顾客抱怨,负责保存相关服务记录;

c. 负责对顾客满意程度进行测量,确定顾客的需求和潜在需求,执行《顾客满意程度测量程序》;

d. 建立顾客档案,详细记录其名称、地址、电话、联系人及订购每批产品的型号规格和数量,整理了解顾客的定货倾向,及时做好供货准备;

e. 利用与顾客的交往,主动向顾客介绍本公司产品,提供宣传资料,解答顾客提问,每年派出市场调研人员,及时掌握市场动态和顾客需求的动向。

4.8.3.2 咨询、产品维修服务

a. 对顾客面谈、信函、电话、传真等方式的咨询,营销部由专人解答记录,暂时未能解答的,应详细记录并会同相关部门研究后予以答复;

b. 营销部对维修人员要及时提供新产品的技术资料,按计划组织培训、考核,合格后持证上岗,维修人员应详细记录维修情况,营销部应准备一定数量的易损备件,及时提供维修服务;

c. 营销部每季度统计顾客咨询及维修情况,填写《售出成品质量报告》,及时反馈给质管部,以便综合分析,采取相应的纠正、预防和改进措施。

5 相关文件

5.1 《设计和开发控制程序》

5.2 《实现过程的策划程序》

5.3 《与顾客有关的过程控制程序》

5.4 《文件控制程序》

5.5 《基础设施和工作环境控制程序》

5.6 《过程和产品的测量和监控程序》

5.7 《顾客满意程度测量程序》

5.8 《采购控制程序》

5.9 《原材料库管理制度》

5.10 《成品库管理制度》

6 记录

6.1 《月生产计划》

6.2 《周生产计划》

6.3 《生产日报表》

6.4 《领料单》

6.5 《随工单》

- 6.6 《合格证》
- 6.7 《进货验证记录》
- 6.8 《首检记录》
- 6.9 《半成品检验记录》
- 6.10 《成品检验记录》
- 6.11 《物料标识卡》
- 6.12 《物资收发卡》
- 6.13 《顾客财产问题反馈表》
- 6.14 《售出成品质量报告》
- 6.15 《顾客满意程度调查表》
- 6.16 《纠正和预防措施处理单》

补充说明：

1. 本节对应标准“7.5 生产和服务提供”的内容。
2. 关于过程确认

根据标准“7.5.2 生产和服务提供过程的确认”内容,仅提到对于“过程输出不能由后续的监视和测量加以验证时”及“仅在产品使用或服务已交付之后问题才显现的过程”应进行过程确认。即我们通常理解的“特殊过程”。本书作者在编写本节时,对标准的内容增加了对关键过程也应进行确认。这是因为：

(1)标准原文容易引起误解,有些企业可能因为没有特殊过程,由此推理为不需要对任何的产品实现过程进行确认,这是不符合生产实际的。因为对于任何影响产品质量的关键过程,其过程的确认应包括对于其人员、设备、原材料、作业指导书、生产环境及检验等的控制,这是必不可少的。

(2)实际生产中,关键过程可以包括特殊过程,但是特殊过程有时也不一定是关键过程。例如家具喷漆工序是特殊过程,因为喷漆前应对表面进行处理,如抹腻子、打磨等,喷上漆后就难以检查表面处理的情况了。对于人眼可以看到的家具的部位,其喷漆过程也是关键过程,但是对于家具底部,人眼看不到的地方,对喷漆过程的要求相对就低一些,一般不属于关键过程。

3. 关于产品可追溯性

追溯是指追溯所考虑对象的历史、应用情况或所处场所的能力等。对于制造业,追溯路径应包括原材料和零部件的来源、加工过程的历史、产品交付后的分布和场所。当有合同要求、法律法规要求、质量控制要求或处于组织对管理方面的考虑时,应对产品或服务提出可追溯性要求。这时应采用唯一性标识来识别产品,并做好相应的记录。本节给出了产品追溯路径的示例,这里应注意的是《领料单》上应注明所领物料进货时的批次号或进货日期,以便于追溯到进货供方。

监视和测量装置的控制程序

1 目的

对用于确保产品符合规定要求和证明产品符合规定要求的监视和测量装置进行控制,确保监视和测量结果的有效性。

2 范围

适用于对确保产品符合要求及证明产品符合要求的监视和测量装置、软件等的控制。

3 职责

3.1 质管部

- a. 负责对监视、测量设备的检定或校准,根据需要编制内部校准规程;
- b. 负责对偏离校准态的监视和测量装置的追踪处理;
- c. 负责对监视和测量装置操作人员的培训、考核。

4 程序

4.1 监视和测量装置的采购及验收

根据监视和测量项目所需测量能力和测量要求配置监视和测量装置,对其的采购和验收,执行《设施和工作环境控制程序》对生产设备采购的管理规定。

4.2 监视和测量装置的初次校准

a. 经验收合格的监视和测量装置,使用前应由质管部负责送国家计量部门检定或自行校准,合格后方能发放使用。对合格品应贴上表明其状态的惟一性标识,并标明有效期,质管部负责对该设备编号,建立《监视和测量装置台账》,记录设备的编号、名称、规格型号、精度等级、生产厂家、校准周期、校准日期、放置地点等,并填写《监视和测量装置一览表》。

b. 对于没有国家标准的设备,应记录用于校准的依据。

c. 质管部负责监视和测量装置的发放。

4.3 监视和测量装置的周期检定和校准

4.3.1 每年12月质管部编制下年度《计量校准计划》,根据计划执行周期检定或校准。

a. 对需外检的设备,由质管部负责联系国家法定计量部门进行检定,并出具检定报告;

b. 对需进行内部校准的设备,质管部应编制相应的《内部校准规程》,规定校准的方法、使用设备、验收标准及校准周期等内容,经质管部经理批准,由质管部实施并填写《内校记录表》。

4.3.2 检定、校准合格的装置,由校准人员贴合格标签,并标明有效期,部分功能或

量程校准合格的,贴限用标签,标明限用的范围;校准不合格的,贴不合格标签,修理后重新送检或校准,对不便粘贴标签的装置,可将标签贴在包装盒上,或由使用者妥善保管。

4.3.3 对于监视和测量用的软件,在使用前应进行校准,并填写相应的校准记录。

4.4 必要时应对监视和测量装置进行调整或再调整。但应指定专人执行调整工作,以防止因调整不当使装置失效。

4.5 监视和测量装置的使用、搬运、维护和贮存控制

4.5.1 使用者应严格按照使用说明书或操作规程使用设备,确保装置的监视和测量能力与要求相一致,防止发生可能使校准失效的调整。使用后要进行适当的维护和保养。

4.5.2 在使用监视和测量装置前,应按规定检查装置是否工作正常,是否在校准有效期内。

4.5.3 使用者在监视和测量装置的搬运、维护和贮存过程中,要遵守使用说明书和操作规程的要求,防止其损坏或失效。

4.5.4 监视和测量装置的校准、修理、报废等应记录在设备履历卡和一览表内。

4.6 监视和测量装置偏离校准状态的控制

4.6.1 发现设备偏离校准状态时,应停止监测工作,及时报告质管部。质管部应追查使用该装置监测的产品流向,再评价以往监测结果的有效性,确定需重新监测的范围并重新监测。质管部应组织对装置故障进行分析、维修并重新校准,采取相应的纠正措施。

4.6.2 对无法修复的装置,经质管部经理确认后,由总经理批准报废或做相应处理。

4.7 监视和测量装置的环境要求

监视和测量装置的使用环境应符合相关技术文件的规定,由质管部负责监督检查。

4.8 对监视和测量人员要求

4.8.1 专业计量人员需经国家计量部门培训,持证上岗。

4.8.2 质管部对监视和测量装置的使用人员进行相应的培训,经考试合格上岗。

4.9 对于自制的具有监测作用的工装、夹具、样品、样板、量具等,需经质管部批准、编号、贴上相应合格标签,执行4.3条款有关规定,质管部负责建立总台账,编制检查、校准规程,对其有效性进行定期检查。

5 相关文件

5.1 《设施和工作环境控制程序》

5.2 《内部校准规程》

6 记录

6.1 《监视和测量装置台账》

6.2 《监视和测量装置一览表》

6.3 《计量校准计划》

6.4 《内校记录表》

补充说明:

1. 本节与标准“7.6 监视和测量装置的控制”相对应。

2. 对产品实现过程的监视和测量, 是对于各种过程参数的监视和测量, 如对温度、流量、压力等的监视和测量, 因此目的所使用的监测装置, 如各种仪表的作用在于确保过程的参数符合工艺要求, 从而为产品符合要求提供了保证。这类装置的对象是过程。

3. 对产品本身进行监视和测量的装置是用于证明产品符合规定的要求。这类装置的对象是过程的结果, 即产品。

4. 根据《新英汉词典》英文“ monitoring ”译文有“ 监视 ”和“ 监控 ”两种含义。本书作者认为使用“ 监控 ”更符合生产实际。因为对于产品实现过程而言; “ 监视 ”容易理解成只是指一次仪表, 如各种传感器。而随着生产自动化控制的发展, 往往还要把监视得来的信息传送到二次仪表, 如中央处理器, 对信息处理后再反馈给执行器以便对过程参数进行调整。从这种意义上说, 我们不仅要进行一次仪表进行校准, 而且对于二次仪表, 即控制部分(包括执行器)也应进行校准。

5. 监视和测量装置一般分为两类:

(1) 必须校准的装置: 凡是列入国家强制检定计量器具目录的装置都属于必须校准的, 应送政府授权的计量检定机构检定, 并出具检定证书。

(2) 应该校准的装置:

a. 根据国家质量技术监督局 1999 年第 6 号《关于企业使用的非强检计量器具由企业依法自主管理的公告》, 企业使用的非强检的计量器具可由企业自主管理, 其检定周期由企业根据计量器具的稳定性、质量控制和实际使用情况, 本着科学、经济 and 量值准确的原则自行确定。其检定方式, 由企业根据生产和科研的需要, 自行决定在本单位或送其他计量检定机构测试、校准或检定。

b. 对于企业自行校准的装置, 企业应编制《内部校准规程》自行校准。但是校准用的基准必须能溯源到国家基准。

c. 对于没有示值的监视装置, 如各种报警指示灯等, 也应校准, 以确保生产安全。

测量、分析和改进

为确保和证实产品、质量管理体系的符合性, 持续改进质量管理体系的有效性, 在对监视和测量活动作出规定、策划和实施时, 应考虑如下几点:

1. 确定监视、测量、分析、改进活动的项目、内容、方法、频次和必要的记录;
2. 要考虑采取适宜的措施, 而不是单纯用于积累信息;
3. 应考虑包括使用统计技术在内的适用方法及其应用程度;
4. 应按规定和策划的结果实施监视和测量活动。

为此制定下述程序文件:

标题	GB/T 19001—2000 标准条款对照
8.1 顾客满意程度测量程序	8.2.1
8.2 内部审核程序	8.2.2
8.3 过程和产品的监视和测量程序	8.2.3 8.2.4
8.4 不合格品控制程序	8.3

8.5 数据分析控制程序	8.4
8.6 改进控制程序	8.5

顾客满意程度测量程序

1 目的

将对顾客满意程度的测量作为测量质量管理体系业绩的一种手段。

2 适用范围

适用于对顾客对公司产品满足程度的感受进行的测量。

3 职责

3.1 营销部

- a. 负责与顾客联络,组织处理顾客抱怨,负责保存相关服务记录;
- b. 负责组织对顾客满意程度进行测量,确定顾客的需求和潜在需求。

3.2 质管部

负责分析顾客反馈信息,确定责任部门并监督实施。

4 程序

4.1 顾客信息的收集、分析与处理

4.1.1 营销部负责监视顾客满意或不满意的信息,作为对质量管理体系业绩的一种测量。

4.1.2 对顾客面谈、信函、电话、传真等方式的进行的咨询、提供的建议,由营销部专人解答记录、收集,暂时未能解答的,要详细记录并与有关部门研究后予以答复。

4.1.3 营销部销售员利用外出的各种活动,及时掌握市场动态和顾客需求的动向,通过各种商品展销会,积极与顾客沟通,收集有关信息及时反馈给公司有关部门。

4.1.4 每季度营销部向各地代理商发出《销售情况反馈表》,要求填写销售、质量、维修等情况及顾客意见和建议等,依此营销部汇总整理成《售出成品质量报告》,传递给质管部,由其组织进行原因分析,视情况发出《纠正和预防措施处理单》,责成有关部门采取纠正或预防措施,并跟踪实施效果。营销部根据情况将实施结果反馈给顾客。

4.1.5 营销部负责有效处理顾客抱怨,执行《与顾客有关的过程控制程序》的有关规定。

4.2 顾客满意程度测量

4.2.1 每年第四季度,营销部向顾客发送《顾客满意程度调查表》,调查顾客对公司产品、服务及对代理商的满意程度,收集相关意见和建议,调查表的回收率应达到50%以上,以便于统计分析。

4.2.2 质管部对上述调查表进行统计分析,确定顾客的需求和期望,及公司需改进

的方面,得出定性(形成资料)或定量(如产品故障率、顾客投诉率、返修率等)的结果。当定量数据接近或低于控制下限时,应采用因果图或排列图寻找主要原因,质管部发出《纠正预防措施处理单》给责任部门,采取相应的纠正、预防措施,并监督其实施效果。

4.2.3 对顾客反映非常满意的方面,营销部应对公司相关部门或人员及时通报表扬。

4.3 顾客档案的建立

营销部对购买本公司产品的所有顾客建立档案,详细记录其名称、地址、电话、联系人、订购每批产品的型号规格和数量、使用公司产品反馈的信息等;以便了解顾客的定货倾向,及时做好新的服务准备。

5 相关文件

5.1 《改进控制程序》

5.2 《与顾客有关的过程控制程序》

6 记录

6.1 《销售情况反馈表》

6.2 《售出成品质量报告》

6.3 《顾客满意程度调查表》

6.4 《纠正和预防措施处理单》

补充说明:

1. 本节对应标准'8.2.1 顾客满意'的内容。

2. 应注意,有时即使满足了顾客的要求,但顾客也不一定满意,因此组织还应争取超越顾客的期望。

3. 获取顾客满意程度的信息渠道是多方面的,可来自组织内部或外部,可以是口头的或书面的。例如:

- (1)顾客的抱怨(包括投诉和意见。注意:顾客没有抱怨并不能说明就是顾客满意);
- (2)与顾客的直接沟通;
- (3)问卷与调查;
- (4)委托社会调查机构进行顾客调查、收集和分析数据;
- (5)专门团体、消费者组织的报告;
- (6)各种媒体的报告;
- (7)行业研究的结果。

4. 组织应确定获取和利用顾客满意或不满意的方法,包括信息的来源、收集、分析的方法和频次等。

内部审核程序

1 目的

验证质量管理体系是否符合管理和产品实现的策划,是否符合标准和质量管理体系的要求,是否得到有效地保持、实施和改进。

2 适用范围

适用于公司质量管理体系所覆盖的所有区域和所有要求的内部审核。

3 职责

3.1 总经理

- a. 批准组织年度内审计划和审核实施计划;
- b. 批准内部质量管理体系审核报告;
- c. 定期召开管理评审会议。

3.2 管理者代表

- a. 全面负责内部质量管理体系审核工作;
- b. 选定审核组长及审核员,并审核年度内审计划、每次的审核实施计划和内部质量管理体系审核报告。

3.3 质管部

- a. 编写年度内审计划并负责组织实施;
- b. 组织、协调内审活动的展开。

3.4 内审组长

- a. 编制、实施本次内审计划;
- b. 编写内审报告。

4 程序

4.1 年度内审计划

4.1.1 根据拟审核的活动和区域的状况和重要程度,及以往审核的结果,由质管部经理负责策划各部门全年审核方案,编制《年度内审计划》,确定审核的范围、频次和方法,经管理者代表审核,总经理批准。每年内审至少一次,并要求覆盖本公司质量管理体系的所有要求。另外出现以下情况时由管理者代表及时组织进行内部质量审核:

- a. 组织机构、管理体系发生重大变化;
- b. 出现重大质量事故,或用户对某一环节连续投诉;
- c. 法律、法规及其他外部要求的变更;
- d. 在接受第二、第三方审核之前;
- e. 在质量认证证书到期换证前。

4.1.2 年度内审计划内容

- a. 审核目的、范围、依据和方法；
- b. 受审部门和审核时间。

4.1.3 根据需要,可审核质量管理体系覆盖的全部要求和部门,也可以专门针对某几项要求或部门进行重点审核,但全年的内审必须覆盖质量管理体系全部要求。

4.2 审核前的准备

4.2.1 管理者代表任命内审组长和内审组员。内审应由与受审部门无直接关系的内审员负责。

4.2.2 内审组长根据拟审核的过程和区域的状况和重要性,以及以往审核的结果,策划审核方案,并编制本次《审核实施计划》,交管理者代表审核,总经理批准。计划的编制要具有严肃性和灵活性,其内容主要包括:

- a. 审核目的、准则、范围、方法；
- b. 内部审核的工作安排；
- c. 审核组成员；
- d. 审核时间、地点；
- e. 受审部门及审核要点；
- f. 预定时间,持续时间；
- g. 开会时间；
- h. 审核报告分发范围、日期。

4.2.3 在了解受审部门的具体情况后,内审组长组织编写《内审检查表》,详细列出审核项目、依据、方法,确保无要求遗漏,审核能顺利进行。

4.2.4 内审组长于内审前十天将内审时间通知受审部门,受审部门对内审时间如有异议,应在内审前三天通知内审组长。

4.2.5 内部质量管理体系审核员应经质量管理体系认证咨询机构培训、考核合格后方能担任。

4.3 内审的实施

4.3.1 首次会议

a. 参加会议人员:公司领导、内审组成员及各部门负责人,与会者签到,并由质管部保留会议记录。审核组长主持会议。

b. 会议内容:由组长介绍内审目的、范围、依据、方式、组员和内审日程安排及其他有关事项。

4.3.2 现场审核

a. 内审组根据内审检查表对受审部门的程序和文件执行情况进行现场审核,将体系运行效果及不符合项详细记录在检查表中。

b. 内审组长需每日召开内审会议,全面了解该日内审情况,对不符合报告进行核对。

c. 内审时审核员不应审核自己的工作,要公正而又客观地对待问题。

4.3.3 审核报告

4.3.3.1 现场审核后,审核组长召开审核组会议,综合分析检查结果,依据标准、体

系文件及有关法律法规要求,必要时还要依据与顾客签定的合同要求,确认不合格项,并发出《不符合报告》,经相关部门领导确认后,由相关部门分析原因,制定纠正措施,经审核员确认后实施,审核员负责对实施结果跟踪验证,并报告验证结果。

4.3.3.2 审核组填写《不合格项分布表》,记录不合格分布情况。

4.3.3.3 现场审核后一周内,审核组长完成《内部质量管理体系审核报告》,交管理者代表审核,总经理批准。

审核报告内容包括:

- a. 审核目的、范围、方法和依据;
- b. 审核组成员、受审核方代表名单;
- c. 审核计划实施情况总结;
- d. 不合格项分布情况分析、不合格数量及严重程度;
- e. 存在的主要问题分析;
- f. 对公司质量管理体系有效性、符合性结论及今后应改进的地方。

4.3.3.4 末次会议

a. 参加人员:领导层、内审组成员及各部门领导,与会者签到,并由质管部保留会议记录。审核组长主持会议。

b. 会议内容:内审组长重申审核目的,宣读不符合报告,宣读《内部质量管理体系审核报告》,提出完成纠正措施的要求及日期,由组织领导讲话。

c. 由质管部发放《内部质量管理体系审核报告》到各相关部门。本次内审结果要提交公司管理评审。

5 相关文件

5.1 《改进控制程序》

5.2 《管理评审控制程序》

6 记录

6.1 《年度内审计划》

6.2 《审核实施计划》

6.3 《内审检查表》

6.4 《不符合报告》

6.5 《内部质量管理体系审核报告》

6.6 《内审首(末)次会议签到表》

6.7 《不合格项分布表》

补充说明:

1. 本节与标准“8.2.2 内部审核”相对应。

2. 注意不要把内部审核与管理评审混淆。内审结果是管理评审的重要输入之一,而不是全部。内审与管理评审的对比如下表:

	内部审核	管理评审
目的	确定满足审核准则的程度	确保质量管理体系持续的适宜性、充分性和有效性。
对象	质量管理体系	质量管理体系
评价依据	质量管理体系文件、质量管理标准、国家有关的法律法规	顾客的期望和需求
实施者	内部审核员	最高管理者主持,各级管理人员参加。
方法	系统、独立地获取客观证据,与审核准则对照,形成文件化的审核发现和结论的现场检查过程。	以广泛的输入信息为事实依据,就质量方针、目标及顾客需求,对质量管理体系的适宜性、充分性和有效性进行评价,可用会议的方式进行。
对输出结果要求	应对质量管理体系是否符合要求,以及是否有效实施和保持作出结论,并形成记录。	应对质量管理体系的持续适宜性、充分性和有效性,体系的变更、过程和产品的改进、资源的需求,包括质量方针和目标作出评价,并形成记录。

过程和产品的监视和测量程序

1 目的

对质量管理体系过程进行监视和测量,以确保产品的符合性;对产品特性进行监视和测量,以验证产品要求得到满足。

2 范围

适用于对质量管理体系过程持续满足其预定目的的能力进行确认;对生产所用原材料、生产的半成品和成品进行监视和测量。

3 职责

质管部负责对过程和产品的监视和测量。

4 程序

4.1 过程的监视和测量

4.1.1 应采用适宜的方法对质量管理体系的过程进行监视,并在适宜时进行测量,这些方法应证实过程实现所策划结果的能力。

4.1.2 与质量相关的各过程包括管理活动、资源提供、产品实现及测量有关的过程。各过程应根据组织总目标进行分解,转化为本过程具体的质量目标,如生产部的工序产品

合格率、设计开发部的新成果完成数、供应部采购产品的合格率、营销部的销售指标及顾客服务满意率,质管部对纠正预防措施按期完成率等。为保证目标的顺利完成,需进行相应的监视和测量。

a. 质管部负责组织使用质量例会、控制图等方式,对质量形成的关键过程进行监视和测量,对图形、数据分布趋势分析,明确过程质量和过程实际能力之间的关系,以确定需要采取纠正或预防措施的时机。

b. 当过程结果的质量合格率接近或低于控制下限时,质管部应及时发出《纠正和预防措施处理单》,定出责任部门,对其从人员、设备、原材料、各类规程、生产环境及检验等方面,分析原因并采取相应的纠正或预防措施。当需要采取改进措施时,质管部制定相应的改进计划,经管理者代表审核,总经理批准后,交责任部门实施,质管部负责跟踪验证实施效果。

4.2 产品的监视和测量

4.2.1 质管部负责编制各类检测规程,明确检测点、检测频率、抽样方案、检测项目、检测方法、判别依据、使用的检测设备等。

4.2.2 进货验证

4.2.2.1 对生产购进物资,仓库保管员核对送货单,确认物料品名、规格、数量等无误、包装无损后,置于待检区,填写《进货验证记录》的相关栏目交给检验员。

4.2.2.2 检验员根据《进货验证规程》进行全数或抽样验证,并填写《进货验证记录》。

a. 仓库根据合格记录或标识办理入库手续;

b. 验证不合格时,检验员在物料上贴“不合格”标签,按《不合格控制程序》进行处理。

4.2.2.3 紧急放行

当生产急需来不及验证,在可追溯的前提下,由生产部填写《紧急放行申请单》,经生产副总经理批准后,一联留存,一联交质管部,一联交仓库。

a. 仓库保管员根据批准的《紧急放行申请单》,按规定数量留取同批样品送检,其余由检验员在领料单上注明“紧急放行”后放行,车间在其后生产的随工单上也应注明“紧急放行”。

b. 在放行的同时,检验员应继续完成该批产品的检验,不合格时质管部负责对该批紧急放行产品进行追踪处理。

4.2.2.4 进货产品的验证方式

验证方式可包括检验、测量、观察、工艺验证、提供合格证明文件等方式。根据《采购物资分类明细表》中规定的物资重要程度,在相应的《进货验证规程》中规定不同的验证方式。

4.2.3 半成品的监视和测量

4.2.3.1 首件检验

有首检规定的工序,每班开始生产或更换产品品种,或调整工艺后生产的前三件产品,经操作者自检合格后,由检验员根据相应的检验规程进行检验,填写相应的《半成品检验记录》(注明“首检”),如不合格应要求返工或重新生产,直至首检合格,检验员签字确认

才能批量生产。

4.2.3.2 过程检验

对设置检验点的工序,加工后将产品放在待检区,检验员依据《半成品检验规程》进行检验,填写《半成品检验记录》。合格品在随工单上盖检验员印章,方可转入下一道工序,不合格品执行《不合格品控制程序》。

4.2.3.3 互检

下道工序操作者应对上道工序转来的产品进行检验,合格后方可继续加工。对发现的不合格品,执行《不合格控制程序》。

4.2.3.4 巡回监视

生产过程中,专职检验员应对操作者的自检和互检进行监督,认真检查操作者的作业方法、使用的设备、工装、辅具等是否正确,根据需要进行抽检,并将结果及时反馈给操作者,发现的不合格品应执行《不合格控制程序》。

4.2.3.5 半成品检验中,发现不合格品率接近或超过公司规定值时,检验员应根据情况及时通知操作者注意加强控制;当不合格品率超过公司规定值时,应发出《纠正和预防措施处理单》,执行《改进控制程序》。

4.2.3.6 在所要求的检验和试验完成或必须的报告收到前,不得将产品放行。如因生产急需来不及检验而紧急放行,应参照执行4.2.2.3的有关规定。

4.2.4 成品的监视和测量

4.2.4.1 需确认所有规定的进货验证、半成品监视和测量均完成,并合格后才能进行成品的监视和测量活动。

4.2.4.2 检验员依据《成品检验规程》进行检验和试验,并填写成品检验记录。合格品贴上“合格证”,并将检验记录发到仓库办理入库手续。不合格品按《不合格控制程序》执行。

4.2.4.3 除非得到生产副总经理批准,适宜时得到顾客批准,否则在所有规定活动均已圆满完成之前,不得放行产品和交付服务。这种批准而放行的特例,应考虑:

- a. 这类放行产品和交付服务必须符合法律法规的要求;
- b. 这类特例并不意味着可以不满足顾客的要求。

4.2.5 监视和测量记录

4.2.5.1 在监视和测量记录中应清楚地表明产品是否已按规定标准通过了监视和测量,记录应表明负责合格品放行的授权责任者。对不合格品应执行《不合格控制程序》。

4.2.5.2 监视和测量记录由质管部负责保存。

5 相关文件

5.1 《改进控制程序》

5.2 《不合格控制程序》

5.3 《进货验证规程》

5.4 《半成品检验规程》

5.5 《成品检验规程》

5.6 《采购物资分类明细表》

6 记录

6.1 各部门的控制图

6.2 《进货验证记录》

6.3 《半成品检验记录》

6.4 《紧急放行申请单》

6.5 《成品检验记录》

6.6 合格证

6.7 《纠正和预防措施处理单》

补充说明：

1. 本节对应标准“8.2.3 过程的监视和测量”及“8.2.4 产品的监视和测量”。

2. 对过程的监视和测量不是仅对产品的实现过程进行监视和测量,而是针对质量管理体系的所有过程,包括直接和间接影响产品质量的各过程。这种监视和测量,主要是考核各过程质量目标完成情况,以便及时采取纠正或预防措施。这就是八项质量管理原则中应用“过程方法”的具体体现,因为“质量是生产出来的,而不是事后检验出来的”,通过对过程的监视和测量以确保“第一次把事情做对”,并且“把每一件事都做对”。

3. 对标准所述“这种监视和测量应依据所策划的安排(见7.1),在产品实现过程的适当阶段进行”的理解:在生产实际中的进货阶段,有些产品除了外观验证外是难以检验的,例如集成电路芯片,一般用户没有专门的测试设备去检验,只能通过间接的方式来验证。在后加工工序中,将芯片插到电路板上进行老化试验,如果工作正常则证明该芯片合格。这同样满足了对采购物资必须进行验证的要求,但并不是拘泥于必须在进货阶段完成验证。

4. 标准中对于“紧急放行”的控制没有提要求,但是在生产实际中确实存在这种情况,因此在程序中我们仍将“紧急放行”列为单独的条款予以控制。

不合格品控制程序

1 目的

对不合格产品进行识别和控制,防止不合格品的非预期使用或交付。

2 适用范围

适用于对原材料、半成品、成品及交付后的产品发生的不合格的控制。

3 职责

3.1 质管部负责对不合格品的识别,并跟踪验证不合格品的处理结果。

3.2 生产副总经理、质管部经理负责在各自职责范围内,对不合格品做出处理决定。

3.3 不合格品的发生部门负责对不合格品采取纠正措施。

4 程序

4.1 不合格品的分类

a. 严重不合格 经检验判定的批量不合格或造成较大经济损失、直接影响产品质量、主要功能、性能技术指标等的不合格。

在这里批量大小的判断分二种情况,如果执行国家标准《逐批检查计数抽样程序及抽样表》GB 2828—1987 进行抽样检验时,则批量为按抽样规则判断的不合格批,如果自行决定抽样规则时,应针对不同的产品在相应的检验规程中作出批量的规定。

b. 一般不合格:个别或少量不影响产品质量的不合格。

4.2 进货不合格品的识别和处理

4.2.1 对检验发现的不合格品,检验员在物料上贴“不合格”标签,仓库将其放置于不合格品区。

a. 对一般不合格品,检验员应将《进货验证记录》报质管部经理处理。可拣用时,由质管部在验证记录上标明“拣用”,由检验员依据检验规程进行全检并记录,拣出的不合格品交供应部作退、换货处理。

b. 如果一般不合格品对质量没有较大影响时,可作让步接收。由质管部经理批准在原验证记录上加注“让步接收”,直接发给生产线使用。对于进货的重要物资,不允许让步接收。

c. 对严重不合格,检验员应填写《不合格品报告》,报生产副总经理作出退货决定,然后质管部将《进货验证记录》发到供应部,由供应部办理退货手续。

4.2.2 生产过程中发现的不合格物料,经质管部重检后,按上述条款执行。

4.3 不合格半成品、成品的识别和处理

4.3.1 对于检验员能判定立即返工或返修的少量一般不合格品,可要求加工者立即返工或返修,并将检验情况记录在半成品和成品的检验记录内。返工、返修后的产品必须重新检验,仍不合格或不适用者由质管部经理在相应的检验记录上作出处理决定(让步接收、返工、返修、报废等),由质管部将记录发至生产部和仓库进行相应的处理。

a. 让步接收时,检验员在检验记录上注明“让步接收”,转至下道工序或入仓库。只有产品虽不符合要求,但不影响顾客使用时,才能办理让步接收。让步接收由质管部经理批准,适宜时应取得顾客同意。

b. 返工、返修由生产部执行,返工返修后的产品必须重新检验,并填写相应的检验记录。重检不合格时,质管部经理在检验记录上作出处理决定。

c. 报废产品由生产部放置于废品区,由组织统一处理。

4.3.2 检验员检验判定的严重不合格,需贴上“不合格”标签放置于不合格品区,由质管部经理在相应的检验记录上签字确认,并填写《不合格品报告》交生产副总经理作出报废、降级或改作它用的决定。

4.4 交付或开始使用后发现的不合格品

对于已交付或开始使用后发现的不合格品,应按重大质量问题对待,除执行 4.3 条款

有关规定外,质管部应组织采取相应的纠正或预防措施,执行《改进控制程序》有关规定;营销部应及时与顾客协商处理的办法,以满足顾客的正当要求。

5 相关文件

- 5.1 《过程和产品的监视和测量控制程序》
- 5.2 《改进控制程序》
- 5.3 《逐批检查计数抽样程序及抽样表》GB2828—1987

6 记录

- 6.1 《进货验证记录》
- 6.2 《半成品检验记录》
- 6.3 《成品检验记录》
- 6.4 《不合格品报告》

补充说明:

- 1. 本节对应标准“8.3 不合格品控制”的内容。
- 2. 对于发现的不合格品,进行返工或返修后必须再检验。一般来讲,这种检验应该是百分之百检验,而不能是抽样检验。

数据分析控制程序

1 目的

确定、收集和分析适当的数据,以证实质量管理体系的适宜性和有效性,并评价在何处可以持续改进质量管理体系的有效性。

2 范围

适用于对来自监视和测量活动及其他相关来源的数据分析。

3 职责

3.1 质管部

- a. 负责统筹公司对内、对外相关数据的传递与分析、处理;
- b. 负责统筹统计技术的选用、批准、组织培训及检查统计技术的实施效果。

3.2 各部门

- a. 负责各自相关的数据收集、传递、交流;
- b. 负责本部门统计技术的具体选择与应用。

4 程序

- 4.1 数据是指能够客观地反映事实的资料和数字等信息。它包括与产品、过程及质

量管理体系有关的数据,包括监视和测量的结果等。

4.2 数据的来源

4.2.1 外部来源

- a. 政策、法规、标准等;
- b. 地方政府机构检查的结果及反馈;
- c. 市场、新产品、新技术发展方向;
- d. 相关方(如顾客、供方等)反馈及投诉等。

4.2.2 内部来源

a. 日常工作,如质量目标完成情况、检验试验记录、内部质量审核与管理评审报告及体系正常运行的其他记录;

- b. 存在、潜在的不合格,如质量问题统计分析结果、纠正预防措施处理结果等;
- c. 紧急信息,如出现突发事件等;
- d. 其他信息,如员工建议等。

4.2.3 数据可采用已有的记录、书面资料、讨论交流、电子媒体、声像设备、通讯等方式。

4.3 数据的收集、分析与处理

4.3.1 对数据的收集、分析与处理应提供如下信息:

- a. 顾客满意或不满意程度;
- b. 产品满足顾客需求的符合性;
- c. 过程、产品的特性及发展趋势,包括采取预防措施的机会;
- d. 供方的信息等。

4.3.2 外部数据的收集、分析与处理

4.3.2.1 质管部负责质检总局、认证机构的监督检查结果及反馈数据、技术标准类数据的收集分析,并负责传递到相关部门。对出现的不合格项,执行《改进控制程序》。

4.3.2.2 政策法规类信息由办公室及相关部门收集、分析、整理、传递。

4.3.2.3 营销部及其他相关部门积极与顾客进行信息沟通,以满足顾客需求,妥善处理顾客的投诉,执行《改进控制程序》的有关规定。

4.3.2.4 各部门直接从外部获取的其他类数据,应在一周内用《信息联络处理单》报告质管部,由其分析整理,根据需要传递、协调处理。

4.3.3 内部数据的收集、分析与处理

4.3.3.1 质管部依照相应规定传递质量方针、质量目标、管理方案、内审结果、更新的法律法规、标准等的信息。

4.3.3.2 各部门依据相关文件规定直接收集并传递日常数据,对存在和潜在的不合格项,执行《改进控制程序》。

4.3.3.3 紧急信息由发现部门迅速报告公司主要负责人或行政部组织处理。

4.3.3.4 其他内部信息获得者可用《信息联络处理单》反馈给质管部处理。

4.4 数据分析方法

4.4.1 为了寻找数据变化的规律性,通常采用统计方法。

4.4.2 本公司基本统计方法的选择

- a. 对于市场、顾客满意程度、质量、审核分析一般采用调查表。
- b. 对产品的监视和测量,当合格率在正常控制范围内时采用调查表法;当合格率低于质量目标的控制时,采用调查表和排列图进行分析,找出主要的不合格项,分析原因,以便采取相应的纠正或预防措施;对于较复杂的不合格项,可采用因果图分析原因。
- c. 对过程的监视和测量采用控制图法。
- d. 根据产品类别及对质量的影响,对产品的检验采用相应的抽样检验。

4.4.3 统计方法选用原则

- a. 优先采用国家公布的质量控制和检验抽样标准。
- b. 采用自己制定的统计方法,应证明它等效或优于国家标准的规定,并制定相应的鉴定程序。质管部对于检验和试验制定了《统计抽样规定》,报管理者代表批准实施。

4.4.4 统计方法实施要求

- a. 质管部负责组织对有关人员进行统计方法培训;
- b. 正确使用统计方法,确保统计分析数据的科学、准确、真实。

4.4.5 对统计方法适用性和有效性的判定

- a. 是否降低了不合格品率,降低了加工损失;
- b. 是否能为有关过程能力提供有效判定,以利于改进质量;
- c. 是否提高了产量、利润和工作效率;
- d. 是否降低了成本,提高了质量水平和经济效益。

质管部每三个月对各部门统计方法应用的记录进行监督检查,对主要的质量问题要求责任部门采取相应的纠正、预防措施,执行《改进控制程序》的有关规定。

4.5 统计记录的管理

对于统计记录的管理要分清职责和权限,进行分级管理,各部门按照《文件控制程序》和《质量记录控制程序》,对统计记录进行有效的管理与控制。

5 相关文件

- 5.1 《过程和产品的测量和监控程序》
- 5.2 《质量记录控制程序》
- 5.3 《文件控制程序》
- 5.4 《改进控制程序》
- 5.5 《统计抽样规定》

6 记录

- 6.1 《信息联络处理单》
- 6.2 各类统计图表

补充说明:

1. 本节对应标准'8.4 数据分析'的内容。
2. 组织对产品进行抽样检验,可以执行《逐批检查计数抽样程序及抽样表》(GB

2828—87)的规定,也可以自行制定统计抽样规定。但是在自行制定的规定中,应注意合格判定规则的规定,不能低于国家标准。当出现不合格品时,应进一步规定如何采取下一步措施。例如,自行规定对某批量进货抽检10%。注意还应进一步明确,在抽检的产品中最多允许的不合格率,例如2%,如果多于2%不合格,则应判断该批进货为不合格,应全检或退、换货。

改进控制程序

1 目的

采取有效的改进、纠正和预防措施,实现质量管理体系的持续改进。

2 适用范围

适用于改进、纠正和预防措施的制定、实施与验证。

3 职责

3.1 质管部负责组织对体系、产品持续改进及纠正和预防措施的控制,当出现存在和潜在的质量问题时发出相应的《纠正和预防措施处理单》,并跟踪验证实施效果。

3.2 各部门负责分管范围内相应的改进、纠正和预防措施的控制和实施,并跟踪验证实施效果。

3.3 管理者代表负责监督、协调改进、纠正和预防措施的实施。

3.4 营销部负责有效地处理顾客意见。

4 程序

4.1 持续改进的策划和管理

4.1.1 公司要达到持续改进的目的,就必须不断提高质量管理的有效性和效率,在实现质量方针和目标的活动过程中,持续追求对质量管理体系各过程的改进。

4.1.2 改进活动

对涉及现有过程和产品的改进及资源需求变化,在策划和管理时应考虑:

- a. 改进项目的目标和总体要求;
- b. 分析现有过程的状况确定改进方案;
- c. 实施改进并评价改进的结果。

4.1.3 质管部通过质量方针和目标的贯彻过程、审核结果、数据分析、纠正和预防措施的实施、管理评审的结果,积极寻找体系持续改进的机会,确定需要改进的方面(如技术改造、工艺优化、资源配置及环境质量的改善等),组织各部门进行策划,制定改进计划报管理者代表审核,总经理批准后,予以实施。改进计划的内容及管理参照《质量管理体系策划控制程序》和《实现过程的策划程序》执行。

4.1.4 最高管理者应创造良好的企业文化氛围,促使每个员工能以主人翁的态度积

极提出合理化建议,为组织持续改进作出贡献。

4.2 纠正措施

4.2.1 对于存在的不合格应采取纠正措施,以消除不合格原因,防止不合格再发生,纠正措施应与所遇到的问题的影响程度相适应。

4.2.2 识别不合格

对质量管理体系各过程输出的信息进行识别:

- a. 过程、产品质量出现重大问题,或超过公司规定值时;
- b. 管理评审发现不合格时;
- c. 顾客对产品质量投诉时;
- d. 内审发现不合格时;
- e. 出现重大环境污染或环境事故时;
- f. 供方产品或服务出现严重不合格时;
- g. 其他不符合质量方针、目标,或质量管理体系文件要求的情况。

4.2.3 原因分析、措施制定、实施与验证

可采用统计技术或试验的方法来确定主要原因。

4.2.3.1 对情况 a、b、g,质管部填写《纠正和预防措施处理单》中“不合格事实”栏,确定责任部门,由责任部门填写“原因分析”栏,制定纠正措施并实施,质管部跟踪验证实施效果。

4.2.3.2 对情况 c,由营销部填写《纠正和预防措施处理单》中“不合格事实”栏,转质管部确认并确定责任部门,由责任部门分析原因、制定纠正措施并实施,质管部跟踪验证实施效果并将结果反馈给营销部,由营销部及时转告顾客并取得顾客满意。

4.2.3.3 对情况 d,由审核组发出“不合格报告”,执行《内部审核程序》。

4.2.3.4 对情况 e,生产部填写《纠正和预防措施处理单》中“不合格事实”及“原因分析”栏,定出责任部门,由责任部门填写纠正措施并实施,生产部负责跟踪验证实施效果。

4.2.3.5 当出现情况 f 时,质管部填写《纠正和预防措施处理单》中“不合格事实”栏,转供应部通知供方,要求供方进行原因分析,并将纠正措施反馈给供应部,质管部对其下一批来料进行跟踪验证,执行《采购控制程序》对供方控制的规定。如果是服务供方的质量问题,则由服务接受部门填写《纠正和预防措施处理单》,通知对方采取纠正措施,并跟踪验证其实施效果。

4.2.4 评审所采取的纠正措施

a. 每项纠正措施完成后,该部门负责人对实施效果的有效性进行评审,评审其能否防止类似不合格继续发生,并在《纠正和预防措施处理单》上签名确认。监督部门对此进行跟踪验证。

b. 当不合格原因是由于质量管理体系有关文件的不完善所致时,应对相关文件修改的必要性进行评审,并予以实施,执行《文件控制程序》关于文件更改的有关规定。

4.3 预防措施

4.3.1 组织应识别潜在的不合格,并采取预防措施,以消除潜在不合格的原因,防止不合格发生,所采取的预防措施应与潜在问题的影响程度相适应。

4.3.2 识别潜在不合格

质管部要及时重点分析如下记录：

- a. 供方供货质量统计、产品质量统计(如调查表、排列图等)、市场分析、顾客满意程度调查、环境质量统计等；
- b. 以往的内审报告、管理评审报告；
- c. 纠正、预防、改进措施执行记录等。

以便及时了解体系运行的有效性,过程、产品、环境质量趋势及顾客的要求和期望,并在日常对体系运作的检查和监督过程中,及时收集分析各方面的反馈信息。

4.3.3 发现有潜在的不合格事实时,根据潜在问题影响程度确定轻重缓急,由质管部召集相关部门讨论原因,评价防止不合格发生的措施的需求,并定出预防措施和责任部门,质管部填写《纠正和预防措施处理单》的潜在不合格事实栏,经责任部门分析原因并制定预防措施后实施,质管部跟踪验证实施效果。

4.3.4 评审所采取的预防措施

- a. 质管部经理对预防措施有效性进行评审,并在《纠正和预防措施处理单》上签名确认；
- b. 当潜在不合格原因是由于质量管理体系有关文件的不完善所致时,应对相关文件修改的必要性进行评审,并予以实施,执行《文件控制程序》关于文件更改的有关规定。

4.4 改进、纠正和预防措施实施控制及记录

4.4.1 在改进、纠正和预防措施的实施过程中,管理者代表负责配置必要的资源协助分析原因和确定责任部门,并监督措施实施的过程。

4.4.2 质管部编制《改进、纠正和预防措施实施情况一览表》,记录各次措施的发出时间、责任部门、完成时间及验证结果。逾期未能完成者,要报告管理者代表,组织责任部门进行原因分析,再次限期完成。

4.4.3 由改进、纠正和预防措施引起的对体系文件的任何更改,按《文件的控制程序》执行。

4.4.4 重要改进、纠正和预防措施的相关记录应作为下次管理评审的输入之一。

5 相关文件

5.1 《质量管理体系策划控制程序》

5.2 《实现过程的策划程序》

5.3 《数据分析控制程序》

5.4 《不合格控制程序》

5.5 《文件的控制程序》

6 记录

6.1 各部门的改进计划

6.2 《纠正和预防措施处理单》

6.3 《改进、纠正和预防措施实施情况一览表》

补充说明：

1. 本节对应标准‘8.5 改进’的内容。

2. 注意改进与纠正和预防措施的区别：

(1)改进措施是“主动进攻性”的，是根据体系的实际情况主动提出合理化的改进建议等。这需要组织通过质量方针、质量目标的建立，营造一个激励改进的氛围与环境。通过“全员参与”达到组织持续发展的目的。

(2)纠正和预防措施是“被动性”的，因为只有当发生了不合格或潜在不合格时才采取相应的纠正或预防措施。

(3)增加了改进的要求，这是 2000 版标准相对于 1994 版标准的一个重大进步。

附录 1 第二级文件清单

名称	编号
1. 开发部工作手册	KF—00—2000
1.0 岗位责任制及任职要求	
2.0 管理制度	
2.1 设计、工艺文件管理规定	
.....	
3.0 国家、行业、企业标准	
.....	
4.0 质量记录清单	
2. 质管部工作手册	ZG—00—2000
1.0 岗位责任制及任职要求	
2.0 管理制度	
2.1 计量室管理制度	
.....	
3.0 标准、检验规程	
3.1 国标、行标、企标	
3.2 进货验证规程	
3.3 半成品、成品检验规程	
4.0 质量记录清单	
3. 生产部工作手册	SC—00—2000
1.0 岗位责任制及任职要求	
2.0 管理制度	
2.1 工作现场安全、卫生制度	
.....	
3.0 作业指导书	
3.1 操作规程	
3.2 工艺规程	
3.3 安全操作规程	
3.4 设备维护、保养制度	
3.5 工、卡、量具使用管理制度	
.....	

4.0 质量记录清单

4. 营销部工作手册

YX—00—2000

1.0 岗位责任制及任职要求

2.0 管理制度

2.1 成品库管理制度

.....

3.0 作业指导书

3.1 顾客投诉处理流程

3.2 顾客回访规定

3.3 产品退、换货规定

.....

4.0 标准、法规

4.1 国标、行标、企标

4.2 合同法

.....

5.0 质量记录清单

5. 供应部工作手册

1.0 岗位责任制及任职要求

2.0 管理制度

2.1 原材料库管理制度

.....

3.0 作业指导书

3.1 采购物资分类明细表

3.2

4.0 质量记录清单

6.

附录2 记录清单

名称	编号	保存期(年)
文件发放、回收记录	ZG—4.1—01	3
文件借阅、复制记录	ZG—4.1—02	3
部门受控文件清单	ZG—4.1—03	长期
文件更改申请	ZG—4.1—04	3
文件销毁申请	ZG—4.1—05	3
质量记录清单	ZG—4.2—01	长期
质量策划实施情况检查表	ZG—5.2—01	5
管理评审计划	ZG—5.4—01	3
管理评审通知单	ZG—5.4—02	3
管理评审报告	ZG—5.4—03	5
培训记录表	RS—6.1—01	3
培训申请单	RS—6.1—02	3
年度培训计划	RS—6.1—03	3
生产设施配置申请单	SC—6.2—01	3
设施验收单	SC—6.2—02	长期
设施管理卡	SC—6.2—03	长期
生产设施一览表	SC—6.2—04	长期
设施日常保养项目表	SC—6.2—05	长期
设施检修计划	SC—6.2—06	3
设施检修单	SC—6.2—07	3
设施报废单	SC—6.2—08	3
领物单	GY—6.2—01	3
产品要求评审表	YX—7.2—01	5
定单确认表	YX—7.2—02	5
出库单	YX—7.2—03	5
项目建议书	KF—7.3—01	长期
设计开发任务书	KF—7.3—02	长期
设计开发方案	KF—7.3—03	长期
设计开发计划书	KF—7.3—04	长期
设计开发输入清单	KF—7.3—05	长期

设计开发信息联络单	KF—7.3—06	长期
设计开发评审报告	KF—7.3—07	长期
设计开发验证报告	KF—7.3—08	长期
设计开发输出清单	KF—7.3—09	长期
试产报告	KF—7.3—10	长期
试产总结报告	KF—7.3—11	长期
客户试用报告	KF—7.3—12	长期
新产品鉴定报告	KF—7.3—13	长期
供方评定记录表	GY—7.4—01	长期
合格供方名录	GY—7.4—02	长期
供方年度业绩评定表	GY—7.4—03	3
月采购计划	GY—7.4—04	3
临时采购要求单	GY—7.4—05	3
采购单	GY—7.4—06	3
月生产计划	SC—7.5—01	3
周生产计划	SC—7.5—02	3
生产日报表	SC—7.5—03	3
领料单	SC—7.5—04	3
随工单	SC—7.5—05	3
合格证	SC—7.5—06	长期
物料标识卡	SC—7.5—07	3
物资收发卡	SC—7.5—08	长期
顾客财产问题反馈表	SC—7.5—09	3
监视和测量装置台帐	ZG—7.6—01	长期
监视和测量装置一览表	ZG—7.6—02	长期
计量校准计划	ZG—7.6—03	3
内校记录表	ZG—7.6—04	3
销售情况反馈表	YX—8.1—01	3
售出成品质量报告	YX—8.1—02	3
顾客满意程度调查表	YX—8.1—03	3
年度内审计划	ZG—8.2—01	3
审核实施计划	ZG—8.2—02	3

内审检查表	ZG—8.2—03	3
不符合报告	ZG—8.2—04	3
内部质量管理体系审核报告	ZG—8.2—05	5
内审首(末)次会议签到表	ZG—8.2—06	3
不合格项分布表	ZG—8.2—07	3
进货验证记录	ZG—8.3—01	3
半成品检验记录	ZG—8.3—02	3
成品检验记录	ZG—8.3—03	3
紧急放行产品申请单	ZG—8.3—04	3
不合格品报告	ZG—8.4—01	3
信息联络处理单	ZG—8.5—01	3
改进计划	ZG—8.6—01	3
纠正和预防措施处理单	ZG—8.6—02	3
改进、纠正和预防措施实施情况一览表	ZG—8.6—03	3

第二节 制造业部门工作手册示例

質管部工作手冊

(第一版)

审 核：
批 准：
日 期：
文件发放号：

工作手册说明

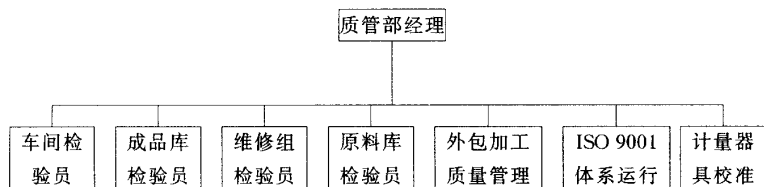
- 1 本手册是质管部实施质量管理体系的细则,是公司的法规性文件,本部门全体员工必须严格遵守。
- 2 手册中文件均在相对稳定的一段时间内有效,其他仅在限定的一定时间内有效的文件,不列入手册。
- 3 手册中文件分为两类:
 - (1)质管部负责编制的文件,有的适用于全公司实施,有的仅适用于质管部内部实施。
 - (2)公司其他部门编制的文件,凡适用于质管部实施的均纳入本手册。
- 4 质管部经理应根据需要,对于手册中文件的适用性进行评审,并在适当时进行修订。本手册颁布后,如有公司或质管部发放的新文件,只要属于长期有效的文件,均应适时纳入本手册。
- 5 本手册是受控文件,其管理和发放均应按照《文件控制程序》的有关规定执行。

目 录

标 题	编号
1 目录	ZG—01—2001
2 工作手册修改控制	ZG—02—2001
3 质管部组织结构图	ZG—03—2001
4 质管部工作标准	
4.1 质管部质量目标	ZG—4.1—2001
4.2 质管部主要职责	ZG—4.2—2001
4.3 质管部岗位职责和任职要求	ZG—4.3—2001
5 质管部技术标准	
5.1 计量器具校准规程	
5.1.1 检验系统流程图	ZG—5.1.1—2001
5.1.2 工艺装备内部校准规程	ZG—5.1.2—2001
5.1.3 水平尺内部校准规程	ZG—5.1.3—2001
5.1.4 钢尺、卷尺内部校准规程	ZG—5.1.4—2001
5.1.5 同轴度检测尺内部校准规程	ZG—5.1.5—2001
5.2 进货验证规程	
5.2.1 钢材进货验证规程	ZG—5.2.1—2001
5.2.2 铸造件进货验证规程	ZG—5.2.2—2001
5.2.3 小五金及辅助材料进货验证规程	ZG—5.2.3—2001
5.2.4 计量器具进货验证规程	ZG—5.2.4—2001
5.2.5 切削刀具及工具进货验证规程	ZG—5.2.5—2001
5.2.6 易燃材料进货验证规程	ZG—5.2.6—2001
5.3 半成品检验规程	ZG—5.3—2001
5.4 产品成品检验规程	ZG—5.4—2001
5.5 检验抽样规定	ZG—5.5—2001
5.6 产品企业标准(略)	
6 质管部管理标准	
6.1 外包加工管理规定	ZG—6.1—2001
6.2 计算机软件管理规定	KF—6.7—2001
附录:记录清单(略)	

工作手册修改控制

章节号	修改条款	修改理由	修改人	审核	批准	批准日期



质管部组织结构图

质管部质量目标

在公司质量方针的指导下,对公司质量目标进行分解,特制定质管部在 2001 年的质量目标如下:

1. 为实现公司常规产品成品合格率达到 95%,常规产品零部件合格率达到 93%,今年质管部应确保:

- a. 产品验证按规程要求执行率 100% ;
- b. 计量器具按计划校准率 100%,计量器具完好率 98% 以上;
- c. 检验人员培训合格率 100% ;
- d. 纠正和预防措施按计划完成率 95% 以上;

2. 为了确保公司新产品开发总体一次成功,根据新产品的检验规范,应确保新产品检验所用的设施、人员及其他条件按计划一次到位。

3. 加强对质量管理体系过程的监视和测量,确保每周按时召开公司质量例会,对存在和潜在的质量问题及时采取纠正和预防措施。

质管部主要职责

1 目的

明确质量管理工作的范围。

2 职责

2.1 产品的质量管理

a. 采购物资验证的控制:

包括钢材、铸件、小五金及辅料、易燃材料、计量器具及维修电料、切削刀具与工具等;

b. 自制工装、卡具、模具等的检验;

c. 半成品的检验;

d. 成品的检验;

- e. 成品出厂的复检；
- f. 检验人员的培训、配置；
- g. 编制产品验证规程,并监督实施；
- h. 统计技术应用；
- i. 质量管理近期、远期目标的制定及相应采取的措施。

2.2 计量器具的管理

- a. 根据需要配置计量器具、建立台帐；
- b. 执行周期检定、校准,包括自制量具的校准；
- c. 编制内部校准规程,并监督实施。

2.3 质量体系的运行

- a. 全面贯彻 ISO 9001 质量管理体系标准,组织内审和管理评审；
- b. 根据需要及时组织对质量管理体系文件的评审、更改,确保文件的适宜性、有效性；
- c. 对过程和产品进行监视和测量,及时组织采取改进、纠正和预防措施,并跟踪验证,确保措施的有效性。

质管部岗位职责和任职要求

1 质管部经理岗位职责

- a. 在管理者代表的领导下,全面主管公司质量管理体系的具体实施；
- b. 负责组织编制与质量方针和目标相一致的质量管理体系文件,负责编制公司年度内审计划、管理评审计划,并组织实施；
- c. 负责组织计量器具、各类检测设备的周期校准；
- d. 负责组织对质量管理体系过程和产品的监视和测量；
- e. 负责监督、管理公司执行国家、行业和企业标准的情况；
- f. 在自己的职权范围内组织处理不合格品,检查、验证纠正、预防和改进措施的执行效果；
- g. 组织采用适用的统计技术进行数据分析；
- h. 负责管理公司质量管理体系文件。

2 质管部经理的任职要求

2.1 思想意识

- a. 认真遵守国家的法律、法规；
- b. 遵守职业道德,认真工作,有较强的事业心；
- c. 能上下沟通,与群众及同事和睦相处,热心助人；
- d. 保守公司的机密,维护公司的利益。

2.2 能力

- a. 分析、判断能力 根据公司总的质量方针与目标能制定本部门的目标 ,对产品的管理和改进有分析、判断 ,作出适合的决策 ;
- b. 开拓创新的能力 根据用户需求的不断变化 ,对改进产品的性能和质量提供建议 ,促进公司的发展 ;
- c. 组织协调能力 能够组织协调好公司内部质检人员与生产者的关系 ,充分发挥他们的积极性 ,本着“顾客至上”的方针 ,加强与售后服务部门的沟通 ,提高产品的总体水平 ,达到广大用户满意。

2.3 知识水平

2.3.1 专业管理知识

- a. 熟悉国家的有关的法律、法规 ,熟练掌握 ISO 9001 标准 ;
- b. 了解公司的质量方针和目标 ,并能将其贯彻到各个与质量有关的部门 ;
- c. 熟悉本部门各岗位的职责、规范 ,能在实践中贯彻公司的各项质检标准 ;
- d. 熟悉产品生产的技术规范与检验规程。

2.3.2 相关知识

- a. 公司产品的技术与改进 ;
- b. 市场上对产品的需求分析。

2.4 学历、经历与健康

- a. 学历 :具备大专以上学历 ;
- b. 经历 :从事质检工作三年以上 ;
- c. 身体 :健康 精力充沛。

3 检验员的岗位职责和任职要求

3.1 检验员的岗位职责

- a. 全面贯彻 ISO 9001 质量管理体系 ,确保质量管理体系在自己管辖的范围内正常运行 ;
- b. 对于外购的原材料、外包加工品 ,根据检验规程进行认真的检验 ,并填写相应的记录 ;
- c. 按照半成品的检验规程对半成品检验 ,并且做好相应的检验记录 ;
- d. 按照成品检验规程对成品检验 ,并做好相应的检验记录 ;
- e. 产品在出厂前 ,应进行一次复检 ,以确保实现公司成品合格率的要求 ;
- f. 负责计量器具的校准、按计划送检或自行校准 ;
- g. 对自制工、卡、量具及模具等按规定进行检验或校准 ;
- h. 随时掌握产品质量的动向 ,发现问题及时组织采取纠正措施 ,并跟踪验证纠正效果。

3.2 检验员的任职要求

3.2.1 思想品德

- a. 认真遵守国家的法律法规 ;
- b. 遵守职业道德 ,认真做好本职工作 ,有较强事业心 ;

- c. 能上下沟通,服从领导,与群众及同事和睦相处,热心助人;
- d. 保守公司的机密,维护公司的利益。

3.2.2 知识水平

3.2.2.1 专业管理知识

- a. 熟悉国家与产品相关的法律、法规,熟练掌握产品标准要求;
- b. 了解公司的质量方针和目标,并能将方针、目标与自己的本职工作联系起来;
- c. 熟悉本岗位的职责、规范,能在实践中执行好公司的各项质检标准;
- d. 熟悉产品生产的技术规范与检验规程。

3.2.2.2 相关知识

- a. 产品的技术与改进;
- b. 市场上对产品的要求。

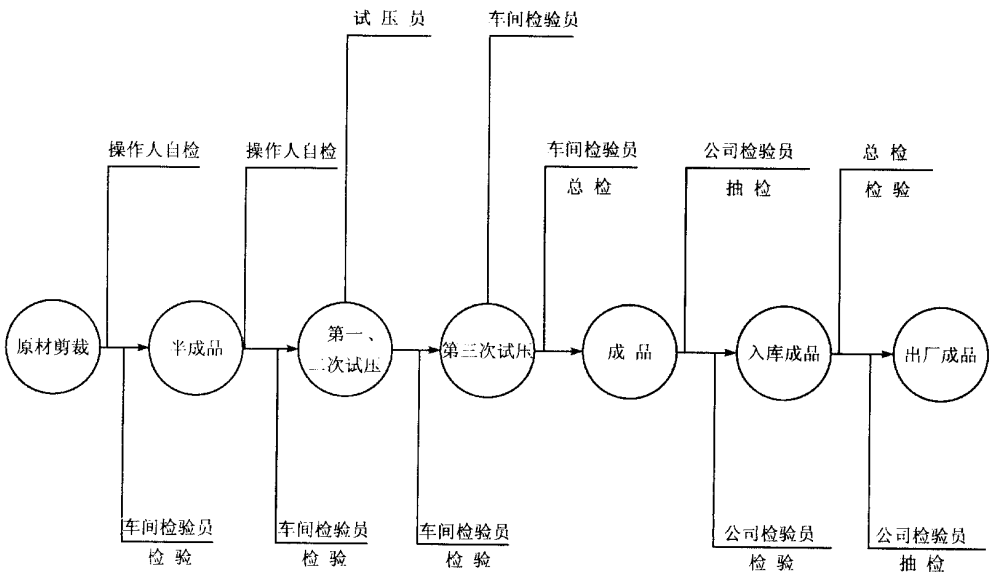
3.2.3 工作能力

- a. 分析、判断能力:对产品在生产中的质量问题有见解、有分析、有查出原因的能力;
- b. 开拓创新的能力:发现质量问题不但能找出原因,还能提出相应的解决办法。

3.2.4 学历、经历与健康

- a. 学历:具备初中以上学历;
- b. 经验:从事质检工作1年以上;
- c. 身体:健康、精力充沛。

检验系统流程图



工艺装备内部校准规程

1 目的

对工艺装备进行内部校准,确保其准确度、工艺性。

2 适用范围

适用于生产过程中的各种工艺装备。

3 校准依据及采用校准设备

3.1 产品图纸

3.2 长度量具及形位量具

4 环境条件

室温

5 校准步骤

5.1 外观检查工艺装备是否完好无缺,是否开焊、断裂,不能使用者应予报废。

5.2 遵照图纸的尺寸要求检验工艺装备的精度,确保在使用公差范围内。

5.3 遵照图纸的形位公差要求,检验工艺装备的各种形位,确保达到要求。

5.4 遵照图纸的特殊要求(如表面硬度等)用专用检测量具检测,达标后通过。

5.5 经过对产品的试加工,达到技术要求的工艺装备,作为判定工艺装备校准的合格。

6 校准周期

半年

7 相关记录

《内校记录表》

水平尺内部校准规程

1 目的

对水平尺进行内部校准,确保其准确度、精密度符合要求。

2 适用范围

适用于产品生产、检测过程中使用的水平尺。

3 校准用基准设备

- a. 外校合格的框式水平仪(精度 0.02mm/m);
- b. 外校合格的基准平台。

4 环境条件

室温。

5 校准步骤

5.1 把框式水平仪平放在基准平台上,根据水平仪纵向水准泡、横向水准泡的移动调整基准平台,使框式水平仪的纵横水准泡均到达居中的位置。在稳定的情况下,把框式水平仪再纵向调换一下,如能达到原位的数值或很接近,便完成第一步。调换误差大要重新调整,直到误差很小为止。

5.2 把水平尺放到基准平台上,目测尺体有无曲弯变形,如有,按报废处理。

5.3 水平尺测量表面应光滑、无磕伤、无附着物。

5.4 把水平尺纵向放在框式水平仪上面,读看上面水准泡的位置,如果水准泡居中或在11刻度线内,测试继续进行,如果越线即淘汰。然后把水平尺纵向调换,仍然同位即纵向通过,纵向调换后不在同位的应淘汰。

5.5 把水平尺横向放在框式水平仪上面,重复纵向的测试。

5.6 通过纵向横向检测的水平尺均在 11 刻度线内(水准泡)判校准合格。

6 校准周期

每年校准一次。

7 相关记录

《内校记录表》

钢尺、卷尺内部校准规程

1 目的

对钢尺、卷尺进行内部校准,确保其准确度、精密度符合要求。

2 适用范围

适用于所有生产及管理中使用的钢尺、卷尺。

3 校准用基准设备

外校合格的钢尺(精度0.5 mm)。

4 环境条件

室温。

5 校准步骤

5.1 检查钢尺、卷尺的刻度是否清晰、钢片是否平齐,否则更换。

5.2 钢尺校准时,取一基准平面,把基准钢尺的零点和待校准尺的零点贴紧该平面,基准钢尺的刻度对照待校准钢尺的刻度。

5.3 卷尺校准时,把基准钢尺平放在基准平台面上,拉开卷尺,用卷尺零点勾住钢尺的零点的一端并贴紧钢尺。

5.4 分别核对被校尺和基准尺的刻度,核对点 100 mm,500 mm,1000 mm,第一次完成后,再进行第二次,第三次。三次读数取平均记录在《内校记录表》内。两尺读数之差为 100 mm 时,允许误差 ± 1.0 mm;500 mm 时,允许误差 ± 1.0 mm;1000 mm 时,允许误差 ± 1.0 mm。

5.5 当被校准的卷尺长度超出基准钢尺的长度时,按每 100mm 分段校准,记录在《内校记录表》内,最大允许累积误差为 ± 2.0 mm。

5.6 历次测量值与标准值之差,均在允许误差范围内(且卷尺的累积误差在 ± 2.0 mm 范围内),判校准合格。

6 校准周期

每年校准一次。

7 相关记录

《内校记录表》

同轴度检测尺内部校准规程

1 目的

对同轴度检测尺进行内部校准,确保其准确度、工艺性能满足要求。

2 适用范围

适用于生产两用型系列产品,蝶型、吊胆型系列产品上出水管同轴度的检测量具。

3 校准用基准设备

a. 外校合格的基准平台(600×1000 2 级精度);

b. 外校合格的塞尺。

4 环境条件

室温。

5 校准步骤

5.1 检查同轴度检测尺是否有曲弯、变形,通过板金工调平调直后,方能校准。

5.2 选择好同轴度检测尺一面为基准校准面,划好记号。平放到基准平台上,观测基准面与平台面的缝隙,利用标准塞尺测量,不超过 0.5 mm 的缝隙就可通过,否则再去调平调直,直到通过。

5.3 达到平面度标准的同轴度检测尺,垂直放置在平台面上,用塞尺测量检测尺的立边与平台基准面的缝隙,不超过 0.3 mm 缝隙的检测尺就可以通过;否则需锉削或磨削再测。

5.4 同轴度检测尺在平台面上平面缝隙不超 0.5 mm;立边缝隙不超 0.3 mm,判校准合格。

6 校准周期

每年校准一次。

7 相关记录

《内校记录表》

钢材进货验证规程

1 目的

对钢材进行验证,确保其质量。

2 范围

所有进厂的钢板及型材。

3 检测方法

目测与验证。

4 使用工具

游标卡尺、钢尺、卷尺。

5 验证步骤

5.1 钢材的购进应有按批次提供的《产品质量证明书》,并加盖厂家质检部门的章

印 按下列要求核对《产品质量证明书》内容：

由于我公司主要用材质为 Q235B ,故化学成分及力学性能应达到下列指标视为合格产品：

- a. 化学成分 :C 0.12 ~ 0.20 ,Mn 0.30 ~ 0.70 ,Si ≤ 0.30 ,S ≤ 0.045 P ≤ 0.045
 b. 力学性能 $\delta_s \geq 235\text{MPa}$ δ_b 375 ~ 500MPa 伸长率(5) $\geq 26\%$ 冷弯 $d = 1.5a$

5.2 钢板厚度允许偏差如下表：

mm

厚度	宽度 ≤ 1000	1000 < 宽度 ≤ 1200	1200 < 宽度 ≤ 1550
1.5	± 0.15	± 0.15	± 0.15
2	± 0.15	± 0.18	± 0.18
	- 0.18		
3	+ 0.17	± 0.22	± 0.22
	- 0.22		
4	+ 0.20	± 0.30	± 0.30
	- 0.30		
5	+ 0.30	+ 0.40	± 0.50
	- 0.50	- 0.50	
6	+ 0.30	+ 0.40	+ 0.40
	- 0.60	- 0.60	- 0.60

5.3 钢板的宽度允许偏差如下表：

mm

宽度	厚 度			
	≤ 6.0		> 6.0	
	轧制边	切边	轧制边	切边
700 ~ 1000	+ 25	+ 10	+ 25	+ 10
1000 ~ 1200	+ 30	+ 10	+ 30	+ 10
1250 ~ 1550	+ 35	+ 10	+ 35	+ 10

5.4 钢板的长度允许偏差如下表：

mm

长度	允许偏差
≤ 6000	+ 25
> 6000	+ 30

5.5 钢板表面不得有气泡、结疤、拉裂、折叠、夹杂和压入的氧化铁皮。钢板不得有

分层。

5.6 钢管

5.6.1 钢管尺寸偏差如下表：

mm

规格	外径偏差	壁厚偏差
$\Phi 48 \times 3$	± 0.72	± 0.45
$\Phi 57 \times 3$	± 0.86	± 0.45
$\Phi 76 \times 4$	+ 0.95	+ 0.50
	- 0.76	- 0.60
$\Phi 89 \times 4$	+ 1.11	+ 0.50
	- 0.89	- 0.60
$\Phi 108 \times 4$	+ 1.35	+ 0.50
	- 1.08	- 0.60

5.6.2 钢管外观要求：

a. 内外表面不得有裂纹和结疤,允许存在不大于壁厚允许偏差的轻微压痕、直道、划伤、凹坑；

b. 有缝钢管内表面焊缝允许有高度 ≤ 1 mm的毛刺；

c. 镀锌或其他涂层析钢管外表面应有完整的镀层,表面不得有剥落,气泡。

5.7 其他各种型材一般采用目测。原则是必须达到使用要求,材料完整、结构正确、无表面的大缺陷即可通过。

5.8 抽样按公司 ZG—5.5—2001《检验抽样规定》之规定执行。

6 相关记录

《进货验证记录》

铸造件进货验证规程

1 目的

对铸造件进行入厂检验,确保其铸造部件的质量。

2 范围

所有进厂的铸造件。

3 检验方法

目测与检验。

4 使用工具

游标卡尺、钢尺、卷尺、尖锤、表面粗糙度比较样块。

5 验证步骤

5.1 铸造件是我公司产品中的主要部件,故该件应具备有按批次提供的五大元素化学成分的分析单,并应盖有质检化验部门的印章。

5.2 我公司主要用铸件材质为 HT150,其化学成分应达如下要求:
含碳量 3.3% ~ 3.7%;含 Si 量 1.8% ~ 2.4%;含 Mn 量 0.4% ~ 0.6%;
含 P 量 < 0.40%;含 S 量 < 0.15%

5.3 根据 GB 6416—1986《铸件尺寸公差》的规定,我公司的铸件部件应为大批量生产,砂型手工造型,故铸件尺寸公差选用 CT13,具体公差表如下:

mm

铸件尺寸	公差	铸件尺寸	公差	铸件尺寸	公差
0 ~ 10	± 1.0	> 40 ~ 63	± 4	> 250 ~ 400	± 6
> 10 ~ 16	± 1.5	> 63 ~ 100	± 4.5	> 400 ~ 630	± 7
> 16 ~ 25	± 2.3	> 100 ~ 160	± 5	> 630 ~ 1000	± 8
> 25 ~ 40	± 3.5	> 160 ~ 250	± 5.5		

5.4 铸件质量公差应达到国标 MT13,具体公差表如下:

公称质量(kg)	公差(%)	公称质量(kg)	公差(%)
> 0.4 ~ 1	24	> 10 ~ 40	18
> 1 ~ 4	24	> 40 ~ 100	16
> 4 ~ 10	20	> 100 ~ 400	14

5.5 铸件的表面粗糙度检验应达到国标 $Ra \geq 50 \mu m$ 及 $\geq 800/\mu m$ 。方法是按 BW2001—1988《铸造表面粗糙度的评定方法》的规定,用“比较样块”评定毛坯铸件的表面粗糙度(不适用于浇道、冒口、补贴的残余表面)。

5.6 铸件浇冒口残余量的检验应按 JB/Z 234.8—1985 规定:加工面不大于 4 mm,非加工面不大于 2mm。

5.7 铸件外观检验

铸件不得有以下缺陷:毛刺、夹砂结疤、粘砂、表面裂纹、错型、气孔、缩孔、砂眼。

5.8 抽样方法依据本公司 ZG—5.5—2001《检验抽样规定》之规定进行。

5.9 符合上述规定及要求的铸件应判定为合格品,可入库。

6 相关记录

6.1 《进货验证记录》

小五金及辅助材料进货验证规程

1 目的

对小五金及辅助材料进行入厂检验,确保其质量及适用性。

2 范围

所有进厂的小五金件及辅助材料(焊条、安全阀、螺栓、门别、管箍、棉丝等)。

3 检验方法

目测及检验。

4 检验用具

游标卡尺、钢尺、卷尺、手摇式压力泵、外检压力表。

5 验证步骤

5.1 电焊条(重要物资)是我厂用量大、工艺关键物资,应注重验证。

5.1.1 焊条外观质量检验

a. 合格的焊条不允许有超出规定的偏心度;普通用焊条直径 $\leq 2.5\text{mm}$ 的偏心度不超过4%,直径 $> 2.5\text{mm}$ 的焊条的偏心度不超过3%;

b. 药皮应均匀紧密地包复在焊芯周围,引弧端药皮应倒角,焊芯端面应露出,露芯部分应无明显锈迹;

c. 焊条夹持端无药皮焊芯的长度约20mm左右;

d. 整根焊条药皮不应有影响焊接质量的裂纹、气泡、杂质、剥落、凸节、破头等缺陷;

e. 药皮应具有耐潮性,吸潮后不应开裂或剥落,烘干后也不应开裂或剥落。

5.1.2 焊条的工艺性能试验

5.1.2.1 焊条的工艺性能检验应在平焊位置施焊,或按焊条说明书允许的其他位置进行焊接试验。

5.1.2.2 焊接是在两块等厚度钢板组成的T型接头上进行角焊缝试验。

5.1.2.3 焊条的工艺性能应符合下列要求:

a. 电弧容易引燃,焊接过程中电弧燃烧稳定,再引弧容易;

b. 药皮应均匀熔化,无成块脱落现象;

c. 焊接过程中不应有过多的烟雾或过大过多的飞溅;

d. 焊缝成形正常,溶渣清除容易;

e. 焊缝金属不允许有裂纹和超规定的气孔和夹渣等缺陷。

5.1.3 焊条发尘量的验证

由焊条制造厂测定,并写入焊条说明书。一般焊条焊接时的发尘量分为三级,我公司

在满足工艺性能和使用性能的条件下,焊条的发尘量越低越好,但不做为主项要求,一般 $\leq 15g/kg$ 通过。

5.2 安全阀是我公司较大型产品中的关键部件,应注意验证。安全阀检验采用100%测试。

5.2.1 对安全阀的说明书及合格证进行验证,初步认定安全阀对我公司的工艺适用性。

5.2.2 将安全阀装到手摇式压力泵的出口处,密封严紧后进行压力试验。

a. 打第一次压,记下安全阀排水时压力表的数值。打第二次压,如果两次数值一样,记作该安全阀的极限压力值。

b. 如果两次压力数值不同,再进行一次打压,取三个数值中两个相同数值为极限压力值。按压力值分两组 $0.19 \sim 0.21 MPa$ 为一组 $0.24 \sim 0.26 MPa$ 为一组。

c. 对安全阀应进行调节,能达到上述试验要求,并归入两组的尽量归入。

调节达不到要求的阀门淘汰。按此方法选的两组安全阀为合格品,办理入库手续,其余退货。

5.3 其他小五金材料、辅助材料应遵照下列原则判定是否合格入库:

- a. 是否符合图纸要求及技术标准;
- b. 检验该物的适用性;
- c. 坚固耐用、安全;
- d. 应达到环保要求。

6 相关记录

6.1 《进货验证记录》

计量器具进货验证规程

1 目的

对计量器具检验,确保其准确度符合要求。

2 范围

所有采购进厂的计量器具。

3 检测方法

目测及检验。

4 检测工具

基准平台、框式水平仪、外校钢尺、宽座角尺(外校 $315mm \times 200mm$)、万用表。

5 验证步骤

5.1 首先验证进厂的计量器具是否备有产品合格证、生产厂家、厂址、出厂编号及出厂日期,计量器具应有产品的“生产许可证”。

5.2 生产车间用水平尺的检验按照 ZG—5.1.2—2001《水平尺内部校准规程》之规定进行即可,达到要求,方能入库。

5.3 钢尺、卷尺的入厂检验按照 ZG—5.1.3—2001《钢尺、卷尺内部校准规程》之规定进行即可,达到要求,方能入库。

5.4 水温表、压力表、游标卡尺、千分尺(螺旋测微器)、框式水平仪、外校钢尺、平台、宽座角尺均为外检计量器具。在入厂后也应进行初步验证,应遵照下列步骤进行:

- a. 计量器具的外观应完整无损,配件齐全;
- b. 示值应能准确到位,基准位经多次调整均不出现可视误差;
- c. 有标准测块的应进行基准测量;

通过验证后入库,发放使用前送外检,通过鉴定方可使用,保持检定记录。

6 相关记录

6.1 《进货验证记录》

切削刀具及工具进货验证规程

1 目的

对切削刀具及工具进行检验,确保其质量及使用性能。

2 范围

所有进厂的切削刀具及工具(包括钻头、车刀、铣刀、砂轮等)。

3 检验方法

目测与检验。

4 检测量具

游标卡尺、钢尺、千分尺。

5 验证步骤

5.1 首先审验刀具、工具的合格证,厂家保修期,是否我公司所适用的合格产品。

5.2 测量该物的实际尺寸和形位公差,以达到我公司的使用要求。

5.3 钻头是我公司常用切削刀具故应进行检验,标准如下:

基本尺寸											
d(通称直径偏差)		<(总长偏差)		L(切削长度偏差)		d(通称直径偏差)		<(总长偏差)		L(切削长度偏差)	
3.5	-0.030	70	±5	39	+4	14	-0.043	189	+6	108	+6
					-3				-7		-7
5.2	-0.030	86	+7	52	±5	16	-0.043	218	+5	120	+5
			-6						-6		-6
8	-0.036	117	±8	75	±6	18	-0.043	228	±5	130	±5
9	-0.036	125	±8	81	±6	20	-0.052	238	±5	140	±5
10	-0.043	133	+8	87	+7	25	-0.052	281	±5	160	±5
			-9		-6						
11	-0.043	142	±9	94	±7						

5.4 我厂常用的薄片砂轮(树脂型)用量较多,故检测的技术要求如下:

a. 砂轮不得有裂纹或其他缺陷;

b. 基本尺寸的极限偏差:

外径 $\phi 400 \pm 3$, 厚度 4 ± 0.3 , 孔径 $\phi 32_{-0.1}^{+0.8}$;

c. 形位公差应达到:同轴度 $\odot \leq 0.5\text{mm}$, 两端面的平行度 $// \leq 0.3$;

d. 砂轮锯片的安全工作线速度 $\geq 50\text{m/s}$ 。

5.5 对于工具的检验首先要求该产品备有厂名、厂址、合格证、说明书、产品编号、出厂日期。并且部件配备齐全,电器构件安全可靠,符合国家电器安全规范。进行接电试验后无异常声音及症候,运转灵活,再通过工作试验没有发生故障,工具性能完好,即可入库。

6 相关记录

6.1 《进货验证记录》

易燃材料进货验证规程

1 目的

对易燃材料进行检验,确保其质量及性能。

2 范围

所有进厂的易燃材料(机油、稀料、油漆、黄油、氧气、乙炔气、煤、木柴等)。

3 验证步骤

3.1 氧气的验证

a. 氧气的入厂是以氧气瓶的更替形式出现的 ,每次入厂合格的氧气重瓶应检查该瓶检测是否使用在“有效期”内 ;

b. 重瓶中的气压应在 13.97 MPa ;

c. 重瓶上的部件及安全配件齐备 ;

d. 检验达标后即可入库 ,放于远离火源的专用库房。

3.2 乙炔气的验证

a. 乙炔气入厂是以乙炔气瓶的更替形式出现的 ,每次入库合格的乙炔气瓶应检查该瓶是否使用在“有效期”内(每三年乙炔气瓶应进行一次技术检验) ,超期瓶不能使用 ;

b. 重瓶中的气压应在 1.5 MPa 左右 ;

c. 重瓶上的部件及安全配件齐备 ;

d. 检验达标后即可入库 ,放于离火源较远的库房。

3.3 油漆、稀料、油类的验证

a. 入库前应验证是否有产品合格证 ;

b. 用目测法鉴别该物类是否在有效期 ,有没有变质走型 ,有没有沉淀严重现象 ;

c. 如果是新产品入厂 ,应该做材料喷涂试验 ;

d. 能够达到我公司技术要求便可验证合格 ,进行入库。

3.4 煤炭及木柴应对“定货合同”中的质量要求进行核对 ,检验过磅后方可入库。

4 相关记录

4.1 《进货验证记录》

半成品检验规程

1 目的

对半成品进行检验 ,确保产品内部结构的质量 ,为成品的合格率达标打下基础。

2 范围

半成品。

3 环境条件

室内或室外(无风雨)。

4 检验工具

用计量器具检测 水平尺、盒尺、钢尺、角度尺、线锤等、尖锤、直线度尺。

5 检验步骤

5.1 下列产品中 ,A 系列用 A 代表 ;B 系列用 B 代表 ;C 系列用 C 代表 ;D 系列用 D 代表 ;E 系列用 E 代表。

5.2 第一、二次水压试验(A、B、C、D、E 均进行此检验)。

5.2.1 产品的一个出水口、一个回水口用丝堵密封严实,一个回水口接好水源,一个出水口接一个带球阀截门的排放管。水源管路上有“电接点表”和“水压表”;“电接点表”调整水压范围控制在 $0.35 \sim 0.4\text{MPa}$ (A、B、C)、 $0.22 \sim 0.25\text{MPa}$ (D)、 $0.18 \sim 0.2\text{MPa}$ (E)。

5.2.2 第一次通水持续达质检要求时间后(A、B—10min ;C

15min ;D、E——30min),用尖锥敲击水层焊道,用灯光照看;再用高压气咀吹去浮水,查验漏水地方。通过细心检查没有渗漏现象,就判定第一次试水合格。如果出现渗漏,操作者应进行补焊,然后再重复第一次通水试压的过程。如果第二次试水后,未发现渗漏,就判定第二次试水合格。如果第二次试压仍有渗漏处,应继续重复第一次试压补漏的过程,直至无一点渗漏为止。

5.3 外观、焊道质量、重点部位二遍焊接的检验(A、B、C、D、E 均进行)。

5.3.1 产品的制作中应随时注意产品的外观形象,每个部件的布置与焊接应严格按照图纸要求,没有形位公差的部件也应按未注形位公差要求 横平竖直、美观大方。

5.3.2 焊道应平滑规整,不能存有夹渣、气孔、熔沟、浮焊、焊瘤等缺陷。尤其是进行两遍焊接处,更要工艺细腻,焊接牢固;“运条”规范。达到技术要求判定合格,不合格产品应进行返工,并再检验。

5.4 吊胆与内套同轴度、外套的圆度(A、B、C、D、E 均进行)。

5.4.1 吊胆与内套中间有一段环形空间,炉火的重要燃烧通道。用钢尺或盒尺度量出各 90° 方向上的4个数值,进行算术平均运算,结果值乘2就是吊胆与内套的同轴度误差,未超差的判定为合格品,超差的判定为不合格品或让步可用品。

5.4.2 用盒尺量度圆型产品的外套直径(D产品应量度余热回收外套),任取三个直径最大值与最小值的差是否超过圆度的形位公差值,未超差判为合格品,超过判不合格。

5.5 出水口限位(防水槌)、回水口限位(防水垢)(D、E 进行)。

5.5.1 出水管管箍顶部螺纹外径应不低于内套与外圈的焊线连线,这样就避免了产品的水槌现象。焊接合格判为合格,焊接不到位应返工后再检验。

5.5.2 E产品的回水管箍底部螺纹外径应低于炉芯底板的上面线,这样就能尽可能避免水垢在炉芯底板上生成,提高了热效率。焊接到位判为合格品;否则返工后再检验。

5.6 出水口、回水口管箍的垂直度(A、B、C、D、E 均进行):

5.6.1 把被测产品放置于相对稳定位置,A、B、C类产品均是以丝头形式出水或回水外接,用150mm的直角量角器垂直贴近炉体的外壁,看丝头与角度尺的缝隙如何,如果角

度缝隙未超过 2mm 就判定合格,如果误差大,就要修理调整丝头,直到理想位置。

5.6.2 D、E 类产品均以管箍形式出水或回水外接,需要在管箍外接一条超过 150mm 的连接管。用直角量角器贴近炉外壁一面,再用一面贴近管箍,看连接是否与角尺的边平行,不平行度未超 2mm 就判定合格,未达标应调整管箍,直至到位。

5.7 出水口的同轴度,出水口与回水口的平行度(A、B、D、E 均进行)。

5.7.1 A、B 类产品的出水口是丝头,度量它的同轴度应使用专用同轴度尺,把尺的测量面垂直贴近两边的丝头,看它们与尺的缝隙,在 0.75m 范围内 $< \phi 6\text{mm}$,即缝隙不超过 3mm 便判定为合格。超差的进行调修,调修好的再检,达标乃判合格,多次修整不达标应更换丝头。

5.7.2 D、E 类产品的出水口是管箍,应把两段超 300mm 的连接管圆管箍连接好,用专用的同轴度尺去测量,把尺的测量面垂直贴近两边的管子上面外径,在 1000mm 范围 $< 8\text{mm}$,即缝隙不超过 4mm,便判定为合格。超差的应进行调修,调修好的再检,达标乃判合格,多次修整不达标应更换管箍。

5.7.3 要测量出水口与回水口的平行度,A、B 类产品的上下丝头上均联接一个管箍并 300mm 的一段管子。测量管子上下之间的距离,先测里面一处,再测外面一处,它们的公差如在 3mm 之内,便判定为合格;反之不合格。经过修整后,再继续测量,直至达标。检验完一侧后再检验另一侧,方法同上。

5.7.4 要测量出水口与回水口的平行度,D、E 类产品的上下管箍应联接一个 500mm 的一段管子。测量管子上下之间的距离,先测量里面一处,再测外面一处,它们的公差如在 5mm 之内,便判定为合格;反之为不合格。对不合格品经过修整后,再继续测量,直至达标。检验完一侧后再检验另一侧,方法同上。

5.8 炉算安装的准确度(A、B、C、D、E 均进行)。

这项检验主要是对算托的位置尺寸进行度量:

a. 要符合图纸的技术要求;

b. 应把炉算安装后试验,是否合乎使用要求(摇动算应无阻通畅,立式炉算与吊胆下顶板有距离要求),达到上述要求判定合格,否则进行修改再检。

5.9 炉门、清渣门、清灰门严密程度与外观检验(A、B、C、D、E 均进行)。

5.9.1 炉门的位置、大小尺寸应按图纸要求检验。

5.9.2 炉门焊接应牢固紧凑、严密,公差应 $< 3\text{mm}$,不能有漏焊、烧穿现象,门别应开关自如,达到以上标准视为合格,否则应修整再检。

5.10 炉膛各壁与基面的综合垂直度(E 进行):

5.10.1 E 式产品属于瘦高型产品,基面小,方形加热仓与圆形炉体的拼接很容易歪斜。

5.10.2 选择好一块相对平坦的地面,移动产品到位,并以水层顶板面做为第二基准,调整炉底的高低使第二基准上的水平尺横纵向均达到水平。

5.10.3 将磁力线锤一头顺到基准面上,一头的线锤头垂到离地 5 mm,然后测量(钢尺)吊线与壁面的距离,最大距离与最小距离便是垂直偏差。如不超过 5 mm(1 m 高范围)判定合格。四面均进行如上的检验,达标者判此项合格。如有不达标的面,可根据情况让

步接收或返工。

5.11 烟囱脖法兰盘与基面的平行度(D,E需进行)。

5.11.1 先把产品进行水平调整,通过调整使水平尺在二种产品的“水层顶板”上横纵向均达到水平。

5.11.2 把水平尺放到法兰盘面上,看水平气泡的位置。如果水平位置同基准面上一样就判合格,如有偏差,要进行偏差测量。偏差 $< 4\text{ mm}$ (直径 $> 160 \sim 250\text{ mm}$)或偏差 $< 5\text{ mm}$ (直径 $> 250 \sim 400\text{ mm}$)也可判合格;反之要进行返工后再检。

5.12 炉盘衔接盘的平整度、三孔的位置度(A,B应进行)。

5.12.1 将产品放置在相对比较平坦的平地或平台,检验衔接盘的平整成度,曲凹度过重应修复,原则不超过 2 mm 的平度即判合格。

5.12.2 三孔的位置应照图纸要求,位置度原则是以炉盘上三孔能与衔接盘本孔配套即判为合格。一般用模拟样板去校验可达到目的。

6 相关记录

6.1 《半成品检验记录》

产品成品检验规程

1 目的

对成品进行检验,保证产品合格入库。

2 范围

所有成品。

3 检验方法

目测及使用计量器具。

4 检验工具

水平尺、直角尺、盒尺、线垂等。

5 环境条件

室外无风、无雨。

6 检验步骤

6.1 准备工作

- 把产品放置在一块平坦地面上,用水平尺粗量一下,基本达到水平即可;
- 将产品的底部清理干净;

c. 将水平尺放到第二基准面上(A型产品的上兰盘、B型产品的水层顶板 C、D、E 产品的水层顶板),调整产品的水平位置,达到前后、左右水平均符合检验要求。

6.2 产品的外观检验

a. 表面上不应有较大的锤印;

b. 焊道应平滑美观,清渣干净,焊缝接合牢固,无缝隙,不得有夹渣、断焊、浮焊、熔沟、溶坑等焊接缺陷;

c. 连续焊道的断点每米不能超过 2 个,段焊焊接,每段焊道不低于 10 mm,补漏焊接后应打磨平整;

d. 产品结构完整,无遗漏部件;

e. 安全防爆装置牢固可靠(安全阀到位,防爆膜密封严实);

f. 标牌座端正大方,操作人编码牌已铆于牌座上。

6.3 产品的耐压试验

6.3.1 测试温度:常温。

6.3.2 测试介质:中性水(pH 为 6~9)

6.3.3 充压最高强度

a. A 系列——0.35~0.4 MPa;

b. B 系列——0.35~0.4 MPa;

c. C 系列——0.35~0.4MPa;

d. D 系列——0.25 MPa;

e. E 系列——0.2MPa。

6.3.4 充压持续时间

a. A 系列——10min;

b. B 系列——10min;

c. C 系列——15 min;

d. D 系列——30 min;

e. E 系列——30min。

6.3.5 经过试压的产品无渗漏现象即为水压性能合格。

6.3.6 两项检验均合格的产品判定为合格品。

7 相关记录

7.1 《成品检验记录》

检验抽样规定

对本公司生产所用的原材料、零配件及产品,如采用抽样检验的方法,应依据 GB2828—87《逐批检查记数抽样程序及抽样表(适用于连续批的检查)》,作如下规定;

本公司采用一般检查水平 II 级,合格质量水平 AQL = 2.5,按正常检验一次抽样方案进行;

批量范围	抽样数量	合格判定数(A_c)	不合格判定数(R_c)
1 ~ 8	3	0	1
9 ~ 15	5	0	1
16 ~ 25	5	0	1
26 ~ 50	5	0	1
51 ~ 90	20	1	2
91 ~ 150	20	1	2
151 ~ 280	32	2	3
281 ~ 500	50	3	4
501 ~ 1200	80	5	6
1201 ~ 3200	125	7	8
3201 ~ 10000	200	10	11

根据抽取样本的检查结果,如果发现的不合格品数 $\leq A_c$,则判该批产品为合格批;否则应进行 100% 检验后拣用,或由采购员联系退、换货。

外包加工管理规定

1 目的

加强对外包企业的管理,以保证加工的铸件产品的质量。

2 范围

承接外包铸造加工的企业。

3 职责

3.1 质检员应对外包企业涉及产品的配件进行认真检验。

3.2 外包企业与我公司有关的产品的质量管理应纳入到我公司质量管理范围内予以控制。

4 管理规定

4.1 进货验证

a. 外包企业制造的产品配件在入库前应根据 ZG—5.2.2《铸造件进货验证规程》的规定接受我公司质验员的验证。材料化验单中的数据应符合我公司的技术要求;

b. 铸件的尺寸公差应按国标 CT13 水平检验;

c. 铸件的重量应按国标 MT13 水平检验;

d. 铸件的表面粗糙度按国标 $R_a \geq 50\mu\text{m}$, $R_z \geq 800\mu\text{m}$;

- e. 铸件浇冒口残余量应按 JB/2234.8—1985 规定,非加工面不大于 2mm;
- f. 抽样方法依据 ZC—5.5—2001《检验抽样规定》规定进行;
- g. 通过验证合格后,办理入库手续。

4.2 定期对外包企业的质量管理

- a. 检验部门每月至少一次到外包企业进行现场工艺、质量检查,并填写《外包企业质量现场检查记录》;
- b. 开发部科应及时掌握外包企业工艺流程中的技术要求及标准,做好技术协调工作;
- c. 协助外包企业建立起质检网络,不断提高产品质量水平。

5 相关记录

5.1 《进货验证记录》

5.2 《外包企业质量现场检查记录》

计算机软件管理规定

1 目的

对我公司计算机软件的开发、购置、发放、使用、安全维护等进行控制,确保软件的正常运行。

2 范围

适用于对公司信息中心及各部门使用的应用软件的管理。

3 职责

- 3.1 开发部负责公司软件控制的归口管理工作。
- 3.2 各部门信息管理员负责本部门使用软件的管理。

4 规定

4.1 软件需求

4.1.1 各部门根据工作需求,填写《软件需求单》,说明软件名称、用途、版本、价格等,经部门经理审核,报总工程师批准,由供应部实施采购。

4.1.2 各部门如有对在用应用软件功能、性能提出新的开发要求,也应填写《软件需求单》,经部门经理审核,报总工程师批准,由开发部实施软件开发、升级。

4.1.3 购置或开发的新软件,需经开发部进行病毒清查,并和使用部门共同验收确认后,方可起用。

4.2 软件的保管、复制、发放和使用

4.2.1 验收合格的软件,由开发部登记备案,填写《在用软件清单》,注明软件名称、

版本、编号、起用日期、主要功能等内容。

4.2.2 自行开发的软件,应由开发部保存全新母盘。

4.2.3 各部门使用的软件,由开发部统一编号,在盘面上标记“合格”字样,并记录在案。

4.2.4 在用软件母盘,应存放与干燥通风的地方。保存两年期满,应复制或制作新的软件原件。经杀毒、验收确认无误后,由验证人员签名,旧件由使用场所收回,并发放新的软件盘。

4.2.5 在用软件的复制应在开发部指定的专用电脑上复制。

4.2.6 在软件安装、使用过程中,开发部负责提供该软件运行所需的工作环境及相关的技术支持。

4.3 软件保密要求

4.3.1 公司自行开发的软件密码由开发部相关人员及软件使用人员持有,不得向无关人员泄露。密码的更改应由原开发人员执行,并记录密码的更改情况。

4.3.2 公司在内部网络使用的大型系统软件,由开发部分配各部门用户编号及使用密码,设定特定的目录和程式,防止软件资源的非授权使用。

4.3.3 外购应用程序的密码,可由部门使用人员自行设置,并在部门负责人处备案。

4.4 软件防毒规定

4.4.1 公司内部联网的电脑软驱一律拆除,本部门使用的工作光盘、软盘不得借给外单位或无关人员使用。

4.4.2 各部门使用互联网的电脑不得与公司内部网联接,由网上下载的文件未经开发部检查,不得在公司内部网上使用。

4.4.3 开发部每周两次对公司电脑进行病毒清查,各部门一旦发现有病毒必须立即报告开发部,迅速采取措施予以清除。

4.4.4 任何人由本部门或公司以外获得的光盘、软盘,必须经开发部进行病毒清查,确认无误后方可使用。

4.5 软件备份

4.5.1 公司数据库的数据备份,应在每周一、三、五下午由开发部专人完成。根据需要规定不同的保存期限。

4.5.2 开发部指定专人每周对各部门数据的进行备份,并由其对备份数据进行统一管理。

4.5.3 根据需要,对不同数据备份规定保存期限。

5 相关记录

5.1 《软件需求单》

5.2 《在用软件清单》