

《中国模具设计大典》篇目

China Die & Mould Design Canon Contents

卷次	卷名	篇目
第1卷 Vol.1	现代模具设计基础 Fundamentals of Die & Mould Design	1.模具计算机辅助设计 2.材料成形过程的数值模拟 3.金属塑性成形过程优化设计方法 4.模具计算机辅助制造 5.快速成形与快速制模 6.模具材料及热处理 7.模具设计通用基础标准
第2卷 Vol.2	轻工模具设计 Design of Moulds for Light Industry	8.塑料模设计基础 9.注射模设计 10.压模与传递模设计 11.挤塑模设计 12.中空吹塑与热成形模具设计 13.塑料模标准件 14.橡胶模设计 15.铝型材挤压模设计 16.玻璃模设计 17.陶瓷模设计
第3卷 Vol.3	冲压模具设计 Design of Press Tool	18.冲压模具设计基础 19.冲压工艺设计 20.冲压模具结构设计 21.冲压自动送料与冲压安全技术 22.冲压模具标准件
第4卷 Vol.4	锻模与粉末冶金模设计 Design of Forging Die and Powder Metallurgy Tool	23.锻模设计基础 24.普通锻模设计 25.特种锻模设计 26.粉末冶金与粉末锻造模具设计
第5卷 Vol.5	铸造工艺装备与压铸模设计 Design of Foundry Tool and Die-casting Die	27.砂型铸造工艺装备设计 28.消失模铸造工艺装备设计 29.压铸模设计

中國模具設計大典

何光遠題

萃華模具設計精華

二〇〇二年七月 楊鏗

中國模具工業協會
名譽理事長 楊鏗

全國政協常務委員、中國機械工程師
學會榮譽理事長 何光遠

創新模具技術
振興製造產業

路甬祥
二〇〇三年仲夏



中国科学院院长、中国机械工程学会理事长 路甬祥

中国模具设计大典编委会

China Die & Mould Design Canon Committee

名誉主任：何光远、杨铿、路甬祥

主任：阮雪榆

委员：（按姓氏笔划为序）

于德弘（西安交通大学副校长，教授）

万仁芳（东风汽车公司，教授级高工）

王都（中国模具工业协会，副理事长）

王仲仁（哈尔滨工业大学，教授）

王炎山（中国机械工程学会塑性工程分会，教授）

邓光东（江西省新闻出版局副局长，编审）

左铁镛（北京工业大学校长，院士）

冯宗菁（机械工业出版社，教授级高工）

申长雨（国家橡塑模具工程中心主任，教授）

孙友松（广东工业大学副校长，教授）

刘世参（中国机械工程学会常务理事，教授）

阮雪榆（国家模具工程研究中心主任，院士）

朱伟成（中国第一汽车集团公司，教授级高工）

许志锐（江西省出版总社社长）

许发越（中国模具工业协会，副秘书长）

李志刚（模具技术国家重点实验室主任，教授）

李德群（华中科技大学材料学院院长，教授）

李骏带（中国模具设计大典编委会，高工）

何光远（全国政协常委，中国机械工程学会荣誉理事长）

杨铿（中国模具工业协会名誉理事长）

杨叔子（模具技术国家重点实验室，院士）

张旭初（江西科学技术出版社，编审）

吴运金（江西省新闻出版局局长）

吴听松（东风汽车公司，教授级高工）

宋玉泉（吉林大学，院士）

陈蕴博（机械科学研究院，院士）

肖祥芷（模具技术国家重点实验室，教授）

沈火生（江西科学技术出版社社长，编审）

陆辛（北京机电研究所，教授级高工）

陆文俊（中国重型机械总公司总经理）

范卫平（江西省新闻出版局副局长，编审）

周济（教育部副部长，院士）

周榕芳（江西省出版总社副社长，编审）

周尧和（上海交通大学，院士）

周贤宾（北京航空航天大学，教授）

周祖德（武汉理工大学校长，教授）

姜奎华（武汉理工大学，教授）

柳百成（清华大学，院士）

胡正寰（北京科技大学，院士）

钟掘（中南大学，院士）

钟约先（清华大学，教授）

赵一平（东风汽车公司，教授级高工）

夏巨谟（华中科技大学，教授）

海锦涛（机械科学研究院原院长，教授）

唐志玉（四川大学，教授）

梅熠（中国机械工程学会，高工）

崔崑（模具技术国家重点实验室，院士）

黄乃瑜（华中科技大学，教授）

黄远东（中国模具设计大典编委会，高工）

黄伯云（中南大学，院士）

黄树槐（模具技术国家重点实验室，教授）

傅沛福（吉林大学，教授）

韩凤麟（中国机协粉末冶金分会，教授）

路甬祥（中国科学院院长，中国机械工程学会理事长，院士）

蔡安定（上海材料研究所所长，研究员）

熊有伦（华中科技大学，院士）

潘际奎（南昌大学校长，院士）

潘宪增（西安仪表厂，教授）

总主编：夏巨谟、李志刚

副总主编：李德群、肖祥芷、黄乃瑜、潘宪增、万仁芳、唐志玉、韩凤麟、赵一平

总编辑：李骏带

副总编辑：冯宗菁、张旭初

总策划：黄远东

秘书长：黄远东（兼）

前言

Introductions

模具在汽车、拖拉机、飞机、家用电器、工程机械、动力机械、冶金、机床、兵器、仪器仪表、轻工、日用五金等制造业中，起着极为重要的作用；模具是实现上述行业的钣金件、锻件、粉末冶金件、铸件、压铸件、注塑件、橡胶件、玻璃件和陶瓷件等生产的重要工艺装备。采用模具生产毛坯或成品零件，是材料成形的重要方式之一，与切削加工相比，具有材料利用率高、能耗低、产品性能好、生产效率高和成本低等显著特点。

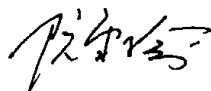
从20世纪80年代初开始，工业发达国家的模具工业，已从机床工业中分离出来，并发展成为一个独立的工业部门，而且其产值已超过机床工业的产值。改革开放以来，中国的模具工业发展十分迅速；近年来，一直以每年15%左右的增长速度快速发展。目前，中国约有17000多个模具制造厂点，从业人数60多万；2001年中国模具工业总产值达320亿元人民币，中国模具工业的技术水平取得了长足的进步。国民经济的高速发展对模具工业提出了越来越多且越来越高的要求，巨大的市场需求推动着中国模具工业更快地发展。2001年中国大陆制造业对模具的市场总需求量约为430亿元人民币；今后几年仍将以每年10%以上的速度增长。对于大型、精密、复杂、长寿命模具需求的增长将远超过每年10%的增幅。

早在1989年，在国务院颁布的《关于当前产业政策要点的决定》中，模具被列为机械工业技术改造序列的首位。1997年以来，又相继把模具及其加工技术和设备列入《当前国家重点鼓励发展的产业、产品和技术目录》和《鼓励外商投资产业目录》。为贯彻落实国家关于模具工业的发展战略和具体政策，为适应我国“入世”后模具工业面临的国际市场激烈竞争的新形势，为全面提高我国模具技术水平的客观需要，中国机械工程学会、中国模具设计大典编委会首次聘请了国内数百位从事模具科研、设计、开发等工作的专家教授，经过近3年的共同努力，编撰了这部大型实用工具书《中国模具设计大典》（简称《模具大典》）。

《模具大典》是在认真总结我国有关模具设计与材料成形技术手册编写经验、广泛吸收建国50多年来尤其是改革开放20多年来模具工业所取得的科技成果，以及国内外在模具设计与制造技术方面的成功经验的基础上编撰而成。其特点是：以创新设计为主线，充分体现模具设计的创新思维、理论和方法，集中反映当代模具技术的最新成果与发展方向；以实用为主，兼顾模具技术的前瞻性与导向性；全书的内容与模具工业的生产实践紧密结合，全方位地总结各种模具专业生产技术，并吸收国内外模具工业的前沿技术和研究成果；跳出资料汇编型的传统模具专业工具书的编写模式，采用了将工艺分析、计算方法、结构设计与应用实例融会贯通于模具设计全过程的新的模式编写。因此《模具大典》实用性强，权威性高，前瞻性好，适用范围广。

《模具大典》由“现代模具设计基础”、“轻工模具设计”、“冲压模具设计”、“锻模与粉末冶金模设计”、“铸造工艺装备与压铸模设计”5卷29篇约1300万字组成。它的出版，对于加快我国模具技术的发展、产品的创新，对于我国模具企业走向世界、全面参与国际合作与竞争，都具有深远的战略意义与现实意义。

《模具大典》的编写工作，受到有关领导人的亲切关怀，并得到了众多高等学校，科研院所和企业的热情支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢。对于书中存在的不妥和疏漏错误之处，我们诚恳地期待着广大读者予以批评指正。



2002年10月

目 录

第 18 篇 冲压模具设计基础

第 1 章 冲压加工名词术语 3	第 3 章 冲压用原材料 26
1 冲压加工及其要素 3	1 板料冲压性能实验方法..... 26
2 冲压加工基本工序 3	1.1 板料冲压性能概述..... 26
2.1 基本工序的分类 3	1.2 板材拉伸试验..... 28
2.2 分离工序的类别与基本工序 3	1.3 各种工艺试验方法..... 30
2.3 成形工序的类别与基本工序 6	2 常用板料的冲压性能及规格..... 40
2.4 基本工序的构成 7	2.1 常用板料的冲压性能..... 40
3 冲模及零部件用词 7	2.2 常用板料的规格..... 48
3.1 冲模的类别 7	3 国内外常用金属材料牌号对照..... 69
3.2 冲模的结构组成及零件名称 9	第 4 章 冲压模具设计过程与要点 75
第 2 章 冲压件的结构工艺性及再设计 11	1 冲压模具设计过程..... 75
1 冲压加工的精度与公差..... 11	1.1 冲压模具的功能..... 75
1.1 冲裁..... 11	1.2 冲压模具的一般设计程序..... 75
1.2 精冲..... 13	2 冲压件的工艺过程设计..... 75
1.3 拉深、翻边、胀形..... 15	2.1 设计的归宿与主要要求..... 75
1.4 弯曲..... 17	2.2 设计的内容和工艺性指标..... 76
2 冲压件的结构工艺性..... 18	3 冲压模具设计要点..... 78
2.1 冲裁件..... 18	3.1 冲压模具总体设计要点..... 78
2.2 精冲件..... 19	3.2 总图、零件图的绘制及技术要求..... 80
2.3 拉深、翻边、胀形件..... 20	3.3 模具零件的材料选用..... 83
2.4 弯曲件..... 20	4 冲压设备的选择..... 90
3 冲压件的再设计..... 21	4.1 设备类型的选择..... 90
3.1 由机加工件设计成冲压件..... 21	4.2 设备规格的选择..... 91
3.2 更改零件形状以利于冲压加工..... 22	4.3 主要冲压设备类型与规格..... 92
3.3 改善冲压工艺性的再设计..... 24	参考文献 98

第 19 篇 冲压工艺设计

第 1 章 冲裁 103	2 模具间隙 106
1 冲裁变形分析 103	2.1 间隙对冲裁件质量的影响 106
1.1 冲裁过程 103	2.2 间隙对冲裁力与冲裁功的影响 108
1.2 剪刀区力态分析 104	2.3 间隙对模具寿命的影响 108
1.3 剪切裂纹的形成与发展 105	2.4 凸、凹模间隙值的确定 109
1.4 剪切力—行程曲线 105	3 凸、凹模刃口尺寸计算 115
1.5 剪切断面分析 105	3.1 尺寸计算原则 115

II

3.2 尺寸计算方法	116	8.1 精冲工艺过程的润滑	151
4 冲裁力的计算及降低冲裁力的方法	119	8.2 精冲工艺润滑剂	152
4.1 冲裁力的计算	119	9 精冲工艺设计	152
4.2 卸料力及推件力计算	120	9.1 工艺方案的拟定	153
4.3 降低冲裁力的方法	120	9.2 经济分析	153
4.4 冲裁功计算	122	10 精冲复合工艺	153
5 排样	122	10.1 带凸台精冲件的分类	154
5.1 材料的经济利用	122	10.2 半冲孔	154
5.2 排样方法	123	10.3 挤压、模锻凸台	156
5.3 提高材料利用率的方法	125	10.4 压印	157
5.4 搭边	125	10.5 压扁	157
5.5 条料宽度的计算	128	10.6 弯曲	157
6 非金属材料的冲裁	129	10.7 压沉孔	159
6.1 材料品种	129	10.8 三维精冲件	160
6.2 冲裁特点	129	11 对向凹模精冲	160
6.3 非金属冲裁间隙与搭边值	131	11.1 对向凹模精冲过程	161
6.4 非金属冲裁刃口尺寸计算	132	11.2 对向凹模精冲过程的变形特征	161
7 整修与光洁冲裁	134	11.3 对向凹模精冲工艺的特点	161
7.1 整修	134	11.4 对向凹模精冲模具	162
7.2 光洁冲裁	137	第3章 弯曲	164
第2章 精密冲裁	139	1 弯曲变形过程分析和应力、应变状态	164
1 变形特点	139	1.1 受力分析	164
2 精冲力计算	140	1.2 弯曲变形过程	164
2.1 冲裁力 F_1	140	1.3 弯曲变形分析	164
2.2 压边力 F_2	141	1.4 弯曲变形区应力、应变状态	166
2.3 反压力 F_3	141	2 宽板弯曲时的主应力分布与应变中性层的位置	166
2.4 总压力 F_4	141	2.1 宽板立体纯塑性弯曲的主应力分布	166
2.5 卸料力和顶件力	141	2.2 应变中性层的位置	168
3 排样与搭边	141	3 最小弯曲半径的确定	169
4 凸、凹模间隙	142	3.1 最小弯曲半径的理论计算及实用推荐值	169
5 凸模与凹模刃口尺寸计算	143	3.2 最小弯曲半径的影响因素	171
5.1 落料	143	4 弯曲力的计算和设备选择	173
5.2 冲孔	143	4.1 弯曲力矩	173
5.3 计算实例	143	4.2 弯曲力的计算	173
6 精冲件质量及影响因素	144	4.3 压力机公称压力的确定	174
6.1 尺寸公差	144	5 弯曲件毛坯尺寸的计算	174
6.2 剪切面质量	145	5.1 弯曲件 $r \geq 0.5t$ 时毛坯尺寸的计算	174
6.3 剪切面垂直度	147		
6.4 平面度	148		
6.5 塌角和毛刺	148		
6.6 精冲件缺陷原因及其消除方法	149		
7 精冲材料	149		
8 精冲润滑	151		

5.2 弯曲件 $r < 0.5t$ 时毛坯尺寸的计算	181	4.2 高盒形件的拉深	261
5.3 铰链式弯曲件毛坯尺寸的计算	182	5 其他拉深方法	264
5.4 棒料弯曲件毛坯尺寸的计算	183	5.1 变薄拉深	264
6 弯曲件回弹计算及其影响因素	183	5.2 温差拉深	268
6.1 自由弯曲的回弹	184	5.3 软模拉深	269
6.2 校正性弯曲的回弹	188	6 拉深模工件部分参数	673
6.3 弯曲件回弹的影响因素	189	6.1 圆角半径	273
7 提高弯曲件精度与质量的技术措施	190	6.2 间隙	275
7.1 减少回弹的措施	190	6.3 工作部分尺寸的确定	276
7.2 克服偏移的措施	194	7 压边力、拉深力和拉深功	278
7.3 弯曲件常见缺陷及消除方法	195	7.1 压边力	278
8 弯曲模工作部分尺寸的计算	197	7.2 拉深力及拉深功	279
8.1 凸、凹模的圆角半径	197	8 拉深过程中的热处理及润滑	282
8.2 凹模深度	197	8.1 退火	282
8.3 凸、凹模间隙	198	8.2 酸洗	283
8.4 凸、凹模工作部分的尺寸与公差	199	8.3 润滑	284
9 典型弯曲工序设计实例	199	9 拉深件质量分析	289
10 其他弯曲成形方法	201	9.1 起皱	289
10.1 折弯	201	9.2 破裂与裂纹	289
10.2 多滑块压力机上的弯曲加工	203	9.3 表面拉毛、形状与尺寸不良	289
10.3 滚弯	210	第5章 其他成形	293
10.4 滚压成形	217	1 翻边	293
第4章 拉深	223	1.1 内孔翻边	293
1 圆筒形件拉深变形分析	223	1.2 外缘翻边	296
1.1 拉深过程	223	1.3 变薄翻边	297
1.2 拉深过程的力学分析	224	2 胀形	298
1.3 起皱与拉裂	225	2.1 胀形变形分析	298
2 圆筒形件的拉深工艺计算	226	2.2 胀形工艺	299
2.1 毛坯尺寸计算	226	3 缩口、扩口与校平	301
2.2 无凸缘圆筒形件的拉深	235	3.1 缩口	301
2.3 带凸缘筒形件的拉深	240	3.2 扩口	302
2.4 阶梯圆筒形件的拉深	245	3.3 校平与整形	304
3 球面零件、锥形零件及抛物面零件的拉深	247	4 爆炸成形	304
3.1 曲面回转体零件拉深成形的特点	247	4.1 爆炸成形特点及其应用	304
3.2 锥形件的拉深	248	4.2 爆炸成形对材料性能的影响	305
3.3 球面零件的拉深	253	4.3 爆炸成形中能量传递机理	305
3.4 抛物面零件的拉深	254	5 电磁成形	309
4 盒形件的拉深	256	5.1 电磁成形的原理、加工方式及特点	309
4.1 低盒形件的拉深	257	5.2 电磁成型的基本要求	311
		5.3 管状毛坯成形	313
		5.4 平板毛坯成形	316
		5.5 实例——框架零件成形	319

第 6 章 连续冲压工序设计和排样 ...	323	3.2 管材的内翻卷成形	373
1 连续冲压特点	323	第 8 章 汽车覆盖件冲压工艺设计 ...	376
2 条料排样	323	1 汽车覆盖件的特点	376
2.1 条料排样设计准则	324	1.1 汽车覆盖件的定义	376
2.2 工序确定与排序	326	1.2 汽车覆盖件的质量要求	376
2.3 载体设计	330	1.3 汽车覆盖件的结构及分类	377
2.4 分段冲切设计	333	1.4 汽车覆盖件的成形性质及 变形特点	381
2.5 空位工位及步距设计	335	2 覆盖件拉深工艺设计	383
2.6 定位形式选择与设计	337	2.1 拉深方向的选择	383
2.7 实例	339	2.2 工艺补充部分的设计	384
3 连续拉深设计	343	2.3 压料面的设计	386
3.1 整体带料的连续拉深	343	2.4 拉深件图的绘制	388
3.2 有切口(槽)带料的连续拉深	348	2.5 冲压设备选择	388
3.3 实例	350	3 覆盖件修边工艺设计	389
4 排样实例	352	3.1 修边件的设计	389
第 7 章 管材冲压	360	3.2 修边类型	389
1 管材冲切加工	360	3.3 修边方向及修边形式	390
1.1 管材切断	360	3.4 拉深件的切断	391
1.2 管材剖口	362	3.5 修边件的尺寸标注	391
1.3 管材冲孔	365	3.6 冲压设备选择	391
2 管材弯曲	367	4 覆盖件翻边工艺设计	391
2.1 管材弯曲的变形及最小弯曲 半径	368	4.1 翻边件的设计	391
2.2 管材截面形状畸变及其防止	368	4.2 翻边方向的确定	391
2.3 弯曲力矩的计算	371	4.3 翻边用冲压设备选择	391
3 管材翻卷成形	371	参考文献	392
3.1 管材的外翻卷成形	372		

第 20 篇 冲压模具结构设计

第 1 章 冲模分类、特点与用途	397	1.2 典型冲裁模的结构型式	438
1 冲模分类及特点	397	2 弯曲模及典型结构	441
2 冲模零件分类及设计	400	2.1 弯曲模设计的基本原则	441
2.1 工作零件	401	2.2 典型弯曲模的结构型式	442
2.2 定位零件	413	3 拉深模及典型结构	444
2.3 压料、卸料及推(顶)件装置	417	3.1 拉深模设计的基本原则	444
2.4 导向零件	424	3.2 典型拉深模的结构型式	444
2.5 固定零件	428	4 其他成形模及典型结构	447
2.6 弹性元件	429	4.1 翻边、翻孔模	447
2.7 斜楔机构	431	4.2 胀形模	449
第 2 章 单工序模设计	438	4.3 缩口与扩口模	450
1 冲裁模及典型结构	438	4.4 其他成形模	451
1.1 冲裁模设计的基本原则	438	第 3 章 复合模设计	455

1 结构设计	455	3.8 传力杆	526
1.1 正装式复合模与倒装式复合模	455	3.9 闭锁销	527
1.2 凸凹模的最小壁厚	456	3.10 平衡杆	527
1.3 复合模的推件装置	456	3.11 排气、冷却与润滑	528
2 复合模设计注意事项	458	3.12 模芯零件间的配合和 尺寸要求	528
3 典型结构	459	4 工作零件材料及硬度要求	530
第4章 连续模设计	466	5 典型结构	531
1 连续模结构特点	466	5.1 活动凸模式模具典型结构	531
1.1 结构组成与特点	466	5.2 固定凸模式模具典型结构	531
1.2 结构设计方法	466	5.3 连续模典型结构	531
2 模具零件设计	468	5.4 通用模架	533
2.1 凸、凹模设计	468	第6章 汽车覆盖件模具设计	534
2.2 定距和导正元件	477	1 覆盖件拉深模设计	534
2.3 卸料装置	479	1.1 拉深肋设计	534
2.4 导料系统	483	1.2 拉深模的结构形式	536
2.5 侧向冲压机构	486	1.3 模具导向	538
2.6 倒冲机构	489	1.4 拉深模设计	541
2.7 镦压装置	490	2 覆盖件修边模设计	545
2.8 限位装置	491	2.1 修边模结构形式	545
2.9 顶出装置	492	2.2 刃口镶块	547
2.10 监测装置	492	2.3 废料切断刀的布置	548
2.11 防护装置、废料排除与工件 提取	494	2.4 斜楔滑块结构	548
2.12 辅助装置	497	3 覆盖件翻边模设计	551
3 典型结构	497	3.1 翻边模结构形式	551
3.1 冲裁多工位连续模	497	3.2 翻边镶块	553
3.2 冲裁弯曲连续模	499	3.3 翻边模材料	554
3.3 冲裁、翻边、拉深多工位 连续模	506	4 覆盖件拉深模的调试	554
3.4 连续拉深多工位连续模	512	4.1 拉深模调试应解决的问题	554
第5章 精冲模设计	518	4.2 调试程序	555
1 精冲模结构特点	518	4.3 建立模具调试档案	558
1.1 特点	518	第7章 硬质合金冲模与简易型 冲模	559
1.2 分类	518	1 硬质合金冲模	559
2 V形环尺寸	521	1.1 硬质合金冲模的设计	559
3 模芯结构	521	1.2 典型结构	562
3.1 凹模	522	2 钢带冲模	564
3.2 压边圈	522	2.1 钢带冲模的结构与分类	564
3.3 凸模	523	2.2 钢带冲模的设计	565
3.4 凸模座与桥板	524	2.3 典型结构	568
3.5 冲孔凸模	525	3 薄板冲模	569
3.6 反压板	525	3.1 薄板冲模的设计	569
3.7 顶杆	526	3.2 薄板冲模的典型结构	571

4 聚氨酯橡胶冲模	572	2.3 压弯模具	641
4.1 聚氨酯橡胶的性能及其选用	572	2.4 推弯模具	642
4.2 聚氨酯橡胶冲裁模	573	2.5 非圆断面管的弯曲	648
4.3 聚氨酯橡胶弯曲模	576	3 管材翻卷成形模具	650
4.4 聚氨酯橡胶拉深模	577	3.1 锥形模	650
4.5 聚氨酯橡胶成形模	580	3.2 圆角模	652
4.6 聚氨酯橡胶模的典型结构及 应用举例	581	3.3 槽形模	653
5 低熔点合金冲模	583	3.4 非常规翻管模	653
5.1 低熔点合金的性能及特点	583	第9章 冲模设计实例	656
5.2 铋基合金冲模	583	1 复合模、单工序模设计实例	656
5.3 锌基合金冲模	586	1.1 零件的工艺性分析	656
6 组合冲模	594	1.2 工艺方案及模具形式	656
6.1 组合冲模的品种和规格	594	1.3 工序设计与工艺计算	659
6.2 组合冲模设计	595	1.4 压力、压力中心计算及 压力机选择	660
6.3 组合冲模加工的冲压工艺	602	1.5 模具结构设计	661
第8章 管材成形模具设计	613	2 级进模设计实例	666
1 管材冲切模具	614	2.1 零件的工艺分析	666
1.1 概述	614	2.2 工艺方案与模具形式	667
1.2 平口冲切	615	2.3 工序及排样图设计	667
1.3 管材端头剖口	623	2.4 压力、压力中心计算	667
1.4 管壁冲(槽)孔	629	2.5 结构设计	668
2 管材弯曲模具	635	2.6 冲压设备的选择	671
2.1 管材弯曲方式	635	参考文献	671
2.2 绕弯模具	635		

第21篇 冲压自动送料与冲压安全技术

第1章 典型冲压自动送料装置	677	3.2 传送带式搬运输送装置	728
1 贮料装置	677	3.3 提升机搬运输送装置	728
1.1 卷料的贮料装置	677	3.4 往复运动搬运输送装置	729
1.2 板料和条料的贮料装置	678	3.5 翻转运动搬运输送装置	729
1.3 二次加工小件的贮料装置	679	3.6 机械手	730
1.4 定向装置	683	第2章 冲压安全技术	734
1.5 分离装置	685	1 压力机安全保护装置	734
1.6 料槽	687	2 冲压模具的安全技术要求	738
2 送料装置	687	3 冲压生产中的噪声及其控制	741
2.1 条料、卷料和板料送料装置	687	3.1 噪声的危害及允许标准	741
2.2 半成品送料装置	710	3.2 冲压生产中的噪声源	742
2.3 取料装置	723	3.3 噪声的控制和消减	742
2.4 理件装置	726	4 冲压模具安全保护装置	745
3 搬运输送装置	728	参考文献	748
3.1 滑槽式搬运输送装置	728		

第 22 篇 冲压模具标准件

第 1 章 冲压模具标准化	751	(JB/T 8070—1995)	897
1 冲模标准化的意义	751	7 冲模钢板模架及其零件技术条件	898
2 模具标准化体系	751	7.1 钢板模架技术条件	
3 冲模标准制订原则	751	(JB/T 7183—1995)	898
第 2 章 冲模术语及冲模技术条件	756	7.2 钢板模架零件技术条件	
1 冲模术语	756	(JB/T 7188—1995)	899
2 冲模技术条件	767	第 5 章 冲模标准零件及技术条件	900
2.1 零件技术要求	767	1 冲模零件	900
2.2 冲模装配技术要求	770	2 冷冲模凸、凹模	900
2.3 检验和验收技术条件	770	2.1 A 型圆凸模	900
2.4 标记、包装、运输、贮存	770	2.2 B 型圆凸模	902
2.5 使用规定	770	2.3 快换圆凸模	904
2.6 冲模设计的审核	770	2.4 圆凹模	905
2.7 模具制造者的保证	770	2.5 带肩圆凹模	906
第 3 章 冲模典型组合	775	2.6 圆柱头直杆圆凸模	907
1 典型组合	775	2.7 圆柱头缩杆圆凸模	908
2 冲模典型组合技术条件	780	2.8 60°锥头直杆圆凸模	909
第 4 章 冲模标准模架及其		2.9 60°锥头缩杆圆凸模	910
标准零件	781	2.10 球锁紧圆凸模	911
1 冲模模架型式	781	2.11 圆凹模	911
2 冲模标准模架	782	3 冷冲模卸料装置聚胺酯弹性体	912
2.1 滑动导向模架	782	4 冲模模板	913
2.2 滚动导向模架	802	4.1 矩形凹模板	913
3 冲模模架标准零件	807	4.2 矩形固定板	914
3.1 滑动导向模座	807	4.3 矩形垫板	915
3.2 滚动导向模座	827	4.4 圆形凹模板	916
3.3 冷冲模通用模座	833	4.5 圆形固定板	917
3.4 导向装置	838	4.6 圆形垫板	917
4 冲模标准钢板模架	854	5 冲模导向装置	918
4.1 滑动导向模架	854	5.1 A 型小导柱	918
4.2 滚动导向模架	861	5.2 B 型小导柱	919
5 冲模钢板模架标准零件	872	5.3 小导套	920
5.1 冲模钢板下模座	872	6 冲模模柄	920
5.2 冲模滑动导向钢板模座	878	6.1 压入式模柄	920
5.3 冲模滚动导向钢板模座	884	6.2 旋入式模柄	922
5.4 冲模钢板模架导向零件	890	6.3 凸缘模柄	923
6 冲模模架及其零件技术条件	897	6.4 浮动模柄	924
6.1 冲模模架技术条件		6.5 推入式活动模柄	927
(JB/T 8050—1999)	897	7 冲模导正销	930
6.2 冲模模架零件技术条件		7.1 A 型导正销	930
		7.2 B 型导正销	931

7.3 C型导正销	932	1 冲模、成形模与钻夹具加工板	
7.4 D型导正销	933	公称尺寸	988
8 冲模侧刃和导料装置	934	2 凸模	988
8.1 侧刃	934	2.1 圆柱头直杆圆凸模	988
8.2 A型侧刃挡块	936	2.2 60°锥头直杆圆凸模	988
8.3 B型侧刃挡块	936	2.3 圆柱头缩杆凸模	990
8.4 C型侧刃挡块	937	2.4 球锁紧凸模	993
8.5 导料板	938	2.5 60°锥头缩杆圆凸模	997
8.6 承料板	939	2.6 圆凸模导向件	997
8.7 A型托料销	939	3 圆凹模	998
8.8 B型托料销	940	4 导柱	999
9 冲模挡料和弹顶装置	941	4.1 A型一直导柱	999
9.1 始用挡料装置	941	4.2 B型一端锁紧导柱	999
9.2 弹簧弹顶挡料装置	943	4.3 C型一带套的锥头导柱	1001
9.3 回带式挡料装置	943	4.4 D型一带法兰的端锁紧导柱	1001
9.4 钢球弹顶装置	947	5 导套	1003
9.5 活动挡料销	947	5.1 1型A形直滑动导套	1003
9.6 固定挡料销	948	5.2 1型B形直滚珠导套	1003
10 冲模卸料装置	949	5.3 1型C形带头滑动导套	1005
10.1 带肩推杆	949	5.4 1型D形带头滚珠导套	1005
10.2 带螺纹推杆	950	5.5 1型E形带法兰滑动导套	1007
10.3 顶杆	950	5.6 1型F形带法兰滚珠导套	1007
10.4 顶板	952	5.7 1型G形带台滑动导套	1010
10.5 圆柱头卸料螺钉	953	5.8 2型B形直滚珠导套	1010
10.6 圆柱头内六角卸料螺钉	954	5.9 2型E形带法兰滑动导套	1012
10.7 定距套件	955	5.10 2型F形带法兰滚珠导套	1012
11 冲模废料切刀	956	6 模柄	1014
11.1 圆废料切刀	956	6.1 A型和B型模柄	1014
11.2 方废料切刀	956	6.2 C型模柄	1014
第6章 冲模的相关标准	958	6.3 D型模柄	1015
1 通用标准件	958	7 耐磨板	1016
1.1 内六角圆柱头螺钉	958	7.1 A型耐磨板	1016
1.2 内六角平圆头螺钉	961	7.2 B型耐磨板	1016
1.3 开槽圆柱头螺钉	963	第8章 日本 Face 冲模标准件	1020
1.4 常用螺钉的性能等级	964	1 导向托料装置	1020
1.5 圆柱销	969	1.1 块状托料装置	1020
1.6 圆锥销	972	1.2 导料板	1021
2 开式压力机型式与基本参数	974	1.3 导料板毛坯	1023
3 剪板机型式与基本参数	976	1.4 用于导料板的垫块	1023
4 单双动薄板冲压液压机	978	2 凸模	1023
5 单动薄板冲压液压机基本参数	983	2.1 台肩型凸模	1023
6 双动薄板拉深液压机基本参数	983	2.2 衬套凸模	1025
第7章 ISO 冲模标准件	988	2.3 短台肩型凸模	1026

2.4	长台肩型凸模	1027	5.1	台肩型留废料按钮式凹模	1064
2.5	高精度台肩型凸模	1028	5.2	直型留废料按钮式凹模	1064
2.6	直型凸模	1028	5.3	台肩型留废料锥形落料 孔按钮式凹模	1065
2.7	带顶杆凸模	1029	5.4	直型留废料锥形落料 孔按钮式凹模	1066
2.8	带顶杆的直型凸模	1030	5.5	直型留废料按钮式 方形凹模	1067
2.9	G型台肩型凸模	1030	5.6	单边凸缘型留废料 按钮式方形凹模	1068
2.10	G型带顶杆凸模	1031	5.7	留废料按钮式方形凹模	1069
2.11	抽头凸模	1032	5.8	销槽型留废料按钮式凹模	1070
2.12	抽头带顶杆凸模	1034	5.9	高精度留废料锥形落料 孔按钮式凹模	1071
2.13	抽头直型凸模	1035	6	固定板	1072
2.14	带键槽的凸模	1036	6.1	数控型端部固定装置	1072
2.15	精研台肩型凸模	1037	6.2	手动型端部固定装置	1076
2.16	精研衬套凸模	1038	6.3	用于重载凸模的尾部固定 装置	1078
2.17	高精研台肩型凸模	1039	6.4	正方形固定装置	1080
2.18	精研带顶杆凸模	1039	6.5	用于重载凸模的正方形固定 装置	1080
2.19	有中心孔的凸模	1041	6.6	气动型选择性固定装置	1081
2.20	有中心孔的带顶杆凸模	1042	6.7	手动型选择性固定装置	1082
3	导向凸模	1043	6.8	选择性固定装置凸模	1083
3.1	普通导向凸模	1043	6.9	用于台肩型凸模的专用固定 装置	1083
3.2	精研导向凸模	1044	7	滚珠锁扣凸模、凹模和固定板	1084
3.3	台肩型导向凸模	1045	7.1	轻载滚珠锁扣凸模	1084
3.4	长型导向凸模	1046	7.2	重载滚珠锁扣凸模	1085
3.5	带中心孔的导向凸模	1047	7.3	带顶杆轻载滚珠锁扣凸模	1085
3.6	导向顶出衬套	1048	7.4	带顶杆重载滚珠锁扣凸模	1086
3.7	定位导向销	1048	7.5	滚珠锁扣按钮式凹模	1087
4	凸模导向装置和按钮式凹模	1049	7.6	轻载滚珠锁扣固定板	1087
4.1	台肩型凸模导向衬套	1049	7.7	重载滚珠锁扣固定板	1089
4.2	直型凸模导向衬套	1050	7.8	滚珠锁扣凸模专用固定板	1090
4.3	台肩型凸模长导向衬套	1050	8	成形凸模和凹模	1090
4.4	直型凸模长导向衬套	1051	8.1	刻字凸模	1090
4.5	台肩型按钮式凹模	1052	8.2	弯曲凹模	1091
4.6	直型按钮式凹模	1053	8.3	弯曲凸模和凹模	1092
4.7	台肩型锥形落料孔按钮式 凹模	1054	8.4	拉深凸模	1094
4.8	直型锥形落料孔按钮式凹模	1056	8.5	拉深凹模	1095
4.9	直型方块凹模	1058	8.6	胀形凸模	1096
4.10	单边凸缘型方块凹模	1058			
4.11	方块凹模	1059			
4.12	台肩型任意尺寸按钮式凹模	1060			
4.13	直型任意尺寸按钮式凹模	1061			
4.14	台肩型任意长度按钮式凹模	1062			
4.15	直型任意长度按钮式凹模	1063			
5	留废料按钮式凹模	1064			

9 传递模标准件.....	1097	9.8 定位销.....	1101
9.1 导正销凸模.....	1097	9.9 夹紧垫圈.....	1101
9.2 定位导正销.....	1097	9.10 限位钉.....	1102
9.3 任意长度的嵌入式导向装置.....	1098	9.11 送料杆滑块.....	1102
9.4 嵌入式导向装置.....	1099	9.12 缓冲器销钉.....	1103
9.5 托料钉.....	1099	9.13 精密缓冲器销钉.....	1104
9.6 托料板.....	1100	9.14 通用废料切刀.....	1105
9.7 磁性托料钉.....	1100	参考文献	1105

中 国 模 具 设 计 大 典
CHINA DIE & MOULD DESIGN CANON

第
18
篇

冲压模具设计基础

主 编 卢险峰

编 写 卢险峰

审 稿 肖祥芷



中国机械工程学会
中国模具设计大典编委会

1

第 1 章 冲压加工名词术语

1 冲压加工及其要素

1) 冲压加工 借助于常规或专用设备的动力,使板料在模具里直接得到变形力并进行变形,从而获得一定形状、尺寸和性能的产品零件的生产技术。冲压加工简称冲压,也称为冷冲压或板料冲压。

2) 冲压加工要素 板料、设备和模具是构成冲压加工的三个必要因素。冲压加工三要素的构成及其相互之间的关系如图 18.1-1 所示。其实,此三要素是冲压加工所必要的硬件条件;再通过人对它们有机地协调,包括进行合理的工艺设计、计算及有效的组织管理等软件方面的工作,才能获得所需要的产品零件。此三要素可定义如下:

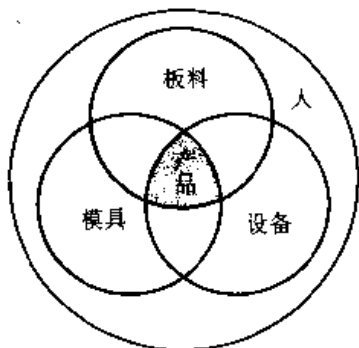


图 18.1-1 冲压加工三要素

① 板料 冲压加工的对象,是直接制造出冲压件的原材料。冲压加工用板料主要指各种金属板料,如钢板、铜、铝及其合金板料等。

② 模具 冲压加工中安装在设备上的专用模型、工具,能制造出一定数量的冲压件。冲压模具简称冲压模或冲模。

③ 设备 进行冲压加工所必需的成套机器、装置、生产线或加工中心。现今实际采用的多为传统的冲压设备,主要有各种机械压力机、液压机等。而作为 21 世纪正在发展的先进制造技术中使用的冲压设备,除传统的机械零部件外,还包括微电子、计算机技术及其周边装置部分。

上述对冲压加工的定义及要素的解释是一种观点。还有一种观点是将钣金铆接、棒料剪切、冷挤压等冷锻成形涵盖于冲压加工中,这可视为广义的冲压加工。本书采用前一种观点。

2 冲压加工基本工序

2.1 基本工序的分类

按照板料在冲压加工中的变形力学范围的不同,可以把冲压加工所有的基本工序(不包括特殊工序,如整形(校形);也不包括接合工序,如铆接、咬接等)分为分离工序和成形工序两大类。分离工序是使板料产生断裂变形而分离,从而获得所需形状与尺寸之工件的冲压工序。成形工序则是使板料产生塑性变形而不断裂分离,从而获得所需形状与尺寸之工件的冲压工序。

2.2 分离工序的类别与基本工序

分离工序按照其不同的变形机理可分为冲裁、整修、精密冲裁及半精密冲裁四类。

(1) 冲裁

通过模具的一对工作零件——冲头与凹模,利用冲压设备加压于其间的被冲材料,使之在具有一定间隙的刃口处产生剪切等变形,进而分离的冲压加工方法。其基本工序主要有:切断、切口、剖切、落料、冲孔及切边。

1) 切断 用冲头、凹模(或上、下刀刃)使平板坯料沿不封闭的轮廓线断裂分离的一种冲裁工序。如图 18.1-2 所示,其断裂分离之轮廓线有的为直线,有的为曲线(此时有叫冲缺口

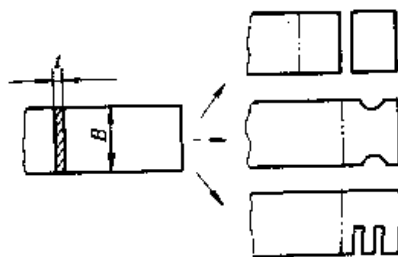


图 18.1-2 切断

的), 有的为半封闭形 (此时有叫冲槽的)。

2) 切口 使坯料沿不封闭的轮廓线部分地断开, 而不完全分离成两部分的一种冲裁加工。如图 18.1-3 所示, 其中被分开的部分有的基本上位于板平面 (此时有叫切开的), 有的与板平面成一定角度 (此时有叫切舌的)。

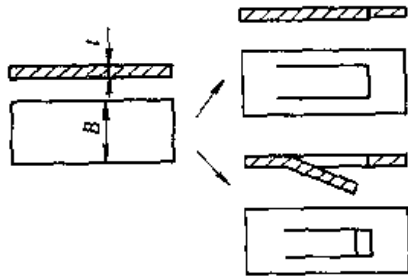


图 18.1-3 切口

3) 剖切 将半成品坯料件按其剖面断裂分离成几个部分的一种冲裁加工。如图 18.1-4 所示, 它是将一个半成品拉深件剖切成对称的两部分。

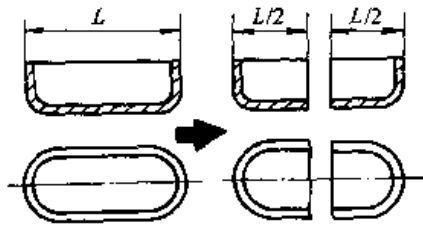


图 18.1-4 剖切

4) 落料 使平板坯料沿封闭的轮廓线断裂分离 (落下去的部分为工件) 的一种冲裁加工。如图 18.1-5 所示为从条料上落料出一圆形工件。

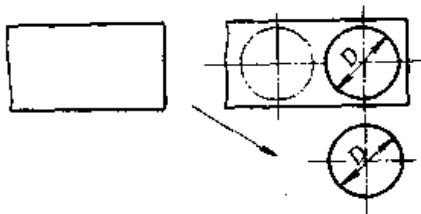


图 18.1-5 落料

5) 冲孔 使平板坯料沿封闭的轮廓线断裂分离 (冲下去的部分为废料) 的一种冲裁加工。如图 18.1-6 所示为在坯料上冲出圆形和花形孔。

6) 切 (修) 边 将半成品坯料件不规整或多余的边缘部分切离掉的一种冲裁加工。如图 18.1-7 所示为将带法兰边的半成品件及筒形拉深

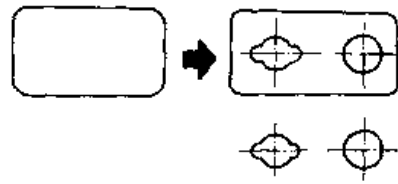


图 18.1-6 冲孔

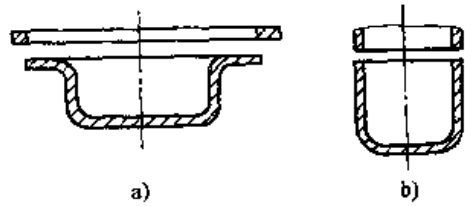


图 18.1-7 切 (修) 边

件的不规整或多余的边缘部分切离掉, 使之成为具有所需法兰直径或工件高度尺寸的工件。

(2) 整修 整修是对冲裁件的断面部分进行再加工的冲压分离加工方法。从示意图 18.1-8 中可以看出, 整修变形是一种切削机理, 其工件的尺寸精度和断面质量比冲裁件更好。整修的基本工序主要有外缘整修和内缘整修。

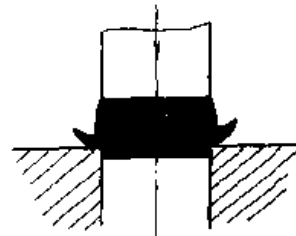


图 18.1-8 整修

1) 外缘整修 对落料件的外缘部分进行再次冲切的一种整修方法。

2) 内缘整修 对冲孔件的内缘部分进行再次冲切的一种整修方法。

(3) 精密冲裁

精密冲裁是在冲裁的基础上, 采取了强力的齿圈压边与反顶力、近乎零的小间隙以及采用小圆角刃口等工艺措施而实现板料塑性分离的冲压分离加工方法。图 18.1-9 为精密冲裁示意, 从中也可看出其变形条件要求较高, 但其工件的断面及工件的质量在分离加工中为最好。精密冲裁简称精冲, 其基本工序主要有精冲落料和精冲孔。

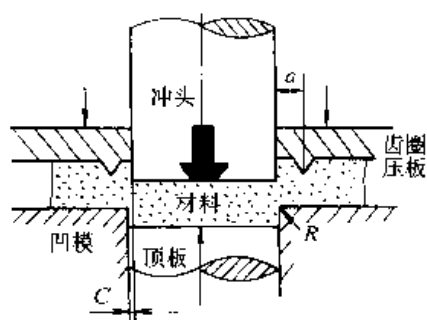


图 18.1-9 精密冲裁

(4) 半精密冲裁

基于冲裁并采用了类似于精密冲裁中的部分工艺措施或其他工艺措施而实现板料分离的冲压加工方法。这类分离加工得到的是具有不同特点的断面组成或某种质量指标的工件；它们的变形机理各有不同，但可以认为是冲裁、整修和精冲的不同组合。半精密冲裁简称半精冲，其基本工序主要有 6 种。

1) 小间隙圆角刃口冲裁 采用接近于零的小间隙、且凹模或冲头刃口有小圆角形状而进行的一种冲裁方法。图 18.1-10a 为其示意图， C 为间隙。

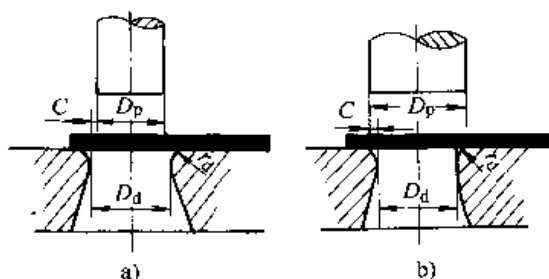


图 18.1-10 光洁冲裁

a) 小间隙圆角刃口冲裁 b) 负间隙冲裁

2) 负间隙冲裁 采用负间隙（即冲头直径稍大于凹模直径），且凹模或冲头刃口有小圆角形状而进行的一种冲裁方法。图 18.1-10b 为其示意图。

以上两种方法在 20 世纪 50 年代曾称为光洁冲裁，现仍有这种叫法。

3) 上、下冲裁 使用两对冲头与凹模依次从上、下两个方向冲切板料，完成其断裂分离过程的一种冲裁加工，图 18.1-11 为其冲切过程的示意图。

4) 对向凹模冲裁 用一平刃凹模与一带凸

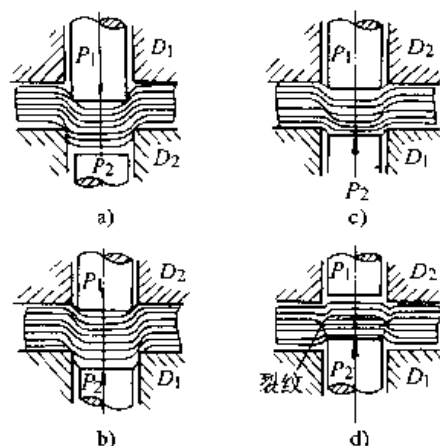


图 18.1-11 上、下冲裁

台凹模的对向运动冲切板料，待板料临近断离时由顶出器使之完全断离的一种冲裁加工。图 18.1-12 所示为其加工过程的示意图，得到的是落料件；与之相仿有对向冲头冲裁，得到的是冲孔件。

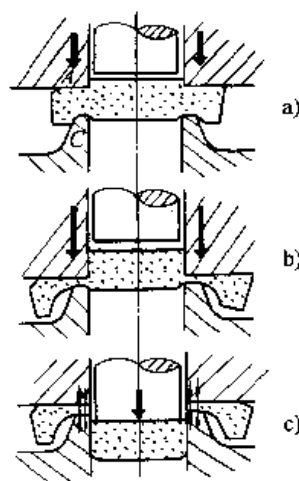


图 18.1-12 对向凹模冲裁

5) 挤压式冲裁 将冲头或凹模做成台肩式，实现一半正间隙、一半负间隙且有较强力的压边及反顶力的一种使板料断离的冲裁加工。如图 18.1-13 所示，冲头为台肩式获得冲孔件的挤压式冲裁。与此相似，若凹模为台肩式则获得落料件。挤压式冲裁也称为同步剪挤精冲。

6) 胀拉冲裁 采用带肋压板及反顶器、一刃口为小圆角、大间隙（比一般冲裁最大间隙大很多）等工艺措施，对极薄板料实现断裂分离的一种冲裁加工。图 18.1-14 为此种加工工序的示意图。

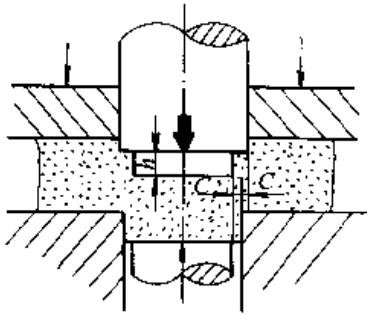


图 18.1-13 挤压式冲裁

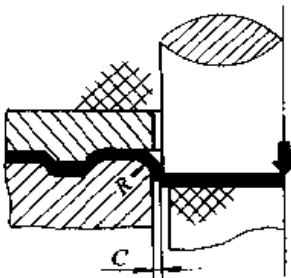


图 18.1-14 胀拉冲裁

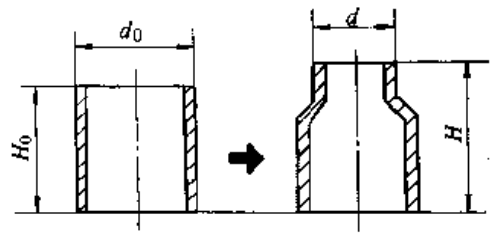


图 18.1-16 缩口

这是一种在坯料的变形部位以切向拉伸为主、表面积增大的冲压成形方法，其基本工序主要有三种。

1) 翻边 将金属平板坯料或半成品工件沿其一定的轮廓线伸长，变成有竖边边缘零件的一种冲压成形工序。如图 18.1-17 所示，具有小孔 d_0 的平板坯料翻成了直径为 d 的竖边零件，故翻边也有称之为翻孔或扩孔的。

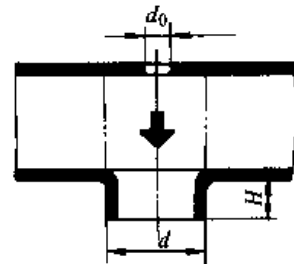


图 18.1-17 翻边

2.3 成形工序的类别与基本工序

成形工序按照板料变形区的力学性质分为三类：压缩类、拉伸类和复合类冲压成形。

(1) 压缩类成形

这是一种在坯料的变形部位以切向压缩为主、表面积收缩变小的冲压成形加工方法，其基本工序主要有两种。

1) 拉深 使金属平板坯料外缘缩小、变成立体带底（直壁平底的筒形）零件的一种冲压成形方法，如图 18.1-15 所示。

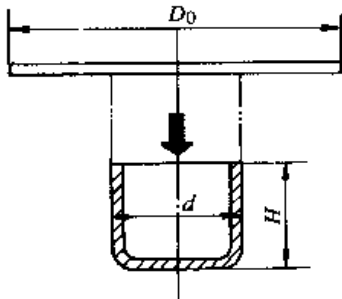


图 18.1-15 拉深

2) 缩口 将管子或平板材料经冲压成形为空心件之毛坯口部直径缩小的冲压成形方法，如图 18.1-16 所示。

(2) 拉伸类成形

2) 胀形 在板料或毛坯件中间的局部位置产生鼓凸伸长变形，获得其表面积增大的零件的冲压成形工序。图 18.1-18 所示的是板料中间成形出鼓包或压出肋条的示意图。

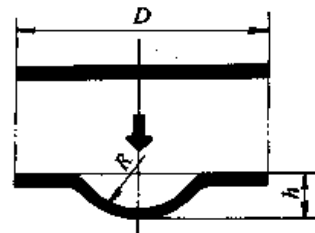


图 18.1-18 胀形

3) 扩口 将管子或平板材料经冲压加工成空心件之毛坯口部直径扩大的冲压成形工序。如图 18.1-19 所示，直径为 d_0 的坯料口部扩大成直径为 d 的口部。

(3) 复合类成形

这是一种在坯料的变形部位既有以压缩变形为主的、也有以拉伸变形为主的冲压成形加工方

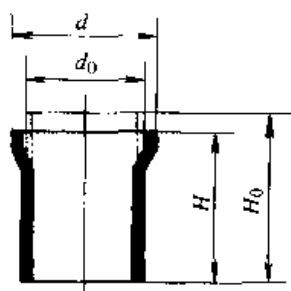


图 18.1-19 扩口

法，其基本工序主要有4种。

1) 弯曲 使平板坯料或管子毛坯等按照一定的曲率或角度变形，从而获得不封闭形状零件的冲压成形方法。图 18.1-20 为所谓 V 形弯曲与 U 形弯曲的示意图。弯曲中除了压弯以外，还有折弯、滚弯等形式。

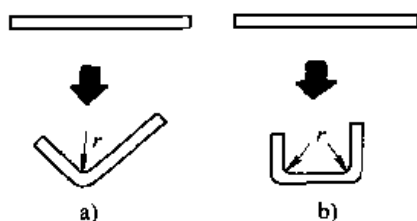


图 18.1-20 弯曲

2) 曲面形状零件拉深成形 使金属平板坯料外法兰部分缩小、内法兰部分伸长，变成非直壁、非平底的空心零件的一种冲压成形方法。图 18.1-21 为这种成形方法的典型示意。

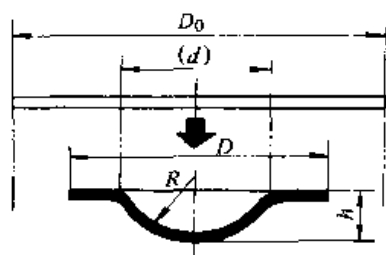


图 18.1-21 曲面形状零件拉深成形

3) 拉形 拉形又称拉弯或整体胀形，是将平板坯料两端夹紧、对坯料进行弯曲并带有拉伸变形，从而获得曲率半径很大的零件的冲压成形方法。图 18.1-22 为此种工序的示意图。

4) 卷边 卷边又称为卷圆或卷缘。是一种使板料四周边缘处或半成品工序件的端部卷曲成接近圆筒状的零件的冲压成形工序，如图 18.1-

23 所示。

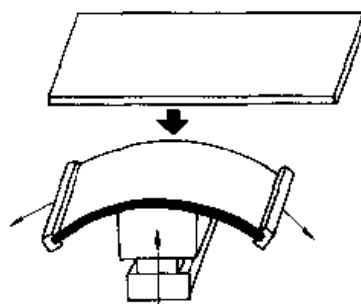


图 18.1-22 拉形（拉弯）

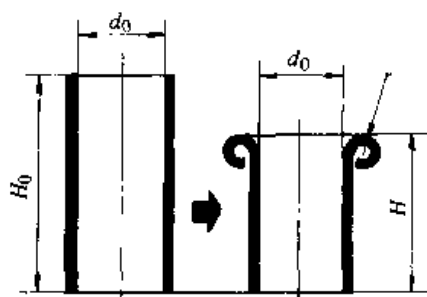


图 18.1-23 卷边（卷圆）

2.4 基本工序的构成

冲压加工基本工序的构成可用方框图 18.1-24 予以表示，此即为冲压加工工序分类的一种结构体系。

3 冲模及零部件用词

3.1 冲模的类别

(1) 按所完成的冲压工序分

1) 分离模 包括切断模、剖切模、落料模、冲孔模、切（修）边模、整修模、精冲模、光洁冲裁模、对向凹模冲裁模、挤压式冲裁模及胀拉冲裁模等。

2) 成形模 包括拉深模及反拉深模、整形模、缩口模、翻边模、胀形模、扩口模、弯曲模、滚弯模、拉形（拉弯）模及卷边（卷圆）模等。

(2) 按所完成冲压工序的数量及组合程度分

1) 单工序模 在压力机的一次冲压行程中，完成一道冲压工序的模具，也称为简单模。

2) 连续模（级进模） 在压力机的一次冲

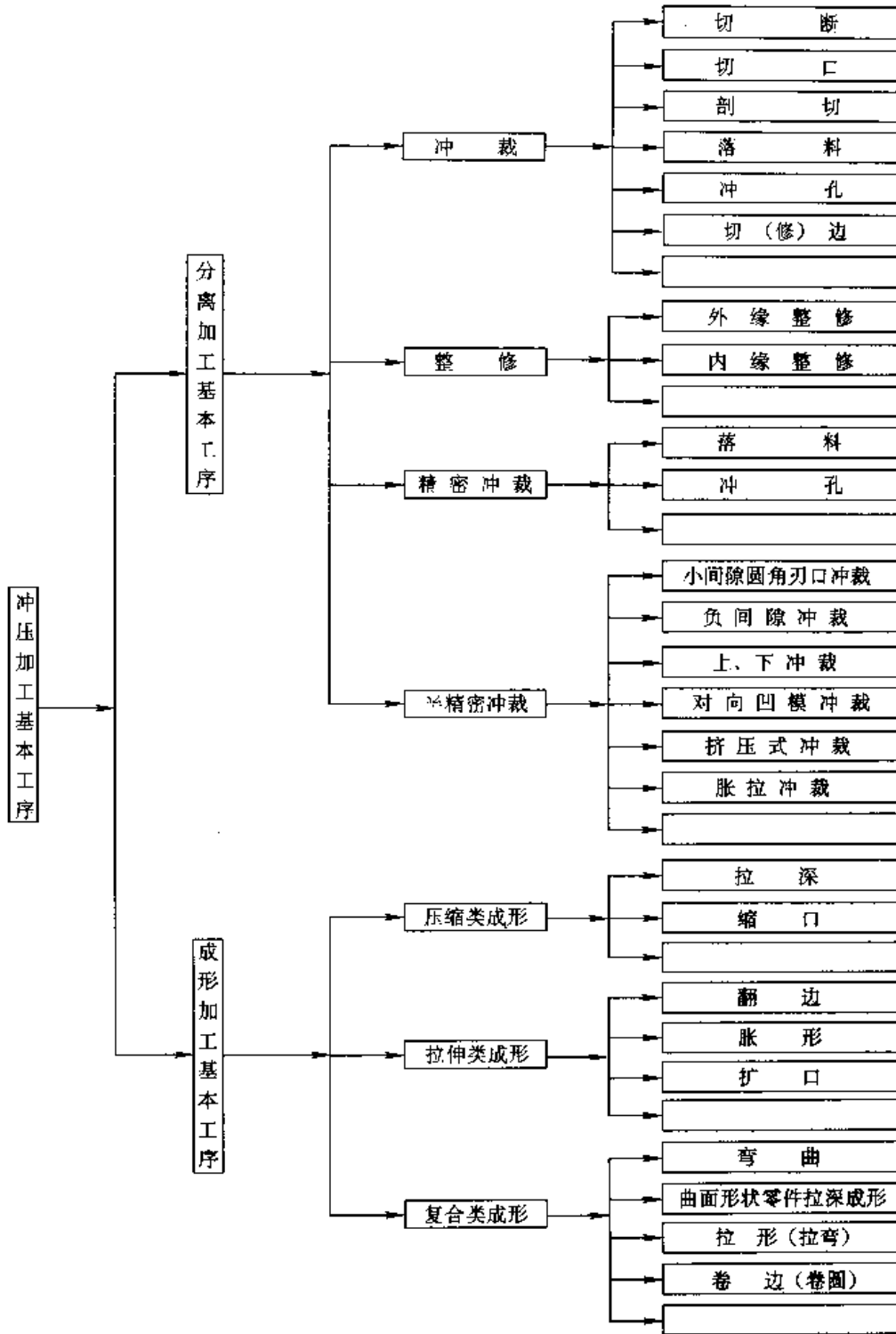


图 18.1-24 冲压加工工序分类系统

程中，于模具平面不同工位上连续完成数道冲压工序的模具。

3) 复合模 压力机的一次行程中，在模具平面的同一坐标位置上完成两道以上冲压工序的

模具。
连续模和复合模都属于多工序模。

(3) 按有无导向装置和导向方式分

1) 开式模，又叫无导向模。

2) 有导向模 包括导板模和导柱(导套)模。

(4) 按有无卸料和卸料方法分

- 1) 无卸料模
- 2) 刚性卸料模
- 3) 弹性卸料模

(5) 按进出料的操作方式分

- 1) 手动模
- 2) 半自动模
- 3) 自动模

(6) 按模具零件组合通用程度分

1) 专用模 包括简易模、橡胶模、钢带模、薄板模、锌基合金模等。

2) 通用模 包括组合冲模。

(7) 按模具工作零件的材料分

- 1) 钢模
- 2) 硬质合金模
- 3) 钢结硬质合金模
- 4) 聚氨酯模
- 5) 低熔点合金模

(8) 按模具外形尺寸大小分

- 1) 小型模具
- 2) 中型模具
- 3) 大型模具(包括汽车覆盖件冲模)

3.2 冲模的结构组成及零件名称

(1) 按冲模工作时的位置分

可将它分解为两大部分,即上模部分与下模部分,如图 18.1-25 所示。

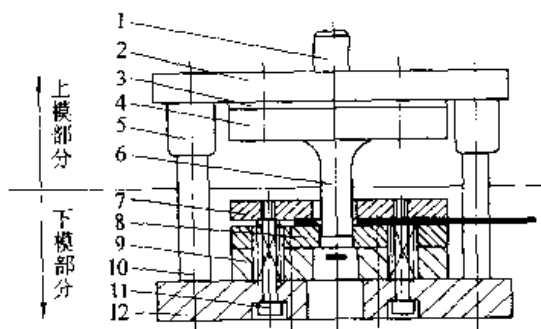


图 18.1-25 冲模结构示意图

1—模柄 2—上模座 3—垫板 4—凸模固定板

5—导套 6—凸模 7—卸料板 8—凹模

9—凹模固定板 10—导柱 11—卸料螺钉 12—下模座

1) 上模部分(与压机滑块相连接) 包括

模柄、上模座(板)、凸模垫板、凸模固定板、凸模、导套等。

2) 下模部分(与压机工作台相固定) 包括卸料板、凹模、凹模固定板、下模座(板)、导柱等。

(2) 按凸模(冲头)的位置分

冲模有正装式和倒装式两种结构。其中正装式是凸模置于上模部分,倒装式则是凸模置于下模部分。

图 18.1-25 所示为正装式冲模结构。通常,在给模具命名时,对正装式结构会予以省略;而对倒装式结构会予以指明(即给予强调),比如有“倒装式落料冲孔模”、“倒装式拉深模”、“倒装式翻边模”等等。

(3) 按冲模零部件的功用分

可将组成冲模零件的结构分为两大类——工艺结构零件与辅助结构零件。

1) 工艺结构零件 这类零件直接参与完成冲压工艺过程并和坯料直接发生作用。包括:

① 工作零件 直接对毛坯进行加工(分离或成形)的零件。主要有凸模(冲头)、凹模、凸凹模、镶件及拼块等。

② 定位零件 确定冲压加工坯料正确位置的零件。主要有挡料销、导正销、导尺(导板)、定位销(定位板)、侧压板及侧刀等。

③ 压、卸料及出件零件 使工件与废料得以出模,从而能保证顺利实现正常冲压的零件。主要有卸料板、齿圈压板、压料板(压边圈)、顶件器(板、杆、弹簧或橡胶等)及推件器(板、杆、块等)等。

2) 辅助结构零件 这类零件不直接参与完成工艺过程,也不和坯料直接发生作用,只对模具完成工艺过程起保证作用或对模具的功能起完善作用。包括导向零件、固定零件等。

① 导向零件 保证或提高模具上、下两部分相对正确位置及精度的零件。主要有导柱(滑动式、滚动式)、导套、导板、钢球及钢球保持圈等。

② 固定零件 承装模具零件及将模具紧固在压力机上,并与它发生直接联系用的零件。主要有上模座、下模座、模柄(压入式、凸缘式及浮动式等)、凸模固定板、凹模固定板、垫板及限制器(限位块、限位柱)等。

10 第18篇 冲压模具设计基础

③ 标准紧固件及其他零件 模具零件之间的相互连接件等。主要有螺钉（螺栓）、销钉、键、斜楔等。

以上模具零件具体的名词解释及结构以及其他名词术语，可参阅 GB/T 8845—1988。

第 2 章 冲压件的结构工艺性及再设计

1 冲压加工的精度与公差

对冲压件进行设计的过程中,要根据其功用和要求标注尺寸公差、形位公差等质量指标;在对冲压件进行工艺过程设计时,必须考虑这些质量指标。

冲压加工的精度水平可达 IT6 (或 IT7) 级,详见第 4 章中表 18.4-6。对于冲压件中未注公差的尺寸(即所谓自由尺寸),可有两种方法(亦即两个标准)确定其公差等级:按国标(GB) IT12~IT14 标准公差等级选取;或按行业标准(JB) A、B、C、D 四个精度等级选取。冲压件中有的尺寸公差等级要求较高或允许比规定的数值更高与更低时,应该单独标注出来。

本节主要介绍冲压基本工序加工的冲压件未

注公差的尺寸公差等质量指标,且为行业标准中规定的数值。

1.1 冲裁

1) 冲裁件(图 18.2-1)的长度 L 、直径 D 、 d 尺寸的极限偏差按表 18.2-1 规定。

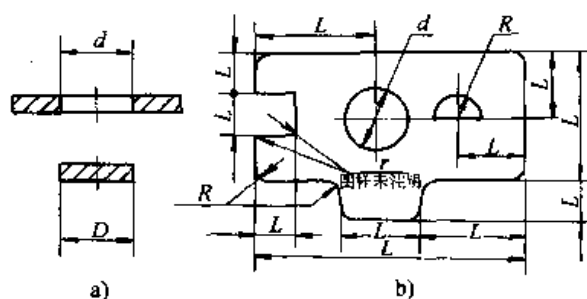


图 18.2-1 冲裁件的尺寸标注

表 18.2-1 冲裁件长度 L 、直径 D 、 $d^{\text{①}}$ 的极限偏差 (mm)

基本尺寸		精度等级	厚度 z 的尺寸范围				
大于	至		>0.1~1	>1~3	>3~6	>6~10	>10
1	6	A	± 0.05	± 0.10	± 0.15	—	—
		B	± 0.10	± 0.15	± 0.20	—	—
		C	± 0.20	± 0.25	± 0.30	—	—
		D	± 0.40	± 0.50	± 0.60	—	—
6	18	A	± 0.10	± 0.13	± 0.15	± 0.20	—
		B	± 0.20	± 0.25	± 0.25	± 0.30	—
		C	± 0.30	± 0.40	± 0.50	± 0.60	—
		D	± 0.60	± 0.80	± 1.00	± 1.20	—
18	50	A	± 0.12	± 0.15	± 0.20	± 0.25	± 0.35
		B	± 0.25	± 0.30	± 0.35	± 0.40	± 0.50
		C	± 0.50	± 0.60	± 0.70	± 0.80	± 1.00
		D	± 1.00	± 1.20	± 1.40	± 1.60	± 2.00
50	180	A	± 0.15	± 0.20	± 0.25	± 0.30	± 0.40
		B	± 0.30	± 0.35	± 0.45	± 0.55	± 0.65
		C	± 0.60	± 0.70	± 0.90	± 1.10	± 1.30
		D	± 1.20	± 1.40	± 1.80	± 2.20	± 2.60

续表 18.2-1

基本尺寸		精度等级	厚度 t 的尺寸范围				
大于	至		>0.1~1	>1~3	>3~6	>6~10	>10
180	400	A	± 0.20	± 0.25	± 0.30	± 0.40	± 0.50
		B	± 0.40	± 0.50	± 0.60	± 0.80	± 1.00
		C	± 0.80	± 1.00	± 1.20	± 1.60	± 2.00
		D	± 1.40	± 1.60	± 2.00	± 2.60	± 3.20
400	1 000	A	± 0.35	± 0.40	± 0.45	± 0.50	± 0.70
		B	± 0.70	± 0.80	± 0.90	± 1.00	± 1.40
		C	± 1.40	± 1.60	± 1.80	± 2.00	± 2.80
		D	± 2.40	± 2.60	± 2.80	± 3.20	± 3.60
1 000	3 150	A	± 0.60	± 0.70	± 0.80	± 0.85	± 0.90
		B	± 1.20	± 1.40	± 1.60	± 1.70	± 1.80
		C	± 2.40	± 2.80	± 3.00	± 3.20	± 3.60
		D	± 3.20	± 3.40	± 3.60	± 3.80	± 4.00

① L 、 D 、 d 见图 18.2-1。2) 冲裁圆弧半径 R (见图 18.2-1) 的极限偏差按表 18.2-2 规定。3) 冲裁件角度 (包括未注明 90° 和等边多边形) 的极限偏差按表 18.2-3 规定。表 18.2-2 冲裁圆弧半径 R ① 的极限偏差 (mm)

基本尺寸		精度等级	厚度 t 的尺寸范围				
大于	至		>0.1~1	>1~3	<3~6	>6~10	>10
1	6	A, B	± 0.20	± 0.30	± 0.40	—	—
		C, D	± 0.40	± 0.50	± 0.60	—	—
6	18	A, B	± 0.40	± 0.50	± 0.50	± 0.60	—
		C, D	± 0.60	± 0.80	± 1.00	± 1.20	—
18	50	A, B	± 0.50	± 0.60	± 0.70	± 0.80	± 1.00
		C, D	± 1.00	± 1.20	± 1.40	± 1.60	± 2.00
50	180	A, B	± 0.60	± 0.70	± 0.90	± 1.10	± 1.30
		C, D	± 1.20	± 1.40	± 1.80	± 2.20	± 2.60
180	400	A, B	± 0.80	± 1.00	± 1.20	± 1.60	± 2.00
		C, D	± 1.60	± 2.00	± 2.40	± 3.20	± 4.00
400	1 000	A, B	± 1.40	± 1.60	± 1.80	± 2.00	± 2.80
		C, D	± 2.80	± 3.20	± 3.60	± 4.00	± 5.60

注: 图样上未注明两冲裁边构成的内部和外部棱角 r 的值时 (图 18.2-1), 其值 r 按小于或等于板料厚度 t 取值, 即 $r \leq t$ 。① R 见图 18.2-1。

表 18.2-3 冲裁件角度的极限偏差

精度等级	短边长度范围/mm						
	≤6	>6~18	>18~50	>50~180	>180~400	>400~1 000	>1 000~3 150
A	±1°00'	±0°50'	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0°05'	±0°05'
B	±1°30'	±1°00'	±0°50'	±0°25'	±0°15'	±0°10'	±0°10'
C, D	±3°00'	±2°30'	±2°00'	±1°00'	±0°30'	±0°20'	±0°20'

4) 同轴度公差 落料冲孔环形零件的同轴度公差值等于外直径 D 在表 18.2-1 中的公差值。

例: 如图 18.2-2, 当板厚为 2 mm 精度为 B 级时, 零件外直径 D 等于 50 mm 的极限偏差按表 18.2-1 查得为 ±0.3 mm, 因此零件同轴度公差值为 0.6 mm。

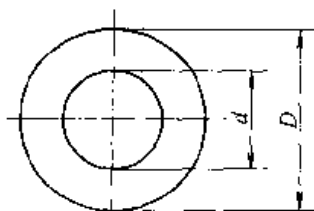


图 18.2-2 冲裁件的同轴度

5) 对称度公差 冲裁件对称度公差值等于构成对称要素中较大尺寸的尺寸公差值 (由表 18.2-1 查出)。

例: 如图 18.2-3 为中间有一个圆孔的矩形对称性冲压件, 板厚 $t=2$ mm、长 $L=90$ mm、宽 $b=23$ mm, 精度为 B 级。在长度方向上孔 d 的轴线对称度公差为 0.7 mm (因为较大尺寸 L 的极限偏差为 ±0.35 mm)。在宽度方向上孔 d 的轴线对称度公差为 0.6 mm (因为较大尺寸 b 的极限偏差为 ±0.3 mm)。

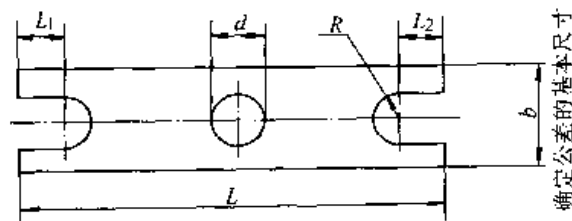


图 18.2-3 冲裁件的对称度

6) 用带料、扁钢、角钢等型材冲孔的孔边距 (图 18.2-4) 的极限偏差, 按表 18.2-4 规定。

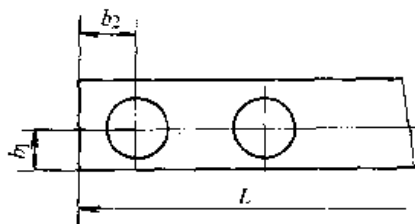


图 18.2-4 带料与型材冲孔的孔边距

表 18.2-4 带料与型材孔边距极限偏差 (mm)

基本尺寸 b_1, b_2	零件的最大长度 L		
	≤300	>300~600	>600
	极限偏差		
≤50	±0.5	±0.8	±1.2
>50	±0.8	±1.2	±2.0

1.2 精冲

(1) 尺寸公差

精密冲裁可达到的尺寸公差见表 18.2-5。精密冲件的尺寸一致性好, 公差在 0.01 mm 之内。

表 18.2-5 精冲可达到的公差等级

材料厚度 /mm	抗拉强度至 600 MPa		
	内 形	外 形	孔 距
0.5~1	IT6~IT7	IT7	IT7
>1~2	IT7	IT7	IT7
>2~3	IT7	IT7	IT7
>3~4	IT7	IT8	IT7
>4~5	IT7~IT8	IT8	IT8
>5~6.3	IT8	IT9	IT8
>6.3~8	IT8~IT9	IT9	IT8
>8~10	IT9~IT10	IT10	IT8
>10~12.5	IT9~IT10	IT10	IT9
>12.5~16	IT10~IT11	IT10	IT9

(2) 剪切面质量

精密冲裁件剪切面质量，包括表面粗糙度、表面完好率和允许的撕裂等级三项内容。

精密冲裁件可达到的剪切面粗糙度为 $Ra0.2 \sim 0.32 \mu m$ ，一般为 $Ra0.63 \sim 2.5 \mu m$ 。

精密冲裁剪切面状况及其采用符号的意义，见图 18.2-5。

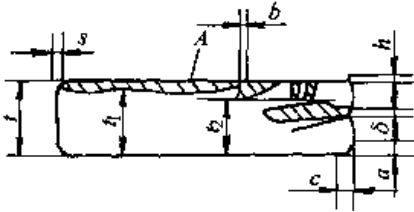


图 18.2-5 精冲件的剪切面

- 图中 t ——材料厚度；
 t_1 ——剪切终端存在表层剥落时，光洁剪切面最小部分占材料厚度的百分比；
 t_2 ——剪切终端存在鳞状表层剥落时，光洁剪切面最小部分占材料厚度的百分比；
 b ——最大允许的鳞状表层剥落宽度（所有 b 的总和不得大于相关轮廓部分的 10%）；
 s ——表层剥落深度；

- h ——毛刺高度；
 c ——塌角宽度；
 a ——塌角深度；
 δ ——撕裂处的最大宽度；
 A ——剪切终端表层剥落带。

表面完好率分五个等级，列于表 18.2-6；允许的撕裂分四个等级，列于表 18.2-7 中。

表 18.2-6 精密冲裁件的表面完好率等级 (%)

级 别	I	II	III	IV	V
t_1/t	100	100	90	75	50
t_2/t	100	90	75	—	—

注： t_1 、 t_2 及 t 见图 18.2-5。

表 18.2-7 精密冲裁件允许的撕裂等级

级 别	1	2	3	4
$\delta^{\text{①}}/mm$	0.3	0.6	1	2

① δ 见图 18.2-5。

(3) 塌角

在给定材料厚度和材料种类条件下，圆角半径 R 和夹角 α 越小（图 18.2-6），塌角的宽度 c 和深度 a 越大。如果给定圆角半径和夹角，则减小材料厚度和提高强度，会使塌角的深度和宽度减小。

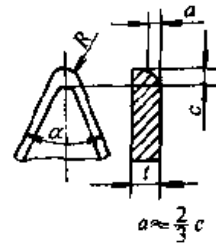
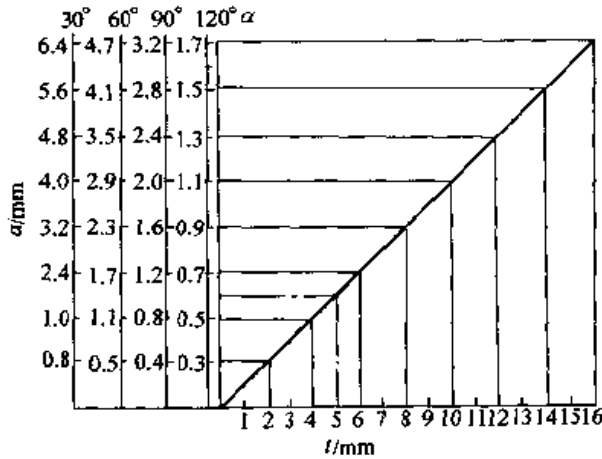


图 18.2-6 精冲件塌角标准值

t ——材料厚度 a ——塌角深度 c ——塌角宽度 α ——零件夹角

图 18.2-6 给出了最小允许圆角处最大塌角的标准值，适用于抗拉强度 450 MPa 以下的材

料，料厚 4 mm 以下采用单齿圈，料厚 4 mm 以上采用双齿圈。

例：已知零件夹角 $\alpha = 120^\circ$ ，材料厚度 $t = 5$ mm，由图 18.2-6 查得 $a = 0.6$ mm。

L 、直径 D 、 d 的极限偏差值按表 18.2-8 规定。

2) 拉深件拉深深度 H (见图 18.2-7) 的极限偏差按表 18.2-9 规定。

3) 翻边高度 h 、胀形高度 h_1 (见图 18.2-7) 的极限偏差按表 18.2-10 规定。

1.3 拉深、翻边、胀形

1) 图 18.2-7 所示的各种冲压成形件的长度

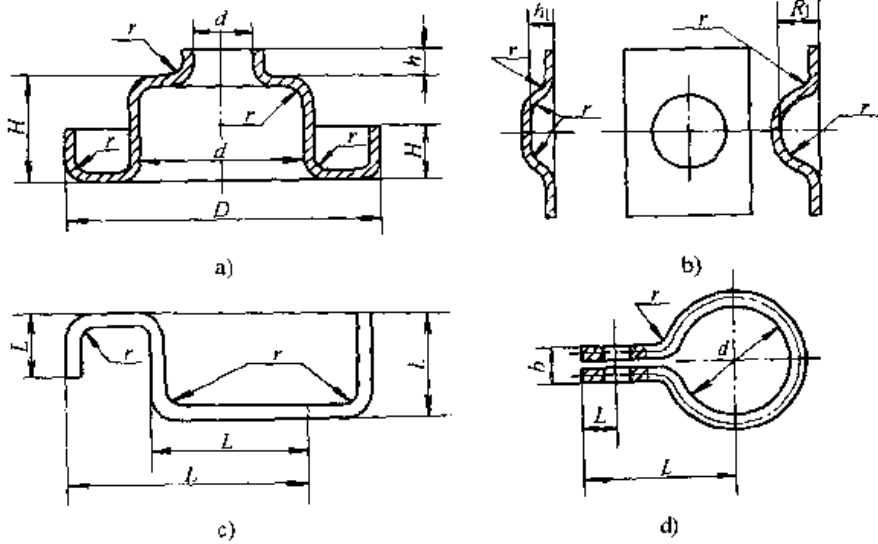


图 18.2-7 各种冲压成形件尺寸示例

表 18.2-8 冲压成形件的长度 L 、直径 D 、 d 的极限偏差值 (mm)

基本尺寸		精度等级	厚度尺寸范围				
大于	至		>0.1~1	>1~3	>3~6	>6~10	>10
1	6	A	± 0.10	± 0.20	± 0.30	—	—
		B	± 0.20	± 0.30	± 0.40	—	—
		C	± 0.40	± 0.50	± 0.60	—	—
		D	± 0.80	± 1.00	± 1.20	—	—
6	18	A	± 0.20	± 0.25	± 0.30	± 0.40	—
		B	± 0.40	± 0.50	± 0.50	± 0.60	—
		C	± 0.60	± 0.80	± 1.00	± 1.20	—
		D	± 1.20	± 1.60	± 2.00	± 2.40	—
18	50	A	± 0.25	± 0.30	± 0.40	± 0.50	± 0.70
		B	± 0.50	± 0.60	± 0.70	± 0.80	± 1.00
		C	± 1.00	± 1.20	± 1.40	± 1.60	± 2.00
		D	± 2.00	± 2.40	± 2.80	± 3.20	± 4.00
50	180	A	± 0.30	± 0.40	± 0.50	± 0.60	± 0.80
		B	± 0.60	± 0.70	± 0.90	± 1.10	± 1.30
		C	± 1.20	± 1.40	± 1.80	± 2.20	± 2.60
		D	± 2.40	± 2.80	± 3.60	± 4.40	± 5.20

续表 18.2-8

基本尺寸		精度等级	厚度尺寸范围				
大于	至		>0.1~1	>1~3	>3~6	>6~10	>10
180	400	A	±0.40	±0.50	±0.60	±0.80	±1.00
		B	±0.80	±1.00	±1.20	±1.60	±2.00
		C	±1.60	±2.00	±2.40	±3.20	±4.00
		D	±2.80	±3.20	±4.00	±5.20	±6.20
400	1 000	A	±0.70	±0.80	±0.90	±1.00	±1.40
		B	±1.40	±1.60	±1.80	±2.00	±2.80
		C	±2.80	±3.20	±3.60	±4.00	±5.60
		D	±4.80	±5.20	±5.60	±6.40	±7.20
1 000	3 150	A	±1.20	±1.40	±1.60	±1.70	±1.80
		B	±2.40	±2.80	±3.20	±3.40	±3.60
		C	±4.80	±5.60	±6.00	±6.40	±7.20
		D	±6.40	±6.80	±7.20	±7.60	±8.00

表 18.2-9 带凸缘拉深件拉深深度 H 的极限偏差 (mm)

材料厚度	拉深深度范围					
	≤18	>18~50	>50~120	>120~180	>180~260	>260~500
≤1	±0.3	±0.5	±0.8	±1.0	±1.4	±1.6
>1~2	±0.4	±0.6	±1.0	±1.2	±1.6	±1.8
>2~4	±0.5	±0.8	±1.2	±1.4	±1.8	±2.0
>4~6	±0.6	±1.0	±1.4	±1.6	±2.0	—

表 18.2-10 翻边高度 h 、胀形高度 h_1 的极限偏差 (mm)

翻边、加强肋(窝)高度	≤6	>6~10	>10~18	>18~30	>30
极限偏差	+1.0 -0.5	+1.2 -1.0	+1.5 -1.0	+2.5 -1.0	+3.0 -1.0

4) 成形件的圆角半径 r (见图 18.2-7) 的极限偏差按表 18.2-11 规定。

表 18.2-11 成形件圆角半径 r 的极限偏差 (mm)

圆弧半径	≤3	>3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30
极限偏差	+1 0	+1.5 0	+2.5 0	+3 0	+4 0	+5 0

5) 成形件同轴度和对称度的公差 成形件同轴度和对称度的公差, 取成等于构成同轴度和对称度诸要素中较大尺寸的公差值。

如图 18.2-8 所示, 为一底部有一孔的带凸缘的筒形拉深件。当 $t=1.5\text{ mm}$, $D=22\text{ mm}$, 精度等级为 B 时, 根据表 18.2-8 查得 D 的极限偏差为 $\pm 0.6\text{ mm}$, 因此, 工件孔 d 对 D 的同轴度公差为 1.2 mm 。

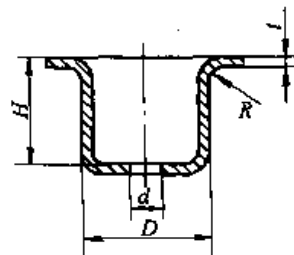


图 18.2-8 带凸缘筒形拉深件

6) 冲压件孔中心距、孔组间距的公差 与

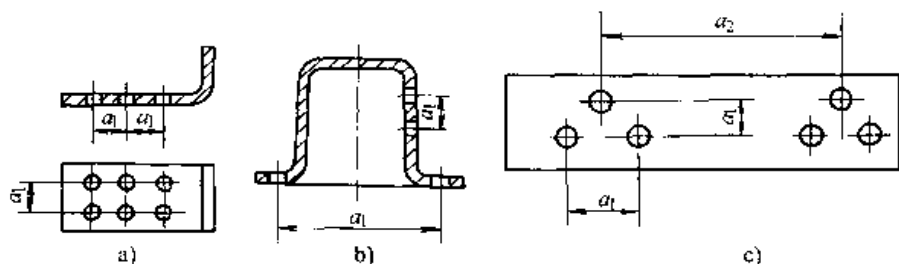


图 18.2-9 成形件的孔中心距及孔组间距

同一零件联接的孔中心距及孔组间距 a_1 (见图 18.2-9) 的极限偏差按表 18.2-12 规定。与不同零件联接的孔组间距 a_2 的极限偏差按表 18.2-13 规定。

表 18.2-12 与同一零件联接的孔中心距及孔组间距的极限偏差 (mm)

孔中心距、 孔组间距 a_1	精度等级			
	A	B	C	D
≤ 18	± 0.15	± 0.20	± 0.30	± 0.40
$> 18 \sim 120$	± 0.20	± 0.25	± 0.40	± 0.50
$> 120 \sim 260$	± 0.25	± 0.30	± 0.50	± 0.60
$> 260 \sim 500$	± 0.30	± 0.50	± 0.60	± 0.70
> 500	± 0.50	± 0.60	± 0.70	± 0.80

表 18.2-13 与不同零件联接的孔组间距的极限偏差 (mm)

孔组间距 a_2	精度等级			
	A	B	C	D
≤ 120	± 0.4	± 0.6	± 0.8	± 1.0
$> 120 \sim 260$	± 0.7	± 0.8	± 1.0	± 1.2
$> 260 \sim 500$	± 1.0	± 1.2	± 1.4	± 1.6
$> 500 \sim 1200$	± 1.3	± 1.6	± 1.8	± 2.0
> 1200	± 1.6	± 2.0	± 2.2	± 2.5

1.4 弯曲

1) 弯曲件的长度、圆角半径及工件上孔中心距的极限偏差值见表 18.2-8、表 18.2-11 及表 18.2-12。

2) 弯曲件平行度公差 弯曲件平面 A 与平面 B 的平行度公差等于弯曲长度 L 的公差值。如图 18.2-10 所示, 弯曲件平面平行度应以两平行要素中较长的要素作基准, 若两者长度相同

时, 可任选一个作基准。

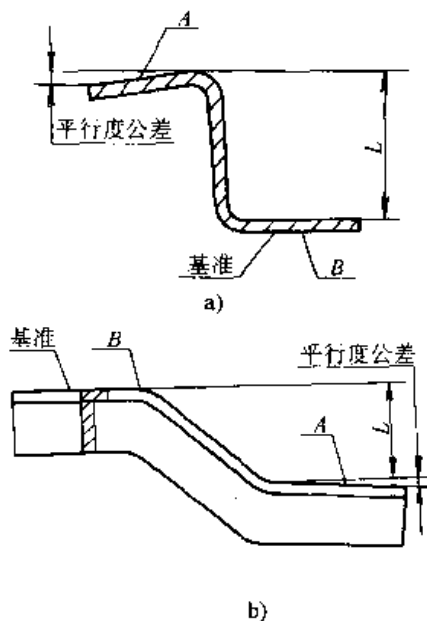


图 18.2-10 弯曲件平行度示意图

3) 弯曲角度公差 弯曲角度 (包括未注明的 90° 和等边多边形的角度) 的极限偏差按表 18.2-14 规定, 图 18.2-11 为 90° 压弯件的角度偏差 α° 。

表 18.2-14 弯曲角度的极限偏差

弯曲角度种类	精度等级			
	A	B	C	D
直角弯曲	$\pm 1'00''$	$\pm 1'30''$	$\pm 1'30''$	$\pm 2'00''$
其他角度弯曲	$\pm 1'00''$	$\pm 1'30''$	$\pm 2'00''$	$\pm 3'00''$

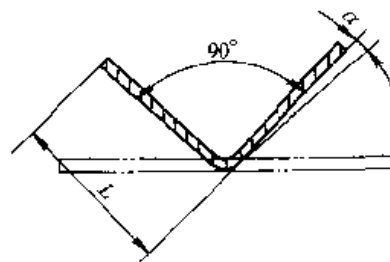


图 18.2-11 弯曲角度示意图

2 冲压件的结构工艺性

在冲压加工的基本工序中，主要分为两类：分离工序与成形工序。显然，这两类工序加工出来的冲压件，一类是分离加工件（以平面形状为主），一类是成形件（以立体形状为主），其结构工艺性要求不一样。另外，成形件又分为拉深件、翻边件、胀形件、弯曲件……，各自又有不同的结构工艺性要求。但是，所有的冲压件有一个共同性的结构工艺性要求：尽量避免有应力集中的结构。对冲裁件，一般不应有平面尖角存在（冲裁件的外轮廓可以用单边剪切的方法得到者例外）。对于成形件，不应有急剧的突变形状。如图 18.2-12 所示的某种汽车覆盖件，原先按左边结构冲压成形，常在过渡部分产生皱折和裂缝；后按右边结构加大过渡圆角和增加台阶冲压成形，因急剧变化改缓，结构工艺性变好，使工件质量大为提高，能大大减少冲压件的废次品率。

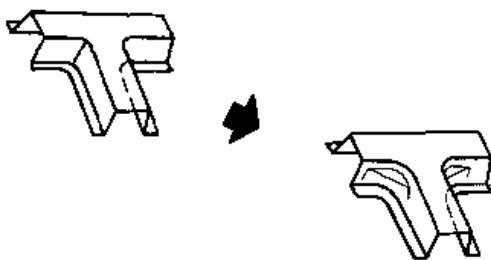


图 18.2-12 断面急剧变化改缓的成形件

冲压件的结构工艺性是指冲压件的几何形状对冲压工艺难易程度的影响。为此，本节介绍一般冲裁件、精冲件、拉深、翻边、胀形件及弯曲件的结构要素及常用工艺限制数据。

2.1 冲裁件

(1) 外形与圆角半径

冲裁件的形状尽量简单，最好是由规则的几何形状或由圆弧与直线所组成。显然，冲裁件的外形和内孔应避免尖角，宜用适当的圆角。如图 18.2-13 所示，一般圆角半径 R 应大于或等于板厚 t 的一半，即 $R \geq 0.5t$ ；在同种材料相同的条件下，外形上的圆角半径值可比内形上的小 10%~20%。

(2) 内形与冲孔尺寸

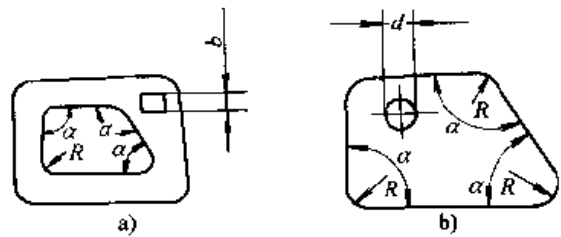


图 18.2-13 冲裁件的圆角与孔

内形应优先选用圆形孔。冲孔的最小尺寸与孔的形状、材料力学性能和板料厚度 t 有关，自由凸模冲孔的直径 d 或方孔边长、长方形孔边宽 b （参见图 18.2-13）列于表 18.2-15。

表 18.2-15 自由凸模冲孔的最小尺寸

孔型 材料	圆孔 (直径 d)	方孔 (边长 b)	长方孔 (边宽 b)
硬钢	$d \geq 1.3t$	$b \geq 1.2t$	$b \geq 1.1t$
软钢、黄铜	$d \geq 1.0t$	$b \geq 0.9t$	$b \geq 0.7t$
铝、锌	$d \geq 0.8t$	$b \geq 0.7t$	$b \geq 0.6t$

注 1. t 为板料厚度 (mm)。

2. 若采用带保护套凸模冲孔，其最小尺寸可为板料厚度 t 的一半左右。

(3) 凸出和凹入尺寸

冲裁件上应避免窄长的悬臂和凹槽（图 18.2-14a）。一般凸出和凹入部分的宽度 B 应取 $B \geq 1.5t$ ， t 为板料厚度。对高碳钢、合金钢等较硬材料允许值应增加 30%~50%，对黄铜、铝等软材料应减少 20%~25%。但当板料厚度 $t \leq 1$ mm 时，悬臂长 L 与凹槽宽 B 应有 $L \leq 5B$ 。

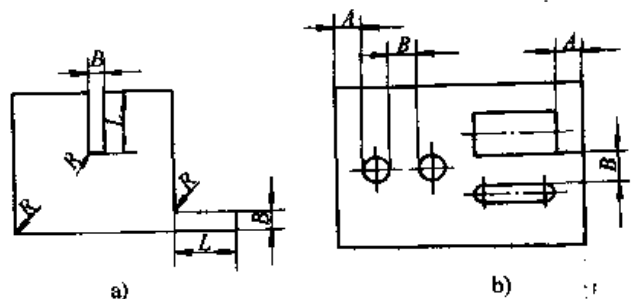


图 18.2-14 冲裁件的悬臂、凹槽与孔间距

(4) 孔边距与孔间距

如图 18.2-14b 所示，冲裁件的孔与边缘之间的距离 A 、孔与孔之间的距离 B 均不应过小，

应有 $A \geq 2t$ 和 $B \geq 2t$ (t 为板厚)。

另外, 应当尽量避免在成形件的圆弧或斜边部位上冲孔, 但球形零件底部中心孔或斜边为先冲孔后成形者例外。在筒形件壁部(直边或斜边)冲孔可设计斜楔式冲模。

2.2 精冲件

精冲件的尺寸极限, 如最小孔径、最小槽宽等, 都可比普通冲裁时提高。实现精冲的尺寸极限范围, 主要取决于模具的强度、剪切面质量及模具寿命等因素。精冲件的圆角半径、槽宽、悬臂、环宽、孔径、孔边距及齿轮模数的极限范围, 根据精冲的难易程度分为三级:

- S_1 —— 为容易级, 适于精冲材料的抗剪强度不超过 700 MPa;
- S_2 —— 为中等级, 适于精冲材料的抗剪强度不超过 530 MPa;
- S_3 —— 为困难级, 适于精冲材料的抗剪强度不超过 420 MPa。

在 S_3 区域范围内, 精冲模工作零件须用高

速钢制造, 被精冲材料的抗剪强度不超过 420 MPa (或其抗拉强度 $\sigma_b \leq 600$ MPa)。

(1) 圆角半径

精冲件应尽力避免尖角, 因为过小的圆角半径会使工件断面上产生撕裂, 还易使模具工作零件尖角处产生崩刃或严重磨损。

最小圆角半径的大小取决于: 零件角度 α 、材料种类、厚度及其力学性能。其计算方法如下 (根据德国工程师协会 VDI 的精冲标准 VDI3345):

$$R_I = 0.6R_A$$

$$r_i = 0.6R_A$$

$$r_o = R_A$$

$$r_i = R_I$$

式中 R_I —— 零件外形的最小内圆角半径;
 R_A —— 零件外形的最小外圆角半径;
 r_i —— 零件内形的最小内圆角半径;
 r_o —— 零件内形的最小外圆角半径。
 R_A 或 r_o 可根据料厚及角度 α 直接从图 18.2-15 中查得。

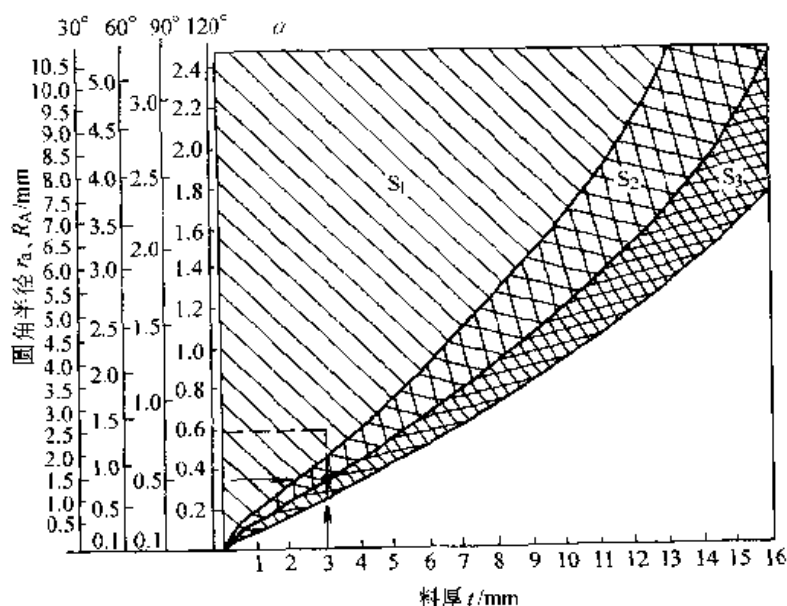
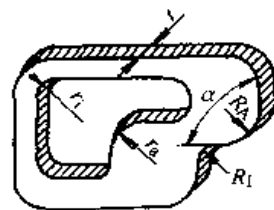


图 18.2-15 精冲件的最小圆角半径



例如, 当料厚 $t = 3$ mm, 零件角度 $\alpha = 30^\circ$, 最小圆角半径 $R_A = 1.45$ mm, 加工的困难等级为 S_2 — S_3 ; 若 $\alpha = 90^\circ$, 最小圆角半径 $R_A = 0.8$ mm 时, 其加工的困难等级为 S_1 。

(2) 槽宽、悬臂与环宽

精冲件窄槽的宽度、悬臂的宽度及其环形件

的宽度 b 可以小于材料厚度 t , 其极限尺寸为 $b_{\min} = 0.6t$ 。当然, 更宽一些则可降低精冲难度。槽长 L 的最大尺寸可达 $L_{\max} = 15b$ 。

(3) 孔径和孔边距

精冲件的孔径 d 和孔边距 a 也可比普通冲裁件小, 其极限尺寸为 d_{\min} (或 a_{\min}) = $0.6t$,

t 为材料厚度。

(4) 齿轮模数

精冲齿轮零件时, 应对其冲头强度和齿轮模数进行必要的校核。可按下式求得许可的齿轮模数 m 值:

$$m = 1.74 \frac{t\tau}{\sigma_p}$$

式中 t ——材料厚度 (mm);
 τ ——材料抗剪强度 (MPa);
 σ_p ——冲头材料许用压应力 (MPa)。

(5) 半冲孔相对深度

如图 18.2-16 所示为精冲中的半冲孔零件。半冲孔的变形程度 C 表示凸模压入材料深度 h 与材料厚度 t 之比的百分数值, 即 $C = (h/t) \times 100\%$ 。低碳钢的半冲孔极限深度 $C_b = 70\%$ 。

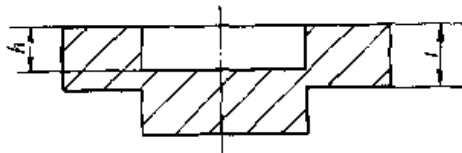


图 18.2-16 半冲孔示意图

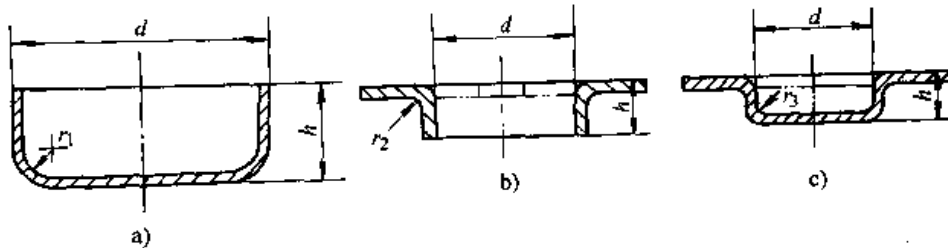


图 18.2-17 拉深、翻边和胀形成形件

$r_1 = (3 \sim 5)t$ (t ——料厚) (见图 18.2-17a)

$r_2 \geq t$ (见图 18.2-17b)

$r_3 \geq t$, 且愈大工艺性愈好 (见图 18.2-17c)

$R = (5 \sim 8)t$ (见图 18.2-8)

4) 拉深矩形件时, 四角变形大, 特别是角的底部容易出现裂纹。所以, 壁部圆角半径应选择适当, 一般应使壁部圆角半径 $r_3 \geq 6.3t$ (t ——料厚), 见图 18.2-18。

为便于一次拉深成形, 要求圆角半径 r_3 大于工件高度 h 的 15%。

2.4 弯曲件

1) 弯曲件的圆角半径应大于最小弯曲半径 (表 18.2-16); 但不宜过大, 以免由于弹复而影

2.3 拉深、翻边、胀形件

1) 轴对称零件结构工艺性最好, 非轴对称零件应避免急剧的轮廓变化 (参见图 18.2-12)。

2) 能够一次拉深或胀形成形的零件比需多次拉深或胀形的零件的工艺性好。因此, 对于高度较大的成形件, 能用一道工序完成的, 一般不宜采用两道工序, 应当尽量采取各种技术措施提高冲压成形极限。一次成形的零件高度 h 应该限制在以下范围:

拉深件 $h \leq 0.5d$ (见图 18.2-17a)

翻边件 $h \leq 0.4d$ (见图 18.2-17b)

胀形件 $h \leq 0.2d$ (见图 18.2-17c)

3) 成形零件的圆角半径不宜过小, 一般情况下, 无论是拉深件、翻边件或胀形件等, 其相对应于凸模处的圆角半径应 $r \geq t$ (t 为料厚), 相对应于凹模处的圆角半径应 $R \geq 2t$, 否则, 必须采取成形后再增加一次整形工序来达到要求。但对于翻边件与胀形件, 相应凹模圆角处的圆角半径 R 有时可减小到小于料厚 t , 但决不能成尖角。一般取值范围为:

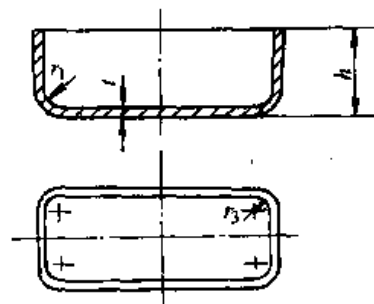


图 18.2-18 拉深盒形件

响精度。最小弯曲半径只有在结构上必要时才选用。

2) 弯曲件的边长不宜过小, 一般 $L > R + 2t$ (见图 18.2-19)。当 L 过小时, 直边 (不变

形区)在模具上支持的长度过小,不易形成足够的弯矩,很难得到精确形状的零件。

表 18.2-16 最小弯曲半径

材 料	退火或正火		冷作硬化	
	弯 曲 线 位 置			
	与轧纹垂直	与轧纹平行	与轧纹垂直	与轧纹平行
08、10	0.5t	1.0t	1.0t	1.5t
20、30、45	0.8t	1.5t	1.5t	2.5t
60、65Mn、T7	1.0t	2.0t	2.0t	3.0t
软杜拉铝	1.3t	2.0t	2.0t	3.0t
硬杜拉铝	2.5t	3.5t	3.5t	5.0t
黄铜、铝	0.3t	0.45t	0.5t	1.0t

注: t 为材料厚度。

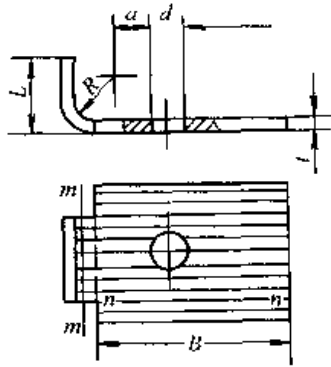


图 18.2-19 弯曲件的直边及孔边距

3) 弯曲件上孔形的边缘离弯曲变形区应有一定距离,以免孔的形状因弯曲而变形。孔边离弯曲半径 R 中心的距离 a 应大于或等于板厚 t 的二倍,即 $a \geq 2t$ (图 18.2-19)。

4) 局部弯曲的零件,应该在弯曲与不弯曲部分之间先切槽,以消除不弯曲根部的伸长变形和拉裂,如图 18.2-20a 所示;弯曲线不应位于形状尺寸有突变的位置上,离突变处的距离 l 应大于弯曲半径 R ,如图 18.2-20b 所示。

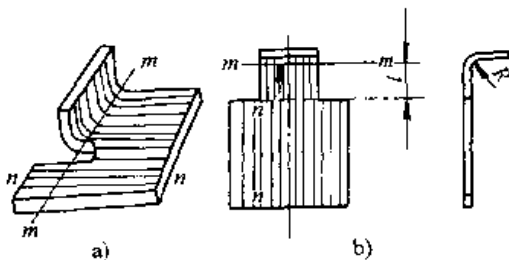


图 18.2-20 局部弯曲件中的切槽、弯曲线

5) 弯曲线(图 18.2-19、18.2-20 中 $m - m$)与板材纤维方向(图 18.2-19、18.2-20 中 $n - n$)垂直时,弯曲件的结构工艺性好于其两者平行时。故应尽量避免弯曲件的弯曲线与板材纤维方向平行;一个弯曲件有多处弯曲时,可让其弯曲线与纤维方向互成一定的角度。

3 冲压件的再设计

冲压件的再设计,主要是基于更好地发挥冲压加工比机械加工(包括铸、锻、焊)较优越之处的特点,并从节约原材料和节省模具费用出发对冲压件进行可加工性的深入分析、重新设计或更改部分原有设计。在满足冲压加工工艺的合理性、经济性的前提下,对冲压件进行产品功能、工艺分析比较后,进行再设计,会获得更加合理的冲压加工方案生产出质优价廉的产品。

本节介绍对冲压件进行再设计取得成功的一些实例、经验和方法。

3.1 由机加工件设计成冲压件

例 1 V 带轮

传统的设计如图 18.2-21a 所示,是由铸造经切削而成;现国外、国内均先后改设计成如图 18.2-21b 所示,用拉深后经液压胀形等冲压加工方法加工。材料为 08 钢。

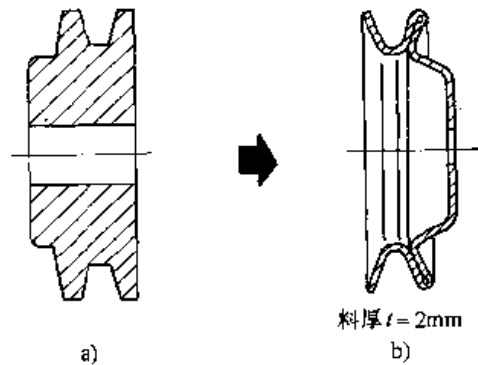


图 18.2-21 V 带轮

例 2 轴端套改进

如图 18.2-22a 所示,为车削件,改成冲压件设计如图 18.2-22b 所示。冲压件上端孔带有锥度,是根据冲压件的实际尺寸修改的;其各部分壁厚有所不同,是零件性能的需要,并经工艺试验证明可以满足要求。所用原材料料厚为 1.4 mm。

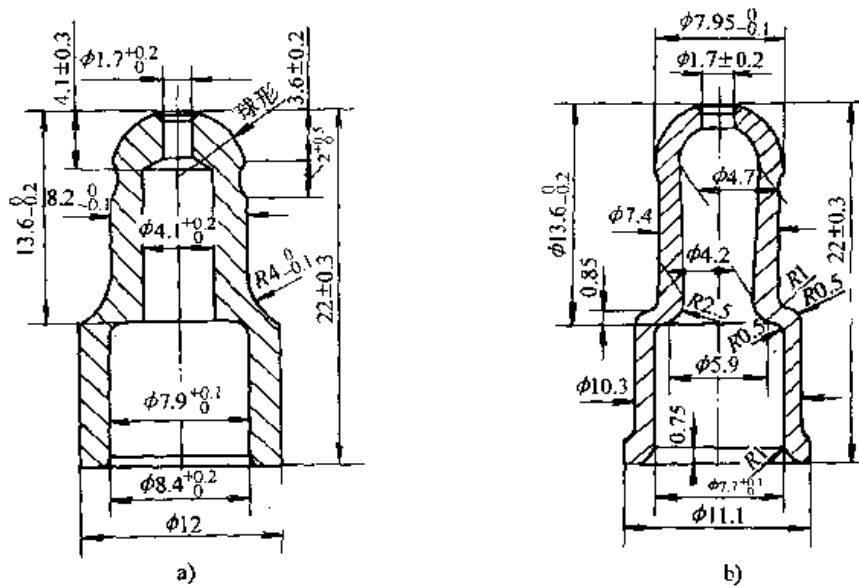


图 18.2-22 轴端套

例 3 曲柄

如图 18.2-23 所示, 大部分断面的表面粗糙度为 $Ra1.6 \mu m$, 原来用机械加工方法生产; 改用精密冲裁加工后零件设计基本不变, 仅需注明允许的塌角和最小圆角半径值。

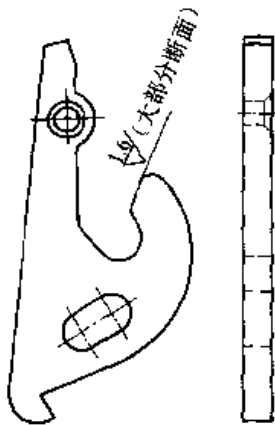


图 18.2-23 曲柄

例 4 电视机显像管电子枪改进

图 18.2-24 所示为电子枪各零件, 其中图 a 为原设计, 图 b 为更新设计, 后者的制造成本可降低 60%~75%。具体的设计改进是:

1) 图 a 中座圈①原由 4 个零件拼焊而成; 新设计采用不锈钢卷料自动送料, 在六工位连续模上冲压成形, 管脚增至 6 个, 生产效率为 75 件/min。

2) 图 b 中阳极②原设计是用不锈钢管切割而成; 新设计采用窄带材料卷边锁缝的方法。

3) 栅极③和④原设计是先用管材切割出筒形件, 再与冲压预成形的透镜盖焊接而成; 新设计为用板料拉深一次成形。

例 5 U 型挂钩的设计

这种如图 18.2-25 所示的零件, 在保证零件功能的条件下, 可以有 5 种设计:

1) 图 a 为铸件并经切削加工, 不仅很重且加工费用高;

2) 图 b 为用棒材轧制或型材与冲压件焊接而成, 设计较好, 但钻孔和焊接工序增加了费用;

3) 图 c 为把同种冲压件对称地焊在一起, 是一个较好的设计;

4) 图 d 为整体冲压加工而成, 是一种加工工序简单的好设计; 保证了同轴度;

5) 图 e 为极其简单的冲压设计, 无论在模具和生产方面都很经济。

3.2 更改零件形状以利于冲压加工

例 6 汽车车架上如图 18.2-26 所示的零件

原设计有图中虚线所示的 $R5$ 圆角, 需用落料模落料; 经会审后改成直角, 不影响该零件功能。于是就用 65 mm 宽的条料、在剪床上切成 24 mm 一件, 仅再冲两个孔, 冲压工艺性变好, 还节约了原材料。

例 7 如图 18.2-27 所示的农用挂车上一支撑板零件

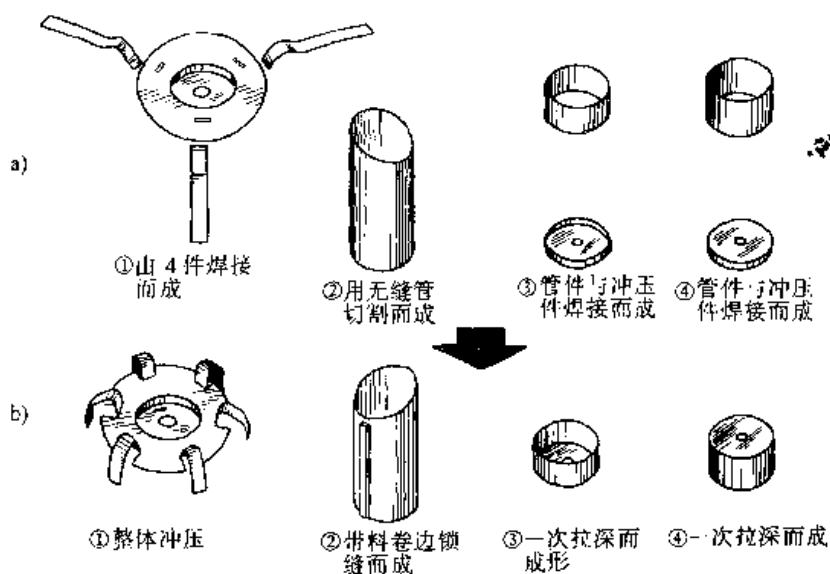


图 18.2-24 显像管电子枪零件 (摘自 John Volkert Metal Stamping, Inc.)

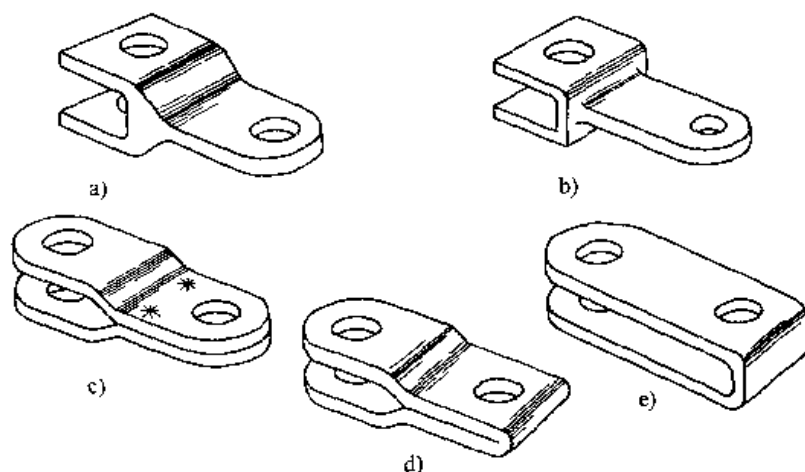


图 18.2-25 U型挂钩

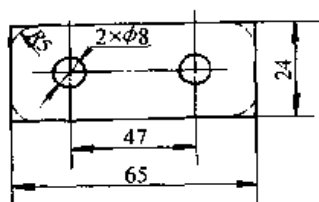


图 18.2-26 省去冲模落料的冲裁件 (来自东风汽车制造厂)

原设计有 5 处尖角，冲裁工艺性差；经协商分别改为圆角（图中实线），完全不影响其使用性能。更改设计后，冲裁工艺性好，模具加工容易、寿命也长，同时大大节省了原材料。

例 8 一种铰链

按常规设计（见图 18.2-28a），其铰链部位

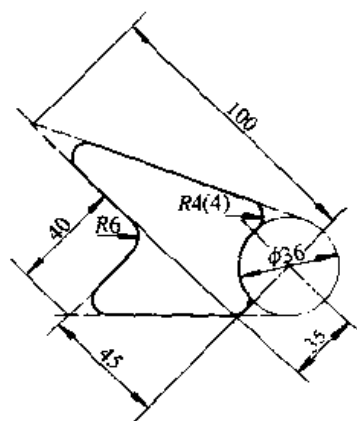


图 18.2-27 改掉尖角的支撑板

就需要两道甚至更多道工序加工；部分更改零件的设计（见图 18.2-28b），只在零件的弯曲部位

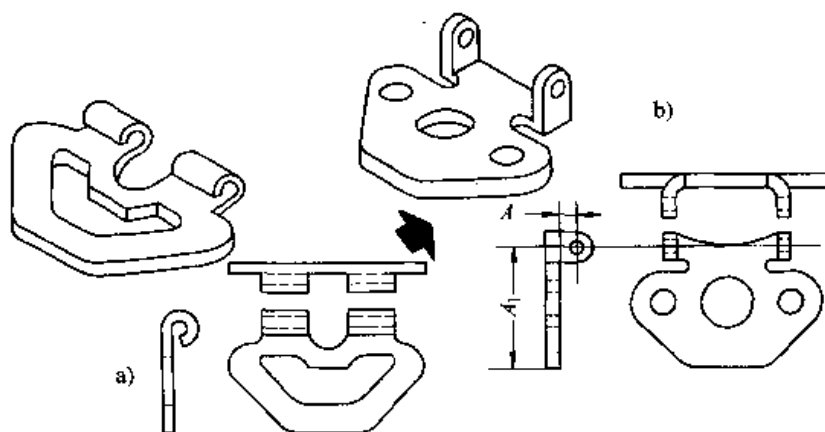


图 18.2-28 改进铰链设计

(铰链销孔部位) 作明显改变, 整个铰链零件经两道工序就可加工完成, 其模具费用大约节省了一半。

例 9 根据冲压件产品图来进行坯件排样以提高材料利用率。有时也可在不影响产品功能的前提下, 只要稍加改变零件的形状, 就可大大节省材料和模具费用。

如图 18.2-29 所示的零件, 原设计大头稍内凹。根据原设计, 坯料排样的方法为直列单排或交错对排 (后者比前者节约材料 14%)。然而, 试验表明, 在不影响冲压件使用的前提下, 将该零件大头内凹部位再切深约 1/3, 即切至图 b 右图双点划线部位, 得到新的直列单排方法, 其结果的材料利用率比原直列排样节约 32%。

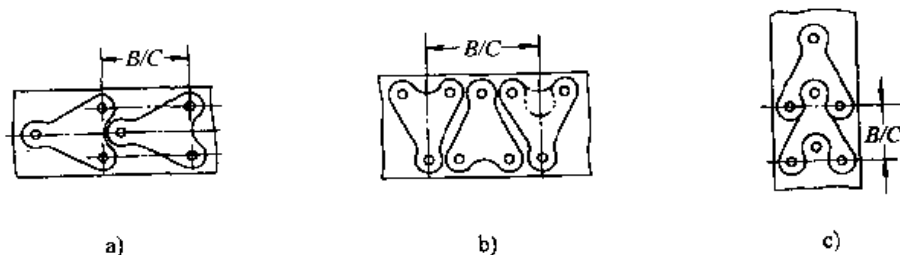


图 18.2-29 最少废料排样的冲压件设计

- a) 按原设计的排样方法之一, 每件坯料用料 2 581 mm²
- b) 按原设计的排样方法之二, 每件用料 2 218 mm²
- c) 按新设计而作出的排样, 每件只用料 1 774 mm²

3.3 改善冲压工艺性的再设计

例 10 消声器后盖

原设计如图 18.2-30a 所示, 需经八道冲压工序加工而成; 后在保持该零件内、外径尺寸及基本功能不变的条件下, 改掉空心尖底及有关形

状, 设计成如图 18.2-30b 所示, 则只需两道冲压工序, 冲压工艺性大为改善, 而且还有明显经济意义, 仅节约原材料就达 50%。

例 11 有众多供空气流动小孔的花板零件
原设计采用常规的图形排列, 孔必须开得很小, 如图 18.2-31a 所示。该零件经 (内形) 冲

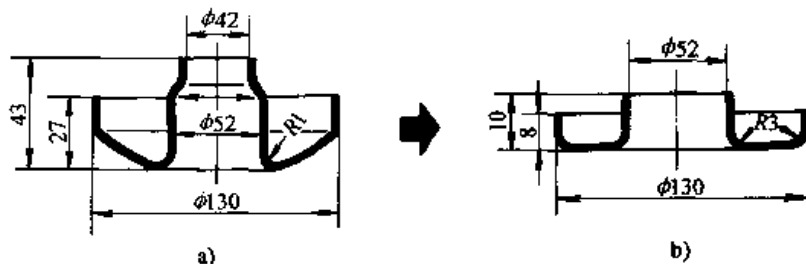


图 18.2-30 消声器后盖的新旧设计

多孔和(外形)落料两道工序完成。原设计的工件强度、刚度不佳,密集而细小的凸模强度也不好。新设计改密集直排小孔为圆排大孔,在相同空气流量情况下小孔数目几乎减少了一半,并在大孔布置时留出了胀形(压肋)的位置,如图18.2-31b所示。于是,工件的强度与刚度大为提高,凸模的强度也增高了。新设计是用一副简单级进模完成加工的。这样,使模具寿命延长4倍,模具成本降低约50%。

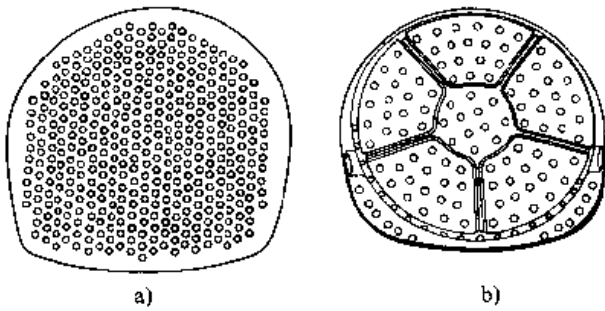


图 18.2-31 花板的设计改进

例 12 增强冲压件刚度的方法通常是在冲压件上增设浅槽、肋条或凸缘。合理使用这种方法还可减薄材料厚度(甚至达1/2的程度)。其具体的做法可有:

a) 在有大大平面或筒形直壁周围胀形出浅槽,能较好提高零件刚度。但如图18.2-32所示的中间有一个一定用途的孔的零件,其胀形浅槽与孔的距离对孔的精度会有影响。在对该冲压件进行工艺设计时应注意这个问题。

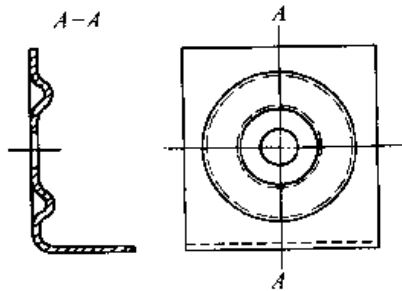


图 18.2-32 沿孔周边胀形浅槽

b) 对有直角弯曲的较宽弯曲件,在弯曲变形区部位上应用加强肋,加强肋的形状尺寸见图18.2-33及表18.2-17的数据。加肋后,总刚度可增大1~2倍。

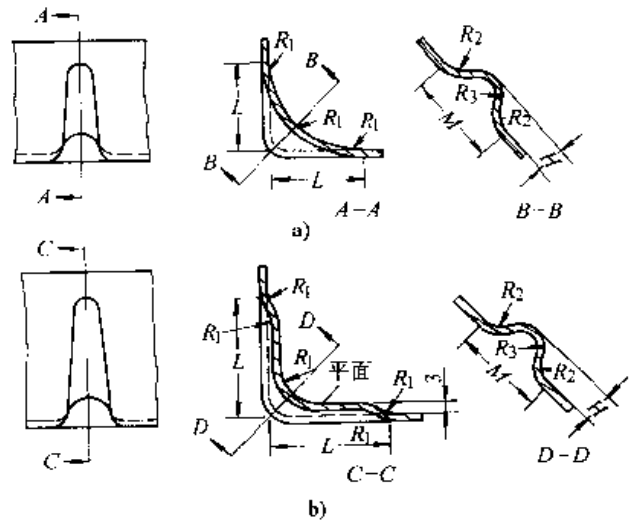


图 18.2-33 弯曲件加强肋设计
a) 1型 b) 2型

表 18.2-17 弯曲件加强肋的设计数据

尺寸 L	型式	R_1	R_2	R_3	H	M (参考)	肋槽 间距
12.70	1	6.35	9.128	4.763	3.175	18.256	38.1
19.05	1	7.938	16.272	6.747	5.159	29.369	76.2
31.75	2	8.371	21.828	8.334	6.747	38.1	88.9

c) 对于筒(桶)盖类型冲压件,沿径向增设肋槽(图18.2-34a左)不如环形肋槽(图18.2-34a右)的刚度好;四周为直边的盒形件(图18.2-34b左)的刚度要比四周为凸圆形盒形件(图18.2-34b右)的差。

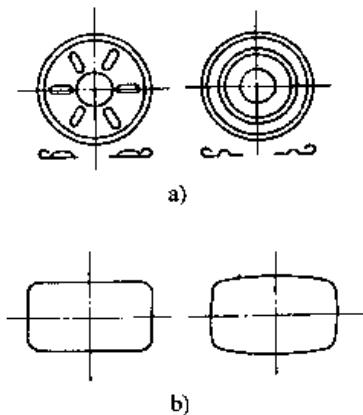


图 18.2-34 不同刚度设计

第3章 冲压用原材料

1 板料冲压性能实验方法

1.1 板料冲压性能概述

1.1.1 板料冲压性能的涵义与构成

(1) 板料冲压性能的涵义

板料冲压性能是指板料对各种冲压加工方法的适应能力。它包括加工的简便程度, 工件的质量、精度、强度、刚度, 极限变形程度、冻结性、贴模性, 模具寿命及加工能量消耗等。显然, 这些指标好, 表明板料的冲压性能高。

冲压性能之间的关系存在各种情况: 有的相互一致, 呈正相关关系; 有的相互之间互为制约, 表现出某种负相关关系; 有的相互之间互不影响, 表现为不相关关系。因此, 不能期望板料的冲压性能高, 则各种评价的指标同时都为最佳值。

由于冲压加工分为分离加工和成形加工两大类, 而此两大类工艺方法的目的要求与变形机理有根本性的不同, 因此, 板料冲压性能应该由与之对应的两类性能构成, 即板料冲压分离性能和板料冲压成形性能。

(2) 板料冲压分离性能

板料冲压分离性能是指板料对冲压分离加工的适应能力。它主要包括加工的简便程度, 工件的质量 (特别是工件断面质量)、精度、刚度与模具的寿命等。

冲压分离工序按其变形机理可分为4类: 冲裁、精冲、半精冲和整修。据此, 板料冲压分离性能也有相应的涵义和内容。

对于板料冲压分离性能 (包括综合性性能及各类性能) 研究的系统性还不及成形性能方面, 但可以认为: 尺寸精度与断面质量是板料冲压分离性能最主要的判定尺度。反映板料分离性能的一些材料特征值有: 屈服点 (σ_s)、抗拉强度 (σ_b)、屈强比 (σ_s/σ_b)、硬度 (常用 HV 和 HB)、伸长率 (δ)、断面收缩率 (ψ), 以及金属结晶组织——渗碳体及碳化物 (球化) 变形程度。

各类冲压分离加工性能, 特别是冲裁与精冲性能, 即其尺寸精度与断面质量水平及其材料因素的影响, 可参见上一章及“冲压工艺设计”篇中有关章节的内容。

(3) 板料冲压成形性能

板料冲压成形性能是指板料对冲压成形加工的适应能力。它包括的内容要比冲压分离性能的更多、更为系统。

板料冲压成形性能可分为: ①贴模性能 (Fitting Behaviour); ②成形性能 (Formability); ③冻结性能 (Shape Fixability)。

这些性能的总体, 构成所谓综合的冲压成形性能, 或者叫做广义的冲压成形性能, 如图 18.3-1 所示。当然, 不破裂是基本前提。

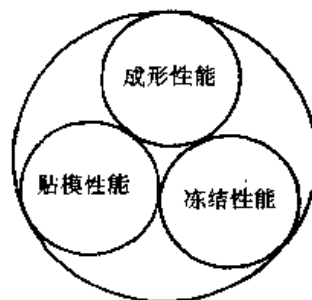


图 18.3-1 综合成形性能构成

通常, 把材料开始出现破裂时的极限变形程度作为板料冲压成形性能的判定尺度, 并用这种尺度的各种物理量作为评定冲压成形性能的材料特性 (评定参数或性能指标)。这可视为狭义的冲压成形性能。

即便是狭义的冲压成形性能, 也要依据不同的冲压成形工序来进行研究。只有针对冲压成形中各种工序的基本变形特点和具有相同应力应变特点的同一种冲压成形, 应用个别的或共同的分析方法与措施, 才能解决板料冲压性能问题。

把冲压成形的成形区域划分为三类四域的理论, 是在紧密联系板料冲压成形性能的基础上提出的。表 18.3-1 归纳了与这种冲压成形区域划分相对应的冲压成形性能的基本分类情况。这一

分类方法把冲压成形性能分为拉深性能、翻边性能、胀形性能与弯曲性能4种；而其判定尺度——破裂极限是根据材料所受到的拉应力或伸长变形超过材料相应允许值而分为 α 破裂、 β 破裂及弯曲破裂的。

表 18.3-1 冲压成形性能的分类 (1)

变形 极限因素	法兰边压 缩变形	法兰边拉 伸变形	弯曲变形
α 破裂 ^①	拉深性能	胀形性能	
β 破裂 ^②		翻边性能	
弯曲破裂 ^③			弯曲性能

- ① α 破裂——由于板料所受到拉应力超过材料抗拉强度时引起的破裂。
 - ② β 破裂——由于板料伸长变形超过局部允许的伸长率时引起的破裂。
 - ③ 弯曲破裂——由于板料弯曲变形区外层材料的拉应力过大时引起的破裂。
- 根据把冲压成形基本工序依其变形区的应力

应变特点分为拉伸类、压缩类及复合类三个基本类别理论，可以把冲压成形的分类与冲压成形性能的分类建立如表 18.3-2 所示的对应关系。这一分类方法把冲压成形性能分为拉伸类成形性能、压缩类成形性能和复合类成形性能3种；其对成形极限的判定不是仅仅对单个基本工序而言的，而是有一定程度的综合性与系统性。

1.1.2 板料冲压性能试验及材料特征值

板料冲压性能试验方法通常分为三种类型：力学试验、金属学试验（统称间接试验）和工艺试验（直接试验）。

(1) 力学试验

1) 简单拉伸试验 得到的试验值有：屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、屈强比 σ_s/σ_b 、屈服伸长率 δ_s 、均匀伸长率 δ_u 、总伸长率 δ 、均匀宽度应变 u 、断口宽度应变 ϕ 、极限变形能力 $\bar{\epsilon}$ ($\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$)、硬化指数 n 与各向异性系数 r 及 Δr 等。

简单拉伸试验获得的材料特征值对冲压成形缺陷的一般影响规律见表 18.3-3。

表 18.3-2 冲压成形性能的分类 (2)

冲压成形类别	成形性能类别	提高极限变形程度的措施
拉伸类冲压成形 (翻边、胀形等)	拉伸类成形性能 (翻边性能、胀形性能等)	1) 提高材料的塑性 2) 减少变形不均匀程度 3) 消除变形区局部硬化层和应力集中
压缩类冲压成形 (拉深、缩口等)	压缩类成形性能 (拉深性能、缩口性能等)	1) 降低变形区的变形抗力，摩擦阻力 2) 防止变形区的压缩失稳 (起皱) 3) 提高传力区的承载能力
复合类冲压成形 (弯曲、曲面零件拉深成形等)	复合类成形性能 (弯曲性能、拉深胀形性能等)	根据所述成形类别的主次，分别采取相应措施

表 18.3-3 材料特征值对冲压成形缺陷的影响

成形不良现象		材料特征值						板厚
		屈服点 σ_s	抗拉强度 σ_b	伸长率 δ_u	硬化指数 (n 值)	r 值	弹性模量 E	
破 断	α 破断 (拉深)			○	○	⊙		○
	α 破断 (胀形)		△	⊙	⊙	○		○
	β 破断 (翻边)		△	○	⊙	○	⊙	○
	弯曲破断		△	⊙	○		⊙	⊙

续表 18.3-3

成形不良现象		材料特征值						板厚
		屈服点 σ_s	抗拉强度 σ_b	伸长率 δ_u	硬化指数 (n 值)	r 值	弹性模量 E	
面 形 状	起皱(法兰边)	⊙	△		△	○		○
	起皱(壁部)	⊙	△		○	○	△	○
	面歪扭畸变	⊙	○		○	△	○	○
	其他的形状不良 (线偏移、放射状、 平面内凹等)	○	○		○		△	○
尺 寸 精 度	角度变化	⊙	△		○		△	○
	壁部翘曲	⊙	△		○		△	○
	扭曲	⊙	△		○		△	○
	棱线翘曲	⊙	△		○		△	○
	形状冻结不良	⊙	△		○	△	△	○

注：影响度：大⊙—○—△小

2) 双向拉伸试验 得到的试验值有硬化指数
许用值 n_p 值、延性 T 值及各向异性系数 r 值等。

(2) 金属学试验

金属学试验用以确定金属材料的硬度、表面
粗糙度、化学成分、结晶方位与晶粒度等。

(3) 工艺试验

工艺试验也称模拟试验。它是用模拟生产实
际中的某种冲压成形工艺的方法测量出相应的工
艺参数。例如 Swift 的拉深试验测出极限拉深比
LDR、TZP 试验测出对比拉深力的 T 值、Erich-
sen 试验测出极限胀形深度 E_r 值、K.W.I 扩孔
试验测出极限扩孔率 λ 及福井伸二的球底锥形
件拉深试验测出 CCV 值等。

1.2 板材拉伸试验

板材的拉伸试验也叫做单向拉伸试验或简单
拉伸试验。应用拉伸试验方法，可以得到许多评
定板材冲压性能的试验值，所以，在工程实际中
应用十分普遍。

由于试验目的不同，板材冲压性能评价用的
拉伸试验方法和所得到的试验值均与材料力学中
仅为评定材料强度性能的拉伸试验有所不同。

试验设备：拉力试验机（机械式或液压式），

多功能快速自动测试装置。

试件形状与尺寸：从待试验的板材上截取并
加工成如图 18.3-2 所示的试样。拉伸试样的长
度按标准（如 GB/T 228—1987）确定。试样的
宽度，根据原材料的厚度采用 10、15、20 和
30 mm 四种，宽度尺寸偏差宜大于 0.02 mm。

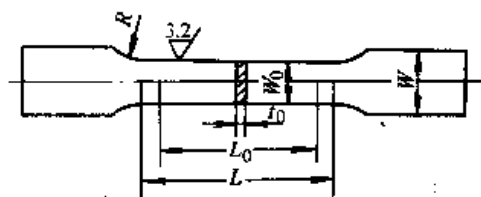


图 18.3-2 拉伸试验试样

应当指出，拉伸试样的尺寸和尺寸精度对所
得的试验结果（拉伸试验值）具有不可忽视的影
响。由于现在在做评价板材冲压性能的拉伸试验
试样尺寸的标准还不十分完善，在这项工作中应
予以充分的注意。

在拉伸试验时，利用测量装置测量拉伸力 F
与拉伸行程（试样伸长值） ΔL ，根据这些数值
可以在 F 与 ΔL 坐标系中得到拉伸力 F 随伸长
值而变化的曲线 $F-\Delta L$ 曲线，称之为拉伸曲线
（图 18.3-3）。

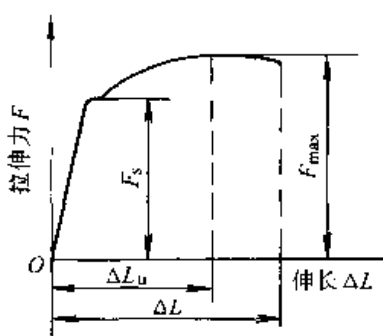


图 18.3-3 拉伸曲线

如果用拉伸试样的原始断面积 A_0 去除拉伸力 F ，即可得到拉伸过程中的名义应力 σ 。同时，把试样伸长值 ΔL 换算成相对伸长率 $\delta = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$ ，即可在 σ 与 δ 的坐标系里得到名义应力与相对伸长率表示的拉伸曲线（图 18.3-4）。

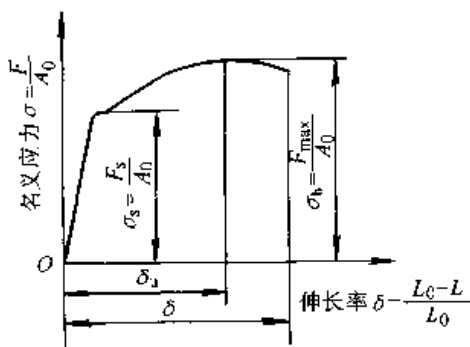


图 18.3-4 名义应力拉伸曲线

利用板材的单向拉伸试验可以得到与板材冲压性能密切相关的试验值。这里，仅对其中较为重要的拉伸试验值，分别叙述如下。

(1) 屈服点 $\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$

如果板料拉伸曲线不具有明显的屈服点（屈服平台），可以取残余应变 0.002 时的名义应力。屈服点 σ_s 一般与拉伸类成形性能成反比关系，且 σ_s 愈低其成形形状的稳定性愈高。

(2) 抗拉强度 $\sigma_b = \frac{F_{max}}{A_0}$

在拉伸过程中，当拉伸力达到最大值 F_{max} 时，试样的拉伸变形由均匀变形阶段进入局部变形阶段，称这种状态为塑性拉伸失稳。在塑性拉伸失稳时，出现缩颈。抗拉强度 σ_b 较高者其冲压成形性能较高，但冲压成形力更大。

(3) 屈强比 $\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$

一般情况下，可以认为，当屈服比较小时，板材的屈服点低，进行冲压变形的范围较大，而且在曲面零件冲压成形时，容易获得较大的拉应力，使成形的形状得以稳定（冻结），也就是减小回弹和消除松弛。屈强比 $\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$ 除了影响拉深（成形）弹复外，还与拉伸类成形极限成负相关关系。故在一定的屈服比数值范围内，其值小者更适宜拉深，其值大者更适宜于胀形。

(4) 均匀伸长率 $\delta_u = \frac{\Delta L_u}{L_0}$

均匀伸长率较大时，板材具有较大的塑性变形稳定性，不易产生局部的过大变形而导致破裂。因此，板材的均匀伸长率大，对拉伸类成形有利，在一定条件下能成正相关关系。总伸长率也有这种关系。

在拉伸试验中，试样的伸长变形达到均匀伸长率时，也即会出现缩颈，拉伸力达到最大值 F_{max} 。

(5) 硬化指数 n （亦称 n 值）

大多数金属板材的硬化规律接近于幂函数 $\sigma = K\epsilon^n$ 的关系（图 18.3-5），所以可用指数 n 表示其硬化性能。

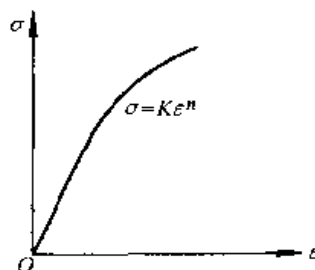


图 18.3-5 硬化曲线

n 值大的板材，在冲压成形时加工硬化剧烈，也就是说，变形抗力增加较快。因此，如果板材的 n 值大，它在冲压变形中变形区内各部分的变形程度趋于均匀，致使总体变形程度增大，对拉伸类冲压成形有利，成为其一个重要的评定参数。当然， n 值对压缩类冲压成形也有影响，抗皱折性也好。

利用拉伸试验确定 n 值的方法很多，但未形成一致同意的标准。如果测量并计算出拉伸过程中某两点的真实应力 σ 与应变 ϵ ，则可利用公式 $\sigma = K\epsilon^n$ ，计算出 n 与 K 的数值。工程上称这种方法为两点法。两点法的取值点对所得结果有

直接影响。当然，取值点必须是在均匀变形范围内，因此，通常取为 $\delta_1 = 0.05$ 和 $\delta_2 = \delta_{n_0}$ 。有直接利用两个取值点的 F 和 L 值来计算 n 值的公式，即下面所列公式、所用试件为普通拉伸试件（参见图 18.3-2）。

$$n = \log \frac{F_2 L_2}{F_1 L_1} / \log \frac{\ln(L_2/L_0)}{\ln(L_1/L_0)}$$

式中 F_2 、 L_2 ——最大载荷及拉断后试件的长度；

F_1 、 L_1 ——变形量为 10% 时的载荷值及试件的长度；

L_0 ——原始长度（试件标距）。

考虑到板材的方向性，一般按板材纤维的三个方向（顺着纤维方向为 0° 、垂直纤维方向为 90° 、与纤维成 45° 方向）制取试件，进行拉伸；最后，用此三个方向的 n 值再取平均值，即按下面公式计算其平均值。

$$n = \frac{1}{4} (n_0 + 2n_{45} + n_{90})$$

此外，还有用阶梯形拉伸试样的拉伸来计算 n 值的公式等。其中的阶梯形试件（国际深拉深协会 IDDRG 标准）如图 18.3-6 所示，进行拉伸，待试件在宽度为 W_0 处破断后，测出 W_1 、 W_2 处的应变 ϵ_1 、 ϵ_2 ，再按下式进行计算得到 n 值。

$$n = \frac{\ln(W_1/W_2) + (\epsilon_2 - \epsilon_1)}{\ln(\epsilon_2/\epsilon_1)}$$

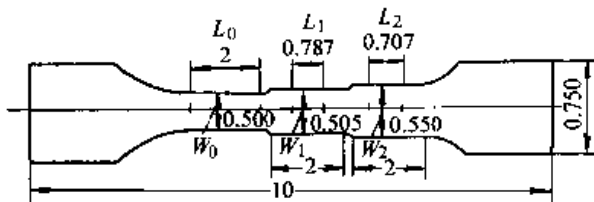


图 18.3-6 阶梯形试件

(6) 各向异性系数

板厚方向性系数定义为 $r = \frac{\epsilon_s}{\epsilon_t} = \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{\ln \frac{t}{t_0}}$ ，即

板材宽度应变与厚度应变之比，也称 r 值。在拉伸过程中板材试样的宽度由 b_0 变至 b ，厚度由 t_0 变至 t 。 r 值大时，表明板材在厚度方向上的变形比较困难，比板平面方向上的变形小，在伸长类成形中，板材的变薄量小，有利于这类冲压成形。但实验与理论分析都证明，当板料的 r 值较大时，抗皱折性好，它的拉深性能也好，板

材的极限拉深系数 m_c 更小，成为压缩类冲压成形的一个重要评定参数。

由于板材的 r 值常具有方向性，也就是说，在板平面不同方向上的 r 值常不一样。这时可以按平均值计算：

$$\bar{r} = \frac{1}{4} (r_0 + 2r_{45} + r_{90})$$

式中， r_0 、 r_{45} 与 r_{90} 分别是与板材轧制方向成 0° 、 45° 与 90° 的方向上截取的拉伸试样时测得的 r 值。

一般认为， r 值在拉伸过程中不发生变化，故可在伸长率为 10%~20% 之间测量计算。

板平面方向性系数定义为 $\Delta r = \frac{r_0 + r_{90} - 2r_{45}}{2}$ ，即板厚方向性系数在板平面不同方向的差异。板平面方向性系数 Δr 大时，板材的方向性强，结果会引起塑性变形分布的不均，造成圆筒形拉深件的厚度不均和凸耳现象严重等。因此， Δr 过大，对冲压成形不利。

应当注意，不少冲压板材的板厚方向性系数 r 愈大，其板平面方向性系数 Δr 的绝对值也愈大。 r 愈大时，其极限拉深系数 m_c 愈小；但 $|\Delta r|$ 愈大时，拉深凸耳愈严重。因此，在选择材料的 r 值时，需考虑它对拉深成形具有有利影响和不利影响的两个方面。

另外， r 值与拉伸类成形性能也有关系，也是其评定参数之一。

表 18.3-4 和表 18.3-5 分别列出了部分材料的 n 值和 r 值。

1.3 各种工艺试验方法

工艺试验也称模拟试验或直接试验。在工艺试验时，试件所受到的应力状态和所产生的变形都与真实的冲压加工工艺相同。所以，利用工艺试验不仅可以评定板材的冲压性能，而且可以得到某些冲压工艺参数，供制订冲压工艺应用。

常用的工艺试验方法如下。

1.3.1 拉深性能试验

这是为确定板材拉深性能而进行的一种工艺试验。

(1) 确定最大拉深程度法

表 18.3-4 部分板材的 n 值和 K 值

材 料	n 值	$K^{\text{②}}/\text{MPa}$	材 料	n 值	$K^{\text{②}}/\text{MPa}$
08F	0.185	708.76	T2	0.455	538.37
08Al (ZF)	0.252	553.47	H62	0.513	773.38
08Al (HF)	0.247	521.27	H68	0.435	759.12
08Al (Z)	0.233	507.73	QSn6.5-0.1	0.492	864.49
08Al (P)	0.25	613.13	Q235-B	0.236	630.27
10	0.215	583.84	SPOC ^①	0.212	569.76
20	0.166	709.06	SPCD ^①	0.249	497.63
5A02	0.164	165.64	1Cr18Ni9Ti	0.347	1 093.61
2A12 (O)	0.192	366.29	1 035 (O)	0.286	112.43

① 为日本牌号，是冷轧薄钢板。

② K 为硬化规律 $\sigma = Ke^n$ 中的系数，见图 18.3-5。

表 18.3-5 一些板材的 r 值

材 料	r_0	r_{45}	r_{90}	r	Δr
沸腾钢	1.23	0.91	1.58	1.16	0.51
脱碳沸腾钢	1.88	1.63	2.52	1.92	0.57
钛镇静钢	1.85	1.92	2.61	2.08	0.31
铝镇静钢	1.68	1.19	1.90	1.49	0.60
钛	4.00	5.49	7.05	5.51	—
铜 (O材) ^①	0.90	0.94	0.77	0.89	-0.10
铜 ($\frac{1}{2}$ H材) ^①	0.76	0.87	0.90	0.85	-0.04
铝 (O材) ^①	0.62	1.58	0.52	1.08	1.01
铝 ($\frac{1}{2}$ H材) ^①	0.41	1.12	0.81	0.87	-0.51
不锈钢	1.02	1.19	0.98	1.10	-0.19
黄铜 (O材) ^①	0.94	1.12	1.01	1.05	-0.14
黄铜 ($\frac{1}{4}$ H材) ^①	0.94	1.00	1.00	0.99	-0.03

① 日本材料，O材表示软质， $\frac{1}{2}$ H材表示 $\frac{1}{2}$ 硬， $\frac{1}{4}$ H材表示 $\frac{1}{4}$ 硬。

此方法即为 Swift 求极限拉深比的实验，也叫 Swift 拉深实验。其实验装置如图 18.3-7 所示。实验方法是用不同直径的圆形坯料，在图示的装置中进行拉深成形，取试件侧壁不致破裂时可能拉深成功的最大坯料直径 D_{0max} 与冲头直径 d_p 之比值，称为极限拉深比 (LDR)，即

$$\text{LDR} = \frac{D_{0max}}{d_p}$$

LDR 愈大，板材的拉深性能愈好。

我国习惯用极限拉深系数 m_c 表示拉深成形的极限变形程度，它是极限拉深比的倒数，故有

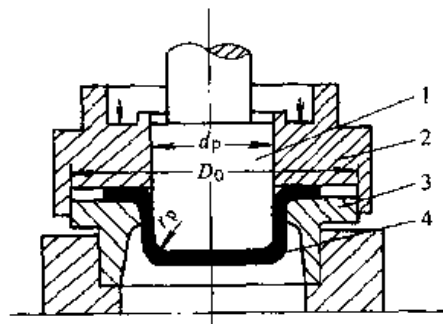


图 18.3-7 Swift 试验装置

1—冲头 2—压边圈 3—凹模 4—试件

$$m_c = \frac{1}{LDR} = \frac{d_p}{D_{0max}}$$

显然, m_c 愈小, 拉深性能愈好。

表 18.3-6 列出了 Swift 拉深实验的标准条件。

表 18.3-6 Swift 拉深试验标准

项 目	标 准	选 择
凹 模	平面型	平面型
冲 头	平 底	平 底
适用板厚 t_0 /mm	0.3~1.2	0.45~1.9
冲头直径/mm	$32_{-0.05}^0$	$50_{-0.05}^0$
冲头圆角半径/mm	$6t_0$ 标准 4.5 ± 0.1	$6t_0$ 标准 5.0 ± 0.1
凹模圆角半径/mm	$10t_0$	$10t_0$
模 具	工具钢 700 HV (60 HRC) 以上, 表面粗糙度 $Ra 0.25 \sim 0.5 \mu m$	
间 隙/mm	1.4~2.0	
压 边 力	必要的最低值 $\times (1.75 \sim 1.5)$	
拉 深 速 度	35 mm/s	
润 滑 油	矿物油 (93.3℃黏度 Redwood70~80 s) 90% + 石蜡 (含氯 35%) 10%	
试 验 值	以 0.635 mm 为单位改变毛坯外径, 不产生破裂时的最大坯料直径与冲头直径之比 (即 LDR)	

Swift 拉深试验能比较直接地反映板材的拉深成形性能。但也受试验条件 (如间隙、压边及润滑等) 的影响, 使试验结果的可靠性有所降低。它的最大缺点是需制备较多的试件、经过多次试验。

(2) 拉深力对比试验法

拉深力对比试验也叫 TZP 法。这种试验方法是由 W·Engelhardt 和 H·Gross 开发的。其试验原理是: 在一定的拉深变形程度下 (取毛坯直径 D_0 与冲头直径 d_p 的比值 $\frac{D_0}{d_p} = \frac{52}{30}$), 最大拉深力与在试验中已经成形的试件侧壁的拉断力之间的关系作为判断拉深成形性能的依据。试验过程如图 18.3-8 所示。其特点之一是可一次试验成功。当试验进行到拉深力达到峰值 F_{max} 时, 随即加大压边力, 使试件的法兰边夹紧固定, 消除以后继续变形和被拉入凹模的可能。然后, 再加大冲头的作用力直到试件侧壁被拉断, 并测出拉断时的力 F 。

图 18.3-9 示出了拉深力对比试验中力的变化曲线。

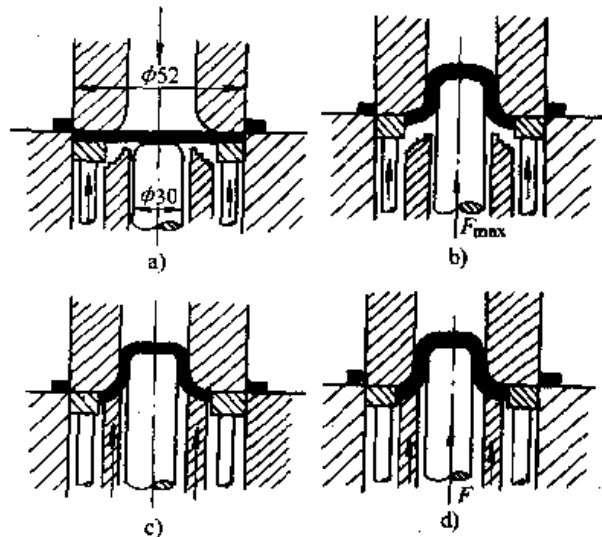


图 18.3-8 TZP 试验法

a) 落料 b) 拉深 c) 夹紧 d) 破裂

根据测到的最大拉深力 F_{max} 与试件最终被拉断的力 F , 可得到一个表示板材拉深性能的材料特性值 T , T 值按下式计算:

$$T = \frac{F - F_{max}}{F} \times 100\%$$

T 值愈大, 板材的拉深性能愈好。

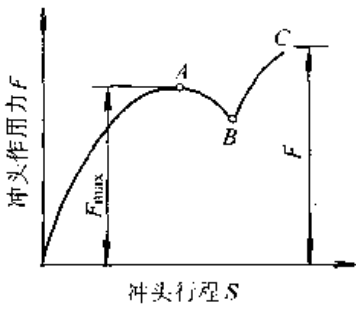
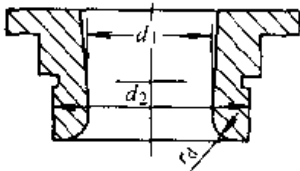


图 18.3-9 TZP 试验中力—行程曲线

TZP 法的试验工具如图 18.3-10 所示，附表还给出了其具体尺寸。



(mm)			
坯料厚度	d_1	d_2	r_d
0.5~1.5	32.4 ± 0.05	51.9 ± 0.02	4
1.5~2.0	36.5 ± 0.05	51.8 ± 0.02	4

图 18.3-10 TZP 试验中的凹模

1.3.2 胀形性能试验

胀形性能试验是历史较为悠久、操作简便、在目前仍然广泛采用的工艺试验方法，又称杯突试验或压穴试验。1914 年由德国的 A.E.Erichsen 做了专用的试验设备，所以也叫 Erichsen 试验。以后，胀形试验不断完善。现在，不仅很多国家有自己的试验标准，而且还出现了一些新的胀形试验方法。下面，介绍两种主要的胀形试验。

(1) Erichsen 胀形试验

这种胀形试验的装置如图 18.3-11 所示。试验时，先将平板坯料试件放在凹模平面上，用压边圈压住试件外圈，然后，用球形冲头将试件压入凹模。由于坯料外径比凹模孔径大很多，所以，其外环不发生切向压缩变形，而与冲头接触的试件中间部分坯料受到双向拉应力作用而实现胀形变形。

在胀形中当试件出现裂缝时冲头的压入深度称为胀形深度或 Erichsen 试验深度，简称 E_r 值。

E_r 值作为评定板材胀形成形能力的一个材料特征值。实际上，胀形是典型的拉伸类成形工序，故 E_r 值也是评定拉伸类冲压成形性能的一个材料特征值。很明显， E_r 值越大，胀形性能乃至拉伸类成形性能越好。

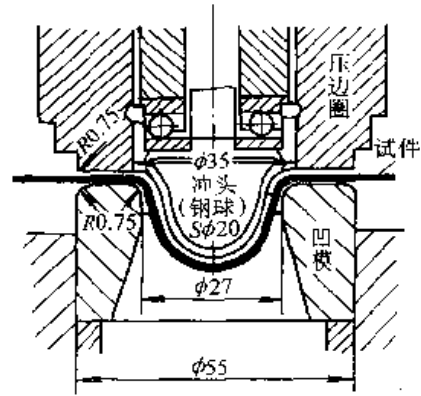


图 18.3-11 Erichsen 胀形试验装置

但是， E_r 值的影响因素很多，如板料的厚度、压边力大小、润滑条件及模具的表面粗糙度等对它都有影响。图 18.3-12 及图 18.3-13 示出了压边力及坯料外径对 E_r 值影响的一般规律。

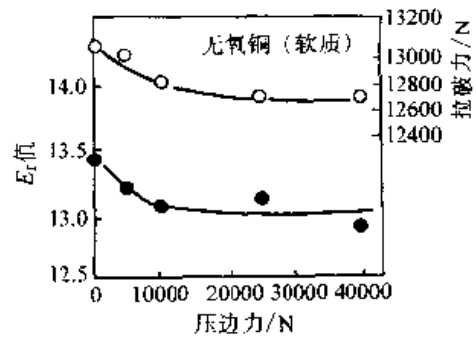


图 18.3-12 E_r 值随压边力的变化

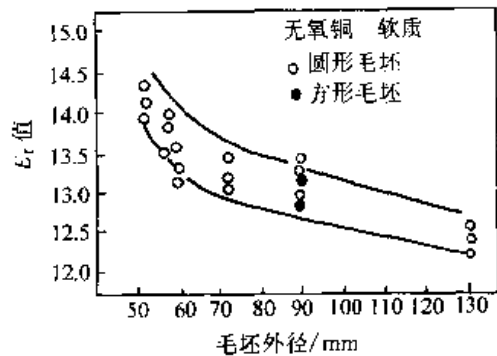


图 18.3-13 E_r 值与坯料外径

此外, 由于试验设备的不同、操作方法不同以及对裂缝判断之差异等都会影响试验的结果。

示读数。当然, 还有其他成形性能试验设备也能做胀形试验。

国产杯突试验机实现了微机控制和半自动显

表 18.3-7 列出了我国与世界上一些国家的 Erichsen 试验方法和有关标准。

表 18.3-7 ERICHSEN 试验的各种标准

标准号	GB/T 4156	JIS Z 2247	ISO-R149	DIN 50102		
适用料厚/mm	一般适用 ≤ 2 (必要时 2~4)	0.1~2.0	0.5~2.0 (有时 0.5 以下也可)	0.2~2.0	0.2~1.0	
工 具	冲头直径/mm	SR10 球形冲头	20 (钢球)	20 \pm 0.05	15 \pm 0.02	8 \pm 0.02
	凹模孔径/mm	27 \pm 0.05	27 \pm 0.05	27 \pm 0.05	21 \pm 0.02	11 \pm 0.02
	凹模圆角半径/mm	0.75 \pm 0.05	0.75 \pm 0.05	0.75 \pm 0.05	0.75 \pm 0.05	0.75 \pm 0.05
	凹模孔深/mm	未作规定	未作规定	3.0 \pm 0.1 (凹模 壁厚>20 mm)	3.0	3.0
	压边圈内径/mm	33 \pm 0.1	33	33 \pm 0.1	18 \pm 0.1	10 \pm 0.1
	压边圈外径/mm	55	55	55	55 \pm 0.1	55 \pm 0.1
	压边圈外径圆角/mm	未作规定	0.75	0.75 \pm 0.1	0.75	0.75
	硬度	冲头、凹模、压边圈 750HV 以上	凹模 600HV 以上 (55HRC 以上)	冲头、凹模、压边圈 750HV 以上	冲头、凹模、压边圈 750HV 以上	冲头、凹模、压边圈 750HV 以上
表面粗糙度	冲头球形表面应为 Ra0.05	凹模 0.3 s 左右 抛光	冲头、凹模、压边圈磨光	冲头、凹模、压边圈磨光	冲头、凹模、压边圈磨光	
	凹模及压边圈工作表面应为 Ra0.2	压边圈: 3 s 左右 磨削光				
试 验 方 法	试件	试件宽度或边长为 70~90 mm, 另外还规定了其他 4 种类型	90 \pm 2 的条料: 方料或圆料, 不得已时用 70 \pm 2	从变形中心到试件边缘最短为 45 mm	宽度为 55~90、长度最小为 20 mm 的条料	宽度为 30~55、长度最小为 20 mm 的条料
	试验温度	(20 \pm 10) $^{\circ}$ C (必要时可变动但需注明)	—	记录试验	18~28 $^{\circ}$ C (不符合时注明)	18~28 $^{\circ}$ C (不符合时注明)
	润滑剂	无腐蚀性润滑油	凡士林	石墨	石墨	石墨
	压边方法	压边圈夹紧后旋回 夹模 0.05 mm	压边间隙: 料厚 +0.05 mm	10 kN 压边力	10 kN 压边力	10 kN 压边力
	试验速度	5~20 mm/min, 破裂前应接近下限	0.1 mm/s	5~20 mm/min, 最后取下限	5~20 mm/min, 最后取下限	5~20 mm/min, 最后取下限
	试件厚度测定	未规定	未规定	测到 0.01 mm	测到 0.01 mm	测到 0.01 mm
试验终止	试件开始产生裂纹	试件有一处产生 破裂	试件裂开透光时	试件裂开透光时	试件裂开透光时	

(2) 瑞典式纯胀形试验

在 Erichsen 胀形试验条件下，试件法兰边或多或少总会有某种变形，即法兰边金属会有少许流向凹模内。于是，中间部分材料的胀形成分就不十分纯。为此，在瑞典提出了一种纯胀形试验方法，如图 18.3-14 所示，在凹模与压边圈相应位置上设置了三角形肋槽，以阻止法兰部分材料流入凹模，使球形冲头下面所对材料产生纯胀形变形。

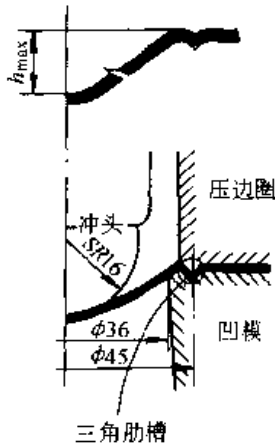


图 18.3-14 瑞典式纯胀形试验法

和 Erichsen 试验相对应，纯胀形试验结果得到最大胀形深度 h_{max} 。显然 h_{max} 越大，表明板材的胀形性能越好。

但是，这种工艺试验方法尚未普及。其原因是各种因素仍然会对试验结果产生影响，它不能从根本上取代 Erichsen 胀形试验。

1.3.3 翻边性能试验

翻边与胀形一样，都是拉伸类冲压成形中的最基本工序。作为翻边性能的工艺试验方法，目前，主要采用的是扩孔试验。下面介绍两种扩孔试验。

(1) K.W.I 扩孔试验

K.W.I 扩孔试验是由德国的 KWI 研究所首先提出，故名。试验方法是用有预加工小孔（小孔直径规定为扩孔冲头直径的 30%）的平板坯料进行扩孔，至孔口边缘因孔径扩大而出现裂缝时止。用极限扩孔率 λ 值作为鉴定板材翻边性能的材料特征值（参见图 18.3-15）。

极限扩孔率 λ 值按下式计算：

$$\lambda = \frac{d_t - d_0}{d_0} \times 100\%$$

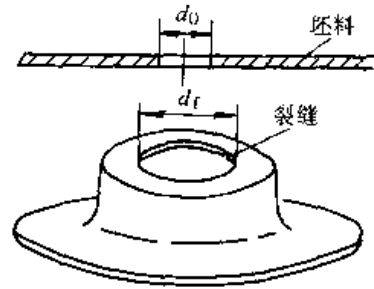


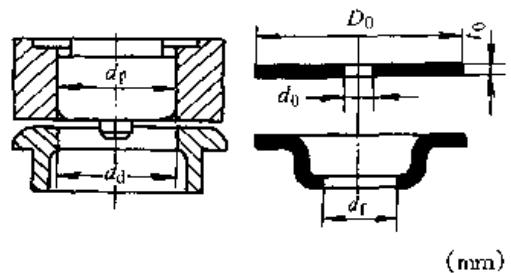
图 18.3-15 扩孔试验

图中 d_t ——开始出现裂缝时的孔口直径；
 d_0 ——预加工小孔孔径。

显然， λ 值愈大，板材的翻边性能愈好。

当材料因具有各向异性、扩大的孔变成非圆形状时，需测出孔径的最大值与最小值，然后再用其平均值进行计算。

K.W.I 试验装置及有关尺寸见图 18.3-16 及其附表。



冲头直径 d_p	预加工小孔孔径 d_0	凹模孔径 d_d	坯料直径 D_0	坯料厚度 t_0
55	16.5	61	>90	>2
40	12.0	44	>70	<2
25	7.5	27	<70	0.2~0.1
12	4.0	14	>25	0.2~0.1

图 18.3-16 K.W.I 扩孔试验装置及尺寸

(2) 福井、吉田扩孔试验

鉴于板材冲压成形性能的不不断提高，在标准的 K.W.I 扩孔试验装置上进行扩孔试验，某些塑性很高的板料，在孔口边缘可能不产生裂缝。因此，为了加大各种板材的试验差值，提高试验精度，日本的福井伸二、吉田清太提出了另一种型式的扩孔试验——利用球形冲头的扩孔试验。

球形冲头扩孔试验装置与尺寸规定见图

18.3-17, 其中, 预加工小孔孔径取为冲头直径的20%~25%。为了减小试验误差, 规定该小孔须经铰孔或其他切削加工。

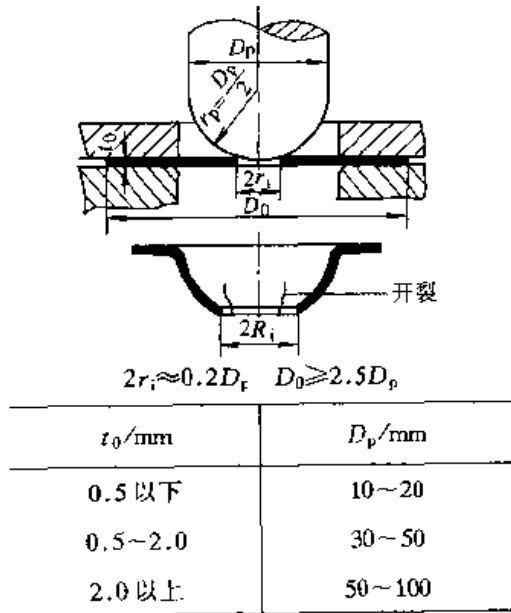


图 18.3-17 球形冲头扩孔试验装置及尺寸

该试验的结果, 依然用极限扩孔率 λ 来表示, 即

$$\lambda = \frac{R_1 - r_1}{r_1} \times 100\%$$

式中 R_1 —— 开始出现裂纹时的孔口半径;
 r_1 —— 预加工小孔半径。

其评价意义也是 λ 值愈大, 板材的翻边性能愈好。

1.3.4 弯曲性能试验

弯曲性能中, 成形极限当然是其主要内容, 但成形精度问题 (包括尺寸与形状) 较之其他成形工序要更为突出和重要。所以, 关于弯曲性能的试验方法也比较多。下面, 仅介绍最小弯曲半径试验与反复弯曲试验。

(1) 最小弯曲半径试验

最小弯曲半径是板料弯曲性能的主要评定尺度, 一般用相对于板料厚度 t 的比值表示, 即 r_{\min}/t 。此比值愈小, 表明板材的弯曲性能愈好。实际上, 几种弯曲试验方法均是测出弯曲外表面不致产生破坏的最小弯曲半径。

1) 压弯法 如图 18.3-18a 所示, 试件置于两个支柱上, 用规定的压板逐渐加大压力进行压弯。支柱与试件接触面应光滑。支柱为圆柱面且半径大于 10 mm, 两支柱之间的内距离是

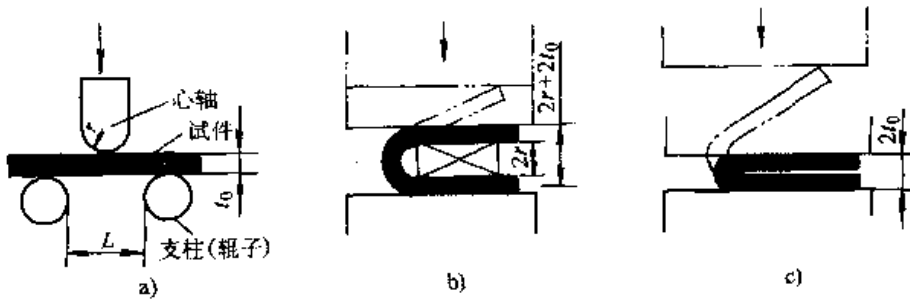


图 18.3-18 压弯试验法

a) 基本压弯法 b) 180°压弯 c) 贴合压弯法

$$L = 2r + 3t_0$$

假如包括心轴的压板能与试件一起穿过两支柱之间, 则能进行到 180°的弯曲, 即板料弯成两侧平行。

也可按图 18.3-18b 所示的方法进行 180°弯曲, 它是用厚度为两倍于弯曲半径的垫板使两侧压弯成平行的。

贴合弯曲时, 如图 18.3-18c 所示, 取消 180°弯曲中的垫板, 逐渐加压, 使试件两侧压靠。

2) 卷弯法 卷弯法是将试件的一边固定, 在另一边规定的位置上施加压力, 使之逐渐弯曲。弯曲半径由心轴控制, 见图 18.3-19a; 或由模板控制, 见图 18.3-19b。

3) 模弯法 用弯曲模在冲床或液压机上进行弯曲试验, 不仅可以测出最小弯曲半径, 而且可以测出弯曲力及弯曲弹复值等实用数据。

已颁布的金属弯曲试验标准为 GB/T 232—1999。

(2) 反复弯曲试验

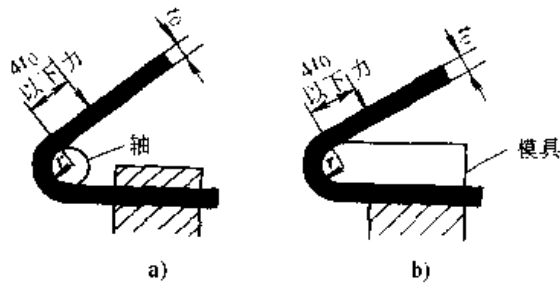


图 18.3-19 卷弯试验法
a) 用轴卷弯 b) 用模块卷弯

这一弯曲性能试验方法，是将金属板料夹紧在专用试验设备的钳口内，左右反复折弯 90°，直至弯裂为止。折弯的弯曲半径 r 愈小、弯曲次数愈多，表明板料的弯曲性能愈好。

反复弯曲试验主要适用于鉴定厚度 $t \leq 5 \text{ mm}$ 板料的弯曲性能。

反复弯曲试验装置及试验方法如图 18.3-20 所示，详见国标 GB/T 235—1999 的规定。

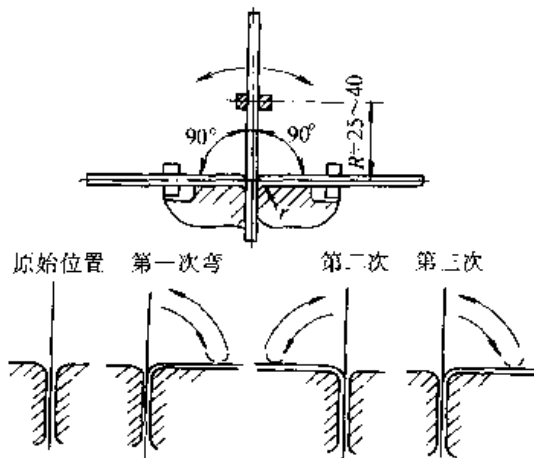


图 18.3-20 反复弯曲试验

1.3.5 球底锥形件拉深试验

判断板材对于球面形状零件的拉深成形及一些大型覆盖件的加工成形的适应能力，可以采用一种模拟这种变形特点的试验方法，即球底锥形件的拉深试验法。

球底锥形件拉深试验方法，是由福井伸二提出的，所以也称福井试验，日本于 1963 年已把它作为一种标准。

这种试验方法的装置如图 18.3-21 所示。用球形冲头和锥角 θ 为 60° 的凹模，在不用压边的条件下进行拉深成形，并取冲头直径 d_p 与试件

外径 D_0 的比值为 $\frac{d_p}{D_0} = 0.35$ 。当拉深试件出现破裂时，取出试件测量其口部直径，称此值为 CCV 值。

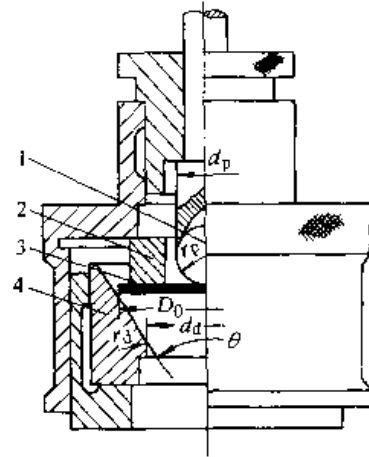


图 18.3-21 球底锥形件拉深试验装置
1—球冲头 2—压料板 3—试件 4—凹模

$$CCV = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}$$

或
$$CCV = \frac{D_0 + D_{90} + 2D_{45}}{4}$$

式中 D_{\max} 与 D_{\min} ——拉深试件破裂时口部的最大直径与最小直径（图 18.3-22）；

D_0 、 D_{90} 与 D_{45} ——板材的轧制方向（纵向）、横向与 45° 方向处口部直径。

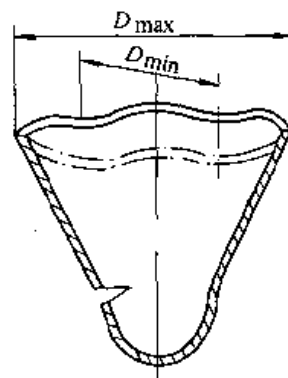


图 18.3-22 破裂后的球底锥形件

表 18.3-8 列出了该试验装置的标准，根据板料厚度分为 4 种型式。

试验结果，CCV 值越小，即试件破裂时口部直径越小，反映板材可能产生的变形越大，也就表明板材的复合成形的冲压性能越好。

表 18.3-8 球底锥形件拉深试验装置的尺寸 (图 18.3-21)

模具类型	13 型	17 型	21 型	27 型
公称板厚/mm	0.5~0.8	0.8~1.0	1.0~1.3	1.3~1.6
凹模开口角度 δ	60°			
凹模孔直径 d_d /mm	14.60	19.95	24.40	32.00
凹模圆角半径 r_d /mm	3.0	4.0	6.0	8.0
冲头直径 d_p /mm	12.70	17.46	20.64	26.99
钢球半径 r_p /mm	0.5 d_p			
试件直径 D_0 /mm	36	50	60	78

在 Swift 拉深试验中,有时用球形冲头代替平底冲头,所得的结果也是一种复合类成形性能的材料特征值。故在进行 Swift 拉深试验及测量 LDR 时,应加以区分这两种不同条件下的试验结果: LDR (平冲头)——反映拉深成形性能, LDR (球冲头)——反映复合成形性能。

1.3.6 硬度试验

由于金属材料硬度的测定比其他试验方法简便,故硬度试验在板材的冲压加工中也有应用。

物体硬度的基本含意是当其他物体压入时,对于这种压入变形的抵抗程度。因而,硬度与金属的塑性变形密切相关。有些塑性加工特性(如压缩加工的特性等)与材料硬度的关系更为密切。虽然硬度值与板料冲压性能的直接关系尚不十分明确,但是在生产中也常利用其间的某种间接关系来处理一些问题。

硬度试验方法与硬度值有很多种,可适用于金属板料的主要有维氏硬度 (HV)、布氏硬度 (HB) 及洛氏硬度 (HRB) 等。

表 18.3-9 为部分板料的维氏硬度值;表 18.3-10 为冲压板料中常用到的三种硬度值的换算举例。

表 18.3-9 常用板料硬度

板料	维氏硬度 HV	板料	维氏硬度 HV
纯铝 (软)	10~50	SPCEN	100~110
(半硬)	40~65	不锈钢	160~210
镀锌钢板	100~105	紫铜	100~115
08F	125~135	黄铜	90~100
SPCC	90~110	贝氏体钢板	450~480
SPCD	100~105		

注:此表为板厚 1.0~1.5 的部分材料的试验值。

表 18.3-10 硬度换算例

材 料	HV	HBS	HRB
黄 铜	98	86	54
不 锈 钢	208	95	209
08F	134	118	73.5

1.3.7 成形极限图试验

成形极限图 (FLD) 或成形极限曲线 (FLC) 是板料冲压成形性能发展过程中的较新成果。它的主要特点是,不仅提供相应变形条件、变形程度下板材的成形极限,而且提供改变原设计中成形极限(或降低或提高)的工艺方向。图 18.3-23 中示出了降低成形极限的多种工艺方向。

成形极限图的试验方法:

- 1) 在试验用坯料上制备好坐标网格;
- 2) 以一定的加载方式使坯料产生胀形变形,测出试件破裂或失稳时的应变 ϵ_x 、 ϵ_y (长、短轴方向);
- 3) 改变坯料尺寸或加载条件(包括润滑方法等),重复 2) 项试验,测得另一种状态下的 ϵ_x 、 ϵ_y ;
- 4) 取得一定量的数据后,在平面坐标图上描绘出各试验点,然后圆滑连线,作出成形极限图 FLD。

成形极限曲线将整个图形分成如图 18.3-23 所示的三部分:安全区、破裂区及临界区。临界区的下限线为板材表面粗糙极限,上限线为破裂极限。成形极限图的概念是先由 Keeler 于 1963 年提出图的拉压部分,后由 Goodwin 又补充了图的拉拉部分。

1.3.8 拉皱试验

拉皱试验是吉田清太提出的,故亦称为 YBT

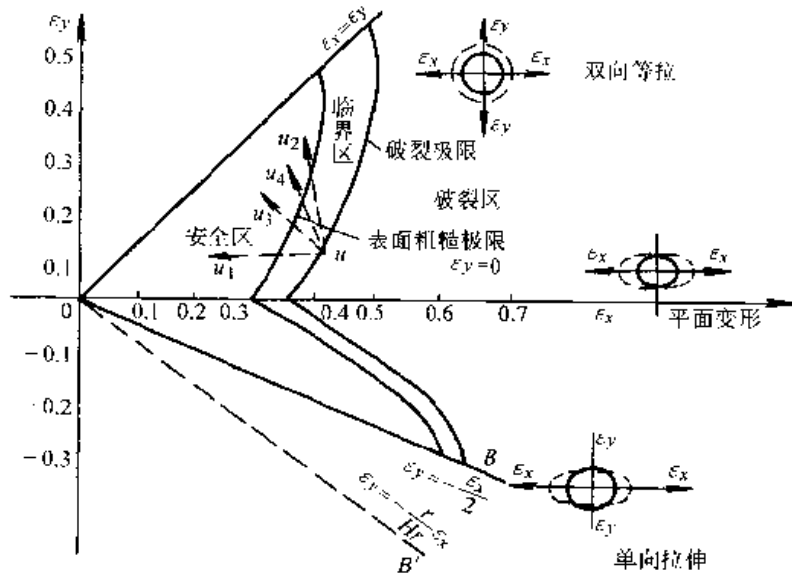


图 18.3-23 成形极限图及其用法

试验。它是沿方形或三角形坯料的对角线方向进行拉伸，测取拉伸过程中坯料起皱高度，用以反映不均匀拉力条件下成形大尺寸零件（汽车覆盖件等）时板料的冲压成形性能。试件的规格尺寸如图 18.3-24 所示。

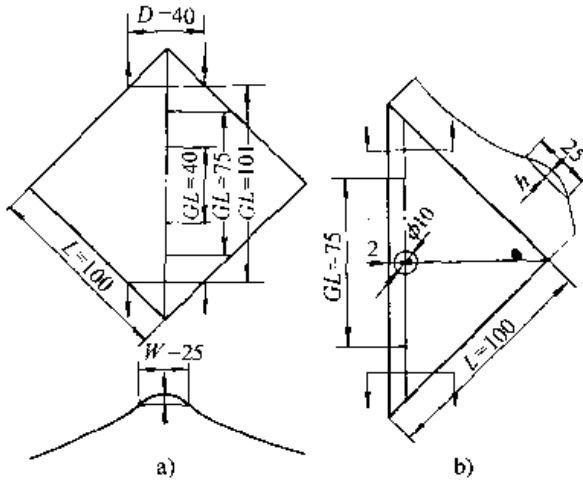


图 18.3-24 拉皱试验试件

a) 方形试件 b) 三角形试件

拉皱试验的试验过程（参见图 18.3-25）是：

1) 试件拉伸到 $\lambda_{75} = 1\%$ 或 $\lambda_{101} = 2\%$ 时，测其载荷作用下的起皱高度 h_1 ；

2) 卸载，再测起皱高度 h_2 ，则 $\Delta h = h_1 - h_2$ 是由弹复而减少的起皱高度；

3) 将已拉伸且起皱的试件压缩到一定高度数值（以工具两平面间的恒定间隙为准），然后卸载，测出其高度 h_3 ；

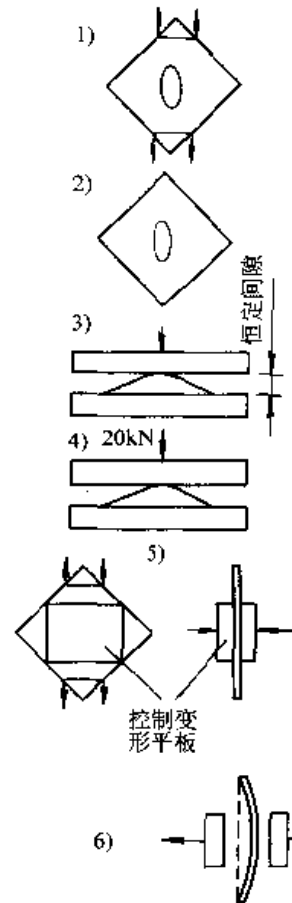


图 18.3-25 拉皱试验的试验过程

4) 再行压缩至压缩力达到一定数值（20 kN）时，卸载测出 h_4 ，则

$\Delta h' = h_2 - h_3$ 为起皱高度压缩后的减少量；

$\Delta h^* = h_3 - h_4$ 为载荷对起皱高度减少量的影响值;

5) 在专用的两平板间作类似过程 1) 的拉伸, 变形到 $\lambda_{75} = 1\%$;

6) 解除载荷及平板约束, 然后测量出残余应力下的起皱高度 h_5 (起皱宽度 $W = 25$ 时)、 h_6 (起皱宽度 $W = 50$ 时)。

拉皱试验可以用于研究、预测复杂形状大型零件在冲压成形时由于承受不均匀拉应力而产生的起皱缺陷、贴模问题及形状冻结性问题等。

拉皱试验中影响起皱发生、发展及弹复的因素主要是材料的特征值 σ_s 、 E 、 r 值及 n 值, 复合参数 r/σ_s 也与起皱高度有某种关系。

拉皱试验在世界各国引起了广泛重视, 认为有理论意义及实用价值。但目前尚未形成标准, 且有关 YBT 的特征参数及它与实际成形性能的关系还有待更深入的研究。

2 常用板料的冲压性能及规格

2.1 常用板料的冲压性能

2.1.1 薄钢板

按现行国家标准规定钢板分为薄板和厚板两

种: 凡厚度 $t \leq 4$ mm 的钢板称之为薄板, 其余为厚板。但冲压加工行业中的所谓薄板, 有其行业习惯的厚薄数量概念, 不完全相同于此 4 mm 的定量界线。板料冲压加工中使用最广泛的材料是轧制薄钢板, 分热轧板和冷轧板。其钢的类别 (及牌号) 主要包括碳素结构钢 (Q195、Q235、……)、优质碳素钢 (08F、08Al、10、……)、碳素工具钢 (T7、T8……)、低合金高强度钢 (16Mn、19Mn……) 及电工钢 (D11、D21、……) 等。其中, 前两类使用数量更多。当然, 使用从日、韩、德国及瑞典等国进口的薄板比例也不小 (包括 SPCC、SPCD 等牌号)。

钢是一种铁和碳的合金, 且含有少量的锰、硅、磷、硫以及铝等元素。这些元素对钢板的冲压性能有不同的影响, 有的有利、有的有害; 有起改善作用的地方、也有起变坏作用的地方。表 18.3-11 列举了钢中所含元素碳 (C)、锰 (Mn)、硅 (Si)、磷 (P)、硫 (S) 以及铝 (Al) 对 08 钢冲压性能的影响。

冲压用薄钢板中, 铁素体晶粒最理想的晶粒度是 6 级; 晶粒形状中“饼形”晶粒好于等轴晶粒板的冲压性能。

表 18.3-11 主要元素对 08 钢冲压性能的影响

元素	对冲压性能的影响
C	增加碳化铁的数量, 提高钢板的屈服强度与抗拉强度, 降低塑性, 特别是当 Fe_3C 出现于晶界时, 对冲压性能的不利影响更大
Si	硅溶于铁素体中, 强化铁素体的作用很大, 增加强度, 降低塑性, 故含硅量越低越好, 08 钢中硅的质量分数 $\leq 0.03\%$
Mn	锰的直接影响不大, 锰和硫形成 MnS 夹杂物, 其数量和形态对冲压性能有影响, 为了保证 08 钢的拉深性能, 其锰的质量分数不应超过 0.35%
P	磷显著地增高钢板的强度, 增加脆性, 并有偏析倾向, 会形成较多的带状组织, 对冲压性能不利
S	硫形成硫化物, 对板料的冲压性能无疑是有害的, 它是影响最大的一种元素
Al	铝是钢中最终脱氧剂, 与碳形成碳化铝, 显著地降低“应变时效”倾向, 容易获得“饼形”铁素体晶粒, 能改善冲压性能。08 钢中铝的质量分数一般为 $0.02\% \sim 0.07\%$, 最佳值为 $0.03\% \sim 0.05\%$

在炼钢时充分进行沸腾的钢称沸腾钢。沸腾钢外侧杂质含量较少，由沸腾钢轧制成的钢板叫沸腾钢板，其表面形状良好。在炼钢时添加铝、硅等元素进行充分脱氧，得到偏析甚少而质量均匀的钢叫镇静钢。镇静钢板虽比沸腾钢板要较均质，但钢板的表面形状较差。介于两者之间的半沸腾钢，其钢板称之为半沸腾钢板。

钢板的屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 以及屈强比对冲压性能均有影响（参见上一节内容），故在有关国标中对各种钢板的强度指标及塑性指标都作了规定，包括深冲冷轧钢板的屈强比（ σ_s/σ_b ）。

各种钢板的硬化指数 n 值普遍在 0.1~0.25 范围中。它受冶炼轧制因素影响，如钢的铁素体

中固有添加元素的存在常使 n 值变小，晶粒度和晶粒方位的不同也有不同的影响等。钢板的各向异性系数 r 值一般在 0.5~2.0 范围内， r 值的大小主要受金属结晶方位的影响，也受轧制方法的影响，通常是冷轧钢板的 r 值比热轧板的要较大些。

图 18.3-26a 示出了 n 值与极限胀形深度关系的实验结果，图 18.3-26b 示出了 r 值与极限拉深比关系的实验结果。从图中可以看出，它们之间均有正比或正相关关系。由此可见， n 值是胀形、翻边等拉伸类冲压成形性能的最主要判定基准； r 值是拉深等压缩类冲压成形性能的最主要判定基准。而在胀形与拉深的复合类冲压成形中，须同时考虑 n 值和 r 值的影响。

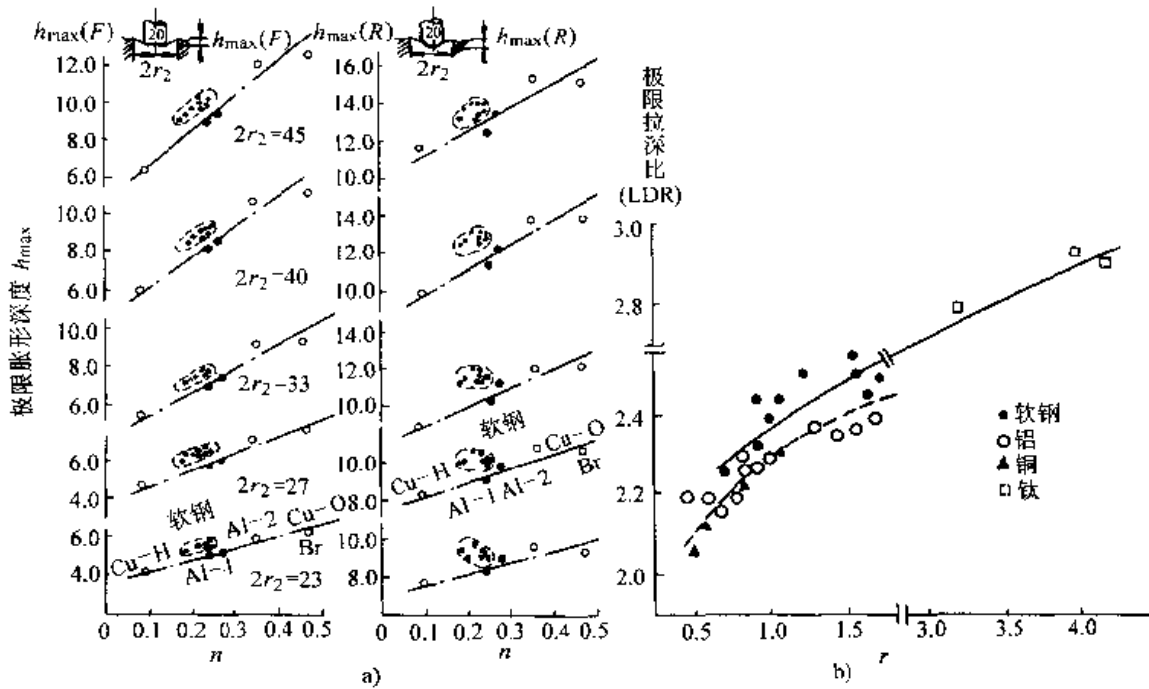


图 18.3-26 n 、 r 与冲压性能的关系

图 18.3-27 给出了 JIS 中不同种类钢板的加

相应减小，板材的成形极限得以提高。图 18.3-29 是翻边试验的结果，从图 18.3-29 中还可看

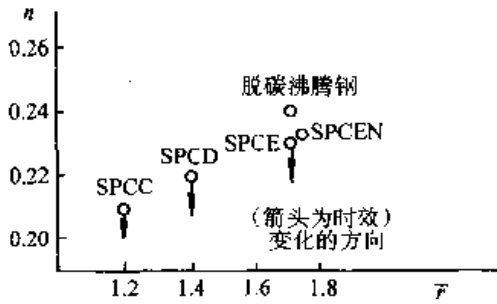


图 18.3-27 JIS标准中 n 值、 r 值的水平

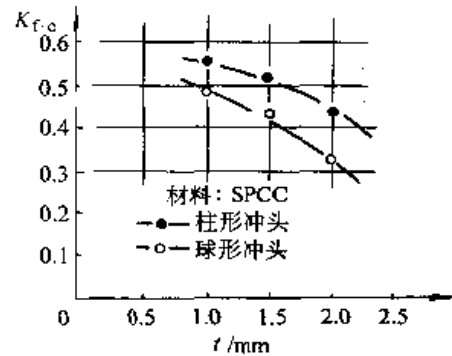


图 18.3-29 板厚与极限翻边系数 (K_{rc}) 的关系

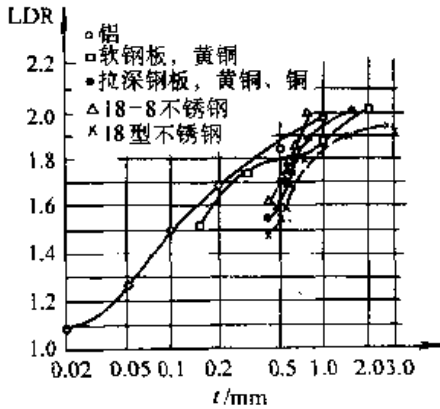


图 18.3-28 板厚与极限拉深比 (LDR) 的关系

2.1.2 不锈钢板

不锈钢按其含铬和镍元素的份量可以分为两类：铬钢和铬镍基钢。按其结晶组织的不同又可分为奥氏体钢、马氏体钢、铁素体钢、奥氏体—铁素体钢和析出硬化型钢。铬钢、铁素体型不锈钢的代表性牌号为 0Cr13、1Cr17、……，铬镍基钢、奥氏体型不锈钢的代表性牌号为 0Cr18Ni9Ti、1Cr18Ni9Ti……；相对应日本钢号为 SUS430 和 SUS304。

表 18.3-12 碳素钢及合金钢的冲压性能

钢种	极限拉深比 LDR	极限翻边系数 K_{rc}	胀形深度 h/d		最小弯曲半径 r_{min}
			平冲头	球冲头	
碳素钢	1.85~2.15	0.77~0.65	0.28~0.38	0.45~0.60	$(0.3\sim1.0)t$
合金钢	1.85~2.06	0.77~0.70	0.24~0.34	0.40~0.55	$(0.5\sim1.5)t$

各类不锈钢的胀形性能不同，且受硬化指数 n 值的影响很大。图 18.3-30 示出了奥氏体型不锈钢与铁素体型不锈钢的杯突试验值 E_r 及 n 值。

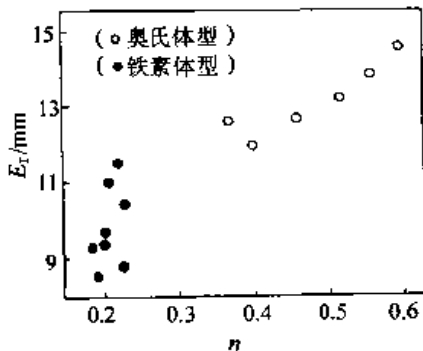


图 18.3-30 不锈钢的 E_r 值及 n 值的影响

不锈钢的强度和硬度比普通软钢高，因此，其冲压加工力比较大。其中，铬钢不锈钢的冲压加工力一般达到软钢的 1.4~1.6 倍。铬钢的各向异性系数 r 值比软钢小，它们属于铁素体型钢或马氏体型钢，是在软钢中添加了 12% 以上的铬。

而铬镍基钢的冲压力为软钢的 1.8 倍左右，其 n 值比软钢大。铬镍基钢是一种奥氏体型钢或奥氏体—铁素体型钢，它们是在钢中添加了一定量的铬和 8% 以上的镍。

不锈钢的表面很光洁，在冲压加工中容易划伤。而不锈钢零件冲压成形后都不再涂饰，因此，表面划伤是不锈钢零件冲压加工中的一个特别突出的问题。对于这个问题采取的有效措施是

采用聚氯乙烯涂层钢板，即在不锈钢板上铺上聚氯乙烯薄膜，用以保护不锈钢的表面，防止划伤。这种涂层板，在拉深时也能减少摩擦，提高

拉深性能。

表 18.3-13 列出了不锈钢冲压性能部分数据。

表 18.3-13 不锈钢的冲压性能数据

钢种	极限拉深比 LDR	极限翻边系数 K_{fc}	胀形深度 h/d		最小弯曲半径 r_{min}
			平冲头	球冲头	
铬钢	1.8~2.0	0.66~0.59	0.22~0.30	0.40~0.55	$(1.0\sim2.0)t$
镍铬基钢	2.0~2.16	0.61~0.57	0.28~0.34	0.45~0.68	$(0.3\sim1.2)t$

不锈钢的晶粒度对 LDR 及 CCV 值有十分明显的影响：

图 18.3-31 是对 18-8 型不锈钢的晶粒大小与专门试验法得到的极限拉深比 LDR 关系的研究结果。从图中明显看出，晶粒愈大，其极限拉深比愈大。

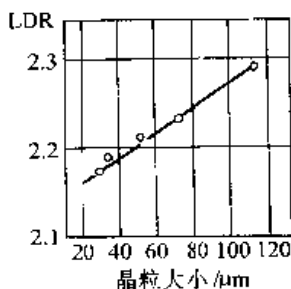


图 18.3-31 不锈钢晶粒与极限拉深比 (LDR) 的关系

图 18.3-32 示出了晶粒大小对球底锥形件拉深试验值 (CCV 值) 的影响。从图中可以看出，在一定的晶粒大小范围内，18-8 型不锈钢与汽车钢板、7/3 黄铜板相比，其 CCV 值随着晶粒增大而呈明显剧烈下降趋势。

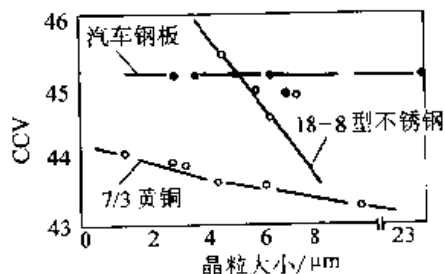


图 18.3-32 晶粒大小与 CCV 值的关系

因为 CCV 值愈小以及 LDR 愈大，都表明冲压成形极限愈高，所以，在一定范围内，晶粒较大的不锈钢板的冲压性能是优越的。

经大变形或复杂变形的不锈钢冲压件，其残

余应力较大，导致存放期可能会产生时效开裂，故一般要求成形后的零件应及时进行消除内应力的热处理。

2.1.3 铝及其合金板

铝材是板料冲压加工中用得最普遍的一种非铁金属。它有纯铝与合金铝之分。铝的纯度在 98% 以上者称为纯铝，其牌号有 1070A、1060、1050A、1035、1200 等。

铝的特点是塑性较高，在空气中具有良好的抗蚀性。但是，纯铝的强度很低，常通过合金化及热处理或加工硬化等方法予以提高。应当注意，变形铝合金中，有的则不能用热处理来增加强度。

表 18.3-14 介绍了铝合金的冲压成形性能的实验数据。冲压加工中用得更多的铝合金板有防锈铝 (5A03、5B05) 及硬铝 (2A11、2A12 等)。

从表 18.4-3 中数据可以看出，软质态铝合金板与软钢板在拉深、翻边、胀形和弯曲性能方面大致相同。

一般地讲，铝合金的加工硬化指数 n 比纯铝大，其强度指标当然也较大。所以，铝合金的冲压力比纯铝大，而在形状稳定性方面，前者又比后者较差。

应当指出，在用 n 值、 r 值分别评价板材的冲压成形性能中，铝材有时会出现与钢板规律性不同的特殊情况。

2.1.4 铜及其合金板

铜及其合金也是冲压加工中应用较多的非铁金属。铜的纯度在 99% 以上者为纯铜 (旧称紫铜)，其牌号有 T1~T3 等；其余纯度者为铜合金。常用的铜合金有黄铜 (其牌号有 H68、H62 等) 和青铜 (其牌号有 QSn4-4-2.5、QBe2 等)。

表 18.3-14 铝合金板的冲压性能实验数据

材料状态	极限拉深比 LDR	极限翻边系数 $K_{f.c}$	胀形深度 h/d		最小弯曲半径 r_{min}
			平冲头	球冲头	
软质	1.9~2.1	0.74~0.63	0.10~0.18	0.30~0.46	$(0.5\sim1.2)t$
$\frac{1}{4}$ 硬	1.4~2.0	0.87~0.67	0.06~0.25	0.12~0.40	$(1.0\sim5.0)t$
硬质	1.45~1.56	0.80~0.74	0.05~0.10	0.10~0.18	$(2.0\sim3.0)t$
淬火后自然时效	1.4~1.5	0.83~0.77	—	—	$(2.5\sim3.5)t$

在冲压成形中,铜板的冲压性能试验值大致为:

极限拉深比 $LDR = 1.8\sim1.9$

极限翻边系数 $K_{f.c} = 0.69\sim0.63$

极限胀形深度 $h/d = 0.25\sim0.35$ (平冲头)

$h/d = 0.35\sim0.50$ (球冲头)

最小弯曲半径 $r_{min} = (0.3\sim0.5)t$ (t —料厚)

纯铜的抗压缩失稳能力较差,其拉深性能较差。例如:上述铜材的 LDR 数值,对于纯铜一定要在压边圈作用等条件下才能获得;有的纯铜在标准的球底锥形件拉深试验中,因起皱严重而测不出 OCV 值的情况也时有发生。

一般情况下,青铜的冲压成形性能较差,而且,加工硬化也较为剧烈,往往需要经过中间退火才能继续经受变形。因此,青铜相对较少用于冲压成形加工。

黄铜的冲压成形性能特别是拉深性能与晶粒尺寸有密切关系,可按表 18.3-15 适当选择黄铜板的晶粒度。

表 18.3-15 黄铜的晶粒度与用途

晶粒大小 μm	拉深场合
15	很浅的拉深
25	浅拉深件
35	深拉深且表面光洁件
50	一般深拉深
100	复杂的深拉深件

对于铜材冲压成形性能的鉴定,拉伸试验和 Erichsen 试验特别有效。作为材料特征值, σ_b 、

δ 和 n 值更为重要, r 值也有较广泛的应用。研究表明, n 值与晶粒度密切相关,故也有用晶粒度来鉴定其冲压成形性能的,这是铜材的独特之处。黄铜的晶粒度在 $15\mu m$ 与 $100\mu m$ 之间变化(见表 18.3-15),其间相应的 n 值为 $0.05\sim0.5$,而 r 值基本上在 0.9 左右变化。

此外,黄铜拉深件常会发生时效开裂,为此,也需要有后续的消除内应力的退火。

2.1.5 钛及其合金板

钛在室温下的金属结构是一种密集六方晶格,在转变温度直到熔点范围之内则为体心立方晶格。钛的抗蚀性高,能耐大气、海水及许多强烈化学试剂的侵蚀。

钛板的 r 值非常高,拉深性能优良。曾经有人用纯钛板在室温下拉深出极限拉深系数为 0.36 的筒形零件。但钛板的弯曲性能差。钛板成形所需的变形力相当大。

钛在航空、航天工业中的应用较多。比如,在波音 707~747 运输机中,钛及其合金零件占整机重量的 $0.5\%\sim5.5\%$,在有的战斗机里占到 20% 。钛板在一般机电、日用产品中用得很少。

另一方面,钛板冲压件的冻结性差、回弹现象严重,模具较易磨损,工件表面出现粗糙和划伤也比其他金属更为明显。

以上特点是由于钛的物理性能不同于钢和其它非铁金属,其性能比较见表 18.3-16。

钛有纯钛(含 Ti99%以上)和合金钛之分。冲压加工中主要用钛合金。国产钛板的典型牌号为 TA1、TA2、TA3、TA5、TA6、TA7、TB2、TC1、TC2、TC3、TC10 等。

钛合金板冲压加工性能的特点为:

表 18.3-16 钛与一些金属物理性能比较

物理性能	钛	碳钢	不锈钢	铝	黄铜
密度/(g/cm ³)	4.5	7.8	7.9	2.7~2.8	8.9
熔点/℃	1 660	1 430~1 535	1 430	660	1 083
导热系数/[J/(cm·s·K)]	0.176	0.502~0.795	0.163	1.256~2.093	3.935
线膨胀系数 $\alpha/10^{-6} \text{℃}^{-1}$	9.0	11~12	17.3	22~24	18.1~21
单位热容量/[J/(g·K)]	0.586	0.460	0.502	0.879~0.963	0.385
弹性模量 E/MPa	110 000~ 117 000	200 000~ 210 000	195 000~ 205 000	72 000~ 74 000	74 000~ 130 000

1) 与钢相比, 钛合金的 σ_s 、 σ_b 大, 弹性模量 E 小。因此, 所需的变形力大, 冲压件的弹复比较大。

2) 屈强比 $\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$ 较大, 有的钛材其值达 0.9 以上, 故允许的变形范围很窄, 拉伸类成形性能不佳。

3) 伸长率 δ_u 、 δ 及硬化指数 n 值均较小, 所以, 拉伸类成形性能差。

4) 强度高、硬度高, 加工硬化效应较大, 故多次冲压需进行中间退火。为了消除钛合金零

件的残余应力, 还需进行最终退火。

5) 对切口和表面缺陷的敏感性高, 因此, 必须对其毛坯清除毛刺或用锉、磨削等精加工方法整修毛坯的边缘。

6) 各向异性系数非常高, 达 $r=2\sim6$, 故拉深性能比较好。

7) 料厚增加对冲压成形性能的改善程度很小甚至变差, 这与其他金属材料不同。

表 18.3-17 介绍了国产钛板的一些材料特性值, 同时列出了几种常用的其他材料的数值对比。

表 18.3-17 钛板的材料特性值及对比值

材 料		σ_s/σ_b	r	硬度 HBS	$\frac{r_{\min}}{t}$	$\delta_i/\%$	$\delta/\%$	$\psi/\%$	n	回弹 指标/ 10^{-4}
类别	牌 号									
钛及 钛合金	TA2	0.8~0.85	3~3.5	200~295	1.7~ 2.2	10~16	25~40	40~55	0.10~ 0.16	3.5~4.5
	TA7	0.85~ 0.95	2.8~ 4.6	240~300	4~4.5	8~13	12~25	25~40	0.08~ 0.13	5.4~7.1
	TC1	0.80~ 0.85	1.02~ 1.86	210~250	1.7~ 2.5	9~15	20~35	30~50	0.09~ 0.15	3.8~5.4
	TC3	0.85~ 0.90	1.57~ 1.9	320~360	5.5~ 6.0	5~8	10~15	25~40	0.05~ 0.08	7.3~8.6
黄铜	H62	0.3	1	56	0.3	20	50	66	0.20	1.1
碳素钢	10	0.63	1.16	140	0.3~ 0.5	15~ 24	35	55~ 65	0.15~ 0.24	1.2
不锈钢	1Cr18Ni9Ti	0.6	0.86	140~ 200	0.3~ 1.2	20~ 35	40	63	0.20~ 0.35	2.1
铝合金	2A12	0.48~ 0.52	0.61	40	0.5~ 1.2	14~ 15	18	50~ 60	0.14~ 0.15	1.3

表 18.3-18 综合列出了前苏联文献中报道的钛合金板冲压成形性能的工艺实验数据。从表中数据可见,钛合金板热冲压性能比冷冲压性能要好得多。故钛合金零件常采用热成形、热校形或超塑性成形工艺。

由于钛板较其他常用金属板有上述性能参数值上的特殊性,故在冲压成形性能分类规律性方面表现出:一般服从拉深性能的评判规律;而不服从翻边、胀形性能评判规律或会表现出其特殊性。

表 18.3-18 钛合金的冲压成形性能

牌号	极限拉深比 LDR	极限翻边系数 K_{rc}	胀形深度 h/d		最小弯曲半径 r_{min}
			平冲头	球冲头	
BT1-1	$\frac{2.0 \sim 2.1}{2.5}$	$\frac{0.57 \sim 0.55}{0.5}$	$\frac{0.22 \sim 0.24}{0.3}$	$\frac{0.44 \sim 0.46}{0.5}$	$\frac{(1.5 \sim 2.0)t^{\text{①}}}{(1.0 \sim 1.2)t}$
BT1-2	$\frac{1.96 \sim 2.0}{2.5}$	$\frac{0.59 \sim 0.56}{0.5}$	$\frac{0.2 \sim 0.24}{0.3}$	$\frac{0.40 \sim 0.44}{0.5}$	$\frac{(1.7 \sim 2.2)t}{(1.0 \sim 1.5)t}$
OT4-1	$\frac{1.75 \sim 1.9}{2.4}$	$\frac{0.63 \sim 0.57}{0.5}$	$\frac{0.2 \sim 0.22}{0.3}$	$\frac{0.37 \sim 0.42}{0.5}$	$\frac{(1.7 \sim 2.5)t}{(1.2 \sim 2.0)t}$
OT4	$\frac{1.55 \sim 1.75}{2.2}$	$\frac{0.67 \sim 0.59}{0.57 \sim 0.53}$	$\frac{0.12 \sim 0.20}{0.20 \sim 0.24}$	$\frac{0.25 \sim 0.40}{0.28 \sim 0.32}$	$\frac{(2.5 \sim 3.0)t}{(1.5 \sim 2.0)t}$
BT4	$\frac{1.4 \sim 1.6}{2.0}$	$\frac{0.77 \sim 0.63}{0.59 \sim 0.56}$	$\frac{0.10 \sim 0.15}{0.16 \sim 0.20}$	$\frac{0.20 \sim 0.30}{0.25 \sim 0.30}$	$\frac{(3.5 \sim 4.0)t}{(2.2 \sim 2.7)t}$
BT5-1	$\frac{1.3 \sim 1.5}{2.0 \sim 2.1}$	$\frac{0.80 \sim 0.71}{0.59 \sim 0.57}$	$\frac{—}{0.18 \sim 0.22}$	$\frac{—}{0.40 \sim 0.42}$	$\frac{(4.0 \sim 4.5)t}{(2.5 \sim 3.5)t}$
OT4-2	$\frac{1.2 \sim 1.3}{1.6 \sim 1.7}$	$\frac{0.83 \sim 0.74}{0.63 \sim 0.59}$	$\frac{—}{0.12 \sim 0.16}$	$\frac{—}{0.25 \sim 0.35}$	$\frac{(4.5 \sim 5.5)t}{(3.0 \sim 3.5)t}$
BT6 (退火态)	$\frac{1.1 \sim 1.15}{1.5 \sim 1.55}$	$\frac{0.83 \sim 0.77}{0.67 \sim 0.57}$	$\frac{—}{0.10 \sim 0.15}$	$\frac{—}{0.20 \sim 0.35}$	$\frac{(5.5 \sim 6.0)t}{(3.5 \sim 4.0)t}$
BT14 (退火态)	$\frac{1.5 \sim 1.6}{—}$	$\frac{0.67 \sim 0.61}{0.63 \sim 0.59}$	$\frac{0.10 \sim 0.15}{—}$	$\frac{0.25 \sim 0.30}{—}$	$\frac{(3.5 \sim 4.5)t}{(2.0 \sim 2.5)t}$

注:表中分子代表冷冲压、分母代表热冲压时的实验数据。

① t —板料厚度。

2.1.6 冲压用非金属材料

非金属材料中只有如塑料、橡胶、木材、石棉、云母、纺织纤维制品、纸制品及皮革制品等需采用冲压加工,而且主要是冲压的分离工序。

非金属材料的组织结构及性能与金属材料不同,现就其冲裁加工中的一些特点,简要说明如下:

(1) 云母板

云母板的绝缘性能相当优良,故广泛用作电气绝缘零件。在冲裁加工时,需用卸料器稳妥地压住坯料;而且,冲裁间隙要取得很小;另外,冲裁时不使用润滑剂,否则,将削弱云母板的绝缘性能。

(2) 纸、布与皮革

这类材料因十分柔软,故冲裁加工时模具刃

口不能做成直角,而应当将其加工成尖锐锋利的刃口形状。

这类材料的冲裁加工,也可用聚氨酯冲裁模来实现。比如,用聚氨酯冲裁模冲切 0.3 mm 厚度的农用拖车上的轴端盖内的纸板垫圈,该零件上还均布 3 个 $\phi 7$ 的小孔,用一复合模可一次冲成,工件质量和经济效果比用上述的尖刃冲头冲切或普通冲裁方法都好。

(3) 塑料与酚醛塑料(树脂)板

塑料的冲切变形机理与金属的冲裁机理完全不同。塑料冲裁的显著特点之一是回弹非常大。

塑料分为两大类:热固性塑料和热塑性塑料。而酚醛塑料是热固性塑料的典型代表。酚醛塑料板是使纤维质原料(纸和布等)浸在环氧树脂里叠合起来,在热态下加压而制作成的

积层板。

酚醛塑料板主要用作绝缘板材和电器零件，冲压加工用得较多，但也只限于落料和冲孔。其落料或冲孔模除了冲裁间隙应小外，与一般金属材料的冲裁模没有什么特别不同。不过，必须注意：须在有一定温度并处在保温状态下冲压，由于工件冲切断面质量不好，通常采用冲裁后的修整来获得平滑的切口断面。

(4) 复合板材

树脂与钢板叠合而构成的复合钢板是冲压新材料中的一种。它包括有轻型叠层板和防振钢板两种具体结构。由于这类钢板是树脂在中间，钢

板在树脂的上、下两面，因此，冲裁时，上、下钢板先被冲头与凹模切断，然后树脂才被压入切断。所以，在冲裁复合钢板时一定要使用压料板。间隙较小时冲裁效果更好。此外，采用高速切断则断面质量更有改善。

防振钢板冲裁时，用小间隙则工件尺寸比凹模尺寸要稍大些，用大间隙则工件断面垂直度较差。因而，都应采用压料措施，且压料力应较大，日本推荐其单位压料力为70~100 MPa。

(5) 非金属材料的抗剪强度

冲压加工中所用的一些非金属材料的抗剪强度参见表 18.3-19。

表 18.3-19 非金属材料的抗剪强度

材 料 名 称	抗剪强度 τ_b /MPa	
	管状凸模裁切	普通凸模冲裁
纸胶板	100~130	140~200
布胶板	90~100	120~180
玻璃布胶板	120~140	160~185
金属箔的玻璃布胶板	130~150	160~220
金属箔的纸胶板	110~130	140~200
环氧酚醛玻璃布板	180~210	210~240
工业橡胶板	1~6	20~80
石棉橡胶	40	—
人造橡胶，硬橡胶	40~70	—
层压纸板	100~130	140~200
层压布板	90~100	120~180
绝缘纸板	40~70	60~100
厚纸板	30~40	40~80
软钢纸板	20~40	20~30
有机玻璃	70~80	90~100
聚氯乙烯	60~80	100~130
氯乙烯	30~40	50
赛璐珞	40~60	80~100
皮革	6~8	30~50
工业用皮革	—	45~55
工业用毛毡	4~5	—
桦木胶合板	10	—
漆布、绝缘漆布	30~60	—
云母	50~80	60~100
人造云母	120~150	140~180
硬钢纸板	30~50	40~45

2.2 常用板料的规格

冲压加工所用到的板料包括金属板料与非金属板料两大类。金属板料分为铁金属（黑色金属）与非铁金属（有色金属）板料两类。铁金属板料中主要用到薄钢板及不锈钢板，非铁金属板料中主要用到铝及其合金板、铜及其合金板、钛及其合金板等。可以认为冲压加工中常用各种金属板料的数量比例是依此顺序而从大到小的。

2.2.1 钢板、钢带

(1) 钢铁产品牌号表示方法

国家标准规定，钢铁产品牌号表示方法总原则是：钢铁产品的命名采用汉语拼音字母、化学元素符号及阿拉伯数字相结合的方法表示。一些常见化学元素及相应符号为：铁(Fe)、碳(C)、铬(Cr)、镍(Ni)、硅(Si)、锰(Mn)、铝(Al)、磷(P)、钨(W)、钼(Mo)、钒(V)、钛(Ti)、铜(Cu)、硼(B)、钴(Co)、氮(N)、铌(Nb)、钽(Ta)、钙(Ca)、铪(Hf)、稀土(RE)、铍(Be)等。

表 18.3-20 为常用钢号表示方法举例。

(2) 板（带）料尺寸规格

钢板与钢带的尺寸规格见表 18.3-21 ~ 表 18.3-31。

表 18.3-20 常用钢号表示方法举例

类别	钢号举例	类别	钢号举例
碳素结构钢	Q195 Q215A、Q215B Q235B、Q235D Q255A、Q255B Q275	弹簧钢	85、65Mn 60Si2Mn 50CrVA
		轴承钢	GCr6、GCr9 GCr15
优质碳素结构钢	08F、10、 50Mn	合金工具钢	Cr06 Cr12MoV 3Cr2W8V
碳素工具钢	T7、T8A T8Mn、T10A		不锈钢耐酸钢和耐热钢
合金结构钢	12CrNi3 20Mn2 40CrNiMoA	高速工具钢	
低合金高强度结构钢	Q345 Q390 Q420	电工钢	D11、D12 D21、D32

表 18.3-21 钢板品种与常用规格举例

类别	品种	名称	厚度/mm
普通钢板	热轧普通厚钢板 ($t > 4$ mm)	汽车大梁用钢板	2.5~10
		锅炉钢板	4.5~120
	热轧普通薄钢板 ($t \leq 4$ mm)	普通碳素钢钢板	0.3~120
		低合金钢钢板	1.0~120
		花纹钢板	3.0~7

续表 18.3-21

类别	品种	名称	厚度/mm
普通钢板	冷轧普通薄钢板 ($t \leq 4$ mm)	镀锌薄钢板	0.3~2.0
		桥梁用钢板	4.5~50
		造船用钢板	1.0~120
优质钢带	(与上述三个品种相对应)	碳素结构钢钢板	0.5~120
		合金结构钢钢板	1.0~50
		高速工具钢钢板	1.0~8
		弹簧钢板	1.0~20
		不锈钢板	0.5~20
复合钢板		不锈钢复合厚钢板	6~30
		塑料复合薄钢板	0.35~2.0
		犁铧用三层钢板	7~9

表 18.3-22 钢带品种及常用规格举例

类别	品种	名称	厚度/mm
普通钢带	热轧普通钢钢带 冷轧普通钢钢带	普通碳素钢钢带	2.5~6 (热轧) 0.05~4 (冷轧)
		镀锡钢带	0.08~0.6 (冷轧)
		软管用钢带	0.25~0.7 (冷轧)
优质钢带	(与上述两个品种相对应)	碳素结构钢钢带	2.5~7 (热轧) 0.05~3 (冷轧)
		合金结构钢钢带	0.25~3 (冷轧)
		高速工具钢钢带	1~1.5 (冷轧)
			2.5~6 (热轧)
		弹簧钢带	0.05~3 (冷轧)
		不锈钢带	2.5~9 (热轧) 0.05~2.5 (冷轧)

表 18.3-23 专用钢带品种举例^①

名称	执行标准号或规格	生产厂家
1) 自行车链条用冷轧钢带	20MnSi 1.25×81	首钢带钢厂
2) 电梯选层器用调质钢带	65Mn 0.4×25	
3) 带落砂孔石材锯条钢带	65Mn 6×180×3 300-4 500	
4) 手表、照相机及各种阀片用热处理弹簧钢带	65Mn, T10A 0.2~1.0×5~40	

① 资料来源：首钢带钢厂。

表 18.3-24 轧制薄钢板的尺寸 (摘自 GB/T 708—1988) (mm)

钢板厚度	钢 板 宽 度												
	500	600	710	750	800	850	900	950	1 000	1 100	1 250	1 400	1 500
冷 轧 钢 板 长 度													
0.2, 0.25	1 200	1 420	1 500	1 500	1 500								
0.3, 0.4	1 000	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 500	1 500					
	1 500	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	1 800	2 000					
0.5, 0.55		1 200	1 420	1 500	1 500	1 500							
0.6	1 000	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 500	1 500					
	1 500	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	1 800	2 000					
0.7, 0.75		1 200	1 420	1 500	1 500	1 500							
	1 000	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 500	1 500					
	1 500	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	1 800	2 000					
0.8, 0.9		1 200	1 420	1 500	1 500	1 500	1 500						
	1 000	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 500	2 000	2 000			
	1 500	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 200	2 500			
1.0, 1.1	1 000	1 200	1 420	1 500	1 500	1 500					2 800	2 800	
1.2, 1.4	1 500	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800		2 000	2 000	3 000	3 000	
1.5, 1.6													
1.8, 2.0	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 200	2 500	3 500	3 500	
2.2, 2.5	500	600											
2.8, 3.0	1 000	1 200	1 420	1 500	1 500	1 500							
3.2, 3.5	1 500	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	2 000					
3.8, 4.0	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000							
热 轧 钢 板 长 度													
0.35, 0.4		1 200		1 000									
0.45, 0.5	1 000	1 500	1 000	1 500	1 500		1 500	1 500					
0.55, 0.6	1 500	1 800	1 420	1 800	1 600	1 700	1 800	1 900	1 500				
0.7, 0.75	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000				
0.8, 0.9				1 500	1 500	1 500	1 500	1 500					
	1 000	1 200	1 420	1 800	1 600	1 700	1 800	1 900	1 500				
	1 500	1 420	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000				
1.0, 1.1				1 000			1 000						
1.2, 1.25	1 000	1 200	1 000	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500					
1.4, 1.5	1 500	1 420	1 420	1 800	1 600	1 700	1 800	1 900	1 500				
1.6, 1.8	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000				
2.0, 2.2									1 000				
2.5, 2.8	500	600	1 000	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	2 200	2 500	2 800
	1 000	1 200	1 420	1 800	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000	3 000	3 000	3 000	3 000
	1 500	1 500	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	3 000	4 000	4 000	4 000	4 000
3.0, 3.2				1 000			1 000						2 800
3.5, 3.8				1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	2 000	2 200	2 500	3 000	3 000
4.0	500	600	1 420	1 800	1 600	1 700	1 800	1 900	3 000	3 000	3 000	3 500	3 500
	1 000	1 200	1 200	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000

表 18.3-25 钢板厚度的极限偏差 (摘自 GB/T 708—1988) (mm)

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 < 1 000	宽度 ≥ 1 000	
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
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 18.3-26 热轧厚钢板的尺寸 (GB/T 709—1988) (mm)

厚 度	宽 度									
	600~ 1 200	1 200~ 1 500	1 500~ 1 600	1 600~ 1 700	1 700~ 1 800	1 800~ 2 000	2 000~ 2 200	2 200~ 2 500	2 500~ 2 800	2 800~ 3 000
	最 大 长 度									
4.5~5.5	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000	6 000	—	—	—	—
6~7	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000	10 000	—	—	—	—
8~10	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000	9 000	9 000	—	—
11~15	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000	12 000	9 000	8 000	8 000	8 000
16~20	12 000	12 000	12 000	10 000	10 000	9 000	8 000	7 000	7 000	7 000
21~25	12 000	11 000	11 000	10 000	9 000	8 000	7 000	6 000	6 000	6 000
26~30	12 000	10 000	9 000	9 000	9 000	8 000	7 000	6 000	6 000	6 000
32~34	12 000	9 000	8 000	7 000	7 000	7 000	7 000	7 000	6 000	5 000
36~40	10 000	8 000	7 000	7 000	6 500	6 500	5 500	5 500	5 000	—
42~50	9 000	8 000	7 000	7 000	6 500	6 000	5 000	4 000	—	—
52~60	8 000	6 000	6 000	6 000	5 500	5 000	4 500	4 000	—	—

表 18.3-27 钢板的理论质量

厚度 /mm	理论质量 / (kg/m ²)	厚度 /mm	理论质量 / (kg/m ²)
0.2	1.570	1.6	12.56
0.25	1.963	1.8	14.13
0.3	2.355	2.0	15.70
0.4	3.140	2.2	17.27
0.45	3.533	2.5	19.63
0.5	3.925	2.8	21.98
0.55	4.318	3.0	23.55
0.6	4.710	3.2	25.12
0.7	5.495	3.5	27.48
0.75	5.888	3.8	29.83
0.8	6.280	4.0	31.40
0.9	7.065	4.5	35.33
1.0	7.850	5.0	39.25
1.1	8.635	5.5	43.18
1.2	9.420	6.0	47.10
1.25	9.813	7.0	54.95
1.4	10.99	8.0	62.80
1.5	11.78	9.0	70.65

表 18.3-28 碳素钢热轧钢带尺寸 (摘自 GB/T 3524—1992) (mm)

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

注：碳素钢热轧钢带，钢号在合同中注明，其化学成分和力学性能应符合 GB/T 700—1988 中的规定。

表 18.3-29 碳素钢冷轧钢带的分类 (摘自 GB/T 716—1991)

按制造精度分		按力学性能分		按边缘状态分		按表面质量分	
名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
普通精度钢带	P	软钢带	R	切边钢带	Q	I 组钢带	I
宽度精度较高钢带	K	半软钢带	BR	不切边钢带	BQ	II 组钢带	II
厚度精度较高钢带	H						
宽度和厚度精度较高钢带	KH	冷硬钢带	Y				

表 18.3-30 碳素钢冷轧钢带尺寸 (摘自 GB/T 716—1991) (mm)

厚 度	宽 度
0.05, 0.06, 0.08	5~100
0.10	5~150
0.15, 0.20, 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, 1.80, 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

注: 宽度等于和小于 150 mm 的, 按 5 mm 进级; 大于 150 mm 的, 按 10 mm 进级。

表 18.3-31 优质碳素钢冷轧钢带尺寸 (摘自 GB/T 716—1991) (mm)

厚 度	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, 0.50, 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, 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
宽 度	4~20 (按 1 mm 进级), 22~40 (按 2 mm 进级), 43, 46, 50, 53, 56, 60, 63, 66, 70, 73, 76, 80, 83, 86, 90, 93, 96, 100, 105~250 (按 5 mm 进级), 260, 270, 280, 290, 300

注: 宽度在 0.2 mm 以下的钢带, 只订制 TR (特级) 及 Y (硬) 两种。

(3) 性能规格标准

1) 碳素结构钢

① 冶炼方法和适用范围

a) 钢由氧气转炉、平炉或电炉冶炼, 除非需方有特殊要求, 并在合同中注明, 冶炼方法一般由供方自行决定。

b) 碳素结构钢钢材适用于一般结构件和工程用金属构件, 钢材品种为热轧钢板、型钢, 可供焊接、铆接、栓接构件用。一般在供应状态下使用。

② 牌号表示方法和代号

a) 牌号表示方法 钢的牌号由代表屈服强度的字母、屈服强度值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。

例如: Q235—A·F

b) 符号的表示意义

Q——钢材屈服点“屈”字汉语拼音首位字母;

A、B、C、D——分别为质量等级代号;

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”代号予以省略。

③ 尺寸、外形、重量及允许偏差 钢材的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合相应标准的规定。

④ 牌号和化学成分、力学性能 (GB/T 700—1988) 见表 18.3-32~表 18.3-34。

⑤ 交货状态 钢材一般以热轧 (包括控轧) 状态交货。根据需方要求, 经双方协议, 也可以正火处理状态交货 (A 级钢材除外)。

2) 深冲冷轧薄钢板 深冲冷轧薄钢板属于优质碳素钢, 其主要牌号有 08Al、08F、08、10、15、20 号钢 6 种。它们的化学成分及力学性能指标见表 18.3-35~表 18.3-37。

表 18.3-32 碳素结构钢的化学成分 (摘自 GB/T 700—1988)

牌 号	等 级	化 学 成 分/%					脱氧方法
		C	Mn	Si ^②	S	P	
Q195	—	0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B						
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65 ^①	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70 ^①				
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	≤0.17			0.035	0.035	TZ
Q255	A	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	Z
	B						
Q275	—	0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z

注：1. 钢中残余元素 Cr、Ni、Cu 的质量分数应各不大于 0.30%，如供方能保证，可不作分析。

2. 氧气转炉钢的氮的体积分数应不大于 0.008%。

① Q235A、B 级沸腾钢 Mn 的质量分数上限为 0.60%。

② 沸腾钢 Si 的质量分数不大于 0.07%，半镇静钢 Si 的质量分数不大于 0.17%，镇静钢 Si 的质量分数下限值为 0.12%。

表 18.3-33 碳素结构钢的力学性能指标 (摘自 GB/T 700—1988)

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 / $^{\circ}$ C	V 型 (纵向) 冲击功 不小于 /J	
		钢材厚度或直径/mm							钢材厚度或直径/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	—	—	27
	B																
Q235	A	235	225	215	205	195	185	375~460	26	25	24	23	22	21	—	—	27
	B																
	C																
	D																
Q255	A	255	245	235	225	215	205	410~510	24	23	22	21	20	19	—	—	27
	B																
Q275	—	275	265	255	245	235	225	490~610	20	19	18	17	16	15	—	—	—

注：1. 牌号 Q195 的屈服点，仅供参考，不作为交货条件。

2. 进行拉伸或弯曲试验时，钢板、钢带应取横向试样，伸长率允许较上表降低 1% (绝对值)，型钢应取纵向试样。

表 18.3-34 碳素结构钢的冷弯试验指标 (摘自 GB/T 700—1988)

牌 号	试样方向	冷 弯 试 验 $B=2a$ 180°			备 注
		钢材厚度或直径/mm			
		≤ 60	$>60\sim 100$	$>100\sim 200$	
		弯 心 直 径 d			
Q195	纵	0	—	—	各牌号 A 级钢的冷弯试验, 在需方有要求时才进行冷弯试验合格时, 抗拉强度上限可以不作交货条件
	横	$0.5a$	—	—	
Q215	纵	$0.5a$	$1.5a$	$2a$	
	横	a	$2a$	$2.5a$	
Q235	纵	a	$2a$	$2.5a$	
	横	$1.5a$	$2.5a$	$3a$	
Q255		$2a$	$3a$	$3.5a$	
Q275		$3a$	$4a$	$4.5a$	

注: 冷弯试验中, B 为试样宽度, a 为钢材厚度 (直径)。

表 18.3-35 深冲冷轧薄钢板的化学成分 (摘自 GB/T 5213—2001 和 GB/T 710—1991)

钢 号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	金属 Al
08Al	≤ 0.08	痕 迹	$0.35\sim 0.45$	≤ 0.020	≤ 0.03	≤ 0.10	≤ 0.03	≤ 0.15	$0.02\sim 0.07$
08F	$0.05\sim 0.11$	≤ 0.03	$0.25\sim 0.50$	≤ 0.040	≤ 0.04	≤ 0.25	≤ 0.10	≤ 0.25	—
08	$0.05\sim 0.12$	$0.17\sim 0.37$	$0.35\sim 0.65$	≤ 0.035	≤ 0.04	≤ 0.25	≤ 0.10	≤ 0.25	—
10	$0.07\sim 0.14$	$0.17\sim 0.37$	$0.35\sim 0.65$	≤ 0.035	≤ 0.04	≤ 0.25	≤ 0.15	≤ 0.25	—
15	$0.12\sim 0.19$	$0.17\sim 0.37$	$0.35\sim 0.65$	≤ 0.040	≤ 0.04	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 0.25	—
20	$0.17\sim 0.24$	$0.17\sim 0.37$	$0.35\sim 0.65$	≤ 0.040	≤ 0.04	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 0.25	—

表 18.3-36 深冲冷轧薄钢板的力学性能 (摘自 GB/T 5213—2001 和 GB/T 710—1991)

钢 号	级 别	厚 度 /mm	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ_{11} /%	σ_s/σ_b
				不 小 于		
08Al	ZF ^①	全 部	260—330	200	44	0.66
	HF	全 部	260—340	210	42	0.70
		>1.2	260—350	220	39	—
		1.2	260—350	220	42	—
	F	<1.2	260—350	240	42	—
08F	Z ^②		280—370	—	34	—
	S	≤ 4	280—390	—	32	—
	P		280—390	—	30	—
08	Z ^③		280—400	—	32	—
	S	≤ 4	280—420	—	30	—
	P		280—420	—	28	—

续表 18.3-36

钢号	级别	厚度 /mm	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s	伸长率 δ_{10}	σ_s/σ_b
				/MPa	/%	
10	Z ^②	≤4	300~420	—	30	—
	S		300~440	—	29	—
	P		300~440	—	28	—
15	Z ^②	≤4	340~460	—	27	—
	S		360~480	—	26	—
	P		360~480	—	25	—
20	Z ^②	≤4	360~500	—	26	—
	S		360~510	—	25	—
	P		360~510	—	24	—

① 铝镇静钢 08Al 按其拉深质量分为三级：ZF—拉深最复杂零件，HF—拉深很复杂零件，F—拉深复杂零件。

② 深冲薄钢板（包括热轧板）按冲压性能分级为：Z—最深拉深级，S—深拉深级，P—普通拉深级。

表 18.3-37 深冲冷轧薄板的杯突试验值（摘自 GB/T 5213—2001 和 GB/T 710—1991）

钢板厚度 /mm	钢号及级别							
	08Al			08, 08F			10, 15, 20	
	ZF ^①	HF	F	Z ^②	S	P	Z ^②	S
	E_r 值（杯突试验深度）不小于/mm							
0.5	—	—	—	9.0	8.4	8.0	8.0	7.4
0.6	—	—	—	9.4	8.9	8.5	8.4	7.8
0.7	—	—	—	9.7	9.2	8.9	8.6	8.0
0.8	10.6	10.5	10.3	10.0	9.5	9.3	8.8	8.2
0.9	10.8	10.7	10.5	10.3	9.9	9.6	9.0	8.4
1.0	11.2	10.8	10.7	10.5	10.1	9.9	9.2	8.6
1.1	11.3	11.0	10.9	10.8	10.4	10.2	—	—
1.2	11.5	11.2	11.1	11.0	10.6	10.4	—	—
1.3	11.7	11.3	11.3	11.2	10.8	10.6	—	—
1.4	11.8	11.4	11.4	11.3	11.0	10.8	—	—
1.5	12.0	11.6	11.5	11.5	11.2	11.0	—	—
1.6	—	11.8	11.7	11.6	11.4	11.2	—	—
1.7	—	12.0	11.9	11.8	11.6	11.4	—	—
1.8	—	12.1	12.0	11.9	11.7	11.5	—	—
1.9	—	12.2	12.1	12.0	11.8	11.7	—	—
2.0	—	12.3	12.2	12.1	11.9	11.8	—	—

① ② 见表 18.3-36 注。

2.2.2 非铁金属板

国家标准规定，非铁金属（有色金属）及合金产品牌号的命名，是以代号字头或元素符号的成分数字及顺序结合的方法，来表示产品类别或组别的名称。一些非铁金属和合金名称及其代号为（冶炼产品与加工产品）：铜(Cu, T)、黄铜(H)、白铜(B)、青铜(Q)、无氧铜(TU2)、真空铜(Tk)、铝、硬铝、锻铝、防锈铝、超硬铝、

特殊铝、镁(Mg)、镁合金(MB)、镍(Ni, N)、锌(Zn)、铅(Pb)、锡(Sn)、锑(Sb)、金(Au)、银(Ag)、镉(Cd)、钛(Ti, TA, TC)、轴承合金(Cb)等。

表 18.3-38 为常用非铁金属及其合金牌号表示方法及举例。一些非铁金属及其合金的供货状态、力学性能指标及尺寸规格见表 18.3-39 ~ 表 18.3-44。

表 18.3-38 常用非铁金属牌号表示方法举例

类 别		牌 号 举 例	类 别		牌 号 举 例
铝及其合金	工业纯铝	1070A, 1060, 1050A, 1200	铜及其合金	纯 铜	T1, T2, T3
	防 锈 铝	5A03, 5B05		无氧铜	TU2, TP1
	硬 铝	2A10, 2A11, 2A12		黄 铜	H96, H68, H62
	锻 铝	2A50, 2A80, 2A90		青 铜	QSn4-3 QSn4-4-2.5 QA17 QBe2
镁 合 金	MB1, MB2, MB8	白 铜		B19, B25	
钛及其合金	工业纯钛	TA1, TA2, TA3			
	铁锰钛合金	TC1, TC2			
	钛铝钛合金	TC4, TC10			

表 18.3-39 铝、铜板材的力学性能

品 种	牌 号	交 货 状 态								
		软 态 (M)			1/2 硬态 (Y2)			硬 态 (Y)		
		厚度/mm	σ_b /MPa	δ /%	厚度/mm	σ_b /MPa	δ /%	厚度/mm	σ_b /MPa	δ /%
板 材、 条 材	2A11	0.3~2.5	≤ 230	12	—	—	—	—	—	—
	2A12	0.3~4.0	≤ 220	14	—	—	—	—	—	—
	H68	0.5~10	300	40	0.5~10.0	350	25	0.5~10.0	400	15
	H62	0.5~10	300	40	0.5~10.0	350	20	0.5~10.0	420	10
带 材、 箔 材	1070A、1060、 1050A	0.0075~0.011	30	0.5	—	—	—	0.0075~0.011	100	—
	1035、1200	0.012~0.04	30	2.0	—	—	—	0.012~0.04	100	0.5
	H68	0.5~1.5	300	40	0.5~1.5	350	25	0.5~1.5	400	15
	H62	0.5~1.5	300	35	0.5~1.5	380	20	0.5~1.5	420	10
	T3、T4、TUP	0.5~1.5	210	30	—	—	—	0.5~1.5	300	3

表 18.3-40 常用航空非铁板材的力学性能

性能 牌号	$\sigma_{0.2}$ /MPa	σ_b /MPa	$\frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_b}$	δ / %	ψ / %	$n = \epsilon_j$	$c = \frac{\sigma_1}{\epsilon_j^2}$ /MPa	r	E /MPa
3A21O	63	106	0.59	30	80	0.21	177	0.44	71 000
5A02O	90	177	0.51	20	70	0.16	275	0.63	
2A12O	104	166	0.63	19	53	0.13	246	0.64	71 000
2A12C	295	457	0.65	15.6	35	0.13	681		71 000
7A04O	100	210	0.48	17	52	0.12	305		71 000
7A04C	491	576	0.85	10.3	25.2	0.04	637		71 000
MB8	211	270	0.78	15~20	25~30	0.11	384		41 000
T2	174	220	0.79	43	61	0.27	411	1.09	110 000
H62	161	320	0.5	50	58	0.38	672	1.00	
TC1	460~650	600~750	0.8~0.85	(20~35)	30~50	0.08~0.09			110 000

表 18.3-41 铝及合金板的厚度和宽度的极限偏差 (mm)

板料公称厚度	板料公称宽度								宽度的极限偏差
	400 500	600	800	1 000	1 200	1 400	1 500	2 000	
	厚度的极限下偏差 (极限上偏差为 0)								
0.3	-0.05								宽度 ≤ 1 000 者 为 $\pm \frac{1}{3}$
0.4	-0.05								
0.5	-0.05	-0.05	-0.08	-0.10	-0.12				
0.6	-0.05	-0.06	-0.10	-0.12	-0.12				
0.8	-0.08	-0.08	-0.12	-0.12	-0.13	-0.14	-0.14		
1.0	-0.10	-0.10	-0.15	-0.15	-0.16	-0.17	-0.17	宽度 > 1 000 者 为 $\pm \frac{1}{3}^0$	
1.2	-0.10	-0.10	-0.10	-0.15	-0.16	-0.17	-0.17		
1.5	-0.15	-0.15	-0.20	-0.20	-0.22	-0.25	-0.25		-0.27
1.8	-0.15	-0.15	-0.20	-0.20	-0.22	-0.25	-0.25		-0.27
2.0	-0.15	-0.15	-0.20	-0.20	-0.24	-0.26	-0.26		-0.28
2.5	-0.20	-0.20	-0.25	-0.25	-0.28	-0.29	-0.29	-0.30	
3.0	-0.25	-0.25	-0.30	-0.30	-0.33	-0.34	-0.34	-0.35	

表 18.3-42 铜板厚度的极限偏差 (mm)

公称厚度	黄铜板		宽度和长度					
	宽 200~500		700×1 430		800×1 500		1 000×2 000	
	厚度的极限偏差							
	普通级	较高级	紫 铜	黄 铜	紫 铜	黄 铜	紫 铜	黄 铜
0.4	0 -0.07	—	0 -0.09	—	—	—	—	—
0.45				0 -0.09				
0.5				0 -0.09				
0.6			0 -0.10					
0.7	0 -0.08		0 -0.10		0 -0.12		0 -0.15	
0.8								
0.9	0 -0.09	0 -0.08	0 -0.12		0 -0.14	0 -0.12	0 -0.17	
1.0						0 -0.14	0 -0.17	
1.1						0 -0.14		0 -0.18
1.2	0 -0.10	0 -0.09	0 -0.14		0 -0.16		0 -0.18	
1.35			0 -0.14					
1.5				0 -0.16	0 -0.18			
1.65			0 -0.16		0 -0.18		0 -0.21	
1.8								
2.0	0 -0.12	0 -0.10	0 -0.18		0 -0.20			
2.25								
2.5					0 -0.22	0 -0.22		0 -0.24
2.75	0 -0.14		0 -0.21		0 -0.24			
3.0								
3.5	0 -0.16	0 -0.12			0 -0.27		0 -0.30	
4.0	0 -0.18		0 -0.24					

2.2.3 国外部分冲压板材规格

(1) 日本轧制钢板

表 18.3-43~表 18.3-46 列出了日本产轧制钢板的性能、用途及尺寸规格的部分资料数据。

(2) 日本轧制不锈钢板

表 18.3-47~表 18.3-49 列出了日本产一些

不锈钢板的性能、用途及尺寸规格数据。

(3) 日本铝及其合金板

日本生产的铝及其合金板的有关性能、用途与尺寸规格参见表 18.3-51、表 18.3-52。

(4) 日本铜及其合金板

日本生产的铜及其合金板的有关性能、用途与尺寸规格参见表 18.3-53~表 18.3-55。

表 18.3-43 钢板的力学性能和用途 (JIS G 3131, G 3141, G 3302)

种类	牌号	用途	抗拉强度 /MPa	伸长率/%		适用厚度 /mm	备注
				t 为 1.0~1.6	t 为 2.5 以上		
热轧钢板 (JIS G3131)	SPHC	一般用	275	27	24	1.2~14	滚桶、卷筒等
	SPHD	拉深用	275	30	35	1.2~14	汽车部件
	SPHE	深拉深用	275	31	37	1.2~6	属镇静钢
冷轧钢板 (JIS G3141)	SPCC	一般用	275	37	39	0.4~3.2	
	SPCD	拉深用	275	39	41	0.4~3.2	
	SPCE	深拉深用	275	41	43	0.4~3.2	属镇静钢
彩色镀锌钢板 (JIS G3302)	SGHC	一般用	275	—	—	1.6~6.0	用热轧原板
	SGCC	一般用	275	—	—	0.25~3.2	用冷轧原板
	SGCD	拉深用	275	37	—	0.4~2.3	用冷轧原板

表 18.3-44 软钢板的化学成分 (JIS G 3131) (%)

牌号	P	S	C	Mn
SPHC	0.05 以下	0.05 以下	0.15 以下	0.6 以下
SPHD	0.04 以下	0.04 以下	0.1 以下	0.5 以下
SPHE	0.03 以下	0.035 以下	0.1 以下	0.5 以下

表 18.3-45 钢板的硬度 (JIS G 3141)

区分	记号	硬 度	
		HRB	HV
1/8 硬质	8	50~71	95~130
1/4 硬质	4	65~80	115~150
1/2 硬质	2	74~89	135~185
硬 质	1	85	170

表 18.3-46 钢板厚度的极限偏差 (JIS G 3131, G 3141, G 3302) (mm)

厚 度	热轧 钢板	冷轧 钢板	镀锌钢板		厚 度	热轧 钢板	冷轧 钢板	镀锌钢板	
			SGHC	SGCC				SGHC	SGCC
<0.25	—	±0.03	—	±0.04	2.5~<3.15	±0.19	±0.15	±0.21	±0.16
0.25~<0.4	—	±0.04	—	±0.05	3.15~<4.0	±0.21	±0.17	±0.30	±0.18
0.4~<0.6	—	±0.05	—	±0.06	4.0~<5.0	±0.24	—	±0.33	—
0.6~<0.8	—	±0.06	—	±0.07	5.0~<6.0	±0.26	—	±0.33	—
0.8~<1.0	—	±0.06	—	±0.08	6.0~<8.0	±0.29	—	—	—
1.0~<1.25	—	±0.07	—	±0.09	8.0~<10.0	±0.32	—	—	—
1.25~<1.6	—	±0.09	—	±0.11	10.0~<12.5	±0.35	—	—	—
1.6~<2.0	±0.16	±0.11	±0.17	±0.12	12.5~14 以下	±0.38	—	—	—
2.0~<2.5	±0.17	±0.13	±0.17	±0.14					

表 18.3-47 冷轧不锈钢板的化学成分 (JIS G 4305) (%)

分类	牌 号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	其他
奥氏体型	SUS201	0.15	1.0	5.5~7.5	0.06 以下	0.03 以下	3.5~5.5	16.0~18.0	—	0.25	—
	SUS301	0.15	1.0	2.0	0.045	0.03 以下	6.0~8.0	16.0~18.0	—	—	—
	SUS304	0.08	1.0	2.0	0.045	0.03 以下	8.0~10.5	18.0~20.0	—	—	—
	SUS304N	0.08	1.0	2.5	0.045	0.03 以下	7.0~10.5	18.0~20.0	—	0.1~0.25	—
	SUS316	0.08	1.0	2.0	0.045	0.03 以下	10.0~14.0	16.0~18.0	2.0~3.0	—	—
	SUS321	0.08	1.0	2.0	0.045	0.03 以下	9.0~13.0	17.0~19.0	—	—	Ti 5×C%以上
奥氏体、铁素体型	SUS329J ₁	0.08	1.0	1.5	0.04	0.03 以下	3.0~6.0	23.0~28.0	1.0~3.0	—	—
铁素体型	SUS410L	0.03	1.0	1.0	0.04	0.03 以下	—	11.0~13.5	—	—	—
	SUS430	0.12	0.75	1.0	0.04	0.03 以下	—	16.0~18.0	—	—	—
	SUS434	0.12	1.0	1.0	0.04	0.03 以下	—	16.0~18.0	0.75~1.25	—	—
马氏体型	SUS403	0.15	0.50	1.0	0.04	0.03 以下	—	11.5~13.0	—	—	—
	SUS410	0.15	1.0	1.0	0.04	0.03 以下	—	11.5~13.5	—	—	—
	SUS420J ₂	0.26~0.40	1.0	1.0	0.04	0.03 以下	—	12.0~14.0	—	—	—
沉淀硬化型	SUS631	0.09	1.0	1.0	0.04	0.03 以下	6.5~7.75	16.0~18.0	—	—	Al 0.75~1.50

表 18.3-48 主要冷轧不锈钢板的力学性能、特征和用途 (JIS G 4305)

牌 号	屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	硬 度		磁性	特征和用途
				HRB	HV		
SUS304	210	530	40	90	200 以下	无	1) 18-8系不锈钢, 冷加工性、耐蚀性、耐热性良好 2) 家庭用品, 食品工业, 机械, 汽车零件, 暖气设备
SUS430	210	460	22	88	200	有	1) Cr系不锈钢, 冷加工性、耐蚀性良好 2) 家庭用品, 电气、煤气机器, 石油器具零件

续表 18.3-48

牌 号	屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ / %	硬 度			磁性	特 征 和 用 途
				HRB	HV			
SUS420J ₂	230	550	18	99	247	退火后 40HRC	有	1) 强磁性体, 退火后具有很高硬度 2) 机械零件
SUS631S	390	1050	20			200HV	无	1) 热处理后可成为强韧性材料 2) 弹簧、耐磨损机械零件
SUS631TH-1050	980	1160	3			40HRC 345HV	无	

表 18.3-49 弹簧用不锈钢带的力学性能 (JIS G 4313)

分 类	牌 号	硬度 HV (冷轧后)	抗拉强度 σ_b /MPa	热处理 后硬度 HV	厚度/mm
奥氏体型	SUS301-CSP-H	490 以上	1 350	—	0.1, 0.12 0.15, 0.2
	SUS304-CSP-H	370	1 150	—	0.25, 0.28 0.3, 0.35
马氏体型	SUS420J ₂ -CSP-O	210	—	410~570	0.4, 0.45 0.5, 0.55
沉淀硬化型	SUS631-CSP-H	450	1 450	530	0.6, 0.7, 0.8 0.9, 1.0, 1.1

表 18.3-50 不锈钢板板厚的极限偏差 (JIS G 4305) (mm)

板 厚	厚度极限偏差	板 厚	厚度极限偏差
0.3 0.4 0.5	±0.05	1.5	±0.12
0.6 0.7	±0.07	2.0	±0.17
0.8 0.9	±0.09	2.5 3.0	±0.22
1.0 1.2	±0.10		

表 18.3-51 铝及其合金板的化学成分、特征与用途 (JIS H 4000)

分 类	牌 号	化 学 成 分 (质量分数) /%									质 别	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	特 征 和 用 途
		Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al				
纯铝 Al99% 以上	A1050	0.05 以下	0.25 以下	0.4 以下	0.05 以下	0.05 以下	0.05 以下	—	0.03 以下	99.5 以上	O H12	100 120	25 6	1) 导电率、导热率、光反射率高, 耐腐蚀性良好 2) 反射板, 热交换器, 照明器具, 装饰品
	A1080	0.03	0.15	0.16	0.02	0.02	0.03	—	0.03 以上	99.8 以上	O H12	95 110	30 6	
	A1100	0.05 ~0.2	Si+Fe 1.0 以下		0.05	—	0.1 以下	—	—	99.0	O H12	110 130	25 6	1) 深拉深加工用, 加工性、耐腐蚀性良好 2) 家庭用各种容器, 电器具零件, 箔
	A1200	0.05 以下	Si+Fe 1.0 以下		0.05	—	0.1 以下	—	—	残	O H12	110 120	25 6	

续表 18.3-51

分类	牌号	化学成分(质量分数)/%									质别	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	特征和用途
		Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al				
Al-Cu 系合金	A2017	3.5	0.8	0.7	0.4	0.2	0.25	0.1	—	—	O	220	12	1) 高强度铝合金中的一种; 其强度高, 但耐蚀性差 2) 航空机械、输送机零件
		~4.5	以下	以下	~1.0	~0.8	以下	以下	—	—	T4	360	15	
Al-Mn	A3003	0.05 ~0.2	0.6 以下	0.7 以下	1.0 ~1.5	—	0.1 以下	—	—	—	O H12	130 120	23 5	1) 成形性、焊接性、耐蚀性良好 2) 饮料罐, 深拉深制品, 电灯灯头, 建筑用材
	A3004	0.25 以下	0.3 以下	0.7 以下	1.0 ~1.5	0.8 ~1.3	0.25 以下	—	—	—	O H12	200 250	16 4	
Al-Mg 系合金	A5005	0.2 以下	0.4 以下	0.7 以下	0.2 以下	0.5 ~1.1	0.25 以下	0.1 以下	—	—	O H12	110 120	20 6	1) 拉深性、耐蚀性良好, 阳极酸化处理良好 2) 一般调理器具
	A5052	0.1	Si+Fe 0.45 以下		0.1 以下	2.2 ~2.8	0.1	0.15 ~0.35	—	—	O H12	180 220	18 5	1) 成形性、耐蚀性、焊接性良好 2) 用途广泛, 家用电器, OA 机器零件, 容器等
	A5083	0.1	0.4 以下	0.4 以下	0.3 ~1.0	4.0 ~4.9	0.25 以下	0.05 ~0.25	0.15 以下	—	O H22	280 320	16 8	1) 耐蚀性、焊接性良好, 耐海水侵蚀性优 2) 压力容器, 低温容器
Al-Mg-Si	A6061	0.15 ~0.4	0.4 ~0.8	0.7 以下	0.15 以下	0.8 ~1.2	0.25 以下	0.04 ~0.35	0.15 以下	—	O T4	150 210	18 11	1) 耐蚀性、焊接性良好 2) 汽车车身, 机械零件及结构件
Al-Zn	A7075	1.2 ~2.0	0.4 以下	0.4 以下	0.3	2.1 ~2.9	5.1 ~6.1	0.18 ~0.35	0.2	—	O T651	280 550	10 9	1) 在铝合金中强度最高 2) 航空机械及汽车用材

表 18.3-52 铝及铝合金板与带的厚度的极限偏差 (JIS H 4000) (mm)

厚度	板		带		厚度	板		带	
	390	390~690	190 以下	190~290		390	390~690	190 以下	190~290
0.1~0.15	±0.02	—	±0.01	±0.02	0.5~0.8	±0.06	±0.07	±0.04	±0.05
0.15~0.25	±0.03	±0.04	±0.02	±0.03	0.8~1.2	±0.06	±0.09	±0.05	±0.06
0.25~0.35	±0.04	±0.05	±0.02	±0.03	1.2~2	±0.07	±0.11	±0.06	±0.07
0.35~0.50	±0.05	±0.07	±0.03	±0.04	2~3.2	±0.09	±0.14	±0.07	±0.08

表 18.3-53 铜及铜合金的化学成分、力学性能和用途 (JIS H 3100, H 3110, H 3130)

分类	牌号	化学成分(质量分数)/%								质别	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	特征和用途	
		Cu	Pb	Fe	Sn	Zn	Ni	Mn	P					
铜	C-1100	99.9 以上	—	—	—	—	—	—	—	—	O $\frac{1}{2}$ H	200 250~320	35 以上 15	1) 导电性、导热性、延展性、拉深弯曲加工性、耐腐蚀性、耐候性良好 2) 电气器具零件, 端子类
红铜	C-2200	89.0 ~91.0	0.05 以下	0.05 以下	—	残	—	—	—	—	$\frac{1}{2}$ H	260~340	25	1) 外觀光亮, 延展性、拉深加工性、耐腐蚀性良好 2) 化妆品盒、盖
黄铜	C-2600	68.5 ~71.5	0.05 以下	0.05 以下	—	残	—	—	—	—	O $\frac{1}{2}$ H	280 350~450	50 以上 28	1) 延展性、拉深加工性良好 2) 拉深件、抛物天线、腰气部件
	C-2680	64.0 ~68.0	0.07	0.05 以下	—	残	—	—	—	—	O $\frac{1}{2}$ H	280 360~450	50 28	复杂形状拉深件、按钮类
易切削黄铜	C-3560	61.0 ~64.0	2.0 ~ 3.0	0.1 以下	—	残	—	—	—	—	$\frac{1}{2}$ H	380~470	10	1) 冲裁性良好 2) 钟表零件、齿轮
加锡黄铜	C-4250	87.0 ~90.0	0.05 以下	0.05 以下	1.5 ~3.0	残	—	—	—	—	O $\frac{1}{2}$ H	300 400~490	35 15	1) 耐应力、耐腐蚀性、耐磨性、弹性好 2) 开关、继电器、接插件、各种弹簧
磷青铜	C-5111	Cu+Sn+P 99.5以上	—	—	3.5 ~4.5	—	—	—	0.03 ~ 0.35	—	O $\frac{1}{2}$ H	300 420~520	38 12	1) 延展性、耐疲劳性、耐蚀性好 2) 电子与电气产品用, 如弹簧、开关、继电器、隔离板、真空管、引线架
	C-5212	Cu+Sn+P 99.5以上	—	—	7.0 ~9.0	—	—	—	0.03 ~ 0.35	—	$\frac{1}{2}$ H	500~620 600~720	30 8	
白铜	C-7060	Cu+Ni+ Fe+Mn 99.5以上	0.05 以下	1.0 ~ 1.8	—	0.5	9.0 ~ 11.0	0.2 ~ 1.0	—	—	F	280	30	1) 耐蚀性尤其耐海水性良好, 质硬 2) 热交换器零件

续表 18.3-53

分类	牌号	化学成分(质量分数)/%								质别	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	特征和用途	
		Cu	Pb	Fe	Sn	Zn	Ni	Mn	P					
白铜	C-7150	Cu+Ni+ Fe+Mn 99.5	0.05 以下	0.4 ~ 1.0	—	0.05	29.0 ~ 33.0	0.2 ~ 1.0	—	F	350	35	1) 耐腐蚀性尤其耐海水性良好, 质硬 2) 热交换器零件	
	C-7351	70.0~75.0	0.1 以下	0.25 以下	—	残	16.5 ~ 19.5	0 ~ 0.5	—	O $\frac{1}{2}$ H	330 400~520	20 5	1) 外觀光亮, 延展性、耐疲劳性、耐腐蚀性良好 2) 餐具、装饰件、半导体晶体管盒、盖	
锌白铜	C-7451	59.0~65.0	0.1 以下	0.25 以下	—	残	12.5 ~ 15.5	0 ~ 0.5	—	O $\frac{1}{2}$ H	330 400~520	20 5		
弹簧用	铍青铜	C-1720	Cu+Be+ Ni+Co+Fe 99.5	—	—	—	—	—	—	(Be) 1.8 ~2.0	O $\frac{1}{2}$ H	420~550 600~710	35 5	1) SH级用于不弯曲的弹簧 2) 高性能的弹簧、连接器、插座
	磷青铜	C-5210	Cu+Sn+P 99.7	0.05 以下	0.1 以下	7.0 ~ 9.0	0.2 以下	—	—	—	H SH	600~720 750~850	20 9	
	锌白铜	C-7701	54.0~58.0	0.1	0.25	—	残	16.5 ~ 19.5	0 ~ 0.5	—	H SH	640~750 780~880	— —	1) 外觀光亮, 延展性、耐疲劳性、耐腐蚀性良好 2) 弹簧

表 18.3-54 磷青铜、锌白铜板、带厚度的极限偏差 (JIS H 3110) (mm)

厚度 \ 宽度	厚度极限偏差		
	190 以下	190~390	390~650
0.05~0.12	±0.010		
0.12~0.2	±0.015		
0.2~0.3	±0.020		
0.3~0.4	±0.025	±0.040	
0.4~0.5	±0.030	±0.045	±0.05
0.5~0.6	±0.035	±0.05	±0.06
0.6~0.8	±0.040	±0.06	+0.07
0.8~1.2	±0.045	±0.07	±0.08
1.2~1.5	±0.05	±0.08	±0.10
1.5~2.0	±0.06	±0.09	±0.12

表 18.3-55 弹簧用铜合金板、带厚度的极限偏差 (JIS H 3130) (mm)

厚度 \ 宽度	厚度的极限偏差
0.05~0.08	±0.005
0.08~0.16	±0.010
0.16~0.26	±0.015
0.26~0.40	±0.020
0.40~0.55	±0.025
0.55~0.7	±0.030
0.7~0.9	±0.035
0.9~1.2	±0.040
1.2~1.5	±0.045
1.5~1.8	±0.050
1.8~2	±0.055

(5) 瑞典钢板

表 18.3-56 列出了一种瑞典阀片钢的性能数据。

表 18.3-57 列出了一种韩国钢板的性能数据。

(6) 韩国钢板

表 18.3-56 瑞典阀片钢化学成分与力学性能 (摘自 WHB 20)

化 学 成 分 (质量分数) /%				
C	Si	Mn	P	S
0.97~1.07	0.18~0.30	0.28~0.52	<0.030	<0.025
力 学 性 能				
料厚/mm	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	硬度 HV	
0.152	2 050 ± 60	4 以上	593 ± 25	
0.203	2 000 ± 60		580 ± 25	
0.254	1 950 ± 60		565 ± 25	
0.305	1 900 ± 60		553 ± 25	
0.381	1 850 ± 60		540 ± 25	
0.457	1 850 ± 60		540 ± 25	
0.508	1 800 ± 60		525 ± 25	

注: 资料来自西安远东机械公司。

表 18.3-57 韩国产 SPCC-SD 的力学性能

料厚/mm	力 学 性 能			
	屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ /%	硬度 HRB
0.23	250~280	360~380	37~39	52~55

注: 资料来自南昌搪瓷厂。

2.2.4 冲压用新材料及其性能

汽车、电子、家用电器及日用五金等工业的发展, 极大地推动着现代金属薄板的发展, 尤其要求具有高新特性的冲压用板材的不断出现。

当代材料科学的发展, 已经做到根据使用上与制造上的要求, 设计并制造出崭新的材料, 因此, 很多冲压用的新型板材便应运而生。

新型冲压用板材的发展趋势见表 18.3-58。

现今已研制出或正在开发的冲压用新板材很多 (尤其在国外)。这些新板材的名称及分类虽尚未统一, 但其中较为突出的有以下三种。

(1) 高强度钢板

高强度钢板是对普通钢板加以强化处理而得

到的新型钢板。通常采用的金属强化的原理有: 固溶强化、析出强化、细晶强化、组织强化 (相态强化及复合组织强化)、时效强化和加工强化等, 其中前五种是通过添加合金成分和热处理工艺来控制板材性质的。

高强度钢板的高强度有两方面的涵义:

1) 屈服点高, 在 260~420 MPa 范围之内。比一般铝镇静钢的屈服点要高 50%~100%;

2) 抗拉强度高, $\sigma_b > 400$ MPa (日本则具体又分为热轧钢板在 370 MPa 以上, 冷轧钢板在 340 MPa 以上)。日本通过组织强化处理还已研制出了超高强度钢板。其抗拉强度可达到 980 MPa (热轧)、1 470 MPa (冷轧), 而对应的普通冷轧软钢板的抗拉强度只有 300 MPa。

表 18.3-58 新型冲压薄板发展趋势

内 容	发 展 趋 势	效 果 与 目 的
厚 度 强 度	厚 → 薄 低 → 高	} 产品轻型化、节能和降低成本
组 织	单相 → 双相 ↓ 加磷, 加钛	
板 层	单层 → 涂层, 叠合 ↓ 复合层, 夹层	} 耐腐蚀, 外观好, 冲压性能提高 抗振动, 减噪声
功 能	单一 → 多个 一般 → 特殊	

高强度钢板的应用, 能减薄料厚, 减轻冲压件的重量, 节省能源和降低冲压产品成本。例如, 美国与日本从 1980 年~1985 年广泛使用低合金高强度钢板, 使汽车车身零件板厚由原来的 1.0~1.2 mm 减薄到 0.7~0.8 mm; 车身重量减轻 20%~40%; 汽车耗油从 20 mile/gal 达到 25 mile/gal, 节约汽油 20% 以上。到 1992 年, 日本各汽车厂汽车车身采用高强度钢板的比例, 平均达 23.3%, 其中日产汽车公司达 30% 以上。

由于高强度钢板的强化机制常常在一定程度上要牺牲其他的成形性能, 如伸长率降低, 弹复大, 成形力增高, 厚度减薄后抗凹陷能力降低等。因此, 制造技术进展的方式是分别开发适应不同冲压成形(不同冲压件)要求的高强度钢板品种。比如加磷钢板中的 P1 钢板, 与各种级别的 08Al 板相比, 在屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 上提高很多, 而各向异性系数则居于它们中间。

低温硬化钢板又叫烘烤钢板, 在冲压变形之后, 于冲压件的涂漆与烘烤过程中, 板材得到新的强化, 使冲压件在使用状态下具有较高的强度和抗凹陷能力。这种性能称之为低温硬化性能或叫 BH 性。在同样抗凹陷能力条件下, 汽车零件厚度可减薄 15%。另外, BH 性能在板的不同方向上存在差异, 它可能使板的各向异性增强, 利用这一点, 对生产有很大实际意义。到 1995 年止, 我国一汽集团就试用烘烤钢板生产了汽车车身零件 20 余万件, 综合废品率仅约 1%。

双相钢板也称复合组织钢板, 实际上它也属于高强度钢板中的一种。双相钢的抗拉强度与伸长率基本上成负相关关系, 而抗拉强度与屈服点基本上成正相关关系。

表 18.3-59 列出了两种日本的双相钢板: 铁素体+马氏体系双相钢与铁素体+微小珠光体系双相钢板的力学性能指标。

表 18.3-59 双相热轧钢板制造例

钢 种	化学成分/%				板厚 /mm	力学性能			
	C	Si	Mn	Nb		σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ_5 /%	δ /%
铁素体+马氏体系	0.05	0.68	1.37	—	2.3	390	620	31	63
铁素体+微小珠光体系	0.13	0.10	1.20	—	3.0	410	550	32	74

国产冷轧 07SiMn 双相钢板(含 C0.08, Si0.39, Mn1.19, P<0.03%), 厚度为 1 mm, 其材料特性值与 08Al (ZF) 钢之对比列于表 18.3-60 中。这种钢板已开始试用于汽车零件的生产。

(2) 表面处理钢板

表面处理钢板是为了有效防止普通钢板发生锈蚀, 而在其表面镀(涂)锌、铝等金属, 后来又发展到镀(涂)有机材料的一类新型钢板。

表面处理钢板有很多种, 比如: 镀一层金属

型板右端第 2 级 2 个孔及中第 2 级 2 个孔 共 4 个孔在级孔范围内 冲孔 冲孔时级孔 级

脂层的树脂夹层板。如图 18.3-34 所示，其中，金属复合板（图 18.3-34a）往往具有比单一板更优良的性能，尤其表现在耐腐蚀性、导热性、导磁性及轻量化等方面。这类叠层复合板已经并正在

开发的有不少品种。轻型夹层板（图 18.3-34b）为了轻量化目的，中间树脂夹层比较厚且硬（用尼龙等）。而防振钢板（图 18.3-34c）中间夹层的粘弹性树脂则比较薄且软。

表 18.3-61 10CuPCrNi 钢与 Q235A 钢板材料特征值

材料	指标	σ_s /MPa	σ_b /MPa	σ_s/σ_b	δ /%	n	r	Δr	CCV /mm	E_r /mm
10CuPCrNi		378	507	0.74	20.7	0.211	0.548	0.376	128.57	5.6
Q235A		240	363	0.66	21.4	0.237	0.727	-0.343	127.44	7.0

注：钢板料厚均为 $t=2.5\text{ mm}$ 。

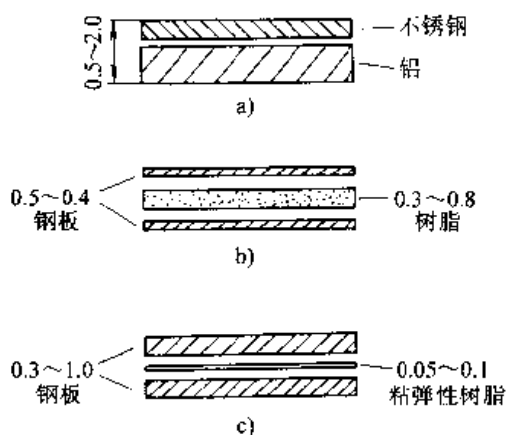


图 18.3-34 叠层复合板示例

a) 复合板 b) 轻型夹层板 c) 防振钢板

20 世纪末，国外重点开发研制的叠层复合板材是轻型夹层板和防振钢板。它们均是在两层薄钢板之间夹持树脂夹层，形成所谓“三明治”型复合板材。这种叠层复合板材具有被复合之单体材料所不具有的优点。但是，其冲压成形性能，比单体材料较差的也不少，在单体材料成形过程中所意想不到的成形缺陷问题也时有发生。因此，世界各国都在对此进行研究。

比如，有研究表明：防振型复合钢板的 n 值、 r 值及均匀伸长率等均与塑料夹层的性质关系不大，大体上和表层钢板的 n 值、 r 值及均匀伸长率相同；但极限拉深比随夹层厚度的增加而减小，耐起皱能力随厚度的增加而下降；其胀形高度和扩孔率 λ 基本上不受塑料夹层性能影响，而主要取决于表层钢板的冲压性能。对轻型夹层板的成形缺陷问题，如比较严重的弯曲开裂规律与对策、弹复现象更为严重的原因及防止措施等，已有不少研究报告。

对于一般两层或三层叠层复合板在冲压成形性能方面的优越性及特点，已经从有关理论分析计算和实验测试中得到了很多证明和解释。例如，用 3 种不同的金属板，分别为 SUS430、铝及 SUS304 构成 3 层板的复合板，实验测试了各种板及其复合板的成形极限曲线，还进行了数值解析，计算出了其成形极限曲线的预测值，并将结果进行了比较，如图 18.3-35 所示。可以看出，冲压成形性较差的材料（比如 SUS430）如果与成形性能良好的材料（铝、SUS304）叠层复合，其成形性能会有显著的提高。

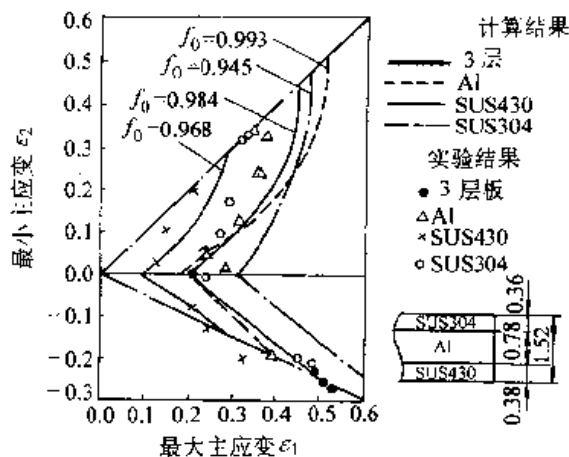


图 18.3-35 3 层金属复合板及其单一板的成形极限图

3 国内外常用金属材料牌号对照

(1) 常用钢号对照

表 18.3-62 列出了冲压用各种钢号例如 08F、10、65Mn、0Cr13、1Cr18Ni9Ti 等及冲模常用各种钢号例如 T8A、T12A、GCr15、9SiCr、Cr12、Cr12MoV 等与国外钢号的近似对照。

表 18.3-62 中外常用钢号近似对照举例

钢种类别	中 国	俄罗斯	美 国		法 国	德 国	日 本	英 国
	GB	ГОСТ	SAE	AISI	NF	DIN	JIS	B. S.
优质碳素结构钢	08	08	1008	C1008			S9CK	030A04 040A04
	08F	08KJI	1006	C1006			SPCH1	
	10	10	1010	C1010	XC10	C10、CK10	S10C	040A10 050A10
	15	15	1015	C1015	XC12	C15、CK15	S15C	040A15 050A15
	20	20	1020	C1020	XC18	C20、C22	S20C	040A20 050A20
	35	35	1035	C1035	XC35	C35、CK35	S35C	060A35
	45	45	1045	C1045	XC45	C45、CK45	S45C	060A42 060A47
	40Mn	40Г	1039	C1039		40Mn4	S40C	080A40 120A36
弹簧钢	65Mn	65Г	1066	1566				080A67
	60Si2Mn	C0C2	9260	9260	60S7	60SiMn5	SUP7	250A58 250A61
	50CrVA	50XΦA	6150	6150	50Cr4	50CrV4	SUP10	735A50
合金结构钢	15Cr	15X	5115	5117	12C3	15Cr3	SCr415 (SCr21)	523A14 523M15
	40Cr	40X	5140	5140	42C4	41Cr4	SCr440 (SCr4)	530A40 530M40
	15CrMo	15XM	4015	4015	15CD35	16CrMo4.4	SCM415 (SCM21)	(1652)
	20CrNi	20XH	3120	A3120	20NC6	18CrNi8		635M15 637M17
滚动轴承钢	GCr6	ШХ6	50100	E50100	100C2	105Cr2		
	GCr9	ШХ9	51100	E51100	100C3	105Cr4	SUJ1	
	GCr15	ШХ15	52100	E52100	100C5 (100C6)	100Cr6	SUJ2	534A99 535A99
碳素工具钢	T8、T8A	Y8、Y8A	W108Commercial W108Special		Y275 Y175	C80W2 C80W1	SK5 SK6	
	T10、T10A	Y10、Y10A	W110Commercial W110Special		Y2105 Y1105	C105W2 C105W1	SK3 SK4	BW1B
	T12、T12A	Y12、Y12A	W112Commercial W112Special		Y2120	C125W2 C125W1	SK2	BW1C

续表 18.3-62

钢种类别	中 国	俄罗斯	美 国		法 国	德 国	日 本	英 国
	GB	ГОСТ	SAE	AISI	NF	DIN	JIS	B.S.
合金 工具钢	9SiCr	9XC				90CrSi5		
	Cr12	X12	D3	D3	Z200C12	X210Cr12	SKD1	BD3
	Cr12MoV	X12M	D2	D2	Z160CDV12	X165CrMoV12	SKD11	BD2
	3Cr2W8V CrWMn	3X2B8Φ XBΓ	(H21)	(H21)	Z30WC V9 (100WC15 -04)	30WCrV9.3 105WCr6	SKD5 SKS31	BH21 (B01)
	5CrNiMo	5XHM	6F2	6F2	Z60NCDV06 -02	56NiCrMoV6	SKT4	
高速 工具钢	W18Cr4V	P18	T1	T1	Z80W18	S18-0-1 (B18)	SKH2	BT1
	W9Cr4V2	P9	T7	T7	Z70WD12	(ABC II)	SKH6	BT7
不锈钢	1Cr13	1X13	51403 51410	403 410	Z12C13	X10Cr13	SUS403 SUS410	(403S17) 410S21
	2Cr13	2X13	51420	420	Z20C13	X15CH3	SUS420J1	420S29 420S37
	3Cr13	3X13	51420	420	Z30C13	X30Cr13	SUS420J2	420S45
	1Cr17	12X17	51430	430	Z8C17	X8Cr17	SUS430	430S15
	1Cr18Ni9	12X18H9 (1X18H9)	30302	302	Z12CN18 -10	X12CrNi 18.8	SUS302	302S25
	1Cr18Ni9Ti	12X18H10T (1X18H9T)	(30321)	322	Z10CNT18 -10	X12CrNiTi 18.9	(SUS321)	321S20 (325S21)

(2) 常用非铁金属牌号对照

在冲压用的非铁金属中，铝及其合金板、铜及其合金板用得较多。据此，表 18.3-63 和表 18.3-64 分别列出了其中一些主要材料的国内外牌号对照。

(3) 中日金属板料表示方法对照

表 18.3-65 列出了国产和日（本）产常用板（带）材表示方法对照情况。不过，最近已出现了新的变化：国内如宝钢等厂家，国外如韩国、俄罗斯、塔吉克斯坦等国家也生产并销售了 SPCC、SPCD 等薄钢板。

表 18.3-63 铝合金板中外牌号近似对照举例

合金类别	中 国 (GB ^①)	俄罗斯 (ГОСТ)	美 国 (AA, ASTM)	法 国 (NF)	德 国 (DIN)	日 本 (JIS)	英 国 (B.S.)
工业 纯铝	1070A (L1)	AD00	1070	A7	Al99.7	A1070P	S1A
	1060 (L2)	A0	1060		Al99.6	A1060P	
	1050A (L3)	AD0	1050	A5	Al99.5	A1050P	S1B
	8A06 (L6)	AD	1080		Al99.8	A1080P	S1A

续表 18.3-63

合金类别	中 国 (GB ^①)	俄罗斯 (ГОСТ)	美 国 (AA, ASTM)	法 国 (NF)	德 国 (DIN)	日 本 (JIS)	英 国 (B.S.)
防锈铝	(LF1)	Д12	3004		AlMn1Mg1	A3004P	
	5A03 (LF3)	AMГ3	5154		AlMg4	A5154P	NS5
	5B05 (LF10)	AMТ5И1	5056		AlMg5 (AlMg4.5Mn)	A5056P	NS6
	3A21 (LF21)	AMЛ1	3003		Al - Mn	A3003TE A3203	N3
硬铝	2A01 (LY1)	Д18И1	2117		AlCu2.5Mg0.5	A2117P	
	2A10 (LY10)	B65	2017		AlCuMg1	A2017P	HS14
	2A11 (LY11)	Д1	2017		AlCuMg1	A2017P	HS15
	2A12 (LY12)	Д16	2024	A - UAG1	AlCuMg2	A2024P	
锻铝	2A80 (LD8)	AK4	2618	A - U2N		A2N01FD A2N01FH	HF16
	2A90 (LD9)	AK2	2018	A - U4N		A2018FD	
	2A14 (LD10)	AK8	2014		AlCuSiMn	A2014FD A2014FH	HF15
特殊铝	4A01 (LT1)	AK	4032 4043		AlSi5	A4032FD A4032	N21

① 为 GB/T 3190—1996 规定的牌号；括号内为 GB/T 3190—1982 的牌号。

表 18.3-64 铜合金板中外牌号近似对照举例

合金类别	中 国 (GB)	俄罗斯 (ГОСТ)	美 国 (ASTM)	法 国 (NF)	德 国 (DIN)	日 本 (JIS)	英 国 (B.S.)	国际标 准组织 (ISO)
紫铜	T1	M0	C10200		0F - Cu	C1020P	C103	Cu - 0F
	T2	M1	C11000	Cu/a2	0F - Cu57	C1100P	C101 C102	Cu - ETP
	T3	M2				C1221P	C104	
黄铜	H96	Ж96	C21000		CuZn5	C2100P		CuZn5
	H80	Ж80	C24000	U - Z30	CuZn20	C2400P	CZ103	CuZn20
	H70	Ж70	C26000	U - Z33	CuZn30	C2600P	CZ106	CuZn30
	H68	Ж68	C26200	U - Z36	CuZn30	C2600P	CZ106	CuZn30
	H65	Ж65	C26800		CuZn36	C26800P	CZ107	CuZn37
	H62	Ж62	C27200		CuZn33	C2801P	CZ108	CuZn33
	HPb63-3	ЖС63-3	C36000	U - Z29E1	CuZn36Pb3	C3650P	CZ124	CuZn36Pb3
	HSn70-1	ЖО70-1	C44300		CuZn28Sn	C4430P	CZ111	CuZn28Sn
HSn62-1	ЖО62-1	C46400		CuZn39Sn	C4621P	CZ112	CuZn39Sn	

续表 18.3-64

合金类别	中国 (GB)	俄罗斯 (ГОСТ)	美国 (ASTM)	法国 (NF)	德国 (DIN)	日本 (JIS)	英国 (B.S.)	国际标准化组织 (ISO)
青铜	QSn4-3	BP.OL4-3	C51000		Cu-Sn4Zn			
	QSn4-4-2.5	BP.OLC4-4-2.5	C5441			C5441P		
	QA15	BP.A5			Cu-Al5		CA101	
	QBc2	BP.B2			Cu-Be2	C1720P	CB101	
白铜	B30	MH30	C71500		CuNi30Fe	C7150P	CN107	CuNi30Mn1Fe

表 18.3-65 中日板(带)材表示方法对照

序号	中国板材类别	日本标准牌号		备注
1	冷轧薄钢板(带)	SPC	SPCC SPCD SPCE SPCEN	普通用途冷轧板或带 拉深用 深拉深用 深拉深用(无时效)
2	热轧薄钢板(带)	SPH	SPHC SPHD SPHE	普通用途热轧钢板(带) 拉深用 深拉深用
3	冷轧不锈钢板(带) 热轧不锈钢板(带)	SUS××CP (SUS××CS) ^① SUS××HP (SUS××HS)		
4	镀锌薄钢板 彩色镀锌薄钢板	SPG	SPG1 SPG2 SPG3 SPG4 SGC SGCC、SGCD	一般用途 弯曲加工用 拉深用 结构件用 一般用途, 拉深用
5	镀锡薄钢板	SPT	SPTE SPTE-D SPTH	电镀锡板 差后电镀锡板 热电镀锡板
6	冷轧电工钢板 热轧电工钢板	S×× ^① S××F		
7	铝板 铝带	A××P ^① A××R -O材 - $\frac{1}{4}$ H材 - $\frac{1}{2}$ H材		软质 $\frac{1}{4}$ 硬 $\frac{1}{2}$ 硬

续表 18.3-65

序号	中国板材类别	日本标准牌号	备 注
7	铝板 铝带	- $\frac{3}{4}$ H 材 - H 材 - R 材	$\frac{3}{4}$ 硬 硬质 冷轧后自然时效
8	铜板 (带) 紫铜板 (带) 黄铜板 (带) 磷青铜板 (带) 锌白铜板 (带) 白铜板 (带)	RBSP (RBSR) BSP (BSR) PBP (PBR) NSP (NSR) CNP (CNR)	
9	钛板	TP	

① ××为具体钢种代号数字。

第 4 章 冲压模具设计过程与要点

1 冲压模具设计过程

1.1 冲压模具的功能

冲模的功能是具有制造出一定数量的冲压产品的能力，且加工还有高效率、高精度、互换性好及节约原材料等功效。

在此，可以把制造出所需的冲压产品视之为对冲模的一级功能要求。如图 18.4-1 所示，被加工材料送至固定在冲压设备上的冲模里，经过冲压加工，获得所需形状、尺寸和性能的产品。

在实现冲模的一级功能要求过程中，即在冲模使材料变成产品的加工过程中，由于除了要保证使材料经受既定的冲压加工（塑性成形）以外，前后还必须有正确的导向、定位以及方便的卸料与出件等动作。所以，冲模实际上是由具有不同功能的零部件组成的一种装置。

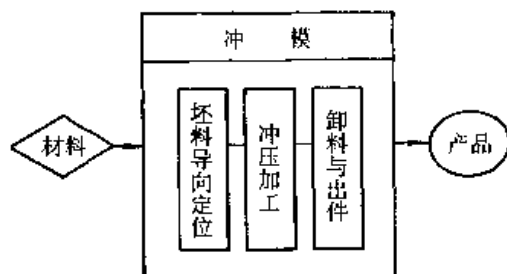


图 18.4-1 冲模的一级功能要求

由于冲压产品的生产方式不是单件生产、而是批量生产，因此，为达到所需冲压产品的数量，还需具有某些二级功能要求。

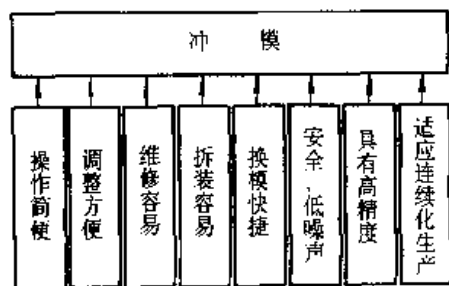


图 18.4-2 冲模的二级功能要求

冲模的二级功能要求是对其一级功能要求的完善、强化或补充。从冲模的使用角度出发，其

二级功能要求主要应包括如图 18.4-2 所示的各项内容。显然，冲模的二级功能要求愈完善，则冲模的结构可能会愈复杂。

应当指出，冲模功能诸内容要求正是冲模设计的依据和条件。

1.2 冲压模具的一般设计程序

依据冲压件的产品图样进行冲压工艺过程设计并确定工艺方案之后，可进行冲模的设计。在模具设计时，要收集、准备有关的设计参考资料；经过充分理解、研究和确定内容之后，便可着手绘制模具的构思图即草图；在绘制草图阶段要召开讨论会，以防发生设计上的重大错误；然后，再绘制正式图。

一般模具设计图可按图 18.4-3 之方框图的步骤完成。由此方框图可知：在冲模设计过程中，必定有冲压工艺方案的分析、确定及工艺计算，从工艺方案分析开始到正式绘制模具图，中间各种步骤还应有反复分析与交叉进行的过程。

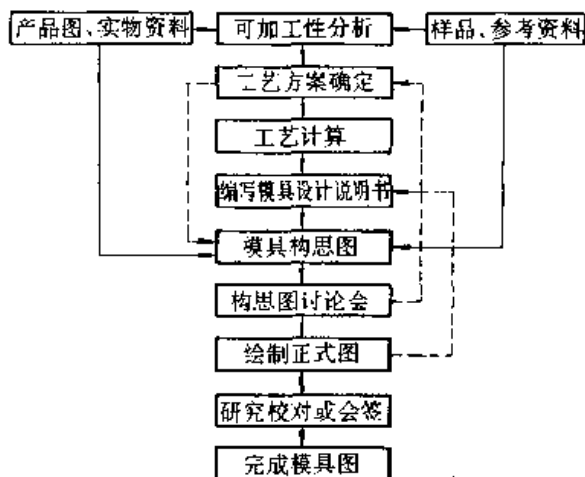


图 18.4-3 模具设计程序

2 冲压件的工艺过程设计

2.1 设计的归宿与主要要求

2.1.1 工艺过程设计与工艺规程

冲压工艺过程是冲压件各加工工序的总和。

它不仅包括冲压产品所用到的冲压加工基本工序,而且包括基本工序前的准备工序、基本工序之间的辅助工序、基本工序完成后的后续工序,以及这些工序的先后次序排定与协调组合。由于冲压工艺过程的优劣决定冲压件制造技术的合理性、冲压件的质量和成本,故必须认真进行冲压工艺过程的设计。

冲压工艺过程设计的归宿是编制出冲压工艺规程。冲压工艺规程是对冲压产品的生产方式、方法、数量、质量乃至包装等所作出的全部决定。它对于工厂的设计、生产准备及正常生产都是至关重要的。工艺规程的重要性表现在下述三个方面。

1) 工厂设计的依据 设计一个新工厂,或兴建、扩建一个冲压车间,其规模、投资与效益必须以工艺规程为依据。

2) 生产准备的基础 由于生产准备的时间较长、内容较多、涉及面广,因此,要慎重编制出工艺规程,使之能为正常生产作好充分的准备工作。

3) 现场生产的指导 除了指导正常生产之外,在生产中出现的质量、安全等方面的问题,当然也要用工艺规程来作检查和分析。

冲压工艺规程所形成的工艺资料包括各种技术工艺文件、模具图样、设备图样和设计说明书等。各种技术工艺文件的形式有工艺规程卡、工序卡、工艺过程(流程)卡、工艺路线明细表以及材料工艺定额表、工艺成本明细表等。

已有的行业标准有《冲压件材料消耗工艺定额 编制方法》(JB/T 9176—1999)等。

2.1.2 工艺过程设计要求

冲压工艺过程设计实际上是一种产品生产技术的设计,冲压工艺过程设计的主要要求是:

1) 工艺性合理 根据产品图样要求及有关标准要求,分析冲压件的结构、性能及加工难易程度,确定科学的、合理的工艺过程。为了优质,应该考虑优质材料和尽可能采用较先进的技术工艺。如果发现该冲压件的工艺性较差、在不影响其使用性能的条件下,对该零件的形状或尺寸在某些地方应作必要的修改。

2) 经济性合算 用最好的材料,采用最先进的加工技术,可以得到最高性能的产品。但是,这样的产品不会是廉价的,其经济效益肯定

不会最好。所以,冲压工艺过程设计不能选择这样的方法。而应该采用适宜的材料,尽量节约用料,通过选择先进且合理(对具体条件)的加工技术,努力减少加工费用及模具设备费用的方法,获得完全合乎要求与规定的产品。这样的优质产品经济上才是合算的。

总而言之,冲压工艺过程的设计是一种对产品生产过程的综合分析和设计。如果用计算机辅助设计(CAD),则最佳的冲压工艺过程设计应该是工艺上先进合理、经济上合算这两个目标函数的综合寻优,以达到工艺过程设计的最佳化。

2.2 设计的内容和工艺性指标

2.2.1 工艺过程设计内容

冲压工艺过程设计的主要内容包括:

- 1) 冲压件的分析;
- 2) 原材料的选定与备料;
- 3) 变形工序的确定;
- 4) 辅助工序的确定;
- 5) 模具类型的选定;
- 6) 冲压设备的选择;
- 7) 机械化与自动化方案的选定;
- 8) 确定质量检验方法;
- 9) 作出经济分析(工艺成本计算)。

2.2.2 冲压产品的工艺性指标

冲压件工艺性是指冲压零件在冲压加工中的难易程度。虽然冲压加工工艺过程包括备料—冲压加工工序—必要的辅助工序—质量检验—组合、包装的全过程,但分析工艺性的重点应在冲压加工工序这一过程里。而冲压加工工序很多,各种工序中的工艺性又不尽相同。即使同一个零件,由于生产单位的生产条件、工艺装备情况及生产的传统习惯等不同,其工艺性的涵义也不完全一样。

冲压件工艺性的具体指标主要应该是:

- 1) 材料消耗少,生产准备周期短;
- 2) 工序数量少、劳动量与劳动强度低;
- 3) 尽量减少后续的机加工量及有关辅助工序;
- 4) 冲压工艺装备少,生产面积需要小;
- 5) 操作简便、能尽量采用非高级技工;
- 6) 提高模具在完成生产批量前提下的寿命;
- 7) 生产效率高、加工成本低。

为使冲压件达到优良的工艺性指标，必须合理地确定其尺寸精度和具有良好的结构工艺性。冲压件的尺寸精度等级可达 IT6（或 IT7）级，

精度等级数越低其冲压加工越困难。表 18.4-1 列出了冲压加工中冲裁、精冲及拉深工序等与其他加工方法所能达到尺寸精度的大致比较。

表 18.4-1 冲压加工方法与其他方法精度比较

50 mm 长度上公差/mm	0.011	0.016	0.025	0.039	0.062	0.100	0.160	0.25	0.39	0.62	1	1.6
ISO 等级	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
加工方法												
热 锻												
温 锻												
冷 锻												
轧 制												
光洁轧制												
精 整												
拉 深												
变薄拉深												
管、线材拉拔												
冲 裁												
精 冲												
旋转锻造												
车 削												
研 削												

虽然一般拉深件精度为 IT10 级，如果再经过一道较特殊的整形（校形）工序，其拉深件的精度可以提高 2~3 个级别。至于各种基本工序加工的冲压件未注公差尺寸公差可按本篇第 2 章第 1 节中介绍的有关标准选择。

冲压件的结构工艺性一般指其结构的几何形状。显然，其几何形状越简单、越容易冲压，则其结构工艺性越好。因此要求：

① 原材料的选定不仅要能满足冲压件的强

度与刚度要求，还应该要有良好的冲压性能。这是由于每一种板材都有自己的化学成分、力学性能以及与冲压性能密切相关的特征值。在生产实际中经常出现这种情况，一个冲压件的加工能否顺利地、高质量地完成，直接取决于板材的冲压性能。所以，有必要根据冲压变形的特点与要求，正确地选用原材料。

② 冲压加工是一种冷变形加工方法，它与热变形加工方法最本质的特点是：有冷变形加工

硬化效应。因此，应该充分利用这一特征，尽量选择软而塑性好的、避免过厚的金属材料。

③ 当对产品零件要求重量轻而强度、刚度高时，可采用加强肋形式及翻边、卷圆等工序来达到要求。

至于各种基本工序加工的冲压件的结构要素、常用工艺限制数值，以及改善结构工艺性的部分经验、方法，可参见本篇第 2 章第 2、3 节的相关内容。

3 冲压模具设计要点

3.1 冲压模具总体设计要点

3.1.1 总体结构形式的确定

模具总体结构形式的确定是设计时必须首先解决的问题，也是冲模设计的关键，它直接影响冲压件的质量、成本和冲压生产的水平。模具类型的选定，应以合理的冲压工艺过程为基础，根据冲压件的形状、尺寸、精度要求、材料性能、生产批量、冲压设备、模具加工条件等多方面的因素，做综合的分析研究并比较其综合经济效益，以期在满足冲压件质量要求的前提下，达到最大限度地降低冲压件的生产成本。确定模具的结构形式时，必须解决以下几方面的问题：

- 1) 模具类型 简单模，连续模，复合模等；
- 2) 操作方式 手工操作，自动化操作，半自动化操作；
- 3) 进出料方式 根据原材料的型式确定进料方法，取出和整理零件的方法，原材料的定位方法；

表 18.4-3 冲压生产批量与合理的模具型式

批 量 项 目	试制	小批	中批	大批	大量
模具型式	简易模 组合模 单工序模	单工序模 组合模 简易模	连续模、复合模 单工序模 半自动模	连续模、复合模 单工序模 自动模	连续模、复合模 单工序模 自动模
设备类型	通用压机	通用压机	高速压机 自动和半自动机 通用压机	高速压机 自动机 自动生产线	专用压机 自动机 自动生产线

3.1.2 压力中心的计算

(1) 冲压力与模具结构的关系

冲压力即冲压变形力，是为使板料产生变形

4) 压料与卸料方式 压料或不压料，弹性或刚性卸料等；

5) 模具精度 根据冲压件的特点确定合理的模具加工精度，选取合理的导向方式及模具固定方法等。

表 18.4-2 是三种模具类型在各方面的对比关系，供选定模具类型时参考。

表 18.4-2 三种模具特点的比较

模具 项 目	单工序模	连续模	复合模
外形尺寸	小	大	中
复杂程度	简单	中等	复杂
工作条件	不太好	好	中等
生产效率	低	最高	高
工作精度	低	高	最高
模具成本	低	高	高
模具加工	易	难	难
设备能力	小	大	中
生产批量	以中小批量为主		以大批量为主

表 18.4-3 给出模具的型式与生产批量之间的关系，表中所列的简易模是指这样一些模具：旨在节省模具钢或减少模具加工难度（例如在某些薄板金属材料的冲裁、成形时或某些非金属材料冲裁时）所采用的不同常规冲模的模具，包括聚氨酯模、低熔点合金模、钢皮模等。

除生产批量、生产成本、冲压件的质量要求外，在设计冲模时还必须对其维修性能、操作方便、安全性特别是手工操作模的安全方面等予以充分的注意。

而在模具运动方向所需要施加的力。它是冲压工艺设计中的一个重要参数，是选择设备和设计模具的重要依据。

各种冲压工序的工艺变形力的计算公式、计算方法，见第19篇各章节。根据冲压力来选择设备吨位时，冲压力的计算与确定还应该考虑模具的结构类型。

1) 单工序模 冲压力即为完成该道工序的工艺变形力。

2) 级进模 冲压力是完成各道工序的工艺变形力（包括有废料切刀时的废料切断力）相叠加。

3) 复合模 不应简单叠加，而应视具体复合情况分别处理。比如，在冲压行程中同时冲孔和落料的垫圈复合模，冲压力为冲孔力与落料力相叠加。而落料拉深复合时，就不应该把落料力与拉深力叠加起来。因为在使用这类模具的冲压行程中，落料与拉深并不是同时进行，落料在先，拉深在后。

(2) 压力中心及计算方法

冲压力合力的作用点称为模具的压力中心。为使设备和模具不受偏心载荷，应把压力中心设

在模柄轴线位置上。如果压力中心不在模柄轴线上，设备的滑块就会承受偏心载荷，导致滑块、导轨和模具不正常磨损，降低设备、模具寿命甚至损坏模具。

求模具的压力中心等同于求凹模工作刃口作用力合力的作用点。采用空间平行力系的合力作用线的求解方法，即根据诸分力对某轴力矩之和等于其合力对同轴力矩的力学原理，可以求出压力中心。又因冲压力与工作刃口的周长或直径成正比，故对于简单几何形状之刃口，如圆形、三角形及方形等，其合力中心即为圆心或形心，很容易确定。而对于形状较复杂的情况，压力中心的计算与确定有计算法（又称解析法）与作图法。

1) 计算法 如图18.4-4所示，对图a给出的冲压件，若其模具总体结构型式确定为带有废料切刀（侧刃）先冲孔、后落料的级进模，则该级进模的压力中心计算方法如下：

① 任取一坐标系 XOY。

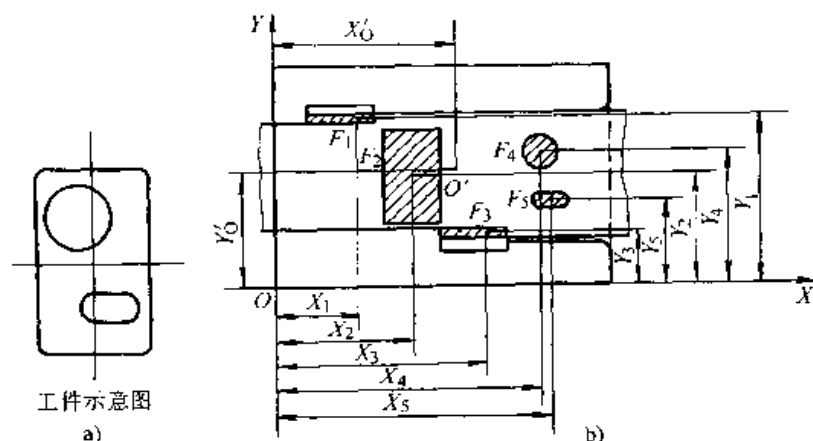


图 18.4-4 压力中心计算法示例

② 计算各图形之分力 F_1, F_2, F_3, \dots 及其中心坐标 $(X_1, Y_1, X_2, Y_2, \dots)$ 。

③ 设压力中心在 O' 点，其坐标为 $X_{O'}, Y_{O'}$ 。

④ 压力中心 O' 的坐标通式为

$$X_{O'} = \frac{F_1 X_1 + F_2 X_2 + \dots + F_n X_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i X_i}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

$$Y_{O'} = \frac{F_1 Y_1 + F_2 Y_2 + \dots + F_n Y_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i Y_i}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

如果这里均以冲裁为例，则

$$F_1 = L_1 t \tau_b$$

$$F_2 = L_2 t \tau_b$$

.....

$$F_n = L_n t \tau_b$$

式中 F_1, F_2, \dots, F_n ——各图形的冲裁力；

X_1, X_2, \dots, X_n ——各图形冲裁力的 X 轴坐标；

Y_1, Y_2, \dots, Y_n ——各图形冲裁力的 Y 轴坐标；

L_1, L_2, \dots, L_n ——各图形冲裁周边长度；

t ——毛坯厚度；

τ_b ——材料抗剪强度。

将各图形冲裁力 F_1, F_2, \dots, F_n 之值代入上

式, 可得冲裁模压力中心的坐标 $X_{O'}$ 与 $Y_{O'}$ 之值为

$$X_{O'} = \frac{L_1 X_1 + L_2 X_2 + \dots + L_n X_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i X_i}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

$$Y_{O'} = \frac{L_1 Y_1 + L_2 Y_2 + \dots + L_n Y_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i Y_i}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

2) 作图法 作图法是通过作出各图形之分力所构成的索多边形而求出压力中心。仍以上述级进模为例, 参见图 18.4-5 列出作图法的步骤如下:

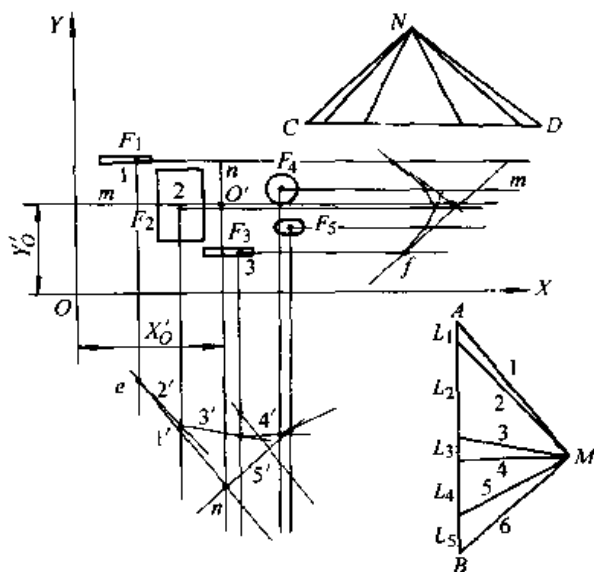


图 18.4-5 压力中心的作图法示例

①、② 与计算法步骤①、②相同。

③ 求作压力中心的横坐标 $X_{O'}$: 作一平行于 Y 轴的直线 AB , 从 A 点开始依次截取 L_1 、 L_2 、 L_3 ……, 其长度按比例与 F_1 、 F_2 、 F_3 ……对应相等 (序号 1、2、3……按各分力中心至 Y 轴由近到远排列); 并从 AB 线旁任取一点 M , 与 AB 线段上相应分点相连得到射线线段 1、2、3……, 即分别与代表各分力的各线段首尾相连; 从各分力的中心位置 (简单图形的形心位置) 出发, 分别作平行于 Y 轴的一组平行线, 从过位置 1 的线上任意点 e 开始, 作射线 $1'$ 平行于射线 1, 作射线 $2'$ 平行于射线 2 得到与由位置 2 作出的平行线之交点, 过该交点作射线 $3'$ 平行于射线 3 得到与由位置 3 作出的平行线之交点, 如此继续作下去, 能得到最后一条射线与第 1 条射线的交点, 此点在 X 轴上的值即为 $X_{O'}$ 。从此交点

作 Y 轴的平行线 $n-n$ 。

④ 用同样方法作出 X 轴的平行线 $m-m$ 。

⑤ 由上所作图得到的纵、横坐标线 $n-n$ 与 $m-m$ 之交点 O' 即为模具的压力中心 ($X_{O'}$ 、 $Y_{O'}$)。

在实际生产中, 可能出现冲模压力中心在加工过程中发生变化的情况, 或者由于零件的形状特殊, 从模具结构考虑不宜于使压力中心与模柄中心线相重合的情况, 这时应注意使压力中心的偏离不致超出所选用压力机所允许的范围。

3.1.3 冲模的封闭高度的确定

冲模总体结构尺寸必须与所用设备相适应, 即模具总体结构平面尺寸应该适应于设备工作台面尺寸, 而模具总体封闭高度必须与设备的封闭高度相适应, 否则就不能保证正常的安装与工作。冲模的封闭高度系指模具在最低工作位置时, 上、下模板外平面间的距离。

模具的封闭高度 H 应该介于压力机的最大封闭高度 H_{\max} (mm) 及最小封闭高度 H_{\min} (mm) 之间, 如图 18.4-6 所示, 一般取

$$H_{\max} - 5 \text{ mm} \geq H \geq H_{\min} + 10 \text{ mm}$$

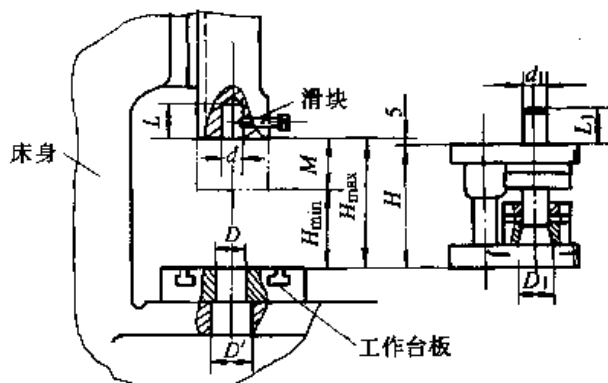


图 18.4-6 冲模的封闭高度

当模具的封闭高度小于设备的最小封闭高度时, 可采用以下两种方法解决:

- ① 将某些模具零部件的高度 (厚度) 增大;
- ② 在压机工作台板上 (下模座下平面下面) 再附加垫板。

3.2 总图、零件图的绘制及技术要求

3.2.1 总图的绘制

模具总图即模具装配图。一般绘制中、小型冲模时, 只画出主视图与俯视图 (对复杂结构的冲模才增加左视图或剖视图)。主视图应剖出模

具处于下死点位置时的工作特征，俯视图往往是拿掉上模部分来画下模部分的结构。

按照模具行业的习惯，冲模装配图上只标注三个尺寸：冲模的闭合高度、总长和总宽；其他尺寸及有关零件配合处的加工制造精度不予标注；当然，全部零件的编号须标注，并在装配图明细表中给出零件名称、数量、规格及材料等。

在设计与绘制冲模总图的过程中，除了应保证该副模具既定的对冲压件加工达到的工艺目标及冲模总体设计要求外，还必须在以下两个方面有正确的设计：

(1) 装配关系 (参见图 18.4-6)

1) 模具的平面尺寸 (主要是下模板) 应小于压力机工作台板的尺寸，严格地说是应小于压力机

工作台最外两条燕尾槽之间的尺寸，以便使模具的下模部分能很好地固定在压力机的工作台上。

2) 模具的漏料孔 D_1 应小于压力机工作台板孔 D 。

3) 模柄露出端长度 L_1 应小于压力机滑块孔深度 L 。

4) 模柄露出端直径 d_1 应稍小于压力机滑块孔的孔径 d ，以便使模具的上模部分能安全且方便地固定在压力机的滑块上。

5) 模具在压力机行程的全过程中尽量应保持模具导向部分不相互脱离。

图 18.4-7 为冲模总图举例——一种垫片落料模的主、俯视图及零件编号，零件名称。至于模具零件的数量、规格及材料等应列于明细表中。

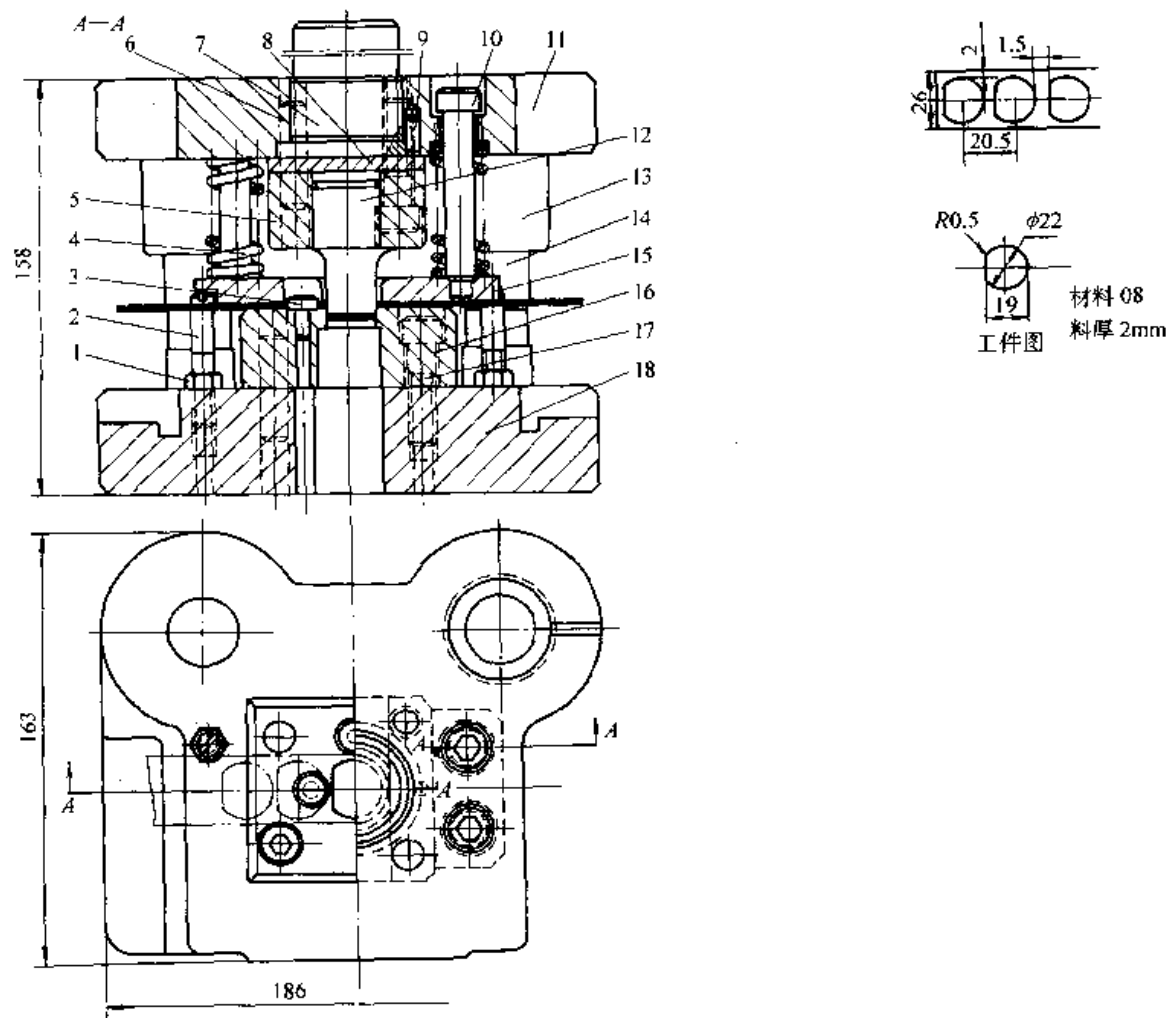


图 18.4-7 垫片落料模

- 1—螺母 2—挡料螺栓 3—挡料销 4—弹簧 5—凸模固定板 6—圆柱销 7—模柄 8—垫板
 9—圆柱销 10—卸料螺钉 11—上模座 12—凸模 13—导套 14—导柱
 15—卸料板 16—凹模 17—内六角螺钉 18—下模座

(2) 相关零件的配合

1) 采用过盈配合处 导柱与下模座、导套与上模座配合面。

2) 采用过盈或过渡配合处 模具工作零件与固定板、防止上模与下模径向转动的圆柱销与

其配合件、(压入式)模柄与上模座之间的配合。

3) 采用精密的间隙配合处 导柱与导套之间的配合面。

配合处的配合及其公差等级可按表 18.4-4 的推荐值选择。

表 18.4-4 冲模零件的配合与表面粗糙度

零件及其位置	配合与标准公差等级	表面粗糙度 $Ra/\mu m$
工作零件刃口表面 { 凸模、凹模 凸凹模 废料切刀 }	一般情况 H6/h6、H7/h7 自由尺寸工件 H9/h9、H10/h10 半成品中间工件	0.8~0.4
工作零件与固定板 防转动圆柱销 挡料销 } 配合面	H7/m6、H7/n6	0.8~0.4
导柱、导套上配合面	H6/h5、H7/h6、H7/j5	0.2~0.1
导柱、导套与模座配合面	H7/r6	0.8~0.2
模柄与模座配合面	H7/m6	
导正销结构面	H6/k6、H7/h6	0.8~0.4
上述零件其他表面	IT9、IT10~IT14	1.6~不加工
其他零件		

3.2.2 零件图的绘制

装配图上所标注的冲模零件(除标准件以外)都必须绘出零件图。冲模零件图上不采用标注配合代号的方法,而采用按线性尺寸的极限偏差来标注。至于表面粗糙度和形位公差要按规定的符号并标注具体数值。零件的结构设计应按冲压工艺计算及总图设计进行。设计冲模零件的加工精度时,通常应考虑以下原则和方法:

1) 冲模的加工精度至少比冲压件要求的精度高两个级别。对中、小型冲模而言,一般按 IT6~IT7 级设计;若为中间半成品工件或自由尺寸要求的工件,冲模精度可取为 IT9~IT10 级。这主要是指冲模零件的工作面、配合面及影响精度的某些重要部位而言的。对于其他一些不重要的部位,则可放宽精度要求。

2) 为确保模具的导向精度,上、下模座的导套、导柱孔须分别对应设计并同时加工,即须配钻、配镗。

3) 为防止上、下模部分在冲压过程中,可

能分别绕压力中心线旋转错动,影响冲压件的精度甚至啃坏模具,故应在模具装配试模时分别于上、下模部分对称位置上,同时钻两销孔、装两销钉;对于采用压入式或旋入式模柄的上模部分,应在模柄与上模板配合处钻一销孔、装一止动销钉,以防止模柄与上模部分间的转动和松动。

图 18.4-8 为冲模零件图示例,其中图 a、b 为垫片落料模(见图 18.4-7)的凸模和上模座的零件图;图 18.4-8c 为另一复合冲裁模中的阻尼孔凸模零件图,图中还给出了其线切割加工的制坯及工艺孔位置。

3.2.3 技术要求标注

在总图、零件图的视图及标题栏(明细表)中,未能或不便标注的、却又相当重要的一些设计要求,可以在图样的适当位置上写出来。这些技术要求在“冲压模具标准”的有关标准号里作了很多的规定(可参阅本卷第 22 篇),可视具体模具结构予以选择。例如,在冲模总装图的适当空位处注出以下技术要求中的某些要求,但不应重复。

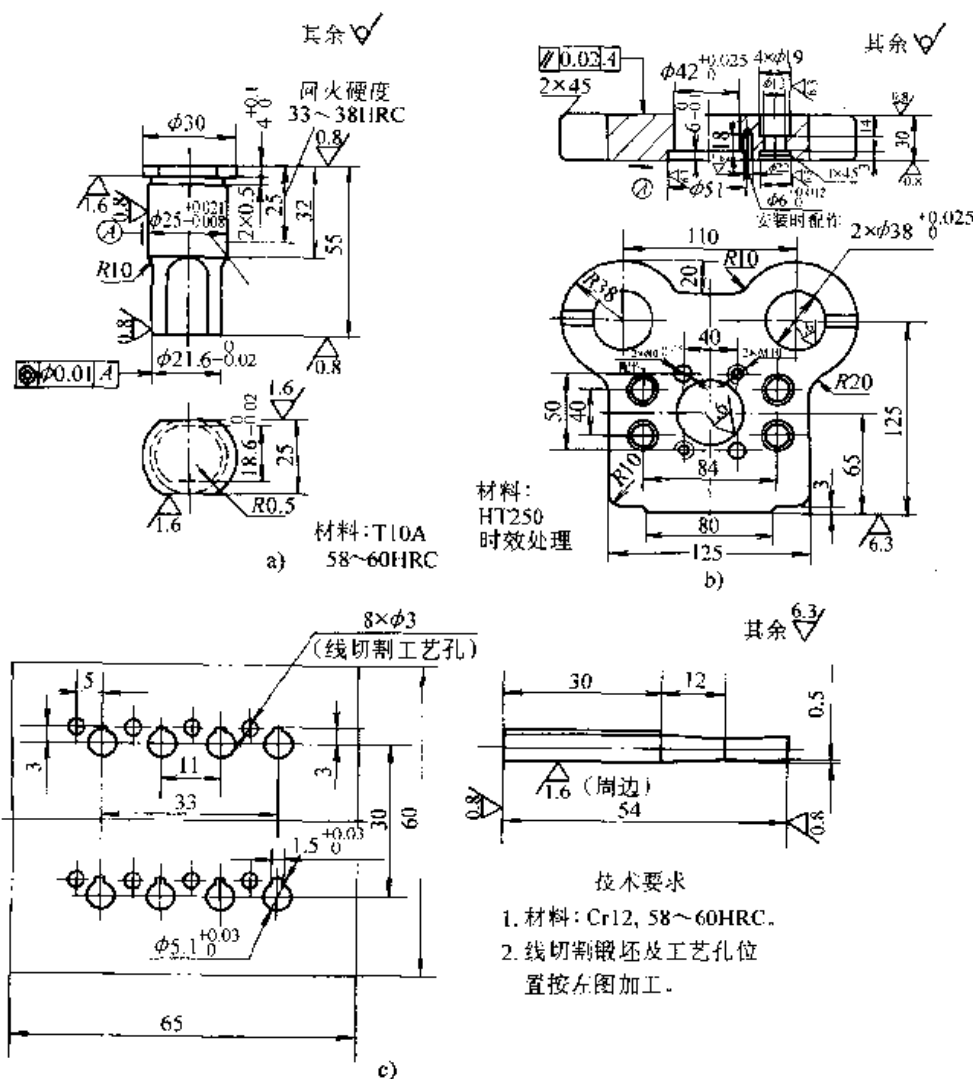


图 18.4-8 模具零件图示例

a) 凸模 b) 上模座 c) 阻尼孔凸模

1) 组成模具各零件的材料、尺寸及精度、形位公差、表面粗糙度及热处理等均应符合图样要求;

2) 上、下模座之上、下平面的平行度应达到_____级精度(规定的精度等级);

3) 模柄轴心线对上模座上平面的垂直度公差,在全长范围内不大于_____mm;

4) 导柱与下模座、导套与上模座、模柄与上模座的配合为_____,导柱与导套的配合为_____;

5) 模具的上模部分沿导柱上、下移动应平稳,无阻滞现象;

6) 凸、凹模之间的间隙应达到规定的要求,且四周的间隙应均匀一致;

7) 模具应在生产条件下试模,试模时冲裁毛刺的高度不大于_____mm;

.....

3.3 模具零件的材料选用

3.3.1 常用模具钢材

冲模所用材料有很多种类,包括金属材料与非金属材料。但是,模具零件主要使用的是各种黑色金属(铁金属)材料。其中,模具工作零件如何选用好工具钢最为重要。

由于模具中各种零部件的功用不同,所以对其材料的要求和选用的原则也不同。因此,合理选用模具材料也是冲模设计中一项十分重要的工作。

显然,模具的工作零件所用材料应比其他零件所用材料要好。一般说来,对于形状简单、冲压件尺寸不大的模具工作零件,常用碳素工具钢制造;对于形状复杂、冲压件尺寸较大的模具工作零件,常用合金工具钢或高速工具钢;对于冲压件精度或模具寿命要求较高的模具工作零件,常用硬质合金或钢结硬质合金;而对于大型模具(如汽车覆盖件冲模)的工作零件,常用普通铸铁或合金铸铁,且有的还在刃口部位加以堆焊强化。

模具工作零件的材料选用是最为重要和严格的,还包括对其热处理工艺的要求必须合理。所

以,工程习惯上所谓的冷冲模具钢是针对模具工作零件而言的。

模具零件材料选用中,除了工作零件选用最为重要外,较为突出的是导柱导套零件,一般选用优质碳素钢中的低碳钢经渗碳淬火或选用轴承钢制造。

除上述零件之外的其他模具零件,选用碳素结构钢或优质碳素结构钢中的中碳钢就可满足要求。

表 18.4-5 为模具工作零件冲头、凹模常用工具钢材料选用原则举例;表 18.4-6 为模具其他零件选用材料示例及热处理要求。

表 18.4-5 冲模工作零件用钢和硬度要求

模具名称和用途		凸、凹模材料	热处理后硬度 HRC
分离类模具	形状简单,且尺寸小	T8A, T10A, 9Mn2V, CrWMn, CCr15, 9CrSi	58~62
	形状复杂,且尺寸较大	CrWMn, Cr12, Cr12MoV Cr6WV	58~62
	硅钢片冲模	Cr12MoV, Cr4W2MoV	60~62
	精密冲裁模	Cr12MoV, W18Cr4V	58~62
	镶块组合模	T10A, 9Mn2V, Cr12MoV	58~62
成形类模具 及大型模具	弯曲模等	T10A, Cr12, 9Mn2V, CrWMn, Cr12Mo, Cr12MoV, Cr6WV	58~62
	拉深、翻边、胀形模等	Cr12, CrWMn, Cr12MoV, Cr6WMn	58~62
	汽车覆盖件冲模等	普通铸铁、铸钢(如 HT250, ZG270-500 等) 合金铸铁(如铜铬铸铁、钼钒铸铁、铜钼钒铸铁)	45~50

注:1.同一副模具凸、凹模热处理硬度设计有一个合理匹配问题,一般凹模比冲头的硬度应高2度左右。

2.表中所列冲压模具钢牌号与国外钢号的近似对照可参照表 18.3-62。

表 18.4-6 冲模其他零件材料牌号和热处理

零件名称	材料	热处理及硬度 HRC
上、下模座(板)	HT200~HT400, Q235, Q275, 45 ZG230-450, ZG270-500	时效、调质处理 28~32
模柄	45, Q235, Q275	
导柱、导套 (滑动) (滚动)	10~20 导柱渗碳淬火 GCr15 导套渗碳淬火	60~64 58~62
固定板,卸料板,侧压板,推料板,顶板,承料板等	45, Q235, Q275	
垫板	45	43~48
	T8A	54~58
定位板	T8A	54~58
顶杆,推杆,打杆,挡料板,挡料钉等	45	43~48
压边圈	45, T8A, T10A	48~52

续表 18.4-6

零件名称	材料	热处理及硬度 HRC
侧刃, 废料切刀, 斜楔, 滑块, 导向块, 导正销(导头)等	T8, T8A, T10, T10A	58~62
护套, 衬板	Q235, 20	
弹簧, 簧片	65Mn, 60Si2Mn	43~48
螺母, 垫圈	Q235	
销, 螺钉, 螺栓	45, Q235	(对45钢) 43~48

表 18.4-7 冲模所用钢材的许用应力

材料名称及牌号例	许用应力/MPa			
	拉伸	压缩	弯曲	剪切
Q215、Q235、25	108~147	118~157	127~157	98~137
Q275、40、50	127~157	137~167	167~177	118~147
铸 钢 ZG270-500, ZG310-570	—	108~147	118~147	88~118
T7A 硬度 54~58HRC	—	88~137	34~44	25~34
T8A, T10A Cr12MoV, GCr15 硬度 52~60HRC	245	981~1 569 ^①	294~490	—
20 (表面渗碳) 硬度 58~62HRC	—	245~294	—	—
65Mn 硬度 43~48HRC	—	—	490~785	—

① 对小直径有导向的凸模此值可取 2 000~3 000 MPa。

表 18.4-7 为冲模零件所用钢材的许用应力, 供对模具零件进行强度校核时选用。

3.3.2 硬质合金

当冲压件的生产纲领为大批大量生产或同时要求其精度较高时, 冲模工作零件往往选用硬质合金。因为硬质合金与工具钢相比, 具有很多显著优点: 硬度高、耐磨性好, 抗压强度高, 弹性模量大, 弹性变形及塑性变形量小, 不存在热处理问题(只是在烧结之后用金刚石工具或电加工方法进行精加工)等。因此, 硬质合金模的寿命长, 耐磨性好、硬度稳定并使之能保持高精度, 因而降低了总的生产成本, 从而解决了硬质合金比工具钢材料价格高的矛盾。

硬质合金有很多种类。目前, 国内所采用的作冲模的硬质合金以钨钴类为主, 其所含钴的质量分数在 6%~25% 之间。一般而言, 含钴量较

小者其耐磨性高, 含钴量较大者其耐冲击性高。故含钴量小时, 碳化钨粒子应当细些, 含钴量大时则应当粗些。

在冲模设计中, 对模具工作零件选用硬质合金牌号时, 可参见表 18.4-8, 与国外牌号的近似对照见表 18.4-9。

3.3.3 聚氨酯

聚氨酯是一种特殊橡胶, 属于非金属材料。由于聚氨酯具有比普通橡胶硬度高、强度好、高耐磨性、耐撕裂性的特性, 以及耐老化、高导电性等优点, 所以, 它除了与弹簧、橡胶有相同用途, 即用作冲模压、卸料及出件部件中的弹性元件外, 还用作冲模的工作零件。聚氨酯用作冲模工作零件的冲模, 被称之为聚氨酯冲模。聚氨酯冲模也是在橡胶冲模的基础上发展起来的。

表 18.4-8 冲模工作零件用硬质合金牌号及性能

硬质合金牌号	用途		化学成分 (质量分数) /%		力学性能		
			碳化钨	钴	抗弯强度 /MPa	硬度 HRA (相当于 HRC)	抗压强度 /MPa
YG6	简单加工	拉深	94	6	1 400	89.5 (>72)	4 600
YG8			92	8	1 500	89 (72)	4 470
YG11	冲裁	冲裁	89	11	1 800	88 (>69)	—
YG15			85	15	1 900	87 (69)	3 660
YG20			80	20	2 600	85.5 (>65)	3 500
YG25			75	25	2 700	85 (65)	3 300

表 18.4-9 冲模用硬质合金国内外牌号近似对照示例

我国牌号	国际标准组织 ISO	德国特殊钢厂商标 TITANIT	美国肯纳公司 Kennametal	英国 (模具用)	前苏联	日本		瑞典 SECO 厂
						三菱金属矿业公司	佳友金属公司	
YG3X	K01		K11		BK3M			
YG3					BK3			
YG4C					BK4B			
YG6	G10	GT105	K95	BS3	BK6	GT10	G2	H30
YG6X	G05				BK6M			
YG8			K1	BS5	BK8			
YG8C	G15				BK8B			
YG11C	G20			BS6	BK10			
YG15	G30	GT30		BS8	BK15	GT30	G6	
YG20	G40	GT40	K91		BK20	GT40	G7	G4
YG25	G50	GT50	K90		BK25	GT50	G8	G5

聚氨酯毕竟为非金属材料，其强度与硬度等不能与工具钢相比。故聚氨酯冲模主要适用于较薄冲压件，且为多品种小批量的场合。

聚氨酯冲模既有分离模（如冲裁模），也有成形模（如拉深、胀形、弯曲模）。用作冲裁模

的聚氨酯，其邵氏硬度以大于 90A 为宜；用作拉深、胀形、弯曲模时，其邵氏硬度以小于 90A 为宜。常用几种国产聚氨酯的性能见表 18.4-10。表中括号内为相接近的前苏联的牌号与性能数据。

表 18.4-10 国产聚氨酯的性能

性能参数	指 标 牌 号				
	8295 (CKV-ΠΦJI)	8290	8280 (CKV-7JI)	8270	8260 (CKV-6JI)
硬度 (邵氏 A)	95±3 (90~95)	90±3	83±5 (80~85)	73±5	63±5 (60~65)

续表 18.4-10

性能参数	指 标	牌 号				
		8295 (CKY-ΠΦΠ)	8290	8280 (CKY-7Π)	8270	8260 (CKY-7Π)
伸长率 /%		400 (450)	450	450 (550)	500	550 (600)
抗拉强度 /MPa		45 (50)	45	45 (55~60)	40	30 (40)
300%的定伸强度 /MPa		15	13	10	5	2.5
断裂永久变形 /%		18 (12)	15	12 (4~6)	8	3 (2~3)
阿克隆磨耗 / (cm ³ /1.61 km)		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
冲击回弹性 /%		15~30	15~30	15~30	15~30	15~30
抗撕强度 /MPa		10	9	8	7	5
脆性温度 /℃		-40	-40	-50	-50	-50
老化系数 (1 000℃ × 72 h)		≥0.9	≥0.9	≥0.9	≥0.9	≥0.9
耐油性 (煤油室温 72 h 的增重率) /%		≤3	≤3	≤4	≤4	≤4

注：1. 邵氏硬度也有叫肖氏硬度的。

2. 聚氨酯的许用压力为 100 MPa，实际常用 50~60 MPa。

3.3.4 低熔点合金

将低熔点合金材料用做工作零件的模具称之为低熔点合金模。低熔点合金模主要适用于冲压件为小批量生产或试制的场合。因为它是采用铸造成型的方法，且比钢模制造简易、周期短，加上材料容易重新熔化利用，可降低制模成本。由

此可见，低熔点合金模多用于薄板件的冲压成形。

用于冲模的低熔点合金主要有两种，一种是铋锡合金——其化学成分以铋和锡为主。在生产中常用的铋锡合金有二元、三元及五元的。铋锡合金的配方及性能参考表 18.4-11、表 18.4-12。

表 18.4-11 常用五元铋锡合金配方

铋锡合金	化学成分 (质量分数) /%					熔点/℃
	铋 (Bi)	锡 (Sn)	铅 (Pb)	锌 (Zn)	镉 (Cd)	
配方 1	48	12.77	25.63	4	9.6	61~65
配方 2	47.5	12.6	25.4	5	9.5	56~65
配方 3	44.7	11.3	22.6	16.1	5.3	47~52

表 18.4-12 二元铋锡合金的力学性能

性能指标	配方/%	铋 锡							
		0	9	14.6	23.6	38.2	58	61.8	100
		100	91	85.4	76.4	61.8	42	38.2	0
熔点/℃		231	200	190	170	160	138	134	271
硬度 HBS		8.26	23.1	24.8	21.9	19.7	20.4	24.6	8.86
压缩屈服强度/MPa		20	30	85	55	55	60	60	—
抗拉强度/MPa		18.7	67.0	85.0	86.6	83.3	72.5	57.2	14.0
伸长率/%		45.7	—	8.7	8.95	10.2	22.8	11.35	0.344

另一种是锌基合金——是以锌为基体的锌、铝、铜三元合金材料，常用锌占近 92%、铝 4.5%、铜 3.5% 和镁 0.03~0.06% 熔铸而成。其熔点和强度比铋锡合金较高，故它不仅可用于

薄板件的冲压成形模中，而且还用于薄板件的冲裁模中。表 18.4-13、表 18.4-14 列出了锌基合金各组元的特点与稍早用的锌基合金的力学性能。

表 18.4-13 锌基合金主要成分的特性

成分	密度 / (g/cm ³)	熔点 / °C	伸长率 δ / %	收缩率 ψ / %	抗拉强度 σ _b / MPa	硬度 HBS
Zn	7.12	419.4	20	70	150	30
Al	2.69	660	40	95	60	20
Cu	8.93	1083	软 50 硬 6	70 35	220 400~500	35 120
Mg	1.74	650	10	15	200	25

表 18.4-14 锌基合金的力学性能与物理性能

硬度 HBS	抗拉强度 / MPa	抗压强度 / MPa	伸长率 / %	冲击韧度 / (N·m/cm ²)
120~130	220~260	800~860	1.3~1.5	6~8
熔点 / °C	密度 / (g/cm ³)	凝固收缩率 / %	线膨胀系数 / (1/°C)	热导率 / [W / (m·K)]
380	6.7	1~1.2	26×10 ⁻⁶	100

近年来，我国又研制和应用了一些新型锌基合金，其中具有代表性的是牌号为 ZMC 的锌基合金，既降低了合金的收缩率、增加其稳定性，

又提高了合金的强度、硬度。其具体性能见表 18.4-15，该表中同时列出了国外具有代表性的一些锌基合金的性能。

表 18.4-15 国内外几种代表性的锌基合金性能比较

国别及牌号 性能指标	日本 ZAS	美 国		英 国		德国 Z-430 (ZnAl 4Cu3)	俄 罗 斯		中国 ZMC
		Kirkstite	Gmoo-dic	Kayem	Kayem-2		ИЛАН-53	Мазак	
熔点 / °C	380	380	399~403	380	358	390			370~415
密度 / (g/cm ³)	6.7	6.7		6.7	6.6	6.7			6.2
布氏硬度 HBS	100~115	100	130~150	109	140	60~70	100~110	110~115	≥150
抗拉强度 / MPa	245~295	260	255~294	230	146	216~235	196~235	216~255	295
抗压强度 / MPa	540~590	410~518		775	672		540~638	588~688	695~888
抗剪强度 / MPa	235	240				295			295~310
伸长率 / %	1.1~3.4	3.0	3.0	1.25		1.0			
线膨胀系数 / (1/°C)	26×10 ⁻⁶	27×10 ⁻⁶		28×10 ⁻⁶		27×10 ⁻⁶			25.8×10 ⁻⁶
凝固收缩率 / %	1.1~1.2	0.7~1.2	0.91	1.1	1.1	1.1			0.74

3.3.5 新型冷冲模具钢

新型冷冲模具钢材料，主要是指钢结硬质合金与合金工具钢中的一些新牌号材料。

(1) 钢结硬质合金

硬质合金是以碳化钛为基体，以钴、镍或铁做粘结剂，经粉末冶金压制且经烧结而制成的。因此，这种合金有相当高的硬度、强度和耐磨性能。所以，用它来做冷冲模具工作零件具有其独特的优越性。但它也有缺点，因其主要成分是硬质相，所以很难对它进行切削加工，价格也比较贵。而钢结硬质合金是以碳化钛或碳化钨为硬质相，以合金钢为基体，用烧结方法而制成的一种

材料。可以说它是一种碳化物含量很高的钢。它既有一般合金工具钢的可锻造、切削加工、热处理及焊接性能，又具有硬质合金的高硬度、高耐磨性等优点，且使用寿命长，为普通合金工具钢的数十倍、甚至数百倍。

钢结硬质合金种类很多，但均是以钢为基体，且钢基体的比例原则上可占钢结硬质合金的20%~80%，一般为50%~75%，低于40%者就失去其加工性能。

表18.4-16列出了冲模用钢结硬质合金牌号及其性能。表中后4项均指淬火状态的性能。

表 18.4-16 国内外几种典型硬质合金性能对照

牌号或代号	密度 /(g/cm ³)	硬度 HRC		抗弯强度 /MPa	抗压强度 /MPa	弹性模量 /MPa	冲击韧度 /(N·m/cm ²)
		退火态	淬火态				
中国 GT35	6.40~6.60	39~46	68~72	137~176	—	292 000	6
美国 Ferro-TiC-C	6.60	40	70	206	284	302 100	—
德国 Ferro-Titanit C _特	6.60	40~44	66~73	—	—	—	—
荷兰 Ferro-TiC-C _特	6.60	38~42	69~70	221~226	373~392	372 800	—
中国 R5	6.35~6.45	44~48	70~73	118~137	—	307 000	3
美国 Ferro-TiC-CM	6.45	45	69	172	333	302 100	—
中国 ST60	5.7~5.9	—	70	137~157	—	—	3
荷兰 Ferro-TiC-U70	5.1	供货 68~70		—	不可热处理	—	—
中国 TLMW50	10.21~10.37	35~40	66~68	196	—	—	8
中国 GW50	10.20~10.40	38~43	69~70	167~226	—	—	12
中国 GJW50	10.20~10.30	35~38	65~66	147~216	—	—	7.1

钢结硬质合金是介于硬质合金与钢之间的一种工程材料。发展的历史较长，与硬质合金差不多，故不能算作新型材料。我国在1980~1990年期间把它当作一种新型模具钢研究，主要是研制开发钢结硬质合金的新牌号，扩大其在模具中的使用范围。比如：

在原来能用于冷冲模的钢结硬质合金GT35、TLMW50等牌号的基础上，又相继研制出了具有更好性能的钢结硬质合金新牌号，如

GW30、GW50等。这些新牌号适应不同工艺条件下的模具使用。在搪瓷缸、电池壳的拉深模中使用，效果非常好。

(2) 65Nb 钢

65Nb 是 65Cr4W3Mo2VNb 的缩写。65Nb 钢主要是针对传统的 Cr12 类模具钢的韧度低、工艺性差、寿命低等弱点问题，由华中科技大学与大冶钢厂于 20 世纪 80 年代共同研制开发出来的。

65Nb钢的化学成分如表18.4-17所示。从表中可看出：加入少量的铌，能起到细化晶粒、提高韧度及回火稳定性的作用；而没有大量过剩

的碳化物存在，是它具有高韧度、长寿命的主要原因。和65Nb钢属同一级别的新型冷模钢，还有由上海材料研究所研制的LD、012AL等钢种。

表 18.4-17 65Nb 钢的化学成分 (质量分数) (%)

C	Cr	W	Mo	V	Nb	Mn	Si
0.6~0.7	3.8~4.4	2.5~3.0	2.0~2.5	0.8~1.1	0.2~0.35	≤0.4	≤0.35

经过近百家企业数百种冷冲模（包括冷剪切、冷墩模）的应用表明，65Nb钢与铬钢和高速钢做的冷冲模相比，其寿命和经济效益都占有优势。

(3) GD 钢

GD钢是针对传统的CrWMn和Cr12型模具钢的强韧性不足、容易崩刃或断裂、造成早期失效的问题而于1980年前后开发研制的新型模具钢。这种钢与65Nb、LD钢（合金度在10%以

上）有不同特点，主要是低合金度，即合金成分的质量分数在5%以下。故价格较低，工艺性能较好。

GD钢的化学成分如表18.4-18所示。其含碳量也较低；加入Cr、Mn元素用以保证钢的淬透性；同时加入两种强韧性元素Si和Ni，并引入少量的细化晶粒的元素Mo和V，所形成的特殊碳化物（非网状或带状）可以细化晶粒，提高耐磨性。

表 18.4-18 GD 钢的化学成分 (质量分数) (%)

C	Cr	Ni	Mn	Si	Mo	V	S	P
0.69	1.16	0.90	1.06	0.81	0.60	0.21	0.015	0.014

GD钢较之CrWMn、Cr12MoV钢的模具寿命有提高数倍、数十倍（冷冲模）乃至数百倍（冷挤模）的报告^①。

(4) 稀土模具钢

稀土模具钢是指模具钢在其冶炼或重熔过程中加入稀土元素处理而成的新型模具钢。

稀土元素为化学元素周期表中第Ⅲ族（类）副族元素钪、钇及原子序数从57到71的15个镧系元素的合称。通常分为钪组（钪、铈、镨、钕、钷、钐）和钇组（镧、铈、铪、铊、镱、镱、铟、铷、铯、钫）。也可从钪到钇称为轻稀土，钇到镱称为重稀土。

单一的纯稀土的性能各有不同。在合金钢中掺入少量的混合稀土金属后可以改善其性能。无论轻稀土或重稀土元素对钢的组织转变均有一定的影响。比如，重稀土元素对Cr12MoV、3Cr2W8等模具钢的相变点能升高10℃，还能减

少其中共晶碳化物的不均匀度，使共晶碳化物片呈细薄状。总之，稀土模具钢能大大提高模具寿命，取得明显经济效益。在“国家重稀土模具材料开发基地”之一的江西省科学院应用物理研究所利用废旧模具，于20世纪90年代中前期，采用电渣重熔方法加入稀土元素，炼出了3t优质稀土模具钢，加工出了30余套包括冲压、冷锻及热锻模具工作零件，受到用户好评^②。

4 冲压设备的选择

4.1 设备类型的选择

设备类型的选择要依据冲压件的生产批量、工艺方法与性质及冲压件的尺寸、形状与精度等要求来进行。

1) 根据冲压件的大小进行选择 可参照表18.4-19。

表 18.4-19 按冲压件大小选择设备

零件大小	选用类型	特点	适用工序
小型或中小型	开式机械压力机	有一定的精度和刚度； 操作方便，价格低廉	分离及成形 (深度浅的成形件)

① 资料来源：上海材料研究所。

② 资料来源：江西省科学院。

续表 18.4-19

零件大小	选用类型	特点	适用工序
大中型	闭式机械压力机	精度与刚度更高； 结构紧凑，工作平稳	分离、成形 (深度大的成形件及复合工序)

2) 根据冲压件的生产批量选择 可参照表 18.4-20。

表 18.4-20 按生产批量选择设备

冲压件批量		设备类型	特点	适用工序
小批量	薄板	通用机械压力机	速度快、生产效率高，质量较稳定	各种工序
	厚板	液压机	行程不固定，不会因超载而损坏设备	拉深、胀形、弯曲等
大中批量		高速压力机 多工位自动压力机	高效率 高效率，消除了半成品堆储等问题	冲裁 各种工序

3) 考虑精度与刚度 在选用设备类型时，还应充分注意到设备的精度与刚度。压力机的刚度是由床身刚度、传动刚度和导向刚度三部分组成，如果刚度较差，负载终了和卸载时模具间隙会发生很大变化，影响冲压件的精度和模具寿命。设备的精度也有类似的问题。

尤其是在进行校正弯曲、校形及整修这类工艺时更应选择刚度与精度较高的压力机。在这种情况下，板料的规格（如料厚波动）应该控制更严，否则，因设备过大的刚度和过高的精度反而容易造成模具或设备的超负载损坏。

4) 考虑生产现场的实际可能 在进行设备选择时，还应考虑生产现场的实际可能。如果目前没有较理想的设备供选择，则应该设法利用现有设备来完成工艺过程。比如，没有高速压力机而又希望实现自动化冲裁，可以在普通压力机上设计一套自动送料装置来实现。再如，一般不采用摩擦压力机来完成冲压加工工序，但是，在一定的条件下，有的工厂也用它来完成小批量的切断及某些成形工作。

5) 考虑技术上的先进性 需要采用先进技术进行冲压生产时，可以选择带有数字显示的、利用计算机操作的及具有数控加工装置的各类新设备。例如，对于断面要求特别光洁的冲压件（尤其是厚板冲压件），需要工艺先进和设备先进，则可选择精冲压力机甚至激光加工机。

4.2 设备规格的选择

设备规格的选择应根据冲压件的形状大小、

模具尺寸及工艺变形力等进行。从模具往设备上安装并能开始工作的顺序来考虑，其设备规格的主要参数有以下几个。

1) 行程 压力机行程的大小，应该保证坯料的方便放进与零件的方便取出。例如，对于拉深工序所用的压力机行程，至少应保证：压力机行程 $S > 2h$ (h 为零件高度)。

2) 装配模具的相关尺寸 压力机的工作台面尺寸应大于模具的平面尺寸（一般是模具底板），还应有模具安装与固定的余地，但过大的余地对工作台受力不利；工作台面中间孔的尺寸要保证漏料或顺利安放模具顶出料装置；大吨位压力机滑块上应加工出燕尾槽（与压力机工作台面一样），用于固定模具，而一般开式压力机滑块上有模柄孔尺寸（直径×高度），为两件哈夫式夹紧模柄用。

3) 闭合高度 冲床的闭合高度是指滑块处于下死点时，滑块下平面至工作台上平面间的开挡空间尺寸。这个高度即为冲压操作（主要是装卸模具）的空间高度尺寸。显然，冲床的闭合高度要与模具的闭合高度相适应。冲床的最大闭合高度要大于模具的闭合高度，最小闭合高度又要能小于模具的闭合高度，具体相互适应关系见本章第 3.1 节。

4) 设备吨位 设备吨位大小的选择，首先要以冲压工艺所需要的变形力为前提。要求设备的名义压力要大于所需的变形力，而且，还要有一定的力量储备，以防万一。例如，某道冲压工序的工艺变形力为 F_{\max} ，那么，选择的设备吨

位一般为 $1.3F_{max}$ 。

从提高设备的工作刚度、冲压件的精度及延长设备的寿命之观点出发，要求设备容量有较大剩余。最新的观点是使设备留有 40% ~ 30% 的余量，即只使用设备容量的 60% ~ 70%。还有的建议只使用设备容量的 50%，即取设备的吨位为工艺变形力的 2 倍。

上述设备吨位的选择原则，对于冲裁、弯曲等工序的实现已经不存在什么问题了。但对于拉深等成形工序，可能有时还不保险。因为拉深与冲裁不同，最大变形力不是发生在冲床名义压力的位置，而是发生在拉深成形过程的中前期，这时，虽然最大变形力小于压力机的名义压力，但最大变形力发生的位置却远离压力机名义压力位置而不太保险。于是，还要利用压力机的许用力—行程曲线（参见图 18.4-9 中的曲线 a、b）。

如图 18.4-9 所示，图中曲线 1、2 和 3 分别代表典型的冲裁、弯曲和拉深变形的力—行程关系曲线。从图中可以看出，在进行冲裁、弯曲时，选名义吨位为 F_a ，即力—行程曲线 a 的压力机，完全可以保证在全部行程里的变形力都低于许用压力，也有一定的储备，这种选择是合理的。

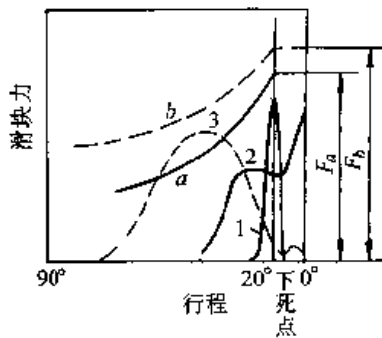


图 18.4-9 压力机的许用力—行程曲线
1—冲裁 2—弯曲 3—拉深

但是，从图中也看出，名义吨位为 F_a 的压力机，虽然其名义吨位远大于曲线 3 所示的拉深变形所需的最大力，可由于拉深变形最大力出现在拉深行程的中前期，这个最大力超过了相应位置上压力机的曲线 a 上的力，即超过了压力机当时的允许压力，此时，显然设备会发生危险。所以，在这种情况下，必须重选名义吨位更大，例如名义吨位为 F_b （具有曲线 b）的压力机。

从图 18.4-9 中还能注意到，拉深功比弯曲、冲裁功大很多，因此，有时还要校核一下拉深功和电动机的功率。倘若拉深变形功大于压力机的功，虽然设备不一定会发生危险，但此时拉深进行不下去，冲压加工不能顺利地达到目的。

4.3 主要冲压设备类型与规格

常规的冲压设备，在工程习惯上主要是指压力机。压力机的种类很多，按照不同的观点可以把压力机分成不同的类别。如：按驱动滑块力的种类分为机械的、液压的、气动的等；按滑块个数可分为单动、双动、三动式等；按驱动滑块机构的种类又可分为曲柄式、肘杆式、摩擦式等；按机身结构形式可分为开式、闭式的等等。

通用的曲柄式压力机的一般结构如图 18.4-10 所示。这种机械式压力机的最基本能力有三个：

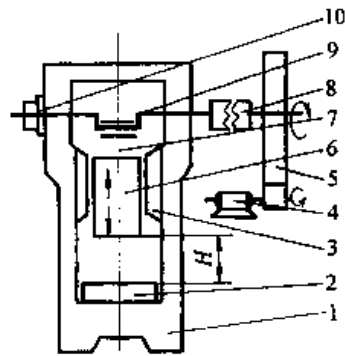


图 18.4-10 曲柄式压力机结构简图
1—机架 2—工作台 3—导轨
4—电动机 5—飞轮 6—滑块
7—连杆 8—离合器 9—曲轴
10—制动器

(1) 公称压力（名义压力）

公称压力定义为滑块在下死点附近压力机所能承受的最大变形抗力。机架、滑块、连杆等的强度都是基于公称压力而设计的。欲使压力机的精度高、保持良好的工作状态，最好在公称压力的 80% 以下使用。

(2) 公称压力发生的位置

表示公称压力在下死点以上某一点可以发生的位置（距离）。离合器、齿轮、曲轴的主要尺寸都是以此位置计算其转矩而决定的。

(3) 作功能力

这是加工中能量大小的一种表示和度量。在加工中消耗的功和能由电动机供给，飞轮的大小决定使用能量的多少。

我国锻压机械的分类和代号见表 18.4-21。常规冲压设备（开式、闭式、液压式压力机）的规格及基本参数列于表 18.4-22~表 18.4-27 中。我国生产常规冲压设备的厂家不少，其中有的在生产其改进型、多功能型压力机，有的正在开发带数显、数控、计算机操作的压力机。近年来，我国已生产出了一些先进水平的新型压力机。比如，合肥锻压机床股份有限公司的全吨位低噪声

缓冲液压机、金丰（中国）机械工业有限公司的高速冲床（最高速达 550 次/min）均已批量生产。

精冲压力机在我国属于新型冲压设备，国内有内江锻压机床厂、北京机电研究所正在生产，包括其经济型；国外却已有几十年的生产历史和颇多的使用量，表 18.4-28~表 18.4-29 为瑞典产的、表 18.4-30 为英国产的、表 18.4-31 为日本产的精冲压力机的型号与规格。

激光打孔机早已问世了。国外现已有了较大功率加工（切割）厚钢板的激光加工机。

表 18.4-21 我国锻压机械的分类和代号

类 别	代 号	类 别	代 号
机械压力机	J	锻 机	D
液压压力机	Y	剪 切 机	Q
自动锻压机	Z	弯曲校正机	W
锤	C	其 他	

表 18.4-22 开式压力机规格

公称压力/kN	40	63	100	160	250	400	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	4 000
发生公称压力时滑块距下死点距离/mm	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10	10	12	12	13	13	15
滑块行程/mm	40	50	60	70	80	100	120	130	140	140	160	160	200	200	250
行程次数/次·min ⁻¹	200	160	135	115	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	25

续表 18.4-22

公称压力/kN	40	63	100	160	250	400	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	4 000	
模柄孔尺寸 (直径/ mm×深度/mm)	φ30×50				φ50×70			φ60×75			φ70×80		T型槽			
工作台板厚度/mm	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	130	150	150	170	
倾斜角 (可倾式工作 台压力机)	30°								25°				—			

表 18.4-23 闭式单点压力机规格

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 ⁻¹		最大装模高度/mm	装模高度调节量/mm	导轨间距离/mm	滑块底面 前后尺寸/mm	工作台板尺寸/mm	
		I型	II型	I型	II型					左右	前后
1 600	13	250	200	20	32	450	200	880	700	800	800
2 000	13	250	200	20	32	450	200	980	800	900	900
2 500	13	315	250	20	28	500	250	1 080	900	1 000	1 000
3 150	13	400	250	16	28	500	250	1 200	1 020	1 120	1 120
4 000	13	400	315	16	25	550	250	1 330	1 150	1 250	1 250
5 000	13	400		12		550	250	1 480	1 300	1 400	1 400
6 300	13	500		12		700	315	1 580	1 400	1 500	1 500
8 000	13	500		10		700	315	1 680	1 500	1 600	1 600
10 000	13	500		10		850	400	1 680	1 500	1 600	1 600
12 500	13	500		8		850	400	1 880	1 700	1 800	1 800
16 000	13	500		8		950	400	1 880	1 700	1 800	1 800
20 000	13	500		8		950	400	1 880	1 700	1 800	1 800

表 18.4-24 闭式双点压力机基本参数

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 ⁻¹	最大装模高度/mm	装模高度调节量/mm	导轨间距离 ^① /mm	滑块底面 前后尺寸/mm	工作台板尺寸/mm	
								左右 ^①	前后
1 600	13	400	18	600	250	1 980	1 020	1 900	1 120
2 000	13	400	18	600	250	2 430	1 150	2 350	1 250
2 500	13	400	18	700	315	2 430	1 150	2 350	1 250
3 150	13	500	14	700	315	2 880	1 400	2 800	1 500
4 000	13	500	14	800	400	2 880	1 400	2 800	1 500
5 000	13	500	12	800	400	3 230	1 500	3 150	1 600
6 300	13	500	12	950	500	3 230	1 500	3 150	1 600
8 000	13	630	10	1 250	600	$\frac{3\ 230}{4\ 080}$	1 700	$\frac{3\ 150}{4\ 000}$	1 800

续表 18.4-24

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 ⁻¹	最大装模高度/mm	装模高度调节量/mm	导轨间距离 ^① /mm	滑块底面前后尺寸/mm	工作台板尺寸/mm	
								左右 ^①	前后
10 000	13	630	10	1 250	600	$\frac{3\ 230}{4\ 080}$	1 700	$\frac{3\ 150}{4\ 000}$	1 800
12 500	13	500	10	950	400	$\frac{3\ 230}{4\ 080}$	1 700	$\frac{3\ 150}{4\ 000}$	1 800
16 000	13	500	10	950	400	$\frac{5\ 080}{6\ 080}$	1 700	$\frac{5\ 000}{6\ 000}$	1 800
20 000	13	500	8	950	400	$\frac{5\ 080}{7\ 580}$	1 700	$\frac{5\ 000}{7\ 500}$	1 800
25 000	13	500	8	950	400	7 580	1 700	7 500	1 800
31 500	13	500	8	950	400	$\frac{7\ 580}{10\ 080}$	1 900	$\frac{7\ 500}{10\ 000}$	2 000
40 000	13	500	8	950	400	10 080	1 900	10 000	2 000

① 分母数为大规格尺寸。

表 18.4-25 精压机规格

公称压力/kN	滑块行程/mm	公称压力行程/mm	滑块行程次数/min ⁻¹	最大闭合高度/mm	闭合高度调节量/mm	导轨间距/mm	滑块底面尺寸(前后×左右)/mm	工作台板尺寸(前后×左右)/mm
4 000	130	2	50	400	15	660	400×620	660×640
8 000	125	1.5	26	340	15	600	410×715	800×720
12 500	120	2	25	400	15	780	640×750	1 010×980
20 000	200	3	18	620	15	1030	850×900	1 300×1 280

表 18.4-26 数控冲模回转头压力机技术规格

公称吨位/kN	300	600	1 000	1 500
滑块行程/mm	25	30	40	50
滑块行程次数/次·min ⁻¹	100	100	50	60
模具数量/个	20	32	30	32
模具中心到床身距离/mm	620	950	1 300	1 520
冲压板料尺寸	冲孔最大直径/mm	φ84	φ105	φ115
	最大厚度/mm	3	4	6.4
被加工板料尺寸前后×左右/mm	600×1 200	900×1 500	1 300×2 000	1 500×2 500
孔间距定位精度/mm	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1
主电动机功率/kW	4	4	10	10

表 18.4-27 四柱万能液压机

主要技术规格	型 号							
	Y32-50	YB32-63	Y32-100A	Y32-200	Y32-300	YA32-315	Y32-500	Y32-2000
公称压力/kN	500	630	1 000	2 000	3 000	3 150	5 000	20 000
滑块行程/mm	400	400	600	700	800	800	900	1 200
顶出力/kN	75	95	165	300	300	630	1 000	1 000
工作台尺寸/mm (前后×左右×距地面高)	490× 520×800	490× 520×800	600× 600×700	760× 710×900	1 140× 1 210×700	1 160×1 260	1 400×1 400	2 400×2 000
工作行程速度/ (mm/s)	16	6	20	6	4.3	8	10	5
活动横梁至工作 台最大距离/mm	600	600	850	1 100	1 240	1 250	1 500	800~2 000
液体工作压力/ MPa	2 000	2 500	2 100	2 000	2 000	2 500	2 500	2 600

表 18.4-28 Feintool~Osterwalder 机械式精冲机

技术指标	型 号					
	GKP-FS25	GKP-F40	GKP-F100	GKP-F160	GKP-F250	GKP-F320
总力/kN	250	400	1 000	1 600	2 500	3 200
压边力/kN	20~120	20~120	40~310	120~500	20~750	50~1 000
反压力/kN	0.2~120	0.5~120	10~270	10~400	20~750	40~800
行程次数/(次/min)	63~160	36~90	20~80	18~72	15~60	10~40
行程/mm	25	45	50	61	61	63
冲裁速度/(mm/s)	5~15	5~15	5~15	5~15	5~15	5~15
模具闭合高度						
活动台面/mm	100~170	110~180	140~220	194~274		
固定台面/mm			175~255	234~314		
活动凸模用复合式台面/mm			140~220	184~264	160~305	210~340
固定凸模用复合式台面/mm			150~230	194~274	175~320	225~355
模具安装面积						
上工作台/mm	280×280	280×280	430×420	480×520	540×540	640×640
活动式下工作台/mm	280×300	280×300	430×420	480×520		
固定式下工作台/mm			430×420	480×520		
复合式下工作台/mm			430×420	480×520	540×540	630×630
材料最大厚度/mm	2	4	5	6	10	10
材料最大宽度/mm	64	100	180	210	250	320
送料最大长度/mm	66	60	180	180	250	320

续表 18.4-28

技术指标	型号	GKP-FS25	GKP-F40	GKP-F100	GKP-F160	GKP-F250	GKP-F320
	功率/kW		4.5	4	10	13	29
重量/t		3.3	3.3	6	10	16	24.5

表 18.4-29 Feintool-SMG 液压式精冲机

技术指标	型号	HFA250	HFA320	HFA630	HFA800	HFA1000	HFA1400	HFA2500
	总力/kN		100~2 500	180~3 200	4 000~6 300	5 000~8 000	6 500~10 000	700~14 000
压边力/kN		100~1 250	160~1 600	320~3 200	400~4 000	500~5 000	700~7 000	700~12 500
反压力/kN		100~1 250	80~800	130~1 300	200~2 000	250~2 500	350~3 500	350~6 300
最大行程次数/(次/min)		60	60	40	28	26	18	15
滑块行程/mm		30~80	30~80	30~100	30~100	30~100	30~100	30~100
压边柱塞行程/mm		30	30	40	40	40	40	40
反压柱塞行程/mm		30	30	40	40	40	40	40
冲裁速度/(mm/s)		3~40	3~50	3~45	3~50	3~50	4~22	4~22
上工作台模具安装面/mm		600×600	630×630	900×900	1 000×1 000	1 100×1 100	1 200×1 200	1 500×1 500
下工作台模具安装面/mm		600×600	630×960	900×1 260	1 000×1 200	1 100×1 500	1 200×1 200	1 500×1 500
模具最大闭合高度/mm		380	380	400	450	450	600	800
模具最小闭合高度/mm		300	300	320	350	350	520	700
材料最大厚度/mm		15	16	16	16	16	20	40
材料最大宽度/mm		250	250	450	450	450	630	800
送料最大长度/mm		375	1~999.9	1~999.9	1~999.9	1~999.9	1~999.9	1~999.9
功率/kW		50	65	100	135	200	200	320
重量/t		12	14	27	38.5	48	69.5	90

表 18.4-30 Fine-O-Matic 液压精冲机

技术指数	型号	FB-75	FB-150	FB-250	FB-450	FB-650
总压力/kN		750	1 500	2 500	4 500	6 500
冲裁力/kN		450	950	1 750	3 450	4 950
压边力/kN		—	—	—	—	—
反压力/kN		—	—	—	—	—
冲裁速度/(mm/s)		14	14	14	14	14
行程次数/(次/min)		45	35	25	15	10
闭合高度/mm		355	355	355	507	610
工作台面/mm		457×457	610×610	762×762	915×915	1 220×1 220
机床功率/kW		25	30	40	80	120

表 18.4-31 AIDA 公司精冲机

技术指标	型号	F-3/5	F-5/10	F-8/15	F-10/20	F-15/30	F-20/40	F-30/60
	总压力/kN		500	1 000	1 500	2 000	3 000	4 000
压边力/kN		180	350	500	700	1 000	1 500	2 000
反压力/kN		70	150	250	350	500	750	1 000
行程次数/(次/min)		60~100	40~80	35~70	30~60	20~45	15~40	15~13
行程/mm		40	55	60	65	80	100	125
模具闭合高度/ mm	可调的	220	240	260	300	350	430	500
	固定的	235	255	275	320	370	450	520
闭合高度调节量/mm		40	50	60	65	80	80	100
模具尺寸(左右×前后)/mm		330×500	500×500	600×600	720×720	850×850	900×900	1 000×1 000
最大材料厚度/mm		4	5	6	6.5	8.5	10	12
最大材料宽度/mm		120	140	160	200	250	300	400
机床功率/kW		5.5	11	15	22	30	37	50

参 考 文 献

- 卢险峰编著. 冲压工艺模具学. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 冲模设计手册编写组编著. 冲模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1988
- 中国机械工程学会锻压学会编. 锻压手册: 第2卷, 冲压. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 王孝培主编. 冲压设计资料. 北京: 机械工业出版社, 1983
- 涂光祺编著. 精冲技术. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 周开华等编. 简明精冲手册. 北京: 国防工业出版社, 1993
- (俄罗斯) Ю.И. 达维多夫等著. 合金钢及合金的板料冲压. 岳常俭等译. 北京: 国防工业出版社, 1965
- 肖祥芷等编. 冲压工艺与模具计算机辅助设计. 北京: 国防工业出版社, 1996
- 李硕本等主编. 冲压加工技术最新进展. 南昌: 江西高校出版社, 1998
- 卢险峰编著. 冷锻工艺与模具. 北京: 机械工业出版社, 1999
- 模具制造手册编写组编著. 模具制造手册. 第2版. 北京: 机械工业出版社, 1997
- John A., Wallea. Press Tools and Presswork. Copyright Notice © Portcullis Press Ltd, Printed in Great Britain by L. W. Arrow-smith Ltd, Bristol, 1978
- 新プレス加工データブック編輯委員会編. 新プレス加工データブック 東京: 日刊工業新聞社, 1993
- 中川威雄著. ファインブラキック精密打抜きの理論と実際. 東京: 日刊工業新聞社. 1999
- プレス技術: 第16卷, 第12号(特別増大号). 1979, 11
- 林央. 自動車用高强度鋼板の開発動向. 塑性と加工. 第35卷, 第404号. 1994, 9
- プレス技術. 第36卷. 第3号, 特集プレス加工用材料の基礎知識. 1998, 3
- 吉田總仁. 積層板のプレス加工. 塑性と加工. 第39卷, 第454号. 1998, 11
- 中国机械工程学会锻压学会编. 第七届全国锻压学术年会论文集: 冲压加工工艺知识结构系统. 北京: 航空工业出版社, 1999
- 卢险峰. 冷锻工艺知识结构系统. 模具技

- 术, 2000, 5
- 21 李天佑编. 冲模图册. 北京: 机械工业出版社, 1988
- 22 David A., Smith. Die Design Handbook, Third Edition. Copyright © by Society of Manufacturing Engineers, 1990
- 23 中国标准出版社, 全国模具标准化技术委员会编. 中国机械工业标准汇编: 冲压模具卷, 上. 北京: 中国标准出版社, 1999
- 24 中国标准出版社, 全国模具标准化技术委员会编. 中国机械工业标准汇编: 冲压模具卷, 下. 北京: 中国标准出版社, 1998
- 25 周爱娇, 卢险峰. 新型发电机转子冲裁模的革新. 机械工人(热加工), 2001, 1
- 26 许发樾主编. 实用模具设计与制造手册. 北京: 机械工业出版社, 2001

Vertical text or scanning artifact along the right edge of the page.



中 国 模 具 设 计 大 典
CHINA DIE & MOULD DESIGN CANON

第
19
篇

冲压工艺设计

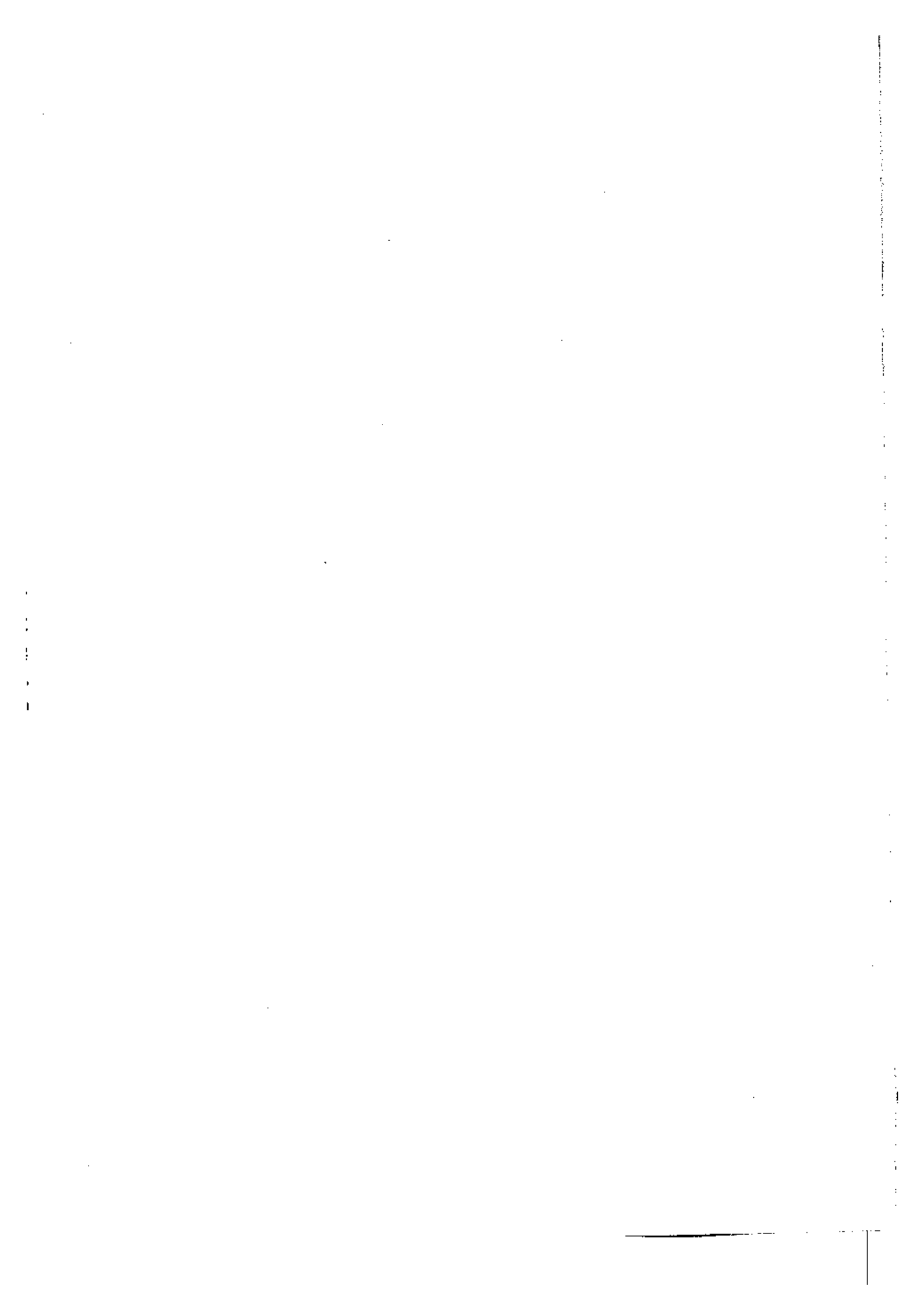
主 编 肖祥芷 王孝培

编 写 肖祥芷 涂光祺
储家佑 王孝培
黄尚宇 袁国定
崔令江 毛华杰

审 稿 中国模具设计大典编委会



中国机械工程学会
中国模具设计大典编委会



第 1 章 冲 裁

冲裁是利用模具使板料产生分离的冲压工序，包括落料、冲孔、切口、剖切、修边等。用它可制作零件或为弯曲、拉深、成形等工序准备毛坯。从板料冲下所需形状的零件（或毛坯）叫落料，在工件上冲出所需形状的孔（冲去的为废料）叫冲孔。图 19.1-1 所示垫圈的落料与冲孔两道工序完成。

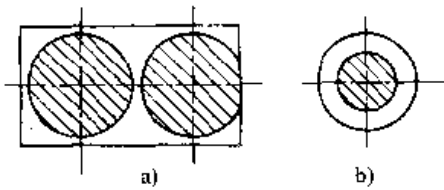


图 19.1-1 垫圈的落料与冲孔
a) 落料 b) 冲孔

1 冲裁变形分析

1.1 冲裁过程

冲裁是利用模具使板料产生分离的工序，因此冲裁过程必然从弹、塑性变形开始，以断裂告终，整个过程大致可分为三个阶段（见图 19.1-2）。

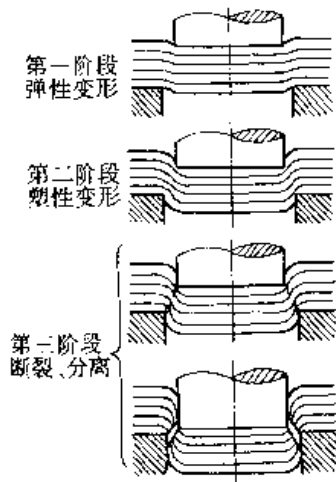


图 19.1-2 冲裁过程

第一阶段为弹性变形阶段。由于凸模所施加的压力，被冲材料产生弹性压缩及穹弯，并略有挤入凹模洞口。但材料的内应力未超过它的弹性

极限，所以一旦压力去掉，仍可恢复原来形状。

第二阶段为塑性变形阶段。随着凸模下压，凸模刃口压入材料，并迫使相应厚度的金属进入凹模。当材料内应力超过屈服点时产生塑性变形。此时材料与凸模端面边缘接触区 b （见图 19.1-4）产生一压缩环带，同时在凸模和凹模刃口侧面处的材料产生塑性剪切。因凸、凹模间隙的存在，还将伴随纤维的弯曲和拉伸。当抗剪面积减小到某一大小的瞬间，凸、凹模刃口附近的材料内应力达到抗剪强度时，便在刃口处出现微裂，塑性阶段结束。

从变形区内等效应变分布图（图 19.1-3）可观察到塑性变形程度与凸模行程有关，且凹模刃口附近变形大于凸模刃口附近的变形。由此可知，塑性变形从模具刃口开始，随着切刃的深入，变形区向材料的深度方向发展、扩大，直到在材料的整个厚度方向上产生塑性变形，材料的一部分相对于另一部分移动。力矩 M （见图 19.1-4）将材料压向切刃的侧表面，故切刃相对于材料移动时，这些力将表面压平，在切口表面上形成光亮带。

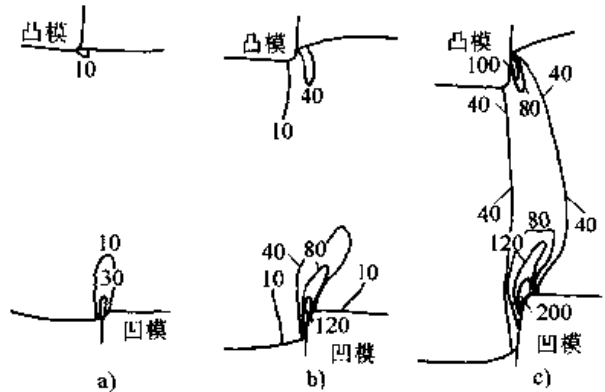


图 19.1-3 变形区内等效应变分布图
a) 凸模行程比 3% b) 凸模行程比 17%
c) 凸模行程比 29%

第三阶段为断裂阶段。凸模继续下压，随着切入材料深度增加，抗剪面积相应地逐渐变小，先后在凹模和凸模刃口侧面产生裂纹，且沿最大切应力方向向材料内层扩展，在理想剪切情况下

是当凸模进入材料的1/3料厚处产生裂纹。当凸、凹模间间隙合理时，上、下裂纹相互重合，材料随即分离。

1.2 剪切区力态分析

在板料冲裁过程中，当凸模下降至与板料接触时，板料就受到凸、凹模端面的作用力。由于凸、凹模之间存在间隙，使凸、凹模施加于板料的力产生一个力矩 M ，其值等于凸、凹模作用的合力与稍大于间隙的力臂 a 的乘积。力矩使材料产生弯曲，故模具与板料仅在刃口附近的狭小区域内保持接触，接触面宽度约为板料厚度的0.2~0.4倍。因此，凸、凹模作用于板料的垂直压力呈不均匀分布，随着向模具刃口靠近而急剧增大。图19.1-4即为无压紧装置冲裁时板料的受力情况，其中

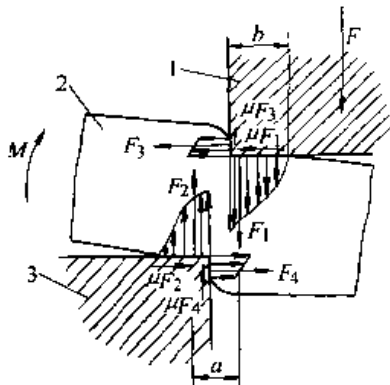


图 19.1-4 冲裁时作用于材料上的力
1—凹模 2—材料 3—凸模

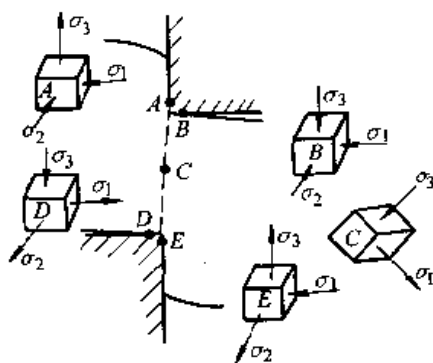


图 19.1-5 冲裁应力状态图

F_1 、 F_2 ——凸、凹模对板料的垂直作用力；
 F_3 、 F_4 ——凸、凹模对板料的侧压力；
 μF_1 、 μF_2 ——凸、凹模端面与板料间摩擦力（ μ 为其间的摩擦系数），其方向与间隙大小有关，但一般系指向模具刃口；

μF_3 、 μF_4 ——凸、凹模侧面与板料间的摩擦力。

冲裁时，由于板料弯曲的影响，其剪切区的应力状态是复杂的，且与变形过程及冲裁间隙大小有关。对于无卸料板压紧材料的冲裁，其剪切区的应力状态如图19.1-5所示。图中各点上的 σ_3 为轴向应力， σ_2 为切向应力， σ_1 为径向应力。其中 A、E 二点中的 σ_1 可能因间隙大小影响而为拉应力。

从 A、B、C、D 各点的应力状态可看出，凸模与凹模端面（即 B 与 D 点处）的静水压应力（球压张量）高于侧面（A、E 处）的，且凸模刃口附近的静水压应力又比凹模刃口附近的高。

这一结论与日本学者岩田一明用有限元法计算出的应力分布基本相符（见图19.1-6、图19.1-7）。图19.1-6是凸模行程比（即凸模压下深度与材料厚度之比）从0%至3.76%时变形区内的静水压应力分布图。图19.1-7是凸模行程比为25%时的静水压应力分布图。从图中可看出模具端面静水压应力比侧面高，而凸模端面处又比凹模端面处高。从图中还可看出随凸模行程的变化，中间由拉应力状态转入低静水压应力状态，而凹模侧面区是静水压应力场。

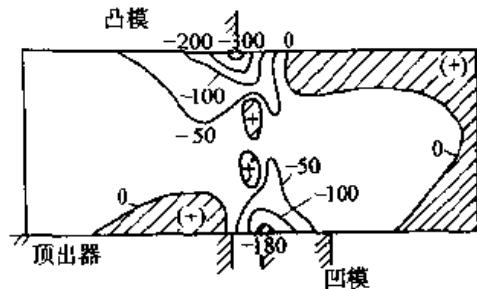


图 19.1-6 静水压应力分布 (MPa)

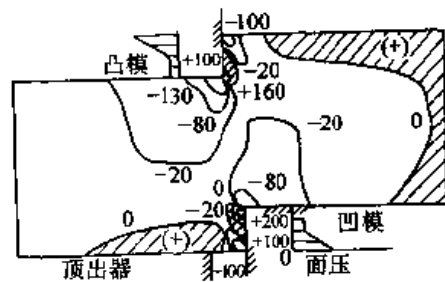


图 19.1-7 静水压应力分布 (MPa)

1.3 剪切裂纹的形成与发展

金属一般都能承受一定的塑性变形而不破裂，同理，冲裁过程也必定是塑性变形增大到一定值时，断裂才能开始。这种极限塑性应变值（无裂纹）与应力状态及应力大小有关，随着静水压应力的增大而增加。冲裁时最大应变发生在刃口附近，由应力状态分析中得知，凸、凹模刃口侧面静水压应力低于端面静水压应力，且凹模刃口侧面的静水压应力最低，所以首先在凹模刃口侧面处板料中产生裂纹，继而才在凸模刃口侧面处产生裂纹，上、下裂纹会合后工件最后分离。因此，在裂纹形成时，就在冲裁件上留下了毛刺。图 19.1-8 为岩田一明用扫描电镜观察裂纹形成过程后，绘制的凹模侧裂纹成长模型图 [间隙 $z = (0\% \sim 16\%)$ 板厚 t]。裂纹首先在凹模刃口侧面发生，此时凸模的行程比为 20%。裂纹产生后先向废料侧（指落料）发展，主裂纹暂停发展，然后裂纹前端附近依次重新产生微小裂纹，微小裂纹的根部汇成主裂纹，直到主裂纹成长到凸模侧产生的裂纹会合而使板料断裂，微裂纹与主裂纹的方向是逐渐由废料侧转向成品侧的。间隙过大时 ($z = 24.5t\%$)，只在凹模刃口侧面产生裂纹，且裂纹发展不大，直到凸模行程比超过 100%，板料才逐渐颈缩直至断裂。

上述裂纹成长的方向与由视塑性法求出的最大切应变速度方向大致相同，所以归结起来说冲裁时由于刃口附近应变与应力集中，加上拉应力的作用造成了裂纹的产生与扩展，裂纹产生后大致沿最大切应变速度方向发展。

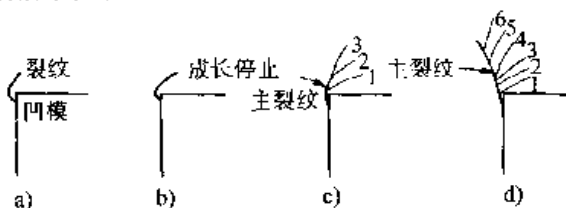


图 19.1-8 典型裂纹成长模型图

- a) 产生第一微裂纹 b) 第一微裂纹成长停止
- c) 产生 2、3 微裂纹 d) 主裂纹的成长

1.4 冲裁力—行程曲线

图 19.1-9 为冲裁时冲裁力—凸模行程曲线。从曲线可以看出，在变形开始阶段，力增加较慢（此时，毛坯受压，并由切刃嵌入毛坯形成变形

区），然后迅速增加（一部分相对于另一部分移动的过程）。在切刃深入到一定深度时，虽然承受剪切力的板料面积减少了，但受材料加工硬化的影响，所以力仍缓慢上升。当剪切面积减小与硬化增加两种影响相等时，剪切力达最大值，以后剪切面积减少的影响超过加工硬化的影响，于是剪切力下降。塑性材料（曲线 2）是剪切力达到最大值，然后缓慢下降一段后才发生裂纹，直至断裂，冲裁力急剧下降。这类类似于拉伸试验，即塑性材料在应力达到最大剪切应力后，先产生颈缩然后才断裂。而低塑性材料断裂前不出现颈缩。

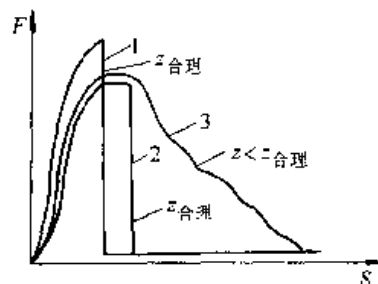


图 19.1-9 力与凸模行程关系曲线
1—低塑性材料 2、3—塑性材料

1.5 剪切断面分析

由于冲裁变形的特点，使冲出的工件断面明显地分成三个特征区，即圆角带、光亮带与断裂带（图 19.1-10）。圆角带是冲裁中刃口刚压入材料时，刃口附近材料产生弯曲和伸长变形的结果，软材料比硬材料的圆角大。影响圆角带（塌角）大小的因素除材料性质以外，还有工件轮廓形状，凸模与凹模的间隙等。光亮带是材料塑剪变形时，在毛坯一部分相对另一部分移动过程中，模具侧压力将毛坯压平而形成的光亮垂直的断面。通常，光亮带占全断面的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 。当间隙与材料厚度一定时，塑性好的材料，其光亮带大。同时还与凸、凹模间隙及模具刃口的磨损程度等加工条件有关。断裂带是由刃口处的微裂纹在拉应力作用下不断扩展而形成的撕裂面，断面粗糙，且有斜度。塑性差的材料，断裂带大。圆角带、光亮带、断裂带三部分在冲裁件断面上所占的比例随材料的力学性能、凸与凹模间隙、模具结构等不同而变化。要想提高冲裁件切断面的光洁程度与尺寸精度，可通过增加光亮带的高度或采用修整工序来实现。增加光亮带高度的关键

是延长塑性变形阶段，推迟裂纹的产生。这可以通过增加金属塑性和减少刃口附近的变形与应力集中来实现。

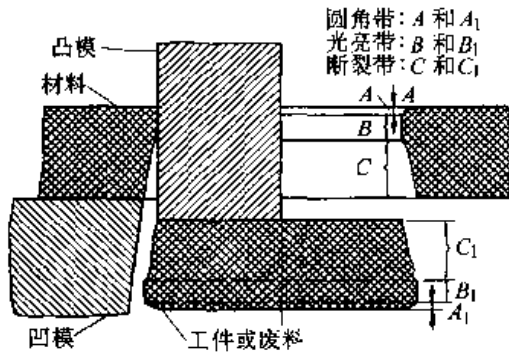


图 19.1-10 冲裁零件的断面

2 模具间隙

模具间隙系指凸、凹模刃口间缝隙的距离，若用符号 c 表示，俗称单面间隙。而双面间隙用 z 表示。间隙对冲裁件质量、冲裁力、模具寿命的影响很大，是冲裁工艺与模具设计中的一个极其重要的问题。

2.1 间隙对冲裁件质量的影响

冲裁件质量是指切断面质量、尺寸精度及形状误差。切断面应平直、光洁，即无裂纹、撕裂、夹层、毛刺等缺陷。零件表面应尽可能平整，即穹弯小。尺寸应保证不超出图样规定的公差范围。影响冲裁件质量的因素有：凸、凹模间隙大小及分布的均匀性，模具刃口状态、模具结构与制造精度，材料性质等，其中间隙值大小与均匀程度是主要因素。

(1) 间隙对冲裁件切断面质量的影响

从冲裁机理分析中得知，冲裁时，裂纹不一定

从两刃口同时发生，上下裂纹是否重合与凸、凹模间隙值的大小有关。当把凸、凹模间隙控制在一定的合理值范围内时，由凸、凹模刃口沿最大切应力方向产生的裂纹将互相重合。此时冲出的制件（或孔）断面虽有一定斜度，但比较平直、光洁，毛刺很小（图 19.1-11b），且所需冲裁力小。

间隙过小时，由凹模刃口处产生的裂纹进入凸模下面的压应力区后停止发展。当凸模继续下压时，在上、下裂纹中间将产生二次剪切，制件断面的中部留下撕裂面（图 19.1-11a），而两头为光亮带，在端面出现挤长的毛刺。毛刺虽有所增长，但易去除，且制件穹弯小，断面垂直，故只要中间撕裂不是很深，仍可应用。

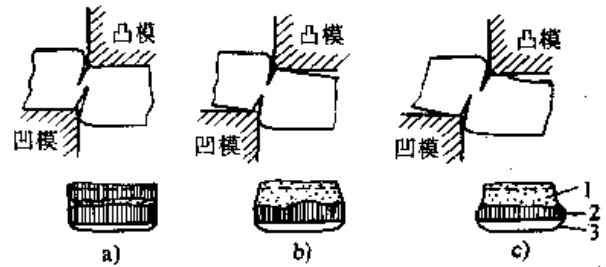


图 19.1-11 间隙大小对制件断面质量的影响

a) 间隙过小 b) 间隙合适 c) 间隙过大
1—断裂带 2—光亮带 3—圆角带

间隙过大时，材料的弯曲与拉伸增大，拉应力增大，材料易被撕裂，且裂纹在离开刃口稍远的侧面上产生，致使制件光亮带减小，塌角（圆角带）与断裂斜度都增大（图 19.1-11c），毛刺大而厚，难以去除。所以随着间隙的增大，制件断裂面的倾斜度与塌角增大，毛刺增高（图 19.1-12）。但从图（19.1-12c）中可见，间隙在一定范围内 $[z = (14\% \sim 24\%) t]$ 变化时，毛刺高度小，且变化不大，这称为毛刺稳定区，可供选择合理间隙值时参考。

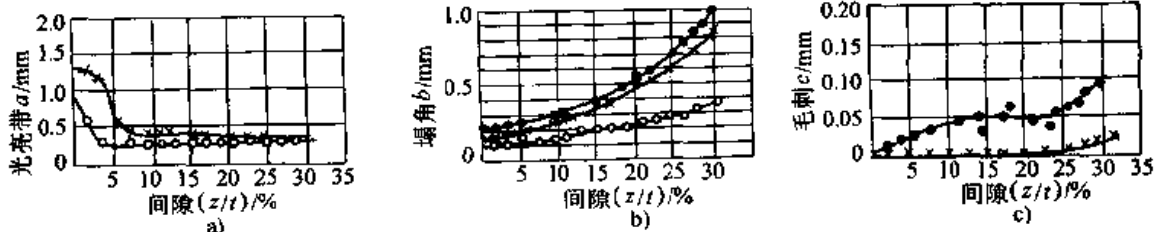


图 19.1-12 间隙对光亮带、塌角、毛刺的影响

落料—●—轧制方向 落料—×—垂直于轧制方向 冲孔—○—垂直于轧制方向 带钢厚度 $t = 1.6 \text{ mm}$

(2) 间隙对尺寸精度的影响

冲裁件的尺寸精度是指冲裁件的实际尺寸与基本尺寸的差值 (δ)，差值越小，则精度越高。这个

差值包括两方面的偏差，一是冲裁件相对于凸模或凹模尺寸的偏差，一是模具本身的制造偏差。

冲裁件相对于凸、凹模尺寸的偏差，主要是

工件脱离模具时，材料在冲裁中所受的挤压变形、纤维伸长、穹弯都要产生弹性恢复造成的。偏差值可能是正的，也可能是负的。在测量冲裁件与凸、凹模尺寸的偏差时，落料件以凹模为基准，冲孔件以凸模为基准。影响偏差值的因素有凸、凹模间隙、材料性质、工件形状与尺寸。其中主要因素是凸、凹模间隙。不同间隙情况下，会出现正或负偏差。

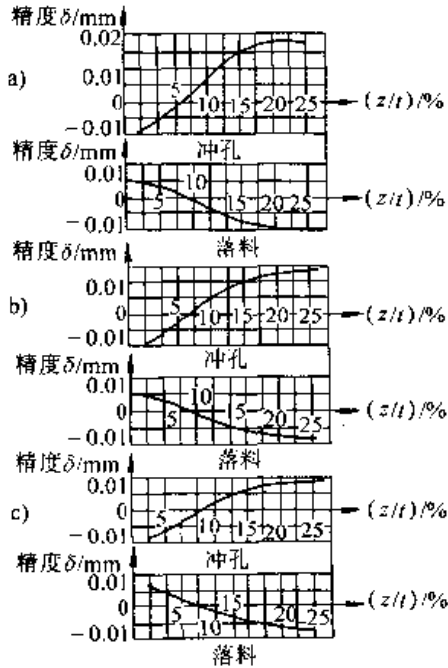


图 19.1-13 间隙对冲裁件精度的影响

- a) 材料：黄铜 料厚：4 mm
- b) 材料：15 钢 料厚：3.5 mm
- c) 材料：45 钢 料厚：2 mm

当凸、凹模间隙较大时，材料所受拉伸作用增大，冲裁完后因材料的弹性恢复使落料尺寸小于凹模尺寸，冲孔孔径大于凸模直径（图 19.1-13）。但因穹弯的弹性恢复方向与以上相反，故偏差值是二者的综合结果。在间隙较小时，由于材料受凸、凹模挤压力大，故冲裁完后，材料的弹性恢复使落料件尺寸增大，冲孔孔径变小。此外，尺寸变化量的大小还与材料性质、厚度、轧制方向等因素有关。软钢的弹性变形量较小，冲裁后的弹性恢复量也就小。硬钢的弹性恢复量较大。

图 19.1-13 中曲线与 $\delta = 0$ 的横轴交点表明制件尺寸与模具尺寸完全一样，交点右边表示制件与模具之间是松动的。若采用右边较大间隙值，则制件与模具之间摩擦力小。但间隙大到一定值后，由于穹弯引起的弹性恢复量大，摩擦力

减小将变得不显著。

上述因素的影响是在模具制造精度一定的前提下讨论的。若模具刃口制造精度低，则冲裁出的工件精度也就无法保证。所以凸、凹模刃口的制造公差要按工件的尺寸要求来决定。此外，模具的结构型式及定位方式对孔的定位尺寸精度也有较大的影响，这将在模具结构一章中阐述。冲模制造精度与冲裁件精度之间的关系见表 19.1-8。

(3) 间隙对冲裁件弯曲度的影响

在冲裁过程中材料由于受到弯矩作用而产生穹弯，若变形达到塑性弯曲的范围，冲裁结束后即使回弹，制件也会保留一些弯曲的残余变形。弯曲度与间隙的关系如图 19.1-14 所示。通常间隙越大，弯曲越明显，但有时在小间隙情况下，由于凹模侧壁对冲裁件有挤压作用，也会出现较大的弯曲。弯曲度还与材料性质和厚度有关（图 19.1-5）。

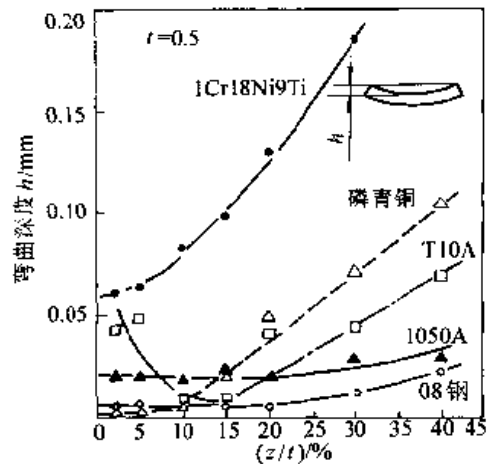


图 19.1-14 弯曲度与间隙的关系

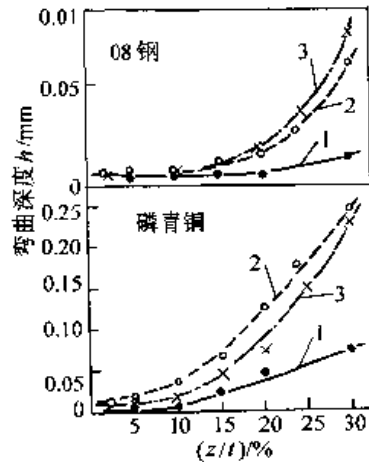


图 19.1-15 弯曲度与板料相对厚度的关系
 1— $t = 0.5$ mm ($D_d/t = 40$) 2— $t = 1.0$ mm ($D_d/t = 20$) 3— $t = 1.6$ mm ($D_d/t = 12.5$)

2.2 间隙对冲裁力与冲裁功的影响

(1) 冲裁力

凸、凹模间隙对冲裁力的影响可分别从图 19.1-9 与图 19.1-16 来说明。图 19.1-9 为不同材料与不同间隙情况下的冲裁力曲线，图中曲线 2 是塑性材料在合理间隙冲裁时力的变化曲线，从曲线 2 与曲线 3 可看出，当间隙小于合理间隙时，不仅冲裁力 F_{max} 增大，且在产生裂纹后，冲裁力不是急剧下降，而是缓慢地呈台阶式下

降，显然在合理间隙时由于上、下裂纹重合，所以剪切力会急剧下降。而小间隙冲裁时，由于上、下裂纹不重合，留下的中间环带部分又被不断挤压与剪断，故剪切力呈阶段性地下降。

图 19.1-16 表明了冲裁力随间隙改变而变化的情况，间隙 z 减小，则 F_{max} 增大。其原因是间隙小，材料所受拉应力减小，压应力增大，材料不易产生撕裂，故使冲裁力 F_{max} 增大。从此二图可以看出，随间隙减小，变形力增大不是太多，但变形功增大很多。

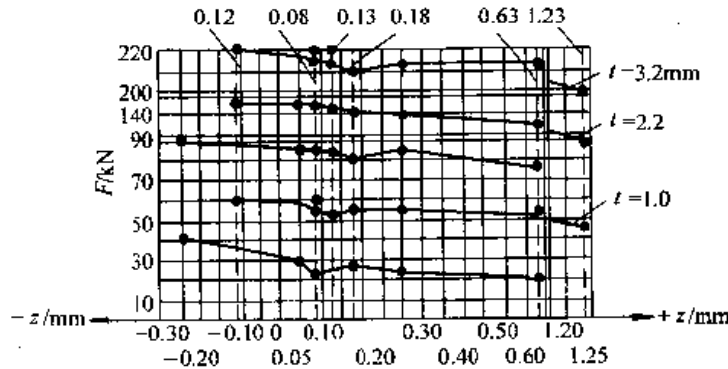


图 19.1-16 间隙 z 对冲裁力 F 的影响

材料：钢 凹模直径 $D_M=60\text{mm}$

(2) 冲裁功

冲裁功是指力—行程曲线（示功图）下面所包围的面积。从图 19.1-9 力—行程关系图可看出在间隙小于合理间隙时冲裁功增大很多。图 19.1-17 为冲裁功（又名剪切功）与间隙的关系图，从图可看出间隙合适时，由于上、下裂纹相遇重合，冲裁功最小。

命。当凸、凹模刃口磨钝后，材料内裂纹的发生点就由刃口尖端向侧面移动，所以随着刃口的磨损，毛刺高度增加。凸模刃口磨钝时，毛刺产生在落料制件上；凹模刃口磨钝时，毛刺产生在所冲孔上；若凸、凹模都磨钝，则制件与孔上均出现毛刺。另外刃口磨钝还将使制件尺寸精度、断面光洁度降低，冲裁能量增大。为此，我们必须研究模具磨损的形式与机理，找到影响磨损的因素，尽量减少模具的磨损。

冲裁过程中作用于凸、凹模上的力为被冲材料的反作用力，其方向与图 19.1-4 所示相反，由于材料的弯曲，模具表面与材料的接触面仅局限在刃口附近的狭小区域，使刃口受着极大的垂直压力与侧压力的作用，加上材料与凸、凹模相对运动引起的摩擦力，故将引起刃口磨损，甚至崩刃。由于垂直力、侧压力、摩擦力均随间隙的减小而增大，且间隙小时，光亮带增大；摩擦距离增长，摩擦发热严重，所以采用小间隙将使磨损增加（见图 19.1-18），甚至发生粘连。当然模具材料性能与硬度、模具结构的合理性以及模具制造精度与工作表面粗糙度、润滑条件等也影响刃口磨损的程度，但间隙却是影响模具寿命的主

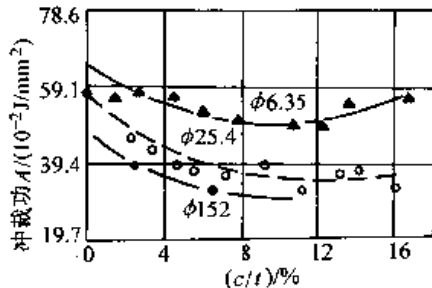


图 19.1-17 剪切功和间隙的关系
(3.3 mm 厚黄铜板固定圆孔冲裁)

2.3 间隙对模具寿命的影响

冲裁凸、凹模的损坏有磨损、崩刃和折断等形式。模具寿命系以冲出合格制品的冲裁次数来衡量，分两次刃磨间的寿命与全部磨损后总的寿

要因素之一。从图 19.1-18 中可看出凸模与凹模两个刃口的磨损是不同的，这是因为在无压紧冲裁时，凸模下面的材料沿板面方向的移动受到限制，而凹模端面上材料的滑动却比较自由，所以凹模端面磨损要比凸模端面磨损大。

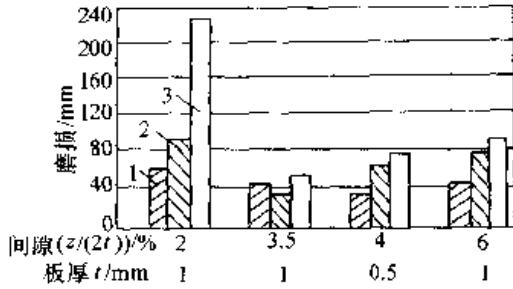


图 19.1-18 冲裁次数 10 万次时间隙对刃口磨损的影响

剪切条件：无压板，模具材料：Mn 钢，淬火硬度：59HRC，模具形状：φ8 圆形凸模，被加工材料：软钢板
 1—凸模端面磨损 2—凹模端面磨损 3—凸模侧面磨损
 从图中还可看出凸模侧面磨损最大，这是因

为从凸模上卸料加剧了其侧面的磨损。为了减少这种磨损，必须采用较大间隙值，使孔径在冲裁后因回弹增大，便于卸料，减少凸模侧面的磨损。

大量生产实践中也表明采用大间隙可提高模具寿命，从表 19.1-1 中可看出模具寿命可提高 1~9 倍。但是，过大的间隙，不仅使工件断面质量下降，毛刺和弯曲度增大，而且凸模和凹模端面磨损将上升为主要矛盾。前苏联学者 И. И. 楚达柯夫根据冲裁件塑压带的压缩变形量计算了凸模和凹模端面刃口附近所受压应力的分布情况(图 19.1-19)。并指出凸模与凹模小间隙时，其侧面摩擦力很大，在频繁的冲裁、卸料和推件过程中，侧面磨损严重。但间隙太大，会增加凸模和凹模端面边缘的集中应力，致使压应力急剧增加，尤其在刃口边沿处形成很大的峰值，于是刃边很快屈服变形而失去棱角，因此又增大了冲裁力，使刃边更快磨损变钝，降低了模具寿命。

表 19.1-1 扩大间隙对冲裁模寿命的影响

材 料	厚度 t/mm	洛氏硬度	小间隙		大间隙		寿命提高倍数/%
			单面间隙 (z/(2t))/%	刃磨寿命 (千次)	单面间隙 (z/(2t))/%	刃磨寿命 (千次)	
低碳钢	0.5	22HRC	2.5	115	5.0	230	100
低碳钢	1.2	—	5.0	10	12.5	68	580
低碳钢	1.5	77HRB	4.5	130	12.5	400	208
高碳钢	3.2	9HRC	2.5	30	8.5	240	700
不锈钢	0.12	45HRC	20.0	15	42.0	125	900
不锈钢	1.2	16HRC	6.5	12	11.0	30	150
黄 铜	1.2	—	3.5	15	7.0	110	633
铍青铜	0.03	95HRB	8.5	300	25.0	600	100

虽然生产中一般应采用较大间隙，但若考虑到保证冲裁件断面质量，则应采用较小间隙，此时就必须提高模具硬度与减小模具工作表面粗糙度、精度，改善润滑条件，以减少刃口磨损。

2.4 凸、凹模间隙值的确定

由以上分析可知，凸、凹模间隙对冲裁件质量、冲裁力、模具寿命都有很大的影响。因此，

设计模具时一定要选择一个合理的间隙。但分别从质量、精度、冲裁力等方面的要求各自确定的合理间隙值并不相同，考虑到模具制造中的偏差及使用中的磨损，生产中通常是选择一个适当的范围作为合理间隙，只要间隙在这个范围内，就可以冲出良好的零件。这个范围的最小值称为最小合理间隙 (c_{min})，最大值称为最大合理间隙 (c_{max})。考虑到模具在使用过程中的磨损使间隙

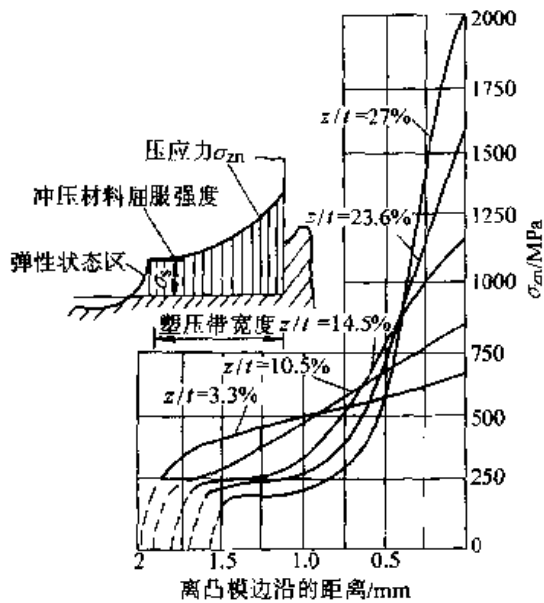


图 19.1-19 凸模端面压应力分布与间隙的关系

增大，故设计与制造新模具时要采用最小合理间隙值 c_{min} 。确定合理间隙的方法有两种。

(1) 理论确定法

理论确定法的主要依据是保证裂纹重合，以便获得良好的断面。图 19.1-20 所示为冲裁过程中开始产生裂纹的瞬时状态。

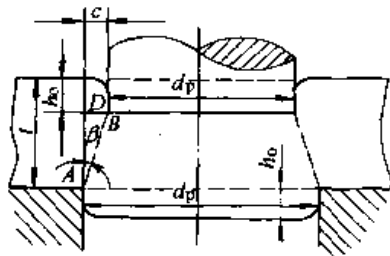


图 19.1-20 冲裁过程中产生裂纹的瞬时状态
从图中的 $\triangle ABD$ 可决定间隙 c

$$c = (t - h_0) \tan \beta = t \left(1 - \frac{h_0}{t}\right) \tan \beta$$

式中 h_0 ——凸模压入深度；

β ——最大剪应力方向与垂线间夹角（即裂纹方向角）。

从上式可看出，间隙 c 与材料厚度 t 、相对切入深度 h_0/t 以及裂纹方向角 β 有关。而 h_0 与 β 又与材料性质有关。

因此，影响间隙值的主要因素是材料性质和厚度。材料愈硬愈厚，所需合理间隙值愈大。表 19.1-2 为常用冲压材料的 h_0/t 与 β 的近似值。

由于计算方法在生产中使用不便，故目前常用的是经验公式与图表。

表 19.1-2 h_0/t 与 β 值

材 料	h_0/t		$\beta / (^\circ)$	
	退火	硬化	退火	硬化
软钢、纯铜、软黄铜	0.5	0.35	6	5
中硬钢、硬黄铜	0.3	0.2	5	4
硬钢、硬青铜	0.2	0.1	4	4

(2) 经验确定法

我国过去采用的间隙值是以尺寸精度为主要依据选用的，经使用表明一般偏小。按这种间隙值制造的模具，冲出制件的断面出现双光亮带，且有毛刺。又因模具与材料间的摩擦大，发热严重，使材料粘连，加速了刃口磨损，降低了模具寿命。还易产生凸模折断及凹模胀裂。

为此国内有关部门根据一些单位的研究成果与生产经验，并参考国外经验后于 1986 年制订了《冲裁间隙》指导性技术文件（JB/Z 271—1986），此文件于 1997 年又经国家技术监督局批准为国家标准（GB/T 16743—1997）。该标准根据冲裁件切断面质量、尺寸精度、模具寿命、力能消耗等主要因素，将冲裁间隙分为三类，即 I 类（小间隙）、II 类（中等间隙）、III 类（大间隙），列表于 19.1-3。在选用间隙时，应针对冲压技术要求、使用特点和生产条件等因素，首先按表 19.1-3 确定拟采用的间隙类别，然后按表 19.1-4 相应选取该类间隙的比值，经计算便可得到合适的间隙值，即单面间隙 $c = \text{间隙比值} \times t$ 。

选择三类间隙值的原则是当冲裁件剪断面质量、尺寸精度要求高时，应采用小间隙，但模具寿命低。当冲裁件断面质量、尺寸精度要求一般时，则采用中等间隙，这时力能消耗小、模具寿命高。当冲裁件断面质量、尺寸精度要求不高时，宜采用大间隙。其优点是冲裁力、摩擦力、卸料力均低，故可改善模具工作条件，大大提高模具寿命。且间隙值大，可采用直洞口凹模，从而可用同一毛坯由线切割同时割出凸、凹模。这样既节约了模具材料又可缩短加工时间，故有显著的经济效益。但采用大间隙值时要注意：① 为了保证制件平整，一定要有压料与顶件装置。

表 19.1-3 金属材料冲裁间隙分类

分类依据		类别	I	II	III
冲件断面质量	剪切面特征				
		塌角高度 R	(4%~7%) t	(6%~8%) t	(8%~10%) t
		光亮带高度 B	(35%~55%) t	(25%~40%) t	(15%~25%) t
		断裂带高度 F	小	中	大
		毛刺高度 h	一般	小	一般
断裂角 α	4°~7°	>7°~8°	>8°~11°		
冲件精度	平面度		稍小	小	较大
	尺寸精度	落料件	接近凹模尺寸	稍小于凹模尺寸	小于凹模尺寸
冲孔件		接近凸模尺寸	稍大于凸模尺寸	大于凸模尺寸	
模具寿命			较低	较长	最长
力能消耗	冲裁力		较大	小	最小
	卸、推料力		较大	最小	小
	冲裁功		较大	小	稍小
适用场合			冲件断面质量、尺寸精度要求高时, 采用小间隙。冲模寿命较短	冲件断面质量、尺寸精度一般要求时, 采用中等间隙。因残余应力小, 能减少破裂现象, 适用于继续塑性变形的工件	冲件断面质量、尺寸精度要求不高时, 应优先采用大间隙, 以利于提高冲模寿命

②为了防止凸模将废料带出凹模表面, 应在凸模上开通气孔或装弹性顶针。

由于各类间隙值没有绝对的界限, 因此, 在选择时还须酌情增减间隙值, 如:

- 1) 在同样条件下, 非圆形比圆形的间隙大, 冲孔间隙比落料大。
- 2) 凹模为斜壁刃口时, 应比直壁刃口间隙小。
- 3) 高速冲压时模具容易发热, 间隙应增大,

如当行程次数超过每分钟 200 次时, 间隙值应增大 10% 左右。

- 4) 热冲时材料强度低, 间隙应比冷冲时小。
- 5) 硅钢片随含硅量增加, 间隙相应放大一些。
- 6) 电火花穿孔加工凹模型孔时, 其间隙应比磨削加工取小 (0.5%~2%) t。
- 7) 冲小孔 (一般孔径 d 小于料厚) 时, 凸

表 19.1-4 金属材料冲裁间隙值

材料	抗剪强度 τ_b /MPa	初始间隙 (单边间隙) (c/t) /%		
		I类	II类	III类
低碳钢 08F、10F、10、20、Q235-A	$\geq 210 \sim 400$	3.0~7.0	>7.0~10.0	>10.0~12.5
中碳钢 45 不锈钢 1Cr18Ni9Ti、4Cr13 膨胀合金 (可伐合金) 4J29	$\geq 420 \sim 560$	3.5~8.0	>8.0~11.0	>11.0~15.0
高碳钢 T8A、T10A 65Mn	$\geq 590 \sim 930$	8.0~12.0	>12.0~15.0	>15.0~18.0
纯铝 1050、1050A、1035、1200 铝合金 (软态) 3A21 黄铜 (软态) H62 纯铜 (软态) T1、T2、T3	$\geq 65 \sim 255$	2.0~4.0	4.5~6.0	6.5~9.0
黄铜 (硬态) H62 铅黄铜 HPb59-1 纯铜 (硬态) T1、T2、T3	$\geq 290 \sim 420$	3.0~5.0	5.5~8.0	8.5~11.0
铝合金 (硬态) 2A12 锡磷青铜 QSn4-4-2.5 铝青铜 QAl7 铍青铜 QBe2	$\geq 225 \sim 550$	3.5~6.0	7.0~10.0	11.0~13.0
镁合金 MB1、MB8	$\geq 120 \sim 180$	1.5~2.5		
电工硅钢 D21、D31、D41	190	2.5~5.0	>5.0~9.0	

注: 1. 本表所列间隙值适用于厚度 10 mm 以下的金属材料。

2. 考虑到料厚对间隙的影响, 将料厚分成 ≤ 1.0 mm; $> 1.0 \sim 2.5$ mm; $> 2.5 \sim 4.5$ mm; $> 4.5 \sim 7.0$ mm; $> 7.0 \sim 10.0$ mm 五档, 当料厚 ≤ 1.0 mm 时, 各类间隙取其下限值, 并以此为基数, 随着料厚的增加, 再逐档递增。

3. 其他金属材料的冲裁间隙值可参照表中抗剪强度相近的材料选取。

模易折断, 间隙应取大一些, 但这时要采取有效措施, 防止废料回升。

8) 硬质合金冲裁模应比钢模的间隙大 30% 左右。

9) 复合模的凸凹模壁单薄时, 为防止胀裂,

应放大冲孔凹模间隙。

10) 采用弹性压料装置时, 间隙可大一些。

11) 对需攻螺纹的孔, 间隙应取小一些。

为便于设计者能参考多种选择方法，在此再介绍三种间隙值表。第一种是美国《工具与制造工程师手册》(1976年版)介绍的间隙值表，该表是根据使用要求分类选用，将剪切断面质量分成五类，图 19.1-21 为五类间隙情况下的切断面状况，表 19.1-5 则为与其相对应的间隙比值。

另外二种是在我国工厂使用过的二类间隙值，一类为在电子、仪表、精密机械等部门使用的间隙值表，由于对冲裁件尺寸精度要求高，故采用较小间隙值(如表 19.1-6)。另一类为汽车、农业机械及五金日用品等所用间隙值，由于冲裁件尺寸公差范围较大则采用较大间隙(如表 19.1-7)。

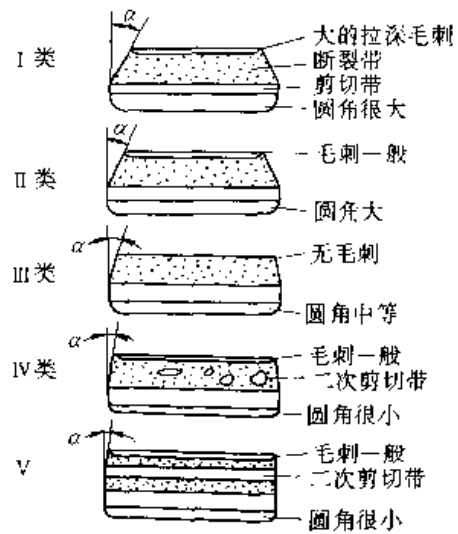


图 19.1-21 不同间隙情况下的剪切断面

表 19.1-5 各种材料不同切断面类型的间隙比值 (图 19.1-21)

冲裁材料		剪切断面类型				
		I类	II类	III类	IV类	V类
		单面间隙比值 (c/t) /%				
高碳钢和合金钢		26	18	15	12	
软(低碳)钢		21	12	9	6.5	2
不锈钢		23	13	10	4	1.5
铜	硬	25	11	8	3.5	1.25
	软	26	8	6	3	0.75
磷青铜		25	13	11	4.5	2.5
黄铜	硬	24	10	7	4	0.8
	软	21	9	6	2.5	1
铝	硬	20	15	10	6	1
	软	17	9	7	3	1
镁		16	6	4	2	0.75
铅		22	9	7	5	2.5
断面状态及适用场合		圆角半径、拉伸毛刺、断面斜度等都大。光亮带小，撕裂带占料厚 3/4。适用于对冲裁件质量要求不高时	圆角半径大，毛刺适当，断面斜度中等。光亮带占料厚 1/3。模具寿命高，适用于一般冲裁件	圆角半径小，断面斜度小，毛刺很小(可以无毛刺)，残余应力小，光亮带占料厚 1/3 ~ 1/2。适用于对冲裁件质量要求高，特别是易加工硬化的材料	圆角半径很小，断面斜度很小，中等挤压毛刺。光亮带占料厚 2/3。断面上有光亮点。适用于要再加工的冲裁件	圆角半径极小，有较大挤压毛刺，有二次光亮带或全光亮带。适用于断面要求垂直的冲裁件。冲硬料时，模具寿命很短，但对黄铜、铅、软钢、铝等可用

表 19.1-6 冲裁模初始双面间隙 z (mm)

材料厚度	软 铝		纯铜、黄铜、含碳 (0.08%~0.2%) ^① 的软钢		杜拉铝、含碳(0.3%~ 0.4%)的中等硬钢		硬钢 含碳(0.5%~0.6%)	
	z_{\min}	z_{\max}	z_{\min}	z_{\max}	z_{\min}	z_{\max}	z_{\min}	z_{\max}
0.2	0.008	0.012	0.010	0.014	0.012	0.016	0.014	0.018
0.3	0.012	0.018	0.015	0.021	0.018	0.024	0.021	0.027
0.4	0.016	0.024	0.020	0.028	0.024	0.032	0.028	0.036
0.5	0.020	0.030	0.025	0.035	0.030	0.040	0.035	0.045
0.6	0.024	0.036	0.030	0.042	0.036	0.048	0.042	0.054
0.7	0.028	0.042	0.035	0.049	0.042	0.056	0.049	0.063
0.8	0.032	0.048	0.040	0.056	0.048	0.064	0.056	0.072
0.9	0.036	0.054	0.045	0.063	0.054	0.072	0.063	0.081
1.0	0.040	0.060	0.050	0.070	0.060	0.080	0.070	0.090
1.2	0.050	0.084	0.072	0.096	0.084	0.108	0.096	0.120
1.5	0.075	0.105	0.090	0.120	0.105	0.135	0.120	0.150
1.8	0.090	0.126	0.108	0.144	0.126	0.162	0.144	0.180
2.0	0.100	0.140	0.120	0.160	0.140	0.180	0.160	0.200
2.2	0.132	0.176	0.154	0.198	0.176	0.220	0.198	0.242
2.5	0.150	0.200	0.175	0.225	0.200	0.250	0.225	0.275
2.8	0.168	0.224	0.196	0.252	0.224	0.280	0.252	0.308
3.0	0.180	0.240	0.210	0.270	0.240	0.300	0.270	0.330
3.5	0.245	0.315	0.280	0.350	0.315	0.385	0.350	0.420
4.0	0.280	0.360	0.320	0.400	0.360	0.440	0.400	0.480
4.5	0.315	0.405	0.360	0.450	0.405	0.490	0.450	0.540
5.0	0.350	0.450	0.400	0.500	0.450	0.550	0.500	0.600
6.0	0.480	0.600	0.540	0.660	0.600	0.720	0.660	0.780
7.0	0.560	0.700	0.630	0.770	0.700	0.840	0.770	0.910
8.0	0.720	0.880	0.800	0.960	0.880	1.040	0.960	1.120
9.0	0.870	0.990	0.900	1.080	0.990	1.170	1.080	1.260
10.0	0.900	1.100	1.000	1.200	1.100	1.300	1.200	1.400

注：1. 初始间隙的最小值相当于间隙的公称数值。

2. 初始间隙的最大值是考虑到凸模和凹模的制造公差所增加的数值。

3. 在使用过程中，由于模具工作部分的磨损，间隙将有所增加，因而间隙的使用最大数值要超过表列数值。

①这里指碳的质量分数。

表 19.1-7 冲裁模初始双面间隙 z (mm)

材料厚度	08、10、35 Q235		Q345		40、50		65Mn	
	z_{\min}	z_{\max}	z_{\min}	z_{\max}	z_{\min}	z_{\max}	z_{\min}	z_{\max}
小于 0.5	极小间隙							
0.5	0.040	0.060	0.040	0.060	0.040	0.060	0.040	0.060
0.6	0.048	0.072	0.048	0.072	0.048	0.072	0.048	0.072
0.7	0.064	0.092	0.064	0.092	0.064	0.092	0.064	0.092
0.8	0.072	0.104	0.072	0.104	0.072	0.104	0.064	0.092
0.9	0.090	0.126	0.090	0.126	0.090	0.126	0.090	0.126
1.0	0.100	0.140	0.100	0.140	0.100	0.140	0.090	0.126
1.2	0.126	0.180	0.132	0.180	0.132	0.180		
1.5	0.132	0.240	0.170	0.240	0.170	0.240		
1.75	0.220	0.320	0.220	0.320	0.220	0.320		
2.0	0.246	0.360	0.260	0.380	0.260	0.380		
2.1	0.260	0.380	0.280	0.400	0.280	0.400		
2.5	0.360	0.500	0.380	0.540	0.380	0.540		
2.75	0.400	0.560	0.420	0.600	0.420	0.600		
3.0	0.460	0.640	0.480	0.660	0.480	0.660		
3.5	0.540	0.740	0.580	0.780	0.580	0.780		
4.0	0.610	0.880	0.680	0.920	0.680	0.920		
4.5	0.720	1.000	0.680	0.960	0.780	1.040		
5.5	0.940	1.280	0.780	1.100	0.980	1.320		
6.0	1.080	1.440	0.840	1.200	1.140	1.500		
6.5			0.940	1.300				
8.0			1.200	1.680				

注：冲裁皮革、石棉和纸版时，间隙取 08 号钢的 25%

3 凸、凹模刃口尺寸计算

3.1 尺寸计算原则

模具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。从生产实践中可以发现：

①由于凸、凹模之间存在间隙，使落下的料或冲出的孔都是带有锥度的，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。

②在测量与使用中，落料件是以大端尺寸为

基准，冲孔孔径是以小端尺寸为基准。

③冲裁时，凸、凹模要与冲裁零件或废料发生摩擦，凸模愈磨愈小，凹模愈磨愈大，结果使间隙愈用愈大。

由此在决定模具刃口尺寸及其制造公差时，需考虑下述原则：

1) 落料制件尺寸由凹模尺寸决定，冲孔时孔的尺寸由凸模尺寸决定。故设计落料模时，以凹模为基准，间隙取在凸模上；设计冲孔模时，以凸模为基准，间隙取在凹模上。

2) 考虑到冲裁中凸、凹模的磨损，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；设计冲孔模时，凸模基本尺寸则应取工件孔的尺寸公差范围内的较大尺寸。这样，凸、凹模虽磨损到一定程度，仍能冲出合格零件。

3) 由于凸、凹模均要与冲裁件或废料发生摩擦，从而导致模具磨损，凸模愈磨愈小，凹模愈磨愈大，结果使模具间隙愈用愈大，因此在设计新模具时，凸、凹模间隙应取最小合理间隙值。

表 19.1-8 模具精度与冲裁件精度（标准公差等级）关系

冲裁件精度 材料厚度 t / mm	模具精度 (标准公差等级)											
	0.5	0.8	1.0	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12
IT6~IT7	IT8	IT8	IT9	IT10	IT10	—	—	—	—	—	—	—
IT7~IT8	—	IT9	IT10	IT10	IT12	IT12	IT12	—	—	—	—	—
IT9	—	—	—	IT12	IT12	IT12	IT12	IT12	IT14	IT14	IT14	IT14

3.2 尺寸计算方法

由于模具加工和测量方法的不同，凹模和凸模刃口部分尺寸的计算公式与制造公差的标注也不同，基本上可分为两类。

(1) 凸模与凹模分开加工

采用这种方法的特点是凸模和凹模分别按照各自图样规定的技术要求、尺寸和公差单独进行加工，因此要分别标注凸模和凹模刃口尺寸与制造公差，它适用于圆形或简单形状工件的冲裁模。下面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 $d^{+\delta_d}$ 。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。其计算公式如下：

$$d_p = (d + x\Delta) - \frac{\delta_p}{2} \quad (19.1-1)$$

$$d_d = (d_p + z_{\min}) + \frac{\delta_d}{2} = (d + x\Delta + z_{\min}) + \frac{\delta_d}{2} \quad (19.1-2)$$

各部分分配位置见图 19.1-22a。

2) 落料 设工件尺寸为 $D - \frac{\delta_d}{2}$ ，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轮廓的最小极限尺寸，再减小凸模尺寸以保证最小合理间隙值 Z_{\min} 。各部分分配

4) 确定凸、凹模制造公差时，应考虑制件的精度要求。如果对凸、凹模刃口精度要求过高（即制造公差过小）会使模具制造困难，增加成本，延长生产周期；如果精度要求过低（即制造公差过大），则生产出来的零件可能不合格，或使模具寿命低。零件精度与模具制造精度的关系见表 19.1-8。若零件没有标注公差，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，冲模则可按 IT11 精度制造；对于圆形件，一般可按 IT6~IT7 精度制造模具。

位置见图 19.1-22b。其计算公式如下：

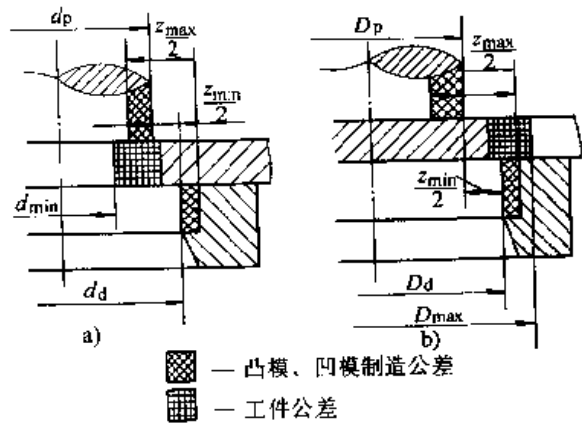


图 19.1-22 冲孔、落料时各部分分配位置
a) 冲孔 b) 落料

$$D_d = (D - x\Delta) + \frac{\delta_d}{2} \quad (19.1-3)$$

$$D_p = (D_d - Z_{\min}) - \frac{\delta_p}{2} = (D - x\Delta - z_{\min}) - \frac{\delta_p}{2} \quad (19.1-4)$$

式中 d_p 、 d_d ——冲孔凸、凹模刃口尺寸 (mm)；

D_p 、 D_d ——落料凸、凹模刃口尺寸 (mm)；

d ——冲孔工件孔径的基本尺寸 (mm)；

D ——落料工件外径的基本尺寸 (mm)；

Δ ——工件制造公差 (mm);
 x ——系数 (表 19.1-10);
 z_{\min} ——最小合理间隙值 (双面) (mm);
 δ_p, δ_d ——凸、凹模制造公差 (mm), 见表 19.1-9。

为了保证新模具的间隙小于最大合理间隙值 (z_{\max}), 凸模和凹模的制造公差必须满足下列条件:

$$|\delta_p| + |\delta_d| \leq z_{\max} - z_{\min}$$

表 19.1-9 规则形状 (圆形、方形) 冲裁凸模、凹模的极限偏差 (mm)

基本尺寸	凸模极限下偏差 δ_p	凹模极限上偏差 δ_d
≤ 18		+0.020
>18~30	-0.020	+0.025
>30~80		+0.030
>80~120	-0.025	+0.035
>120~180		+0.040
>180~260	-0.030	+0.045
>260~360	-0.035	+0.050
>360~500	-0.040	+0.060
>500	-0.050	+0.070

注: 1. 当 $|\delta_p| + |\delta_d| > z_{\max} - z_{\min}$ 时, 只在凸模或凹模一个零件图上标注公差, 而另一件则注明配作间隙。
 2. 本表适用于汽车拖拉机行业。

表 19.1-10 系数 x

材料厚度 t/mm	非圆形			圆形	
	1	0.75	0.5	0.75	0.5
	工件公差 Δ/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

例题 如图 19.1-23 所示垫圈, 材料为 Q235-A 钢, 料厚 $t = 2 \text{ mm}$, 外圆由落料制成, 内孔由冲孔制成, 试确定冲孔模和落料模的直径。

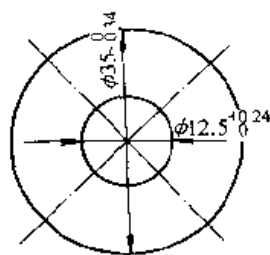


图 19.1-23 垫圈

或取 $\delta_p = 0.4 (z_{\max} - z_{\min})$
 $\delta_d = 0.6 (z_{\max} - z_{\min})$

在以上各式中, 取系数 x 是为了使冲裁件的实际尺寸尽量接近冲裁件公差带的中间尺寸。 x 在 0.5~1 之间取值, 与工件制造精度有关, 可查表 19.1-10, 或按下列关系取值:

工件的公差等级为 IT10 或更高, 取 $x = 1$;

工件的公差等级为 IT11~IT13, 取 $x = 0.75$;

工件的公差等级为 IT14, 取 $x = 0.5$ 。

由表 19.1-4 中按 II 类 (中等间隙类) 取间隙比值为 7.0~10.0, 则双面间隙

$$z_{\min} = 2 (7.0 \times 2 / 100) \text{ mm} = 0.28 \text{ mm},$$

$$z_{\max} = 2 (10.0 \times 2 / 100) \text{ mm} = 0.4 \text{ mm}$$

$$z_{\max} - z_{\min} = (0.4 - 0.28) \text{ mm} = 0.16 \text{ mm}$$

由表 19.1-9 查出凸、凹模的极限偏差。

落料部分基本尺寸为 35 mm, 则

$$\delta_d = +0.03 \text{ mm}, \delta_p = -0.02 \text{ mm}$$

$$|\delta_d| + |\delta_p| = (0.03 + 0.02) \text{ mm}$$

$$= 0.05 \text{ mm} < z_{\max} - z_{\min}$$

冲孔部分基本尺寸为 12.5 mm, 则

$$\begin{aligned} \delta_p &= -0.02 \text{ mm}, \delta_d = +0.02 \text{ mm} \\ |\delta_p| + |\delta_d| &= (0.02 + 0.02) \text{ mm} \\ &= 0.04 \text{ mm} < Z_{\max} - Z_{\min} \end{aligned}$$

由式 (19.1-3) 与式 (19.1-4) 计算落料部分尺寸, 由表 19.1-10 取 $x=0.5$, 则

$$\text{落料凹模: } D_d = (D - x\Delta)^{+\delta_d} = (35 - 0.5 \times 0.34)^{+0.03} \text{ mm} = 34.83^{+0.03} \text{ mm}$$

$$\text{落料凸模: } D_p = (D_d - Z_{\min})_{-\delta_p} = (34.83 - 0.28)_{-0.02} \text{ mm} = 34.55_{-0.02} \text{ mm}$$

由式 (19.1-1) 与式 (19.1-2) 计算冲孔部分尺寸

$$\text{冲孔凸模: } d_p = (d + x\Delta)_{-\delta_p} = (12.5 + 0.5 \times 0.24)_{-0.02} \text{ mm} = 12.62_{-0.02} \text{ mm}$$

$$\text{冲孔凹模: } d_d = (d_p + Z_{\min})_{+\delta_d} = (12.62 + 0.28)^{+0.02} \text{ mm} = 12.9^{+0.02} \text{ mm}$$

(2) 凸模与凹模配合加工

对于形状复杂或料薄的工件, 为了保证凸、凹模间一定的间隙值, 必须采用配合加工。此方法是先做好其中的一件 (凸模或凹模) 作为基准件, 然后以此为基准来加工另一件, 使它们之间保持一定的间隙。对于落料, 先做凹模, 并以它作为基准配做凸模; 对于冲孔, 先做凸模, 并以它作为基准配做凹模。因此只需在基准件上标注尺寸和制造公差, 另一件只标注基本尺寸并注明配做所留间隙值, 这样 δ_p 与 δ_d 不再受间隙限制。这种方法不仅容易保证凸、凹模间隙很小, 而且还可放大基准件的制造公差, 使制造容易,

故目前一般工厂都采用此种方法。

由于复杂形状工件, 其各部分尺寸性质不同, 凸模与凹模磨损情况也不相同, 所以基准件的刃口尺寸需要按不同方法计算。如图 19.1-24a 为一落料件, 应以凹模为基准件, 凹模磨损情况可分成三类:

第一类是凹模磨损后增大尺寸 (图中 A 类);

第二类是凹模磨损后变小尺寸 (图中 B 类);

第三类是当凹模磨损后没有增减的尺寸 (图中 C 类)。

同理, 对于图 19.1-24b 中的冲孔尺寸也可因凸模磨损情况不同分成 A、B、C 三类尺寸。故对于复杂形状的落料件或冲孔件, 其基准件的刃口尺寸均可按下面三式计算:

$$\text{A 类: } A_j = (A_{\max} - x \cdot \Delta)^{+\delta} \quad (19.1-5)$$

$$\text{B 类: } B_j = (B_{\min} + x \cdot \Delta)_{-\delta} \quad (19.1-6)$$

$$\text{C 类: } C_j = (C_{\min} + 0.5\Delta) \pm \frac{\delta}{2} \quad (19.1-7)$$

式中 A_j 、 B_j 、 C_j ——基准件尺寸 (mm);

A_{\max} 、 B_{\min} 、 C_{\min} ——相应的工件极限尺寸[⊖] (mm),

Δ ——工件公差 (mm);

δ ——基准件的极限偏差 (mm), 当标注形式为 $(+\delta)$ 或 $(-\delta)$

时, $\delta = \frac{\Delta}{4}$; 当标注形式为

$(\pm \delta)$ 时, $\delta = \frac{1}{8} \Delta$ 。

例题 某厂生产变压器硅钢片, 零件如图 19.1-25 所示, 试确定落料凸、凹模刃口尺寸及

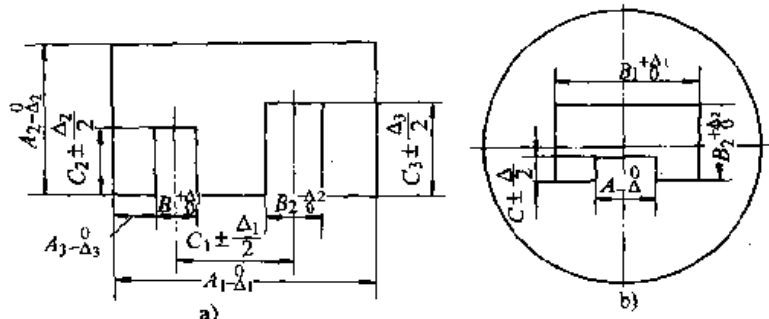


图 19.1-24 复杂形状的冲裁件
a) 落料件 b) 冲孔件

⊖ 考虑到复杂形状冲裁件尺寸的极限偏差可能是正值或者是负值, 为保证冲出工件尺寸在公差带内, 故在公式中应用极限尺寸的概念。

制造公差。

根据零件形状，凹模磨损后其尺寸变化有三种情况。

第一类尺寸 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 。由表 19.1-10 查得：

$$x_1 = x_2 = x_3 = 0.75, \quad x_4 = 1$$

由式 (19.1-5) 得：

$$A_{1d} = (128 - 0.75 \times 0.26)^{+1/4 \times 0.26} \text{ mm}$$

$$= 127.8^{+0.07} \text{ mm};$$

$$A_{2d} = (96 - 0.75 \times 0.23)^{+1/4 \times 0.23} \text{ mm}$$

$$= 95.83^{+0.06} \text{ mm};$$

$$A_{3d} = (32 - 0.75 \times 0.17)^{+1/4 \times 0.17} \text{ mm}$$

$$= 31.87^{+0.04} \text{ mm};$$

$$A_{4d} = (16 - 1 \times 0.12)^{+1/4 \times 0.12} \text{ mm}$$

$$= 15.88^{+0.03} \text{ mm}。$$

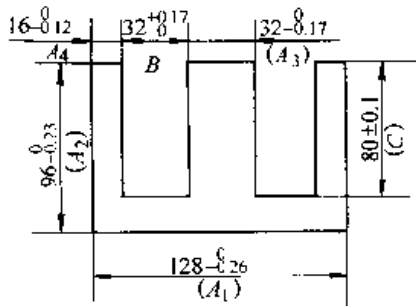


图 19.1-25 变压器硅钢片零件图

材料：D42 硅钢板 料厚： $t = 0.35 \text{ mm}$

第二类尺寸 B 。查表 19.1-10 得， $x = 0.75$ 。

由式 (19.1-6) 得：

$$B_d = (32 + 0.75 \times 0.17)^{-1/4 \times 0.17} \text{ mm}$$

$$= 32.13^{-0.04} \text{ mm}。$$

第三类尺寸 C 由式 (19.1-7) 得：

$$C_d = (80 + 0.5 \times 0.2) \text{ mm} \pm \frac{1}{8} \times 0.2 \text{ mm}$$

$$= 80.1 \pm 0.03 \text{ mm};$$

该零件凸模刃口各部分尺寸按上述凹模的相应部分尺寸配制，保证双面间隙值 $z_{\min} \sim z_{\max} = 0.015 \sim 0.021 \text{ mm}$ (由表 19.1-6 查得)。

4 冲裁力的计算及降低冲裁力的方法

4.1 冲裁力的计算

计算冲裁力的目的是为了合理地选用压力机(压床)和设计模具。压力机的吨位必须大于所计算的冲裁力，以适应冲裁的要求。

平刃模具冲裁时，其冲裁力 F_0 可按式计算：

$$F_0 = Lt\tau_b$$

式中 F_0 ——冲裁力 (N)；

t ——材料厚度 (mm)；

τ_b ——材料抗剪强度 (MPa)；

L ——冲裁周长 (mm)。

过去一般采用仅与材料性质有关的抗剪强度 τ_d 进行计算，实际上冲裁时的抗剪强度不仅与材料性质有关，还与材料硬化程度，材料相对厚度，凸、凹模相对间隙 (z/t) 以及冲裁速度有关，可用如下公式计算：

$$\tau_b = (mt/d + 0.6) \sigma_b$$

式中 m ——与相对间隙有关的系数；

σ_b ——材料抗拉强度 (MPa)。

在 $z/t = 0.15$ 时， $m = 1.2$ ，故

$$\tau = (1.2t/d + 0.6) \sigma_b \approx (1 + 2t/d) \sigma_s$$

式中 σ_s ——材料的屈服极限 (MPa)。

为简化计算，可按表 19.1-11 选用。

表 19.1-11 材料抗剪强度 τ_b

落料、冲孔情况		τ_b	
		$z = 0.15t$ ($m = 1.2$)	$z = 0.005t$ ($m = 3.0$)
落料	大零件 $d \geq 1000t$	$0.6\sigma_b$	$0.65\sigma_b$
	中等零件 $d \geq 50t$	$0.7\sigma_b$	$0.8\sigma_b$
	小零件 $d = (5 \sim 10)t$	$0.8\sigma_b$	$(1 \sim 1.2)\sigma_b$
冲孔	孔径 $d \leq (5 \sim 2.5)t$	σ_b	$(1.5 \sim 1.8)\sigma_b$
	孔 $d \leq (2 \sim 1.5)t$	$(1.2 \sim 1.4)\sigma_b$	$(2.0 \sim 2.6)\sigma_b$
	孔 $d = t$	$1.8\sigma_b$	$3.6\sigma_b$

考虑到模具刃口的磨损,凸、凹模间隙的波动,材料力学性能的变化,材料厚度偏差等因素,实际所需冲裁力还须增加30%,即

$$F = 1.3F_0 = 1.3L\tau_b \approx Lt\sigma_b$$

4.2 卸料力及推件力计算

一般情况下,冲裁件从板料切下以后,径向因弹性变形而扩张,板料上孔则沿径向发生弹性收缩。同时,冲下的零件与余料还要力图恢复弹性弯曲。这两种弹性恢复的结果,会使落料件梗塞在凹模内,而冲裁后剩下的板料则箍紧在凸模上。从凸模上将零件或废料卸下来所需的力称卸料力。从凹模内顺着冲裁方向把零件或废料从凹模腔顶出的力称推件力。影响这些力的因素较多,主要有材料力学性能、模具间隙、材料厚度、零

件形状尺寸以及润滑情况等。大间隙冲裁时,因板料所受拉伸变形大,故冲裁后的弹性恢复使落料件比凹模孔小,而冲下的孔比凸模大,故使卸料力与推件力都有所降低。所以要准确地计算这些力是困难的,一般用下列经验公式计算:

$$\text{推件力} \quad F_1 = nK_1F$$

$$\text{顶件力} \quad F_2 = K_2F$$

$$\text{卸料力} \quad F_3 = K_3F$$

式中 F ——冲裁力(N);

n ——同时梗塞在凹模内的零件(或废料)数, $n = h/t$;

t ——材料厚度(mm);

h ——圆柱形凹模腔口高度(mm);

K_1, K_2, K_3 ——推件力、顶件力及卸料力系数,其值见表19.1-12。

表 19.1-12 推件力系数、顶件力系数和卸料力系数

料厚/mm		K_1	K_2	K_3
钢	≤ 0.1	0.1	0.14	0.065~0.075
	0.1~0.5	0.063	0.08	0.045~0.055
	0.5~2.5	0.055	0.06	0.04~0.05
	2.5~6.5	0.045	0.05	0.03~0.04
	6.5	0.025	0.03	0.02~0.03
铝、铝合金		0.03~0.07		0.025~0.08
纯铜、黄铜		0.03~0.09		0.02~0.06

注:卸料力系数 K_3 在冲多孔、大搭边和轮廓复杂制件时取上限。

这些力在选择压力机时是否考虑进去,要根据不同的模具结构区别对待,即:

采用弹性卸料装置和上出料方式的总冲裁力为

$$F_0 = F + F_2 + F_3$$

采用刚性卸料装置和下出料方式的总冲裁力为

$$F_0 = F + F_1$$

采用弹性卸料装置和下出料方式的总冲裁力为

$$F_0 = F + F_1 + F_3$$

4.3 降低冲裁力的方法

在冲裁高强度材料或厚度大、周边长的工件时,所需冲裁力如果超过车间现有压力机吨位,就必须采取措施降低冲裁力。一般采用如下几种方法。

(1) 材料加热红冲

材料加热后,抗剪强度大大地降低,从而降低冲裁力。但材料加热后产生氧化皮,故此法一

般只适用于厚板或工件表面质量及精度要求不高的零件。

表19.1-13所列列为钢在加热状态下的剪切强度。计算加热冲裁力时, τ_k 应按实际冲压温度取值。由于散热的原因,冲压温度通常比加热温度低150~200℃。另外,需考虑热胀冷缩对工件尺寸的影响,以及热冲时由于材料变软,模具间隙应比冷冲时适当取小。

(2) 凸模作阶梯形布置

在多凸模冲模中将凸模制成不同高度(图19.1-26),可使各凸模不同时接触材料,即避免各凸模冲裁力的最大值同时出现,从而能降低总的冲裁力。特别是在几个凸模直径相差悬殊、彼此距离又很近的情况下,采用阶梯形布置还能避免小直径凸模由于承受材料流动的挤压力而产生折断或倾斜的现象(此时应将小凸模做短一些)。凸模间的高度差 h 取决于材料厚度,如:

表 19.1-13 钢在加热状态的抗剪强度

材料牌号	加热到以下温度时的 τ_K/MPa					
	200℃	500℃	600℃	700℃	800℃	900℃
Q195、Q215、10、15	360	320	200	110	60	30
Q235、Q255、20、25	450	450	240	130	90	60
Q275、30、35	530	520	330	160	90	70
40、45、50	600	580	380	190	90	70

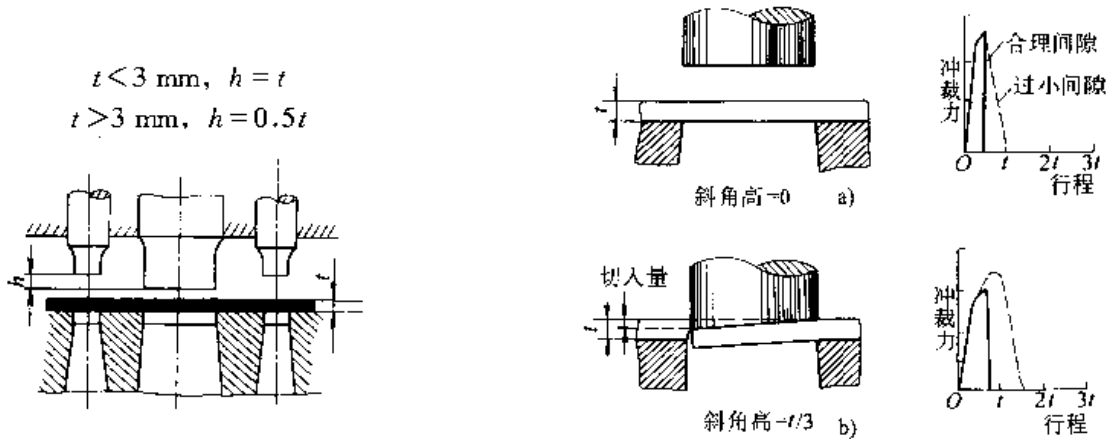


图 19.1-26 阶梯形布置凸模

(3) 用斜刃口模具冲裁

用普通的平刃口模具冲裁时，其整个刃口平面都同时接触板料，故在冲裁大型或厚板工件时，冲裁力往往很大。若将凸模（或凹模）刃口平面做成与其轴线倾斜一个角度 φ （图 9.1-27），冲裁时刃口就不是同时切入，而是逐步冲切材料，这就等于减少了剪切断面面积 A ，因而能降低冲裁力。

图 19.1-27 为三种不同刃口形状凸模的冲裁力—行程曲线图，图 a 为平刃口凸模，图 b、c 为刃口带有不同斜角的凸模。从图中可看出图 a 中的凸模冲裁力最大，而且突然卸载，将对模具与压力机造成损害，图 c 中凸模冲裁力最小，但工作行程大，故所作功并没有减小。采用斜刃口模具冲裁还能减轻冲裁时的振动与噪声。

采用斜刃口冲裁时，为了得到平整的零件，落料时应将凹模做成斜刃，凸模做成平口；冲孔时则应将凸模做成斜刃，凹模做成平口（见图 19.1-28）。设计斜刃时，还应注意尽量将斜刃对称布置（如图 19.1-29），以免冲裁时凹模承受单向侧压力而发生偏移，啃坏刃口。刃口斜角 φ 不宜太大，一般按表 19.1 14 选用。

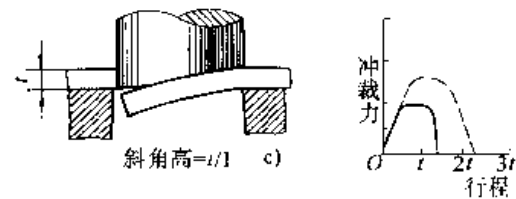


图 19.1-27 斜刃凸模冲裁力—行程图

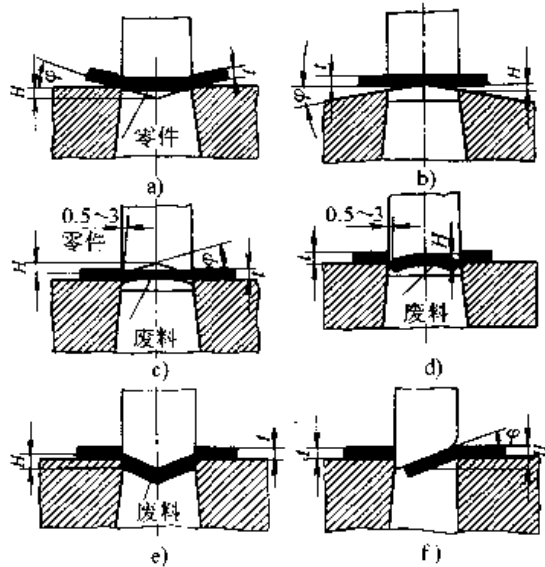


图 19.1-28 斜刃口冲裁模

a)、b) 落料用 c)、d)、e) 冲孔用 f) 切口用

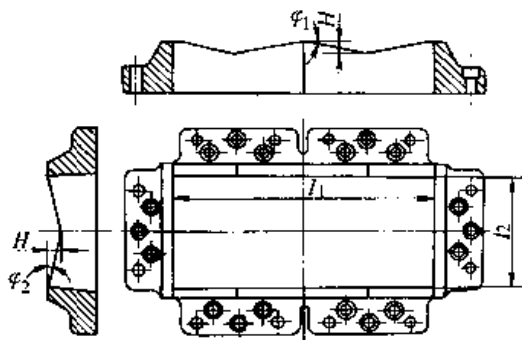


图 19.1-29 矩形件的斜刃冲裁模

表 19.1-14 斜刃参数

材料厚度/mm	斜刃高度 H/mm	斜角 $\varphi/ (^{\circ})$
<3	2t	<5
3~10	t	<8

斜刃口冲模的冲裁力可用斜刃剪切公式近似计算, 即:

$$F_x = K \frac{0.5t^2 \tau_b}{\tan \varphi} \approx \frac{0.5t \sigma_b}{\tan \varphi}$$

式中 F_x ——斜刃冲裁力 (N);
 K ——系数, 一般取 1.3;
 τ_b ——材料抗剪强度 (MPa);
 σ_b ——材料抗拉强度 (MPa);
 φ ——斜刃角度, 按表 19.1-14 取。

斜刃冲裁力也可用下列简化公式计算:

$$F_x = K_x L t \tau_b \approx K_x F$$

式中 F ——平刃口冲裁力 (N);
 L ——冲裁周长 (mm);
 t ——材料厚度 (mm);
 K_x ——系数, 当斜刃高度 $H = t$ 时, $K_x = 0.4 \sim 0.6$, 当 $H = 2t$ 时, $K_x = 0.2 \sim 0.4$ 。

斜刃冲模虽降低了冲裁力, 但增加了模具制造和修磨的困难, 刃口也易磨损, 故一般仅用于大型工件冲裁及厚板冲裁。

4.4 冲裁功计算

从冲裁力与行程曲线中可看出在整个冲裁过程中冲裁力的大小是变化的, 因此只能采用近似方法计算冲裁功, 可分平刃与斜刃二种。

(1) 平刃口模具冲裁功

$$A = \frac{x_1 F t}{1000}$$

式中 A ——平刃口冲裁功 (J);
 F ——冲裁力 (N);
 t ——材料厚度 (mm);
 x_1 ——平均冲裁力与最大冲裁力的比值, x_1 由材料种类及厚度决定, 其值列于表 19.1-15。

表 19.1-15 系数 x_1 的数值

材 料	材料厚度/mm			
	<1	1~2	2~4	>4
软钢 ($\tau_b = 250 \sim 350$ MPa)	0.07~0.65	0.65~0.60	0.60~0.50	0.45~0.35
中等硬度钢 ($\tau_b = 350 \sim 500$ MPa)	0.60~0.55	0.55~0.50	0.50~0.42	0.40~0.30
硬钢 ($\tau_b = 500 \sim 700$ MPa)	0.45~0.40	0.40~0.35	0.35~0.30	0.30~0.15
铝、铜 (退火的)	0.75~0.70	0.70~0.65	0.65~0.55	0.50~0.40

(2) 斜刃口模具冲裁功

$$A_x = x_2 F_x \frac{t+H}{1000}$$

式中 A_x ——斜刃冲裁功 (J);
 F_x ——斜刃冲裁力 (N);
 H ——斜角高度 (mm);
 t ——材料厚度 (mm);
 x_2 ——系数, 对于软钢当 $H = t$ 时, 近

似取 $x_2 = 0.5 \sim 0.6$; 当 $H = 2t$ 时, 近似取 $x_2 = 0.7 \sim 0.8$ 。

5 排样

5.1 材料的经济利用

在冲压零件的成本中, 材料费用占 60% 以上, 因此材料的经济利用是一个重要问题, 而材料的经济利用又与排样方式有关。排样是指冲裁

件在条料或板料上的布置方法。衡量排样经济性的标准是材料利用率，也就是工件的实际面积与所占材料面积的比值，可分为：
一个送进步距的材料利用率：

$$\eta_1 = \frac{n_1 A_0}{Bh} \times 100\%$$

条料的材料利用率： $\eta_2 = \frac{n_2 A_0}{LB} 100\%$

板料的材料利用率： $\eta_3 = \frac{n_3 A_0}{L_0 B_0} 100\%$

式中 A_0 —— 冲件的实际面积 (mm^2)；
 B —— 条料宽度 (mm)；
 h —— 送料步距 (mm)；
 L —— 条料长度 (mm)；
 n_1 —— 一个步距内的冲件数；
 n_2 —— 条料上的冲件总数；
 n_3 —— 板料上的冲件总数；
 L_0 —— 板料长度 (mm)；
 B_0 —— 板料宽度 (mm)。

从上式可看出，若能减少废料面积，则材料利用率高。废料分为工艺废料与结构废料两种(图 19.1-30)。搭边和余料属于工艺废料，这是与排样形式及冲压方式有关的废料；结构废料由工件的形状特点决定，一般不能改变。所以只有设计合理的排样方案，减少工艺废料，才能提高材料利用率。

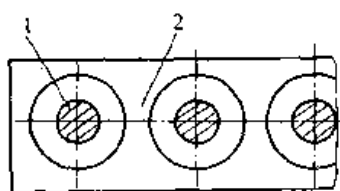


图 19.1-30 废料分类
1—结构废料 2—工艺废料

5.2 排样方法

根据材料的利用情况，排样方法可分为三种。

(1) 有废料排样

沿工件全部外形冲裁，工件周边都留有搭边，如图 19.1-31a、c。因有搭边，这种排样能保证冲裁件的质量，冲模寿命也长，但材料利用率低。

(2) 少废料排样

沿工件部分外形冲裁，只局部有搭边与余料，如图 19.1-31b。

(3) 无废料排样

无任何搭边，如图 19.1-31d。

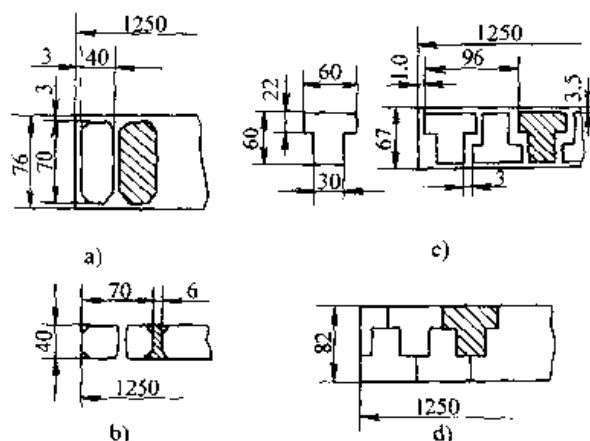



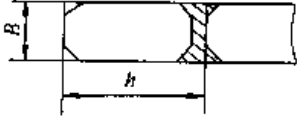

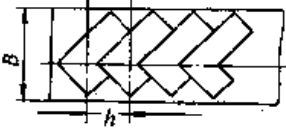
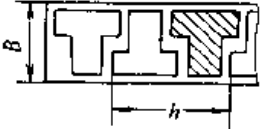
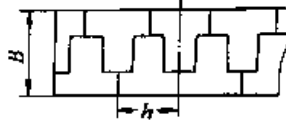
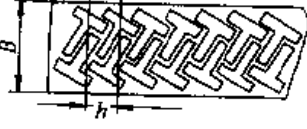

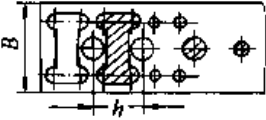
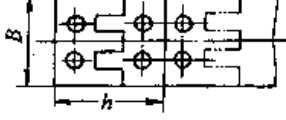
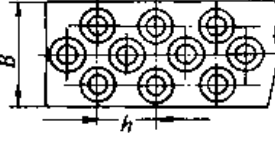
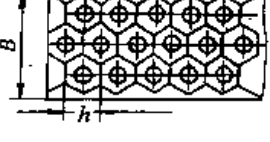
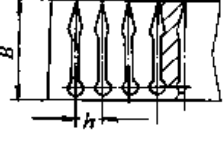


图 19.1-31 排样方法

采用少、无废料排样，对节省材料具有重要意义，且有利于一次冲裁多个工件，故可以提高生产率。同时因其冲切周边减少，又可简化冲模结构和降低冲裁力，在无废料排样时，因为材料只有料头和料尾损失，故材料利用率可达 85%~95%。少废料排样的材料利用率也可达 70%~90%。如图 19.1-31a、b 所示工件，采用有废料排样(留搭边)时，材料利用率为 75% (图 a)；改为少废料排样，材料利用率可提高到 89% (图 b)。图 c、d 所示零件，采用有废料排样(图 c)， $\eta = 77\%$ ；改用无废料排样(图 d)， $\eta = 94\%$ 。但采用少、无废料排样也存在一些缺点，就是由于条料本身的公差以及条料导向与定位所产生的误差，使工件的质量和精度较低。另外，由于采用单边剪切，也影响断面质量及模具寿命。

有废料、少废料和无废料排样又可分为直排、斜排、直对排、斜对排、混合排、多行排及裁搭边等，见表 19.1-16。

上述排样方法是指毛坯或工件在条料上的布排方法，而由板料裁成条料的裁板方法则可分为纵裁、横裁和组合裁。纵裁是沿板料长度 L_0 方向剪切；横裁是沿板料宽度 B_0 方向剪切；组合裁则是既沿 L_0 方向，又沿 B_0 方向剪切，使余料最少(见图 19.1-32。)

表 19.1-16 排样形式的分类

类型	有废料排样	少、无废料排样
直排		
斜排		
直对排		
斜对排		
组合排		
多行排		
裁搭边		
交叉排		

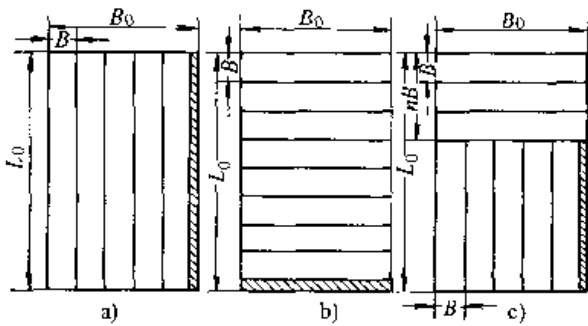


图 19.1-32 裁板方法
a) 纵裁 b) 横裁 c) 组合裁

5.3 提高材料利用率的方法

为提高材料利用率，除采取上述少、无废料排样方式外，还可采取如下措施。

(1) 修改工件形状

在保证工件的主要技术要求的条件下，适当修改工件形状，以利于合理排样，从而节省材料消耗，提高材料利用率。图 19.1-33 所示工件原来形状的材料利用率 $\eta = 57.7\%$ ，在保证孔距 L_1 与 L_2 不变的条件下，将工件形状稍加修改后，材料利用率提高到 $\eta = 69.1\%$ 。而图 19.1-34 所示零件，原来形状的排样材料利用率为 62%，在保证尺寸 B 与 C 不变的情况下，改变 A 尺寸后其排样材料利用率可提高到近于 100%。

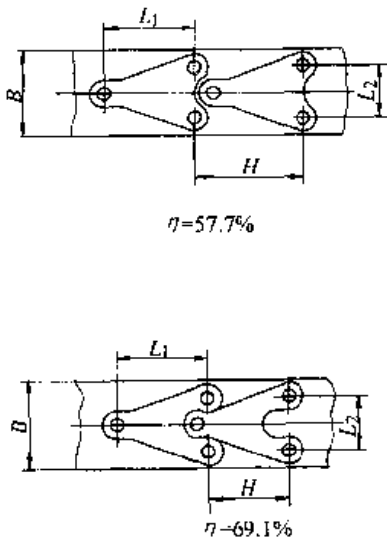


图 19.1-33 修改工件形状实例之一

(2) 套冲排样

当工件上带孔或具有一定形状的内形时，若采用套冲排样，就有可能将一个工件的内形孔废

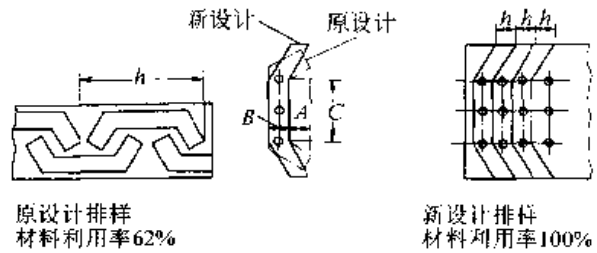


图 19.1-34 修改工件形状实例之二

料用来制造另一个尺寸较小的工件（仅限于材料与厚度相同的工件）。图 19.1-35 所示为两个不同形状与尺寸的铁心片套冲的排样法。图 19.1-36 所示为利用大工件三个孔的结构废料套冲两种规格垫圈的排样法。

(3) 组合排样

当某些工件在排样时，自身不能相互嵌入其空档，就会产生较大的工艺废料，而采用组合排样，便可利用工艺废料冲出较小的工件（用于材料及厚度相同的不同形状工件），见图 19.1-37。

5.4 搭边

排样时工件之间以及工件与条料侧边之间留下的余料叫搭边。搭边的作用是补偿定位误差，保证冲出合格的工件。搭边还可以使条料有一定的刚度，便于送进。

搭边值要合理确定。从节省材料出发，搭边值愈小愈好，但搭边小于一定数值后，对模具寿命和剪切表面质量不利。在搭边值过小时，作用在凸模侧表面上的法向压力沿着落料毛坯周长的分布将不均匀。为了使作用在毛坯侧表面上的应力沿切离毛坯周长的变化不大，必须使搭边的最小宽度大于塑变区的宽度，而塑变区宽度与材料性质和材料厚度有关，一般约等于 $0.5t$ 。所以，搭边的最小宽度可取大约等于毛坯的厚度。若搭边值小于材料厚度，在冲裁中还可能被拉入凸、凹模间隙中，使零件产生毛刺，甚至损坏模具刃口，降低模具寿命。搭边值大小与下列因素有关：

1) 材料的力学性能 硬材料的搭边值可小一些，软材料、脆材料的搭边值要大一些。

2) 工件的形状与尺寸 工件尺寸大或是有尖突的复杂形状时，搭边值应大一些。

3) 材料厚度 冲裁厚材料时考虑其侧压力大，故搭边值应取大一些，而对于薄材料又因其刚度差，易于拉入凹模，故搭边值亦应大一些。

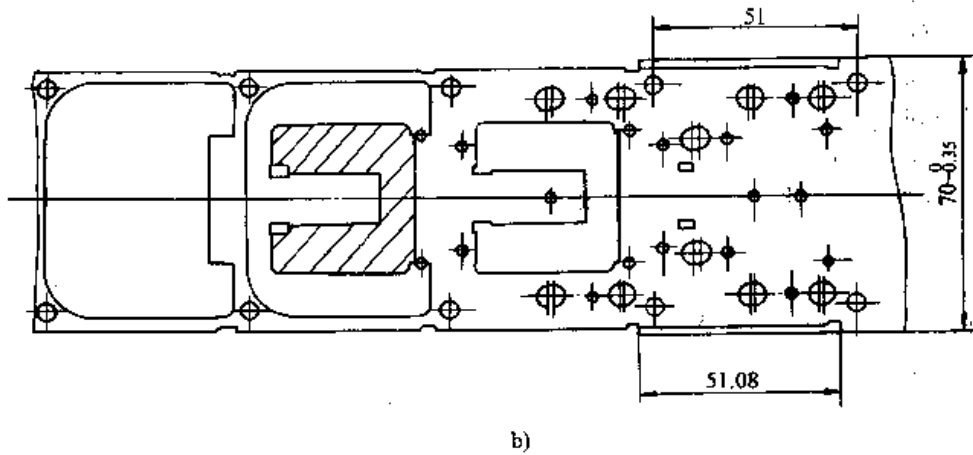
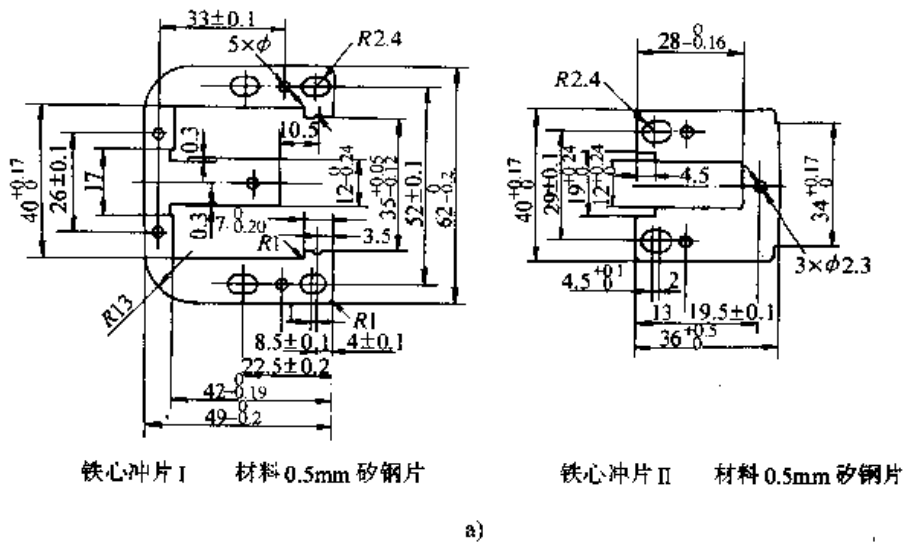


图 19.1-35 铁心冲片零件图与排样图

a) 零件图 b) 条料排样图

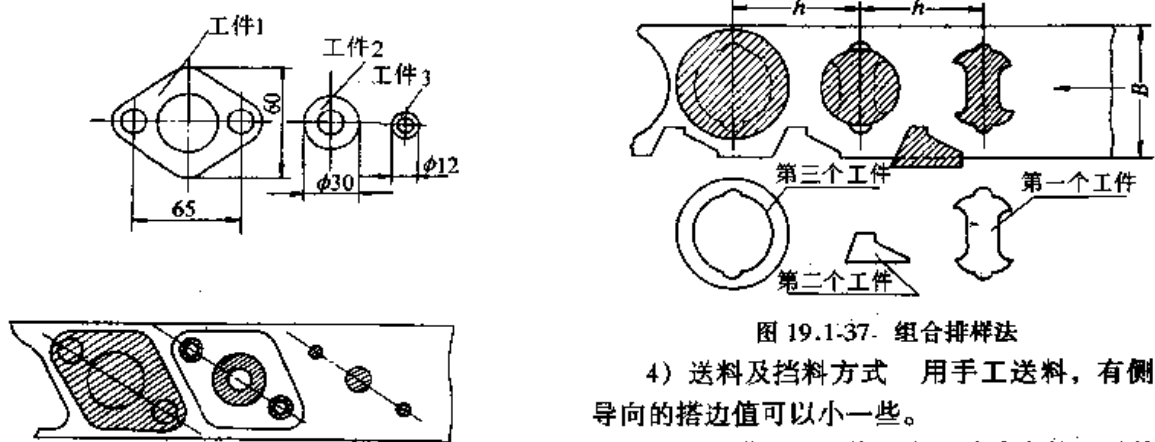


图 19.1-36 三个零件套冲排样

图 19.1-37 组合排样法

4) 送料及挡料方式 用手工送料, 有侧压导向的搭边值可以小一些。

总的来讲, 搭边值是由经验确定的。目前常用的表格有多种, 在此介绍两种, 如表 19.1-17 (适于中、小件) 与表 19.1-18 (适用于大件)。

表 19.1-17 搭边 a 和 a_1 的数值 (mm)

材料厚度 t	圆件及圆角 $r > 2t$		矩形件边长 $L \leq 50$ mm		矩形件边长 $L > 50$ mm 或圆角 $r \leq 2t$	
	工件间 a_1	沿边 a	工件间 a_1	沿边 a	工件间 a_1	沿边 a
≤ 0.25	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0
$> 0.25 \sim 0.50$	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5
$> 0.5 \sim 0.8$	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
$> 0.8 \sim 1.2$	0.8	1.0	1.2	1.5	1.5	1.8
$> 1.2 \sim 1.6$	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
$> 1.6 \sim 2.0$	1.2	1.5	1.8	2.5	2.0	2.2
$> 2.0 \sim 2.5$	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	2.5
$> 2.5 \sim 3.0$	1.8	2.2	2.2	2.5	2.5	2.8
$> 3.0 \sim 3.5$	2.2	2.5	2.5	2.8	2.8	3.2
$> 3.5 \sim 4.0$	2.5	2.8	2.5	3.2	3.2	3.5
$> 4.0 \sim 5.0$	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5
$> 5.0 \sim 1.2$	$0.6t$	$0.7t$	$0.7t$	$0.8t$	$0.9t$	$0.9t$

注：本表适用于低碳钢，对于其他材料，应将表中数值乘以下列系数：中等硬度钢 0.9，硬钢 0.8，硬黄铜 1~1.1，硬铝 1~1.2，软黄铜、纯铜 1.2，铝 1.3~1.4，非金属 1.5~2。

表 19.1-18 冲裁金属材料的搭边值 (mm)

材料厚度 t	手工送料						自动送料			
	圆形		非圆形		往复送料		a	a_1		
	a	a_1	a	a_1	a	a_1				
≤ 1	1.5	1.5	2	1.5	3	2	3	2		
$> 1 \sim 2$	2	1.5	2.5	2	3.5	2.5				
$> 2 \sim 3$	2.5	2	3	2.5	4	3.5				
$> 3 \sim 4$	3	2.5	3.5	3	5	4			4	3
$> 4 \sim 5$	4	3	5	4	6	5			5	4
$> 5 \sim 6$	5	4	6	5	7	6			6	5
$> 6 \sim 8$	6	5	7	6	8	7			7	6
> 8	7	6	8	7	9	8			8	7

注：1. 冲非金属材料（皮革、纸板、石棉板等）时，搭边值应乘 1.5~2。

2. 有侧刃的搭边 $a' = 0.75 a_c$ 。

5.5 条料宽度的计算

条料宽度的计算是在排样方法及搭边值确定后进行的。若采用导尺导向则要计算导尺间距离。而且条料宽度的计算还与是否采用侧压装置或侧刃有关。

1) 有侧压装置 (图 19.1-38)

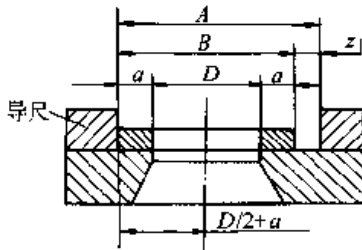


图 19.1-38 有侧压冲裁模

条料宽度: $B_{-\Delta}^0 = (D + 2a + \Delta)_{-\Delta}^0$
 导尺间距离: $A = B + z_1 = D + 2a + \Delta + z_1$

2) 无侧压装置 (图 19.1-39)

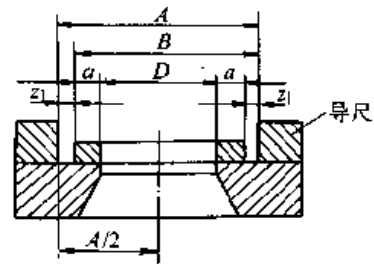


图 19.1-39 无侧压冲裁模

条料宽度: $B_{-\Delta}^0 = [D + 2(a + \Delta)]_{-\Delta}^0$

导尺间距离: $A = B + 2z_1 = D + 2(a + \Delta + z_1)$

式中 B ——条料宽度的基本尺寸 (mm);
 D ——垂直于送料方向的工件最大尺寸 (mm);
 a ——侧搭边值 (mm);
 z_1 ——条料与导尺间的最小间隙 (mm), 查表 19.1-19;
 Δ ——条料宽度的单向极限偏差 (mm), 见表 19.1-20 与 19.1-21。

表 19.1-19 送料最小间隙 z_1 (mm)

条料导向方式 条料宽度 材料厚度	无侧压装置			有侧压装置	
	100 以下	100~200	200~300	100 以下	100 以上
≤0.5	0.5	0.5	1	5	8
>0.5~1	0.5	0.5	1	5	8
>1~2	0.5	1	1	5	8
>2~3	0.5	1	1	5	8
>3~4	0.5	1	1	5	8
>4~5	0.5	1	1	5	8

表 19.1-20 条料宽度的极限下偏差 (-Δ) (mm)

条料宽度 B	材料厚度 t			
	<1	1~2	2~3	3~5
<50	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9
50~100	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0
100~150	-0.6	-0.7	-0.9	-1.1
150~220	-0.7	-0.8	-1.0	-1.2
220~300	-0.8	-0.9	-1.1	-1.3

注: 条料宽度公差。表中数值系用龙门剪床下料。

表 19.1-21 条料宽度的极限下偏差 (Δ) (mm)

条料宽度 B	材料厚度 t		
	-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

(3) 有侧刃 (图 19.1-40)

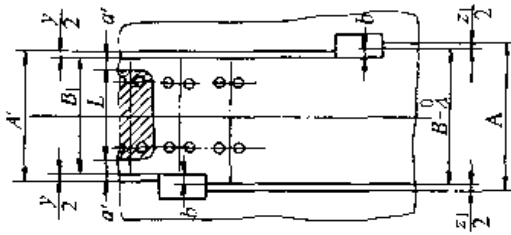


图 19.1-40 有侧刃的冲裁模

条料宽度: $B - \Delta = (L + 2a' + nb) - \Delta$
 $= (L + 1.5a + nb) - \Delta$

(其中 $a' = 0.75a$)

导尺间距离:

$$A = L + 1.5a + nb + z_1$$

$$A' = L + 1.5a + y$$

式中 L —— 垂直于送料方向的工件尺寸 (mm);

n —— 侧刃数;

b —— 侧刃裁去的余料, 见表 19.1-22;

y —— 冲切后的条料宽度与导尺间的间隙 (mm), 见表 19.1-22。

表 19.1-22 b、y 值 (mm)

条料厚度 t	b		y
	金属材料	非金属材料	
≤1.5	1.5	2	0.10
>1.5~2.5	2.0	3	0.15
>2.5~3	2.5	4	0.20

6 非金属材料的冲裁

6.1 材料品种

在冷冲压中常见的非金属材料可分为两大类:

第一类是作为衬垫用的纤维性材料, 如纸、

纸板、皮革、毛毡、橡胶、棉布、毛织品等。

第二类是绝电与绝热材料, 如塑料、石棉、云母等, 而塑料又分热固性塑料与热塑性塑料。热固性塑料是由热固性树脂加适当填料在一定温度下, 经过一定时间的加热与加压而成的层状板材, 如各种胶木、纤维板、胶合层板等。固化后的塑料质地坚硬而不溶于溶剂中, 也不能用加热方法使之软化, 高温下则分解破坏。热塑性材料包括聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、聚甲醛、聚酰胺、聚苯醚、聚碳酸酯、氯化聚醚、ABS 树脂等, 热塑性塑料的特点是遇热软化, 冷却后又坚硬。

6.2 冲裁特点

由于非金属材料与金属材料在性能方面有很大区别, 因此, 根据不同材质其冲裁方式有尖刃管形凸模冲裁和普通模冲裁两种。

6.2.1 纤维性材料冲裁

由于该种材质较软, 因此必须采用管形凸模进行冲裁。这种凸模有三种形式, 如图 19.1-41 所示。为防止管形凸模的刃口变钝和崩裂, 在被冲材料的下面垫以硬质木料、有色金属、硬纸板或精制层压板。

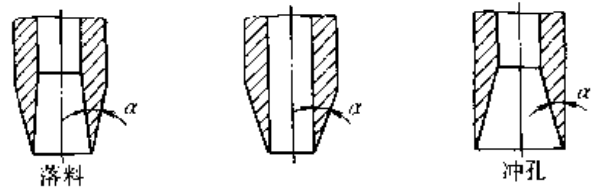


图 19.1-41 非金属材料用管形凸模
管形凸模 α 角的数值见表 19.1-23。

6.2.2 热固性塑料冲裁

热固性塑料是一种板状层压制品, 如酚醛纸胶板、酚醛布胶板、环氧酚醛玻璃布胶板等。由于这些材料是脆性材料, 为避免冲裁时引起分层和崩裂, 所有夹纸 (布) 胶板厚度大于 1.5 mm

表 19.1-23 管形凸模 α 角的数值

材料名称	$\alpha / (^{\circ})$
皮革、毛毡、棉纺织品、各种人造纤维布、塑料薄膜、人造革、橡胶板、软纸	12~16
纸板、马粪纸、石棉纸	14~18
橡胶石棉板	20~25

时，均需加热冲裁，而且一般使用带压边圈的普通冲裁模进行冲裁。在冲裁中所产生的主要缺陷是鼓凸、变色和裂纹。适当地选择加热温度、加热时间与凸、凹模间隙，能够大大地减少切断面的缺陷。以冲酚醛树脂为例，冲小孔时其孔径越

小，鼓凸高度会急剧增加，间隙变小，鼓凸同样变大，而且变色层也增大。夹纸（布）塑料冲裁的加热规范见表 19.1-24。使材料过热或增长保温时间，不仅不能提高塑性，反而在材料表面上呈现小气泡。

表 19.1-24 夹纸（布）塑料冲裁时加热规范

材料名称	加热温度	加热时间
酚醛纸胶板和酚醛布胶板	80~90℃	按材料厚度每一毫米为 5~8 min
环氧酚醛玻璃布胶板	110~130℃	按材料厚度每一毫米为 3~5 min

为改善酚醛层压板切断面的质量，一般可用整修方法。此外还可使用上、下压板将被冲材料夹紧进行冲裁，或者应用振动式上、下冲裁，超声波冲裁等冲裁方法。

6.2.3 热塑性塑料冲裁

热塑性塑料件冲裁既有平板冲裁也有成形件的修边或冲孔。在冲裁过程中冲裁速度、温度、冲裁间隙对切断面质量均有影响。由于热塑性塑

料远比金属软，所以刃口的磨损或模具寿命几乎不成为问题。而切口质量的好坏是一个大问题，剪切分离过程又是影响制件质量的主要原因之一。各种热塑性塑料的剪切分离过程是不同的，图 19.1-42 是在常温条件下，在比较低速的压力机上冲裁时观察到的三种不同剪切分离形态与剪切力曲线。

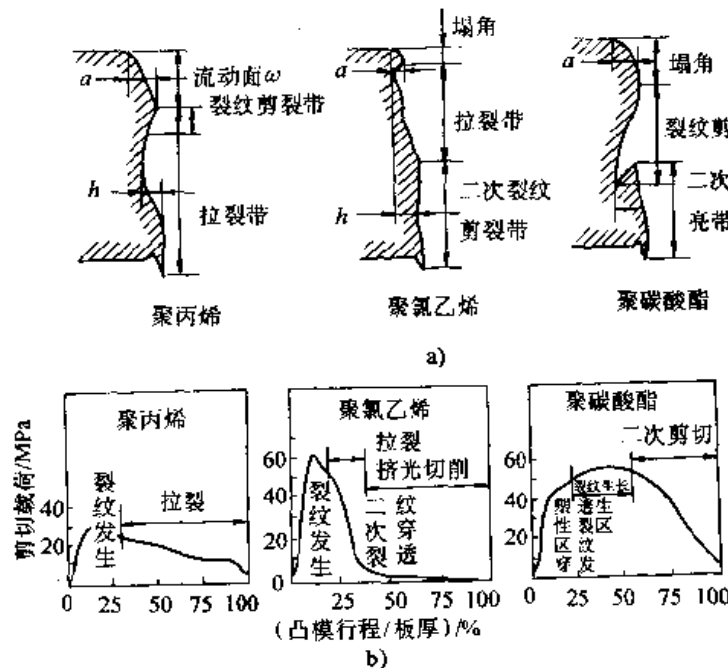


图 19.1-42 剪切分离形态与剪切力曲线

a) 剪切分离形态（切口形状） b) 剪切力曲线

第一种是由于拉伸而断裂。冲裁聚丙烯、聚乙烯、聚酯以及尼龙等材料属于拉伸断裂形态，即在剪切开始时因拉伸生成了相当大的塌角，当材料内应力达到抗剪强度时则在刃口处产生裂纹。在凸模继续下压时由于拉伸作用材料被撕裂而分离。

第二种是由于裂纹的穿透而断裂。在进行聚氯乙烯和聚苯乙烯冲裁时发生此种情况。与第一种不同的是当裂纹停止成长并发生拉断后，又产生新的二次裂纹而最后断裂，由二次裂纹形成的剪裂带是相当平滑的。

第三种是由于裂纹的成长和二次剪切而断裂。冲裁聚碳酸酯和赛璐珞时会发生这种情况。当塌角形成后即产生裂纹，裂纹成长到一定程度时就产生新的二次剪切而最后断裂，得到的切断面与在间隙过小条件下冲裁金属的状态类似。

由于塑料冲裁时的分离过程与金属冲裁有些区别，因此其剪切断面质量也有其特点。第一是在塌角形成后不出现因塑性流动而形成的光亮带。第二是不论冲裁间隙大小均有毛刺存在，且均为材料被撕裂后的残留部分。但间隙大小对塌角的形成有影响，间隙小，则塌角小，故用小间隙冲裁可获得良好的切断面。但间隙小时，制件尺寸变化大，所以要根据不同材料与制件用途选择合理间隙值。第三是塑料的回弹很大，所以冲裁后的切断面与冲裁过程中的状态是不同的，冲裁终了时制件将有相当大的收缩。

热塑性塑料冲裁时，材料温度和冲裁速度对切断面质量有很大影响。因为塑料的熔点低，所以在比较接近于常温的温度范围内，或在一般压力机的速度范围内就能表现出较大影响。材料不同，温度和速度的影响也有相当大的差别。例如聚碳酸酯对温度与速度的影响不太敏感。一般材

料是在高速且低温的区域就可获得最佳断面质量。这可理解为剪切速度的增加就相当于温度的降低。

对于热塑性塑料薄膜用尖刃凸模冲裁效果较好。对要求较高、较厚的零件可在材料预热后用普通冲模进行冲裁，为提高切断面质量可采用修整或小圆角凹模的光洁冲裁。

6.3 非金属冲裁间隙与搭边值

6.3.1 冲裁间隙

由于热塑性塑料属于粘性材料，而热固性塑料是脆性材料，因此冲裁这两类塑料时都宜采用较小间隙值，对于粘性材料可避免塌角过大，对于脆性材料则可避免切断面处产生崩落现象。表 19.1-25 列出的非金属冲裁间隙摘自 GB/T 16743—1997。另一种间隙可参考表 19.1-26。

表 19.1-25 非金属材料冲裁间隙值
(摘自 GB/T 16743—1997)

材料	初始间隙(单边间隙)(c/t) ^① /%
酚醛层压板 石棉板 橡胶板 有机玻璃板 环氧酚醛玻璃布	1.5~3.0
红纸板 胶纸板 胶布板	0.5~2.0
云母片 皮革 纸	0.25~0.75
纤维板	2.0
毛毡	0~0.2

① t 为材料厚度， c 为冲裁单边间隙。

表 19.1-26 冲裁夹纸胶木及夹布胶木的双向间隙 z (mm)

材料厚度	最小的双向间隙 z_{min}	最大的双向间隙 z_{max}			
		冲裁零件或打孔的尺寸			
		≤ 10	$> 10 \sim 50$	$> 50 \sim 120$	$> 120 \sim 260$
0.5~0.6	0.01	0.020	0.030	0.040	0.050
$> 0.6 \sim 0.8$	0.015	0.030	0.040	0.050	0.060
$> 0.8 \sim 1.0$	0.020	0.035	0.045	0.055	0.065
$> 1.0 \sim 1.2$	0.025	0.040	0.050	0.060	0.070

续表 19.1-26

材料厚度	最小的双向间隙 x_{min}	最大的双向间隙 x_{max}			
		冲裁零件或打孔的尺寸			
		≤ 10	$> 10 \sim 50$	$> 50 \sim 120$	$> 120 \sim 260$
$> 1.2 \sim 1.5$	0.030	0.045	0.055	0.065	0.075
$> 1.5 \sim 1.8$	0.035	0.050	0.060	0.070	0.080
$> 1.8 \sim 2.1$	0.040	0.055	0.065	0.075	0.085
$> 2.1 \sim 2.5$	0.045	0.060	0.070	0.080	0.090
$> 2.5 \sim 3.0$	0.050	0.065	0.075	0.085	0.095

附注：1. 在冲模图上标出最小双向间隙。最大双向间隙是制造及验收冲模时参考用的。

2. 最大双向间隙是根据最大的外形冲裁尺寸定的。

6.3.2 搭边值

冲裁热固性塑料（夹纸胶木与夹布胶布）时，其搭边值要比冲裁金属的大，因

为材料的脆性，小搭边会引起材料胀裂及剥落。搭边值见表 19.1-27 与表 19.1-28。

表 19.1-27 冲裁夹纸胶木零件的搭边值 (mm)

材料厚度	冲裁圆零件		冲裁矩形零件	
	零件间搭边	侧搭边	零件间搭边	侧搭边
≤ 0.5	1.5	1.5	2.0	2.0
$> 0.5 \sim 1$	1.5	1.5	2.0	2.0
$> 1.0 \sim 1.5$	2.0	2.5	2.5	3.0
$> 1.5 \sim 2.0$	2.5	3.0	3.0	3.5
$> 2.0 \sim 2.5$	3.0	3.5	3.5	4.0
$> 2.5 \sim 3.0$	3.5	4.0	4.5	5.0

注：1. 定距刀冲裁的边缘宽度取与搭边宽度相等。

2. 当采用翻转条料的冲裁方法时，搭边宽度增大 0.5~1 倍。

表 19.1-28 冲裁夹布胶木零件的搭边值 (mm)

材料厚度	冲裁圆零件		冲裁矩形零件	
	零件间搭边	侧搭边	零件间搭边	侧搭边
≤ 0.5	1.3	1.5	1.5	1.5
$> 0.5 \sim 1$	1.3	1.5	1.5	1.5
$> 1.0 \sim 1.5$	1.5	1.7	1.5	2.0
$> 1.5 \sim 2.0$	2.0	2.2	2.0	2.5
$> 2.0 \sim 2.5$	2.5	3.0	3.0	3.5
$> 2.5 \sim 3.0$	3.0	3.5	4.0	4.5

注：1. 定距刀冲裁的边缘宽度取与搭边宽度相等。

2. 当采用翻转条料的冲裁方法时，搭边宽度增大 0.5~1 倍。

6.4 非金属冲裁刃口尺寸计算

非金属材料冲裁刃口尺寸计算与金属冲裁模刃口尺寸计算方法在计算原理上相同。但除云母

片外，其他非金属材料在冲裁后的弹性回复较大，故计算时要考虑其回弹量。在一般情况下，当工件离开凹模后外形胀大，离开凸模后内形缩小，而且由于原材料进行冲裁前要进行预热，故

在刃口尺寸计算中还要考虑厚材料加热冲裁后工件要产生冷却收缩和干燥收缩,使工件的尺寸缩小。下面按凸模与凹模配合加工分两种状态进行刃口尺寸计算。

(1) 不加热冲裁凸、凹模刃口尺寸计算

落料凹模

$$D_d = (D_{\max} - 0.5\Delta - \delta_E)^{+\delta_d}$$

落料凸模按凹模配间隙。

冲孔凸模

$$d_p = (d_{\min} + 0.5\Delta + \delta_E)_{-\delta_p}^0$$

冲孔凹模按凸模配间隙。

孔中心距尺寸

$$L_d = (L_{\max} - 0.5\Delta) \pm \delta_d$$

式中 D_d ——落料凹模刃口尺寸 (mm);

d_p ——冲孔凸模刃口尺寸 (mm);

D_{\max} ——工件最大极限尺寸 (mm);

d_{\min} ——工件孔最小极限尺寸 (mm);

L_d ——凹模型孔孔距尺寸 (mm);

L_{\max} ——工件孔中心距最大极限尺寸 (mm);

Δ ——工件公差 (mm);

δ_E ——材料弹性变形量 (mm), 见表 19.1-29;

δ_T 、 δ_d ——凸、凹模制造公差 (mm), 见表 19.1-30 与表 19.1-31。

(2) 加热冲裁的凸、凹模刃口尺寸计算

落料凹模

$$D_d = (D_{\max} - 0.5\Delta + \delta_A)^{+\delta_d}$$

冲孔凸模

$$d_p = (d_{\min} + 0.5\Delta - \delta_B)_{-\delta_p}^0$$

孔距尺寸

$$L_d = (L_{\max} - 0.5\Delta + \delta_C) \pm \delta_d$$

式中 δ_A ——加热落料时的平均收缩量;

δ_B ——加热冲孔时的平均收缩量;

δ_C ——加热冲裁时孔心距的平均收缩量。

平均收缩量

$$\delta_A = (Q_1 D_{\max}) - \delta_E$$

$$\delta_B = (Q_2 d_{\min}) + \delta_E$$

$$\delta_C = (Q_1 L_{\max}) - \delta_E$$

式中 Q_1 、 Q_2 ——温度收缩系数, 见表 19.1-29;

其余符号同前。

表 19.1-29 温度收缩系数与材料的弹性变形量

材料名称	材料厚度 t/mm	落料用温度收缩系数 Q_1	冲孔用温度收缩系数 Q_2	材料的弹性变形量 δ_E/mm
纸 胶 板	1	0.002	0.002 5	0.03
	1.5	0.002 2	0.003	0.05
	2.0	0.0 025	0.003 5	0.07
	2.5	0.002 7	0.004	0.10
	3.0	0.003	0.005	0.12
布 胶 板	2.0	0.002	0.0 026	0.08
	2.5	0.002 5	0.003	0.12
	3.0	0.002 8	0.003 6	0.15

表 19.1-30 纸(布)胶板工件尺寸公差与制模公差 (mm)

材料厚度 t	基本尺寸									
	≤ 3	>3~ 6	>6~ 10	>10~ 18	>18~ 30	>30~ 50	>50~ 80	>80~ 120	>120~ 180	>180~ 260
≤ 1	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.34	0.40	0.46	1.00	1.15
>1~2.5	0.25	0.30	0.36	0.43	0.52	0.62	0.74	0.87	1.6	1.9
制模公差	0.02	0.025	0.03	0.035	0.046	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09

表 19.1-31 纸(布)胶板工件的孔距和孔边距尺寸的极限偏差与制模极限偏差 (mm)

材料厚度	基本尺寸							
	≤10	>10~18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180	>180~260
≤1	±0.1	±0.12	±0.15	±0.17	±0.2	±0.25	±0.5	±0.6
>1~2.5	±0.15	±0.2	±0.25	±0.30	±0.35	±0.4	±0.8	±0.9
制模极限偏差	±0.03	±0.035	±0.045	±0.05	±0.06	±0.07	±0.08	±0.09

7 整修与光洁冲裁

普通冲裁所得工件尺寸精度在 IT11 以下, 切断面表面粗糙度 R_a 值为 $12.5 \sim 6.3 \mu\text{m}$, 且有锥度。对于一些要求光洁和尺寸精度要求较高的零件或要求剪切断面与工件表面垂直的零件, 一般冲裁方法达不到要求, 需要采用整修工序, 或者采取措施延长冲裁过程中塑性变形阶段, 推迟裂纹的产生, 以便提高光亮带高度, 改善切断面质量。光洁冲裁、负间隙冲裁、齿圈压板冲裁等均属于此类。

7.1 整修

整修是将普通冲裁后所得的毛坯放在整修模中进行一次或数次整修加工, 去掉粗糙不平的断面与锥度, 得到光滑平整的断面。整修后零件尺寸精度可达 IT6~IT7 级, 表面粗糙度 R_a 值可达 $0.8 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 。

(1) 外缘整修

其整修过程相当于切削加工 (见图 19.1-43), 将预先留有整修余量的工件置于整修凹模上, 由凸模将毛坯压入凹模, 余量被凹模切去。从图中可以看出, 多余的金属沿着一定的方向 (AB) 逐层被切除, 形成环状切屑 $n_1, n_2 \dots$ 。随着凸模下降, 切屑逐步外移断裂, 直至整个余量被切去为止, 从而获得光亮的断面。但在最后切下去的地方, 由于崩裂的缘故, 形成一条很窄的粗糙带 (约为 0.1 mm 左右)。整修时应将毛坯尺寸大的一端放在凹模上, 否则会使粗糙带增大且有毛刺。外缘整修的质量与整修次数、整修余量以及整修模结构等因素有关。

对于厚度小于 3 mm 且外形简单的工件, 一般只需一次整修。厚度大于 3 mm 或工件有尖角时, 需进行多次整修, 见图 19.1-44。

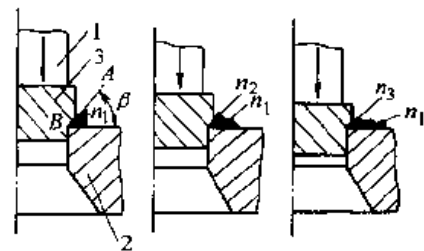


图 19.1-43 整修过程

1—凸模 2—凹模 3—工件



图 19.1-44 尖角的整修

1—第一次修整 2—第二次修整

为保证整修后得到光滑平直的断面, 毛坯上留的整修余量必须适当, 从图 19.1-45 可看出, 总的双边切除余量为

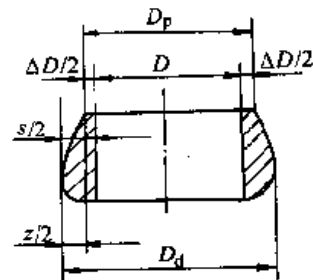


图 19.1-45 整修毛坯

$$s = z + \Delta D$$

式中 s ——总的双边被切除金属量 (mm);

z ——落料模双边间隙 (mm);

ΔD ——整修的双边余量 (mm), 见表 19.1-32。

表 19.1-32 整修的双边余量 ΔD (mm)

材料厚度 t	黄铜、软钢		中等硬度的钢		硬钢	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大
0.5~1.6	0.10	0.15	0.15	0.20	0.15	0.25
>1.6~3.0	0.15	0.20	0.20	0.25	0.20	0.30
>3.0~4.0	0.20	0.25	0.25	0.30	0.25	0.35
>4.0~5.2	0.25	0.30	0.30	0.35	0.30	0.40
>5.2~7.0	0.30	0.40	0.40	0.45	0.45	0.50
>7.0~10	0.35	0.45	0.45	0.50	0.55	0.60

注：1. 最小的余量用于整修形状简单的工件，最大的余量用于整修形状复杂或有尖角的工件。
 2. 在多级整修中，第二次以后的整修采用表中最小数值。
 3. 钛合金的整修余量为 $(0.2-0.3)t_0$ 。

整修的双边余量 ΔD 过大或过小都会降低整修零件的质量。

由图 15.1-45 可知，整修前落料凸、凹模的尺寸应为

$$\text{凸模: } D_p = (D + \Delta D) - \delta_p^0$$

$$\text{凹模: } D_d = (D + \Delta D + z) + \delta_d^0$$

式中 D ——工件基本尺寸 (mm)。

当工件尺寸为负偏差时，整修的凸、凹模尺寸如下：

$$D'_d = (D - 0.75\Delta) + \delta'_d$$

$$D'_p = (D'_d - z') - \delta'_p = (D - 0.75\Delta - z') - \delta'_p$$

式中 D'_d 、 D'_p ——整修凹模、凸模尺寸 (mm)；

Δ ——整修件的公差 (mm)；

δ'_d 、 δ'_p ——整修凹模、凸模制造公差 (mm)，一般取 $\frac{1}{4}\Delta$ ；

z' ——整修凸、凹模双面间隙。

整修模双面间隙值 z' 与整修件尺寸和材料厚度有关，一般 $z' = 0.006 \sim 0.01$ mm，最大不超过 0.025 mm。凹模颈部高度 $h = 6 \sim 8$ mm。

整修时所需的力可按下式近似计算

$$F_c = L(s + 0.1tn)\tau_b$$

式中 L ——整修周边长度 (mm)；

s ——总的双边金属切削量 (mm)；

n ——同时卡在凹模内的零件数；

t ——材料厚度 (mm)；

τ_b ——抗剪强度 (MPa)。

(2) 内孔整修

1) 切掉余量的整修法 内孔整修过程与外缘整修相似 (图 19.1-46)，不同的是利用凸模切除余量。整修目的是校正孔的坐标位置、减小表面粗糙度和提高孔的尺寸精度。例如手表中的夹板，采用整修法后，夹板上各孔的坐标精度可达 ± 0.005 mm，孔径尺寸精度可达 IT5~IT6 级，孔壁表面粗糙度 Ra 值达 $0.2 \mu\text{m}$ ，这种整修方法除要求凸模刃口锋利外，还须有合理的余量。过大的余量不仅会降低凸模寿命，而且切断面将被拉裂，影响光洁程度与精度；若余量过小则不能达到整修的目的。余量的大小与材料种类、厚度、预先打孔的方式 (冲或钻孔) 以及整修的定位方式 (孔定位或外轮廓定位) 等因素有关。整修余量可用下列公式计算 (图 19.1-47)。

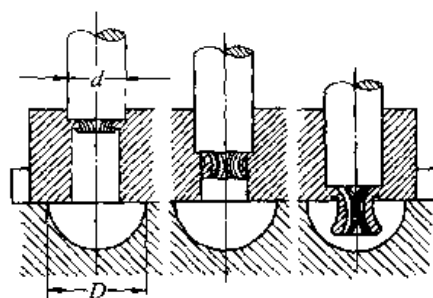


图 19.1-46 小孔的整修

$$\Delta D = 2s + c = 2\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} + c \approx 2.8x + c$$

式中 ΔD ——双边整修余量 (mm)；

s ——修正前孔具有的最大偏心距 (mm)；

x ——修正前孔的中心坐标对于公称位置的最大错位 (mm)，可查表 19.1-33；

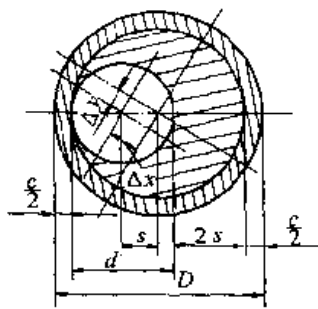


图 19.1-47 整修余量的计算示意图

- c —— 补偿定位误差，可查表 19.1-34；
- D —— 工件所要求的孔径 (mm)；
- d —— 预先应加工出的毛坯孔径 (mm)；
- Δx 、 Δy —— 前孔可能具有的最大坐标误差。

据有关工厂介绍，用钻模钻孔时， $x = \pm 0.03$ mm；先用洋冲冲坑再钻孔时， $x = \pm 0.02$ mm，用冲模冲孔时， $x = \pm 0.015$ mm。

表 19.1-33 x 值的确定 (mm)

材料厚度 t	x	
	预先用模具冲孔	预先按中心钻孔
0.5~1.5	0.02	0.04
1.5~2.0	0.03	0.05
2.0~3.5	0.04	0.06

表 19.1-34 补偿定位误差 c 值 (mm)

作为定位基准的孔和整修孔中心的距离或整修孔中心与作为定位基准的外形轮廓间的距离	c	
	以孔为基准	以外形为基准
10	0.02	0.04
10~12	0.03	0.06
20~40	0.04	0.08
40~100	0.06	0.12

孔在整修后由于材料的弹性变形，使孔径稍有缩小，其缩小值 A 近似为：铝 0.005 ~ 0.010 mm，黄铜 0.007 ~ 0.012 mm，软钢 0.008 ~ 0.015 mm。

内孔整修的模具尺寸按下式计算：

整修前的冲孔凸模、凹模尺寸：

$$\text{冲孔凸模 } d_p = [D - (\Delta D + z)] - \frac{0}{\delta_p}$$

$$\text{冲孔凹模 } d_a = (D - \Delta D) + \frac{0}{\delta_d}$$

式中 D —— 工件基本尺寸；

ΔD —— 内孔整修余量；

z —— 凸、凹模双边间隙，按普通冲裁选取。

整修凸模尺寸：考虑工件的弹性收缩，整修凸模要做大一些。当整修孔直径的极限偏差为正时：

$$d'_r = (D + \frac{3}{4} \Delta + A) - \frac{0}{\delta_p}$$

式中 A —— 孔径的弹性收缩量。

由于整修零件材料的厚度一般比孔径大，整修凹模只起支持坯料和容纳切屑的作用，不要求有刃口，只要凹模孔比凸模直径稍大即可，甚至只需在凹模上挖个半球形凹坑，其直径 $D_d > 1.5d_p$ 。用此法整修孔的精度可达 0.01 ~ 0.03 mm，表面粗糙度 R_a 值达 0.8 ~ 0.4 μm 。

2) 心棒精压法 它是利用硬度很高的心棒，强行通过尺寸稍小一些的毛坯孔，将孔表面压平。此法用于 $d/t \geq 3 \sim 4$ 以及 $t < 3$ mm 的情况。冲孔与精压可以同时进行。凸模的整修部分与冲孔部分的直径差等于一般冲裁的正常间隙值 Z。

3) 叠料整修法 用一般整修方法，因间隙极小，要求模具制造精度高，而且还有一个最佳整修余量的选择问题。所以通过一次整修不一定能得到光滑的表面，采用叠料整修可避免上述问题，叠料整修是将两件毛坯重叠在一起，且凸模直径大于凹模直径，凸模是隔着一件毛坯对正在进行的整修的毛坯加压。当整修进行到毛坯板厚的 2/3 ~ 3/4 时，再送入第二件毛坯，进行下一次整修行程（见图 19.1-48）。由于整修时凸模不进入凹模，所以模具制造容易。适于整修的材料范围与允许的加工余量范围均较一般整修方法宽。其缺点是在下一行程的毛坯进入之后，就必须除去切屑，所以要有相应的措施，可采用在凹模端面上加工出 $10^\circ \sim 15^\circ$ 的前角或断屑槽，以及用高压的压缩空气吹掉切屑。另一缺点是毛刺大。

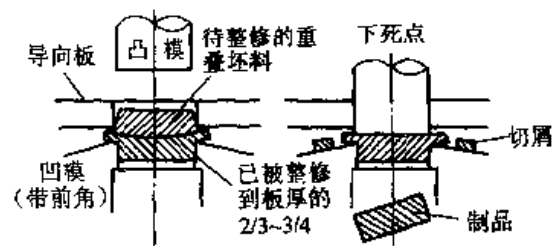


图 19.1-48 叠料整修

4) 振动整修法 振动整修是在凸模上附加一个轴向振动, 断续地进行切削。这样能使原来比较难于整修的材料变得容易整修, 还能降低整修表面的粗糙度。但需要专门的压力机。

7.2 光洁冲裁

(1) 小间隙圆角刃口冲裁

落料时, 凹模刃口带小的圆角, 或椭圆角(图 19.1-49), 凸模为普通形式。冲孔时凸模刃口带圆角, 而凹模为普通形式。凸、凹模双面间隙值小于 0.01~0.02 mm。由于凹模刃口为圆角及采用极小间隙, 故提高了切割区的静水压应力, 减少了拉应力, 加之圆角刃口还可减小应力集中, 因此, 消除或延缓了裂纹的产生, 并能形成光亮的切断面。

图 19.1-49 是两种凹模结构形式。图 a 是带椭圆角凹模, 其圆弧与直线连接处应光滑且均匀一致, 不得出现棱角。圆角半径 R_1 的取值见表 19.1-35, 先选用表中数值的 2/3, 在试冲过程中视需要再增大圆角半径。为了制造方便, 也可采用图 b 所示的凹模。其圆角半径可取材料厚度的 10%~20%。

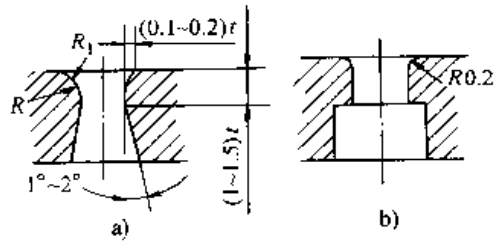


图 19.1-49 带椭圆角或圆角的凹模

表 19.1-35 椭圆角凹模圆角半径 R_1 的值 (工件尺寸 $D=25$ mm) (mm)

材料	材料状态	材料厚度	圆角半径 R_1	材料	材料状态	材料厚度	圆角半径 R_1	
软钢	热轧	4.0	0.5	铝合金	硬	4.0	0.25	
		6.4	0.8			6.4	0.25	
		9.0	1.4			9.6	0.4	
	冷轧	4.0	0.25		铜	软	4.0	0.25
		6.4	0.8				6.4	0.25
		9.6	1.1				9.6	0.4
铝合金	软	4.0	0.25		硬	4.0	0.25	
		6.4	0.25			6.4	0.25	
		9.6	0.4			9.6	0.4	

圆角凹模冲裁适用于塑性较好的材料, 加工表面粗糙度达 $Ra1.6\sim0.4\ \mu\text{m}$, 尺寸精度可达 IT9~IT11, 冲裁力比普通冲裁大 50%。冲裁工件上若有直角或尖角, 则角顶需做成圆角过渡, 以防产生撕裂。

(2) 负间隙冲裁

负间隙冲裁时(图 19.1-50), 凸模尺寸大于凹模尺寸, 冲裁过程中出现的裂纹方向与普通冲裁相反, 形成一个倒锥形毛坯。凸模继续下压时将倒锥毛坯压入凹模内, 相当于整修过程。因此, 负间隙冲裁是落料与整修的复合工序。由于凸模尺寸大于凹模, 故冲裁完毕时, 凸模不应进

入凹模孔内, 而应与凹模表面保持 0.1~0.2 mm 距离。此时毛坯尚未全部压入凹模, 要待下一个零件冲裁时, 再将它全部压入。凸模与凹模的直径差值, 对于圆形工件是均匀的, 可采用 $(0.1\sim0.2)t$ (t ——材料厚度); 对于形状复杂工件(图 19.1-51), 在凸出的尖角处应比其余部分大一倍, 在凹进的角落则应减少一半。因工件有弹性变形, 故设计凹模工作部分尺寸时要减少 0.02~0.06 mm。

负间隙冲裁力很大, 可按下列式计算:

$$F' = CF$$

式中 F ——普通冲裁时所需最大冲裁力 (N);

C ——系数，按不同材料选取：铝： $C = 1.3 \sim 1.6$ ，黄铜： $C = 2.25 \sim 2.8$ ，软钢： $C = 2.3 \sim 2.5$ 。
此方法只适用于软的有色金属及其合金、软

钢等，工件表面粗糙度 R_a 达 $0.8 \sim 0.4 \mu\text{m}$ ，精度可达 $IT9 \sim IT11$ 。目前采用较多的是带小圆角凹模的负间隙冲裁，其断面的表面粗糙度 R_a 达 $0.8 \mu\text{m}$ 。

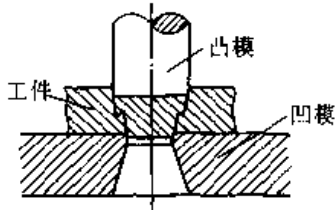


图 19.1-50 负间隙冲裁

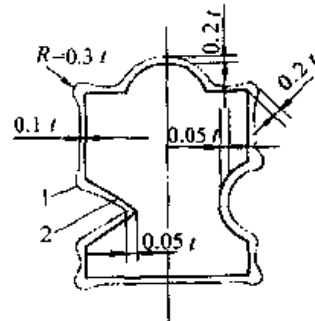


图 19.1-51 非圆形凸模尺寸的分布情况
1—凸模尺寸 2—凹模尺寸

第2章 精密冲裁

精密冲裁简称精冲，是一种先进制造技术，可以取代扁平类零件的切削加工，具有优质、高效、低耗、面广的特点。技术经济效果十分显著，深受各制造行业的重视。

1 变形特点

精冲过程如图 19.2-1 所示，是在冲裁力 F_1 、压边力 F_2 和反压力 F_3 同时作用下进行的。

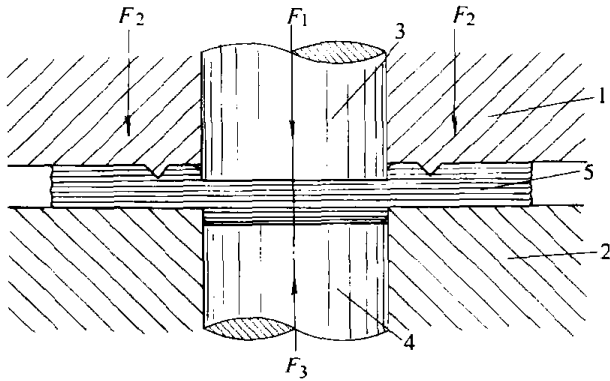


图 19.2-1 精冲过程示意图

1—压边圈 2—凹模 3—凸模 4—反压板 5—材料

精冲从形式上看是分离工序。但实际上制件和条料在最后分离前始终保持为一个整体，即精冲过程中材料自始至终是塑性变形的过程。这一点可以从图 19.2-2 精冲变形区剖面宏观照片和图 19.2-3 精冲工艺力能一行程图中看出。曲线 1 为精密冲裁力能曲线，可以看出即使在接近精冲终了时，工件和材料之间仍然保持一定的强

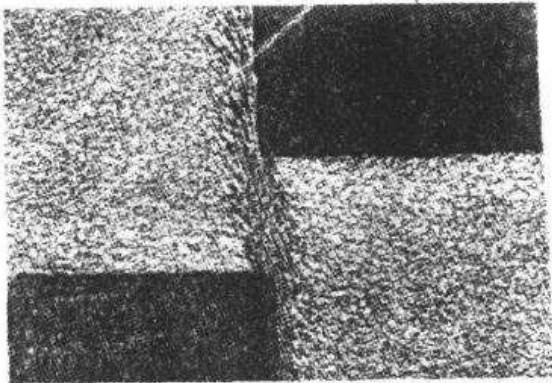


图 19.2-2 精冲变形区剖面宏观照片

度，继续冲裁时凸模还需给出足够的冲裁力，直到精冲过程结束时为止。这和普通冲裁形成鲜明的对照，普通冲裁的冲裁力如图 19.2-3 中的虚线所示，当其凸模进入材料 $1/3$ 左右料厚时，工件就已经和材料分离，凸模继续前进不再需要克服变形抗力。

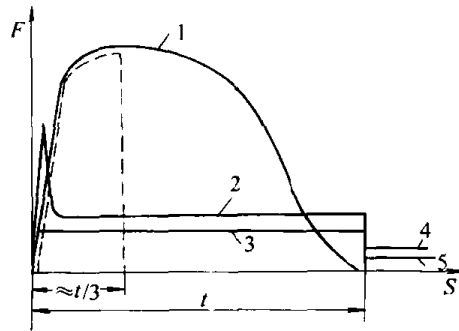


图 19.2-3 精冲工艺力能一行程图

1—冲裁力 2—压边力 3—反压力
4—卸料力 5—顶件力

精冲变形过程特点示于图 19.2-4，图 19.2-4a 表示精冲开始时的状况，图 19.2-4b 表示冲裁凸模进入材料一定深度 x 时的情况。A、B 两点分别表示凸模和凹模的刃口，AB 连线将间隙区分为 I、II 两个部分，塑性变形主要集中在间隙区，即 I、II 为塑性变形区，间隙两侧为刚性平移的传力区。它分为两部分，即靠近 I、II 区的塑性变形影响区 III 和弹性变形区 IV。精冲的塑性变形始终在以 AB 为对角线的矩形中进行，例如当凸模进入材料一定深度 x 时，A 点以上的部分和 B 点以下的部分均已完成变形，精冲继续进行，塑性变形将在缩短了 AB 为对角线的矩形中进行。精冲过程中 I 区材料将被凸模逐渐挤压到条料上，II 区材料将被凹模挤压到工件上，当 AB 距离达最小值时，材料全部转移，精冲过程完毕。

精冲件出现的倒锥现象，即凸模侧大凹模侧小，就是上述材料转移的结果。

变形区的材料变形程度，随过程的进行变形区逐渐缩小而增加，这些变形程度不同的材料逐

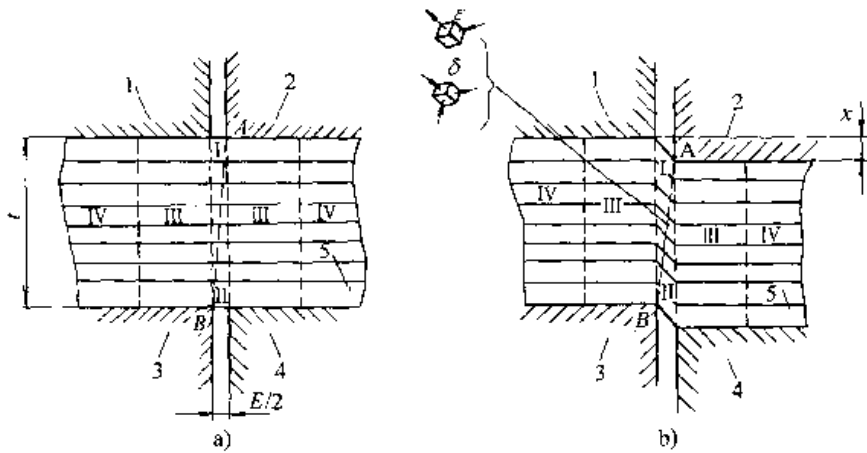


图 19.2-4 精冲变形过程的特征

1—压边圈 2—凸模 3—凹模 4—反压板 5—工件
I、II—塑性变形区 III—塑性变形影响区 IV—弹性变形区

次转移到工件表面，形成精冲件剪切面从凹模侧到凸模侧变形程度逐渐增加。

图 19.2-4 中给出的精冲塑性变形区的变形力学简图显示主应力简图为三向压应力状态，主应变简图为平面应变状态， $\epsilon_1 = \epsilon_2$ ， $\epsilon_3 = 0$ ，因此可视精冲过程为纯剪切的变形过程。

精冲时为了抑制冲裁过程中材料产生撕裂，保证塑性变形过程的进行必须采取以下措施。

1) 精密冲裁前，V形环压边圈应压住材料，防止剪切变形区以外的材料在剪切过程中随凸模流动。

2) 压边圈和反压板的夹持作用，再结合凸、凹模的小间隙使材料在冲裁过程中始终保持和冲裁方向垂直，避免弯曲翘起而在变形区产生拉应力、从而构成塑性剪切的条件。

3) 必要时将凹模或凸模刃口倒以圆角，以便减少刃口处的应力集中，避免或者延缓裂纹的产生，改善变形区的应力状态。

4) 利用压边力和反压力提高变形区材料的球形压应力张量即静水压，以提高材料的塑性。

5) 材料预先进行球化处理，或采用专门适于精冲的特种材料。

6) 采用适于不同材料的工艺润滑剂。

2 精冲力计算

精冲工艺过程是在压边力，反压力和冲裁力

三者同时作用下进行的。冲裁结束，卸料力将废料从凸模上卸下来，顶件力将制件从凹模内顶出，详见图 19.2-5 模具复位完成整个工艺过程，因此正确的计算，合理的调试和选定以上诸力，对于选用精冲压力机、模具设计、保证制件的质量，以及提高模具的寿命都具有重要的意义。

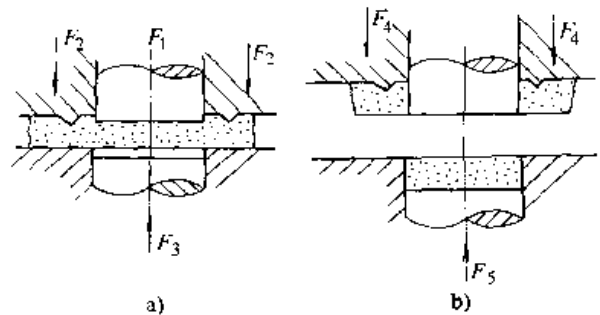


图 19.2-5 精冲过程作用的力

a) 精冲开始 b) 精冲完成复位
 F_1 —冲裁力 F_2 —压边力 F_3 —反压力
 F_4 —卸料力 F_5 —顶件力

2.1 冲裁力 F_1

冲裁力 F_1 的大小取决于冲裁件内外周边的总长度，材料的厚度和抗拉强度。可按经验公式计算：

$$F_1 = f_1 L_t t \sigma_b$$

式中 F_1 ——冲裁力 (N)；

f_1 ——系数，考虑到由外精冲时由于模

具的间隙小,刃口有圆角,材料处于三向压应力状态,和一般冲裁相比提高了变形抗力,因此取系数 $f_1=0.9$;

L_1 ——内外周边的总长 (mm), $L_1=L_e+L_i$, L_e 为外周边长度, L_i 为内周边长度;

t ——材料厚度 (mm);

σ_b ——材料的抗拉强度 (MPa)。

故精冲的冲裁力为

$$F_1=0.9L_1t\sigma_b$$

2.2 压边力 F_2

V形环压边力的作用有三:①防止剪切区以外的材料在剪切过程中随凸模流动;②夹持材料,在精冲过程中使材料始终和冲裁力方向垂直而不翘起;③在变形区建立三向压应力状态。

因此正确计算和选定压边力对于保证制件的剪切面质量,降低动力消耗和提高模具的使用寿命都有密切的关系。

压边力 F_2 按以下经验公式计算:

$$F_2=f_2L_e2h\sigma_b$$

式中 F_2 ——压边力 (N);

f_2 ——系数,取决于 σ_b ,可由表 19.2-1 查得;

L_e ——制件外周边长度 (mm);

h ——V形齿高 (mm),查表 19.2-3、表 19.2-4;

σ_b ——材料的抗拉强度 (MPa)。

表 19.2-1 系数 f_2

σ_b /MPa	200	300	400	600	800
f_2	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2

2.3 反压力 F_3

反压板的反压力也是影响精冲件质量的重要因素,它主要影响制件的尺寸精度、平面度、塌角和孔的剪切面质量。增加反压力可以改善上述质量指标,但反压力过大会增加凸模的负载,降低凸模的使用寿命。因此和压边力一样均需在实际工艺过程中,在保证制件质量的前提下尽量调到下限值。

反压力可按以下经验公式计算:

$$F_3=pA$$

式中 F_3 ——反压力 (N);

A ——制件的平面面积 (mm^2);

p ——单位反压力 (MPa), p 一般为 20~70 MPa。

反压力按上式计算波动范围较大,它也可用另一经验公式计算:

$$F_3=0.2F_1$$

2.4 总压力

V形环压边圈压入材料所需的压力 F_2 远大于精冲过程中为了保证制件剪切面质量要求 V形环压边圈保持的压力 F'_2 ,一般 $F'_2=(0.3\sim 0.5)F_2$ 。为了提高精冲压力机的有效负载能力,目前大多数精冲压力机的压边系统都有无级调节的部分自动卸压装置。精冲开始时,首先在压边力 F_2 作用下 V形环压边圈压入材料,完成压边后,压力机自动卸压到预先调定的保压压边力 F'_2 ,然后再进行冲裁。因此实现精冲所需的总压力 F_t 是 F_1 及 F'_2 及 F_3 之和,即

$$F_t=F_1+F'_2+F_3$$

式中 F_1 ——冲裁力 (N);

F'_2 ——保压压边力 (N);

F_3 ——反压力 (N)。

2.5 卸料力和顶件力

精冲完毕,在滑块回程过程中不同步地完成卸料和顶件。压边圈将废料从凸模上卸下,反压板将制件从凹模内顶出。卸料力 F_4 和顶件力 F_5 按以下经验公式计算:

$$F_4=(0.05\sim 0.1)F_1$$

$$F_5=(0.05\sim 0.1)F_p$$

式中 F_1 ——冲裁力 (N)。

3 排样与搭边

排样的原则和普通冲裁相同。如果制件不要求材料的轧制方向,则排样的目的是在保证工艺过程需要和确保工件剪切面质量的前提下使废料最少。此外,对于外形两侧剪切面质量要求有差异的制件,排样时应将要求高的一侧放在进料方向,以便冲裁时搭边量充分。

图 19.2-6 所示为排样的实例，零件带齿的一侧要求高，另一侧要求低，因此将齿形一侧放在进料方向。

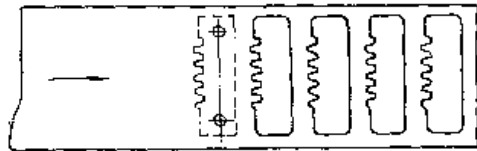


图 19.2-6 排样实例

精冲由于采用了 V 形环压边，搭边的宽度比普通冲裁大。表 19.2-2 给出了精冲所需搭边的最小值。

表 19.2-2 搭边最小值 (mm)

料厚 t		
	x	y
0.5	1.5	2
1	2	3
1.5	2.5	4
2	3	4.5
2.5	4	5
3	4.5	5.5
3.5	5	6
4	5.5	6.5
5	6	7
6	7	8
8	8	10
10	10	12
12	12	15
15	15	18

4 凸、凹模间隙

精冲凸模和凹模之间的间隙系指凸模刃口和

凹模刃口间缝隙的距离，即单边间隙。

除 V 形环以外，小间隙也是精冲模的主要特征。如前所述，间隙的大小及其沿刃口周边的均匀性，是影响精冲件剪切面质量的主要因素。因此，选取合理的间隙，保证四周间隙均匀，并在结构上使冲切元件有足够的刚度和导向精度，使其在整个工作过程中，保持间隙均匀恒定是实现精冲的技术关键。

精冲间隙主要取决于材料厚度，也和冲裁形廓及制件的材质有关。凸模和凹模的间隙数值列于表 19.2-3。

表 19.2-3 凸模和凹模的间隙

料厚 t /mm	外形	内形 (孔, 直径 d)		
		$d < t$	$d \cdot (1-5)t$	$d > 5t$
0.5	0.005 t	0.012 t	0.01 t	0.005 t
1		0.012 t	0.005 t	0.0025 t
2				
3		0.01 t		
4		0.008 t		
6		0.007 t	0.0025 t	
10				
15		0.005 t		

表 19.2-3 提供的数据，是具有最佳精冲组织的碳钢，在剪切面表面完好率为 I 级、模具寿命高的基础上制定的。

对于齿轮，在齿顶和齿根部分虽然也属于表 19.2-3 的外形，但其间隙应加倍，这一条也适用于有缺口的零件。

带沟槽或其他类似缺口的零件，外轮廓的相应部分不带 V 形环的，均按内轮廓处理。

内形廓中的孔的直径、长度、宽度和料厚一样也是决定间隙的重要因素。

应强调指出，在实际工作中，必须结合精冲件的材质和剪切面的质量要求，灵活运用表 19.2-3 中的数据。对于不易精冲的材料，间隙应取得更小一些。对于根据精冲件质量标准，允许剪切面有一定缺陷的零件，间隙可选取稍大一些。间隙大意味着模具的寿命长，便于加工。总之，设计者应充分考虑技术和经济效果的统一。

对于外形廓剪切面质量只有局部要求高的零件,同样可按上述原则,在不同部位选取不同的间隙。在这种情况下,必须防止凸模和压边圈之间也具有不同的间隙,在模具结构上应确保凸模和压边圈四周仍然保持百分之百的良好导向。

5 凸模与凹模刃口尺寸计算

在正常情况下,精冲件的外形比凹模刃口稍小,其差值小于0.01 mm,精冲件的内孔比冲孔凸模的刃口也稍小些,由于这种倾向,凹模和冲孔凸模在理想情况下,应比制件要求尺寸大0.005~0.01 mm。因此,在精冲件的尺寸精度要求较高的情况下,确定凹模和冲孔凸模刃口尺寸时应考虑上述因素。

设计模具刃口尺寸时,应考虑模具磨损对零件尺寸的影响。模具磨损对零件尺寸的影响分为三类,如图19.2-7所示。

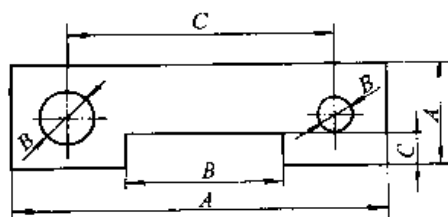


图 19.2-7 模具磨损对零件尺寸影响
A—零件尺寸逐渐增大
B—零件尺寸逐渐减小
C—零件尺寸基本不变

第一类 随模具刃口的磨损,零件尺寸逐渐增大,如图中尺寸A。

第二类 随模具刃口的磨损,零件尺寸逐渐减小,如图中尺寸B。

第三类 随模具刃口磨损对零件尺寸基本无影响,如图中尺寸C。

为了提高模具寿命,确定模具刃口尺寸时,应考虑在保证精冲件尺寸公差的前提下,使模具刃口具有较多的磨损储备量。为此,对于上述第一类情况,应使新模具的刃口尺寸接近零件的下限尺寸,即取刃口的名义尺寸为

$$A = L_{\min} + \frac{\Delta}{4}$$

式中 L_{\min} ——零件的下限尺寸 (mm);

Δ ——零件的公差 (mm)。

对于上述第二类情况,应使新模具的刃口尺

寸接近零件的上限尺寸,即取刃口的名义尺寸为

$$B = L_{\max} - \frac{\Delta}{4}$$

式中 L_{\max} ——零件的上限尺寸 (mm)。

对于上述第三类情况,应使新模具的刃口尺寸等于零件的平均尺寸,即取刃口的名义尺寸为

$$C = (L_{\min} + L_{\max}) / 2$$

5.1 落料

精冲落料件的外形尺寸取决于凹模,此时间隙应取在凸模上。

随着凹模的磨损零件尺寸逐渐增大,应按上述第一类情况确定。精冲凹模刃口的尺寸A为

$$A = (L_{\min} + \frac{\Delta}{4}) + \delta$$

式中 δ ——模具的制造公差 (mm);

Δ ——零件的公差 (mm);

L_{\min} ——零件一个外形尺寸的最小极限尺寸。

如果零件外形上有内凹的部分,则该处零件尺寸将随凹模的磨损而逐渐减小,属第二类情况。此处精冲凹模刃口的尺寸B为

$$B = (L_{\max} - \frac{\Delta}{4}) - \delta$$

式中, L_{\max} , Δ , δ 同前,分别表示零件该处的最大尺寸,零件公差和模具制造公差。

5.2 冲孔

精冲件内形尺寸取决于凸模,此时间隙应取在凹模上。

随着凸模的磨损,零件尺寸逐渐减小,属于上述第二类情况。因此精冲凸模的尺寸B应确定为

$$B = (L_{\max} - \frac{\Delta}{4}) - \delta$$

如果零件内形上有凸出的部分,则该处零件尺寸将随凸模的磨损而增大,属第一类情况,此处精冲凸模刃口尺寸A为

$$A = (L_{\min} + \frac{\Delta}{4}) + \delta$$

5.3 计算实例

确定图19.2-8所示精冲件凸模和凹模刃口尺寸的计算方法。

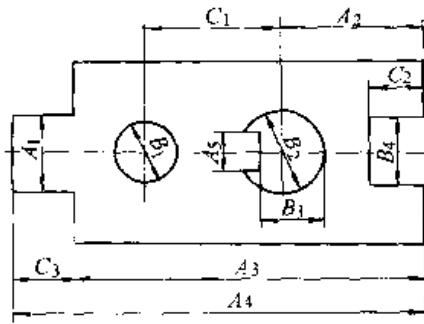


图 19.2-8 按零件内外形廓确定凸模和凹模刃口尺寸的计算方法示例

图中尺寸 A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 属上述第一类情况，尺寸按 A 计算；

图中 B_1, B_2, B_3, B_4 属上述第二类情况，尺寸按 B 计算；

图中 C_1, C_2, C_3 属上述第三类情况，尺寸

按 C 计算。

6 精冲件质量及影响因素

6.1 尺寸公差

精冲件可达到的尺寸公差取决于以下因素：模具的制造精度、刃口状态、压力机、润滑剂、工件材料的种类、金相组织和厚度以及精冲件几何形状的复杂程度。根据 JB/T9175.2—1999 精密冲裁件质量标准的规定，精冲件可达到的尺寸公差见表 19.2-4。它综合了精冲技术和模具制造技术的水平，是目前精冲工艺实际达到的经济公差，因此它是设计精冲零件、编制精冲工艺和设计精冲模具的重要依据。但是表 19.2-4 中数据并不能反映精冲件尺寸的分布规律以及精冲件尺寸和模具尺寸的关系。

表 19.2-4 精冲件尺寸公差等级和几何形状公差

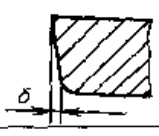
料厚/ mm	精冲件材料的抗拉强度 $\delta_b \leq 600 \text{ MPa}$			100 mm 长度上的 平面度/mm	剪切面垂直度/ mm 
	内形 IT 等级	外形 IT 等级	孔距 IT 等级		
0.5~1	6~7	7	7	0.13~0.060	0~0.01
>1~2	7	7	7	0.12~0.055	0~0.014
>2~3	7	7	7	0.11~0.045	0.001~0.018
>3~4	7	8	7	0.10~0.040	0.003~0.022
>4~5	7~8	8	8	0.09~0.040	0.005~0.026
>5~6.3	8	9	8	0.085~0.035	0.007~0.030
>6.3~8	8~9	9	8	0.08~0.030	0.009~0.038
>8~10	9~10	10	8	0.075~0.025	0.011~0.042
>10~12.5	9~10	10	9	0.065~0.025	0.015~0.055
>12.5~16	10~11	10	9	0.055~0.020	0.020~0.065

图 19.2-9 给出了两组精冲试样尺寸的分布图。图中 0 点为凹模某一直径方向的实际尺寸，横坐标 x_i 为尺寸组中心，即各组边界的平均值，纵坐标 ϕ_{xi} 为概率密度， ϵ 表示系统误差。试样的尺寸均按相应的同一部位量得，即排除了模具制造误差的影响。

图 19.2-9 表明：

① 精冲零件的尺寸分布基本符合正态分布

规律。

② 尺寸的散布范围窄，精度高，定量的说明了精冲件尺寸一致性好，4 mm 厚软钢精冲件极限偏差为 $10.6 \mu\text{m}$ ，达到标准公差 IT6 级；8 mm 厚零件极限偏差为 $19.1 \mu\text{m}$ ，达到标准公差 IT7 级。

③ 二组尺寸全部小于凹模尺寸（定凹模尺寸为 0 点），其系统误差 ϵ 分别等于 $-5 \mu\text{m}$ 和

-7 μm。

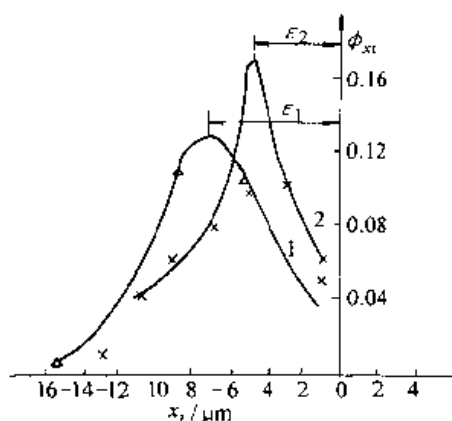


图 19.2-9 精冲试样尺寸分布图
材料 20 号钢；直径 20 mm；
1—料厚 8 mm、间隙 0.057 mm、
压边力 82 kN、反压力 30 kN
2—料厚 4 mm、间隙 0.027 mm、
压边力 38 kN、反压力 15 kN

比较表 19.2-4 和图 19.2-9，可以看出两者之间的差别，约相差二个标准公差等级。

应强调指出，在实际制定精冲工艺方案或设计精冲模具时，必须充分理解上述差别的含义，前者是规定的经济公差，后者是实际可能达到的极限偏差，应灵活运用表 19.2-4 而不受其限制。例如已知模具工作零件的实际尺寸，参照图 19.2-9 可以知道精冲实际能够达到的尺寸公差；反之，在给定的精冲件尺寸公差等级高于表 19.2-4 所规定的等级时，可参照图 19.2-9 分析所需模具工作零件的尺寸公差等级，进而确定该种零件实现精冲的可能性。

6.2 剪切面质量

精冲件剪切面质量包括表面粗糙度，表面完好率和允许的撕裂等级三项内容。

精冲时可达到的剪切面粗糙度，取决于以下因素：工作零件的表面粗糙度、刃口状态、润滑剂、压力机、工件材料的种类、金相组织及厚度。

精冲件的剪切面粗糙度根据 JB/T 9175.2—1999 规定，用轮廓算术平均偏差 R_a 值评定。

精冲件可达到的剪切面粗糙度为 $Ra3.6 \sim 0.2 \mu\text{m}$ ，一般为 $Ra2.5 \sim 0.63 \mu\text{m}$ 。

剪切面粗糙度测量方位示于图 19.2-10，其

测量位置应沿剪切面厚度的中心部位，其测量方向应垂直于剪切方向。

精冲件剪切面状况及其采用符号的意义示于图 19.2-11。在该图中：

t ——材料厚度； h_1 ——剪切终端存在表层剥落时，光洁剪切面最小部分占材料厚度的百分比； h_2 ——剪切终端存在鳞状表层剥落时，光洁剪切面最小部分占材料厚度的百分比； b ——最大允许的鳞状表层剥落宽度（所有 b 的总和不得大于相关轮廓部分的 10%）； a ——允许的表层剥落深度； e ——毛刺高度； c ——塌角宽度； d ——塌角深度； δ ——撕裂带的最大宽度； E ——撕裂带； A ——剪切终端表层剥落带。

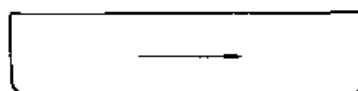


图 19.2-10 剪切面粗糙度测量方位

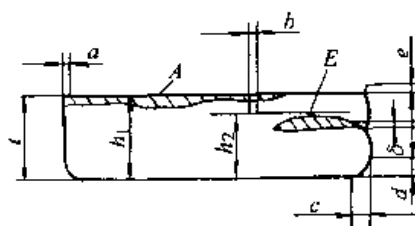


图 19.2-11 剪切面状况符号意义

JB/T 9175.2—1999 规定表面完好率分五个等级，列于表 19.2-5，允许的撕裂分四个等级，列于表 19.2-6。

关于精冲件剪切面粗糙度的代号，用 JB/T 9175.2—1999 中的符号表示。

表 19.2-5 精冲件表面完好率等级

级 别	I	II	III	IV	V
$h_1/\%$	100	100	90	75	50
$h_2/\%$	100	90	75	—	—

表 19.2-6 精冲件允许的撕裂等级

级 别	1	2	3	4
δ/mm	0.3	0.6	1	2

∇/R_a 用于剪切面不允许有表层剥落和撕裂

时,例如, $\sqrt[0.63]{\text{V}}$ 表示剪切面粗糙度为 $Ra0.63 \mu\text{m}$, 表面完好率为 I 级, 无撕裂。

$\sqrt[Ra]{\text{V}}$ 用于允许剪切面有表层剥落或撕裂时, 在符号的右上方横线上用罗马字 II、III、IV、V 分别表示表面完好率的等级, 用阿拉伯数字 1、2、3、4 分别表示允许撕裂的等级, 例如: $\sqrt[1.25]{\text{V}}^{\text{II}}$ 表示剪切面粗糙度为 $Ra1.25 \mu\text{m}$, 表面完好率为 II 级, $\sqrt[2.5]{\text{V}}^2$ 表示剪切面粗糙度为 $Ra2.5 \mu\text{m}$, 允许 2 级撕裂。

精冲件剪切面质量标注实例示于图 19.2-12。

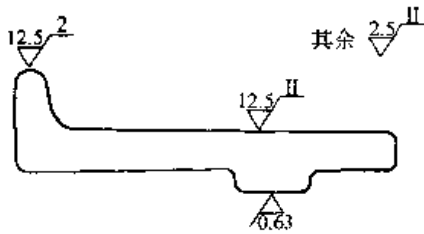


图 19.2-12 剪切面粗糙度标注实例

在实际生产中, 建议采用标准样件作为评定精冲件表面完好率和允许撕裂的依据, 标准样件由企业组织生产的有关部门从试冲的零件中选定。

(1) 影响表面粗糙度的因素

凸凹模的表面粗糙度和刃口状态是影响剪切面表面粗糙度的主要因素, 模具工作表面的 Ra 值越小, 工件剪切面的 Ra 值也相应减小。虽然电加工在模具表面产生的纵向波纹不会反映在精冲件的剪切面上, 即此时工件的 Ra 值小于模具的 Ra 值, 但是仍需仔细研磨光刃口上电加工留下的痕迹, 防止它在工件的剪切面上产生划痕。

润滑剂也是影响剪切面粗糙度的重要因素。良好的润滑剂形成一种耐压耐温的薄膜附着在金属表面上, 将新生的剪切面和模具工作表面隔开, 借以减少摩擦, 散发热量, 达到提高模具寿命和剪切面质量的目的。反之, 如果润滑剂在高压下被挤走, 或在高温下分解挥发, 结果剪切面和模具工作表面在高温高压下直接接触, 将产生干摩擦, 容易引起“焊合”, 导致模具的粘着磨损和工件剪切面擦伤, 使 Ra 值增加。

在目前采用的精冲速度范围内, 冲裁速度本身不会直接影响剪切面的粗糙度。冲裁速度主要通过精冲的变形功和摩擦功产生的变形热而对剪

切面质量产生影响。当材料较厚而精冲速度又高时, 如不采取强制冷却和有效润滑, 很容易产生“焊合”现象。冲裁速度、材质和厚度、润滑剂三者是围绕着精冲变形热而互相影响、相互制约的。强度高且较厚的材料宜采用较低的冲裁速度。

当模具工作表面的粗糙度和润滑条件一定时, 材料的强度和厚度对剪切面 Ra 值的影响示于图 19.2-13。

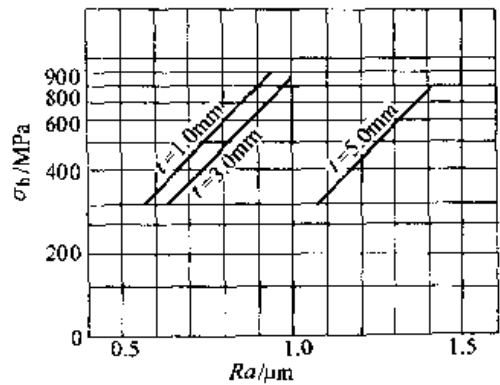


图 19.2-13 剪切面 Ra 值与材料的 σ_b 和厚度 t 的关系

(2) 影响表面完好率的因素

前已阐明, 精冲时剪切变形区材料的塑性流动而引起的加工硬化沿厚度方向增加, 在工件的毛刺侧附近达到最高值, 此时材料的塑性将沿厚度方向而逐渐降低, 最后如果塑性过低就会出现表层剥落。JB/T 9175.2—1999 规定用剪切终端表层剥落的多少来确定表面完好率的等级。因此影响表面完好率的因素实际上是影响剪切终端表层剥落的因素, 包括冲裁间隙、压边圈齿形参数、刃口圆角、压边力、反压力、搭边以及原材料等。其中冲裁间隙是影响表面完好率的主要因素。

分析间隙的影响时, 不能静止的看待间隙(间隙和原始料厚的关系), 而应该从精冲过程中瞬时料厚和间隙的关系来分析问题, 称(间隙和瞬时厚度之比)为瞬时间隙。显然, 瞬时间隙随精冲过程的进行而逐渐增加。建立瞬时间隙的概念, 有利于分析精冲过程及其对剪切终端表层剥落的影响。

综合以上分析, 表明精冲是不定常的过程, 无论是材料的塑性和模具的瞬时间隙在精冲过程

中都是变化的，其中材料的塑性不断降低，瞬时间隙不断增大。这种不利于精冲的变化趋势是精冲工艺本身的特点所决定的。正因为如此，对于每一种材料都存在精冲的极限厚度，详见本章第5节。

冲裁间隙、刃口圆角、压边力、反压力及搭边对表面完好率的影响分别示于图 19.2-14~图 19.2-19。

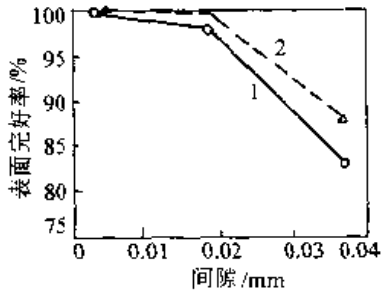


图 19.2-14 间隙对表面完好率的影响
材料 20 号钢 厚 3.2 mm
直径 16 mm 反压力 56 kN
1—压边力 20 kN 2—压边力 40 kN

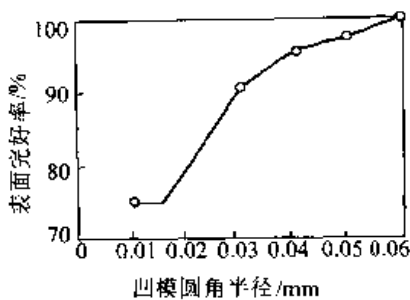


图 19.2-15 凹模刃口圆角的影响
材料 20 号钢 厚 3.3 mm
直径 16 mm 冲裁间隙 0.012t
压边力 20 kN 无反压

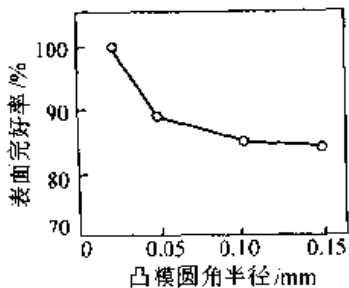


图 19.2-16 凸模刃口圆角的影响
材料 20 号钢 厚 3.3 mm 直径 16 mm
凹模刃口圆角半径 $R_d = 0.01$ mm
冲裁间隙 $0.012t$ 压边力 20 kN 无反压

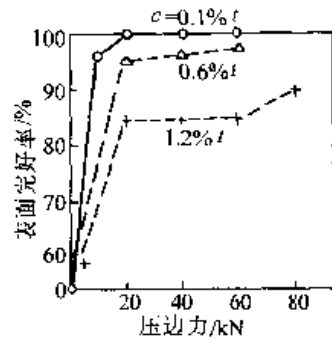


图 19.2-17 压边力的影响
材料 20 号钢 厚 3.2 mm 直径 16 mm 无反压

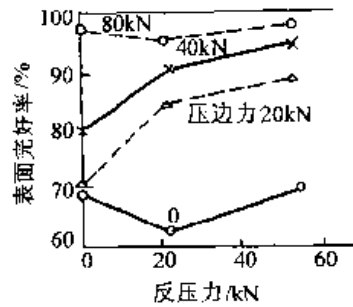


图 19.2-18 反压力的影响
材料 45 号钢 厚 2.9 mm 直径 16 mm 间隙 0.001t

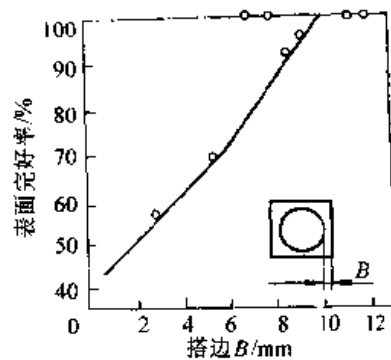


图 19.2-19 搭边值的影响
材料 20 号钢 厚 3.1 mm 间隙 0.001t

6.3 剪切面垂直度

精冲件剪切面呈倒锥现象是精冲的特征之一，它是精冲过程中材料随模具刃口流动又始终保持为一个整体而产生的。

图 19.2-20 给出了可达到的剪切面垂直度公差，一般内形的垂直度比外形的高。

剪切面垂直度和材料厚度、强度、模具结构、刃口状态以及力能参数等有关。

采用双齿圈有利于提高剪切面的垂直度。

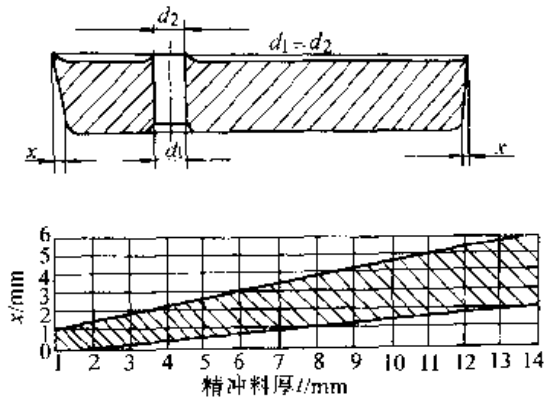


图 19.2-20 精冲件剪切面垂直度公差

6.4 平面度

精冲过程中 V 形环压入材料，精冲是在压边圈和凹模、反压板和凸模强力夹持下进行，本身就具有校平作用，因此精冲件具有较高的平面度。图 19.2-21 所示为在一般条件下精冲件每 100 mm 距离上的平面度公差。

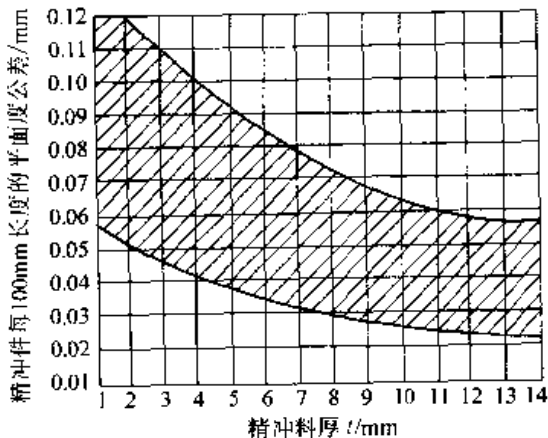


图 19.2-21 精冲件的平面度公差

精冲件的平面度与材料厚度、原始的平面度、内部的残余应力、力学性能及精冲工艺的力能参数有关。增加反压力对改善平面度效果显著。此外厚度厚、强度低、压边力大，都对改善平面度有利。

6.5 塌角和毛刺

精冲件存在塌角和毛刺，但都比普通冲裁件小。

(1) 塌角

在给定材料厚度和材料种类条件下，圆角半径 R 和夹角 α 越小，塌角的宽度 c 和深度 d 越大。如果给定零件的圆角半径和夹角，则减小

材料厚度和提高强度，会使塌角的深度和宽度减小。

图 19.2-22 给出了最小允许圆角处最大塌角的标准值，适用于 σ_b 在 450 MPa 以下的材料。

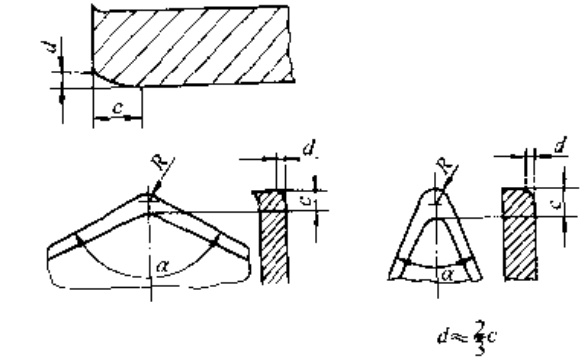


图 19.2-22 零件夹角、厚度和塌角的关系

(2) 毛刺

毛刺产生在凸模侧，其大小和模具刃口状态、磨损程度以及工件轮廓的形状有关。图 19.2-23 给出了凸模刃口圆角半径对毛刺高度的影响。

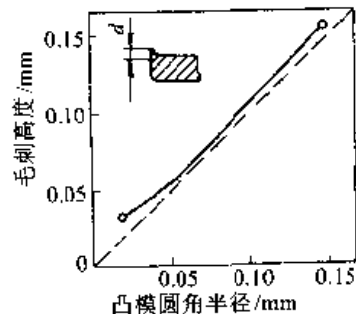


图 19.2-23 凸模刃口圆角半径对毛刺高度的影响

材料 20 号钢 厚 3.3 mm 凹模直径 16 mm
凹模刃口圆角半径 R_0 0.01 mm 间隙 0.012 t
压边力 40 kN 反压力为 0

6.6 精冲件缺陷原因及其消除方法

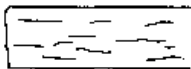
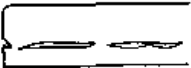
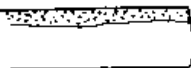
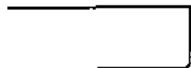
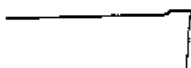
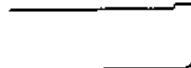

精冲件常见的缺陷、产生的原因及消除方法示于表 19.2-7。

7 精冲材料

大约 90% 的精冲件是钢件，其中大部分是

低碳钢，适于精冲的主要钢种列于表 19.2-8。未列入表中的钢种，可参考表中含碳量接近的钢种，但对于含硫、磷较高的非镇静钢，即使是低碳钢，精冲时也会出现问题，选材时需慎重。表 19.2-8 中第二项，可精冲的大约最大厚度是一个范围，它与材料组织、制件的技术要求有关。钢材以球化完全，弥散良好，分布均匀的细球状碳化物组织为最佳。

表 19.2-7 缺陷形态、原因及消除方法

缺陷形态	产生原因	消除方法
表面质量差 	1) 材料不合适 2) 凹模孔表面粗糙 3) 润滑不充分 4) 润滑剂不合适 5) 凹模圆角半径太小	1) 球化退火或更换材料 2) 当凸、凹模间隙允许时研磨凹模孔 3) 改进润滑结构 4) 更换润滑剂 5) 适当增大凹模圆角半径
中间断裂带 	1) 压边力太小 2) 凹模圆角太小或不均匀 3) 材料不合适 4) 搭边太小 5) 压边圈齿形参数不合适 6) 零件拐角半径太小	1) 增大压边力 2) 修正凹模圆角半径 3) 球化退火或更换材料 4) 增加送料长度或增加条料宽度 5) 修正齿形参数或双面压齿 6) 适当加大拐角处凹模圆角半径或在该处采用双面压齿
剪切终端表层剥落 	凸模和凹模的间隙太大	重新制造凸模或凹模减小间隙
剪切面呈现不正常锥形 	1) 凹模圆角半径太大 2) 凹模弹性变形	1) 重磨凹模刃口，减小圆角半径 2) 镶拼凹模增加预压量，整体凹模增加预紧套
工件靠凸模侧有毛边剪切面呈锥形 	凸模与凹模的间隙太小	增加凸模与凹模的间隙（加工特殊性质的材料时，即使间隙合适也可能出现一定程度的毛边）
剪切面呈波纹状和锥形凸模侧剪切周边有毛边 	1) 凹模圆角半径太大 2) 凸模与凹模间隙太小	1) 重磨凹模、减小圆角半径 2) 重新加工凸模以增加凸模与凹模的间隙
剪切面带波纹状，剪切终端表层剥落 	1) 凹模圆角半径太大 2) 凸模和凹模的间隙太大	1) 重磨凹模、减小圆角半径 2) 重新制造凸模或凹模减小间隙

续表 19.2-7


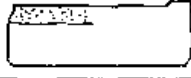
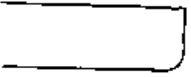
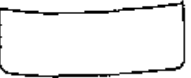
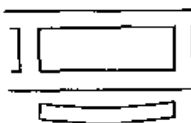
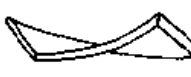
缺陷形态	产生原因	消除方法
工件毛刺过大 	1) 凸模与凹模间隙太小, 凸模刃口已钝 2) 凸模与凹模间隙合适, 凸模刃口已钝 3) 凸模进入凹模太深	1) 增加间隙重磨凸模 2) 重磨凸模 3) 增加封闭高度
一侧剪切终端表层剥落另一侧呈波纹状有毛边 	1) 凸模和凹模间隙不均 2) 凸模与压边圈间隙太大	1) 调整凸模和凹模间隙 2) 修正压边圈间隙
塌角过大 	1) 凹模圆角太大 2) 反压力太小 3) 工件轮廓上拐角的夹角太小	1) 重磨凹模, 减小圆角半径 2) 增加反压力 3) 采用双面齿
工件不平中间拱起 	1) 反压力太小 2) 凸模表面存油太多	1) 增加反压力 2) V形环上开溢油槽
工件沿长度方向弯曲 	1) 原材料不平 2) 材料内部有残余应力	1) 增加校直工序 2) 消除应力退火
工件扭曲 	1) 材料内部有应力 2) 条料轧制纤维方向不合适 3) 反压板顶出工件不一致	1) 消除应力 2) 更换材料 3) 检查反压板厚度平行度, 以及顶杆长度

表 19.2-8 适于精冲的主要钢种

续表 19.2-8

钢种	可精冲的大约最大厚度/mm	精冲适应性 ^①
08、10	15	1
15	12	1
20、25、30	10	1
35	8	2
40、45	7	2
50、55	6	2
60	4	2
70、T8A、T10A	3	3

钢种	可精冲的大约最大厚度/mm	精冲适应性 ^①
Q390、20Mn	8	2
15CrMn	5	2
20MnMo13	8	2
20CrMo	4	2
GCr15	6	3
1Cr18Ni9	8	2
0Cr13	6	2
1Cr13	5	2
4Cr13	4	2

① 1—优良；2—中等；3—困难。

适于精冲的铜和铜合金、铝和铝合金列于表 19.2-9。

表 19.2-9 铜和铜合金、铝和铝合金的精冲适应性

材 料	精冲适应性 ^①
T2、T3、T4、TU1、TU2	1
H96、H90、H80、H70、H68	1
H62	2
HSn70-1、HSn62-1	2
HNi65-5	2
QSn4-3	2
QBe2、QBe1.7	3
QAl7	3
1070A、1060、1050A、1035、1200、8A06	1
3A21	1
5A02、5A03	2
2A11、2A12	2

① 1—优良； 2—中等； 3—困难。

8 精冲润滑

精冲工艺润滑是实现精冲的四个条件之一，它与模具寿命制件质量密切相关，直接影响精冲的技术经济效果，在精冲技术领域占有重要的位置。

精冲过程中金属材料在三向受压的条件下进行塑性剪切变形，新生的剪切面和模具工作表面之间发生强烈的摩擦并产生局部高温（因塑性变形和外摩擦而引起）。在这种条件下金属材料与模具工作表面之间产生干摩擦，容易引起“焊合”和附着磨损。采用润滑剂则可形成一层耐压耐温的坚韧润滑薄膜附着在金属表面上，将新生的剪切面和模具工作表面隔开，借以改善材料与模具间的润滑条件，减少摩擦，散发热量。从而达到提高模具寿命，稳定制件剪切面质量的目的。

8.1 精冲工艺过程的润滑

精冲润滑从本质上讲是在边界润滑条件下，如何防止模具工作表面和制件剪切面直接接触，

减少接触面之间的摩擦力，以避免金属之间产生粘结，降低磨损。

(1) 润滑状态

1) 精冲工艺过程无论是润滑充分（图 19.2-24a）或润滑不充分（图 19.2-24b），剪切面润滑剂的复盖情况沿厚度总是变化的，从塌边侧到毛刺侧，先充分而逐渐减弱，这种由多到小递减的润滑特征叫做“刮腻子”式的润滑。

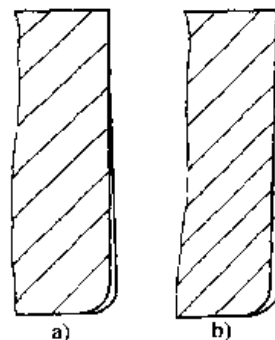


图 19.2-24 精冲工艺过程的润滑特征

2) 条料较厚而润滑不充分，单凭条料上一薄层的润滑剂紧附在表层，随材料转移和润滑膜的延伸，不足以复盖整个剪切面。

3) 制件剪切面靠近毛刺侧的部位是精冲过程润滑最薄弱的区间，条料愈厚，毛刺侧部位润滑的条件越差，润滑不充分时，有可能在该处出现干摩擦。

(2) 保证润滑充分的条件

精冲过程中为了使模具工作面和制件剪切面之间得到润滑，必须保证：

- 1) 模具工作部位应设计有相应的储存润滑剂的结构；
- 2) 润滑剂数量充分；
- 3) 采用耐压、耐温和附着力强的润滑剂。

前两项是对润滑量的要求，保证在模具工作面和制件剪切面之间建立边界润滑条件，第三项是对润滑剂的要求，即在边界润滑条件下能形成一层耐压、耐温的坚韧薄膜，将模具工作表面与制件剪切面隔开。

图 19.2-25 所示是精冲模具储存润滑剂的结构，它们紧靠着模具的刃口，保证精冲时有更多的润滑剂进入制件剪切面和模具工作面之间。

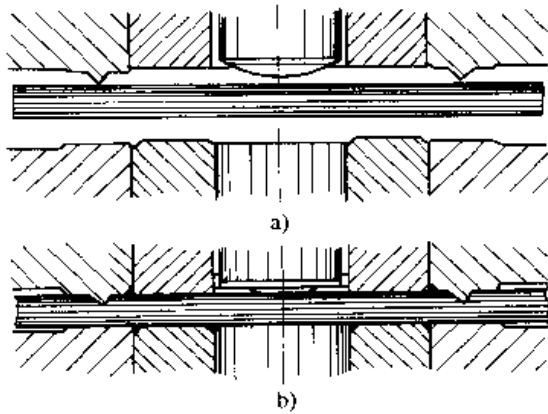


图 19.2-25 利用储存润滑剂的精冲模具结构

图 15.2-25 中靠近凸、凹模刃口的压边圈内侧，靠近凹模刃口的反压板外侧，靠近冲孔凸模

的反压板内侧都有倒角，顶杆和冲孔凹模间保持较大的间隙，这些都是为了储存润滑剂而设计的结构。另外，压边圈和凹模工作部分的外侧都采用下沉的台阶面，目的是避免精冲时将条料上的润滑剂挤走，而影响下一次精冲时润滑剂的数量。

8.2 精冲工艺润滑剂

精冲工艺润滑剂主要由基础油和各种添加剂组成。

基础油是溶剂并起液体润滑作用。添加剂一般由极压剂、油性剂和抗磨剂等组成，在精冲过程中起边界润滑的效果。

表 19.2-10 给出了适用于不同材质、不同厚度制件精冲的润滑剂。

表 19.2-10 精冲润滑剂性能指标

性能品种	运动黏度 (40℃) / (10 ⁻⁶ m ² /s)	密度 (20℃时) / (g/cm ³)	闪点 (开11)	油膜强度 /N	摩擦系数 (圆环法)
F-I 中厚钢板油	136.5	1.092 0	151℃	1 127	0.057
F-II 厚钢板油	89.55	1.020 6	137℃	1 960	0.042
F-III 薄钢板油	30.44	0.943 2	140℃	1 764	0.050
F-IV 不锈钢板油	168.4	1.043 3	150℃	2 156	0.042
F-V 有色金属板油	76.12	1.003 2	151℃	1 960	0.054

注：F-I—F-V 五个品种润滑剂均由北京机电研究所研制通过鉴定，性能达到 JB/T 7714—1995 标准技术要求。

9 精冲工艺设计

典型的精冲工艺过程一般包括下料、球化处理、酸洗、涂油、精冲、去毛刺、热处理或表面处理等工序。其中塑性较好的材料或专用精冲材料不需要预先球化处理，有些零件不需要后续的热处理或表面处理。

精冲工艺设计是以精冲工序为中心，从下料开始到后续各工序完成整个工艺过程的设计。设计工作的具体体现，即编制精冲工艺卡。

工艺卡规定了工艺的流程，对各工序所需的

设备、工装、工种，工时定额和材料定额都有明确的规定，对各工序的工艺规范和质量控制都有明确的要求，因此精冲工艺卡是组织精冲工艺生产的指导性文件，也是精冲模具及其他工夹具设计的依据。

精冲工序是整个工艺过程的核心，前后各工序都是围绕它进行的。因此精冲工艺过程设计虽然要周密的考虑前后各个工序，但设计的重点是精冲工序本身，精冲工艺方案的制定是关键。它不仅影响精冲模具的结构和较量，还影响前后各辅助工序。

9.1 工艺方案的拟定

拟定精冲工艺方案应考虑的问题:

- 零件的结构工艺性;
- 材料的精冲性能;
- 零件剪切面质量、尺寸公差等技术要求;
- 生产批量。

以图 19.2-26 所示手拉葫芦墙板零件为例说明。

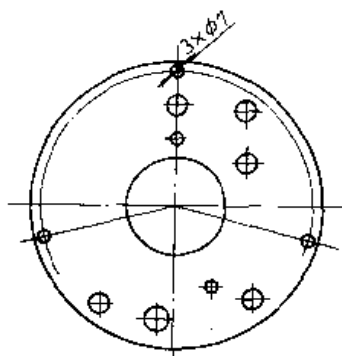


图 19.2-26 墙板零件图

墙板精冲批量生产在我国已近 30 年, 开发初期曾采用多种方案。墙板的材料为 16 Mn, 塑性较好, 虽然料厚为 4.5 mm, 不经球化处理也能获得满意的剪切面质量。

精冲墙板的技术关键是 3 个均布的 $\phi 7$ mm 孔距边缘仅 1.5 mm。根据 JB/T 9175.1—1999 精密冲裁件结构工艺性中规定的实现精冲难易程度等级来衡量, 为 S_3 级, 凸凹模的孔边缘 1.5 mm 处容易崩刃, 实现精冲困难, 为此可采取多种工艺方案:

方案一

采取两次精冲:

- 1) 落料冲中心孔。
- 2) 精冲其他各孔。

方案二

周边加余量一次精冲:

- 1) 落料冲孔。
- 2) 车外圆。

方案三

采用连续模两工位完成精冲:

- 1) 冲孔。
- 2) 落料。

实践表明, 方案二是可行的, 是长期以来我国始终采用的方案, 在实际生产中广泛运用。方案一缺点较多, 中心孔和其他各孔的孔距尺寸精度差, 边缘 3 孔的剪切面质量差, 冲孔工序上下料困难, 在实践中被放弃, 方案三也是可行的, 但应防止落料对边缘 3 孔质量的影响。由于种种原因第三方案尚未实践过。

9.2 经济分析

设计零件的精冲工艺方案时, 必须对各个工艺方案进行经济分析和对比。在保证零件质量的前提下, 选择精冲单件成本最低的工艺方案为最佳方案。

精冲零件工艺成本包括材料费、台时费(包括工人工资、水电费、设备和厂房折旧、管理费等)和精冲模具分摊费。具体计算可参阅有关资料, 不再赘述。此处需要强调的是虽然精冲工艺是一项先进制造技术, 但是由于精冲模具费用昂贵, 在生产纲领低批量小时, 采用精冲工艺方案是不经济不合适的。即使生产批量足够大时, 也需要对各工艺方案进行成本计算和对比, 选择适于该生产批量的、经济上合理的模具复杂程度, 具体体现在模具结构上是采用单工序精冲、复合精冲模还是连续精冲模。

10 精冲复合工艺

精冲和其他工艺的复合简称精冲复合工艺, 包括两种形式: 一种是精冲作为精锻、冷挤、拉深等工艺的后续工序; 另一种是充分利用精冲压力机具有三种独立可调压力的特点, 在精冲过程中(通过连续模或复合模)和其他工艺(包括挤压、半冲孔、压扁、压印, 压沉头和弯曲等工艺)的复合。

精冲复合工艺是精冲工艺的发展和延伸。就产品对象而言, 已从等厚度的精冲件发展到不等厚度的精冲件; 就工艺而言, 已从板料单一的分选工艺发展为成形—分离复合工艺。许多原来由铸、锻毛坯切削加工的零件以及由切削加工后铆、焊组装的零件都可能用精冲复合工艺来加工。

精冲复合工艺具有十分显著的技术经济效益, 是取代切削加工的一种很有发展前途的工艺。

10.1 带凸台精冲件的分类

图 19.2-27 所示为各种形式的带凸台精冲件。

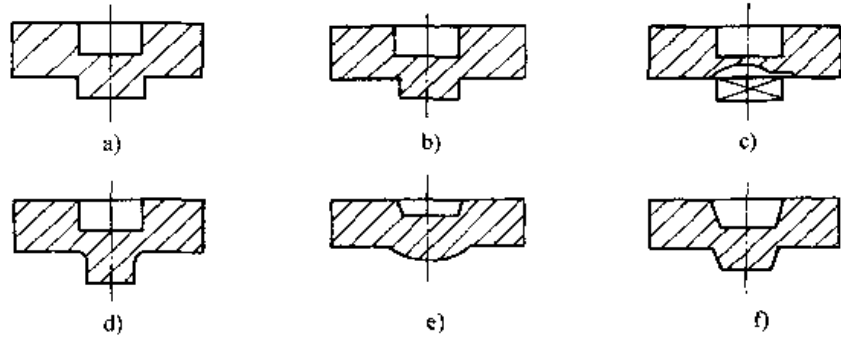


图 19.2-27 各种形式的带凸台精冲件

系通过冲裁而获得。冲裁型压凸台相当于完成冲孔的一部分，一般称为半冲孔。半冲孔的凸模和凹模之间的间隙有二种取法，一种按精冲方案确定间隙，如图 19.2-27a；一种按负间隙冲裁方案确定间隙，如图 19.2-27b。

(2) 挤压型凸台

如图 19.2-27c、d 所示。工艺过程中金属变形的特点属于正挤压过程，凸模的横截面比凹模的大，或截面形状不相同。

(3) 模锻型凸台

如图 19.2-27e、f 所示，其工艺过程的特点近似于模锻。

根据冲压凸台零件时金属变形的特点，可分为三类：

(1) 冲裁型凸台

如图 19.2-27a、b 所示，此类精冲件的凸台

区以外的材料在变形过程中随凸模流动。凸凹模和反压板、半冲孔凸模和顶杆的夹持作用使材料在半冲孔过程中始终保持和冲裁方向垂直而不翘起。再则因半冲孔凸模和凹模之间的小间隙，构成了变形区材料获得纯剪切的条件。另外，在半冲孔凸模、顶杆、凸凹模和反压板的强压作用下，半冲孔变形区的材料处于三向受压的应力状态，提高了材料的塑性，避免了精冲半冲孔零件的凸台部分和本体分离或产生断裂。

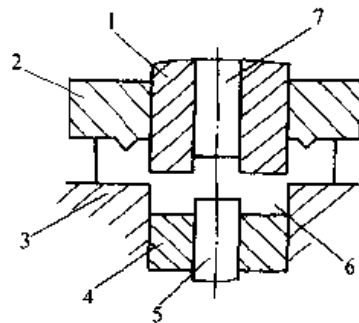


图 19.2-28 精冲半冲孔复合工艺过程示意图
1—凸凹模 2—齿形压边圈 3—凹模 4—反压板
5—半冲孔凸模 6—工件 7—顶杆

10.2 半冲孔

如前所述，半冲孔是在工件上冲出凸台的工艺之一，但它是精冲复合工艺中最具特色和简单易行的一种。

(1) 半冲孔工艺过程分析

在普通冲裁变形中，当凸模进入材料厚度 $1/3$ 左右时，工件就已经和条料分离。显然在这种情况下根本不可能采用半冲孔工艺。半冲孔工艺是利用精冲工艺在冲裁过程中工件和条料始终保持为整体这一特点而派生出来的一种新工艺。其变形过程和零件轮廓附近有齿圈压边的精冲过程是基本类同的（如图 19.2-28 所示）。虽然半冲孔的周边没有齿圈压边，但半冲孔的变形部位距工件边缘较远，由于外部材料的刚端作用及精冲件外围齿圈压边的作用，可以防止半冲孔剪切

(2) 半冲孔相对深度 C

在半冲孔过程中，半冲孔凸模进入材料的深度 h 和材料厚度 t 之比，定义为半冲孔相对深度，见图 19.2-29，它是衡量半冲孔变形程度的指标。

$$C = \frac{h}{t}$$

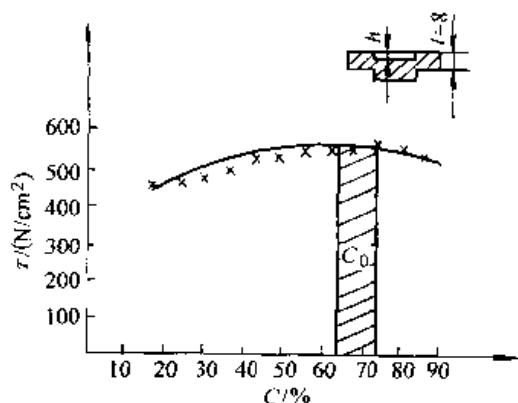


图 19.2-29 半冲孔相对深度 C 和连接处抗剪强度 τ 的关系
 试样材料: 20 钢 $\sigma_b=400$ MPa 料厚 $t=8$ mm
 半冲孔凸凹模间隙 0.03 mm

半冲孔的 C 值和凸台同本体连接处的抗剪强度 τ 之间的关系示于图 19.2-29。对于塑性较好的材料, 在 C 值很大、 $t-h$ 很薄的情况下, 凸台和本体仍为一个整体, 并保持一定的强度。但是考虑到连接部分的材料由于变形剧烈硬化而变脆, 在冲击载荷下凸台和本体有分离的危险, 因此推荐软钢的半冲孔极限相对深度 $C_b=70\%$, 视零件结构, 一般可在 $65\% \sim 75\%$ 之间取值, 如图 19.2-29 所示。

(3) 精冲半冲孔复合工艺实例

图 19.2-30 所示为几种典型的精冲半冲孔零件。

半冲孔工艺既可将各种异形凸台(包括齿形)附在任何形状的平面零件上, 也可将异形不通孔(包括内齿)附在任何形状的平面零件上, 此时只需要将相应的凸台部分机加工去掉即可。由此可见半冲孔工艺还具有另外一种独特的功能, 如可以十分方便地在零件上加工出各种异形不通孔, 这对于一般机械加工而言都是非常困难的。

图 19.2-31b 和图 19.2-32b 所示的是由两个精冲半冲孔件组合而成的零件。这类结构一般适合于较大的零件, 它是铸、锻件精冲化的典型实例。

图 19.2-31a 为链轮零件原来的结构形状, 它采用铸造或锻造毛坯, 通过许多道机械加工工序完成。而图 19.2-31b 是由两个精冲半冲孔件组成的零件, 两个零件各只需一道冲压工序完成, 且两件共用一套模具, 其中一件只需将冲孔凸模相应的减短即可。

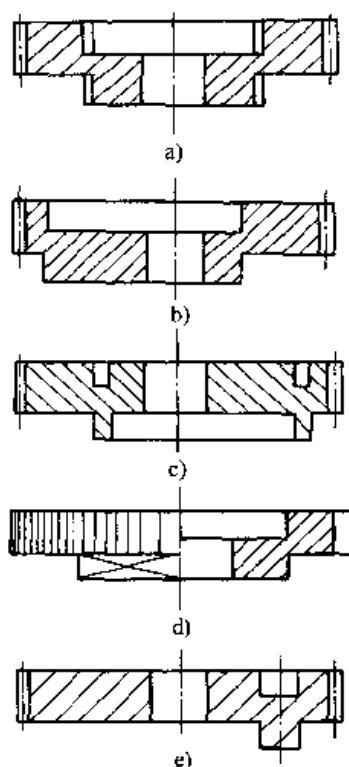


图 19.2-30 精冲半冲孔零件
 a) 双联齿轮 b) 齿轮凸轮 c) 齿轮内形凸轮
 d) 齿轮偏心轴 e) 棘轮方形凸台

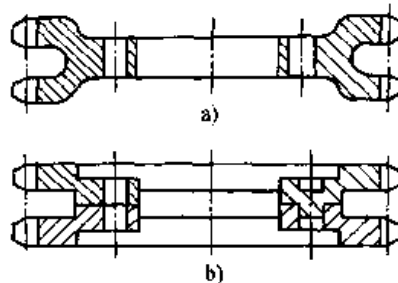


图 19.2-31 精冲半冲孔组合件

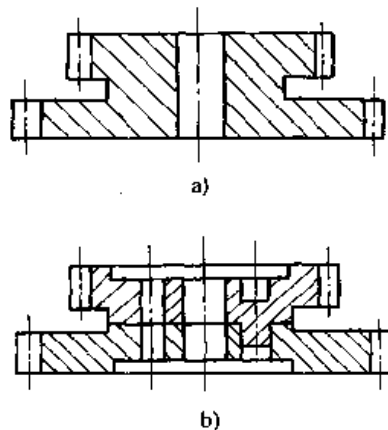


图 19.2-32 精冲半冲孔组合件

图 19.2-32a 为原来的双联齿轮零件结构形状，它同样采用铸造或锻造毛坯，通过许多道机械加工工序完成。而图 19.2-32b 也是由两个精冲半冲孔件组成的零件。

实践表明，精冲半冲孔组合件具有原结构零件相同的功能。但是和传统工艺相比，新工艺可以大幅度地提高生产效率，技术经济效果十分显著。

此外，以上实例表明：

对于许多扁平形状零件，有可能用相应的精冲半冲孔件来组合。

精冲件组合时，连接的方式除采用螺栓、铆钉及点焊等各种常用的方法以外，还采用精冲件本身的凸台代替铆钉进行铆接，如图 19.2-33 所示。

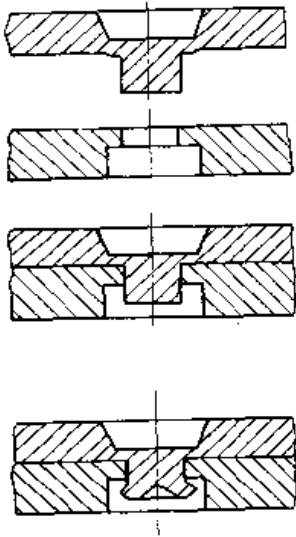


图 19.2-33 半冲孔凸台用于铆接

10.3 挤压、模锻凸台

(1) 精冲和挤压的复合

精冲和挤压的复合是生产带凸台精冲件的另一种工艺，如图 19.2-27c、d 所示。图 19.2-34 为精冲挤压复合工艺过程示意图，主要通过挤压凸模 6 和凸凹模 2 的凹模形腔来实现正挤压过程，而外形的精冲和一般精冲完全一样。在模具结构上，挤压凸模 6 必须低于凹模 4，以保证外形精冲后挤压凸台和工件之间有足够的连接厚度。

精冲时的挤压许用变形程度应比普通挤压取

得低一些，这是由于精冲的挤压和普通正挤压在变形条件上存在很大的区别。普通正挤时坯料置于挤压凹模内，挤压凸模的四周是凹模，坯料被挤压凹模和凸模封闭，加压时它只能从下部的凹模孔挤出。而精冲时的挤压，挤压凸模周围是被凸凹模和反压板夹持的精冲坯料本身，即使在精冲坯料上施加较大的顶件反压，它的刚性也远不如挤压凹模，因此挤压凸模下面的材料，只能被认为处于半封闭状态。当挤压的变形程度超过某一数值，即单位挤压力超过某一数值时，挤压凸模下面的材料，除了挤入凸凹模的凹模孔内，还向四周流动，这是在制定精冲挤压复合工艺时必须考虑的。

(2) 精冲和模锻的复合

带凸台精冲件还可以通过精冲和模锻复合工艺来完成，如图 19.2-27e、f 所示。图 19.2-35 所示是精冲封闭模锻复合工艺过程示意图。外形精冲和一般精冲相同；内形封闭模锻由凸凹模的凹模孔和顶杆端面构成成形模腔，通过成形凸模加压来实现。精冲模锻复合工艺必须先开始外形的精冲后进行内形的体积成形。

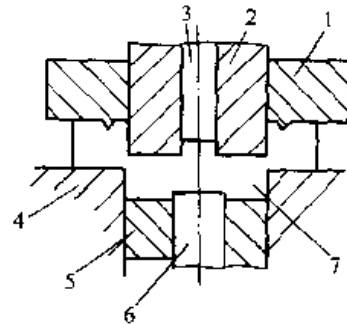


图 19.2-34 精冲挤压复合工艺过程示意图
1—齿形压边圈 2—凸凹模 3—顶杆 4—凹模
5—反压板 6—挤压凸模 7—工件

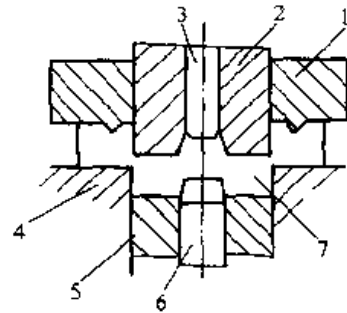


图 19.2-35 精冲模锻复合工艺过程示意图
1—齿形压边圈 2—凸凹模 3—顶杆 4—凹模
5—反压模 6—成形凸模 7—工件

体积成形时，过程类似于一般的封闭模锻，需要遵循体积不变条件来考虑模具有关部分的尺寸，即被成形凸模挤压而转移的材料应与充满成形模腔的材料体积相等。

精冲模锻复合工艺成形的材料也是处于半封闭状态，比压过高时，同样也有向四周转移的可能。

10.4 压印

压印可以和精冲复合进行，一般的复合形式为外形精冲内表面压印，在复合模上一次冲压完成，如图 19.2-36 所示。

精冲压印复合工艺的方法与特点为：

压印面放在工件的塌边侧时，由反压板压印，如图 19.2-36a 所示；压印面放在工件的毛刺侧时，由凸模压印，如图 19.2-36b 所示。应尽可能采用反压板压印，以利于模具的刃磨和维修。无论是反压板或凸模压印，都必须使反压力大于压印力，这是精冲压印复合的必要条件。应该指出，普通压印既要求机床的刚性好，封闭高度的重复精度高（多数在精压机上进行），又要求材料的厚度公差严，否则会影响压印面的质量和模具的寿命。而精冲压印复合时，材料在凸模和反压板之间完成压印后，在凸模和反压板夹持下继续进行外形的精冲，故对材料厚度公差无严格要求，且压印的质量好，模具寿命高，生产效率高。

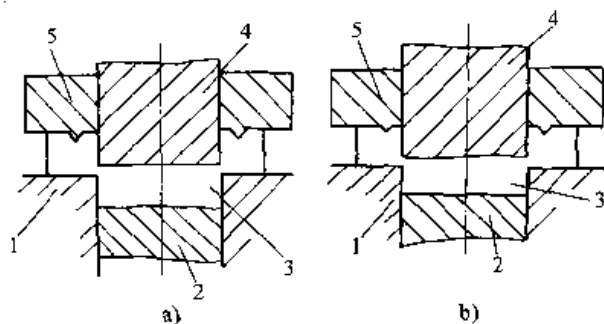


图 19.2-36 精冲压印复合工艺过程示意图

a) 反压板压印 b) 凸模压印

1—凹模 2—反压板 3—工件 4—凸模 5—压边圈

10.5 压扁

精冲压扁复合工艺是获得不等厚精冲件的另一种方法，一般在连续模上进行。如图 19.2-37

所示。

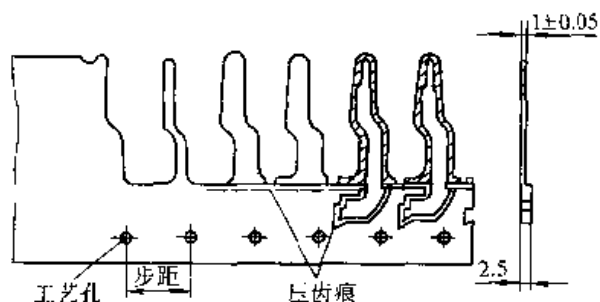


图 19.2-37 精冲压扁复合工艺

这种工艺需首先冲出定位孔，通过定位销保证每一步的送料精度；其次需要在材料局部压扁的周围预先切口，以便材料压扁时易于流动。由于局部压扁要比将条料局部变厚容易实现，因此在多数情况下，条料的厚度按工件的最大厚度来选取。工件的其他厚度通过压扁来获得。

由于压扁精冲是在连续模上进行，条料经压扁硬化后不可能进行退火，因此压扁精冲一般只适于硬化指数较低的低碳钢等材料。

压扁精冲工艺的技术关键主要是压扁后材料的硬化对后续精冲表面质量的影响。图 19.2-38 给出了 20 钢的相对压扁量 $\left(\frac{t-t_1}{t} \times 100\%\right)$ 与加工硬化的实验结果。材料的厚度和强度（硬度）是制定这种精冲工艺方案以及设计精冲模具的主要原始数据。

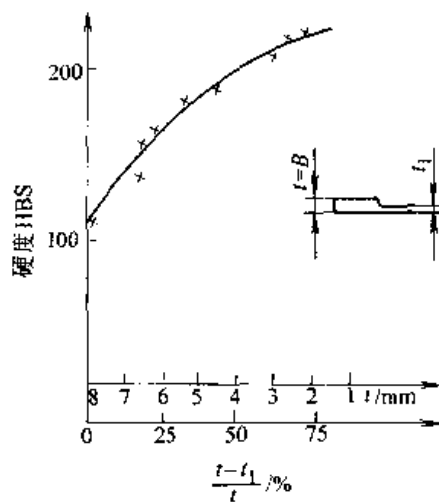


图 19.2-38 20 钢相对压扁量与加工硬化的关系

10.6 弯曲

精冲弯曲复合工艺的关键是如何根据零件弯

曲形状特征、技术要求、生产批量来选择复合的形式，进而确定模具的结构。

(1) 精冲和弯曲同时进行

精冲和弯曲同时进行采用的是精冲弯曲复合模。

1) 切口弯曲 切口弯曲可弯锐角、直角和其他形状，比较容易和精冲复合同时进行，既可实现内形弯曲如图 19.2-39a、b，也可实现外形弯曲如图 19.2-39c 所示。

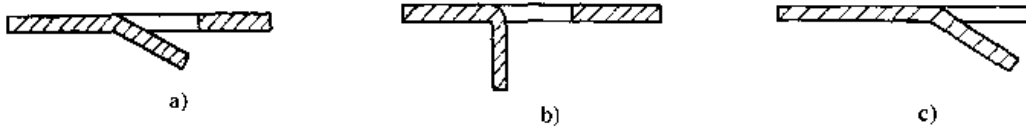


图 19.2-39 精冲切口弯曲复合工艺

2) 线 Z 形弯曲 对于弯曲高度 $h < t$ 、弯曲角度 $\alpha < 75^\circ$ 的 Z 形弯曲件，也可以采取精冲和弯曲同时进行的方案，如图 19.2-40 所示。精冲弯曲复合模的凸模和反压板按工件弯曲形廓制造，压边圈和凹模保持平面形状。

从图 19.2-40 可以看出，采用平直的条料，通过精冲弯曲复合模一次冲压生产出精冲弯曲零件的必要条件是反压力必须大于弯曲力。又由于精冲要求先压边后精冲，即压边圈必须高出凸模一定的距离，采用图 19.2-40 结构，不能同时满足上述条件，合模时条料在反压板作用下被压入压边圈出现

了冲裁，见图 19.2-40b，行程继续，弯曲和冲裁同时进行，最后凸模和反压板压靠完成弯曲和部分精冲，见图 19.2-40c，反压板在凸模推动下后退直至完成精冲见图 19.2-40d。从图 19.2-40b 可以看出，模具闭合材料已被四周的压边圈和凹模夹紧，而此时工件的弯曲尚未完成，弯曲继续进行，材料向内转移受到四周压边的限制，将在剪切区产生拉应力甚至撕裂，降低剪切面质量。这是此方案的主要缺点，但是这种结构采取平直的压边圈和凹模，不仅制造和维修方便，而且精冲后的废料仍保持平直有利于自动送料。

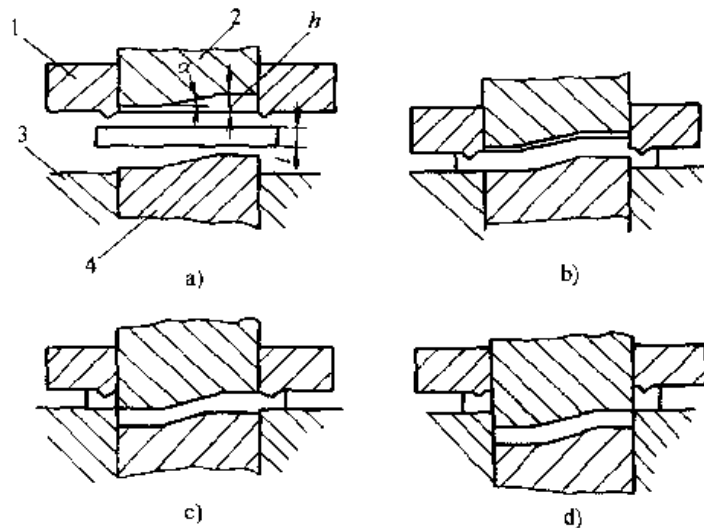


图 19.2-40 精冲和弯曲同时进行过程示意图

1—齿形压边圈 2—凸模 3—凹模 4—反压板
 t —料厚 h —弯曲高度 α —弯曲角度

(2) 先弯曲后精冲

先弯曲后精冲的复合模如图 19.2-41 所示。图 19.2-41a 为模具开启，图 19.2-41b 为模具闭合。复合模的压边圈和凹模、反压板和凸模

分别按零件的内外形廓制造，即闭合时压边圈和凹模反压模和凸模之间的距离都相隔一个料厚。但应该注意的是不能使凸模和凹模闭合时其刃口之间也相隔一个料厚，否则精冲时凸模

必须进入凹模一段距离 Δy ($\Delta y = (\frac{1}{\cos\alpha} - 1)t$), 才能使零件的斜边分离。正确的设计应该是模具闭合时, 使凸模和凹模的平刃口和斜刃口都相切合缝, 条料完成弯曲精冲时可防止凸模进入凹模。

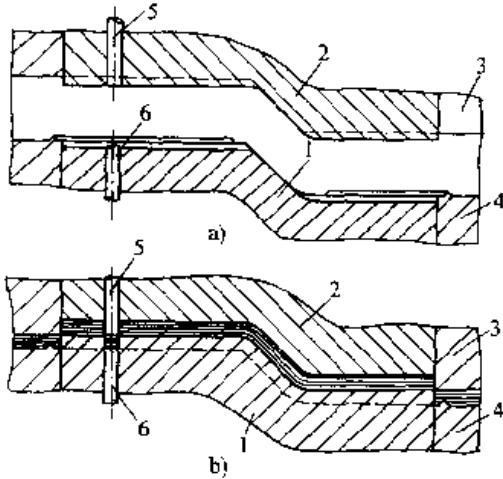


图 19.2-41 先弯曲后精冲复合模示意图

- 1—凸模 2—反压板 3—凹模
- 4—压边圈 5—冲孔凸模 6—顶杆

先弯曲后精冲的零件弯曲区剪切面的质量不高, 但大多零件弯曲区剪切面都不是工作表面,

不要求高的剪切面质量。用这种方法生产的弯曲精冲件和采用先精冲后弯曲生产的零件相比, 前者在弯曲区二侧有关连的内外形尺寸可以更精确。

(3) 先精冲后弯曲

先精冲后弯曲一般在连续模上完成, 图 19.2-42 所示为连续模上的工步示意图。

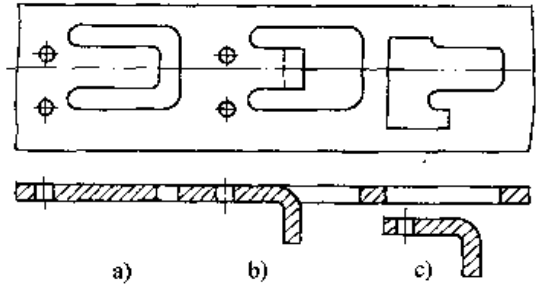


图 19.2-42 精冲弯曲连续模上的工步图
a) 冲孔切口 b) 定位弯曲 c) 落料

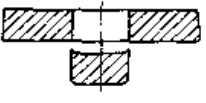
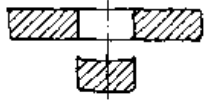
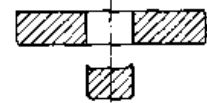
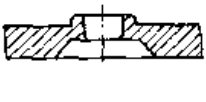
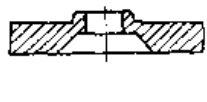
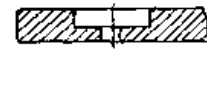
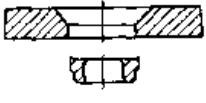
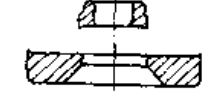
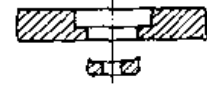
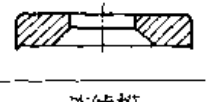

10.7 压沉孔

精冲可以和压沉孔工艺复合。根据不同的沉孔形式和沉孔的深度以及沉孔的部位, 需采用不同的工序如表 19.2-11 所示。

表 19.2-11 压沉孔工艺

沉孔形式		圆锥形			
沉孔深度		15%t		40%t	
沉孔部位		塌角面	毛刺面	毛刺面	塌角面
工 序	名称	1) 落料、冲孔、压沉孔	1) 冲孔、压沉孔	1) 压沉孔	1) 压沉孔
	简图				
	名称		2) 落料	2) 冲孔	2) 落料、冲孔
	简图				
	名称			3) 落料	
简图					
模具		复合模	连续模	连续模	连续模

续表 19.2-11

沉孔形式	圆锥形		圆柱形	
沉孔深度	60% <i>t</i>		60% <i>t</i>	
沉孔部位	毛刺面	塌角面	毛刺面	塌角面
工 序	名称	1) 冲孔	1) 冲孔	1) 冲孔
	简图			
	名称	2) 压沉孔	2) 压沉孔	2) 压沉孔
	简图			
	名称	3) 冲孔	3) 落料、冲孔	3) 落料、冲孔
	简图			
	名称	4) 落料		4) 落料
	简图			
模具	连续模	连续模	连续模	连续模

10.8 三维精冲件

三维精冲件是指零件的尺寸关系和公差要求是三维的，区别于一般精冲件，其尺寸关系和公差要求基本上是在二维的平面内。

图 19.2-43 所示为捷达车变速箱拨叉零件中的 2 个典型三维精冲件，采用了精冲、挤压、弯曲、翻边、压肋、压薄、压印和半冲孔等复合工艺，这些零件的技术要求为：材料抗拉强度 $\sigma_b = 640 \sim 880 \text{ MPa}$ ；剪切面粗糙度 $Ra0.8 \sim 0.4 \mu\text{m}$ ；尺寸公差 IT8~IT7 级；两孔同轴度为 0.05 mm；弯曲角度偏差 $\pm 10'$ 。

三维精冲件的出现是精冲复合工艺技术发展的产物，使精冲技术生产的零件从二维扩展到三维，扩大了精冲技术的覆盖面。

汽车变速箱拨叉零件，一般均为铸、锻毛坯切削加工件，采用精冲复合工艺生产如图 19.2-43 所示的三维精冲件，不但取代了传统的铸、锻毛坯切削加工工艺路线，降低了生产成本，而

且还提高了零件的质量、减少了零件的重量，有利于汽车为了节能要求实现自身重量的轻量化。

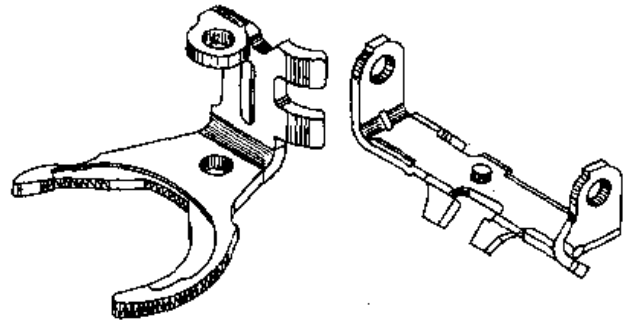


图 19.2-43 典型三维精冲件

推广和开发三维精冲件是精冲技术发展的方向。

11 对向凹模精冲

对向凹模精冲是在强力压边精冲基础上发展起来的，对于材料塑性较差，厚度又较厚的零件，采用强力压边精冲方法难以加工时，可以采

用对向凹模精冲。

强力压边精冲过程中,材料沿整个厚度相对剪切位移,变形区材料的变形程度随相对位移的增加而增加,直到最后出现塑性过低产生撕裂。因此,塑性存在差异的各种材料具有不同的可精冲最大厚度,实质上这就是各种材料强力压边精冲的极限变形程度。例如表 19.2-8 中给出 T8A、T10A 等高碳钢板,强力压边精冲的最大厚度为 3 mm。而对向凹模精冲由于变形机理不同,用这种方法精冲 T8A、T10A 的极限厚度可达 10 mm,远远超过强力压边精冲,扩大了精冲的工艺范围,在实际生产中已取得良好效果。但是,对向凹模精冲就可加工零件的结构工艺性而言,其复杂程度不能和强力压边精冲相比。另外,冲内形时一般均需预冲孔,增加了生产工序。

对向凹模精冲模结构的最大特点是有两个凹模,一个带凸起的凹模,简称凸起凹模,一个平凹模,简称凹模,其结构和强力压边精冲模类似,只是将后者的 V 形环压边圈改为凸起凹模(图 19.2-44)。

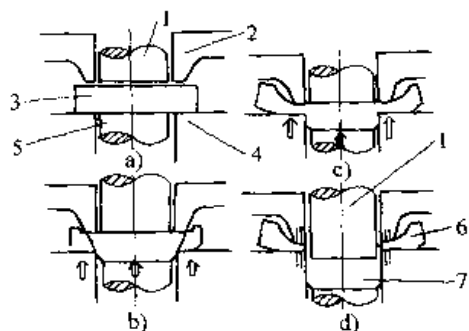


图 19.2-44 对向凹模精冲过程

1—凸模 2—凸起凹模 3—材料
4—凹模 5—顶杆 6—废料 7—工件

11.1 对向凹模精冲过程

对向凹模精冲过程如图 19.2-44 所示。图 a 表示起始位置;图 b 为模具闭合,凸起凹模和凹模压挤材料,废料开始向四周转移,部分材料进入凹模;图 c 为凸起凹模和凹模压挤材料终止,连皮减薄至料厚的 20%~30%,废料完成向四周的转移,大量材料进入凹模,少量材料进入凸起凹模;图 d 为在凸起凹模和平凹模夹持下,凸模动作冲去连皮,完成整个对向凹模精冲过程。

11.2 对向凹模精冲过程的变形特征

从上述对向凹模精冲过程可以看出,从凸起凹模和凹模压挤材料开始至终了,整个过程中,凸模和凸起凹模之间没有产生相对运动,塑性变形主要发生在废料中,这一点和强力压边精冲截然不同,只是在最后阶段,材料在凸起凹模和凹模夹持下,凸模动作进行冲裁时,才和强力压边精冲过程相同。

通过对向凹模精冲过程的光塑性模型实验和材料流动规律试验,可以看出过程的开始阶段,材料主要沿凹模刃口 A 与凸起凹模外侧刃口 C 的连线 AC 方向剪切变形,如图 19.2-45a 所示。一部分材料向外转移,一部分材料进入凹模,随着 AC 方向剪切变形的继续进行,夹角 φ 不断增大,变形区不断扩大,变形抗力不断增大,当 AC 方向的剪切变形扩展到某一定程度时,开始产生过凸起凹模内刃口 B 的剪切变形,即双向剪切变形,如图 19.2-45b 所示,材料一部分向外转移,一部分进入凸起凹模。随着双向剪切变形过程的继续扩展,材料向外转移的阻力显著增加,材料进入凸起凹模结束后,凸起凹模和凹模间的材料类似于墩粗变形,直至过程终了,如图 19.2-45c 所示。最后是冲切分离过程。由此可见,对向凹模精冲过程按不同的变形特征可分为四个阶段:

① 集中剪切变形阶段 如图 19.2-45a 所示,或称为单向剪切变形阶段,材料沿凹模刃口 A 至凸起凹模外刃口 C 方向的剪切变形是对向凹模精冲变形过程的主要特征,它几乎贯穿了整个变形过程。

② 双向剪切变形阶段 如图 19.2-45b 所示。AC 方向的剪切变形和过凸起凹模内刃口 B 的剪切变形同时进行。

③ 类墩粗变形阶段 如图 19.2-45c 所示,凸起凹模和凹模间的材料类似于墩粗变形。

④ 冲切分离阶段 如图 19.2-45d 所示,连皮在凸起凹模和凹模夹持下,凸模动作进行冲切分离。

11.3 对向凹模精冲工艺的特点

根据上述对向凹模精冲过程的变形特征,从形成工件光洁剪切面的原理来看,对向凹模具有以下特点。

(1) 塑性变形主要产生在废料内

从上述对向凹模精冲过程的前三个阶段来看,虽然许多材料已进入凹模,少量材料已进入凸起凹模,但是沿工件剪切面轮廓 AB 分离处的材料基本上没有发生塑性变形,塑性变形主要集中在废料内。即使连皮厚度已压薄至料厚的 20%~30%,即工件需切面已形成 70%~80%,但由于凸模和凸起凹模始终没有相对位移,凸模下部尚待冲切分离的材料基本尚未塑性变形,如图 19.2-45c 所示。因此,在这种条件下按强力压边的方式进行冲切不会因塑性过低而产生撕裂的现象。这就是为什么强力压边精冲高碳钢不能超过 3 mm,而对向凹模方法却可精冲 10 mm 高碳钢的原因。对向凹模精冲扩大了可精冲的厚度范围,降低了对材料塑性的要求。使精冲技术可在更广阔的范围推广。

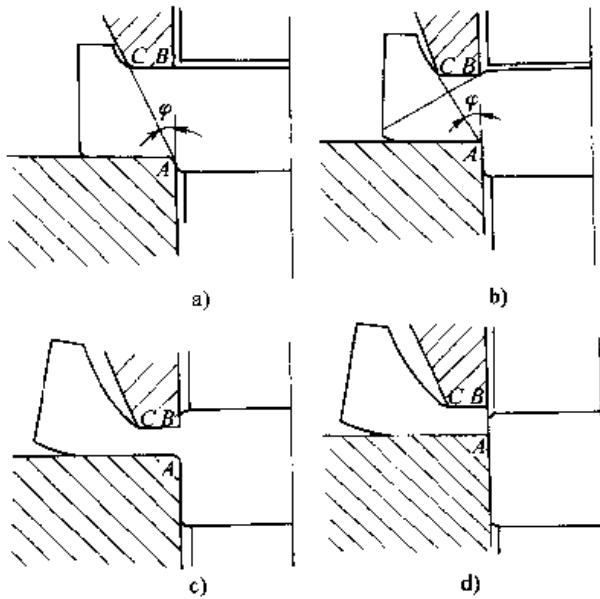


图 19.2-45 对向凹模精冲过程变形特征

(2) 工件塌角小

如前所述,对向凹模精冲过程的前期,凹模刃口类似于切削过程容易切入材料,因此工件的塌角比强力压边精冲小。

(3) 工件毛刺小

对向凹模精冲过程中,由于材料进入凸起凹模,工件产生双向的塌角,使这种工艺有可能获得无毛刺的工件。实际上由于凸起凹模和凹模刃口的尺寸误差和位置误差,以及冲切分离时凸模的限位精度的影响,工件仍会出现较小的毛刺,但比强力压边精冲小。

(4) 可精冲内形

对向凹模精冲方式也可以用来加工内形,此时需要预冲排料孔,供工艺过程中废料流入。对向凹模精冲内形的模具结构示意图如图 19.2-46 所示。

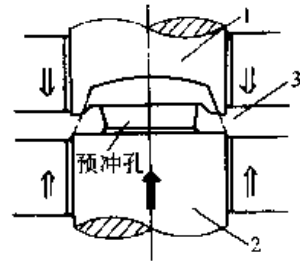


图 19.2-46 对向凹模精冲内形
1—凸起凸模 2—凸模 3—工件

11.4 对向凹模精冲模具

(1) 结构

对向凹模精冲模具结构和强力压边精冲模类似,只是将后者的 V 形环压边圈改为凸起凹模。

对向凹模精冲需用专用的四动精冲压力机,也可用液压模架在通用的压力机上进行。

用于对向凹模精冲压力机的模具结构如图 19.2-47 所示。该结构为活动凸模式。凸模固定在压力机的活塞上,凸模依靠活塞的动作完成工件的冲切分离。

如果外形采用对向凹模精冲而内形按强力压边方式精冲时,需要考虑凸起凹模和顶杆运动的不同步,即它们不能同时支撑在同一活塞上。

(2) 工艺参数

对向凹模精冲模的几何参数如下,图形参阅图 19.2-48。

凸起凹模斜角 $\alpha = 25^\circ$

凸起凹模凸起高度 $h = (1 \sim 1.2) t$

凸起凹模顶部宽度 $b = (30\% \sim 40\%) t$

凸模顶面和凸起凹模顶面距离 $a \approx 25\% t$

凸模和凸起凹模间隙 $c_1 = 0.01 \sim 0.03 \text{ mm}$

凸模和凹模间隙 $c_2 = 0.01 \sim 0.03 \text{ mm}$

连皮厚度 $\delta = (20\% \sim 30\%) t$

凸起凹模冲压力 $F_1 = tL\sigma_b \quad (\text{N})$

t ——材料厚度 (mm)

L ——周边总长 (mm)

σ_b ——材料抗拉强度 (MPa)

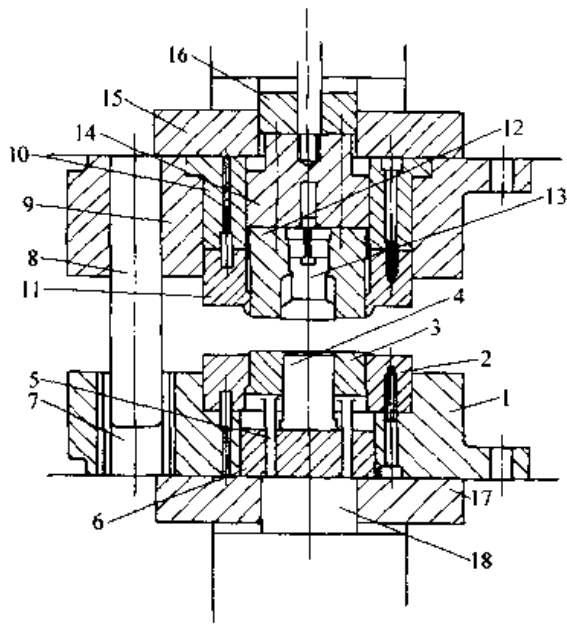


图 19.2-47 对向凹模精冲模结构

- 1—下模座 2—凹模 3—反压板 4—冲孔凸模
- 5—传力杆 6—垫板 7—滚动导套 8—导柱
- 9—上模座 10—垫板 11—凸起凹模 12—凸模
- 13—顶杆 14—凸模座 15—接合环 16—压力垫
- 17—接合环 18—压力垫

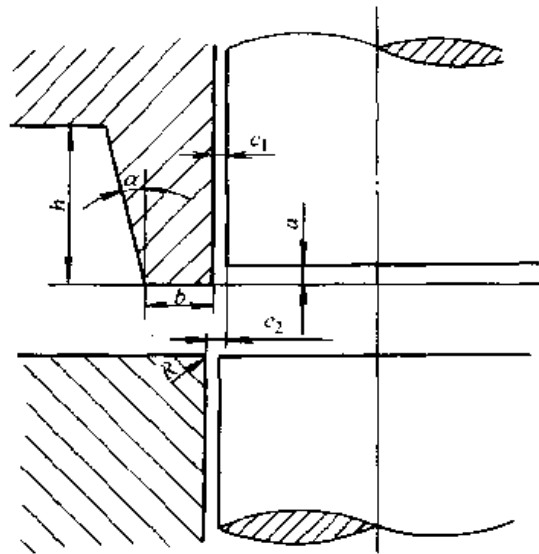


图 19.2-48 对向凹模模具几何参数

凸模冲裁力 $F_2 = (0.4 \sim 0.5) F_1$

反压力 $F_3 = (0.1 \sim 0.2) F_1$

凸起凹模总冲压力 $F_{1r} = F_1 + F_3$

凸模总冲裁力 $F_{2r} = F_2 + F_3$

第 3 章 弯 曲

利用金属的塑性变形，将毛坯弯曲成一定曲率、一定角度形成所需形状工件的冲压工艺称为弯曲，它是冲压加工的基本工序之一。如飞机的机翼（蒙皮）、汽车大梁、锅炉炉体、自行车车把，门窗铰链等零件都是用弯曲工序成形的。

根据弯曲件的不同要求和生产批量的大小，有各种弯曲方法。最通常的是以弯曲模具在通用压力机（曲柄压力机、液压机、摩擦压力机）上进行弯曲，此外也有在折弯机、拉弯机、多滑块压力机（自动弯曲机）、滚弯机、弯管机和滚压成形机等其他设备上的弯曲成形（见图 19.3-1）。这里着重讨论在弯曲模上的弯曲工艺设计。

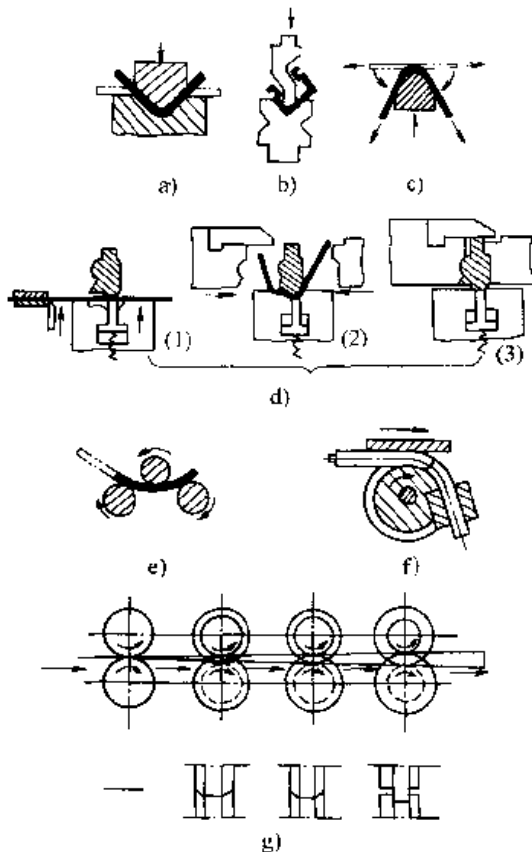


图 19.3-1 各种弯曲方法示意图

- a) 通用压力机上弯曲
- b) 折弯机上弯曲
- c) 拉弯机上弯曲
- d) 多滑块压力机上弯曲
- e) 滚弯机上弯曲
- f) 弯管机上弯曲
- g) 滚压成形机上弯曲

1 弯曲变形过程分析和应力、应变状态

1.1 受力分析

图 19.3-2 所示为板料 V 型与 U 型弯曲时的受力分析，在板料 A 处，凸模施加外力 F （V 型）或 $F/2$ （U 型），在凹模支承点 B 处，则产生反力并与这外力构成了弯曲力矩 $M = F/2 \times l$ ，这个弯曲力矩使板料产生弯曲。在弯曲过程中，随着凸模进入凹模深度的不同，凹模支承点 B 的位置及弯曲圆角半径 r 发生变化，使力臂 l 与 r 逐渐减小，而外力 F 逐渐加大，同时弯矩增大。当弯曲圆角半径达到一定值后，毛坯开始出现塑性变形，并且随着继续变形，塑性变形区的厚度增大。塑性变形由毛坯表面向内部扩展，而弹性变形的厚度，随着弯曲半径的减小而减小。最后将板料弯曲成与凸模尺寸形状一致的工作件。

1.2 弯曲变形过程

为了掌握弯曲过程的变形规律，我们先观察 V 型零件的弯曲过程，如图 19.3-3 所示。在弯曲的开始阶段，毛坯是自由弯曲，随着凸模的下压，毛坯与凹模工作表面逐渐靠紧，与凹模的接触点沿凹模圆角半径 r_0 下滑，弯曲半径由 r_0 变为 r_1 ，弯曲力臂也由 l_0 变为 l_1 ；凸模继续下压，毛坯弯曲区逐渐减小，直到与凸模三点接触，这时曲率半径已由 r_1 变为 r_2 ；此后，毛坯的直边部分则向与以前相反的方向弯曲；到行程终了时，凸、凹模对毛坯贴合，使毛坯的圆角、直边与凸模完全吻合，得到所需要的零件。弯曲变形过程中： $l_0 > l_1 > l_2 \cdots > l_k$ ， $r_0 > r_1 > r_2 \cdots > r_{pe}$

1.3 弯曲变形分析

为了分析板料在弯曲时的变形情况，可在长方形板料的侧面上画出正方形网格，然后将其进

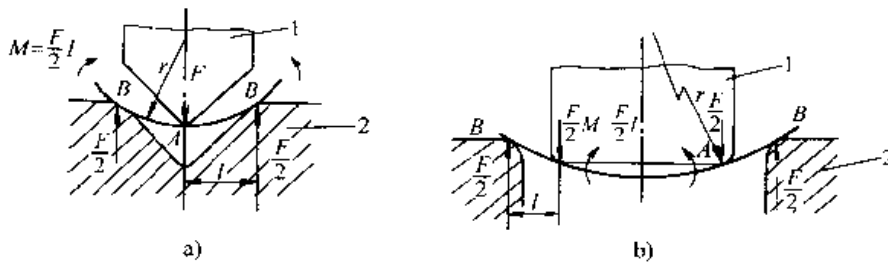


图 19.3-2 弯曲过程的受力分析

a) V型弯曲 b) U型弯曲
1—凸模 2—凹模

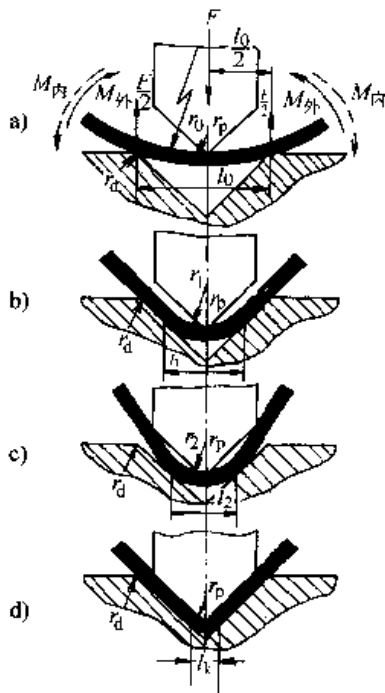


图 19.3-3 弯曲变形过程

行弯曲，观察网格的变化（见图 19.3-4），可看出弯曲时的变形特点：

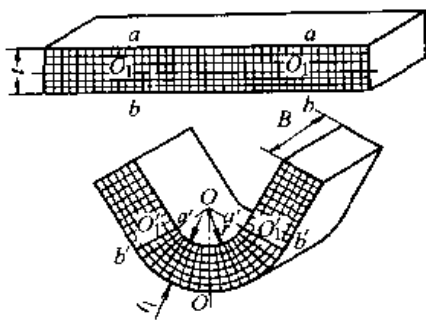


图 19.3-4 弯曲后工件侧壁正方形网格的变化

1) 圆角部分的正方形网格变成了扇形，而远离圆角的直边部分，网格仍保持原来的正方形，即没有参与变形，在靠近圆角处的直边，有

少量变化。因此，可以认为弯曲的变形区主要是弯曲件的圆角部分。

2) 在变形区内，板料的内缘（靠凸模一侧），纵向纤维 \overline{aa} 受压而缩短（ $\overline{aa} > \overline{a'a'}$ ）；板料的外缘（靠凹模一侧），纵向纤维 \overline{bb} 受拉而伸长（ $\overline{bb} < \overline{b'b'}$ ）；由内、外缘至板料中心，纵向纤维缩短和伸长的程度逐渐变小。从内缘的压缩过渡到外缘的伸长，其间有一层纤维在弯曲变形前后，其长度不变，此层称为应变中性层（ $\overline{o_1o_1} = \overline{o'_1o'_1}$ ）。

3) 当相对弯曲半径 r/t 较小时，在弯曲变形区内，板料的厚度有变薄现象，板料由原始厚度 t 变薄至 t_1 ， η （变薄系数） $= t_1/t$ ，且 $\eta < 1$ 。

4) 从弯曲变形区的横断面来看，有两种情况（见图 19.3-5）：

① 对于窄板（宽度 $B < 3t$ ），在宽度方向产生显著变形，沿内缘宽度增加，沿外缘宽度减小，因而整个横断面呈扇形畸变（见图 19.3-5a）。

② 对于宽板（ $B > 3t$ ），由于宽度方向材料多、阻力大，材料向宽度方向流动困难，因而横断面的形状变化不大，仍保持矩形（见图 19.3-5b）。

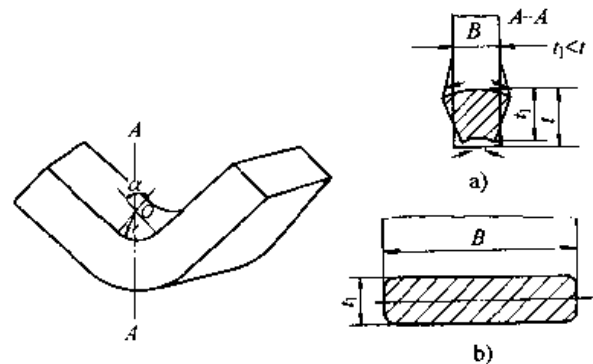


图 19.3-5 窄板与宽板弯曲后横断面的变化情况
a) 窄板 ($B < 3t$) b) 宽板 ($B > 3t$)

1.4 弯曲变形区应力、应变状态

对于窄板与宽板，弯曲变形区的应力和应变状态是不相同的（见图 19.3-6）。

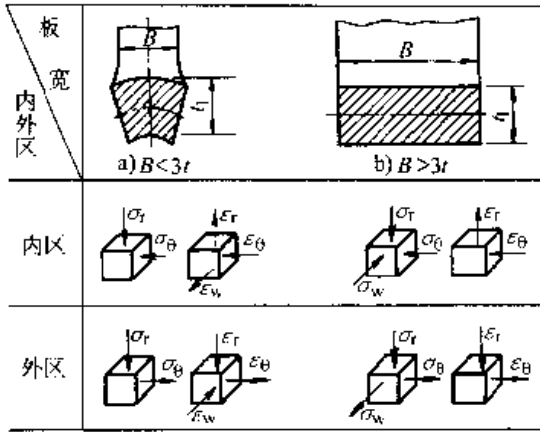


图 19.3-6 板料弯曲变形区的应力、应变状态
a) 窄板 b) 宽板

(1) 纵向（切向）（下角以“ θ ”表示，如 σ_θ ——切向应力、 ϵ_θ ——切向应变）

无论是窄板或宽板，都在纵向产生最大的应力与应变。内区受压缩而缩短，故应力为 $-\sigma_\theta$ ，应变为 $-\epsilon_\theta$ ；外侧受拉伸而伸长，故应力为 $+\sigma_\theta$ ，应变为 $+\epsilon_\theta$ （“+”为拉，“-”为压）。

(2) 横向（宽度方向）（下角以“w”表示，如 σ_w ——横向应力、 ϵ_w ——横向应变）

对于窄板，在内区由于纵向纤维的缩短使横向增宽，即应变为 $+\epsilon_w$ ；在外区则由于纵向纤维的伸长使横向收缩，即应变为 $-\epsilon_w$ 。由于毛坯宽度方向能自由变形，因此，内、外区横向应力 σ_w 均接近于零。

对于宽板，由于横向变形阻力较大，其断面几乎没有变化，内、外区横向应变 ϵ_w 均接近于零。在内区由于纵向纤维的缩短使横向有增宽趋势，阻止增宽的结果便产生压应力 $-\sigma_w$ ；在外区由于纵向纤维的伸长使横向有收缩趋势，阻止收缩的结果，便产生拉应力 $+\sigma_w$ 。

(3) 径向（厚度方向）（下角以“r”表示，如 σ_r ——径向应力、 ϵ_r ——径向应变）

根据塑性变形体积不变的原则，即各方向应变的代数和为零（ $\epsilon_\theta + \epsilon_w + \epsilon_r = 0$ ），因在外区，纵向产生最大的伸长 $+\epsilon_\theta$ ，故横向与径向必为缩短，即 $-\epsilon_w$ 、 $-\epsilon_r$ （其中宽板 $\epsilon_w = 0$ ）；与之相反，

因在内区纵向产生最大的缩短 $-\epsilon_\theta$ ，故横向与径向必为伸长，即 $+\epsilon_w$ 、 $+\epsilon_r$ （其中宽板 $\epsilon_w = 0$ ）。

无论是窄板或宽板，外区材料在板厚方向产生压缩应变 $-\epsilon_r$ ，因此材料有向曲率中心移近的倾向。越靠近板料外缘的材料，其纵向的拉伸应变 $+\epsilon_\theta$ 越大，所以材料移向曲率中心的倾向也越大，这就使板厚方向纤维之间产生挤压，因而产生压应力 $-\sigma_r$ 。另一方面，在内区将产生拉伸应变 $+\epsilon_r$ ，但受到凸模和外区材料向内区移近的阻碍，故在板厚方向的内区同样产生压应力 $-\sigma_r$ 。

由此可见，窄板弯曲时为平面（两向）应力状态和立体（三向）应变状态。宽板弯曲时为立体应力状态和平面应变状态。

在冲压实际生产中，经常遇到的是宽板的弯曲，故在以后讨论中都以宽板为例。

2 宽板弯曲时的主应力分布与应变中性层的位置

2.1 宽板立体纯塑性弯曲的主应力分布

为了深入了解宽板弯曲时的各种现象，必须进一步分析弯曲变形区三个主应力的分布规律。

现在研究在力矩 M 作用下发生塑性弯曲时，宽板中的应力分布。弯曲理论的分析作如下假定：横断面在弯曲变形中保持平面，直交于纵向纤维（保持平截面的假定）。

从平衡微分方程、塑性条件、平面应变条件出发，建立三个独立的方程式，可以对它们求解。

2.1.1 不考虑加工硬化

以下分析的弯曲过程没有考虑加工硬化。因此，所得关系式对热变形是正确的。

(1) 外区的三个主应力

1) 微分平衡方程 在外区 R_y 处取任意微体 $ABCD$ ，微体的宽度为 dR_y ，如图 19.3-7 所示。在弯曲变形的任一瞬间，微体都应处于力的平衡状态。在板料的纵向剖面内，微体只有 σ_θ 、 σ_r 两个未知主应力的作用，宽度方向的应力 σ_w 对微体在此平面内的平衡没有影响。微体切向应力 σ_θ 对称相等，半径为 R_y 处的径向应力为 σ_r 。采用极坐标，取极点与此变形瞬时毛坯曲率中心重合，则平衡方程式为

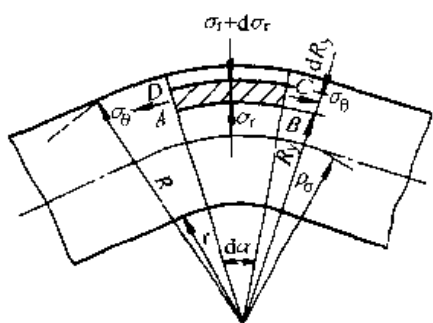


图 19.3-7 弯曲时微体 ABCD 上的力的平衡

$$\frac{d\sigma_r}{dR_y} + \frac{(\sigma_r - \sigma_\theta)}{R_y} = 0 \quad (19.3-1)$$

2) 塑性条件 在平面应变状态下, 其塑性条件可表示为

$$\sigma_\theta - \sigma_r = \pm 1.155\sigma_s \quad (19.3-2)$$

式中 σ_s —— 材料的屈服点。

3) 平面应变条件 平面应变时, 中间主应力即宽度方向的主应力 σ_w 为其余两个主应力的和的一半, 即

$$\sigma_w = \frac{\sigma_\theta + \sigma_r}{2} \quad (19.3-3)$$

将式 (19.3-2) 代入式 (19.3-1), 并考虑应力的符号 [式 (19.3-2) 取正号], 则得

$$d\sigma_r = 1.155\sigma_s \frac{dR_y}{R_y} \quad (19.3-4)$$

进行积分, (积分时, 不考虑冷作硬化效应, 所以 σ_s 为一常数), 则

$$\sigma_r = 1.155\sigma_s \ln R_y + C \quad (19.3-5)$$

式中 C 为积分常数, 可以利用边界条件求得, 即在板料的外缘 $R_y = R$ 时, 由于此处为板料的自由表面, 所以 $\sigma_r = 0$ 。因而积分常数 $C = -1.155\sigma_s \ln R$ 。将 C 代入式 (19.3-5), 可得外区的径向应力 σ_r :

$$\sigma_{r外} = -1.155\sigma_s \ln \frac{R}{R_y} \quad (19.3-6)$$

将式 (19.3-6) 代入式 (19.3-2), 即可求外区的切向应力 σ_θ :

$$\sigma_{\theta外} = 1.155\sigma_s \left(1 - \ln \frac{R}{R_y}\right) \quad (19.3-7)$$

将 σ_r 、 σ_θ 值代入式 (19.3-3), 可求得外区的横向应力 σ_w :

$$\sigma_{w外} = 1.155 \frac{\sigma_s}{2} \left(1 - 2 \ln \frac{R}{R_y}\right) \quad (19.3-8)$$

(2) 内区的三个主应力

同理, 可以建立式 (19.3-1)、式 (19.3-2) 和式 (19.3-3)。将 (19.3-2) 代入式 (19.3-1), 并考虑应力的符号 [式 (19.3-2) 取负号], 则得

$$d\sigma_r = -1.155\sigma_s \frac{dR_y}{R_y} \quad (19.3-9)$$

类似, 可求得内区的三个主应力

$$\sigma_{r内} = -1.155\sigma_s \left(1 + \ln \frac{R_y}{r}\right) \quad (19.3-10)$$

$$\sigma_{\theta内} = -1.155\sigma_s \ln \frac{R_y}{r} \quad (19.3-11)$$

$$\sigma_{w内} = -1.155 \frac{\sigma_s}{2} \left(1 + 2 \ln \frac{R_y}{r}\right) \quad (19.3-12)$$

式中 r —— 板料弯曲圆角半径 (见图 19.3-7)。

按上述应力公式求得板料剖面上外区和内区的三个主应力的分布规律如图 19.3-8 所示。

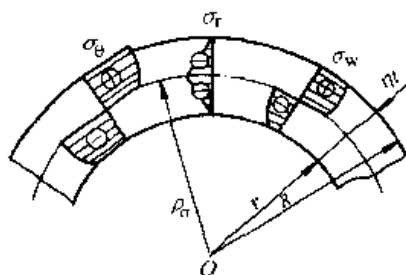


图 19.3-8 主应力的分布图

2.1.2 考虑加工硬化

在冷变形条件下, 硬化使屈服应力增加, 由于沿厚度变形量是变化的, 所以沿厚度屈服应力的增加也将是变化的。

冷弯时考虑加工硬化, 分析主应力分布时采用如下假设:

- ① 在变形终了时, 垂直于中心层的断面相对应应力中性层上的各点发生转动;
- ② 毛坯对于压缩和拉伸硬化效果相同;
- ③ 弯曲时纵向变形的硬化效果与单向压缩或拉伸时线性变形的硬化效果相同。

根据这些假设, 可以求得弯曲时纵向的真实的或对数应变 ϵ_θ 。

$$\epsilon_\theta = \ln \frac{R_y}{\rho_\epsilon} \quad (19.3-13)$$

若材料的硬化曲线为近似直线, 则

$$\sigma_s = \sigma_0 \pm D\epsilon_s = \sigma_0 \pm D \ln \frac{R_y}{\rho_\epsilon} \quad (19.3-14)$$

式中 σ_0 ——外推流动应力;

D ——材料硬化模数。

真实应变, 当 $R_y > \rho_\epsilon$ (外区) 时为正号, 当 $R_y < \rho_\epsilon$ (内区) 时为负号。

考虑硬化影响时, 式 (19.3-2) 应写成:

$$\sigma_\theta - \sigma_r = \pm 1.155 \sigma_s = \pm 1.155 \left[\sigma_0 \pm D \ln \frac{R_y}{\rho_\epsilon} \right] \quad (19.3-15)$$

式中方括号前面的正号用于外区, 而负号用于内区。

将平衡方程式 (19.3-1) 与式 (19.3-15) 联合求解, 并根据下列边界条件求出积分常数: 纵向拉伸区, 若 $R_y = R$, $\sigma_r = 0$; 纵向压缩区, 若 $R_y = r$, $\sigma_r = 0$ 。这样就可以得出考虑加工硬化的三个主应力。

外区的三个主应力:

$$\sigma_{r\text{外}} = -1.155 \left[\sigma_0 \ln \frac{R}{R_y} + \frac{D}{2} \left(\ln^2 \frac{R}{\rho_\epsilon} - \ln^2 \frac{R_y}{\rho_\epsilon} \right) \right] \quad (19.3-16)$$

$$\sigma_{\theta\text{外}} = 1.155 \left[\sigma_0 \left(1 - \ln \frac{R}{R_y} \right) + \frac{D}{2} \left(2 \ln \frac{R_y}{\rho_\epsilon} - \ln^2 \frac{R_y}{\rho_\epsilon} + \ln^2 \frac{R}{\rho_\epsilon} \right) \right] \quad (19.3-17)$$

$$\sigma_{w\text{外}} = 1.155 \left[\sigma_0 \left(\frac{1}{2} - \ln \frac{R}{R_y} \right) + \frac{D}{2} \left(\ln \frac{R_y}{\rho_\epsilon} - \ln^2 \frac{R}{\rho_\epsilon} + \ln^2 \frac{R_y}{\rho_\epsilon} \right) \right] \quad (19.3-18)$$

内区的三个主应力:

$$\sigma_{r\text{内}} = -1.155 \left[\sigma_0 \ln \frac{R_y}{r} + \frac{D}{2} \left(\ln^2 \frac{r}{\rho_\epsilon} - \ln^2 \frac{R_y}{\rho_\epsilon} \right) \right] \quad (19.3-19)$$

$$\sigma_{\theta\text{内}} = -1.155 \times \left[\sigma_0 \left(1 + \ln \frac{R_y}{r} \right) - \frac{D}{2} \left(2 \ln \frac{R_y}{\rho_\epsilon} - \ln^2 \frac{r}{\rho_\epsilon} + \ln^2 \frac{R_y}{\rho_\epsilon} \right) \right] \quad (19.3-20)$$

$$\sigma_{w\text{内}} = -1.155 \times \left[\sigma_0 \left(\frac{1}{2} + \ln \frac{R_y}{r} \right) - \frac{D}{2} \left(\ln \frac{R_y}{\rho_\epsilon} - \ln^2 \frac{r}{\rho_\epsilon} + \ln^2 \frac{R_y}{\rho_\epsilon} \right) \right] \quad (19.3-21)$$

从图 19.3-9 可以看到有硬化的立体纯塑性弯曲的主应力分布

弯曲的主应力分布情况。当相对弯曲半径 $\frac{r}{t}$ 很小时, 外区的部分金属层中, σ_θ 和 σ_w 也可能为压应力。这是因为, 在径向压应力 $\sigma_{r\text{外}}$ 很大的金属层中, 材料很可能沿切向和横向流动, 然而材料的整体性阻止了这种局部流动, 结果就产生了反向的压应力。

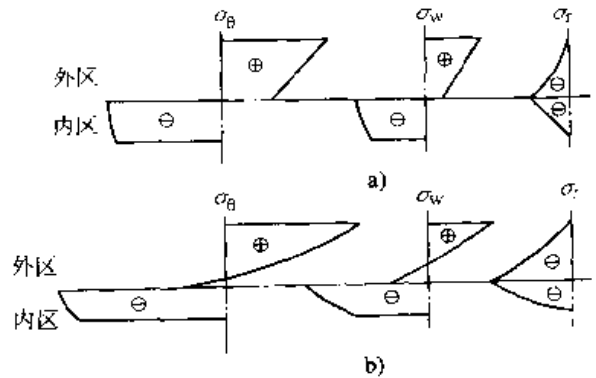


图 19.3-9 有硬化的立体纯塑性弯曲的主应力分布

a) 相对弯曲半径 $\frac{r}{t} = 1.0$ b) $\frac{r}{t} = 0.25$

2.2 应变中性层的位置

应变中性层是指弯曲前后纵向纤维长度保持不变的那层金属层。应变中性层可用弯曲前后毛坯和工件体积不变的条件求出 (见图 19.3-10)。

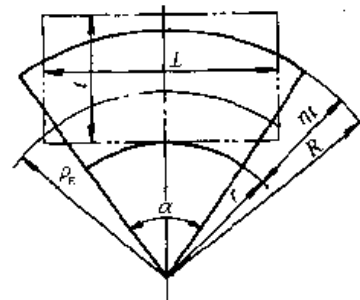


图 19.3-10 应变中性层的位置
(板坯宽度为 B)

设毛坯宽度为 B , 其余尺寸如图 19.3-10 所示。弯曲前的体积为

$$V_0 = tLB$$

弯曲后的体积为

$$V = \pi (R^2 - r^2) \frac{\alpha}{2\pi} B = (R^2 - r^2) \frac{\alpha}{2} B \quad (19.3-22)$$

弯曲前后体积相等, 得

$$tLB = (R^2 - r^2) \frac{\alpha}{2} B$$

应变中性层的长度等于毛坯原始长度, 即

$$L = \rho_e \alpha \quad (19.3-23)$$

式中 ρ_e ——应变中性层的曲率半径;
 α ——弯曲中心角。

这样, 体积不变的条件变为

$$\begin{aligned} t\rho_e \alpha B &= (R^2 - r^2) \frac{\alpha}{2} B \\ \rho_e &= \frac{R^2 - r^2}{2t} \end{aligned} \quad (19.3-24)$$

由图 19.3-10 知

$$R = r + \eta t$$

式中 η ——变薄系数;
 r ——内弯半径 (mm);
 t ——毛坯原始厚度 (mm)。

代入式 (19.3-24), 得

$$\rho_e = \frac{r^2 + 2r\eta t + (\eta t)^2 - r^2}{2t} = \left(\frac{r}{t} + \frac{\eta}{2}\right) \eta t \quad (19.3-25)$$

稍作变换后, 得

表 19.3-1 应变中性层的位移系数 x 值

$\frac{r}{t}$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2
x	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32	0.33
$\frac{r}{t}$	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	≥ 8.0
x	0.34	0.36	0.38	0.39	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50

3 最小弯曲半径的确定

从上述弯曲变形过程及应力、应变的分析可以看出, 在弯曲件受拉区域最外层的纤维变形程度最大, 也最容易发生裂纹。因此必须控制此处的拉伸变形, 使之不超过材料的极限变形程度, 以免造成废品。拉伸变形的大小主要取决于相对弯曲半径 $\frac{r}{t}$; 极限变形程度取决于材料的力学性能 (塑性)、材料的供应状态、材料的轧纹方向以及弯曲毛坯的剪切质量等。

3.1 最小弯曲半径的理论计算及实用推荐值

最小弯曲半径可用如下理论方法推得。弯曲时, 毛坯外表面纵向纤维的伸长率 (见图 19.3-10) 可按下列式计算:

$$\frac{\rho_e}{\eta} = r + \frac{\eta}{2}$$

因为当 $\frac{r}{t} < 5$ 的情况下, $\eta < 1$

$$\text{所以 } \rho_e < r + \frac{\eta}{2} \quad (19.3-26)$$

上式右边为几何中性层的曲率半径 ρ ($\rho = r + \frac{\eta}{2}$), 也就是说: 当 $\frac{r}{t}$ 较小时, 应变中性层产生了内移。

如前所述, 弯曲时外区的材料变薄, 内区的材料变厚。由于应变中性层的内移, 使拉区大于压区, 板料外区的变薄量大于内区的增厚量, 因而引起板料整体的变薄, $\frac{r}{t}$ 愈小, 应变中性层内移愈多, 板料变薄也愈严重。

在实际生产中, 板料弯曲时应变中性层的曲率半径可按下列式计算:

$$\rho_e = r + x t \quad (19.3-27)$$

式中 x ——应变中性层的位移系数 (查表 19.3-1)。

$$\delta = \frac{(r + \eta t) \alpha - \rho_e \alpha}{\rho_e \alpha} \quad (19.3-28)$$

$$\text{而 } \psi = \frac{\delta}{1 + \delta} = \frac{r + \eta t - \rho_e}{r + \eta t} \quad (19.3-29)$$

将式 (19.3-25) 中之 ρ_e 值代入上式得:

$$\psi = \frac{r + \eta t - \left[\left(\frac{r}{t} + \frac{\eta}{2}\right) \eta t\right]}{r + \eta t}$$

$$\text{即 } r = \frac{2 - 2\psi - \eta}{2(\eta + \psi - 1)} \eta t$$

$$\text{或 } \frac{r}{t} = \frac{2 - 2\psi - \eta}{2(\eta + \psi - 1)} \eta$$

式中的 $\frac{r}{t}$ 称为相对弯曲半径。由上式可见: $\frac{r}{t}$

越小, 则 ψ 越大。如果 $\frac{r}{t}$ 减小到使 ψ 达到拉伸试验所得的最大断面收缩率 ψ_{\max} , 则此时的 $\frac{r}{t}$ 即

为最小相对弯曲半径，以 $\frac{r_{\min}}{t}$ 表示。于是：

$$\frac{r_{\min}}{t} = \frac{2 - 2\psi_{\max} - \eta}{2(\eta + \psi_{\max} - 1)\eta}$$

或最小弯曲半径

$$r_{\min} = \frac{2 - 2\psi_{\max} - \eta}{2(\eta + \psi_{\max} - 1)\eta} t \quad (19.3-30)$$

常用材料的最小弯曲半径实用推荐值可查表 19.3-2。

表 19.3-2 常用材料的最小弯曲半径 (摘自 JB/T 5109-1991) (mm)

材 料		弯曲线与轧制纹向垂直	弯曲线与轧制纹向平行
08F、08Al		0.2t	0.4t
10、15、Q195		0.5t	0.8t
20、Q215A、Q235A、09MnXtL		0.8t	1.2t
25、30、35、40、Q255A、10Ti、13MnTi、16MnL、16MnXtL		1.3t	1.7t
65Mn	T (特硬)	3.0t	6.0t
	Y (硬)	2.0t	4.0t
1Cr18Ni9	I (冷作硬化)	0.5t	2.0t
	BI (半冷作硬化)	0.3t	0.5t
1J79	R (软)	0.1t	0.2t
	Y (硬)	0.5t	2.0t
3J1	M (软)	0.1t	0.2t
	Y (硬)	3.0t	6.0t
3J53	M (软)	0.3t	0.6t
	Y (硬)	0.7t	1.2t
TA1	M (软)	0.4t	0.7t
	冷作硬化	3.0t	4.0t
TA5	冷作硬化	5.0t	6.0t
	TB2	冷作硬化	7.0t
H62	Y (硬)	0.3t	0.8t
	Y2 (半硬)	0.1t	0.2t
	M (软)	0.1t	0.1t
HPb59-1	Y (硬)	1.5t	2.5t
	M (软)	0.3t	0.4t
BZn15-20	Y (硬)	2.0t	3.0t
	M (软)	0.3t	0.5t
QSn6.5-0.1	Y (硬)	1.5t	2.5t
	M (软)	0.2t	0.3t
QBe2	Y (硬)	0.8t	1.5t
	M (软)	0.2t	0.2t
T2	Y (硬)	1.0t	1.5t
	M (软)	0.1t	0.1t
1050A (L3) ^① 、1035 (L4)	HX8 (硬)	0.7t	1.5t
	O (软)	0.1t	0.2t
7A04 (LC4) ^①	T9 (淬火人工时效又经冷作硬化)	2.0t	3.0t
	O (软)	1.0t	1.5t
5A05 (LF5) ^① 5A06 (LF6) 3A21 (LF21)	HX8 (硬)	2.5t	4.0t
	O (软)	0.2t	0.3t

续表 19.3-2

材 料		弯曲线与轧制纹向垂直	弯曲线与轧制纹向平行
2A12 (LY12)①	T4 (淬火后自然时效)	2.0t	3.0t
	O (软)	0.3t	0.4t

注：1. 表中 t 为板料厚度。

2. 表中数值适用于下列条件：原材料为供货状态，90°角 V 形校正弯曲，毛坯板厚小于 20 mm、宽度大于 3 倍板厚，毛坯剪切断面的光亮带在弯曲外侧。

①铝及铝合金的牌号，按 GB/T 3190—1996 标出，括号中则为相应的旧牌号（按 GB 3190—1982）。

3.2 最小弯曲半径的影响因素

(1) 材料的力学性能

由式(19.3-30)中的 ψ_{max} 可以看出，材料的力学性能直接影响 r_{min} 的大小，塑性好的材料，即 ψ_{max} 、 δ_{max} 大的材料，外层纤维允许变形程度大，许可最小弯曲半径就小。相反，塑性差的材料，即 ψ_{max} 、 δ_{max} 小的材料，最小弯曲半径就相应大些。

(2) 材料供应状态

同样牌号的材料，由于供应状态不同，其力学性能存在差异。如特硬的(T)、硬的(Y)、半硬的(Y2)、软的(M)材料相比较，其塑性逐渐提高，因此，许可的最小弯曲半径便可相应减小。

由于冲裁后的毛坯有加工硬化现象，若未经退火就进行弯曲，则最小弯曲半径就应大些；若经过退火软化处理，则最小弯曲半径可小些。

(3) 弯曲中心角 α

理论上弯曲变形区局限于圆角部分，而直边部分完全不参与变形，因而变形程度只与 $\frac{r}{t}$ 有关，而与弯曲中心角 α 无关。但实际上由于纤维相互制约作用，接近圆角的直边也参与了变形，即扩大了弯曲变形区的范围。圆角附近的材料参与变形以后，分散了集中在圆角部分的弯曲应变，这对于圆角外表面受拉状态有缓解作用，因而有利于降低最小弯曲半径的数值。弯曲中心角越小，变形分散效应越显著，所以最小弯曲半径的数值也越小。图 19.3-11 所示曲线表示弯曲中心角对于变形分散效应的影响。图中实线表示不同弯曲中心角情况下，变形区的切向应变的实

际分布；虚线表示不考虑变形分散效应时，切向应变的理论分布。当弯曲中心角大于 60°以后，变形分散效应仅限于直边附近的局部区域，而在圆角中段又逐渐失去直边参与变形以后的有利影响。所以当弯曲中心角 α 大于 60°~90°以后，最小弯曲半径的数值与弯曲中心角的大小无关。

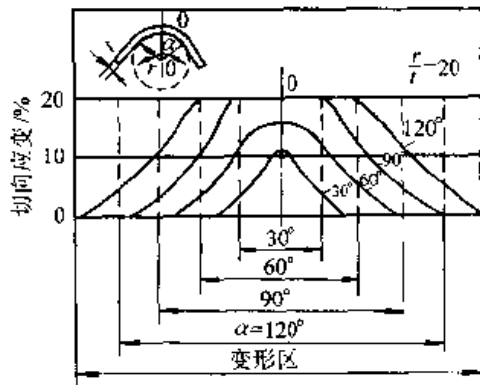


图 19.3-11 弯曲中心角对于变形分散效应的影响

弯曲中心角 α 对最小弯曲半径的实际影响如图 19.3-12 所示， $\alpha < 70^\circ$ 时，弯曲中心角的影响比较显著，当 $\alpha > 70^\circ$ 时，其影响大大减弱。

(4) 弯曲线的方向

轧制所得冲压用板料具有各向异性，顺轧纹方向的塑性指标 (ψ_{max} 和 δ_{max}) 高于垂直轧纹方向的塑性指标。因此弯曲件的弯曲线如果与板料的轧纹垂直，最小相对弯曲半径 $\frac{r_{min}}{t}$ 的数值最小。反之，如果弯曲件的弯曲线平行于轧纹，则最小相对弯曲半径 $\frac{r_{min}}{t}$ 的值最大（见图 19.3-13）。

实际生产中，如果弯曲线与材料纤维（即轧纹）方向的夹角选择不当，就会使工件在弯曲变

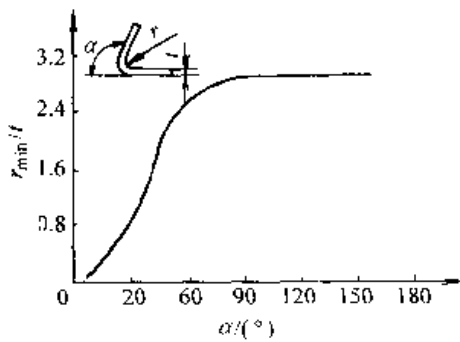


图 19.3-12 弯曲中心角对 $\frac{r_{\min}}{t}$ 的影响

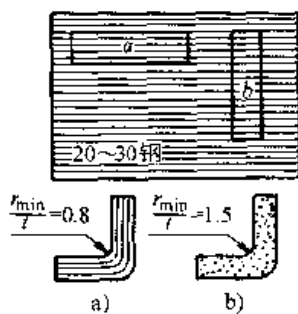


图 19.3-13 轧纹方向对 $\frac{r_{\min}}{t}$ 的影响

- a) 轧纹方向垂直弯曲线
- b) 轧纹方向平行弯曲线

形区外层产生裂口，如图 19.3-14a 所示。如锡锰青铜，当弯曲线平行于纤维方向时，弯曲就很困难。因此，一般在弯曲低塑性材料（如磷青铜、铍青铜、硬黄铜、弹簧钢等）时，弯曲线应与材料的纤维方向垂直，最小弯曲半径 r_{\min} 应取为 $(2-4)t$ 。对于塑性较好的材料（如 10、20 钢），当其弯曲半径 $r < 0.5t$ 时，也应使弯曲线与材料纤维方向垂直；而当弯曲半径 $r \geq t$ 时，则弯曲线的位置主要由最经济的排样方案决定。若工件具有多个不同的弯曲线时，最好使各弯曲线和材料纤维方向均保持一定角度，如图 19.3-14b 所示。

(5) 板料的厚度

弯曲变形区内切向应变在厚度方向上按线性规律变化，在外表面最大，在应变中性层为零。当板料的厚度较小时，切向应变变化的梯度大，很快地由最大值衰减为零。这时与切向变形最大的外表面相邻的金属，可以起到阻止外表面金属产生局部不均匀延伸的作用。所以这种情况下可能得到较大的变形程度和较小的最小相对弯曲半径。板料厚度对最小相对弯曲半径的影响见图 19.3-15。

(6) 板料表面和剪切断面的质量

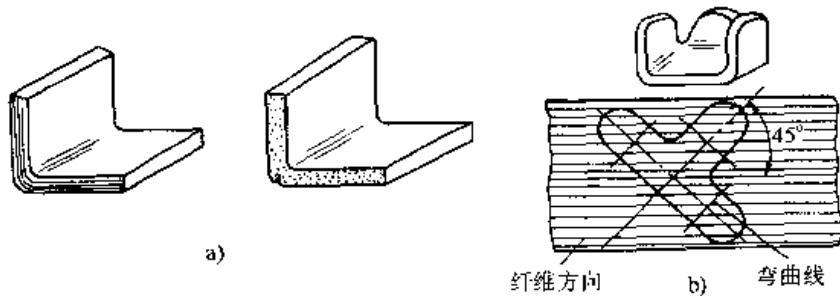


图 19.3-14 弯曲线与轧纹（纤维）方向的关系

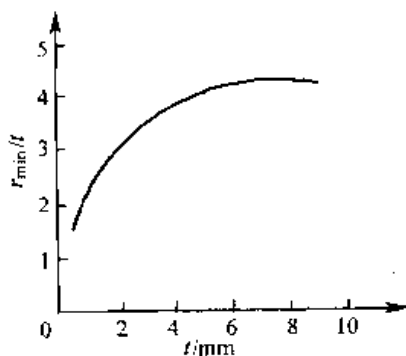


图 19.3-15 最小相对弯曲半径与板厚 t 的关系

板料表面不得有缺陷，否则弯曲时容易产生裂纹。弯曲前的毛坯都是经冲裁或剪切得到的，剪切断面存在着冷作硬化层及毛刺，硬化降低了材料的塑性，毛刺易形成应力集中，使许可的最小弯曲半径增大。因此，冲压弯曲半径小的工件时，就应预先去掉毛刺，并采用退火方法消除毛坯的硬化层。在一般情况下，如果毛刺较小，可把有毛刺的一边置于弯曲凸模面（即处于受压区），以防止产生裂纹。

如果工件的弯曲半径小于许可的最小弯曲半径时，应分两次或多次弯曲，即先弯成较大的圆

角半径,可使变形区域扩大,以减小外缘纤维的伸长率。然后再弯成所要求的弯曲半径。对于比较脆的材料及厚料,还可采用加热弯曲。

4 弯曲力的计算和设备选择

4.1 弯曲力矩

弯矩可按内、外区切向应力的力矩平衡条件确定(见图19.3-7):

$$M = M_{外} + M_{内} = B \int_{\rho_n}^R \sigma_{\theta外} R_y dR_y + B \int_r^{\rho_n} \sigma_{\theta内} R_y dR_y \quad (19.3-31)$$

式中 ρ_n ——应力中性层的曲率半径。

当 $\frac{r}{t} > 5$, 属于线性纯塑性弯曲时, 切向应力形成的弯矩为

$$\begin{aligned} M &= 2 \int_0^{\frac{t}{2}} \sigma_{\theta y} B dy \\ &= 2 \int_0^{\epsilon_{\theta max}} \sigma_{\theta} \epsilon_{\theta} \rho_{\epsilon} B \rho_{\epsilon} d\epsilon_{\theta} \\ &= 2B \rho_{\epsilon}^2 \int_0^{\epsilon_{\theta max}} (\sigma_s + D\epsilon_{\theta}) \epsilon_{\theta} d\epsilon_{\theta} \end{aligned}$$

因 $\epsilon_{\theta max} = \frac{t}{2\rho_{\epsilon}}$

$$\begin{aligned} \text{故 } M &= \frac{\sigma_s B t^2}{4} + \frac{D B t^2}{12 \rho_{\epsilon}} \\ &= \left[\frac{S}{W} + \frac{tD}{2\rho_{\epsilon}\sigma_s} \right] W \sigma_s \\ &= m W \sigma_s \quad (19.3-32) \end{aligned}$$

式中 S ——弯曲件的断面静矩, 矩形断面时

$$S = \frac{B t^2}{4};$$

W ——弯曲件的抗弯系数, 矩形断面时

$$W = \frac{B t^2}{6};$$

m ——相对弯矩, $m = \frac{S}{W} + \frac{tD}{2\rho_{\epsilon}\sigma_s}$, m 可由表19.3-3查得。

表 19.3-3 相对弯矩 m 值 (矩形断面)

材 料	相对弯曲半径 $\frac{r}{t}$				
	100	50	25	10	5
10、15	1.6	1.75	1.7	2	2.45
20、25	1.6	1.75	1.75	2.1	2.6
30、35	1.6	1.75	1.8	2.2	2.8
40、45	1.6	1.8	1.85	2.35	3.5

当 $\frac{r}{t} < 5$, 属于立体塑性弯曲。其切向应力由式(19.3-17)和式(19.3-20)求得, 并应用 $\rho_{\epsilon} = \sqrt{rR}$ (当 $R_y = \rho_{\epsilon}$ 时, 根据应力中性层的 $\sigma_{\theta外} = \sigma_{\theta内}$ 可求得), 将其代入式(19.3-31)。可得硬化时的弯曲力矩:

$$M = 1.155 B \times \left[\sigma_0 \left(\frac{R-r}{2} \right)^2 + D \left(\frac{R^2+r^2}{4} \ln \sqrt{\frac{R}{r}} - \frac{R^2-r^2}{8} \right) \right] \quad (19.3-33)$$

对于无硬化的弯曲, 若取 $\sigma_0 = \sigma_s$, 则弯矩为

$$M = 1.155 B \left[\sigma_s \left(\frac{R-r}{2} \right)^2 \right] = 1.155 \sigma_s \frac{B t^2}{4} \quad (19.3-34)$$

从式(19.3-34)看出, 无硬化弯曲时, 在整个变形过程中, 弯矩不因毛坯弯曲度增大而发生变化。实际上, 在冷弯时, 材料会产生冷作硬化, 因而弯矩往往会增大。

4.2 弯曲力的计算

4.2.1 弯曲过程力—行程曲线

在凸、凹模隔着材料吻合以前的弯曲过程称为自由弯曲。凸模继续下压, 弯曲力急剧上升, 称为校正性弯曲。根据试验, V形弯曲件弯曲过程力与行程的关系如图19.3-16所示。

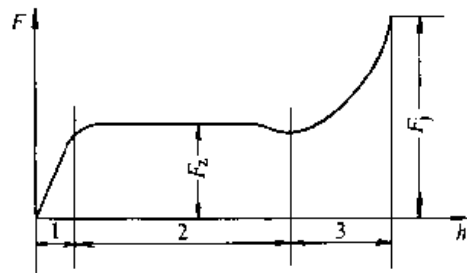


图 19.3-16 弯曲过程力—行程曲线

1—弹性弯曲 2—自由弯曲

3—校正性弯曲

4.2.2 弯曲力的理论计算

弯曲力的理论计算可从式(19.3-32)和式(19.3-33)计算的塑性弯曲力矩 M 和外加弯矩 $M_{外} = \frac{1}{2} Fl$ 相等的条件求得(见图19.3-2), 现以线性塑性弯曲为例, 有

$$m W \sigma_s = \frac{1}{2} Fl$$

则
$$F = \frac{2m W \sigma_s}{l} \quad (19.3-35)$$

但是由于弯曲力受材料性能、零件形状、弯曲半径、凹模支点间距离、弯曲方式及模具结构等多种因素的影响，用理论公式来计算不但计算复杂，而且也不一定准确。因此在生产中经常采用经验公式计算，作为工艺与模具设计以及选择设备的依据。

4.2.3 弯曲力计算用经验公式

(1) 自由弯曲力

对于 V 形弯曲件：

$$F_z = \frac{0.6KBt^2\sigma_b}{r+t} \quad (19.3-36)$$

对于 U 形弯曲件：

$$F_z = \frac{0.7KBt^2\sigma_b}{r+t} \quad (19.3-37)$$

式中 F_z ——自由弯曲力 (N)；
 B ——弯曲件的宽度 (mm)；
 t ——弯曲件的厚度 (mm)；
 r ——弯曲件的圆角半径 (mm)；
 σ_b ——材料的抗拉强度 (MPa)；
 K ——安全系数，一般取 $K=1.3$ 。

(3) 校正性弯曲力

为了提高弯曲件的精度，减小回弹，在弯曲的终了阶段对弯曲件的圆角及直边进行精压，称为校正性弯曲。校正性弯曲时的弯曲力 F_j 可用下式计算：

$$F_j = fA \quad (19.3-38)$$

式中 F_j ——校正性弯曲力 (N)；
 f ——单位面积上的校正力 (MPa)，按表 19.3-4 选取；
 A ——校正部分投影面积 (mm²)。

表 19.3-4 单位校正力 f 值 (MPa)

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	30~40	40~60	60~80	80~100
25、30	40~50	50~70	70~100	100~120

(3) 顶件力或压料力

对于设有顶件装置或压料装置的弯曲模，其顶件力 F_d 或压料力 F_y 可近似取自由弯曲力 F_z

的 30%~80%，即：

$$F_d \text{ (或 } F_y) = KF_z \quad (19.3-39)$$

式中 F_d ——顶件力 (N)；
 F_y ——压料力 (N)；
 F_z ——自由弯曲力 (N)；
 K ——系数，可查表 19.3-5。

表 19.3-5 系数 K 值

用途	弯曲件复杂程度	
	简单	复杂
顶 件	0.1~0.2	0.2~0.4
压 料	0.3~0.5	0.5~0.8

4.3 压力机公称压力的确定

对于有弹性顶件装置的自由弯曲按下式计算：

$$F_{\text{压机}} \geq (1.1\sim 1.2) (F_z + F_d) \quad (19.3-40)$$

对于有弹性压料装置的自由弯曲按下式计算：

$$F_{\text{压机}} \geq (1.1\sim 1.2) (F_z + F_y) \quad (19.3-41)$$

对于校正性弯曲按下式计算：

$$F_{\text{压机}} \geq (1.1\sim 1.2) F_j \quad (19.3-42)$$

式中 $F_{\text{压机}}$ ——压力机公称压力 (N)。

5 弯曲件毛坯尺寸的计算

根据弯曲件结构形状不同、弯曲圆角半径不同和弯曲方法不同，其毛坯尺寸的计算方法也不相同。下面分别叙述它们的展开长度的计算方法。

5.1 弯曲件 $r \geq 0.5t$ 时毛坯尺寸的计算

如图 19.3-17 所示为有圆角半径 ($r \geq 0.5t$) 的弯曲件，其展开长度是根据弯曲前、后应变中性层长度不变的原则进行计算的。弯曲件毛坯长度等于直线部分的长度和弯曲部分应变中性层展开长度之和。

$$L = \sum l_{\text{直}} + \sum l_{\text{弯}} \quad (19.3-43)$$

式中 L ——弯曲件毛坯长度 (mm)；
 $\sum l_{\text{直}}$ ——弯曲件各直线段长度之和 (mm)；
 $\sum l_{\text{弯}}$ ——弯曲件各弯曲部分 (圆弧部分) 应

变中性层展开长度之和 (mm)。

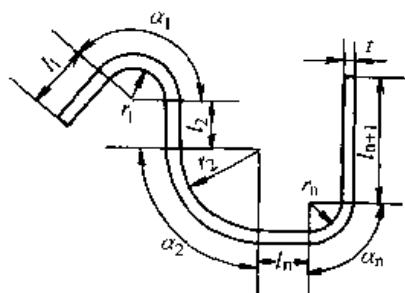


图 19.3-17 有圆角半径 ($r \geq 0.5t$) 的弯曲件

圆弧部分应变中性层展开长度按下式计算 (见图 19.3-18):

$$l_{\text{弯}} = \frac{\pi\alpha}{180^\circ} (r + xt) = \frac{\pi\rho_e\alpha}{180^\circ} \quad (19.3-44)$$

- 式中 $l_{\text{弯}}$ —— 圆弧部分应变中性层展开长度 (mm);
- r —— 圆角半径 (mm);
- x —— 应变中性层的位移系数 (查表 19.3-1);
- α —— 弯曲中心角 ($^\circ$), $\alpha = 180^\circ - \theta$ (见图 19.3-19);
- θ —— 弯曲角 ($^\circ$);
- ρ_e —— 应变中性层的曲率半径 (mm)。

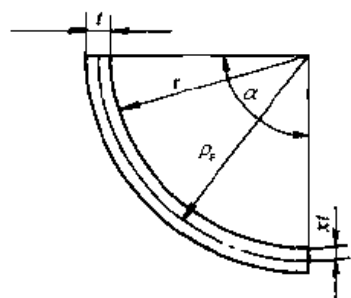


图 19.3-18 应变中性层 ρ_e 的位置

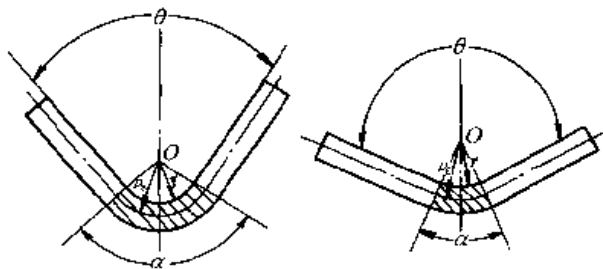


图 19.3-19 弯曲角与弯曲中心角的关系
当弯曲角 θ 为 90° 时, 则弯曲中心角 α 亦为

90° , 则圆弧部分应变中性层的展开长度为

$$\begin{aligned} l_{\text{弯}} &= \frac{\pi 90^\circ}{180^\circ} (r + xt) \\ &= \frac{\pi}{2} (r + xt) \\ &= 1.57 (r + xt) = 1.57\rho_e \end{aligned} \quad (19.3-45)$$

具体计算步骤如下:

- 1) 算出直线段 $l_{\text{直}1}$ 、 $l_{\text{直}2}$ …… $l_{\text{直}n+1}$ 的长度。
- 2) 根据 $\frac{r}{t}$, 由表 19.3-1 查出应变中性层位移系数 x 值。
- 3) 按式 (19.3-27) 计算应变中性层的曲率半径 ρ_e 值。
- 4) 根据 ρ_{e1} 、 ρ_{e2} …… ρ_{en} 与弯曲中心角 α_1 、 α_2 、…… α_n , 按式 (19.3-44) 算出 $l_{\text{弯}1}$ 、 $l_{\text{弯}2}$ …… $l_{\text{弯}n}$ 圆弧的展开长度。
- 5) 计算毛坯总长度

$$L = l_{\text{直}1} + l_{\text{直}2} + \dots + l_{\text{直}n+1} + l_{\text{弯}1} + l_{\text{弯}2} + \dots + l_{\text{弯}n}$$

例 试求图 19.3-20 所示弯曲件的毛坯展开长度。

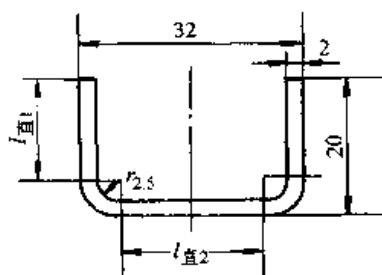


图 19.3-20 弯曲件毛坯长度
计算实例图

解 ① 算出直线段 $l_{\text{直}1}$ 、 $l_{\text{直}2}$ 的长度

$$l_{\text{直}1} = 20 - t - r = (20 - 2 - 2.5) \text{ mm} = 15.5 \text{ mm}$$

$$l_{\text{直}2} = 32 - 2(r + t) = [32 - 2(2.5 + 2)] \text{ mm} = 23 \text{ mm}$$

② 当 $\frac{r}{t} = \frac{2.5}{2} = 1.25$ 时, 查表 19.3-1, 用插入法求得 $x = 0.335$

③ 计算应变中性层曲率半径

$$\rho_e = r + xt = (2.5 + 0.335 \times 2) \text{ mm} = 3.17 \text{ mm}$$

④ 当 $\alpha = 90^\circ$ 时, 按式 (19.3-45) 求出 $l_{\text{弯}}$

$$l_{\text{弯}} = 1.57\rho_e = 1.57 \times 3.17 \text{ mm} \approx 4.98 \text{ mm}$$

⑤ 计算毛坯总长度

$$L = 2 \times l_{直1} + l_{直2} + 2l_{弯} = (2 \times 15.5 + 23 + 2 \times 4.98) \text{ mm} = 63.96 \text{ mm}$$

为了计算方便,表 19.3-6 列出了弯曲 90° 时圆角部分中性层弧长 $1.57(r - xt)$ 的数值 (JB/T 5109—1991)。

当 90° 角的弯曲件其尺寸标注在内侧时 (见表 19.3-7 附图), 则毛坯长度可按下式近似计算

(JB/T 5109—1991)。

$$L = l_1 + l_2 + K$$

式中 l_1, l_2 —— 标注在内侧的弯曲件边长尺寸;

K —— 修正值, 列于表 19.3-7。

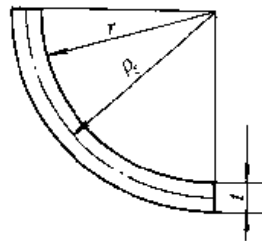
表 19.3-8 列出弯曲件 $r \geq 0.5t$ 时, 毛坯展开长度的计算公式 (JB/T 5109—1991)。

表 19.3-6 弯曲 90° 时圆角部分中性层弧长 (mm)

$t \backslash r$	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6
0.15	0.22	0.39	0.57	0.90	1.37	1.69	2.00	2.47						
0.20	0.23	0.41	0.58	0.92	1.41	1.73	2.04	2.51	3.30					
0.25	0.24	0.42	0.60	0.94	1.44	1.76	2.08	2.55	3.34	4.12				
0.3	0.25	0.44	0.61	0.96	1.46	1.79	2.11	2.59	3.38	4.16	4.95			
0.4		0.47	0.64	1.00	1.51	1.84	2.17	2.65	3.46	4.24	5.03	6.60		
0.5		0.49	0.67	1.02	1.55	1.88	2.22	2.72	3.52	4.32	5.12	6.68	8.25	
0.6		0.50	0.70	1.05	1.58	1.92	2.26	2.76	3.59	4.38	5.18	6.75	8.33	9.90
0.8				1.10	1.63	1.99	2.34	2.85	3.68	4.51	5.31	6.91	8.48	10.05
0.9				1.13	1.65	2.02	2.37	2.89	3.72	4.56	5.38	6.98	8.56	10.13
1.0				1.16	1.69	2.04	2.40	2.92	3.77	4.60	5.43	7.04	8.64	10.21
1.2					1.74	2.09	2.45	2.99	3.85	4.68	5.52	7.16	8.76	10.37
1.5					1.83	2.18	2.53	3.06	3.95	4.82	5.65	7.32	8.97	10.56
1.75						2.25	2.59	3.13	4.02	4.90	5.75	7.41	9.09	10.74
2.0						2.32	2.67	3.20	4.08	4.98	5.84	7.54	9.20	10.87
2.5							2.83	3.34	4.22	5.10	6.00	7.74	9.42	11.09
3.0								3.49	4.35	5.24	6.13	7.90	9.64	11.31
3.5									4.50	5.36	6.26	8.05	9.80	11.50
4.0									4.65	5.52	6.40	8.17	9.96	11.69
4.5										5.66	6.53	8.28	10.12	11.85
5.0										5.81	6.68	8.44	10.21	12.01
5.5											6.82	8.57	10.32	12.15
6											6.97	8.71	10.48	12.25
7												9.00	10.73	12.50
8												9.30	11.02	12.79
9													11.32	13.06
10													11.62	13.35

续表 19.3-6

r	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	63	80	100
0.15														
0.20														
0.25														
0.3														
0.4														
0.5														
0.6														
0.8	13.19													
0.9	13.27													
1.0	13.35	16.49												
1.2	13.51	16.65												
1.5	13.74	16.89	20.03	24.74										
1.75	13.92	17.08	20.22	24.94										
2.0	14.07	17.28	20.48	25.13	32.99									
2.5	14.40	17.59	20.80	25.53	33.38	41.23								
3.0	14.64	17.92	21.11	25.92	33.77	41.63								
3.5	14.82	18.18	21.49	26.23	34.16	42.02	49.87							
4.0	15.08	18.41	21.74	26.55	34.56	42.41	50.27	58.12	65.97					
4.5	15.27	18.64	21.95	26.86	34.87	42.80	50.66	58.51	66.37	74.22				
5.0	15.47	18.85	22.18	27.17	35.19	43.20	51.50	58.97	66.76	74.61	82.47			
5.5	15.63	19.03	22.43	27.40	35.58	43.51	51.44	59.30	67.15	75.01	82.86			
6	15.80	19.29	22.62	27.61	35.85	43.83	51.84	59.69	67.54	75.40	83.25			
7	16.11	19.60	23.00	28.07	36.36	44.55	52.40	60.48	68.33	76.18	84.04	104.46		
8	16.34	19.92	23.37	28.48	36.82	45.4	53.15	61.14	69.12	76.97	84.82	105.24	131.95	
9	16.55	20.18	23.70	28.86	37.24	45.63	53.63	61.76	69.74	77.75	85.61	106.03	132.73	
10	16.88	20.42	24.03	29.23	37.70	46.02	54.35	62.35	70.69	78.38	86.39	106.81	133.52	164.93



注：表中粗线框内为选取数值。

表 19.3-7 弯曲 90°角时修正值 K

(mm)

r	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	2	2.5
0.15	+0.02	-0.01	-0.03	-0.10	-0.23	-0.31	-0.40	-0.53		
0.20	+0.03	+0.01	-0.02	0.08	-0.19	-0.27	-0.36	-0.49	-0.70	
0.25	+0.04	+0.02	0.00	-0.06	-0.16	-0.24	-0.32	-0.45	-0.66	-0.88
0.3	+0.04	+0.03	+0.01	-0.04	-0.14	-0.21	0.29	-0.41	-0.62	0.84
0.4		+0.06	+0.04	0.00	-0.09	-0.16	-0.23	-0.35	-0.54	-0.76

续表 19.3-7

$r \backslash t$	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	2	2.5
0.5		+0.08	+0.07	+0.02	-0.05	-0.12	-0.18	-0.28	-0.48	-0.68
0.6			+0.10	+0.05	-0.02	-0.07	-0.14	-0.24	-0.41	-0.62
0.8				+0.10	+0.03	0.01	-0.06	-0.15	-0.32	-0.49
0.9				+0.13	+0.06	+0.02	-0.03	-0.11	-0.27	-0.44
1.0				+0.16	+0.09	+0.04	0.00	-0.08	-0.23	-0.40
1.2					+0.14	+0.09	+0.05	-0.01	-0.15	-0.31
1.5					+0.23	+0.18	+0.13	+0.06	-0.05	-0.18
1.75						+0.25	+0.19	+0.13	+0.03	-0.10
2.0						+0.32	+0.27	+0.20	+0.08	-0.02
2.5							+0.43	+0.34	+0.22	+0.11
3.0								+0.49	+0.35	+0.24
3.5									+0.50	+0.36
4.0									+0.65	+0.51
4.5										+0.66
5.0										+0.81
5.5										
6										
7										
8										
9										
10										

$r \backslash t$	3	4	5	6	8	10	12	15	20
0.15									
0.20									
0.25									
0.3	-1.05								
0.4	-0.97	-1.40							
0.5	-0.88	-1.32	-1.75						
0.6	-0.82	-1.25	-1.67	-2.10					
0.8	-0.69	-1.09	-1.52	-1.95	-2.81				
0.9	-0.62	-1.02	-1.44	-1.87	-2.73				
1.0	-0.57	-0.96	-1.36	-1.79	-2.65	-3.51			
1.2	-0.48	-0.84	-1.24	-1.63	-2.49	-3.35			

$L=l_1+l_2+k$

续表 19.3-7

$t \backslash r$	3	4	5	6	8	10	12	15	20
1.5	-0.27	-0.68	-1.01	-1.44	-2.26	-3.11	-3.97	-5.26	
1.75	-0.25	-0.58	-0.91	-1.26	-2.08	-2.92	-3.78	5.06	
2.0	-0.16	-0.46	-0.80	-1.13	-1.93	-2.72	-3.58	-4.87	-7.01
2.5	+0.01	-0.26	-0.58	-0.91	-1.61	-2.41	-3.20	-4.47	-6.62
3.0	+0.13	-0.10	-0.36	-0.69	-1.36	-2.08	-2.89	-4.08	-6.23
3.5	+0.26	+0.05	0.21	-0.50	-1.18	-1.82	-2.51	-3.77	-5.84
4.0	+0.40	+0.17	-0.04	-0.31	-0.92	-1.59	-2.26	-3.45	-5.44
4.5	+0.52	+0.28	+0.09	-0.15	-0.73	-1.36	-2.04	-3.14	-5.13
5.0	+0.68	+0.44	+0.21	+0.02	-0.53	-1.15	-1.82	-2.83	-4.81
5.5	+0.82	+0.57	+0.32	+0.15	-0.37	-0.96	-1.59	-2.60	-4.42
6	+0.97	+0.70	+0.47	+0.25	-0.20	-0.73	-1.38	-2.39	-4.11
7		+1.00	+0.73	+0.51	+0.11	-0.41	-0.99	-1.93	-3.64
8		+1.30	+1.03	+0.80	+0.34	-0.08	-0.63	-1.52	-3.18
9			+1.32	+1.06	+0.55	+0.19	0.30	-1.14	-2.73
10			+1.62	+1.35	+0.89	+0.42	+0.03	-0.77	-2.30
$t \backslash r$	25	30	35	40	45	50	63	80	100
0.15									
0.20									
0.25									
0.3									
0.4									
0.5									
0.6									
0.8									
0.9									
1.0									
1.2									
1.5									
1.75									
2.0									
2.5	-8.77								
3.0	-8.37	-10.51	-12.66						
3.5	-7.89	-10.13	-12.27						

续表 19.3-7

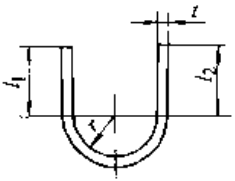
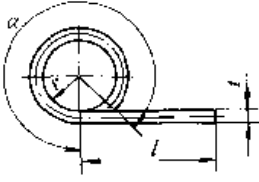
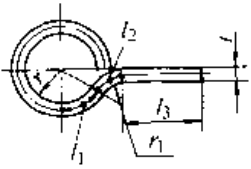
r	25	30	35	40	45	50	63	80	100
4.0	-7.59	-9.73	-11.88	-14.03					
4.5	-7.20	-9.34	-11.49	-13.63	-15.88				
5.0	-6.08	-8.95	-11.09	-13.24	-15.39	-17.53			
5.5	-6.49	-8.60	-10.70	-12.85	-14.99	-17.14			
6	-6.17	-8.16	-10.31	-12.46	-14.60	-16.75			
7	-5.45	-7.59	-9.52	-11.67	-13.82	-15.96	-21.54		
8	-4.89	6.97	-8.86	-10.88	-13.03	-15.18	-20.76	-28.05	
9	-4.44	6.37	-8.24	-10.26	-12.25	-14.39	19.97	-27.27	
10	-3.98	-5.65	-7.64	-9.31	-11.62	-13.61	-19.19	-26.48	-35.07

注：粗线以上为负值。

表 19.3-8 弯曲件 $r \geq 0.5t$ 时毛坯展开长度的计算公式

弯曲形式	简图	计算公式
单角弯曲 (已知切点尺寸)		$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi (180^\circ - \alpha)}{180^\circ} (r + xt) - 2 (r + t)$
单角弯曲 (已知交点尺寸)		$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi (180^\circ - \alpha)}{180^\circ} (r + xt) - 2 \cot \frac{\alpha}{2} (r + t)$
单角弯曲 (已知中心尺寸)		$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi (180^\circ - \alpha)}{180^\circ} (r + xt)$
双直角弯曲		$L = l_1 + l_2 + l_3 + \pi (r + xt)$
四直角弯曲		$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + \frac{\pi}{2} (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) + \frac{\pi}{2} (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) t$

续表 19.3-8

弯曲形式	简 图	计算公式
半圆弯曲		$L = l_1 + l_2 + \pi (r + xt)$
铰链卷圆		$L = l + \frac{\pi\alpha}{180} (r + xt)$
吊环卷圆		$L = 1.5\pi (r + xt) + l_1 + l_2 + l_3$

注：系数 x 查表 19.3.1 或表 19.3-10。

5.2 弯曲件 $r < 0.5t$ 时毛坯尺寸的计算

小圆角半径 ($r < 0.5t$) 或无圆角半径弯曲件 (见图 19.3-21) 的毛坯长度是根据弯曲前、后材料体积不变的原则进行计算的。

弯曲前的体积是：

$$V_0 = LBt$$

弯曲后的体积是：

$$V = (l_1 + l_2) Bt + \frac{\pi t^2}{4} B$$

由 $V_0 = V$ 可得：

$$L = l_1 + l_2 + 0.785t \quad (19.3-46)$$

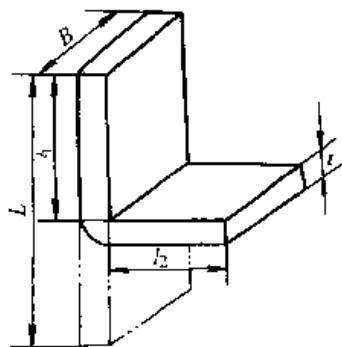


图 19.3-21 无圆角半径弯曲件的毛坯展开长度

但考虑弯曲时变形区材料变薄严重，因此按式 (19.3-46) 所得的毛坯长度仍偏大，还需要加以修正：

$$L = \sum l_{直} + Knt \quad (19.3-47)$$

式中 L —— 毛坯长度 (mm)；

$\sum l_{直}$ —— 各直线段长度之和 (mm)；

n —— 弯角数目；

t —— 材料厚度 (mm)；

K —— 系数，与材料性能及弯角数目有关；

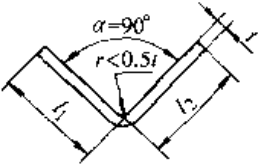
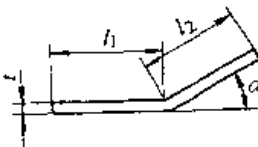
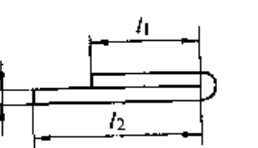
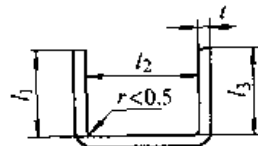
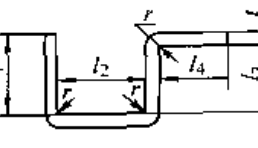
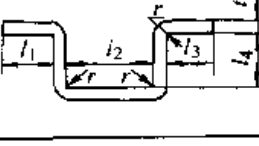
单角弯曲时 $K = 0.48 \sim 0.5$
 双角弯曲时 $K = 0.45 \sim 0.48$
 多角弯曲时 $K = 0.125 \sim 0.25$

} 软材料取下限，
 } 硬材料取上限

表 19.3-9 列出弯曲件 $r < 0.5t$ 时，毛坯展开长度的经验公式 (JB/T 5109—1991)。

对于形状复杂，弯角个数多和精度要求高的弯曲件，通常需要用试验方法最后确定毛坯的展开长度。因为上述计算方法有很多因素 (如材料性能、模具情况及弯曲方式等) 没有考虑，因而可能产生较大的误差，所以只能用于形状简单、弯角个数少和精度要求不高的弯曲件。

表 19.3-9 弯曲件 $r < 0.5t$ 时计算毛坯展开长度的经验公式

弯曲形式	简图	计算公式
单角弯曲		$L = l_1 + l_2 + 0.5t$
		$L = l_1 + l_2 + \frac{\alpha}{90^\circ} \times 0.5t$
		$L = l_1 + l_2 + t$
双角弯曲		$L = l_1 + l_2 + l_3 + 0.5t$
三角弯曲		同时弯三个角时： $L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + 0.75t$ 先弯二个角后弯另一个角时： $L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + t$
四角弯曲		$L = l_1 + l_2 + l_3 + 2l_4 + t$

用试验方法确定毛坯展开长度的步骤如下：

- ① 先按上述公式或图表计算出毛坯展开长度；
- ② 按计算的展开尺寸剪出毛坯（材料牌号及厚度均按图样）；
- ③ 将上述毛坯放到弯曲模具上进行试冲；
- ④ 对冲出的工件进行测量，看其尺寸是否符合图样要求。如有出入，就需要根据工件实测结果来修正毛坯尺寸，再剪出新的毛坯，重复第③、④步骤，直至冲出合格的工件。冲出合格工件的毛坯尺寸，就是正确的毛坯展开尺寸。据此，设计制造落料模。

5.3 铰链式弯曲件毛坯尺寸的计算

对于 $r = (0.6 \sim 3.5)t$ 的铰链件（见图 19.3-22），常用推卷的方法弯曲成形，在卷圆弯曲的过程中，材料受到挤压和弯曲作用，因此，

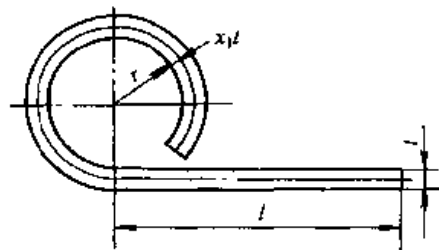


图 19.3-22 铰链式弯曲件

板料增厚, 应变中性层外移。此时, 毛坯展开长度可按式近似计算:

$$L = l + 5.7r + 4.7x_1t \quad (19.3-48)$$

式中 L —— 毛坯展开长度 (mm);

l —— 铰链件直线段长度 (mm);

r —— 铰链的内弯曲半径 (mm);

x_1 —— 卷圆时应变中性层位移系数, 其值列于表 19.3-10。

表 19.3-10 卷圆时应变中性层位移系数 x_1 值

$\frac{r}{t}$	>0.5~0.6	>0.6~0.8	>0.8~1	>1~1.2	>1.2~1.5	>1.5~1.8	>1.8~2	>2~2.2	>2.2
x_1	0.76	0.73	0.7	0.67	0.64	0.61	0.58	0.54	0.5

5.4 棒料弯曲件毛坯尺寸的计算

棒料弯曲 (见图 19.3-23) 时, 当弯曲半径 $r \geq 1.5d$ 时, 弯曲部分横断面几乎没有变化, 应变中性层位移系数 x_2 近似为 0.5。当 $r < 1.5d$ 时, 弯曲部分横断面发生了畸变, 应变中性层外移, 毛坯展开长度可按式计算:

$$L = l_1 + l_2 + \pi (r + x_2d) \quad (19.3-49)$$

式中 L —— 毛坯展开长度 (mm);

l_1, l_2 —— 棒料弯曲件直线段长度 (mm);

d —— 棒料的直径 (mm);

x_2 —— 棒料弯曲时应变中性层位移系数, 其值列于表 19.3-11。

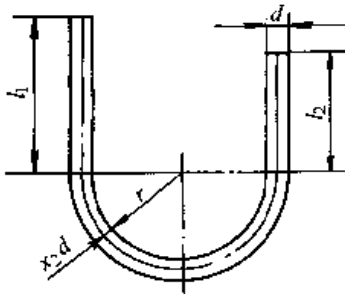


图 19.3-23 棒料弯曲件

表 19.3-11 圆棒料弯曲时应变中性层位移系数 x_2 值

$\frac{r}{d}$	≥ 1.5	1	0.5	0.25
x_2	0.5	0.51	0.53	0.55

6 弯曲件回弹计算及其影响因素

塑性弯曲和任何一种塑性变形一样, 在外力作用下毛坯产生的变形由塑性变形和弹性变形两部分组成。当外力去除以后, 弹性变形会完全消失, 而塑性变形保留下来。因此工件的弯曲角与

内弯半径与冲模工作部分的角度和圆角半径不完全一致, 这种现象称为回弹 (或称弹复、回跳)。

引起回弹的原因有两个: 其一是当 $\frac{r}{t}$ 较大时, 毛坯内外缘表面纤维进入塑性状态, 而毛坯中性层附近仍处于弹性变形状态。此时, 当外力去除后, 工件将产生回弹。其二是金属塑性变形时总伴随有弹性变形, 所以塑性弯曲时, 即使毛坯的整个断面进入塑性状态, 在外力去除后, 仍会出现回弹。

如能计算出回弹角, 预先修正模具工作部分的尺寸, 便可以使弯曲件的精度更符合预期的要求。工件经弯曲后卸载时, 弯曲中心角由 α 变为 α' , 内弯半径由 r 变为 r' , 此即回弹现象, 如图 19.3-24 所示。

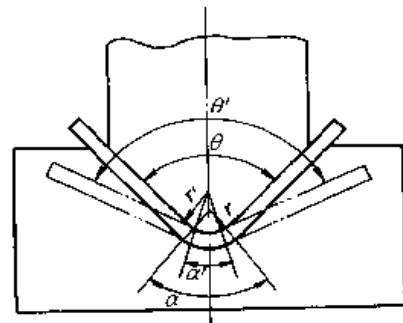


图 19.3-24 板的弯曲回弹

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha' \text{ 或 } \Delta\theta = \theta' - \theta$$

$$\Delta\alpha = \Delta\theta$$

式中 $\Delta\alpha, \Delta\theta$ —— 回弹角;

α —— 卸载前弯曲中心角;

α' —— 卸载后弯曲中心角;

θ —— 卸载前弯曲角;

θ' —— 卸载后弯曲角。

$$\Delta r = r' - r$$

式中 Δr —— 回弹半径;

r —— 卸载前弯曲半径 (即凸模圆角半径);
 r' —— 卸载后弯曲半径 (即工件圆角半径)。

回弹的过程是这样的: 在弯曲加载的过程中, 在外施力矩的作用下, 引起抗弯力矩与之相平衡 (即两者相等而相反), 产生弯曲作用。卸载过程中, 因外施力矩的卸去, 在抗弯力矩的作用下, 引起卸载力矩与之相平衡, 产生回弹作用。

如果是弹性弯曲, 加载和卸载都按照弹性变形的规律进行, 已弯曲的工件在卸载后得到完全恢复, 不再存在弯曲现象。在塑性弯曲中则不然, 从伊留辛卸载定理中可得到清楚的概念 (见图 19.3-25), 加载时, 工件按 OP (OP') 进行塑性变形。卸载时, 工件按 PQ ($P'Q'$) 得到弹性恢复。 OQ 和 OQ' 即为残留下的永久变形, 使工件呈弯曲状态。此时, 由于工件各纤维层上的回弹量不均匀, 卸载后将产生残余应力, 而残余应力本身也应该是相平衡的。图 19.3-26 所示说明了残余应力的由来。

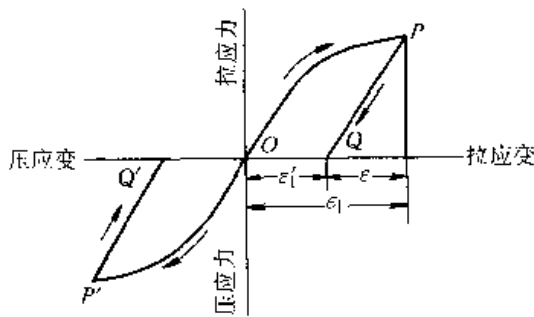


图 19.3-25 回弹时各变形量的关系
 ϵ_1 —应力达 P 点时的加载变形量
 ϵ —弹性回弹量 ϵ' —永久变形量
 $\epsilon_1 = \epsilon' + \epsilon$

在弯曲件上取等间隔的纤维层, 加载后, 其应力各为图 19.3-26 所示的 O 、 a 、 b 、 c 及 d (d 为外边缘纤维层), 此时, 该五点在中性层上应为等距离。卸载后, 如果每条纤维上的应力都恢复到零, 则其在横坐标上截得的长度就不相等, 也就是各纤维层的应变量不与其到中性层的距离成正比, 这将形成弯曲件横断面的扭曲。我们知道, 弯曲过程中原来的平面在变形后仍是平面, 因而各纤维层的应变必须与其到中性层的距离成正比, 要满足这一条件, 显然 O 、 a 、 b 、 c

和 d 一定是恢复到 O 、 a' 、 b' 、 c' 和 d' 的位置 (即它们在中性层上的投影是成相同间隔的)。于是就出现了残余应力。图上的阴影部分表示各纤维层的残余应力, 它们是保持平衡的 (合力及弯矩都等于零)。因此, 我们说, 残余应力是由变形的不均匀而引起的。图 19.3-26 的残余应力在弯曲件横断上的反映如图 19.3-27 所示。

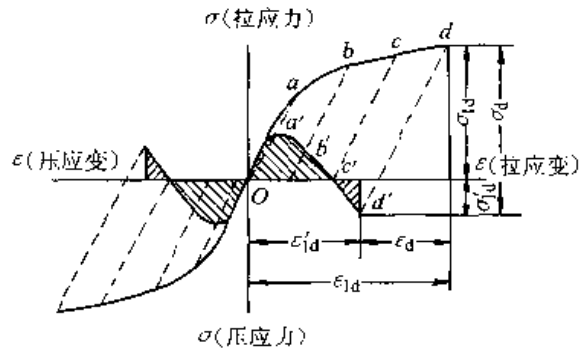


图 19.3-26 加载和卸载过程切向应力与应变的关系
 ϵ_{1d} 、 ϵ_d 、 ϵ'_{1d} — d 点的加载变形量、弹性回跳量及永久变形量
 σ_{1d} 、 σ_d 、 σ'_{1d} — d 点的加载应力、卸载应力及残余应力
 $\sigma_{1d} = \sigma'_{1d} + \sigma_d$

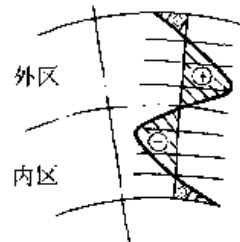


图 19.3-27 弯曲件横断面上的残余应力

明确了上述关于回弹的概念后, 就可应用如下结论: 卸载力矩在数值上等于抗弯力矩, 而卸载应力与回弹量的关系是符合虎克定律的, 即 $\sigma = E\epsilon$ 。

下面计算自由弯曲的回弹值 $\Delta\alpha$ 。

6.1 自由弯曲的回弹

6.1.1 大半径自由弯曲的回弹

自由弯曲回弹值的计算通常用于 $\frac{r}{t} > 10$, 因为此时回弹值比较大, 在这种情况下, 可以不

考虑材料厚度的变化以及应力、应变中性层的移动，以简化计算。

如图 19.3-28 所示，回弹后 y 处纤维相对收缩变形为：

$$\varepsilon = \frac{y\Delta\alpha}{R_y\alpha}$$

当 $\frac{r}{t}$ 比较大时， $R_y \approx r$

则
$$\varepsilon = \frac{y\Delta\alpha}{ra}$$

卸载力矩：

$$M_{卸} = 2B \int_0^{\frac{t}{2}} \sigma_y y dy$$

式中 B ——板料宽度 (mm)；

t ——板料厚度 (mm)。

因 $\sigma = E\varepsilon$ ，故

$$\begin{aligned} M_{卸} &= 2B \int_0^{\frac{t}{2}} \frac{y\Delta\alpha}{ra} E y dy \\ &= \frac{BE\Delta\alpha t^3}{12ra} \end{aligned}$$

抗弯力矩：

$$M = mW\sigma_s$$

由于卸载力矩与抗弯力矩相平衡 ($M_{卸} = M$)，故

$$\frac{BE\Delta\alpha t^3}{12ra} = mW\sigma_s$$

对于板料 (矩形断面)， $W = \frac{Bt^2}{6}$ ，故

$$\Delta\alpha = \frac{2m\sigma_s ar}{Et} \quad (19.3-50)$$

从图 19.3-28 可知，如设计的弯曲凸模中心角为 α ，圆角半径为 r ，可冲压得到弯曲中心角为 α' ，内弯半径为 r' 的弯曲件。 α' 及 r' 为弯曲件图样上的要求，设计凸模的 α 及 r 则有待确定。显而易见

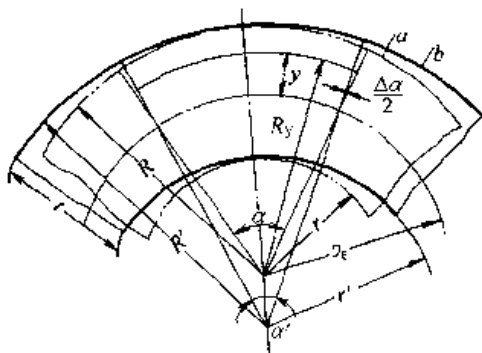


图 19.3-28 板的弯曲回弹
a) 回弹前 b) 回弹后

$$\alpha = \alpha' + \Delta\alpha \quad (19.3-51)$$

试求 r ：

由图 19.3-28 可找到如下关系

$$\alpha' r' - ar \approx \frac{t}{2} \Delta\alpha$$

将式 (19.3-51) 代入上式得

$$r' (a - \Delta\alpha) - ar \approx \frac{t}{2} \Delta\alpha$$

故

$$r' = \frac{ar + \frac{t}{2} \Delta\alpha}{a - \Delta\alpha}$$

因 $\frac{t}{2} < r$ ， $\Delta\alpha < \alpha$ ，故略去 $\frac{t}{2} \Delta\alpha$ 项，于是

$$r' = \frac{r}{1 - \frac{\Delta\alpha}{\alpha}}$$

将式 (19.3-50) 代入上式得

$$r' = \frac{r}{1 - 2m \frac{\sigma_s r}{Et}}$$

或

$$r = \frac{r'}{1 + 2m \frac{\sigma_s r'}{Et}} \quad (19.3-52)$$

式 (19.3-50) 及式 (19.3-52) 是在大半径 ($\frac{r}{t} > 10$) 的条件下求得的。因此，可用它计算大半径弯曲时的回弹角 $\Delta\alpha$ 及凸模圆角半径 r 。

为了减少计算工作量，可作如下简化。当 $\frac{r}{t}$ 较大时， $m \approx 1.5$ ，于是式 (19.3-52) 变为

$$r = \frac{r'}{1 + 3 \frac{\sigma_s r'}{Et}}$$

令 $1 + 3 \frac{\sigma_s r'}{Et} = K$ ，于是凸模圆角半径

$$r = \frac{1}{K} r' \quad (19.3-53)$$

又 $\alpha' r' \approx r\alpha$ (因 $\Delta\alpha$ 较小)，于是凸模中心角

$$\alpha = K\alpha' \quad (19.3-54)$$

式 (19.3-53) 和式 (19.3-54) 中的 K 称为回弹系数，它取决于材料的性质和相对弯曲半径。常用材料的 K 值可直接由图 19.3-29 查得。

6.1.2 小半径自由弯曲的回弹

在小半径 ($\frac{r}{t} < 5$) 自由弯曲时，由于变形程度大，回弹后仅弯曲中心角发生了变化，而弯曲圆角半径的变化是很小的，可以不予考虑。在

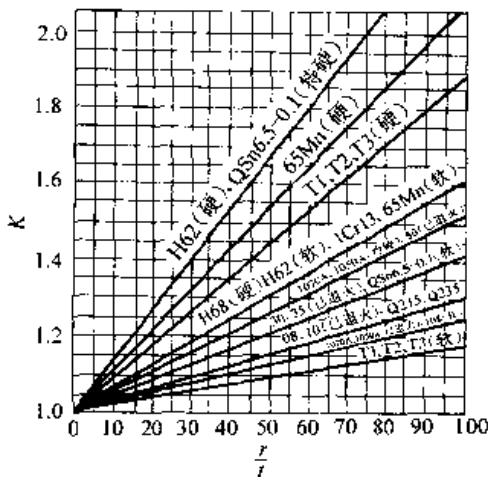


图 19.3-29 回弹系数 K 的线图

此情况下，单角 90° 自由弯曲时的回弹角可查表

19.3 12 的实验数据。表中列出了不同相对弯曲半径 ($\frac{r}{t}$)、不同材料厚度和不同材料回弹角的平均值。如果所弯工件的中心角不是 90°，则其回弹角可用下式求出：

$$\Delta\alpha' = \frac{\alpha}{90^\circ} \Delta\alpha$$

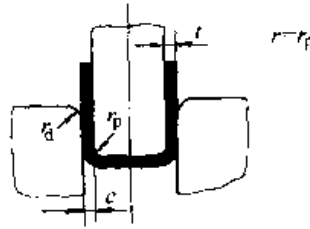
式中 $\Delta\alpha'$ ——弯曲中心角为 α 时的回弹角 (°)；
 α ——弯曲件中心角 (°)；
 $\Delta\alpha$ ——弯曲中心角为 90° 时的回弹角 (°)，可查表 19.3-12。

对于 U 形件的弯曲，回弹角还与凸模和凹模的间隙 C 成正比，回弹角数值可按表 19.3-13 选取。

表 19.3-12 90° 单角自由弯曲时的回弹角

材 料	$\frac{r}{t}$	材料厚度 t/mm		
		<0.8	0.8~2	>2
软钢板 钢 $\sigma_b = 350 MPa$ 黄铜 铝和锌 $\sigma_b = 350 MPa$	<1	4°	2°	0°
	1~5	5°	3°	1°
	>5	6°	4°	2°
中等硬度的钢 $\sigma_s = 400 \sim 500 MPa$ 硬黄铜 硬青铜 $\sigma_b = 350 \sim 400 MPa$	<1	5°	2°	0°
	1~5	6°	3°	1°
	>5	8°	5°	3°
硬钢 $\sigma_b > 550 MPa$	<1	7°	4°	2°
	1~5	9°	5°	3°
	>5	12°	7°	6°
AlT 钢 电工钢 XH78T (俄罗斯)	<1	1°	1°	1°
	1~5	4°	4°	4°
	>5	5°	5°	5°
30CrMnSiA	<2	2°	2°	2°
	2~5	4°30'	4°30'	4°30'
	>5	8°	8°	8°
硬铝 2A12	<2	2°	3°	4°30'
	2~5	4°	6°	8°30'
	>5	6°30'	10°	14°
超硬铝 7A04	<2	2°30'	5°	8°
	2~5	4°	8°	11°30'
	>5	7°	12°	19°

表 19.3-13 U 形件弯曲时的回弹角 $\Delta\alpha$



材料的牌号和状态	$\frac{r}{t}$	凸模和凹模的单边间隙 c						
		0.8t	0.9t	1t	1.1t	1.2t	1.3t	1.4t
		回弹角 $\Delta\alpha$						
2A12T4	2	-2°	0°	2°30'	5°	7°30'	10°	12°
	3	-1°	1°30'	4°	6°30'	9°30'	12°	14°
	4	0°	3°	5°30'	8°30'	11°30'	14°	16°30'
	5	1°	4°	7°	10°	12°30'	15°	18°
	6	2°	5°	8°	11°	13°30'	16°30'	19°30'
2A12O	2	-1°30'	0°	1°30'	3°	5°	7°	8°30'
	3	-1°30'	0°30'	2°30'	4°	6°	8°	9°30'
	4	-1°	1°	3°	4°30'	6°30'	9°	10°30'
	5	-1°	1°	3°	5°	7°	9°30'	11°
	6	-0°30'	1°30'	3°30'	6°	8°	10°	12°
7A04T4	3	3°	7°	10°	12°30'	14°	16°	17°
	4	4°	8°	11°	13°30'	15°	17°	18°
	5	5°	9°	12°	14°	16°	18°	20°
	6	6°	10°	13°	15°	17°	20°	23°
	8	8°	13°30'	16°	19°	21°	23°	26°
7A04O	2	-3°	-2°	0°	3°	5°	6°30'	8°
	3	-2°	-1°30'	2°	3°30'	6°30'	8°	9°
	4	-1°30'	-1°	2°30'	4°30'	7°	8°30'	10°
	5	-1°	-1°	3°	5°30'	8°	9°	11°
	6	0°	-0°30'	3°30'	6°30'	8°30'	10°	12°
20 钢 (已退火的)	1	-2°30'	-1°	0°30'	1°30'	3°	4°	5°
	2	-2°	-0°30'	1°	2°	3°30'	5°	6°
	3	-1°30'	0°	1°30'	3°	4°30'	6°	7°30'
	4	-1°	0°30'	2°30'	4°	5°30'	7°	9°
	5	-0°30'	1°30'	3°	5°	6°30'	8°	10°
	6	-0°30'	2°	4°	6°	7°30'	9°	11°
30CrMnSiA	1	-1°	-0°30'	0°	1°	2°	4°	5°
	2	-2°	-1°	1°	2°	4°	5°30'	7°
	3	-1°30'	0°	2°	3°30'	5°	6°30'	8°30'
	4	-0°30'	1°	3°	5°	6°30'	8°30'	10°
	5	0°	1°30'	4°	6°	8°	10°	11°
	6	0°30'	2°	5°	7°	9°	11°	13°

续表 19.3-13

材料的牌号和状态	$\frac{r}{t}$	凸模和凹模的单边间隙 c						
		0.8t	0.9t	1t	1.1t	1.2t	1.3t	1.4t
1Cr18Ni9Ti	1	-2°	-1°	-0°30'	0°	0°30'	1°30'	2°
	2	-1°	-0°30'	0°	1°	1°30'	2°	3°
	3	-0°30'	0°	1°	2°	2°30'	3°	4°
	4	0°	1°	2°	2°30'	3°	4°	5°
	5	0°30'	1°30'	2°30'	3°	4°	5°	6°
	6	1°30'	2°	3°	4°	5°	6°	7°

6.2 校正性弯曲的回弹

校正性弯曲时，由于增加了径向压应力，扩大了弯曲件内部的塑性变形区，从而减少回弹量，其回弹角可比自由弯曲时大为减少。一般来说，校正力愈大，回弹角愈小。实验显示，校正弯曲力 F_j 达到自由弯曲力 F_z 的 30~60 倍（视 $\frac{r}{t}$ 而异， $\frac{r}{t} \leq 1$ ，倍数为 50~60； $\frac{r}{t} = 5$ ，倍数为 40~50； $\frac{r}{t} = 10$ ，倍数为 30~40）后，回弹即趋稳定。若再增大校正力，对改善回弹无显著作用，如图 19.3-30 所示。

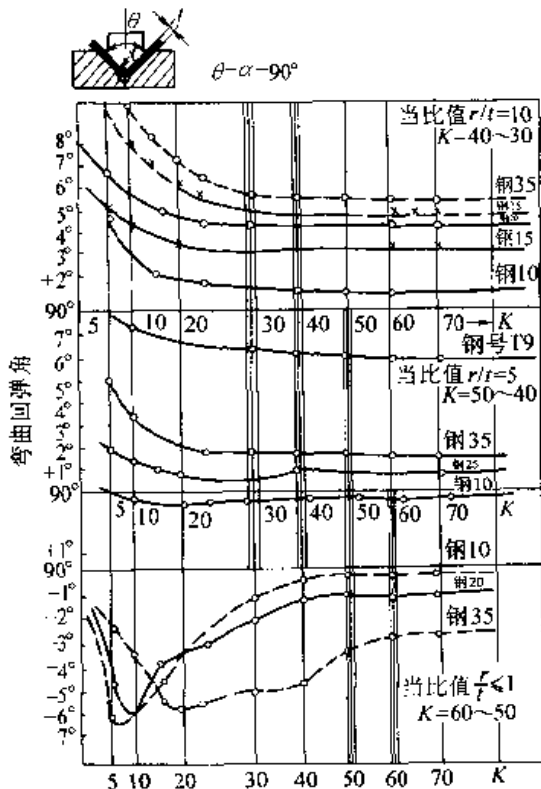


图 19.3-30 K 值 ($K = F_j/F_z$) 对校正性弯曲回弹角的影响

在校正性弯曲时，弯曲件在弯角部分和两臂部分都受到校正作用，总的回弹角应该是这两部分回弹角之和。

如图 19.3-31 所示，回弹后弯角部分总是使弯曲角变大（回弹角是正值），而直臂部分则向相反方向回弹，使弯曲角变小（回弹角是负值）。 $\frac{r}{t}$ 很大时，弯角部分的回弹大，总的回弹角是正值。而当 $\frac{r}{t}$ 小于某一数值时，直臂部分的回弹大于弯角部分的回弹，则总的回弹角是负值。当 $\frac{r}{t}$ 等于某数值时，两部分的回弹角相抵消，总的回弹角等于零，但并不表示没有回弹。

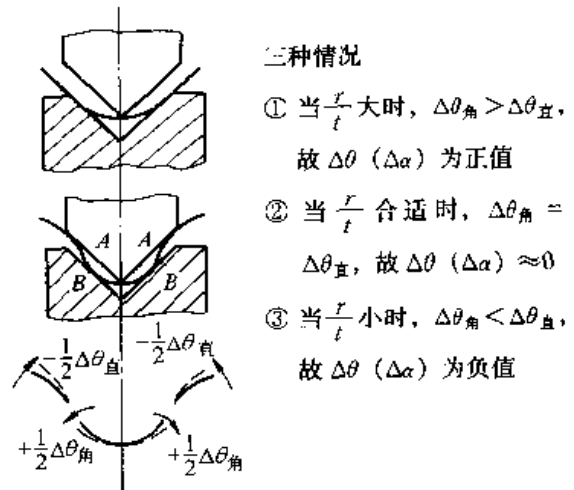


图 19.3-31 校正性弯曲中各种回弹情况

此外，从对几种钢板实验测得的数据发现，当 $\frac{r}{t} = 1 \sim 1.5$ 时，回弹角最小。这一数值可供设计者参考。

由于板料性能和厚度不均匀，以及工艺条件

不同,生产上对弯曲的回弹值仍难以准确控制。比较实际的方法是根据实际生产条件按不同材料用简单试验模具分批试验得出回弹值,然后据此修正冲模的设计,乃是最可靠的办法。

当弯曲中心角为90°时,校正性弯曲的回弹角可用实验所得的下列各式计算:

① 对08、10号钢及Q195

$$\Delta\alpha = 0.43 \frac{r}{t} - 0.61$$

② 对15、20号钢及Q215A和Q235A

$$\Delta\alpha = 0.43 \frac{r}{t} - 0.36$$

③ 对25、30号钢及Q255A

$$\Delta\alpha = 0.78 \frac{r}{t} - 0.79$$

④ 对35号钢

$$\Delta\alpha = 0.79 \frac{r}{t} - 1.62$$

表19.3-14 所列为部分材料单角90°校正性弯曲时回弹角的工厂数据。

表 19.3-14 单角90°校正性弯曲时的回弹角

材 料	$\frac{r}{t}$ (相对弯曲半径)		
	≤ 1	1~2	2~3
Q215A、Q235A	-1°~1°30'	0°~2°	1°30'~2°30'
紫铜、铝、黄铜	0°~1°30'	0°~3°	2°~4°

6.3 弯曲件回弹的影响因素

为了进一步掌握回弹的规律,对弯曲件回弹的各种实际影响因素及其影响规律作如下分析讨论。

(1) 材料的力学性能

由式(19.3-50)可知,回弹角的大小,与材料的屈服点 σ_s 成正比,与弹性模量 E 成反比。也就是说 $\frac{\sigma_s}{E}$ 愈大,则回弹愈大。如果材料性能不稳定,则回弹角也不稳定。

如图19.3-32a所示,曲线1相当于已退火的软钢,具有较大的弹性模量;曲线2相当于软的锰黄铜,它的弹性模量较小。这两种材料的屈服点基本相同(抗拉强度也接近),在总变形程度(即 $\frac{r}{t}$)相同时,曲线2的弹性回复量 $\epsilon_{弹2}$ 要

大于曲线1的弹性回复量 $\epsilon_{弹1}$,即软的锰黄铜的 $\Delta\alpha$ 大于已退火软钢的 $\Delta\alpha$ 。

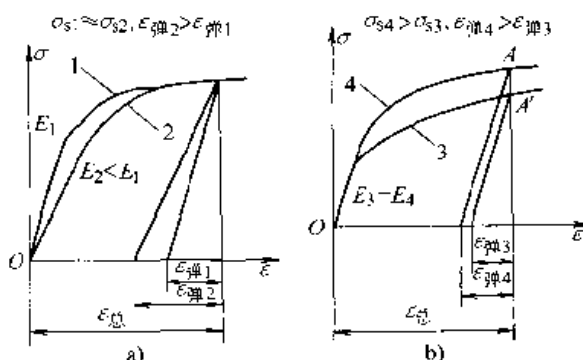


图 19.3-32 材料力学性能对回弹量的影响

1、3—退火软钢 2—软锰黄铜

4—退火后再经冷变形硬化的软钢

如图19.3-32b所示,曲线3相当于退火状态的钢,曲线4的材料与曲线3相同,但经过了冷作硬化。这两种状态虽然弹性模量 E 相同,但是由于曲线4的屈服点比曲线3的屈服点高,故在总变形程度(即 $\frac{r}{t}$)相同时,冷作硬化钢的弹性回复量 $\epsilon_{弹4}$ 要大于软化状态钢的弹性回复量 $\epsilon_{弹3}$,故冷作硬化钢的 $\Delta\alpha$ 大于退火状态钢的 $\Delta\alpha$ 。

(2) 相对弯曲半径 $\frac{r}{t}$

$\frac{r}{t}$ 愈小,变形程度愈大,板料中性层两侧的纯弹性变形区愈小,弹性变形在总变形中的比重亦愈小,因而,回弹角 $\Delta\alpha$ 就愈小。

(3) 弯曲中心角 α

由式(19.3-50)可以看出, α 愈大,回弹角 $\Delta\alpha$ 亦愈大。这是因为,随着 α 增大,则变形区段 $r\alpha$ 愈大,回弹积累值愈大,回弹角 $\Delta\alpha$ 就愈大。

(4) 弯曲方式

自由弯曲时回弹角大,采用校正性弯曲时,回弹角减小。校正力愈大,回弹角愈小。V形件自由弯曲时多为正回弹;校正性弯曲时,如前所述,随着 $\frac{r}{t}$ 大小的不同,回弹角可能出现正、零和负三种情况。

(5) 工件形状

U形件的回弹由于两边相互牵制而小于V形件的回弹。复杂形状弯曲件若一次弯成,由于各部相互牵制,回弹困难,故回弹角减小。

例如 U 形件回弹较 V 形件小, \square 形件的回弹又较 U 形件小。

(6) 凸、凹模单边间隙

在弯曲 U 形件时, 凸、凹模单边间隙对 $\Delta\alpha$ 有很大影响。间隙愈小, $\Delta\alpha$ 也愈小。当采用负间隙 (即单边间隙 $c < t$) 时, 由于模具对材料产生挤压作用, 可使 $\Delta\alpha$ 减小到最小值, 甚至 $\Delta\alpha$ 等于零或负值, 如图 19.3-33 所示。

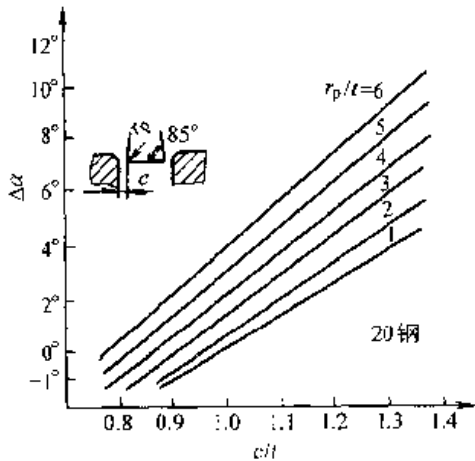


图 19.3-33 模具间隙对回弹角的影响

(7) 摩擦

弯曲毛坯表面和模具表面之间的摩擦, 也影响弯曲件的回弹及精度。摩擦可以改变弯曲毛坯各部分的应力状态, 尤其在一次弯曲多个部位的曲率时, 摩擦的影响更加显著。一般可以认为, 摩擦在大多数情况下可以增大弯曲变形区的拉应力, 可使零件形状接近于模具的形状。但是, 在拉弯时摩擦的影响常是不利的。

(8) 材料厚度偏差

显然, 材料厚度偏差对弯曲回弹值及弯曲件精度有一定影响, 且这种影响是波动的, 无规律的。所以为保证弯曲件的精度, 应对材料厚度提出严格的公差要求。

7 提高弯曲件精度与质量的技术措施

弯曲件的精度与板料的力学性能、板料厚度公差、模具结构和模具制造精度、工序的数量和工序的先后顺序以及工件本身的形状和尺寸等因素有关。弯曲件外形尺寸与角度公差所能达到的精度指标已在第 18 篇第 2 章中介绍, 这里不再赘述。

在实际生产中, 回弹与偏移都会影响弯曲件

的精度与质量, 为此, 应采取相应的技术措施, 加以预防。

7.1 减少回弹的措施

由于塑性变形的同时总是伴随着弹性变形, 且因材质及板厚的差异, 所以要完全消除弯曲件的回弹是不可能的。生产中可以采取各种技术措施来减小或补偿由于回弹所产生的误差, 以提高弯曲件的精度。具体措施有以下几方面:

(1) 增加工件刚度

在工件设计上改进某些结构, 可使回弹角减小。例如在弯曲区压制加强肋 (见图 19.3-34a、b) 或利用成形边翼 (见图 19.3-34c), 增加弯曲区的塑性变形程度, 同时也增加了工件的刚度, 牵制住材料, 从而减小回弹。

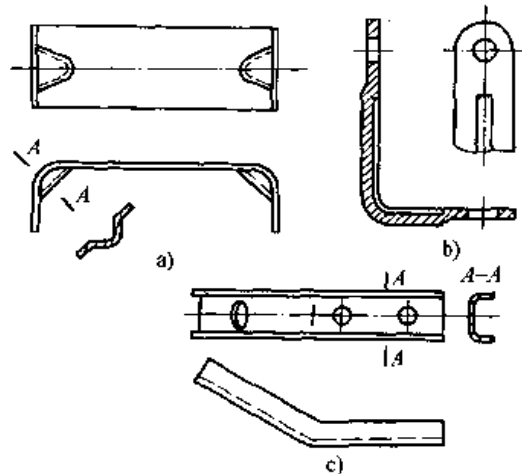


图 19.3-34 改进工件设计以增加刚度

(2) 提高材料塑性

1) 在弯曲件材料选用上, 采用屈服强度小、弹性模量大 (即 $\frac{\sigma_s}{E}$ 小), 力学性能比较稳定的材料。

2) 硬材料或经冷作硬化的材料, 在弯曲前进行退火软化处理。

3) 采用加热弯曲。

(3) 提高变形程度和校正力

1) V 形弯曲时, 在许可弯曲半径范围内, 使 $\frac{r}{t}$ 接近或等于 1~1.5, 可得到最小回弹角。

2) U 形弯曲时, 采用负间隙弯曲, 使凸、凹模之间的单边间隙比材料厚度的基本尺寸小 3%~5%, 弯曲过程中材料有挤薄作用, 从而减

小回弹角。

3) 采用校正性弯曲, 适当提高校正力。

4) 当材料厚度大于 $0.8 \sim 1 \text{ mm}$, 用塑性材料弯制 V 形和 U 形件时, 使凸模局部凸起 (见图 19.3-35), 以减小凸模与材料的接触面积来加大弯曲变形区的单位压力, 增加塑性变形程度, 起到精压作用, 可以减小回弹角。

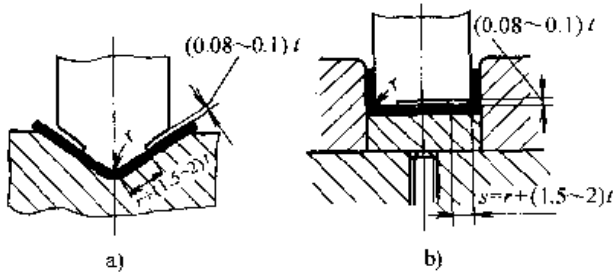


图 19.3-35 利用局部精压来减小回弹

(4) 补偿法

根据弯曲件的回弹趋势与回弹量, 修正冲模工作部分的几何形状与尺寸, 使弯曲以后的工件回弹量恰好得到补偿。

例如, 弯曲 V 形件时, 可以根据工件可能产生的回弹角, 将凸模弯曲角预先做小 (见图 19.3-36a), 或将凸模与顶板做出等于回弹角向上的倾斜度 (见图 19.3-36b), 以补偿回弹作用。

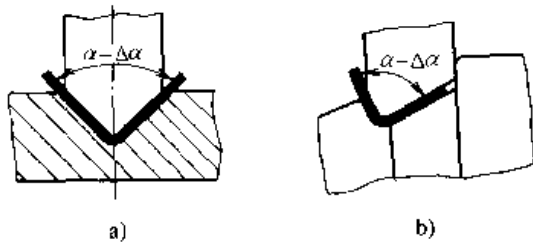


图 19.3-36 V 形弯曲件回弹的补偿

在弯曲 U 形件时, 可将凸模两侧分别作出等于回弹角的斜边 (见图 19.3-37a)。或者将凹模内的顶件器做成凸出的弧状, 以造成工件底部的局部弯曲, 当工件自弯曲模中取出后, 由于底部曲面伸直 (见图 19.3-37b), 使两边产生负回弹, 从而补偿了直边张开所产生的正回弹。

(5) 顶料板背压

顶料板背压大小对回弹角有较大影响, U 形件弯曲时, 若背压力不足, 工件底部会产生反向鼓起 (见图 19.3-38a), 变形结束后, 反向鼓起

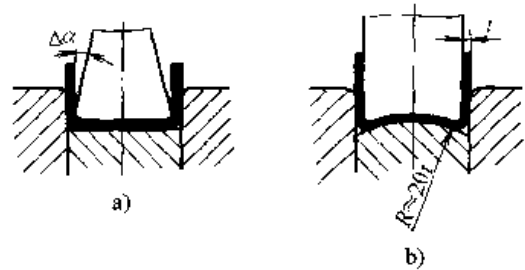


图 19.3-37 U 形弯曲件回弹的补偿

部分的回弹使工件侧壁向内合拢, 便产生负回弹。背压过大, 则产生正回弹。在不同的凸模圆角半径情况下, 存在一个最佳背压值, 可使回弹角 $\Delta\alpha$ 等于零 (见图 19.3-38b)。

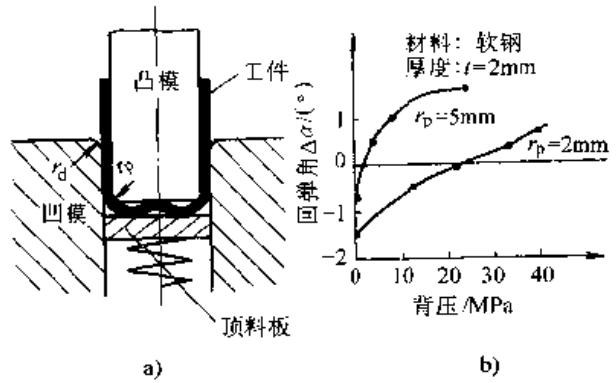


图 19.3-38 顶料板背压对回弹角的影响

(6) 采用聚氨酯软凹模

用聚氨酯制作软凹模 (见图 19.3-39) 时, 由于它在容框中有如流体的传压作用, 能将压力均匀地传递到材料上, 使弯曲工件与金属凸模完全贴合, 其回弹量比金属凹模小得多 (见图 19.3-40), 而且不受材料厚度偏差的影响, 即使材料厚度偏差较大, 工件回弹角仍然很小, 且很稳定。但金属凹模弯曲时回弹角却波动很大。

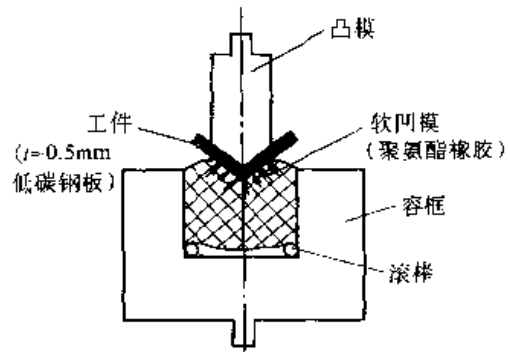


图 19.3-39 聚氨酯软凹模上的弯曲

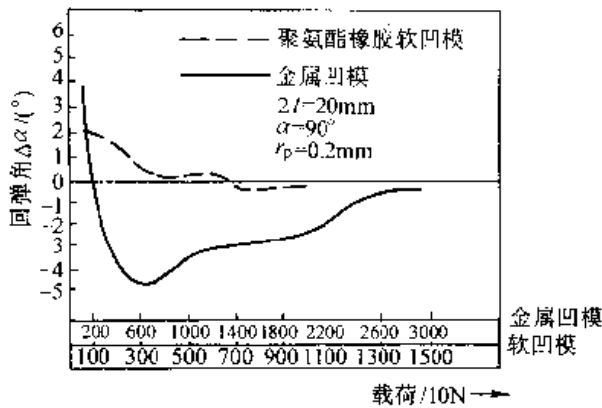


图 19.3-40 两种模具弯曲件回弹角的对比

(7) 采用摆动式凹模或兼有校正作用的分块式凸(凹)模

采用摆动式凹模不仅可以一次弯曲出较复杂的工件,而且通过适当调整凸模下死点的位置,能增加变形区的压应力,从而减小回弹角,如图 19.3-41a、b 所示。

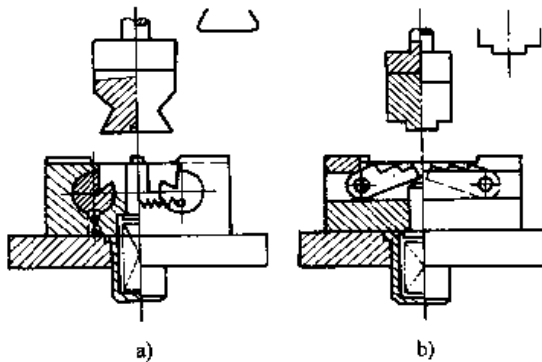


图 19.3-41 摆动式弯曲模

如图 19.3-42 所示弯曲模,随上模工作行程的增加,楔面推动活动凹模将已弯曲工件向凸模贴合得更紧,可起到校正作用,从而减小工件的回弹角。

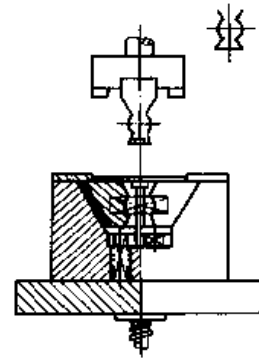


图 19.3-42 带校正作用的弯曲凹模

如图 19.3-43 所示为兼有校正作用的 U 形件弯曲模,毛坯放在顶料板 3 上,由定位板 4 定位,压力机滑块下降时,凸模 5 先压紧毛坯,然后把它弯曲成 U 形,最后凸模受斜楔 7 的作用被外挤,使工件外形尺寸校正到较高的精度。

(8) 改变变形区应力状态

1) 端部加压法 在弯曲变形终了贴模时,利用模具的凸肩,从弯曲件直臂端部施加对变形区的切向推力,使变形区外层的切向拉应力数值减小或抵消,甚至变为压应力状态。从而可以减小弯曲回弹,并获得精确的弯边高度,如图 19.3-44 所示。

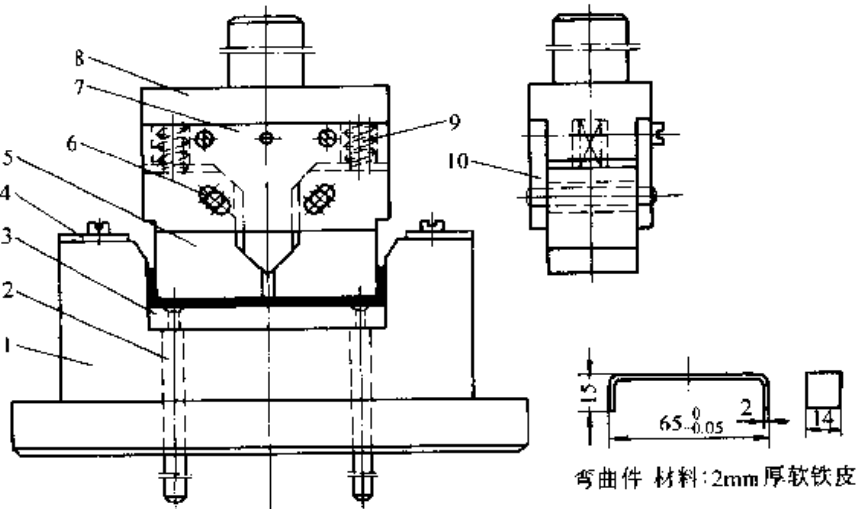


图 19.3-43 带校正作用的弯曲凸模

- 1—凹模 2—顶杆 3—顶料板 4—定位板 5—凸模
- 6—圆销 7—斜楔 8—上模座 9—弹簧 10—导板

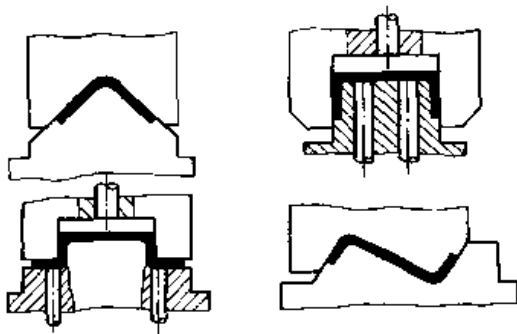


图 19.3-44 端部加压法

2) 拉弯法 当弯曲大圆弧的零件时, 由于相对弯曲半径 $\frac{r}{t}$ 很大, 若采用普通弯曲方法, 变形区大部分或全部处于弹性变形范围内, 回弹极大, 工件难以成形。这时可采用拉弯工艺。拉弯法的实施手段有三种: 先拉后弯; 先弯后拉; 或先拉后弯再补拉。拉弯时所加的切向拉伸力大小应使弯曲件内表面的合成应力 (即内表面在弯曲时的压应力与拉伸时的拉应力之和) 大于材料的屈服点 σ_s 。拉弯工艺不仅加大了弯曲件的变形量, 而且使工件整个横断面都处于塑性拉伸变形范围 (内、外区都处于拉应变状态)。因此, 在卸载后, 内、外区回弹变形方向取得一致, 使工件的回弹量为减小。

拉弯工艺可以在专用拉弯机上进行 (见图 19.3-45), 也可以用拉弯模在普通压力机上进行。拉弯模的结构如图 19.3-46 所示。工作时, 上模下行, 模具两侧夹子 2 首先把板料夹住, 同时使弹簧 3 压缩, 并沿斜面滑行, 把材料拉伸, 最后上模 (凹模) 1 和下模 (凸模) 4 把板料弯曲成形。

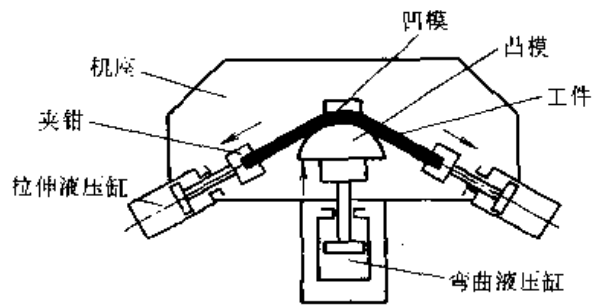


图 19.3-45 专用拉弯机原理图

拉弯时, 毛坯断面内的切向应力分布如图 19.3-47 所示。其应变分布和应变中性层位置如图 19.3-48 所示, 由于毛坯整个断面都发生了延伸, 所以应变中性层不在材料断面之内, 而离弯曲内侧距离为 x 处。

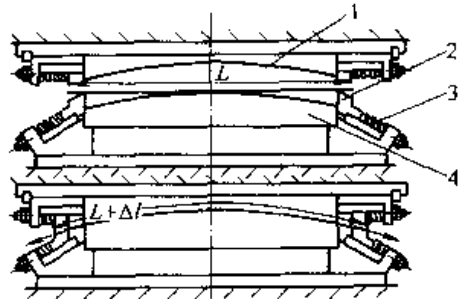


图 19.3-46 拉弯模

1—上模 2—夹子 3—弹簧 4—下模

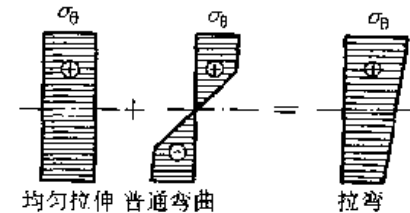


图 19.3-47 拉弯时毛坯断面内切向应力的分布

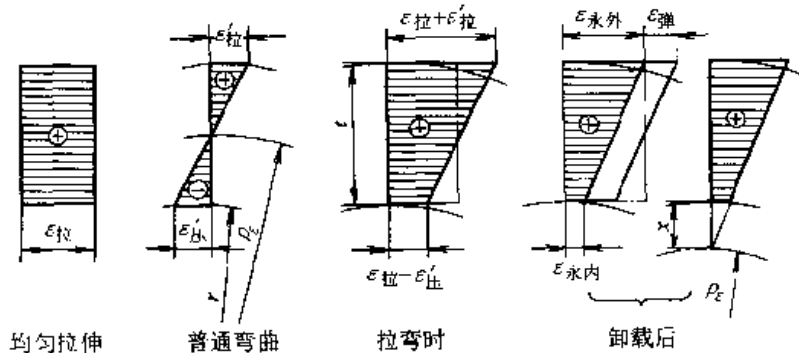


图 19.3-48 拉弯时毛坯断面内切向应变分布和应变中性层位置

3) 叠弯法 叠弯法是将弯曲毛坯与另一厚度适当的专用梁连接在一起同时弯曲, 此时, 由

于相对弯曲半径 $\frac{r}{t}$ 的显著变小 (因 $t = t_1 + t_2$, 其中 t_1 为弯曲毛坯厚度; t_2 为专用梁厚度), 可

使横断面上的弹性变形区移至弯曲件以外的专用梁上，而整个弯曲件的横断面却处于塑性拉伸区，这样可取得与拉弯相同的效果，从而大大减

小回弹值。图 19.3-49a 所示为工件单独弯曲时的应力分布，图 19.3-49b 为工件与专用梁叠弯时的应力分布。

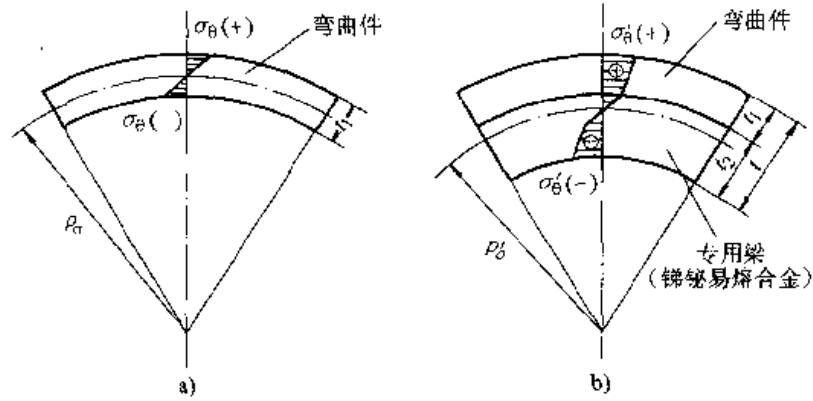


图 19.3-49 单独弯曲与叠弯时应力分布的比较
a) 单独弯曲 b) 与专用梁叠弯

为了节约材料和便于连接，专用梁可用锡铋易熔合金，将弯曲毛坯浸入预先熔化的易熔合金内，然后在铸锭模内冷却。这种方法适用于大件的小批量生产，大量生产就不方便了。

7.2 克服偏移的措施

在弯曲过程中，毛坯沿凹模圆角处滑移时，会受到摩擦阻力，由于毛坯各边所受的摩擦阻力不等，在实际弯曲时可能使毛坯向阻力大的一方偏移，对于不对称工件，这种现象尤为显著，从而造成工件边长不符合图纸要求（见图 19.3-50）。

常用克服偏移的措施有以下几种。

(1) 采用弹性压料装置

解决毛坯在弯曲过程中的偏移，通常采用弹性压料装置（兼起顶件作用），工作时，毛坯的一部分被压紧不能移动，另一部分则逐渐弯曲成

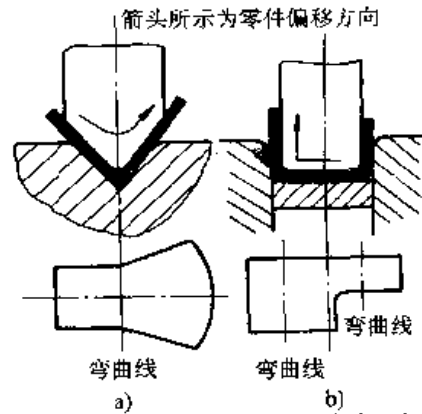


图 19.3-50 弯曲时毛坯的偏移现象

形。使用弹性压料装置后，不仅可以得到准确的工件尺寸，而且工件的边缘与底部均能保持十分平整的状态。图 19.3-51a 所示为用于 V 形件的弹性压料装置。图 19.3-51b 所示为用于 U 形件的弹性压料装置。

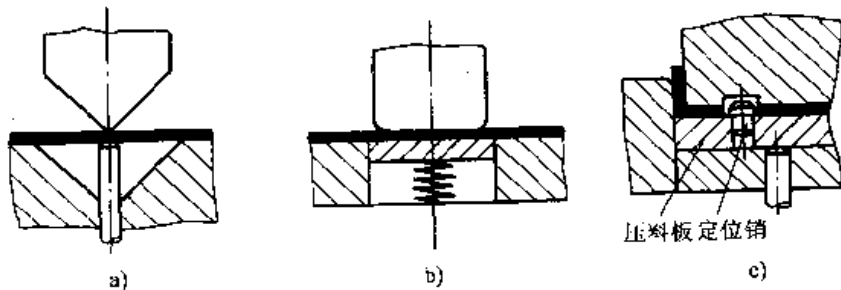


图 19.3-51 防止毛坯偏移的措施

(2) 销钉定位

利用工件上的孔，在模具上装有定位销，弯

曲时，定位销预先插入毛坯的孔内，使毛坯在弯曲过程中无法移动（见图 19.3-51c）。如果工件

上没有可利用的定位孔时，必要时可考虑增设工艺孔定位。

(3) 成双弯曲

拟定工艺方案时，可将弯曲件不对称形状组合成对称的形状，弯曲后再切开（见图 19.3-52）。这样毛坯在弯曲时受力对称均匀，可有效防止偏移的产生。

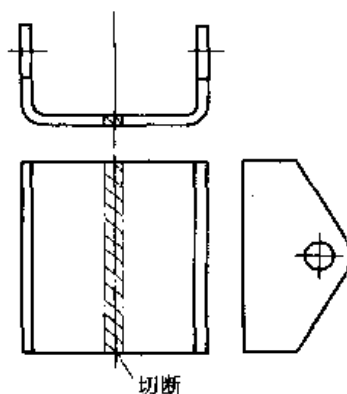


图 19.3-52 成双弯曲后再切开


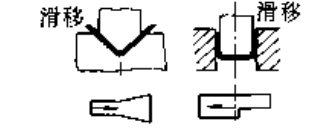
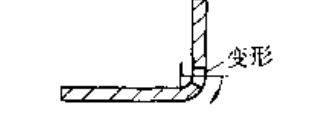



7.3 弯曲件常见缺陷及消除方法

生产上如果出现废次品，应及时分析产生废次品的原因，并有针对性地采取相应措施加以消除，弯曲件常见废次品的类型、产生原因及消除方法，列于表 19.3-15。

表 19.3-15 弯曲件废次品的产生原因及消除方法

废次品类型	简 图	产生原因	消除方法
裂纹		凸模弯曲半径过小 毛坯毛刺的一面处于弯曲外侧 板材的塑性较低 落料时毛坯硬化层过大	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		弯曲时板料与凸模底部没有靠紧	采用带有弹性压料顶板的模具，在弯曲开始时顶板便对毛坯施加足够的压力，最后对弯曲件进行校正
翘曲		由于变形区应变状态引起，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	采用校正性弯曲，增加单位面积压力 根据翘曲量修正凸模与凹模
孔不同心		弯曲时毛坯产生了偏移，故引起孔中心线错移 弯曲后的回弹使孔中心线倾斜	毛坯要准确定位，保证左右弯曲高度一致 设置防止毛坯窜动的定位销或压料顶板 减小工件回弹
直臂高度不稳定		高度 h 尺寸太小 凹模圆角不对称 弯曲过程中毛坯偏移	高度 h 尺寸不能小于最小弯曲高度 修正凹模圆角 采用弹性压料装置或工艺孔定位
表面擦伤		金属的微粒附在模具工作部分的表面上 凹模的圆角半径过小 凸、凹模的间隙过小	清除模具工作部分表面脏物，降低凸、凹模表面粗糙度 适当增大凹模圆角半径 采用合理的凸、凹模间隙

续表 19.3.15

废次品类型	简 图	产生原因	消除方法
弯曲中心线与两孔		<p>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</p>	<p>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</p>
偏移		<p>当弯曲不对称形状工件时，毛坯在向凹模内滑动时，两边受到的摩擦阻力不相等，故发生尺寸偏移</p>	<p>采用弹性压料顶板的模具 毛坯在模具中定位要准确 在可能情况下，采用成双弯曲后，再切开</p>
孔变形		<p>孔边离弯曲线太近，在中性层内侧为压缩变形，而外侧为拉伸变形，故孔发生了变形</p>	<p>保证从孔边到弯曲半径 r 中心的距离大于一定值 在弯曲部位设置工艺孔，以减轻弯曲变形的影响</p>
弯曲角度变化		<p>塑性弯曲时伴随着弹性变形，当弯曲工件从模具中取出后，使产生弹性恢复，从而使弯曲角度发生了变化</p>	<p>以预定的回弹角来修正凸、凹模的角度，达到补偿目的 采用校正性弯曲代替自由弯曲</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，宽度方向则伸长，致宽度方向边缘出现突起，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，将毛坯毛刺一边放在弯曲内侧</p>
		<p>由于毛坯两侧宽度、弯边高度相差悬殊，弯曲变形阻力不等。</p>	<p>两侧增加工艺余料，弯曲后切除工艺余料。在产生扭曲的一侧和缺</p>

8 弯曲模工作部分尺寸的计算

弯曲模工作部分的尺寸主要是指凸模、凹模的圆角半径和凹模的深度。对U形件的弯曲模则还有凸、凹模之间的单边间隙及模具横向尺寸等。

8.1 凸、凹模的圆角半径

(1) 凸模圆角半径 r_p (见图 19.3-53)

当 $\frac{r}{t}$ 较小时, 凸模圆角半径即等于弯曲件的内弯半径 r , 但不应小于弯曲件材料许可的最小圆角半径 r_{\min} (可查表 19.3-2), 即

$$r_p = r \geq r_{\min}$$

如工件因结构上的需要, 出现 $r < r_{\min}$ 时, 则应取 $r_p \geq r_{\min}$, 弯曲后再增加一次整形工序, 使整形凸模的 $r_p = r$ 。

当 $\frac{r}{t} > 10$ 时, r_p 应考虑回弹后引起 r 的变

化 ($\Delta r = r' - r$), 预先将 r_p 修小 Δr 。

(2) 凹模圆角半径 r_d

实际生产中, 凹模圆角半径通常根据材料的厚度 t 选取:

$$\text{当 } t < 2 \text{ mm 时 } \quad r_d = (3 \sim 6) t$$

$$\text{当 } t = 2 \sim 4 \text{ mm 时 } \quad r_d = (2 \sim 3) t$$

$$\text{当 } t > 4 \text{ mm 时 } \quad r_d = 2t$$

凹模圆角半径不能选取过小, 以免材料表面擦伤, 甚至出现压痕。凹模两边的圆角半径应一致, 否则在弯曲时毛坯会发生偏移。

V形件弯曲凹模的底部可开退刀槽或取圆角半径 (见图 19.3-53):

$$r'_d = (0.6 \sim 0.8) (r_p + t)$$

式中 r'_d ——凹模底部圆角半径 (mm);

r_p ——凸模圆角半径 (mm);

t ——弯曲件材料厚度 (mm)。

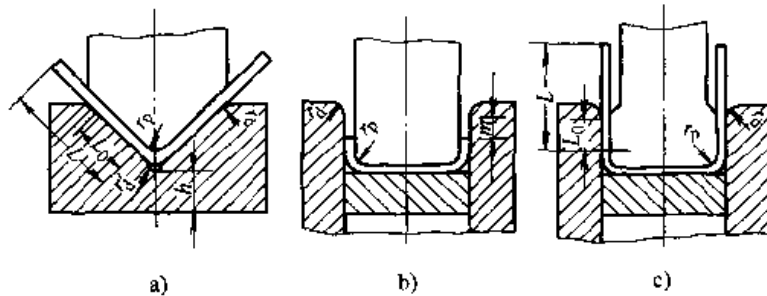


图 19.3-53 弯曲模的结构尺寸

8.2 凹模深度

弯曲凹模深度 L_0 要适当。若过小, 则工件两端的自由部分太多, 弯曲件回弹大, 不平直, 影响零件质量。若过大, 则多消耗模具钢材, 且

需较大的压力机行程。

弯曲V形件时, 凹模深度 L_0 及底部最小厚度 h (如图 19.3-53a 所示) 的取值可查表 19.3-16。

表 19.3-16 弯曲V形件的凹模深度及底部最小厚度值 (mm)

弯曲件边长 L	材 料 厚 度 t					
	< 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

弯曲 U 形件时,若弯边高度不大或要求两边平直,则凹模深度应大于工件的高度,如图 19.3-53b 所示。图中 m 值列于表 19.3-17。如

果弯曲件边长较大,而对平直度要求不高时,可采用图 19.3-53c 所示的凹模型式。凹模深度 L_0 之值可查表 19.3-18。

表 19.3-17 弯曲 U 形件凹模的 m 值 (mm)

材料厚度 t	≤ 1	>1~2	>2~3	>3~4	>4~5	>5~6	>6~7	>7~8	>8~10
m	3	4	5	6	8	10	15	20	25

表 19.3-18 弯曲 U 形件的凹模深度 L_0 (mm)

弯曲件边长 L	材料厚度 t				
	≤ 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	45
>100~150	30	35	40	50	50
>150~200	40	45	55	65	65

8.3 凸、凹模间隙

弯曲 V 形件时,凸、凹模间隙是靠调整压力机的闭合高度来控制的,不需要在设计、制造模具时确定。

对于 U 形件的弯曲,则必须选择适当的间隙。间隙的大小对工件质量和弯曲力有很大的影响。间隙愈小,则弯曲力愈大;间隙过小,会使工件边部壁厚减薄,降低凹模寿命。间隙过大,则回弹大,降低工件的精度。凸、凹模单边间隙

c 一般可按下式计算:

$$c = t_{\max} + xt = t + \Delta + xt$$

式中 c ——弯曲模凸、凹模单边间隙 (mm);
 t ——工件材料厚度 (基本尺寸) (mm);
 Δ ——工件材料厚度的正偏差 (mm);
 x ——间隙系数,可按表 19.3-19 选取。

当工件精度要求较高时,其间隙应适当缩小,取 $c = t$ 。某些情况,甚至选取略小于材料厚度的负间隙。

表 19.3-19 U 形件弯曲模凸、凹模的间隙系数 x 值

弯曲件高度 H /mm	$B/H \leq 2$				$B/H > 2$				
	材料厚度 t /mm								
	<0.5	0.6~2	2.1~4	4.1~5	<0.5	0.6~2	2.1~4	4.1~7.5	7.6~12
10	0.05	0.05	0.04	—	0.10	0.10	0.08	—	—
20				0.03				0.06	0.06
35	0.07	0.07	0.05	0.04	0.20	0.15	0.10	0.10	0.08
50	0.10			0.05					
75	—	0.10	0.07	0.05	—	0.20	0.15	0.15	0.10
100	—			0.07					
150	—	0.10	0.07	0.07	—	0.20	0.15	0.15	0.10
200	—			0.07					

注: B 为弯曲件宽度 (mm)。

8.4 凸、凹模工作部分的尺寸与公差

(1) 用外形尺寸标注的弯曲件
应以凹模为基准先确定凹模尺寸。

1) 当工件为双向偏差时 (见图 19.3-54a),
凹模尺寸为:

$$L_d = (L - 0.5\Delta)^{+\delta_d}$$

2) 当工件为单向偏差时 (见图 19.3-54b),
凹模尺寸为:

$$L_d = (L - 0.75\Delta)^{+\delta_d}$$

凸模尺寸均为:

$$L_p = (L_d - 2c)^{\frac{0}{\delta_p}}$$

(2) 用内形尺寸标注的弯曲件
应以凸模为基准先确定凸模尺寸。

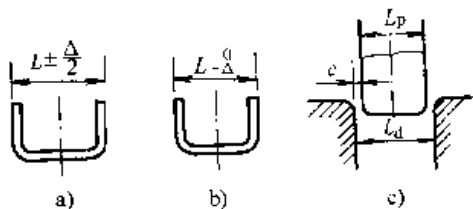


图 19.3-54 用外形尺寸标注的弯曲件

1) 当工件为双向偏差时 (见图 19.3-55a),
凸模尺寸为

$$L_p = (L + 0.5\Delta)^{\frac{0}{\delta_p}}$$

2) 当工件为单向偏差时 (见图 19.3-55b),
凸模尺寸为

$$L_p = (L + 0.75\Delta)^{\frac{0}{\delta_p}}$$

凹模尺寸均为

$$L_d = (L_p + 2c)^{+\delta_d}$$

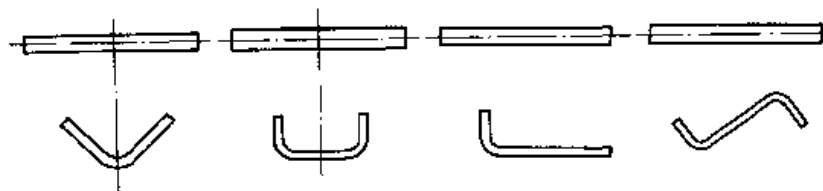


图 19.3-56 一道工序弯曲成形的实例

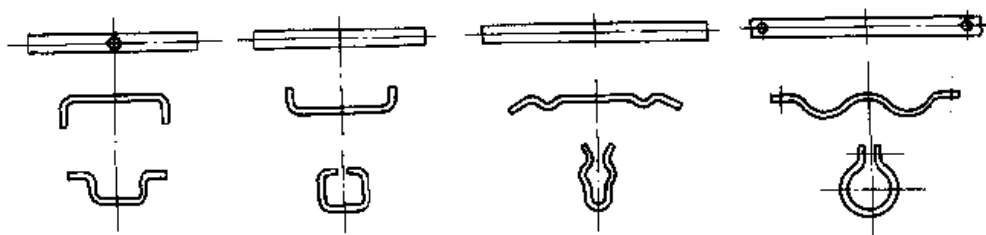


图 19.3-57 二道工序弯曲成形的实例

式中 L_d ——凹模尺寸 (mm);
 L_p ——凸模尺寸 (mm);
 L ——弯曲件的基本尺寸 (mm);
 Δ ——弯曲件尺寸公差 (mm);
 c ——凸、凹模之间的单边间隙 (mm);
 δ_p 、 δ_d ——凸、凹模的制造公差, 采用 IT7
~IT9 标准公差等级。

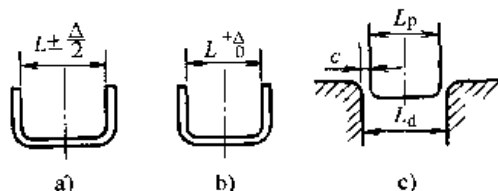


图 19.3-55 用内形尺寸标注的弯曲件

9 典型弯曲工序设计实例

弯曲件的工序安排应根据工件形状的复杂程度, 精度要求的高低, 生产批量的大小及材料的力学性能等因素进行考虑。如果弯曲工序安排合理, 可以减少工序, 简化模具结构, 提高工件的质量和产量。反之, 若安排不当, 将导致工件质量低劣和废品率高。弯曲件工序安排的一般方法是:

1) 对于形状简单的弯曲件, 如 V 形、U 形、Z 形件等, 可以采用一次弯曲成形 (见图 19.3-56)。

2) 对于形状较复杂的弯曲件, 一般需要采用二次或多次弯曲成形 (如图 19.3-57、图 19.3-58 与图 19.3-59 所示)。

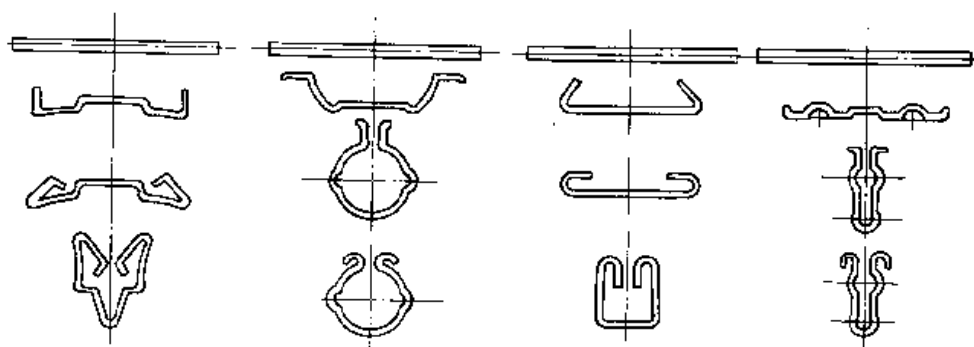


图 19.3-58 三道工序弯曲成形的实例

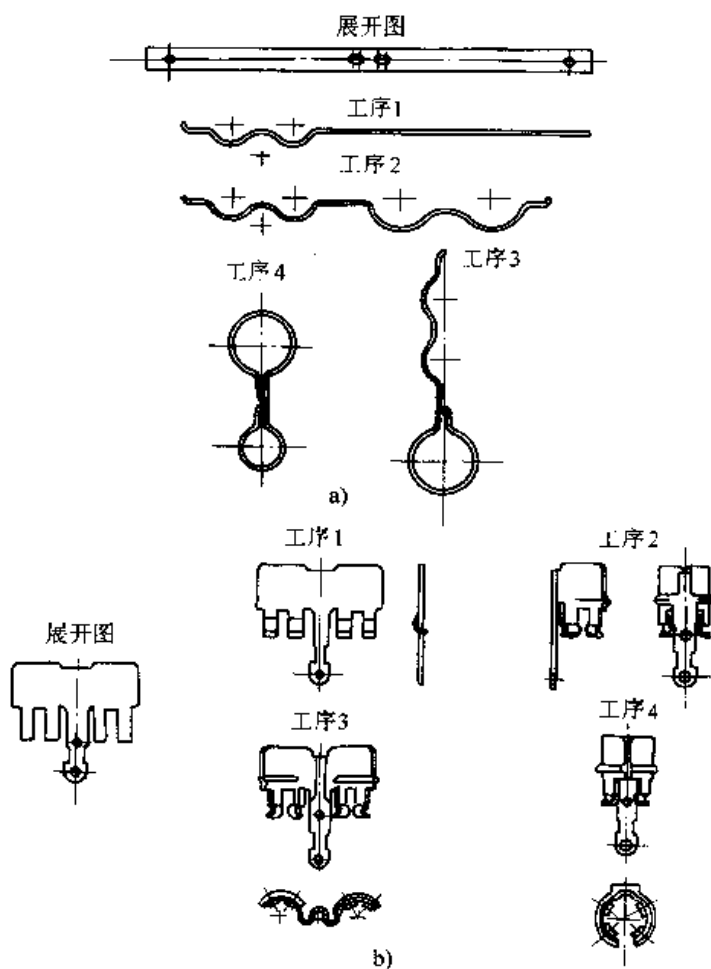


图 19.3-59 四道工序弯曲成形的实例

但对于某些尺寸小、材料薄、形状较复杂的弹性接触件，最好采用一次复合弯曲成形较为有利，如采用多次弯曲，则定位不易准确，操作不方便，同时材料经过多次弯曲也易失去弹性。

3) 对于批量大、尺寸较小的弯曲件，为了提高生产效率，可以采用多工序的冲裁、弯

曲、切断连续工艺成形（见图 19.3-60），或在多滑块自动弯曲机上弯曲成形（如图 19.3-76 所示）。

4) 弯曲件本身带有单面几何形状时，若单件弯曲毛坯容易发生偏移，则可以采用成双弯曲成形，弯曲后再切开（见图 19.3-61）。

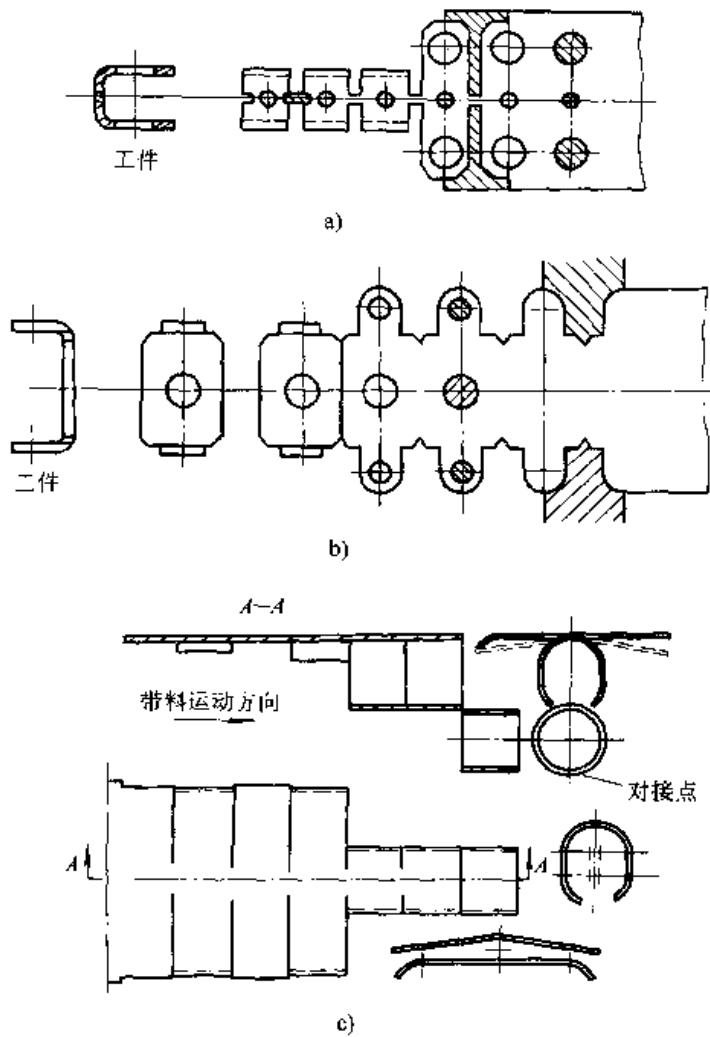


图 19.3-60 连续弯曲成形的实例

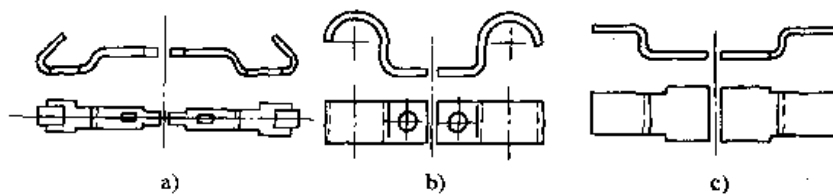


图 19.3-61 成双弯曲成形的实例

10 其他弯曲成形方法

除了普通压力机上采用模具进行弯曲加工外，常见的其他弯曲成形方法有：折弯、拉弯、多滑块压力机上的弯曲加工、滚弯和滚压成形等。其中拉弯已在本章第7节中作了扼要介绍。以下分别对折弯、多滑块压力机上的弯曲加工、滚弯和滚压成形的工艺与模具设计的要点进行阐述。

10.1 折弯

在板料折弯机上，借助简单的通用或专用弯曲模进行折弯加工，就可以加工出各种角度不同形状的弯曲件，操作简单、通用性好，模具成本低、更换方便，经济效益高。特别适用于具有较长弯曲线和较小弯曲半径的弯曲件，如箱式、櫃式零件或多品种小批量弯曲件。

在板料折弯机上可完成的常见折弯工艺及采

用的典型弯曲模如下：

(1) V形弯曲 (见图 19.3-62)

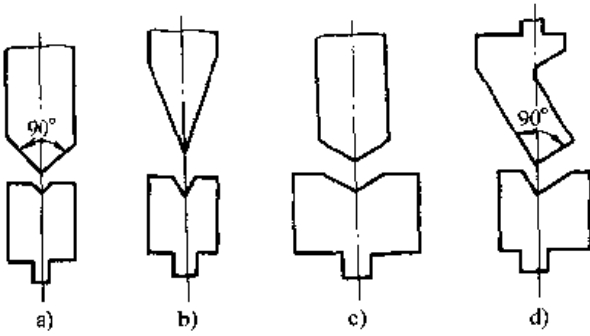


图 19.3-62 V形弯曲

a) 90°角弯曲模 b) 锐角弯曲模
c) 钝角弯曲模 d) 鹅颈形弯曲模

(2) U形、┐形弯曲 (见图 19.3-63)

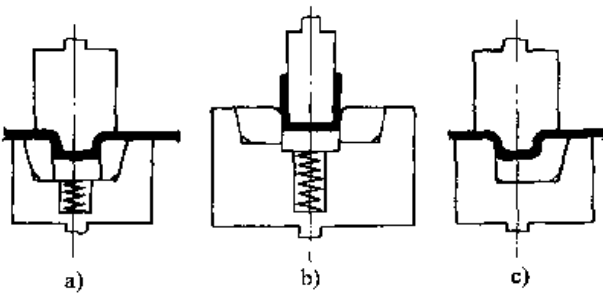


图 19.3-63 U形与┐形弯曲

a)、c) ┐形弯曲 b) 带下顶料装置的U形弯曲

(3) 卷边 (见图 19.3-64 与图 19.3-65)

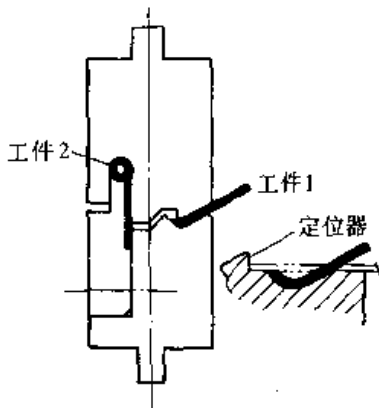


图 19.3-64 合页卷边

- (4) 卷管 (见图 19.3-66 与图 19.3-67)
- (5) 双折弯 (见图 19.3-68 与图 19.3-69)
- (6) 折叠 (见图 19.3-70)
- (7) 锁扣折弯 (见图 19.3-71)

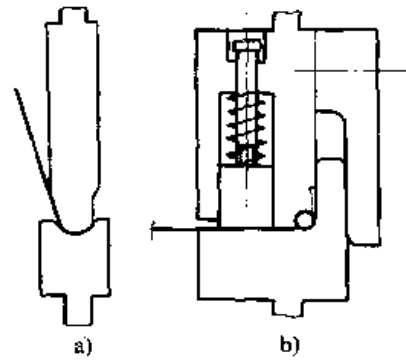


图 19.3-65 薄板卷边

a) 第一道工序 b) 第二道工序

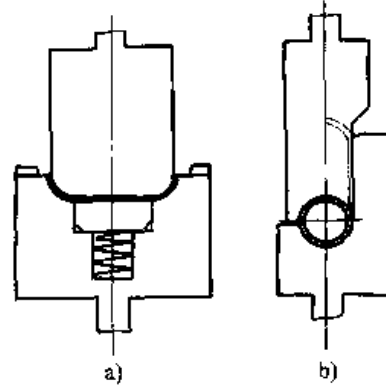


图 19.3-66 卷管

a) 第一道工序弯曲两端R b) 第二道工序卷圆

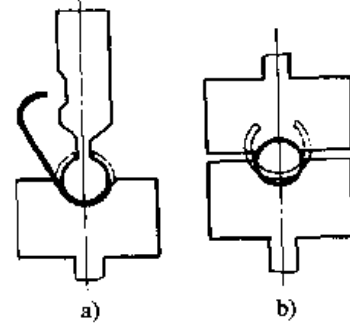


图 19.3-67 管子成形

a) 第一、二道工序弯曲单边R; 第三道工序弯曲中央部位R b) 压合成圆

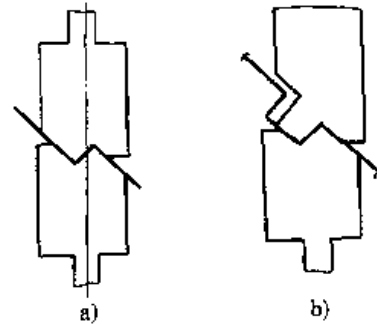


图 19.3-68 直角双折弯

a) 第一道工序 b) 第二道工序

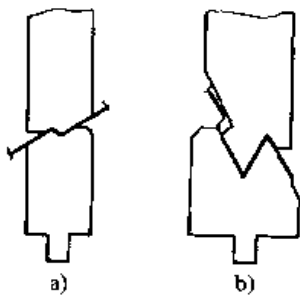


图 19.3-69 非直角双折弯
a) 第一道工序 b) 第二道工序

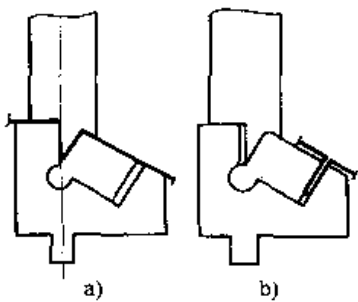


图 19.3-70 折叠
a) 第一道工序 b) 第二道工序

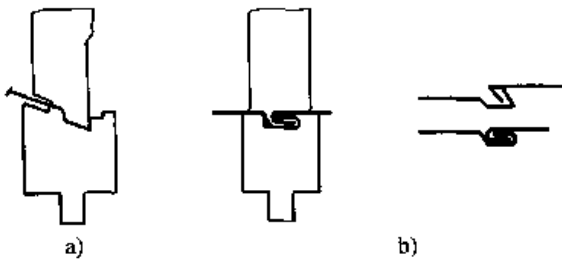


图 19.3-71 锁扣折弯
a) 第一道工序 b) 第二道工序

(8) 箱形件弯曲 (见图 19.3-72)

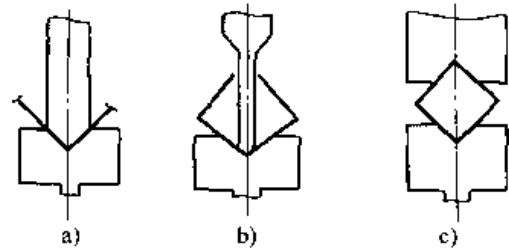


图 19.3-72 箱形件弯曲
a) 第一、第二道工序 V 形弯曲
b) 第三道工序 V 形弯曲 c) 第四道工序成形

(9) 异形件弯曲 (见图 19.3-73)

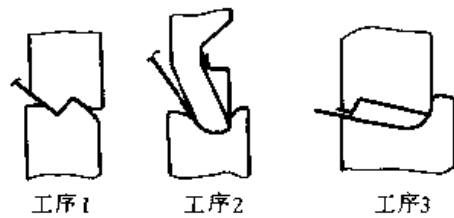


图 19.3-73 异形件弯曲

在折弯机上用多次 V 形弯曲制造复杂零件的例子, 如图 19.3-74 所示。

10.2 多滑块压力机上的弯曲加工

对于薄带料、线材需经多次弯曲成形的小零件, 批量又很大时, 若采用一般的模具在通用压力机上加工很不方便, 有的甚至很困难。而采用

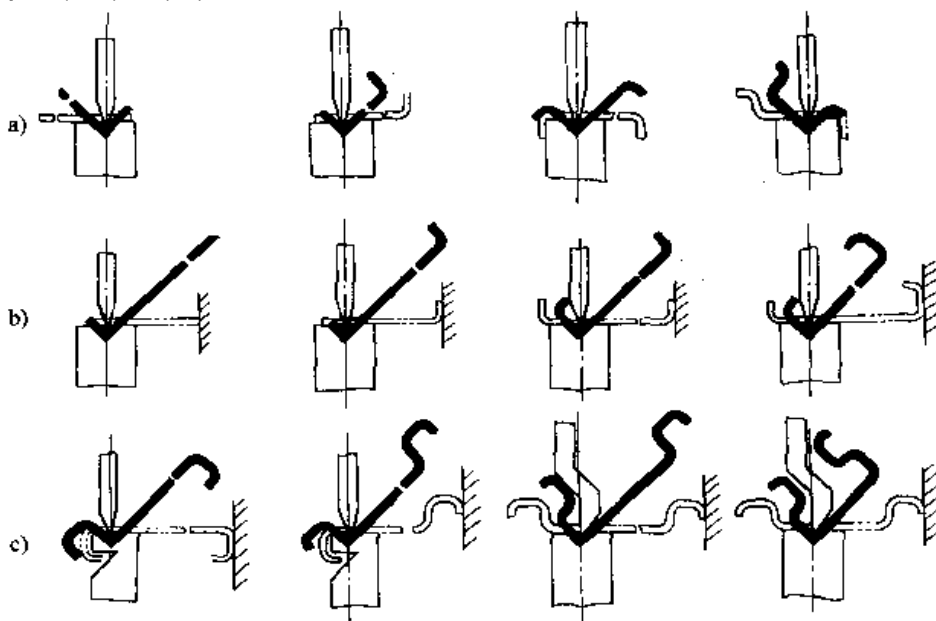


图 19.3-74 用多次 V 形弯曲制造复杂零件举例

多滑块压力机配上相应的简单模具，可以完成各种复杂零件的弯曲加工。整个生产过程除了上料和装模、调整需人工进行外，其余作业均由压力机进行连续自动化生产，因而生产效率很高。此外，由于多滑块压力机具有较高的送料精度，可达 $\pm 0.05\text{ mm}$ ，所以加工零件的一致性很好。在多滑块压力机上工作时，料宽常常等于工件展开宽度。送料进距常常等于工件的展开长度。排样一般不留搭边，故无废料，材料的利用率很高。所以，这是一种十分先进的加工方法。

多滑块压力机（自动弯曲机）是由凸轮驱动来控制装在滑块上的模具，对毛坯进行多个方向弯曲加工的。其模具主要包括具有级进模的冲裁部分和独立的弯曲成形部分。模具的各部分为独

立的单一一体，从而使其结构大为简化。同样的工件，如用多工位级进模加工，不仅模具十分复杂，而且模具费用比多滑块压力机模具高得多。使用多滑块压力机时，冲裁部分可以对卷料（要求长度超过10 m）进行冲裁（冲孔、切边等）、压肋、压包等，弯曲成形部分则借助装有多滑块上的凸、凹模按预定的程序将毛坯进行切断、弯曲、卷圆和搭接等工序。

一些电子电器、仪器仪表和轻工五金行业的小型弯曲件，特别适宜采用多滑块压力机进行大批量生产。

图 19.3-75 所示为多滑块压力机制造的部分典型弯曲零件。

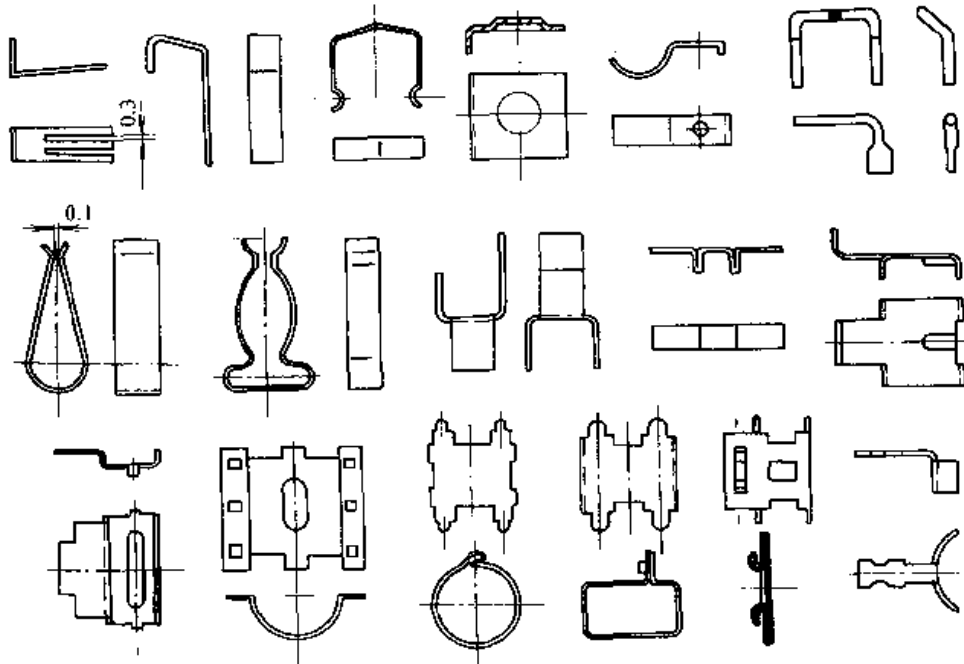


图 19.3-75 多滑块压力机制造的部分典型弯曲零件

弯曲复杂形状的工件，单凭前、后、左、右四个弯模往往不够，需要增加辅助弯模（简称辅模）。图 19.3-76 所示为一个比较复杂的弯曲件及其弯曲成形过程，它的右弯模、后弯模及左弯模均有辅模。卷料在多滑块压力机上的级进模 1（图 19.3-76b）中，冲孔、切边后继续送进，被压料杆 11 压住并由切刀 2 切断。在前弯模 10、后弯模 6、后辅模 7、左弯模 4、左辅模 5、右弯模 9 与右辅模 8 的一系列动作下（见图 19.3-76c~j），将工件弯成如图 19.3-76a 所示的形状。

然后各弯模一起退却（见图 19.3-76k），接着芯模 3 退却（见图 19.3-76l），完成的工件被卸料板 12 刮下。

图 19.3-77 所示的模具结构，其件号与图 19.3-76 相呼应。

(1) 多滑块压力机上弯曲加工弯曲件的工艺设计步骤与原则

1) 按工件展开图绘制冲压排样图，如图 19.3-78 所示为几个典型零件的排样。由此可确定带料的宽度和送料进距，并依此选用设备。

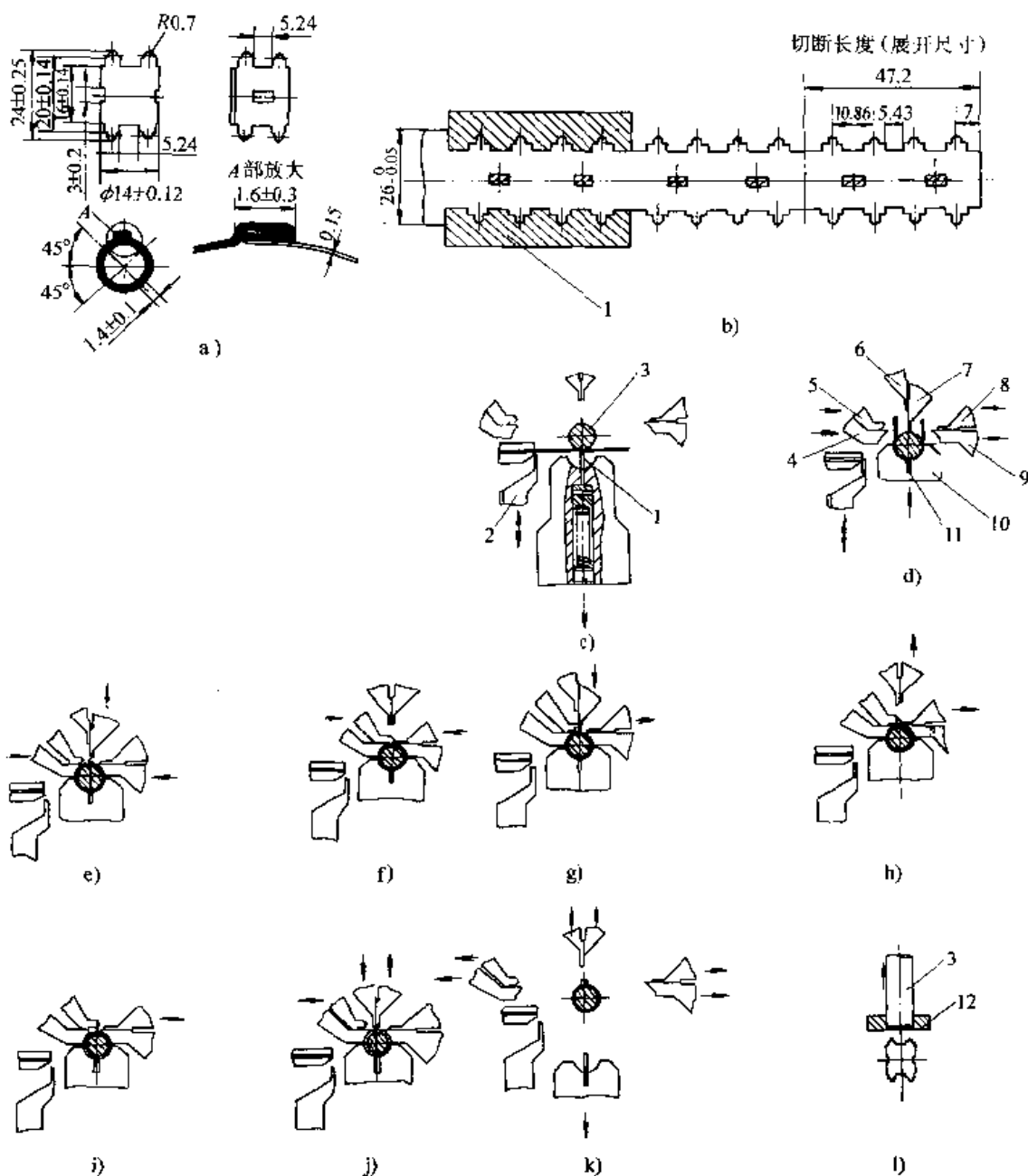


图 19.3-76 多滑块压力机上的弯曲成形工艺过程

a) 工件图 b) 冲裁过程 c) ~l) 弯曲成形过程

1—级进模 2—切刀 3—心轴 4—左弯模 5—左辅模 6—后弯模
7—后辅模 8—右辅模 9—右弯模 10—前弯模 11—压料杆 12—卸料板

2) 对于复杂零件, 应绘出冲压工艺过程分解图, 如图 19.3-79、图 19.3-80、图 19.3-81 所示, 以此了解冲压时各滑块上模具运动的先后次序。

3) 根据各冲压工序的先后选择滑块, 滑块应越少越好, 并尽可能不采用辅助滑块。在选

定滑块的同时要确定滑块行程, 排出各滑块的工作周期, 确定冲压时各模具的工作循环过程。

4) 选择凸轮时, 应尽量选用通用凸轮, 如果通用凸轮满足不了部分动作要求, 便要设计专用凸轮。

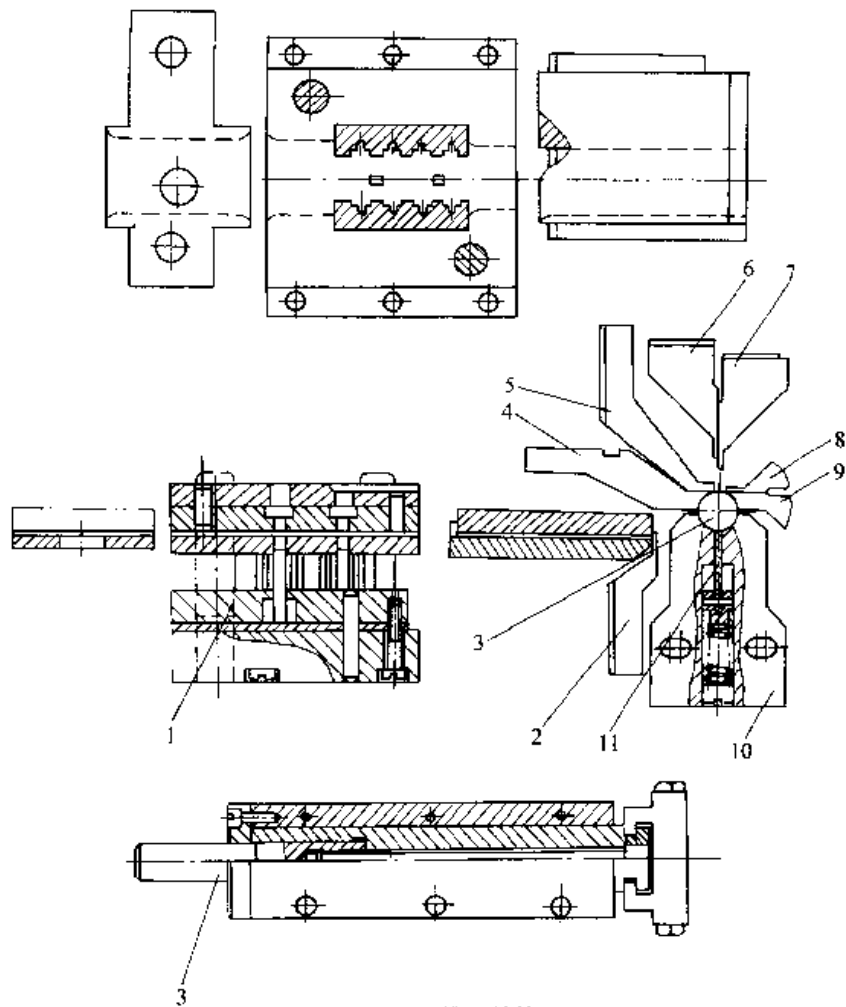


图 19.3-77 模具结构

5) 校核各滑块中的模具在工作循环过程中是否有干涉,以便采取措施。

(2) 多滑块压力机用模具的设计

多滑块压力机用模具一般情况下只设计冲裁部分和弯曲成形部分的模具。视情况也设计芯模和专用凸轮等。由于弯曲成形模具分别装在各滑块上,工件的弯曲成形靠各滑块上的模具按预定程序的合成动作来完成。所以就某一动作的模具结构来说就不太复杂了,但由于各自相互联系十分密切,因此对模具设计应考虑周全,保证工作状态下相互协调,互不干涉,能进行正常连续生产。

有关多滑块压力机用模具设计的要点归纳如下:

1) 多滑块压力机用模具设计,主要指工作部分的设计,虽然简单,但在试模和调整过程中比较麻烦,必须在试模和调整过程中找出规律,

修正设计。

2) 冲裁模一般采用固定卸料板,卸料板上导料槽深度和宽度应控制在一定范围内,槽宽尺寸公差按 IT9 级加工,槽深取 $(t + 0.5)$ mm, t 为工件料厚。

当带料上有压肋或凸起时,槽深应比压肋或局部凸起高出 $(0.3 \sim 0.5)$ mm。为了送料方便,导料槽的进料槽端应倒圆。

为提高凸模导向精度,弹性卸料板应设有辅助导向导柱。

3) 有压包或切口的工件,在凹模内应设有弹顶装置,以利于顺利送料。

4) 常用切料刀如图 19.3-82 所示,图中 a 、 b 的切断刀带有导向部分。切带料时,切刀楔角 β 为 $60^\circ \sim 90^\circ$,对于软料 β 取小值,硬料取大值。切线材时,如果断面要求较高,刃口应设计有同线材直径相同的圆弧槽。

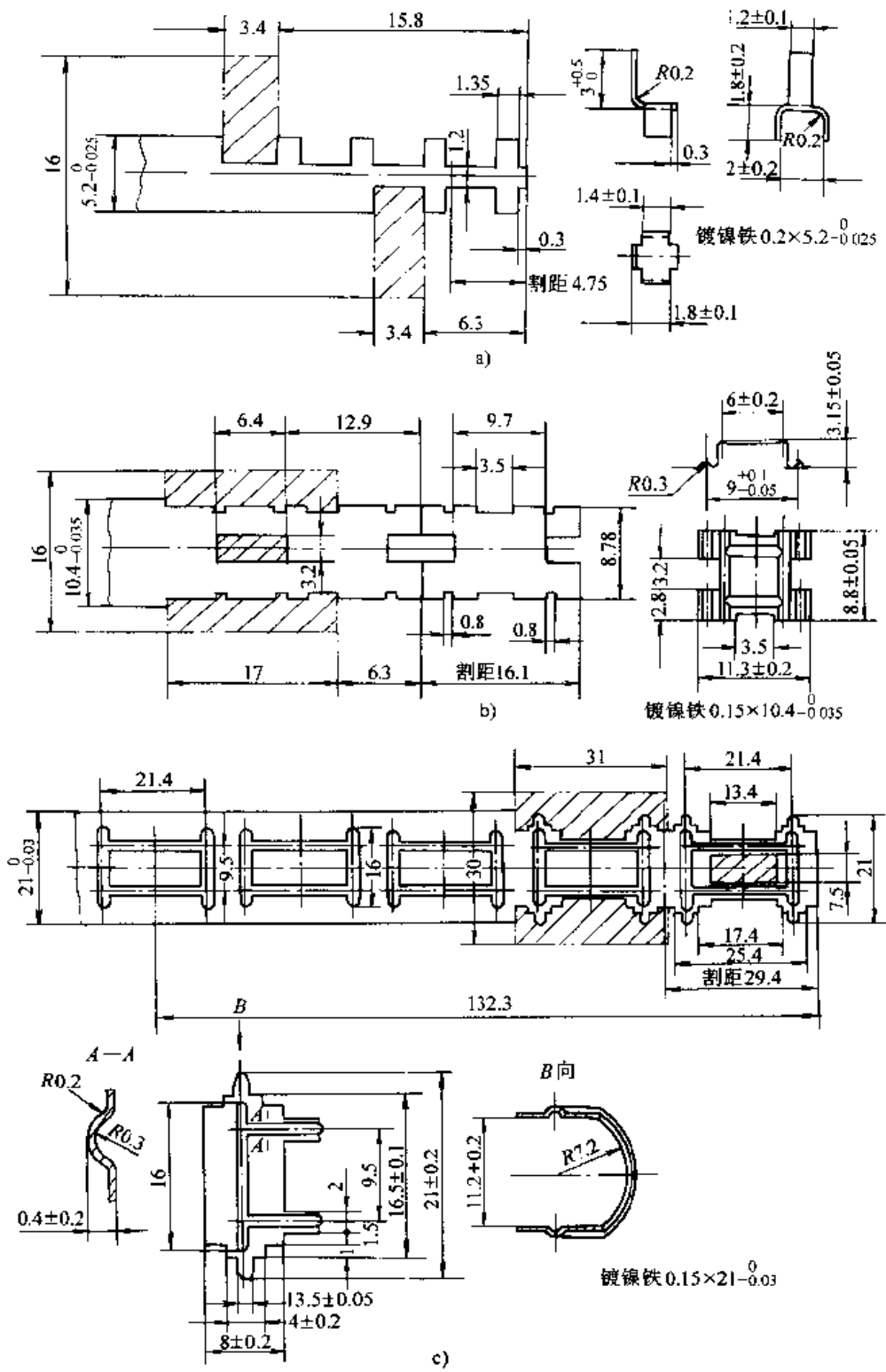


图 19.3-78 几个典型零件的排样图

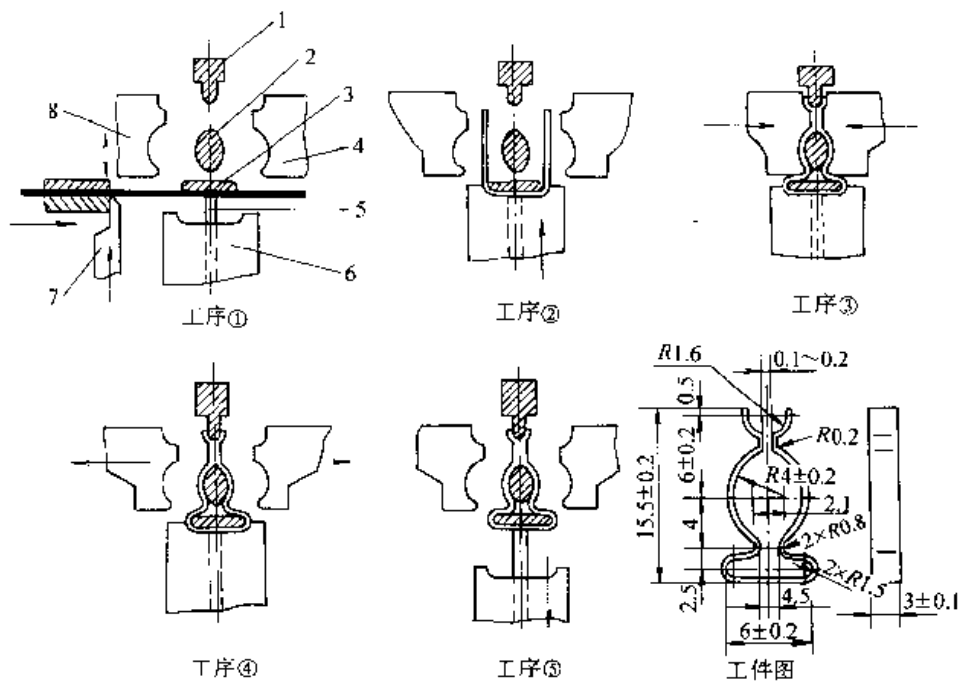


图 19.3-79 弯曲件冲压工艺过程分解图 (例一)

- 1、2、3—芯模 4—右成形模 5—弹压顶销
6—前凹模 7—切断刀 8—左成形模

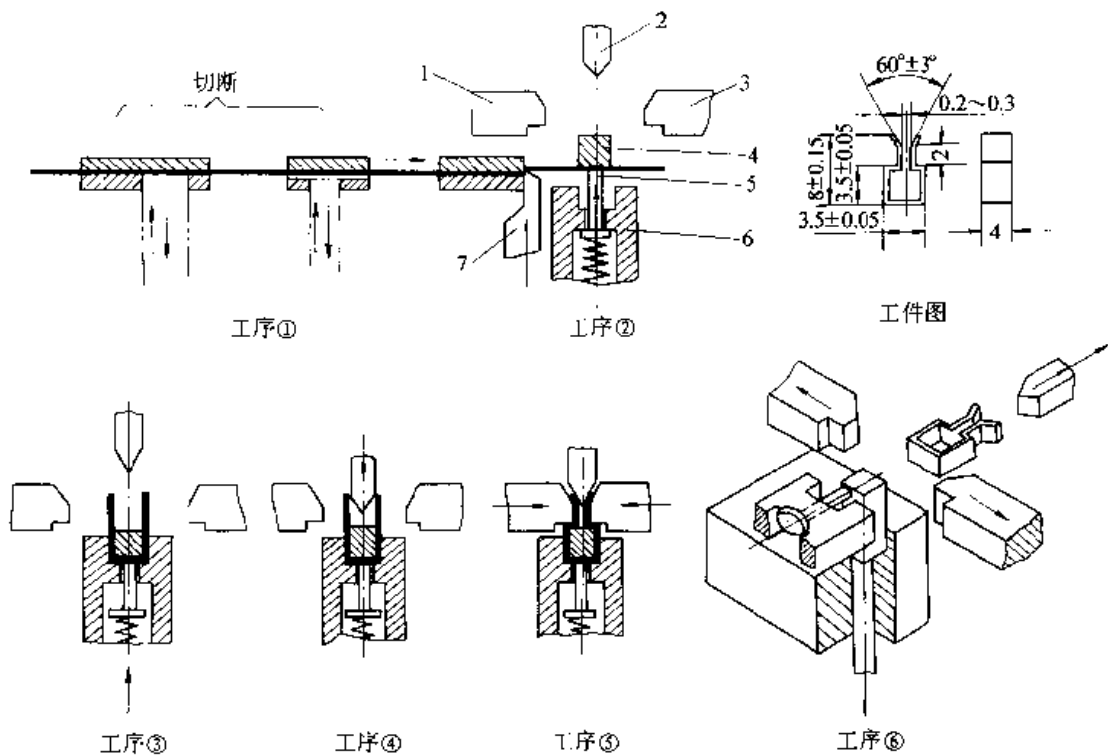


图 19.3-80 弯曲件冲压工艺过程分解图 (例二)

- 1—左凸模 2—后凸模 3—右凸模 4—芯模
5—弹压顶销 6—前凹模 7—切断刀

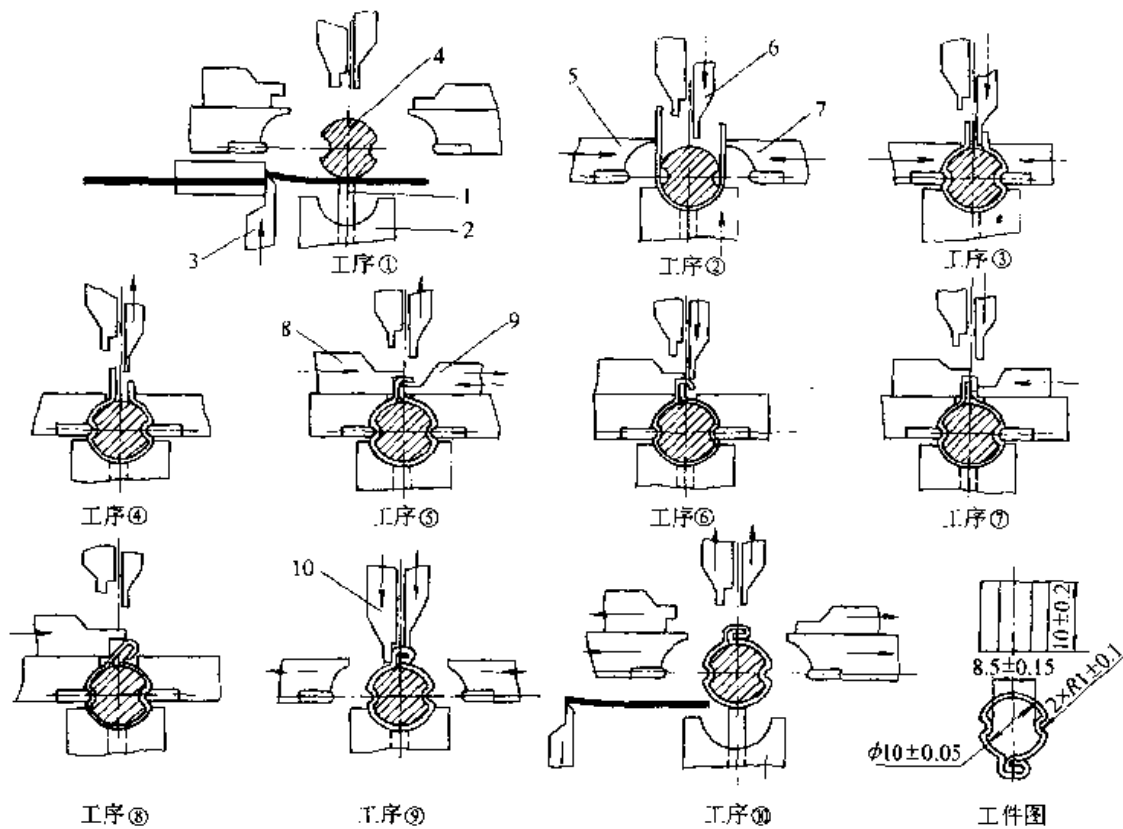


图 19.3-81 弯曲件冲压工艺过程分解图 (例三)

1—弹压顶销 2—前凹模 3—切断刀 4—芯模 5—左成形模
6—后凸模 (1) 7—右成形模 8—左辅助凸模 9—右辅助凸模 10—后凸模 (2)

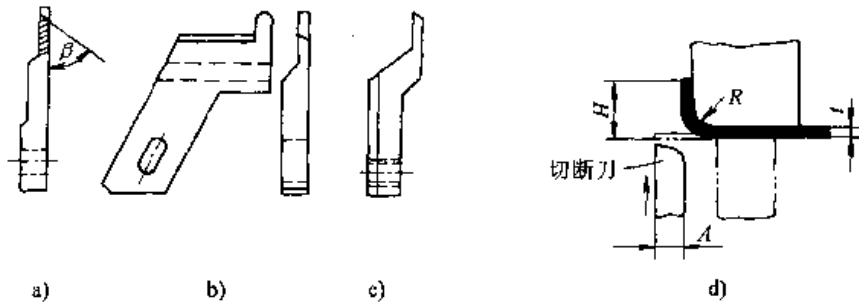


图 19.3-82 切断刀

5) 当切刀兼有弯曲作用时, 切刀尺寸 A (单位: mm) 按下式计算 (见图 19.3-82d):

$$A = H - 1.22t - 0.43R - (0.02 \sim 0.05)$$

6) 由于冲裁凸模工作时单边受力, 稳定性差, 故凸模一侧设有导向部分, 如图 19.3-83 所示。凸模的长度 L 宜短勿长。一般为凸模固定板的厚度加导板厚度再加上 (5~8) mm。图中 $A_1 = B + 1$ (mm), B 为工件料宽 (mm)。

7) 为便于成型磨削, 凹模可以采用镶拼结构, 排废料部分应设计成一定后角, 防止废料堵

塞而把凹模涨裂。

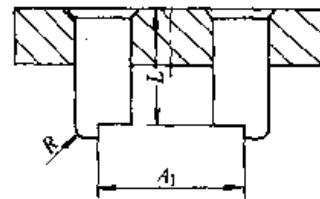


图 19.3-83 单边受力凸模

8) 弯曲成形凸 (凹) 模的工作部分形状和尺寸按工件要求设计, 如图 19.3-84 所示。长度

L 按下式计算:

$$L = L_1 - R - L_2 - L_3 \pm L_4$$

式中 L_1 ——前、后凸轮轴中心线至送料线的距离, 或左、右凸轮轴中心线至前、后滑块中心线之间距离 (mm), 其值由多滑块压力机型号决定;

R ——凸轮最大工作半径 (mm);

L_2 ——滑块上凸轮从动件滚子中心至滑块上固定模具的螺孔之间的距离 (mm), 其值由多滑块压力机型号决定;

L_3 ——模座上长圆孔位置尺寸 (mm) (以长圆孔中心计算);

L_4 ——对前、后滑块来说, 凸 (凹) 模前进至最后位置, 模具端部到送料线的距离。不过送料线时, 减去 L_4 ; 过送料线时, 加 L_4 。对左、右滑块来说, 把送料线换成前、后滑块中心线, 其计算方法一样。

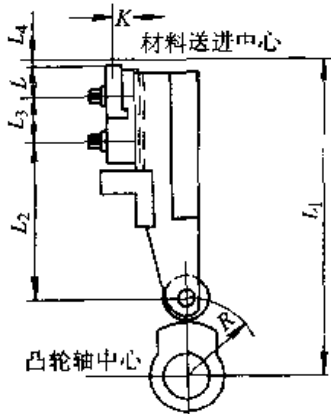


图 19.3-84 模具长度计算图

图中 K 为滑块上平面到送料线之间距离 (mm), 由多滑块压力机型号决定。

9) 弯曲成形模具装在滑块上, 虽能在两个坐标方向进行调整, 可有效地控制材料回弹。但有时也因回弹给试模带来麻烦, 故对材料回弹没有十分把握时, 可先采用不淬硬的模具进行试弯, 等回弹量确定后再淬硬磨光。对于弯曲成形用芯模, 在确定工作尺寸时, 也要考虑到工件的回弹。当弯曲圆形开口工件时, 芯模直径为

$$d = (0.67 \sim 0.93) D_T$$

式中 d ——芯模直径 (mm);

D_T ——工件内径 (mm)。

要弯成一定角度的工件, 应考虑有 $3^\circ \sim 5^\circ$ 的回弹角。也可先采用不淬硬的芯模试弯, 最后再淬硬磨光。

10.3 滚弯

在滚弯 (或称卷板) 机上, 利用 2~4 个工作辊相对位置变化和旋转运动, 在送进板材的同时, 作连续弯曲加工的方法, 称为滚弯。一般来说, 滚弯的弯曲半径是相当大的, 它可用于圆筒形、局部圆筒形、圆锥形、部分圆锥形等零件的加工。此外, 由于辊轴的位置可相对于板材的送进量作适当变化, 也可以制作四边形、椭圆形, 以及其他非圆断面的筒形件, 还可用于圆筒形或非圆断面筒形件的凸缘加工以及由带料制作异形环、型材的弯曲加工等 (图 19.3-85)。

板材或型材滚弯广泛用于飞机、船舶、锅炉、石油、化工、金属结构及其他机械的制造业。

本节仅就板材制作圆筒形或圆锥形零件的滚弯成形予以讨论。

10.3.1 圆筒形零件的滚弯

(1) 上下辊中心距的确定

对称式三辊滚弯机的上、下辊中心距 (Y_c) 可按下式计算 (见图 19.3-86):

$$Y_c = \sqrt{(R_{n0} + t + R_2)^2 - a^2} - R_{n0} + R_1$$

式中 R_{n0} ——滚弯零件回弹前内缘的曲率半径 (mm);

t ——零件厚度 (mm);

a ——下辊水平中心距之半 (mm);

R_1 ——上辊的半径 (mm);

R_2 ——下辊的半径 (mm)。

(2) 端部平直段的消除方法

在对称式三辊滚弯机上将平板材滚弯成圆筒形时, 板材的进入端和出口端, 由于变形不足而残留下平直部分 (见图 19.3-87)。平直段在校圆时难以完全消除, 故一般应对板材端头进行预弯, 消除直边。常用的端部平直段的消除方法有以下五种。

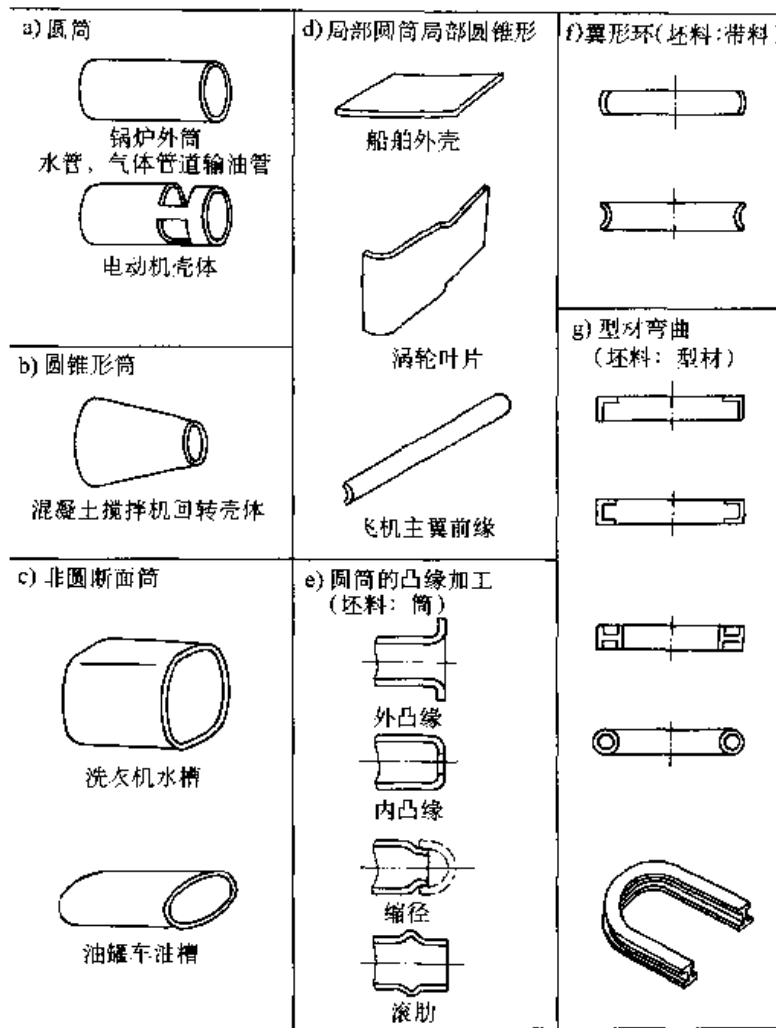


图 19.3-85 滚弯制件的实例

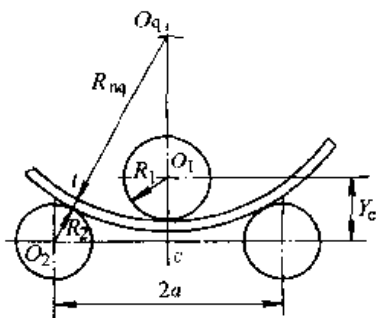


图 19.3-86 对称式三辊滚弯机上下辊中心距尺寸关系

1) 采用端部弯曲模 滚弯之前, 先由装有一定曲率的一副端部预弯模的压力机或折弯机, 对板材的两端进行预弯。

2) 采用端头滚弯机 如图 19.3-88 所示为端头滚弯机, 按所需长度隔开布置着两对辊轮,

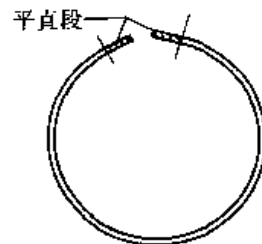


图 19.3-87 两端残留平直段的圆筒件

当平板材通过辊轮滚弯成形后, 便完成了端头预弯。为使两对辊轮适合不同的板材长度, 可用改变机架间距的办法来实现 (图中箭头所示)。

3) 采用弯曲垫板 采用厚度 t_0 大于板材厚度 t 的弯曲垫板, 以实现端头预弯, 如图 19.3-89 所示。图 19.3-89a 适用于 $t_0 \geq 2t$, $t \leq 24$ mm, 不超过设备能力的 60%; 图 19.3-89b 适

用于 $t_0 \geq 2t$, $t \geq 24 \text{ mm}$, 不超过设备能力的60%; 图 19.3-89c 适用于薄板。

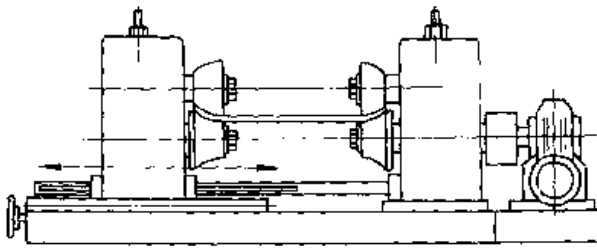


图 19.3-88 端头滚弯机

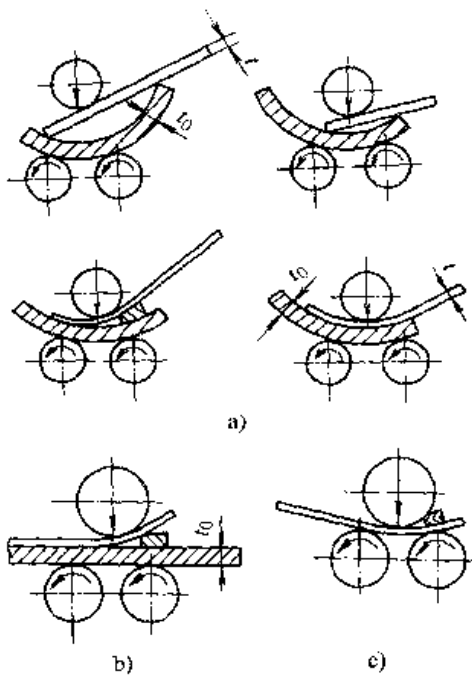


图 19.3-89 采用弯曲垫板实现端头预弯

4) 采用夹紧型三辊滚弯机 如图 19.3-90 所示为夹紧型非对称式三辊滚弯机示意图。开始, 将侧辊 3 置于下面的位置 (双点划线所示), 把板材从左边送入, 进而在两上、下辊之间牢牢夹住板材右端。接着, 使侧辊上升, 板材右端即弯曲至所要求的曲率。再将板材从左边抽出调头, 并调整好侧辊 3 的位置, 把预弯过的一端从右边送入上、下辊之间, 待板材全部滚弯完毕, 便可获得曲率一致的圆筒形件。

5) 采用端头预弯用压料板 在对称式三辊滚弯机的两个下辊之间, 设置了可作上下运动的压料板。预弯前, 首先将板材的一端牢牢地夹在压料板和上辊之间 (见图 19.3-91b), 接着把右边的下辊推上去作端头预弯 (见图 19.3-91c),

再将压料板退回 (见图 19.3-91d), 使两下辊回转并送进板材之后, 再对另一端以同样方法进行预弯。此后, 退回压料板, 便可进行圆筒的滚弯加工。

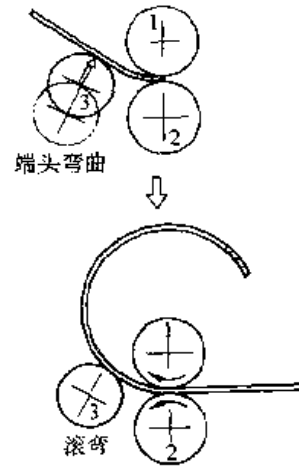


图 19.3-90 用夹紧型非对称式三辊滚弯机预弯端头

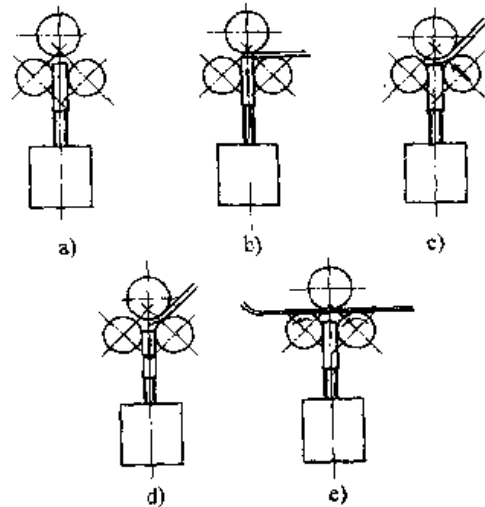


图 19.3-91 具有端头预弯用压料板的对称式三辊滚弯机

(3) 鼓凸状桶形的消除方法

当滚弯曲率半径小、且料厚的长圆筒形零件, 由于弯曲过程有较大的变形抗力, 致使滚弯机的工作辊产生挠度, 在滚弯之后, 圆筒的中间部分便会形成鼓凸状的桶形, 如图 19.3-92 所示。

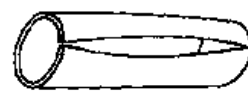


图 19.3-92 圆筒形零件的鼓凸状桶形

为了防止桶状变形，可采用以下两种办法。

1) 采用支承辊 对于具有长工作辊的滚弯机，可以使用活动支承辊，并且，当采用此类设备而板料宽度不大时，就有可能大幅度地增加滚弯加工的板材厚度。

对于两端开启的成形件（造船、飞机中常有），就常常采用在整个细长的工作辊上配置多个支承辊的方法，如图 19.3-93 所示。

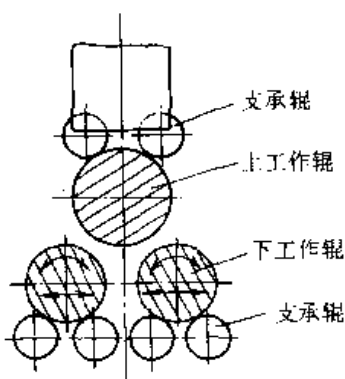


图 19.3-93 上下工作辊配置多个支承辊

2) 采用预载荷滚弯机 对于细长管件成形用的滚弯机，为消除加工中工作辊的挠曲，就预先在工作辊上给出与变形方向相反的挠度。图 19.3-94a 就是对上辊施以挠曲的情况，上辊的两端超出轴承进一步向外延伸，在其端部利用液压缸施加向上的作用力，从而在工作辊上造成向下凸起的翘曲效果。如果采用这种方法，就有可能相应于板材的性能、尺寸以及弯曲半径给出要求的翘曲量。图 19.3-94b 则是用分离的支承辊在下辊上造成所需上凸翘曲的方法。

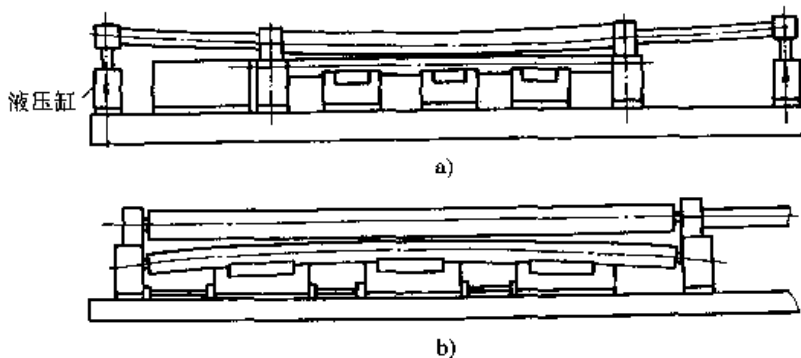


图 19.3-94 预载荷型滚弯机

(4) 圆筒形零件的滚弯过程

图 19.3-95 所示为不同类型滚弯机上圆筒形零件的滚弯过程。

10.3.2 圆锥形零件的滚弯

(1) 辊轴倾斜度的确定

滚弯圆锥形零件时，应使上辊与侧辊斜置（不平行），并使滚弯线始终与扇形板坯的母线重合就能卷成锥筒。辊轴的倾斜度可用下式计算：

$$\tan\beta = \frac{[(R_1 + r_c)^2 - (\frac{l}{2})^2]^{\frac{1}{2}}}{L} - \frac{[(R_2 + r_c)^2 - (\frac{l}{2})^2]^{\frac{1}{2}}}{L}$$

式中 β —— 倾斜辊轴线与水平方向的夹角（°）；

R_1 、 R_2 —— 锥筒大、小口径的外半径（mm）；

r_c —— 倾斜辊半径（mm）；

l —— 侧辊中心距（mm）；

L —— 锥筒母线长度（mm）。

对辊轴不能作倾斜调节的滚弯机，可将辊轴位置按锥筒大口曲率半径的需要调节好，并在上辊上滚弯小口的部位加一个适当厚度的套筒也能滚弯出近似锥筒。

(2) 圆锥形零件扭曲变形的消除方法

圆锥形零件滚弯时易产生扭曲变形（见图 19.3-96），消除扭曲现象的可靠方法之一是上辊合理地倾斜，下辊平行，在滚弯过程中板坯采用分段—重叠滚弯成形法。图 19.3-97 所示为圆锥形零件分段—重叠滚弯法的步骤：

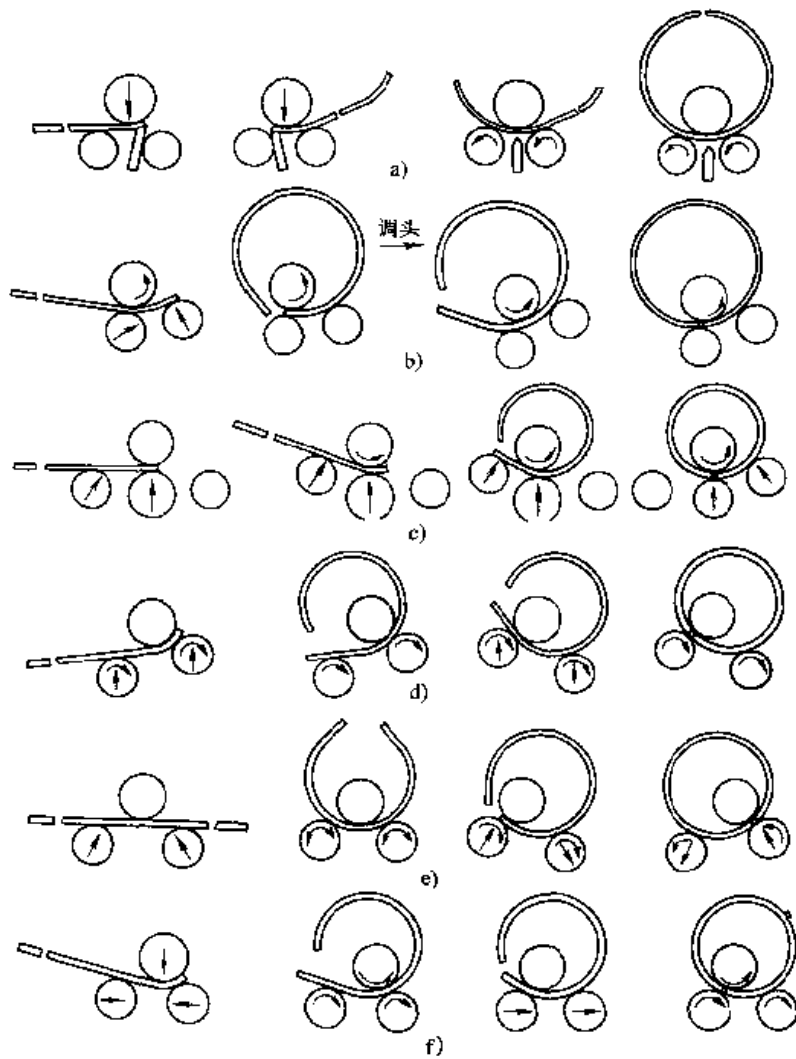


图 19.3-95 在不同类型滚弯机上圆筒形零件的滚弯过程
 a) 带弯边垫板的对称式三辊滚弯机 b) 非对称式三辊滚弯机
 c) 四辊滚弯机 d) 偏心三辊滚弯机 e) 对称下调式三辊滚弯机
 f) 水平下调式三辊滚弯机

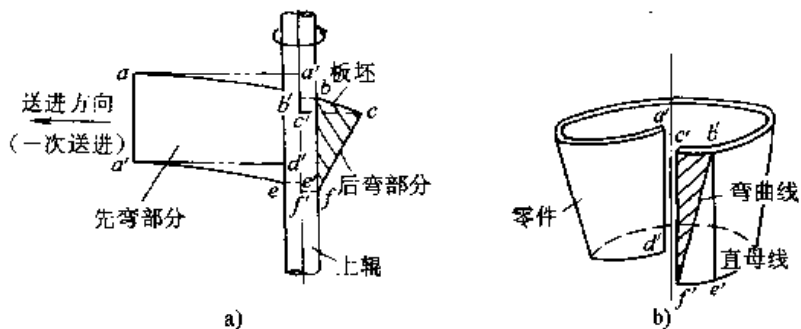


图 19.3-96 圆锥形零件的扭曲现象
 a) 滚弯过程 b) 扭曲现象

- 1) 将外圆弧 S_w 与内圆弧 S_n 的长度各分为 n 等分。各等分的间距约为上辊直径的 1.5 倍。
- 2) 滚弯之前可采用弯曲垫板预弯等方法成形两端。

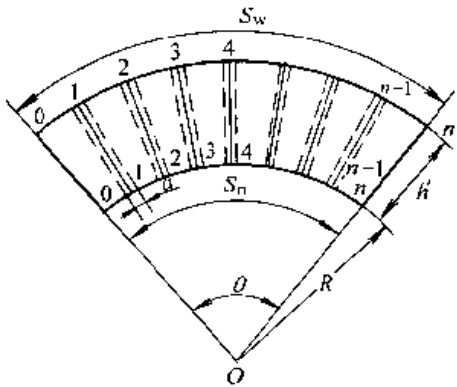


图 19.3-97 扇形板坯的分段间距

3) 滚弯时首先将上辊对准板坯上的等分线 1—1 施加弯曲力，而后在 0—0 至 2—2 两个区间内滚弯一次。提起上辊，转动板坯，使等分线 2—2 对准上辊的轴线。将上辊对准板坯上的等分线 2—2 施加弯曲力，而后在 1—1 至 3—3 两个区间内滚弯一次，……依次类推。为便于观察区间等分线是否对准上辊的轴线，可在这些区间线的左右两边绘制辅助线（图中虚线），每对辅助线的间距 a 约比上辊的直径大 2 mm 左右。

(3) 圆锥形零件的滚弯方法

滚弯圆锥形零件的板坯，需预先切成其展开的扇形。

滚弯时，使上辊轴线与下辊轴线斜置，并使滚弯线始终与扇形板坯的母线重合，就能滚弯成圆锥形零件。

滚弯圆锥形零件的方法较多，下面介绍常用的几种方法：

1) 分区滚弯法 如图 19.3-98 所示，以跨区时的移动来近似地调速。步骤为：①上辊对准 5—5' 线进行滚弯，至大端 4 为止；②上辊对准 4—4' 线进行滚弯，至大端 3 为止；③仿照以上步骤弯完各区。

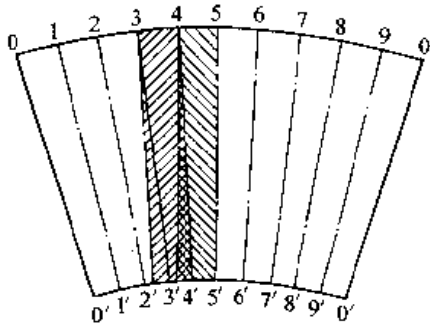


图 19.3-98 分区滚弯法

2) 旋转送料法 如图 19.3-99 所示，在扇形板坯的外缘和内缘加导向轮，使之旋转送进，而使滚弯线基本与扇形板坯母线重合。

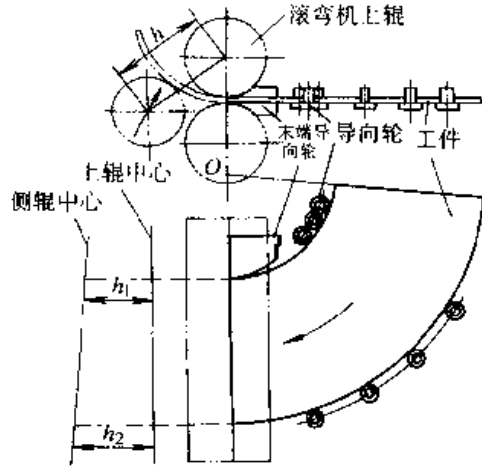


图 19.3-99 旋转送料法

3) 制动杆减速法 在夹紧型非对称式三辊滚弯机上，使侧辊相对于两夹紧辊倾斜。为使成形准确进行，加工中板坯必须围绕扇形中心回转。因此，垂直于辊轴中心线方向板坯的送进速度必须与从圆锥顶点算起的距离成比例。若在扇形板坯内缘设置一个制动杆，用以限制板坯内缘的运动，便可达到减速的目的，如图 19.3-100 所示。

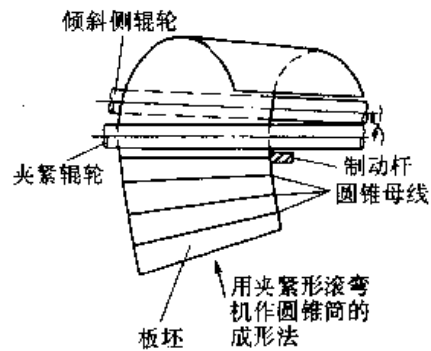


图 19.3-100 借助扇形板坯内缘制动杆的减速法

4) 回转送料法 采用以圆锥顶点为中心的回转送料装置，可确保板坯的准确送进，使滚弯线始终与扇形板坯的母线重合，如图 19.3-101 所示。

5) 双速四辊滚弯法 将四辊滚弯机的上、下辊和侧辊分别用两套传动装置传动，用上、下

辊带动扇形板坯的大口，侧辊带动板坯的小口，通过传动装置的适当调速，使大口和小口送进的角速度一样，便可滚弯出比较准确的圆锥形零件，如图 19.3-102 所示。

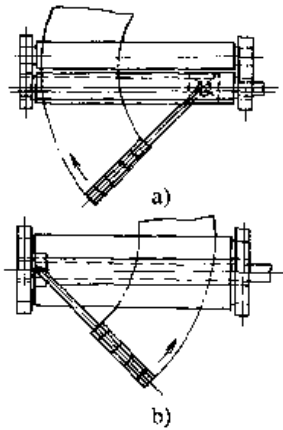


图 19.3-101 以圆锥顶点为中心的回转送料装置

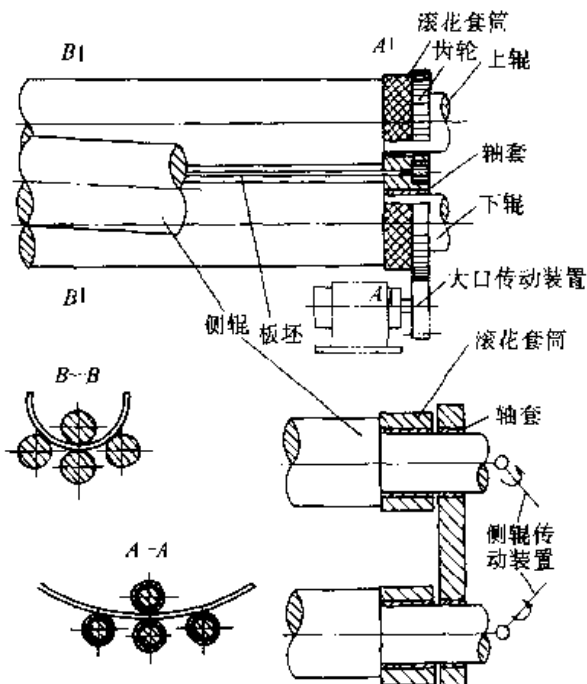


图 19.3-102 双速四辊滚弯法

6) 锥形辊滚弯法 如图 19.3-103 所示的锥形辊滚弯机在国外已经研制，它能更精确地滚弯出圆锥形零件。

10.3.3 二辊滚弯

二辊滚弯机的上辊为钢制刚性辊，下辊为工作表面包覆聚氨酯橡胶的弹性辊。聚氨酯橡胶的

硬度为肖氏硬度 85~95 HS (见图 19.3-104)。当钢辊按合理的压下量压入富有韧性、耐磨性、高弹性的弹性辊时，弹性辊呈径向的凹陷变形，送入二辊之间的板材借助弹性材料变形的反力而被弯曲，驱动弹性辊，从而实现板材的连续弯曲，便能滚弯出圆筒形零件。

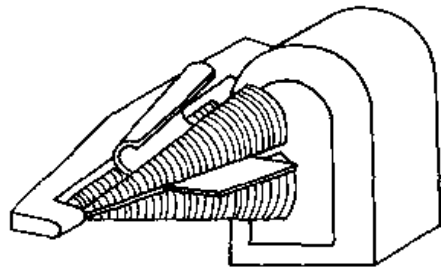


图 19.3-103 锥形辊三辊滚弯机

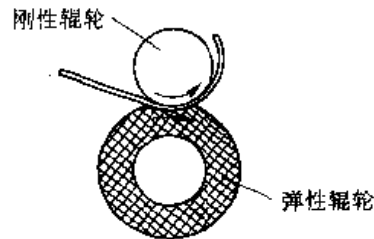


图 19.3-104 二辊滚弯示意图

上辊压下量与工件直径的关系如图 19.3-105 所示。当压下量达到某一临界值之后，即使再加大压下量，工件直径的变化也是非常小的。所以，取比临界压下量稍大些的变形量，即为合理压下量。当压下量小于临界压下量时，工件直径尺寸不够稳定，故一般不采用。

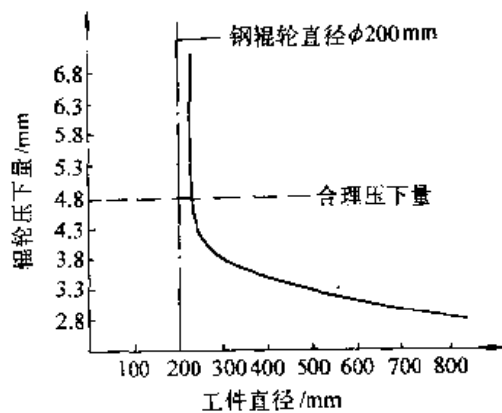


图 19.3-105 上辊压下量与工件直径的关系

为了加工大直径圆筒件，可在刚性辊上套以

适当直径的导向辊轮来进行滚弯成形,如图 19.3-106 所示。

在二辊滚弯机上滚弯板材零件的实际操作可按两种方式进行:对于塑性好的(伸长率 $\delta > 30\%$)或薄的板材(厚度小于 $1.5 \sim 4 \text{ mm}$),可以一次滚弯完成。对于塑性差的或厚的板材,应加大钢辊的压入力,预弯好板材的进口端和出口端,然后一次或几次(可进行中间退火)弯成零件。

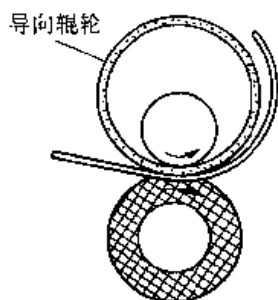


图 19.3-106 用导向辊轮加工大直径圆筒形零件

二辊滚弯与前述三辊或四辊滚弯相比,其主要优点有:

- ① 生产效率高,一般可达 $100 \sim 350 \text{ 件/h}$,最高可达 $1\,000 \text{ 件/h}$ 。
- ② 工件精度高,表面质量好,无划痕。
- ③ 大大减少了滚弯件进口端和出口端的平

直段。薄板的平直段不会超过料厚,厚板的平直段也不超过四倍料厚。因而,一般都不需在滚弯前对两端进行预弯。

④ 板材即使是经过冲孔、切口、起伏成形等加工,也不致产生折裂及不规则翘曲等。

⑤ 如果把钢辊的压下量取大,即使两辊的间距有所变动,而工件直径也不发生变化。因此对设备精度的要求不是很高。

二辊滚弯的缺点是:

① 由于相对于工件直径的每一个变化都需要制作导向辊轮,故不适于多品种小批量生产。

② 工件的尺寸受到一定的限制。现有的二辊滚弯机的加工范围为:最大加工板厚为 $6 \sim 9 \text{ mm}$,工件直径为 $\phi 76 \sim \phi 460 \text{ mm}$ 。

10.4 滚压成形

(1) 特征

滚压成形是将金属带料置于前后直排的数组成形辊轮中通过,随着辊轮的回转,在将带料向前送进的同时,又顺次进行弯曲加工以成形复杂断面制件的加工方法。图 19.3-107 所示是带料通过多对辊轮逐次滚压成形的过程。例如汽车上的风窗玻璃框,自行车的轮圈及挡泥板,建筑业中的天窗构件、橱窗构件和窗扇构件等,都是用这种方法加工的。

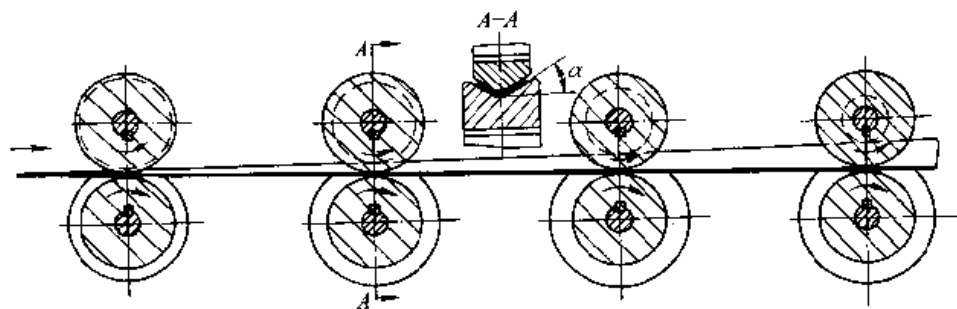


图 19.3-107 滚压成形过程

滚压成形具有以下特征:

- 1) 滚压成形属连续性生产,生产效率很高,而所需设备和工人数量却很少。
- 2) 设备工作平稳,噪声小,劳动条件好。
- 3) 滚压成形能够加工出形状十分复杂的断面,且冷弯时具有均匀的冷作硬化,用薄的金属带料制造出强度高、刚性好的构件,有利于实现零件的轻型化。

4) 用拉拔设备成形时,容易产生翘曲、扭转等缺陷,但用滚压成形却可防止这些弊病。由于经各型辊的变形量小,故加工表面良好(保持带料原有的表面质量),故涂覆材料也适用这种加工方法。

5) 可以与冲孔、起伏成形、打印、焊接、定尺剪切等加工装置联动,实现多种工艺过程连续自动化生产。

6) 由于逐次小变形,且板厚方向没有压下量,与轧机相比,变形力小,滚压成形机的强度要求低,故设备结构简单。另外,主要变形工具——型辊的使用寿命长,而且制造较简单,成本低。

7) 材料利用率高。

8) 由于是作弯曲加工,所以对于很小的尖角是不合适的,能成形的尖角大小,取决于材料的弯曲性能。

9) 滚压成形可以加工各种材料:软带钢、有色金属及其合金、不锈钢及其他许多材料。带料的厚度可以由0.1 mm到20 mm,宽度可达2 000 mm。制件的长度从理论上讲可以是任意的,不受设备条件的限制。但是,在制件尺寸不长的多品种小批量生产的情况下,普通冲压弯曲却是经济的。

(2) 成形原理

滚压成形的成形原理是由各组成形辊轮顺次弯曲并向前送进的成形过程,如图19.3-108a所示。如果从第一组辊轮来看(见图19.3-108b),带料从辊轮的入口处一面受到弯曲一面向前运动,至辊轮的中心(断面4)处即成形完毕,并从辊轮中穿出来,向第二组辊轮送进。

第1组辊轮 第2组辊轮 第3组辊轮 第4组辊轮

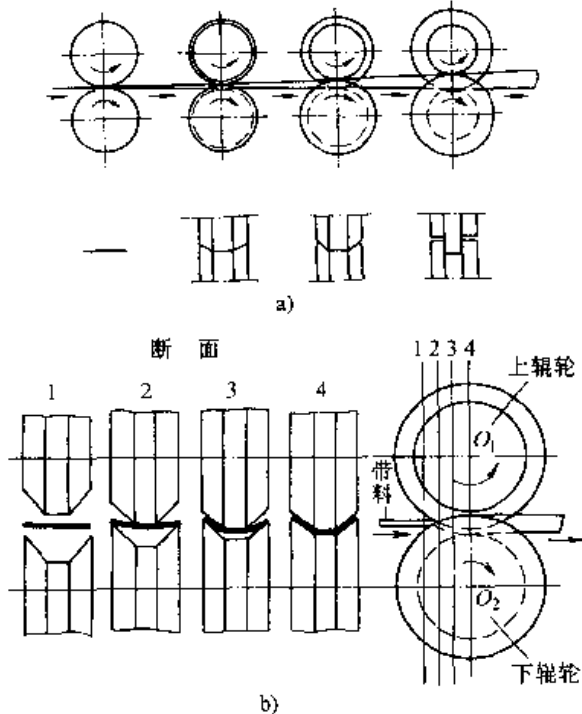


图 19.3-108 成形过程

图19.3-109所示为成形辊在成形过程中垂直断面上滚压力的分析。如果考察增量 dx 这一微小长度的断面,上下辊轮的中心力 $\frac{pdx}{\cos\theta_1}$ 、 $\frac{pdx}{\cos\theta_2}$ 的垂直分量 pdx 就起到校正弯曲的作用。而中心力所产生的水平分力 $pdx\tan\theta_1$ 、 $pdx\tan\theta_2$ 将作用于进出材料的方向。如果由中心力所产生的摩擦力 $F_1 = \frac{pdx}{\cos\theta_1}\mu$ 、 $F_2 = \frac{pdx}{\cos\theta_2}\mu$ 不能克服由中心力所产生的水平力 $pdx\tan\theta_1$ 、 $pdx\tan\theta_2$,则带料就将打滑而不能向前送进。根据对成形辊的辊轮压力分布的实测结果,显示出辊轮压力从入口侧开始增加,进而至辊轮中心达到最大值,从而使材料向前送进的摩擦力也在辊轮中心达到最大值。为使带料端部易于咬入,有效的方法是尽可能将端部作成三角状细条,快速送到辊轮中心使其咬住。

(3) 滚压成形工艺

1) 毛坯宽度的计算 滚压成形的毛坯宽度,与冲模弯曲的情况一样,按应变中性层的展开长度计算。圆弧部分的中性层曲率半径为

$$\rho_c = r + xt$$

式中 r ——内弯曲半径 (mm);

t ——板厚 (mm);

x ——应变中性层位移系数,可查表19.3-1。

对于形状复杂的滚压成形件,存在着不可避免的圆角区料厚变薄,滚压成形后的宽展量可达2%~5%。

2) 滚压毛坯断面在辊轮中的位置 在拟定工艺过程时,必须选定制件断面对辊轮中心线的正确位置。

图19.3-110b所示为轿车车窗装饰条的断面形状,滚压成形后还要进行纵向弯曲,要求保证装配尺寸 a ,并避免划伤镀铬表面 b 。

从保证装配尺寸 a 来看,选择图19.3-110a中的方案I较好,但为了避免划伤镀铬表面 b 和有利于观察与调整来看,还是选择方案II比较合理。

3) 成形直边角度 在成形直边的角度时,成形的最大高度应符合直线向上的关系(见图19.3-111),其设计方法为控制成形直边的上升角(见表19.3-20)。

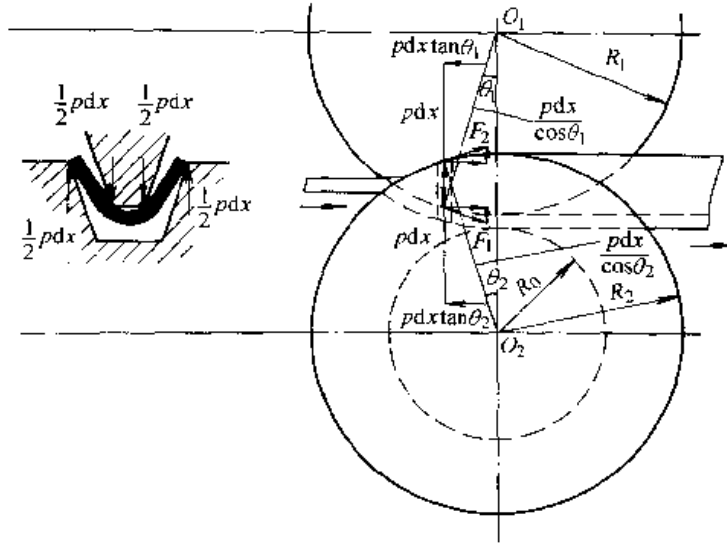


图 19.3-109 滚压成形的受力分析

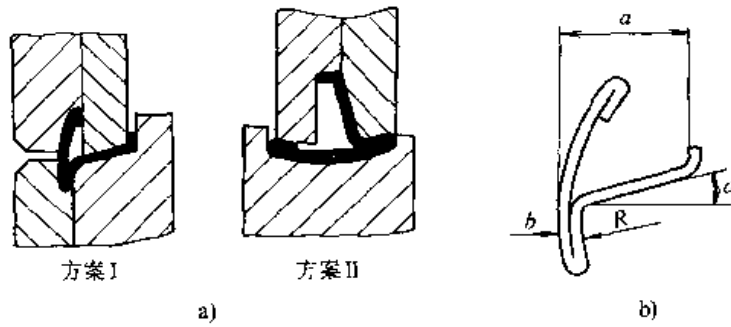


图 19.3-110 滚压断面对辊轮中心线的位置

a) 成形方案 b) 装饰条断面形状

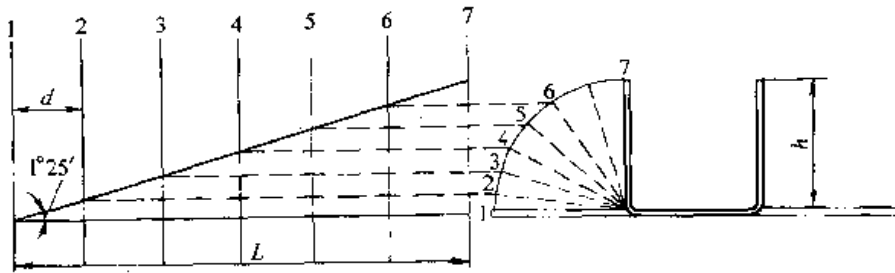


图 19.3-111 成形直边的角度和成形高度

表 19.3-20 滚压成形直边的上升角 (推荐值)

滚压成形的材料	成形直边的上升角
软质材料	3°
不锈钢	1°35'
一般金属材料	1°25'

为 $1^{\circ}25'$ ，辊轮工位间距为 d ，成形设备的全长为 L ，那么辊轮的组数 n 就可以用下式确定：

$$n = \frac{L}{d} = \frac{h \cot 1^{\circ}25'}{d}$$

但是，对于复杂断面，照此沿用是不行的，需增加辊轮数量才行。如果利用托辊或边辊从横向加工，则可以减少垂直成形辊轮的数量。

4) 辊轮组数的确定 对于简单断面的成形，如图 19.3-111 所示那样确定成形直边的上升角

5) 导向线 为使带料从平板状态向前移动

直至成形出所需断面形状，就需要有水平导向线和垂直导向线。水平导向线从第一组辊轮开始到最后-组辊轮为止，应始终保持在同一水平面上，如图 19.3-112 所示，它是确定成形辊轮节圆直径的基准。垂直导向线垂直于辊轮轴线，是从第一组辊轮至最后一组辊轮，使垂直导向线两侧的变形量都是均等的一条基准线，如图 19.3-113 所示。在对称断面中，此导向线与断面中心线一致。

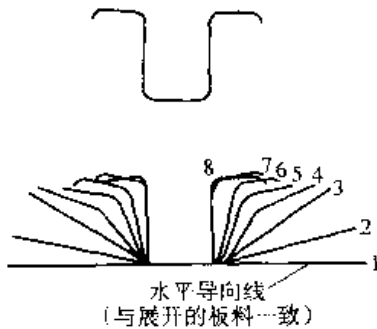


图 19.3-112 水平导向线

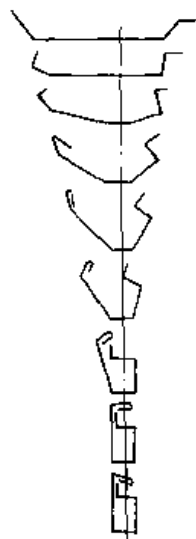


图 19.3-113 垂直导向线

6) 辊轮节圆直径 上下辊径一致的直径是辊轮的节圆直径，也称孔型线。在节圆上可以无滑移地送进成形材料，在此点以外的辊径上，辊轮和材料之间就要发生滑移。从理想的角度出发，节圆直径最好是选在辊轮受力最大的点上，但是这些点在每一组成形辊轮上是变化的。如图 19.3-114 所示是辊轮节圆直径位置的若干实例。

节圆直径的长度要在这些组(对)辊轮上依次递增 0.5%~1.0% 左右，从而使辊轮对材料

始终朝送进方向给以拉伸作用，以防止成形材料穹弯和扭转，确保滚压成形顺利进行。

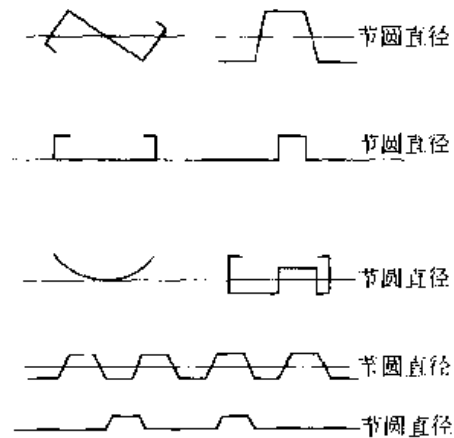


图 19.3-114 辊轮节圆直径的位置

7) 滚压顺序 根据滚压成形件断面形状和料宽的不同，可采用不同的滚压顺序，大体上有三种方法：

① 从板料宽度的中心起顺次向两边成形的方法，被广泛用于宽料等的成形之中。由于在中间使材料流向两边，就不用担心发生不合理的拉伸。

② 从板料的两边开始成形，再顺次成形到中间的方法，被用于管形件等的成形之中。在先使边缘成形更为方便或由于边缘成形可提高边缘的纵弯强度等场合下，就采用这种方法。

③ 在板料的中间和两边都不加区别地同时对各个部分作成形的的方法，被用于宽料等成形之中，此法最初先对整体作缓和的过渡弯曲，接着再对急剧过渡的角度作精加工。

8) 辊轮孔型的间隙 在滚压成形中，板厚不会出现变厚现象，对于弯曲部分，由于材料变薄，因此就可以取间隙等于材料的厚度。考虑到除了辊轮节圆直径之外，原则上都要发生滑移，所以对于节圆直径以外的点，倒是取得较板厚大一些更为安全。此外，对于最后一组辊轮孔型以外的各中间孔型，最好是把间隙取得大一些。

(4) 成形辊轮结构与孔型设计实例

由于辊轮孔型的各个部分产生磨损的情况各不相同，因此，就有局部更换的必要。所以对于形状复杂的成形辊轮，组合式辊轮比整体式辊轮制造和维修起来更为方便。如图 19.3-115 所示为组合式成形辊轮实例。

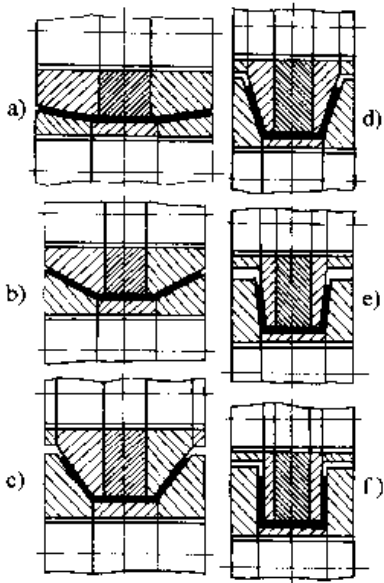


图 19.3-115 组合式成形辊轮实例

成形辊轮孔型设计的实例如下：

1) 槽形件的成形 如图 19.3-116 所示为槽形件成形辊轮孔型的顺序变化过程。第一组辊轮的弯曲角度要小，以使带料的咬入状态良好，并防止边缘的延伸。在最后一组辊轮的前面，用空转辊轮从左右方向挤压材料，以产生防止回弹的过弯作用。

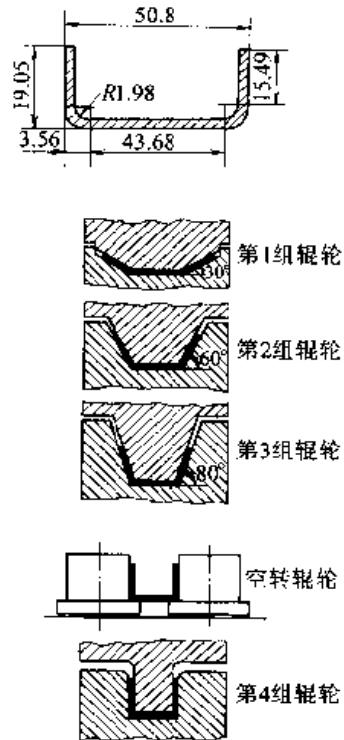


图 19.3-116 槽形件的成形过程

2) 焊接管的成形 如图 19.3-117 所示为焊接管成形辊轮孔型的顺序变化过程。

3) 几种断面的复合成形 如图 19.3-118 所示，是对 A、B、C 断面分别成形，进而在最后组合起来的一种成形方法。

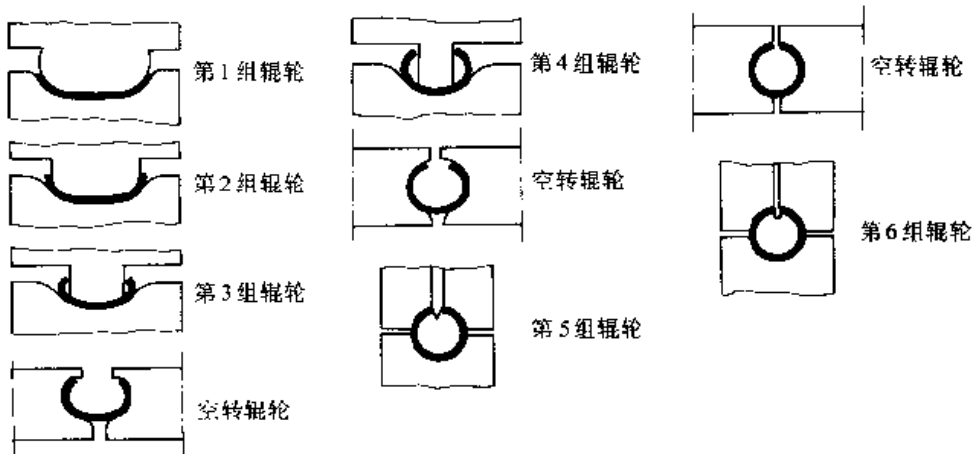


图 19.3-117 焊接管的成形过程

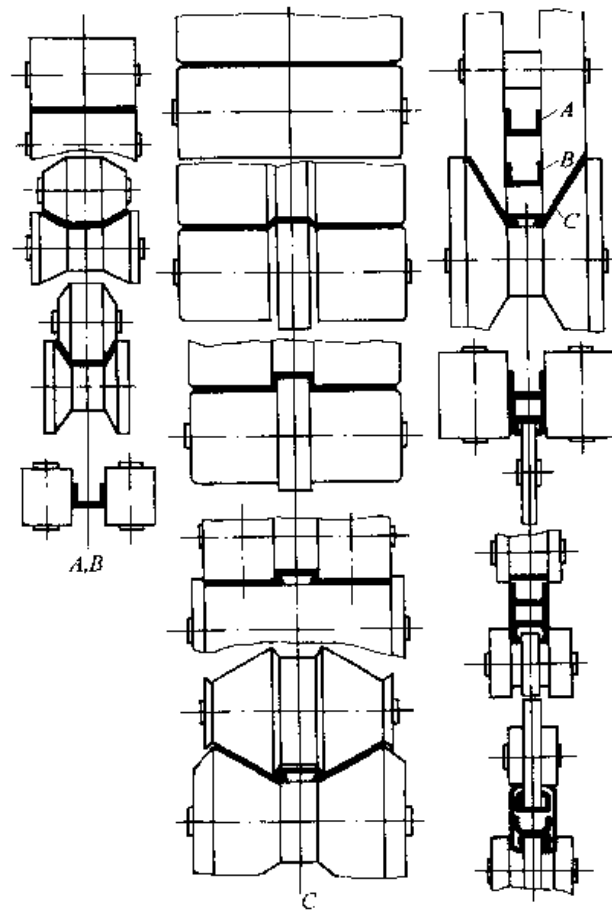


图 19.3-118 3 个断面的复合成形过程

第 4 章 拉 深

利用模具将平板毛坯变成开口空心零件的冲压加工方法称为拉深。

拉深是主要的冲压工序之一，应用很广，用拉深工艺可以制成筒形、阶梯形、球形、锥形、抛物线形、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，还可制造形状更为复杂的零件（图 19.4-1）。因此在汽车、飞机、拖拉机、电器、仪表、电子、轻工等工业生产中占有相当重要的地位。

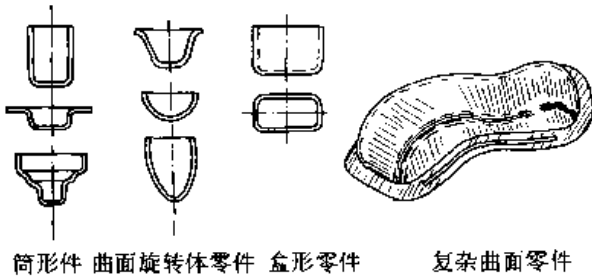


图 19.4-1 冲压件分类

在冲压生产中，拉深件种类很多，形状各异，虽然它们的冲压过程都叫做拉深，但其变形区的位置、变形性质，应力应变状态及其分布等也各不相同，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等都不一样，按变形力学特点拉深件可分为筒形件（圆筒形件，带凸缘圆筒件、阶梯圆筒件）、曲面回转体零件（球形、抛物线形、锥形等）、盒形件（方形、矩形、椭圆形等）和不规则形状零件等四类。

筒形件是拉深中最简单、最典型的，本章首先讨论筒形件的拉深，在此基础上，分析其他形状零件的拉深特点。

1 圆筒形件拉深变形分析

1.1 拉深过程

圆形平板毛坯在拉深凸、凹模作用下，逐渐压成开口圆筒形件，其变形过程如图 19.4-2 所示。图 a 为一平板毛坯，在凸模、凹模作用下，开始进行拉深。图 b 为随着凸模的下压，迫使材料拉入凹模，形成了筒底、凸模圆角、筒壁、凹

模圆角及尚未拉入凹模的凸缘部分等五个区域。图 c 是凸模继续下压，使全部凸缘的材料拉入凹模形成筒壁所得到的开口圆筒形零件。

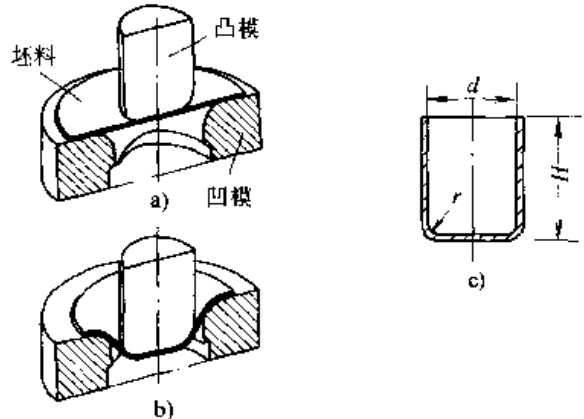


图 19.4-2 拉深变形过程

为了进一步说明金属的流动过程。拉深前将毛坯画上等距同心圆和分度相等的辐射线所组成的扇形网格（图 19.4-3）。拉深后观察这些网格的变化发现：拉深件底部的网格基本上保持不变，而筒壁的网格则发生了很大的变化，原来的同心圆变成了筒壁上的水平圆筒线，而且其间的距离也增大了。越靠近筒口增大越多，原来的分度相等的辐射线变成等距的竖线，即每一扇形面积内的材料都各自在其范围内沿着半径方向流动。每一梯形块进行流动时，周围方向被压缩，半径方向被拉长，最后变成筒壁部分。

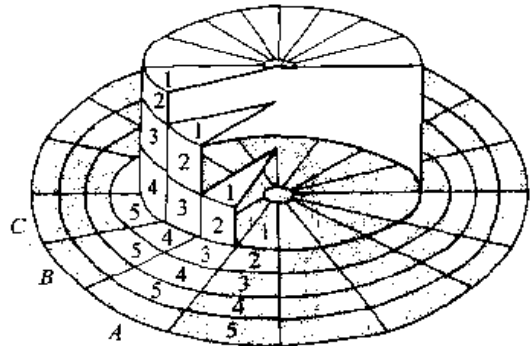


图 19.4-3 拉深件的网格变化

如果从凸缘上取出一扇形单元体来分析（图 19.4-4），小单元体在切向受到压应力 σ_3 作用，而径向受到拉应力 σ_1 的作用，扇形网格变成了

矩形网格，从而使得各处的厚度变得不均匀，如图 19.4-5 所示。筒壁上部变厚、愈靠筒口愈厚，最厚增加达 25%（即增至 $1.25t$ ， t 为料厚），筒底稍许变薄，在凸模圆角处最薄，最薄处约为原来厚度的 87%，减薄了 13%。由于产生了较大的塑性变形，引起了冷作硬化（图 19.4-5），零件口部材料变形程度大，冷作硬化严重，硬度也高。由上向下愈接近底部硬化愈小，硬度愈低，这也是危险断面靠近底部的原因。

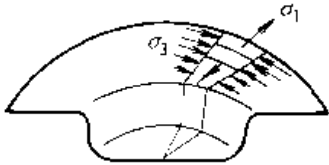


图 19.4-4 受压缩的凸缘变形

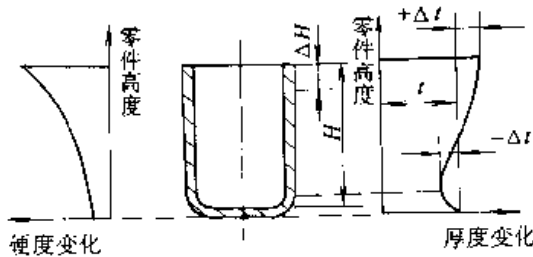


图 19.4-5 拉深件壁厚和硬度的变化

1.2 拉深过程的力学分析

拉深过程中，毛坯各部分的应力应变状态是不一样的，由于变形区内的应力、应变状态决定了筒形件成形的变形性质，因此应着重研究变形区的应力、应变状态。

设在拉深过程中的某一时刻毛坯已处于图 19.4-6 所示的状态。此时所形成的五个区域的应力应变状态是不同的。

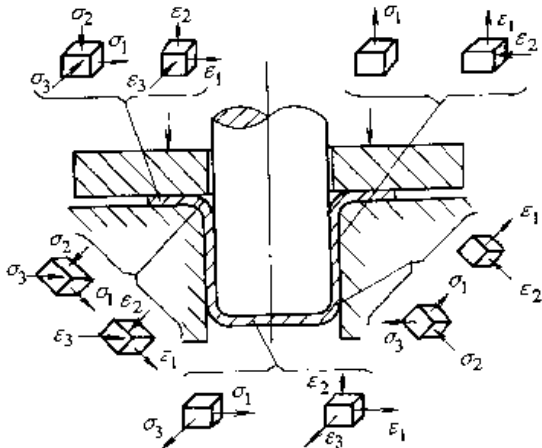


图 19.4-6 拉深过程中毛坯的应力应变状态

1) 凸缘变形区（主要变形区） 材料在径向拉应力 σ_1 和切向压应力 σ_3 的作用下，产生径向伸长和切向压缩变形。在厚度方向，压边圈对材料施加压应力 σ_2 ，其 σ_2 的值远小于 σ_1 和 σ_3 ，所以料厚稍有增加，如果不压料，料厚增加相对大一些。

2) 凸缘圆角部分（过渡区） 位于凹模圆角处的材料。变形比较复杂，除有与平面凸缘部分相同的特点外，还由于承受凹模圆角的压力和弯曲作用而产生压应力 σ_2 。

3) 筒壁部分（传力区） 这部分材料已经变形完毕，此时不再发生大的变形。在继续拉深时，凸模的拉深力经由筒壁传递到凸缘部分，故它承受单向拉应力 σ_1 的作用，发生少量的纵向伸长和变形。

4) 底部圆角部分（过渡区） 这部分材料一直承受筒壁传来的拉应力，并且受到凸模的压力和弯曲作用。在拉、压应力综合作用下，使这部分材料变薄严重，最容易产生裂纹。故此处称为危险断面。

5) 筒底部分 这部分材料基本上不变形，但由于作用于底部圆角部分的拉深力，使材料承受双向拉应力，厚度略有变薄。

综上所述，拉深时的应力、应变是复杂的，又是时刻在变化的，拉深件的壁厚是不均匀的。拉深件凸缘区在切向压应力作用下将要引起“起皱”，筒壁传力区上则可能出现危险断面的“拉裂”，所以拉深中的主要破坏失稳形式是起皱和拉裂。

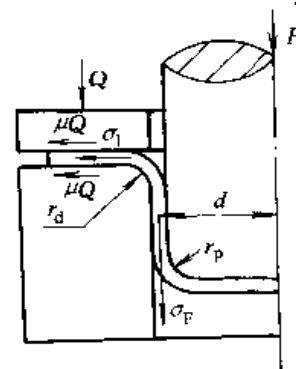


图 19.4-7 拉深毛坯各部分的受力关系

拉深过程受力关系如图 19.4-7 由凸模作用的力 F 引起的筒壁拉应力 σ_F ，它应克服凸缘变

形区的变形阻力 σ_1 、变形区上、下两个表面上的摩擦阻力 σ_M 和毛坯沿凹模圆角滑动所引起的弯曲变形抗力和摩擦损失的附加阻力 σ_w ，其筒壁拉应力的总和为：

$$\sigma_F = (\sigma_1 + \sigma_M) e^{\frac{\mu\pi}{2}} + \sigma_w \quad (19.4-1)$$

式中 σ_1 凸缘变形区材料塑性变形的径向拉应力，与材料的力学性能和拉深变形程度有关；

σ_M ——变形区由于压力 Q 引起的表面摩擦阻力所必须增加的应力， $\sigma_M = \frac{2\mu Q}{\pi dt}$

d ——拉深后筒形件直径；

μ ——接触表面间的摩擦系数；

σ_w ——毛坯沿凹模圆角滑动所引起的弯曲阻力所增加的应力，近似取 $\sigma_w = \frac{\sigma_b t}{2r_d + t}$

r_d ——凹模圆角半径；

σ_b ——材料的抗拉强度；

$e^{\frac{\mu\pi}{2}}$ ——毛坯沿凹模圆角滑动时的摩擦阻力系数，近似取

$$e^{\frac{\mu\pi}{2}} \approx 1 + \frac{\mu\pi}{2} = 1 + 1.6\mu$$

式 (19.4-1) 可写成为

$$\begin{aligned} \sigma_F &= (\sigma_1 + \sigma_M) (1 + 1.6\mu) + \sigma_w \\ &= \left(\sigma_1 + \frac{2\mu Q}{\pi dt}\right) (1 + 1.6\mu) + \frac{\sigma_b t}{2r_d + t} \end{aligned} \quad (19.4-2)$$

在整个拉深过程中， $\sigma_{1\max}$ 最大时，筒壁的拉应力也最大 $\sigma_{F\max}$ ，最大的拉深力 F 为

$$F = \pi dt \sigma_{F\max}$$

当筒壁拉应力 σ_F 超过筒壁材料的抗拉强度时，筒壁就生产破裂。筒壁危险断面在凸模圆角与直壁相切处，该处的实际抗拉强度 σ_K 为

$$\sigma_K = 1.155\sigma_b - \frac{\sigma_b t}{2\gamma_p + t} \quad (19.4-3)$$

式中 r_p ——凸模圆角半径。

当 $\sigma_F > \sigma_K$ 时，拉深件就破裂。

1.3 起皱与拉裂

圆筒形件拉深过程顺利进行的两个主要障碍是凸缘起皱和筒壁的拉裂。

起皱主要是由于凸缘切向压应力超过了板材临界压应力所引起的，与压杆失稳类似（图 19.4-8），凸缘起皱不仅取决于切向压应力的多少，而且取决于凸缘的相对厚度。

拉深时产生破裂的原因，是筒壁总拉应力 σ_F 增大，超过了筒壁最薄弱处（即筒壁的底部转角处）的材料强度时，拉深件产生破裂（图 19.4-9），所以此处的承载能力的大小是决定拉深成形能否顺利进行的关键。

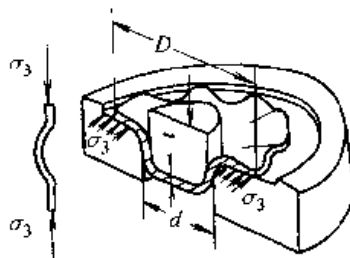


图 19.4-8 拉深时毛坯的起皱现象

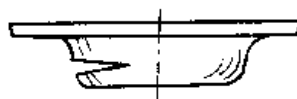


图 19.4-9 拉深时毛坯的破裂

由前面的应力、应变分析可知，圆筒形件拉深变形的特点是毛坯变形区在拉应力作用下产生伸长变形，在切向压应力作用下产生压缩变形，而在变形区上绝对值最大的主应力是压应力，因此拉深变形属于压缩类变形。压缩类变形的破坏形式主要是传力区（筒壁）受拉失稳破裂和变形区（凸缘）受压失稳起皱。所以提高圆筒形件拉深中的成形极限的措施是：

1) 防止失稳起皱 如在拉深中采用压边装置，是常用的防皱措施。设计具有较高抗失稳能力的中间半成品形状，以及采用厚向异性指数 r 大的材料等，都有利于提高圆筒形件的成形极限。

2) 防止传力区（筒壁）破裂 通常是在降低凸缘变形区变形抗力摩擦阻力时，同时提高传力区的承载能力，即使传力区承载能力和变形区变形抗力的比值得到提高。采用屈强比 (σ_s/σ_b) 低的材料，以实现“承载能力高，变形抗力低”易于成形的目的。通过建立不同的温度条件而改变传力区和变形区的强度性能的拉深方法，亦可提高拉深成形的极限变形程度。

2 圆筒形件的拉深工艺计算

2.1 毛坯尺寸计算

2.1.1 形状简单的旋转体拉深件的毛坯直径

在不变薄的拉深中,材料厚度虽有变化,但其平均值与毛坯原始厚度十分接近。因此,毛坯

展开尺寸可根据毛坯面积等于拉深件面积的原则来确定。由于材料的各向异性以及拉深时金属流动条件的差异,为了保证零件的尺寸,必须留出修边余量,在计算毛坯尺寸时,必须计入修边余量,修边余量的数值可查表 19.4-1 和表 19.4-2。

表 19.4-1 无凸缘圆筒形拉深件的修边余量 δ (mm)

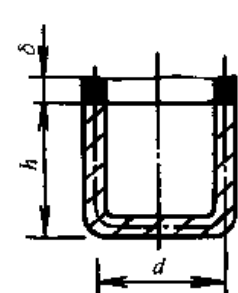
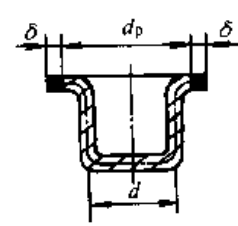
工件高度 h	工件的相对高度 h/d				附图
	>0.5~0.8	>0.8~1.6	>1.6~2.5	>2.5~4	
≤ 10	1.0	1.2	1.5	2	
>10~20	1.2	1.6	2	2.5	
>20~50	2	2.5	3.3	4	
>50~100	3	3.8	5	6	
>100~150	4	5	6.5	8	
>150~200	5	6.3	8	10	
>200~250	6	7.5	9	11	
>250	7	8.5	10	12	

表 19.4-2 有凸缘圆筒形拉深件的修边余量 δ (mm)

凸缘直径 d_p	凸缘的相对直径 d_p/d				附图
	1.5 以下	>1.5~2	>2~2.5	>2.5	
≤ 25	1.8	1.6	1.4	1.2	
>25~50	2.5	2.0	1.8	1.6	
>50~100	3.5	3.0	2.5	2.2	
>100~150	4.3	3.6	3.0	2.5	
>150~200	5.0	4.2	3.5	2.7	
>200~250	5.5	4.6	3.8	2.8	
>250	6.0	5.0	4.0	3.0	

毛坯直径按下式确定:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} A_0} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \sum A} \quad (19.4-4)$$

式中 D —— 毛坯直径 (mm);

A_0 —— 包括修边余量的拉深件的表面积 (mm^2);

$\sum A$ —— 拉深件各部表面积和 (mm^2)。

图 19.4-10 为有凸缘圆筒形拉深件的毛坯直径计算,可先将该零件分解成五个简单几何形

状,按表 19.4-3 所列公式求得 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 ,然后再按公式 (19.4-4) 求出。

对于常用的拉深件,可选用表 19.4-4 所列公式直接求得其毛坯直径 D 。

如果某些拉深件筒口或凸缘边沿不要求十分平齐,则制件在拉深后可不进行修边,但由于表 19.4-3、表 19.4-4 的计算公式都没有考虑到实际上材料在拉深后厚度发生变化的自然特征,因此为了比较准确的求得毛坯直径,以满足制件不

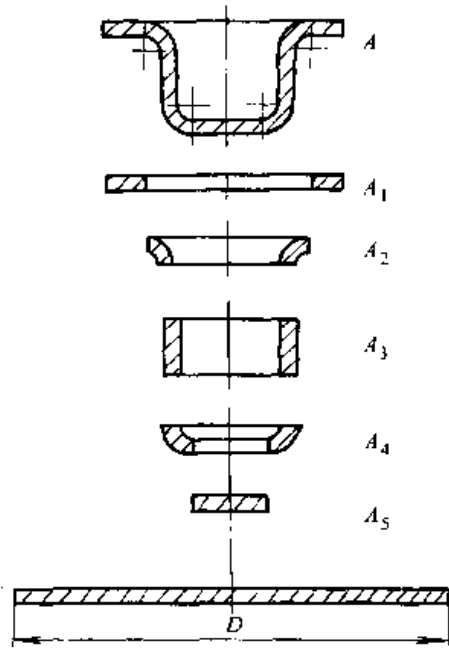


图 19.4-10 筒形件毛坯尺寸的确定

修边的要求，对于不进行修边的拉深件的毛坯直径计算，应考虑材料厚度变薄的因素，其计算公式如下：

$$D = 1.13 \sqrt{A\alpha} = 1.13 \sqrt{\frac{A}{\beta}} \quad (19.4-5)$$

式中 D —— 毛坯直径 (mm)；

A —— 不加修边余量的冲件表面积 (mm^2)；

α —— 平均变薄系数 (表 19.4-5)。

2.1.2 形状复杂的旋转体拉深件的毛坯直径

形状复杂的旋转体拉深毛坯直径的计算可利用久里金法则，即任何形状的母线 AB 绕轴线 YY 旋转，所得到的旋转体面积等于母线长度 L 与其重心绕轴线旋转所得周长 $2\pi X$ 的乘积 (X 是该段母线重心至轴线的距离) (图 19.4-11)，即：

表 19.4-3 简单几何形状表面积的计算公式

图 示	计算公式	图 示	计算公式
	$A = \frac{\pi D^2}{4} = 0.785 4 D^2$		$A = \frac{\pi^2 r d}{2} + 2\pi r^2$ $= 4.94 r d + 6.28 r^2$
	$A = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$ $= 0.785 4 (d_2^2 - d_1^2)$		$A = \pi (dS - 2hr)$
	$A = \pi d_1 h$		$A = \pi (dS + 2hr)$
	$A = \pi S \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)$ $S = \sqrt{h^2 + c^2}$		$A = 2\pi r h = 6.28 r h$
	$A = \frac{\pi^2 r d}{2} - 2\pi r^2$ $= 4.94 r d - 6.28 r^2$		$A = 2\pi r h = 6.28 r h$

续表 19.4.3

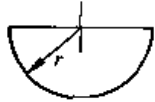
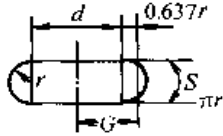
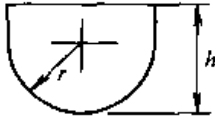
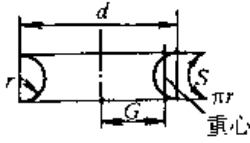
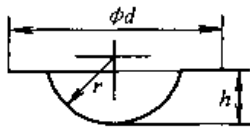
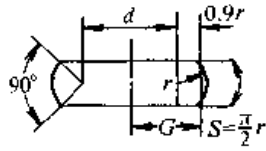
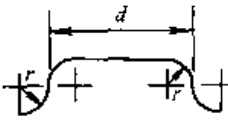
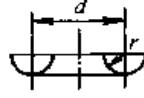
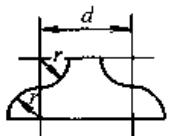
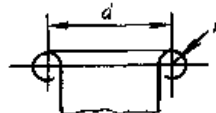
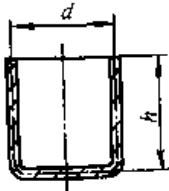
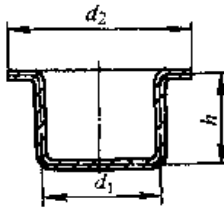
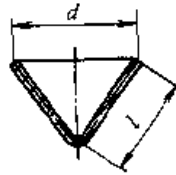
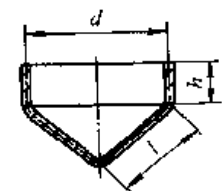
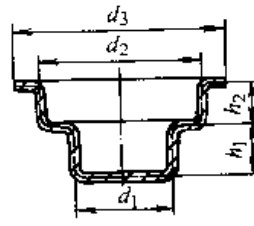
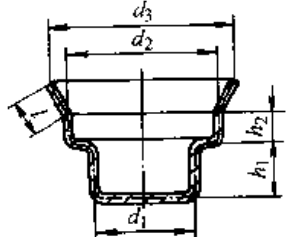
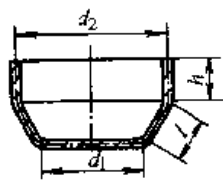
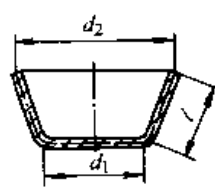
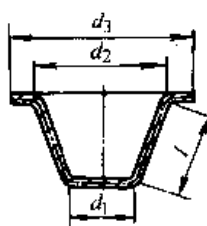
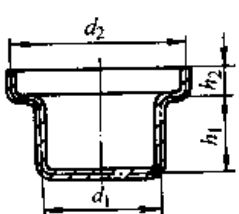
图 示	计算公式	图 示	计算公式
	$A = 2\pi r^2 = 6.28r^2$		$A = 2\pi GS = 2\pi^2 Gr$ $= 19.74 Gr$
	$A = 2\pi rh = 6.28rh$		$A = 2\pi GS = 2\pi^2 Gr$ $= 19.74 Gr$
	$A = \pi \left(\frac{d}{h} + h^2 \right)$		$A = 2\pi GS = \pi^2 Gr$ $= 9.87 Gr$
	$A = \pi^2 rd = 9.87rd$		$A = \pi^2 rd = 9.87rd$
	$A = \pi^2 rd = 9.87rd$		$A = 17.7rd$

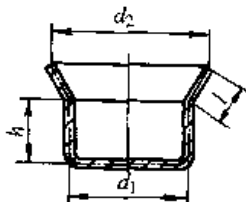
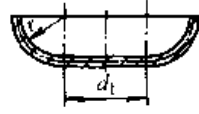
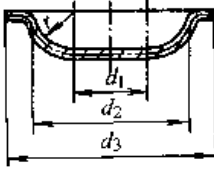
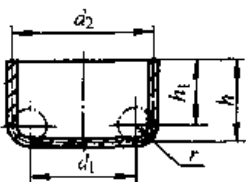
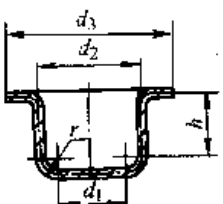
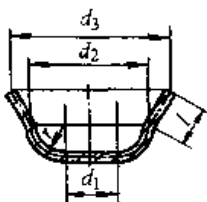
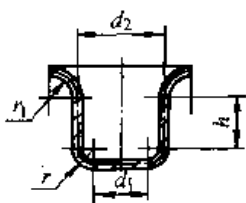
表 19.4.4 常用旋转体拉深件毛坯直径的计算公式

序号	零件形状	毛坯直径 D
1		$\sqrt{d^2 + 4dh}$
2		$\sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
3		$\sqrt{2dl}$

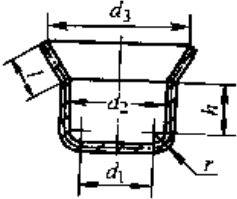
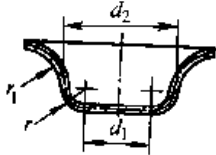
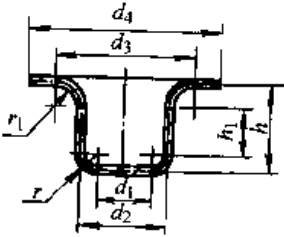
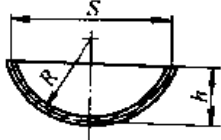
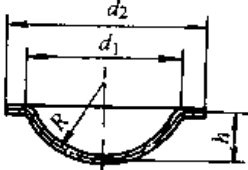
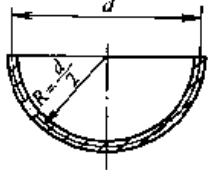
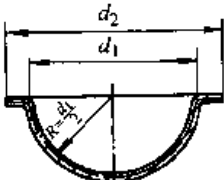
续表 19.4.4

序号	零件形状	毛坯直径 D
4		$\sqrt{2d(l+2h)}$
5		$\sqrt{d_3^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
6		$\sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2) + 2l(d_2 + d_3)}$
7		$\sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2) + 4d_2h}$
8		$\sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2)}$
9		$\sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2}$
10		$\sqrt{d_2^2 - 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$

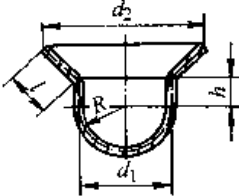
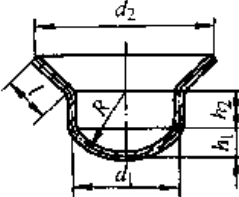
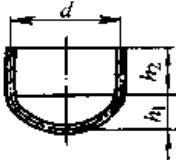
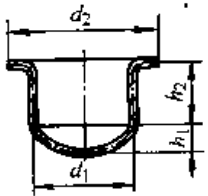
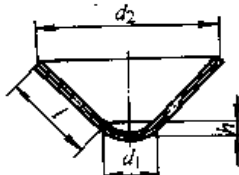
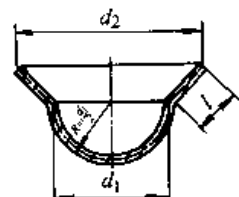
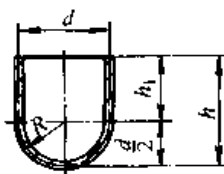
续表 19.4-4

序号	零件形状	毛坯直径 D
11		$\sqrt{d_1^2 + 4d_1h + 2l(d_1 + d_2)}$
12		$\sqrt{d_1^2 + 2r(\pi d_1 + 4r)}$
13		$\sqrt{d_1^2 + 6.28rd_1 + 8r^2 + d_3^2 - d_2^2}$
14		$\sqrt{d_1^2 + 4d_2h_1 + 6.28rd_1 + 8r^2}$ 或 $\sqrt{d_2^2 + 4d_2h - 1.72rd_2 - 0.56r^2}$
15		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi rd_1 + 8r^2 + 4d_2h + d_3^2 - d_2^2}$
16		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi rd_1 + 8r^2 + 2l(d_2 + d_3)}$
17		当 $r_1 \neq r$ 时 $\sqrt{d_1^2 + 6.28rd_1 + 8r^2 + 4d_2h + 6.28r_1d_2 + 4.56r_1^2}$ 当 $r_1 = r$ 时 $\sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 2\pi r(d_1 + d_2) + 4\pi r^2}$

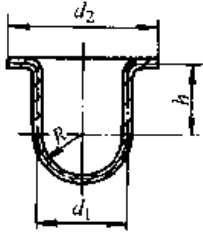
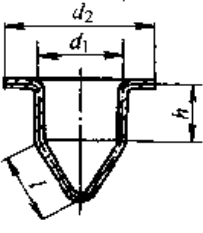
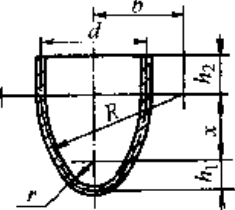
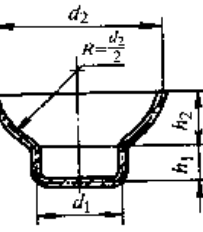
续表 19.4.4

序号	零件形状	毛坯直径 D
18		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h + 2l(d_2 + d_3)}$
19		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r(d_1 + d_2) + 4\pi r^2}$
20		<p>当 $r \neq r_1$ 时</p> $\sqrt{d_1^2 + 6.28rd_1 + 8r^2 + 4d_2 h_1 + 6.28r_1 d_2 + 4.56r_1^2 + d_4^2 - d_3^2}$ <p>当 $r = r_1$ 时</p> $\sqrt{d_1^2 + 4d_2 h - 3.44rd_2}$
21		$\sqrt{8Rh}$ <p>或 $\sqrt{S^2 + 4h^2}$</p>
22		$\sqrt{d_2^2 + 4h^2}$
23		$\sqrt{2d^2} = 1.414d$
24		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$

续表 19.4.4

序号	零件形状	毛坯直径 D
25		$1.414 \sqrt{d_1^2 + 2d_1h + l(d_1 + d_2)}$
26		$\sqrt{d_1^2 + 4 \left[h^2 + d_1h_2 + \frac{1}{2} (d_1 + d_2) \right]}$
27		$\sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + dh_2)}$
28		$\sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1h_2)}$
29		$\sqrt{d_1^2 + 4h^2 + 2l(d_1 + d_2)}$
30		$1.414 \sqrt{d_1^2 + l(d_1 + d_2)}$
31		$1.414 \sqrt{d^2 + 2dh_1}$ 或 $2\sqrt{dh}$

续表 19.4.4

序号	零件形状	毛坯直径 D
32		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4d_1h}$
33		$\sqrt{d_2^2 - d_1^2 + 4d_1\left(h + \frac{l}{2}\right)}$
34		$\sqrt{8R\left[x - b\left(\arcsin \frac{x}{R}\right)\right] + 4dh_2 + 8rh_1}$
35		$\sqrt{d_1^2 + 4d_1h_1 + 4d_2h_2}$

- 注：1. 尺寸按制件材料厚度中心层尺寸计算。
 2. 对于厚度小于 1 mm 的拉深件，可不按制件材料厚度中心层尺寸计算，而根据制件外壁尺寸计算。
 3. 对于部分未考虑制件圆角半径的计算公式，在计算有圆角半径的制件时计算结果要偏大，在此情形下，可不考虑或少考虑修边余量。

表 19.4.5 用压边圈拉深时的材料变薄系数及面积改变系数

相对圆角半径 $R_0 = \frac{r_d + r_p}{t}$	相对间隙 $e_0 = \frac{D_d - d_p}{2t}$	单位压边力 p/MPa	拉深速度 $v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	平均变薄系数 $\alpha = \frac{t_1}{t}$	面积改变系数 $\beta = \frac{A_1}{A}$
>3	>1.1	1.0~2.0	<0.2	1.0~0.97	1.00~1.03
3~2	1.1~1.0	2.0~2.5	0.2~0.4	0.97~0.93	1.03~1.08
<2	<1.0~0.98	2.5~3.0	>0.4	0.93~0.90	1.08~1.11
说 明	r_d ——凹模圆角半径 r_p ——凸模圆角半径 D_d ——凹模直径 d_p ——凸模直径		t ——材料厚度 t_1 ——拉深件平均厚度 A ——毛坯面积 A_1 ——拉深后制件实际面积		

注：表中 α 系数对于形状简单只进行一次拉深的制作，应取较大数值，对于形状复杂需经多次拉深的制件，取较小数值。

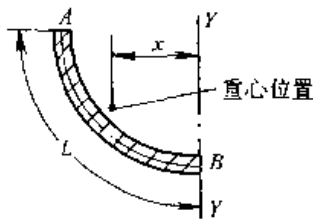


图 19.4-11 旋转体母线

旋转体面积:

$$A = 2\pi Lx$$

毛坯面积:

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4} \quad (D \text{——毛坯直径})$$

因 $A = A_0$, 故毛坯直径

$$D = \sqrt{8Lx} \quad (19.4-6)$$

式中 L ——旋转体母线长 (mm);

x ——旋转体母线重心至旋转轴距离 (mm)。

求毛坯直径有解析法和作图法两种。

(1) 解析法

此法适用于直线和圆弧相连接的形状, 如图 19.4-12。

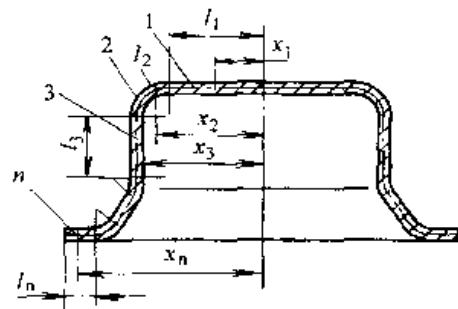


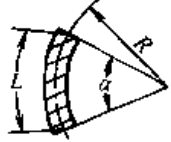
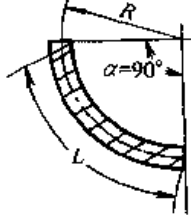
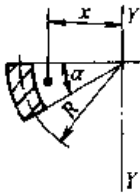
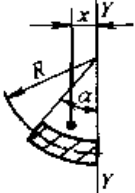
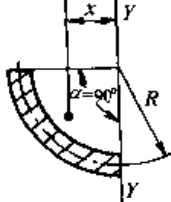
图 19.4-12 由直线和圆弧连接的母线

对于母线为直线和圆弧连接的旋转体拉深件, 可将其母线分成简单的 (直线和圆弧) 线段 1、2、3...n, 算出各线段的长度 $l_1、l_2、l_3、\dots、l_n$, 再算出各线段的重心至轴线的距离 $x_1、x_2、x_3、\dots、x_n$, 然后按式 (19.4-6) 计算毛坯的直径 D 。

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{8Lx} \\ &= \sqrt{8(l_1x_1 + l_2x_2 + l_3x_3 + \dots + l_nx_n)} \\ &= \sqrt{8\sum l_i x_i} \end{aligned}$$

圆弧长度及其重心至轴线的距离按表 19.4-6 公式计算。

表 19.4-6 圆弧长度及其重心到轴线的距离计算公式

中心角 $\alpha < 90^\circ$ 时的弧长 L	中心角 $\alpha = 90^\circ$ 时的弧长 L
$L = \pi R \frac{\alpha}{180^\circ}$	$L = \frac{\pi}{2} R$
	
中心角 $\alpha < 90^\circ$ 时弧的重心到 Y 轴的距离 x	中心角 $\alpha = 90^\circ$ 时弧的重心到 Y 轴的距离 x
$x = R \frac{180^\circ \sin \alpha}{\pi \alpha} \quad x = R \frac{180^\circ (1 - \cos \alpha)}{\pi \alpha}$	$x = \frac{2}{\pi} R$
 	

(2) 作图法

应用此法时，一定要严格按比例作图，否则误差很大。

作图法的步骤如图 19.4-13 所示。先将拉深件的母线分成线段 1、2、3、4、5、6、7、8，通过各线段的重心作轴线的平行线，再作一根平

行于轴线的直线 AB，在直线 AB 上依次量取各线段长度 $l_1、l_2、l_3、l_4、l_5、l_6、l_7、l_8$ ，自任意点 O 作射线 1、2、3、4、5、6、7、8、9，然后依次作直线 $1'、2'、3'、4'、5'、6'、7'、8'、9'$ 与各相应的射线平行， $1'$ 与 $9'$ 的交点就是拉深件母线的重心位置。

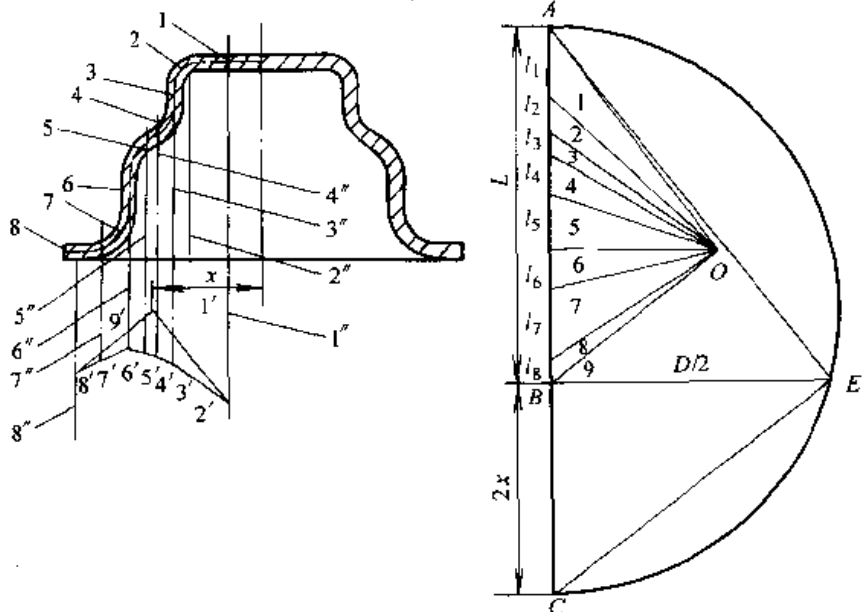


图 19.4-13 求毛坯尺寸的作图法

由式 (19.4-6)，可得

$$\left(\frac{D}{2}\right)^2 = L \times 2x \quad (19.4-7)$$

上式相当于一个直角三角形的定理，即直角三角形的顶点至弦的垂直线乃是弦两段的比例中项，根据这个定理可以用作图方法求出毛坯半径 $D/2$ 。

将直线 AB 延长至 C，使 $BC = 2x$ ，以 AC 为直径作半圆，然后在 B 点作 AC 的垂线 BE，则 BE 的长度就是毛坯半径 $D/2$ (图 19.4-13)。

2.2 无凸缘圆筒形件的拉深

2.2.1 圆筒形件的拉深系数和拉深次数

所谓拉深系数，即每次拉深后圆筒形件的直径与拉深前毛坯（或半成品）直径的比值（图 19.4-14）以 m 表示，它是衡量拉深变形程度的指标。它的倒数称拉深程度也称拉深比。表示为

$$k = \frac{1}{m} = \frac{D}{d}$$

第一次拉深系数： $m_1 = \frac{d_1}{D}$

第二次拉深系数： $m_2 = \frac{d_2}{d_1}$

.....

第 n 次拉深系数： $m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}} \quad (m < 1)$

拉深系数愈小，每次拉深工序毛坯的变形程度愈大，所需要的拉深工序也愈少。拉深系数是拉深工艺计算中的主要工艺参数之一。通常用它来决定拉深的顺序和次数。影响拉深系数的主要因素列于表 19.4-7。

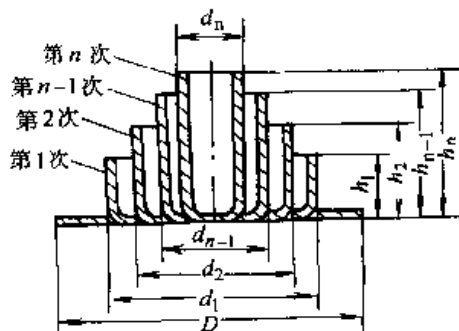


图 19.4-14 多次拉深工序示意图

表 19.4-7 影响拉深系数的主要因素

序号	因素	对拉深系数 m 的影响
1	材料的内部组织及力学性能	一般来说,板料塑性好,组织均匀、晶粒大小适当、屈服比小、塑性应变比 r 值大时,板材拉深性能好,可以采用较小的 m 值
2	材料的相对厚度 $\frac{t}{D}$	材料相对厚度是 m 值的一个重要影响因素。 t/D 大则 m 可小,反之, m 要大,因愈薄的材料拉深时,愈易失去稳定而起皱
3	拉深道次	在拉深之后,材料将产生冷作硬化,塑性降低。故第一次拉深, m 值最小,以后各道依次增加。只有当工序间增加了退火工序,才可再取较小的拉深系数
4	拉深方式 (用或不用压边圈)	有压边圈时,因不易起皱, m 可取得小些。不用压边圈时, m 要取大些
5	凹模和凸模圆角半径 (r_d 和 r_p)	凹模圆角半径较大,则 m 可小,因拉深时,圆角处弯曲力小,且金属容易流动,摩擦阻力小。但 r_d 太大时,毛坯在压边圈下的压边面积减小,容易起皱 凸模圆角半径较大,则 m 可小,而 r_p 过小,易使危险断面变薄严重,导致破裂
6	润滑条件及模具情况	模具表面光滑,间隙正常,润滑良好,均可改善金属流动条件,有助于拉深系数的减小
7	拉深速度 v	一般情况,拉深速度对拉深系数影响不大。但对于复杂大型拉深件,由于变形复杂且不均匀,若拉深速度过高,会使局部变形加剧,不易向邻近部位扩展,而导致破裂。另外,对速度敏感的金属(如钛合金、不锈钢、耐热钢),拉深速度大时,拉深系数应适当加大

总之,只要有利于降低变形区变形阻力及增加危险断面强度的因素都有助于变形区的塑性变形,所以能降低拉深系数。

在生产中采用的拉深系数见表 19.4-8、表 19.4-9,其他金属材料的拉深系数见表 19.4-10。

表 19.4-8 圆筒形件用压边圈拉深时的拉深系数

材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$	各次拉深系数			
	m_1	m_2	m_3	m_4
2.0~1.5	0.46~0.50	0.70~0.72	0.72~0.74	0.74~0.76
<1.5~1.0	>0.50~0.53	>0.72~0.74	>0.74~0.76	>0.76~0.78
<1.0~0.5	>0.53~0.56	>0.74~0.76	>0.76~0.78	>0.78~0.80
<0.5~0.2	>0.56~0.58	>0.76~0.78	>0.78~0.80	>0.80~0.82
<0.2~0.06	>0.58~0.60	>0.78~0.80	>0.80~0.82	>0.82~0.84

注:此表适用于 08、10 号钢及 15Mn 等材料。

表 19.4-9 圆筒形件不用压边圈拉深时的拉深系数

材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$	各次拉深系数					
	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6
0.4	0.90	0.92	—	—	—	—
0.6	0.85	0.90	—	—	—	—
0.8	0.80	0.88	—	—	—	—
1.0	0.75	0.85	0.90	—	—	—
1.5	0.65	0.80	0.84	0.87	0.90	—
2.0	0.60	0.75	0.80	0.84	0.87	0.90
2.5	0.55	0.75	0.80	0.84	0.87	0.90
3.0	0.53	0.75	0.80	0.84	0.87	0.90
3以上	0.50	0.70	0.75	0.78	0.82	0.85

注：此表适用于 08、10 钢及 15Mn 等材料。

表 19.4-10 其他金属材料的拉深系数

材料名称	牌 号	第一次拉深 m_1	以后各次拉深 m_n
铝和铝合金	8A06-O、1035-O、3A21-O	0.52~0.55	0.70~0.75
硬铝	2A12-O、2A11-O	0.56~0.58	0.75~0.80
黄铜	H62	0.52~0.54	0.70~0.72
	H68	0.50~0.52	0.68~0.72
纯铜	T2、T3、T4	0.50~0.55	0.72~0.80
无氧铜		0.50~0.58	0.75~0.82
镍、镍镉、硅镍		0.48~0.53	0.70~0.75
康铜（铜镍合金）		0.50~0.56	0.74~0.84
白铁皮		0.58~0.65	0.80~0.85
酸洗钢板		0.54~0.58	0.75~0.78
不锈钢	Cr13	0.52~0.56	0.75~0.78
	Cr18Ni	0.50~0.52	0.70~0.75
	1Cr18Ni9Ti	0.52~0.55	0.78~0.81
	0Cr18Ni11Nb、0Cr23Ni13	0.52~0.55	0.78~0.80
镍铬合金	Cr20Ni80Ti	0.54~0.59	0.78~0.84
合金结构钢	30CrMnSiA	0.62~0.70	0.80~0.84
可伐合金		0.65~0.67	0.85~0.90
钨钼合金		0.72~0.82	0.91~0.97
钼		0.65~0.67	0.84~0.87
钨		0.65~0.67	0.84~0.87
钛及钛合金	TA2、TA3	0.58~0.60	0.80~0.85
	TA5	0.60~0.65	0.80~0.85
		0.65~0.70	0.85~0.90

注：1. 凹模圆角半径 $r_d < 6t$ 时拉深系数取大值；凹模圆角半径 $r_d \geq (7-8)t$ 时拉深系数取小值。

2. 材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100 \geq 0.62$ 时拉深系数取小值；材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100 < 0.62$ 时拉深系数取大值。

3. 材料为退火状态。

拉深次数通常只能概略进行估计，最后需通过工艺计算来确定。初步确定圆筒件拉深次数的方法有以下几种：

1) 计算法 拉深次数由所采用的拉深系数按下式计算：

$$n = 1 + \frac{\lg d_n - \lg (m_1 D)}{\lg m_n} \quad (19.4.8)$$

式中 n ——拉深次数；
 d_n ——工件直径 (mm)；
 D ——毛坯直径 (mm)；
 m_1 ——第一次拉深系数；
 m_n ——第二次以后各次的平均拉深系数。
 由公式 19.4-8 计算所得的拉深次数 n ，通

常不会是整数，此时须注意不得按照四舍五入法，而应取较大整数值。采用较大整数值的结果，使实际选用的各次拉深系数 $m_1、m_2、m_3$ 等比初步估计的数值略大些，这样符合安全而不破裂的要求。在校正拉深系数时，应遵照以下原则：变形程度应逐渐减小，亦即后续拉深的拉深系数应逐渐取大些（需大于表中相同顺序的拉深系数）。

2) 查表法 根据拉深件的相对高度 $\frac{h}{d}$ 和毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ ，由表 19.4-11 直接查出拉深次数。

表 19.4-11 无凸缘圆筒形拉深件的最大相对高度 h/d

拉深次数 n	毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$					
	2~1.5	<1.5~1	<1~0.6	<0.6~0.3	<0.3~0.15	<0.15~0.08
1	0.94~0.77	0.84~0.65	0.70~0.57	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. h 为拉深件的高度， d 为拉深件的直径。

2. 大的 $\frac{h}{d}$ 比值适用于在第一道工序内大的凹模圆角半径（由 $\frac{t}{D} \times 100 = 2 \sim 1.5$ 时的 $r_d = 8t$ 到 $\frac{t}{D} \times 100 = 0.15 \sim 0.08$ 时的 $r_d = 15t$ ）；小的比值适用于小的凹模圆角半径 [$r_d = (4 \sim 8)t$]。

3. 表中拉深次数适用于 08 及 10 号钢的拉深件。

3) 推算法 筒形件的拉深次数，也可根据 t/D 值查出 $m_1、m_2、m_3 \dots$ ，然后从第一道工序开始依次求半成品直径，即：

$$d_1 = m_1 D$$

$$d_2 = m_2 d_1$$

$$\dots$$

$$d_n = m_n d_{n-1}$$

直到计算得出的直径不大于工件要求的直径为止。这样不仅可以求出拉深次数，还可知道中间工序的尺寸。

4) 查图法 为确定拉深次数及各次半成品尺寸也可由查图法求得（图 19.4-15）。其查法如下：

先在图中横坐标上找到相当毛坯直径 D 的点，从此点作一垂线。再从纵坐标上找到相当于工件直径 d 的点，并由此点作水平线，与垂线相交。根据交点，便可决定拉深次数，如交点位于两斜线之间，应取较大的次数。此线图适用

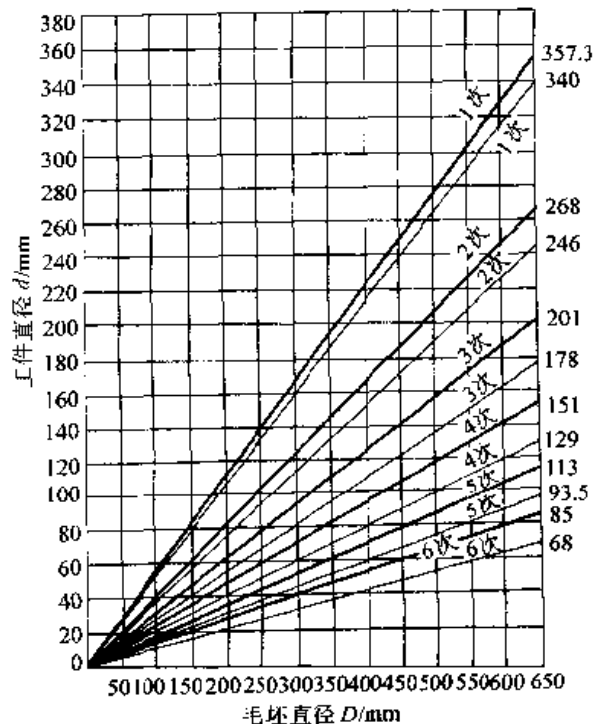


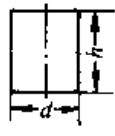
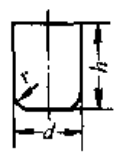
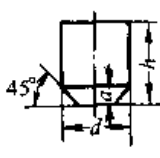
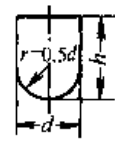
图 19.4-15 确定拉深次数及半成品尺寸线图

于酸洗软钢板的圆筒形拉深件，图中的粗斜线用于材料厚度为 0.5~2.0 mm 的情况，细斜线用于材料厚度为 2~3 mm 的情况。

工序次数和各道工序半成品直径确定后，便

应确定底部圆角半径（即拉深凸模的圆角半径），最后，可根据筒形件不同的底部形状，按表 19.4-12 所列公式计算出各道工序的拉深高度。

表 19.4-12 圆筒形拉深件的拉深高度计算公式

工件形状	拉深工序	计算公式	注
平底筒形件 	1	$h_1 = 0.25 (Dk_1 - d_1)$	D—毛坯直径 (mm) d_1, d_2 —第 1、2 工序拉深的工件直径 (mm) k_1, k_2 —第 1、2 工序拉深的拉深比
	2	$h_2 = h_1k_2 + 0.25 (d_1k_2 - d_2)$	
圆角底筒形件 	1	$h_1 = 0.25 (Dk_1 - d_1) + 0.43 \frac{r_1}{d_1} (d_1 + 0.32r_1)$	$(k_1 = \frac{1}{m_1}, k_2 = \frac{1}{m_2})$ m_1, m_2 —第 1、2 工序拉深的拉深系数 r_1, r_2 —第 1、2 工序拉深件底部圆角半径 (mm)
	2	$h_2 = 0.25 (Dk_1k_2 - d_2) + 0.43 \frac{r_2}{d_2} (d_2 + 0.32r_2)$ $r_1 = r_2 = r$ 时 $h_2 = h_1k_2 + 0.25 (d_1k_2 - d_2) - 0.43 \frac{r}{d_2} (d_1 - d_2)$	
圆锥底筒形件 	1	$h_1 = 0.25 (Dk_1 - d_1) + 0.57 \frac{a_1}{d_1} (d_1 + 0.86a_1)$	h_1, h_2 —第 1、2 工序拉深的拉深高度 (mm)
	2	$h_2 = 0.25 (Dk_1k_2 - d_2) + 0.57 \frac{a_2}{d_2} (d_2 + 0.86a_2)$ $a_1 = a_2 = a$ 时 $h_2 = h_1k_2 + 0.25 (d_1k_2 - d_2) - 0.57 \frac{a}{d_2} (d_1 - d_2)$	
球面底筒形件 	1	$h_1 = 0.25Dk_1$	
	2	$h_2 = 0.25Dk_1k_2 = h_1k_2$	

2.2.2 圆筒形拉深件的工序计算

现通过实例介绍无凸缘圆筒形拉深件的工序计算步骤。

例 1 试确定图 19.4-16 所示圆筒件（材料：08 钢）所需的毛坯直径，拉深次数及拉深程序。

解 ① 修边余量 查表 19.4-1 $\frac{h}{d} = \frac{68}{20} = 3.4$ ，取 $\delta = 6 \text{ mm}$

② 毛坯直径 查表 19.4-4，符合序号为 14 的情况

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 6.28rd_1 + 8r^2}$$

$$= \sqrt{12^2 + 4 \times 20 \times 69.5 + 6.28 \times 4 \times 12 + 8 \times 4^2} \text{ mm}$$

$$\approx 78 \text{ mm}$$

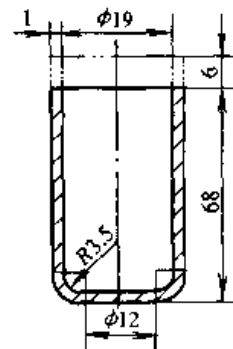


图 19.4-16 筒形件

③ 确定是否用压边圈 毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100 = \frac{1}{78} \times 100 \approx 1.28$ ，查表 19.4-42 应采用压边圈。

④ 确定拉深次数 采用查表法，当 $\frac{t}{D} \times 100$

$=1.28, \frac{h}{d} = 3.7$ (包括修边余量后的 h 为 74 mm) 时, 由表 19.4-11 查得 $n=4$ 。

⑤ 确定各次拉深直径 由表 19.4-8 查得各次拉深的极限拉深系数为 $m_1=0.52$ 、 $m_2=0.73$ 、 $m_3=0.75$ 、 $m_4=0.77$, 则各次拉深直径为

$$d_1 = 0.52 \times 78 = 41 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0.73 \times 41 = 30 \text{ mm}$$

$$d_3 = 0.75 \times 30 = 22.5 \text{ mm}$$

$$d_4 = 0.77 \times 22.5 = 17.3 \text{ mm}$$

$d_4 = 17.3 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$ (制件直径), 说明允许的变形过程未用足, 应对各次拉深系数作适当调整, 使均大于相应的极限拉深系数。经调整后, 实际选取 $m_1 = 0.53$ 、 $m_2 = 0.76$ 、 $m_3 = 0.79$ 、 $m_4 = 0.82$, 各次拉深直径确定为

$$d_1 = 0.53 \times 78 = 41 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0.76 \times 41 = 31 \text{ mm}$$

$$d_3 = 0.79 \times 31 = 24.5 \text{ mm}$$

$$d_4 = 0.82 \times 24.5 = 20 \text{ mm}$$

⑥ 选取各次半成品底部的圆角半径 先选取第一次拉的凹模圆角半径 r_{d1} , 查表 19.4-35, 当 $D - d_1 = (78 - 41) \text{ mm} = 37 \text{ mm}$, $t = 1 \text{ mm}$ 时, 取 $r_{d1} = 5.5 \text{ mm}$, 然后根据 $r_{dn} = (0.6 \sim 0.9) r_{d(n-1)}$ 及 $r_{pn} = r_{dn}$ 的关系, 分别选取各次工序制件的圆角半径; $r_{d1} = 5.5 \text{ mm}$ 、 $r_{d2} = 5 \text{ mm}$ 、 $r_{d3} = 4 \text{ mm}$ 、 $r_{d4} = 3.5 \text{ mm}$; $r_{p1} = 5.5 \text{ mm}$ 、 $r_{p2} = 5 \text{ mm}$ 、 $r_{p3} = 4 \text{ mm}$ 、 $r_{p4} = 3.5 \text{ mm}$ 。

⑦ 计算各次拉深高度 由表 19.4-12 的有关公式计算可得:

$$\begin{aligned} h_1 &= 0.25(Dk_1 - d_1) + 0.43 \frac{r_{p1}}{d_1} (d_1 + 0.32r_{p1}) \\ &= 0.25 \left(\frac{78^2}{41} - 41 \right) \text{ mm} + 0.41 \frac{6}{41} (41 + 0.32 \\ &\quad \times 6) \text{ mm} = 30.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_2 &= 0.25(Dk_1k_2 - d_2) + 0.43 \frac{r_{p2}}{d_2} (d_2 + \\ &\quad 0.32r_{p2}) \\ &= 0.25 \left(\frac{78^2}{31} - 31 \right) \text{ mm} + 0.43 \frac{5.5}{31} (31 + 0.32 \\ &\quad \times 5.5) \text{ mm} = 43.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_3 &= 0.25(Dk_1k_2k_3 - d_3) + 0.43 \frac{r_{p3}}{d_3} (d_3 + \\ &\quad 0.32r_{p3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0.25 \left(\frac{78^2}{24.5} - 24.5 \right) \text{ mm} + 0.43 \frac{4.5}{24.5} (24.5 \\ &\quad + 0.32 \times 4.5) \text{ mm} = 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$h_4 \approx 73 \text{ mm}$

⑧ 画出工序图 (图 19.4-17)。

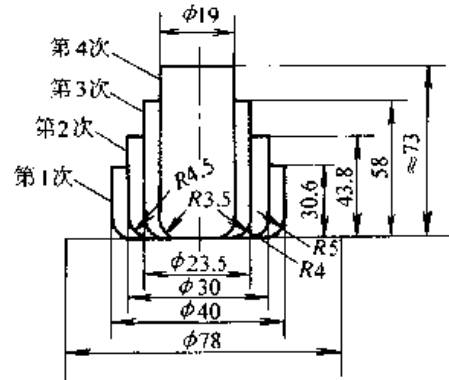


图 19.4-17 圆筒形拉深件的工序图

2.3 带凸缘筒形件的拉深

2.3.1 拉深系数

拉深带凸缘筒形件时, 不可随意应用上述无凸缘筒形件的第一次拉深系数 m , 因为这些系数只有当全部凸缘转变为制件侧表面时才能适用。实际上, 带凸缘筒形件的拉深是无凸缘筒形件拉深的某一中间状态 (图 19.4-18)。但其在冲压加工中的成形过程和计算方法是有所不同的。

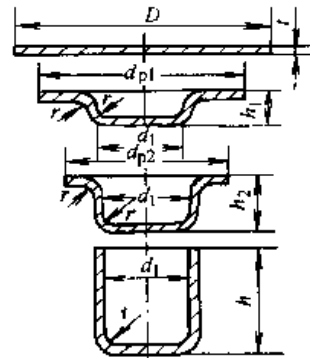


图 19.4-18 筒形件的拉深过程

利用图 19.4-19, 根据变形前后面积相等的原则, 毛坯直径为

$$D = \sqrt{d_p^2 + 4d_1h} - 3.44d_1r$$

故带凸缘筒形件的第一次拉深系数为:

$$m_1 = \frac{d_1}{D} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 + 4\frac{h_1}{d_1} - 3.44\frac{r}{d_1}}} \quad (19.4-9)$$

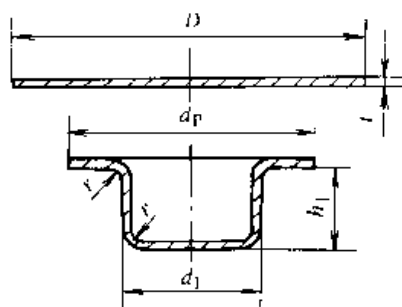


图 19.4-19 带凸缘筒形件

式中 $\frac{d_p}{d_1}$ ——凸缘的相对直径 (d_p 包括修边余量);

$\frac{h_1}{d_1}$ ——相对拉深高度;

$\frac{r}{d_1}$ ——底部及凸缘部分的相对圆角半径。

此外,带凸缘筒形件的第一次拉深的许可变形程度可用相应于 d_p/d_1 (或 d_p/D) 不同比值的最大相对拉深高度 h_1/d_1 来表示 (表 19.4-13)。

表 19.4-13 带凸缘筒形件第一次拉深的最大相对高度 h_1/d_1

凸缘相对直径		材料的相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
d_p/D	d_p/d_1	>0.06~0.20	>0.20~0.50	>0.50~1.00	>1.00~1.50	>1.50
≤0.58	≤1.1	0.45~0.52	0.50~0.62	0.57~0.70	0.60~0.80	0.75~0.90
>0.58~0.66	>1.1~1.3	0.40~0.47	0.45~0.53	0.50~0.60	0.56~0.72	0.65~0.80
>0.66~0.74	>1.3~1.5	0.35~0.42	0.40~0.48	0.45~0.53	0.50~0.63	0.58~0.70
>0.74~0.86	>1.5~1.8	0.29~0.35	0.34~0.39	0.37~0.44	0.42~0.53	0.48~0.58
>0.86~0.90	>1.8~2.0	0.25~0.30	0.29~0.34	0.32~0.38	0.36~0.46	0.42~0.51
>0.90~0.93	>2.0~2.2	0.22~0.26	0.25~0.29	0.27~0.33	0.31~0.40	0.35~0.45
>0.93~0.95	>2.2~2.5	0.17~0.21	0.20~0.23	0.22~0.27	0.25~0.32	0.28~0.35
>0.95~0.98	>2.5~2.8	0.13~0.16	0.15~0.18	0.17~0.21	0.19~0.24	0.22~0.27
>0.98	>2.8~3.0	0.10~0.13	0.12~0.15	0.14~0.17	0.16~0.20	0.18~0.22

注: 1. 适用于 08、10 钢。

2. 较大值相应于工件圆角半径较大情况, 即 r_d 、 r_p 为 $(10 \sim 20)t$; 较小值相应于工件圆角半径较小情况, 即 r_d 、 r_p 为 $(4 \sim 8)t$ 。

当相对拉深高度 $h/d > h_1/d_1$ 时, 就不能用一道工序拉深出来, 则需两次或多次拉出。

带凸缘筒形件多次拉深时, 第一次拉深的最小拉深系数列于表 19.4-14, 以后各次拉深 (图 19.4-20) 时的拉深系数可相应地选取表 19.4-8 中的 m_2 、 m_3 …… m_n 值。在应用中间退火的情况下, 可以将以后各次的拉深系数减小 5%~8%。

以后各次拉深的拉深系数为

$$m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$$

2.3.2 带凸缘筒形件的工序计算

带凸缘筒形件一般可分成两种类型:

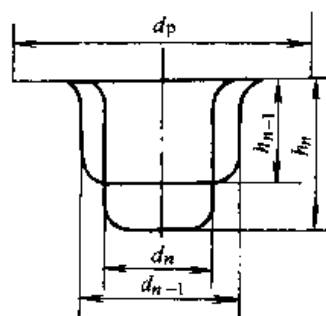


图 19.4-20 带凸缘筒形件以后各次拉深

第一种: 窄凸缘 $\frac{d_p}{d} = 1.1 \sim 1.4$

第二种: 宽凸缘 $\frac{d_p}{d} > 1.4$

计算带凸缘筒形拉深件的工序尺寸有两个原则。

表 19.4-14 带凸缘筒形件第一次拉深时的极限拉深系数 m_1

凸缘相对直径		材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
d_f/D	d_{25}/d_1	>0.06~0.20	>0.20~0.50	>0.50~1.00	>1.00~1.50	>1.50~2.00
0.54	<1.10	无凸缘工件区				0.51
0.58	1.10					0.55
0.62	≤1.20	0.59	0.57	0.55	0.55	0.51
0.66	>1.20~1.30	0.57	0.56	0.54	0.54	0.51
0.70	>1.30~1.40	0.56	0.55	0.54	0.54	0.51
0.74	>1.40~1.50	0.55	0.54	0.53	0.53	0.51
0.78	>1.5~1.60	0.54	0.52	0.52	0.52	0.50
0.82	≈1.60	0.51	0.50	0.50	0.50	0.49
0.86	≈1.80	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
0.90	≈2.00	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
0.93	≈2.20	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
0.96	2.50~2.70	0.38	0.38	0.37	0.37	0.36
0.98	≈2.8	0.35	0.35	0.35	0.35	

注：1. 表中数值适用于较小的圆角半径，即凸模 r_p 为 $(4 \sim 8)t$ 时；当用大圆角半径时，表中数值可减小 0%~3%；当用更小的圆角半径时，表中数值可加大 0%~3%。

2. 根据材料塑性的大小，上表数值可适当加减。当 $d_p/D = 0.54 \sim 0.78$ 时，加减不大于 6%；当 $d_p/D = 0.82 \sim 0.98$ 时，加减不大于 3%。

1) 原则 1 对于窄凸缘筒形拉深件，可在前几次拉深中不留凸缘，先拉成圆筒件，而在以后的拉深中形成锥形的凸缘（由于在锥形的压边圈下拉进的结果），最后将其校正成平面（图 19.4-21a），或在缩小直径的过程中留下连接凸缘的圆角部分（ r_d ），在整形的前一工序先把凸缘压成圆锥形，在整形工序时再压成平整的凸缘（图 19.4-21b）。

对于宽凸缘拉深件，则应在第一次拉深时，就拉成零件所要求的凸缘直径，而在以后各次拉深中，凸缘直径保持不变。

根据实际生产经验，对于宽凸缘筒形件的拉深工序安排，在保持凸缘直径不变的情况下，常用下述 4 种方法。

② 圆角半径基本不变或逐次减小，同时缩小筒形直径来达到增加高度的方法（图 19.4-22a），它适用于材料较薄，拉深深度比直径大的中小型零件。

③ 高度基本不变，而仅减小圆角半径、逐渐减小筒形直径的方法（图 19.4-22b），它适用于材料较厚，直径和深度相近的大中型零件。

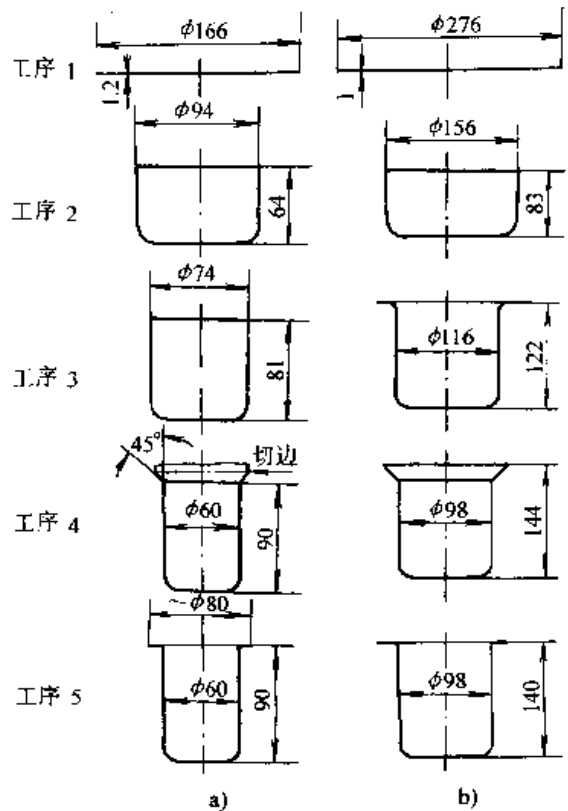


图 19.4-21 窄凸缘筒形件的拉深程序

㉔ 凸缘过大而圆角半径过小的情况，首先以适当的圆角半径成形，然后按图样尺寸整形（图 19.4-22c）。

㉕ 凸缘过大时，利用材料胀形成形的方法（图 19.4-22d）。

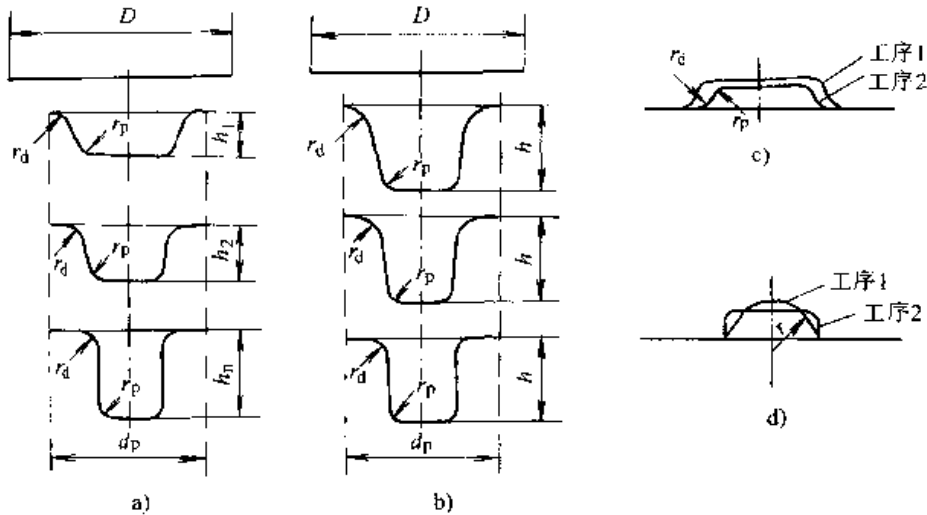


图 19.4-22 宽凸缘筒形件的拉深方法

2) 原则 2 为了保证以后拉深时凸缘不参加变形，宽凸缘拉深件首次拉入凹模的材料应比零件最后拉深部分实际所需材料多 3%~10%（按面积计算，拉深次数多时取上限值，拉深次数少时取下限值），这些多余材料在以后各次拉深中，逐次将 1.5%~3% 的材料挤回到凸缘部分，使凸缘增厚，从而避免拉裂。这对料厚小于 0.5 mm 的拉深件效果更为显著。

这一原则实际上是通过正确计算各次拉深高度和严格控制凸模进入凹模的深度来实现的。

带凸缘筒形件拉深工序计算步骤：

① 选定修边余量 δ （查表 19.4-2）。

② 预算毛坯直径 D 。

③ 算出 $\frac{t}{D} \times 100$ 和 $\frac{d_p}{d}$ ，从表 19.4-13 查出第一次拉深允许的最大相对高度 $\frac{h_1}{d_1}$ 之值，然后与零件的相对高度 $\frac{h}{d}$ 相比，看能否一次拉成。若 $\frac{h}{d} \leq \frac{h_1}{d_1}$ 时，则可以一次拉出来，这种情况的工序尺寸计算到此结束。若 $\frac{h}{d} > \frac{h_1}{d_1}$ 时，则一次拉不出来，需多次拉深。这时应计算工序间的各尺寸。

④ 从表 19.4-14 查出第一次拉深系数 m_1 ，从表 19.4-8 查出以后各工序的拉深系数 m_2 、

m_3 、 m_4 ……，并预算各工序的拉深直径： $d_1 = m_1 D$ 、 $d_2 = m_2 d_1$ 、 $d_3 = m_3 d_2$ ……通过计算，即可知道所需的拉深次数。

⑤ 确定拉深次数以后，调整各工序的拉深系数，使各工序变形程度的分配更合理些。

⑥ 根据调整后的各工序的拉深系数，再计算各工序的拉深直径； $d_1 = m_1 D$ 、 $d_2 = m_2 d_1$ 、 $d_3 = m_3 d_2$ ……。

⑦ 根据上述计算工序尺寸的原则 2，重新计算毛坯直径。

⑧ 选定各工序的圆角半径。

⑨ 计算第一次拉深高度（见图 19.4-23），并校验第一次拉深的相对高度，检查是否安全。

⑩ 计算以后各次的拉深高度。

带凸缘拉深高度按下式计算：

$$h_1 = \frac{0.25}{d_1} (D^2 - d_p^2) + 0.43 (r_1 + R_1) + \frac{0.14}{d_1} (r_1^2 - R_1^2)$$

$$h_2 = \frac{0.25}{d_2} (D^2 - d_p^2) + 0.43 (r_2 + R_2) - \frac{0.14}{d_2} (r_2^2 - R_2^2)$$

……

$$h_n = \frac{0.25}{d_n} (D^2 - d_p^2) + 0.43 (r_n + R_n) -$$

$$\frac{0.14}{d_n} (r_n^2 - R_n^2) \quad (19.4-10)$$

① 画出工序图。

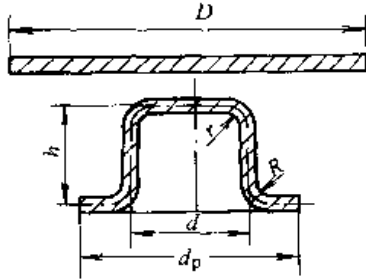


图 19.4-23 带凸缘筒形件高度计算

例 2 计算图 19.4-24 所示拉深件 (材料: 08 钢、料厚 $t=2$ mm) 的工序尺寸。

解 各步均按料厚中心线计算

① 选取修边余量 δ

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{d_1^2 + 6.28rd_1 + 8r^2 + 4d_2h_1 + 6.28r_1d_2 + 4.56r_1^2 + d_3^2 - d_4^2} \\ &= \sqrt{(20^2 + 6.28 \times 4 \times 20 + 8 \times 4^2 + 4 \times 28 \times 52 + 6.28 \times 4 \times 28 + 4.56 \times 4^2) + (80^2 - 36^2)} \text{ mm} \\ &= \sqrt{7630 + 5104} \text{ mm} \approx 113 \text{ mm} \end{aligned}$$

(其中 $7630 \times \frac{\pi}{4} \text{ mm}^2$ 为该零件除去凸缘部分的表面积, 即零件最后拉深部分实际所需材料)

③ 确定一次能否拉出

$$\frac{h}{d} = \frac{60}{28} = 2.14$$

$$\frac{d_p}{d} = \frac{80}{28} = 2.86$$

$$\frac{t}{D} \times 100 = \frac{2}{113} \times 100 = 1.77$$

查表 19.4-13 得 $\frac{h_1}{d_1} = 0.22$, 远远小于零件的

$\frac{h}{d} = 2.14$, 故零件一次拉不出来。

④ 计算拉深次数及各次拉深直径。

由表 19.4-14 查出第一次拉深系数, 为 $d_p/$

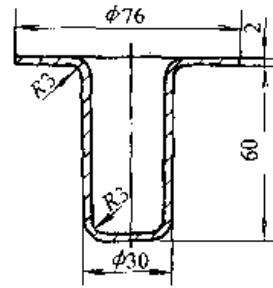


图 19.4-24 宽凸缘筒形件

查表 19.4-2 当 $\frac{d_p}{d} = \frac{76}{28} = 2.7$ 时, 取修边余量 δ 为 2.2 mm

故实际外径为 $d_p = (76 + 4.4) \text{ mm} \approx 80 \text{ mm}$

由于 $d_p/d = 80/28 = 2.84 > 1.4$, 该工件属于宽凸缘筒形件。

② 按表 19.4-4 序号 20 所列公式、初算毛坯直径

$D = 80/113 = 0.71$ 和 $\frac{t}{D} \times 100 = 1.77$ 时, $m_1 = 0.51$ 。再从表 19.4-8 查出以后各次的拉深系数, 当 $\frac{t}{D} \times 100 = 1.77$ 时, $m_2 = 0.70 \sim 0.72$ 、 $m_3 = 0.72 \sim 0.74$ 、 $m_4 = 0.74 \sim 0.76$ 。

预算各次的拉深直径:

$$d_1 = m_1 D = 0.51 \times 113 \text{ mm} = 58 \text{ mm};$$

$$d_2 = m_2 d_1 = 0.70 \times 58 \text{ mm} = 40 \text{ mm};$$

$$d_3 = m_3 d_2 = 0.72 \times 40 \text{ mm} = 29 \text{ mm};$$

$$d_4 = m_4 d_3 = 0.74 \times 29 \text{ mm} = 21.5 \text{ mm}。$$

由于制件直径为 28 mm, 大于 $d_4 = 21.5 \text{ mm}$, 故该零件所需拉深次数 $n = 4$ 。

⑤ 调整各次拉深系数, 使其各次拉深变形程度的分配更合理, 最终确定的各次拉深系数列表如下:

各次极限拉深系数 [m_n]	各次实际拉深系数 m_n	拉深系数差值 $\Delta m = m_n - [m_n]$	各次拉深直径
[m_1] = 0.51	$m_1 = 0.54$	+ 0.03	$d_1 = m_1 D = 0.54 \times 113 \text{ mm} = 61 \text{ mm}$
[m_2] = 0.70	$m_2 = 0.74$	+ 0.04	$d_2 = m_2 d_1 = 0.7 \times 61 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
[m_3] = 0.72	$m_3 = 0.77$	+ 0.05	$d_3 = m_3 d_2 = 0.77 \times 45 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$
[m_4] = 0.74	$m_4 = 0.80$	+ 0.06	$d_4 = m_4 d_3 = 0.80 \times 35 \text{ mm} = 28 \text{ mm}$

⑥ 重算各工序拉深直径列于上表。

⑦ 根据上述计算工序尺寸的原则2, 重新计算毛坯直径 D 。拟于第一次拉入凹模的材料比零件最后拉深部分实际所需的材料多5% (按面积计算), 则

$$D = \sqrt{7\ 630 \times 1.05 + 5\ 104} \text{ mm} \\ = \sqrt{8\ 012 + 5\ 104} \text{ mm} = 115 \text{ mm}$$

这样, 毛坯直径修正为 $D = 115 \text{ mm}$

⑧ 确定各次拉深凸、凹模圆角半径。

先由表 19.4-35 查出第一次拉深凹模圆角半径 r_{d1} , 当 $D - d_1 = (115 - 61) \text{ mm} = 54 \text{ mm}$, $t = 2 \text{ mm}$ 时, 取 $r_{d1} = 9 \text{ mm}$ 。

再根据 $r_{dn} = (0.6 \sim 0.9) r_{d(n-1)}$ 及 $r_{pn} = r_{dn}$ 的关系确定各次拉深凸、凹模圆角半径如下:

$$\begin{array}{ll} r_{d1} = 9 \text{ mm} & r_{p1} = 9 \text{ mm} \\ r_{d2} = 6 \text{ mm} & r_{p2} = 6 \text{ mm} \\ r_{d3} = 5 \text{ mm} & r_{p3} = 5 \text{ mm} \\ r_{d4} = 3 \text{ mm} & r_{p4} = 3 \text{ mm} \end{array}$$

⑨ 根据修正后的毛坯直径, 计算第一次拉深高度, 并校核第一次拉深的相对高度。

由式 (19.4-10), 第一次拉深高度

$$h_1 = \frac{0.25}{d_1} (D^2 - d_p^2) + 0.43 (r_1 + R_1) + \frac{0.14}{d_1} (r_1^2 - R_1^2) \\ = \left[\frac{0.25}{61} (115^2 - 80^2) + 0.43 (10 + 10) + \frac{0.14}{61} (10^2 - 10^2) \right] \text{ mm} = 37 \text{ mm}$$

查表 19.4-13, 当 $\frac{d_p}{D} = \frac{80}{115} = 0.70$, $\frac{t}{D} \times 100 = \frac{2}{115} \times 100 = 1.74$ 时, 许可最大相对高度

$$\left[\frac{h_1}{d_1} \right] = 0.64 > \frac{h_1}{d_1} = \frac{37}{61} = 0.61, \text{ 故安全。}$$

⑩ 计算以后各次拉深高度:

设第二次拉深时多拉入3%的材料 (其余2%的材料返回到凸缘上)。为了计算方便, 先求出假想的毛坯直径, 即

$$D_2 = \sqrt{7\ 630 \times 1.03 + 5\ 104} \\ = \sqrt{7\ 859 + 5\ 104} \text{ mm} = 114 \text{ mm}$$

由式 (19.4-10), 得 $h_2 = \frac{0.25}{d_2} (D_2^2 - d_p^2) + 0.43 (r_2 + R_2)$

$$+ \frac{0.14}{d_2} (r_2^2 - R_2^2) \\ = \left[\frac{0.25}{45} (114^2 - 80^2) + 0.43 (7 + 7) + \frac{0.14}{45} (7^2 - 7^2) \right] \text{ mm} \\ = 43 \text{ mm}$$

第三次拉深多拉入1.5%的材料 (另1.5%的材料返回到凸缘上)。则假想毛坯直径为:

$$D_3 = \sqrt{7\ 630 \times 1.015 + 5\ 104} \\ = \sqrt{7\ 744 + 5\ 104} \text{ mm} = 113.5 \text{ mm}$$

$$\text{故 } h_3 = \frac{0.25}{d_3} (D_3^2 - d_p^2) + 0.43 (r_3 + R_3) + \frac{0.14}{d_3} (r_3^2 - R_3^2) \\ = \left[\frac{0.25}{35} (113.5^2 - 80^2) + 0.43 (6 + 6) + \frac{0.14}{35} (6^2 - 6^2) \right] \text{ mm} \\ = 52 \text{ mm} \\ h_4 = 60 \text{ mm}$$

⑪ 画出工序图 (图 19.4-25)。

2.4 阶梯圆筒形件的拉深

阶梯圆筒形零件的拉深的变形特点与圆筒形件的拉深基本相同。但由于这类零件比较复杂, 还不能用统一的方法来确定工序次数和工艺程序, 下面介绍几种阶梯形件的拉深方法。

1) 阶梯形零件能否一次拉出, 通常可求出制件的高度与最小直径之比 h/d_n (图 19.4-26), 若该比值小于圆筒形件一次拉深成形的最大相对高 (查表 19.4-11)、则工序次数为1, 即可一次拉出。

对于大、小直径差值小, 高度又不大, 阶梯只有2~3个, 一般可以一次拉成。高度较大, 阶梯较多, 能否一次拉成, 可用下列经验公式来校验。

$$m_y = \frac{\frac{h_1}{h_2} \cdot \frac{d_1}{D} + \frac{h_2}{h_3} \cdot \frac{d_2}{D} + \dots + \frac{h_{n-1}}{h_n} \cdot \frac{d_{n-1}}{D} + \frac{d_n}{D}}{\frac{h_1}{h_2} + \frac{h_2}{h_3} + \dots + \frac{h_{n-1}}{h_n} + 1} \quad (19.4-11)$$

式中 D —— 毛坯直径;

h_1, h_2, \dots, h_n —— 各阶梯高度 (图 19.4-26);

m_y —— 阶梯形件的假想拉深系数。

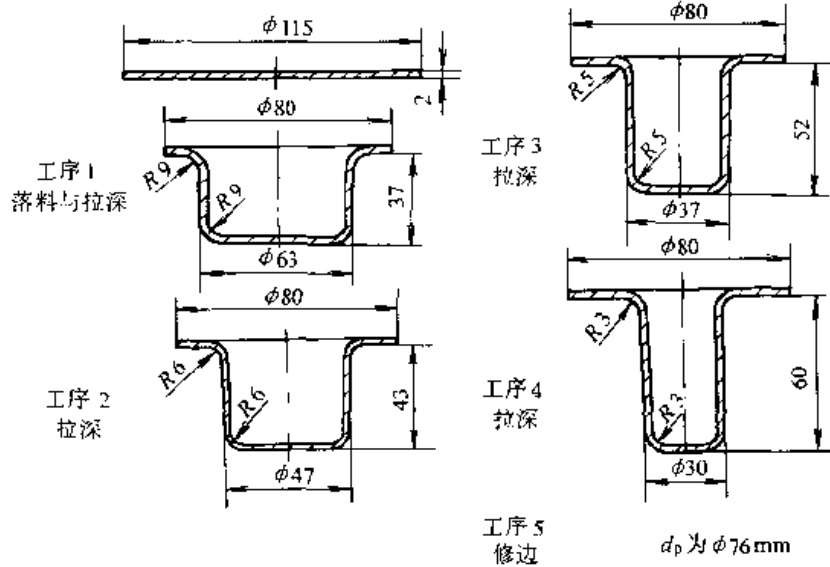


图 19.4-25 拉深工序图

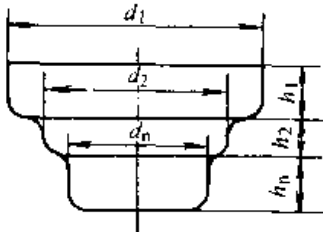


图 19.4-26 阶梯形拉深件

m_y 与圆筒形件的第一次拉深系数极限值比较。如果 $m_y > m_1$ ，可以一次拉出，否则，要采用两次或多次拉深。

例3 试确定图 19.4-27 所示阶梯形拉深件的拉深次数，材料为 08 钢，料厚 $t = 1.5 \text{ mm}$ ，毛坯直径 $D = 103 \text{ mm}$ 。

解：按公式 (19.4-11) 计算假想拉深系数

$$m_y = \frac{\frac{h_1 \cdot d_1}{h_2 \cdot D} + \frac{h_2 \cdot d_2}{h_3 \cdot D} + \frac{d_3}{D}}{\frac{h_1}{h_2} + \frac{h_2}{h_3} + 1}$$

$$= \frac{\frac{10 \cdot 71.5}{10 \cdot 103} + \frac{10 \cdot 56.5}{8 \cdot 103} + \frac{44.5}{103}}{\frac{10}{10} + \frac{10}{8} + 1} = 0.554$$

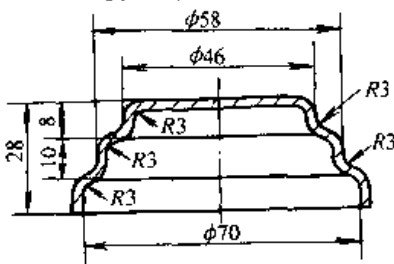


图 19.4-27 阶梯形拉深件

由表 19.4-8 查找极限拉深系数，当 $\frac{t}{D} \times 100 = \frac{1.5}{103} \times 100 = 1.46$ 时， $m_1 = 0.50 \sim 0.53$ 因 $m_y > m_1$ ，故可一次拉成。

2) 当每相邻阶梯的直径比 $\frac{d_2}{d_1}, \frac{d_3}{d_2}, \dots, \frac{d_n}{d_{n-1}}$ 均大于相应的圆筒形件的极限拉深系数时，则可以在每次拉深工序里形成一个阶梯，由大阶梯到小阶梯依次拉出 (图 19.4-28)，这时拉深工序数目等于零件阶梯数目 (最大阶梯直径形成前所需的工序除外)。

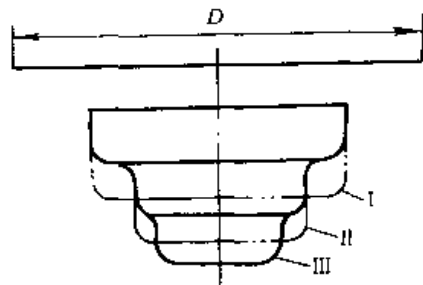


图 19.4-28 由大阶梯到小阶梯的拉深程序

3) 当某相邻的两阶梯直径比值小于相应圆筒形件的极限拉深系数时，在这个阶梯成形时应按有凸缘零件的拉深办法。其拉深顺序由小阶梯到大阶梯依次拉深。例如图 19.4-29 的零件，因 d_2/d_1 小于相应的圆筒形件的极限拉深系数，故在 d_2 先拉出以后，再用工序 V 拉出 d_1 。

当最小的阶梯直径 d_n 过小，也就是比值 d_n/d_{n-1} 过小，但最小阶梯的高度 h_n 不大时，

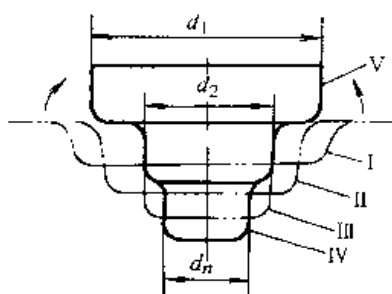


图 19.4-29 由小阶梯到大阶梯的拉深程序

则最小阶梯可以用胀形法得到。

4) 对于浅阶梯零件, 但阶梯直径差别大, 不能一次拉出时, 成功的经验是: 首次先拉成球面形状 (图 19.4-30a) 或大圆角的圆筒件 (图 19.4-

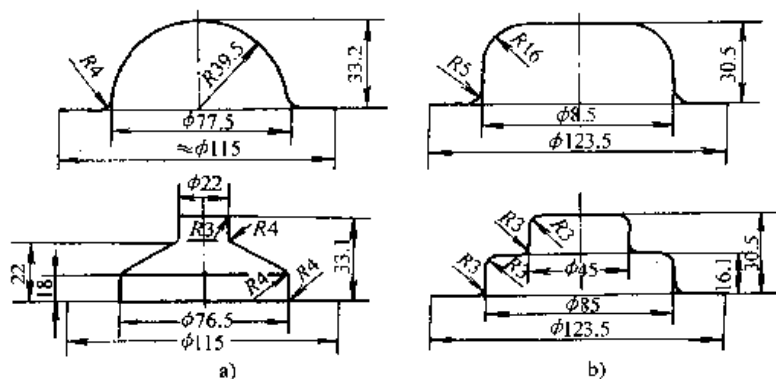


图 19.4-30 浅阶梯形拉深件的成形方法

a) $D=128\text{ mm}$, $t=0.8\text{ mm}$, 08 钢 b) $t=1.5\text{ mm}$, 低碳钢

3 球面零件、锥形零件及抛物面零件的拉深

3.1 曲面回转体零件拉深成形的特点

球面零件、锥形零件及抛物面零件均属于曲面回转体零件。曲面回转体零件的冲压成形, 在生产中也称之为拉深, 但其变形区的位置, 受力状态、变形特点和直壁的圆筒件拉深不同, 因而对这类零件不能只用拉深系数这一工艺参数来衡量和判断拉深工序的难易程序, 也不能用来作为模具设计和工艺过程设计的依据。

由于曲面回转体零件的几何特征, 在冲压成形时, 坯料除凸缘部分产生与圆筒件拉深相同的变形之外, 其中间部分也产生变形, 即毛坯的凸缘部分与中间部分都是变形区。

若以曲面零件的拉深成形为例 (图 19.4-32), 根据其应力、应变情况, 可将变形区分为三个部分。

AB 区——凸缘区, 其变形特点和应力、应

变状态与圆筒件拉深时相同, 径向应力 (σ_r) 为拉应力, 切向应力 (σ_θ) 为压应力。

5) 当拉深大、小直径差值大, 阶梯部分带锥形的零件时, 先拉深出大直径, 再在拉深小直径的过程中拉出侧壁锥形 (图 19.4-31)。

当拉深大、小直径差值大, 阶梯部分带曲面锥形的零件时, 可采用直接法 (图 19.4-33a), 首先将大直径部分按图纸尺寸拉出来, 此时将头部制成与图样近似的 R , 其次再拉成小直径。或者可采用阶梯拉深法 (图 19.4-33b), 首先将大直径按图样尺寸拉出来, 然后用多次拉深作成与曲面锥形近似的阶梯形状, 最后经整形达到要求形状和尺寸。

变状态与圆筒件拉深时相同, 径向应力 (σ_r) 为拉应力, 切向应力 (σ_θ) 为压应力;

BC 区——拉深变形区, 该区材料悬空, 在凸模作用下, 毛坯受径向拉伸, 切向压缩的变形。其上径向应力 (σ_r) 为拉应力、切向应力 (σ_θ) 为压应力。由于该区的材料悬空, 其抗失稳能力差, 容易起皱。

CD 区——胀形区, 在凸模作用下, 材料产生径向和切向拉伸, 即材料处于双拉应力作用, 材料厚度变薄。

由此可见, 曲面回转体零件的拉深, 毛坯凸缘部分和中间部分的外缘具有拉深变形的特点, 切向应力为压应力; 而毛坯最中心的部分具有胀形的特点, 其切向应力为拉应力, 两者之间的分界线为分界圆。所以, 可以得出结论: 球面零件、锥形件及抛物面零件等曲面回转体零件的拉深成形机理是胀形与拉深两种变形的复合, 其应力、应变既有伸长类, 又有压缩类的特征。

胀形变形区属于伸长类成形, 其变形程度受材料塑性不足而破裂的限制。而分界圆以外的拉

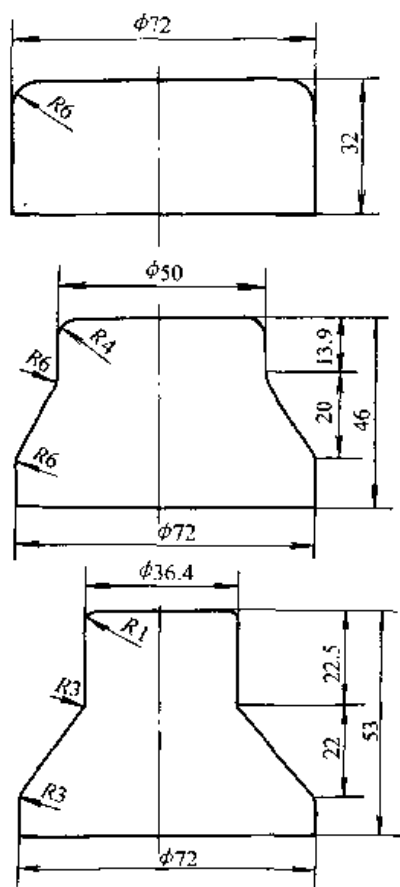


图 19.4-31 带锥形阶梯零件的拉深
毛坯直径 $D=118\text{ mm}$, $t=0.8\text{ mm}$

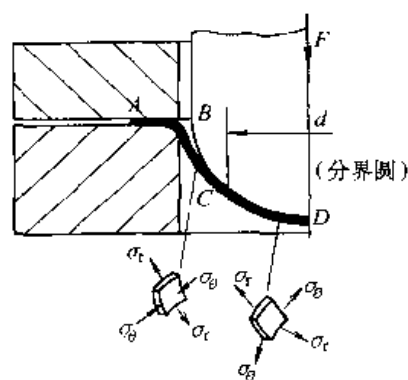


图 19.4-32 曲面零件拉深

深变形区则属压缩类成形，其变形程度是受变形区失稳起皱或传力区破裂的限制。

曲面回转体零件的成形极限与零件几何形状，模具结构型式、润滑状态、材料冲压性能等因素有关。可见，从材料或模具结构等方面提高胀形变形或拉深变形的成形极限，都可提高曲面回转体零件的成形极限。一般情况下，为了提高

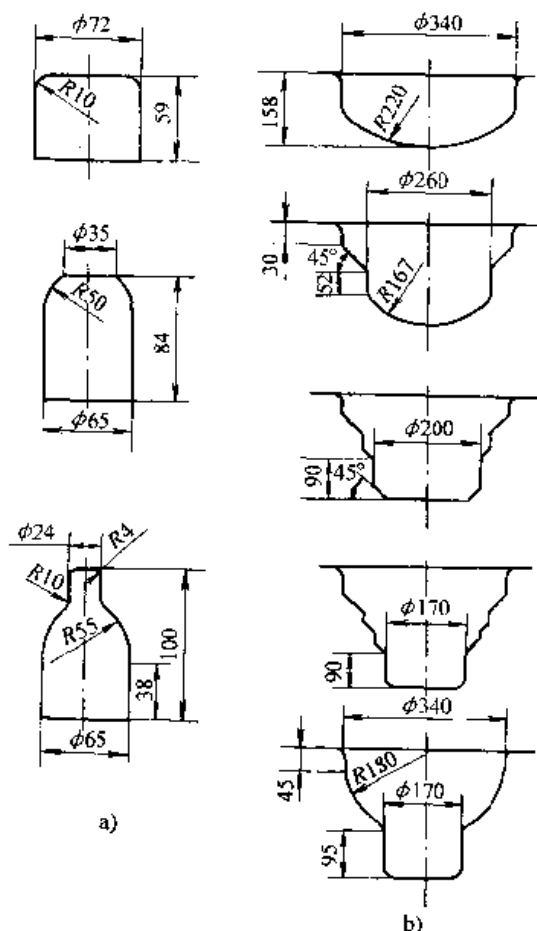


图 19.4-33 带曲面阶梯零件的拉深
a) 毛坯直径 $D=139\text{ mm}$, $t=1\text{ mm}$
b) 毛坯直径 $D=550\text{ mm}$, $t=1\text{ mm}$

成形极限，以增加拉深成分效果较明显，而为了提高成形的稳定性和材料利用率，则以增加胀形成分更为有利。

对曲面回转体零件成形影响较大的是材料性能参数 r 值和 n 值。 r 值对拉深变形程度的影响较大， n 值对拉深和胀形两种成分都有较大的影响。

曲面零件与直壁圆筒形件相比，其拉深成形特点，列于表 19.4-15。

3.2 锥形件的拉深

锥形件的拉深过程，取决于锥形零件各部分的尺寸关系。在确定锥形件的拉深方法和设计工艺过程时应以其几何参数 h/d_d 、 d_p/d_d 、 t_0/D_0 作为依据 (图 19.4-34)。

1) 锥形件的相对高度 h/d_d 假如其他条件相同，当锥形件的高度 h 数值大时，如不产生胀形变形，毛坯贴模所要求的径向收缩量要增

表 19.4-15 曲面回转体零件成形的特点

比较内容	类 型	
	直壁零件	曲面零件
成形机理	拉深变形	拉深变形与胀形变形的复合
变形区位置	坯料外周部分的凸缘拉深变形区	坯料外周部分的凸缘拉深变形区及坯料中部的胀形变形区
变形区受力状态及变形特点	坯料变形区在切向压应力、径向拉应力的作用下，产生切向压缩、径向伸长的拉深变形	坯料外周的变形区在切向压应力和径向拉应力的作用下，产生切向压缩径向伸长的拉深变形。坯料中部的变形区在两向拉应力的作用下，产生两向伸长的胀形变形
材料冲压性能	要求 r 值， n 值影响不大	同时要求 r 值与 n 值
悬空部分	无明显的悬空部分	有明显的悬空部分
凸模侧壁的摩擦作用	凸模与侧壁接触，存在有凸模侧壁的摩擦作用	凸模与侧壁不接触，不存在凸模侧壁的摩擦作用
成形极限	受侧壁承载能力的限制	受侧壁承载能力、失稳起皱及胀形破裂的限制
成形难易	传力的危险断面受凸模侧壁摩擦的补强作用，比曲面零件成形容易	传力的危险断面不受凸模侧壁摩擦的补强作用，且存在有易失稳起皱的悬空部分，比直壁零件成形的难度大

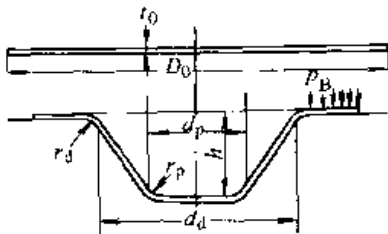


图 19.4-34 锥形件各部分尺寸

大，于是毛坯中间悬空部分起皱的可能性增大。虽然增大胀形成形部分的办法可以减小径向收缩量，但是在高度 h 过大时，胀形成分的增大受到板材塑性的限制。另一方面，锥形件的高度大时，毛坯的直径也要增大，这就增加了在压边圈下的变形区宽度，其结果使拉深变形所需的径向拉应力增大，这又为毛坯中间部分的承载能力所不允许。所以， h/d_d 越大，成形难度越大。

2) 相对锥顶直径 d_p/d_d d_p/d_d 越小时，毛坯中间部分的承载能力低，易于拉裂。而且毛坯的悬空部分宽度大，容易起皱，所以成形难度大。

3) 相对厚度 t_0/D_0 毛坯相对厚度小时，中间部分容易失稳起皱，所以成形难度大。

上述分析可知，从防止破裂的角度出发，要减小中间部分的胀形成分，减小凸缘部分的约束，使材料多流入凹模；从防止中间悬空部分起皱出发，要增加胀形部分，加大对凸缘部分的约束使材料少流入凹模。因此，如果对凸缘部分的约束过小，会使悬空部分起皱，相反则中部发生破裂。显然，合适的约束条件下，既不发生破裂，又不起皱的最大成形高度 h_{max} 是锥形件的成形极限 (图 19.4-35)。

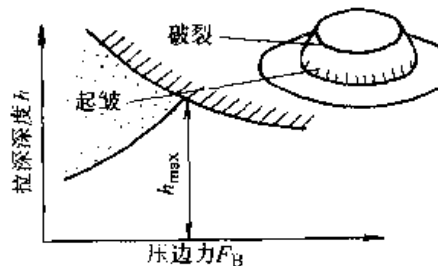


图 19.4-35 锥形件拉深时极限成形深度

极限成形深度 h_{\max} 与零件几何尺寸、模具尺寸、材料特性及板材厚度等有关。锥形件的极限

成形深度可用式 (19.4-12) 计算, 也可用图 19.4-36 计算图来确定。

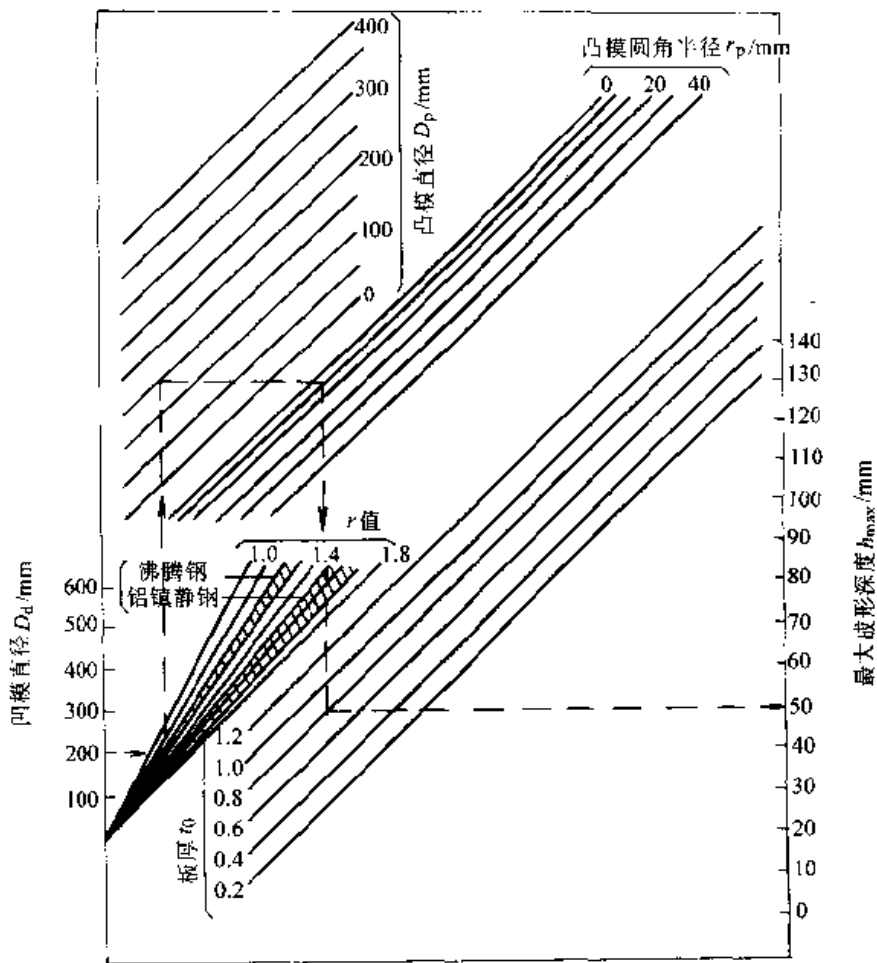


图 19.4-36 锥形件一次拉深成形深度计算图

$$h_{\max} = (0.057r - 0.0035) d_d + 0.171d_p + 0.58r_p + 36.6t_0 - 12.1 \quad (19.4-12)$$

式中 r 为板厚异向系数, 其他符号参见图 19.4-34。

应该指出, 当 $t_0/D_0 < 0.002$, 且 $d_p/d_d > 0.5$ 时, 式 (19.4-12) 不适用。因为这时毛坯中间部分的起皱极易产生, 极限成形高度接近材料无法流入的胀形深度, 这种情况最好按胀形极限考虑。

为保证拉深工艺的稳定性, 锥形件拉深过程中一般均需拉出凸缘, 再采用修边工序切去多余部分。只有在相对高度不大, 材料相对厚度 $t/D > 2.5\%$ 时, 可以不加凸缘, 而直接在拉深结束时精整锥形部分。

锥形件的拉深过程, 取决于它的几何参数

(图 19.4-37), 相对高度、锥度及材料的相对厚度不同, 拉深方法亦不同。

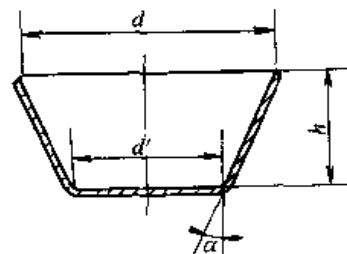


图 19.4-37 锥形拉深件

3.2.1 浅锥形件

指 $h/d = 0.1 \sim 0.25$, $\alpha = 50^\circ \sim 80^\circ$ 一类零件。这种零件由于拉深变形不足, 弹复量大, 因此对形状精度要求高时, 须设法增加压边力, 以

加大径向拉应力，具体措施有：

① 无凸缘的可补加凸缘；② 采用带拉深肋的凹模（图 19.4-38）；③ 用橡皮或液压代替凸模进行拉深。

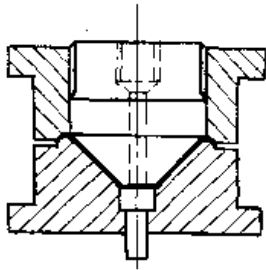


图 19.4-38 带拉深肋的凹模

3.2.2 中等深度锥形件

指 $h/d=0.3\sim 0.7$ ， $\alpha=50^\circ\sim 80^\circ$ 一类零件。这种零件变形程度也不大，主要问题是在拉深过程中，有很大一部分毛坯处在压边圈之外呈悬空状态，容易起皱。

按材料的相对厚度 t/D 不同，又可分为以下三种情况。

1) 当 $\frac{t}{D} \times 100 > 2.5$ 时，由于稳定性好，可用无压边的拉深模一次拉出。

2) 当 $\frac{t}{D} \times 100 = 1.5 \sim 2$ 时，应采用带压边装置的模具一次拉成。

3) 当 $\frac{t}{D} \times 100 < 1.5$ 或有较宽的凸缘时，须用压边装置，经两、三次拉深而成。首次拉深常拉出大圆角或半球形圆筒件，然后按图样尺寸成形，如图 19.4-39 所示。有时第二次采用反拉深可有效地防止皱纹的产生（图 19.4-40）。

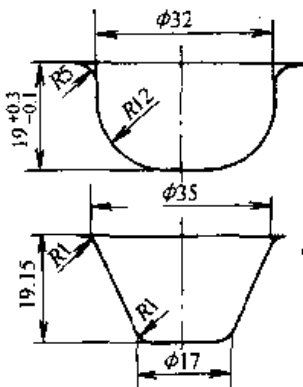


图 19.4-39 由大圆弧过渡拉成的锥形件

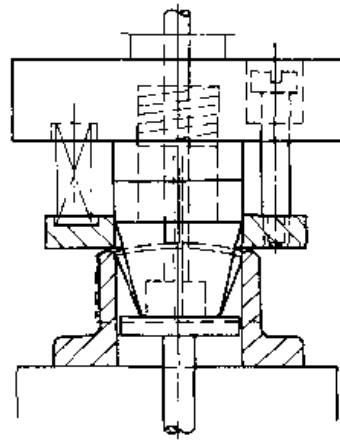


图 19.4-40 用反拉深成形锥形件

3.2.3 深锥形件

指 $\frac{h}{d} > 0.8$ 一类零件。这种零件由于变形程度大，且锥角小，凸模的压力仅通过毛坯中部的一小块面积传递到变形区，因而产生很大的局部变薄，有时甚至使材料拉裂，故需进行多次拉深。深锥形件的拉深方法有以下三种。

1) 阶梯拉深法（图 19.4-41） 这种方法是将毛坯分数道工序逐步拉成阶梯形，阶梯与成品的内形相切，最后在成形模内整形。这种方法工序多、壁部有印痕制件表面不光滑，所用的模具套数多。图 19.4-42 所示为退火铝材的锥形件拉深。对于高强度材料（如不锈钢），可适量减少拉深次数。

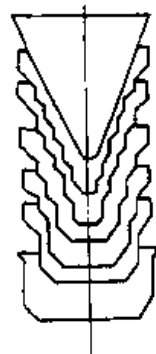


图 19.4-41 阶梯拉深法

2) 锥面逐步成形法（图 19.4-43） 这种方法先将毛坯拉成圆筒形，使其表面积等于或大于成品圆锥表面积，而直径等于圆锥大端直径，以后各道工序逐步拉出圆锥面。这种方法与阶梯法比较，在表面光滑与壁厚均匀性方面有所好转，但需要的模具套数还是较多。

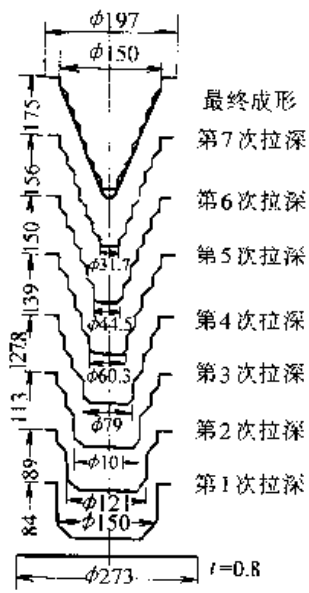


图 19.4.42 锥形件的拉深成形



图 19.4.43 锥面逐步成形法

图 19.4.44 所示为漏斗形件的锥面逐步拉深成形程序。制件材料为 1Cr18Ni9 不锈钢。在整个工序中采用压边装置，采用铝青铜凹模（具有较好的抗粘着性）。此制件在带有模具缓冲垫的单动压力机上冲压成形。锥形部分成形后，再经外缘翻边，便可达到图样要求的形状和尺寸。

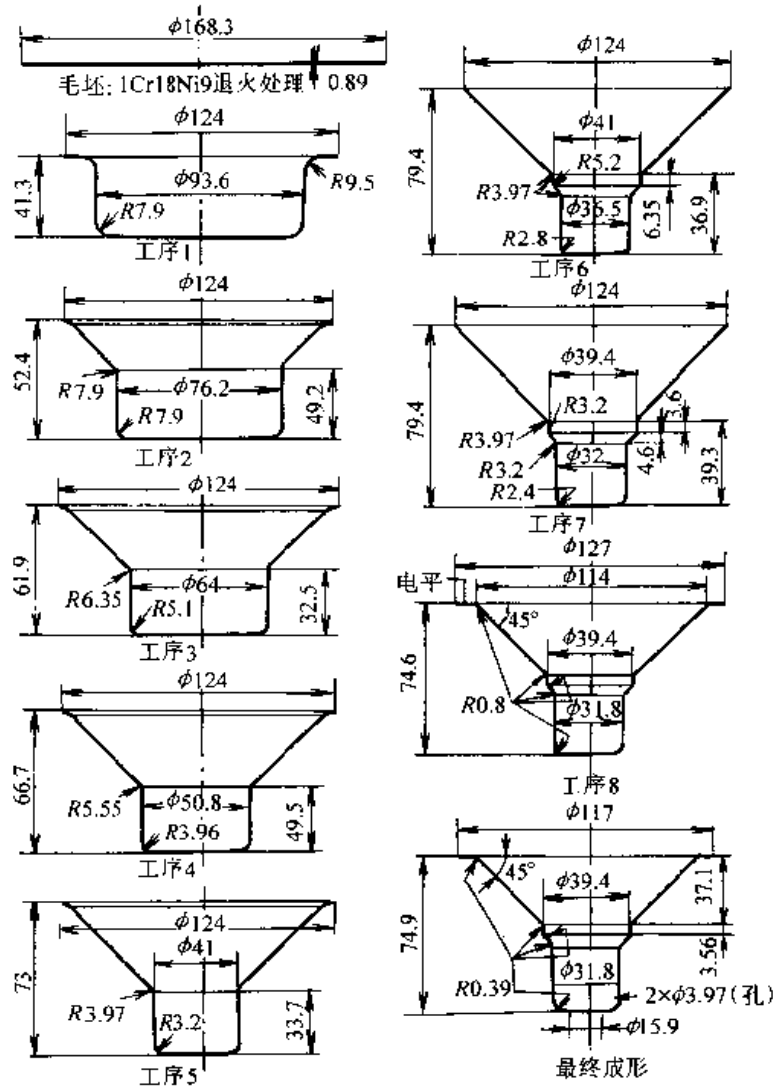


图 19.4.44 漏斗形件的拉深成形工序

3) 整个锥面一次成形法 (图 19.4-45) 这种方法, 先拉出相应的圆筒形, 然后, 锥面从底部开始成形。在各道工序中, 锥面逐渐增大, 直到最后锥面一次成形。该方法的优点是零件表面质量高, 无工序间的压痕。这种拉深法的拉深系数采用平均直径来计算。

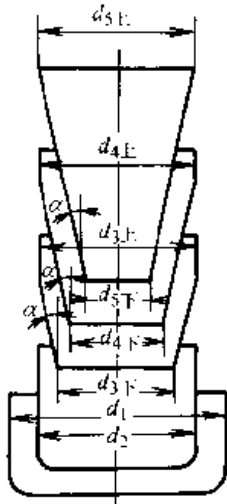


图 19.4-45 整个锥面一次成形法

对第 $n-1$ 次拉深

$$d_{(n-1)} = \frac{d_{(n-1)上} + d_{(n-1)下}}{2}$$

对第 n 次拉深

$$d_n = \frac{d_{n上} + d_{n下}}{2}$$

则第 n 次拉深的拉深系数

$$m = \frac{d_n}{d_{n-1}}$$

式中 $d_{上}$ ——锥形件上端直径;

$d_{下}$ ——锥形件下端直径。

根据平均直径确定的深锥形件的极限拉深系数, 列于表 19.4-16。

表 19.4-16 深锥形件的拉深系数

毛坯的相对厚度 $\frac{t}{d_{n-1}} \times 100$	0.5	1.0	1.5	2.0
拉深系数 $m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$	0.85	0.8	0.75	0.7

注: d_n 和 d_{n-1} 为这次和前次拉深的平均直径。

3.3 球面零件的拉深

球面零件分为半球面 (图 19.4-46a) 与非半球面 (图 19.4-46b、c、d) 两大类。

半球面零件的拉深系数 m 为

$$m = \frac{d}{D} = \frac{d}{\sqrt{2}d} = 0.71$$

它是与零件直径无关的常数。变形中容易起皱, 故毛坯的相对厚度 t/D 是决定拉深难易和选定拉深方法的主要依据。

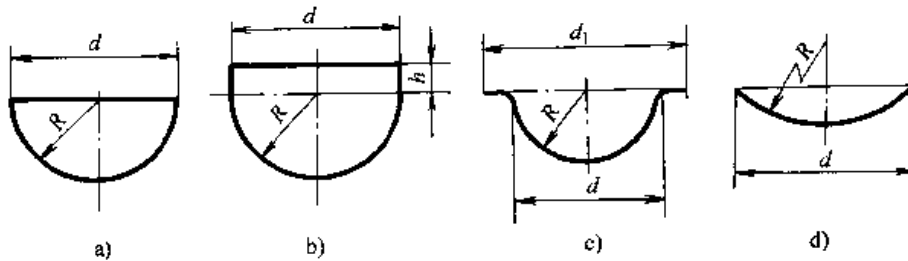


图 19.4-46 各种球面零件

a) 半球面件 b) 带直壁的半球面件 c) 带凸缘的半球面件 d) 浅球面件

在实际生产中, 可根据相对厚度的大小, 采取不同的拉深方法。

1) 相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100 > 3$ 时, 由于稳定性好, 可不用压边一次拉成, 在行程终了须进行整形 (图 19.4-47)。拉深这种零件最好采用摩擦压力机。

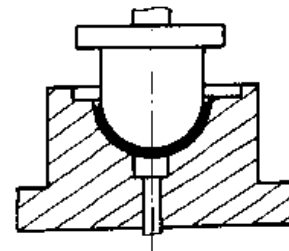


图 19.4-47 半球面零件带整形的拉深模

2) 相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100 = 0.5 \sim 3$ 时, 一般需要采用压边装置进行拉深。

3) 相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100 < 0.5$ 时, 稳定性差, 需要采取有效的防皱措施。常见的防皱方法有:
 ① 采用带拉深肋的凹模 (图 19.4-48a); ② 采用

反向拉深法 (图 19.4-48b); ③ 正、反向联合拉深法 (图 19.4-48c)。它既提高了生产率, 又防止皱纹的产生。

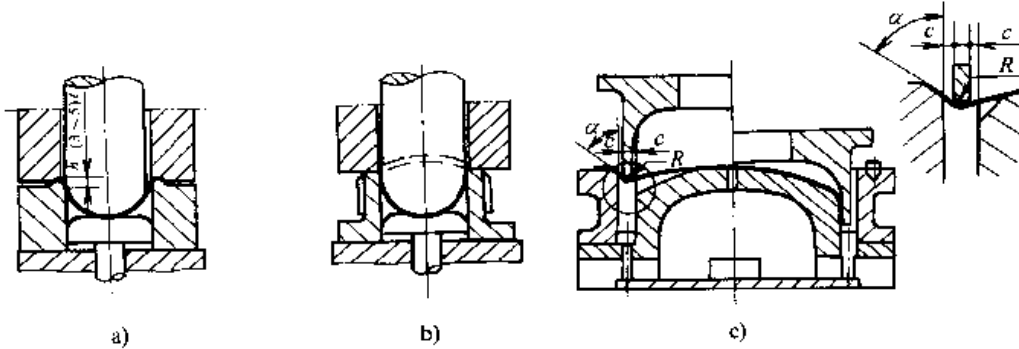


图 19.4-48 半球面零件拉深的防皱方法

对于带有高度为 $(0.1 \sim 0.2) d$ 的圆筒直边或带有宽度为 $(0.1 \sim 0.15) d$ 的圆筒直边或带有宽度为 $(0.1 \sim 0.15) d$ 的凸缘的非半球面零件 (图 19.4-46b、c), 虽然拉深系数有一定降低, 但对零件的拉深却有一定的好处。对半球面零件的表面质量和尺寸精度要求较高时, 可先拉成带圆筒直边和带凸缘的非半球面零件, 然后在拉深后将直边和凸缘切断。

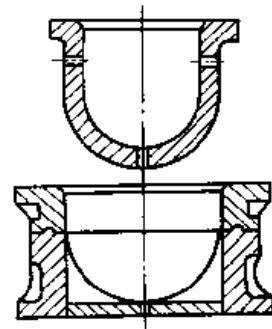
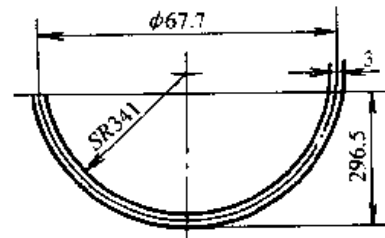


图 19.4-49 具有内、外拉深肋的模具结构

高度小于球面半径 (浅球面零件) 的零件 (图 19.4-46d), 其拉深工艺按几何形状可分为两类。当毛坯直径 $D \leq 9 \sqrt{Rt}$ (t 为板厚) 时, 毛坯不易起皱, 但成形时毛坯易窜动, 而且可能产生一定的回弹, 常采用带底拉深模; 当毛坯直径 $D \geq 9 \sqrt{Rt}$ 时, 起皱将成为必须解决的问题, 故常采用强力压边装置或用带拉深肋的模具, 拉成有一定宽度凸缘的浅球面零件。这时的变形含有拉深和胀形两种成分。因此, 零件回弹小、尺寸精度和表面质量均提高了, 其加工余料在成形后予以切除。



材料: 1Cr18Ni9Ti

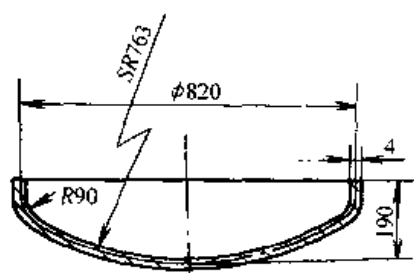
图 19.4-50 GZ-120 外锅底

对于大球形拉深件有时需采用内、外两圈拉深肋的凹模 (见图 19.4-49), 以进一步增加径向拉应力, 才能有效地解决起皱问题。外圈拉深肋比内圈拉深肋稍高些, 高出二倍料厚。拉深开始时, 外圈拉深肋起主要作用, 随着拉深深度的增加, 毛坯向里收缩, 内圈拉深肋起主要作用, 工件壁部和凸缘不易起皱, 材料能顺利进入凸、凹模的间隙之中, 从而拉出平整光洁的零件。图 19.4-50 所示的不锈钢外锅底就是采用这种模具结构拉深的。

图 19.4-48c 所示为正、反向联合拉深模具设计的关键是 a 、 c 及 R 数值的确定, 只要取值合理, 就不会产生起皱和破裂现象, 成品合格率可达 100%。根据实际生产经验可取: $a = 60^\circ$, $c = (1 + 0.05) t$, $R = 5t$ (t 为材料厚度)。此模具磨损极小, 寿命高, 用一般铸铁就可以制造。此模具拉深大球形件 (见图 19.4-51) 的生产效率高, 成本低, 经济效益好。

3.4 抛物面零件的拉深

抛物面零件亦按相对高度和材料相对厚度,



材料: 1Cr18Ni9Ti
图 19.4-51 GZ-200 外锅底

相应采用合适的拉深方法。

3.4.1 浅的抛物面零件 ($\frac{h}{d} < 0.5 \sim 0.6$)

由于它的高度小, 与半球面零件差不多, 因此, 拉深方法相似。

例如汽车灯的外罩 (图 19.4-52), $d = 126$ mm, $h = 76$ mm, $t = 0.7$ mm, 材料为 08 钢, 毛坯直径 $D = 190$ mm. 按照 $\frac{h}{d} = \frac{76}{126} = 0.603$,

$\frac{t}{D} \times 100 = 0.37$, 相当于半球面第三种情况 (见 3.3 节), 该零件采用具有两道拉深肋的压边装置在双动压力机上拉成。

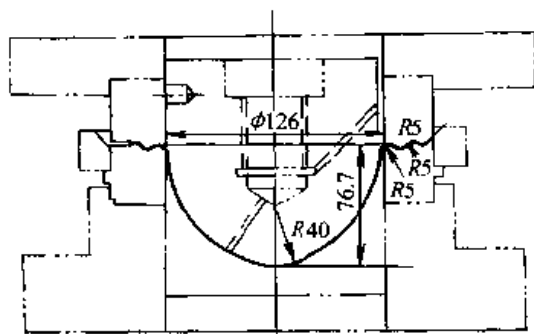


图 19.4-52 汽车灯的外罩

3.4.2 深的抛物面零件 ($\frac{h}{d} > 0.6$)

特别是 $\frac{t}{D}$ 较小时, 需要多次拉深, 逐步成形, 深抛物线形件的拉深方法有下列四种。

(1) 直接拉深法

① 相对高度较小 ($\frac{h}{d} \approx 0.5 \sim 0.7$), 材料相对厚度较大时, 由于产生皱纹的危险性小, 一般可以先使零件上部按图样尺寸拉成近似形, 然后再拉深时使零件下部接近图样尺寸, 最后全部拉深成形 (图 19.4-53)。

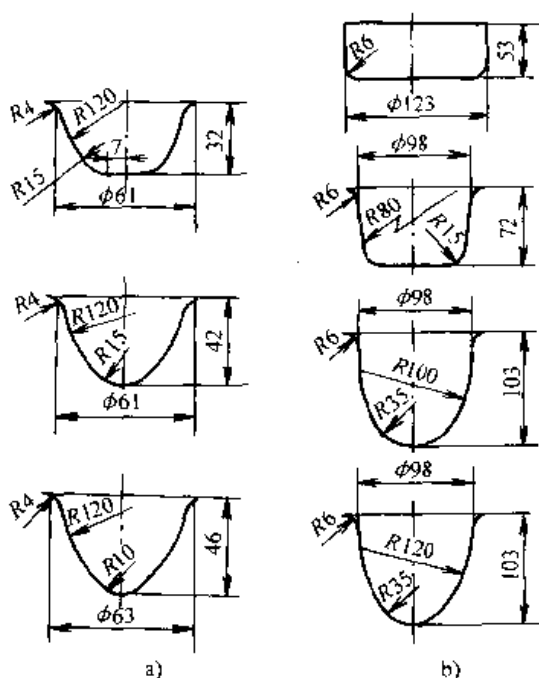


图 19.4-53 抛物面零件的拉深程序

② 相对高度较小, 材料相对厚度较小时, 首先作预备形状, 凸模头部作成带锥度的或普通圆弧形, 然后再多次拉深, 使零件接近大直径 (图 19.4-53)。

(2) 阶梯拉深法

用多次拉深拉到大直径 (图 19.4-54)。保持拉深直径不变, 拉成近似形状的阶梯圆筒形件, 最后以胀形成形。

(3) 反拉深法

反拉深法能增加径向拉应力, 从而有效地防止起皱, 对 $\frac{h}{d}$ 大, $\frac{t}{D}$ 小的抛物面零件的拉深, 可收到较好的效果。图 19.4-55 所示为汽车灯的拉深程序, 首次拉出圆筒形, 以后均用反拉深逐渐拉成。

(4) 液压机械拉深法

液压机械拉深时, 毛坯在液压作用下, 在凸、凹模的间隙之间形成反凸而构成液体“凸坎” (如图 19.4-56 中的 A 部分), 它起着拉深肋的作用, 同时, 凸模下压时造成的油压力使毛坯反拉而贴靠凸模成形, 创造了良好的成形条件。这种方法与普通拉深相比, 可大大增加一道工序的变形程序, 且零件壁厚均匀, 表面光滑美观, 特别适合于抛物面零件和锥形件的拉深。如图

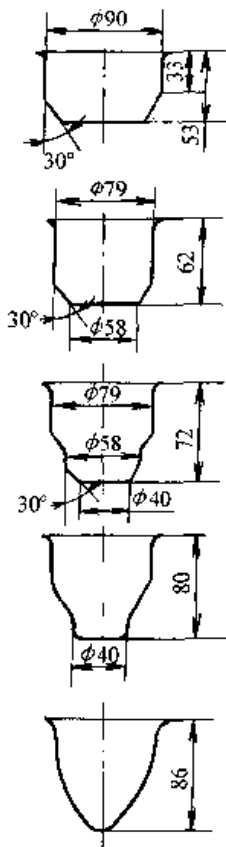


图 19.4-54 抛物面零件的阶梯拉深法

19.4-57 所示的抛物面零件 $\frac{h}{d}$ 高达 1.2，采用液压机械拉深，一次即可拉出，可代替 7~8 次普通拉深工序。

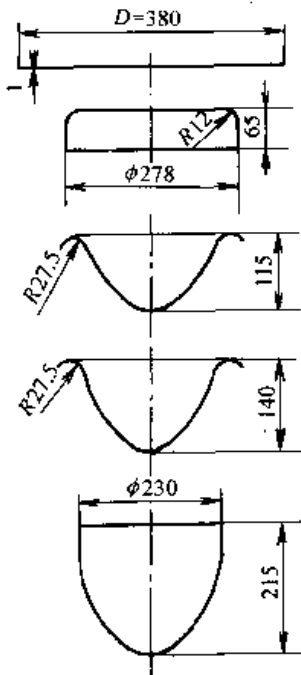


图 19.4-55 汽车灯的拉深程序

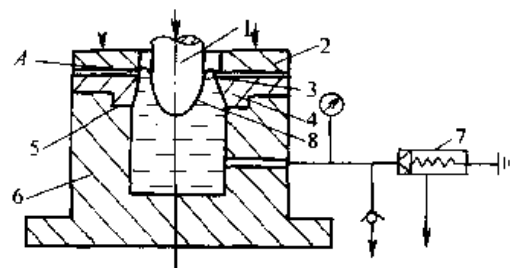


图 19.4-56 液压机械拉深法
1—凸模 2—压边圈 3、5—密封圈 4—凹模板
6—底座 7—压力控制阀 8—毛坯

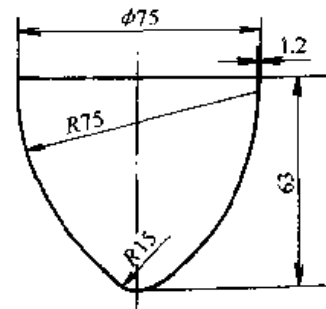


图 19.4-57 抛物面形拉深零件

4 盒形件的拉深

盒形件属于非轴对称零件，它包括方形盒件，矩形盒件和椭圆形盒件等。根据矩形盒件几何形状的特点，可以将其侧壁分为长度是 $A-2r$ 与 $B-2r$ 的两对直边部分及四个半径为 r 的圆角部分（图 19.4-58）。

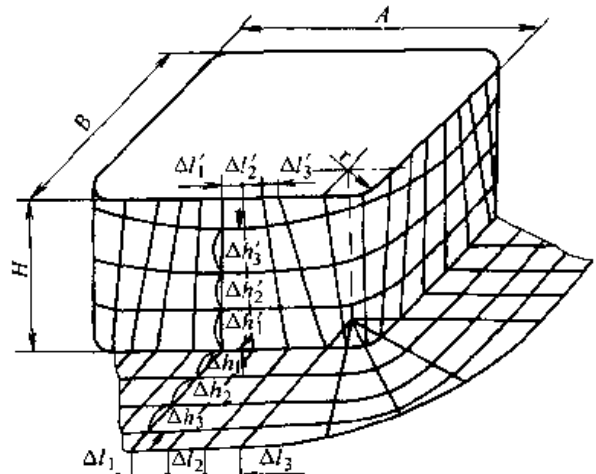


图 19.4-58 盒形件拉深变形特点

盒形件的冲压变形性质与直壁圆筒件有相同之处，亦有不同之处。相同之处是在变形区都是在径向拉应力与切向压应力的作用下产生拉深变形，而存在着变形区产生的拉应力与传力区的承

载能力之间的关系问题。不同之处是盒形件变形的应力状态和所产生的拉深变形在周边上的分布的不均匀性，由此而引起一系列和圆筒形件成形不同的特点。

根据盒形件能否一次拉深成形，将盒形件分为两类，凡是能一次拉深成形的盒形件为低盒形件；凡是需经多次拉深才能成形的盒形件称为高盒形件。两类盒形件拉深时的变形特点是有差别的，因此工艺过程设计和模具设计中需要解决的问题和方法也不尽相同。

4.1 低盒形件的拉深

4.1.1 变形特点

1) 盒形件一次拉深成形时，零件表面网格发生了明显变化（图 19.4-58），由此表明凸缘变形区直边部位发生了横向压缩变形，使圆角处的应变强化得到缓和，从而降低了圆角部分传力区的轴向拉应力，相对提高了传力区的承载能力。

2) 盒形件拉深时，凸缘变形区圆角处的拉深阻力大于直边处的拉深阻力，圆角处的变形程度大于直边处的变形程度。因此，变形区内金属质点的位移量直边处大于圆角处，导致了这两处的位移速度的不同，而毛坯的这两部分又是联系在一起的整体，变形时必然相互牵制，这种位移速度差会引起切应力，这种切应力称为位移速度诱发切应力。虽然，诱发切应力在两处交界面达到最大值，并由此向直边和圆角处的中心线逐渐减小。变形区内应力状态与切应力分布情况可用图 19.4-59 示意。由图 19.4-59 可知，圆角部分传力区内轴向拉应力减小了一个切应力值，从而也相对地提高了传力区的承载能力。由于上述原因，盒形件成形极限高于直径为 $2r$ 的圆筒形件的成形极限。

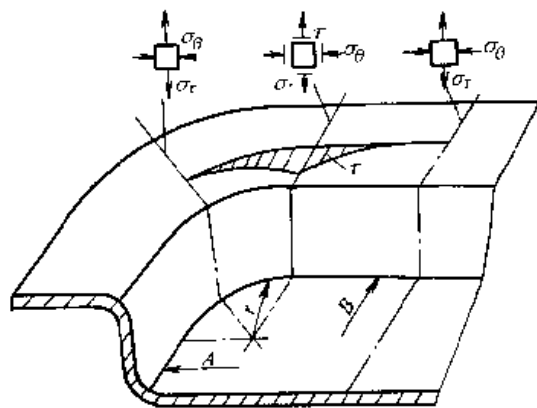


图 19.4-59 变形区内应力状态

3) 图 19.4-59 所示的切应力形成的弯矩引起变形区板平面内的弯曲变形，从而使变形区内的变形变得相当复杂。板平面内的弯曲变形使变形区直边处外缘和圆角处内缘形成起皱的危险区，同时还可能引起盒形件壁裂的产生。

矩形盒件的几何特征可以用相对圆角半径 r/B 表示， $0 < r/B \leq 0.5$ 。当 $r/B = 0.5$ 时为圆筒形零件。矩形盒拉深时，毛坯变形区的变形分布与相对圆角半径 r/B 和毛坯形状有关。相对圆角半径不同，毛坯变形区直边处与圆角处之间的应力应变间的相互影响不同，在实际生产中，应根据矩形盒的相对圆角半径 r/B 和相对高度 H/r 来设计毛坯和拉深工艺。

4.1.2 毛坯形状和尺寸的确定

盒形件拉深时，确定毛坯形状与尺寸的原则是在保证零件质量的前提下，尽可能节约原材料，有利于提高成形极限。由于变形区周边上应力应变分布不均匀，而且零件的几何参数、材料性能、模具结构等因素对这种不均匀变形的影响极为复杂，所以，现在不能精确计算出毛坯的形状与尺寸，使零件的口部非常整齐。另外，欲设计一种理想的毛坯形状适用于不同几何参数的盒形件也是不可能的。因此，只能对不同几何参数范围给出相应的较为合理的毛坯形状。

合理毛坯形状分为三类：A 型毛坯、B 型毛坯和 C 型毛坯。三种类型毛坯所适用的范围如图 19.4-60 及表 19.4-17 所示。因此，对不同几何参数的盒形件，可从图 19.4-60 或表 19.4-17 选用一次拉深成形的毛坯形状。

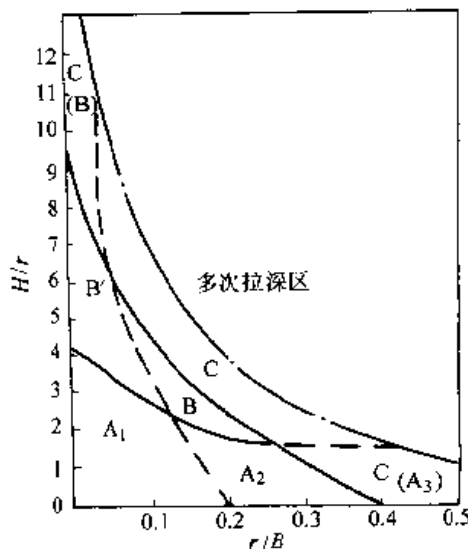


图 19.4-60 方盒形件一次成形毛坯选用图

表 19.4-17 盒形件合理毛坯分区法

毛坯类型 \ r/B	<0.08	0.05~0.13	0.13~0.17	0.27~0.35	>0.35
H/r					
≤1.8	A ₁	A ₁	A ₁ /A ₂	A ₂ /A ₃	A ₃ (C)
>1.8~4	A ₁	A ₁ /B	B/C	C	
>4~6	B'	B/C	C		
>6	B' (C)	C			

注: H/r 及 r/B 较大者选用 “/” 下方的类型。

盒形件拉深用毛坯计算高度可用下式表示:

$$H = H_0 + \Delta H$$

式中 H_0 —— 盒形件的高度;

ΔH —— 盒形件修边余量, 查表 19.4-18。

表 19.4-18 盒形件修边余量

(mm)

拉深次数	1	2	3	4
修边高度 ΔH	$(0.03 \sim 0.08) H_0$	$(0.04 \sim 0.06) H_0$	$(0.05 \sim 0.08) H_0$	$(0.06 \sim 0.1) H_0$

(1) A 型毛坯的确定方法

A 型毛坯根据盒形件的相对高度 H/r 和相对转角半径 r/B 不同又可分为 A_1 、 A_2 、 A_3 三种形式。

1) A_1 型毛坯计算与作图方法 将盒形件直边部分和转角部分分别展开, 使毛坯角部具有光滑过渡的轮廓 (图 19.4-61), 计算与作图方法如下:

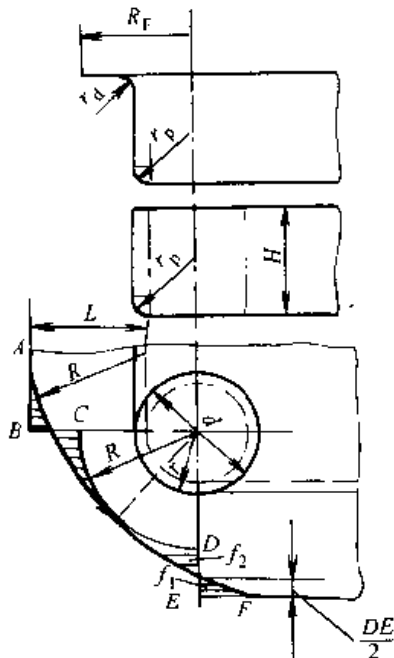


图 19.4-61 A_1 型毛坯作图确定方法

① 直边部分按弯曲变形计算, 其展开长度

L 由下式确定:

$$L = H + 0.57r_p \quad (19.4-13)$$

带凸缘时 $L = H + R_F - 0.43(r_d + r_p)$

$$(19.4-14)$$

② 圆角部分按四分之一圆筒形件拉深变形计算, 展开的角部毛坯半径 R 用以下各式计算:

无凸缘时, 若 $r = r_p$, 则

$$R = \sqrt{2rH} \quad (19.4-15)$$

若 $r \neq r_p$, 则

$$R = \sqrt{r^2 + 2rH - 0.86r_p(r + 0.16r_p)} \quad (19.4-16)$$

带凸缘时

$$R = \sqrt{R_F^2 + 2rH - 0.86(r_d + r_p) + 0.14(r_d^2 + r_p^2)} \quad (19.4-17)$$

③ 作出从圆角部分到直边部分呈阶梯形过渡的平面毛坯 $ABCDEF$ 。

④ 过线段 BC 、 DE 的中点分别向半径为 R 的圆弧作切线。并用圆弧圆滑过渡, 使 $f_1 = f_2$, 最后得到如图 19.4-61 所示的角部毛坯轮廓线。

2) A_2 型毛坯 (图 19.4-62) 计算与作图方法 按下列程序进行。

① 按前述 A_1 型毛坯尺寸计算方法展开直边和圆角部分, 得到 L 和 R 。

② 作出从圆角部分到直边部分的阶梯形过渡的平面毛坯。

③ 求出修正后的角部毛坯半径 R_1

$$R_1 \approx xR \quad (19.4-18)$$

式中 x —— 系数, 由表 19.4-19 查得, 也可按下式计算:

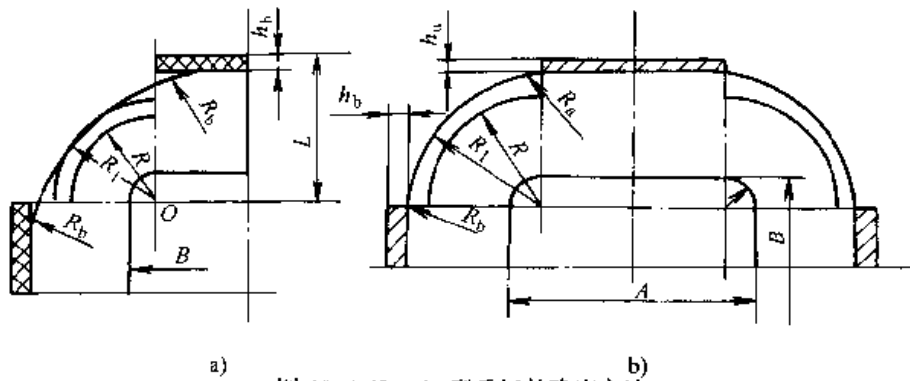


图 19.4-62 A₂型毛坯的确定方法

表 19.4-19 计算盒形件毛坯尺寸用的系数 x 及 y 值

角部的相对圆角半径 $\frac{r}{B}$	系数 x 的值				系数 y 的值			
	相对拉深高度 $\frac{H}{B}$							
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	0.5	0.6
0.10	—	1.09	1.12	1.16	—	0.15	0.20	0.27
0.15	1.05	1.07	1.10	1.12	0.08	0.11	0.17	0.20
0.20	1.04	1.06	1.08	1.10	0.06	0.10	0.12	0.17
0.25	1.035	1.05	1.06	1.08	0.05	0.08	0.10	0.12
0.30	1.03	1.04	1.05	—	0.04	0.06	0.08	—

$$x = 0.0185 \left(\frac{R}{r} \right)^2 + 0.982 \quad (19.4-19)$$

④ 求出在直壁部分展开长度上应切去 h_a 和 h_b (图 19.4-62)

$$h_a = y \frac{R^2}{A - 2r} \quad (19.4-20)$$

$$h_b = y \frac{R^2}{B - 2r} \quad (19.4-21)$$

y 值由表 19.4-19 查得。

⑤ 对展开尺寸进行修正, 即将半径增大到 R_1 , 将长度减少 h_a 和 h_b 。

⑥ 根据修正后的宽度、长度和毛坯半径, 再用半径为 R_a 、 R_b 的圆弧连成光滑的外形, 就可得出所要求的毛坯形状和尺寸。

(上述作法适用于 $A/B = 1.5 \sim 2$ 以下的矩形盒拉深件)

3) A₃ 型毛坯计算方法 A₃ 型毛坯用于相对尺寸处于图 19.4-60 中 A₃ 区的盒形件。

对于宽度为 B、高度为 H (计入修边等量) 的方盒形件, 毛坯形状采用圆形 (图 19.4-63)。毛坯直径根据盒形件表面积与毛坯面积相等的条件, 按下式计算:

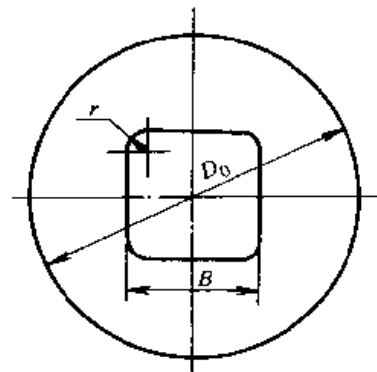


图 19.4-63 方盒形件 A₃型毛坯确定方法

当 $r = r_p$ 时

$$D_0 = 1.13 \sqrt{B^2 + 4B(H - 0.43r) - 1.72r(H + 0.33r)} \quad (19.4-22)$$

当 $r \neq r_p$

$$D_0 = 1.13 \times$$

$$\sqrt{B^2 + 4B(H - 0.43r) - 1.72r(H + 0.5r) - 4r_p(0.11r_p - 0.18r)} \quad (19.4-23)$$

对于边长为 $A \times B$ 、高度为 H (计入修边余量) 的矩形盒, 可以把它看作由分成两半的宽度为 B 的方盒件和宽度为 B、长度为 $(A - B)$ 的中间部分组成的。毛坯形状是由两个半径为 R_0

的半圆及两条平行线构成的扁圆形，如图 19.4-64 所示。毛坯长度为

$$L = D_0 + (A - B) \quad (19.4-24)$$

式中 D_0 ——边长为 B 的方盒形件的毛坯直径，用式 (19.4-22) 或式 (19.4-23) 进行计算。

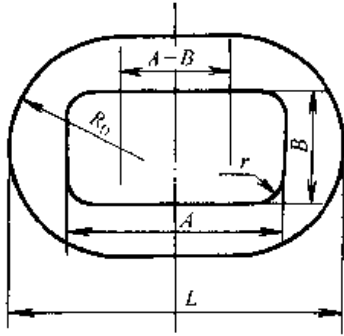


图 19.4-64 矩形盒 A₃ 型毛坯确定方法

(2) B (B') 型毛坯的确定方法
符号与作图方法见图 19.4-65。

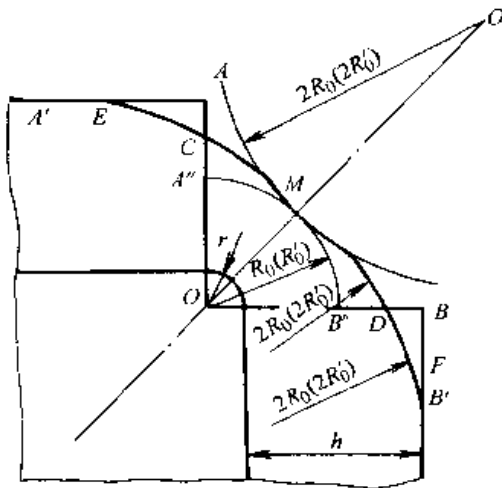


图 19.4-65 B (B') 型毛坯的确定方法
B 型毛坯

$$R_0 = K_1 \sqrt{r^2 + 2rh} \quad (19.4-25)$$

当 $r/B \geq 0.13$ 时, $K_1 = 1$

$r/B < 0.13$ 时, $K_1 = 1 \sim 1.2$

表 19.4-20 圆形切弓形毛坯的形状参数 K 和 h/D

r/B 盒形件相对转角半径	K	h/D
0~0.10	1.037~1.032	0.048~0.043
0.10~0.25	1.032~1.027	0.043~0.039
0.25~0.50	1.027~1.0	0.039~0

4.1.3 低盒形件拉深时的成形极限

盒形件拉深时的成形极限是在一次拉深成形中，在传力区不破坏的条件下，变形区所能达到

B'型毛坯 (见图 19.4-65)

$$R_0 = K_2 K_1 \sqrt{r^2 + 2rh} \quad (19.4-26)$$

当 $r/B \geq 0.13$ 时, $K_2 = 2$

$r/B < 0.13$ 时, $K_2 = 2 \sim 2.5$

(3) C型毛坯的确定方法

C型毛坯也称圆切弓形毛坯 (图 19.4-66)，即在图形上对应于盒形件四角处切去四方弓形。具体计算方法如下：

先按面积相等原则计算圆形毛坯直径 D_0 。

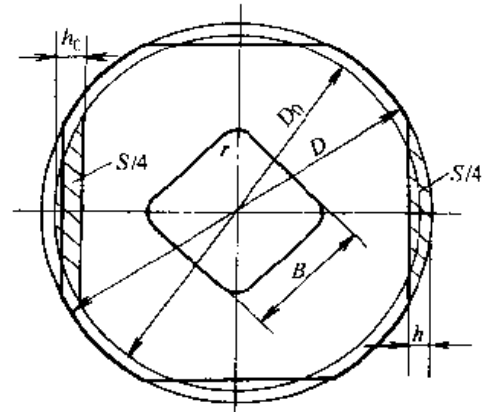


图 19.4-66 C型毛坯确定法

$$D_0 = 1.13 [B_2 + 4B(H - 0.43r_p) - 1.72r(H + 0.5r) + 4r_p(0.18r - 0.11r_p)]^{1/2} \quad (19.4-27)$$

式中 r ——盒形件转角半径；

B ——盒形件的宽度；

H ——盒形件加修边余量的高度；

r_p ——盒形件底角半径。

求直径放大系数 K 及放大后的直径：

根据盒形件的相对圆角半径 r/B 值查表 19.4-20 可得出 K 和 h/D 值，则圆形切弓毛坯的直径 $D = KD$ 。

求切去的弓高 h ：

弓形高 h 由 h/D 和直径 D 相乘得到。

的最大变形程度。它是表示盒形件能否一次拉深成形的判据。

盒形件的成形极限采用一次拉深成形能得到

的极限高度 (H/r) 或 (H/B) (H —第一次成形的最大高度) 表示, 也可用极限拉深系数 [m_n] 表示。

(1) 极限高度 [H/r] 或 [H/B]

表 19.4-21 及表 19.4-22 给出的是低碳钢一次拉深的相对极限高度。

表 19.4-21 盒形件一次拉深的相对极限高度 [H/r]

r/B	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05
H/r	2~3	2.8~4	4~6	8~12	10~15

表 19.4-22 盒形件一次拉深的相对极限高度 [H/B]

相对转角半径 r/B	相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$			
	2.0~1.5	1.5~1.0	1.0~0.5	0.5~0.2
0.30	1.2~1.0	1.1~0.95	1.0~0.9	0.9~0.85
0.20	1.0~0.9	0.9~0.8	0.85~0.7	0.8~0.7
0.15	0.9~0.75	0.8~0.7	0.75~0.65	0.7~0.6
0.10	0.8~0.6	0.7~0.55	0.65~0.5	0.6~0.45
0.05	0.7~0.5	0.6~0.45	0.55~0.4	0.5~0.35
0.02	0.5~0.4	0.45~0.35	0.4~0.3	0.35~0.25

(2) 拉深系数 m_n 与极限拉深系数 [m_n]

1) 拉深系数 m_n 在零件的相对高度较大的情况下才涉及到成形极限的问题, 只有在这种情况下, 讨论拉深系数才有意义。这时所有的毛坯应处于 C 型毛坯区, 所以要用 C 型毛坯作为确定拉深系数的依据。

拉深系数定义的方法如图 19.4-67 所示。经过分析, 则可写出拉深系数

式中 D ——放大后的毛坯直径;

h ——切去的弓形高度。

2) 极限拉深系数 [m_n] 根据盒形件拉深的变形特点, 可找到盒形件中极限拉深系数 [m_n] 与圆筒形件的极限拉深系数 [m_1] 的关系。对不同相对转角半径的盒形件, 其极限拉深系数 [m_n] 可用下式确定:

$$[m_n] = \left(K \sqrt{\frac{r}{B}} + b \right) \times [m_1] \quad (19.4-29)$$

式中 K 、 b ——与材料拉深性能有关的常数 (见表 19.4-23);

[m_1]——同种材料的圆筒形件的极限拉深系数 (参见表 19.4-8)。

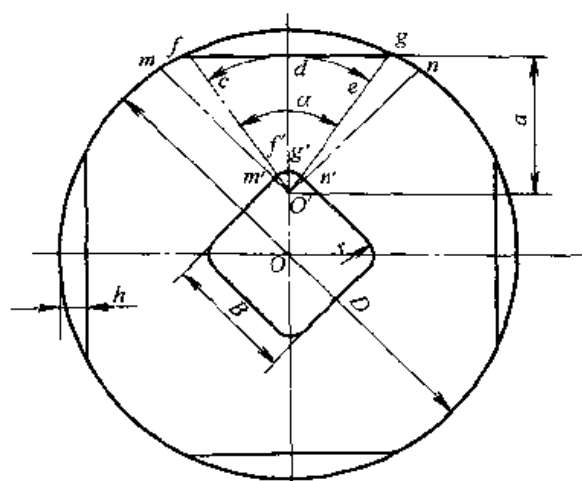


图 19.4-67 拉深系数的定义方法

$$m_n = \frac{\widehat{f'g'}}{\widehat{fdg}} = \frac{\widehat{f'g'}}{fdg} = \frac{r}{a}$$

于是盒形件拉深系数可用下式确定:

$$m_n = \frac{r}{0.5D - h - 0.71B + 1.41r} \quad (19.4-28)$$

表 19.4-23 K 值与 b 值

材 料	K	b
低碳钢	1.5	-0.07~0
黄铜	1.56	-0.12~0.02
不锈钢	1.23	0.1~0.16
铝	0.86	0.37~0.45

4.2 高盒形件的拉深

当零件的相对高度 H/r 超过一次成形的极限高度, 即 $H/r > [H/r]$ 时, 或者拉深系数 m_n 小于极限拉深系数 [m_n], 即 $m_n < [m_n]$

时，这类盒形件不能一次拉深成形，必须经过多次拉深，才能拉出合格的零件。需多次拉深的盒形件称高盒形件。

高盒形件多次拉深的变形情况，不仅与圆筒形件多次拉深不同，而且与低盒形件一次拉深中的变形也有很大差别。所以确定其变形参数以及处理工序数目、工序顺序和模具设计等问题都必须考虑高盒形件多次拉深的变形特点。

4.2.1 高盒形件多次拉深变形特点

盒形件再次拉深时所用的中间毛坯是已经形成直立侧壁的空心体，其变形情况如图 19.4-68 所示。毛坯的底部和已经进入凹模高度为 h_2 的侧壁是不应产生塑性变形的传力区；与凹模端面接触的宽度为 b 的环形凸缘是变形区；高度为 h_1 的直立侧壁是待变形区。若空心体半成品形状与尺寸不合适，会在变形区内沿周边产生严重的不均匀变形。沿宽度的纵向不均匀伸长变形受到毛坯直立侧壁 h_1 的阻碍，从而引起附加应力。附加拉应力引起材料的过渡变薄或破裂；附加压应力则引起材料横向堆聚或起皱，使拉深变形困难，甚至失败。所以，高盒形件多次拉深时，必须遵循均匀变形的原则，也就是必须保证变形区各处的伸长变形趋于相等。

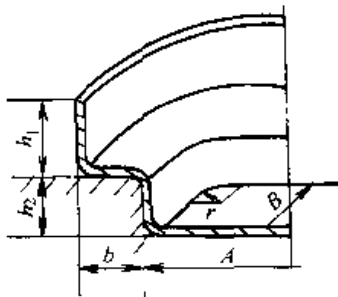


图 19.4-68 高盒形件再次拉深时的变形分析

4.2.2 拉深方法

(1) 高方形盒件多次拉深

图 19.4-69 示出高方形盒多次拉深时，中间各工序的半成品形状与尺寸的确定方法。采用直径为 D 的圆形毛坯，中间各次拉深成圆筒形，最后一道拉深工序得到方形盒成品零件的形状和尺寸。先计算倒数第二道（即 $n-1$ 道）工序拉深所得半成品的直径。

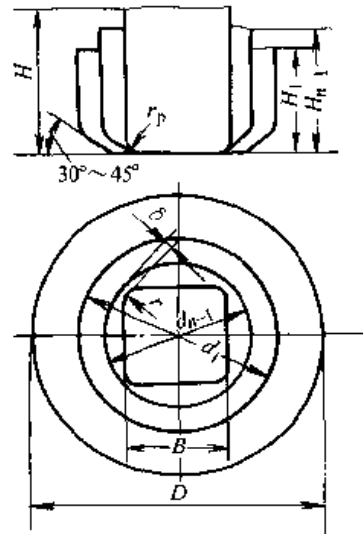


图 19.4-69 高方形盒件多工序拉深的半成品形状与尺寸

设计计算步骤如下：

- ① 首先按等面积法确定毛坯尺寸 D （包括修边余量）；
- ② 根据零件宽度 B 和转角半径 r ，求出相对转角半径 r/B ；
- ③ 利用成形极限图（图 19.4-70）或表 19.4-24，选定合适的转角相对壁间距 δ/r 。当采用图 19.4-69 所示的成形过程时，可以保证沿毛坯变形区周边产生适度而均匀变形的角部间距 δ 之值为

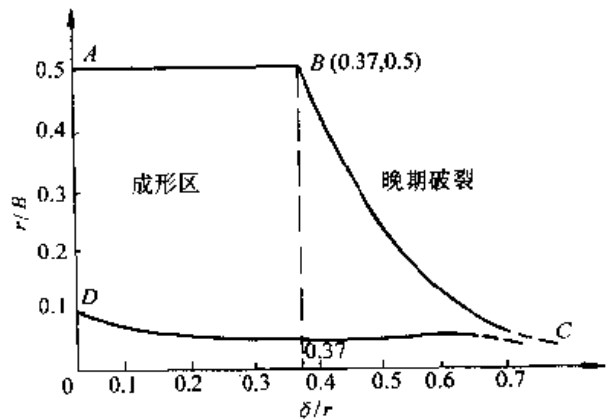


图 19.4-70 r/B 及 δ/r 对破坏形式的影响

表 19.4-24 转角极限相对壁间距

r/B	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
$[\delta/r]$	0.62	0.52	0.46	0.42	0.37

$$\delta = (0.2 \sim 0.25) r$$

④ 按下式计算 $n-1$ 道圆筒直径:

$$d_{n-1} = 1.41B - 0.82r + 2\delta \quad (19.4-30)$$

式中 B —— 方形盒宽度 (按内面积);

r —— 方形盒角部的内转角半径;

δ —— 转角壁间距, 即圆筒形半成品内表面到零件 (盒形件) 外表面在圆角处的距离。

⑤ 根据常规的圆筒形件拉深工艺的计算方法, 设计由毛坯 D 拉深出直径 d_{n-1} 的圆筒件的拉深工艺过程。

(2) 高矩形盒多工序拉深

对于高矩形盒的多次拉深, 由于长宽两边不等, 在对应于长边中心与转角中心的变形区内拉深变形差别较大。而且随着矩形盒长宽比 A/B 的增加, 这种差别增大。为了保证高矩形盒的顺利拉深成形, 必须遵循均匀变形原则, 而保证均匀变形的条件是选用合理的角间距:

$$\delta = (0.2 \sim 0.25) r_0$$

高矩形盒多次拉深工艺的计算过程, 也是从未道向前推算。其末前道工序的形状, 是由四段圆弧构成的椭圆形。其长轴与短轴处的曲率半径分别用 $R_{a(n-1)}$ 及 $R_{b(n-1)}$ 表示, 并用下式计算 (图 19.4-71)。

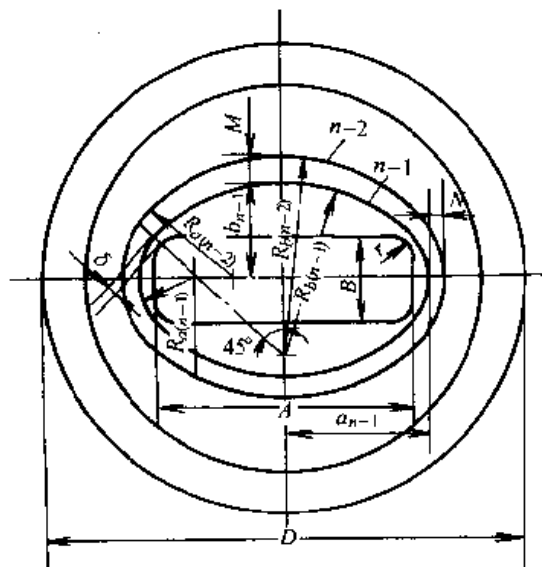


图 19.4-71 高矩形盒多工序拉深的半成品的形状和尺寸

$$R_{a(n-1)} = 0.705B - 0.41r + \delta$$

$$R_{b(n-1)} = 0.705A - 0.41r + \delta$$

式中 A 、 B —— 矩形盒的长度与宽度;

r —— 盒角部内转角半径;

δ —— 转角壁间距。

椭圆长半轴 a_{n-1} 和短半轴 b_{n-1} 可分别用下式求得:

$$\left. \begin{aligned} a_{n-1} &= R_{a(n-1)} + (A - B) / 2 \\ b_{n-1} &= R_{b(n-1)} + (A - B) / 2 \end{aligned} \right\} \quad (19.4-31)$$

由于 $n-1$ 道工序的形状是椭圆筒, 所以高矩形盒多次拉深工艺计算问题又可归结为高椭圆筒的多次拉深问题。

(3) 椭圆形筒拉深工艺计算

椭圆筒拉深时, 沿变形区周边的变形分布也是不均匀的, 曲率较大处的变形较大, 变形阻力也大。短轴外的曲率大小对曲率较大地方的变形有很大影响, 变形特点类似于矩形盒拉深时的情况。随着椭圆度 (轴比) a/b 的增加, 曲率小处对曲率大处变形的影响增加, 不均匀变形程度也加大。为此, 椭圆形筒一次拉深用的毛坯, 应使长、短轴两处的变形区宽度比例恰当, 以保证得到口部较为平齐的拉深件。图 19.4-72 示出了“K 值法”, 设长、短轴处变形区宽度分别为 $W_a (=R_a - r_a)$ 和 $W_b (=KW_a)$ 。其中 R_a 按半径 r_a 的圆筒形件展开毛坯计算:

$$R_a = \sqrt{r_a^2 + 2r_a H - 0.86r_p} (r_a + 0.16r_p) \quad (19.4-32)$$

根据比值 r_a/R_a 和椭圆度 a/b , 由图 19.4-73 查出合理的 K 值, 计算毛坯的长半轴 a_0 和短半轴 b_0 。

$$a_0 = a + W_a \quad b_0 = b + KW_a$$

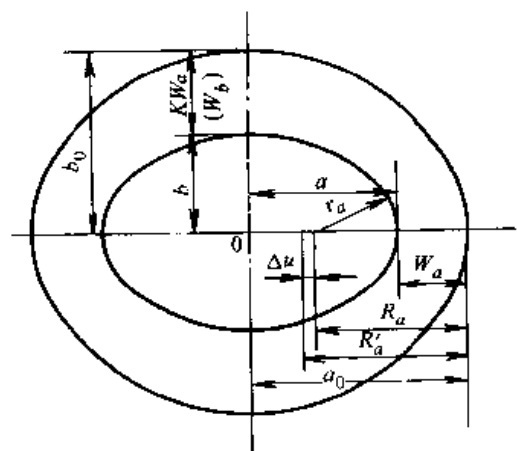


图 19.4-72 K 值法毛坯示意图

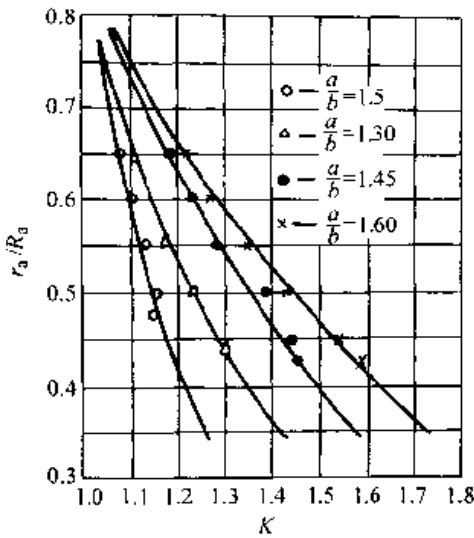


图 19.4-73 合理 K 值法曲线

能否用平板毛坯一次拉深得到椭圆形筒，要首先计算它的拉深系数。由图 (19.4-72) 可知，在长轴处毛坯的曲率中心与椭圆形的曲率中心并不重合，毛坯的曲率中心向几何中心偏移 Δu ($\Delta u = R'_a - R_a$)，其中

$$R'_a = \frac{\sqrt{a_0^2 + b_0^2} - a_0 + b_0}{2\cos[\arctan(a_0/b_0)]} \quad (19.4-33)$$

定义椭圆形筒拉深系数为

$$m_e = (r_a + \Delta u) / R'_a$$

椭圆筒的极限拉深系数近似等于圆筒形件的极限拉深系数，即

$$m_{e\min} \approx m_i$$

若椭圆形筒的拉深系数 $m_e < m_{e\min}$ ，应多次拉深。为保证拉深时变形基本均匀，即使长、短轴处的拉深变形基本相同，对多次拉深中间工序应采用椭圆（或圆）到椭圆的过渡方法。

例如，图 19.4-71 所示高矩形盒第 $n-1$ 道拉深，从椭圆过渡到圆，应保证：

$$\frac{R_{a(n-1)}}{R_{a(n-1)} + N} = \frac{R_{b(n-1)}}{R_{b(n-1)} + M} = 0.75 \sim 0.85$$

式中 M 、 N ——拉深前后椭圆之间在短、长轴上的壁间距离 (图 19.4-71)。

求出 M 、 N 后，得到 $n-2$ 道工序椭圆长半轴 $a_{n-2} = a_{n-1} + N$ 和短半轴 $b_{n-2} = b_{n-1} + M$ ，重新检查可否用平板毛坯一次拉深成形。若不能，继续前一道工序的毛坯计算，其方法与此相同。用作图方法作出的椭圆，曲率中心向几何中

心移动，当中间工序的椭圆度小于 1.3 时，该工序的毛坯可用圆筒形，即这时可采用由圆到椭圆的过渡，此时圆筒形毛坯的半径可用下式计算：

$$R_{\infty} = \frac{R_{b_{a_1}} - R_{a_1 b_1}}{R_{b_1} - R_{a_1}}$$

5 其他拉深方法

5.1 变薄拉深

变薄拉深不同于普通的拉深，主要是在拉深过程中改变拉深件筒壁的厚度，而毛坯直径变化很小。通常用于制造弹壳、雷管套、高压容器、高压锅等，或用于制备薄壁管状毛坯。

5.1.1 变薄拉深的特点：

1) 凸、凹模之间的间隙小于毛坯的厚度，而毛坯的直壁部分在通过间隙时，处于较大的均匀压应力之下，产生显著的变薄现象 (图 19.4-74)。金属晶粒细密，强度提高。

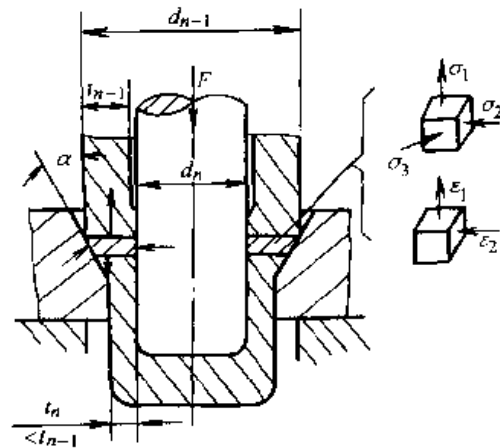


图 19.4-74 变薄拉深时的应力应变状态

2) 变薄拉深的工件质量高，壁厚较为均匀，壁厚偏差在 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 之间，表面粗糙度 R_a 值在 $0.2 \mu\text{m}$ 以下。

3) 没有起皱问题 (与不变薄拉深相比)，不需要压边装置。

4) 在压力机一次行程中，采用多层凹模进行变薄拉深，可以获得较大的变形程度。图 19.4-75 所示模具可在压力机一次行程中完成一次普通拉深 (不变薄) 和两次变薄拉深。

5) 变薄拉深件的残余应力很大，有的甚至在存放期间开裂，常采用低温回火消除之。

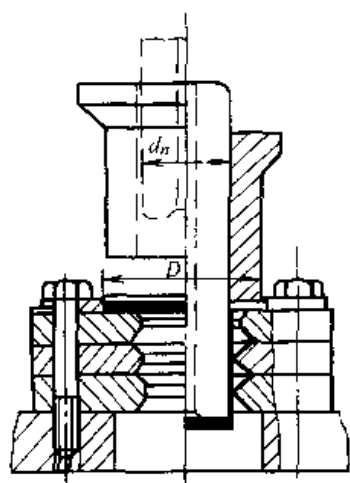


图 19.4-75 多层凹模变薄拉深

5.1.2 变薄拉深的变形程度

变薄拉深时的最大变形程度受传力区强度的限制,不能过大,一般常用变薄系数 φ 表示:

$$\varphi_n = \frac{A_n}{A_{n-1}} \quad (19.4-34)$$

式中 A_n 、 A_{n-1} —— n 次及 $(n-1)$ 次变薄拉深后工件的横截面积。

对于内径不变的变薄拉深也可用下式表示:

$$\varphi_n = \frac{\pi d_n t_n}{\pi d_{n-1} t_{n-1}} \approx \frac{t_n}{t_{n-1}}$$

式中 t_n 、 t_{n-1} ——在 n 次及 $(n-1)$ 次变薄拉深后的工件壁厚;

d_n 、 d_{n-1} ——在 n 次及 $(n-1)$ 次变薄拉深后的工件内径。

常用材料变薄系数列于表 19.4-25。

表 19.4-25 变薄系数的极限值

材 料	首次变薄系数 φ_1	中间工序变薄系数 φ	末次变薄系数 φ_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. 中碳钢为试用数据。

2. 厚料取较小值, 薄料取较大值。

5.1.3 变薄拉深工序计算程序

(1) 毛坯尺寸的计算

变薄拉深大多是采用由普通拉深(不变薄)方法获得的筒形毛坯,有时亦可直接采用平板毛坯。毛坯尺寸按毛坯体积和制件体积相等的原则求得。

① 毛坯直径 D 的计算

$$D = 1.13 \sqrt{V/t_0}$$

式中 t_0 ——毛坯的厚度;

V ——包括修边余量和退火损耗的制件体积, $V = kV_1$;

V_1 ——按制件基本尺寸计算的体积;

$k = 1.15 \sim 1.20$ 考虑到修边余量和退火损耗的系数。相对高度 H/d 愈大时,取上限值。

② 毛坯厚度 t_0 的确定

带底的制件

$$t_0 = t \quad (t \text{ 为工件底部厚度})$$

如果制件底部尚需切削加工,则还应加上切削余量 δ , 即

$$t_0 = t + \delta$$

切底的制件则应尽量选用较薄的毛坯,以提高材料利用率和减少变薄拉深次数。但制备较薄的毛坯需增加毛坯的普通拉深次数。因此,应结合制件生产批量,通过各种方案的比较来合理选用。

(2) 计算拉深次数

变薄拉深次数

$$n = \frac{\lg t_n - \lg t_0}{\lg \varphi}$$

式中 t_n ——制件壁厚;

t_0 ——坯件壁厚;

φ ——平均变薄系数(查表 19.4-25 中间工序变薄系数)。

毛坯制备时的不变薄拉深次数

$$n' = \frac{\lg d'_n - \lg (m_1 D)}{\lg m} + 1$$

式中 D ——毛坯直径；
 m_1 ——不变薄首次拉深系数；
 m ——不变薄平均拉深系数；
 d'_n ——不变薄拉深最后一次半成品外径。
 d'_n 可按下式推算

$$d'_n = (1/c)^n d_n + 2t_0$$

式中 d_n ——制件内径；
 n ——变薄拉深次数；
 c ——系数，为保证在拉深时，半成品能方便地套入凸模，通常将凸模直径选得比前次半成品直径稍小些，取 $c = 0.97 \sim 0.99$ 。

故总的拉深次数为

$$N = n + n'$$

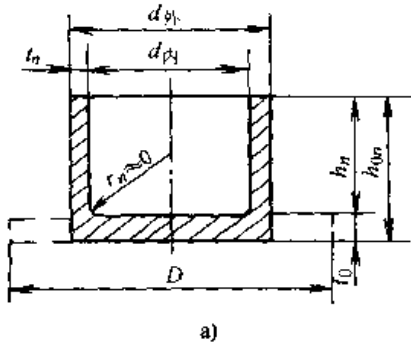
(3) 确定各次变薄拉深工序的毛坯壁厚

$$t_1 = t_0 \varphi_1$$

$$t_2 = t_1 \varphi$$

……

$$t_n = t_{n-1} \varphi_n$$



式中 t_0 ——毛坯的壁厚；
 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_{n-1}$ ——中间各道工序半成品的壁厚；

t_n ——制件壁厚；
 φ_1 ——首次变薄拉深的变薄系数；
 φ ——中间各工序的变薄系数；
 φ_n ——末次变薄拉深的变薄系数。

(4) 确定各次变薄拉深工序的直径

为了使凸模能顺利地套入上次工序的毛坯中，其直径需比毛坯内径小 1% ~ 3% (头几次变薄工序取大值，以后逐次取小值；壁厚时取大值，壁薄时取小值)。

$$d_{n(n-1)} = d_n (1 + 0.01 \sim 0.03)$$

$$d_{n(n-2)} = d_{n(n-1)} (1 + 0.01 \sim 0.03)$$

……

$$d_{n(1)} = d_{n(2)} (1 + 0.01 \sim 0.03)$$

式中 d_n ——制件内径；
 $d_{n(1)}, d_{n(2)}, \dots, d_{n(n-1)}$ ——各工序毛坯内径 (即各工序凸模直径)。

5) 确定各次变薄拉深工序的工件高度 (图 19.4-76)。

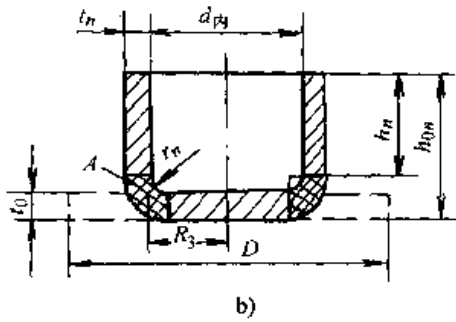


图 19.4-76 变薄拉深件的高度计算
 a) 不考虑圆角半径 b) 考虑圆角半径

① 不考虑圆角半径 ($r_n \approx 0$)

$$h_n = \frac{t_0 (D^2 - d_{外}^2)}{2t_n (d_{外} + d_{内})} \quad (19.4-35)$$

式中 D ——毛坯直径；
 t_0 ——毛坯厚度；
 $d_{外}$ ——该道工序的制件外径；
 $d_{内}$ ——该道工序的制件内径；
 t_n ——该道工序的制件壁厚；
 h_n ——该道工序的制件高度 (不包括底部厚度 t_0)。

总高度为 $h_{0n} = h_n + t_0$

② 考虑圆角半径 ($r_n \neq 0$)

$$h_n = \frac{t_0 [D^2 - (d_{内} - 2r_n)^2] - 8R_3 A}{4t_n (d_{内} + t_n)} \quad (19.4-36)$$

式中 r_n ——凸模圆角半径；
 A ——圆弧区的面积；
 R_3 ——圆弧区面积的旋转半径 (面积重心到转轴的距离)；
 h_n ——该道工序的工件高度 (不包括底部

厚度 t_0 及圆角半径 r_n)。

总高度为 $h_{0n} = h_n + r_n + t_0$

例3 制订图 19.4-77 所示变薄拉深件的工序尺寸及程序。

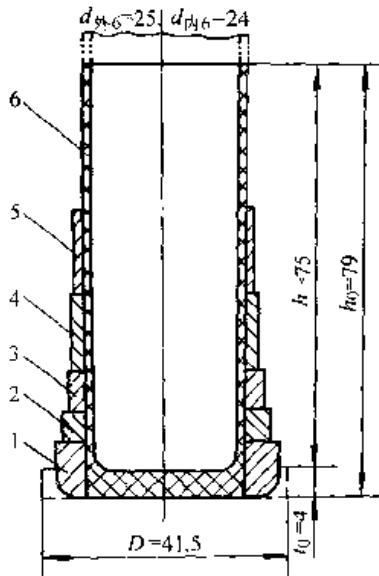


图 19.4-77 变薄拉深件的工序尺寸及程序计算

材料: 10号钢 料厚: $t_0 = 4 \text{ mm}$

解 ① 计算制件体积

按制件图上基本尺寸进行计算:

$$V_1 = \frac{\pi}{4} (d_{外6}^2 h - d_{内6}^2 h) \\ = \frac{3.14}{4} (25^2 \times 79 - 24^2 \times 75) \text{ mm}^3$$

$$= 4840 \text{ mm}^3$$

② 计算毛坯体积

$$V = kV_1 = 1.15V_1 = 1.15 \times 4840 \text{ mm}^3 = 5560 \text{ mm}^3$$

③ 毛坯厚度

$$t_0 = t = 4 \text{ mm} \quad (t \text{ —— 制件底部厚度})$$

④ 计算毛坯直径

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{V}{t_0}} = 1.13 \sqrt{\frac{5560}{4}} \text{ mm} \approx 41.5 \text{ mm}$$

⑤ 计算拉深次数

估算变薄拉深次数 n :

$$n = \frac{\lg t_n - \lg t_0}{\lg \varphi} = \frac{\lg 0.5 - \lg 4}{\lg 0.70} \\ = \frac{-0.3010 - 0.6021}{-0.1549} \approx 5.8 \text{ 取 } n = 6$$

(式中 $\varphi = 0.70$ 由表 19.4-25 查得)

$$d'_n = \left(\frac{1}{c}\right)^n d_n + 2t_0 = \left(\frac{1}{0.99}\right)^6 \times 24 \text{ mm} + 2 \\ \times 4 \text{ mm} = (25.25 + 8) \text{ mm} = 33.25 \text{ mm}$$

估算不变薄拉深次数 n' :

由于 $m_1 = \frac{d_1}{D} = \frac{33.25}{41.5} = 0.877$ 而 $[m_1] = 0.50$, 故由平板毛坯直接进行第一次变薄拉深。

$$N = n + n' = 6 + 0 = 6$$

⑥ 计算各次变薄拉深后的半成品壁厚

首次工序的变薄系数定为 $\varphi_1 = 0.63$

中间各次的变薄系数定为 $\varphi = 0.72$

末次工序的变薄系数定为 $\varphi_n = 0.75$

计算结果列表如下:

工序号	原来材料厚度 /mm	变薄系数 φ	变薄后的材料厚度 /mm	工序号	原来材料厚度 /mm	变薄系数 φ	变薄后的材料厚度 /mm
1	$t_0 = 4.0$	0.63	$t_1 = 2.5$	4	$t_3 = 1.3$	0.72	$t_4 = 0.93$
2	$t_1 = 2.5$	0.72	$t_2 = 1.8$	5	$t_4 = 0.93$	0.72	$t_5 = 0.67$
3	$t_2 = 1.8$	0.72	$t_3 = 1.3$	6	$t_5 = 0.67$	0.75	$t_6 = 0.50$

⑦ 计算各工序制件的内、外径计算结果列于下表:

工序号	1	2	3	4	5	6
内径 $d_{内}$ /mm	25.25	25.00	24.75	24.50	24.25	24.00
壁厚 t /mm	2.50	1.80	1.30	0.93	0.67	0.50
外径 $d_{外}$ /mm	30.25	28.60	27.35	26.36	25.59	25.00
高度 h /mm	11.6	18.7	29.5	43.4	64.0	89.6

⑧ 计算各工序的制件高度

不考虑圆角半径, 按式 (19.4-35) 进行计

算:

$$h_1 = \frac{t_0 (D^2 - d_{外}^2)}{2t_n (d_{外} + d_{内})}$$

$$= \frac{4 \times (41.5^2 - 30.25^2)}{2 \times (30.25 + 25.25) \times 2.5} \text{mm}$$

$$= 11.6 \text{ mm}$$

$$h_{01} = h_1 + t_0 = (11.6 + 4) \text{ mm} = 15.6 \text{ mm}$$

$$h_2 = \frac{4 \times (41.5^2 - 28.6^2)}{2 \times (28.6 + 25) \times 1.8} \text{mm} = 18.7 \text{ mm}$$

$$h_{02} = h_2 + t_0 = (18.7 + 4) \text{ mm} = 22.7 \text{ mm}$$

$$h_3 = \frac{4 \times (41.5^2 - 27.35^2)}{2 \times (27.35 + 24.75) \times 1.3} \text{mm} = 29.5 \text{ mm}$$

$$h_{03} = h_3 + t_0 = (29.5 + 4) \text{ mm} = 33.5 \text{ mm}$$

$$h_4 = \frac{4 \times (41.5^2 - 26.36^2)}{2 \times (26.36 + 24.5) \times 0.93} \text{mm} = 43.4 \text{ mm}$$

$$h_{04} = h_4 + t_0 = (43.4 + 4) \text{ mm} = 47.4 \text{ mm}$$

$$h_5 = \frac{4 \times (41.5^2 - 25.59^2)}{2 \times (25.59 + 24.25) \times 0.67} \text{mm} = 64 \text{ mm}$$

$$h_{05} = h_5 + t_0 = (64 + 4) \text{ mm} = 68 \text{ mm}$$

$$h_6 = \frac{4 \times (41.5^2 - 25^2)}{2 \times (25 + 24) \times 0.5} \text{mm} = 89.6 \text{ mm}$$

$$h_{06} = h_6 + t_0 = (89.6 + 4) \text{ mm} = 93.6 \text{ mm}$$

5.1.4 变薄拉深模具的结构及工作部分参数

1) 凹模结构 图 19.4-78 所示为凹模结构。变薄拉深时,凹模结构对变形过程和变形抗力影响很大,其中主要是凹模锥角和工作带高度。

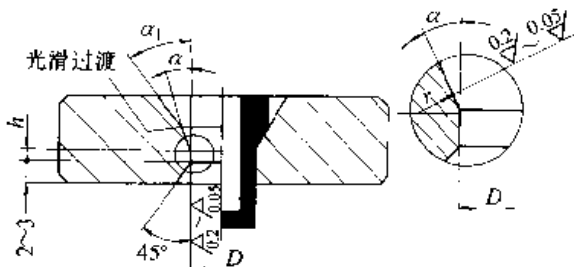


图 19.4-78 凹模结构

① 凹模锥角

$\alpha = 7^\circ \sim 10^\circ$, α 过大,变形困难。

$\alpha_1 = 2\alpha$

② 工作带高度:工作带高度 h 不宜太大,太大增加摩擦阻力,太小则易磨损,一般可按表 19.4-26 选取。

表 19.4-26 工作带高度

D/mm	<10	10~20	20~30	30~50	>50
h/mm	0.9	1	1.5~2	2.5~3	3~4

2) 凸模结构 图 19.4-79 所示为凸模结构。

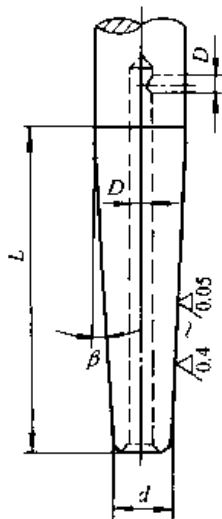


图 19.4-79 凸模结构

① 为便于脱模,取凸模的斜度 $\beta = 1^\circ$ 。

② 凸模工作部分长度大于工件长度(加上修边余量)。

③ 凸模出气孔直径 $D = (\frac{1}{3} \sim \frac{1}{6}) d$ 。

对于采用液压设备拉深较长工件时,采用浮动凸模形式,便于与凹模自动找正。

在大量生产中常把两次或三次拉深凹模置于一个模架上(图 19.4-75),这样在压力机一次行程中完成两次或三次拉深,有利于提高效率。

5.2 温差拉深

温差拉深是拉深过程有效的强化方法。它的实质是借变形区(一般指毛坯凸缘区)局部加热和传力区危险断面(侧壁与底部过渡区)局部冷却的办法,一方面减小变形区材料的变形抗力,另一方面又不致减少、甚至提高传力区的承载能力,亦即造成两方合理的温差而获得大的强度差,以最大限度地提高一次拉深变形的变形程度,大大降低材料的极限拉深系数。

下面介绍两种典型的温差拉深方法。

5.2.1 局部加热并冷却毛坯的拉深

该法的模具结构如图 19.4-80 所示。在拉深过程中,利用凹模及压边圈之间的加热器将毛坯局部加热到一定温度,以提高材料的塑性,降低

凸缘的变形抗力；而拉入凸凹模之间的金属，由于在凹模洞口与凸模内通以冷却水，将其热量散逸，不致降低传力区的抗拉强度。故在一道工序中可获得很大的变形程度。

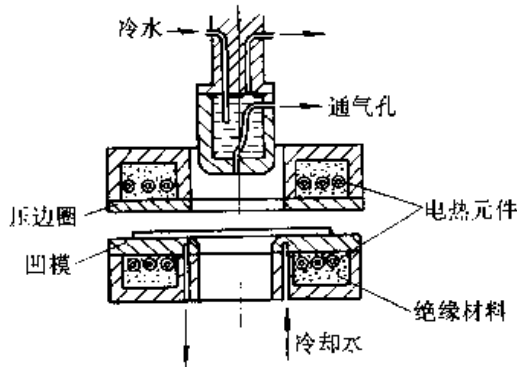


图 19.4-80 温差拉深

这种方法最适宜于拉深低塑性材料（例如镁合金、钛合金）的零件及形状复杂的拉深件。

局部加热拉深的合理温度可查表 19.4-27。

局部加热拉深的极限高度列于表 19.4-28。

5.2.2 深冷拉深

该法的模具结构如图 19.4-81 所示。在拉深变形过程中，用液态空气（-183℃）或液态氮（-195℃）深冷凸模，使毛坯的传力区被冷却到 -（160~170）℃ 而得到大大强化，在这样低温下，10~20 号钢的强度可提高到 1.9~2.1 倍，而 18-8 型不锈钢的强度能提高到 2.3 倍。从而显著地降低了拉深系数，对于 10~20 号钢， $m=0.37\sim 0.385$ ，对于 1Cr18Ni9 及 1Cr18Ni9Ti 不锈钢， $m=0.35\sim 0.37$ 。

表 19.4-27 局部加热拉深时不同材料的合理温度

材 料	铝合金	镁合金	铜合金
温度规范			
理论合理温度/℃	$0.7T_{熔}=0.7t_{熔}-82^{\circ}\text{C}$		
	350~370	340~360	500~550
实际合理温度/℃	320~340	330~350	480~500

注： $T_{熔}$ —合金绝对熔化温度； $t_{熔}$ —合金熔化温度。

表 19.4-28 局部加热拉深的极限高度

材料	凸缘加热温度/℃	工件的极限高度 $\frac{h}{d}$ 及 $\frac{h}{l}$		
		筒形	方形	矩形
铝 1070A-O	325	1.44	1.5~1.52	1.46~1.6
铝合金 3A21-O	325	1.30	1.44~1.46	1.44~1.55
硬铝 2A12-O	325	1.65	1.58~1.82	1.50~1.83
镁合金 MB1、MB8	375	2.56	2.7~3.0	2.93~3.22

注： h —高度； d —直径； l —方盒边长。

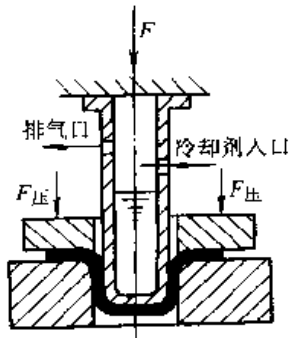


图 19.4-81 深冷拉深

各类奥氏体钢采用该方法的可能性，将随合金度的增加与奥氏体稳定性的提高而减小（见图 19.4-82）。因为只有当毛坯侧壁借助深冷以形成马氏体转变而得到组织强化时才有效。

兹将以上几种拉深方法所能达到的极限拉深系数列表（表 19.4-29）比较。

5.3 软模拉深

软模拉深是指用橡胶（包括聚氨酯橡胶）、液体或气体的压力代替刚性凸模或凹模对板料进

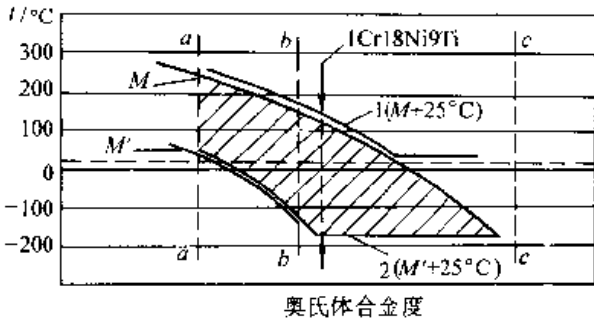


图 19.4-82 M、M' 点位置, 毛坯凸缘的有利加热温度(1)、危险断面的冷却温度(2)与奥氏体钢合金度的关系
M—塑性变形时, 不产生奥氏体向马氏体转变的最低温度
M'—连续冷却时, 不变形, 而开始形成马氏体的温度

行拉深。它又分为软凸模拉深和软凹模拉深, 由于模具简单, 特别在成批及小批生产中, 获得较为广泛的应用。

5.3.1 软凸模拉深

用液体的压力代替金属凸模进行拉深, 其变形过程如图 19.4-83 所示。液体拉深时典型的压力曲线如图 19.4-84 所示。

第一阶段: 在液体压力作用下, 平板毛坯的中间部分首先受两向拉应力作用产生胀形, 其形状由平面变成半球形, 压力增加很快。

第二阶段: 当液体压力继续增大, 径向拉应力达到足以使凸缘变形区产生拉深变形时, 材料逐渐进入凹模, 并形成筒壁, 压力趋于平缓。

表 19.4-29 不同拉深方法的极限拉深系数

材 料	极限拉深系数 m_{\min}			
	普通拉深	软凹模拉深	局部加热拉深	深冷拉深
2A12-O	0.54~0.56	0.46	0.37* (320~340°C)	—
7A04-O	0.56~0.59	0.47	—	—
5A12-O	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*

注: 表列数据除带 * 者为试验值外, 均为生产推荐使用值。

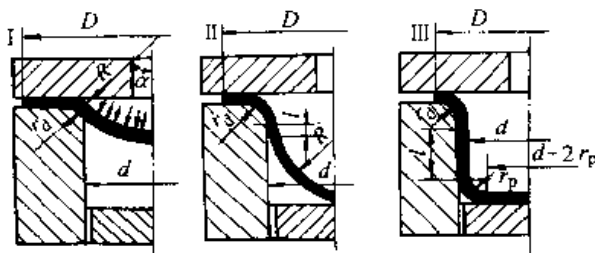


图 19.4-83 液体凸模拉深的变形过程

第三阶段: 在形成平底和小圆角的整形时, 压力又急剧上升。

凸缘区材料产生拉深变形所需的液体压力为

$$p_0 = \frac{4t}{d} p$$

式中 t ——工件壁厚;
 d ——工件内径。

用液体凸模拉深时, 由于液体与毛坯之间不存在摩擦力, 毛坯的稳定性不好, 容易偏斜, 而

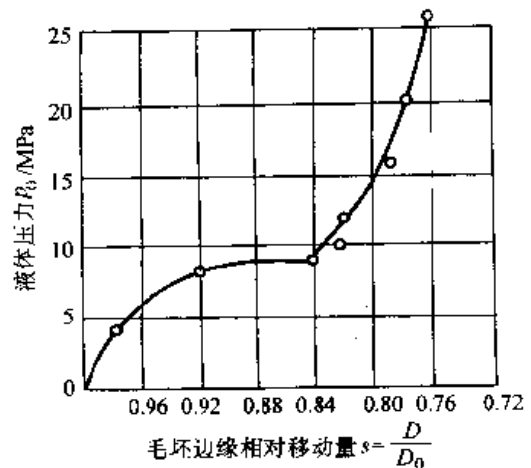


图 19.4-84 液体凸模拉深时的压力曲线

且中间部分容易变薄，所以该法应用受到一定限制。但是，由于所用的模具简单，有时不用冲压设备也能进行拉深工作，所以它常用于大尺寸或形状极为复杂零件的拉深。

软凸模拉深的另一种形式是采用容框式的聚氨酯凸模进行拉深（图 19.4-85），聚氨酯橡胶与钢制凹模的边缘部分在拉深过程中对毛坯施加压力，自然形成压边装置，起到防皱作用，故模具结构特别简单，拉出的零件边缘平整，壁厚均匀，对较浅的拉深件十分有效。

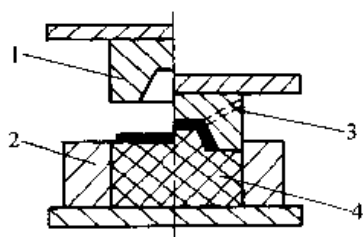


图 19.4-85 聚氨酯凸模

1—凹模 2—容框 3—排气孔 4—聚氨酯凸模

5.3.2 软凹模拉深

用液体压力或橡胶代替金属凹模的软凹模拉深具有理想的拉深条件，其优点有四方面。

① 拉深过程中，软凹模以很大的压力，将板料紧紧包覆于凸模上。这样，不仅可以提高零件的成形准确度；而且，危险断面不断转移（由凸模圆角与筒壁相切处逐渐转移到凹模圆角与筒壁相切处），使传力区抗拉强度提高。并且由于增加了凸模与板料间的有利摩擦力，可使拉出的零件壁厚均匀，变薄率大大减小。

② 可以减少板料与软凹模一侧的相对滑动，从而使有害摩擦力有相当程度的降低。

③ 软凹模拉深时，凹模圆角半径 r_d 不像刚性凹模那样固定不变，而是在拉深过程中由大变小，在变形初始阶段产生峰值压力时，具有大的 r_d 是有利的，它可降低材料通过凹模圆角半径时的弯曲变形阻力。

④ 拉深过程中，软凹模有侧向推动凸缘边缘向内流动的作用，这造成了有利于拉深变形的应力应变状态。

常用的软凹模拉深方法有四种。

(1) 液体凹模拉深

如图 19.4-86 所示，拉深时高压液体使板材紧贴凸模成形，并在凹模与毛坯表面之间挤出，

产生强制润滑，也称强制润滑拉深。它与液体凸模拉深相比，其优点是：材料变形阻力小，工件底部不易变薄，毛坯定位较为容易等。

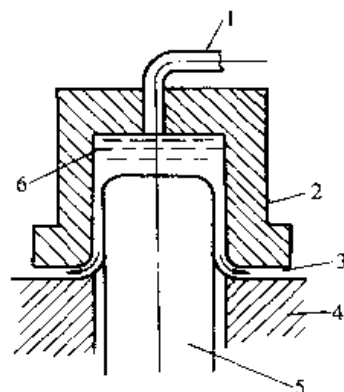


图 19.4-86 液体凹模拉深示意图

1—溢流阀 2—凹模 3—毛坯
4—模座 5—凸模 6—润滑油

液体凹模拉深时，液压与拉深件的形状、变形程度和材料性能等有关。表 19.4-30 列出了由试验得出的所需最高液压力。

表 19.4-30 几种材料所需最高液体压力 (MPa)

材料	纯铜	黄铜	08 08F	不锈钢
料厚/mm				
1	13.7		47	
1.2		56.8	56.8	117.6

注：拉深系数 $m=0.4$ 。

(2) 橡胶凹模拉深

橡胶凹模结构如图 19.4-87 所示。橡胶装在上模的容框内，凸模可根据工件的形状进行更换，拉深开始时毛坯被压边圈和橡胶压紧，拉深后压边圈起顶件器作用，将制件从凸模上卸下。橡胶拉深常在液压机上进行。

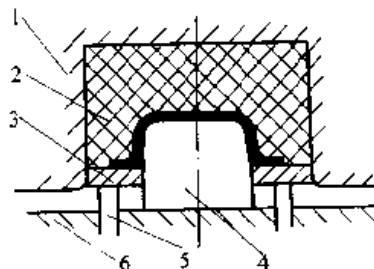


图 19.4-87 橡胶凹模拉深

1—容框 2—橡胶 3—压边圈
4—凸模 5—缓冲器顶杆 6—凸模座

所需橡胶的单位压力随拉深系数和毛坯相对厚度的大小而异。表 19.4-31 所列为拉深硬铝时橡胶的单位压力。

表 19.4-32 所列为橡胶压力为 40 MPa、凸模圆角半径 $r_P = 4t$ 的情况下，圆筒形件的极限拉深系数和拉深深度。

表 19.4-31 拉深硬铝时橡胶的最大单位压力 (MPa)

拉深系数 m	毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$			
	1.3	1.0	0.66	0.4
0.6	26	28	32	36
0.5	28	30	34	38
0.4	30	32	35	40

表 19.4-32 橡胶拉深圆筒形件的极限拉深系数及拉深深度

材料	拉深系数	拉深最大深度	毛坯最小相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$	凸缘部分最小圆角半径
3A21 5A02、2A12	0.45 0.50	$1.0d_1$ $0.75d_1$	1, 但 t 不小于 0.4 mm	$1.5t$ $2 \sim 3t$
08 深拉深钢 1Cr18Ni9Ti	0.50 0.65	$0.75d_1$ $0.33d_1$	0.5, 但 t 不小于 0.2 mm	$4t$ $8t$

注: D —毛坯直径; d_1 —拉深直径; t —料厚。

在用橡胶拉深矩形或方形盒件时, 其角部的最小圆角半径推荐值:

盒件高度 $h \leq 100$ mm 时最小圆角半径 $r_{角} = 0.25b$ (b —盒形件宽度)

h 为 100~125 mm 时 $r_{角} = 0.20b$

h 为 >125~150 mm 时 $r_{角} = 0.17b$

橡胶拉深圆筒形件时凸模最小圆角半径列于

表 19.4-33。

表 19.4-33 橡胶拉深圆筒形件时凸模最小圆角半径 (橡胶单位压力为 40 MPa)

拉深系数 m_1	拉深深度	材 料			
		5A02、3A21	2A12	08	1Cr18Ni9Ti
0.70	$0.25d_1$	$1t$	$2t$	$0.5t$	$2t$
0.60	$0.50d_1$	$2t$	$3t$	$1t$	—
0.50	$0.75d_1$	$3t$	$4t$	$2t$	—
0.45	$1.00d_1$	$4t$	—	—	—

(3) 聚氨酯凹模拉深

由于聚氨酯具有高强度、高弹性、高耐磨性和易于机械加工等特性, 已成为最理想的软模材料。聚氨酯凹模拉深的形式可以是型腔式 (图 19.4-88); 也可以是容框式 (图 19.4-89)。聚氨酯橡胶模具拉深成形的板料厚度

结构钢 $t \leq 1.5 \sim 2.0$ mm

合金钢 $t \leq 0.5 \sim 1.0$ mm

铜及其合金 $t \leq 2.5 \sim 3.0$ mm

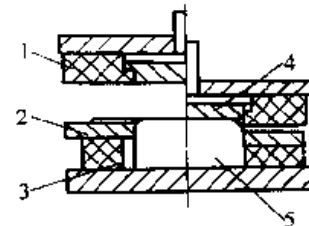


图 19.4-88 型腔式凹模

1—聚氨酯凹模 2—压边圈 3—橡胶
4—顶件器 5—凸模

铝及其合金 $t \leq 2.5 \sim 3.5 \text{ mm}$

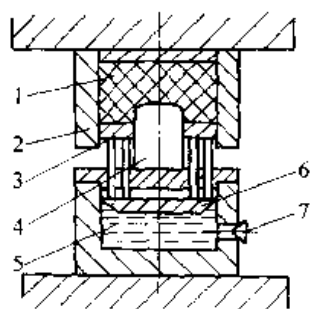


图 19.4-89 容框式凹模
1—层状聚氨酯 2—容框 3—压边圈
4—凸模 5—液压缸 6—活塞 7—溢流阀

聚氨酯硬度选择很重要，对于型腔式凹模采用硬度很高的聚氨酯（硬度约为邵氏 90 A），而对于容框式凹模宜采用较软的聚氨酯（以邵氏 80 A 为宜）。

(4) 橡胶液囊凹模拉深

这种方法由专用设备上的橡胶液囊作为凹模，为一橡胶容框内充液体的橡胶囊。凸模与压边圈为专用的、刚性的。其工作过程如图 19.4-90 所示。将平板毛坯 1 置于刚性压边圈 2 上，弹性凹模 4 下行，使毛坯与橡胶垫 3 接触。然后凹模继续下降，迫使压边圈向下运动，凸模 5 即将毛坯拉入凹模腔内逐渐拉深出制品。

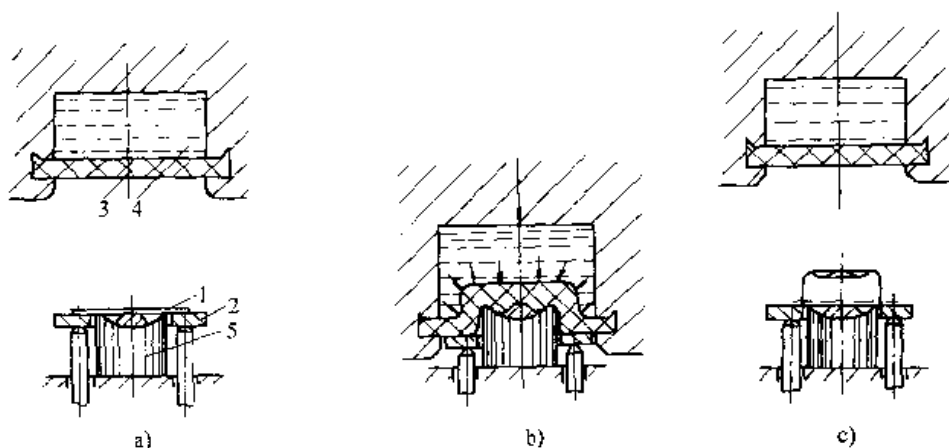


图 19.4-90 橡胶液囊凹模拉深过程
a) 原始位置 b) 拉深过程在进行中 c) 拉深完了，压边圈上升，推出制品
1—板材 2—压边圈 3—橡胶 4—液体 5—凸模

拉深过程中，液囊内的单位压力 p 是变化的，并要求可以控制调节。

单位压力 p 的变化范围随拉深件的形状、变形程度和材料性质而不同。表 19.4-34 所列数

据为拉深不同材料、不同拉深系数的筒形件时，单位压力的变化范围。拉深比较复杂的零件，例如盒形、锥形、球形、底部或凸缘有凹陷的零件以及非对称件等，所需最大单位压力会更大。

表 19.4-34 单位压力 p 的变化范围（加工板厚 $t = 1 \text{ mm}$ ） (MPa)

材 料	拉深系数 m					
	0.72	0.60	0.50	0.45	0.44	0.43
硬铝合金	0~22.5	0~31.5	0~34	0~34.5	0~35	0~35
低碳钢	0~50	0~55	0~60	0~60	0~65	—
不锈钢	0~60	0~60	0~70	0~75	0~75	0~90

6 拉深模工作部分参数

$$r_d = 0.8 \sqrt{(D-d)} t \quad (19.4-37)$$

6.1 圆角半径

1) 拉深凹模的圆角半径可按经验公式确定

式中 r_d ——凹模圆角半径 (mm);
 D ——毛坯直径 (mm);
 d ——凹模内径 (mm);

t ——材料厚度 (mm)。

数值就是按上述公式的参数关系制定。

表 19.4-35 所列拉深凹模的圆角半径 r_d 的

表 19.4-35 拉深凹模的圆角半径 r_d 的数值 (mm)

$D-d^{\text{①}}$	材料厚度 t					
	~ 1	$>1-1.5$	$>1.5-2$	$>2-3$	$>3-4$	$>4-6$
~ 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

① D —第一次拉深时的毛坯直径，或第 $n-1$ 次拉深后的工件直径 (mm)；

d —第一次拉深后的工件直径，或第 n 次拉深后的工件直径 (mm)。

当制件直径 $d > 200$ mm 时，拉深凹模圆角半径应按式确定：

$$r_{d\min} = 0.039 d + 2 \text{ mm} \quad (19.4-38)$$

2) 拉深凹模圆角半径也可以根据制件材料的种类与厚度来确定 (表 19.4-36)。

表 19.4-36 拉深凹模的圆角半径 r_d 的数值

材 料	厚度 t/mm	凹模圆角半径 r_d	材 料	厚度 t/mm	凹模圆角半径 r_d
钢	<3	$(10\sim6)t$	铝、黄铜、纯铜	<3	$(8\sim5)t$
	$3\sim6$	$(6\sim4)t$		$3\sim6$	$(5\sim3)t$
	>6	$(4\sim2)t$		>6	$(3\sim1.5)t$

注：1. 对于第一次拉深和较薄的材料，应取表中的最大极限值。

2. 对于以后各次拉深和较厚的材料，应取表中的最小极限值。

一般对于钢的拉深件， $r_d = 10t$ ，对于有色金属（铝、黄铜、纯铜）的拉深件， $r_d = 5t$ 。

3) 以后各次拉深时， r_d 值应逐渐减小，其关系为

$$r_{dn} = (0.6\sim0.9) r_{d(n-1)}$$

4) 拉深凸模的圆角半径根据下述规定来选

取：

① 除最末一次拉深工序外，其他所有各次

拉深工序中，凸模圆角半径 r_p 可取与凹模圆角半径相等或略小的数值：

$$r_p = (0.6 \sim 1) r_d$$

② 在最后一次拉深工序中，凸模圆角半径应与工件的圆角半径相等。但对于厚度 $< 6 \text{ mm}$ 的材料，其数值不得小于 $(2 \sim 3) t$ 。对于厚度

$> 6 \text{ mm}$ 的材料，其值不得小于 $(1.5 \sim 2) t$ 。

③ 如果制件要求的圆角半径很小，则在最后一次拉深工序以后，须进行整形。

5) 有压边圈的拉深模，相邻两次拉深工序的凸模和凹模圆角半径的相互关系见图 19.4-91。

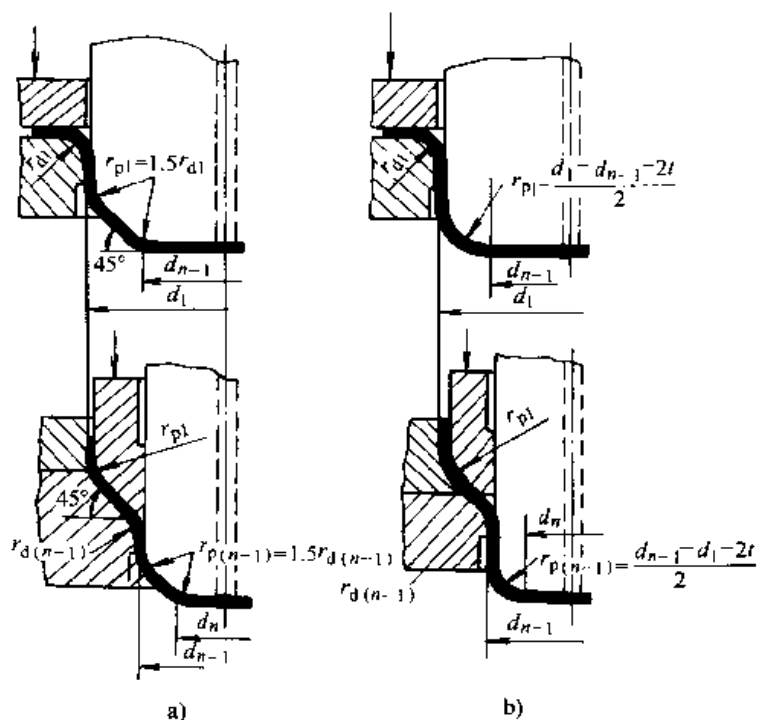


图 19.4-91 凸模与凹模圆角半径的相互关系

有斜角的凸模及凹模（图 19.4-91a），一般用来拉深中型及大型尺寸的筒形件。对于非圆形工件， $n-1$ 次底部做成斜角，将有利于成形。对于有斜角的凸模，其圆角半径应增大到 $r_p = (1.5 \sim 2) r_d$ 。

有圆角半径的凸模及凹模（图 19.4-91b），则用于拉深比较小（ $d \leq 100 \text{ mm}$ ）的工件及带宽凸缘与形状复杂的工件。

6.2 间隙

1) 拉深模的凸模及凹模的单边间隙：

$$c = \frac{d_d - d_p}{2}$$

2) 间隙值应合理选取，否则， c 过小会增加摩擦力，使拉深件容易破裂，且易擦伤表面，和降低模具寿命； c 过大，又易使拉深件起皱，且影响制件精度。

3) 在确定间隙时，须考虑到毛坯在拉深中外缘的变厚现象，材料厚度偏差及拉深件的精度要求。

4) 不用压边圈拉深时：

$c = (1 \sim 1.1) t_{\max}$ （末次拉深用小值，中间拉深用大值）

式中 t_{\max} —— 材料厚度的最大极限尺寸（mm）；

5) 用压边圈拉深时：

$$c = t_{\max} + Kt$$

式中 t_{\max} —— 板料厚度的最大极限尺寸（mm）；

t —— 板料厚度的基本尺寸（mm）；

K —— 系数，见表 19.4-37。

材料厚度公差小或工件精度要求较高的，应取较小的间隙，按表 19.4-38 选取。

表 19.4-37 间隙系数 K

总拉深次数	拉深工序	材料厚度 t/mm		
		0.5~2	2~4	4~6
1	第一次	0.2 (0)	0.1 (0)	0.1 (0)
2	第一次	0.3	0.25	0.2
	第二次	0.1 (0)	0.1 (0)	0.1 (0)
3	第一次	0.5	0.4	0.35
	第二次	0.3	0.25	0.2
	第三次	0.1 (0)	0.1 (0)	0.1 (0)
4	第一、二次	0.5	0.4	0.35
	第三次	0.3	0.25	0.2
	第四次	0.1 (0)	0.1 (0)	0.1 (0)
5	第一、二、三次	0.5	0.4	0.35
	第四次	0.3	0.25	0.2
	第五次	0.1 (0)	0.1 (0)	0.1 (0)

注：1. 表中数值适用于一般精度（按未注公差尺寸的极限偏差）的拉深件。

2. 末道工序括弧内的数字，适用于较精密拉深件（IT11~IT13级）。

表 19.4-38 有压边圈拉深时单边间隙值

总拉深次数	拉深工序	单边间隙 c
1	一次拉深	$(1 \sim 1.1) t$
2	第一次拉深	$1.1t$
	第二次拉深	$(1 \sim 1.05) t$
3	第一次拉深	$1.2t$
	第二次拉深	$1.1t$
	第三次拉深	$(1 \sim 1.05) t$
4	第一、二次拉深	$1.2t$
	第三次拉深	$1.1t$
	第四次拉深	$(1 \sim 1.05) t$
5	第一、二、三次拉深	$1.2t$
	第四次拉深	$1.1t$
	第五次拉深	$(1 \sim 1.05) t$

注：1. t —材料厚度，取材料允许偏差的中间值。

2. 当拉深精密制件时，最末一次拉深间隙取 $c = t_0$ 。

6) 对于拉深件精度要求达到 IT11~IT13 级者，其最后一次拉深工序的间隙值取为 $c = (1 \sim 0.95) t$ （黑色金属取 1，有色金属取 0.95）。

7) 拉深盒形件时凸模与凹模之间的间隙，在直边部分可参考 U 形制件的压弯模的间隙来确定，在圆角部分由于材料变厚，故其间隙应比直边部分间隙大 $0.1t_0$ 。

8) 在多次拉深工序中，除最后一次拉深外，间隙的取向是没有规定的。对于最后一次拉深工序，则应遵循：

① 尺寸标注在外径的拉深件，以凹模为准，间隙取在凸模上，即减小凸模尺寸得到间隙。

② 尺寸标注在内径的拉深件，以凸模为准，间隙取在凹模上，即增加凹模尺寸得到间隙。

6.3 工作部分尺寸的确定

确定凸模和凹模工作部分尺寸，应考虑模具的磨损和拉深件的弹复，其尺寸公差只在最后一道工序考虑。

(1) 最后一道工序凸、凹模工件部分尺寸应按拉深件尺寸标注方式的不同，由表 19.4-39 所列公式进行计算。

(2) 凸、凹模的制造公差

1) 圆形凸、凹模的制造公差，根据制件的材料厚度与制件直径来选定，其数值列于表 19.4-40。

表 19.4.39 拉深模工作部分尺寸计算公式

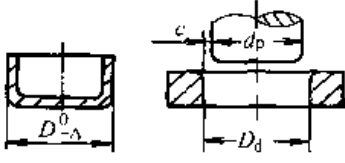
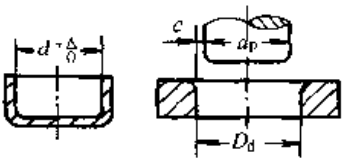
尺寸标注方式	凹模尺寸 D_d	凸模尺寸 d_p	注
标注外形尺寸 	$D_d = (D - 0.75\Delta) + \delta_d$	$d_p = (D - 0.75\Delta - 2c) - \frac{\delta_p}{2}$	D_d ——凹模尺寸 d_p ——凸模尺寸 D ——拉深件外形的基本尺寸 d ——拉深件内形的基本尺寸 c ——凸、凹模的单边间隙 δ_d ——凹模的制造公差 δ_p ——凸模的制造公差 Δ ——拉深件基本尺寸 D 或 d 的公差
标注内形尺寸 	$D_d = (d + 0.4\Delta + 2c) + \delta_d$	$d_p = (d + 0.4\Delta) - \frac{\delta_p}{2}$	

表 19.4.40 圆形拉深模凸、凹模的制造公差 (mm)

材料厚度	制件直径的基本尺寸							
	≤10		>10~50		>50~200		>200~500	
	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	0.06	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，则凸模及凹模的制造公差，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%。

2) 非圆形凸、凹模的制造公差可根据制件公差来选定。若拉深件的公差为 IT12、IT13 级以上者，凸、凹模制造公差采用的标准公差等级为 IT8、IT9；若拉深件的公差为 IT14 级以下者，则凸、凹模制造公差采用 IT10 级。但若采用配作时，只在凸模或凹模上标注公差，另一方

则按间隙配作。如拉深件是标注外形尺寸时，则在凹模上标注公差；反之，标注内形尺寸时，则在凸模上标注公差。

(3) 拉深凸模的出气孔尺寸

出气孔尺寸可查表 19.4.41，并见图 19.4-

92。

表 19.4.41 拉深凸模的出气孔尺寸 (mm)

凸模直径 d_p	≤50	>50~100	>100~200	>200
出气孔直径 d	5	6.5	8	9.5

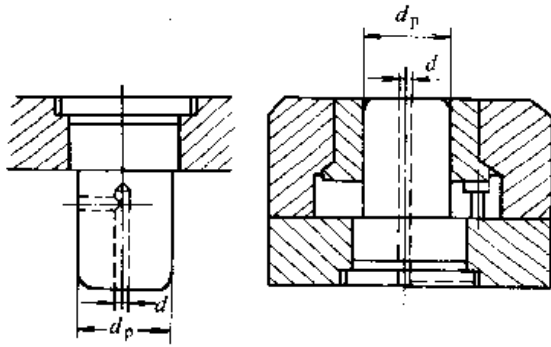


图 19.4.92 拉深凸模出气孔

7 压边力、拉深力和拉深功

7.1 压边力

7.1.1 采用压边圈的条件

为了防止在拉深过程中，制件的边壁或凸缘起皱，应使毛坯（或半成品）被拉入凹模圆角以前，保持稳定状态，其稳定程度主要取决于毛坯的相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ ，或以后各次拉深半成品的相对厚度 $\frac{t}{d_{n-1}} \times 100$ 。拉深时采用压边圈的条件，列于表 19.4.42。

表 19.4.42 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	
	$\frac{t}{D} \times 100$	拉深系数 m_1	$\frac{t}{d_{n-1}} \times 100$	拉深系数 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

为了作出更准确估计，还应考虑拉深系数 m 的大小，在实际生产中可以用下述公式估算。

锥形凹模拉深时，材料不起皱的条件是：

$$\text{首次拉深} \quad \frac{t}{D} \geq 0.03 (1 - m)$$

$$\text{以后各次拉深} \quad \frac{t}{D} \geq 0.03 \left(\frac{1}{m} - 1 \right)$$

普通平端面凹模拉深时，毛坯不起皱的条件是：

$$\text{首次拉深} \quad \frac{t}{D} \geq 0.045 (1 - m)$$

$$\text{以后各次拉深} \quad \frac{t}{D} \geq 0.045 \left(\frac{1}{m} - 1 \right)$$

如果不能满足上述公式要求，则可在拉深模设计时应考虑采用压边圈装置。

7.1.2 压边力的计算

压边圈的压力必须适当，如果过大，就要增加拉深力，因而会使制件开裂，而压边圈的压力过低就会使工件的边壁或凸缘起皱。

压边力的计算公式列于表 19.4.43。

表 19.4.43 压边力的计算公式

拉深情况	公 式
拉深任何形状的工件	$F = Ap$
筒形件第一次拉深（用平毛坯）	$F = \frac{\pi}{4} [D^2 - (d_1 + 2r_d)^2] p$
筒形件以后各次拉深（用筒形毛坯）	$F = \frac{\pi}{4} [d_{n-1}^2 - (d_n + 2r_d)^2] p$

注：A—压边圈的面积；p—单位压边力；D—平毛坯直径； $d_1 \dots d_n$ —拉深件直径； r_d —凹模圆角半径。

单位压边力的经验公式：

$$p = 48 \left(\frac{1}{m} - 1.1 \right) \frac{D}{t} \sigma_b \times 10^{-5} \quad (19.4.40)$$

式中 p—单位压边力 (MPa)；

m—各工序拉深系数；

σ_b —毛坯材料的抗拉强度 (MPa)；

t—材料厚度 (mm)；

D—毛坯直径 (mm)。

p 值亦可直接由表 19.4.44 或表 19.4.45 中查得。

表 19.4-44 在单动压力机上拉深时
单位压边力的数值

材 料	单位压边力 p /MPa
铝	0.8~1.2
紫铜、硬铝（退火的或刚淬好火的）	1.2~1.8
黄铜	1.5~2
压轧青铜	2~2.5
20 钢、08 钢、镀锡钢板	2.5~3
软化状态的耐热钢	2.8~3.5
高合金钢、高锰钢、不锈钢	3~4.5

表 19.4-45 在双动压力机上拉深时
单位压边力的数值

制作加工难易程度	单位压边力 p /MPa
难加工件	3.7
普通加工件	3
易加工件	2.5

7.2 拉深力及拉深功

7.2.1 拉深力的计算

在确定拉深件所需的压力机吨位时，必须先

求得拉深力。如果给定了毛坯的材质、直径 D 和板料厚度 t ，拉深模的直径 d 以及凹模的圆角半径 r_d 等，则在拉深圆筒形件时，其最大拉深力可以按下式计算：

$$F_{\max} = 3(\sigma_b + \sigma_s)(D - d - r_d)t \quad (19.4-41)$$

式中 F_{\max} ——拉深力 (N)；

σ_b ——材料的抗拉强度 (MPa)；

σ_s ——材料的屈服强度 (MPa)；

d ——拉深凹模直径 (mm)。

对于长方形盒件，可用下面经验公式：

$$F_{\max} = \sigma_b t (2\pi r_{\text{底}} c_1 + L c_2) \quad (19.4-42)$$

式中 F_{\max} ——拉深力 (N)；

$r_{\text{底}}$ ——制件底部圆角半径 (mm)；

L ——直边部分全长 (mm)。

$c_1 = 0.5$ (用于拉深很浅的制件)，或 $c_1 = 2.5$ (用于拉深深度为 $5 \sim 6r_{\text{底}}$ 的制件)；

$c_2 = 0.2$ (用于间隙较大，且无压边圈时)，或 $c_2 = 0.3$ (用于压边力为 $1/3 \times F_{\max}$ 时)，或 $c_2 = 1.0$ (用于拉深很困难时)。

为了更简便地计算拉深力，可采用表 19.4-46 所推荐的实用公式。

表 19.4-46 计算拉深力的实用公式

拉深件型式	拉深工序	公 式
无凸缘的筒形零件	第 1 次	$F = \pi d_1 t \sigma_b k_1$
	第 2 次及以后各次	$F = \pi d_2 t \sigma_b k_2$
宽凸缘的筒形零件	第 1 次	$F = \pi d_1 t \sigma_b k_3$
带凸缘的锥形及球形件	第 1 次	$F = \pi d_k t \sigma_b k_3$
椭圆形盒形件	第 1 次	$F = \pi d_{q1} t \sigma_b k_1$
	第 3 次及以后各次	$F = \pi d_{q2} t \sigma_b k_2$
低的矩形盒 (一次工序拉深)	—	$F = (2b_1 + 2b - 1.72r) t \sigma_b k_4$
高的方形盒 (多工序拉深)	第 1 次及 2 次以后各次	与筒形件同 $F = (4b - 1.72r) t \sigma_b k_5$
高的矩形盒 (多工序拉深)	第 1 次及 2 次以后各次	与椭圆盒形件同 $F = (2b_1 + 2b - 1.72r) t \sigma_b k_5$

续表 19.4-46

拉深件型式	拉深工序	公 式
任意形状的拉深件	—	$F = Lt\sigma_b k_6$
变薄拉深 (圆筒形零件)	—	$F = \pi d_n (t_{n-1} - t_n) \sigma_b k_7$

注: F —拉深力 (N); d_1 及 d_2

t —材料厚度 (mm); d_k —锥形件的小直径, 半球形件的直径之半, (mm);

d_{cp1} 及 d_{cp2} —椭圆形零件的第一次及第二次工序后的平均直径 (mm);

d_n — n 次工序后的零件外径 (mm);

b_1 及 b —盒形件的长与宽 (mm);

r —盒形件的角部圆角半径 (mm);

t_{n-1} 及 t_n — $(n-1)$ 次及 n 次拉深工序后的壁厚 (mm);

σ_b —材料抗拉强度 (MPa);

L —凸模周边长度 (mm);

k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 、 k_6 ——系数, 分别由表 19.4-47、表 19.4-48、表 19.4-49、表 19.4-50、表 19.4-51、表 19.4-52 查得;

k_7 ——系数, 黄铜为 1.6~1.8, 钢为 1.8~2.25。

7.2.2 压力机吨位的选择

对于单动压力机: $F > F_{拉} + F_{压}$

对于双动压力机: $F_1 > F_{拉}$ $F_2 > F_{压}$

式中 F ——压力机的公称压力;

F_1 ——内滑块公称压力;

F_2 ——外滑块公称压力;

$F_{拉}$ ——拉深力;

$F_{压}$ ——压边力。

表 19.4-47 筒形件第一次拉深时的系数 k_1 值 (08~15 号钢)

相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$	第一次拉深系数 m_1									
	0.45	0.48	0.50	0.52	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
5.0	0.95	0.85	0.75	0.65	0.60	0.50	0.43	0.35	0.28	0.20
2.0	1.10	1.00	0.90	0.80	0.75	0.60	0.50	0.42	0.35	0.25
1.2		1.10	1.00	0.90	0.80	0.68	0.56	0.47	0.37	0.30
0.8			1.10	1.00	0.90	0.75	0.60	0.50	0.40	0.33
0.5				1.10	1.00	0.82	0.67	0.55	0.45	0.36
0.2					1.10	0.90	0.75	0.60	0.50	0.40
0.1						1.10	0.90	0.75	0.60	0.50

注: 1. 当凸模圆角半径 $r_p = (4 \sim 6)t$ 时, 系数 k_1 应按表中数值增加 5%。

2. 对于其他材料, 根据材料塑性的变化, 对查得值作修正 (随塑性减低而增大)。

表 19.4-48 筒形件第二次拉深时的系数 k_2 值 (08~15 号钢)

相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$	第二次拉深系数 m_2									
	0.7	0.72	0.75	0.78	0.80	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92
5.0	0.85	0.70	0.60	0.50	0.42	0.32	0.28	0.20	0.15	0.12
2.0	1.10	0.90	0.75	0.60	0.52	0.42	0.32	0.25	0.20	0.14

续表 19.4-48

相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$	第二次拉深系数 m_2									
	0.7	0.72	0.75	0.78	0.80	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92
1.2		1.10	0.90	0.75	0.62	0.52	0.42	0.30	0.25	0.16
0.8			1.00	0.82	0.70	0.57	0.46	0.35	0.27	0.18
0.5			1.10	0.90	0.76	0.63	0.50	0.40	0.30	0.20
0.2				1.00	0.85	0.70	0.56	0.44	0.33	0.23
0.1				1.10	1.00	0.82	0.68	0.55	0.40	0.30

注：1. 当凸模圆角半径 $r_D = (4 \sim 6)t$ ，表中 k_2 值应加大 5%。

2. 对于第 3、4、5 次拉深的系数 k_2 ，由同一表格查出其相应的 m_n 及 $\frac{t}{D} \times 100$ 的数值，但需根据是否有中间退火工序而取表中较大或较小的数值：无中间退火时— k_2 取较大值（靠近下面的一个数值）；有中间退火时— k_2 取较小值（靠近上面的一个数值）。

3. 对于其他材料，根据材料塑性的变形，对查得值作修正（随塑性减低而增大）。

表 19.4-49 宽凸缘筒形件第一次拉深时的系数 k_3 值 (08~15 号钢)

(用于 $\frac{t}{D} \times 100 = 0.6 \sim 2$)

凸缘相对直径 $\frac{d_0}{d_1}$	第一次拉深系数 m_1										
	0.35	0.38	0.40	0.42	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
3.0	1.0	0.9	0.83	0.75	0.68	0.56	0.45	0.37	0.30	0.23	0.18
2.8	1.1	1.0	0.9	0.83	0.75	0.62	0.50	0.42	0.34	0.26	0.20
2.5		1.1	1.0	0.9	0.82	0.70	0.56	0.46	0.37	0.30	0.22
2.2			1.1	1.0	0.90	0.77	0.64	0.52	0.42	0.33	0.25
2.0				1.1	1.0	0.85	0.70	0.58	0.47	0.37	0.28
1.8					1.1	0.95	0.80	0.65	0.53	0.43	0.33
1.5						1.10	0.90	0.75	0.62	0.50	0.40
1.3							1.0	0.85	0.70	0.56	0.45

注：1. 这些系数也可用于带凸缘的锥形及半球形零件在无拉深肋模具上的拉深。当采用拉深肋时， k_3 值应增大 10%~20%。

2. 对于其他材料，根据材料塑性的变化，对查得值作修正（随塑性减低而增大）。

表 19.4-50 由一次拉深成的低矩形件的系数 k_4 值 (08~15 号钢)

毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				角部相对圆角半径 $\frac{r}{B}$				
2~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0.3	0.3	0.2	0.15	0.10	0.05
盒形件相对高度 $\frac{h}{b}$				系数 k_4 值				
1.0	0.95	0.9	0.85	0.7	—	—	—	—
0.90	0.85	0.76	0.70	0.6	0.7	—	—	—
0.75	0.70	0.65	0.60	0.5	0.6	0.7	—	—
0.60	0.55	0.50	0.45	0.4	0.5	0.6	0.7	—
0.40	0.35	0.30	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7

注：对于其他材料，根据材料塑性的变化，对查得值作修正（随塑性减低而增大）。

表 19.4-51 由空心的筒形或椭圆形毛坯拉深高盒形件最后工序的系数 k_5 值 (08~15 号钢)

毛坯相对厚度			角部相对圆角半径 $\frac{r}{b}$				
$\frac{t}{D} \times 100$	$\frac{t}{d_1} \times 100$	$\frac{t}{d_2} \times 100$	0.3	0.2	0.15	0.1	0.05
			系数 k_5 值				
2.0	4.0	5.5	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
1.2	2.5	3.0	0.50	0.60	0.75	0.80	1.0
0.8	1.5	2.0	0.55	0.65	0.80	0.90	1.1
0.5	0.9	1.1	0.60	0.75	0.90	1.0	—

注: 1. 对于矩形盒, d_1 、 d_2 为第 1 及第 2 道工序椭圆形毛坯的小直径。对于方形盒, d_1 、 d_2 为第 1 及第 2 道工序圆筒毛坯直径。
2. 对于其他材料, 须视材料塑性好或差 (与 08、15 号钢相比), 查得的 k_5 值再作或小或大的修正。

表 19.4-52 系数 k_6 值

制件复杂程度	难加工件	普通加工件	易加工件
k_6 值	0.9	0.8	0.7

7.2.3 拉深功

拉深力并不是常数, 而是随凸模的工作行程改变的 (图 19.4-93)。为了计算实际的拉深功 (即曲线下的面积), 不能用最大拉深力 F_{max} , 而应该用其平均值 $F_{平均}$ 。

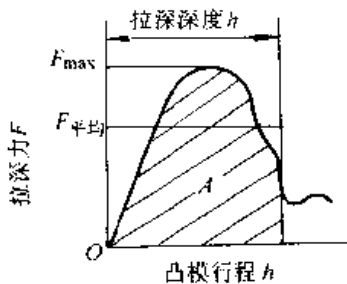


图 19.4-93 拉深力-行程图

(1) 不变薄拉深

$$W = F_{平均} h \times 10^{-3} = c F_{max} h \times 10^{-3} \quad (19.4-43)$$

式中 W ——拉深功 (J);
 F_{max} ——最大拉深力 (N);
 h ——拉深深度 (mm);
 c ——系数 (查表 19.4-53)。

表 19.4-53 系数 c 与拉深系数的关系

拉深系数 m	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
系数 c	0.8	0.77	0.74	0.70	0.67	0.64

(2) 变薄拉深

$$W = Fh \times 1.2 \times 10^{-3} \quad (19.4-44)$$

式中 F ——变薄拉深力 (按表 19.4-46 中所列最后一项公式计算) (N); 由于变薄拉深力在凸模工作行程中近似不变, 故可视作平均值;

h ——拉深深度 (mm);

1.2 ——安全系数, 考虑由于变薄拉深过程中摩擦所增加的能量消耗。

压力机的电动机功率按下式计算:

$$P = \frac{KWn}{60 \times 750 \times \eta_1 \times \eta_2 \times 1.36} \quad (19.4-45)$$

式中 P ——压力机电动机功率 (kW);
 K ——不平衡系数 $K=1.2 \sim 1.4$;
 W ——拉深功 (J);
 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 ——压力机每分钟的行程次数;
1.36 ——由马力转换成千瓦的转换系数。

8 拉深过程中的热处理及润滑

8.1 退火

在拉深过程中, 为了解除金属材料在塑性变形中产生的内应力及冷作硬化, 需要进行半成品的工序间退火和成品退火。

表 19.4-54 给出各种材料不进行中间退火的拉深次数。

中间退火的方式有高温退火和低温退火。

表 19.4-54 无需中间退火所能完成的拉深工序次数

材 料	不用退火的工序次数	材 料	不用退火的工序次数
08、10、15	3~4	不锈钢 1Cr18Ni9Ti	1
铝	4~5	镁合金	1
黄铜 H68	2~4	钛合金	1
纯铜	1~2		

(1) 高温退火

把金属加热至高于上临界点的温度，以便产生完全的再结晶。高温退火时，可能得到晶粒粗大的组织，影响零件的力学性能，但软化效果较好。各种材料高温退火的规范见表 19.4-55。

(2) 低温退火

低温退火即再结晶退火。把金属加热至再结晶温度，以消除硬化，恢复塑性。这是一般常用的方法。各种材料低温退火的规范见表 19.4-56。

表 19.4-55 各种金属的退火规范

材料名称	加热温度 $t/^\circ\text{C}$	加热时间/min	冷 却
08、10、15	760~780	20~40	在箱内空气中冷却
Q195、Q215	900~920	20~40	在箱内空气中冷却
20、25、30、A3、A4	700~720	60	随炉冷却
30CrMnSiA	650~700	12~18	在空气中冷却
1Cr18Ni9Ti 不锈钢	1 150~1 170	30	在气流中或水中冷却
纯铜 T1、T2	600~650	30	在空气中冷却
黄铜 H62、H68	650~700	15~30	在空气中冷却
镍	750~850	20	在空气中冷却
铝	300~350	30	由 250 $^\circ\text{C}$ 起在空气中冷却
硬铝	350~400	30	由 250 $^\circ\text{C}$ 起在空气中冷却

表 19.4-56 各种材料低温退火（再结晶退火）温度

材料名称	加热温度 $t/^\circ\text{C}$	冷 却
08、10、15、20	600~650	在空气中冷却
纯铜 T1、T2	400~450	在空气中冷却
黄铜 H62、H68	500~540	在空气中冷却
铝	220~250	保温 40~45 min
镁合金 MB1、MB8	260~350	保温 60 min
钛合金 TA1	550~600	在空气中冷却
钛合金 TA5	650~700	在空气中冷却

8.2 酸洗

退火后的钢、铜等工件表面有氧化皮，在继续加工时会增加对模具的磨损。一般应加以酸

洗，即在加热的稀酸液中浸蚀后，在冷水中漂洗，再在弱碱中将残留的酸液中和，最后在热水中洗涤，在烘房中烘干。各种材料酸洗液的成分见表 19.4-57。

表 19.4-57 酸洗溶液的成分

工件材料	溶液成分	份 量	说 明
低碳钢	硫酸或盐酸 水	10% ~ 20% 其余	
高碳钢	硫酸 水 苛性钠或苛性钾	10% ~ 15% 其余 50 ~ 100 g/L	预浸 最后酸洗
不锈钢	硝酸 盐酸 硫化胺 水	10% 1% ~ 2% 0.1% 其余	得到光亮的表面
铜及其合金	硝酸 盐酸 炭黑	200 份 (质量) 1 ~ 2 份 (质量) 1 ~ 2 份 (质量)	预浸
	硝酸 硫酸 盐酸	75 份 (质量) 100 份 (质量) 1 份 (质量)	光亮酸洗
铝及锌	苛性钠或苛性钾 食盐 盐酸	100 ~ 200 g/L 13 g/L 50 ~ 100 g/L	闪光酸洗

如果应用光亮退火,即在有中性或还原介质的电炉内退火,这样就不会产生氧化皮,故不需要进行酸洗。

退火、酸洗是延长生产周期和增加生产成本、产生环境污染的工序,应尽可能加以避免。若能够通过增加拉深次数的办法以减少退火工序时,一般宁可增加拉深次数。若工序数在 6~10 次以上时,应该考虑能否使用连续拉深或者将拉深与冷挤压、变薄拉深等工艺结合起来,以避免退火工序。

8.3 润滑

拉深加工中使用润滑剂的目的是,为了在模具和毛坯之间形成牢固的、低摩擦的润滑膜,以防止两者直接接触,降低其摩擦力,抑制制件破裂,提高成形极限;同时,减少因烧结粘着而产生擦伤,提高拉深产品质量,延长模具寿命。

具体地讲,拉深润滑剂的使用应尽可能地扩大使起皱和破裂两者都不发生的加工条件范围,维持连续稳定生产,就成为拉深加工用润滑剂的主要目的。为达到此目的,在拉深工作中选用润滑剂时,应满足下列要求:

1) 在金属表面上能形成牢固及很强附着性的薄膜,能承受较大的压力;

2) 当润滑剂形成的润滑层应均匀分布,而且摩擦系数小;

3) 既要延长模具寿命,又不损坏模具及制件表面的力学及化学性能;

4) 容易从制件表面上去选择;

5) 化学性能稳定,对人体没有毒害;

6) 原料资源有充分保证,价格低廉。

润滑剂,大体分为液体、半固体和固体三大类。通常固体类称润滑剂,液体类称润滑油,半固体类称润滑脂,见表 19.4-58 所示。

液体润滑油中,有油型和水型两种。在油型润滑油中又可细分为石油系烃油(矿物油)和合成油。但两者都是基础油,分别加入各种添加剂后方成为实用的润滑油。水溶性润滑油主要指乳化液。它是通过加入表面活性剂,使水和油之类的互不相溶的两种液体相互混合而成。

冲压加工中所使用油型和水型油液,根据拉深深度的不同,由不同黏度的基础油和添加剂配制而成,其组成分别见表 19.4-59 和表 19.4-60。

表 19.4-58 冲压润滑剂的种类和特征

状态	种类	类 型	用 途	特 征	
				优 点	缺 点
液体	油性 润滑剂 (矿物 油、合 成油)	①矿物油+油性剂	适于非铁金属(铝、铜)拉深	①可调节黏度,应用范围广,几乎可用于所有拉深加工工序 ②可根据需要加入适当添加剂,可用于深拉深加工 ③可使之具有良好防锈性 ④廉价	①要求高黏度油时,则脱脂性、加工性差 ②温度变化引起黏度改变导致润滑性能改变;高速加工时,由于发热可使油品安定性变差 ③污染工作环境
		②矿物油+油性剂+极压剂	钢、不锈钢拉深部分铜合金、铝合金拉深加工		
		③拉延兼防锈油	尤适宜于长时贮存的钢板拉深(如汽车车体)		
	水性 性油	①乳化液(占大部分) ②水溶性冲压油 ③化学溶液	不锈钢深拉深(浴缸、化学容器等)对外观要求不高的钢板的拉深(汽车燃油箱、散热器水箱等)	①改变与水的稀释倍数,可以适应各种冲压加工工序,用途广泛 ②冷却性好,尤适于高速加工	①防锈性差 ②废液处理难 ③残留有固体填充物
固体	干性 润滑脂	①蜡 ②金属皂类 ③二硫化铝 ④石墨 ⑤丙烯聚合物 ⑥化学合成皮膜(磷酸盐)	用于极难加工钢、不锈钢的拉深(汽车保险杠、底盘等)	①润滑性好,具有良好的表面保护效果 ②防锈性好(二硫化铝例外)	①脱脂困难 ②焊接性差 ③容易粘附到模具上 ④价格高
	塑料 膜	①聚氯乙烯 ②聚乙烯	用于加工后要求制品外表美观的钢板、不锈钢的冲压加工(汽车保险杠、装饰品、浴缸等)	①润滑性,表面保护效果极好 ②多数在生产厂已涂好塑料膜,冲压时节省了涂膜工序	①涂膜剥离困难 ②除去后废物难处理 ③除去前不能焊拉 ④价格高
半 固体	润滑 脂	①烃基脂 ②皂基脂 ③无机润滑脂 ④有机润滑脂	与油性润滑剂大致相同,较少使用	见油性润滑剂	见油性润滑剂

表 19.4-59 油性冲压油

项 目	基 础 油	添 加 剂			
		极压剂	油性剂	防锈剂	抗氧剂
浅拉深	低黏度矿物油	○	□	○	△
深拉深	中、高黏度矿物油	□	○	○	△

注: □: 必须加; ○: 应该加; △: 根据工序要求加。

表 19.4-60 水溶性冲压油的组成^①

项目	基础油	添加剂 ^②				
		极压剂	油性剂	防锈剂	乳化剂	消泡剂
浅拉深	中、高黏度矿物油	○	□	○	□	△
深拉深	中、高黏度矿物油	□	□	○	□	△

①主要用水的稀释倍率来调节液体黏度。
②□：必须加；○：应该加；△：根据工序要求加。

冲压加工中的润滑状态，多数情况下包含着边界润滑。此种情况下，需要在其接触面上形成牢固粘附的润滑膜。为了满足这种要求，必须能以物理或化学的方式与金属表面形成一层牢固的结合膜，能够促使形成这种膜的物质是油性剂和极压剂。

在拉深工艺中，采用的液体润滑剂通常由下述成分所组成：

1) 基剂：润滑油中所占的成分最多，用以使其他润滑成分均匀混合的液体，通常采用价格低廉的矿物油、植物油、动物油或水。常用矿物油见表 19.4-61。

2) 油性剂：用以在金属表面形成吸附膜和保证边界润滑方式。常用的植物油、油酸、脂肪酸和硬脂脂肪酸等。常用油性剂见表 19.4-62。

3) 极压剂：用以在金属表面生成化学反应膜，多为氯、硫、磷的盐类。常用极压剂见表 19.4-63。

4) 隔离剂：用机械方法使两接触面分开，多用无机物粉末（见表 19.4-64）。

5) 各种不同功能的添加剂：如用以改善基础油的黏性变化性质、防腐、防锈，去泡沫等特殊功能用的化学物质。各种功能的添加剂见表 19.4-65。

表 19.4-61 常用矿物油

油名	矿油类别	运动黏度值/ $10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
锭子油	L.V. (低黏度油)	≤ 15
机油	M.V. (中黏度油)	35~80
重机油	H.V. (高黏度油)	80~110
气缸油	V.H.V. (很高黏度油)	>110

表 19.4-62 常用油性剂

类别	名称
动物油	猪油、牛油、羊油、蜂蜡、鲸油、鱼油、鱼肝油
植物油	棕榈油、棉子油、蓖麻油、菜油、玉米花油、豆油、桐油
油酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
脂肪酸	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$
化合物	乙醇、胺、甘油、油酸丁酯、二聚酸乙二醇单酯、二聚酸

表 19.4-63 常用极压剂

类别	名称	适用温度/ $^{\circ}\text{C}$
氯化物	氯化石蜡、氯化棉子油、氯化苯	200~300
硫化物	硫化棉子油、硫化矿物油、硫磺粉、硫化烯烃、二卡基、二硫化物、石油磺酸、磺化蓖麻油	300~400
磷化物	磷酸酯、亚磷酸酯、二烷基二硫化磷酸锌、磷化磷酸酯的含氢衍生物	400~500
碘化物	(适用于不锈钢和钛合金)	200~300

表 19.4-64 隔离剂

名 称	化 学 式	适用温度/℃	备 注
石墨	C	300~600	有水剂、油剂、粉剂
二硫化钼	MoS ₂	<400	35℃以下比石墨好
二硫化钨	WS ₂	<400	气化稳定性比 MoS ₂ 好
二硫化钽	TaS ₂	<550	有低的电阻
三硫化钼	MoS ₃	<400	
氧化硼	B ₂ O ₂	<250	
氧化铅	PbO	<250	<250℃比 MoS ₂ 差
氟化硼	BF	<100	
氟化钙	CaF ₂	700~1 000	<350℃失效
氮化硼	BN	700~1 000	不宜用于真空环境
云母粉		<300	要求有一定粒度
硫磺粉	S	<200	亦可熔化于热油中
滑石粉		<500	
氧化锌	ZnO ₂	>300	
三氧化二钇	Y ₂ O ₃	<900	

表 19.4-65 各种功能的添加剂

类 型	名 称	用 途
增塑剂	聚乙烯基正丁基醚 聚甲基丙烯酸酯 聚异丁烯	改善黏温特性 起增稠作用
防锈剂	石油磺酸钠 环烷酸锌 羊毛脂及其皂 钼皂	可与金属表面起强烈的吸附作用
抗氧化剂	二芳基二硫代磷酸锌 硫磷化烯烃钙盐	1) 分解油中易受热氧化物质 2) 与金属形成反应膜 3) 钝化金属表面
清净剂	石油磺酸钙 烷基酚钡 烷基水杨酸钙 硫磷化聚异丁烯钡盐	清净剂易吸附于胶质氧化物上使之悬浮于油中 防止产生沉淀
抗泡剂	二甲基硅油	降低油的表面张力防止形成稳定泡沫

润滑剂的配方较多，在生产中，应根据拉深件的材料，制件复杂程度，温度及工艺特点进行合理选用，表 19.4-66、表 19.4-67 和表 19.4-68 所列为拉深工艺常用的润滑剂。

拉深时润滑剂一般涂抹在凹模圆角部位和压边面的部位，以及与此部位相接触的毛坯表面

上，并经常保持润滑部位的干净。在拉深加工中提高润滑油黏度，能降低模具和坯料的接触率，减小摩擦，导致拉深力降低，这在实际生产中业已成为一种有效的手段。但从后续工序以及经济性和易操作性等方面考虑，黏度不宜过分增加，故黏度大小应选用恰当。

表 19.4-66 拉深低碳钢用的润滑剂

简称号	润滑剂成分	含量 (质量分数) /%	附 注	简称号	润滑剂成分	含量 (质量分数) /%	附 注				
5 号	锭子油	43	用这种润滑剂可得到最好的效果, 硫磺应以粉末状态加进去	10 号	锭子油	33	润滑剂很容易去除, 用于重的压制工作				
	鱼肝油	8			硫化蓖麻油	1.5					
	石墨	15			鱼肝油	1.2					
	油酸	8			白垩粉	45					
	硫磺	5			油酸	5.6					
	钾肥皂	6			苛性钠	0.7					
	水	15			水	13					
6 号	锭子油	40	硫磺应以粉末状态加进去	2 号	锭子油	12	这种润滑剂比以上的略差				
	黄油	40			黄油	25					
	滑石粉	11			鱼肝油	12					
	硫磺	8			白垩粉	20.5					
	酒精	1			油酸	5.5					
9 号	锭子油	20	将硫磺溶于温度约为 160℃ 的锭子油内。缺点是保存时间太久时会分层	8 号	钾肥皂	20	将肥皂溶在温度为 60~70℃ 的水里, 是很容易溶解的润滑剂, 用于半球形及抛物面形制件的拉深中				
	黄油	40			水	80					
	石墨	20		乳化液	37	可溶解的润滑剂, 加 3% 的硫化蓖麻油后, 可改善其效用					
	硫磺	7						白垩粉	45		
	酒精	1								焙烧苏打	1.3
	水	12									

表 19.4-67 低碳钢变薄拉深用润滑剂

润滑方法	成分含量	附 注
接触镀铜化合物: 硫酸铜 食 盐 硫 酸 木工用胶 水	4.5~5 kg 5 kg 7~8 L 200 g 80~100 L	将胶先溶解在热水中, 然后再将其余成分溶进去。将镀过铜的毛坯保存在热的肥皂溶液内, 进行拉深时才由该溶液内将毛坯取出
先在磷酸盐内予以磷化, 然后在肥皂乳油液内予以皂化	磷化配方 马日夫盐: 30~33 g/L 氧化铜: 0.3~0.5 g/L	磷化液温度: 96~98℃, 保持 15~20 min

表 19.4-68 拉深有色金属及不锈钢用的润滑剂

金属材料	润滑方式
铝	植物油（豆油）、工业凡士林
硬铝	植物油乳浊液
纯铜、黄铜及青铜	菜油或肥皂与油的乳浊液（将油与浓肥皂水溶液混合）
镍及其合金	肥皂与油的乳浊液
2Cr13 不锈钢	用氯化乙烯漆（GOI-4）喷涂板料表面，拉深时另涂机油
1Cr18Ni9Ti 不锈钢	
耐热钢	

9 拉深件质量分析

板金属件拉深中往往会出现起皱、拉裂以及表面拉毛，形状、尺寸不符合要求等成形缺陷。

9.1 起皱

圆筒形件的起皱多产生于接近凹模口部的凸缘上，是由于凸缘的切向压应力超过了板料临界压应力使其失稳所致。起皱的后果，轻则破坏制件几何精度和美观，重则引起制件拉裂。起皱的原因有：没能采用压边圈、压边力不足或压边力

不均匀、坯料尺寸不符合设计要求，板料相对厚度小、凹、凸模的间隙过大、凹模及凸模圆角过大等。

9.2 破裂与裂纹

圆筒件的拉深破裂与裂纹的产生与筒壁总拉应力过大，使传力区受拉失稳有关。破裂的后果是出现废品。

盒形件在成形中，毛坯破裂形式如图 19.4-94 所示。通常有拉伸破裂（底裂）和侧壁破裂（壁裂）两种。

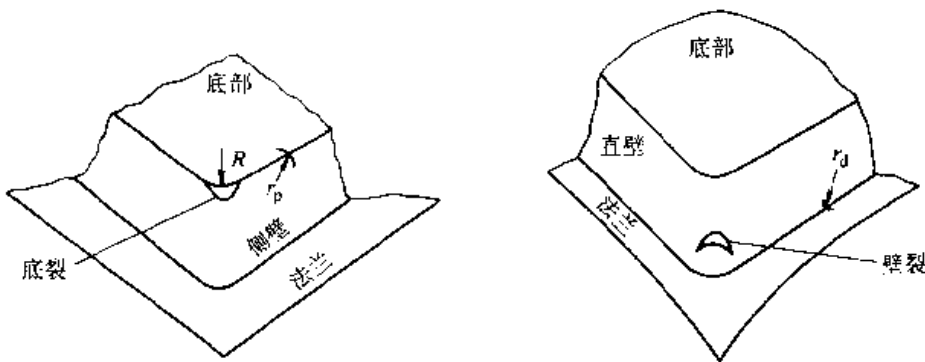


图 19.4-94 盒形件拉深破裂形式

底裂主要是此处的拉应力超过了材料抗拉强度所致。产生这种现象与拉深系数过小、凸模圆角半径过小、转角半径小、压边力过大、润滑不好，毛坯形状不合理或尺寸过大、模具间隙过小、材质成形性能差等因素有关。

壁裂常发生于冲压件转角部分的直壁并靠近凹模模口圆角处，其产生的主要原因有：①凹模圆角半径过小；②相对转角半径过小；③毛坯形状不合理；④毛坯转角区的润滑不好、压边力过

大；⑤毛坯材料不适合等。

9.3 表面拉毛、形状与尺寸不良

拉深中经常会出现表面拉毛，形状、尺寸等不符合要求的缺陷，如果对制件形状、尺寸及外观要求严格时，这些缺陷是不允许的。

(1) 拉深件的表面质量

拉深件的表面质量主要取决于以下因素：

1) 毛坯（或半成品）初始表面的状态；

- 2) 拉深凸、凹模的状态;
- 3) 凸、凹模间的间隙;
- 4) 所用润滑剂的质量。

制件内表面质量可视为毛坯(或半成品)内表面质量,因为拉深过程中毛坯与凸模之间一般无相对运动,在大多数情况下,不变薄拉深件的外表面质量,低于毛坯初始表面质量。在这些制件的外表面上,常有擦伤的环状痕迹,这反映拉深工艺的不合理或拉深模具的设计不当与维护不当。

制件表面的擦伤主要是由于金属毛坯上的颗

粒粘附在凹模上,在拉深成形过程中,毛坯与凹模间的干摩擦造成的。而出现干摩擦是由于所用润滑剂不合适或凹模型腔圆筒部分高度 h 过大之故。

实验研究表明,当使用的润滑剂合适,产生金属颗粒粘附的凹模型腔高度为:

$$h > 0.025 \sqrt{d\sigma_b}$$

式中 d — 拉深件直径 (mm);

σ_b — 材料抗拉强度 (MPa);

h — 凹模圆筒型腔高度 (mm), 见图 19.4-95。

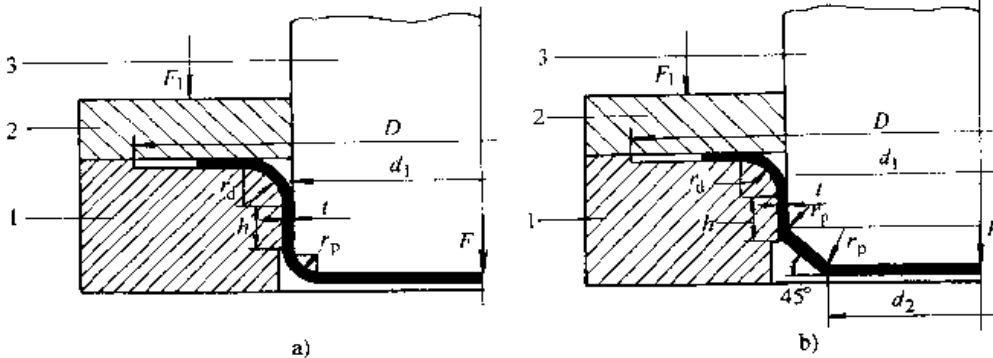


图 19.4-95 凸模与凹模的圆角半径和凹模圆筒型腔高度

a) 圆角凸模 b) 斜角凸模

1—凹模 2—压边圈 3—凸模

在多次拉深工序中,制件表面形成环状印迹,这通常是由于各次拉深凸模圆角半径的错误选用或这些半径取值过小。

当模具间隙小于坯料厚度时,制件内外表面都会受到影响,模具的缺陷就会施加于制件表面上。如果模具型腔表面状态好,制件表面质量就比较好,甚至比毛坯表面质量还高。故变薄拉深件的表面质量总是比不变薄拉深件好。

(2) 拉深件的形状、尺寸不良缺陷

拉深件的形状、尺寸不良,主要表现在制件横截面尺寸的精度、零件高度及壁厚的精度上。

1) 制件横截面的尺寸精度与凸模工作部分形状、凸、凹模制造精度及其磨损情况、凸、凹模间的间隙值和零件从模具中卸出后的回弹有关。

当凸、凹模正确制造、并恰当维护时,凸模圆角半径对制件精度产生一定影响,而制件外轮廓尺寸精度在很大程度上取决于材料的弹性变形

(回弹)和凸、凹模间隙值。对于带凸缘的筒形件,因材料的各向异性、会出现椭圆形和回弹。

实验表明,圆筒形件在高度上的回弹变化与带凸缘件的不同,前者最大回弹量出现在顶部(Δd_s ,见图 19.4-96),而后者的最大回弹量出现在距离底部(0.3~0.4) h 处。当凸缘较小时,最大回弹也出现在顶部,通常 $\Delta d_i < \Delta d_s$,类似于圆筒形件(图 19.4-96)。

图 19.4-96 表明,制件材料越薄,回弹越大。带凸缘筒形件的回弹量总是小于类似的凸缘零件。当其影响因素不变时,制件回弹随直径增大而增加(图 19.4-97a)。同样,材料塑性越低(图 19.4-97b)回弹量也越大。

考虑到上述因素,不变薄拉深的横截面尺寸精度可达 4~5 级,通过整形工序能达到 2~3 级精度。表 19.4-69 列出了未经整形的无凸缘圆筒形件内径允许偏差值。

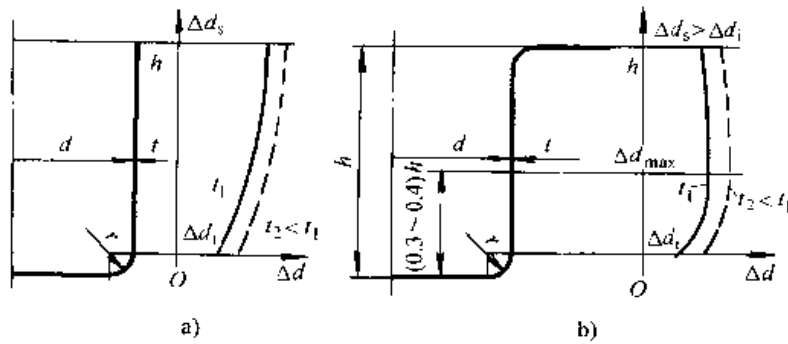


图 19.4-96 回弹量的变化
a) 圆筒形件 b) 带凸缘筒形件

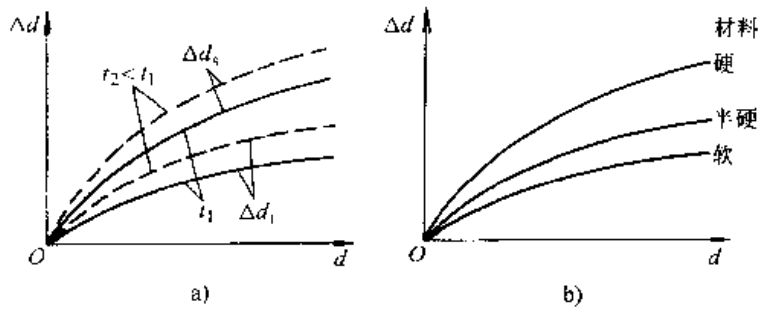


图 19.4-97 制件直径及材料性能对回弹量的影响
a) 直径 b) 材料性能

表 19.4-69 圆筒形拉深件内径的极限偏差 (mm)

料厚 t		0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
内径基 本尺寸 d	≤ 50	±0.12	±0.15	±0.20	±0.25	±0.30	±0.35	±0.40	±0.45	±0.50	±0.60	±0.70	±0.80
	$> 50 \sim 100$	±0.15	±0.20	±0.25	±0.30	±0.35	±0.40	±0.50	±0.60	±0.70	±0.80	±0.90	±1.00
	$> 100 \sim 300$	±0.20	±0.25	±0.30	±0.40	±0.50	±0.60	±0.70	±0.80	±0.90	±1.00	±1.10	±1.20

2) 制件高度尺寸精度的主要影响因素有:

- ①毛坯厚度, ②毛坯在模具中的定位, ③拉深系数及材料各向异性, ④模具加工制造精度及凸、凹模工作部分磨损程度, ⑤凹模圆角半径, ⑥凸、凹模间隙, ⑦压边圈的加工状态以及与凹模平面的间隙, ⑧润滑剂质量等。

在拉深过程中, 毛坯材料的各向异性, 使拉深件高度不一致, 对于较小的拉深系数, 制件口部边缘会产生突耳 (图 19.4-98)。

突耳高度 Δh 在拉深系数 $m_1 = 0.55 \sim 0.44$ 时, 产生较高的突耳, 当 $m_1 \approx 0.44$ 时, 突耳高度急剧增加, $\Delta h = (0.12 \sim 0.14) h$ 。小间隙值可降低突耳高度, 在后续拉深工序中, 突耳高度逐渐减小, 制件口部高度趋于一致。如果筒形件高度偏差值大于表 19.4-70 所列数值时, 可采用修边方法去除。

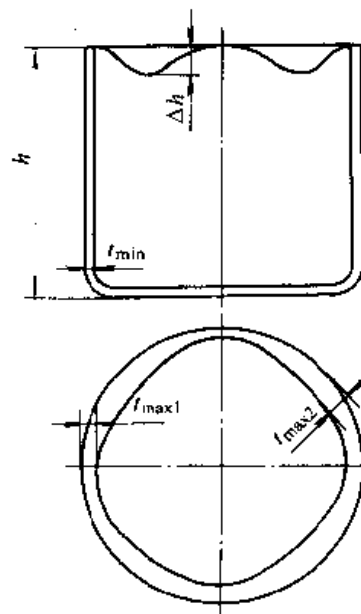


图 19.4-98 拉深件上出现的突耳

表 19.4-70 圆筒件高度的极限偏差 (mm)

序号	t	h					
		≤18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180
		±Δh					
1	≤1	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5
2	>1~2	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8
3	>2~4	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0
4	>4~6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.5

带凸缘筒形件的高度精度还取决于模具制造精度和模具在压力机上的调试,其偏差值列于表 19.4-71。

3) 拉深件壁厚精度取决于毛坯厚度、凸模

与凹模间隙的均匀性和工件材料的各向异性。

第一次拉深后,工件底部危险断面处壁厚 t_{\min} 的值为 $t_{\min} = 0.8t_0$ 。

表 19.4-71 带凸缘筒形件高度的极限偏差 (mm)

序号	t	h					
		≤18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180
		±Δh					
1	≤1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
2	>1~2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.2
3	>2~4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.4
4	>4~6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.6

而到顶部突耳区制件最大厚度(图 19.4-98)为

$$t_{\max_1} = 1.2t \quad (t \text{ —— 毛坯初始厚度 mm})$$

可见,在正常的拉深工艺中,工件筒壁厚度尺寸沿母线方向是变化的,其值可为毛坯厚度的 ±20%。

近期研究表明,对于拉深系数 $m \leq 0.6$ 时,工件口部沿周向材料厚度发生改变(图 19.4-98),当 $m_1 = 0.44$ 时,突耳间材料厚度在工件顶部达到 t_{\max_2}

$$t_{\max_2} = 1.4t$$

而在工件中部沿周向壁厚几乎不变。

在有压边圈的模具中,拉深件侧壁上也会起皱,这是压边圈和凹模平面间的间隙较大及凹模较大的圆角半径所致,而拉深过程中的起皱,可能导致危险断面破裂。

在变薄拉深中,工件厚度的不均匀性,可使工件报废。凸模或凹模的圆度误差及润滑不均会造成工件的椭圆形;可因不当的工序间退火造成半成品材料性质不均。

变薄拉深件的几何尺寸精度比相当的不变薄拉深工件的高,零件直径和壁厚可精确到 2 级精度。

第5章 其他成形

1 翻边

翻边是将制件的边缘翻成竖直或呈一定角度的直边，是冲压工艺中的成形工序之一。翻边用于制出便于装配的部位，或者制出提高制品刚度的特定形状，在大型板金成形时，也可作为防破裂或防折皱的手段。

按其工艺特点，翻边可分为孔翻边、外缘翻边和变薄翻边等。按变形性质可分为伸长类翻边、压缩类翻边以及属于体积成形的变薄翻边等。伸长类翻边的特点是：变形区材料受拉应力、切向伸长、厚度减薄、易发生破裂，如圆孔翻边和外缘翻边中的内曲翻边等。压缩类翻边的特点是：变形区材料切向受压应力、产生压缩变形、厚度增厚、易起皱，如外缘翻边中的外曲翻边。

1.1 内孔翻边

1.1.1 变形特点与翻边系数

图 19.5-1 所示为内孔翻边的简图。翻边时，在把板材内孔边缘向凹模弯曲的同时，通过将内孔沿圆周方向扩大而形成侧壁。

伸长类翻边的共同特点是毛坯在切向拉应力的作用下产生切向伸长变形。内孔翻边前毛坯孔径是 d_0 ，翻边时，板料在凸模作用下孔径 d_0 不断扩大，亦即板料沿圆周方向被拉长，直到孔径尺寸增大到等于凸模直径 D_0 ，形成竖边，翻边结束。翻边变形区只限于内径为 d_0 、外径为 D_0 的环形部分。变形区应力—应变状态如图 19.5-1 所示。变形区材料处于双向拉应力状态，其中切向应力 σ_θ 自孔边缘向弯曲线方向逐渐变小，亦即在孔边缘 σ_θ 最大，而径向应力 σ_r 近乎等于零。变形区的应变是切向为伸长，径向与轴向为压缩，切向应变 ϵ_θ 自孔边缘向弯曲线方向逐渐减小，故厚度愈接近边缘处愈薄。正因如此，翻边时的主要危险是边缘破裂，而边缘是否破裂与翻边变形程度有关。

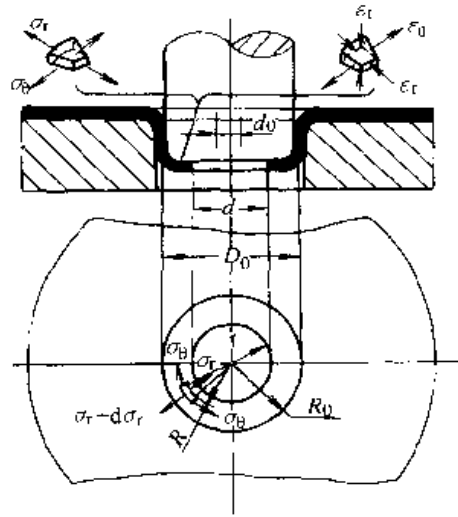


图 19.5-1 内孔翻边

内孔翻边时的变形程度用翻边系数 K 表示

$$K = \frac{d_0}{d_m}$$

式中 d_0 ——毛坯上圆孔的初始直径；
 d_m ——翻边后竖边的中径（见图 19.5-2）。

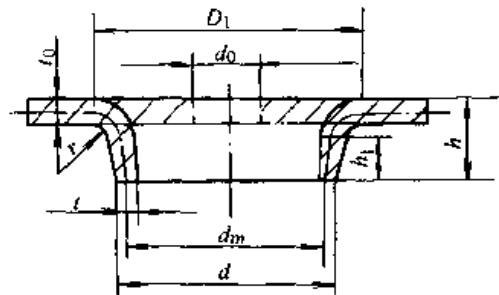


图 19.5-2 内孔翻边件的尺寸

内孔翻边的成形极限可根据口部是否发生破裂来确定。所以，在内孔翻边时应保证毛坯孔边缘的金属伸长变形小于材料塑性伸长所允许的极限值。翻边系数 K 与竖边边缘厚度变薄的关系可近似表达为

$$t \approx t_0 \sqrt{K} \quad (19.5-1)$$

由式 (19.5-1) 可知， K 越小，竖边边缘厚度减薄越利害，当翻边系数减小到使孔的边缘濒

于拉裂时, 这种极限状态下的翻边系数称为极限翻边系数, 以 K_1 表示。表 19.5-1 和表 19.5-2 分别为低碳钢和其他金属的极限翻边系数。

表 19.5-1 低碳钢极限圆孔翻边系数 K_1

凸模形式	孔的加工方法	比值 d_0/t_0										
		100	50	35	20	15	10	8	6.5	5	3	1
球形凸模	钻孔	0.7	0.6	0.52	0.45	0.4	0.36	0.33	0.31	0.3	0.25	0.2
	冲孔	0.75	0.65	0.57	0.52	0.48	0.45	0.44	0.43	0.42	0.42	—
圆柱形凸模	钻孔	0.8	0.7	0.6	0.5	0.45	0.42	0.4	0.37	0.35	0.3	0.25
	冲孔	0.85	0.75	0.65	0.6	0.55	0.52	0.5	0.50	0.48	0.47	—

表 19.5-2 其他金属材料的极限翻边系数 K_1

经退火的毛坯材料	极限翻边系数		经退火的毛坯材料	极限翻边系数	
	K_1	K_{\min}		K_1	K_{\min}
白铁皮	0.70	0.65	钛合金TA1 (冷态)	0.64~0.68	0.55
黄铜 H62, $t=0.5\sim 6.0$ mm	0.68	0.62	TA1 (300~400℃)	0.40~0.50	—
铝, $t=0.5\sim 5.0$ mm	0.70	0.64	TA5 (冷态)	0.85~0.90	0.75
硬铝合金	0.89	0.80	TA5 (500~600℃)	0.65~0.70	0.55
			不锈钢、高温合金	0.65~0.69	0.57~0.61

注: 竖边上允许有不大的裂纹时可用 K_{\min} , 而在一般情况下, 均采用 K_1 。

1.1.2 内孔翻边工艺计算

由图 19.5-2 可知, 圆孔翻边时, 一般其翻边高度及直径 (h 和 d) 为已知, 需要计算的是预制孔直径 d_0 。计算的依据是: 在圆孔翻边时, 同心圆之间的距离变化不显著, 预制孔直径可以用弯曲展开的方法作近似计算:

$$d_0 = D_1 - [\pi(r + \frac{t_0}{2}) + 2h_1]$$

因为 $D_1 = d_m + 2r + t_0$, $h_1 = h - r - t_0$, 代入上式简化后得

$$d_0 = d_m - 2(h - 0.43r - 0.72t_0) \quad (19.5-2)$$

即

$$h = \frac{1}{2}(d_m - d_0) + 0.43r + 0.72t_0$$

因 $d_0 = Kd_m$, 则

$$h = \frac{d_m}{2}(1 - K) + 0.43r + 0.72t_0$$

当 $K = K_1$ 时, 可得到最大翻边高度 h_{\max} 。若零件要求的高度大于 h_{\max} , 可采用先拉深再翻边的方法。这时, 先确定翻边所能达到的最大高度, 然后根据翻边高度及零件高度来确定拉深高度, 如图 19.5-3 所示。

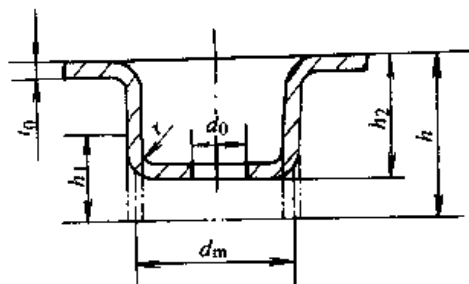


图 19.5-3 拉深后再翻边

拉深后翻边高度为

$$h_1 = \frac{d_m - d_0}{2} - (r + \frac{t_0}{2}) + \frac{\pi}{2}(r + \frac{t_0}{2})$$

整理后

$$h_1 \approx \frac{d_m}{2}(1 - K) + 0.57r$$

所以

$$d_0 = d_m + 1.14r - 2h_1$$

若取 $K = K_1$, 即可得出翻边能达到最大高度

$$h_{1\max} = \frac{d_m}{2}(1 - K_1) + 0.57r$$

此时预制孔直径

$$d_0 = K_1 \cdot d_m$$

于是翻边前的拉深高度 h_2 为

$$h_2 = h - h_1 + r + t_0$$

或
$$h_2 = h - h_{1\max} + r + t_0$$

当采用圆柱形平底凸模时，圆孔翻边力可用下式计算

$$F = 1.1\pi (d_m - d_0) t_0 \cdot \sigma_s$$

- 式中 F ——翻边力 (N);
 d_m ——翻边后竖边的中径 (mm);
 d_0 ——圆孔初始直径 (mm);
 t_0 ——毛坯厚度 (mm);
 σ_s ——材料屈服点 (MPa)。

平底凸模底部圆角半径 r_p 对翻边有一定影响，增大 r_p 可降低翻边力 (图 19.5-4)。

1.1.3 异型孔翻边

异型孔由不同曲率半径的凸弧、凹弧和直线组成，各部分的受力状态与变形性质有所不同。如图 19.5-5 所示， a 段属于压缩类翻边， b 段属于伸长类翻边， c 段属于弯曲。由于材料是连续的，所以在异型孔翻边时，伸长类翻边区的变形可以扩展到其相邻的弯曲变形区和压缩类翻边区，从而可减轻伸长类翻边区的变形程度，故内凹弧段的极限翻边系数 K'_1 可以小于内孔翻边时

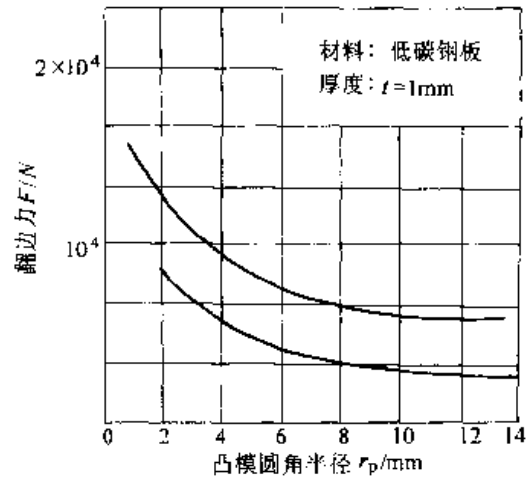


图 19.5-4 凸模圆角半径对翻边力的影响

的极限翻边系数 K_1 ，二者之间的关系为

$$K'_1 \approx (0.85 \sim 0.9) K_1$$

如果考虑异型孔翻边在外凸线段部位的失稳起皱，则可使用压边装置。

表 19.5-3 列出了低碳钢材料在异型孔翻边时，允许的极限翻边系数 K'_1 与孔缘线段对应圆心角的关系，表中 r 表示孔缘线曲率半径。

表 19.5-3 异型孔的极限翻边系数 K'_1 (低碳钢材料)

$\alpha / (^\circ)$	比值 $r / (2t)$						
	50	33	20	12.5~8.3	6.6	5	3.3
180~360	0.8	0.6	0.52	0.5	0.48	0.46	0.45
165	0.73	0.55	0.48	0.46	0.44	0.42	0.41
150	0.67	0.5	0.43	0.42	0.4	0.38	0.375
135	0.6	0.45	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34
120	0.53	0.4	0.35	0.33	0.32	0.31	0.3
105	0.47	0.35	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26
90	0.4	0.3	0.26	0.25	0.24	0.23	0.225
75	0.33	0.25	0.22	0.21	0.2	0.19	0.185
60	0.27	0.2	0.17	0.17	0.16	0.15	0.145
45	0.2	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11
30	0.14	0.1	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08
15	0.07	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
0	压弯变形						

异型孔翻边所用的预制孔形状和尺寸应分别类比于内孔翻边、弯曲和拉深毛坯计算方法确定。通常，翻边后弧线的竖边高度较直线段竖边

高度稍低，为消除误差，弧线段的展开宽度应比直线段大 5%~10%。由理论计算出的孔形应加以适当修正，使各段孔缘均平滑过渡。

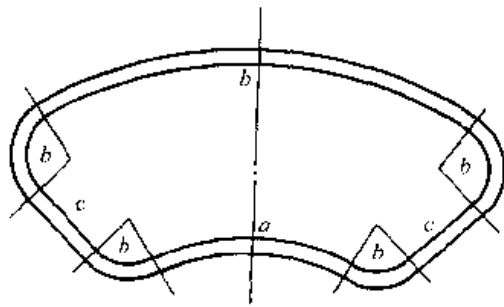


图 19.5-5 异孔翻边

$$E_s = \frac{b}{R-b}$$

式中符号见图 19.5-6。

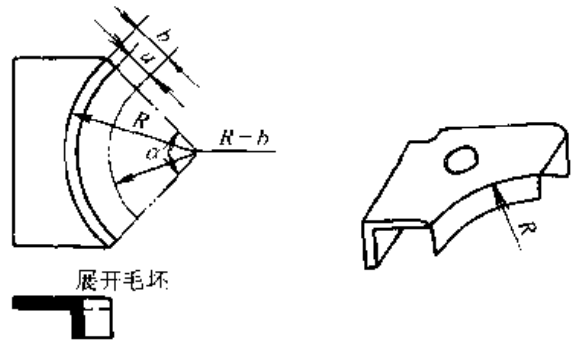


图 19.5-6 内曲翻边

1.2 外缘翻边

1.2.1 内曲翻边

用模具把毛坯上内凹的边缘，翻成竖边的冲压方法叫内曲翻边。其应力和应变情况与内孔翻边相似，属于伸长类翻边。内曲翻边的变形程度用 E_s 表示

内曲翻边的成型极限，根据翻边后竖边的边缘是否发生破裂来确定。表 19.5-4 列出了竖边边缘不破裂时的极限变形程度 E_d ，通常将它们作为内曲翻边的成型极限。

表 19.5-4 外缘翻边允许极限变形程度

材料名称及牌号	$E_d/\%$		$E_d/\%$		材料名称及牌号	$E_d/\%$		$E_d/\%$	
	橡胶成形	模具成形	橡胶成形	模具成形		橡胶成形	模具成形	橡胶成形	模具成形
铝合金					黄铜				
1035-O	25	30	6	40	H62 软	30	40	8	45
1035-HX6	5	8	3	12	H62 半硬	10	14	4	16
3A21-O	23	30	6	40	H68 软	35	45	8	55
3A21-HX6	5	8	3	12	H68 半硬	10	14	4	16
5A02-O	20	25	6	35	钢				
5A03-OHX6	5	8	3	12	10	—	38	—	10
2A12-O	14	20	6	30	20	—	22	—	10
2A12-HX8	6	8	0.5	9	1Cr18Ni9 软	—	15	—	10
2A11-O	14	20	4	30	1Cr18Ni9 硬	—	40	—	10
2A11-HX8	5	6	0	0	2Cr18Ni9	—	40	—	10

翻边力可近似按下式计算

$$F = cLt\sigma_s$$

式中 F ——翻边力 (N);
 c ——系数，可取 0.5~0.8;
 L ——翻边线长度 (mm);
 t ——材料厚度 (mm);
 σ_s ——材料屈服点 (MPa)。

内曲翻边毛坯计算可参考内孔翻边毛坯计算。

1.2.2 外曲翻边

用模具把毛坯上外凸的边缘，翻成竖边的冲

压方法叫做外曲翻边。其应力应变情况类似于浅拉深，属压缩类翻边。外曲翻边时，由于切向受压应力，容易起皱，故成型极限主要受压缩起皱的限制。其变形程度用 E_c 表示

$$E_c = \frac{b}{R+b}$$

式中符号见图 19.5-7。

表 19.5-4 所列 E_d 为外曲翻边的极限变形程度。为了避免起皱可采用压边装置。

外曲翻边毛坯计算可参考浅拉深的毛坯计算。

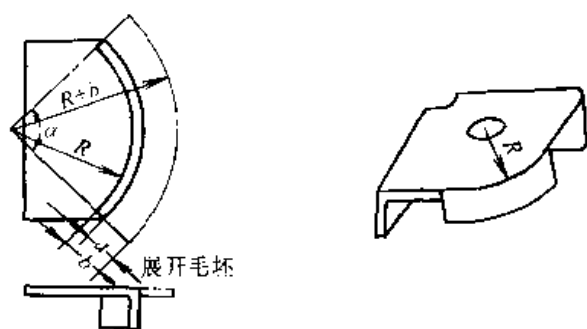


图 19.5-7 外曲翻边

1.3 变薄翻边

1.3.1 变形特点

变薄翻边属于体积成形。变薄翻边时，凸凹模之间采用小间隙，凸模下方的材料变形与圆孔翻边相似，但它们成形为竖边后，将会在凸、凹模之间的小间隙内受到挤压，发生较大的塑性变形，从而使竖边厚度减薄，增加高度。

从金属塑性变形的稳定性及不发生裂纹的观点来说，变薄翻边比普通翻边更为合理。变薄翻边要求材料具有良好的塑性。

变薄翻边一般应用于当零件的翻边高度较大，一般翻边不能满足，同时壁部又允许变薄的情况（图 19.5-8）。

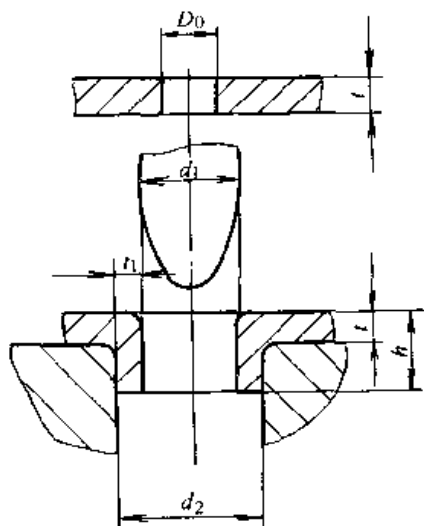


图 19.5-8 变薄翻边

1.3.2 工艺计算

(1) 翻边高度与预制孔尺寸

变薄翻边的翻边高度 h （见图 19.5-8）可用下式计算：

$$h = ct \frac{d_2^2 - D_0^2}{d_2^2 - d_1^2}$$

式中 h —— 翻边高度 (mm)；
 t —— 材料厚度 (mm)；
 d_2 —— 翻边凸缘外径 (mm)；
 D_0 —— 预制孔直径 (mm)；
 d_1 —— 翻边凸模外径 (mm)；
 c —— 系数（见图 19.5-9）。

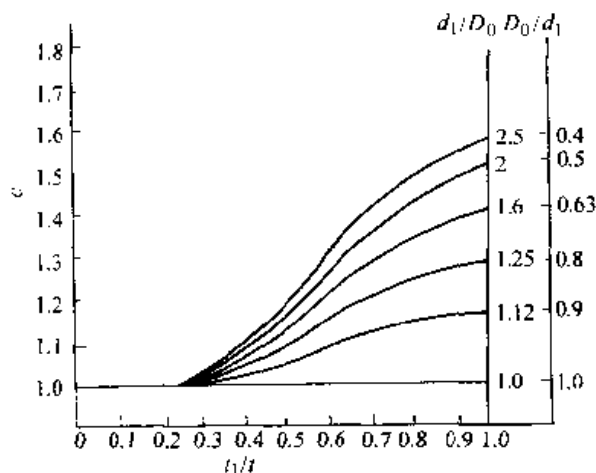


图 19.5-9 系数 c

变薄翻边预制孔尺寸的计算，应按翻边前后体积相等的原则进行。

$$\text{当 } r < 3 \text{ mm 时 } D_0 = \sqrt{\frac{d_2^2 t - d_2^2 h + d_1^2 h}{t}}$$

当 $r \geq 3$ mm 时，应考虑圆角处的体积，这时 D_0 可按下式计算：

$$D_0 = \sqrt{\frac{d_1^2 h - d_2^2 h_1 + \pi r^2 D_1 - D_1^2 r}{h - h_1 - r}}$$

式中符号见图 19.5-10。

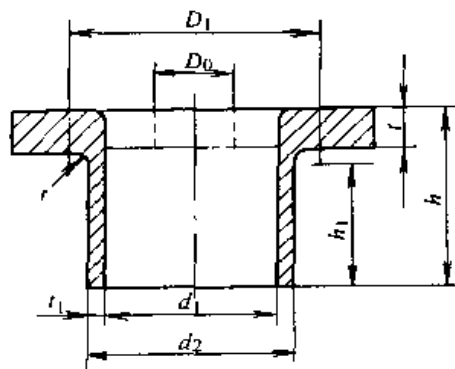


图 19.5-10 变薄翻边尺寸计算

(2) 变形程度

在变薄翻边中，变形程度不仅取决于翻边系数 K ，还取决于壁部的变薄程度 t_1/t_0 。

翻边系数 K 一般取 $K \geq 0.45$ 。

变薄系数 $t_1/t_0 = 0.55 \sim 0.40$ 。

若使用多环翻边凸模（图 19.5-11），变形程度可超过上述指标。

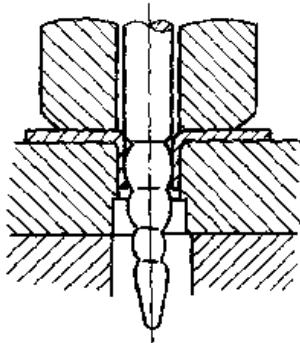


图 19.5-11 多环翻边凸模

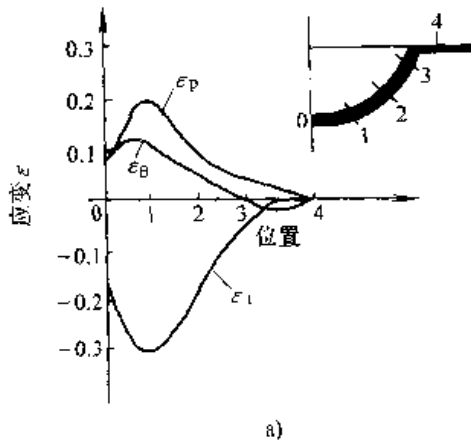
2 胀形

在模具的作用下，迫使毛坯厚度减薄和表面积增大，以获取零件几何形状的冲压加工方法叫做胀形。胀形方法主要用于平板毛坯的局部成形，圆柱形空心毛坯或管状毛坯沿径向往外扩张等。胀形是冲压变形的一种基本成形方法。

2.1 胀形变形分析

2.1.1 变形特点

图 19.5-12 是平板毛坯的局部胀形示意图。



a)

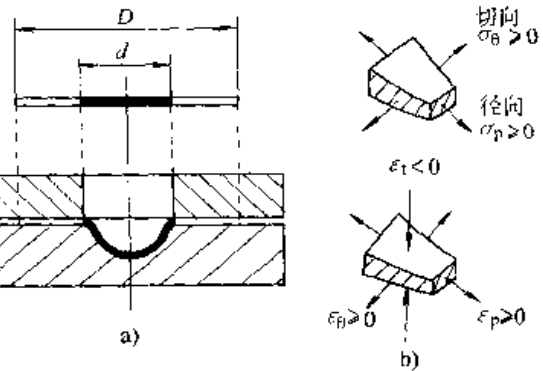
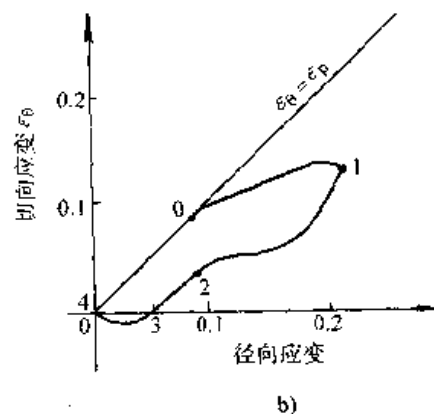


图 19.5-12 胀形变形分析

a) 胀形时的变形区 b) 胀形时的应力、应变

用网格分析法得到的胀形应变分布图和应变状态图如图 19.5-13 所示。由图可知，应力 σ_r 、 σ_θ 的大小在胀形变形区内各点是不完全相同，此时应力比值 ($\alpha = \frac{\sigma_\theta}{\sigma_r}$) 处于 $0 \leq \alpha \leq 1$ 的范围内。在双向拉应力条件下，卸载后的回弹很小。毛坯的贴模性与定形性都较好，容易得到尺寸精度较高的零件。此外，由于变形区中不存在压应力，所以不会出现失稳现象，因此零件表面光滑、质量好。



b)

图 19.5-13 胀形时应变分析

a) 应变分布图 b) 应变状态图

2.1.2 极限变形程度

胀形时，由于毛坯变形区的材料受双向拉应

力作用，其平均应力 σ_m 的数值大。胀形的破坏形式主要是破裂，所以胀形的极限变形程度是以

零件是否发生破裂来判断。对于不同的胀形方法、极限变形程度的表示方法不相同。局部胀形常用极限胀形高度 h_{max} 表示或用断面变形伸长率 ϵ_p 表示，对圆柱形空心毛坯则用极限胀形系数 K_p 表示。

虽然胀形方法不同，但变形区的应变性质都是一样的，破裂也总是发生在材料厚度减薄最严重的部位。所以影响极限变形程度主要因素有硬化指数 n 和均匀伸长率 δ_0 。硬化指数 n 较大，材料应变强化能力也强，可促使变形区内各部分的变形分布趋于均匀，致使总体变形程度增大，能提高胀形的极限变形程度；均匀伸长率 δ_0 较大，板材塑性变形稳定性增大，故胀形极限变形程度也提高。

2.2 胀形工艺

2.2.1 平板毛坯的局部胀形

用凸模冲压平板毛坯，当毛坯外形尺寸大于3倍变形区尺寸时，变形只发生在与凸模接触的区域内，此即为平板毛坯的局部胀形。此类胀形也称作起伏成形。生产中常见的压加强肋、压凸包、压字和压花等（图 19.5-14），都是采用这种方法成形。

(1) 压加强肋

常用的加强肋形式和尺寸见表 19.5-5。加强肋能够一次成形的条件是：

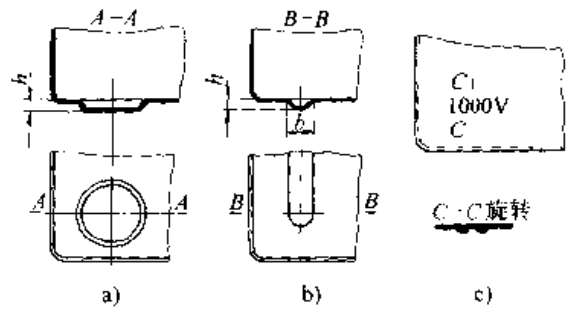


图 19.5-14 平板毛坯局部胀形
a) 压凸包 b) 压加强肋 c) 压字

$$\epsilon_p = \frac{l - l_0}{l_0} \leq (0.70 \sim 0.75)\delta \quad (19.5-3)$$

式中 l_0 ——成形前的原始长度 (mm)；
 l ——成形后沿截面的材料长度 (mm)；
 δ ——材料的伸长率。

如果计算结果不满足式 (19.5-3)，则应增加工序，如图 19.5-15 所示为采用两道工序。

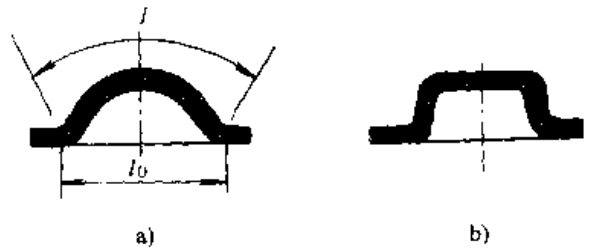


图 19.5-15 两道工序完成的加强肋
a) 预成形 b) 最终成形

表 19.5-5 加强肋的形式和尺寸

名称	简图	R/t	h/t	b/t 或 D/t	r/t	$\alpha/ (^{\circ})$
半圆形肋		3~4	2~3	7~10	1~2	—
梯形肋		—	1.5~2	≥ 3	0.5~1.5	15~30

压加强肋的变形力按下式计算：

$$F = KLt\sigma_0$$

式中 F ——变形力 (N)；

K ——系数，一般取 0.7~1，当加强肋形状窄而深时取大值；

L ——加强肋周长 (mm)；

t ——毛坯厚度 (mm);

σ_b ——材料抗拉强度 (MPa)。

(2) 压凸包

冲压凸包时, 凸包高度受到材料性能参数、模具形状及润滑条件的影响, 一般不能太大, 其数值见表 19.5-6。

冲压压力可用下式计算:

$$F = KA_t^2$$

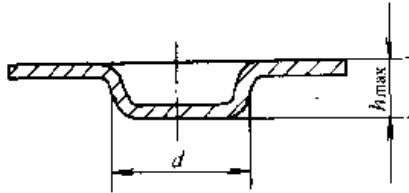
式中 F ——变形力 (N);

K ——系数, 对钢为 200~300 N/mm²,
对铜为 50~200 N/mm²;

A ——局部胀形面积 (mm²);

t ——板材厚度 (mm)。

表 19.5-6 平板毛坯冲压凸包时成形极限

简 图	材 料	许用成形高度 h_{max}/d
	软 钢	$\leq 0.15 \sim 0.2$
	铝	$\leq 0.1 \sim 0.15$
	黄 铜	$\leq 0.15 \sim 0.22$

2.2.2 圆柱空心毛坯的胀形

(1) 胀形的变形程度

胀形时, 材料受切向拉应力而产生切向伸长变形, 因此, 胀形变形程度用胀形系数 K_p 表示:

$$K_p = \frac{d_{max}}{d_0}$$

式中 d_0 ——圆柱空心毛坯原始直径 (mm);

d_{max} ——胀形后零件的最大直径 (mm)。

极限胀形系数和材料切向许用伸长率 δ_{ϕ} 有下列关系:

$$\delta_{\phi} = \frac{\pi d_{max} - \pi d_0}{\pi d_0} = K_p - 1$$

表 19.5-7 列出了一些金属材料的极限胀形系数和切向许用伸长率的试验值。

表 19.5-7 极限胀形系数和切向许用伸长率 (试验值)

材 料	厚度/mm	极限胀形系数 K_p	切向许用伸长率 $\delta_{\phi}/\%$
铝合金 3A21-O	0.5	1.25	25
	1.0	1.28	28
纯铝 1070A、1060 1050A、1035 1200、8A06	1.5	1.32	32
	2.0	1.32	32
黄铜 H62 H68	0.5~1.0	1.35	35
	1.5~2.0	1.40	40
低碳钢 08F 10、20	0.5	1.20	20
	1.0	1.24	24
不锈钢 (如 1Cr18Ni9Ti)	0.5	1.26~1.32	26~32
	1.0	1.28~1.34	28~34

(2) 毛坯的尺寸计算

毛坯的尺寸计算参考图 19.5-16。

胀形件的毛坯直径可取:

$$d_0 = \frac{d_{max}}{K_p}$$

当两端不固定时, 毛坯长度取:

$$L_0 = L [1 + (0.3 \sim 0.4) \delta] + \Delta h$$

式中 L_0 ——毛坯长度 (mm);

L ——零件变形区母线长度 (mm);

δ ——零件变形区切向最大伸长率;

Δh ——修边余量, 一般取 10~20mm。

(3) 胀形力的计算

胀形力按下式计算:

$$F = qA$$

$$q = 1.15 \sigma_b \frac{2t}{d_{max}}$$

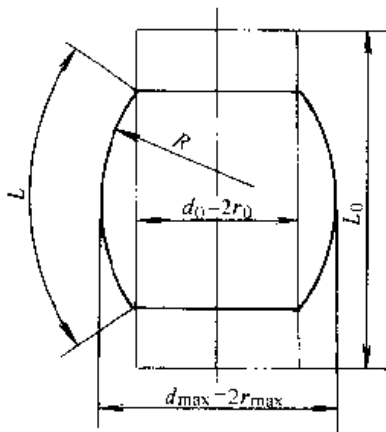


图 19.5-16 胀形变形区毛坯尺寸

式中 F ——胀形力 (N);

A ——胀形面积 (mm^2);

q ——单位胀形力 (MPa);

d_{\max} ——胀形最大直径 (mm);

t ——材料厚度 (mm);

σ_b ——材料抗拉强度 (MPa)。

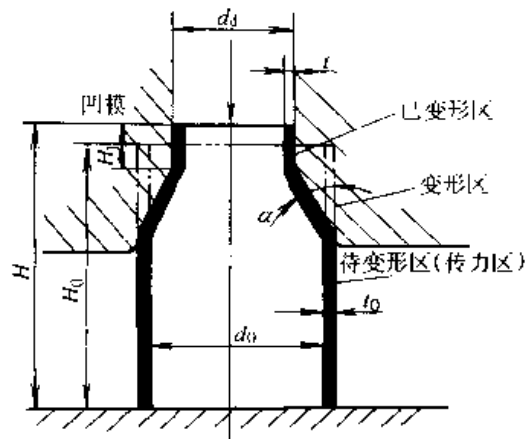


图 19.5-17 缩口成形示意图

此，由较大直径缩成很小直径的颈口，往往需多次缩口。缩口变形程度一般用缩口系数表示

$$K_s = \frac{d_n}{d_0}$$

式中 K_s ——总的缩口系数;

d_0 ——缩口前工件的直径 (mm);

d_n —— n 次缩口后工件的直径 (mm)。

每一工序的平均缩口系数

$$K_{sw} = \frac{d_1}{d_0} = \frac{d_2}{d_1} = \dots = \frac{d_n}{d_{n-1}}$$

表 19.5-8 为各种材料的平均缩口系数。

缩口系数也和材料厚度有关，材料太薄时应适当放大缩口系数。表 19.5-9 列出材料厚度与缩口系数的关系。

3 缩口、扩口与校平

3.1 缩口

缩口是将空心件或管子的敞口处加压缩小的冲压工序，如图 19.5-17。

3.1.1 缩口变形程度

缩口前、后工件端部直径变化不宜过大，否则，端部材料会因受压缩变形剧烈而起皱。因

表 19.5-8 平均缩口系数 K_{sp}

材 料	模 具 形 式		
	无支承	外部支承	内外支承
软钢	0.70~0.75	0.55~0.60	0.30~0.35
黄铜	0.65~0.70	0.50~0.55	0.27~0.32
铝	0.68~0.72	0.53~0.57	0.27~0.32
硬铝 (退火)	0.75~0.80	0.60~0.63	0.35~0.40
硬铝 (淬火)	0.75~0.80	0.68~0.72	0.40~0.43

注：1. 外部支承指外径夹紧支承。

2. 内部支承指内孔用心轴支承。

表 19.5-9 材料厚度和缩口系数的关系

材 料	材 料 厚 度/mm		
	<0.5	0.5~1	>1
黄铜	0.85	0.8~0.7	0.7~0.65
软钢	0.8	0.75	0.7~0.65

多道缩口工序中第一道可采用比平均值 K_{sp} 小 10% 的缩口系数, 以后各道工序采用比平均值 K_{sp} 大 5%~10% 的缩口系数。

缩口系数按下式计算:

$$n = \frac{\lg K_s}{\lg K_{sp}}$$

式中 n ——缩口次数;

K_s ——总缩口系数;

K_{sp} ——平均缩口系数。

3.1.2 毛坯尺寸计算

不同的缩口形式 (图 19.5-18) 有不同的毛

坯尺寸的计算公式。

对图 19.5-18a 的形式:

$$h_0 = (1 \sim 1.05) \left[h_1 + \frac{d_0^2 - d^2}{8d_0 \sin \alpha} \left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \right]$$

对图 19.5-18b 的形式:

$$h_0 = (1 \sim 1.05) \left[h_1 + h_2 \sqrt{\frac{d}{d_0}} + \frac{d_0^2 - d^2}{8d_0 \sin \alpha} \times \left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \right]$$

对图 19.5-18c 的形式:

$$h_0 = h_1 + \frac{1}{4} \left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \sqrt{d_0^2 - d^2}$$

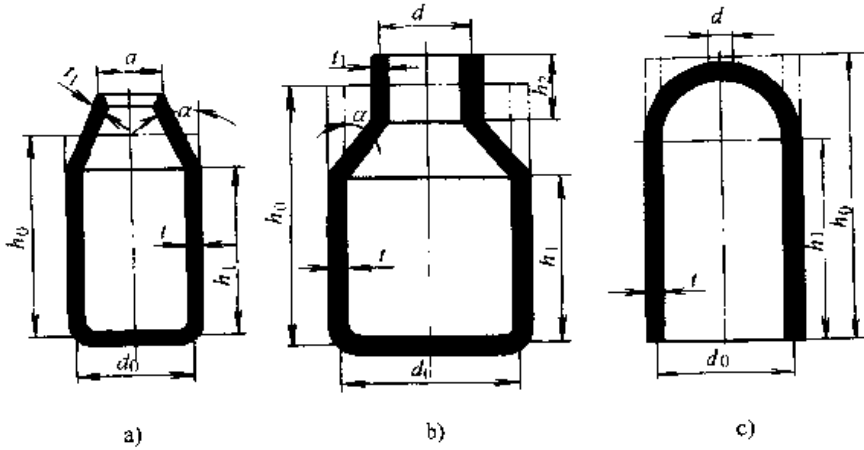


图 19.5-18 缩口形式
a) 斜口 b) 直口 c) 球面

3.1.3 缩口力的计算

缩口力可按下式计算:

$$F = K \left[1.1 \pi D t \sigma_s \left(1 - \frac{d}{D} \right) \left(1 + \mu \cot \alpha \right) / \cos \alpha \right]$$

式中 F ——缩口力 (N);

t ——毛坯厚度 (mm);

D ——毛坯直径 (按中心层) (mm);

d ——缩口部分直径 (按中心层) (mm);

μ ——凹模与毛坯接触面的摩擦系数;

σ_s ——材料屈服点 (MPa);

α ——凹模圆锥角 (度);

K ——速度系数, 在曲柄压力机上工作时, $K = 1.15$ 。

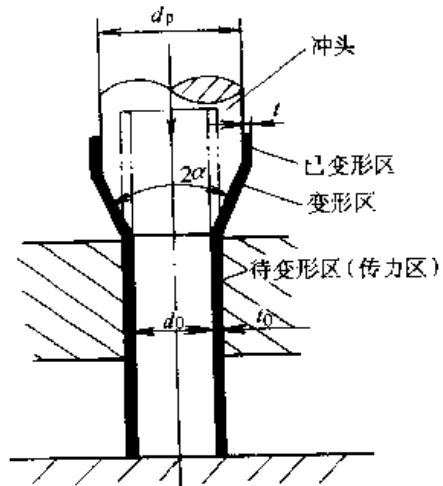


图 19.5-19 扩口变形示意图

3.2 扩口

扩口是将空心件或管子端部直径加以扩大的冲压工序, 如图 19.5-19 所示。

3.2.1 扩口变形程度

扩口变形程度的大小用扩口系数 K_e 来表示。

$$K_e = \frac{d_p}{d_0}$$

式中 K_e ——扩口系数；
 d_p ——冲头直径 (mm)；
 d_0 ——毛坯直径 (取中径尺寸) (mm)。

极限扩口系数是在传力区不压缩失稳条件下，变形区不开裂时，所能达到的最大扩口系数，一般用 K_{ec} 来表示。

极限扩口系数的大小取决于材料的种类、坯料的厚度和扩口角度 α 等多种因素。图 19.5-20 给出了扩口角为 20° 时的极限扩口系数。

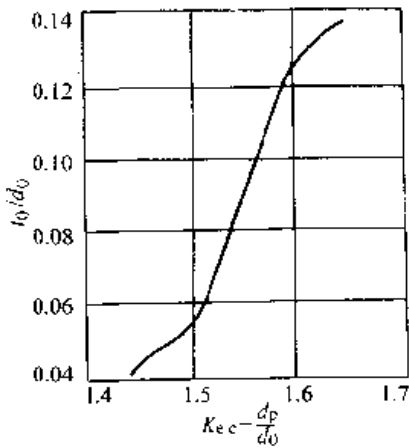


图 19.5-20 极限扩口系数

3.2.2 毛坯尺寸计算

不同的扩口形式有不同的毛坯计算公式。

对于锥口形扩口件 (图 19.5-21)

$$H_0 = (0.97 \sim 1.0) \left[h_1 + \frac{1}{8} \frac{d^2 - d_0^2}{d_0 \sin \alpha} \left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \right]$$

对于带圆筒形部分的扩口件 (图 19.5-22)

$$H_0 = (0.97 \sim 1.0) \left[h_1 + \frac{1}{8} \frac{d^2 - d_0^2}{d_0 \sin \alpha} \left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) + h \sqrt{\frac{d}{d_0}} \right]$$

对于平口形扩口件 (图 19.5-23)

$$H_0 = (0.97 \sim 1.0) \left[h_1 + \frac{1}{8} \frac{d^2 - d_0^2}{d_0} \left(1 + \sqrt{\frac{d_0}{d}} \right) \right]$$

对于整体扩径件 (图 19.5-24)

$$H_0 = H \sqrt{\frac{d}{d_0}}$$

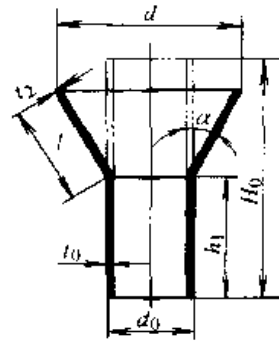


图 19.5-21 锥口形扩口件

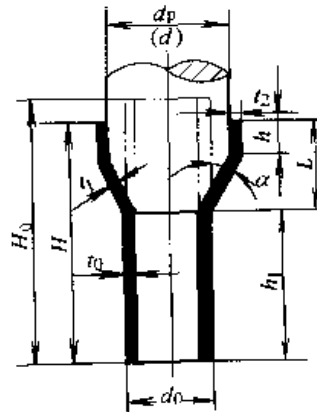


图 19.5-22 带圆筒形扩口件

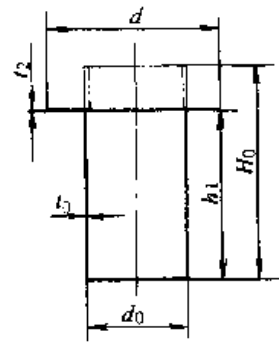


图 19.5-23 平口形扩口件

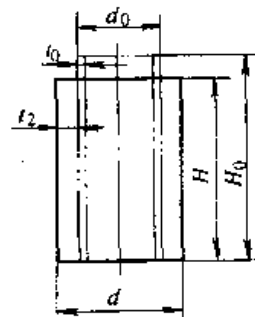


图 19.5-24 整体扩径件

3.3 校平与整形

校平是提高局部或整体平面型零件平直度的冲压工序。这种工序大都在冲裁、弯曲、拉深之后进行。一般来说，对于表面形状及尺寸精度要求较高的冲压件都要经过校平与整形。

3.3.1 校平

校平工序多用于冲裁件，消除其穹弯造成的不平。对薄料且表面不允许有压痕的制件，一般用光面校平（见图 19.5-25）。对于材料较厚且表面允许有压痕的制件，通常采用齿形校平（见图 19.5-26）。

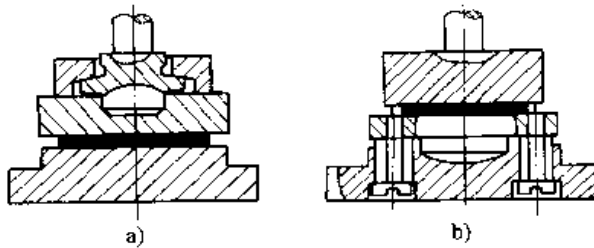


图 19.5-25 光面校平模
a) 浮动上模 b) 浮动下模

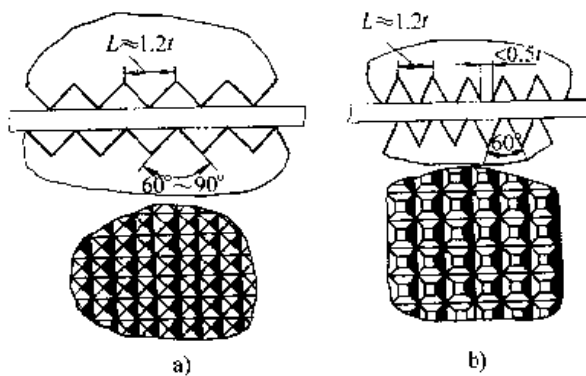


图 19.5-26 校平模齿形
a) 细齿 b) 粗齿

3.3.2 整形

弯曲工件由于弹复，以及由于拉深或翻边凹模圆角半径不能太小的限制而使工件不能达到较小的圆角半径，往往用整形模使其达到较准确的尺寸和形状，如图 19.5-27 和图 19.5-28 所示。

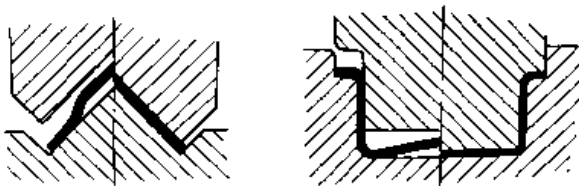


图 19.5-27 弯曲件的整形

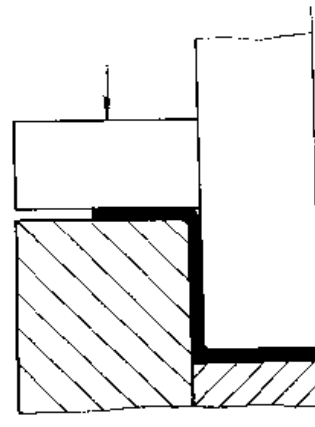


图 19.5-28 拉深件的整形兼角部精压

3.3.3 校平与整形力的计算

校平、整形力可按式计算

$$F = Ap$$

式中 F ——校平、整形力 (N);
 A ——校平、整形面积 (mm^2);
 p ——单位压力 (MPa)。

对于软钢和黄铜:

在平面模上校平 $p = 80 \sim 100 \text{ MPa}$;
在细齿模上校平 $p = 100 \sim 200 \text{ MPa}$;
在粗齿模上校平 $p = 200 \sim 300 \text{ MPa}$ 。

4 爆炸成形

爆炸成形是利用具有化学能的炸药，在爆炸时释放的剧烈的能量作为能源来成形金属零件的一种加工方法。

4.1 爆炸成形特点及其应用

爆炸成形是金属高能加工方法中的一种。其典型特点是在大约几毫秒的短促时间内，将能量由化学能传递到被加工金属板料上去，使之产生变形。

爆炸成形另一特点就是设备投资低，其成形能量大小不受限制，可根据零件成形的要求来调整压力分布和大小，故爆炸成形加工的适应性很广。

爆炸成形和其他高能成形所共有的另一特点就是 在一定范围内高速变形将增大材料的延伸性。

爆炸成形已应用在板及薄板的成形、环形件的胀形、管子的缩颈、压痕、硬化等多种成形工艺。

爆炸成形所适用的金属材料种类非常广泛，铝合金、碳钢、合金钢、不锈钢、钛合金和难熔金属等均可用爆炸成形方法成形。

4.2 爆炸成形对材料性能的影响

爆炸成形后材料的力学性能的改变不能一概而论。大多数材料提高了强度，与普通方法产生相同的变形时对强度的提高是一致的。大多数普通的碳钢和不锈钢都有这种特点。

铝合金强度在爆炸成形中实际上保持不变。它的抗拉强度几乎没有改变，屈服强度提高甚微。

经过沉淀硬化的不锈钢，在室温下具有奥氏体，而在变形后具有马氏体。爆炸成形以后，抗拉强度和屈服强度都有很大的提高。

经过大量实验表明，爆炸成形产品的力学性能与冷压产品相同，但由于应变比较均匀，故比冷压产品更好。

4.3 爆炸成形中能量传递机理

能够估算由炸药传到金属制件的能量大小，是爆炸成形能否成功应用的一个很重要的因素。

对于一个给定类型和大小的药包，能量的传递很大程度上取决于制件相对于药包的形状。例如，若药包在一个包围着它的球形工件中心爆炸，那么能量的传递是最大的。若一张和球的表面积一般大的平板，药包在它的中心上方垂直高度与球半径相等的位置爆炸，那么它所得到的能量就小得多。

药包和毛坯之间传能介质的性质也显著地影响着能量传递效率。若炸药在完全真空中爆炸，那么几乎没有什么能量会传递到毛坯上；假如炸药在空气中爆炸，就会产生显著的能量传递；若用水作为传能介质，能量的传递则更加有效。

估算由炸药传到金属制件的能量有两种方法。

第一种方法主要以炸药的比能，即每千克炸药的能量及制件相对炸药的形状为依据。传能介质的影响则用一个经验系数来表达。

第二种方法是以能量密度的经验公式为依

据，这些公式都是根据用膜式计算得来的水下爆炸测量值推导出来的，因而包含着二次加载的作用。将根据这些公式求得的能量密度对整个工件表面进行积分，就能得出总能量。

4.3.1 几何法

这个方法主要是以炸药的比能，金属制件和药包中心所构成的立体角与包围着炸药包的球所构成的立体角的比值为依据。这个关系见图 19.5-29 所示。金属制件或毛坯与药包中心所构成的立体角是 $2\pi(1-\cos\phi)$ 立体弧度。一个点所对应的总立体角为 4π 立体弧度。因此，单独从几何形状考虑的能量传递效率为

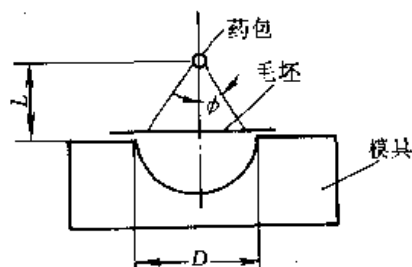


图 19.5-29 平板毛坯的能量传递

$$\eta = \frac{2\pi(1-\cos\phi)}{4\pi} = \frac{1}{2}(1-\cos\phi)$$

传递到毛坯的总能量 E_T 为

$$E_T = \frac{1}{2} \eta_1 (1-\cos\phi) W e$$

式中 W ——炸药的质量 (kg)；

e ——炸药的比能，即单位质量的能量；

ϕ ——见图 19.5-29。

η_1 是传能介质对能量传递效率影响的总量度。它表达了药包总能量中通过膨胀着的首次冲击波和伴随着产生的二次加载现象这二者传递出来的能量。

对于水下爆炸，当 $L/D \leq 0.5$ 时：

$$1/\eta_1 = 4.23 - 3.7(L/D)$$

当 $0.5 < L/D \leq 1.0$ 时：

$$1/\eta_1 = 4.02 - 2.83(L/D)$$

各种炸药的比能和特性列于表 19.5-10。

表 19.5-10 炸药性能

炸 药	化 学 名	分子式或 化学组分	物理 状态	密度/ g·cm ⁻³	爆轰特性			爆炸产物		
					温度/ ($\frac{5}{9}K$)	爆压/ GPa	爆速/ m·s ⁻¹	气体膨胀/ m ³ ·kg ⁻¹	热量/ J·kg ⁻¹	比能/ MJ·kg ⁻¹
一次炸药 雷酸汞		C ₂ N ₂ HGO ₂	粒状	4.17	6.894 76	0.304 8	0.062 428	2 326.01	2.989 07	
							18 200	5.00	770	0.6

续表 19.5-10

炸 药	化 学 名	分子式或 化学组分	物理 状态	密度/ g·cm ⁻³	爆轰特性			爆炸产物		
					温度/ ($\frac{5}{9}K$)	爆压/ GPa	爆速/ m·s ⁻¹	气体膨胀/ m ³ ·kg ⁻¹	热量/ J·kg ⁻¹	比能/ MJ·kg ⁻¹
氯化铅		N ₆ Pb	粒状	4.0			16 700	4.87	657	0.512
重氮二硝基苯酚			粒状	1.58			22 600		1 465	1.14
收敛酸铅 二次炸药		C ₆ HN ₃ O ₈ Pb	粒状	2.9			17 050	6.98	658	0.515
				(A) ^①						
梯恩梯 (TNT)	三硝酸甲苯	C ₇ H ₅ O ₆ N ₃	粒状	1.56	7 057	2.25	22 600	11.6	1 655	1.29
梯恩梯 (TNT)	三硝酸甲苯	C ₇ H ₅ O ₆ N ₃	粒状	1.60		2.4	23 000			
特屈儿 (Tetryl)	三硝基甲苯 硝胺	C ₇ H ₅ O ₈ N ₅	粒状	1.6	7 957	2.9	25 700	12.06	2 005	1.56
				(A) ^①						
黑索金 (R.D.X)	环三亚甲基 三硝胺	C ₃ H ₆ N ₆ O ₆	粒状	1.7	9 832	3.4	27 500	14.4	2 325	1.81
				(A) ^①						
季戊炸药或泰 安 (PETN)	季戊四醇四 硝酸酯	C ₅ H ₈ O ₁₂ N ₄	粒状	1.7	9 732	3.2	27 200	12.51	2 480	1.93
				(A) ^①						
季戊炸药或泰 安 (PETN)	季戊四醇四 硝酸酯	C ₅ H ₈ O ₁₂ N ₄	粒状	1.6		3.2	26 500			
硝酸铵		NH ₄ NO ₃	粒状	0.9			8 850	15.51	620	0.483
Detasheet				1.48			23 000		1 800	1.4
混合炸药 Com- positionA-3		91%黑索金 9%蜡		1.59			26 600			1.64
混合炸药 Com- positionB		52.2%黑索金 40.0%梯恩梯 1.2%聚异丁烯 3.6%蜡		1.66			25 600		2220	1.73
混合炸药 Com- positionC-3		77%黑索金 23%增塑剂	可塑 态	1.60			25 000			
混合炸药 Com- positionC-4		91%黑索金 1.6%马达油 5.3%癸二酸氢 酯 2.1%聚丁烯	可塑 态	1.59			26 400			
硝化甘油	5, 3-癸二 酸氢酯	C ₃ H ₅ N ₃ O ₉	液态	1.6			25 200	11.3	2 660	2.08
硝化纤维		C ₆ H ₇ O ₅ (NO ₂) ₃		1.2			24 000	14.0	1 730	1.35
苦味酸	2, 4, 6-三 硝基苯酚	C ₆ H ₃ N ₃ O ₇	铸态	1.7	7 057	2.65	24 100	10.7	1 790	1.395
炸药 "D"	2, 4, 6-三 硝基苯酚		粒态	1.63			23 500		1 430	1.115
硝基胍		H ₂ H·C (: NH) NH·NO ₂	粒态	1.55			25 100	17.0	1 290	1.01
Haleite	乙二硝胺	CH ₂ ·NH·NO ₂	粒态	1.55			25 400	14.4	2 290	1.78

续表 19.5-10

炸 药	化 学 名	分子式或 化学组分	物理 状态	密度/ g·cm ⁻³	爆轰特性			爆炸产物		
					温度/ ($\frac{5}{9}K$)	爆压/ 6.894 76 GPa	爆速/ 0.304 8 m·s ⁻¹	气体膨胀/ 0.062 428 m ³ ·kg ⁻¹	热量/ 2 326.01 J·kg ⁻¹	比能/ 2.989 07 MJ·kg ⁻¹
阿摩托儿 (Amatol)		50% 硝铵								
特里托纳儿 (Tritonal)		50% 梯恩梯 80% 梯恩梯	铸态	1.55			21 100	13.6	1 752	1.365
彭托莱特 (Pentolite)		20% 铝粉 50% 季戊炸药	铸态	1.72		2.8	22 000 24 400	8.9	2 630 2 190	2.05 1.70
特屈托儿 (Tetrytol)		70% 特屈儿 30% 梯恩梯	铸态	1.60			24 000			
比克拉托儿 (Picratol)		52% 炸药 "D" 48% 梯恩梯	铸态	1.62			22 600			
爱得诺突儿 (Ednatol)		55% 乙二硝胺 45% 梯恩梯	铸态	1.62			24 100			
铝粉混合炸药 (Torpex)		41% 黑索金 18% 铝粉 41% 梯恩梯	铸态	1.81			25 000		2 690	2.09
丁省 (Tetracen) 爆胶	达纳炸药		粒状					18.9	1 180	0.92
Titan primers			塑态	1.45	2.6		25 000			1.63
60% 优质爆胶	达纳炸药		铸态	1.2	1.6		20 500			1.39
40% 纯达纳炸药	达纳炸药		塑态	1.4	1.2	(B) ^②				0.986
60% 优质达纳炸药	达纳炸药		粒状	1.4	0.97		15 500			0.808
Gelamite ® 2	达纳炸药*		粒状	1.3	0.62		12 500			0.960
			半塑 态	1.15	0.49		11 500			1.00
Hercornite ® 4	达纳炸药*		粒状	1.0	0.36		10 500			1.00
Hercornite6	达纳炸药*		粒状	0.88	0.25		9 000			1.00
旋风炸药	达纳炸药									1.81
无烟火药										0.975
Hercornite3A	达纳炸药		粒状	1.1	0.22		7 900			1.00
Hercornite7	达纳炸药		粒状	0.83	0.19		7 900			0.972
Hercornite7A	达纳炸药		粒状	0.83	0.12		6 500			0.956
Bituminite ® D			粒状	0.90	0.07		4 600			0.944
枪用无烟火药 (Bullseye ®)	无烟火药		粒状	1.1	(D) ^④ 0.41		(C) ^③ 0.0254 m/s			1.62

注：带*为 Hercules 商标。

① 压制密度。

② 需要足够的起爆来获得这个爆速。

③ 在 6.894 76 MPa 下的燃烧速度。

④ 枪用无烟火药 Bullseye 在它原来占有的体积的条件下燃烧所产生的压强。

4.3.2 能量法

能量法以经验公式为依据，而经验公式是用水下爆炸的测量值推导出来的。所以，这个方法只能用于水作为传能介质的爆炸成形。

水下爆炸冲击波的能量密度为

$$E_d = \frac{CW^{\frac{G+1}{3}}}{R^G}$$

式中 E_d —— 冲击波能量密度 (kg/m^2)；

W —— 炸药质量 (kg)；

R —— 与炸药中心的距离 (m)；

C 和 G —— 常数，见表 19.5-11。

表 19.5-11 能量常数

炸 药	$C \times 10^{-3}$	G
梯恩梯	390	2.05
松散特屈儿	555	2.10
彭特莱特	640	2.12
泰安	520	2.12
HBX-1	605	2.06
HBX-3	388	2.02

(1) 从集中炸药包传递到圆平板毛坯的能量
设药包的质量为 W ，它放在距离毛坯中心为 L 的地方，如图 19.5-30 所示。

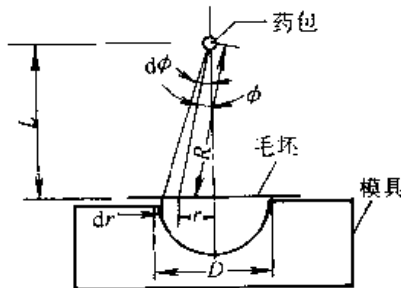


图 19.5-30 传递到圆平板毛坯的爆炸能量

冲击波的爆炸能量密度由上式给出。角度 $d\phi$ 对着冲击波那一部分中的能量传递到半径为 r 、宽度为 dr 的环状微元上，如图 19.5-30 所示。上述 $d\phi$ 角对着的冲击波微元中的能量由下式得出：

$$dE_T = \left(\frac{CW^{(G+1)/3}}{R^G} \right) (2\pi r R d\phi)$$

这份能量传递到面积为 $dA = 2\pi r dr$ 的毛坯环状微元上。由图 19.5-30 可见，上式可写成

$$dE_T = \frac{CW^{(G+1)/3}}{R^G} \cos\phi 2\pi r dr$$

通过积分就得出传递到毛坯上的总能量：

$$E_T = 2\pi CW^{(G+1)/3} \int_0^{D/2} \frac{r \cos\phi}{R^G} dr$$

把 $r = L \tan\phi$ 和 $R \cos\phi = L$ 代入，可得到

$$E_T = 2\pi CW^{(G+1)/3} \frac{1}{L^{G-2}} \cdot \frac{1}{G-1} [1 - \cos^{(G-1)\phi}]$$

式中 $\tan\phi = D/2L$

(2) 由放置在管子纵轴上的集中药包传递到管壁的能量

距离药包为 R 处的冲击波微元 AB (见图 19.5-31) 的能量密度为

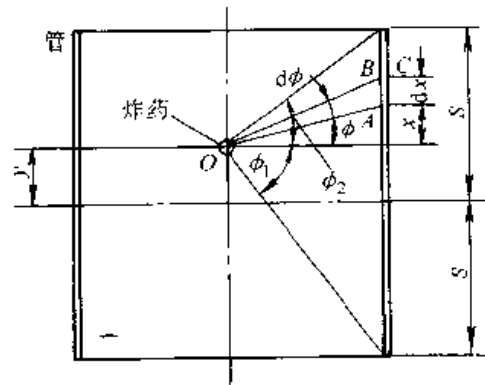


图 19.5-31 圆筒内点状炸药的爆炸能量分布

y —药包与管子一半长度处的距离；

W —药包重量； D —管子直径；

$2S$ —管子长度； $R = OA$ 。

$$E_d = \frac{C}{R^G} W^{(G+1)/3}$$

冲击波 AB 微元与管壁成 ϕ 角，它所包含的能量传递到一个面积较大的圆壁 AC 微元上。因为 $AB = AC \cdot \cos\phi$ ，所以 AC 微元上的能量密度为 $\frac{C}{R^G} W^{(G+1)/3} \cos\phi$ 。

AC 微元是直径为 D ，高度为 dx 的短圆管，传递到它上的能量由下式给出

$$dE_T = \frac{C}{R^G} W^{(G+1)/3} \cos\phi \pi D dx$$

传递到管子的总能量为：

$$E_T = \pi CD W^{(G+1)/3} \int_{-(s+y)}^{(s-y)} \frac{\cos\phi}{R^G} dx$$

因 $R \cos\phi = D/2$ 及 $x = (D/2) \tan\phi$

则 $dx = (D/2) \sec^2\phi d\phi$

代入得 $E_T = \pi CW^{(G+1)/3} D \int_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{\cos^{G-1}\phi}{(D/2)^{G-1}} d\phi$

即

$$E_T = 2^{G-1} \pi CW^{(G+1)/3} D^{2-G} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \cos^{G-1}\phi d\phi$$

式中 $\phi_1 = \arctan \frac{-2(s+y)}{D}$, $\phi_2 = \arctan \frac{2(s-y)}{D}$

从表 19.5-11 可以看出, 各种高能炸药的 G 值差别很小, 其数值接近 2。把 $G=2$ 代入上式可得:

$$E_T = 2\pi CW \int_{\phi_1}^{\phi_2} \cos\phi d\phi$$

积分得

$$E_T = 2\pi CW (\sin\phi_2 - \sin\phi_1)$$

或写为

$$E_T = 2\pi CW \left(\frac{s-y}{\sqrt{(s-y)^2 + D^2/4}} + \frac{s+y}{\sqrt{(s+y)^2 + D^2/4}} \right)$$

3) 放置在管子纵轴上的线状炸药传递到管壁的能量 (见图 19.5-32)

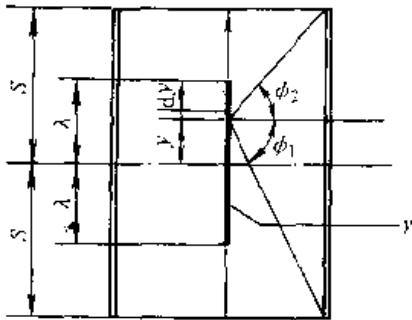


图 19.5-32 线状炸药传递到管壁的爆炸能量

长度 dy , 强度为 γ 的线状炸药传递到管子内壁的总能量由下式给出:

$$dE_T = 2\pi C (\sin\phi_2 - \sin\phi_1) \gamma dy$$

则

$$E_T = 2\pi C \gamma \int_{-\lambda}^{\lambda} (\sin\phi_2 - \sin\phi_1) dy$$

积分后得:

$$E_T = 2\pi CW \left[\sqrt{\left(1 + \frac{s}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{D}{2\lambda}\right)^2} - \sqrt{\left(1 - \frac{s}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{D}{2\lambda}\right)^2} \right]$$

式中 $W = 2\lambda\gamma$

5 电磁成形

5.1 电磁成形的原理、加工方式及特点

电磁成形又称磁力成形或磁脉冲成形, 它是利用毛坯 (或借助于驱动片) 在强脉冲磁场中受电磁力作用而产生塑性变形的一种高能率成形方

法, 其原理如图 19.5-33 所示。当高压放电开关 K 闭合, 充电后的储能电容器组 C 对工作线圈放电并产生一脉冲电流, 该电流在线圈周围形成一强脉冲磁场 B (Wb/m^2), 由于穿过金属管坯的磁通量发生急剧变化, 管坯内表面会产生感应电流, 方向与线圈电流方向相反; 同样, 感应电流形成磁场 B' , 其反向磁通阻止初始磁通穿过工件, 迫使磁感应线密集在线圈和管坯的间隙内。线圈及管坯合成磁场的轴向分量 ($B_z + B_z'$) 作用于感应电流, 使管坯内表面各部分受到沿半径向外的冲击压力 F_r (Pa), 而合成磁场的径向分量 ($B_r + B_r'$) 则产生轴向电磁力 F_z :

$$F_r = \frac{(B_z + B_z')^2}{2\mu}$$

$$F_z = \frac{(B_r + B_r')^2}{2\mu}$$

式中 μ ——材料磁导率 (H/m)。

如果脉冲磁压力 F_r 足够大, 则管坯产生塑性变形。

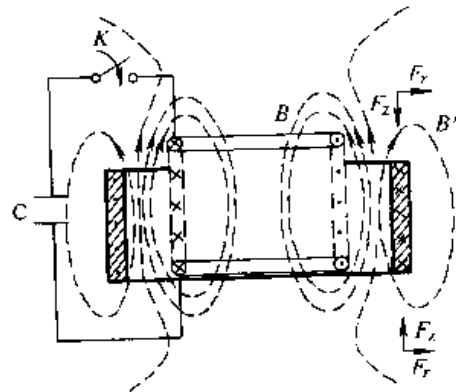


图 19.5-33 电磁成形原理

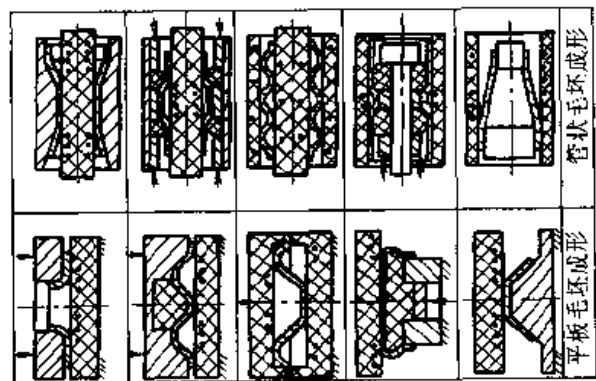


图 19.5-34 电磁成形的基本加工方式

电磁成形的基本加工方式如图 19.5-34 所示。按加工毛坯的形状, 电磁成形可分为管状毛

坯成形和平板毛坯成形：按力的传递方式，可分为直接加工和间接加工（见图 19.5-35）。

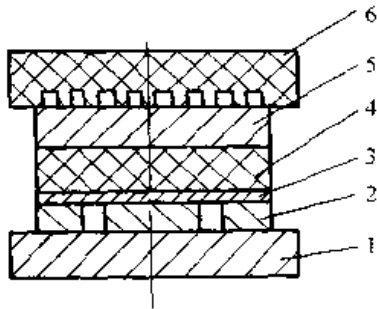


图 19.5-35 平板毛坯间接加工方式
1—垫板 2—模具 3—毛坯 4—弹性传压介质
5—驱动片 6—加工线圈

实际应用中，为扩大电磁成形的工艺应用范围，提高线圈的承载能力和使用寿命，常采用集磁器来改变磁场分布以满足成形工件的需要，如图 19.5-36 所示。集磁器上通常开有一沿高度方向的径向窄缝，当加工线圈中流过脉冲电流 i_1 时，由于高频电流的趋肤效应，集磁器中产生感应电流 i_2 并沿其内、外表面形成回路，在 i_2 的

作用下，毛坯中产生感应电流 i_3 。这样，集磁器便将磁场集中于局部加工区域。集磁器一般用高导电率、高强度材料如铍青铜或黄铜制成，缝隙宽度取 0.2~0.5 mm 为宜。常见的集磁器结构如图 19.5-37 所示。

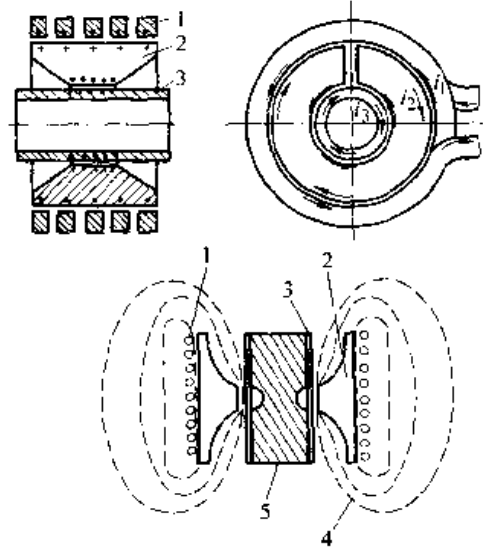


图 19.5-36 采用集磁器的加工原理
1—加工线圈 2—集磁器 3—毛坯
4—磁力线 5—模具

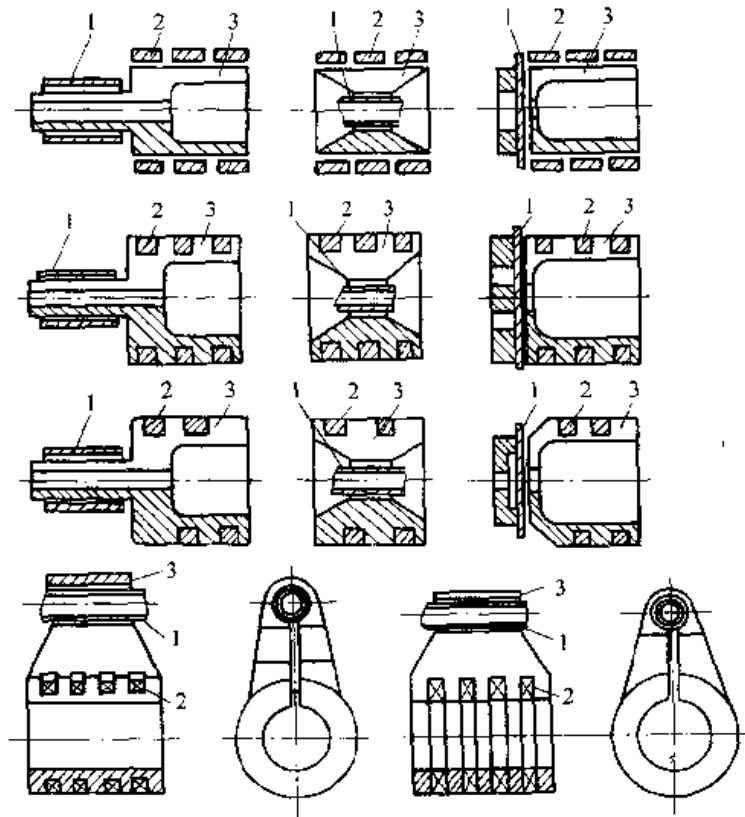


图 19.5-37 集磁器的各种结构
1—毛坯 2—线圈 3—集磁器

电磁成形工艺可直接或借助弹性传压介质实现零件的成形、翻边、扩(缩)口、校形、精压、冲裁、冷焊、装配及其组合工序,也可用于铆接加工和粉体材料的成形压实。与其他成形工艺相比,电磁成形具有如下特点:

- 1) 工艺过程易于实现机械化、自动化,生产率高;
- 2) 放电能量可以准确控制,成形精度高,工艺重复性好,特别适合于将金属制件压合在陶瓷、玻璃、塑料等易碎非金属零件上;
- 3) 工艺适应性强,在同一电磁成形装置上,只需更换线圈或集磁器便可进行多种不同的加工,线圈和设备采用柔性导线连接可实现难接触部位的加工;
- 4) 工装简单,只需一个凸模或凹模即可实现加工,也可实现无模成形;
- 5) 不需传压介质,可透过非导电隔层或在高温、惰性气体和真空环境下对金属进行加工,不会污染制件表面或破坏其光洁度、绝缘层和保护膜,对某些成形后不易抛光或表面处理困难的制件可先抛光或表面处理后再成形;
- 6) 毛坯所受单位压力大,成形速度快,加

之感应电流的热效应,可提高材料的成形性能;

- 7) 工作噪声小,设备操作、维护简单;
- 8) 材料导电性差和毛坯形状不利于产生感应电流时,成形困难,需借助导电性好的驱动片进行加工;
- 9) 深拉深件成形困难,需采用与成形件形状一致的线圈多次拉深成形;
- 10) 成形高密度材料(如钢),线圈强度显著下降;
- 11) 受设备能量限制,工件几何尺寸不宜过大。

5.2 电磁成形的基本要求

5.2.1 对毛坯形状的要求

在直接加工方式下,电磁成形是利用线圈磁场与毛坯感应电流的相互作用来实现的,因此,毛坯形状必须能够让感应电流形成闭合回路,如图 19.5-38 所示。当毛坯在成形区域有平行于轴线的缝、槽或多个通孔时,作用于毛坯的电磁力下降,成形效率降低,此时应考虑采用间接加工方式。由于脉冲电磁力的作用时间很短,冲量较小,不宜用于体积成形。

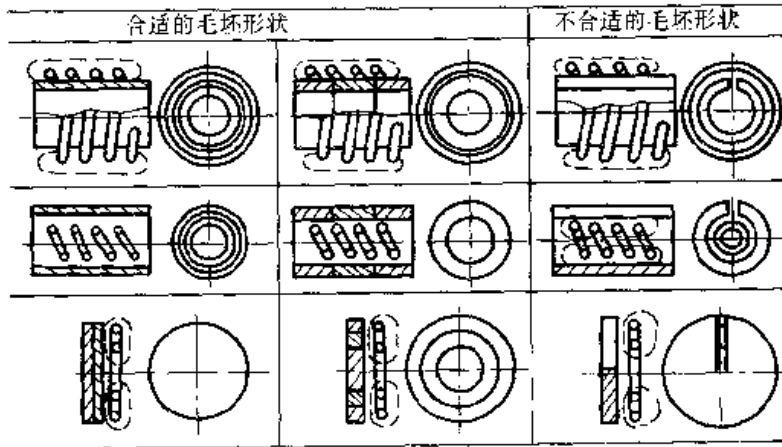


图 19.5-38 电磁成形对毛坯形状的要求

电磁成形的毛坯厚度可达 5 mm。为避免产生“磁垫效应”,毛坯厚度尺寸 a_w (m) 应满足:

$$a_w \geq \sqrt{\frac{2}{\mu \sigma \omega}} \quad (19.5-4)$$

式中 σ —— 毛坯材料电导率 ($\text{m}^{-1}\Omega^{-1}$);

ω —— 放电角频率 (rad/s);

μ —— 材料磁导率 (H/m)。

一般情况下,当模具为绝缘材料时, $a_w \geq$

0.5 mm; 当模具为导体材料时, $a_w \geq 2$ mm。

毛坯的直径、加工面积等几何尺寸取决于电容器组所储存的能量、毛坯厚度、线圈及模具工装的强度,毛坯尺寸的确定方法与常规工艺相同。

毛坯可以是焊接件,但焊缝必须均匀,而且应去除焊缝部分的多余金属,否则会导致变形不均匀。

5.2.2 对成形材料的要求

直接加工方式下,成形效率取决于被加工材料的电导率。对导电性好的材料,如金、银、铜、镁、铝及其合金以及低碳钢等,可采用直接方式加工。对导电性差的材料(如不锈钢、钛合金等),须在其表面涂敷一层导电性好的材料(例如铜、铝等)再进行加工;或在毛坯与

成形线圈之间放置导电性好的材料作为“驱动片”,采用间接方式进行加工。驱动片厚度应满足式(19.5-4)要求,外形尺寸一般大于或等于加工区域,用这种方式甚至可以将电磁成形扩展到非导电材料的成形加工。适宜于电磁成形加工的材料及其力学与电气性能如表19.5-12所示。

表 19.5-12 适合采用电磁成形工艺加工的材料(摘自ГОСТ)

材 料	弹性模量 /10 MPa	屈服强度 /10 MPa	极限应变 /%	电阻率 /10 ⁻⁸ Ω·m	趋肤深度/mm				
					1 kHz	5 kHz	10 kHz	20 kHz	50 kHz
金	8~15	—	—	2.2	2.36	1.055	0.746	0.527	0.334
银	15~30	—	—	1.6	2.01	0.898	0.636	0.449	0.285
铜	24	7	50	1.78	2.12	0.95	0.67	0.48	0.3
黄铜	24	6	50	4.3	3.3	1.48	1.04	0.82	0.467
L96	26	12	45	4.0	3.18	1.42	1.01	0.71	0.45
L90	32	12	50	6.0	3.9	1.74	1.23	0.87	0.552
L80	32	10	55	6.9	4.18	1.87	1.32	0.93	0.592
L70	32	10	55	7.2	4.25	1.91	1.35	0.95	0.602
L68	33	11	50	7.2	3.86	1.73	1.22	0.86	0.546
L62	40	16	40	10.8	6.23	2.34	1.65	1.17	0.881
LMz 58-2	40	14	45	6.8	4.15	1.86	1.31	0.93	0.587
LC 59-1	6								
青铜	40	25	65	17.6	6.67	4.1	2.11	1.49	0.945
BrOF65-04	35	65	40	8.7	4.69	2.1	1.48	1.05	0.664
BrOz4-3	38	16	65	9.95	5.02	2.25	1.59	1.12	0.71
BrA5	40	30	25	11	5.28	2.36	1.67	1.18	0.748
BrAMn9-2	40	20	50	15	6.16	2.75	1.95	1.38	0.872
BrKMn-1	50	30	30	6.8	4.15	1.86	1.31	0.93	0.587
BrB-2									
高熔点铝合金									
ADM	8	3	35	2.92	2.72	1.22	0.86	0.61	0.385
ADM	15	10	6	2.98	2.75	1.23	0.87	0.61	0.389
AMnM	13	5	23	3.76	3.08	1.38	0.98	0.69	0.436
AMnN	22	18	5	4.45	3.34	1.5	0.06	0.75	0.473
AMgM	19	10	23	5.09	3.59	1.6	1.13	0.8	0.508
AMg3M	19	9	15	4.95	3.54	1.58	1.12	0.79	0.501
AMg6M	30	15	18	7.1	4.24	1.9	1.34	0.95	0.6
DIM	21	11	18	3.72	3.08	1.37	0.97	0.7	0.436
DIT	42	24	15	3.7	3.06	1.37	0.97	0.68	0.433
DI6M	18	10	18	4.35	3.32	1.48	1.05	0.74	0.47
DI6AT	42	28	18	5.87	3.85	1.72	1.22	0.86	0.545
DI6M	21	11	18	4.15	3.25	1.45	1.02	0.72	0.46
DI6T	46	30	11	5.95	3.88	1.74	1.23	0.87	0.548
B95M	22	10	15	4.15	3.25	1.43	1.02	0.74	0.46
B95T	55	46	10	4.2	3.82	1.46	1.03	0.73	0.54

续表 19.5-12

材 料	弹性模量 /10 MPa	屈服强度 /10 MPa	极限应变 /%	电阻率 /10 ⁻⁸ Ω·m	趋肤深度/mm				
					1 kHz	5 kHz	10 kHz	20 kHz	50 kHz
镁合金									
MA8M-M	26	19	18	5.1	3.6	1.61	1.15	0.8	0.51
MA-1M	21	12	8	6.1	3.93	1.76	1.24	0.88	0.556
低碳钢									
CT3	38	24	37	16.4	6.45	2.9	2.04	1.44	0.913
CT10	40	25	35	19.25	7.0	3.12	2.21	1.56	0.99
CT20	48	30	33	24.2	6.0	2.7	1.9	1.34	0.85
合金钢									
30XGSA	70	45	22						
1X18H9T	99	30	50	72	13.5	6.04	4.2	3.02	1.91
钛合金									
BT5-1	90	80	14	138	18.7	8.36	5.91	4.18	2.65
Bt14	100	90	10						

5.2.3 对线圈及模具的要求

线圈是电磁成形中最关键的元件，其参数与结构直接影响成形效果。按使用寿命线圈可分为一次性的和耐久性的两种。一次性线圈在成形后本身也受力破坏，用于中小型零件的单件生产或试制。耐久性线圈用于批量生产，应满足如下要求：

- 1) 具有足够的机械强度，能承受连续冲击载荷而不被破坏；
- 2) 线圈与毛坯间的互感要大，漏感要小，能有效地将电容器组所储存的电能转化为制件的变形能；
- 3) 具有合理的放电频率，放电回路总电感 L (H) 应满足：

$$R^2 < 4L/C$$

式中 R —— 放电回路总电阻 (Ω)；

C —— 电容 (F)。

- 4) 具有能满足加工要求的磁场分布或能将磁场集中于加工区域；
- 5) 电气绝缘部分能长期承受高压、大电流作用而不被击穿或损坏。

耐久性线圈常用铍青铜之类强度大、电阻率小且较粗的导线绕制而成，并用环氧树脂等绝缘材料浇铸固化以增大其重量和强度。

电磁成形对模具材料及其热处理的要求较常规工艺要低。对试制或小批量生产，模具可采用

木料、有机玻璃、树脂等易加工材料；对批量生产，一般采用钢质模具；对复杂形状的冲孔加工，模具需热处理到 56~60 HRC。当毛坯厚度无法满足式 (19.5-4) 时，模具须采用绝缘材料，否则，制件会因“磁垫效应”而无法贴模。当模具具有封闭型腔时，须开通气孔，以便压缩空气排出。通气孔开在后续贴模的部位，如图 19.5-39 所示，数量根据制件形状及封闭型腔体积确定，孔径 $d < a_w$ ，间距 $l_p = 20 \sim 40$ mm，孔深 $l_1 = 6 \sim 10$ mm，沉孔直径 $D (2 \sim 3) d$ 。为便于取出制件，模具常采用剖分式结构。

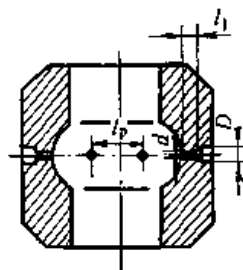


图 19.5-39 通气孔结构

5.3 管状毛坯成形

管状毛坯一般采用螺旋管线圈进行加工，也可采用将电流直接通过制件的加工方式，如图 19.5-40 所示。线圈可根据制件形状绕成圆柱形、锥形或其他形状。根据线圈与毛坯的相对位置及毛坯的变形特点，可分为压缩、胀形和组合加工

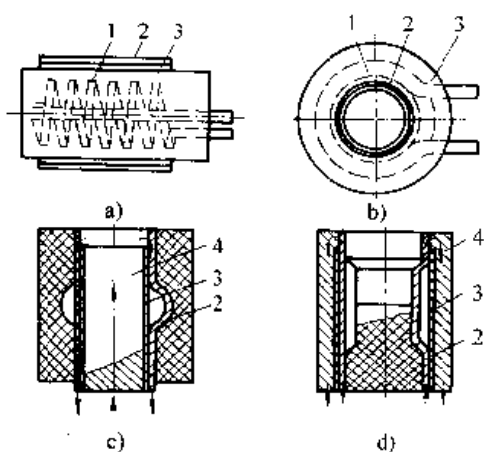


图 19.5-40 管环加工方式
a) 圆柱线圈胀管 b) 圆柱线圈缩管

c) 电流直接通过制件胀管
d) 电流直接通过制件缩管

1—线圈 2—制件 3—绝缘材料 4—电极

方式(参见图 19.5-34)。

用缩管方式所加工的管坯直径可从 3 mm 到 2 m, 壁厚可达 5 mm, 可用于装配、成形和分离工序(见图 19.5-41), 有关的工艺要求及参数见表 19.5-13。

用缩管方式进行缩口加工和成形锥形件时, 可采用多次成形方案来减小缩口系数, 如不考虑制件刚度, 缩口系数可降至 0.4 以下; 也可采用图 19.5-42 所示的施加轴向拉应力的成形方案, 配合后续工序将成形件剖切为两半。

用胀管方式加工的管坯直径为 30 mm ~ 2 m, 壁厚可达 5 mm。直径小于 40 mm 的管坯成形较困难, 但采用集磁器或直接将电流通过制件能对其加工成形。胀管加工方式的工艺应用如图 19.5-43 所示, 工艺要求及参数见表 19.5-14。

表 19.5-13 缩管加工的工艺要求

序号 ^①	工艺应用	工艺要求、参数及特点	变形分布
1	金属零件与陶瓷、玻璃、塑料和其它非金属材料的连接	压接表面无划痕, 管坯与基体间的间隙要小且均匀, 管坯质量远小于基体质量	
2	导线与导线用管接头连接, 电缆与接头的压接	$l/d_0 = 1.5 \sim 2.0$; 如果导线或电缆需承受拉力, 则 $l/d_0 = 2.5 \sim 3.5$	
3	高压软管的密封连接	$l/d_0 = 2.5 \sim 3.0$, $l_1 = 4 \sim 5$ mm	
4	管与金属接头的连接	在接头上开 2~3 个槽, 深 $2a_w$, 宽 $(3 \sim 4) a_w$	
5	铜管与铜管、铝管与铝管、铜管与铝管等的焊接	管、管间的初始间隙: 1~1.5 mm	
6, 13		缩径比 $d_1/d_0 > 0.8$	$a_{w1} > a_{w2} = a_w > a_{w3}$
7		缩径比 $d_1/d_0 > 0.9$	$a_{w1} < a_w$, $a_{w2} > a_w$
8	凹槽成形	槽深与管径比 $b/d_0 < 0.2$	$a_{w1} < a_w$, $a_{w2} > a_w$
9, 10		缩径比 $d_1/d_0 > 0.9$, $a/a_w > 5$	$a_{w1} < a_w$, $a_{w2} > a_w$
11, 14	锥形件成形	缩径比 $d_1/d_0 > 0.9$	$a_{w1} < a_w$
12	缩口	缩口系数 $d_1/d_0 > 0.8$, $d_{11}/a_w \leq 10$	
15	翻边	翻边系数 $d_1/d_0 > 0.8$	
16~20	起伏、螺纹成形、来复线加工、整形、压印	管坯与心棒间的间隙为 $(1 \sim 2) a_w$, $d_1 - d_0 = (1 \sim 2) a_w$, 变形部位曲率半径为 $(1 \sim 5) a_w$	
21~25	冲孔、落料、修边、切断	$d_1/a_w > 8$, $a/a_w > 8$, 搭边 $(4 \sim 7) a_w$, 表面粗糙度 $Rz40 \sim Rz20$, 精度 2~4 级	

①与图 19.5-41 的序号对应。

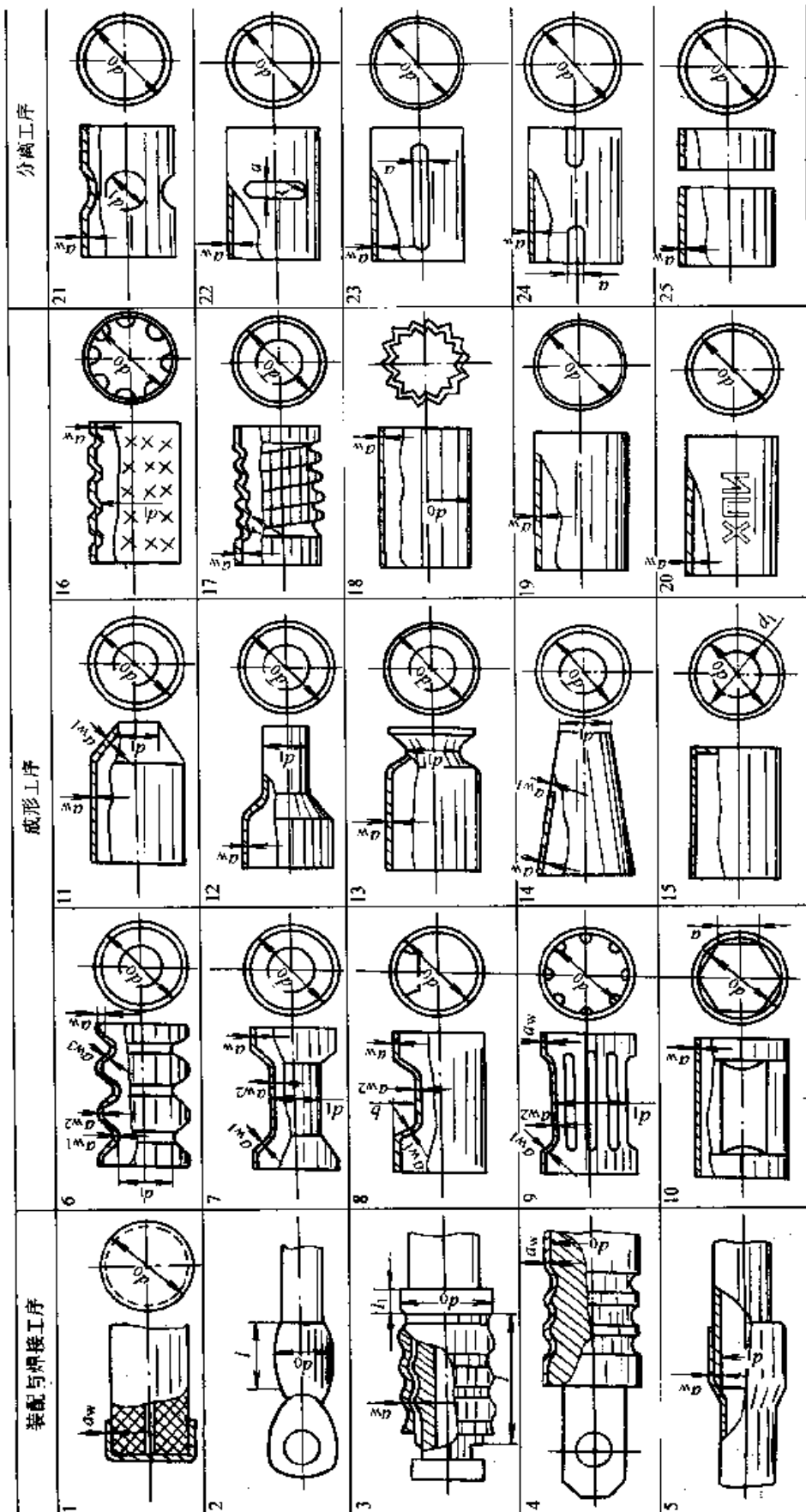


图 19.5-41 缩管加工方式的工艺应用

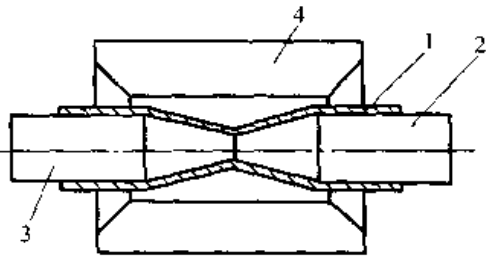


图 19.5-42 施加拉应力的缩口方案
1—制品 2、3—心棒 4—线圈

管状毛坯电磁成形能方便地实现各种成形、分离工序(图 19.5-41、图 19.5-43 中 6~25)的复合, 特别适合复杂形状零件的成形加工。对图 19.5-44 所示的各种矩形异径接头、椭圆管、对称轴线偏移的减径管等, 采用电磁成形工艺可一次加工成形, 不需焊接和研磨, 与常规工艺相比, 劳动量减少 1/2~1/3、生产率提高 1~3 倍, 节材 1/3~1/2。

表 19.5-14 胀管加工的工艺要求

序号 ^①	工艺应用	工艺要求、参数及特点	变形分布
1	不同金属管的胀接	内侧管坯电导率须高于外侧管坯电导率	
2	铰形连接	铰的形状由模具保证, 如连接的材料不同, 则电导率高的管坯应放于内侧	
3	管状零件焊接	管、管间的初始间隙: 1~1.5 mm, 外管的变形由模具限制	
4	管与厚板、盘状零件的连接	开槽 2~3 个, 深 $2a_w$, 宽 (3~4) a_w	
5	金属零件成形装配在绝缘材料上	$d_1/d_0 = 1.1 \sim 1.3$	
6, 13		扩径比 $d_1/d_0 \leq 1.3$	$a_{w3} < a_{w2} < a_{w1} = a_w$
7		扩径比 $d_1/d_0 < 1.2$	$a_{w1} < a_{w2} < a_w$
8	突包成形	包高与管径比 $b/d_0 < 0.2$	$a_{w1} < a_{w2} < a_w$
9, 10		扩径比 $d_1/d_0 < 1.2$, $a/a_w > 5$	
11, 14	锥形件成形	扩径比 $d_1/d_0 < 1.3$	$a_{w1} < a_w$
12	扩口	扩口系数 $d_1/d_0 < 1.2$, $\alpha < 60^\circ$	$a_{w1} < a_{w2} < a_w$
15	翻边	翻边系数 $d_1/d_0 < 1.3$	
16~20	起伏、螺纹成形、来复线加工、整形、压印	管坯与凹模壁的间隙为 (1~2) a_w , $d_1 - d_0 = (1~3) a_w$, 变形部位曲率半径小于 a_w	
21~25	冲孔、落料、修边、切断	$d_1/a_w > 8$, $a/a_w > 8$, 搭边 (4~7) a_w , 表面粗糙度 $Rz40 \sim Rz20$, 精度 2~4 级	

①与图 19.5-43 的序号对应

5.4 平板毛坯成形

平板毛坯一般采用平面螺旋线圈或平板型集磁器进行加工(见图 19.5-34 和图 19.5-37)。由于平面螺旋线圈的磁场分布极不均匀且线圈中部

的磁场很弱, 当成形制品尺寸较小时, 可采用多叠式线圈来增强线圈中部的磁场, 或采用间接加工方式。根据工艺需要, 有时也可采用单匝线圈或直接将电流通过制品的成形方案, 如图 19.5-45 所示。

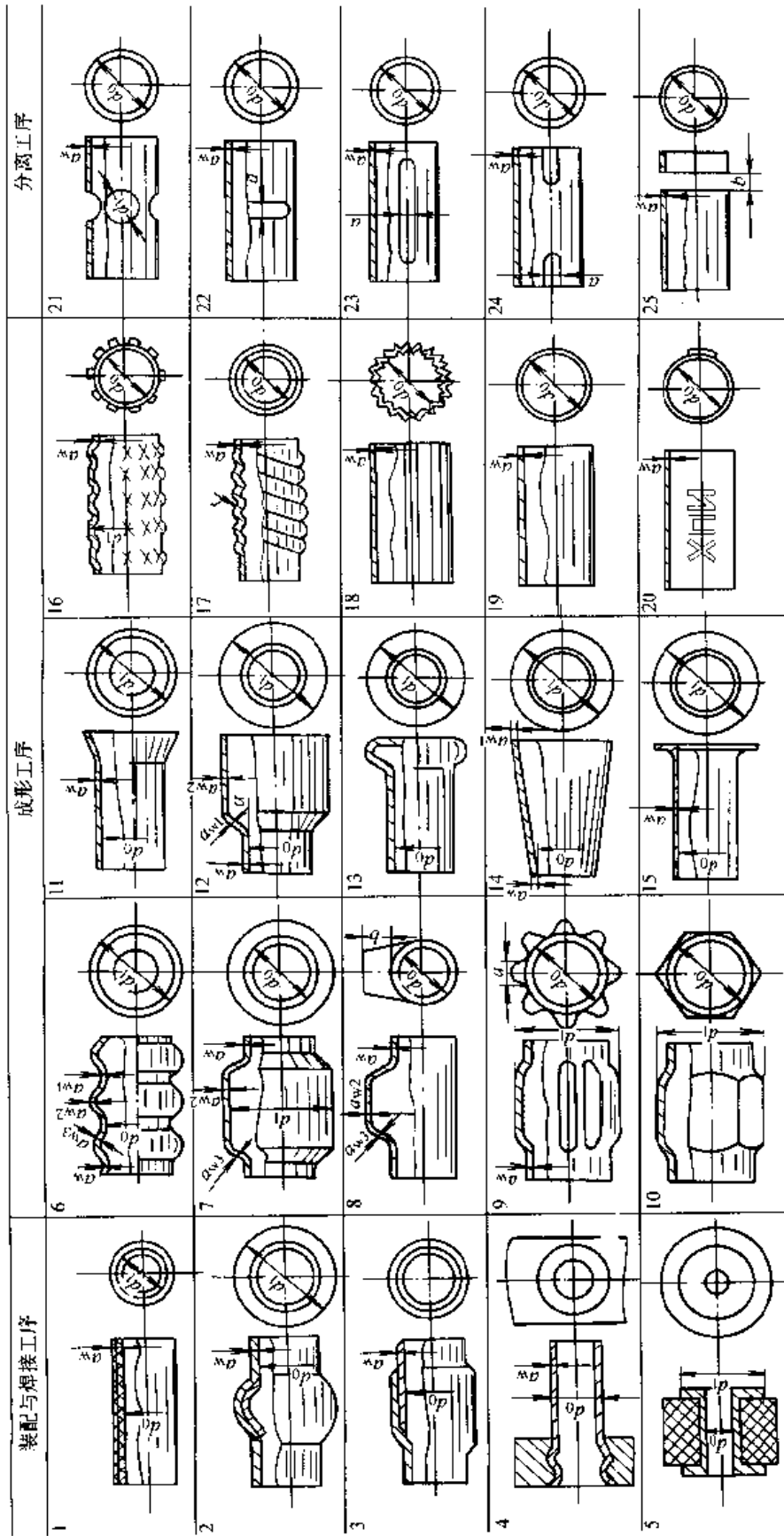


图 19.5-43 胀管加工方式的工艺应用

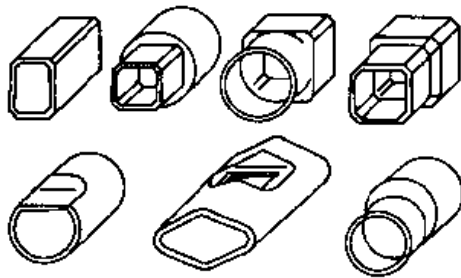


图 19.5-44 典型的复杂形状薄壁零件

受设备能量限制，板坯电磁成形所加工工件

的面积一般为 $10^{-4} \sim 0.02 \text{ m}^2$ ，板厚小于 5 mm。平板毛坯电磁成形的工艺应用如图 19.5-46 所示，相关技术参数见表 19.5-15。

平板线圈的间接加工方式可用于铆接加工和粉末压实，如图 19.5-47 所示。电磁铆接，特别是低电压（电压低于 1 200 伏）电磁铆接，具有其他方法无法取代的技术优势（见表 19.5-16），在国外航空工业得到了极为广泛的应用。用低电压电磁成形的间接加工方式压制粉末材料，制品密度可达 98%，具有广阔应用前景。

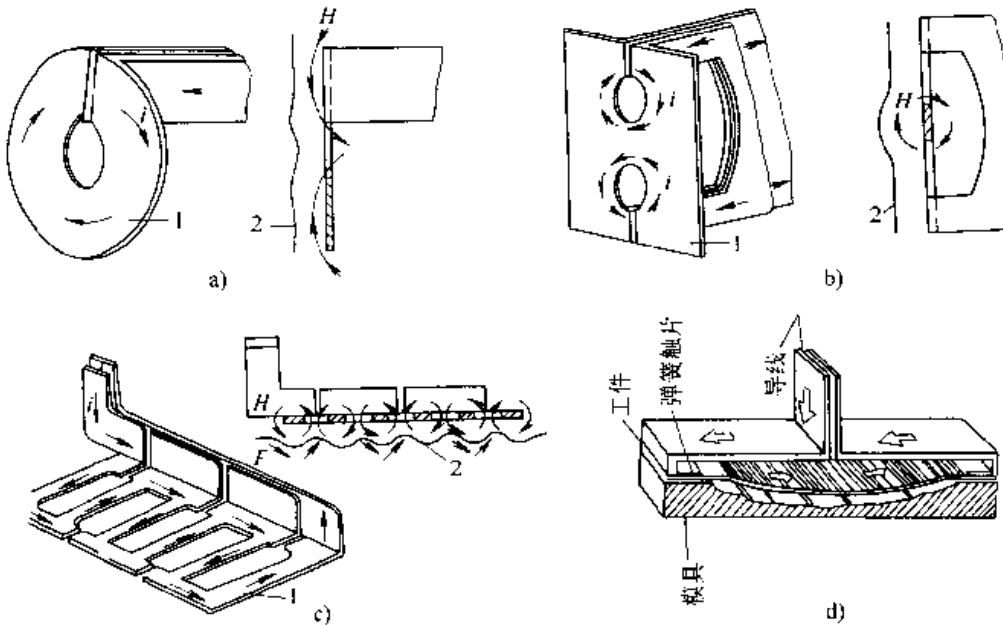


图 19.5-45 采用单匝线圈和直接将电流通过制件的平板毛坯成形方案

a) 板式单匝线圈成形 b) 中心压力较大的单匝线圈成形 c) 波纹板单匝线圈成形 d) 电流直接通过工件成形
1—线圈 2—毛坯 i —电流 H —磁感应线

表 19.5-15 平板毛坯加工的工艺要求

序号 ^①	工艺应用	模具形式	工艺要求、参数及特点	变形分布
1	板、轴连接	无模	线圈直径大于工件直径	$a_{w1} > a_w$
2	翻边装配	无模	$a/d_1 < 0.2$	
3	板、板焊接	无模	双线圈串接，磁渗透深度小于板厚，板、板初始间隙：1~1.5 mm	
4, 5	轴套与轴、塞与管的压配	无模		
6	碟形件成形		外缘翻边， $b/d_0 < 0.2$	
7	环状加强肋成形	凹模	拉深深度 $b < 15 a_w$	$a_{w1} > a_{w2} = a_w$
8, 9	纵向、径向加强肋成形	凹模	拉深深度 $b < 10 a_w$	$a_{w2} < a_{w1} = a_w$
10	压窝	凹模	$r = (2 \sim 15) a_w$	

续表 19.5-15

序号 ^①	工艺应用	模具形式	工艺要求、参数及特点	变形分布
11, 12	圆形、矩形轮廓外缘翻边	凸模	$a/d_1 < 0.1$, $a/b < 0.1$, $r_1 > 3a_w$, $r_2 > 5a_w$	
13, 14	圆形、矩形孔翻边	凹模	$a < 10a_w$, $r_1 > 3a_w$, $r_2 > 5a_w$, $a/d_1 < 0.2$	
15	环状端盖成形	凸模或凹模	$r/d_1 < 0.2$, $r < 2a_w$	
16~20	起伏、校平、压印、波纹板成形	凹模	板坯与凹模的间隙为 (0.5~1) mm, 变形部位曲率半径 (0.5~1) a_w	
21~25	冲孔、落料、修边、剪切	凹模	$d_1/a_w > 8$, $a/a_w > 8$, 搭边 (4~7) a_w , 粗糙度 $Rz40 \sim Rz20$, 精度 2~4 级	

①与图 19.5-46 的序号对应。

表 19.5-16 电磁铆接与其他铆接的技术对比

性能指标	铆接方式	自动钻铆机 铆接	风动铆枪 铆接	电磁铆接	
				手提式	机装
铆接接头疲劳性能		优	良	优	优
噪声		小	大	小	小
铆钉最大直径/mm		12.7	9.5	12.7	12.7
外观质量		优	劣	良	优
废品率		极低	高	低	极低
结构变形及损坏的可能性		小	大	小	小
设备维修费		高	很低	低	低
铆接速度/(个/min)		7	4	10	10
设备购置费		很高	很低	较低	较低
劳动强度		小	很大	较小	小

5.5 实例——框架零件成形

图 19.5-48 所示框架零件是电器仪表常用的典型冲压件, 其一对矩形内壁上开有减轻孔, 另一对断面呈弧形, 两端带有平面法兰, 材料为工业纯铝 1060 或 1035。常规生产工艺如图 19.5-49 所示, 需经下料、翻边、成形、冲侧孔、切边等 8 道工序完成, 工序繁多, 模具结构复杂。仅成形工序模具就由 7 个运动方向不同的滑块组成 (见图 19.5-50), 试冲调整难度大, 模具制造周期

长, 成本高。采用电磁成形工艺, 可将翻边、成形、冲侧孔工序复合, 模具数量减少, 结构简单。

成形设备为 14KJ 电磁成形机, 坯料选用外径为 50 mm、壁厚 1 mm 的铝管 1060HX8。成形工装如图 19.5-51 所示, 拼块 5、7 放在底座 1 中并用外力夹紧固定, 坯料 6 与工作线圈 8 同轴 3 放入拼块中, 通过调节环 2 调整管坯与拼块的轴向相对位置。

成形零件典型尺寸 (见图 19.5-52) 与电压、电容的关系如图 19.5-53、图 19.5-54 所示。

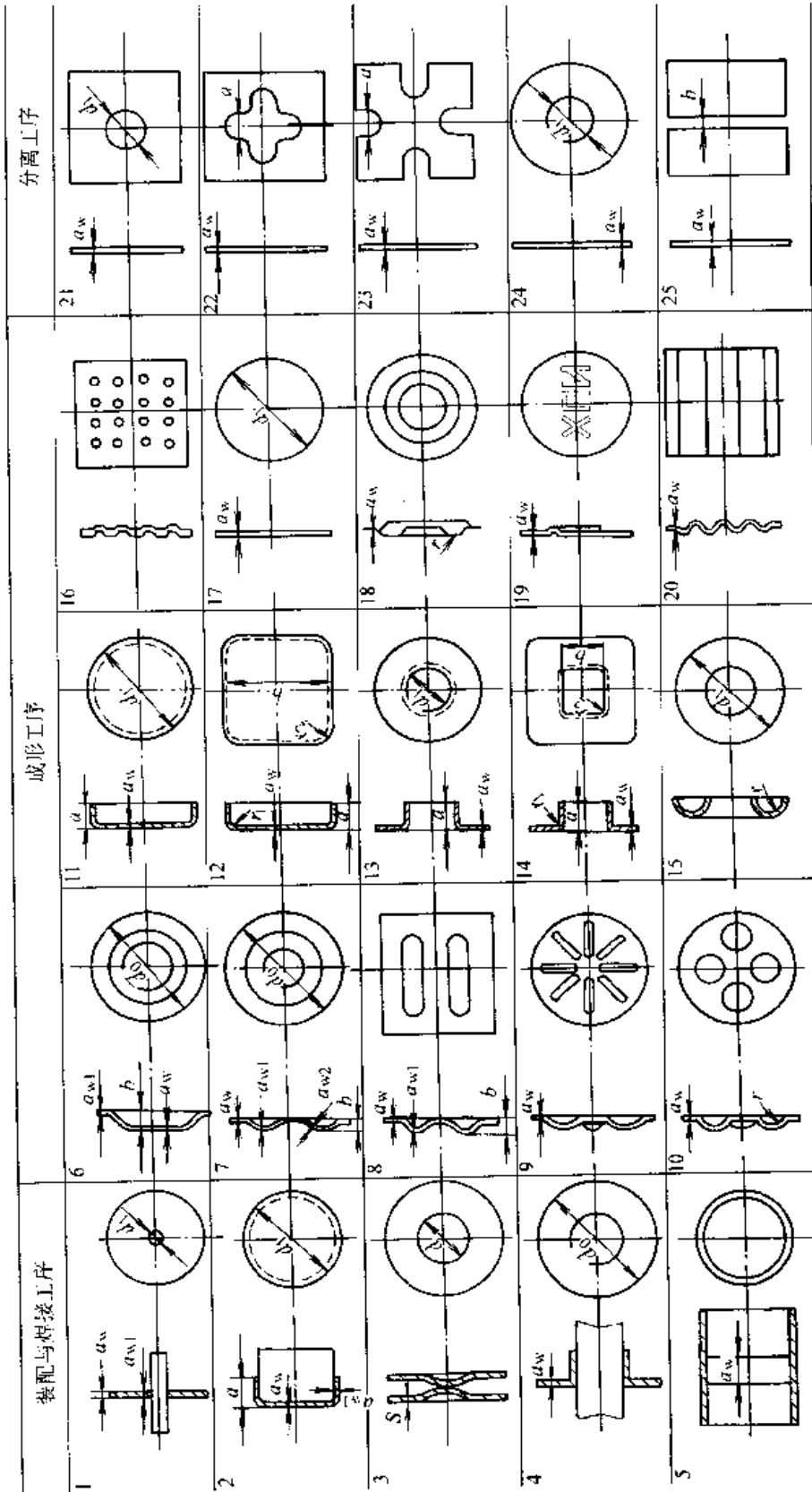


图 19.5-46 平板毛坯加工方式的工艺应用

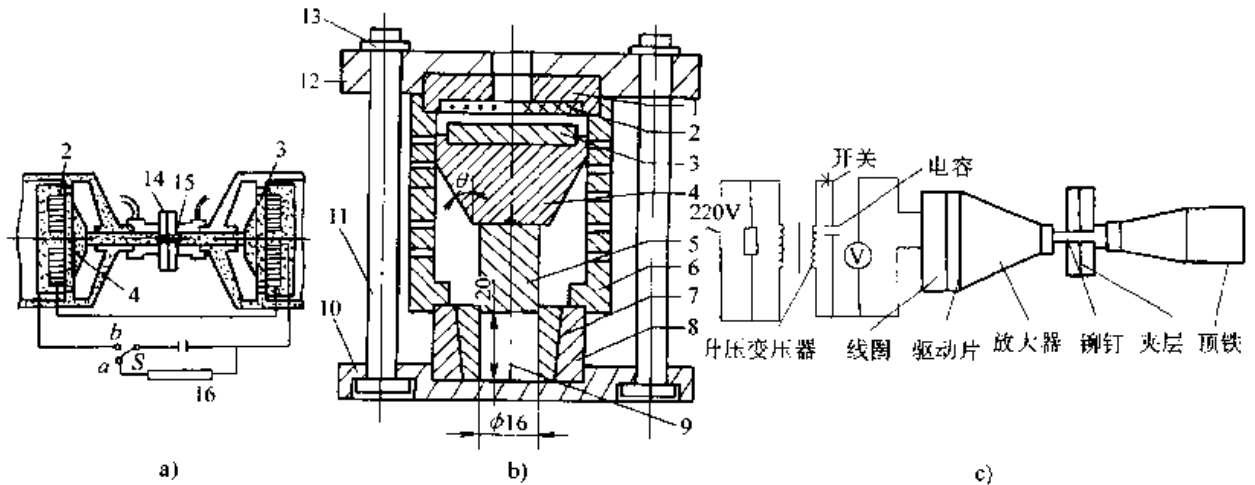


图 19.5-47 电磁铆接和粉末压实

a) 双枪铆接 b) 粉末压实 c) 单枪铆接

1—座套 2—线圈 3—驱动片 4—放大器 5—冲头 6—套筒 7—凹模 8—套模 9—粉末
10—下模垫板 11—螺栓 12—线圈固定板 13—螺母 14—被铆接件 15—柱状铆钉 16—直流电源

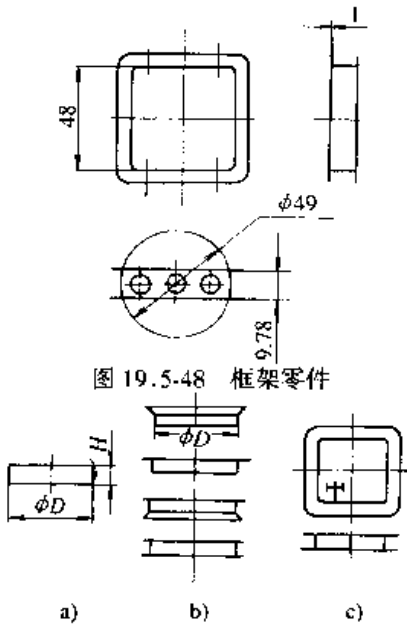


图 19.5-48 框架零件

图 19.5-49 框架冲压工序示意图

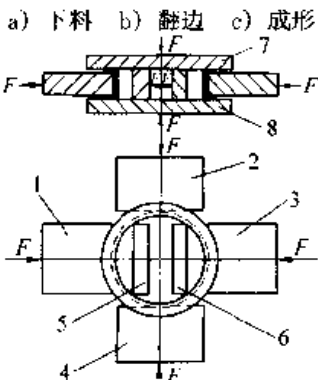


图 19.5-50 成形工序模具结构原理

1, 2, 3, 4, 5, 6—侧滑块 7—主滑块 8—模座

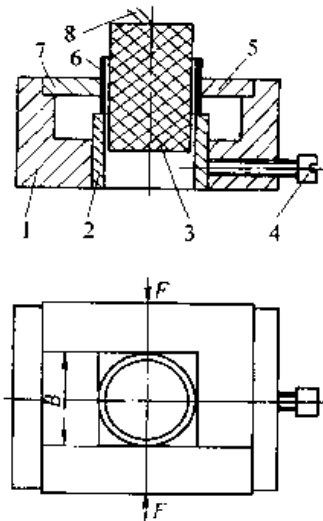


图 19.5-51 框架电磁成形工装示意图

1—底座 2—调节环 3—轴 4—调节螺钉
5—拼块 6—坯料 7—拼块 8—工作线圈

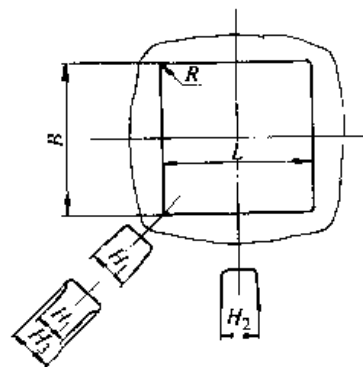


图 19.5-52 框架典型尺寸

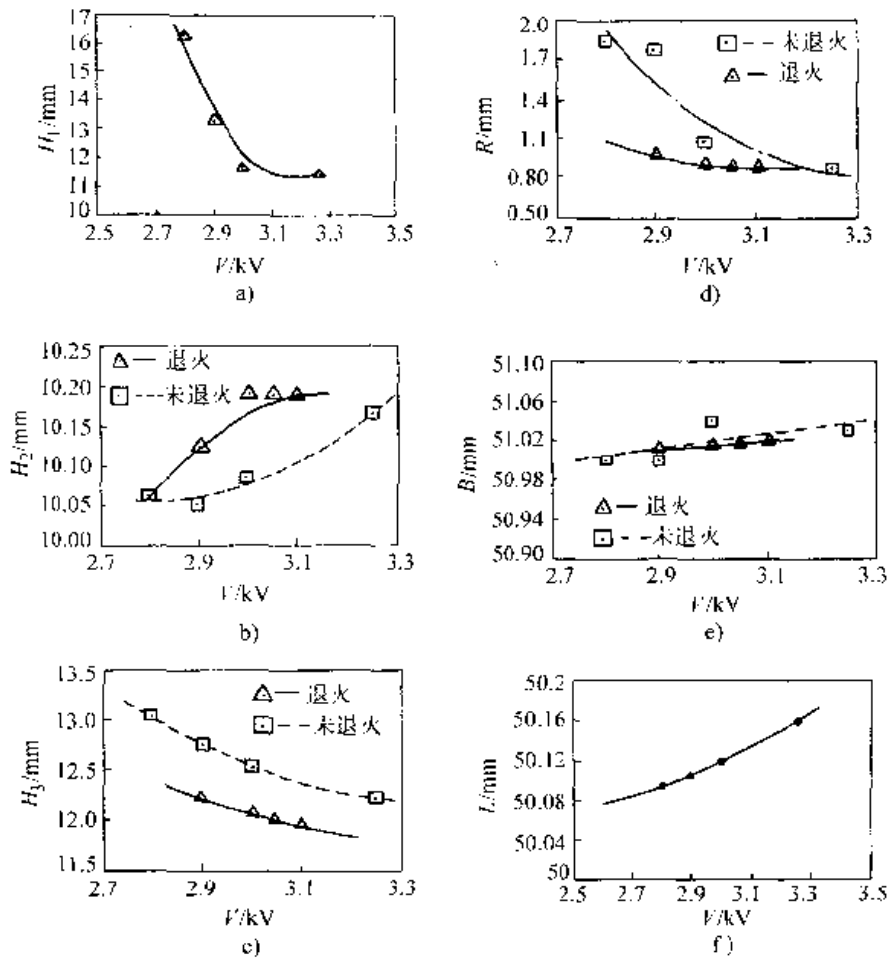


图 19.5-53 框架典型尺寸与电压的关系

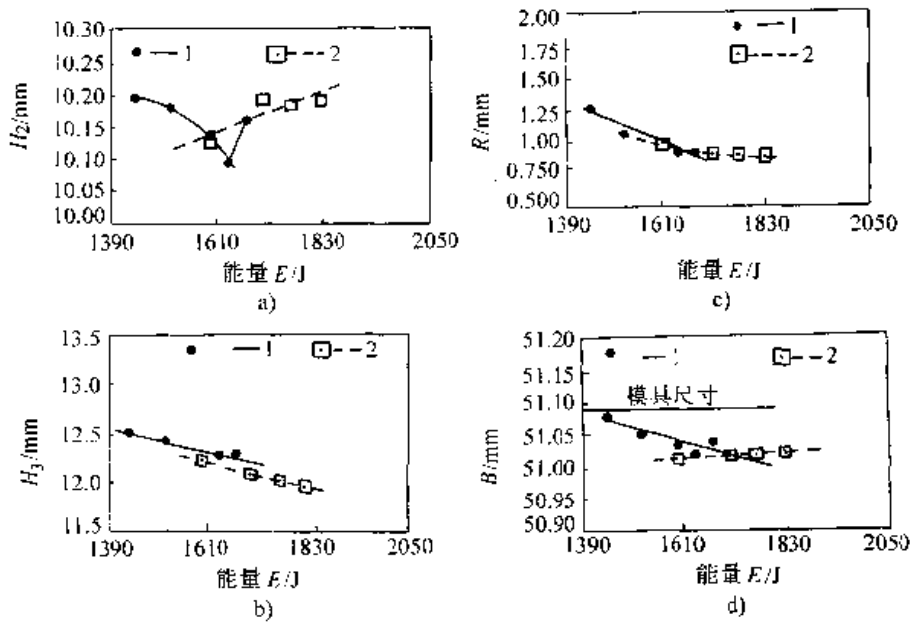


图 19.5-54 框架典型尺寸与电容的关系

1—退火, 190 μF 2—退火, 380 μF

第6章 连续冲压工序设计和排样

1 连续冲压特点

连续冲压是指在压力机的一次行程中,在一副模具的不同工位同时完成多种工序的冲压。所采用的模具称为连续模,又称为级进模、跳步模。在连续冲压中,不同的冲压工序分别按一定的次序排列,坯料按步距间隙移动,在等距离的不同的工位上完成不同的冲压工序,经逐个工位冲制后,便得到一个完整的零件(或半成品)。一般说来,无论冲压零件的形状怎样复杂,冲压工序怎样多,均可用一副多工位连续模冲制完成。对于批量非常大而厚度较薄的中、小型冲压件,特别适宜采用精密多工位连续模加工。在各类冷冲模具中,连续模所占比例约为27%。

连续冲压具有以下特点:

1) 生产率高。连续模属于多工序模,在一副模具中可包括冲裁、弯曲、拉深、成形等多道工序,因而具有高的劳动生产率。

2) 操作安全。因为手不必进入危险区域,自动送料时,模具内装有安全检测装置,可防止加工时发生误送进或意外。

3) 模具寿命长。由于工序不必集中在一个工位,不存在“最小壁厚”问题,且改变了凸、凹模受力状况,因而模具强度高,寿命较长。

4) 易于自动化。大量生产时,可采用自动送料机构,便于实现冲压过程的机械化和自动化。

5) 可实现高速冲压。若配合高速冲床(如日本AIDA200)及各种辅助设备,连续模可进行高速冲压,目前世界上高速冲床已达4000次/min。

6) 可减少厂房面积,半成品运输及仓库面积。一台冲床可完成从板料到成品的各种冲压过程,并免去用单工序模时制件的周转和储存。

7) 连续模具的造价高,制造周期长,模具设计和制造难度大,技术含量高。但可省去多台压力机设备。

8) 材料利用率较其他模具低。特别是某些形状复杂的零件,产生的废料较多。

9) 较难保持内、外形相对位置的一致性。因为内、外形是逐次冲出的,每次冲压都有定位误差,且连续地进行各种冲压,必然会引起条料载体和工序件的变形。

由于连续模的这些特点,当零件的形状异常复杂,经过冲制后不便于再单独重新定位的零件,采用多工位连续模在一副模具内连续完成最为理想,如椭圆形的零件,小型和超小型零件。对于某些形状特殊的零件,在使用简易冲模或复合模无法设计模具或制造模具的情况下,采用多工位连续模却能解决问题。此外,一些由于使用或装配的需要,零件需规则排列时,也可采用连续模冲制,零件先不切除下来,而被卷成盘料,在自动装配过程中才予以分离。同一产品上的两个冲压零件,其某些尺寸间有相互关系,甚至有一定的配合关系,在材质、料厚完全相同的情况下,如果用两套模具分别冲制,不仅浪费原材料,而且还不能保证配合精度,若将两个零件合并在一副多工位连续模上同时冲裁,可大大提高材料利用率,并能很好地保证零件的配合精度。如图19.6-1为变压器两骨架零件,两零件的尺寸8、25有配合要求,两零件合为一副连续模冲制,材料利用率从原来分开冲制时的77.4%和69.2%上升为89.5%。

但连续模的造价高,制造周期长,在使用时需要被加工的零件的产量和批量足够大,以便能够比较稳定而持久地生产,实现高速连续作业。同时,制件太大,工位较多时,模具必然比较大,这时必须考虑到模具和压力机工作台的匹配性。

2 条料排样

在连续模设计中,要确定从毛坯板料到产品零件的转化过程,即要确定连续模各工位所要进行的加工工序内容,并在条料上进行各工序的布排,这一设计过程就是条料排样。条料排样的主要内容是在冲切刃口外形设计的基础上,将各工序内容进行优化组合形成一系列工序组,并对工

序组排序，确定工位数和每一个工位的加工工序；确定载体形式与毛坯定位方式；设计导正孔

直径与导正销数量；绘制工序排样图。图 19.6-2 为排样过程示意图。

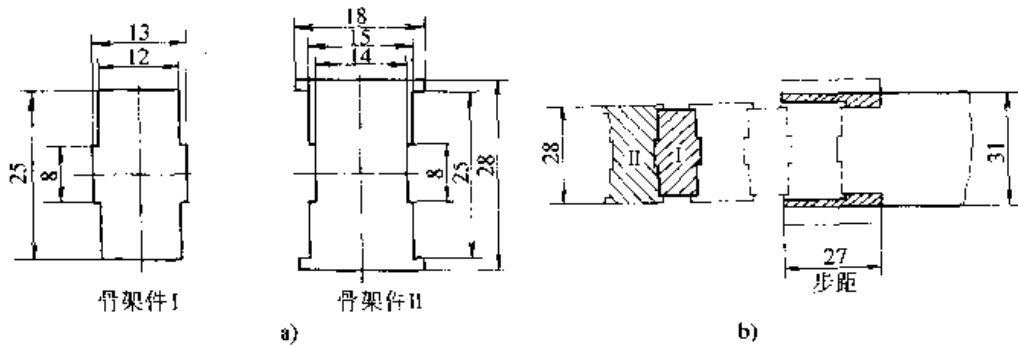


图 19.6-1 两零件合并冲裁排样图
a) 零件图 b) 冲裁排样图

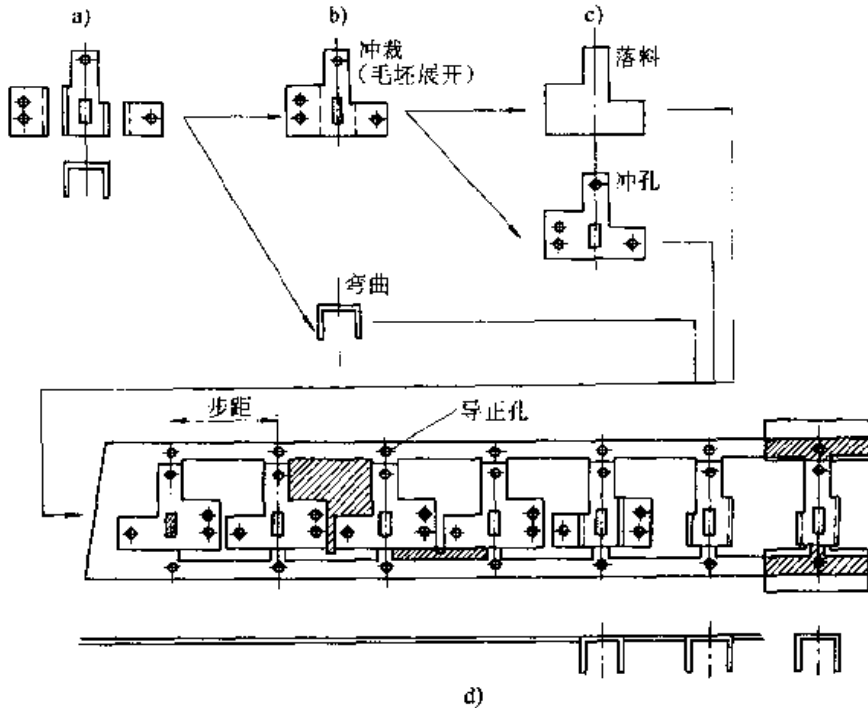


图 19.6-2 工序排样过程
a) 产品图 b) 工序分解 c) 工序二次分解 d) 连续工序排样

2.1 条料排样设计准则

条料排样图的设计是多工位连续模设计的重要依据，是决定连续模优劣的主要因素之一。条料排样图设计的好坏，直接影响模具设计的质量。条料排样图确定了，则零件的冲制顺序、模具的工位数及各工位内容、材料的利用率、模具

步距的基本尺寸和定距方式、条料载体形式、条料宽度、模具结构、导料方式等都得到了确定。排样图设计错误，会导致制造出来的模具无法冲制零件。图 19.6-3 是针对同一零件的几种不同的工序排样比较，从中可看出不同的排样会带来不同的效果。因此，在设计条料排样图时，必须认真分析，综合考虑，进行合理组合和排序，拟

出多种方案，加以比较、归纳，以确定最佳方案。只要排样图设计合理，工序安排考虑周到，

就能设计出比较成功的多工位连续模。

在排样设计分析时要考虑到以下原则：

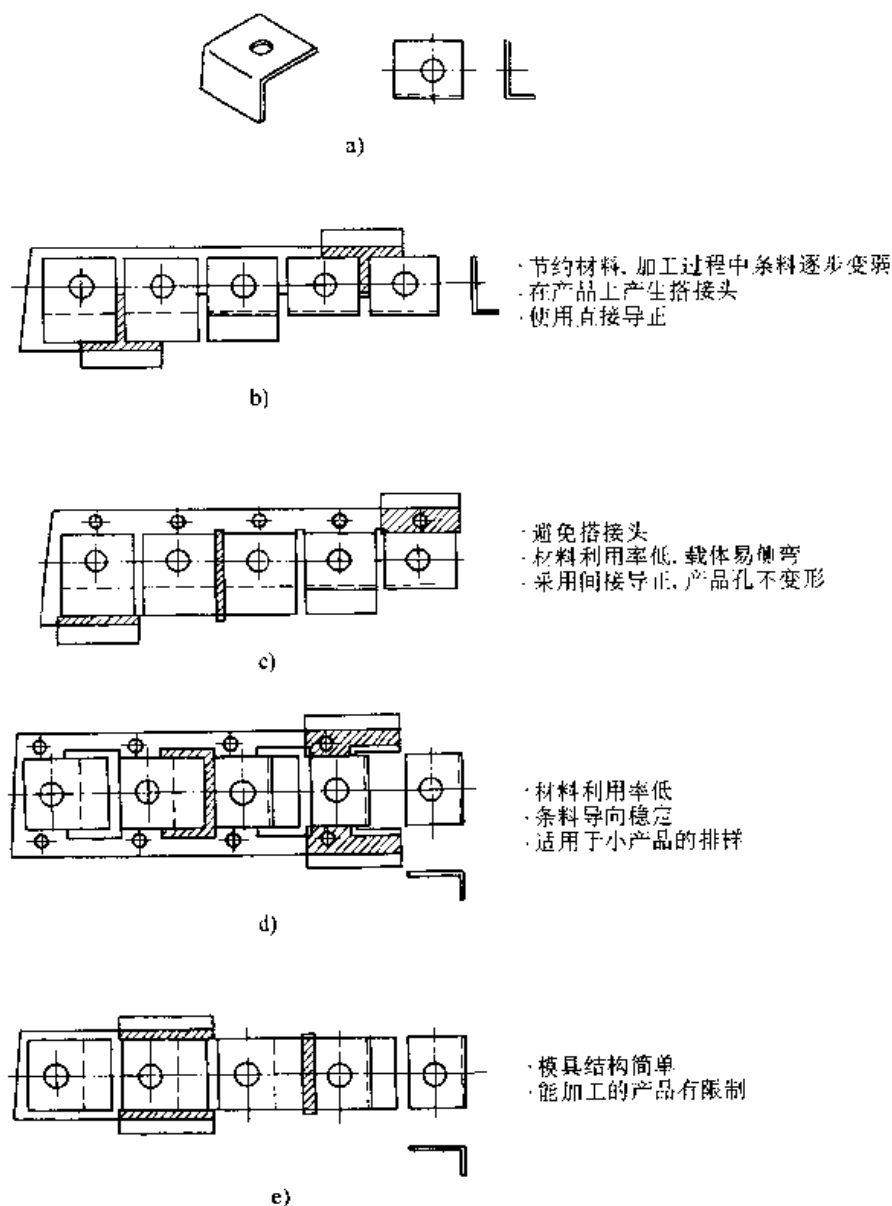


图 19.6-3 制件条料排样示例

1) 要保证产品零件的精度和使用要求及后续工序的冲制需要。连续模各工序的顺序关系除一些常规冲压所考虑的问题以外，还有其他一些注意点，详细可参见本章 2.2 节。

2) 工序应尽量分散，以提高模具寿命，简化模具结构。

3) 要考虑生产能力和生产批量的匹配，当生产能力较生产批量低时，则力求采用双排或多排，使之在模具上提高效率，同时要尽量使模具

制造简单，模具寿命长。

4) 高速冲压的连续模用自动送料机构送料时，用导正销精确定距，手工送料时则多用侧刀粗定位，用导正销精确定距。为保证条料送进的步距精度，第一工位安排冲导正孔，第二工位设导正销，在其后的各工位上优先在易窜动的工位设置导正销（参见图 19.6-19）。

5) 要抓住冲压零件的主要特点，认真分析冲压零件形状，考虑好各工位之间的关系，确保

顺利冲压，对形状复杂、精度要求特殊的零件，要采取必要的措施保证。

6) 尽量提高材料利用率，使废料达到最小限度。对同一零件利用多行排列或双行穿插排

列，以提高材料利用率（图 19.6-4）。另外在条件允许的情况下，把不同形状的零件合到一副模具进行冲裁，更有利于提高材料的利用率（图 19.6-1）。

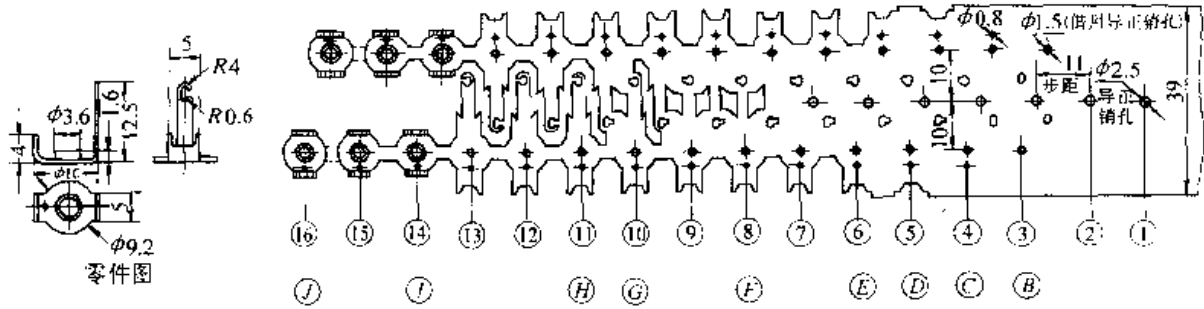


图 19.6-4 双排样提高材料利用率示意图

7) 适当设置空位工位，以保证模具具有足够的强度，并避免凸模安装时相互干涉，同时也便于试模调整工序时用（图 19.6-5）。

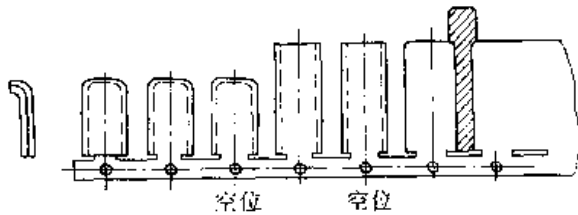


图 19.6-5 空位示意图

8) 必须注意各种产生条料送进障碍的可能，确保条料在送进过程中通畅无阻。

9) 冲压件的毛刺方向：当零件提出毛刺方向要求时，应保证冲出的零件毛刺方向一致；对于带有弯曲加工的冲压零件，应使毛刺面留在弯曲件内侧；在分段切除余料时，不允许一个冲压件的周边毛刺方向不一致。

10) 要注意冲压力的平衡。合理安排各工序以保证整个冲压加工的压力中心与模具中心一致，其最大偏移量不能超过 $L/6$ 或 $B/6$ （其中 L 、 B 分别为模具的长度和宽度），对冲压过程出现的侧向力，要采取措施加以平衡。

11) 连续模最适宜以成卷的带料供料，以保证能进行连续、自动、高速冲压，被加工材料的力学性能要充分满足冲压工艺的要求。

12) 工件和废料应保证能顺利排出，废料如连续，要增加切断工序。

13) 排样方案要考虑模具加工的设备条件，考虑模具和冲床工作台的匹配性。

2.2 工序确定与排序

在条料排样设计中，首先是要考虑被加工的零件在全部冲压过程中共分为几个加工工序，各工序的加工内容及工序的优化组合，并对工序组排序。在确定工序数目和顺序时，要针对各冲压工序的特点考虑各有关原则。

2.2.1 连续冲裁工序排样的基本原则

1) 各工序的先后应按复杂程度而定，一般以有利于下道工序的进行为准，以保证制件的精度要求和零件几何形状的正确。冲孔落料件，应先冲孔，再逐步完成外形的冲裁，尺寸和形状要求高的轮廓应布置在较后的工位上冲切（图 19.6-6）。

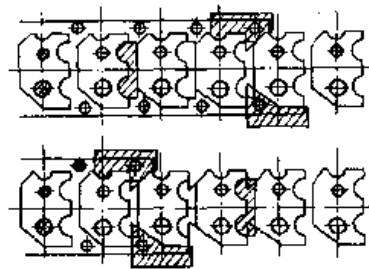


图 19.6-6 冲裁工序排样示例（一）

2) 当孔到边缘的距离较小，而孔的精度又较高时，冲外轮廓时孔可能会变形，可将孔旁外缘先于内孔冲出（图 19.6-7）。

3) 应尽量避免采用复杂形状的凸模，并避免形孔有尖的凸角、窄槽、细腰等薄弱环节。复杂的形孔应分解为若干个简单的孔形，并分成几

步进行冲裁，使模具型孔容易制造。如图 19.6-8a 所示的电表铁芯冲片，其形孔复杂，现将其分解为五部分，用 9 个凸模冲制完成，图 b 为其排样图。复杂制件的外形可通过多次局部冲裁，最后完成制件的外形要求（图 19.6-9）。

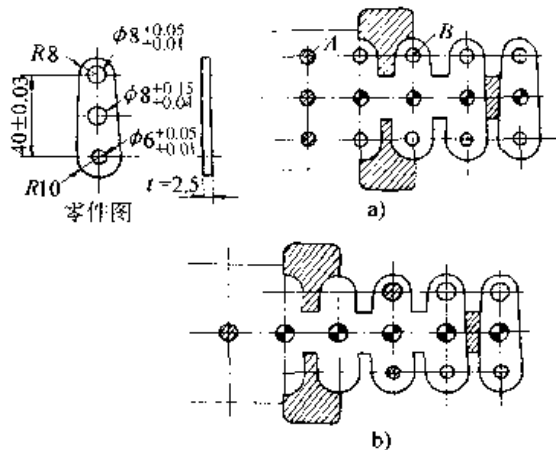


图 19.6-7 冲裁工序排样示例（二）

a) 原排样图 b) 修改后的排样图

4) 有严格要求的局部内、外形及位置精度要求高的部位，应尽量集中在同一工位上冲出，以避免步距误差影响精度。如果确实在一个工位完成这一部分冲制有困难，需分解成两个工位，

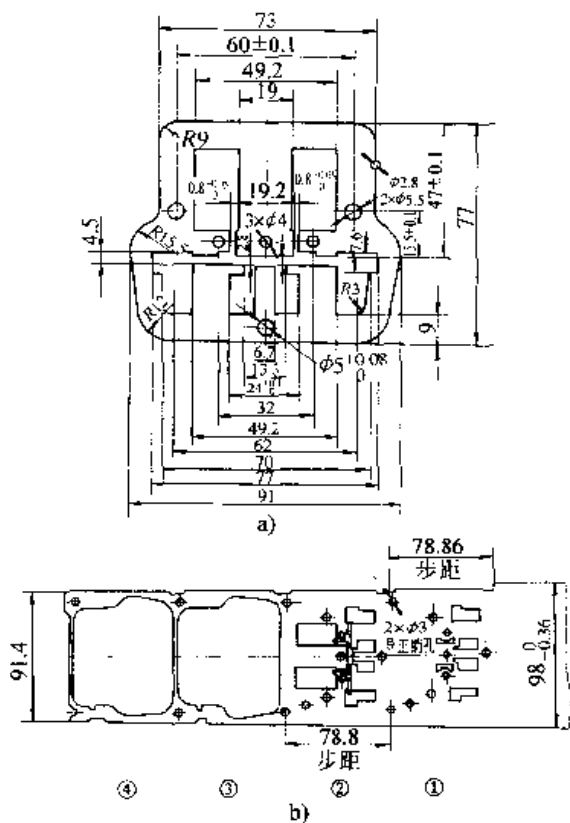


图 19.6-8 铁芯片条料排样图

a) 铁芯冲片零件图 b) 条料排样图

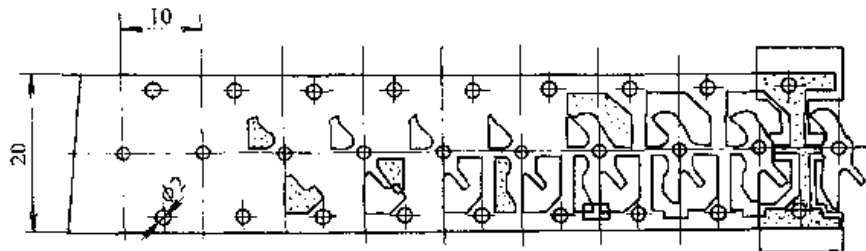


图 19.6-9 冲切刃口分解示例

最好放在两个相邻工位连续冲制为好。如在一个零件上有一组孔，其孔距位置尺寸要求严格，这一组应该力求设计在一个工位，使误差只受模具制造的误差影响，而不受步距误差的影响。如图 19.6-8 中的零件上的六个孔是组合装配孔，就安排在同一工位冲制，以保证零件精度要求。

5) 对于一些在普通低速冲床上冲压的多工位连续模，为了使模具简单、实用、缩小模具体积，或由于条件所限，甚至只能采用侧刃做定距，为了减少步距的累积误差，凡是能合并的工位，只要模具能保证零件的精度，模具本身有足够的强度，就不要轻易分解、增加工位。尤其对

于那些形状不易分解的零件，更不要轻率地增加工位（图 19.6-10）。

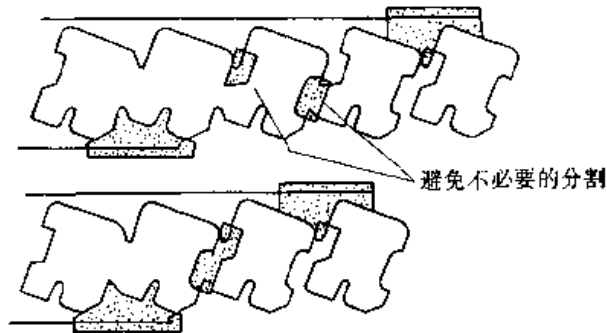


图 19.6-10 形状不易分解的零件排样图

6) 分段型切除余料排样中的条料, 因冲切加工其强度逐渐变弱, 在安排各工位的加工内容时要考虑条料宽度方向的导向。

7) 应保证条料载体与零件连接处有足够的强度与刚度。当冲压件上有大小孔或窄肋时应先冲小孔(短边), 后冲大孔(长边)。

8) 凹模上冲切轮廓之间的距离不应小于凹模的最小允许壁厚, 一般取为 $2.5t$ (t 为工件材料厚度), 但最小要大于 2 mm 。

9) 轮廓周界较大的冲切工艺, 尽量安排在中间工位, 以使压力中心与模具几何中心重合。

2.2.2 弯曲工序排样的基本原则

1) 对于冲裁弯曲类零件, 先冲孔再切除弯曲部位周边的废料后进行弯曲, 然后再切除其余废料。

2) 近弯边的孔有精度要求时, 应弯曲后再冲, 以防止孔变形。

3) 为避免弯曲时载体变形和侧向滑动, 对小件可两件组合成对称件弯曲, 然后再剖分开(图 19.6-11)。

4) 凡属于复杂的弯曲零件, 为了便于模具制造并保证弯曲角度合格, 应分解为简单弯曲工序的组合, 经逐次弯曲而成, 切不可强行一次弯

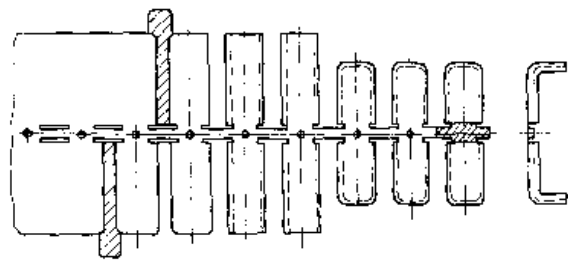


图 19.6-11 组合弯曲

曲成形。要力求用简单的模具结构来满足弯曲件的形状(图 19.6-12)。对精度要求较高的弯曲件, 应以整形工序保证零件质量。

5) 平板毛坯弯曲后变为空间立体形状, 毛坯平面应离开凹模面一定高度, 以使工序件能在进一步向前送进时不被凹模挡住, 这一高度称为送进线高度。送进线高度应尽量小(图 19.6-13)。

6) 对于一个零件的两个弯曲部分有尺寸精度要求时, 则弯曲部分应当在同一工位一次成形。这样不仅保证了尺寸精度, 而且能够准确地保持成批零件加工后的一致性。

7) 应保证零件弯曲线与材料碾压纹向垂直, 当零件在互相垂直的方向或几个方向都要进行弯曲时, 弯曲线必须与条料纹向成 $30^\circ \sim 60^\circ$ 的角度。

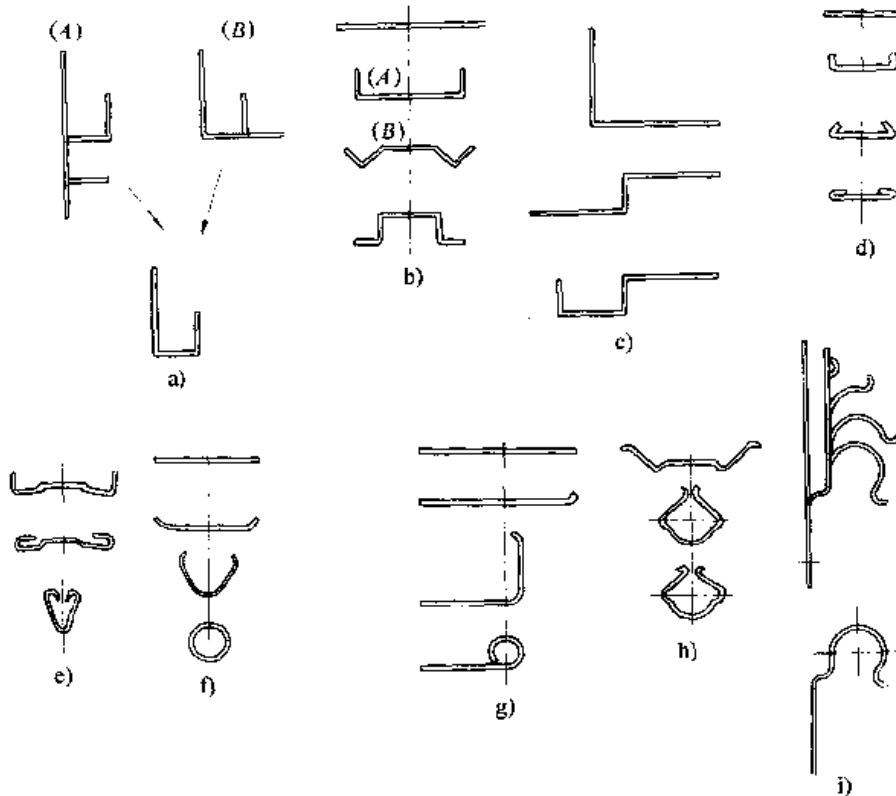


图 19.6-12 复杂弯曲件工序分解

8) 尽可能以冲床行程方向作为弯曲方向, 若要作不同于行程方向的弯曲加工, 可采用斜楔

滑块机构, 对闭口型弯曲件, 也可采用斜口凸模弯曲 (图 19.6-14)。

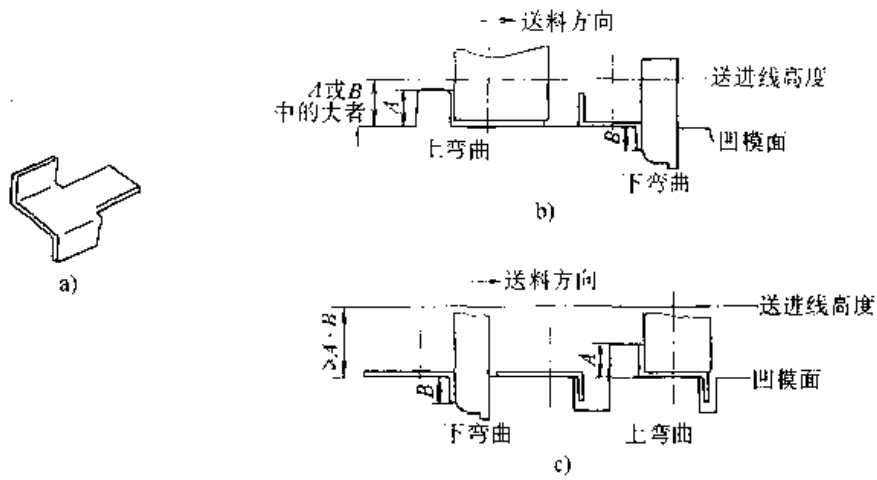


图 19.6-13 不同弯曲工序排样的送进线高度

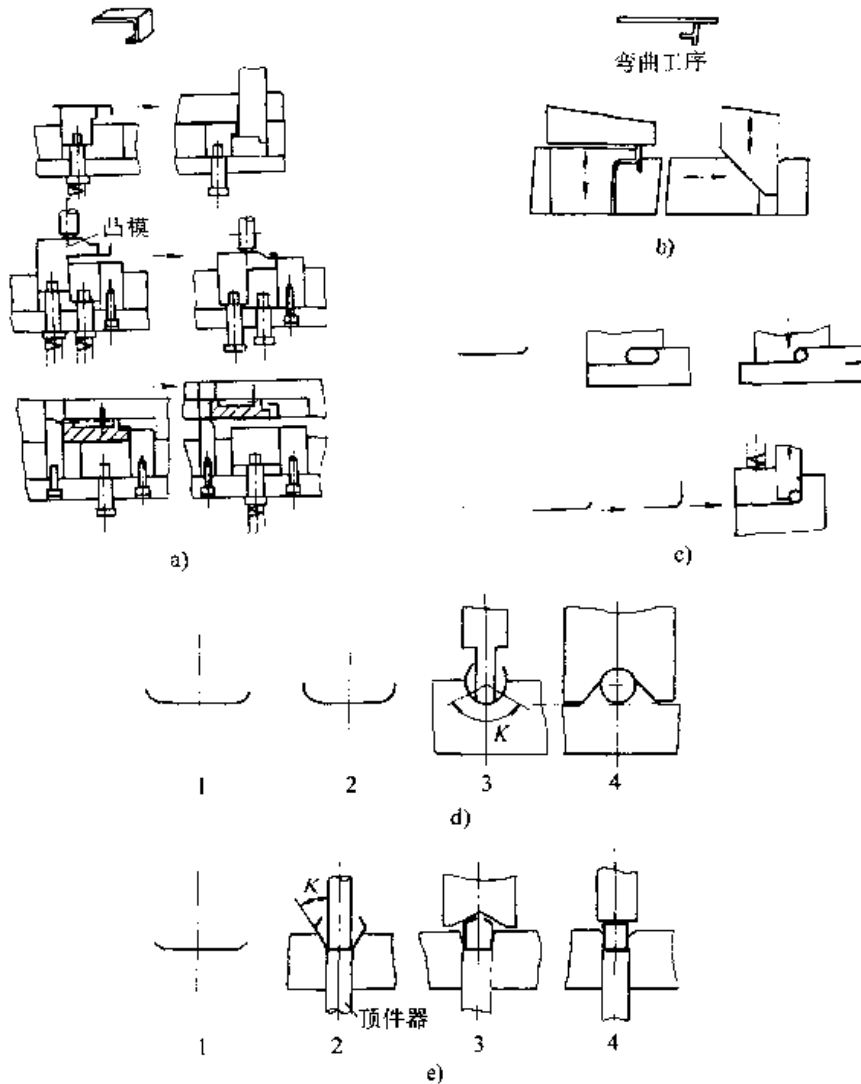


图 19.6-14 复杂件弯曲方法

2.2.3 拉深工序排样的基本原则

1) 对于有拉深又有弯曲和其他工序的制品,应当先进行拉深,再安排其他工序。这是由于拉深过程中必然有材料的流动,若先安排其他工序,拉深时将使已定型的部位产生变形。

2) 凡属于多次拉深的多工位连续模,由于连续冲压的原因,其拉深工序的安排,拉深系数的选取应以安全稳定为原则。具体地说,如果经过计算在三次拉深与四次拉深之间,应用四次拉深,以保证连续冲压的合格率。必要时还应当有整形工序,以保证冲压件的质量。

3) 为了便于连续拉深模在试模过程中调整拉深次数和各次拉深系数的分配,应适当安排几个空位工位,作为预备工位。

4) 拉深件底部带有较大孔时,可在拉深前先冲较小的预备孔,改善材料的拉深性,拉深后再将孔冲至要求的尺寸。

5) 拉深过程中筒形件高度在逐步增加,使各工序件高度不一致,引起了载体变形,影响拉深件质量。对此,可在每次拉深后设置一空位工位,减少带料的倾斜角度,改善拉深件质量(图19.6-15)。

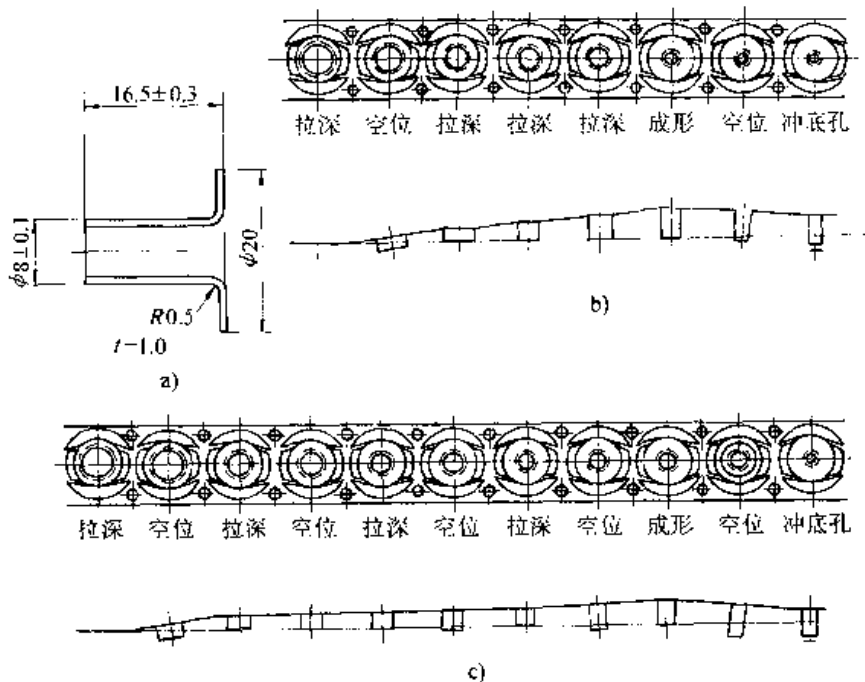


图 19.6-15 增加空位工位改善拉深件质量

2.2.4 含局部成形工序排样的基本原则

1) 有局部成形时,可视具体情况将其穿插安排在各工位上进行,在保证产品质量的前提下,利于减少工位数。

2) 局部成形会引起条料的收缩,使周围的孔变形,因此不应安排在条料边缘区或工件外形处,局部成形区周围的孔应在成形后再冲(图19.6-16)。

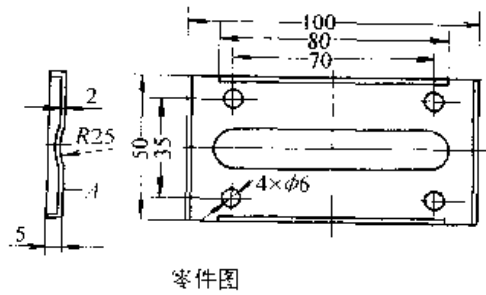
3) 轮廓旁的鼓包要先冲,以避免轮廓变形。若鼓包中心线上有孔,应在压鼓包前先在孔的位置上冲出直径较小的孔,以利于材料从中心向外流动,待压好鼓包后再冲孔到要求的尺寸。

4) 镢形前应将其周边余料适当切除,然后在镢形完成后再安排进行一次精确冲切余料(图

19.6-17)。

2.3 载体设计

载体是指连续模冲压时,条料内连接工序件并运载其稳定前进的这部分材料。在排样过程中,载体设计是非常重要的,不仅决定了材料的利用率,而且关系到制品的精度和冲制效果,更是直接影响模具结构的复杂程度和制造的难易程度。载体与一般冲裁时条料的搭边不尽相同,搭边的作用主要是补偿定位误差,满足冲压工艺的基本要求,保证冲出合格的制品,还可使条料有一定的刚度,便于送进。而条料载体必须有足够的强度,要能够运载条料上冲出的零件,并且能够平稳地送进到后续工位。



零件图

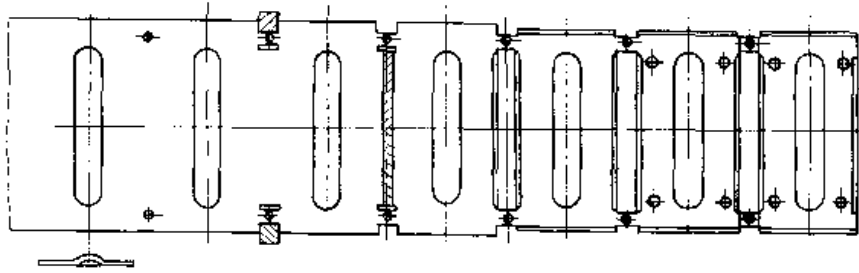


图 19.6-16 有局部成形工序的排样图

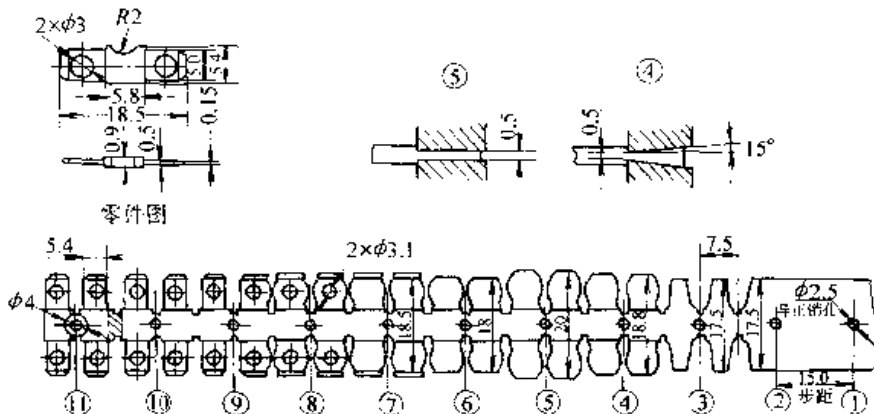


图 19.6-17 带有冲裁冷镦加工条料排样图示例

载体的强度非常重要。载体发生变形，则整个条料的送进精度就无法保证，严重者会使条料无法送进而损坏模具造成事故。因此从保证载体强度出发，载体宽度远远大于搭边宽度。但条料载体强度的增强，并不能单纯靠增加载体宽度来保证，重要的是要合理地选择载体形式。由于被加工件的形状和工序的要求不同，其载体的形式是各不相同的。载体形式主要有双侧载体、单侧

载体和中间载体这三种。

双侧载体是在条料的两侧设计载体，被加工的零件连接在两侧载体的中间（图 19.6-18）。双侧载体是理想的载体，可使工件到最后一个工位前条料的两侧仍保持有完整的外形，这对于送进、定位和导正都十分有利。采用双侧载体送进十分平稳可靠，但材料利用率较低。双侧载体可分为等宽双侧载体和不等宽双侧载体。

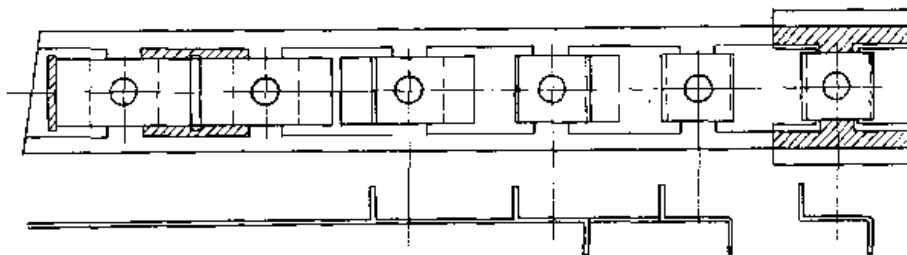


图 19.6-18 双侧载体

等宽双侧载体一般应用于送进步距精度高、条料偏薄、精度要求较高的冲裁件多工位连续模或精度较高的冲裁弯曲件多工位连续模。在载体两侧的对称位置可冲出导正销孔，在模具的相应位置设导正销，以提高定位精度，如图 19.6-44 所示。

不等宽双侧载体宽的一侧称为主载体，窄的

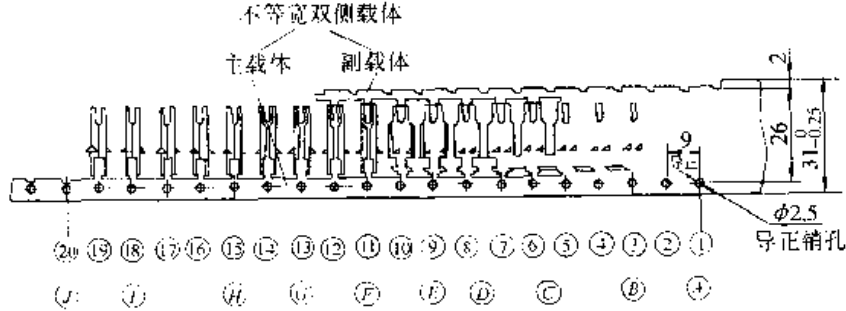


图 19.6-19 不等宽双侧载体排样图

单侧载体是在条料的一侧设计载体，实现对工序件的运载。导正销孔多放在单侧载体上，其送进步距精度不如双侧载体高。有时可再借用一个零件本身的孔同时进行导正，以提高送进步距精度，防止载体在冲制过程中有微小变形，影响步距精度。与双侧载体相比，单侧载体应取更大

载体部分，单侧载体

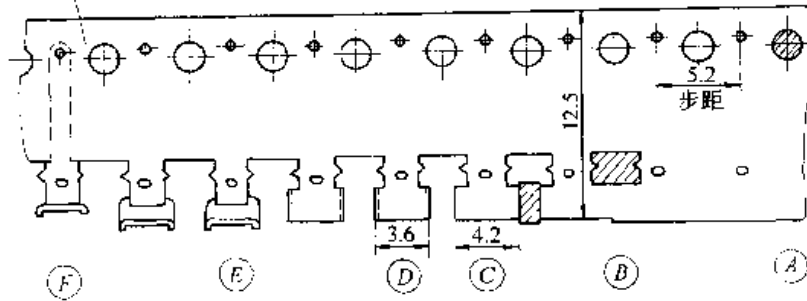


图 19.6-20 单侧载体排样图

在冲裁细长零件时，为了增强载体的强度，并不过分增加载体宽度，仍设计为单侧载体，但在每两个冲压件之间适当位置用一小部分连接起来，以增强条料的强度，称为桥接式载体，其中连接两工序件的部分称为桥。采用桥

侧称为副载体。一般在主载体上设计导正销孔，此时，条料沿主载体一侧的导料板前进。冲压过程中需在中途冲切去副载体，以便进行侧向冲压加工或其他加工（图 19.6-19）。一般在冲切副载体之前应将主要冲裁工序都进行完毕，以确保冲制精度。

的宽度。在冲切过程中，单侧载体易产生横向弯曲，无载体一侧的导向比较困难。

单侧载体一般应用于条料厚度为 0.5 mm 以上的冲压件，特别是对于零件一端或几个方向带有弯曲，往往只能保持条料的一侧有完整的外形场合，采用单侧载体较多（图 19.6-20）。

接式载体时，冲压进行到一定的工位或到最后再将桥接部分冲切掉（图 19.6-21）。还可根据零件的特点设计为全桥接式载体（图 19.6-22），但必须在不影响零件要求的情况下才能使用。

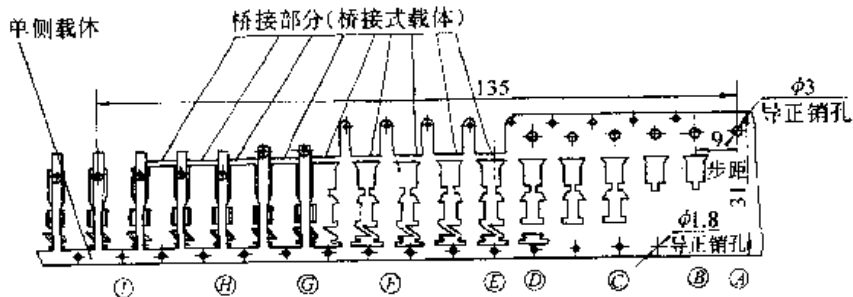


图 19.6-21 单侧载体伴有桥接式载体排样图

法，便于加工。

2.4.3 分段切除时的搭口形式选择

分段切除连续模在冲制过程中，余料切除后各段间连接成一个完整的冲压零件，由于连续模工位多，模具的制造误差及步距间的误差累积都有可能使冲切后形孔各段出现各种质量问题。因此，为保证冲压零件的质量，就必须合理地选择连接方式，并加上必要的措施，使各段间连接得非常平直和圆滑，以免出现毛刺、错位、尖角、

塌角等。

连接方法可分为搭接、平接、切接三种方式。

搭接如图 19.6-26 所示，若第一次冲出 A、C 两区，第二次冲出 B 区，图示的搭接区是冲裁 B 区凸模的扩大部分，搭接区在实际冲裁时不起作用，主要是克服形孔间连接时的各种误差，以使形孔连接良好，保证制件在分段切除后连接整齐。搭接最有利于保证冲件的连接质量，在分段切除中大部分都采用这种连接方式。

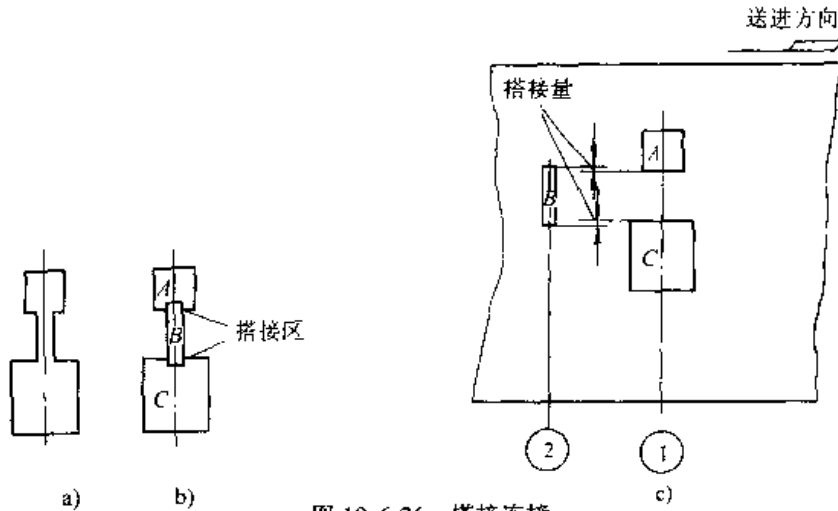


图 19.6-26 搭接连接

a) 冲压件的形孔 b) 两工位形孔加工所形成的搭接区 c) 排样示意图

图 19.6-27 是图 19.6-8 所示零件冲切形孔，将其分解为五部分（9 个凸模）时，各凸模间的搭接关系示意图。

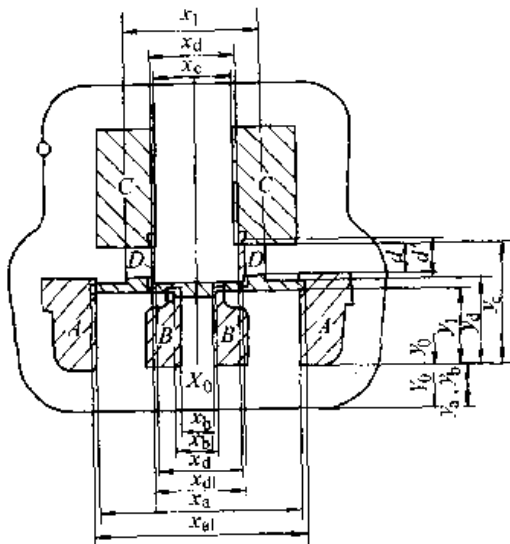


图 19.6-27 铁芯片分段切除搭接关系示意图

平接（图 19.6-28）是在零件的直边上先冲切去一段，然后在另一工位再切去余下的一段，两次冲切刃口平行，共线但不重叠。平接方式易

出现毛刺、错牙，不平直等质量问题，设计时应尽量避免采用。若需采用时，要提高模具步距和凸模、凹模的制造精度，并对平接的直线前后两次冲切的工位均设置导正销进行条料导正。二次冲切的凸模连接处的延长部分修出微小的斜角（ $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ），以防由于种种误差的影响在连接处出现明显的缺陷。

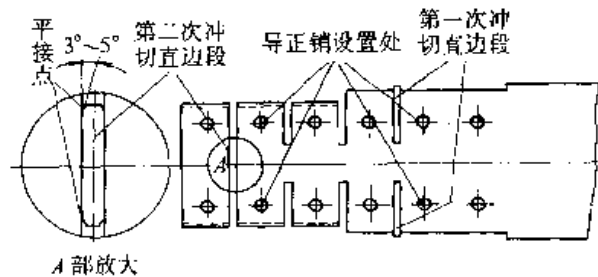


图 19.6-28 平接连接方式示意图

切接的方式与平接相似，平接是指直线段，而切接是指在零件的圆弧部分上或圆弧与圆弧相切的切点进行分段切除的连接方式（图 19.6-29）。与平接相似，切接也容易在连接处产生毛刺、错位、不圆滑等质量问题，需采取与平接相

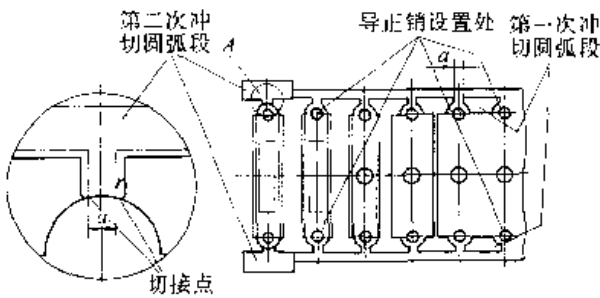


图 19.6-29 切接连接方式示意图

同的措施，或在圆弧段设计凸台，在圆弧段与直边形成尖角处要注意尺寸关系，如图 19.6-30 所示。切接中的毛刺也可采用搭接方式解决。

2.5 空位工位及步距设计

2.5.1 空位工位

当条料每送到这个工位时不作任何加工，随着条料的送进，再进入下一工位，这样的工位成

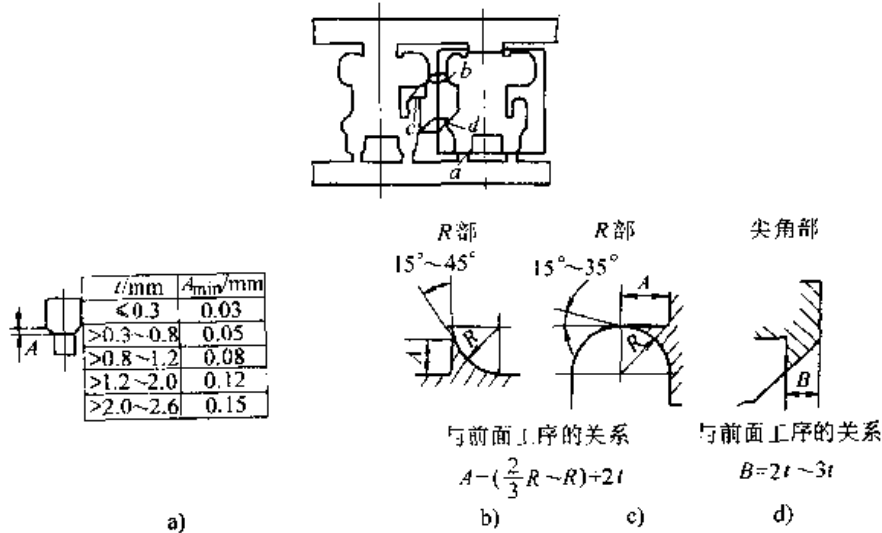


图 19.6-30 切接刃口尺寸关系

为空地工位（图 19.6-5）。在排样图中，增设空地工位的目的是为了保证凹模、卸料板、凸模固定板有足够的强度，确保模具的使用寿命，或是为了便于模具设置特殊结构，或是为了作必要的储备工位、便于试模时调整工序用。在多工位连续模中，空地工位虽为常见，但绝不能无原则地随意设置。由于空地工位的设置，无疑会增大模具的尺寸，使模具的误差累积增大，因此在排样考虑空地工位设置时要遵循以下原则：

1) 用导正销做精确定位的条料排样图因步距累积误差较小，对产品精度影响不大，可适当多设置空地工位，因为多个导正销同时对条料进行导正，对步距送进误差有相互抵消的可能。而单纯以侧刃定距的多工位连续模，其条料送进时随着工位数的增多而误差累积加大，可以不应轻易增设一个空地工位。

2) 当模具的步距较大时（步距 > 16 mm），不宜多设置空地工位。尤其对于一些步距大于 30 mm 的多工位连续模更不能轻易设置一个空地工位。反之，当模具的步距较小（一般 < 8 mm）时，增加一些空地工位对模具的影响不

大，有时步距过小，如果不多增设空地工位，模具的强度就较低，而且模具的一些零部件也无法安装，此时就应该考虑设置空地工位。

3) 精度高、形状复杂的零件在设计条料排样图时，应少设置空地工位。反之形状简单、精度较低的零件可适当增加空地工位。

2.5.2 步距基本尺寸的确定

连续模的步距是确定条料在模具中每送进一次，所需要向前移动的固定距离。步距的精度直接影响冲件的精度。设计连续模时，要合理地确定步距的基本尺寸和步距精度。步距的基本尺寸，就是模具中两相邻工位的距离。连续模任何相邻两工位的距离都必须相等。对于单排列的排样，步距基本尺寸等于冲压件的外形轮廓尺寸和两冲压件间的搭边宽度之和，其步距基本尺寸 S 为

$$S = L + M$$

式中 L——冲压件外形轮廓尺寸；

M——搭边宽度。

但是，冲压件展开外形在沿送料方向每两个冲压件外轮廓的排列往往相互交错，如图 19.6-31 所示，并不是以整个外形最大尺寸 L 送进条料

的，而是按某局部外形尺寸 l 送进即可，其步距基本尺寸为

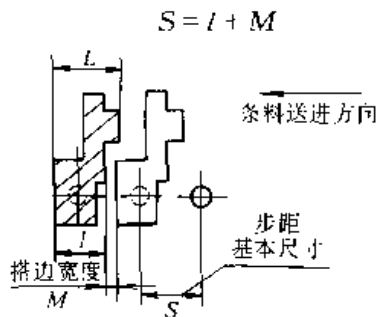


图 19.6-31 零件外形互交错步距基本尺寸确定方法示意图

在排样图中，如果斜排（图 19.6-32 所示），则其步距基本尺寸为

$$S = \frac{l + M}{\sin \alpha}$$

式中 l —— 制件沿送料方向有一倾斜夹角方位的某个局部外形轮廓尺寸；

α —— 冲压件中心线与送料方向的倾斜夹角。

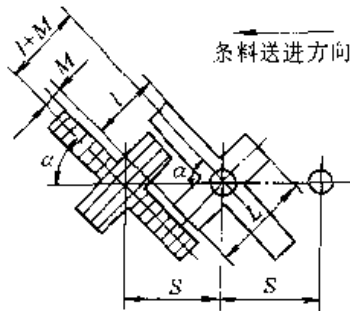


图 19.6-32 零件斜排步距基本尺寸确定方法示意图

对于双排或多排排样，可分为两种情况。一种是沿送料方向在同一轴线上进行双排或多排排样（图 19.6-33 所示），则步距基本尺寸为

$$S = L + l + 2M$$

另一种是与送料方向平行的多排排样，如图 19.6-4 所示。这时可参照对应单排排样考虑确定步距的基本尺寸。

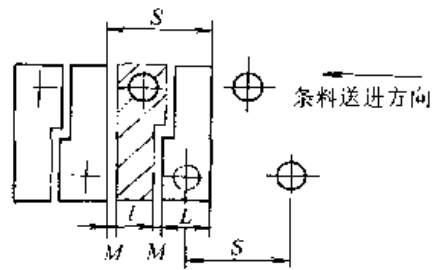


图 19.6-33 沿条料同一中心前后双排交错排样步距基本尺寸确定方法示意图

多工位连续模在沿送料方向的冲裁搭边宽度，一般可参照冷冲模搭边值选取。但由于在分段切除余料的过程中是要将这个搭边按余料冲切去，所以在选取最小切除余料宽度时，要保证凸模有必要的强度，否则在连续作业的情况下是很危险的。

步距的精度直接影响冲件的精度。由于步距的误差，不仅影响分段切除余料，导致外形尺寸的误差，还影响冲压件内、外形的相对位置。也就是说，步距精度越高，冲件精度也越高，但模具制造也就越困难。所以步距精度的确定必须根据冲压件的具体情况来定。

影响步距精度的因素很多，但归纳起来主要有：冲压件的精度等级、形状复杂程度、冲压件材质和厚度、模具的工位数，冲制时条料的送进方式和定距形式等。

多工位连续模步距精度的经验公式为

$$\delta = \pm \frac{\beta}{2\sqrt[3]{n}} k$$

式中 δ —— 多工位连续模步距对称极限偏差值 (mm)；

β —— 冲件沿条料送进方向最大轮廓基本尺寸（指展开后）精度提高三级后的实际公差值 (mm)；

n —— 模具设计的工位数；

k —— 修正系数，见表 19.6-1。

表 19.6-1 修正系数值

冲裁（双面）间隙 α /mm	k 值	冲裁（双面）间隙 α /mm	k 值
0.01~0.03	0.85	>0.12~0.15	1.03
>0.03~0.05	0.90	>0.15~0.18	1.06
>0.05~0.08	0.95	>0.18~0.22	1.10
>0.08~0.12	1.00		

注：1. 修正系数 k 主要是考虑料厚，材质因素，并将其反映到冲裁间隙的关系上去。

2. 为了克服多工位连续模中，由于工位的步距累积误差，故在标注模具每步尺寸时，均由第①工位至其他各工位直接标注其长度，不论这个长度多大，其步距的极限偏差均为 δ 。

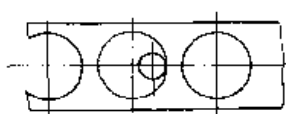
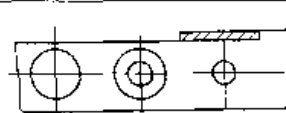
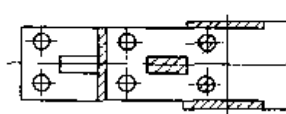
2.6 定位形式选择与设计

2.6.1 定位形式

在连续模中，由于产品的加工工序安排在多个工位上顺次完成，为了保证前后两次冲切中，工序件的准确匹配和连接，必须保证

其在每一工位上都能准确定位。根据工序件的定位精度，连续模的定位方式可采用挡料销、侧刃、自动送料机构、导正销等。前三者使用时只能作为粗定位，连续模的精确定位都是采用导正销与其他粗定位方式配合使用（表 19.6-2）。

表 19.6-2 连续模工序件定位方式

类型	定位方式	图 例	适用范围	
粗定位	挡料销		$t > 1.2 \text{ mm}$ ，尺寸较大 产品精度要求低（IT10 ~ IT13） 形状简单 手工送料	
	侧刃	单侧刃		$t = 0.1 \sim 1.5 \text{ mm}$ 精度 IT11 ~ IT14 工位数 3 ~ 10
		双侧刃		
	自动送料机构		机床配有自动送料机构	
精定位	导正销		精度要求高 与粗定位方式结合使用	

挡料销多适用于产品零件精度要求低、尺寸较大、板料厚度较大（大于 1.2 mm）、产量小的手工送料的普通连续模，有时还要借助其他机构才能有效定位，模具的设计和制造均较简单。根据在连续模中的用途、使用场合、使用要求不同，又可分为固定挡料销、活动挡料销、临时挡料销等，详细内容可参见第 20 篇第 1 章 2.2.2 挡料件。

自动送料机构是专用的送料机构，配合冲床冲程运动，使条料作定时定量地送进。多工位连续模一般不能单独靠自动送料机构定距，只有在单独拉深的多工位连续模才可单独采用。

侧刃和导正销是连续模中普遍采用的定位方式，使用时必须遵循一定的原则，才能取得较好的定位效果。

2.6.2 导正孔的确定原则

导正孔（导正销孔）是通过装于上模的导正销插入其中矫正条料位置来达到精确定位目的的，一般与其他粗定位方式配合使用（图 19.6-34）。

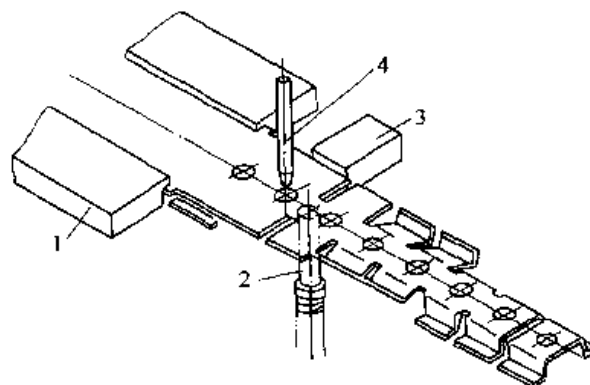


图 19.6-34 导正销工作示意图

1—导尺 2—浮顶器 3—侧刃挡块 4—导正销

导正孔可利用零件本身的孔，或利用废料载体上的孔，前者为直接导正，后者为间接导正。直接导正的材料利用率高，外形与孔的相对精度容易保证，模具加工容易，但易引起产品孔变形。间接导正的材料利用率较低，载体和毛坯的位置不易保证，模具加工工作量增加，但产品孔不会变形。

导正销对条料的矫正能力如表 19.6-3 所示。从表中可看出,导正销矫正能力与料厚及相应的导正孔直径密切相关。导正孔直径的大小会影响材料利用率、载体强度、导正精度等,应结合考虑板料厚度、材质、硬度、毛坯尺寸、载体形式、尺寸、排样方案、导正方式、产品结构特点

和精度等因素来确定。一般导正孔最小直径应大于或等于料厚的 4 倍。下面所列为导正孔直径的经验值:

$$\begin{aligned} t < 0.5 \text{ mm} & \quad d_{\text{min}} = 1.5 \text{ mm} \\ 1.5 \text{ mm} \geq t \geq 0.5 \text{ mm} & \quad d_{\text{min}} = 2.0 \text{ mm} \\ t > 1.5 \text{ mm} & \quad d_{\text{min}} = 2.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

表 19.6-3 导正销矫正能力 (mm)

料厚 t 孔径 d	0.2	0.4	0.8	1.5	3.0
3.0	0.05	0.08	0.13	—	—
5.0	0.08	0.13	0.20	0.25	—
6.0	0.10	0.20	0.25	0.35	—
8.0	0.12	0.20	0.25	0.40	0.65
10.0	0.13	0.20	0.30	0.50	0.75
13.0	0.15	0.25	0.38	0.75	0.80
19.0	0.15	0.25	0.40	0.80	1.00

在设计排样图上确定导正孔位置时应遵循以下原则:

1) 在条料排样的第一工位就要冲制出导正销孔,紧接第二工位要有导正销,以后每隔 2~4 工位的相应位置等间隔地设置导正销,并优先在容易窜动的工位设置导正销。

2) 导正孔位置应处于条料的基准平面(即冲压中不参与变形、位置不变的平面)上,否则将起不到定位孔的作用,一般可选在条料载体或余料上(图 19.6-19)。

3) 对于较厚的材料,也可选择零件上的孔作为导正孔,但在冲压过程中,该孔经导正销导正后,精度会被破坏,甚至会变形,应在最后的工位上予以精修完成。

4) 重要的加工工位前要有导正销。

5) 圆筒形件连续拉深时,可不必设置导正销孔,而直接利用拉深凸模进行导正。

6) 必须要设置导正销而又与其他工序干涉时,可设置空位工位。

2.6.3 侧刃设计

侧刃也是连续模中普遍使用的一种定位方式,是在条料的一侧或两侧冲切定距槽,通过条料送进距离等于侧刃冲切缺口长度,即控制步距

达到使工序件定位的目的。它适用于 0.1~1.5 mm 厚的板料,对于大于 1.5 mm 或小于 0.1 mm 的板料不宜采用,定位精度比挡料销要高,一般适于 IT11~IT14 级精度冲压件的定位,个别也能满足 IT10 级精度,但工位不宜过多。

由于侧刃凸模有制造误差,侧刃刃口钝化后会影响到侧刃步距的精度,所以单一用侧刃定位的连续模工位只能有 3~6 个,在多工位连续模中,一般以侧刃作粗定位,以导正销作精定位。

侧刃的形式很多,使用的效果也有所不同,可采用标准型或按制件冲裁外形设计。

侧刃可采用单侧刃或双侧刃,如表 19.6-2 中图所示。

单侧刃即在条料一侧的第一工位冲出缺口,用单侧刃定位不能对条料横向导向,且当条料末端通过侧刃后,因无法继续进行定距而被浪费。多工位连续模中,常用单侧刃作粗定位,而用导正销作精确定位(图 19.6-19)。侧刃凸模的长度 L 应大于模具步距的基本尺寸 S 一个微量,这个微量 e 应大于导正销孔与导正销双面间隙的 3~6 倍,一般为 $e = 0.04 \sim 0.12 \text{ mm}$,即通过侧刃定距时多送进 e ,导正销进入条料的导正销孔后,可使条料退回 0.03~0.10 mm,从而达到精

定位的目的。若 L 比 S 小一个微量，则因侧刃挡块对条料的阻挡，使导正销无法顺利插入导正孔，如果导正销强行插入，则会使导正孔或条料变形，或使导正销弯曲而难以对条料进行精定位（图 19.6-35）。

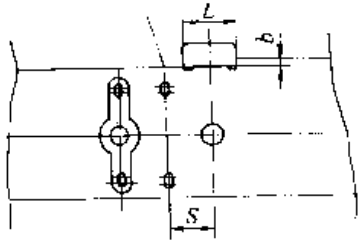


图 19.6-35 单侧刃定距示例

双侧刃为在条料的两侧冲出缺口，一般两侧刃分别在第一工位和最末工位。由于双侧刃可以双向对条料导向，提高了定位的可靠性，并可避免出现废料（图 19.6-42）。

侧刃切除的废料可以是直条，也可以根据冲压零件的外形安排。一般采用单侧载体或双侧载体时，侧刃刃口形状选用标准型，而对中间载体，则侧刃形状可以设计与相应工位工序件冲切外形一致。

侧刃冲切缺口的宽度尺寸如图 19.6-36 所示。表 19.6-4 所列为一侧刃的切边量。

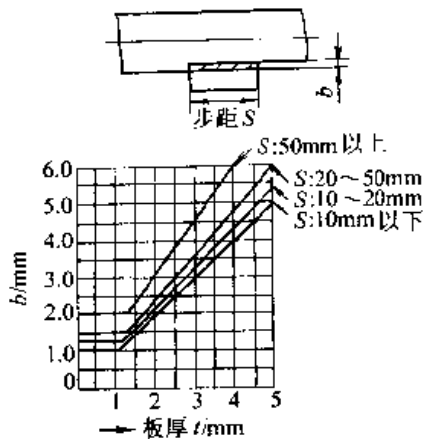


图 19.6-36 侧刃冲切缺口的宽度尺寸

表 19.6-4 侧刃切边量 (mm)

材料厚度	金属	非金属
≤0.5	1.0~1.5	1.5~2.0
>0.5~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0
>1.5~2.5	2.0~2.5	3.0~4.0
>2.5~3.5	2.5~3.0	4.0~5.0

经侧刃冲切后的条料宽度与导料板之间的配合间隙不宜过大，一般在 0.05~0.15 mm，薄料选下限，厚料选上限。

2.7 实例

例 1 图 19.6-37 所示为某低压电器的定位簧片，材料为弹簧不锈钢带 (1Cr18Ni9)。由于零件在产品中不仅对其他结构件起定位作用，同时还对其外观的装饰效果有要求，所以图样上对其表面质量也提出了较高的要求。因此，在成形工序安排和对其成形的连续模设计时，应结合零件结构特点及材料情况等因素综合考虑，才能获得合格零件。

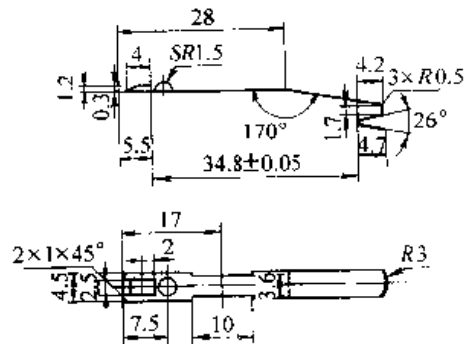


图 19.6-37 定位簧片零件图

由图可知零件结构形状中不仅包含了弯曲、切口、成形等工艺，且要求外观无划痕和擦伤。另外其头部设置有一内凹钩形，该形状不仅给零件的最终成形带来困难，而且成形后其能否即时顺利从成形镶件上脱离，将直接影响带料在模内的送进，即生产的连续性。因此，零件各处形状成形顺序的合理安排，即排样方案的优劣以及模具结构设计是否合理，是影响零件正常生产的关键因素。

虽然零件的尺寸公差等级要求不高，但有一关键性尺寸 34.8 ± 0.05 mm 须经多处弯曲成形后间接获得，其成形是各成形形状综合的结果，因此影响的因素多，尺寸不容易保证，且成形后回弹大，其一致性也较难控制。同时，零件尾部设置的 SR1.5 mm 凸包与切口 (4 mm × 2.5 mm) 形状相距很近，须对其成形顺序作合理安排，才能避免由于金属变形流动时对其已成形形状造成的干涉及破坏。

由于零件展开后为细长形，所以以其宽度方向为送进步距方向，既方便材料送进，又便于钩形弯曲时模具的结构设计。但由于零件成形后头

部呈钩形，在模具结构上除应保证其成形的稳定性外，还应考虑成形后脱模和材料顺利送进的可靠性。因此其头部钩形成形顺序的合理安排将影响其成形及脱模。在多方考虑的基础上，条料排样确定如图 19.6-38 所示，共用 14 个工位完成整个零件的最终成形。

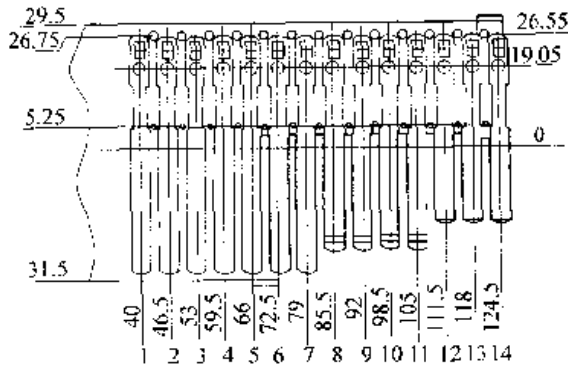


图 19.6-38 定位簧片排样图

该排样图中，步距小，因此在第一工位冲裁导正销孔后，第 2、3、4 工位均为空工位，仅作导正。在第 5 和第 6 工位间冲裁零件需作钩形成形。第 7 工位为空工位，第 8 工位弯曲 26° 形状，第 9 工位为空工位，第 10 工位弯曲 170° 形状，并作尾部 $SR1.5\text{ mm}$ 凸包成形，第 11 工位作尾部切口，第 12 工位成形零件头部的 1.7 mm 尺寸，实现钩状弯曲并获得 $34.8 \pm 0.05\text{ mm}$ 尺寸，同时在尾部成形 $2\text{ mm} \times 1.2\text{ mm}$ 形状，第 13 工位与第 14 工位间冲裁零件尾部轮廓并分离载体后，以上出件方式出模。

例 2 图 19.6-39 所示为连接器端子，它与 $\phi 1.5\text{ mm}$ 的插针相配组成接插对，在电器中充当功率接驳，材料为厚 0.25 mm 的镀锌磷青铜片，先镀后冲。此零件尺寸小，精度高，关键尺寸为 C 向视图上的 1.47 mm 和 0.75 mm ，要求大批量生产，故采用多工位连续模在高速冲床上完成。

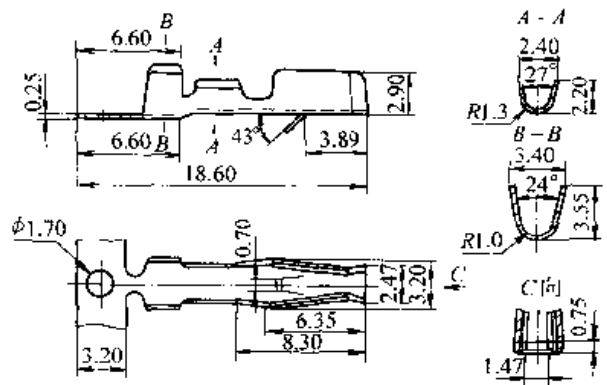


图 19.6-39 连接器端子零件图

在排样设计中，总的原则是先分离、后成形、考虑到模具强度、刚度和结构的合理性，适当增加了空位工位，排样见图 19.6-40。采用侧刃作粗定位，考虑到模具工作时侧刃角部磨损后会使得条料产生尖角毛刺造成送料不畅，以及在后续分离冲裁时形成 15° 锐角，因此将侧刃设计为成形侧刃，条料采用导正销精定位。经计算，条料宽度取 20 mm ，侧刃冲切宽度为 1.33 mm 。为便于送料和成形，将倒钩的冲切和弯曲分开，全部加工过程共 17 个工位，工作工位 9 个，空位工位 8 个。工位 1 侧刃定位及冲导正孔，工位 4 分离，工位 7 压扁两处包线引导头部斜角，工位 8 弯曲成形 Z 形台阶，工位 9 倒钩三边冲切，工位 11 端子头部内凹弯曲成形，工位 13 主体弯曲成形、头部 U 形直角成形，工位 15 倒钩弯曲成形 43° ，工位 17 端子头部收口弯曲。

例 3 如图 19.6-41 所示为电冰箱温控器的弹簧片，材料为铍青铜 $QBe19$ ，厚 0.2 mm ，主要冲压工序有：制件上小异形孔的冲制，最小的方孔是 $1.3\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ ；制件上 5 个部位的弯曲；球形凸包成形。制件是批量生产，质量要求高，若采用单工序模不仅工艺繁多，质量也难以保证，因此适宜采用多工位连续模。

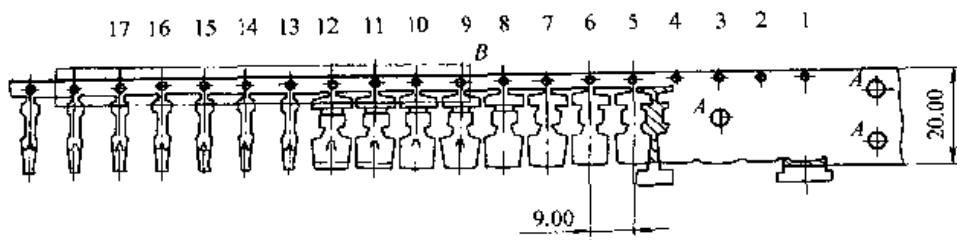


图 19.6-40 连接器端子排样图

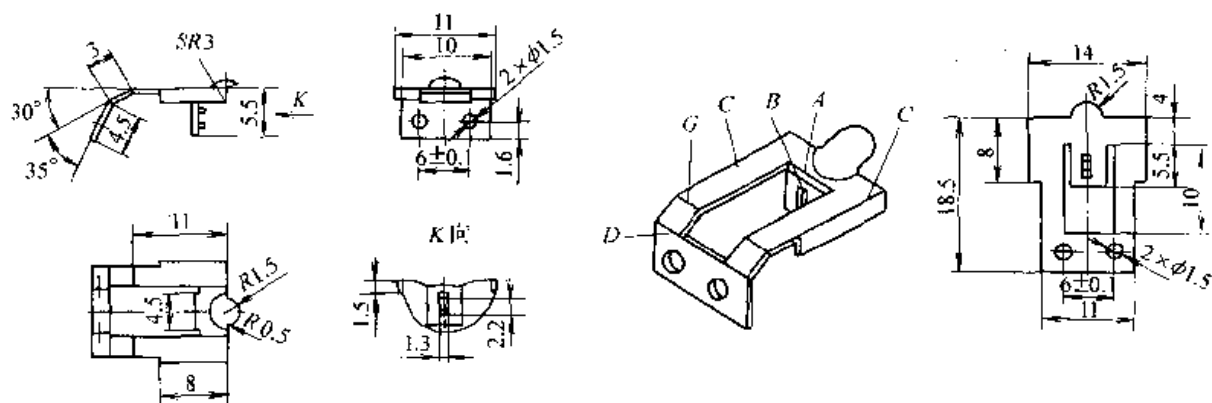


图 19.6-41 弹簧片零件图

在排样图设计过程中考虑到材料为铍青铜，若采用卷料，材料不易供应，所以使用板料并用手工送料。手工送料只能用侧刃定距，用导正销进行精定位。

排样图如图 19.6-42 所示，共有八个工位，分别为：①冲 $\phi 3$ mm 导正销孔，M 区切废，并兼有侧刃定距作用；②冲 5.5 mm \times 1 mm 窄长孔，冲 2 个 $\phi 1.5$ mm 圆孔，冲 1.3 mm \times 1 mm 小方孔；③ N 区、H 区切废，B 部位弯曲 0.6 mm，导正销导正；④ C 部位两侧边弯曲 1.5 mm，A 部位第一次弯曲；⑤ F 区切废，用两个 $\phi 1.5$ mm 圆孔导正；⑥ K 区切废，并兼有第二侧刃定距作用，A 部位第二次弯曲，球头成形；⑦ G 部位 30° 弯曲，D 部位 35° 弯曲；⑧ E 区切废，工件分离。

安排切废不仅要符合各工步之间的配合要求，也要注意所切的废料是否容易从凹模的孔中漏出。此例中若 M 区与 N 区连在一起冲裁，则会给漏料孔的设计带来困难，如处理不好，就容易卡在凹模漏孔中而发生堵塞。在进行切废分段设计时，要注意切废部位的形状，使其漏料通畅

而不被卡死。

第 7 工位的 K 区切废，兼有第 2 侧刃的作用，这样在前后各安排一个侧刃，有利于条料的尾部完成冲压。

第 1 工位冲完导正孔后，在以后的第 2、第 4 工位设置导正销导正，第 5 工位因导正销孔已被冲下，则可借用 $\phi 1.5$ mm 孔作为导正销孔进行导正。

制件展开宽度为 14 mm，制件展开宽度与 N 切废区宽度之和则为步距，N 区宽度越小其凸模越容易损坏。为了保证凸模的安全，将 N 区的宽度定为 0.5 mm，所以确定步距为 14.5 mm。

例 4 图 19.6-43 所示为微型电动机定子片、转子片、材料为电工硅钢片，厚 0.35 mm，定子片和转子片在使用中所需的数量相等，转子的外径比定子的内径小 1 mm，它们具有套冲的条件，若制成单工序模或复合模都不能同时完成两制件的冲裁，零件的精度要求较高，形状也比较复杂，适宜采用多工位连续模制造。制件的工序均为落料和冲孔。制件的异形孔多，在连续模的结构设计和加工制造上都有一定的难度。连续模是单件生产，试模后很难修改，因此要精心设计。

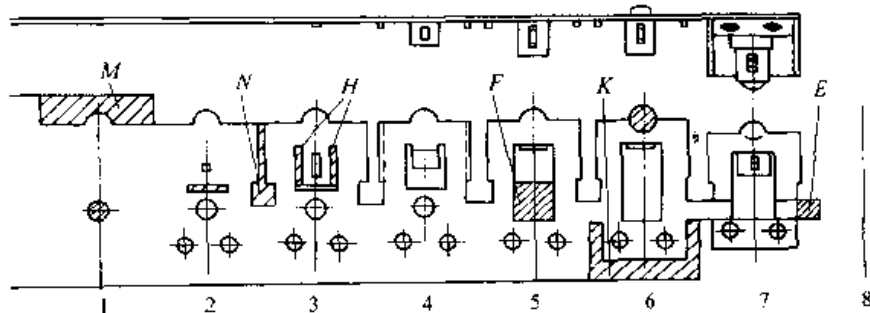


图 19.6-42 弹簧片零件排样图

由于是批量生产，所以采用硅钢片卷料，采用自动送料器和自动送料装置送料，其送料精度

可达 ± 0.05 mm，采用自动送料装置时，由于送料精度比较高，故在模具中只使用导正销作精确

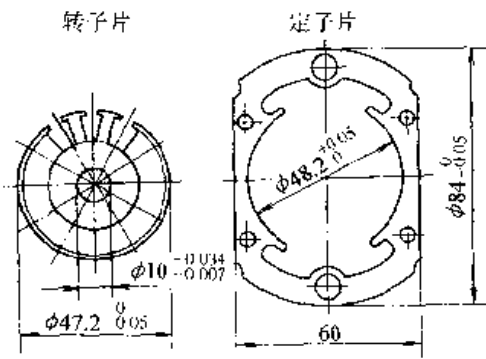


图 19.6-43 微型电动机定子片、转子片

定位。排样图如图 19.6-44 所示，共分为 8 个工位，其中 6 个工作工位。第 1 工位冲 2 个 $\phi 8$ mm 的导正销孔；冲转子片各槽孔和中心轴孔，冲定子片两端 4 个小孔的左侧 2 孔。第 2 工位冲定子片两端中间 2 孔，冲定子片角部 2 个工艺孔，转子片槽和 $\phi 10$ mm 孔校平。第 3 工位转子片 $\phi 47.2_{-0.05}^0$ mm 落料。第 4 工位冲定子片两端异形槽孔。第 6 工位冲定子片 $\phi 48.2_{+0.05}^0$ mm 内孔，定子片两端圆弧余料切除。第 8 工位：定子片切断。

排样图步距为 62 mm，与工件宽相等。

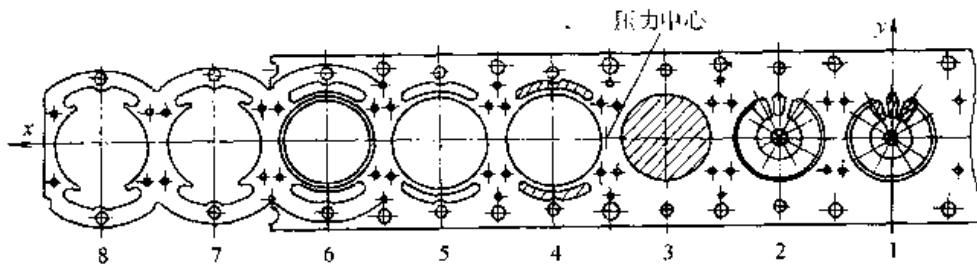


图 19.6-44 电机定、转子排样图

转子片中间 $\phi 10$ mm 的孔有较高的精度要求，12 个线槽孔冲裁后不再加工，直接下线，线径细，绝缘层薄，不允许有明显的毛刺，因此在第 2 工位设置对 $\phi 10$ mm 孔和 12 个线槽孔的整形工序。第 3 工位 $\phi 47.2$ mm 外圆落料，转子片完成。

在安排定子片上、下的两个长方形与 $\phi 48.2$ 孔的冲压顺序时，因考虑到若先冲 $\phi 48.2$ 孔，再冲两长方形孔，则可能引起 $\phi 48.2$ 孔的变形，难以保证 0.05 mm 的尺寸公差，所以在第 4 工位先冲两长方形孔。在第 6 工位再冲 $\phi 48.2$ 孔，同时将 3 个孔打通，完成内部冲裁。

第 8 工位的切断可有两种方法。若采用单边

切断，应注意左、右两个断面形状必将是不同的，右边留在凹模上的工件毛刺向下，而左边冲掉的工件毛刺向上。如果采用中间切去一条的方法，则可保证两边的毛刺方向相同，但要多消耗一个废料条，考虑到所切的边是转子外侧非工作部位，所以采用单边切断的方法。

例 5 图 19.6-45 所示为录音机中机芯自停连杆，材料为钢 10，厚 0.8 mm，制件形状较复杂，精度要求较高。从立体图中可看出，有 a、b、c 三处弯曲，还有 3 个小凸包，制件小，工序复杂、有冲孔、冲裁、成形、弯曲等，又是大批量生产，所以适宜用多工位连续模制造。

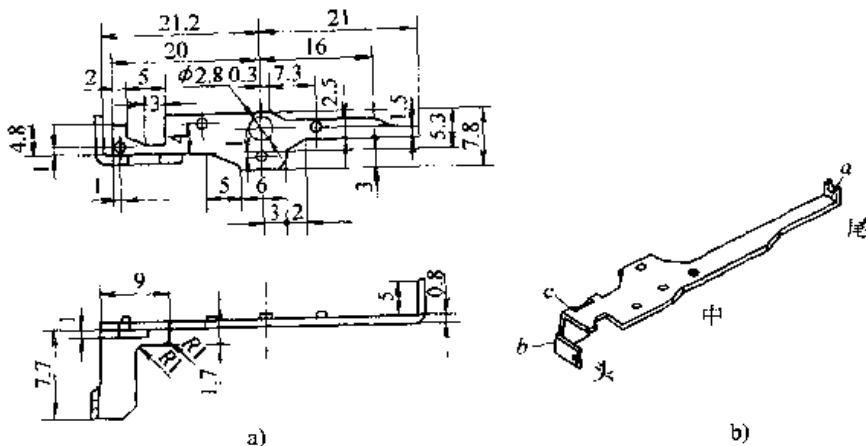


图 19.6-45 机芯自停连杆

a) 工件图 b) 立体图

设计排样图时，考虑到制件外形较复杂，若头、尾部分别一次冲出，凹模中间部位将处于悬臂状态，容易损坏，所以将制件外形分5次冲出。排样图如图19.6-46所示，共有6个工位：①冲导正销孔、冲 $\phi 2.8$ mm圆孔、冲K区 $1\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 的窄长孔、冲T区的T形孔；②冲制件右侧M区外形、连同下一工位冲裁E区

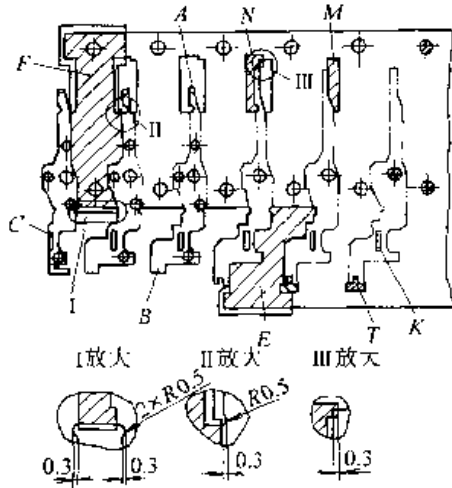


图 19.6-46 排样图

的外形；③冲制件左侧N区外形；④A部位向上5 mm弯曲、冲4个小凸包；⑤B部位向下4.8 mm弯曲；⑥C部位向下7.7 mm弯曲、F区连体冲裁，废料从孔中漏出，制件脱离载体，从模具左侧滑出。

3 连续拉深设计

在成批生产和大量生产中，需要多次拉深成形的中小制件，可采用带料连续拉深。带料连续拉深不能进行中间退火，因此要求被加工制件材料具有良好的压延性，才能保证不会因为材料的多次拉深引起的加工硬化，而影响拉深成形。H62、H68黄铜、08F、10F钢、软铝等材料都适宜于带料连续拉深，3A21软铝合金和可伐合金(Ni29Co18)也可用于连续拉深。

带料连续拉深一般采用两种方法(图19.6-47)：一种是在没有切口或切槽的整体带料上连续拉深(图19.6-47a)，另一种是在有切口或切槽的带料上拉深(图19.6-47b)。两种拉深方法的应用范围和特点见表19.6-5。

表 19.6-5 两类带料连续拉深方法的应用范围和特点

分类	图示	应用范围	特点
无工艺切口(切槽)	见图 19.6-47a	$t/D \times 100 > 1$ $d_1/d = 1.1 \sim 1.5$ $h/d < 1$	1) 拉深时相邻两个拉深件之间互相影响，使得材料在纵向流动困难，主要靠材料的伸长 2) 拉深系数比单工序大，拉深工序数需增加 3) 节省材料
有工艺切口(切槽)	见图 19.6-47b	$t/D \times 100 < 1$ $d_1/d = 1.3 \sim 1.8$ $h/d > 1$	1) 有了工艺切口，相似于有凸缘零件的拉深，但由于相邻两个拉深件之间仍有部分材料相连，因此变形比单工序凸缘零件稍困难些 2) 拉深系数略大于单工序拉深 3) 费料

注： t —材料厚度； D —包括修边余量的毛坯直径； d_1 —凸缘直径； d —制件内径； h —制件高度。

3.1 整体带料的连续拉深

在制件拉深变形较小的情况下，可以在条料上切口，整体带料连续拉深用料较省，但材料流动较困难，带料边缘容易起皱。

3.1.1 拉深系数的计算

无工艺切口的整体带料连续拉深，可以看成是宽凸缘零件的拉深，但由于相邻两个零件变形

时相互有牵制，在材料纵向与横向产生不均匀变形，带料边缘形成自然曲折收缩，使变形条件恶化，变形比较困难。因此，为了避免拉断或拉裂，应减少变形量，其拉深系数要选得更大一些。

整体带料连续拉深的第一次拉深系数 m_1 见表19.6-6，一次拉深最大相对高度 h/d_1 见表19.6-7，以后各次的拉深系数见表19.6-8。

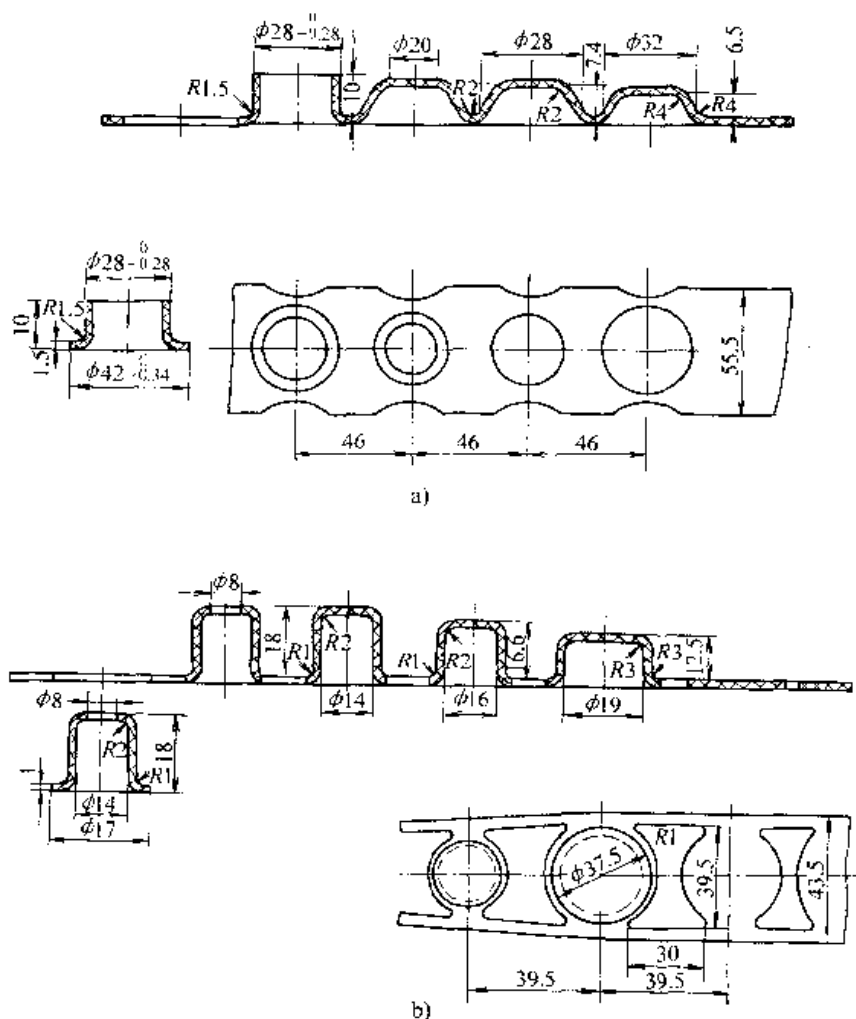


图 19.6-47 带料连续拉深
a) 无工艺切口 b) 有工艺切口

表 19.6-6 无工艺切口的第一次拉深系数 m_1 (材料 08、10 钢)

凸缘相对直径 d_1/d	毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$			
	>0.2~0.5	>0.5~1.0	>1.0~1.5	>1.5
≤ 1.1	0.71	0.69	0.66	0.63
>1.1~1.3	0.68	0.66	0.64	0.61
>1.3~1.5	0.64	0.63	0.61	0.59
>1.5~1.8	0.54	0.53	0.52	0.51
>1.8~2.0	0.48	0.47	0.46	0.45

注：各符号含义见表 19.6-5 注。

表 19.6-7 无工艺切口的第一次拉深系数的最大相对高度 h/d_1 (材料: 08、10 钢)

凸缘相对直径 d_1/d	毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$			
	>0.2~0.5	>0.5~1.0	>1.0~1.5	>1.5
≤ 1.1	0.36	0.39	0.42	0.45
>1.1~1.3	0.34	0.36	0.38	0.40
>1.3~1.5	0.32	0.34	0.36	0.38
>1.5~1.8	0.30	0.32	0.34	0.36
>1.8~2.0	0.28	0.30	0.32	0.35

注: 各符号含义见表 19.6-5 注。

表 19.6-8 无工艺切口的以后各次拉深系数 m_n (材料: 08、10 钢)

拉深系数 m_n	毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$			
	>0.2~0.5	>0.5~1.0	>1.0~1.5	>1.5
m_2	0.86	0.84	0.82	0.80
m_3	0.88	0.86	0.84	0.82
m_4	0.89	0.87	0.86	0.85
m_5	0.90	0.89	0.88	0.87

注: 各符号含义见表 19.6-5 注。

3.1.2 展开尺寸

整体带料连续拉深毛坯展开尺寸的计算, 和

带凸缘拉深件的求法相同。计算毛坯展开尺寸后, 必须加上修边余量, 其值见表 19.6-9。

表 19.6-9 修边余量 b (mm)

毛坯计算直径	材料厚度 t								
	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2
≤ 10	1.0	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	—	—	—
>10~30	1.2	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	3.0	—
>30~60	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.5
>60	—	—	2.0	2.2	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5

整体带料连续拉深时, 带料长度明显缩短, 宽度明显变窄, 首次拉深件的表面积, 应比成品零件 (包括修边余量) 的表面积大 10%~15%。在以后各次拉深中, 随着工序件直径的逐渐减小, 部分材料又逐渐转到平的凸缘或带料平面上来。

$$A_1 = (1.1 \sim 1.15) A_0$$

$$\text{或 } d_1 = \sqrt{1.1 \sim 1.15 D} = (1.05 \sim 1.075) D \quad (19.6-1)$$

式中 A_0 ——包括修边余量在内的制件表面积 (mm^2);

A_1 ——首次拉深件的表面积 (mm^2);

D ——包括修边余量在内的制件毛坯直径 (mm);

d_1 ——首次拉深件展开直径 (mm)。

3.1.3 料宽和步距

料宽和步距由表 19.6-10 中计算公式确定。

表 19.6-10 带料连续拉深的料宽和步距计算公式

拉深方式	图 示	料宽计算公式	步距计算公式
无工艺切口的连续拉深		$B = D_1 + b + 2n_1$ $= D + 2n_1$	$S = (0.85 \sim 0.9) D$ (但不小于包括修边余量的凸缘直径)
有工艺切口的连续拉深		$B = D_1 + b + 2n_2$ $= D + 2n_2$	$S = D + n$
有工艺切口的连续拉深		$B = (1.02 \sim 1.05) D + 2n_2$ $= C - 2n_2$	$S = D + n$
有工艺切口的连续拉深		$B = D_1 + b = D$	$S = D + n$

注: B ——带料宽度 (mm); S ——带料送进步距 (mm); D_1 ——毛坯的计算直径 (与一般带凸缘筒形件毛坯计算相同) (mm); b ——修边余量, 见表 19.6-9 (mm); D ——包括修边余量的毛坯直径 (mm); n_1 及 n_2 ——侧搭边宽度, 见表 19.6-11 (mm); n ——相邻切口间搭边宽度或冲槽最小宽度, 见表 19.6-11 (mm); C ——工艺切口宽度, 见表 19.6-11 (mm); k_1 及 k_2 ——切口间跨度, 见表 19.6-11 (mm); r ——切口圆角半径, 见表 19.6-11 (mm)。

表 19.6-11 带料连续拉深搭边及切口参数推荐数值 (mm)

参数符号	材料厚度 t		
	≤ 0.5	$\geq 0.5 \sim 1.5$	≥ 1.5
n_1	1.5	1.75	2
n_2	1.5	2	2.5
n	1.5	1.8	3
r	0.8	1	1.2
k_1	$k_1 \approx (0.5 \sim 0.7) D^{\text{①}}$		
k_2	$k_2 \approx (0.25 \sim 0.35) D$		
C	$(1.02 \sim 1.05) D$		

① D ——包括修边余量的毛坯直径。

3.1.4 工序计算程序

1) 按照单工序模的计算方法及制件的尺寸计算所需毛坯的直径 D_1 , 按表 19.6-9 查出修边余量 b , 则所需毛坯直径 $D = D_1 + b$ 。

2) 根据相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$ 、凸缘相对直径 d_f/d 及所要加工制件的 h/d , 查表 19.6-5 看是

否需工艺切口。若不需工艺切口, 则再将 h/d 值与从表 19.6-7 查出的一次拉深所能达到的最大相对高度 h/d_1 相比较, 确定能否一次拉深成形, 如制件的 h/d 大于表中所列值, 则需多次拉深。

3) 核算总拉深系数。与带凸缘的筒形件拉深系数的计算相同:

总拉深系数 $m_{总} = d/D = m_1 \cdot m_2 \cdots m_n$ (19.6-2)

m_1, m_2, \dots, m_n —— 各次拉深系数。

式中 d —— 制件直径 (mm);
 D —— 毛坯直径 (mm);

总的拉深系数可按表 19.6-12 选用, 一般 $m_{总}$ 应不小于表 19.6-12 所示的极限拉深系数。

4) 确定拉深次数和各工序的拉深次数。由

表 19.6-12 总拉深系数 $m_{总}$ 的极限值

材 料	抗拉强度 σ_b /MPa	相对伸长率 δ /%	总拉深系数 $m_{总}$		
			不带推件装置		带推件装置
			材料厚度 $t < 1.2$ mm	材料厚度 $t = 1.2 \sim 2$ mm	
钢 08F	294~392	28~40	0.40	0.32	0.16
黄铜 H62、H68	294~392	28~40	0.35	0.29	0.24~0.2
软铝	78~108	22~25	0.38	0.30	0.18

表 19.6-6、19.6-8 查出拉深系数 m_1, m_2, m_3, \dots , 初步计算出各次拉深直径, 由此可知所需的拉深次数。确定拉深次数后, 调整各工序的拉深系数。在调整拉深系数时, 确定的各次拉深系

数可比表中所列的数值大。

5) 计算各次拉深的工序件直径。

6) 计算各次拉深凸模和凹模的圆角半径 (查表 19.6-13)。

表 19.6-13 带料连续拉深时第一道工序的圆角半径

$\frac{t}{D} \times 100$	r_d	r_p	备 注
0.1~0.3	$6t$	$7t$	1) 以后各道工序的冲模工作部分圆角半径为前道工序圆角半径的 0.6~0.8 倍, 其中较大值系最初工序所用 2) 在整形或带凸缘拉深时, r_d 与 r_p 按零件产品图给定 3) r_d 与 r_p 的值需在试模中予以修正 4) 在整形时, r_d 与 r_p 的值可取等于前道工序所用值的若干分之一, 但不得小于 $0.5t$ (t 为料厚)
0.3~0.8	$5t$	$6t$	
0.8~2.0	$4t$	$5t$	
2.0~4.0	$3t$	$4t$	
4.0~6.0	$2t$	$3t$	
6.0 以上	t	$2t$	

若制件圆角半径 $R < t, r < 2t$ (r, R 见图 19.6-48), 即 $r_d < t, r_p < 2t$ 时, 应在不改变拉深直径的情况下, 通过整形工序逐渐减小圆角半径, 最后达到制件圆角半径 (每次整形工序允许减小圆角半径 50%)。

7) 计算各工序的拉深高度

对于带凸缘的拉深件, 高度 h 按下式计算:

$$\begin{aligned}
 h_n &= 0.32 \frac{A}{d_n} - 0.25 \frac{d_f^2}{d_n} + 0.43 (R_n + r_n) + \\
 & 0.14 \frac{r_n^2 - R_n^2}{d_n} \\
 &= \frac{0.25}{d_n} (D^2 - d_f^2) + 0.43 (R_n + r_n) + 0.14 \times \\
 & \frac{r_n^2 - R_n^2}{d_n} \quad (19.6-3)
 \end{aligned}$$

式中 A —— 工序件的表面积 (mm^2);

其余符号见图 19.6-48 (其中下标 n 表示第 n 次拉深), 单位均为 mm。计算的高度作为设计参考, 精确的高度只能通过试模校正后确定。

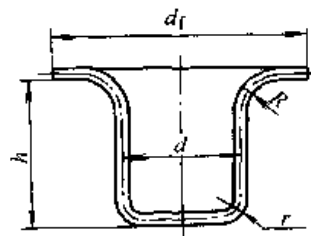


图 19.6-48 带凸缘拉深件

8) 校核第一次拉深的相对高度, 使它小于表 19.6-7 所规定的最大相对高度。

9) 绘制工序图。

3.2 有切口(槽)带料的连续拉深

与单工序模的拉深相比,连续模拉深的毛坯是条料,比所需要的毛坯总要大一些,因此材料来源充足,但流动阻力加大,相邻的两个拉深件在同一条料上相互影响、相互约束,给拉深中材

料流动增加了困难。材料的流动使条料变窄,给导正和送进增加了难度。因此,在条料上各工位区域之间冲裁出切口,使其相对分离,有利于材料的流动,减少彼此的干涉。

常用的工艺切口型式及各自的优缺点、使用范围见表 19.6-14 所示。

表 19.6-14 工艺切口型式及使用场合

序号	切口或切槽形式	使用场合	优缺点
1		材料厚度小于 1 mm, 直径大于 5 mm 的圆形件浅拉深	首次拉深工步,料边起皱情况较无切口时为好。侧搭边会弯曲,产生变形,妨碍送料
2		材料厚度大于 0.5 mm 的圆形小工件,应用较广	不易起皱,送料方便,拉深中带料会缩小,不能用来定位,较为费料
3		除用于特殊情况外,一般少用	带料宽度及送进步距在拉深中不改变,可用于有导正销的场合,切口部分模具制造复杂,较为费料
4		适用于矩形拉深件	与序号 2 相同
5			
6		用于单排或双排的单头焊片	与序号 1 相同
7		用于双排或多排筒形件的连续拉深	中间压肋后,使在拉深过程中消除了两筒形件之间产生开裂的现象,能保证两筒形中心距不变

3.2.1 拉深系数的计算

有工艺切口(槽)带料的连续拉深,相似于单个带凸缘零件的拉深,但由于相邻两个拉深件间仍有部分材料相连,其变形比单个带凸缘零件的拉深要困难一些,所以第一次拉深系数要大一

些。第一次拉深的拉深系数 m_1 见表 19.6-15,最大相对高度 h/d_1 可参见带凸缘筒形件第一次拉深的最大相对高度 h/d_1 (本篇第 4 章的表 19.4-13),以后各次的拉深系数见表 19.6-16 和表 19.6-17。

表 19.6-15 有工艺切口的第一次拉深系数 m_1 (材料: 08、10 钢)

凸缘相对直径 d_1/d	毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
	>0.05~0.2	>0.2~0.5	>0.5~1.0	>1.0~1.5	>1.5
≤ 1.1	0.64	0.62	0.60	0.58	0.55
>1.1~1.3	0.60	0.59	0.58	0.56	0.53
>1.3~1.5	0.57	0.56	0.55	0.53	0.51
>1.5~1.8	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49
>1.8~2.0	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43
>2.0~2.2	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41
>2.2~2.5	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37
>2.5~2.8	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34
>2.8~3.0	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

表 19.6-16 有工艺切口的以后各次拉深系数 m_n (材料: 08、10 钢)

拉深系数 m_n	毛坯相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
	>0.05~0.2	>0.2~0.5	>0.5~1.0	>1.0~1.5	>1.5
m_2	0.80	0.79	0.78	0.76	0.75
m_3	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78
m_4	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80
m_5	0.87	0.86	0.85	0.84	0.82

表 19.6-17 有工艺切口的各次拉深系数

材 料	拉深次数					
	1	2	3	4	5	6
	拉深系数 m					
黄铜	0.63	0.76	0.78	0.80	0.82	0.85
软钢、铝	0.67	0.78	0.80	0.82	0.85	0.90

3.2.2 展开尺寸

计算展开尺寸时, 放修边余量的方法和整体带料连续拉深相同, 修边余量按表 19.6-9 选取。

首次拉深拉入凹模的材料应比制件成品所需的材料多 3%~6% (工序次数多时取上限值, 工序少时取下限值)。

$$A_1 = (1.03 \sim 1.06) A_0 \quad (19.6-4)$$

式中 A_0 ——制件应拉入凹模的表面积;

A_1 ——首次拉深件的拉入凹模表面积。

以后各次拉入凹模的材料应比制件成品所需的材料多 2%~3%。

3.2.3 料宽和步距

由表 19.6-10 相关栏内查找确定。

3.2.4 工序计算程序

有切口(槽)带料的连续拉深的工序计算程序与整体带料的连续拉深相似, 只是在查表 19.6-5 后, 得知需工艺切口后, 可按表 19.6-14 选取合适的工艺切口, 并由表 19.6-11 选取切口参数。

3.3 实例

例4 图 19.6-49 所示零件, 材料: 黄铜, 料厚 $t=0.8\text{ mm}$, 进行带料连续拉深, 试确定计

$$D_1 = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r_2 d_1 + 8r_2^2 + 4d_2 h + 2\pi r_1 d_2 + 4.56r_1^2}$$

$$= \sqrt{13.4^2 + 2\pi \times 1.4 \times 13.4 + 8 \times 1.4^2 + 4 \times 16.2 \times 7.9 + 2\pi \times 0.9 \times 16.2 + 4.56 \times 0.9^2} \text{ mm}$$

$$= 30.33 \text{ mm}$$

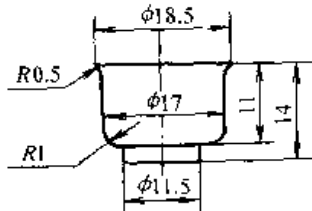


图 19.6-49 零件图

(2) 确定是否需要工艺切口

查表 19.6-9 修边余量 $b=2.2\text{ mm}$

$$D = D_1 + b = (30.3 + 2.2) \text{ mm} = 32.5 \text{ mm}$$

材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100 = \frac{0.8}{32.5} \times 100 = 2.46 > 1$

凸缘相对直径 $d_1/d = 18.5/16.2 = 1.14$

拉深相对高度 $h/d = 11/16.2 = 0.679 < 1$

查表 19.6-5, 可采用整体带料拉深, 不需工艺切口。

据表 19.6-10 有关公式, 查表 19.6-11, $n_1 = 1.75$

料宽 $B = D + 2n_1 t = (32.5 + 2 \times 1.75 \times 0.8) \text{ mm} = 36 \text{ mm}$

步距 $S = (0.85 \sim 0.9) D = (0.85 \sim 0.9) \times 32.5 \text{ mm}$, 取为 27 mm

$h/d = 0.679 > h/d_1 = 0.36$ (表 19.6-7), 一次拉深不行, 需多次拉深。

(3) 核算总拉深系数

$$m_{\text{总}} = \frac{16.2}{32.5} = 0.498 > 0.35 \text{ (据表 19.6-12)}$$

所以可连续拉深, 不需中间退火。

(4) 确定拉深次数和各次拉深系数

查表 19.6-6 $m_1 = 0.61$, 查表 19.6-8 $m_2 = 0.80$ $m_3 = 0.82$, 按式 (19.6-2) 得

$$m_1 m_2 m_3 = 0.61 \times 0.80 \times 0.82 = 0.40 < 0.498$$

因考虑 $R = 0.5 < t$, $r = 1 < 2t$, 凸、凹模圆角较小, 所以考虑增加一次整形工序。生产中将三次拉深调整为四次拉深, 每次拉深采用较大的拉深系数: $m_1 = 0.637$, $m_2 = 0.9$, $m_3 = 0.92$,

算工序过程。

解 (1) 计算毛坯直径 (按表 19.4-4 中公式 17 计算)

$m_4 = 0.94$, 而减小过渡工序凸、凹模圆角, 最后不用整形工序。

(5) 计算各次拉深件直径 (中径):

$$d_1 = 32.5 \times 0.637 \text{ mm} = 20.7 \text{ mm}$$

$$d_2 = 20.7 \times 0.903 \text{ mm} = 18.7 \text{ mm}$$

$$d_3 = 18.7 \times 0.92 \text{ mm} = 17.2 \text{ mm}$$

$$d_4 = 17.2 \times 0.942 \text{ mm} = 16.2 \text{ mm}$$

(6) 确定各次拉深凸、凹模的圆角半径 (均按中心线计算)

查表 19.6-13 得: $r_{d1} = 3t = 2.4 \text{ mm}$ $r_{p1} = 4t = 3.2 \text{ mm}$

取 $r_{d2} = 1.9 \text{ mm}$ $r_{d3} = 1.4 \text{ mm}$ $r_{d4} = 0.9 \text{ mm}$

$r_{p2} = 2.4 \text{ mm}$ $r_{p3} = 1.8 \text{ mm}$ $r_{p4} = 1.4 \text{ mm}$

(7) 计算拉深件高度

首次拉深时, 拉入凹模的板料比所需材料多 10%, 所以假想毛坯展开直径按式 (19.6-1) 得

$$d_j = 1.05D = 1.05 \times 32.5 \text{ mm} = 34 \text{ mm}$$

加入修边量后实际凸缘直径:

$$d_b = \sqrt{D^2 + d_1^2 - D_1^2} = \sqrt{32.5^2 + 18.5^2 - 30.3^2} \text{ mm} = 21.9 \text{ mm}$$

式中 D ——计入修边量后毛坯直径;

d_{t1} ——产品图零件凸缘直径;

D_1 ——计算毛坯直径。

按式 (19.6-3) $h_n = \frac{0.25}{d_n} (D^2 - d_n^2) + 0.43 (R_n + r_n) + 0.14 \frac{r_n^2 - R_n^2}{d_n}$ 得 (用 d_j 代 D 、 d_b 代 d_n 进行计算):

$$h_1 = \left[\frac{0.25}{20.7} (34^2 - 21.9^2) + 0.43 (2.4 + 3.2) + 0.14 \frac{3.2^2 - 2.4^2}{20.7} \right] \text{ mm} = 11 \text{ mm}$$

实际生产中取 $h_1 = 9.4 \text{ mm}$ 。

第二次拉深, 考虑多拉入凹模的材料比所需的多 5%, 假想毛坯展开直径 $d_j = 1.025D = 1.025 \times 32.5 \text{ mm} = 33.3 \text{ mm}$

所以 $h_2 = \left[\frac{0.25}{18.7} (33.3^2 - 21.9^2) + 0.43 (1.9 + 2.4) + 0.14 \frac{2.4^2 - 1.9^2}{18.7} \right] \text{mm} = 10.28 \text{mm}$

实际生产中取 $h_2 = 10.4 \text{mm}$

同样可计算第三次、第四次拉深高度，实际生产中取 $h_3 = 10.9 \text{mm}$ ， $h_4 = 11.4 \text{mm}$ 。

(8) 校核第一次拉深高度

$h_1/d_1 = 9/20.7 = 0.434 < 0.45$ 说明以上计算基本合理。

根据零件要求，拉深后还需在零件底部冲孔、翻边（此处不再进行计算）。

(9) 绘制工序图（见图 19.6-50）。

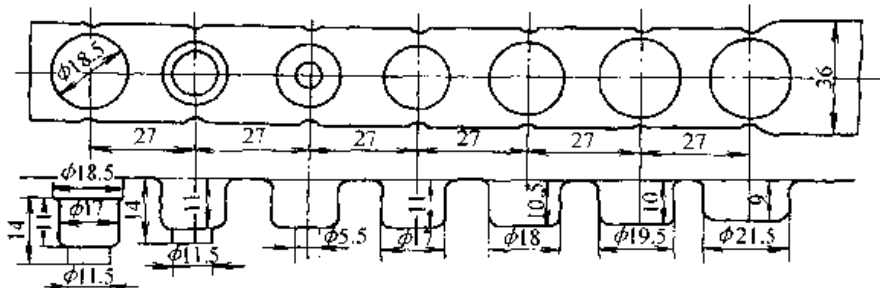


图 19.6-50 整体带料连续拉深工序图

例 5 图 19.6-51 所示零件，试进行工序计算（材料：08 钢，厚度： $t = 1.2 \text{mm}$ ）。

解 (1) 计算毛坯直径

$$D_1 = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r_2 d_1 + 8r_2^2 + 4d_2 h + 2\pi r_1 d_2 + 4.56r_1^2}$$

$$= \sqrt{10^2 + 2\pi \times 2.6 \times 10 + 8 \times 2.6^2 + 4 \times 15.2 \times 12.6 + 2\pi \times 1.6 \times 15.2 + 4.56 \times 1.6^2} \text{mm}$$

$\approx 35 \text{mm}$

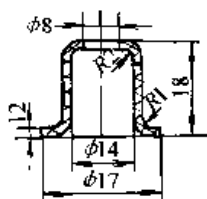


图 19.6-51 零件图

(2) 确定是否需要工艺切口

查表 19.6-9 修边余量 $b = 2.8 \text{mm}$

$D = D_1 + b = (35 + 2.8) \text{mm} = 37.8 \text{mm}$

实际生产取 $D = 37.5 \text{mm}$

材料相对厚度 $t/D \times 100 = 1.2/37.5 \times 100 = 3.2 > 1$

凸缘相对直径 $d_1/d = 17/14 = 1.2$

拉深相对高度 $h/d = 18/14 = 1.3 > 1$

查表 19.6-5，需采用有工艺切口的连续拉深。

据查 19.6-14 选取切口型式，现选用序号 2 的切口型式。

据表 19.6-11，切口尺寸： $k_2 = 0.25D = 9.5 \text{mm}$

$C = 1.05D = 39.5 \text{mm}$

$a = 1.8 \text{mm}$

$r = 1 \text{mm}$

$n = 2 \text{mm}$

料宽 $B = (39.5 + 2 \times 2) \text{mm} = 43.5 \text{mm}$

步距 $S = (37.5 + 1.8) \text{mm} = 39.3 \text{mm}$

$h/d = 1.3 > h/d_1 = 0.36$ （表 19.4-13），一次拉深不行，需多次拉深。

所以可连续拉深，不需中间退火。

(3) 核算总拉深系数

$m_{\text{总}} = \frac{15.2}{37.5} = 0.405 > 0.4$ （据表 19.6-12）

所以可连续拉深，不需中间退火。

(4) 确定拉深次数和各次拉深系数

查表 19.6-12 $m_1 = 0.53$ 查表 19.6-16

$m_2 = 0.75$

$m_1 \cdot m_2 = 0.53 \cdot 0.75 = 0.396 < 0.405$

因考虑 $r = 2 \text{mm}$ ， $R = 1 \text{mm}$ ，数值较小，所以可考虑再增加一次整形工序。将二次拉深调整为三次拉深，每次采用较大的拉深系数： $m_1 = 0.545$ $m_2 = 0.85$ $m_3 = 0.885$ ，减小过渡工序四、凸模圆角半径，最后不用整形工序。

(5) 计算各次拉深件直径

$d_1 = 37.5 \times 0.545 \text{mm} = 20.4 \text{mm}$

$d_2 = 20.4 \times 0.85 \text{mm} = 17.2 \text{mm}$

$$d_3 = 17.2 \times 0.885 \text{ mm} = 15.2 \text{ mm}$$

(6) 确定各次拉深的 $r_{\text{凹}}$ 、凹模圆角半径

查表 19.6-13 取 $r_{\text{凹}1} = 3t = 3.6 \text{ mm}$ $r_{\text{凹}2} = r_{\text{凹}1} = 3.6 \text{ mm}$

取 $r_{\text{凹}2} = r_{\text{凹}1} = 0.7r_{\text{凹}1} = 2.6 \text{ mm}$ (均按中心线计算)

计算拉深件高度:

首次拉深时按式 (19.6-4), 拉入凹模的板料比所需材料多 3%, 所以假想毛坯展开直径 $d_j = \sqrt{1.03 \times 1\ 231} \text{ mm} = 35.5 \text{ mm}$

按公式 $h_n = \frac{0.25}{d_n} (D_2^2 - d_1^2) + 0.43 (R_n + r_n) + 0.14 \frac{r_n^2 - R_n^2}{d_n}$ 得 (用 d_j 代 D):

$$h_1 = \left[\frac{0.25}{20.2} (35.5^2 - 17^2) + 0.43 \times 2 \times 3.6 \right] \text{ mm} = 15.5 \text{ mm}$$

实际生产中取 $h_1 = 11.9 \text{ mm}$

第二次拉深, 考虑多拉入凹模的材料比所需的多 1.5%, 假想毛坯展开直径

$$d_j = \sqrt{1.015 \times 1\ 231} \text{ mm} = 35.3 \text{ mm}$$

$$\text{所以 } h_2 = \left[\frac{0.25}{17.2} (35.3^2 - 17^2) + 0.86 \times 2.6 \right] \text{ mm} = 16.3 \text{ mm}$$

实际生产中取 $h_2 = 16 \text{ mm}$

(8) 校核第一次拉深高度

$$h_1/d_1 = 15.5/20.2 = 0.76 < 0.90 \text{ 所以以上}$$

计算合理

(9) 绘制工序图 (见图 19.6-52)

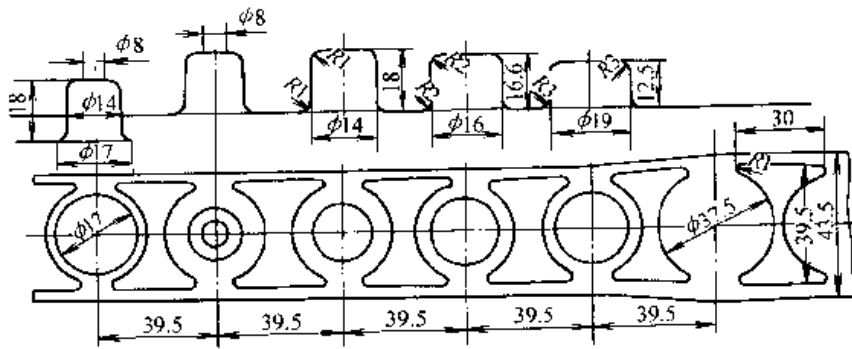


图 19.6-52 有工艺切口连续拉深工序图

4 排样实例

图 19.6-53 采用切废料排样法, 此法适用于细而长的制件, 此制件分四步完成, 采用双侧刃定距, 冲裁精度较高。

图 19.6-54 是一焊料片混合排样图, 一次冲

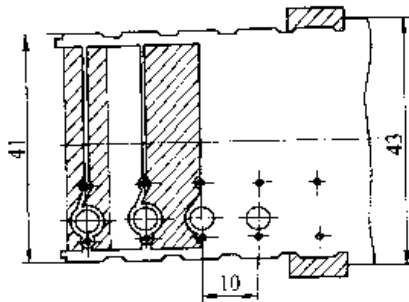


图 19.6-53 切废料排样法

裁可获得 4 个圆环焊片, 两个马蹄形焊片, 不仅节约材料, 而且提高了生产效率。

另外, 图 19.6-55 ~ 19.6-70 列举了一些零件的排样方法, 可供参考。

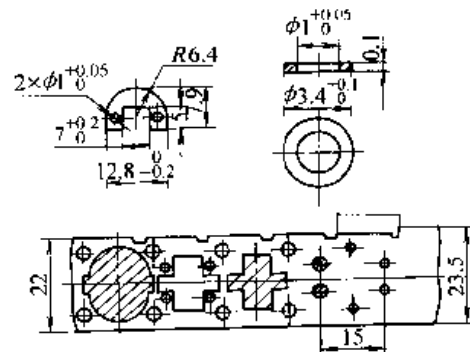


图 19.6-54 焊料片混合排样法

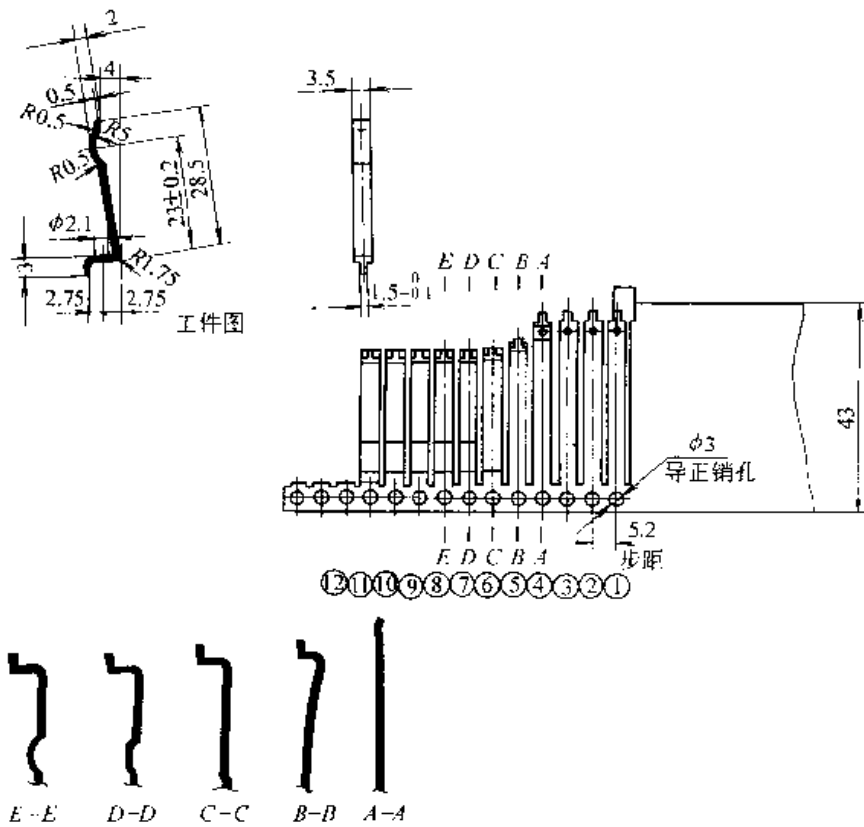


图 19.6-55 接触簧片排样图

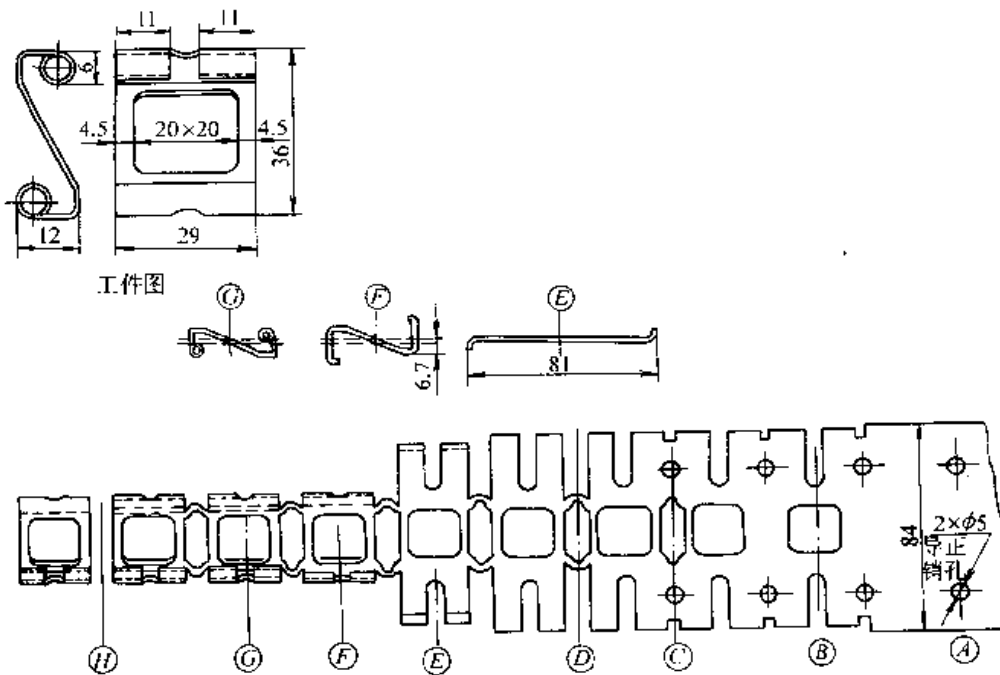


图 19.6-56 两侧卷圆支架排样图

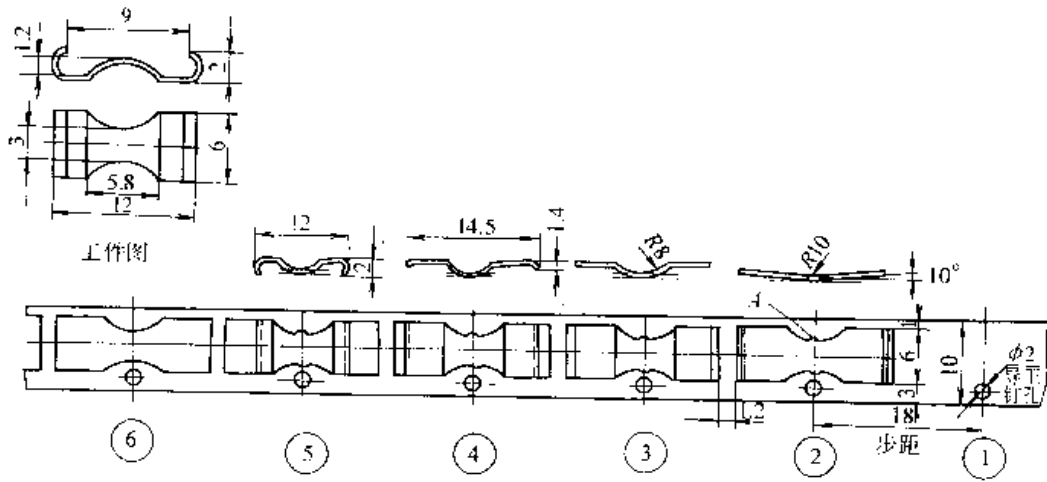


图 19.6-57 卡子排样图

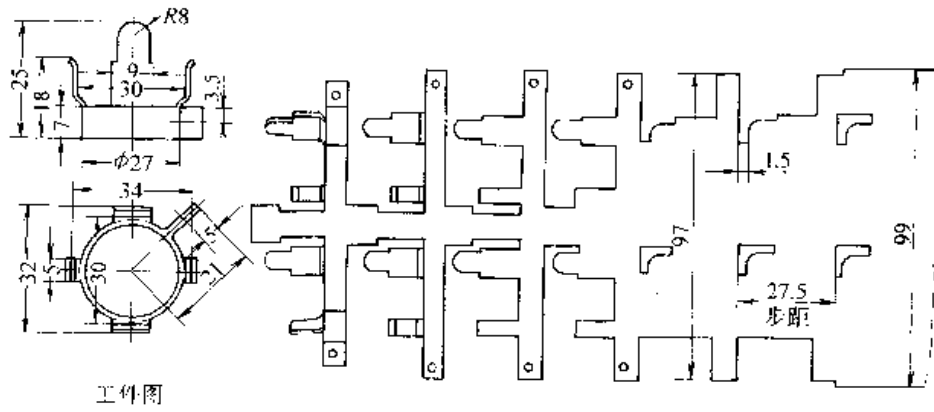


图 19.6-58 固定夹套排样图

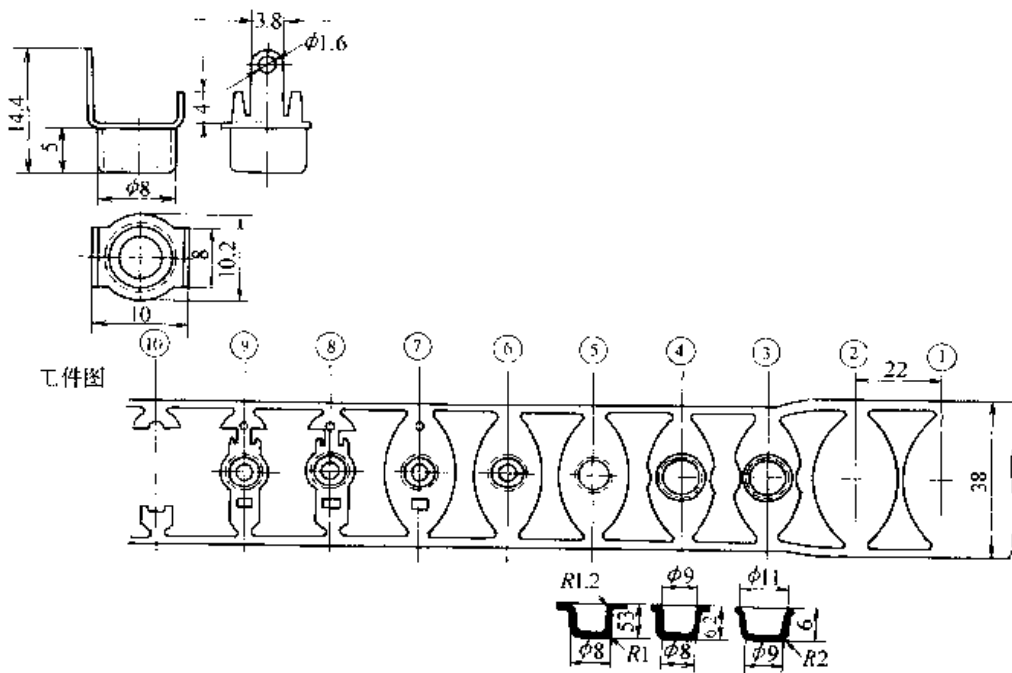


图 19.6-59 帽状引线柱排样图

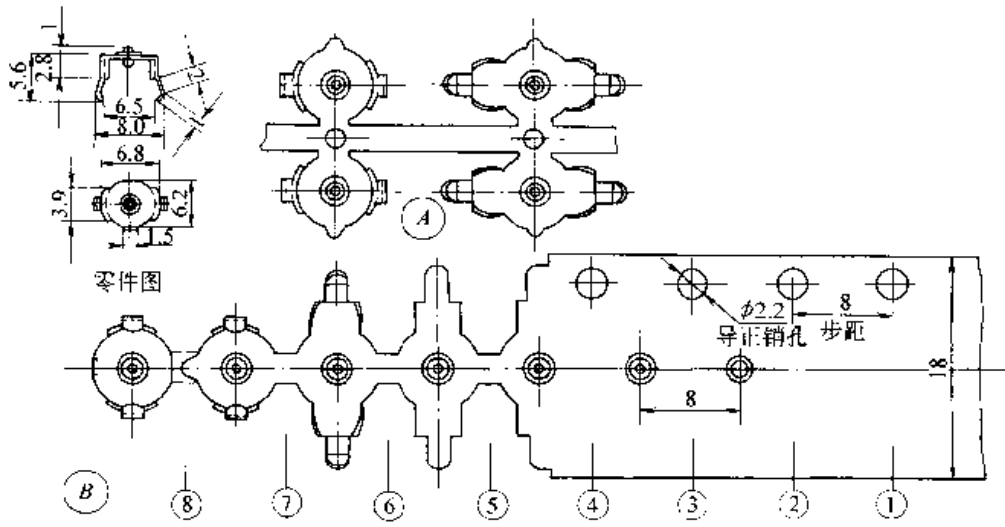


图 19.6-64 保险管帽排样图

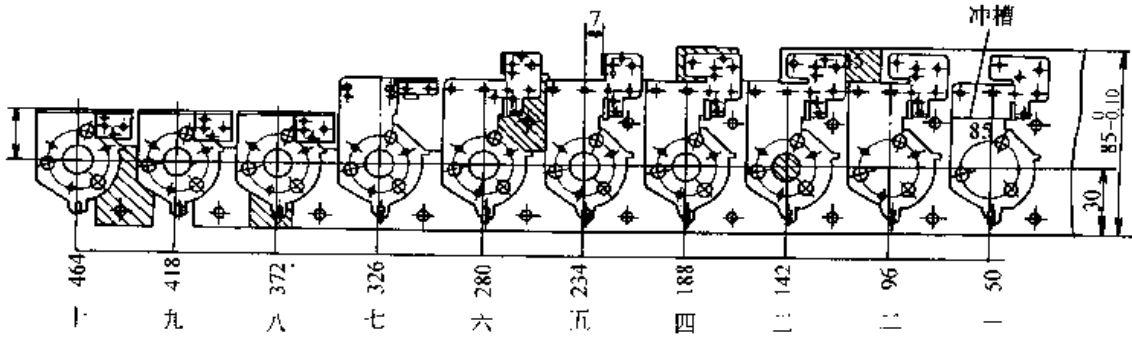


图 19.6-65 电机托架排样图

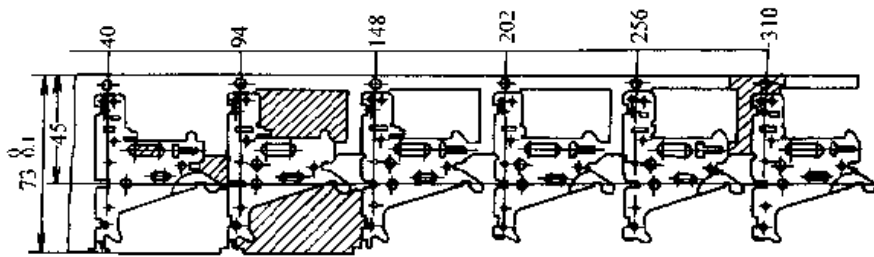


图 19.6-66 录放板排样图

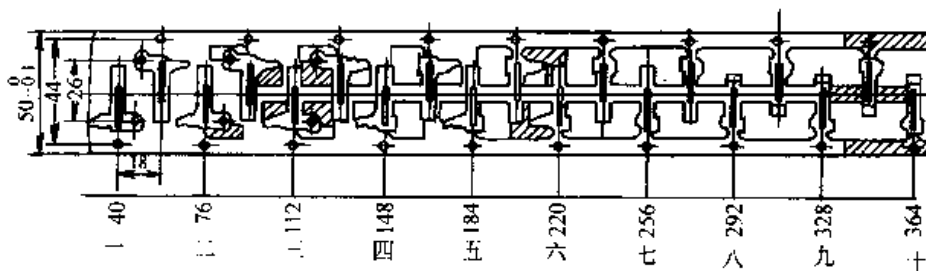


图 19.6-67 开门推板排样图

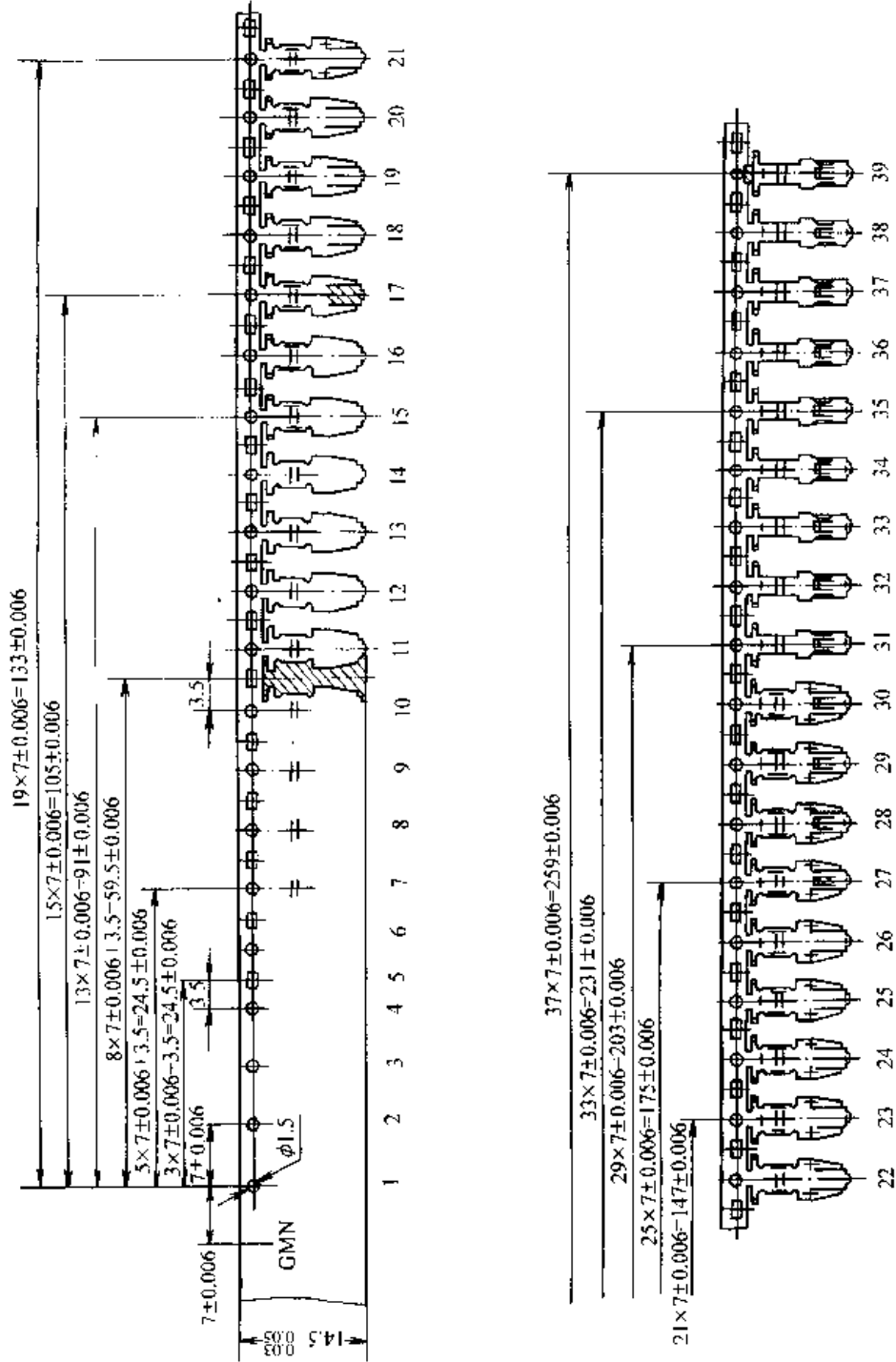
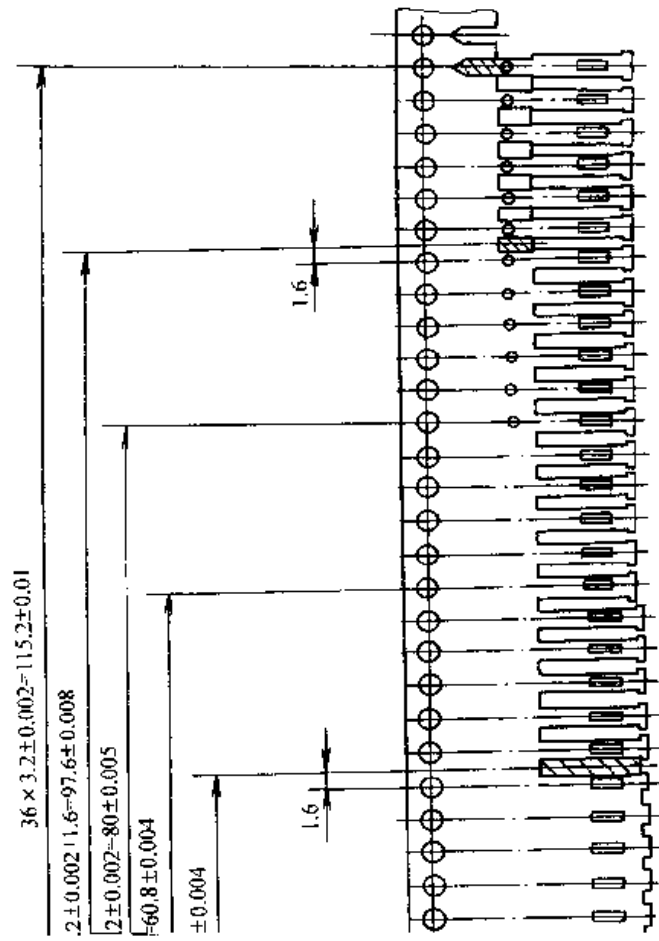


图 19.6-68 包容型簧片排样图



10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37

图 19.6-69 非包容型簧片排样图

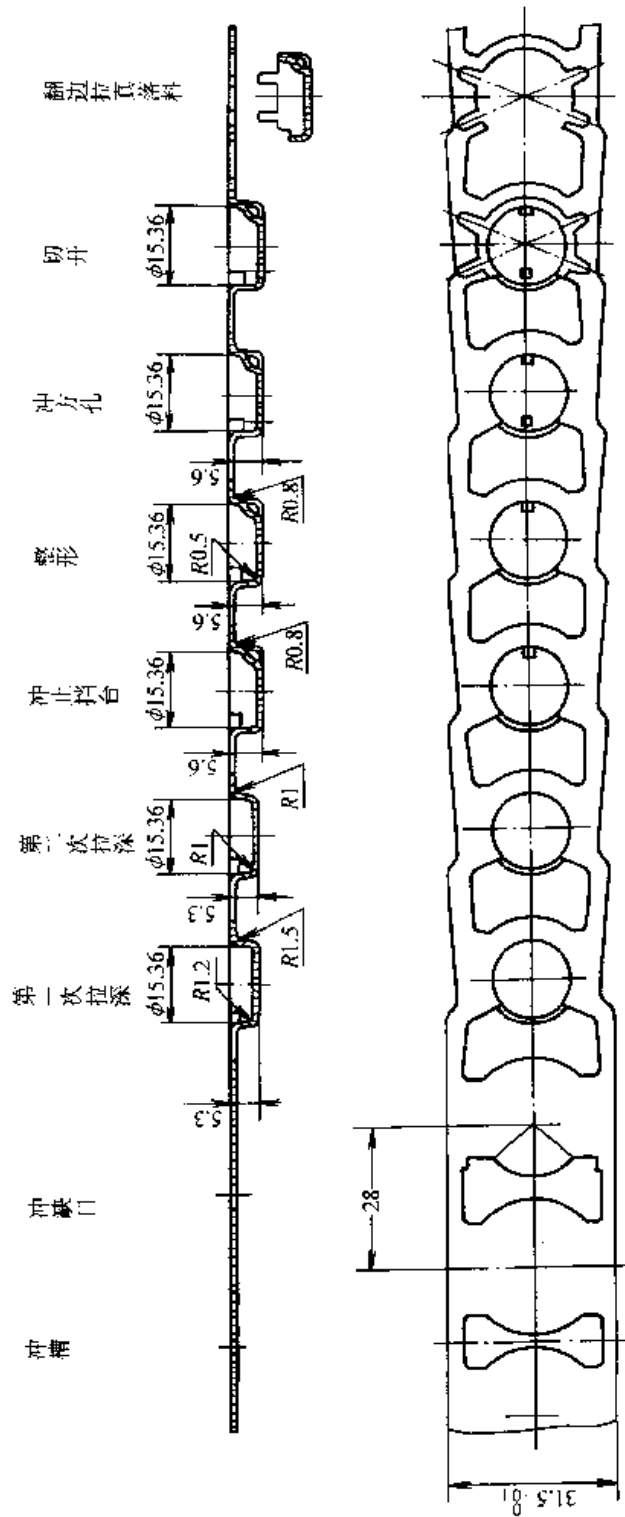


图 19.6-70 无安装脚电位器外壳排样图

第7章 管材冲压

管材冲压是指管材的第二次加工，属于管材深加工技术范畴。它是从传统的冲压工艺发展起来的一种新的加工技术。由于管材冲压方法具有工艺简便、成本低、效率高、质量好等一系列优点，使这种加工技术在现代工业生产中，愈来愈受到重视。它在航空航天、汽车、摩托车、机械、化工等工业部门得到了广泛应用，同时也为管材在工程上的广泛应用展示出诱人的前景。

根据管材零件的技术条件及不同使用要求，应选用相应的冲压方法。在实际生产中，管材的冲压加工方法主要有切断、剖口、弯曲、翻卷成形等。

管材的冲压与板材的冲压，尽管都是称之为冲压加工，因管材是空心截面，所以其工艺方法、工装结构设计，主要出现的产品质量问题以及防止措施等方面，都存在着较大的不同。本章主要讨论圆管材的冲压加工。

1 管材冲切加工

管材冲切加工适合于摩托车、汽车等行业的大批量生产。冲切加工方法包括管材切断、剖口及冲孔等。

1.1 管材切断

在生产中，对管材的切断通常分为两类。一类是机械切割，如车切、锯切、砂轮切断等，另一类是冲压剪切方法。比较而言，机械切割的质量稳定，但生产率低，而冲压剪切方法则可大大提高生产率，只要采用的工艺合适，就能较好地保证切割断面质量。

1.1.1 管材的冲压剪切

冲压剪切按有无心棒支撑又可分为有心切断和无心切断两种。

1) 有心切断 切断时，为防止管壁塌陷而在管内设置心棒，仅适合于短而直的管材切断。

2) 无心切断 由于管件结构需要各种长度的直管及弯管，这给采用心棒带来困难，故无心切断应用较多。

1.1.2 受力分析及切刀设计

用切刀冲切管子时，由于管内无支承，在剪切力作用下，会造成顶部管壁塌陷。为了提高剪切断面质量，减小管件变形，应尽量使其冲切时对管壁作用的剪切力指向外侧（图 19.7-1），即凸模切刃对管壁剪切点的作用力方向与管壁在该点处法线的夹角 $\alpha \geq 90^\circ$ ，满足所谓“切屑外翻”条件。由此条件可得出凸模刀片在剪切过程中（不计摩擦影响），使切屑外翻的切刃临界曲线：

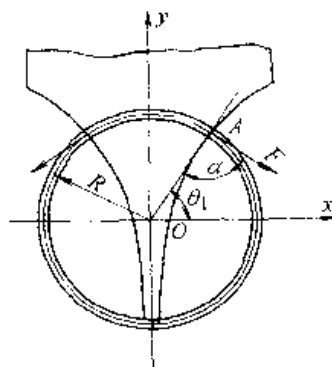


图 19.7-1 剪切刀片刃口的临界曲线

$$y = \sqrt{R^2 - x^2} - R \ln \frac{R + \sqrt{R^2 - x^2}}{x} + C \tag{19.7-1}$$

当 $x = \pm R$ 时， $y = +C$

当 $x = 0$ 时， $y = -\infty$

分析表明，按理论临界轮廓曲线设计的凸模刀片，尖而长、刚度差，很难在实际生产中应用。再就是在冲切管材顶部时，这种凸模也不可能满足“切屑外翻”条件。为此就提出了双重冲切法（图 19.7-2），其基本思路是先在管顶开一槽孔，然后再进行冲切。冲切时刀尖从开口处进入，其后进行切断，从而获得失圆度小的管件。

双冲法可在同一副模具上先在管子侧面冲一槽口，然后转 90° 置于下一工位进行切断。这样，既保证了管子的断面质量，又使凸模刀片易于制造，增长寿命。目前，在汽车、摩托车生产中采用的就是这种方法。

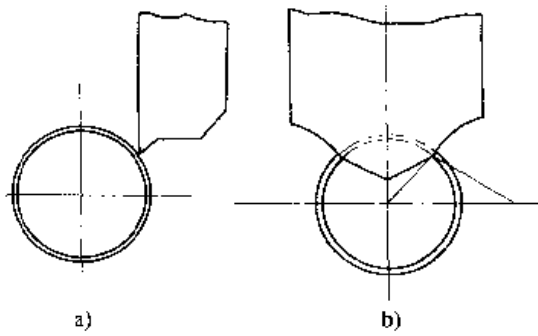


图 19.7-2 双重冲切示意图
a) 冲槽 b) 切断

实际上凸模刀片在冲切过程中，与管壁材料之间存在摩擦力，这就使刀片施加的外力方向将向管子内侧偏转一个角度 θ (图 19.7-3)。设摩擦系数为 $\mu = \tan\theta$ ， θ 角为摩擦角。为了使管子所受的合力垂直于管壁的法线 (满足“切屑外翻”)，其倾角应为 $\theta_2 = \theta_1 + \theta$ 。

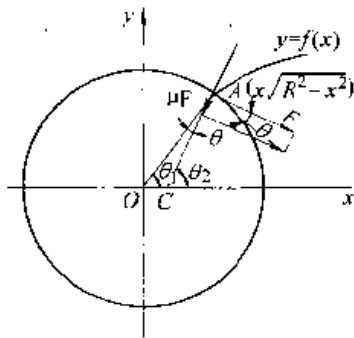


图 19.7-3 切管刀片刃口 (考虑摩擦时) 的受力状况

设刀片临界轮廓曲线方程为 $y = f(x)$ ， $[x, y]$ 为该曲线上的任意一点，则此点的切线斜率为

$$y' = \Delta y / \Delta x = \tan\theta_2 = \tan(\theta_1 + \theta) \quad (19.7-2)$$

$$\tan\theta_1 = \frac{\sqrt{R^2 - x^2}}{x} \quad (19.7-3)$$

$$\begin{aligned} \text{故 } y' &= (\tan\theta_1 + \tan\theta) / (1 - \tan\theta_1 \tan\theta) \\ &= (\sqrt{R^2 - x^2}/x + \mu) / (1 - \mu \sqrt{R^2 - x^2}/x) \end{aligned} \quad (19.7-4)$$

积分得

$$\begin{aligned} y &= \frac{R}{\sqrt{\mu^2 + 1}} \ln \frac{\frac{R-x}{\sqrt{R^2-x^2}} + \mu - \sqrt{\mu^2 + 1}}{\frac{R-x}{\sqrt{R^2-x^2}} + \mu + \sqrt{\mu^2 + 1}} \\ &\quad + R^2 - x^2 + C \end{aligned} \quad (19.7-5)$$

由式 (19.7-4) 可知：

当 $x = \mu \sqrt{R^2 - x^2}$ 时， $y' = \infty$ ，此时，刀片刃口的临界轮廓曲线垂直于 x 轴；

当 $x < \mu \sqrt{R^2 - x^2}$ 时， $\theta_2 > 90^\circ$ ，这是不可能的。采用双重冲切法，避免了该问题的出现。

式 (19.7-5) 为考虑了摩擦的影响，而求得的刀片刃口临界曲线方程，它与式 (19.7-1) 相比，只是使法线偏转了一个摩擦角 θ 。

在实际使用中，可将式 (19.7-5) 所确定的刀片刃口临界轮廓曲线进行简化，以便于制造。图 19.7-4 为简化的切刀轮廓曲线，其作图方法是从切槽后的开口点 A 处引出直线与 x 轴相交于 B 点，AB 线与管子 A 处法线 AO 的夹角为 $90^\circ + \theta$ ，以 B 为圆心，AB 为半径作圆弧，即为切刀刃口的轮廓线。

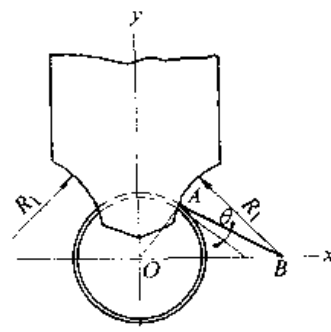


图 19.7-4 简化后用圆弧作出的切刀刃口轮廓曲线

在此基础上还可进一步简化为直线，由式 (19.7-2)、式 (19.7-3) 可知， θ_2 随着 x 的增加而减小，即可推得：

$$\theta_2 = \arctan \frac{\sqrt{R^2 + x_0^2}}{x_0} + \arctan \mu \quad (19.7-6)$$

由上式可知，过 A 点作一与 AC 重合，该线即为直线刃口，AC 线与 x 轴之夹角为 θ_{02} ，只要 $\theta_{02} \geq \theta_2$ 的直线均为合理。设切口深度 $h = kR$ (k 为系数)，设计的刀片刃口轮廓最大临界倾角为 θ_{02} (图 19.7-5)。

由式 (19.7-6) 得知：

$$\begin{aligned} \theta_{02} &= \arctan \frac{\sqrt{R^2 + x_0^2}}{x_0} + \arctan \mu \\ &= \arctan \frac{1-k}{\sqrt{2k}} + \arctan \mu \quad (19.7-7) \end{aligned}$$

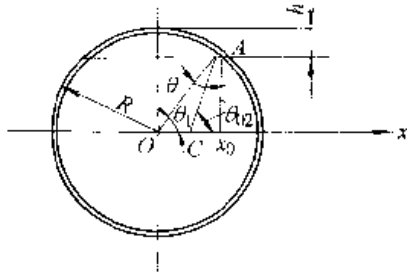


图 19.7-5 刀片刃口最大临界倾角 θ_{02} 的求法

只要直线倾角等于或大于 θ_{02} 就能满足“切屑外翻”条件，由此而设计的直线轮廓刃口如图 19.7-6 所示。设 $k=0.30\sim 0.40$ ， $\mu=0.1$ ，则

$$\theta_{02} = 50^\circ \sim 43^\circ, \quad \alpha = 80^\circ \sim 94^\circ。$$

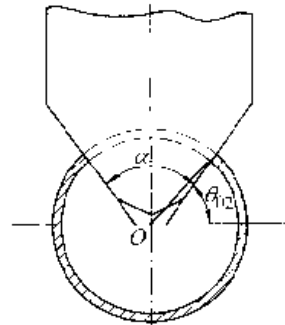


图 19.7-6 刀片为直线刃口

1.1.3 冲切模具结构特点

图 19.7-7 所示为在同一副模具中进行冲槽、切断的两个工位。

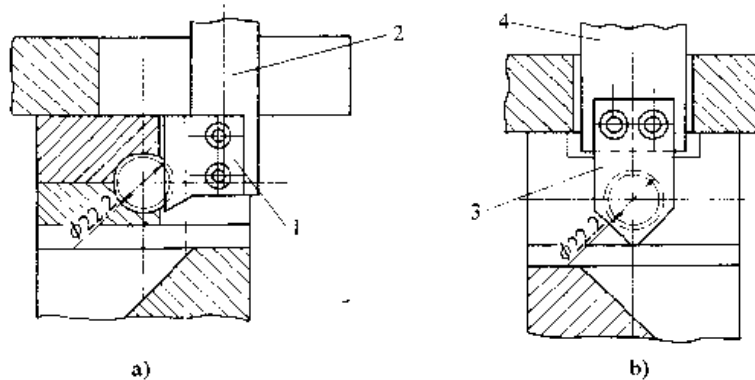


图 19.7-7 冲切模具固定装置简图

a) 冲槽 b) 切断

1—冲槽刀片 2—刀片固定座 3—切断刀 4—切断刀固定座

冲切时，先是在管件侧面冲一槽口（图 19.7-7a），然后转 90° 置于下一工位（19.7-7b）进行切断。

这是目前在摩托车行业中进行大批量生产的双重冲切模。这种模具要求使用可靠，模具刀片装夹及管件固定方便、准确。

模具刀片应保证具有一定寿命，以及便于制造。刀片的几何形状及其工艺参数，已在刀片设计内容中有所介绍。

对于常用的低碳钢管件的直径 $D=20\sim 25$ mm 和管壁厚度 $t=1.5\sim 2.5$ mm 情况下，刀片厚度 $t_1 \approx 4$ mm，刀片材料用 Cr12MoV。

1.2 管材剖口

1.2.1 剖口工艺特点

根据管件的使用要求，有时还需对其管端加工出各种弧口。传统的弧口加工方法是采用机械切削加工（如铣削），虽然能保证加工质量，但生产效率低，且加工成本高。如果采用冲切剖口代替机械切削加工，则可大大提高生产效率，降低成本，且加工质量也能得到保证。

目前在摩托车、自行车、家俱等行业的管件加工中，大量采用图 19.7-8 所示管件端头焊接构件，其加工工艺一般为：下料、校直、弯曲、

端头剖口、焊接。

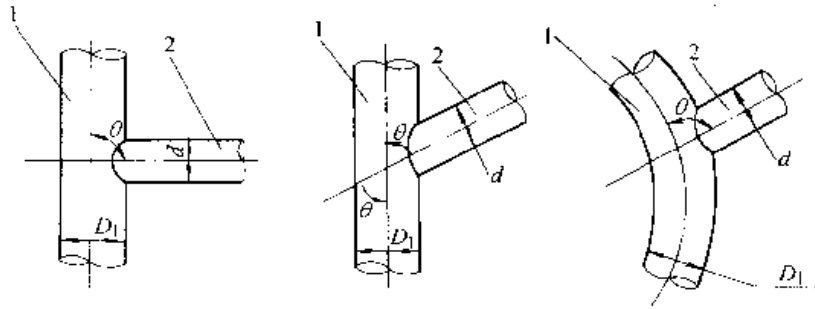


图 19.7-8 管子焊接构件

为保证构件的强度及质量，在图 19.7-8 中，对件 2 的剖口质量有较高要求。冲切剖口适合加工直径一般为 $\phi 5 \sim \phi 60 \text{ mm}$ ，相对壁厚 t/d (t —管壁厚度， d —管外径) 在 $0.01 \sim 0.15$ 之间的薄壁钢管。由于常用管结构中管材的尺寸规格属于此范围，因此管件的剖口加工方法有很大的实际应用价值。

根据剖口凸模轴线与被剖弧口管材轴线的夹角 θ 的大小 (只考虑轴线相交)，可将管端剖口分为垂直与斜交两种情况，其剖口工艺特点是不相同的 (图 19.7-9)。

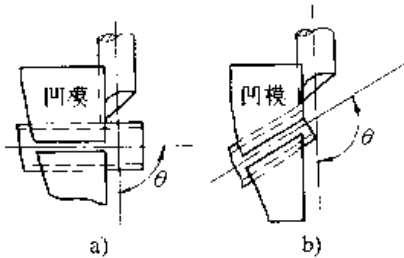


图 19.7-9 管件端头剖面示意图
a) 轴线垂直 b) 轴线斜交

两轴线斜交时，可通过调节管坯在上下夹持凹模中端头伸出量，以保证凸模由端口进入，而不冲塌管材顶端。轴线垂直时，只有通过调节凸模几何形状参数或预先开槽，再冲弧口的方法来提高剖口质量。实际生产中，两类轴线夹角 θ 在 $90^\circ \pm 10^\circ$ 之内均可视为垂直情况处理。本节中讨论凸模从管材顶部垂直剖口的情况。

管端剖口质量的好坏主要取决于剖口凸模的几何形状参数 (图 19.7-10)。

图 19.7-10a 相当于圆柱体用一平面斜切而

成，图 b、c 是 a 的变化形式。a 型式可看作是 b 型式 $\beta = 0^\circ$ 的特例。

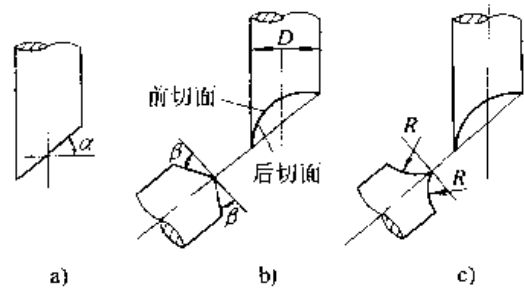


图 19.7-10 管端剖口凸模几何形状

1.2.2 剖口时管壁的变形

剖口凸模从管材顶部切入时管壁的变形情况示于图 19.7-11。图 19.7-11a、b、c 为凸模开始将顶部管壁压塌，切出小开口，随着凸模下压切口逐渐扩大，直至管材冲断，得到要求的弧口形状。同一凸模的切口在凸模的不同部位扩展的情况不一样，如图 19.7-11d 所示。刃口由凸模的“前切面”和后切面相交形成，其作用是切割管壁材料，以形成所需的剖切弧口。前切面在剪切过程中与管壁材料有摩擦，应尽量减少其表面粗糙度，以减小冲切力。后切面有推挤废料的作用，并将废料压成内凹形状。冲切进行到某个时刻，凸模头部与管底壁接触，最后上下切口汇合，废料脱离管件。

1.2.3 凸模几何形状参数

管材端头剖口模具设计中，凸模直径 D 一般按照与被冲切管材相配合的另一根管材选取，其他部位的形状及尺寸选取较为灵活，但选取的好坏影响冲切质量。

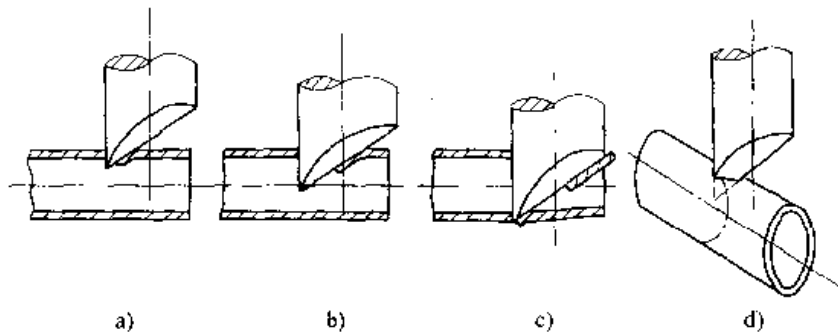


图 19.7-11 剖口过程管壁变形

为加工方便，将后切面作成平面，其凸模设计的关键参数是确定 α 、 β 值。在前面分析管子切断时，利用了“切屑外翻”的条件。但在端头垂直剖口时，管壁变形不能在整个冲切过程中都满足“切屑外翻”的条件。

图 19.7-10b 型式的凸模在生产中应用广泛，作为讨论的重点。为进行理论分析，首先建立坐标系（图 19.7-12）， x 轴为管材轴线。图 19.7-13 为剖口凸模工作部位的几何关系。两个角度 α 、 $\beta \in (0, 90^\circ)$ ， α 为两切面的交线与 x 轴夹角，即与管轴线的夹角。分析时：①不考虑摩擦力；②相对壁厚小，以管外径为分析对象；③管材和凸模轴线垂直；④管外径为 d ，凸模直径为 D ；⑤只分析管材上半部分，即冲切时管壁的主要变形部位。

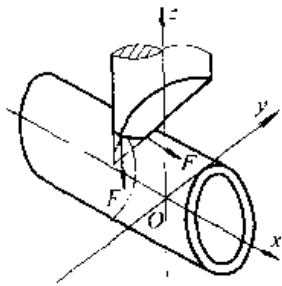


图 19.7-12 坐标系的建立

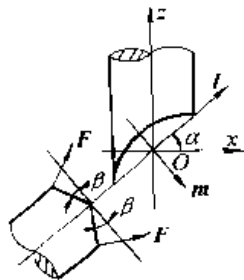


图 19.7-13 凸模工作部位的几何关系

应用矢量分析方法研究剖口凸模的几何形状参数，即 α 、 β 两个角度。根据满足最小冲切力条件得出凸模几何形状参数的计算公式。

设冲切力为 F ，冲切管材上部时， F 有两处，作用在凸模两边与管壁相交之处。实际冲切时，可认为冲切力方向与后切面的法线方向相同。

则 $F = Ax + By + Cz$ (A 、 B 、 C 为常系数)

$$|F| = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2} \quad (19.7-8)$$

两后切面的交线的方向矢量为 $l = \cos\alpha x + \sin\alpha z$ (图 19.7-13)。

因为 $F \perp l$ ，所以 $F \cdot l = 0$ ，有： $A \cos\alpha + C \sin\alpha = 0$ (19.7-9)

设 m 为 xOz 平面内垂直于 l 的单位矢量

因为 $m \perp l$ ， $m = \sin\alpha x - \cos\alpha z$ ， $|m| = 1$ ，

所以有： $F \cdot m = |F| |m| \cos\beta = F \cos\beta = A \sin\alpha - C \cos\alpha$ (19.7-10)

由式 (19.7-8)、式 (19.7-9) 和式 (19.7-10) 求得：

$$F = F (\cos\beta \sin\alpha \pm \sin\beta y - \cos\alpha \cos\beta z) \quad (19.7-11)$$

冲切力 F 在 Oyz 面的分量为

$$F_{Oyz} = F (\pm \sin\beta y - \cos\alpha \cos\beta z) \quad (19.7-12)$$

假设管壁上高度为 z 处的径向方向矢量为 v (图 19.7-14)，则

$$v = \mp \frac{\sqrt{d^2 - 4z^2}}{d} y - \frac{2z}{d} z$$

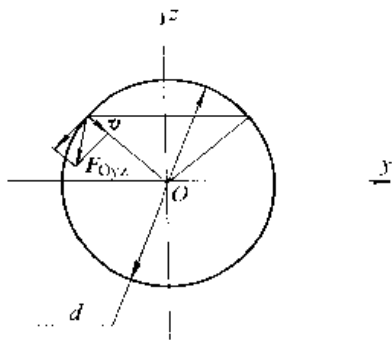


图 19.7-14 管断面 z 处的冲切力分量

垂直轴线剖口冲切主要问题是管的上部材料塌陷，这是因为管内无支承，冲切力超过了管壁刚度所致，这与平刃口模冲切时产生管壁塌陷类似。欲减小塌陷，应使 F_{Oyz} 沿管径向的分量尽量减小，如图 19.7-14 所示。虽然理论上可以通过变化凸模几何形状使 F_{Oyz} 沿管径向的分量指向圆外，但实际凸模一般只能做到使该分量指向圆内，冲切时切屑不能外翻。所以 F_{Oyz} 沿径向的分量越小越好，称为“最小冲切变形力”条件。

令 $k = F_{Oyz} \cdot v$ ，则

$$k = F \left(\frac{2z}{d} \cos \alpha \cos \beta - \frac{\sqrt{d^2 - 4z^2}}{d} \sin \beta \right) = k(z, \alpha, \beta) \quad (19.7-13)$$

根据式 (19.7-13)，可分析 k 与 α 、 β 、 z 的关系。

1) 当 $z = \frac{d}{2}$ 时 (冲切) 开始， $k = F \cos \alpha \cos \beta$ ，此时， α 或 β 越大，管壁变形越小。理论上， α 或 β 可以等于 90° ，此时， $k = 0$ ，但实际上是无法实现的，因为 α 或 β 越大，凸模越尖，强度越小。可见冲切开始时无法避免塌陷。

2) k 值随 α 增大而减小，因此， α 越大，冲切变形越小，但 α 太大同样会减弱凸模强度，且增大了冲切行程。

3) 考虑 k 与 β 的关系，因为

$$\frac{\partial k}{\partial \beta} = -F \left(\frac{2z}{d} \cos \alpha \sin \beta + \frac{\sqrt{d^2 - 4z^2}}{d} \cos \beta \right) < 0 \quad (19.7-14)$$

可知， β 越大， k 越小。如令 $k = 0$ ，则可得 β 与 α 的关系：

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{d^2 - 4z^2}}{2z} \tan \beta \quad (19.7-15)$$

由式 (19.7-11)、式 (19.7-15) 可以求出

后切面冲切区域法矢量方向，从而确定最优后切面形状，但形状较复杂 (图 19.7-10c)。

经理论分析，并考虑到实际生产中加工方便及凸模强度、刚度等因素，一般将后切面作成平面，因此只要求出平均的 α 和 β 值。当轴线斜交时， α 的取值应保证两后切面的交线 l 方向与管轴线有一定角度 (图 19.7-9b)。实际设计中可设定 α 值，再根据 $z \in [0, d/2]$ ，利用式 (19.7-15) 求出 β 。 α 一般可取 $25^\circ \sim 60^\circ$ ， β 取 $10^\circ \sim 45^\circ$ 左右。

由于 k 式中不含 D ，说明无论 D 为何值，总可以通过调整 α 和 β 值保证冲切变形力最小。

1.3 管材冲孔

生产中，管材壁上的孔，通常是采用钻、铣等方法加工的，虽然质量稳定，但生产效率低。用冲压方法进行管材冲孔，不仅能满足管件的使用要求，而且效率提高，模具结构简单，不需特殊设备，在一般压力机上即可冲制，故适于大批量生产。

管材冲孔，按其模具结构特征可分为有凹模冲孔和无凹模冲孔。管材无凹模冲孔，即是在管材中无凹模支承的状态下，仅靠凸模对管壁进行冲孔加工。由于凸模在冲制时，管材处于空心状态，凸模对管壁施工加的压力超过管壁本身的刚度所能承受的能力时，管材容易被压扁、冲塌，使冲孔加工无法完成。所以进行无凹模冲孔，首要的条件，是尽可能提高管材刚度，同时，在工艺和模具结构方面，还应采取特殊措施，方能收到较好效果。这种方法多用于管件和其他高刚度工件的冲孔。

1.3.1 冲孔分析

管材在无凹模冲孔中，为了防止冲孔力引起的失稳和模具的损坏，对模具有特殊要求。管件在模具中夹持固定方法就十分重要。在生产中，模具夹持固定管件的方法有以下几种 (图 19.7-15)。

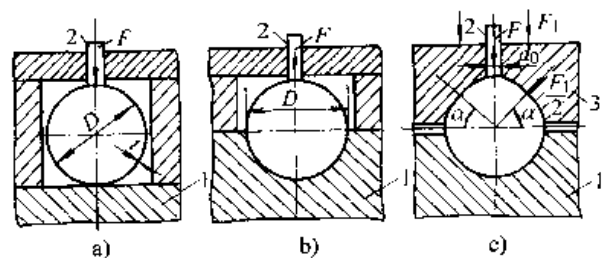


图 19.7-15 管件在模具中的固定

①将管件放在平板上(图19.7-15a)。

②将管件放置于带半圆凹槽的板上(图19.7-15b)。

③将管件放置于带半圆凹槽的板上,其上加

若管件外径 $D = 15 \sim 30 \text{ mm}$, 夹紧长度约为 80 mm , 根据式(19.7-18)计算, 取不同之 D 值, 可得冲孔直径 d_0 与 35 钢管壁厚的对应值(图19.7-16)。

表 19.7-1 管材冲孔时成形的“凹坑”尺寸 (mm)

管件外径×壁厚 ($D \times t$)	材料	冲孔直径 d_0	“凹坑”直径 d_1	“凹坑”深度 h
$\phi 30 \times 2.5$	20 钢	$\phi 9.5$	$\phi 19$	3.2
$\phi 30 \times 1.5$	10 钢	$\phi 9.5$	$\phi 24$	7.5
$\phi 30 \times 2.6$	10 钢	$\phi 9.5$	$\phi 20$	6.5
$\phi 30 \times 2.6$	10 钢	$\phi 4$	$\phi 12$	3
$\phi 30 \times 5$	10 钢	$\phi 9.5$	$\phi 16$	2.5

该模具的下固定板为半圆槽，压紧装置采用聚氨酯橡胶，同样起到半椭圆槽压紧装置（图 19.7-15b）的作用，使用效果良好。

19.7-22 分别为绕弯、推弯、压弯及滚弯装置的模具示意图。

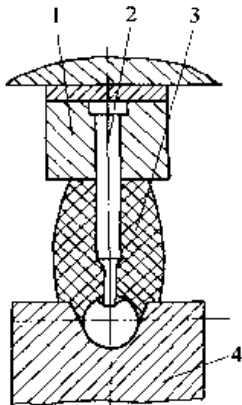


图 19.7-18 模具简图

- 1—凸模固定板 2—凸模
- 3—聚氨酯 4—带半圆凹槽的板

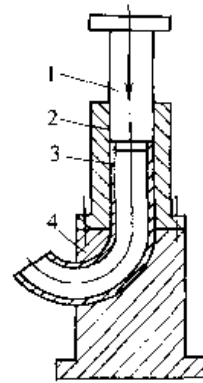


图 19.7-20 型模式冷推弯管装置

- 1—压柱 2—导向套 3—管坯 4—弯曲型模

2 管材弯曲

管材弯曲工艺是随着汽车、摩托车、自行车、石油化工等行业的兴起而发展起来的。管材弯曲常用的方法按弯曲方式可分为绕弯、推弯、压弯和滚弯，按弯曲加热与否可分为冷弯和热弯，按弯曲时有无填料（或心棒）又可分为有心弯管和无心弯管。

图 19.7-19、图 19.7-20、图 19.7-21 和图

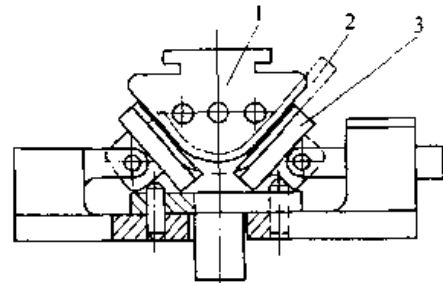


图 19.7-21 V形管件压弯装置示意图

- 1—凸模 2—管坯 3—摆动凹模

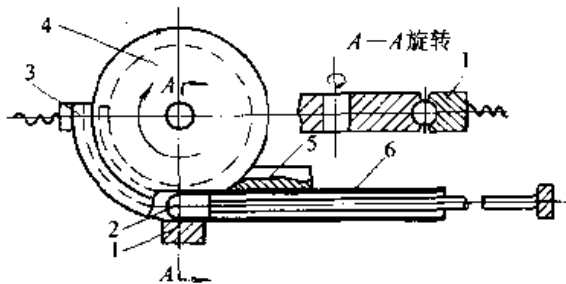


图 19.7-19 在弯管机上有心弯管

- 1—压块 2—心棒 3—夹持块
- 4—弯曲模胎 5—防皱块 6—管坯

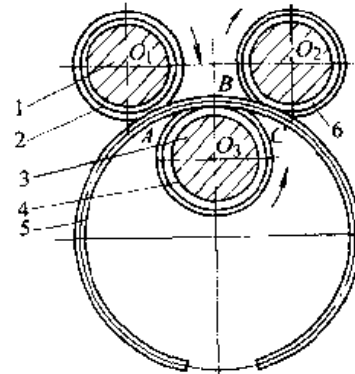


图 19.7-22 三辊滚弯管原理

- 1—轴 2、4、6—辊轮 3—主动轴 5—管坯

2.1 管材弯曲的变形及最小弯曲半径

管材弯曲时，变形区的外侧材料受切向拉伸而伸长，内侧材料受到切向压缩而缩短，由于切向应力 σ_θ 及应变 ϵ_θ 沿着管材断面的分布是连续的，可设想为与板材弯曲相似，外侧的拉伸区过渡到内侧的压缩区，在其交界处存在着中性层。为简化分析和计算，通常认为中性层与管材断面的中心层重合，它在断面中的位置可用曲率半径 ρ 表示（图19.7-23）。

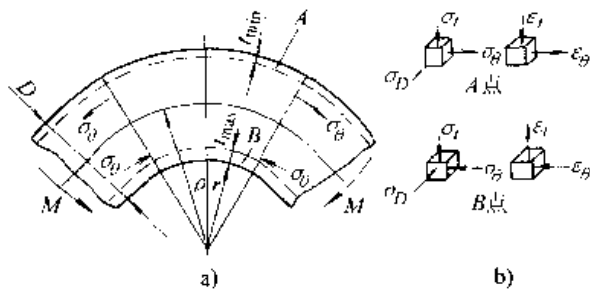


图 19.7-23 管材弯曲受力及其应力应变状况

管材的弯曲变形程度，取决于相对弯曲半径 ρ/D 和相对厚度 t/D （ ρ 为管材断面中心层曲率半径， D 为管材外径， t 为管材壁厚）的数值大

小。 ρ/D 和 t/D 值越小，表示弯曲变形程度越大（即 ρ/D 和 t/D 过小），弯曲中性层的外侧管壁会产生过度变薄，甚至导致破裂；最内侧管壁将增厚，甚至失稳起皱。同时，随着变形程度的增加，断面畸变（扁化）也愈加严重。因此，为保证管材的成形质量，必须控制变形程度在许可的范围内。管材弯曲的允许变形程度，称为弯曲成形极限。管材的弯曲成形极限不仅取决于材料的力学性能及弯曲方法，而且还应考虑管件的使用要求。

对于一般用途的弯曲件，只要求管材弯曲变形区外侧断面上离中性层最远的位置所产生的最大伸长应变 ϵ_{max} 不致超过材料塑性变形所允许的极限值作为成形极限的条件，即以管件弯曲变形区外侧的外表层保证不裂的情况下，能弯成零件的内侧的极限弯曲半径 r_{min} ，作为管件弯曲的成形极限。 r_{min} 与材料力学性能、管件结构尺寸、弯曲加工方法等因素有关。

不同弯曲加工方式的最小弯曲半径见表19.7-2。钢管和铝管的最小弯曲半径见表19.7-3。

表 19.7-2 管材弯曲时的最小弯曲半径

弯曲方法	最小弯曲半径 r_{min}	弯曲方法	最小弯曲半径 r_{min}
压弯	$(3-5) D$	滚弯	$6D$
绕弯	$(2-2.5) D$	推弯	$(2.5-3) D$

注： D 为管材外径（mm）。

表 19.7-3 钢管和铝管的最小弯曲半径 (mm)

管材外径	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
最小弯曲半径 r_{min}	8	12	16	20	28	32	40	45	50	56
管材外径	24	28	30	32	35	38	40	44	48	50
最小弯曲半径 r_{min}	68	84	90	96	105	114	120	132	144	150

2.2 管材截面形状畸变及其防止

管材弯曲时，难免产生截面形状的畸变，在中性层外侧的材料受切向拉伸应力，使管壁减薄；中性层内侧的材料受切向压缩应力，使管壁增厚。因位于弯曲变形区最外侧和最内侧的材料受切向应力最大，故其管壁厚度的变化也最大

（图19.7-24）。在有填充物或心棒的弯曲中，截面基本上能保持圆形，但壁厚产生了变化。在无支撑的自由弯曲中，不论是内缘还是外侧壁厚均产生变化，圆管截面变成了椭圆（图19.7-24a、b），且当弯曲变形程度变大（即弯曲半径减小）时，内缘失稳起皱；方管在有支撑的弯曲（图19.7-24c、d）中，截面变成梯形。

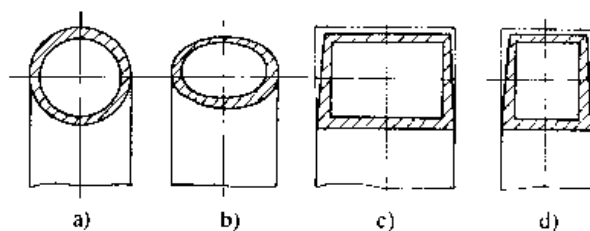


图 19.7-24 管材弯曲后的截面形状

关于圆管截面的变化情况，在生产中常用椭圆率来衡量。

$$\text{椭圆率} = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D} \times 100\% \quad (19.7-21)$$

式中 D_{\max} ——弯曲后管材同一横截面的任意方向测得的最大外径尺寸；

D_{\min} ——弯曲后管材同一横截面的任意方向测得的最小外径尺寸。

图 19.7-25 是椭圆率线图，这是把椭圆率对应于量纲为一的（旧称无量纲）曲率 R_0/ρ (R_0 为管的外半径； ρ 为弯曲断面中心层曲率半径) 的变化表示在对数坐标上，以比值 t/R_0 作为参变量的直线族来表示的。由图可知，弯曲程度越大，截面椭圆率亦越大。因此，生产中常用椭圆率作为检验弯管质量的一项重要指标。根据管材弯曲件的使用性能不同，对其椭圆率的要求也不相同，例如用于工业管道工程中的弯管件，高压管不超过 5%；中、低压管不超过 8%；铝管不超过 9%；铜合金、铝合金管不超过 8%。

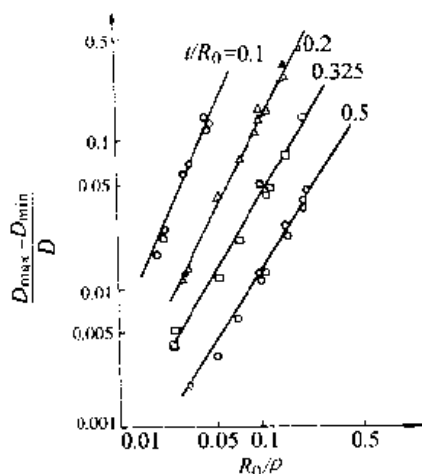


图 19.7-25 椭圆率

截面形状的畸变可能引起断面面积的减小，增大管内流体流动的阻力，也会影响管件在结构

中的功能效果。因此，在管件的弯曲加工中，必须采取措施将畸变量控制在要求的范围内。

防止截面形状畸变的有效办法如下：

1) 在弯曲变形区用心棒支撑断面，以防止断面畸变。对于不同的弯曲工艺，应采用不同类型的心棒。压弯和绕弯时，多采用刚性心棒，心棒的头部呈半球形或其他曲面形状。弯曲时是否需要心棒，用何种心棒，可由图 19.7-26、图 19.7-27 确定。

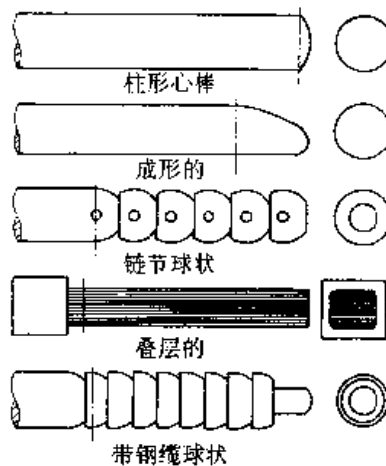
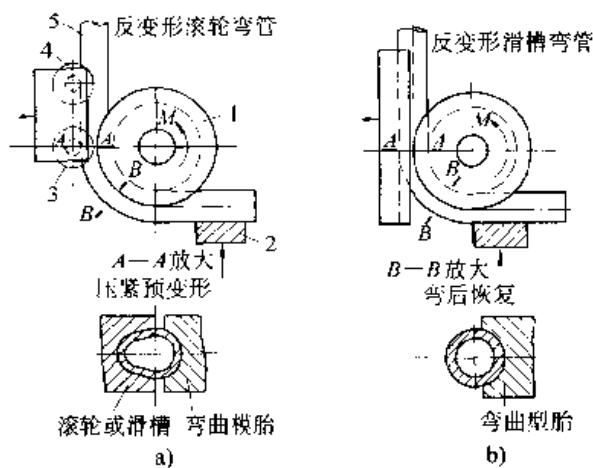
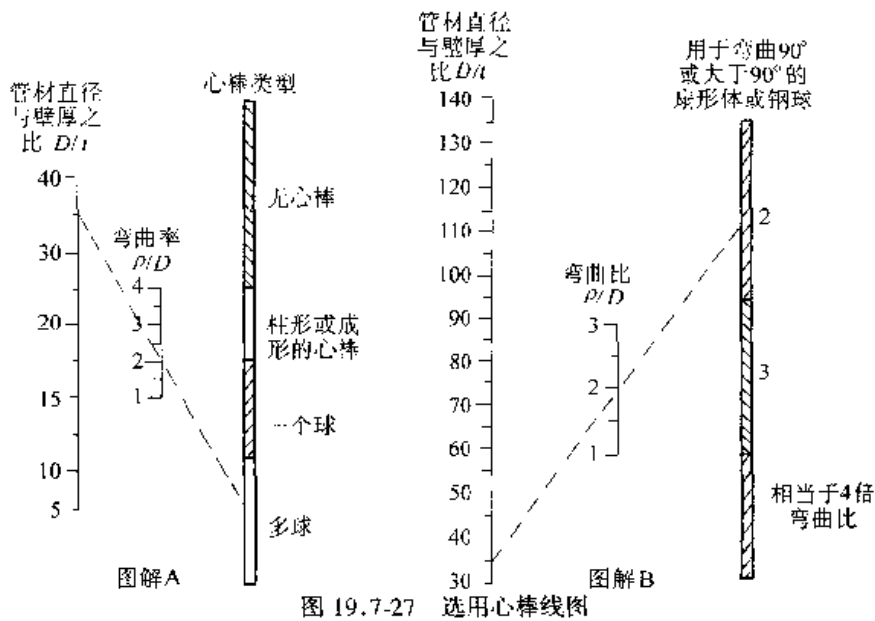


图 19.7-26 心棒的结构形式

2) 在弯曲管坯内充填颗粒状的介质、流体介质、弹性介质或熔点低的合金等，也可以代替心棒，起到防止断面形状畸变的作用。这种方法应用较为容易，也比较广泛，多用于中小批量的生产。

3) 在与管材接触的模具内凹表面，按管材的截面形状，做成与之吻合的沟槽以减小小接触面上的压力，阻碍断面的歪扭，是一个相当有效的防止断面形状畸变的措施。

4) 利用反变形法控制管材截面变化（图 19.7-28）。这种方法常用于在弯管机上的无心弯管工艺，其特点是结构简单，所以应用广泛。

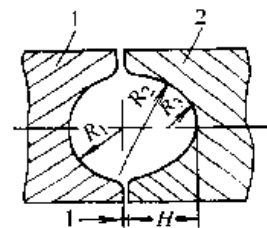


1—弯曲模胎 2—夹持块 3—滚轮
4—导向轮 5—管坯

采用反变形法进行无心弯管，即是管坯在预先给定以一定量的反向变形，则在弯曲后，由于

不同方向变形的相互抵消，使管坯截面基本上保持圆形，以满足圆度的要求，从而保证弯管质量。

反变形槽断面形状如图 19.7-29，反变形槽



1—弯曲模胎 2—反变形滚轮（或滑槽）

尺寸与相对弯曲半径 ρ/D (ρ 为中心层曲率半径， D 为管坯外径) 有关，见表 19.7-4。

表 19.7-4 反变形槽的尺寸

相对弯曲半径 ρ/D	R_1	R_2	R_3	H
1.5~2	0.5D	0.95D	0.37D	0.56D
>2~3.5	0.5D	1.0D	0.4D	0.545D
≥ 3.5	0.5D	—	0.5D	0.5D

管壁厚度的变化，主要取决于管材的相对弯曲半径 ρ/D 和相对厚度 t/D 。在生产中，弯曲外侧的最小壁厚 t_{\min} 和内侧的最大壁厚 t_{\max} ，通常可用下式作估算：

$$t_{\min} = t \left[1 - \frac{1-t/D}{2\rho/D} \right]$$

$$t_{\max} = t \left[1 + \frac{1-t/D}{2\rho/D} \right]$$

式中 t ——管壁原始厚度 (mm);
 D ——管材外径 (mm);
 ρ ——中心层弯曲半径 (mm)。

管材厚度减薄, 降低了管件的机械强度和使用寿命。因此, 生产上常用壁厚减薄率, 作为衡量壁厚变化大小的技术指标, 以满足管体的使用性能。

$$\nu = \frac{t - t_{\min}}{t} \times 100\%$$

式中 t ——管壁原始厚度 (mm);
 t_{\min} ——管材弯曲后最小壁厚 (mm)。

管材的使用性能不同, 对壁厚减薄率 ν 亦有不同的要求。如用于工业管道工程的管件, 对高压管不超过 10%; 对中、低压管不超过 15%, 且不小于设计计算壁厚。

减小管材壁厚变薄的措施有:

1) 降低中性层外侧产生拉伸变形部位拉应力的数值。例如采取电阻局部加热的方法, 降低中性层内侧金属材料的变形抗力, 使变形更多地集中在受压部分, 达到降低受拉部分应力水平的目的。

2) 改变变形区的应力状态, 增加压应力的成分。例如改绕弯为推弯, 可以大幅度地克服管壁过渡变薄的缺陷。

2.3 弯曲力矩的计算

管材弯曲力矩的计算是确定弯管机力能参数的基础。根据塑性力学理论分析, 推导出管材均匀弯曲时的弯矩理论表达式如下。

管材弯曲力矩:

$$M = \frac{8\sigma_s t r^2}{\sqrt{3}} + \frac{4\pi B t r^2}{3\rho}$$

式中 σ_s ——管材屈服点;
 t ——管壁厚度;
 r ——管材内半径;
 B ——应变刚模数;
 ρ ——弯曲中性层曲率半径。

实际上管材弯曲时的弯矩, 不仅取决于管材的性能、断面形状及尺寸、弯曲半径等参数, 同时还与弯曲方法、使用的模具结构等有很大关系。因此, 目前还不可能将诸多因素都用计算公式表示出来, 在生产中只能做出估算。

管材弯曲力矩可用下式估算:

$$M = \mu W \sigma_b^3 \sqrt{\frac{D}{\rho}}$$

式中 D ——管材外径;
 ρ ——弯曲中性层曲率半径;
 σ_b ——材料抗拉强度;
 W ——抗弯断面系数;
 μ ——考虑因摩擦而使弯矩增大的系数。

系数 μ 不是摩擦系数, 其值取决于管材的表面状态, 弯曲方式, 尤其是取决于是否采用心棒、心棒的类型及形状, 甚至有关心棒的位置等多种因素。一般说来, 采用刚性心棒、不用润滑时, 可取 $\mu = 5 \sim 8$; 若用刚性的铰链式活动心棒时, 可取 $\mu = 3$ 。

3 管材翻卷成形

管材翻卷成形是从传统的冲压翻边、缩口工艺发展起来的特种成形工艺, 它是通过模具对管件施加轴向压力使管材口部边沿产生局部弯曲的变形过程。利用此项技术制造零件具有工艺简单、工序少、成本低、质量好等一系列优点, 甚至可以生产出用其他冲压方法难以得到的零件。此工艺已在汽车、航空航天等工业领域得到广泛应用。

管材翻转成形有两种基本方式, 即外翻卷和内翻卷 (图 19.7-30)。外翻卷是管坯在轴向压力作用下, 从内向外翻转, 成形后增大其周长。内翻卷是管坯从外向内翻卷, 成形后减小其周长。

利用翻卷工艺除了能有效地成形多种筒类双壁管或多层管零件外, 还可以加工凸底杯形件、阶梯管、异形管 (图 19.7-31) 以及半双管、环形双壁汽筒、空心双壁螺母、热交换器、汽车消声器、电子工业中的波导管等。这些零件如采用多工步冲压和焊接方法加工, 不仅难度大, 费用高, 而且外观质量差。采用翻卷工艺则可保证零件使用可靠性, 轻量化, 节省原材料。

目前, 根据资料, 很多金属材料都可以在模具上以各种不同的翻卷方式成形, 如铝合金、铜及铜合金、低碳钢、奥氏体不锈钢等, 从 $\phi 10 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 到 $\phi 250 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 规格的管坯都可以成功地翻卷成双层管。

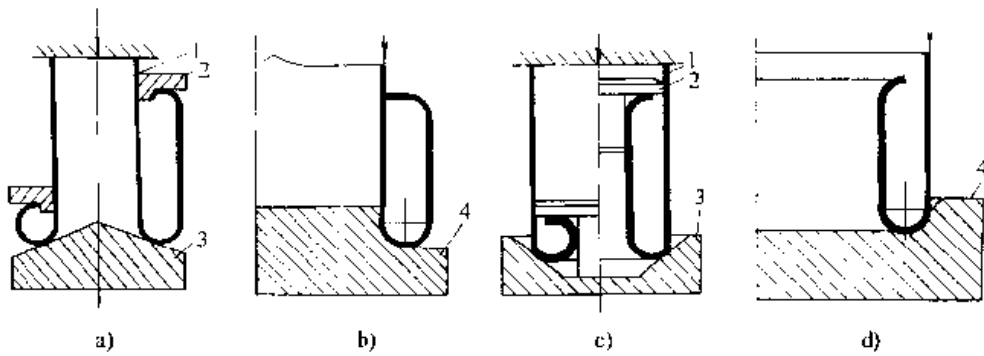


图 19.7-30 管材翻卷成形示意图

a)、b) 外翻 c)、d) 内翻
1—管坯 2—导流环 3—锥模 4—圆角模

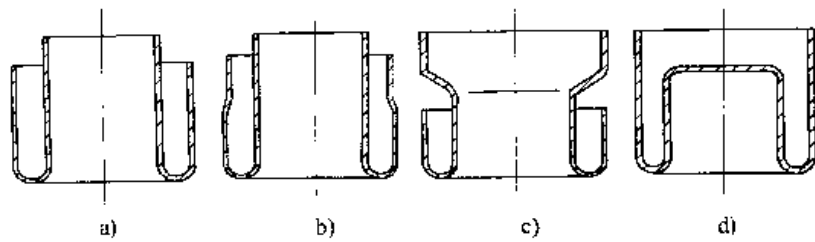


图 19.7-31 翻卷工艺加工成形的制品

a) 双层管 b) 阶梯管 c) 异形管 d) 凸底杯

3.1 管材的外翻卷成形

翻卷成形，较其他成形工艺而言，其变形过程更为复杂，包括扩口、卷曲、翻卷几种变形过程及其相互转换。实现这种成形工艺的模具有多种，其中简单又常用的是锥形模和圆角模。

3.1.1 锥形翻卷模

锥形翻卷模结构如图 19.7-32 所示。这种模具结构简单，在一套模具上可成形不同规格的管材，这一点是在其他管材成形模具上很难做到的。另外作为精密管材翻卷成形的预成形工序，

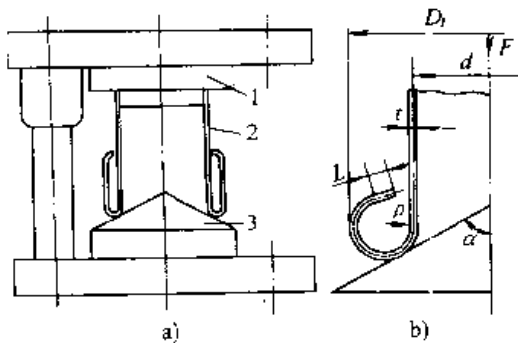


图 19.7-32 锥形翻卷示意图

a) 翻卷模结构 b) 锥形翻卷工艺参数
1—压头 2—管坯 3—锥模

锥形模成形也得到广泛应用。

翻管时，管坯的一端置于锥模上，另一端由压力机滑块施加轴向压力，以实现管坯翻卷。设计这种模具时，模具的半锥角 α 是最关键的参数， α 的大小除了决定翻管成形的可行性外，还影响着翻管的几何尺寸，即翻管系数 K ($K = \frac{D}{D_1}$ ， D 和 D_1 分别为管坯外径与翻管外径)。显然，存在一临界半锥角 α_0 ，当模具的半锥角 $\alpha \geq \alpha_0$ 时，翻卷才能正常进行。

戈尔布诺夫根据主应力法导出：

$$\alpha_0 = \frac{\pi}{2} - \frac{\sin \alpha_0}{\sqrt{\cos \alpha_0}} \sqrt{1 - \frac{t}{d} \frac{1}{\sin^2 \alpha_0}}$$

考虑材料强化和扩口刚性端的影响，可将上式修改为

$$\alpha_0 = \arccos \left\{ \frac{\sqrt{3}d}{L} \left[\frac{(n+2)\sigma_s t}{3AL} \right]^{n+1} \right\}$$

式中 L ——扩口平直端长度；

$$L = 0.17 t \tan \alpha \sqrt{t^2 \tan^2 \alpha + 4dt}$$

d ——管坯平均直径；

t ——管坯壁厚；

n ——材料硬化指数；

A ——材料强化系数；
 σ_s ——材料屈服点。

对于 $D = 42 \text{ mm}$ 的 3A21 铝管，由上式算出， $\alpha_0 = 55^\circ \sim 60^\circ$ 。

通过实验证明，当 $\alpha \geq 60^\circ$ ($\alpha \approx 68^\circ$) 时，翻管能顺利进行，这时，轴向压力为最小；当 $\alpha = 55^\circ \sim 60^\circ$ 时，管坯端部卷曲而不一定进入翻卷阶段；当 $\alpha < 55^\circ$ 时，管端在锥模上只扩口而不卷曲。

锥模翻卷时，管端容易滑动，造成翻管部分与原始管坯不同轴和翻卷发生轴向弯曲，很难得到满足装配要求质量的双层翻管零件。于是在锥模的基础上又发展了圆角翻管模。

3.1.2 圆角翻管模

圆角翻管模是利用模具工作部分为半径 r 的圆环强迫轴向受压的管端沿其圆弧变形来得到翻管。图 19.7-33 是厚度为 t ，平均直径为 D 的管坯在半径为 r 的圆角模上翻卷的示意图，管坯在轴向载荷作用下，管端沿模具的圆弧卷曲而向上翻卷得到直径为 D_1 的翻卷管件。

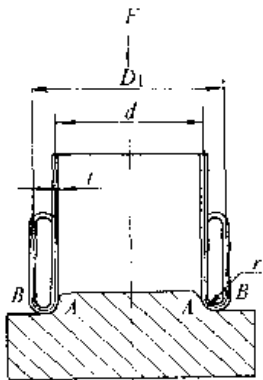


图 19.7-33 圆角模翻管示意图

设计圆角翻管模最重要的参数是模具的圆角半径 r ，它既决定翻管件的几何尺寸，也影响翻管力的大小。

对于 $\phi 42 \times 1$ 的 3A21 退火铝管，由理论分析和实验结果得知，翻管失稳的临界模具圆角半径（最小圆角半径）约为 2 mm；最佳圆角半径约为 3 mm；最大圆角半径约为 4 mm。

由此表明，轴向载荷作用下的翻管的稳定性及其翻管质量取决于模具圆角半径 r ， r 小于某一临界值时，管端不沿模具圆弧面卷曲；当 r 过大时，则管端发生破裂而无法顺利翻管。 r 只

有在适当范围内才能实现翻管成形。

3.2 管材的内翻卷成形

同管材的外翻卷成形一样，管材内翻卷也可在锥形模和圆角模上进行（图 19.7-34），但与其他塑性成形工艺相比，容易出现失稳。由于内翻卷时，变形后管径变小，管壁增厚，翻管力变大，因此给翻卷成形带来困难。

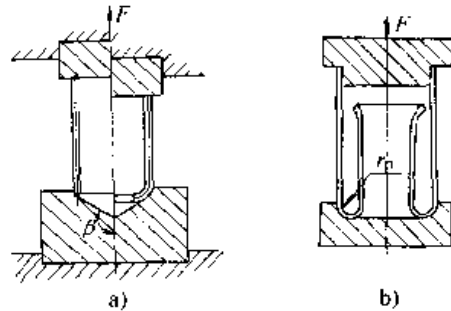


图 19.7-34 管材内翻卷模结构示意图
 a) 锥形模 b) 圆角模

根据理论计算与实践，翻管锥模的临界半角 $\beta \geq 120^\circ$ 时，翻卷过程能顺利进行，在生产中通常取值为 $\beta \geq 120^\circ \sim 125^\circ$ ， $r_p \approx 4 \text{ mm}$ 。

管材翻卷工艺只有在翻卷所需载荷小于轴向失稳极限时才能发生，由于翻卷成形载荷很大程度上取决于模具的几何参数，就圆角模而论，取决于圆角半径 r ，故可确定一个翻卷成形的可行性区域（图 19.7-35）。

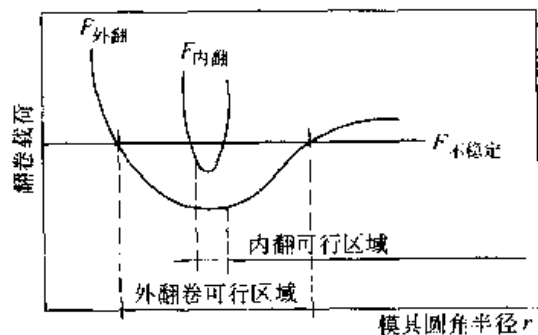


图 19.7-35 管材外翻卷与内翻卷可行性区域

由图 19.7-35 可以看出，内翻卷的区域很小，而翻卷载荷比外翻卷的载荷在数值上要高，几乎达到 50%。现有资料表明，国内外已从理论和实践上研究了外翻卷成形的最佳工艺参数，并发现了完成翻转成形所需的轴向压应力最小的

管材内径、外径与壁厚之间的关系。

管材外翻时，壁厚的变化不明显，而内翻时，由于周向的压应力使模具圆角处的壁厚不断增厚直至达到一恒定值，它可为原始厚度的1.5倍。所以要完成其内翻成形，就需要更大的轴向载荷。

在前述的两种翻卷（传统翻卷）工艺中，有其不足之处：①第二层管壁的开始卷曲部分并不平行于原来的管壁，而总是转向双壁管的内腔；②新管壁与原来管壁间有一定距离，该距离取决于原管材的相对直径（ D/t ）；③对于内翻卷成形，第二层管壁有较大程度增厚，从而导致了翻卷时轴向压力增大。

前述工艺中出现的问题为成形机理所致，使其得到的翻管件在几何形状上受到限制，尤其是管材内翻卷成形工艺稳定性差，难度大，需要进行改进，于是出现了管材内翻卷成形的拉应力翻卷成形法。

拉应力翻卷成形的特点是在进行管材内翻卷成形的第一阶段后停止翻卷，并给翻出的边缘以反向弯曲，使其转向内腔外侧，然后通过凸模作用于内壁反弯曲边缘上的拉力使其管坯内翻卷成形，而不是以作用于外壁的轴向压力而翻卷成形，使其轴向压应力降低，这种工艺能得到更大的内壁高度、恒定的壁厚以及更高的产品精度。

拉应力翻卷成形法拓宽了内翻卷成形工艺应用范围，如生产管接头、滚动轴承座及其他（图19.7-36）。

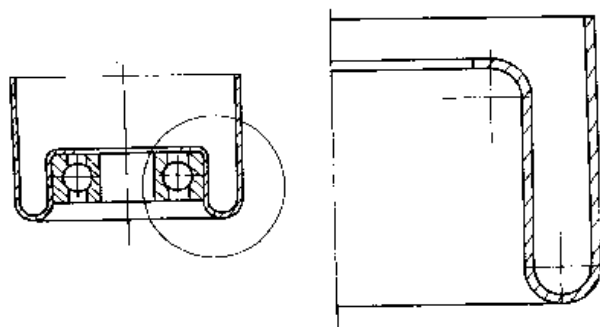


图 19.7-36 内翻卷成形工艺在生产轴承座上的应用

拉应力翻卷成形法可分三步进行，如图19.7-37所示。

第一步（图19.7-37a）传统的内翻卷，在管

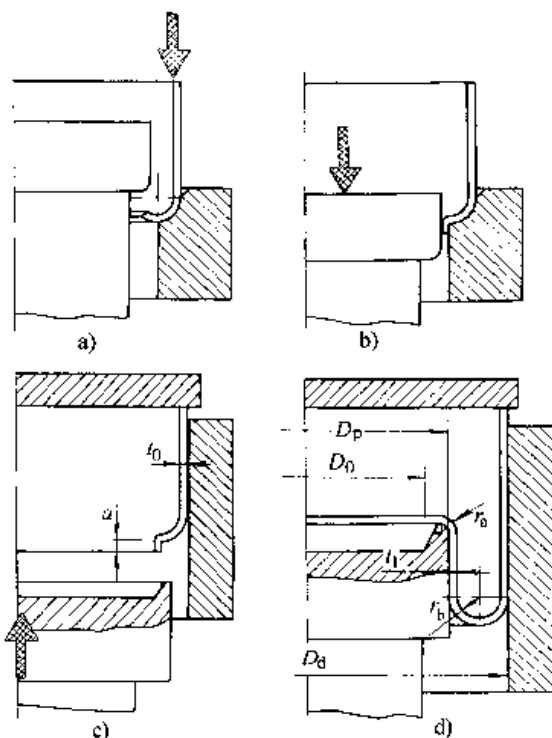


图 19.7-37 拉应力翻卷成形工艺（改进的内翻成形工艺）

端边缘离开圆角模的四分之一时卷边结束，这时管子边缘与模具内壁之间的距离将形成最终产品的径向支撑，必须等于要求的宽度。

第二步（图19.7-37b）平底凸模下行，迫使管材边缘翻边（与板材的孔翻边相似），其凸模与内翻模的间隙按管材壁厚而定（管材内翻卷壁厚略有增厚）。

第三步（图19.7-37c, d），成形凸模上升，使管材边缘向内翻卷，从而在成形凸模推动下，生成第二层管壁。由图可见，成形凸模作用于管边缘的是拉应力，而不是作用于整个管子上的压应力进行翻卷的，模具与变形材料之间没有相对滑动，并且成形载荷间保持一段距离，从而减小了管材传力区上的轴向压应力，即可避免了失稳的出现。

所以，拉应力翻卷在选择翻卷半径有更大的自由度，而翻卷半径在传统加工工艺中是一个重要的工艺参数（图19.7-35）。

该工艺能顺利进行的条件：

$$F_{翻孔} \geq F_{翻卷} \quad (19.7-22)$$

翻孔力包括三项（图19.7-37d符号）：半径 r_b 处，使材料发生塑性变形的载荷；克服凸模

圆角 r_0 处凸模与管子边缘间的摩擦力所需载荷；使边缘材料从径向到轴向位置的弯曲和反弯曲所需载荷。在解析式中，用 σ_1 表示内壁变形应力，则

$$F_{翻孔} = \sigma_1 \left[2\pi \left(\frac{D_p}{2} + \frac{t_1}{2} \right) l \cdot \frac{2(D_p - D_0)}{3D_p + D_0} e^{r_0 \frac{\pi}{2}} + \frac{\pi D_0 t_1^2}{2r_0} \right] \quad (19.7-23)$$

翻卷成形包括 2 项，材料翻卷到不同（曲率）半径位置所需载荷和变形区开始到结束处时弯曲及反弯曲所需载荷。在解析式中用 σ_0 表示外壁的变形应力、 σ_{10} 表示变形区平均塑变应力。

$$F_{翻卷} = \sigma_n \pi D_d t_0 + \frac{\pi}{2r_0} \times \left[\sigma_0 t_0^2 \left(D_0 - \frac{t_0}{2} \right) + \sigma_1 t_1^2 \left(\frac{D_p}{2} + \frac{t_1}{2} \right) \right] \quad (19.7-24)$$

结论：

管材拉应力内翻卷成形方法，经过实验证实，虽然在翻卷开始前需要两个准备阶段和必要时进行再结晶退火，但比起传统翻卷工艺来有如下优点：

- 1) 翻卷边缘转向型腔的外侧，易于与其他零部件配合，如滚动轴承座；
- 2) 翻卷载荷大大减小；

3) 成形能力大大提高，可以得到较小的翻卷半径 r_0 的产品；

4) 无摩擦无需润滑；

5) 内壁厚近似等于外壁厚，只有载荷作用的边缘稍有增厚（图 19.7-38）。

图 19.7-38 所示零件实验条件：管材为低碳钢， $D_{外} = 90 \text{ mm}$ ， $t_0 = 2.4 \text{ mm}$ ， $H = 150 \text{ mm}$ ；凹模直径（图 19.7-37d）， $D_d = 97 \text{ mm}$ ；凸模直径（图 19.7-37d）， $D_p = 72 \text{ mm}$ 。

6) 由于无摩擦以及凸、凹模对零件壁的双重约束，故零件具有较高的尺寸精度（图 19.7-37d）。

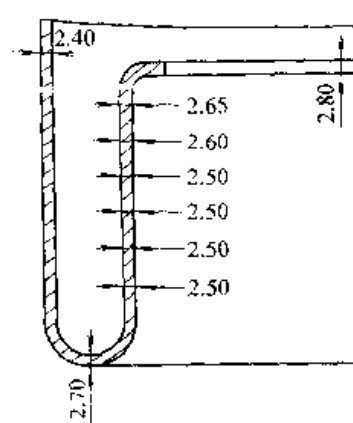


图 19.7-38 产品壁厚测量

第8章 汽车覆盖件冲压工艺设计

汽车覆盖件冲压成形工艺相对一般零件的冲压工艺更复杂,所需要考虑的问题也更多,一般需要多道冲压工序才能完成。常用的主要工序有:落料、拉深、校形、修边、切断、翻边、冲孔等。

汽车覆盖件冲压成形中最关键的工序是拉深工序。在拉深工序中,毛坯变形复杂,其成形性质已不是简单的拉深成形,而是拉深与胀形同时存在的复合成形。因而,拉深成形工艺受到多方面因素的影响,仅按覆盖件零件本身的形状尺寸设计工艺不能实现拉深成形,必须在此基础上进行工艺补充形成合理的压料面形状,选择合理的拉深方向、合理的毛坯形状和尺寸、冲压工艺参数等。因为工艺补充量、压料面形状的确定、冲压方向的选择直接关系到拉深件的质量,甚至关系到冲压拉深成形的成败,可以称为是汽车覆盖件冲压成形的核心技术,标志着冲压成形工艺设计的水平。如果拉深件设计不好或冲压工艺设计不合理,就会在拉深过程中出现冲压件的破裂、起皱、折叠、面畸变等质量问题。

由于汽车覆盖件的表面是空间曲面,其修边、翻边等工序的设计也与一般的冲压件不完全相同。需要合理确定工序件的形状与尺寸、合理选择工序的冲压方向、冲压参数等,才能保证冲压质量。

在制定冲压工艺流程时,要根据具体冲压零件的各项质量要求来考虑工序的安排,以最合理的工序分工保证零件质量,如把最优先保证的质量项的相关工序安排到最后一道工序。同时必须考虑到复合工序在模具设计时实现的可能性与难易程度。

冲压工艺设计人员不仅要设计合理的工艺流程,而且要考虑各道工序的冲压方向在模具设计时容易确定、结合实际确定所需的冲压设备、工序件定位方便可靠、模具结构容易实现工艺要求的各种动作等。

1 汽车覆盖件的特点

由于汽车覆盖件大都是空间曲面结构、形状

复杂,从而决定了在冲压成形中的变形复杂性,变形规律不易被掌握,出现的质量问题也比较多。因此在拉深件的设计、冲压工艺的设计、模具的设计中不能像轴对称零件那样可以较容易地计算出主要工艺参数、模具参数等。在工程实践中还要大量应用经验类比和运用冲压变形趋向性分析来进行冲压工艺和模具设计。

1.1 汽车覆盖件的定义

汽车车身主要由覆盖件、骨架零件、车身附件、内饰件等组成。其中汽车覆盖件又分外覆盖件和内覆盖件。

所谓外覆盖件是指汽车车身外部的裸露件。这类零件涂装后不再覆盖其他的装饰层,因而,对外覆盖件的表面质量要求很高。

所谓内覆盖件是指汽车车身内部的覆盖件,它和外覆盖件一起与骨架零件焊装后形成白车身(涂装前)。由于内覆盖件在涂装后要覆盖内饰件,故形成完整的车身后内覆盖件一般不被人们直接观察到。因此,相对于外覆盖件而言,内覆盖件的表面质量要求可以稍低一些。

1.2 汽车覆盖件的质量要求

汽车覆盖件有很高的尺寸精度要求。由于汽车覆盖件是大批量生产、机械化装配,这就要求冲压件轮廓尺寸具有很高的精度要求;同时,对覆盖件上孔的位置精度也有很高的要求。

汽车覆盖件还对表面形状精度有很高的要求,特别是外覆盖件对形状精度的要求更高,要求其外观表面光滑,线条棱线清晰。同时,相关覆盖件的表面还必须具有很好的协调性,相邻零件上的相关棱线要具有很好的衔接性,能使汽车车身从外观上看起来浑如一体。

汽车覆盖件需要有足够的刚度。若刚度太小,在汽车行驶过程中就会产生较大的振动和噪声,使司机容易产生心理烦躁和身体疲劳。

汽车覆盖件不仅不能有破裂、大的皱纹、折叠、对外覆盖件来说,就连很小的面畸变、冲击

线、划痕、滑移线等都要避免,以防止在涂装后出现表面的不光滑。

1.3 汽车覆盖件的结构及分类

汽车覆盖件大多是大型薄板冲压件。如驾驶室的顶盖、内外车门、前围、后围、侧围以及发动机罩等(如图19.8-1)。

从结构形状及尺寸上看,汽车覆盖件的主要特点有:

① 总体尺寸大,如驾驶室顶盖的毛坯尺寸可达 $2\,800\text{ mm} \times 2\,500\text{ mm}$;

② 相对厚度小,板料的厚度一般为 $0.8\text{ mm} \sim 1.2\text{ mm}$,相对厚度(t/D)最小值可达 $0.000\,3$;

③ 形状复杂,不能用简单的几何方程式来描述其空间曲面;

④ 轮廓内部带有局部形状(如图19.8-1a中的窗口形状),而这些内部形状的成形往往对整个冲压件的成形有很大的影响,甚至是决定性的影响。

按汽车覆盖件的产品结构分类可以将其分为:① 本身具有封闭的外型和凸缘的零件(如车门内板、车门外板、散热器罩等);② 可进行

双件拉深成形的左右对称零件;③ 产品件虽然不是对称的,但通过增加工艺补充可以进行双件拉深的零件;④ 形状不规则的零件。这种分类方法在一定程度上反映了不同类型的汽车覆盖件在冲压成形时所要求的工艺不同的特点,但却不能从材料变形的本质上揭示各类汽车覆盖件冲压成形的特点,不能很好地指导汽车覆盖件的冲压工艺设计和模具设计。

按深度大小可把汽车覆盖件分为深拉深件、中等拉深件、浅拉深件等三类;相应地,把冷冲压用冷轧板材分成最复杂级(ZF)、很复杂级(HF)和复杂级(F)。这种分类基本上能反映汽车覆盖件冲压成形时产生破裂的可能性大小和板材在冲压成形时的抗破裂性能。但随着社会的发展和冲压技术的进步,对汽车覆盖件的质量提出了更高的要求,不仅要求冲压件要有足够的强度和刚度,冲压件本身不能有破裂,而且要求很高的表面质量(形状精度)以使涂装后的汽车车身表面光滑、色泽鲜亮宛如镜面,还要求高度的互换性(尺寸精度)以便于冲压件焊装工艺的自动化。因此,按零件深度判断成形难易的分类有很大的局限性,不能很好地反映这些要求。

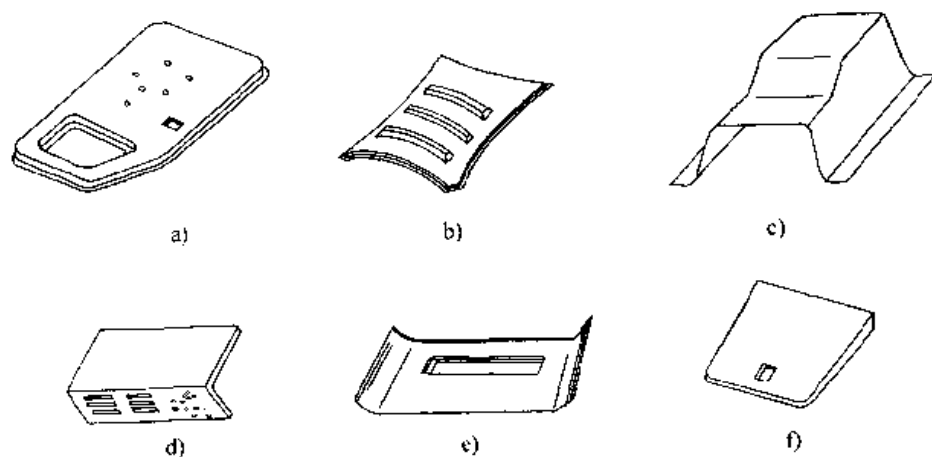


图19.8-1 汽车覆盖件示例

从总体上来说,汽车覆盖件的总体结构特点,决定了其冲压成形过程中的变形特点,但实际上由于其结构复杂,难以从整体上进行变形特点的分析。因此,为能够比较科学地分析判断汽车覆盖件的变形特点,生产出高质量的冲压件,必须以现有的冲压成形理论为基础,对这类零件的结构组成进行分析,把一个汽车覆盖件的形状

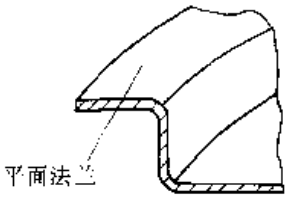
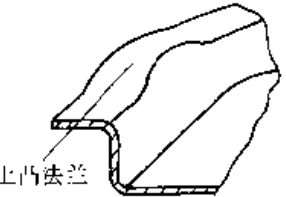
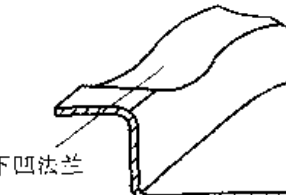
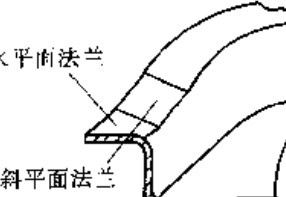

看成是由若干个“基本形状”(或其一部分)组成的。这些“基本形状”有:直壁轴对称形状(包括变异的直壁椭圆形状)、曲面轴对称形状、圆锥体形状及盒形形状等。而每种基本形状都可分解成由法兰形状、轮廓形状、侧壁形状、底部形状组成。因为这些基本形状的零件冲压变形特点、主要冲压工艺参数的确定已经基本可以定量

化计算, 各种因素对冲压成形的影响也已基本上比较明确。所以, 通过把汽车覆盖件的结构组成进行分解, 可以先确定各基本形状的主要变形特点, 再把各基本形状之间的相互影响考虑进去, 就能够分析出汽车覆盖件的主要变形特

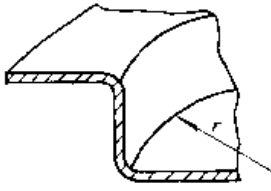
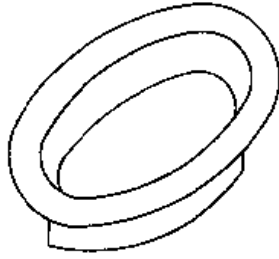
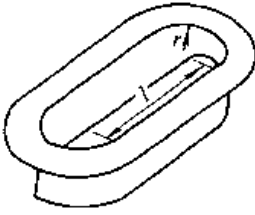
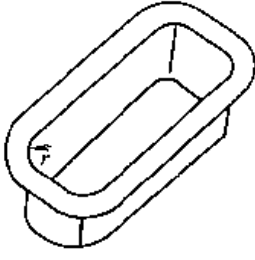
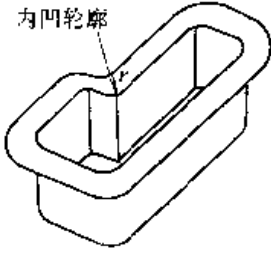
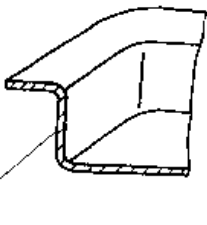
点, 判断出各部位的变形难点, 预先制定防止对策。

表 19.8-1 是一种汽车覆盖件的结构特征分类, 任何一个汽车覆盖件都是表中所示的结构特征元素 (或特征元素的部分形状) 的组合。

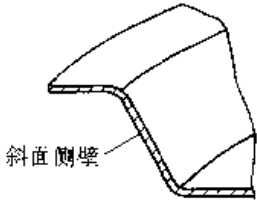
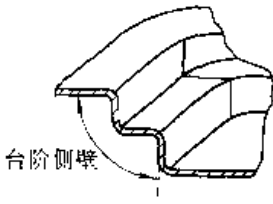
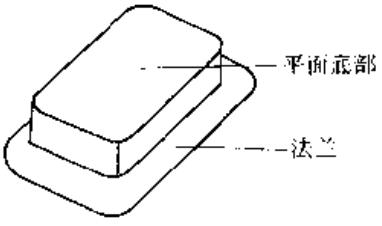
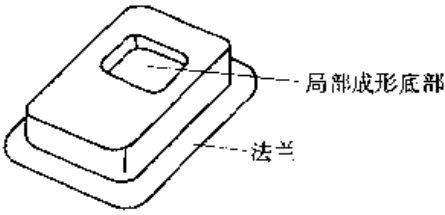
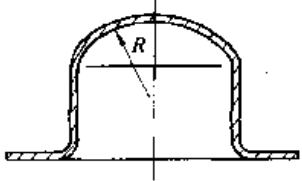
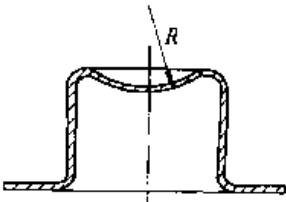
表 19.8-1 汽车覆盖件的结构特征

部位	编号	部位形状	图 例	主要受力情况
法兰形状	A	平面法兰	 <p>平面法兰</p>	法兰上的毛坯径向受拉应力作用, $\sigma_r > 0$; 直边部分的切向应力 $\sigma_\theta > 0$, 外凸形轮廓的 $\sigma_\theta < 0$, 内凹形轮廓的 $\sigma_\theta > 0$
	B	上凸形法兰	 <p>上凸法兰</p>	法兰上, $\sigma_r > 0$, 上凸部分在压边时就有 $\sigma_\theta > 0$; 成形时会有切应力存在
	C	下凹形法兰	 <p>下凹法兰</p>	法兰上, $\sigma_r > 0$, 下凹部分在压边时有 $\sigma_\theta > 0$; 成形时有 $\sigma_\theta < 0$, 并有切应力存在
	D	多平面法兰	 <p>水平面法兰 斜平面法兰</p>	斜平面法兰上 $\sigma_r > 0$, 较低处 $\sigma_\theta < 0$, 较高处 $\sigma_\theta > 0$
	E	综合性法兰	 <p>下凹法兰 上凸法兰 平面法兰</p>	不同的部位的应力状态不同, 可分为上凸部分、下凹部分及平面部分等

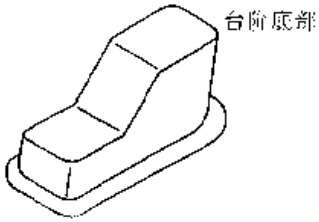
续表 19.8-1

部位	编号	部位形状	图例	主要受力情况
轮廓形状	F	瓣形轮廓		法兰部分为变形区, 变形区内 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta < 0$
	G	椭圆形轮廓		法兰部分为变形区, 变形区内 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta < 0$, 但分布不均匀, 曲率小的部位 σ_r 较小, 曲率大的部位 σ_r 较大
	H	长圆形轮廓		直边部分以弯曲变形为主, $\sigma_r > 0$; 圆弧部分以拉深变形为主, $\sigma_r > 0, \sigma_\theta < 0$
	I	矩形轮廓		直边部分以弯曲变形为主, $\sigma_r > 0$; 圆弧部分以拉深变形为主, $\sigma_r > 0, \sigma_\theta < 0$
	J	局部内凹形轮廓		在内凹法兰部分, 毛坯径向和切向均受拉应力 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$
侧壁形状	K	直壁		直壁为传力区, 受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$

续表 19.8-1

部位	编号	部位形状	图 例	主要受力情况
侧壁形状	L	斜面侧壁		既是使变形区变形的传力区, 本身也是变形区, 靠近底部的受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$; 靠近凹模口部的受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta < 0$
	M	台阶侧壁		该部分形状成形时, 受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$
底部形状	N	平面底部		胀形成形时, 底部的受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$
	O	局部成形底部		该部分产生胀形变形, 受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$
	P	外凸形曲面底部		该部分在拉深成形的初期就产生变形, 受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$
	Q	内凹形曲面底部		该部分在拉深成形的后期产生变形, 受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$

续表 19.8-1

部位	编号	部位形状	图例	主要受力情况
底部形状	R	台阶形底部		深度深的部分在拉深成形的初期就产生变形, 受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$ 。深度浅的部分在拉深成形的后期产生变形, 受力状态为 $\sigma_r > 0, \sigma_\theta > 0$

1.4 汽车覆盖件的成形性质及变形特点

1.4.1 汽车覆盖件的成形性质

汽车覆盖件的冲压成形与简单形状零件相比有许多不同的特点, 其变形极为复杂。较好地把握其成形性质的特点, 对其变形规律进行尽量细致的定性的变形分析, 可以为进行汽车覆盖件的冲压件设计、冲压工艺设计和模具设计奠定良好的基础。同时, 随着计算机模拟复杂零件成形过程研究的不断深入, 将能定量地给出变形规律以及各种冲压成形参数。

汽车覆盖件的冲压成形性质如下:

(1) 一次拉深成形

对于轴对称零件或盆形零件, 若拉深系数小于一次拉深的极限拉深系数时, 则不能一次拉深成形, 需要采用多次拉深成形方法, 而且可以计算出每次拉深的拉深系数等工艺参数及中间毛坯尺寸等。但对于汽车覆盖件来说, 由于其结构复杂、变形复杂, 其规律难以定量把握, 以目前的技术水平还不能进行多次拉深工艺参数的确定。而且多次拉深易形成冲击线、弯曲痕迹线, 也会影响涂装后的表面质量, 这对覆盖件是不允许的。因此, 汽车覆盖件的成形都是采用一次拉深成形的方法。

(2) 拉胀复合成形

汽车覆盖件的成形过程中的毛坯变形不是简单的拉深变形, 而是拉深和胀形变形同时存在的复合成形。一般来说, 除内凹形轮廓(如 L 形轮廓)对应的压料面外, 压料面上的毛坯的变形为拉深变形(径向为拉应力, 切向为压应力), 而轮廓内部(特别是中心区域)毛坯的变形为胀形变形(径向和切向均为拉应力), 如图 19.8-2

所示。

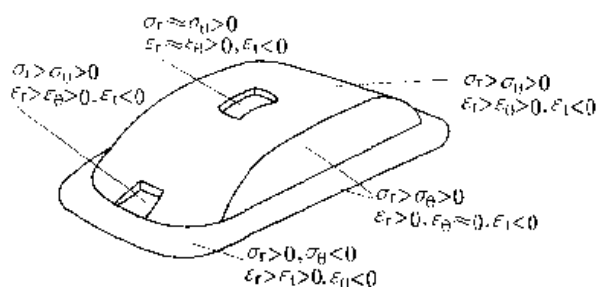


图 19.8-2 汽车覆盖件不同部位的变形性质

(3) 局部成形

轮廓内部有局部形状的零件冲压成形时, 压料面上的毛坯受到压边圈的压力, 随着凸模的下行而首先产生变形并向凹模内流动, 当凸模下行到一定深度时, 局部形状开始成形, 并在成形过程的最终时刻全部贴模。所以, 局部形状外部的毛坯难以向该部位流动, 成形主要靠该部位毛坯在双向拉应力下的材料变薄来实现面积的增大, 即这种内部局部成形为胀形成形。

1.4.2 汽车覆盖件冲压成形过程中的变形特点

汽车覆盖件冲压成形时, 内部的毛坯不是同时贴模, 而是随着冲压过程的进行而逐步贴模。这种逐步贴模过程, 使毛坯保持塑性变形所需的成形力不断变化, 毛坯各部位板面内的主应力方向与大小、板平面内两主应力之比 (σ_1/σ_2) 等受力情况不断变化, 毛坯(特别是内部毛坯)产生变形的主应变方向与大小、板平面内两主应变之比 (ϵ_1/ϵ_2) 等变形情况也随之不断地变化, 即: 毛坯在整个冲压过程中的变形路径(即 ϵ_1/ϵ_2) 不是一成不变的, 而是变路径的。

汽车覆盖件冲压成形中, 决定毛坯变形性质

及冲压成形难度大小的最主要因素是其结构特点。只有根据汽车覆盖件的结构特点,分析清楚冲压成形中毛坯的主要变形特点及可能出现的问题,才能在拉深件设计、工艺设计和模具设计中采取相应的措施。

表 19.8-1 中所示汽车覆盖件的各结构特征的变形特点如下。

(1) 法兰形状

1) 平面法兰 在冲压成形中,法兰上毛坯的流动速度、变形量、变形分布等随着内轮廓的变化而变化,外凸轮廓部分法兰毛坯的变形特点以拉深变形为主(即压缩类变形);内凹轮廓部分法兰毛坯的变形特点以胀形变形为主(即伸长类变形)。

2) 上凸形法兰 有上凸部分法兰的零件在冲压成形时,冲模上的相应部位压料面也呈上凸形状,因而有可能导致某断面上压料面的线长大于冲压件相应断面的线长。这种情况下,冲压过程中该断面就会产生多余材料,在冲压件上形成折皱。同时,压料面上的材料在向凹模内流动时,流动速度不均匀,且流动方向不垂直于凹模口。该部分材料内会产生一定程度的切向拉应力。

3) 下凹形法兰 与上凸形法兰零件相比,冲压成形时压料面形状对凹模内部毛坯变形产生的效果在总体上是基本相同的,但在法兰上,下凹部分材料内会产生切向压应力。

4) 多平面法兰 若冲压件的法兰是由几个平面组成的,倾斜的平面法兰部分的毛坯比水平平面法兰部分的毛坯受到模具压料面的阻力要小,材料容易流入凹模,但不易产生塑性变形,对高平面法兰部分的材料有带动流动作用。材料内产生切应力和切应变。在两平面相交呈下凹形状交界处,毛坯在变形过程中就会产生材料多余甚至堆积;而在两平面相交呈上凸形状的交界处,毛坯在变形过程中就会产生材料变薄。

5) 综合性法兰 由多个平面、曲面组合而成。这种法兰上毛坯的流动与变形特点可参考以上几种类型进行分析。

(2) 轮廓形状

1) 圆形轮廓 若法兰和底部均为平面形状,且侧壁为轴对称,那么在同一圆周上,变形是均匀分布的,法兰上毛坯产生拉深变形;若法兰形

状为非平面,则变形随着法兰的变化而变化。

2) 椭圆形轮廓 法兰上毛坯的变形为拉深变形,但变形量和变形比沿轮廓形状相应变化。曲率越大的部分,毛坯的塑性变形量越大;反之,曲率越小的部分,毛坯的塑性变形越小。

3) 长圆形轮廓 其圆形部分以拉深变形为主,直边部分以弯曲变形为主,两部分交界区有剪切变形。

4) 矩形轮廓 冲压件在成形时,直边部分法兰上毛坯以弯曲变形为主,转角部分法兰上毛坯以拉深变形为主。直边部分与转角部分之间的流动速度有差别,故在两部分相交区域会产生剪切变形。

5) 局部内凹轮廓(如 T 形轮廓, L 形轮廓等) 成形过程中,局部内凹轮廓部分法兰上的变形为两向伸长变形,而法兰其他部位为拉深变形。

(3) 侧壁形状

1) 直壁 毛坯上的材料进入凹模后成为冲压件的侧壁,其主要作用是向变形区传递变形力,一般不产生塑性变形。

2) 斜面侧壁 冲压件的侧壁为斜面时,侧壁在冲压过程中是悬空的,不贴模,直到成形结束时才贴模。这种零件成形时侧壁的不同部位变形特点不完全相同,侧壁部分在径向受拉应力作用,产生伸长变形。靠近中央部位毛坯切向受拉应力,产生伸长变形,该部位的成形属胀形成形;而靠近凹模口部分毛坯切向受压应力,产生压缩变形,该部位的成形属拉深成形,即这种侧壁的成形属拉深-胀形复合成形。

3) 台阶侧壁 冲压件成形时,侧壁部位先是被径向拉伸形成斜面侧壁,成形的最后阶段才成为冲压件形状。这一部位的变形一般为胀形,有利于提高零件表面质量。

(4) 底部形状

1) 平面底部 拉深成形时该部位一般不产生塑性变形,刚性较差,表面形状精度不易保证。若胀形成形,则产生双向伸长变形。

2) 局部成形部位 该部位一般产生胀形变形。

3) 外凸曲面底部 一般在成形一开始就产生一定程度的胀形变形。

4) 内凹曲面底部 一般在成形的最后阶段

产生一定程度的胀形变形。

5) 台阶形状底部 在成形一开始就有极度不均匀的变形分布, 在台阶变化部分的侧壁易有诱发切应力存在, 产生变形, 甚至形成皱折或材料堆积。

2 覆盖件拉深工艺设计

在进行汽车覆盖件拉深工艺的设计时, 为了保证覆盖件在冲压成形中能够顺利地成形, 首先要进行拉深件的设计, 即根据冲压件零件图设计出拉深件图。拉深件不仅要有好的工艺性, 而且要为后边的修边翻边等工序创造有利条件, 如为修边工序予冲工艺孔、工艺缺口等。拉深件的设计包括选择合理的拉深方向、工艺补充和压料面的设计等工作。然后选择其他工艺参数和设备参数。

2.1 拉深方向的选择

汽车覆盖件的产品图是按照其在车身上的安装位置绘制的, 故大多数情况下与冲压时放置的位置不一致, 所以必须将产品图所示的位置进行改变, 选择一个最合适的位置使之有利于冲压过程的顺利实现, 这就是选择冲压方向的过程。

(1) 拉深冲压方向对拉深成形的影响

汽车覆盖件拉深成形时, 所选择的拉深冲压方向(以下简称拉深方向)是否合理, 将直接影响: 凸模是否能进入凹模、毛坯的最大变形程度、是否能最大限度地减小拉深件各部分的深度差、是否能使各部分毛坯之间的流动方向和流动速度差比较小、变形是否均匀、是否能充分发挥

材料的塑性变形能力、是否有利于防止破裂和起皱等质量问题的产生等。也就是说, 只有选择了合理的拉深方向, 才能使拉深成形过程顺利实现。

(2) 选择拉深方向的原则

1) 保证能将拉深件的全部空间形状(包括棱线、肋条和鼓包等)一次拉深出来, 不应有凸模接触不到的“死区”, 即要保证凸模能全部进入凹模。如图 19.8-3a, 若选择冲压方向 A, 则凸模不能全部进入凹模, 造成零件右下部的 a 区成为“死区”, 不能成形出所要求的形状。选择冲压方向 B 后, 则可以使凸模全部进入凹模, 成形出零件的全部形状。图 19.8-3b 表示按拉深件底部的反成形部分最有利于成形而确定的拉深方向, 若改变拉深方向则不能保证 90° 角。

2) 有利于降低拉深件的深度。拉深深度太深, 会增加拉深成形的难度, 容易产生破裂、起皱等质量问题; 拉深深度太浅, 则会使材料在成形过程中得不到较大的塑性变形, 覆盖件刚度得不到加强。因此, 所选择的拉深方向应使拉深件的深度适中, 既能充分发挥材料的塑性变形能力, 又能使成形过程顺利完成。

3) 尽量使拉深深度差最小, 以减小材料流动和变形分布的不均匀性。图 19.8-4a 深度差大, 材料流动性差; 而按图 19.8-4a 中所示的点划线改变拉深方向后成为图 19.8-4b, 使两侧的深度相差较小, 材料流动和变形差减小, 有利于成形。图 19.8-4c 所示是对一些左右件可利用对称拉深一次两件成形, 便于确定合理的拉深方向, 使进料阻力均匀。

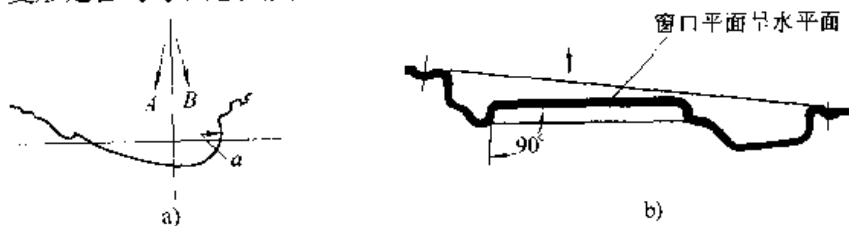


图 19.8-3 拉深方向确定的实例

(4) 保证凸模与毛坯具有良好的初始接触状态, 以减少毛坯与凸模的相对滑动, 有利于毛坯的变形, 并提高冲压件的表面质量。

① 凸模与毛坯的接触面积应尽量大, 保证较大的面接触, 避免因点接触或线接触造成局部材料胀形变形太大而发生破裂(图 19.8-5a)。

② 凸模两侧的包容角尽可能保持一致($\alpha = \beta$), 即凸模的接触点处在冲模的中心附近, 而不偏离一侧, 这样有利于拉深过程中法兰上各部位材料较均匀地向凹模内流入(图 19.8-5b)。

③ 凸模表面与毛坯的接触点要多而分散, 且尽可能均匀分布, 以防止局部变形过大, 毛坯

与凸模表面产生相对滑动 (图 19.8.5c)。

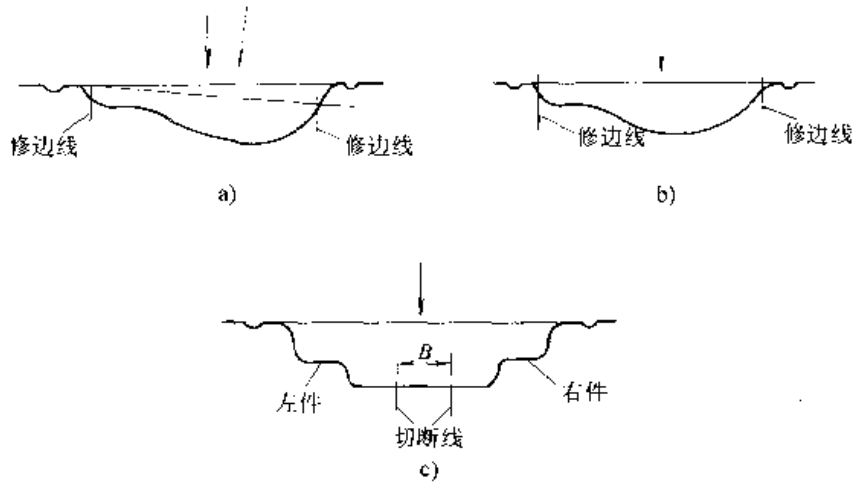


图 19.8.4 拉深深度与拉深方向

④ 在拉深方向没有选择余地, 而凸模与毛坯的接触状态又不理想时, 应通过改变压料面来改善凸模与毛坯的接触状态。如图 19.8.5d, 通过改变压料面, 使凸模与毛坯的接触点增加, 接触面积增大, 能保证零件的成形质量。

标注冲压方向时, 首先要能使模具设计人员、现场施工员及操作工人等明确辨明冲压方向而不引起异议; 其次要能使模具设计人员进行模具设计时方便地确定拉深件在拉深模中的唯一位置。当拉深冲压方向垂直于拉深件的某一平面时, 应以此平面为基准进行标注, 如图 19.8.3b 所示。

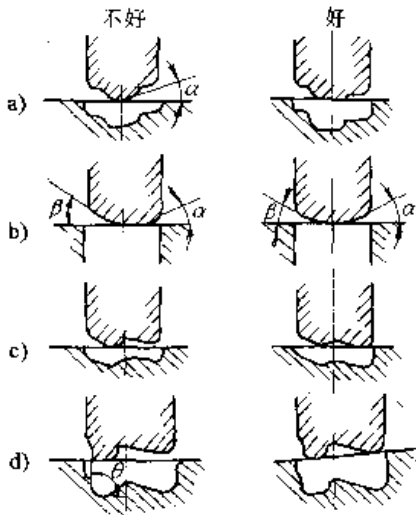


图 19.8.5 凸模与毛坯的接触状态

5) 有利于防止表面缺陷。对一些表面件, 为了保证其表面质量, 在选择拉深方向时, 对重要的部分要保证不产生拉深时出现的偏移线、颤动线等表面缺陷。

在进行拉深件设计时, 要将确定的拉深冲压方向明确标注在拉深件图上及冲压工艺文件上。

2.2 工艺补充部分的设计

(1) 工艺补充的作用与对拉深成形的影响

冲压方向确定之后, 为适应拉深工艺的要求, 对绝大多数汽车覆盖件要将其形状、轮廓或深度进行工艺补充, 设计出拉深件, 才能进行冲压成形。工艺补充部分有两大类: 一类是零件内部的工艺补充, 即填补内部孔洞, 创造适合于拉深成形的良好条件 (即使是开工艺切口或工艺孔也是在内部工艺补充部分进行), 这部分工艺补充不增加材料消耗, 而且在冲内孔后, 这部分材料仍可适当利用 (如图 19.8-6 中的内部工艺补充部分 1); 另一类工艺补充是在零件沿轮廓边缘展开 (包括翻边的展开) 的基础上添加上去的, 它包括拉深部分的补充和压料面两部分, 这种工艺补充是为了选择合理的冲压方向、创造良好的拉深成形条件而增加的, 它增加了零件的材料消耗 (如图 19.8-6 中的外部工艺补充部分 2)。

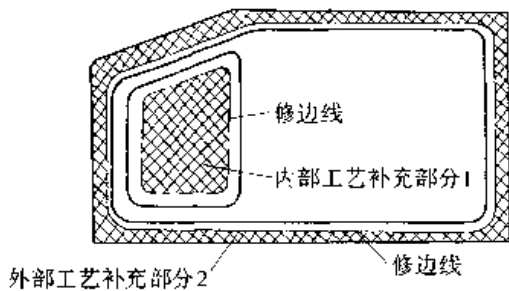


图 19.8-6 工艺补充示意图

工艺补充部分的设计是冲压工艺设计的重要内容。工艺补充设计的合理与否，也是冲压工艺设计先进与否的重要标志，它直接影响到拉深成形时工艺参数、毛坯的变形条件、变形量大小、变形分布、表面质量、破裂、起皱等质量问题的产生等。

(2) 工艺补充设计的原则

1) 内孔封闭补充原则 对内部有孔的零件，首先要将孔洞部位进行封闭补充，使零件成为无内孔的制作。但若该部位属于内部的局部成形部分，则要进行变形分析。一般这部分成形属于胀形变形，若其胀形变形超过材料的极限变形，需要在工艺补充部分预冲孔或切口，以减小胀形变形量。如图 19.8-7a 中，内部工艺补充部分不开

工艺孔时的胀形变形量较大，产生破裂。经实验，确定预先冲制出工艺孔的形状、尺寸，改变了拉深成形时的变形分布和变形量。图 19.8-7b 为工艺切口的例子。

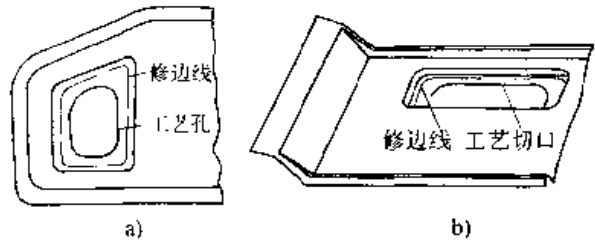


图 19.8-7 工艺补充上预冲孔或工艺切口示意图

2) 简化拉深件结构形状原则 拉深件的结构形状越复杂，拉深成形过程中的材料流动和塑性变形就越难控制。所以，零件外部的工艺补充要有利于使拉深件的结构、形状简单化，越接近于基本形状零件，冲压成形过程中的材料流动和塑性变形就越容易控制。图 19.8-8a 中，工艺补充简化了轮廓形状；图 19.8-8b 工艺补充增加了局部侧壁高度，使拉深件深度变化比较小；图 19.8-8c 工艺补充简化了压料面形状，有利于毛坯的均匀流动和均匀变形。

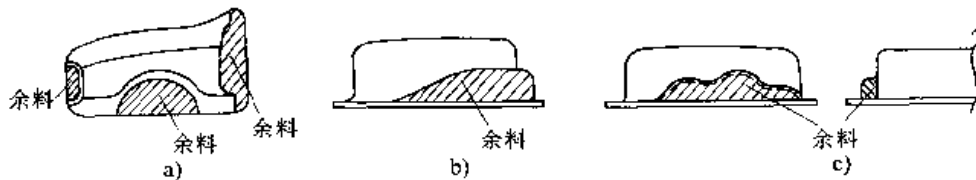


图 19.8-8 工艺补充简化拉深件结构形状实例

3) 对后工序有利原则 设计工艺补充时要考虑对后工序的影响。要有利于修边、翻边等后工序中工序件的定位稳定、可靠，尽量能够进行垂直修边、垂直翻边，以便于采用结构简单的模具。

图 19.8-9 是常用的几种工艺补充类型。图中有关尺寸主要考虑：① 在进行模具压料面或拉深肋槽的修理时不能影响到修边线；② 保证修边模的凸模和凹模能有足够的强度；③ 凸模圆角 r_p 和凹模圆角 r_d 的大小要有利于毛坯的变形和塑性流动等。

图 19.8-9a 所示的修边线在拉深件的压料面上，垂直修边。压料面的一部分就是覆盖件的法

兰面。拉深模使用中，模具压料面要经常进行调整，并且在使用一段时间之后要对已产生磨损的拉深肋和拉深肋槽进行打磨加工，为不使其影响到修边线，一般取修边线到拉深肋的距离 A 为 25 mm。

图 19.8-9b 所示的修边线在拉深件的底面上，垂直修边。修边线至凸模圆角的距离 B 应保证在使用中不致因凸模圆角的磨损而影响到修边线，一般取 3~5 mm；凸模圆角半径 r_p 应根据拉深深度和形状来确定，一般取 3~10 mm。对拉深深度浅的和直线部分取下限，对于拉深深度深的和形状复杂部分取上限。凹模圆角半径 r_d 对拉深毛坯的流动阻力影响极大，其大小必

须合适,当凹模圆角半径也是工艺补充的组成部分时, r_d 取 $8 \sim 10$ mm; 当凹模圆角部分本身就是覆盖件的组成部分时,首先要保证拉深成形工艺的要求,若因此而导致 r_d 大于零件要求的圆角半径,则要在以后的工序中进行修整圆角。考虑修边模强度,一般取图中尺寸 $C = 10 \sim 20$ mm, $D = 40 \sim 50$ mm。

图 19.8-9c 所示为修边线在拉深件翻边展开斜面上,垂直修边。修边方向和修边表面的夹角一般要取 $\alpha \leq 40^\circ$ 、 $\beta = 6^\circ \sim 12^\circ$; $E = 3 \sim 5$ mm, $r_p = 3 \sim 5$ mm, $r_d = (4 \sim 10)t$, $C = 10 \sim 20$ mm, $D = 40 \sim 50$ mm。

图 19.8-9d 所示为修边线在拉深件的斜面

上,垂直修边。修边线按零件翻边轮廓展开。但若翻边轮廓外形复杂,使拉深件轮廓平行于修边线会不利于拉深成形。这种情况下,一般尽量将拉深件轮廓外形补充成规则形状,修边线在不同位置距拉深件轮廓的距离也不同,但要控制 F 的最小尺寸,一般取 $F \leq 5 \sim 8$ mm; $\beta = 6^\circ \sim 12^\circ$; $r_p = 3 \sim 10$ mm; $C = 10 \sim 20$ mm。

图 19.8-9e 所示为修边线在侧壁上,水平或倾斜修边。由于增添了工艺补充,修边线一般不会与压料面内轮廓完全平行,但也要控制 G 的最小尺寸,一般 $G \leq 12$ mm; $r_d = (4 \sim 10)t$; $D = 40 \sim 50$ mm。

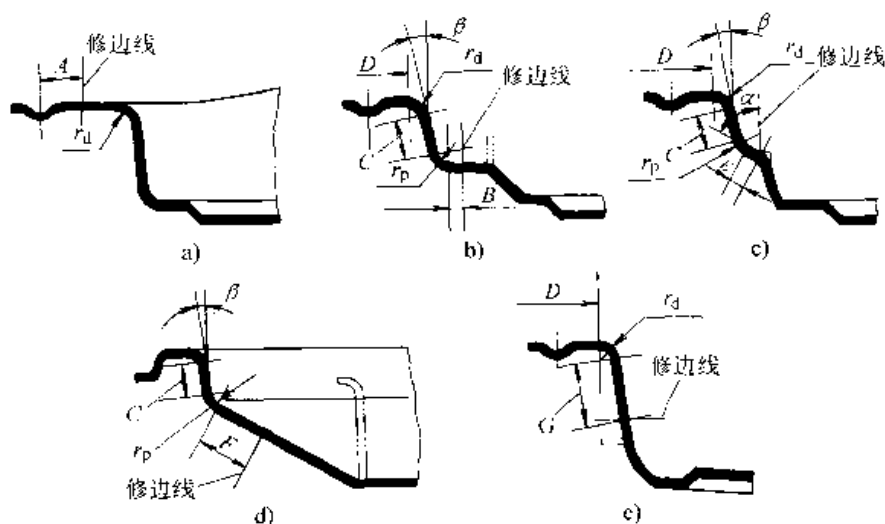


图 19.8-9 工艺补充部分的几种类型

2.3 压料面的设计

(1) 压料面的作用与对拉深成形的影响

压料面是指凹模圆角以外且在拉深开始时,凹模与压边圈压住毛坯的部分。它是工艺补充的一个重要组成部分,对汽车覆盖件的成形起着重要作用。有的拉深件的压料面全部为工艺补充部分,有的拉深件的压料面则由零件的法兰部分和工艺补充部分共同组成。

在拉深开始前,压边圈将毛坯压紧在凹模压料面上,拉深开始后,凸模的作用力与压料面上的阻力共同形成毛坯的变形力,使毛坯产生塑性变形,实现拉深成形过程。通过压料面的变化,可以使拉深件的深度均匀,毛坯流动阻力的分布

满足拉深成形的需要。压料面设计得是否合理,直接影响到压料面毛坯向凹模内流动的方向与速度、毛坯变形的分布与大小、破裂起皱等问题的产生。压料面设计不合理,还会在压边圈压料时就形成皱折、余料、松弛等。

(2) 压料面设计的原则

设计压料面时要考虑两种情况,一种是压料面的一部分就是拉深件的法兰面,这种拉深件的压料面形状是已定的,一般不改变其形状,即使是为了改善拉深成形条件而作局部修改,也要在后工序中进行整形校正。另一种情况是压料面全部属于工艺补充部分。后一种情况下,主要以保证良好的拉深成形条件为主进行压料面的设计。

1) 压料面形状尽量简单化,以水平平面压

料面为最好。在保证良好的拉深条件的前提下，为减少材料消耗，也可设计成斜面、平滑曲面（如单曲面、锥面）或平面曲面组合等形状。但不要设计成平面大角度交叉，高度变化剧烈的形

状，或在压料面上有凸起或凹坑。因为这些形状的压料面会造成材料流动和塑性变形的极不均匀分布，在拉深成形时产生起皱、堆积、破裂等现象。图 19.8-10 是几种常用的压料面形式。

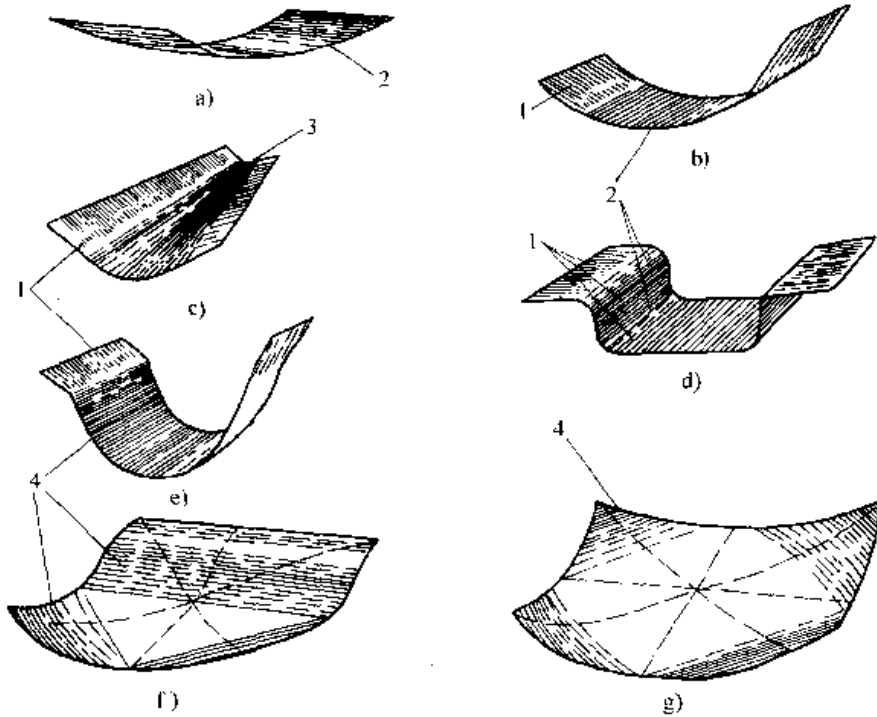


图 19.8-10 几种常用的压料面形式
1—平面 2—圆柱面 3—圆锥面 4—直曲面

2) 水平压料面（图 19.8-11a）应用最多，其阻力变化相对容易控制，有利于调模时调整到最有利于拉深成形所需要的最佳压料面阻力状态。向内倾斜的压料面（图 19.8-11b），对材料流动阻力较小，可在塑性变形较大的深拉深件的

拉深时采用。但为保证压边圈强度，一般控制压料面倾斜角 $\alpha < 40^\circ \sim 50^\circ$ 。向外倾斜的压料面（图 19.8-11c）的流动阻力最大，对浅拉深件拉深时可增大毛坯的塑性变形。但倾斜角 φ 太大，会使材料流动条件变差，易产生破裂。

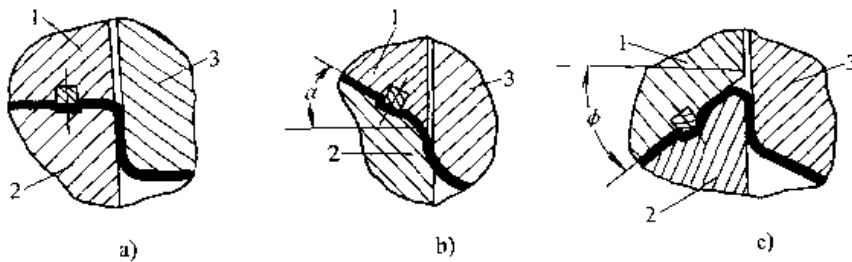


图 19.8-11 压料面与冲压方向的关系
1—压边圈 2—凹模 3—凸模

3) 压料面断面曲线长度要小于拉深件内部断面曲线长度。一般认为，汽车覆盖件冲压成形时各断面上的伸长率达到 3%~5% 时，才有较好的形状冻结性。最小伸长率不应小于 2%。因

此，合理的压料面要保证拉深件各断面的伸长率达到 3% 以上。如果压料面的断面曲线长度 l_0 不小于拉深件内部断面曲线长度 l_1 ，拉深件上就会出现余料、松弛、皱折等，如图 19.8-12 所

示, 要保证 $l_0 < 0.97l_1$ 。图 19.8-13 中要保证压料面的仰角 α 大于凸模仰角 β 。若不能满足这一条件, 要考虑改变压料面, 或在拉深件底部设置肋类或反成形形状吸收余料 (图 19.8-14)。

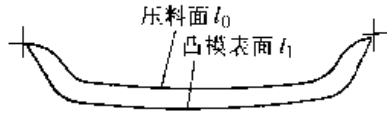


图 19.8-12 压料面内断面曲线长度与拉深件内断面曲线长度的关系

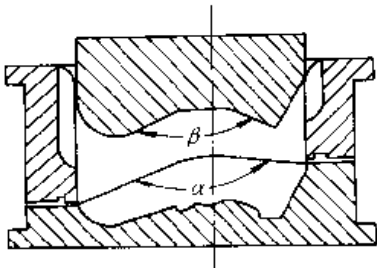


图 19.8-13 压料面仰角与凸模仰角的关系

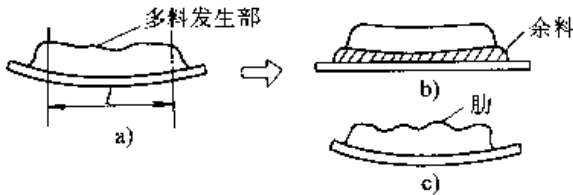


图 19.8-14 防止余料的对策

4) 压料面应使成形深度小且各部分深度接近一致。这种压料面可使材料流动和塑性变形趋于均匀, 减小成形难度。

5) 压料面应使毛坯在拉深成形和修边工序中都有可靠的定位, 并考虑送料和取件的方便。

在实际工作中, 上述各项原则不能同时达到时, 应根据具体情况决定取舍。

2.4 拉深件图的绘制

(1) 拉深件图的要求

拉深件图不同于产品图, 它是在产品图的基础上经过工艺补充后适合于冲压加工的工序图, 必须符合下列要求:

1) 按照拉深件的冲压位置绘制, 而不是像产品图那样按照零件在车身上的装配位置来绘制。

2) 尺寸标注。拉深件图上不仅要标注拉深件的轮廓尺寸、不同位置的深度等, 而且要标注拉深件在汽车坐标系中的定位尺寸, 拉深方向与坐标系的关系, 后面工序示意线及尺寸等。有时还标注后面工序的冲压方向, 但不标注拉深件的外轮廓尺寸。

3) 工艺补充部分的尺寸, 即要标注出修边线的尺寸, 修边线以外的部分为工艺补充部分。

4) 当拉深件的法兰面为复杂曲面形状时, 还可以在法兰面上标注上凸、凹模和压料圈型面接工艺模型仿制、配研。

(2) 拉深件图的画法

1) 依据产品图绘制 对于不是很复杂的零件, 可以依据产品图确定冲压方向, 进行工艺补充, 绘制出拉深件图。

2) 依据实物绘制 对于结构形状很复杂的零件, 由于产品图也不能将零件的每一个尺寸都表示出来, 所以在绘制拉深件图时要依据零件实物或主模型确定冲压方向及压料面, 然后进行实际测绘并借助于主图板测量断面尺寸, 画出拉深件图。

3) 计算机绘图 在利用计算机进行产品设计时, 可利用零件产品数据直接进行拉深件图的设计, 但还需要用工艺模型和主图板进行验证, 不符之处要进行修正。

图 19.8-15 是某汽车零件的拉深件图。图中不仅给出了拉深件的形状和尺寸, 而且标出了修边线位置和翻边位置。

2.5 冲压设备选择

选择冲压设备是冲压工艺设计的一项重要内容, 应根据冲压零件的具体情况进行选择。

双动压力机具有行程大、压边力稳定且容易调整等特点, 故覆盖件的拉深成形一般选用双动压力机。对相对较小的零件也可选用单动压力机。

在选用双动压力机时, 主要从以下几方面考虑。

1) 根据工艺人员的经验估测出所需成形力, 拉深成形所需的拉深力要小于双动压力机的内滑块公称力。

2) 估测拉深成形所需压边力, 拉深成形所需的压边力要小于外滑块公称力。

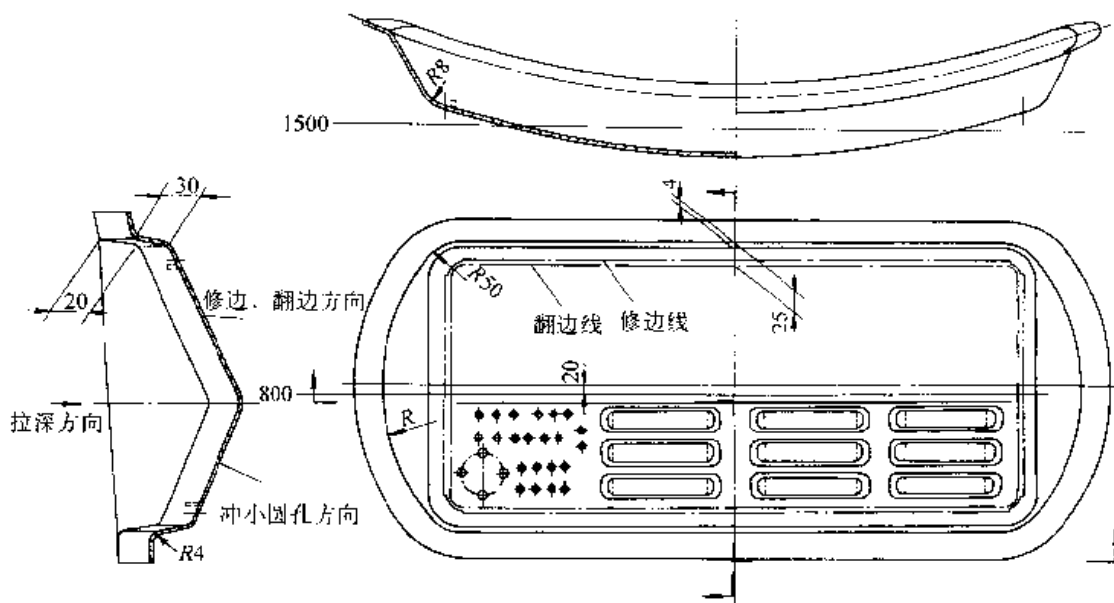


图 19.8-15 某汽车零部件的拉深件简图

注:表示载重汽车覆盖件在汽车上的位置时,上下位置以车架上翼面为基准,上方为正,下方为负;前后位置以前轮轴线为基准,前方为正,后方为负。因此,图中标出的1500线和800线分别表示该位置在前轮中心前1500mm处和车架上翼面的上方800mm处。

3) 工作台面尺寸应大于模具外形尺寸,能方便地安装模具。

4) 闭合高度、滑块行程、气垫行程及气垫压力等的确定与一般冲压工艺的设计原则相同。

在选用单动压力机时,主要考虑工作台面尺寸、闭合高度、滑块行程、气垫行程及气垫压力等。其确定方法与一般冲压工艺设计的原则相同。

3 覆盖件修边工艺设计

3.1 修边件的设计

修边制件图(又称修边工序图)是将翻边件的翻边部分沿其型面展开而得到的。

修边制件的冲压方向与其装配位置一致时,其修边直接按覆盖件图绘制,如汽车车门左、右内板,其修边线即是制件本身的凸缘线;修边制件的冲压方向与其装配位置不一致时,其修边线以制件图按冲压方向的投影绘制,投影图的外形即修边线的外形。修边制件图必须严格地按比例仔细绘制,以便设计修边模时,有些难以确定的尺寸可以直接从图上量取。量取的尺寸可以适当加大,并在图样上加注“毛坯”字样。

图 19.8-16 是汽车车门外板修边冲孔制件图。修边线按拉深件图中冲压方向的投影绘制,其修边是在斜面上作垂直修边。图中的双点划线为覆盖件翻边轮廓的投影,将翻边展开后即修边线,同时在图中绘出废料刀位置示意图。

3.2 修边类型

修边工序是指将为保证拉深成形而在冲压零件的周围增加的工艺补充部分冲裁剪切掉的冲压工序。该工序是保证汽车覆盖件零件尺寸的一道重要工序,修边线的确定是该工序的关键。按修边线形状分,修边工序可以分为封闭曲线修边、非封闭曲线修边、直线修边等;按修边方向可分为垂直修边、水平修边和倾斜修边等。

封闭曲线修边主要适用于翻边曲率较小,翻边高度较小的情况。这种修边件所用的模具相应较简单(如图 19.8-15 中的修边线所示)。

非封闭曲线修边主要适用于翻边曲率较大,翻边高度较大的情况。这种修边件所用模具需要多加横向切刀,有时要切出缺口(图 19.8-17),其模具结构相应较复杂。

直线修边是最简单的修边,模具结构也简单。

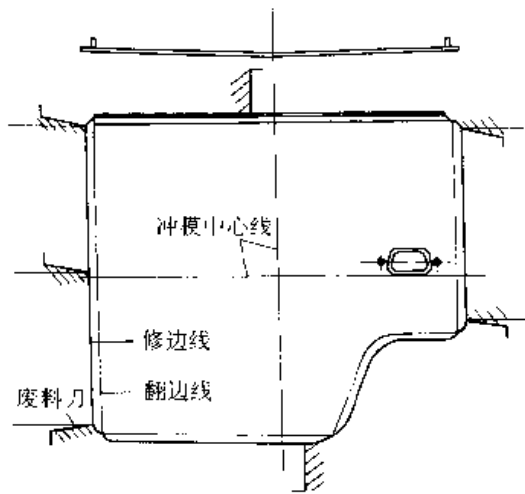


图 19.8-16 汽车车门外板修边冲孔制件图

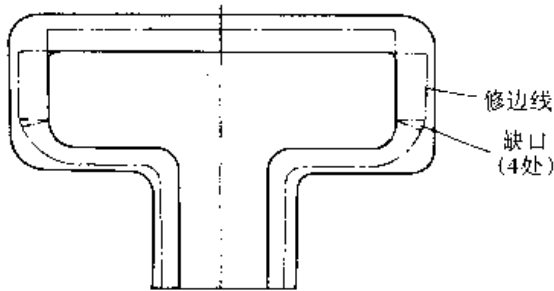


图 19.8-17 非封闭曲线修边示意图

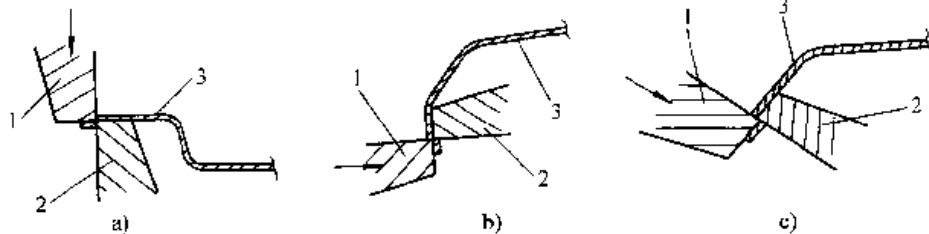


图 19.8-18 按修边方向分类的修边形式

a) 垂直修边 b) 水平修边 c) 倾斜修边

1—凹模 2—凸模 3—工件

由于拉深制件的结构和修边位置的限制，许多部位的修边不能进行垂直修边，而与压力机上滑块的运动方向成某一角度，这时所选择的修边方向应力求与拉深件型面垂直，如图 19.8-19a。

修边方向选择得是否合理，直接影响到修边质量。若修边方向与制件型面方向的夹角过大，会在修边过程中产生撕裂现象（图 19.8-19b）。同时，由于凸凹模刃口部位呈锐角，模具易损坏，寿命低。

修边方向的改变可以通过模具结构的合理改

3.3 修边方向及修边形式

所谓修边方向是指修边凸（凹）模的运动方向，它与压力机上滑块的运动方向不一定是一致的。按修边方向的不同又有垂直修边、水平修边、倾斜修边三种修边形式。

垂直修边是指修边凸（凹）模沿垂直方向作上下运动的修边工序。垂直修边所用模具结构简单、废料处理也比较方便。

水平修边是指修边凸（凹）模沿水平方向运动的修边工序。凸（凹）模的水平方向运动可以通过斜楔机构或通过安装在模具上加装水平方向运动的液压缸来实现。

倾斜修边是指修边凸（凹）模沿与垂直方向成一定角度的方向运动的修边工序。凸（凹）模的倾斜方向运动可以通过斜楔机构或通过安装在模具上加装倾斜方向运动的液压缸来实现。

图 19.8-18 是不同修边方向的修边形式，图中箭头方向为凹模运动方向，即修边方向。

如前所述，垂直修边（修边方向与压力机上滑块的运动方向一致）所用模具结构简单、废料处理也较方便，故在选择修边方向时应尽量选择垂直修边。

变（如采用斜楔模）或增加该方向的动力装置（如在模具上增加液压缸等）来实现。

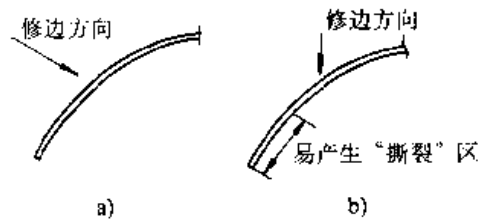


图 19.8-19 修边方向与撕裂现象

3.4 拉深件的切断

切断工序主要用于将在一副拉深模中进行双件或多件拉深出的拉深件分离成两件或多件。图 19.8-4c 中所示的拉深件为一件，按图中的切断线切断后，分别成为左件和右件。在设计这种拉深件时，要考虑到切断部分的宽度 B 的大小， B 值太小会造成切断凸模的强度太低，加工时易折断。

3.5 修边件的尺寸标注

在进行修边件尺寸标注时要掌握两点原则：一是关键尺寸和后工序不再进行改变的尺寸一定要按零件要求在工序图上标注清楚；二是对不能确定的尺寸不要标注具体尺寸。因为曲面翻边工序变形复杂，仅从图样上进行分析不能准确确定所需修边件的具体尺寸，故立体曲面修边时的修边线尺寸此时不能准确确定。这时一般在工艺文件上的工序图中注明“试验确定”字样，通过试验确定准确的修边尺寸。

3.6 冲压设备选择

修边冲压设备采用单动压力机。选择压力机参数时，首先选择设备的台面尺寸。因为修边时所需的冲裁力相对不大，一般只要设备的台面尺寸能够安装修边模具，设备的冲裁力就能满足修边要求，可以不进行冲裁力的计算。在水平或倾斜修边时，要把修边方向的行程换算成压力机滑块运动方向的行程，作为选择设备行程的依据。同时，设备的最大闭合高度要大于（模具高度 + 10 mm）。

4 覆盖件翻边工艺设计

4.1 翻边件的设计

一般情况下，翻边件型的轮廓形状尺寸和立体形状与冲压零件是一致的，但有的翻边件还要进行冲裁工序，所以翻边件图一般可以用零件图来代替。

一般来说，翻边工序是冲压件的轮廓形状或立体形状成形的最后一道加工工序。翻边部分主要用于冲压件之间的连接（焊接、铆接、粘结

等），有的翻边是产品流线或美观方面的要求。

4.2 翻边方向的确定

翻边冲压方向（与设备上滑块的运动方向不一定一致）的选择，也就是修边件在翻边模内位置的确定。正确的翻边方向，应对翻边变形提供尽可能的有利条件，使凸（凹）模运动方向与翻边轮廓表面垂直，以减小侧向压力，使翻边件在翻边模中的位置稳定。

按翻边方向可分为垂直翻边（翻边凸（凹）模沿垂直方向作上下运动）、水平翻边（翻边凸（凹）模沿水平方向运动）、倾斜翻边（翻边凸（凹）模沿与垂直方向成一定角度的方向运动）等；按翻边面的多少可分为单面翻边、多面翻边、封闭曲线翻边等。按翻边工序的毛坯变形性质可分为伸长类平面曲线翻边、伸长类曲面翻边、压缩类平面曲线翻边和压缩类曲面翻边等。

图 19.8-20 所示为覆盖件的翻边示意图。箭头表示翻边方向，即凸（凹）模运动方向。图 19.8-20a，凸模作垂直运动，完成翻边。对于垂直向上的翻边，修边件开口向上放，比较稳定和便于定位。另外，还可以用气压垫压料，在条件允许的情况下，应尽量采用。

图 19.8-20b、c，凹模作水平或倾斜运动完成翻边，修边件必须开口向下放在翻边凹模上。

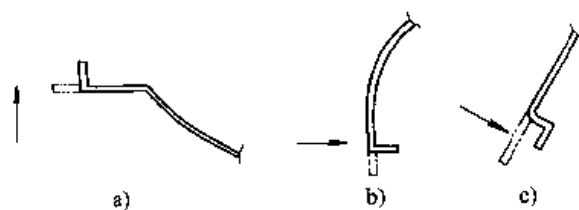


图 19.8-20 覆盖件的翻边示意图

4.3 翻边用冲压设备选择

选择翻边冲压设备时，首先选择设备的台面尺寸。因为翻边时所需的翻边力相对不大，一般只要设备的台面尺寸能够安装翻边模具，设备的能力就能满足翻边要求，可以不进行翻边力的计算。但在水平或倾斜翻边时，要把翻边方向的行程换算成压力机滑块运动方向的行程，作为选择设备行程的依据。同时，设备的最大闭合高度要大于（模具高度 + 10 mm）。

参考文献

- 1 肖景容, 周士能, 肖祥芷编. 板料冲压. 武汉: 华中工学院出版社, 1986
- 2 王孝培主编. 冲压手册. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 3 中川威雄等著. 板料冲压加工. 郭青山等译. 天津: 天津科学技术出版社, 1982
- 4 岩田一明等. 走査型電子顯微鏡直接觀察によるせん断機構. 塑性と加工, 1979, Vol.20, No.220: 437~443
- 5 David A., Smith. Die Design Handbook. American Society of Manufacturing Engineers (SME), 1990
- 6 В.П.Романовский. Справочник по холодной штамповке. Москва: 1979
- 7 中国机械工程学会锻压学会编. 锻压手册: 第2卷. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 8 许发铨主编. 模具标准应用手册. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 9 冲模设计手册编写组. 冲模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1988
- 10 第四机械工业部标准化研究所. 冷压冲模设计. 北京: 第四机械工业部标准化研究所, 1981
- 11 涂光祺编. 精冲技术. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 12 Feintool. 实用精冲手册. 北京: 国防工业出版社, 1986
- 13 精冲编写小组. 精冲. 北京: 国防工业出版社, 1982
- 14 近藤一义. 对向ダイスセ断法による. 金属プレス, 1977, 4
- 15 渡边亮. 对向ダイスセ断法による加工の實際. プレス技术, 1972, 6
- 16 (日)日本塑性加工学会编. 压力加工手册. 江国屏等译. 北京: 机械工业出版社, 1984
- 17 李硕本主编. 冲压工艺学. 北京: 机械工业出版社, 1982
- 18 肖景容, 姜奎华主编. 冲压工艺学. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 19 西安交通大学锻压教研室编. 冲压工艺学. 西安: 西安交通大学教材科, 1965
- 20 西安交通大学锻压教研室编. 冲压工艺学. 西安: 西安交通大学教材科, 1974
- 21 吴诗悖主编. 冲压工艺学. 西安: 西北工业大学出版社, 1987
- 22 范宏才主编. 现代锻压机械. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 23 梁炳文, 胡世光编著. 板料成形塑性理论. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 24 机械工程手册编辑委员会. 机械工程手册: 第7卷. 第2版. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 25 板金冲压工艺手册编委会编著. 板金冲压工艺手册. 北京: 国防工业出版社, 1989
- 26 张春水等编著. 高效精密冲模设计与制造. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1989
- 27 张毅主编. 现代冲压技术. 北京: 国防工业出版社, 1994
- 28 太原重型机械学院锻压教研组编. 冷冲压. 太原: 太原重型机械学院教材科, 1975
- 29 卢险峰编著. 冲压工艺模具学. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 30 王焱山主编. 锻压工艺标准应用手册. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 31 湖南省机械工程学会锻压分会编. 冲压工艺. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1984
- 32 郭成等编著. 冲压件废次品的产生与防止200例. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 33 姜奎华主编. 冲压工艺与模具设计. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 34 杨玉英主编. 大型薄板成形技术. 北京: 国防工业出版社, 1996
- 35 冲压工艺及冲模设计编写委员会. 冲压工艺及冲模设计. 北京: 国防工业出版社, 1993
- 36 马正元、韩启主编. 冲压工艺与模具设计. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 37 刘湘云, 邹金统主编. 冷冲压工艺与模具设计. 北京: 航空工业出版社, 1994
- 38 茹铮, 余望等编著. 塑性加工摩擦学. 北京: 科学出版社, 1992
- 39 张文林, 王世富编著. 冲压加工润滑技术. 北京: 中国石化出版社, 1996

- 40 戴宜杰编著, 冲压加工与冲模设计, 台湾: 新陆书局, 1979
- 41 Liescu, Constantin. Cold—Pressing Technology, Constantin Iliescu. Amsterdam: Elsevier, 1990
- 42 (英) T.Z. 布拉奇恩斯基编. 爆炸焊接、成形与压制. 吴柏青译. 北京: 机械工业出版社, 1988
- 43 (美) A.A. 埃拉兹著. 金属爆炸加工的原理与实践. 张铁生, 梁宜强, 谭渤译. 北京: 国防工业出版社, 1981
- 44 В.Н.САМОХБАЛОВ. Новые интенсивные технологии магнитно-импульсной штамповки деталей, КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, 1995, (7): 22
- 45 I. V. Belyy, S. M. Fertik and L. T. Khimenko. Translated by M. M. Altynova. ELECTROMAGNETIC METAL FORMING HANDBOOK. VISCHA SHKOLA, KHARIKOV STATE UNIVERSITY, KHARIKOV, USSR, 1996
- 46 黄尚宇, 常志华等. 管坯电磁成形电磁力分布特性分析. 塑性工程学报, 2000, 7 (2): 30
- 47 高能成形编写小组编. 高能成形. 北京: 国防工业出版社, 1969
- 48 В.А.ГЛУЩЕНКОВ, С.А.СТУКАЛОВ. Особенности магнитно-импульсной штамповки тонкостенных трубчатых деталей сложной формы. 1987
- 55 王俊彪编. 多工位级进模设计. 西安: 西北工业大学出版社, 1999
- 56 许发樾等编. 冲模设计应用实例. 北京: 机械工业出版社, 2000
- 57 陈炎嗣等编. 冲压模具技术手册. 北京: 北京出版社, 1991
- 58 张鼎承等编. 冲模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1988
- 59 万战胜主编. 冲压工艺及模具设计. 北京: 中国铁道出版社, 1995
- 60 田嘉生等编. 冲模设计基础. 北京: 航空工业出版社, 1994
- 61 朱传祥等. 接插件端子多工位级进模设计. 模具工业, 1998, (2): 13~17
- 62 谢又炎. 定位簧片多工位级进模设计. 模具工业, 1999, (12): 10~13
- 63 王同海编著. 管材塑性加工技术. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 64 (美) 美国金属学会编. 金属手册: 第十四卷. 第九版. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 65 王孝培等. 管材翻转成形研究. 重庆大学学报, 1997, 20 (3): 29~93
- 66 王孝培等. 各向异性管材翻转成形解析分析研究. 重庆大学学报, 1997, 20 (4): 1~9
- 67 温彤等. 薄壁管端头弧口冲切凸模几何参数的分析. 重庆大学学报, Vol.22 (1), 1999

- 成形工艺, Vol.12, No.3, 1994
- 74 黄早文, 俞彦勤, 李尚健. 圆角模翻管特征的研究. 锻压技术, No.2, 1995
- 75 俞彦勤, 黄早文. 翻管技术及其模具. 模具工业, No.4, 1999
- 76 崔令江. 汽车覆盖件的分类及其变形特点. 锻压机械, 1996 (3): 14
- 77 崔令江. 汽车覆盖件的冲压复合成形变形及控制. 汽车技术, 1997, (11): 35
- 78 日本薄钢板成形研究会. プレス加工便覧. 東京: 丸善株式会社, 1985
- 79 国斌. 汽车车身制造工艺. 长春: 吉林人民出版社, 1984

中 国 模 具 设 计 大 典
CHINA DIE & MOULD DESIGN CANON

第
20
篇

冲压模具结构设计

主 编 常 志 华 黄 尚 宇

编 写 常 志 华 黄 尚 宇
程 培 元 赵 玉 民
华 希 俊 袁 国 定
涂 光 祺 崔 令 江
王 孝 培 温 彤

审 稿 肖 祥 芷



中国机械工程学会
中国模具设计大典编委会

第 1 章 冲模分类、特点与用途

1 冲模分类及特点

冲模的结构是根据冲压生产的要求来决定的，其要点是：① 必须能够冲出合格的冲压件；② 必须与冲压件的生产批量相适应；③ 必须满

足冲压车间的生产条件；④ 必须使用方便，操作安全可靠；⑤ 必须容易制造，成本低廉；⑥ 便于维护和达到使用寿命的要求。

冲模分类方法及特点与用途见表 20.1-1。

表 20.1-1 冲模分类、特点与用途

分 类	特 点 与 用 途
按照工序性质： 1) 冲裁模 2) 弯曲模 3) 拉深模 4) 成形模	使材料的一部分相对另一部分分离，如冲孔模、落料模等 使材料产生塑性变形，从而形成有一定曲率、一定角度形状的零件 通过塑性变形，将平板毛坯变成空心件，或者将空心件进一步改变形状与尺寸 通过局部塑性变形的方式来改变毛坯或制件形状，如翻边模、胀形模、缩口模等
按照工序组合程度： 1) 单工序模 2) 复合模 3) 连续模	一般只有一对凸、凹模，只完成一道工序 只有一个工位，并在这个工位上完成两道或两道以上的工序 具有两个或两个以上工位，条料在逐次送进过程中逐步成形
按照导向方式： 1) 无导向的开式模 2) 有导向的导板模 3) 有导向的导柱模	对生产批量大、制件精度较高、模具寿命要求较长的模具必须采用导向装置。应用导柱导套导向的模具最为普遍
按照送料、出件方式： 1) 手动模 2) 半自动模 3) 自动模	自动模和半自动模适用于多工位连续模
按照制造难度： 1) 简易冲模 2) 普通冲模 3) 高精度冲模	简易冲模制造周期短、成本低，特别适用于新产品试制和小批量生产，主要有组合模具、钢皮冲模、低熔点合金冲模等 普通冲模是目前使用最多最广的冲模 高精度冲模用于精密冲压件生产
按照生产适应性： 1) 通用冲模 2) 专用冲模	适用于小批量、多品种和试制性生产的冲压件 适用于指定的冲压件
按照模具尺寸： 1) 大型冲模 2) 中型冲模 3) 小型冲模	不同行业有所差别

实际生产中，冲模结构型式很多，它们都有自身的特点和适用范围。选择模具类型时，必须

综合考虑冲压件的质量要求、生产批量大小、冲压加工成本以及冲压设备情况、模具制造能力等生产

条件后,再经过全面分析和比较,最终决定。表 20.1-2 所列为冲压生产批量与模具类型的关系。

工序组合是冲模设计过程中至关重要的。

究竟是采用单工序模还是复合模或连续模,主要决定于零件尺寸大小、制造公差和生产批量,三种模具的大致比较见表 20.1-3。

表 20.1-2 冲压生产批量与模具类型

生产性质	生产批量/万件	模具类型	设备类型
小批量或试制	<1	简易模、组合模、单工序模	通用压力机
中批量	1~30	单工序模、复合模、连续模	自动与半自动通用压力机
较大批量	30~150	复合模、多工位自动连续模	机械化高速压力机
大批量	>150	硬质合金复合模、多工位自动连续模	自动化压力机、专用压力机

表 20.1-3 单工序模、复合模和连续模的特点比较

项目	单工序模	复合模	连续模
冲压精度	一般较低	中、高级精度	中、高级精度
原材料要求	不严格	除条料外,小件也可用边角料	条料或卷料
制件最大尺寸与材料厚度	一般不受限制	尺寸一般应在 300 mm 以下	通常情况下,尺寸一般在 200 mm 以下,厚度在 0.1~2 mm 之间
翻转与变更冲压方向	可能	不能	不能
增加工位数	可能	有限度	可能
冲压生产率	低,压力机一次行程内只能完成一道工序。但在多工位压力机使用多副模具时,生产率高	较高,压力机一次行程内可完成二道以上工序	高,压力机一次行程内可完成多道工序
实现操作机械化自动化的可能性	较易,尤其适合于在多工位压力机上实现自动化	难,制件和废料排除较复杂,只能在单机上实现部分机械操作	容易,尤其适合于在单机上实现自动化
生产通用性	好,适合于中、小批量生产及大型件的大量生产	较差,仅适合于大批量生产	较差,仅适合于中小型零件的大批量生产
冲模制造的复杂性和价格	结构简单,制造周期短,价格低	结构复杂,制造难度大,价格高	结构复杂,制造和调整难度大,价格与工位成比例上升
模具安装、调整与操作	模具有导向时安装与调整方便	安装、调整较连续模容易,操作简单	安装、调整容易,操作简单
设备能力	小	中	大

单工序模制造和调整都比较容易,有时几副单工序模的制造成本可能会比一副复合模(或连续模)还要低。制件尺寸较大时,应优先考虑采用单工序模。在多工位压力机上使用多个单工序模,不但可以获得与连续模相同的生产率,而且冲压过程中还可以随意改变毛坯的冲压方向。

复合模和连续模都可以成倍地提高生产率。

但是,复合模的复合工序数一般在四道工序数以下,更多的工序数将导致模具结构过于复杂,模具的强度、刚度和可靠性也将随之降低,制造及维修更加困难。表 20.1-4 列出了常见的复合模中多工序组合方式的示例。

连续模可以包括冲裁、弯曲、拉深和成形等多种多道工序,取件和排除废料都比较容易,便于实现机械化和自动化,因而可以采用高速压力

机生产。采用连续模冲压时，若需要在制件的侧壁上安排冲切或局部成形工序，将会使模具结构

变得复杂。表 20.1-5 列出了常见的连续模中多工序组合方式的示例。

表 20.1-4 复合模多工序组合方式示例

工序组合方式	模具结构简图	工序组合方式	模具结构简图
落料、冲孔		冲孔、切边	
切断、弯曲		落料、拉深、冲孔	
切断、弯曲、冲孔		落料、拉深、冲孔、翻边	
落料、拉深		冲孔、翻边	
落料、拉深、切边		落料、胀形、冲孔	

表 20.1-5 连续模多工序组合方式示例

工序组合方式	模具结构简图	工序组合方式	模具结构简图
冲孔、落料		冲孔、切断	

续表 20.1-5

工序组合方式	模具结构简图	工序组合方式	模具结构简图
冲孔、弯曲、切断		连续拉深、落料	
冲孔、切断、弯曲		冲孔、翻边、落料	
冲孔、翻边、落料		冲孔、压印、落料	
冲孔、切断		连续拉深、冲孔、落料	

2 冲模零件分类及设计

构成冲模的零、部件，按其功能分为工艺结构零件和辅助结构零件。工艺结构零件直接参与

完成冲压工艺过程，并和毛坯直接发生作用；辅助结构零件不与毛坯直接作用，但对模具完成工艺过程起保证作用或对模具的功能起完善作用，见表 20.1-6。

表 20.1-6 冲模结构零件的分类

工艺结构零件		辅助结构零件	
工作零件——直接对毛坯进行加工（或分离或成形）的零件	1) 凸模	导向零件——保证模具上、下两部分正确的相对位置及精度的零件	(1) 导柱、导套
	2) 凹模		12) 导板
	3) 凸凹模		13) 导筒
定位零件——确定冲压加工中毛坯正确位置的零件	4) 导料板和侧压板	固定零件——承接模具零件或将模具紧固在压力机上并与它发生直接联系的零件	14) 上、下模座
	5) 挡料销、侧刃及导正销		15) 模柄
	6) 定位销和定位板		16) 固定板、垫板
			17) 螺钉、销钉等

续表 20.1-6

工艺结构零件		辅助结构零件	
压料、卸料及出件零件—— 使制件与废料得以出模，保证 实现正常冲压的零件	7) 压边圈(压料板)	弹性元件、斜楔机构、起重 零件及其他	18) 弹簧、橡胶
	8) 卸料板		19) 斜楔机构
	9) 推件器		20) 起重零件
	10) 顶件器		21) 其他

2.1 工作零件

(1) 常见的凸模结构型式

中、小型凸模常采用整体式，大型凸模可采用镶拼结构，其结构型式如表 20.1-7 所列。

2.1.1 凸模

表 20.1-7 常见的凸模结构型式

凸模类型	结构示意图	特点及应用范围
圆形凸模		<p>a) 适用于 $d = 1 \sim 8 \text{ mm}$</p> <p>b) 适用于 $d = 1 \sim 15 \text{ mm}$</p> <p>c) 适用于 $d = 8 \sim 30 \text{ mm}$</p>
圆形凸模		适用于尺寸较大的凸模，可用槽口定位螺钉紧固
圆形凸模		<p>常将凸模 4 装在护套 3 里，然后再将护套固定在凸模固定板 2 上。1 为垫板或模座，5 为心柱。适用于在厚料上冲小孔</p> <p>1—垫板或模座 2—凸模固定板 3—护套 4—凸模 5—心柱</p>

续表 20.1-7

凸模类型	结构示意图	特点及应用范围
剪裁用凸模	<p>a) 整体式 b) 镶配式</p>	对剪裁较硬材料的凸模，可做成镶拼式结构
复杂外形凸模之一		固定端加工成圆形，便于加工与装配
复杂外形凸模之二		固定端加工成长方形，以减少加工、方便装配
复杂外形凸模之三		工作部分和固定部分尺寸相同，可采用成型磨削或线切割加工

(2) 凸模设计与计算

1) 凸模长度尺寸计算 凸模长度已有标准可查，一般不须计算。但选用非标准尺寸时，凸模长度应由模具结构尺寸确定（图 20.1-1），这

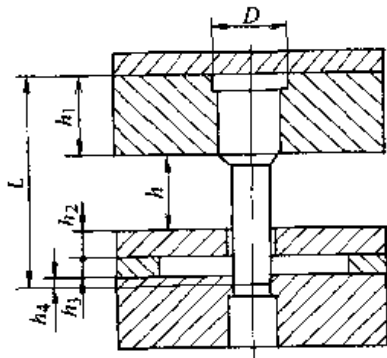


图 20.1-1 凸模长度示意图

里需要考虑：凸模固定板厚度 h_1 ，卸料板厚度 h_2 ，导板厚度 h_3 ，凸模进入凹模深度 h_4 （表 20.1-8），以及由凸模修磨量和在模具闭合状态下固定板与卸料板间的安全距离等因素需要增加的长度 h （一般 h 取 15~20 mm），即

$$L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h$$

表 20.1-8 凸模进入凹模深度 h_4 的取值

工序	冲 裁	弯 曲	拉深、成形
h_4	0.5~2 mm	参考表 20.3-16 和表 20.3-17	冲件高度

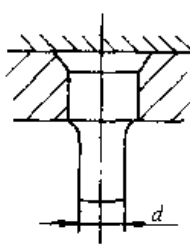
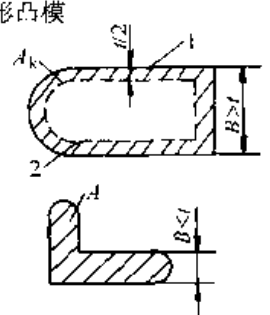
2) 凸模强度校核 一般情况下，不必作强度校核计算。但是，对特别细长的凸模，且又是冲裁厚料的情况下，则必须进行承压能力和稳定

能力的校核。

① 承压能力校核 (见表 20.1-9) 冲裁时凸模承受的有平均压应力 σ 和刃口的接触应力 σ_k 两种。当圆形凸模直径 d (或非圆形凸模端面宽度 B) 大于冲件材料厚度 t 时, 接触应力 σ_k

大于平均压应力 σ , 因而强度校核的条件是接触应力 σ_k 小于或等于材料的许用压应力 σ_p ; 圆形凸模直径 d (或非圆形凸模端面宽度 B) 小于或等于冲裁件材料厚度 t 时, 强度校核条件可以是平均压应力 σ 小于或等于材料的许用压应力 σ_p 。

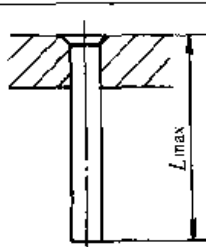
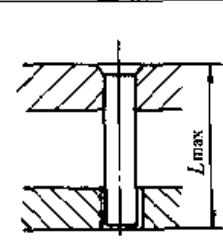
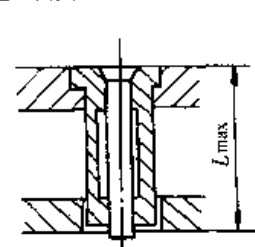
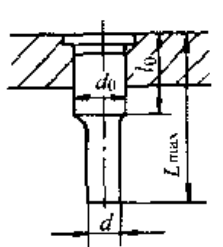
表 20.1-9 凸模承压强度校核计算

凸模类型	校核公式	符号说明
<p>圆形凸模</p> 	<p>$d > t$ 时:</p> $\sigma_k = \frac{2\tau}{1 - 0.5 \frac{t}{d}} \leq \sigma_p$ <p>$d \leq t$ 时:</p> $\sigma = 4\tau \frac{t}{d} \leq \sigma_p$	<p>t—冲件材料厚度 (mm) d—凸模或冲孔直径 (mm) L—冲件轮廓长度 (mm) A_k—接触面积 (mm²); 按接触宽度 $t/2$ 作出内界线 (图中虚线), 内、外界线所构成图形的面积即为 A_k A—冲件平均面积 (mm²) σ_k—凸模刃口接触应力 (MPa) σ—凸模平均压应力 (MPa) τ—冲件材料抗剪强度 (MPa) σ_p—凸模材料的许用压应力 (MPa)</p>
<p>非圆形凸模</p>  <p>1—冲件轮廓线, 即接触面的外界线 2—接触面的内界线</p>	<p>$B > t$ 时:</p> $\sigma_k = \frac{Lt\tau}{A_k} \leq \sigma_p$ <p>$B \leq t$ 时:</p> $\sigma = \frac{Lt\tau}{A} \leq \sigma_p$	

② 稳定能力校核 (见表 20.1-10) 按确定压杆临界力的欧拉公式计算, 把凸模的一端视作

为固定端, 另一端根据导向形式或视作为自由端, 或视作为铰支端或者是固定端的压杆。

表 20.1-10 凸模稳定能力校核计算

	无导向的凸模	卸料板导向凸模	带 H 护套的凸模	带台肩的凸模
示图				
圆形凸模	$L_{max} \leq \frac{\pi}{16} \sqrt{\frac{Ed^3}{t\tau}}$	$L_{max} \leq \frac{\pi}{8} \sqrt{\frac{Ed^3}{t\tau}}$	$L_{max} \leq \frac{\pi}{8} \sqrt{\frac{2Ed^3}{t\tau}}$	$L_{max} \leq C_1 \sqrt{\frac{2Ed_0^3}{t\tau}}$
异形凸模	$L_{max} \leq \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{EI}{F}}$	$L_{max} \leq \pi \sqrt{\frac{EI}{F}}$	$L_{max} \leq \pi \sqrt{\frac{2EI}{F}}$	$L_{max} \leq C_1 \sqrt{\frac{2EI_0}{F}}$

续表 20.1-10

	无导向的凸模	卸料板导向凸模	带护套的凸模	带台肩的凸模
符号说明	L_{max} —凸模允许的最大自由长度 (mm)		d —凸模最小直径 (mm)	
	F —凸模的冲压力 (N)		d_0 —凸模大端直径 (mm)	
	E —凸模材料弹性模量 (MPa)		I —凸模最小断面惯性矩 (mm ⁴)	
	τ —冲件材料抗剪强度 (MPa)		I_0 —凸模大端断面惯性矩 (mm ⁴)	
	C —系数, 见表 20.1-11		C_1 —系数, 见表 20.1-12	
			l_0 —凸模大端长度 (mm)	

表 20.1-11 系数 C 的数值

l_0/L_{max}	d_0/d							
	1.1	1.2	1.3	1.5	1.8	2	2.5	3
0.1	0.176	0.157	0.142	0.117	0.089 7	0.077 5	0.056 1	0.042 4
0.2	0.184	0.167	0.152	0.128	0.099 5	0.086 3	0.062 9	0.047 7
0.3	0.187	0.176	0.164	0.141	0.112	0.097 4	0.071 5	0.054 4
0.4	0.193	0.186	0.177	0.157	0.127	0.112	0.082 7	0.063 2
0.5	0.197	0.196	0.191	0.175	0.148	0.131	0.098 3	0.075 5
0.6	0.201	0.204	0.204	0.196	0.175	0.157	0.121	0.093 7
0.7	0.204	0.210	0.215	0.218	0.210	0.195	0.156	0.123
0.8	0.205	0.214	0.221	0.233	0.239	0.242	0.216	0.179
0.9	0.206	0.215	0.224	0.239	0.261	0.273	0.296	0.297

表 20.1-12 系数 C₁ 的数值

l_0/L_{max}	$(I_c - I) / I$							
	0.5	1	2	5	10	20	50	100
0.1	1.327	1.169	0.972	0.700	0.521	0.379	0.244	0.173
0.2	1.371	1.233	1.045	0.769	0.579	0.423	0.274	0.195
0.3	1.419	1.301	1.130	0.854	0.651	0.480	0.312	0.222
0.4	1.463	1.371	1.224	0.958	0.741	0.554	0.362	0.259
0.5	1.502	1.438	1.325	1.085	0.864	0.653	0.431	0.310
0.6	1.533	1.495	1.423	1.237	1.026	0.796	0.534	0.385
0.7	1.554	1.535	1.502	1.396	1.237	1.009	0.699	0.509
0.8	1.566	1.562	1.550	1.516	1.451	1.315	1.000	0.748
0.9	1.570	1.570	1.568	1.564	1.557	1.541	1.480	1.321

2.1.2 凹模

(1) 冲裁凹模孔口型式及主要参数

冲裁凹模孔口型式及主要参数见表 20.1-13。

(2) 凹模设计与计算

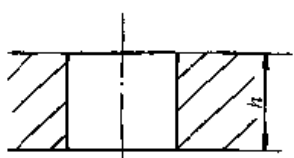
1) 凹模外形尺寸确定 凹模尺寸包括凹模

厚度和壁厚等, 一般应根据冲件形状和尺寸按标

准 JB/T 7643.1~7643.6—1994 选用。在非标准

尺寸凹模的设计时, 可按经验方法确定。

表 20.1-13 冲裁凹模孔口型式及主要参数

序号	简 图	特 点 及 应 用
1		凹模厚度的全部为有效刃口高度, 刃壁无斜度, 刃磨后刃口尺寸不变 用于冲件或废料逆冲压方向推出的模具, 如复合模、薄料冲裁模

续表 20.1-13

序号	简 图	特 点 及 应 用		
2		刃边强度较好, 孔口尺寸不随刃磨而改变; 易积存冲件或废料; 推件力大且刃口磨损快; 刃磨时, 磨去的尺寸较多 用于冲件形状复杂且精度较高的情况及向上顶出冲件或废料的模具		
3		不易积存冲件或废料, 故孔口磨损及压力较小, 刃边强度较差, 孔口尺寸随刃磨而略有增大 用于形状简单或精度较低的冲件及冲件或废料向下落的模具		
4		同序号3。适用于形状较复杂的冲件		
5		同序号3。适用于凹模厚度较薄的小型薄料冲裁模		
6		刃口淬火硬度 35~40 HRC, 可用手锤敲击斜面以调整间隙 适用于软而薄的金属材料和非金属材料, 冲裁材料厚度一般在 0.5 mm 以下		
主要参数				
材料厚度 t/mm	α	β	h/mm	备 注
≤ 0.5	15'	2'	≥ 4	α 、 β 值仅适用于钳工加工。电加工制造凹模时, 一般 $\alpha = 4' \sim 20'$ (复合模取小值)
$> 0.5 \sim 1.0$			≥ 5	
$> 1.0 \sim 2.5$			≥ 6	
$> 2.5 \sim 6.0$	30'	3'	≥ 8	
> 6.0			—	

① 查表确定凹模外形尺寸 (表 20.1-14)。

② 按经验公式计算 凹模厚度 H 和凹模壁厚 c :

$$H = kb \quad (H \geq 15 \text{ mm})$$

$$c = (1.5 \sim 2) H, \quad (c \geq 30 \sim 40 \text{ mm})$$

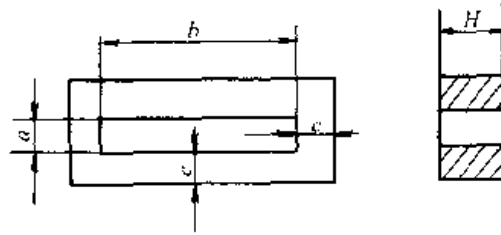
式中 k ——系数, 其值见表 20.1-15;

b ——最大孔口的宽度尺寸 (mm)。

2) 凸凹模最小壁厚 复合模用凸凹模的最小壁厚数值见表 20.1-16 和表 20.1-17。

表 20.1-14 凹模高度和壁厚 c

(mm)



冲件尺寸	材 料 厚 度 t											
	≤ 0.8		$>0.8\sim 1.5$		$>1.5\sim 3$		$>3\sim 5$		$>5\sim 8$		$>8\sim 12$	
	c	H	c	H	c	H	c	H	c	H	c	H
≤ 50	26	20	30	22	34	25	40	28	47	30	55	35
$>50\sim 75$												
$>75\sim 100$	32	22	36	25	40	28	48	32	55	35	65	40
$>100\sim 150$												
$>150\sim 175$	38	25	42	28	46	32	52	36	60	40	75	45
$>175\sim 200$												
>200	44	28	48	30	52	35	60	40	68	45	85	50

表 20.1-15 系数 k 的数值

料厚 t /mm	0.5	1	2	3	>3
b /cm					
≤ 50	0.30	0.35	0.42	0.50	0.60
$>50\sim 100$	0.20	0.22	0.28	0.35	0.42
$>100\sim 200$	0.15	0.18	0.20	0.24	0.30
>200	0.10	0.12	0.15	0.18	0.22

表 20.1-16 凸凹模的最小壁厚 a 数值

(mm)

料厚 t	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.75
	最小壁厚 a	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.7	3.2	3.8
最小直径 D	15			18			21			
料厚 t	2.0	2.1	2.5	2.75	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
最小壁厚 a	4.9	5.0	5.8	6.3	6.7	7.8	8.5	9.3	10.0	12.0
最小直径 D	21	25		28		32	35	40	45	

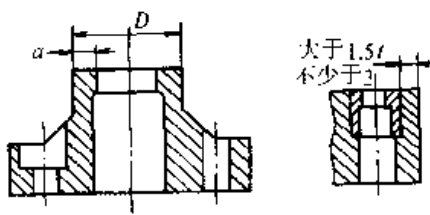
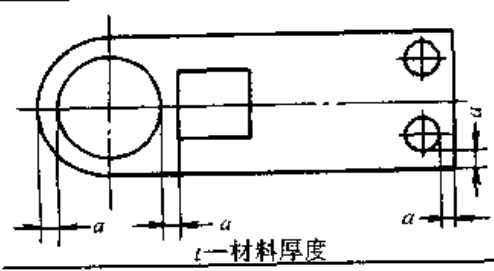


表 20.1-17 凸凹模的最小壁厚 a 数值 (适用仪表行业的小型薄料制件)

(mm)

被冲材料	纸、皮、塑料薄膜、胶木板、软铝	$a \geq 0.8t$, 但 $a_{min} \geq 0.5$ mm
	硬铝、纯铜、黄铜、纯铁	$a \geq t$, 但 $a_{min} \geq 0.7$ mm
	08钢、10钢	$a \geq 1.2t$, 但 $a_{min} \geq 0.7$ mm
	$t \leq 0.5$ mm 的硅钢板、弹簧钢、锡磷青铜	$a \geq 1.2t$



3) 凹模强度校核 按上述方法确定的凹模外形尺寸,可以保证有足够的强度和刚度,一般不再作凹模强度的校核。但是,冲裁模工作时凹模下面的模座或垫板上的孔口较凹模孔口大,使

凹模工作时受弯曲,若凹模厚度不够便会产生弯曲变形,故需校核凹模的抗弯强度。几种凹模强度校核计算公式列入表 20.1-18。

表 20.1-18 凹模强度计算公式

项目	圆形凹模	矩形凹模 (垫板上为方形孔)	矩形凹模 (垫板上为矩形孔)
简图			
凹模厚度 H 的计算公式	$H \geq \sqrt{\frac{1.5F}{\sigma_{wp}} \left(1 - \frac{2d}{3d_0}\right)}$	$H \geq \sqrt{\frac{1.5F}{\sigma_{wp}}}$	$H \geq \sqrt{\frac{3F}{\sigma_{wp}} \left[\frac{b}{a} \frac{1}{1 + \frac{b^2}{a^2}} \right]}$
符号说明	<p>F——冲压力 (N) σ_{wp}——许用弯曲应力 (MPa) d、d_0——凹模刃口与支承口直径 (mm) a、b——垫板上矩形孔的长度与宽度 (mm)</p>		

2.1.3 凸模与凹模的镶拼结构

复杂、尺寸窄小零件的模具。主要型式及特点见表 20.1-19。

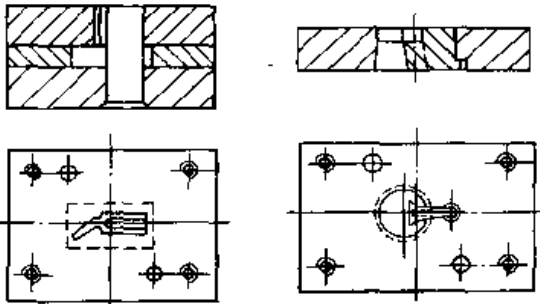
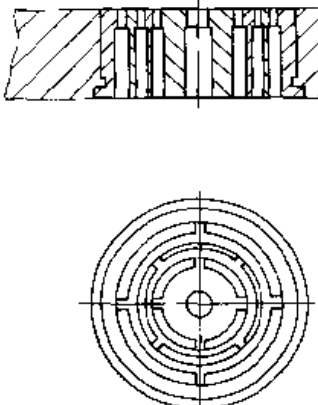
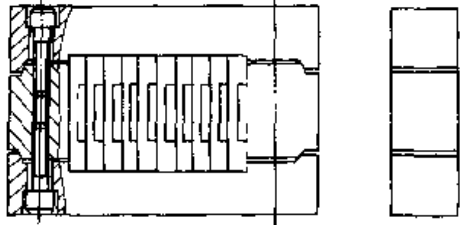
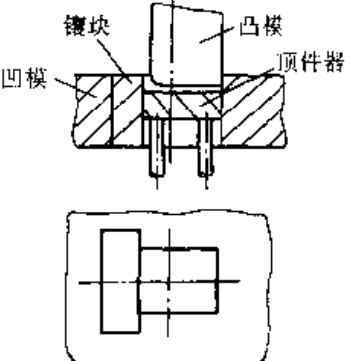
(1) 结构型式

镶拼结构主要用于大型冲模或冲压薄而形状

表 20.1-19 凹模镶拼结构型式

名称	简图	说明
凸边式		<p>① 将凹模型孔分解成若干拼块,然后嵌入已制成的两边或四边固定板内。拼块可等于固定板凸边高度,也可大于凸边高度</p> <p>② 不仅适用于冲裁加工,也适用于弯曲加工</p>
紧圈式		<p>① 将凹模型孔分解后的拼块,相互嵌接后用热套的方法压入外套</p> <p>② 适用于冲裁较厚的材料或拉深大的制件</p>

续表 20.1-19

名称	简图	说明
种植式		<p>把凹模中难以加工或悬臂很长、受力危险的部分分割开来，做成凸模型式的镶块，种植在凹模内，或安装在凹模以下的固定板内</p>
套筒式		<p>将凹模属于同心圆的部分分割拼合，并互相套合组成</p>
镶片式		<p>① 对于冲细长槽的凹模，可采用一组镶片叠加起来，用外套或斜面夹条紧固 ② 适用于冲孔和冲切加工</p>
镶块式		<p>① 是在凹模体内局部镶入拼块，以便于加工、刃磨等 ② 多用于弯曲加工</p>

(2) 镶拼结构设计的一般原则

1) 便于加工，减少钳工工作量，提高模具加工精度。

2) 便于维修、更换与调整。

大型冲模的拼块采用螺钉固定时，应以两个销钉定位。螺钉位置必须接近孔口工作部分并参差排列，而销钉则应离孔口部分愈远愈好，相对距离尽量大，如图 20.1-2 所示。拼块固定时还

要考虑到模具进行重磨的可能性，图 20.1-3 是螺钉固定的，有利于重磨拼块。

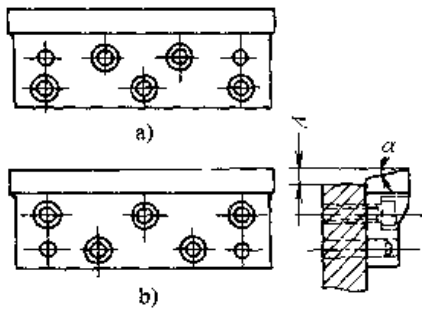


图 20.1-2 拼块上螺钉、销钉的布置
a) 不正确 b) 正确

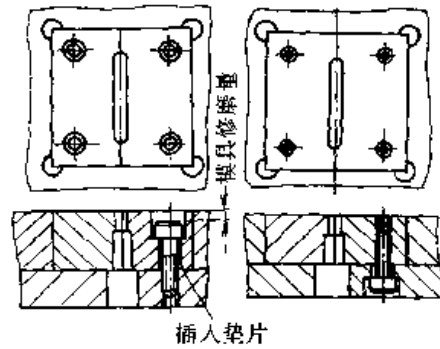


图 20.1-3 拼块的固定

镶拼结构设计的具体方法如表 20.1-20。

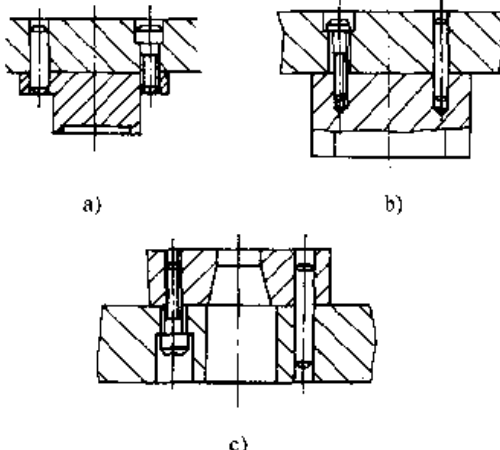
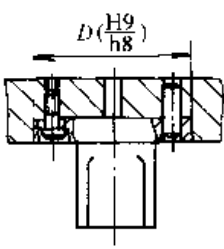
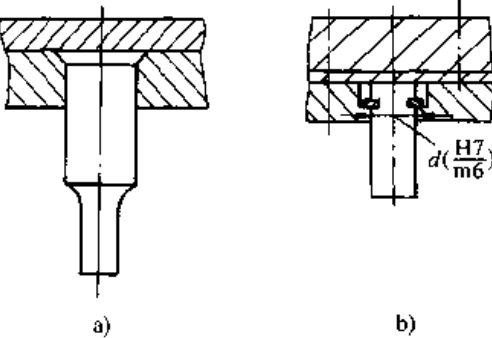
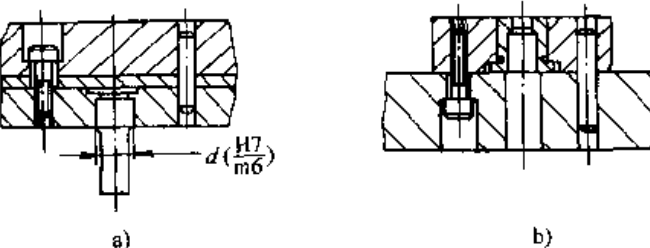
表 20.1-20 镶拼结构设计方法

简图	说明	简图	说明
	<p>① 镶拼块形状应尽可能简单，使每一镶拼块都必须具有良好的工艺性</p> <p>② 沿对称轴线分割形状尺寸相同的分块，以便一起加工磨削</p>		<p>沿转角、尖角分割，拼块角度应大于 90°</p>
	<p>采用嵌件，使形状复杂的内形加工尽可能地变为外形加工</p>		<p>减少拼块的接合面</p>
	<p>① 比较薄弱或易磨损的局部凸出或凹进部分单独作成一块</p> <p>② 圆弧部分单独做成一块，拼接线应在离切点 4~7 mm 的直线处，大弧线、长直线可分成几块</p>		<p>凸模与凹模的拼接线错开约 3~5 mm，以免产生冲裁毛刺</p>
	<p>各拼块的尺寸精度容易测定</p>		<p>若凹模孔的中心距精度要求较高，可采用镶拼结构，拼块之间可以通过增减垫片或交接面的方法，以调整间隙或中心距</p>

2.1.4 凸模和凹模的固定方式

常见的凸模和凹模固定方式及特点如表 20.1-21 所列。

表 20.1-21 常见的凸模和凹模固定方式

固定方式	简 图	特点及应用范围
机 械 固 定		<p>为直接连接型式</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 装配时便于调整凸模或凹模在模座上的位置 ② 螺钉和销钉位置受到凸模和凹模形状的限制, 凸模和凹模不能承受较大的侧向力 ③ 凸模和凹模淬火后螺钉孔、销钉孔易变形, 影响模具装配 ④ 适用于简单模和横截面较大的中、大型模具
		<p>为直接连接型式</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 凸模在模座上的位置不易调整 ② 借助螺钉、销钉和止口紧固定位, 简单可靠, 承载能力强 ③ 更换凸模方便
		<p>为压配连接型式</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 凸模或凹模压入固定板后, 图 a 为采用铆接方式, 图 b 用键 (或销钉) 连接, 防止卸料时从固定板脱落 ② 适用于线切割直通式凸模
		<p>为压配连接型式</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 凸模和凹模装配部分加工有台阶, 压入固定板后用螺钉、销钉紧固 (模具工作部分为非圆形时应有防转动销) ② 适用于在大型制件上冲孔和连续模等场合

续表 20.1-21

固定方式	简 图	特点及应用范围
机 械 固 定	<p>a) b) c) d)</p>	<p>为间隙配合连接型式</p> <p>① 凸模或凹模与固定板间隙配合，用固定螺钉或固定销钉固定</p> <p>② 适用于需要经常更换凸模和凹模的场合，是快速换模的一种形式</p>
	<p>a) b) c)</p>	<p>① 凹模用内六角螺钉或矩形键固定在固定板上</p> <p>② 适用于需要经常更换凹模的场合，是快速换模的另一种形式</p>
	<p>1 2</p> <p>$d_1(\frac{H7}{h6})$ $d_1(\frac{H7}{h6})$</p>	<p>① 凸模与固定板 1 之间有间隙（浮动连接），或采用较松的间隙配合，与导板或卸料板 2 之间采用配合间隙较小（最小间隙等于零）的间隙配合</p> <p>② 适用于导板模、厚料小孔冲模及精冲模</p>

续表 20.1-21

固定方式	简 图	特点及应用范围
物理固定		<p>采用低熔点合金浇注固定</p> <p>① 低熔点合金的熔化温度为 150~170℃, 浇注时固定板需预热至 150~200℃</p> <p>② 不能承受较大的卸料力</p> <p>③ 适用于冲压料厚 $t \leq 2$ mm 场合</p>
化学固定		<p>采用环氧树脂粘接剂固定</p> <p>① 粘接剂见表 20.1-22, 粘接工艺流程较复杂</p> <p>② 不能承受较大的卸料力</p> <p>③ 适用于冲压料厚 $t \leq 2$ mm 场合</p>

表 20.1-22 模具用环氧树脂粘接剂配方

组分	名称	配比 (w×100)	备注	组分	名称	配比 (w×100)	备注
粘接剂	环氧树脂 6010	100	任选一种	固化剂	聚酰胺	50~100	任选一种
	邻苯二甲酸酐				40~50		
	环氧树脂 634					填充剂	铁粉 0.071 mm(200目)
环氧树脂 637			三氧化铝				
固化剂	二乙烯三胺	12~15	任选一种	0.071 mm(200目)			
	多乙烯多胺	15~20		石英粉	0.071 mm(200目)		

注: 1. 填充剂使用前需经干燥处理。

2. 粘接剂和固化剂不可存放时间过长, 器皿盖严, 以防老化。

3. 向粘接剂中加固化剂时的温度一般控制在 30~40℃, 配量以 100~300 g 为宜, 配量多反应迅速, 使用时间极短。

4. 被粘接零件应事先用丙酮等有机溶剂将其粘接表面清洗干净。

2.2 定位零件

定位零件的作用是用来确定条料或毛坯在模具中送进时有准确的位置，以保证冲出合格的制件。条料或毛坯在模具中的定位：一是送料方向上的定位，用来控制送料的进距，即通常所说的挡料；二是在与送料方向垂直方向上的定位，通常称为导料。

定位零件的设计原则是：

- 1) 定位至少应有三个支承点，即两个导向点和一个定距点。定位的支承点（面）之间应有足够的距离，保证条料或毛坯定位稳定；
- 2) 定位的方向和位置必须与人们的操作习惯相适应，如右手比左手操作可靠有力；

惯相适应，如右手比左手操作可靠有力；

3) 某些非轴对称外形的毛坯定位时，应有防反措施；

4) 连续模应设有初始定位和最终定位；

5) 为保证毛坯在送进初期和冲压过程中定位的稳定性，有时必须考虑毛坯的夹紧措施。

2.2.1 导料件

主要指导料板（也称导尺）和导料销（图20.1-4），它对条（或带）料送进时起导正作用。导料销是导料板的简化型式，多用于弹性卸料模中。如果条（或带）料的宽度公差过大，则需在一侧导尺上装侧压装置来消除材料的宽度误差，保证材料紧靠另一侧正确送进。

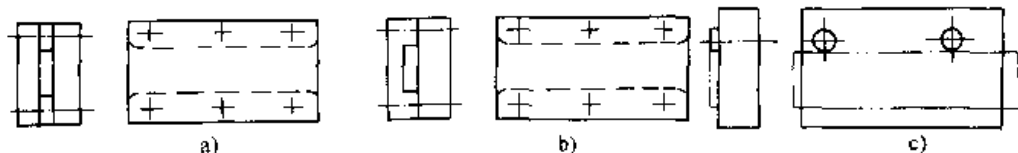


图 20.1-4 导料板和导料销

a) 分离式导料板 b) 整体式导料板 c) 导料销

导料板的结构尺寸如图 20.1-5 所示，其中：

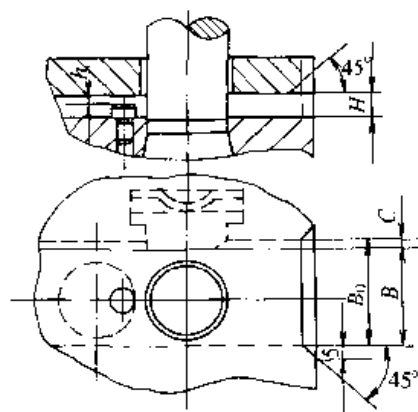


图 20.1-5 导料板结构尺寸

导料板厚度 H 按表 20.1-23 选取，两导料板内侧距离为

$$B_0 = B + c$$

式中 B ——条料（带料）的宽度（见 19 篇第 1 章）(mm)；

c ——条料与导料板板间的间隙值，视有无侧压而不同，数值见表 20.1-23。

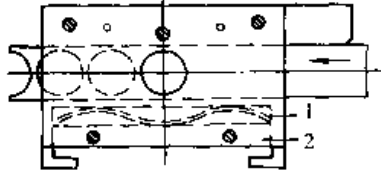
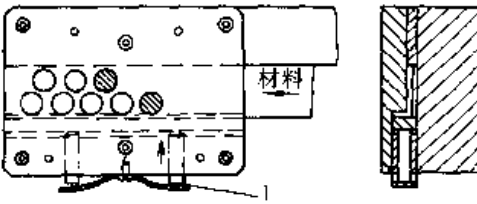
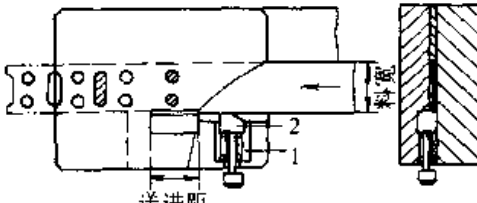
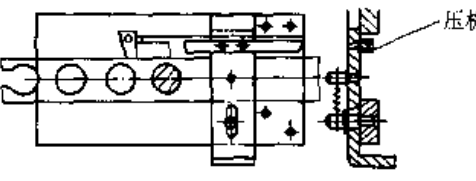
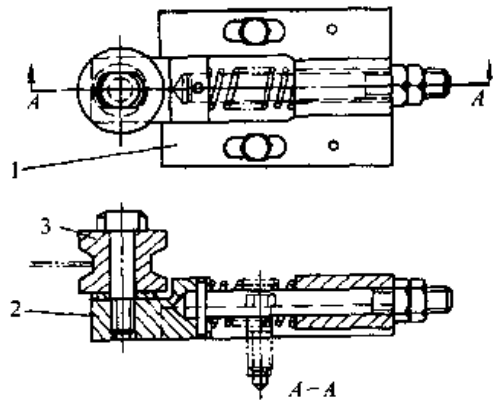
常用侧压型式见表 20.1-24。采用侧压时，应注意：

- ① 条料带料厚度小于 0.3 mm 时，不能采用侧压；
- ② 当用滚动自动送料时，不采用侧压，否则由于侧壁摩擦会影响送料精度。

表 20.1-23 导料板结构尺寸 (mm)

条料宽度 条料厚度	c					H				挡料销高度 h	
	不带侧压					带侧压	用挡料销挡料		侧刃自动挡料		
	50	>50~100	>100~150	>150~220	>220~300		≤200	>200	≤200		>200
≤1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	4	6	3	4	2
>1~2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	2	6	8	4	6	3
>2~3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6		8	10	6		
>3~4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	3	10	12	8	8	4
>4~6							12	14	10	10	

表 20.1-24 侧压型式及应用

型式	示 图	特 点 及 应 用
簧片式	 <p>1—簧片片 2—簧片支架</p>	<p>利用弹簧片将材料推向对面的导料板，结构简单，但侧压力较小，适用于冲件尺寸小，材料厚度为1mm以下的薄料，侧压块一般为侧面导料板厚度的1/3-2/3，压块数量视具体情况而定</p>
簧片压块式	 <p>1—板簧</p>	
弹簧压块式	 <p>1—弹簧 2—推料器</p>	<p>用螺旋弹簧压力推料，侧压力较大，适用于冲件厚度较大的情况，一般设置2-3个</p>
压板式	 <p>压板</p>	<p>侧压力大而均匀，使用可靠，一般装在送料端，在单侧刃的连续模中使用</p>
滚轮式	 <p>1—基座 2—活动滚轮座 3—滚轮</p>	<p>利用滚轮压料，阻力较小。活动滚轮座2在基座1内滑动而基座1的位置也可以调节，适用材料宽度范围较广</p>

2.2.2 挡料件

限定条料送进距离的方式有:用销钉抵挡搭边或冲件轮廓的挡料销;用侧刃在条料侧边冲切各种形状缺口,限定条料送进距离的定距侧刃。当材料需要在模具内更精确定位时,还应采用导正销。

1) 挡料销和定距侧刃 挡料销和定距侧刃型式及应用见表 20.1-25。

侧刃断面长度

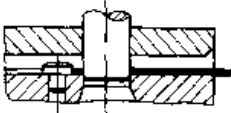
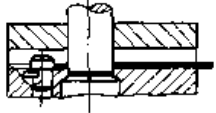
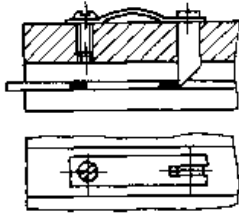
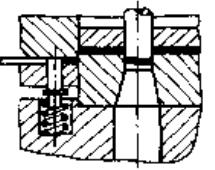
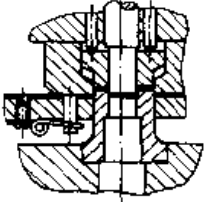
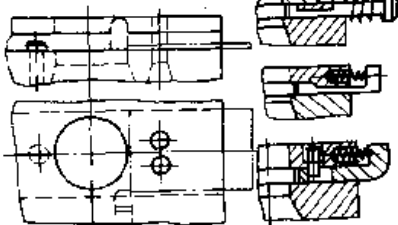
$$L = A + 0.05 \sim 0.1 \text{ mm}$$

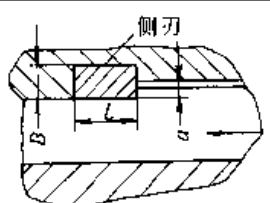
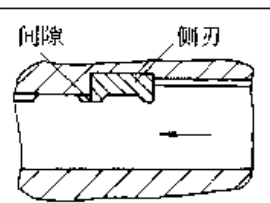
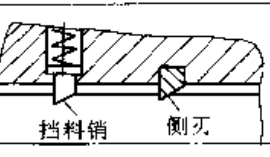
式中 A ——送料步距的公称尺寸(基本尺寸)(mm)。

系数 0.05~0.1 的选取:工步次数多的取大值,冲薄料时取小值。

侧刃断面宽度 B 为 6~10 mm,侧刃制造公差取步距公差的 1/4。侧刃孔按侧刃配作留单边间隙。

表 20.1-25 挡料方式及应用示例

结构型式	简 图	说 明
固定挡料销		圆柱挡料销的固定部分与工作部分的直径差别较大,不致削弱凹模的强度,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 圆柱挡料销见标准 JB/T 7649.10—1994
		钩式挡料销的固定位置可离凹模孔口更远一些,因而凹模强度更好。但此种挡料销有定向要求,结构上需要防转定向销 适用于冲制较大较厚的制件 钩式挡料销见标准 JB/T 7649.10—1994
回带式		回带式挡料销安装在固定卸料板上,条料进给迫使挡料销抬起,然后挡料销借弹簧压力插入废料孔内,定位时将条料回带 适用于狭窄制件(宽度 6~20 mm),但在废料搭边强度较差的情况下不宜采用这种挡料装置
活动挡料销		挡料销的后端带有弹簧或弹簧片,冲压时挡料销被压入孔内,模具升起时又抬起为送料定位 最常用在有活动的下卸料板的敞开式冲模上,复合模中尤其常见 弹簧弹顶挡料销见标准 JB/T 7649.5—1994
		
临时挡料销		使用时向里压紧 一般用于连续模,在条料上冲第一个制件时作为各工位的首次定位

结构型式	简 图	说 明
矩形侧刃		以切去条料旁侧少量材料来限定送料进距，侧刃断面的长度等于步距，侧刃前后导料板两侧之间的距离不等（相差尺寸 a ），所以只有用侧刃切去长度等于步距的料边后，条料才能送进一个步距。一般用于下述情况：不适宜采用其他挡料型式，冲裁窄长制件和厚度小于 0.5 mm 的薄料，送料步距小，或制件侧边需冲出一定形状，由侧刃同时完成
成形侧刃		
尖角侧刃		

2) 导正销 主要用于连续模中，其导正毛坯的方式有两种：一是直接利用制件上的孔导正；二是用预先冲出的工艺孔导正。常用导正销的结构型式见表 20.1-26。

导正销的直径公差带按 h9，但考虑到冲孔后弹性变形收缩，因此导正销直径的基本尺寸

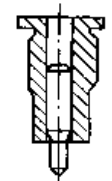
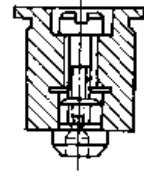

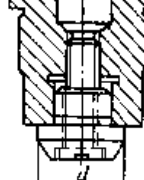

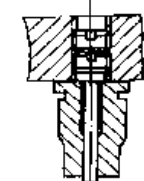
D_1 为

$$D_1 = d - 2a$$

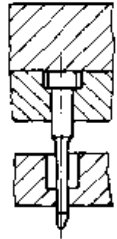
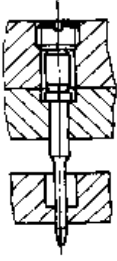
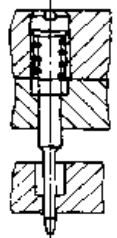
式中 d ——冲孔凸模直径 (mm)；

$2a$ ——导正销与孔径两边的间隙，其数值见表 20.1-27。

表 20.1-26 导正销的结构型式

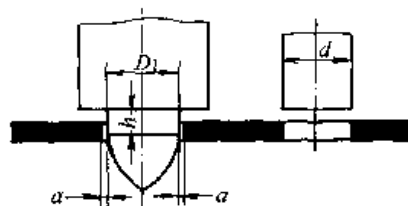
序号	示 图	应 用	序号	示 图	应 用
1		用于直径小于 6 mm 的孔	4		用于直径为 10~20 mm 的孔
2		用于直径小于 10 mm 的孔	5		用于板厚为 20~50 mm 的孔
3		用于直径为 3~10 mm 的孔	6		应用小的导正销，更换方便

续表 20.1-26

序号	示 图	应 用	序号	示 图	应 用
7		用于薄料，导正销固定于上模固定板中，一般在条料两侧空孔处设工艺孔时用	9		快换导正销
8		活动式导正销，可避免送料错位而引起导正销损坏			

注：导正销的相应型式与尺寸可参见 JB/T 7649.1~7649.10-1994。

表 20.1-27 导正销的尺寸 (mm)



材料厚度 t	冲孔凸模直径 d						冲件尺寸			
	1.5~6	>6~10	>10~16	>16~24	>24~32	>32~42	>42~60	1.5~10	>10~25	>25~50
	$2a$						h			
≤ 1.5	0.04	0.06	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	1	1.2	1.5
>1.5~3	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.6 t	0.8 t	t
>3~5	0.06	0.08	0.10	0.12	0.16	0.18	0.20	0.5 t	0.6 t	0.8 t

3) 定位板 对于单个毛坯的定位，如块料毛坯的冲裁、成形件的冲孔或修边等，一般采用定位板（销）结构，定位板厚度或定位销头部高度 h 可按表 20.1-28 的数值选取。

表 20.1-28 h 的取值 (mm)

材料厚度 t	≤ 1	>1~3	>3~5
h	$t+2$	$t+1$	t

注：符号 h 意义见表 20.1-29。

定位板或销与毛坯间的配合一般按 H9/f9 配合。这种定位可以外轮廓定位，也可以内孔定

位，主要型式见表 20.1-29。

2.3 压料、卸料及推（顶）件装置

2.3.1 压料装置

常见的带限位压料装置的结构型式见表 20.1-30。用于首次拉深的压边圈形状如图 20.1-6，其内孔直径 $d_Y = 1.001d_p$ ，但应满足

$$d_p + 0.01 \text{ mm} \leq d_Y \leq d_p + 0.25 \text{ mm}$$

图 20.1-6b 和 c 为锥形压边圈，其锥角

$$\alpha = \arctan \frac{kt}{(D - d_p)/2} = \arctan \frac{2ktm_1}{d_p(1 - m_1)}$$

式中 k ——拉深件壁部增厚系数, 取 $k = 0.2 \sim 0.3$;

m_1 ——极限拉深系数;

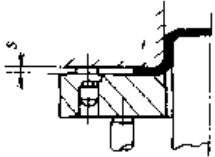
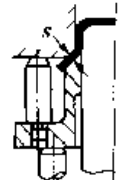
β 见表 20.1-31。

后续拉深用压边圈 (图 20.1-7) 的内孔 d_Y 按上述方法计算, 外径 D_Y 为

表 20.1-29 定位板 (销) 的型式及应用示例

型 式	示 图	应 用
定 位 板		敞开式定位, 用于大型冲压件或毛坯的外轮廓定位
		圆形定位板, 用于圆形落料件定位时为整圆定位板; 用于成形工序件定位时, 可在定位板上开缺口
定 位 销		用于大型冲压件或毛坯的外轮廓定位
		用于孔径 $D < 30$ mm 的圆孔用定位销, 其中: 图 a 适用于孔径在 15 mm 以下的圆孔定位; 图 b 适用于孔径在 15 ~ 30 mm 的圆孔定位
孔 定 位 板		系大型非圆孔用定位板
		用于孔径 $D > 30$ mm 的圆孔用定位板

表 20.1-30 带限位压料装置的结构型式

简 图	特 点	简 图	特 点
	用于平板毛坯的压料，如首次拉深和不对称零件的压弯		用于半成品后续变形时的压料，如再次拉深（后续拉深）

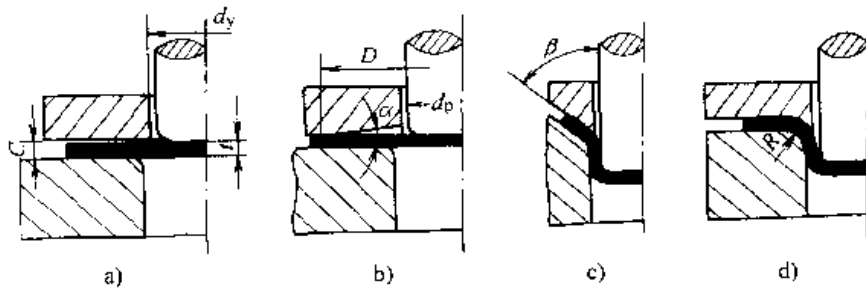


图 20.1-6 首次拉深用压边圈形状

a) 平面形 b) 平锥形 c) 锥形（锥角选取见表 20.1-31） d) 圆弧形

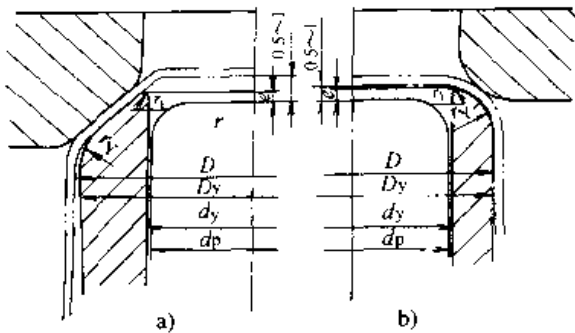


图 20.1-7 后续拉深用压边圈形状

a) 斜面端部 b) 圆弧端部

表 20.1-31 锥形压料圈的角度 β 及极限拉深系数 $[m_1]$

t/D_0	$[m_1]$	$\beta/ (^{\circ})$
0.020	0.35	60
0.015	0.36	45
0.010	0.38	30
0.008	0.40	23
0.005	0.43	17
0.003	0.50	13
0.0015	0.60	10

注： D_0 为坯料直径， t 为坯料厚度。

$$D_y = D - 0.03 \sim 0.08 \text{ mm}$$

压边圈圆角半径 r_y 应比上一道拉深凸模相应的圆角半径大 0.5~1 mm，便于将工序件套上压边圈。

2.3.2 卸料与推（顶）件装置

冲压加工中，常用卸料板、推件器（或顶件器）将制件或废料从凸模、凹模卸下，以便及时取出制件和排除废料。卸料板和推（顶）件器都有刚性与弹性两种型式，前者为刚性结构，主要起卸料或推件作用，卸料力或推件力较大；后者为柔性结构，兼有压料和卸料推件的作用。力的大小决定于所用的弹性元件及其预紧力。如图 20.1-8 所示为落料、拉深、冲孔复合模，卸料板 2 在拉深过程中兼有压料的作用，冲压完成后它与顶出器 6 一起作用将制件顶出；卸料板 11 的作用是将条料从凸凹模 5 卸下。

卸料及推（顶）件装置型式及应用见表 20.1-32。

1) 固定卸料板 适用于冲制材料厚度大于 0.8 mm 的模具，其外形尺寸一般与凹模相同。固定卸料板只起卸料作用时，与凸模的单边间隙 $c = 0.1 \sim 0.5 \text{ mm}$ ；如果需要兼起导向作用，则与凸模的配合应为 H7/h6。固定卸料板的最小厚度见表 20.1-33。

封闭式固定卸料板的结构如图 20.1-9 所示。

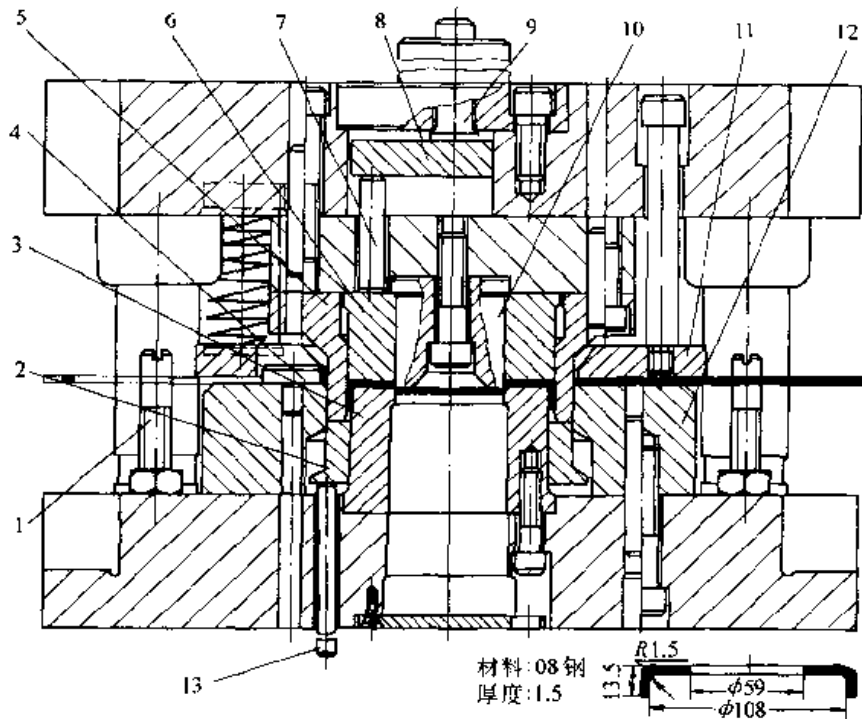


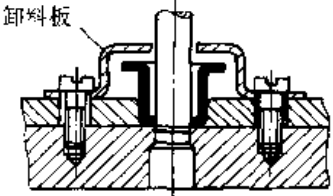
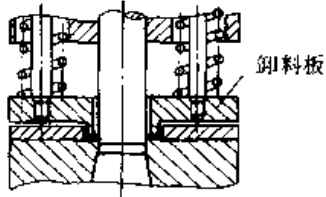
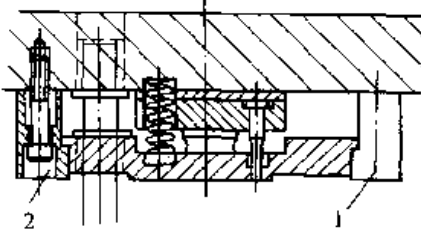
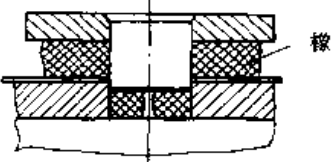
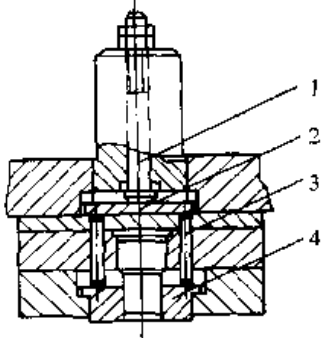
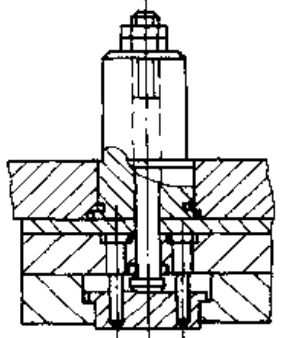
图 20.1-8 落料、拉深、冲孔复合模

- 1—导向螺栓 2—压料板(卸料板) 3、5—凸凹模 4—挡料销
6—顶出器 7—顶销 8—顶板 9—推杆 10—冲孔凸模 11—卸料板 12—落料凹模 13—托杆

表 20.1-32 卸料及推件装置的型式及应用示例

分类	简 图	应 用
固 定 卸 料 装 置		悬臂式固定卸料板主要用于窄而长的冲件和大型冲件的边缘冲裁加工
		封闭式固定卸料板适用于冲制厚度 $t \geq 0.8 \text{ mm}$ 的各种板料
		半固定卸料板用于凹模与卸料板之间需要有一定的距离如弯曲件、拉深件上的冲孔,此结构可减小凸模高度尺寸

续表 20.1.32

分类	简 图	应 用
固定卸料板		<p>钩形固定卸料板适用于空心零件的底部冲孔</p>
卸料装置		<p>用于冲制薄料和要求平整的制件，弹性元件可以是弹簧或橡胶</p>
弹性卸料板		<p>一般用于较大尺寸的模具。由于采用限位块（图中1、2为限位块）增加了卸料限位的刚度，适用于高速冲压</p>
		<p>采用橡胶板或聚氨酯橡胶件直接卸料，适用于薄料冲裁的小批量生产</p>
推（顶）件装置		<p>打杆1通过推件板2、推杆3、推件块4推下制件；利用橡胶、弹簧和气垫时无打杆，推（顶）件力直接作用于推件板上。适用于打杆投影范围内有凸模、模具封闭高度受到限制的情况</p>
		<p>打杆直接推动推件块而将制件推下，适用于打杆投影范围内无凸模的情况</p>

续表 20.1-32

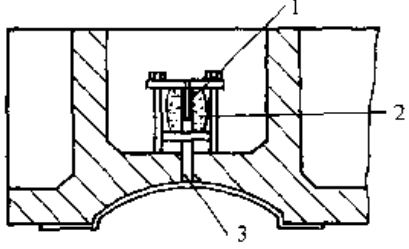
分类	简 图	应 用
推(顶)件装置		图中 1 为直销, 2 为橡胶弹性块, 3 为打料杆销。采用弹性销推(顶)件, 适用于大件生产。

表 20.1-33 卸料板的最小厚度 (mm)

制件厚度 t	卸 料 板 宽 度									
	≤ 50		$>50 \sim 80$		$>80 \sim 125$		$>125 \sim 200$		>200	
	$H_{固}$	$H_{弹}$	$H_{固}$	$H_{弹}$	$H_{固}$	$H_{弹}$	$H_{固}$	$H_{弹}$	$H_{固}$	$H_{弹}$
≤ 0.8	6	8	6	10	8	12	10	14	12	16
$>0.8 \sim 1.5$	6	10	8	12	10	14	12	16	14	18
$>1.5 \sim 3.0$	8	—	10	—	12	—	14	—	16	—
$>3.0 \sim 4.5$	10	—	12	—	14	—	16	—	18	—
>4.5	12	—	14	—	16	—	18	—	20	—

① $H_{固}$ 固定卸料板的最小厚度, $H_{弹}$ —弹性卸料板的最小厚度。

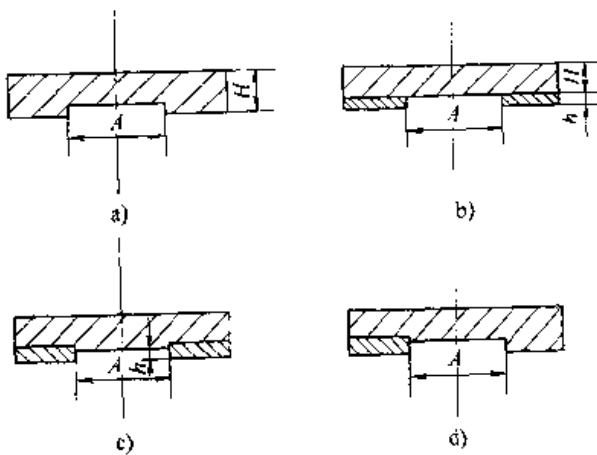


图 20.1-9 封闭式固定卸料板的结构

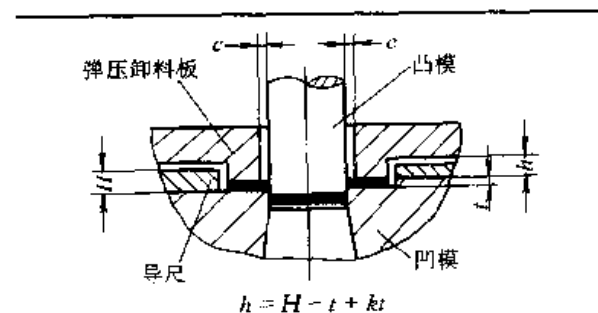
- a) 料槽宽度 A 小于 50 mm 时使用
- b) 料槽宽度较大或批量生产时使用
- c) 料槽宽度大而 h 小时使用
- d) 便于料槽宽度的调节及导板的更换

2) 弹性卸料板 主要用于冲制薄料和要求制件平整的模具中。弹性卸料板有敞开的工作空间, 操作方便, 生产效率高, 冲压前对毛坯有预压作用, 冲压后也可使冲件平稳脱模。但由于受弹簧、橡胶等弹性元件的限制, 卸料力较小。并

且模具结构复杂, 可靠性与安全性都不及固定卸料板。弹性卸料板的最小厚度见表 20.1-33。

弹性卸料板的结构尺寸见表 20.1-34。当用弹性卸料板作凸模导向时, 凸模与卸料板孔配合按 $H7/h6$; 对于连续模中特别小的冲孔凸模与卸料板孔的单面间隙值比表中的数据要适当加大。

表 20.1-34 弹性卸料板的结构尺寸 (mm)



式中

H —侧导尺厚度

t —冲件料厚

k —系数, 薄料取 0.3; 厚料 ($t > 1.0$ mm) 取 0.1

材料厚度 t	<0.5	$>0.5 \sim 1$	>1
单面间隙 c	0.05	0.10	0.15

3) 推(顶)件器(图 20.1-10) 当凹模安装在模座上,将制件或废料自上而下地推出的部件称之为推件器;反之,如果凹模安装在下模,制件或废料是向上顶出,相应的部件称之为顶件器。

推(顶)件器中的推(顶)件块在自由状态下应高出凹模面 0.2~0.5 mm。

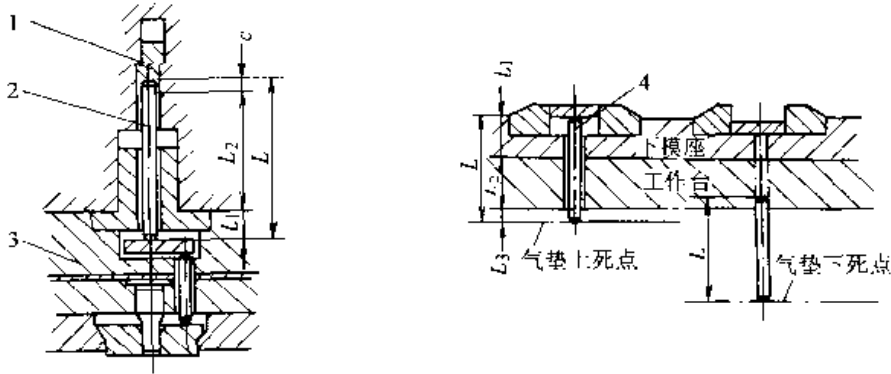


图 20.1-10 推(顶)件器

a) 推件器 b) 顶件器

1—打料横梁 2—打杆 3—上模座 4—托杆

推件板的设计要考虑到推力均衡分布,能平稳地将制件推出,同时不可过多地削弱模柄和模座的强度。因此,推件板形状要按被推(顶)出件的形状设计,常用推件板型式见图 20.1-11。

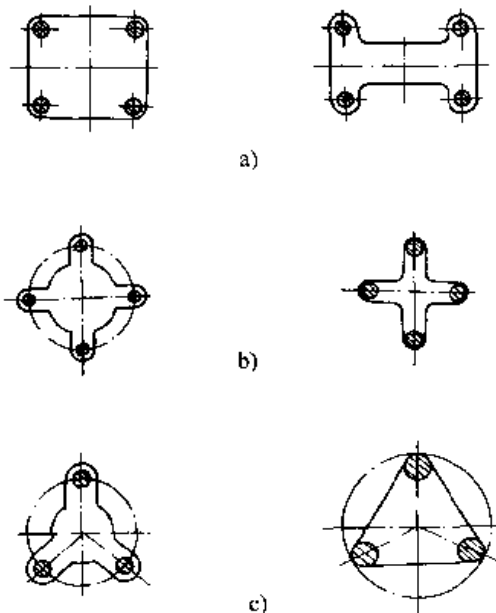


图 20.1-11 推件板型式

a) 用于矩形零件 b) 用于正方形零件
c) 用于圆形零件

打杆长度 L (见图 20.1-10a) 按下式计算

$$L = L_1 + L_2 + c$$

式中 L_1 ——出件状态时,上模座上平面以下的打杆长度;
 L_2 ——压力机结构尺寸;
 c ——考虑各种误差而加的常数,可取 10~15 mm。

托杆长度 L (见图 20.1-10b) 按下式计算

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

式中 L_1 ——气垫在上死点时,托杆在模具内的长度;
 L_2 ——压力机工作台厚度;
 L_3 ——气垫上平面与工作台下平面间的间隙。

为安全使用,气垫处于下死点时,要求托杆不脱离冲模,应满足下式

$$L > l + L_3$$

式中 l ——气垫行程长度。

4) 漏料孔与排出槽 在冲模的下模座上开一个漏料孔,使冲下的制件或废料经过凹模下面及压力机工作台的漏料孔排出,不但简化了模具结构,而且操作安全。如果压力机工作台上没有漏料孔或冲模上的漏料孔比压力机工作台的漏料孔还大时,则须在冲模下模座下面(或下模座上面)做出一条贯穿的排出槽。漏料孔与排出槽的型式及尺寸见表 20.1-35。

表 20.1-35 漏料孔与排出槽

类 型	简 图	备 注
漏料孔		$d_2 - d_1 + 0.2 - 5 \text{ mm}$
		$h = (8 - 10) t, \quad h > 20 \text{ mm}$ $b = d_2 + 2 - 5 \text{ mm}, \quad b > 30 \text{ mm}$
排 出 槽		公用排出槽 $d_2 = d_1 + 4 \text{ mm}$
		倾斜排出槽 $c = 1.5d \tan \alpha$ $\alpha = 30^\circ \sim 45^\circ$

2.4 导向零件

对生产批量大、要求模具寿命和制件精度较高的冲模、一般应采用导向装置来保证上、下模的精确导向。上、下模导向，在凸、凹模开始闭合前或压料板接触制件前就应充分合上。小型模具通常选择导柱、导套来导向。原则上导柱应安

装在下模上。中、大型模具的导向方式参见表 20.1-36。

2.4.1 导柱和导套

由于导柱和导套已经标准化，并和上、下模座组成标准模架，设计时应参考冲模标准选用。导柱、导套的布置型式如表 20.1-37。

表 20.1-36 导向方式的选择

模 具	使用情况	小 批 量	中、大批量
	拉 深 模	中 型	侧导板、导板或导块
大 型		无柱的背靠块	

续表 20.1-36

模 具	使用情况		小 批 量	中、大批量
	成形模 弯曲模 翻边模 整形模	中 型	侧导板、导块、导柱、导套	
	大 型	无柱的背靠块	带柱的背靠块	
落料模 修边模 冲孔模 剪切模	中、小型	导柱、导套、导板		
	大 型	带柱的背靠块		

表 20.1-37 导柱和导套的布置型式

序号	1	2	3	4
图 示				
特 点 和 应 用	两导柱置于后侧，导向情况较差，但它能从三个方向送料，操作方便，对导向要求不太严格且偏移力不大的情况下广泛采用	两导柱在中部两侧布置，导向中心连线通过压力中心，导向情况较1为好，但操作不及1方便	两导柱对角布置，特点同2	四角布置导柱，导向情况最好，但结构复杂，只有在导向要求精度高、偏移力大和大型冲模中才使用

导柱、导套的安装尺寸如图 20.1-12。在按标准选用导柱长度 L 时，应保证模具在闭合状态下，导柱上端面与上模座上平面的距离不小于 10~15 mm，导柱下端与下模座下平面的距离不小于 2~3 mm；导套与上模座上平面的距离应大于 3 mm，用以排气与出油。导套的长度 L_1 ，须保证在冲压时导柱一定要进入导套 10 mm 以上。

导柱、导套的结构型式有滑动与滚动两种。对于一般的冲压加工，采用滑动导柱、导套能够保证导向精度；但对冲裁薄料 ($t < 0.1 \text{ mm}$) 或

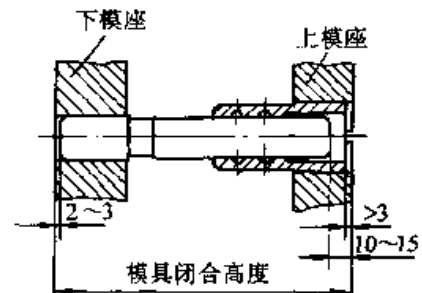


图 20.1-12 导柱、导套安装尺寸
精密冲裁模、硬质合金模和高速冲模等要求无间隙导向时，需要采用滚珠导柱、导套(图 20.1-13)。

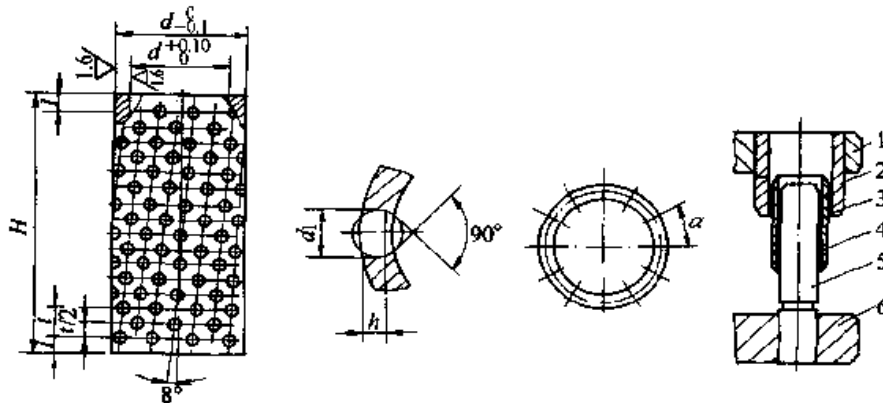


图 20.1-13 滚珠导柱导套

1—上模板 2—导套 3—钢球 4—钢球保持架 5—导柱 6—下模板

2.4.2 侧导板与导板

侧导板主要用于大、中型拉深模、成形模、弯曲模、翻边模和整形模等的上、下模导向，其结构型式如图 20.1-14，侧导板宽度 a 一般为 70~250 mm，厚度 $b = (0.03 \sim 0.05) a$ 。

对于中、小型的冲裁模，卸料板也可以是对凸模起导向作用的导板（表 20.1-38），这对特别细长的凸模能够起到很好的保护作用，导板与凸模采用 H7/h6 配合，导板开孔结构见表 20.1-39。

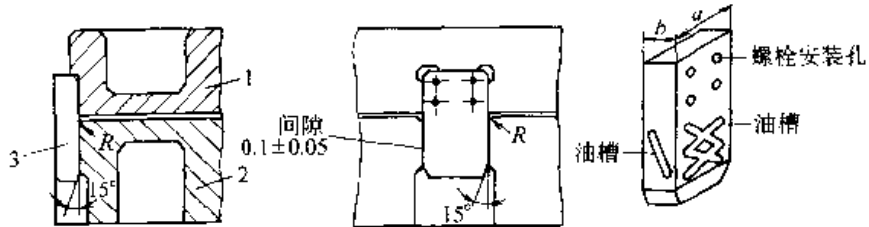


图 20.1-14 侧导板导向
1—凹模 2—压料圈 3—导板

表 20.1-38 导板（卸料板）结构型式

型 式	示 图	特 点 及 应 用
固 定 式		用于板厚超过 0.5 mm 的材料，导板与凹模的相对位置由圆销固定
弹 压 式 (一)		用于薄料冲压，导板由独立的导柱导向
弹 压 式 (二)		用于薄料冲压，导板由独立的导柱导向，但导板由模架的导柱导向，外形尺寸较大

表 20.1 39 导板（卸料板）开孔结构

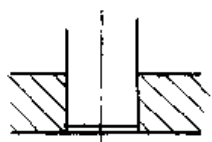
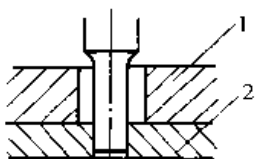
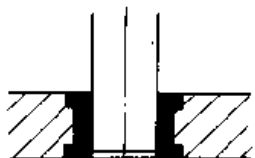
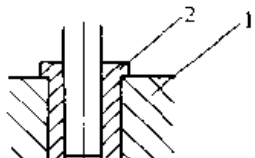
示 图	应用说明	示 图	应用说明
	直接在导板上开孔		在导板本体 1 上另加淬硬拼块 2 与凸模精密配合
	浇注环氧树脂		以淬硬镶套 2 嵌入导板本体 1 与圆凸模精密配合

图 20.1-15 所示为冲压过程中，凸模工作端面与导板下平面平齐时，有关零件的相互位置。可得如下计算式：

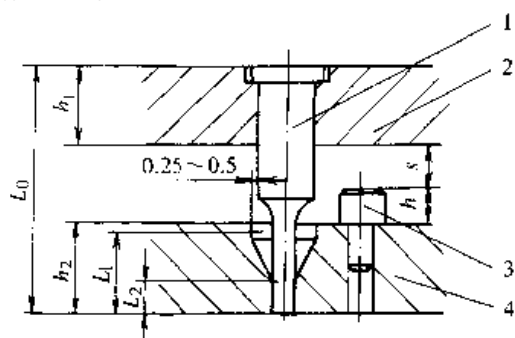


图 20.1-15 导板模尺寸计算
1—凸模 2—固定板 3—限位柱 4—导板

$$s = H + m + 1.5 \text{ mm}$$

$$h = L_0 - h_1 - h_2 - s$$

$$L_2 = L_1 - s - 1 \text{ mm}$$

式中 s ——限位柱与固定板的距离 (mm)；
 H ——导料板厚度 (mm)，参见表 20.1-23 与图 20.1-5；
 m ——凸模总刃磨留量 (mm)；
 h ——限位柱大端高度 (mm)；
 h_1 ——固定板厚度 (mm)；
 h_2 ——导板厚度 (mm)；
 L_0 ——新凸模长度 (mm)；
 L_1 ——凸模小直径部分长度 (mm)；
 L_2 ——导板小孔部分高度 (mm)。

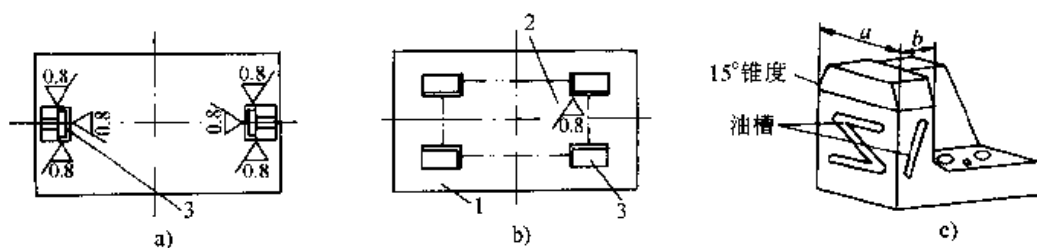


图 20.1-16 导块及其设置
a) 两处设三面导向 b) 四处设两面导向 c) 三面导向用导块
1—下模座 2—压料圈 3—导块

2.4.3 导块

导块的使用方式与侧导板相同，设置于模具中心线上时为三面导向（图 20.1-16a），设置于模具四角时为两面导向（图 20.1-16b）。导块的

长宽比 $a/b = 1/ (0.2 \sim 0.3)$ 。

背靠块导向主要用于大型模具，合模时其滑动啮合面应在 50 mm 以上。图 20.1-17 为背靠块导向实例图。

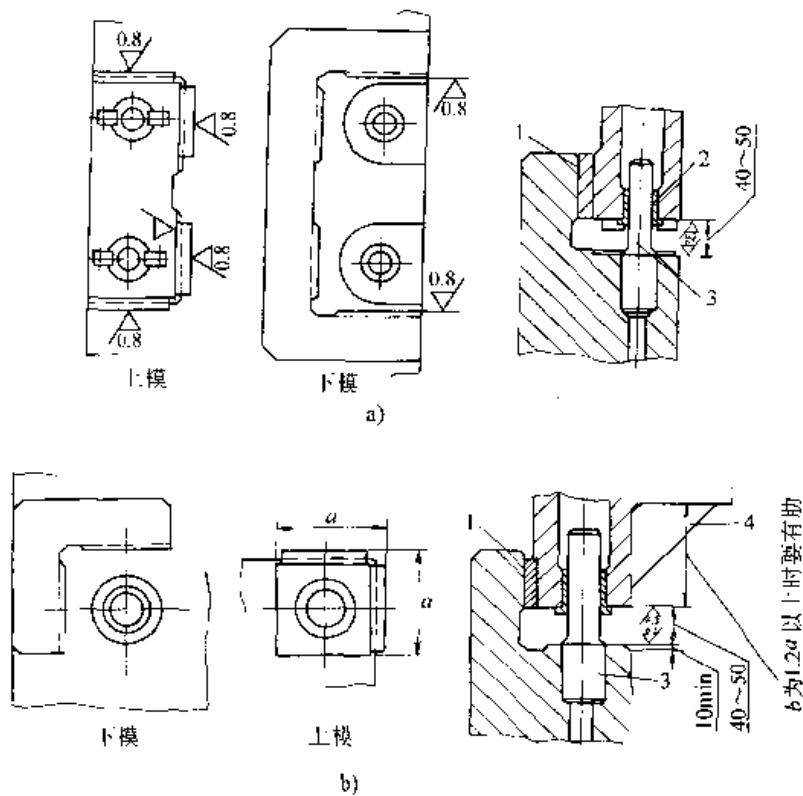


图 20.1-17 背靠块

a) 箱式背靠块 b) 角式背靠块

1—背靠块防磨板 2—导套 3—导柱 4—肋

2.5 固定零件

固定零件包括：上、下模座，模柄，凸、凹模固定板，垫板以及螺钉和销钉等。上、下模座已有国家标准，除特殊情况外应尽可能按标准选用。

2.5.1 模柄

模柄的作用是固定上模座于压力机滑块上时使模具的压力中心与压力机的压力中心保证一致。所以，模柄的长度不得大于压力机滑块里模柄孔的深度，模柄直径应与模柄孔一致。模柄的类型及应用见表 20.1-40。

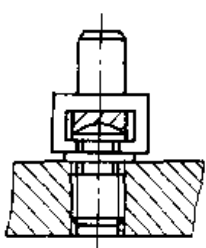
表 20.1-40 模柄的类型及应用

类型	示 图	特点及应用
整体式		模柄与上模座做成整体，适用于小型模具

续表 20.1-40

类型	示 图	特点及应用
压入式		与模座安装孔用 H7/n6 配合，可保证较高的同轴度和垂直度，适用于各种中、小型模具
螺纹旋入式		模柄制造及安装方便，为防止松动拧入防转螺钉，主要用于中、小型模具
凸缘式		用螺钉、销钉与上模座紧固在一起，适用于较大的模具

续表 20.1-40

类型	示 图	特点及应用
浮动式		这种结构可以通过球面垫块消除压力机导轨误差对冲模导向精度的影响,适用于有滚珠导柱、导套导向的精密模具

2.5.2 凸、凹模固定板和垫板

对于小型的凸、凹模零件,一般通过固定板间接地固定在模座上,以节省贵重的模具钢,固定型式参见表 20.1-21。为使凸模(凹模)固定牢靠并具有良好的垂直度,固定板必须有足够的厚度。一般可按下式计算

凸模固定板 $H_D = (1 \sim 1.5) D$

凹模固定板 $H_D = (0.6 \sim 0.8) H_0$

式中符号见图 20.1-18。

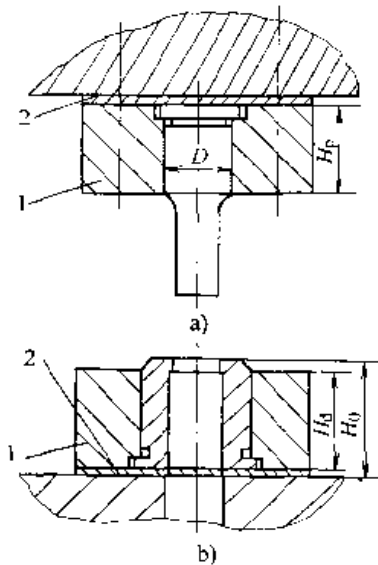


图 20.1-18 固定板和垫板

a) 凸模 b) 凹模
1—固定板 2—垫板

如果凸(凹)模端面上的单位压力大于模板材料的许用抗压应力,即凸(凹)模与铸钢模座接触处的单位压力不应大于 100 MPa,与钢模座接触处的单位压力不应大于 200 MPa,否则应采用垫板减低模板承受的单位压力。垫板的外形尺寸与凸、凹模固定板相同,厚度与外形尺寸的关系见表 20.1-41。

表 20.1-41 垫板尺寸 (mm)

垫板厚度 t	最大外形尺寸		最小外形尺寸	
	矩形($a \times b$)	圆形(d)	矩形($a \times b$)	圆形(d)
4	100 × 100	100	—	—
6	160 × 140	140	63 × 50	63
8	250 × 200	200	125 × 100	125
10	315 × 315	315	160 × 160	160
12	—	—	250 × 250	250

2.6 弹性元件

弹簧和橡胶是模具中广泛使用的弹性元件,主要为弹性卸料、压料及出件装置等提供所要求的作用力与行程。

2.6.1 弹簧

弹簧属于标准件,冲压模具中常使用圆柱形螺旋弹簧和碟形弹簧。

(1) 圆柱形螺旋弹簧

弹簧选用的一般步骤:

1) 根据模具结构和工艺力 F (卸料力、推件力等) 初步确定弹簧根数 n , 并计算出分配在每根弹簧上的工艺力 F/n 。

2) 根据每根弹簧所需的预紧力 $F_0 \geq F/n$ 和必须的总压缩量 $l \geq l_0 + l_w + l'$ (图 20.1-19a), 初选弹簧直径 D 和弹簧丝直径 d 及弹簧圈数 N 和自由长度 L_0 。在此, l_0 为弹簧预紧量, l_w 为工艺行程, 一般取 $l_w = t + 1 \text{ mm}$, l' 为考虑模具的刃磨和调整的余量, 一般取 $l' = 5 \sim 10 \text{ mm}$ 。

3) 利用弹簧特性线, 校验所选弹簧的性能, 使之满足预紧力和最大压缩量的要求。

例 冲制料厚 $t = 1 \text{ mm}$ 的低碳钢垫圈, 外径 $\phi 80 \text{ mm}$, 内孔 $\phi 50 \text{ mm}$, 凸凹模的总刃磨量 6 mm 。如果卸料力为 3600 N 时, 根据模具结构初选弹簧数 $n = 6$, 则卸料弹簧的选用如下:

1) 每根弹簧上的卸料力

$$\frac{F}{n} = \frac{3600}{6} = 600 \text{ N}$$

2) 根据所需的预紧力 $F_0 \geq 600 \text{ N}$ 和弹簧工作中必须的压缩量 $l_w + l' = 1 + 1 + 10 = 12 \text{ mm}$ (实际所需工艺行程 $l_w = 2 \text{ mm}$, 取余量 $l' = 10 \text{ mm}$), 参照弹簧特性线 (图 20.1-19b) 和弹

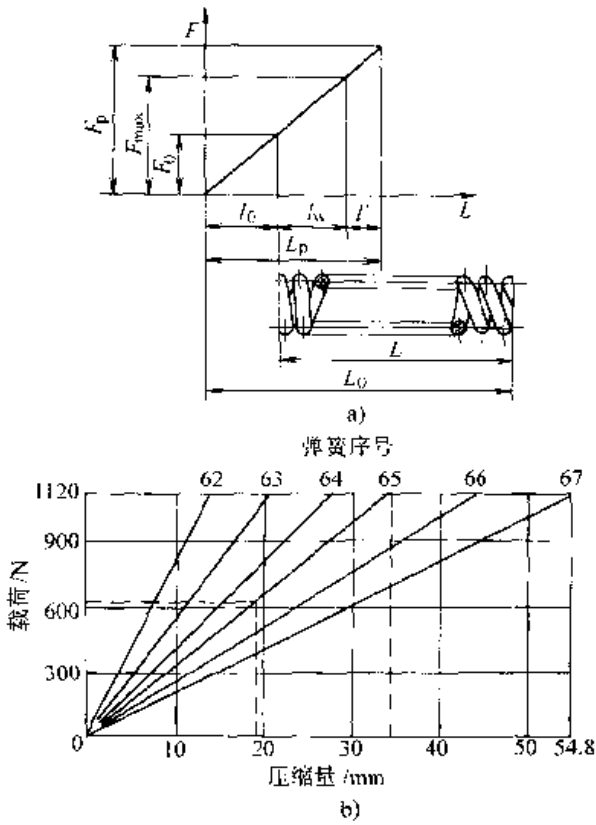


图 20.1-19 弹簧特性线

簧的规格，预选弹簧的直径 $D=40\text{ mm}$ ，弹簧丝的直径 $d=6\text{ mm}$ ，弹簧自由长度 $L_0=110\text{ mm}$ ，弹簧的序号 65。

3) 校验所选弹簧的性能。由弹簧特性线 (图 20.1-19b) 知，对于序号 65 的弹簧，当预紧力 $F_0=620\text{ N}$ 时预紧量 $l_0=19\text{ mm}$ ，最大许用压缩量 $L_p=34.5\text{ mm}$ 。则 $l=l_0+l_w+l'=31\text{ mm}$ ，即有

$$F_0 \geq F/n \text{ 和 } l \leq L_p$$

故满足要求。

(2) 碟形弹簧

当冲压所需工作行程较小而作用力很大时，可以考虑选用碟形弹簧。碟形弹簧组装方式有对合式和复合式，如图 20.1-20 示例。在使用同一规格碟形弹簧的情况下，复合式组装允许承受的载荷能成倍增加，其增加的倍数为每一叠的弹簧个数，如图 20.1-20b 的复合组装方式为图 20.1-20a 允许承受载荷的 3 倍。

碟形弹簧在使用中较易碎裂，有碎裂片应及时更换；而且导杆容易磨损，所以应对导杆渗碳并淬火处理。

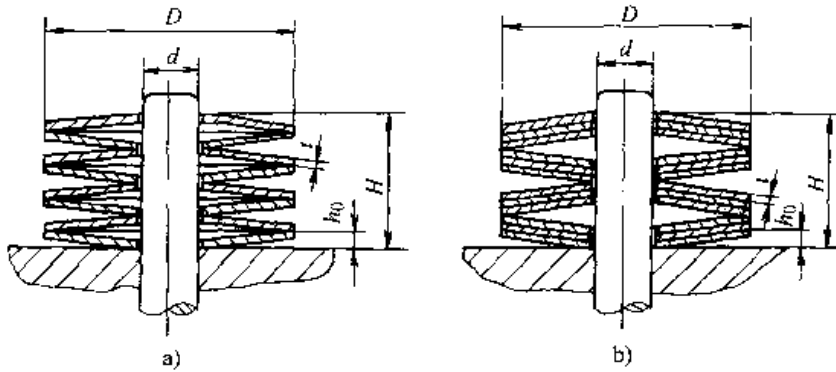


图 20.1-20 碟形弹簧组装方式

a) 对合式 b) 复合式

2.6.2 橡胶

橡胶允许承受的载荷较大，且安装调整方便，是冲压模具中广泛使用的弹性元件。橡胶的选用与计算如下。

1) 橡胶的工作压力

$$F = A \cdot q$$

式中 F ——橡胶板工作压力 (N)；
 A ——橡胶板横截面积 (mm^2)；
 q ——橡胶板的单位压力 (图 20.1-21)，一般取 $2\sim 3\text{ MPa}$ 。

2) 橡胶板压缩量和厚度 橡胶板的最大压缩量一般应不超过厚度 H 的 45%，其预压缩量为 10%~15%，所以取

$$H = \frac{h}{0.25\sim 0.3}$$

式中 H ——橡胶板厚度 (mm)；
 h ——许可压缩量 (mm)。

橡胶板的相对高度 H/D 应满足：

$$0.5 \leq H/D \leq 1.5$$

式中 D ——圆柱形或圆筒形胶板的外径。

否则，应分成若干块，使每块橡胶板的 H/D 仍应满足上式的要求。

3) 橡胶板的平面尺寸 橡胶板的截面尺寸见表 20.1-42。

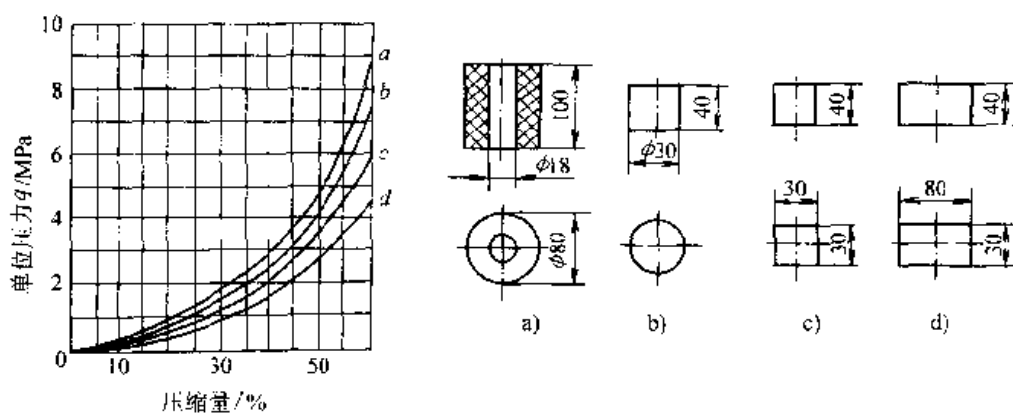


图 20.1-21 橡胶板单位压力与压缩量

表 20.1-42 橡胶板的截面尺寸计算

橡胶板型式	Diagram 1		Diagram 2	Diagram 3	Diagram 4	
	d	D	d	a	a	b
尺寸/mm	d	D	d	a	a	b
计算公式	按结构选用	$\sqrt{d^2 + 1.27 \frac{F}{q}}$	$\sqrt{1.27 \frac{F}{q}}$	$\sqrt{\frac{F}{q}}$	$\frac{F}{bq}$	$\frac{F}{aq}$

注： q —橡胶板单位压力 (MPa)，一般取 2~3 MPa； F —所需工作压力 (N)。

2.7 斜楔机构

一般冲压加工为垂直方向，而当制件的加工方向必须改变时，应采用斜楔机构。斜楔机构的作用是将压力机施压部分的垂直运动转变为制件加工所需要的水平或倾斜方向的运动，以进行该方向上的冲孔、切边、压凹坑和弯曲等工序，从而扩大冲模的功能。

模具中的侧向冲压机构主要是以斜楔机构来实现的。

2.7.1 斜楔与滑块运动的主要方式

斜楔和滑块总是配对使用，表 20.1-43 列出了它们的主要运动方式。

斜楔基本上可以分为单斜面斜楔和双斜面斜楔 (表 20.1-44)，另外还有各种复合斜面斜楔。单面斜楔机构的滑块一般靠弹簧复位；双面斜楔有的是由斜楔本身带动滑块复位，有的还借助弹簧完成复位。单斜面斜楔分为一段配合面与两段配合面两种，双斜面斜楔分为两段配合面与三段配合面两种，每段配合面分别称为：导向限制段配合面；冲击运动段配合面；冲压间歇段配合面。

表 20.1-43 斜楔、滑块运动的主要方式

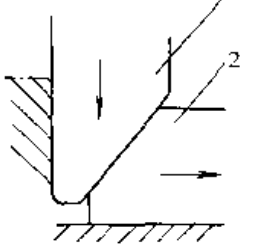
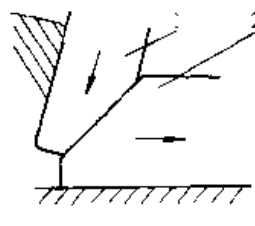
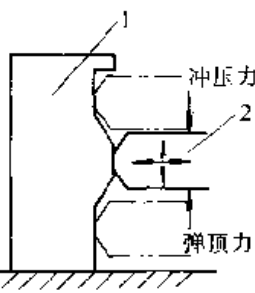
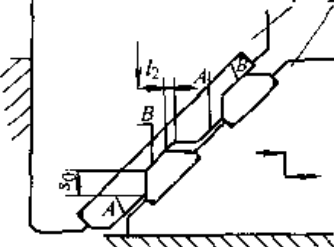
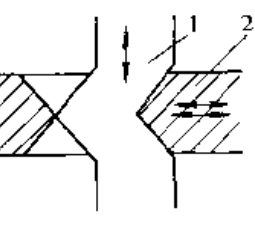
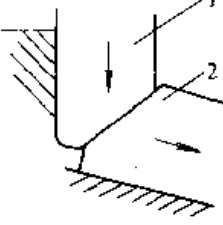
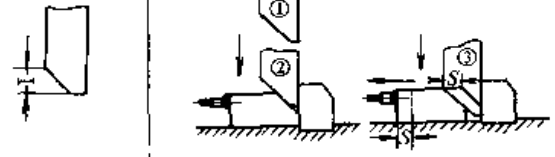
运动方式	简图	说明	运动方式	简图	说明	
水平运动		斜楔 1 向下推动滑块 2 沿水平面运动	倾斜运动		滑块 2 向上倾斜运动	
		斜楔 1 固定不动, 滑块 2 垂直上下的同时作水平移动		间歇运动		滑块 2 被斜楔 1 的 A 面推动作第一次水平运动, 稍停后又被 B 面继续推动, 再次水平移动 l_1 为滑块中间空行程, l_2 为滑块第二次运动相对行程
		斜楔 1 每上下运动一次, 滑块 2 作左右往复运动两次				斜楔 1 的 A 面先使滑块 4 水平移动, 并推动滑块 3 及 2 上升; 此后, 斜楔 1 的 B 面推动滑块 2 向右作水平移动
倾斜运动		斜楔 1 向下推动滑块 2 向下倾斜运动	综合运动			

表 20.1-44 斜楔面配合基本种类

种类	简图	说明
单斜面一段配合面斜楔 单斜面斜楔		斜楔与滑块的配合部分仅有冲击运动段。从斜面接触②开始到冲程下死点③止, 滑块完成侧向行程。斜楔提升时, 滑块在弹簧力的作用下复位 它适用于侧向冲裁, 也适合于凸、凹模间没有卡死力的侧向弯曲、成形加工 单斜面斜楔都需设置限位块, 一是限制滑块复位位置, 二是抵消斜楔的侧向分力

续表 20.1-44

种类	简图	说明
单斜面两段配合面斜楔		配合部分的第Ⅰ段为冲击运动段，斜楔到达位置③，滑块侧向运动结束并走完行程 S；此后，斜楔与滑块配合面进入第Ⅱ段——冲压间歇段，斜楔继续向下运动时滑块保持不动，直至斜楔由③到④后又由④到③而结束第Ⅱ段配合。冲压间歇段的长短，取决于 L 的长度 它最适合于侧向弯曲，或无卡死力的侧向抽芯等
双斜面两段配合面斜楔		斜楔斜面以下的直线段为导向限位段，限制滑块在原位置不动；冲程由②至③，为冲击运动段 双斜面斜楔由斜楔带动滑块复位。它适合于冲裁力较大、卸料力较大的侧向冲裁，以及凸、凹模间有卡死可能的侧向弯曲、成形加工
双斜面三段配合面斜楔		第Ⅰ、Ⅱ段与双斜面两段配合面斜楔的情况相同。由③至④为第Ⅲ段（冲压间歇段），与单斜面两段配合面斜楔的第Ⅱ段的效果一样 它最适合抽芯力较大的型芯送进

2.7.2 斜楔与滑块的设计

(1) 设计要求

1) 斜楔的有效行程应大于或至少等于滑块行程；

2) 滑块的长度尺寸 L_2 应保证当斜楔开始推动滑块时，接触面上推力的合力作用线处于滑块长度之内（图 20.1-22）；

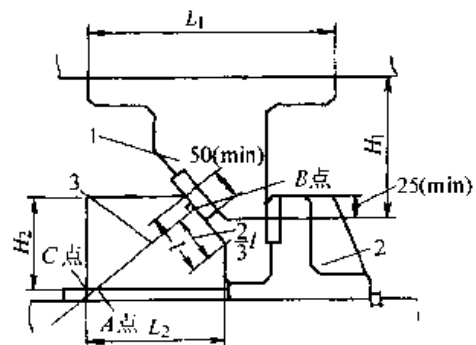
3) 滑块高度 H_2 应小于其长度 L_2 ，一般应为

$$0.5 \leq H_2/L_2 \leq 1$$

4) 为保证滑块运动平稳，一般应使滑块的宽度 $B_2 \leq 2.5L_2$ ；

5) 斜楔尺寸 H_1 、 L_1 可按模具的结构要求设计，但应有可靠的挡块；

6) 斜楔、滑块宽度 B_1 和 B_2 及所需数量见 图 20.1-22 中表；



B_2/mm	B_1/mm	斜楔数量
≤ 300	70~200, $B_1 < B_2$	1
300~600	70~200	2
>600	100~150	2~3

图 20.1-22 斜楔、滑块尺寸关系

(图示为斜楔滑块开始动作时的状态)

1—斜楔 2—后挡块 3—接触面上合力作用线

7) 斜楔滑块开始动作时, 它们的接触面长度最小应在 50 mm 以上, 而且接触面应不小于 2/3。

(2) 斜楔的形状与安装

斜楔形状见图 20.1-23。推力较小时可不用键 (图 20.1-23a), 推力较大时则应采用键 (图 20.1-23b)。对于大型模具或承受大的推力时, 应考虑采用后挡块 (图 20.1-23c), 后挡块的形

状如图 20.1-24 所示, 其中: 图 a 为适用于小件或轻载荷用斜楔模的结构; 图 b 为一般斜楔模的结构; 图 c 为没有另安装键时采用的特殊结构; 图 d 为适用于大型模具的铸成一体的结构。

斜楔安装主要应保证牢固可靠, 同时还需考虑模具刃磨后斜楔应调整方便。斜楔安装的常见型式如表 20.1-45。

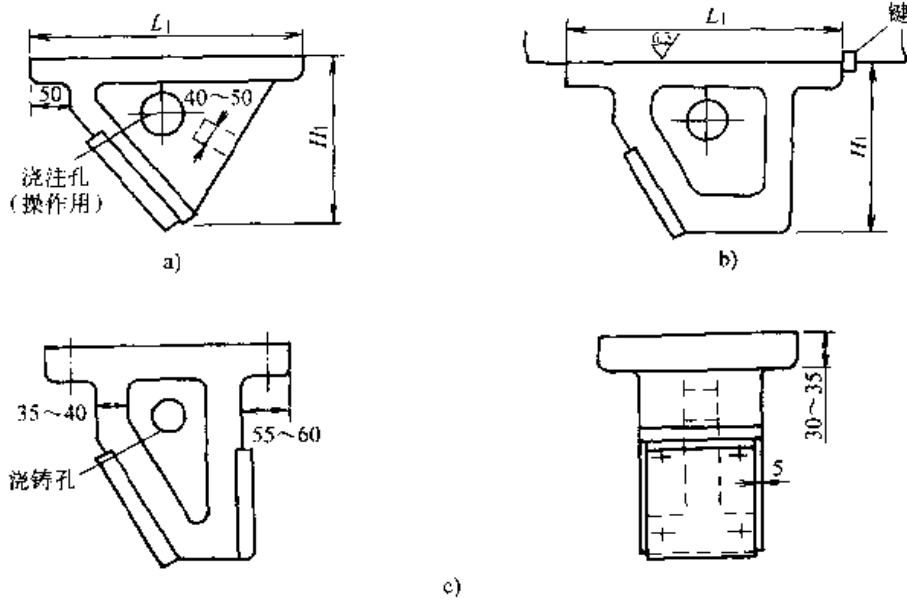


图 20.1-23 斜楔的形状

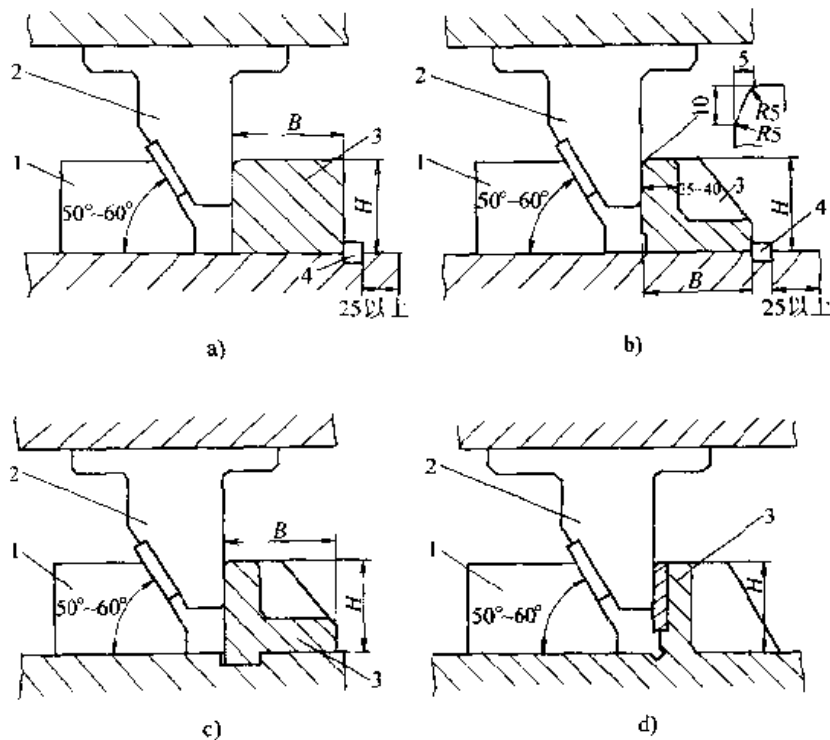
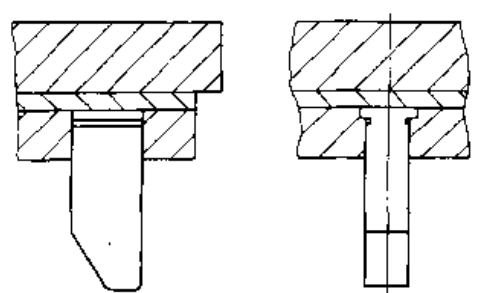
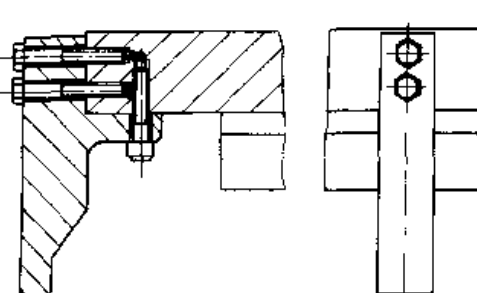
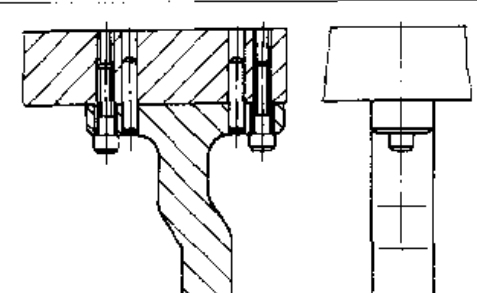


图 20.1-24 后挡块的形状

a)、b)、c) 图中取 $B \geq H$

1—滑块 2—斜楔 3—后挡块 4—键

表 20.1-45 斜楔安装的常见型式

安装方式	简 图	说 明
紧 固 式		斜楔与固定板采用 $\frac{H7}{u6}$ 或 $\frac{H8}{s7}$ 配合, 适用于单斜面斜楔的安装; 装配较方便, 但不利于维修、调整
镶 入 式		斜楔直接镶入上模固定板或上模座, 安装紧固可靠, 拆卸调整方便, 尤其适合单斜面斜楔的安装
叠 装 式		结构刚性好, 安装拆卸非常方便, 但斜楔制造较麻烦, 一般双面斜楔多采用这种结构

(3) 滑块的基本结构

滑块的基本结构见图 20.1-25。

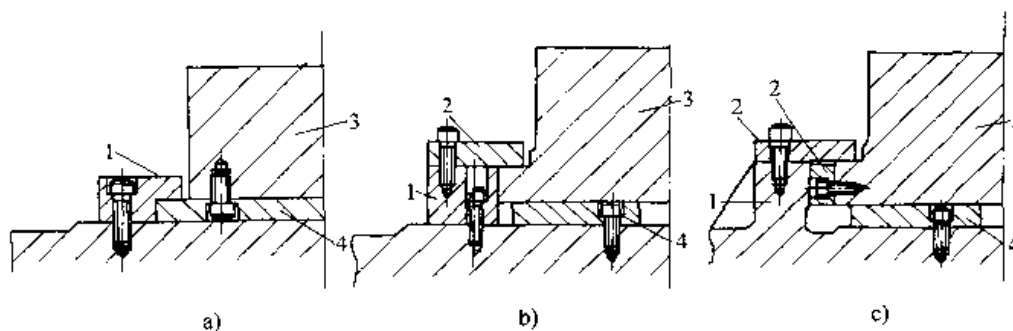


图 20.1-25 滑块的基本结构

a) 小型斜楔机构 b) 中、小型斜楔机构 c) 大、中斜楔机构

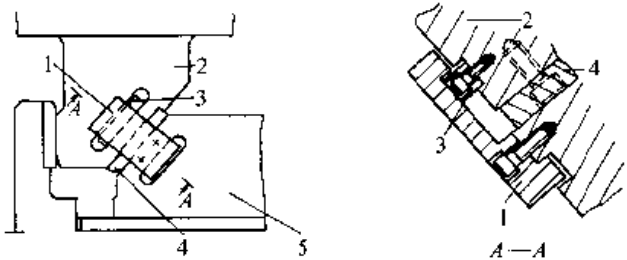
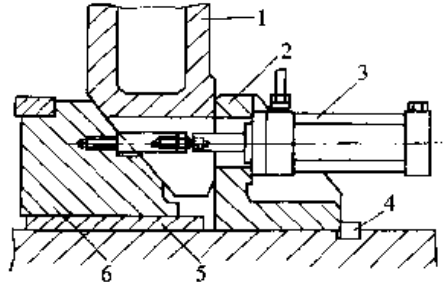
1—导块 2—导板 3—滑块 4—滑板

2.7.3 复位机构 (表 20.1-46)

表 20.1-46 常见的滑块复位机构

复位方式	简 图	说 明
弹性复位	<p>1—耐磨板 2—滑块 3—斜楔 4—螺栓 5—后挡块 6—弹簧 7—弹簧座 8—双螺母 9—外罩 10—开口销 11—键</p>	<p>复位弹簧安装在后挡块的外侧，结构简单，便于弹簧的安装，且弹簧复位力较大</p>
	<p>1—弹簧 2—滑块 3—斜楔 4—耐磨板 5—下模座 6—槽</p>	<p>复位弹簧安装在下模座内，结构紧凑。当安装弹簧的空间较小时，只能用较小的弹簧，复位力也较小</p>
刚性复位	<p>1—斜楔 2—滑块</p>	<p>利用斜楔本身强制滑块左右运动，主要用于中、小型模具</p>
	<p>1—斜楔 2—滑块 3—滚轮</p>	<p>以滚轮代替斜面，用于较小滑块</p>
	<p>1—停止器 2—键 3—斜楔 4—滑块 5—耐磨板</p>	<p>斜楔较短，可避免进入模座，但滑块需要停止器1定位</p>

续表 20.1.46

复位方式	简 图	说 明
刚性复位	 <p>1—刚性复位板 2—斜楔 3—矩形键 4—防磨板 5—滑块</p>	<p>斜楔与滑块不能脱开，主要用于大型模具</p>
气动复位	 <p>1—斜楔 2—后挡块 3—气缸 4—键 5—防磨板 6—滑块</p>	<p>弹簧行程不足时，用气缸代替，用于大型模具</p>

第2章 单工序模设计

1 冲裁模及典型结构

1.1 冲裁模设计的基本原则

1) 要根据制件的尺寸精度要求以及生产批量、综合考虑经济效益确定是否采用单工序冲裁模。

2) 模具结构和模具材料应与制件批量相适应。

3) 尽量选用标准模架和模具零件。

4) 模架的平面尺寸,不仅要与凹模尺寸相适应,还应与压力机台面尺寸及开孔大小相适应。

5) 落料模的送料方向要与选用的压力机相适应。

6) 为了便于校模和存放,模具应安装闭合高度限位块。模具工作时限位块不应受压。

7) 冲压对称制件的模架应明显不对称,以防止上模和下模装错位置。

8) 弯曲件的落料模,排样时应考虑材料轧制方向。

9) 刃口尖角处宜用拼块,既便于加工,也

可防止应力集中导致开裂。拼块原则见本篇第1章。

10) 单面冲裁的模具,应在结构上采取措施使凸模和凹模的侧向力相互平衡,不宜让模架的导柱导套承受侧向力。

11) 安装于模具内的弹簧,在结构上应能保证弹簧断裂时不致蹦出伤人。

12) 冲孔模应考虑放入和取出制件方便、安全。

13) 冲孔模的定位,应防止落料板坯正反面都能放入。

14) 多凸模冲孔时,邻近大凸模的细小凸模应比大凸模在长度上短一冲件料厚,因为若做成相同长度则容易折断。

15) 对于大型落料与修边模或冲件内孔有窄小凸出与凹槽时,应采用镶拼与嵌块结构,其镶拼规则见本篇第一章。

1.2 典型冲裁模的结构型式

(1) 冲孔模 (图 20.2-1)

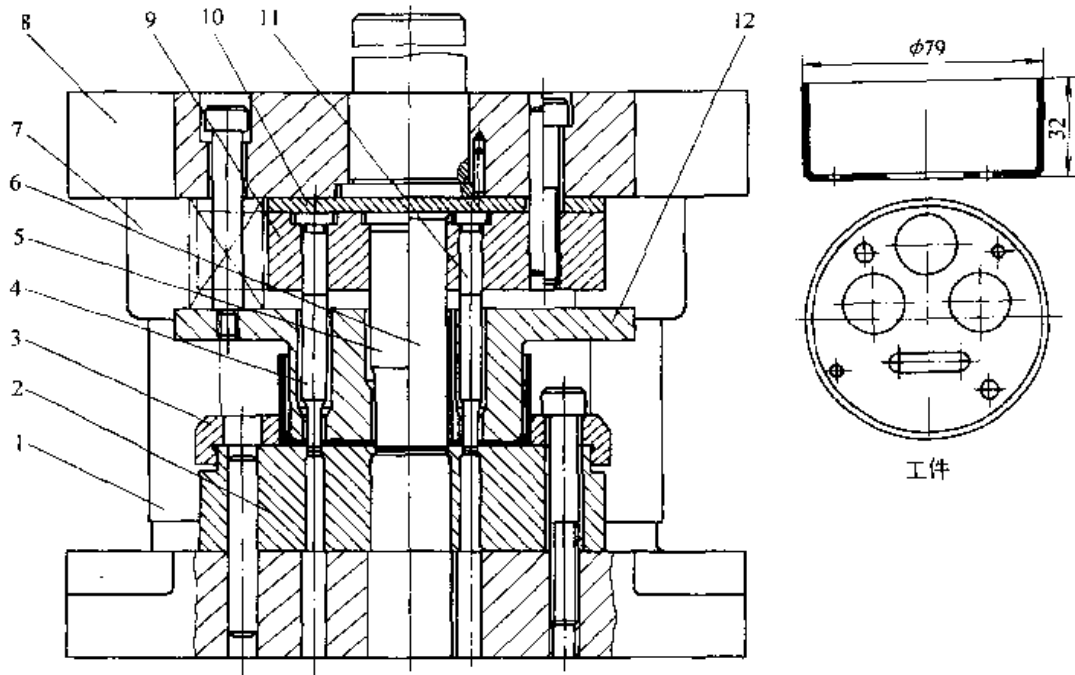


图 20.2-1 冲孔模

1—导柱 2—凹模 3—定位板 4, 5, 6, 11—凸模 7—导套
8—上模板 9—凸模固定板 10—垫板 12—卸料板

该模具用于拉深件的底部冲孔。采用弹簧卸料板 12 卸料，并兼有冲孔时的压件作用，因此冲孔质量较好。由于孔边和拉深件侧壁距离较

近，为保证凹模有足够强度，拉深件口部朝上放置，用定位板 3 定位。

(2) 大型圆锥保持器冲窗孔模 (图 20.2-2)

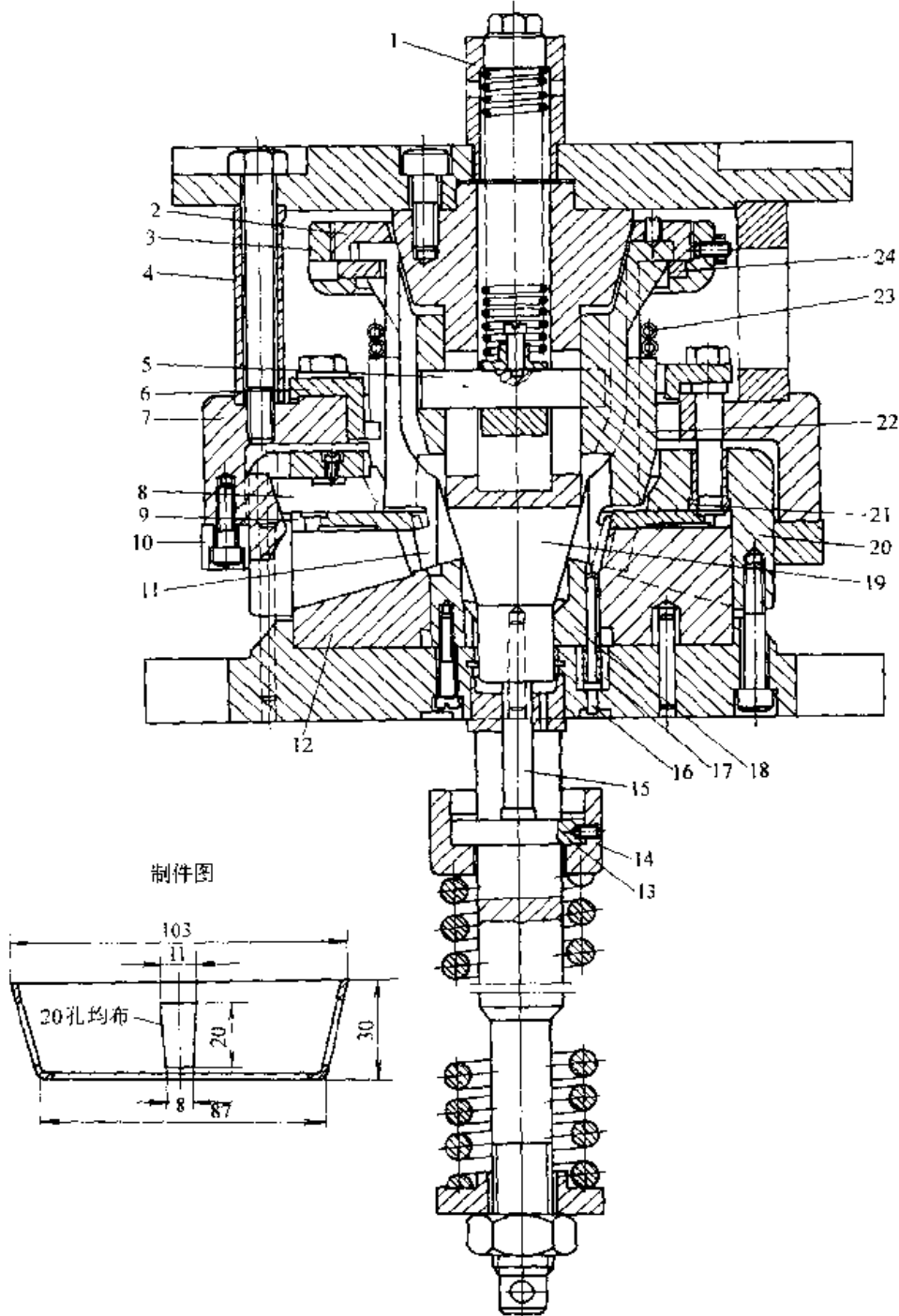


图 20.2-2 大型圆锥保持器冲窗孔模

- 1—模柄 2—导柱法兰盘 3—螺母 4—连接架 5—横销 6—定位铁 7—压缩套圈 8—顶杆
 9—凹模套圈 10—导向套圈 11—凸模 12—凹模 13—横销 14—推出杆垫圈
 15—弹簧顶杆 16—推出杆 17—弹簧 18—内圆限制器 19—锥体 20—顶铁架
 21—导柱套筒 22—导向柱 23—拉簧 24—齿形套圈

此模具可将轴承圆锥保持器上 20 个窗孔一次冲出，保证了各孔间的尺寸精度。这种结构适用于大批量生产，能冲直径为 $\phi 50 \sim \phi 120$ mm、厚度为 1.5~2.5 mm 的冷轧钢板。

压力机滑块下降时，锥体 19 向下移动，下压弹簧顶杆 15，使下端缓冲器压缩；推出杆 16 在弹簧 17 作用下向下移动，使被冲制件落入凹模 12 内。

锥体 19 的锥面下压凸模 11 背面，使 20 个凸模同时沿径向向外扩张，对制件进行冲孔，废料沿凹模刃口后端斜面向外漏出。此时拉簧 23、

顶杆 8 也向外伸开。

压力机滑块上升时，压缩套圈 7 沿导柱套筒 21 槽内上升，其斜面推动顶杆 8（有 20 个）向中间移动，顶杆推动凸模向中间收缩。此时拉簧 23 也协助完成凸模 11 退出制件的动作，凸模 11 靠导向柱 22 上的槽定位。之后，在锥体 19 芯内的横销 5、导向柱 22 等作用下降至原位。

在弹簧顶杆 15 上升的同时，在下弹簧的作用下，推出杆垫圈 14 向上推动推出杆 16 上升，把制件顶出。

(3) 带废料切刀修边模 (图 20.2-3)

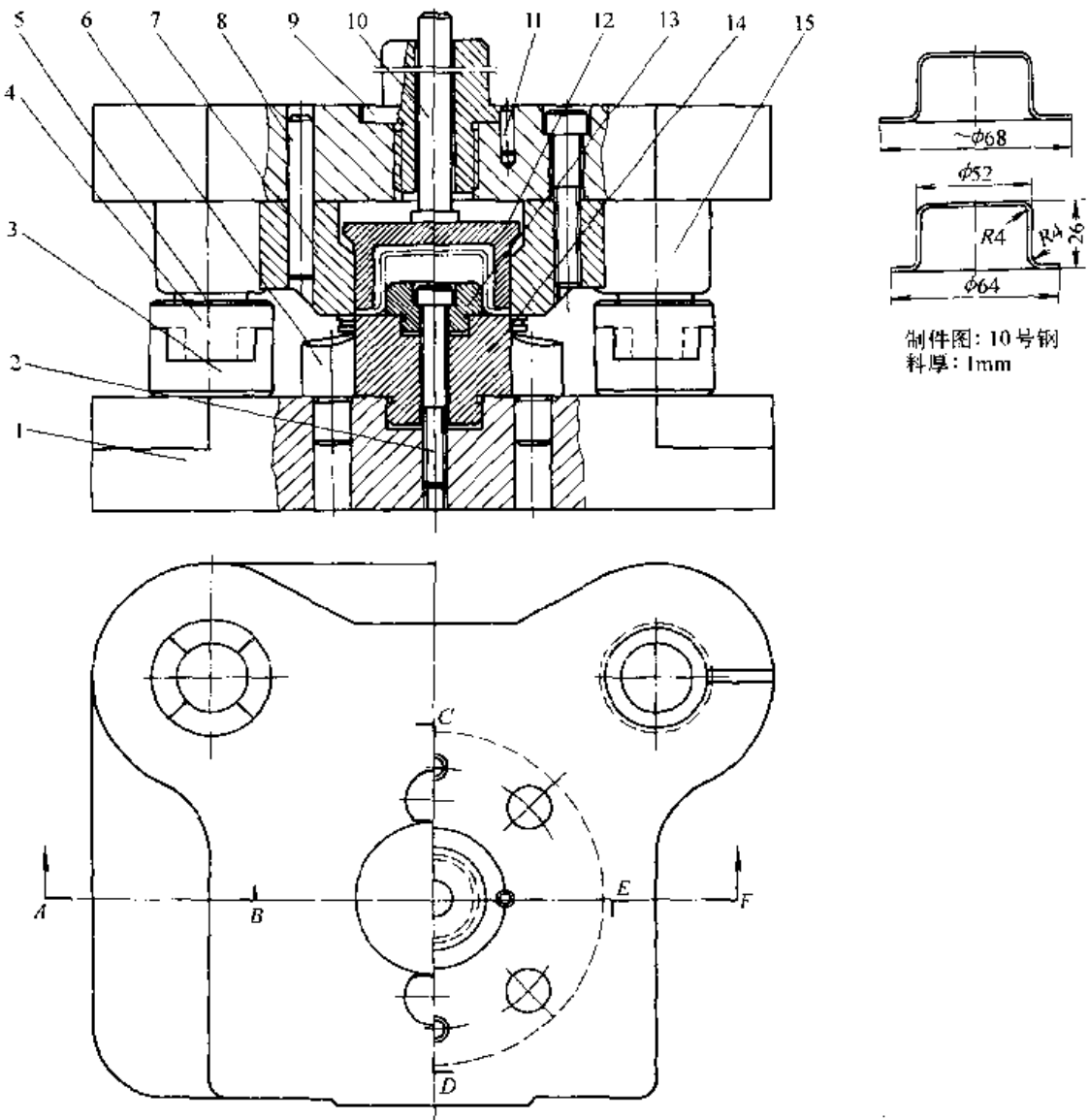


图 20.2-3 带废料切刀修边模

- 1—下模座 2—螺钉 3—限高套(下) 4—限高套(上) 5—导柱 6—废料切刀 7—凹模
8—柱销 9—模柄 10—推件杆 11—柱销 12—推件器 13—定位块 14—凸模 15—导套

模具采用倒装式结构（凹模在上、凸模在下），并在凸模旁对称布置废料切刀6（切刀刃口应低于凸模刃面约3-5倍料厚）。工作时，毛坯由定位块13定位，凹模向下运动与凸模一起作用进行修边的同时，将最下面废料压向废料刀刃，使废料被切分成两半分开。冲毕放模时，为避免凹模啃坏废料切刃，在导柱5上有两对限高套（3、4）。冲压时，限高套凹、凸对配；放模时，限高套凸与凸对配。

(4) 悬臂式冲孔模（图 20.2-4）

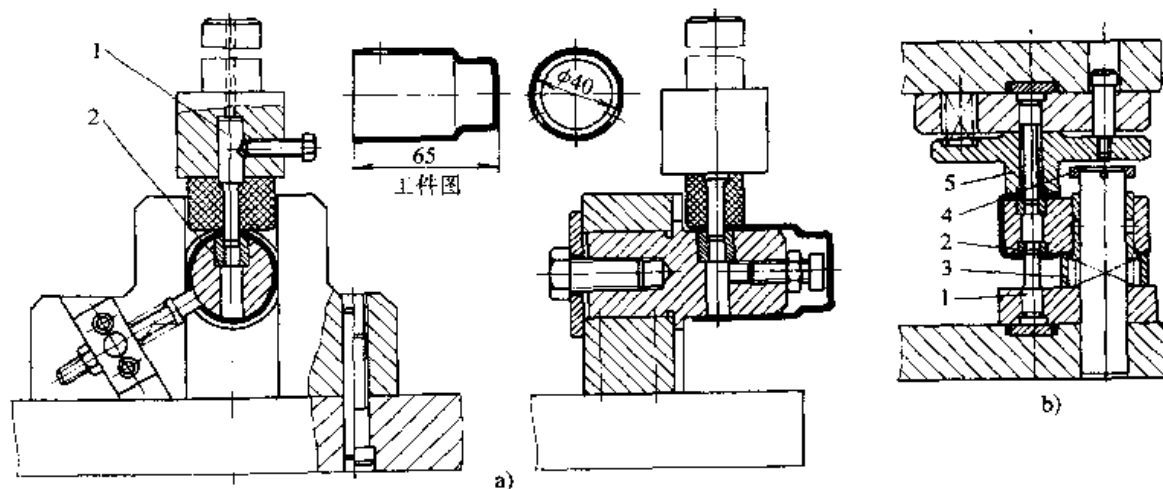


图 20.2-4 悬臂式冲孔模

a) 单冲式 b) 对冲式

1—凸模 2—凹模 3、4—限位器 5—卸料板

2 弯曲模及典型结构

2.1 弯曲模设计的基本原则

- 1) 应根据制件批量选用模具结构与模具材料。
- 2) 尽量选用标准模架和模具零件。
- 3) 复杂的小型弯曲件，批量大的要与弯曲机对比考虑，应确定采用压力机还是采用弯曲机。
- 4) 对称模具的模架要明显不对称，以防止上模和下模装错位置。
- 5) 弯曲件的凸模圆角和凹模圆角应分别做成两侧相等。
- 6) 弯曲件在弯曲过程中须有措施防止制件滑动，以免弯曲件尺寸出现偏差。
- 7) 小型的一侧弯曲件，有时可用同时弯两

该模具用做筒形件侧壁上冲孔，凹模装在悬臂的支架上。

图 20.2-4a 是单冲式，筒壁上的三个等分孔分别由三次行程冲出。冲完第一个孔后将毛坯反时针转动，当定位销插入已冲的孔后，依次冲第二、三个孔。

图 20.2-4b 是上、下同时对冲，一次行程可同时在筒壁上冲出两个相对的孔。

这种模具结构简单，一般在小批或成批生产时采用。

件变成对称弯曲，以防止制件滑动。制件在弯曲后切开。

8) U形弯曲件校正力大时也会贴住凸模，需要卸料装置。

9) 校正力集中在弯曲件圆角处，效果更好。为此，对于带顶板的弯曲模（例如U形弯曲模），其凹模内侧靠近底部处应做出圆弧，圆弧尺寸与弯曲件相适应。

10) 弯曲件长度可以通过改变圆角半径适当调节。如果对展开尺寸把握不大，制造弯曲模时宜先将凸模圆角做成最小允许尺寸，以便试模后根据需要放大。

11) 弹性材料回弹的准确数值只能通过试模获得，因而模具结构要使凸（凹）模便于拆卸，便于修改。

12) 要考虑在整个弯曲过程中制件是否与模具某一零件相碰。

13) 放入毛坯和取出制件, 必须方便安全。

14) 安装于模具内的弹簧, 在结构上应能保证弹簧断裂时不致蹦出伤人。

15) 单侧弯曲时, 由于存在侧压力, 将使凸模外移, 影响精度, 甚至损坏凸模, 故需在凸模外侧设置挡块。

2.2 典型弯曲模的结构型式

(1) C 形件弯曲模 (图 20.2-5)

图 20.2-5 所示模具供 C 形件弯曲用。

毛坯放在顶件器 5 上, 凹模 6 与顶件器 5 在同一水平面, 毛坯上的孔套在导正销 3 上, 并以定位销 4 定位。冲压时, 凸模 2 紧压毛坯于顶件器 5 上, 在—起下降过程中, 下压凹模 6 的台肩面, 使其绕心轴往中间转动, 把毛坯紧压在凸、凹模之间成形。压力机滑块上升时, 受弹簧作用, 顶销 10 将凹模顶至原位, 凸模 2 连同制件—起上升, 顶件器 5 由弹顶器通过顶杆 8 退至原位。从凸模 2 上取出制件。

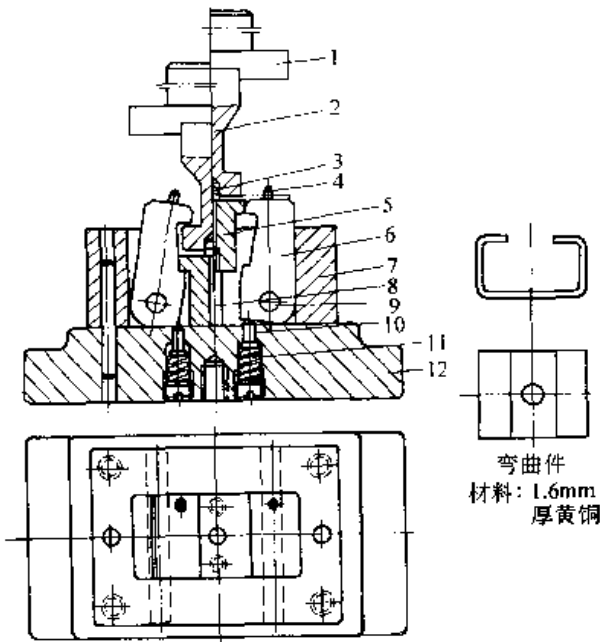


图 20.2-5 C 形件弯曲模

- 1—模柄 2—凸模 3—导正销 4—定位销
5—顶件器 6—凹模 7—模框 8—顶杆 9—心轴
10—顶销 11—弹簧 12—下模座

(2) 卷圆模 (图 20.2-6)

该模具中凹模由四块组成。工作时, 毛坯放在上凹模 3 上, 并用上凹模定位。凸模 2 下行, 首先把毛坯弯成 U 形, 继续下行后, 压板 1 接

触上凹模, 迫使上凹模向下运动的同时沿斜楔 4 的斜面向中心运动, 从而实现卷圆成形。

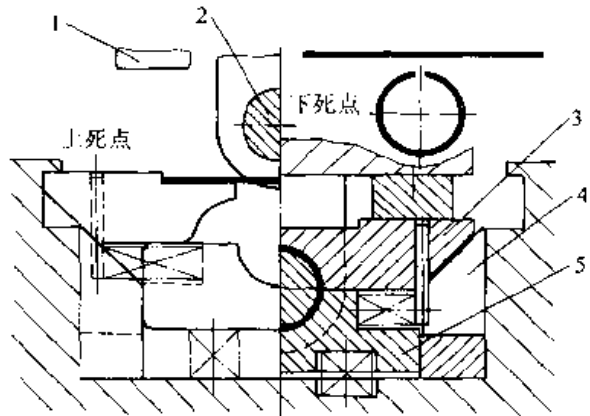


图 20.2-6 斜楔式卷圆模

- 1—压板 2—凸模 3—上凹模
4—斜楔 5—下凹模

(3) 支架弯曲模 (图 20.2-7)

此模具压弯成形制件的四个边和中心方孔的两个小脚。

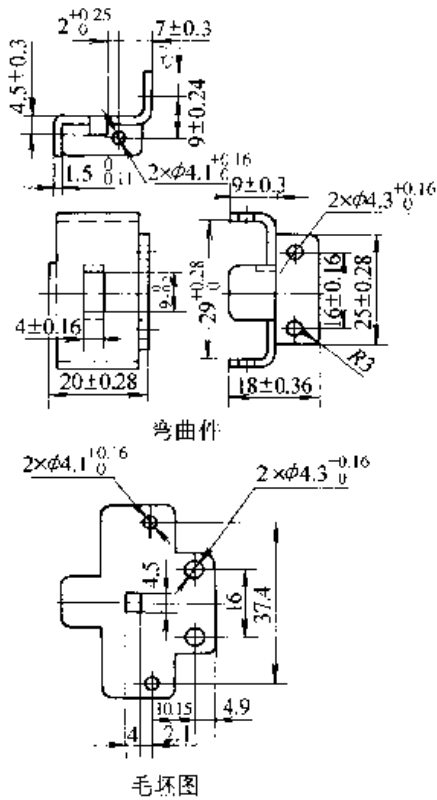
如图 20.2-7 所示, 凸模 13 固定在凸模座 2 上; 凸模 12 与凸模座间有弹簧, 彼此可以相对移动。工作时, 毛坯放在定位板 3 中, 中心方孔套在下凸模 4 的凸缘上; 压力机滑块下行时, 凸模 12、13 先接触并压紧毛坯, 因弹簧压缩, 凸模 12 停止运动, 凸模 13 继续下行过程中将毛坯 25 mm 宽的边向下压弯; 随后凸模 12、顶板 9 一起下降, 压弯出 3 个向上的直边; 与此同时, 下凸模 4 也进入凸模 12 中间方形腔内, 切开并压弯方孔的两个小脚。

在此模具中, 上弹簧力和下顶件力的大小, 决定压弯动作, 若在整个压弯开始直至 25 mm 边向下压弯结束, 均有下顶力大于上弹簧力, 则压弯顺序如上所述。

(4) 金属丝环形件弯曲模 (图 20.2-8)

此冲模供金属丝弯制环形件用。制件内形尺寸由凸模控制, 外形尺寸由凹模控制。

钢丝从落料凹模 8 孔中穿入, 放置在盖板 12 与凹模 9 之间, 由挡料板 1 定料长尺寸。当上模下降时, 落料凸模 7 与落料凹模 8 把钢丝切断, 凸模 2 的肩部压钢丝下降, 钢丝沿凹模 9 的螺旋面进行弯曲, 楔板 3 使切断后的杆件于最初在工作面上滑动时可以保持平衡。当凸模把钢丝带入凹模 9 孔中时, 钢丝便弯曲成环形。弯曲后制件从凹模 9 内孔中落下。



料厚1.5mm, 材料Q215

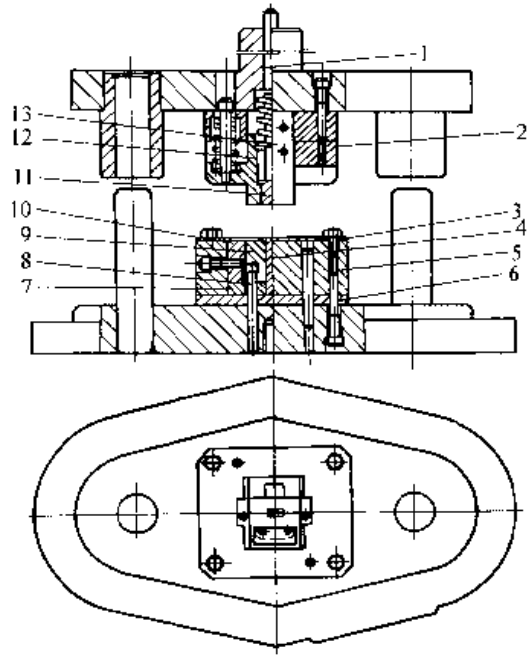


图 20.2-7 支架弯曲模

- 1—打棒 2—凸模座 3—定位板 4—下凸模 5—模框 6—垫板
7—固定板 8—顶杆 9—顶板 10—压弯镶块 11—打板 12、13—凸模

(5) 弯扭模 (图 20.2-9)

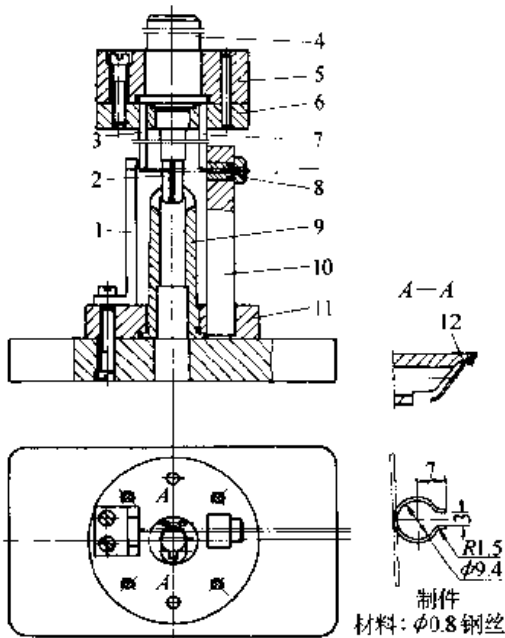


图 20.2-8 金属丝环形件弯曲模

- 1—挡料板 2—弯曲凸模 3—楔板 4—模柄
5—上模座 6—上固定板 7—落料凸模 8—落料凹模
9—弯曲凹模 10—支持板 11—下固定板 12—盖板

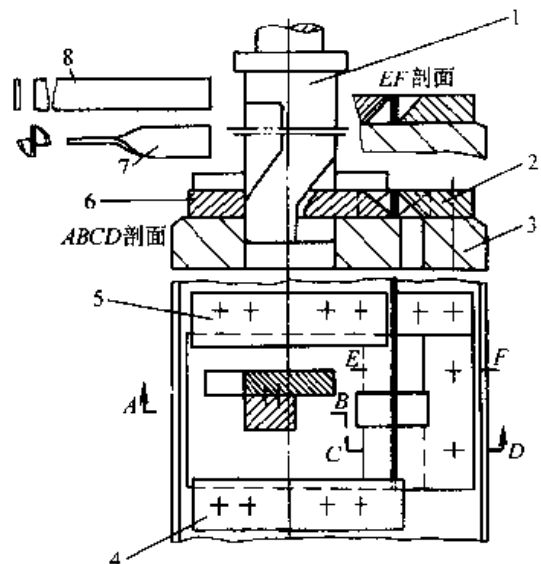


图 20.2-9 弯扭模

- 1—上模 2—固定下模 3—下模座
4、5—前、后导板 6—活动下模

将毛坯放在固定下模 2 和活动下模 6 之间，上模下行时固装在其上的斜楔迫使活动下模在前后导板 4、5 内向右移动，使毛坯弯扭成制件所要求的形状。工作完毕，上模上行，斜楔带动活动下模回到左边原始位置。

3 拉深模及典型结构

3.1 拉深模设计的基本原则

- 1) 是否采用拉深模应与冷挤压或旋压比较后确定。
- 2) 模具结构和模具材料应与制件批量相适应。
- 3) 模具零件或模架尽量采用标准件。
- 4) 拉深模设计选择压力机的方法参见本书第 19 篇第 4 章。
- 5) 高的拉深件，要注意能否在压力机行程上死点时取出，故上、下模的开启高度应大于工件高度的 2 倍。不能取出时可考虑铰接凸模。
- 6) 对称的制件的模架要明显不对称，以防止上模和下模装错位置。
- 7) 拉深的高度不能算得很准，故模具结构要考虑安全“余量”，以便制件稍高时仍能适应，例如后道拉深模的压料圈不致因此“吃硬”。
- 8) 拉深凸模应有透气孔，以便卸下制件。注意透气孔不能被制件包没，失去作用。
- 9) 弹性压料板要有限位装置，防止最后一部分被压材料过分压薄。
- 10) 不封闭拉深件可用一次拉出相互对称的两件的方法，然后切开。
- 11) 凹（凸）模工作面宜沿轴向抛光。
- 12) 一般说来，凹模入口处圆角四周相等。但对于矩形或异形拉深件，有时可利用不等的凹模圆角控制冲压材料流动。
- 13) 放入毛坯和取出制件，必须方便安全。

3.2 典型拉深模的结构型式

(1) 圆形罩拉深模 (图 20.2-10)

该模具为倒装结构型式。毛坯放在压料板 8 上，由定位板 6 定位。压力机滑块下降时，凹模

5 压毛坯、压料板 8 一起下降，将毛坯拉深成形。当压力机滑块上升时，顶杆 9 把压料板 8 顶至原位，使制件脱离凸模 7，推板 4 把制件从凹模 5 中推出。

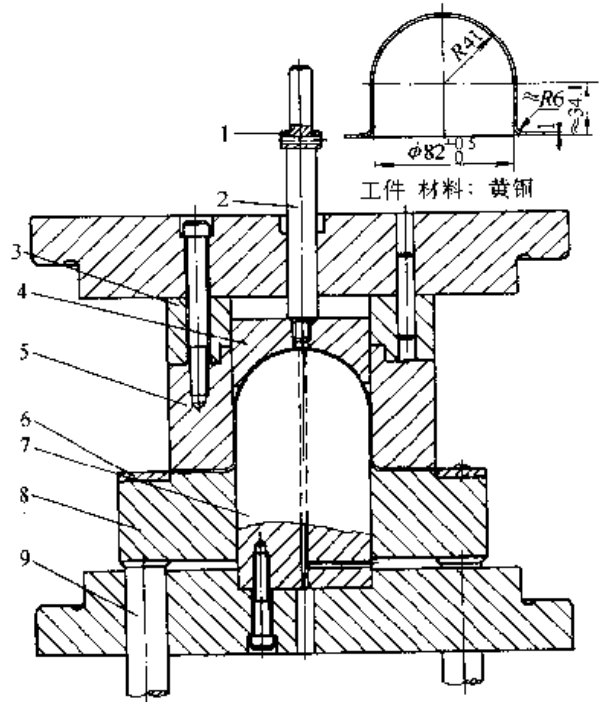


图 20.2-10 圆形罩拉深模

- 1—挡环 2—推杆 3—固定板 4—推板
5—凹模 6—定位板 7—凸模
8—压料板 9—顶杆

(2) 离合器外壳拉深模 (图 20.2-11)

该冲模安装在双动压力机上。压料圈 3 安装在压力机的外滑块上，凸模固定座 1 安装在压力机的内滑块上。工作时，压力机外滑块带动压料圈 3 首先将毛坯压紧在凹模 8 上，然后内滑块带动凸模 4 将毛坯拉深成形。之后，内滑块先上行，凸模 4 从制件内退出，然后外滑块上行，压料圈离开凹模 8，顶出器 7 在弹簧 9 的作用下将拉深件托起，以便取出。

为有利于毛坯拉深成形并从凸模 4、凹模 8 内退出拉深件，在凸模和凹模上都设有出气孔。压料圈 3 和凹模 8 用导柱 6 和导套 5 导向，凸模 4 和压料圈 3 用导板 2 导向。压料圈 3 镶有一圈压料肋 10。凸模、凹模、压料圈和顶出器均用合金铸铁并经火焰淬火。

制件材料为 08，厚度 1.5 mm。

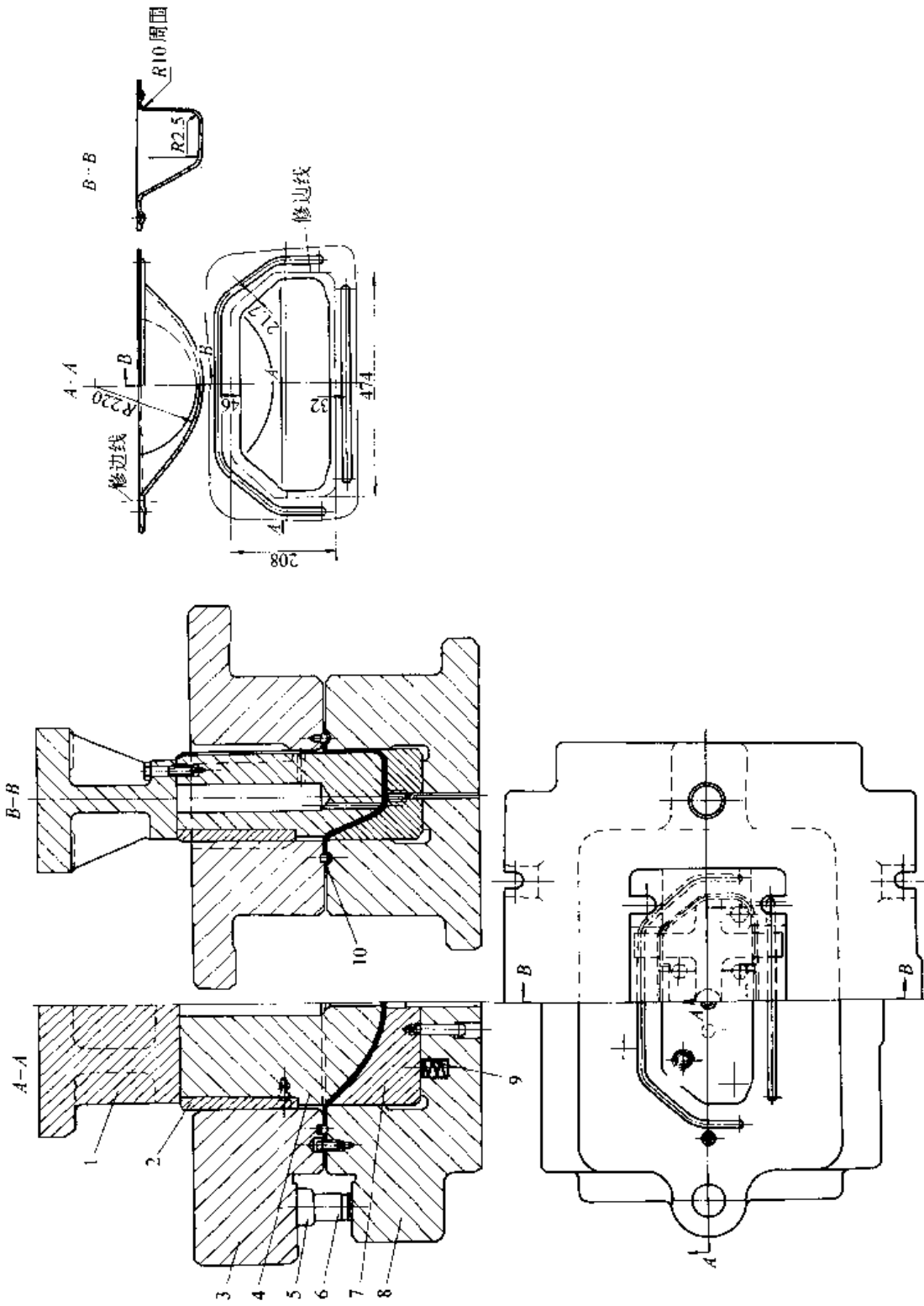


图 20.2-11 离合器外壳拉深模
 1—固定座 2—导板 3—压料圈 4—凸模 5—衬套 6—导柱
 7 顶出器 8—凹模 9—弹簧 10—压料肋

(3) 再次拉深模 (图 20.2-12)

这是一副第二次拉深模,第二次拉深的坯件

递给压料板达到压边作用。为防止拉深过程中压边力过大,引起拉深破裂,在固定板 7 上装有三只可以调节的特种螺栓,使其在拉深开始时即

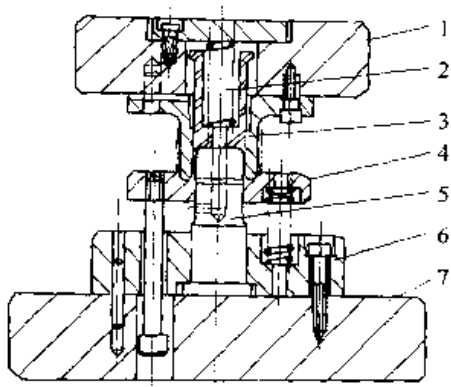


图 20.2-13 反拉深模

- 1—上模座 2—打料弹簧 3—凹模
4—压料板 5—凸模 6—凸模板 7—下模座

4 其他成形模及典型结构

本节介绍的成形模包括翻边模、翻孔模、胀形模、缩口模、扩口模及其他的成形模等。

4.1 翻边、翻孔模

(1) 内翻边模 (图 20.2-14)

预先冲孔的毛坯放在凸模 18 上由定位器 17 定位。翻边后，由压力机的气垫通过四根顶杆 19 把压料板 20 顶起，从而把制件顶出；如制件留在凹模 11 内，则由推杆 7 和推件器 9 的作用把制件推出。

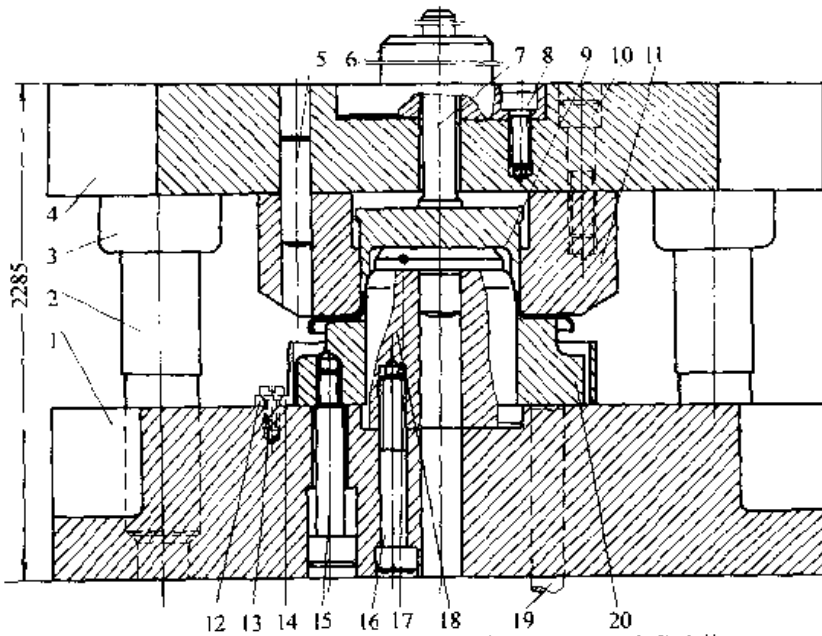
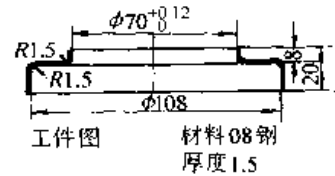


图 20.2-14 内翻边模

- 1—下模板 2—导柱 3—导套 4—上模板 5—柱销 6—模柄 7—推杆
8、10、16—内六角螺钉 9—推件器 11—凹模 12—固定爪 13—圆头螺钉
14—防护板 15—卸料螺钉 17—定位器 18—凸模 19—顶杆 20—压料板



工件图

材料 08 钢
厚度 1.5

(2) 外翻边模 (图 20.2-15)

此模具用于圆筒形拉深件卷边成形前的翻边工序。

圆筒形毛坯套在定位芯子 5 上，凸模 4 随压力机滑块一起下降时，下压毛坯凸缘并与顶板 6 一道向下移动，进入凹模 7，对毛坯进行翻边。压力机滑块上升时，在弹顶器的作用下，顶板 6 升至原位。推杆 1、推件板 3 把制件从凸模上推下。

(3) 汽车门外板风窗口翻边模 (图 20.2-16)

此模具是将前工序已翻边成直壁的风窗口进一步翻边变成 25 mm 宽平底周边及左侧折边形状。工作过程如下：

工作前，托杆 10 将压料板 17 顶起，装在压料板上的凸模 11 在弹簧 8 的作用下向外张开，凹模 14、15 在弹簧 16 的作用下向内收缩，以便前工序制件进入模内。前工序制件的原窗口套在凸模型面上后，上模下行，装在上模座 2 上的压块 3 压住压料板 17 后继续下行，在斜楔 6、7 的作用下，凸模 11 收缩到工作位置与制件接触。压

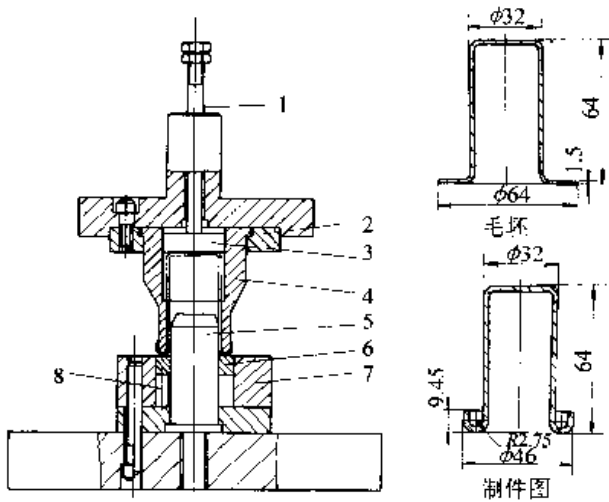


图 20.2-15 外翻边模

- 1—推杆 2—固定板 3—推件板 4—凸模
5—定位芯子 6—顶板 7—凹模 8—卸料螺钉

料板继续下行，装在下模座上的另一个斜楔 13 推动凹模镶块 14、15 向外扩张，完成翻边动作。上模座回升后，弹簧 8、16 推动各镶块回到原始位置。

本模具的最大特点是凸模和凹模采用扩张结构。凸模由八块镶块组成，凸模镶块装在滑块 9 上的工作位置（闭合状态）如图 20.2-16 的左下图所示，图中假想线为原始位置。

图 20.2-16 中，右下图为凹模镶块 14、15 的平面图。镶块 14（四块）由斜楔 13 推动向四面扩张，镶块上的斜面又推动四个凹模镶块 15 沿 45° 角方向扩张，上模到下死点时，凹模镶块扩张到翻边完成位置。图中假想线为原始位置。

制件材料为 08Al，厚度为 0.9 mm。

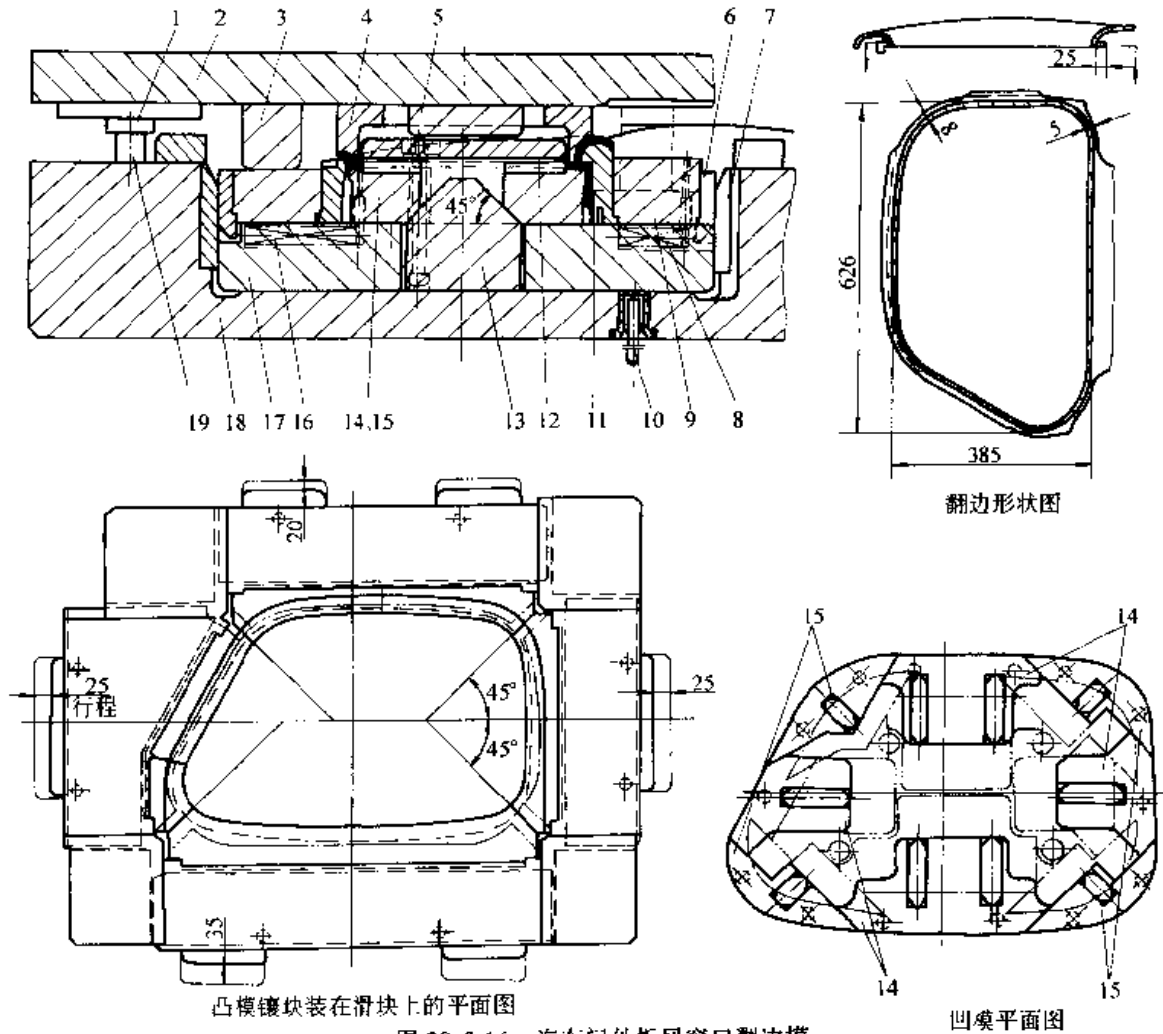


图 20.2-16 汽车门外板风窗口翻边模

- 1—导套 2—上模座 3—压块 4—压料器 5—限制器 6、7、13—斜楔 8、16—弹簧 9—滑块
10—托杆 11—凸模镶块 12—导板 14、15—凹模镶块 17—压料板 18—下模座 19—导柱

4.2 胀形模

(1) 筒形件腰部胀形模 (图 20.2-17)

筒形件毛坯放置在顶件板 5 上, 靠下模 3 定

位。上模下行时, 凸模 1 头部插入筒形件毛坯内, 其凸缘端面与毛坯口部接触后, 使筒形件毛坯侧壁受压力作用而产生变形, 最终形状由合模后上、下模 2 和 3 的内腔形状决定。

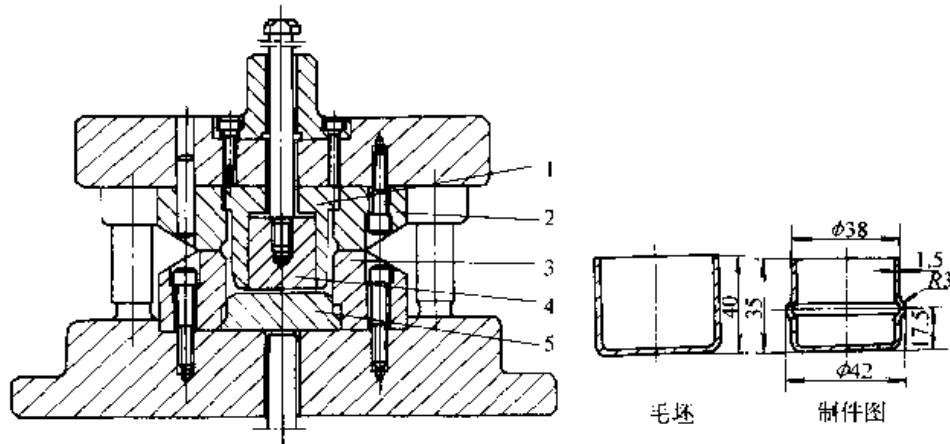


图 20.2-17 筒形件腰部胀形模

1—凸模 2—上模 3—下模 4—推件块 5—顶件板

(2) 电子管罩胀形模 (图 20.2-18)

此模具的凹模 2 和凸模 3 均为两瓣拼合而成。筒形件毛坯放在定位板 1 上。压力机滑块下行时凸模 3 插入筒形件毛坯内, 同时斜楔 7 使凹模 2 合拢。当限位柱 9 接触凹模 2 上端面, 芯模

10 进入凸模 3 下端孔内, 将凸模 3 张开, 对毛坯进行胀形。工作完毕, 上模上行, 斜楔提升, 凹模左右张开至原位, 芯模升至凸模上端孔内, 凸模下端缩拢。

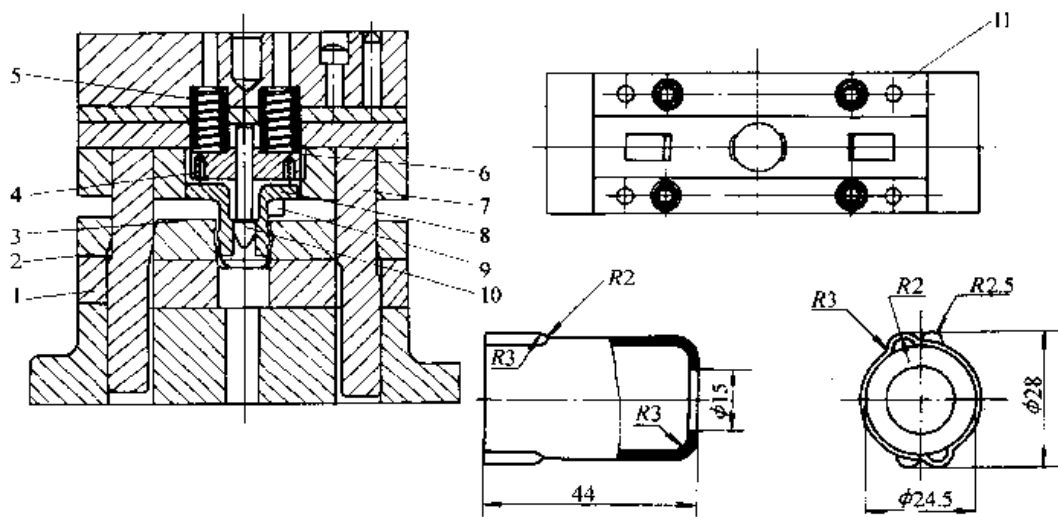


图 20.2-18 电子管罩胀形模

1—定位板 2—胀形凹模 3—胀形凸模 4、5—弹簧 6—上模体 7—斜楔
8—销 9—限位柱 10—芯模 11—导轨

(3) 带轮液压胀形模 (图 20.2-19)

图 20.2-19a 所示为模具开启状态; 图 20.2-19b 所示为闭合状态。上滑块与上模座 1、成形

上模 2、环形气垫活塞 3、气垫气缸 4、整体楔圈 5 一起下降, 当楔圈 5 推动成形楔块 13 压紧毛坯, 上滑块暂停活动。此时截止阀 9 及 11 打

开，液体从充油罐进入模具，封闭在毛坯内的空气通过放气软管 6 和阀 9 排出。油全部充满后，关闭阀 9 及 11，上滑块继续下行。成形上模 2 接触毛坯顶部后，再继续下行，油就受到压缩而产生高压，毛坯受到油压后开始如图 20.2-19b

左边所示那样变形。由于液体基本上是不可压缩的，毛坯容积缩小时多余的油通过溢流阀 10 流出，制件在稳压下逐渐成形，直至模具全部闭合，如图 20.2-19b 所示。

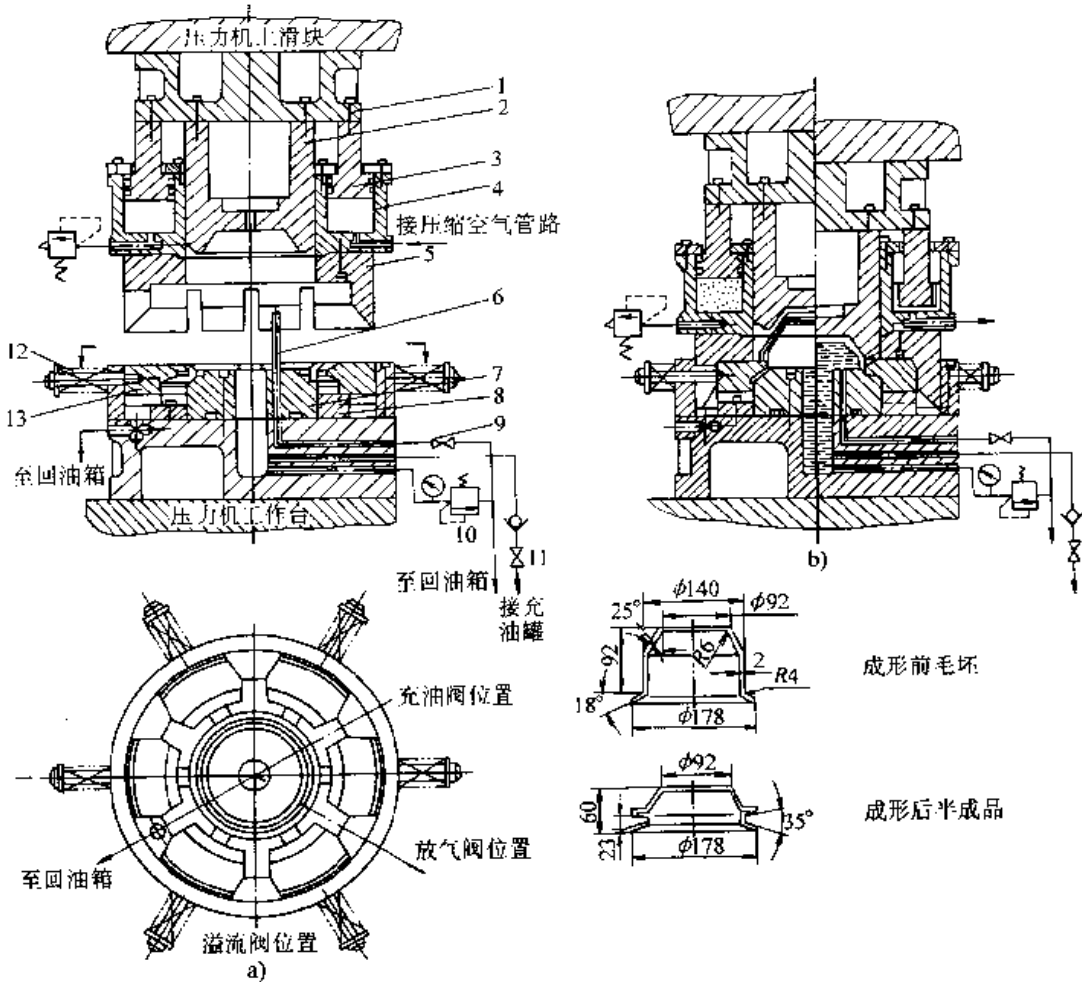


图 20.2-19 带轮液压胀形模

a) 模具开启 b) 模具闭合

- 1—上模座 2—成形上模 3—环形气垫活塞 4—环形气垫气缸
5—整体楔圈 6—放气塑料软管 7—成形下模 8—卧楔导板 9、11—截止阀
10—溢流阀 12—压力弹簧 13—成形卧楔块

4.3 缩口与扩口模

(1) 缩口成形模 (图 20.2-20)

该冲模将管状毛坯两端缩口并压成八边形。毛坯放在定位板 7 中定位。滑块下行时，受芯模 4 凸缘端面作用，毛坯两端分别进入上、下两凹模 3 和 8 内，滑块到下死点时成形为制件要求的形状。滑块上行时，顶件块 6 在托杆和托板 5 的

作用下将制件顶出下凹模 8；制件被上凹模 3 带起，滑块到达上死点时推件块 2 在打杆、上推板 1 的作用下，将制件推出上凹模 3。

(2) 鞍管罩圆缩径模 (图 20.2-21)

此模具用于圆管毛坯的缩径和罩圆。

圆管毛坯竖放在下模 1 上，用定位圈 11 定位。在压力机滑块下降过程中，上模 3 将圆管从直径 $\phi 25$ mm 缩颈到 $\phi 22$ mm，最后上模 4、下

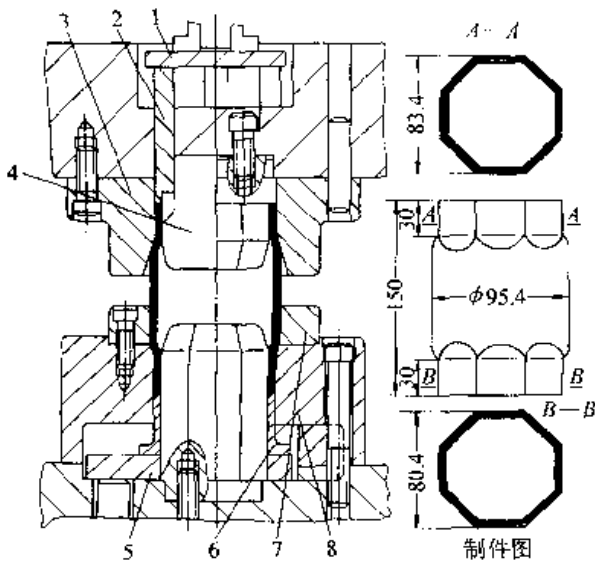


图 20.2-20 双头成形模

1—推板 2—推件块 3—上凹模 4—芯模
5—托板 6—顶件块 7—定位板 8—下凹模

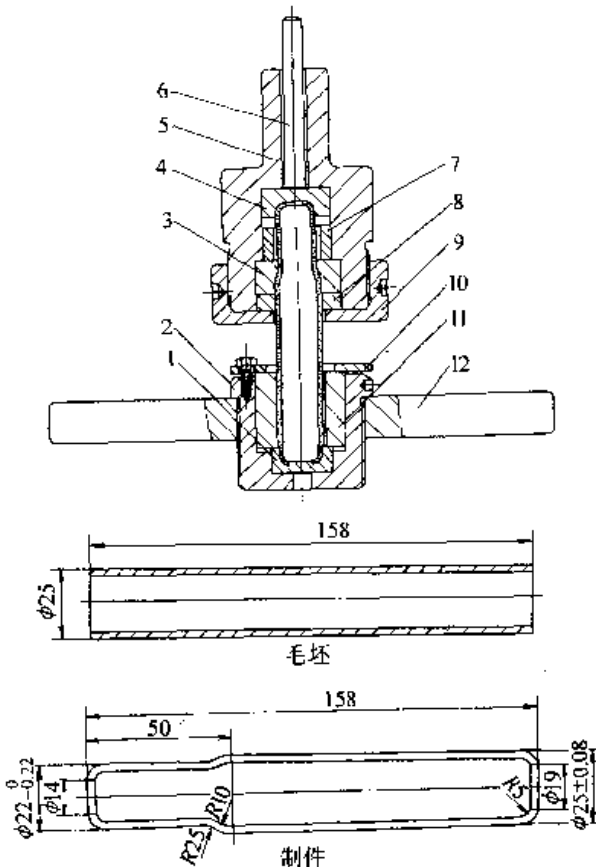


图 20.2-21 鞍管罩圆缩径模

1—下模 2—下模套 3、4—上模 5—模柄
6—卸料杆 7—上模垫圈 8—上模垫块 9—大螺母
10—压板 11—定位圈 12—下模座

模 1 把圆管两端压成圆角。上模部分回升时，卸料杆 6、上模 4 把制件从上模中卸下。

(3) 扩口模 (图 20.2-22)

毛坯放在卡爪 2 上用凸模 3 定位。模具工作时，三个卡爪 2 在环形楔 1 的作用下，向中心移动合成闭合环（卡爪 2 由螺钉 7 与花盘 5 相连接，其上椭圆槽允许卡爪 2 作径向移动），毛坯颈部在凸模 3 上圆角的作用下逐渐扩开，当压力机滑块降到下死点时，花盘 5 与下模座 4 相碰，以矫正凸缘。压力机滑块上升时，卡爪 2 在弹簧 6 的作用下扩开，退至原位。

4.4 其他成形模

(1) 卷边模

图 20.2-23 所示为卷边模，用于圆筒形制件的最后一道卷边工序。

把翻边后的制件放在凹模 3 中，在凸模 2、凹模 3 圆弧面上进行卷边。压力机滑块回升时，顶杆 6、顶圈 4 把制件顶出。

(2) 双重卷边模

图 20.2-24 所示为双重卷边模，可同时卷曲工件两端圆角。

毛坯放在下模 4 上，并用下模定位。上模 1 下行，上顶块 3 首先压住下顶块 5，并使下顶块下行，上模继续下行时压住毛坯，并使毛坯上、下同时卷边。

本模具的特点是上弹簧 2 的力比下弹簧 6 的力大。

(3) 筒形件沟槽成形模 (图 20.2-25)

该模具在筒形拉深件侧壁成形沟槽，并可根据制件的需要以滚珠 2 与凸模 1 成形出高度不等的沟槽。成形后的制件经顶板 4 顶出后，由装于凸模 1 内的推板 3 推下。

(4) 弹簧圆锥端成形模

图 20.2-26 所示为弹簧圆锥端成形模。图 20.2-27 所示为制件。

此模具用于将弹簧两端成形为圆锥形状。

预先在弹簧孔端放入钩环，把此弹簧孔端放在下成形模块上。在连续冲压下，将弹簧边旋转作轴向移动，由于上下成形模块上开有锥度螺旋槽，使冲压后的弹簧端头逐节变小成圆锥形，并把钩环包在圆锥端内。

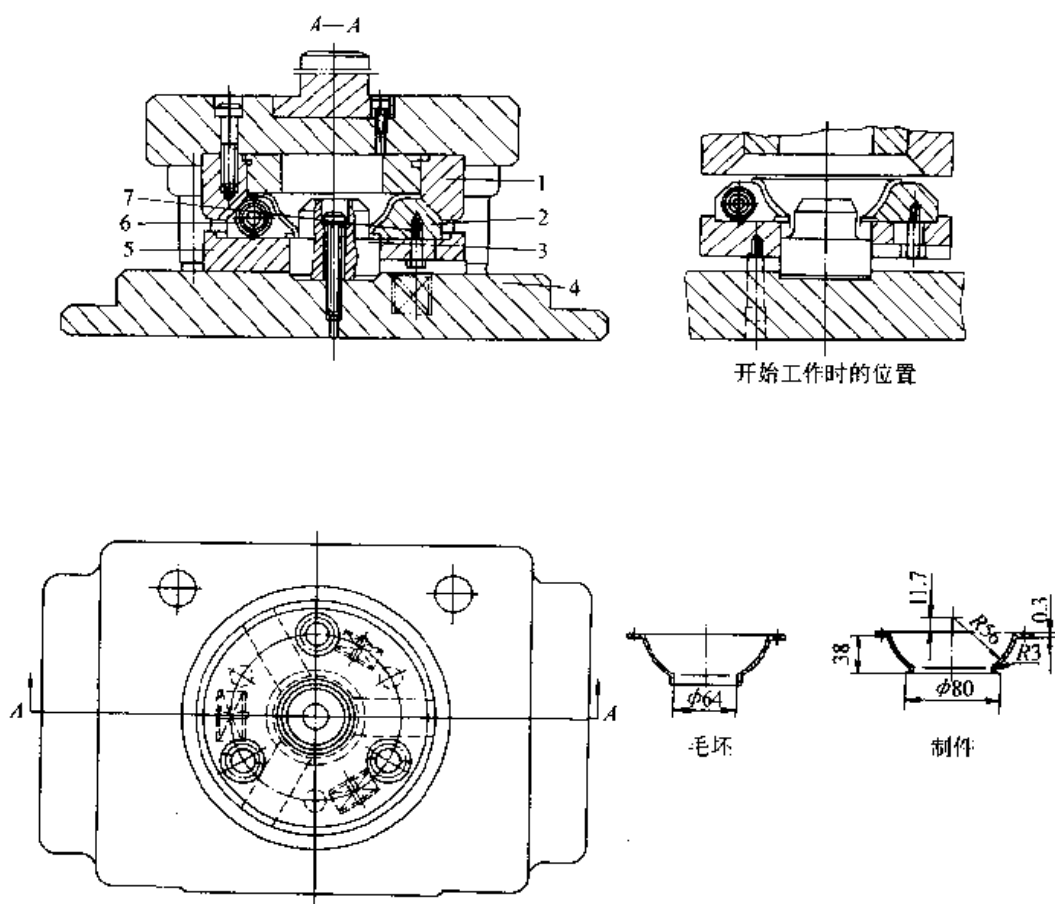


图 20.2-22 扩口模

1—环形楔 2—卡爪 3—凸模 4—下模座 5—花盘 6—弹簧 7—螺钉

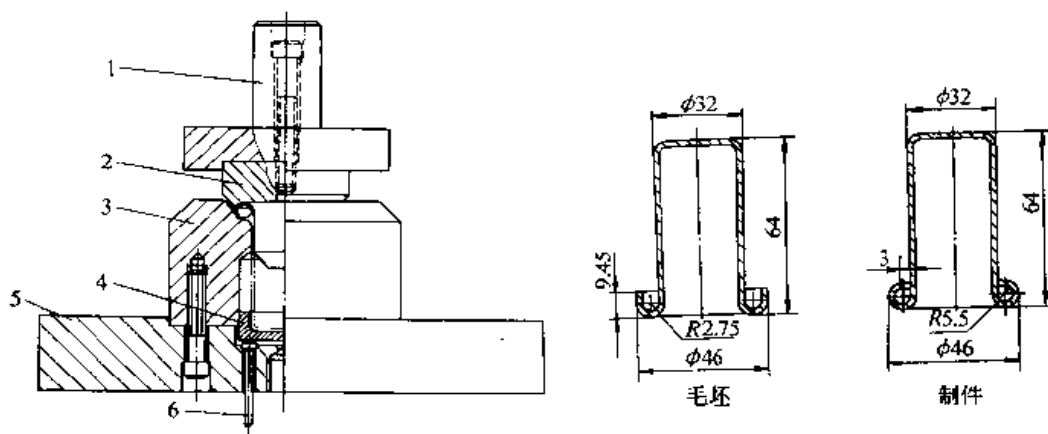


图 20.2-23 卷边模

a) 模具 b) 毛坯与制件

1—上模座 2—凸模 3—凹模 4—顶圈 5—下模座 6—顶杆

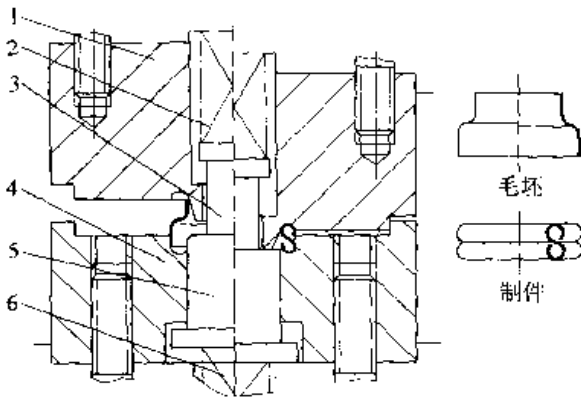


图 20.2-24 双重卷边模

1—上模 2—上弹簧 3—上顶块
4—下模 5—下顶块 6—下弹簧

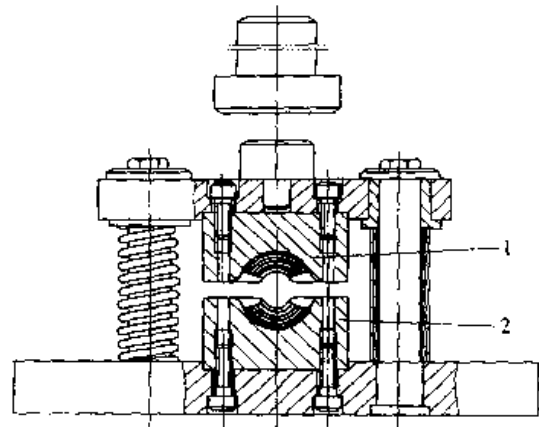


图 20.2-26 弹簧圆锥端成形模

1—上成形模块 2—下成形模块

上下成形模块(图 20.2-28)的几何参数:

① 节距 p 、齿顶宽 f 和凹槽有效深度 h :

$$p = d \cos(\alpha/2)$$

式中 d ——弹簧钢丝直径;

α ——弹簧端部圆锥角。

能使上、下成形模块内圆形凹槽全部吻合于弹簧圆锥端上,不会产生缝隙并很光洁,如图 20.2-29a、b 所示。如采用 $p = d$,则车削出的螺旋凹槽不能全部与钢丝表面接触,如图 20.2-29c 所示。使每圈产生一个 t 值,如圆锥端由几圈组成,就产生 nt 的误差。

$$\text{取 } f = (1/3 \sim 1/4) R, h = 3R/4$$

式中 R ——弹簧钢丝半径。

② 模块大小端直径 D 及 D_1 、上下模平面间隙 δ 和圆角 R_1 :

$$\text{取 } D = 1.1D_1, R_1 = D/4$$

钢丝本身有一定的弹性回跳,故须使模具在闭合高度时,模腔小于弹簧外径。小端直径 D_1 一般以不大于弹簧圆锥小端外径为佳,取 $\delta = 3d/4$ 。

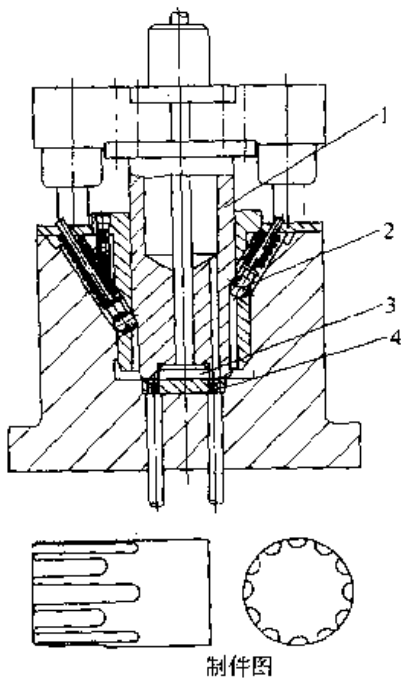


图 20.2-25 筒形件沟槽成形模

1—凸模 2—滚珠 3—推板 4—顶板

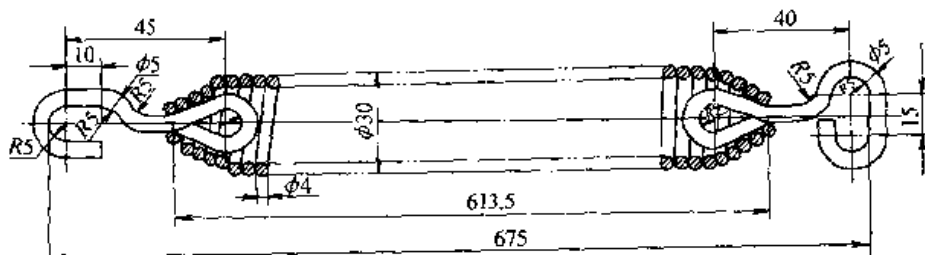


图 20.2-27 制件

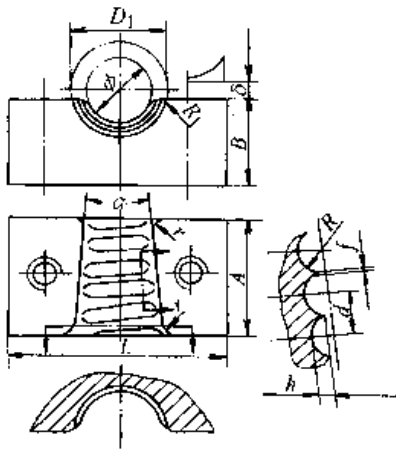


图 20.2-28 成形模块

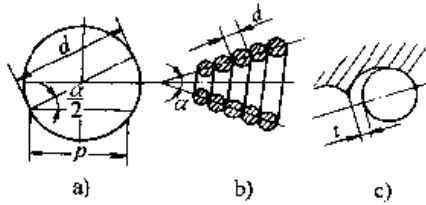


图 20.2-29 凹槽

(5) 波纹管液压成形模 (图 20.2-30)

该模具对已初步缩口的半成品管形件成形为波纹管。液腔压力由阀门控制，在液压机或螺旋压力机上由手动操作，将管件压入液腔内一段，成形一个波纹；再压入一段，成形第二个波纹，直到全部成形。此模具结构适宜小批量生产。

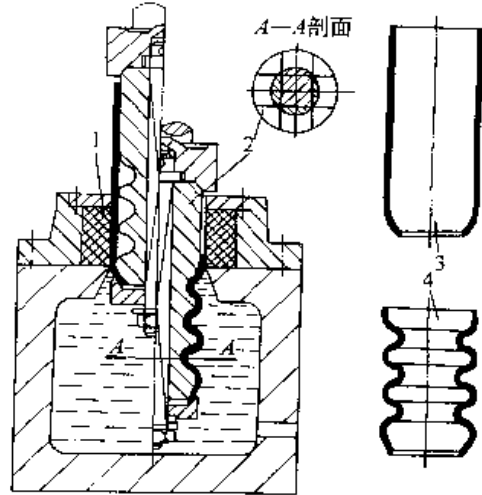


图 20.2-30 波纹管液压成形模

- 1—密封圈 2—镶块凹模
- 3—毛坯 4—波纹管(制件)

第3章 复合模设计

在压力机的一次冲程中，于模具的同一位置上完成两个或两个以上的冲压工序，冲出一个完整制件的模具称之为复合模。冲压生产中，常见的有落料冲孔复合模、落料拉深复合模等。

复合模由于不受送料误差的影响，因而具有许多优点：内外形相对位置及零件尺寸的一致性非常好，制件精度高；制件表面平直；适宜冲制薄料，也适宜冲制脆性或软质材料；可充分利用短料或边角余料；模具结构紧凑，要求压力机工作台面的面积较小。但复合模也存在一定的缺点：凸凹模壁厚（制件内形与外形之间、内形与内形之间的尺寸）受到限制，尺寸不能太小，否则影响模具强度；制件不能从压力机工作台孔中漏出，必须解决出件问题；复合模复合的工序内容多时，特别是既有冲裁工序又有成形工序时，会对模具刃口的刃磨带来不便。

1 结构设计

1.1 正装式复合模与倒装式复合模

根据落料凹模在模具中的安装位置，复合模有正装式和倒装式两种。落料凹模在下模布置的，称为正装式复合模，如图 20.3-1 所示。落料凹模在上模布置的，称为倒装式复合模，如图 20.3-2 所示。

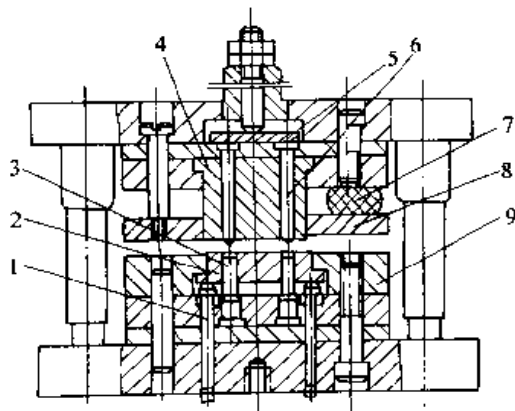


图 20.3-1 正装式复合模

1—顶杆 2—顶块 3—凸模 4—凸凹模
5—推板 6—推杆 7—橡胶 8—卸料板 9—凹模

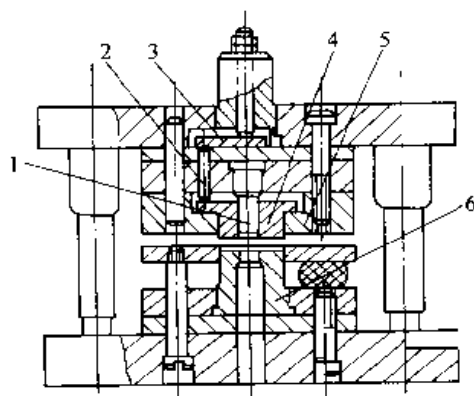


图 20.3-2 倒装式复合模

1—凸模 2—推杆 3—推板
4—推件块 5—凹模 6—凸凹模

图 20.3-1 所示的正装式复合模工作时，上模部分下行，由凸模 3、凹模 9、凸凹模 4 冲压板料获得制件。上模上行时，卸料板 8 在橡胶 7 的弹力作用下将板料从凸凹模上卸下，顶块 2 在弹顶装置作用下将制件顶出凹模。上行快到压力机上死点时，打杆推动推板 5 和推杆 6，将冲孔废料从凸凹模孔内推出，使凸凹模孔内不积存废料，减小了废料对凸凹模内孔的胀力，有利于减小凸凹模壁厚。这种结构较适于冲制制件上孔与外形尺寸较小的制件，同时由于制件是由凹模内的顶件装置顶出的，对于料厚较小的薄件能达到平整要求，尺寸精度较高。正装式复合模由于模具工作区域内有制件和冲孔废料同时存在，要确认排除后才可进行第二次冲压，故其生产率较倒装式复合模低。

图 20.3-2 所示的倒装式复合模，凸模 1、凸凹模 6 和凹模 5 将板料冲压成制件，冲压完后上模上行，制件在打杆、推板 3、推杆 2 和推件块 4 的作用下被推出，用压缩空气吹走，凸凹模 6 孔内的废料通过工作台孔落下。倒装式复合模冲孔废料在凸凹模孔内有积聚，需增大凸凹模壁厚。推件装置不起压平作用，故薄件平整度不如正装式复合模高，但倒装式复合模生产率较高，广泛应用于板料的复合冲裁中。

正装式复合模与倒装式复合模的比较见表 20.3-1。

表 20.3-1 复合模正装和倒装比较

序号	正 装	倒 装
1	对于薄冲件能达到平整要求	不能达到平整要求
2	操作不方便, 不安全, 孔的废料由打棒打出	操作方便, 能装自动拨料装置, 既能提高生产效率又能保证安全生产。孔的废料通过凸凹模的孔往下漏掉
3	废料不会在凸凹模孔内积聚, 每次由打棒打出, 可减少孔内废料的胀力, 有利于凸凹模减小最小壁厚	废料在凸凹模孔内积聚, 凸凹模要求有较大的壁厚以增加强度
4	装凹模的面积较大, 有利于复杂制件用拼块结构	如凸凹模较大, 可直接将凸凹模固定在底座上省去固定板

复合模正、倒装结构的选择, 需要综合考虑以下问题:

1) 为使操作方便安全, 要求冲孔废料不出现在模具工作区域, 此时应采用倒装结构, 以使冲孔废料通过凸凹模孔向下漏掉。

2) 提高凸凹模强度为首要问题, 尤其在凸凹模壁厚较小时, 应考虑采用正装结构。

3) 当凹模的外形尺寸较大时, 若上模能布置下凹模, 则应优先采用倒装结构。只有当上模不能容纳下凹模时, 才考虑采用正装结构。

4) 当制件有较高的平整度要求时, 采用正装结构可获得较好的效果。但在倒装式复合模中采用弹性推件装置时, 也可获得与正装式复合模同样的效果。在这种情况下, 还是优先考虑采用正装结构为好。

总之, 在保证凸凹模强度和制件使用要求的前提下, 为了操作安全、方便和提高生产率, 应尽量采用倒装结构。

1.2 凸凹模的最小壁厚

凸凹模是复合模中的一个特殊零件。在复合模中, 工作零件有凸模、凹模和凸凹模, 其中, 对冲孔落料复合模而言, 凸模结构型式和

刃口尺寸设计计算与冲孔模中的凸模相同, 凹模结构型式和刃口尺寸设计计算与落料模中的凹模相同, 凸凹模则分别与凸模和凹模相配合进行冲裁。其刃口平面形状和尺寸与制件大致相同, 因此必须注意凸凹模的最小壁厚。凸凹模的最小壁厚尺寸太薄, 在冲压过程中会导致凸凹模开裂。为了保证凸凹模孔壁强度, 避免开裂, 可采取如下措施:

1) 增加凸凹模有效刃口尺寸以下的壁厚, 如图 20.3-3a 所示, 或采用图 20.3-3b 所示的方法增加凸凹模内形壁厚, 且将废料反向顶出。

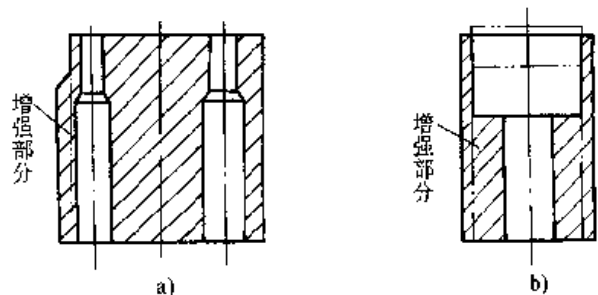


图 20.3-3 凸凹模壁厚的增强
a) 增加有效刃口尺寸以下壁厚
b) 增加壁厚且使废料反向顶出

2) 采用正装式复合模, 使凸凹模孔内只有一个废料且立即将废料推出, 减少废料对孔壁的胀力。

复合模的最小壁厚, 可按表 20.3-2 选取, 或者是参照本篇第 1 章表 20.1-16 和表 20.1-17 选用。

表 20.3-2 复合模最小壁厚 (mm)

制件材料	材料厚度 t		
	≤ 0.5	0.6~0.8	≥ 1
铝、纯铜	0.6~0.8	0.8~1.0	$(1.0\sim 1.2)t$
黄铜、低碳钢	0.8~1.0	1.0~1.2	$(1.2\sim 1.5)t$
硅钢、磷铜、中碳钢	1.2~1.5	1.5~2.0	$(2.0\sim 2.5)t$

注: 表中小的数值用于凸圆弧与凸圆弧之间或凸圆弧与直线之间的最小距离, 大的数值用于凸圆弧与凹圆弧或平行直线之间的最小距离。

1.3 复合模的推件装置

复合模的卸料装置形式与单工序模具相同。

与单工序模不同, 正装式复合模的冲孔废料是嵌在上模的凸凹模内, 必须通过推件装置

将废料打下。推件装置的形式随制件的形状不同而不同，见图 20.3.4。

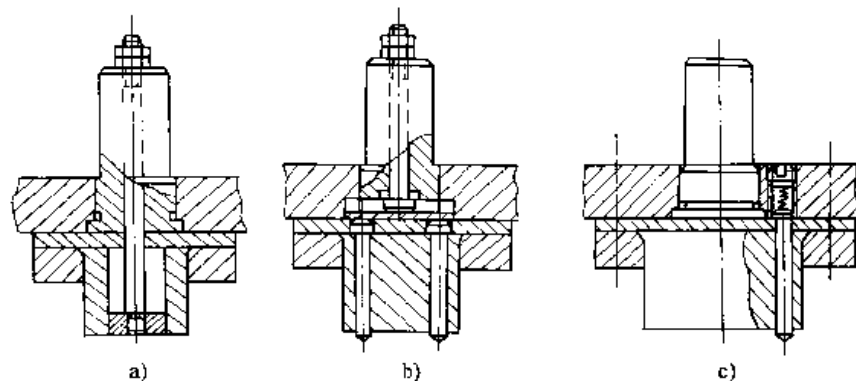


图 20.3.4 正装式复合模的废料推件装置

图 20.3-4a 为在制件中心冲单孔的推件形式，图中推板（亦称推件板）直接固定在打杆上。

图 20.3-4b 是冲双孔（多孔）且孔距不大的情况下的推件形式，打杆推动推板，推板推动两根（多根）推杆将冲孔废料推出。

图 20.3-4c 所示为制件孔的中心与模具中心相距较远时的推件形式，冲孔废料是由装在上模座内的推杆在弹簧力作用下推出的。

与正装式复合模不同，倒装式复合模工作时是制件嵌在上模部分的凹模中。推件装置须根据

制件形状设计，见图 20.3-5。

图 20.3-5a 为制件中心有孔时常用的推件形式，由打杆推动推板、推杆，最后由推件块将制件推下。

图 20.3-5b 是制件上的几个孔位于中心四周时的推件形式，由打杆直接推动推件块将制件推下。

图 20.3-5c 是推件装置的另一种形式，目的是增加上模座的强度，故而将推板运动区域放在垫板内。

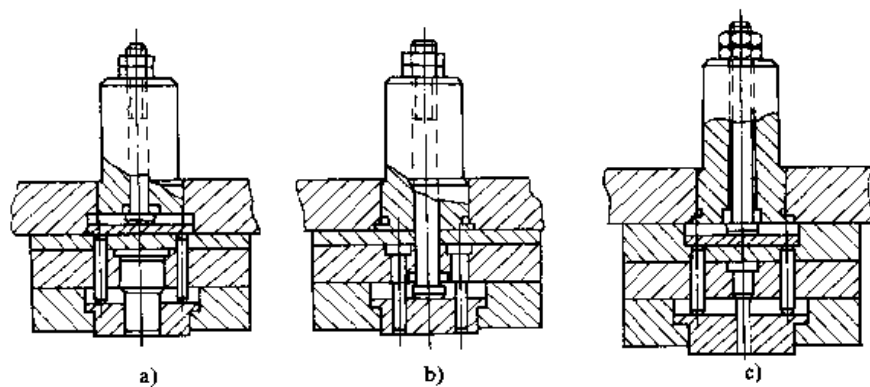


图 20.3.5 倒装式复合模的推件装置

为使推件力分布均匀，将打杆的一点力分为几点力，就需要推板作为过渡。推板通过推杆，将力均匀地传递到推件块上，使推件块平稳地将制件推下。

推板的形状按制件的形状来设计，既要推杆（着力点）少，又要能平稳地推下制件，且不能因推板而过多地削弱模柄或上模座的强度。常用的推板形状参见本篇第 1 章图 20.1-11。

推板厚度可根据推件力的大小和推件块的形

计参见本篇第 1 章 2.3.2 卸料与推（顶）件装置。同时应注意以下几点：

1) 推杆应能使推件块有效地推下制件，但不可太长，避免在压力机滑块行程的下死点推板或推件块的上平面与模具其他零件接触而受力，合理的设计应保证留有一定的间隙 e （图 20.3-6）。

2) 推件装置要有足够的位移量，一般应在上模接近上死点之前就完成推件动作。

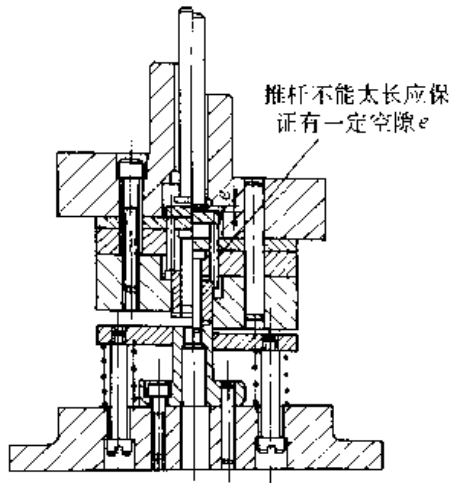


图 20.3-6 推杆的长度要求

将制件吹离模具工作区 (见图 20.3-7)。如果推

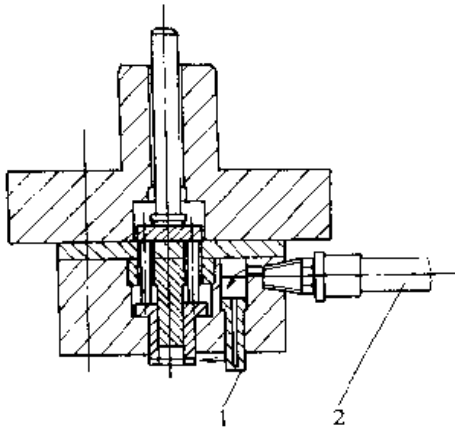


图 20.3-7 使用压缩空气吹走制件
1—喷嘴 2—气管

件块有足够位置, 应安装弹簧顶销, 以方便压缩空气从工件和推件块之间吹过, 如图 20.3-8 所示。也可在推件块上开孔, 见图 20.3-9。压缩空气一路从推件块中通过, 使制件与推件块分离; 另一路压缩空气将制件吹走。

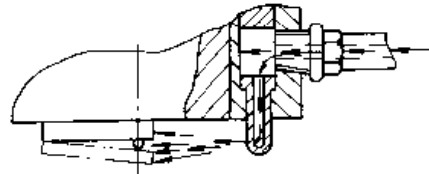


图 20.3-8 推件块上安装弹簧顶销

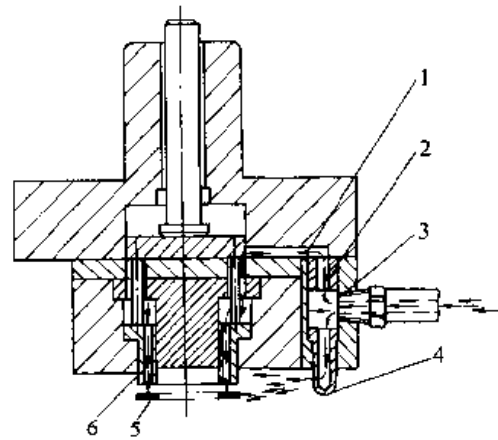


图 20.3-9 在推件块上开气孔
1—通气槽 2—气塞 3—模块
4—喷嘴 5—制件 6—推板

因结构原因不能在推件块上安装弹簧顶销或开气孔时, 可在推件块上开通气槽以利于压缩空气将制件与推件块分离 (图 20.3-10)。

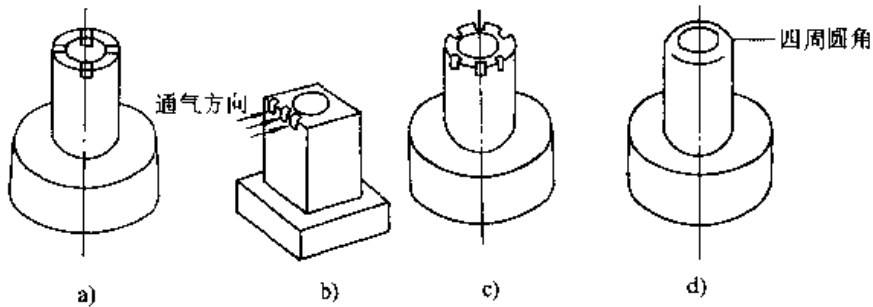


图 20.3-10 推件块上的通气槽

2 复合模设计注意事项

在复合模设计时, 需要对以下问题予以注意:

1) 复合模是在模具的同一位置上完成两道或两道以上的工序, 模具结构较复杂, 因此, 应

在上、下模间设置导向装置。

2) 复合模为倒装结构时, 通常采用弹性卸料板卸料 (见图 20.3-2)。若冲压毛坯为块料, 则可用废料刀卸料。当复合模为正装结构时, 若卸料力不大, 应采用弹性卸料装置 (见图 20.3-1)。只有卸料力较大, 用弹性卸料不能满足卸料

力要求时,才采用刚性卸料装置。由于弹性卸料具有操作方便的优点,应尽量采用弹性卸料。

3) 外形复杂的凸凹模,通常设计成直通型式,以方便线切割加工。此时凸凹模的固定方式,要依凸凹模结构形状及尺寸而定。可采用螺钉、销钉、铆接、低熔点合金或环氧树脂粘接等固定方法。

4) 凸凹模平面尺寸较大时,不论是采用正装结构还是倒装结构,均可省去固定板,将凸凹模直接固定在模板上。

5) 冲压非轴对称制件的复合模,其工作零件必须定位可靠,不允许有转动的可能。

6) 设计落料拉深复合模时,落料凹模刃口面应高出拉深凸模工作端面一个料厚(t)以上(通常取 $t+2\sim 4\text{ mm}$),以便实现先落料后拉深的工作顺序。同时还要注意,落料凹模内的压边圈工作面,应高出落料凹模刃口面 0.5 mm ,以保证落料前先压料,拉深后能将制件从落料凹模内推出。

7) 落料拉深复合模在选用压力机公称压力时,应当注意压力机的许用载荷曲线,使落料力和拉深力分别均在压力机许用载荷曲线以内,而不能简单地将落料力与拉深力相加后去选择压力机。

8) 其他工序的复合模具,在选用压力机时也应注意压力机的许用载荷曲线,特别当模具工作行程较大时更应注意。

9) 冲压高度尺寸较大的拉深件的复合模,应注意压力机滑块在上死点时能否取出制件。一般要求滑块行程应大于拉深件高度的两倍以上。

10) 复合模导柱采用中间或对角布置时,应使两导柱直径不同,以防止上模相对下模错位 180° 而发生事故。

3 典型结构

(1) 定子与转子复合模

图 20.3-11 为定子与转子复合模。此模具在一次冲程内完成定子与转子片的冲压,故设计有两个凸凹模。卸料与顶件靠橡胶力,冲孔废料通过模具从压力机工作台孔中落下,上模利用打杆刚性推件。

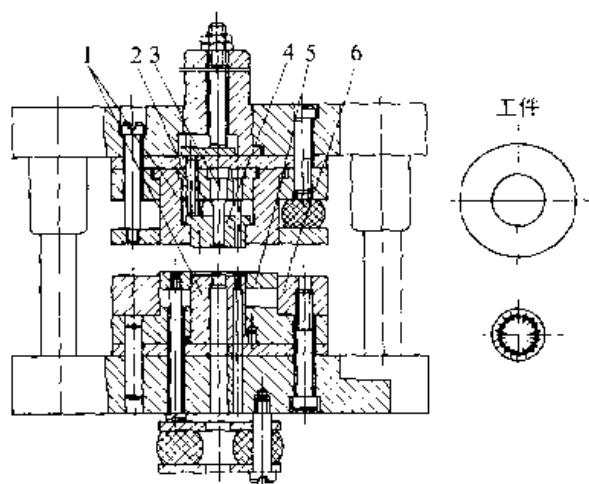


图 20.3-11 定子与转子复合模
1—凸凹模 2—小固定板 3—凸模
4—推件块 5—顶件器 6—凹模

(2) 冲三垫圈复合模

图 20.3-12 所示为冲三垫圈复合模。

本模具为保证三种垫圈的同轴度,下模以凸凹模 2 套住凸凹模 1,并以固定板 3 固定镶在下模座的凹窝内。上模以固定板 7 的凹窝和内孔分别套住凹模 6 和凸凹模 10,而凸凹模 10 又套住凸模 11。这样只要上、下模座的凹窝同轴,则能保证三垫圈的同轴。制造时先加工模座凹窝,后加工导柱导套孔。采用低熔点合金固定导套以简化加工。

上模出件采用刚性推件装置,推件块 5 与外推件块 9 由内螺纹圆柱销 8 连成一体,下模出件由弹顶器进行,废料则通过圆管漏落在压力机工作台孔下。

(3) 带浮动模柄的复合模

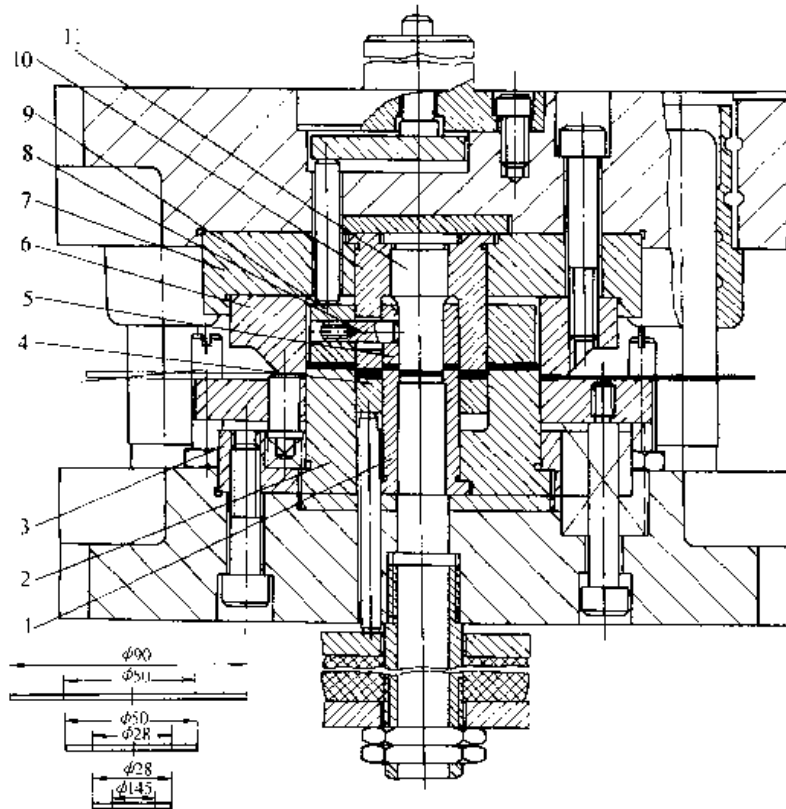
图 20.3-13 为带浮动模柄的复合模。

此模具装有由件 1、2、3、4 组成的浮动模柄,以浮动模柄球面间的相互转动消除压力机滑块的运动误差,保证了模架的导向精度。

(4) 落料、压印复合模

图 20.3-14 为落料、压印复合模。

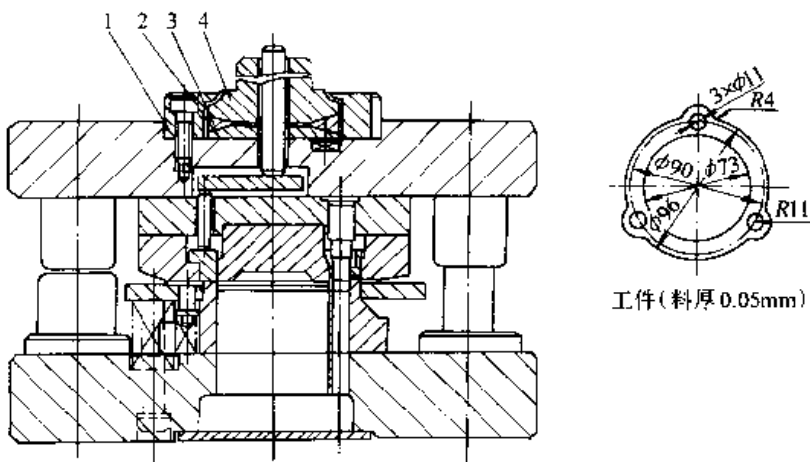
该模具落料凸模兼作压印冲头,在落料凹模 4 内装有另一压印冲头下模 3。工作时,落料完成后,上模继续下行进行压印。压印完成后,在压力机向上行程中,由螺杆 2 带动顶板 6 上升,顶杆 5 顶下模 3 而将制件顶出。



1. 件图 材料 Q235 料厚 2mm

图 20.3-12 冲三垫圈复合模

1、2—凸凹模 3—固定板 4—弹顶器 5—推件块 6—凹模
7—固定板 8—内螺纹圆柱销 9—外推件块 10—凸凹模 11—凸模



工件(料厚 0.05mm)

图 20.3-13 带浮动模柄的复合模

1、2、3、4—组成浮动模柄

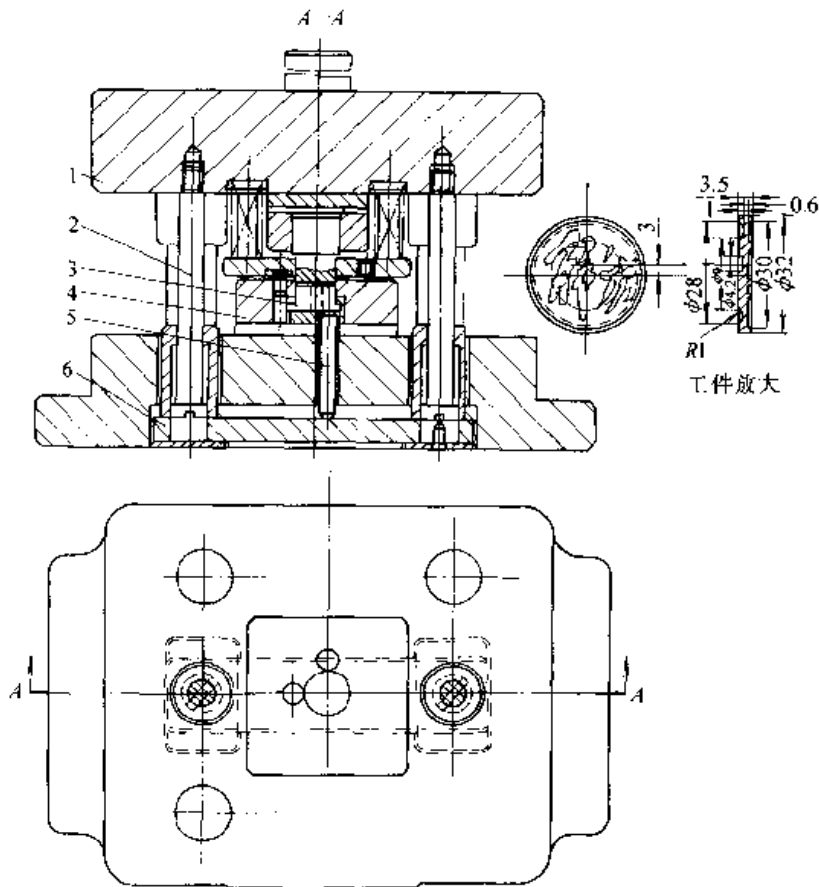


图 20.3-14 落料、压印复合模

1—上模座 2—螺杆 3—下模 4—落料凹模 5—顶杆 6—顶板

(5) 落料、拉深、翻边复合模

图 20.3-15 为落料、拉深、翻边复合模。

冲压时条料从导料板 11 中通过，由凹模 6 和装在固定板 1 上的凸凹模 7 进行落料。上模继续下行，由凸凹模 7 和凸模 9 完成制件外缘拉深，压料板 8 在拉深时起压料作用。装在固定板 3 上的凸凹模 2 将制件内缘拉深至一定高度时，凸模 10 对制件进行冲孔，再由凸凹模 2 和凸模 9 对制件内缘翻边达到需要尺寸。制件和废料均被带往上模，分别由顶板 4、5 打下。

(6) 落料、拉深复合模

图 20.3-16 是一副落料、拉深复合模。

本模具可完成落料、拉深两个工序。条料由带导尺的固定卸料板 5 导向送进，冲首件以目测定位，冲第二件及以后各件时用挡料销 2 定位。上模下行由凸凹模 6 和凹模 4 完成落料工序，继续下行，由凸凹模 6 和凸模 9 完成拉深工序，至下死点时，凸模 9 和推件块 8 对制件进行整形。拉深时压力机气垫的压力通过托杆 1 传到压边圈

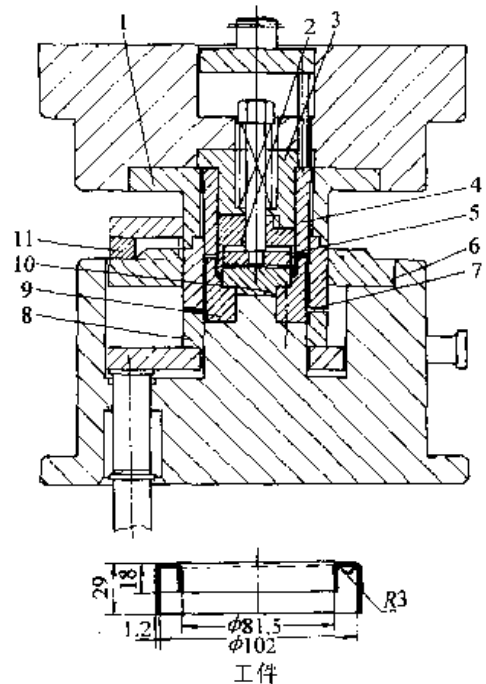


图 20.3-15 落料、拉深、翻边复合模

1、3—固定板 2、7—凸凹模 4、5—顶板 6—凹模
8—压料板 9、10—凸模 11—导料板

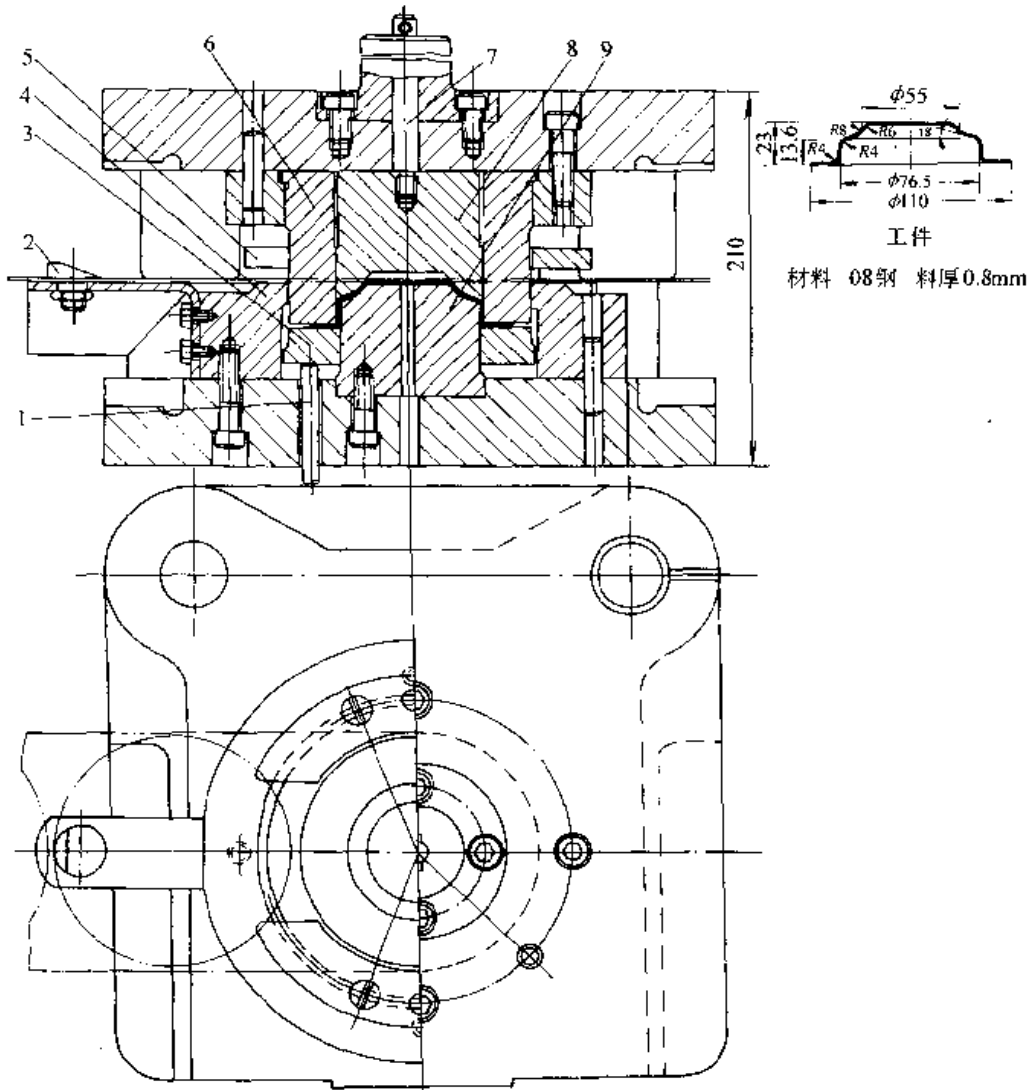


图 20.3-16 落料、拉深复合模

1—托杆 2—挡料销 3—压边圈 4—凹模 5—卸料板
6—凸凹模 7—打杆 8—推件块 9—凸模

3上进行压边。冲压完成后上模上行，由打杆7和推件块8将制件从凸凹模6中推出。

(7) 落料、拉深复合模

图 20.3-17 为落料、拉深复合模。

经计算，图示制件需经二次拉深。此模具由两套拉深凸模、凹模和弹顶装置组成，可连续完成二次拉深。工作时条料由凸凹模2和凹模7对制件进行落料。上模下降，压料圈6被压下，顶杆10提供弹性力，由凸模5和凸凹模2完成首次拉深。上模继续下降，压料圈6使滑块9外移将顶板8从滑块9槽中脱开，顶杆11顶住顶板8。上模座再下降，凸模5和顶板8被压下，由凸模4、凹模3对制件进行二次拉深。

回程时，压料圈6由顶杆10顶起，凸模5、顶板8由顶杆11顶起。这时滑块9复位并将凸模5和顶板8重新固定。制件随上模上升，最后由打杆1打下。

(8) 落料、拉深复合模

图 20.3-18 为一副落料、拉深复合模。该模具在冲压结束上模上升时，顶件器2将制件从凹模3中顶出，弹顶器1使制件不随上模上升，同时气嘴6吹气将制件吹离模具工作区。制件碰到挡板5落入下模座4的槽中。气嘴喷气时间由压力机滑块通过气阀控制。由于该模具为多排冲压，并装有钩式自动送料机构和喷气机构，故生产效率很高。

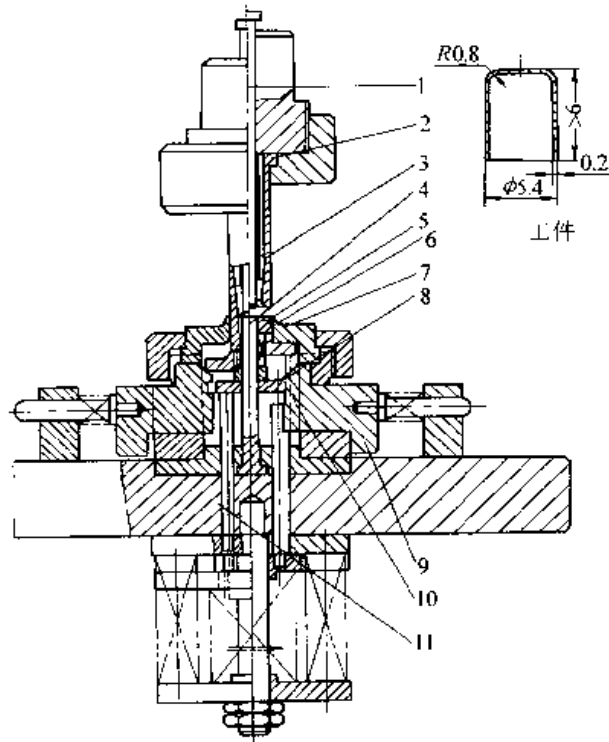


图 20.3-17 落料、拉深复合模

- 1—打杆 2—凸凹模 3—凹模 4、5—凸模
6—压料圈 7—凹模 8—顶板 9—滑块 10、11—顶杆

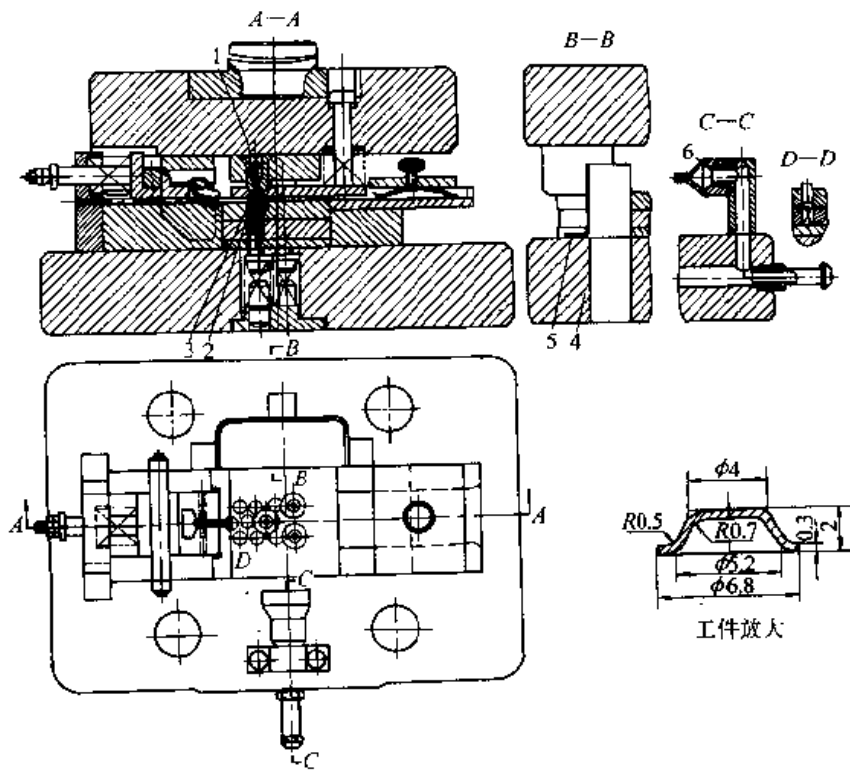


图 20.3-18 落料、拉深复合模

- 1—弹顶器 2—顶件器 3—凹模 4—下模座 5—挡板 6—气嘴

(9) 拉深、挤边复合模

图 20.3-19 为拉深、挤边复合模，同时还完成压凹、冲孔工序。

本模具工作时，先由拉深凸模 5 和凹模 3 对板料进行拉深，到所需高度后再由挤边凸模 4 和凹模 3 进行挤边，同时完成压凹、冲孔工序。

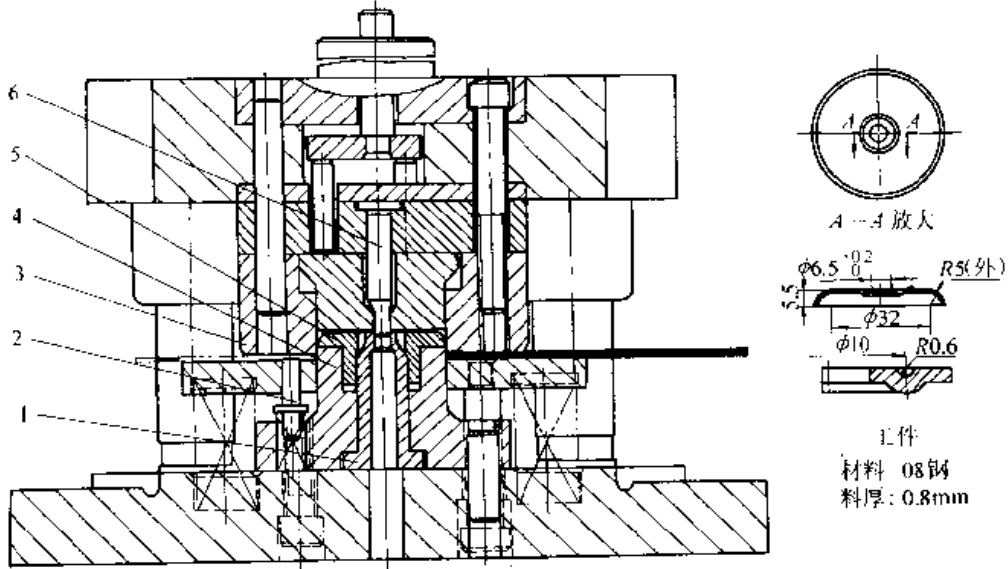


图 20.3-19 拉深、挤边复合模

1—冲孔凹模 2—挡料销 3—凹模 4—挤边凸模 5—拉深凸模 6—凸模

(10) 内、外缘翻边复合模

图 20.3-20 所示为内、外缘翻边复合模。

工作时，毛坯套在凸模 7 上并由它定位，凸模 7 装在压料板 5 上，压料板 5 既起压料作用，又起整形凹模作用，故压力机滑块压至下死点时压料板应与下模座刚性接触。推件块 8 在弹簧作用下在冲压时始终与毛坯保持接触，到下死点时

与凸模固定板刚性接触，把 $\phi 25.5$ 处圆角压出。翻边后，上模上行，顶件块 6 在弹簧作用下把制件从凸模 7 中顶起，同时压料板 5 在气垫力作用下把制件从凹模 3 中顶出。为防止弹簧力不足而不能把制件从上模中推出，还采用刚性推件装置，由打杆、推板、连接推杆和推件块 8 将制件推出。

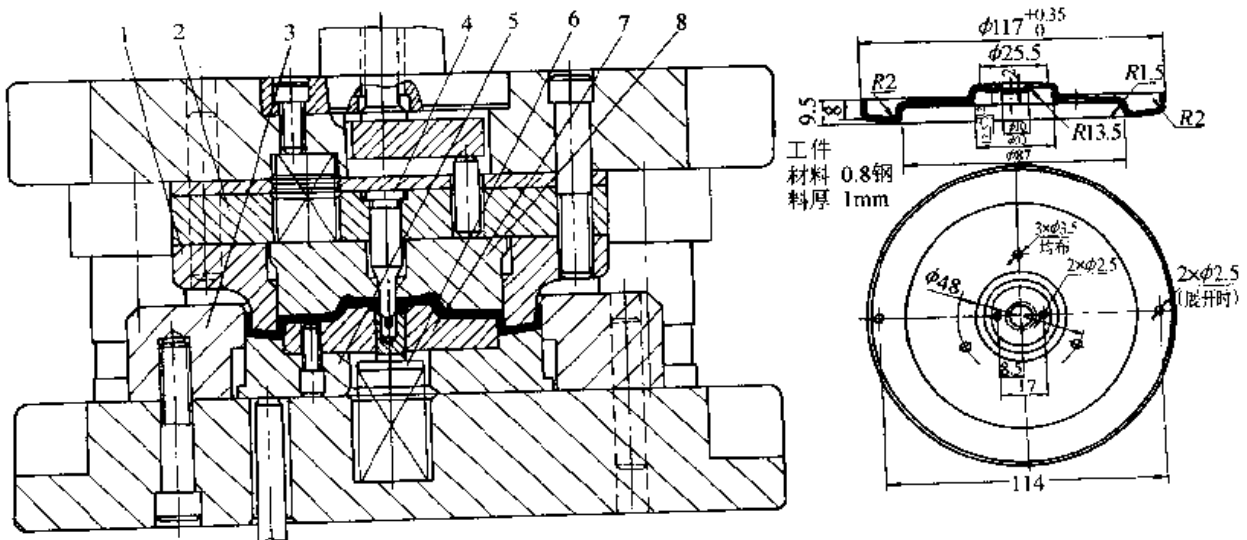


图 20.3-20 内外缘翻边复合模

1—凸凹模 2—凸模固定板 3—凹模 4—凸模 5—压料板 6—顶件块 7—凸模 8—推件块

(11) 成形、冲孔、切断复合模

图 20.3-21 为成形、冲孔、切断复合模。将事先落料成要求尺寸形状的工序件置于模具中，上模下行，由该模具的凸凹模 7 和凹模 6 进行成

形，凸模 5 进行冲孔，由切断凸模 4 切断成二个制件。上模上行时，由打杆 1，推板 2 和二块形状相同的推件块 3 将工件推下。

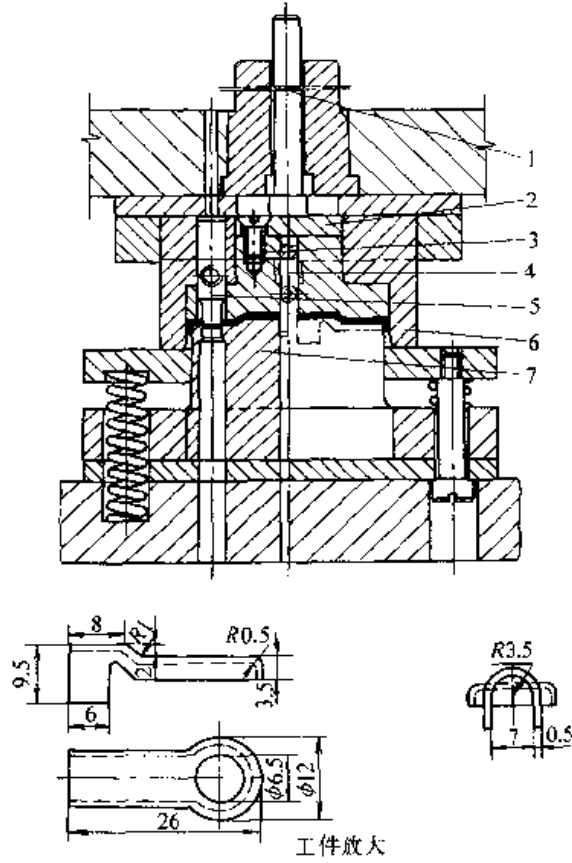


图 20.3-21 成形、冲孔、切斯复合模

1—打杆 2—推板 3—推件块 4—切断凸模 5—凸模 6—凹模 7—凸凹模

第4章 连续模设计

1 连续模结构特点

1.1 结构组成与特点

(1) 结构组成

图20.4-1为一简单的冲孔、落料连续模。共有3个工位、分别为：①冲侧刃边距；②冲两个 $\phi 1.8$ 孔与长方孔；③落料（排样图参见图20.6-2）。

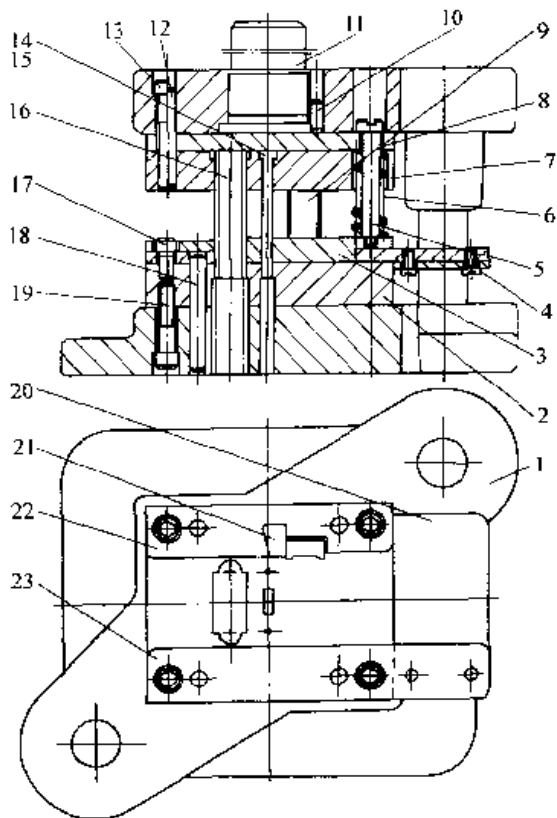


图 20.4-1 落料、冲孔连续模

- 1—对角模架 2—凹模 3—卸料板 4—开口螺钉
5—卸料螺钉 6—弹簧 7—固定板 8—垫板
9—侧刃凸模 10、12、18—销钉 11—模柄
13、17、19—螺钉 14—方凸模 15—圆凸模
16—落料凸模 20—托料板
21—挡料板 22、23—导料板

连续模的结构组成如表 20.4-1 所示。

(2) 结构特点

与单工序模和复合模相比，连续模的结构具有以下特点：

- 1) 构成连续模的零件数量多，结构复杂。
- 2) 模具制造与装配难度大，精度要求高，步距控制精确，且要求刃磨、维修方便。如有些电机定转子连续模，其主要零件制造精度达 $2\ \mu\text{m}$ ，步距精度 $2\sim 3\ \mu\text{m}$ ，总寿命达 1 亿次以上。
- 3) 刚性大。
- 4) 对有关模具零件材料及热处理要求高。
- 5) 一般应采用导向机构，有时还采用辅助导向机构。
- 6) 自动化程度高，常设有自动送料、安全检测等机构，以便实现高效自动化生产。

1.2 结构设计方法

(1) 设计依据

连续模设计应掌握的数据参见表 20.4-2。

(2) 设计原则

连续模设计应遵循以下原则：

- 1) 尽量选用成熟的模具结构或标准结构。
- 2) 模具要有足够的刚性，以满足精度和寿命要求。
- 3) 模具应具有良好的加工工艺性。
- 4) 送料方便，操作简便安全，易于出件。
- 5) 要考虑废料处理和安全性问题。
- 6) 模具有关零件之间的安装要准确可靠、联接牢固。
- 7) 模具结构与现有冲压设备要协调匹配。
- 8) 模具易损件更换、维修方便。

(3) 设计要素与步骤

连续模结构设计要素参见表 20.4-3。

连续模设计步骤参见图 20.4-2。

表 20.4-1 连续模结构组成

单元	功能	主要零件	
工作单元	冲压加工	凸模、凹模	
辅助单元	卸料	卸料板、卸料螺钉、弹簧	
	定位	X 向	挡料销、侧刃
		Y 向	导料板、侧压装置
		Z 向	浮顶销等
	导向	精定位	导正销
		外导向	模架、导柱、导套
	内导向	小导柱、小导套	
固定	凸模固定板、上下模座、模柄、螺钉、销钉		
其他	承料板、限位板、安全检测器等		

表 20.4-2 连续模设计前应掌握的数据

项目	设计前应掌握的数据
制件与材料	板厚与精度、材质、料宽、热处理、毛刺方向的要求，纤维方向的要求
模具设计资料	批量、模具的形式、材料送进方向的要求，凸模、凹模、导正销、误送检测器、推顶器、卸料板、导柱、限位销、浮顶销等的形式及材质，精加工方法，间隙、凹模落料角、刃口有效段长度
模具材质	凸、凹模的材质
模架	形式、材质、尺寸、模柄尺寸
压力机	形式、吨位、行程、每分钟冲程数、开启与闭合高度、送进方向、滑块与台面尺寸、模柄孔尺寸
尺寸标注	有效位数、尺寸公差标注要求
图样	图样尺寸、图号、名称的标注要求

表 20.4-3 连续模结构设计要素

项目	内容	要素
冲压过程	毛坯材料 ↓ 加工方法及工艺问题 ↓ 产品	材质、种类、特性、形状、精度 加工方法与过程，加工极限、工艺条件、材料的运动、成形工序、成形障碍、排样 尺寸精度、外观、性能
材料定位	毛坯材料在 X, Y, Z 方向的运动及与模具之间相对位置的保持	导正销、导向、切边、挡料销、浮顶器、推板、打板、误动作检测

项 目	内 容	要 素
模具结构	与加工单元的关系 与毛坯材料运动的关系 凸、凹模关系的保持 确保模具刚性的方法 定位销	模具类型、模板类型、模板结构、卸料螺钉的使用方法、挡料销
安装与安全	模具在压力机上的安装与送料机构的关系、与模具维护的关系 搬运、保养、安全对策	行程、送料线高度、夹持方法、模具的起吊、模具的大小、外形、模具的装配、分解、调整及防止危险的对策

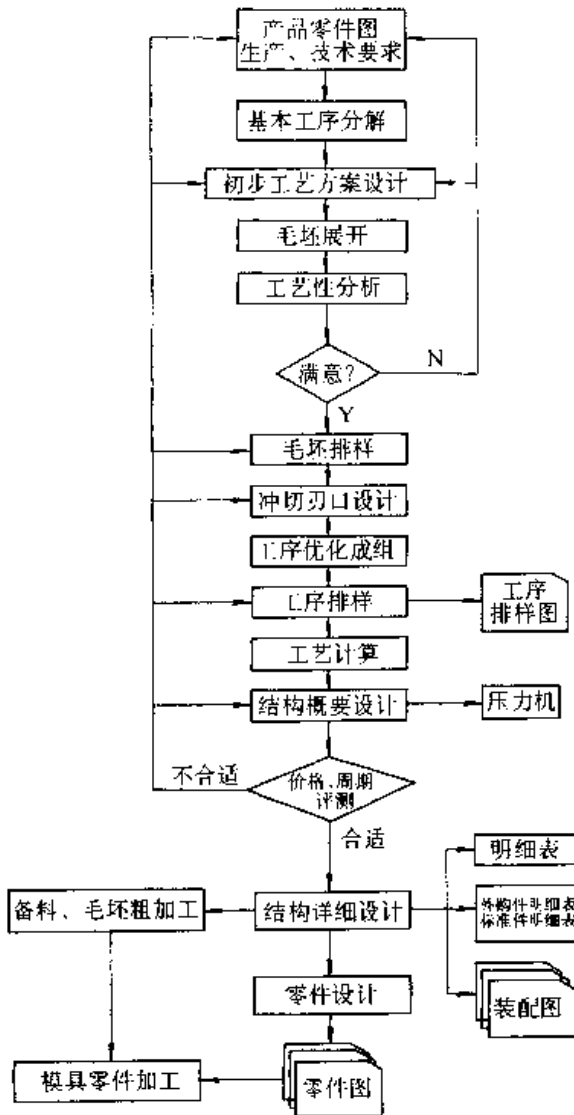


图 20.4-2 连续模设计步骤

2 模具零件设计

2.1 凸、凹模设计

2.1.1 凸、凹模设计原则

- 1) 凸模和凹模要有足够的刚度和强度。
- 2) 凸模和凹模安装稳定可靠，且便于更换。
- 3) 模具设计时为了减小多工位连续模各工位之间步距的累积误差以及确保凸、凹模间的间隙值，在标注凹模、凸模固定板，卸料板等零件中与步距有关的孔位尺寸时，要以凹模第 1 工位定为坐标原点（尺寸基准）向后标注，不论距离多大，公差均为步距公差，如图 20.4-3 所示。从而保证各凸模安装位置及卸料板各形孔位置与凹模一致。同时还要保证凸模刃口形状、卸料板形孔形状与相应凹模形孔一致。

4) 废料排除要方便及时，以防损坏模具，可在凸模上设置废料顶杆、高压气孔，以便及时清除废料；

5) 凸、凹模应具有良好的结构工艺性，以便于制造、热处理、检测及安装。

2.1.2 凸模

凸模可分为直通式和加强式（台阶式）两种，如图 20.4-4 所示。直通式凸模加工容易，可采用线切割加工；而加强式凸模强度和稳定性较好，可采用成形磨削等方法加工。

对于承受较大侧压力的凸模，可采用图 20.4-5 所示的侧弯保护机构。

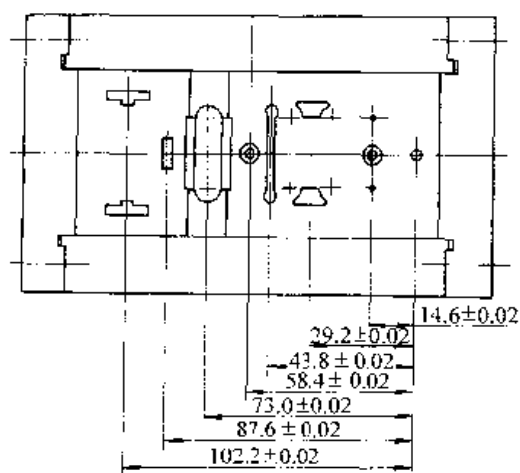


图 20.4-3 步距尺寸的标注

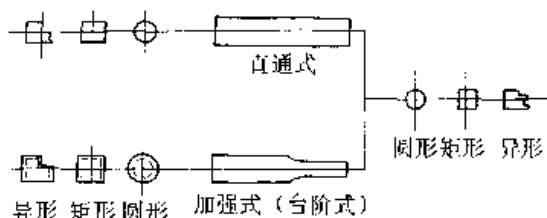


图 20.4-4 凸模形式

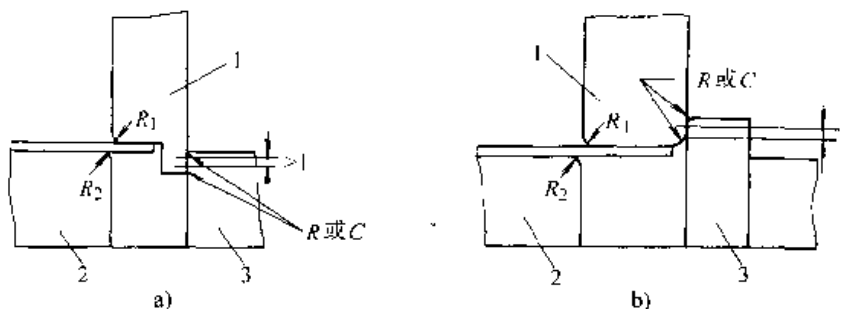


图 20.4-5 受侧向力作用的凸模结构

1—凸模 2—凹模 3—侧向承载块

(1) 凸模结构设计

1) 圆凸模

① 不常拆卸圆凸模如图 20.4-6 所示，凸模与固定板采用较紧的过渡配合 H7/n7 或 H7/n6。一般对于工作直径在 $\Phi 6$ mm 以上的冲裁凸模多采用这种配合，主要用于连续冲裁模和筒形件连续拉深模；直径在 $\Phi 5$ mm 以下的凸模可采用便于更换的结构。

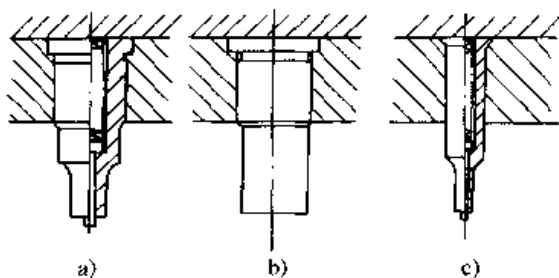


图 20.4-6 常用不常拆卸的圆凸模结构

② 常拆卸圆凸模如图 20.4-7 所示，凸模与

固定板一般采用较松的过渡配合或间隙配合。冲裁间隙小于 0.1 mm 时，凸模与固定板取 H6/m5 配合；冲裁间隙大于 0.1 mm 时，可选用 H6/m6 或 H7/k6 配合。

③ 细小圆凸模

图 20.4-8 是由垫柱和螺塞顶压固定的安装结构，拆卸方便，配合多采用 H7/h6 或 H6/h5，但对凸模工作部分应采取导向保护。

图 20.4-9 为特细型凸模，俗称针状凸模的常用结构。图 20.4-9a、b 均为铅笔式结构，其冲孔直径一般在 0.8~2.0 mm 以内，小凸模伸出保护套仅有 2~3.5 mm，且对保护套的内外圆同轴度要求严格。图 20.4-9c、d 均是在卸料板上装有保护套。这两种结构中圆凸模与固定板均有一定间隙，凸模的工作部分靠装在卸料板上的保护套进行导向，因此对于小孔冲制或小间隙冲裁，应采用小导柱对卸料板加以辅助导向。精度要求很高的精密模具应采用滚珠式小导柱、导套进行辅助导向。图 20.4-10 所示为有辅助导向的

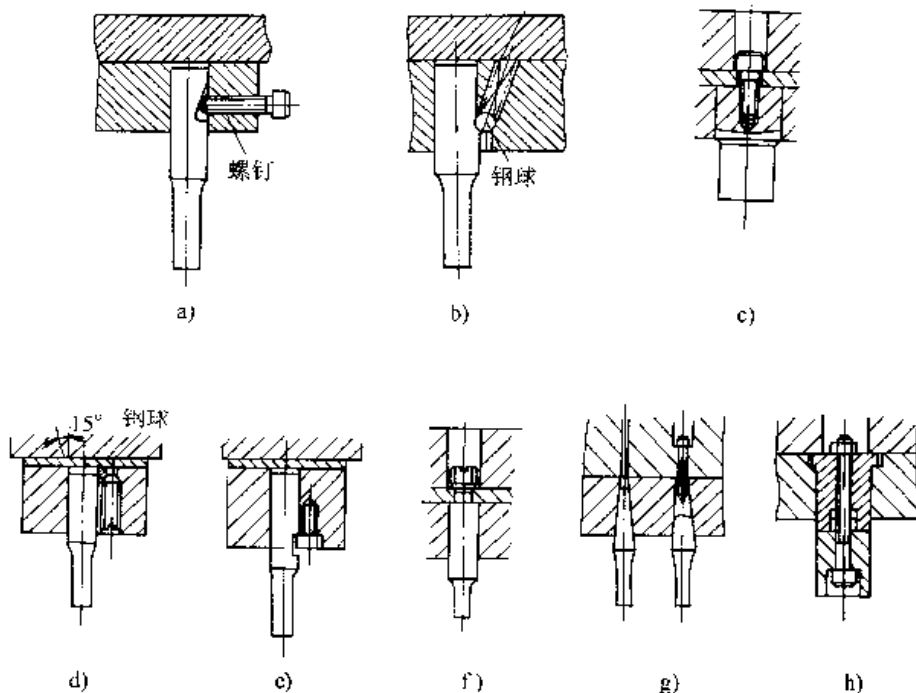


图 20.4-7 凸模快换结构

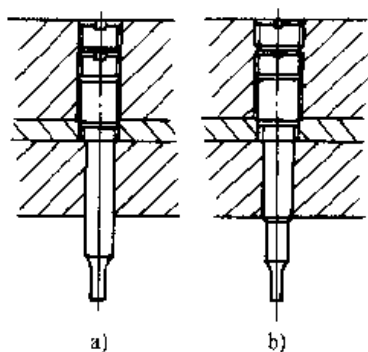


图 20.4-8 螺塞顶压细小圆凸模安装结构

细小凸模保护结构示意图。细小圆凸模尺寸如图 20.4-11 和表 20.4-4 所示。

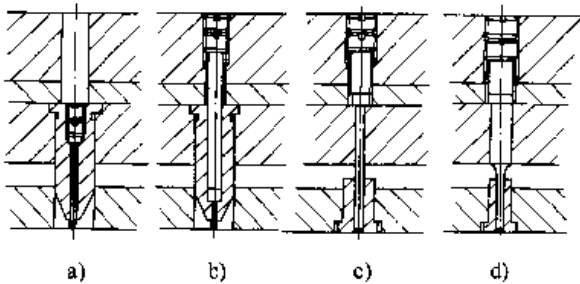


图 20.4-9 采用保护套的细小圆凸模结构

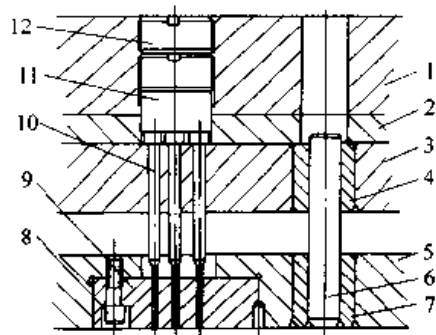


图 20.4-10 以辅助导向保护细小凸模示意图

- 1—上模座 2—垫板 3—固定板
- 4—小导套 5—卸料板 6—小导柱
- 7—安装套 8—螺钉 9—保护板
- 10—小凸模 11—垫柱 12—丝堵

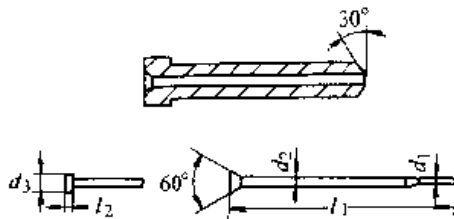


图 20.4-11 细小圆凸模尺寸

表 20.4-4 细小圆凸模尺寸 (图 20.4-11)
(mm)

d_1 的范围	使用杆径	d_3	l_2	适宜长度 l_1
0.8 以下	1.0			30~50
0.8~1.5	1.0			30~55
	1.5			
>1.5~3.0	2	2.7	1.8	35~60
	2.5	3.2	2.2	
	3.0	3.8	2.5	

2) 异形凸模

① 异形压入式凸模如图 20.4-12 和 20.4-13 所示

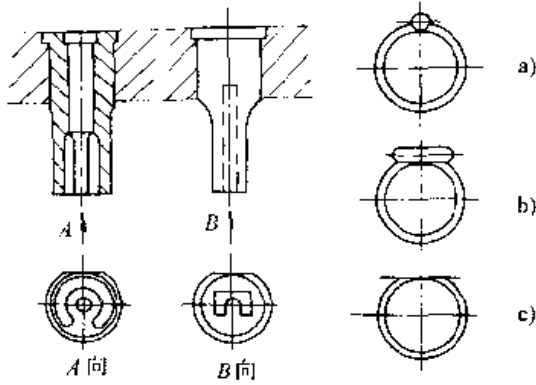


图 20.4-12 异形凸模用圆柱面做压入部分采用止转结构示意图

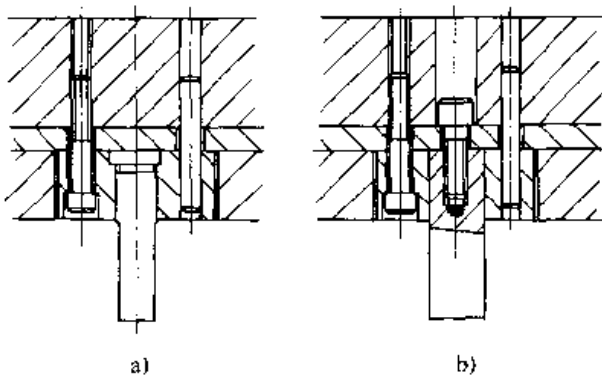


图 20.4-13 异形压入式装配采用大小固定板套装结构

② 异形带凸缘式凸模如图 20.4-14 所示。

③ 异形直通式凸模如图 20.4-15 所示。直通式异形凸模装卸方便，是多工位连续模中采用最多的结构之一。

凸模与固定板常采用 H7/m6、H7/n6、H6/

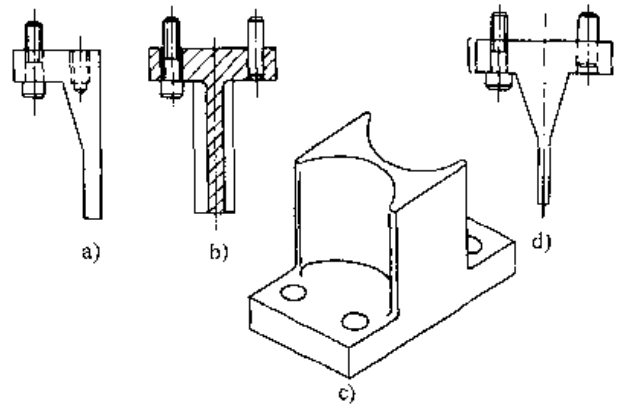


图 20.4-14 异形带凸缘凸模

m5 或 H6/m5 配合。图 20.4-15 是典型的安装形式，也可采用图 20.4-16，20.4-17 等安装形式。

④ 异形凸模的特殊安装方式

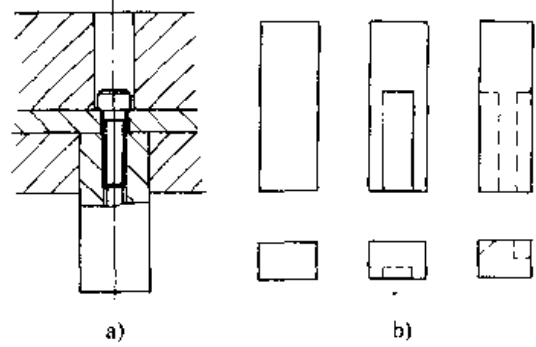


图 20.4-15 异形直入式凸模及安装形式

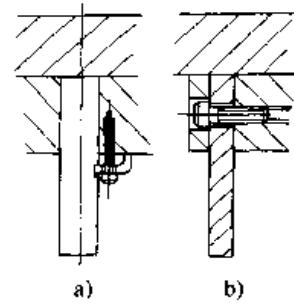


图 20.4-16 直通式异形凸模安装结构

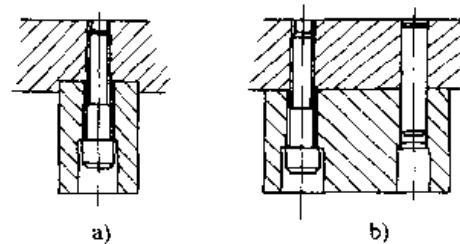


图 20.4-17 用螺钉销钉直接紧固大型异形凸模

a. 采用粘接方式进行安装 如图 20.4-18 所示, 凸模可采用环氧树脂、低熔点合金或厌氧胶 60 g 在固定板上固定。

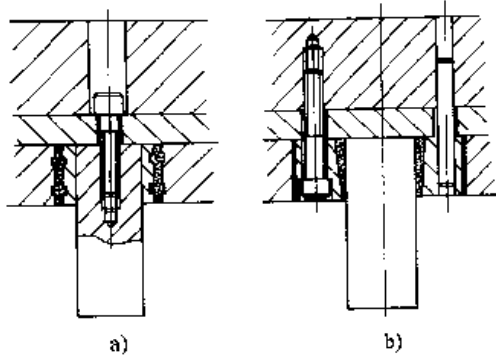


图 20.4-18 多工位连续模采用粘接凸模特殊结构

b. 采用楔块压紧方式安装凸模 利用楔块将凸模安装在固定板上, 如图 20.4-19 所示。图中 20.4-19a 是在凸模、楔块的斜面处均加工半圆槽, 楔块斜度在 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 范围。图 20.4-19b 是在楔块上加工长圆孔, 凸模与楔块斜度在 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 范围, 并且要保持凸模与楔块斜度一致。

采用楔块安装方式安装凸模, 多用于单侧或局部进行冲裁的冲裁凸模, 或进行弯曲加工的压弯凸模。

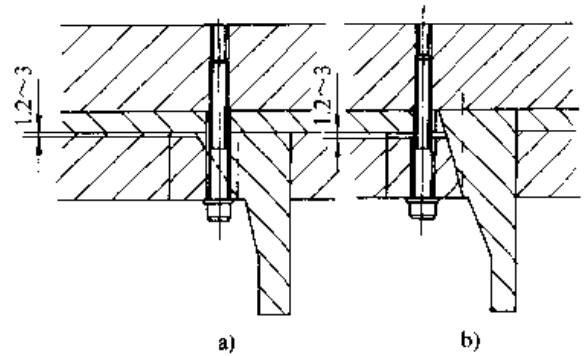


图 20.4-19 采用楔块安装凸模

c. 可以调整凸模工作高度的安装结构 如图 20.4-20 所示为可以调整凸模工作高度的安装结构。图 20.4-20a 是属于普通冲极薄材料结构, 图 20.4-20b 是在固定套上又加上一个锁紧螺母, 以防卸料力引起凸模上下滑动。调节滑块与凸模接触面角度一般在 $7^{\circ} \sim 15^{\circ}$, 两接触面角度应严格一致。图 20.4-21 为凸模垂直微调结构。图 20.4-22 为刃磨后不改变闭合高度的凸模安装结构。

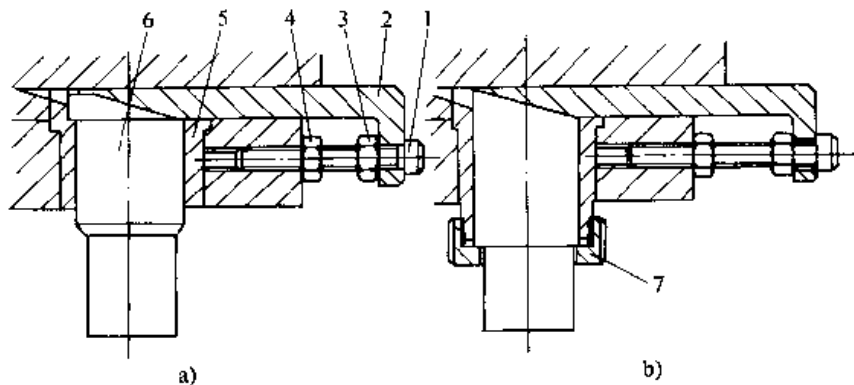


图 20.4-20 可调整凸模高度的安装结构

1—螺钉 2—调节滑块 3、4—螺母 5—凸模固定套 6—凸模 7—锁母

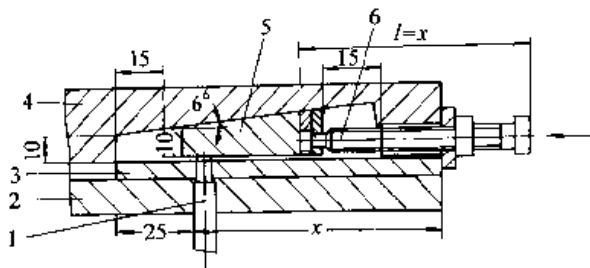


图 20.4-21 凸模垂直微调结构

1—凸模 2—凸模固定板 3—垫板 4—上模座
5—斜楔 6—调节螺杆

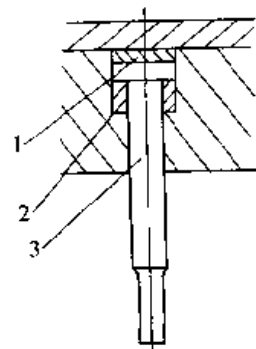


图 20.4-22 刃磨后不改变闭合高度的结构

1—可更换的垫片 2—磨削的垫圈 3—凸模

d. 组合式安装 组合式安装方式主要有两种：一种是直接组合，即几个相邻的凸模直接进行组合；另一种是间接组合，即几个相邻的凸模通过必要的组合体组合在一起。各凸模间距离是靠组合体自身孔位精度保证。组合式凸模在多工位连续模中是较常用的形式之一。图 20.4-23 所示为一组冲长方形孔凸模直接组合示意图。图 20.4-24 所示为一间接组合示意图。

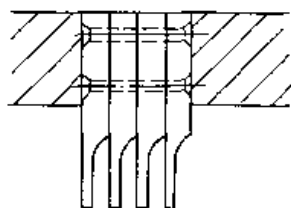


图 20.4-23 直接组合式凸模

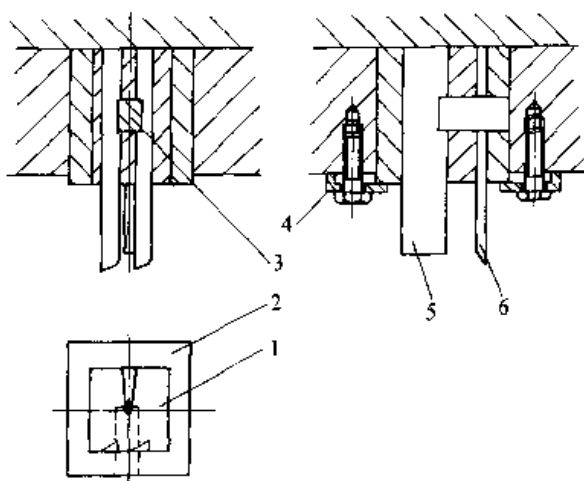


图 20.4-24 间接组合式凸模

1—基体 2—固定板 3—键 4—压板
5—凸模 6—凸模

e. 拼合凸模安装 对于多工位连续模中的一些形状复杂凸模，加工比较困难而其形孔形状又不便再进行分解时，或对于一些大型凸模，常采用拼合结构。拼合方式包括工作型面的拼合或工作高度的拼合，如图 20.4-25、图 20.4-26 所示。

3) 硬质合金凸模结构

硬质合金因其硬度高、耐磨性好而常用于连续模的凸、凹模，但它脆性大，抗弯强度低。硬质合金凸模的固定方法有：

① 机械固定结构 如图 20.4-27 所示，硬质合金凸模与基体之间的结合面须经研磨或研

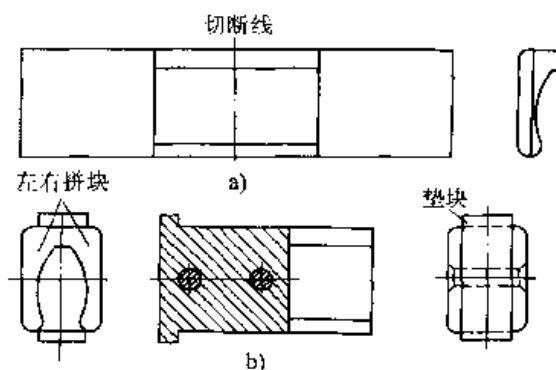


图 20.4-25 拼合凸模结构示例与工艺示意图

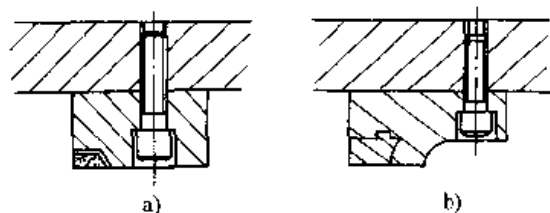


图 20.4-26 高度镶块拼合凸模示例

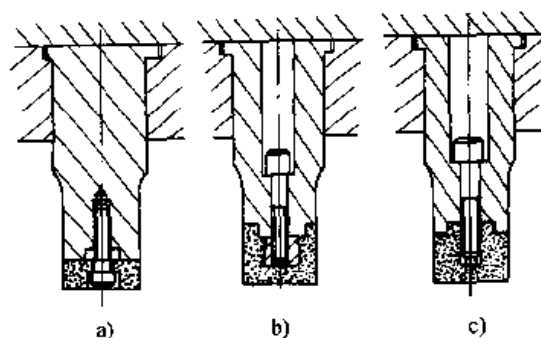


图 20.4-27 硬质合金凸模紧固结构

合，接合面粗糙度值应小于 $Ra0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 。

② 热套固定结构 如图 20.4-28 所示，热套结构是将模具基体部分用中碳钢做成套状。与硬质合金凸模的过盈量通常取其基本尺寸的 $0.1\% \sim 0.2\%$ ，装配时，将套加热到 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ ，再将凸模套紧。

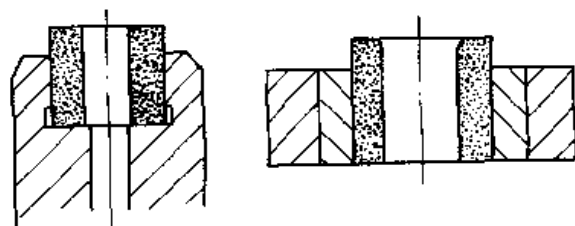


图 20.4-28 硬质合金凸模热套结构

③ 粘接固定结构 对于一些成型小凸模, 其与基体可采用无机粘接或环氧树脂粘结的方法。粘接固定结构适宜于冲制薄料, 料厚一般小于 0.8 mm。

④ 焊接固法结构 硬质合金的焊接有铜焊和钎焊。其中铜焊操作简便, 使用较广。图 20.4-29 所示为焊接固定结构示意图。

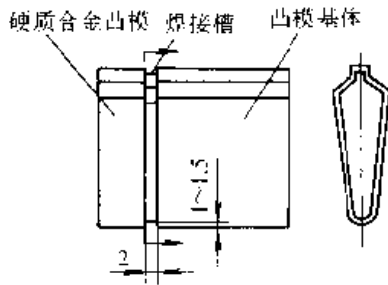


图 20.4-29 硬质合金凸模焊接结构

(2) 凸模高度

确定凸模高度尺寸时, 应按以下几项原则考虑:

① 根据模具结构需要确定凸模的高度, 对于特别细长凸模易出现受压失稳现象, 要进行抗弯能力和抗压能力的校核。一般凸模长度需在刃口断面大小的 10 倍以内, 对非圆形凸模, 可用外接圆大小来判断。

② 在同一副模具中, 各凸模绝对高度不一样, 应确定某一基准凸模高度, 其值一般取 35~65 mm (一般尽量取小值), 其他凸模根据冲压要求按基准高度计算差值。

③ 尽量选用标准凸模高度: 35, 40, 45……65 mm。

④ 凸模应有一定的使用高度和足够的刃磨高度。

⑤ 注意各种凸模加工的同步性, 并要保证各凸模进入工作前, 导正销对条料进行导正, 卸料板将条料压紧。图 20.4-30 所示为简单的冲裁弯曲模不同性质凸模间的相互位置关系。

2.1.3 凹模

(1) 凹模的结构形式

根据凹模刃口部分的结构, 凹模可分为整体式、镶套式、镶拼式及分段拼合式四大类。

多工位连续模中凹模常采用非整体式结构, 其优点是制造简单, 冲模精度高; 节省贵重金属, 热处理变形易于控制; 装配、调整、刃磨、

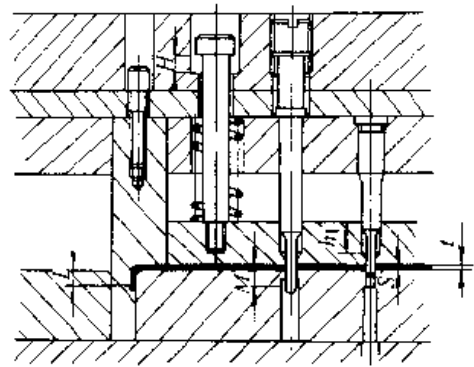


图 20.4-30 各种不同性质凸模相互高度关系
 L —弯曲凸模工作长度 (mm), 一般大于弯曲区高度 5 mm;
 t —加工材料厚度 (mm);
 H —卸料板的活动量 (mm), $H = L + t$;
 h_1 —凸模修磨量, 一般大于 5 mm;
 M —导正销的直壁部分进入条料长度 (mm),
 $M = H + (0.5 \sim 1) t$;
 S —冲裁凸模进入凹模的深度 mm, $S = t + 1 \sim 2$ mm

维护较方便。

1) 整体式凹模 连续模中, 整体式凹模结构简单, 制造方便, 但可能会产生由于凹模局部的超差或损坏而造成整个凹模报废, 且刃磨后, 整个凹模厚度在刃口段减少, 模具寿命低, 刃磨困难, 一些特殊机构 (如凸轮机构、斜楔机构等) 难以布置, 模具维护费用高。因此, 只是对于一些工位数不多或纯冲裁的连续模才采用整体凹模。

2) 镶套式凹模 对于连续模中某些小的工作形孔, 可在整体凹模或其他形式模板的相应形孔位置镶一个套状凹模 (圆套、方套或异形套)。各镶套形孔可用慢走丝线切割加工, 以保证尺寸和位置精度。利用镶套式凹模, 可防止模具开裂, 提高模具寿命, 并且可节省昂贵的模具材料 (如硬质合金等)。

镶套式凹模有圆柱形和圆柱背台形两种, 如图 20.4-31 所示。镶套式凹模与固定它的凹模一般采用过渡配合。

3) 镶拼式凹模 对于某些难加工的凹模形孔, 常采用镶拼式凹模 (如图 20.4-32 所示)。镶拼式凹模设计参见本篇第 1 章 2.1.3 凸模与凹模的镶拼结构。镶拼凹模结构形式主要有凸边式、紧圈式、种植式、镶片式、镶块式等。

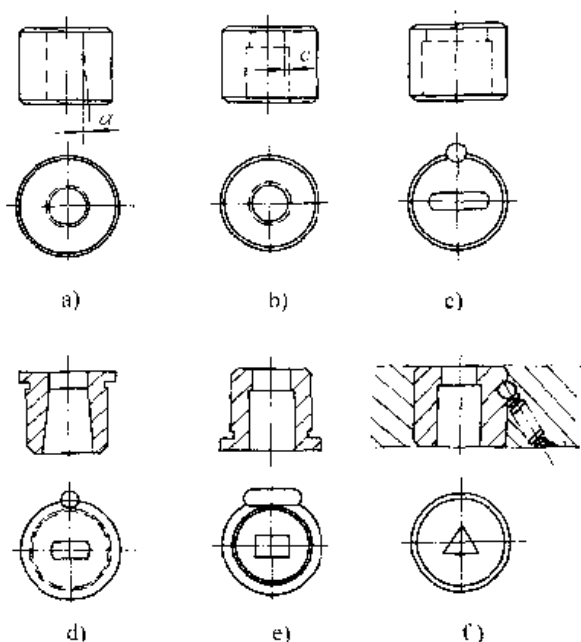


图 20.4-31 镶套式凹模

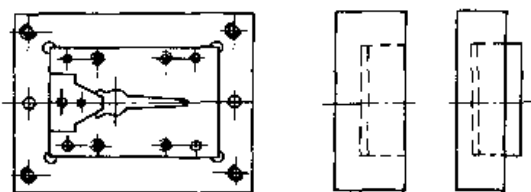


图 20.4-32 镶拼式凹模示例

4) 分段拼合凹模 分段拼合凹模是多工位连续模中最常用的一种结构。其优点是通过各小段凹模结合面的研合, 来保证各孔之间的距离, 从而保证步距精度要求, 如图 20.4-33 所示。分段拼合凹模可解决多形孔加工时各形孔坐标精度问题, 便于刃磨、维修, 不会因个别形孔损坏而造成整个凹模报废, 能解决热处理变形较大的问题, 便于加工、安装和调整。在分段拼合时, 要尽量以直线分割, 同一工位的形孔, 原则上不应分为两段。每段凹模不宜包含太多的形孔, 比较薄弱易损坏的形孔, 应独立分段。分割线不应将形孔分段, 形孔原则上应为闭合形孔。不同冲压工艺的工位(如弯曲、拉深、成形等), 应当与冲裁部分分开, 以便于刃磨凹模刃口和成形凹模(或凸模)的安装基面。

为保证凹模各形孔部位的强度, 凹模分段块的分割面到形孔边要有足够的距离, 分段块凹模一般要用外套将它们组合紧固(一般取 H7/h6 配合), 同时还要用螺钉、销钉加以紧固。为防

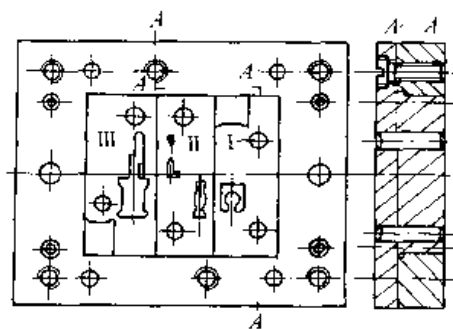


图 20.4-33 分段拼合凹模示例

止分段拼合凹模的任何一块在冲压过程中受力下移, 在模块组合后需加整体垫板, 使之与拼合凹模构成一体。

5) 综合拼合凹模 综合拼合凹模的设计是将各种拼合形式综合考虑, 利用各种拼合的特点, 以适应凹模的特定要求。综合拼合凹模适合于冲裁、弯曲、成形和异形拉深等多工位连续模使用。

现以图 20.4-34 所示制件为例说明综合拼合凹模的设计要领。制件上有两条细长的小肋, 而且还要对两个方向进行弯曲, 共分 13 个工位, 有效工位 7 个。从排样图中可以看出, 其分段切除的形孔都较简单、规则, 从而为整个凹模拼合创造了有利条件。图 20.4-35 是该副模具拼合凹模装配图。

从凹模的装配图中可以看出由 a~f 的每个形孔均由拼块拼合而成, 其拼合面多为直线接合。d 是由于形孔形状而形成折线接合。虽然形孔较多, 而每个拼块形状都很简单, 便于加工, 从而使整个凹模的制造精度得到保证。

拼合凹模的全部拼块组合后由前、后、左、右四条框板以止口咬合, 并用螺钉紧固, 且在下面用垫板结合为一凹模整体。

(2) 凹模外形尺寸

凹模厚度可根据冲裁力和刃口轮廓长度参照图 20.4-36 确定。当凹模冲裁的轮廓超过 50 mm 时, 从曲线中查出的数值要乘以修正系数。凹模厚度的最小值为 7.5 mm。而当凹模表面积在 55 mm² 以上时, 凹模厚度的最小值为 10.5 mm。图 20.4-36 是针对合金工具钢, 当凹模采用碳素工具钢时, 应乘以系数 1.3。凹模厚度也可参考图 20.4-36 表中的数据确定。对含有弯曲等成形工序的连续模, 其凹模厚度还要综合考虑成形工序的行程要求后再确定。

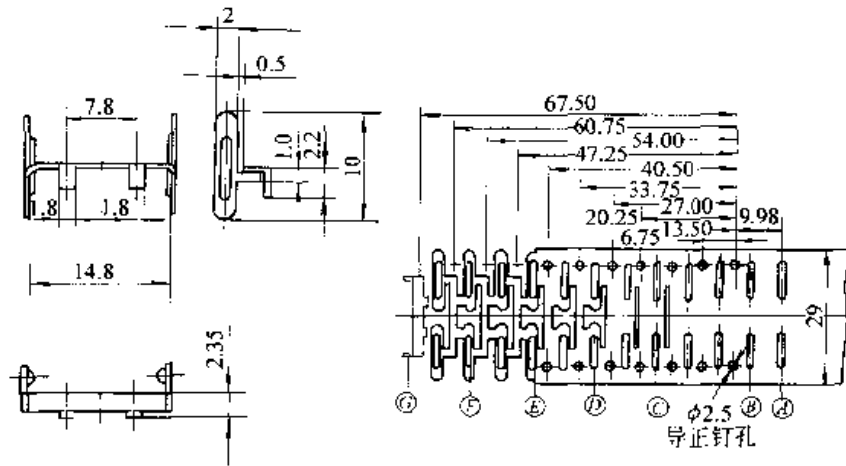


图 20.4-34 冲压零件图及排样图

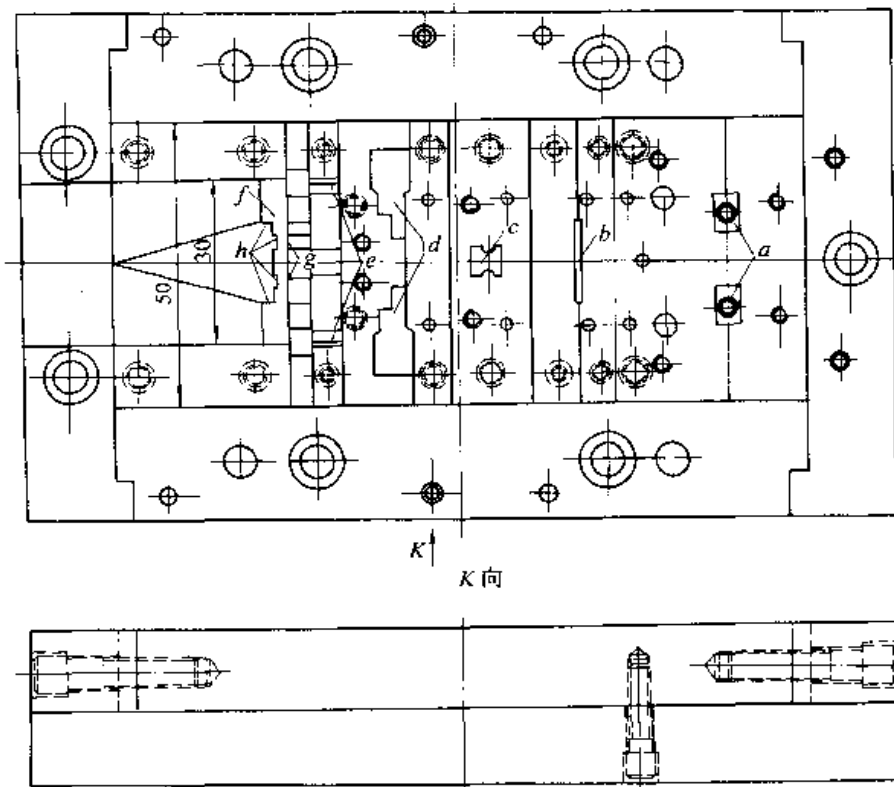


图 20.4-35 综合形孔拼合凹模示例

- a—冲加强肋的镶件插入部位
- b—中间细长切口拼合部位
- c—工件展开前端中间成型处余料切口拼合部位
- d—工件展开前端两侧成型处余料切口拼合部位
- e—工件前端四处 20° 弯曲镶块
- f—切断成型拼块的插入部位
- g—切断成型加工的拼镶件
- h— $\phi 3$ 浮顶器装配孔 (7 个)

凹模刃口到边缘距离的经验值如图 20.4-37 所示。

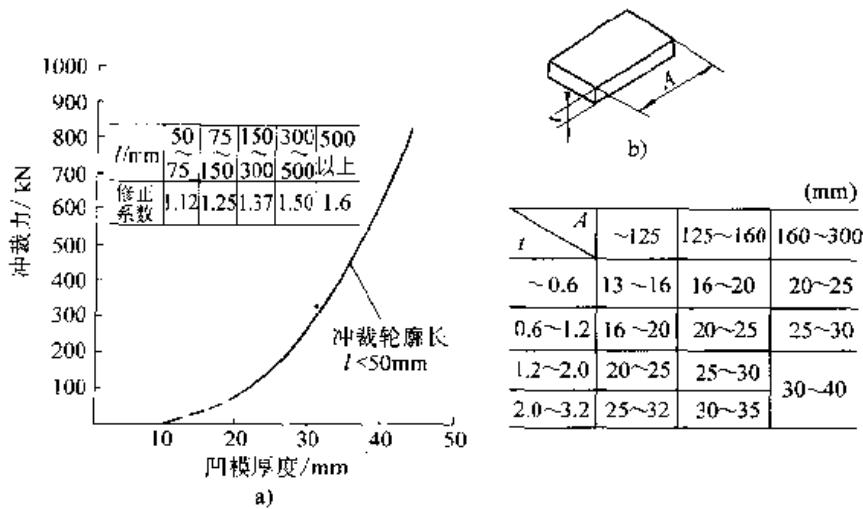


图 20.4-36 凹模厚度值

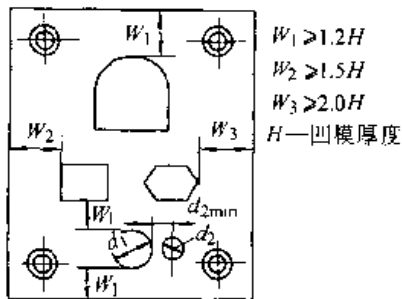


图 20.4-37 凹模刃口到外边缘的距离

2.2 定距和导正元件

连续模的定距方式有挡料销定距、侧刃定距、导正销定距及自动送料机构定距四种类型。为了提高定位精度可以将两种或两种以上定距方式联合使用。很多连续模采用自动送料机构或侧刃作粗定距，导正销作精定距的组合定位方式，但必须保证粗、精定距互不干涉。其中挡料销的类型及应用参见本篇第1章2.2.2挡料件。

2.2.1 侧刃

侧刃定距是在条料的一侧或两侧冲切定距槽，定距槽的距离等于步距长度。其定距精度比挡料销定距高。在多工位连续模中，通常以侧刃作粗定位，以导正销作精定位，可获得良好的定距效果。侧刃定距既适合于手工送料、也适合于自动或半自动送料。侧刃的形式很多，使用效果也有所不同。

(1) 以侧刃孔的形状区分

1) 平式侧刃如图 20.4-38a、b 所示。平式侧刃形状简单，但其刃边变钝后，易使带料冲裁

后产生毛刺（如图 20.4-39a 所示），影响送料定位精度，所以适用于冲料厚 1.5 mm 以下，且要求不高的一般制件。

2) 凹式侧刃 如图 20.4-38c、d 所示。凹式侧刃因刃边变钝而产生的带料上的毛刺，通常是藏在带料被冲去的缺口内，如图 20.4-39b 所示。它不影响送料精度，所以定位精度较前者高，故常用于冲料厚 0.5 mm 以下，且要求较高的制件。凹式侧刃又分为 A、B 两种，A 型适合于大步距（一般大于 12 mm），B 型适合于小步距。在高速连续作业的情况下最好采用 B 型。

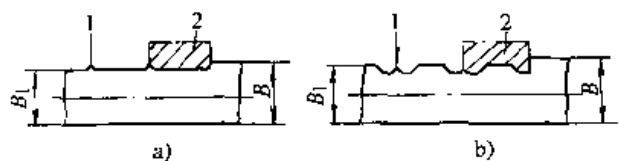
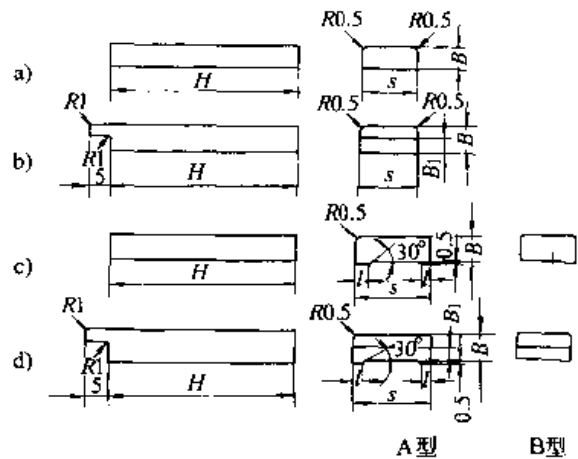


图 20.4-39 侧刃刃边变钝后产生毛刺的情况
1—毛刺 2—侧刃

3) 尖角侧刃 如图 20.4 40 中零件 2 所示, 侧刃只在条料边缘上冲出一缺口, 在下一工步中由挡块进入此缺口进行定位。它无需在条料侧边增加工艺材料, 对冲制贵重金属材料节约用料很有意义。但操作不如前者方便。

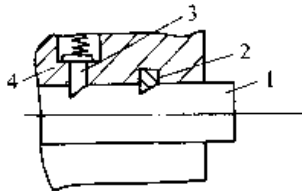


图 20.4 40 尖角侧刃的应用

1—条料 2—侧刃 3—挡块 4—侧面导板

(2) 以侧刃凸模进入凹模孔的状态区分

1) 直入式侧刃 如图 20.4-38a、c 所示。它只适合于 $t < 1.2 \text{ mm}$ 板料冲压。由于刃口面为平面, 制造和刃磨方便。但在冲厚料时, 因单边受力, 侧向力较大, 使侧刃不能保持正确位置。

2) 导入式侧刃 如图 20.4-38b、d 所示。由于在刃口面后侧长出一小段, 在冲裁前先进入凹模导向, 克服冲裁时产生的侧向力, 定位效果较好, 但制造和刃磨时较麻烦, 如图 20.4-41 所示。

(3) 成形侧刃

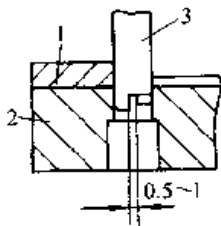


图 20.4 41 导入式侧刃的应用

1—挡块 2—凹模 3—侧刃

成形侧刃就是将零件某局部的成形面与侧刃槽结合起来设计, 可单侧或双侧设置。侧刃的尺寸可参考 JB/T 7648.1—1994。

2.2.2 自动送料机构

自动送料机构一般是指设置在模具外的独立机构, 可配合冲床冲程运动, 使条料作定时、定量地送进。目前大多数自动送料机构是采用全机械结构, 也有的是以程序控制实现自动送料。

自动送料机构的送进精度一般不能满足多工位连续模的步距精度要求, 因此多工位连续模一般不能单独靠自动送料机构定距, 只是在单纯拉深的多工位连续模中采用。例如从日本引进的小型自动空气送料器可实现步距粗定位, 其送料精度可达 $\pm 0.02 \text{ mm}$, 由于它采用了夹钳式结构, 并装设一个电磁阀, 由与冲床相连接的开关控制, 当冲床滑块下降时导正销导入条料的定位孔瞬间, 在电磁阀作用下, 夹钳松开, 这样就可以消除送料误差的积累。有的气动送料器可进行推式或拉式送料, 且送料行程、料厚、料宽、送进速度均可调整。

纯机械结构的自动送料机械可分为: 滚轴式、夹持式、钩式等几种。其中滚轴式自动送料机构结构简单, 适用于小步距、薄料的送进, 在多工位连续模中采用较多。

2.2.3 导正销

导正销是连续模中应用最为普遍的定距方式。采用此方式需要与其他辅助定距方式配合使用, 如采用导正销与侧刃或自动送料机构联合定距。

(1) 导正销工作直径与导正销孔径的关系

导正销的工作直径可参照冲导正销孔的凸模直径确定, 参见表 20.4-5。

(2) 导正销的种类

导正销的种类参见本篇第 1 章 2.2.2 挡料

表 20.4-5 导正销直径

t/mm	导正销直径	备注
≤ 0.5	$D = d_p - 0.025 t$	步距精度有严格要求
> 0.5	$D = d_p - 0.035 t$	步距精度无严格要求
≥ 0.7	$D = d_p - 0.02 t$	步距精度有严格要求

注: d_p 为冲导正孔凸模直径 (mm)。

件。

(3) 导正销的安装

几种常见的导正销安装形式如图 20.4-42 所示,主要有三种:①直接安装在凸模上,如图中 *a*,很少采用;②直接安装在卸料板上,如图中 *b*,很少采用;③直接安装在固定板上,如图中 *c-g* 五种,较常采用。图中 *c* 的导正销采用 H7/n6 与固定板配合,导正销直径偏大 ($\phi d > 5 \text{ mm}$)。这种形式用于不常拆卸的情况。图中 *d*、*e* 导正销与固定板均采用 H7/h6 配合,而图中 *f* 导正销与卸料板用 H7/h6 配合,与固定板间有较大的间隙。图中 *g* 属于细长的导正销的安装方式,有一保护套与固定板、卸料板采用 H7/h6 配合,导正销与保护套用 H7/h5 配合。这四种导正销便于更换、维修和刃磨。

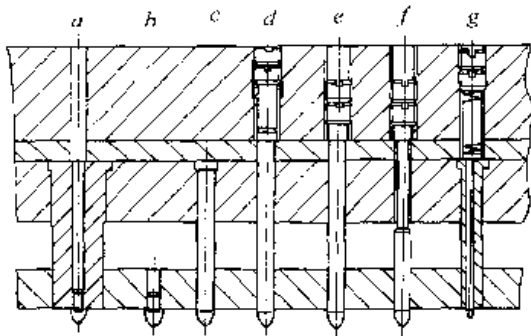


图 20.4-42 导正销安装形式

导正销与各部分的配合关系,参看图 20.4-43。图中相互关系为:

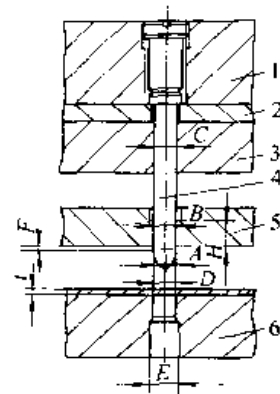


图 20.4-43 导正销与有关零件配合关系示意图

1—上模座 2—垫板 3—固定板
4—导正销 5—卸料板 6—凹模

A 与 B: H7/h6 或 H7/h5 配合;

A 与 C: H7/n6 配合,若卸料板有辅助导向装置,则 A 与 C 之间可采用 H9/f9 配合。B、C 两件应同时加工,保证严格同心;

A 与 D: 有严格要求时, D 孔与 A 采用 H7/k6 配合,一般要求时, $D = A + (0.03 \sim 0.12) \text{ mm}$;

D 与 E 之间: $E = D + (0.2 \sim 0.4) \text{ mm}$;

F 长度: $F = (0.8 \sim 1.2) t$;

H 长度: $H = (1.5 \sim 2) D$ 。

为防止导正销带起条料,影响条料正常送进,可在导正销头附近设置弹顶器,如图 20.4-44 所示。

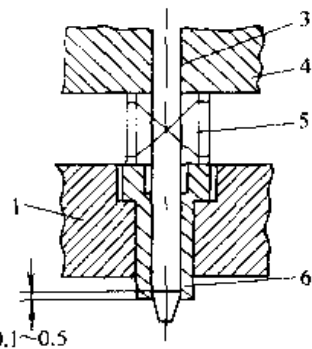
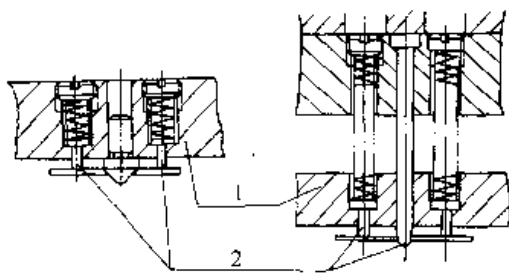


图 20.4-44 配合导正销设置的弹顶器

1—卸料板 2—条料弹顶器 3—导正销 4—凸模固定板 5—弹簧 6—导正销弹顶套

2.3 卸料装置

卸料装置除起卸料作用外,对于不同冲压工

序还有不同的作用。在冲裁工序中,可起压料作用;在弯曲工序中,可起到局部成型的作用;在拉深工序中同时起到压边圈的作用。卸料装置对

各凸模还可起到导向和保护作用。

卸料装置可分为固定卸料和弹性卸料两种。在多工位连续模中，多数采用弹性卸料装置。只有当工位数较少及料厚大于 1.5 mm 的冲件，或是在某些特定条件下才采用固定卸料装置，其结构设计参见本篇第 1 章 2.3 节。

在连续模中使用弹性卸料装置时，一般要在卸料板与固定板之间安装小导柱、导套进行导向，如图 20.4-45 所示。弹性卸料装置设计方法参见本篇第 1 章 2.3 节。

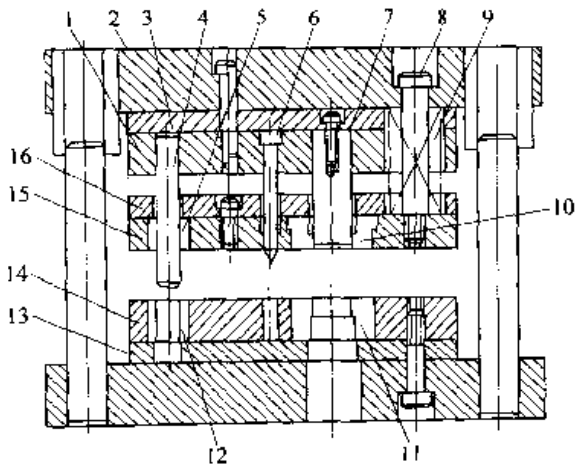


图 20.4-45 弹性卸料结构

- 1—固定板 2—下模座 3、13、16—垫板
- 4—小导柱 5、12—小导套 6—导正销
- 7—凸模 8—卸料螺钉 9—弹簧 10—衬套
- 11—凹模 14—凹模座 15—卸料板

2.3.1 卸料装置的设计

在设计多工位连续模卸料装置时，要注意以下原则：

1) 在多工位连续模中，卸料板极少采用整体结构，一般采用镶拼结构（图 20.4-46）。这有利于保证形孔精度、孔距精度、配合间隙、热处理等要求，它的镶拼原则基本上与凹模相同。如图 20.4-46 中，在卸料板基体上加工一个通槽，各拼块对此通槽按基孔制配合加工，所以基准性好。

2) 卸料板各工作形孔应与凹模形孔同心。卸料板的各形孔与对应凸模的配合间隙只有凸凹模冲裁间隙的 1/3~1/4。高速冲压时，卸料板与凸模间隙要求取较小值。

3) 卸料板各工作形孔应较光洁，其表面粗糙度值一般取 $Ra0.4\sim0.1\mu\text{m}$ 。冲压速度越高，表面粗糙度值越小。

4) 多工位连续模卸料板应具有良好的耐磨性能。卸料板采用高速钢或合金工具钢制造，淬火硬度 56~58 HRC。一般速度冲压时，卸料板可选用中碳钢或碳素工具钢制造，淬火硬度 40~45HRC；

5) 卸料板应具有必要的强度和刚度，卸料板内形孔与大小不同凸模配合高度如图 20.4-47 所示。卸料板凸台高度： $h = \text{导料板厚度} - \text{板料厚度} + (0.30\sim0.50)\text{mm}$ 。弹性卸料板厚度如

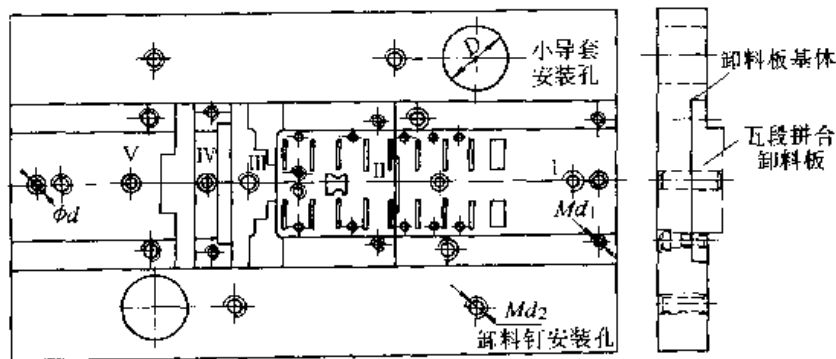


图 20.4-46 镶拼式弹性卸料板

图 20.4-48 所示。当压紧力较大时，为防止卸料板产生较大变形，甚至损坏卸料板和凸模，可在卸料钉区间之内各凸模之间适当增加弹压装置，如弹簧、聚氨酯橡胶等，如图 20.4-49 所示。为保持卸料力的平稳、均衡，卸料螺钉也应均衡布

置。

6) 卸料螺钉的工作长度 L 在一副模内应严格一致，以免造成不平衡卸料，损坏凸模。卸料螺钉的形式如图 20.4-50 所示。

7) 导正销有效工作直壁露出卸料板底面不

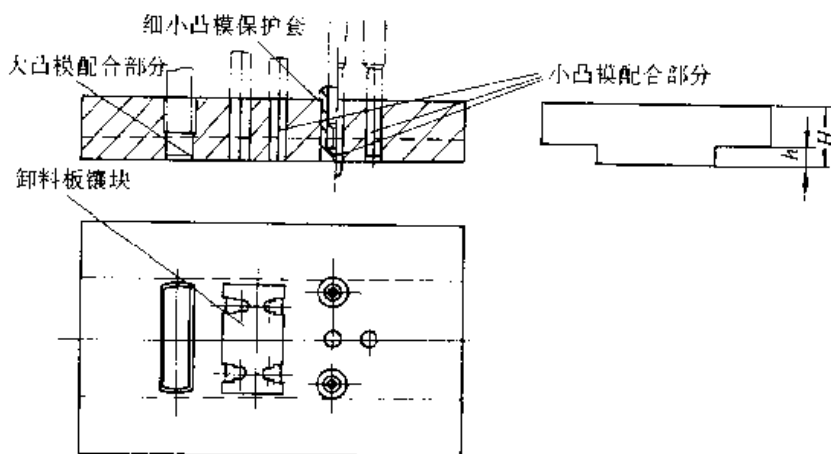


图 20.4-47 卸料板内形孔与大小不同凸模配合高度示意图

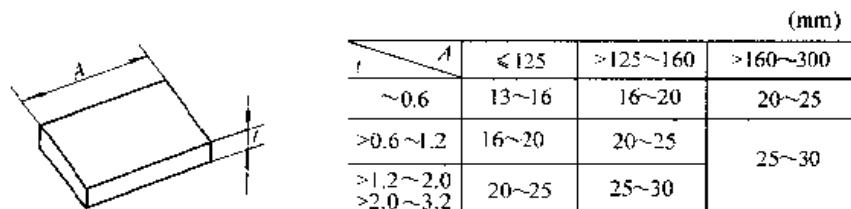


图 20.4-48 弹压卸料板厚度

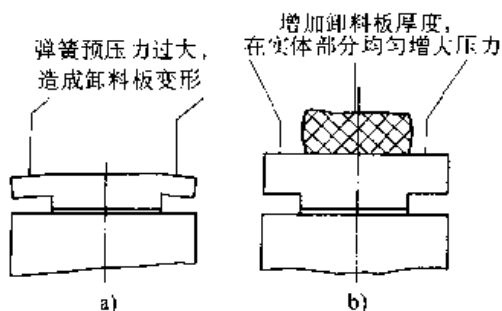


图 20.4-49 防止卸料力过大造成卸料板变形的措施

能过长, 以防回程时, 将制件带起, 影响连续作业, 如图 20.4-51 所示。

8) 卸料螺钉沉孔深度应有足够的活动量。如图 20.4-52 所示。

9) 卸料弹簧的选用。根据所需要的压力, 并考虑一定的预压力选用弹簧。预压缩量一般取弹簧自由长度的 20%, 对应的弹压力应大于或等于卸料力。在工作状态时, 弹簧挠度不能超过其自由长度 70%。要求较高时, 可采用矩形截面或扁圆截面弹簧。

10) 卸料装置的辅助导向机构。辅助导向机构俗称小导柱和小导套。它们多数是在卸料板与固定板之间增设的导向机构。小导柱和小导套之间的配合间隙应当更小, 一般为凸模与卸料板配合间隙的 1/2, 见表 20.4-6。

表 20.4-6 卸料装置导向精度 (mm)

序号	模具冲裁间隙 z	卸料板与凸模间隙 z_1	辅助小导柱与小导套间隙 z_2
1	$>0.015\sim 0.025$	$>0.005\sim 0.007$	≈ 0.003
2	$>0.025\sim 0.05$	$>0.007\sim 0.015$	≈ 0.006
3	$>0.05\sim 0.10$	$>0.015\sim 0.025$	≈ 0.01
4	$>0.10\sim 0.15$	$>0.025\sim 0.035$	≈ 0.02

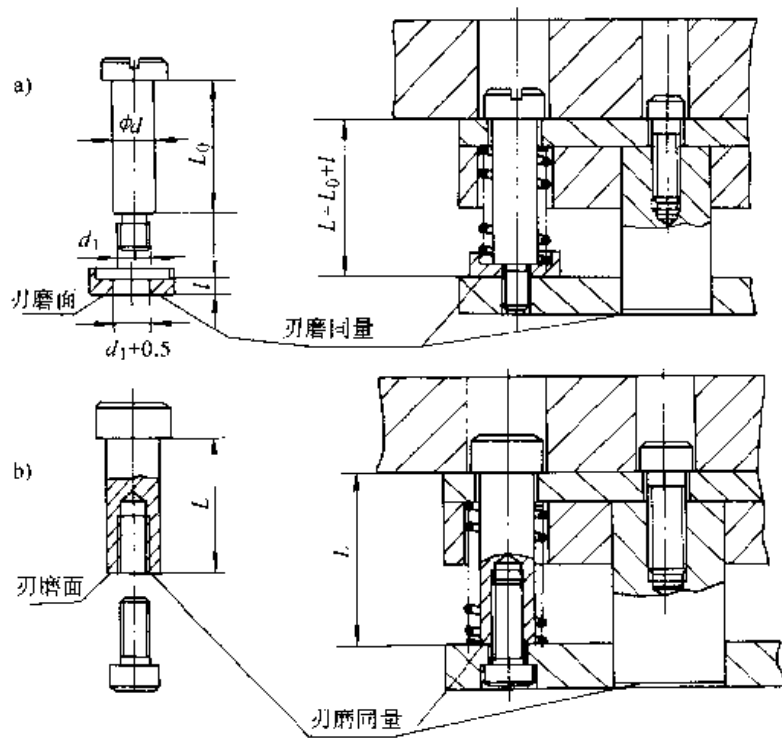


图 20.4-50 卸料螺钉的形式

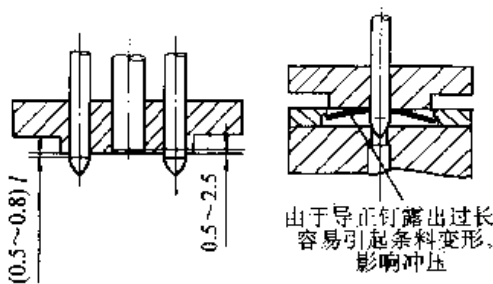


图 20.4-51 防止导正销过长引起条料变形示意图

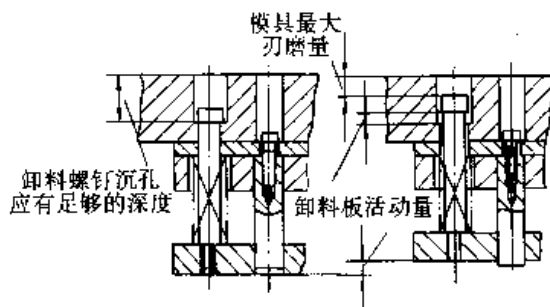


图 20.4-52 弹性卸料板与凸模的尺寸关系

从表 20.4-6 可看出, 间隙 z_2 值都很小。实际上冲裁间隙 Z 等于或小于 0.05 mm 时, 模具中的辅助导向机构必须设计成滚珠导向机构方

能有导向效果。间隙 z_2 为 $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$ 时, 小导柱与小导套可以设计成间隙配合, 表中序号 3 应当为 $H6/h5$ 配合; 序号 4 可以取 $H7/h6$ 配合。

a. 间隙配合的小导柱、小导套结构间隙配合的小导柱、小导套的常用结构形式如图 20.4-53 所示。其中 c 图、d 图结构多在高速冲压时采用。

小导柱、小导套的一般结构见图 20.4-54。小导柱的长度 L , 一般取 $1.6D < L < 6D$ 。

小导柱、小导套与固定板及卸料板的装配关系为 $H6/r6$ 或 $H6/n5$ 配合。

b. 过盈配合的滚珠小导柱, 小导套结构如图 20.4-55 所示。

2.3.2 卸料板的润滑装置

弹性卸料板与各凸模之间应进行良好的润滑, 以提高模具寿命。图 20.4-56 所示为在卸料板上加一层存油毡垫, 也可以采用喷雾润滑。如果行程数在每分钟 150 冲次以上时, 必须以滚珠导柱、导套进行辅助导向, 润滑油中要加入二硫化钼。

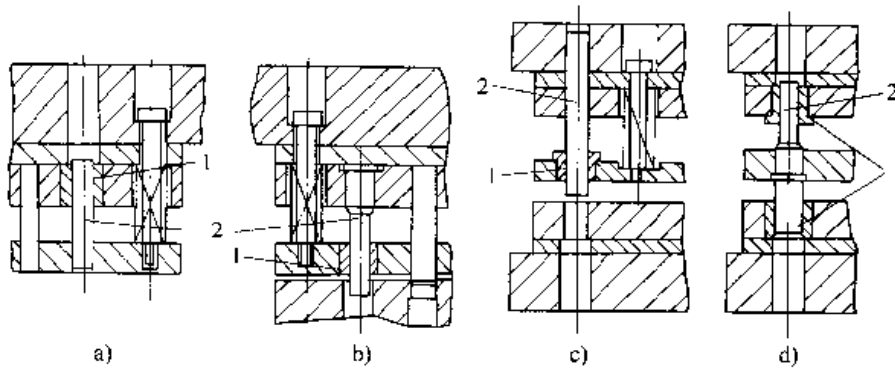


图 20.4-53 辅助导向机构的常用结构形式
1—小导套 2—小导柱

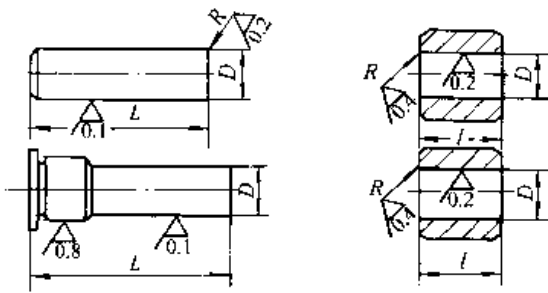


图 20.4-54 小导柱和小导套结构

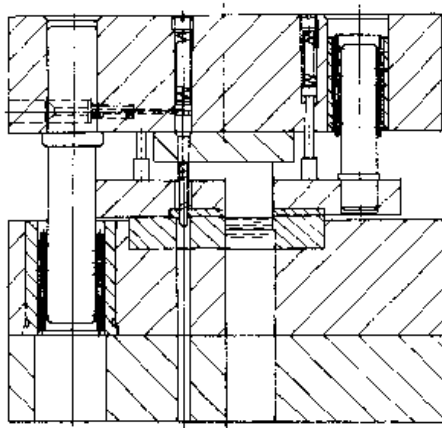


图 20.4-55 过盈配合滚珠辅助导向结构

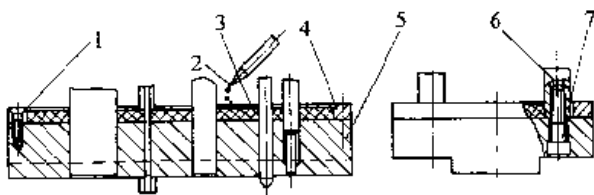


图 20.4-56 卸料装置润滑示意图
1—沉头螺钉 2—油枪 3—存油毡垫
4—油垫围框 5—卸料板 6—卸料钉 7—螺钉

2.4 导料系统

为了使条料通畅、准确地送进，在连续模中必须使用导料系统，导料系统一般包括：左右导料板、承料板、条料侧压机构、浮顶机构、障碍检出机构等。导料系统直接影响模具冲压的效率和精度。选用导料系统应考虑到冲压件的特点、排样图上各工位的安排、冲床速度、送料形式、模具结构特点等因素，并结合卸料装置进行考虑。

2.4.1 导料板

导料板一般沿条料送进方向安装在凹模形孔的两侧，对条料进行导向。

导料板按其截面形状可分为平直式和带台式两种，如图 20.4-57 所示。平直式多用于低速、手工送料，且为平面冲裁的连续模；而带台式多用于高速、自动送料，且多为带成型、弯曲的立体冲压连续模，以保证条料在浮动送料过程中始终保持导料板内运动。

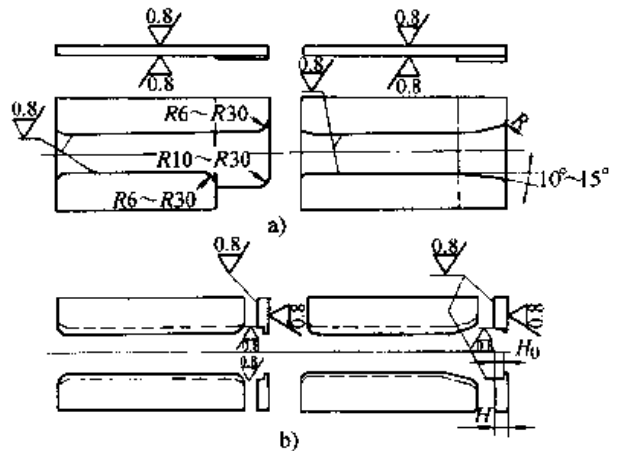


图 20.4-57 导料板的常用结构
a) 平直式 b) 带台式

为了导料方便，一般在进料端都有较大的圆角或较小的斜角，导料板长度大于凹模长度以使导料准确，在导料板前端的下面装有托料板以托住条料平稳送进。导料板常采用优质钢并经淬硬处理。

对于用侧刃挡块的连续模，导料板上要压入淬硬的挡料镶块，如图 20.4-58 所示。

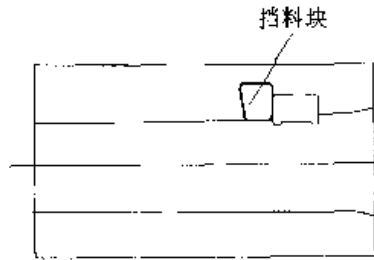


图 20.4-58 带侧刃挡块的导料板

对于冲裁连续模，导料板高度可参考表 20.4-7 确定。

表 20.4-7 冲裁连续模导料板高度 (mm)

料厚 t		<1	1~6
导料板高度	固定卸料板	4~6	6~14
	弹压卸料板	3~4	4~10

JB/T 7648.5-1994 给出了导料板及挡料块的标准系列尺寸 (见本书第 22 篇)。

多工位连续模采用双侧载体或单侧载体排样时，导正销孔一般设计在条料载体上。因此在设计带台式导料板时，应在导料板上让出导正销避让口，否则导正销就无法起作用，如图 20.4-59 所示。

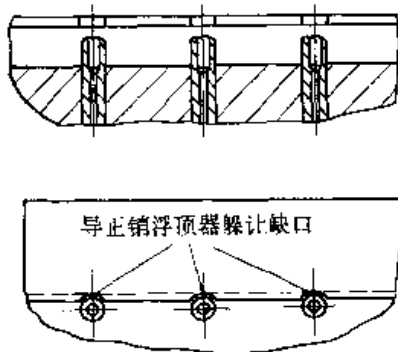


图 20.4-59 带台式导料板对相应浮顶器设置避让缺口

2.4.2 条料侧压装置

侧压装置的作用是提供适当的侧压力，使条料沿着主导板的导向基面直线送进。

侧压装置有簧片式、弹簧式及侧压板式三种类型。当采用侧压装置时，应考虑其是否会妨碍条料连续送进。如果冲压零件材料极薄、材质较软，采用侧压装置必须慎重。一般在料厚 t 和料宽 B 之比满足以下条件可以使用：对于软质材料为 $\frac{t}{B} \geq 1\%$ ；对于一般材料为 $\frac{t}{B} \geq 0.75\%$ ；对于硬质材料为 $\frac{t}{B} \geq 0.5\%$ 。

侧压形式及应用参见本篇第 1 章 2.2.1 导料件。

2.4.3 条料浮顶器

对于包含弯曲、拉深等成形工序的连续模，在冲压过程中，卸料时工件会落在凹模面之下的模腔内，浮顶器的作用就是将条料提升到一定高度，以保证连续冲压时，条料顺畅送进。浮顶器的提升高度取决于制品的最大成型高度，具体尺寸关系如图 20.4-60 所示。

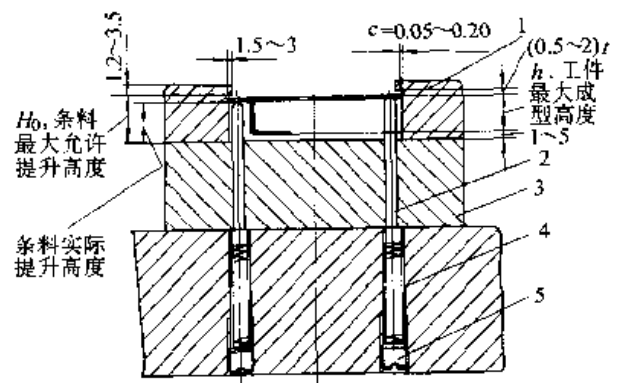


图 20.4-60 条料顶出后在导料板内相互尺寸关系
1—带台式导料板 2—条料浮顶销
3—凹模 4—弹簧 5—螺塞

条料浮顶器与带台式导料板配合使用构成多工位连续模的导料系统。

在导正销的对应位置设置套式浮顶器，可起到对导正销的保护作用 (图 20.4-61)。

(1) 浮顶器的种类

1) 普通浮顶销 如图 20.4-62 所示。其中图 c 是较常用的一种浮顶销。普通浮顶销只起托顶条料浮离凹模平面的作用，因此可以设在任何位置，但应注意尽量设置在靠近成型部分的材料

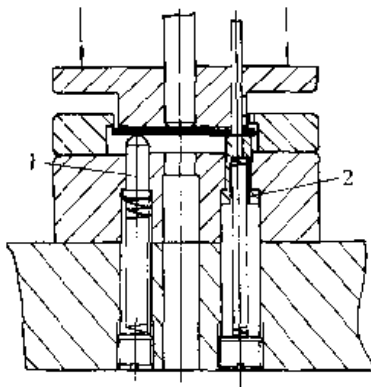


图 20.4-61 浮动送料结构示意图
1—浮顶销 2—套式浮顶器

平面上，浮顶力大小要均匀、适当。

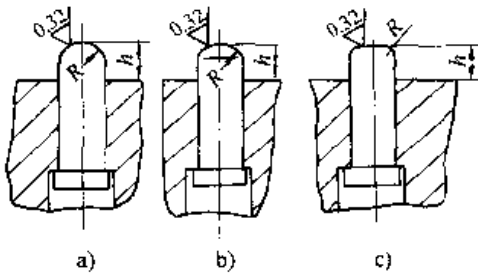


图 20.4-62 圆柱形浮顶器

2) 套式浮顶销 套式浮顶销设置在导正销的对应位置，对导正销起保护作用（如图 20.4-63 所示）。套式浮顶销与凹模取 H7/h6 或 H7/h5 配合，其内孔与导正销之间有很小的间隙。套式浮顶销外形尺寸见表 20.4-8。

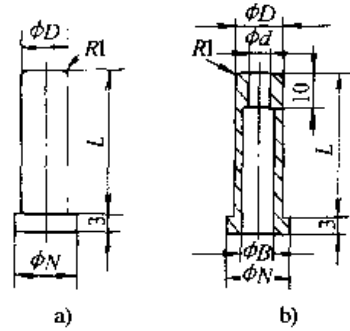


图 20.4-63 套式浮顶销

3) 导料浮顶销 有些特殊模具（如带有侧向冲压）的全长或局部，不适合采用导料板时，可以在凹模的工作型孔两侧（或一侧）平行于送料方向装有带导向槽的条料浮顶销，简称导料浮顶销，如图 20.4-64 所示。

(2) 条料浮顶销的设置要求

1) 保证条料送进平稳，可靠，浮顶销应均

表 20.4-8 浮顶销系列尺寸 (mm)

ϕD	2.5	3.5	4.5	6	8	9	10	12	14
ϕd	1	1.5	2.5	4	5	6	7	8	10
ϕN	4	5	6	8	10	11	13	15	17
ϕB	$\phi d + 0.6$			$\phi d + 0.8$			$\phi d + 1.2$		
ϕM	M5	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20

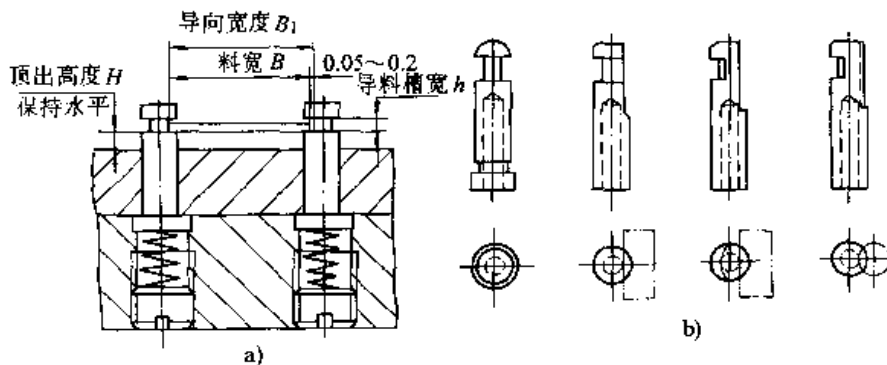


图 20.4-64 导料浮顶销

a) 自由状态下的导料浮顶销 b) 导料浮顶销的类型

衡对称布置, 其露出凹模的高度应当一致 (图 20.4-65)。浮顶销之间的间距不宜太大, 以免条料波浪送进 (如图 20.4-66 所示)。

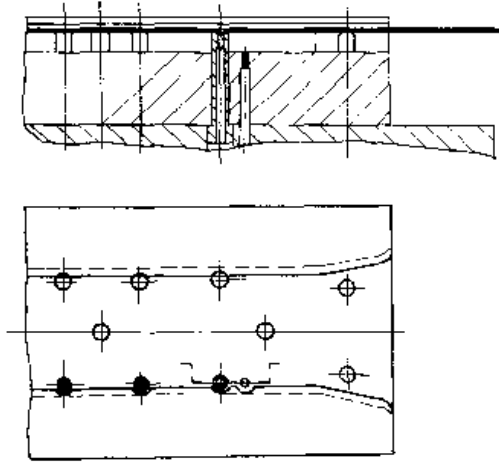


图 20.4-65 浮顶销设置示意图

2) 当条料分断切除以后, 在条料不连续面上应当避免设置浮顶销。

3) 在条料薄弱部位应避免设置浮顶销, 以免造成制件的变形。

4) 对于已经开始立体成型的部位, 不能再设置浮顶器, 以防阻碍条料送进。

5) 条料浮顶销对条料的送料导向是属于点接触间断性的, 所以对条料的宽度精度和两侧的平直度 (俗称镰刀弯) 要求较高, 否则会使送料产生较大误差。导向槽宽度 $h_{\min} = 1.5 \text{ mm}$, 如图 20.4-66 所示。

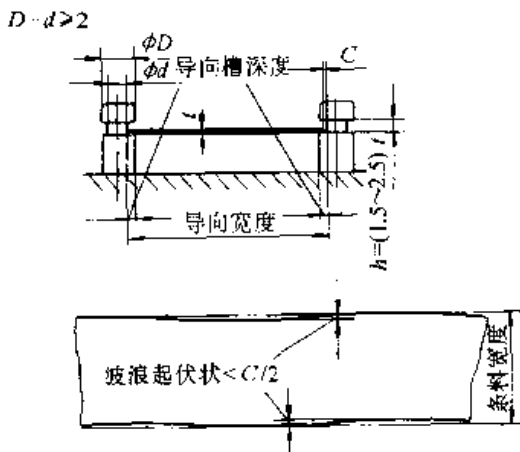


图 20.4-66 浮顶销槽深与条料宽度公差的要求

6) 卸料板上沉孔深度与导料浮顶销头部有关尺寸要相适应, 详见图 20.4-67 所示。其中图 20.4-67a 为正常工作位置及有关尺寸代号; 图

20.4-67b 表示卸料板沉孔太浅, 将边料向下弯曲或切断; 20.4-67c 表示卸料板沉孔太深, 使边料往上变形。

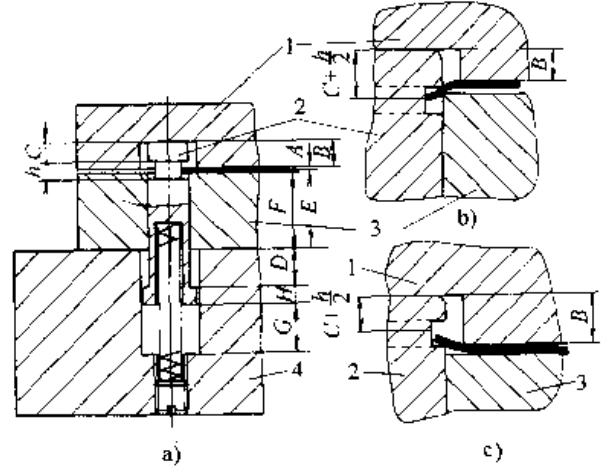


图 20.4-67 导料杆的头部与卸料板沉孔深度之间关系
A—卸料板底平而至导料槽中心距离 B—卸料板沉孔 (指空让导料杆头部凹平孔) 深度 C—导料杆头部高度

D—导料杆活动量 E—凹模厚度 + 1/2 料厚

F—凹模厚度 G—导料杆底面的最小留量

H—台阶量 h—导料杆的导向槽宽度

1—卸料板 2—导料杆 3—凹模 4—下模座

2.5 侧向冲压机构

多工位连续模的侧向冲压机构主要采用斜楔滑块机构 (参见本篇第 1 章 2.7 斜楔机构)。

对于侧向冲裁, 当间隙很小的时候, 为提高冲件质量和模具寿命, 需要在凸模、凹模之间考虑增加导向和保护装置。

2.5.1 侧冲凸模的安装

侧向凸模和侧向型芯一般单独加工后, 再装配到滑块上。图 20.4-68 为几种常用的侧冲凸模安装结构。图中 a、b 两种适用于圆凸模, c、d 不仅适用于圆凸模, 也适用于比较规则的异形凸模。e 适用于各种异形凸模的安装。

2.5.2 侧冲机构的应用

(1) 双侧向同心冲裁加工

侧向冲裁如图 20.4-69, 20.4-70 所示, 制件一般以凹模的外形定位。为便于成形条料顺利送进和套上凹模, 在凹模的进料端和上端分别留有适当的导向圆角或斜角, 如图 20.4-71 所示。侧向冲裁多工位连续模必须注意及时卸料, 卸料方式有固定卸料 (图 20.4-69) 和弹压卸料 (图 20.4-70) 两种, 卸料机构同时又起导向作用。

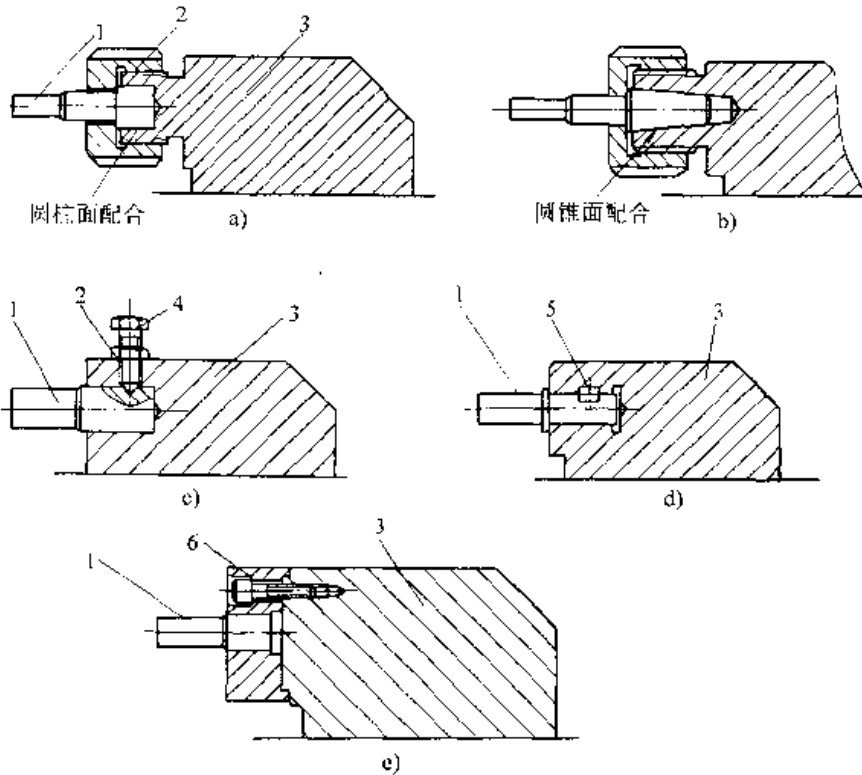


图 20.4-68 侧冲凸模安装结构简图

1—凸模 2—锁母 3—滑块 4—螺钉 5—方键 6—固定板

冲程回升，弹性复位，制件随条料浮顶器的推顶而浮离下模平面，以便条料送进。

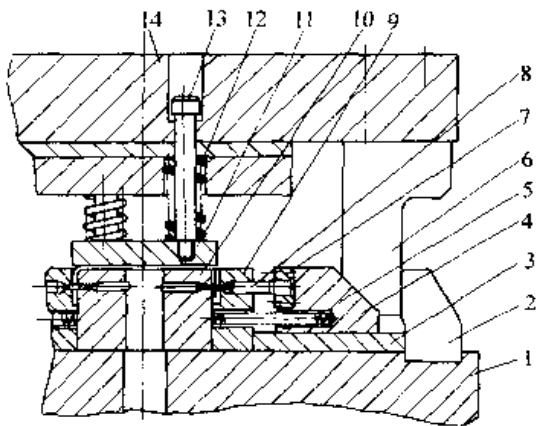


图 20.4-69 侧向冲孔固定卸料结构示意图

1—底座 2—限位块 3—垫板 4—斜滑块
5、12—弹簧 6—斜楔 7—固定板
8—凸模 9—卸料板 10—凹模
11—压料板 13—卸料钉 14—上模座

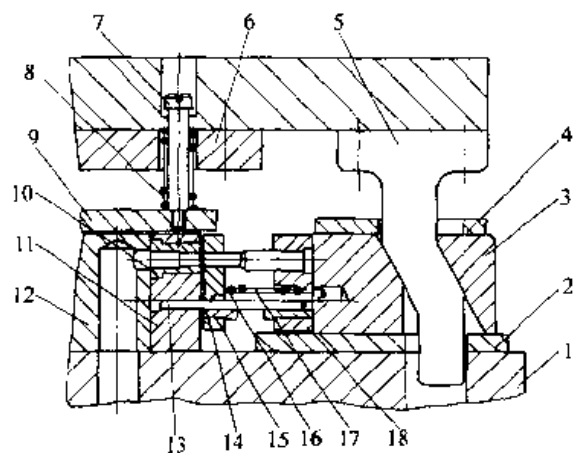


图 20.4-70 侧向冲孔弹性卸料结构示意图

1—底座 2—垫板 3—滑块 4—盖板
5—斜楔 6、11、18—固定板 7、16—卸料钉
8、17—弹簧 9—压料板 10—凹模镶套
12—下模体 13—小导柱 14—小导套 15—卸料板

(2) 对称弯曲件的成形侧向冲压

图 20.4-72 是对称侧向卷圆的典型结构。当冲程到达下死点，斜楔推动斜滑块使制件整形。

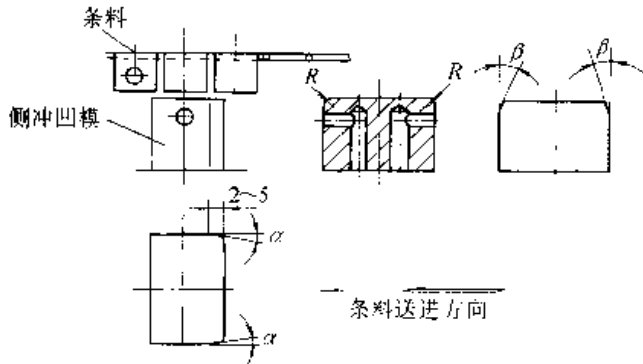


图 20.4-71 侧向冲孔凹模

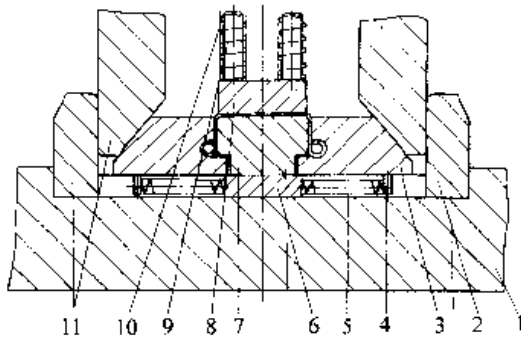


图 20.4-72 对称弯曲成形机构示例
1—底座 2—限位块 3—滑动模块 4—芯柱
5、10—弹簧 6—垫板 7—下模芯
8—压料板 9—卸料钉 11—斜楔

(3) 侧压挤钳弯曲成形加工

图 20.4-73 是一弯曲件多工位连续模中的侧向弯曲成形冲压工位 (D 工位) 模具结构简图, 工件弯曲部分还要内收 45°。复合型面斜楔 6 控制滑动模芯 5 和摆动凸轮块 3 实现制件的侧向挤压成形。上模型芯 7 通过微实垫块 8 对工件进行整形加工。

图 20.4-74 是一个剪切弯曲工位的模具结构图。制件在此工位从载体上切断并弯曲成形。弹顶器 11 将制件顶出。

(4) 上模斜楔机构压形模

连续模中为使模具结构紧凑, 常将斜楔和斜滑块都安装在上模的卸料板内。图 20.4-75 是单向弯曲斜楔滑块均设计在上模的典型示例。当冲程下降时, 滑动模块首先将毛坯压在下模顶件器后, 由于下模顶件器弹簧力 P 远大于上模滑动模块弹簧力 Q , 卸料板的弹簧力 G 又大于 P , 因此, 使运动有节奏地进行。当上下模块接触后,

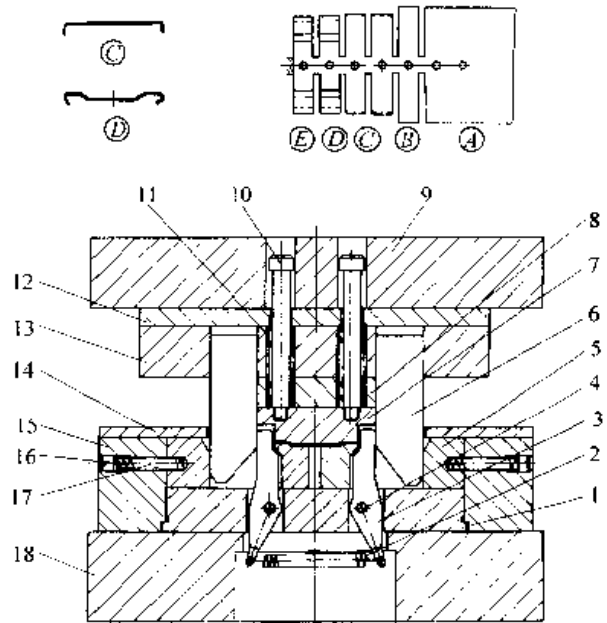


图 20.4-73 侧压挤钳弯曲成形机构示例

- 1—支板 2—拉簧 3—凸轮块
- 4—小轴 5—滑动模芯 6—斜楔
- 7—上模型芯 8—微实垫块 9—上模座
- 10—卸料钉 11、17—弹簧 12—垫板
- 13—固定板 14—盖板 15—限位挡块
- 16—螺塞 18—下模座

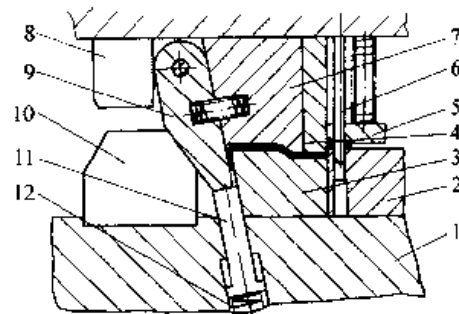


图 20.4-74 弯曲压型切断侧压模具结构图

- 1—底座 2—切断凹模 3—压弯凹模
- 4—切断凸模 5—压料板 6—导正销
- 7—压弯凸模 8—挡块 9—压型凸模板
- 10—斜楔 11—弹顶器 12—弹簧

9 首先回升, 并在 8 作用下作侧向运动。当 9 与 A 面接触, 侧向运动停止。冲程继续下降, 下模顶件器 4 被下压, 毛坯开始进行弯曲, 直至几个活动分型面微实后, 制件即告完成。

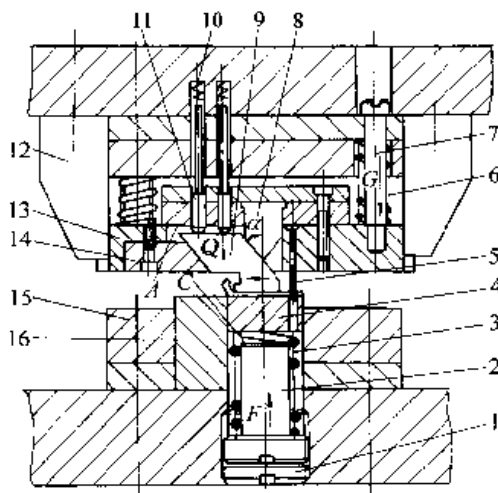


图 20.4-75 单向弯曲件将斜楔斜滑块均设计在上模示例

- 1—螺塞 2—弹簧芯柱 3、6、10—弹簧 4—顶件器
- 5—导正销 7—卸料钉 8—斜楔 9—滑动模块
- 11—顶杆 12—导向块 13—弹压卸料板
- 14—斜导滑块 15—下模套 16—镶块

(5) 侧向抽芯机构

多工位连续模中，由侧冲机构实现对弯曲成形加工的型芯的侧面送进和抽出。侧向抽芯机构不仅要有侧向水平运动，芯轴还需要同时有上下升降运动。图 20.4-76 是一侧向芯轴提芯机构，其结构特点是：芯轴和斜滑块分为两部分。芯轴 11 是在可以浮动的芯轴座 13 上进行滑动，滑块体 3 的前端装上一块淬硬的撞块 7，对芯轴进行冲击运动。芯轴在芯轴座的带动下，既作上下运动，又在斜滑块的冲击下作水平运动，从而满足侧向抽芯运动要求。

2.6 倒冲机构

倒冲是指模具工作部分（一般指凸模或凹模等）的运动件由下向上完成冲压加工。倒冲多由杠杆机构实现，也可采用两段斜楔、斜滑块机构来实现，是多工位连续模中特殊的冲压机构。

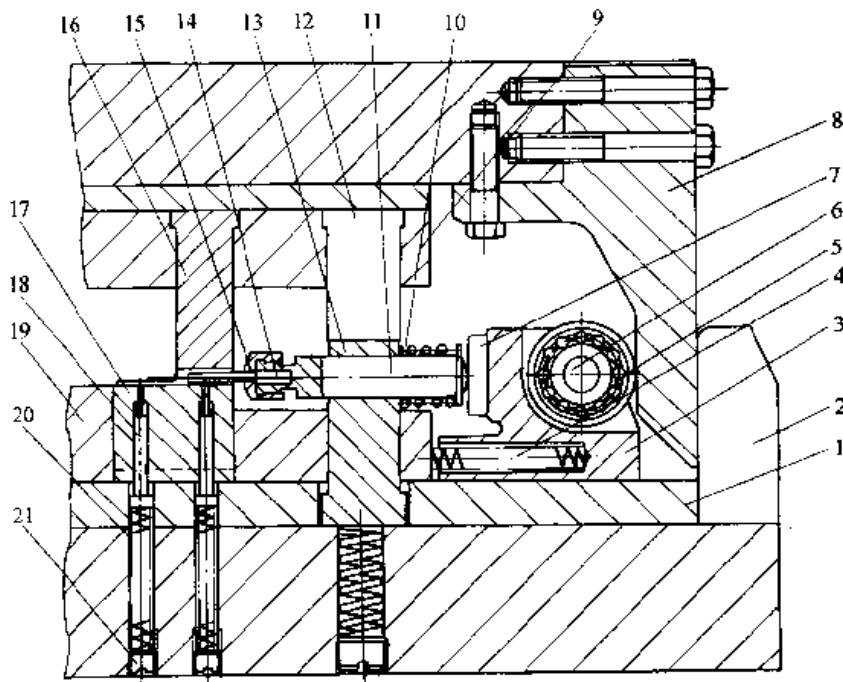


图 20.4-76 侧向抽芯机构示例

- 1—垫板 2—挡块 3—滑块体 4、10、20—弹簧 5—轴承 6—轴
- 7—撞块 8—斜楔 9—固定板 11—芯轴 12—压块
- 13—芯轴座 14—轴芯 15—锁母 16—上模 17—下模
- 18—浮顶器 19—凹模体 21—螺塞

2.6.1 倒冲机构设计

1) 杠杆应具有足够的强度和刚度。杠杆一

般做成梭状较好，不仅增加杠杆的强度、受力合理，而且缩小了杠杆摆动空间，如图 20.4-77 所

示。在压力较大的时候，杠杆截面可做成半圆状，以整个圆弧面作支承。垫板 15 内可镶入一淬火处理的凹圆弧垫片，如图 20.4-78 所示；

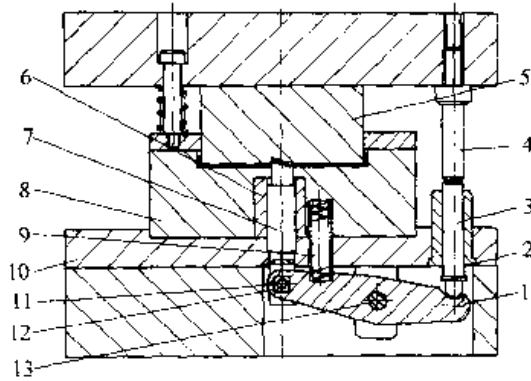


图 20.4-77 杠杆倒冲结构示例之一

- 1—棱形杠杆 2—导向套 3—从动杆
- 4—主动杆 5—上模 6—护套
- 7—冲头 8—凹模 9—弹簧 10—垫板
- 11、13—轴 12—轴套

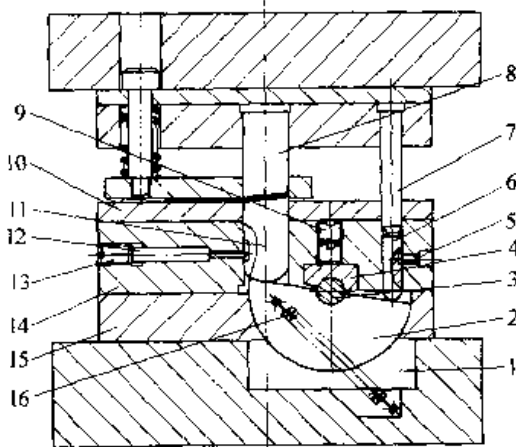


图 20.4-78 杠杆倒冲结构示例之二

- 1—圆弧垫板 2—半圆形杠杆 3—轴
- 4—调整压块 5—限位螺钉 6—从动杆
- 7—主动杆 8—上模 9、13—螺塞
- 10—盖板 11—凸模 12—限位杆
- 14—下模套 15—垫板 16—拉簧

- 2) 要有有效的复位结构。
- 3) 倒冲凸模必须有良好的导向机构。
- 4) 倒冲机构应便于维修、更换和安装。

2.6.2 倒冲机构的应用

(1) 杠杆式倒冲机构

图 20.4-79 是多工位连续模中翻边的倒冲结构示意图。

(2) 两段斜滑块机构

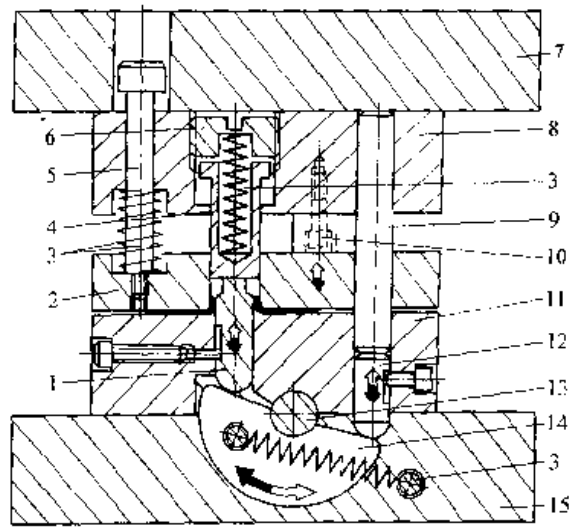


图 20.4-79 斜楔模结构

- 1—凸模 2—卸料板兼凸模 3—弹簧
- 4—打料销 5—螺栓 6—螺钉 7—上模座
- 8—上模板 9—传动器 10—停止器 11—下模板
- 12—滑销 13—轴 14—滑块 15—下模座

两段斜滑块机构推举倒冲加工如图 20.4-80 所示。弹簧 5 和橡胶 6 起复位作用。

倒冲凸模的倒冲行程 $C = A \frac{\tan \alpha}{\tan \beta}$ ，机构中两侧的 α 、 β 角必须一致，上下压杆长度相同，复位弹簧力必须相等。

2.7 锻压装置

在连续模的冲压过程中，常设置锻压装置对整体条料或某个工位局部进行锻压，起到校正、整形、克服回弹等作用。锻压力量的大小要适当，既要起到锻压作用，又要防止损坏模具和影响压力机精度。

2.7.1 锻压装置分类

(1) 弹性锻压

弹性锻压是指对整个条料由卸料板用较大的弹性力实现锻压。

(2) 刚性锻压

刚性锻压是靠压力机的压力实现，压力大，效果好，多属于部分工位或局部形状的锻压。其具体形式可分为：在卸料板上加锻压板对制件和凹模进行锻压（图 20.4-81）及利用上、下弯曲模的模体本身对工件进行锻压（图 20.4-82）两种。在图 20.4-82 所示结构中应注意若有分力产生，必须要抵消。

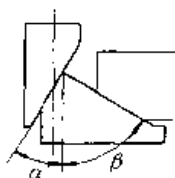
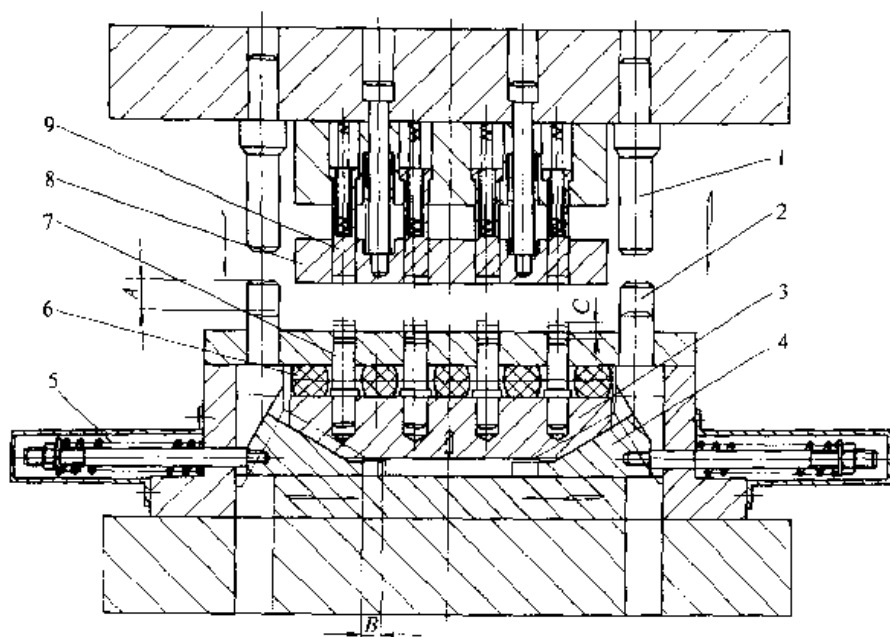


图 20.4-80 两段斜滑块推举倒冲结构

1—主动杆 2—从动杆 3—升降滑块 4—水平滑块 5—复位弹簧
6—复位橡胶 7—凸模 8—卸料板 9—顶件器

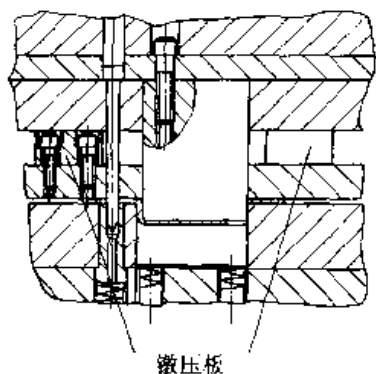


图 20.4-81 缴压板在连续模使用示例

2.7.2 缴压装置的设计原则

1) 在弯曲成形工位中，无高度公差要求的弯曲工位凸模长度应服从有高度公差要求的弯曲工位凸模长度。不需缴压工位的凸模应服从需要缴压工位的凸模。

2) 在几个缴压工位中应以最主要成形尺寸

工位缴压为主。

2.8 限位装置

为防止模具损坏，在模具外围应设置限位装置（限位垫块），如图 20.4-83 所示。

一般的限位装置是安装在上下模座中的限位柱和限位垫块，其总高度正是模具在缴压状态下的高度加上工件的料厚，这样安装调整模时只要将限位垫块放在两限位柱之间即可。模具对好后取下限位垫块即可冲压，如图 20.4-83a。当完成冲压后，可将限位套套在限位柱上，使上下模保持开启状态，如图 20.4-83b 所示。

对于较大模具应考虑两套限位装置对称设置，使模具保持平衡状态。

当模具经过刃磨后，缴压块、限位垫块亦应磨去刃磨高度，方可使用。

限位柱可选用韧性较好的 40Cr 钢，硬度为 40~45HRC。

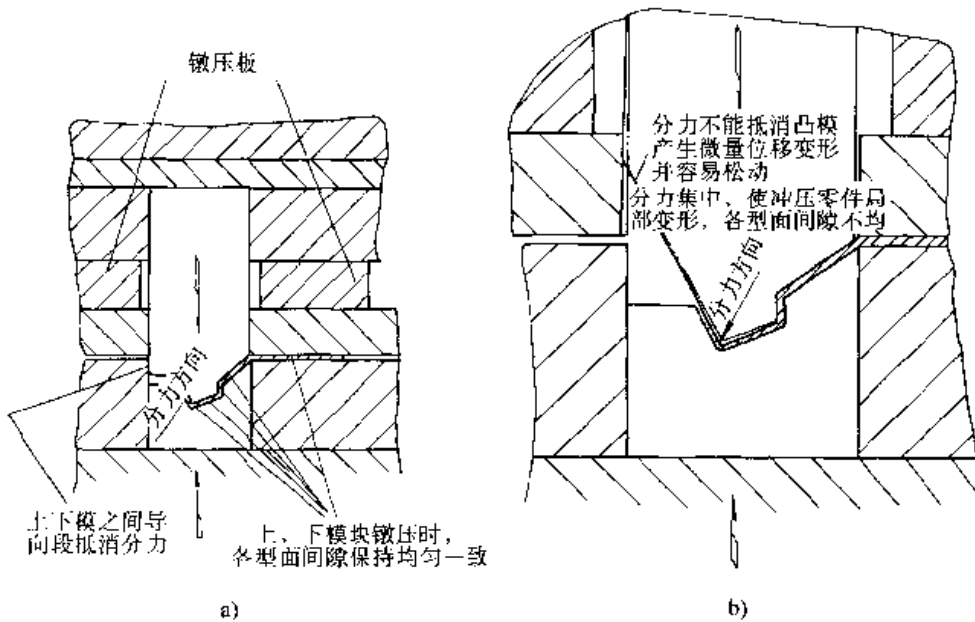


图 20.4-82 在弯曲成型锻压时应克服各种分力产生

a) 正确 b) 不正确

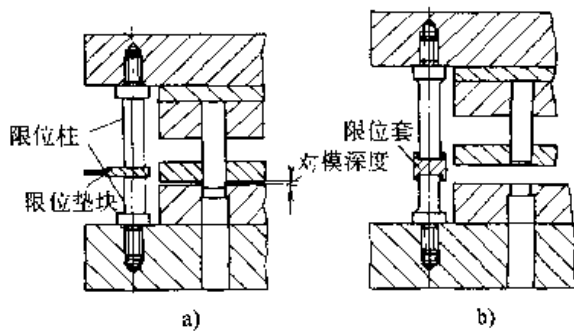


图 20.4-83 对模深度限位装置

2.9 顶出装置

在多工位连续模设计时，为保证制件从凹模面上抬起随条料连续送进，可设置工件顶出装置。

工件顶出装置均用弹顶结构。主要是靠弹簧或橡胶的弹性力来实现，也有的是由压力机本身的各种气动、液压装置来完成。

常在连续模底座内设置的顶出装置如图 20.4-84 所示。图 20.4-85 为国外已广泛采用的标准弹顶器。

2.10 监测装置

当高速冲压加工中出现异常情况时，如材料误送及送料步距异常、叠片、半成品定位及运送过程中遇到障碍、模具零件损坏、冲压过载等，高速冲床要在极短时间内从高速运行状态停下来，这就需要设置监测装置，用灵敏、安全可靠的检测元件、传感元件、控制系统及冲床的紧急制动系统共同协调作用。在实际生产中，检测高速冲压出现异常的方法有以下几种：

1) 冲压过载的检测 在高速冲压中，出现叠片、错位、材质变化等异常情况时，冲裁力会产生变化。其检测方法是将正确的冲裁过程绘制成标准的冲裁特性曲线并输入计算机控制系统，在冲压过程中，对模具或滑块进行实时监测。

2) 带料厚度检测 由于检测是在带料运动中进行，因此多采用非接触式检测装置。同时要克服带料运动中摆动和振动带来的影响，需用分辨率（精度）很高的检测装置（如激光检测）。

3) 送料步距异常检测 送料步距的检测目前最常用的有机械式和光电式。

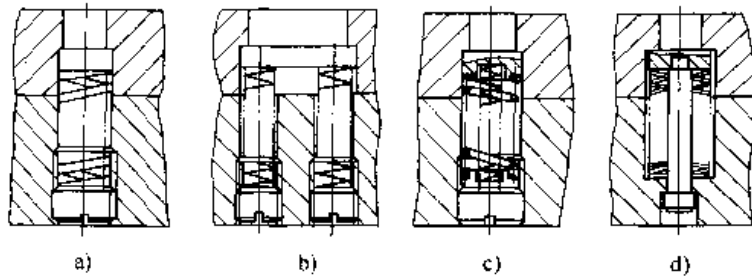


图 20.4-84 在模具内设置的弹顶结构

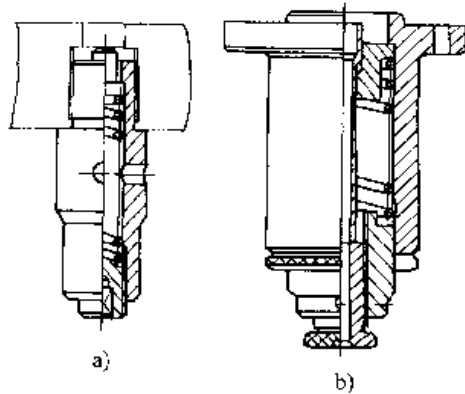


图 20.4-85 模具专用的弹顶器

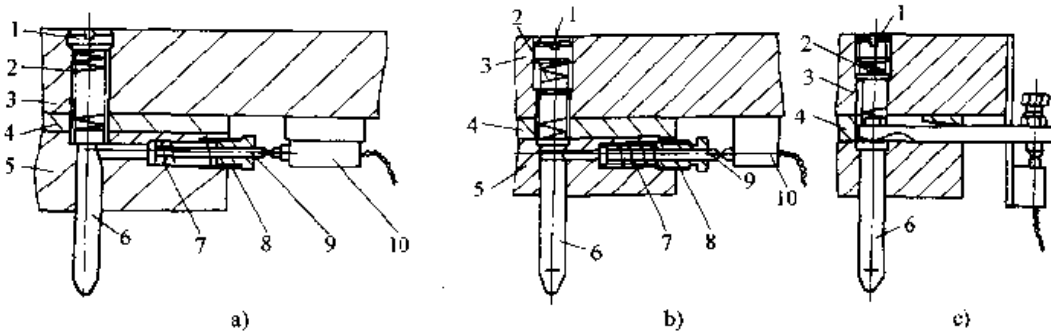


图 20.4-86 采用导正销检测

a) 斜滑块结构 b) 凹槽结构 c) 杠杆结构

1—螺塞 2、7—弹簧 3—上模座 4—垫板 5—固定板 6—监测导正销
8—螺母 9—触柱 10—微动开关

机械式检测中，常用导正销检测导正孔，如图 20.4-86 所示。

在冲速大于 500 次/min，带料厚度小于 0.2 mm 的情况下，采用导正销很难修正送料误差，当送料步距出现异常，即使在检测钉检测出后，也很难在短时间内，使高速冲床停止运动。而若采用光栅检测，则可在送料停止时检测孔位的误差，当孔位误差超过标准误差设定值时，即发出

停机信号。

4) 凸模折断等模具异常情况的检测 在多孔高速冲裁的情况下，如出现凸模折断，未能及时检出，将生产数量较多的不合格品，并有可能损坏模具。在凸模损坏后，冲出的孔就不规则，因此可采用图 20.4-87 所示的检测装置检测上一工位冲孔是否正常，检测用凸模高度与冲孔凸模高度一致，直径取凸模尺寸的 3/4，其头部制成

球形。若有多个孔同时要检测，可把几个微动开关串联在一起即可。

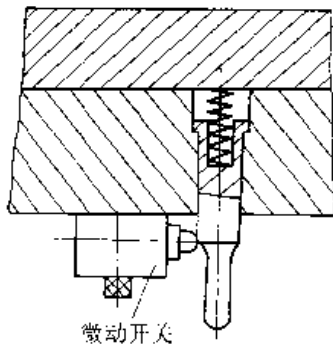


图 20.4-87 孔不良检测

对于重要的产品，可采用摄像机摄影，将所取得的信号通过计算机处理比较，如出现异常立即发出停机命令。用高速摄像机系统还可检测零件的质量，分析、比较各种质量指标。目前，高质量的摄像机计算机控制比较系统，可检查产品的压痕（最小直径为 $\phi 0.07$ mm，最小测度为 0.01 mm）、毛刺（最小毛刺尺寸为 0.07 mm）等。

5) 其他异常情况的检查 在高速冲压情况下，还需对高速冲床的润滑情况进行检测，以保证高速下正常运行。润滑、冷却不好、供油不足，都会造成高速冲床的磨损加剧。

2.11 防护装置、废料排除与工件提取

(1) 防护装置

可采用防护罩防止异物落入模具内损伤模具及模具损坏件飞出。防护罩可用金属材料，丝网及有机玻璃制成。

(2) 条料上废杂物清除与条料润滑

条料的清理与润滑装置如图 20.4-88 所示。

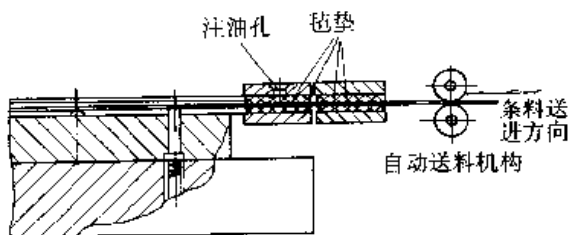


图 20.4-88 条料清理与润滑装置

(3) 防止制件和废料上升措施

制件及废料若从凹模口上升，粘贴在凸模刃口平面上，会影响正常工作，严重时甚至会损坏模具和压力机。防止制件和废料上升的措施主要有：

1) 利用凸模防止制件和废料上升 在凸模刃端设置附加零件或把刃端制成不同形状。常用形式如图 20.4-89 所示。图 a 在凸模内装有顶料销。顶料销直径 ϕd 一般为 $1 \sim 3$ mm，伸出高度 h 为材料厚度的 $3 \sim 5$ 倍，并把头部制成球形。冲裁废料或制件在顶料销后面的弹簧作用下，与凸模分离进入凹模。图 b 是利用压缩空气防止废料上升，凸模气孔一般为 $\phi 0.3 \sim \phi 0.8$ mm。图 c 应用在直径小于 1 mm 的细长凸模上，尤其是拉深冲底孔凸模。在凸模的端面制成 $45^\circ \sim 50^\circ$ 的锥度， h 为凸模直径 ϕd 的 $1/2$ ，当凸模工作时，首先由锥角定位后再冲裁，这样不但废料不会粘在凸模上，而且还能保证制件外形与中心孔的同轴度要求。图 d 是凸模端面制成圆弧面， h 为料厚的 $1/3 \sim 1/2$ ， b 取料厚的 $1.5 \sim 2$ 倍。图 e 是在凸模端面制成锥度，锥度为 140° 左右， h 为料厚的 $1/3 \sim 1/4$ 。图 f 是当凸模直径大于 20 mm 时，在凸模端面制成凹坑并钻通气孔， h 为料厚的 $1/4$ ， b 取料厚的 $2.5 \sim 3$ 倍。图 g 是在凸模端面制成斜槽， h 等于料厚，其角度在 $15^\circ \sim 30^\circ$ 之间。图 h 是在大型凸模端面制成凹坑，坑内装弹簧片，利用弹簧片作用力防止废料回升。图 i 是在大型凸模偏离中心处装顶料销，顶料销伸出高度及直径可参照图 a 中有关参数

图 20.4-90 所示，是将凸模做成斜刃，其斜角 α 为 10° 左右，冲裁时使废料变形并留在凹模内，不会使它上浮。此法在冲制料厚 0.5 mm 08 钢，长为 25 mm、宽为 2 mm 制件时，解决了废料上浮问题。

图 20.4-91 所示，是在凸模上开槽。其中图 20.4-91a 的 $h < 1$ mm（小于凸模进入凹模内深度）；图 20.4-91b 也是在凸模上开槽，常用金刚石锉刀在凸模刃口上开 $2 \sim 3$ 处不规则的斜槽，且都是使废料变形，因而在凹模孔内受挤压而防止反跳，槽深不能超过料厚的 $1/3$ 。例如冲厚 0.5 mm 的硅钢片，斜槽深为 $0.05 \sim 0.1$ mm，斜度为 45° ，然后用油石抛光。

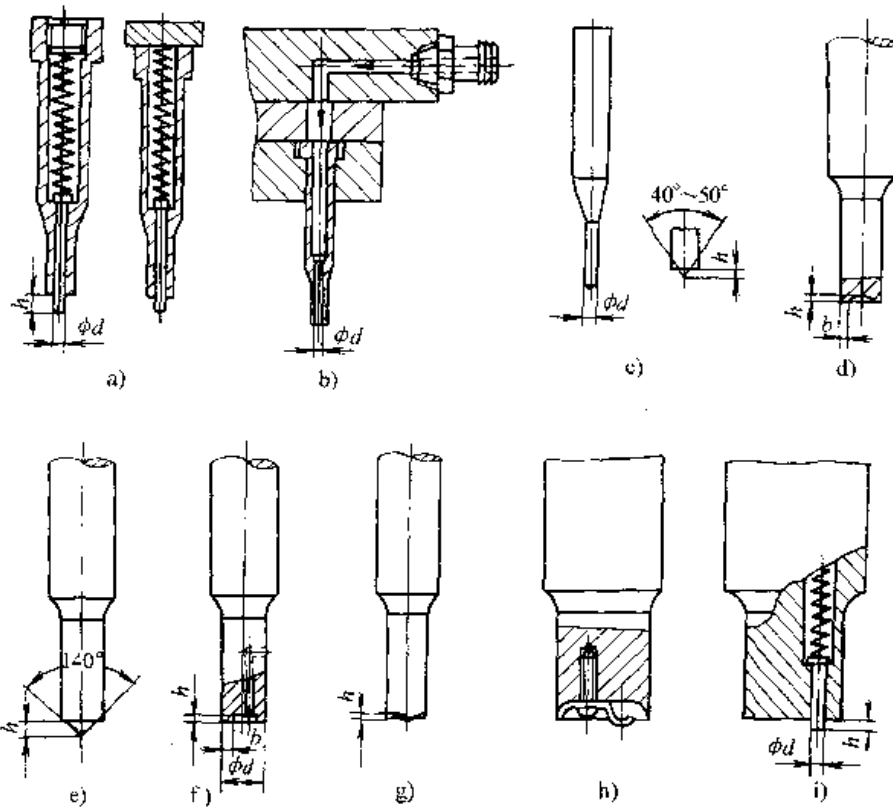


图 20.4-89 利用凸模防止废料回升

- a) 顶销式 b) 利用压缩空气 c) 凸模带尖锥 d) 凸模带圆弧 e) 凸模带顶锥
f) 凸模带凹坑 g) 凸模带斜槽 h) 凸模上加弹簧片 i) 凸模上加顶料销

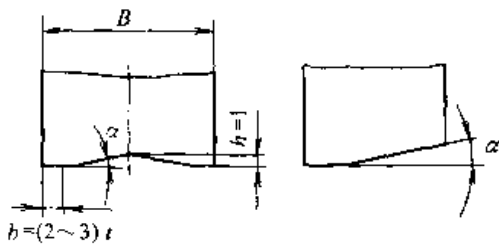


图 20.4-90 斜刃凸模

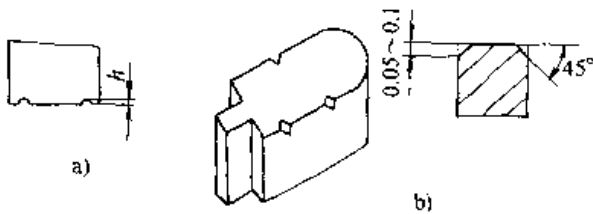


图 20.4-91 凸模上开槽

2) 利用凹模防止废料回升 如图 20.4-92 所示。在凹模刃口处做 $10'\sim 20'$ 的反锥角，漏料孔壁带有 $1^\circ\sim 2^\circ$ 的锥角。在冲裁时，废料或制件外周受到压缩应力，同凹模壁的摩擦增加，废料不易回升。对于较大的废料或制件，这是防止回

升的有效办法。这种办法的缺点是反锥角加工困难，且易引起小凸模折断。另处还可采用斜刃凹模以及凹模漏料孔负压抽吸的方法防止废料回升。用金刚石锉刀或油石在凹模孔侧壁以 $15^\circ\sim 30^\circ$ 斜拉 2~3 条 0.005 mm 深的斜纹槽，增加废料与型孔之间的摩擦力，也可防止废料上浮。

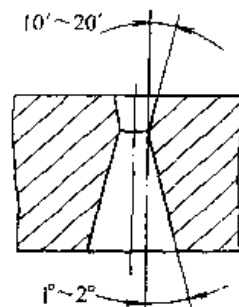


图 20.4-92 利用凹模防止废料回升

多工位连续模工作过程中，废料或制件除上升外，还可能在凹模中堵塞。若在凹模中积存过多，一方面会使凸模损坏，另一方面废料在凹模

内的胀力会引起凹模胀裂。对于薄料的小孔冲裁(直径小于1.5 mm),废料堵塞是经常发生的,因为废料轻,又与润滑油粘在一起,容易把漏料孔堵塞。如图20.4-93所示,对凸、凹模间隙小于0.03 mm的精密冲裁,在不影响刃口重磨的情况下,应尽量减小凹模刃口高度 H ,一般取 H 为1~2.5 mm,对于精密制件在刃口部制成 $\theta = 3' \sim 10'$ 的锥角,漏料孔壁锥角 $\theta_1 = 1^\circ \sim 2^\circ$, D 比漏料孔锥角大端大1.5~1.2 mm, D_1 比 D 大2~3 mm,而且中心要一致,孔壁不能错位(图20.4-93a),或将凹模刃口以下设计为阶梯形孔(图20.4-93b、c)。在冲侧孔时,更要注意留有足够的漏料空间,废料靠自重能自由下落而不致堵塞在凹模内,如图20.4-94所示。

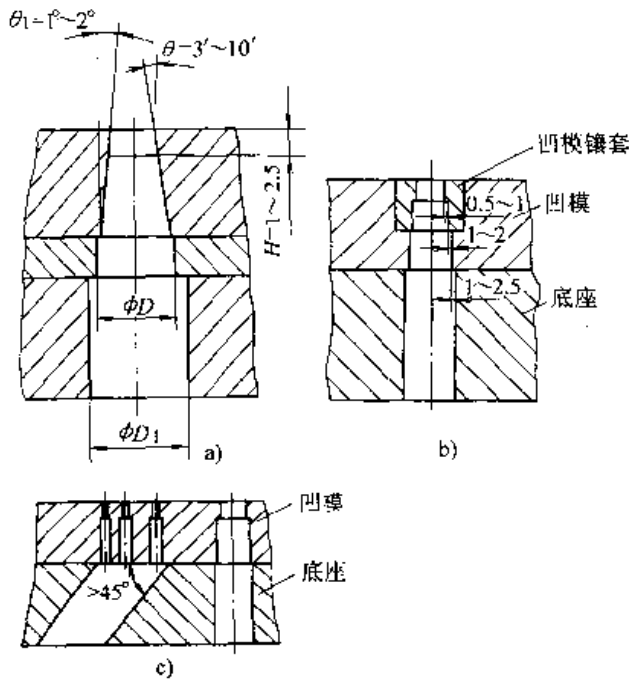


图 20.4-93 凹模漏料孔设置

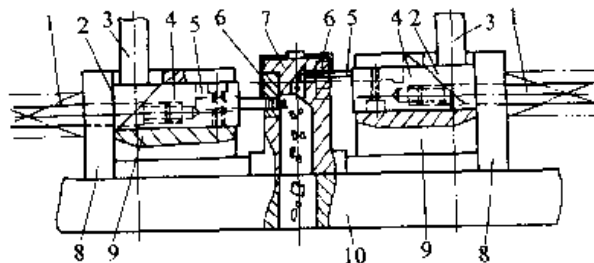


图 20.4-94 侧向冲裁排废料结构

- 1—拉杆及压簧 2—楔块 3—压杆
- 4—侧冲导向块 5—凸模镶块 6—侧冲凹模镶件
- 7—凹模芯座 8—挡块 9—侧冲基座 10—垫板

3) 其他措施 有下列5项:

a) 高速冲压时,应避开冲床的共振频率进行冲压加工。

b) 高速冲压时,带料表面润滑油不能过多,润滑油黏度不能太高。

c) 凸模进入凹模深度要合适,当带料厚在0.2 mm以下时,取0.2 mm;带料厚为0.2~0.5 mm时,取带料同值;带料厚为0.5~1 mm时取0.5 mm。

d) 对凸模头部进行退磁处理。

e) 利用凸、凹模之间的合理间隙防止废料上浮。间隙要合理并适当偏小,且保持均匀、稳定。

4) 利用压缩空气消除模具工作表面制件和废料 多工位连续模还可利用压缩空气在压力机滑块回程时把需要清除的制件或废料吹离模具表面。其常用的形式有:

① 利用凸模气孔吹离 当制件成形后从条料上切离时,往往都是一次切离几个制件,用这种方法切离的制件,基本上都不能从凹模的漏料孔中漏出,而只能从模具表面清理,清理这类制件可采用如图20.4-95所示的方法。在凸模中钻气孔,气孔位置及大小按清理制件不同而有不同,一般以 $\phi 0.8 \sim \phi 1.2$ mm为宜。图中中间孔主要防止废料回升,两侧斜孔就把被切离的制件在压力机滑块回程时向模具两边吹离。

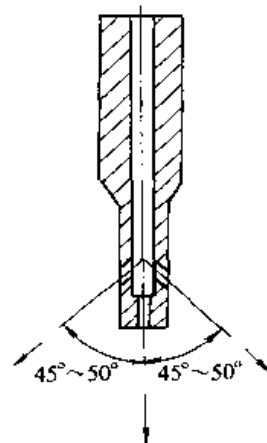


图 20.4-95 利用凸模气孔吹离

② 气嘴关闭式吹离(参见本篇第3章1.3复合模的推件装置)。

2.12 辅助装置

2.12.1 模架

多工位连续模的模架应具有足够的刚度和强度。连续模的上、下模座应选用抗振性能良好的材料制造。一般可选用铸钢,在普通压力机上用手工送料的模具,选用钢质模座为宜。国外某公司选用密烘铸铁制造模座,厚度比一般模架增厚30%。

工作时模架运动必须平稳,大型模具应采用六导柱或四角导柱模架。在普通压力机上工作的小型模具,可以选用对角导柱模架。根据模架上导柱与导套的配合间隙,将模架分为三级。

一级	超精级模架	0.003~0.005 mm
二级	精密级模架	0.005~0.010 mm
三级	普通级模架	0.013~0.023 mm

模架的导向装置及精度等级和模具的冲裁间隙、零件的精度要求和模具的复杂程度有关。冲裁间隙小于0.05 mm的模具,应选用滚动导向装置。冲裁间隙在0.05~0.10 mm之间时,选用H6/h5配合的滑动模架。冲裁间隙大于0.10 mm时,以选用H7/h6配合模架为宜。模柄应选用压入式的,工作时导柱不许脱离导套。

2.12.2 固定板

固定板的主要作用是固定凸模,另外在其相应位置安装导正销、斜楔、弹性卸料装置、小导柱、小导套等。因此固定板应有足够的厚度和耐磨性。固定板厚度可按凸模设计长度的40%选用。一般连续模固定板可选用45钢,淬火硬度42~45HRC,精度要求高的连续模,固定板应选用T10A、CrWMn,淬火硬度52~56HRC。在低速冲压,各凸模不需经常拆卸更换时,固定板可以不必淬火处理。常拆卸型孔的表面粗糙度应达 $Ra0.8 \mu\text{m}$ 。

固定板的形式有整体式、分段式、镶拼式等。整体式固定板适合于工位不多的小型多工位连续模,其特点是制造简单、调整困难。分段式的每段固定板可分别固定,各段固定板可分开制造、热处理,而且各段间距离调整方便。镶拼式固定板是用若干拼块和镶件拼合成固定板中的一个个安装形孔,各形孔尺寸精度以及各形孔间距离均由各拼块、镶件的形状尺寸来控制。所有拼

块拼合后,由镶条构成的围框紧固而成。镶拼式固定板的制造精度高,尤其适用于硬质合金材料制造的模具,对于高速冲压具有特殊的实用意义。

连续模中其他辅助装置还有:垫板、模柄、紧固螺钉和销钉等,应尽量选用标准件,见本书第22篇。

3 典型结构

3.1 冲裁多工位连续模

(1) 冲孔、落料连续模

冲压零件如图20.4-96a所示,材料为D21硅钢板,料厚0.5 mm。其排样如图22.4-96b所示。

图20.4-97为该制件的冲孔、落料连续模。凸、凹模均采用硬质合金材料。该模具具有如下特点:

- 1) 采用四个滚珠导套、导柱,模具导向精度高。
- 2) 为了保护凸模,特别是小凸模,提高模具寿命,在由滚珠导套27导向的卸料板10上装有导板7,对凸模具有良好的导向保护作用。
- 3) 为了保证制件上的孔位精度,在条料上冲两个工艺孔,在第2和第3工位上均有两导正销插入工艺孔内定位,导正销采用弹性结构,以避免折断。
- 4) 为了防止条料粘在凹模或卸料板上,有利于送料,在凹模43和卸料板10上各装有两个弹性顶销。

(2) 定转子铁心自动叠装连续模

YD109电机定转子片如图20.4-98所示,其排样如图20.4-99所示。条料宽度为115 mm,步距为113.5 mm,各工位的具体内容分别为:①冲导正孔、轴孔、转子槽及转子叠压工艺孔;②定转子叠压点切口;③转子叠压点弯曲;④转子落料扭斜叠压;⑤空工位;⑥冲定子槽;⑦定子叠压点弯曲;⑧定子落料叠压

模具装配图如图20.4-100所示,该模具具有如下特点:

- 1) 模具在日本的PDA-2001型高速冲床上使用,冲速120~300次/min。

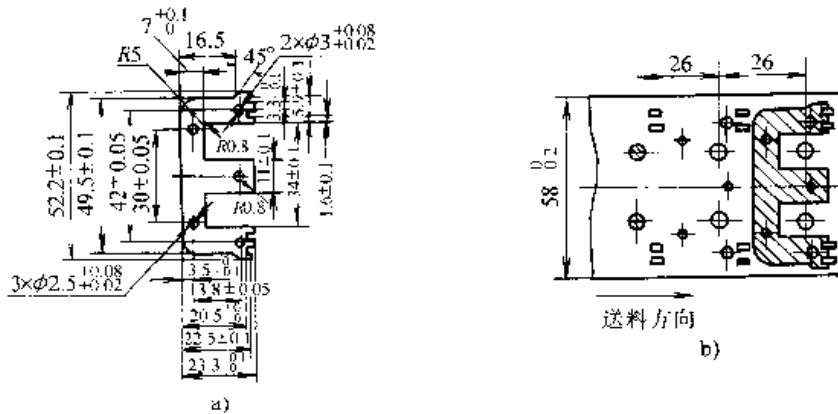


图 20.4.96 零件及排样图

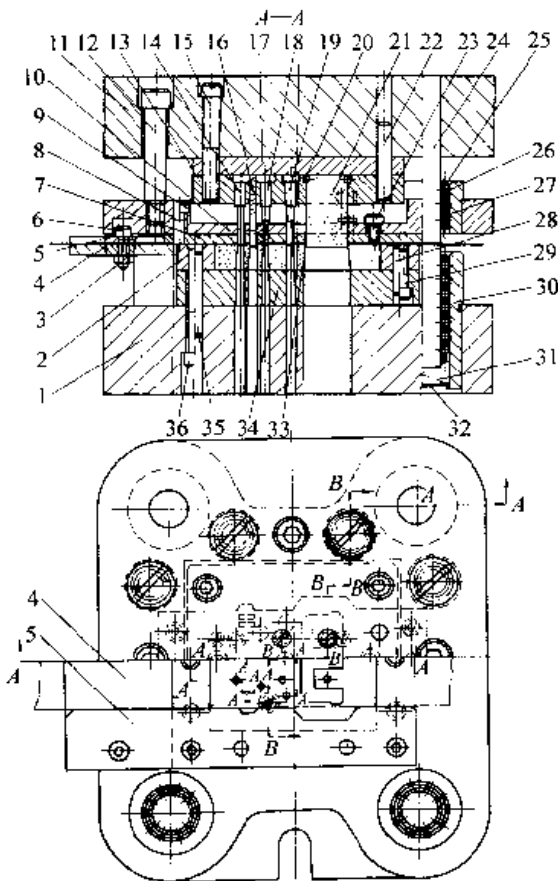


图 20.4.97 冲孔落料连续模装配图

- 1—下模座 2—凹模框 3—螺母 4—承料板
- 5—导料板 6、9、15、23、29、36—内六角螺钉
- 7—卸料导板 8、22、28、35—圆柱销
- 10—卸料板 11—上模座 12—卸料螺钉
- 13—凸模固定板 14—凸模 16—冲缺凸模
- 17—垫板 18—小凸模 19—冲孔凸模 20—钢丝
- 21—落料凸模 24—导柱 25—钢球保持圈
- 26—滚珠 27—小导套 30—大导套
- 31—弹簧 32—弹簧挡圈 33—凹模 34—垫板

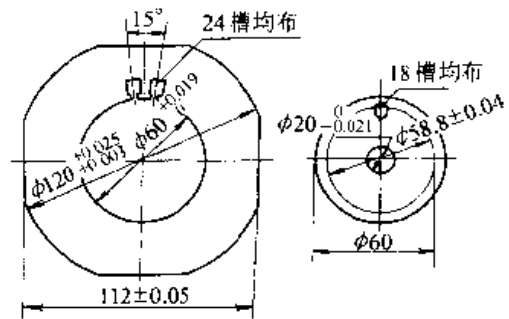


图 20.4.98 定、转子冲片

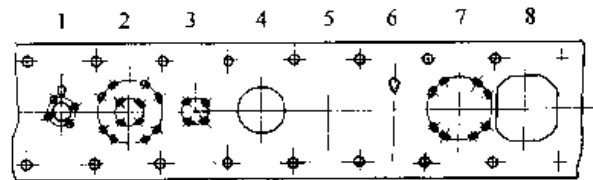


图 20.4.99 排样图

2) 采用 6 组 $\phi 50$ mm 滚珠导柱、导套结构。每对导柱、导套装配前经过选择，其配合过盈量为 $0.02 \sim 0.025$ mm。上、下模座材料采用 45 钢，厚度各为 100 mm，经过调质，硬度为 26~30HRC，时效处理。导柱、导套材料采用 GCr15 钢，62~66HRC。卸料板垫板采用 40Cr 钢，卸料板采用 Cr12MoV，导向板及固定板采用 CrWMn 钢，滚珠保持圈采用 H62，凸、凹模材料均采用国产 YG20 硬质合金。

3) 冲槽凸模与固定板采用小间隙配合，并用铜焊套将凸模固定，由卸料板精密导向。

4) 冲槽凹模采用镶拼结构，互换性强，用进口线切割机进行半精加工，再用光学曲线磨削达到设计要求。凹模直接装入下模座型孔内，有

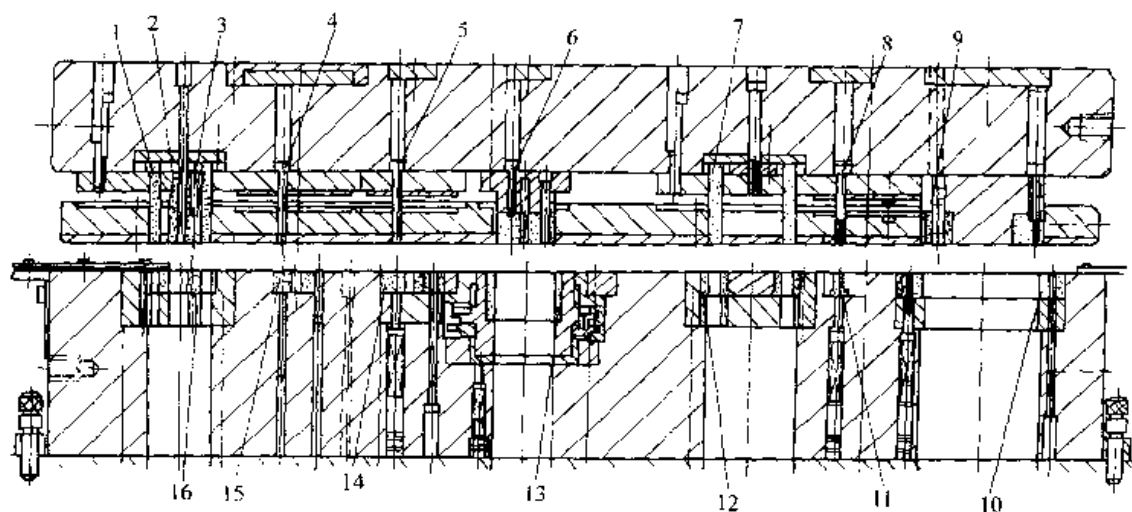


图 20.4-100 定转子铁心自动叠装连续模总装图

1、7、9—凸模 10、11、12、13、14、15、16—凹模

的在凹模下垫入淬硬垫板。各工位精度由坐标磨床保证，位置精度 $\pm 0.002\text{ mm}$ 。这样可完全达到步距精度为 $\pm 0.004\text{ mm}$ 要求。凸、凹模双边间隙为 0.06 mm 。

5) 冲裁步距的粗定位由日本引进的自动送料器完成。采用了浮动顶料销，顶料销的拾料面高出凹模面 $2\sim 3\text{ mm}$ 。

6) 通过专门设置的传动机构实现铁心的叠装形式为完全密叠式，使其叠装后铁心厚度均匀，结合力达到 $100\sim 120\text{ N}$ 。模具内设报警导针，利用微动开关进行误送监测。

7) 上、下模座及卸料板垫板用45钢板锻打、退火后粗加工，然后调质、人工时效，并设置统一基准，采用坐标法标注；精密零件采用线切割半精加工后，由精密磨床精加工。一些只能由线切割保证的零件，采用6次精密切割技术，中间插入时效处理；在最终精密加工后，模具精密零件宜作冰冷定型处理。

8) 该模具的刃磨寿命为140多万次。价格仅为进口模具的 $1/2$ ，可替代进口。

3.2 冲裁弯曲连续模

(1) 插头簧片多工位连续模

插头簧片零件及展开图如图20.4-101a、b所示。该零件是以弯曲加工为主的冲裁弯曲件，空间立体成形，需经多次弯曲，包容部分尺寸精度高，弹性好，材料为 QSn6.5-0.1Y 。排样图如图20.4-101c所示，共设置了38个工位，其中空工位16个，有效工位22个，有效工位的加

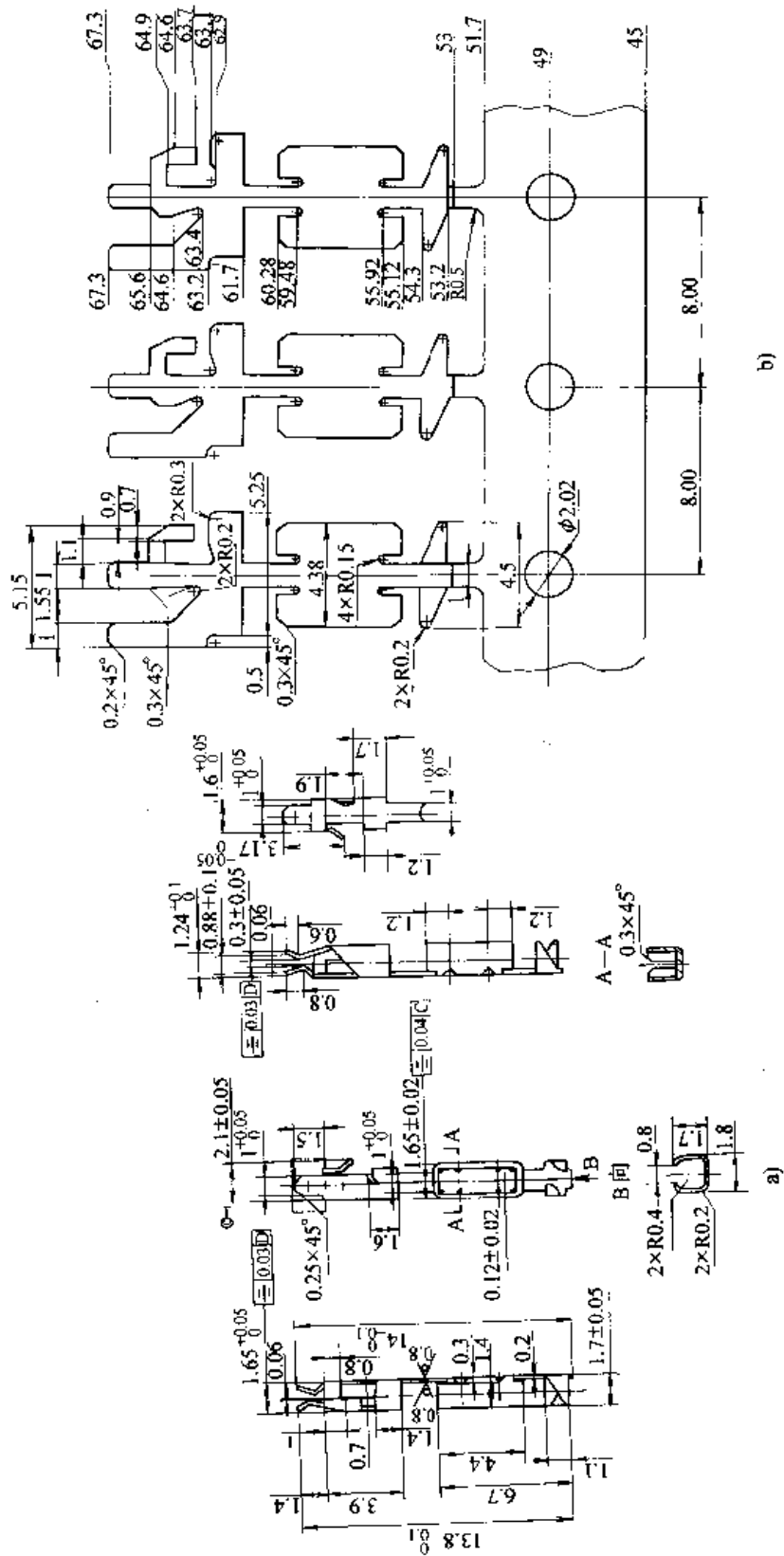
工内容分别为：①冲侧刃冲定位孔；②导正；③冲废料A；④导正；⑤冲废料B；⑥冲废料C；⑦冲废料D及导正；⑧压头部喇叭口、压倒刺；⑨头道弯及导正；⑩弯倒刺及导正；⑪二道弯及导正；⑫三道弯及导正；⑬头部整形及导正；⑭压凸；⑮冲废料E；⑯四道弯及导正；⑰五道弯及导正；⑱五道弯整形及导正；⑲六道弯及导正；⑳七道弯及导正；㉑尾部整形及导正；㉒尾部压印及导正。

模具装配图如图20.4-102所示。该模具具有如下特点：

1) 凹模采用分块镶入凹模板中，易保证各工位形孔坐标尺寸高精度的要求，且解决了热处理变形问题，各镶件单独加工，便于制造、调整和维修，可提高整副模具的使用寿命。凹模镶块采用优质合金钢 6CrNiMnSiMoV (GD钢)，热处理硬度 $58\sim 63\text{ HRC}$ 。

2) 大凸模采用直通式，小凸模采用镶套固定保护，以增加其强度和刚度，材料选用 Cr12 钢，淬火硬度 $55\sim 58\text{ HRC}$ ，凸模采用小压板固定。

3) 采用弹压卸料板，除起卸料作用外，还可同时将条料压住，防止条料在冲压过程中产生翻转和扭曲，为增加卸料板的稳定性，采用4个小导柱导向，小导柱与导套间隙为 $0.005\sim 0.01\text{ mm}$ ，卸料弹簧采用耐疲劳的强力矩形弹簧，确保卸料板的卸料力大而且运动平稳，冲废料凸模用卸料板镶套保护，镶套用螺钉吊在垫板上，防止镶套的窜动。



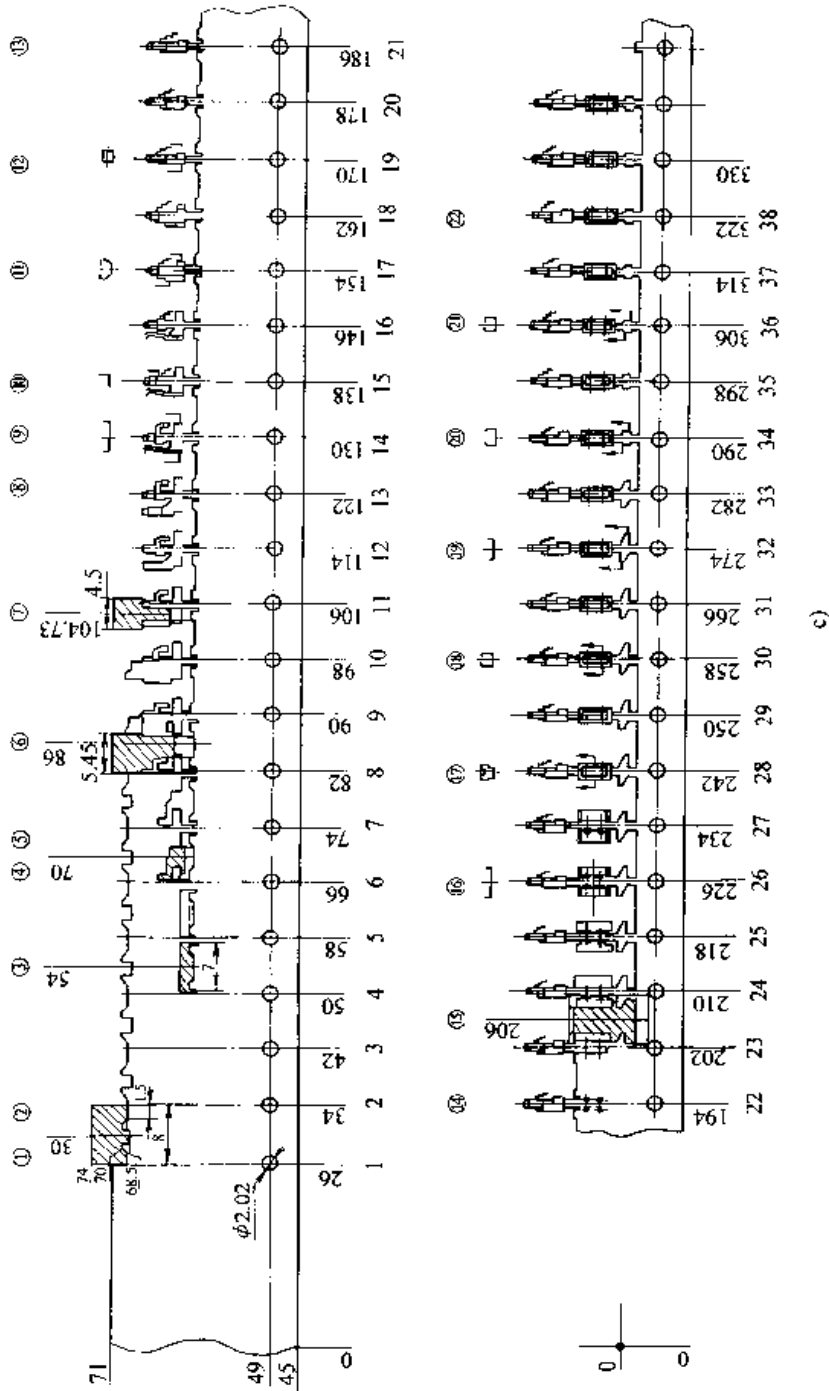


图 20.4-101 插头簧片零件图、展开图及排样图
a) 零件图 b) 展开图 c) 条料排样图

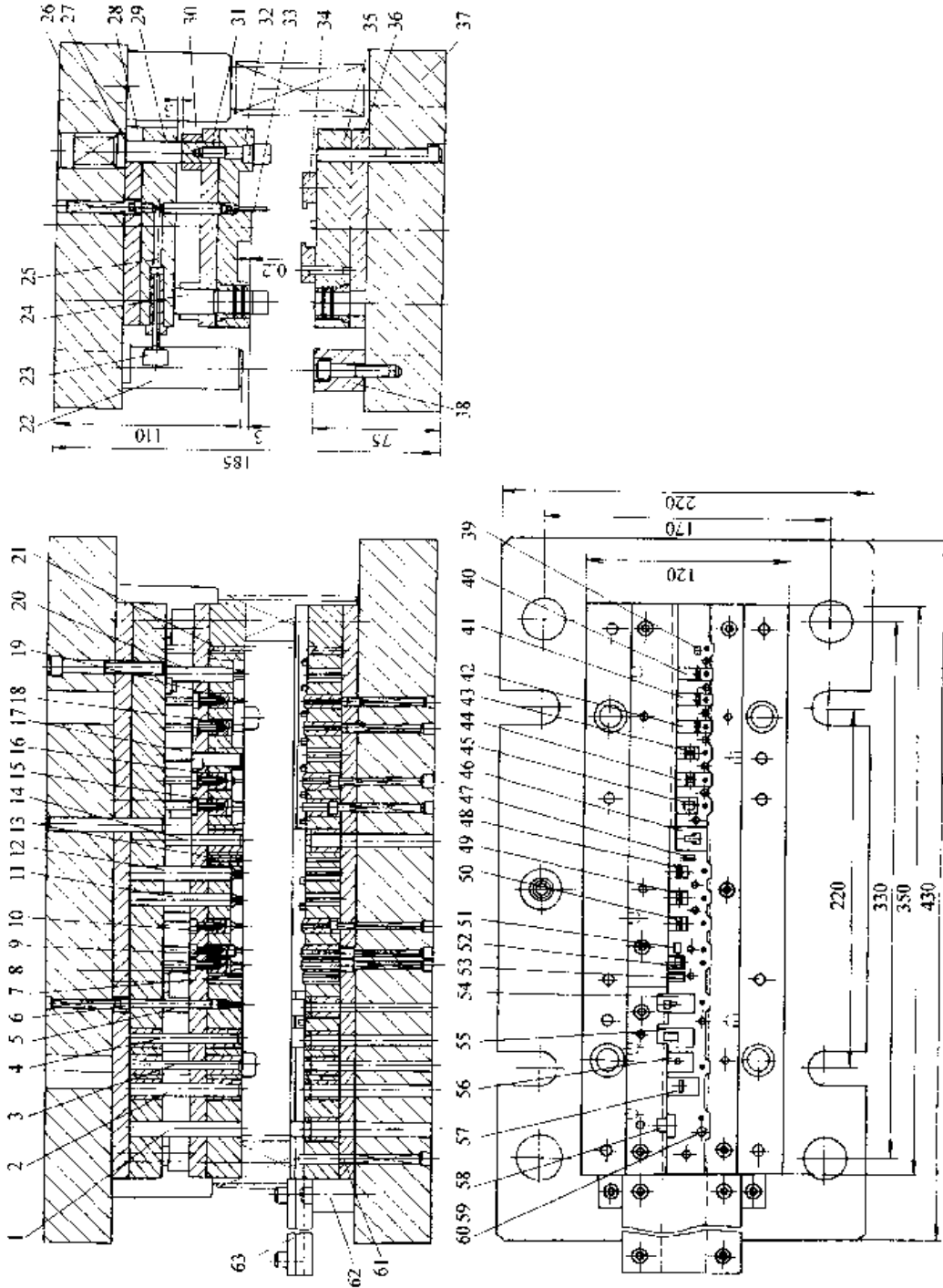


图 20.4-102 插头簧片多工位连续模装配图

- 1—侧刃 2、3、4、5、14—冲废料凸模 6—导正钉 7、53—压喇叭口镶件 8、41、42、43、44、45、49、50、52—弯曲凹模镶件 9、10、11、15、16、18、19—弯曲凸模 12、20、40、48—整形凸模 13—压双凸模 17—弯曲整形凸模 21—压印凸模 22、38—限位柱 23—行程开关 24 小导柱 25—检测杆 26—L模架 27—卸料螺钉 28、31、36—垫板 29—固定板 30—定位套 32—卸料板 33—检测钉 34—导料板 35—凹模板 37—下模座 39—压印镶块 47—压双凸凹模 51—弯倒喇叭凹模 46、54、55、56、57、58—冲废料凹模 59—冲孔凸模 60—冲孔凹模 61—抬料钉 62—支架 63—托料板

4) 弯曲时三道弯凸模 11、头部整形凸模 12、五道弯整形凸模 17 装在凸模固定板上, 其余全部装在卸料板上, 用螺钉吊在中垫板 31 上, 弯曲成形凹模内加弹顶, 防止簧片卡在凹模内。
5) 模具中采用了行程开关, 当带料发生误

送进等异常现象, 安全销不能正常导正时可紧急停机, 从而保护模具, 为防止凸模由于形状各异, 长短不一而易损坏, 在上、下模板之间以及上模固定板和垫板之间设置限位柱和限位套。

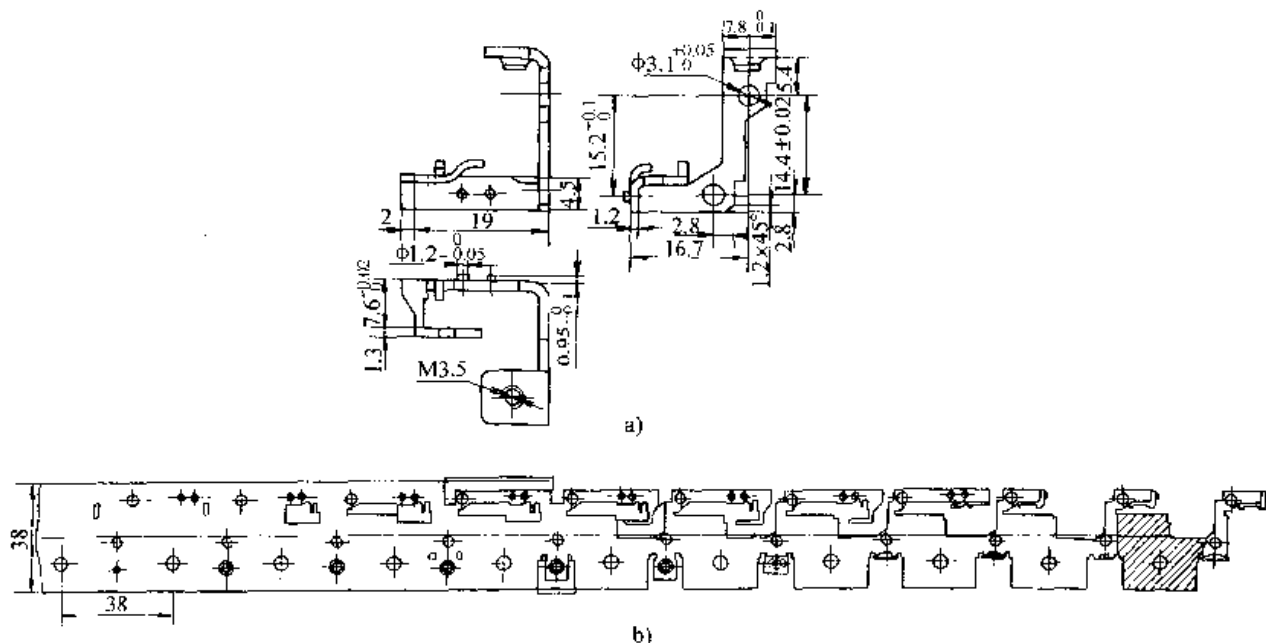


图 20.4-103 常闭触头零件图及排样图

a) 零件图 b) 排样图

(2) 常闭触头连续模

常闭触头零件如图 20.4-103a 所示, 材料为 H62 黄铜, 料厚 1.2 mm。其排样如图 20.4-103b 所示。其 11 个工位安排如下: ① 冲 3 个长孔及工艺孔; ② 翻边, 冲 2 凸; ③ 冲内形; ④ 冲内形; ⑤ 冲外形及 2 小方孔; ⑥ 冲外形及悬臂部分; ⑦ 成形弯曲; ⑧ 向上弯曲; ⑨ 向上弯曲; ⑩ 空工位; ⑪ 切断。

模具装配图如图 20.4-104 所示。该模具具有如下特点:

1) 模具采用国外通用系列 (Versatile System of Design 简称 VSD) 模具结构, 采用了圆形或方形的镶拼块 (如件 28、29、30、31、32 等), 先将它们加工成独立拼块单元, 然后将其以一定过盈量镶入凹模座 3 及卸料板座 6, 其特点是刃块零件的商品化和更换方便。

2) 模具采用四导柱导套滚动导向、可卸式导柱的模架, 并设有 6 个小导柱、导套的滑动辅助导向。

3) 条料由初始挡料机构 33 初定位, 由导料

杆 5 导向, 导正销 15 导正, 保证了送料步距。模具内另设有安全检测导钉 14。

(3) 接线端子连续模

接线端子零件如图 20.4-105a 所示。材料为半硬态的锡磷青铜带, 料厚 0.4 mm。其排样如图 20.4-105b 所示, 共有 16 个工位, 分别为: ①~④ 冲孔切形; ⑤ 打扁; ⑥ 撕开压字; ⑦ 切断压肋; ⑧ 压弯打喇叭口; ⑨ 中部压弯; ⑩ 头部压弯; ⑪~⑬ 尾部压弯; ⑭ 空工位; ⑮ 分离。在前 6 个工步采用双载体, 利用 2 个 φ2 mm 工艺孔进行导正。

模具装配图如图 20.4-106 所示。该模具具有如下特点:

1) 模架采用 4 导柱滑动模架, 在固定板、卸料板、凹模之间还安装 4 根小导柱作辅助导向。

2) 采用手动送料, 带料在浮动导料钉的导料槽中送进, 利用定位块控制送料步距。

3) 中部 U 形弯曲结构如图 20.4-107 所示。

4) 尾部框形弯曲采用逐步过渡, 空压成形的的方法, 其弯曲结构如图 20.4-108 所示。

5) 该模具凸模、卸料板、凹模均采用 Cr12Mov 钢制造。压标记镶块用高速钢, 采用纯铜电极打出凸字体。凹模、卸料板、固定板用慢走丝线切割分别割出, 4 个小导柱孔也一同割出, 然后利用 4 个小导柱导正, 固定, 由钳工配钻螺孔、销孔。

另外为了提高连续模设计质量、缩短设计周期, 可采用连续模具 CAD (如德国 STEPPER 公司的接插件类精密多工位连续模 KIWI 软件等) 在模具设计中, 尽可能选用标准的模板、导正销、托料销、导料钉、定位块、压块等, 可大大缩短模具设计制造周期。

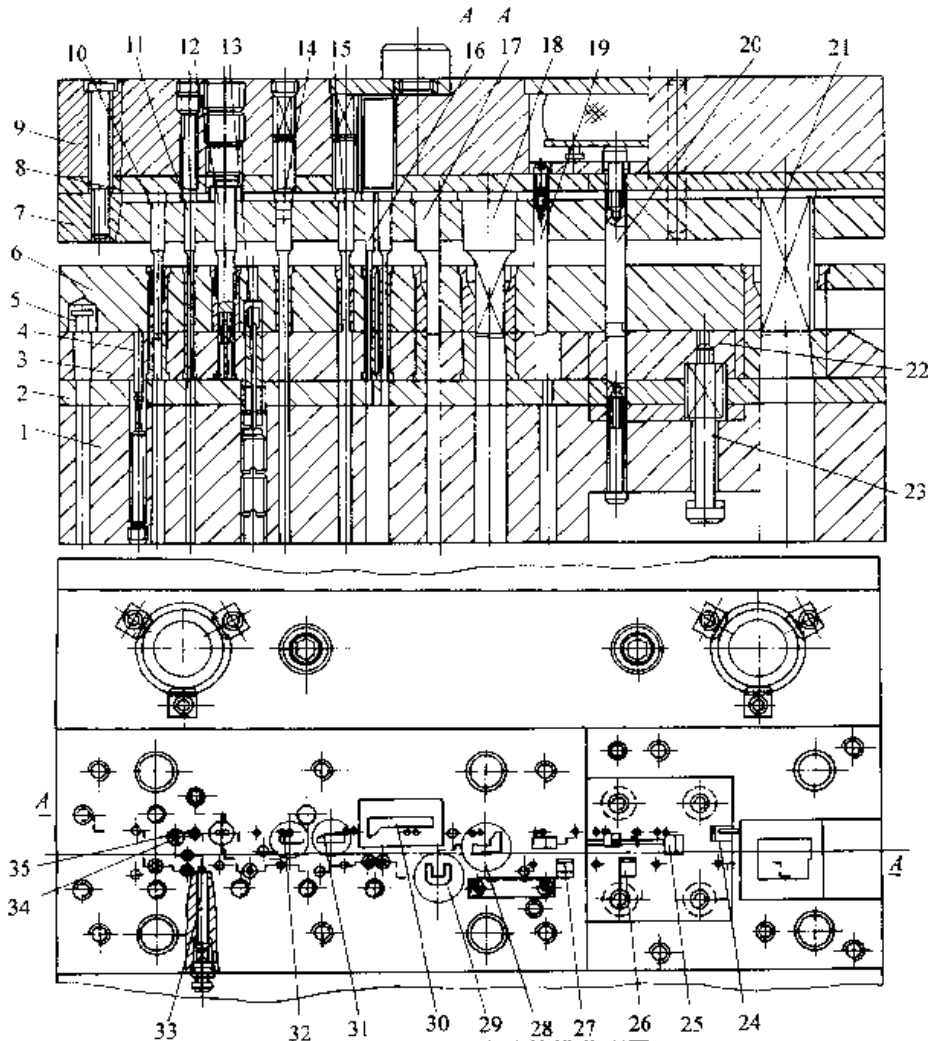


图 20.4-104 常闭触头连续模装配图

- 1—下模座 2—下垫板 3—凹模座 4—顶料装置 5—导料杆 6—卸料板座
- 7—固定板 8—上垫板 9—上模座 10—定位孔凸模 11—底孔凹模
- 12—冲凸凸模 13—翻边凸模 14—检测导钉 15—导正销
- 16—方孔凸模 17、18—内形凸模 19、20、24—27—弯曲凸模 21—落料凸模
- 22—浮动块 23—限位螺旋组 28—悬臂凹模 29、30—外形凹模
- 31、32—内型凹模 33—初始挡料机构 34—长孔凹模 35—圆孔凹模

(4) 插座件成形连续模

插座件零件及排样图如图 20.4-109 所示。零件材料为锡青铜, 料厚 0.3 mm。零件成形共有 12 个工位, 其中第 6、8 两个工位为弯曲工位, 第 10 工位为卷曲工位。

模具装配图如图 20.4-110 所示。该模具具

有如下特点:

- 1) 在三个成形凹模下面各自装了三套杠杆机构来完成弯曲、卷曲工序。这三套机构中的杠杆、连接件、打杆、顶杆的形状尺寸一致。在卷

曲部分还装有斜楔、滚轮、滑块和芯子。工作时，上模下行、斜楔 21 驱动滑块 23，带动芯子 29 插入已弯曲的工件中，再进行弯曲，以此保证卷曲部分的质量。

2) 采用手工送料，通过前后各一个定距侧

刃及双导尺，保证送料准确和平稳。

3) 当上模回升时，顶杆 34 离开打杆 36，杠杆 33 不起作用，三个成形凹模在弹簧力的作用下，降至整个凹模平面下，为下一步送进作准备。

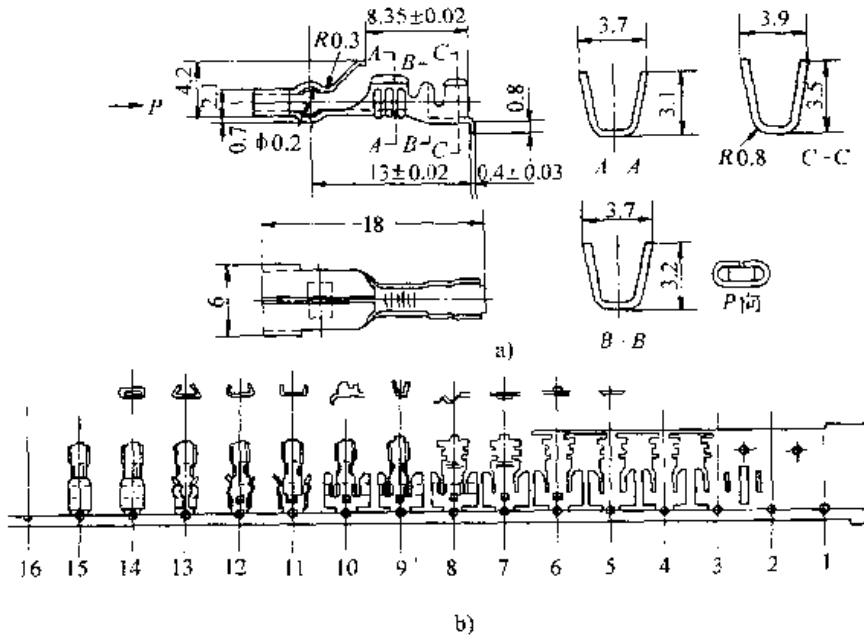


图 20.4-105 接线端子零件及排样图

a) 零件图 b) 排样图

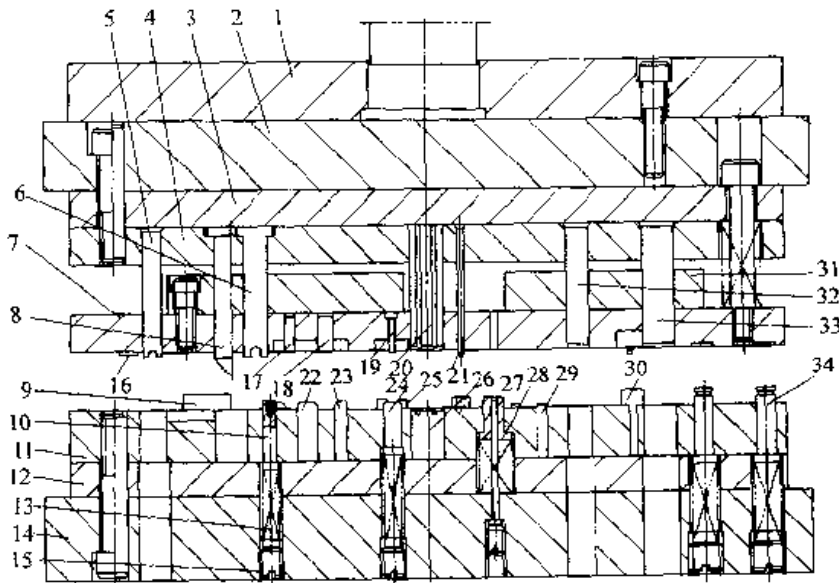


图 20.4-106 模具结构

- 1—上模板 2—上模座 3—上垫板 4—固定板 5—切断凸模
- 6、17、18、19—压弯上模块 7—卸料板 8—小导柱 9—定位块 10—弹顶导钉
- 11—凹模板 12—下垫板 13—弹簧 14—下模座 15—螺塞 20—组合压弯上模块
- 21—导正销 22、23—压弯下模块 24—顶出器 25—压弯镶块 26—组合压弯下模块
- 27—撕开凸模 28—顶压器 29—打扁下模块 30—定位块 31—限位块 32—切形凸模
- 33—定距侧刃 34—导料钉 35—压肋镶块 36—压标记镶块

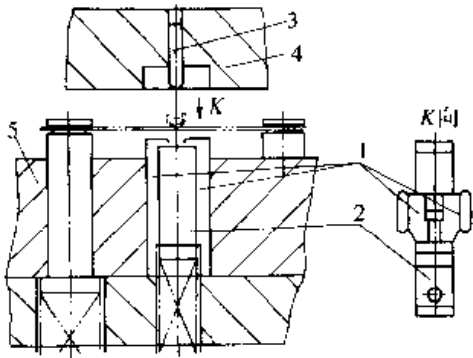


图 20.4-107 中部 U 形弯曲结构图
1—压弯镶块 2—顶出器 3—弯曲凸模
4—卸料板 5—凹模板

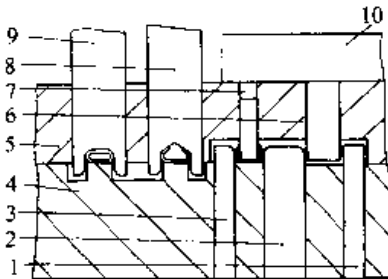


图 20.4-108 尾部框形弯曲结构
1、2、3—压弯镶块 4—凹模板 5—卸料板
6、7、8、9—压弯凸模 10—限位板

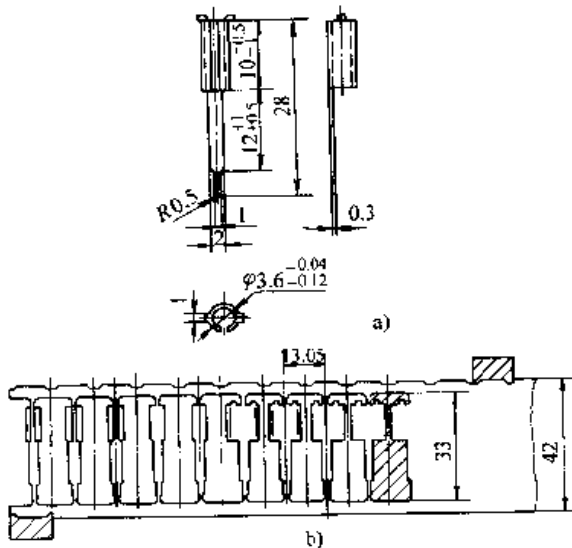


图 20.4-109 插座件零件图及排样图

3.3 冲裁、翻边、拉深多工位连续模

(1) 汽车前灯座三角盘多工位连续模

汽车前灯座三角盘零件图如图 20.4-111 所

示。材料为 H62 黄铜，料厚 0.35 mm。零件排样图如图 20.4-112 所示，共分 7 个工位，步距 63 mm，料宽 57 mm。各工位的具体内容分别为：①冲 2 个 $\phi 5$ mm 导正销孔，切椭圆形工艺切口；②导正销导正、校平；③拉深；④切 1 处 $8_{-0.1}^{0.1}$ 脚和 2 处 6.0 ± 0.2 脚废料，冲中心 $\phi 18.4$ mm 翻边预孔；⑤弯 $8_{-0.1}^{0.1}$ 脚处的 R9.5 mm 弧，弯 6.0 ± 0.2 脚处的 2 处 R5.9 弧，中心 $\phi 21.75_{-0.15}^{0.15}$ 孔翻边，切舌宽 2.0 mm，高 3.2 mm 小翅 2 处；⑥整形 $\phi 21.75_{-0.15}^{0.15}$ mm 中心孔， 45° 、 $3^\circ \pm 1^\circ$ 处压成，两小翅向下弯成 90° ，外侧宽度达 $6.5_{-0.2}^{0.2}$ mm；⑦落料。

模具装配图如图 20.4-113 所示。该模具具有如下特点：

1) 凸模固定板、卸料板及凹模固定板之间采用小导柱精密导向。凹模部分采用镶拼结构，相应的凹模镶块以双边 0.005~0.01 mm 的过盈量压入凹模固定板内。

2) 凸模采用快换结构，如图 20.4-114 所示。凸模与凸模固定板之间采用小间隙配合，双边间隙取 0.005~0.010 mm。

3) 工艺切口凸模如图 20.4-115 所示。为了提高材料利用率，模具采用了近似椭圆形的拉深工艺切口，切口凸模分别在椭圆长、短轴端点处用电火花打出 4 处 $4 \times 2 \times 3$ 的工艺搭子，既大大改善拉深条件，又便于毛坯件可靠地与带料相连，顺次完成各工位的冲压成形。切口凸模切入材料深度为 $(0.8 \sim 1)t$ (t 为料厚)，切口后要经过校平方可进行拉深。

4) 本模具中拉深、翻边、整形等工位的凸、凹模均采用硬质合金 YG15 制造。凸模部分采用分体式结构，如图 20.4-116 所示。

5) 由于制件各部分成形相对高度有较严格的要求，为此采用了高度限位钉 14。限位钉的布置以模具各处受力均衡为原则，且各限位钉须一次在精密平面磨床上磨成等高。

6) 带料导向采用浮动导料板结构。

7) 各主要模板如凸模固定板，卸料板、凹模板均采用 Cr12MoV 淬硬至 55~56HRC。为了保证尺寸稳定性，相应固定孔均采用精密慢走丝线切割机床和 Moore 坐标磨床加工。钳工装配时只需按设计尺寸进行，不需作过多的修配和调整。

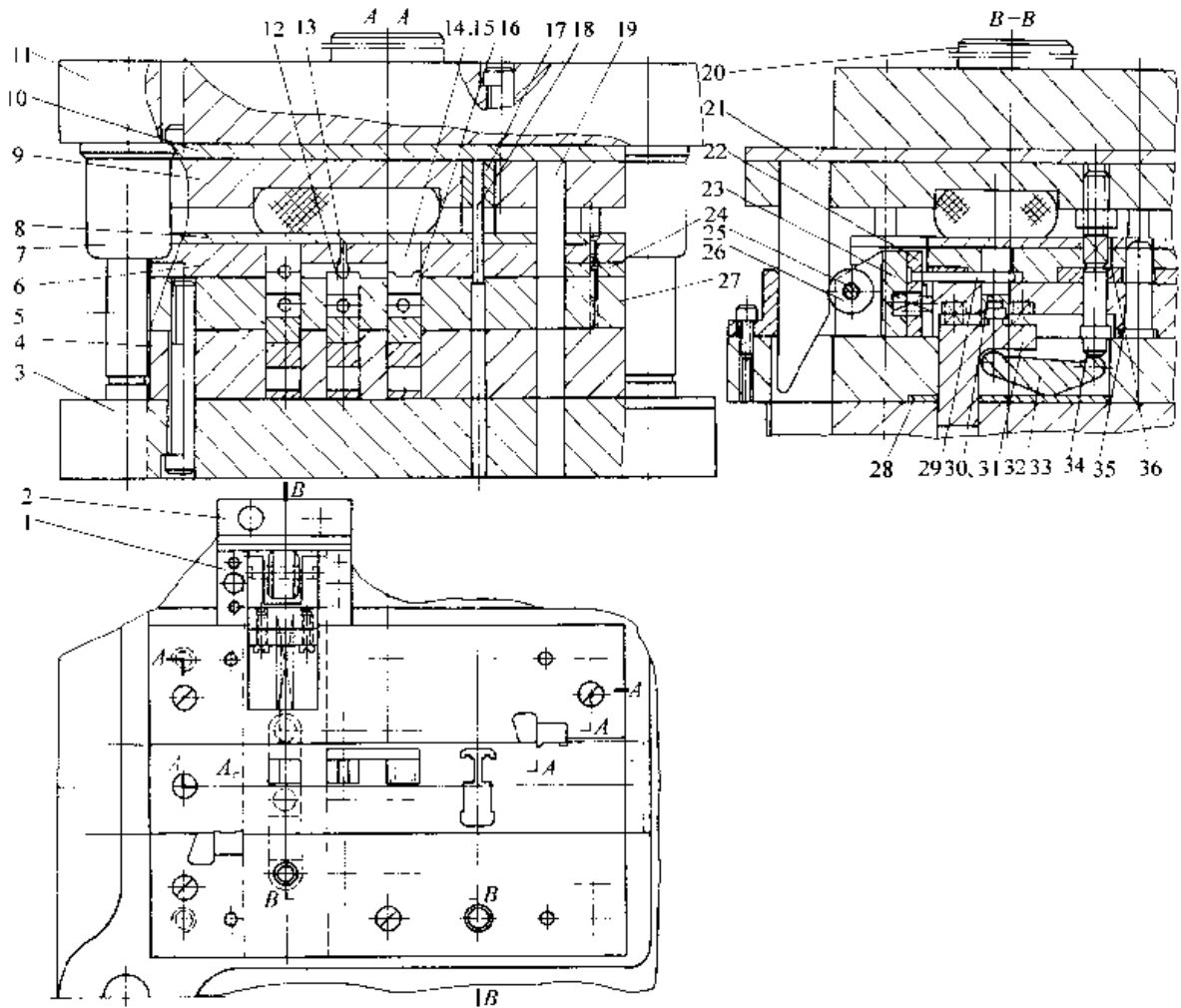


图 20.4-110 插座件成形连续模装配图

- 1—导轨 2—张位角钢 3—下模座 4—垫板 5—导柱 6—卸料板 7—导套 8—垫板 9—固定板
 10—扩建板 11—上模座 12—16—弯曲凸模 17—凸模拼块 18—凸模 19—侧刃 20—模柄 21—斜楔
 22—芯子固定板 23—滑块 24—导尺 25—芯轴 26—滚轮 27—凹模 28—垫板 29—芯子
 30—31—成形凹模 32—连接杆 33—杠杆 34—顶杆 35—小导柱 36—打杆

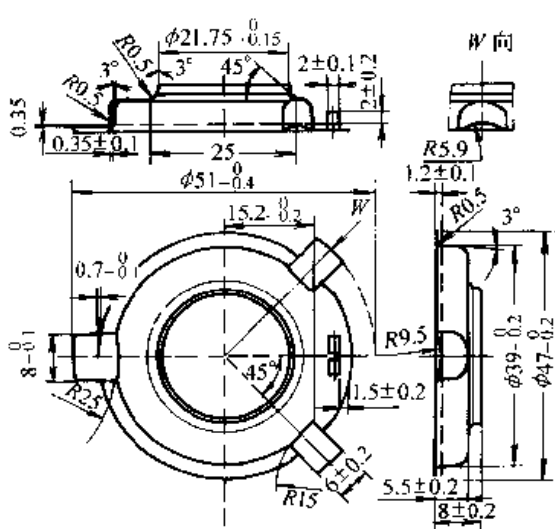


图 20.4-111 汽车前灯座三角盘

(2) 撕拉盖多工位连续模

图 20.4-117 所示为撕拉盖的零件图，材料为 A300H16，料厚 0.225 mm。盖旁有一个尾巴，尾巴上压有肋，盖内部侧面有切痕。因开盖时需用手指捏住尾巴沿切痕撕开，切痕浅了撕不开，深了在拉深时容易开裂，所以切痕的深度是工艺难点。

撕拉盖的成形需 4 道工序：压肋、切痕、落料、拉深。确定采用 5 工位连续模。

图 20.4-118 是排样工序图。由于料薄，挡料销和导正销不能准确定位，同时考虑料的价格贵，为省料，所以要用尖角侧刃定距。提供的料长为 800 mm，由于受工作台面及工作台孔的限

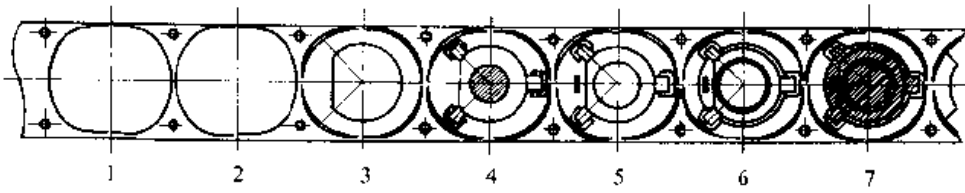


图 20.4-112 排样图

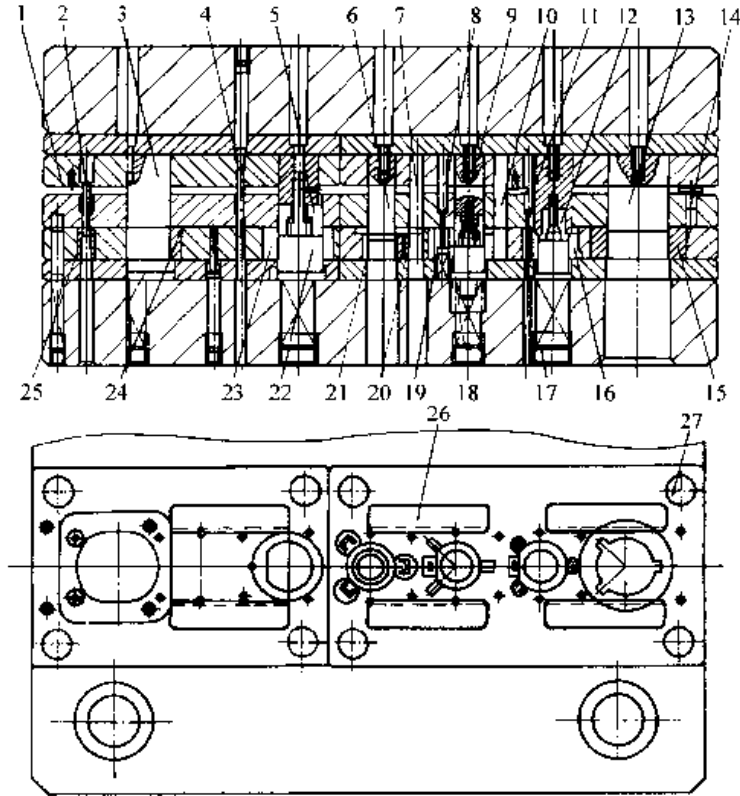


图 20.4-113 汽车前灯座三角盘模具结构

- 1—凸模压板 2—导正孔凸模 3—切口凸模 4—导正销 5—拉伸凸模
 6—冲底孔凸模 7—切脚凸模 8—切舌凸模 9—翻边凸模 10、11—弯曲凸模
 12—整形凸模 13—落料凸模 14—限位钉 15—落料凹模 16—整形凹模 17—弯曲凹模
 18—翻边凹模 19—切舌凹模 20—切脚凹模 21—冲底孔凹模 22—弹顶器
 23—拉深凹模 24—切口凹模 25—导正孔凹模 26—导料板 27—小导柱

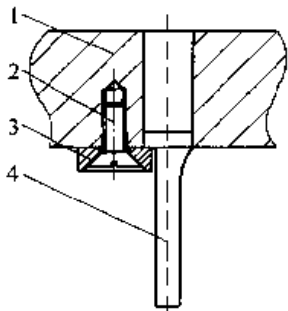


图 20.4-114 快换式凸模结构

- 1—凸模固定板 2—沉头螺钉
 3—凸模压板 4—凸模

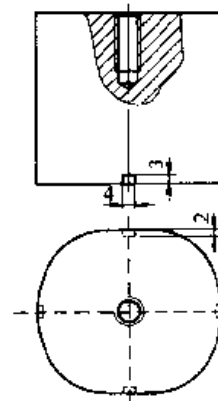


图 20.4-115 椭圆切口凸模

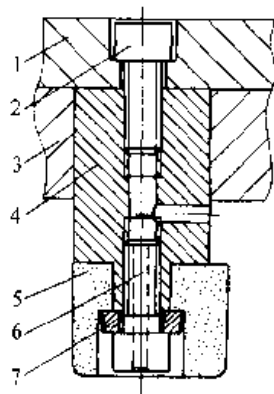


图 20.4-116 分体式凸模结构
1—上垫板 2—内六角螺钉 3—凸模固定板
4—加长杆 5—拉伸凸模 6—排气螺钉 7—垫圈

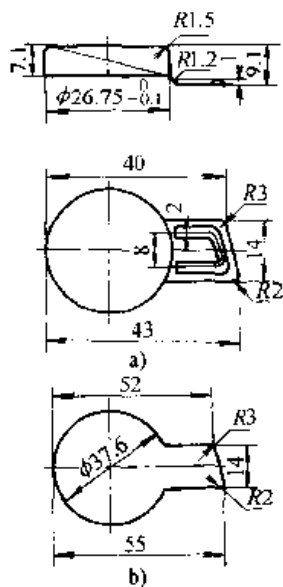


图 20.4-117 撕拉盖
a) 零件图 b) 毛坯展开图

制，采用五行排料，需料宽 153 mm，一张条料可冲制 68 个盖，材料利用率为 73.8%。

各工位的加工内容为：①冲侧刃切口及 3 个盖的压肋、切痕；②3 个盖的落料拉深；③空工位，设有通工作台孔的漏件孔；④2 个盖的压肋、切痕；⑤2 个盖的落料、拉深。

模具装配图如图 20.4-119 所示，该模具具有如下特点：

1) 落料凸模设计成直通式，与固定板采用过盈 0.05 mm 的配合，压入装配，落料凸模下表面带尾巴处设有凹槽，防止在落料拉深时将肋压平。拉深凸模设有台阶，拉深凸模与固定板、

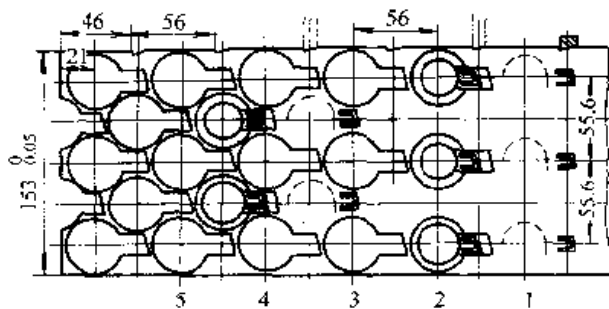


图 20.4-118 排样工序图

固定板与凹模均采用 H7/m6 配合。切痕与压肋凹模一体，压肋凹模、凸模与固定板均采用 H7/s6 配合，压入装配。侧刃凸模与固定板采用 H7/m6 配合，上端铆接固定。压痕凸模与固定板采用 F8/h6 配合，以便上下活动，凸模下面有橡胶垫、垫片，橡胶要有 30% 的压缩量，可以通过调整垫片的方法调节切痕深度。

2) 采用橡胶垫压边，压边圈是带台阶圆环式，与拉深凸模采用 F8/h6 配合，压边装置的外形尺寸在工作台漏料孔之内，可以通过调节螺母来调节压边力，防止压边力过大将带切痕的料拉裂。

3) 送料时后边抬高，使在第 2 工位成形的盖定位在废料孔里，以便被带到第 3 工位从漏件孔出件；在第 1 工位由临时挡料销定位，以后各工位由设在第 2 工位的活动挡料销定位，为不出现尾料，在第 4 工位也设有活动挡料销。

4) 采用弹性推件，弹簧力不要太大，推件块与拉深凹模采用 H9/f8 配合，当压力机滑块回程时，通过弹性推件装置使工件能准确地落在废料孔里。

(3) 空调蒸发器翅片连续模

蒸发器翅片是空调散热器的重要零件（如图 20.4-120 所示），材料为 0.115 mm 厚的铝箔，年产量达数亿件，因此必须采用高速连续模生产。

翅片模工作时要求 60 列同时送出，工作频率 180 ~ 200 次/min，出片稳定率要求大于 95%，关键易损件寿命大于 3 000 万次。

KF25G 蒸发器翅片模能够与冷凝器翅片模以及 KF25W/E 蒸发器翅片模实现通用安装。蒸发器翅片模结构如图 20.4-121 所示，其工作过

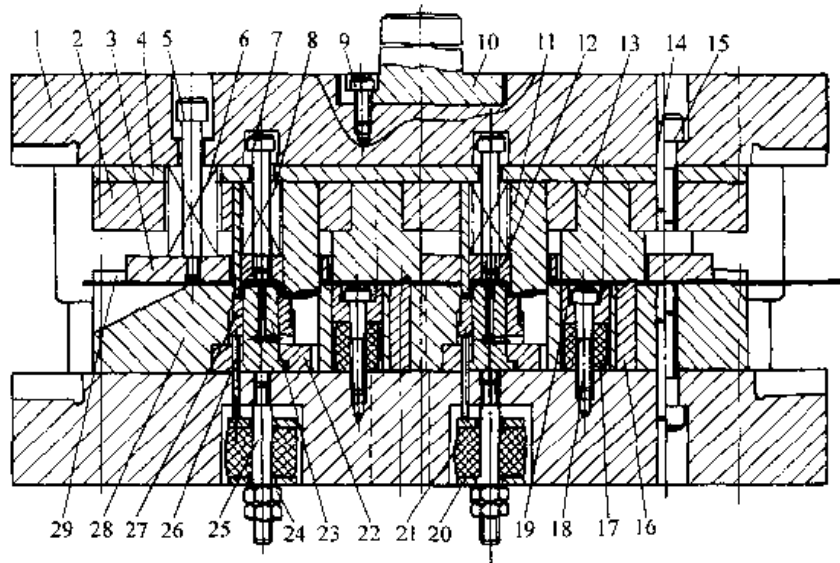


图 20.4-119 模具结构

- 1—模架 2、22—固定板 3—卸料板 4—垫板 5、7、9、15、18—螺钉 6、8—弹簧
 10—模柄 11—凸凹模 12—推件块 13—压肋、切痕凹模 14—销 16—压肋凸模
 17、21—橡胶 19—切痕凸模 20—托板 23—凸模 24—螺母
 25—螺杆 26—推杆 27—压边圈 28—凹模 29—导尺

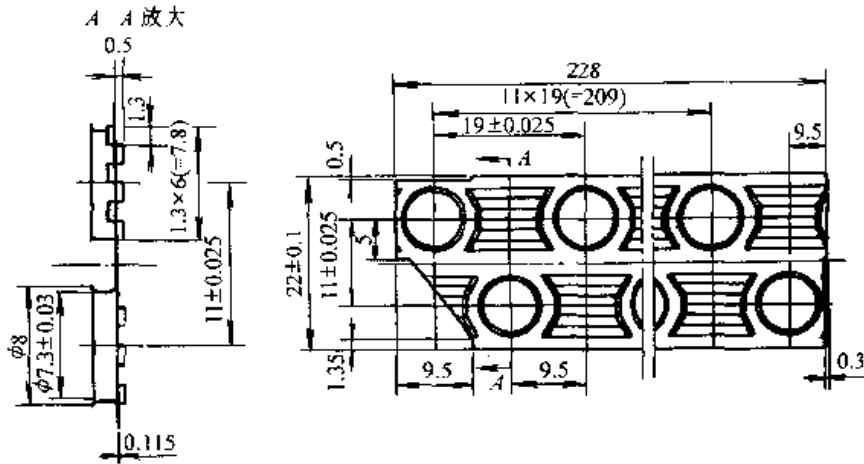


图 20.4-120 蒸发器翅片

程为：成卷铝箔经进料机构送入件号 10 的子模 1，经 4 步拉深完成翻边孔的预成形，子模 2 切口、压形完成散热百叶窗冲压，子模 3 完成冲预孔、翻边、卷边，子模 4 完成冲三角孔，再送入子模 5 进行纵向 60 列冲槽分离，子模 6 为步进牵引机构，最后进入子模 7 横向切断，完成整个冲制过程。子模 1 的 4 步拉深工序如图 20.4-122 所示，第 1、2 步之间的空工步是出于模具结构上的考虑。

子模 3 冲孔卷边工序的模具结构如图 20.4-

123 所示。为了保证卷边工序的卷边高度一致，改变了常规的顶杆卸料方式，全部采用轴套压料卸料的结构，消除了顶杆卸料引起的局部变形，解决了卷边高度难以控制的难题。针对模具顶料板在高速冲压中反应灵敏度不够而经常卡料的问题。设计采用了分块结构，将顶料板分开为弹性卸料板 19 和固定托板 20，减轻运动部件重量，提高灵敏度。冲孔翻边组件为子模 3 的关键组件，精度要求极高。

子模 6 为步进机构。采用弹性指状销拉料结

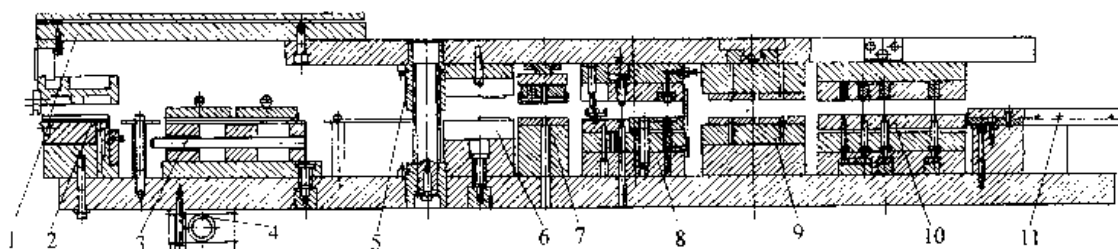


图 20.4-121 蒸发器翅片连续模图

1—大模架 2—子模 7 3—子模 6 4—步进摇杆 5—导向件
6—子模 5 7—子模 4 8—子模 3 9—子模 2 10—子模 1 11—进料机构

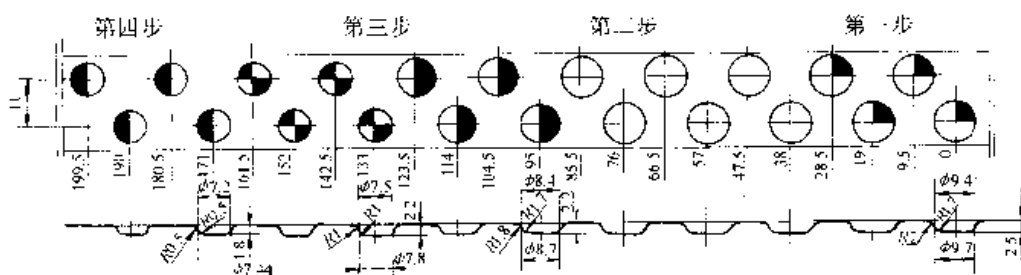


图 20.4-122 4步拉深工序

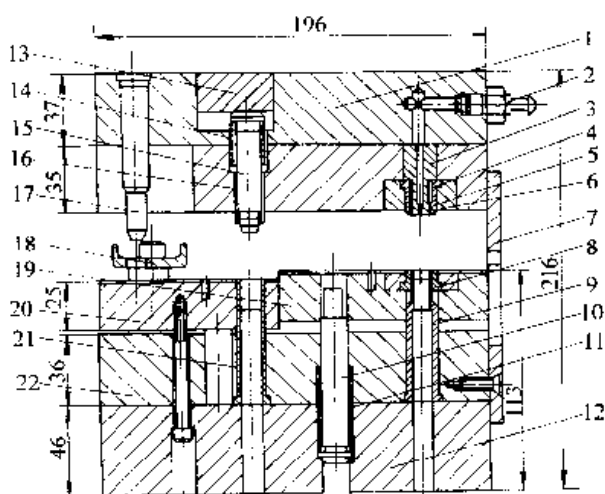


图 20.4-123 子模 3 结构

1—上模板 2—气嘴接头 3—冲孔凸模
4、11、14—弹簧 5—卸料套 6—翻边凹模
7—侧板 8—顶料套 9—冲孔翻边凸凹模 10—导销
12—下模板 13—微调斜楔 15—卷边凹模 16—压料套
17—导正销 18—卸料槽钢 19—弹性卸料板
20—托板 21—卷边凹模 22—固定板

构，其中滑动底板采用的材料应具有一定的强度，采用轻质进口硬铝合金板 ZL102。

子模 5 完成冲槽工序。子模 5 在使用中最突

出的问题是冲槽凸模的调整，因调整频繁，必须便于操作。设计中采用了可调压条结构，每个冲槽凸模均有一条独立的压条来调整，保证了以最小的停机时间调整冲槽凸模。

蒸发器翅片连续模共 7 个子模，14 个工序，43 个工位，兼容了多步拉深、切口、压形、冲孔翻边、卷边、冲槽、切断等多种功能。该模具具有如下特点：

1) 制件材料厚度 0.115 mm，单边冲裁间隙小于 0.004 mm，模块定位精度达 0.003 mm，整体制造精度 IT4~IT5。

2) 工作冲次高达 180~200 次/min，对牵引装置、顶料、卸料及活动部件的灵敏度、运动灵活性等都有十分严格的要求，以保证高速冲压下动作的可靠性。

3) 所有工作部分的模块、弹性销、凸、凹模等主要配件要求能够互换。

4) 除去模具首尾的进料装置、出料装置、吹风装置等，仅模具核心本体部分尺寸就达 1 790 mm×1 100 mm×287 mm。

5) 大模架的加工精度是保证整副翅片模精度的基础。重点是外形尺寸为 1 790 mm×1 100 mm×63 mm 材料为 45 钢的下模板，上、下平面平行度要求小于 0.02 mm；高精度定位孔

36个,位置度允许误差小于0.005 mm;导柱安装孔位置度误差小于0.002 mm。大模板加工主要工序全部采用龙门加工中心加工,共分2道粗加工和3道精加工完成。工序之间全部穿插人工时效处理,消除内应力。导柱孔位置精度已超过机床能达到的精度,工艺上采用了上、下模板合镗的方式,以保证导向精度。

6) 切口模块为子模2中的重要零件,共60件,切口间距1.3 mm,每件模块切口28条,刃口精度0.002 mm,定位孔位置误差小于0.003 mm,孔径误差小于0.003 mm,淬火硬度58~62HRC,材料采用奥地利产K190钢。模块粗加工后,进行真空热处理。以光学曲线磨床分2道工序加工刃口,用电火花电蚀漏料台阶,用高精度穆尔坐标磨床加工定位孔,最后用光学投影仪、三坐标测量仪检测精度。

7) 上下冲槽凸模为子模5的重要零件,共117件,凸模厚度尺寸误差小于0.002 mm,其加工工艺的关键在于热处理后的精磨工序,先在普通平磨上反复精磨至0.01~0.015 mm余量时,转至PFG精密小平磨上精密修磨,再用三坐标测量仪检测。

8) 子模5上的冲槽凸模上、下固定板,包括117条方形装夹槽,槽宽尺寸精度允许误差小于0.003 mm,位置度允许误差小于0.002 mm,采用慢走丝线切割加工。考虑到以上加工精度靠设备精度难以保证,设计时必须充分考虑其工艺性,采用上、下固定板在同一基准下合在一起同时线切割,这是此件加工的关键。

9) 子模5的上模座为翅片模中工艺性最差的零件,材料45钢,调质处理,硬度为23~28HRC,定位孔位置度允许误差小于0.002 mm,模座上有59条6.5 mm×12 mm(深)的开口槽。其加工的关键在于调质以后的各道粗加工之间均要进行人工时效,严格控制内应力,保证精加工后不能变形。特别是开口槽,加工后使应力分布状态变得十分复杂,解决的办法只能从粗加工开始就控制内应力,最后用高精度数控设备加

工定位孔。

KF25G翅片模各项指标如下:工作冲次大于192次/min,闭合高度与GBS原模之差为0.042 mm,步距 38 ± 0.08 mm,出片稳定率大于98%,双桥完好率100%,各项技术指标均达到设计要求。

3.4 连续拉深多工位连续模

(1) 电位器接线片多工位连续模

零件简图如图20.4-124所示,材料为08F钢带,料厚0.4 mm,其排样如图20.4-125所示。各工位具体内容分别为:①冲2个 $\phi 1.5$ mm导正销孔;②空工位;③切口;④~⑬共有5次拉深,每次拉深后均为空工位,以利于安排凸、凹模位置;⑭空工位;⑮拉深部位整形,减小各部位圆角;⑯空工位;⑰切底,将拉深后得到的内径 $\phi 1$ mm圆筒底部切去;⑱冲裁A区外形;⑲空工位;⑳第一次墩形,凸模工作面为 10° 斜面;㉑第二次墩形,凸模工作面为平面;㉒冲裁墩形部位的处形;㉓空工位;㉔工件接脚部位向上 90° 弯曲(B部位弯曲);㉕空工位;㉖工件接脚部位向下 90° 弯曲(C部位弯曲);㉗空工位;㉘落料(同时完成E部位外形冲裁)。

模具装配图如图20.4-126所示。该模具具有如下特点:

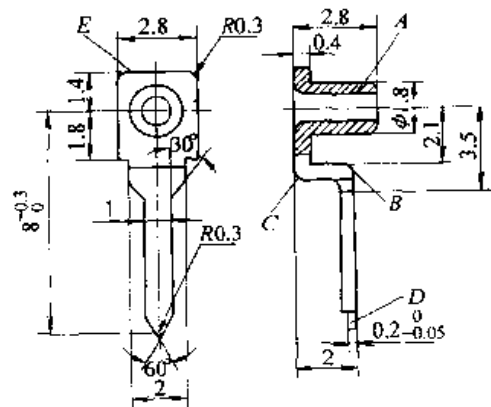


图20.4-124 电位器接线片简图

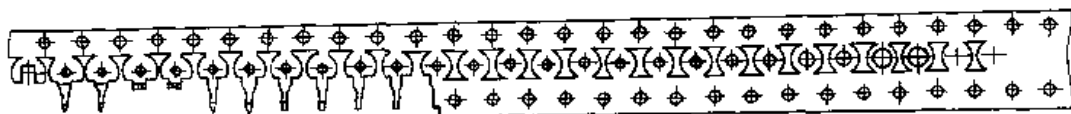


图20.4-125 排样图

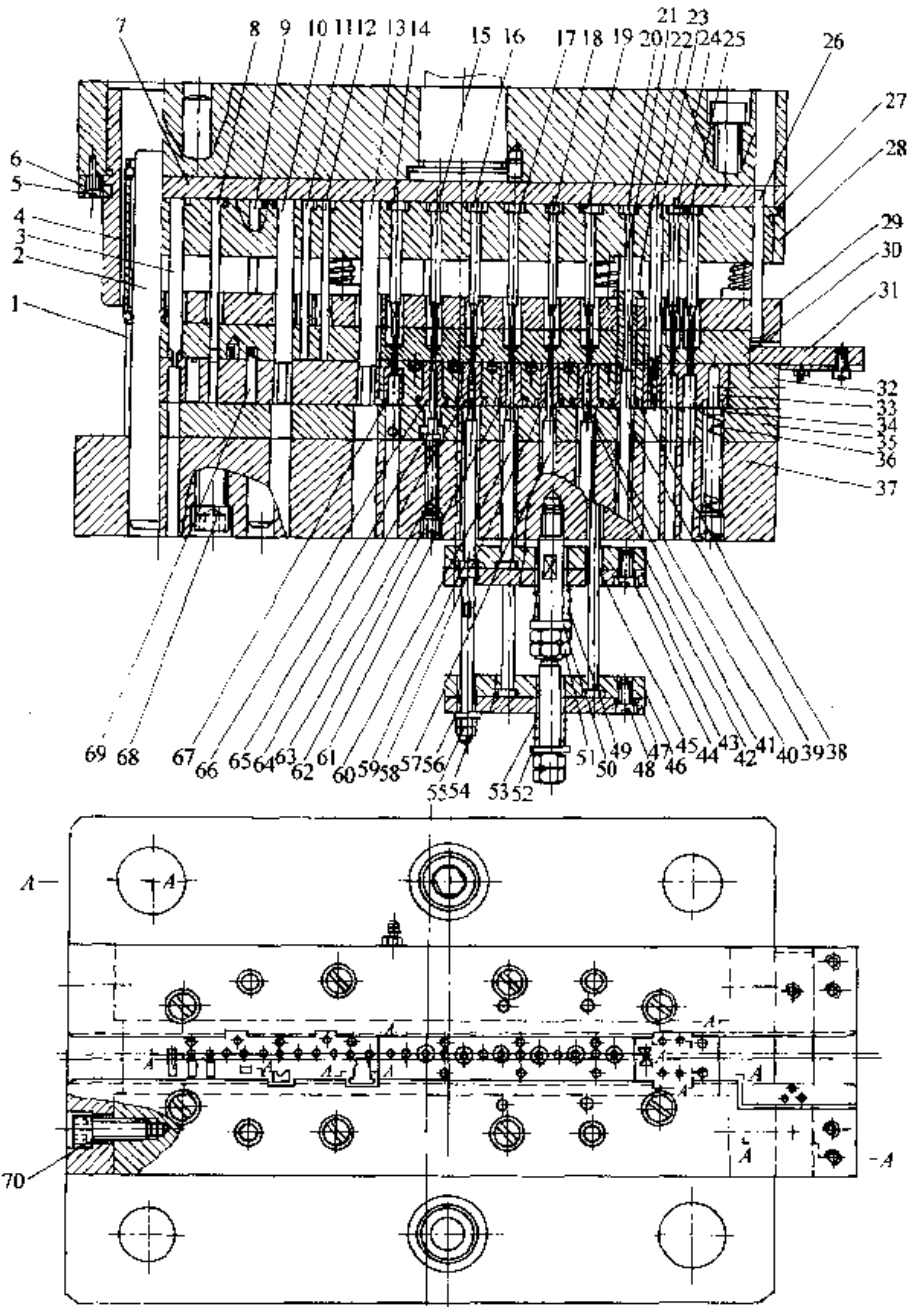


图 20.4-126 电位器接线片连续模装配图

- 1—保持圈弹簧 2—导柱 3—切废凸模 4—滚珠保持圈 5—压板螺钉 6—压板
- 7—凸模垫板 8—弯曲凸模 9—上弯曲凸模 10—切端部凸模 11—二次徽形模
- 12—一次徽形模 13—切外形凸模 14—切底凸模 15—整形凸模 16—第五次拉深凸模
- 17—第四次拉深凸模 18—第三次拉深凸模 19—第二次拉深凸模 20—第一次拉深凸模 21—拉深压边圈
- 22—压边弹簧 23—切口凸模 24—导正销 25—冲导正销孔模 26—卸料板导柱
- 27—卸料板导套 28—凸模固定板 29—卸料板基体 30—卸料板镶块 31—导尺
- 32—凹模板 33—凹模镶块 34—浮顶器 35—凹模垫板 36—浮顶器弹簧
- 37—下模座 38—第一次拉深凹模套 39、40、57、59、60—拉深顶杆 41、58、61、64—拉深凹模套
- 42—顶杆固定板 43—顶杆垫板 44、48—螺钉 45—限位顶杆 46—限位顶杆固定板 47—垫板
- 49—顶杆弹簧 50、52、56—垫片 51、55—螺母 53—限位弹簧 54—拉杆 62—螺塞
- 63—弹簧 65—整形垫杆 66—整形套 67—切底凹模套 68—螺栓 69—上弯曲凹模镶块 70—凹模板固定螺钉

1) 条料采用自动送料器送料,用导正销导正。步距 8.05 mm,料宽 18 mm。

2) 模具双面冲裁间隙为 0.03~0.05 mm。采用滚珠导向钢板模架。

3) 卸料板分为独立的三块,每块卸料板均由卸料板基体和卸料板镶块组成。

4) 模具采用弹性侧压装置,并在凹模上安装 11 个弹性浮顶器抬高 3 mm。

5) 第 4 工位的第 1 次拉深需要足够的压边力,故单独设置一个压料装置。用一个圆柱弹簧实现所需的压边力。

6) 从第 4 工位起到 17 工位单独设置一块卸料板。在卸料板对应的凹模区域中有 6 个浮顶器。浮顶器下面的弹力来自装在模具下面的弹顶器,其弹力可调。通过弹簧力的设计和弹簧的调整,使其实现下述工作过程:卸料板随上模下行,接触条料时就遇到浮顶器的阻力,因而使其

向下的压力减小,它只能随被逐渐拉深的条料下行,而不能将未拉深的部位压坏。当拉深凹模到达下死点时,卸料板也到达凹模平面。当上模回程时,卸料板起到卸料作用。

7) 本模具安装在 J32-25 压力机上使用。压力机具有紧急停车功能。故在模具上设置了送料故障监测装置。

(2) 双切口多工位连续拉深模

零件形状及排样图如图 20.4-127 所示。零件材料为 1Cr18Ni9Ti 不锈钢板,厚度为 0.8 mm。为便于条料直接拉深,在条料上共设内外两层切口,相互错位 60°。各工位的具体内容如下:①内层切口,冲导正孔;②外层切口;③校平;④首次拉深,深度 11.88 mm;⑤二次拉深,深度 14.58 mm;⑥三次拉深,深度 17.05 mm;⑦四次拉深,深度 20.7 mm;⑧冲底孔;⑨落料。

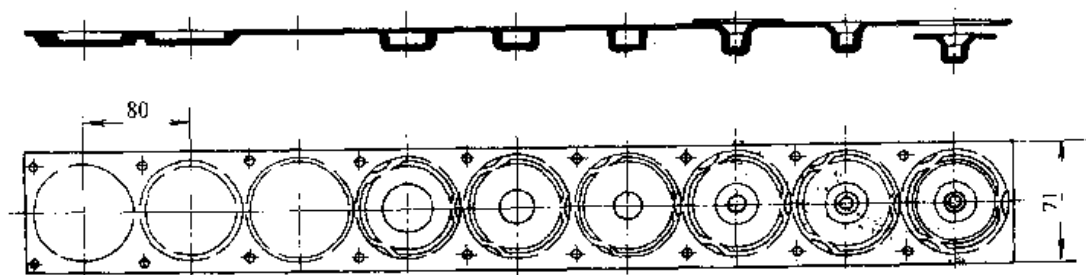


图 20.4-127 排样图

模具装配图如图 20.4-128 所示。该模具具有如下特点:

1) 条料经两次切口,提高了变形能力;

2) 条料由手工送料,并通过浮动导料杆 37 纵向导向,条料先冲两工艺孔,然后由定料销 38 及定位针 6 定距,保证送料步距。

(3) 钩式自动送料连续拉深模

图 20.4-130 为连续拉深排样图。模具装配图如图 20.4-129 所示。

该模具采用倒装结构,凸模位于下面,且具有如下特点:

1) 在工作过程中,第二道拉深凹模 5 首先接触第一道拉深的工序件,而顶板 7 被压下,为了保证第一道拉深的压料,压料板 6 和顶板 7 分开成两体,由碟形弹簧 21 为板 6 提供压料力。

2) 当顶板 7 下行而第一道拉深尚未开始时,

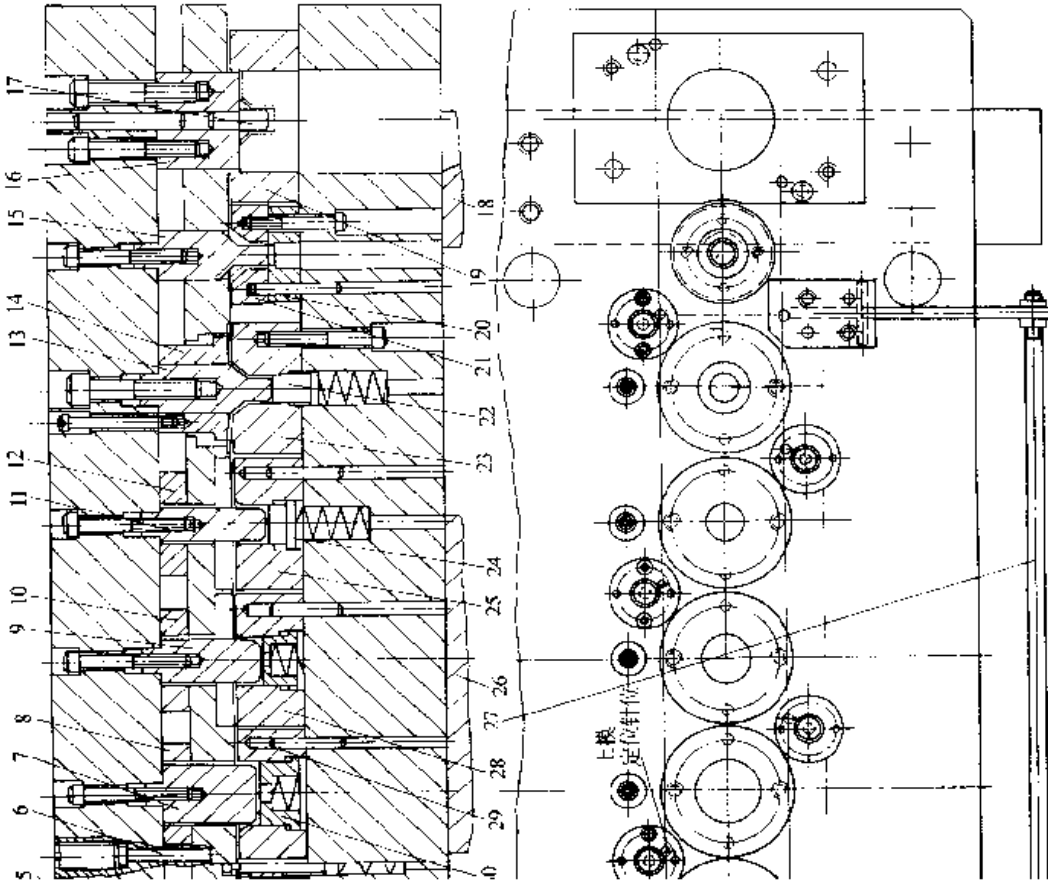
压料板 6 保持不动。这样就使第二道拉深右边的带料,被拉向左移动而致使第一道拉深偏心。为了消除这种现象采用导正销 15 阻止带料左移。导正销 15 应在顶板 7 下行前,就伸入带料。

3) 为避免顶板 7 在工作过程中倾斜,顶板 7 由柱销 20 导正,并被四个由碟形弹簧 17 作用的压杆 18 推动。

4) 止退销 11、16 和爪 8 都是为了防止钩子 9 返回右行时,带动带料右移。止退销 16 同时也作为带料初始送进时的初定位用。

5) 因工件上的翻口孔,最后要攻螺纹,故必须保证侧壁厚度,所以在第三道拉深时,顶部拉成球形。在第四道拉深时,顶部是靠顶出器 4 压挤成形,以保证顶部的侧壁厚度。

6) 因压力机行程小,为了保证送料进距,采用由摇臂 19、扇形齿轮 2 和齿条滑板 3 组成



128 双切口多工位连续拉深模装配图

- 平凸模 6—定位针 7—拉深凸模 I 8、10、12、14—限位圈 9—拉深凸模 II
- 斜凸模 17—定位芯 18、26、36—垫块 19—落料凹模 20—冲孔凹模 21—冲孔定位圈
- 深凹模 III 27—螺杆手柄 28—拉深凹模 II 29—拉深凹模 I 30—顶件器
- 34—顶件块 35—螺钉 37—导料杆 38—定料销 39—拔销条

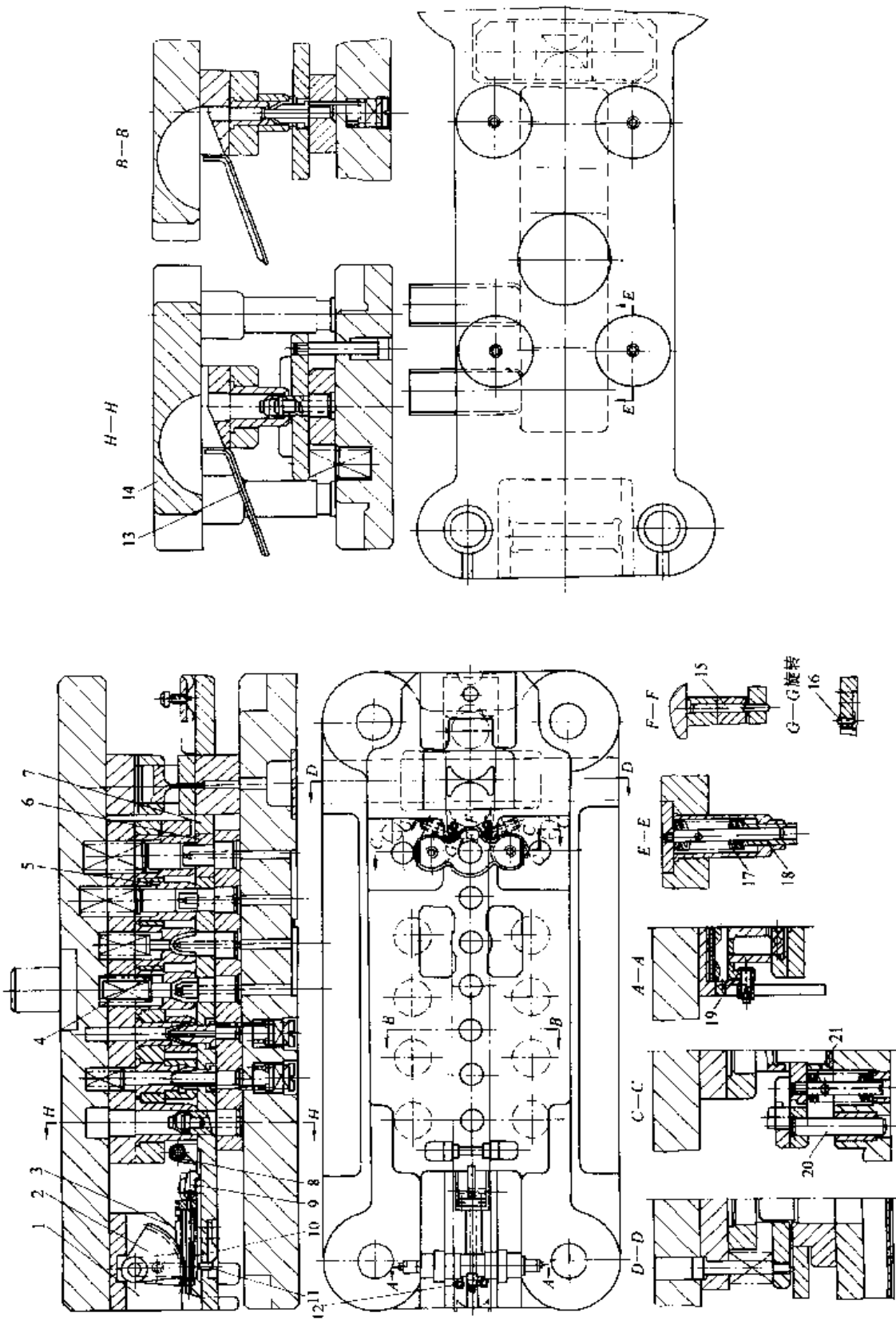


图 20.4-129 钩式自动送料连续拉深模
 1—凸轮 2—扇形齿轮 3—齿条滑板 4—顶出器 5—拉深凹模 6—压料板 7—顶板 8—爪 9—钩子 10—螺杆 11—止退销
 12—螺钉 13—滑板 14—上模座 15—导正销 16—止退销 17、21—磷形弹簧 18—压杆 19—摆臂 20—柱销

的放大送进机构。固定在上模座 14 的凸轮，通过嵌入槽中的滚轮，使摇臂 19，扇形齿轮 2 和齿条滑板 3 运动使钩子 9 送料。钩子 9 的位置可

用螺杆 10 和螺钉 12 进行调节。

7) 冲孔废料和落下的制件，沿着上底板 14 上的槽和滑板 13 滑走。

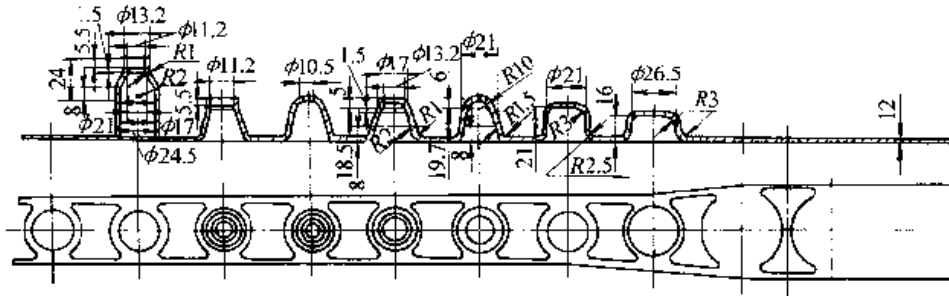


图 20.4-130 排样图

第 5 章 精冲模设计

1 精冲模结构特点

1.1 特点

精冲模具是一种特殊结构的冲模，与普通型式的复合模结构类似，如图 20.5-1 所示。和普通型式的复合模具相比较，精冲模具具有以下特

点：

1) 有 V 形环压边圈，材料在压边圈和凹模、反压板和凸模的夹持下实现冲裁。工艺要求压边力和反压力大于卸料力和顶件力，以满足在变形区建立三向不均匀压应力状态的要求。因此精冲模具受力比普通冲模大，刚性要求更高。

2) 凸模和凹模之间的间隙小，大约是料厚

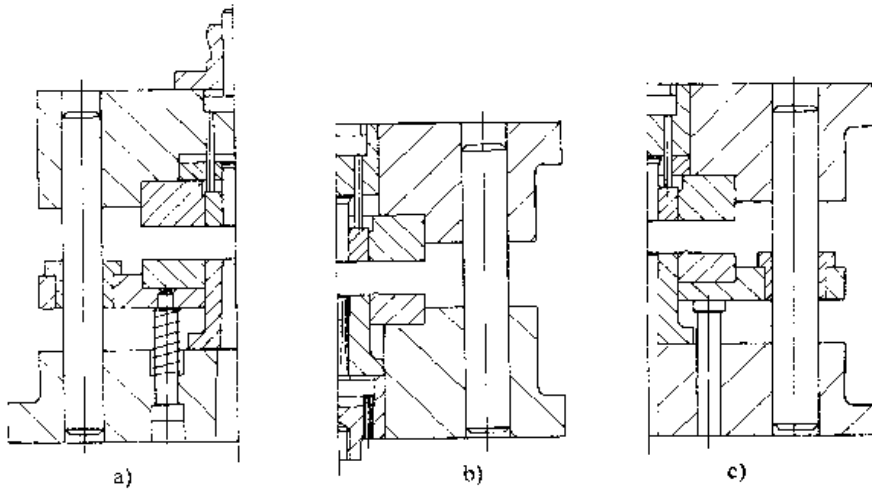


图 20.5-1 精冲模和普通复合冲模比较

a) 普通复合冲模 b) 活动凸模式精冲模 c) 固定凸模式精冲模

的 1%，而普通冲模的间隙约为料厚的 5%—10%。

3) 冲裁完毕模具开启时，反压板将工件从凹模内顶出，压边圈将废料从凸模上卸下，不另外需要顶件和卸料装置。

4) 由于上出料，凸凹模孔的深度不需要通过凸凹模整个的高度，可使凸凹模和模座更坚固。

1.2 分类

1.2.1 分类方式

(1) 按精冲模的功能和结构分

①单工序模 只冲外形不冲内孔，如精冲卡尺尺身、尺框的模具，或者是只冲内孔不冲外形的模具。

②复合模 同时冲外形和内形，大多数精冲模都是复合模。

③连续模 分若干个工步，用于精冲复合工

艺，如压扁精冲、精冲压沉头、精冲弯曲等，或者是采用复合模结构时，凸凹模的强度太弱，用连续模分别冲出制件的内、外形轮廓。

(2) 按匹配的压力机分

用于精冲压力机的精冲模比普通压力机所用的精冲模需要附加压边和反压系统，以弥补普通压力机功能之不足。

(3) 按凸模和模座的相对关系分

①活动凸模式 凸模相对模座是活动的，如图 20.5-1b 所示。

②固定凸模式 凸模固定在模座上，如图 20.5-1c 所示。

1.2.2 活动凸模式精冲模

这种模具结构的特点是：凸模靠模座和压边圈的内孔导向，凹模和压边圈分别固定在上、下模座上，凸模通过压边圈和凹模保持相对的位置。因此要求凸模和压边圈之间的间隙比凸模和凹模

之间的间隙更小。只有使凸模有较长的导向和正确定位才能保证对中, 如果凸模轮廓的最大尺寸超过了凸模的高度, 准确对中就难以保证。因此活动凸模式模具主要适于中、小尺寸的零件。

图 20.5-2、图 20.5-3 为活动凸模式精冲模的典型结构, 后者采用座圈结构有利于凹模和压边圈的加工和装配, 适用于更小的零件。另外还采用凸模固定板将凸凹模固定在凸模座上, 因为凸凹模小无法用螺钉和凸模座连接。其他零件和图 20.5-2 左侧相同, 不再另行标注件号。

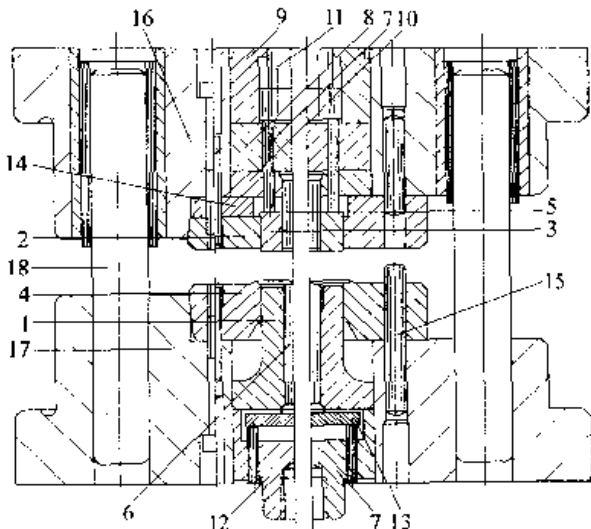


图 20.5-2 活动凸模式模具典型结构 (一)
 1—凸凹模 2—凹模 3—反压板 4—凹模
 5—冲孔凸模 6—顶杆 7—顶杆 8—垫板
 9—上垫板 10—冲孔凸模固定板
 11—压力垫 12—凸模座 13—桥板
 14—凹模垫板 15—闭锁销 16—上模座
 17—下模座 18—导柱

1.2.3 固定凸模式精冲模

这种模具结构的特点是: 凸模固定在模座上, 压边圈通过传力杆和模座、凸模保持相对运动, 如图 20.5-4 和图 20.5-5 所示。

固定凸模式精冲模适于: 大型或窄长的零件; 不对称的复杂零件; 内孔较多的零件; 冲压力较大的厚零件; 需要连续模精冲的零件等。

固定凸模式模具精冲时如图 20.5-4 所示, 在传力杆 14 及顶杆 12 的作用下, 压力垫 17 向下移动, 在模座的下面出现很大的空洞, 而全部冲裁力都作用在空洞的上方, 使凸凹模产生弯曲, 这是十分不利的, 在大冲裁力的不断作用下, 凸凹模的下部有由于弯曲而产生拉裂的危险。为了避免产生这种情况, 在冲裁力较大时, 需要采用

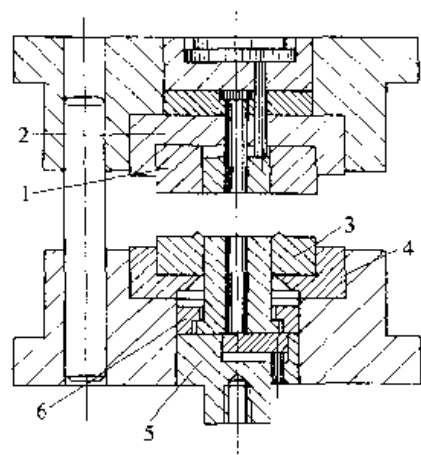


图 20.5-3 活动凸模式模具典型结构 (二)

1—凹模 2—座圈 3—压边圈
 4—座圈 5—凸模座 6—凸模固定板

专用结合环, 如图 20.5-4b 所示, 以改善下模座的支撑条件, 避免出现大空洞而使凸凹模产生弯曲。

图 20.5-5 为另一种典型的固定凸模式精冲模结构。20 世纪 80 年代以前, 无论是活动凸模式或固定凸模式精冲模大部分都采用嵌入式结构, 即凹模嵌入模座的圆形凹槽内, 压边圈嵌入另一模座 (或压边圈座) 的圆形凹槽内, 如图 20.5-2 左侧, 图 20.5-3 和图 20.5-4 所示, 嵌入式结构维修拆装重复精度高, 模具封闭高度小。但制造困难不容易保证上、下模工作零件对中和间隙均匀。图 20.5-2 右侧和图 20.5-5 采用闭锁销确定上、下模工作零件的位置, 容易保证间隙均匀。早期闭锁销用在连续模上, 防止偏心载荷使模具偏转而折断凸模, 后来逐渐用在单工位精冲模上。闭锁销结构较易保证上、下模对中, 且便于制造, 故采用日趋广泛。

下面对上述活动凸模式和固定凸模式两种结构作进一步的分析比较, 不同的模具结构形式, 要求压力机具有相应的工作台结构相匹配。活动凸模式模具要求压力机工作台由中心部位固定, 而四周为环形液压缸, 柱塞构成的浮动液压工作台。固定凸模式模具要求压力机的工作台中部有柱塞液压缸。

活动凸模式模具的凸凹模直接固定在上述工作台中心部位, 支撑条件好。压边圈和模座固定在四周的浮动工作台上, 压边圈的运动比固定凸模式模具的压边圈平稳, 后者需要通过许多根传力杆推动, 传力杆的高度有误差, 就会使凸凹模

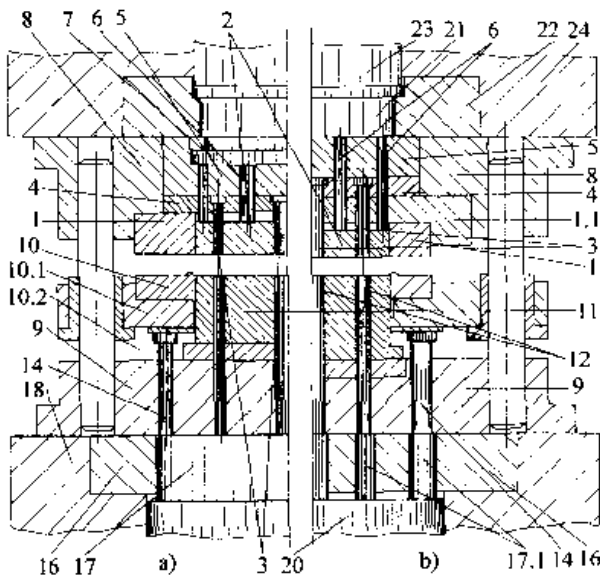


图 20.5-4 固定凸模式精冲模具 (一)

a) 典型结构 b) 采用专用结合环

- 1—凹模 1.1—座圈 2—反压板 3—冲孔凸模
- 4—冲孔凸模固定板 5—上垫板 6—传力杆
- 7—压力垫 8—模座 9—模座 10—压边圈
- 10.1—座圈 10.2—导套 11—凸凹模
- 12—顶杆 14—传力杆 16—接合环
- 16.1—专用接合环 17—压力垫 17.1—传力杆
- 18—压力机工作台 20—压边力柱塞 21—压力垫
- 22—接合环 23—反压力柱塞 24—上工作台

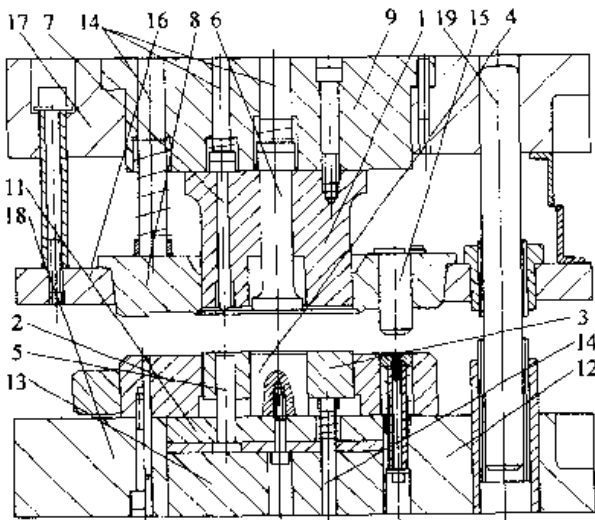


图 20.5-5 固定凸模式精冲模具 (二)

- 1—凸凹模 2—凹模 3—反压板 4—冲孔凸模
- 5—冲孔凸模 6—顶件 7—顶杆 8—压边圈
- 9—上垫板 10—垫板 11—冲孔凸模固定板
- 12—隔板 13—下垫板 14—传力杆
- 15—闭锁销 16—压边圈座 17—上模座
- 18—下模座 19—导柱

受侧弯。此外活动凸模式模具的压边圈和凸凹模之间的间隙极小而导向部分又长，在凸凹模支撑良好，压边圈运动平稳的条件下，压边圈将防止凸凹模失稳，不受侧向力而起到保护凸凹模的作用。这一点，对于精冲小零件的细而长的凸凹模尤其显得重要。另外，活动凸模式模具刃磨凸凹模后，只需根据修磨量更换垫圈（系压力机的附件），它有各种厚度可供选择即可继续进行精冲，十分方便，而固定凸模式模具凸凹模修磨后，需相应的修磨各个传力杆，而且还要重新调整压力机的封闭高度，总之工作量要比活动凸模式模具大。以上都是活动凸模式结构的优点。但是活动凸模式需要通过桥板将四周浮动工作台的液压力传递给中心部位凸凹模内的顶杆，由于受桥板结构强度和刚性的限制，活动凸模式不能冲多孔或内形轮廓较大的零件。另外，活动凸模式模具精冲的零件尺寸受凸模座尺寸的限制。例如，窄长的零件，冲裁力虽然在压力机的范围之内，但零件的轮廓尺寸超过了凸模座，超过的部分凸凹模没有支撑，在模具结构上是不允许的。此外，连续模中几个工步的凸模分布距离很长，安排在活动凸模式模具的凸模座上更是不可能的，这些是活动凸模式模具的缺点。

由于精冲技术向大型和复合工艺发展，所以固定凸模式模具的应用在精冲模中的百分比日益增大。

1.2.4 连续精冲模

典型的连续精冲模结构示于图 20.5-6。连续精冲模均采用固定凸模式结构。

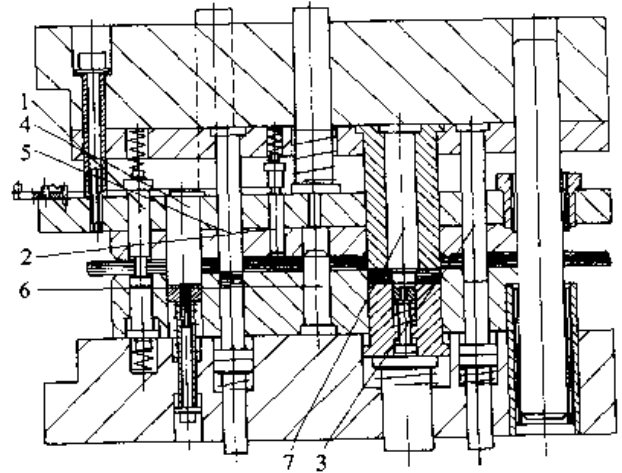


图 20.5-6 连续精冲模

- 1—导料装置 2—挡料销 3—平衡杆 4—闭锁销
- 5—冲孔凸模 6—导正销 7—落料压沉孔凸模

连续模精冲过程的起始阶段和终了阶段总会出现只有一部分工位工作的情况,此时会产生偏心载荷,工位愈多,工位间距离愈长,偏心载荷引起的倾覆力矩愈大。一般采用闭锁销结构(如图 20.5-6 中件 4)来抗衡偏心载荷引起的倾覆力矩。为此闭锁销之间的距离沿送料方向应尽可能长些,以增长力臂。

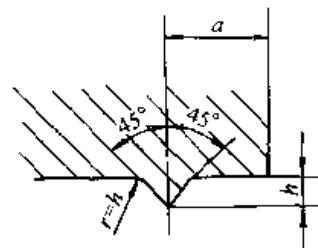
上述一部分工位工作时,还会出现全部反压力集中作用在少数凸模和顶杆上,一般采用平衡杆结构(如图中件 3)来防止上述零件损坏。

2 V形环尺寸

精冲模中具有 V 形环压边圈是与普通冲裁模最显著的区别。它是在压边圈上围绕冲裁轮廓一定距离的凸起的 V 形埂。V 形环的作用是在冲裁前先压住材料,防止剪切区以外的材料在剪切过程中随凸模流动;使材料的冲裁过程中始终保持和冲裁方向垂直而不翘起。另外, V 形环压边力还和冲裁力、反压力结合在一起,在材料的剪切变形区形成三向不等压应力状态,以提高材料的塑性。

V 形环的尺寸取决于料厚,料厚 4 mm 以下的 V 形环尺寸示于表 20.5-1。

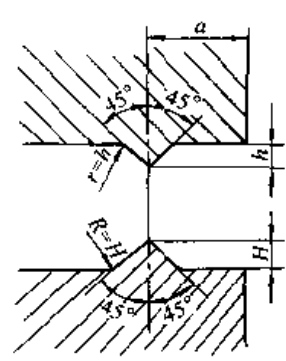
表 20.5-1 单面 V 形环尺寸 (mm)



料厚 t	a	h
0.5~1	1	0.3
>1~1.5	1.3	0.4
>1.5~2	1.6	0.5
>2~2.5	2	0.6
>2.5~3	2.4	0.7
>3~3.5	2.8	0.8
>3.5~4	3.2	0.9

料厚 4 mm 以上的采用双面 V 形环,尺寸示于表 20.5-2。此时一个 V 形环在压边圈上,另一个在凹模上。对于齿轮等要求剪切面垂直度较高的零件,即使料厚在 4 mm 以下,也应采用双 V 形环。

表 20.5-2 双面 V 形环尺寸 (mm)



料厚 t	a	h	H
4~5	2.5	0.6	0.9
>5~6	3	0.8	1.1
>6~8	3.5	1.1	1.4
>8~10	4.5	1.2	1.6
>10~12	5.5	1.6	2
>12~15	7	2.2	2.6

冲小孔时,不会发生剪切区以外材料的流动,一般不需要 V 形环,冲直径 30 mm 以上的孔时,应在顶杆上加 V 形环。

如前所述 V 形环一般沿冲裁轮廓分布,但是当制件有较小的内凹轮廓时, V 形环可以不紧沿轮廓分布,如图 20.5-7 所示。

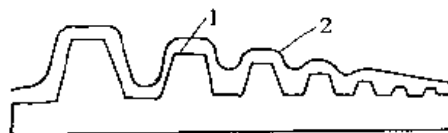


图 20.5-7 V 形环在零件轮廓上的分布
1—零件轮廓 2—V 形环

3 模芯结构

精冲模包括模架及模芯两大部分,模架及其零件均已有了标准(见本卷第 18 篇),可根据精冲零件的尺寸和模芯结构直接选用,设计者只需考虑模芯的结构设计。

模芯因精冲件的形状而异，是精冲模的工作部分，主要包括凹模、凸凹模、冲孔凸模、压边圈、反压板和顶杆等。

工作过程中，精冲模同时承受三种载荷，受力大而间隙小。因此，和普通冲裁模比较，除了精度高以外，另一个重要的特点是模芯的刚性要求高。

3.1 凹模

凹模结构分整体式和镶拼式两种。凹模的厚度和外形尺寸都比普通冲裁模大，以增加刚性。

图 20.5-8 所示为冲 1.5~3 mm 料厚的凹模形孔至边缘的最小距离。镶拼式凹模不小于 25 mm，整体式凹模不小于 35 mm。材料厚度增加时此值也应该相应增加，料厚减薄时则相应减小。

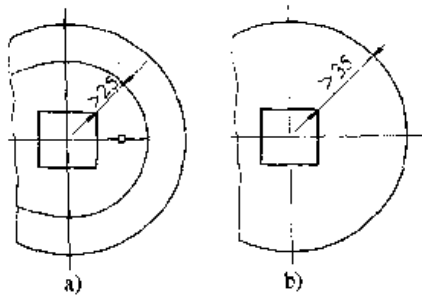


图 20.5-8 凹模型孔至边缘的最小距离
a) 镶拼式凹模 b) 整体式凹模

镶拼式凹模的各分段，设计时应尽可能使其分界面相互垂直或平行，各分段的配合面不在工作轮廓的工作面上相交。

镶拼式凹模用座圈固定，如图 20.5-9 所示。凹模压入座圈的锥角为 30°，预压量和凹模直径有关，列于表 20.5-3。

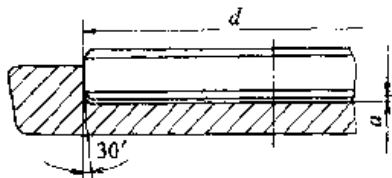


图 20.5-9 镶拼式凹模装入座圈内

对于形状复杂而又薄弱的部分，可采用凹模镶块，如图 20.5-10 所示。这种型式的镶块装在冲孔凸模固定板上，更换方便，镶块一般都有备件，确保损坏后不停产。

表 20.5-3 镶拼凹模的预压量

凹模直径 d	预压量 (mm)	
	深度 a	极限偏差
40~100	1.75	+0.25 0
160	2.5	
>200	2.75	

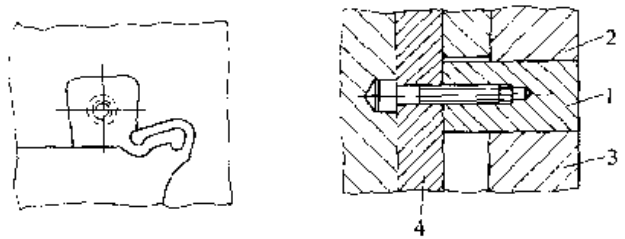


图 20.5-10 薄弱部分的凹模镶块
1—凹模镶块 2—凹模
3—反压板 4—冲孔凸模固定板

凹模用锥面定位时，所用的锥角和预压量如图 20.5-11 所示，锥度为 3°，预压量 0.4 mm，镶拼凹模的座圈装入时，也采用同样的锥度和预压量。

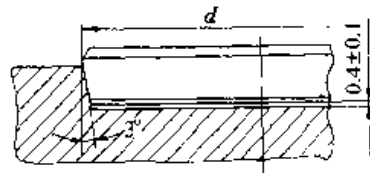


图 20.5-11 凹模或镶拼凹模套圈装入模座锥面的预压量和锥角

凹模在模座上固定有两种形式，一种用锥面定位如图 20.5-12a、b 所示，螺钉将凹模紧固在模座的凹槽内，用销钉防转。这种结构定位可靠，重复精度高，但加工较复杂，中、小型模具多数采用这结构。

另一种固定方式和普通冲模相同，如图 20.5-12c、d 所示，用销钉定位、螺钉紧固。这种结构用闭锁销确定凹模和压边圈的位置，凸模和凹模容易对中、结构简单，参见图 20.5-2 右侧和图 20.5-5。

3.2 压边圈

V 形环压边圈是精冲模的主要特征，其功能为：在变形区建立不均匀的三向压应力状态；防

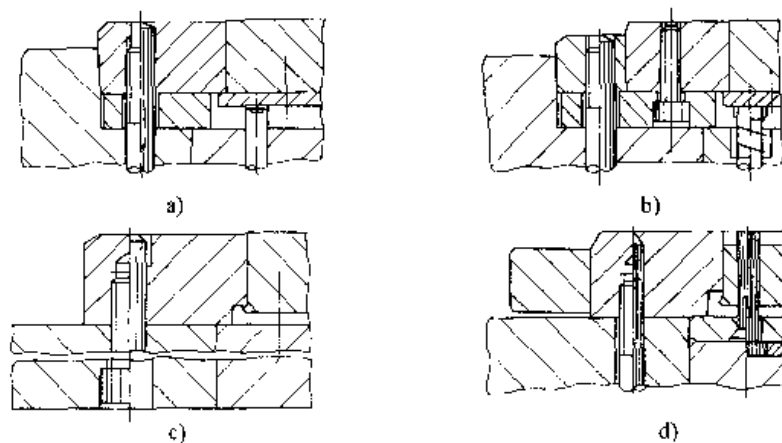


图 20.5-12 凹模的固定方式

a)、b) 锥面定位并用螺钉紧固 c)、d) 销钉定位并用螺钉紧固

止材料在冲裁过程中随凸模流动；夹持材料使其和冲裁方向垂直；对材料起校平作用；保护凸模，对凸模起导向定位作用；以及卸料等。

它是精冲模的重要零件，对实现精冲起着关键性的作用。

V形环压边圈的外形结构及固定方法与凹模基本类同，也采用整体式和镶拼式，可参考凹模结构。

为了防止模具闭合时压坏V形环，在结构上需采取防护措施，如图20.5-13所示。

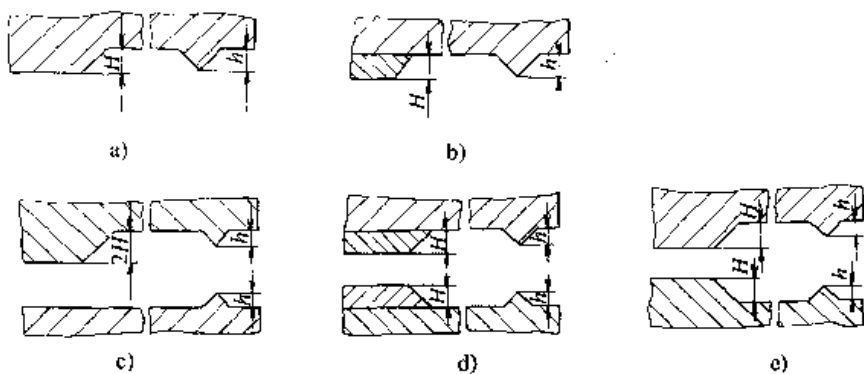


图 20.5-13 V形环防护结构

a)、c)、e) 整体结构 b)、d) 加防护垫

防护垫的高度 H 需大于V形环高度 h ，小于料厚 t ，采用双面V形环时，防护垫的高度 $2H$ 也需大于V形环高度 $2h$ ，小于料厚 t 。

防护垫对称安排，置于送料方向的两侧，中间开档需大于条料宽度，如图20.5-14所示。

3.3 凸模

凸模的结构形式由于加工方法不同分为两大类，如图20.5-15所示。一类是等截面，如图20.5-15的a、d，另一类是带凸缘的如图中c、b。线切割和成形磨削加工的凸模为等截面，仿形刨和滚铣加工的凸模带凸缘，外圆磨和电火花可加工上述两类结构的凸模。

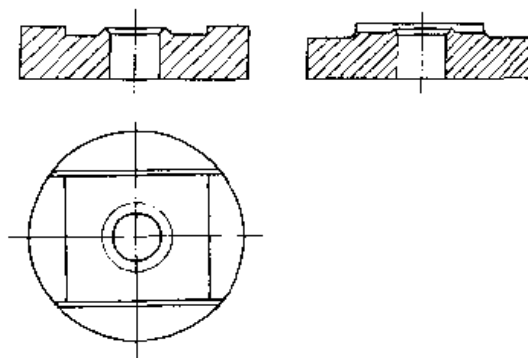


图 20.5-14 压边圈防护垫的布置及改进润滑结构

为了加强凸模，使其尽可能地坚固，凸模上有复杂形状的内孔，或孔壁较薄时，通常只做成

一定的深度，此深度取决于孔的形状，料厚和模具尺寸，一般为 8~15 mm，参见图 20.5-15d。

凸模的固定方法示于图 20.5-16。根据凸模的结构和尺寸大小，采取不同的固定方法。

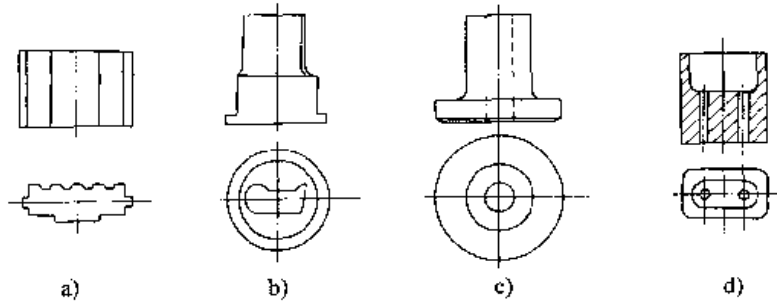


图 20.5-15 凸模结构形式
a、d) 等截面凸模 c)、b) 带凸缘凸模

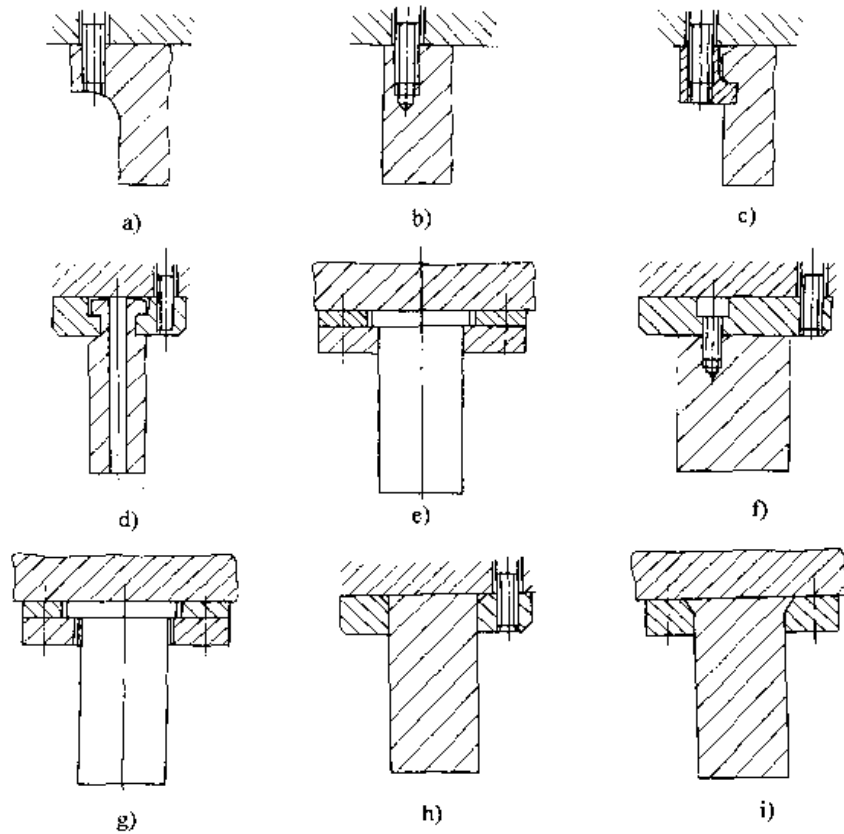


图 20.5-16 凸模的固定方法

- a) 螺钉紧固凸缘 b) 螺钉固定 c) 压板固定 d) 压板固定 e) 凸模固定板固定 f) 垫板螺钉固定
g) 粘结固定 h) 焊接固定 i) 铆接固定

加工厚板而凸模底面积较小时，可在凸模底面和模座之间装一淬硬的垫板以防止在模座上压出印痕，如图 20.5-16f 所示。

3.4 凸模座与桥板

这种结构用于活动凸模式。将凸模和凸模座分开有三个优点：

1) 由于采用环形液压缸和柱塞，液压力需通过桥板从四周传到中间，将凸模和凸模座分开，容易在凸模座上铣出安装桥板所需的任何形状。

2) 凸模座和凸模的截面尺寸变化很大，将两者分开便于消除凸模淬火变形。

3) 凸模由压边圈导向，凸模座由模座孔导向，将二者分开，便于装配。

凸模座大部分采用圆形，如图 20.5-17 所示。对于长而窄的零件也可采用矩形凸模座，但矩形凸模座对中困难。

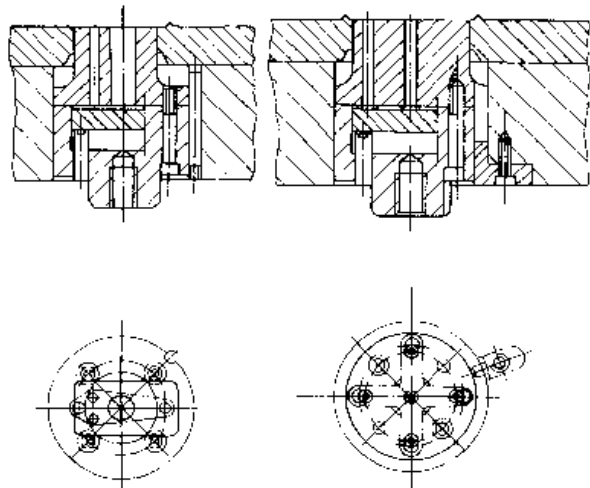


图 20.5-17 凸模座及桥板结构

a) 矩形桥板，用骑缝钉防转 b) 十字形桥板，用键防转
凸模和凸模座可用骑缝钉防转、骑缝钉直径的 2/3 在模座内，1/3 在凸模内，如图 20.5-17a。也可采用键防转，如图 20.5-17b 所示。

桥板的形状根据凸模上冲孔凸模的形状和位置设计，既要保证传递压力的要求，又要使凸模的支撑面积尽可能大。桥板的形状有矩形如图 20.5-17a，也有十字形如图 20.5-17b 和三角形的。

3.5 冲孔凸模

和凸模一样，冲孔凸模也分为等截面和带凸缘两类。

圆形冲孔凸模头部凸缘结构如图 20.5-18 所示。固定方法示于图 20.5-19。

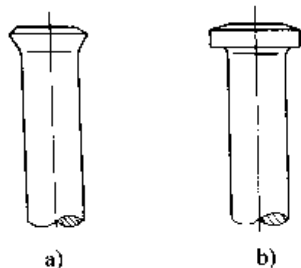


图 20.5-18 圆冲孔凸模头部结构

冲直径小于料厚的凸模，为了保证强度，仅在端部磨至所需尺寸，如图 20.5-20 所示，同时采用 a、b 的导向方法是有利的。头部凸缘采用

图 20.5-18b 所示的直凸缘。

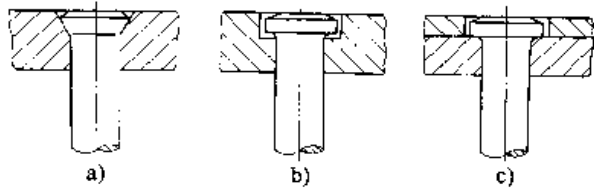


图 20.5-19 圆冲孔凸模固定方法

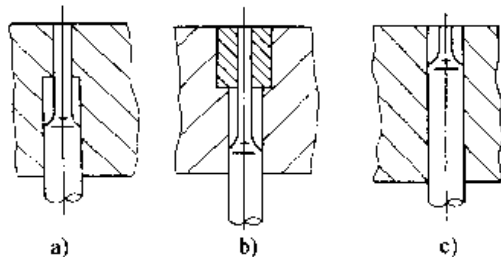


图 20.5-20 冲孔径小于料厚的台阶式冲孔凸模

异形冲孔凸模的固定方法示于图 20.5-21。冲孔凸模尺寸大到可钻螺孔时，可直接用螺钉固定，如图 20.5-21b 所示。

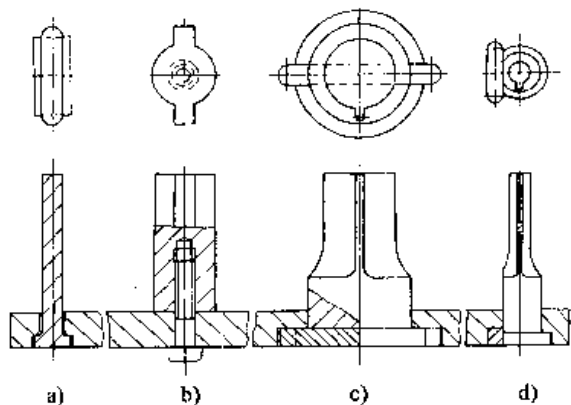


图 20.5-21 异形冲孔凸模固定方法

轮廓薄弱的冲孔凸模仅依靠反压板不能防止转动时，可在凸模头部用键防转，如图 20.5-21c、d 所示。

冲孔凸模同样也可以采用焊接，铆接或粘接的方法固定。

3.6 反压板

反压板的功能：①配合冲裁力和压边力，在变形区建立不均匀的三向压应力状态；②夹持材料使其和冲裁方向垂直；③对制件起校平作用；④保护冲孔凸模，对冲孔凸模起导向和定位作用；⑤冲裁毕，将制件从凹模内顶出；⑥在复合工艺中，在制件上压印、成形和弯曲等。

反压板的形状和尺寸与凸模的工作部分相同，因此有时将凸模和反压板用一个整料加工，加工完毕后，再一分为二。

反压板放置在凹模内，其外廓和凹模、内孔和冲孔凸模采用无松动滑配。

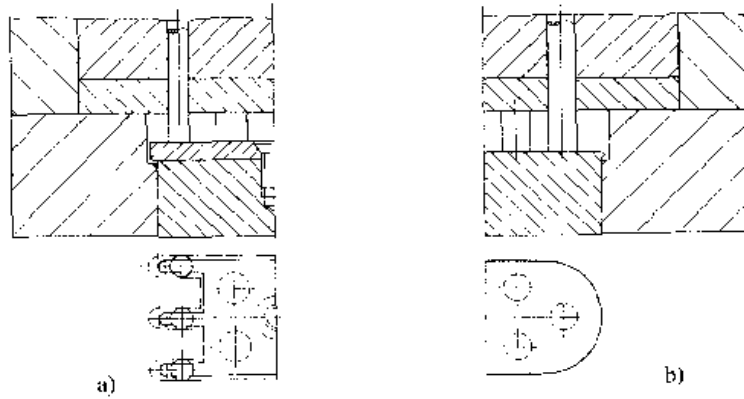


图 20.5-22 反压板的支持

a) 限位板与反压板用螺钉固定 b) 反压板头部缴粗

3.7 顶杆

顶杆的作用是在冲裁完毕后将废料从凸模的冲孔凹模内顶出。

顶杆的结构如图 20.5-23 和图 20.5-24 所示。为了防止废料粘在顶杆上，将顶杆头部稍微倒圆(图 20.5-23a)，或在头部加弹簧顶料销(图 20.5-23b)，或在板上刻出交叉的小槽使废料易被吹掉(图 20.5-23c)。

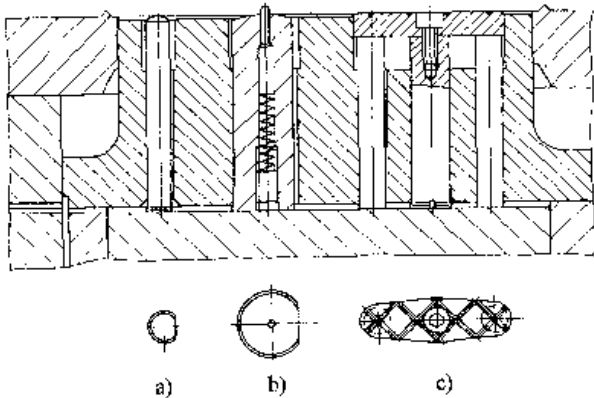


图 20.5-23 顶杆结构(一)

a) 头部倒圆 b) 用弹簧顶料销 c) 端面开小槽

如果盖板不能用螺钉拧在如图 20.5-23c 所示的顶杆上，则板可用销固定使其不能掉到模具外面(图 20.5-24a)。

如果内孔的尺寸是料厚的 10 倍以上时，建议在顶杆上加工出 V 形环，借以提高内孔的剪

切面质量，如图 20.5-24b 所示，这种情况下，更需要在端部加弹簧顶料销，以利于清除废料。

弹簧顶料销应高出端面 0.2~0.3 mm，各种结构示于图 20.5-25。

弹簧顶料销应高出端面 0.2~0.3 mm，各种结构示于图 20.5-25。

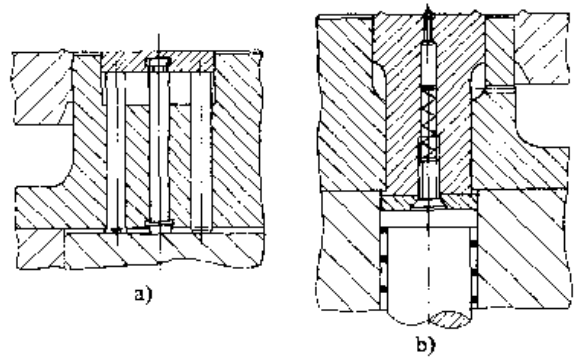


图 20.5-24 顶杆结构(二)

a) 用销固定住盖板 b) V 形环顶杆

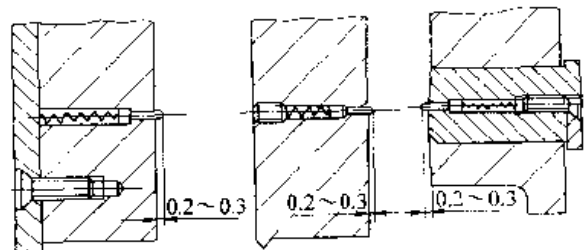


图 20.5-25 弹簧顶料销结构

3.8 传力杆

传力杆用于传递压边力、反压力、顶件力和

卸料力，其结构示于图 20.5-26。用弹簧承受传力杆自重，防止运输和装模时传力杆掉出。

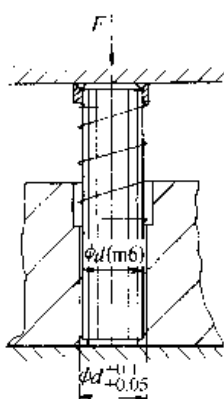


图 20.5-26 传力杆结构

传力杆的许用应力为 500 MPa，各种直径传力杆的许可载荷列于表 20.5-4。

表 20.5-4 传力杆的许可载荷

传力杆直径/mm	许可载荷/N
4	6 280
5	9 820
6	14 100
8	25 100
10	39 300
12	56 500
14	77 000
16	100 500
20	157 000
22	190 000
24	226 000
30	353 000
32	402 000

3.9 闭锁销

闭锁销的典型结构示于图 20.5-27。

闭锁销可用在不同类型的精冲模具上，其功能也不尽相同。

用在多工位连续模上闭锁销的主要功能是在起始工位和末尾工位模具承受巨大偏心载荷时防止模具偏转而折断凸模。精冲模具上、下模座之间一般都采用滚动导向装置。这种结构由于无间隙，过盈量 0.01~0.02 mm，导向精度高，可精确保证上、下模对中。但由于钢球和导柱，导套之间是点接触，刚性差，不能承受偏心载荷和侧向载荷。因此精冲连续模都必须采用闭锁销，使模具具有抗偏载和侧向载荷的能力，参见图

20.5-6。

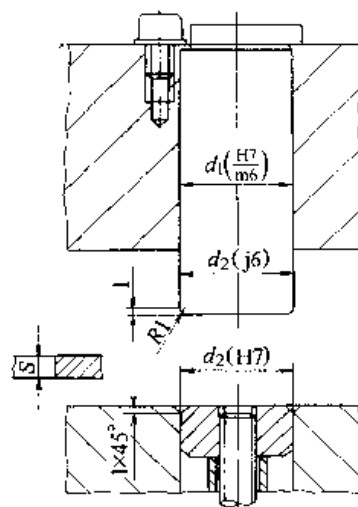


图 20.5-27 闭锁销结构

闭锁销用在单工位模具上时其主要功能是保证压边圈和凹模精确对中定位，防止精冲过程中模具工作零件间可能产生的侧移，如图 20.5-2 右侧所示。

需要时闭锁销可采取配合加工，使它和销孔的间隙小于凸模和凹模之间的间隙，用以提高上、下模对中的精度。

3.10 平衡杆

平衡杆主要用在连续模上，其主要功能是在连续模冲裁的起始阶段和结束阶段避免精冲压力机（或液压模架）的反压柱塞的全部反压力作用在少数冲孔凸模和顶杆上，引起这些零件损坏。如图 20.5-6 和图 20.5-28 所示。

另外，反压柱塞和液压缸之间，由于密封环结构的需要有一定的间隙，柱塞承受偏心力时会产生偏斜，导致传递的反压力也产生偏斜，这是需要避免的。平衡杆的另一个功能是使反压柱塞运动时保持水平状态，从而使各反压力均垂直于模面，有利于模具寿命的提高。

平衡杆平面位置的布置原则是在连续模冲裁的起始阶段和结束阶段尽可能使反压力的合力接近柱塞的中心部位，平衡杆分布在条料的两侧，如图 20.5-28 所示。

平衡杆高度的设计原则是在连续模冲裁的起始阶段和结束阶段，模具闭合时平衡杆和凸模同时承受反压力。为此在平衡杆和凸模下面的顶出装置等高的条件下，平衡杆必须高出凸模一个料

厚才能实现上述技术要求。如图 20.5-28 所示。

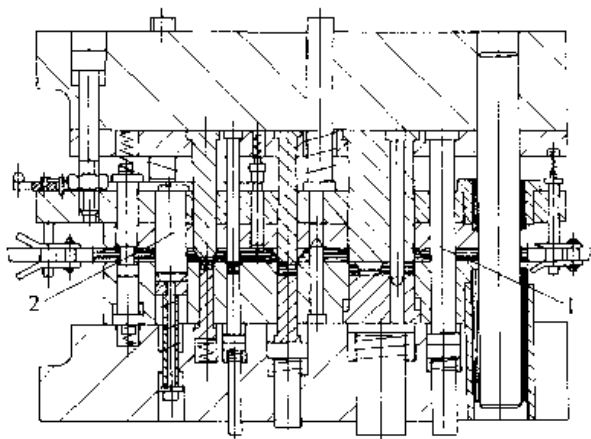


图 20.5-28 连续模的平衡杆结构
1—平衡杆 2—闭锁销

但是由于料厚是有公差的，在实际连续模精冲过程中，平衡杆和凸模承受反压力总是不同步的。根据精冲工艺的要求，应保证冲压时凸模承受反压力，为此必须使平衡杆滞后于凸模承受反压力，满足此条件必须取材料厚度的下极限作为平衡杆和凸模高度之差，即

$$H_1 - H_2 = t_{\min}$$

式中 H_1 ——平衡杆的高度；

H_2 ——凸模的高度；

t_{\min} ——被冲材料厚度的下极限尺寸。

据此原则设计的连续精冲模在实际精冲过程中，如果材料厚度是下极限尺寸，则凸模和平衡杆同时承受反压力。如果实际材料厚度大于下极限尺寸一个 δ 值时，则凸模压入材料 δ 值深度后平衡杆才开始承受反压力。由此可见，采用连续模精冲时对料厚公差必须严格控制。材料厚度的偏差过大，即使采用了平衡杆结构，也有可能造成局部小凸模和顶杆的损坏。

总之，设计平衡杆时，既要保护凸模，平均分散反压力；又要防止平衡杆先于凸模承受反压力。否则凸模下的顶件装置将形同虚设，因精冲过程中自始至终在凸模下将建立不起反压力。

3.11 排气、冷却与润滑

模具工作零件之间间隙极小，配合紧密，它们之间构成的相对运动的封闭空间，应设计排气槽，与大气相通。如图 20.5-29 所示。如果没有排气槽，反压板在精冲过程中多次往返运动后，在上垫板与压力垫间可能出现升压或降压，而影

响反压板的运动引起安全装置起作用而使压力机停车。

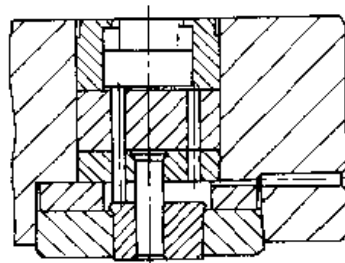


图 20.5-29 排气槽

有些在下模一侧的反压板或顶杆，头部没有凸缘，采用的是等截面结构。冲裁过程中，多次往复后，这些反压板或顶杆可能在压缩空气作用下升出模具工作表面，影响冲压工作的正常进行，因此，也需要开排气槽。

塑性变形和摩擦会引起温升。在自动连续冲裁条件下，模具壁厚较薄的部位会因温升而降低寿命，采用压缩空气吹、可达到冷却凸模提高寿命的目的（图 20.5-30）。压缩空气吹还有利于清除废料。

精冲过程中，刃口处产生的瞬时高温高压会造成模具磨损和制件被擦伤，为此，必须采取润滑措施。图 20.5-31 所示为获得充分润滑的模具结构。

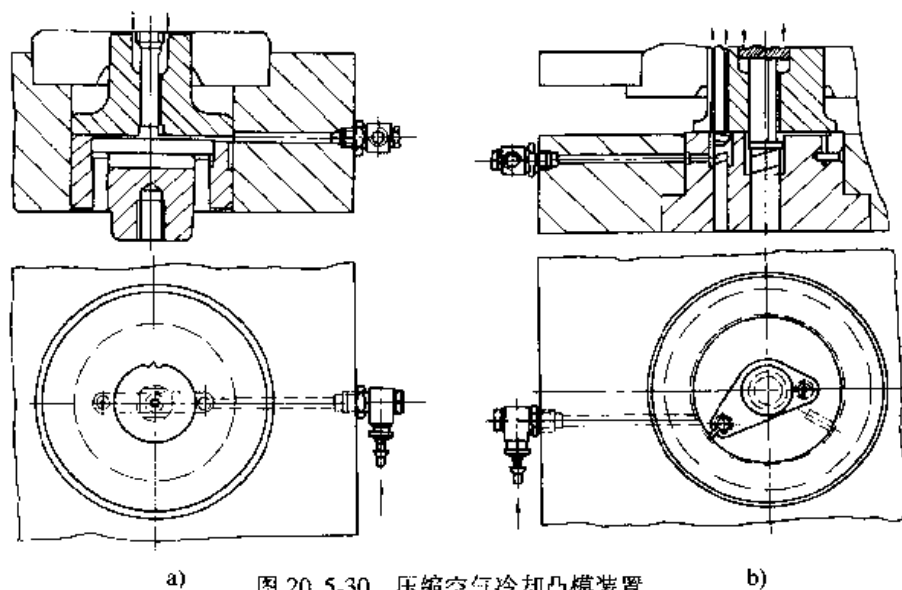
为了使润滑充分，在反压板、顶杆和压边圈与模具工作表面接触的端面上倒角 $(0.2 \sim 0.4) \times 45^\circ$ 。模具闭合时，涂在材料两面的润滑剂被挤入上述凹槽内，成为储油区。它紧靠着模具工作表面，冲裁过程中，储存的润滑剂被模具工作表面带入剪切变形区，从而大大提高了润滑效率。

为了使模具闭合时不挤走下一次冲裁所需的润滑剂，凹模和压边圈在送料方向都做成有下沉的台阶。如图 20.5-31 所示。沉台至模具刃口的距离 D 和料厚、送料进距、制件形状等有关，一般取 D 为料厚的两倍。

3.12 模芯零件间的配合和尺寸要求

图 20.5-32 所示为活动凸模式模具的上模和下模各零件间的配合和相关的尺寸要求。

当压边和反压系统的刚性较差时，按图中所示压边圈高出凸模 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ ，而反压板高出



a) 图 20.5-30 压缩空气冷却凸模装置
a) 适于活动凸模式 b) 适于固定凸模式

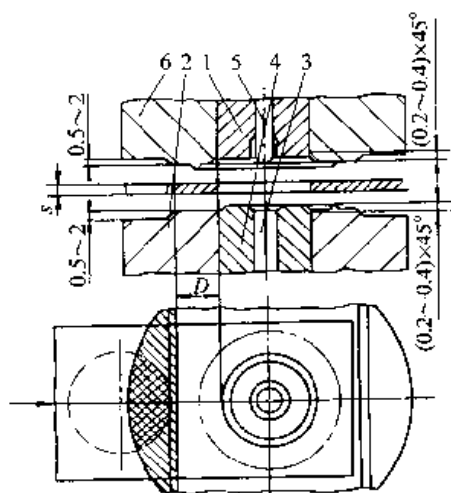


图 20.5-31 改善润滑的模具结构
1—凸模 2—凹模 3—冲孔凸模
4—反压板 5—顶杆 6—压边圈

凹模 0.1~0.2 mm 是不够的，应适当增加高出的数值，确保在冲裁开始前，完成强力压边。在实际调试精冲过程中，发现零件剪切面出现缺陷时，应注意检查是否由于未满足上述条件，是压边和冲裁同时进行而引起的。

图 20.5-33 所示为固定凸模式模具上模和下模各零件间的配合和相关的尺寸要求。

和活动凸模式模具一样，压边圈高出凸模，反压板高出凹模的数值视系统的刚性而定，必须保证冲裁前完成强力压边。

另外，当凸模的强度和刚性足够而且不靠压边圈定位时，可以适当放松凸模和压边圈之间的

配合间隙。同样当冲孔凸模的强度和刚性足够而且不靠反压板定位和导向时，也可以适当放松反压板和冲孔凸模以及凹模之间的间隙，以利于加工。

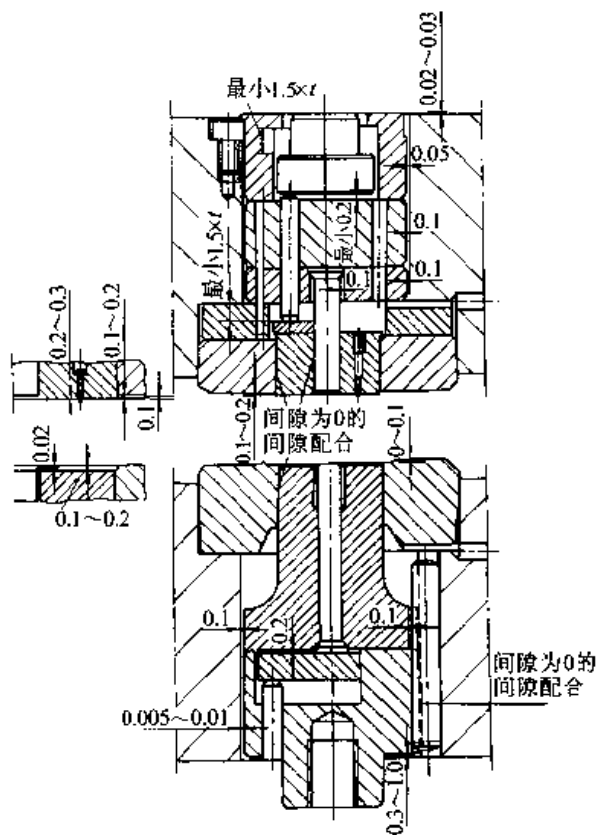


图 20.5-32 活动凸模式模具零件间的配合和尺寸要求

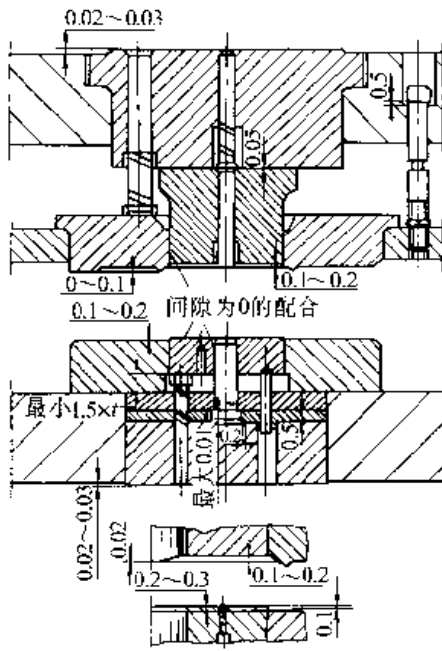


图 20.5-33 固定凸模式模具零件间的配合和尺寸要求

4 工作零件材料及硬度要求

精冲零件的材质、厚度和几何形状以及精冲模芯零件的受力情况，是选择模芯材料的依据，精冲模芯零件的受力情况如表 20.5-5 所示。

表 20.5-5 精冲模芯零件受力情况

模具零件	摩擦力	压应力	弯曲应力	拉应力	冲击
凸模	✓	✓	✓	✓	✓
凹模	✓	✓	✓	✓	✓
冲孔凸模	✓	✓	✓	✓	✓
压边圈	✓	✓	✓		✓
反压板		✓	✓		
顶杆		✓	✓		
传力杆		✓			
垫板		✓			

精冲模芯零件，特别是凸模和凹模，是在十分恶劣的条件下工作的。在冲击载荷的作用下，刃口工作表面在高压和瞬时高温下，和制件的新生表面之间产生相对滑动摩擦，因此选用的模芯材料必须满足以下要求：

1) 硬度 精冲模芯的冲切零件间隙小，受压力大，磨损严重，故要求有较高的硬度，以减小模芯零件的磨损，保证其尺寸精度；但过高的硬度会带来脆性。表 20.5-6 为精冲模芯主要零件材料及硬度要求。

表 20.5-6 精冲模芯主要零件材料及硬度要求

模具零件	选用材料	硬度 HRC
凸模	W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2, Cr12MoV	60~62
凹模	Cr12MoV, W6Mo5Cr4V2, W18Cr4V	62~64
冲孔凸模	W6Mo5Cr4V2, W18Cr4V, Cr12MoV	60~62
压边圈	Cr12MoV, CrWMn	58~60
反压板	Cr12MoV, CrWMn	58~60
顶杆、定位销	T10A, T8A, 9Mn2V	58~60
传力杆	CrWMn, 9Mn2V, T10A	58~60
垫板	Cr12, 9Mn2V, 9SiCr	56~58
导柱、导套	GCr15	58~62

2) 耐磨性 制件或毛坯新生表面相对模具工作表面滑动摩擦引起的刃口磨损，是精冲模芯主要的失效形式之一，一般情况下，材料的硬度愈高，承压能力就愈高，耐磨性也愈好。材料的耐磨性除与材料的硬度有关外，还和材料的组织有关，如碳化物的类型、大小、分布以及状态等。另外，模具材料如含碳量及合金元素较多，淬火后有较多的残余奥氏体，而残余奥氏体的硬度不高，耐磨性差。一般精冲模芯中残余奥氏体量要求在 5% 左右为宜。为了提高耐磨性，用锻造方法改变碳化物的大小、形态和分布；用热处理方法控制残余奥氏体的数量，以提高模具的寿命。

3) 强度 精冲时，总冲裁力较普通冲裁力大，要求模具有很高的承压、抗弯和抗拉能力，以防止由于偏心载荷、疲劳、应力集中而引起的模具破裂和折断，因此要求模具零件要有较高的强度。

4) 韧度 模芯零件断裂和崩刃是精冲模芯常见的失效形式。产生这种失效的原因很多，其中韧性差是主要原因。影响韧性的因素主要有钢中碳和合金元素的含量、晶粒度大小、碳化物颗粒大小及分布，以及组织状态等。需通过合理的选用模具材料和锻造热处理方法来提高韧性。

显然，上述对硬度和韧性的要求是存在矛盾的，因此在选材和热处理时，必须注意材料硬度和韧性的协调。从实际被精冲零件的强度和几何形状出发，或者是在不降低韧性的前提下，提高模芯材料的硬度，或者是通过适当降低硬度来提

高模芯材料的韧性。

5 典型结构

5.1 活动凸模式模具典型结构

图 20.5-34、图 20.5-35、图 20.5-36 分别示出了活动凸模式精冲模具三种典型结构。

图 20.5-35 所示结构的特点是上、下模座不带定位锥形凹槽，凹模和压边圈直接装在上、下模座平面上，压边圈和凹模靠导销对中，定位和导向重合，有利于加工和对中。

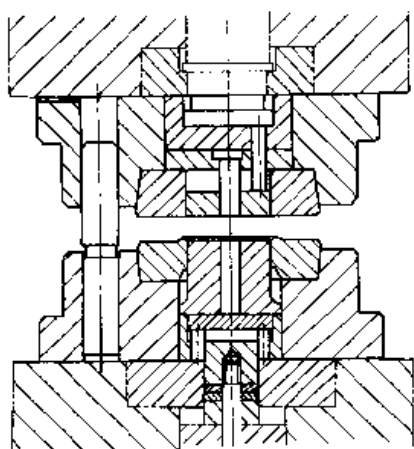


图 20.5-34 活动凸模式模具典型结构 (一)

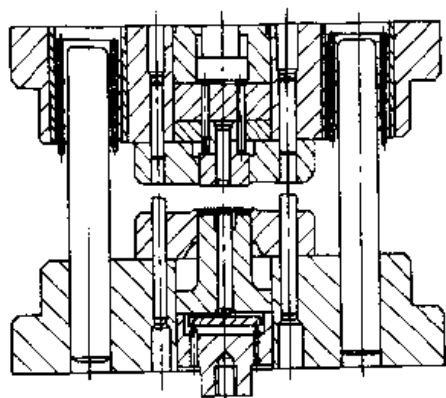


图 20.5-35 活动凸模式模具典型结构 (二)

图 20.5-36 所示结构的特点是用传力板代替桥板（用于上述两种结构）将四周的液压力传递到中间。

5.2 固定凸模式模具典型结构

根据压边圈的导向结构和凹、凸模的固定方法，主要有以下四种典型结构，分别示于图 20.5-37、图 20.5-38、图 20.5-39 和图 20.5-40。

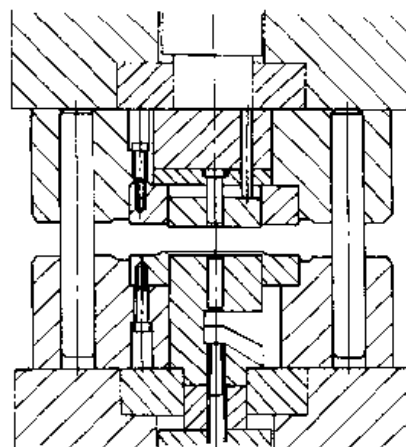


图 20.5-36 活动凸模式模具典型结构 (三)

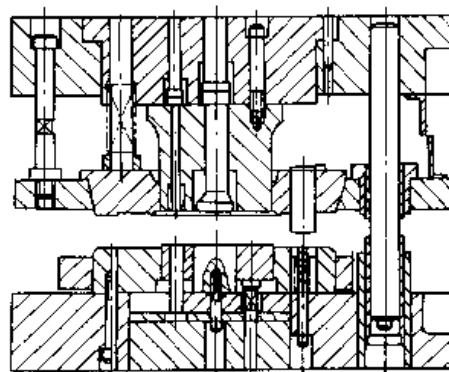


图 20.5-37 固定凸模式模具典型结构 (一)

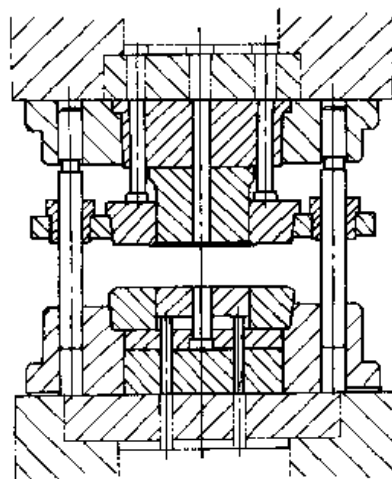


图 20.5-38 固定凸模式模具典型结构 (二)

5.3 连续模典型结构

有些复合工艺如压扁精冲、压沉孔精冲弯曲精冲等，需在连续模上进行。图 20.5-41 和图 20.5-42 所示分别为压沉孔精冲连续模和弯曲精冲连续模。

压沉孔精冲连续模(图 20.5-41)分4个工步(即预冲孔和压沉孔、冲孔、落料)完成如图 20.5-41所示的零件(沉孔在毛刺侧沉孔深度达 $40\%t$, t 为料厚),其中第一工步冲出工艺定位孔,用它来控制每一工步的进料距。

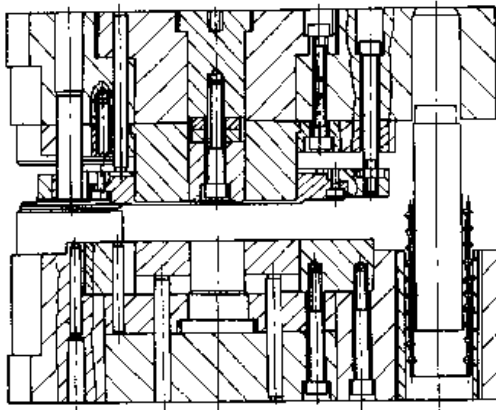


图 20.5-39 固定凸模式模具典型结构(三)

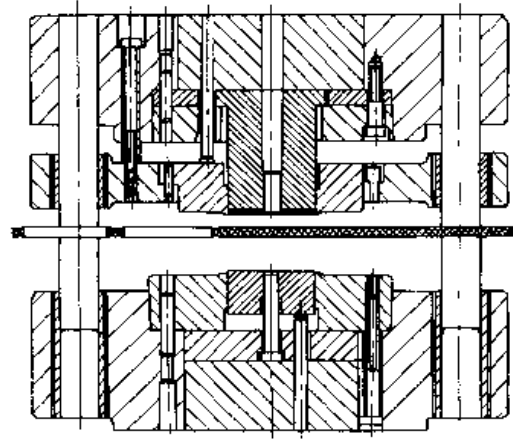


图 20.5-40 固定凸模式模具典型结构(四)

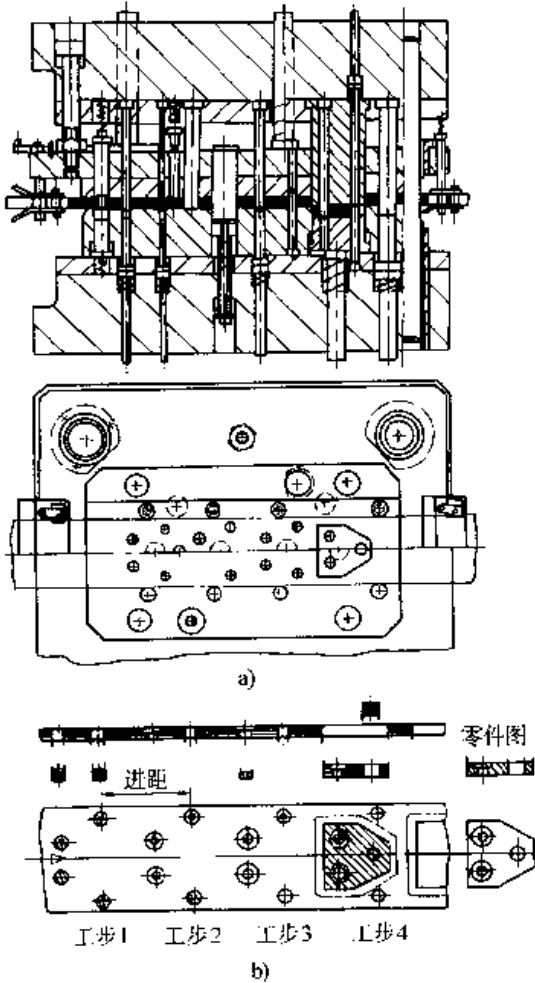


图 20.5-41 压沉孔精冲连续模
a) 模具图 b) 工步图

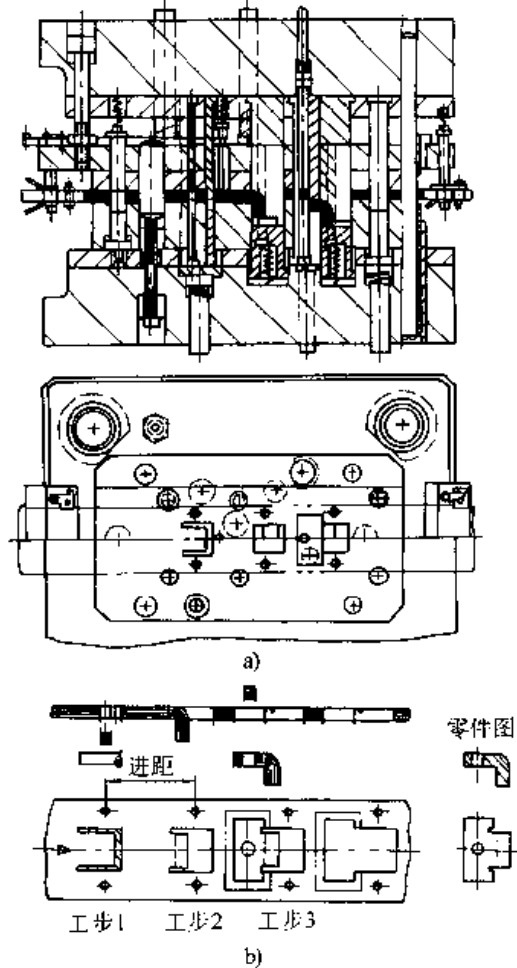


图 20.5-42 弯曲精冲连续模
a) 模具图 b) 工步图

5.4 通用模架

通用模架典型结构，前者适于活动凸模式，后两者适于固定凸模式。图 20.5-45 所示模架采用矩形模芯。

图 20.5-43、图 20.5-44、图 20.5-45 为三种

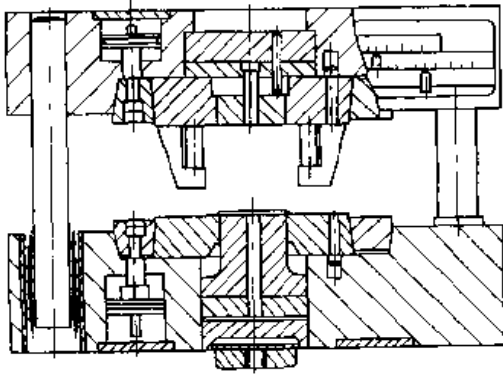


图 20.5-43 活动凸模式通用模架

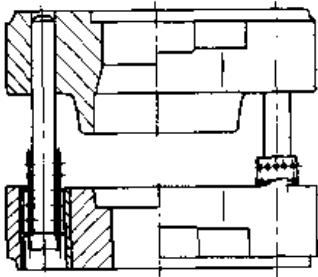


图 20.5-44 固定凸模式通用模架 (一)

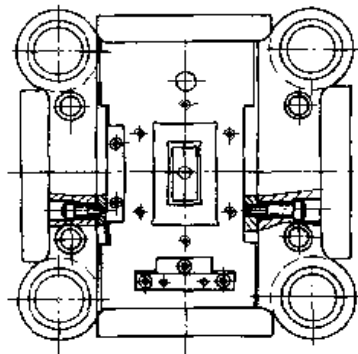
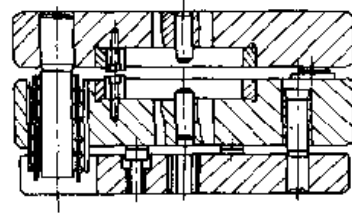


图 20.5-45 固定凸模式通用模架 (二)

第6章 汽车覆盖件模具设计

汽车覆盖件冲压模具不但体积大、重量大、制造成本高，且结构复杂，具有其本身的特点。

汽车覆盖件冲压模具中，按完成的工序内容分类主要有落料模、拉深模、修边模、翻边模、冲孔模等，还有完成复合工序的修边冲孔模、修边翻边模、翻边冲孔模等；按模具结构分类有单动拉深模、双动拉深模、斜楔模等。

1 覆盖件拉深模设计

1.1 拉深肋设计

拉深肋在汽车覆盖件的冲压成形中占有非常重要的地位。这是由于在拉深成形过程中，毛坯的成形需要一定大小、且沿固定周边适当分布的拉力。这种拉力来自冲压设备的作用力、法兰部分毛坯的变形阻力和压料面上的流动阻力。而压料面上的流动阻力只靠在压边力作用下模具和材料之间的摩擦力往往是不够的，需要在压料面上设置能产生很大阻力的拉深肋以满足毛坯塑性变形和塑性流动的要求。同时，利用拉深肋可以在较大范围里控制变形区毛坯的变形大小和变形分布，抑制破裂、起皱、面畸变等多种冲压质量问题的产生。可以说，在很多情况下，拉深肋设置得是否合理甚至影响冲压成形的成败。因此，拉深肋设计是汽车覆盖件冲压成形模具设计的重要内容之一，而且在冲压工艺设计时必须考虑是否需要布置拉深肋、怎样布置、采用哪种形式的拉深肋等问题。

1.1.1 拉深肋的作用

1) 增大进料阻力，有利于使毛坯产生较大的塑性变形，提高冲压件刚度和减少由于变形不足而产生的回弹、松弛、扭曲、波纹及收缩等；防止拉深成形时的起皱和畸变，同时也能对拉深肋外侧已经起皱的板料通过拉深肋时进行校平。

2) 通过改变拉深肋阻力的大小与分布，控制压料面上各部位材料向凹模内流动的速度和进

料量，调节拉深件各变形区的拉力及其分布，使各变形区按需要的变形方式、变形程度变形。

3) 可以在较大范围内调节进料阻力的大小，相对减小了压料面对进料阻力的影响，由此可降低对压料面的要求，提高模具寿命。

4) 由于拉深肋能够产生相当大的阻力，可相对减少对压边力的要求，容易调节到成形所需要的阻力分布；同时也降低了对模具刚度、设备吨位等的要求。

1.1.2 拉深肋的种类及其用途

根据实际应用中的分布情况可将拉深肋分为单肋和重肋两大类。根据拉深肋本身的形式又可分为圆肋（包括半圆肋、劣半圆肋和优半圆肋）、矩形肋、三角形肋和拉深槛等。表 20.6-1 所示为常用拉深肋的主要参数及主要用途。

单肋中，一般情况下，圆肋的阻力最小，拉深槛产生的阻力较大，常用于允许有较大进料量的冲压成形工艺或冲压件成形部位。而矩形肋、三角肋产生的阻力更大，一般用于不允许进料或只允许少量进料的胀形工艺或冲压件成形部位。

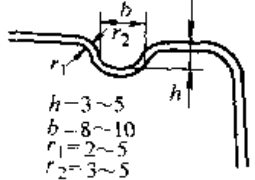

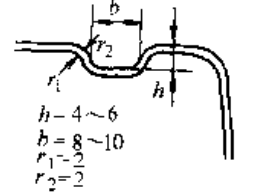
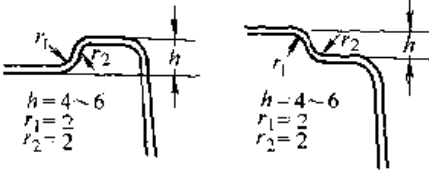

重肋包括双肋和三重肋，本身形式多为圆肋。在相同几何参数前提下，重肋产生的阻力要大于单肋，三重肋阻力要大于双肋，但通过减小拉深肋高度和增大圆角半径，可降低拉深阻力。因此，重肋既用于需要拉深肋阻力较大的拉深，或冲压成形中要求进料阻力大甚至不允许进料的部位，也常用于需要调节阻力分布和法兰平面精度要求高的深拉深。

1.1.3 拉深肋形式的设计原则

不同形式的拉深肋，通过调整几何参数，可以在阻力上完全等效，但在其他方面不一定能等效。因此，除了满足阻力要求外，还应考虑以下几个方面的因素：

1) 对单肋来说，其结构简单，便于加工和模具调试时对拉深肋参数的修正；宽度比较小，可以减小模具尺寸；反力较小，所需压边力可相应减小，能降低对模具刚度和设备刚度的要求。而重肋的结构比较复杂，加工难度大，宽度相对

表 20.6-1 常用拉深肋的断面形状及主要用途

种类	断面形状 (尺寸/t,mm)	用途	特点
圆形肋	 <p>单肋 $h=3\sim5$ $b=8\sim10$ $r_1=2\sim5$ $r_2=3\sim5$</p>	法兰上的材料流入量较大时的拉深	修磨容易, 便于调节拉深肋阻力
	 <p>重肋</p>	法兰流入量很大时的深拉深 需要拉深阻力大的拉深	为了控制肋的磨损, 加大肋槽圆角半径 r_1 。随着 r_2 增加附加拉力减小, 用双肋来弥补
矩形肋	 <p> $h=4\sim6$ $b=8\sim10$ $r_1=2$ $r_2=2$</p>	法兰流入量少时的拉深或胀形	与圆肋相比能提供更强的附加拉力
拉深槛 (阶梯肋)	 <p> $h=4\sim6$ $r_1=2$ $r_2=2$</p>	法兰流入量少时的拉深或胀形	材料利用率高, 同样的圆角半径 r_2 和高度 h 下, 比矩形肋的附加拉力小
三角形肋	 <p>三角形肋</p>	胀形	为了抑制肋的磨损, 材料完全没有流入

较大, 会增加模具尺寸和毛坯尺寸, 且模具调试时拉深肋的修正比较困难。因此, 一般情况下多选用单肋。

2) 在拉深肋使用寿命方面, 相同拉深肋阻力条件下, 单肋的 r_1 值和 r_2 值相对较小, 板材与其接触的表面压力大, 成形过程中易磨损, 使用寿命相对较短。

3) 在对压料面的精度要求方面, 由于重肋所占面积相对较大, 以满足拉深肋的精度要求为主, 可相对降低压料面上其他部位的精度要求; 而单肋则既要满足拉深肋的精度要求, 也要满足压料面的精度要求。

4) 在保证冲压件表面质量方面, 相同拉深肋阻力的条件下, 重肋的 r_1 和 r_2 值均可相应增加, 高度 h 减小, 从而减小板材在拉深肋处的变形程度和硬化程度, 减小畸变, 避免划伤冲压

件表面。因此, 对表面质量要求较高的冲压件, 即使需要较多的进料、阻力要求不很大, 但为确保零件表面质量, 也往往采用重肋。

5) 当毛坯变形不需要特别大的拉深阻力, 且修边线不在压料面部位时, 可在凹模口部设置拉深槛, 既能保证拉深成形所必需的拉深阻力, 又可节省材料。

1.1.4 拉深肋几何参数的设计原则

改变拉深肋几何参数以适应冲压件成形的需要, 是模具设计和调试过程中最常用的办法。拉深肋几何参数 (见表 20.6-1 中各图) 的设计应从以下几个方面考虑:

1) 确保冲压件成形所需的拉深肋阻力 设计时应将 h 值取得大些, r_1 值和 r_2 值应取得小些。实际模具调试时, 修正这些参数对改变阻力是最有效的。

2) 保证冲压件成形质量和表面质量 较大的拉深肋阻力可提高冲压件的形状精度和刚度, 此时 h 值取得大些, r_1 值和 r_2 值取得小些。但 r_1 值和 r_2 值过小, 会使冲压件表面产生压痕或划伤。综合考虑, 可将 r_1 值和 r_2 值放大, h 值也进一步适当加大, 以补偿因 r_1 值和 r_2 值增大引起的拉深肋阻力损失。

3) 提高拉深肋的使用寿命 在拉深肋设计时应考虑拉深肋的磨损问题, r_1 值和 r_2 值过小, 成形中肋的磨损就会很严重。因此, 应适当加大 r_1 值和 r_2 值, 同时也相应增大 h 值。

4) 有利于拉深肋的加工和修整 在实际模具调试时, r_1 值和 r_2 值会越修越大, h 会越修越小。因此设计时应留出余量, 而且应着重考虑 h 值。

1.1.5 拉深肋的布置

根据所要达到的目的不同, 拉深肋的布置也不同:

1) 凹模内轮廓的曲率变化不大时, 冲压成形中压料面上各部位的变形差别也不会很大, 但为了补偿变形力的不足提高材料变形程度, 可沿凹模口周边设置封闭的拉深肋 (图 20.6-1a)。

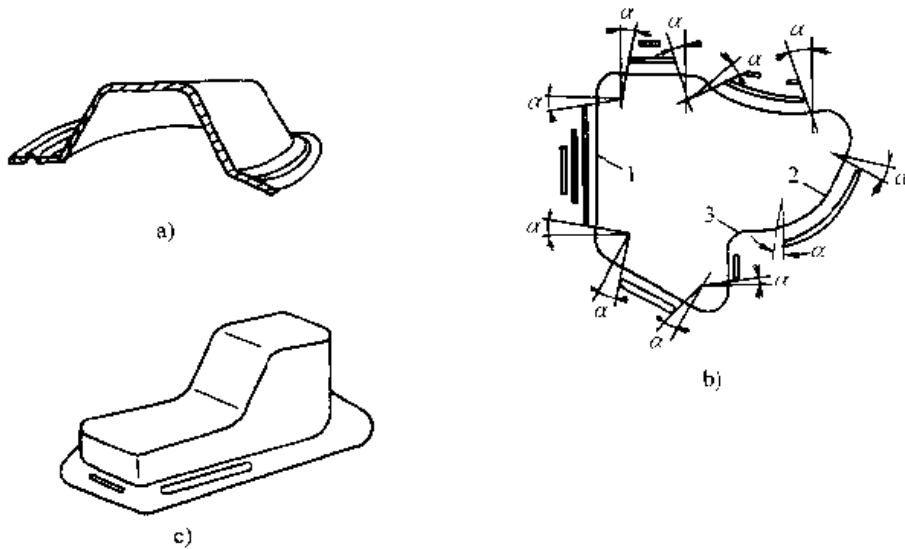


图 20.6-1 拉深肋的几种布置方式

2) 凹模内轮廓的曲率变化较大时, 冲压成形中压料面上各部位的变形差别也比较大, 为使压料面上毛坯各部位向凹模内流动的速度比较均匀, 可沿凹模口周边设置间断式的拉深肋。如图 20.6-1b, 拉深肋的布置随凹模轮廓的变化而变化, 在较长的直线段 1 部分, 变形阻力最小, 布置里长外短的重肋或两重肋, 较短的直线段可设置单肋或双肋; 在外凸形轮廓 2 部分, 毛坯变形为拉深变形, 有切向压应力存在, 变形阻力较大, 可沿轮廓形状设置单肋; 在内凹轮廓 3 部分毛坯在切向有拉应力存在, 可设单肋或不设拉深肋。

3) 若为了增加径向拉应力, 减小切向拉应力, 防止毛坯起皱, 可只在容易起皱的部位设置局部的短拉深肋。

4) 对于拉深深度相差较大的冲压件, 可在深的部位不设拉深肋, 浅的部位设拉深肋 (图

20.6-1c); 但为了避免压料面上材料塑性流动的极度不均匀性, 可使拉深肋高度逐渐减小, 其长度延伸到接近于拉深深度大的部位。

5) 对于拉深深度大的圆弧部位可以不设拉深肋。

1.2 拉深模的结构形式

根据制件的大小和所使用的冲压设备不同, 汽车覆盖件拉深模可分为在单动压力机上用的拉深模 (或称单动拉深模) 和在双动压力机上用的拉深模 (或称双动拉深模) 两大类。

1.2.1 单动拉深模

单动拉深模具有结构简单, 制造成本低的特点。但由于: ①单动压力机的压边力较小, 一般有气垫的单动压力机的压边力等于压力机压力的 20%~25%; ②压边力只能整体调节; ③压边不是刚性的, 对三维曲面的压料面来说, 在开始预

弯成压料面形状时，会因压料面形状的不对称而导致压边圈偏斜，严重时会使压边作用失效；④行程比较小。因此，单动拉深模一般用于中、小零件的拉深。

单动拉深模的压边形式主要有弹簧或橡胶压边和气垫或液压垫压边两种。

弹簧和橡胶的弹性压力随压下行程增加而增大，但从冲压过程对压边力的要求来看，冲压开

始时，法兰上的毛坯面积大，需要较大的压边力防皱；随着冲压过程的进行，法兰上的毛坯面积逐渐减小，所需的防皱压边力也减小。因此，利用弹簧或橡胶作压边产生的压边力的变化规律与冲压工艺要求正好相反，防皱的效果不好。所以，弹簧或橡胶压边一般只用于形状简单的浅拉深件。图 20.6-2a 是弹簧压边形式的单动拉深模示意图。

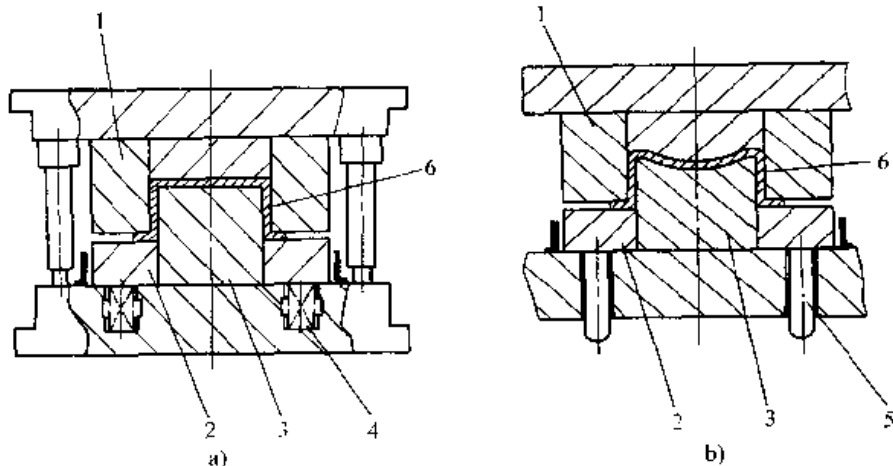


图 20.6-2 单动拉深模压边形式

a) 弹簧压边形式 b) 气垫压边形式

1—凹模 2—压边圈 3—凸模 4—弹簧 5—托杆 6—拉深制件

气垫、液压垫的压力相对比较稳定，并可以根据冲压工艺对压边力的要求调节压缩空气或液压缸压力的大小。图 20.6-2b 是这种压边方式的单动拉深冲模示意图。

1.2.2 双动拉深模

在拉深形状复杂的大型覆盖件时，一般采用双动压力机。其原因主要有：

1) 压边力大，双动压力机的外滑块的压边力为内滑块压力的 65% ~ 70%。如：E4F—1 000 双动压力机，外滑块压力为 4 000 kN，行程为 660 mm，内滑块压力为 6 000 kN，行程为 940 mm。

2) 双动压力机的外滑块的压边力可通过调节螺母（或压边圈上的压力缸压力）调节外滑块四个角的高低，使外滑块稍呈倾斜状态，以达到调节拉深模压料面上各部位压边力的目的，从而控制压料面上材料的流动。另外，由于双动压力机的压边是刚性压边，不仅压边力大，而且压边稳定。

3) 双动压力机比单动压力机的行程大，可

拉深深度更大的深拉深件。

4) 双动压力机不会出现压边圈偏斜的问题。

图 20.6-3 是用于双动压力机的双动拉深模示意图。双动拉深模由三大件或四大件组成。三大件是凸模 2 和固定座 3 为一体；四大件是两者分开。压边圈 1 安装在外滑块上，凸模 2 和固定座 3 安装在内滑块上，凹模 4 安装在压力机工作台上。

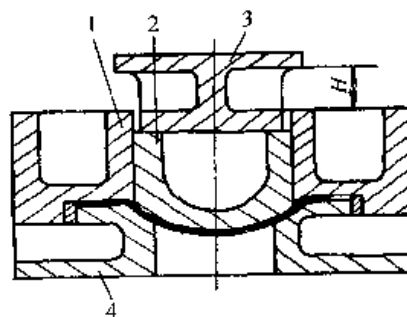


图 20.6-3 双动拉深模示意图

1—压边圈 2—凸模
3—凸模固定座 4—凹模

双动拉深模的工作原理是：压力机外滑块首先向下运动至下死点，使压边圈将毛坯压紧在凹模 4 的压料面上；此时压力机内滑块已带动凸模向下运动并与毛坯接触开始拉深，直到下死点将毛坯拉深成凸模 2 的形状。拉深结束后，压力机内滑块先带动凸模上行，而外滑块不动，使压边圈 1 停留一个瞬间，将拉深件由凸模上退下后外滑块开始回程。最后，由凹模内的顶出装置将拉深件顶出。较小批量生产时，凹模内可以不使用顶件装置，由人工将拉深件从凹模中取出。

1.3 模具导向

1.3.1 单动拉深模的导向

根据工艺方法的不同，模具对导向精度和导向刚度的要求也不同，模具的导向形式也不同。汽车覆盖件冲压模具中，常用的导向方式有导柱导套导向、导板导向、导块导向及背靠块导向等四种基本形式（参见表 20.1-36）。

(1) 导柱、导套导向

导柱导套导向不能承受较大的侧向力，常用于中小型模具的导向。

(2) 导板导向

导板导向常用于中型的拉深、弯曲、翻边等成形模具。中型单动拉深模导向用导板形式。

图 20.6-4 是利用导板进行导向的一种典型结构。其结构相对简单、造价低，广泛适用于侧向力小、形状对称的拉深成形的中小批量生产。

(3) 导块导向

导块导向与导板导向的使用方式相同。导块设置在模具对称中心线上时，导块应为三面导向；如设置在模具的转角部位时，导块应为两面导向。

图 20.6-5 是利用导块进行导向的一种典型结构。其结构相对简单，比导板导向刚性好，可以承受一定的侧向力。根据侧向力的大小和模具的大小，可以使用 2 个或 4 个导块。导块模适用于平面尺寸大深度小的拉深件及中大批量生产。

(4) 背靠块导向

背靠块导向主要用于大型模具的导向。对于大型单动拉深模，凸、凹模的合模精度要求不太高，只用背靠块进行导向。而对像大型复合模之类的模具，凸、凹模的合模精度要求比较高，模具的导向可采取背靠块与导柱并用的导向形式。

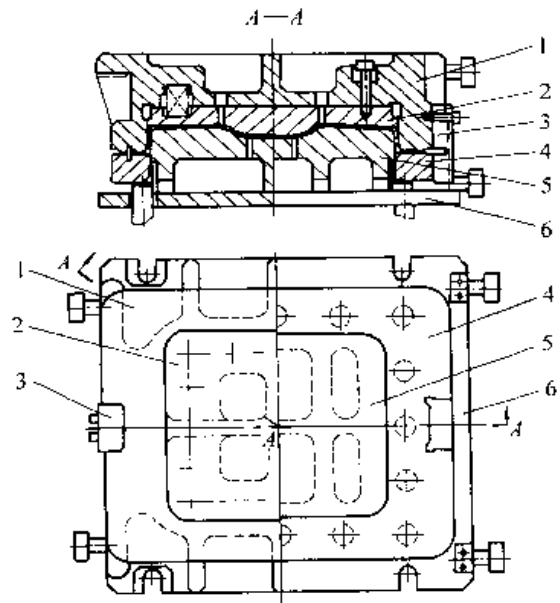


图 20.6-4 导板导向模

1—凹模 2—卸料板 3—导板
4—压边圈 5—凸模 6—下模板

注：汽车覆盖件模具图中，为比较清楚地表达复杂的模具结构，在所谓“俯视图”中，可以有一半用仰视图来表达上模结构。上图中，“俯视图”的左半部为上模的仰视图，右半部分为下模的俯视图。

一般情况下，背靠块的数量与平面布置要根据模具的平面尺寸来决定，同时采用导柱时还要确定其数量及布置。①模具宽度尺寸小于 600 mm 时，采用两个箱式背靠块。如并用导柱时，则使用两个导柱，可左右对称布置或对角布置，如图 20.6-6a 所示。②模具宽度尺寸为 600 ~ 1 000 mm 时，采用两个箱式背靠块。如并用导柱时，则使用四个导柱，布置方法如图 20.6-6b 所示。③模具宽度尺寸大于 1 000 mm 时，采用四个箱式背靠块，如并用导柱时，则使用两个或四个导柱，布置方法如图 20.6-6c 所示。

背靠块的结构有箱式背靠块和角式背靠块两种，一般箱式背靠块置于模具对称中心线上，而角式背靠块置于模具的四个转角处。图 20.6-7 为箱式背靠块与导柱并用的结构图；图 20.6-8 为角式背靠块与导柱并用的结构图。

采用背靠块导向的模具保存时，滑动接触面的啮合长度应不小于 50 mm。为提高导向面的耐磨程度，一般在导向面上安装防磨板。在组装时，为便于测定防磨板的滑动面的情况，可在防磨板的上部或下部设窥视孔，如图 20.6-9。

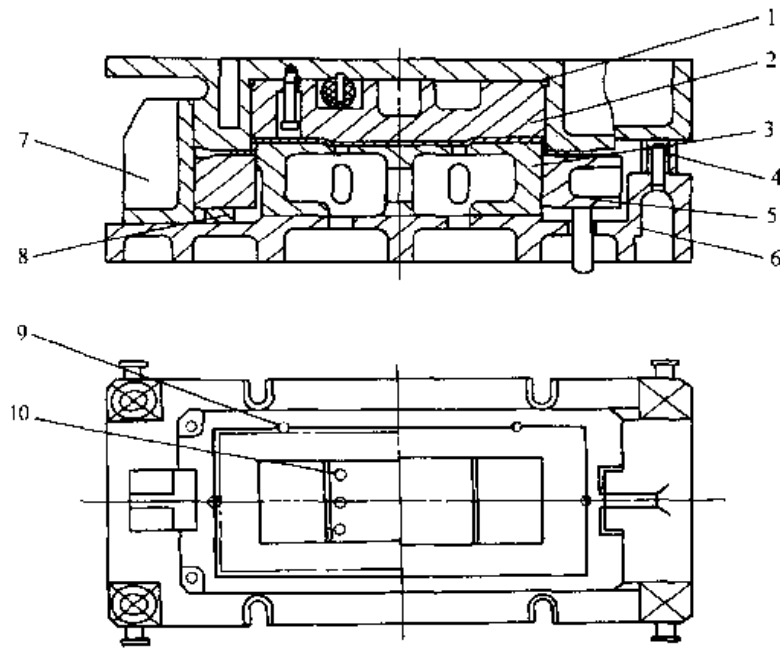


图 20.6-5 导块导向模

1—凹模 2—卸料板 3—凸模 4—模具存放用管子 5—压边圈 6—下模座 7—导块
8—限位块 9—定位销 10—气孔

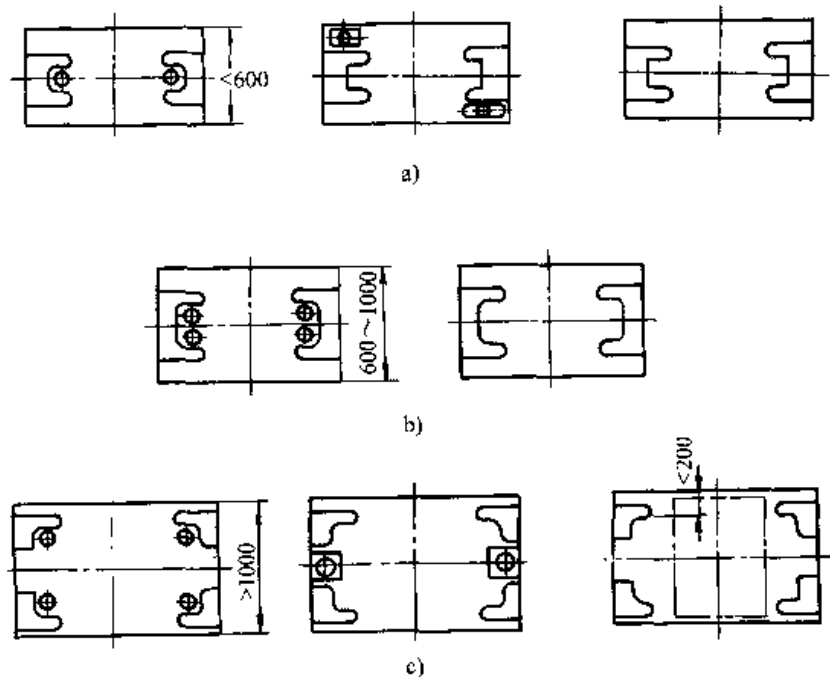


图 20.6-6 背靠块的平面布置

图 20.6-10 是利用背靠块对压边圈和凹模进行导向的一种典型结构。背靠块的导向刚性比导板和导块的导向刚性都高，因此它适用于大型模具型面倾斜或具有较大的侧向力的拉深模。

图 20.6-11 是利用背靠块对凸模与凹模、凸

模与压边圈都进行导向的一种典型结构。模具结构较庞大，因此，只是在凸模形状很复杂且产生很大的侧向力时才使用这种结构。

1.3.2 双动拉深模的导向

双动拉深模的导向主要有凸模与压边圈导

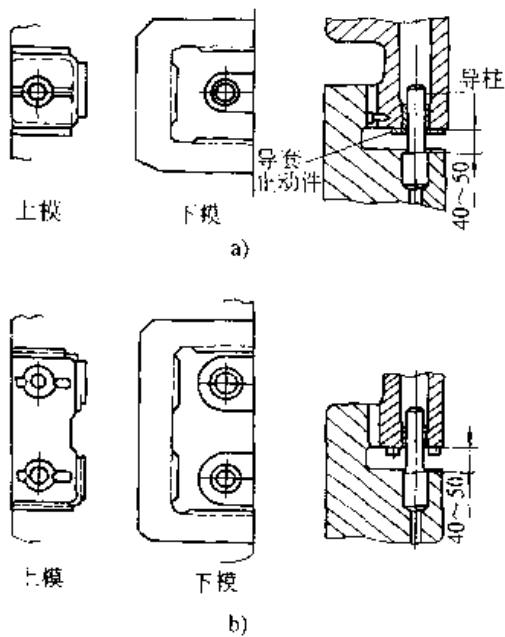


图 20.6-7 箱式背靠块与导柱并用的结构

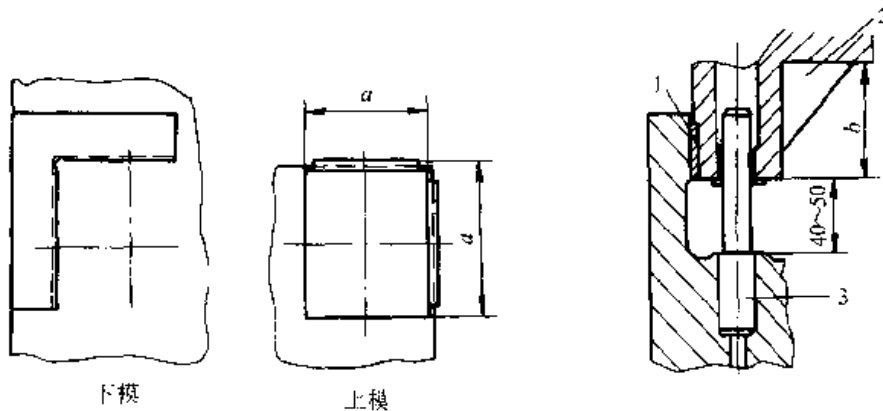


图 20.6-8 角式背靠块与导柱并用的结构

1—防磨板 2—角式背靠块 3—导柱

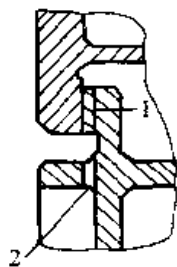


图 20.6-9 防磨板窥视孔

1—防磨板 2—窥视孔(铸孔)

的25%以上,并在各导向部位按比例配置。防磨板长度不能太短,大中型拉深模的防磨板长度不能小于150mm,当上模接触毛坯时要预先有一定的导向长度。开始接触毛坯时最小导向长度与凸模长度的关系,可按表20.6-2选择。

向、凹模与压边圈导向、压边圈与凸模、凹模都导向等。

(1) 凸模与压边圈导向

凸模与压边圈导向的双动拉深模中,凹模与压边圈之间没有导向,所以这种模具仅适用于断面形状比较平坦的浅拉深件。图20.6-12是一种大批量生产时采用的凸模和压边圈导向的双动拉深模。

在凸模和压边圈的导向面之间设有防磨板(亦称导板),以提高导向面的耐磨性。防磨板多设在凸模上,也有的把防磨板放在压边圈上,还有的在凸模和压边圈的导向部位都装有防磨板。防磨板的形式及安装方式如图20.6-13所示。

导向面应选在被导向滑动零件轮廓的直线或最平滑的部位,一般取4~8处,前后左右对称分布。防磨板总宽度应为内侧滑动零件轮廓全长

防磨板材料:防磨板材料一般用优质工具钢如T8A,其硬度为52~56HRC。

(2) 凹模与压边圈导向

凹模与压边圈导向的双动拉深模多用于拉深断面形状复杂、模具型面极易产生侧向力的情况。图20.6-14是凹模与压边圈由背靠块(凸台与凹槽)进行导向的双动拉深模。

凹模和压边圈采用背靠块导向,一般采用2组或4组。背靠块的凸台和凹槽多数是与凹模或压边圈一起铸出,但也有镶件结构。一般情况下凸台放在下面凹模上,凹槽放在压边圈上,当然也有例外。

为了防止导向面的过快磨损,同样都装有防磨板。一般防磨板装在背靠块的凸台上,也有凸

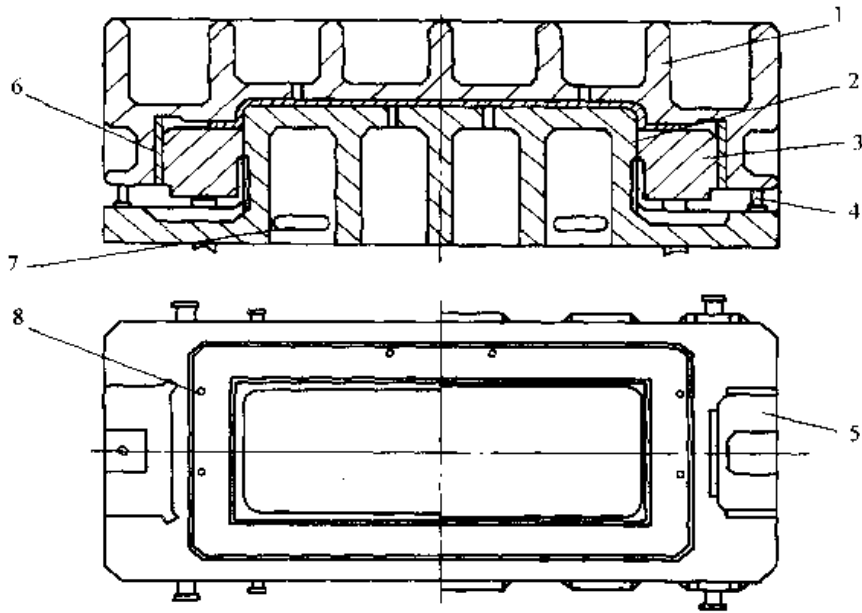


图 20.6-10 箱式背靠块压边圈导向模 (单动)

- 1—凹模 2—凸模 3—压边圈 4—限位销 5—箱式背靠块 6—防磨板
7—叉车起落架叉孔 8—定位销

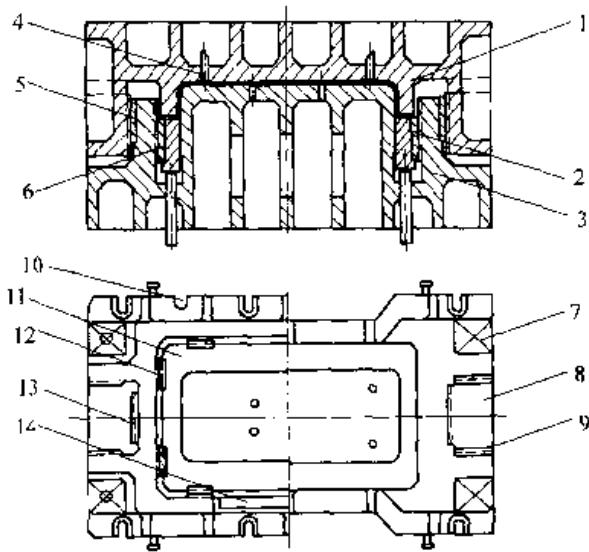


图 20.6-11 上、下箱式背靠块导向模 (单动)

- 1—凹模 2、11—压边圈 3—凸模 4—气孔
5、9、13—防磨板 (背靠块部)
6、12—防磨板 (压边圈部)
7—安全垫安装座 8—背靠块
10—模具安装用定位键槽
14—安全保护板

台、凹槽都装防磨板的。

(3) 压边圈与凸模 凹模都导向的双动拉深模

凸模与压边圈、压边圈与凹模之间都设有导向的双动拉深模, 导向精度高, 目前国内普遍采

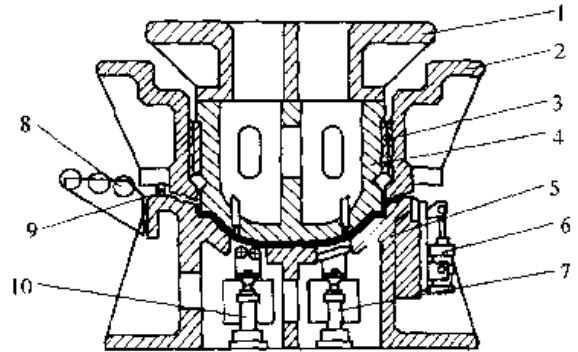


图 20.6-12 凸模和压边圈导向的双动拉深模

- 1—凸模固定板 2—压边圈 3—防磨板 4—凸模
5—凹模 6—隐式定位器 7—毛坯导向装置

8—送料用辊式滑槽 9—前定位装置 10—提升器
用这种双动拉深模。图 20.6-15 是汽车车门左/右内板拉深模简图, 凸模与压边圈导向形式采用防磨板导向、而压边圈与凹模之间的导向形式采用背靠块导向, 导向面上装有防磨板。

1.4 拉深模设计

1.4.1 设计要点

拉深模设计过程中应注意以下几个要点:

1) 阅读并理解冲压工艺文件 根据拉深件形状和尺寸及零件质量要求进行拉深变形分析, 与工艺设计人员交流, 充分理解冲压工艺文件的设计意图和工艺人员对模具结构的设想。判断拉

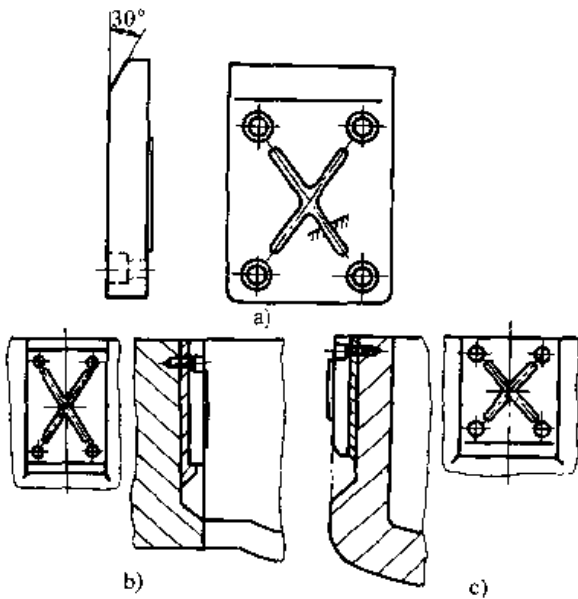


图 20.6-13 防磨板形式与安装方式

- a) 防磨板形式 b) 防磨板装在压边圈上
c) 防磨板装在凸模上

表 20.6-2 最小导向长度与凸模长度的关系 (mm)

凸模长度	最小导向长度
≤200	30
>200~400	40
>400~800	50
>800~1 200	60
>1 200~1 800	70
>1 800~2 500	80
>2 500~3 200	90
>3 200	100

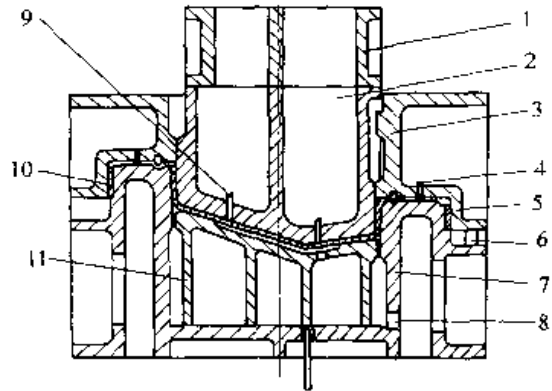


图 20.6-14 凹模与压边圈导向的双动拉深模

- 1—凸模固定板 2—凸模 3—压边圈
4—侧定位装置 5—背靠块 6—限位块
7—凹模 8—排油孔 9—气孔
10—防磨板(背靠块部) 11—顶件板

深成形的主要难点和可能出现的质量问题, 考虑在模具设计时采取的预防措施。

2) 确定压料面及冲压方向 一般来说, 在设计拉深件图时, 已充分考虑了拉深成形的变形特点和毛坯流动趋势, 确定了拉深件的形状和冲压方向。进行拉深模设计时, 要根据拉深件图所确定的法兰形状和冲压方向来考虑拉深模的压料面形状和冲压方向。

3) 确定模具结构及导向方式 采用哪种形式的拉深模和导向方式, 可以根据生产批量的大小、拉深件成形的难易程度, 对比单动拉深模和双动拉深模各自的特点综合分析选择。

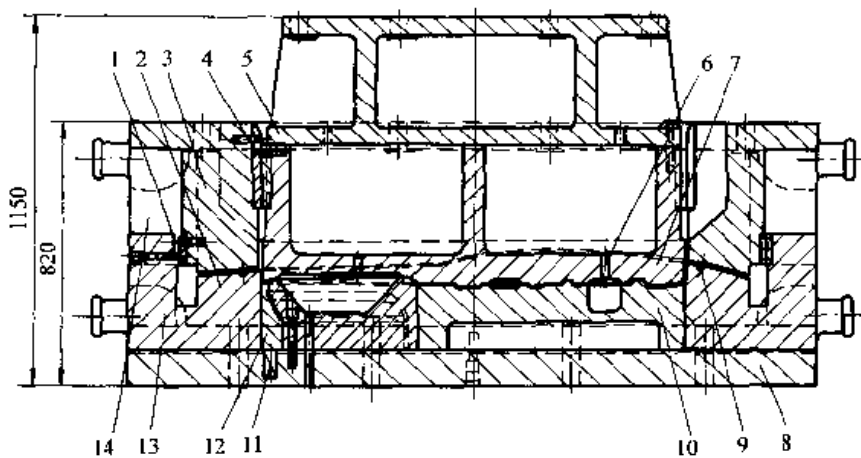


图 20.6-15 汽车车门左/右内板拉深模简图

- 1、4—防磨板 2—凹模 3—压边圈 5—固定板 6—通气孔 7—凸模 8—下底板 9—拉深肋
10—顶出器 11—弹簧 12—反成形凸模 13—导向凸台 14—导向凹槽

4) 确定拉深肋形式及布置 拉深肋的形式及布置要根据拉深件的结构形状特点及相应的毛坯变形和流动特点来设计,使其可以有效地控制毛坯的变形与流动,达到冲压成形要求。在设置拉深肋时,凹模压料面上的拉深肋槽可以适当加深,但必须保证槽宽 B ,并注意保证圆角半径 r 的大小。当布置重肋时,要注意拉深肋的高度应该从里往外逐个降低,即 $H_1 < H_2 < H_3$,如图 20.6-16 所示。

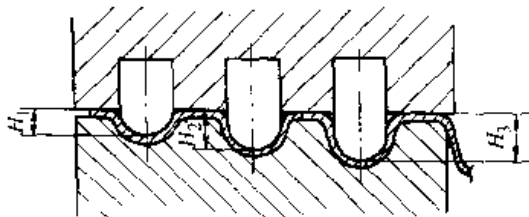


图 20.6-16 重肋的高度布置

5) 确定凸、凹模圆角等参数 汽车覆盖件是一次拉深成形的,故一般情况下拉深凸模的形状、尺寸、圆角大小都要与拉深件的相应部位的参数一样。但在利用其他措施不能解决拉深成形中的质量问题时,可以对凸模的局部圆角进行一定的放大,但必须在后工序中进行整形。拉深凹模的圆角一般设计成略小于拉深件上相应部位的圆角,以便于调模时可方便地由小圆角修成较大的圆角;而若设计了较大的圆角,在拉深模调试时将凹模圆角由大变小,需要对凹模进行堆焊修补,修模工作量大、也不经济。

1.4.2 拉深模结构设计

(1) 结构尺寸

拉深模的凸模、凹模、压边圈和固定座都采用铸件,要求既要减轻重量又要有足够的强度和刚度,因此铸件上非重要部分应挖空,影响强度和刚度的部位设加强肋。图 20.6-17 是拉深模结构尺寸图。为减少轮廓面加工量,凸模轮廓面上部应有 15 mm 空档毛坯面,压边圈内轮廓上也应留有向外 15 mm 的空档毛坯面。凹模和压边圈上的压料面一般应保证 75~100 mm。压料面宽度 K 值按拉深前毛坯的宽度再加大 40~80 mm 确定, K 值一般在 130~240 mm 范围内。

另外,铸件各部分的壁厚可参照表 20.6-3。

冲模的闭合高度应适应双动压力机的规格。内滑块除凸模上装有固定座外,还备有垫板,垫板与内滑块紧固,固定座安装在垫板上。在人工

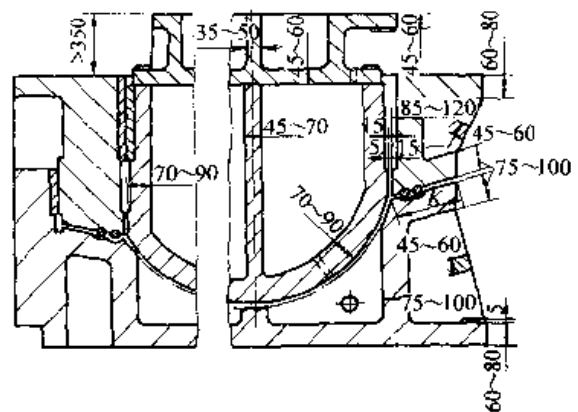
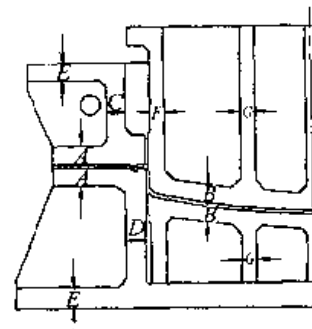


图 20.6-17 拉深模结构尺寸参数

$K = \text{拉深前毛坯的压料宽度} + (40 \sim 80) \text{ mm}$

表 20.6-3 拉深模壁厚尺寸

(mm)



模具大小	A	B	C	D	E	F	G
中、小型	40~50	35~45	35~45	30~40	35~45	30~35	30
	75~120	60~80	50~65	45~65	50~65	40~50	30~40

安装时要求固定座上平面高于压边圈上平面 350 mm 以上,以便于固定座的安装;外滑块备有外滑块垫板(亦称过渡垫板),该垫板紧固在外滑块上,压边圈安装在过渡垫板上。图 20.6-18 为在双动压力机上安装冲模时所采用的垫板示意图。

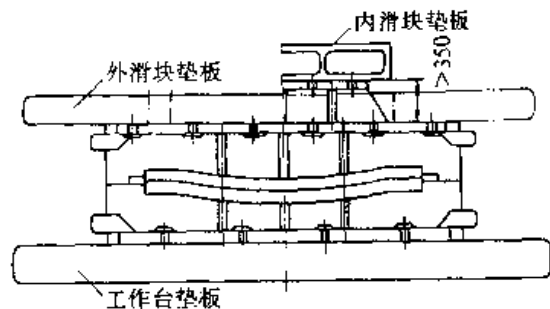


图 20.6-18 双动压力机上安装冲模所用垫板示意图

(2) 凹模结构

拉深件上的装饰棱线、装饰肋条、装饰凹坑、加强肋、装配凸包、凹坑等，一般都是在拉深模上一次成形的。拉深件的反成形形状也是在拉深模上成形。因此凹模结构除凹模压料面和凹模圆角外，内部还装有局部成形用的凸模或凹模，它们也属于凹模结构的一部分。

根据在凹模型腔内安装成形或反成形用凹模或凸模的结构不同，有闭合式凹模和通口式凹模两种结构。

1) 闭合式凹模结构 图 20.6-19 是用于车身顶盖成形的闭合式凹模结构的实例。拉深凹模的口部为直壁，靠凸模拉深成形；拉深件上有加强肋，为此，必须在凹模里装有成形加强肋用的

固定式镶件。顶盖拉深件比较浅，又没有直壁，因此不需要顶件装置。汽车覆盖件拉深模中，大多数采用闭合式凹模结构。

2) 通口式凹模结构 图 20.6-15 所示是一个通口式凹模结构的实例。凹模型腔内装有反成形窗口用的凸模 12 和成形装饰肋等用的凹模（顶出器 10），其下面放有弹簧 11 兼作顶出拉深件用。为了反成形能够压料，反成形凸模是固定的，成形装饰肋的凹模（顶出器）是活动的。凹模 2 内腔为贯通式，下面加底板 8，反成形凸模紧固其上。通口式凹模结构因其顶出器的外轮廓形状是拉深件的一部分，形状比较复杂，且顶出器与凹模型腔的配合要求也较高，因此一般无法直接在凹模的型腔中划线加工。

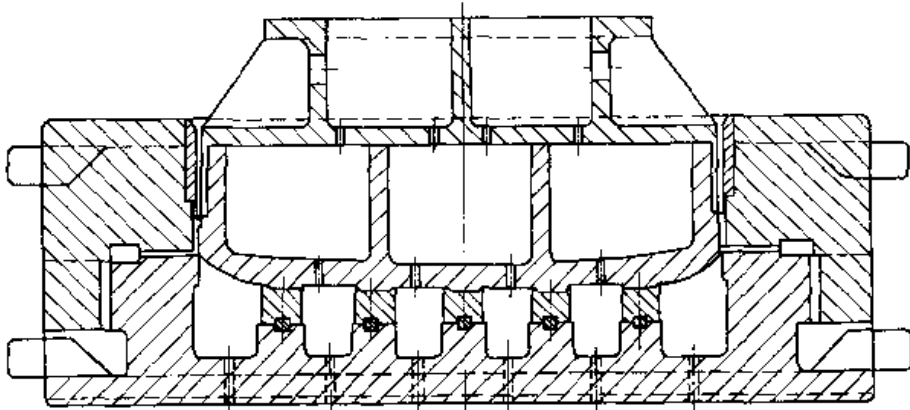


图 20.6-19 闭合式凹模结构的实例（顶盖）

(3) 拉深肋

拉深肋是控制毛坯流动和塑性变形的最主要手段之一，因而，设计拉深肋的布置与参数也是拉深模设计的重要内容。其设计原则与方法如前所述。

(4) 通气孔

拉深成形之后，凸模首先由下死点返程向上，压边圈停留一个瞬间，在压边圈停止不动的时间内，为防止凹模内被压缩了的空气对拉深件形成反压力，使拉深件产生变形甚至凹坑，必须在凹模的非工作部分钻通气孔，并能顺利地排出空气。

拉深行程完成后，压边圈推动拉深件从凸模上退下，此时，空气必须能流进拉深件和凸模之间。否则，由于拉深过程中在凸模与拉深件之间形成真空，将使拉深件紧贴在凸模表面上，随着凸模向上运动，导致拉深件可能沿其轮廓向上鼓起。因此，在凸模上也必须开通气孔。

通气孔的位置、数量及直径大小，可根据拉深件形状设计，以能顺利地排气而又不破坏拉深

件表面为宜。一般情况下，孔径为 10~20 mm。如果凸模因结构需要在凸模表面上钻出通气孔，其直径应不大于 6 mm，并应均匀分布。

1.4.3 毛坯定位方式

毛坯在凹模压料面上的定位，一般采用螺纹定位销（图 20.6-20），其位置不要求很准确，因压料面多数是曲面的，毛坯也随之呈曲面状态。定位销的位置应放在压料面比较平坦的部位，一般放在送料方向的前面和左右面。定位销可根据毛坯尺寸大小，设置 4~6 个。因为毛坯的尺寸和形状需在拉深模调整时确定，所以在模具图样上只注出定位示意图及“根据毛坯的形状配钻”的说明。

1.4.4 卸件装置

拉深结束后，拉深件被留在凹模里。取出拉深件的方法需根据生产批量的大小而有所不同。在小批量生产中，浅拉深件一般不设置卸件装置；深拉深件可以用弹簧顶出器，将拉深件顶起

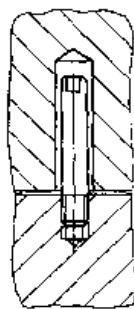


图 20.6-20 螺纹定位销

一定高度，再由操作者取出；或者在凹模压料面的适当位置，设置一组杠杆撬起装置，这种装置结构简单，操作方便，不仅在中小批量生产中多被采用，在大批量生产中也常采用。

气动卸件装置是由设置在凹模内的气缸通过托板将拉深件从凹模中托出，再由机械手或操作者将拉深件取走，操作方便、安全可靠，可减轻劳动强度。但这种装置复杂，制造费用高，所以只有在大批量流水生产中采用。

1.4.5 拉深模材料

拉深模的材料主要是指凸模、凹模和压边圈

所用的材料。凸模、凹模和压边圈尺寸大且形状复杂，只能采用铸造结构。目前采用的铸件材料主要有合金铸铁、球墨铸铁和灰铸铁。铸铁中的石墨起润滑作用，又有较好的耐磨性，加工性也好。高强度灰铸铁如 HT250、HT300 也是比较理想的拉深模材料，已越来越多地应用于制造汽车覆盖件拉深模。

2 覆盖件修边模设计

2.1 修边模结构形式

2.1.1 修边模结构类型

覆盖件翻边部分展开后，在增加工艺补充部分时，就必须考虑修边方向。修边方向有垂直修边、水平修边和倾斜修边。垂直修边方式所用模具结构简单，应尽可能采用。但当利用垂直修边方式不能满足修边要求时，就要考虑用斜楔机构进行水平修边或倾斜修边。同时，还要考虑在修边同时进行翻边的可能性。图 20.6-21 是一种垂直修边模结构；图 20.6-22 是一种同时有垂直修边和水平修边的修边模结构。

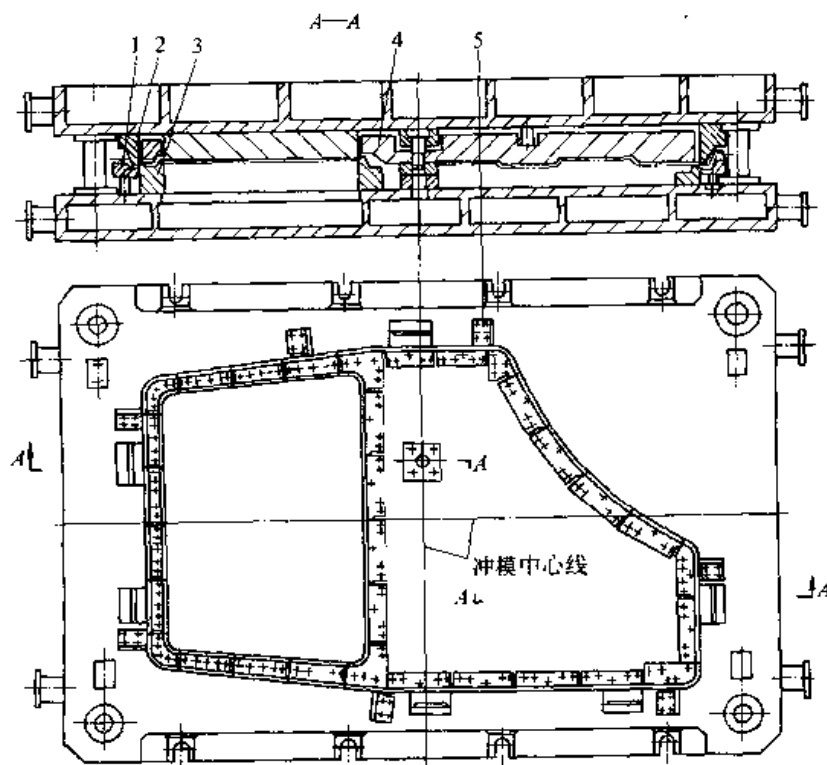


图 20.6-21 汽车车门左、右外板修边冲孔模（垂直修边模）

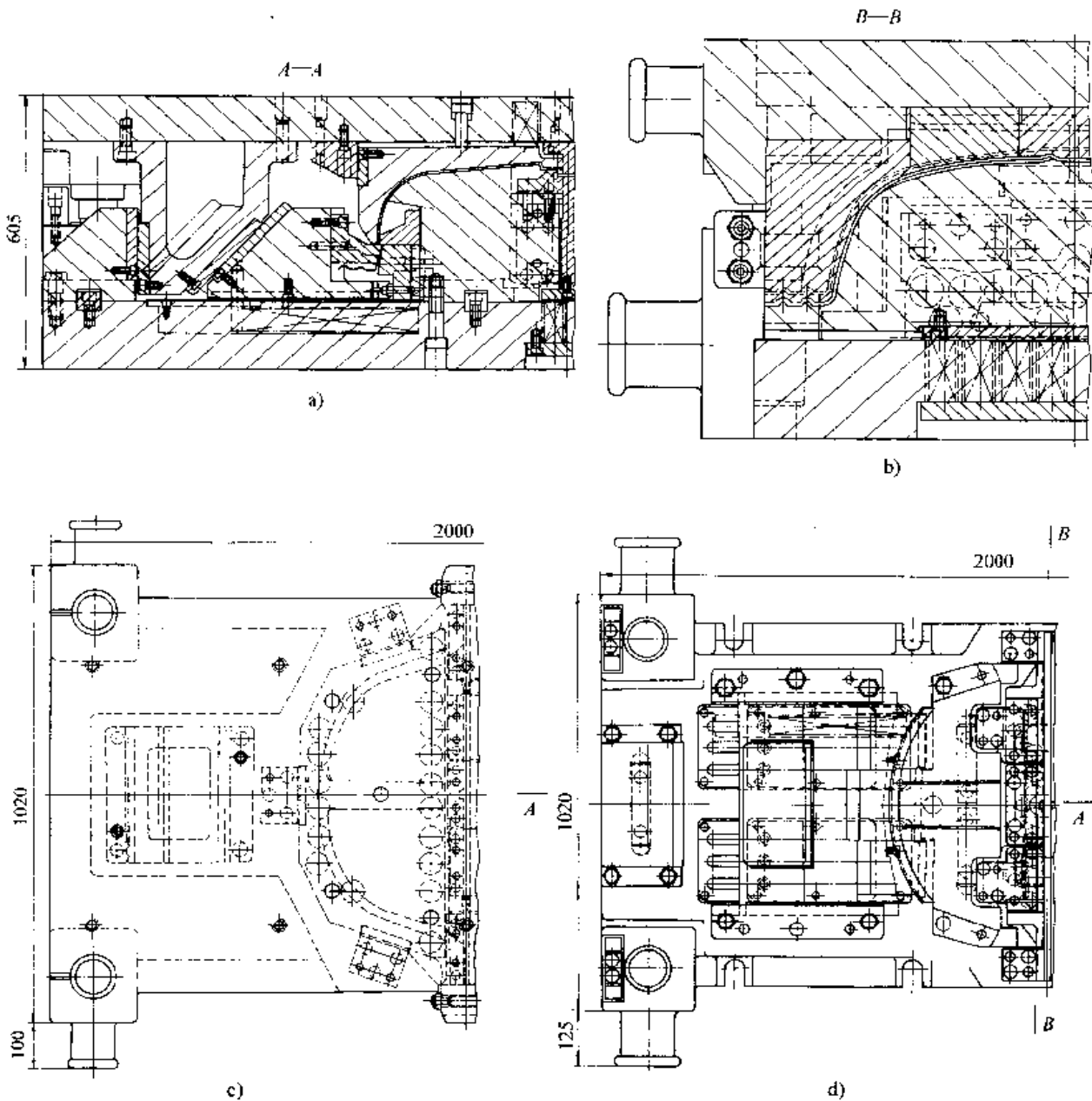


图 20.6-22 垂直水平修边模

a) 水平修边部分 b) 垂直修边部分 c) 上模结构 d) 下模结构

修边时，合理的冲裁条件应是使修边刃口的运动方向与修边型面垂直，从而形成垂直的断面，但是，这在许多覆盖件的修边中很难达到。如图 20.6-23，在斜面上进行垂直修边时，斜面与修边方向的夹角最好不小于 60° ，否则断面修边过于锋锐。修边凸模刃口成较大的钝角，容易产生毛刺，影响修边件质量及操作者安全。

2.1.2 修边模的定位方式

修边模的定位方式主要有按拉深件形状定

位、用拉深凸台定位、工艺孔定位等。

按拉深件形状定位方式可靠，并有自动导正作用。但由于要考虑定位块的结构尺寸及凹模镶件的强度，因而增加了工艺补充部分的材料消耗。图 20.6-24a 是用拉深件内侧壁定位，拉深件朝下放，并且要考虑定位块结构 A 的尺寸；图 20.6-24b 是用拉深槛定位，拉深件必须朝上放，并且要考虑凹模镶件的强度即 B 的尺寸。

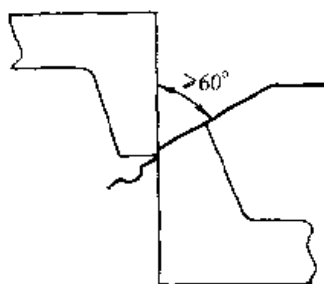


图 20.6-23 斜面上垂直修边示意图

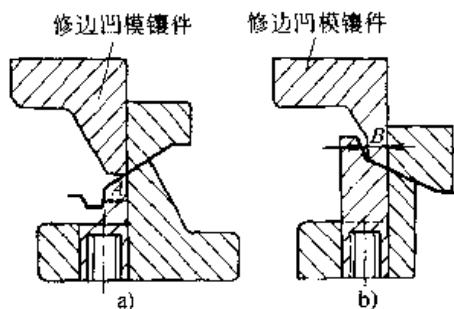


图 20.6-24 拉深件修边时的定位

有些拉深件本身的形状不容易在修边时定位，为此可在工艺补充部分加上修边时定位用的凸台，或在工艺补充部分上加工出修边时定位用的工艺孔，在拉深时成形出来，修边时切掉成为废料。

2.2 刃口镶块

覆盖件多为三维曲面，修边轮廓形状复杂，并且尺寸大，为了便于制造、维修与调整，并满足冲裁工艺要求，因此镶件必须进行分块设计。

按修边制件图绘制凸模和凹模镶件图时，不标注整体尺寸。在凸模镶件图上注明“按修边样板加工”；在凹模镶件图上，则注明“按凸模镶件配制，考虑冲裁间隙”。

镶件分块应遵循以下几个原则：

1) 小圆弧部分单独作为一块，接合面距切点 5~10 mm。大圆弧、长直线可以分成几块，接合面与刃口垂直，并且不宜过长，一般取 12~15 mm。

2) 凸模上和凹模上的接合面应错开 5~10 mm，以免产生毛刺。

3) 易磨损比较薄弱的局部刃口，应单独做成一块，以便于更换。

图 20.6-25 所示为镶件固定与定位的一般形

式。修边镶件的长度一般取 150~300 mm，镶件太长则加工和热处理不方便，太短则螺钉和柱销不好布置。图 20.6-26 是修边镶件断面结构尺寸。为保证镶件的稳定性，镶件高度 H 与宽度 B 应有一定的比例，一般取 $B = (1.2 \sim 1.5) H$ 。

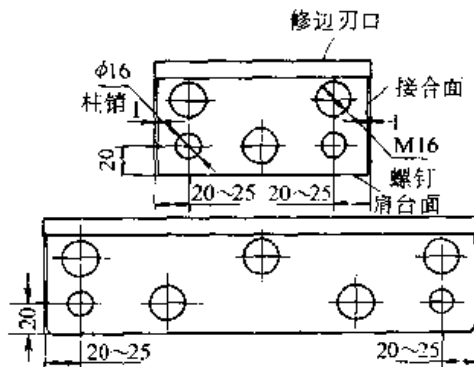


图 20.6-25 修边镶件的固定和定位

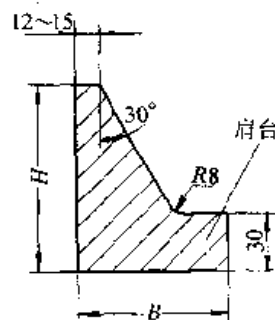


图 20.6-26 修边镶件的断面

修边刃口是立体曲面时，高度差比较大，为了降低修边镶件高度，保证其稳定性，可以将镶件的底面做成阶梯状，并在上下底板或固定板的相应位置，也做成阶梯形状，如图 20.6-27 所示。

为了便于制造和维修，修边凸模镶件和冲孔凹模镶件应做成两体。这时还可以将凸模镶件局部开槽或开孔，放入冲孔凹模，如图 20.6-28 所示。但是必须考虑是否会影响凸模镶件强度和热处理变形等，在这种情况下镶件可设计得短一些，以便更换。

经常使用的镶件材料为 T10A 工具钢，热处理硬度 58~62HRC。因镶件是整体加热淬火，变形大，因此镶件需留有淬火后的精加工余量。由于要精加工，就导致制造周期长，费用高。

目前，7CrSiMnMoV 空冷钢已逐渐代替原来的 T10A 工具钢，其优点是凸凹模镶件加工好以

后只需在刃口部分局部火焰加热空气冷却淬火, 硬度为 58~62HRC。由于淬火变形小, 不需再修整刃口间隙。

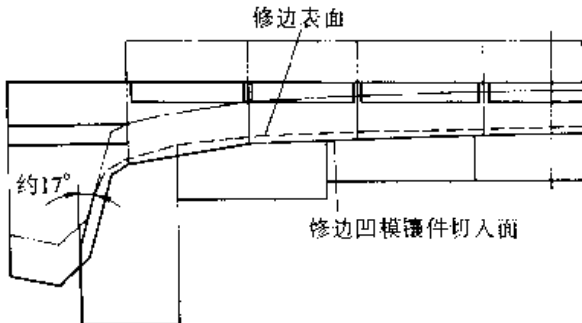


图 20.6-27 阶梯状的修边镶件

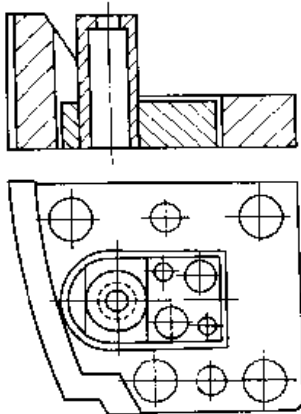


图 20.6-28 修边冲孔复合刃口镶件

另外, 铸造 7CrSiMnMoV 空冷钢用于形状复杂的覆盖件修边以及冲孔的凸凹模镶件, 镶件可以按冲裁要求的形状铸出, 仅在安装基准面、接合面和刃口处留出加工余量, 其余部位均不需要加工。需要加工的部位, 一次加工到要求的尺寸, 经钳工精修后, 即可进行火焰加热空气冷却淬火, 其硬度完全可以满足冲裁模的使用要求。这样, 可大大简化制模工艺, 缩短制模周期, 节省费用, 模具镶件的刃口还可以进行堆焊、补焊, 便于维修。

2.3 废料切断刀的布置

除以上主要零件外, 在设计覆盖件修边模时还需要考虑好废料刀的安排、废料的分块与排除方式等问题。

对封闭修边或三面修边, 将修边后的废料从修边凸模上取下来很不容易, 必须用废料刀将废料分割成几块。分割后, 也有利于将废料打包运输。

废料刀的位置一般设置在废料最窄处, 且有利于废料的排除。废料刀的刃口要有一定的角度, 防止废料卡在废料刀之间, 其排列有顺向排列和对向排列两种。手工排除废料时一块废料的长度一般不超过 800 mm; 机械自动排除废料时, 一块废料的长度一般不超过 600 mm。

2.4 斜楔滑块结构

冲压加工一般为垂直方向, 即滑块带动上模作垂直方向的运动, 完成加工动作, 而当制件的加工方向必须是水平或倾斜方向时, 就需要采用斜楔机构把滑块的垂直运动改变成模具工作部件的水平方向或倾斜方向的运动。采用斜楔机构的模具又称为斜楔模。在汽车覆盖件冲压工艺中, 斜楔模常用于修边、翻边、切口、弯曲、冲孔等工序。

2.4.1 斜楔机构与斜楔图

图 20.6-29 是一种常见的斜楔机构, 它主要由斜楔传动器 (简称斜楔) 3、斜楔滑块 (简称滑块) 2、防磨板 1、复位组件 (4、5、6、7、8、9、10、11) 等组成。当斜楔 3 随上模向下运动时, 与滑块 2 接触并迫使其沿水平方向向左运动, 完成水平方向的加工动作; 当斜楔回程向上运动时, 滑块在螺栓 4、弹簧 6 等复位部件的作用下沿水平方向向右运动, 复位到原来的状态。

图 20.6-30 为斜楔机构运动示意图。图中所示 α 角为斜楔倾角, β 角为滑块倾角, γ 角为滑块运动方向与斜楔垂直运动方向所成的角度。

根据滑块的运动方向可将斜楔机构分为三种。滑块作水平方向运动的称为水平运动斜楔机构, 适用于 $80^\circ \leq \gamma \leq 100^\circ$, 即加工方向向上和向下倾斜 10° 的范围; 滑块作向下倾斜运动的称为正向倾斜斜楔机构 (一般 $\gamma < 80^\circ$); 滑块作向上倾斜运动的称为反向倾斜斜楔机构 (一般 $100^\circ < \gamma \leq 105^\circ$)。

反映斜楔与滑块之间运动关系的图称为斜楔图, 它是设计斜楔结构的必要基础。图 20.6-30b 为斜楔图, S_1 为斜楔开始与滑块接触运动至下死点的距离, S 为滑块行程或称滑块移动距离。

斜楔图的作法是: 首先根据加工工艺确定滑块的行程 S , 并给定斜楔倾角 α 、滑块倾角 β 和滑块移动方向 γ 角。然后, 取竖直线 XM , 在其上取 O 点, 由 O 点沿滑块移动方向 (即与 OX

成 γ 角方向)作直线取 $OA = S$,由 A 点作 $\angle OAB = \beta$ 交 OX 于 B 点。则 B 点即为斜楔与滑块开始接触点。斜楔与滑块接触前必须与后挡块预先有不小于25 mm的导向量,并由此决定后挡块与斜楔开始导向点 C 。这样即可作出如图20.6-30b所示的斜楔图。

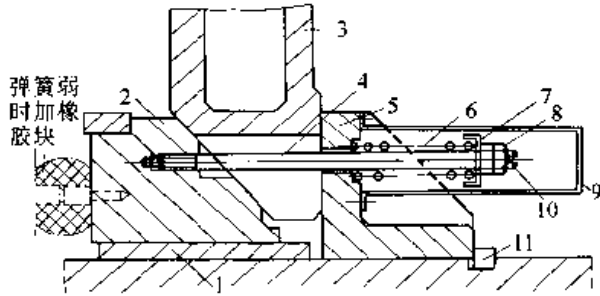


图 20.6-29 斜楔机构

- 1—防磨板 2—斜楔滑块 3—斜楔传动器
- 4—弹簧调整螺栓 5—后挡块 6—弹簧
- 7—弹簧座 8—双螺母 9—外罩
- 10—开口销 11—键

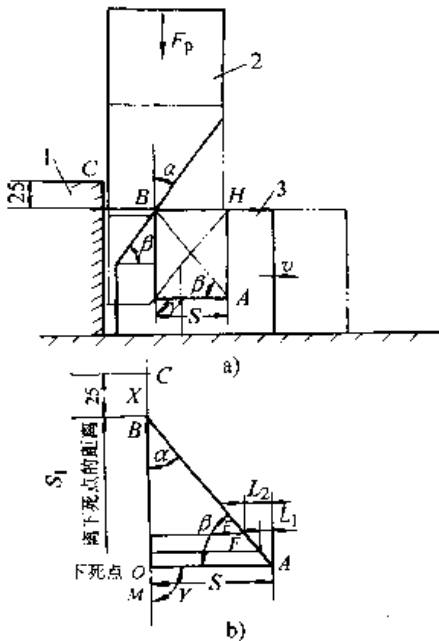


图 20.6-30 斜楔机构运动示意图

a) 运动示意图 b) 斜楔图

- 1—后挡块 2—斜楔 3—滑块
- α —斜楔倾角 β —滑块倾角 γ —滑块运动方向与斜楔竖直运动方向所成的角度

2.4.2 斜楔受力分析

设计斜楔模时,设备的压力、模具的强度与刚度、斜楔机构复位弹簧力等的确定,都必须以斜楔机构的受力分析为基础。

斜楔机构完成加工工艺所需的加工力,主要包括冲压力、卸料力、复位机构的弹簧力等。所谓冲压力是指完成冲压加工所需的工艺力,如冲裁力、弯曲力、成形力等。卸料力是指弹性卸料板的卸料力或衬垫的出件力等。而斜楔滑块复位机构的弹簧力是指复位弹簧和辅助复位橡胶块等的压缩力。因此,加工力是根据加工工艺的要求及具体结构确定的,是斜楔机构设计以及选择设备的重要依据。

(1) 水平斜楔的受力

水平斜楔机构的斜楔与滑块的受力情况如图20.6-31所示。由图中几何关系可以得到作用于斜楔及滑块上各分力:

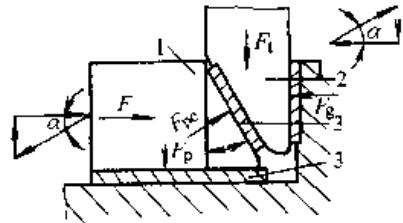


图 20.6-31 水平斜楔机构的斜楔与滑块的受力情况

1—滑块 2—斜楔 3—防磨板

斜楔与滑块间的垂直分力 F_{pe}

$$F_{pe} = F / \cos \alpha \quad (20.6-1)$$

滑块与下模座间的垂直分力 F_p

$$F_p = F \tan \alpha \quad (20.6-2)$$

斜楔力 F_t

$$F_t = F_p = F \tan \alpha \quad (20.6-3)$$

斜楔与后挡块间的正压力 F_g

$$F_g = F \quad (20.6-4)$$

以上各式中, F 包括工艺力(如修边时的冲裁力)、复位弹簧力等;但各式中没有考虑摩擦副中的摩擦力。

(2) 正向倾斜斜楔的受力

向下倾斜运动的斜楔滑块(简称滑块)运动方向与水平线间夹角为 θ , $\theta = 90^\circ - \gamma$ 。正向倾斜斜楔机构的斜楔与滑块的受力情况如图20.6-32所示。由图中几何关系可以得到作用于斜楔及滑块上各分力:

斜楔与滑块间的垂直分力 F_{pe}

$$F_{pe} = F / \cos(\alpha - \theta) \quad (20.6-5)$$

滑块与下模座间的垂直分力 F_p

$$F_p = F \tan(\alpha - \theta) \quad (20.6-6)$$

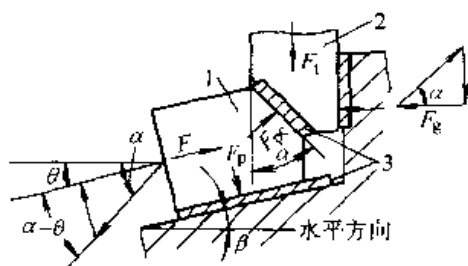


图 20.6-32 正向倾斜斜楔机构的斜楔与滑块的受力情况

1—滑块 2—斜楔 3—防磨板

斜楔力 F_1

$$F_1 = F_{pe} \sin \alpha = F \sin \alpha / \cos(\alpha - \theta) \quad (20.6-7)$$

斜楔与后挡块间的正压力

$$F_g = F \cos \alpha / \cos(\alpha - \theta) \quad (20.6-8)$$

(3) 反向倾斜斜楔

向上倾斜运动的斜楔滑块(简称滑块)运动方向与水平线间夹角为 $\theta = \gamma - 90^\circ$ 。反向倾斜斜楔机构的斜楔与滑块的受力情况如图 20.6-33 所示。由图中几何关系可以得到作用于斜楔及滑块上各分力:

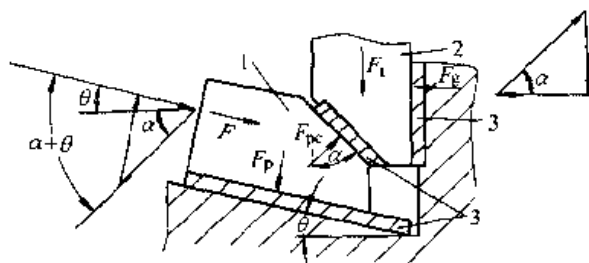


图 20.6-33 反向倾斜斜楔机构的斜楔与滑块的受力情况

1—滑块 2—斜楔 3—防磨板

斜楔与滑块间的垂直分力 F_{pe}

$$F_{pe} = F / \cos(\alpha + \theta) \quad (20.6-9)$$

滑块与下模座间的垂直分力 F_p

$$F_p = F \tan(\alpha + \theta) \quad (20.6-10)$$

斜楔力 F_1

$$F_1 = F_{pe} \sin \alpha = F \sin \alpha / \cos(\alpha + \theta) \quad (20.6-11)$$

斜楔与后挡块间的正压力

$$F_g = F \cos \alpha / \cos(\alpha + \theta) \quad (20.6-12)$$

2.4.3 斜楔的设计程序

1) 确定滑块移动距离 S : $S = L_1 + Z_c$ 。其中

L_1 为在运动方向上加工所需的行程量; Z_c 为考虑取出和放入制件时操作所必须的最小操作间隙。

2) 确定滑块倾角 β 。如果滑块行程一定, 随着滑块倾角 β 变大, 斜楔的运动距离也随之增大; 反之, 若 β 变小, 斜楔的运动距离即减小, 但滑块上所承受的垂直载荷变大。因此 β 值不能太小, 水平运动斜楔一般取 $\beta = 50^\circ \sim 60^\circ$, 如果冲压加工行程不够时, 也可取 $\beta = 45^\circ$; 正向倾斜斜楔和反向倾斜斜楔时, 一般取 $\alpha = \beta = (180^\circ - \gamma) / 2$ 。

3) 根据滑块行程 S 和滑块倾角 β 作出斜楔图。

① 确定斜楔与滑块的开始接触点 B 。在与竖线成 γ 角的方向上取 $OA = S$, 作 $\angle OAB = \beta$, 与竖轴交 B 点, 此点即为斜楔与滑块的开始接触点。

② 确定后挡块与斜楔开始导向点 C 。根据后挡块与斜楔的预导向量不小于 25 mm 决定 C 点。

③ 确定卸料板位置 E 点。根据卸料板或压制件的需要决定卸料板压制件的起始点 E 点。

4) 综合分析斜楔模的动作关系, 对滑块行程 S 及滑块倾角 β 作适当调整。

2.4.4 滑块复位机构

斜楔由上模带动回程时, 滑块也要相应地返回到原来位置。使滑块复位的机构有: 用弹簧或气缸拉回滑块复位; 由斜楔强制带动滑块复位(由斜楔上下运动带动滑块前后或左右运动)。

复位弹簧使滑块复位的力可按式计算:

$$F = KF_1 \quad (20.6-13)$$

式中 F ——弹簧复位力;

K ——考虑润滑、滑块部位精度等因素所取的安全系数, 一般取 3~5;

F_1 ——移动滑块所需的力。

F_1 的大小根据不同的斜楔形式其计算公式也不同:

(1) 水平斜楔(图 20.6-34a)

在拉动滑块开始返回动作时, 其拉力 F_1 与反向摩擦力 F_2 相平衡, 即 $F_1 = F_2$ 。

$$\text{因为 } F_2 = \mu W \quad (20.6-14)$$

$$\text{所以 } F_1 = \mu W \quad (20.6-15)$$

式中 F_1 ——拉动滑块所需的力;

μ ——滑块面上的摩擦系数, 取 $\mu = 0.4$;

W ——滑块重量。

(2) 正向倾斜斜楔(图 20.6-34b)

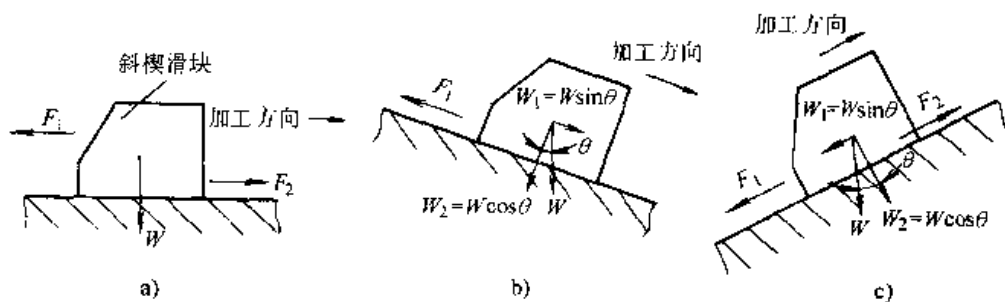


图 20.6-34 斜楔机构复位受力简图

a) 水平斜楔 b) 正向倾斜斜楔 c) 反向倾斜斜楔

在滑块返回复位时，滑块作向上倾斜运动。当滑块开始返回时，与向上拉动滑块的力 F_1 相平衡的是压在滑块面上的垂直力 W_2 产生的反向摩擦力及由滑块自重而产生的下滑力 W_1 之和，即

$$F_1 = \mu W_2 + W_1 = \mu W \cos \theta + W \sin \theta \quad (20.6-16)$$

式中 F_1 —— 拉动滑块所需的力；
 μ —— 滑块面摩擦系数，取 $=0.4$ ；
 W —— 滑块的重量；
 W_1 —— 滑块下滑力；
 W_2 —— 滑块面上正压力；

θ —— 滑块面与水平面的倾角。

(3) 反向倾斜斜楔 (图 20.6-34c)

在滑块复位时，滑块作向下倾斜运动。当滑块开始返回动作时，向下拉滑块的力 F_1 与由自重而产生的下滑力 W_1 之和与摩擦力 ($F_2 = \mu W_2$) 相平衡。

$$F_1 + W_1 = \mu W_2 \quad (20.6-17)$$

$$F_1 = \mu W \cos \theta - W \sin \theta \quad (20.6-18)$$

2.4.5 退件机构

用斜楔模加工的制件若形成向内包容的空间形状时 (图 20.6-35)，必须考虑零件从模具中取出的问题，在模具上要设计出退件机构。



图 20.6-35 斜楔模加工的制件举例

在斜楔模中常用的退件方式有：用气缸直接作退件器 (图 20.6-36)，退件器与活动定位装置连接在气缸上顶出制件 (图 20.6-37)，退件器固定在活动定位装置上退出制件 (图 20.6-38)，使用双斜楔进行退件等。

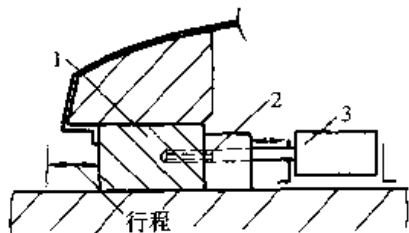


图 20.6-36 气缸退件器

1—退件器 2—止动螺钉 3—气缸

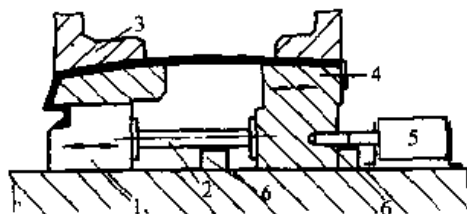


图 20.6-37 退件器与定位装置
连接在气缸上退件

1—退件器 2—连接器 3—衬垫
4—活动定位装置 5—气缸 6—限位器

3 覆盖件翻边模设计

3.1 翻边模结构形式

根据翻边凸模或翻边凹模的运动方向及其特

点，翻边模主要有以下几类：

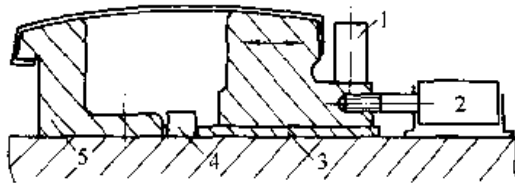


图 20.6-38 退件器固定在活动定位装置上退件

1—退件器 2—气缸 3—防磨板
4—限位器 5—凹模

1) 垂直翻边模 凸模或凹模作垂直方向运动，其结构简单。制件翻边后包在凸模上，退料时需推动翻起的竖边，因此必须各处同时推，否则会造成因退料使制件变形。当制件厚度较小时，还需要在凸模上增加顶出装置（图 20.6-39）。

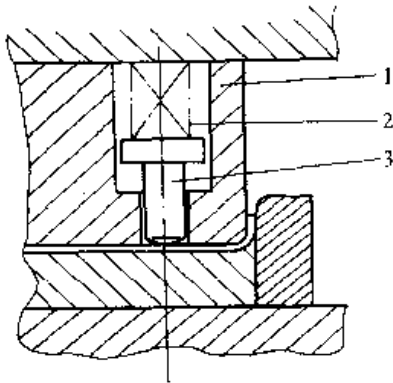


图 20.6-39 垂直翻边及装在凸模内的退件装置

1—凸模 2—弹簧 3—打料器

2) 凹模单面向内作水平或倾斜方向运动的斜楔翻边模 翻边后制件能够取出，因此凸模是整体的（图 20.6-40）。

3) 凹模对称两面向外作水平或倾斜方向运动的斜楔翻边模 翻边后制件可以取出。

4) 凹模对称的两面向内作水平或倾斜方向运动的斜楔模 翻边之后制件包在凸模上，无法取出，必须将凸模作成活动可分的，翻边时将凸模扩张成翻边形状（图 20.6-41）。这类冲模的结构比较复杂。

5) 凹模三面或封闭向内作水平或倾斜方向运动的翻边模 翻边之后制件包在凸模上，无法取出，必须将凸模作成活动可分的，翻边时将凸模扩张成翻边形状。这类冲模的结构就更复杂。

6) 覆盖件窗口封闭向外翻边的斜楔翻边模 翻边后制件包在凸模上，无法取出。必须将凸模做成活动可分的，翻边时缩小成翻边形状，而翻边凹模是扩张向外翻边的（图 20.6-42）。这类翻边模是最复杂的。

在上面所列的后三种翻边模，都具有翻边凸模的扩张结构。因为覆盖件向内的翻边一般都是沿着覆盖件轮廓，翻边以后制件是包在凸模上的，无法取出，必须将翻边凸模做成活动可分的。在压力机滑块行程向下翻边以前，利用斜楔的作用将缩着的翻边凸模扩张成翻边形状后即停止不动，在压力机滑块行程继续向下时翻边凹模进行翻边。翻边以后凹模在弹簧的作用下回程，

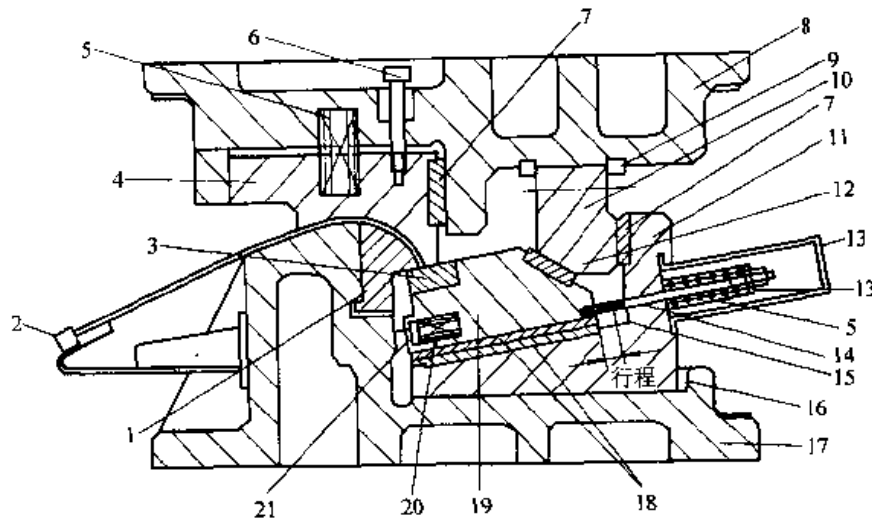


图 20.6-40 向下倾斜运动斜楔翻边模

1—凹模（工具钢嵌入） 2—定位装置 3—凸模（工具钢嵌入） 4—衬垫 5—弹簧 6—定位螺栓
7、18—导板（防磨板） 8—上模座 9—键 10—斜楔传动器 11—后挡块 12—传动板（防磨板）
13—弹簧罩 14—双头螺柱 15—停止器 16—垫板 17—下模座 19—斜楔滑块 20—辅助弹簧 21—弹销

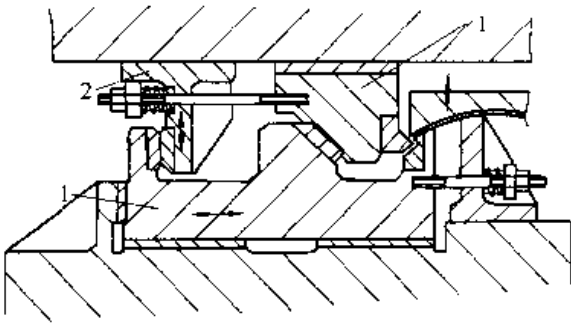


图 20.6-41 单向斜楔和上模滑动斜楔组合和斜楔结构
1—斜楔滑块 2—斜楔传动器

然后翻边凸模靠弹簧的作用返回原位，取出制件。翻边凸模的扩张行程以能取出翻边制件为准。这种结构称为翻边凸模扩张结构，俗称翻边凸模开花结构。图 20.6-43 为某汽车覆盖件翻边压圆角模翻边凸模镶件的扩张结构。

3.2 翻边镶块

在制件的翻边轮廓的变化较大时，往往需要从几个不同方向进行翻边，即不同的凹模镶件的运动方向将是不同的。根据翻边轮廓变化的大小，可以采取在修边工序中修出几个缺口或不同

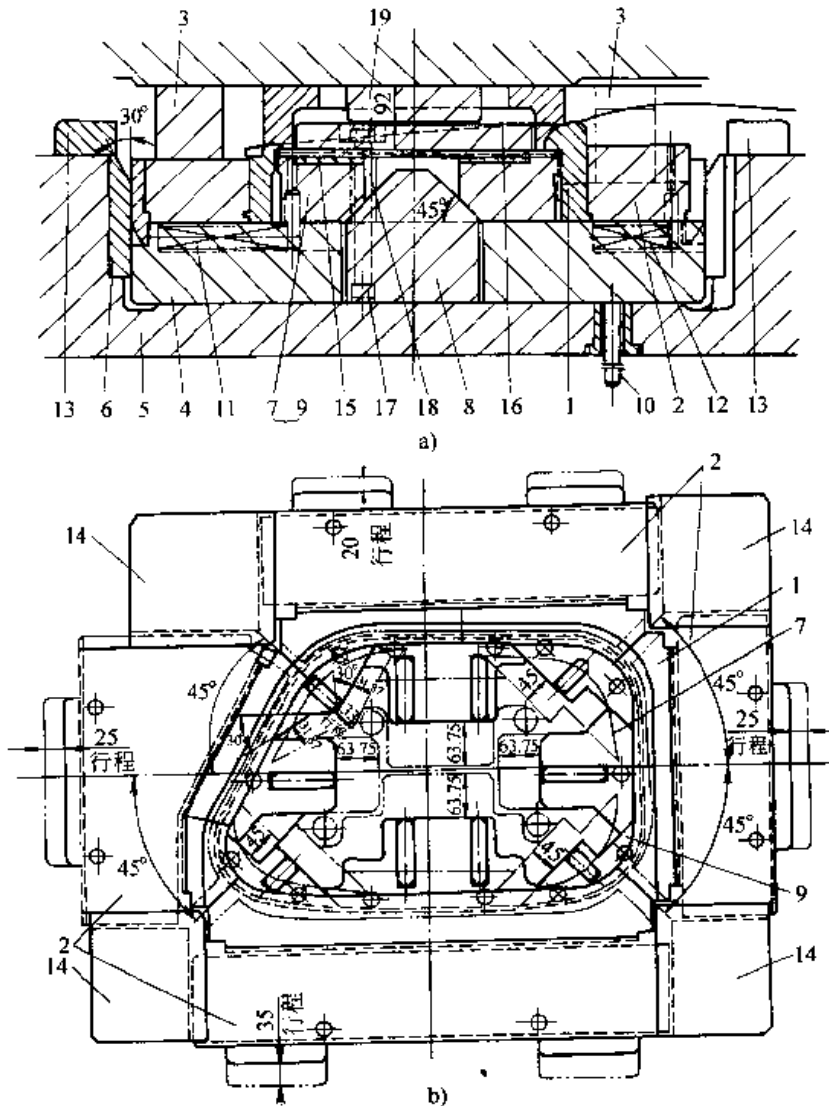


图 20.6-42 车门外板窗口翻边时的凸模缩小结构和凹模扩张结构
1—凸模镶件 2—滑块 3—压块 4—活动底板 5—模板 6、8—斜楔
7—直面翻边凹模 9—拐角翻边凹模 10—托杆 11、12—弹簧 13—限位块
14—导板 15—导键 16—压板 17—螺栓 18—套筒 19—限程压块

方向的翻边凹模镶件先后进行翻边等方式来提高翻边质量。也可以通过凹模镶件前沿的轮廓线与翻边轮廓线不重合,使不同部位的翻边顺序进行,改变材料的流动情况,达到提高翻边质量的目的。

在布置凹模镶件时,分块的接合面不要分在凸形的翻边处。因凸形处属于压缩类翻边,材料厚度增加后会挤入接合面的接缝中,加快镶件的磨损。应将易于磨损的区域集中在一块镶件上,便于维修和更换。

3.3 翻边模材料

翻边凸模工作时,受力较小,磨损也较小。整体的翻边凸模尺寸大,形状复杂,为了结构简化和制造方便,不用镶件式而设计成整体的铸造结构。材料可选用铬钼钒合金铸铁或灰铸铁。对于局部表面进行火焰淬火、空冷。

翻边凹模工作时,受力较大,磨损也比较大,在大批量生产中,应设计成镶件结构。镶件材料多采用 T10A,热处理硬度 58~62HRC。

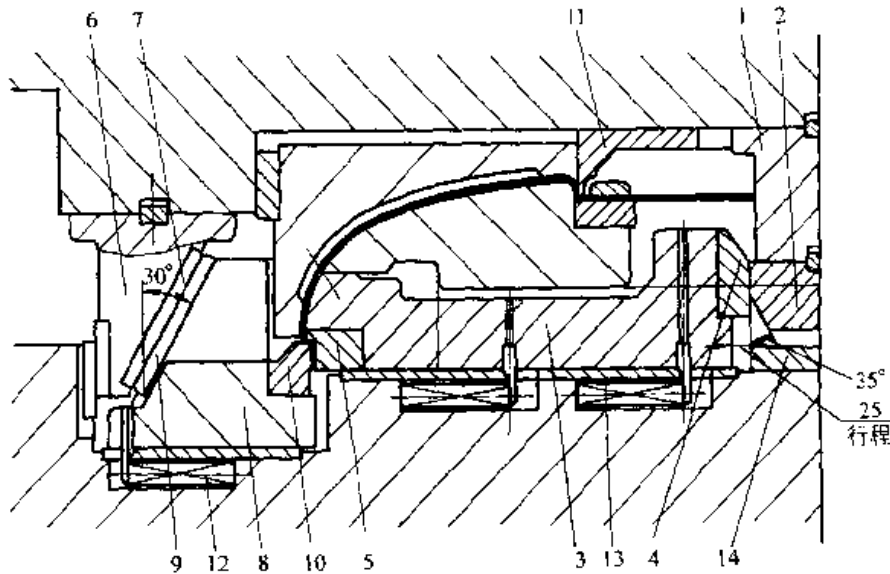


图 20.6-43 某汽车覆盖件翻边压圆角模翻边凸模镶件的扩张结构

1—斜楔座 2、6—斜楔 3、8—滑块 4—楔形块 5—翻边镶件 7、9—防磨板
10—翻边凹模镶件 11—凸模镶件 12、13—弹簧 14—限位块

4 覆盖件拉深模的调试

冲模在制造完成之后,都要进行模具调试。汽车覆盖件冲模中,修边模、翻边模、冲孔模等的调试与一般冲模的调试大同小异,但调试工作量要大得多。大多数情况下,以目前的冲压生产技术水平,还不能定量地给出材料在成形过程中的塑性变形规律和准确地计算出模具参数,只能大量地借助于工程技术人员的经验来弥补未知因素的不足。只有通过高质量的模具调试,才能解决模具设计的不足而导致的冲压质量问题,使汽车覆盖件冲压成形成功。因此,汽车覆盖件拉深模的调试具有其特殊的意义与特点。

4.1 拉深模调试应解决的问题

为使拉深模在投入生产使用时具有稳定生产

高质量制件的良好性能,在进行冲模调试时应主要解决以下问题:

(1) 鉴定零件设计和拉深件设计的冲压工艺性

通过模具调试,鉴定冲压零件的冲压工艺性如何。在零件的冲压工艺性极差的情况下,要将此情况反馈到产品设计部门,建议在保证零件必要功能的前提下,适当修正零件的形状与尺寸,改善零件的冲压工艺性,以保证零件的质量和冲压生产的稳定性,或减小冲压难度,降低产品的生产成本。同时,要确定拉深件的形状与尺寸是否合理,不合理的部分要重新进行设计,或在冲模调试时加以修改。

(2) 鉴定冲压工艺、冲模结构及模具参数的合理性

冲压工艺设计、冲模设计中给出了冲压工艺

参数和冲压加工条件等。这些工艺参数和加工条件是否合理,必须通过模具调试来加以验证,并依据质量管理标准中给定的产品质量标准鉴定冲压件的质量和冲模的各种功能,并修正其不合适的地方。

(3) 确认冲压作业的作业特性和安全特性

在确定冲压作业特性时,要确定模具的安装程序,该作业工序毛坯与冲压件的装卸特性如何,润滑方式及操作方式如何,该作业工序中模具与机械化或自动化装置的相关性如何,以及它们对稳定批量生产的适应性等。

在确定冲压作业的安全特性时,要确定操作者在冲压作业时的安全性,设备连续运行工作时的安全性,以及模具在连续工作中的安全性等。

(4) 确定选材

冲压件的材料一般在进行产品设计时就进行了选择,这时主要是从零件的使用性能要求等方面来考虑的,但这种选择不可能详细地考虑板材的加工性能,在进行冲压工艺设计和冲模设计时给出了毛坯的形状和尺寸,对汽车覆盖件一般只给出大概的毛坯形状与尺寸。因此,在冲模调试过程中,要根据冲压件的质量要求、板材冲压性能和冲压变形特点确定板材的品种和毛坯的形状与尺寸,使之能够既符合零件的功能和质量要求,又能使冲压生产稳定性好,成本低。

(5) 确认作业顺序

作业顺序表是对操作工人进行冲压作业的技术文件要求,其内容有的部分是在工艺设计和模具设计时给出的,还有一部分是在冲模调试时确定的。主要内容包括:设备、模具、毛坯的准备、冲压条件的确定、加工操作顺序、模具装卸顺序以及进行各项工作所需要的时间、操作人数、加工节奏、工作地布置等。这些都要根据工艺文件要求及生产现场的实际情况来确定。然后将这些内容汇总成冲压作业顺序表。

(6) 确定生产效率和生产成本

在冲模调试时,还要根据冲压作业的情况(如设备、模具、材料、润滑、操作者等)来确定生产节奏、生产效率、并核算生产成本。

(7) 确定模具维修保养所必须的项目及其准备工作

为保证生产效率、生产高质量的冲压件,必须使模具处于良好的工作状态。所以,在模具调

试时,要研究该模具的正常磨损及不生产时的维修方案,模具拆装和更换易损零件的难易程度,制定长期的模具维修计划。

(8) 整理有关资料

模具调试结束后,模具调试人员要将各项工作汇总成技术资料,进行存档。

4.2 调试程序

4.2.1 模具调试前的准备工作

(1) 认真研读技术文件

调试人员在进行模具调试之前要认真研读冲压工艺文件和冲模设计图样,不仅要了解该工序的作业内容,而且要充分理解设计思想,明确该冲压件在该工序中的质量要求、技术要求和技术特点、模具的结构特点、作业顺序和特点以及该工序对后工序的影响等。

(2) 分析冲压件变形特点

汽车覆盖件拉深成形的变形十分复杂,在拉深模调试之前要对拉深件的变形特点进行尽量详细的分析,找出其变形特点、可能出现的质量问题及部位。变形分析时可参见本书第19篇第4章中介绍的变形分析方法。

(3) 毛坯准备

根据工艺文件所要求的板材型号、形状、尺寸准备好毛坯,同时准备几种比工艺文件所要求的性能好或差的板材作为选材备用。

为分析冲压件可能产生问题的原因并找出解决办法,必须了解毛坯在冲压成形过程中的变形情况。因此,在调试之前,应在毛坯上对应可能出现问题的部位制出网格(可用划线、感光复制、电蚀法等),以便试压后测量毛坯变形情况。

(4) 成形极限图的准备

汽车覆盖件拉深成形时,凹模内的毛坯一般产生双向拉应力下的塑性变形,对这种塑性变形不能用单向拉伸时的塑性变形指标来衡量,而应用表示板材在双向拉应力下的塑性变形能力的成形极限图(简称FLD)来衡量。因此,为解决调试时出现的塑性破坏问题、选择合理材料,应提前准备好相关板材的FLD。

(5) 设备的准备

调试前,要按照模具安装要求调整好压力机的闭合高度、校平压力机滑块、气垫或液压缸压力、顶杆数量和长度等,并进行数次空行程运

行, 确认设备处于良好状态。

4.2.2 冲模调试

(1) 空行程调试

安装好模具, 在进行正式试冲之前, 要利用压力机的寸动功能使滑块上下运动几次, 确认上、下模具工作部分、导向部分的接触情况, 调节压边力、顶出缸行程等。

(2) 试压

用工艺文件给出的形状和尺寸并已制上网格的毛坯, 采用阶段拉深法进行试压。

根据制件结构特点可将其深度分成三段或四段, 如图 20.6-44, $h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$ 。即把制件总深度分成几次拉深来完成, 第一次拉深深度为 h_1 , 将毛坯拿出模具后, 对欲知变形部位进行网格测量; 然后再将毛坯放入模具进行第二段 h_2 的拉深, 拿出毛坯进行与第一阶段相同部位的网格测量 (若发现与预测不同的问题, 可及时调整测量部位) …… , 直至最后成形出制件, 进行最后一次网格测量。

(3) 绘制变形状态图

用分段试冲后测量得到的数据进行计算得出两个主应变值 ϵ_1 和 ϵ_2 , 在应变坐标系中确定一个坐标点。将一个测量点在各阶段的应变坐标点连接, 这条折线就是该测量点的变形路径; 将同一阶段各测量点的应变坐标相连, 就是该变形时刻的应变状态曲线。该图就是变形状态图 (简称 SCV), 如图 20.6-45。

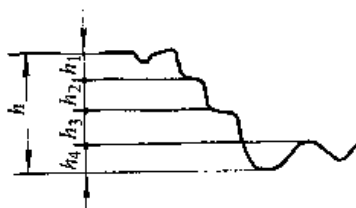


图 20.6-44 试冲分段示意图

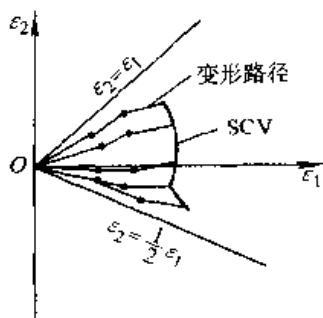


图 20.6-45 变形状态图

(4) 利用 SCV 和 FLD 分析问题

利用 SCV 和 FLD 可以对拉深成形过程中产生的双向拉应力下的塑性断裂问题进行分析, 找出解决问题的措施, 选择合理冲压材料等。

如图 20.6-46 所示, 将材料的 FLD 和 SCV 曲线画在同一坐标中进行比较, 可见图中的 SCV 曲线上的 A 点已与该材料的 FLD 曲线相重合, 该点产生破裂。它处于两向伸长的变形状态, 要使 A 远离破裂边缘, 就要减小 ϵ_1 值或增大 ϵ_2 值; 对于 B 点, 它处于平面应变状态, 这种状态下的变形极限最小, 减小 ϵ_1 值、增大或减小 ϵ_2 的值, 都可以解决这一破裂问题; 对于 C 点, 它处于一向伸长, 一向压缩的变形状态, 故只有减小 ϵ_1 值或减小 ϵ_2 的值才能解决这一破裂问题。

通过利用 FLD 和 SCV 进行变形状态分析, 可以清楚地知道改善毛坯变形状态的方向, 按照这样一个方向制定修正模具参数、改变毛坯形状尺寸、改变冲压条件等具体措施, 就可以减小或避免盲目性, 提高模具调试的效率。

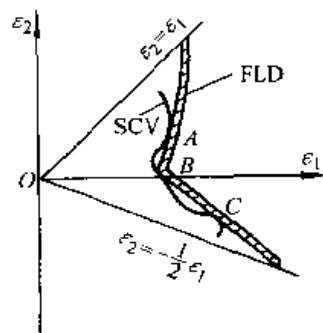


图 20.6-46 利用 FLD 和 SCV 解决 β 破裂问题

制定解决冲压质量问题的具体措施时, 首先要考虑是否有减小毛坯尺寸的可能, 如果有可能, 将可以提高材料利用率, 降低生产成本; 其次要考虑通过改变压边力、润滑部位、润滑方式等冲压条件解决质量问题, 这样可以缩短冲模调试周期; 在前两类措施都不能奏效的情况下, 必须通过调整拉深肋、压料面、凸凹模圆角等模具参数来改善毛坯的流动和塑性变形条件, 达到解决质量问题的目的。

利用 FLD 和 SCV 还可以从防止破裂的角度来判断材料的合理性如何, 从而可以选择比较合理的材料, 既可以充分满足冲压生产的要求, 又能充分发挥材料的塑性变形能力, 使制件的材料

成本较低。

通过 SCV 变形分析, 找出起皱的主要产生原因, 判定起皱是属于那一类应力引起的, 制定相应的调整模具措施解决起皱问题。同时, 通过 SCV 图还可以了解材料堆积、松弛、弹性回复等问题产生部位的变形状态, 分析其产生原因, 制定解决措施。

(5) 拉深模调试时常见的拉深缺陷及解决办法

在拉深模调试时, 出现的拉深件质量问题是

多种多样的, 导致这些质量问题的原因也涉及冲压工艺、拉深模结构与参数、冲压材料及冲压条件等。所以, 对出现的质量问题要进行综合分析, 采取相应的对策。表 20.6-4 是拉深模调试时常见的拉深缺陷和解决办法。

在解决了所有的冲压质量问题之后, 拉深毛坯的形状与尺寸也最后确定下来了, 这时才能在凹模面上确定挡料销的位置, 并钻孔安装挡料销。同时在压边圈上相应的部位钻出挡料销的躲避孔。

表 20.6-4 拉深模调试时常见的拉深缺陷和解决办法

拉深件缺陷	产生原因	解决办法
破裂	1) 压边力太大 2) 凹模口或拉深肋槽的圆角半径太小 3) 拉深肋布置不当或间隙太小 4) 压料面的表面粗糙度较大 5) 凹模与凸模间的间隙过小 6) 润滑不足 7) 毛坯放偏 8) 毛坯尺寸太大 9) 毛坯质量(厚度公差、表面质量、材料级别等)不符合要求 10) 局部形状变形条件恶劣	1) 减小外滑块的压力 2) 加大有关的圆角半径 3) 调整拉深肋的数量、位置和间隙 4) 减小表面粗糙度 5) 调整间隙 6) 改善润滑条件 7) 使毛坯正确定位, 必要时加预弯工序 8) 减小毛坯尺寸 9) 更换材料 10) 加工艺切口或工艺孔, 或改变拉深肋的局部形状
皱纹	1) 压边力不够 2) 压料面“里松外紧” 3) 凹模口圆角半径太大 4) 拉深肋太少或布置不当 5) 润滑油太多或涂刷次数太频, 或涂刷位置不当 6) 毛坯尺寸太小 7) 试冲毛坯过软 8) 毛坯定位不稳定 9) 压料面形状不当 10) 冲压方向不当	1) 调节外滑块调整螺母, 加大压边力 2) 修磨压料面, 消除“里松外紧”现象 3) 减小圆角半径 4) 增加拉深肋, 或改变其位置 5) 适当减少润滑油, 并注意操作 6) 加大毛坯尺寸 7) 更换试冲材料 8) 改善定位, 必要时加预弯工序 9) 修改压料面形状 10) 改变冲压方向, 重新设计冲模
修边后形状和尺寸不准确	1) 压边力不够 2) 拉深肋太少或布置不当 3) 材料塑性变形不够 4) 材料选择不当 5) 产品的工艺性差	1) 加大压边力 2) 增加拉深肋或改善其分布 3) 对于浅拉深件采用拉深槛 4) 更换材料 5) 产品增加加强肋
有“鼓膜”现象	1) 压边力不够 2) 拉深肋太少或布置不当 3) 毛坯扭曲, 拉深时受力不均	1) 加大压边力 2) 增加拉深肋或改善其分布 3) 拉深前将毛坯放在多辊滚压机上进行滚压

续表 20.6-4

拉深件缺陷	产生原因	解决办法
装饰棱线不清, 压双印	1) 凸模向下行程不够 2) 凸模与凹模不同心, 间隙不均匀 3) 毛坯与凸模有相对运动	1) 调节凸模深度, 或换大吨位压力机 2) 保证凸模与凹模之间的间隙均匀 3) 调整各个部位的进料阻力, 或改变冲压方向
表面有痕迹和划痕	1) 压料面的表面粗糙度较大 2) 凹模圆角的表面粗糙度较大 3) 镶块的接缝间隙太大 4) 毛坯表面有划伤 5) 凸模或凹模没有出气孔 6) 凹模内有杂物 7) 润滑不足或润滑剂质量差 8) 工艺补充部分不足 9) 冲压方向选择不当, 毛坯与凸模有相对运动	1) 减小表面粗糙度 2) 减小表面粗糙度 3) 消除镶块间的缝隙 4) 更换材料 5) 加出气孔 6) 保持模内清洁 7) 改善润滑条件 8) 增加工艺补充部分 9) 改变冲压方向
表面粗糙	钢板表面晶粒度大	1) 将板料进行正火处理 2) 更换合格材料
表面有滑移线	材料的屈服强度不均匀	1) 采用质量好的材料 2) 拉深前将材料进行滚压

模具经过调试冲制出合格冲压件之后, 一般要进行至少 30 件的连续冲压, 以检查冲压条件、模具参数等是否能稳定地生产出合格零件。

为便于拉深模调试时修模, 拉深凹模一般不进行淬硬处理, 当模具调试完毕之后, 要对拉深凹模的圆角、棱线、凸包和拉深肋等处进行火焰淬火。

在进行模具调试的同时, 还要确认冲压作业特性、安全特性、作业顺序等。

4.3 建立模具调试档案

模具调试完毕后, 要对调模记录进行归纳、综合, 形成技术文件, 并随同模具技术资料一同存档保存, 同时要把有关问题及时反馈给生产部门以利于大批量稳定生产; 反馈给有关技术部门和模具制造部门, 作为以后设计和制造部门进行类似件设计和模具制造的参考资料。

第7章 硬质合金冲模与简易型冲模

无论是大批量生产还是小批量试制,其冲压工艺的先进性是以达到制件质量要求的最终加工成本来衡量的。冲压加工的经济性与生产批量及模具的结构型式和使用寿命密不可分,实际中应根据制件的质量要求以及批量大小,合理地选择冲压工艺、模具结构及模具材料,尽量缩短制模周期、降低制模成本,以获得更好的技术-经济效益。

在一般情况下,大批量生产时模具费用在冲压件成本中所占的比例相对较小,故可以采用结构完善的长寿命、高效率模具,如硬质合金冲模;而对于小批量生产或新产品试制,由于模具费用在冲压件成本中所占的比例相对增大,应采用较为经济的冲压模具,如:钢带冲模、薄板冲模、聚氨酯橡胶冲模、低熔点合金冲模和组合冲模等,这类模具的共同特点是:结构简单、制造容易、成本低、制备周期短。但须注意,这里提到的模具在结构和制造方面各有自己的特点,使用上也有一定的范围和要求。

1 硬质合金冲模

硬质合金是以难熔的金属碳化物(碳化钨、碳化钛等)为基体,以铁族金属(主要是钴)作粘接剂,用粉末冶金方法压制、烧结而成的材料,常用来制作长寿命冲模的凸、凹模。与工具钢相比,硬质合金材料硬度高(68~72HRC),耐磨性好,但脆性大而降低了抗弯强度。硬质合金冲模与普通钢制冲模制造费用与使用寿命比较见表20.7-1。

表 20.7-1 硬质合金冲模与普通钢制冲模费用与寿命的比较

项 目	内 容
制造费用	平均为普通钢制冲模的2~4倍
总寿命	为普通钢制冲模的20~40倍
刃磨一次寿命	为普通钢制冲模的10~30倍
其他	刃磨工时增加,但刃磨次数减少

1.1 硬质合金冲模的设计

1.1.1 硬质合金冲模的结构特点

设计硬质合金冲模的基本原则与普通钢制冲模一样,但由于硬质合金材料本身的特性,要求模座、凸模和凹模固定板等的强度和刚度更高,实际中应特别注意硬质合金冲模的结构特点(见表20.7-2)。

1.1.2 硬质合金冲模的工艺设计要求

采用硬质合金模冲裁时,应避免切勿单边受力而崩刃。为此,必须注意以下两点:

1) 在硬质合金连续模中,若采用侧刃定位,侧刃位置要适当。如图20.7-1a所示的侧刃位置不正确,改为图20.7-1b的位置后,可以避免在条料开始送进时于第一个工位第一次只冲半边孔的情况,从而消除了模具切刃单边工作的可能性。

2) 排样时,要保证搭边值大于料厚,以防止搭边断裂后嵌入间隙,使刃口崩裂。若交错排样可能出现凸、凹模单边工作,在不浪费材料的原则下要改为并列排样,如图20.7-2所示。

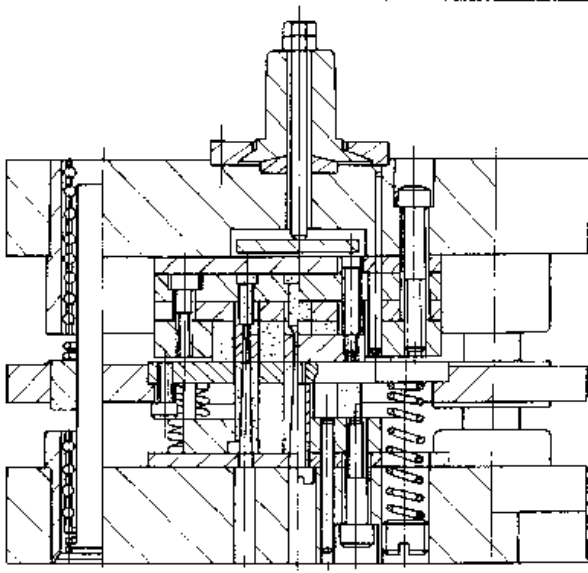
采用硬质合金冲模,一般来说冲压件的批量比较大,因此常用自动送料装置。送料精度要高,误差 $\leq \pm 0.1$ mm,对于薄料(料厚 $t \approx 0.5$ mm)有时要求更高。此外,在采用一模多排冲时,制件数量不宜过多,形状复杂的不要超过两件,这样可以减少模具的制造难度。由于硬质合金的导热系数小,难于散热,所以硬质合金冲裁模的间隙比普通工具钢冲裁模要大,一般取料厚 t 的12%~15%。

1.1.3 硬质合金凸、凹模的结构型式及固定方法

(1) 结构型式

硬质合金常用于制造冲裁模的凸模、整体凹模或凹模镶块,拉深模和弯曲模的凸模及凹模,以及变薄拉深凹模等。如图20.7-3所示硬质合金冲模的几种常见凸、凹模结构型式。图20.7-3a是用于直径小于12 mm的整体式凸模;图20.7-3b是用于直径12~25 mm的直通式镶套凸模;图20.7-3c为用于直径大于25 mm的螺钉固

表 20.7-2 硬质合金冲模的结构特点

类别	要求	示 图
模柄	宜采用浮动式模柄，且在上模座上的固定位置应与模具压力中心一致，保证冲压过程中的同轴度	 <p>硬质合金冲模结构</p>
模座 (含垫板)	应有足够的刚度，可适当增加上、下模座的厚度，其厚度一般为普通钢制冲模的1.5倍。材料以45钢为好，调质处理，25~30HRC。也可用Q235钢，但不宜用灰铸铁	
固定板	较普通钢制冲模的厚，即应适当增加厚度，保证有足够的强度与刚度	
导向	小模具一般用两导柱导套，大件或复杂件的模具则用四导柱导套。为提高导向精度，通常是采用滚珠式导柱导套，钢球直径一般为3~5mm，直径与表面形状偏差 < 0.002 mm。导柱、导套与钢球装配为过盈配合，过盈量0.015~0.02mm	
卸料板	卸料板应装有导向装置，以保证对凸模的准确导向。冲裁模尽量采用固定卸料板，避免卸料时对凸模和凹模的冲击。当采用弹性卸料板时，在模具闭合时卸料板与硬质合金凹模空隙应超过材料最大厚度0.05mm	

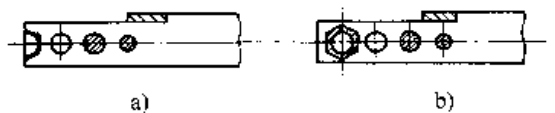
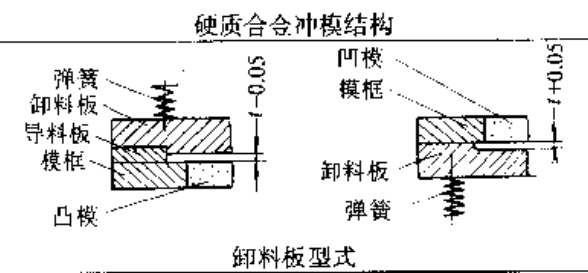


图 20.7-1 侧刃位置
a) 不正确 b) 正确

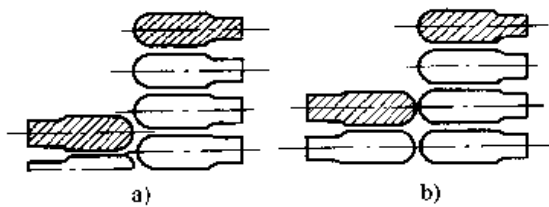


图 20.7-2 排样
a) 原排样 b) 更改后排样

定式凸模；图 20.7-3d~f 为固定方式不同的凹模结构型式。

近年来，随着电加工及磨削技术的发展，使硬质合金的加工变得更容易，加工精度更高。因此，过去由于制造的原因必须采用的镶块结构，

现在可以改为整体结构。但是在设计大型或复杂形状的硬质合金模具时，还是采用镶块结构为好，也可以在精度要求高和易磨损部位嵌入硬质合金（图 20.7-4）。

(2) 硬质合金凸、凹模的固定方法

1) 机械固定（图 20.7-3b~f 和图 20.7-5）

包括用螺钉、销钉紧固及压装配合等。此种固定方法装拆方便，牢固可靠，但要求配合面的精度较高，以免硬质合金模具因受弯曲应力而产生折断。

2) 热套固定

对整体圆形硬质合金模具常采用热压法，热压过盈量取直径尺寸的(0.6~1.0)%，直径小的过盈量值可取大一些，反之小一些。框套加热温度一般取 500~600°C。由于钢的线膨胀系数较硬质合金大，故这种方法装拆都较方便。图 20.7-6 为用热套固定的双层预应力圈变薄拉深凹模和镶拼式冲裁凹模。

3) 粘接固定（图 20.7-3a）

用环氧树脂或低熔点合金浇注能固定各种复杂形状的硬质合金

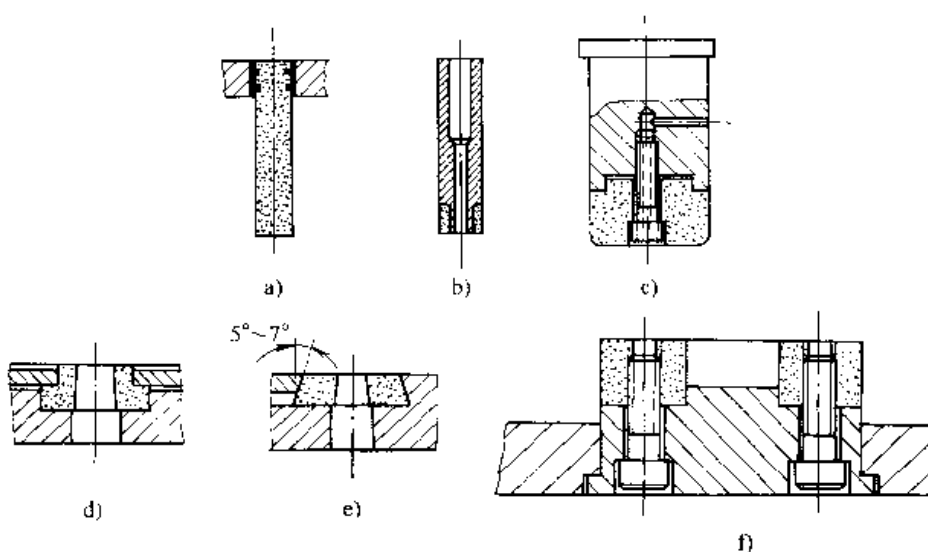


图 20.7-3 硬质合金冲模的几种常见凸、凹模结构型式及固定方式

a) 整体式凸模 b) 镶套式凸模 c) 连接式凸模 d) 整体式凹模 e) 压装式凹模 f) 连接式凹模

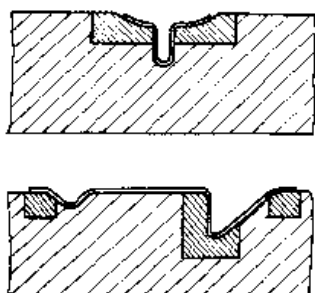


图 20.7-4 凹模中局部嵌入硬质合金

模具，保证定位精度和间隙均匀。这种方法的主要优点是浇注温度低，不会使硬质合金产生严重的内应力。

4) 焊接固定 这种方法操作方便、结构简单。但焊后内应力较大，对于承受载荷大、焊接面积大、焊层将承受剪切载荷的场合，应避免采用。

目前，国内冲模用硬质合金材料以钨钴类为主。含钴量越少，耐磨性能越好，但抗弯强度也

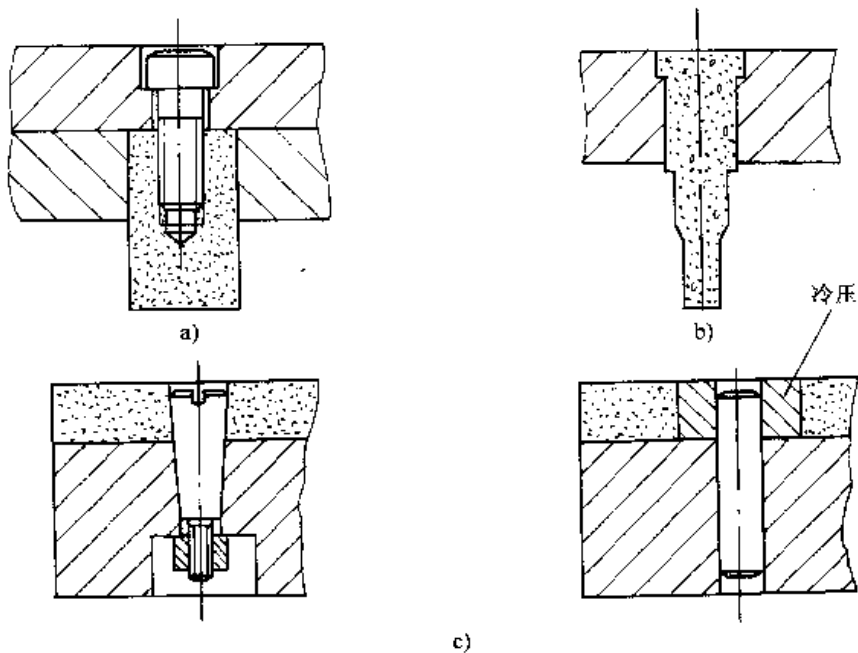


图 20.7-5 硬质合金模具的机械固定

a) 螺钉紧固 b) 压装紧固 c) 销钉紧固

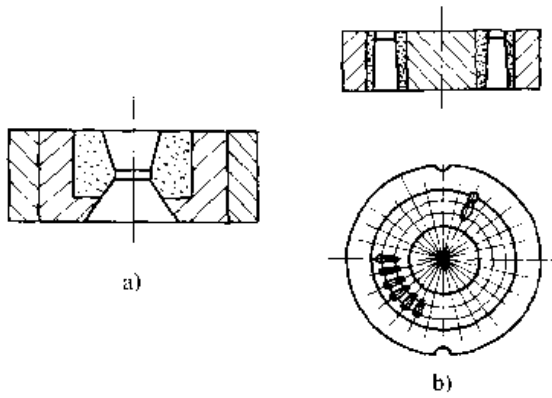


图 20.7-6 硬质合金模具的热压固定
a) 变薄拉深凹模 b) 镶拼式冲裁凹模

越低，应根据不同受力情况合理选用材料（表 20.7-3）。碳化钨基钢结硬质合金 TLMW50 退火态硬度约 40HRC 左右，可以锻造、焊接和切削加工，热处理后变形微小，淬火后根据不同的回火温度其硬度为 50~70HRC，在冲模制造中也获得一定范围的应用。

1.2 典型结构

在硬质合金模具中，硬质合金冲裁模最为常见，主要用于电机、电器、仪表等行业。E 形砂钢片硬质合金冲裁复合模如图 20.7.7 所示。该模具采用了浮动式模柄与滚珠导向的模架；凸模

表 20.7-3 模具用硬质合金材料的选用

牌 号	冲击韧度	耐磨性	主 要 用 途
YG6	低	好	只对耐磨性有特殊要求的场合，如深拉深凹模等
YG8			重点是要求有良好的耐磨性、稍有冲击性要求的场合，如：薄板冲裁凸、凹模，切边模，深拉深凹模等
YG11			有轻微冲击的场合，如：一般冲裁凸、凹模，弯曲模，成形模等
YG15	高	差	有中等冲击的场合，如一般的和重载的冲裁凸、凹模等
YG20			有较大冲击的场合，如受重载冲击的凹模
YG25			

3、凹模 2 及凸凹模 1 均用 YG15 硬质合金制造，且皆为整体式结构。

图 20.7.8 所示为硬质合金拉深模。由于凹模 5 采用硬质合金、显著提高了模具使用寿命和拉深件质量；压边圈 3 既起压边作用，又起卸料

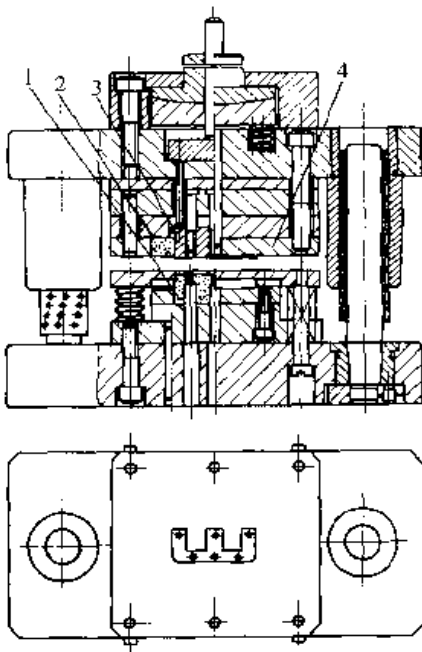


图 20.7-7 E 形砂钢片硬质合金冲裁复合模
1—凸凹模 2—凹模 3—凸模 4—凹模固定板

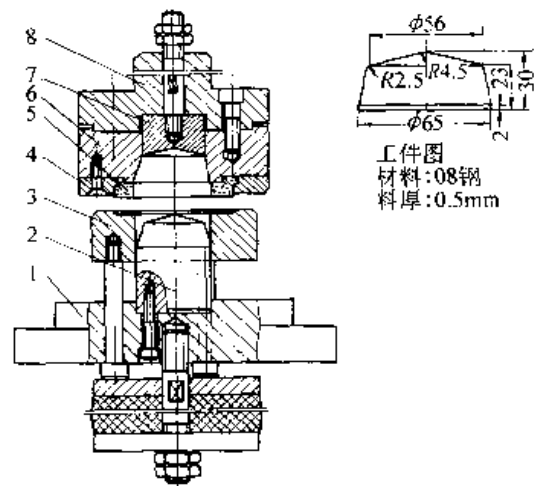


图 20.7-8 硬质合金拉深模
1—下模板 2—凸模 3—压边圈
4—紧固块 5—凹模 6—垫块
7—推件块 8—模柄

和毛坯定位作用；推件块7兼有拉深件底部的成形凹模。所以，拉深结束时推件块上表面必须与模柄8刚性接触。该模具适用于拉深变形程度较

大、毛坯相对厚度较小的情况。

图20.7-9所示为硬质合金连续模，共有20工位，一次冲压同时出4件。其主要工位：①冲

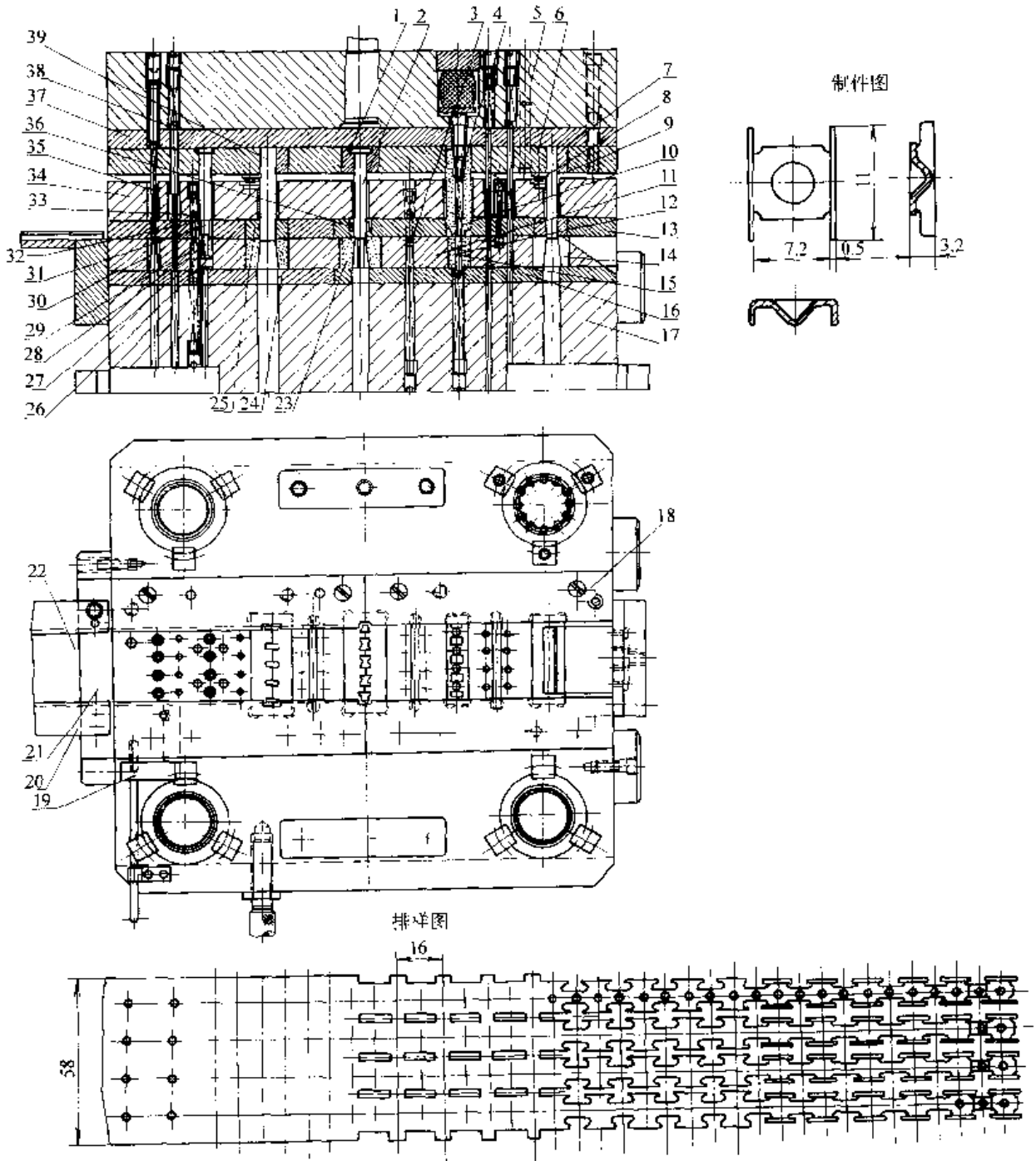


图20.7-9 硬质合金连续模

- 1—固定板拼块 2、9、33—凸模 3、32—弹簧钉 4—弯曲凸模 5—上模座 6—固定板 7—固定板拼块
 8、21—压板 10—顶杆 11—凹模拼块座 12、14、23、24、30—凹模拼块、13、25、26—卸料板拼块
 15—托料钉 16—下垫板 17—下模座 18、20—导料板 19—初始定位装置 22—承压板 27—冲凸冲头
 28、31—钢套 29—顶料钉 34—卸料板体 35—圆孔凸模 36—镶件 37—垫板 38—导正销 39—长孔凸模

导正孔, ③冲凸台, ⑦、⑩冲切外形, ⑥弯曲, ⑫落料, 其余均为导正或空位。条料由初始定位装置 19 初定位, 在导正销 38 的导正下 (共 8 步), 保证送料步距。凹模拼块 12、14、23、24、30 及弯曲凸模 4 采用硬质合金, 其中各硬质合金凹模拼块均镶入凹模拼块座 11, 再压入下模座 17 中, 两端用压板 21 压紧。卸料板采用双层固定于板体 34 的镶拼结构, 固定板也采用拼块结构。冲裁凸模用过盈配合, 用压板 8 及螺钉固定; 弯曲凸模 4 采用浮动式, 修模时可方便卸下。

2 钢带冲模

钢带冲模也称钢皮冲模, 主要用于冲裁加

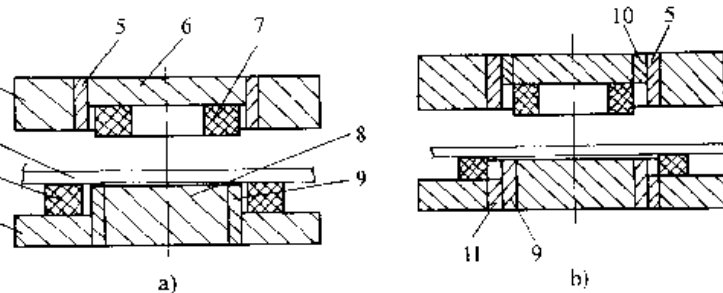
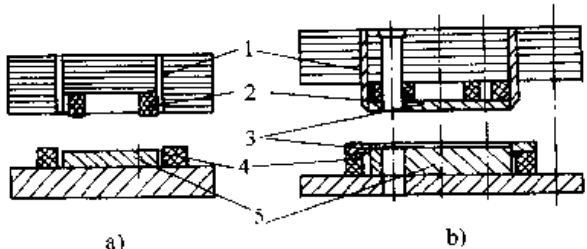
工。它是以淬硬的钢带作为冲裁切刃, 并嵌入木质层压板、塑料、低熔点合金或钢板等制成的模板中, 配以通用模架的一种简易型冲模。这种模具适用于冲裁尺寸精度要求不高而轮廓尺寸较大的制件。这种模具的特点是作凸、凹模切刃的钢带可以弯制而成, 所以, 制造简单, 周期短, 成本低。

2.1 钢带冲模的结构与分类

钢带冲模按其结构可分为常规式、样板式和切刀式 (表 20.7-4)。

实际中, 钢带冲模的结构型式还可以根据产品要求及加工技术水平, 灵活地进行组合设计, 以求得到最佳的应用效果。通常情况下, 可以在

表 20.7-4 钢带冲模的结构与分类

分类	结构示意图	说明
常规式	 <p>a) 窄槽式 b) 宽槽式</p> <p>1、4—外模板 2、7—卸料、顶件器 3—毛坯 5—钢带凹模 6、8—内模板 9—钢带凸模 10、11—塞片</p>	<p>凸、凹模均以淬硬的钢带作切刃, 用层压板作模体来紧固钢带切刃。图 a 为窄槽式钢带冲模, 适用于冲较厚钢板; 图 b 为宽槽式钢带冲模, 与窄槽式钢带冲模的差别是在钢带切刃的侧面嵌入了一层软金属作为塞片, 便于调整间隙和制模</p> <p>这种模具冲裁厚度一般在 3.2 mm 以下。冲裁件面积越大, 模具制造的经济性越高, 重量也相对较轻, 它不适于冲裁小于 30 mm × 30 mm 的冲裁件</p>
样板式	 <p>a) 普通结构 b) 带脱料板</p> <p>1—钢带凹模 2、4—卸料橡胶块 3—脱料板 5—整体凸模</p>	<p>它与常规式钢带冲模的区别, 主要是凸模改用工具钢整体制造, 凹模须用较厚的钢带制作切刃</p> <p>样板式钢带冲模常用于外形比较细长或孔边距较小的冲裁件, 冲裁厚度一般可达 6 mm, 且模具寿命较长, 但制造费用也高</p>

续表 20.7-4

分类	结构示意图	说明
切刀式	<p>a) 冲孔模 b) 落料模</p> <p>1—容框 2—聚氨酯橡胶垫板 3—毛坯 4—卸料、顶件器 5—钢带切刃 6—软金属垫板 7—模板</p>	<p>这是一种只有凸模（或凹模）的半模式结构的钢带冲模。模具的一半（凸模或凹模）用带斜角的钢带切刃制成，另一半模具则用聚氨酯橡胶、软木板垫板或铝、铜等较软的有色金属板料。</p> <p>切刀式钢带冲模一般冲裁厚度小于 1.2 mm 的有色金属板料。它不存在凸、凹模间隙和模具导向等问题，因此结构简单、制造成本低，但模具寿命较短。</p>

刃口的直线部分和简单的圆弧部位采用钢带切刃，而在钢带弯制困难、稳定性差和形状复杂的刃口部位，则局部地制造一块成型钢镶件衔接在相应的部位。如图 20.7-10 所示，凸模用约 10 mm 厚的整体钢板制造，凹模采用钢带和成型钢镶件相结合的型式。这样既改善了模具制造的工艺性，又保证了模具的制造质量，适用于冲裁尺寸较小、形状较复杂和精度较高的工件。

带是嵌入软质材料层压板中，冲裁时钢带同时还受侧向压力的作用，使层压板产生一定的压缩变形，钢带凸、凹模之间的间隙会有所增大，所以钢带冲模的初始间隙应比普通钢模的数值略小些。表 20.7-5 所列间隙数值可供参考。

表 20.7-5 钢带冲模凸、凹模单边间隙值 (mm)

材料厚度 t	间隙值 c
0.35	<0.015
0.5	<0.025
>0.5	<0.05

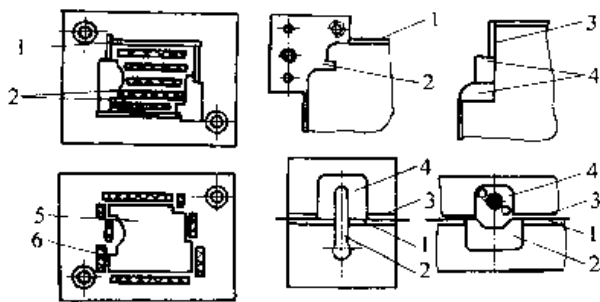


图 20.7-10 含成型钢镶件的钢带冲模

- 1—凹模钢带切刃 2—凹模镶件 3—凸模钢带切刃
4—凸模镶件 5—整体钢凸模 6—橡胶块

2.2 钢带冲模的设计

2.2.1 刃口尺寸与间隙

钢带冲模凸、凹模刃口尺寸与公差的确与一般普通钢模相同，落料尺寸决定于凹模刃口尺寸，冲孔尺寸决定于凸模刃口尺寸。由于切刃钢

由于冲裁不同厚度的零件所产生的侧向力不同，其间隙值可随冲裁件厚度自动进行调整，因此同一副钢带冲模可以冲裁厚度不同的零件。对于冲裁大型厚钢板 ($t \geq 3$ mm) 零件，钢带冲模的凸、凹模单边间隙取 0.05 mm，仍可获得良好的冲裁质量。

2.2.2 钢带切刃的设计

钢带切刃必须有足够的强度、刚度和耐磨性，因此用作切刃的钢带材料要有良好的淬透性，此外还应有一定的韧性，以承受冲击载荷。

(1) 钢带材料与热处理

钢带切刃常用材料及其热处理后的硬度值可参考表 20.7-6。如果采用高速钢废锯条，则不必淬火，经磨削后可直接作为直线型钢带切刃。

(2) 钢带厚度及高度

钢带的厚度取决于冲裁件的材料种类和厚度，一般情况下，选择钢带的厚度要略大于冲裁件厚度。冲裁有色金属时，钢带的厚度可等于冲裁件厚度，但其最小厚度不得小于 1.5 mm。此外，钢带的厚度还决定于顶件（卸料）器的合理压缩应变、自由状态的标准尺寸以及模板的强

度。钢带厚度、高度与冲裁件厚度的关系见表 20.7-7。

表 20.7-6 钢带材料及淬火硬度值

钢带材料	淬火硬度 HRC	钢带毛坯
碳素工具钢 (T8A、T10A)	60~62	钢板，可采用聚醚淬火
弹簧钢 (60Si2Mn)	58~62	钢板
高速钢 (W18Cr4V)	60~64	钢板

表 20.7-7 钢带厚度、高度与冲裁件厚度的关系 (mm)

冲裁件厚度 t	钢带厚度 s	钢带高度 H	顶件（卸料）器高度 H_2	模板高度 H_1
>0.5~1.5	1.5~2.0	25	10	17
1.5~3.0	2.0~4.0	35	15	22
3.0~6.0	4.0~6.0	45	20	27

如图 20.7-11 所示，钢带固定部分高度 H_1 约等于总高度 H 的 2/3，考虑到钢带切刃的修磨，钢带的高度应适当增加 0.5~1.0 mm。顶件（或卸料）器、内外模板的高度尺寸参考表 20.7-7。

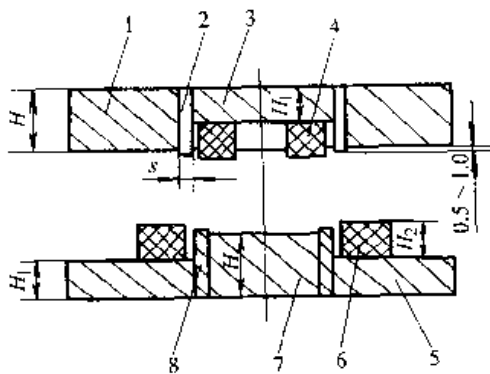


图 20.7-11 钢带切刃装配的几何关系
1、5—外模板 2—钢带凹模 3、7—内模板
4—顶件器 6—卸料器 8—钢带凸模

(3) 刃口形状

钢带冲模的刃口高度比普通冲裁模要小，刃口的几何形状如图 20.7-12，常规式和样板式钢带冲模与普通冲模一样用直角刃口，切刀式钢带

冲模则采用斜角刃口。

(4) 钢带的安装方法

钢带的安装方法见表 20.7-8。

2.2.3 其他主要零件的设计

(1) 内、外模板

支撑固紧钢带切刃的模板应选用具有足够强度和刚度的层压板，以避免受力过大而产生变形或开裂。目前常用的模板材料有：桦木层压板、酚醛布机板、层压玻璃布板、纸质胶布板和硬聚氯乙烯板，以及低熔点合金等。当冲裁精度要求较高、尺寸较小及厚度较薄的零件时，也可采用钢板做内、外模板。表 20.7-9 列出使用较广的国产桦木层压板和硬聚氯乙烯板的主要性能。

由于桦木层压板的强度高于硬聚氯乙烯板，故常用于常规式和样板式钢带冲模，硬聚氯乙烯板则常用于切刀式钢带冲模。为保证模板强度，对于小型钢带冲模模板的最小边距不得小于 50 mm，大型模具不得小于 100 mm。

(2) 顶件与卸料装置

钢带冲模一般采用聚氨酯橡胶垫（邵氏硬度 70~90A）顶件与卸料，顶件（或卸料）橡胶垫可压制圆形、半圆形和矩形等（图 20.7-13），在钢带冲模装配时根据需要选用。根据冲裁件的

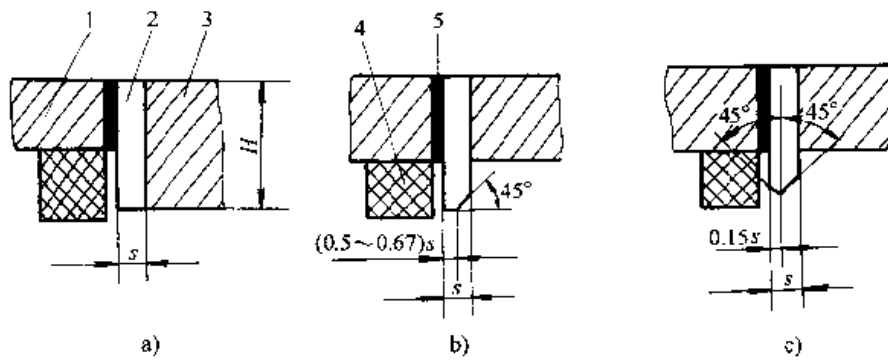


图 20.7-12 钢带刃口的几何形状

a) 直角刃口 b)、c) 斜角刃口

1—内模板 2—钢带刀刃 3—外模板 4—橡胶顶件(卸料)器 5—塞片(或粘结剂)

表 20.7-8 钢带的安装方法

安装方法	压入法	螺钉(栓)固定法		
		螺钉固定	螺钉侧压	螺栓螺母
示意图	<p>模芯 钢皮 模框</p>			

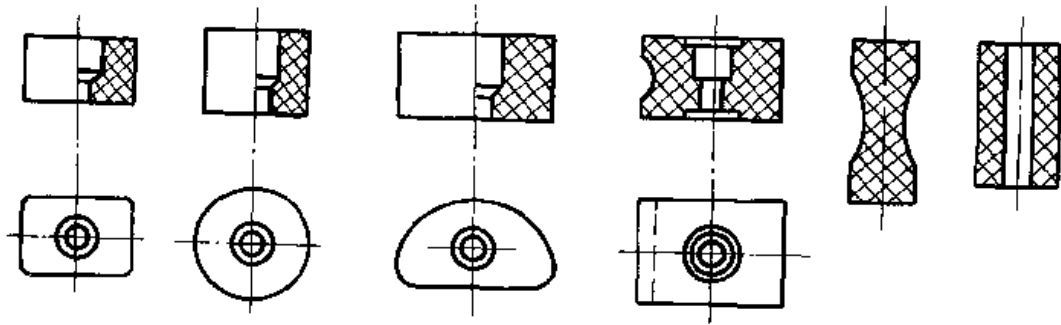


图 20.7-13 顶件（或卸料）橡胶垫的形状

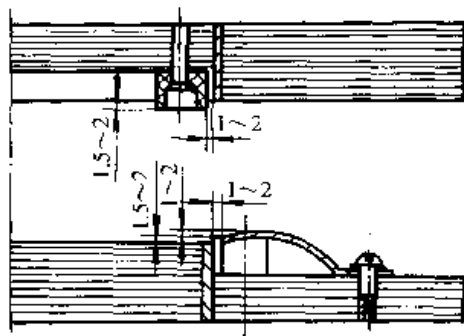


图 20.7-14 顶件卸料橡胶垫的安装与簧片式承料装置

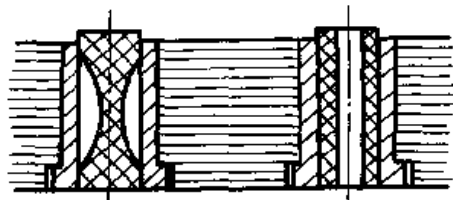


图 20.7-15 小孔卸料用聚氨酯弹性块

具体情况设计。图 20.7-16 为生产中常用的两种导柱、导套结构型式。导柱与导套常采用 H6/h5 配合，固定部分的直径取同一尺寸，与模板采用过盈量为 0.01~0.02 mm 的过盈配合。根据模具的大小，可设置两组或四组导柱、导套。

2.3 典型结构

图 20.7-17 所示冲压矩形盖的落料、拉深、冲孔复合模。落料凹模切刃 10 和拉深凸模 9 都各由四块钢带拼制而成，凸凹模 8 用整块的 9Mn2V 低合金钢制成。由于零件底孔直径较小，冲孔凸模 6 和凹模 7 做成整体式，嵌入到层压板

中。

采用专门用于钢带冲模的一种通用模架，上模座 5、下模座 12 和下固定板 2 均用 45 号钢制成，经调质处理后硬度为 28~32HRC。上、下垫板 4 直接与钢带接触，需承受较大压力，可用 9Mn2V 钢，并淬硬到 58~62HRC。层压板的左右方向，由活动压板 11 和固定压板 1 压紧；前后方向，由压板 14 和 17 夹紧。上模 3 与上模座 5 的相对位置固定不变，下模与固定板 2 的相对位置也不变。但固定板 2 可在下模座 12 上调整其位置，以确保上、下模的间隙均匀。

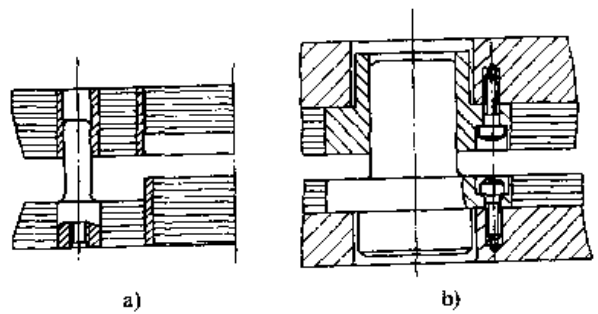


图 20.7-16 钢带冲模的导向装置
a) 适用于中、小模具（导柱直径 < 40 mm）
b) 适用于大型模具（导柱直径 40~76 mm）

大型厚钢板常规式钢带冲模如图 20.7-18 所示，它是以钢带与层压板为专用模芯，采用通用模架，可以冲制尺寸为 408 mm×336 mm、厚度为 4 mm 的 Q235 钢板。这副模具可以节约模具钢约 90%~95%，比普通冲模节省加工工时约 80%，总成本低约 80%，一次刃磨寿命达 4 000~5 000 件。

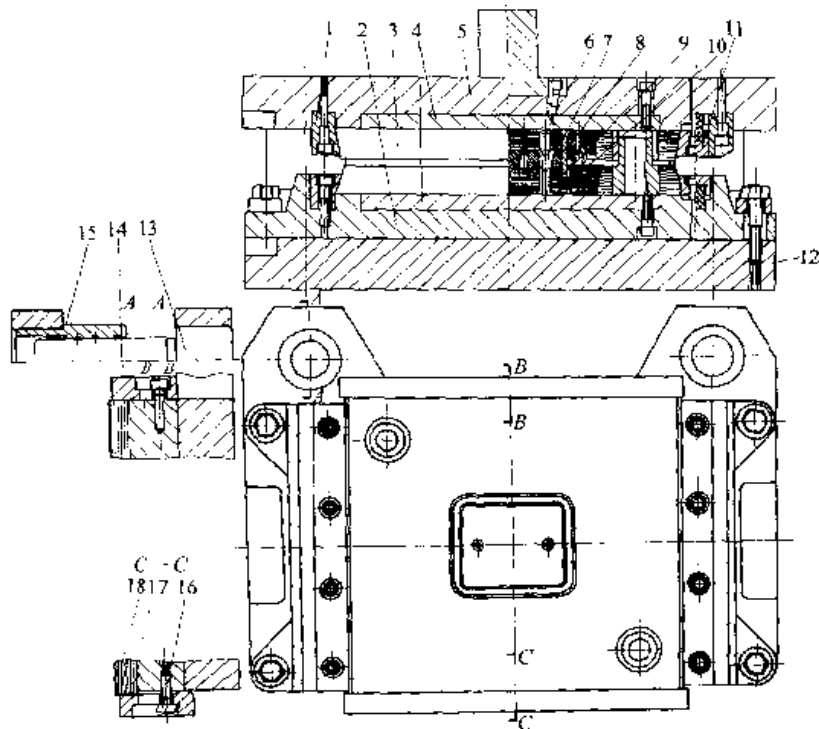


图 20.7-17 落料、拉深、冲孔复合模

1—固定压板 2—下模固定板 3—上模 4—垫板 5—上模座 6—冲孔凸模 7—冲孔凹模 8—凸凹模 9—拉深凸模 10—落料凹模 11、17—活动压板 12—下模座 13—导柱 14—固定压板 15—导套 16—螺钉 18—下模

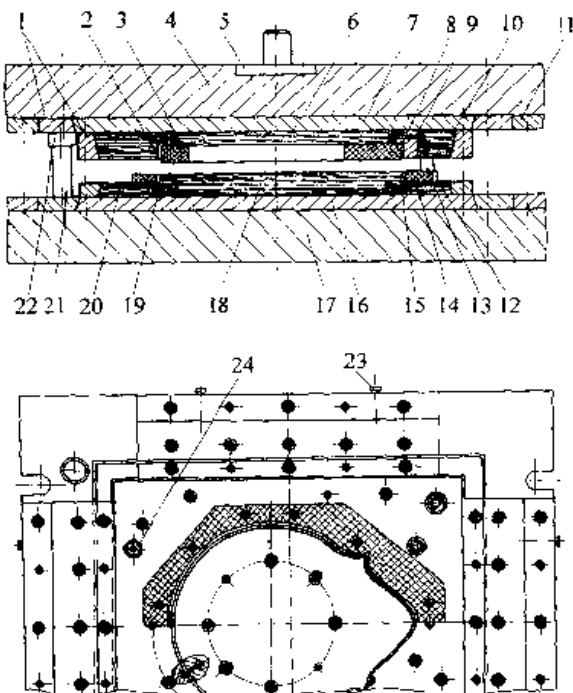


图 20.7-18 大型厚钢板常规式钢带冲模

1—压板 2—钢带凹模 3、14—聚氨酯橡胶顶件(卸料)器 4—上模板 5—模柄 6、18—上、下内模板 7、16—垫板 8—凹模刃口镶块 9—紧固螺钉 10、20—上、下外模板 11—挡铁 12、22—导套 13、21—导柱 15—钢带凸模 17—模座 19—低熔点合金填料 23—调节螺钉 24—托料器

3 薄板冲模

从普通冲裁模的使用情况看,刃口最易磨损,一次刃磨量约在0.2~0.4 mm之间。因此,在满足制件精度要求的前提下,可以将强化的薄钢板平镶在基模上,用以替代整体凸模或凹模。薄板冲模就是这样一种简易型模具,模具的工作部分采用一片或多片薄钢板(每片厚度为0.5~1 mm),可以冲裁厚度为0.1~3 mm的各种板料,而且精度高,是解决中、大批量小零件冲裁的一种比较理想的模具。

图 20.7-19 所示薄钢板冲模的结构。通常情况下,薄板冲模都是使用整体凸模,并且与普通钢制冲模相同,图 20.7-19a 的凹模部分由作为切刃的叠层薄钢板和基模组成,叠层凹模板 4、5 与导料板 6、固定卸料板 7 和凹模垫板 3 一起用螺钉固定到基模 2 上。刃口磨损后容易置换,可省去刃磨工序。图 20.7-19b 的凸模和凹模都是在基模(可用锌基合金浇铸)上平镶一块薄钢板,作为冲模的工作部分。考虑到安装螺钉不能外露,凸模钢板用厚度为6~12 mm的工具钢制作。

3.1 薄板冲模的设计

薄板冲模专用零件有:凸模,凹模,卸料板,

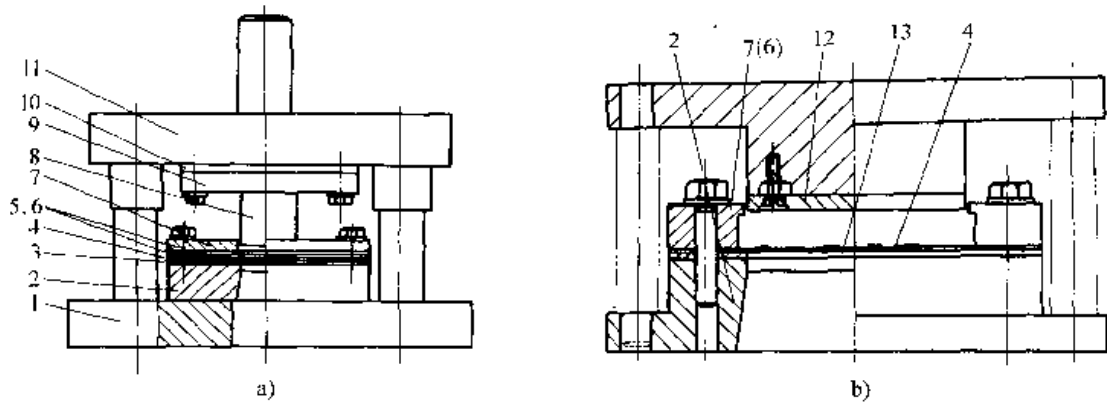


图 20.7-19 薄钢板冲模
a) 整体凸模 b) 非整体凸模

1—下模座 2—基模 3—凹模垫板 4、5—凹模薄钢板 6—导料板 7—卸料板
8—凸模 9—凸模固定板 10—凸模垫板 11—上模座 12—凸模板 13—凹模垫板

导料板和凹模垫板等。除凸模和卸料板外，其余零件大都采用薄板件，厚度一般在 1.5 mm 以下，但实际使用时可根据冲裁件的厚度，采取多层重叠的方法来满足模具结构尺寸的要求（见图 20.7-20），相关材料及技术要求的列入表 20.7-10。

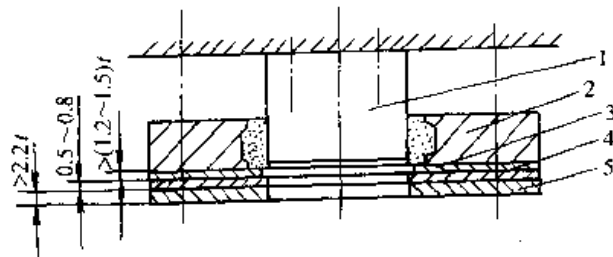


图 20.7-20 薄板冲模专用零件的结构尺寸

1—凸模 2—卸料板 3—导料板
4—凹模板 5—凹模垫板

表 20.7-10 薄板冲模专用零件的材料及技术要求

零件名称	材 料	技术要求
凸模	T10A, 9Mn2V, CrWMn	58~62HRC
凹模板	0.5~1 mm T10A、65Mn 或 60Si2Mn	40~45HRC
卸料板	1~6 mm 45 钢, 0.5~5.8 mm T10A	
导料板	1~1.5 mm 45 钢	
凹模垫板	同上, 或 0.5~ 0.8 mm T10A、65Mn	40~45HRC

3.1.1 凸模

薄板冲模规定先制造凸模，再由凸模配制凹模板和其他零件。所以，不论是冲孔还是落料，都只作凸模工作部分的尺寸计算。与普通钢制冲模的设计一样，冲孔件尺寸由凸模刃口尺寸决定，计算公式参见式 (19.1-1~19.1-4)；然而，对于落料件应区分下面两种情况：

① 冲裁料厚 $t \leq 1$ mm 时，按无间隙冲裁计算

$$d_p = (D - x\Delta) - \delta_p^0$$

② 冲裁料厚 $1 \text{ mm} < t \leq 3 \text{ mm}$ 时，按一般间隙冲裁计算

$$d_p = (D - x\Delta - z_{\min}) - \delta_p^0$$

式中 D ——落料件基本尺寸 (mm)；

Δ ——落料件的公差 (mm)；

δ_p ——凸模制造公差；

z_{\min} ——最小模具间隙，与一般冲裁时相同 (参见表 19.1-6)；

x ——磨损系数，一般取 0.5~0.75。

3.1.2 凹模及其他零件

薄板冲模的使用寿命决定于凹模板的质量，要求使用材料既具有一定的硬度，又有一定的韧性。凹模板刃口是采用凸模冲切得到的，制造过程是：将凸模和基模分别固定到上、下模架上，用螺钉把薄钢板固定在基模上，同时钻铰定位孔，在冲床上冲出钢板凹模型孔，然后用油石去毛刺并进行调质处理。如果冲裁件的厚度大于

1 mm时, 还应对冲出的凹模型孔扩修一定的间隙, 才能装配使用。

薄板冲模常用钢板厚度为 0.5、0.8、1.0、1.2 mm, 根据需要是采用一片还是多片 (表 20.7-11)。

表 20.7-11 冲裁件材料与凹模板叠层数的关系

冲裁件材料	Q215F	30 钢	Q235	65Mn	硅钢片
冲裁件厚度/mm	0.6	1.2	2	0.4	0.35
凹模板叠层数	2	2~3	2~3	2	4

卸料板和凹模板的型孔也可先用凸模直接冲出, 经修配后应使卸料板与凸模的双面间隙为 0.05~0.1 mm, 凹模板与凸模的双面间隙为 0.2~0.3 mm。

3.2 薄板冲模的典型结构

图 20.7-21 所示为一副撞击式薄板冲裁模。上模部分与下模部分通过导柱 1 相连, 凹模板 12 等由小导柱 3 进行导向, 以保证与凸模的相对位置; 凹模板不是固定在下模座上, 而是和导

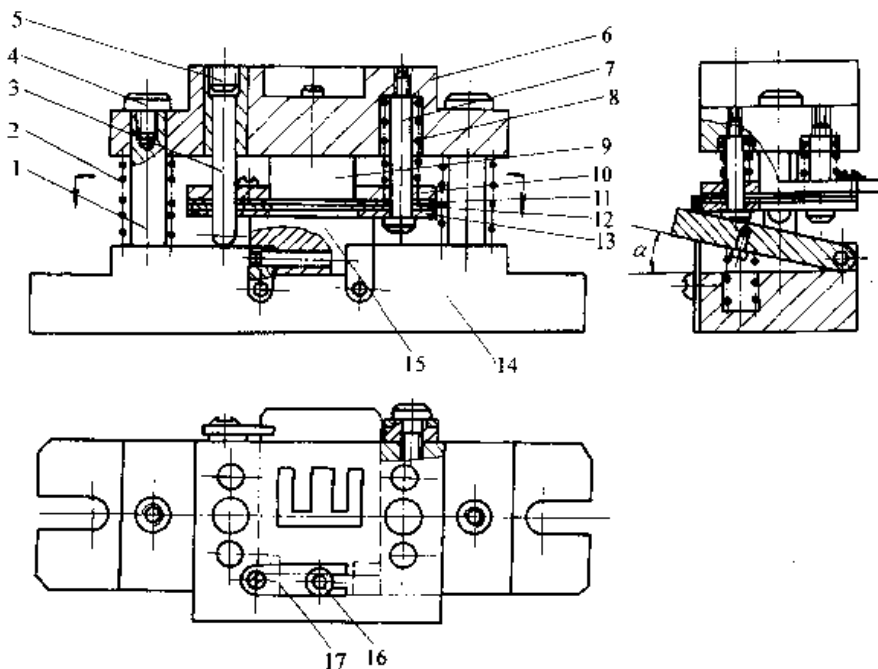


图 20.7-21 撞击式薄板冲裁模

- 1—导柱 2—支承弹簧 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 (卸料板) 11—导料板 12—凹模板 13—垫板
14—底板 15—垫块 16—挡料销 17—弹簧片

板 (兼卸料板) 10、导料板 11、凹模板 12 一起用螺钉紧固后构成组件, 由卸料螺钉吊装在上模座 6 上。冲裁时上模座与压力机滑块一起下行, 含有凹模板的组件也随之下行, 本来翘起成 α 角度的垫块 15 逐渐压平, 并使垫板及凹模板等以底板 14、垫块作支承而停止不动。以后, 凸模 9 随上模座继续下行, 压缩卸料弹簧 8, 直至冲裁完毕。滑块回程时, 整个上模一起向上移动, 卸料弹簧回复, 在导板 (兼卸料板) 10 作用下将冲裁件推下, 并从垫块所形成的斜面上滑出模外。

薄板冲模一般只能冲裁不带孔的平板零件。对于带孔的冲裁件, 一种方法是先用薄板冲模落

料, 然后用组合冲模冲孔; 另一种方法是采用薄板复合模 (或薄板连续模)。图 20.7-22 为浮动薄板复合模, 冲孔用凸模和凸凹模与普通工具钢复合模并无根本差别。模具采用高精度的滚珠导柱导套, 工作时导柱始终不脱出导套; 通过小导柱 7 将凹模板 8、导料板 9 与下导板 10 相连, 冲裁时小导柱插入上导板 5 中, 保证凸模 3 与凸凹模 15 的相对位置。凸模的下端与上导板的低熔点合金型孔相配合; 凸凹模的上端由下模板的低熔点合金型孔导向, 下端同样用低熔点合金浇固在固定板 13 上。上导板中还设有顶件器 16, 用以顶出工件。模具的冲裁过程见图 20.7-22b。

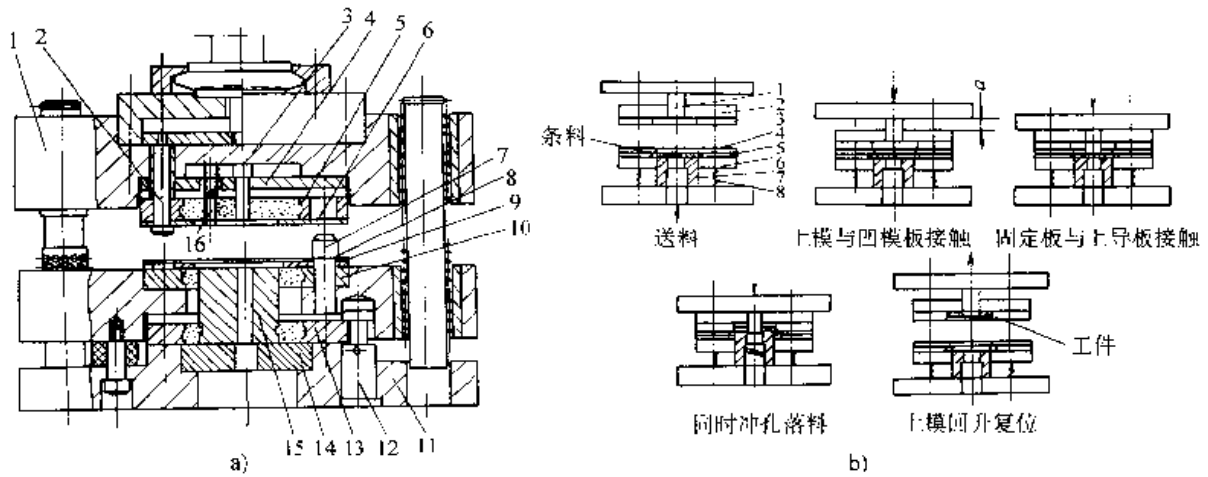


图 20.7-22 浮动薄板复合模

a) 模具结构 b) 冲裁过程

1—上模座 2—卸料螺钉 3—凸模 4—凸模固定板 5—上导板 6—垫板 7—小导柱 8—凹模板

9—导料板 10—下导板 11—底板 12—端面凸轮 13—凸凹模固定板 14—垫板 15—凸凹模 16—顶件器

图 20.7-23 所示薄板复合模，在整个结构上几乎与普通钢制复合模没有多大区别，只是两个主要部件（凸凹模和凹模）与钢制复合模的结构有所不同。凸凹模体 1 表面装有凸凹模板 2 作为工作部分，同样在凹模体 6 上装有凹模板 4，模体连同底板等可用锌基合金直接铸造。凸凹模板 2 用工具钢制造，其外形尺寸按普通工具钢模具的落料凸模设计，厚度根据生产量取 6~12 mm，为保证凸凹模板有足够的刃磨量，应使沉头螺钉端面距刃口面留有一段距离。这副模具适用于尺寸较大的工件，而且应便于用沉头螺钉固定凸凹模板，否则应采用整体工具钢制成。

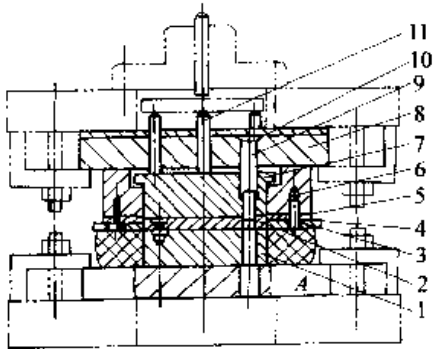


图 20.7-23 薄板复合模

1—凸凹模体 2—凸凹模板 3—卸料板

4—凹模板 5、10—垫板 6—凹模体

7—推件块 8—凸模固定板 9—凸模 11—打料销

4 聚氨酯橡胶冲模

聚氨酯橡胶冲模是普通橡胶冲模的发展，它

是采用聚氨酯橡胶来代替普通钢制冲模的凸模或凹模的一种半钢模结构的冲模。这种模具可用作冲裁、弯曲、拉深、成形等冲压工艺。

4.1 聚氨酯橡胶的性能及其选用

聚氨酯橡胶是聚氨基甲酸酯橡胶的简称，它是介于橡胶与塑料之间一种高分子弹性材料，有“流体钢”的别称。按其加工方法可分为浇注型、热塑性和混炼型三类；按其主要原料可分为聚酯型、聚醚型和聚酰胺型三类。目前，应用于冲模方面的主要是聚酯浇注型聚氨酯橡胶，也有采用聚醚浇注型聚氨酯橡胶的，但其冲击韧度不如前者。

聚氨酯橡胶除用作模具工作零件外，还可作为模具的顶件、卸料、压边等弹性元件。几种常用聚氨酯橡胶的压缩曲线如图 20.7-24 所示。

冲模中不同的零件，对聚氨酯橡胶硬度的要求也不相同，例如：冲裁模的凸模或凹模要求聚氨酯橡胶硬度为 95A，工作过程中的压缩量不大于 10%；成形模及用作弹性元件要求邵氏硬度为 70~80A，压缩量为 10%~35%。具体使用时，可参考表 20.7-12。聚氨酯橡胶冲模能加工的板料厚度如表 20.7-13 所列。

另外，要注意聚氨酯橡胶对温度较敏感，耐高低温的性能较差，耐水解性较差；冲裁的搭边（约为 3~5 mm）较使用普通钢制冲模时大，生产率不高。

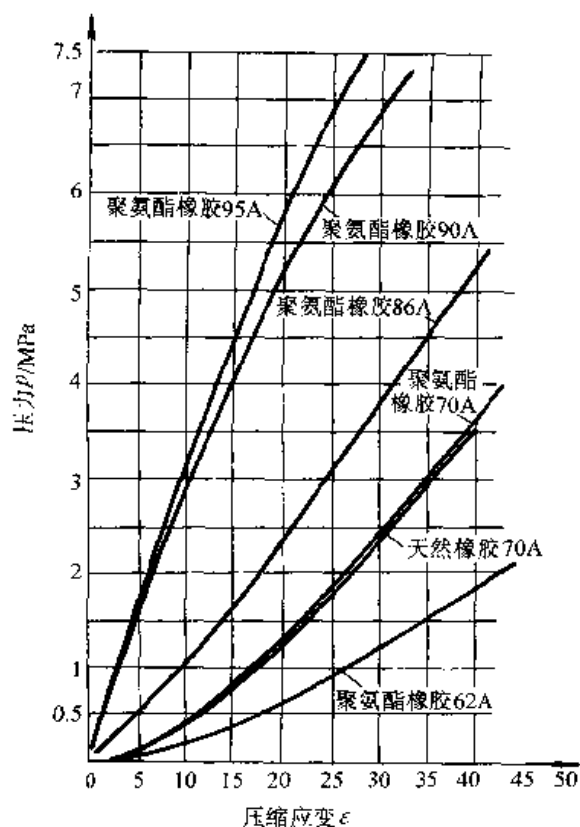


图 20.7-24 聚氨酯橡胶的压缩曲线

表 20.7-12 聚氨酯橡胶模具零件的硬度

工艺方法	模具元件名称	聚氨酯橡胶邵氏硬度 A
冲裁模	凸模, 凹模	95
	顶件(或卸料)器	70~90
弯曲	型腔式凹模	90~95
	容框式凹模	80
	顶件器	70~80
拉深	型腔式凹模	79
	容框式凹模	70
	凸模	70
	压边圈	70~80
翻边	衬垫	95 (浅翻边), 90 (深翻边)
	压边圈	90~95
胀形	凸模	80
局部成形	上模	90~95

表 20.7-13 聚氨酯橡胶模冲压加工的板料厚度 (mm)

材 料	能冲压加工的板料厚度			
	冲裁	弯曲	拉深	成形
结构钢	≤1.0~1.5	≤2.5~3.0	≤1.5~2.0	≤1.0~1.5
合金钢	≤0.5~1.0	≤1.5~2.0	—	≤0.5~1.0
铜及其合金	≤1.0~2.0	≤3.0~4.0	≤2.5~3.0	≤2.5~3.0
铝及其合金	≤2.0~2.9	≤3.5~4.0	≤2.5~3.0	≤3.0~3.5
钛合金	≤0.8~1.0	≤1.0~1.5	—	≤0.5~1.0
非金属材料	≤1.5~2.0	—	—	—

4.2 聚氨酯橡胶冲裁模

图 20.7-25 所示为聚氨酯橡胶落料模的结构。凹模 5 采用聚氨酯橡胶 (邵氏硬度 95A), 并被压入容框 6 的孔型内, 保证凸模 1 压入时能够产生足够的压力; 凸模 1 为工具钢材料, 有锋利的刃口。压料板 3 下端为台阶式, 用邵氏硬度 70~80A 的聚氨酯橡胶 2 作为压料的弹性元件, 以获得足够的压料力。冲裁过程如图 20.7-26, 当凸模将毛坯压入橡胶凹模 5 内, 橡胶因变

形产生反作用力, 使毛坯沿凸模 1 刃口处产生应力集中而发生剪切断裂。用这种模具, 在完成冲裁的同时, 还能够进行压印等工序。

用聚氨酯橡胶冲裁模可以冲制的极限尺寸如表 20.7-14 所示, 其尺寸符号见图 20.7-27。

4.2.1 工作零件的设计

采用聚氨酯橡胶冲裁模加工的制件, 其加工尺寸取决于钢制模具相应部分的刃口尺寸。为使制件平整, 落料时应使用钢制凸模, 而冲孔时则应使用钢制凹模。

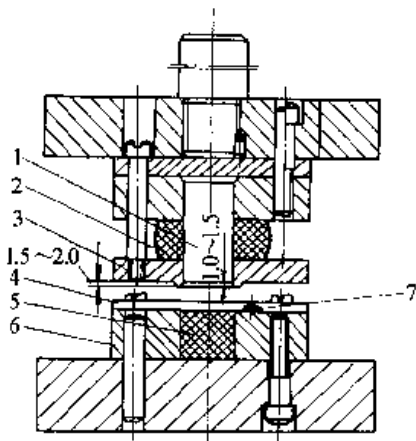


图 20.7-25 聚氨酯橡胶落料模
1—凸模 2—橡胶 3—压料板 4—导料板
5—橡胶凹模 6—容框 7—挡料销

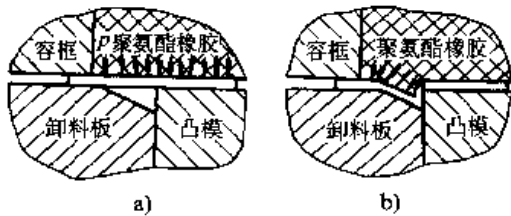


图 20.7-26 冲裁过程
a) 冲裁前 b) 冲裁后

表 20.7-14 冲裁件的极限尺寸

尺寸代号 (图 20.7-27)	塑性材料	低塑性材料
	2A120、3A21、T2、T3、 T4、Q235A、10 钢	2A12T6、TC1、TC2
B	$5t$	$3t$
b	$(3\sim4)t$	$2t$
l	$4t$	$3t$
l_1	$(5\sim6)t$	$4t$
l_2	$(4\sim5)t$	$(3\sim4)t$
r	$(0.5\sim1)t$	$(0.5\sim1)t$
r_1	$(1\sim1.5)t$	$(1\sim1.5)t$
m	$(4\sim5)t$	$(4\sim5)t$

因此，与普通钢制冲裁模的设计不同，对于落料，制件的外形尺寸标注形式为 $D_{-\Delta}$ ，其外形尺寸决定于凸模，应有

$$D_p = (D - x\Delta)_{-\delta_p}^0$$

$$D_{框} = D_p + 2c$$

$$D_{胶} = D_{框} + 0.5 \text{ mm}$$

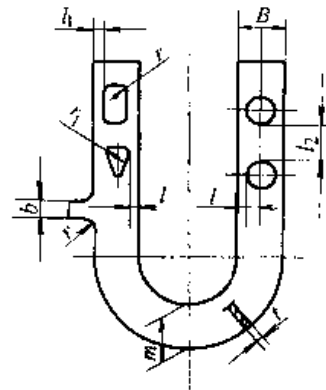


图 20.7-27 冲裁件的极限尺寸
式中 D 、 Δ ——落料件的公称尺寸及公差 (mm);

D_p 、 δ_p ——凸模刃口的尺寸及公差 (mm)
(下极限偏差取为 $-\delta_p$);

$D_{框}$ ——容框孔型的尺寸 (mm);

$D_{胶}$ ——橡胶模垫在自由状态下的尺寸 (mm);

c ——凸模与容框的单边间隙 (mm)，它与材料厚度有关，料薄时取小值;

x ——系数，一般取 $1/2\sim3/4$ 。

落料件、凸模、容框及橡胶模垫相互之间的尺寸关系见图 20.7-28。

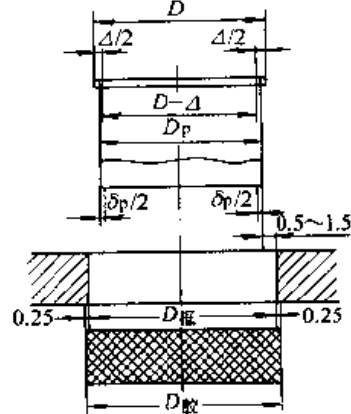


图 20.7-28 落料件与模具的尺寸关系

对于冲孔，工件的内孔尺寸标注形式为 $d^{+\Delta}$ ，其内孔尺寸决定于凹模，则

$$d_d = (d + x\Delta)^{+\delta_d}_0$$

式中 d 、 Δ ——冲孔件的公称尺寸及公差 (mm);

d_d 、 δ_d ——凹模刃口的尺寸及公差 (mm)。

聚氨酯橡胶模能够冲裁的最小孔径为

$$d_{\min} = \frac{4t\tau}{p} \approx \frac{3\sigma_b}{p} \quad (\text{mm})$$

式中 τ 、 σ_b ——材料的抗剪强度和抗拉强度 (MPa);
 t ——材料厚度 (mm);
 p ——聚氨酯橡胶面上产生的单位压

力 (MPa)。

由上式可见, 材料厚度一定时, 最小冲孔直径与聚氨酯橡胶的单位压力成反比。因此, 只要聚氨酯橡胶能够产生的单位压力越大, 可能冲出的孔径尺寸就可以越小。表 20.7-15 列出聚氨酯橡胶的单位压力等于 60~100 MPa 时的最小冲孔直径。

表 20.7-15 聚氨酯橡胶单位压力为 (60~100) MPa 时的最小冲孔直径

材料种类	抗剪强度 τ /MPa	料厚 t /mm	最小冲孔直径 d_{\min} /mm
黄铜 (H62)	420	<0.05	1~1.4
		<0.10	2~3
		<0.20	4~6
纯铜	260	<0.05	0.8~1
		<0.10	1.2~2
		<0.20	2.4~4
		<0.50	6~10
纯铝 (1070A、1060)	100	<0.05	0.8~1
		<0.10	1~1.6
		<0.20	2~3
锡磷青铜	500	<0.05	1.3~2
		<0.10	2.4~4
		<0.20	4.8~8
		<0.50	12~20
软钢 (10, 20)	—	<0.05	1~1.4
		<0.10	2~3
		<0.20	4~6

4.2.2 结构零件的设计

(1) 容框及橡胶块的设计

容框是聚氨酯橡胶冲模的重要部件之一。模具工作过程中, 它要承受较大的张力, 因此必须有足够的强度与刚度。当单位压力不大时, 采用 45 钢, 淬火硬度 40~45HRC; 若单位压力较大, 则选用高强度结构钢, 如 30CrMnSiA 等。

容框可以单独制作、固定在模座上, 也可以与模座作成整体。用于冲裁模的容框, 其内形与冲裁件形状相似, 当材料厚度为 0.05 mm 左右时, 单边间隙取 0.5 mm; 材料厚度为 0.1~0.2 mm 时, 单边间隙取 1.0~1.5 mm。单边间隙在可能的条件下取较小值, 这样可以减小冲裁搭边, 提高材料利用率。但是, 间隙太小, 橡胶流入容框与凸模之间太少, 不足以对板料产生足够的剪切力, 制件不易冲出; 间隙太大 (≥ 2

mm), 橡胶在压力作用下会沿着凸模刃口向外流出, 此时凸模刃口切入橡胶模垫边缘使模垫撕裂, 形成“脱圈”现象。

容框可制成锥形 (图 20.7-29), 以利于聚氨酯橡胶模垫的换装。如果模垫表面磨损, 可将磨损的表面切除, 更换垫板调整高度后, 再继续使用。

聚氨酯橡胶模垫的高度取 12~15 mm 为宜。

(2) 压料板与顶杆的设计

使用压料板与顶杆, 可使聚氨酯橡胶模垫在冲裁过程中处于全封闭状态, 能有效地控制橡胶的变形程度和提高刃口处的剪切力, 有利于提高模具的使用寿命和冲裁件的质量。常用压料板和顶杆有两种安装型式 (图 20.7-30), 其中活动式压料板和顶杆 (图 20.7-30b) 在正常情况下伸出模具工作零件端面约 0.5~1.5 mm, 起压料和卸

料的作用。压料用橡胶采用邵氏硬度 70~80A 聚氨酯制成, 预压量 5%~15%; 顶作用橡胶为邵氏硬度 80A 聚氨酯, 结构形状如图 20.7-31。

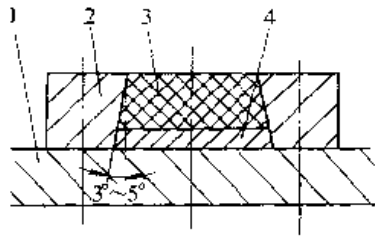


图 20.7-29 锥形模垫容框
1—模板 2—容框 3—橡胶模垫 4—垫板

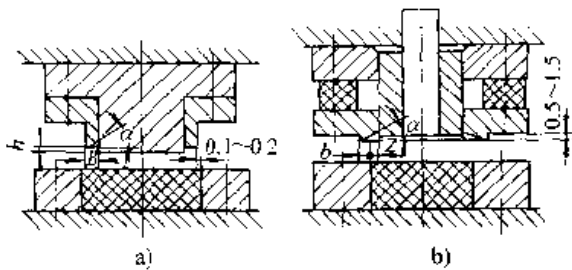


图 20.7-30 压料板与顶杆的安装型式
a) 固定式 b) 活动式

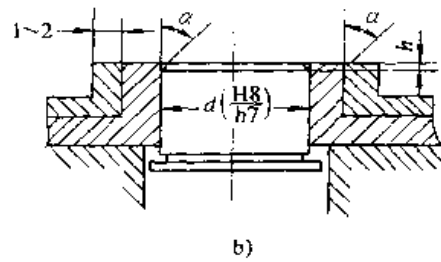
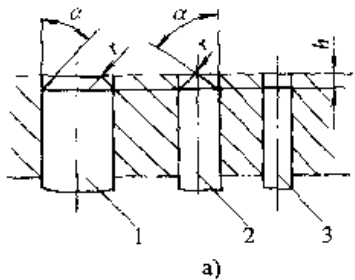


图 20.7-32 压料板与顶杆的结构型式与几何参数

a) 顶杆的型式 b) 压料板的几何参数

(1 型适于 $d > 5 \text{ mm}$; 2 型适于 $5 \text{ mm} \geq d \geq 2.5 \text{ mm}$; 3 型适于 $d < 2.5 \text{ mm}$)

表 20.7-16 压料板与顶杆的几何参数(图 20.7-32)

材料厚度/mm	h/mm	$\alpha/(\text{°})$	r/mm
≤ 0.1	0.4~0.6	45~55	0.5
$> 0.1 \sim 0.3$	0.6~1.0	55~65	0.5
$> 0.3 \sim 0.5$	1.2	65~75	0.5

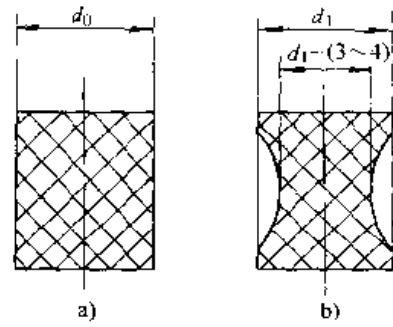


图 20.7-31 橡胶顶杆的形状

压料板与顶杆的结构型式如图 20.7-32, 几何参数列如表 20.7-16。

4.3 聚氨酯橡胶弯曲模

与普通钢制弯曲模比较, 聚氨酯橡胶弯曲模结构简单, 能够简化弯曲工艺, 有利于减少弯曲件回弹和提高弯曲件表面质量, 具有较广泛的应用范围。

4.3.1 弯曲模结构型式

聚氨酯橡胶弯曲模有敞开式弯曲模和封闭式弯曲模之分。

敞开式弯曲模(图 20.7-33a)结构简单, 通用性强, 尤其适用于变形区不大的弯曲件。弯曲

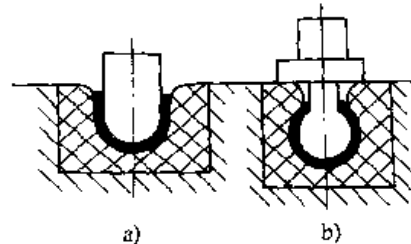


图 20.7-33 聚氨酯橡胶弯曲模分类
a) 敞开式凹模 b) 封闭式凹模

这类制作时凸模压入聚氨酯橡胶的深度分为贴模深度 h_1 和校形深度 h_2 (图 20.7-34), 前者与材料厚度、性能以及聚氨酯橡胶硬度有关, 后者对弯曲件的回弹有直接影响。为保证弯曲件的质量和提提高模具寿命, 凸模宽度 b 不能超过聚氨酯橡胶垫宽度 B 的 75%, 聚氨酯橡胶垫的高度 $h \geq 3h_3$ 。实际应用中, 还可以采取一定的措施改善聚氨酯橡胶垫底部的受力状态, 如在橡胶垫底部放置不同尺寸和形状的成形垫块或圆棒, 扩大敞开式弯曲模的使用范围 (图 20.7-35)。凸模压入橡胶垫的深度与垫块或圆棒尺寸的关系可参考表 20.7-17。

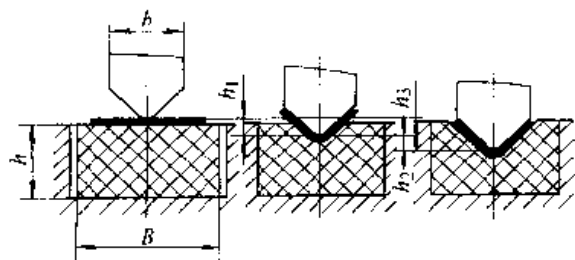


图 20.7-34 弯曲件压入深度

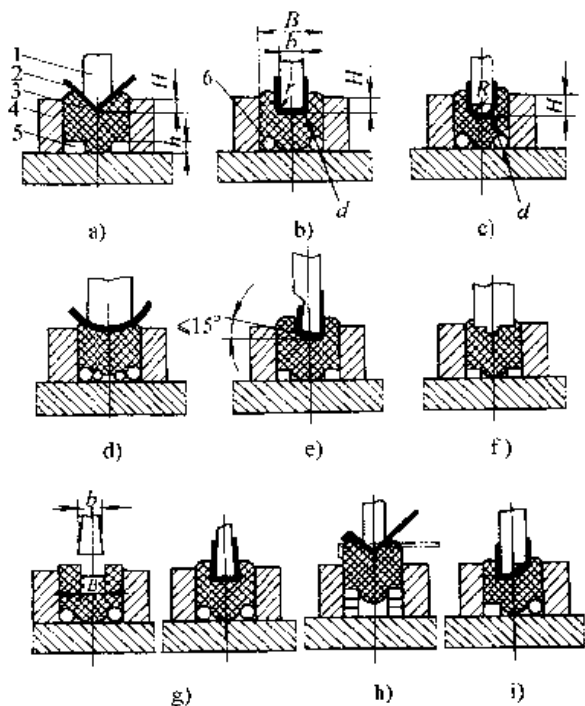


图 20.7-35 敞开式弯曲模的型式

1—凸模 2—毛坯 3—橡胶垫 4—容框
5—垫块 6—圆棒

封闭式弯曲模 (图 20.7-33b) 的凸模与容框之间采用 0.3~0.5 mm 的小间隙配合, 弯曲过

程中橡胶处于封闭受压状态, 能够产生较大的各向压力, 因而弯曲件精度高、回弹小。当弯曲变形区较大或材料较厚时, 最好采用封闭式弯曲模。

表 20.7-18 为常见弯曲件所用凹模结构及聚氨酯橡胶硬度。

表 20.7-17 凸模压入深度与垫块或圆棒尺寸的关系

制件形状	关系式
V形件 (图 20.7-35a)	$H = h + (5 \sim 6) t$
U形件 (图 20.7-35b)	$H = d + r + (10 \sim 12) t$
半圆头 U形件 (图 20.7-35c)	$H = d + R + (4 \sim 6) t$

4.3.2 弯曲模用橡胶

选用聚氨酯橡胶时, 应考虑弯曲件的形状与变形区的大小, 弯曲变形区比较集中时, 需要的变形力也较大, 应选用邵氏硬度为 70A 以上的橡胶; 对变形区较大或较深的弯曲件, 可采用邵氏硬度 60A 左右的橡胶。也可以不同硬度橡胶混合应用 (图 20.7-36), 这不但可以降低模具造价, 有时还会使变形更符合弯曲工艺的要求。譬如: 弯曲大型制件, 可在表面层采用聚氨酯橡胶, 而里层则用天然橡胶 (图 20.7-36a); 有的弯曲件高度并不大, 但局部有小圆角、尖角、凸起或孔, 在这些部位需要较硬的橡胶, 而在不变形的部分可采用较软的橡胶, 图 20.7-36b 所示结构就能满足这样的要求。

在聚氨酯橡胶弯曲模上, 还可以采用镶入钢件的办法, 使压力预先集中于不易成形的部位, 如图 20.7-37 所示。

4.4 聚氨酯橡胶拉深模

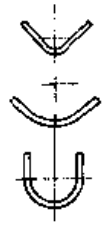
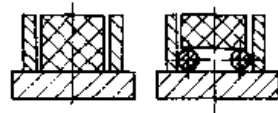
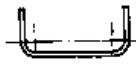
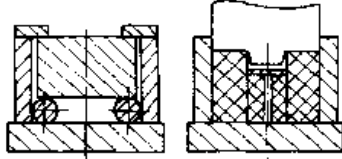

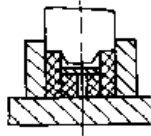
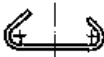
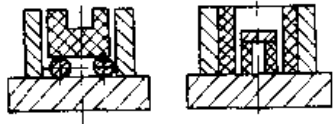

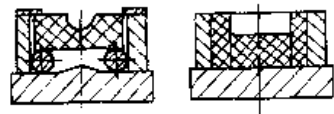

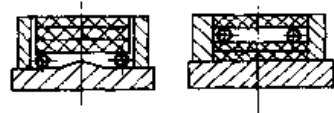
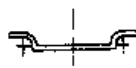
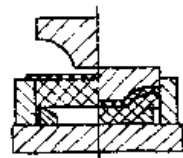
用聚氨酯橡胶作凸模或凹模, 可拉深圆筒形件、锥形件、曲面形件和盒形件等。所得到的制件表面质量好、废品率低。一般情况下, 聚氨酯橡胶拉深模可拉深 1.2 mm 以下的板料, 适用于小批量生产和试制用。

聚氨酯橡胶拉深模有用橡胶做凹模、凸模和无凸模三种方法。

(1) 橡胶凹模拉深法

橡胶凹模拉深法如图 20.7-38 所示, 是由金

表 20.7-18 常见弯曲件所用凹模结构及橡胶硬度

名 称	制件形状	凹模结构与橡胶硬度	备 注
V 形件 弧形件 U 形件		 (70~80A)	敞开式
U 形件		 (80A)	封闭式
带凸缘 U 形件		 (80A)	封闭式
闭斜角 U 形件		 (80A)	封闭式
环形件		 (60~70A)	封闭式
变曲率件		 (70~80A)	封闭式
曲率中心 异侧件		 (70~80A)	封闭式

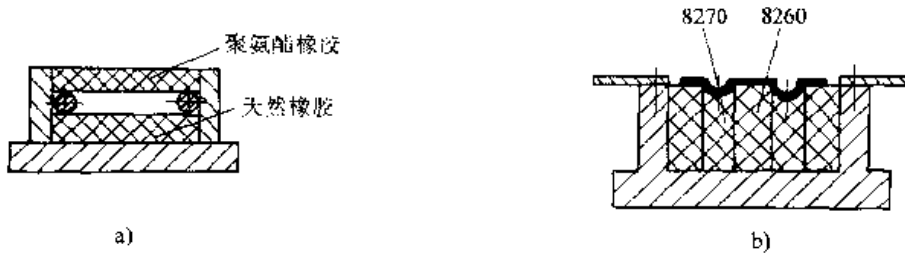


图 20.7-36 不同硬度橡胶混合结构

a) 聚氨酯橡胶与天然橡胶混合结构 b) 不同硬度聚氨酯橡胶混合结构

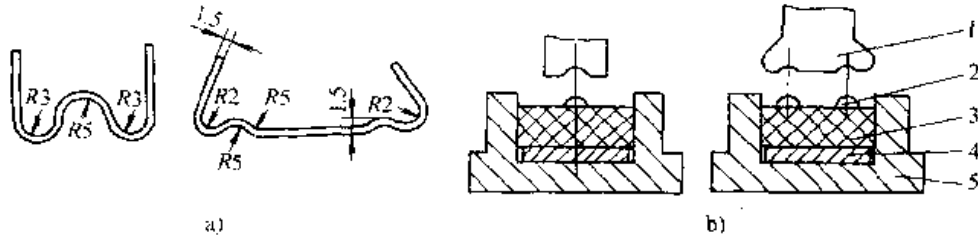


图 20.7-37 镶钢结构

a) 弯曲件 b) 镶钢结构

1—凸模 2—镶钢件 3—橡胶模垫 4—垫板 5—容框

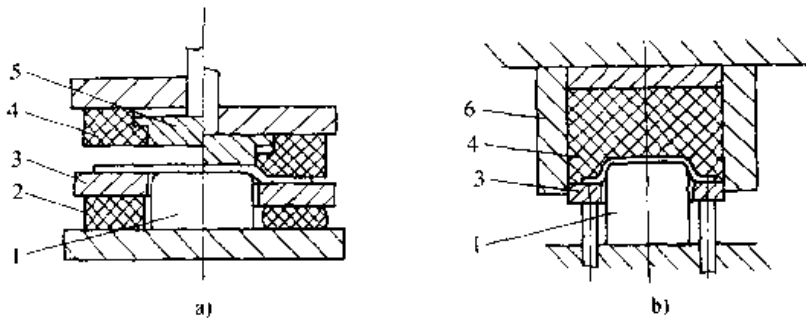


图 20.7-38 橡胶凹模拉深法

a) 型腔式橡胶拉深凹模 b) 容框式橡胶拉深凹模

1—凸模 2—橡胶 3—压边圈 4—聚氨酯凹模 5—顶件器 6—容框

属凸模把毛坯挤入橡胶凹模内，在此过程中聚氨酯橡胶凹模自始至终把毛坯紧紧地压在凸模上，同时拉深毛坯内表面与凸模间和毛坯外表面与橡胶凹模间均存在有益的摩擦，这就减少了拉深件筒部危险断面被拉裂的可能性。

橡胶凹模拉深法有型腔式和容框式两种。图 20.7-38a 为型腔式，凹模应采用硬度较高的聚氨酯橡胶，其硬度值约为 90A，最大压缩量为 35%。图 20.7-38b 为容框式，为提高压边力，容框内成形部分采用较软的聚氨酯橡胶（硬度以邵氏 80A 为宜），而在压边部分采用较硬的聚氨酯橡胶（图 20.7-39a），或者在压边部分镶一钢环（图 20.7-39b），两部分用粘接剂连接起来。

用聚氨酯橡胶做凹模时，应使其内形尺寸略

小于钢制凸模的外形尺寸。

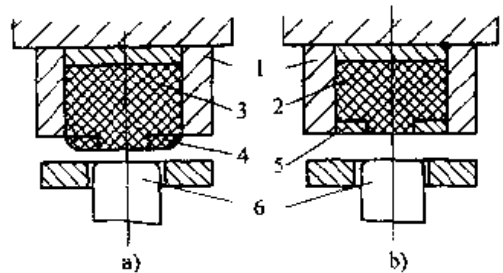


图 20.7-39 提高压边力的方法

1—容框 2—聚氨酯 3—较软的聚氨酯 4—较硬的聚氨酯 5—钢环 6—凸模

(2) 橡胶凸模拉深法

图 20.7-40 所示为橡胶凸模拉深法。拉深过程中，装入容框内的聚氨酯橡胶起到凸模的作

用,将毛坯挤入钢制凹模的型腔内。与此同时,聚氨酯橡胶与凹模端面对毛坯法兰部分施以压力,自然形成压边作用,起到防皱的目的。拉深件较浅时,采用邵氏90A的聚氨酯橡胶,最大压缩量约为25%,可获得轮廓清晰的拉深件;拉深件较深时,则采用邵氏80A的聚氨酯橡胶,最大压缩量可达35%,其抗磨损与抗撕裂性能好。

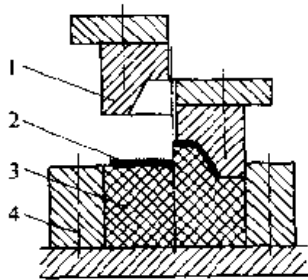


图 20.7.40 橡胶凸模拉深法

1—凹模 2—毛坯 3—橡胶 4—容框

为便于成形和排出模腔内的空气,需在凹模型腔内开排气孔。孔径一般为1.0~3.0 mm,毛坯厚时取大值,薄时取小值。

(3) 无凸模拉深法

与橡胶凸模拉深法不同的是,在容框5的底部放置一环状的聚氨酯橡胶垫4(图20.7.41)。如对钢制凹模施加压力,则橡胶垫必然向凹模孔内流动。此时,由于摩擦力的作用,把置于橡胶垫与凹模2之间的毛坯3拖入凹模孔内而拉深成形。

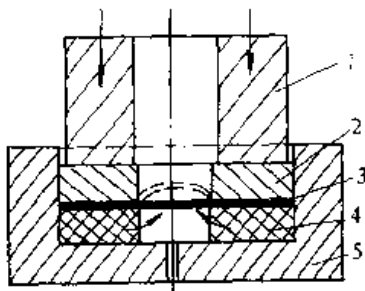


图 20.7.41 无凸模拉深法

1—传力筒 2—凹模 3—毛坯
4—橡胶垫 5—容框

由于这种方法主要是靠橡胶与毛坯间的摩擦力作用而使毛坯拉深成形的,因此,对已进入凹模孔内的筒壁不存在危险断面的拉裂问题。采用这种方法拉深软质铝板,极限拉深系数可达0.14左右。

由于橡胶垫的厚度只能被压缩5~10 mm左右,故每一次加压所能得到的拉深深度较小。所以,对较深的拉深件,需要反复多次加压,如对于厚度为1 mm的软质铝板需经过四次加压方能得到拉深系数0.14左右的圆筒拉深件。可见生产效率较低,因此目前实用也很少。

4.5 聚氨酯橡胶成形模

4.5.1 橡胶胀形模

所谓橡胶胀形模,是在模具内利用聚氨酯橡胶各向流动的性质对管坯和板坯进行成形加工。它在很大程度上简化了模具结构,特别适用于管件或具有曲母线的金属容器的成形,是目前应用较多也是效果较好的橡胶模之一。

图20.7.42所示橡胶胀形模,凸模采用聚氨酯橡胶,凹模为钢制模。根据制件的形状,可将钢制凹模做成哈夫式或上下对开式,并在凹模壁上的适当位置开设出气孔,使毛坯胀形后能够充分贴模。聚氨酯橡胶凸模的硬度以邵氏75A为宜,压缩量一般应控制在10%~35%之间。

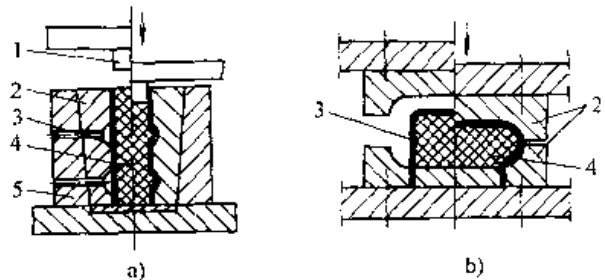


图 20.7.42 聚氨酯橡胶胀形模

a) 哈夫式(管壁压肋) b) 上下对开式(张鼓肚)

1—冲头 2—凹模拼块 3—毛坯
4—橡胶 5—模套

用聚氨酯橡胶做凸模,还可在平板毛坯上压制加强肋和局部浅凸(或凹)台,如图20.7.43所示。

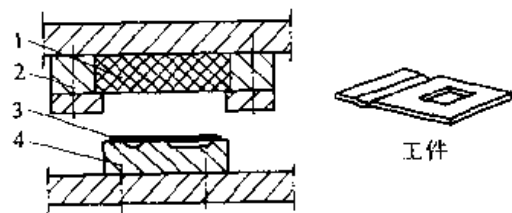


图 20.7.43 聚氨酯橡胶局部成形模

1—橡胶模垫 2—容框 3—毛坯 4—凹模

4.5.2 橡胶翻边模

孔翻边用聚氨酯橡胶模如图 20.7-44 所示。凸模主要起施力作用，受聚氨酯橡胶的挤压毛坯贴靠凹模，翻边后的尺寸由凹模来保证。与普通钢制翻边模相比，聚氨酯橡胶翻边模可以成形翻边系数较小的制件，而且毛坯贴模程度较好。聚氨酯橡胶翻边模之间的单边间隙取毛坯厚度加聚氨酯橡胶衬垫厚度的 80%。

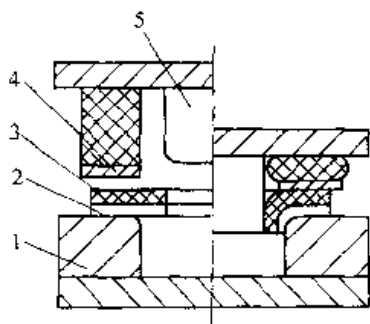


图 20.7-44 聚氨酯橡胶翻边模

1—凹模 2—毛坯 3—聚氨酯衬垫
4—压边圈 5—凸模

外缘翻边可以采用聚氨酯橡胶翻边模，翻边方法见图 20.7-45。

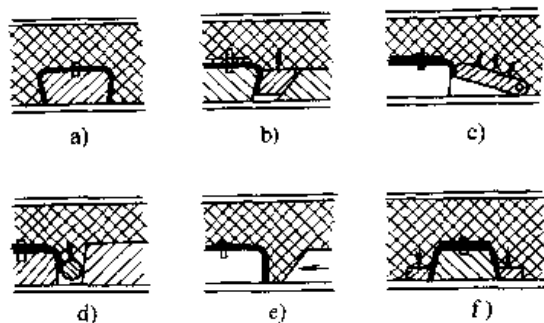


图 20.7-45 在橡胶模内的各种翻边方法

a) 用橡胶 b) 用楔块 c) 用铰链压板
d) 用棒 e) 用活动楔块 f) 用圈

翻边高度较小时，聚氨酯橡胶衬垫的硬度可用邵氏 95A，较大时则用邵氏 90A。

4.6 聚氨酯橡胶模的典型结构及应用举例

图 20.7-46 所示聚氨酯橡胶复合冲裁模。图 20.7-46a 的主要特点是压料板 3 和顶杆 1 均是活动的，正常情况下它们与凸凹模 2 的端面有 1.0~1.5 mm 的阶差。压料板端面为台肩式，冲裁过程中台肩不进入容框的孔型。为此要求压料板、容框和橡胶模垫三者之间有一定的尺寸关

系，即：凸凹模与容框孔型的单边间隙 $c = 0.5 \sim 1.5 \text{ mm}$ ；压料板有效压料宽度 $b \geq 12t$ (t 为材料厚度)；台阶宽度 $B = b + c$ ；容框孔口圆角 $R = 0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ 。下模的橡胶模垫与容框采用 $3^\circ \sim 5^\circ$ 的斜度固定，冲裁时不宜发生反胶现象。

图 20.7-46b 所示为带固定式压料套的聚氨酯橡胶复合冲裁模，它适用于冲裁外形比较复杂的薄件。工作时，压料套 3 与凸凹模 2 一起进入容框 4 挤压橡胶，从而有效地防止材料滑移。

图 20.7-47 为组合结构的 U 形封闭式弯曲模，适用于尺寸较大的弯曲件。工作部分主要由左右橡胶垫 3、金属垫板 4、顶件橡胶 5 和容框 2 组成。凹模型腔的组合宽度： $B_d = B_p + 2t$ 。

图 20.7-48 所示弯曲模的凸模 7 安装在下模上，容框 4 和橡胶模垫 3 安装在上模。为保证弯曲件的精度，凸模座 8 两侧的成形面做成 $15^\circ \sim 30^\circ$ 的斜面，其几何参数为

凸模座高度：

$$H = h + K$$

凸模座底部的长度：

$$L = A + 2h$$

式中 h —— 弯曲件弯边长度 (mm)；

K —— 系数，一般取 5~10 mm；

A —— 弯曲件宽度 (mm)。

这也是一副封闭式弯曲模，工作时橡胶在上模的作用下受挤压即向凸模与凸模座之间的空隙转移，从而使毛坯逐渐成形。图 20.7-48 的右边为几种典型的弯曲件。

图 20.7-49 所示为一副通用聚氨酯橡胶拉深模。当拉深件的形状和尺寸变化不大时，只需更换凸模或改变橡胶衬垫的厚度；如果仅是拉深件的厚度变化，则只需更换橡胶衬垫。

图 20.7-50 为用钢管胀形自行车接头的实例。管坯放置在活动凹模 2 的模腔内，聚氨酯橡胶芯棒放入管坯内，在管坯的上、下端各置一块橡胶垫板 3 和 7，凸模 1 和 9 通过垫板对管坯和橡胶棒加压，从而使管坯成形。

类似的实例是烟缸成形模 (图 20.7-51)，由于制件的形状关系，凹模分成上下两半，便于取出。凸模 1 用聚氨酯橡胶做成类似制件的形状，最大直径略小于毛坯内径。

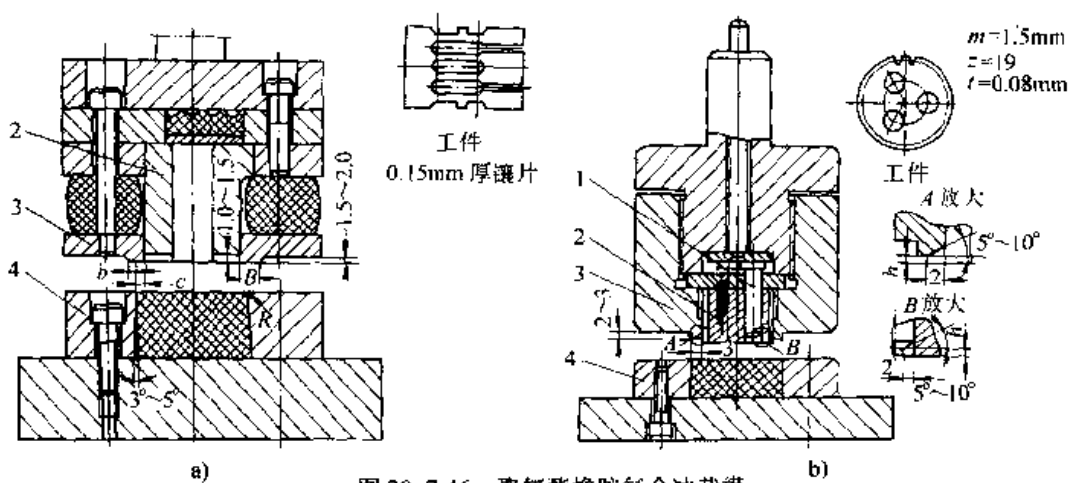


图 20.7.46 聚氨酯橡胶复合冲裁模

a) 活动式压料板 b) 固定式压料套

1—顶杆 2—凸凹模 3—压料板(套) 4—容框

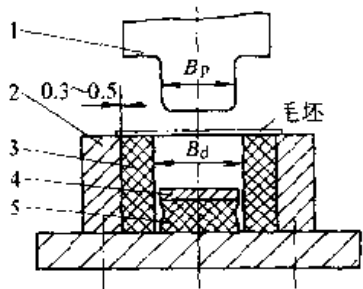


图 20.7.47 组合结构封闭式弯曲模

1—凸模 2—容框 3—橡胶垫
4—金属垫板 5—顶件橡胶

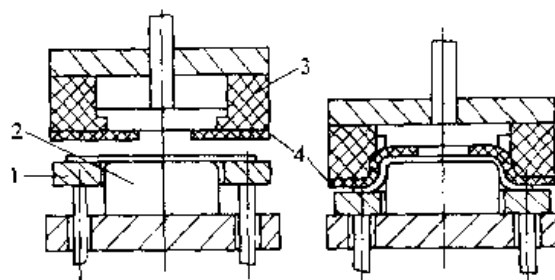


图 20.7.49 通用聚氨酯橡胶拉深模

1—压边圈 2—凸模
3—聚氨酯凹模 4—聚氨酯橡胶衬套

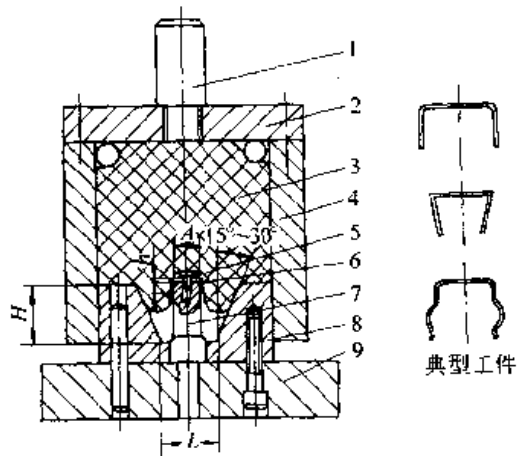


图 20.7.48 聚氨酯橡胶弯曲模

1—模柄 2—上模板 3—橡胶模垫
4—容框 5—定位板 6—销钉
7—凸模 8—凸模座 9—底板

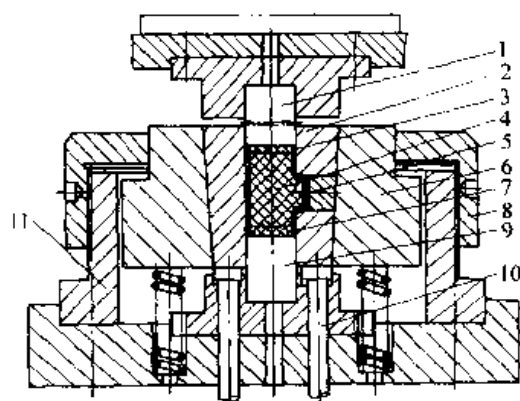


图 20.7.50 自行车接头胀形模

1、9—凸模 2—凹模 3、7—橡胶垫板
4—橡胶芯棒 5—垫块 6—凹模座
8—定位调节圈 10—顶杆 11—定位调节座

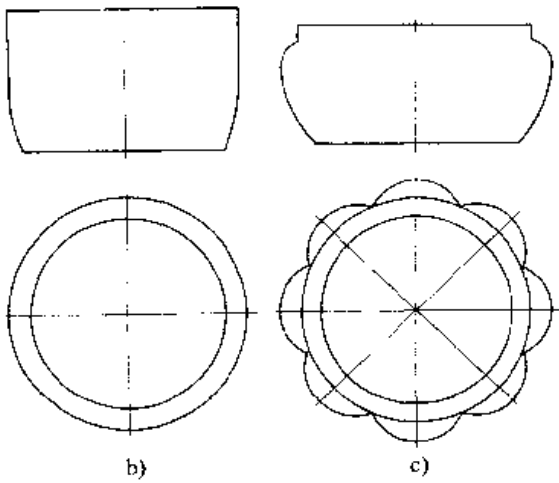
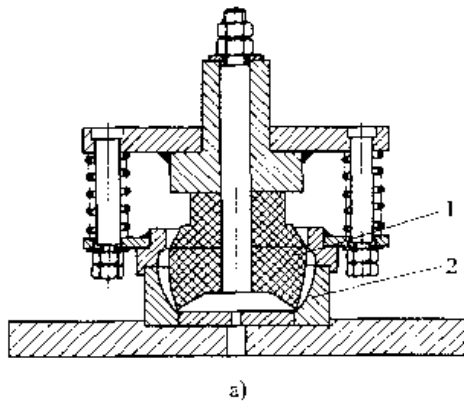


图 20.7-51 烟缸成形模

a) 模具结构 b) 毛坯 c) 工件
1—橡胶凸模 2—凹模

5 低熔点合金冲模

以低熔点合金作为模具材料，用铸造代替机械加工制造模具，在汽车、机械、轻工、电子、仪表等领域得到广泛的应用。其特点是：凸、凹模可在铸造时同时完成，凸模与凹模之间的间隙均匀，使用时不需要调整；合金材料可以反复使用，耗损极少；用于成形时，制件表面质量好，不易出现拉伤划痕等缺陷。这种模具适用于低碳钢及铝铜等金属薄板的冲裁、弯曲、拉深、翻边等工艺。

5.1 低熔点合金的性能及特点

用于冲模的低熔点合金，必须具有一定的强度，铸模流动性好，冷凝时胀缩率小，且不与任何金属粘接。目前，制模中应用较多的是铋基合

金，其主要成分铋在冷凝时具有体积膨胀的特性，使合金能有效地充满型腔，几乎不产生铸造缺陷，而且铸造后表面平整光滑。但是，铋在我国为稀有金属，价格较贵，故铋基低熔点合金模具的一次性投资费用较高。

常用低熔点合金除铋基合金外，还有锡基合金和铅基合金。作为模具材料，锌基合金也是一种低熔点合金。它的力学性能相当于低碳钢，但熔点低（为 380°C ），浇注温度为 $420 \sim 450^{\circ}\text{C}$ ，可以用砂型、金属型、石膏型进行铸造。由于锌基合金材料具有独特的自润滑性和耐烧结性，因此用锌基合金模具冲压得到的制件表面质量较高。

5.2 铋基合金冲模

铋基合金冲模，是以样件为模型，采用铋基合金作为模具材料，在熔池（或容框）内一次铸造成形，铸造后型腔一般不再经过机械加工即可用于冲压生产，主要用来冲压厚度为 1.5 mm 的材料。

5.2.1 模具结构与设计

铋基合金冲模的结构如图 20.7-52，凸模部分由凸模架（座）5、凸模连接板 6、合金凸模 8 及固定螺钉 7 等组成；凹模部分由熔池 16 和 17、合金凹模 2 等组成；压边部分由压边圈框 3、压边圈连接板 4、合金压边圈 10 等组成。熔池是熔合金进行铸造的容器，其内布置有加热器 15、冷却装置 11、测温装置 12、排气管 13 以及调整合金液面的副熔池 17 等。冲模中的原件器是在铸模后放置上去的。

使用熔池铸模，只要制件的尺寸在熔池尺寸范围内，有样件即可铸出。所以熔池是通用的，凸模连接板和压边圈连接板亦可以通用。目前，国内外均已研制出在机身上配有铋基合金熔池的自铸模压机。

图 20.7-53 所示为一种简易容框。下模座 5 的内形尺寸按制件的外形尺寸确定，并将其标准化、规格化；上模板 1 除了有供安装模柄 8 的孔外，还设置了 4~6 个台阶式通孔，用作放置螺钉使合金凸模与上模板能牢固地连接在一起。浇注铋基合金前，先留两孔分别作为浇口和出气口，待容框中的合金注满后，再将已预热的螺钉放入这两个孔中。

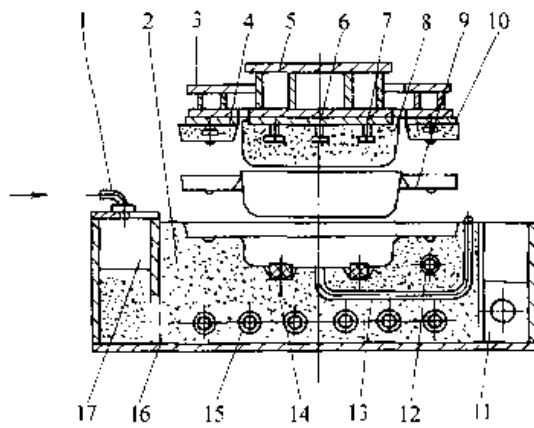


图 20.7-52 铋基合金冲模结构

- 1—加压进气管 2—合金凹模 3—压边圈框
- 4—压边圈连接板 5—凸模架 6—凸模连接板
- 7—固定螺钉 8—合金凸模 9—样件
- 10—合金压边圈 11—冷却水室 12—测温装置
- 13—排气管 14—橡胶顶件器 15—电加热器
- 16—主熔池 17—副熔池

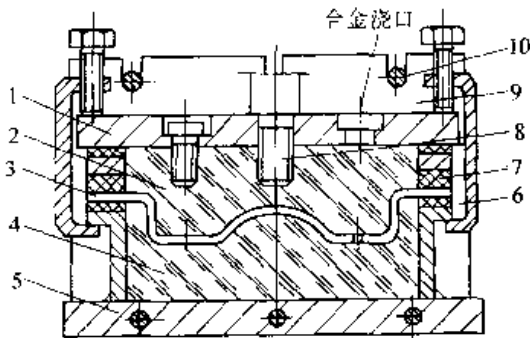


图 20.7-53 铋基合金铸模用简易容框

- 1—上模板 2—凸模 3—样件 4—凹模
- 5—下模座 6—C形夹 7—密封橡胶
- 8—模柄 9—前后封板 10—螺杆

(1) 凸模连接板

凸模连接板是合金凸模与凸模架之间的连接钢板，其尺寸与样件内形相近（图 20.7-54）。在连接板上装有若干带钩的螺钉，铸模时螺钉浸入合金液面，凝固后连接板与合金凸模形成整体。螺钉在制模时要克服脱模力及在凸模上行时承担合金凸模的重力，其尺寸与数量应根据凸模连接板的尺寸确定，大型模具每 150 mm × 150 mm 用一个螺钉，中型模具则 100 mm × 100 mm 用一个，小型模具则 60 mm × 60 mm 用一个。螺钉嵌入合金凸模的深度应为合金凸模高度的 3/4 左右，此外可在各螺钉之间加上厚 3~5 mm 的钢板或亦用螺栓连接形式（图 20.7-55），以增强

合金与凸模连接板之间的机械嵌合力，保证合金凸模的整体强度。

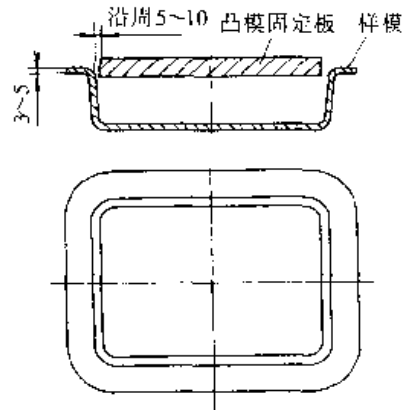


图 20.7-54 凸模连接板的尺寸

(2) 凹模板

对于铋基合金拉深模，在凹模上表面及凹模口圆角处，因材料流动要承受较大的压应力和摩擦力，模具寿命往往取决于这些部位的耐磨性和硬度。如果拉深件的批量较大，而且制件又是平面凸缘，一般可采用钢制凹模板。凹模板用普通钢板制作，制件厚度较小时，凹模板厚度 5~15 mm；制件厚度较大时，凹模板厚度 25~35 mm。凹模板只需加工上表面，表面粗糙度为 $Ra 1.6 \mu m$ ，内型尺寸与形状同普通钢模一样。

凹模板的固定方式应视模具大小而定，小型模具可用螺钉安装在熔池（容框）上或将螺钉埋入合金凹模内（图 20.7-56a、b）；大型模具可将凹模板埋入合金内（图 20.7-56c），以减少凹模板的轮廓尺寸和节省钢材。

(3) 压边圈

压边圈应具有足够的强度、刚度和耐磨性，对于制件产量较大而且压料面又为平面的模具，压边圈可用钢板制造。否则，所用的压边圈，同样是采用铋基合金铸造而成，在压边圈连接板上同样装有固定合金的螺钉。

(4) 镶嵌件

为提高铋基合金模具的使用寿命，往往需要在模具应力集中和易磨损的部位，采用钢制镶嵌件予以加强，如图 20.7-57 所示。生产中使用较多的是通用镶嵌件，只有在凸模细长、受力又较大的情况下，才设计专用镶嵌件。

镶嵌件的固定方式见图 20.7-58：图 a 为在镶嵌件上设置几个螺孔，铸模时铋基合金充满螺孔，使镶嵌件与合金模相连，达到固定镶嵌件的

目的；图 b 为铸模前在镶嵌件的螺孔内拧上钢制螺钉，其紧固效果较前一种更好；图 c 为在镶嵌

件上焊接支耳，借支耳与合金模相连而得到固定。

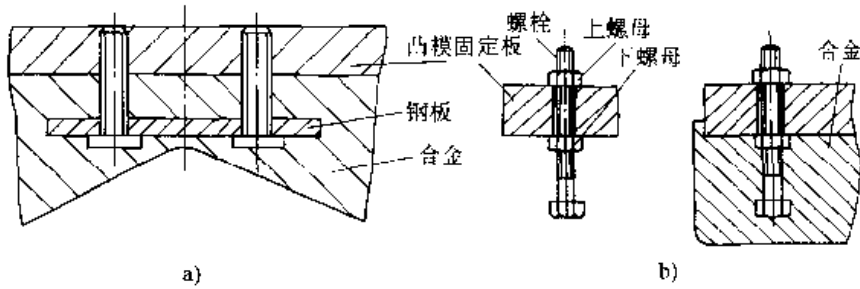


图 20.7-55 凸模连接板与合金的加固方法

a) 螺钉间加有钢板 b) 螺栓连接

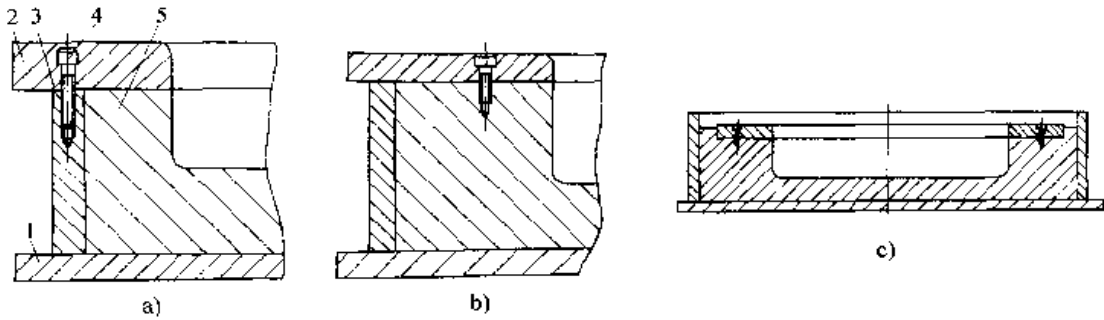


图 20.7-56 凹模板的固定方式

a) 凹模板安装在熔池(容框)上 b) 凹模板用螺钉与合金连接 c) 凹模板埋入合金内

1—熔池(容框) 2—凹模板 3—橡胶垫 4—螺钉 5—合金

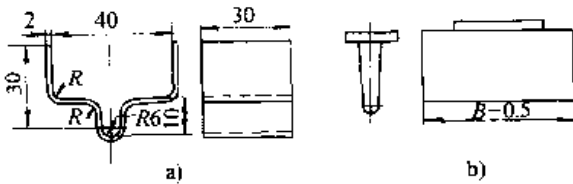


图 20.7-57 带加强镶嵌件的铋基合金模具

a) 工件 b) 专用镶嵌件 c) 弯曲模
1—通用镶嵌件 2—专用镶嵌件

各种形式的镶嵌件通常用碳素工具钢制造，一般情况下不必进行热处理，因为其硬度远高于铋基合金。镶嵌件在铸模前要牢固地连接在样件

上(图 20.7-59)，防止熔化的合金流动时改变镶嵌件的位置。其中，胶接法主要用于在样件的同一部位，凸凹模均需加强镶嵌件的情况，同时胶接强度不宜过高，以保证开模时镶嵌件可与样件脱开。

5.2.2 样件设计

为完成铋基合金模具铸造，还必须要有样件。样件是铸模的模型，其质量决定了铸出模具的质量。图 20.7-60 为样件的结构图，样件的内、外挡墙分隔合金，形成合金压边圈；样件的内腔形成合金凸模，外腔形成凹模。样件的壁厚即形成凸、凹模之间的间隙。样件上分布的小孔，是为铸造时便于内、外腔的液体合金相互流通而设置的，以便同时铸出凸模、凹模和压边圈。

设计样件必须符合产品结构图的要求，同时还应满足铸造时的工艺要求。譬如，样件应具有一定的刚度和强度，保证在铸造过程中不致变形，应有一定的脱模斜度，使铸模与样件能够顺利分离。样件设计要点及示例如表 20.7-19。

样件的制作方法有手工板金成形、玻璃钢糊制和用制件直接改制而成。如果样件形状复杂而

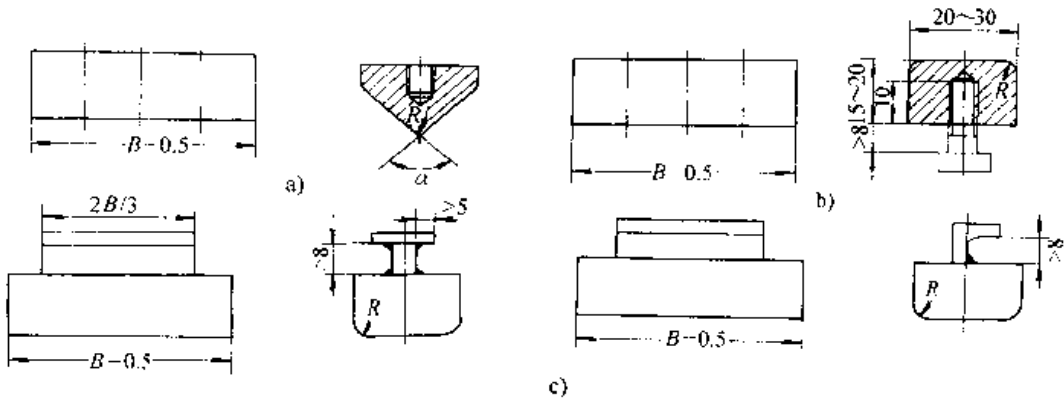


图 20.7-58 镶嵌件的固定方式

a) 螺孔固定式镶嵌件 b) 螺钉固定式镶嵌件 c) 支耳固定式镶嵌件

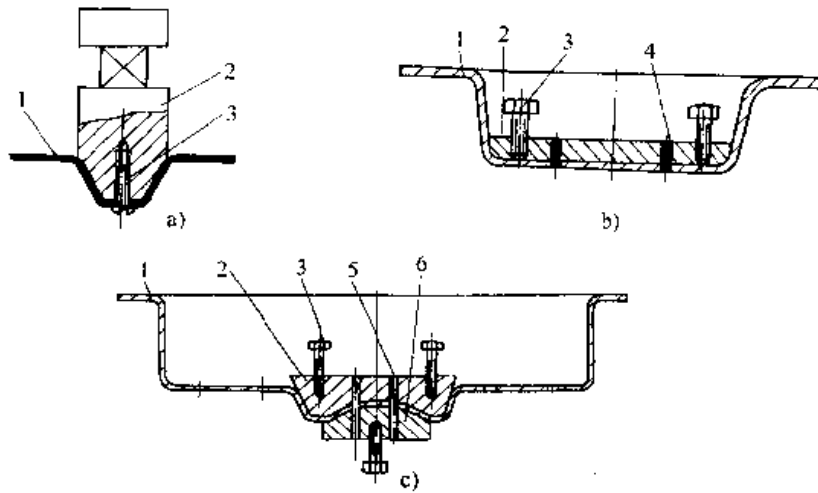


图 20.7-59 镶嵌件与样件的连接方法

a) 螺钉连接 b) 铆接 c) 胶接

1—样件 2—凸模镶嵌件 3—螺钉 4—铝铆钉 5—胶 6—凹模镶嵌件

加工困难，可先分解加工，然后再拼焊起来，并将所有焊缝修磨光滑。

凹模均用铍基合金铸成，压边圈系采用钢板制作。凹模刃口处加添钢制凹模板，以提高模具使用寿命。此模具在 YA-250 液压机上使用。

图 20.7-62 为一副铍基合金拉深、切边、冲孔、翻边复合模。切边凸模、凹模由镶嵌件组成，凹模口为阶梯形状，上部为小圆角，下部为大圆角，中间为切边刃口；压边圈采用钢板制作，模架为钢板焊接结构，采用橡胶块顶件（图中未示出）。此模具在双动压力机上使用。

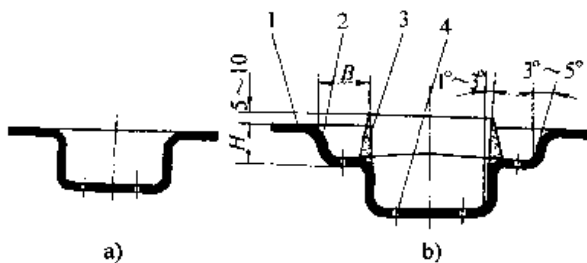


图 20.7-60 样件的结构

a) 简单形状样件 b) 复杂形状样件

1—凸缘 2—外挡墙 3—内挡墙 4—合金溢流孔

H—合金压边圈高 B—合金压边圈宽


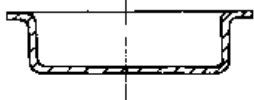
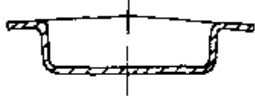

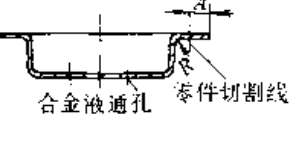
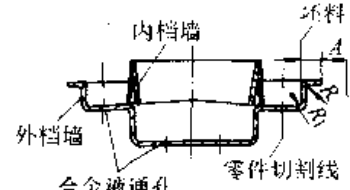
5.2.3 应用举例

图 20.7-61 所示拖拉机侧盖的成形模、凸、

5.3 铍基合金冲模

铍基合金冲模也是一种低熔点合金模具。铍基合金较铍基合金成本低、来源广，而且机械加工性能良好。所以，生产中逐渐使用铍基合金代替铍基合金来制造冲模。

表 20.7-19 铍基合金模具用样件设计要点及示例

名称	平面分模		曲面分模
制件	无凸缘件 	有凸缘件 	曲面凸缘件 
样件图			
样件设计要点	<p>尺寸计算</p> $A = 10 \sim 25 \text{ mm}$ $R = 6 \sim 8 \text{ mm}$ $H = R + (3 \sim 5) \text{ mm}$	<p>尺寸计算</p> $A = 10 \sim 25 \text{ mm}$ R 同制件圆角半径 $H = R + (3 \sim 5) \text{ mm}$	<p>尺寸计算</p> $A = 25 \sim 50 \text{ mm}$ $R = 3 \sim 5 \text{ mm}$ $R_1 = 6 \sim 8 \text{ mm}$ 挡板锥度 = 1:50 ~ 1:25
	<p>结构说明</p> ① 样件形状与制件基本一致，但制件无凸缘时应加凸缘，制件有凸缘时应加宽凸缘 ② 合金液通孔一般取 $\phi 3 \sim \phi 5 \text{ mm}$ ，设在底部和凹进处，以利排气；通孔数可按样件沉入时间长短考虑，小型样件 3~5 分钟为宜，大型样件则 10~15 分钟为宜 ③ 脱模斜度：小件为 $1^\circ \sim 3^\circ$ ，大件为 $3^\circ \sim 5^\circ$		<p>结构说明</p> ① 为铸出压边圈而样件要有内外挡墙。内挡板一般做人字形便于脱模，底部宽约 3~6 mm，要求高出外挡墙 10~15 mm，防止灌入合金不能脱模 ② 合金液通孔与脱模斜度同左

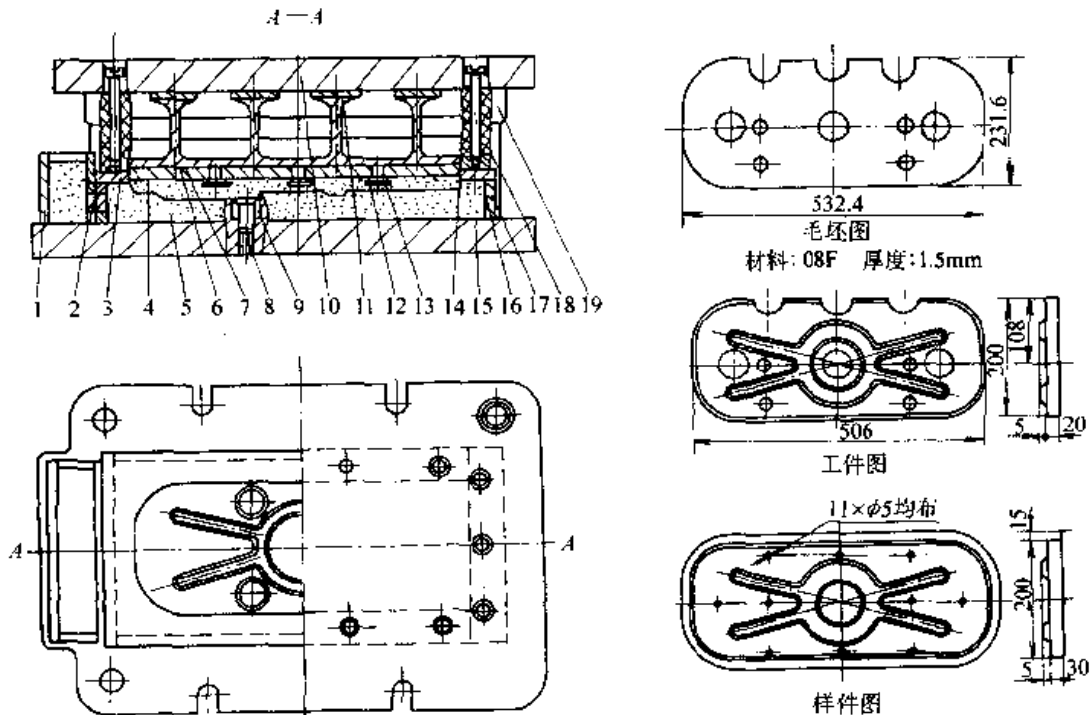


图 20.7-61 拖拉机侧盖压形模

- 1—副熔池(Q235) 2—凹模板(Q235) 3—橡胶 4—凸模(铍锡合金) 5—凹模(铍锡合金) 6—凸模连接板(Q235)
 7—凸模架(Q235) 8—顶出杆(45钢) 9—衬套(Q235) 10—凸模座(Q235) 11—垫板(Q235) 12—制件(08F钢)
 13、15—螺钉 14—限位套(Q235) 16—压边圈(45钢) 17—主熔池(Q235) 18、19—导柱导套

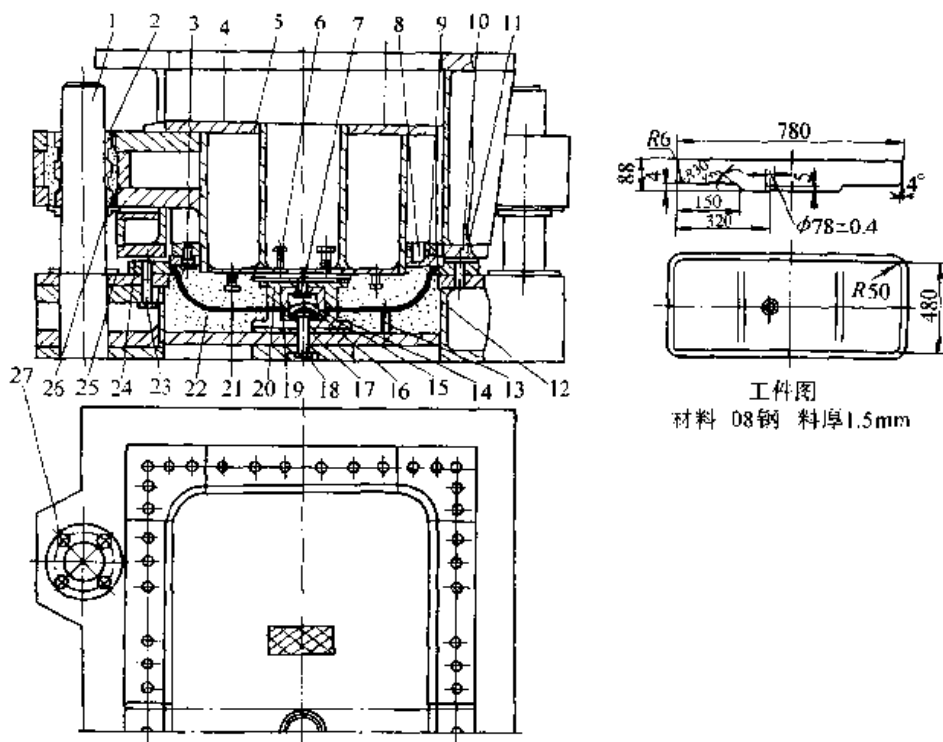


图 20.7-62 锌基合金拉深、切边、冲孔、翻边复合模

- 1—导柱 2—导套 3、6、7、17、21、23—螺栓 4—铍合金凸模 5—凸模架 8、10—圆柱销
 9—凸模镶块 11—压边圈 12—容屑 13—排气管 14—冲孔凹模座 15—冲孔凹模 16—橡胶
 18—螺母 19—冲孔凸模 20—冲孔凸模座 22—铍合金凹模 24—凹模镶块 25、26—压板 27—螺钉

5.3.1 锌基合金冲裁模

锌基合金冲裁模的凸、凹模，其中一个采用模具钢制作，另一个为锌基合金材料，形成一硬一软两种模具刃口。用它来冲裁比锌基合金的硬度与强度还要高的材料时，锌基合金凹模（或凸模）刃口不能始终保持锋利，裂纹只会在钢制模具刃口一面产生，并扩展使制件与毛坯实现分离。

(1) 模具设计

1) 设计原则 根据锌基合金冲裁模的工作特性，为使毛刺留在废料上，以提高冲裁件的精度，在设计落料模时，凹模采用锌基合金材料，而凸模选用钢制材料制造；设计冲孔模，凸模用锌基合金材料制造，凹模则用钢制材料制造；复合模的凸模和凹模采用锌基合金，而凸凹模选用工具钢等材料。当冲裁件断面质量要求不高、生产批量又不大时，模具一律采用凸模是钢制材料，凹模是锌基合金制作的。

2) 凸、凹模刃口尺寸计算 对于落料工序：设落料件尺寸 $D - \frac{\delta_p}{2}$ ，钢制凸模刃口尺寸为

$$D_p = (D - x\Delta) - \frac{\delta_p}{2}$$

对于冲孔工序：设制件孔的尺寸 $d + \frac{\delta_d}{2}$ ，钢制凹模刃口尺寸为

$$d_d = (d + x\Delta) + \frac{\delta_d}{2}$$

式中 D 、 Δ —— 落料件的公称尺寸及公差 (mm)；

D_p 、 δ_p —— 凸模刃口的尺寸及制造公差 (mm)； δ_p 按 IT6 级精度；

d_d 、 δ_d —— 凹模刃口的尺寸及制造公差 (mm)； δ_d 按 IT7 级精度；

x —— 系数，与冲裁件的形状和精度有关，IT12~IT13 以上精度为 3/4；IT14 以下精度为 1/2。

3) 锌基合金凸、凹模设计 采用锌基合金材料制作凸、凹模，需要考虑模具强度和模具结构两个问题。由于锌基合金材料的抗压强度只有 600~800 MPa，所以用锌基合金材料作凸模时，所能冲裁的板料厚度和最小孔径是有限的，即作用在凸模上的压应力必须小于锌基合金材料的抗压强度

$$\sigma_{\text{凸}} = \frac{F_{\text{凸max}}}{A} \leq \sigma_t$$

式中 $F_{\text{凸max}}$ ——凸模在冲裁过程中所受的最大作用力 (N);
 A ——凸模横截面面积 (mm^2);
 σ_t ——锌基合金材料的许用压应力 (MPa)。

锌基合金凸模结构型式多采用组合式、镶拼式 (如图 20.7-63), 以减少凸模的长度。

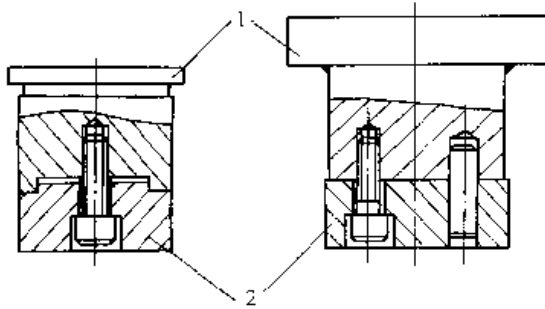


图 20.7-63 锌基合金凸模结构型式

1—钢制凸模固定部分 2—锌基合金凸模

锌基合金凹模必须有足够的厚度和壁厚才能保证凹模强度。对于中、小型冲裁件, 凹模的厚度 H 和壁厚 B , 按下式计算

$$H = 30 \text{ mm} + 17.5t, \quad B = 40 \text{ mm} + 10t$$

式中 t ——板料厚度 (mm)。

锌基合金凹模的结构型式 (图 20.7-64) 分为: ① 整体式, 多用于中小件生产; ② 镶拼式, 主要用于大型修边模或落料模, 镶块可平镶在模板上或通过镶块支架立镶在模板上, 前者用于薄板冲裁, 后者用于较厚板的冲裁; ③ 组合式, 即在模具工作条件苛刻的部位采用钢块。但凹模刃口均采用直壁结构, 直壁高度 h 直接影响冲裁件的平整度、毛刺大小和质量。直壁高度 h 太小, 无法保证修模后的尺寸, 影响冲裁件的尺寸精度和模具使用寿命; h 太大, 冲裁时凹模腔内存件太多, 会造成凹模涨裂。凹模刃口直壁高度可参照表 20.7-20 选用。

(2) 模具结构与制模方法

锌基合金冲裁模的结构型式与普通钢制模具基本相同。用锌基合金可以制作简单模, 也能够制作复合模和连续模。生产中, 应根据冲裁件的精度和批量要求, 正确选择模具结构型式。图 20.7-65 所示锌基合金模的结构, 设计时应注意顶件器与凹模之间必须留有足够的间隙, 通常取

单边间隙 0.5 mm, 以避免顶件器与凹模直壁之间的摩擦。

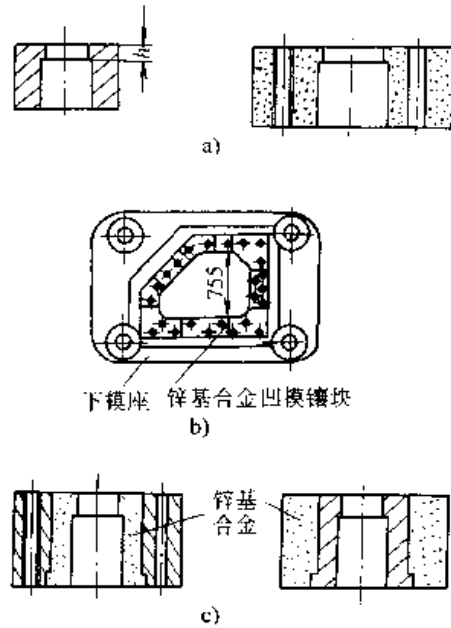


图 20.7-64 冲裁凹模结构型式

a) 整体式 b) 镶拼式 c) 组合式

表 20.7-20 凹模刃口直壁高度 h

(mm)				
板料厚度 t	≤ 1	≤ 2	≤ 3	≤ 4
直壁高度 h	5~8	8~12	12~15	15~20

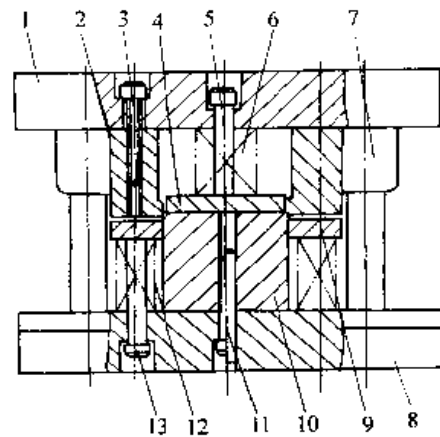
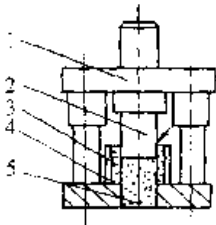
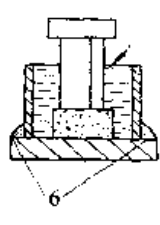
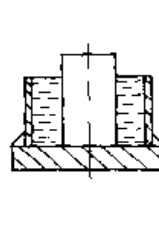
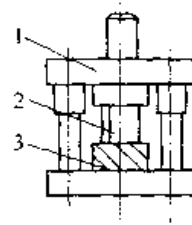
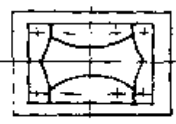


图 20.7-65 锌基合金模的结构图

1—上模座 2—锌基合金凹模 3—螺钉
 4—顶件器 5、13—卸料螺钉 6、12—弹簧
 7—导柱、导套 8—下模座 9—卸料板
 10—凸模 11—销钉、螺钉

锌基合金冲裁模的制模方法有铸造法、挤切法和镶拼法 (表 20.7-21)。其中, 镶拼法主要适用于汽车覆盖件一类的大型切边、剖切模等, 每

表 20.7-21 锌基合金冲裁模的制模方法

铸 造 法			挤切法	镶拼法
模上铸造	模下铸造			
	凸模正置	凸模反置		
				
1—上模座 2—钢凸模 3—锌合金 4—模框 5—漏料孔芯 6—干砂			1—上模座 2—钢凸模 3—合金模块	
<p>① 模上铸造时，先将凸模固定在上模座上</p> <p>② 在下模板上安装模框（采用2~4mm厚的钢板），并使凸模置于模框中部。然后在凸模正下方对正安放漏料孔芯（可以是砖芯、砂芯或铁芯等材料），模框外侧四周填上湿砂并压实，防止合金液体泄漏</p> <p>③ 清理模框内的杂物，然后将凸模预热至200~350℃，最后将熔化的合金（420~450℃）浇注到模框内，直至达到预定的高度，待合金冷却凝固（大约200℃）时拔出凸模</p> <p>④ 取出漏料孔芯，加工合金凹模上表面、螺孔、销孔等</p>			<p>① 加工铸造合金模块上、下表面及螺钉孔、销钉孔等，然后将模块安装在下模座上，并找正位置</p> <p>② 用压力机加压，使凸模轮廓清晰地压在模块上表面</p> <p>③ 取下模块，按凸模轮廓线机加工出凹模型腔，注意每边留出0.2~0.3mm的余量（细窄槽部位不留余量）。整体凹模还要反面加工凹模漏料孔，并应留有必须的刃口直壁高度</p> <p>④ 将完成上述加工的凹模板再次安装到下模座上，开动压力机用凸模挤切出合金凹模</p>	

个镶拼模块的厚度不应小于60~70mm，宽度不应小于80~100mm，定位销钉孔不小于 $\phi 16$ mm，螺钉孔和销钉孔应交错排列。制模前，钢制凸模根据图样要求已加工完成，并经检验符合设计要求，刃口保持锋利，硬度40HRC以上。

锌基合金复合冲裁模多用于有复杂外形和简单几何形状内孔的冲裁件，落料凹模用锌基合金，凸凹模和冲孔凸模用工具钢（孔尺寸较大时可用锌基合金制作冲孔凸模）。合金凹模的铸造方法见图20.7-66。

5.3.2 其他锌基合金冲模

采用锌基合金还可以制作各种弯曲模、成形模和拉深模等。由于锌基合金具有良好的抗粘结与自润滑性能，使用这类模具有利于金属毛坯成形流动，但锌基合金的力学性能不及工具钢，因

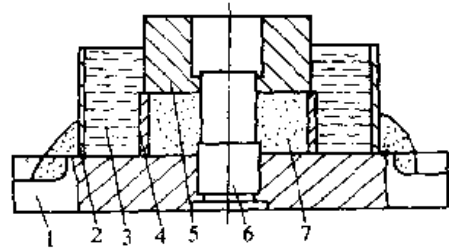


图 20.7-66 复合模制模方法

1—模板 2—容框 3—锌基合金凹模 4—芯框
5—凸凹模 6—工艺冲头 7—干砂

而适合新产品试制和中、小批量生产。与锌基合金冲裁模比较，这类模具的凸、凹模及其他模具零件都可以用锌基合金制作，并可根据需要将上、下模制成整体的零件，使模具零件减少到最少，如图20.7-67所示。

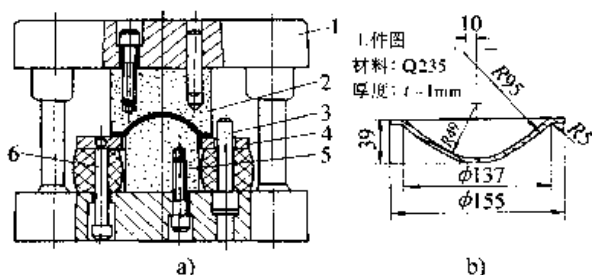


图 20.7-67 整体式锌合金拉深模

a) 模具结构图 b) 1.件图

1—模架 2—凹模 3—导销

4—压边圈 5—凸模 6—螺钉

对于几何形状复杂的大型模具，可将模具的工作部分分为若干块组合而成。如图 20.7-68 为锌合金组合凹模结构，它是将拉深部分与底部成形部分分开制造，然后组合安装在一起。

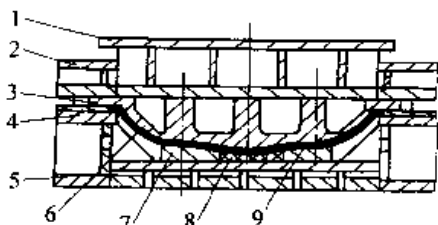


图 20.7-68 锌合金组合凹模结构

1—上模座 2—压边圈座 3—锌合金压边圈

4—锌合金凹模（拉深部分） 5—下模座

6—锌合金凸模 7—锌合金凹模（成形部分）

8—顶件橡胶 9—工件

铸模模型设计是锌合金模具制作中的一个至关重要的问题。由于锌合金在冷却过程中要进行固态收缩，铸件尺寸必然相应减小，所以模型尺寸应相应加大或减小。

模具零件与模型相应位置的尺寸关系为

$$K = \frac{L_{\text{模}} - L_{\text{件}}}{L_{\text{件}}} \times 100\%$$

式中 K —— 锌合金的线收缩率，理论值为 1% ~ 1.2%；因铸模时有“阻碍收缩”现象，通常取 0.9% ~ 1%；

$L_{\text{模}}$ —— 模型尺寸 (mm)；

$L_{\text{件}}$ —— 模具零件常温时要求尺寸 (mm)。

除此之外，在制作模型时还要考虑拔模斜度、模型高度和大小以及铸造圆角等，一般可取拔模斜度 $20' \sim 2''$ ，工艺圆角 $R \geq 1.5 \text{ mm}$ 。

(1) 锌合金制模方法

常用的制模方法有：砂型铸造、样件铸造、

金属型铸造、石膏型铸造和复合制模法等，铸造工艺与一般铸件基本相同。

1) 砂型铸造 制模工艺流程如图 20.7-69 所示。首先，根据产品图样内形尺寸，设计并制造木模（凸模模型）；然后，在木模上贴一层厚度相当于拉深间隙的材料，翻制石膏过渡模型（凹模模型）。用木模和石膏过渡模型分别制作浇铸锌合金凸模与凹模的砂型，造型过程与有色金属铸造相同。型砂材料选用石英砂、粘土砂、红砂等均可，粒度应选用中粒砂、细粒砂和特细粒砂等，保证型砂具有一定的强度。对于合金用量超过一吨的大型模具，采用二氧化碳自硬砂比较适宜。砂型可以湿型浇注，亦可干型浇注。中、小型模具多采用敞开式浇注，这样既浇注简单又便于补缩。对于几何形状复杂的模具，可采用合箱闭式浇注，以便更好地控制收缩变形，但必须合理设置浇冒口，否则易产生铸造缺陷。

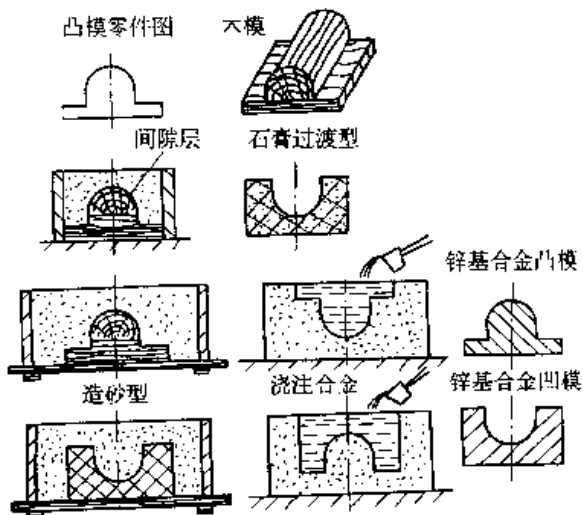


图 20.7-69 制模工艺过程

2) 样件铸造 常用制作样件方法是根据制件图由板金工制作，也可将现有制件（或样品）改制而成。样件经检查合格后，放在砂箱（或模框、砂坑）内造型，将垫块置于样件的凸缘上，浇注合金凸模（图 20.7-70）。凹模单独制作的方法与凸模制模法相同。如果配对制作凸模和凹模，可以利用已浇注的凸模做模型，扣上样件，做个简单砂型就可浇注凹模。浇注时，一定要注意避免集中浇一个地方，否则会出现局部温度过高、熔化的现象。通常可用多浇口、雨淋浇口来防止局部温度过高和局部熔化。

对精度要求较高的小型模具，可在浇注合金

成半熔糊状时，将模体缓慢压入，保压一定时间（压力 4~20 MPa），待合金凝固后即获得凸模（图 20.7-71）。凹模也可采用这种方法制作。

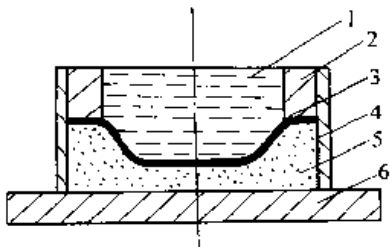


图 20.7-70 样品铸造法浇注合金凸模
1—锌合金凸模 2—垫块 3—样品 4—容框
5—型砂 6—平台

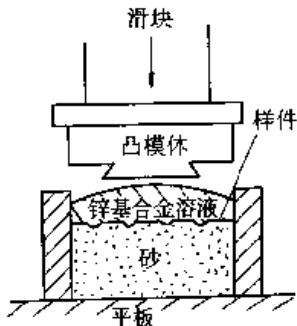


图 20.7-71 液态金属挤压铸造制模

3) 金属型铸造 这种制模方法是以钢制凸模为模型，浇注锌基合金凹模。所得凹模表面光洁，力学性能好，凸、凹模间的互配尺寸精度高，收缩与变容易得到控制。制模工艺如图 20.7-72，在钢凸模上敷贴有一层与制品厚度相同的间隙层（膨润土、耐火泥等），这其实是用钢凸模代替模型的砂型铸造法。

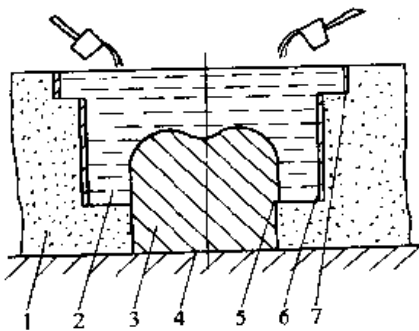


图 20.7-72 金属型制模工艺
1—型砂 2—锌基合金 3—钢凸模
4—平台 5—间隙层 6—内模框 7—外框

4) 复合制模法 它是利用已经浇注的锌基合金凸模，铸造铋-锡合金（或环氧树脂）凹模。铋-锡合金、环氧树脂等材料的收缩性能比锌基

合金小，这样容易保证凸、凹模的间隙，修模的工作量也可以大大减小。图 20.7-73 为环氧树脂与锌基合金复合制模，先根据凹模结构尺寸浇筑一个母体（凹模座），放置凸模后，调整好间隙空间，浇注环氧树脂。凝固后，略加修整即可使用。

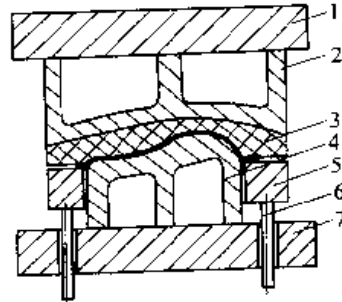


图 20.7-73 复合制模

1、7—模板 2—锌基合金凹模座 3—环氧树脂凹模
4—锌基合金凸模 5—压边圈 6—顶杆

(2) 锌基合金模具的修补

经铸造的凸、凹模型面，需由钳工进行手工修整后方能使用。如遇有局部铸造缺陷（气孔、缩孔、裂纹等），可采用补焊或填补予以修复。

图 20.7-74a 所示直接熔焊法，先将需要补焊的部位清理干净，并预热母材至 150°C 左右，然后把焊枪对准补焊部位，使用锌基合金焊条进行补焊。如果需要补焊的面积较大，或局部改变模具形状，则可在其周围做个砂框或模框，再将熔化的锌基合金（450~500°C）浇注到需要补焊的部位，这就是图 20.7-74b 所示的间接熔焊法。

5.3.3 应用举例

(1) 锌基合金冲裁模

薄板冲裁件的断面质量，主要取决于模具的冲裁间隙。由于凸、凹模的间隙过小，常常成为模具制造中的关键。使用锌基合金冲裁模，既降低了模具制造难度，又简化了工艺，在生产中获得了良好的效果。图 20.7-75a 所示锌基合金冲裁模，用于冲同样几何形状而厚度不同的制件（图 20.7-75b），即先冲薄的，再依次冲厚的。采用钢凸模和锌合金凹模，卸料橡胶 14 的高度取 25 mm，并应高出刃口约 0.5 mm。工作时，毛坯一经被凸模 4 冲入锌合金凹模 13，就被装在凹模型腔内的聚氨酯橡胶 14 压紧，因此被冲制件不会出现弯曲或不平现象；凸模上升，制件当即被顶出。

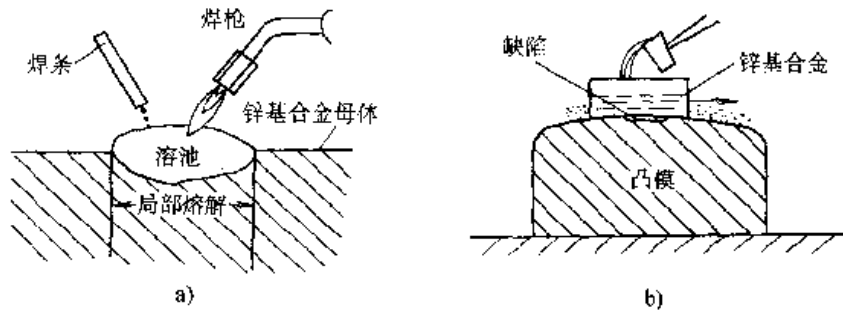


图 20.7-74 锌合金模具的焊补
a) 直接熔焊法 b) 间接熔焊法

材料	10 钢	镀锡钢板	Q235F	Q235F
板厚/mm	0.15	0.25	0.5	1

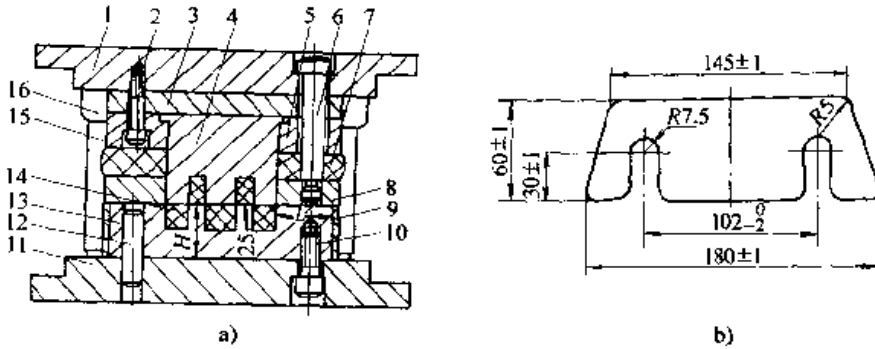


图 20.7-75 锌合金冲裁模
a) 模具结构图 b) 工件图

1—上模座 2、6、10—螺钉 3—垫板 4—凸模 5—凸模固定板 7、14—聚氨酯橡胶 8—卸料板
9—铁皮箍 11—下模座 12—销钉 13—锌合金凹模 15—导柱 16—导套

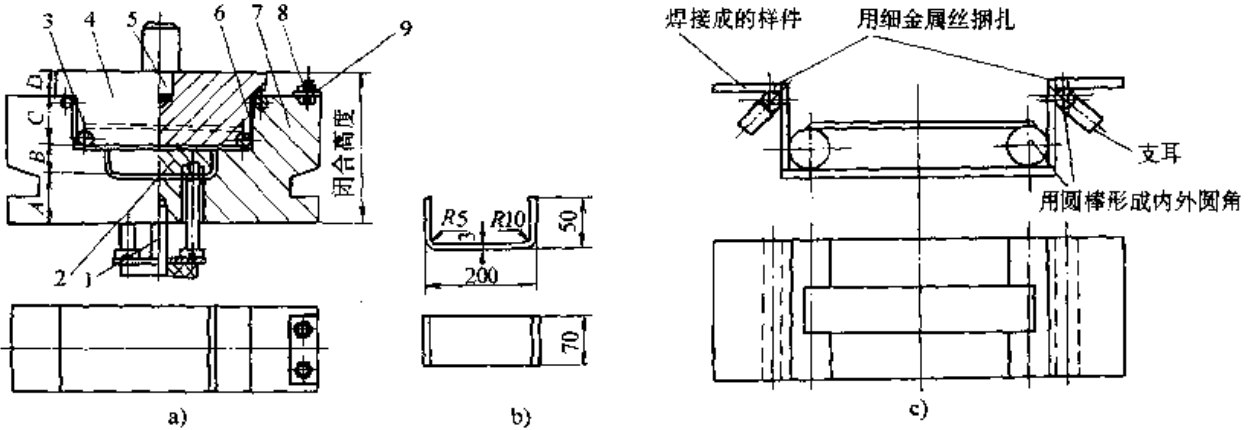


图 20.7-76 带顶件板的锌合金弯曲模
a) 模具结构 b) 工件 c) 样件结构

1—缓冲器 2—顶件板 3—镶嵌件 4—锌合金凸模 5—模柄 6—工件
7—锌合金凹模 8—螺钉螺母 9—定位板

(2) 锌合金弯曲模

图 20.7-76 所示锌合金弯曲模，凸模、凹模以及托料板均采用锌合金浇注而成。为使模

具适应批量大、弯曲厚板的需要，在凸模和凹模圆角处铸入了经加工并淬火的圆钢，以提高模具寿命和制件弯曲精度。制模样件如图 20.7-76c

所示，在内圆角处放置了圆钢，浇注后成为模具内的镶嵌件。

(3) 锌基合金成形模

如图 20.7-77，成形凸模和凹模都采用样件铸造法制造，为锌基合金整体式结构。铸造中嵌入有承压圈 5、6，它可以承受较大的压力，利用它还可以对成形模具进行压力修正。这种结构的模具适应厚板成形，但批量不宜过大。

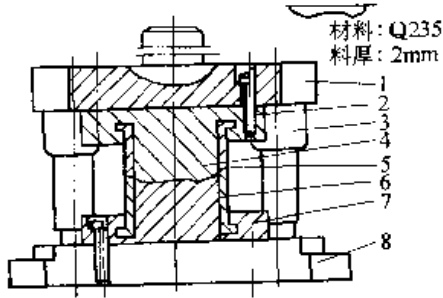


图 20.7-77 锌基合金成形模
1—上模座 2—螺钉、销钉 3—导柱、导套
4—锌基合金凸模 5、6—承压圈
7—锌基合金凹模 8—下模座

6 组合冲模

组合冲模是小批量试制生产中较为理想的先进冲压工艺装备。应用组合冲模，能够在较少生产准备的情况下以少量的模具加工成千上万种不同的制件，从而可以节约大量的模具钢材和模具设计、制造工时，最大限度地缩短制件的生产周期和降低制件的生产成本，而且也不存在更改制件设计所带来的模具零件报废问题。

6.1 组合冲模的品种和规格

任何一个制件，不外乎是由一些简单的几何图形组合而成。如常见冲裁件的平面图形大都是由直线、圆弧和圆所构成的，渐开线、抛物线等曲线的应用仅占很少一部分。基于这一特点，可以预先设计一些通用模具单元，生产中根据制件的几何形状与尺寸选用相应的模具单元，分别用来裁料、切直角边、冲孔、冲槽、切圆弧等，以获得所要求形状与尺寸的制件（图 20.7-78）。

组合冲模主要有分解式、积木式和通用模架式等三种类型。分解式组合冲模，是以近十种单元冲模（制件形状复杂时会更多）构成一套，逐次冲压成形而得到制件。积木式组合冲模，则是以模具零件为单元，采用不同的组合即可装配成各种各样的模具，如冲孔模、切边模和弯曲模等（图 20.7-79），甚至还可以装配成简单的复合模和连续模。通用模架式组合冲模是采用通用模架、通用元件和部分专用件（如凸模、凹模等）组装起来的一种模具。

无论是那种结构型式的组合冲模，都必须有足够的模具零件品种和规格，并保证它们之间能够相互构成多种多样的组合。具体来说，可以选择本企业生产的一些典型产品（包括最大、最小的系列产品）进行图面分析，按拟定的几何形状分类，分别记录其实际尺寸，经汇总、归纳编制成综合图表（表 20.7-22）。在此基础上，进一步考虑各种模具的结构方案，并作适当的平衡和

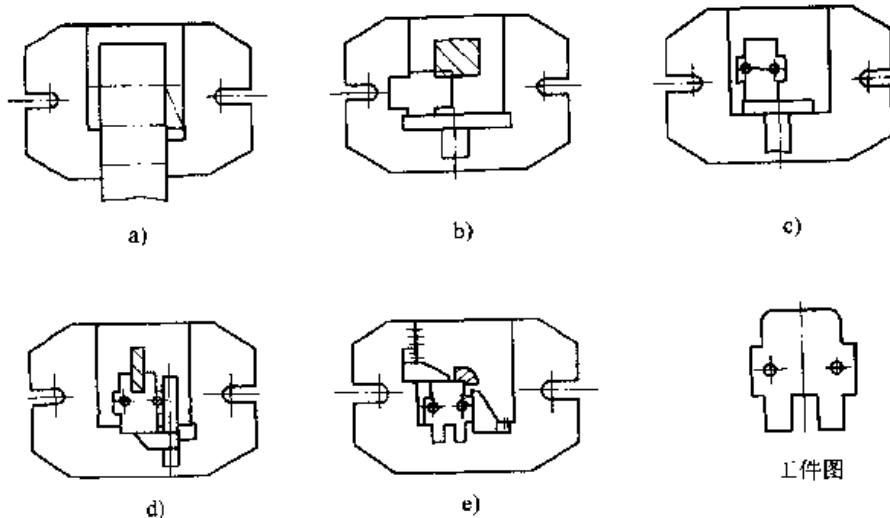


图 20.7-78 组合冲模工作原理
a) 裁料 b) 切直角边 c) 冲孔 d) 冲槽 e) 切圆弧

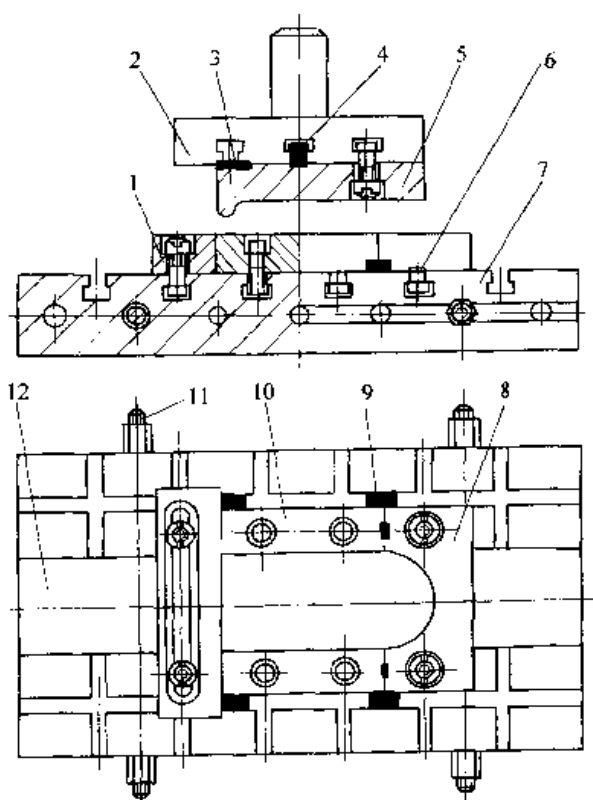


图 20.7-79 积木式组合冲模 (冲长圆缺口)

- 1—靠铁 2—上模座 3、6—平键
4、9—T形键 5—上模 7—基础板
8—半圆下模 10—下模拼块
11—拉杆 12—支承块

调整, 确定组合配套的品种与规格。

按照生产要求, 一套完整的组合冲模, 其品种、规格主要应满足下列要求:

1) 具有一定的通用性和灵活性, 在一定尺寸范围内, 能够适应企业大部分产品的冲压要求;

2) 保证制件达到冲压工艺要求的加工精度, 并能满足制件多品种、流水性生产的要求。

实践表明: 在电器、电讯、仪表和仪器行业中, 装备表 20.7-23 所列品种的分解式组合冲模, 基本上能满足大部分制件的加工需要。

作为一个完整的加工体系, 组合冲模不仅应具备完整的模具品种, 而且各种模具零件还要制备相应的规格和数量, 以便进行正常的均衡生产。对于冲孔、冲槽和切圆弧等一些常用的基础模具及其零件, 应适当增加相同品种的制造数

量; 对某些冲裁间隙不能调整的模具, 应增加一副模具, 其中间隙大的用于冲裁厚料, 间隙小的用于冲裁薄料, 以保证冲裁的断面质量。

6.2 组合冲模设计

组合冲模与普通专用冲模相比, 在模具结构与冲压工艺等方面存在一定的差别: ① 普通冲模一般都有固定的加工对象, 而组合冲模则是以多种产品为对象的通用模具, 能够适应一定尺寸范围内的加工需要; ② 除冲孔模外, 其他组合冲模都不具有封闭的工作刃口, 因此, 冲压加工时模具要承受较大的侧向压力; ③ 组合冲模有可更换或调节的凸、凹模工作零件, 能适应制件加工形状和尺寸的改变; ④ 组合冲模附有多种通用的定位装置, 它们可以在模具上随意安装、调节使用, 从而控制制件的尺寸精度。

基于以上特点, 在设计组合冲模时应注意以下几点:

1) 模具结构应力求简单, 使用安全方便。各零件应具有良好的制造工艺性, 凸模、凹模和其他可更换零件 (如支承件、定位件等) 既要求刚性好, 有一定的使用寿命, 又要求拆换和调节方便。

2) 用于冲裁的凸模、凹模, 要考虑刃磨的可能性和刃磨后复位的方便准确, 必须保证组装后符合相应的模具精度要求。

3) 模具导向、定位准确稳定, 压料、卸料方便。

4) 模具零件必须标准化、系列化, 以满足通用互换的要求。

6.2.1 主要模具元件的设计

(1) 凸、凹模的设计

在组合冲模中, 凸模和凹模的品种、数量最多, 设计时必须遵循的原则是: 宁可将模具的其他结构件设计得复杂些, 也要尽量地简化凸模和凹模的结构形式, 使其不但具有良好的加工工艺性, 而且还应具有一定的通用性。

图 20.7-80 是工作部分为固定尺寸的凸模和凹模组装示例, 制件尺寸改变时, 只需更换凸模和凹模零件。为此, 同一副模具的凸模和凹模, 除工作部分的尺寸可以变化外, 所有凸模或凹模的安装、紧固部分都采用统一的结构和尺寸。例如, 对于冲孔模, 直径在 8 mm 以下的凸模, 其安装部分的直径可统一为 8 mm; 直径为 8~15 mm

表 20.7-22 制件几何形状分类及其尺寸规范

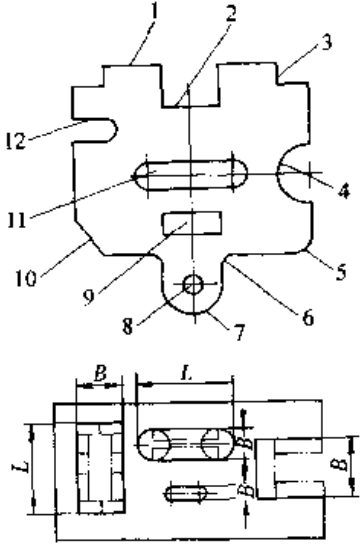
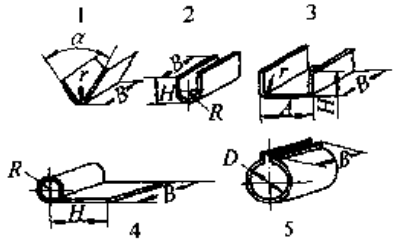
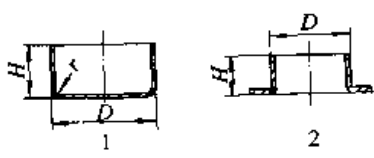
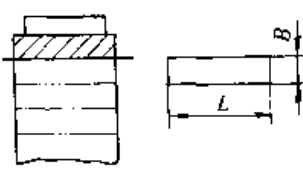
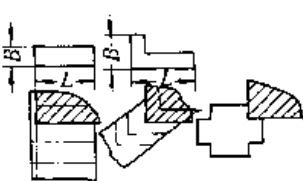
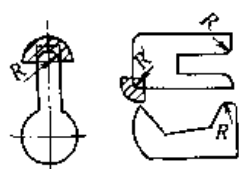
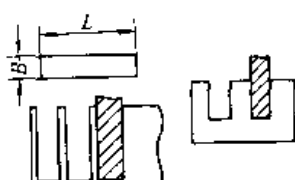
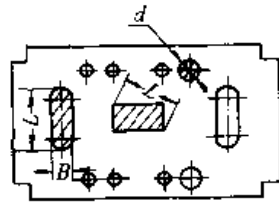
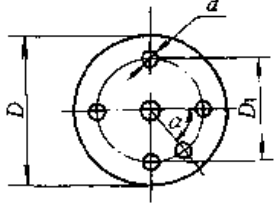
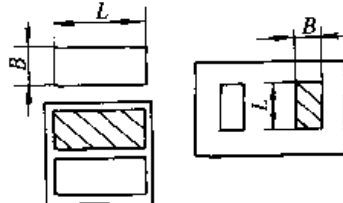
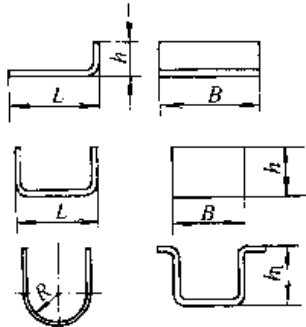
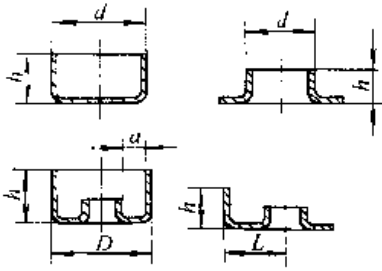
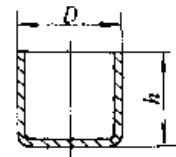
分类	制件几何形状分类示意图	尺寸代号		尺寸规范/mm
冲 裁		1	L	≤350
		2	B	3~30, 30~60
			L	≤120
		3	B	≤100
			L	≤120
		4	R	≤30
		5	R	≤20
		6	R	≤30
		7	R	≤20
		8	D	≤60
		9	L	≤40
			B	≤40
10	L	≤350		
11	L	≤30		
	B	≤30		
12	R	≤15		
	L	≤40		
弯 曲		1	B	≤300
			α	60°, 90°, 120°
		2	B	≤100
			R×H	≤15×60
		3	B	≤300
			A×H	≤100×60
		4	R	≤5
			B	≤75
		5	D	10~30
			B	≤40
拉 深、 翻 边		1	D×H	≤40×40
			r	1~5
		2	D	≤25
			H	≤10

表 20.7-23 分解式组合冲模的品种和使用规范

类别	模具名称	加工部位示意图	使用规范/mm	备注
切边 落料	剪切模		$L \leq 350$ $t \leq 3$	模具本身可以调节间隙
	直角边冲模		$B \leq 100$ $L \leq 120$ $t \leq 3$	制造二副，分别冲裁厚、薄料
	外圆弧冲模		$R \leq 20$ $R' \leq 20$ $t \leq 3$	有两种规格： ① $R, R' \leq 10$ mm ② $R, R' > 10-20$ mm
	冲槽模		$B > 3-60$ $L \leq 120$ 间隔 1.0	模具本身可以调节间隙，有两种规格： ① $B > 3-30$ mm ② $B > 30-60$ mm
冲孔	组合冲孔模		$d \leq 30$ $L \leq 30$ $B \leq 30$ $t \leq 4$	有三种规格： ① $d, B, L \leq 8$ mm ② $8 \text{ mm} < d, B, L \leq 15$ mm ③ $15 \text{ mm} < d, B, L \leq 30$ mm
	圆周冲孔模		$D = 47-230$ $D_1 = 40-200$ $\alpha = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ $d \leq 10$ $t \leq 4$	
	调节式矩形冲孔模		$B, L \leq 40$ $t \leq 3$	模具间隙可以调节，制造两副，供更换使用

续表 20.7-23

类别	模具名称	加工部位示意图	使用规范/mm	备注
弯曲	通用弯曲模		$L \leq 85$ $B \leq 60$ $h < 100$ $h_1 < 15$ $R \leq 15$ $r = 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5$	备有多种凸、凹模及附件, 可进行不同形式的弯曲 r 为圆角半径
成形	翻边模		$d \leq 25$ $h \leq 10$ $L > 10$ $a > 6$ $D \geq 20$ $t = 0.5 \sim 2$	
	拉深模		$D \leq 40$ $h \leq 30$ $t \leq 2$	凸、凹模有多种组合形式

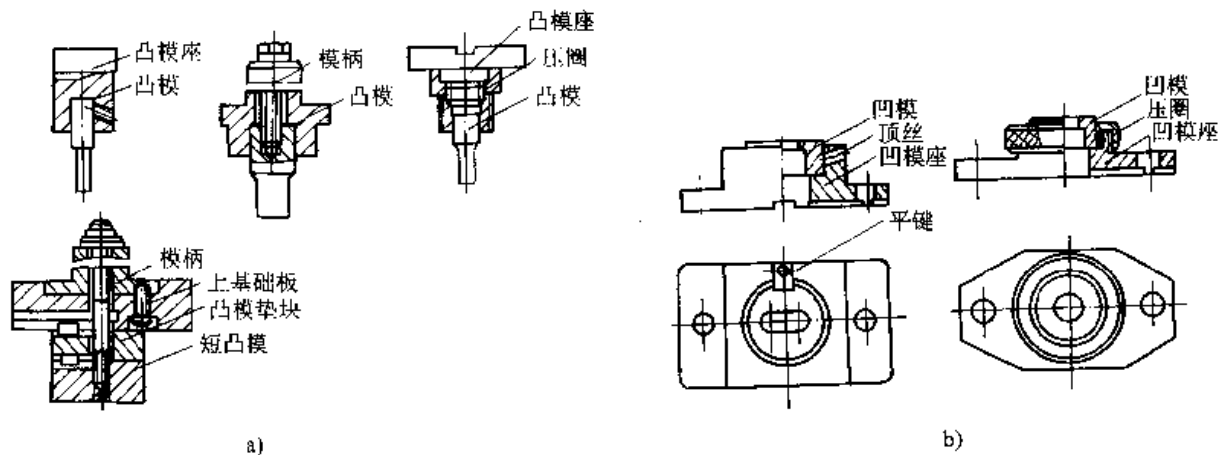


图 20.7-80 固定尺寸凸、凹模的组装结构

a) 4种凸模结构 b) 2种凹模结构

的凸模, 安装部分的直径均取 15 mm。这样, 在规定的尺寸范围内, 使所有的凸模都可以在相应的一副模架中更换使用。

图 20.7-81 为拼合结构的凸模和凹模组

示。图 20.7-81a 所示, 选择不同规格数量的拼块, 可组成不同尺寸矩形凸模; 图 20.7-81b、c 所示矩形凹模, 它由四个拼块构成, 可以无级调节矩形尺寸大小。图 b 中拼块 1、2 由键与基础

板定位, 拼块 3、4 由螺钉侧向顶紧。

组合冲模的凸、凹模之间隙主要从以下两个方面考虑解决:

1) 依靠自身结构的可调节性, 能够人为地调节凸、凹模之间的间隙, 如剪切模、冲槽模和矩形冲孔 (或落料) 模等。

2) 通过更换凸模和凹模, 调节凸、凹模之间的间隙, 如冲圆形孔模、外圆弧冲模等。根据经验, 冲裁 3.0 mm 以下板料时, 一般取两种间隙: 第一种取 0.05~0.1 mm, 主要用于 1.2 mm 以下板料的冲裁; 第二种取 0.20~0.25 mm, 用于冲裁 1.5~3.0 mm 的板料。

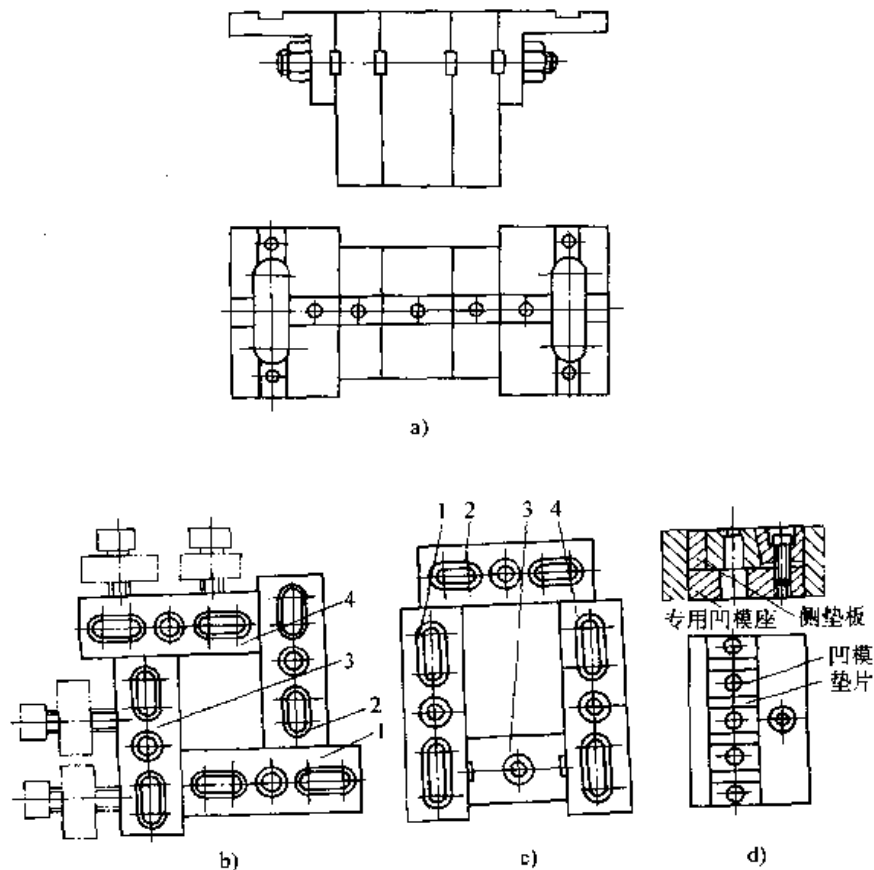


图 20.7-81 拼合结构的凸模和凹模组装示例
a) 凸模结构 b、c)、d) 凹模结构

(2) 通用定位装置

组合冲模附有各种各样的通用定位装置, 这是有别于其他冲模的一个主要特征, 同时也是保证制件加工精度及进行有效生产的一项重要措施。安装在组合冲模上的定位装置, 必须满足定位准确可靠、调节灵活和通用性大等要求, 其主要结构形式示于图 20.7-82。

除此以外, 根据制件不同的加工要求, 生产中还需要临时配制一些辅助定位工具, 如定位钉、定位套、定位板等。

(3) 压料和卸料装置

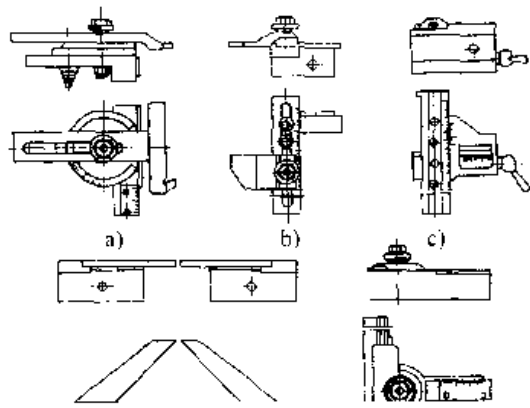
组合冲模要求有强力压料和卸料装置。图 20.7-83 为常用压料和卸料装置示例。刚性卸料

装置 (图 20.7-83c) 和布点卸料装置 (图 20.7-83f) 一般适用于冲压料厚 1 mm 以上的制件。布点式卸料的各卸料点的卸料零件高度要基本一致, 布点位置尽量均匀对称。

6.2.2 分解式组合冲模

一般来说, 分解式组合冲模只要配备裁料、冲直角边、冲孔、切槽、冲外圆弧、弯曲、拉深、翻边和局部成形等单元模具, 就可以满足一般制件的加工要求。为了使各种组合冲模能够适应一定尺寸范围内的加工, 通常凸模和凹模为可换式或可调节式的, 其典型的结构型式有以下两种:

1) 模具工作部分的尺寸不变, 完全依靠模



构。图 20.7-86 为通用弯曲模，上模有两个对合的凸模 1，通过调换垫板 2，可改变凸模的组合尺寸；下底板 5 上设置一对活动凹模 8，两个凹模中间有顶板 3 和顶杆 4。按照弯曲件尺寸要求，活动凹模可作相应的调节移动，用侧压块 9 和螺钉紧固后，再用垫块 7 和螺钉 6 支紧，以防凹模工作时移动。此外，该模具还备有多种凸模和凹模辅件供选用，其弯曲的工艺方法及典型弯曲件见表 20.7-24。

6.2.3 积木式组合冲模

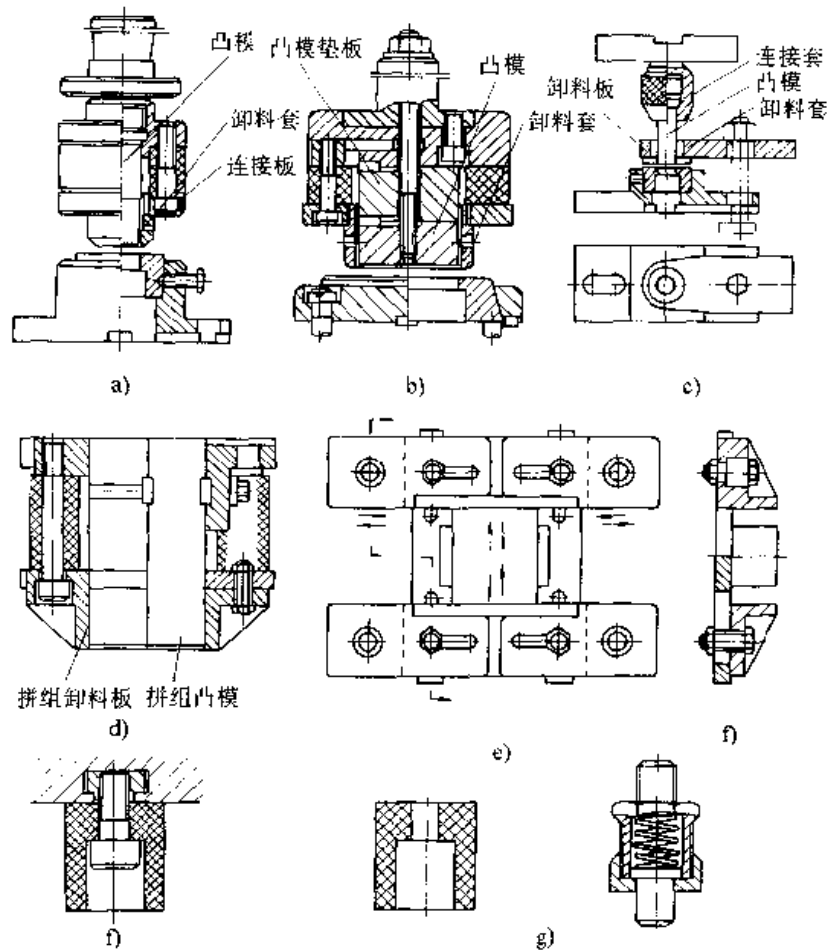


图 20.7-83 常用压料和卸料装置

a) 较大圆孔卸料 b) 大圆孔卸料 c) 刚性卸料 d) 拼组式卸料卸料板拼组调整示意
f) 布点式卸料 g) 布点卸料元件、组件

除凸模2、凸凹模3、导向板8、凹模9和推件板10为模具专用零件(根据制件形状、尺寸及工艺要求而设计),其余为组合冲模通用件。与积木式组合冲模比较,虽然两者同是由一些通用的元件组装而成的,但通用模架式组合冲模的元件则完全是按冲模的结构特点和要求来设计的,因此,它更具有针对性和使用的可靠性。

(1) 通用模架式组合冲模的元件

1) 模架元件 包括模体基础板、底板、导柱导套、滚珠卡和模柄等。模体基础板主要用于固定凸模、凹模和导向板,保证它们之间的相对位置。底板是与冲床台面连接的元件,其中部为圆形或矩形漏料通孔,上平面设有T形槽及螺孔,借助压板、螺栓来固定凸凹模及其支承件。

2) 专用元件 包括凸模、凹模、凸凹模、导向板和推件板等,这些元件是根据制件的实际形状和尺寸而设计的。

3) 通用元件 主要有压紧、定位、支承和紧固等元件。压紧元件主要是大小不同的T形压板,用来压紧凸、凹模零件;定位元件包括各种定位销、挡料销和键等,用于毛坯的定位以及保证元件之间的相对位置;支承元件是一些板状零件,包括凸凹模支承板、垫板等,用以支承模具工作零件和传递工作压力,组装时根据其用途和模具的受力状况选用合适的支承件形式;紧固元件为各种螺钉、螺栓、垫圈、卡圈等。此外,还有橡胶、弹簧等通用元件。

(2) 特点

与普通专用冲模比较,通用模架式冲模在结构和装配及定位方式上有明显的不同。

1) 模架结构 如图 20.7-90 所示,导柱、导套分别安装在底板和模体基础板上,导柱与导套之间通过钢球成过盈(过盈量 0.01 ~ 0.02 mm)滚动,导柱悬空长度 L 短,从而提

高了模架工作精度。

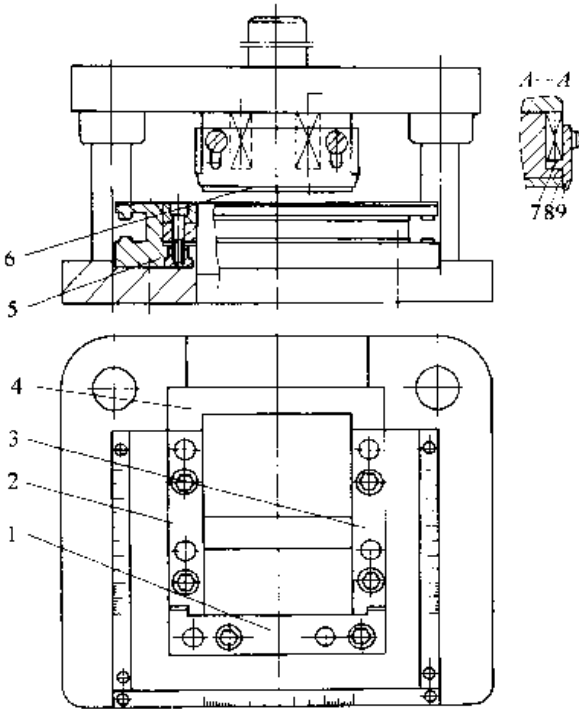


图 20.7-84 直角边冲裁模
1、2、3—凹模拼块 4—模框 5—下模体
6—反侧块 7—上模体 8—凸模 9—压料板

2) 凸模(凸凹)模的组装 首先根据凸模(凸凹模)结构形状及工艺要求选择相应的底板、凸模(凸凹模)支承板、导柱和滚珠卡等元件,将凸模(凸凹模)支承板固定在底板上,凸模(凸凹模)以导向板的工作型孔定位,借助 T 形压板和螺钉固定在凸模(凸凹模)支承板上,同时保证凸模(凸凹模)轴向要有 0.01~0.05 mm 浮动间隙,如图 20.7-91。凸模(凸凹模)组装采用浮动式结构,一是使模体基础板可以通用;二是有利于凸、凹模间隙动态平衡。

3) 凹模和导向卸料板的组装 如图 20.7-92,可采用圆柱销定位法和直角面定位法,来确定凹模和导向卸料板的相对位置,用螺钉将凹模和导向卸料板分别紧固在上、下模体基础板上。

6.3 组合冲模加工的冲压工艺

6.3.1 工艺规程的编制和冲压顺序

工艺规程是指导生产的依据,也是所有生产准备工作的基础。制件的工艺规程要适应冲压工艺的要求,为此必须慎重地考虑冲压顺序和各工序中毛坯的定位基准,以保证冲压加工的顺利进

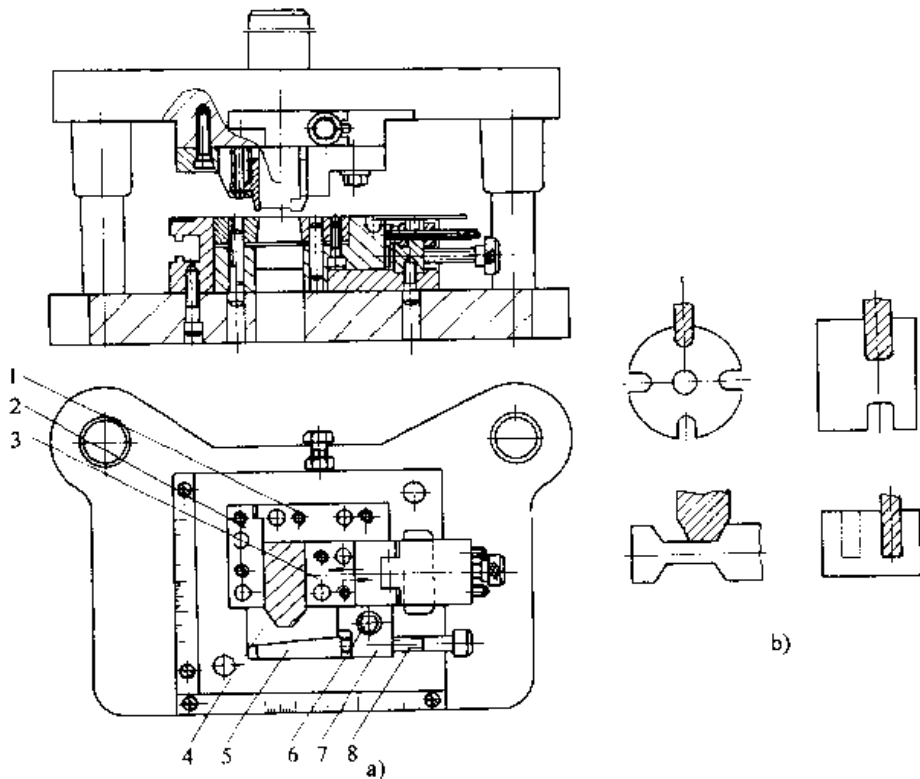


图 20.7-85 成形冲槽模
a) 模具结构 b) 加工方法
1、2—固定拼块 3—活动拼块 4—可换拼块 5—斜楔 6—螺钉 7—压块 8—螺杆

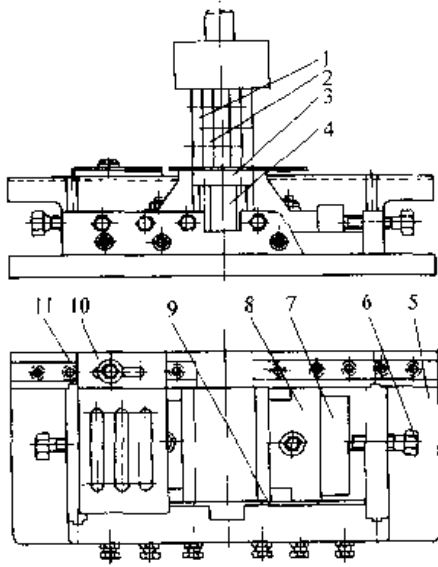


图 20.7-86 通用弯曲模

- 1—凸模 2—垫板 3—顶板
- 4—顶杆 5—下底板 6—支紧螺钉
- 7—垫块 8—活动凹模 9—侧压块
- 10—承料板 11—后墙板

行和得到良好的制件。表 20.7.25 为支撑件冲压加工的一种工艺规程卡示例。

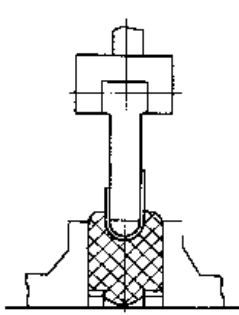
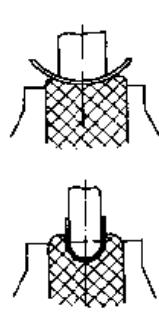
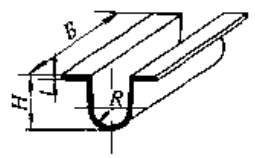
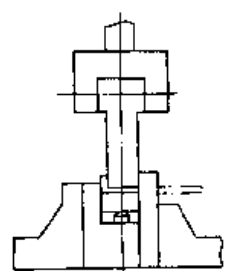
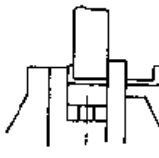
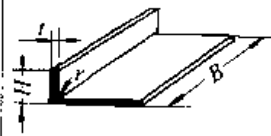
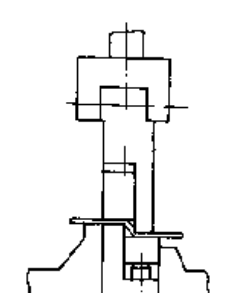
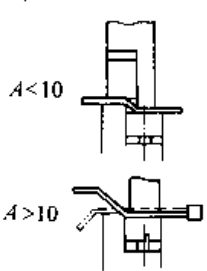
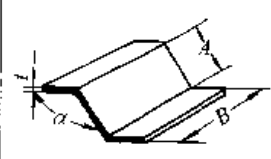
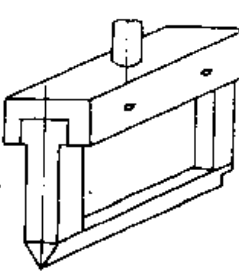

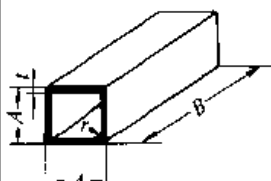
制件加工的冲压顺序安排原则是：

- 1) 直线与直线相交的部位，应先冲切长的、供定位用的直线边。
- 2) 两凸圆弧相接的部位，先冲半径大的凸圆弧。
- 3) 两凹圆弧相接的部位，先冲半径小的凹圆弧。
- 4) 凸圆弧与直线边相接的部位，先冲直线边。
- 5) 凹圆弧与直线边相接的部位，先冲凹圆弧部分。
- 6) 凸圆弧与凹圆弧相接时，先冲凹圆弧。
- 7) 制件的内形加工，一般安排在外形加工之前。
- 8) 在保证孔的位置与尺寸大小不变的前提下，弯曲、成形工序应在冲裁加工之后进行。

表 20.7-24 通用弯曲模的凸、凹模结构和加工规范

凸、凹模结构简图	典型弯曲工艺示意图	加工规范/mm
<p>1</p>		<p> $B \leq 100$ $A \leq 80$ $H \leq 75$ $r = 0.5 \sim 4$ $t \leq 3.0$ </p>
<p>2</p>		<p> $B \leq 100$ $A \leq 80$ $H \leq 75$ $r = 1 \sim 4$ $t \leq 3.0$ </p>

续表 20.7-24

凸、凹模结构简图	典型弯曲工艺示意图	加工规范/mm
<p>3</p> 		 <p> $B \leq 100$ $R \leq 15$ $H \leq 75$ $t \leq 2.0$ </p>
<p>4</p> 		 <p> $B \leq 75$ $H \leq 3t$ $r = 1 \sim 4$ $t \leq 3.0$ </p>
<p>5</p> 		 <p> $B \leq 100$ $\alpha > 90^\circ \sim 150^\circ$ $t \leq 2.0$ </p>
<p>6</p> 		 <p> $B \leq 60$ $A > 15 \sim 50$ $r = 1 \sim 4$ $t \leq 2.0$ </p>

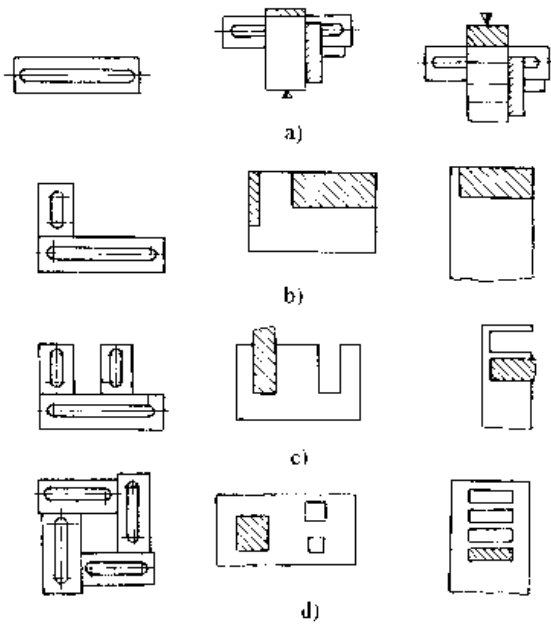


图 20.7 87 不同用途的凹模
a) 单刃块 b) 双刃块组合
c) 三刃块组合 d) 四刃块组合

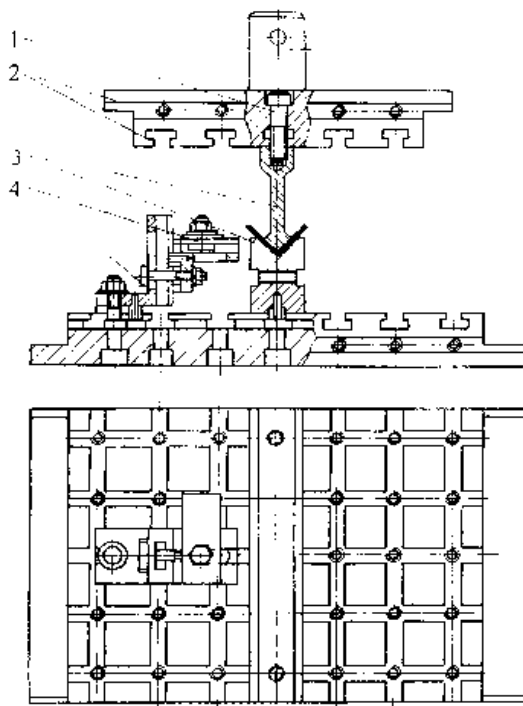


图 20.7 88 积木式弯曲模
1—螺钉 2—基础板
3—凸模和凹模 4—定位件

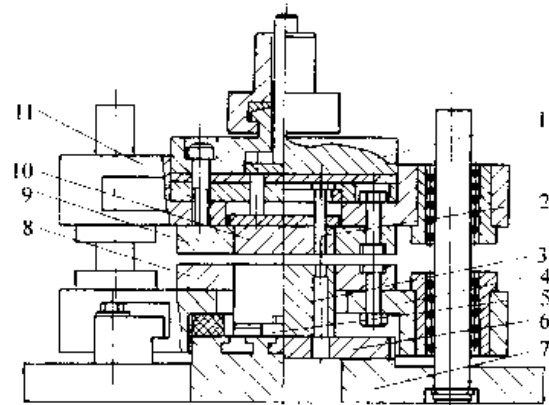


图 20.7 89 通用模架式冲裁复合模
1—浮动模柄 2—凸模 3—凸凹模
4、11—模体基础板 5—压板
6—支承板 7—底板 8—导向板
9—凹模 10—推件板

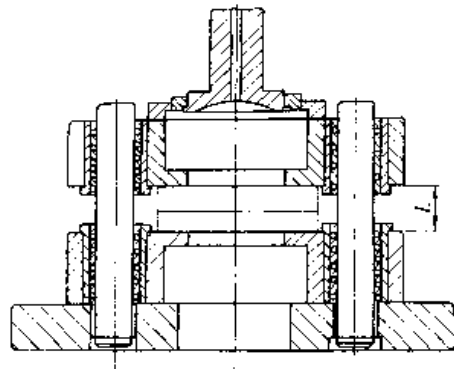


图 20.7 90 模架式组合冲模模架结构

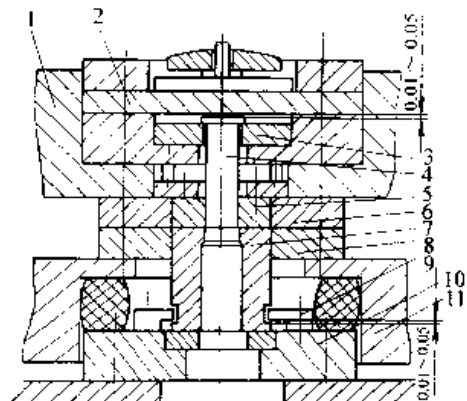


图 20.7 91 浮动式凸模(凸凹模)连接结构
1、11—模体基础板 2、10—支承板 3—凸模卡板
4—凸模 5—顶件器 6—凹模 7—凸凹模
8—导向卸料板 9—压板

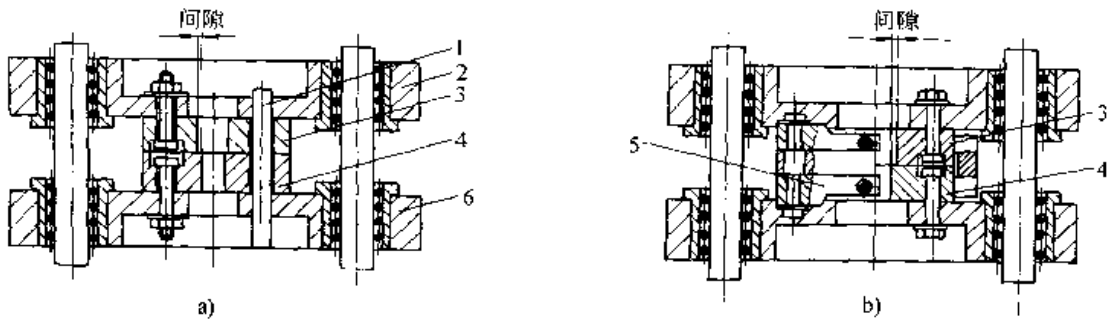


图 20.7-92 凹模和导向卸料板的组装

a) 圆柱销定位组装法 b) 直角面定位组装法

1—定位销 2、6—上、下模体基础板 3—凹模 4—导向板 5—角定位夹具

表 20.7-25 工艺规程卡示例

制件图			制件名称: 支撑件	制件冲压工艺过程	制件材料: H62 规格:
			图号:		加工数量: 500 件
工序名称	1) 落料	2) 冲孔	3) 切形	4) 切圆弧	5) 弯曲
冲压次数	2	6	2	1	1
工序草图					
加工要求	注意轧制方向	毛刺方向一致	与腰圆孔接齐, 允许接痕的不平度 $\pm 0.1 \text{ mm}$	毛刺方向一致	工件毛刺在凸模一侧
使用模具及备件	冲槽模	冲孔模 凸模: $\phi 3.3, \phi 4.5$ $R1.5 \times 7$ 凹模: $\phi 3.5, \phi 4.7$	直角边冲裁模	外圆弧冲模 凹模: $R7 \times 180^\circ$	通用弯曲模 凸模: $R1 \times 90^\circ$

工艺员 审核

年 月 日

6.3.2 毛坯准备和定位面选择

(1) 毛坯的准备

组合冲模所采用的毛坯, 可从条料上裁取, 也可利用其他冲压产品的余料。毛坯在条料上的排列形式及采用的组合冲模型式, 应视其形状而定。如图 20.7-93 所示, 当制件的毛坯为菱形时, 可在剪切模上用斜排落料裁取; 而对 L 形

毛坯则利用直角边冲裁模从条料上裁取。

在整套组合冲模中, 加工毛坯的主要模具列入表 20.7-26。用于加工单个矩形毛坯, 尺寸公差一般可控制在 $\pm 0.05 \text{ mm}$ 以内。

无论是用什么模具制取毛坯, 都必须保证毛坯的冲裁质量。以矩形毛坯来说, 不仅应控制外形尺寸的精度, 还应保证相邻两边的垂直度, 并

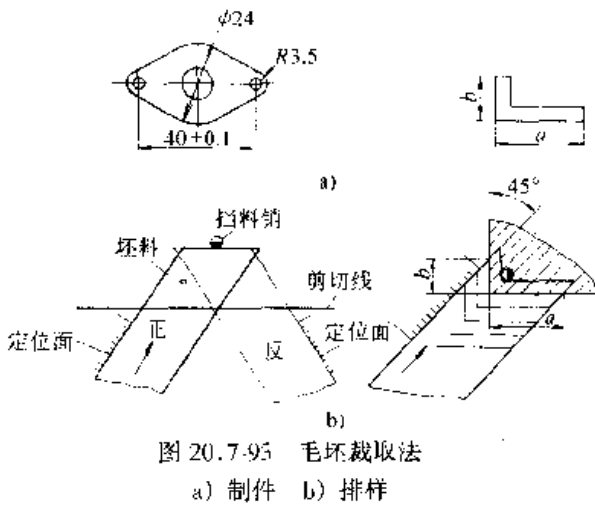


图 20.7-95 毛坯裁取法
a) 制件 b) 排样

使毛刺方向一致，以便后续工序的定位加工。

(2) 定位面的选择

通常应在保证制件冲压加工质量的前提下，遵循以下原则确定各工序的加工定位面：

- 1) 应尽量选择制件图样上的尺寸基准线作为加工的定位面；
- 2) 尽可能选择制件上较长的直边外形作为加工的定位面；
- 3) 尽可能选择能够作为全过程加工定位的一边作为定位面；
- 4) 对圆形或冲裁部位具有回转中心的制件，应尽量选用中心孔作为定位基准；

表 20.7-26 加工毛坯的模具

模具名称	加工形式示意图	加工范围及条料宽度/mm
剪切模、直边冲裁模		$A < 500$ $B < 300$ $B_1 = B + 2a_1$
冲槽模		$A \times B < 120 \times 60$ $B_1 = A + 2a_1$
调节式矩形冲孔、落料模		$A \times B < 40 \times 40$ $B_1 = A + 2a_1$

注：表中 a 、 a_1 为搭边，按一般冲压资料选取。

5) 对于找不到合适的定位基准的制件，应保留毛坯上的局部直边或增加工艺基准面，待其主要形状和尺寸加工完毕后，切除多余的定位面(图 20.7-94)。

图 20.7-95 所示制件，要求在矩形毛坯上冲二个 10 mm 宽的槽。如果采用图 20.7-95a 所示的定位方法，则制件上的二个槽需经正反两次冲裁，因为外形尺寸公差大于二槽中心距的公差，不仅毛刺方向不一致，而且不能保证二槽中心距的尺寸精度要求。可以增加一个副定位(图 20.7-95b)，先用左边的定位挡料冲出制件右边的槽形，随后将制件右移，用右边的副定位以冲

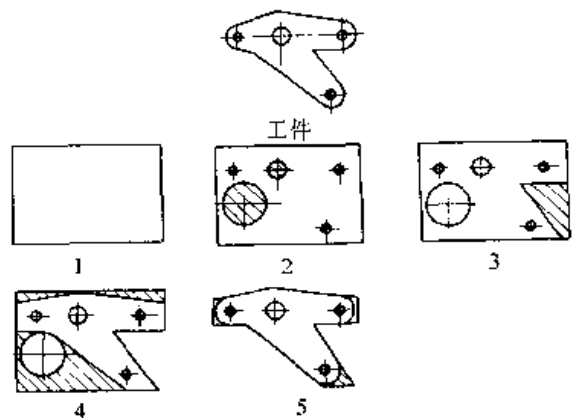


图 20.7-94 无直角边制件的定位
出的槽边缘定位，再冲出制件上左边的槽。

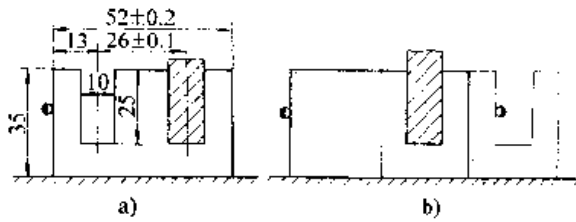


图 20.7-95 冲槽定位法

a) 不合理 b) 合理

6.3.3 常用的几种加工方法

目前，组合冲模加工制件的方法主要有以下几种：

- 1) 相同制件的拼合加工 见表 20.7-27。
- 2) 不同制件的组合加工 见表 20.7-28。
- 3) 接刀冲裁加工 见表 20.7-29。
- 4) 增设工艺余料的加工 见表 20.7-30。
- 5) 使用定位套板加工 制件放在定位套板的孔型中，以套板外形定位加工，见表 20.7-31。
- 6) 连续冲压加工 它不同于普通的连续模，而是在几副模具上进行的，各个模具或工序的加工型式具有连续性的特点，典型加工示例见表 20.7-32。

表 20.7-27 相同工件拼合加工的典型示例

制件图	工序示意图	优点
		加工工艺性好，节省材料，减少冲压次数
		加工工艺性好，节省材料，减少冲压次数
		制件定位方便，操作安全
		槽形加工质量好，操作安全方便

表 20.7-28 不同制件组合加工的典型示例

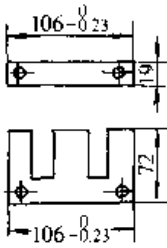
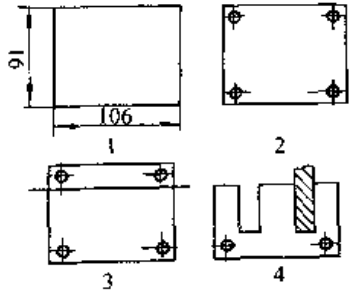
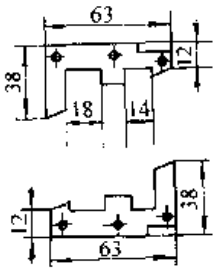
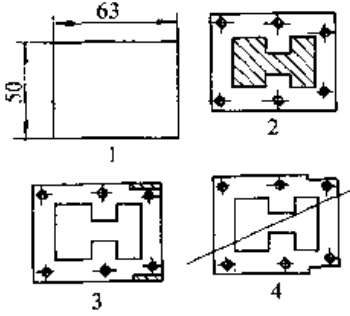
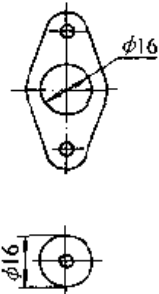
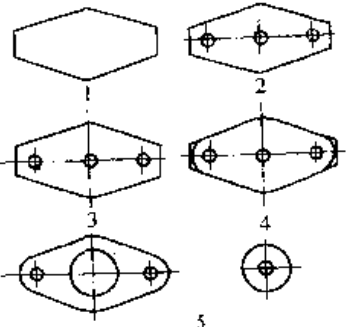
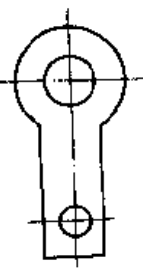
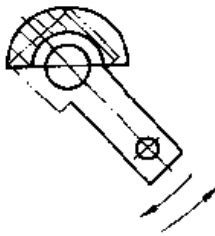
制件图	工序示意图	优点
		<p>加工工艺性好, 外形及孔的尺寸精度高, 能够保证一致, 减少冲压次数, 节省材料</p>
		
		

表 20.7-29 接刀冲裁加工的典型示例

制件图	工序示意图	备注
		<p>圆弧部位: $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ 时用 90° 凹模接刀冲切 $180^\circ < \alpha < 360^\circ$ 时用 180° 凹模接刀冲切</p>

续表 20.7-29

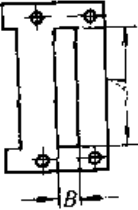
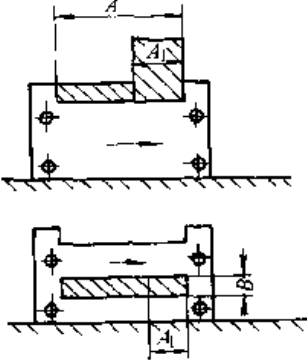
制 件 图	工序示意图	备 注
		<p>当凸模 A_1 小于制件尺寸 A 时可用接刀法加工。</p>

表 20.7-30 增设工艺余料加工的典型示例

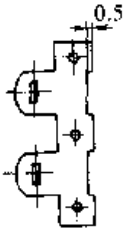
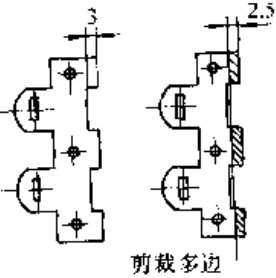
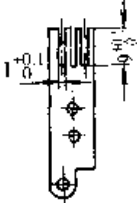
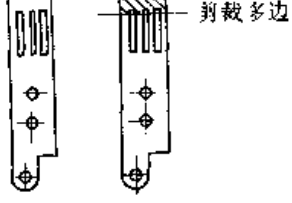

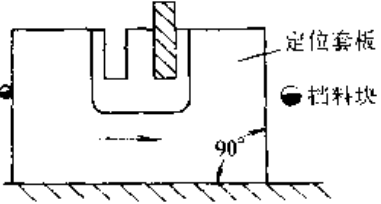
制 件 图	工序示意图	说 明
	 <p>剪裁多边</p>	<p>0.5 mm 缺口部分的搭边增加至 3.0 mm, 改善制件的冲压工艺性</p>
	 <p>剪裁多边</p>	<p>制件沿槽口方向增加搭边, 变外形加工为内形加工, 容易保证槽的加工质量</p>
	 <p>定位套板 挡料块</p> <p>90°</p>	<p>采用专门的定位套板加工深槽, 可以防止制件外形扩张变形, 保证加工精度</p>

表 20.7-31 采用定位套板加工的典型示例

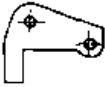
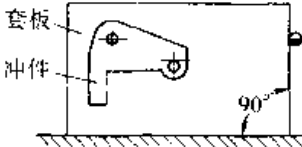
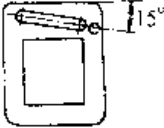
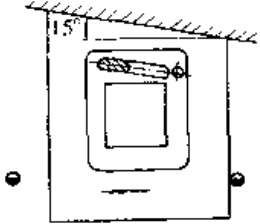
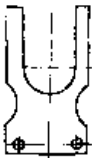
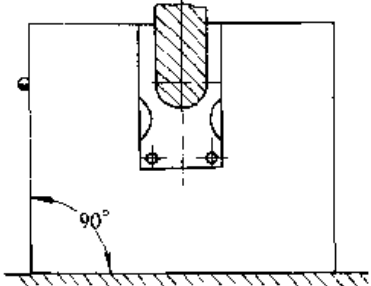
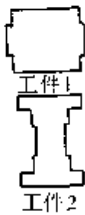
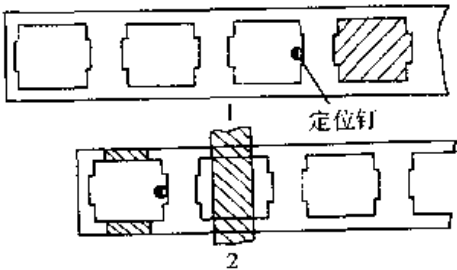
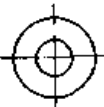
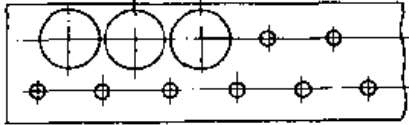

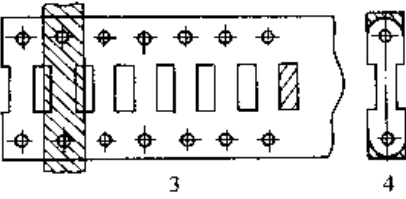
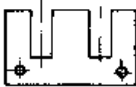
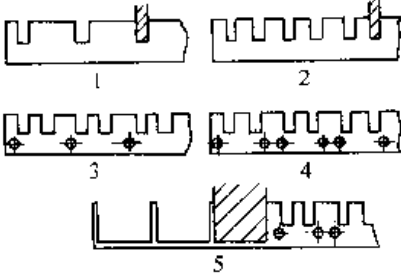
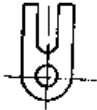
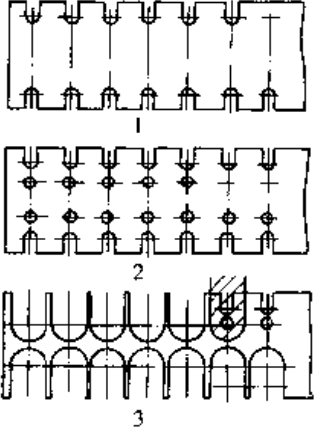
制件图	定位加工示意图	说明
	 <p>套板 冲件</p>	<p>先由简易冲模落料，然后采用定位套板冲孔</p>
		<p>套板的定位基准须与制件上的型孔中心线平行，采用接刀法冲型孔</p>
		<p>型槽用套板保护加工，以防制件在冲裁时变形</p>

表 20.7-32 连续冲压加工的典型示例

制件图	定位加工示意图	说明
		<p>① 在条料上冲型孔（落料），得制件1 ② 分断，得制件2</p>
		<p>① 在条料上冲等距小孔 ② 落料以小孔定位</p>

续表 20.7-32

制件图	定位加工示意图	说明
		<p>① 冲等距圆孔 ② 冲等距矩形孔 ③ 分断 ④ 切两头圆弧</p>
		<p>① 冲左面槽 ② 冲右面槽 ③ 冲左面孔 ④ 冲右面孔 ⑤ 落料</p>
		<p>① 冲等距槽 ② 冲等距孔 ③ 落料</p>

第 8 章 管材成形模具设计

在相同抗弯或抗扭强度时，管状断面结构件比其他形状断面（如实心的矩形或圆形）的结构件重量更轻，更省材料。除此之外，管材还具有美观、成本低、加工成形性好（如金属管材可进行机械切削加工和冲裁、弯曲、缩口、扩口、翻管等冲压加工，以及液压胀形、激光切割等特种加工）、吸振性好、介质流通量大等特点。因此，管材与板材等型材一样在工业生产中占有十分重要的地位，大量应用于汽车、摩托车、航空、工程机械、农牧机械、石油化工乃至家具制造等诸多领域。

管材种类很多。按断面形状可分为圆形、矩形及异型管；按相对壁厚可分为厚壁管和薄壁管；按材质则可分为金属与非金属（如塑料管）管，其中金属管又可分为钢管、铝及铝合金管、铜管等；按生产方式又可分为无缝钢管和焊管等。

机械行业中最常见的是圆形薄壁钢管，外径 $D \leq 100 \text{ mm}$ ，壁厚 t 为 $0.5 \sim 5 \text{ mm}$ ，相对厚度 $t/D \leq 0.5$ 。

近年来，以金属管材为毛坯的各类管件的塑性成形技术（也有称为管材二次加工），由于具有很高生产效率和较高的加工质量，正成为金属管材成形的重要发展方向。如图 20.8-1 所示为摩托车上广泛采用的管式车架，整个车架主要由各种形状的薄壁钢管构成。其生产过程一般为：

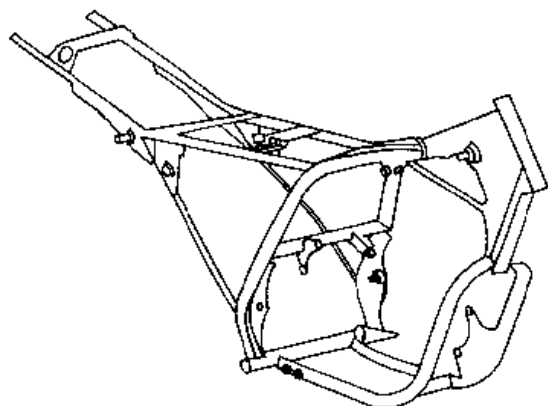


图 20.8-1 典型管式摩托车车架

- 1) 按材料、尺寸规格等要求进行管坯下料；
- 2) 矫直；
- 3) 冲压加工，包括弯曲、冲孔、管端头加工成形（冲切、打扁等）；
- 4) 辅助加工，如切槽孔等；
- 5) 组焊；
- 6) 表面处理，如油漆等。

管材的塑性加工可分冲切和成形两大类。

管材冲切加工是指在压力机等设备上利用模具对管材进行冲裁，使之发生分离或局部去除，从而得到所需管件形状的一种加工方法，图 20.8-2 给出了管材冲切得到的各种形状。管材冲切工序主要完成管材下料、切断等，加工后管端面为平面，如图 20.8-2a。另外，许多钢管结构上所用管件往往需在局部（主要是端部）进行切割成形，以便于进行焊接等后续加工，如剖口（又称弧口冲切，加工后端面为弧形，图 20.8-2b）。此外有时还在管壁上冲槽或孔（图 20.8-2c）。

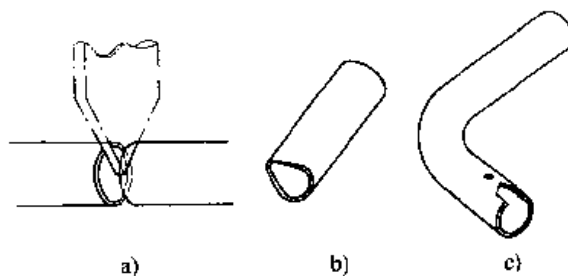


图 20.8-2 管材冲切形状

- a) 切断 b) 剖口（弧口冲切） c) 管壁冲槽、孔

表 20.8-1 比较了管材各种切割方法，可以看出薄壁管材冲切加工具有生产效率高，加工断面质量好（完全能满足一般焊接要求），生产成本低、无需专用设备，无污染等优点。特别适合于大量使用管结构的自行车、摩托车及家具等行业。

成形类工序包括管材弯曲、胀形、缩口（径）、扩口（径）、翻管等。图 20.8-3 所示为常见管材成形加工的产品。

表 20.8-1 管材切割类加工方法比较

加工方法	使用范围	被加工管材形状	生产效率	加工质量	成本	其他
车削	下料或其他回转类加工	平面端口, 断面和管轴线垂直	低	好	高	
铣削	各种端头型式加工, 管壁加工	平面、弧面端头, 管壁加工槽孔	低	好	高	
钻	钻孔	封闭圆孔	低	好	一般	
圆盘锯、带锯	下料	平面端口	高	较好	低	噪声等污染大
砂轮	下料	平面端口	高	较好	低	噪声、粉尘等污染大
激光切割	任意	任意	一般	好	高	需专用设备
冲切	薄壁管端头、管壁各种型式加工	平面、弧面端头及管壁孔(槽)	高	较好	很低	

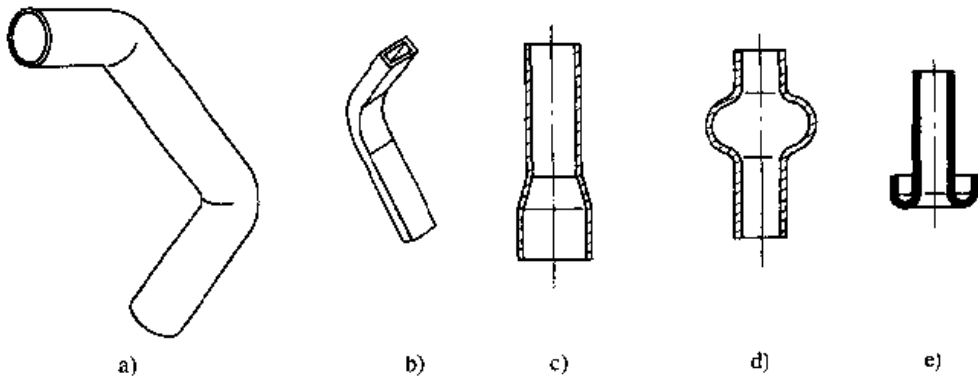


图 20.8-3 常见管材成形加工的产品

a) 圆管弯曲 b) 方管弯曲 c) 扩口 d) 胀形 e) 翻管

本章主要介绍圆形薄壁金属管材的冲切、弯曲以及翻管等模具。

1 管材冲切模具

1.1 概述

管材冲切有如下几种类型。

- (1) 按冲切时有无芯轴(或芯棒)
- 1) 有芯冲切 冲切时, 为防止管壁塌陷而

在管内放入芯轴。

2) 无芯冲切 通常有芯冲切生产效率较低, 且由于管材下料后一般存在毛刺, 采用芯轴比较困难。此外为定位方便, 通常管材加工过程是先弯后冲, 这样管内也不便于安装芯轴, 只能采用无芯冲切。

无芯冲切方法存在问题是断面畸变大, 模具结构设计需做特殊考虑。

- (2) 按所获得冲切断面

1) 平面切断(平口冲切) 如管材下料以及弯管后的切断。

2) 剖口(端头型面冲切) 当管与管相联接(如焊接)时,需要在连接处形成相贯线(图20.8-2b)。

3) 冲槽、孔 在管壁上冲切出封闭或不封闭的槽、孔。除零件要求外,有时还作为平口冲切或剖口的辅助工序。

(3) 按管材横断面形状

1) 圆管冲切 由于圆管可在过轴线的任意平面内弯曲,满足多方向弯曲的要求,在实际生产中使用最多。圆管冲切较为复杂,也具有代表性。

2) 矩形断面形状管材等的冲切

1.2 平口冲切

1.2.1 有芯冲切

在冲切长度较短,而直径较大的直管时,可以采用在管内加芯轴进行有芯冲切,以防止管壁塌陷。

垂直冲切管材时,冲切方向上管截面各处剪切厚度是不同的。剪切过程中,首先在剪切厚度最小的管壁顶端发生类似板料冲裁的分离过程,并逐渐沿圆周方向向两边扩展,这部分的切面总的来说较平整。当分离过程扩展至管截面的两侧区域时,由于剪切厚度最大,此时的剪切就类似厚料的小间隙冲裁。初始剪裂纹在金属内部扩展时各自偏离,无法顺利会合,管材此处材料以撕裂而告终。因此,两侧是管材的剪切困难区,切面常常凹凸不平,甚至有裂纹。

为了提高管材有芯剪切的质量,或实现管材的精密剪切,可从以下几个方面考虑:

1) 尽量减小以至消除管材内径与芯轴之间的间隙,以减小管件的几何畸变。但间隙太小,则送料困难。

2) 设法改善管截面两侧难剪切区的剪切条件,以使整个切面平整,同时有利于控制管截面整个变形。具体方法有:

① 采用高速剪切 利用材料本身在高速下的惯性效应,使裂纹早期产生,并能基本上沿着剪切方向迅速扩展和会合,而不象一般(低速)剪切时裂纹偏离剪切方向。能使切面的上、下部分和左右两侧的难剪切区的断口平整,截面整体

几何畸变也大大减小。

② 轴向加压 在剪切过程中对管材施加一定的轴向压力,以提高静水压力和材料的塑性,抑制剪裂纹的产生,使剪切变形能延续到剪切的全过程,因此整个切面光滑平整。轴向加压剪切适合于塑性好的材料以及短的厚壁管件。

③ 多向剪切 沿截面的两个相互垂直方向上依次进行剪切,或者沿圆周方向依次进行径向剪切(又称渐进剪切)。这样截面的各向都有机会受到剪切力的作用,从根本上消除了一般剪切时两侧存在的难剪切区。该方法能实现管材的精密切削,且对相对长度很小的管件亦可剪切。

图20.8-4~图20.8-8为管材芯轴剪切的实际例子。

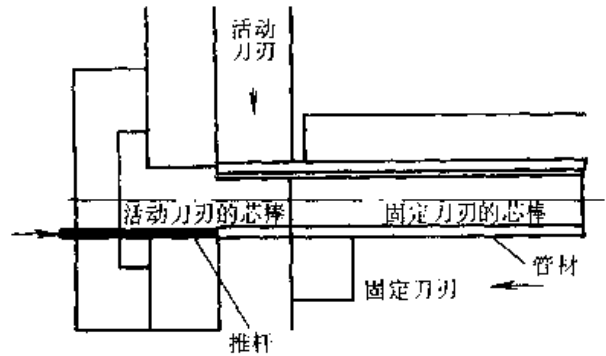


图 20.8-4 管材芯轴剪切法

图20.8-4中,活动芯轴安装在活动刀刃上,两者联成一体。由于剪切时管材切口的歪斜限制在芯轴和模具的间隙内,如果间隙过大,则切口的歪斜加大;反之,如果间隙取得过小,则送料困难,因此要合理选择芯轴和模具内径之间的间隙值,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轴端部倒角以便于送料。但是如果因管材本身的尺寸精度不高而需放大间隙时,切口会产生较大的歪斜。将送料侧的芯轴固定,管材送进时不方便。为此,考虑到一般剪切时芯轴基本不后退,可采用芯轴放在管中处于浮动状态进行剪切的浮动芯轴剪切法,如图20.8-5所示。为了防止在送料时因跳动而引起芯轴后退,在浮动芯轴上安装O型环或者带有弹簧的钢球。

上述方法可以剪切厚壁管和断面形状复杂的异型管材,无切屑,但模具比较复杂,剪切时厚壁管的切口面精度较差。

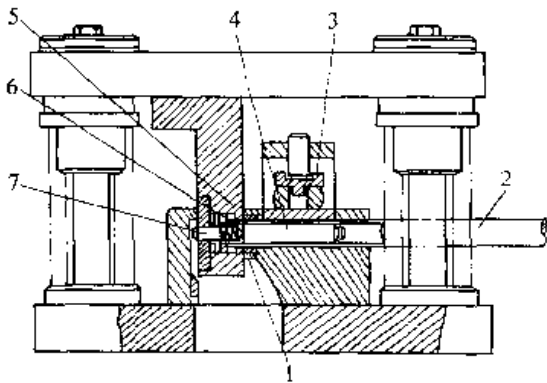


图 20.8-5 浮动芯轴剪切
1—固定刀刃 2—管材 3—压料板 4—活动芯棒
5—活动刀刃 6—固定芯棒 7—顶出器

图 20.8-6 为芯轴多向剪切法。这种方法将芯

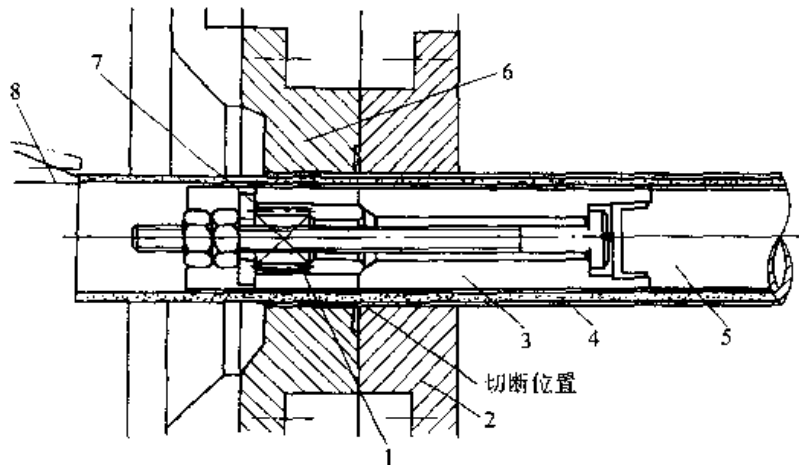


图 20.8-6 芯轴多向剪切法
1—活动芯棒 2—固定刀刃 3—固定芯棒 4—管材 5—固定芯棒座 6—活动刀刃 7—弹簧 8—定尺挡块

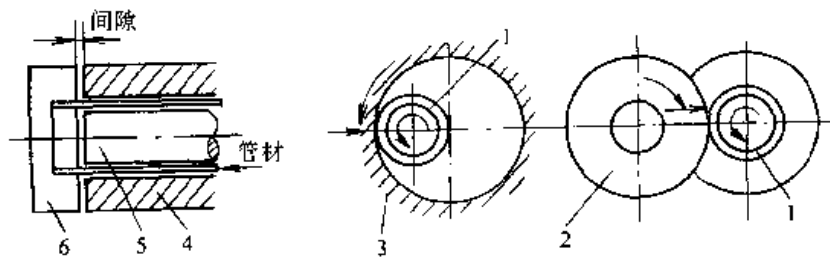


图 20.8-7 旋转辊剪切法
1—管材 2—外凹模 3—内凹模 4—工件支架 5—芯棒 6—凹模

图 20.8-8 所示是利用旋转的 V 形辊轮压入管壁进行切断的方法，所切断的管材圆度较好，但切口面易倾斜，切薄壁管时会产生毛刺，切厚壁管时在管子外周产生隆起。

轴放在管中，使模具上、下、左、右相对的少许错动，逐步地进行剪切。为便于制件取出，将活动芯轴和在送料侧的固定芯轴装在一起，并设有在剪切终了后能及时返回规定位置的机构，然后利用送进的料来顶出制件。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。该法剪切质量优于芯轴剪切法，但只适用于薄壁管的剪切，而且所需设备较复杂。

图 20.8-7 所示方法与深拉深或挤压加工的圆筒修边法相似，旋转辊的运动机构与辊压机相同，剪切时只有一侧装入芯轴，因而管子直径会有些变化或产生歪斜，但是由于是全周均匀缓慢地进行剪切，管材切口面较好。该法适用于剪切圆柱形的薄壁管材。

对于厚壁管，也有采用将管材表面刻出 V 形槽后，再利用回转弯曲引起的疲劳破坏将管子切断的方法。

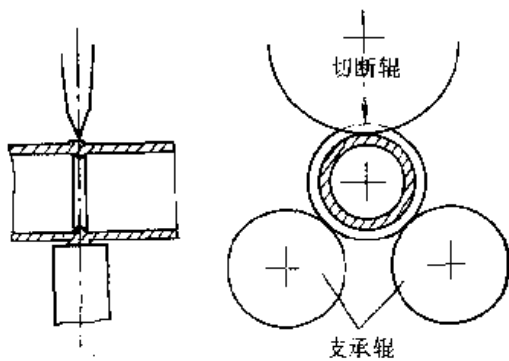


图 20.8-8 旋转辊剪切法

1.2.2 无芯冲切

薄壁管在无芯冲切时，由于管内无芯轴，冲切时管的上半部完全靠管本身的刚度承受冲切力，因此会造成管壁顶部塌陷。为了提高冲裁质量，应尽量使冲切时的冲裁力指向包住管的凹模，即冲切力方向与管子法线夹角大于 90° ，满足所谓“切屑外翻”条件，该部分见第19篇第7章第1节介绍。

切屑外翻的临界曲线也可用几何作图法得到，见图 20.8-9。

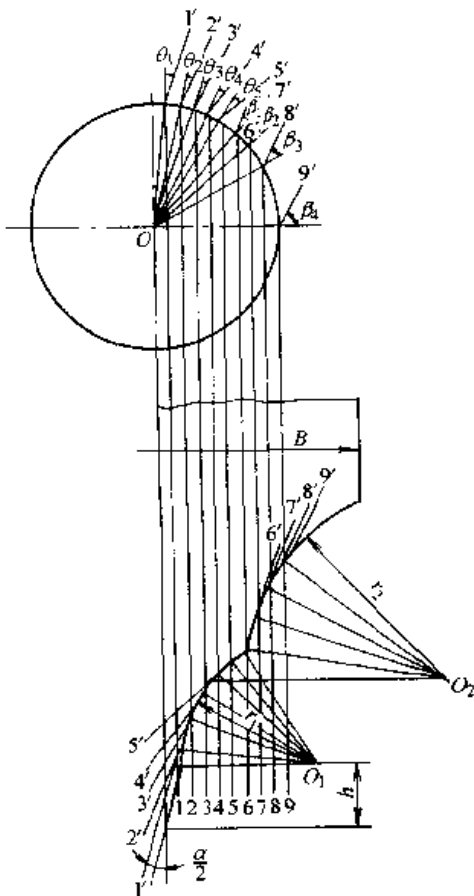


图 20.8-9 管材切断刀片的理论曲线

由于对称，图 20.8-9 只绘出右半部。做法是：在管中线上任一点作法线，又过该点作另一线与法线交角 θ 。在圆周上取若干点（点越密，所绘曲线越精确）作这样的线，这些线的包络线就是刀片理论曲线形状。

理论上，刀片越尖，越容易实现“切屑外翻”。但刀片越尖，则强度越差。在冲切管顶部，实际凸模是不可能满足“切屑外翻”的。生产中一般可将刀片作成图 20.8-10 所示的几种形状。

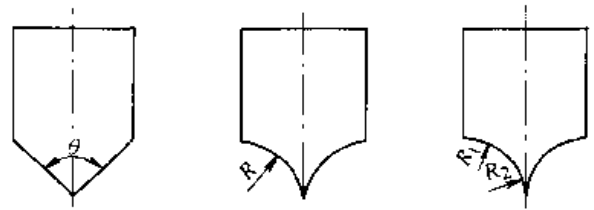


图 20.8-10 冲切刀片实用形式

由于切管刀片在一次冲切中不可能避免顶部管壁的塌陷变形，为解决此问题，可采用所谓“双重冲切法”（又称双向冲切法）。该法采用切削或冲切方法对需冲切管材的顶部进行预开槽，然后再用刀片冲切法进行冲切，如图 20.8-11 所示。该方法避免了直接冲切管壁顶部，减少了管断面的变形，能获得较高圆度的断面。

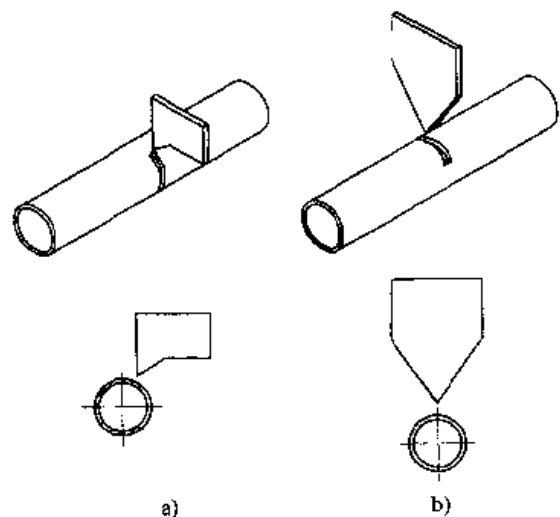


图 20.8-11 双重冲切法
a) 预切槽 b) 切断

预开槽深度见图 20.8-12，其计算公式见第19篇第7章。

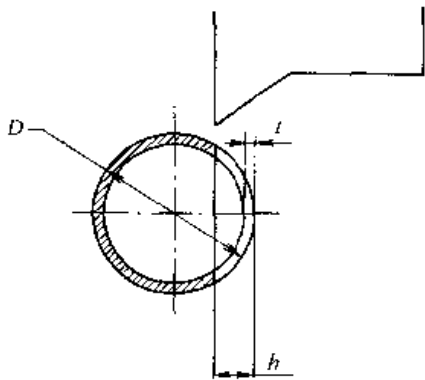


图 20.8-12 双重冲切法预开槽尺寸

图 20.8-13~图 20.8-18 为一套摩托车车架管生产中所采用的弯管件切断模具。该模具采用了双向冲切工艺，在一套模具上完成两次冲切。

管坯在弯管机上弯曲后，再在该模具上冲槽切断。模具采用了积木组合式结构，具有较强的通用性。实际上管材剖口、冲孔等，都可以采用这种模架。模架的上下模板之间用组合式导柱导套导向，缩短了导柱长度，装模对中十分方便。中间板与上模板之间则靠小导柱导向。

上下模板之间有一块中间板，中间板与上模板之间为弹性连接，由 4 个中间板导向装置实现二者的导向。冲切时管材被上、下压料块压紧。上压料块固定在中板板上，下压料块固定在下模板上。上、下压料块的间隙由 4 个限位柱确定。

切断凸模为刀片形式。材料可选 Cr12 或 W18Cr4V 等，热处理 56~62HRC，结构可参见图 20.8-17 和图 20.8-18。

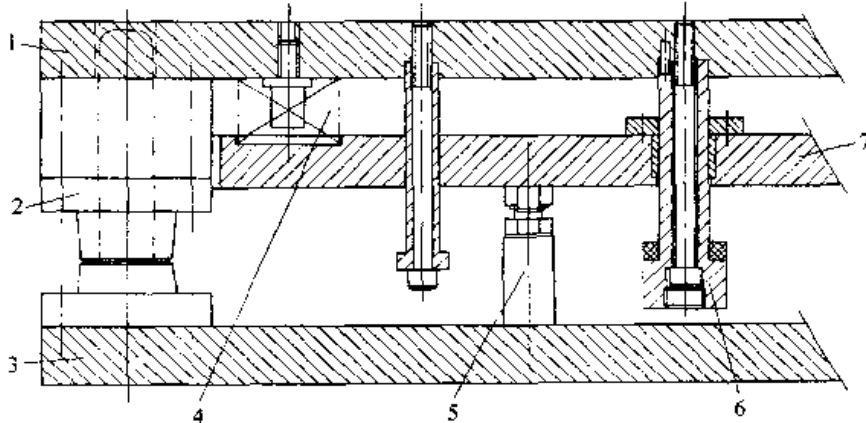


图 20.8-13 管材双向冲切模（模架）

1—上模板 2—导柱、导套 3—下模板 4—弹簧 5—限位柱 6—中间板导向装置 7—中间板

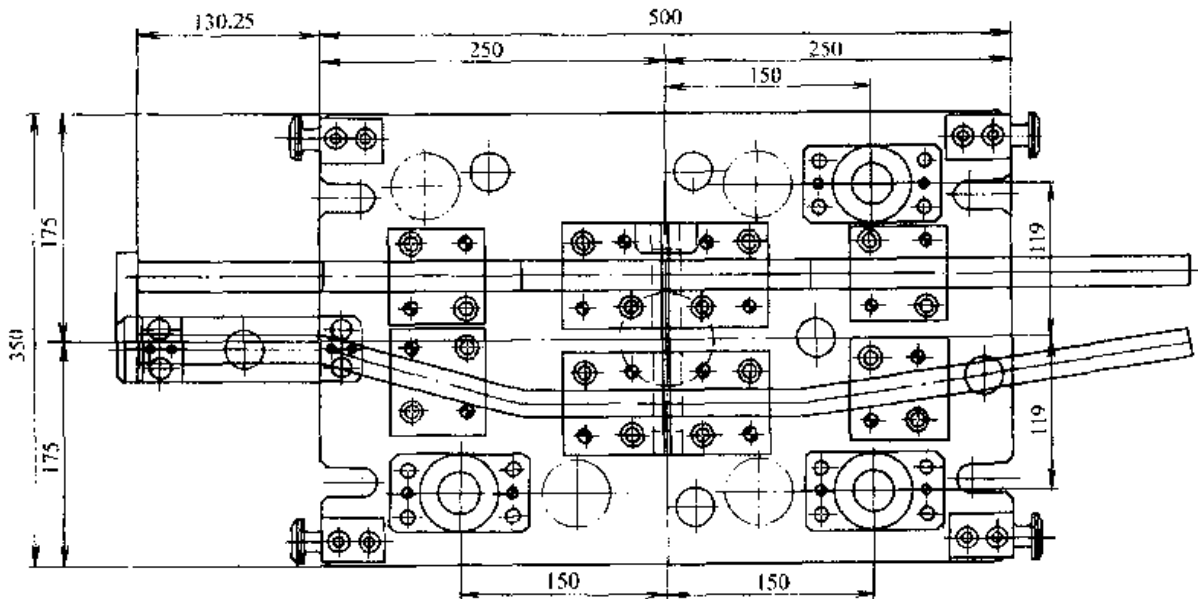


图 20.8-14 管材双向冲切模（下模俯视图）

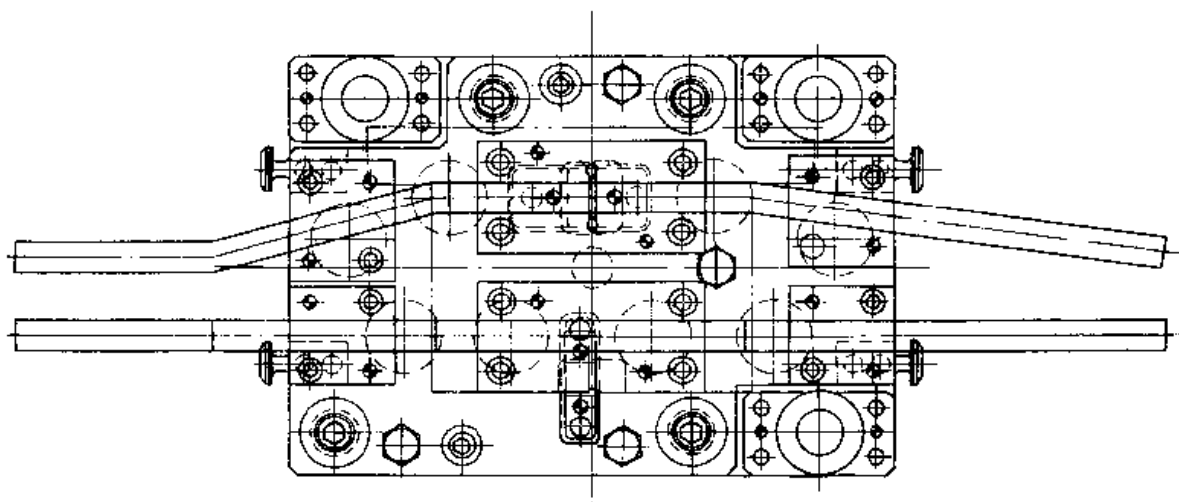


图 20.8-15 管材双向冲切模（上模仰视图）

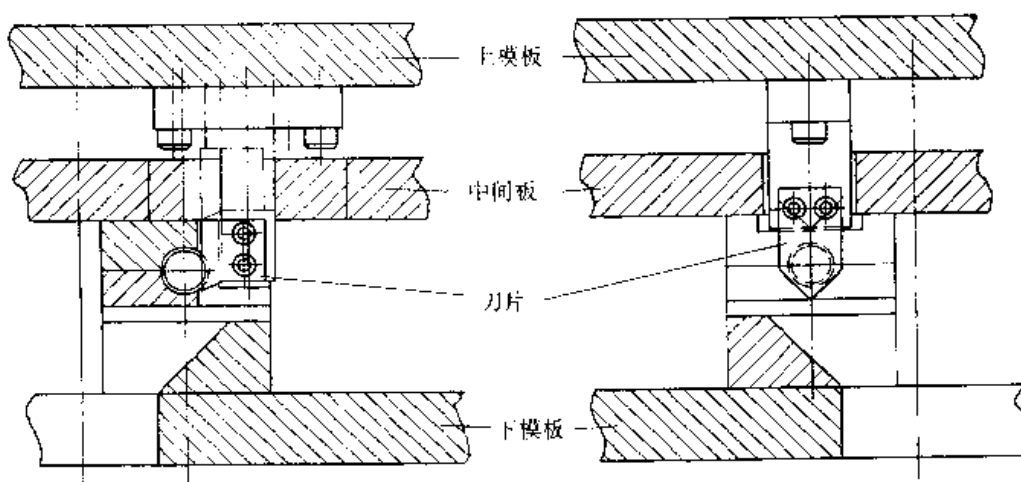


图 20.8-16 管材双向冲切模（局部视图）

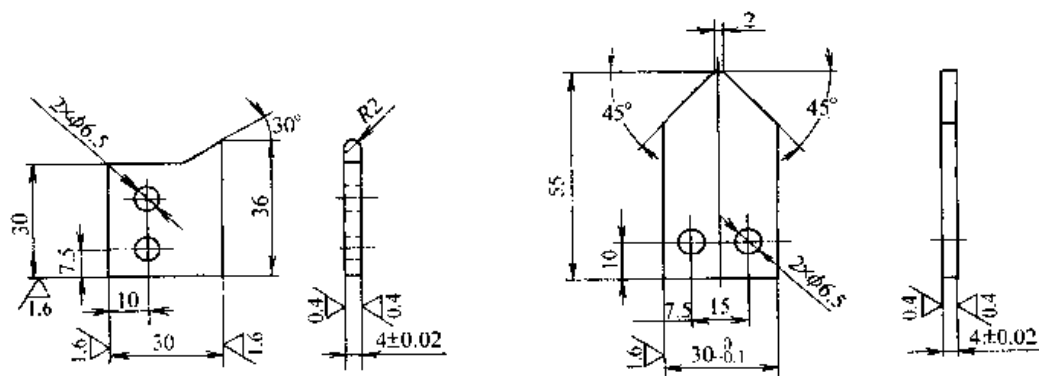


图 20.8-17 管材双向冲切凸模

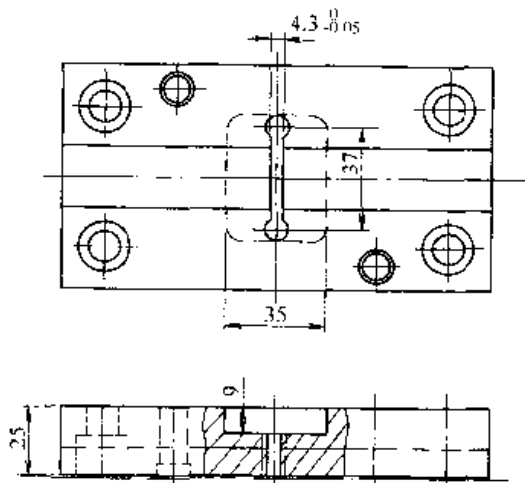
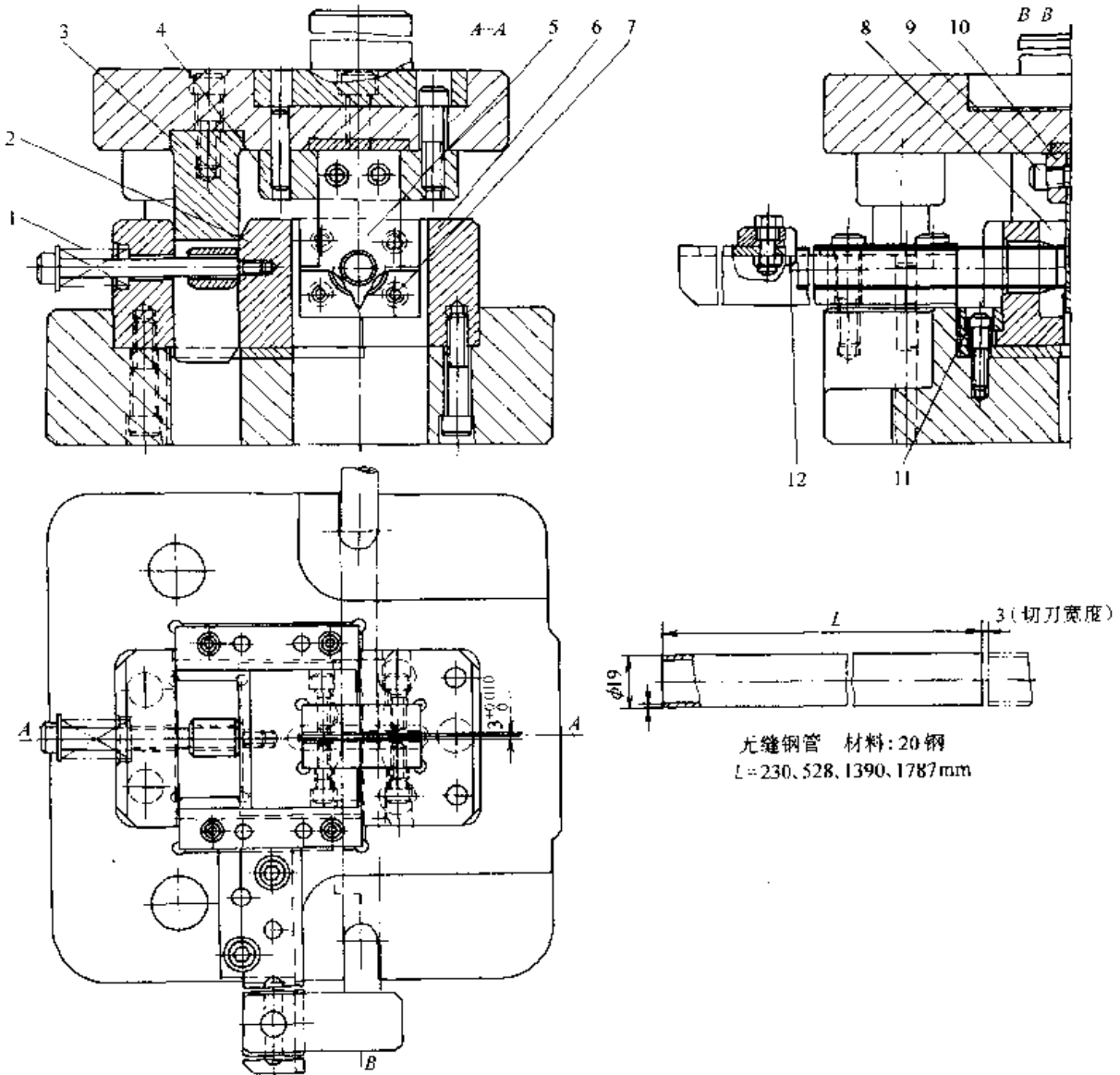


图 20.8-18 管材双向冲切凸模固定板

在图 20.8-19 所示的切断模中，凹模 8 由两对（共 4 块）组合而成，右半对以螺钉 7 紧固在固定板 6 上，左半对紧固在滑块 2 上。滑块能在下模板上左右滑动，靠两导板 11 导向。平时滑块在弹簧 1 作用下使凹模张开少许（由套筒限位），便于管料送进。薄片状切刀，即刀片 5 由螺钉 9，压板 10 紧夹在固定板 4 上。加工前，管料穿过凹模孔，由可调挡料板 12 定位。当上模下行时，斜楔 3 将滑块 2 向右推进，两对凹模夹紧。上模继续下行，刀片 5 便将管料逐渐切割开，废料从孔中漏下。

凹模可作成图 20.8-20a 所示的少许桃形。与管材相吻合的圆形，以减少管材冲切时断面的



无缝钢管 材料: 20 钢
 $L = 230, 528, 1390, 1787 \text{ mm}$

图 20.8-19 钢管切断模具

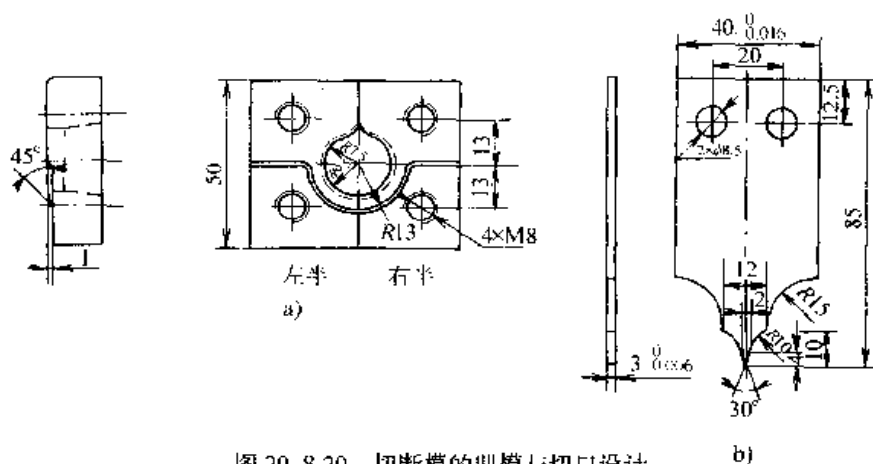


图 20.8-20 切断模的凹模与切口设计
a) 凹模 b) 切刀

变形。为了保证管材被充分压紧，增大夹紧力，可在各块之间留 0.5~1.5 mm 的间隙。图 20.8-20b 为刀片形状与尺寸。

1.2.3 其他断面形状型材的剪切

断面为矩形的管材，以及槽钢等具有开口断面形状型材的切断，也可以利用冲切法。和圆断面管材类似，这类型材冲切时同样存在如何减少断面畸变的问题，也可分为有芯和无芯两种情况。下面主要讨论无芯冲切的情况。

(1) 矩形断面管材的剪切

图 20.8-21 为类似棒材下料的矩形管剪切模。模具结构简单，但冲切后管壁变形较大。

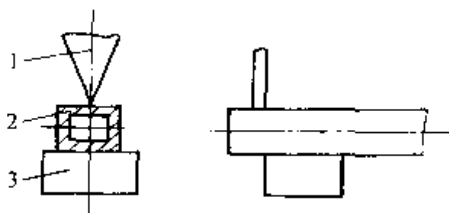


图 20.8-21 矩形管冲切方法
1—切刀 2—矩形管 3—砧板

图 20.8-22 所示矩形管切断模，采用上下模块将矩形管夹紧，使管材冲切后保持良好的断面形状。切刀的 α 小可以减小冲切力，但太小则强度差，实际可取 45° ， β 取 30° ，冲裁间隙取管壁厚的 10%。为避免刀片在初始切入时受不平衡侧向力，也可采用类似圆管的“双重冲切法”，即先在角部预加工一个槽，冲切时刀片由槽进入。这种方式也可减少冲切时管壁的变形。

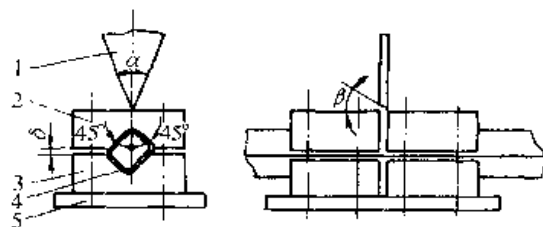


图 20.8-22 矩形管切断模

1—切刀 2—上模型块 3—下模型块
4—矩形管 5—底座

(2) 开口断面型材的剪切

图 20.8-23 所示为槽钢的剪切过程。它是连续进行的，槽钢放在两块凹模之间，凸模在力的作用下向下移动，当其尖峰接触槽钢腹部正中时，将槽钢刺一纵向切口，由于槽钢外有凹模的作用，该切口向横向发展，凸模两翼触到槽钢的两直壁后，直壁部分也同时被切出切口，并随凸模的下行不断扩大，最后两切口汇合，被切除的切屑形成两块蝶形废料脱落。

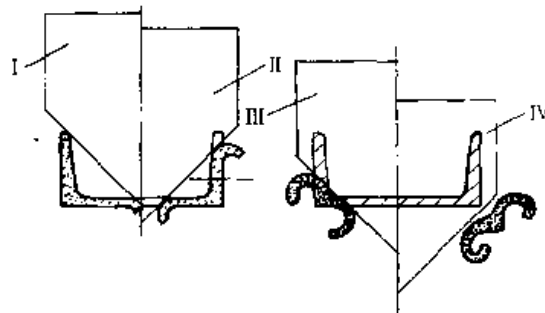


图 20.8-23 槽钢的剪切过程

槽钢冲切刀片凸模 (图 20.8-24) 的尺寸与所冲切的槽钢尺寸有关。刀片的底角为 90° ，厚度 b 可取 2 倍槽钢厚度。

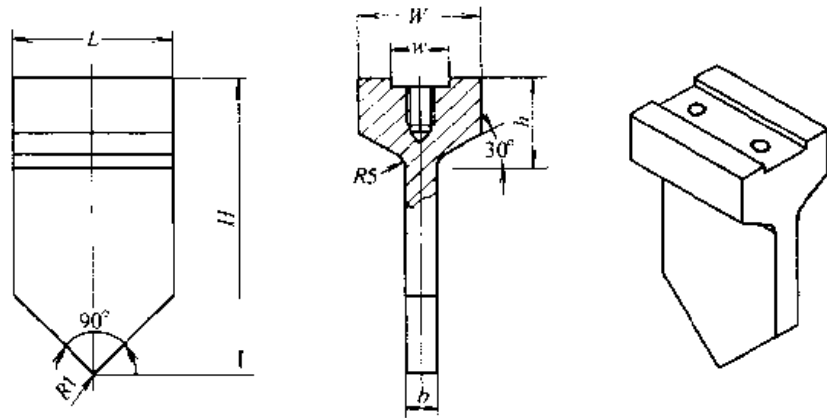


图 20.8-24 槽钢冲切刀片凸模

凹模结构如图 20.8-25 所示。固定在下模板上，由两块凹模刃组成，两凹模刃之间的左右各夹一片间隙调整垫片，用两个螺栓紧固。剪切过程中，凹模刃就插在这两块凹模刃当中。

图 20.8-26 为型材切断模的一种结构。模具具有和型材形状相同的定模 1 和动模 2，静止状态，定模和动模同位。为使型材送进通畅，动模和定模的型孔比型材各部分尺寸放大 0.3~0.5 mm。剪切时，借助于压力机滑块下行，推动动模下行而将型材切断分离。

图 20.8-27 为另一种型材切断模。模具具有和型材形状相同的一部分上模 3 和下模 4 及压板 1，剪切时上模借助压力机滑块下行，上压板 2 通过压板 1 首先夹紧型材，压力机滑块继续下行时，上模 3 与下模 4 刃口使型材切断分离。

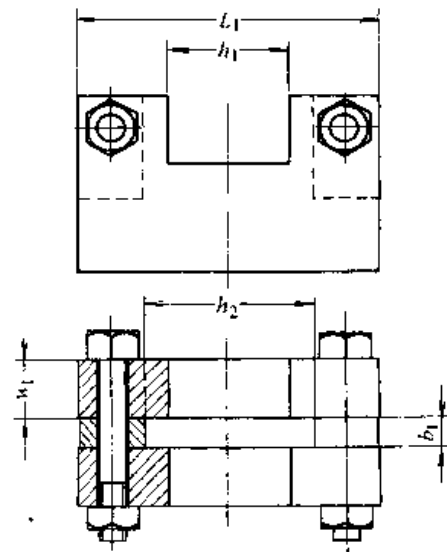


图 20.8-25 槽钢冲切刀片凹模

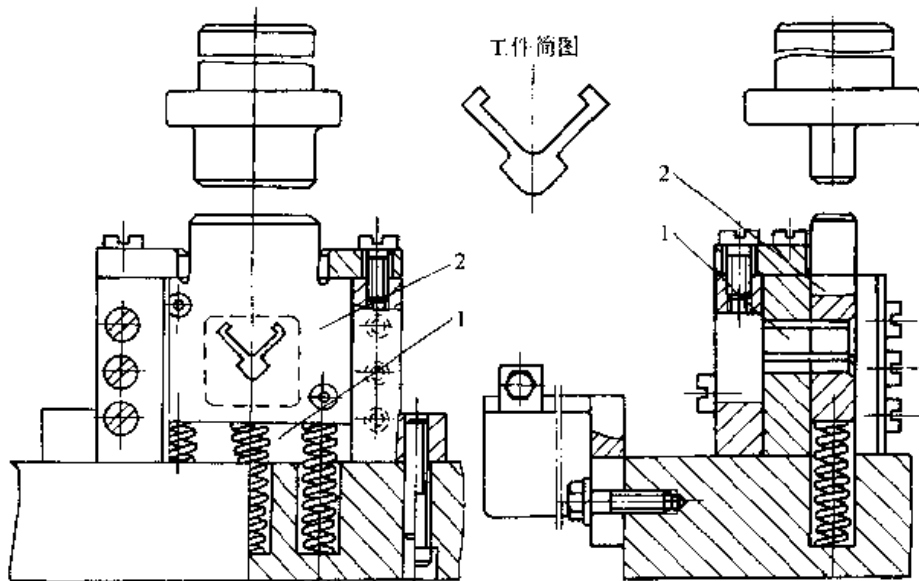


图 20.8-26 型材切断模

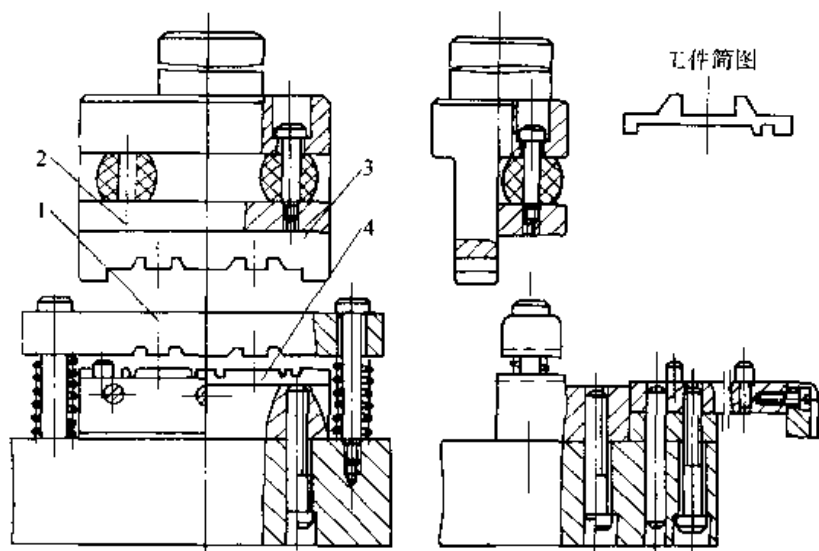


图 20.8-27 型材切断模

1.3 管材端头剖口

1.3.1 管材端头剖口的特点

管端头剖口通常是为了能将两根管件准确而可靠地焊接在一起，需将其中一根管件的端头加工成管相交时的相贯弧线形状。

由于冲切后要经过焊接加工，因此对冲切的断面质量要求不特别高，通常允许有小于1.5 mm左右的局部变形（如塌陷），此缺陷大多在焊后被掩盖掉。

由于管材下料后存在毛刺，以及大多数情况下是先弯管再冲切，实际生产中管端头剖口多采用无芯冲切。

1.3.2 剖口模具结构

图 20.8-28 所示管材剖口模具结构中，凸模 5 压紧在固定板 6 中，固定板以支板 7 和凹模 3 的一端面导向，借以保证凸模与凹模的单面间隙。支板和凹模一同装在下模座 1 上。管口分二次冲切，第一次以定位螺钉 4 定长，管子 2 套在凸模上。开始时，应将凸模调整到与凹模圆弧面离开一个管子壁厚多一点的位置，第二次冲裁，将管子转向，以冲成的管子圆弧面定位，便可完成整个冲裁过程。

这种冲切法，其压力机的行程要小些。凸模形状见图 20.8-29。尺寸关系如下：

$$A = D + 10 \sim 15 \text{ mm}$$

$$C = D/2 + 2 \sim 5 \text{ mm}$$

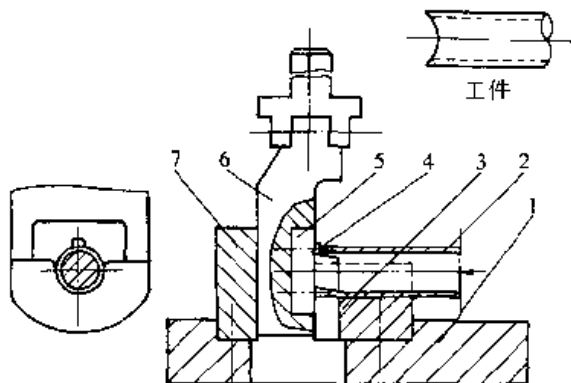


图 20.8-28 管圆弧端口冲裁模

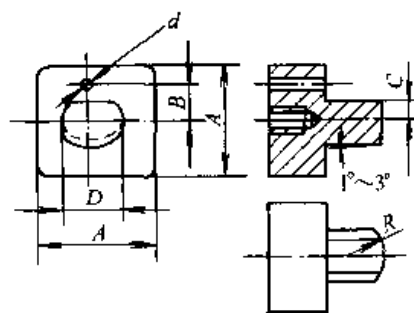


图 20.8-29 凸模形状

$$B = (D + d) / 2 + t$$

式中 D ——管子内径减小 0.5~1 mm；
 d ——直径 (mm)；
 t ——材料厚度 (mm)；
 B ——管材端口圆弧半径 (mm)。

图 20.8-30~33 所示管材剖口模具结构也是

生产中采用的一种比较通用的组合式结构，适合于冲切各种形式的直管、弯管，加工制造及装配

调试均很方便。该模具的模架与图 20.8-13 所示模具的模架结构类似。

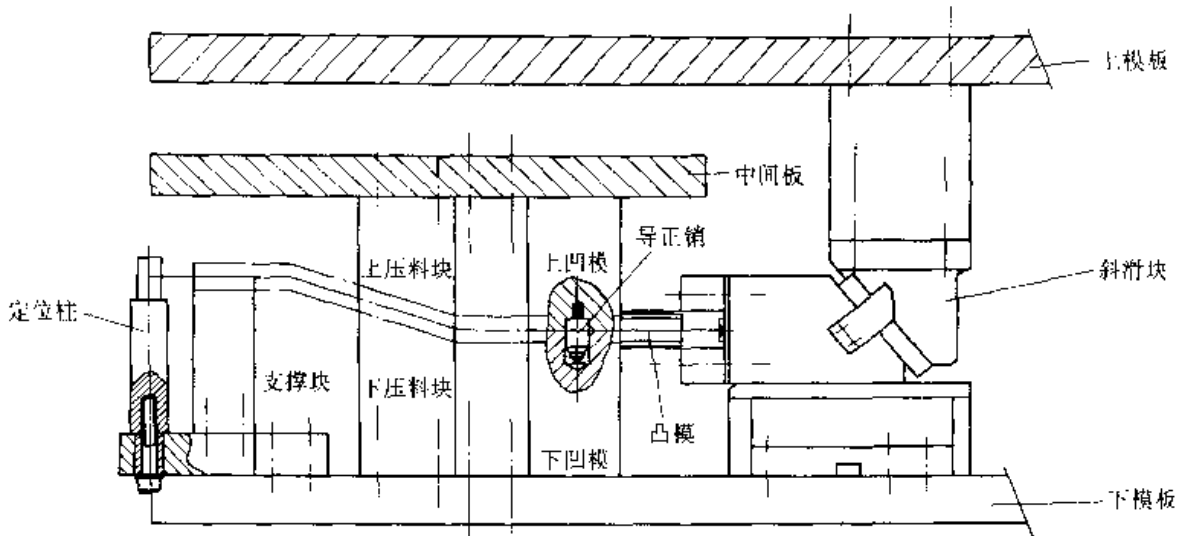


图 20.8-30 管材剖口模具结构（侧视图）

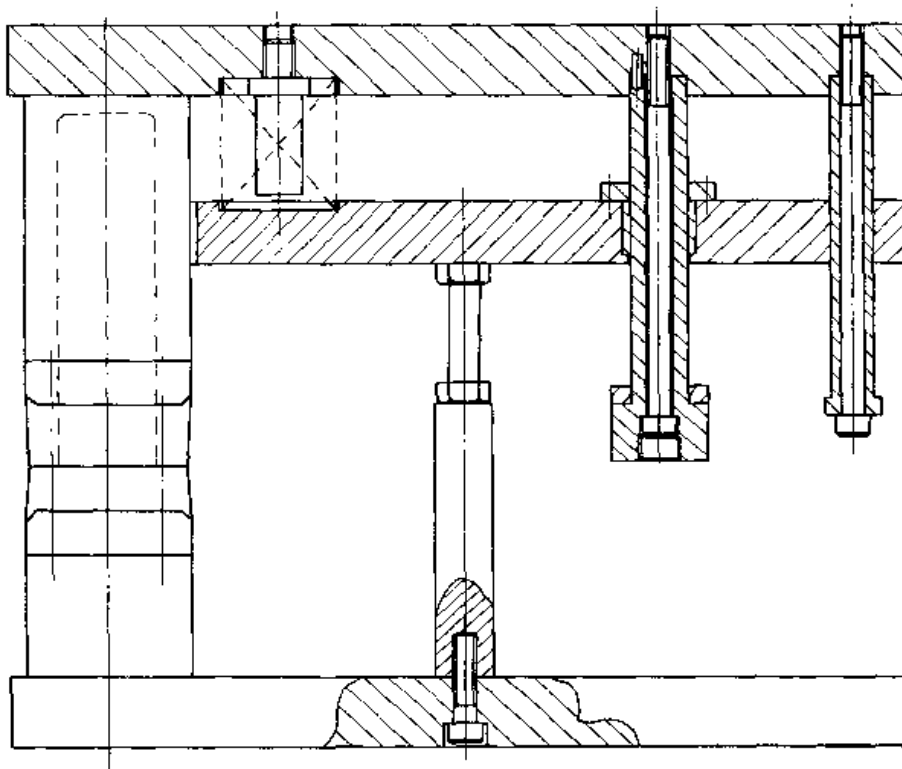


图 20.8-31 管材剖口模具模架

管件先在弯管机上进行弯曲，再进行端头冲切，且两头均需进行冲切。模具上布置了两个工位，分别完成该管件两端头的剖口。

该模具利用斜滑块结构完成水平方向冲切，能对管的各个部分分别实现施压、定位及冲切。

模具的上下模板之间，上下压紧块之间，上下凹模之间，凸模和凹模之间以及斜滑块的活动部分均有相对运动，因此采用了相应的导向措施。其中上下模板之间靠三个组合式导柱、导套导向，中间板和上模板之间利用中间板导向装置

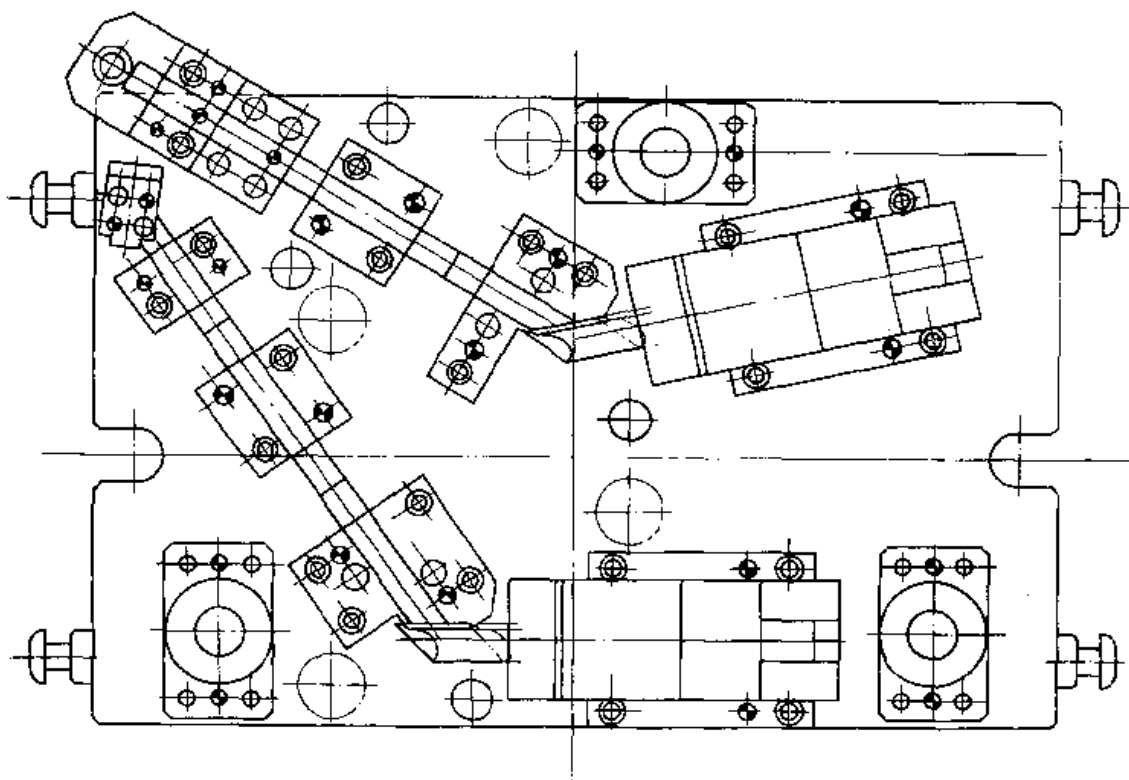


图 20.8-32 管材剖口模具结构 (下模俯视图)

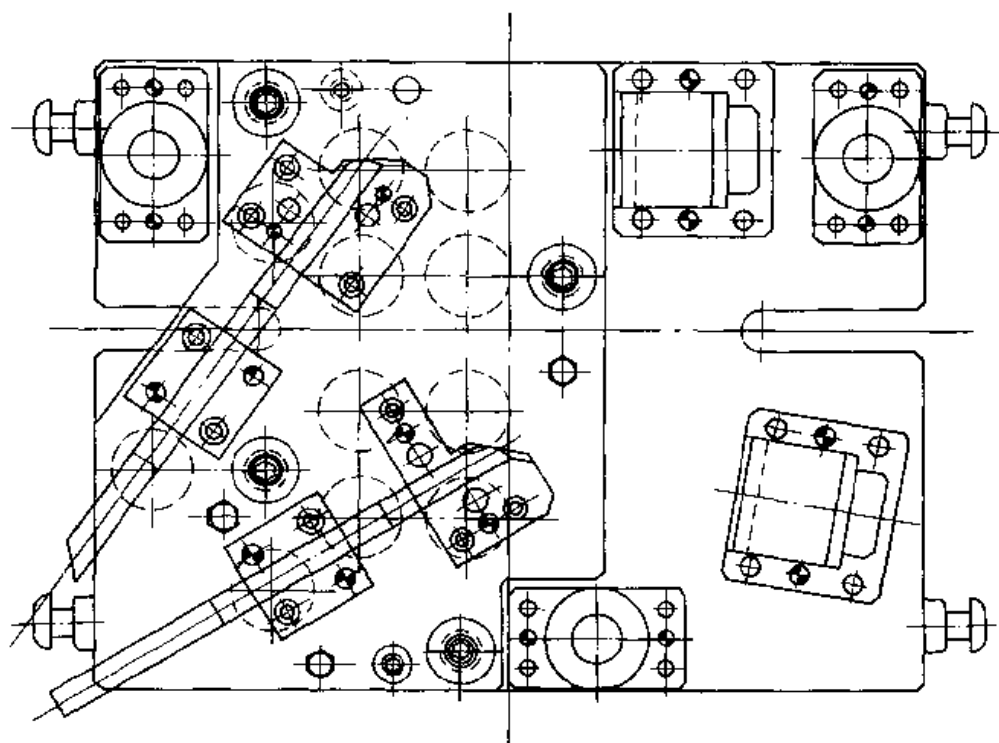


图 20.8-33 管材剖口模具结构 (上模仰视图)

进行导向。

冲切时管件被中间板和下模板之间的上、下

压料块压紧。冲切凹模分为上下两块，冲切时模具上下部分合并，构成完整的凹模，并夹住管

材,由凸模完成冲切。上下凹模和上下压紧块一样分别固定在中间板和下模板上。对应的上下凹模采用了两只定位销,保证冲切时上下凹模合成的复合刃口更为准确地对正。定位销可装在上凹模,也可设在下凹模。装在上凹模时,不会影响管件的取放,但下凹模的导正孔容易掉入脏物而产生堵塞,因此可将其钻通。

压下时,弹簧作用在中间板,再通过上、下压料块上压住管件。弹簧的布置应尽量靠近压料块和凹模。

管坯的定位方面,一方面靠压紧块本身的圆弧形槽包住管材,另一方面在管材尾端可根据不同的管端面形状设计相应形式的定位。由于管材在冲切中受到较大的冲击力,在压料不好的情况下会作用在端部的定位板上,使定位板移动而产生定位不准,因此一般需将定位板在调整好焊牢。

该模具操作方便、生产效率高,适用于大批量生产。一次刃磨使用寿命在5000件以上。

1.3.3 剖口模具设计

同钣金冲裁模具一样,管材剖口模具主要由模架、导向、定位以及冲切凸凹模等基本部件组成。

(1) 工作零件设计

1) 凸模 管材剖口多采用无芯方式,因此

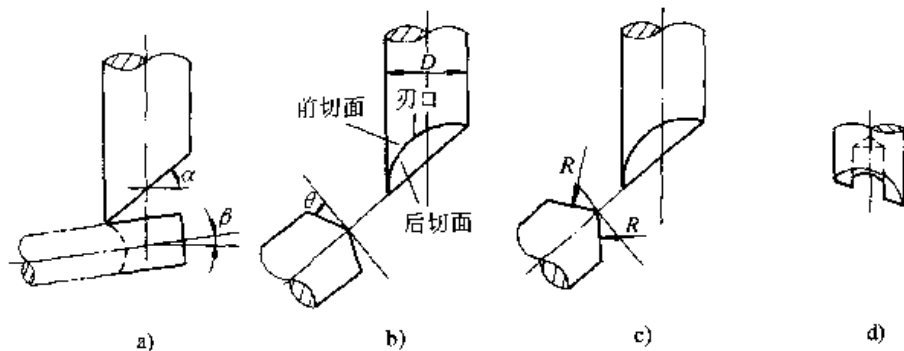


图 20.8-34 管材剖口凸模形状

为加工方便,后切面常做成平面,因此凸模设计中最关键的是确定 α 和 θ 值。考虑凸模强度、刚度等因素, α 一般可取 $25^\circ \sim 60^\circ$, θ 取 $10^\circ \sim 45^\circ$ 左右,且 $\alpha > \beta$ 。图20.8-34d形式中间钻孔可以减少刃磨量。

冲切凸模的固定方式可采用一般冲压凸模的挂台式结构,应注意要采取防转措施。图20.8-

冲切时很容易出现管壁的塌陷。另外,管材冲切时管壁金属分离的情况与平板金属冲切时不同,除“剪切”外,有的地方还有“撕”或“刮”的现象。冲切质量与凸模、凹模、压料、定位等因素密切相关,其中凸模几何形状参数对冲切质量的影响很大,也最为复杂。如何选择适当的凸模几何参数,是管端弧口冲切模具设计的关键,第7章对此进行了分析。

一般来讲,凸模可设计成图20.8-34所示的形状,其中图20.8-34a相当于将一个圆柱体用一个平面斜切而成,图20.8-34a所示的凸模工作部分形状是最基本的形式,相当于将平底的圆柱体用一个斜面去切后所得的尖劈状。图20.8-34b、c为图20.8-34a的变化形式。而图20.8-34a所示凸模又可看作图20.8-34b当 $\theta = 0^\circ$ 时的特例。在冲切时这种形状凸模的尖刃先接触管壁,然后逐渐切入,减少了冲切力,从而减少了管壁的变形。而图20.8-34b的前面、后面、刃口对于从管材端部的开口切入的情形,如图20.8-36所示。在图20.8-34a的基础上作了改进,增加了一个尖劈形,而图20.8-34a可当作图20.8-34b当时 $\theta = 0^\circ$ 的情形。冲切后最终形成的相贯线形状是由凸模的外径确定的,即由凸模外表面形成。

35为图20.8-30所示模具的凸模。

当 D 和 d 接近或相等时,如图20.8-36a所示管相交的两侧A处会出现薄而尖的部分,由于此处冲裁厚度为最大,冲裁时常会因此在此处出现撕裂,从而影响冲切面质量。对于一般用焊接接口,在实际生产中可将凸模做成如图20.8-36b所示形状,利用凸模的刃口去除尖部,避免

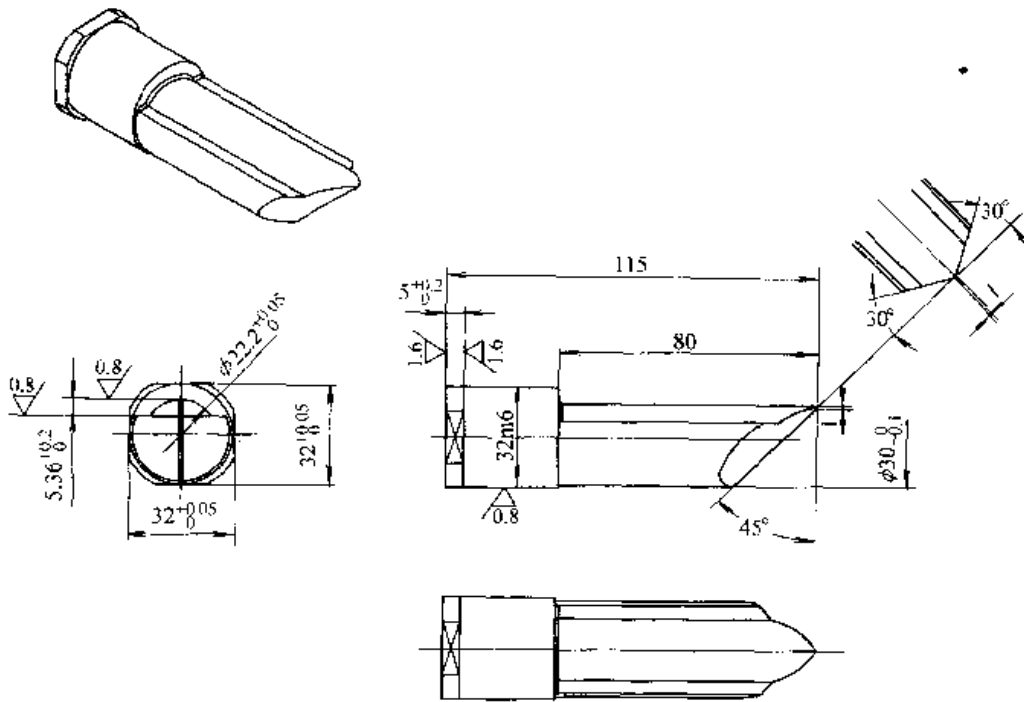


图 20.8-35 剖口凸模设计

了撕裂现象。另外这种形式还可提高冲头刚度。尺寸可参考如下选取： $D_1 = D + 2t$ ， $L = \sqrt{D^2 - (D - t)^2}$ 。

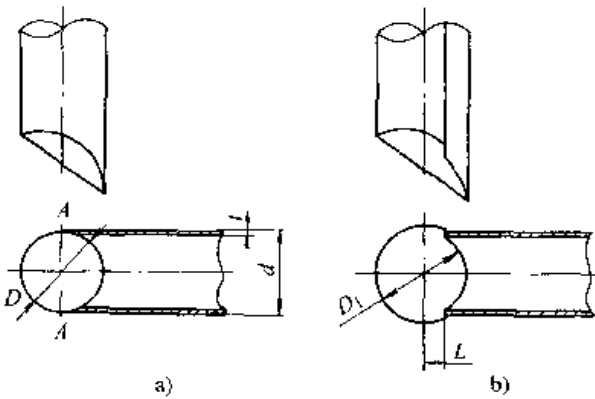


图 20.8-36 凸模形状设计

凸模使用过程中容易磨损，因此在长度上要考虑一定的刃磨量，一般可取 5~10 mm。

2) 凹模 图 20.8-37 和图 20.8-38 为图 20.8-30 所示模具的凹模。分成上下两部分，工作时上凹模压下，与下凹模构成一个完整的刃口包住管材，与凹模一起完成冲切。上、下凹模分别有三个 M12 的螺钉连接和两个 $\phi 12$ 的销钉定位。上凹模连接在中间板上，下凹模连接在下模板上。

在钣金冲裁中，冲裁间隙指冲裁凸模与凹模刃口之间的间隙，其大小和冲切质量要求、被冲零件的材料、冲切厚度等因素有关，冲切厚度各处一致，这个间隙值在被心切零件的四周是均匀的，一般可按大典上的图表进行选取。而对于管材的冲切，由于冲切厚度在不断变化，理化上一般很难确定一个冲切间隙值，实际中可按管壁厚参照钣金冲裁选取，由试模时调整到最佳间隙。

(2) 冲切方向与冲切行程

在设计冲切模具时，应注意凸模相对于管材的冲切方向。

如果管材和凸模轴线垂直，则冲切方向没有区别（图 20.8-39a）。管轴线和凸模轴线夹角在 $90^\circ \pm 10^\circ$ 范围都可当成垂直处理。

如果管轴线斜交的情形，如图 20.8-39b 所示。冲切方向有两种可能，从左到右或相反（图 20.8-39b 只画出了一种情形）。

在从左到右进行冲切时，凸模会受到向左下方的管壁材料的作用力，但是凹模的位置在左下，凸模受到的这个力能被凹模平衡。另外，当管径大于 10 mm 以上时，可调整管坯长度，使冲切凸模从管端的开口处进入，避免从管壁外开始冲切而产生的塌陷。

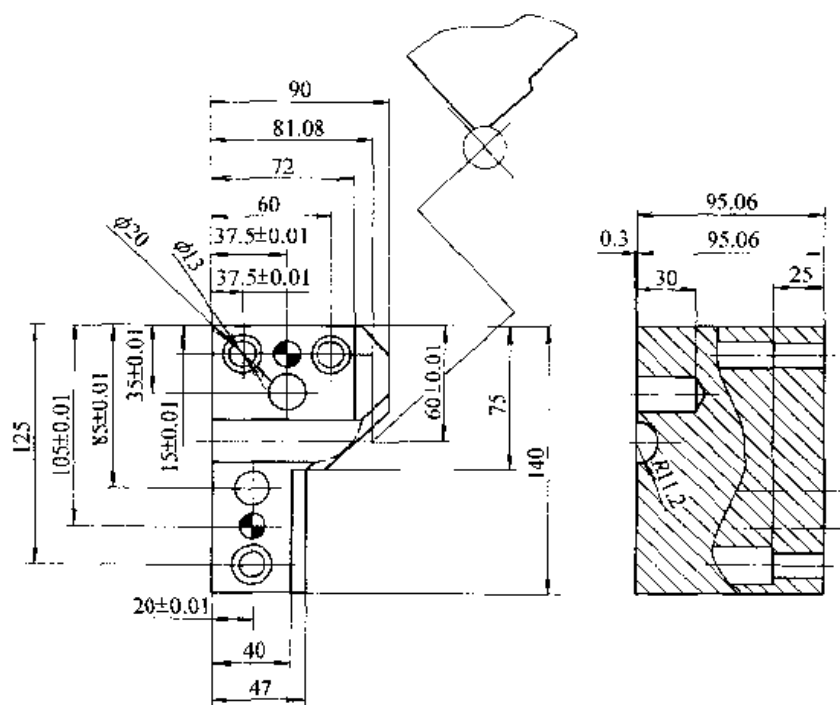


图 20.8-37 凹模形状设计 (上凹模)

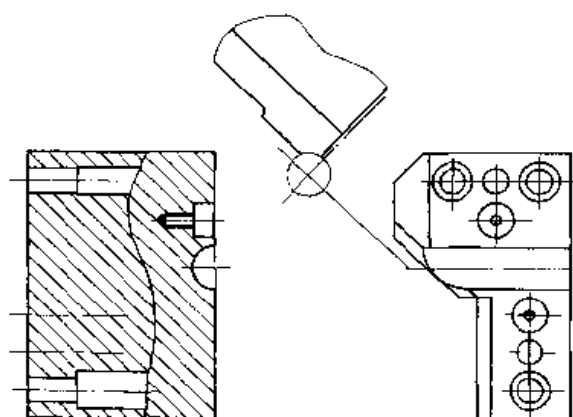


图 20.8-38 凹模形状设计 (下凹模)

如果取冲切方向相反, 则无法由凹模来平衡此力, 且无法保证凸模从管端开口切入, 从而不能避免顶部的塌陷。

管材冲切所需行程一般较长。凸模冲切的行程至少应包括尖部刚接触管壁材料到管壁废料完全脱离管材母体这段距离, 还应考虑前后的辅助余量。冲切所需行程由下式确定 (图 20.8-40):

$$L = d / \cos\beta + D(\tan\alpha - \tan\beta) + 5 \sim 10 \text{ mm}$$

(3) 冲切力

管材冲切的冲切力的变化十分复杂。一般来说它和凸模直径、形状、管材外径、相对壁厚、切入角度、材料特性等因素密切相关, 要精确计

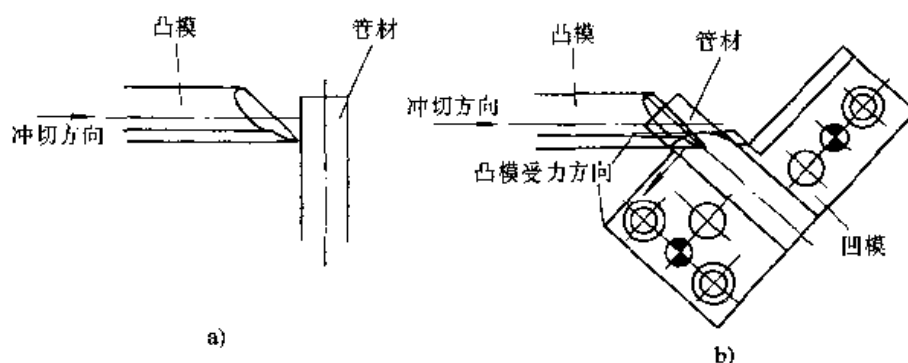


图 20.8-39 管冲切方向

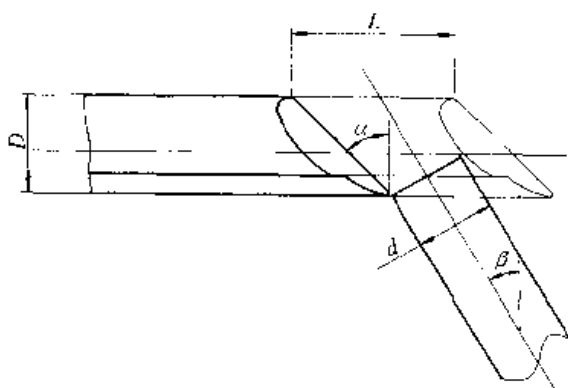


图 20.8-40 冲切行程

算十分困难。在实际应用中可采用简化计算方法。可以认为冲切时最大冲切力不会超过整个断面材料同时剪断时的剪切力 F_{max} ，可将 F_{max} 作为冲切所需的力：

$$F_{max} = K\tau A = K\tau\pi(D^2 - d^2)/4 = K\tau t\pi(D - t)$$

式中 K ——系数，取 1.1~1.3；

τ ——剪切应力温度；

D ——管外径；

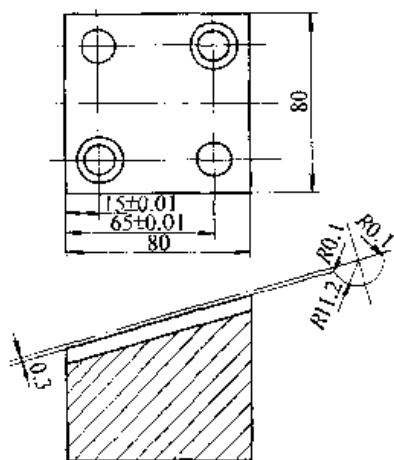


图 20.8-41 压料块结构

(5) 侧冲装置

对一些弯管件，采用垂直方向冲切，模具往往要设计得很高。而采用侧冲装置（如斜滑块）改变冲切方向，将压床滑块的垂直上下往复运动转化为水平或斜向运动，可在结构上大大减小模具整体高度，合理地布置管件，以便于生产操作。

斜滑块有各种形式。斜滑块的选取与设计应综合考虑冲切方向、冲切力以及冲压行程、安装方式等。有关的计算参见相关资料。

d ——管内径；

t ——壁厚。

如果利用斜滑块进行了冲切方向转换，那么在确定设备吨位时应考虑作用于斜滑块的力，而不是上式所计算的 F_{max} 。总成形力还应加上压料等方面的力。此外，在选择设备时应根据斜滑块的力与行程的角度关系，校核是否在设备的有效行程内。

(4) 压料块与压力中心

管材在冲切时靠压料块将其压紧，防止冲切时移动位置，为保证压料可靠，上下压料块之间在模具闭合时压紧管材时保持 1 mm 的间隙（单边 0~0.5 mm，管径大时取大值），见图 20.8-41。为便于加工，压料块尽量避开管材上有转角的地方，且压料内径比管材外径最大尺寸（名义尺寸+最大公差）大 0.05 mm 以上。

压力中心的计算和一般钣金冲压模具计算方法相同。用于管材冲切模的受压位置有多处，可仿照多凸模冲裁使的压力中心计算方法。

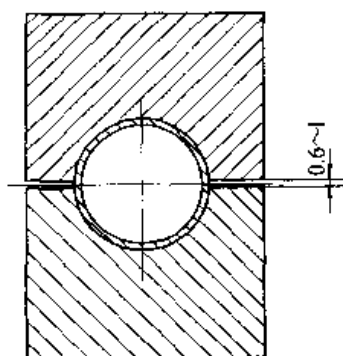


图 20.8-42~图 20.8-45 给出了日本 Oiles 公司的部分斜滑块结构形式。该公司已将常用斜滑块标准化，覆盖了不同冲切力、冲切角度的形式，使用十分方便。

1.4 管壁冲（槽）孔

生产中常常碰到需要在管壁上切出封闭或不封闭的孔或槽的情况，除机械切削加工外，也可利用冲压方法实现。

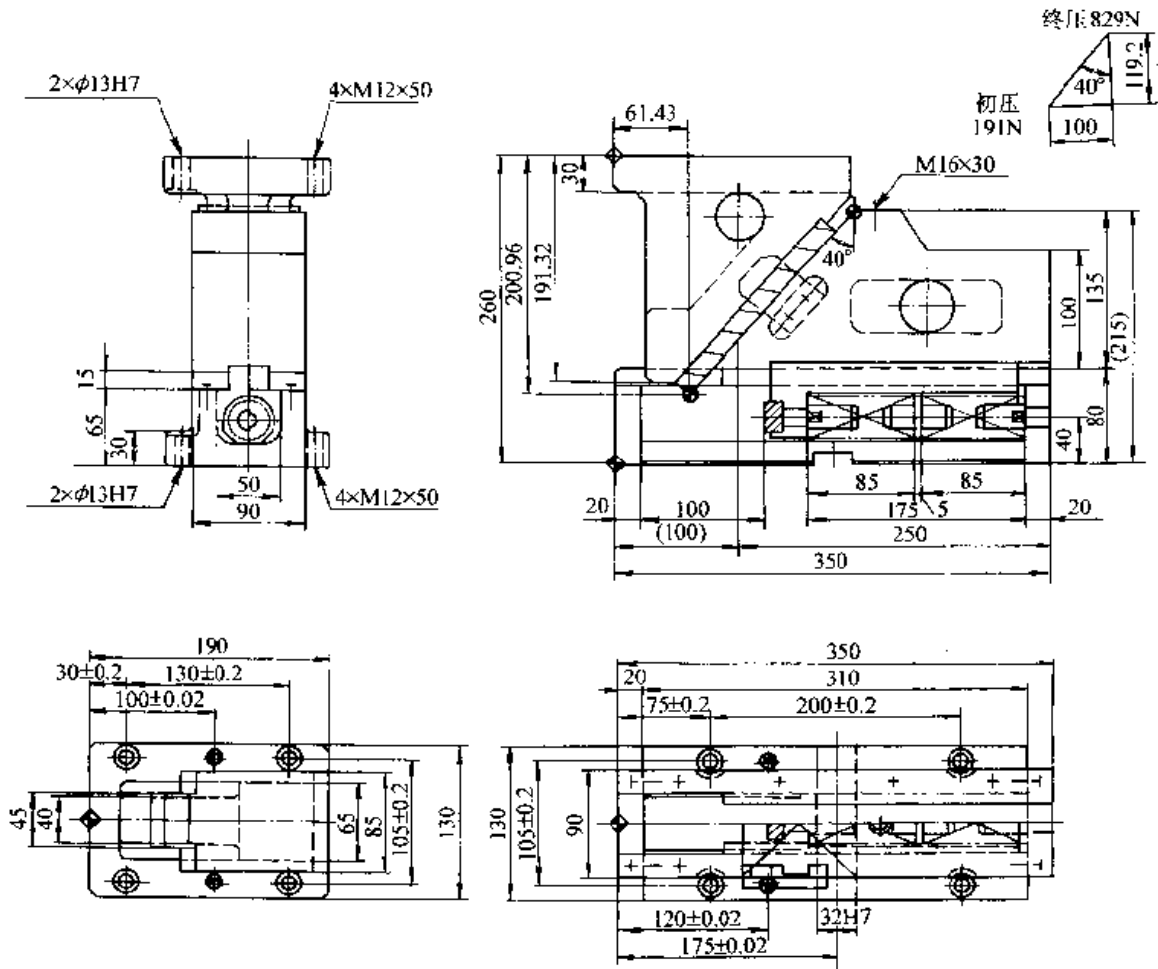


图 20.8-42 Oiles 斜滑块结构一

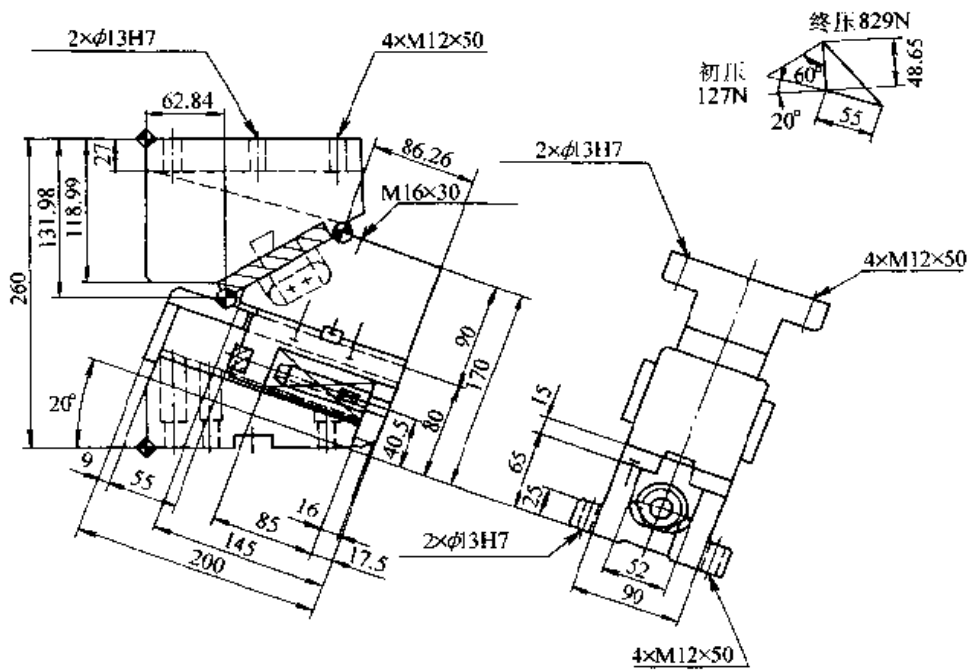


图 20.8-43 Oiles 斜滑块结构二

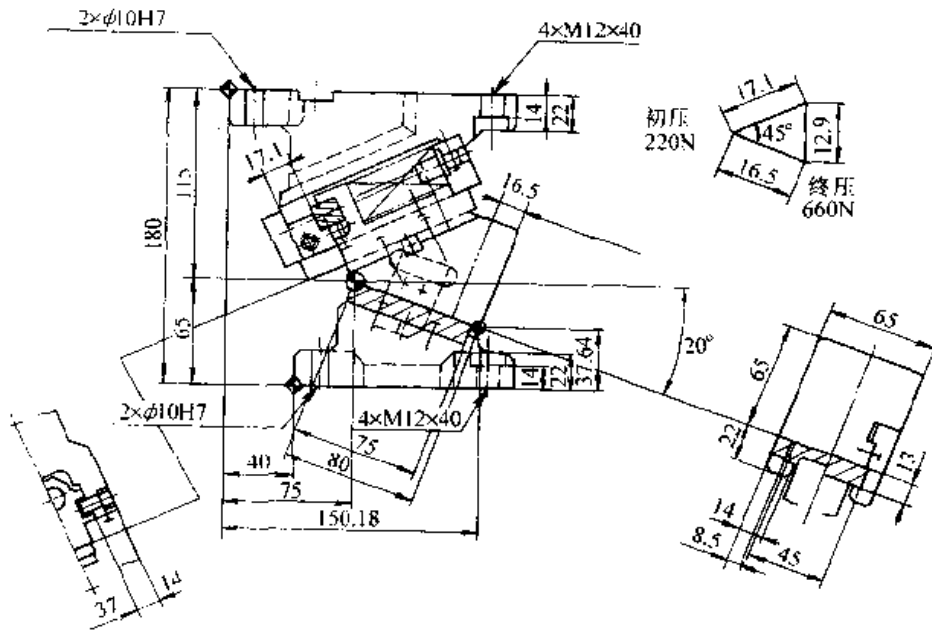


图 20.8-44 Cites斜滑块结构三

根据冲切时是否在管内使用芯轴，可将管材冲（槽）孔分为有芯冲切和无芯冲切两大类，此外还有橡胶模冲孔。芯轴起类似凹模的作用，在冲切时和凸模一起完成对管壁材料的剪切。有芯冲切可以提高冲切断面质量，减少管断面的变形，其冲切断面质量一般优于无芯冲切，但模具结构复杂，操作也不方便，另外由于管材的形式很多，故适用面也比较窄，实际生产中应用不多。

管壁无芯冲（槽）孔时，由于冲头向管壁施加压力时管内无芯支承，最容易出现的缺陷是孔四周管壁材料的塌陷，如图 19.7-18 所示。而表 19.7-1 给出了外径 30 mm 的钢管，在压紧力相同的情况下，而材料、壁厚、冲孔直径不同时，形成的“凹坑”尺寸。

利用聚氨脂橡胶不仅可对管壁上任意形状的孔进行冲切加工，而且还可对管件沿纵向或横向进行切断加工。同时，它还常用于管材胀形加工、管壁局部成形等各种成形工序及其复合工序，这将在其他章节中具体介绍。下面介绍几种典型的管材槽孔的有芯冲切和无芯冲切模具。

1.4.1 有芯冲孔模具

图 20.8-45 为悬臂式单冲冲孔模结构图。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。该管件壁部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。

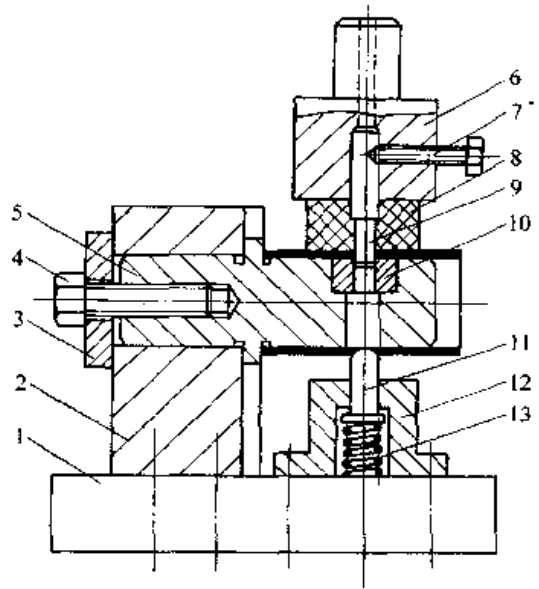


图 20.8-45 悬臂式单冲冲孔模

- 1—下模板 2—支座 3—压板 4、7—螺钉
- 5—凹模支架 6—模柄 8—橡胶 9—凸模
- 10—凹模 11—定位销 12—弹簧座 13—弹簧

图 20.8-46 为悬臂式对冲冲孔模结构图。两凸模 12、7 分别装于上、下模上，凹模 10 压装

在支架 9 上。支架由导柱 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。

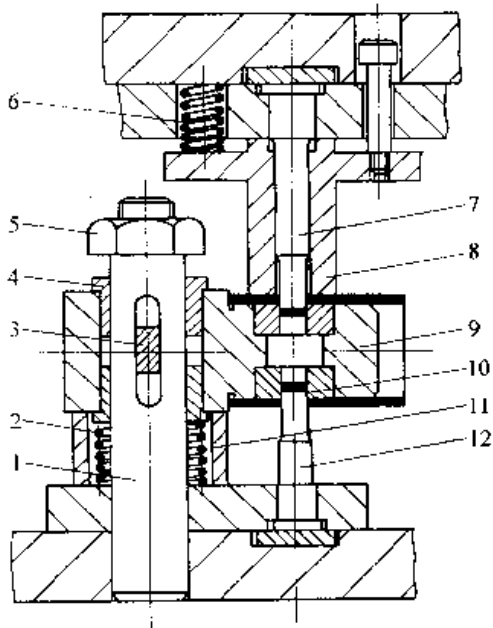


图 20.8-46 悬臂式对冲冲孔模
1—导柱 2、6—弹簧 3—滑键 4—衬套
5—螺母 7、12—凸模 8—卸板板
9—凹模支架 10—凹模 11—限位器

图 20.8-47 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，则左、右凸模 9、11 同时进入凹模 10，将管壁上两孔冲出。斜楔上行，上、下滑块靠弹簧 15 复位（上滑块的复位弹簧图中未示出）。冲孔废料则通过漏料孔排出。

图 20.8-48 所示为双斜楔式冲孔模结构。该模具采用两个斜楔 6，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 3 靠斜楔及辅助弹簧 5、15 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，由于左、右凸模同时进入凹模，凹模工作稳定，凹模

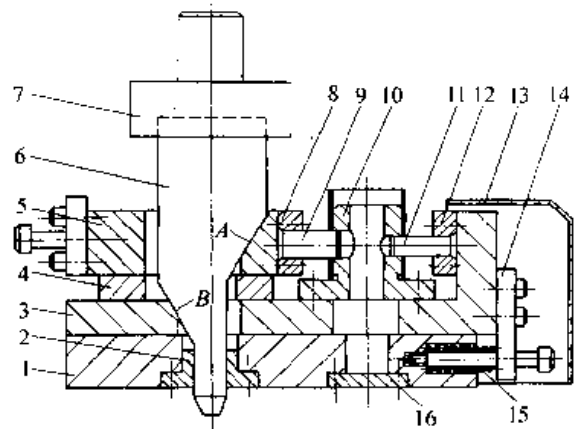


图 20.8-47 单斜楔式冲孔模
1—下模板 2—导向套 3—下滑块 4—支撑板
5—上滑块 6—斜楔 7—模柄 8、12—凸模固定板
9—左凸模 10—凹模 11—右凸模 13—防护罩
14—挡板 15—弹簧 16—盖板

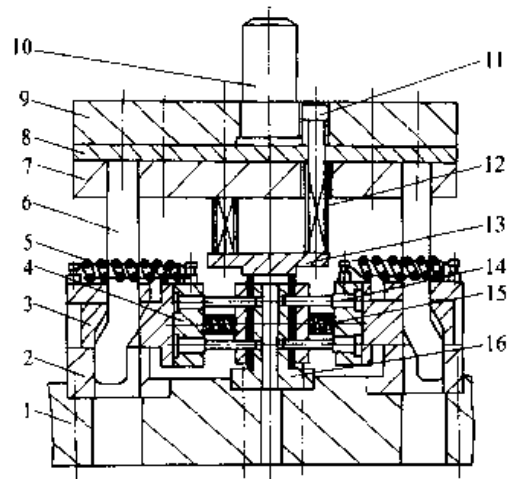


图 20.8-48 双斜楔式冲孔模
1—下模板 2—导向板 3—滑块 4—凸模固定板
5、12、15—弹簧 6—斜楔 7—固定板 8—垫板
9—上模板 10—模柄 11—卸料螺钉 13—压料板
14—凸模 16—凹模

强度更能得到保证，同时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。但斜楔式冲孔模具平面尺寸较大，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。

1.4.2 无芯冲孔模

管材无芯冲孔时，在工艺还是在模具结构方面都必须采取特殊措施，以减少管壁的变形，保

证冲孔加工得以进行。在冲孔开始前,应该将除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。

图 20.8-49 所示为管材对冲双孔模具简图,该模具呈上、下对称布置,是管材无芯冲孔的典型结构之一。模具开始工作时,在上、下凸模还未接触到管壁之前,首先由上、下活动压料板将管料压紧,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。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因刚度不足被压扁的可能性。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。

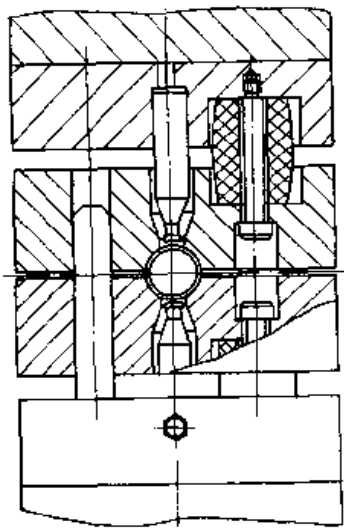


图 20.8-49 管材对冲双孔模具

与一般冲孔模相比,管材无芯冲孔模主要在凸模结构及压紧卸料装置上,有一些特殊的要求。

(1) 凸模结构型式

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,应使其工作部位与管材的接触面越小越好。在圆管上冲孔时,由于凸模接触的表面不是平面,而是管壁的弧面,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 20.8-50 所示为圆管冲孔的几种凸模结构型式。图 20.8-50a、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。图 20.8-50d 类凸模结构冲孔时对中性好,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。因此,图 20.8-50a、b 类凸模适用于材质较软或管壁小于 2 mm 的钢管冲孔,图 20.8-50c、d 类凸模适用于材质较硬或管壁较厚的钢管冲孔。凸模选用 Cr12 等耐磨的工具钢制造,要求热处理硬度为 56~60HRC。

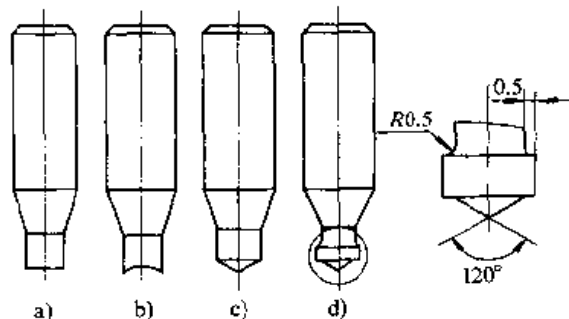


图 20.8-50 圆管冲孔的凸模结构型式

(2) 压紧卸料装置

为使冲孔开始前及进行中将管材一直处于压紧状态,在模具上必须设置压紧装置。图 20.8-51 所示为在圆管上冲孔时的压紧装置,它由压料板 3、聚氨脂橡胶 1 及卸料螺钉 2 组成。压紧装置起双重作用,不仅冲孔时对管材压紧,而且冲程完毕,压力机滑块回程时起卸料作用。生产实践证明采用聚氨脂橡胶代替一般橡胶或弹簧作为弹性元件,使用效果好。

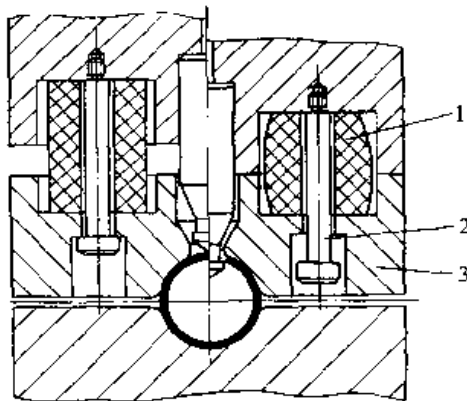


图 20.8-51 压紧装置结构简图

1.4.3 管材切槽模

图 20.8-52 为管件切槽模。芯模 6 紧固定在固定板 3 上，固定板借弹簧 2、导柱 4 可相对下模座 1 上下运动。冲裁时应在固定板上施加压力（一般采用在压力机滑块下垫橡皮的方法），待芯模连同管子 7 紧贴下模座后，凸模 5 开始冲裁。为提高芯模刃口的强度，凸模 5 采用 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 斜刃。冲裁另一面时，将管子转 180° ，依靠已冲好的缺口定位再进行冲裁。

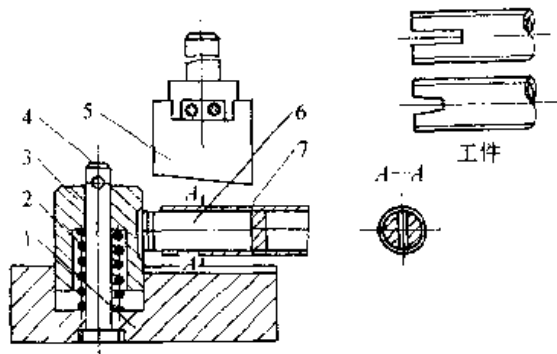


图 20.8-52 管件切槽模

图 20.8-53 为管端切口弯耳模结构。图 20.8-53a 为有两耳的管件，可以利用图 20.8-53b 所示模具一次切口和弯出两耳。将长度一定的管置入与之相配的凹模 1 内，下端支持在顶杆 2 上。凸模 3 下行时，其两侧凸出的刃口与凹模刃口配合切出两耳，凸模到下死点时，将两耳弯曲成形，这时板钩 4 的凸起 M 已滑到顶板 5 下面。凸模上行时，板钩 4 带着顶板 5 和顶杆 2 一起上升，将管件从凹模 1 内顶出。再上行时，板

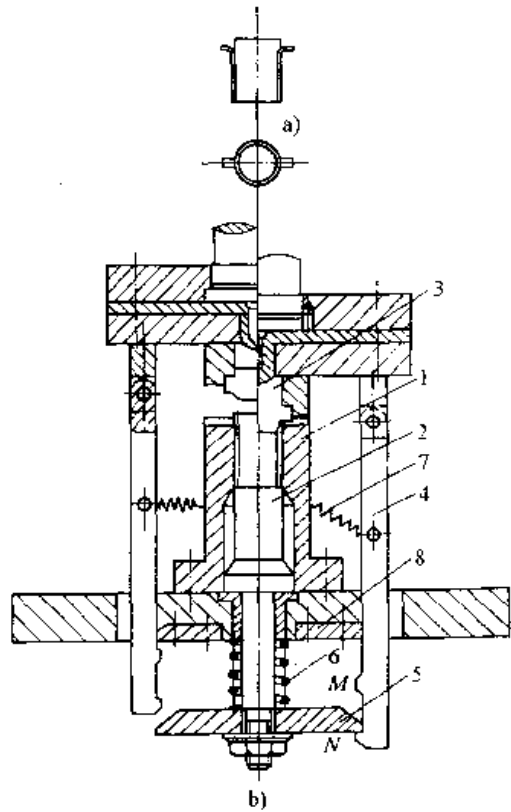


图 20.8-53 管端切口弯耳模

钩 4 的凸起 M 与嵌块 8 相撞，克服拉簧 7 的拉力，使板钩向外张开，凸起 N 脱离顶板 5，顶板 5 和顶杆 2 在弹簧 6 压力下复位。

图 20.8-54 为管材切槽模的工作过程示意图。工作时，凸模向下逐步冲切管材，因而冲切力小，模具使用寿命长。图 20.8-55 为管件切槽的凸模、凹模。

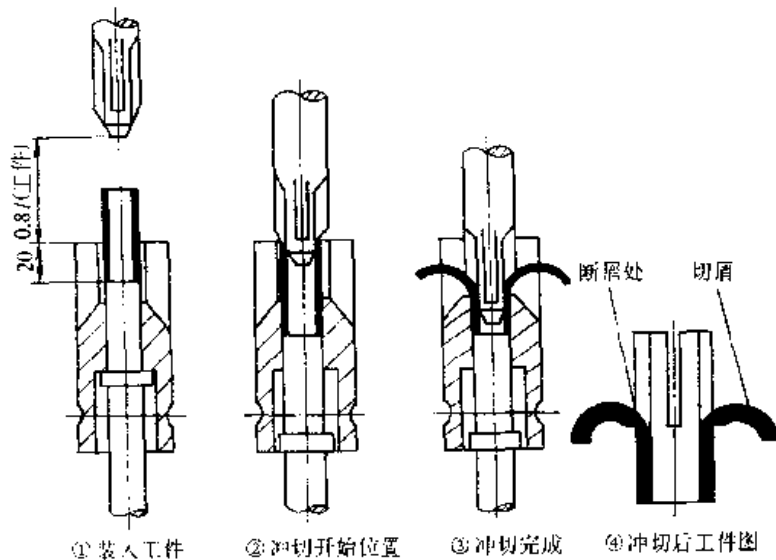


图 20.8-54 管件切槽模切模过程

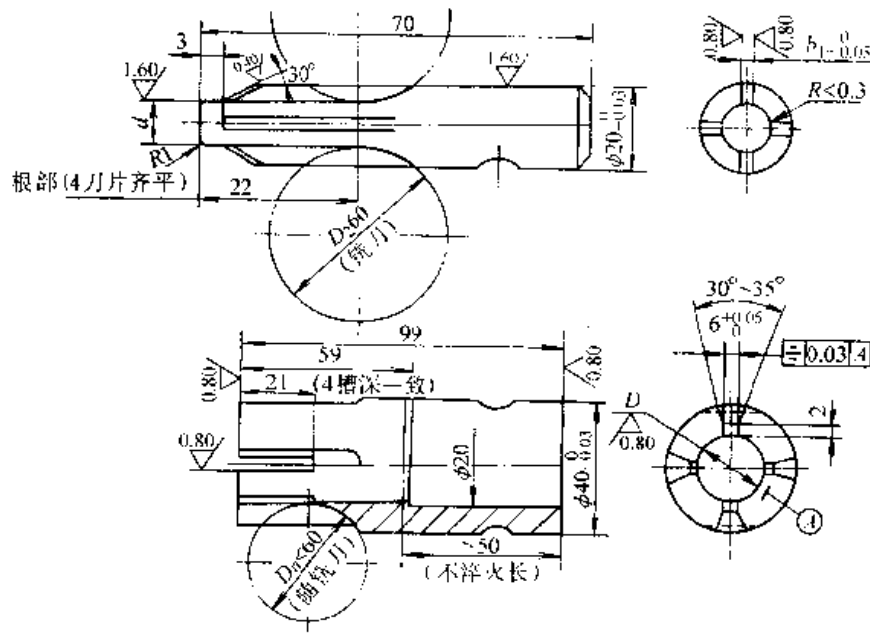


图 20.8-55 管件切槽凸模、凹模尺寸

2 管材弯曲模具

2.1 管材弯曲方式

管材的弯曲方法很多，图 20.8-56 列出了常见的管材弯曲方法。

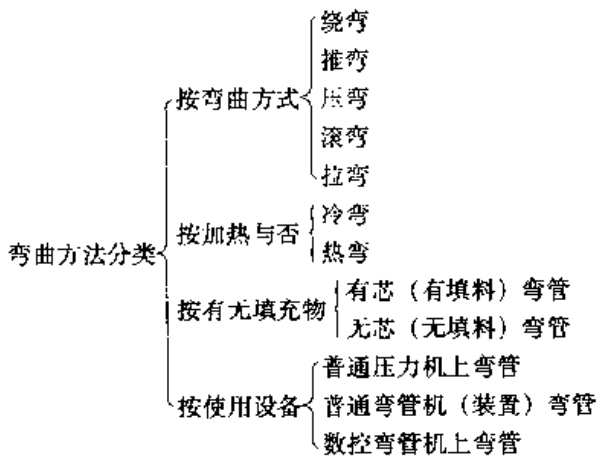


图 20.8-56 管材弯曲方法分类

一般说来，对于生产批量不大且具有一定长度的弯管件，在无专用弯管设备的情况下，可利用简单的弯管装置进行手工绕弯；当生产批量较大时，需要在专用弯管设备上绕弯；而生产中常见的管弯头，则一般用模具压弯或推弯。此外，对曲率半径大的厚壁管件，尤其是环形或螺旋线

形的管件，可采用滚弯成形。

为了提高管材的塑性，以便获得较大的变形程度，可采用加热弯曲。例如热压弯头、芯轴式热推弯头以及中频感应电热弯管和火焰加热弯管等。另外，为了减少弯管截面的畸变，也可在管内充填填料或芯轴后进行弯曲。

不同弯管方式弯管时管材的受力与变形差别很大，精确的理论分析目前还存在一定困难。管材在弯曲过程中的截面扁化、管件外壁拉裂和内壁起皱、弯曲回弹等问题需要采取措施加以解决。

2.2 绕弯模具

绕弯是将直管压在具有一定曲率的弯模上，在外力作用下使其绕某一中心弯曲，从而得到具有确定弯曲半径与弯曲角度弯管件的一种常用弯管方法。在弯曲过程中，管子外侧材料往往被拉伸。绕弯有图 20.8-57 两种情况。其中图 20.8-57a 为回转模绕弯，该方式可以成型曲率半径不变的零件，目前大多数弯管机均采用这种方式，应用较多。图 20.8-57b 为固定模绕弯，该方式可以成型曲率半径变化的零件。

绕弯使用的设备根据动力来源与控制方式，可分为手动、电动、液压以及数控弯管机等。

(1) 手工绕弯与普通弯管机用绕弯模具

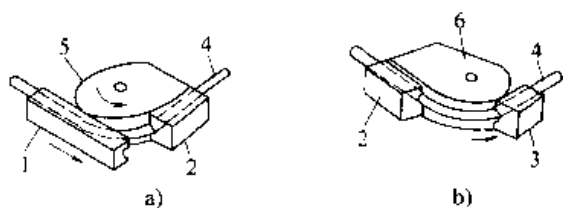


图 20.8-57 绕弯方式

a) 回转模绕弯 b) 固定模绕弯

1—加压模 2—夹紧模 3—回转模

4—圆管 5—回转变曲模 6—固定弯曲模

手工绕弯模具指主要以人力为动力源的一些简易机械弯管装置上使用的弯曲模具。如图 20.8-58 和图 20.8-59 所示。根据弯管时加热与否,又可分为冷弯和热弯两种。一般小直径(管材外径 $D \leq 25 \text{ mm}$) 管材,由于弯曲力矩较小采用冷弯;而较大直径的管材,多采用热弯。手工弯管不需专用的弯管设备,弯管装置制造成本低,调节使用方便,但缺点是劳动量大,生产率低。因此,它仅适用于没有弯管设备的单件小批量生产场合。

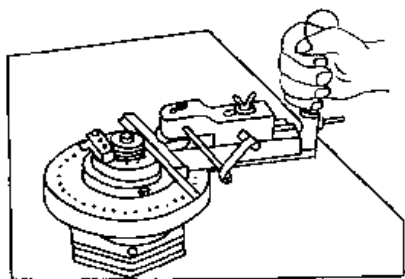


图 20.8-58 手工弯管装置一

图 20.8-58 的手工弯管装置由定模、滚轮、压板、杠杆和手柄组成。定模固定在平台上,它具有与管外径相适应的半圆形凹槽。弯曲前,先将管材一端置于定模凹槽中并用压板固定,然后扳动手柄,固定在杠杆达到滚轮(具有与管材外径相适应的半圆形凹槽)便压紧管材,迫使管材绕定模弯曲,从而完成绕弯过程。管材的弯曲半径不同,则定模的直径也不同。

图 20.8-59 装置由底座、弯模、定位销、手柄以及滚轮等组成。芯轴穿过弯模的中心孔与底座组成可拆卸的连接。弯模可绕芯轴转动。滚轮通过连接轴装在手柄上,绕连接轴转动,且滚轮在手柄上的位置可以调节以适应不同尺寸的管材。底座上有距芯轴距离不等的系列孔,可成形

弯曲半径不同的管材。弯曲的动力由人工扳动手柄实现,手柄回转角度由管材的弯曲角度确定。

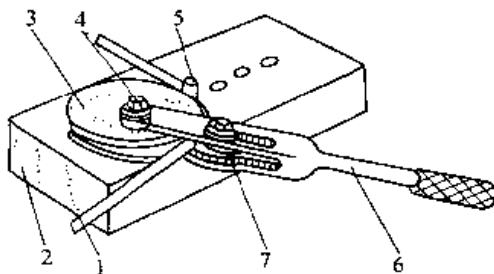


图 20.8-59 手工弯管装置二

1—管子 2—底座 3—弯模 4—芯轴

5—定位销 6—手柄 7—滚轮

批量大的弯管加工通常在弯管机上完成。弯管机有各种形式,按动力及控制系统分,常见的有液压弯管机、机械弯管机以及数控弯管机等,按床身形式有立式或卧式弯管机等。各种型号弯管机有一定弯曲限制,如最大弯管直径、最大弯管半径等,弯曲工艺制定和模具设计时应综合考虑。

各种弯管机弯曲模具的结构较为类似,图 20.8-60 所示为普通弯管机弯模的典型结构。由于不同弯管机结构形式的差别,在模具的连接方式等具体结构上仍然有一些区别,需要参考实际机床的要求来确定。

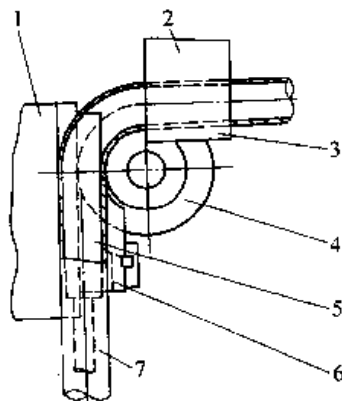


图 20.8-60 典型弯管机弯管模具结构

1—压力模 2—夹紧模 3—弯曲模镶块

4—弯曲模 5—芯轴 6—防皱块 7—管材

由于弯管机弯管通常是在冷态下进行的,因此这类弯管机又称为冷弯管机。弯管时管材内不

装填料，而是采用芯轴或不用芯轴对管材进行弯曲，生产效率高，弯管质量较好，故广泛用于大批量生产的场合。

1) 弯曲模 弯曲模是管子弯曲过程中决定其几何形状的重要元件之一。图 20.8-61 为常见的几种弯曲模，图 20.8-61a 为弯曲角大于 180°

用的弯曲型模，图 20.8-61b 为弯曲角等于 180° 用的弯曲模，图 20.8-61c 为弯曲角等于 180°，而且又不在一个平面内弯曲用的弯曲模（螺旋型）。弯曲模安装要准确，轮廓随所要求的弯曲形状而定，它的圆弧槽（型腔）的制造精度直接影响到弯管的质量。

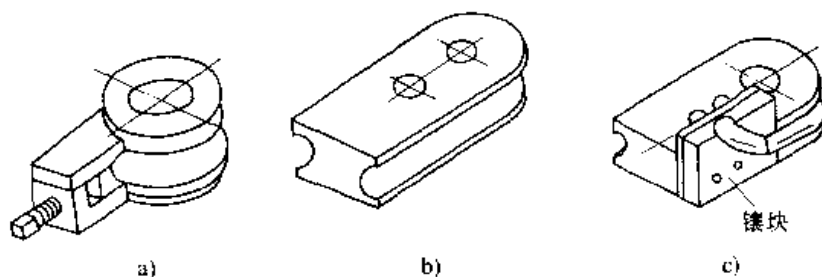


图 20.8-61 常见弯曲模形式

- a) 弯曲角大于 180° b) 弯曲角等于 180°
c) 弯曲角等于 180°，而且又不在一个平面内弯曲（螺旋型）

弯曲模的尺寸主要按所弯曲管件的弯曲半径和管径选择。弯曲模的圆弧槽直径可取与管子的公称直径相等或者略大些。如果管子的弯曲半径允许在弹性回跳后有偏差，则弯曲模的半径可取成等于管子的弯曲半径 R 内。要获得图样上规定的弯曲半径，就得考虑弹性回跳，此时，弯曲模的半径应小于弯管图样上所规定的数值。

弯曲模要有直管夹紧段，它和夹紧模配合起来，将管子夹牢在弯曲模上，夹紧段的长度一般可取为管子外径的 2 倍。

图 19.7-29 为弯曲模的反变形型槽，采用这种结构可以避免管材弯曲过程中截面的变形。表 19.7-4 给出了反变形型槽的尺寸。

为了防止在管子上压出伤痕，弯曲模的圆弧槽深度应稍大于管子的半径，圆弧槽型面需研磨抛光。用氮化钢制造的弯曲型模，经氮化处理以后，可防止表面被啃伤，摩擦力小，这对于提高弯曲模的使用寿命和弯管质量都是有利的。

另外，在弯管机上弯管时，为了可靠地夹紧而又不夹伤管材，夹紧模和弯曲模镶块可设计成分别从中心线处向后缩 0.3~0.8 mm，如图 20.8-62 所示。而弯曲模的槽轮圆弧凹槽周沿则应伸出一个 A 值，其目的在于控制和改善弯曲过程中管材截面的畸变（如圆度增加）。这个 A 值（伸出量）可取管材壁厚的平方根值，即 $A = t^{1/2}$ 。

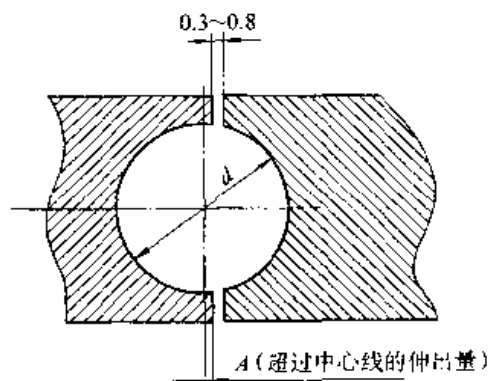


图 20.8-62 弯管机弯管模具型槽设计

2) 芯轴 为防止弯曲时管端面形状的畸变，可以在管坯内加入芯轴。芯轴在弯管过程中起着从内壁支撑管子的作用，能防止管子在弯曲处瘪塌。

图 19.7-27 为判断弯管时是否需要芯轴等的诺模图。常用的芯轴有圆柱芯轴、单侧型面芯轴、单球式芯轴和多球式芯轴等几种型式，如图 19.7-26 所示。

由于管材坯料的内径总有偏差，为使芯轴能顺利地插入管内而又能起到维持管形和防止起皱的作用，芯轴的外径应比管材名义内径小 0.1~0.3 mm，芯轴前端的表面要抛光加工，以免擦伤管材内表面，芯轴的另一端用螺纹与拉杆连接，拉杆固定在机床的尾部支架上，这样只要旋转拉杆就可调整芯轴端头在管材弯曲变形区的前

后位置。

铝合金管子用的芯轴一般用中碳钢制成，其他材料的管子所用的芯轴可用中碳钢或轴承青铜等制造。

常用的圆柱弯曲芯轴尺寸见图 20.8-63，其设计计算公式如下：

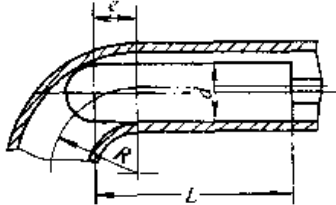


图 20.8-63 弯曲芯轴尺寸

① 芯轴直径 d

$$d = D_{\text{内}} - (\delta_{\text{D}} + 2\delta_{\text{s}})$$

式中 δ_{D} ——管直径的下偏差绝对值，一般可取为： $\delta_{\text{D}} = 0.01D_{\text{外}}$

δ_{s} ——管直径的上偏差绝对值，一般可取为： $\delta_{\text{s}} = 0.01S$ ， S 为相对壁厚。

② 芯轴长度 L

$$L = (3 \sim 5)d$$

当 d 大时，系数取小值，反之取大值。

③ 芯轴伸入弯管区的距离 e

$$e = \sqrt{2 \left(R + \frac{D_{\text{外}}}{2} \right) Z - Z^2}$$

式中 Z ——管子内壁与芯轴间的间隙， $Z = D_{\text{内}} - d$ 。

采用带芯轴弯管时，所有接触摩擦面上必须涂（或浸）有足够的润滑剂，润滑可以提高芯轴和压块的寿命，将芯轴对管壁划伤的可能性减少到最低程度，减少管壁摩擦阻力，其结果就降低了所需的夹紧压力和减少管壁的变薄量。润滑剂应对管材无腐蚀作用，并易溶于有机溶剂。目前工厂使用的各种润滑剂有机油、航空润滑油、石蜡 20%~40% 与航空润滑油 80%~60% 的混合液及肥皂水等。有时也可以用填料代替芯轴，常用填料有石英砂、低熔点金属、树脂橡胶和压力液体等。

3) 防皱块 靠近切点又未进入弯曲变形区的管材坯料，其外表面没有得到弯管模胎型槽的支撑，即使用了芯轴，弯管时仍可能在这里起皱，此时可加装如图 20.8-64 所示的防皱块。

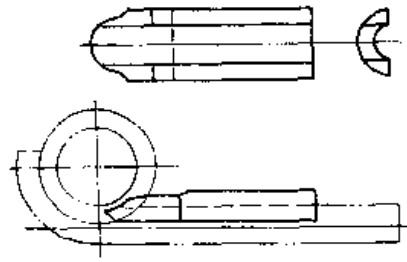


图 20.8-64 防皱块

防皱块的前端呈圆弧刃口形，插在弯管模胎和管材之间，前端应紧靠管壁和弯管模胎的相切处，有效地填补了弯管模胎和管材内侧之间的空隙，从而起着从外面支撑管壁、防止起皱的作用。在弯管过程中，防皱块将受到弯管模胎的侧向挤压，因此防皱块要安装牢靠。

由于防皱块与管材外表面接触，产生滑动摩擦，因此防皱块的工作表面应具有一定的硬度和表面光洁程度，一般应以工具钢或铬钼钢制造，淬火后硬度应达到 50~55HRC，光洁度应达到 $Ra0.4 \mu\text{m}$ 以上。轴承青铜能减少摩擦和防止咬伤，是制造防皱块的好材料，但不宜用于有色金属管材的弯曲。

4) 夹紧模 (图 20.8-65) 夹紧模的作用是将管子压到弯曲模的圆弧槽中去，并支撑着管子的外半部。在管子弯曲过程中夹紧模是静止的，夹紧模的长度根据弯曲半径和弯曲角度而定，夹紧模的一面有圆弧槽，槽深略小于管子的半径，夹紧模厚度应均匀。在全长上厚度变化应不大于 0.01 mm。如果厚度不均匀，则将管子向前送进时，有被压伤的危险。

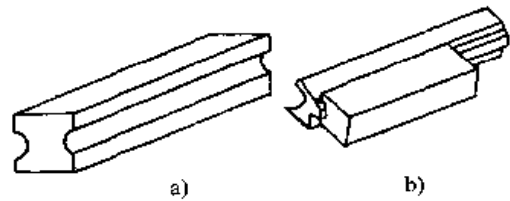


图 20.8-65 夹紧模

夹紧模必须保持足够的压力压住管材进行弯曲。压力大小对弯曲质量影响很大。压力过大，会使管子变薄，在管子上留下压痕，还会影响管子回跳后的形状；压力过小会产生大的皱纹。通常根据操作经验来调节压块上的压力。

(2) 数控弯管机弯曲模具

数控弯管机模具与普通弯管机模具类似，许多结构可以相互借鉴。但模具设计时应考虑不同型号数控弯管机的具体结构参数，选择适当的尺寸。下面以日本 OPTON 公司的 MS-50R 型 CNC 弯管机的模具结构为例介绍，如图 20.8-66

所示。

模具由以下部分组成：弯模，夹紧模，靠模。弯模和夹紧模的作用是将管件夹住，同时使管件缠绕弯模进行弯曲。靠模的作用是克服管弯曲时的反作用力。弯曲半径 R 由弯曲模确定，弯曲角度由程序事先设定。

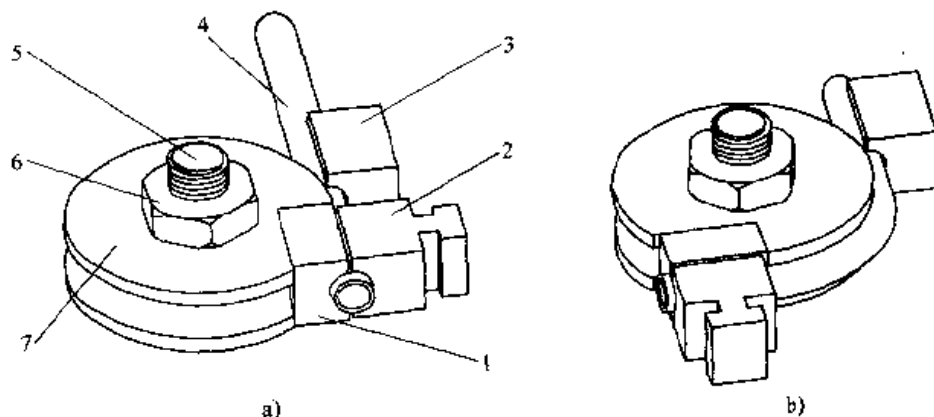


图 20.8-66 典型数控弯管机模具结构

a) 弯曲前 b) 弯曲后

1—弯曲模镶块 2—夹紧模 3—压力模 4—管材 5—螺杆 6—螺母 7—弯曲模

由于弯管机结构的限制，对所弯管件在几何形状及尺寸上均有一定的要求。除了由弯管机设备型号所限定的一些参数（如弯管的最大外径 D 、管坯最大长度 L 、最大弯曲角度 Φ 、最小和最大弯曲半径 r 和 R 等）外，还要求管件每两个弯头之间以及管的两端有足够长的直线段 l 。直线段的要求主要是为了使夹紧模能可靠地夹紧管材，以实现弯管机的缠绕式弯曲。一般 l 的取

值范围在 $(1.5 \sim 3) D$ 。如果 $l < 1.5D$ ，则应不能采用标准的弯模结构形式，见后面的设计实例。

图 20.8-67~图 20.8-69 所示为 MS-50R 型 CNC 弯管机的模具各部分（弯曲模、夹紧模以及压力模）。该模具适用于弯曲成形直径 22.2 mm，半径 50 mm 的各种形状弯管件。模具设计时，工作部分的材料、粗糙度等的选取可参考普通弯管机。

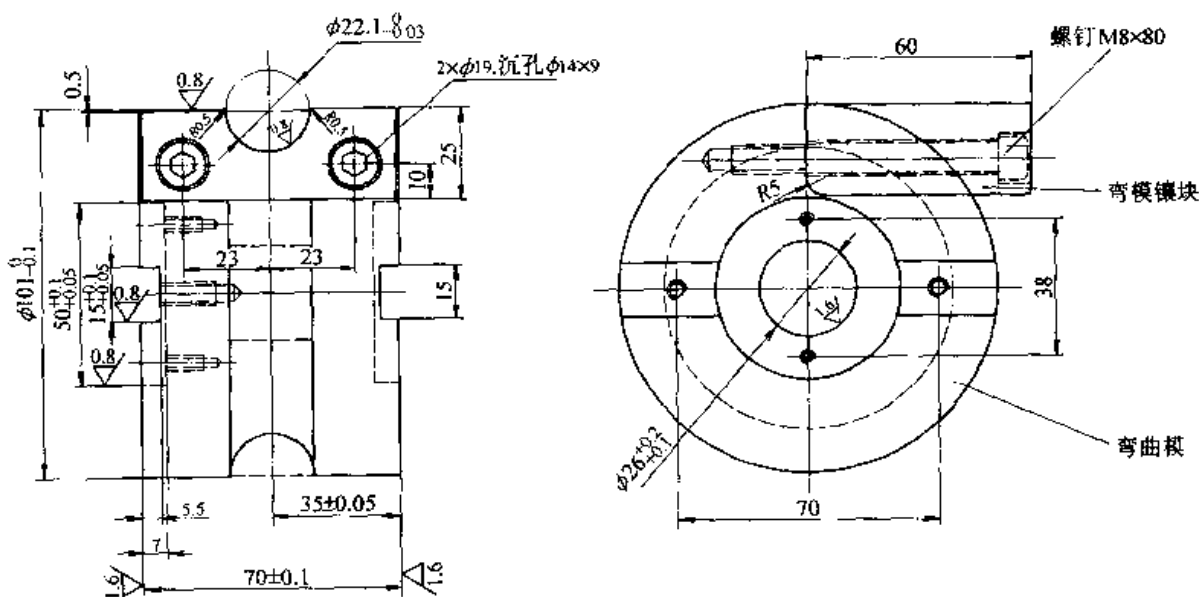


图 20.8-67 数控弯管机模具（弯曲模）

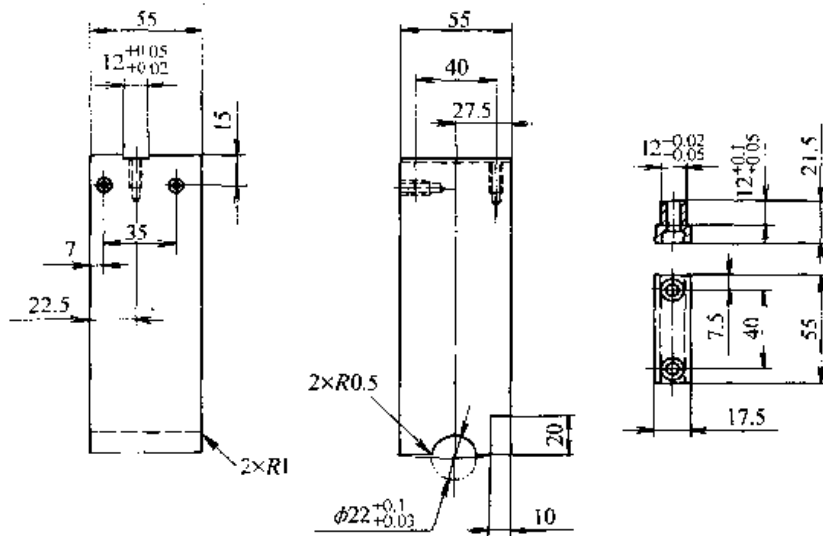


图 20.8-68 数控弯管机模具 (夹紧模及定位键)

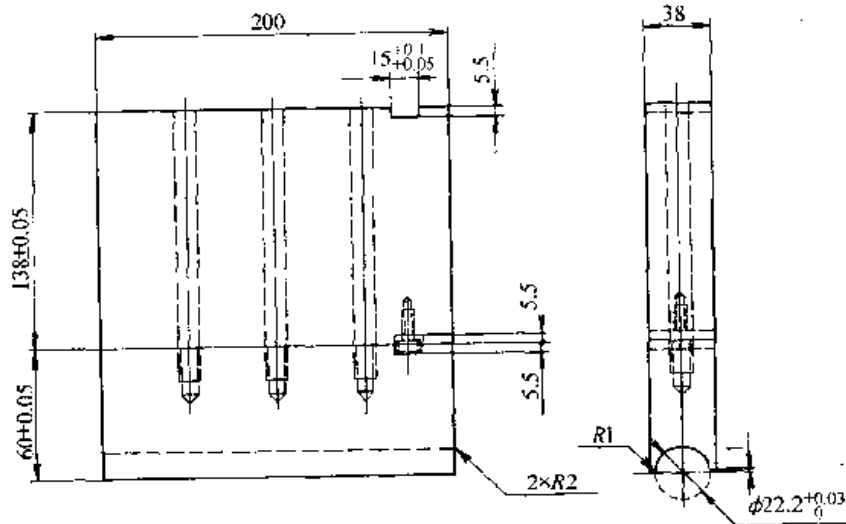


图 20.8-69 数控弯管机模具 (压力模)

(3) CB125T 摩托车手把 CNC 弯管机弯曲模设计实例

图 20.8-70 所示为 CB125T 两轮摩擦车手把管, 材料 20 钢, 是典型的薄壁钢管弯曲件。该件的加工工艺顺序为: 管坯下料、校直 (为了提高弯曲精度)、弯曲、滚花、钻孔和检验。弯曲加工所采用的是日本 OPTON 公司的 MS-50R 型 CNC 弯管机。

首先判断该管件是否满足在 MS-50R 型 CNC 弯管机上弯曲的条件, 这涉及到一些几何尺寸的计算。对于多段不共面弯曲管件的几何计算, 常用方法是立体几何方法和矢量分析方法。通常一根弯管件在空间的弯曲无论有多么复杂,

总可以用过管断面中心的轴线来表示, 即简化为许多段连续相联的直线段, 这样进行几何计算就比较方便。最后的模具设计时再考虑管径和弯曲半径。图 20.8-71 为手把管的计算示意图。

由图 20.8-70、图 20.8-71 可知 CB125T 手把管的管径 D 、长度 L 、相对壁厚 t/D 、最大弯曲角度 Φ 、弯曲半径 R (r) 等均满足 MS-50R 弯管机要求。但经计算知手把管左右两侧两个弯头之间的直线段长度 EF 为 5.52 mm, 小于通常模具设计允许的最小直线段长度。

通常当所弯管件相邻两弯曲处之间的直线段距离较长时 ($l > 1.5D$), 采用标准的模具结构, 而当所弯管件相邻两弯曲处之间的直线段距离小

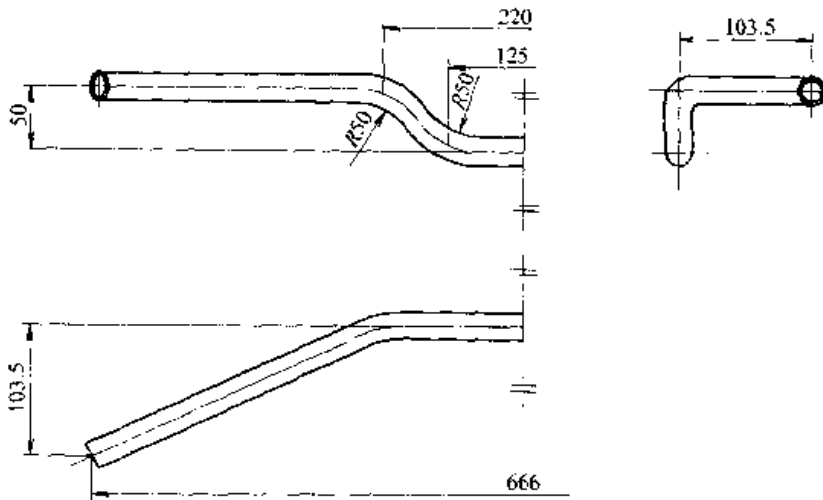


图 20.8-70 CBI25T 摩托车手把管

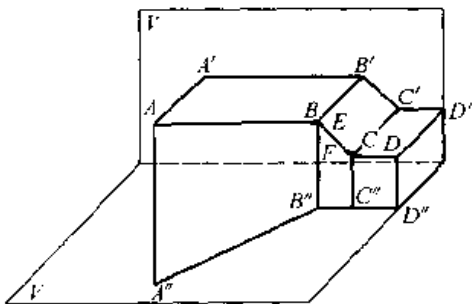


图 20.8-71 CBI25T 摩托车手把管的计算示意图

于最短尺寸时 ($l < 1.5D$), 为了能在现有的 MS-50R 弯管机上进行生产, 必须采用与传统的弯管机标准结构弯模所不同的形式, 本处称为异型模具形式。异型弯模和标准型的主要不同在于与夹紧模的配合部分。

OPTON 的 MS-50R 型 CNC 弯管机可同时安装两套弯模加工同一管材。根据这一功能, 设计了两套弯模来弯制手把管, 一套为图 20.8-67~图 20.8-69 所示的标准型, 另一套为异型, 如图 20.8-72 所示。

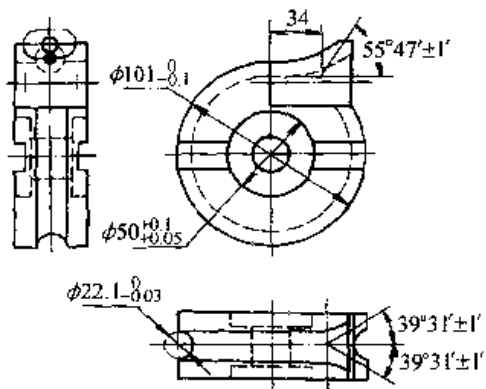


图 20.8-72 手把管数控弯管机异型弯模

根据 CBI25T 手把管的管形特点, 将异型弯模与夹紧模配合部分做成对称两个方向的弧形型槽。这样, 既保证了弯曲时有足够的夹持长度, 又不会使管件和弯模发生干涉。一根手把管管件共有四个弯头, 左右对称。无论弯曲从左端还是右端开始, 第一个弯头采用的都是标准型, 第二个弯头用异型, 第三弯头用标准型, 最后用异型。

2.3 压弯模具

压弯是最早用于管材弯曲加工的工艺方法, 它是在压力机上利用模具或胎具对管材进行弯曲加工。压弯方法既可弯制带直段的管件, 又可弯制弯头。图 20.8-73~图 20.8-75 所示为带直段管件的压弯模具。

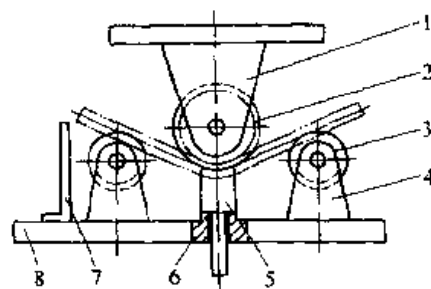


图 20.8-73 压弯模

- 1—支承座 2—滑轮 3—滑轮 4—支承座
- 5—顶件块 6—调整垫片 7—挡料块 8—下模座

图 20.8-73 由滑轮 2 及两个滑轮 3 构成凸、凹模。通过调整垫片 6 的厚度改变弯管高度, 从而调整回弹角。

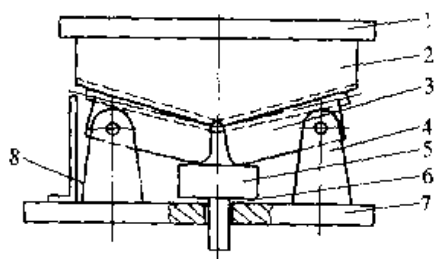


图 20.8-74 压弯模

- 1—上模座 2—凸模 3—活动凹模 4—支承座
5—顶件块 6—调整垫片 7—下模座 8—挡料块

图 20.8-74 凸模为固定式，工作槽面必须单边留回弹余量 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。凹模由两件活动凹模 3 组成，可通过调整垫片 6 的厚度改变活动凹模所转的角度，从而调整回弹角。

图 20.8-75 的压弯模的凸模仅在直线段处压住管材，过度区与管材空开。通过调整垫片 3、7，满足弯曲角度的要求。

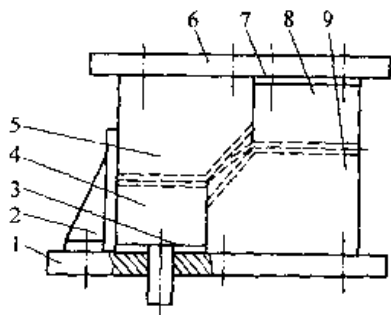


图 20.8-75 压弯模

- 1—下模座 2—挡块 3—调整垫片
4—顶件块 5—凸模 6—上模座
7—调整垫片 8—凹模 9—凸模

弯头的压制分为热压和冷压两类。图 20.8-76 为弯头的热压弯模胎具。图 20.8-77 ~ 图 20.8-80 为 $R = 1.5D$ 的 90° 弯头压弯模设计实例。表 20.8-2 ~ 图 20.8-5 列出了部分热压弯头的胎具设计数据。

冷压管弯头成形力大，回弹较热压严重，设计胎具时应注意强度、刚度等，同时要作回弹补偿。

2.4 推弯模具

推弯是管材弯曲加工中较为常见的弯管方法，主要用于弯制弯头。根据推弯工艺特点，又可分为型模式冷推弯管和芯轴式热推弯管两类。

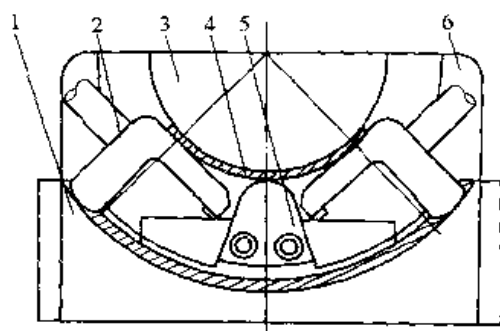


图 20.8-76 弯头的热压弯模胎具

- 1—下胎具 2—马蹄 3—上胎具 4— 90° 弯头
5—芯子 6—固定滑道

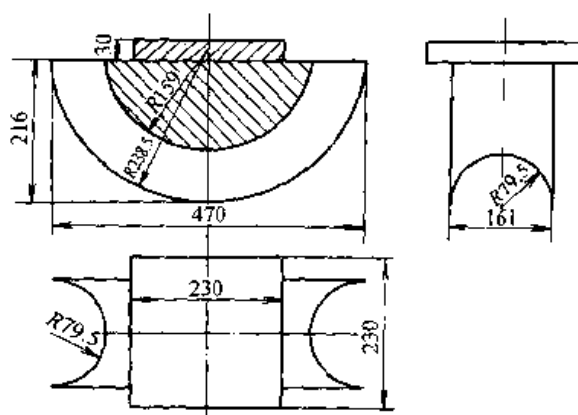


图 20.8-77 $\phi 159 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ ($R = 1.5D$)
弯头上胎具

图 20.8-81 所示型模式冷推弯管是在普通液压机或曲柄压力机上借助弯管装置对管材进行推弯的工艺方法，即是利用金属的塑性，在常温状态下将直管材压入带有弯曲型腔的型模中，从而形成管弯头。

主要由压柱 1、导筒 2 和弯曲模 4 组成。弯曲型模由对中的两块拼成，以便于加工和取件。弯管时，把管材放在导筒中定位，通过压柱的挤压，强迫管料进入弯曲型模中挤弯成形。管料在挤弯过程中，除受弯曲力矩外，还受轴向力和与轴向力方向相反的摩擦力作用，使中性层间外侧偏移，大大改善了弯曲外侧的壁厚减薄量和截面圆度，为弯管成形提供了有利的变形条件。为防止管坯端头的塌瘪，可在管内放置一个芯子，它在弯曲过程中随管弯头一起被推出。

冷挤压弯管适用于弯制只有较小弯曲半径的管件，可弯制的最小相对弯曲半径 $\rho/D_0 \approx 1.3$ 。管件的截面圆度较小 ($\leq 3\% \sim 5\%$)，外侧的壁厚

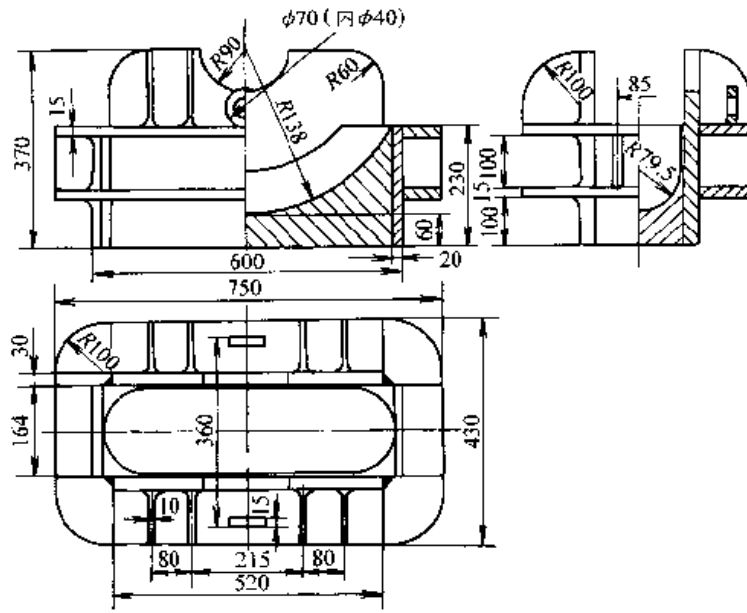


图 20.8-78 $\phi 159 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ ($R=1.5D$) 弯头下胎具

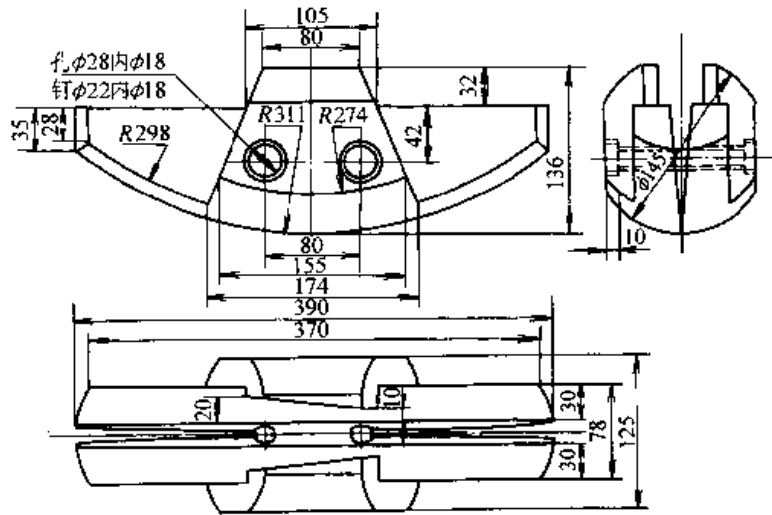


图 20.8-79 $\phi 159 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ ($R=1.5D$) 芯子

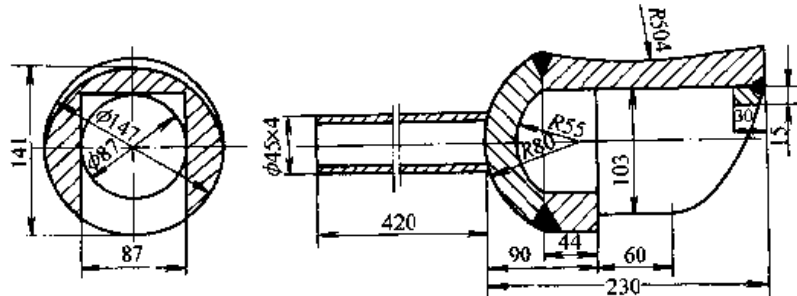


图 20.8-80 $\phi 159 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ ($R=1.5D$) 马蹄

表 20.8-2 $R = 1.5D$ 上胎具主要数据

(mm)

管径 D	结构示意图					
	胎心半径 R_0	外弧 R_1	内弧 R_2	胎高 h	胎厚 b	胎边宽 a
$\phi 22$	11	33	22	33	22	1
$\phi 32$	16	48	32	48	32	1
$\phi 38$	19	57	38	57	38	1
$\phi 45$	22.5	67.5	45	67.5	45	1
$\phi 57$	28.5	85.5	57	85.5	57	1
$\phi 60$	30	90	60	90	60	1
$\phi 76$	38	114	76	114	76	2
$\phi 89$	44.5	133.5	89	133.5	89	2
$\phi 108$	54	162	108	162	108	2
$\phi 114$	57	171	114	171	114	2
$\phi 133$	66.5	199.5	133	199.5	133	3
$\phi 159$	79.5	238.5	159	238.5	159	3
$\phi 168$	84	252	168	252	168	3
$\phi 219$	109.5	328.5	219	328.5	219	3
$\phi 273$	136.5	409.5	273	409.5	273	3
$\phi 325$	162.5	487.5	325	487.5	325	3

表 20.8-3 $R = 1.5D$ 下胎具主要数据

(mm)

管径 D	结构示意图								
	胎心半径 R_0	外弧 R_3	内弧 R_1	胎高 h	胎底厚 b	胎具长度 L	胎边宽度 a	胎具前边厚度 d	胎具弓形角 $\alpha/(\circ)$
$\phi 22$	11	44	33	44	7	98	1	5	120
$\phi 32$	16	64	48	58	10	138	1	5	120
$\phi 38$	19	76	57	90	38	190	2	20	133
$\phi 45$	22.5	90	67.5	90	40	195	2	20	103
$\phi 57$	28.5	114	85.5	130	50	250	2	20	133

续表 20.8-3

管径 D	胎心半径 R_0	外弧 R_3	内弧 R_1	胎高 h	胎底厚 b	胎具长度 L	胎边宽度 a	胎具前边厚度 d	胎具弓形角 $\alpha/(\circ)$
$\phi 60$	30	120	90	130	50	260	2	20	132
$\phi 76$	38	152	114	110	30	360	2	40	138
$\phi 89$	44.5	178	133.5	150	40	410	2	40	131
$\phi 108$	54	216	162	160	30	470	3	40	134
$\phi 133$	57	228	171	200	60	550	3	30	131
$\phi 159$	79.5	318	238.5	210	50	625	3	30	123
$\phi 168$	84	336	252	320	100	610	3	60	
$\phi 219$	109.5	438	328.5	250	50	870	3	50	122
$\phi 273$	136.5	546	409.5	440	80	1 160	3	100	125
$\phi 325$									

表 20.8-4 $R=1.5D$ 芯子主要数据 (mm)

管坯规格	芯子基本尺寸					同马蹄配合尺寸					轴向贴合弧形面		径向贴合弧形面	
	底弧半径	长	宽	高	夹角	宽	长	高	吞角	相交角	弧长	弓形角度	弧长	弓形角度
	R_3	a	b	c	γ	d	e	f_2	u	β	l	φ	G	θ
$\phi 32 \times 2.5$	61.5	90	21	26	10°	16	30	20	60°	60°	105	125°	28	99°
$\phi 38 \times 3$	73	90	21	26	10°	15	30	20	60°	60°	110	88°	30	90°
$\phi 45 \times 3.5$	86.5	114	30	35	11°	23	38	26	65°	50°	130	110°	32	80°
$\phi 57 \times 3.5$	110.5	140	37	40	11°	26	42	30	72°	36°	155	90°	48	94°
$\phi 60 \times 4$	116	140	43	50	11°	30	50	39	70°	40°	155	99°	52	98°
$\phi 75 \times 6$	147	180	50	60	11°	30	55	40	73°	34°	215	93°	60	90°
$\phi 89 \times 6$	172	225	55	70	10°	40	83	48	65°	50°	230	95°	68	86°
$\phi 108 \times 6$	210	256	76	78	10°	52	95	58	60°	60°	290	98°	75	95°
$\phi 133 \times 6$	260	300	82	100	15°	55	95	70	70°	40°	330	98°	110	95°
$\phi 159 \times 6$	312	380	100	120	15°	55	140	90	65°	50°	450	81°	160	114°
$\phi 168 \times 6$	246	395	110	130	16°	80	145	100	70°	40°				
$\phi 219 \times 9$	429	410	155	180	16°	100	160	140	65	50°	550	73°	190	98°
$\phi 273 \times 12$	534	560	175	219	20°	165	240	180	60	60°	730	78°	230	97°
$\phi 325 \times 13$	637	510	230	260	15°	138	205	180	70	40°	580	53°	270	93°

结构示意图

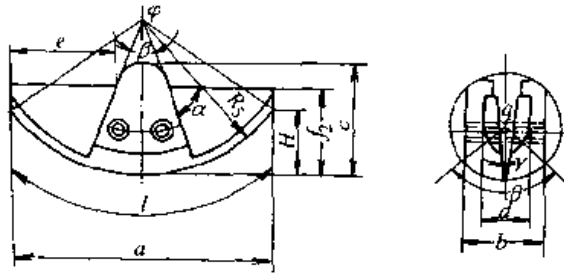


表 20.8-5 $R=1.5D$ 马蹄主要数据

(mm)

管坯规格	马蹄基本尺寸				同芯子配合			马蹄面作功的主要几何尺寸							
	直径	长	宽	高	长	宽	高	前唇厚度	前唇垫高	马鞍形曲线面长度	爬坡始点位置 (以马蹄前端为基准面的相对位置)	爬坡高度	擦痕区	下端尾部垫高	贴合面扇形角
	ϕ	a	b	c	d	e	G	f	f_3	L_1	L_2	h	L_3	H	α
$\phi 38 \times 3$	32	46	30	32	35	16	18	4		50	25	2.5	15		110°
$\phi 45 \times 3.5$	35	71	35	35	40	23	25	6		50	25	1.5	15		100°
$\phi 57 \times 3.5$	50	56	47	48	48	25	36	16		40	15	1.5	20		120°
$\phi 60 \times 4$	52	75	48	50	50	30	30	18		70	25	1.5	15		120°
$\phi 76 \times 6$	66	90	66	66	65	45	40	26		80	40	5.5	15		120°
$\phi 89 \times 6$	77	110	77	77	80	50	53	20		80	50	3.5	10		120°
$\phi 108 \times 6$	96	120	96	96	120	60	80	32		120	70	3.0	20		110°
$\phi 133 \times 6$	121	140	118	120	113	82	88	32		120	70	4.0	25		120°
$\phi 219 \times 8$	147	190	136	133	135	136	110	42		140	85	3.5	25		120°
$\phi 273 \times 12$	201	235	202	199	195	145	165	45		220	100	9.5	65		120°
$\phi 325 \times 12$	249	250	248	238	230	180	195	30		160	80	5.5	30		110°

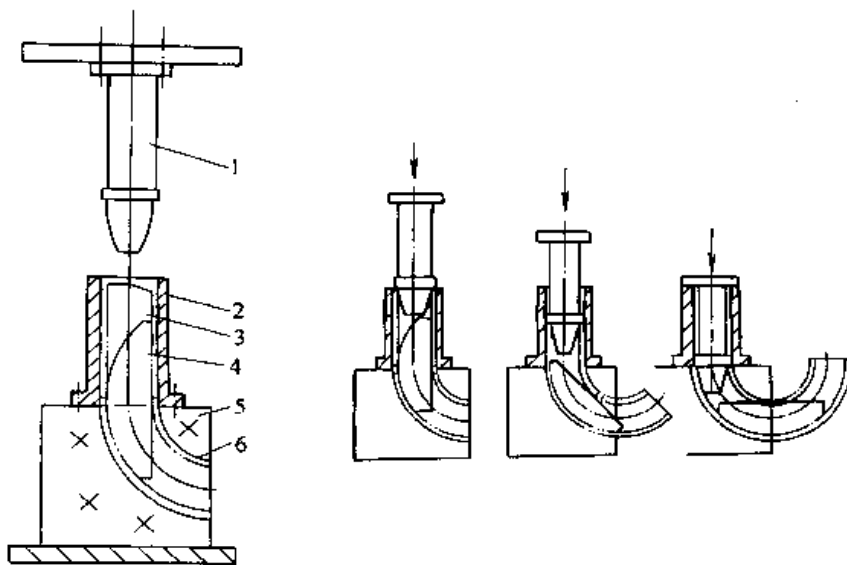
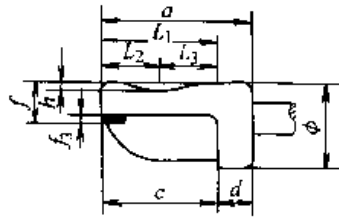


图 20.8-81 型模式冷推弯管装置

1—凸模 2—导向套 3—弯管毛坯 4—芯子 5—凹模 6—弯曲成形后的管件

图 20.8-82 所示芯轴式热推弯管是在专用推制机上，首先将管料 8 套在圆柱芯棒 5 上，由管料支承器 7 支承。推力挡圈 6 位于管料末端，对管料施加轴向推力。反射加热炉 2 的热源 3 对管料进行加热。管料在推力作用下，边加热边向前移动，最后从牛角芯棒 4 处挤出，形成管弯头 1。由于管料受推力和牛角芯棒阻力的作用，使其产生切向扩张和轴向弯曲变形，从而将较小直径的管料推挤成较大直径的管弯头。

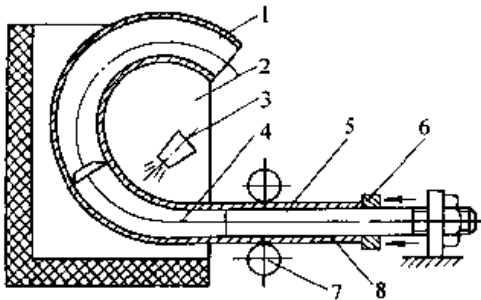


图 20.8-82 芯轴式热推弯管

- 1—弯头 2—反射加热炉 3—热源 4—牛角芯轴
5—芯杆 6—推板 7—支承板 8—管材

用芯棒热推挤法制出的管弯头，其内外侧壁厚均匀，氧化皮极少（加热温度较低，推挤速度

较快）。由于推挤过程中管弯头处于压应力状态，使金属组织致密，机械性能良好，圆度极小（≈ 1%）。

热推挤弯管的成形质量，主要与加热温度、推挤速度、牛角芯棒结构尺寸及管料毛坯尺寸等因素有关。对于碳钢，加热温度一般为 750 ~ 850℃、不锈钢约为 900℃。在推挤过程中，为满足部分金属重新分配（即弯曲内侧壁金属向两侧流动）的需要，要求弯曲内侧比外侧的加热温度高，出口端比始扩段温度高，中间逐步过渡。推挤机的推挤速度应当适当，一般可取 120 ~ 300 mm/min，也有的厂家取用 300 ~ 500 mm/min。

牛角芯棒是热推挤弯管装置中的关键零件，按其结构形式可分为单半径芯棒和双半径芯棒两种。单半径芯棒形状简单，加工方便，适用较广泛。但考虑到为使其更有利于金属材料的重新分配，一般需根据实际生产情况进行试验修正后使用。双半径芯棒变形阻力小，推挤容易。有利于金属材料的重新分配。但形状复杂，不易加工，故应用不多。牛角芯轴的结构形状及尺寸见表 20.8-6。

表 20.8-6 牛角芯棒的结构形式及尺寸

	结构形状简图	尺 寸
单半径芯棒		$d = D - 2t$ $d_0 = D_0 - 2t_0$ $\alpha = 60^\circ \sim 90^\circ$ $L_1 \approx 2D$ $R_0 \approx 1.1\rho$
双半径芯棒		$d = D - 2t$ $d_0 = D_0 - 2t_0$ $l_1 \approx 2D$ $R_0 \approx 1.1\rho$ $R'_0 \approx 1.4\rho$ $R'_1 = R'_0 = \frac{d_0}{2}$ $R'_2 = R'_0 + \frac{d_0}{2}$ $c = \frac{d - d_0}{2}$

符号说明	结构形状简图	尺寸
	<p>D—弯头外径, t—弯头壁厚; D_0—管料外径; t_0—管料壁厚; ρ—弯头中心层曲率半径; d—芯棒出口端直径 (即弯头内径); d_0—芯棒起始端直径 (即管料内径); l_1—芯棒直段长度; R_0—单半径芯棒中心层曲率半径 (或双半径芯棒后弯曲段中心层曲率半径); R'_0—双半径芯棒前弯曲段中心层曲率半径; R_1—双半径芯棒后弯曲段内侧半径; R_2—双半径芯棒后弯曲段外侧半径; R'_1—双半径芯棒前弯曲段内侧半径; R'_2—双半径芯棒前弯曲段外侧半径; c—双半径芯棒两半径圆心距</p>	

图 20.8-83 的推弯模具结构的工作原理为: 首先把冲床滑块调整到所要位置 (零件高度 25 mm 在滑块上决定), 然后扳动手轮 7 把紫铜管 2 夹紧在模块 5 上的圆孔内。当冲床滑块下降时, 凸模 1 把工件 2 向下沿模块 5 上的导正圆孔, 冲挤进模具镶块 6 上的半圆型腔内。当滑块到达下死点时, 凸模 1 把工件 2 因弯曲半圆所产生的口部不平压平, 保证了零件高度尺寸与口部精度。零件经过一冲一挤, 可以在光滑的型腔内塑性弯曲, 从根本上消除内外层上压应力的存在, 有效地控制了零件的回弹。滑块上升至上死点, 松动手轮 7, 下模两模块松开, 用钩子把冲好的 U 形零件卸下。

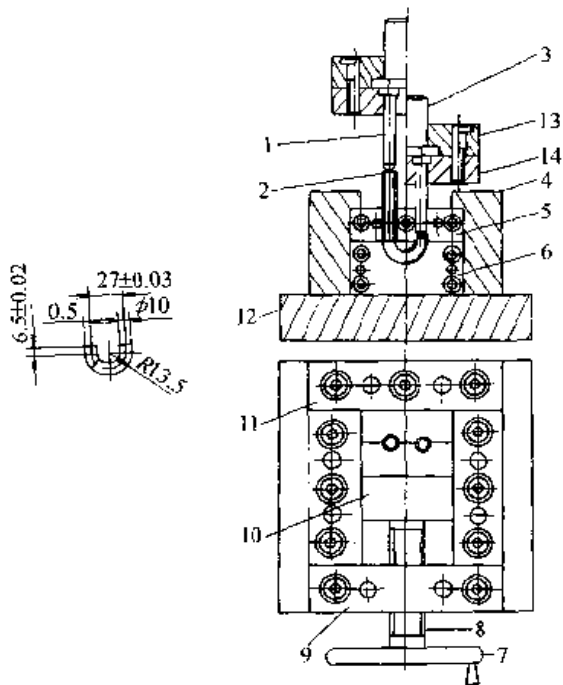


图 20.8-83 推弯模具结构

- 1—凸模 2—弯曲零件 3—模柄 4—导板
- 5、6—凹模镶块 7—转动的手轮 8—锯齿形螺杆
- 9—螺母固定板 10、11—凹模固定板
- 12—下模座 13—上模座 14—凸模固定板

该模具在保证零件高度时, 只需调整滑块的行程来控制尺寸, 成形精度高。模具制造维修方便。

2.5 非圆断面管的弯曲

图 20.8-84 为 38 mm×38 mm×1.75 mm 的方管弯曲件, 材料 Q235A。该零件为外观件, 要求弯曲部分外表面内凹不大于 1 mm, 内表面内凹不大于 4 mm, 两侧面不得有明显的拉伤和起皱。

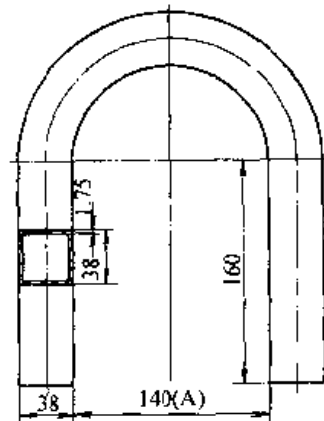


图 20.8-84 方管弯曲件

零件在弯管机上弯曲, 模具如图 20.8-85 所示。

弯曲动力由主轴 13 提供, 成形轮 11、下压板 12 和主轴固定在一起, 芯子 16 通过连杆 15 和弯管机连为一体, 并能调节前后位置。工作过程如下:

顺时针转动手轮 1, 使抽销丝杆上的斜面推动 2 个顶出销 9 一起向外, 从而顶出 2 个活动块 8, 此时, 顶出销应脱离斜面到达圆柱部分, 同时活动块圆弧部分刚好和成形轮的圆弧相对齐。再逆时针转动压紧螺母 3, 在弹簧 10 的作用下, 上压板 7 抬起少量距离, 便于工件放入上、下压

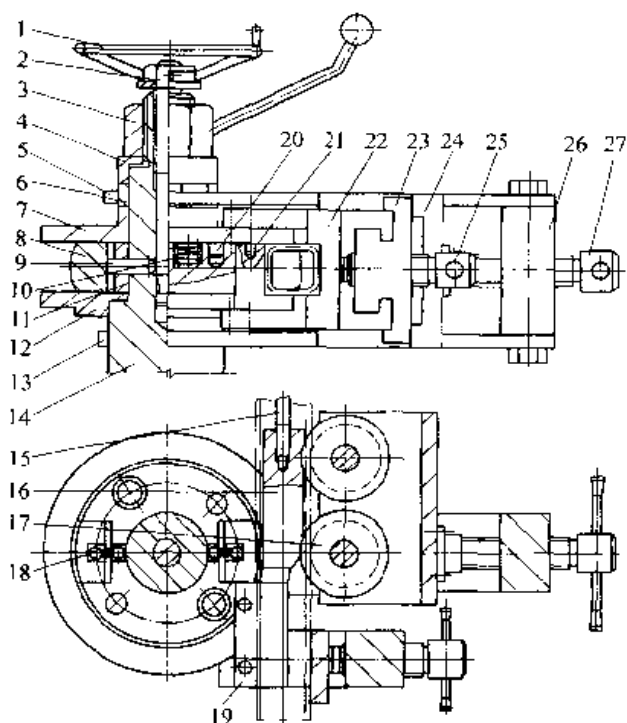


图 20.8-85 方管弯曲模具

- 1—手轮 2—抽销丝杆 3—压紧螺母 4—压紧圈
5—上托板 6—铜套 7—上压板 8—活动块
9—顶出销 10—弹簧 11—成形轮 12—下压板
13—主轴 14—上托板 15—连杆杆 16—芯子
17—导向轮 18—拉簧 19—固定夹板
20、21—定位销 22—活动夹块 23—活动支架
24—导向轮架 25—夹紧丝杠 26—支撑块 27—丝杠

板之间。定位销起上压板 7 的定位导向作用。从前面将方管穿入芯子 16，顺时针转动压紧螺母，压紧上压板，旋动夹紧丝杠 25 夹紧工件，再旋动丝杠 27 使 2 个导向轮 17 轻轻压住工件，开启弯管机，在行程开关的控制下，使主轴转动 180° ，从而完成弯管动作。弯管结束后，启动弯管机反转按钮，使模具转回原位，松开夹紧丝杠和压紧螺母，逆时针转动手轮 1，顶出销 9 和活动块 8 在拉簧 18 的作用下退回。然后利用装在芯子连杆杆上的重锤轻轻撞击方管端部，取下弯曲后的零件。为了使弯曲过程中内表面均匀变形，成形轮设计成如图 20.8-86 的鼓状结构，但这种结构使弯曲成形零件呈图 20.8-87 所示形状，导致工件弯曲 180° 后无法从模具中取出。

为此将成形轮设计成带活动块的结构，使得弯管结束后阻碍退料的圆弧部分能够退回。活动

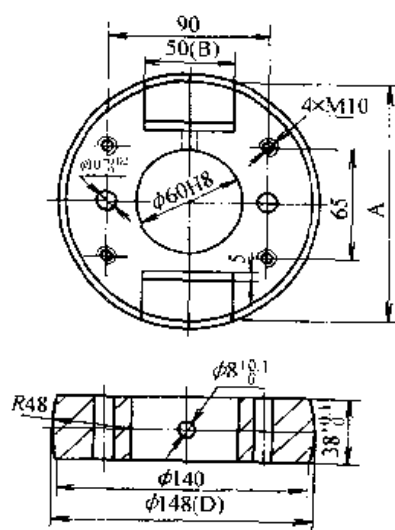


图 20.8-86 成形轮结构

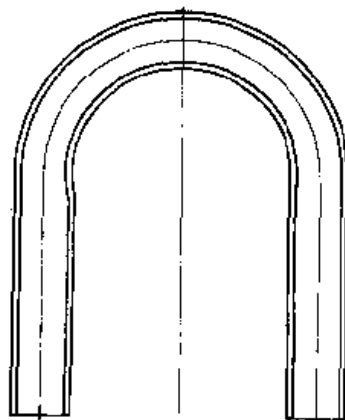


图 20.8-87 弯曲成形零件形状

块可以由车制的成形轮经线切割加工而成，宽度 B 通过计算获得。计算依据是：当活动块退回时，尺寸 $A' \leq$ 弯曲件的内口尺寸 A ，因此有 $B \geq \sqrt{D^2 - A^2}$ 。在图 20.8-84 所示的零件中， $D = 148 \text{ mm}$ ， $A = 140 \text{ mm}$ ，因此求得 $B \geq 48 \text{ mm}$ ，取 $B = 50 \text{ mm}$ 。

为了使弯曲过程中方管外表面充分拉伸并且阻止其凹陷，设计了如图 20.8-88 所示的芯子，材料 T10A，淬火硬度 $50 \sim 55 \text{ HRC}$ ， $R87 \text{ mm}$ 圆弧部分和成形轮鼓形部分圆弧相吻合，外圆弧部分和工件弯曲半径相同或略大于弯曲半径，表面修光至 $Ra 1.6 \mu\text{m}$ 。

模具设计及使用时应注意：

1) 弯管前应将抽销丝杆 2 旋转到位，使顶出销顶在圆柱部分，以避免产生向上的分力和顶弯丝杠的斜面部分。

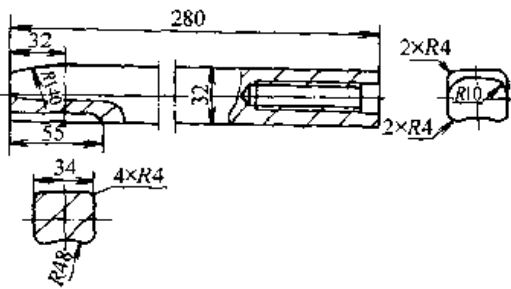


图 20.8-88 弯曲芯轴

2) 弯管的外表面质量取决于芯子 16 的前后调整, 根据试验, 芯子端部一般应伸过成形轮中心线 15~20 mm 为宜, 伸出过多, 虽然外表面平整, 但弯曲力过大, 也会造成外表面撕裂。反之, 零件外表面内凹。

3) 弯曲前应牢固夹紧工件, 否则弯曲时即使工件稍有松动也会造成工件的超差报废。为了充分夹紧工件而又不产生夹紧变形, 夹紧前应在方管夹紧部位, 塞入一个和方管内口尺寸相符的塞子。

4) 弯曲前应将坯料在机油中浸蘸, 以减轻弯曲过程中方管内壁和芯子的摩擦, 减小弯曲力, 提高弯曲质量。

5) 因为弯曲力过大, 该模具不宜以人力作动力。

3 管材翻卷成形模具

管材翻卷成形工艺可分为外翻卷和内翻卷两个基本方式, 这种成形工艺一般都是通过模具来实现的, 利用此项技术可以对多种金属管材进行各种不同的翻卷成形。影响管材翻卷成形可能性的主要因素有模具、管材相对壁厚 S ($S = \frac{t}{D}$, t 和 D 分别为管坯壁厚和外直径) 及管材性能等。其中模具形状是关键的影响因素。常见的几种翻卷模具结构, 如锥形模、圆角模、槽形模及非常规翻卷模具等。

3.1 锥形模

锥形模可分为外翻管锥形模 (图 19.7-32) 和内翻管锥形模 (图 19.7-34a) 两类。图示锥形模结构简单、典型, 属通用翻管模 (即可用作不同直径管坯的翻管)。

3.1.1 外翻管锥模

通用外翻管锥模, 由于翻卷过程中管坯处于

自由状态, 对中定位差, 管坯在模具上容易滑动, 管制件质量不高。为了防止滑动, 通常在锥模上设计成如图 20.8-89 所示的定位凸台, 这种结构对提高管制件质量有一定效果。

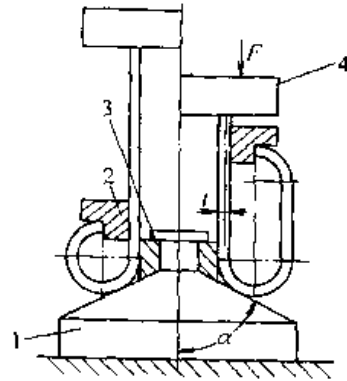


图 20.8-89 外翻管锥模

1—锥模 2—导流环 3—定位凸台 4—压头

若在有定位凸台的锥模上将凸台与锥面的接缝处用圆弧过渡, 作成圆角锥模 (图 20.8-90), 由于管坯与模具有较好的对中性, 管端变形受到圆角部分的约束, 因而翻管件质量较上述锥模有所改善。

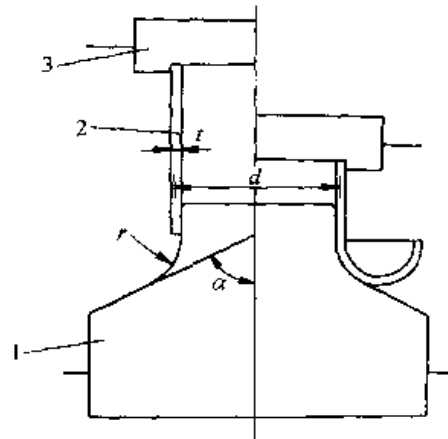


图 20.8-90 圆角锥形模

1—锥模 2—管坯 3—压头

在锥模设计中, 模具的半锥角 α 是最关键的参数。 α 的大小不仅决定翻卷成形的可能性, 还影响翻管件的几何尺寸。有许多学者进行了研究, 从理论上推导出了临界半锥角 α_0 。 $\alpha_0 = 55^\circ \sim 60^\circ$ (在第 7 章 3 节中已有介绍), 也有学者提出临界半锥角 $\alpha_0 = 52^\circ \sim 60^\circ$, 与前述 α_0 的数值非常接近, 由此说明, 锥模翻卷中临界半锥角确实存在, 设计锥模时, 必须满足 $\alpha \geq \alpha_0$ 。

实验证实, 当 $\alpha \geq 60^\circ$ 时, 管端发生翻卷现象, 否则, 不能实现顺利的翻卷成形。

对图 20.8-90 所示的锥形模结构, 由于其锥面与定位凸台之间有圆弧过渡区, 因而这种模具的主要工艺参数除半锥角 α 外, 还有圆角半径 r 。管坯在轴向压力作用下, 管坯末端在锥台圆弧部分所形成的入模弯曲半径, 记作 ρ_0 , 称为弯曲半径。

学者 Manabe 和 Nishimura 研究发现, ρ_0 与 α 存在一定关系。在用锥形模时, 弯曲半径 ρ_0 用量纲为一 $\bar{\rho}_0 (= \rho_0 / \sqrt{dt})$ 可得:

$$\bar{\rho}_0 = \rho_0 / \sqrt{dt} = 1 / \sqrt{8(1 - \cos\alpha)} \quad (20.8-1)$$

式中 d 、 t ——管坯的中径和壁厚。

由式 (20.8-1) 得知, $\bar{\rho}_0$ 随着半锥角 α 的增加而减小, 即随着 α 的增加, 管坯末端趋向于卷曲, 如果卷曲的发生条件取决于弯曲半径 ρ_c , 那么就存在一个临界弯曲半径 ρ_m 。从而可以推断当入模弯曲半径 $\rho_0 > \rho_m$ 时, 管坯末端紧贴模具锥面扩口, 反之, 若 $\rho_0 \leq \rho_m$, 则管坯末端与模具锥面分离, 并进行翻卷 (图 20.8-91)。

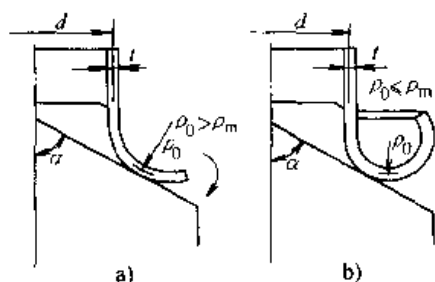


图 20.8-91 扩口和卷曲模型
a) 扩口 b) 卷曲

实验得知, 临界弯曲半径 ρ_m 是随 α 的增加而增大的, ρ_m 的数值大小与管坯材料和润滑条件的关系不大, 而管坯的临界弯曲半径 ρ_m 与之对应的锥模圆角半径 r_m 之关系为:

$$\rho_m = r_m - \frac{t}{2} \quad (20.8-2)$$

实验和理论解析结果表明, 圆角锥形模的圆角半径 r 和半锥角 α 是划分扩口和卷曲成形的两个重要工艺参数。

理论推导出:

$$\bar{\rho}_m = 1 / \sqrt{8[2\cos\alpha - (\pi - 2\alpha)\sin\alpha]} \quad (20.8-3)$$

实验公式:

$$\bar{\rho}_m = A / \sqrt{8[2\cos\alpha - (\pi - 2\alpha)\sin\alpha]} + B \quad (20.8-4)$$

式中 A 、 B ——系数, 见表 20.8-7。

表 20.8-7 临界弯曲半径实验公式中的 A 、 B 系数

系数	紫铜 ($n=0.05$)	黄铜 ($n=0.18$)	碳钢 ($n=0.05$)
A	0.28	0.27	0.28
B	0.35	0.35	0.34

将式 (20.8-4) 代入式 (20.8-2) 可得:

$$\begin{aligned} \bar{r}_m &= \bar{\rho}_m + \sqrt{t/d}/2 \\ &= A / \sqrt{8[2\cos\alpha - (\pi - 2\alpha)\sin\alpha]} \\ &\quad + B + \sqrt{t/d}/2 \end{aligned} \quad (20.8-5)$$

(\bar{r}_m 是对应于 $\bar{\rho}_m$ 的锥模临界圆角半径, $\bar{r}_m = r_m / \sqrt{dt}$)

同理, 由式 (20.8-1) 可得:

$$\begin{aligned} \bar{r}_0 &= \bar{\rho}_0 + \sqrt{t/d}/2 \\ &= 1 / \sqrt{8[1 - \cos\alpha]} + \sqrt{t/d}/2 \end{aligned} \quad (20.8-6)$$

(\bar{r}_0 是对应于 $\bar{\rho}_0$ 的锥模圆角半径, $\bar{r}_0 = r_0 / \sqrt{dt}$)

由式 (20.8-1) 和式 (20.8-3) 可以看出: 在圆角锥形模上进行翻卷时, 半锥角 α 对 $\bar{\rho}_0$ 和 $\bar{\rho}_m$ 的影响。 $\bar{\rho}_0$ 随 α 值的增加而减小, 而 $\bar{\rho}_m$ 随 α 值的增加而增大, 从而证实了理论解析与实验结果是吻合的。

图 20.8-92 是根据式 (20.8-6) 和式 (20.8-5) 作出的曲线图。图中以圆角锥形模的半锥角 α 为横坐标, 以量纲为一圆角半径 $\bar{r} (= r / \sqrt{dt})$ 为纵坐标。图中两条曲线分别表示量纲为一临界弯曲半径 $\bar{\rho}_m$ 所对应的模具圆角半径 \bar{r}_m 的曲线和量纲为一弯曲半径 $\bar{\rho}_0$ 所对应的模具圆角半径 \bar{r}_0 的曲线。这两条曲线交于点 B, 表示弯曲半径 $\bar{\rho}_0$ 与临界弯曲半径 $\bar{\rho}_m$ 在 B 点相等, 即 $\rho_0 = \rho_m$; BC 段在 \bar{r}_m 曲线之下, 表明该区域 $\rho_0 \leq \rho_m$, 管端能进行卷曲成形。交点 B 在横坐标上的 S 点, 为 α_s ($\alpha_s = 52^\circ$), 若 $\alpha < \alpha_s$ 时管端只能扩口, 不能卷曲; 当 $\alpha_s \leq \alpha < 90^\circ$ 时, 扩口与卷曲都可能发生。当 $\alpha = 90^\circ$ 时, 临界弯曲半径 ρ_m 变为无限大, 圆角锥形模变成了圆角模, 只能发生卷曲成形。

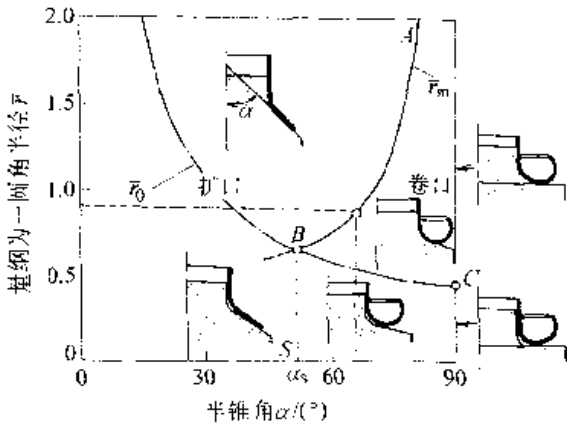


图 20.8-92 圆角锥形模上管端扩口与卷曲成形区划

曲线 ABS 是管坯末端在圆角锥形模上翻卷成形方式的分界线，ABS 曲线的左侧、管坯只能扩口变形，在其右侧，管坯端部可进行卷曲或翻卷变形，该区域对翻卷成形有意义。前面推导的公式及图 20.8-92 可作为设计圆角锥形模时确定工艺参数的参考依据，亦可供设计圆角模时参考。

3.1.2 内翻锥形模

同管材外翻卷成形一样，管材也可以在锥模上内翻成形，如图 19.7-34a 所示。为了管材翻卷成形顺利进行，可在管材外侧加以约束支撑（图 20.8-93）。

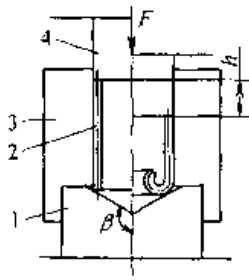


图 20.8-93 内翻卷锥形模简图

1—锥形（凹模） 2—管坯 3—支撑套 4—压头

由于内翻卷时，管径变小，管壁增厚，翻管变形力大，因此给翻卷成形带来困难，在必要时，翻管前可对管坯进行适当的处理（如加热、软化等）。

由于翻卷成形载荷很大程度取决于模具的几何参数，就内翻锥形模而言，临界半锥角 β 是重要的参数， β 的取值可参见第 7 章 3 节的相关内容。

3.2 圆角模

同锥形模一样，圆角模也有外翻和内翻两类模具，管坯在圆角模上翻卷时，翻管力与模具的圆角半径、摩擦、变形速度等因素有关，其中圆角半径影响最大。合理确定圆角半径，可减小翻管力，有效地防止失稳；摩擦系数的大小，也是影响翻卷变形的重要因素。

下面简要介绍两类模具的结构及有关设计的问题。

3.2.1 外翻圆角模

圆角模是由圆角锥形模（图 20.8-90）演变而来的，当圆角锥形模的半锥角 $\alpha = 90^\circ$ 时，就变成了圆角模（图 20.8-94）。这种模具具有较好的对中性，管坯卷曲时受到圆角部分的约束，翻管质量较通用的锥形模有所提高。

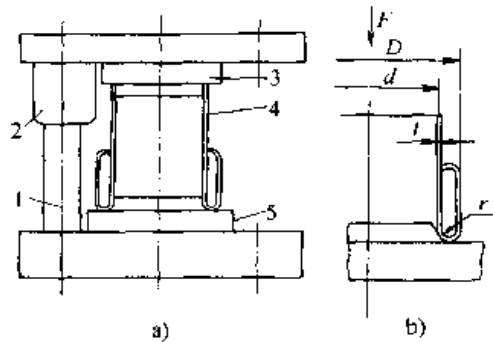


图 20.8-94 外翻圆角模

a) 圆角模 b) 工艺参数

1—导柱 2—导套 3—凸模 4—管坯 5—凹模

在圆角模的设计中，除了常规的结构外，还应根据具体的情况，采取必要的工艺措施，如对于长管坯的管端翻卷，可在离端头一定距离处使用夹持器加载，若管材塑性差时，还可采用加热的方法，以减小翻管载荷，保证翻管的顺利进行和达到产品质量要求，这种翻管模，如图 20.8-95 所示。

圆角模翻管能得到质量较好的翻管件，是因为管坯端头进入模具时是沿着圆弧面（1/4 圆周面）卷曲变形而形成的弯曲半径 ρ ，在随后的变形中一般不再发生变化，从而控制了翻卷管外径的结果。在设计模具时要确定的重要参数是模具的圆角半径 r ，它既确定了翻管件几何尺寸，又影响着翻管力。当 r 过大时，管坯内壁不沿半径

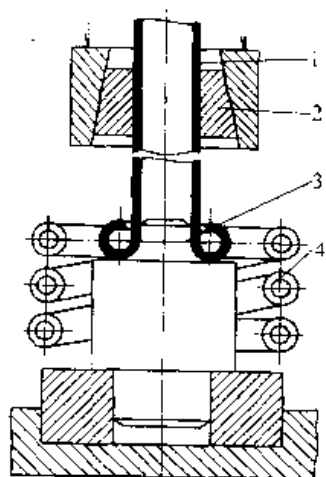


图 20.8-95 夹持器翻管圆角模

1—管坯 2—夹持器 3—翻管模 4—感应线圈

r 的圆弧面卷曲，而按其固有的弯曲半径 ρ 卷曲，圆弧面就失去了限制卷曲外径的作用，使其翻管件外径达不到要求的尺寸，同时，还会出现翻管端破裂， r 过小时，将会导致翻管力过大，使其翻管过程失稳。 r 只有在适当的范围才能实现翻管，见图 20.8-92。

根据理论推导得出，翻管力小，变形稳定的圆角半径 r_n 为：

$$r_n = \sqrt{\frac{dt}{8}} \quad (20.8-7)$$

式中 d ——管坯中径；

t ——管坯壁厚。

3.2.2 内翻管圆角模

如图 20.8-96 所示，管坯末端置于圆角形凹模内，管坯上端内径套在压头（凸模）上定位，圆角凹模及压头的同轴度由导柱、导套保证，当压头对管坯施加轴向压力时，管坯末端在轴向压力作用下，沿其凹模圆弧面翻卷成形。模具中的导流环，可消除沿周向的不均匀，也可限制卷曲端向管坯内壁发生的干涉。

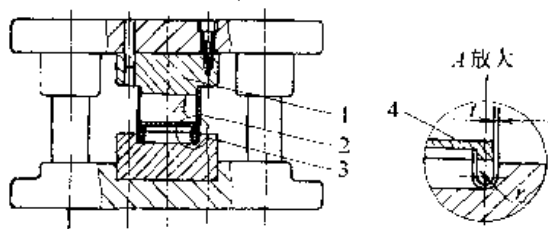


图 20.8-96 内翻管模具简图

1—凸模 2—管坯 3—凹模 4—导流环

凹模圆角半径 r 可由下式求得：

$$[\sqrt{(2d+t)t} + t]/4 < r < d(\exp 2n - 1)/2 \quad (20.8-8)$$

式中 d ——管坯中径；

t ——管坯厚度；

n ——材料的硬化指数。

3.3 槽形模

采用图 20.8-97 所示的槽形模翻管，管坯变形部分能与模具槽面接触，整个变形过程受到模具限制，因而翻管件质量较高。由于管材与模具圆弧面间的摩擦力增大，容易导致管坯失稳，常用的解决办法是提高型面的光洁程度，很好润滑，在模具上放置加热器，对管材变形部分进行软化等措施。

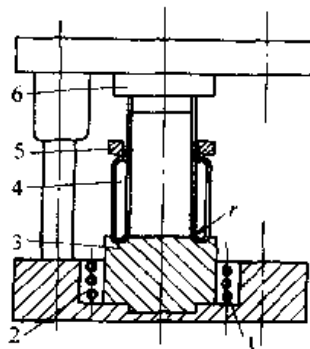


图 20.8-97 外翻管槽形模

1—加热元件 2—绝缘材料 3—凹模 4—管坯
5—导流环 6—凸模

圆槽半径 r 可按经验公式计算

$$0.9\sqrt{\frac{dt}{8}} \leq r \leq 0.9\sqrt{\frac{dt}{4}} + \frac{t}{2} \quad (20.8-9)$$

图 20.8-98 所示，为差温内翻圆槽模，这种模具结构特点是在圆槽部分管材变形区设置加热器，在起支撑作用的筒壁部分则进行冷却，特别适合于塑性差或强度低的管材翻管。因为它在提高变形区塑性，降低其硬度的同时，又提高了管坯壁部的强度，既降低了变形抗力，又提高了管壁成形的稳定性，以利于翻管的实现。

3.4 非常规翻管模

各种翻管方法的应用范围各不相同，在进行工艺设计时，应根据具体的条件及要求确定其成形方式和模具结构，甚至还可与其他成形方法相

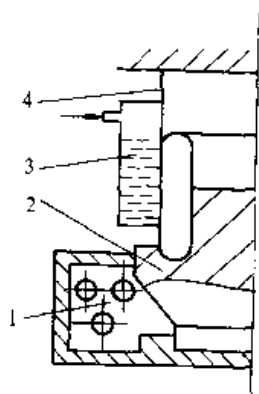


图 20.8-98 差温内翻圆槽形模示意图

1—加热器 2—凹模 3—冷却装置 4—管坯

结合。在实际生产中，都要根据产品的质量及使用要求选用适合的工艺及模具（或装置）。前面所讨论的锥形模，圆角模及槽形模都是轴压式的翻管模，其方法都是将管坯放置于模具上，通过轴向加压迫使管端翻卷，由于管坯轴向处于压应力状态，当翻卷所需载荷发生大于轴向的失稳极限时，管坯极易发生失稳，使其翻管失效，翻卷成形的双壁管件，几何尺寸精度不高。而有的产品是带底的双壁筒形件，用拉深成形的圆筒件作毛坯进行翻卷。为了克服轴压式翻管模的上述不足之处，提高翻管件的质量，扩大翻卷成形方法的应用范围，相继出现了如拉应力翻卷模，拉伸翻管模及拉压翻管模等。

3.4.1 拉应力翻管模

拉应力翻卷主要是为了克服常规的内翻管模在翻卷时轴向压力大，翻卷成形工艺稳定性差而研制的。用拉应力翻卷模成形双壁管件时，作用于管的内壁上的是拉应力，而不是作用于整个管子上的压应力，模具与变形材料之间没有相对滑动，

并且成形载荷之间保持了一段距离，从而减小了管材传力区上的轴向压应力，即可避免失稳的出现。拉应力翻卷模具的结构及成形过程见图 19.7-37 所示。

3.4.2 拉伸翻管模

拉伸翻管模也可分为外翻与内翻两种，如图 20.8-99 所示。

这种模具的特点是将管坯处于轴向压力下的成形变为拉伸环模约束下翻卷成形，能使翻管件尺寸精度提高，但模具结构比前述模具复杂，加工费用要高，且在翻管前，管坯的端口部要预先加工成法兰，供翻管时压紧固定之用。一般外翻卷，管端法兰用扩口翻边得到，内翻卷时用缩口加工。

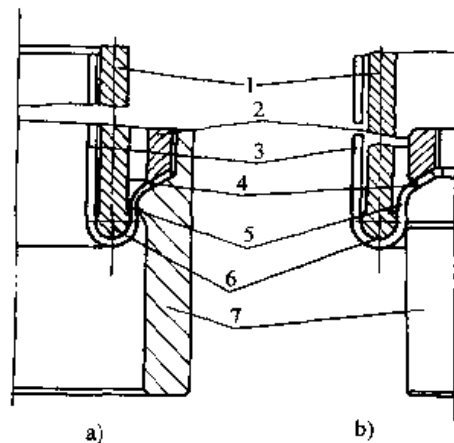
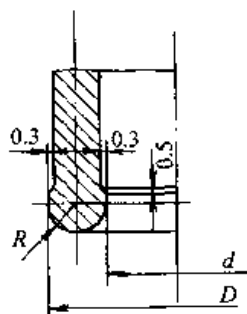


图 20.8-99 拉伸翻管模示意图

1—拉伸环 2—压边圈 3—管坯 4—压边部分
5—成形部分 6—拉伸圆环工作表面
7—凸模或凹模装置

拉伸环的工作部分尺寸，如图 20.8-100 所示。



翻管方式	d/mm	D/mm	R/mm
外翻	40.0 ± 0.08	44.0	1.0
		48.0	
		52.0	
		± 0.05	2.0
			3.0
内翻	34.0 30.0 26.0	38.0 ± 0.08	1.0
			2.0
			3.0
		± 0.05	

模具材料: Cr12MoV 60-63HRC

图 20.8-100 拉伸环工作部分尺寸

3.4.3 拉压翻卷模

拉压翻卷模能将拉卷成形（与反拉深相似）和压卷（内翻卷）成形的优点巧妙结合起来，在

一次行程中，制作出质量较高的长筒形件，成形过程如图 20.8-101 所示。

第一阶段（拉卷成形）

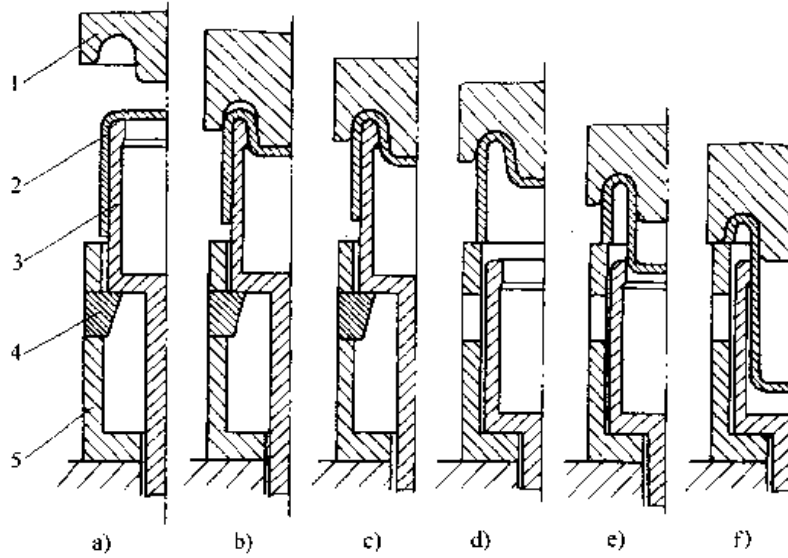


图 20.8-101 拉压翻卷模

a)、b)、c) 拉卷成形 d)、e)、f) 压卷成形
 1—拉卷模（拉卷凸模、凹槽结合） 2—圆筒形毛坯
 3—卷压环（凸凹模） 4—限位器 5—支座

a) 开始将筒形件毛坯套在卷压环上，此时卷压环已被锁定；

b) 拉卷模下行，将筒体毛坯在卷压环中进行反拉成形。此时，外侧筒壁不受力，内侧筒壁受拉力。随着拉卷模拉深深度的增加，成形载荷上升，筒底容易出现破裂；

c) 拉卷模凹槽与筒壁材料、卷压环贴压在一起时（筒底拉裂之前），上模停止下行，拉卷成形结束。

第二阶段（压卷成形）

d) 此时卷压环被解锁退回，筒形件停靠在固定支座上；

e) 上模继续下行，外侧筒壁受到轴向压力而进入内翻卷成形过程，此时，内侧筒壁不受拉应力作用，从而完全避免了筒底破裂的产生；

f) 当上模停靠在支架（座）上时，整个成形过程结束。

从上述成形过程可知，模具的关键零件是上模（拉卷模）和卷压环。成形的第一阶段，拉卷模将筒体反拉深到一定深度（以筒底不开裂为限），凸模部分的长度是根据要求设定的，凹槽尺寸可参照槽形模确定。

对筒体先进行拉深成形很重要，这不仅能增加筒体件高度，还能控制筒体件底部的几何形状，提高了产品的质量。如果开始就进行内翻卷，筒底会产生畸变，最后要采用校形加工，消除其缺陷。第二阶段进行翻卷成形，使筒壁受力性质发生了改变，原受拉力的筒壁部分在压卷过程中不受力，避免了筒底拉裂，增大了一次变形程度，虽然外侧筒壁由不受力变为受轴向压应力，但这时由于相对高度减小，抗失稳能力增强，从而保证了翻卷成形稳定进行。再就是在筒体件的整个成形过程中，都受到必要的约束，保证了筒体件几何形状要求及尺寸精度的提高。

第9章 冲模设计实例

1 复合模、单工序模设计实例

零件名称：汽车玻璃升降器外壳

生产批量：中批量

材料：零件材料为08钢，料厚1.5 mm

1.1 零件的工艺性分析

图20.9-1是汽车车门玻璃升降器的外壳的零件图、图20.9-2所示位置是其装在部件中的位置。从技术要求和使用条件来看，零件具有较高的精度要求、要有较高的刚度和强度。由零件所标注的尺寸中，其 $\phi 22.3^{+0.14}_0$ mm、 $\phi 16.5^{+0.12}_0$ mm及 $\phi 16^{+0.2}_0$ mm为IT11~IT12级精度，三个小孔 $\phi 3.2$ 的中心位置精度为IT10；

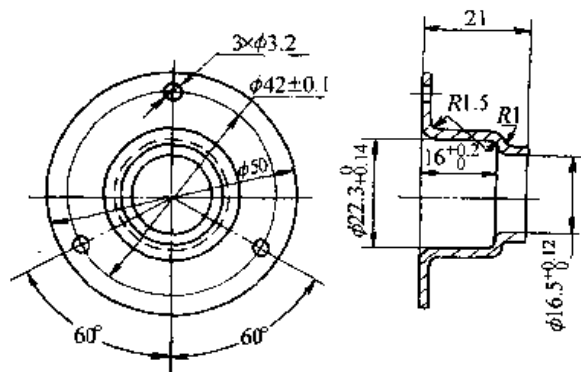


图20.9-1 玻璃升降器外壳

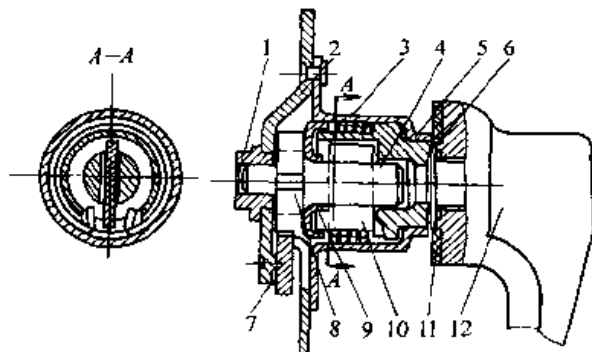


图20.9-2 玻璃升降器装配简图

1—轴套 2—座板 3—制动扭簧 4—心轴 5—外壳
6—传动轴 7—大齿轮 8—小齿轮 9—挡圈
10—联动片 11—油毡 12—手柄

外形最大尺寸为 $\phi 50$ mm，属于小型零件。

因该零件为轴对称旋转体，冲裁工艺性很好，且三个小孔直径为料厚的两倍，一般没有问题。零件为带凸缘圆筒形件，且 $\frac{d_f}{d}$ 、 $\frac{h}{d}$ 都不太大，拉深工艺性较好；只是圆角半径R1及R1.5偏小，可安排一道整形工序最后达到。

三个小孔中心距的精度，可通过采用IT6~IT7级制模精度及以 $\phi 22.3$ mm内孔定位，予以保证。

$\phi 16.5$ mm底部部分有三种成形方法：一是采用阶梯形零件拉深后车削加工；二是拉深后冲切；三是拉深后在底部先冲一小孔，然后翻边，如图20.9-3所示。此三种方案中，车底的方案质量高，但生产效率低，且费料，该零件高度尺寸要求不高，一般不宜采用；冲底方案较车底方案效率高，但要求其前道拉深工序的底部圆角半径接近清角，需增加一道整形工序且质量不易保证；翻边方案生产效率高且省料，翻边端部虽不如以上两种方案好，但由于该零件对这一部分的高度和孔口端部质量要求不高，而高度21和R1两个尺寸正好是用翻边可以保证的。所以，比较起来，采用方案三更为合理、合算。

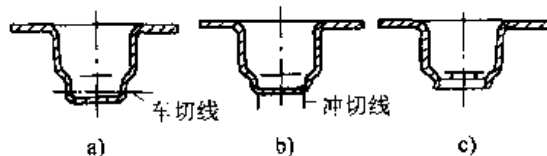


图20.9-3 底部成形方案

a) 车削 b) 冲切 c) 冲孔翻边

因此，该外壳零件的冲压生产要用到的冲压加工基本工序有：落料、拉深（可能多次）、冲三小孔、冲底孔、翻边、切边和整形等。用这些工序的组合可以提出多种不同的工艺方案。

1.2 工艺方案及模具形式

1.2.1 计算毛坯尺寸

计算毛坯尺寸需先确定翻边前的半成品尺

寸。翻边前是否也需拉成阶梯零件，这要核算翻边的变形程度。

$\phi 16.5$ mm 处的高度尺寸为 $H = 21$ mm - 16 mm = 5 mm

根据翻边公式，翻边的高度 H 为

$$H = \frac{d_1}{2}(1 - K) + 0.43r_d + 0.72t$$

经变换后，有

$$\begin{aligned} K &= 1 - \frac{2}{d_1}(H - 0.43r_d - 0.72t) \\ &= 1 - \frac{2}{18}(5 - 0.43 \times 1 - 0.72 \times 1.5) = 0.61 \end{aligned}$$

拉深，若取 $m_1 = 0.45$ ，有 $d_1 = m_1 D_0 = 0.45 \times 65$ mm = 29 mm，则 $m_2 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{22.3}{29} = 0.77$ 。查表 19.4-8，有 $m_2 = 0.75 < m_{2c} = 0.77$ ，故用两次拉深可以成功。

但考虑到二次拉深时，均采用极限拉深系数，故需保证较好的拉深条件，而选用大的圆角半径，这对本零件材料厚度 $t = 1.5$ mm，零件直径又较小时是难以做到的。况且零件所要达到的圆角半径 $R1.5$ 偏小，故在第二次拉深后，还要有一道整形工序。

在这种情况下，可考虑分三次拉深。在第二

模壁太薄的问题 ($a = \frac{50 - 42 - 3.2}{2} \text{ mm} = 2.4 \text{ mm}$)，模具也容易损坏。

方案三 虽然解决了上述模壁太薄的矛盾，但冲 $\phi 11 \text{ mm}$ 底孔与冲 $\phi 3.2 \text{ mm}$ 小孔复合及翻边与切边复合时，它们的刃口都不在同一平面上，磨损快慢也不一样，这会给修磨带来不便，修磨后要保持相对位置有困难。

方案四 落料、首次拉深与冲 $\phi 11 \text{ mm}$ 底孔复合，冲孔凹模与拉深凸模做成一体，也给修磨造成困难。特别是冲底孔后再经二次和三次拉深，孔径一旦变化，将会影响到翻边的高度尺寸和翻边口缘质量。

方案五 采用带料连续拉深或多工位自动压力机冲压，可获得高的生产率，而且操作安全，

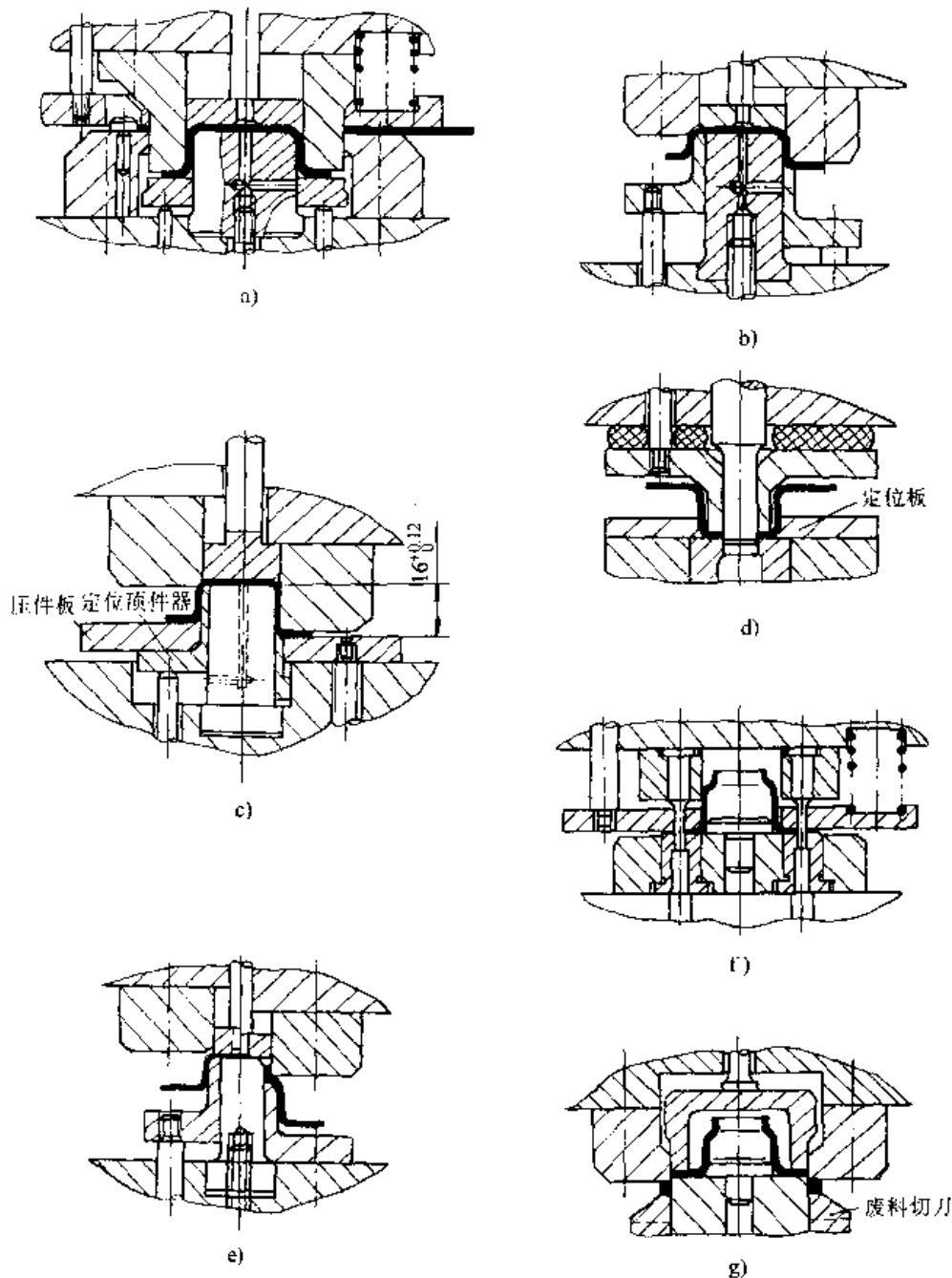


图 20.9-5 各工序模具结构原理

a) 落料拉深 b) 二次拉深 c) 三次拉深 d) 冲底孔 e) 翻边 f) 冲小孔 g) 切边

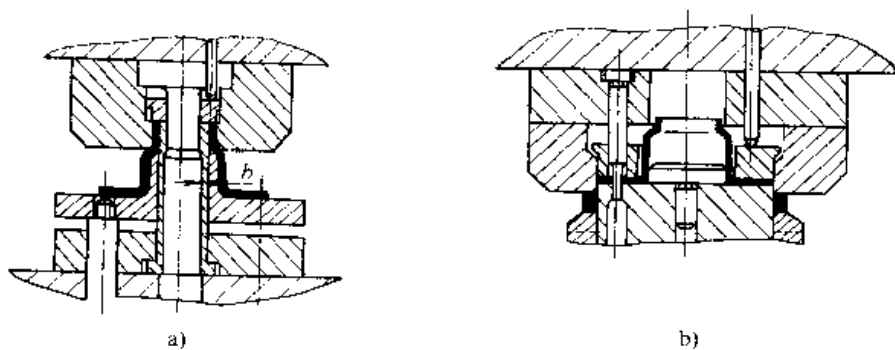


图 20.9-6 方案二部分模具结构原理

a) 冲孔与翻边 b) 冲小孔与切边

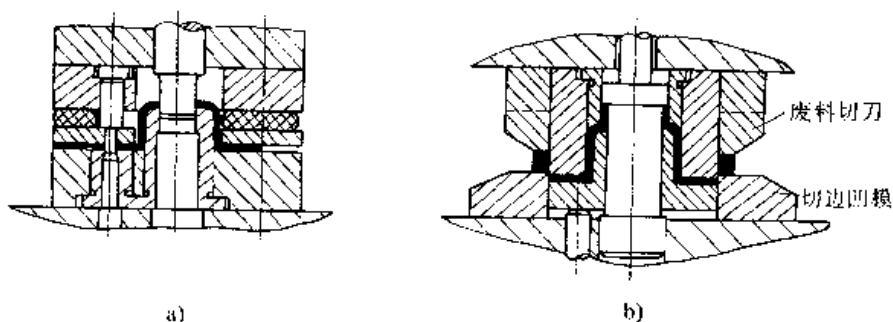


图 20.9-7 方案三部分模具结构原理

a) 冲底孔与冲小孔 b) 翻边与切边

也避免上述方案所指出的缺点，但这一方案需要专用压力机或自动送料装置，而且模具结构复杂，制造周期长，生产成本低，因此，只有在大批量生产中才较适宜。

方案一 没有上述的缺点，但其工序复合程度较低，生产率较低。不过单工序模具结构简单，制造费用低，对中小批量生产是合理的，因此决定采用第一方案。本方案在第三次拉深和翻边工序中，可以调整冲床滑块行程，使之于行程临近终了时，模具可对工件起到整形作用（见图 20.9-5c、e），故无需单独的整形工序。

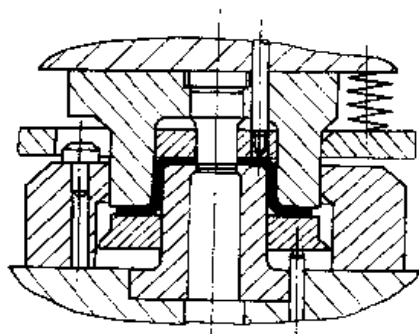


图 20.9-8 方案四第一道工序模具结构原理

1.3 工序设计与工艺计算

1.3.1 排样、裁板方案

这里毛坯直径 $\phi 65\text{ mm}$ 不算太小，考虑到操作方便，排样采用单排。取其搭边数值：条料两边 $a = 2\text{ mm}$ 、进距方向 $a_1 = 1.5\text{ mm}$ 。于是有：

$$\begin{aligned} \text{进距 } h &= D + a_1 = 65\text{ mm} + 1.5\text{ mm} \\ &= 66.5\text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{条料宽度 } b &= D + 2a = 65\text{ mm} + 2 \times 2\text{ mm} \\ &= 69\text{ mm} \end{aligned}$$

板料规格拟选用 $1.5\text{ mm} \times 900\text{ mm} \times 1800\text{ mm}$ （钢板）

$$\begin{aligned} \text{若用纵裁：裁板条数 } n_1 &= \frac{B}{b} = \frac{900}{69} \\ &= 13\text{ 条余 } 3\text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{每条个数 } n_2 &= \frac{A - a_1}{h} = \frac{1800 - 1.5}{66.5} \\ &= 27\text{ 个余 } 3\text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{每板总个数 } n_{\text{总}} &= n_1 \times n_2 = 13 \times 27 \\ &= 351\text{ 个} \end{aligned}$$

$$\text{材料利用率 } \eta_{\text{总}} = \frac{n_{\text{总}} \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)}{A \times B} \times 100\%$$

$$= \frac{351 \times \frac{\pi}{4} (65^2 - 11^2)}{900 \times 1800} \times 100\% = 69.5\%$$

$$\text{若横裁:条数 } n_1 = \frac{A}{b} = \frac{1800}{69} = 26 \text{ 条余 } 6 \text{ mm}$$

$$\text{每条个数 } n_2 = \frac{B - a_1}{h} = \frac{900 - 1.5}{66.5} = 13 \text{ 个}$$

余 34 mm

$$\text{单板总个数 } n_{\text{总}} = n_1 \cdot n_2 = 26 \times 13 = 338 \text{ 个}$$

$$\text{材料利用率 } \eta_{\text{总}} = \frac{338 \times \frac{\pi}{4} (65^2 - 11^2)}{900 \times 1800} \times 100\% = 66.5\%$$

由此可见,纵裁有较高的材料利用率,且该零件没有纤维方向性的考虑,故决定采用纵裁。

计算零件的净重 G 及材料消耗定额 G_0

$$G = F \cdot t \cdot \rho = \frac{\pi}{4} [65^2 - 11^2 - 3 \times 3.2^2 - (54^2 - 50^2)] \times 10^{-2} \times 1.5 \times 10^{-1} \times 7.85 \text{ g} \approx 33 \text{ g}$$

式中 ρ ——密度,低碳钢取 $\rho = 7.85 \text{ g/cm}^3$ 。

[] 内第一项为毛坯面积,第二项为底孔废料面积,第三项为三个小孔面积,第四项即 () 内为切边废料面积。

$$G_0 = \frac{A \cdot B \cdot t \cdot \rho}{351} = \frac{900 \times 10^{-1} \times 1800 \times 10^{-1} \times 1.5 \times 10^{-1} \times 7.85}{351} \text{ g} = 54 \text{ g} = 0.054 \text{ kg}$$

1.3.2 确定各中间工序尺寸

(1) 首次拉深

$$\text{首次拉深直径 } d_1 = m_1 \cdot D_0 = 0.56 \times 65 \text{ mm} = 36.5 \text{ mm (中径)}$$

首次拉深时凹模圆角半径按表 19.4-36 计算应取 9 mm,按式 19.4-37 计算应取 5.5 mm。由于增加了一次拉深工序,使各次拉深工序的变形程度有所减小,故允许选用较小的圆角半径,这里取 $r_{d1} = 5 \text{ mm}$,而冲头圆角半径 $f_{p1} = 0.8 \times r_{d1} = 4 \text{ mm}$ 。

首次拉深高度按表 19.4-4 可进行近似计算(其中 R 取为两个圆角半径的平均值),而实际生锄中取 $h_1 = 13.8 \text{ mm}$, (见图 20.9-9 所示)。

$$h_1 = \frac{D_0^2 - d_1^2 + 3.44R_d}{4d} = \frac{65^2 - 36.5^2 + 3.44 \times 5.25 \times 36.5}{4 \times 36.5} \text{ mm} = 13.5 \text{ mm}$$

(2) 二次拉深

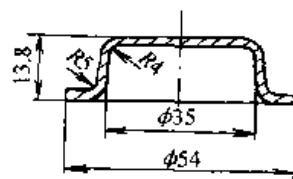


图 20.9-9 首次拉深件

$$d_2 = m_2 \cdot d_1 = 0.805 \times 36.5 \text{ mm} = 29.5 \text{ mm (中径)}$$

$$\text{取 } r_{d2} = r_{r2} = 2.5 \text{ mm}$$

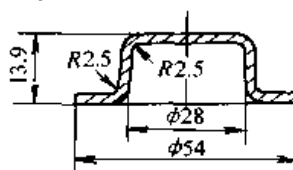


图 20.9-10 第二次拉深件

拉深高度 h_2 ,按面积相等近似计算,可得

$$h_2 = 14 \text{ mm}。而生产实际中取为 } h_2 =$$

13.9 mm,参见图 20.9-10。

(3) 三次拉深(兼整形)

$$d_3 = m_3 \cdot d_2 = 0.81 \times 29.5 \text{ mm} = 23.8 \text{ mm}。$$

取 $r_{d3} = r_{r3} = 1.5 \text{ mm}$,达到零件要求,因该道工序兼有整形作用,故这样设计是合理的。

$$h_3 = 16 \text{ mm}, \text{见图 } 20.9-11。$$

(4) 其余各中间工序均按零件要求尺寸而定,详见图 20.9-11。

1.4 压力、压力中心计算及压力机选择

由于该零件为轴对称件,故不必进行压力中心的计算。

1.4.1 落料拉深工序

落料力

$$F_{\text{冲}} = 0.8\pi D t \sigma_b = 0.8 \times 3.14 \times 65 \times 1.5 \times 400 \text{ N} = 97968 \text{ N}$$

卸料力

$$F_{\text{卸}} = K_{\text{卸}} F_{\text{冲}} = 0.03 \times 97968 \text{ N} = 2940 \text{ N}$$

拉深力

$$F_{\text{拉}} = \pi d_1 t \sigma_b K_1 = 3.14 \times 36.5 \times 1.5 \times 400 \times 0.75 \text{ N} = 50200 \text{ N}$$

压边力按照防皱最低压边力公式(其中 q 查表 19.4-44):

$$Q = \frac{\pi}{4} [D_0^2 - (d_1 + 2r_{d1})^2] q = \frac{\pi}{4} [65^2 - (36.5 + 2 \times 5.75)^2] \times 2.5 \text{ N} = 3772 \text{ N}$$

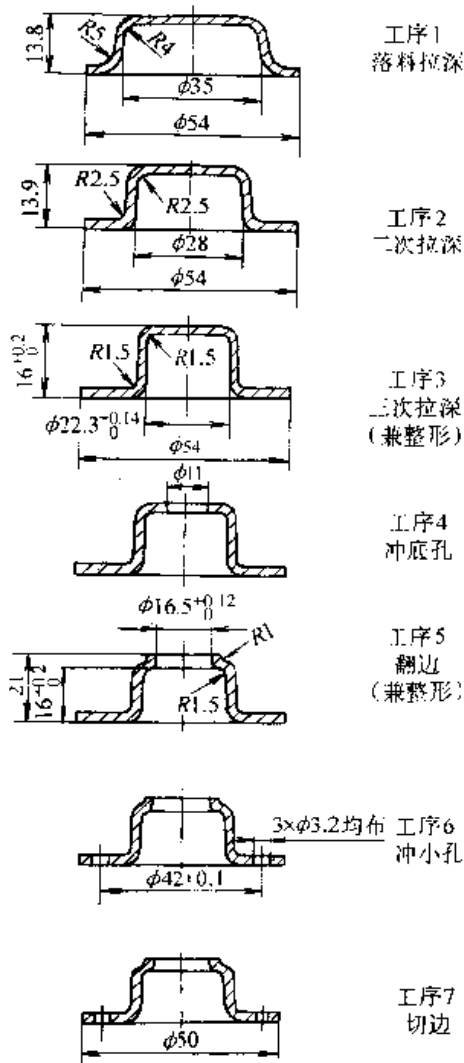


图 20.9-11 冲压工序图

这一工序的最大总压力，在离下死点 13.8 mm 稍后就需达到：

$$F_{总} = F_{冲} + F_{翻} + Q = 125\,463\text{ N}$$

对于这种落料拉深复合工序，选择设备吨位尺寸时，既不能把以上四个力加起来（再乘个系数值）作为设备的吨位，也不能仅按落料力或拉深力（再乘个系数）作为设备吨位。而应该根据压力机说明书中所给出的允许工作负荷曲线作出判断和选择。经查，该复合工序的工艺力可在 160 kN 压力机上得到。但现场条件只有 250 kN、350 kN、630 kN 和 800 kN 压机，故选用 250 kN 压机。

1.4.2 第二次拉深工序

拉深力

$$F_{拉} = \pi d_2 t \sigma_R K_2 = 3.14 \times 29.5 \times 1.5 \times 400 \times 0.52\text{ N}$$

$$= 28\,900\text{ N}$$

显然，拉深力很小；但根据现场条件，只好选用 250 kN 压力机。

1.4.3 第三次拉深兼整形工序

$$F_{拉} = \pi d_3 t \sigma_b K_2 = 3.14 \times 23.8 \times 1.5 \times 400 \times 0.52\text{ N}$$

$$= 23\,316\text{ N}$$

其整形力为：

$$F_{整} = Aq = \frac{\pi}{4} [(54^2 - 25.3^2) + (22.3 - 2 \times 1.5)^2]$$

$$\times 100\text{ N} = 207\,500\text{ N}$$

对于这种复合工序，由于整形力是在最后且为临近下死点位置时发生，符合压力机的工作负荷曲线，故可按整形力大小选择压机，即可选 250 kN 压力机。

1.4.4 冲 $\phi 11\text{ mm}$ 孔工序

$$F_{冲} = 0.8 \pi d t \sigma_b = 0.8 \times 3.14 \times 11 \times$$

$$1.5 \times 400\text{ N} = 16\,580\text{ N}$$

显然，只要选 63 kN 压力机即可，但根据条件只好选 250 kN 压力机。

1.4.5 翻边兼整形工序

翻边力按下式进行计算：

$$F_{翻} = 1.1 \pi t (d_1 - d_0) \sigma_b = 1.1 \times 3.14 \times 1.5 \times$$

$$400 \times (18 - 11)\text{ N} = 14\,510\text{ N}$$

整形力

$$F_{整} = Aq = \frac{\pi}{4} (22.3^2 - 16.5^2) \times 100\text{ N} = 17\,750\text{ N}$$

同上道理，按整形力选择设备，也只需 63 kN 压机，这里选用 250 kN 压力机。

1.4.6 冲三个 $\phi 3.2\text{ mm}$ 孔工序

$$F_{冲} = 3 \times 0.8 \pi d t \sigma_b = 3 \times 0.8 \times 3.14 \times 3.2 \times 1.5 \times$$

$$400\text{ N} = 14\,470\text{ N}$$

选 250 kN 压力机。

1.4.7 切边工序

$$F_{冲} = 0.8 \pi d t \sigma_b = 0.8 \times 3.14 \times 50 \times 1.5 \times 400\text{ N}$$

$$= 75\,360\text{ N}$$

设有两把废料切断刀，所需切断废料压力

$$F_{冲} = 2 \times 0.8 \times (54 - 50) \times 1.5 \times 400\text{ N} = 3\,840\text{ N}$$

故总切边力

$$F = F_{冲} + F_{冲} = 75\,360\text{ N} + 3\,840\text{ N} = 79\,200\text{ N}$$

选用 250 kN 压力机。

1.5 模具结构设计

根据确定的工艺方案和零件的形状特点、精

度要求、所选设备的主要技术参数、模具制造条件以及安全生产等选定其冲模的类型及结构形式。下面仅介绍第一工序的落料拉深复合模的设计。其他各工序所用模具的设计从略。

1.5.1 模具结构型式选择

采用落料、拉深复合模，首先要考虑落料凸模（兼拉深凹模）的壁厚是否过薄。本例凸凹模壁厚 $b = \frac{65-38}{2} \text{ mm} = 13.5 \text{ mm}$ ，能保证足够强度，故可采用复合模。

落料、拉深复合模常采用图 20.9-5a 所示的典型结构，即落料采用正装式，拉深采用倒装式。模座下的缓冲器兼作压边与顶件，另设有弹性卸料和刚性推件装置。这种结构的优点是操作方便，出件畅通无阻，生产率高，缺点是弹性卸料装置使模具结构较复杂，特别是拉深深度大、料较厚、卸料力大的情况，需要较多、较长的弹簧，使模具结构复杂。

为了简化上模部分，可采用刚性卸料板（如图 20.9-12 所示），其缺点是拉深件留在刚性卸料板内，不易出件，带来操作上的不便。对于本例，由于拉深深度不算大，材料也不厚，因此采用弹性卸料较合适。

考虑到装模方便，模具采用后侧布置的导柱导套模架。

1.5.2 模具工作部分尺寸计算

(1) 落料

圆形凸模和凹模，可采用分开加工，按式 (19.1-3)、(19.1-4) 计算工作部分尺寸。所落下的料（即为拉深件坯料）按未注公差自由尺寸，按 IT14 级取极限偏差，故落料件的尺寸取

为 $\phi 65_{-0.74}^{0.03} \text{ mm}$ 。于是，凸凹模直径尺寸为：

$$D_{\text{凹}} = (D - x\Delta)_0^{+\delta_d} = (65 - 0.5 \times 0.74)_0^{+0.03} \text{ mm} \\ = 64.63_{-0.03}^{+0.03} \text{ mm}$$

$$D_{\text{凸}} = (D - x\Delta - 2C_{\text{min}})_{-0.02}^{+\delta_p} \\ = (65 - 0.5 \times 0.74 - 0.132)_{-0.02}^{+0.03} \text{ mm} \\ = 64.50_{-0.02}^{+0.03} \text{ mm}$$

式中， x 按工件精度为 IT14 级而选定 $x = 0.5$ ； δ_d 、 δ_p 按制造精度 IT6~IT7 而选定； C_{min} 是按表 19.1-7 选取的（其 $2C_{\text{max}} = 0.24$ ）。

再按 $\delta_d + \delta_p = 0.03 \text{ mm} + 0.02 \text{ mm} < 2C_{\text{max}} - 2C_{\text{min}} = 0.108 \text{ mm}$ ，核验上述计算是恰当的。

落料凹模的外形尺寸确定：取凹模壁厚为 30~40 mm（1.5~2 倍的凹模厚度），调整到符合标准，即凹模外径设计为 $\phi 140 \text{ mm}$ 。

(2) 拉深

首次拉深件按未注公差的极限偏差考虑，且因零件是标注内尺寸，故拉深件的内径尺寸取为 $\phi 140 \text{ mm}$ 。

由表 19.4-39 有：

$$D_{\text{凸}} = (d + 0.4\Delta)_0^{+\delta_p} = (35 + 0.4 \times 0.62)_0^{+0.06} \text{ mm}$$

$$= 35.25_{-0.06}^{+0.06} \text{ mm}$$

$$D_{\text{凹}} = (d + 0.4\Delta + 2C)_0^{+\delta_d}$$

$$= (35 + 0.4 \times 0.62 + 2 \times 1.8)_0^{+0.09} \text{ mm}$$

$$= 38.85_{+0.09}^{+0.09} \text{ mm}$$

式中， δ_d 、 δ_p 按 IT9~IT10 级精度选取；取 $C = 1.2t$ 。

1.5.3 选用标准模架、确定闭合高度及总体尺寸

由凹模外形尺寸 $\phi 140 \text{ mm}$ ，选后侧滑动导柱导套模架，再按其标准选择具体结构尺寸如下表：

名称	尺寸	材料	热处理
上模板	140 mm × 140 mm × 40 mm	HT250	
下模板	140 mm × 140 mm × 50 mm	ZG230-450	
导柱	$\phi 25 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$	20	渗碳 58-62HRC
导套	$\phi 25 \text{ mm} \times 95 \text{ mm} \times 38 \text{ mm}$	20	渗碳 58-62HRC
压入式模柄	$\phi 40 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$	Q235	

模具闭合高度 最大 205 mm，最小 170 mm

模具的实际闭合高度，一般为：

$$H_{\text{模}} = \text{上模板厚度} + \text{垫板厚度} + \text{冲头长度} + \text{凹模厚度} + \text{凹模垫块厚度} + \text{下模板厚度} - \text{冲头进入凹模深度}$$

该副模具因上模部分未用垫板、下模部分未用凹模垫块（经计算，模板上所受到的压应力小

于模座材料所允许的压应力，故允许这种设计）；如果冲头（这里具体指凸凹模）的长度设计为 62 mm，凹模（落料凹模）厚度设计为 44 mm，则该模具的实际闭合高度为：

$$H_{\text{模}} = 40 \text{ mm} + 65 \text{ mm} + 48 \text{ mm} + 50 \text{ mm} - (1 + 13.8 - 1.5) \text{ mm} = 189.7 \text{ mm} \approx 190 \text{ mm}$$

查开式压力机技术参数表知，250 kN 压力

机最大闭合高度为：固定台和可倾式最大闭合高度为 250 mm（封闭高度调节量 70 mm）、活动台式最大为 360 mm、最小为 180 mm。故实际设计的模具闭合高度 $H_{\text{模}} = 190 \text{ mm}$ ，符合要求，即有：
 $250 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \geq 190 \text{ mm} \geq (250 - 70) \text{ mm} + 10 \text{ mm}$
 或 $360 \text{ mm} - 5 \text{ mm} \geq 190 \text{ mm} \geq 180 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$
 故闭合高度设计合理。

1.5.4 模具零件的结构设计（在主要工艺设计及模具总体设计之后进行）

(1) 落料凹模（图 20.9-13）

内、外形尺寸和厚度（已定）；
 需有三个以上螺纹孔，以便与下模板固定；
 要有两个与下模板同时加工的销钉孔；
 有一个挡料销用的销孔；
 标注尺寸精度、形位公差及粗糙度。

(2) 拉深凸模（图 20.9-13）

设计外形尺寸（工作尺寸已定）；
 一般有出气孔（工厂实际取 $\phi 4 \text{ mm}$ ）；
 需有三个以上的螺纹孔，以便与下模板固定
 （工厂实际用两个螺钉紧固，其设计不很合理）；

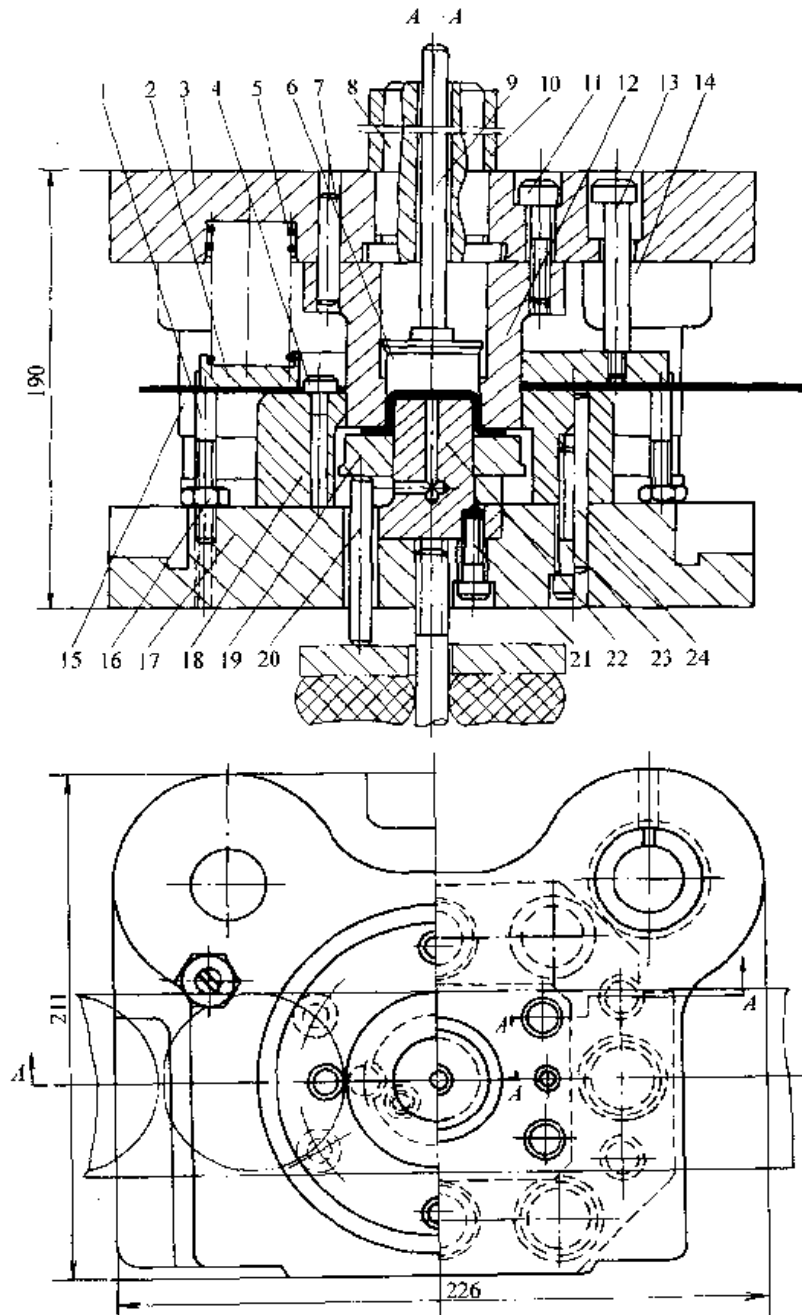


图 20.9-12 落料拉深复合模（图注见表 20.9-1）

标注尺寸精度，形位公差及粗糙度。

(3) 凸凹模 (图 20.9-13)

设计内、外形尺寸 (工作部分尺寸已定)；

需有三个以上螺纹孔，以便与上模板固

定；

要有两个与上模板同时配作的销钉孔；

标注尺寸精度、形位公差及粗糙度。

(4) 弹性卸料板 (图 20.9-13)

内形与凸凹模 (或凸模) 间隙配合，外形视弹簧或橡皮的数量、大小而定；

需有三个以上螺纹孔与卸料螺钉配合；

如不是橡皮而是用弹簧卸料时，需加工出坐稳弹簧的沉孔；

厚度一般 10 mm 上下；

如模具用挡料销挡料定位，应给挡料钉头部位置留空。

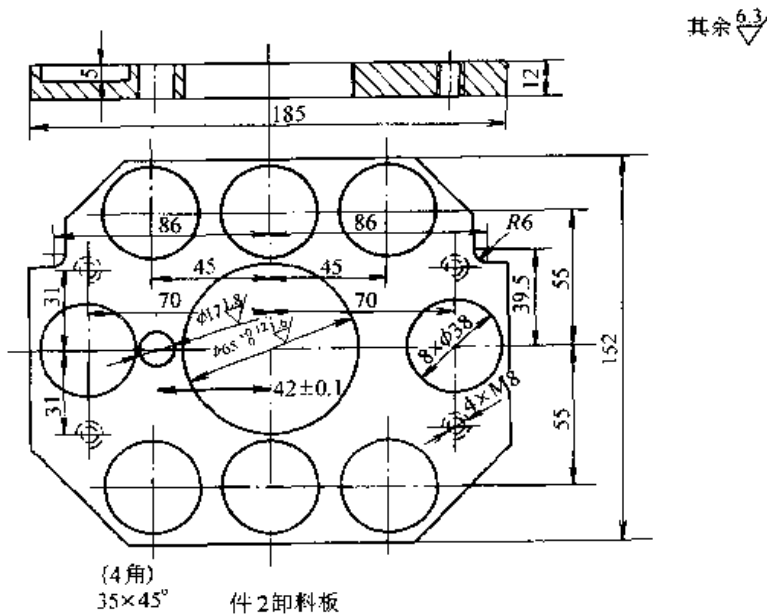
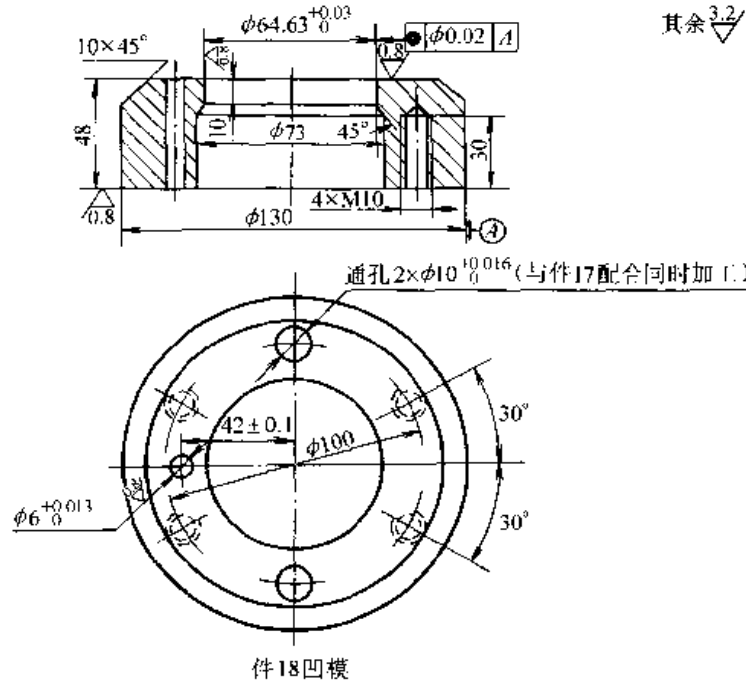


图 20.9-13 部分零件图

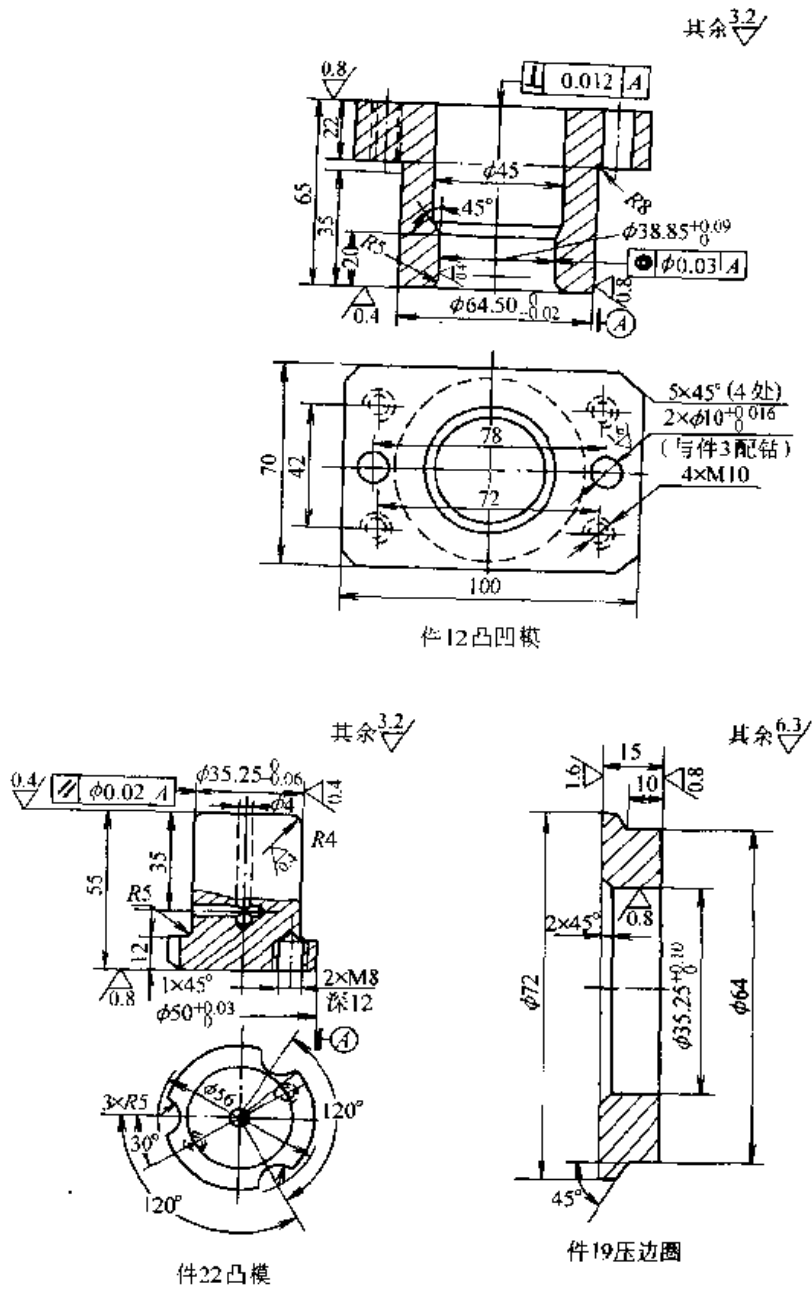


图 20.9-13 (续)

(5) 顶料板 (该模具兼作压边圈)(图 20.9-13)

内形与拉深冲头间隙配合, 外形受落料凹模内孔限制;

一般与顶料杆 (三根以上)、橡皮等构成弹性顶料系统;

顶料杆的长度 = 下模板厚 + 落料凹模厚 - 顶料板厚。

(6) 打料块 (图 20.9-12)

前部外形与拉深凹模间隙配合且后部必须更大;

一般与打料杆联合使用, 靠两者的自重把工件打出来;

打料杆的长度 = 模柄总高 + 凸凹模高 - 打块厚。

(7) 其他零件

查国标或根据具体结构进行设计,内容从略。

1.5.5 设计结果

由以上设计计算,并经绘图设计,该外壳零

件的落料拉深模装配图如图 20.9-12 所示,其部分零件图见图 20.9-13。

表 20.9-1 列出了该复合模的零件明细表。

表 20.9-1 落料拉深复合模零件表

序号	名称	数量	材料	规格/mm	标准	热处理
1	螺栓销	2	35	M10×70		30~35HRC
2	卸料板	1	Q275	185×152×12		
3	上模板	1	H1250	140×140×40		焖火
4	挡料销	1	T8	No2		50~54HRC
5	弹簧	8	65Mn	No42		
6	打料块	1	40	φ38.5×21		40~45HRC
7	柱销	2	40Cr (45)	φ10×50		
8	模柄	1	Q235	φ40×100		
9	打料杆	1	40	φ12×140		40~45HRC
10	模柄套	1	Q235	φ50×70		
11	螺钉	4	45	M10×40		
12	凸凹模	1	Cr12	70×100×65		60~62HRC
13	卸料板螺钉	4	40Cr (45)	M8×60		30~35HRC
14	导套	2	15	φ30×85×33		渗碳 58~62HRC
15	导柱	2	15	φ30×160		渗碳 58~62HRC
16	螺母	2	45	M10		
17	下模板	1	ZG230-450	140×140×50		焖火
18	凹模	1	T10A	φ140×48		60~62HRC
19	压边圈	1	45	φ72×15		56~58HRC
20	推销	3	T8A	φ8×70		45~50HRC
21	螺钉	2	45	M8		
22	凸模	1	T10A	φ50×55		60~62HRC
23	螺钉	4	45	M10×50		
24	柱销	2	40Cr (45)	φ10×70		

注:本冲模在 J23-800 型压力机工作时才用模柄套并加垫板 65 mm 两块。

2 级进模设计实例

零件名称:机芯自停连杆

生产批量:大批量

材 料:钢 10,厚 0.8 mm

2.1 零件的工艺性分析

该零件是录音机机芯中的零件,零件图及立体图如图 20.9-14、图 20.9-15 所示,有 *a*、*b*、*c* 三处弯曲,另外还有三个小凸包。零件形状较

为复杂,要求精度较高。主要工序有落料、冲孔、成形、弯曲。采用单工序模,工序很多。

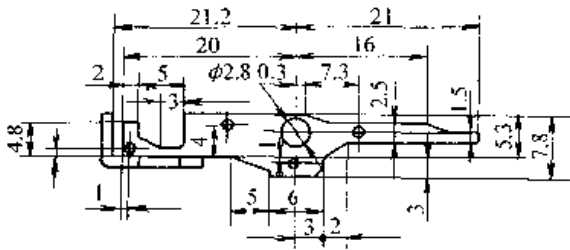


图 20.9-14 机芯自停连杆零件图

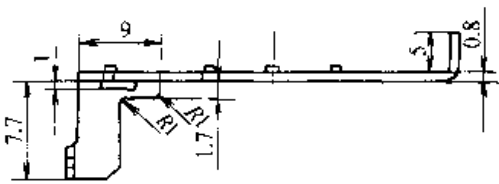


图 20.9-15 机芯自停连杆立体图

2.2 工艺方案与模具形式

该零件有以下基本工序:落料、冲 $\phi 2.8$ mm圆孔、冲窄长孔、冲T型孔、冲四个小凸包、冲导正销孔、三次弯曲等。

根据这些基本工序可拟出三种方案:方案一、采用单工序模;方案二、落料冲孔复合,其余单工序;方案三:采用多工位级进模制造。

比较三种方案,方案一和方案二由于工序较多,且需用手工操作,定位难以达到精度,质量难以保证。由于该零件属于定型产品中的零件,且大批量生产,采用多工位级进模制造能够达到精度要求、保证质量。故选用方案三。

2.3 工序及排样图设计

冲压材料使用钢带卷料,材料厚 0.8 mm。

采用自动送料器送料。

排样图如图 20.9-16 所示,共有六个工位。

第 1 工位:冲导正销孔;冲 $\phi 2.8$ mm圆孔;冲 K 区 $1\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 的窄长孔;冲 T 区的 T 形孔。

第 2 工位:冲工件右侧 M 区外形;连同下一工位的冲裁 E 区的外形。

第 3 工位:冲工件左侧 N 区外形。

第 4 工位:工件 A 部位向上 5 mm 弯曲;冲 4 个小凸包。

第 5 工位:工件 B 部位向下 4.8 mm 弯曲。

第 6 工位:工件 C 部位向下 7.7 mm 弯曲;F 区连体冲裁,废料从孔中漏出,工件脱离载体,从模具左侧滑出。

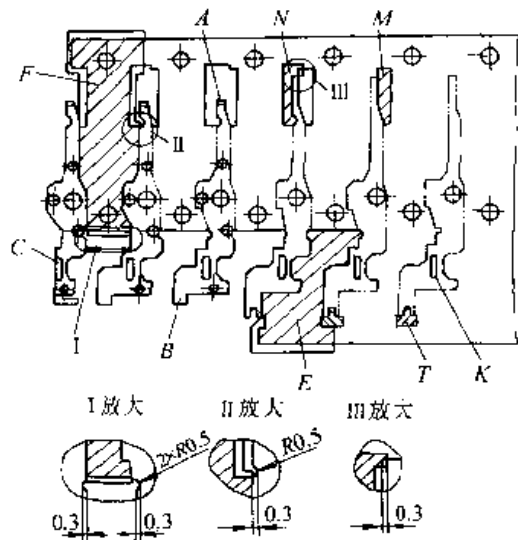


图 20.9-16 排样图

工件的外形分 5 次冲裁完成,如图 20.9-15 所示。把工件分为头、尾、中三部,尾部的冲裁是分左右两次进行的,如果一次冲出尾部外形,凹模中间部位将处于悬臂状态,容易损坏;头部的冲裁分两次完成,第一次是头部位的 T 形槽,第二次是 E 区的连体冲裁,如果和 E 区的冲裁合并,其凹模的强度不好;中部的冲裁兼有工件切断分离的作用。

2.4 压力、压力中心计算

2.4.1 冲裁力

模具共有 8 个冲裁区,冲裁力由下式计算。

$$F = 1.25 \pi t L$$

各冲裁区只是冲裁线的长度不同,材料剪切强度极限 $\tau = 400 \text{ MPa}$,板料厚度 $t = 0.8 \text{ mm}$,

用上式可分别计算出各冲裁区的冲裁线长度和冲裁力,见下表。

部 位	L/mm	F/N	部 位	L/mm	F/N
2个导正钉孔 $\phi 3.2 \text{ mm}$	20	8 000	连体外形 E 区	116	46 400
$\phi 2.8 \text{ mm}$ 孔	8.8	3 520	连体外形 F 区	119	47 600
K 区 $1 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 槽	12	4 800	T 区、T 形孔	12	4 800
M 区冲裁	26	10 400			
N 区冲裁	24	9 600	总 计		135 120

2.4.2 弯曲力

三个部位的弯曲均属于自由弯曲,弯曲力用下式计算。

$$F = \frac{0.6KBt^2\sigma_b}{r+t}$$

式中安全系数 $K = 1.3$,圆角半径 $r = 0.1 \text{ mm}$, $t = 0.8 \text{ mm}$,屈服极限 $\sigma_b = 240 \text{ MPa}$,式中板料宽度 B 不同, a 、 b 、 c 三个部位的宽度分别是 1.5 mm 、 3 mm 、 5 mm 。

由上式可以计算出 a 、 b 、 c 三个部位的弯曲力,分别为 225 N 、 400 N 、 665 N ,弯曲力总和为 $1 290 \text{ N}$ 。

2.4.3 冲凸包力

由下式计算:

$$F = Lt\sigma_s K$$

式中 L 是凸包的周长,系数 K 取 1.3 ,所计算出的 F 是沿周长将板料冲至屈服点所需的力。本模具的凸包很小,取 $\sigma_s = 240 \text{ MPa}$,由上式计算出单个凸包冲压力为 784 N ,总的冲压力为 $2 352 \text{ N}$ 。

2.4.4 总压力

$$\begin{aligned} F &= 135 120 \text{ N} + 1 290 \text{ N} + 2 352 \text{ N} \\ &= 138 762 \text{ N} \approx 140 \text{ kN} \end{aligned}$$

2.4.5 压力中心

用 18 篇第 4 章所述压力中心计算公式,可计算出压力中心位于冲导正销孔左边 43.76 mm 处。

2.5 结构设计

2.5.1 模具总体结构

模具装配图如图 20.9-17 所示。模具采用滑动对角导柱模架,上模部分由卸尺、凸模固定板、垫板和各个凸模组成。模具下模部分由凹模

和垫板及导尺、弹顶器等组成,凹模采用整体凹模结构。板料采用自动送料装置送进,用导正销进行精确定位,在第 1 工位冲出导正销孔后,第 2 至第 5 工位均设置导正销导正,从根本上保证了工件冲压加工精度的稳定性。

板料依靠在模具两端设置的局部导尺导向,中间部位采用导向槽浮顶器导向。由于工件有弯曲工序,每次冲压后板料需抬起,导向槽浮顶器具有导向和浮顶的双重作用。如图 20.9-18 俯视图所示,在上侧装有 5 个,在第 3 工位, E 区已被切除,边缘无板料,因此在下侧只能装 3 个导向槽浮顶器。在第 4、5 工位的下侧是具有弯曲工序的部位,为了使板料在冲压过程中能可靠地浮起,在图示部位设置了弹性浮顶器。为了防止浮顶器钩住带料上的孔而引起送料不畅,保证送料稳定,共设置了 3 个弹性浮顶器。

为了保护细小凸模,装有 4 个 $\phi 16 \text{ mm}$ 的小导柱,导柱由凸模固定板固定,与卸料板、凹模板成动配合,其双面配合间隙不大于 0.025 mm ,这样可以提高模具的精度与刚度。

2.5.2 主要零部件设计

(1) 导正销

导正销工作部位直径为 3 mm ,导正销制造偏差位 $\phi 3_{-0.006}^0 \text{ mm}$ (按 JB/T 7647.1—1994 制造)。导正销共有 8 个,直接装在卸料板上。制造卸料板时,导正销的位置偏差不应大于 0.005 mm 。

(2) 浮料装置

浮料装置由 8 个导向槽浮顶器和 3 个弹性浮顶器组成,其结构参看总装配图。浮顶器与凹模为间隙配合,浮顶的弹力大小由装在下模座内的螺塞调节。板料共有三个部位的弯曲, a 部位的弯曲是向上的弯曲,弯曲后并不影响板料在凹模

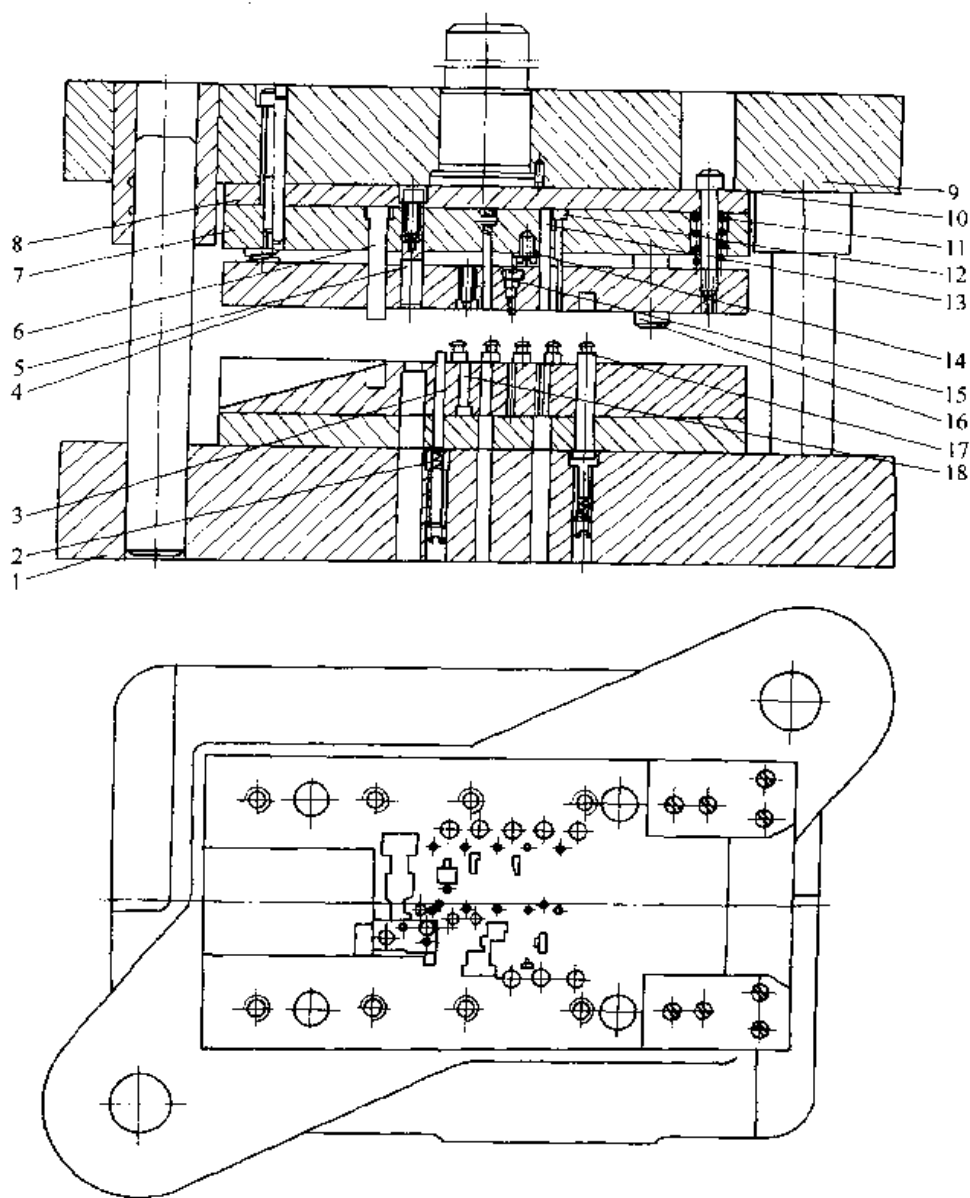


图 20.9-17 机芯自停连杆级进模

- 1—下模座 2、11—弹簧 3—浮顶器 4—卸料板 5—F区冲裁凸模 6—弯曲凸模 7—凸模固定板
8—垫板 9—上模座 10—卸料螺钉 12—冲孔凸模 13—T区冲裁凸模 14—固定凸模用压板
15—导正销 16—小导柱 17—导向槽浮顶器 18—打凸包凸模

上的运动,但是弯曲的凹模却高出凹模板 3 mm,如果板料并不处于浮起状态,将影响送进; *b* 部位的向下弯曲高度为 4.8 mm,弯曲后凹模开有槽作为它的送进通道,对板料浮起没有要求; *c* 部位弯曲后已脱离载体。根据以上分析,将浮起高度定为 3.5 mm。弹性浮顶器在自由状态下高出凹模板 3.5 mm,导向槽浮顶器在自由状态下,其槽的下平面高出凹模板 3.5 mm,两种浮顶器浮板的位置处于同一平面上。

(3) 冲裁凸、凹模

由排样图可看出,冲裁部位共有 6 个,其中属于外形冲裁的部位有 5 个。为避免冲切连体外形接刀处因步距误差而产生连丝和毛刺,故冲裁连体外形接刀设计如图 20.9-17 中的 I、II、III 所示。

凹模为整体结构,冲裁型孔均采用线切割机加工。除圆形凸模外,各异形凸模设计成直通式外形,主要采用线切割加工。

F区和E区的凸模体积较大,用螺钉固定在卸料板上。

N区和M区的凸模呈扁平状,在凸模上端钻孔,用销钉作挡销固定,如图20.9-18所示。

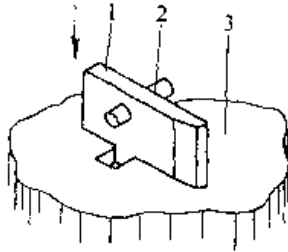


图20.9-18 用销钉固定凸模
1—凸模 2—销钉 3—凸模固定板

K区凸模冲1mm×5mm狭长孔。K区和T区的冲裁区都很小,其凸模就形成细小凸模,在工作中很容易折断,设计时要计算它的强度,并选择合适的安装方法。

细小凸模的损坏形式主要是受压失稳而折断。按安装形式,凸模分为带导向装置和无导向装置两种,如图20.9-19所示,显然图20.9-19a比20.9-19b更容易折断。

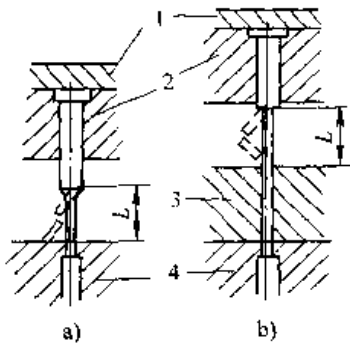


图20.9-19 细小凸模损坏形式
a) 无导向装置 b) 带导向装置

1—垫板 2—凸模固定板 3—卸料板 4—凹模

防止凸模失稳破坏,主要计算出图中所示失稳段长度L的值,利用如下公式进行计算。

$$L_{\max} \leq 1200 \sqrt{\frac{J}{F}}$$

式中 J——凸模最小横截面的惯性矩;
F——冲裁力。

如图20.9-20a所示, $b=5\text{mm}$, $H=1\text{mm}$, 则:

$$J_x = \frac{bH^3}{12} = \frac{5 \times 1^3}{12} \text{mm}^4 = 0.41 \text{mm}^4$$

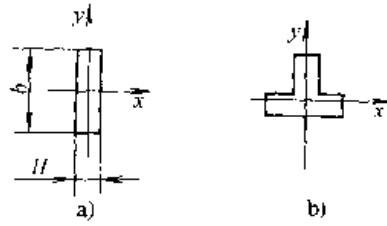


图20.9-20 计算截面惯性矩

又前面已经求出冲裁力 $F=4800\text{N}$, 所以可得:

$$L \leq 1200 \sqrt{\frac{0.41}{4800}} \text{mm} = 11.09 \text{mm}$$

则K区凸模允许自由长度为11.09mm。

T区凸模的截面是由两个矩形组成的组合截面,如图20.9-20b所示。按组合截面的方法计算惯性矩,可得对x轴的惯性矩为15.9mm⁴。用前式计算其允许的自由长度,即:

$$L \leq 1200 \sqrt{\frac{15.9}{4800}} = 69.06 \text{mm}$$

细小凸模的安装结构可有如图20.9-21所示几种方法。

图20.9-21a所示的结构,凸模需穿过橡胶板,凸模穿过橡胶板部分的长度属于自由长度。考虑到橡胶板弹性体的设计,其厚度不能太小。另外该结构稳定性较差,不适于K区的凸模。

图20.9-21b所示的结构,将卸料板的行程定为2.5mm,可以满足各工序的工作需要,可以采用。上护套与凸模固定板采用H7/m6配合,凸模与保护套采用H7/h6配合,保护套中的1mm×5mm矩形孔,可采用电火花加工,凸模容易制造,折断后更换较方便。

图20.9-21c所示的结构,可满足本模具的使用要求,但凸模制造复杂,不易更换,所以不宜采用。

1mm×5mm凹模孔用线切割加工,必须要打穿丝孔,直径小于1mm的穿丝孔很难加工,因而在窄孔的侧面,打φ3mm的穿丝孔,在线切割加工时,切割出4mm×8mm的矩形孔,然后再镶上钢块,钢块的一侧就是冲裁的刃口。T区的T形孔也采用这种方法加工。

T区的凸模允许自由长度为69.06mm,这一条件很容易满足,可采用图20.9-17所示的结构。

(4) 小凸包

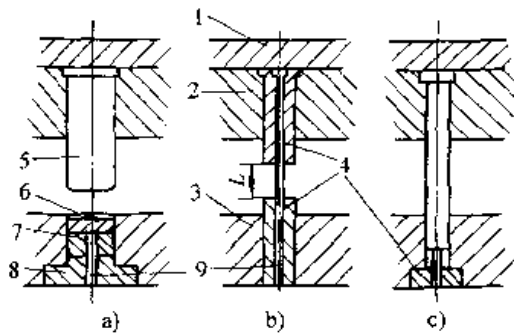


图 20.9-21 细小凸模安装方法

1—垫板 2—固定板 3—卸料板 4—凸模护套
5—击块 6—击板 7—橡胶 8—凸模护套 9—凸模

凸模装在下模板上，在卸料板上装有凹模镶块。凸包直径 1 mm，高 0.1 mm，凹模镶块工作孔直径为 1 mm，凸模直径为 0.8 mm，凸模的设计工作高度为 0.3 mm，待试模时再调整其高度。

(5) 弯曲凸模、凹模

a 部位向上弯曲，弯曲凹模采用 T 形槽，镶在凹模板上，顶件块与他相邻，弹簧将它向上顶起。冲压时，它与凸模形成夹持力，完成弯曲，顶件块具有向上卸料的作用。弯曲形式属于单边弯曲，克服回弹采用施加校正力的方法。b 部位的弯曲向下，高度为 4.8 mm。浮料钉只能将板料托起 3.5 mm，所以在凹模上沿其送进的路线还需加工出 2 mm 宽、3 mm 深的槽，供其送进时通过。c 部位的弯曲和 a、b 部位的弯曲设计

类同。

a、b、c 各个部位弯曲，对工件有较大的校正力，因而容易被击打而产生变形，因此各个部位均安装镶块。a 部位的顶件块起到镶块的作用。b、c 两部位相隔较近，使用同一镶块。由于其两个边不能与凹模板全部贴紧，故采用螺钉、销钉将其固定在凹模板上。工件最后一个工步从载体上脱离后处于自由状态，容易贴在凸模或凹模上，为此上模和凹模镶块上各装一个弹性顶料钉。凹模板侧面加工出斜面，使工件从侧面滑出，在适当部位安装气管喷嘴，利用压缩空气将成品吹出凹模。

2.6 冲压设备的选择

在实际生产中，为了防止设备的超载，可按 $F_{FE} \geq (1.6 \sim 1.8) F_{总}$ ，来估算压力机公称压力 $F_{压}$ 。且该零件尺寸较小，无需考虑台面尺寸，只需按照公称压力选择。考虑工厂实际情况，选用公称压力为 350 kN 的开式压力机。其主要技术参数为：

- 公称压力：350 kN
- 滑块行程：130 mm
- 最大闭合高度：280 mm
- 闭合高度调节量：60 mm
- 工作台尺寸：380 mm × 610 mm
- 模柄孔尺寸：φ50 mm × 70 mm

参考文献

- 1 王孝培主编. 冲压手册. 修订本. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 2 冲模设计手册编写组. 冲模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 3 机械工程手册电机工程手册编辑委员会编. 机械工程手册: 第 7 卷, 机械制造工艺及设备卷(一). 北京: 机械工业出版社, 1996
- 4 陈炎嗣, 郭景仪主编. 冲压模具设计与制造技术. 北京: 北京出版社, 1991
- 5 中国机械工程学会锻压学会编. 锻压手册: 第 2 卷. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 6 姜奎华主编. 冲压工艺与模具设计. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 7 卢险峰编著. 冲压工艺模具学. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 8 万战胜等编. 冲压模具设计. 北京: 中国铁道出版社, 1983
- 9 邱永成编. 多工位级进模设计. 北京: 国防工业出版社, 1987
- 10 王俊彪编. 多工位级进模设计. 西安: 西北工业大学出版社, 1999
- 11 许发越等编. 冲模设计应用实例. 北京: 机械工业出版社, 2000
- 12 严寿康等编. 冲压工艺及模具设计. 北京: 国防工业出版社, 1993
- 13 朱传祥等. 接插件端子多工位级进模设计. 模具工业, 1998 (2): 13~17
- 14 谢又炎. 定位支架多工位级进模设计. 模具

- 工业, 1998 (8): 5~8
- 15 梁军生. 汽车前灯座三角盘硬质合金多工位级进模设计. 模具工业, 2000 (10): 17~19
 - 16 殷秀芳. 定转子铁心自动叠装硬质合金级进模. 模具工业, 2000 (4): 11~13
 - 17 刘耀斌. 接线端子级进模设计与制造. 模具工业, 1998 (10): 12~14
 - 18 谢又炎. 定位簧片多工位级进模设计. 模具工业, 1999 (12): 10~13
 - 19 李光华. 多工位级进模设计高速冲压时存在的问题及其对策. 模具工业, 2000 (5): 20~22
 - 20 中国模具工业协会. 第八届国际模展模具水平评述. 模具工业, 2000 (4): 7~12
 - 21 肖祥芷等. 基于特征设计的级进模 CAD/CAM 系统. 模具工业, 1998 (4): 3~7
 - 22 李光华. 接插件类级进模设计. 模具工业, 1998 (5): 17~20
 - 23 王春生等. 微电机机壳精密多工位拉伸级进模. 模具工业, 1997 (10): 12~14
 - 24 刘庆才等. 撕拉盖多工位级进模设计. 模具工业, 2000 (4): 9~10
 - 25 谢又炎. 动位簧片多二位级进模设计. 模具工业, 1999 (7): 16~17
 - 26 陈美美. 电池盒扣板级进模设计. 模具工业, 1998 (8): 3~5
 - 27 陈美美. 机芯滑片板级进模设计. 模具工业, 1999 (2): 17~19
 - 28 张柏江. 冲孔弯曲切断级进模设计. 模具工业, 2001 (2): 10~11
 - 29 龙竹. 离合器分离杆摆动块级进模设计. 模具工业, 1999 (4): 11~13
 - 30 饶佳鸥. 蒸发器翅片级进模设计与制造. 模具工业, 2000 (9): 17~19
 - 31 涂光祺编著. 精冲技术. 北京: 机械工业出版社, 1990
 - 32 周开华编译. 精冲技术. 北京: 国防工业出版社, 1980
 - 33 精冲编写小组. 精冲. 北京: 国防工业出版社, 1982
 - 34 Feintool. 实用精冲手册. 北京: 国防工业出版社, 1986
 - 35 涂光祺等. 精冲液压模架在通用压机上实行精冲. 锻压技术, 1983, 3
 - 36 杨玉英主编. 大型薄板成形技术. 北京: 机械工业出版社, 1996
 - 37 国斌. 汽车车身制造工艺. 长春: 吉林人民出版社, 1984
 - 38 崔令江. 冲模调试技术. 中国重型汽车集团公司培训中心, 1991
 - 39 崔令江. 成形极限图在汽车覆盖件冲模调试中的应用. 黄河汽车, 1991 (2): 17
 - 40 常志华. 成形极限图的制作方法. 汽车工艺, 1987 (4): 43
 - 41 崔令江. FLD 和 SCV 在大型薄板冲压选材中的应用. 锻压技术, 1988 (2): 14
 - 42 第一汽车制造厂. 拉延模的调整. 冲模技术, 1976, 1
 - 43 朱瑞录编. 组合冲模与简易冲模. 上海: 上海科学技术出版社, 1983
 - 44 张廷汉编著. 新型冷冲压模具. 北京: 国防工业出版社, 1985
 - 45 陈毓勋, 赵振铎, 王同海编著. 特种冲压模具与成形技术. 北京: 现代出版社, 1989
 - 46 李天佑主编. 冲模图册. 北京: 机械工业出版社, 1988
 - 47 梁炳文主编. 实用板金冲压工艺图集. 北京: 机械工业出版社, 1994
 - 48 郑大中等编. 模具结构图册. 北京: 机械工业出版社, 1993
 - 49 王树勋, 高广升编. 冷冲压模具结构图册大全. 广州: 华南理工大学出版社, 1994
 - 50 郑智受. 锌基合金冲压模具. 北京: 中国农业机械出版社, 1985
 - 51 张鼎承等编. 冲模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1988
 - 52 潘阳准. 插头簧片精密多工位级进模设计. 模具工业, 2001 (5): 11~13
 - 53 张毅主编. 现代冲压技术. 北京: 国防工业出版社, 1994
 - 54 温彤. 管材的冲切加工. 金属成形工艺, 1998, No.1
 - 55 温彤等. 摩托车手把 CNC 弯管机弯曲模具设计. 模具工业, 1998, No.2
 - 56 温彤等. CB125T 手把管的弯管机弯曲模具

- 设计. 金属成形工艺, 1998, No.2
- 57 温彤等. 薄壁管端头弧口冲切凸模几何参数的分析. 重庆大学学报, 1999, No.2
- 58 中国机械工程学会锻压学会编. 锻压手册: 第二卷. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 59 陈毓勋. 特种冲压模具与成形技术. 北京: 现代出版社, 1985
- 60 崔朴林. 槽钢与钢管的剪切. 锻压机械, 1981, No.2
- 61 李会来. 方管弯曲模设计. 模具工业, 2002, No.4
- 62 机械工程手册编委会编. 机械工程手册: 第42篇. 北京: 机械工业出版社, 1979
- 63 王同海编著. 管材塑性加工技术. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 64 梁炳文主编. 实用板金冲压工艺图集: 第1, 2, 3集. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 65 张守愚. 精密弯管工艺. 模具工业, 1992, No.6
- 66 李寿萱. 钣金成形原理与工艺. 西安: 西北工业大学出版社, 1985
- 67 王宗琪. 矩形管无变形下料简易模具. 模具工业, 1995, No.3
- 68 张健文编著. 液压气动附件及管路系统工艺. 西安: 西北工业大学出版社, 1993
- 69 俞彦勤, 黄早文, 郭芷荣. 翻管变形模式的转化条件. 华中理工大学学报, 1993, 21(4): 118~123
- 70 黄早文, 胡国安, 郭芷荣, 涂方正. 翻管工艺的研究. 华中理工大学学报, 1993
- 71 黄早文, 俞彦勤, 李尚健. 圆角模翻管特征的研究. 锻压技术, 1995, No.2
- 72 黄早文, 俞彦勤. 槽形翻管模. 模具工业, 1994, No.9
- 73 俞彦勤, 黄早文. 翻管技术及其模具. 模具工业, 1999, No.4
- 74 俞彦勤, 黄早文, 魏磊, 郭学堂. 轻型汽车油箱端盖成形新工艺. 模具工业, 2002, No.3
- 75 Engel.H.E..Napfe und Rohre Stulpdrucken und Stulpziehtriehdrukken. Bänder Fleche Rohre, 1986, 9: 184~186
- 76 Kitazawa K., Kobayashi M., Yamashita S..Experiment on Maximum Bending Radius of Tube End Curling. Journal of the JSTP, 1988, Vol.29, No.330: 1043~1048
- 77 Al - Hassani S.T.S., Johnson W., Lowe W.T..Characteristics of Inversion Tubes under Axial Loading. Journal Mechanical Engineering Science, 1972, Vol.14, No.6
- 78 Tomcsani L.. Analysis of A Tension - outside - in Tube Inversion. Journal of Materials Processing Technology, 1997 (64): 379~386
- 79 一之濑和夫, 增田泰二. 円筒ダイによるアルミニウム円管の反転加工. Journal of the JSTP, 1985, Vol.26, No.288
- 80 北澤君義, 小林 勝, 山下修市. 円管端末カーリング変形の初等的エネルギー解析. Journal of the JSTP, 1988, Vol.29, No.331, 8
- 81 北澤君義, 小林 勝, 円管端末カーリング変形機構に関する実験討. Journal of the JSTP Vol.1987, 23 No.323, 12
- 82 ЧАУЗОВ А.С., ПЕРЕВОЗЧИКОВ С.Г., ЧАУЗОВ В.С.. УМЕНЬШЕНИЕ РАЗНОТ-ОЛЩИННОСТИ ВВТЯГИВАЕМЫХИЗД-ЕЛИЙ, КУЗнецю-Штамповочное ИРИЗВО-ДСТВО, 1968, No.11
- 83 Kitazawa K..Criteria for outward Curling of Tubes. Journal of Engineering for Industry, 1993, Vol.115, No.4

中国模具设计大典
CHINA DIE & MOULD DESIGN CANON

第

21

篇

冲压自动送料 与冲压安全技术

主 编 李 既 白

编 写 李 既 白

审 稿 肖 祥 芷



中国机械工程学会
中国模具设计大典编委会

第 1 章 典型冲压自动送料装置

在通用压力机上采用自动送料装置进行自动或半自动生产，一般可使生产效率提高 2~3 倍。在高效自动冲压设备上配以相应的自动检测装置及送出料装置等，其生产率可提高 4~5 倍，甚至更高。所以，冲压加工过程实行自动化是提高生产效率和保证安全生产的根本途径。

冲压机械化自动化的内容包括贮（供）料、送料、取料（件）、制件的传输及废料的处理等环节。各环节所用的装置分别介绍如下。

1 贮料装置

贮（供）料装置的作用主要是为送料装置做准备工作。根据冲压生产所使用原材料的类型，贮料装置主要包括卷料的贮料装置、板料和条料的贮料装置、二次加工小件的贮料装置、选择和定向排列装置以及分离装置等。

1.1 卷料的贮料装置

卷料是可用于多次冲压的成卷原料，根据被送的卷料宽度和重量的不同，卷料的贮料装置主要有以下几种常用的型式。

(1) 卷料架

卷料架是一种既能支承卷料，又能折卷的结构，是最简单的贮料装置，它往往用于比较轻的卷料（或带料）。卷料架的结构如图 21.1-1 所示。其垂直竖立的十字柄中心伸出一根水平支承杆，卷料被支承在水平支承杆上并可随十字柄一起转动，十字柄和卷料由支架支撑。

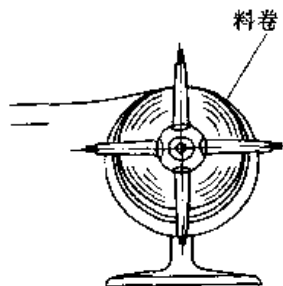


图 21.1-1 卷料架结构示意图
卷料架有不带动力和带动力的两种。不带动

力的卷料架如图 21.1-1，工作时是依靠送料装置（或校平装置）的辊轴或夹钳等对卷料的拉力来实现展卷。它带有一个杠杆制动器，当材料少时，制动器放松，使卷料能自由运转；当材料足够时，制动器收紧，使卷料停止运转。该卷料架的特点是构造简单，维修保养容易。

图 21.1-2 是一种带动力的卷料架。它带有一个展卷电动机，在电动机的驱动下，它可根据送料速度的要求，主动放料以减轻送料装置（或校平装置）的负担，且可防止送料时卷料的滑移。为了防止展卷速度过快造成材料下垂过量和展卷速度过慢加重送料装置的负担，一般采用一限位开关和杠杆，以保证展卷速度与送料进给速度的协调。其工作原理是：杠杆 2 一端压在材料上，如展卷速度过快，材料下垂到一定位置时，杠杆另一端接触限位开关 4，切断电路，电动机停止转动，当下垂的材料逐渐提升到一定位置，电路闭合，电动机重新转动，展卷重新开始。

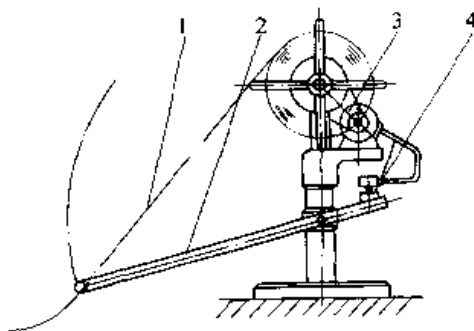


图 21.1-2 用电动机展卷的卷料架

1—材料 2—杠杆
3—电动机 4—限位开关

(2) 托架

托架是支承中等重量卷料的贮料装置。如图 21.1-3 所示，它是采用活动夹板的箱体结构。在箱体的侧面和底面适当地设置了一些滚轮，用这些滚轮来支承卷料的外圈。活动夹板可对称地同时向内或向外调整以适应不同的卷料宽度。托架还常与校平装置组合在一起。

托架的特点是卷料的装入比较简便，卷料的支承比较稳定，因此适用于进给速度大以及进料

力大的情况。但由于滚轮与卷料表面的摩擦，卷料表面容易被擦伤。

托架亦有带动力和不带动力两种。不带动力的托架展卷依靠校平装置的弹压辊与材料的摩擦而产生的摩擦力来完成，校平装置由电动机驱动。带动力的托架是依靠支承卷料的滚轮回转而实现展卷，滚轮由电动机驱动，并通过链条使几个滚轮同步。托架也可使用限位开关来控制电动机的起动与停止以协调展卷速度与进给速度。

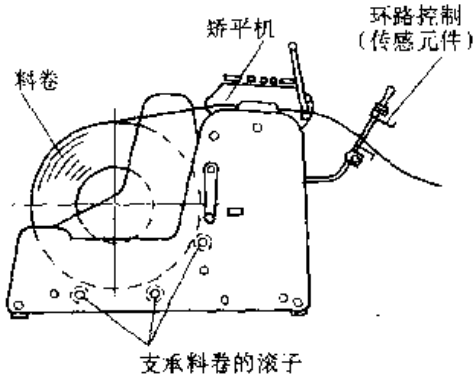


图 21.1-3 托架结构示意图

(3) 开卷机

开卷机是支承并且兼作展开大型卷料的装置，它分为心轴式和锥体式两种，如图 21.1-4 和图 21.1-5 所示。

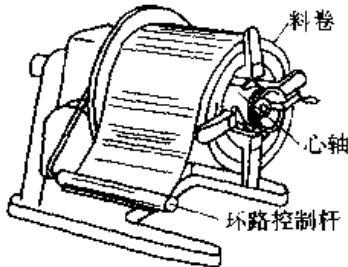


图 21.1-4 心轴式开卷机

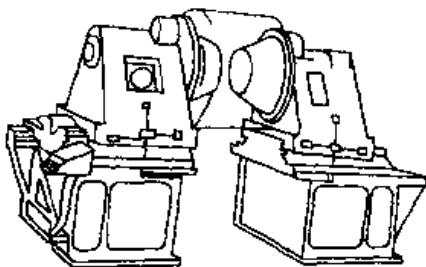


图 21.1-5 锥体式开卷机

心轴式开卷机采用心轴水平悬臂支承，卷料套于其上，展卷依靠电动机。为了保证展卷速度与送料速度的协调，应设置一检测控制装置来调

节展卷速度。在安放大型卷料时，可使用卷料车，这种卷料车上有一 V 形支承台，卷料以一稳定状态支承在台车上，卷料车的支承台可使用液压或其他方法上升或下降，并且平台上有一导轨，通过导轨可使大型卷料方便地装入心轴。

锥体式开卷机分为左右两半，其上面均带有可移动的锥体心轴。大型卷料安放后，由左右两锥体心轴导入卷料内孔，调整两锥体心轴的轴向距离，可将卷料固定。锥体式开卷机的特点是可适应多种不同内径的卷料，其开卷时的工作原理与心轴式开卷机相同。由于这类开卷机的机械部分较复杂，占地面积大，所以使用较少。

值得注意的是，上述卷料的贮料装置常常与送料装置配合使用。在贮料装置与送料装置之间要有一定的距离，如果距离太近，卷料速度的变化频繁而急剧，会使电动机的停止与起动频繁，易产生送料故障和影响送料进给精度。

为了控制展卷速度，还可以采用图 21.1-6 所示的装置。在贮料装置与送料装置之间设立缓冲坑，在坑的前后壁上装有几组光电管，根据卷料的下垂状态而自动调节展卷速度。

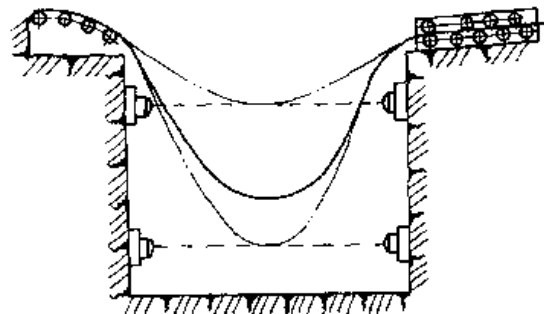


图 21.1-6 用光电控制的展卷速度调节

1.2 板料和条料的贮料装置

板料和条料的贮料装置通常由贮料、顶料、吸料、提料、移料和释料等机构组成。成叠的板料或条料堆放在顶料机构上面的贮料架内，供料时由吸料机构将材料逐一吸住，并由提料机构提升，然后由移料机构移送到所需位置后释放，使材料落在送料装置上，也可直接落在模具上。

(1) 板料贮料装置

在进行板料自动送料时，先将板料堆积在贮料装置的贮料架内，供料时，用数个真空吸盘将最上面的一张板料吸住并提升起来，由移料机构送到润滑涂层装置对板料表面进行清洁并上油润

滑, 然后再送到送料装置上, 由送料装置按一定的工作节拍向冲模送进。图 21.1-7 所示是板料贮料装置工作过程示意图。

为了使贮料架上被吸取的材料经常保持在一定的高度上, 所以随着料堆上层材料的提走, 剩下的材料需要及时地上升, 这一工作由顶料机构来完成。

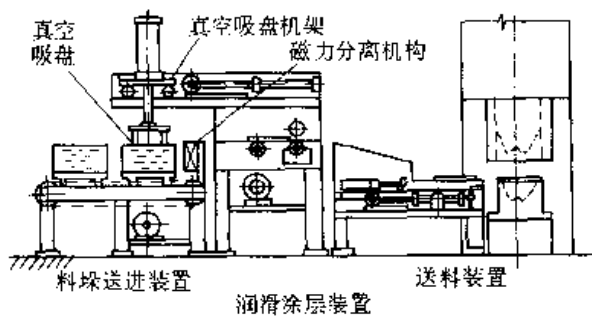


图 21.1-7 板料贮料装置示意图

可以用几个贮料架交替或循环使用以提高送料效率。图 21.1-7 中便是两个贮料架交替使用的一种形式, 贮料架可在导轨上左右移动。

在吸起板料前要先将板料进行电磁分离, 保证每次只吸起一块板料。电磁分离是将电磁铁靠

在板料一角的两侧(或一侧), 电磁力使板料间相互排斥, 产生间隙, 间隙使表面一块容易脱离其他板料而被吸起。吸起板料的同时, 真空吸盘受振动器驱动产生振动, 以振落粘连的板料。当板料被提升到最上面位置时, 板厚检测装置从侧面方向(与送料方向成 90°)移向板料, 对板料作厚度检测(见本篇第 2 章 2.1), 如所测厚度超过一块板厚, 则发送信号使进给装置自动停车。

(2) 条料贮料装置

条料贮料装置是向自动压力机(一般是小型压力机)自动供料的装置, 通常放在离压力机很近的地方。

条料贮料装置工作时是首先把条料送到贮料架内堆积起来, 供料时用真空吸盘把料堆最上面的一根条料吸住并提升起来, 然后真空吸盘朝压力机方向水平移动, 将条料送到送料装置(多用辊式送料或夹持送料)上, 再由送料装置向冲模送进。图 21.1-8 所示是条料贮料装置的应用实例。

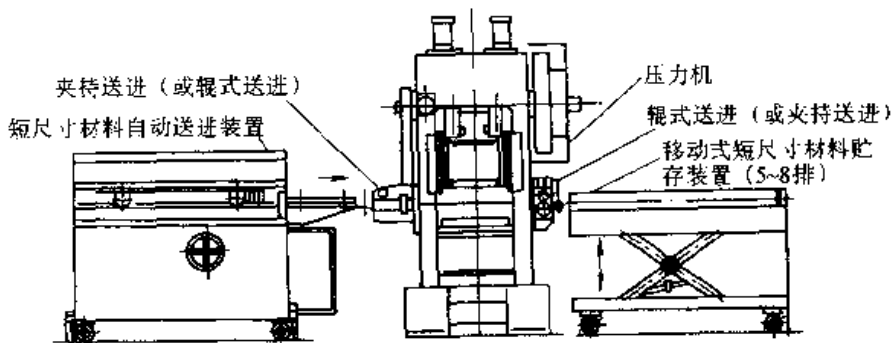


图 21.1-8 条料贮料装置使用实例

1.3 二次加工小件的贮料装置

二次加工是将前道工序生产出的半成品冲压件进行再加工。由于半成品冲压件的形状多种多样, 致使其二次加工时的贮料和送料装置形式繁多。但就其组成部分而言, 通常是由料斗、定向装置、分离装置、送料装置、料槽、取料和理件装置等组成。二次加工的供料和送料过程如图 21.1-9 所示。

料斗是二次加工小件的主要贮料装置, 它能储存一定数量的半成品冲压件, 并把它们逐一地输送给送料装置, 由送料装置送到加工部位进行

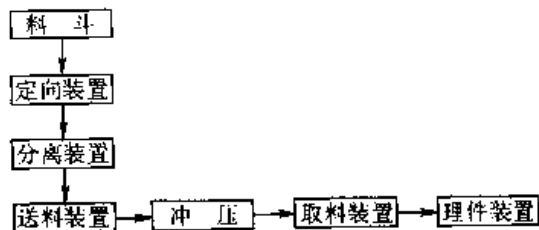


图 21.1-9 二次加工的供料和送料过程

冲压。它的安装位置根据送料装置所处的位置确定, 通常安装在送料装置的前上方。料斗的形状有多种, 如圆筒形、盒子形和圆盘形等。

根据定向性能, 料斗可分为定向料斗和非定向料斗两种。按结构原理特性, 又有顶出式、水

车式、转盘式和振动式等。

(1) 顶出式料斗

顶出式料斗在料斗内装有顶出机构。半成品零件装在料斗内，零件被顶出机构顶起，然后落到料槽中。按顶出机构的结构特点可分为顶杆式和顶板式。

1) 顶杆式料斗 顶杆式料斗具有定向性能，适用于杯形零件，其结构如图 21.1-10 所示。杯形零件装在料斗中，料斗中的顶杆 2 在拨杆 1 的作用下作上下往复运动。顶杆下行时，零件堆积在顶杆的上方，顶杆上升时，从零件中顶出，顶杆上的零件如果口朝上便被顶杆顶开，如果口朝下则套入顶杆的上端，随顶杆上升推入料槽中。零件进入料槽时，顶开料槽入口处的左右止回销，当顶杆向下退回时，止回销在弹簧作用下挡住该零件，使之不随顶杆一起退下，这样，半成品零件就由下至上被逐个推出。

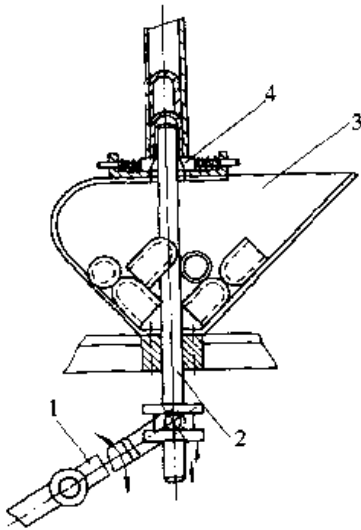


图 21.1-10 顶杆式料斗

1—拨杆 2—顶杆 3—料斗 4—止回销

2) 顶板式料斗 顶板式料斗如图 21.1-11 所示，它由料斗、顶板、料槽等组成。工作时，顶板在料斗中上下运动将半成品零件托起，被不断地送入出件槽中，然后沿出件槽倾斜的底面滚入料槽中。顶板式料斗具有定向性能，适用于小尺寸的圆块状零件。

(2) 水车式料斗

水车式料斗如图 21.1-12 所示，由于其输出和定向机构的形状象水车故而得名。水车式料斗有定向性能，适用于小的杯形零件。工作时，杯

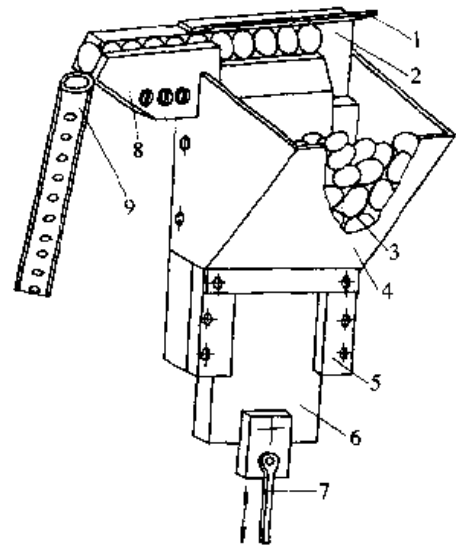


图 21.1-11 顶板式料斗

1—挡板 2—支承板 3—半成品零件
4—料斗 5—滑道盖板 6—顶板
7—连杆 8—出件槽 9—料槽

形零件放在料斗中，车轮状转盘 1 沿逆时针方向转动，其上的圆柱形轮齿 2 在通过料斗时，一方面拨动零件，使零件往车轮状转盘方向移动，另一方面使零件套在轮齿上被带出。套有零件的轮齿经过料槽底部的长孔时，零件被长孔的两侧边托住，轮齿则从零件中拨出。此后，具有正确方位的零件沿料槽滑走。

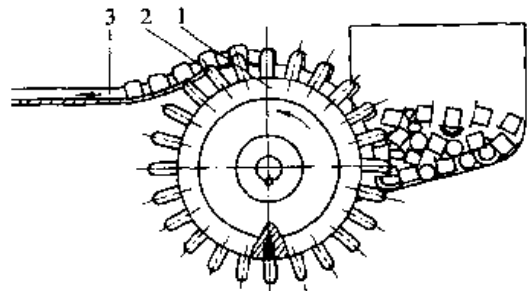


图 21.1-12 水车式料斗

1—车轮状转盘 2—轮齿 3—料槽

这种料斗经过变形亦可用于输送其他形状的制件，如图 21.1-13 是一种适合于门形冲压件的货车式料斗，它也是一种定向料斗。

(3) 转盘式料斗

图 21.1-14 所示是一种非定向的转盘式料斗，制件的定向在料槽中完成，它适用于小型的圆筒形拉深件。工作时，轴 4 带动锥形套筒 3 和弹簧 2、7 一起转动，搅动工件滚动，当底层的制件滚到出料口 8 时，就从出料口落到料

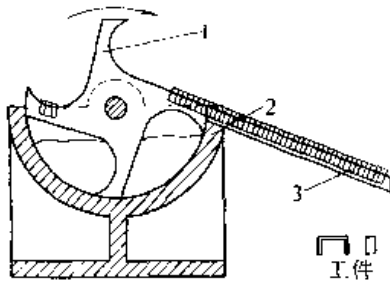


图 21.1-13 用于口形冲压件的水车式料斗
1—四齿转盘 2—料斗 3—料槽

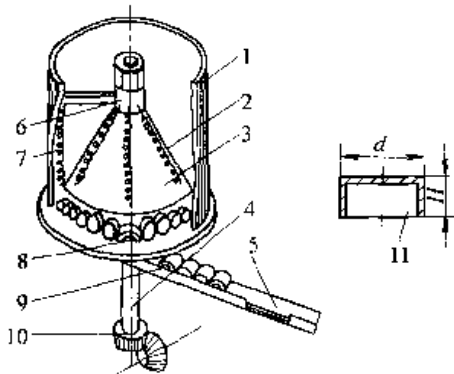


图 21.1-14 非定向转盘式料斗
1—料斗 2、7—弹簧 3—锥形套筒
4—轴 5—料槽 6—螺母 8—出料口
9—制件 10—锥齿轮 11—工件

槽中。

图 21.1-15 所示是一种定向转盘式料斗，它适用于小型的带凸缘的拉深件。制件杂乱地放在料斗 1 内，当锥齿轮 9 带动弹簧 3 和转盘 4 一起转动时，制件被搅动，并按照一定方向移动。当制件在出料口边缘经过时，凸缘向下的制件通过

出料口进入料槽 7，方位不正确的制件只能从出料口边缘滑过。

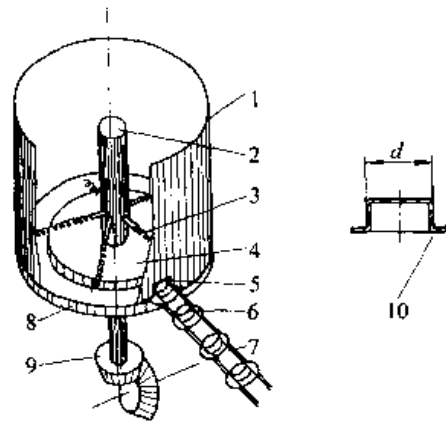


图 21.1-15 定向转盘式料斗
1—料斗 2—轴 3—弹簧 4—转盘
5—出料口 6—制件 7—料槽
8—料斗底盘 9—锥齿轮 10—工件

(4) 滚筒式料斗

图 21.1-16 所示为滚筒式料斗，它也是一种定向料斗，适用于口形制件。制件由装料口 4 进入滚筒 1。滚筒的内壁装有叶片。当滚筒转动时，叶片带着工件向上运动，运动到一定高度，叶片向下倾斜使制件向下滑落，落到接料杆 5 上的制件，如凹边朝上就被碰落到滚筒下部，凹边朝下的就可能落在接料杆上。接料杆倾斜一定角度使骑在接料杆上的制件沿接料杆滑出。

(5) 振动式料斗

振动式料斗如图 21.1-17 所示，该料斗利用

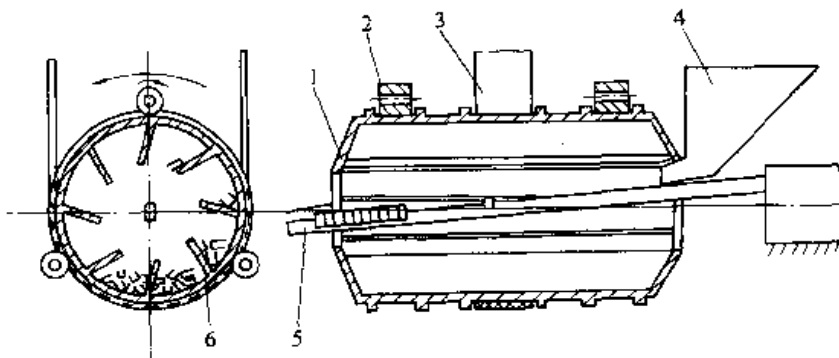


图 21.1-16 滚筒式料斗
1—滚筒 2—支承辊 3—驱动带 4—装料口
5—接料杆（滑道） 6—叶片

电磁铁引起机械振动来进行工作。220 V 的交流电经过降压和整流变为低压脉冲电流后输入电磁铁。在周期性交变磁场的作用下，衔铁 4 连同料斗 1 和制件一起作上下振动。因为料斗是用三片倾斜的弹簧片支承的，所以同时在圆周方向亦引起振动。二者的合成振动为螺旋形，其振幅约为十分之几毫米。振动的次数由脉冲电流的频率决定。随料斗的振动，制件沿螺旋滑道运动逐渐上升，经出口而进入料槽。

振动式料斗的特点是利用了振动和摩擦，使制件沿着螺旋滑道上升，撞击小，不易损伤制件表面。该料斗适用于小型冲压件。

表 21.1.1~表 21.1.4 是几种振动式料斗的技术参数。

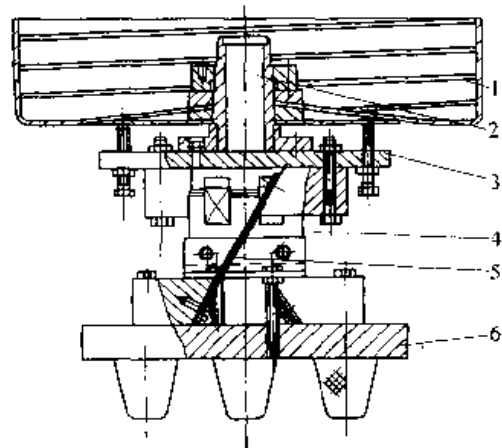


图 21.1.17 振动式料斗

- 1—料斗 2—中心轴 3—托板
4—电磁铁 5—弹性支架 6—底座

表 21.1.1 振动式料斗的技术参数

制件最大长度/mm	10	15	20	30	20	30	45
制件最大容量/kg	1	4	6	12	6	12	20
电磁铁数量/个	1			3			
电 压/V	220						
电 流/A	0.068	0.114	0.181	0.272	0.272	0.364	0.60
功 率/W	15	25	40	60	60	85	150
制件最大移动速度/(m/min)	2~4	2~4	2~4	3~4	3~6	3~6	3~6
振动料斗重量/kg	2.9	7.3	10.2	38	17.5	63	142

表 21.1.2 振动式料斗的技术参数

制件最大长度/mm	4	10	16	20	25	30	40	60	70
制件最大容量/kg	0.05	0.3	0.7	2.0	5.0	10	15	30	60
料斗直径/mm	60	100	160	200	250	315	400	500	630
总体高度/mm	110	190	205	320	330	410	440	640	665
电 压/V	220								
电 流/A	0.087	0.22	0.22	0.44	0.44	1.09	1.09	2.73	2.73
功 率/W	20	50	50	100	160	250	250	600	600
制件最大移动速度/(m/min)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10
总 重/kg	1.1	3.8	3.8	20.5	20.5	71.5	71.5	122	122

表 21.1.3 振动式料斗的技术参数

料斗直径/mm	330	397	542	640	846
总体高度/mm	359	384	414	454	514
电 压/V	200	200	200	200	200

续表 21.1-3

电 流/A	1.8	1.8	3.7	3.7	5.4
功 率/W	360	360	640	640	1 080
制件最大速度/(m/min)	14	—	10	—	—

表 21.1-4 振动式料斗的技术参数

料斗尺寸/mm	长 250	长 500	φ200	φ250	φ350	φ450	φ600
电 压/V	200	200	200	200	200	200	200
电 流/A	0.1	0.2	0.15	0.2	0.4	0.8	2.0
总 重/kg	2.2	10.0	7.8	16	30	56	85

1.4 定向装置

在料斗和送料装置之间设有料槽。制件从料

挡销上，制件在重力的作用下翻滚下来，也是底朝下落入下段料槽中。

图 21.1-19b 所示的定向装置，是通过钩子

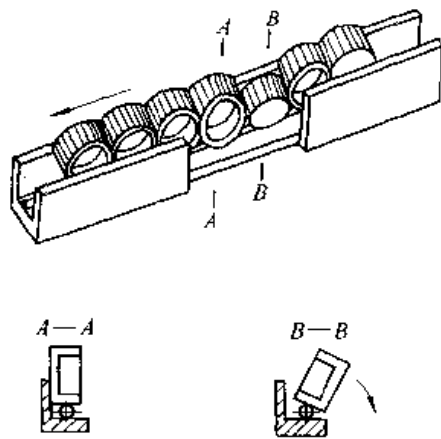


图 21.1-20 滑杆式定向装置

A-A—所需的方位 B-B—不正确的方位

(4) 推杆式定向装置

推杆式定向装置如图 21.1-21 所示，它是利用在水平方向往复运动的推杆来实现制件的定向，它适用于圆筒形零件。制件从上段料槽依次落下到推杆处，最下面的制件如果底部朝右，推杆向左运动时推制件的底部，使制件口朝下落入下段料槽（图 21.1-21a）。最下面的制件如果口部朝右，则推杆向左运动时插入制件并将它一直推到最左端位置。推杆退回时，带爪弹簧板挡住制件，使推杆拔出，制件则因自重而口朝下落入下段料槽（图 21.1-21b）。

(5) 振动式料斗的定向装置

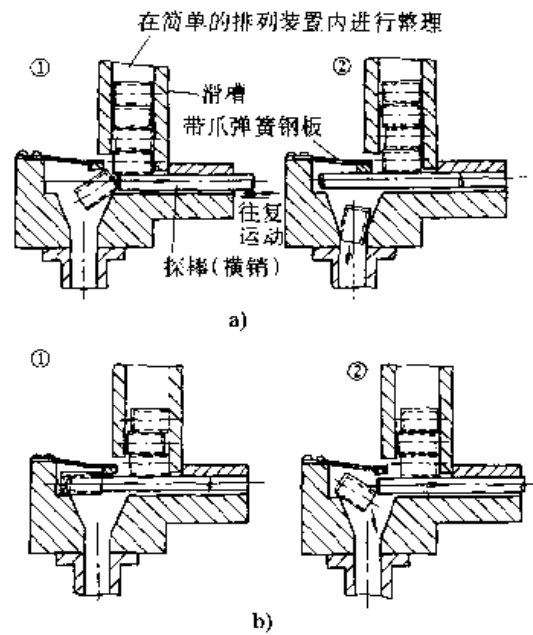


图 21.1-21 推杆式定向装置

a) 推制件的底部 b) 推制件的口部

振动式料斗中制件的定向原理是利用振动和摩擦，使制件沿螺旋滑槽上升，在其上升的途中通过定向装置时具有不正确方位的制件就过不去，掉入料斗中重新上升，而方位正确的制件在通过定向装置后便一直沿螺旋滑槽上升，最后进入料槽。图 21.1-22 是振动式料斗中常采用的定向装置。

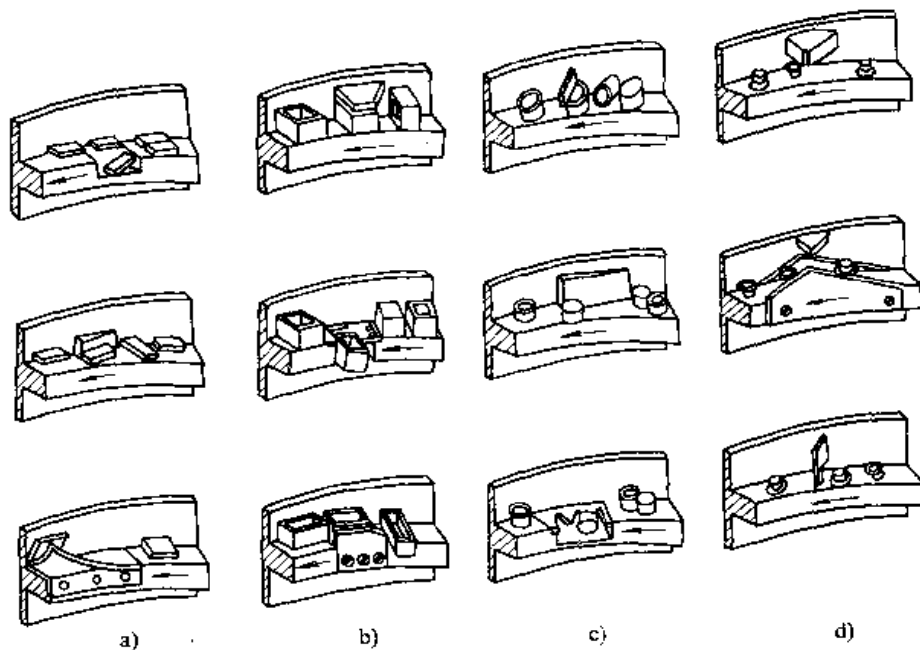


图 21.1-22 振动式料斗的定向装置

a) 块状件的定向装置 b) 盒形件的定向装置
c) 杯形件的定向装置 d) 带凸缘拉深件的定向装置

1.5 分离装置

半成品零件在料斗或定向装置中定向后连续不断地被推出，经料槽输送到送料装置，而送料装置却是按照压力机的工作节拍间歇性地送进。为了使供料与送进同步，即保证压力机每冲压一次后，料槽只输送一个制件给送料装置，因此需要设置一个分离装置（亦称分配装置）将连续供给的制件分开，间歇地输送给送料装置。常用的分离装置有以下几种。

(1) 卡钳式分离装置

卡钳式分离装置如图 21.1-23 所示。工作时，连杆 1 带动卡钳 2 绕 O 点摆动。卡钳向左摆时，沿料槽滑下一个制件，卡钳向右摆时，料槽上部的制件滑到钳口右边被挡住，等待下一次分离。

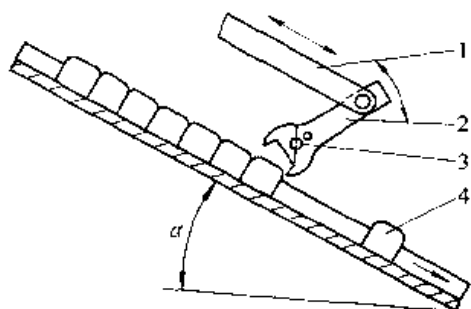


图 21.1-23 卡钳式分离装置

1—连杆 2—卡钳 3—轴 4—制件

(2) 闸门式分离装置

闸门式分离装置如图 21.1-24 所示。在倾斜的料槽中设置一个摆动的闸门，连杆带动闸门摆动时，闸门插入两个紧挨着的制件之间，将制件分离，同时给正被送进的制件一个加速度。

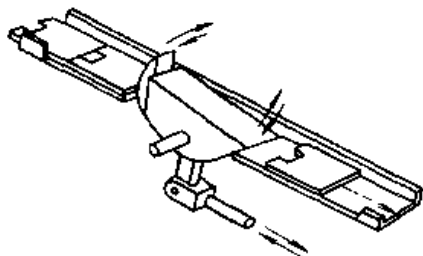


图 21.1-24 闸门式分离装置

(3) 弹簧钳口式分离装置

弹簧钳口式分离装置如图 21.1-25 所示。在倾斜的料槽出口处设置一个弹簧钳口，挡住制件使之不能滑出料槽。在送料装置或输送装置上设置一些卡钩，钩住制件的内孔或边缘，强制性地

使制件从弹簧钳口脱落下来。

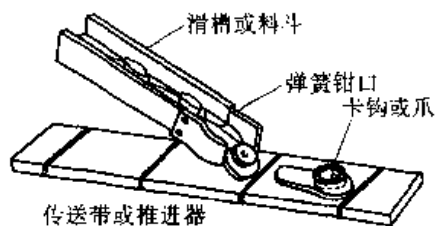


图 21.1-25 弹簧钳口式分离装置

(4) 拨叉式分离装置

拨叉式分离装置如图 21.1-26 所示。拨叉由托杆 3 和摆杆 4 组成。工作时，轴 5 带动摆杆 4 摆动，在摆杆的上下端装有托杆 3，托杆在摆杆的推动下沿着料槽上的导向孔作往复运动。当摆杆沿顺时针方向摆动时，下托杆插入料槽，上托杆从料槽中退出，料槽上部的制件便同时下降一个制件的距离，被下托杆托住。当摆杆沿逆时针方向摆动时，上托杆插入料槽，下托杆从料槽中退出，于是便落下一个制件。

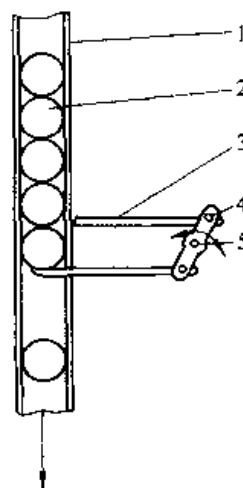


图 21.1-26 拨叉式分离装置

1—料槽 2—制件 3—托杆
4—摆杆 5—轴

(5) 挡板式分离装置

挡板式分离装置如图 21.1-27 所示，它由连杆、摆杆、轴和扇形挡板等零件组成。连杆 4 带动摆杆 3 向上摆动时，挡板 6 离开制件向后摆出，而挡板 8 则摆进料槽的上方挡住制件，原在两挡板之间的那一个制件便沿料槽滑下。当挡板 6 摆回料槽时，挡板 8 也摆出料槽，于是料槽上端的制件便可前进一个制件的距离直到被挡板 6 挡住为止。挡板每往复摆动一次可送出一个制件。

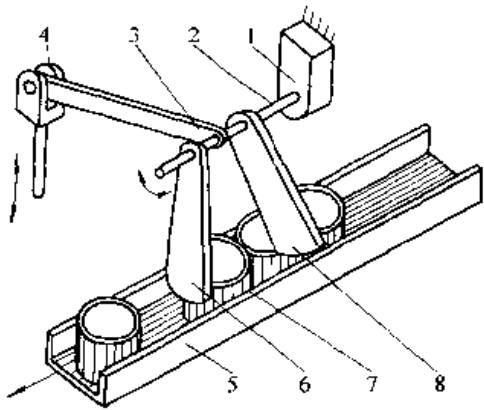


图 21.1-27 挡板式分离装置

1—轴承 2—轴 3—摆杆 4—连杆
5—料槽 6、8—挡板 7—制件

(6) 柱塞式分离装置

柱塞式分离装置如图 21.1-28 所示，它是用往复运动的柱塞把堆积在料斗或料槽内已定向的制件从料斗或料槽下方推出进行分离。如果把柱塞的往复行程延伸到冲模上，则该装置不仅起分离作用，而且也可作为二次加工的送料装置使用。

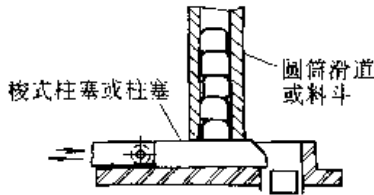


图 21.1-28 柱塞式分离装置

(7) 轮式分离装置

轮式分离装置如图 21.1-29 所示。装在料槽中的转轮 3 作间歇转动，压力机每完成一次冲程，转轮转过一个齿，分离出一个制件。

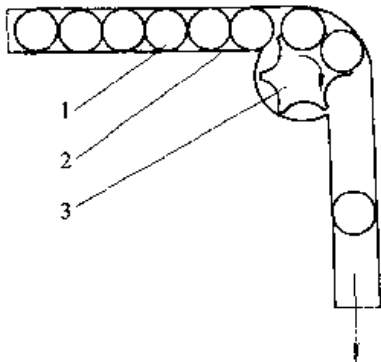


图 21.1-29 轮式分离装置

1—制件 2—料槽 3—转轮

图 21.1-30 和图 21.1-31 所示的分离装置是轮式分离装置的变形，它们是采用一些凹槽或孔

洞来代替轮齿分离制件，其工作原理与轮式分离装置相同。

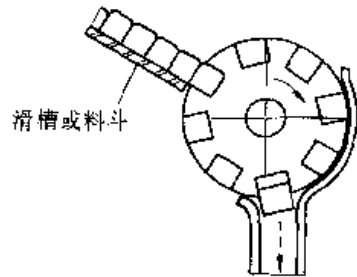


图 21.1-30 鼓轮分离装置

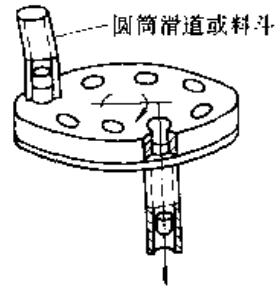


图 21.1-31 转盘分离装置

(8) 分流式分离装置

分流式分离装置如图 21.1-32 所示。当一个料斗同时向两台压力机送料时，使用分流式分离装置可以等量均匀地送料。工作时，分离装置依靠摆片的左右摆动，可以均匀地将制件分配到料槽的两个通道。

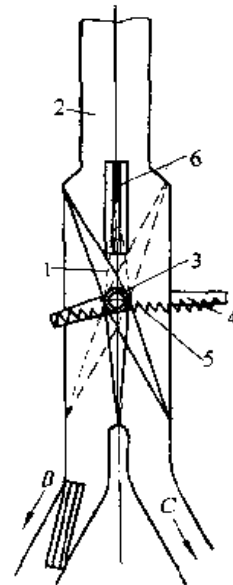


图 21.1-32 分流式分离装置

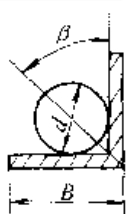
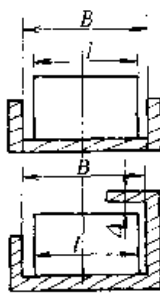
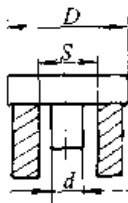
1—摆片 2—料槽 3—小轴
4—销 5—弹簧 6—制件

1.6 料槽

圆形、V形、U形和开缝形等，其尺寸见表 21.1-5。

料槽是制件运动的通道。料槽的断面形状有

表 21.1-5 料槽的截面尺寸

料槽形式	截面形状	尺寸计算
V形		$\beta = 45^\circ$ $B = (0.7 \sim 0.8)d$
U形		$B = l + 2\Delta$ Δ ——间隙值 取 $\Delta = (1 \sim 2)$ mm l ——毛坯长度(包括公差,即按最大极限尺寸)
开缝形		$1.1d < S < 0.8D$

2 送料装置

送料装置是冲压自动化的主要组成部分。根据所送坯料的不同，送料装置可分为条料、卷料和板料送料装置和半成品送料装置两大类。

2.1 条料、卷料和板料送料装置

按与坯料直接接触部分的结构特点，可将送料装置分为钩式送料装置、辊式送料装置、夹持式送料装置和排样式送料装置等。

2.1.1 钩式送料装置

钩式送料装置是条料、卷料送料装置中结构最简单的一种。它主要由送料钩、止回销和驱动机构组成。钩式送料装置的工作原理是：压力机滑块或上模带动送料钩作往复运动，送料钩在进给过程中钩住条料（卷料）搭边沿送料方向送进。回程时止回销可阻止送料钩背面将条料（卷料）退回。图 21.1-33 是钩式送料装置的原理结

构图。

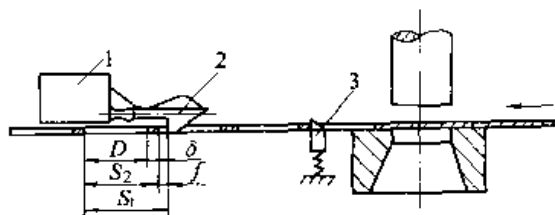


图 21.1-33 钩式送料装置原理结构图
1—驱动机构 2—送料钩 3—止回销

为保证送料钩顺利地落入下一个料孔内，送料钩行程 S_1 应满足条件：

$$S_1 = S_2 + f$$

式中 S_2 ——送料进距(mm)；

f ——空行程(mm), $f = (0.2 \sim 0.8)S_2$,
一般 f 取 1~3 mm。

钩式送料装置的基本类型有斜楔传动式和连杆传动式两种。

斜楔传动式钩式送料装置如图 21.1-34 所示。斜楔固定在上模座 1 上，其下端的斜面推动滑块 3 在 T 形导轨板 10 内滑动，滑块的右端用圆柱销 12 联接送料钩 6，它在片簧 11 的压力下始终与坯料接触。滑块 3 的下面通过螺钉 4 装有复位弹簧 5。当上模带动斜楔向下移动时，斜楔 2 推动滑块 3 向左移动，坯料在送料钩 6 的带动

下向左送进。当斜楔的斜面完全进入送料滑块时，坯料送进完毕，随后模具进行冲压。上模回程时，送料滑块及送料钩在复位弹簧 5 的作用下向右复位，送料钩滑入坯料的下一个孔。坯料被压料片簧 8 压紧而不能退回。在 T 形导轨上还可安装定位销以保证滑块复位时正确定位，提高送料精度。

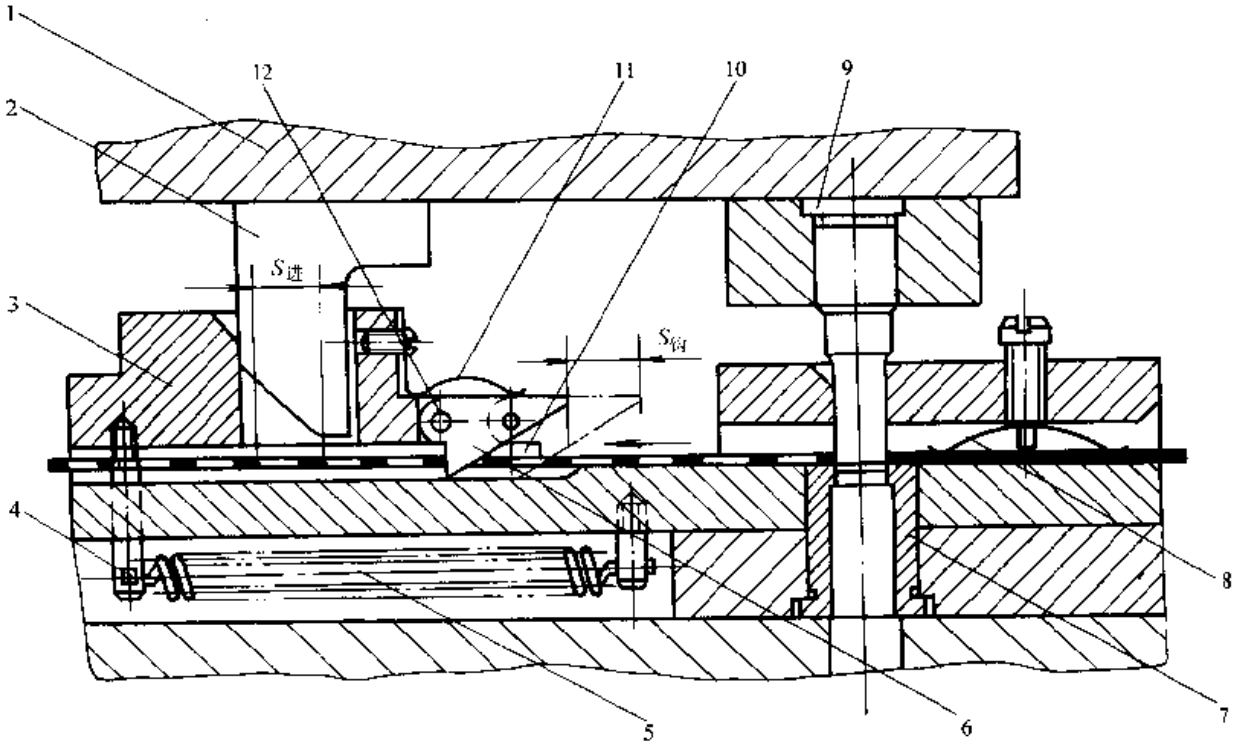


图 21.1-34 斜楔传动钩式送料装置

- 1—上模座 2—斜楔 3—滑块 4—螺钉 5—复位弹簧 6—送料钩
7—凹模 8—压料片簧 9—凸模 10—T形导轨 11—片簧 12—圆柱销

连杆传动式钩式送料装置如图 21.1-35 所示。当拉杆 3 随滑块上升时，带动摆杆 2 沿逆时针方向摆动，送料钩 1 将坯料送进一个送料进距。当拉杆向下运动时，送料钩沿相反方向移动，并可以跳过废料搭边而进入下一个孔。弹簧 5 的作用是将坯料压紧在料槽之上。模具内设有止回销 8，可阻止坯料向模具方向倒退。螺钉 4 的作用是调节钩子的倾斜度。

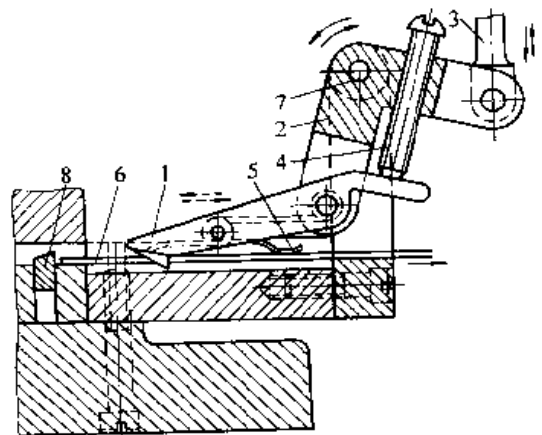


图 21.1-35 连杆传动式钩式送料装置
1—送料钩 2—摆杆 3—拉杆 4—螺钉
5—弹簧 6—坯料 7—轴 8—止回销

钩式送料是用钩子拉着坯料的搭边进行送料，因此只适用于料厚在 0.5~5 mm 之间，宽度在 150 mm 以下，搭边宽度大于 1.5 mm 的条料或卷料，送料进距一般不超过 75 mm。开始几件需用手工送进，至料钩可以进入搭边空挡时才能开始自动送料。

表 21.1-6 钩式送料的送料精度 (mm)

送料进距	≤10	>10~20	>20~30	>30~50	>50~75
送料精度	±0.15	±0.2	±0.25	±0.3	±0.5

钩式送料常因搭边受拉力而变形,影响送料精度,其送料精度如表 21.1-6 所示。

钩式送料装置的工作周期如图 21.1-36 所示。冲压角和脱模角一般各为 30°左右。

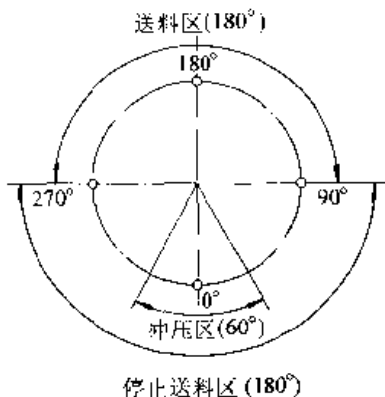


图 21.1-36 钩式送料装置的工作周期图

2.1.2 辊式送料装置

辊式送料装置是各种送料装置中使用最广泛的一种,其特点是结构简单,通用性好,便于调整,容易制造。该装置通过周期转动的一对或两对辊子与坯料产生摩擦力,用以克服送料阻力,实现坯料的周期性自动送进。

(1) 辊式送料装置的类型

按辊子的安装形式,辊式送料装置有立辊和卧辊之分。

立辊式送料装置如图 21.1-37 所示,坯料通过辊轮 4、9 送进。安装在曲轴端部的可调偏心轮 1,通过拉杆 2 带动摇杆 3 作来回摆动,形成一个曲柄摇杆机构。摇杆的下端与齿条 6 铰接并带动齿轮 5,齿轮中装有超越离合器 7,辊轮 4 通过超越离合器和齿轮相连。由于超越离合器的性能,使辊轮只能单向旋转并带动条料前进,实现自动送料。

立辊式送料装置高度尺寸小,送料时辊轮夹持坯料侧面,不会损伤坯料表面,一般用于厚料的冲压自动化生产。

卧辊式送料装置分单边辊式和双边辊式两种。单边卧辊式一般是推式,双边卧辊式则是一推一拉式的。

单边推式卧辊送料装置如图 21.1-38 所示,

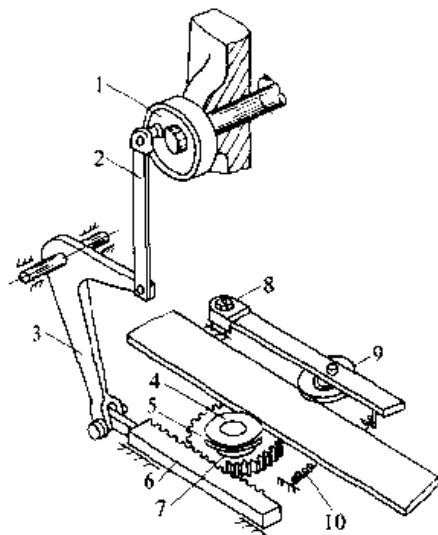


图 21.1-37 立辊式送料装置示意图

- 1—偏心轮 2—拉杆 3—摇杆 4、9—辊轮
5—齿轮 6—齿条 7—超越离合器
8—支点 10—弹簧

安装在曲轴端部的可调偏心轮 1 通过拉杆 3 带动棘爪作来回摆动,间歇推动棘轮 4 旋转。由于辊轴与棘轮装在同一轴上,故产生间歇送料。冲压后的废料由卷筒 7 卷起。该装置的辊子安装在模具之前,坯料受辊子推动而被送入模具,若坯料刚度较小则易发生弯曲现象。因此,单边推式卧辊送料装置主要用于料较厚 (≥ 0.5 mm)、辊子和模具之间距离较小 ($\leq 500 \sim 700$ mm) 的场合。否则应在辊子和模具之间设置良好的导向装置。

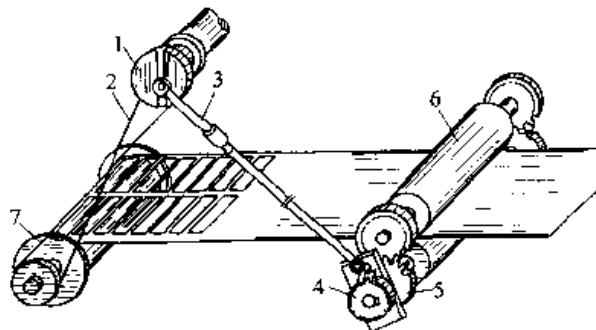


图 21.1-38 单边推式卧辊送料装置

- 1—偏心轮 2—带传动 3—拉杆 4—棘轮
5—齿轮 6—辊轴 7—卷筒

单边拉式卧辊送料装置如图 21.1-39 所示，工作时，辊子夹住废料而使坯料送入模具中。为使送料可靠，要求坯料上的搭边尺寸较大，因而增加了材料消耗。

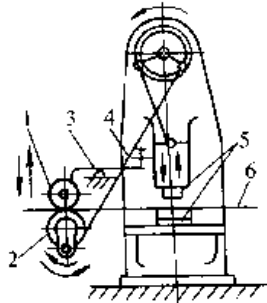


图 21.1-39 单边拉式卧辊送料装置
1、2—送料辊 3—支点 4—挡块
5—模具 6—板料

双边卧辊式送料装置如图 21.1-40 所示，由轴端部的可调偏心轮 1 通过拉杆 2 带动超越离合器 3 的外壳作正反转。超越离合器的内圈和齿轮 4 用键相连，使辊轴产生间歇送料运动。超越离合器 8 同样使辊轴 11 向左间歇送料。左右两对辊轴由推杆 7 实现联合。

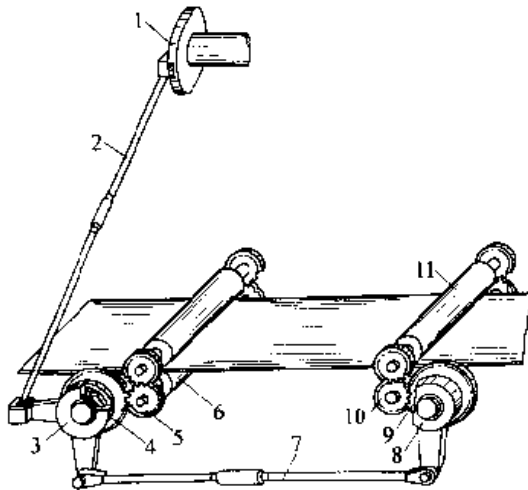


图 21.1-40 双边卧辊式送料装置
1—偏心轮 2—拉杆 3、8—超越离合器
4、5、9、10—齿轮 6、11—辊轴 7—推杆

双边辊式送料比立辊和单边卧辊送料通用性大，可用于更薄的条料，且具有较高的材料利用率。适当增大出料辊直径，使其线速度高出进料辊 2%~3%，可使两对辊轴之间的条料具有一定的张力，避免条料挠曲，提高冲压精度。

(2) 工作原理与结构

图 21.1-41 所示是压力机滑块传动的辊式送料装置。坯料通过辊子 1、4 送进。为了传送不同厚度的坯料，下辊轴 4 的位置可以在垂直方向作小量调节。辊轴的一端设有相互啮合的齿轮，上辊轴旋转时同时带动下辊轴反方向转动。压力机滑块上装有悬臂 20，滚子 21 可在悬臂的槽内任意位置固定。滑块上升时，滚子带动固定在超越离合器外壳 6 上的摇臂 8 使之同时旋转。这样，滑块的直线运动就转变为辊轴的旋转运动，完成自动送料。滑块下行时，辊轴不转，坯料保持静止。变更滚子 21 在悬臂槽内的位置，即可改变摇臂 8 的转动角度，从而调节送料进距。

对于带有导正销的级进模，坯料在被导正销作精密定位前应能自由活动。在图 21.1-41 中，该要求是通过杠杆 15、16 和 17 达到的。压力机滑块下行一定距离时，固定在滑块上的撞头 18 开始与螺钉 19 接触，把杠杆 15、16 和 17 往下压。杠杆 15 与拉杆 22 相接触，故拉杆 22 也向下移动。下辊轴下降，坯料不再被压紧，允许导正销作精微调整。新的坯料送进时，可扳动手柄 9、杠杆系统产生同样的动作，使下辊轴移位松开。

滚子 14 的位置可以自由调节以适合不同宽度的坯料。

(3) 辊式送料装置主要零部件

1) 辊子 辊子是辊式送料装置的主要工作零件。在送料过程中，辊子直接与坯料接触，其表面应具有较高的耐磨性和良好的几何形状及尺寸精度。

辊子结构如图 21.1-42。当辊子直径 $d \leq 100$ mm 时，宜采用实心辊，辊子直径 $d > 100$ mm 时，采用空心辊。

辊子材料一般为 45 钢，热处理后的硬度为 48~52HRC。表面镀铬可提高耐磨性。

辊子直径按下式计算：

$$d_1 = 360 S_2 / \pi \alpha$$

式中 d_1 ——下辊直径 (mm)；

S_2 ——送料进距 (mm)；

α ——下辊转角 ($^\circ$)，一般 $\alpha < 100^\circ$ 。

通常，上下辊直径相等，若直径不等应满足下列关系：

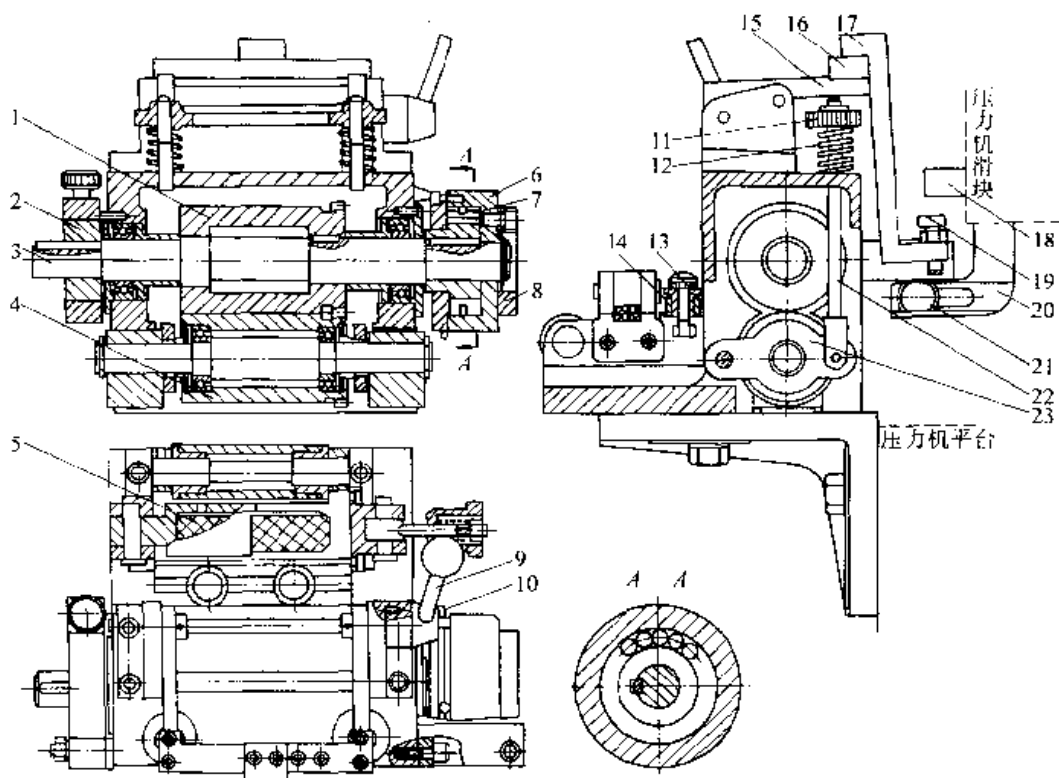


图 21.1-41 滑块驱动的单边辊式送料装置

- 1、4—辊轴 2—制动圈 3—轴 5—油毛毡 6—超越离合器外壳 7—异形滚子
8—摇臂 9—手柄 10—弹簧 11—螺母 12—弹簧 13、19—螺钉
14、21—滚子 15、16、17、23—杠杆 18—撞头 20—悬臂 22—拉杆

B——板料、条料宽度 (mm)。

2) 压紧装置 辊式送料借助于辊子和坯料之间的摩擦力实现。为了防止在送料过程中辊子与坯料间产生相对滑动,影响送料精度,故而应设置压紧装置。图 21.1-43 是压紧装置示意图。

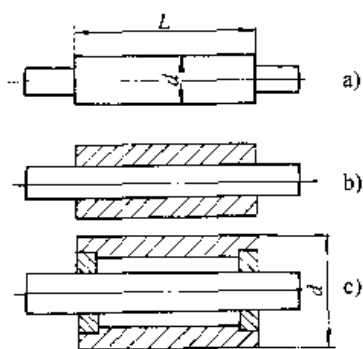


图 21.1-42 辊子结构

- a) 实心辊 b) 轴套式辊 c) 空心辊

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}$$

- 式中 d_2 ——上辊直径 (mm);
 n_1 ——下辊转速 (r/min);
 n_2 ——上辊转速 (r/min);
 z_1 ——下辊传动齿轮齿数;
 z_2 ——上辊传动齿轮齿数。

辊子长度一般取 $L = B + (10 \sim 20)$ mm

式中 L ——辊子长度 (mm);

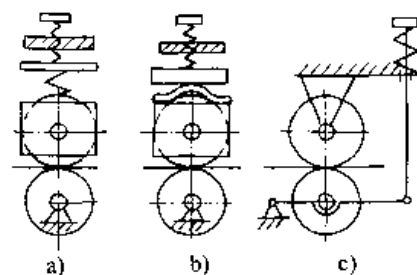


图 21.1-43 压紧装置

- a) 螺旋弹簧式 b) 板簧式 c) 弹簧杠杆式

上下辊与坯料之间的接触压力按下式验算:

$$p = 4.18 \sqrt{\frac{FE}{RB}} \leq p_c$$

- 式中 p ——辊子与坯料之间的接触压力 (Pa);
 F ——辊子压于坯料的总作用力 (N);
 E ——坯料弹性模量 (MPa);

R ——辊子半径 (mm);
 B ——坯料宽度 (mm);
 p_c ——许用接触压力 (Pa), 通常, $p_c = 0.5\sigma_s$, σ_s 为坯料的屈服点。

3) 抬辊装置 为了保证辊式送料装置的送料精度, 通常在模具中设置导正销, 在上下模接触前对坯料的位置进行导正。抬辊装置的作用是将上辊向上稍抬起, 将坯料松开。常见的抬辊装置有以下五种:

①撞杆式抬辊装置;

- ②气动式抬辊装置;
- ③偏心式抬辊装置;
- ④斜楔式抬辊装置;
- ⑤凸轮式抬辊装置。

图 21.1-44 是五种抬辊装置的原理图。

4) 驱动机构 辊式送料装置的驱动方式有压力机曲轴驱动和滑块驱动两种。常见的驱动机构有曲柄摇杆传动、拉杆杠杆传动、斜楔传动、齿轮齿条传动、交错轴斜齿轮传动、链条传动及气动液压驱动等, 见图 21.1-45~图 21.1-48。

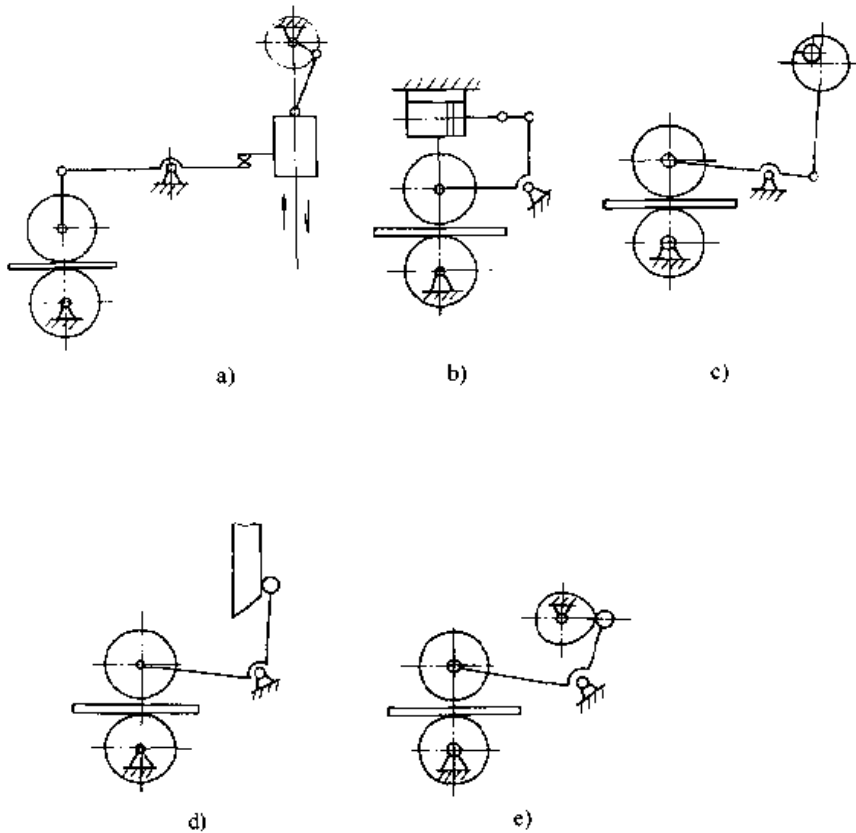


图 21.1-44 抬辊装置原理图

a) 撞杆式 b) 气动式 c) 偏心式 d) 斜楔式 e) 凸轮式

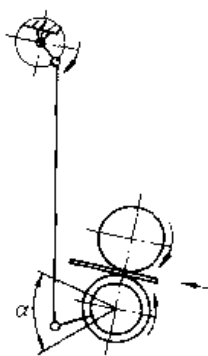


图 21.1-45 曲柄摇杆传动

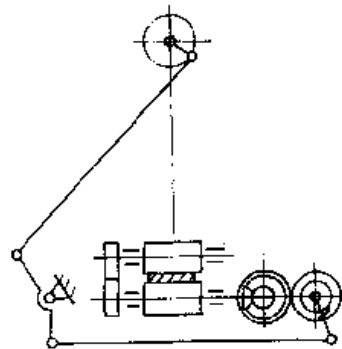


图 21.1-46 拉杆杠杆传动

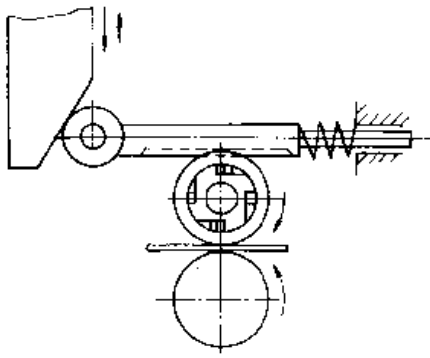


图 21.1-47 斜楔传动

5) 送料进距调节装置 送料进距的调节依靠改变辊子的转角大小来实现。辊子和摇杆刚性联接在同一轴上, 送料时其转角相同。曲轴端部的曲柄通过拉杆和摇杆联接, 改变曲柄偏心值便可改变摆角, 从而达到改变送料进距的目的。

送料进距按下式计算:

$$S_2 = \frac{\pi d}{360} \cdot \alpha$$

式中 S_2 送料进距 (mm);
 α —— 辊子转角, $\alpha \leq 75^\circ \sim 100^\circ$;
 d —— 辊子直径 (mm)。

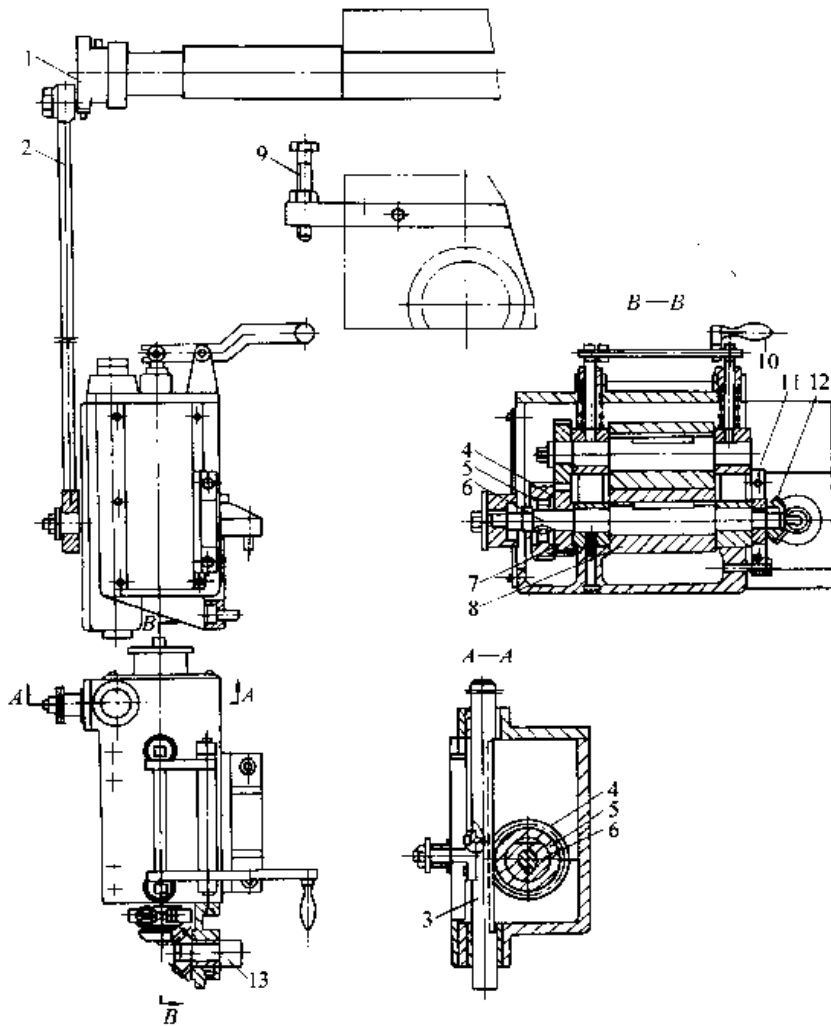


图 21.1-48 齿轮齿条传动

1—偏心轮 2—拉杆 3—齿条 4、7—齿轮 5—超越离合器 6—辊子心轴 8—辊子
 9—可调螺钉 10—抬辊杠杆 11—制动器 12—锥齿轮 13—传动轴

图 21.1-49 所示是曲柄偏心 e 和辊子转角的关系, 偏心 e 可按下式计算:

$$e = \sqrt{\frac{(P^2 + R^2 + l^2) - 2 \frac{l^2 - \cos \frac{\alpha}{2} \sqrt{(l^2 - P^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2})(l^2 - R^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2})}}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}}$$

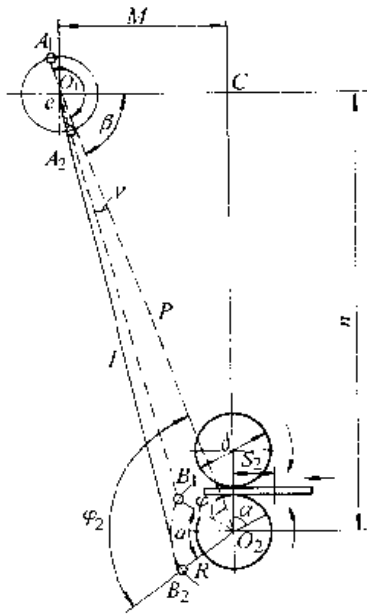


图 21.1-49 曲柄偏心 e 和辊子转角的关系

图 21.1-50 所示是偏心调节装置。

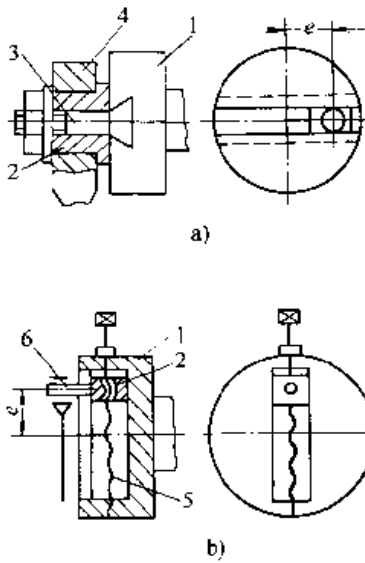


图 21.1-50 偏心调节装置

- 1—偏心盘 2—调节滑块 3—锁紧螺钉
- 4—连杆 5—调节螺杆 6—连杆轴

6) 双边辊同步装置 为了保证双边辊式送料装置两对辊子工作协调, 坯料在送进过程中不产生弯曲或过大的张力, 在两对辊子之间应装有同步装置。图 21.1-51 是几种常用的同步装置。

7) 间歇运动机构 辊式送料装置由压力机的曲轴或滑块驱动。间歇运动机构的作用是将曲轴或滑块的连续运动转化为送料辊的间歇转动。常用的间歇运动机构有以下几种。

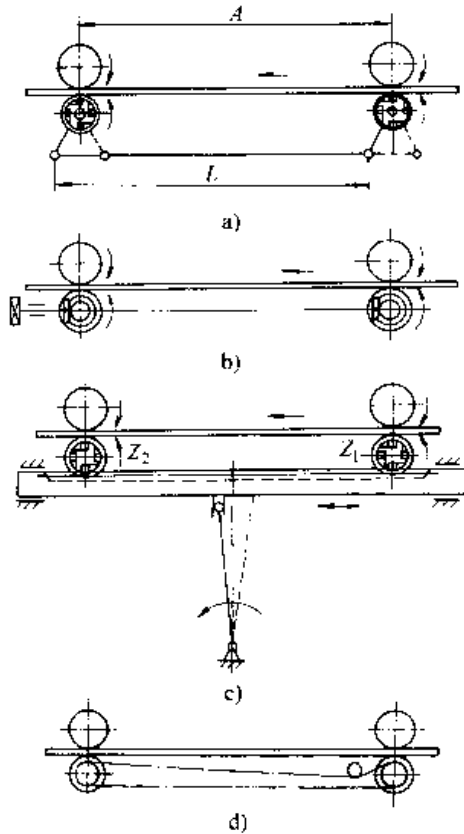


图 21.1-51 双边辊同步装置

- a) 连杆传动式 b) 锥齿轮传动式
- c) 齿轮齿条传动式 d) 链轮传动式

①棘轮机构 棘轮机构为外啮合式。如图 21.1-52a 所示, 棘轮的转动由一个棘爪驱动, 棘爪 1 装在摇杆之上, 摇杆 2 与棘轮 3 绕同一轴自由转动。摇杆回程时由棘爪 4 制动棘轮。

图 21.1-52b 中, 棘轮由两个棘爪驱动, 若其中一个棘爪折断或发生溜滑, 棘轮仍可继续工作。由于载荷由两个棘爪分担, 因此减少了磨损, 延长了使用寿命。

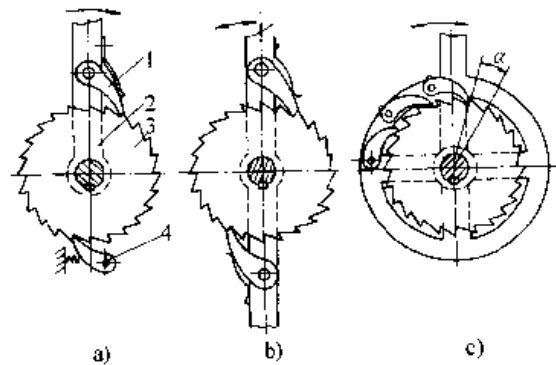


图 21.1-52 棘轮机构

- 1—棘爪 2—摇杆 3—棘轮 4—棘爪

图 21.1-52c 所示为多爪棘轮, 应用于送料进距较小的场合。因为上述两种机构中带动棘轮的最小转角取决于一个齿所含的中心角 α , 若要获得很小的转角势必减小棘轮的齿距, 从而增加了制造难度, 降低了工作可靠性。多爪棘轮各爪不同时与棘轮相啮合, 相互差 α/z (z 为爪数) 的角度。

棘轮常用材料为 45、Q235A、ZG270-500、ZG310-570, 表面硬度为 45~50HRC。棘爪材料一般选用 Q235A、45 等。

②超越离合器 超越离合器亦称自锁式步进机构, 它具有传动平稳, 送料精度高, 适合高速送料, 可无级调整送料辊转角等优点, 是辊式送料中应用最多的一种间歇传动机构。

图 21.1-53 是一单向超越离合器结构示意图, 它主要由星轮 1、外套 2 和 4 个滚柱 3 所组成。星轮按顺时针方向转动时, 滚柱滚向缺口楔缝的收缩部分, 并且卡牢其间, 星轮和外套以相同的角速度和旋转方向转动。若外套也按顺时针方向转动, 但角速度较小, 则离合器同样处于接合状态。

当星轮按逆时针方向转动时, 滚柱 3 退到缺口楔缝的宽敞部分, 二者脱开, 外套停止转动。

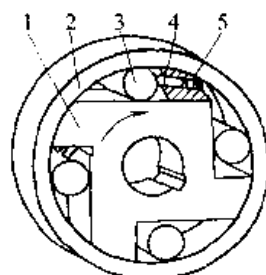


图 21.1-53 超越离合器
1—星轮 2—外套 3—滚柱
4—圆柱销 5—弹簧

超越离合器中的滚柱材料一般为 GCr12 或 GCr15, 有时采用在油中淬火并回火到 46~53HRC 的 40Cr 制成。星轮及外套用 15Cr 钢渗碳, 淬火到 58~62HRC。超越离合器不采用油脂润滑。

表 21.1-7 和表 21.1-8 列出了滚子数 $z=3$ 及 5 的普通超越离合器的参考尺寸。

③异形滚超越离合器 图 21.1-54 所示为异形滚超越离合器。由于螺旋弹簧或扭簧的作用, 滚子上下两面始终与内外套筒及座圈表面保持接触。

异形滚形状如图 21.1-55, 它一般采用 GCr15 冷拔成形, 热处理后硬度达到 60~62HRC。

表 21.1-7 三滚子超越离合器参考尺寸

外轮内径 D/mm	外轮外径 D_1/mm	滚子直径 d_1/mm	滚子长度 l/mm	星轮毂孔径 d/mm	星轮毂键宽 b/mm	外轮键宽 b_1/mm	外轮键突出量 K/mm	公称转矩 $M/\text{N}\cdot\text{m}$
32	45	4	8	10	3	3	1.2	2.35
				12	4			
				14				
40	55	5	10	14	5	4	1.8	4.6
				16				
				18				
50	70	6	12	16	6	5	2.3	8.3
				18				
				20				
65	85	8	14	16	5	6	2.6	17.2
				20	6			
				25	8			
80	105	10	18	20	6	6	2.6	33.3
				25	8			
				30				
				35	10			

续表 21.1-7

外轮内径 D/mm	外轮外径 D_1/mm	滚子直径 d_1/mm	滚子长度 l/mm	星轮毂孔径 d/mm	星轮毂键宽 b/mm	外轮键宽 b_1/mm	外轮键突出量 K/mm	公称转矩 $M/\text{N}\cdot\text{m}$
100	130	13	24	25	8	8	3.2	73
				30				
				35	10			
				40				

表 21.1-8 五滚子超越离合器参考尺寸

外轮内径 D/mm	外轮外径 D_1/mm	滚子直径 d_1/mm	滚子长度 l/mm	星轮毂孔径 d/mm	星轮毂键宽 b/mm	外轮键宽 b_1/mm	外轮键突出量 K/mm	公称转矩 $M/\text{N}\cdot\text{m}$
80		10	18	25	8	6	2.6	55
				30				
				35	10			
100	130	13	24	30	8	8	3.2	120
				35	10			
				40	12			
125	160	16	28	35	10	12	3.8	216
				40	12			
				45	14			
				50	16			
160	200	20	32	70	20	12	3.8	392
200	250	25	40	90	24			770

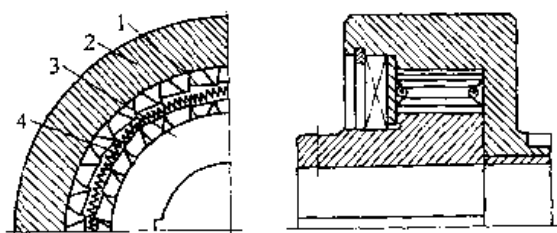


图 21.1-54 异形滚超越离合器

- 1—异形滚 2—套筒
- 3—内座圈 4—弹簧

套筒和内座圈可用 9Mn2V 钢制成，淬硬到 60HRC。

④蜗形凸轮机构 蜗形凸轮机构适用于高速自动送料。如图 21.1-56 所示，凸轮类似于变螺旋角的球面蜗杆，其工作表面是与从动件 2 的周向均布着六个滚子的圆柱表面相共轭的曲面。

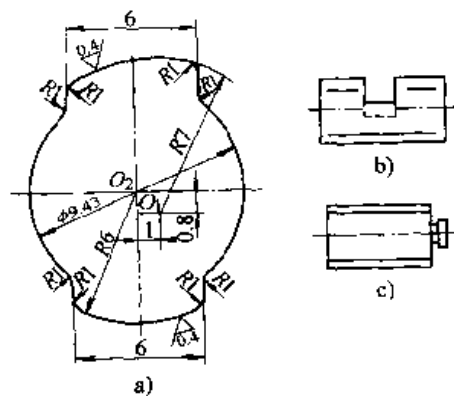


图 21.1-55 异形滚

蜗形凸轮机构的主要参数见表 21.1-9、符号如图 21.1-57 所示。

当最大压力角 $\alpha_{\text{max}} = 45^\circ$ ， $l/c = 0.5$ 和采用正弦加速度曲线时，速度系数 $C_v = 2$ ， ϕ_0 和 φ_0

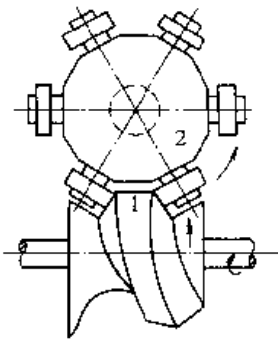


图 21.1-56 蜗形凸轮机构示意图
1—蜗形凸轮 2—从动杆

表 21.1-9 蜗形凸轮机构的参数
(符号见图 21.1-57)

滚子数 n	ψ_0	φ_0 最小值	某些产品的 φ_0	
4	90°	180°	270°	300°
6	60°	120°	180°	270°
8	45°	90°	120°	180° 270°
12	30°	60°	90°	120° 180° 270°
16	22.5°	45°	90°	120° 180° 270°
24	15°	30°	90°	120° 180° 270°

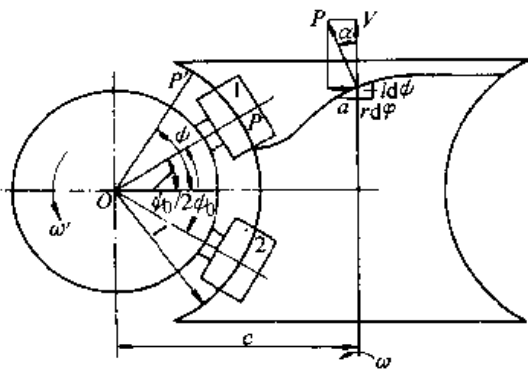


图 21.1-57 蜗形凸轮参数

n —滚子数 ψ_0 —从动件停顿位置之间的夹角
 $\psi_0 = 360^\circ/n$ φ_0 —与 ψ_0 对应的凸轮转角

应为如下关系:

$$\varphi_0 = 2\psi_0$$

取用较大的 φ_0 值可减小压力角, 提高机械效率。

当采用正弦加速曲线, $C_v = 2$, 从动件尺寸 l/c 为 0.5, 压力角 $\alpha = 33^\circ$ 时, 则有:

$$\varphi_0 \approx 3\psi_0$$

8) 制动装置 在送料过程中, 由于辊子、坯料、传动系统的惯性, 致使坯料在送料行程终点处的定位精度受到很大影响, 特别在大辊径及高速送料情况下更为显著。故应在辊轴端部装设制动器。

制动器的结构形式以闸瓦式应用较多, 如图 21.1-58 所示, 其结构简单, 容易加工装配。缺点是长期处于制动状态, 摩擦损失较大。常用的摩擦材料有石棉或铸铁。其他的制动器有带式和气动式。

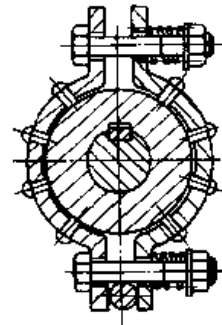


图 21.1-58 闸瓦式制动器

9) 安全保护装置 送料装置在工作过程中, 为了避免由于超载引起的破坏, 在拉杆上设置了安全保护装置, 如图 21.1-59 所示。

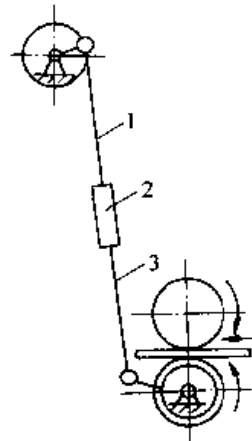


图 21.1-59 安全保护装置设置图

1—上拉杆 2—安全保护装置 3—下拉杆

图 21.1-60 是组合拉杆式安全保护装置。该装置正常工作时, 上拉杆 1 和下拉杆 3 在弹簧 4 作用下组成一个整体。当出现故障时, 送料装置被卡住, 转动的曲轴将带动上拉杆克服弹簧力继续向上运动或剪断插销 2。

图 21.1-61 所示的超载脱扣器, 其作用原理与组合拉杆式安全保护装置类似。它装设在送料

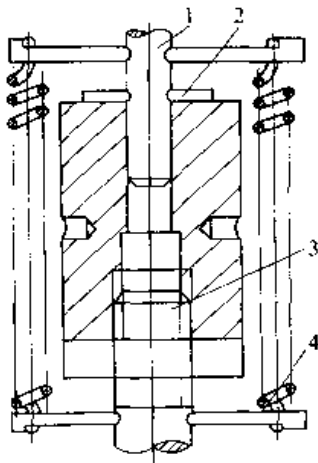


图 21.1-60 组合拉杆式安全保护装置

装置的驱动部件内，固定在压力机曲轴端部的偏心调节盘 1，通过拉杆和角尺曲柄 4 使调节螺杆 5 作往复运动，调节螺杆再通过齿条使整个送料装置作排样送料。当送料装置发生故障时，载荷突然增加，脱扣器自动脱开，便可起到安全保护作用。

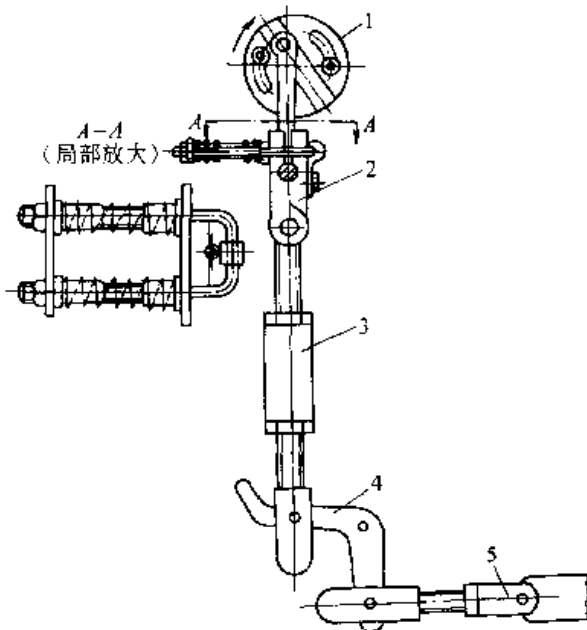


图 21.1-61 超载脱扣器

1—调节盘 2—超载脱扣器 3—伸缩螺杆
4—角尺曲柄 5—调节螺杆

(4) 辊式送料装置工作周期图

冲压与送料过程时间上的配合关系可由工作周期图表示，如图 21.1-62 和图 21.1-63 所示。

(5) 辊式送料装置的送料精度

送料精度是衡量送料装置性能的重要指标。

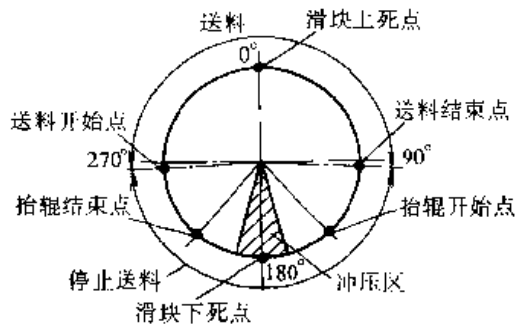


图 21.1-62 有抬辊装置的工作周期图

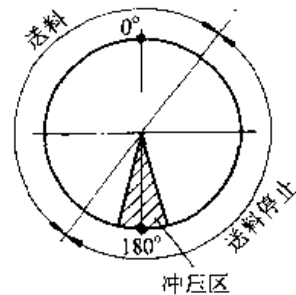


图 21.1-63 无抬辊装置的工作周期图

影响送料精度的主要因素有：送料速度、送料机构与坯料的惯性、送料机构主要工作零件的加工精度、间歇运动机构的设计与制造水平等。辊式送料的精度值见表 21.1-10。

表 21.1-10 辊式送料精度

送料速度 / (mm/s)	行程次数 / (次/min)	送料距 /mm	送料精度 /mm
250	300~150	50~100	±0.05
417~500	300~150	100~200	±0.1
583~667	200~135	200~300	±0.3~0.4

2.1.3 夹持式送料装置

夹持式送料装置也是冲压生产中使用较多的一种送料装置。按夹持器的结构特点，夹持式送料装置分为夹刃式、夹滚式和夹钳式三种。

(1) 夹刃式送料装置

夹刃式送料是夹持式送料中结构最简单的一种，它有表面夹刃和侧面夹刃两种形式。表 21.1-11 是夹刃式送料装置的型式、适用范围、结构原理及送料精度。送料装置的性能参数见表 21.1-12。常用夹刃的形状和应用范围见表 21.1-13。使用硬质合金夹刃，可以提高刃口的寿命。图 21.1-64 至图 21.1-67 是夹刃送料装置的结构图。

表 21.1-11 夹刃式送料装置

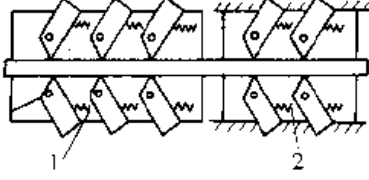
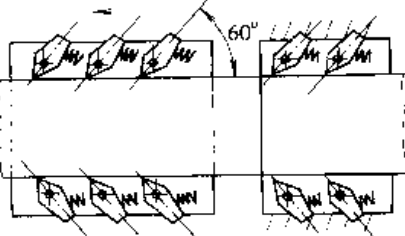
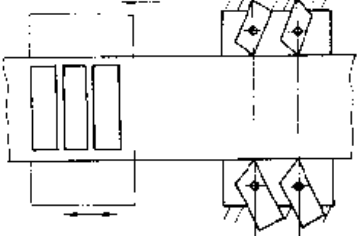
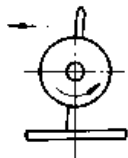
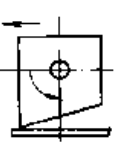
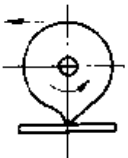



型式	结构特点	工作原理	优缺点	送料精度
表面夹刃	 <p>1—送料夹持器 2—止回夹持器</p>	送料夹持器夹紧坯料，止回夹持器松开，送料夹持器带动坯料往前送进，完成送料。退回时，送料夹持器松开，止回夹持器夹紧，防止坯料退回	适应不同厚度的坯料。送料时易损伤坯料表面，一般用于夹持较硬材料或工件表面要求不高处	±0.15 mm
侧面夹刃			适用于厚度较大的坯料。不损伤坯料表面	
表面与侧面夹刃			送料表面夹刃夹持器夹住已冲废料。送料精度高。止回夹持器为侧面夹刃不损伤坯料表面	

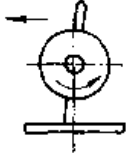
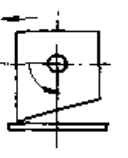
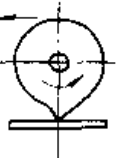



表 21.1-12 夹刃式送料装置的性能参数

项目	料宽 /mm	料厚 /mm	送进距 /mm	滑块行程次数 / (次/min)	送料速度 / (mm/s)
应用范围	条料、带料 10~150 卷料 10~100	条料、带料 0.5~5 卷料 0.3~1	10~75	≤200	≤250

表 21.1-13 夹刃形状和应用范围

序号	简图						
1	夹刃形状特征	针状	方体	凸轮	菱形	斧形	棘爪
2	应用范围	料宽 10~20 mm	料宽 >20 mm	可以侧面，也可用于表面夹料	侧面夹料，不适于薄料	适用表面夹料，料宽任意	适用窄带，薄料的表面夹持

续表 21.1-13

序号	简图						
3	结构特点	用针状棒穿过摆动套作夹刃	夹刃前倾斜角 $12^\circ \sim 15^\circ$	歪头凸轮单向摆头	夹刃尖角 $< 60^\circ$	夹刃尖角 30°	夹刃尖角 $\leq 30^\circ$
4	推荐夹刃材料	工具钢淬硬 60HRC 以上	碳素工具钢 淬硬 62HRC 以上	高碳钢或合金结构钢 淬硬	T7A、T10 淬硬	建议夹刃用硬质合金	合金工具钢或用硬质合金刃尖
5	备注	很少用		少用	一般多为多组夹刃组合	常用	常用

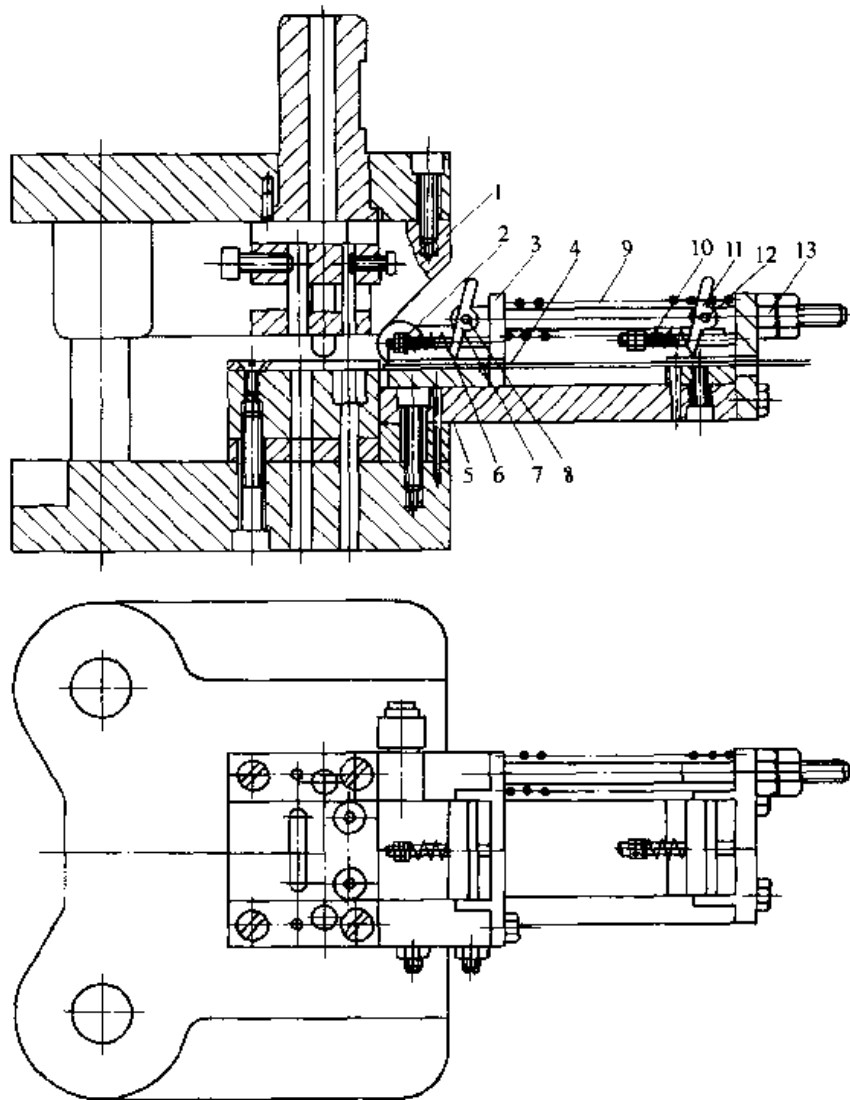


图 21.1-64 小进距表面夹刃送料装置

- 1—斜楔 2—滚轮 3—送料夹座 4—条料 5—滑座
6、9、10—弹簧 7、11—夹刃 8、12—圆销 13—螺母

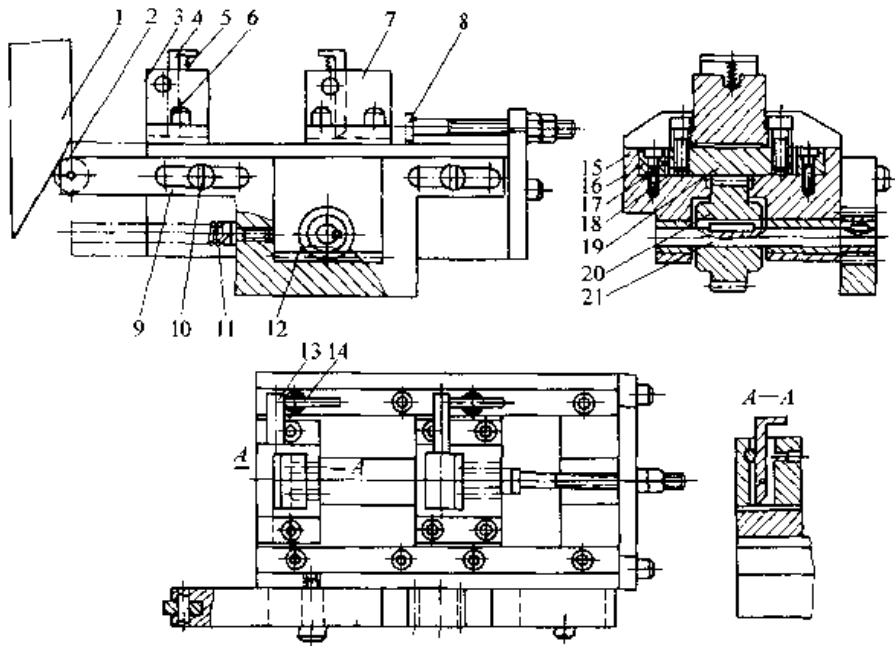


图 21.1-65 大进距表面夹刃送料装置

- 1—斜楔 2—滚轮 3—止退夹座 4—夹刃 5、11—弹簧 6—圆销
 7—送料夹座 8—调节螺钉 9—齿条架 10—导向钉 12—小齿轮 13—偏心轴
 14—扳手 15—底座 16—导轨 17—滚珠 18—隔板 19—滑板 20—大齿轮 21—轴

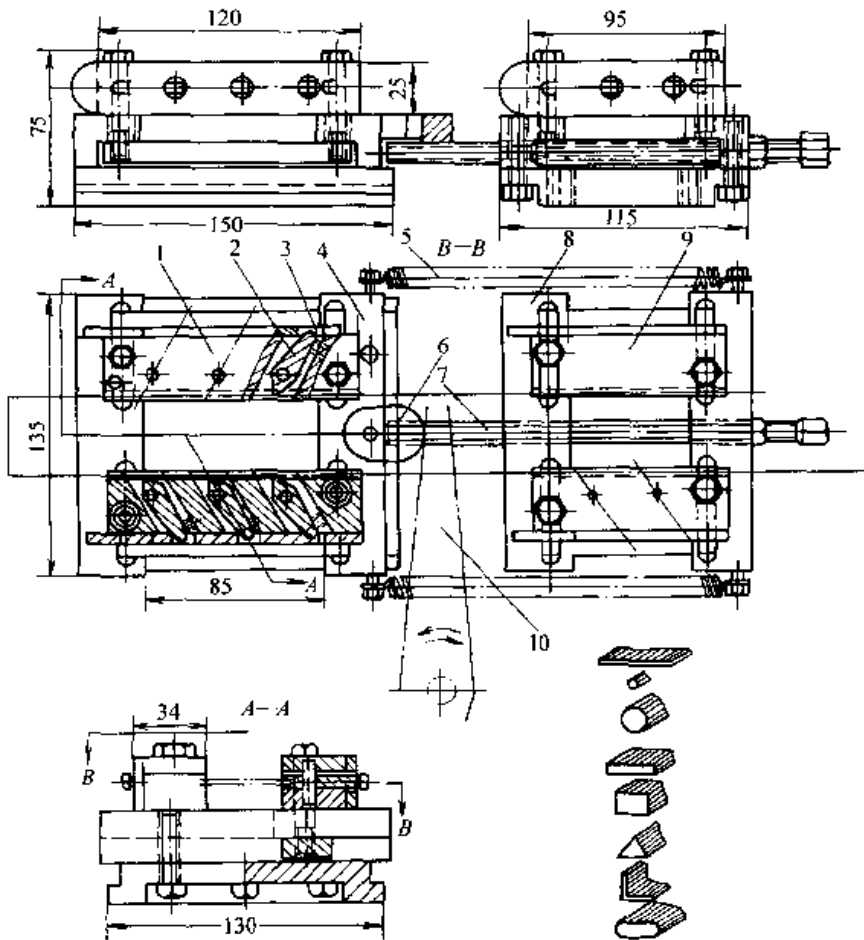


图 21.1-66 侧面夹刃送料装置

- 1—送料夹刃架 2—夹刃 3、5—弹簧 4—送料夹座 6—凸块
 7—螺母螺钉 8—止退夹座 9—止退刃架 10—摆杆

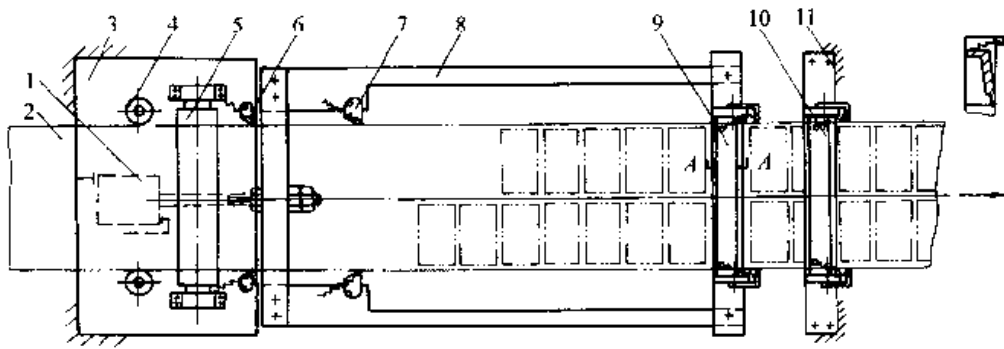


图 21.1-67 表面侧面夹刃送料装置

1—气缸 2—条料 3—底板 4—导料滚轮 5—压料辊 6—侧面定料夹刃
7—侧面送料夹刃 8—移动架 9—表面送料长夹刃 10—表面定料长夹刃 11—底板

(2) 夹滚式送料装置

冲压生产中，也常用到夹滚式送料装置。夹滚式送料是利用滚柱和滚珠在斜面上移动将坯料夹紧和放松，经过斜楔、摆杆、气缸等传动实现间歇送料。

按夹持坯料的方式，夹滚式送料装置的夹持器有以下几种形式：

1) 用两个滚柱直接夹在坯料上 (图 21.1-68a)，夹料比较均匀，坯料有局部弯曲现象，对软材料会有夹伤。

2) 用一个滚柱和一个淬硬的夹板夹料 (图 21.1-68b)，坯料仍有局部弯曲。

3) 用一个滚柱通过淬硬的夹板夹料 (图 21.1-68c)，不会夹伤坯料。

4) 用两个滚柱通过淬硬的夹板夹料 (图 21.1-68d)，这种夹料方式夹料均匀，不会夹伤坯料。

5) 用一个偏心轮和一个轮子夹持坯料 (图 21.1-68e)。

6) 用三个滚珠组成夹持器 (图 21.1-68f)，用于传送线材。

生产中常用的夹滚式送料装置有以下几种结构形式：

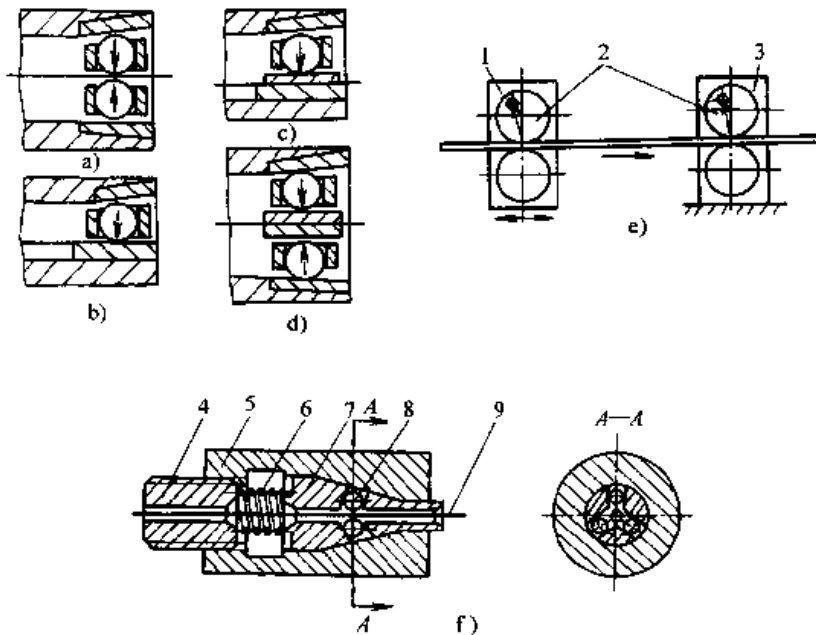


图 21.1-68 夹滚式送料的夹持形式

1—送料夹持器 2—偏心轮 3—止回夹持器 4—调节螺钉
5—锥套 6—弹簧 7—锥柱 8—滚珠 9—丝料

1) 滚柱夹持式送料装置 其结构见图 21.1-69。该装置直接用两个滚柱夹持条料，它由左右两部分组成，右面为送料部分，左面为止退部分，两部分的结构相同。装在冲床滑块或冲模上的斜楔 3 随滑块下降时和滚轮 2 接触，推动送料滚柱座 1 向左移动，但是料被左面的止退滚柱座 14 中的滚柱夹紧，不能向左移动。由于条料对送料滚柱 6 的摩擦力方向与送料滚柱座 1 的运动

方向相反，所以滚柱 6 对条料放松，失去夹持作用，送料滚柱座得以空程向左运动。而坯料则被止退滚柱座中的滚柱夹紧不能后退。当滑块回程时，斜楔随之上升，在弹簧 16 的作用下，送料滚柱座 1 被推向右面，其中的滚柱 6 夹紧坯料向右送进一个进距。同时左面的止退滚柱座中的滚柱，因受条料对其的摩擦力作用而放松条料。这样每一次往复运动便间歇完成一次送料。

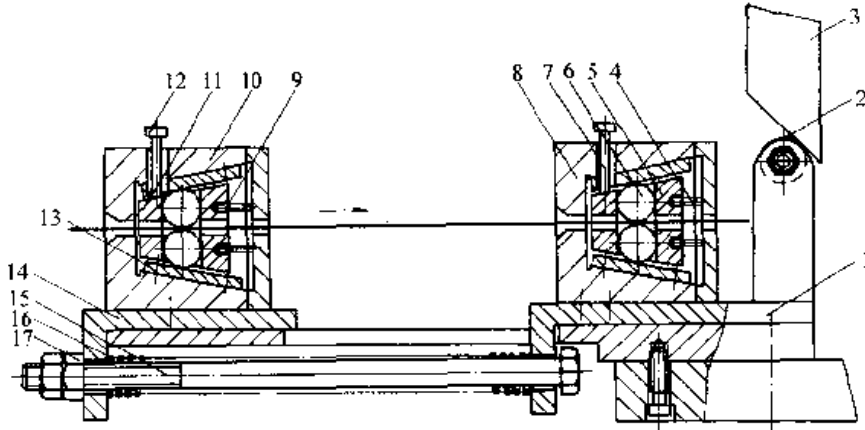


图 21.1-69 滚柱夹持式送料装置

1—送料滚柱座 2—滚轮 3—斜楔 4、9、16—弹簧 5、11—保持架 6—滚柱
7、12—拨杆 8、10—外座 13—撞块 14—止退滚柱座 15—调节螺栓 17—螺母

滚柱对坯料夹紧力的大小，可调节弹簧 4、9 的松紧。送料滚柱座移动的距离等于送料进距，调节螺栓 15 的长短，可以使送料进距从零到斜楔宽度的范围内变化，以满足各种不同要求的送料进距，而不必改换斜楔，在可能的情况下，斜楔可以做得宽一些，其倾斜角一般小于 60°。

设计夹滚式送料装置，除了考虑坯料宽度外，还应该使送料厚度有一定的调节量，调节量 S 由下式计算（图 21.1-70）：

$$S = \frac{t_2 - t_1}{2 \tan \alpha}$$

式中 S ——调节量 (mm)；
 t_1 ——材料最小厚度 (mm)；
 t_2 ——材料最大厚度 (mm)；
 α ——一般取 11°~12°。

滚柱直径 d 由下式计算：

$$d = \frac{b_0 + 2S_1 \tan \alpha - t_1}{1 + \frac{1}{\cos \alpha}}$$

式中 S_1 ——外座内框小端至滚柱中心距 (mm)；

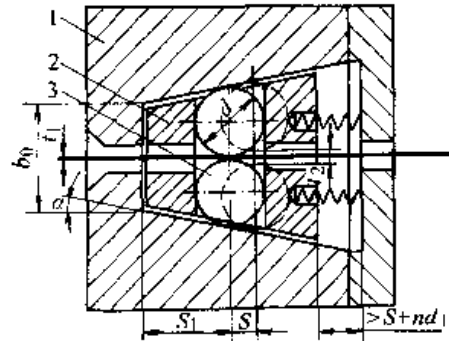


图 21.1-70 夹滚计算简图

1—外座 2—保持架 3—滚柱
 d_1 —弹簧丝直径 n —弹簧圈数
 b_0 ——外座内框小端尺寸 (mm)。

2) 偏心滚柱夹板式送料装置 这是一种用两个淬硬的夹板来进行夹料送进的装置，它由送料器和定料器两部分组成。图 21.1-71 为其结构原理图。

送料器由齿开关 4 (齿开关套在偏心滚柱上)、送料夹板 5 和托料板 7 等组成 (送料夹板四个角和托料板下面都有小弹簧)，全部固定在

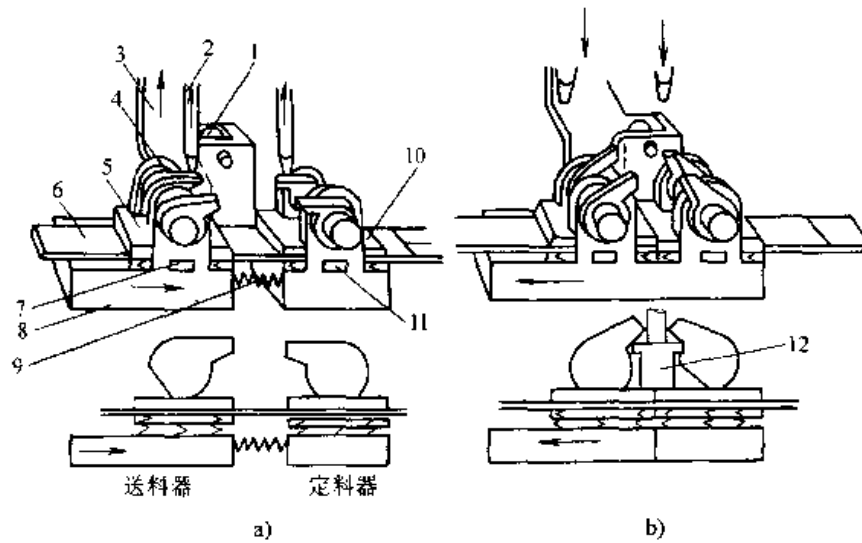


图 21.1-71 偏心滚柱夹板式送料原理图

- 1—滚轮 2—螺钉 3—斜楔 4—齿开关 5—送料夹板 6—条料
7—托料板 8—滑块 9—弹簧 10—定料板 11—定料托板 12—下套管

以滚轮运动的滑块 8 上，由斜楔控制送进。定料器结构与送料器相同。送料器和定料器的运动规律应该是：当冲模上升时，定料器放松，送料器夹紧送料；当冲模下降时，定料器夹紧，送料器空程退回。

具体的工作过程是：当斜楔随冲模上升时，滚轮 1 被斜楔推向右面，使送料器从图 a 状态变为图 b 状态。由前一次冲压时冲模上的两个螺钉 2 分别压下送料器和定料器的齿开关 4，使送料器的送料夹板 5 和托料板 7 把条料 6 压紧，同时定料器的定料板 10 和定料托板 11 对条料松开（图 a）。这样送料器把条料夹紧由斜楔推动向右送进，条料通过定料器而进入冲压区，完成送进。当送料器快到送进终点时，有一个随冲模上升的下套管 12，同时将送料器和定料器的齿开关抬起（图 b），使送料器的上下夹板松开，定料器的上下夹板夹紧。当冲模下冲时，斜楔也下降，由于送料器和定料器之间弹簧 9 的作用，使处于放松状态的送料器退回到起始位置。冲模向下冲压时，冲模上的螺钉 2 又分别压下送料器和定料器的齿开关，使定料器放松，送料器压紧，开始下一次送料，不断循环，完成送料、定料退回、冲压等动作。

图 21.1-72 为偏心滚柱夹板式送料装置的结构图。

3) 偏心轮夹持式送料装置 如图 21.1-73

所示，装于上模的斜楔 1 下降时，通过滚轮 2 推动活动偏心轮座向左移动，此时偏心轮 3 受坯料表面摩擦而绕轴 4 逆时针方向转动，使上下两轮中心距增大，对坯料不起夹持作用。由于坯料受右面偏心轮的摩擦推力，使左面固定偏心轮座上的偏心轮绕轴顺时针方向转动，因偏心距的作用，偏心轮对坯料夹紧，使坯料不能后退。斜楔回程时，活动偏心轮座在弹簧 5 的作用下向右移动，此时偏心轮受坯料表面摩擦力的作用，绕轴顺时针方向转动，坯料被夹紧并随活动偏心轮座向前推进一个送料进距。

偏心轮夹持送料要满足两个条件：一是夹紧和松开的方向不能变更，二是保持自锁性能。

4) 滚珠夹持式送料装置 结构如图 21.1-74 所示。该送料装置用于输送线材（丝料），它主要由两个锥形自动夹头组成。夹头（见图 21.1-68f）由调节螺钉 4、锥套 5、弹簧 6、锥柱 7 和三个滚珠 8 组成。丝料 9 穿入孔里后，在弹簧 6 的作用下，通过锥柱 7 使三个滚珠 8 夹紧丝料。丝料往左拉时，克服弹簧力使滚珠对丝料夹紧力减小，因而使丝料能向左移动。丝料往右拉时，滚珠对丝料夹紧力自动增加，当锥套的锥顶角在 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 时，滚珠能够自锁，丝料不能向右移动，因此丝料只可能产生单向移动。

夹滚式送料装置的性能参数见表 21.1-14。

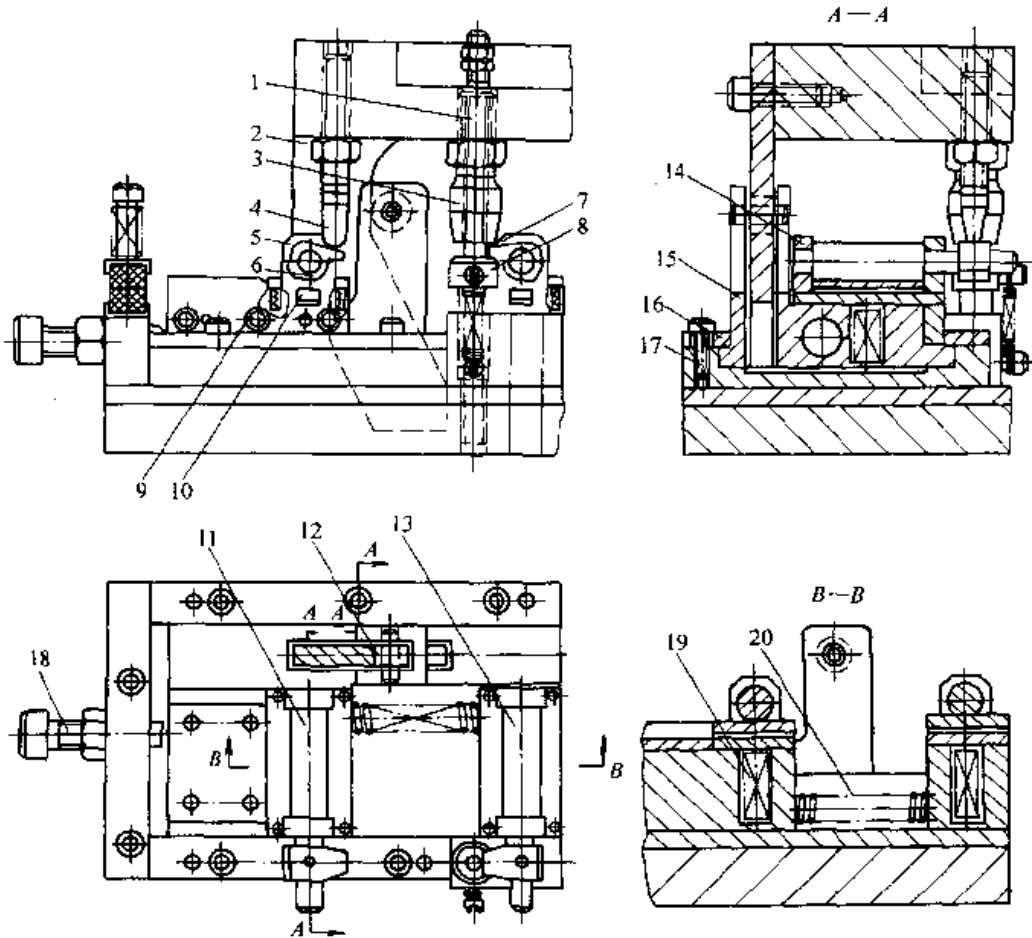


图 21.1-72 偏心滚柱夹板式送料装置

- 1—拉杆 2—斜楔 3—上套管 4—螺钉 5—送料器 6—齿开关 7—定料器 8—下套管
 9—送料夹板 10—托料板 11—偏心滚柱 12—滚轮 13—偏心滚柱 14—偏心滚柱支座
 15—滑块 16—压板 17—滑座 18—调节螺钉 19—下压料板弹簧 20—弹簧

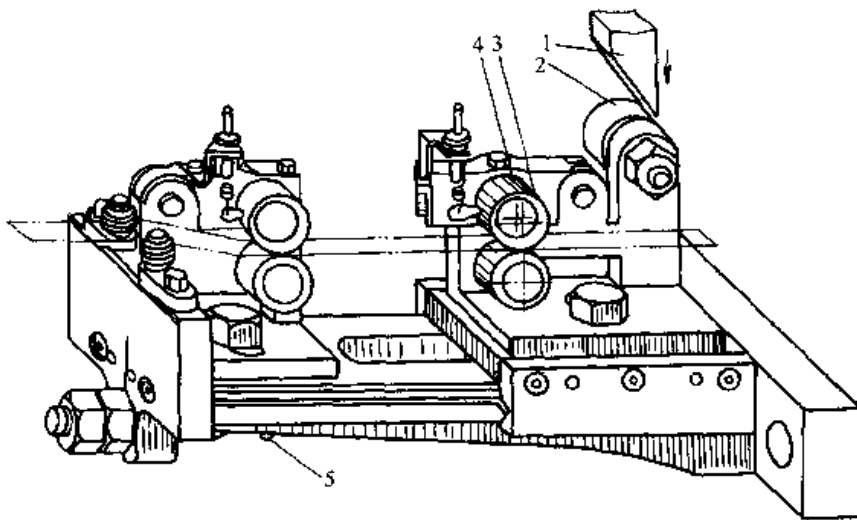


图 21.1-73 偏心轮夹持式送料装置

- 1—斜楔 2—滚轮 3—偏心轮 4—轴 5—弹簧

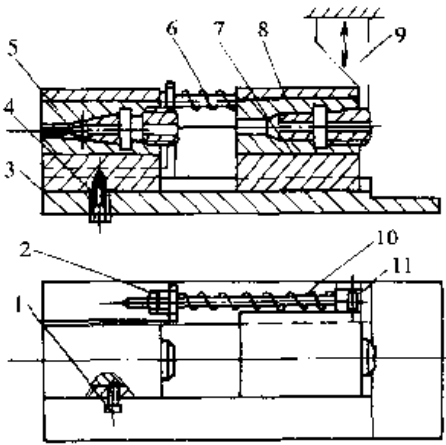


图 21.1-74 滚珠夹持式送料装置

- 1、4—固定螺钉 2—调节螺母 3—导板
5—锥形夹头 6—进给弹簧 7—滑块
8—锥形夹头 9—斜楔 10—导杆 11—滚轮

表 21.1-14 夹滚式送料装置的性能参数

项目	料宽 /mm	料厚 /mm	送进距 /mm
范围	10~200	0.3~3	10~230
项目	滑块行程次数 (次/min)	送料速度 /(mm/s)	送料精度 /mm
范围	≤600	417~667	±0.01~±0.03

夹滚式送料装置的工作周期图见图 21.1-75。

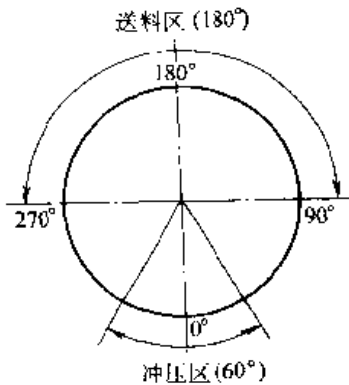


图 21.1-75 夹滚式送料装置工作周期图

(3) 夹钳式送料装置

图 21.1-76 为夹钳式送料装置的工作原理图。送料夹钳在往复运动中完成送料，止回夹钳的作用是防止送料夹钳返回时坯料后退。夹钳式送料装置有机械传动的（图 21.1-77）、气动的（图 21.1-78）和液压传动的（图 21.1-79）。前一种是由压力机的曲轴驱动，后两种则

是独立驱动。

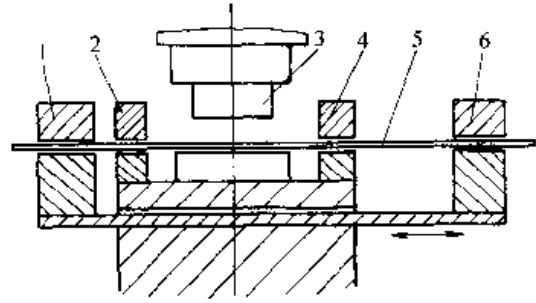


图 21.1-76 夹钳式送料装置原理图

- 1、6—送料夹钳 2、4—止回夹钳
3—模具 5—坯料

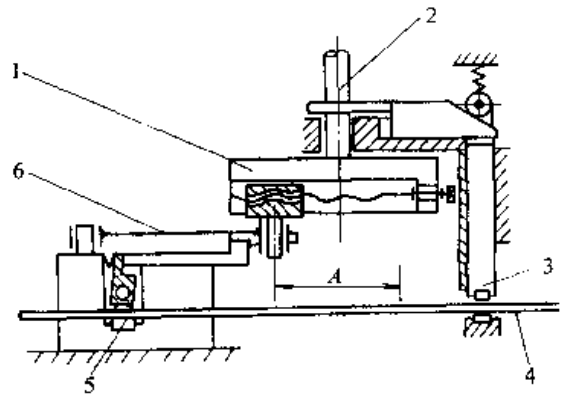


图 21.1-77 机械传动夹钳送料装置

- 1—偏心盘 2—传动轴 3—止回夹钳
4—坯料 5—送料夹钳 6—连杆
A—送料步距

夹钳式送料装置的性能参数见表 21.1-15，其工作周期图如图 21.1-80 所示。

2.1.4 卷料自动排样冲压送料装置

卷料排样通常有横向直排、横向斜排和参差排样三种形式（图 21.1-81）。为了满足冲压工艺的排样要求，并使模具结构简单，卷料的送料装置也具有纵横向直排、纵横向斜排和参差排样三种型式。

(1) 纵横向直排送料装置

纵横向直排送料装置如图 21.1-82 所示。这种送料装置能完成如图 21.1-81a 所示的工艺排样，其纵向送进是采用拨杆 14，纵向送料距调节片 2 和超越离合器 3 来完成。上、下辊筒 18、19 安装在拖板的支架上，拖板 12 在拖板座 13 中滑动，拖板下面装有滚子 21，由圆柱凸轮 23 带动作横向送给运动。

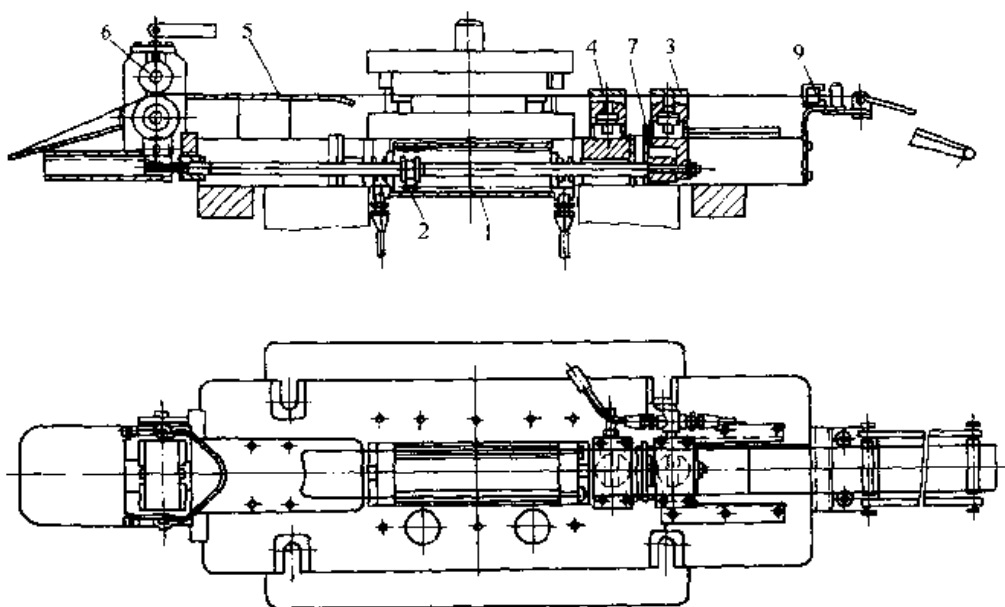


图 21.1-78 气动夹钳送料装置

1—气缸 2—活塞 3—送料夹钳 4—止回夹钳 5—导向板
6—张紧辊 7—限位挡块 8—滚子 9—洗洁器

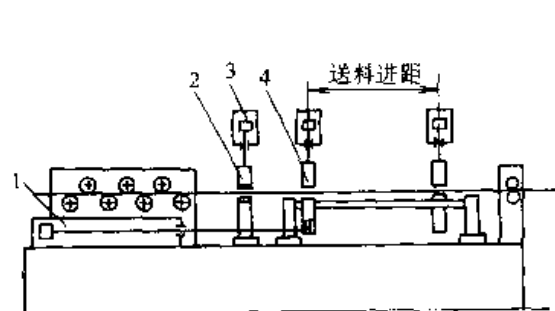


图 21.1-79 液压夹钳送料装置

1—送料液压缸 2—止回夹钳
3—夹紧液压缸 4—送料夹钳

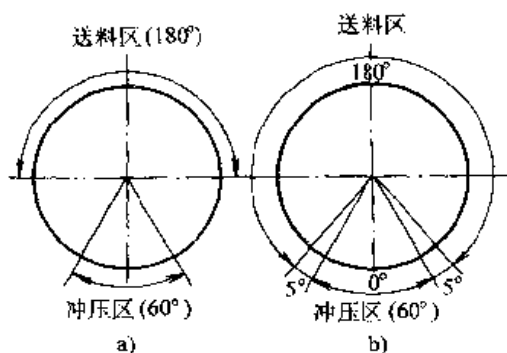


图 21.1-80 夹钳式送料装置工作周期图

a) 机械传动式 b) 气动或液压式

表 21.1-15 夹钳式送料装置的性能参数

型式	料宽 /mm	料厚 /mm	送进距 /mm	送进速度 /(mm/s)	送料精度 /mm
机械传动式	≤250	≤2.5	≤250	1 000	±0.06
气动式	≤1 200	≤6	≤100	167~250	±0.05
液压式	≤2 000	≤8	≤2 000	500~667	±1.0

(2) 纵横向斜排送料装置

该装置结构如图 21.1-83 所示。压力机曲轴端的偏心盘通过拉杆带动棘轮机构 1，棘轮 1 经轴 2 驱动一对直齿轮 4，直齿轮 4 经轴 8 带动槽轮机构 9，槽轮机构经轴 10、锥齿轮副 11 带动辊子转动，实现纵向送料。

棘轮 1 除驱动直齿轮 4 外，还同时驱动一对锥齿轮 3，锥齿轮带动横向进给平面凸轮 5，通过滚子推动装有辊子架的拖板 7，实现横向送料。拖板 7 与送料辊子 6 轴线成 α 夹角，其大小按工艺排样决定。拖板 7 的回程靠弹簧实现。

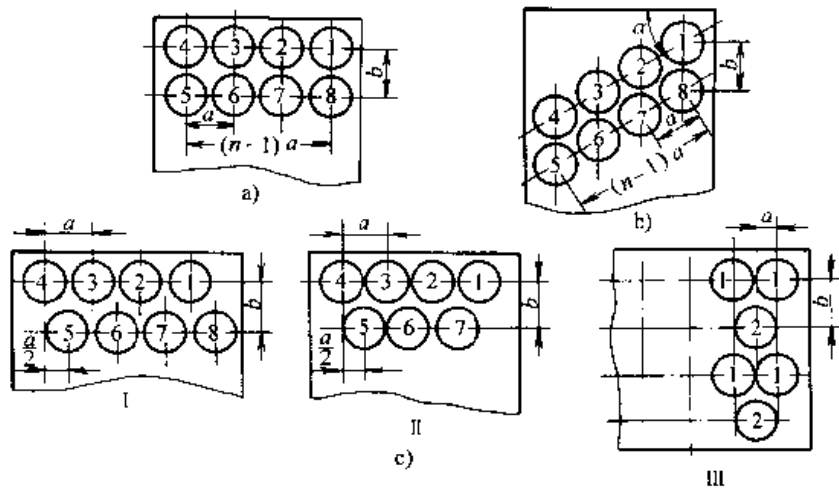


图 21.1-81 排样方式

a) 横向直排 b) 横向斜排 c) 参差排样
 I—上下两排冲孔数相等 II—上下两排冲孔数不等
 III—双冲头参差排样

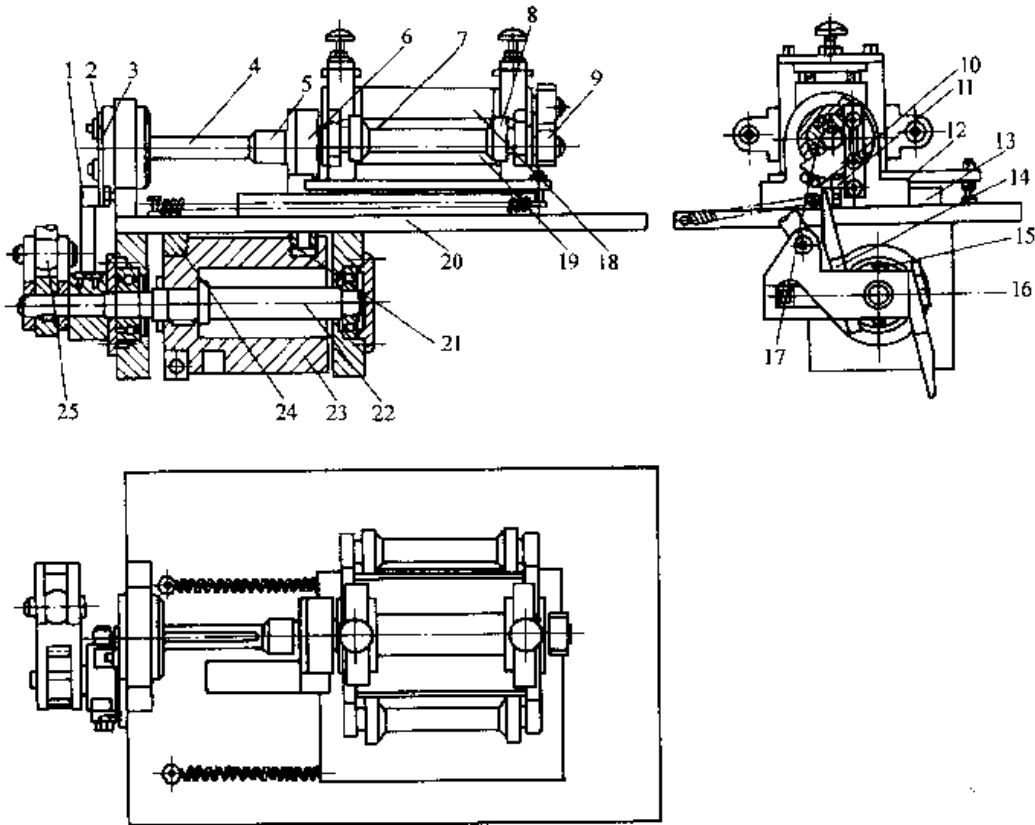


图 21.1-82 纵横向直排送料装置

1、21—滚子 2—纵向送料距调节片 3、6—超越离合器 4—小轴 5—联轴器 7—压料棒
 8—导料圈 9—直齿轮 10—定位块 11—撞块 12—拖板 13—拖板座 14—拨杆
 15—棘轮 16—棘爪 17—星轮 18—上辊筒 19—下辊筒 20—台面板 22—凸轮轴
 23—圆柱凸轮 24—制动圈 25—连杆

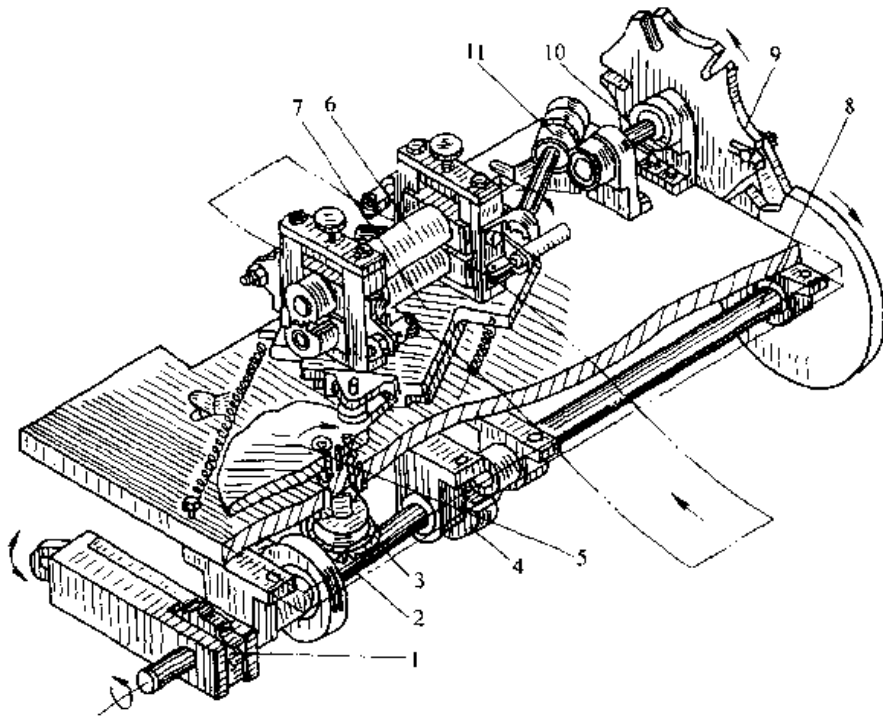


图 21.1-83 纵横向斜排送料装置

- 1—棘轮 2、8、10—轴 3、11—锥齿轮 4—直齿轮
5—平面凸轮 6—送料辊 7—拖板 9—槽轮机构

(3) 参差排样送料装置

其结构如图 21.1-84 所示，由纵横向进给机构组成。

由曲轴端的四连杆机构带动棘轮机构的棘爪 1，棘轮 2 经传动轴 3 带动一对直齿轮 7，直齿轮经过传动轴带动槽轮机构 8，再通过一对直齿

轮 10 带动辊子 11 转动，实现纵向送料。

棘轮 2 经轴 3 带动圆柱凸轮 4。拖板 9 的支架上安装有辊子，拖板的下面装有滚轮 5，由于拖板左端装有拉簧，所以拖板 9 的滚轮 5 始终紧贴圆柱凸轮，由圆柱凸轮的廓线保证横向送料。

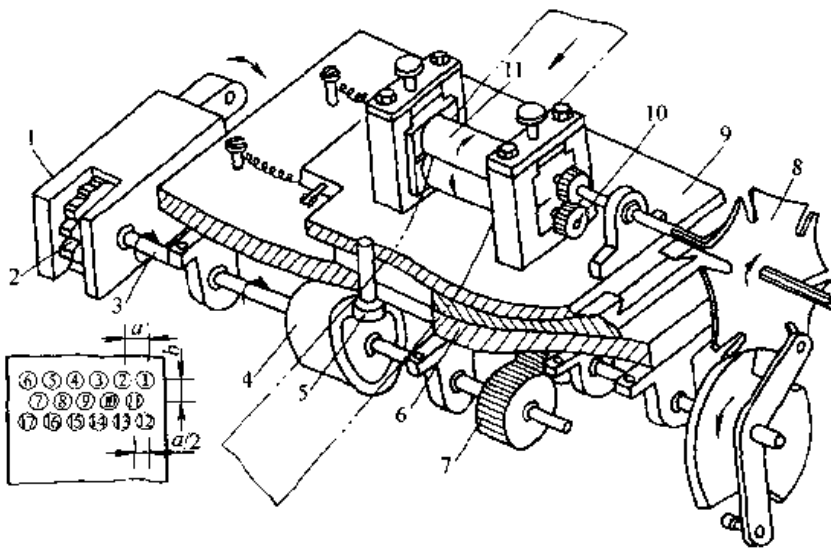


图 21.1-84 参差排样送料装置

- 1—棘爪 2—棘轮 3—传动轴 4—圆柱凸轮 5—滚轮
6—固定台面 7、10—直齿轮 8—槽轮机构 9—拖板 11—辊子

2.2 半成品送料装置

半成品自动送料是将冲压后的半成品冲压件通过送料装置送到下道工序的模具上，然后由模具对其进行冲压加工。由于半成品冲压件的形状复杂多样，致使其送料装置的形式各异，结构也比条料、卷料送料装置复杂。半成品送料装置的工作路线是：把待加工的半成品冲压件放入料斗中，零件从料斗中出来后，经过定向机构和分离机构使具有正确方位的单个半成品冲压件通过料槽进入送料装置中，再由送料装置送到模具上进行冲压。冲压结束后，由取件装置把制件取出，然后经理件机构使制件按顺序排列。因此，半成品自动送料除需要送料装置外，还需要诸如料斗、定向机构、分离机构等。因为料斗、定向机构、分离机构前已述及（见本章 1.3、1.4、1.5 各节），故本处只介绍送料装置。

送料装置的作用是把半成品零件准确地逐个送到模具上，按结构特点可分为闸门式、摆杆式、夹钳式和转盘式等。

2.2.1 闸门式送料装置

此装置多用于片状或块状零件的输送，其结构简单、安全可靠、送料精度高。该装置的工作原理如图 21.1-85 所示，首先把整理好的片状或块状零件 1 放入料匣 2 中，在料匣的下部有一个出口，当往复运动的推板 3（闸门）往左运动时，把料从匣底部出口推出一块，直接或逐步推到模具上。当推板 3 回程从料匣底部退出时，料匣中的块状零件随即落下相当于一块料厚的高度，使

最下一块料停在送料线上，完成一个送料循环。

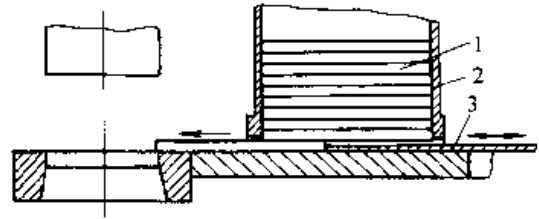


图 21.1-85 闸门式送料装置的工作原理图

1—片状或块状零件 2—料匣 3—推板

闸门式送料装置要求片状或块状零件厚度大于 0.5 mm，表面要平整，边缘没有大的毛刺，否则都会影响送料的可靠性。为了保证料能顺利推出且每次只推出一件，料匣出料口高度和推板厚度可由下式求得：

$$h = (1.4 \sim 1.5)t$$

$$S = (0.6 \sim 0.7)t$$

式中 h ——料匣出料口高度 (mm)；

S ——推板厚度 (mm)；

t ——坯料厚度 (mm)。

推板行程由料匣的安装位置与模具工作部位间的距离、推料方式和压力机滑块行程的大小等因素决定。一般情况下，由推板一次行程把坯料送到模具上。当料匣与模具工作部位的距离较大而压力机滑块行程较小时，可以考虑采用多次行程送料，即推板把坯料分级送进或坯料在送进过程中是坯料推坯料，仅最后的那块坯料由推板推动。

按传动方式的不同，闸门式送料装置又分为斜楔传动式（图 21.1-86）、杠杆传动式（图 21.1-

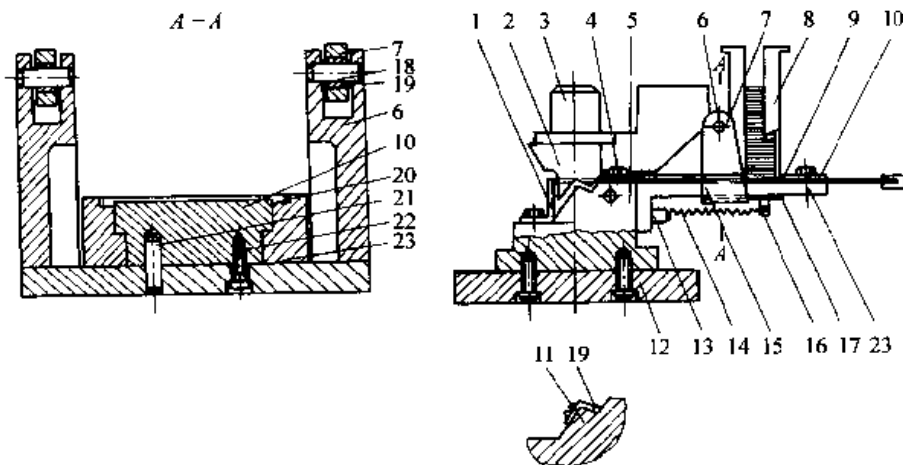


图 21.1-86 斜楔传动闸门式送料装置

1—定位板 2—凸模 3—模柄 4—斜楔 5—下模 6—滚轮支架 7—滚轮 8—料匣 9—料台盖板
10—推板 11—凹模压板 12—座板 13—挂钩 14—弹簧 15—滚轮支架座板 16—销钉
17—滑动导板 18—滚轮轴 19—滚轮轴瓦 20—坯料 21—定位销 22—螺栓 23—送料台

87)、齿轮齿条传动式(图 21.1-88)、射流控制气动式(图 21.1-89)等。

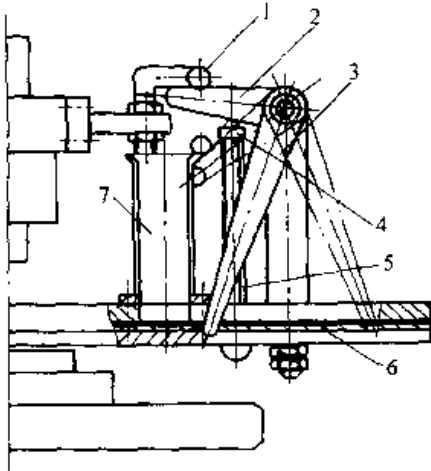


图 21.1-87 杠杆传动闸门式送料装置
1—压头 2—摆杆 3—推杆 4—顶杆
5—弹簧 6—推板 7—料匣

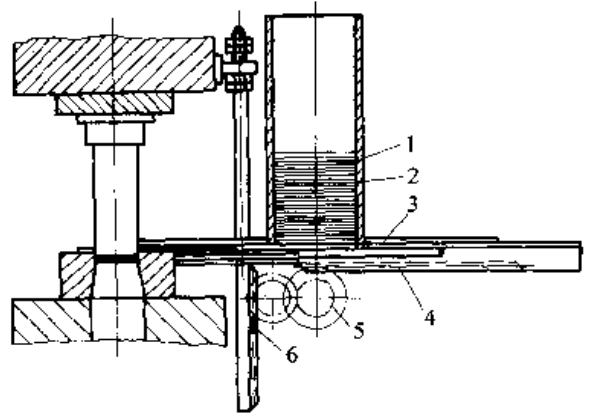


图 21.1-88 齿轮齿条传动闸门式送料装置

1—块料 2—料匣 3—推板
4—齿条 5—齿轮 6—齿条

2.2.2 摆杆式送料装置

摆杆式送料装置用于输送形状规则简单的小型零件，例如圆形块料和环形零件。该装置主要

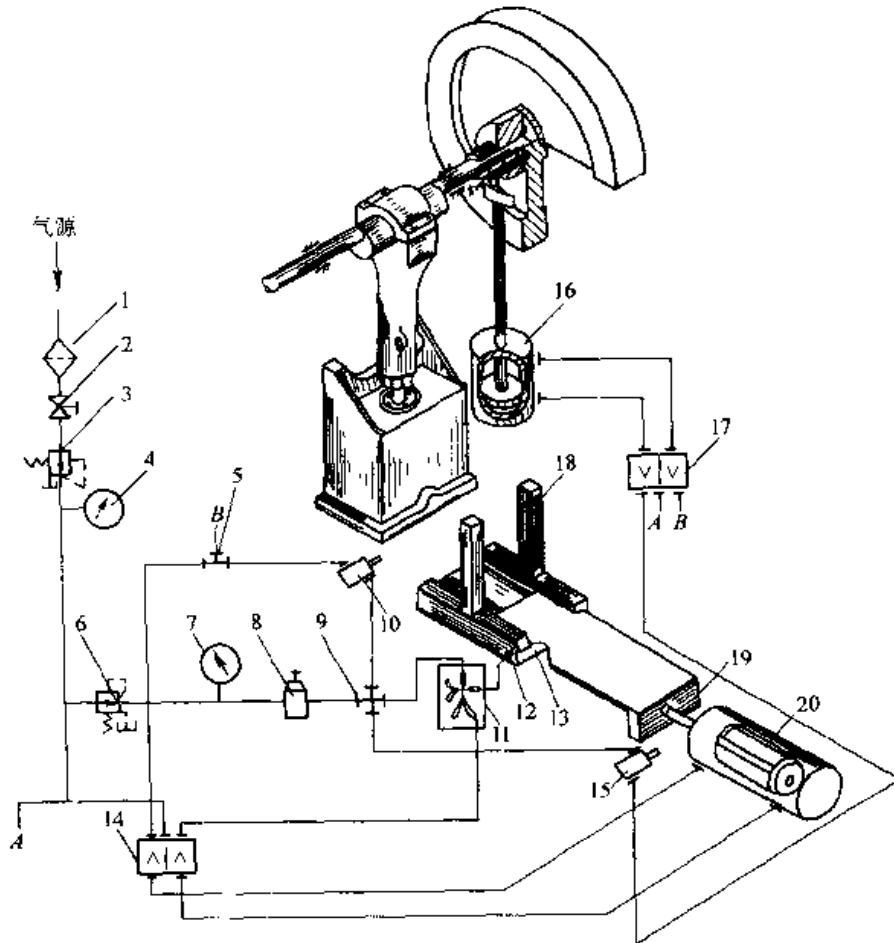


图 21.1-89 射流控制气动闸门式送料装置

1—过滤器 2—闸阀 3、6—减压阀 4、7—压力表 5—三通 8—气动定值器 9—四通
10、15—常闭气按钮 11—“或非”元件 12—气道 13—气孔 14、17—气动放大器
16—控制离合器气缸 18—料匣 19—推板 20—送料气缸

由摆杆 1、抓件部分 2、驱动部分 3 等三部分组成(图 21.1-90)。驱动部分使摆杆实现摆动和往复运动,往复运动完成抓件,摆动则实现送料。

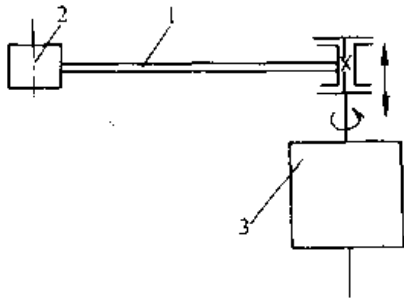


图 21.1-90 摆杆式送料装置原理图
1—摆杆 2—抓件部分 3—驱动部分

摆杆式送料装置一般是机械传动的,送料精度高,但结构复杂。

摆杆式送料装置的结构见图 21.1-91。

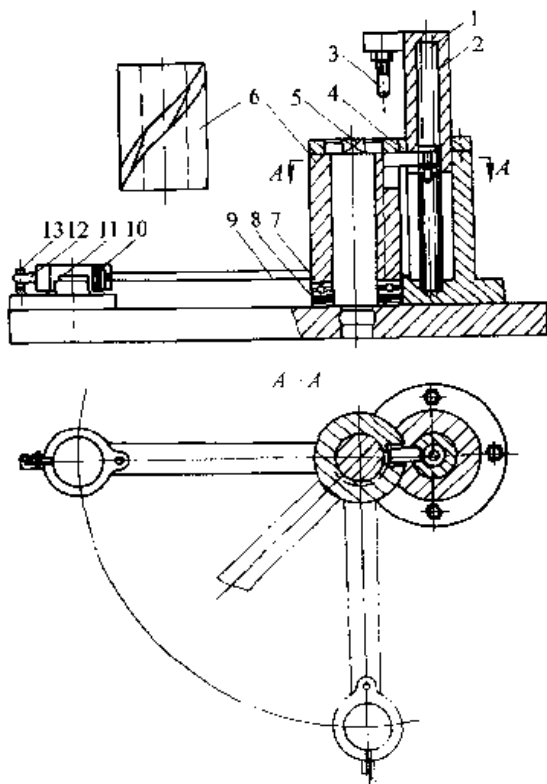


图 21.1-91 摆杆式送料装置
1—弹簧 2—滑柱 3—调节螺栓 4—导销
5—轴 6—圆柱凸轮 7—推力轴承
8—蝶形弹簧 9—摆杆 10—套圈
11—工件 12—套圈活动臂 13—松套螺栓

2.2.3 夹钳式送料装置

图 21.1-92 所示的夹钳式送料装置主要由夹钳、连杆、滑板、料槽和推料部分组成,用于

圆形坯料的送料。

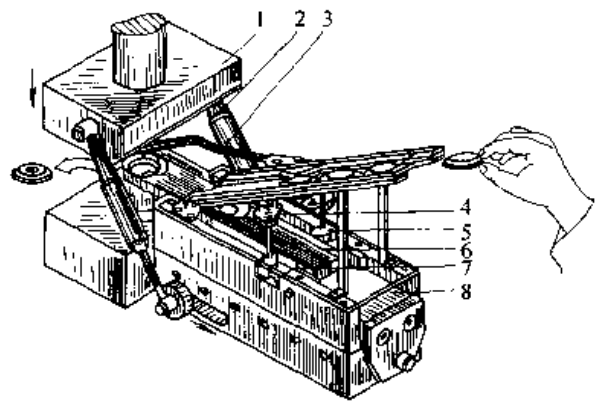


图 21.1-92 夹钳式送料装置
1—上模 2—弹性连杆 3—压料叉
4—擒纵叉 5—拨块 6—夹钳
7—挡块 8—滑块

该装置的工作原理是:当压力机滑块向下运动时,装在上模 1 的弹性连杆 2 推动滑块 8 带动夹钳 6 向外退出。在夹钳的尾部两侧有斜面,夹钳退出时,夹钳尾部的斜面部分沿挡块 7 滑动,挡块 7 压缩夹钳尾部间弹簧使钳口闭合停止在接件位置。在夹钳尾部的两侧各有一缺口,带动擒纵叉 4 推出一个坯料,沿着料槽滑入钳口内。当压力机滑块回程时,弹性连杆 2 带动夹钳前进,夹钳尾部斜面沿着挡块 7 滑动并在弹簧作用下使钳口松开,将坯料放到下模上。

夹钳式送料装置结构较简单,送料精度也比较高,但送料进距是固定的,如要微调送料进距,须改变连杆的长度。

2.2.4 转盘式送料装置

转盘式送料装置是一种常见的送料机构,特别在电机、小五金、轻工等行业中得到广泛应用。它的工作特点是:由料斗、料槽落下来的单个坯料沿着圆周方向送到模具上进行冲压,其工位可以是单工位,也可以是多工位。由于放料可以在离开模具工作区的部分进行,故操作安全。送料装置的大小与沿圆周排列的料穴的大小和数量有关,一般料穴的数量为 24 到 30 个。如料穴数太少,则转盘的转角大,惯性力大,送料精度低。但料穴数太多,又会使转盘直径庞大。转盘直径、料穴直径与料穴数的选取可参考表 21.1-16。

按传动方式不同转盘式送料装置可分为:摩擦传动式、棘轮传动式、槽轮传动式、蜗形凸

传动式、圆柱凸轮传动式和链传动式等。其结构 见图 21.1-93 至图 21.1-98。

表 21.1-16 料穴直径、转盘直径和料穴数 n 的关系

n D/d	4	5	6	7	8	9	10
d/mm							
20	—	—	—	—	12	15	18
30	—	—	—	13	15	18	20
40	—	—	10	13	15	18	20
50	—	—	11	14	16	19	21
60	—	10	12	15	18	20	23
70	7	10	12	16	19	21	—
80	7	10	12	16	19	—	—
90	7	10	12	16	—	—	—
100	7	10	12	—	—	—	—

注： D ——转盘直径 (mm)、 d ——料穴直径 (mm)、 n ——料穴数 (个)。

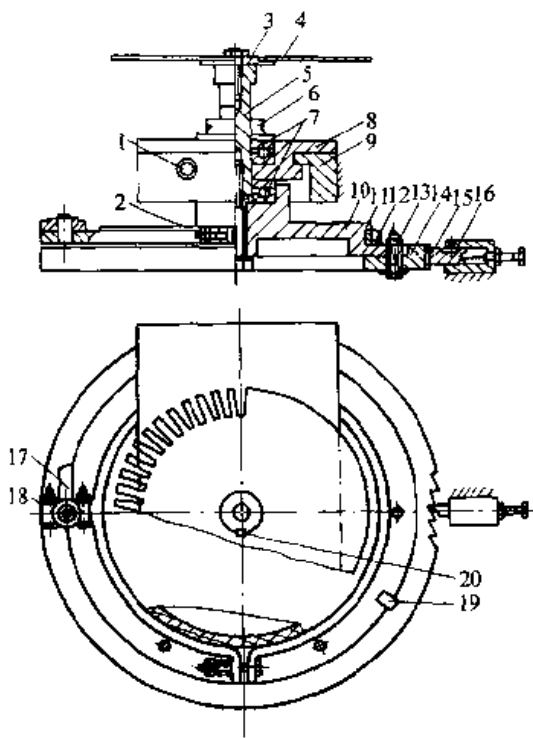


图 21.1-93 摩擦传动的转盘式送料装置
 1—拖板定位螺钉 2—摩擦圈调节螺栓
 3—定位台 4—转子片 5—轴 6—螺母
 7—推力轴承 8—拖板 9—导轨 10—摩擦盘
 11—牛皮 12—摩擦圈 13—螺栓 14—棘轮圈
 15—止推棘爪 16—棘爪座 17—推杆
 18—销轴 19—停止撞块 20—定位键

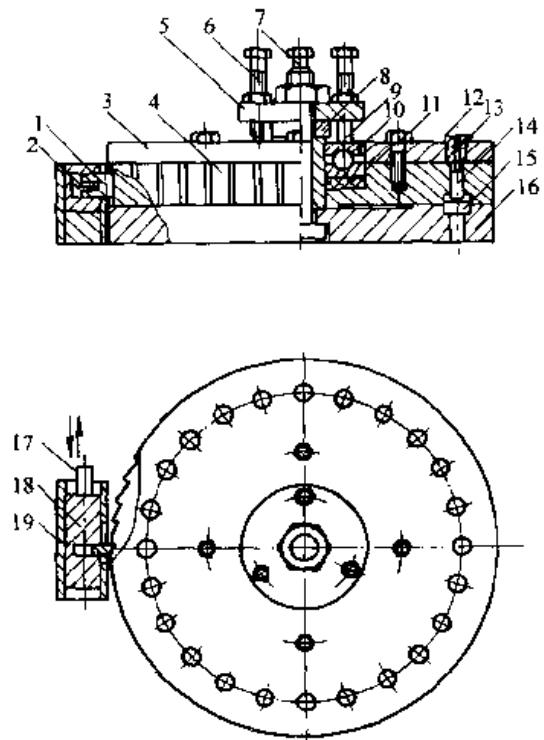


图 21.1-94 棘轮传动的转盘式送料装置
 1—棘爪 2—弹簧 3—模座 4—棘轮
 5—压板 6—微调螺栓 7—螺栓 8—压圈
 9—套 10—推力轴承 11—橡胶圈
 12—制件 13—模具 14—顶销
 15—弹簧片 16—底板 17—连杆
 18—滑块 19—导板

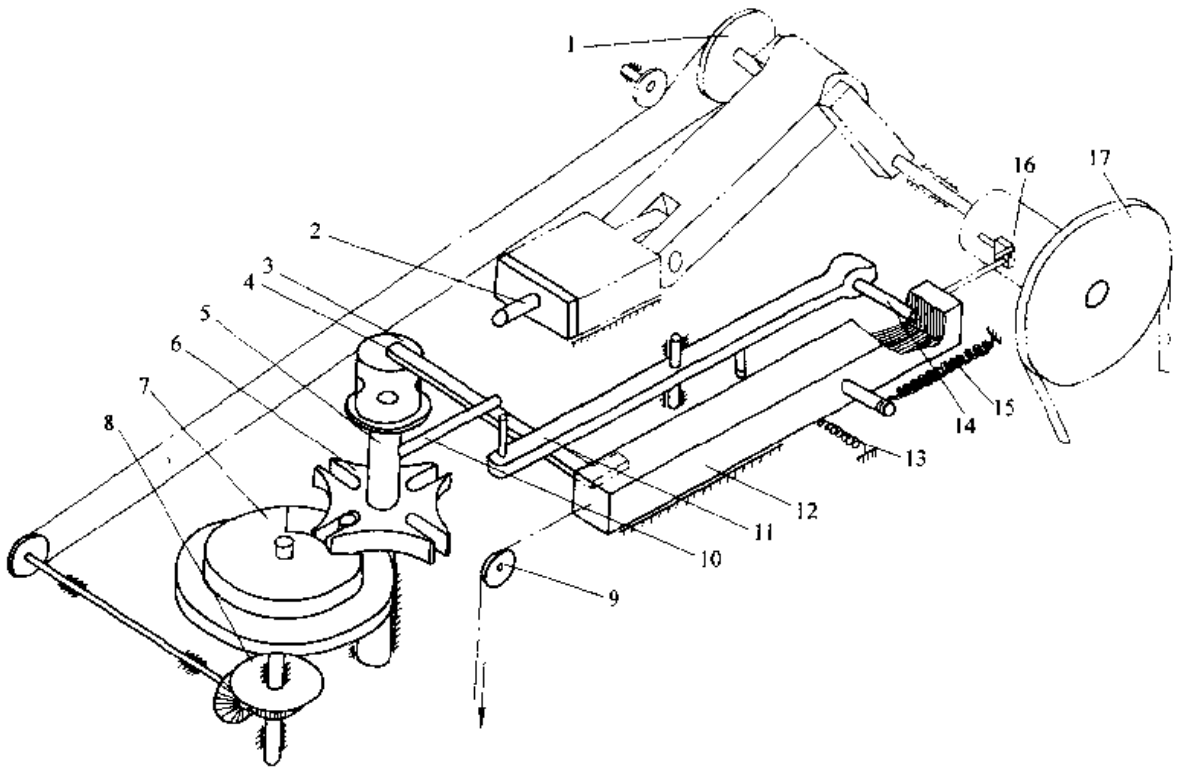


图 21.1.1-95 槽轮传动的转盘式送料装置

- 1—链轮 2—冲头 3—制件 4—挡板 5—轴 6—槽轮 7—锁盘 8—锥齿轮 9—滑轮
10—拨杆 11—杠杆 12—滑板 13、15—拉簧 14—销子 16—离合器挡块 17—带轮

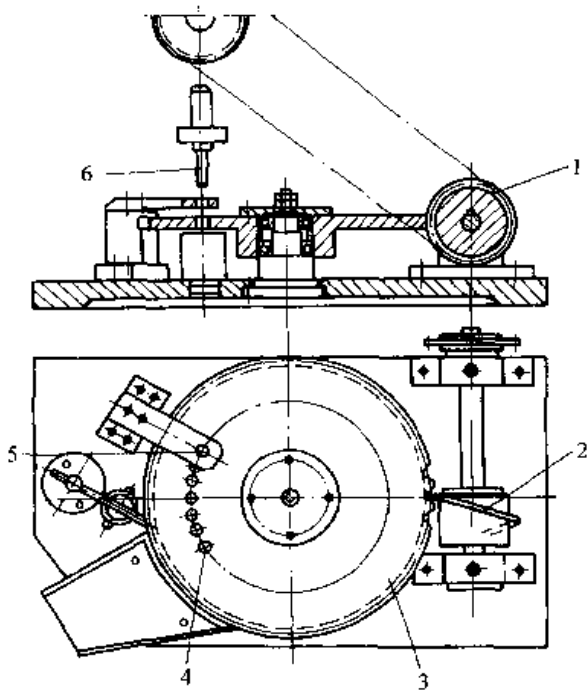


图 21.1.1-96 蜗形凸轮传动的转盘式送料装置

- 1—链轮 2—蜗形凸轮 3—转盘
4—料穴 5—工作部位 6—模具

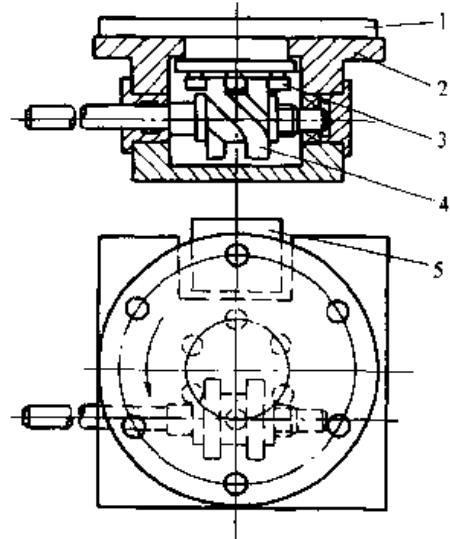


图 21.1.1-97 圆柱凸轮传动的转盘式送料装置

- 1—转盘 2—转盘座 3—滚子
4—圆柱凸轮 5—下模

为了提高转盘式送料装置的定位精度，其送料转盘上定位孔导向锥面的直径应大于或等于相邻两定位孔的中心距，这样相邻两孔的导向锥面

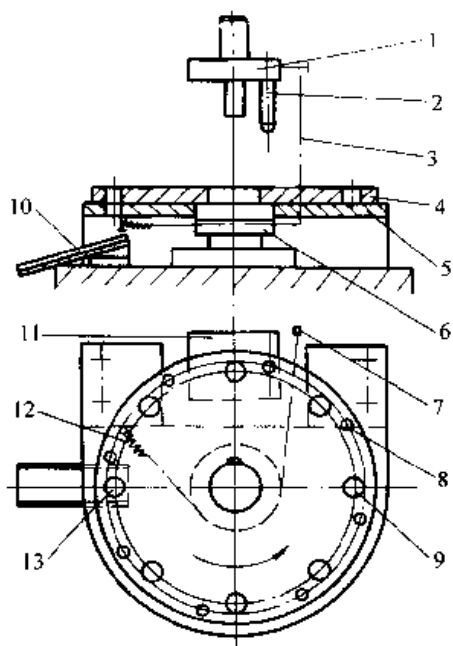


图 21.1-98 链传动的转盘式送料装置
 1—上模 2—定位销 3—链条 4—转盘
 5—座板 6—链轮(超越离合器)
 7—导向滚轮 8—定位孔 9—料穴
 10—料槽 11—下模 12—拉簧
 13—出件工位

的相交处就形成一个尖顶(图 21.1-99)。于是定位器 2 只要接触到导向锥面就可插入定位孔。若定位器落在尖顶上,则绕轴 3 回转,最终沿着锥面滑入某一定位孔中。弹簧 4 可使定位器恢复垂直位置。弹簧力 Q 的计算公式为:

$$Q \geq \frac{2(M + J\epsilon)}{D_\phi \sin\beta \cos\beta}$$

式中 M ——转盘回转时的摩擦力矩;
 J ——转盘的惯性矩;
 ϵ ——转盘回转时的最大角加速度;
 D_ϕ ——定位孔分布圆的直径;
 β ——锥面的倾斜角, $\beta \leq 45^\circ$ 。

定位孔分布圆的直径(图 21.1-99)按下式计算:

$$D_\phi \leq \frac{Nb_\phi}{\pi}$$

式中 N ——定位孔数;
 b_ϕ ——相邻两定位孔的中心距。

若送料转盘的直径大于 200 mm 或压力机行程次数高于 60 次/min,应在转盘下方间隔 90° 或

120° 装设弹簧支承的钢球(图 21.1-99)。这些钢球在转盘的回转过程中始终起制动作用。

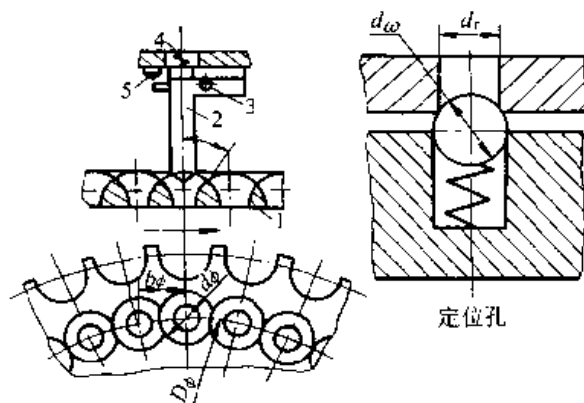


图 21.1-99 转盘式送料装置定位机构

2.2.5 多工位冲压送料装置

多工位冲压送料装置由夹板、夹钳、纵向送料机构和横向夹紧机构等组成。如图 21.1-100 所示,横向运动机构驱动夹钳夹紧制件,间歇运动机构推动纵向夹板右移一个送料进距,制件被移到下一工位。返回时,夹钳松开制件后,间歇运动机构带动纵向夹板回到初始位置。

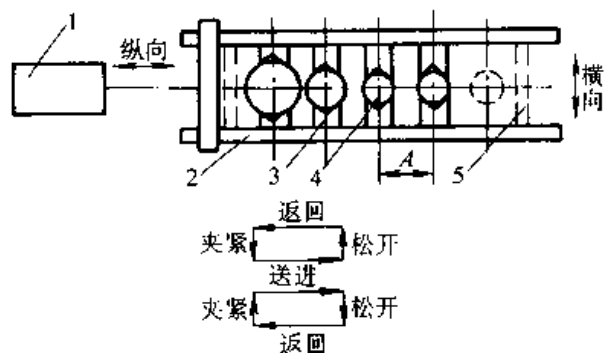


图 21.1-100 多工位冲压送料装置原理结构图

1—纵向驱动机构 2—夹板 3—夹钳
 4—制件 5—横向驱动机构

(1) 多工位冲压送料装置的工作周期图

图 21.1-101 为多工位冲压送料装置的工作周期图,工作循环的各个阶段时间以曲轴转角表示。第一阶段为横向夹紧阶段,曲柄在位置 E 开始夹紧运动,到位置 F 结束,夹紧角为 55° ,停止角为 5° 。第二阶段为纵向送料阶段,由位置 A 开始至位置 B 结束,送料角为 120° ,停顿 5° 。在第三阶段,松开工件,松开角为 55° 。第四阶段,压力机进行冲压,送料机构回程,由位置 D 至位置 E ,工作区角度为 120° 。

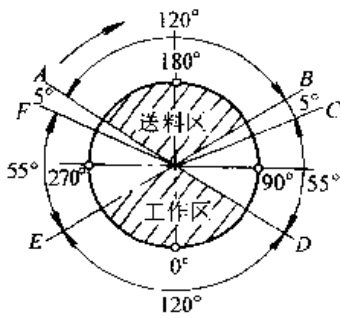


图 21.1-101 多工位冲压送料装置工作周期图

(2) 多工位冲压送料装置的技术参数

- 1) 工位距 A (mm) (图 21.1-100):
当 $D > 250$ mm 时, $A = (1.12 \sim 1.25)D$;
当 $D < 200$ mm 时, $A = (1.4 \sim 2.0)D$ 。

式中 D ——最大落料直径 (mm)。

- 2) 工位数 (个): 由被加工零件的实际工序确定, 并适当考虑空工位及工件出料工位。

- 3) 夹板底面到垫板距离 H_1 (mm):

$$H_1 = 3h$$

式中 h ——工件最大拉深深度 (mm)。

- 4) 夹板闭合内侧距离 B_1 (mm): 在多工位压力机上安装落料模时, 其内侧距离根据落料模模座尺寸增加 10~20 mm (图 21.1-102)。

- 5) 夹板张开内侧距离 B_2 (mm):

$$B_2 = B_1 + 2B$$

式中 B ——夹板单面张开量 (mm)。

夹板单面张开量 B 是根据夹板在闭合时夹

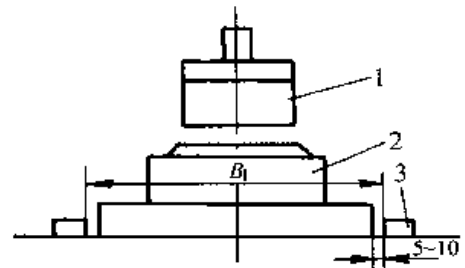


图 21.1-102 夹板闭合内侧距离

1—上模 2—下模 3—夹板

钳夹住制件, 张开时夹钳能自由通过模具导柱外侧的原则确定 (图 21.1-103)。

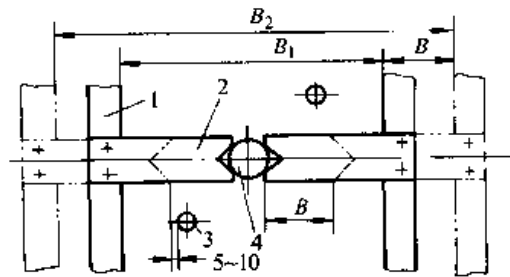


图 21.1-103 夹板单面张开量

1—夹板 2—夹钳
3—模具导柱 4—工件

(3) 多工位冲压送料装置的结构

多工位冲压送料装置的结构见图 21.1-104。

(4) 横向夹紧驱动机构

横向夹紧驱动机构的类型有斜楔传动、斜楔齿条传动和曲柄连杆传动等几种, 见图

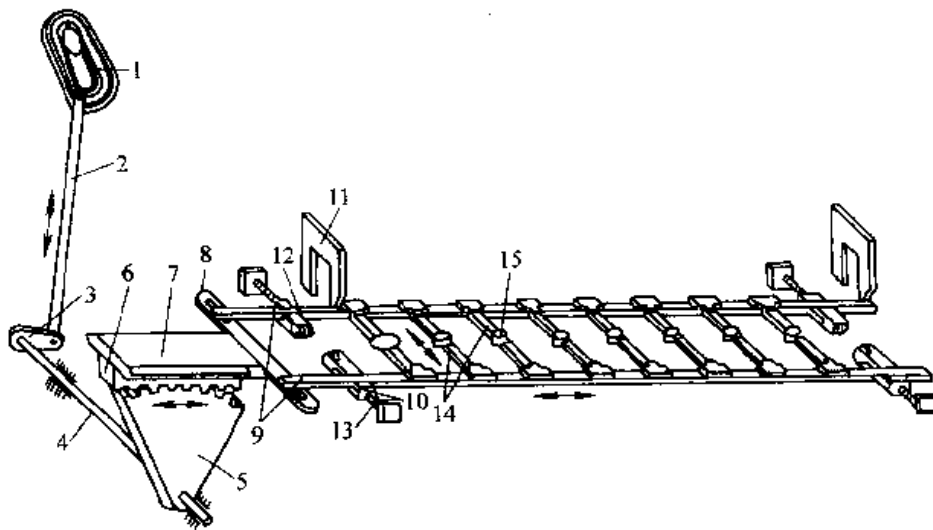


图 21.1-104 多工位冲压送料装置

1—凸轮 2—拉杆 3—转臂 4—轴 5—扇形齿轮 6—齿条 7—滑块 8—连接板
9—夹板 10—滑块 11—斜楔 12—滚轮 13—弹簧 14—夹钳 15—制件

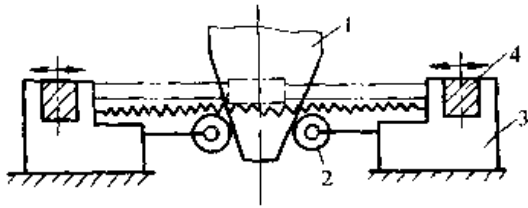


图 21.1-105 斜楔传动式横向夹紧驱动机构
1—斜楔 2—滚轮 3—滑座 4—夹板

21.1-105~图 21.1-107 所示。

(5) 纵向送料机构

多工位冲压送料装置中的纵向送料机构有凸轮杠杆传动、凸轮传动、齿轮齿条传动、气动和行星齿轮传动等几种，见图 21.1-108~图 21.1-112 所示。凸轮位移数据及其画法示例见表 21.1-17。

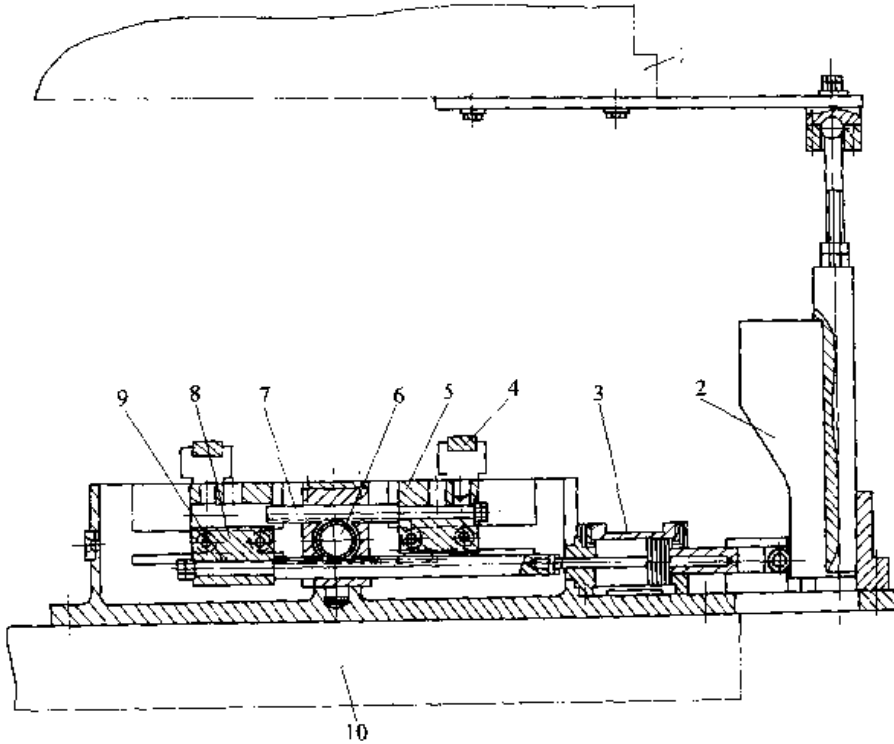


图 21.1-106 斜楔齿轮齿条传动式横向夹紧驱动机构
1—滑块 2—斜楔 3—气缸 4—夹板 5—右夹板架 6—中间齿轮
7—上齿条 8—左夹板架 9—下齿条 10—垫板

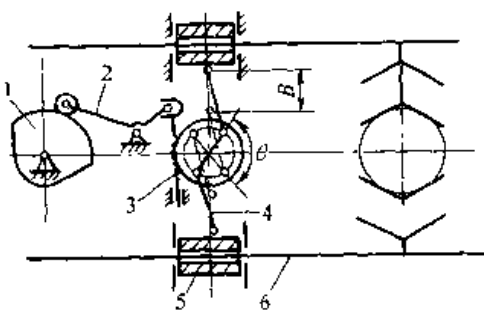


图 21.1-107 曲柄连杆传动式横向夹紧驱动机构

- 1—凸轮 2—摆杆 3—齿条
4—连杆 5—滑座 6—夹板

行星传动间歇运动机构是一种新型的间歇运

动机构，具有运行平稳、冲击小和定位精度高等优点。它的工作原理（图 21.1-113）是：压力机曲轴带动传动齿轮等速转动，通过转臂带动行星齿轮绕中心齿轮转动。行星轮上偏心距为 E 的偏心轴绕行星轮转动，其运动为行星齿轮公转和自转运动的合成，轨迹为一变态外摆线（图 21.1-113 中的虚线）。为使轨迹曲线具有对称性，中心齿轮与行星齿轮的节圆直径之比应为 $D:d=2:1$ 。当 $D:d:E=10:5:1$ 时，夹板在两端停顿角行程范围内基本上保持静止。在送料过程中，偏心轴推动弹簧装置带动夹板完成送料和退回。夹板依靠固定挡铁刚性定位。轨迹波动量的影响由弹簧来补偿。

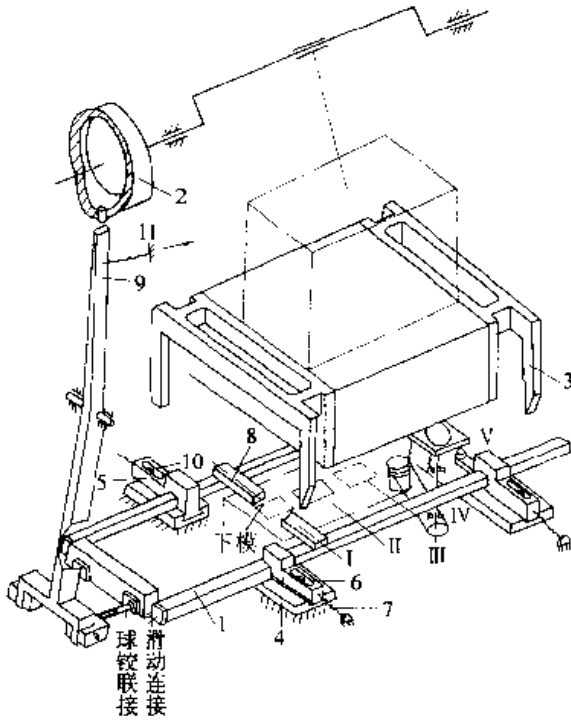


图 21.1-108 凸轮杠杆传式纵向送料机构
1—夹条 2—凸轮 3—斜楔 4、5—滑架
6—长槽 7—弹簧 8—夹爪 9—杠杆
10—滚子 11—弹簧

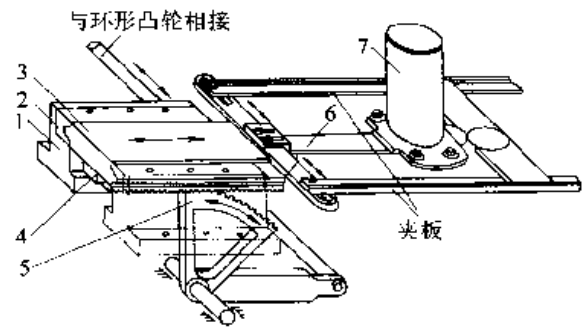


图 21.1-109 齿轮齿条传动式纵向送料机构
1—滑块座 2—导轨 3—送料滑块 4—齿条
5—扇形齿轮 6—送料推板 7—料筒

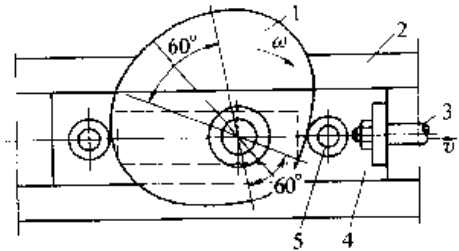


图 21.1-110 凸轮传动式纵向送料机构
1—凸轮 2—机架 3—连接杆
4—滑块 5—滚子

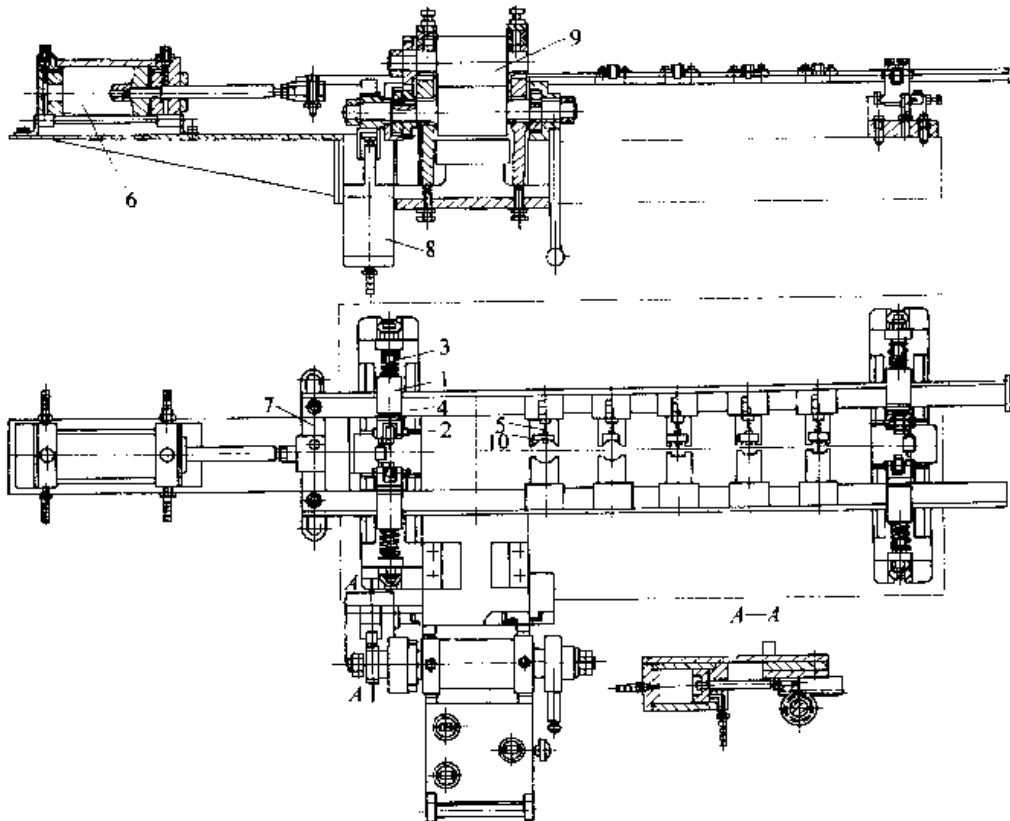


图 21.1-111 气动式纵向送料机构
1—夹紧滑块 2—滚子 3—弹簧 4—夹板 5—夹钳 6—气缸
7—推板 8—气缸 9—送料辊 10—定位触头

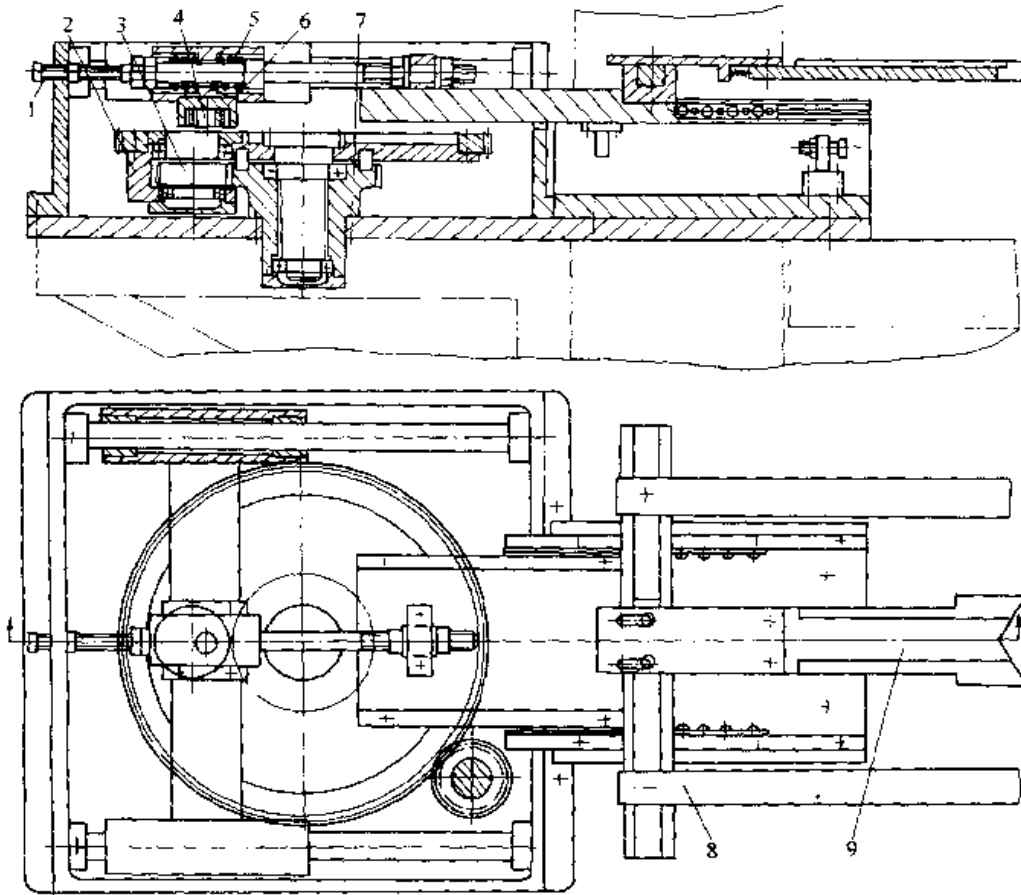


图 21.1-112 行星传动式纵向送料机构

1—定位挡板 2—转臂 3—行星齿轮 4—偏心轴 5—弹簧装置
6—槽形导轨 7—中心齿轮 8—夹板 9—推板

工位距： $A = D + d - 2E$

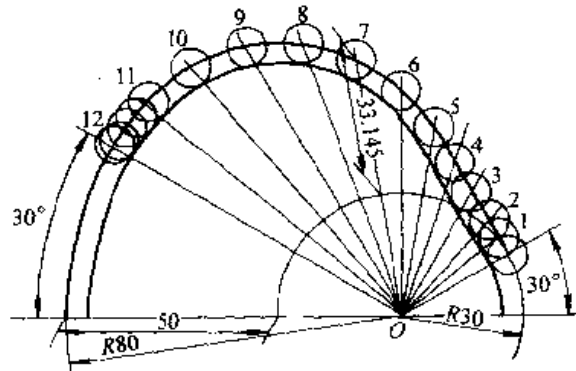
停顿角： $\varphi_i = 60^\circ$

表 21.1-18 和表 21.1-19 列出了工位距 100~400 mm 范围内行星齿轮机构的主要参数。修正齿轮可以保证 60° 的停顿角。

(6) 三坐标多工位冲压送料装置

前面介绍的多工位冲压送料装置为二向送给方式，即送料装置按“夹紧—送料—放松—退回”的方式工作。二向送给方式对冲压方法和冲压件的形状都有一定的限制。在二向送给方式的基础上加上“上升、下降”的动作，使送料装置的夹板具有三维的运动，可按“夹紧—上升—送

表 21.1-17 凸轮位移数据及其画法示例



续表 21.1-17

序号	从动杆位移 (单位)	序号	从动杆位移 (单位)	序号	从动杆位移 (单位)	序号	从动杆位移 (单位)
0	0.000 0						
1	0.000 03	16	0.108 4	31	0.533 3	46	0.925 0
2	0.000 2	17	0.127 7	32	0.566 4	47	0.939 0
3	0.000 8	18	0.148 6	33	0.599 2	48	0.951 4
4	0.001 9	19	0.171 3	34	0.631 4	49	0.962 1
5	0.003 8	20	0.195 5	35	0.662 9	50	0.971 2
6	0.006 5	21	0.221 2	36	0.693 5	51	0.978 8
7	0.010 2	22	0.248 4	37	0.723 2	52	0.984 9
8	0.015 1	23	0.276 8	38	0.751 6	53	0.989 8
9	0.021 2	24	0.306 5	39	0.778 8	54	0.993 5
10	0.028 8	25	0.337 1	40	0.804 5	55	0.996 2
11	0.037 9	26	0.368 6	41	0.828 7	56	0.998 1
12	0.048 6	27	0.400 8	42	0.851 4	57	0.999 2
13	0.061 0	28	0.433 6	43	0.872 3	58	0.999 8
14	0.075 1	29	0.466 7	44	0.891 6	59	0.999 97
15	0.090 8	30	0.500 0	45	0.909 2	60	1.000 0

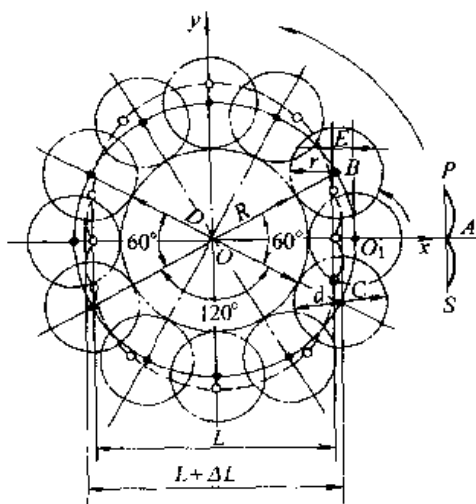


图 21.1-113 行星传动间歇运动机构原理图

料—下降—松开—退回”的方式工作，从而扩大了多工位冲压送料装置的应用范围。

1) 三坐标多工位冲压送料装置的特点：在二维多工位冲压送料装置中，送料夹板只在横向和纵向运动，因此送料时制件下底面在下模面上滑动。而在三坐标多工位冲压送料装置中，夹板

增加了上升和下降的动作，送料时就可以把制件夹持提升后再送进，避免了制件在下模面上滑动。

由于二维送料装置工作时制件在下模面上滑动，所以要求其底部和下模的上平面很平，这就给制件的形状以一定的限制和给模具加工调整造成了一定的困难。而采用三坐标冲压送料装置则可避免这些问题。

在拉深工序中，制件每拉好一道，必须从下模中脱出，故下模中必须设置一个卸料器，而卸料器的存在，在二向送进时又常常影响制件的纵向送料。三坐标冲压送料装置则不受各道工序卸料器不平的影响。在卸料力不大的情况下，甚至可以不用卸料器，而直接由夹钳本身的上升动作来提升制件。这样可使模具结构变得简单。

如果要求在产品顶部斜面上冲孔，在垂直冲的压力机上就无法完成。由于三坐标冲压送料装置的夹钳有升降动作，夹钳的高度可做成可调的。在夹钳上升时，就能够变更制件的姿态，使要冲孔的斜面与冲孔凸模运动方向垂直，以完成冲孔。

表 21.1-18 标准齿轮

工位距 A /mm	模数 m /mm	小齿轮 齿 数 z ₁	α	工位距 A /mm	模数 m /mm	小齿轮 齿 数 z ₁	α	工位距 A /mm	模数 m /mm	小齿轮 齿 数 z ₁	α
100	1.75	22	30°8′	210	3	27	31°2′	320	3.25	38	31°19′
	2.25	17	26°33′		4.5	18	31°2′		6.5	19	31°19′
110	2	21	25°26′	220	2.5	34	31°50′	330	3.25	39	28°54′
	2.5	17	31°50′		3.25	26	28°54′		3.75	34	31°50′
120	1.5	31	33°8′	230	2.75	32	26°43′	340	3.75	35	31°26′
	2	23	27°49′		4	22	26°43′		4.5	29	28°32′
130	2	25	29°37′	240	2.5	37	30°40′	350	4.5	30	31°2′
	2.5	20	29°37′		4	23	27°49′		5	27	31°2′
140	2	27	31°2′	250	2.75	35	30°8′	360	3.75	37	30°40′
	3	18	31°2′		3	32	28°47′		6	23	27°49′
150	1.75	33	30°8′	260	2.5	40	29°37′	370	3.75	38	30°18′
	2.75	21	30°8′		4	25	29°37′		5.5	26	31°59′
160	1.75	35	27°2′	270	3.25	32	30°22′	380	3.75	39	29°57′
	3.25	19	31°19′		4	26	30°22′		7	21	32°24′
170	2.25	29	28°32′	280	3	26	31°2′	390	5	30	29°37′
	2.5	26	26°18′		4	27	31°2′		6	25	29°37′
180	2.25	31	33°8′	290	3.5	32	31°39′	400	5.5	28	30°8′
	3	23	27°49′		4	28	31°39′		7	22	30°8′
190	2.5	29	25°1′	300	3.5	33	30°8′				
	3.5	21	32°24′		5.5	21	30°8′				
200	2.75	28	30°8′	310	3.5	34	28°36′				
	3.5	22	30°8′		7	17	28°36′				

注：大齿轮齿数 z₂ = 2z₁。

表 21.1-19 变位齿轮 (保证 $\alpha = 30^\circ$)

工位距 A /mm	模数 m /mm	小齿轮 齿 数 z_1	小齿轮变 位系数 x_1	工位距 A /mm	模数 m /mm	小齿轮 齿 数 z_1	小齿轮变 位系数 x_1	工位距 A /mm	模数 m /mm	小齿轮 齿 数 z_1	小齿轮变 位系数 x_1
100	2	19	0.385		4	19	0.385	310	3	39	1.241
	2.25	17	0.164	210	2.5	32	0.510		3.5	34	0.138
110	1.5	28	0.349		4	20	0.323	320	4.5	27	0.584
	2	21	0.262	220	3	28	0.249		6	20	0.865
120	2	22	0.143		4	21	0.262	330	5	25	0.640
	2.5	18	0.778	230	2.5	35	0.643		6	21	0.262
130	2	25	0.028		4	22	0.202	340	4	32	1.159
	2.5	20	0.022	240	4	23	0.143		5	26	0.266
140	2.5	21	0.908		5	18	0.778	350	4	33	1.092
				250	3	32	0.113		6	22	0.728
150	2.5	23	0.143		4	24	0.085	360	4	34	1.026
	3	19	0.385	260	4	25	0.028		6	23	0.143
160	2.25	27	0.584		5	20	0.022	370	4	35	0.961
	3	20	0.865	270	3	34	1.026		5	28	0.768
170	2	32	1.159		6	17	0.513	380	5	29	0.391
	2.5	26	0.266	280	3.25	33	0.245		6	24	0.597
180	3	26	0.143		5	21	0.908	390	5	30	0.033
	4	17	0.513	290	3	37	0.317		6	25	0.028
190	3	24	0.597		5	22	0.512	400	4	38	0.769
	4	18	0.448	300	3	38	0.769		4.5	34	0.328
200	2	38	0.769		5	23	0.143				

注：大齿轮齿数 $z_2 = 2z_1$ 。

2) 三坐标多工位冲压送料装置的结构如图 21.1-114 所示。

3) 三坐标多工位冲压送料装置的周期图如图 21.1-115 所示。由图可见, 上升和送料有一段时间同时进行, 即在上升一定高度使制件离开模具后, 便一面上升一面纵向送进, 在没有送至下一工序前, 便一面下降一面继

续送进。放松和夹紧也是这样, 在完全放松前就开始边继续放松边开始退回。退回到前一工序模具中心前, 夹钳开始闭合, 同时继续退回。这样可使周期运动更紧凑, 但是在上升前和下降后, 制件必须停顿一段短时间, 停稳后才进行其他动作, 如图中有 5° 的停顿。上升或下降动作可由凸轮机构或气动装置来实现。

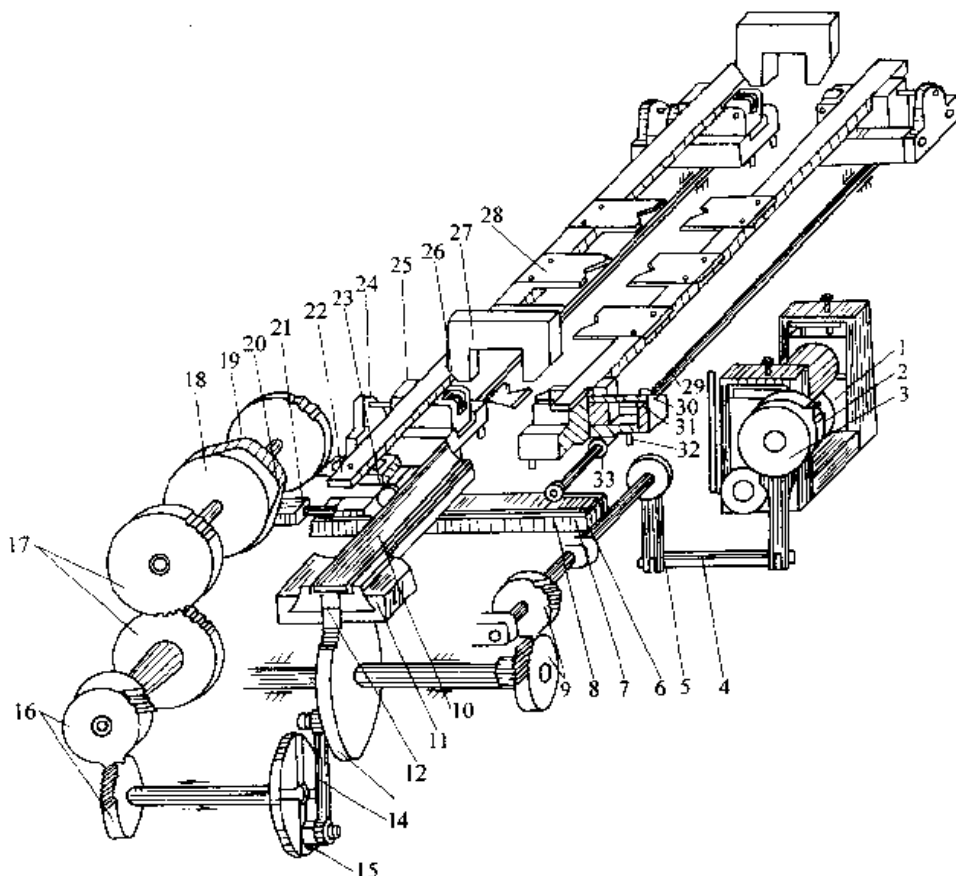


图 21.1-114 三坐标多工位冲压送料装置

- 1—滚筒 2—齿轮 3—超越离合器 4、14—连杆 5—摆杆 6、31—弹簧 7、12—齿条 8—槽钢
9、16—斜齿轮传动 10—推料板 11—燕尾槽 13—大齿轮 15—偏心盘 17—齿轮传动
18—大凸轮 19—链轮 20、26—滚轮 21—滚轮支架 22—夹板 23—小齿轮 24—滑块架
25—滑块 27—斜楔 28—夹钳 29—凸轮轴 30—导柱 32—导销 33—小凸轮

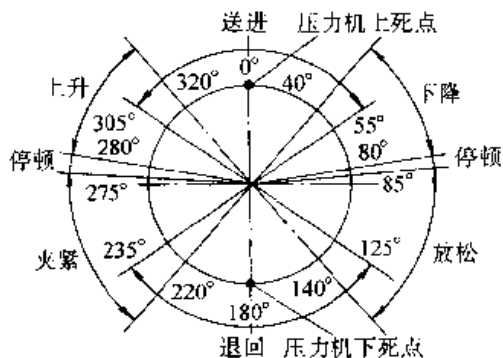


图 21.1-115 三坐标多工位冲压送料装置工作周期图

2.3 取料装置

取料装置亦称取件装置、出件装置、出料装置等, 其作用是把冲压下来的制件或废料及时送出。送料装置和取料装置配套使用, 可大大减轻操作者劳动强度, 防止工伤事故。

按传动方式, 取料装置有气动和机械传动两种。

2.3.1 气动取料装置

图 21.1-116 为气吹式取料装置, 它是利用

压缩空气将已从模具中顶出的制件吹离模具。压缩空气的压力一般为 0.4~0.6 MPa。气吹式取料装置的结构简单，适用于小型冲压件，但制件被吹出后的方位不能控制，噪声也比较大。

根据上模出料或下模出料的不同，气吹式取料装置结构如图 21.1-117 所示。

图 21.1-118 所示为气推式取料装置，它是利用气缸的推力把制件从模具上推出。这种取料装置适用于中小型冲压件。

2.3.2 机械式取料装置

(1) 接盘式取料装置

图 21.1-119 和图 21.1-120 所示为接盘式取料装置。这种取料装置通常都是由接料盘和摆杆、连杆等零件所组成，结构简单，适应性强，主要适用于中小型冲压件。

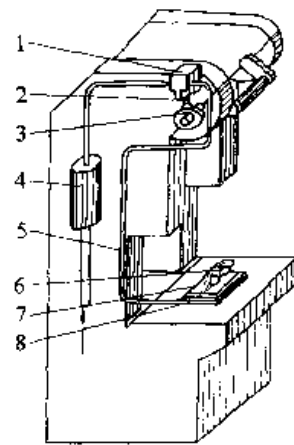


图 21.1-116 气吹式取料装置
1—气阀 2—阀杆 3—凸轮 4—储气筒
5—管道 6—制件 7—下模 8—喷嘴

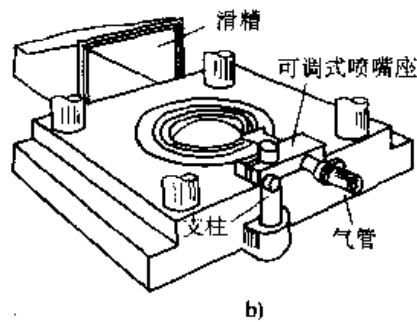
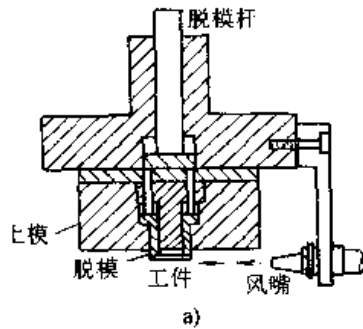


图 21.1-117 气吹式取料方式
a) 从上模取出 b) 从下模取出

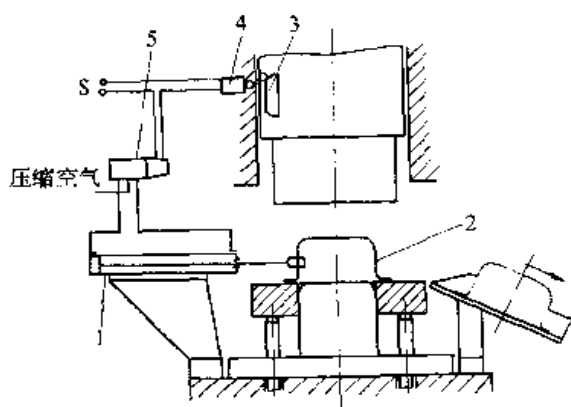


图 21.1-118 气推式取料装置
1—气缸 2—制件 3—凸轮
4—行程开关 5—气阀

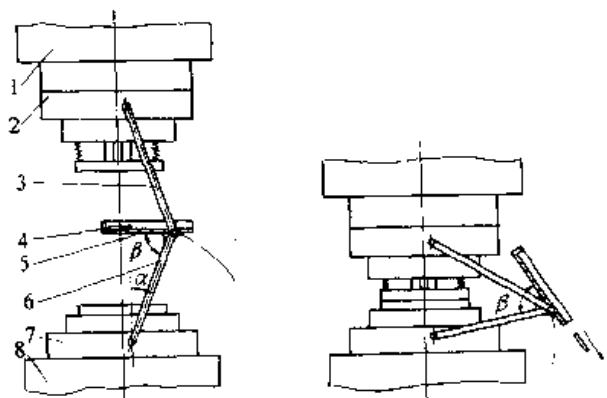


图 21.1-119 接盘式取料装置
1—压力机滑块 2—上模 3—连杆
4—制件 5—接盘 6—下摆杆
7—下模 8—工作台

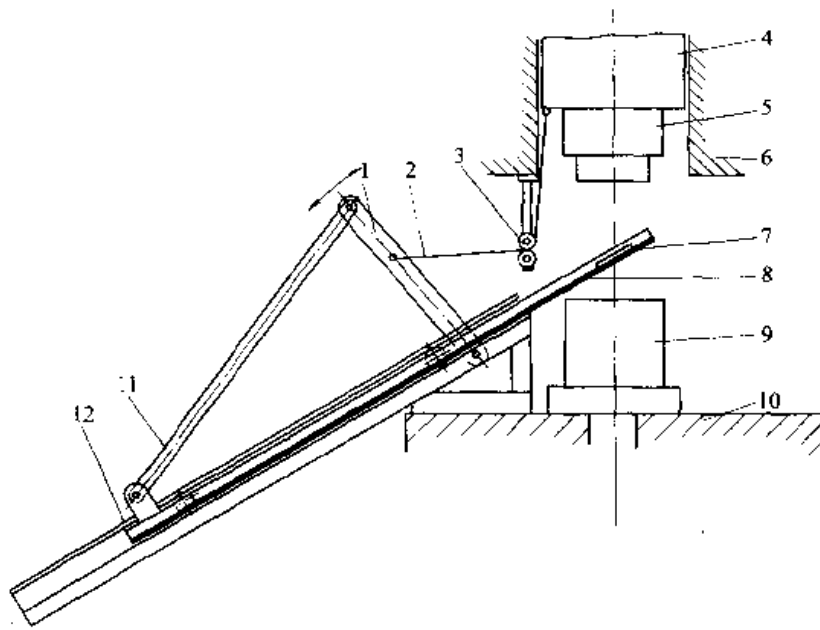


图 21.1-120 接盘式取料装置

1—摆杆 2—钢丝绳 3—滚子 4—滑块 5—上模 6—机身 7—工件
8—接盘 9—下模 10—工作台 11—连杆 12—滑道

(2) 托杆式取料装置

图 21.1-121 所示为托杆式取料装置。其动作原理是：压力机滑块下行时，托杆向下摆动，接触制件后，托杆向两侧摆开，并沿着制件的侧壁面滑下，一直滑到它的下面。冲压完成后，滑块向上回程，此时，托杆托住制件向上脱模。滑块上升到一定高度，托杆与水平面形成一定角度，制件便沿着托杆向左方滑出。

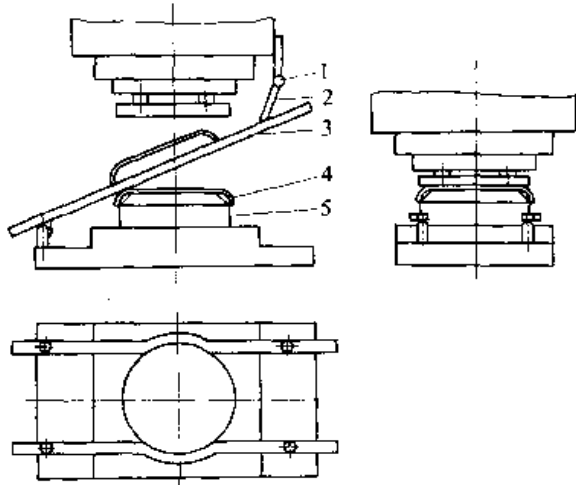


图 21.1-121 托杆式取料装置

1—球铰链 2—连接杆 3—托杆
4—制件 5—下模

(3) 弹性取料装置

图 21.1-122 所示为片弹簧式取料装置。它的工作特点是：当制件从上模落下时，借助片弹簧的弹力把制件打出。这种取料装置适用于小型冲压件。

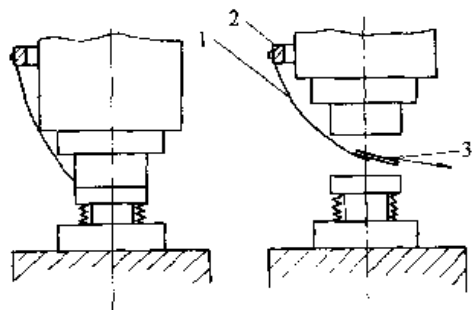


图 21.1-122 片弹簧式取料装置

1—片弹簧 2—固定支架 3—工件

图 21.1-123 所示为拉簧摆杆取料装置。它工作时是利用拉簧的弹力拉动摆杆，摆杆上的撞块接触制件后将其打出模具工作区。

(4) 机械手取料装置

图 21.1-124 和图 21.1-125 所示为机械手取料装置。机械手按夹持坯料的方式有吸盘式和夹钳式之分。

机械手使用方便，操作灵活，工作程序容易改变。冲压中不仅用于取料，也常兼作送料装置使用。

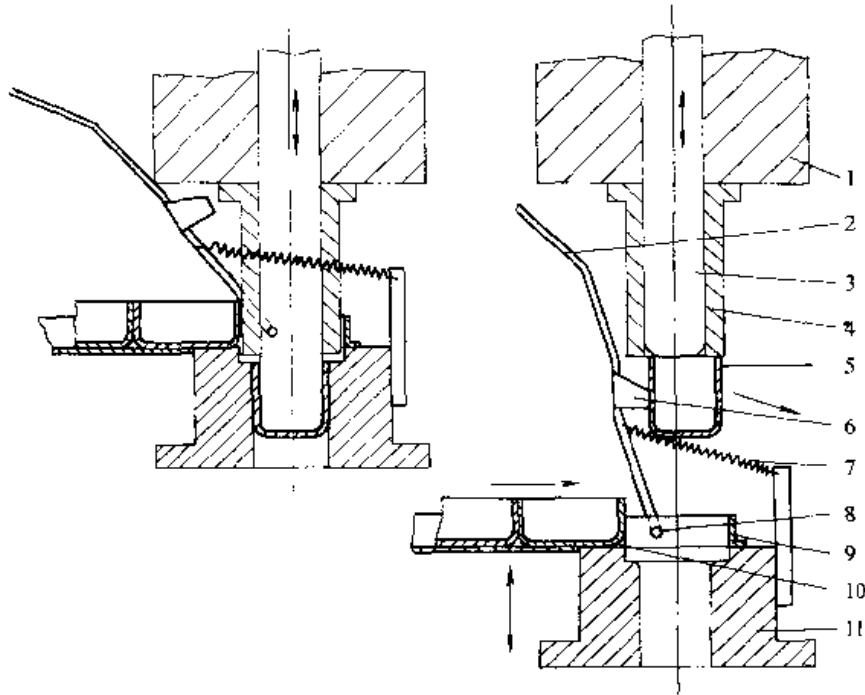


图 21.1-123 拉簧摆杆式取料装置

1—上模 2—摆杆 3—拉深凸模 4—压边套和卸料套 5—制件 6—撞块
7—拉簧 8—支承 9—定位圈 10—坯件 11—拉深凹模

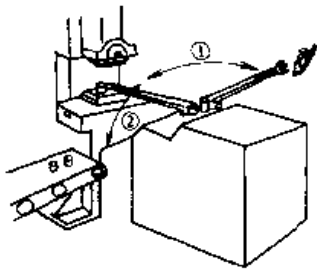


图 21.1-124 冲压机械手

①供给 ②取出

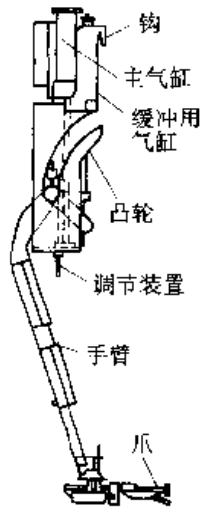


图 21.1-125 摇动式机械手

2.4 理件装置

理件装置的作用是将冲压后的制件按照一定的顺序排列起来。

(1) 柱式理件装置

图 21.1-126 所示的柱式理件装置用于使冲压后的电机定子片同心地叠起来。它是一个固定的柱子，柱子的断面形状和尺寸应根据制件的内孔形状来确定。柱子的安放位置应使冲压后的制件沿着斜面滑道向压力机的后方滑出，制件离开滑道后，以一定速度飘落到接件柱上。

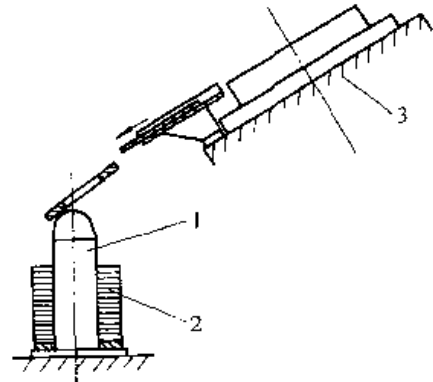


图 21.1-126 定子片用柱式理件装置

1—接件柱 2—定子片 3—工作台

图 21.1-127 所示的杆式理件装置可用于带孔的小型冲压件。接件杆可以是直杆，也可以是曲杆，通常是安放在压力机工作台的下面，其上端伸到模具下面一定高度，制件直接落入接件杆上。

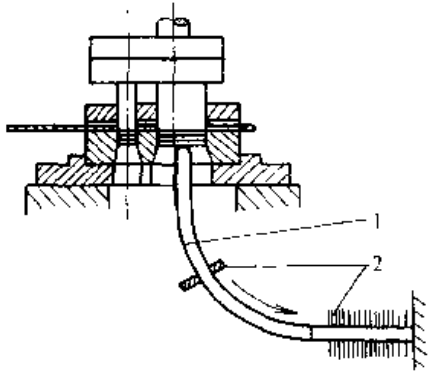


图 21.1-127 杆式理件装置
1—接件杆 2—制件

(2) 槽式理件装置

图 21.1-128 所示的槽式理件装置用于将冲压后的电机转子片或圆盘状零件同心地叠起来。理件过程是由装在冲模下部的圆形断面的滑槽完成。

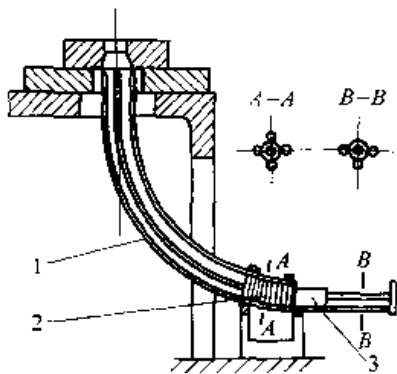


图 21.1-128 转子片用槽式理件装置
1—集件槽 2—转子片 3—支承滑块

图 21.1-129 所示的槽式理件装置用于将冲

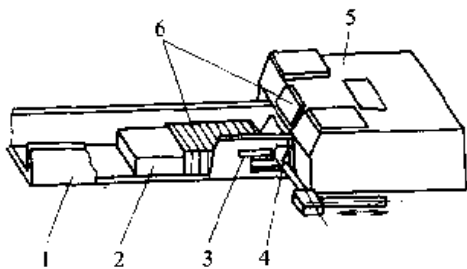


图 21.1-129 槽式理件装置
1—集件槽 2—支承滑块 3—弹性挡销
4—推板 5—模具 6—制件

压后的矩形制件规则地叠起来。理件过程是由安装于模具出件方向的集件槽完成。

(3) 滑道式理件装置

图 21.1-130 所示为滑道式理件装置，它适用于整理 U 形冲压件。图 21.1-131 所示理件装置适用于整理 T 形冲压件。

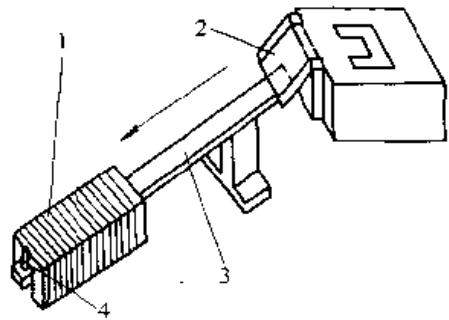


图 21.1-130 滑道式理件装置
1—制件 2—导槽 3—滑道 4—挡销

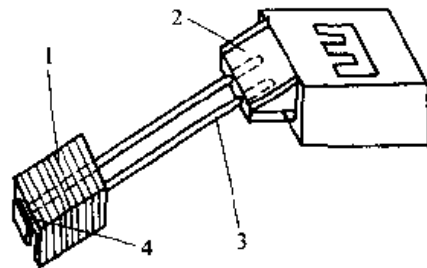


图 21.1-131 滑道式理件装置
1—制件 2—导槽 3—滑道 4—挡板

(4) 匣式理件装置

图 21.1-132 所示的匣式理件装置适用于整理

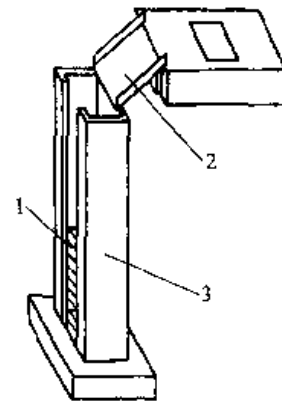


图 21.1-132 匣式理件装置
1—制件 2—导槽 3—集件匣

小型矩形制件。

图 21.1-133 所示的匣式理件装置适用于整理弯曲冲压件。

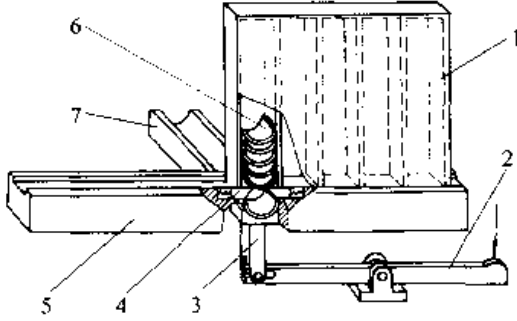


图 21.1-133 匣式理件装置

1—集件匣 2—托杆 3—托杆 4—止回销
5—滑道 6—制件 7—导槽



图 21.1-135 带导轨的滑槽

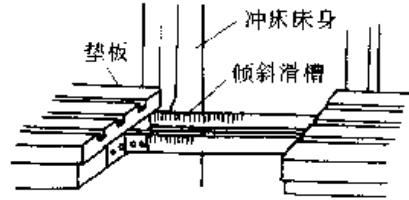


图 21.1-136 固定在压力机上的滑槽

滑槽式搬运输送装置结构简单，工作可靠，是冲压生产中使用最多的输送装置。

3 搬运输送装置

冲压生产线中的搬运输送装置是直接从冲压模具上或通过取料装置把半成品冲压件向下道工序进行传输的装置。常用的搬运输送装置有：滑槽式搬运输送装置；传送带式搬运输送装置；提升机搬运输送装置；往复运动搬运输送装置；翻转运动搬运输送装置；机械手等。

3.1 滑槽式搬运输送装置

这类搬运输送装置是利用零件本身的重力或加工完毕后作用在零件上的惯性力来实现零件的传输。其结构有倾斜的流料槽、平放或斜放的滚道(图 21.1-134)、带导轨的滑槽(图 21.1-135)等型式。滑槽分移动式 and 固定式两种。移动式滑槽高度可以调整。图 21.1-136 是固定在压力机上的滑槽。

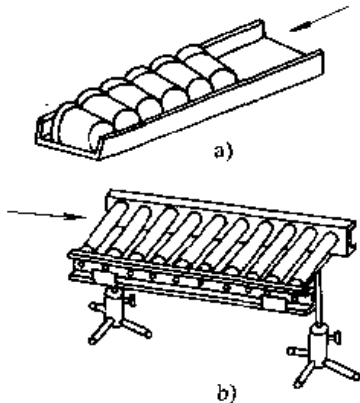


图 21.1-134 流料槽和滚道

a) 流料槽 b) 滚道

3.2 传送带式搬运输送装置

这类装置用机械传动，可连续地传送零件。这类输送装置主要有带式输送机 and 链式输送机，它们的共同特点是，传送时须将零件放上输送机，加工时零件须从输送机上取下，因此，需要附加装料、卸料机构。

冲压生产中使用的输送机通常都是中小型的，一般都可以移动，能够调整高度和倾斜度。在特殊情况下，可以使用磁性传送带来运送小型钢制制件。

传送带式搬运输送装置既适合于用作压力机之间的搬运输送，也适合较远距离的搬运输送。图 21.1-137 为带式输送机简图。



图 21.1-137 带式输送机简图

3.3 提升机搬运输送装置

对于柔性联系的中、小型冲压件生产线，压力机之间制件的传送，常由各种提升机来完成。

(1) 刮板式提升机

这种提升机可利用滑道使制件直接滑到输送带上被刮板带走。导轮转速和刮板之间的距离可根据生产率的要求确定。

刮板式提升机(图 21.1-138)制造成本低，适用范围广。

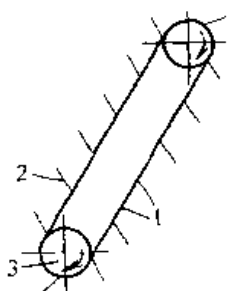


图 21.1-138 刮板式提升机
1—输送带 2—刮板 3—导轮

(2) 斗式提升机

斗式提升机(图 21.1-139)一般用于垂直提升,需要时可倾斜成 $65^{\circ} \sim 75^{\circ}$,其胶带的工作速度一般在 $0.2 \sim 0.4 \text{ m/s}$ 。

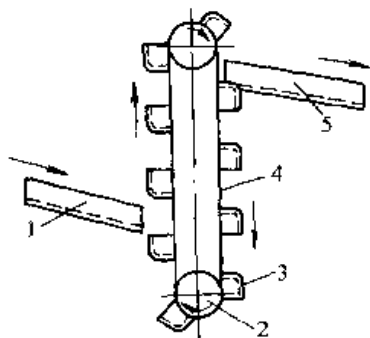


图 21.1-139 斗式提升机
1—滑道 2—驱动轮 3—漏斗
4—胶带 5—接料槽

斗式提升机结构简单,制造、安装方便,通用性强。

(3) 链式提升机

链式提升机如图 21.1-140 所示,其结构由导槽 4 和装有拨指 6 的链条 7 等构成。制件 2 储存在料斗 1 中,被圆柱形螺旋凸轮 3 搅拌着,这样可使制件能比较顺利地落入导槽中,制件的尾部落入倾斜的导槽内,而头部被架在槽的肩上。制件在导槽中排成队,被装在链条上的拨指拨

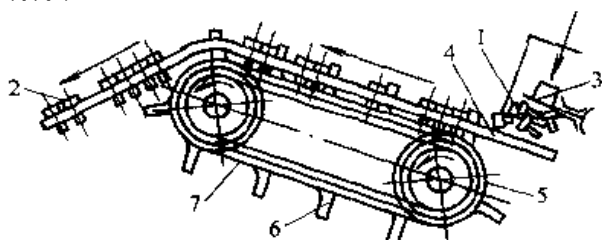


图 21.1-140 链式提升机
1—料斗 2—制件 3—螺旋凸轮 4—导槽
5—链轮 6—拨指 7—链条

动,沿着导槽提升,提升到顶点后,由重力作用沿滑道滑到下道工序所要求的位置。链式提升机常用于传送带头的杆类零件。

3.4 往复运动搬运输送装置

这种装置是利用作直线往复运动的机构来实现制件的传送。对于小型冲压件,它可以准确地将制件送进冲压模的冲压位置,因此它实际上是一种搬运兼送料的装置。对于大型冲压件,它主要用于压力机之间的搬运输送。

图 21.1-141 为作往复运动的梭动输送机,它可由机械、气动或液压驱动。工作时,装有送进爪的推板作周期性的往复直线运动,当推板向前移动时,送进爪 2 便顶住制件 1 移动一个步距。此后,推板向后退回到原位时,送进爪绕轴旋转,可以无阻碍地在制件下面滑过,一直到顶住下一个制件为止。而已送进的制件由于固定爪 3 的阻挡,不能退回,待下次送进时,制件又往前移动一个步距,由此便实现断续地传送制件。

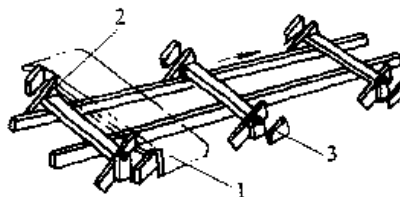


图 21.1-141 梭动输送机送料部分
1—制件 2—送进爪 3—固定爪

梭动输送机的送料进距、送进时间、送料位置都比较准确;也能调整成与压力机生产节拍同步的间歇动作,送进的制件能保持一定姿势进入冲压位置。

3.5 翻转运动搬运输送装置

多工序冲压时,有时需要将半成品零件翻转 180° 后送到下道工序加工,这种翻转制件的装置称为翻转器。

翻转器按其功能可分为两类:一类是兼作取料的翻转器,另一类是只作翻转的独立式翻转器。

(1) 兼作取料的翻转器

在图 21.1-142 中,冲压后的制件随上模上升时,翻转器的两根托杆从制件下面伸进去,制件上升到一定位置后被卸料装置从上模上卸下并

落在托杆上，托杆接到后，迅速后退并将它翻转。另外，也有利用冲模中的顶杆将下模中的制件顶出，然后翻转器进行取件并翻转。

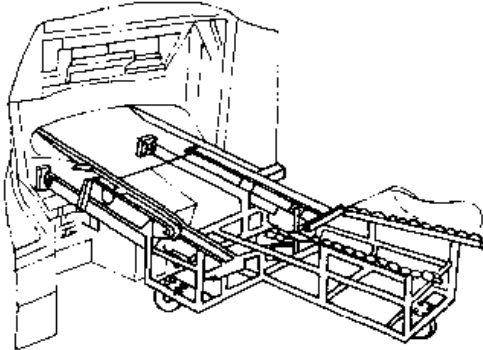


图 21.1-142 兼作取料的翻转器

(2) 独立式翻转器

独立式翻转器只作翻转运动。其翻转方式有利用制件落下进行翻转的落下方式，也有利用真空吸盘吸住制件进行翻转的真空方式，还有利用两块翻转板进行翻转移动的薄板方式。

图 21.1-143 中，摇臂式卸料装置将冲压后的制件从模具上卸下，并使制件以某种速度飞出模具工作区，飞出后落在翻转器上被翻转，然后落到输送机上被送到下一工序。

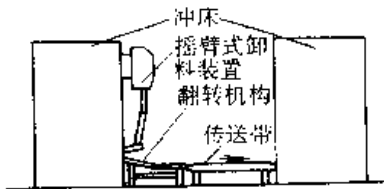


图 21.1-143 落下式翻转示意图

图 21.1-144 中，制件被真空吸盘吸住，翻转板按箭头所指方向转动，制件被翻转 180°后落到输送机上被送到下一工序。

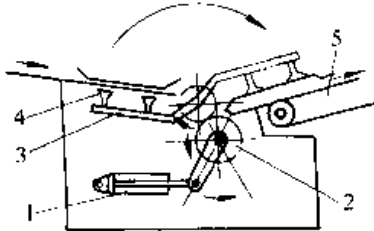


图 21.1-144 真空吸盘翻转器
1—气缸 2—齿轮 3—翻转板
4—真空吸盘 5—传送带

图 21.1-145 中，制件取出后被放到翻转板 3

上。翻转器的气缸动作使齿轮旋转，带动两个翻转板运动，于是翻转板 3 上的制件被翻转 180°后转移到翻转板 4 上。接着气缸反向动作使两块翻转板分开，板 3 回位准备接下一个制件，板 4 回位则将制件放到输送机上。

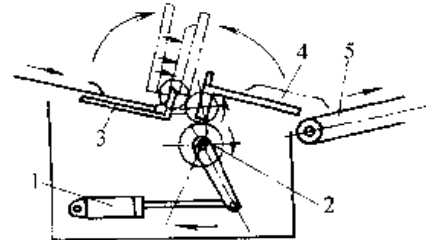


图 21.1-145 板式翻转器
1—气缸 2—齿轮 3—翻转板
4—翻转板 5—传送带

3.6 机械手

机械手是一种通用性强，可调性好的搬运输送装置。通过机械、气动、液压等传动以及电气、微机控制，机械手的手臂可完成前后伸缩、上下升降、左右移动、摆动和转动等动作，其手指可夹住或吸住制件。

机械手能按照预选的程序自动完成几个规定的动作，实现自动夹取和传送制件。在冲压生产中，机械手不仅可以用于一台压力机的送料和取料工作，实现单机自动化，也可以用在由若干台压力机组成的冲压生产线上，实现各工序之间制件的自动传送，组成自动冲压生产线。

改变机械手的工作程序很方便，因此它也适合于多品种小批量生产的柔性加工方式。

机械手的驱动方式有气动、液压、电动和机械式等。冲压机械手多数采用气动或液压式。

图 21.1-146 为用于压力机自动上料的气动式机械手，它有三个自由度：手臂伸缩、手臂在水平面内左右摆动、手指的升降。这三个动作都是由气缸驱动的。工作时，机械手根据压力机的动作节拍，将堆放于贮料筒内的片料一片一片地取出并送到压力机模具中。

图 21.1-147 为液压式机械手工作示意图。这台机械手有四个自由度：手臂伸缩、手臂水平摆动、手臂升降、手腕回转。这些动作都是由液压缸驱动完成的。这台机械手用于双动压力机的取料工作。压力机每次拉深完成后，机械手进入压力机将制件取出并翻转 180°后放到传送带上。

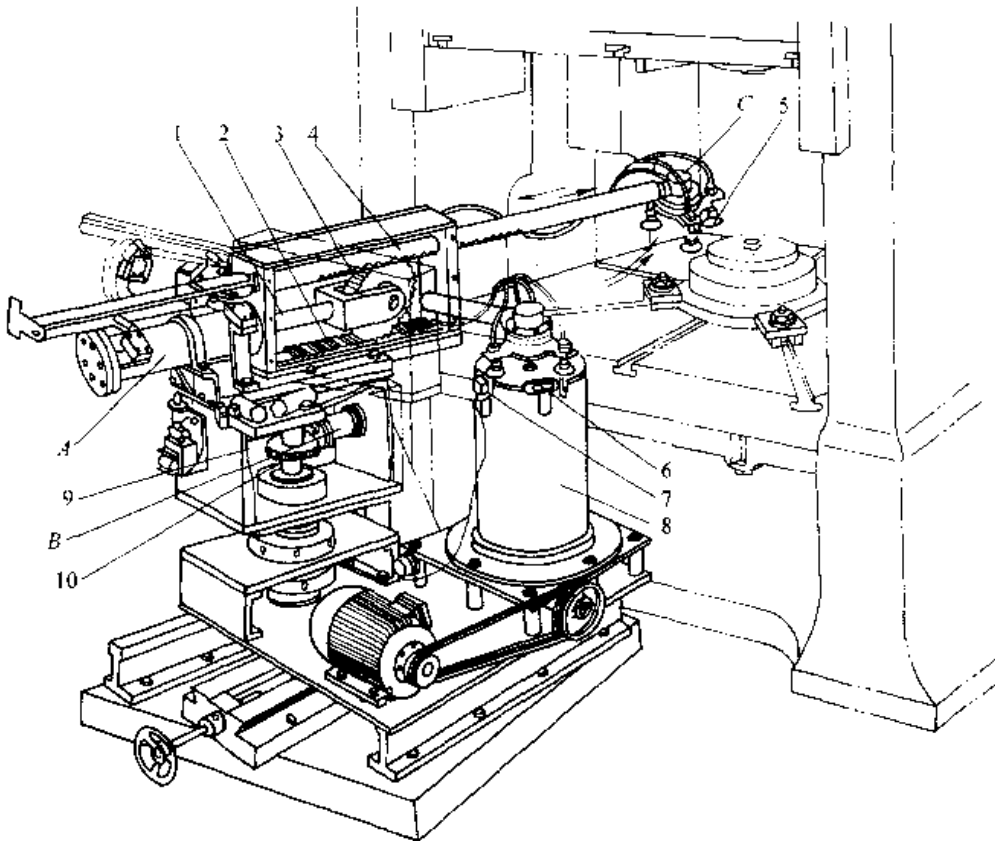


图 21.1-146 气动式机械手

- 1—活塞杆 2—固定齿条 3、10—齿轮 4—手臂（齿轮齿条倍增机构） 5—手指
6—永久磁钢 7—无触点行程开关 8—贮料筒 9—齿条
A—手臂伸缩缸 B—手臂回转缸 C—手指升降缸

图 21.1-148 为液压式机械手结构示意图。

图 21.1-149 为次级运动的电动式机械手，它用于压力机上冲裁硅钢片时的出料工作。压力机每次冲裁完后，滑块上升（制件留在上模内），接料板进入到上模下方，装在上模内的负压吸盘将制件放下，落在接料板上，然后手臂缩回。机械手缩回到起始位置后，上方的电磁吸盘将制件从接料板上吸起，经过延时，待到手臂第二次伸出后，电磁吸盘断电，制件落下，放在理片架上。

图 21.1-150 为初级运动的电动式机械手，它用于压力机冲裁硅钢片时的进、出料工作。机械手包括进料和出料两部分，分别位于压力机的右侧和左侧。

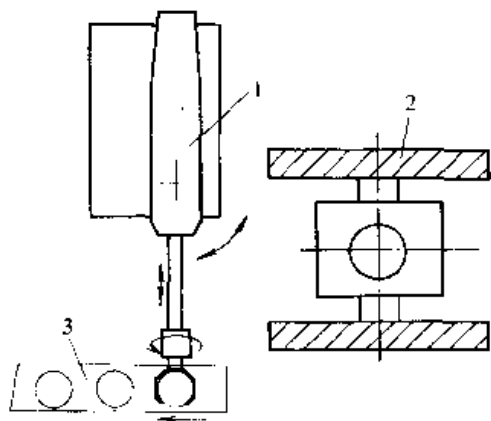


图 21.1-147 液压式机械手出料工作示意图
1—机械手 2—下传动双动压力机 3—传送带

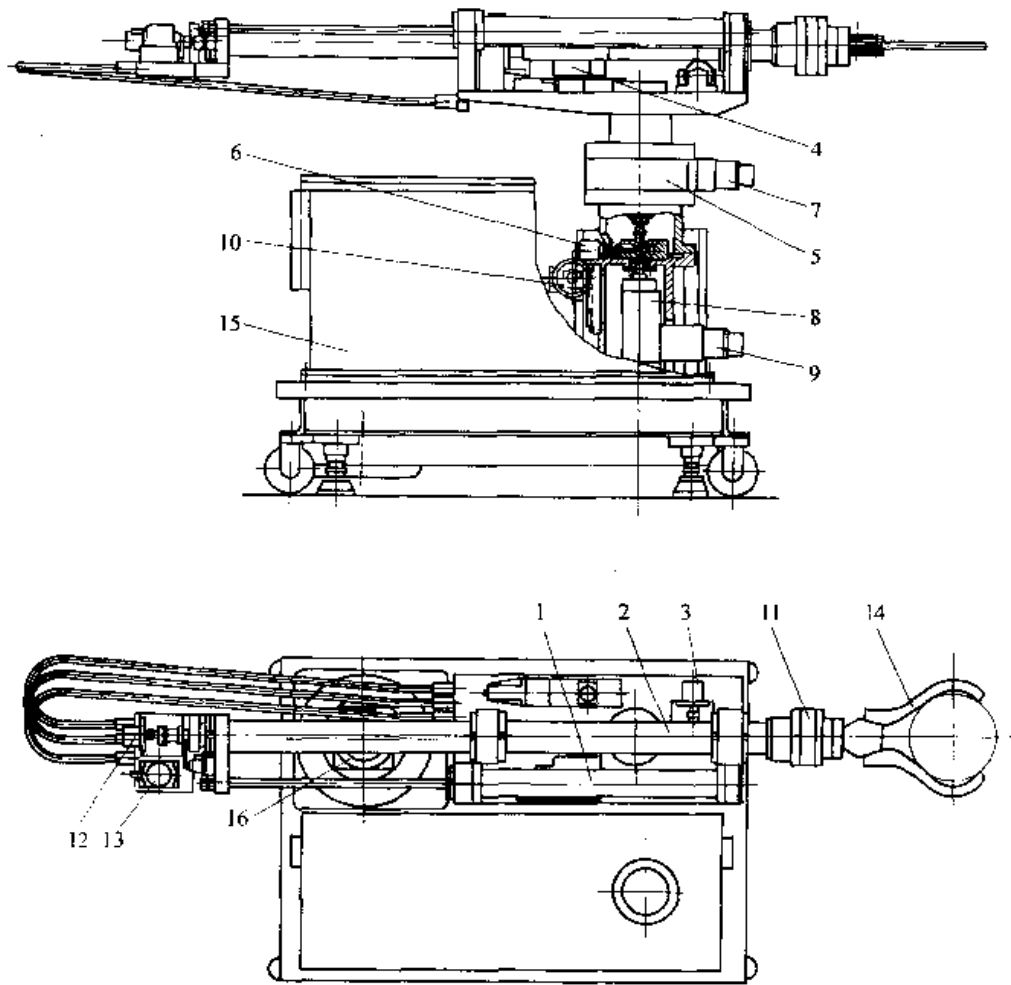


图 21.1-148 液压式机械手结构示意图

- 1—伸缩缸 2—手臂 3、6、12—步进电机 4、7、9、13—伺服阀 5—摆臂油缸
8—升降缸 10—反馈齿轮 11—转腕缸 14—手指 15—油箱 16—液压泵

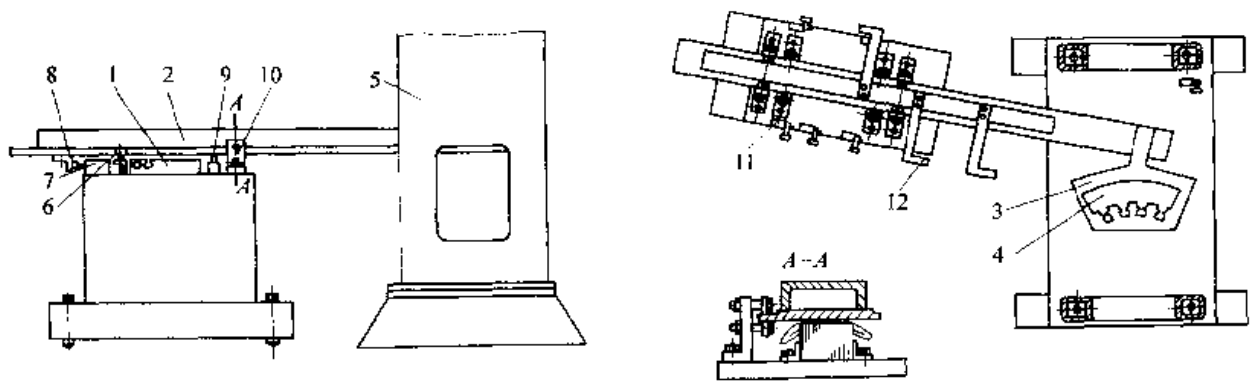


图 21.1-149 次级运动的电动式机械手

- 1—直线电机初级 2—直线电机次级(手臂) 3—接料板 4—制件 5—压力机
6—侧向轴承 7—阻尼气缸 8—阻尼气缸磁铁 9—定位销 10—支承轴承
11—行程开关 12—行程开关磁铁

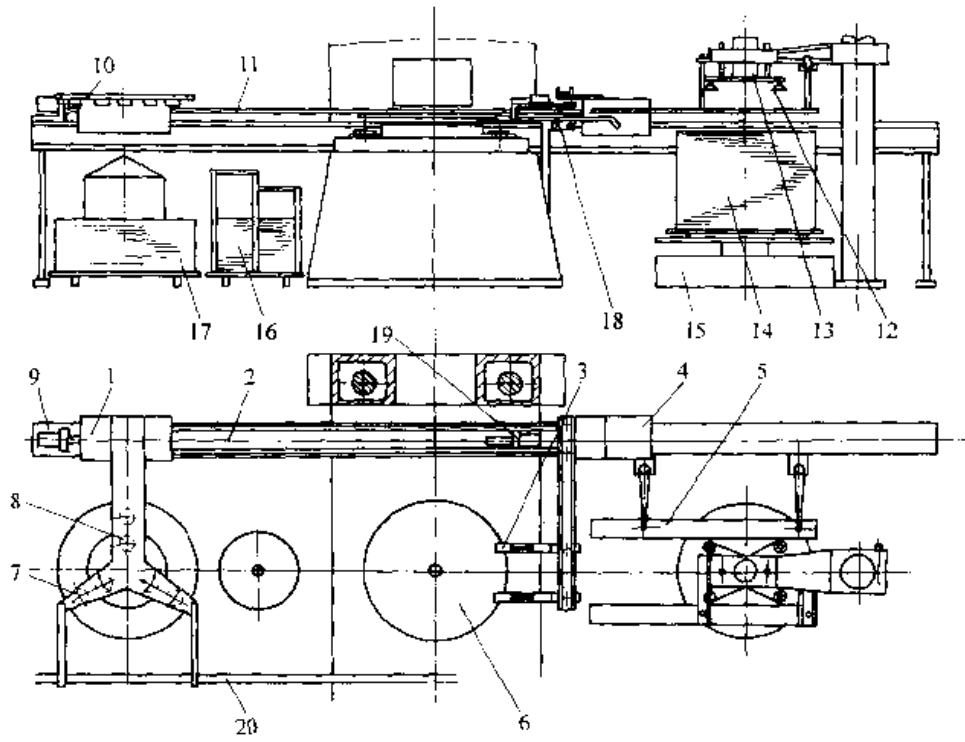


图 21.1-150 初级运动的电动式机械手

- 1—直线电机初级 2—直线电机次级 3—气动送料夹钳 4—随动滑车 5—磁性滑道 6—坯料
 7—定子片电磁吸盘 8—转子片电磁吸盘 9、19—阻尼气缸 10—定位销 11—拉杆 12—负压吸盘
 13—上料气缸 14—料垛 15—升料台 16—转子片 17—定子片 18—下滑道 20—辅助导轨

第2章 冲压安全技术

冲压加工是一种高效率的加工方法,但由于其工作环境较差(如振动和噪声较大等),加之频繁地重复某些操作动作,使得操作者容易产生精神紧张和疲劳,以致发生各类事故。因此应高度重视并采取有效措施加以防范。

冲压事故发生的主要原因是:

1) 冲压安全管理工作(如文明生产的贯彻执行、安全意识教育和安全技术培训、安全防护装置的使用和管理等)不善。

2) 工作现场劳动条件不符合要求(如照明不合适、工作环境噪声超标等)。

3) 无安全技术措施或安全技术措施不够完善(如压力机上未配备可靠的安全装置等)。

为了减少和防止冲压事故的发生,必须作好冲压安全管理、环境保护和安全技术三个方面的工作。

安全技术工作的任务是根据冲压生产的特点,针对冲压生产中的不安全因素采取各种技术措施来防止和消除人身、设备事故,保障操作者的安全和健康。

安全技术工作的内容很多,例如改造生产工艺和设备,在有条件的情况下尽可能采用机械化与自动化生产;在生产设备和冲压模具上设置安全防护装置等。

本章主要介绍压力机的安全保护装置、冲压模具的安全技术要求和模具的安全保护装置以及生产中的噪声治理问题。

1 压力机安全保护装置

压力机安全保护装置的作用是:当压力机在正常工作情况下,无论操作者是否遵守了操作规程都没有发生人身事故的可能性,从而杜绝人身事故的发生。

压力机安全保护装置的型式和种类很多,应根据压力机的类型和冲压加工方式的不同采用与其相适应的安全装置。安全装置应工作可靠,不受外界环境(光、噪声、振动等)干扰,不影响操作者视线,不妨碍操作,安装调整方便,维护

管理简单。下面介绍几种常用的压力机安全保护装置。

(1) 踏脚板防护罩

这是一种最简单的安全保护装置。如图 21.2-1 所示,用防护罩 1 将踏脚板 2 罩住,防止榔头、扳手等物偶然落到踏脚板上而使压力机滑块意外落下造成冲压事故。操作时须将脚伸到罩子下面去踩动踏脚板。



图 21.2-1 踏脚板防护罩
1—防护罩 2—踏脚板

(2) 双手操作式安全保护装置

这种装置的工作原理是在压力机电气线路的设计中采用必须用双手同时操作两个按钮(或手柄)才能使压力机的离合器接合的线路,从而保证了操作者在开动压力机时手不会留在危险区内。这种装置还具有以下功能:

① 压力机滑块起动后,操作者的双手或任一只手离开操纵按钮时滑块能在手伸进模口之前停止运行。

② 在单次行程操作时,滑块到达上死点后,即使双手或任一只手继续按压操纵按钮,滑块也不能再起,只有双手离开操纵按钮后,才能进行再起。

对于多人操纵的压力机,每个操作者都应具有双手按钮,且只有所有操作者协同操作时才能使滑块起动。

为了避免操作者用一只手按压两个按钮,这种安全装置的两个操纵按钮的最小内边距应为 250 mm。

(3) 防打连车装置

冲压生产中,每次冲压完后,压力机滑块升到上死点停下,操作者进行取件和送料工作,此时如果由于操作者的误操作,使滑块上升到上死点后马上又向下运动(打连车),这将是十分危

险的。可用图 21.2-2 所示的装置来防止打连车。由踏脚板拉杆 6 通过小滑块 5、钩锁 4 使离合器拉杆 3 结合。当压力机滑块到达下死点时，凸轮 1 推动杠杆 2 使钩锁脱开，离合器拉杆 3 在弹簧的作用下复位，并在滑块回到上死点时使曲轴与飞轮脱开。这样即使操作者的脚一直踩住踏脚板，压力机滑块也不能再次下行。只有当操作者松开踏脚板使钩锁与离合器拉杆重新结合后才可能开始下一次行程。这种机构仅适用于装有刚性离合器的压力机。

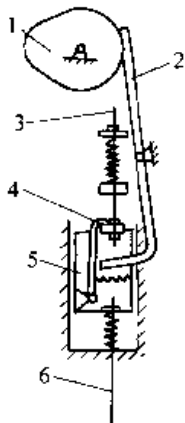


图 21.2-2 防打连车装置

- 1—凸轮 2—杠杆 3—离合器拉杆
- 4—钩锁 5—小滑块 6—踏脚板拉杆

(4) 护板—拉杆安全起动装置

如图 21.2-3 所示，采用同压力机操纵机构连锁的护板或安全栅作为安全防护装置。只有当护板或安全栅遮挡住危险区时，压力机才能启动。踩动踏脚板使拉杆 7 驱动杠杆 3，从而带动

与杠杆相连接的护板 1 下降。扇形板 5 回转，放松起动杠杆 6，拉杆 8 落下，离合器结合，滑块下行完成冲压工作。

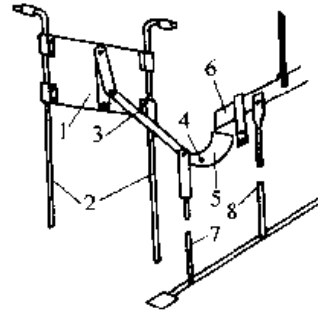


图 21.2-3 护板—拉杆安全起动装置

- 1—护板 2—护板架 3—杠杆
- 4—支点 5—扇形板 6—起动杠杆
- 7—踏脚板拉杆 8—离合器拉杆

(5) 翻板式安全保护装置

翻板式安全保护装置的功能是在滑块下行期间，当人体的任一部分进入危险区之前，滑块能停止下行。其原理示意图见图 21.2-4。将该装置安装在压力机工作台上或模具的下模板上，送料时操作者的手臂将透明护板 1 推下，使电路断开，压力机不能启动。手臂退出后，透明护板在弹簧 3 的作用下恢复直立状态，触动电器开关 2 使电路接通，压力机正常工作。翻板的宽度应大于模具的宽度，翻板的高度应超过模具开启高度的 2/3。这种安全保护装置仅限于单次行程操作，适用于小型压力机。

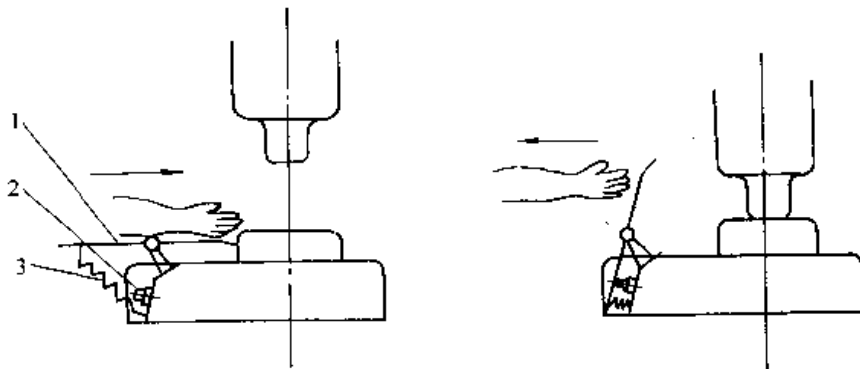


图 21.2-4 翻板式安全保护装置

- 1—透明护板（翻板） 2—电器开关 3—弹簧

(6) 光线式安全保护装置

光线式安全保护装置是用光线将冲压危险区

(模具附近) 包围起来，形成光屏。一旦操作者的手或躯体进入危险区遮断光屏，则该装置便输

出信号，使压力机滑块不能起动或停止运行，从而避免事故发生。

光线式安全保护装置有光电控制和红外控制等。光电式安全保护装置为可见光式。它以普通钨丝灯泡作为光源（投光器），装在压力机台面的一侧；另一侧以光敏二（三）极管作为受光器，工作时在操作者与危险区之间就形成了光屏，如图 21.2-5 所示。当操作者身体某一部分进入危险区遮断光屏时，则光信号就转换为电信号，该电信号经放大后，转换成压力机的指令信号，控制压力机的起动控制线路，使压力机停止运行或不能起动。

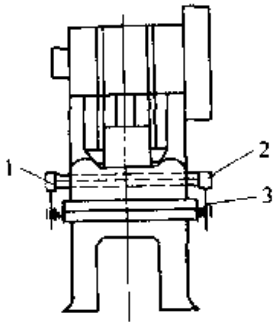


图 21.2-5 光电式安全保护装置

1—投光器 2—受光器 3—调节螺杆

光电式安全保护装置原理简单，价格低廉，易于维修，但其寿命较低。特别是由于其光源与设备及车间其他发光器件的电源频率相一致，易受干扰，因此该装置不太可靠。

红外光式安全保护装置与光电式安全保护装置的工作原理基本相同，只是它以红外发射管作为光源。由于红外线的许多特点与可见光相似（如它与可见光一样，能够直线传播，也能发生折射、反射和被吸收，也能用透镜聚焦等），而且还具有不受其他光线干扰的优点，所以用红外光源作安全保护装置比较可靠。红外光式安全保护装置现已成为在冲压设备上使用最多的一种人身安全防护装置。

(7) 感应式安全保护装置

感应式安全保护装置的作用和功能与光线式安全保护装置相同。它是用感应屏将冲压危险区包围起来，当人体的某一部分伸进感应屏后，该装置能够检测出感应屏被破坏，并能使压力机的滑块停止运行或不能起动。

感应式安全保护装置的原理是利用电容量的

变动而使压力机停机。例如，在模具前面安装一个四周封闭的敏感元件，空腔内构成感应屏（图 21.2-6），上下料时都要通过此空腔。只要操作者的手伸进这个空腔，空腔内的电容量便发生变化，使与其相连的振荡器振幅减弱或停止振荡，再通过放大器和继电器使压力机停止运动或不能起动。

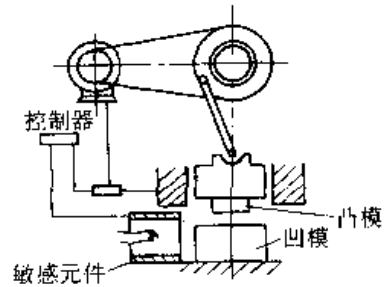


图 21.2-6 感应式安全保护装置

(8) 气幕式安全保护装置

该装置由气射器 1 和接受器 2 两部分组成，工作时在冲压危险区和操作者之间形成气幕。压缩空气 3 由气射器上的数个小孔射向接受器相应的接受碗上，使接受器的数个常开触头 4（串联在压力机的起动控制线路中）接通，压力机正常工作。一旦操作者的手或其他物品挡柱气幕，则接受碗靠自重断开常开触头，滑块 5 便停止运动。该装置结构见图 21.2-7。

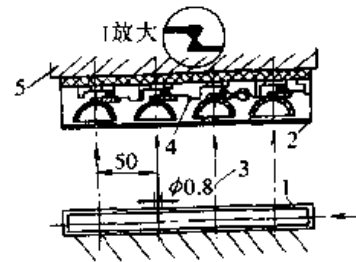


图 21.2-7 气幕式安全保护装置

1—气射器 2—接受器 3—压缩空气
4—常开触头 5—滑块

(9) 拨手式安全保护装置

拨（推）手式安全保护装置的功能是在滑块下行行程期间，能把进入危险区的人体某一部分推出。图 21.2-8 是一种拨手式安全保护装置的工作原理图。护手拨杆 1 通过拉杆 2 与压力机滑块 3 联动。当压力机滑块下行时，拨杆在冲模前面摆动，将操作者的手推出危险区。拨杆的长度，摆动幅度或位移量可以调节，其左右摆动幅度或

位移量，应超过模具的宽度。拨杆应用软材料制成并装有具有缓冲功能的防护板。

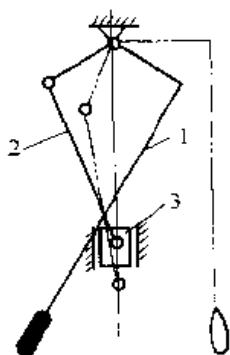


图 21.2-8 拨手式安全保护装置

1—护手拨杆 2—拉杆 3—滑块

(10) 拉手式安全保护装置

拉手式安全保护装置的功能是在滑块下行程期间，能把进入危险区的操作者的手臂拉出。这种装置分为正面拉手式和背面拉手式，图 21.2-9 为正面拉手式安全保护装置示意图。这种装置以滑块或连杆的运动为动力。工作时将手腕带套在操作者的手腕上，当滑块在上死点时，操作者可以自由地取件送料；当滑块下行时，通过杠杆 4 使轴 2 转动，同时使固定在轴两端的拉引量调整杆 1 随着摆动，如果操作者的手仍在危险区，拉手绳便会把手拉出，以防事故发生。使用这种装置时，绳子的长度应调整合适，应保证滑块停于上死点时，操作者的双手能摸到头部和小腿部位。拉手绳为合成纤维制成，直径应在 4 mm 以上，断裂载荷为 147 N 以上。手腕带为尼龙等材料编织而成，它与拉手绳的连接应能承受 50 N 以上的静载荷。

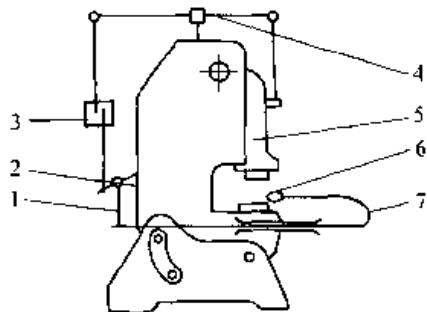


图 21.2-9 正面拉手式安全保护装置示意图

1—拉引量调整杆 2—轴 3—长度调节器
4—杠杆 5—滑块 6—手腕带 7—拉手绳

在多人操作的压力机上，采用这种装置时，每个操作者都应具备单独的一套。

使用这种安全保护装置，手的自由度较大，比较方便。但这种装置只适用于行程较大，行程次数较低的压力机。

一般说来，每种安全保护装置的防护范围都是有一定限度的，所以在选择压力机安全保护装置时最好考虑同防护罩或其他安全保护装置及送料装置并用。另外，由于安全保护装置有时会出现故障，致使在使用安全保护装置的情况下，仍发生冲压事故。为了更可靠地杜绝冲压事故的发生，最好同时选用两种以上的安全保护装置。

安全保护装置在使用前应仔细检查其各项功能是否正常，使用中应定期进行检修，以免由于安全保护装置的故障造成冲压事故。

在冲压中、小型制件时，如果不采用机械送、取料，操作者不应直接将手伸到模具中去放料和取件，而应使用各种手用工具将单件毛坯放到模具上或从模具上取下已冲压的制件。这些手用工具主要有：

1) 各种型式的弹性夹钳、镊子、钩子和真空吸盘，如图 21.2-10 所示。

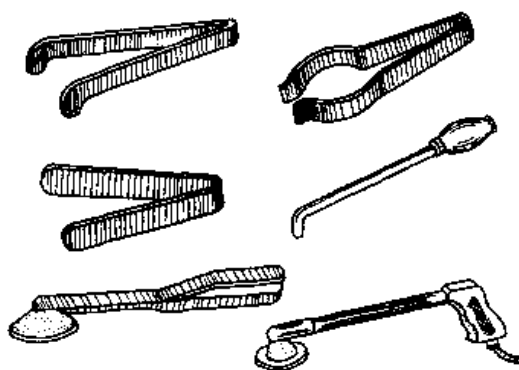


图 21.2-10 弹性夹钳、镊子、钩子和真空吸盘

2) 手持电磁吸盘 (图 21.2-11)。手持电磁吸盘是通过电磁的吸力，将毛坯吸住放入模具中或将制件吸住从模具中取出。

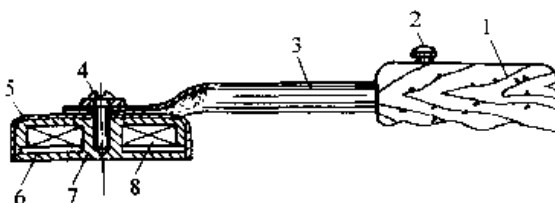


图 21.2-11 手持电磁吸盘

1—手柄 2—微动开关 3—连接管 4—螺钉
5—磁罩 6—绝缘板 7—磁芯 8—线圈

为了防止操作失误将手用工具压入模具中造

成冲模及设备的损坏或造成人身事故，手用工具应使用软铝或其他低强度材料制造。

2 冲压模具的安全技术要求

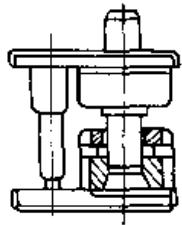
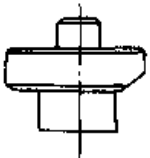
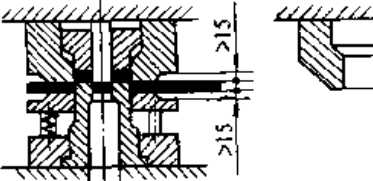
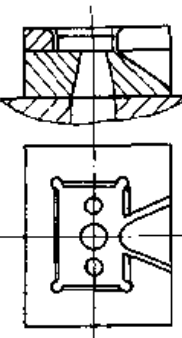
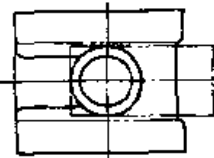
除了在压力机上选用合适的安全保护装置外，在冲压模具上采取必要的安全措施对于防止和消除冲压事故亦具有重要的作用。因此，在设计冲模时，应满足下列安全技术要求：

- 1) 模具结构应能保证操作方便，安全可靠。

表 21.2-1 为冲压模具结构的安全技术要求。

- 2) 设计模具时应考虑安装机械化装置的位置。
- 3) 顶件器、推件器和卸料板等结构必须可靠。
- 4) 每套模具必须有登记卡，其内容为：使用模具的工序；模具的使用、安装、调整说明；模具在冲压设备上的安全措施说明。

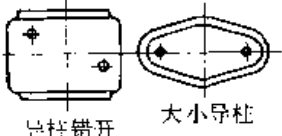
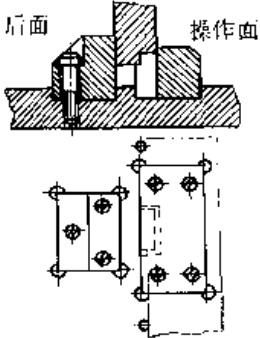

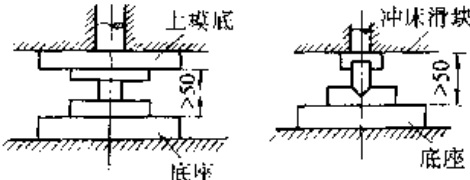
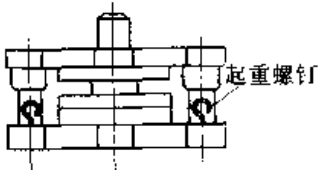
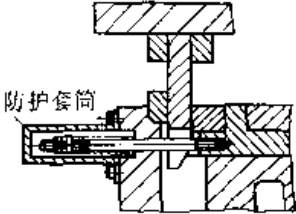
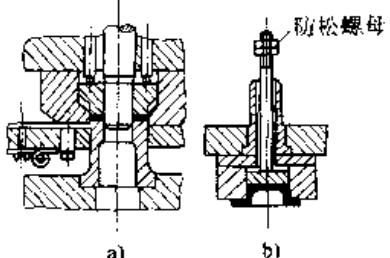
表 21.2-1 冲压模具结构的安全技术要求

序号	简图	模具结构的安全技术要求
1		模具外部不能有突出部分或尖角部分，凡与机能无关的一切锐角都要倒棱，以免划伤皮肤
2		将上模座的正面做成斜面，以增加安全操作空间
3		在复合模中，为尽可能减少危险断面，应在卸料板与凹模之间作出凹槽或斜面，并尽量减小卸料板前后的宽度
4		为了操作安全与取件方便，在需要用镊子将制件放入定位板时，在凹模和弹性卸料板上均应开空手槽
5		在拉深模中，为取件方便，应在左方（面向冲模）开一缺口

续表 21.2-1

序号	简图	模具结构的安全技术要求
6		<p>除使用各种专用的送料装置外，还可以采用溜槽、滑板等机构将单个毛坯送进凹模</p>
7		<p>采用弹性刮料板，以代替手卸下零件。刮料板适用于制件厚度大于1.5 mm者</p>
8		<p>如果必须用手将制件装入凹模，而且操作会对工人带来危险时，则可将下模做成可拉出式的，以避免在危险区域中装卸制件</p>
9		<p>在弯曲模和拉深模中，压料板与下模板之间的空间必须用导板或角钢封闭起来</p>
10		<p>为防止冲压时操作者的手误入危险区，可以在模具周围安装防护板或安全栅栏</p>

续表 21.2-1

序号	简图	模具结构的安全技术要求
11		<p>上、下模合装易反的应将导柱错开，或采用大、小导柱</p>
12		<p>单面冲裁时，凸模的“凸台”部分应位于后侧</p>
13		<p>在导板式落料模中，为避免压手，在卸料板与凸模固定板之间，应保持 15~20 mm 距离</p>
14		<p>从模具底座上平面至上模座下平面或压力机滑块平面的最小间距不得小于 50 mm</p>
15		<p>为使模具搬移和安装方便，大型模具应有起重螺钉孔，模具重量为 50 kg 以上者，采用 2 个螺钉孔；80 kg 以上者，采用 4 个螺钉孔</p>
16		<p>在可动部分等危险处，容易因操作不慎而碰手或夹住某部分，或因弹簧一类飞出而造成危险等部分，都应保护起来，加上防护罩</p>
17		<p>为防止顶件器因损坏而下落，应制成阶梯式结构（图 a），当由螺纹、铆接等方法制成时，应采用防松螺母等防护措施（图 b）</p>

3 冲压生产中的噪声及其控制

噪声是一种危害人们身心健康的有害声音，其危害程度主要取决于噪声级、频率和在该噪声级下停留（在声场暴露）时间的长短。

3.1 噪声的危害及允许标准

噪声对人的主要危害是：

1) 噪声可以损伤人的听力。人们在 85~90 dB 以上噪声环境中长期工作，就可能产生言语听力损伤，导致噪声性耳聋。130 dB 以上的噪声可引起耳痛和鼓膜伤害等。而在 140~150 dB 以上的强烈噪声下即使暴露时间很短也可使耳鼓膜穿孔，造成爆振性耳聋。表 21.2-2 和表 21.2-3 列出了 100 dB 以下噪声职业性暴露所引起的听觉损伤情况。强噪声的安全限度见表 21.2-4。

表 21.2-2 噪声暴露引起的听觉损失
(损失以 dB 计)

暴露时间/年		1	2	4	10	30
噪声声压级 /dB (A)	80	0	0	0	0	0
	88	4	5	7	9	14
	95	6.5	8	12	15	19

表 21.2-3 工作 40 年后耳聋发病率 (%)

噪声声压级 /dB (A)	国际标准化组织 (ISO) 统计	美国统计
80	0	0
85	10	8
90	21	18
95	29	28
100	41	40

表 21.2-4 强噪声的安全限度

耳朵无防护		耳朵有防护	
噪声声压级 /dB (A)	最大允许 暴露时间	噪声声压级 /dB (A)	最大允许 暴露时间
108	1 h	112	8 h
120	5 min	120	1 h
130	30 s	132	5 min
135	<10 s	142	30 s
		147	10 s

2) 噪声能引起神经衰弱症、胃病、心动过速、心率不齐、高血压、头痛、耳鸣等多种疾病。

3) 在高噪声环境中工作，会使人感到烦躁不安，反应迟钝，精力难以集中，容易疲劳。因而工作容易失误，甚至发生人身和其他事故。

4) 强噪声与振动对建筑物有一定的破坏作用。在极强的噪声作用下，可造成灵敏的自控、遥控设备失灵。

由此可见，噪声已成为严重危害人民健康和污染环境的社会公害。因而引起了人们的普遍重视，许多国家都在致力于噪声的控制工作。

研究表明，只要把噪声控制在 85~90 dB 以下，就可以使大多数 (94%) 工人连续工作 20~30 年不发生噪声性耳聋，神经系统和心血管系统也不致受到明显损害。因此，目前我国《工业企业噪声卫生标准》规定，新建工厂噪声不得超过 85 dB (A)，现有企业由于经济技术条件限制，暂时达不到此标准的，可放宽到 90 dB (A)。当噪声暴露时间每天不足 8 h，则暴露时间每减少一半，容许噪声级提高 3 dB。表 21.2-5 是《我国工业企业噪声卫生标准》，表 21.2-6 是国际标准化组织建议的工业噪声标准。

表 21.2-5 我国工业企业噪声卫生标准

新建、扩建、改建企业的噪声卫生标准		现有企业暂时达不到标准时
每个工作日接触噪声时间/h	允许噪声/dB (A)	允许噪声参照值/dB (A)
8	85	90
4	88	93
2	91	96
1	94	99
最高不得超过	115	115

表 21.2-6 工业噪声卫生容许标准 (国际标准化组织建议)

标准类别	每天职业性暴露时间		8 h	4 h	2 h	1 h	30 min	30 s
	ISO (1961 年)	容许噪声级	90	93	96	99	102	120
ISO (1974 年)	/dB (A)	85	88	91	94	97	115	

注: 1. 工业噪声 (听力保护) 推荐标准为职业性暴露 (每周 5 天, 每天 8 h) 噪声 (连续稳定) 强度不超过 85-90 dB。假如每周 40 h 的职业性暴露时间内噪声强度不稳定, 或间断地发生, 那么这种噪声应当折算成相当于 40 h 连续稳定地暴露于一种噪声之下的强度, 这种折算后的数值, 叫作“等效连续 A 声级”。表中容许噪声级实际上应是“等效连续 A 声级”。

2. 当噪声暴露时间每天不足 8 h, 则暴露时间每减少一半, 容许噪声级提高 3 dB。

3.2 冲压生产中的噪声源

冲压生产中的噪声, 主要是机械压力机进行冲压加工时产生的。而冲压加工中的噪声以冲裁加工的噪声最为强烈, 因此, 就以冲裁噪声为例来研究冲压生产中的噪声及其控制问题。

冲压加工噪声包括空载噪声和负载噪声。空

载噪声包括电动机运转的噪声、传动噪声、操纵噪声及结构噪声等, 其中齿轮传动噪声和离合器噪声较大。负载噪声是压力机进行冲压加工时产生的噪声。根据压力机工作状态不同, 可分为单次行程与连续行程下空载与负载噪声。冲裁噪声声源及性质见图 21.2-12。

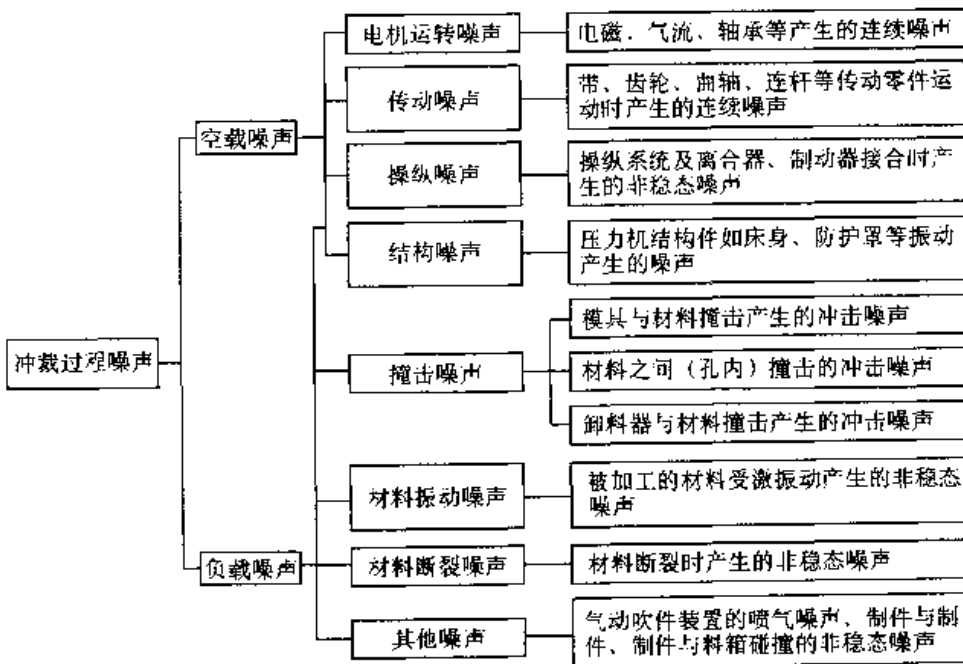


图 21.2-12 冲裁噪声声源

3.3 噪声的控制和消减

控制噪声通常采取以下基本方法

- 1) 消减声源噪声 直接控制声源的振动和噪声, 这是一种“治本”的方法。
- 2) 控制噪声的传播 采用吸声、隔声、消声器、隔振与阻尼减振等技术控制噪声的传播。
- 3) 在噪声的接受点进行防护 接受噪声的

个人佩戴防护用具, 保护人体不受噪声危害。

下面介绍冲压生产中噪声控制的具体方法和措施。

3.3.1 消减声源噪声

(1) 空载噪声的控制

- 1) 提高传动零件的加工精度和配合精度。
- 2) 以 V 带传动代替齿轮传动。
- 3) 减少齿轮传动的噪声。可采取的措施:

①提高齿轮的制造和安装精度；②以斜齿轮或人字齿轮代替直齿轮；③采用尼龙、夹布胶木、粉末冶金材料或铸铁齿轮代替钢制齿轮；④采用大变位齿轮，提高齿轮的重合度或齿顶修缘等方法以减少齿轮啮合中的噪声；⑤在齿轮侧面开槽放置阻尼环或填充阻尼材料，以消耗内轮振动的能量，达到降噪的效果。

4) 以摩擦离合器代替刚性离合器，可降低噪声 10 dB 以上，而湿式摩擦离合器比干式摩擦离合器降噪效果更好。

5) 在气动摩擦离合器分配阀的排气口安装消声器，可降低噪声 20 dB。

6) 作好高转速零件的动平衡。

7) 安装具有与滑块同样惯性效果的平衡装置，以消除滑块的惯性力。

8) 注意在用设备的维护，防止因曲柄滑块机构连接零件之间间隙过大，运动时产生冲击而引起噪声。特别是对高速压力机，更应注意这一点。另外，压力机的滑块和连杆可以采用无间隙连接，由弹性元件消除间隙，并补偿使用过程中的自然磨损。

(2) 负载噪声的控制

1) 大力发展无噪声、小噪声的冲压设备。例如，为了降低凸模与板料的接触速度，冲裁压力机可采用肘杆机构，使滑块在下死点前约 10 mm 的冲裁区内，速度降低到普通压力机的 2/3，可使噪声降低 4 dB。而采用变型肘杆机构，则滑块速度可降低到普通压力机的 1/3，噪声降低 12 dB。虽然工作行程的速度降低了，但可通过

提高空程和回程速度来补偿，使压力机的行程次数仍然不变。

2) 提高压力机床身的抗振性能，减小冲压过程中设备构件振动的声辐射，是降低振动和噪声的重要措施，特别是对高速压力机更为重要。高速压力机一般都采用减振性能好的铸铁床身或钢板和铸铁拼合床身。但铸铁床身有很大的局限性。一般大、中型压力机普遍采用的是焊接床身，为了提高焊接床身的抗振性能，可以在床身的最大噪声发射部位加焊肋板，以限制其表面振动速度。常用点焊方法加肋板，可增加阻尼，提高抗振性能。也可以在床身的空腔内填入砂砾，床身振动时砂子之间产生摩擦，可以降低其振动。近年来采用填充混凝土的新方法，其抗振性能甚至超过铸铁床身。

3) 采用缓冲器可以延长压力机卸载阶段的时间，避免突然卸载，因而可减小床身的振动和噪声。图 21.2-13a 所示为无缓冲器（上）与有缓冲器（下）时冲裁力—时间特性，图 21.2-13b 为相应情况的噪声辐射信号。

缓冲装置可用于液压机，也可以用于机械压力机。缓冲装置的型式有多种，应用较多的是液压缓冲器，它实际上是一个行程很短的液压缸，一般装在滑块和工作台之间。另外还有聚氨酯橡胶缓冲器和弹簧缓冲器。为了调整使用方便，并取得理想的力—时间特性，可以使用多级液压缓冲器。目前最新结构的缓冲器是用电液伺服阀控制的，可使缓冲缸中的压力始终保持稳定。

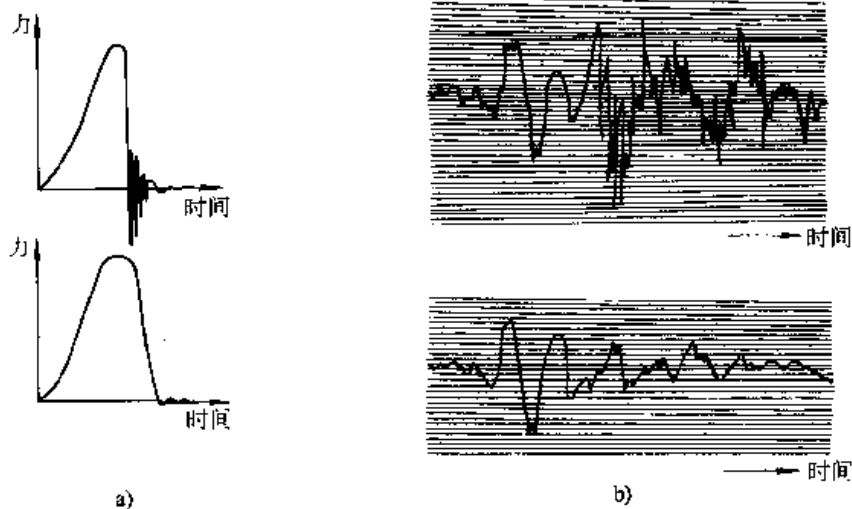


图 21.2-13 压力机的冲裁力—时间特性和噪声辐射

采用液压缓冲器可使整机噪声降低 10 dB 左右,并可减少冲模的磨损,提高模具寿命。液压缓冲器一般用于滑块行程次数低于 200 次/min 的压力机。

聚氨酯橡胶缓冲器多用于大、中型压力机。它不仅适用于新设计的压力机,而且也可用于现有压力机的改装。聚氨酯橡胶缓冲器结构简单,调整维护方便,使用寿命较高,而且缓冲性能稳定,使用可靠。

4) 加强冲压过程中设备、模具和材料的润滑,以消减因摩擦而产生的噪声。

5) 冲裁厚料或大型零件应尽可能采用斜刃冲裁模。如在单副冲裁模中采用双斜刃凸模,斜刃倾角 $\alpha = 10^\circ$,冲裁时凸模受力对称,其刃口逐渐与板料接触,从而减小了冲裁力和噪声。一般斜刃冲裁可降低噪声 4~6 dB。在多冲头的冲裁模中采用阶梯凸模,一般取每一阶梯的高度差为 0.3~0.5 倍的板料厚度,可降低噪声约 5 dB。

6) 采用高阻尼合金材料(MC-77 型的锰-铜合金)代替 45 钢制作卸料板,可以降低冲裁过程中卸料板与板料撞击产生的噪声。

7) 用压缩空气喷嘴吹卸零件会产生强烈的高频噪声。因此,最好改用磁力吸盘、抓取装置等噪声较小的机构。如果必须使用吹件装置时,可以采取如下降低噪声的措施:

①采取必要的最低限度的喷射速度。因为喷气噪声的声功率与气流速度的 8 次方成比例,因此气流速度稍有下降,噪声就会显著降低。

②缩短喷射距离,以降低喷射速度。为此,应使喷嘴最大限度地接近被吹卸的制件或废料。

③采用小直径喷嘴。为使吹力不减弱,应采用多孔喷嘴,可降低噪声约 10 dB。

④采用消声喷嘴。改变喷嘴形状,能诱导更多的二次气流,可加大混合后的气流流量,而降低其流速。这种消声喷嘴可降低噪声 10~15 dB。

⑤尽量缩短喷射时间。为改变连续喷射的不良方式,可设计专门的吹件装置(如空气吹落器),使喷嘴在气阀的控制下瞬间完成吹卸制件工作。

⑥正确选择喷射角度,使之效率最高,同时使气流喷射不碰到刃口或模具快口(尖棱),以防止出现第二次噪声源和啸叫声。必要时可在快

口处加垫铁,使气体喷射在圆滑表面上。

8) 降低送料装置制件传输装置的噪声,其主要措施是:

①采用辊式送料装置,代替夹钳等刚性定位的送料装置。并在送料辊表面上覆盖塑料或橡胶。

②避免制件或废料直接落地,应使其沿斜面滑下。滑槽应采用低噪声材料作护面。料箱宜用木板或塑料制成,或用金属丝编织。

③采用传送带传送制件。传送带要用弹性材料制成。

3.3.2 控制噪声的传播

1) 在压力机和混凝土基础之间放置隔振器,以减少振动和噪声。常用的隔振器有弹簧隔振器、橡胶隔振器以及软木或毛毡等。

2) 在轴承和轴承座之间加弹性衬套。

3) 采用局部隔声法,控制噪声的传播。如在压力机机身的敞开处装上隔声门,将整个模具空间封闭起来。门上有玻璃窗,可以观察生产过程。门能方便地启闭,开启时压力机自动停机,以保证安全。装上隔声门以后噪声可降低 4~5 dB。还可以用隔声罩将传动系统和曲柄连杆机构全部封闭起来。采用多层板式隔声罩可降低噪声 5~15 dB。而用铅灌注夹层的封闭隔声罩,可使操作位置的噪声减小约 21 dB。

4) 对于高速自动压力机等噪声大的设备,采用全封闭的隔声室把整个压力机罩起来,能够降低噪声 20~25 dB。国外的隔声室已有完整的系列,作为商品供应。但是隔声室只能用于自动送料的压力机,而且价格较贵。

5) 将去毛刺滚筒、振动光饰机等噪声大的设备与生产设备隔开,安装在密闭房间里。

6) 在设备的罩壳等金属结构上涂敷一层阻尼材料,以抑制结构振动,减少噪声。常用的阻尼涂料有:54[#]阻尼防振漆、沥青阻尼浆、软木屑厚白漆防振涂料等。

7) 车间设计时,应按闹静分区的原则,按设备噪声的高低分区布置,并在分区边界上悬挂吸声幕或隔声屏。

8) 冲压车间墙壁应使用良好的吸声材料,地板用吸声能力强的木砖以代替混凝土,屋顶悬挂吸声板或吸声幕。如车间悬挂 100 mm 厚的吸声泡沫塑料后,可使整个车间噪声降低 5~

10 dB。

3.3.3 噪声场工作人员的个人防护

在上述方法无法实现而噪声又很大，或者在某些只需少数人在机器旁操作的情况下，可以对

接受噪声的个人进行防护，最简单的办法是佩戴个人防护用具。常用的防声用具具有：耳塞、耳罩、防声棉、防声头盔等。常用防声用具及防护效果见表 21.2-7。

表 21.2-7 常用防声用具及效果

种类	说明	重量/g	衰减值/dB (A)
棉花	塞在耳内	1~5	5~10
棉花加蜡	塞在耳内	1~5	15~30
伞形耳塞	塑料或人造橡胶	1~5	15~35
柱形耳塞	乙烯套充蜡	3~5	20~35
耳罩	罩壳上衬海绵	250~300	15~35
防声头盔	头盔上衬海绵	1 500	30~50

4 冲压模具安全保护装置

冲压生产中，模具的意外损坏时有发生。为此，可在冲压模具上设置一些安全保护装置（检测监控装置），利用这些安全保护装置对冲压过程实施监控。当发现冲压过程中出现材料尺寸超差、坯料重叠、坯料定位不准、未顶出制品等可能损坏模具的故障时，模具安全保护装置及时发出故障信号，控制压力机自动停机，以避免模具发生意外损坏。

下面介绍几种常见的模具安全保护装置。

(1) 板厚检测装置

图 21.2-14 为夹板式板厚检测装置。事先按照板料厚度调整好接触端子，工作时，当合格板料从夹持器端部的钢球 6 中间通过，接触端子接触，向控制装置发送输出信号，操纵压力机正常启动；当厚度超标板料从钢球间通过时，活动杆

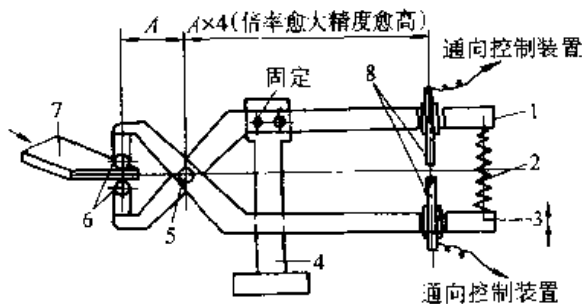


图 21.2-14 夹板式板厚检测装置

- 1—固定杆 2—反跳弹簧 3—活动杆
- 4—安装支杆 5—支点 6—钢球
- 7—板料 8—接触端子

3 绕支点 5 转动，接触端子的状态被改变并向控制装置发送信号，操纵压力机停车或不能启动。

图 21.2-15 为单个坯料送进时的坯料厚度检测装置。料仓 5 中的坯料，由推板 6 依次送入冲模之前，先经过探测销 4 进行厚度检测，当厚度不合规格的坯料经过探测销时，利用杠杆比放大的方法可以精确地测出，并推动触点 2 动作，由控制装置操纵压力机自动停机。

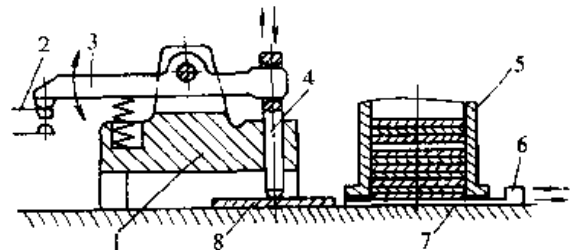


图 21.2-15 坯料厚度检测装置

- 1—支架 2—触点 3—双臂杠杆
- 4—探测销 5—料仓 6—推板
- 7—底座 8—被测坯料

(2) 卷料宽度检测装置

图 21.2-16 为卷料宽度检测装置。当带有辊子 6 的 L 形杆 4 的端部左右摆动时，与限位开关 A 或 B 相接触，从而接通控制回路。卷料尺寸宽时，限位开关 B 接通；宽度过小时，在螺旋拉伸弹簧 5 的作用下，限位开关 A 接通，同时向控制装置发出输入信号，使压力机停止运转。

(3) 纵向弯曲检测装置

图 21.2-17 是条料的纵向弯曲检测装置。它是利用导电杆来检测条料的弯曲度，当条料的纵

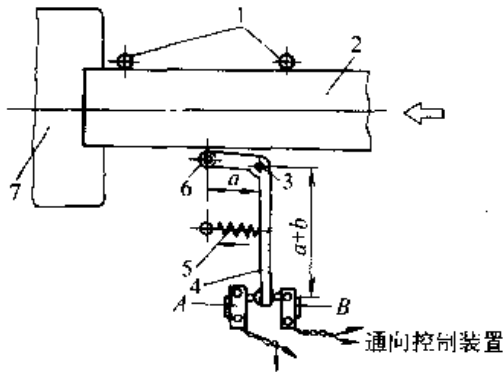


图 21.2-16 卷料宽度检测装置
1—固定基准面 2—卷料 3—支点 4—L 形杆
5—螺旋拉伸弹簧 6—辊子 7—模具

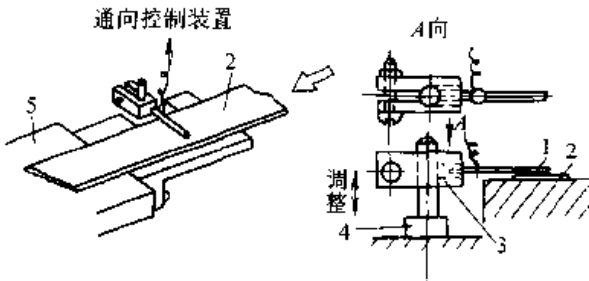


图 21.2-17 纵向弯曲检测装置
1—导电杆 2—条料 3—绝缘衬套
4—磁体 5—模具

向弯曲值超过允许值时，电路通电，压力机停止工作。

(4) 横向弯曲检测装置

图 21.2-18 是条料的横向弯曲检测装置。它也是利用导电杆来检测条料的弯曲度，当条料的横向弯曲值超过允许值时，电路通电，压力机停止工作。

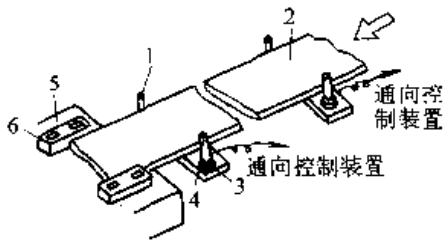


图 21.2-18 横向弯曲检测装置
1—导电杆 2—条料 3—绝缘衬套
4—磁体 5—模具 6—基准

(5) 模内检测装置

模内检测装置的作用是监视和检测坯料误送、定位不准、制件未被顶出等故障。该装置不仅保护模具免受意外损坏，而且对保证冲压件质

量亦有一定的作用。

1) 定位检测装置 图 21.2-19 是工序件定位检测装置，当工序件 4 定位正确时，推杆 2 与开关接触，线路导通，压力机可以工作。如工序件较大，可将几个类似装置组合使用。

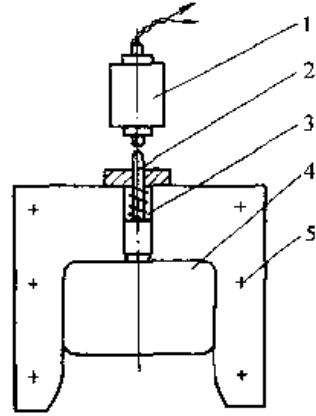


图 21.2-19 工序件定位检测装置
1—动合限位开关 2—推杆 3—弹簧
4—工序件 5—定位板

采用图 21.2-20 所示的条料定位检测装置冲压加工时，在定位部分设置传感器 4，当条料 2 送进到预定位置，并接触传感器，压力机滑块才向下冲压。一旦送进距不足，条料便不接触传感器，滑块也就不下降。

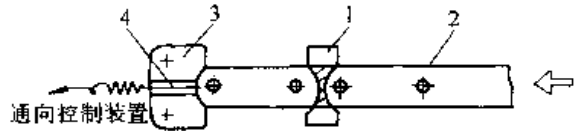


图 21.2-20 条料定位检测装置
1—剪切装置 2—条料
3—定位挡板 4—传感器

图 21.2-21 是自动挡销式条料定位检测装置。杠杆式自动挡销 3 以支点 2 为中心可左右摆动，当条料 1 送进时，前后搭边的左侧推动自动挡销的 A 端逆时针方向摆动，当送进距达到要求时，自动挡销的 B 端便与传感器 4 的接触端子相碰，压力机滑块即向下冲压。若自动挡销 B 端不与传感器接触端子相碰，则认为条料尚未被送进到位，压力机滑块不向下运动。

2) 坯料误送检测装置 在图 21.2-22 所示的装置中，如果送进坯料时发生误送，则导正销 4 不能进入坯料上的孔中，导正销被向上顶起，使推杆 3 向右推出，切断线路，压力机滑块不能动作。

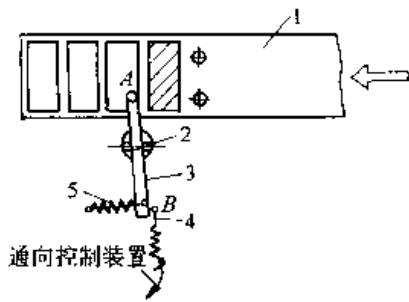


图 21.2-21 自动挡销式条料定位检测装置
1—条料 2—支点 3—自动挡销
4—传感器 5—拉伸弹簧

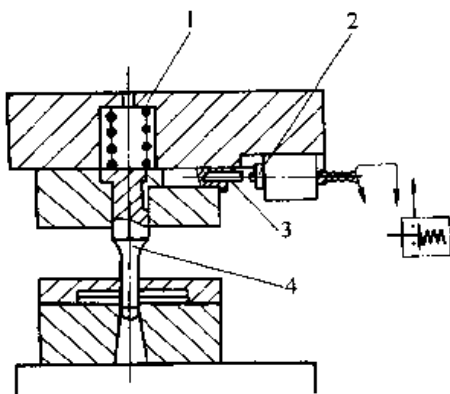


图 21.2-22 坯料误送检测装置
1—弹簧 2—动断限位开关
3—推杆 4—导正销

图 21.2-23 中，废料孔略大于导电销 5 前端的直径。送料正确时，导电销 5 不与坯料 2 接触，线路切断；误送时导电销与坯料接触，线路导通，控制压力机滑块停止下行。

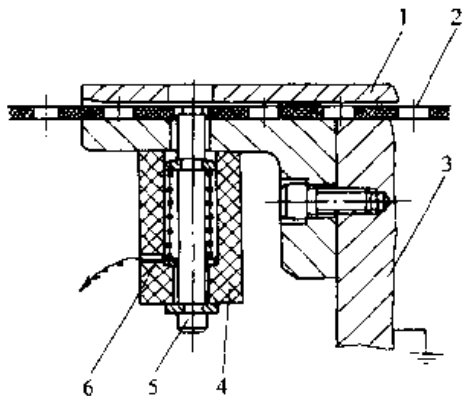


图 21.2-23 坯料误送检测装置
1—卸料板 2—坯料 3—凹模
4—绝缘套 5—导电销 6—弹簧

图 21.2-24 所示装置中，当压力机滑块下行

时，推杆 12 借弹簧 13 之力把杠杆 6 压下，使圆销 7 退出坯料。滑块上升后，如误送，则圆销 7 不能进入坯料上的孔内，开关 9 与螺钉 11 接触，切断常合线路，使压力机滑块不能下行。

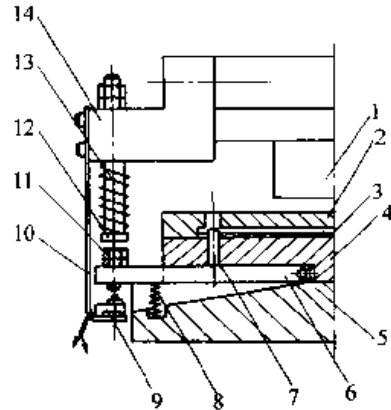


图 21.2-24 坯料误送检测装置
1—凸模 2—卸料板 3—坯料 4—凹模
5—支点 6—杠杆 7—圆销 8—弹簧
9—动断限位开关 10—支架 11—螺钉
12—推杆 13—弹簧 14—支件

3) 顶出检测装置 图 21.2-25 所示是一种顶出检测装置，它可以用来检测每次冲压后制件是否从模中被顶出。正常情况下，冲压后的制件由顶板 4 从上模中顶出，当发生故障，顶板未被弹簧顶出时，圆销 3 随上模上升触动转臂 2，切断常合线路，使压力机停机。

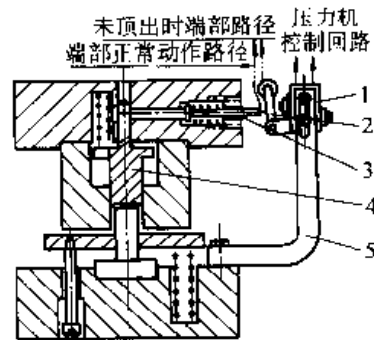


图 21.2-25 顶出检测装置
1—常合开关 2—转臂 3—弹簧圆销
4—顶板 5—支架

图 21.2-26 是另一种顶出检测装置，它在正常工作时，顶板 4 和传感器 2 之间有一定的间隙，电路不通。如制件未被顶出，下次冲裁又多积一件，则顶板 4 和传感器接触，导通电路，控制压力机停机。

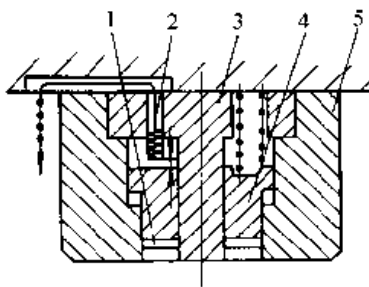


图 21.2-26 顶出检测装置
1—工件 2—传感器（头部绕成弹簧形）
3—冲孔凸模 4—顶板 5—落料凹模

图 21.2-27 是一种触点式顶出检测装置。当冲压后制件由于某种原因留在模具内，则下次冲压时，常闭触头 B 被顶件器 2 切断，滑块停留在上死点不动。又如果冲孔凸模 3 折断不能冲孔，

则定料销 4 被顶起，使常闭触头 C 切断，滑块也停止不动。

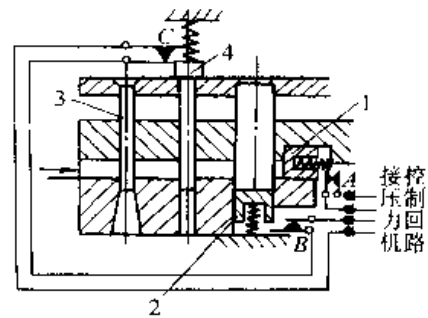


图 21.2-27 触点式顶出检测装置
1—活动挡料器 2—顶件器
3—冲孔凸模 4—定料销

参 考 文 献

- 1 中国机械工程学会锻压学会编. 锻压手册: 第2卷, 第3卷. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 2 冲压机械化与自动化编写组编. 冲压机械化与自动化. 北京: 机械工业出版社, 1982
- 3 上海市技术革新展览会编. 实用冲压技术. 上海: 上海科学技术出版社, 1982
- 4 王孝培主编. 冲压设计资料. 北京: 机械工业出版社, 1983
- 5 冲模设计手册编写组编. 冲模设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1988
- 6 陈炎嗣, 郭景仪主编. 冲压模具设计与制造技术. 北京: 北京出版社, 1991
- 7 (日) 栗原昭八. 实用冲压自动化设计法. 梁国明译. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 8 机械工程手册电机工程手册编委会编. 机械工程手册: 第7卷, 机械制造工艺及设备卷(一). 北京: 机械工业出版社, 1996

第
22
篇

冲压模具标准件

主 编 肖祥芷

编 写 肖祥芷 李亚农

审 稿 中国模具设计大典编委会



第 1 章 冲压模具标准化

1 冲模标准化的意义

冲模标准化是指在模具设计与制造中应遵循和应用的技术规范与基准。实现标准化的意义主要体现在四个方面。

(1) 可缩短模具设计与制造周期

由于模具结构及制造精度要求与产品形状及生产批量有关,因此冲模种类繁多。有些模具结构相当复杂,如汽车覆盖件模具与级进模等,有时一副模具的零件数可达一百多个,设计与制造周期很长。而实现模具标准化后则可简化模具设计过程,同时由于外购标准件的增加则可大大减少模具制造工作量,从而达到缩短模具制造周期的目的。

(2) 有利于保证质量

可稳定、提高和保证模具设计质量和制造中必须达到的质量规范,以保证工业产品零件的加工质量,使工业产品零件的不合格率减少到最低限度。

(3) 有利于实现模具的计算机辅助设计与制造

模具技术标准是实现模具计算机辅助设计与辅助制造的基础,可以说没有模具标准化就不可能建立起模具计算机辅助设计与制造系统。

(4) 有利于国内和国际的合作与交流

技术名词术语、技术条件的规范化、标准化将有利于国内、外在商业贸易和科学技术等方面进行合作与交流,增强国家的技术经济实力。

2 模具标准化体系

我国模具制造业过去使用的模具标准很乱,既有机械、电子、轻工、汽车等行业标准,也有各企业自行制订的企业标准,直至 20 世纪 90 年代才在模具行业中推广使用经全国模具标准化技术委员会归口并由国家技术监督局批准的国家标准 (GB) 和机械行业标准 (JB)。另外还有国际模具标准化组织 ISO/TC29/SC8 制订的

冲模和成形模标准。ISO 是国际标准化组织名称的英文缩写,TC29 是 ISO 组织中的第 29 技术委员会,即小工具 (Small Tools) 技术委员会,SC8 是 TC29 委员会中的一个分委员会,即冲压和模塑工具 (Tools for Pressing and Moulding) 分委员。我国是该组织的永久成员国。SC8 的基本任务是组织成员国制订冲模和各类成形模具的国际通用模具技术标准,由 ISO 组织批准颁布。

除此之外,由于我国一些企业从国外引进了大量级进模与汽车覆盖件模具,随着模具的引进,国外冲模标准也在我国一些企业中大量引用,如日本三住商事株式会社 (MISUMI) 的 Face 标准,德国 STRACK 公司标准,美国 DANLY 公司标准等。考虑到国内用户的使用情况,本篇只介绍 GB、JB、ISO 及日本的 Face 标准 (Face 标准已汉化)。

由我国模具标准化技术委员会制订的我国模具标准体系如表 22.1-1,该体系分为五层。第一层为模具技术标准体系表。第二层为十大类模具技术标准名称。第三层为每大类模具标准的分类标准名称,包括基础标准 (如名词术语)、产品标准 (如模架、零件)、工艺与质量标准 (如模架精度等级)、相关标准 (螺钉、压力机规格、模具材料技术条件等),以及派生标准 (派生模具的标准名称)。第四层为派生模具标准的分类标准名称。第五层为标准项目名称。

已颁布的冲模技术标准见表 22.1-2。

3 冲模标准制订原则

制订冲模标准时,必须使制订出的标准能全面有效地控制、保证、提高模具设计和制造质量,最大限度地节约原材料,提高材料利用率和生产效率。其主要制订原则如下。

(1) 保证模具产品标准的通用性

制订模具通用零件标准,必须使其通用性强,即在设计与计算通用零件标准的尺寸和尺寸系列时,须保证由这些通用零件组成的标准模架的组合数大,组合率高。其组合率 Z 可由

下式表示：

$$Z = \frac{G}{P} \times 100\%$$

式中 G —— 制订的每一种零件标准的规格总数；

P —— 采用同一种零件标准，可组成的标准组合数。

公式表明，同一种零件标准，规格越少，可组成的标准组合数越多，零件标准的通用性越强，也说明标准化水平越高。

表 22.1-1 模具标准体系

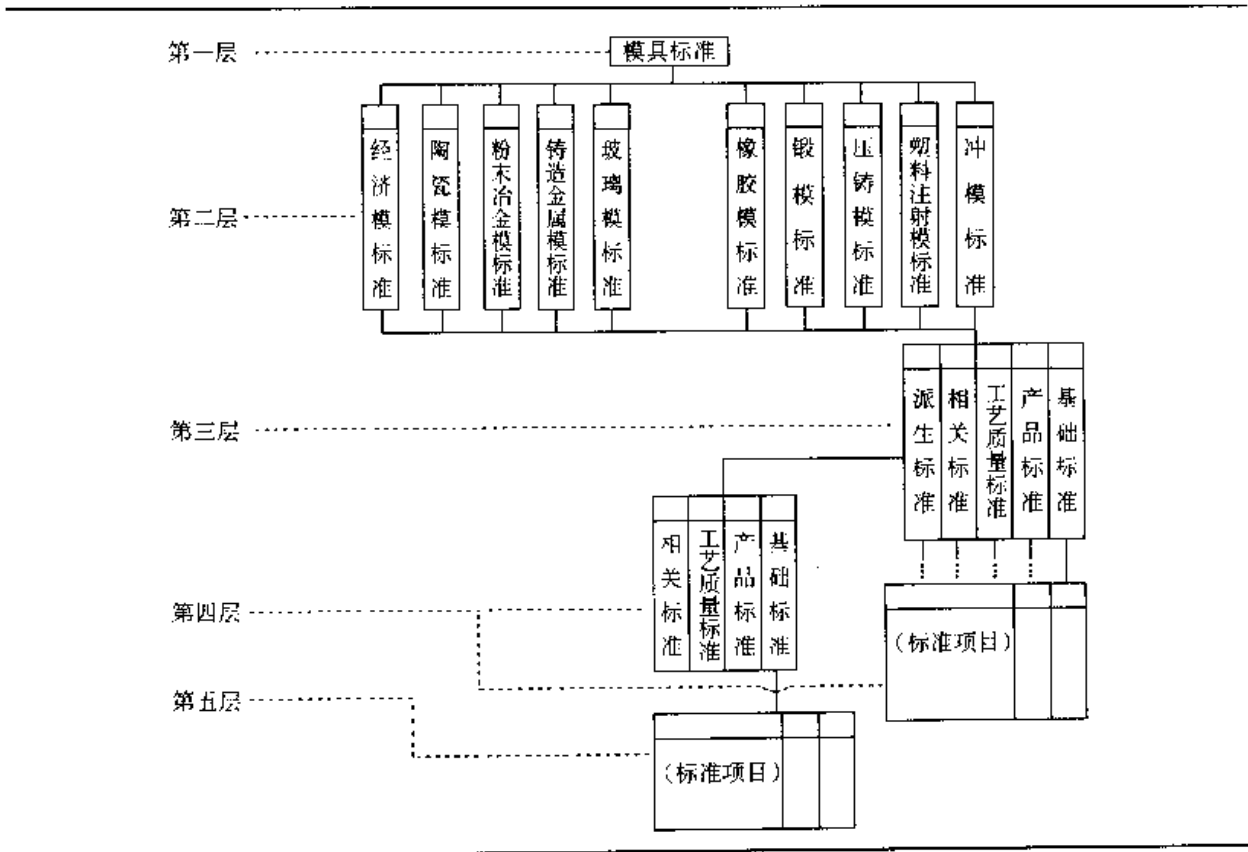


表 22.1-2 已颁布的冲模标准

分类	标准名称	标准号
基础标准	1) 冲模术语	GB/T 8845—1988
	2) 冲裁间隙	GB/T 16743—1997
	3) 金属冷冲压件 结构要素	JB/T 4378.1—1999
	4) 精密冲裁件 工艺编制原则	JB/T 6957—1993
	5) 金属板料 拉深工艺设计规范	JB/T 6959—1993
	6) 高碳高合金钢制冷作模具显微组织检验	JB/T 7713—1995
	7) 冲模用钢及其热处理 技术条件	JB/T 6058—1992
工艺与质量标准	1) 冲模技术条件	GB/T 14662—1993
	2) 金属冷冲压件 通用技术条件	JB/T 4378.2—1999
	3) 冲模模架 技术条件	JB/T 8050—1999
	4) 冲模架零件 技术条件	JB/T 8070—1995
	5) 冲模模架 精度检验	JB/T 8071—1995
	6) 冲压剪切下料 未注公差尺寸的极限偏差	JB/T 4381—1999
	7) 冲压件尺寸公差	GB/T 13914—1992
	8) 冲压件角度公差	GB/T 13915—1992
	9) 冲压件形状和位置未注公差	GB/T 13916—1992
	10) 精冲模具润滑剂 技术条件	JB/T 7714—1995
	11) 精密冲裁件 通用技术条件	JB/T 6958—1993

续表 22.1-2

分类	标准名称	标准号
产品标准	1) 冲模滑动导向模架	GB/T 2851.1~2851.7—1990
	2) 冲模滚动导向模架	GB/T 2852.1~2852.4—1990
	3) 冲模滑动导向模座	GB/T 2855.1~2855.14—1990
	4) 冲模滚动导向模座	GB/T 2856.1~2856.8—1990
	5) 冲模导向装置	GB/T 2861.1~2861.16—1990
	6) 冲模零件及其技术条件	JB/T 5825~5830—1991
		JB/T 7643.1~7643.6—1994
		JB/T 7644.1~7644.8—1994
		JB/T 7645.1~7645.8—1994
		JB/T 7646.1~7646.6—1994
		JB/T 7647.1~7647.4—1994
		JB/T 7648.1~7648.6—1994
		JB/T 7649.1~7649.10—1994
		JB/T 7650.1~7650.9—1994
		JB/T 7651.1~7651.2—1994
		JB/T 7652.1~7652.2—1994
		JB/T 7652.3—1995、JB/T 7653—1994
	JB/T 8057.1~8057.5—1995	
	JB/T 8628.1~8628.2—1997	

(2) 基于国家标准的模具标准尺寸

冲模的零、部件的主要尺寸和尺寸系列须采用国家标准——《标准尺寸》(GB/T 2822—1981)。在GB/T 2822—1981中的尺寸及尺寸系列皆为优先数和优先系数。它是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的一种科学数值。各类产品采用此数值作为技术参数，有利于各部

门产品间的协调，如模具的安装尺寸须和压力机的安装台面尺寸及吨位协调一致。

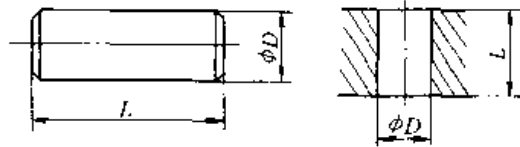
考虑到模具标准的通用性，在GB/T 2822—1981基础上，我国模具标准化技术委员会制订了指导性文件《模具用标准尺寸》。其内容包括如表 22.1-3 和表 22.1-4 所示的板类零件和轴、轴套类零件的标准尺寸。

表 22.1-3 模具用板类零件标准尺寸 (mm)

L、B、D		H	
第一系列	第二系列	第一系列	第二系列
10.0, 12.5 (12), 16.0, 20.0, 25.0, 31.5 (32), 40.0, 50.0, 63.0, 80.0, 100, 125, 160, 200, 250, 315 (320), 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000	11.2 (11), 14.0, 18.0, 22.4, 28.0, 35.5 (36), 45.0, 56.0, 71.0, 90.0, 112, 140, 180, 224, 280, 375 (380), 425 (420), 475 (480), 530, 600, 670, 750, 850, 950	4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 32.0, 40.0, 50.0, 63.0, 80.0, 100, 125, 160, 200, 250	5.0, 7.1, 9.0, 11.2, 14.0, 18.0, 22.4, 28.0, 35.5, 45.0, 56.0, 90.0, 112, 140, 180, 224

表 22.1-4 模具用轴类、套类零件标准尺寸

(mm)



D		L	
第一系列	第二系列	第一系列	第二系列
1.0, 1.25(1.2), 1.6, 2.0, 2.5, 3.15(3.0), 4.0, 5.0, 6.3(6.0), 8.0, 10.0, 12.5(12), 16.0, 20.0, 25.0, 31.2(32), 40.0, 50.0, 63.0, 80.0, 100	1.12(1.1), 1.4, 1.8, 2.24(2.2), 2.8, 3.55(3.5), 4.5, 5.6(5.5), 7.1, 9.0, 11.2, 14.0, 18.0, 22.4, 28.0, 35.5, (36), 45.0, 56.0, 71, 90	10.0, 12.5(12), 10.0, 12.5(12), 16.0, 20.0, 25.0, 31.5(32), 40.0, 50.0, 63.0, 80.0, 100, 125, 160, 200, 250, 315(320), 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000	11.2, 14.0, 18.0, 14.0, 28.0, 35.5, 45.0, 56.0, 71.0, 90.0, 112, 140, 180, 224, 280, 375(380), 425, 475, 530, 600, 670, 750, 850, 950

表 22.1-3 和表 22.1-4 中的数值可搭配使用, 第一系列为优选系数, 括号内数值为取整数。模具产品标准的起始规格和最大规格, 要根据模具使用对象——工业产品零件尺寸范围、重量、数量而定, 使其经济上合算、技术上合理。

(3) 采纳或等效采纳国际通用模具标准

在制订、修订模具技术标准时, 采纳或等效采纳国际通用标准, 参照或采纳国际先进的模具技术标准, 是我国标准化工作的一项技术政策。

国际模具标准化组织 ISO/TC29/SC8 自 1982 年以来组织制订的冲模技术标准有 34 项。包括模板、凸模、凹模、导柱、导套、模柄、弹簧等。其中 ISO6753 模板和圆凸模、圆凹模标准, 均在制订我国相应标准时予以采纳。ISO/TC29/SC8 组织制订和审查通过并公布的国际通用模具技术标准见本篇第 7 章。

(4) 参照或采纳国际先进标准

制订我国模具技术标准时, 参照或采纳国际先进标准和先进企业标准, 也是一条重要的技术政策。

我国模具标准化技术委员会在制订冲模模架的通用零件以及它们的技术条件等国家标准时, 除全面采纳 ISO/TC29/SC8 公布的通用零件标准外, 在技术指标及参数等方面参照和部分采纳了德国的 DIN 标准和哈斯科企业标准, 美国 DME 公司标准, 日本 JIS 标准和双叶电子工业公司标准。如冲模模架(包括铸铁、钢板模架)及其技

术条件标准中的两项精度指标, 即上模座上平面和下模座下平面的平行度; 上、下模座的导柱、导套安装孔的轴心线与基面的垂直度, 对 0 I 级精度模架来讲均接近德国的 DIN 标准和日本双叶电子公司标准, 超过了美国 ANSIB5.25M 标准(注: 0 I、0 II 为我国模具质量等级)。

(5) 执行和采用国家基础标准

我国模具技术标准中采用的国家基础标准如下:

1) 公差与配合标准

极限与配合标准有 GB/T 1800.1—1997、GB/T 1800.2—1998、GB/T 1800.3—1998、GB/T 1800.4—1999、GB/T 1801—1999、GB/T 1804—2000 等。

2) 形状与位置公差

形状和位置公差标准有 GB/T 1182—1996、GB/T 1184—1996、GB/T 4249—1996、GB/T 13319—1991、GB/T 16671—1996 等。

3) 表面粗糙度标准有 GB/T 1031—1995、GB/T 3505—2000、GB/T 131—1993 等。

比较样块、铸造表面、磨、车、镗、铣加工表面, 电火花加工表面标准有 GB/T 6060.1—1997、GB/T 6060.2—1985、GB/T 6060.3—1986、GB/T 6060.4—1988、GB/T 6060.5—1988 等。

4) 机械制图

图纸幅面及格式、比例、字体、图线、剖面

符号等有 GB/T 14689—1993、GB/T 14690—1993、GB/T 17450—1998、GB/T 17453—1998 等。

图样画法、装配图、轴测图、尺寸注法等有 GB/T 17451—1998、GB/T 17452—1998 和 GB/T 4458.1~4458.4—1984 等。

中心孔表示法有 GB/T 4459.5—1999、GB/T 145—2001 等。

5) 尺寸及尺寸系列

标准尺寸有 GB/T 2822—1981。

优先数和优先数系有 GB/T 321—1980。

第 2 章 冲模术语及冲模技术条件

1 冲模术语

的冲模、冲模通用零部件、圆凸模、圆凹模的结构要素以及冲模设计中用到的一些主要术语和定义，见表 22.2-1。

标准 (GB/T 8845—1988) 规定了基本类型

表 22.2-1 冲模术语 (Terminology for dies) (摘自 GB/T 8845—1988)

标准条 目编号	术语 (英文)	定 义
1	冲模 dies (stamping and punching dies)	加压将金属或非金属板料或型材分离、成形或接合而得到制件的工艺装备
1.1	单工序模 single operation dies	在压力机的一次行程中完成一道冲压工序的冲模
1.2	复合模 compound dies	只有一个工位，并在压力机的一次行程中，同时完成两道或两道以上的冲压工序的冲模
1.3	级进模 progressive dies	在条料的送料方向上，具有两个以上的工位，并在压力机一次行程中，在不同的工位上完成两道或两道以上的冲压工序的冲模
1.4	无导向模 opening dies	上、下模之间没有导向装置的冲模
1.5	导板冲模 guide plate dies	上、下模之间由导板导向的冲模
1.6	导柱模 guide pillar dies	上、下模之间由导柱、导套导向的冲模
1.7	通用模 universal dies	通过调整，在一定范围内可以完成不同制件的同类工序的冲模
1.8	专用模 dies for special purpose	专门为冲压加工指定的制作而完成某特定工序所用的冲模
1.9	自动模 automatic dies	送料、出件及排除废料完全由自动装置完成的模具
1.10	组合冲模 combined dies	工作时只为冲制某一制件，但模具上零件拆装后，可组成不同冲模，供不同工序或冲制不同制件使用的冲模
1.11	简易模 low-cost dies	结构简单、制造周期短、成本低、适用于小批量生产或试制生产的冲模
1.11.1	橡胶冲模 rubber-dies	工作零件是用橡胶制成的简易模

续表 22.2-1

标准条 目编号	术语 (英文)	定 义
1.11.2	钢带模 steel rule dies	用淬硬的钢带制成刃口, 嵌入用桦木层压板、低熔点合金或塑料等制成的模体中的简易模
1.11.3	低熔点合金模 low-melting point alloys dies	工作零件是由低熔点合金制成的简易模
1.11.4	锌基合金模 zinc based dies	工作零件是由锌基合金制成的简易模
1.11.5	薄板模 laminated dies	凹模, 固定板和卸料板均采用薄钢板制成的简易模
1.12	冲裁模 blanking dies	使板料分离, 得到所需形状和尺寸的平片毛坯或制件的冲模
1.12.1	落料模 blanking dies	沿封闭的轮廓将制件或毛坯与板料分离的冲模
1.12.2	冲孔模 piercing dies	在毛坯或板料上, 沿封闭的轮廓分离出废料得到带孔制件的冲模
1.12.3	切边模 trimming dies	切去成形制件多余的边缘材料的冲模
1.12.4	切口模 notching dies	从毛坯或半成品制件的内外边缘上, 沿不封闭的轮廓分离出废料的冲模
1.12.5	切舌模 lancing dies	沿不封闭轮廓将部分板料切开并使其下弯的冲模
1.12.6	剖切模 parting dies	沿不封闭轮廓将半成品制件切离为两个或数个制件的冲模
1.12.7	整修模 shaving dies	沿半成品制件被冲裁的外缘或内孔修切掉一层材料, 以提高制件尺寸精度和冲裁截面光洁度的冲模
1.12.8	精冲模 fine blanking dies	使板料处于三向受压的状态下进行冲裁, 冲制出冲切面无裂纹和撕裂、尺寸精度高的制件的冲模
1.12.9	切断模 cutting-off dies	将板料沿不封闭的轮廓分离的冲模
1.13	弯曲模 bending dies	将毛坯或半成品制件沿弯曲线弯成一定角度和形状的冲模
1.13.1	卷边模 curling dies	把板料端部弯曲成接近封闭圆筒的冲模
1.13.2	扭曲模 twisting dies	给毛坯以扭矩、使其扭转成一定角度的制件或半成品制件的冲模

续表 22.2-1

标准条目编号	术语 (英文)	定 义
1.14	拉深模 drawing dies	把毛坯拉压成空心体, 或者把空心体拉压成外形更小而板厚没有明显变化的空心体的冲模
1.14.1	反拉深模 reverse redrawing dies	凸模从初拉深所得的空心毛坯的底部反向加压, 完成与初拉伸相反方向的再拉伸, 使毛坯内表面翻转为外表面, 从而形成更深的制件的拉深模
1.14.2	变薄拉深模 ironing dies	凸、凹模之间间隙小于空心毛坯壁厚, 把空心毛坯加工成侧壁厚度小于毛坯壁厚的薄壁制件的拉深模
1.15	成形模 forming dies	使板料发生局部的塑性变形, 按凸模与凹模的形状直接复制成形的冲模
1.15.1	胀形模 bulging dies	使空心毛坯内部在双向拉应力作用下, 产生塑性变形, 取得凸肚形制件的冲模
1.15.2	整形模 sizing dies	校正制件成准确的形状和尺寸的冲模
1.15.3	缩口模 necking dies	使空心毛坯或管状毛坯端部的径向尺寸缩小的冲模
1.15.4	扩口模 flaring dies	使空心毛坯或管状毛坯端部的径向尺寸扩大的冲模
1.15.5	翻边模 flanging dies	使毛坯的平面部分或曲面部分的边缘沿一定曲线翻起竖立直边的成形模
1.15.6	翻孔模 burring dies	在预先制好孔的半成品上或未先制孔的板料上冲制出竖立孔边缘的成形模
1.16	冷挤压模 cold extruding dies	在室温下, 使金属坯料在凸模压力作用下通过凹模产生塑性变形, 使金属材料产生体积转移而挤压成形的冲模
1.16.1	正挤压模 forward extruding dies	在挤压成形时, 金属流动方向与凸模的运动方向相同的挤压模
1.16.2	反挤压模 backward extruding dies	在挤压成形时, 金属流动方向与凸模的运动方向相反的挤压模
1.16.3	复合挤压模 compound extruding dies	在挤压成形时, 金属的一部分流动方向与凸模的运动方向相同, 而另一部分的流动方向则相反的挤压模
1.16.4	径向挤压模 radial extruding dies	在挤压成形时, 金属在凸模压力的作用下沿径向流动的挤压模
2	冲模零件	
2.1	模架 die sets	上、下模座、导柱、导套的组合物

续表 22.2-1

标准条 目编号	术语 (英文)	定 义
2.1.1	弹压导板模架 die sets with spring guides plate	上、下模依靠导板导向的模架
2.1.2	后导柱模架 back pillar (post) sets	两个导柱、导套分别装于上、下模座的后侧的模架
2.1.3	对角导柱模架 die gonal pillar (post) sets	两个导柱, 导套分别装于上、下模座的对角中心线上的模架
2.1.4	中间导柱模架 center pillar (post) sets	两个导柱、导套分别装于上、下模座的左右中心线上的模架
2.1.5	精冲模架 fine blanking die sets	用于精冲的刚性好, 导向精度高的模架
2.1.6	滑动导向模架 sliding guide die sets	上、下模靠导柱与导套相对滑动来导向的模架
2.1.7	滚动导向模架 anti-friction bearing die sets	导柱和导套间装有沿柱面滚动的钢球(或滚柱)的模架
2.1.8	通用模架 universal die sets	通过更换凸、凹模和定位零件, 用于冲压多种制件, 完成不同工序的模架
2.2	工作零件 working elements	直接对毛坯和板料进行冲压加工的冲模零件
2.2.1	凸模 punch	在冲压过程中, 冲模中被制件或废料所包容的工作零件
2.2.2	凹模 matrix	在冲压过程中, 与凸模配合直接对制件进行分离或成形的工作零件
2.2.3	凸凹模 punch-matrix	复合模中同时具有凸模和凹模作用的工作零件
2.2.4	镶件 insert	与主体工作零件分离制造, 嵌在主体工作零件上的局部工作零件
2.2.5	拼块 section	拼成凹模或凸模的若干分离制造的零件
2.2.6	柔性模 flexible dies	用液体、气体、橡皮等柔性物质作为凸(凹)模的冲模
2.3	定位零件 locating elements	确定条料或毛坏在冲模中正确位置的零件

续表 22.2-1

标准条 目编号	术语 (英文)	定 义
2.3.1	定位销 locating pin (gauge pin)	挡住条料的侧边、毛坯和半成品的周边, 保证其正确定位的销定
2.3.2	定位板 locating plate	挡住条料侧边、毛坯和半成品的周边, 保证其正确定位的板状零件
2.3.3	挡料销 stop pin	限定条料或卷料送进距离的定位销件
2.3.4	导正销 pilot pin	冲裁中, 先进入预孔的孔中, 导正板料位置, 保证孔与外形的相对位置消除送料误差的销件
2.3.5	导料板 stock guide rail	对条料或卷料的侧边进行导向, 以保证其正确的送进方向的板件
2.3.6	定距侧刃 pitch punch	在级进模中, 为了限定条料的送料进距, 在条料的侧边冲切一定形状缺口的凸模
2.3.7	侧刃挡块 stop block for pitch punch	承受条料对定距侧刃的侧压力, 并起挡料作用的板块件
2.3.8	止退键 die stop (side key)	嵌入模座, 支撑冲压时受侧向力的凸模、凹模或刃口的键
2.3.9	始用挡料销 finger stop pin (block)	级进模中, 在条料开始进给时使用的挡料销 (块)
2.3.10	侧压板 side-push plate	将位于两个导料板间的条料压向一侧的导料板, 消除导料板与条料之间的间隙, 保证条料正确送进的侧面压料板
2.3.11	退位块 (柱) limited block (post)	在冲压过程中, 限制冲压行程和深度的块 (柱) 状零件
2.4	压料、卸料零件 elements for clamping and stripping	
2.4.1	卸料板 stripper plate	用于卸掉卡在凸模上或凸凹模上的制件或废料的板件
2.4.2	推件块 ejector	把制件或废料由凹模 (装于上模) 中推出的块状零件
2.4.3	推杆 ejector pin	用于推出制件或废料的杆件
2.4.4	推板 ejector plate	在打杆与连接推杆间传递推力的板件

续表 22.2-1

标准条目编号	术语 (英文)	定 义
2.4.5	连接推杆 ejector tie rod	连接推板与推件块、传递推力的杆件
2.4.6	打杆 knock out pin	穿过模柄孔, 把压力机滑块上的打杆横梁的力传给推板的杆件
2.4.7	顶件块 kicker	把制件或废料由凹模 (装在下模) 中顶出的块状件
2.4.8	顶杆 kicker pin	传力给顶件块的杆件
2.4.9	卸料螺钉 stripper bolt	连接卸料板并调节卸料板的卸料行程的螺钉
2.4.10	拉杆 tie rod	在冷挤压模和拉伸模中, 固定在上模座上, 通过托板把开模力传给顶杆的杆件
2.4.11	托杆 pressure pin (cushion pin)	与弹顶器连接、向压料板、压边圈或卸料板传递力和运动的杆件
2.4.12	托板 supporting plate (pressure plate)	装于下模座下面, 把弹顶器的弹力或把拉杆的拉力传给顶杆和托杆的板件
2.4.13	废料切斯刀 scrap cutter	在冲压过程中将废料切断的零件
2.4.14	弹顶器 cushion	安装在下模的下方或下模座的下部、用气压、油压、弹簧、橡胶通过托板、托杆、顶杆给压边圈或顶件块加以向上的力的弹顶装置
2.4.15	承料板 stock supporting plate	与凹模或导料板相连, 对进入模具之前的条料起支承作用的板件
2.4.16	压料板 pressure plate	在冲裁、弯曲和成形加工中, 把板料压紧在凸模或凹模上的可动板件
2.4.17	压边圈 blank holder	在拉伸模或成形模中, 为了调节材料流动的阻力, 防止起皱而压紧毛坯边缘的零件
2.4.18	齿圈压板 serrated ring	在精冲模中, 为造成很强的三向压应力状态, 防止板料自冲切层滑走和冲裁表面出现撕裂现象, 而采用的齿形强压力圈
2.5	导向零件 guide elements	用以确定上、下模的相对位置, 保证运动导向精度的零件
2.5.1	导柱 guide pillars (guide post)	与安装在另一模座上的导套 (或孔) 相配合, 用以确定上、下模的相对位置, 保证运动导向精度的圆柱形零件

标准条目编号	术语 (英文)	定 义
2.5.2	导套 guide bushes	与安装在另一模座上的导柱相配合,用以确定上、下模的相对位置,保证运动导向精度的圆套状零件
2.5.3	导板 guide plate	在冲压过程中,与凸模滑动配合并对凸模运动进行导向的板件
2.5.4	滑板 slide plate	在大的成形模和拉深模中,为了导正上模内部或下模内部各零部件间的相对位置关系用的淬硬板或嵌有润滑材料的板
2.5.5	耐磨板 wear plate	镶在冲模内产生相对移动的零件滑动面上的淬硬板或嵌有润滑材料的板
2.5.6	弹压导板 spring guide plate	在弹压导板模中,保护凸模并对凸模起导向作用,又借助弹性件起卸料、压料作用的导板
2.5.7	钢球保持圈 cage	是一个具有多通孔的套筒。在套筒的通孔处装置钢球或滚柱,并使钢球或滚柱位于导柱和导套之间
2.5.8	止动件 retainer	将保持圈限制在导柱上或导套内的零件
2.6	固定零件 retaining elements	将凸模、凹模固定于上、下模上,以及将上、下模固定在压力机上的零件
2.6.1	上模座 punch holder (upper shoe)	用于支承上模的所有零件的模架零件
2.6.2	下模座 die holder (low shoe)	用于支承下模的所有零件的模架零件
2.6.3	凸模固定板 punch plate	用于安装固定凸模的板
2.6.4	凹模固定板 matrix plate	用于安装固定凹模的板
2.6.5	垫板 backing plate	加工凸、凹模与模座间,承受和分散冲压负荷的板件
2.6.6	模柄 shank	使模具的中心线与压力机的中心线重合并把上模固定在压力机滑块上的连接零件
2.6.7	浮动模柄 self-centering shank	可以自动定心的模柄
2.7	其他零件	
2.7.1	斜楔 cam driver	用于变换运动方向的零件

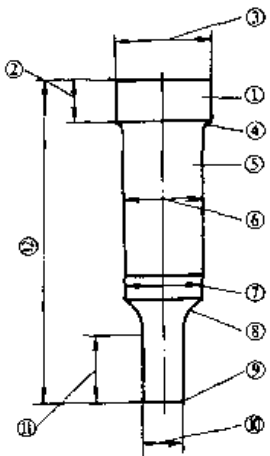
续表 22.2-1

标准条目编号	术语 (英文)	定 义
2.7.2	滑块 slide block	与斜楔配合实现运动方向的改变, 并沿变换后的方向作往复滑动的零件
3	冲模设计术语	
3.1	冲裁间隙 blanking clearance	凸、凹模刃口间缝隙的距离
3.2	模具闭合高度 die shut height	当模具在工作位置闭合时, 从下模座的下表面到上模座的上表面间的距离
3.3	压力机闭合高度 shut height of press machine	压力机位置在下死点时, 滑块下端面至压力机工作台上表面间的距离称为压力机闭合高度 当连杆调至最短时的闭合高度为压力机最大闭合高度 当连杆调至最长时的闭合高度为压力机最小闭合高度
3.4	冲模寿命 die life	冲模从开始使用到报废时所能加工的总制件数称为冲模寿命。 冲模刃口从刃磨后到下次刃磨所能加工的制件数称为刃磨寿命
3.5	压力中心 center of load	冲压力合力的作用点
3.6	冲模中心 center of die	冲模的几何中心
3.7	冲压方向 pressing direction	冲压力的方向
3.8	送料方向 feed direction	毛坯或条料进入模具的方向
3.9	排样 blank layout	制件在板料或条料上的排置方法
3.10	搭边 scrap	排样时, 制件与制件之间, 制件与条(板)料边缘之间的余料
3.11	进距 feed pitch	在级进模中, 被加工的条料或制件每道工序在送料方向移动的距离
3.12	切边余量 trimming allowance	拉深或成形后的半成品制件边缘需切除的多余材料的尺寸
3.13	毛刺 burr	在剪切断面上产生的竖起的尖状凸起物
3.14	冲裁力 blanking force	冲裁时所需的压力

续表 22.2-1

标准条 目编号	术语 (英文)	定 义
3.15	弯曲力 bending force	弯曲时所需的压力
3.16	拉深力 drawing force	拉深时所需的压力
3.17	挤压力 extruding force	挤压时所需的压力
3.18	卸料力 stripping force	从凸模或凸凹模上将制件或废料卸下来所需的力
3.19	推件力 ejecting force	从凹模内顺冲裁方向将制件或废料推出所需的力
3.20	顶件力 kicking force	从凹模内逆冲裁方向将制件从凹模孔内顶出的力
3.21	压料力 pressure - plate - force	压料所需的力
3.22	压边力 blank Holder force	压边圈作用于板料或毛坯上的力
3.23	毛坯 blank	已落料或切断了供进一步加工用的板(棒)料
3.24	中性层 neutral plane	弯曲变形区内切向应力为零或切向应变为零的金属层
3.25	弯曲角 bending angle	弯曲加工终了, 毛坯被弯曲的角度, 即弯曲制件直边夹角的补角
3.26	弯曲线 bending line	板料毛坯沿某直线或曲线产生弯曲变形, 该直线或曲线称为弯曲线
3.27	回弹 spring back	在弯曲或成形加工终了, 去除载荷后, 制件离开模具后, 工作产生的弹性回复现象
3.28	相对弯曲半径 relative bending radius	弯曲制件的弯曲半径与板料厚度的比值
3.29	弯曲半径 bending radius	弯曲件的内侧的曲率半径
3.30	最小弯曲半径 minimum bending radius	弯曲时板料的最外层纤维濒于拉裂时的弯曲半径
3.31	弯曲件展开长度 blank length of bends	弯曲制件直线部分的长度与弯曲部分应变中性层长度之和
3.32	拉深系数 drawing coefficient	拉深制件的直径与毛坯直径之比 保证危险断面不被拉裂的最小拉深系数称为极限拉深系数
3.33	拉深比 drawing ratio	拉深系数的倒数

续表 22.2-1

标准条 目编号	术语 (英文)	定 义
3.34	拉深次数 drawing numbers	因受极限拉深系数的限制, 制件拉深成形所需的次数
3.35	挤压比 extruding ratio	挤压制件的毛坯横断面积与制件横断面积之比
3.36	缩口系数 necking coefficient	表示管口缩径变形程度值, 即管口缩径后与缩径前直径之比
3.37	扩口系数 flaring coefficient	表示管口扩口变形程度的值, 即管口扩径后的最大直径与管口的原始直径之比值
3.38	胀形系数 bulging coefficient	表示胀形时板料变形程度的值, 即胀形后的最大直径与毛坯直径之比值
3.39	翻孔系数 burring coefficient	表示翻孔时的变形程度, 即翻孔前、后孔径之比值
3.40	最小冲孔直径 minimum diameter of piercing	对一定厚度的一种板料所能冲出的最小孔的直径
3.41	转角半径 radius	盒形制件横截面上的圆角半径
3.42	相对转角半径 relative radius	盒形制件转角半径与其宽度的比值
3.43	相对高度 relative height	盒形制件高度与宽度的比值
3.44	相对厚度 relative thickness	毛坯厚度与其直径的比值
4		 <p>图 1 圆凸模结构要素</p>
4.1	头部 punch head	凸模上比杆的直径大的圆柱部分 (见图 1 中①)

标准条目编号	术语 (英文)	定义
4.2	杆 shank	凸模上与固定板上的孔配合的部分 (见图 1 中⑤)
4.3	刃口 point	直径对毛坯或板料进行加工, 使其形成理想形状和尺寸的孔的凸模前端部分 (见图 1 中⑨)
4.4	头厚 punch head thickness	头部的厚度 (见图 1 中②)
4.5	头部直径 punch head diameter	圆柱头直径或圆锥头的最大直径 (见图 1 中③)
4.6	连接半径 radius	为了防止尖角应力集中, 用来连接杆直径和头部直径的圆弧半径 (见图 1 中④)
4.7	凸模圆角半径 punch radius	白 (弯曲模和拉伸模) 凸模工作端面向侧面过渡的圆角半径
4.8	杆直径 shank diameter	与凸模固定板的孔配合的杆部直径 (见图 1 中⑥)
4.9	引导直径 lead diameter	为便于将凸模压入固板, 在杆的压入端标出的直径尺寸 (见图 1 中⑦)
4.10	过渡半径 radius blend	切于刃口并连接刃口直径和圆柱引导直径的光滑圆弧半径 (见图 1 中⑧)
4.11	刃口直径 point diameter	凸模的刃口端直径 (见图 1 中⑩)
4.12	刃口长度 point length	凸模刃口工作端的长度, 包括: a. 穿透进入工件的长度 b. 刃磨或磨损长度 (见图 1 中⑪)
4.13	凸模总长 punch overall length	凸模的全部长度 (见图 1 中⑫)
5		
	图 2 圆凹模结构要素	
5.1	头部 matrix head	凹模上比模体直径大的圆柱部分 (见图 2 中②)

续表 22.2-1

标准条目编号	术语 (英文)	定 义
5.2	模体 body	凹模上与凹模固定板上的孔配合的圆柱体 (见图 2 中④)
5.3	刃口 point	凹模与凸模工作端配合直接加工制成的部分 (见图 2 中⑧)
5.4	刃口直径 hole diameter	圆凹模的工作孔直径 (见图 2 中⑦)
5.5	刃口长度 land length	凹模的刃口端设计时的有效长度 (见图 2 中⑨)
5.6	刃口斜度 point angle	锥形凹模的刃口斜角值
5.7	凹模外径 body diameter	凹模模体的直径 (见图 2 中⑥)
5.8	头部直径 matrix head diameter	凹模的头部直径 (见图 2 中①)
5.9	头厚 matrix head thickness	头部的厚度 (见图 2 中③)
5.10	凹模圆角半径 matrix radius	由 (弯曲模和拉伸模) 凹模工作端面向内侧面过渡的圆角半径
5.11	凹模总长 matrix overall length	凹模的全部长度 (见图 2 中⑩)
5.12	引导直径 lead diameter	为便于将凹模压入固定板, 在模体的压入端标出的尺寸 (见图 2 中⑤)
5.13	排料孔 relief hole	凹模孔的下方及在与其相接的模具零件上使废料落下的孔 (见图 2 中⑫)
5.14	排料孔直径 relief hole diameter	直排料孔的直径及斜排料孔的最大直径 (见图 2 中⑬)
5.15	连接圆角 fillet	为带头凹模上, 为了避免尖角应力集中, 连接模体直径和头部直径的圆弧 (见图 2 中⑪)

2 冲模技术条件

标准 (GB/T 14662—1992) 中规定了冲模的零件技术要求、装配技术要求、检验和验收技术条件、标记、包装、运输、贮存及使用规定。

本标准适用于单工序、复合、级进等冲模。

2.1 零件技术要求

零件技术要求见表 22.2-2。

表 22.2-2 零件技术要求 (摘自 GB/T 14662—1992)

标准条 目编号	条 目 内 容
3.1	冲模的设计和制造若无特殊要求, 一律按 GB/T 2851.1~2851.7—1990、GB/T 2852.1~2852.4—1990、JB/T 8050—1999 (冲模模架), 和 JB/T 7643~7653 (冷冲模) 选用标准模架和标准件, 并符合相应的技术要求
3.2	冲模零件不允许有裂纹, 工作表面不允许有划痕、机械损伤、锈蚀等表面缺陷。经热处理后的零件硬度应均匀, 不允许有软点和脱碳区, 并清除氧化物等
3.3	冲模各零件的材料和热处理硬度应优先按表 22.2-3、表 22.2-4 选用, 允许采用性能高于表 22.2-3、表 22.2-4 规定的其他钢种
3.4	零件图中普通螺纹的基本尺寸应符合 GB/T 196 的规定, 选用的极限与配合应符合 GB/T 197 的规定
3.5	零件图上未注明倒角的尺寸, 除刃口外所有锐边均应倒角或倒圆。视零件大小, 倒角尺寸为 $0.5 \times 45^\circ \sim 2 \times 45^\circ$, 倒圆尺寸为 $R0.5 \sim 1 \text{ mm}$
3.6	经磁性吸力磨削后的钢件应退磁
3.7	零件上销钉孔的配合长度一般不应小于销钉直径的 1.5 倍
3.8	固定板、凹模、垫板、卸料板的形状和位置公差按 GB/T 1182—1996 等的规定
3.9	固定卸料的导料板应磨成等高
3.10	冲模各零件的几何形状、尺寸精度、表面粗糙度等应符合设计图样要求
3.11	零件图中未注公差尺寸的极限偏差按 GB/T 1804 的规定
3.12	零件图中未注的形状和位置公差按 GB/T 1184—1996 规定
3.13	当冲模重量达 20 kg 时, 应设吊环螺钉并符合 GB/T 825 规定。若采用其他起吊措施时亦应符合其相应的规定
3.14	成形工作零件的口部圆角及拉伸筋等必须圆滑过渡, 符合设计要求并允许在试模时给予修正, 以达到冲压零件的要求
3.15	冲裁模之凸、凹模刃口及侧刃等必须锋利, 不允许有崩刃、缺刃和机械损坏
3.16	冲裁模凹模工作孔不允许有倒锥度
3.17	用锻压加工的零件不应有过热、过烧的内部组织和机械加工不能去掉的裂纹、夹层及凹坑

表 22.2-3 冲模工作零件常用材料及热处理要求

模具 类型	冲件情况及对模具 工作零件的要求		选用材料		热处理硬度 HRC	
			牌 号	标准号	凸 模	凹 模
冲裁模	1	形状简单、精度较低、 冲裁材料厚度 $\leq 3 \text{ mm}$ 、 批量中等	T10A	GB/T 1298	56~60	60~64
		带台肩的、快换式的凸 凹模和形状简单的镶块	9Mn2V	GB/T 1299		

续表 22.2-3

模具类型	冲件情况及对模具工作零件的要求		选用材料		热处理硬度 HRC	
			牌 号	标准号	凸 模	凹 模
冲裁模	II	材料厚度 ≤ 3 mm, 形状复杂	9CrSi C-WMn	GB/T 1299	58~62	60~64
		材料厚度 > 3 mm, 形状复杂的镶块	Cr12 Cr12MoV			
	III	要求耐磨、高寿命	Cr12MoV	GB/T 1299	58~62	60~64
			YG15 YG20	YB/T 849	—	—
IV	冲薄材料用的凹模	T10A	GB/T 1298	—	—	
弯曲模	I	一般弯曲的凸、凹模及镶块	T10A	GB/T 1298	56~62	
	II	形状复杂、高度耐磨性的凸、凹模及镶块	CrWMn Cr12 Cr12MoV	GB/T 1299	60~64	
		生产批量特别大	YG15	YB/T 849	—	
III	加热弯曲	5CrNiMo 5CrNiTi 5CrMnMo	GB/T 1299	52~56		
拉深模	I	一般拉深	T10A	GB/T 1298	56~60	58~62
	II	形状复杂、高度耐磨	Cr12 Cr12MoV	GB/T 1299	58~62	60~64
	III	生产批量特别大	Cr12MoV	GB/T 1299	58~62	60~64
			YG10 YG15	YB/T 849	—	—
	IV	变薄拉深凸模	Cr12MoV	GB/T 1299	58~62	—
变薄拉深凹模		W18Cr4V Cr12MoV	GB/T 1299	—	60~64	
V	加热拉深	YG10、YG15	YB/T 849	—	—	
大型拉深模	I	中小批量	5CrNiTi 5CrNiMo	GB/T 1299	52~56	52~56
			HT200	GB/T 9439	—	—
II	大批量	QT600-3	GB/T 1348	197~269HBS	197~269HBS	
		镍铬铸铁 铝铬铸铁 铝钒铸铁	—	火焰淬硬 40~45 火焰淬硬 50~55 火焰淬硬 50~55	—	

表 22.2-4 冲模一般零件的材料和热处理要求

零件名称	选用材料牌号	标准号	硬度 HRC
上、下模座	HT200	GB/T 9439	—
模柄	Q235	GB/T 700	—
导柱	20	GB/T 699	58~62 (渗碳)
导套	20	GB/T 699	58~62 (渗碳)
凸、凹模固定板	45	GB/T 699	
	Q235	GB/T 700	
承料板	Q235	GB/T 700	
卸料板	Q235	GB/T 700	—
	45	GB/T 699	
导料板	45	GB/T 699	28~32
	Q235	GB/T 700	
导正销	T8A	GB/T 1298	50~54
	9Mn2V	GB/T 1299	56~60
挡料销	45	GB/T 699	43~48
垫板			
销钉			
推杆、顶杆			
顶板			
螺钉			
拉深模压边圈	T8A	GB/T 1298	54~58
	45	GB/T 699	43~48
螺母、垫圈、螺塞	Q235	GB/T 700	
定距侧刃、废料切刀	T10A	GB/T 1298	58~62
侧刃挡块	T8A	GB/T 1298	56~60
楔块与滑块			54~58
弹簧	65Mn	GB/T 1222	44~50

2.2 冲模装配技术要求

冲模装配技术要求见表 22.2-5。

2.3 检验和验收技术条件

检验和验收技术条件见表 22.2-6。

2.4 标记、包装、运输、贮存

标记、包装、运输、贮存见表 22.2-7。

2.5 使用规定

使用规定见表 22.2-8。

2.6 冲模设计的审核

冲模设计的审核项目见表 22.2-9。

2.7 模具制造者的保证

模具制造者的保证见表 22.2-10。

表 22.2-5 装配技术要求 (摘自 GB/T 14662—1992)

标准条 目编号	条 目 内 容														
4.1	装配时应保证凸、凹模之间的间隙均匀一致, 配合间隙符合设计要求, 不允许采用使凸、凹模变形的的方法来修正间隙														
4.2	推料、卸料机构必须灵活, 卸料板或推件器在冲模开启状态时, 一般应突出凸凹模表面0.5~1 mm														
4.3	当采用机械方法联接硬质合金零件时, 连接表面的表面粗糙度参数 R_a 值为 $0.8 \mu\text{m}$														
4.4	各接合面保证密合														
4.5	落料、冲孔的凹模刃口高度, 按设计要求制造, 其漏料孔应保证畅通, 一般应比刃口大0.2~2 mm														
4.6	冲模所有活动部分的移动应平稳灵活, 无滞止现象, 滑块、楔块在固定滑动面移动时, 其最小接触面积不少于其面积的2/4														
4.7	各紧固用的螺钉、锁钉不得松动, 并保证螺钉和销钉的端面不突出上下模座平面														
4.8	各卸料螺钉沉孔深度应保证一致														
4.9	各卸料螺钉、顶料的长度应保证一致														
4.10	凸模的垂直度必须在凸凹模间隙值的允许范围内, 推荐数据如下														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">间 隙 值/mm</th> <th colspan="2">垂直度公差等级</th> </tr> <tr> <th>单 凸 模</th> <th>多 凸 模</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>薄料、无间隙 (≤ 0.02)</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>$>0.02 \sim 0.06$</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>>0.06</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	间 隙 值/mm	垂直度公差等级		单 凸 模	多 凸 模	薄料、无间隙 (≤ 0.02)	5	6	$>0.02 \sim 0.06$	6	7	>0.06	7	8
间 隙 值/mm	垂直度公差等级														
	单 凸 模	多 凸 模													
薄料、无间隙 (≤ 0.02)	5	6													
$>0.02 \sim 0.06$	6	7													
>0.06	7	8													
4.11	冲模的装配必须符合模具装配图、明细表及技术条件的规定														
4.12	凸模、凸凹模等与固定板的配合一般按 H7/m6 或 H7/m6, 保证工作稳定可靠														
4.13	在保证使用可靠的前提下, 凸模、凹模、导柱、导套等零件的固定可采用性能良好并稳定的粘结材料浇注固定														

表 22.2-6 检验和验收技术条件 (摘自 GB/T 14662—1992)

标准条 目编号	条 目 内 容
5.1	冲模须进行下列验收工作: a. 冲模设计的审核; b. 外观检查; c. 尺寸检查; d. 试模和冲件检查; e. 质量稳定性检查; f. 冲模材料和热处理要求检查。 冲模制造单位检验部门, 应将各项检查内容逐项填入冲模验收卡
5.2	冲模设计的审核按本标准附录 A (见表 22.2-9) 的有关内容进行
5.3	冲模制造单位质检部门应按冲模设计图样和本技术条件对冲模零件和冲模进行外观和尺寸检查

续表 22.2-6

标准条 目编号	条 目 内 容
5.4	经第5.3条检查合格的冲模可进行试模,并按正常生产条件试冲。试模用的冲床应符合有关的技术要求,试模所用材料的材质应与要求相符
5.5	试冲时冲件取样应在冲压工艺稳定后进行,根据冲模精度的不同,试冲20~1000件(精密多工位级进冲模必须试冲1000件以上);对于大型覆盖件模具要求连续试冲5~10件,并完全符合冲件要求,最后由模具制造方开具合格证并随模具交付用户 冲件的尺寸和形状应符合产品设计图样的要求。成形冲件表面不允许有伤痕、裂纹和皱折等现象。试冲件尺寸不得达到冲件的极限尺寸,须保留一定的磨损量,一般情况下保留的磨损量至少为冲件公差的1/3
5.6	冲模质量稳定性检查的批量生产由用户承担,其检查方法为在正常生产条件下连续生产8h。上述工作应在接到被检模具后一个月内完成,期满未达到稳定性检验批量时,即视为此项检验工作已经完成。检验期间由于制造质量引起模具零件损坏,由制造方保修
5.7	用户在稳定性检验期间应按图样和本技术条件要求,对冲模主要零件的材质、热处理、表面处理情况进行检查或抽查,发现的质量问题应由制造方负责解决

表 22.2-7 标记、包装、运输、贮存 (摘自 GB/T 14662—1992)

标准条 目编号	条 目 内 容
6.1	应在冲模非工作表面明显处打标记,标记应清楚并耐摩擦,标记的内容为:模具或冲件图号、制造日期、制造厂名。允许按用户的要求标出标记
6.2	冲模出厂或入库前应清洗干净,所有零件的表面应涂防锈剂或采用防锈包装
6.3	出厂的冲模应根据运输要求进行包装,应防潮、防止磕碰,保证正常运输中冲模完好无损
6.4	有关的说明文件用单独的防水袋装好,随冲模一起交给用户
6.5	运输箱上的标记要求按运输部门的有关规定执行

表 22.2-8 使用规定 (摘自 GB/T 14662—1992)

标准条 目编号	条 目 内 容
7.1	冲模应安装在相应精度等级的压力机上,并使用专用工具将其紧固。选用压力机的公称压力必须符合设计要求。若无相应的压力机,其公称压力应超过计算力的30%
7.2	冲压前,冲制的材料应擦拭干净
7.3	冲模的工作部分应经常刃磨或抛光。在刃磨时,刃磨量不应超过刃口的变钝半径;抛光时,抛光量 ≤ 0.01 mm
7.4	在压力机上同时安装若干副冲模时,各冲模的闭合高度不能相差过大; 当只安装冲裁模或冲裁模和一副成形模时,其闭合高度之差 ≤ 1 mm; 当只安装成形模时,其闭合高度之差 ≤ 0.2 mm

续表 22.2-8

标准条目编号	条 目 内 容
7.5	应定期检查压力机的精度,使之符合有关规定
7.6	冲模安装在垫板上,垫板间的距离尺寸可比冲模模座上的开孔尺寸大,但不超过 20%
7.7	当从冲模上将条料送入、送出时,应避免冲切外形不完整的冲件

表 22.2-9 冲模设计的审核项目 (摘自 GB/T 14662—1992)

标准条目编号	条 目 内 容
A1	冲模质量及冲件、压力机方面的审核,包括的内容为:
A1.1	冲模各零件的材质、硬度、精度、结构是否能符合用户的要求;模具的压力中心是否与压力机的压力中心相重合;卸料机构能否正常工作,冲件能否卸出
A1.2	是否对影响冲件质量的各因素进行了研究;是否注意到在不妨碍使用和冲压工艺等前提下尽量简化加工;冲压工艺参数的选择是否正确,冲件是否会产生变形(翘曲、回弹)
A1.3	冲压力(包括冲裁力、卸料力、推件力、顶件力、弯曲力、压料力、拉伸力等)是否超过压力机的负载能力;冲模的安装方式是否正确
A2	有关基本结构的审核,包括的内容为:
A2.1	冲压工艺的分析与设计、排样图是否合理
A2.2	定位、导正机构(系统)的设计
A2.3	卸料系统的设计
A2.4	凸、凹模等工作零件的设计
A2.5	压料、卸料和出料的方式和防止废料上冒的措施
A2.6	送料系统的设计
A2.7	安全防护措施的设计
A3	设计图的审核,包括的内容为:
A3.1	在装配图上的各零件排列是否适当,装配位置是否明确,零件是否已全部标出,必要的说明是否明确
A3.2	零件的编号、名称、数量是否确切标注,是本厂制造还是外购;是否遗漏配合精度、配合符号、冲件的高精度部位能否进行修整,有无超精要求;是否采用适于零件性能的材料,是否标注了热处理、表面处理、表面加工的要求
A3.3	是否符合制图标准和有关规定,加工者容易理解否
A3.4	加工者是否可以不进行计算,数字是否在适当的位置上明确无误地标注
A3.5	设计的内容是否符合有关的基础标准
A4	加工工艺审核的内容为: 对于加工方式是否进行了研究;零件加工工艺是否与加工设备相适应,现有设备能否满足要求;与其他零件配合的部位是否明确作了标注;是否考虑了调整余量;有无便于装配、分解的撬杠槽、装卸孔、牵引螺钉等标注,是否标注了在装配时应注意的事项;是否把热处理或其他原因所造成的变形控制在最小限度

表 22.2-10 模具制造者的保证 (摘自 GB/T 14662—1992)

标准条 目编号	条 目 内 容				
B1	在遵守用户使用和保存条件的前提下, 制造者应保证按本标准的要求出售冲模				
B2	除用户特殊要求外, 冲裁模的首次刃磨寿命应达到表 B1 的要求: 表 B1 冲裁模的首次刃磨寿命 (万次)				
	工作部分材料	冲 模 类 型			
		单工序模	级 进 模	复 合 模	
	碳素工具钢	2	1.5	1	
	合金工具钢	2.5	2	1.5	
	硬质合金	40	30	20	
	注: 表中的特定条件为: 冲件材料厚度 $t=1\text{ mm}$, 抗拉强度 $\sigma_b=500\text{ MPa}$; 当条件不同时, 表 B1 所列的寿命数值用列在表 B2、表 B3 的系数 K_b 、 K_s 与之相乘, 以进行修正。				
	表 B2 K_b 值		表 B3 K_s 值		
	冲件材料	σ_b/MPa	K_b	t/mm	K_s
	结构钢、碳钢	≤ 500	1.0	≤ 0.3	0.8
> 500		0.8			
合金钢	≤ 900	0.7	$> 0.3\sim 1.0$	1.0	
	> 900	0.6			
软青铜、青铜	—	1.8	$> 1.0\sim 3.0$	0.8	
硬青铜	—	1.5	> 3.0	0.5	
钻	—	2.0			
B3	除用户特殊要求外, 冲裁模的总寿命应达到表 B4 的要求: 表 B4 冲裁模的总寿命 (万次)				
	工作零件材料	单工序模	级进模	复合模	
	碳素工具钢	20	15	10	
	合金工具钢	50	40	30	
	硬质合金	1 000			

第 3 章 冲模典型组合

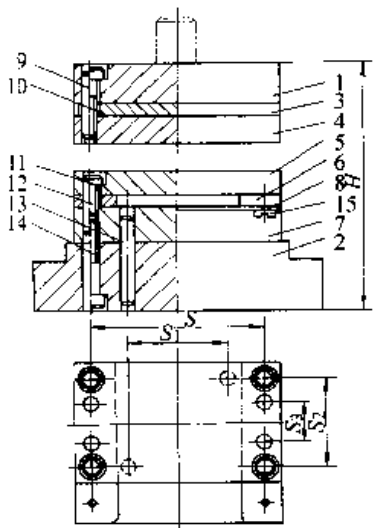
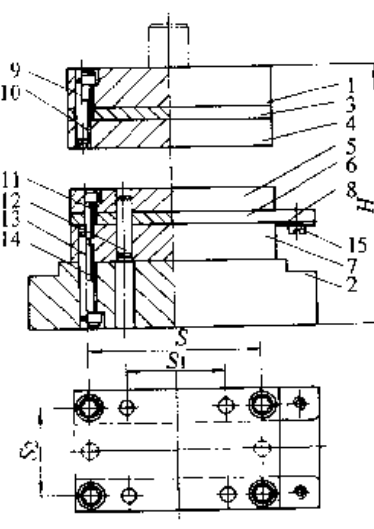
冲模典型组合包括 14 种组合，每种组合中既规定了典型结构型式，也规定了组合中各种零件的系列尺寸，如凹模周界尺寸 ($L \times B$)、凸模长度、模具闭合高度、各种板件尺寸 (长 \times 宽 \times 高)，以及螺钉、销钉、卸料螺钉的位置及尺寸规格 (直径 \times 长度)。因此冲模组合非常有利于冲模 CAD 系统的建立，只要将结构型式与相应

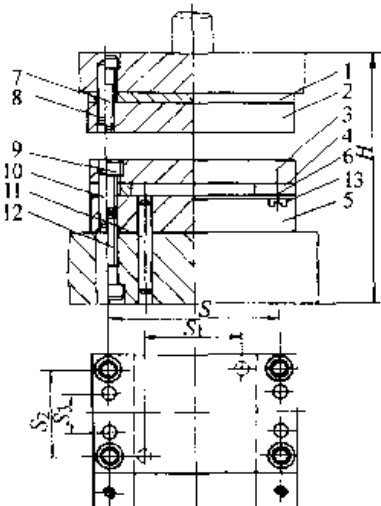
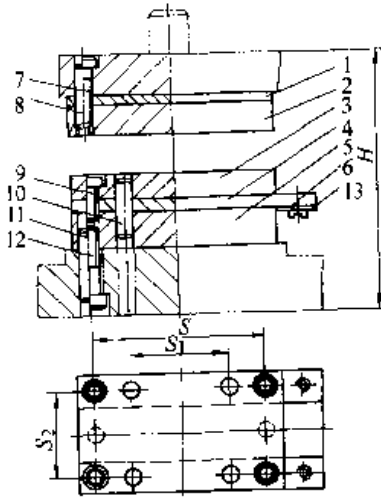
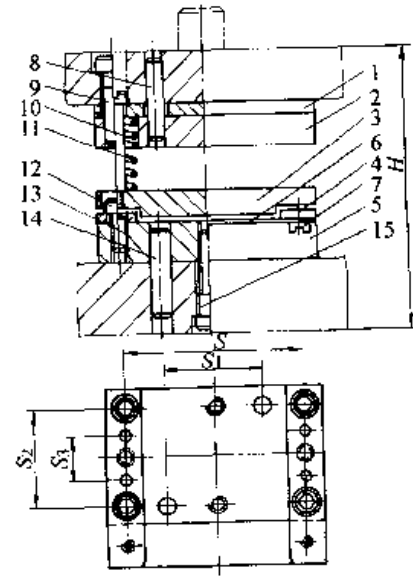
尺寸系列分别存入图形库与数据库，然后应用参数化技术就可很方便的设计模具。本书只介绍典型组合类型与技术条件，具体尺寸系列见参考文献 [1]。

1 典型组合

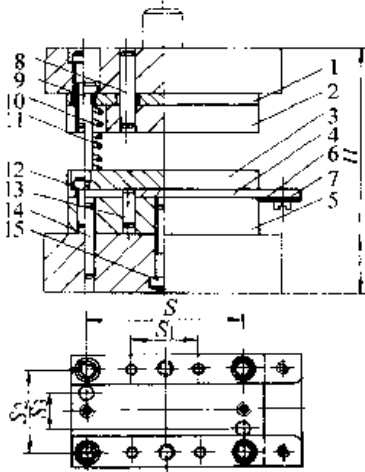
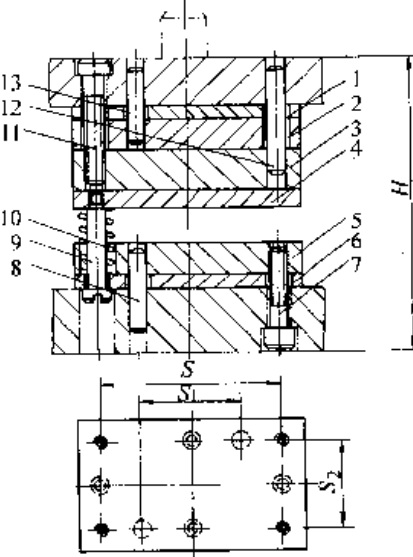
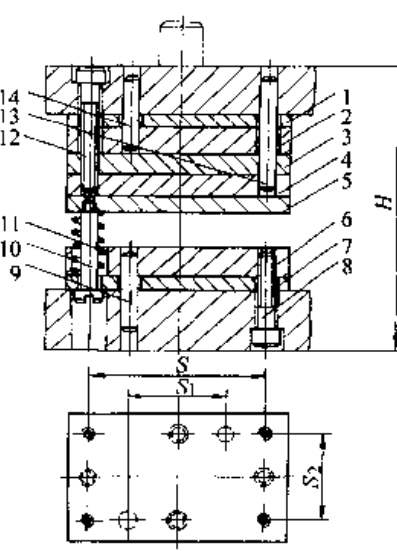
冲模典型组合见表 22.3-1。

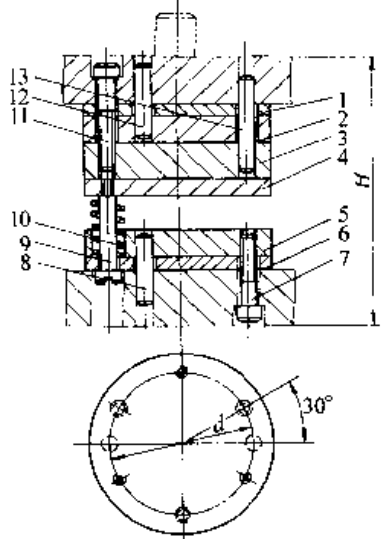
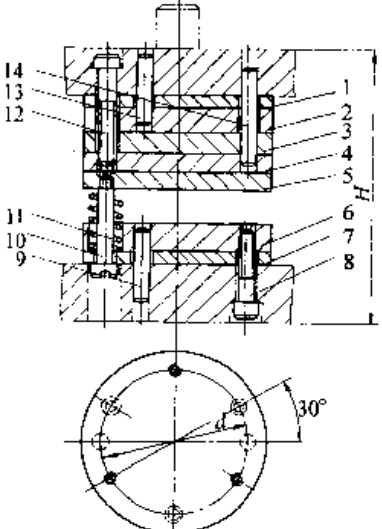
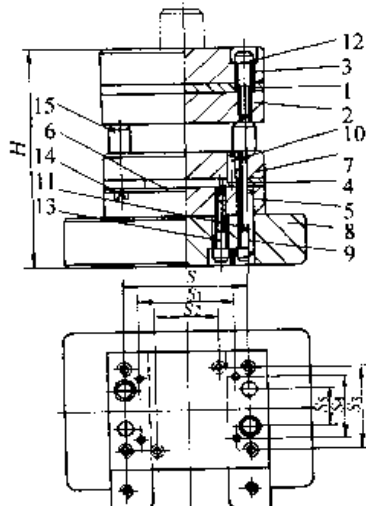
表 22.3-1 冲模典型组合一览表

组合名称	组合示意图
冷冲模固定卸料典型组合 无导柱纵向送料典型组合 (JB/T 8065.1—1995)	 <ul style="list-style-type: none"> 1—上模座 2—下模座 3—垫板 4—固定板 5—卸料板 6—导料板 7—凹模 8—承料板 9—圆柱销 10—螺钉 11—圆柱销 12—螺钉 13—圆柱销 14—螺钉 15—螺钉
冷冲模固定卸料典型组合 无导柱横向送料典型组合 (JB/T 8065.2—1995)	 <ul style="list-style-type: none"> 1—上模座 2—下模座 3—垫板 4—固定板 5—卸料板 6—导料板 7—凹模 8—承料板 9—圆柱销 10—螺钉 11—螺钉 12—圆柱销 13—圆柱销 14—螺钉 15—螺钉

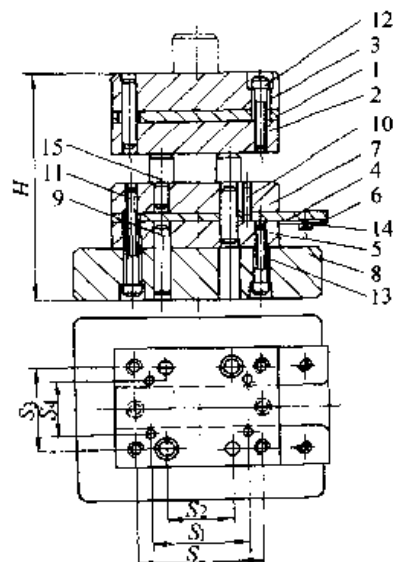
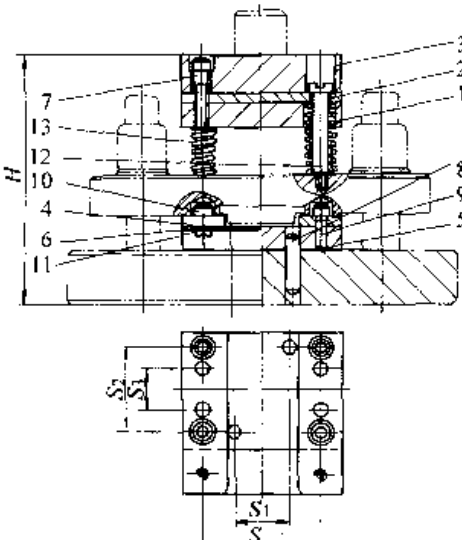
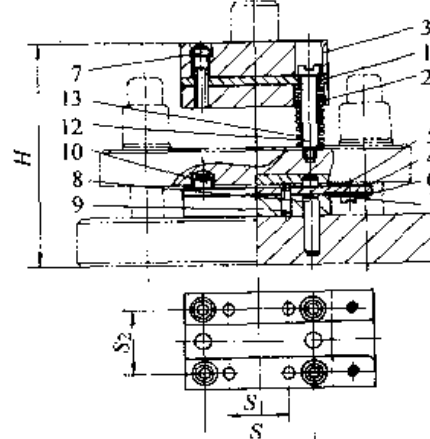
组合名称	组合示意图
<p>冷冲模固定卸料典型组合 纵向送料典型组合 (JB/T 8065.3—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—卸料板 4—导料板 5—凹模 6—承料板 7—螺钉 8—圆柱销 9—螺钉 10—圆柱销 11—圆柱销 12—螺钉 13—螺钉</p>
<p>冷冲模固定卸料典型组合 横向送料典型组合 (JB/T 8065.4—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—卸料板 4—导料板 5—凹模 6—承料板 7—螺钉 8—圆柱销 9—螺钉 10—圆柱销 11—圆柱销 12—螺钉 13—螺钉</p>
<p>冷冲模弹压卸料典型组合 纵向送料典型组合 (JB/T 8066.1—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—卸料板 4—导料板 5—凹模 6—承料板 7—螺钉 8—圆柱销 9—螺钉 10—卸料螺钉 11—弹簧 12—螺钉 13—圆柱销 14—圆柱销 15—螺钉</p>

续表 22.3-1

组合名称	组合示图
<p>冷冲模弹压卸料典型组合 横向送料典型组合 (JB/T 8066.2—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—卸料板 4—导料板 5—凹模 6—承料板 7—螺钉 8—圆柱销 9—螺钉 10—卸料螺钉 11—弹簧 12—螺钉 13—圆柱销 14—圆柱销 15—螺钉</p>
<p>冷冲模复合模典型组合 矩形厚凹模典型组合 (JB/T 8067.1—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—凹模 4—卸料板 5—固定板 6—垫板 7—螺钉 8—圆柱销 9—卸料螺钉 10—弹簧 11—螺钉 12—圆柱销 13—圆柱销</p>
<p>冷冲模复合模典型组合 矩形薄凹模典型组合 (JB/T 8067.2—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—空心垫板 4—凹模 5—卸料板 6—固定板 7—垫板 8—螺钉 9—圆柱销 10—卸料螺钉 11—弹簧 12—螺钉 13—圆柱销 14—圆柱销</p>

组合名称	组合示意图
<p>冷冲模复合模典型组合 圆形厚凹模典型组合 (JB/T 8067.3—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—凹模 4—卸料板 5—固定板 6—垫板 7—螺钉 8—圆柱销 9—卸料螺钉 10—弹簧 11—螺钉 12—圆柱销 13—圆柱销</p>
<p>冷冲模复合模典型组合 圆形薄凹模典型组合 (JB/T 8067.4—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—空心垫板 4—凹模 5—卸料板 6—固定板 7—垫板 8—螺钉 9—圆柱销 10—卸料螺钉 11—弹簧 12—螺钉 13—圆柱销 14—圆柱销</p>
<p>冷冲模导板模典型组合 纵向送料典型组合 (JB/T 8068.1—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—上模座 4—导料板 5—凹模 6—承料板 7—导板 8—下模座 9—圆柱销 10—圆柱销 11—螺钉 12—螺钉 13—螺钉 14—螺钉 15—限位柱</p>

续表 22.3-1

组合名称	组合示意图
<p>冷冲模导板模典型组合 横向送料典型组合 (JB/T 8068.2—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—上模座 4—导料板 5—凹模板 6—承料板 7—导板 8—下模座 9—圆柱销 10—圆柱销 11—螺钉 12—螺钉 13—螺钉 14—螺钉 15—限位柱</p>
<p>冷冲模导板模典型组合 弹压纵向送料典型组合 (JB/T 8068.3—1995)</p>	 <p>1—固定板 2—垫板 3—上模座 4—导料板 5—凹模 6—承料板 7—螺钉 8—圆柱销 9—圆柱销 10—螺钉 11—螺钉 12—卸料螺钉 13—弹簧</p>
<p>冷冲模导板模典型组合 弹压横向送料典型组合 (JB/T 8068.4—1995)</p>	 <p>1—垫板 2—固定板 3—上模座 4—导料板 5—凹模 6—承料板 7—螺钉 8—圆柱销 9—圆柱销 10—螺钉 11—螺钉 12—卸料螺钉 13—弹簧</p>

2 冲模典型组合技术条件 (JB/T 8069—1995)

1) 组成典型组合的零件, 均须符合有关的标准和技术条件的规定。

2) 装配成套的典型组合, 在其零件的加工表面上不得有擦伤、划痕、裂纹等缺陷。

3) 上、下模座上的螺钉沉孔, 其深度不应超过上、下模座厚度的二分之一, 并保证螺钉, 圆柱销头端面不高出上、下模座基面。

4) 在典型组合中的卸料螺钉采用上、下模座上打沉孔的结构形式时, 卸料螺钉沉孔深度应保证同一副组合一致。

5) 典型组合中的导料板宽度尺寸 B 值, 按实际需要进行修正。

6) 典型组合的导料板厚度两块需修磨一致。

7) 典型组合中的上、下模座、固定板、卸

料板、导料板、凹模等零件上的圆柱销孔, 组合时不加工, 装配时钻和铰。

8) 典型组合中通孔、沉孔的表面粗糙度为 $Ra 12.5 \mu m$ 。

9) 典型组合中螺纹的基本尺寸按 GB/T 196 的规定, 螺纹公差按 GB/T 197 规定的 6 级、螺纹的表面粗糙度为 $Ra 6.3 \mu m$ 。

10) 弹压卸料结构的卸料螺钉的长度, 若不满足用户要求时可用 JB/T 7650.8—1994 规定的 6 级精度、螺纹的表面粗糙度为 $Ra 6.3 \mu m$ 。

11) 若用户有特殊要求, 经与制造厂协商, 可按下述规定供应:

①可不制出螺孔;

②可以改变相应的典型组合标准中所规定的螺孔、销孔位置;

③导料板可不接长于凹模外。

第4章 冲模标准模架及其标准零件

1 冲模模架型式

冲模模架由上、下模座及导向装置（导柱与导套）组成。根据上、下模座材料性质分为铸铁模架与钢板模架两种，GB/T 2851.1～2851.7 和 GB/T 2852.1～2852.4 为铸铁模架，上、下模座材料为 HT200（GB/T 9439）灰铸

铁。JB/T 7181.1～7181.4 和 JB/T 7182.1～7182.4 为钢板模架，上、下模座用 45 钢（GB/T 699）和 Q235—A 钢（GB/T 700）制造。根据导向装置中导柱与导套间的摩擦性质，模架又可分为滑动与滚动导向模架两大类。每类模架中又可由导柱的安装位置及导柱数分为多种，其具体型式与用途见表 22.4-1。

表 22.4-1 模架型式及用途

模架类别	模架型式 (标准号)	功能及用途
铸铁模架	滑动导向	<p>对角导柱模架 GB/T 2851.1—1990</p> <p>在凹模面积的对角中心线上，装有前、后导柱，其有效区在毛坯进给方向的导套间。受力平衡，上模座在导柱上运动平稳。适用于纵向或横向送料，使用面宽，常用于级进模或复合模。其凹模周界范围为 63 mm×50 mm～500 mm×500 mm</p>
		<p>后侧导柱模架 GB/T 2851.3—1990</p> <p>两导柱，导套分别装在上、下模座后侧，凹模面积是导套前的有效区域。可用于冲压较宽条料，且可用边角料。送料及操作方便，可纵向、横向送料。主要适用于一般精度要求的冲模，不宜用于大型模具，因有弯曲力矩，上模座在导柱上运动不平稳。其凹模周界范围为 63 mm×50 mm～400 mm×250 mm</p>
		<p>后侧导柱窄形模架 GB/T 2852.4—1990</p> <p>主要用于窄长零件和特殊冲压工艺的冲模。其凹模周界范围为 250 mm×80 mm～800 mm×200 mm</p>
		<p>中间导柱模架 GB/T 2851.5—1990</p> <p>其凹模面积是导套间的有效区域，仅适用于横向送料，常用于弯曲模或复合模。具有导向精度高、上模座在导柱上，运动平稳的特点。其凹模周界范围为 63 mm×50 mm～500 mm×500 mm</p>
		<p>中间导柱圆形模架 GB/T 2851.6—1990</p> <p>常用于电机行业冲模，或用于冲压圆形制件的冲模。其凹模周界范围为 63 mm×100 mm～630 mm×380 mm</p>
		<p>四导柱模架 GB/T 2851.7—1990</p> <p>模架受力平衡，导向精度高。适用于大型制件，精度很高的冲模，以及大批量生产的自动冲压生产线上的冲模。其凹模周界范围为 160 mm×250 mm～630 mm×400 mm</p>

续表 22.4-1

模架类别		模架型式 (标准号)	功能及用途	
铸铁模架	滚动导向	对角导柱模架 GB/T 2852.1—1990	凹模周界范围为 80 mm × 63 mm ~ 250 mm × 200 mm	滚动导向模架是在导柱与导套间装有预先过盈压配的钢球, 进行相对滚动的模架。其特点是导向精度高、运动刚性好, 使用寿命长。主要用于高精度、高寿命的硬质合金冲模、高速精密级进冲模等
		中间导柱模架 GB/T 2852.2—1990	凹模周界范围为 80 mm × 63 mm ~ 250 mm × 200 mm	
		四导柱模架 GB/T 2852.3—1990	凹模周界范围为 160 mm × 125 mm ~ 400 mm × 250 mm	
		后侧导柱模架 GB/T 2852.4—1990	凹模周界范围为 80 mm × 63 mm ~ 200 mm × 16 mm	
钢板模架	滑动导向	后导柱模架 JB/T 7181.1—1995	钢板模架具有强度高、加工工艺性较好等特点, 但比铸铁模架稍贵。目前在精密模具中使用较多。凹模周界范围 100 mm × 80 mm ~ 500 mm × 250 mm	
		对角导柱模架 JB/T 7181.2—1995	凹模周界范围: 100 mm × 80 mm ~ 800 mm × 400 mm	
		中间导柱模架 JB/T 7181.3—1995	凹模周界范围: 100 mm × 100 mm ~ 630 mm × 400 mm	
		四导柱模架 JB/T 7181.4—1995	凹模周界范围: 160 mm × 100 mm ~ 1 000 mm × 630 mm	
	滚动导向	后导柱模架 JB/T 7182.1—1995	凹模周界范围: 100 mm × 80 mm ~ 500 mm × 250 mm	
		对角导柱模架 JB/T 7182.2—1995	凹模周界范围: 100 mm × 80 mm ~ 800 mm × 400 mm	
		中间导柱模架 JB/T 7182.3—1995	凹模周界范围: 100 mm × 100 mm ~ 630 mm × 400 mm	
		四导柱模架 JB/T 7182.4—1995	凹模周界范围: 160 mm × 100 mm ~ 1 000 mm × 630 mm	

2 冲模标准模架

2.1 滑动导向模架

(1) 对角导柱模架

对角导柱模架见表 22.4-2。

(2) 后侧导柱模架

后侧导柱模架见表 22.4-3。

(3) 后侧导柱窄形模架

后侧导柱窄形模架见表 22.4-4。

(4) 中间导柱模架

中间导柱模架见表 22.4-5。

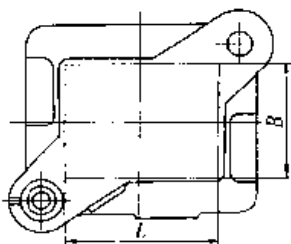
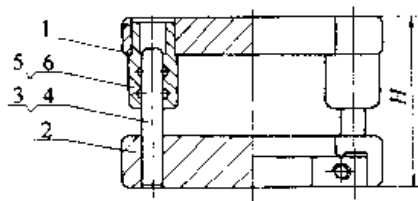
(5) 中间导柱圆形模架

中间导柱圆形模架见表 22.4-6。

(6) 四导柱模架

四导柱模架见表 22.4-7。

表 22.4-2 对角导柱模架 (摘自 GB/T 2851.1—1990) (mm)



标记示例:

凹模周界 $L = 200 \text{ mm}$ 、 $B = 125 \text{ mm}$ 、闭合高度 $H = 170 \sim 205 \text{ mm}$ 、I级精度的对角导柱模架:

模架 $200 \times 125 \times 170 \sim 205 \text{ I}$ GB/T 2851.1

技术条件: 按 JB/T 8050—1999 的规定

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4	5	6
				上模座 GB/T 2855.1	下模座 GB/T 2855.2	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6	
L	B	最小	最大	数 量					
				1	1	1	1	1	1
规 格									
63	50	100	115	$63 \times 50 \times 20$	$63 \times 50 \times 25$	90	90	60×18	60×18
		110	125			100	100		
		110	130	$63 \times 50 \times 25$	$63 \times 50 \times 30$	100	100	65×23	65×23
		120	140			110	110		
63	63	100	115	$63 \times 63 \times 20$	$63 \times 63 \times 25$	90	90	60×18	60×18
		110	125			100	100		
		110	130	$63 \times 63 \times 25$	$63 \times 63 \times 30$	100	100	65×23	65×23
		120	140			110	110		
80	63	110	130	$80 \times 63 \times 25$	$80 \times 63 \times 30$	100	100	65×23	65×23
		130	150			120	120		
		120	145	$80 \times 63 \times 30$	$80 \times 63 \times 40$	110	110	70×28	70×28
		140	165			130	130		
100	63	110	130	$100 \times 63 \times 25$	$100 \times 63 \times 30$	100	100	65×23	65×23
		130	150			120	120		
		120	145	$100 \times 63 \times 30$	$100 \times 63 \times 40$	110	110	70×28	70×28
		140	165			130	130		

续表 22.4-2

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号						
				1	2	3	4	5	6	
				上模座 GB/T 2855.1	下模座 GB/T 2855.2	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6		
				数 量						
L	B	最小	最大	1	1	1	1	1	1	
规 格										
80	80	110	130	80×80×25	80×80×30	100	100	65×23	65×23	
		130	150			120	120			
		120	145	80×80×30	80×80×40	110	110	70×28	70×28	
		140	165			130	130			
100		80	110	130	100×80×25	100×80×30	100	100	65×23	65×23
			130	150			120	120		
			120	145	100×80×30	100×80×40	110	110	70×28	70×28
			140	165			130	130		
125	80		110	130	125×80×25	125×80×30	100	100	65×23	65×23
			130	150			120	120		
			120	145	125×80×30	125×80×40	110	110	70×28	70×28
			140	165			130	130		
100		100	110	130	100×100×25	100×100×30	100	100	65×23	65×23
			130	150			120	120		
			120	145	100×100×30	100×100×40	110	110	70×28	70×28
			140	165			130	130		
125	100		120	150	125×100×30	125×100×35	110	110	80×28	80×28
			140	165			130	130		
			140	170	125×100×35	125×100×45	130	130	80×33	80×33
			160	190			150	150		
160		100	140	170	160×100×35	160×100×40	130	130	85×33	85×33
			160	190			150	150		
			160	195	160×100×40	160×100×50	150	150	90×38	90×38
			190	225			180	180		
200	100		140	170	200×100×35	200×100×40	130	130	85×38	85×33
			160	190			150	150		
			160	195	200×100×40	200×100×50	150	150	90×38	90×38
			190	225			180	180		

续表 22.4-2

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4	5	6
				上模座 GB/T 2855.1	下模座 GB/T 2855.2	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6	
				数 量					
L	B	最小	最大	1	1	1	1	1	1
规 格									
125		120	150	125×125×30	125×125×35	110	110	80×28	80×28
		140	165			22×130	25×130		
		140	170	125×125×35	125×125×45	130	130	85×33	85×33
		160	190			22×150	25×150		
160	125	140	170	160×125×35	160×125×40	130	130	85×33	85×33
		160	190			25×150	28×150		
		170	205	160×125×40	160×125×50	160	160	95×38	95×38
		190	225			25×180	28×180		
200	125	140	170	200×125×35	200×125×40	130	130	85×33	85×33
		160	190			25×150	28×150		
		170	205	200×125×40	200×125×50	160	160	95×38	95×38
		190	225			25×180	28×180		
250		160	200	250×125×40	250×125×45	150	150	100×38	100×38
		180	220			28×170	32×170		
		190	235	250×125×45	250×125×55	180	180	110×43	110×43
		210	255			28×200	32×200		
160	160	160	200	160×160×40	160×160×45	150	150	100×38	100×38
		180	220			28×170	32×170		
		190	235	160×160×45	160×160×55	180	180	110×43	110×43
		210	255			28×200	32×200		
200	160	160	200	200×160×40	200×160×45	150	150	100×38	100×38
		180	220			28×170	32×170		
		190	235	200×160×45	200×160×55	180	180	110×43	110×43
		210	255			28×200	32×200		
250		170	210	250×160×45	250×160×50	160	160	105×43	105×43
		200	240			32×190	35×190		
		200	245	250×160×50	250×160×60	190	190	115×48	115×48
		220	265			32×210	35×210		

续表 22.4-2

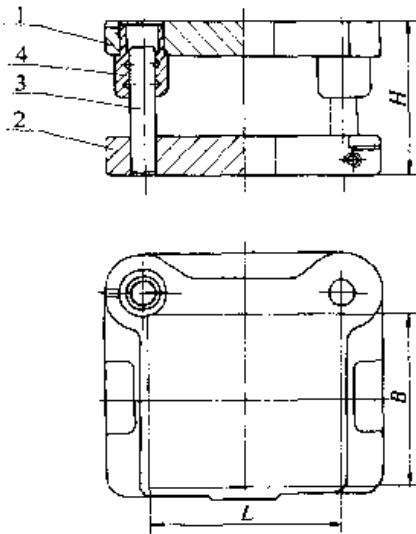
凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4	5	6
				上模座 GB/T 2855.1	下模座 GB/T 2855.2	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6	
		数 量							
L	B	最小	最大	1	1	1	1	1	1
规 格									
200		170	210	200×200×45	200×200×50	160	160	105×43	105×43
		200	240			190	190		
		200	245	200×200×50	200×200×60	190	190	115×48	115×48
		220	265			210	210		
250	200	170	210	250×200×45	250×200×50	160	160	105×43	105×43
		200	240			190	190		
		200	245	250×200×50	250×200×60	190	190	115×48	115×48
		220	265			210	210		
315		190	230	315×200×45	315×200×55	180	180	115×43	115×43
		220	260			210	210		
		210	255	315×200×50	315×200×65	200	200	125×48	125×48
		240	285			230	230		
250		190	230	250×250×45	250×250×55	180	180	115×43	115×43
		220	260			210	210		
		270	255	250×250×50	250×250×65	200	200	125×48	125×48
		240	285			230	230		
315	250	215	250	315×250×50	315×250×60	200	200	125×48	125×48
		245	280			230	230		
		245	290	315×250×55	315×250×70	230	230	140×53	140×53
		275	320			260	260		
400		215	250	400×250×50	400×250×60	200	200	125×48	125×48
		245	280			230	230		
		245	290	400×250×55	400×250×70	230	230	140×53	140×53
		275	320			260	260		
315	315	215	250	315×315×50	315×315×60	200	200	125×48	125×48
		245	280			230	230		
		245	290	315×315×55	315×315×70	230	230	140×53	140×53
		275	320			260	260		

续表 22.4-2

凹模周界		闭合高度 (参考) <i>H</i>		零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4	5	6
				上模座 GB/T 2855.1	下模座 GB/T 2855.2	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6	
		数 量							
<i>L</i>	<i>B</i>	最小	最大	1	1	1	1	1	1
		规 格							
400	315	245	290	400×315×55	400×315×65	230	230	140×58	140×53
		275	315			260	260		
		275	320	400×315×60	400×315×75	260	260	150×58	150×58
		305	350			290	290		
500	315	245	290	500×315×55	500×315×65	230	230	140×53	140×53
		275	315			260	260		
		275	320	500×315×60	500×315×75	260	260	150×58	150×58
		305	350			290	290		
400	400	245	290	400×400×55	400×400×65	230	230	140×53	140×53
		275	315			260	260		
		275	320	400×400×60	400×400×75	260	260	150×58	150×58
		305	350			290	290		
630	400	240	280	630×400×55	630×400×65	220	220	150×53	150×53
		270	305			250	250		
		270	310	630×400×65	630×400×80	250	250	160×63	160×63
		300	340			280	280		
500	500	260	300	500×500×55	500×500×65	240	240	150×53	150×53
		290	325			270	270		
		290	330	500×500×65	500×500×80	270	270	160×63	160×63
		320	360			300	300		

表 22.4.30 后侧导柱模架 (摘自 GB/T 2851.3—1990)

(mm)



标记示例:

凹模周界 $L=200\text{ mm}$ 、 $B=125\text{ mm}$ 、闭合高度 $H=170\sim 205\text{ mm}$ 、I级精度的后侧导柱模架:

模架 $200\times 125\times 170\sim 205\text{ I}$ GB/T 2851.3

技术条件: 按 JB/T 8050—1999 的规定

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4		
				上模座 GB/T 2855.5	下模座 GB/T 2855.6	导柱 GB/T 2861.1	导套 GB/T 2861.6		
				数 量					
L	B	最小	最大	1	1	2	2		
				规 格					
63	50	100	115	$63\times 50\times 20$	$63\times 50\times 25$	90	$16\times$	$16\times$	60×18
		110	125			100			
		110	130	$60\times 50\times 25$	$63\times 50\times 30$	100			65×23
		120	140			110			
63	63	100	115	$63\times 63\times 20$	$63\times 63\times 25$	90	$16\times$	$16\times$	60×18
		110	125			100			
		110	130	$63\times 63\times 25$	$63\times 63\times 30$	100			65×23
		120	140			110			
80	63	110	130	$80\times 63\times 25$	$80\times 63\times 30$	100	$18\times$	$18\times$	65×23
		130	150			120			
		120	145	$80\times 63\times 30$	$80\times 63\times 40$	110			70×28
		140	165			130			

续表 22.4-3

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号			
				1	2	3	4
				上模座 GB/T 2855.5	下模座 GB/T 2855.6	导柱 GB/T 2861.1	导套 GB/T 2861.6
		数		量			
L	B	最小	最大	1	1	2	2
				规 格			
100	63	110	130	$110 \times 63 \times 25$	$100 \times 63 \times 30$	100	65×23
		130	150			120	
		120	145	$100 \times 63 \times 30$	$100 \times 63 \times 40$	110	70×28
		140	165			130	
80		110	130	$80 \times 80 \times 25$	$80 \times 80 \times 30$	100	65×23
		130	150			120	
		120	145	$80 \times 80 \times 30$	$80 \times 80 \times 40$	110	70×28
		140	165			130	

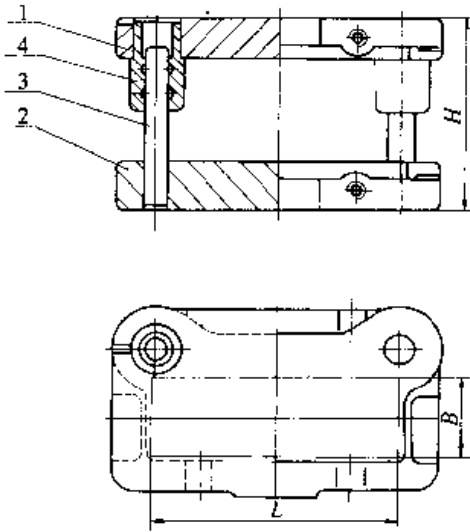
续表 22.4-3

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号			
				1	2	3	4
				上模座 GB/T 2855.5	下模座 GB/T 2855.6	导柱 GB/T 2861.1	导套 GB/T 2861.6
				数 量			
L	B	最小	最大	1	1	2	2
				规 格			
200	100	140	170	200×100×35	200×100×40	130	85×33
		160	190			25×150	
		160	195	200×100×40	200×100×50	150	90×38
		190	225			180	
125		120	150	125×125×30	125×125×35	110	80×28
		140	165			22×130	
		140	170	125×125×35	125×125×45	130	85×33
		160	190			150	
160	125	140	170	160×125×35	160×125×40	130	85×33
		160	190			150	
		170	205	160×125×40	160×125×50	160	95×38
		190	225			25×180	
200		140	170	200×125×35	200×125×40	130	85×33
		160	190			150	
		170	205	200×125×40	200×125×50	160	95×38
		190	225			180	
250		160	200	250×125×40	250×125×45	150	100×38
		180	220			170	
		190	235	250×125×45	250×125×55	180	110×43
		210	255			200	
160	160	160	200	160×160×40	160×160×45	150	100×38
		180	220			28×170	
		190	235	160×160×45	160×160×55	180	110×43
		210	255			200	
200		160	200	200×160×40	200×160×45	150	100×38
		180	220			170	
		190	235	200×160×45	200×160×55	180	110×43
		210	255			200	

续表 22.4-3

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号				
				1	2	3	4	
				上模座 GB/T 2855.5	下模座 GB/T 2855.6	导柱 GB/T 2861.1	导套 GB/T 2861.6	
				数 量				
L	B	最小	最大	1	1	2	2	
				规 格				
250	160	170	210	250×160×45	250×160×50	160	105×43	
		200	240			190		
		200	245	250×160×50	250×160×60	190		115×48
		220	265			210		
200	200	170	210	200×200×45	200×200×50	160	105×43	
		200	240			190		
		200	245	200×200×50	200×200×60	190		115×48
		220	265			210		
250	200	170	210	250×200×45	250×200×50	160	105×43	
		200	240			190		
		200	245	250×200×50	250×200×60	190		115×48
		220	265			210		
315	315	190	230	315×200×45	315×200×55	180	115×43	
		220	260			210		
		210	255	315×200×50	315×200×65	200		125×48
		240	285			230		
250	250	190	230	250×250×45	250×250×55	180	115×43	
		220	260			210		
		210	255	250×250×50	250×250×65	200		125×48
		240	285			230		
315	250	215	250	315×250×50	315×250×60	200	125×48	
		245	280			230		
		245	290	315×250×55	315×250×70	230		140×53
		275	320			260		
400	400	215	250	400×250×50	400×250×60	200	125×48	
		245	280			230		
		245	290	400×250×55	400×250×70	230		140×53
		275	320			260		

表 22.4-4 后侧导柱窄形模架 (摘自 GB/T 2851.4—1990) (mm)



标记示例:

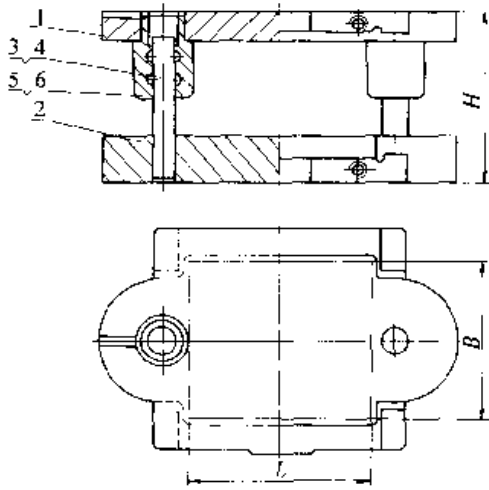
凹模周界 $L = 355 \text{ mm}$ 、 $B = 125 \text{ mm}$ 、闭合高度 $H = 200 \sim 245 \text{ mm}$ 、I 级精度的后侧导柱窄形模架:

模架 $355 \times 125 \times 200 \sim 245 \text{ I GB/T 2851.4}$

技术条件: 按 JB/T 8050—1999 的规定

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
				1 上模座 GB/T 2855.7	2 下模座 GB/T 2855.8	3 导柱 GB/T 2861.1	4 导套 GB/T 2861.6		
L	B	最小	最大	数 量					
				1	1	2	2		
规 格									
250	80	170	210	$250 \times 80 \times 45$	$250 \times 80 \times 50$	$32 \times$	160	$32 \times$	105×43
		200	240				190		
315	80	170	210	$315 \times 80 \times 45$	$315 \times 80 \times 50$		160	$35 \times$	105×43
		200	240				190		
315	100	200	245	$315 \times 100 \times 45$	$315 \times 100 \times 55$		190	$35 \times$	115×43
		220	265				210		
400	100	200	245	$400 \times 100 \times 50$	$400 \times 100 \times 60$		190	$40 \times$	115×48
		220	265				210		
355	125	200	245	$355 \times 125 \times 50$	$355 \times 125 \times 60$		190	$40 \times$	115×48
		220	265				210		
500	125	210	255	$500 \times 125 \times 50$	$500 \times 125 \times 65$	$45 \times$	200	$45 \times$	125×48
		240	285				230		
500	160	245	290	$500 \times 160 \times 55$	$500 \times 160 \times 70$		230	$50 \times$	140×53
		275	320				260		
710	160	245	290	$710 \times 160 \times 55$	$710 \times 160 \times 70$		230	$50 \times$	140×53
		275	320				260		
630	200	275	320	$630 \times 200 \times 60$	$630 \times 200 \times 75$		250	$55 \times$	160×58
		305	350				280		
800	200	275	320	$800 \times 200 \times 60$	$800 \times 200 \times 75$		250	$55 \times$	160×58
		305	350				280		

表 22.4-5 中间导柱模架 (摘自 GB/T 2851.5—1990) (mm)



标记示例:

凹模周界 $L=250\text{ mm}$ 、 $B=200\text{ mm}$ 、闭合高度 $H=200\sim 245\text{ mm}$ 、I级精度的中间导柱模架:

模架 250×200×200~245 I GB/T 2851.5

技术条件: 按 JB/T 8050—1999 的规定

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4	5	6
				上模座 GB/T 2855.9	下模座 GB/T 2855.10	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6	
L	B	最小	最大	数 量					
				1	1	1	1	1	1
				规 格					
63	50	100	115	$63 \times 50 \times 20$	$63 \times 50 \times 25$	90	90	60×18	60×18
		110	125			100	100		
		110	130	$63 \times 50 \times 25$	$63 \times 50 \times 30$	100	100	65×23	65×23
		120	140			110	110		
63	63	100	115	$63 \times 63 \times 20$	$63 \times 63 \times 25$	90	90	60×18	60×18
		110	125			100	100		
		110	130	$63 \times 63 \times 25$	$63 \times 63 \times 30$	100	100	65×23	65×23
		120	140			110	110		

续表 22.4-5

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4	5	6
				上模座 GB/T 2855.9	下模座 GB/T 2855.10	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6	
				数 量					
L	B	最小	最大	1	1	1	1	1	1
规 格									
80	63	110	130	80×63×25	80×63×30	100	100	65×23	65×23
		130	150			120	120		
		120	145	80×63×30	80×63×40	110	110	70×28	70×28
		140	165			130	130		
100	63	110	130	100×63×25	100×63×30	18×100	20×100	18×65×23	20×65×23
		130	150			120	120		
		120	145	100×63×30	100×63×40	110	110	70×28	70×28
		140	165			130	130		
80	80	110	130	80×80×25	80×80×30	100	100	65×23	65×23
		130	150			120	120		
		120	145	80×80×30	80×80×40	110	110	70×28	70×28
		140	165			130	130		
100	80	110	130	100×80×25	100×80×30	100	100	65×23	65×23
		130	150			120	120		
		120	145	100×80×30	100×80×40	110	110	70×28	70×28
		140	165			130	130		
125	80	110	130	125×80×25	125×80×30	20×100	22×100	20×65×23	22×65×23
		130	150			120	120		
		120	145	125×80×30	125×80×40	110	110	70×28	70×28
		140	165			130	130		
100	100	110	130	100×100×25	100×100×30	100	100	65×23	65×23
		130	150			120	120		
		120	145	100×100×30	100×100×40	110	110	70×28	70×28
		140	165			130	130		
125	100	120	150	125×100×30	125×100×35	110	110	80×28	80×28
		140	165			22×130	25×130		
		140	170	125×100×35	125×100×45	130	130	80×33	80×33
		160	190			150	150		

续表 22.4-5

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4	5	6
				上模座 GB/T 2855.9	下模座 GB/T 2855.10	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6	
		数 量							
L	B	最小	最大	1	1	1	1	1	1
		规 格							
160	100	140	170	160×100×35	160×100×40	130	130	85×33	85×33
		160	190			150	150		
		160	195	160×100×40	160×100×50	150	150	90×38	90×38
		190	225			180	180		
200	100	140	170	200×100×35	200×100×40	130	130	85×33	85×33
		160	190			150	150		
		160	195	200×100×40	200×100×50	150	150	90×38	90×38
		190	225			180	180		
125	125	120	150	125×125×30	125×125×35	110	110	80×28	80×28
		140	165			130	130		
		140	170	125×125×35	125×125×45	130	130	85×33	85×33
		160	190			150	150		
160	125	140	170	160×125×35	160×125×40	130	130	85×33	85×33
		160	190			150	150		
		170	205	160×125×40	160×125×50	160	160	95×38	95×38
		190	225			180	180		
200	125	140	170	200×125×35	200×125×40	130	130	85×33	85×33
		160	190			150	150		
		170	205	200×125×40	200×125×50	160	160	95×38	95×38
		190	225			180	180		
250	160	160	200	250×125×40	250×125×45	150	150	100×38	100×38
		180	220			170	170		
		190	235	250×125×45	250×125×55	180	180	110×43	110×43
		210	255			200	200		
160	160	160	200	160×160×40	160×160×45	150	150	100×38	100×38
		180	220			170	170		
		190	235	160×160×45	160×160×55	180	180	110×43	110×43
		210	255			200	200		

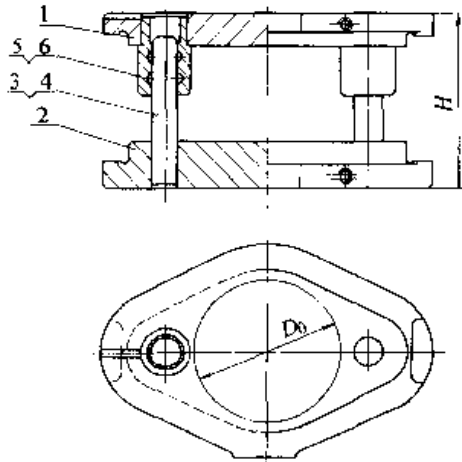
续表 22.4-5

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号								
				1	2	3	4	5	6			
				上模座 GB/T 2855.9	下模座 GB/T 2855.10	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6				
L	B	最小	最大	数 量								
				1	1	1	1	1	1			
				规 格								
200	160	160	200	200×160×40	200×160×45	28×	150	150	28×	100×38	100×38	
		180	220				170					170
		190	235	200×160×45	200×160×55		180	180		180	110×43	110×43
		210	255				200			200		
250	160	170	210	250×160×45	250×160×50	32×	160	160	32×	105×43	105×43	
		200	240				190					190
		200	245	250×160×50	250×160×60		190	190		190	115×48	115×48
		220	265				210			210		
200	200	170	210	200×200×45	200×200×50	32×	160	160	32×	105×43	105×43	
		200	240				190					190
		200	245	200×200×50	200×200×60		190	190		190	115×48	115×48
		220	265				210			210		
250	200	170	210	250×200×45	250×200×50	35×	160	160	35×	105×43	105×43	
		200	240				190					190
		200	245	250×200×50	250×200×60		190	190		190	115×48	115×48
		220	256				210			210		
315	250	190	230	315×200×45	315×200×55	35×	180	180	35×	115×43	115×43	
		220	260				210					210
		210	255	315×200×50	315×200×65		200	200		200	125×48	125×48
		240	285				230			230		
250	250	190	230	250×250×45	250×250×55	40×	180	180	40×	115×43	115×43	
		220	260				210					210
		210	265	250×250×50	250×250×65		200	200		200	125×48	125×48
		240	285				230			230		
315	250	215	250	315×250×50	315×250×60	40×	200	200	40×	125×48	125×48	
		245	280				230					230
		245	290	315×250×55	315×250×70		230	230		230	140×53	140×53
		275	320				260			260		

续表 22.4-5

凹模周界		闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4	5	6
				上模座 GB/T 2855.9	下模座 GB/T 2855.10	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6	
		数 量							
L	B	最小	最大	1	1	1	1	1	1
规 格									
400	250	215	250	400×250×50	400×250×60	200	200	125×48	125×48
		245	280			40×230	45×230		
		245	290	400×250×55	400×250×70	230	230	40×140×53	45×140×53
		275	320			260	260		
315		215	250	315×315×50	315×315×60	200	200	125×48	125×48
		245	280			230	230		
		245	290	315×315×55	315×315×70	230	230	140×53	140×53
		275	320			260	260		
400	315	245	290	400×315×55	400×315×65	230	230	140×53	140×53
		275	315			260	260		
		275	320	400×315×60	400×315×75	260	260	150×58	150×58
		305	350			45×290	50×290	45×140×53	50×140×53
500		245	290	500×315×55	500×315×65	230	230	140×53	140×53
		275	315			260	260		
		275	320	500×315×60	500×315×75	260	260	150×58	50×5
		305	350			290	290		
400	400	245	290	400×400×55	400×400×65	230	230	140×53	140×53
		275	315			260	260		
		275	320	400×400×60	400×400×75	260	260	150×58	150×58
		305	350			290	290		
630		240	280	630×400×55	630×400×65	220	220	150×53	150×53
		270	305			250	250		
		270	310	630×400×65	630×400×80	250	250	160×63	160×63
		300	340			50×280	55×280	50×150×53	55×150×53
500	500	260	300	500×500×55	500×500×65	240	240	150×53	150×53
		290	325			270	270		
		290	330	500×500×65	500×500×80	270	270	160×63	160×63
		320	360			300	300		

表 22.4-6 中间导柱圆形模架 (摘自 GB/T 2851.6—1990) (mm)



标记示例:

凹模周界 $D_0 = 200$ mm、闭合高度 $H = 200 \sim 245$ mm、I 级精度的中间导柱圆形模架:

模架 200×200~245 I GB/T 2851.6

技术条件: 按 JB/T 8050—1999 的规定

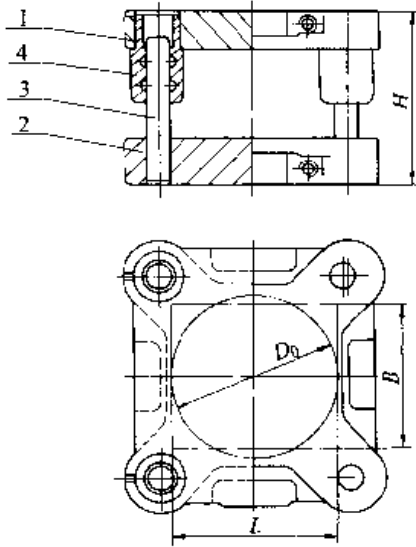
凹模周界		零件件号、名称及标准编号									
		闭合高度 (参考) H		1	2	3	4	5	6		
		上模座 GB/T 2855.11	下模座 GB/T 2855.12	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6					
		数 量									
D_0	最小	最大	1	1	1	1	1	1			
		规 格									
63	100	115	63×20	63×25	16×	90	18×	90	60×18	18×	60×18
	110	125				100					
	110	130	63×25	63×30		100		100	65×23	65×23	
	120	140				110		110			
80	110	130	80×25	80×30	20×	100	22×	100	65×23	22×	65×23
	130	150				120					
	120	145	80×30	80×40		110		110	70×28	70×28	
	140	165				130		130			
100	110	130	100×25	100×30	20×	100	22×	100	65×23	22×	65×23
	130	150				120					
	120	145	100×30	100×40		110		110	70×28	70×28	
	140	165				130		130			
125	120	150	125×30	125×35	22×	110	25×	110	80×28	25×	80×28
	140	165				130					
	140	170	125×35	125×45		130		130	85×33	85×33	
	160	190				150		150			

续表 22.4-6

凹模周界			零件件号、名称及标准编号							
			闭合高度 (参考) H		1	2	3	4	5	6
					上模座 GB/T 2855.11	下模座 GB/T 2855.12	导柱 GB/T 2861.1		导套 GB/T 2861.6	
					数 量					
D_0	最小	最大	1	1	1	1	1	1		
			规 格							
160	160	200	160×40	160×45	150	150	100×38	100×38		
	180	220			28×170	32×170			28×110×43	32×110×43
	190	235	160×45	160×55	180	180	110×43	110×43		
	210	255			200	200				
200	170	210	200×45	200×50	160	160	105×43	105×43		
	200	240			32×190	35×190			32×115×48	35×115×48
	200	245	200×50	200×60	190	190	115×48	115×48		
	220	265			210	210				
250	190	230	250×45	250×55	180	180	115×43	115×43		
	220	260			35×210	40×210			35×125×48	40×125×48
	210	255	250×50	250×65	200	200	125×48	125×48		
	240	280			230	230				
315	215	250	315×50	315×60	200	200	125×48	125×48		
	245	280			45×230	50×230			45×140×53	50×140×53
	245	290	315×55	315×70	230	230	140×53	140×53		
	275	320			260	260				
400	245	290	400×55	400×65	230	230	140×53	140×53		
	275	315			260	260			150×58	150×58
	275	320	400×60	400×75	260	260	150×58	150×58		
	305	350			290	290				
500	260	300	500×55	500×65	240	240	150×53	150×53		
	290	325			50×270	55×270			50×160×63	55×160×63
	290	330	500×65	500×80	270	270	160×63	160×63		
	320	360			300	300				
630	270	310	630×60	630×70	250	250	160×58	160×58		
	300	340			55×280	60×280			55×170×73	60×170×73
	310	350	630×75	630×90	290	290	170×73	170×73		
	340	380			320	320				

表 22.4-7 四导柱模架 (摘自 GB/T 2851.7—1990)

(mm)



标记示例:

凹模周界 $L=250$ mm、 $B=200$ mm、闭合高度 $H=200\sim 245$ mm、I 级精度的四导柱模架:

模架 250×200×200~245 I GB/T 2851.7

技术条件: 按 JB/T 8050—1999 的规定

凹模周界			闭合高度 (参考) H		零件件号、名称及标准编号					
					1	2	3	4		
L	B	D_0	最小	最大	上模座 GB/T 2855.13	下模座 GB/T 2855.14	导柱 GB/T 2861.1	导套 GB/T 2861.6		
					数 量					
					1	1	4	4		
					规 格					
160	125	160	140	170	160×125×35	160×125×40	25×	130	25×	85×33
			160	190				150		95×38
			170	205	160×125×40	160×125×50		160		95×38
			190	225				180		
200	160	200	160	200	200×160×40	200×160×45	28×	150	28×	100×38
			180	220				170		110×43
			190	235	200×160×45	200×160×55		180		110×43
			210	255				200		
250	—	—	170	210	250×160×45	250×160×50	32×	160	32×	105×43
			200	240				190		115×48
			200	245	250×160×50	250×160×60		190		115×48
			220	265				210		105×43
250	200	250	170	210	250×200×45	250×200×50	35×	160	35×	105×43
			200	240				190		115×48
			200	245	250×200×50	250×200×60		190		115×48
			220	265				210		
315	—	—	190	230	315×200×45	315×200×55	35×	180	35×	115×43
			220	260				210		125×48
			210	255	315×200×50	315×200×65		200		125×48
			240	285				230		

续表 22.4-7

凹模周界			闭合高度 (参考) <i>H</i>		零件件号、名称及标准编号					
					1	2	3	4		
					上模座 GB/T 2855.13	下模座 GB/T 2855.14	导柱 GB/T 2861.1	导套 GB/T 2861.6		
					数 量					
<i>L</i>	<i>B</i>	<i>D</i> ₀	最小	最大	1	1	4	4		
					规 格					
315	250	—	215	250	315×250×50	315×250×60	200	40×	125×48	
			245	280			230			
			245	290	315×250×55	315×250×70	230		40×	140×53
			275	320			260			
400	250	—	215	250	400×250×50	400×250×60	200	40×	125×48	
			245	280			230			
			245	290	400×250×55	400×250×70	230		40×	140×53
			275	320			260			
400	315	—	245	290	400×315×55	400×315×65	230	45×	140×53	
			275	315			260			
			275	320	400×315×60	400×315×75	260		45×	150×58
			305	350			290			
500	315	—	245	290	500×315×55	500×315×65	230	45×	140×53	
			275	315			260			
			275	320	500×315×60	500×315×75	260		45×	150×58
			305	350			290			
630	315	—	260	300	630×315×55	630×315×65	240	50×	150×53	
			290	325			270			
			290	330	630×315×65	630×315×80	270		50×	160×63
			320	360			300			
500	400	—	260	300	500×400×55	500×400×65	240	50×	150×53	
			290	325			270			
			290	330	500×400×65	500×400×80	270		50×	160×63
			320	360			300			
630	400	—	260	300	630×400×55	630×400×65	240	50×	150×53	
			290	325			270			
			290	330	630×400×65	630×400×80	270		50×	160×63
			320	360			300			

2.2 滚动导向模架

(1) 对角导柱模架

对角导柱模架见表 22.4-8。

(2) 中间导柱模架

中间导柱模架见表 22.4-9。

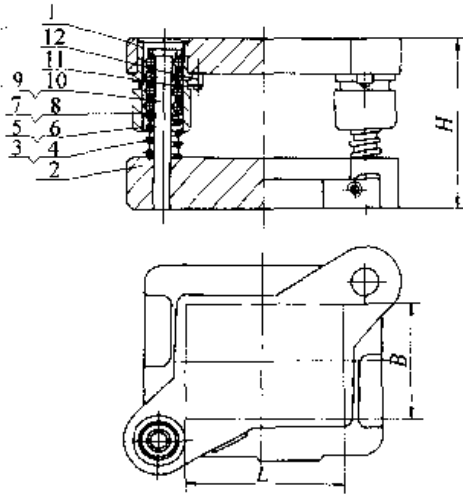
(3) 四导柱模架

四导柱模架见表 22.4-10。

(4) 后侧导柱模架

后侧导柱模架见表 22.4-11。

表 22.4-8 对角导柱模架 (摘自 GB/T 2852.1—1990) (mm)



标记示例:

凹模周界 $L = 200 \text{ mm}$ 、 $B = 160 \text{ mm}$ 、闭合高度 $H = 220 \text{ mm}$ 、0 I 级精度的对角导柱模架:

模架 200×160×220 0 I GB/T 2852.1

技术条件: 按 JB/T 8050—1999 的规定

凹模周界		最大行程 ^①	设计最小闭合高度	零件件号、名称及标准编号					
				1	2	9	10	5	6
				上模座 GB/T 2856.1	下模座 GB/T 2856.2	导柱 GB/T 2861.3		导套 GB/T 2861.8	
				数 量					
L	B	S	H	1	1	1	1	1	1
				规 格					
80	63	80	165	80×63×35	80×63×40	18×160	20×160	18×100×33	20×100×33
100	80			100×80×35	100×80×40	20×160	22×160	20×100×33	22×100×33
125	100			125×100×35	125×100×45	22×160	25×160	22×100×33	25×100×33
160	125	100	200	160×125×40	160×125×45	25×195	28×195	25×120×38	28×120×38
200	160			200×160×45	200×160×55	28× 195	32× 195	28× 125×43	32× 125×43
		120	220			215	215	145×43	145×43
250	200	100	200	250×200×50	250×200×60	32× 195	35× 195	32× 120×48	35× 120×48
		120	230			215	215	32× 150×48	35× 150×48

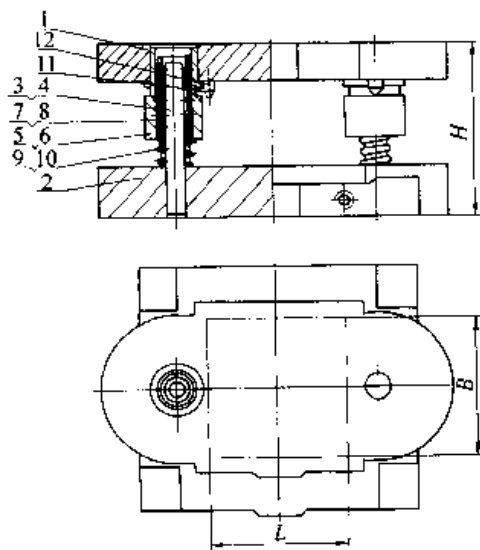
续表 22.4-8

凹模 周界		最大 行程 ^①	设计最 小闭合 高度	零件件号、名称及标准编号					
				7	8	3	4	12	11
				保持圈 GB/T 2861.10		弹簧 GB/T 2861.11		压板 GB/T 2861.16	螺钉 GB/T 70
				数 量					
L	B	S	H	1	1	1	1	4 或 6 ^②	4 或 6 ^②
				规 格					
80	63	80	165	18×23.5×64	20×25.5×64	22×72	24×72	1.6× 14×15	M5×14
100	80			20×25.5×64	22×27.5×64	24×72	26×72		
125	100			22×27.5×64	25×30.5×64	26×62	30×65		
160	125	100	200	25×32.5×76	28×35.5×76	30×87	32×86	16×20	M6×16
200	160			28× 35.5×76	32× 39.5×76	32×77	37×79		
250	200	100	200	32× 39.5×76	35× 42.5×76	2× 37×79	2× 40×78		
		120	230	32× 39.5×84	35× 42.5×84	2× 37×87	2× 40×88		

① 最大行程系指该模架许可的最大冲压行程。

② 件号 11、件号 12 的数量： $L \leq 125$ mm 时为 4 件， $L > 125$ mm 时为 6 件。

表 22.4-9 中间导柱模架 (摘自 GB/T 2852.2—1990) (mm)



标记示例:

凹模周界 $L = 200$ mm、 $B = 160$ mm、闭合高度 $H = 220$ mm、0 I 级精度的中间导柱模架:

模架 200×160×220 0 I GB/T 2852.2

技术条件: 按 JB/T 8050—1999 的规定

续表 22.4-9

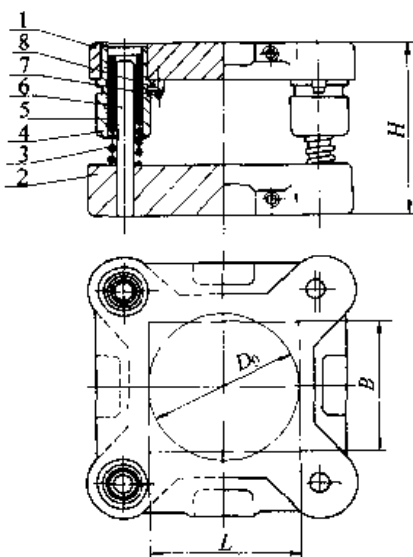
凹模周界				零件件号、名称及标准编号					
				1	2	3	4	5	6
				上模座 GB/T 2856.3	下模座 GB/T 2856.4	导柱 GB/T 2861.3		导套 GB/T 2861.8	
				数 量					
L	B	S	H	1	1	1	1	1	1
				规 格					
80	63			80×63×35	80×63×40	18×160	20×160	18×100×33	20×100×33
100	80	80	165	100×80×35	100×80×40	20×160	22×160	20×100×33	22×100×33
125	100			125×100×35	125×100×45	22×160	25×160	22×100×33	25×100×33
160	125			160×125×40	160×125×45	25×195	28×195	25×120×38	28×120×38
200	160	100	200	200×160×45	200×160×55	28× $\frac{195}{215}$	32× $\frac{195}{215}$	28× $\frac{125 \times 43}{145 \times 43}$	32× $\frac{125 \times 43}{145 \times 43}$
		120	220						
250	200	100	200	250×200×50	250×200×60	32× $\frac{195}{215}$	35× $\frac{195}{215}$	32× $\frac{120 \times 48}{150 \times 48}$	35× $\frac{120 \times 48}{150 \times 48}$
		120	230						

凹模周界				零件件号、名称及标准编号					
				7	8	9	10	12	11
				保持圈 GB/T 2861.10		弹簧 GB/T 2861.11		压板 GB/T 2861.16	螺钉 GB/T 70
				数 量					
L	B	S	H	1	1	1	1	4 或 6 ^②	4 或 6 ^②
				规 格					
80	63			18×23.5×64	20×25.5×64	22×72	24×72	14×15	M5×14
100	80	80	165	20×25.5×64	22×27.5×64	24×72	26×72		
125	100			22×27.5×64	25×30.5×64	26×62	30×65		
160	125			25×32.5×76	28×35.5×76	30×87	32×86	16×20	M6×16
200	160	100	200	28× $\frac{35.5 \times 76}{39.5 \times 76}$	32× $\frac{39.5 \times 76}{39.5 \times 84}$	32×77	37×79		
		120	220	35.5×84	39.5×84				
250	200	100	200	32× $\frac{39.5 \times 76}{39.5 \times 84}$	35× $\frac{42.5 \times 76}{42.5 \times 84}$	2× $\frac{37 \times 79}{37 \times 87}$	40×78		
		120	230	39.5×84	42.5×84	37×87	40×88		

①最大行程系指该模架许可的最大冲压行程。

②件号 11、件号 12 的数量： $L \leq 125$ mm 时为 4 件， $L > 125$ mm 时为 6 件。

表 22.4-10 四导柱模架 (摘自 GB/T 2852.3—1990) (mm)



标记示例：
 凹模周界 $L=200\text{ mm}$ 、 $B=160\text{ mm}$ 、闭合高度 $H=220\text{ mm}$ 、0 I 级精度的四导柱模架：
 模架 $200 \times 160 \times 220$ 0 I GB/T 2852.3
 技术条件：按 JB/T 8050—1999 的规定

凹模周界			最大行程 ^①	设计最小闭合高度	零件件号、名称及标准编号					
					1	2	6	4		
					上模座 GB/T 2856.5	下模座 GB/T 2856.6	导柱 GB/T 2861.3	导套 GB/T 2861.8		
					数 量					
L	B	D_0	S	H	1	1	4	4		
					规 格					
160	125	160	80	165	$160 \times 125 \times 40$	$160 \times 125 \times 45$	$25 \times$	160	$25 \times$	100×38
			100	200		$160 \times 125 \times 50$		190		125×38
200	160	200	100	200	$200 \times 160 \times 45$	$200 \times 160 \times 55$	$28 \times$	195	$28 \times$	100×38
			120	220				215		125×33
250	160	—	100	200	$250 \times 160 \times 50$	$250 \times 160 \times 60$	$32 \times$	195	$32 \times$	120×48
			120	230				215		150×48
250	200	250	100	200	$250 \times 200 \times 50$	$250 \times 200 \times 60$	$32 \times$	195	$32 \times$	120×48
			120	230				215		150×48
315	200	—	100	200	$315 \times 200 \times 50$	$315 \times 200 \times 65$	$35 \times$	195	$35 \times$	120×48
			120	230				215		150×48
400	250	—	100	220	$400 \times 250 \times 60$	$400 \times 250 \times 70$	$35 \times$	215	$35 \times$	120×58
			120	240				225		150×58

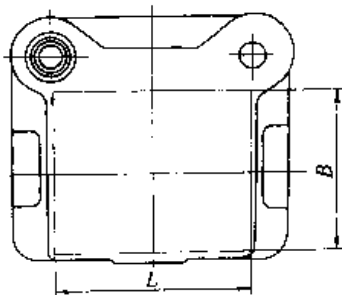
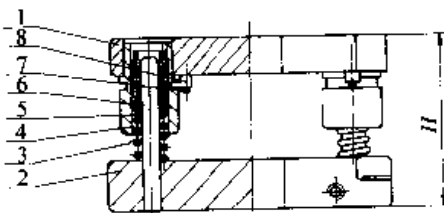
续表 22.4-10

凹模周界			最大行程 ^①	设计最小闭合高度	零件件号、名称及标准编号					
					5	3	8	7		
					保持圈 GB/T 2861.10	弹簧 GB/T 2861.11	压板 GB/T 2861.16	螺钉 GB/T 70		
					数 量					
L	B	D ₀	S	H	4	4	12	12		
					规 格					
160	125	160	80	165	25 ×	32.5 × 64	1.6 ×	30 × 65	16 × 20	M6 × 16
			100	200		32.5 × 76		30 × 79		
200	160	200	100	200	28 ×	32.5 × 64	30 × 65			
			120	220		32.5 × 76	30 × 79			
250	160	—	100	200	—	39.5 × 76	37 × 79			
			120	230		39.5 × 84	37 × 87			
250	200	250	100	200	32 ×	39.5 × 76	37 × 79			
			120	230		39.5 × 84	37 × 87			
315	200	—	100	200	—	39.5 × 76	37 × 79			
			120	230		39.5 × 84	37 × 87			
400	250	—	100	220	35 ×	42.5 × 76	40 × 79	20 × 20	M8 × 20	
			120	240		42.5 × 84	40 × 87			

①最大行程系指该模架许可的最大冲压行程。

表 22.4-11 后侧导柱模架 (摘自 GB/T 2852.4—1990)

(mm)



标记示例:

凹模周界 $L = 200$ mm、 $B = 160$ mm、闭合高度 $H = 220$ mm、0 I 级精度的后侧导柱模架:

模架 200 × 160 × 220 0 I GB/T 2852.4

技术条件: 按 JB/T 8050—1999 的规定

续表 22.4-11

凹模周界		最大行程 ^①	设计最小闭合高度	零件件号、名称及标准编号			
				1	2	6	4
				上模座 GB/T 2856.7	下模座 GB/T 2856.8	导柱 GB/T 2861.3	导套 GB/T 2861.8
				数 量			
L	B	S	H	1	1	2	2
				规 格			
80	63	80	165	80×63×35	80×63×40	18×160	18×100×33
100	80			100×80×35	100×80×40	20×160	20×100×33
125	100			125×100×35	125×100×45	22×160	22×100×33
160	125	100	200	160×125×40	160×125×40	25×195	25×120×38
200	160	120	220	200×160×45	200×160×55	28×215	28×145×43

凹模周界		最大行程 ^①	设计最小闭合高度	零件件号、名称及标准编号			
				5	3	7	8
				保持圈 GB/T 2861.10	弹簧 GB/T 2861.11	压板 GB/T 2861.16	螺钉 GB/T 70
				数 量			
L	B	S	H	2	2	4或6 ^②	4或6 ^②
				规 格			
80	63	80	165	18×23.5×64	22×27	14×15	M5×14
100	80			20×25.5×64	24×72		
125	100			22×27.5×64	1.6×26×62	16×20	M6×16
160	125	100	200	25×32.5×76	30×87		
200	160	120	220	28×35.5×84	32×77		

①最大行程系指该模架许可的最大冲压行程。

②件号7、件号8的数量： $L \leq 125$ mm时为4件， $L > 125$ mm时为6件。

3 冲模模架标准零件

3.1 滑动导向模座

(1) 对角导柱上模座

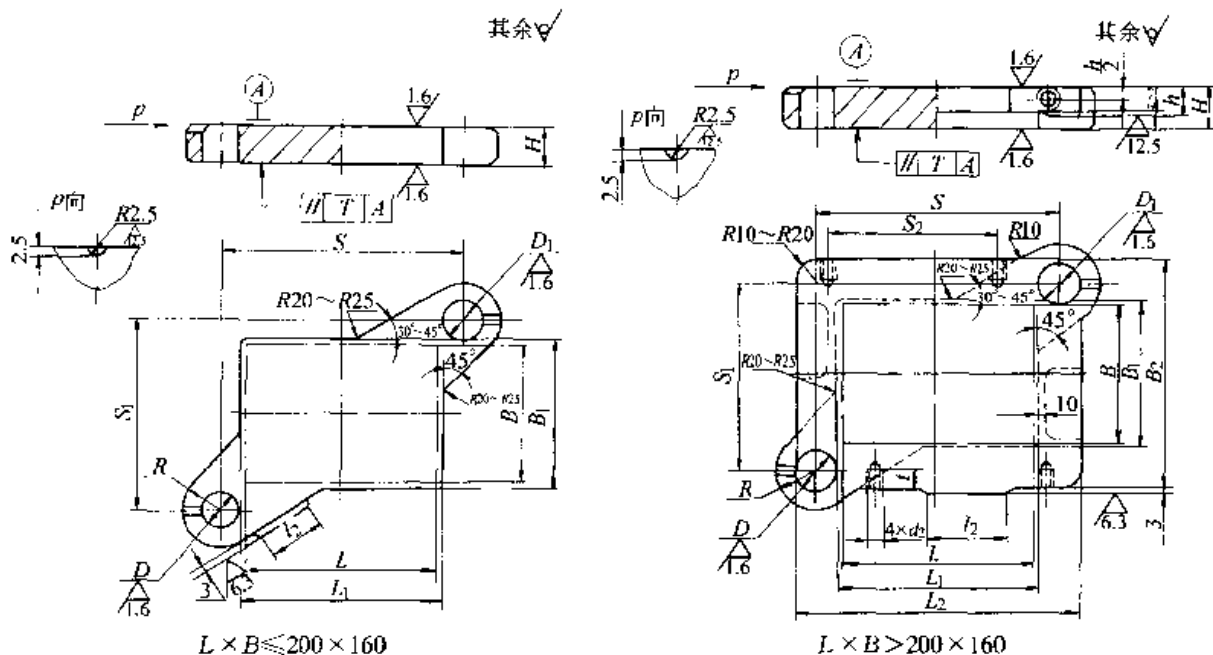
对角导柱上模座见表 22.4-12。

(2) 对角导柱下模座

对角导柱下模座见表 22.4-13。

表 22.4-12 对角导柱上模座 (摘自 GB/T 2855.1—1990)

(mm)



标记示例:

凹模周界 $L=200$ mm、 $B=160$ mm、厚度 $H=45$ mm 的对角导柱上模座:

上模座 $200 \times 160 \times 45$ GB/T 2855.1

材料: HT200

技术条件: 按 JB/T 8070—1995 的规定

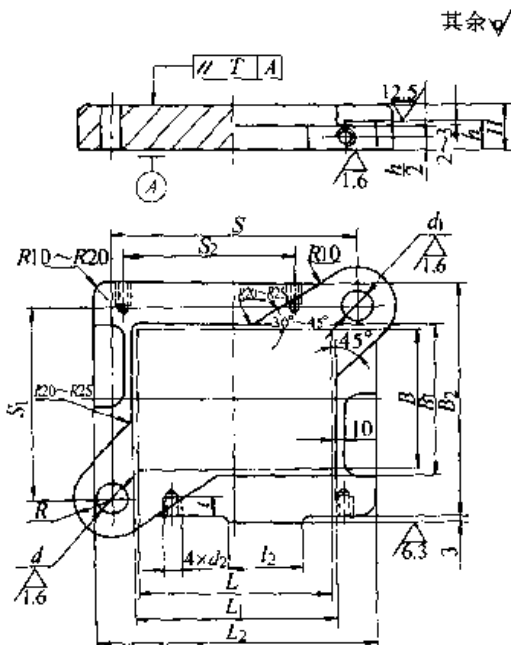
凹模周界		H	h	L_1	B_1	L_2	B_2	S	S_1	R	t_2	D (H7)		D_1 (H7)		d_2	t	S_2
L	B											基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
63	50	20 25		70	60			100	85		28	25	28	+0.021				
63		20 25		70					95		40	25	28	0				
80	63	25 30		90	70			120				28	32					
100		25 30		110				140	105	32		28	32					
80		25 30		90				125										
100	80	25 30		110	90			145	125	35	60	32	35					
125		25 30		130				170										
100		25 30		110				145						+0.025				
125		30 35		130				170	145	38		35	38	0				
160		35 40		170	110			210					42					
200		35 40		210				250	150	42	80	38	42					
125		30 35		130				170		38	60	35	38					
160	125	35 40		170	130			210	175				42					
200		35 40		210				250		42	80	38	42					

续表 22.4-12

凹模周界		H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	l ₂	D (H7)		D ₁ (H7)		d ₂	t	S ₂
L	B											基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
250	125	40 45		260	130			305	180		100	42	45	+0.025	0	—	—	—
160		40 45		170			215	215	45	80								
200	160	40 45		210	170			255	215	45	80	42	45	+0.025	0	—	—	—
250		45 50		260		360	230	310	220		100							
200		45 50		210		320		260		50	80	45	50	+0.025	0	M14 6H	28	210
250	200	45 50	30	260	210	370	270	310										
315		45 50		325		435		380	265			50	55	+0.025	0	—	—	280
250		45 50		260		380		315	315	55								
315	250	50 55 50 55		325	260	445	330	385				55	60	+0.025	0	M16 6H	32	210
400		50 55	35	410		540		470		60								
315		50 55		325		460		390			100	60	65	+0.030	0	—	—	280
400	315	55 60		410	325	550	400	475	390	65								
500		55 60		510		655		575				65	70	+0.030	0	M20 6H	40	340
400		55 60	40	410		560		475	475									
630	400	55 65		640	410	780	490	710	480			65	70	+0.030	0	—	—	460
500	500	55 65		510	510	650	590	580	580	70								

注：压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

表 22.4-13 对角导柱下模座 (摘自 GB/T 2855.2—1990) (mm)



其余√

标记示例:

凹模周界 L = 250 mm、B = 200 mm、厚度 H = 60 mm 的对角导柱下模座:

下模座 250×200×60 GB/T 2855.2

材料: HT200

技术条件: 按 JB/T 8070—1995 的规定

续表 22.4-13

凹模周界		H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	l ₂	d (R7)		d ₂	t	S ₂	
L	B											基本尺寸	极限偏差				基本尺寸
63	50	25	20	70	60	125	100	100	85	28	40	16	18	-0.016	-	-	
		30															-0.034
63		25		70	130	110	100	95	28	40	16	18	-0.016	-	-	-	
		30															-0.034
80	63	30		90	70	150	120	105	32	18	20	20	-0.016	-	-	-	
		40															-0.034
100		30		110	170	140	140	105	32	18	20	20	-0.016	-	-	-	
		40															-0.034
80		30		90	150	125	125	125	35	60	20	22	-0.016	-	-	-	
		40															-0.034
100	80	30		110	90	170	140	145	125	35	60	20	22	-0.016	-	-	-
		40															
125		30		130	200	170	170	170	38	22	22	25	-0.020	-	-	-	
		40															-0.041
100		30		110	180	145	145	145	38	22	22	25	-0.020	-	-	-	
		40															-0.041
125	100	35		130	200	170	170	170	38	22	22	25	-0.020	-	-	-	
		45															-0.041
160		40		170	240	210	210	150	42	80	25	28	-0.020	-	-	-	
		50															-0.041
200		45	210	280	250	250	150	42	80	25	28	-0.020	-	-	-		
		50														-0.041	
125		35	130	200	170	170	170	38	60	22	25	-0.020	-	-	-		
		45														-0.041	
160		40	170	250	210	175	175	42	80	25	28	-0.020	-	-	-		
		50														-0.041	
200	125	40	130	190	250	250	250	42	80	25	28	-0.020	-	-	-		
		50														-0.041	
250		45	260	340	305	180	180	45	100	28	32	-0.020	-	-	-		
		55														-0.041	
160	160	45	170	170	270	230	215	215	45	80	28	32	-0.020	-	-	-	
		55															-0.041

续表 22.4-13

凹模周界		H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	l ₂	d (R7)		d ₁ (R7)		d ₂	t	S ₂
L	B											基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
200	160	45	35	210	170	310	230	255	215	45	80	28	-0.020	32	-0.041	—	—	—
		50																
250	160	50	40	260	210	360	230	310	220	50	100	80	32	35	—	28	210	
		60																
200	200	50	45	210	170	320	230	260	260	50	80	32	—	35	—	28	180	
		60																
250	200	50	45	260	210	370	270	310	260	55	100	80	32	40	—	28	220	
		60																
315	200	55	45	325	210	435	270	380	265	55	100	80	32	40	—	28	280	
		65																
250	250	55	45	260	260	380	330	315	315	60	100	80	32	45	-0.025	32	210	
		65																
315	250	60	45	325	260	445	330	385	320	60	100	80	32	45	-0.050	32	290	
		70																
400	250	60	45	410	260	540	330	470	320	60	100	80	32	45	-0.025	32	350	
		70																
315	315	60	45	325	260	460	330	390	390	65	100	80	32	50	—	40	280	
		70																
400	315	65	45	410	260	550	400	475	390	65	100	80	32	50	—	40	340	
		75																
500	315	65	45	510	260	655	400	575	390	65	100	80	32	50	—	40	460	
		75																
400	400	65	45	410	260	560	400	475	475	70	100	80	32	55	-0.030	40	370	
		75																
630	400	65	45	640	260	780	400	710	480	70	100	80	32	55	-0.060	40	580	
		80																
500	500	65	45	510	510	650	590	580	580	70	100	80	32	55	-0.060	40	460	
		80																

注：1. 压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

2. 安装B型导柱时，d (R7)、d₁ (R7) 改为 d (H7)、d₁ (H7)。

(3) 后侧导柱上模座

后侧导柱上模座见表 22.4-14。

(4) 后侧导柱下模座

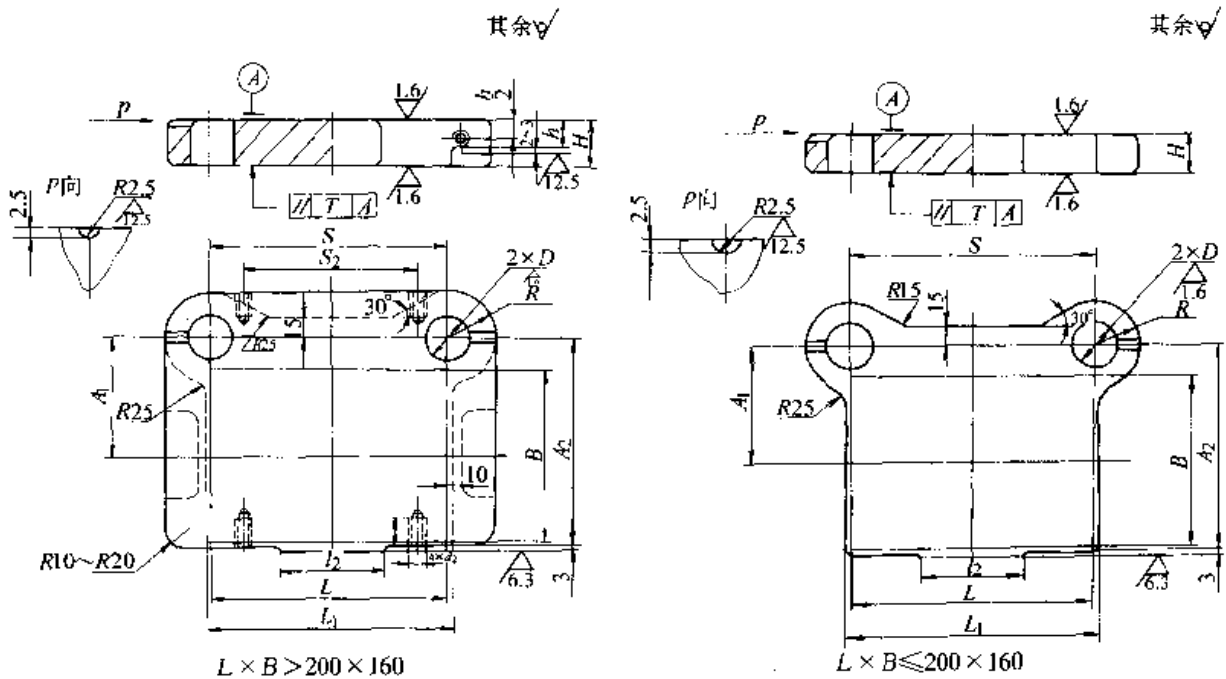
后侧导柱下模座见表 22.4-15。

(5) 后侧导柱窄形上模座

后侧导柱窄形上模座见表 22.4-16。

表 22.4-14 后侧导柱上模座 (摘自 GB/T 2855.5—1990)

(mm)



标记示例:

凹模周界 $L = 200$ mm、 $B = 160$ mm、厚度 $H = 45$ mm 的后侧导柱上模座:

上模座 $200 \times 160 \times 45$ GB/T 2855.5

材料: HT200

技术条件: 按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界		H	h	L ₁	S	A ₁	A ₂	R	l ₂	D (H7)		d ₂	t	S ₂
L	B									基本尺寸	极限偏差			
63	50	20	—	70	70	45	75	25	40	25	+0.021	—	—	—
		25												
63	—	20	—	70	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		25												
80	63	25	—	90	94	50	85	28	60	28	—	—	—	—
		30												
100	—	25	—	110	116	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		30												

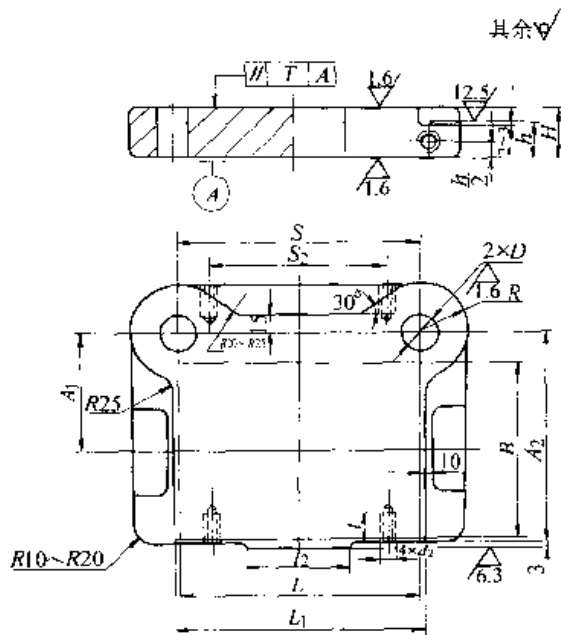
续表 22.4-14

凹模周界		H	h	L ₁	S	A ₁	A ₂	R	l ₂	D (H7)		d ₂	t	S ₂		
L	B									基本尺寸	极限偏差					
80	80	25	—	90	94	65	110	32	60	32	+0.025 0	—	—	—		
		30		110	116											
100		25														
		30														
125	100	25		75	130	35	80	38	80	38						
		30													130	130
125		35														
		35														
160	125	40		85	150	38	80	38	100	38						
		35													170	170
200		40														
		40														
250	160	45	110	195	42	80	42	100	42							
		40								170	170					
200		45														
		45														
250	200	50	130	235	45	80	45	100	45							
		45								210	210					
250		50														
		50														
315	250	55	160	290	55	100	55	100	55							
		45								260	250					
250		50														
		50														
400	35	55	325	305	55	100	55	100	55							
		45								260	250					
250		50														
		50														

注：压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

表 22.4-15 后侧导柱下模座 (摘自 GB/T 2855.6—1990)

(mm)



其余√

标记示例:

凹模周界 $L = 250$ mm、 $B = 200$ mm、厚度 $H = 50$ mm 的后侧导柱下模座:

下模座 $250 \times 200 \times 50$ GB/T 2855.6

材料: HT200

技术条件: 按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界		H	h	L ₁	S	A ₁	A ₂	R	l ₂	d (R7)		d ₂	t	S ₂																
L	B									基本尺寸	极限偏差																			
63	50	25	20	70	70	45	75	25	40	16	-0.016 -0.034																			
		30																												
63	63	25		70	70	50	85								28	60	18	-0.020 -0.041												
		30																												
80		40		30																										
				40																										
100		40		30	110			116	65	110	32	20	-0.020 -0.041																	
				40																										
80	80	30		90	94	65	110	32							20	-0.020 -0.041														
		40																												
100		30		30	110															116	65			110	32	20	-0.020 -0.041			
				40																										
125		40	30	130	130				65	110	32	20	-0.020 -0.041																	
			40																											
100	100	30	110	116	65	110	32	20							-0.020 -0.041															
		40																												

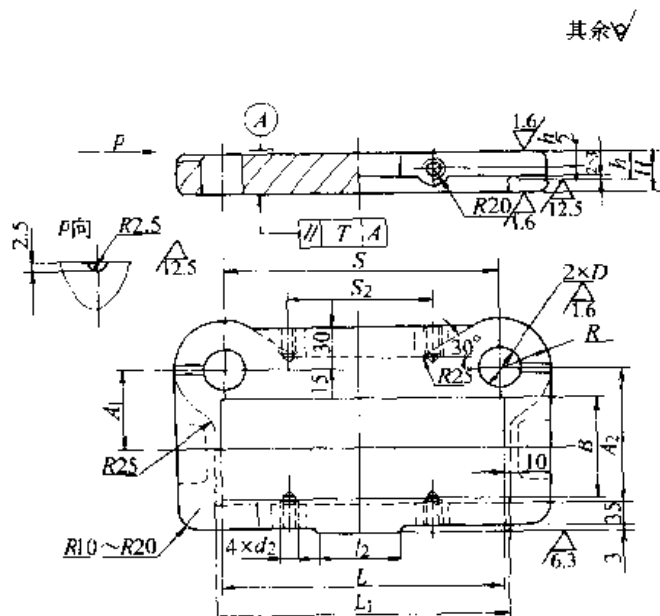
续表 22.4-15

凹模周界		H	h	L ₁	S	A ₁	A ₂	R	l ₂	d (R7)		d ₂	t	S ₂									
L	B									基本尺寸	极限偏差												
125	100	35	25	130	130	75	130	35	60	22	-0.020 -0.041	—	—	—									
		40																					
160		40	30	170	170			210	210	38					80	25							
		50																					
200		40		210	210			210	210	210					38	80	25						
		50																					
125		125	35	25	130			130	85	150					35	60	22	-0.020 -0.041	—	—	—		
			45																				
160			40	30	170			170							210	210	38					80	25
			50																				
200	40		210		210	210	210	38			80	25											
	50																						
250	45		260	250	250	250	250	42			100	28											
	55																						
160	160		45	35	170	170	110	195			42	80	28	-0.025 -0.050	M14-6H	28	150						
			55																				
200		45	35	210	210	210			210	45	80	32											
		55																					
250		50		260	250	250			250	45	80	32											
		60																					
200		200	50	40	210	210			130	235	50	100	35					-0.025 -0.050	M14-6H	28	120		
			60																				
250			50		260	250					250	250	50									100	35
			60																				
315	55		325	305	305	305	50	100			35												
	65																						
250	250		55	45	260	250	160	290			55	100	35	-0.025 -0.050	M16-6H	32	140						
			65																				
315			60		325	305					305	305	55									100	40
			70																				
400		60	410	390	390	390			55	100	40												
		70																					

注：1. 压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

2. 安装B型导柱时，d (R7) 改为 d (H7)。

表 22.4-16 后侧导柱窄形上模座 (摘自 GB/T 2855.7—1990) (mm)



其余▽

标记示例：
 凹模周界 $L = 315$ mm、 $B = 100$ mm、厚度
 $H = 45$ mm 的后侧导柱窄形上模座：
 上模座 $315 \times 100 \times 45$ GB/T 2855.7
 材料：HT200
 技术条件：按 JB/T 8070—1995 的规定

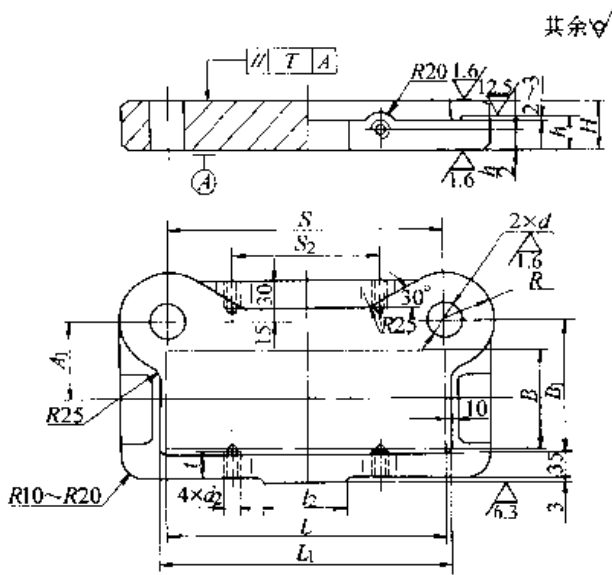
凹模周界		H	h	L_1	S	A_1	A_2	R	l_2	D (H7)		d_2	t	S_2
L	B									基本尺寸	极限偏差			
250	80	45	30	260	240	70	115	45	100	45	+0.025 0	M16-6H	32	140
315				325	305	75	120	50						200
315	100	30	30	325	305	80	135	50	100	50	+0.025 0	M16-6H	32	200
400				410	380	85	140	55						260
355	125	50	30	365	345	95	160	55	100	55	+0.025 0	M16-6H	32	220
500				510	480	100	165	60						300
500	160	55	35	510	480	120	205	65	120	65	+0.030 0	M20-6H	40	350
710				720	680	145	250	70						500
630	200	60	40	640	610	145	250	70	120	70	+0.030 0	M20-6H	40	440
800				810	770	145	250	70						550

注：压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

(6) 后侧导柱窄形下模座
 后侧导柱窄形下模座见表 22.4-17。

(7) 中间导柱上模座
 中间导柱上模座见表 22.4-18。

表 22.4-17 后侧导柱窄形下模座 (摘自 GB/T 2855.8—1990) (mm)



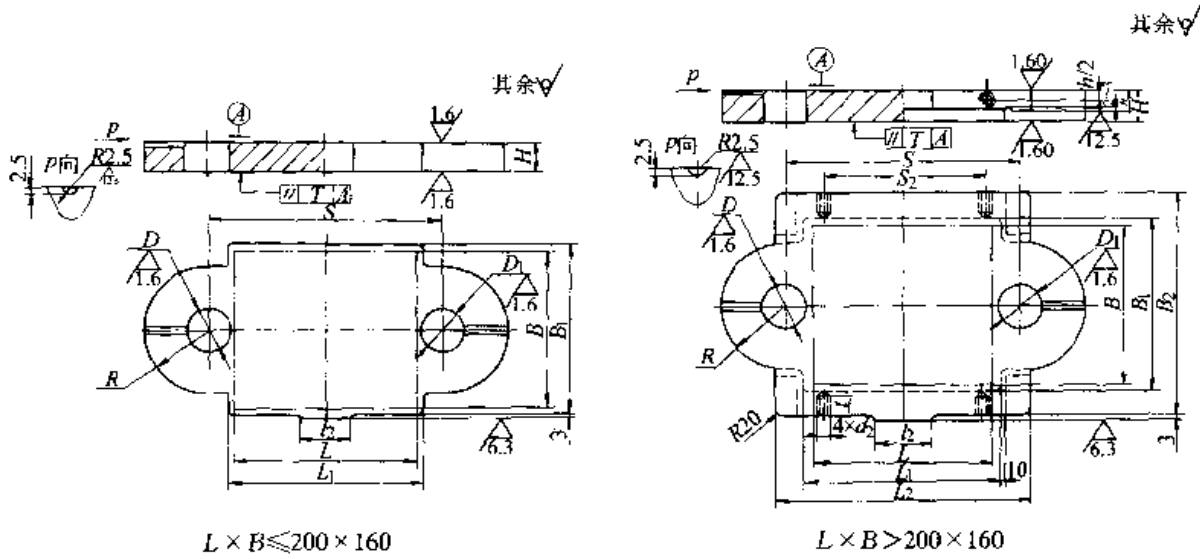
其余▽
 标记示例:
 凹模周界 $L = 315$ mm、 $B = 100$ mm、厚度
 $H = 55$ mm的后侧导柱窄形下模座:
 下模座 315×100×55 GB/T 2855.8
 材料: 11T200
 技术条件: 按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界		H	h	L_1	S	A_1	A_2	R	l_2	d (R7)		d_2	t	S_2				
L	B									基本尺寸	极限偏差							
250	80	50	35	260	240	70	115	45	100	32	-0.025 -0.050	M16-6H	32	140				
315				325	305	75	120	50		200								
315	100	55	40	325	305	80	135	55		35				200				
400				410	380	85	140	55		40				260				
355	125	60	40	365	345	95	160	60		45				220				
500				510	480	100	165	60		45				300				
500	160	70	45	510	480	120	205	65		120				50	-0.030 -0.060	M20-6H	40	350
710				720	680									500				
630	200	75	50	640	610	145	250	70						55				440
800				810	770									550				

注: 1. 压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。
 2. 安装 B 型导柱时, d (R7) 改为 d (H7)。

表 22.4-18 中间导柱上模座 (摘自 GB/T 2855.9—1990)

(mm)



标记示例:

凹模周界 $L=200$ mm、 $B=160$ mm、厚度 $H=45$ mm 的中间导柱上模座:

上模座 $200 \times 160 \times 45$ GB/T 2855.9

技术条件: 按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界		H	h	L_1	B_1	L_2	B_2	S	R	l_2	D (H7)		D_1 (H7)		d_2	t	S_2
L	B										基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
63	50	20 25		70	60			100	28	40	25	+0.021 0	28	+0.021 0			
63	63	20 25		70	70			120	32	60	28	+0.021 0	32				
80		25 30		90													
100	80	25 30		110	90			140	35	60	32	+0.025 0	35				
80		25 30		90													
100	100	25 30		110	90			145	35	60	32	+0.025 0	35				
100		25 30		110													
125	80	25 30		130	90			170	35	60	32	+0.025 0	35				
125		25 30		130													
160	100	35 40		170	110			210	42	80	38	+0.025 0	38				
160		35 40		170													
200	125	35 40		210	130			250	42	42	38	+0.025 0	35				
200		35 40		210													
125	125	30 35		130	130			170	38	60	35	+0.025 0	38				
125		30 35		130													
160	125	35 40		170	130			210	42	42	38	+0.025 0	42				
160		35 40		170													
200	125	40 45		210	130			250	42	42	38	+0.025 0	42				
200		40 45		210													
250	160	40 45		260	170			305	45	100	42	+0.025 0	45				
250		40 45		260													
160	160	40 45		170	170			215	45		42	+0.025 0	45				

续表 22.4-18

凹模周界		H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	R	l ₂	D (H7)		D ₁ (H7)		d ₂	t	S ₂											
L	B										基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差														
200	160	45	—	210	170	—	—	255	45	—	42	—	45	—	—	—	—											
		50																260	360	230	310	—	—	—	—	—	—	—
250		55																										
	60	260	210	370	270	310	—	—	—	—	—	—																
200	200												45	30	210	—	—	—	255	45	—	45	+0.025	50	0	M14-	28	210
		50	260	320	—	260	50	—	—	—	—	—	—															
250		55																										
	60	260	210	370	270	310	—	—	—	—	—	—	—															
315	200													45	30	210	—	—	—	255	45	—	45	+0.025	50	0	M14-	28
		50	260	320	—	260	50	—	—	—	—	—	—															
250		55												210														
	60	260	210	370	270	310	—	—	—	—	—	—	—															
250	250													45	35	260	260	445	330	385	55	—	50	—	55	—	M16-	28
		50	260	320	—	260	50	—	—	—	—	—	—															
315		55												210														
	60	260	210	370	270	310	—	—	—	—	—	—	—															
400	250													45	35	260	260	445	330	385	60	—	55	—	60	—	M16-	28
		50	260	320	—	260	50	—	—	—	—	—	—															
315		55												210														
	60	260	210	370	270	310	—	—	—	—	—	—	—															
315	315													45	40	260	260	445	330	385	65	—	60	+0.030	65	0	M20-	40
		50	260	320	—	260	50	—	—	—	—	—	—															
400		55												210														
	60	260	210	370	270	310	—	—	—	—	—	—	—															
500	315													45	40	260	260	445	330	385	65	—	60	+0.030	65	0	M20-	40
		50	260	320	—	260	50	—	—	—	—	—	—															
400		55												210														
	60	260	210	370	270	310	—	—	—	—	—	—	—															
400	400													45	40	260	260	445	330	385	70	—	65	—	70	—	M20-	40
		50	260	320	—	260	50	—	—	—	—	—	—															
630		55												210														
	65	260	210	370	270	310	—	—	—	—	—	—	—															
500	500													45	40	260	260	445	330	385	70	—	65	—	70	—	M20-	40
		50	260	320	—	260	50	—	—	—	—	—	—															
500		65												210														

注：压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

(8) 中间导柱下模座

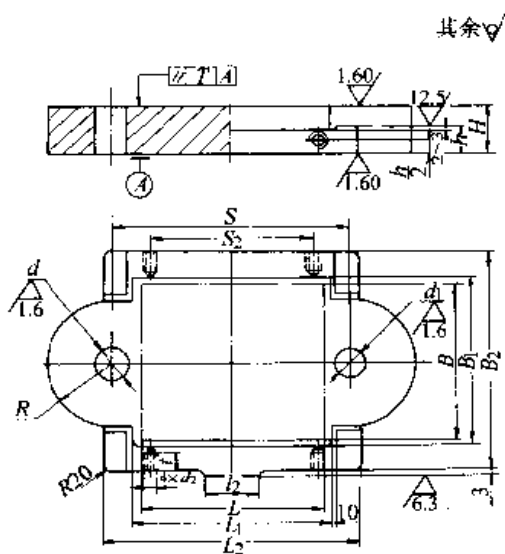
中间导柱下模座见表 22.4-19。

(9) 中间导柱圆形上模座

中间导柱圆形上模座见表 22.4-20。

表 22.4-19 中间导柱下模座 (摘自 GB/T 2855.10—1990)

(mm)



标记示例：

凹模周界 L = 250 mm、B = 200 mm、厚度 H = 50 mm 的中间导柱下模座：

下模座 250 × 200 × 50 GB/T 2855.10

技术条件：按 JB/T 8070—1995 的规定

续表 22.4-19

凹模周界		H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	R	l ₂	d (R7)		d ₁ (R7)		d ₂	t	S ₂				
L	B										基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差							
63	50	25	20	70	60	125	100	100	28	40	16	18	-0.016	-0.034							
		30																			
63		25		70		130	110														
		30																			
80	63	30		90	70	130		120				18	20								
		40																			
100		30		110		170		140	32												
		40																			
80		30		90		150		125													
		40																			
100	80	30		110	90	170	140	145		35	60	20	22								
		40																			
125		30	130		200		170														
		40																			
100		30	25	110		180	145						-0.020	-0.041							
		40																			
125	100	35	130		200		170	38			22	25									
		45																			
160		40	170	110	240	160	210		42	80	25	28	-0.020	-0.041							
		50																			
200		40	210		280		250														
		50																			
125		35	25	130		200	170	38		60	22	25									
		45																			
160	125	40	170	130	250	190	210		42	80	25	28									
		50																			
200		40	210		290		250														
		55																			
250		45	260		340		305		45	100	28	32	-0.025	-0.050							
		55																			
160	160	45	170	170	270	230	215			80											
		55																			

续表 22.4-19

凹模周界		H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	R	l ₂	d (R7)		d ₁ (R7)		d ₂	t	S ₂
L	B										基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
200	160	45	35	210	170	310	230	255	45	80	28	-0.020 -0.041	32				
		55															
250	160	50	40	260	210	360	270	310	50	100	32		35	M14-6H	28		210
		60															
200	200	50	40	210	210	320	270	260	50	80	32		35	M14-6H	28		170
		60															
250	200	50	40	260	210	370	270	310	55	100	35		40	M14-6H	28		210
		60															
315	200	55	40	325	210	435	270	380	55	100	35		40	M14-6H	28		260
		65															
250	250	55	40	260	260	380	330	315	60	100	40	-0.025 0	45	M16-6H	32		210
		65															
315	250	60	40	325	260	445	330	385	60	100	40	-0.025 -0.050	45	M16-6H	32		260
		70															
400	250	60	40	410	260	540	330	470	60	100	40	-0.025 -0.050	45	M16-6H	32		340
		70															
315	315	60	45	325	325	465	400	390	65	100	45		50	M20-6H	40		260
		70															
400	315	65	45	410	325	550	400	475	65	100	45		50	M20-6H	40		340
		75															
500	315	65	45	510	325	655	400	575	65	100	45		50	M20-6H	40		440
		75															
400	400	65	45	410	410	560	490	475	70	100	50		55	M20-6H	40		360
		75															
630	400	65	45	640	410	785	490	710	70	100	50		55	M20-6H	40		570
		80															
500	500	65	45	510	510	655	590	580	70	100	50		55	M20-6H	40		440
		80															

注：1. 压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

2. 安装B型导柱时，d (R7)、d₁ (R7) 改为 d (H7)、d₁ (H7)。

(10) 中间导柱圆形下模座

中间导柱圆形下模座见表 22.4-21。

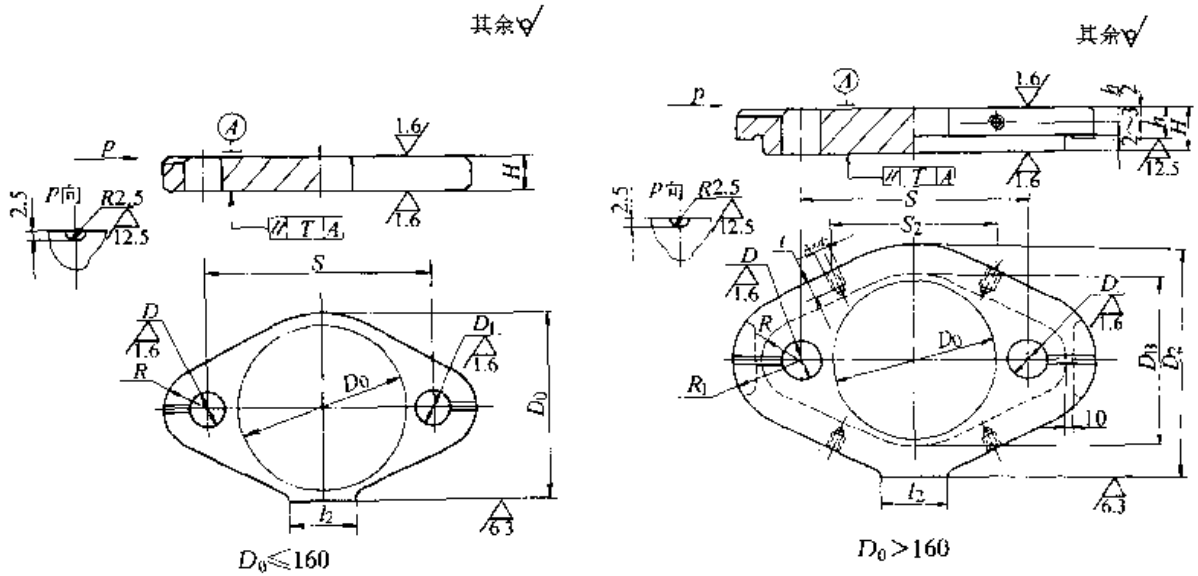
(11) 四导柱上模座

四导柱上模座见表 22.4-22。

(12) 四导柱下模座

四导柱下模座见表 22.4-23。

表 22.4 20 中间导柱圆形上模座 (摘自 GB/T 2855.11—1990) (mm)



标记示例:

凹模周界 $D_0=160$ mm, 厚度 $H=45$ mm 的中间导柱圆形上模座:

上模座 160×45 GB/T 2855.11

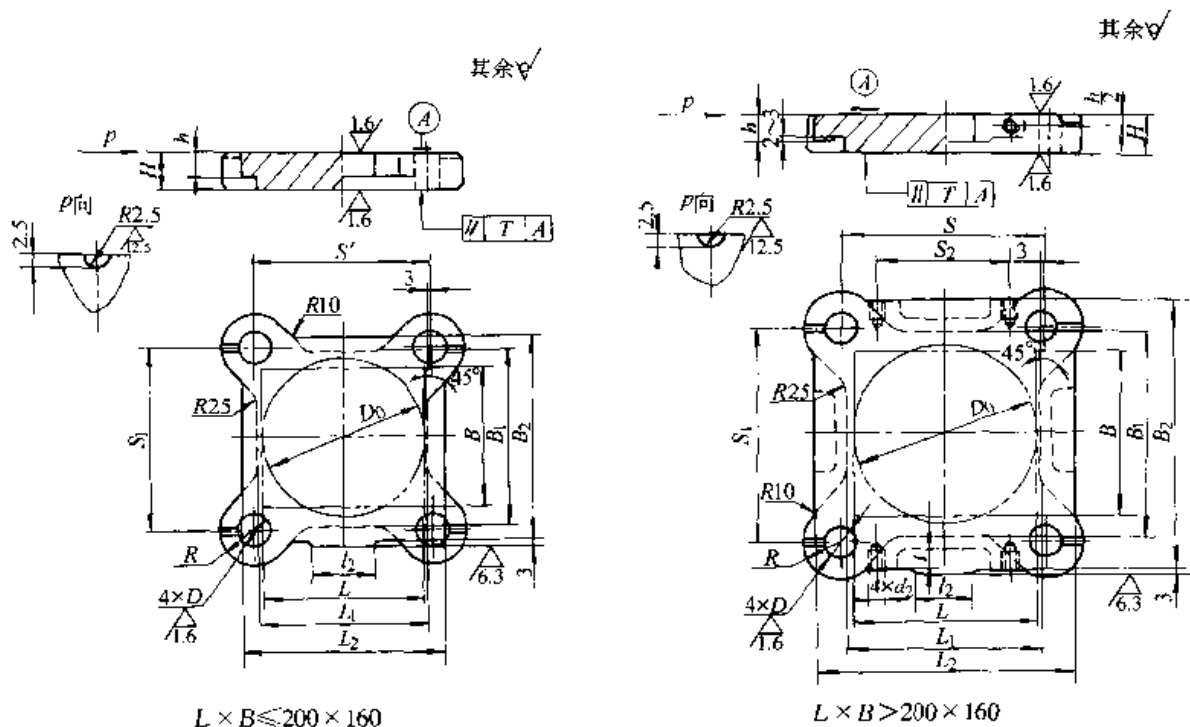
技术条件: 按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界 D_0	H	h	D_0	D_2	S	R	R_1	l_2	D (H7)		D_1 (H7)		d_2	t	S_2
									基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
63	20		70		100	28		50	25	+0.021	28	+0.021			
									0		0				
80	25		90		125	35		60	32		35				
	30														
100	25		110	-	145										
	30														
125	30		130		170	38		80	35	+0.025	38	+0.025			
	35								0		0				
160	40		170		215	45			42		45				
	45														
200	45	30	210	280	260	50	85		45		50		M14-6H	28	180
	50														
250	45		260	340	315	55	95		50		55		M16-6H	32	220
	50														
315	50	35	325	425	390	65	115	100							
	55														
400	55		410	510	475	65			60	+0.030	65	+0.030	M20-6H	40	280
	60														0
500	55	40	510	620	580	70	125								480
	65														
630	60		640	758	720	76	135								600
	75														

注: 压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

表 22.4-22 四导柱上模座 (摘自 GB/T 2855.13—1990)

(mm)



标记示例:

凹模周界 $L = 200$ mm、 $B = 160$ mm、厚度 $H = 45$ mm 的四导柱上模座:

上模座 $200 \times 160 \times 45$ GB/T 2855.13

技术条件: 按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界			H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	i ₂	D (H7)		d ₂	t	S ₂
L	B	D ₀											基本尺寸	极限偏差			
160	125	160	35	20	170	160	240	230	175	190	38	80	38	+0.025 0	—	—	—
			40														
200	160	200	40	25	210	200	290	280	220	215	42	80	42	+0.025 0	—	—	—
			45														
250	200	—	45	30	260	250	340	330	265	260	45	100	45	+0.025 0	M14-6H	28	170
			50														
250	315	—	45	30	260	250	340	330	265	260	45	100	45	+0.025 0	—	—	170
			50														
315	250	—	50	35	325	300	425	400	340	315	55	100	55	+0.030 0	M16-6H	32	230
			55														
400	315	—	50	35	410	300	500	400	410	315	55	100	55	+0.030 0	—	—	290
			55														
400	315	—	55	40	410	375	510	495	410	390	60	100	60	+0.030 0	M20-6H	40	300
			60														

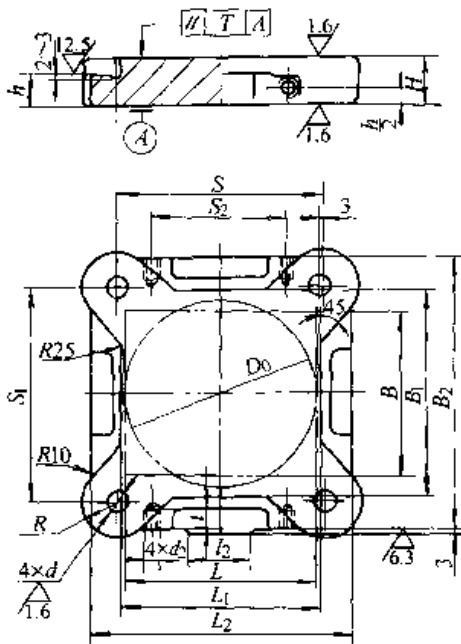
续表 22.4-22

凹模周界			H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	l ₂	D (H7)		d ₂	t	S ₂						
L	B	D ₀											基本尺寸	极限偏差									
500	315	—	55	40	510	375	610	495	510	390	60	—	60	—	M20-6H	40	380						
630			60														640	750	640	390	500		
500	400	—	55		510	460	620	590	640	480							65	65	65	65	65	65	380
			630																				
800	500	—	55	45	810	580	930	710	810	590	70	100	70	+0.030 0	M24-6H	46	650						
630			60														640	760	640	590	500		
800	70	810	940		710	810	590	76	76	76	76	76	76	76	76	76	650						
1 000	85	1 010	1 140		1 010	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	800					
800	630	—	70	45	810	700	940	840	810	720	76	76	76	76	76	76	650						
1 000			85														1 010	1 140	1 010	—	—	—	—

注：压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

表 22.4-23 四导柱下模座 (摘自 GB/T 2855.14—1990) (mm)

其余√



标记示例：

凹模周界 L=200 mm、B=160 mm、厚度 H=55 mm 的四导柱下模座：

下模座 200×160×55 GB/T 2855.14

技术条件：按 JB/T 8070—1995 的规定

续表 22.4-23

凹模周界			H	h	L ₁	E ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	t ₂	d (R7)		d ₂	t	S ₂
L	B	D ₀											基本尺寸	极限偏差			
160	125	160	40	30	170	160	240	230	175	190	38	80	25	-0.021	—	—	—
			50														
200	160	200	45	35	210	200	290	280	220	215	42	80	28	0.041	—	—	—
			55														
250	—	—	50	40	260	250	340	330	265	260	45	80	32	—	M14-6H	28	170
			60														170
250	200	250	50	40	260	250	340	330	265	260	50	80	35	—	—	—	200
			60														200
315	—	—	55	35	325	300	425	400	340	315	55	80	40	—	M16-6H	32	230
			65														290
315	250	—	60	35	325	300	425	400	340	315	55	80	40	-0.025	—	—	—
			70														
400	—	—	60	35	410	300	500	400	410	315	55	80	40	-0.025	—	—	—
			70														
400	—	—	65	45	410	375	510	495	410	390	60	100	45	-0.050	—	—	300
			75														
500	315	—	65	45	510	375	610	495	510	390	60	100	45	-0.050	—	—	380
			75														
630	—	—	65	45	640	460	750	590	640	390	65	100	50	—	M20-6H	40	500
			80														380
500	—	—	65	45	510	460	620	590	510	480	65	100	50	—	—	—	380
			80														
630	400	—	65	45	640	460	750	590	640	480	65	100	50	—	—	—	500
			80														
800	—	—	70	50	810	580	930	710	810	590	70	100	55	-0.030	M24-6H	46	500
			90														
630	—	—	70	50	640	580	760	710	640	590	70	100	55	-0.030	M24-6H	46	500
			90														
800	500	—	80	50	810	580	940	710	810	590	76	100	60	-0.060	—	—	650
			100														

续表 22.4-23

凹模周界			H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	t ₂	d(R7)		d ₂	t	S ₂
L	B	D ₀											基本尺寸	极限偏差			
1 000	500	—	80 100	50	1 010	580	1 140	710	1 010	590	76	100	60	-0.030 -0.060	M24-6H	46	800
800	630	—	80		810	700	940	840	810	720							800
1 000			100		1 010		1 140		1 010								
			80														

注：1. 压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

2. 安装B型导柱时，d(R7)改为d(I17)。

3.2 滚动导向模座

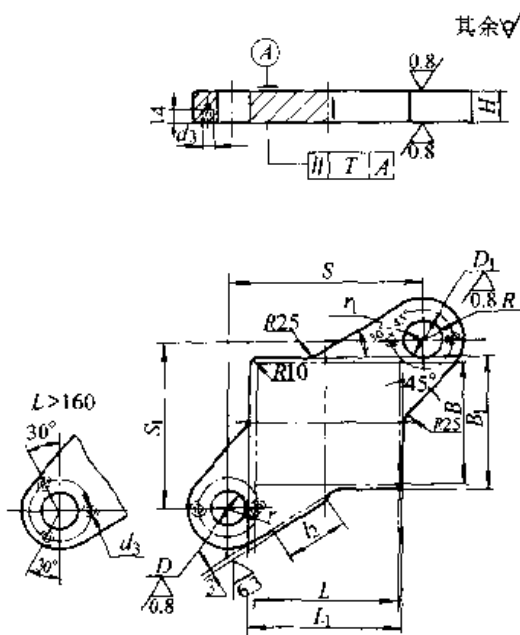
对角导柱上模座见表 22.4-24。

(2) 对角导柱下模座

对角导柱下模座见表 22.4-25。

(1) 对角导柱上模座

表 22.4-24 对角导柱上模座(摘自 GB/T 2856.1—1990) (mm)



标记示例：

凹模周界 L = 200 mm、B = 160 mm、厚度 H = 45 mm 的对角导柱上模座：

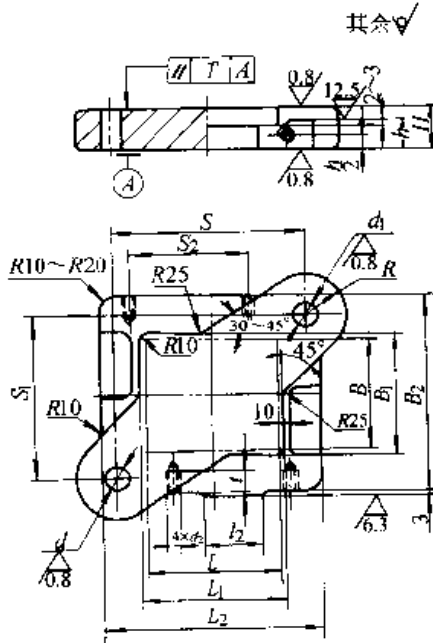
上模座 200×160×45 GB/T 2856.1

技术条件：按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界		H	L ₁	B ₁	S	S ₁	R	e ₂	D(H6)		D ₁ (H6)		r	r ₁	d ₃
L	B								基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
80	63	35	90	70	125	110	36	40	38	40	+0.016 0	25.5	26.5	M5-6H	
100	80		110	90	155	135	38	60	40	42		26.5	27.5		
125	100		130	110	180	160	40	42	42	45		27.5	29.5		
160	125	40	170	130	225	180	45	80	48	50	+0.019 0	31	32	M6-6H	
200	160	45	210	170	270	230	50	50	55	32		34.5			
250	200	50	260	210	320	270	55	100	55	58		34.5	36		

表 22.4-25 对角导柱下模座(摘自 GB/T 2856.2—1990)

(mm)



标记示例:

凹模周界 $L = 200 \text{ mm}$ 、 $B = 160 \text{ mm}$ 、厚度 $H = 55 \text{ mm}$ 的对角导柱下模座:

下模座 $200 \times 160 \times 55 \text{ GB/T 2856.2}$

技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定

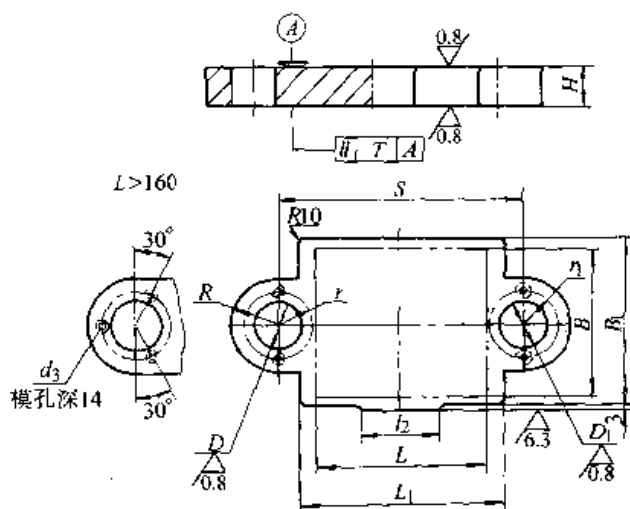
凹模周界		H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	l ₂	d(R7)		d ₁ (R7)		d ₂	t	S ₂
L	B											基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
80	63	40	30	90	70	150	120	125	110	36	40	18		20				
100	80			110	90	170	140	155	135	38	60	20		22	-0.020			
125	100	45	35	130	110	200	160	180	160	40	60	22	-0.020 -0.041	25	-0.041	M14-6H	28	170
160	125			170	130	250	190	225	180	45	80	25		28				
200	160	55	40	210	170	310	230	270	230	50	80	28		32	-0.025 -0.050	M16-6H	32	190
250	200			60	260	210	360	270	320	270	55	100	32	-0.025 -0.050	35			

注:压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

(3)中间导柱上模座

中间导柱上模座见表 22.4-26。

表 22.4-26 中间导柱上模座(摘自 GB/T 2856.3—1990) (mm)



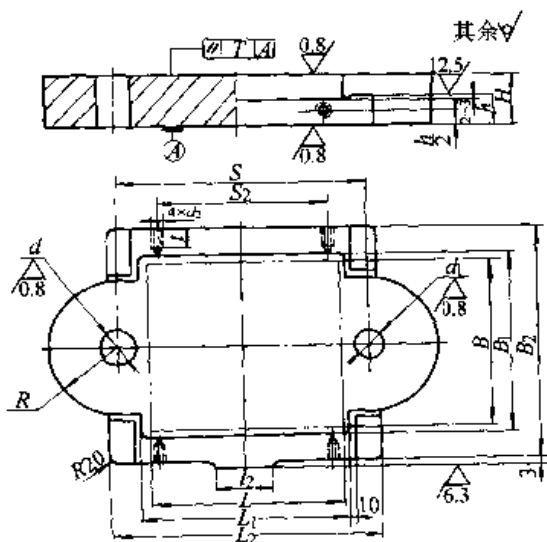
标记示例:
 凹模周界 $L = 200$ mm、 $B = 160$ mm、厚度 $H = 45$ mm 的中间导柱上模座:
 上模座 $200 \times 160 \times 45$ GB/T 2856.3
 技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界		H	L_1	B_1	S	R	l_2	D(H6)		D_1 (H6)		r	r_1	d_3
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
80	63	35	90	70	125	36	40	+0.016 0	40	+0.016 0	25.5	26.5	M5-6H	
100	80		110	90	155	38	60		42		26.5	27.5		
125	100		130	110	180	40	42		45		27.5	29.5		
160	125	40	170	130	225	45	80	48	50	31	32	M6-6H		
200	160	45	210	170	270	50	80	50	55	32	34.5			
250	200	50	260	210	320	55	80	55	+0.019 0	58	+0.019 0		34.5	36

(4)中间导柱下模座

中间导柱下模座见表 22.4-27。

表 22.4-27 中间导柱下模座(摘自 GB/T 2856.4—1990) (mm)



标记示例:
 凹模周界 $L = 200$ mm、 $B = 160$ mm、厚度 $H = 55$ mm 的中间导柱下模座:
 下模座 $200 \times 160 \times 55$ GB/T 2856.4
 技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定

续表 22.4-27

凹模周界		H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	R	l ₂	d(R7)		d ₁ (R7)		d ₂	t	S ₂
L	B										基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
80	63	40	30	90	70	150	120	130	36	40	18	20	-0.020	-	-	-	-
100	80			110	90	170	140	155	38	60	20						
125	100	45	35	130	110	200	160	180	40	60	22	-0.020 -0.041	25	-0.041	-	-	-
160	125			170	130	250	190	225	45		25						
300	160	55	40	210	170	310	230	270	50	80	28	-0.025 -0.050	32	-0.025	M14-6H	28	170
250	200	60		260	210	360	270	320	55		32				35	-0.050	M16-6H

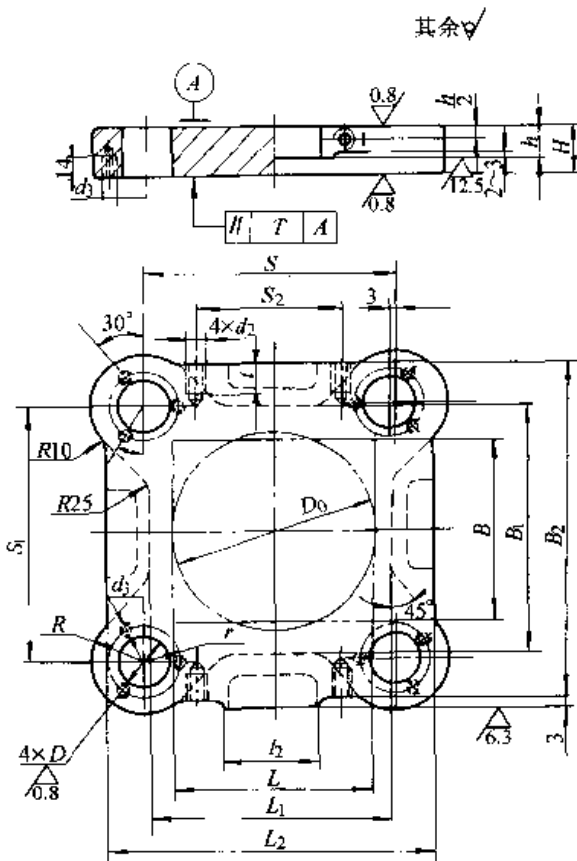
注：压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

(5) 四导柱上模座

四导柱上模座见表 22.4-28。

表 22.4-28 四导柱上模座(摘自 GB/T 2856.5—1990)

(mm)



标记示例：

凹模周界 L = 200 mm、B = 160 mm、厚度 H = 45 mm 的四导柱上模座：

上模座 200 × 160 × 45 GB/T 2856.5

技术条件：按 JB/T 8070—1995 的规定

续表 22.4-28

凹模周界			H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	l ₂	D(H6)		d ₂	t	S ₂	r	d ₃
L	B	D ₀											基本尺寸	极限偏差					
160	125	160	40	30	170	170	240	230	180	175	40	80	48	+0.016	—	—	—	31	M6-6H
200	160	200	45	35	210	210	290	280	220	220	45		50	0	—	—	130	32	
250		—	50	35	260	210	340	280	270	220	50	55	+0.019 0	M14-6H	28	170	34.5		
250	250	50	35	260	260	340	330	270	270	50	55								
315	200	—	50	35	325	260	425	330	330	270	50	55	100	M16-6H	32	300	41	M8-6H	
400		250	60	35	410	320	515	390	425	320	60	58							

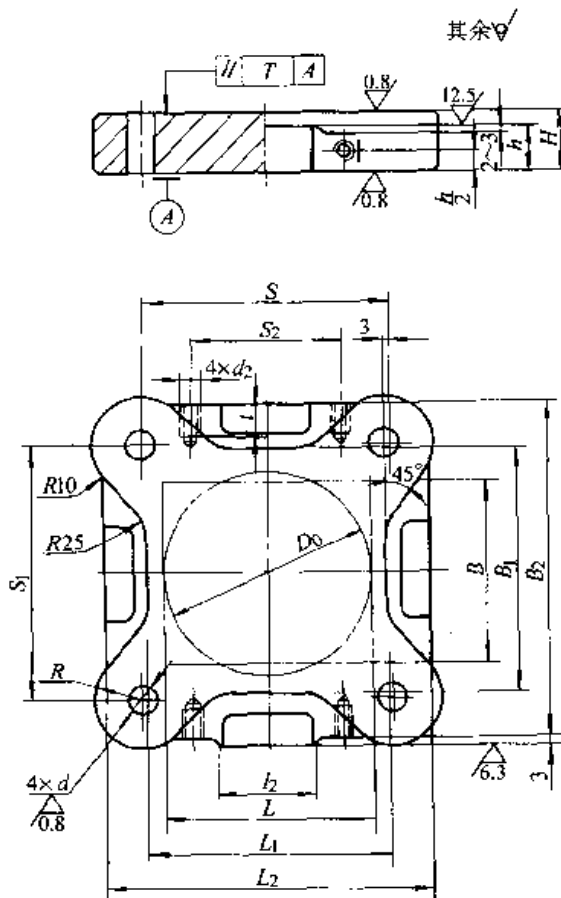
注：压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

(6)四导柱下模座

四导柱下模座见表 22.4-29。

表 22.4-29 四导柱下模座(摘自 GB/T 2856.6—1990)

(mm)



标记示例：

凹模周界 L = 200 mm、B = 160 mm、厚度 H = 55 mm 的四导柱下模座：

下模座 200 × 160 × 55 GB/T 2856.6

技术条件：按 JB/T 8070—1995 的规定

续表 22.4-29

凹模周界			H	h	L ₁	B ₁	L ₂	B ₂	S	S ₁	R	l ₂	d(R7)		d ₂	t	S ₂
L	B	D ₀											基本尺寸	极限偏差			
160	125	160	40	35	170	170	250	240	180	175	40	80	25	-0.020 -0.041	—	—	—
			50	35	170	170	250	240	180	175	40				—	—	—
200	160	200	55	40	210	210	300	290	220	220	45	80	28	-0.025 -0.050	M14-6H	28	130
250		—	60	40	260	210	350	290	270	220	50				32	M16-6H	32
250	200	250	60	40	260	260	350	340	270	270	50	32	170				
315		—	65	40	325	260	435	340	330	270	50	32	250				
400	250	—	70	45	410	320	515	390	425	320	60	100	35	—	—	300	

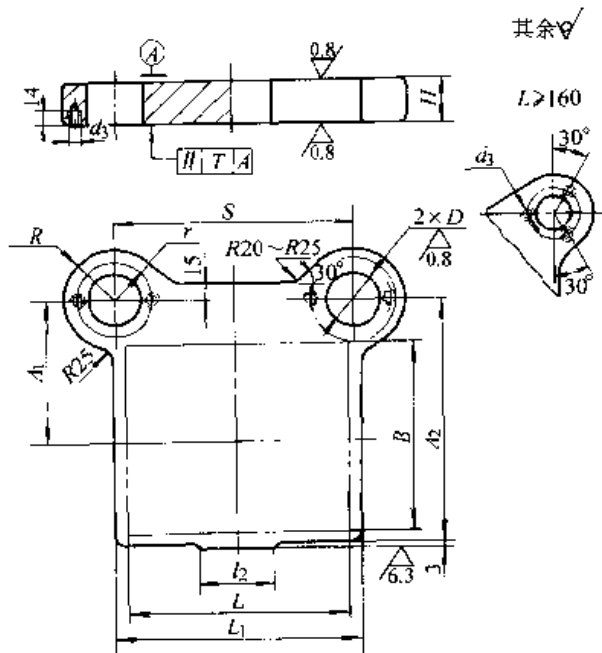
注：压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

(7)后侧导柱上模座

后侧导柱上模座见表 22.4-30。

表 22.4-30 后侧导柱上模座(摘自 GB/T 2856.7—1990)

(mm)



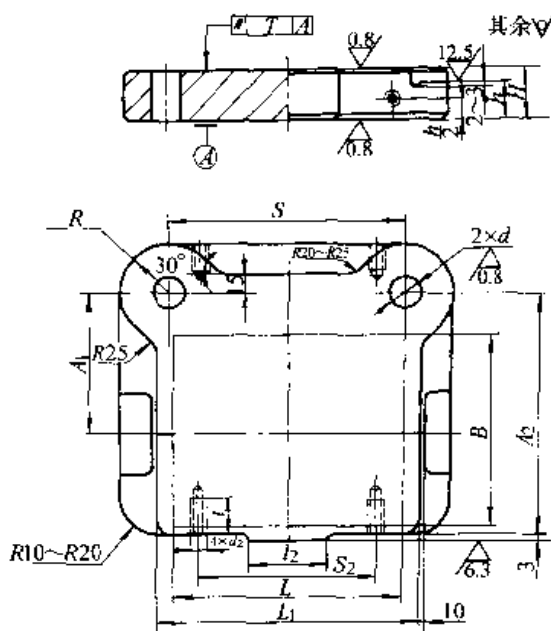
标记示例：
凹模周界 L = 200 mm、B = 160 mm、厚度 H = 45 mm 的后侧导柱上模座：
上模座 200×160×45 GB/T 2856.7
技术条件：按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界		H	L ₁	S	A ₁	A ₂	R	l ₂	D(H6)		r	d ₃
L	B								基本尺寸	极限偏差		
80	63	35	90	94	55	90	36	40	38	+0.016 0	25.5	M5-6H
100	80	35	110	116	65	110	38	60	40		26.5	
125	100	35	130	130	75	130	40	60	42		27.5	
160	125	40	170	170	90	155	45	80	48	0	31	M6-6H
200	160	45	210	210	110	195	50	80	50		32	

(8)后侧导柱下模座

后侧导柱下模座见表 22.4-31。

表 22.4-31 后侧导柱下模座(摘自 GB/T 2856.8—1990) (mm)



标记示例:

凹模周界 $L=200$ mm、 $B=160$ mm、厚度 $H=55$ mm 的后侧导柱下模座:

下模座 $200 \times 160 \times 55$ GB/T 2856.8

技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定

凹模周界		H	h	L ₁	S	A ₁	A ₂	R	l ₂	d(R7)		d ₂	t	S ₂
L	B									基本尺寸	极限偏差			
80	63	40	20	90	94	55	90	36	40	18	-0.020 -0.041	—	—	—
100	80	40	20	110	116	65	110	38	60	20		—	—	—
125	100	45	25	130	130	75	130	40	60	22		—	—	—
160	125	45	25	170	170	90	155	45	80	25		—	—	—
200	160	55	35	210	210	110	195	50	80	28		M14-6H	28	190

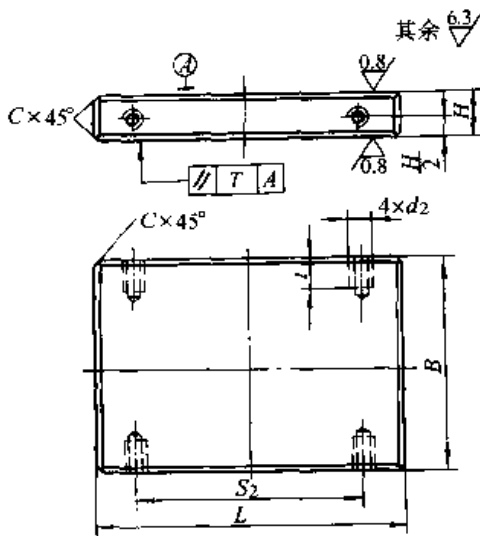
注:压板台的形状和平面尺寸由制造厂决定。

钢板模座见表 22.4-32。

3.3 冷冲模通用模座

(1) 钢板模座

表 22.4-32 钢板模座(摘自 JB/T 7642.6—1995) (mm)



标记示例:

长度 $L=315$ mm、宽度 $B=250$ mm、厚度 $H=40$ mm 的钢板模座:

上模座 $315 \times 250 \times 40$ JB/T 7642.6

技术条件:按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.4-32

L	B	H	C	d ₂	t	S ₂	L	B	H	C	d ₂	t	S ₂			
63	50	16	1	—	—	—	250	160	30	1.5	—	—	—			
63	63	20					35									
80							(280)		30							
100	80						315		35							
80							355		30							
100							400		35							
125							400		40							
(140)	100						200		30					M14	28	120
125							250		35							160
(140)							(280)		30							200
160			315	35	220											
200		315	40													
250		355	35													
(280)		355	40	240												
125		125	25	400		35	M16	32	300							
(140)			400	40		160										
160			250	35		200										
200	(280)		40	220												
250	315		35													
(280)	315		40													
315	400		40		300											
(140)	(140)		25		(280)	40			2	—	200					
160			315		40	220										
200			400		50	300										
250		500	50		400	400										
(280)		315			220											
315		400			300											
355		35		30	500	400	400									
					630	500	500									
					400	400	300									
500		400			400											
160	160	30			630	400	500									
200		35			500	500	400									

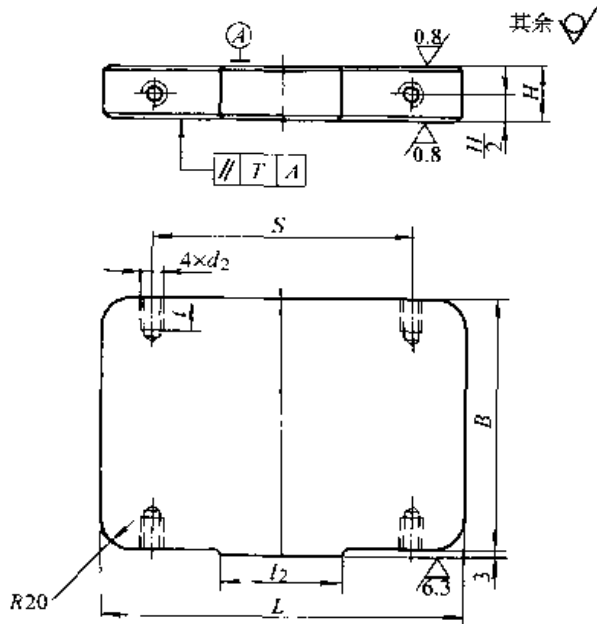
注：括号内的尺寸尽可能不采用。

(2)模座

模座见表 22.4-33。

表 22.4-33 模座(摘自 JB/T 7642.7—1995)

(mm)



标记示例:

长度 $L = 315$ mm、宽度 $B = 200$ mm、厚度 $H = 45$ mm 的模座:

模座 315×200×45 JB/T 7642.7

技术条件:按 JB/T 7653—1994 的规定

L	B	H	l_2	d_2	t	S_2	L	B	H	l_2	d_2	t	S_2
125	80	25	80				315	200	35	100			240
(140)									40				
160									45				
(140)	100	30					400	200	40	120			320
160									50				
200									50				
250	125	35	100				(280)	250	40	100			200
160							60						
200							40						
250	160	30	80				315	250	60	120			240
200									40				
250									60				
(280)	160	35	100				400	(280)	40	100			320
200									60				
250									70				
(280)	160	40	100				500	315	50	140			420
315									70				
355									70				
200	200	35				120	500	315	50	120			320
250									60				
(280)									80				
250	200	45			28	160	630	400	60	140			550
200									80				
(280)									80				
(280)	200	45				200	500	400	60	140			420
250									80				
(280)									80				

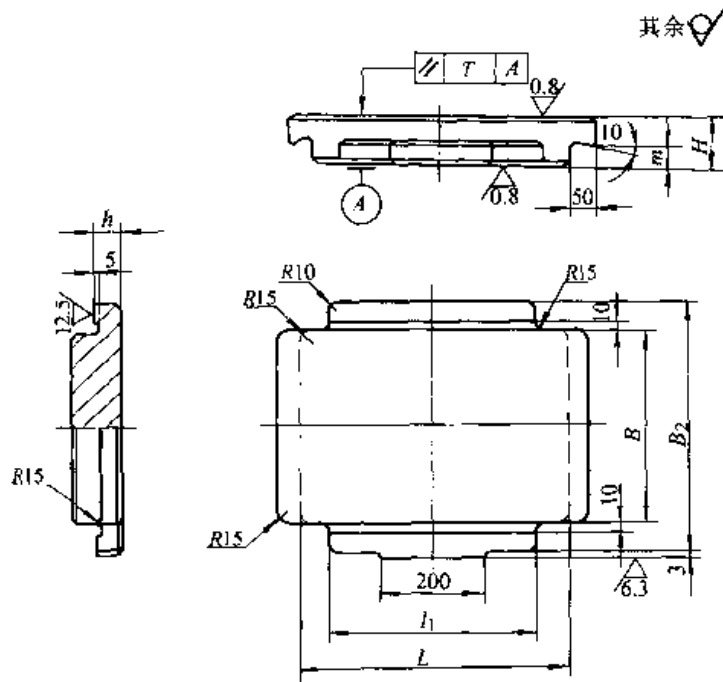
注:括号中的尺寸只供参考使用。

(3)C型下模座

C型下模座见表 22.4-34。

表 22.4-34 C型下模座(摘自 JB/T 7642.8—1995)

(mm)



标记示例:

长度 $L = 500$ mm、宽度 $B = 315$ mm、厚度 $H = 80$ mm、材料为 ZG310-570 的 C 型下模座:

下模座 C500 × 315 × 80 JB/T 7642.8
ZG310-570

技术条件:按 JB/T 7653—1994 的规定

L	B	H	B_2	m	h	l_1
500	315	80	420	30	40	430
		100		40	50	
		120		30	40	
710		80		30	40	600
		100		40	50	
		120		30	40	
500	400	80	520	30	40	430
		100		40	50	
		120		30	40	
710		80		30	40	600
		100		40	50	
		120		30	40	
400	500	80	650	30	40	300
		100		40	50	
		120				

续表 22.4-34

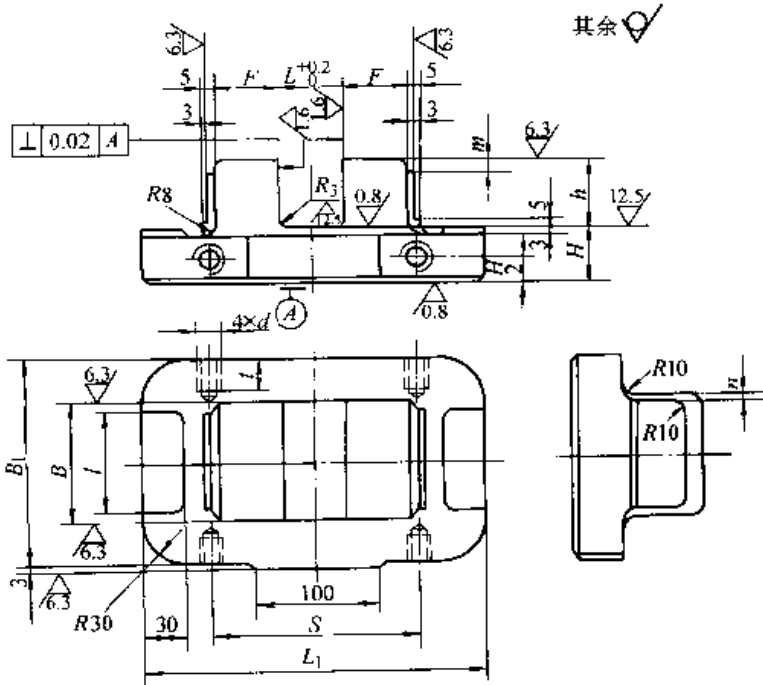
<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>B</i> ₂	<i>m</i>	<i>h</i>	<i>L</i> ₁
500	500	80	650	30	40	430
		100		40	50	
		120				
710		100				50
125						
150						
900		100		40	50	800
		125				
		150				
500	630	100	800	40	50	430
		125		50	60	
		150				
710		100				40
125						
150						
900		100		40	50	800
		125				
		150				
1 250		125		40	50	1 050
		150				
710		800		125	1 000	40
	150		50	60		
900	125		40	50		800
	150					
	150					
1 250	150		60	70		1 050
	175					
1 600	150		50	60		1 400
	175					

(4) 弯曲模下模座

弯曲模下模座见表 22.4-35。

表 22.4.35 弯曲模下模座(摘自 JB/T 7642.5—1994)

(mm)



标记示例:
有效长度 $L = 70$ mm、宽度 $B = 100$ mm、厚度 $h = 45$ mm 的弯曲模下模座:
下模座 $70 \times 100 \times 45$ JB/T 7642.5
技术条件:按 JB/T 7653—1994 的规定

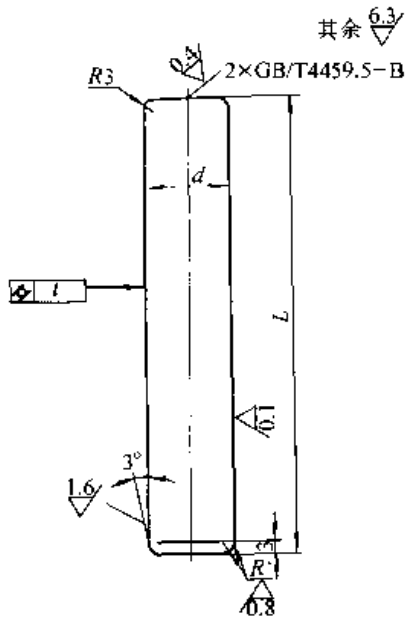
L	B	F	h	H	L ₁	B ₁	l	m	n	d	t	S					
35	63	35	35	35	190	110	60	8	8	—	—	—					
	100																
50	80	40	40	40	220	130											
	125					180											
70	70	45	45	45	250	130							10	10	—	—	—
	100					160											
100	80	50	55	45	290	150											
	125					190											
	160					240	260										
200	100	60	70	55	410	180	100	—	M14	28	320						
	160					250											
	250					320											

A型导柱见表 22.4-36。该导柱适用于冲模滑动导向模架。

3.4 导向装置

(1) A型导柱

表 22.4-36 A型导柱(摘自 GB/T 2861.1—1990) (mm)



标记示例:
 直径 $d = 20$ mm、公差带 h5、长度 $L = 120$ mm 的 A 型导柱;
 导柱 A20h5×120 GB/T 2861.1
 技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定
 R^* 由制造厂决定

基本尺寸	d		L	基本尺寸	d		L
	极限偏差				极限偏差		
	(h5)	(h6)			(h5)	(h6)	
16	0	0	90	25	0	0	110
			100				130
			110				150
18	-0.008	-0.011	90	28	-0.009	-0.013	160
			100				180
			110				130
			120				150
20	0	0	130	32	0	0	160
			100				170
			110				180
22	-0.009	-0.013	120	32	-0.011	-0.016	200
			130				150
			100				160
			110				170
			120				180
			130				190
			150				200

续表 22.4-36

基本尺寸	<i>d</i>		<i>L</i>	基本尺寸	<i>d</i>		<i>L</i>
	极限偏差 (h5)	极限偏差 (h6)			极限偏差 (h5)	极限偏差 (h6)	
32	0 -0.011	0 -0.016	210	50	0 -0.011	0 -0.016	240
35			160				250
			180				260
			190				270
			200				280
			210				290
			230				300
40			180				220
			190				240
			200				250
	210	270					
	230	180					
	260	290					
45	200	300					
	230	320					
	260	250					
	290	280					
50	200	290					
	220	320					
	230						

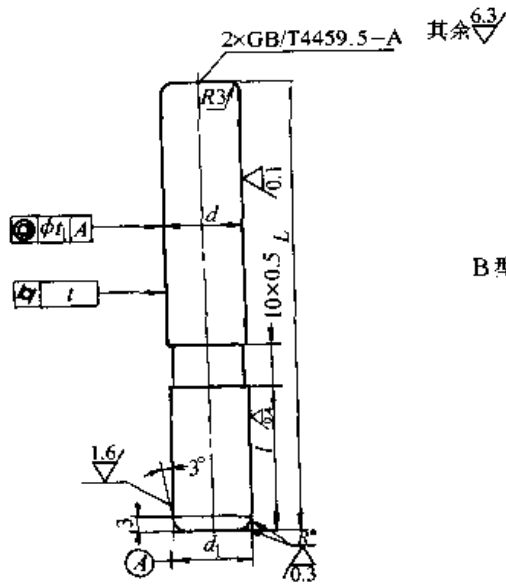
(2)B 型导柱

导向模架。

B 型导柱见表 22.4-37。该导柱适用于滑动

表 22.4-37 B 型导柱(摘自 GB/T 2861.2—1990)

(mm)



标记示例:

直径 $d = 20$ mm、公差带 h5、长度 $L = 120$ mm、 $l = 30$ mm 的

B 型导柱:

导柱 E20h5 × 120 × 30 GB/T 2861.2

技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定

R^* 由制造厂决定

续表 22.4-37

d			d ₁ (r6)		L	l
基本尺寸	极限偏差		基本尺寸	极限偏差		
	(h5)	(h6)				
16	0 -0.008	0 -0.011	16	+0.034 +0.023	90	25
					100	
					100	30
					110	
18	0 -0.008	0 -0.011	18	+0.034 +0.023	90	25
					100	
					100	30
					110	
					120	40
					110	
130						
20	0 -0.008	0 -0.011	20	+0.034 +0.023	100	30
					120	
					120	35
					110	
					130	
22	0 -0.009	0 -0.013	22	+0.041 +0.028	100	30
					120	
					110	35
					120	
					130	40
					110	
					130	
					130	45
150						
25	0 -0.009	0 -0.013	25	+0.041 +0.028	110	35
					130	
					130	40
					150	
					130	45
					150	

续表 22.4-37

基本尺寸	<i>d</i>		<i>d</i> ₁ (r6)		L	l
	极限偏差		基本尺寸	极限偏差		
	(h5)	(h6)				
25	0 -0.009	0 -0.013	25	+0.041 +0.028	150	50
					160	
					180	
28	0 -0.009	0 -0.013	28	+0.041 +0.028	130	40
					150	
					150	45
					170	
					150	50
					160	
					180	
					180	55
					200	
32	0 +0.011	0 -0.016	32	+0.050 +0.034	150	45
					170	
					160	50
					190	
					180	55
					210	
					190	60
					210	
35	0 +0.011	0 -0.016	35	+0.050 +0.034	160	50
					190	
					180	55
					190	
					210	
					190	60
					210	
200	65					
230						
40	0 +0.011	0 -0.016	40	+0.050 +0.034	180	55
					210	

续表 22.4-37

基本尺寸	<i>d</i>		<i>d</i> ₁ (r6)		<i>L</i>	<i>l</i>					
	极限偏差		基本尺寸	极限偏差							
	(h5)	(h6)									
40	0 -0.011	0 -0.016	40	+0.050 +0.034	190	60					
					200						
					210						
					230						
					45	0 -0.011	0 -0.016	45	+0.050 +0.034	200	65
										230	
										230	70
										260	
50	0 -0.011	0 -0.016	50	+0.050 +0.034						200	60
										230	
										220	65
										230	
					240						
					250						
					260	70					
					270						
					230						
					260						
					50	0 -0.011	0 -0.016	50	+0.050 +0.034	260	75
										290	
250	80										
270											
280											
300											

续表 22.4-37

基本尺寸	d		$d_1(r_6)$		L	l
	极限偏差 (h5)	极限偏差 (h6)	基本尺寸	极限偏差		
55	0 -0.013	0 -0.019	55	+0.060 +0.041	220	65
					240	
					250	
					270	
					250	70
					280	
					250	75
					280	
					250	80
					270	
					280	
					300	
60	0 -0.013	0 -0.019	60	+0.060 +0.041	290	90
					320	
					250	70
					280	
					290	90
					320	

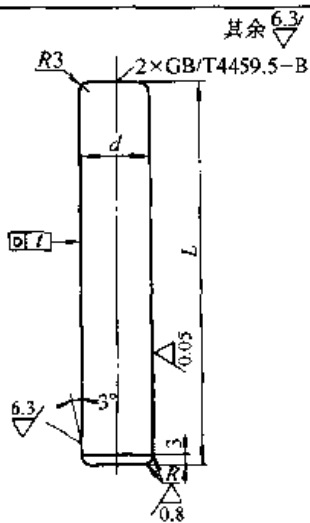
注:使用这种型式的导柱时,下模座的安装孔公差带为 H7。

(3)C 型导柱 滚动导向模架。

C 型导柱见表 22.4-38。该导柱适用于冲模

表 22.4-38 C 型导柱(摘自 GB/T 2861.3—1990)

(mm)



标记示例:

直径 $d = 25$ mm、长度 $L = 160$ mm 的 C 型导柱:

导柱 C25×160 GB/T 2861.3

技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定

续表 22.4-38

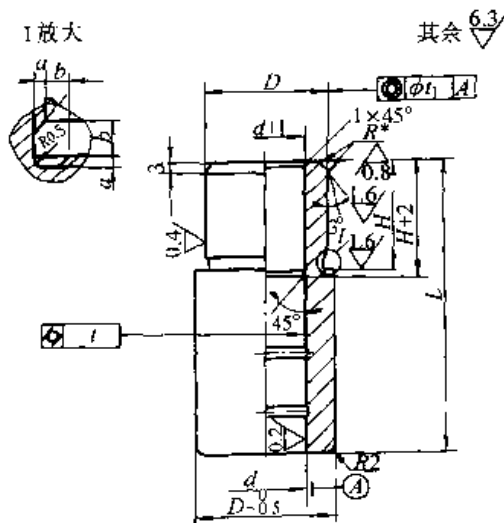
d(h5)		L
基本尺寸	极限偏差	
18	0	16
	-0.008	
20	0 -0.009	160
22		160
25		155
		160
		190
		195
28		155
		160
		190
		195
	215	
32	0 -0.011	190
		215
		195
35		215
		215
		225

(4)A 型导套 导向模架。

A 型导套见表 22.4-39。该导套适用于滑动

表 22.4-39 A 型导套(摘自 GB/T 2861.6—1990)

(mm)



标记示例:

直径 $d = 20$ mm、公差带 H6、长度 $L = 70$ mm、 $H = 28$ mmA

型导套:

导套 A20H6×70×28 GB/T 2861.6

技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定

R^* 由制造厂决定

续表 22.4-39

d			D(r6)		L	H	b	a		
基本尺寸	极限偏差		基本尺寸	极限偏差						
	(H6)	(H7)								
16	+0.011 0	+0.018 0	25	+0.041 +0.028	60	18	2	0.5		
18			28		65	23				
			20		32	60			18	
					22	35			65	23
25	+0.013 0	+0.021 0	70	28						
			28	38		65	23			
32			+0.016 0	+0.025 0		+0.050 +0.034	70	28		
							35	42	80	28
								45	80	33
50							85		33	
							32	90	38	
35								95	38	
							32	100	33	
35								100	38	
					32		105	43		
35	110	43								
	32	115			48					
35		105	43							
	32	115	43							
35		115	48							
	32	125	48							
35		125	48							

续表 22.4-39

基本尺寸	d		$D(r6)$		L	H	b	a
	极限偏差 (H6)	极限偏差 (H7)	基本尺寸	极限偏差				
40	+0.016 0	+0.025 0	55	+0.060 +0.041	115	43	4	1
					125	48		
					140	53		
45			125		48			
			140		53			
			150		58			
50	+0.019 0	+0.030 0	65	+0.062 +0.043	125	48		
					140	53		
					150	58		
					160	63		
55	70	+0.062 +0.043	150	53				
			160	58				
			160	63				
60	76	+0.062 +0.043	170	73				
			160	58				
					170	73		

注：油槽数量及尺寸由制造厂决定。

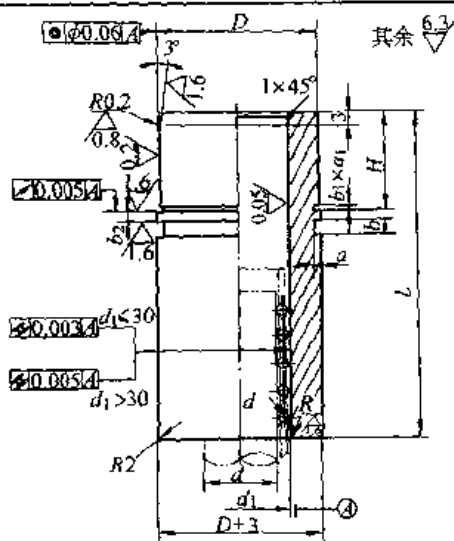
(5) B型导套

导向模架。

B型导套见表 22.4-40。该导套适用于滑动

表 22.4-40 B型导套(摘自 GB/T 2861.7—1990)

(mm)



标记示例：

直径 $d=20$ mm、公差带 H6、长度 $L=70$ mm、 $H=28$ mm 的

B型导套：

导套 B20H6×70×28 GB/T 2861.7

技术条件：按 JB/T 8070—1995 的规定

续表 22.4-40

d			D(r6)		L	H
基本尺寸	极限偏差		基本尺寸	极限偏差		
	(H6)	(H7)				
16	+0.011 0	+0.018 0	25	+0.041 +0.028	40	18
					60	18
					65	23
18	+0.011 0	+0.018 0	28	+0.041 +0.028	40	18
					45	23
					60	18
					65	23
					70	28
20	+0.013 0	+0.021 0	32	+0.050 +0.034	45	23
					50	25
					65	23
					70	28
22	+0.013 0	+0.021 0	35	+0.050 +0.034	50	25
					55	27
					65	23
					70	28
					80	33
25	+0.013 0	+0.021 0	38	+0.050 +0.034	85	38
					55	27
					60	30
					80	33
					85	33
28	+0.013 0	+0.021 0	42	+0.050 +0.034	90	38
					95	38
					60	30
					65	30
					85	33
					90	38
					95	38
					100	38
					110	43

续表 22.4-40

基本尺寸	<i>d</i>		<i>D</i> (r6)		<i>L</i>	<i>H</i>
	极限偏差		基本尺寸	极限偏差		
	(H6)	(H7)				
32			45	+0.050 +0.034	65	30
					70	33
					100	38
					105	43
					110	
115	18					
35	+0.016 0	+0.025 0	50		70	33
					105	43
					115	48
					125	
40			55		115	43
					125	48
					140	53
45			60	+0.060 +0.041	125	48
					140	53
					150	58
50			65		125	48
					140	53
					150	58
					160	63
55	+0.019 0	+0.030 0	70	+0.062 +0.043	150	53
					160	63
60			76		170	73
					160	58
					170	73

注：油槽数量及尺寸由制造厂决定。

(6)C 型导套

导向模架。

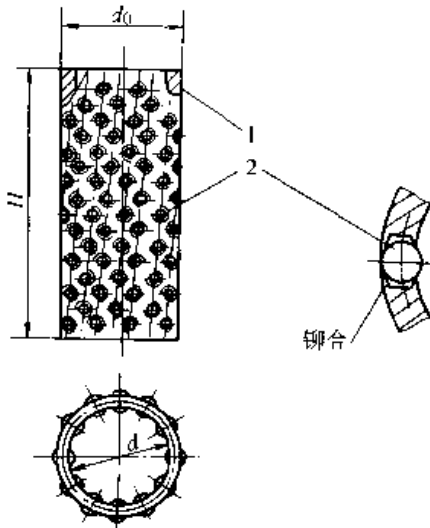
C 型导套见表 22.4-41。该导套适用于滚动

(7)钢球保持圈

22.4-43。该保持圈适用于滚动导向模架。

钢球保持圈见表 22.4-42,其中保持圈见表

表 22.4-42 钢球保持圈(摘自 GB/T 2861.10—1990) (mm)



标记示例:

导柱直径 $d = 25 \text{ mm}$, $d_0 = 30.5 \text{ mm}$ 、长度 $H = 64 \text{ mm}$ 、材料为 2A11 的钢球保持圈:

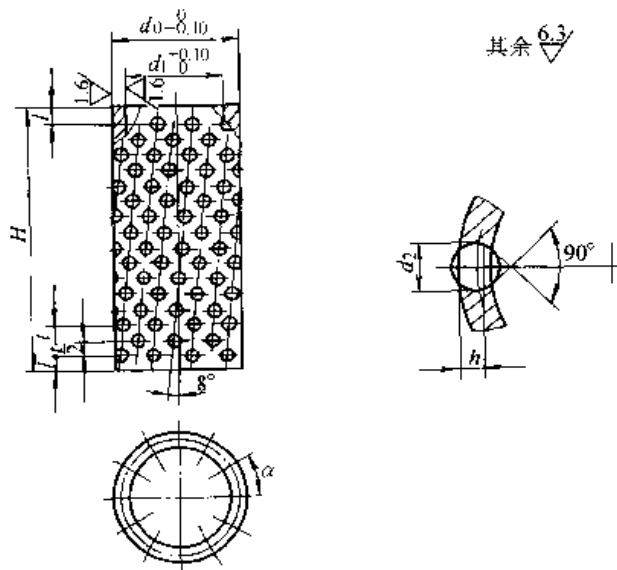
钢球保持圈 $25 \times 30.5 \times 64$ 2A11 GB/T 2861.10

技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定

基本尺寸			零件件号、名称及标准编号		钢球数
导柱直径 d	钢球保持圈直径 d_0	钢球保持圈长度 H	1	2	
			保持圈 GB/T 2861.10	钢球 GB/T 308	
			数量		
			1	—	
			规格		
18	23.5	64	18×23.5×64	3(01级)	180
20	25.5		20×25.5×64		180
22	27.5		22×27.5×64		200
25	30.5		25×30.5×64		240
	32.5	25×32.5×64	135		
28	35.5	76	28×35.5×76	4(01级)	162
		64	28×35.5×64		150
		76	28×35.5×76		180
		84	28×35.5×84		200
32	39.5	76	32×39.5×76	4(01级)	216
		84	32×39.5×84		240
35	42.5	76	35×42.5×76	4(01级)	216
		84	35×42.5×84		240

表 22.4-43 保持圈(摘自 GB/T 2861.10—1990)

(mm)



标记示例:

导柱直径 $d = 25$ mm、保持圈外径 $d_0 = 30.5$ mm、长度 $H = 64$ mm 的保持圈:

保持圈 25×30.5×64 GB/T 2861.10
技术条件:按 JB/T 8070—1995 的规定

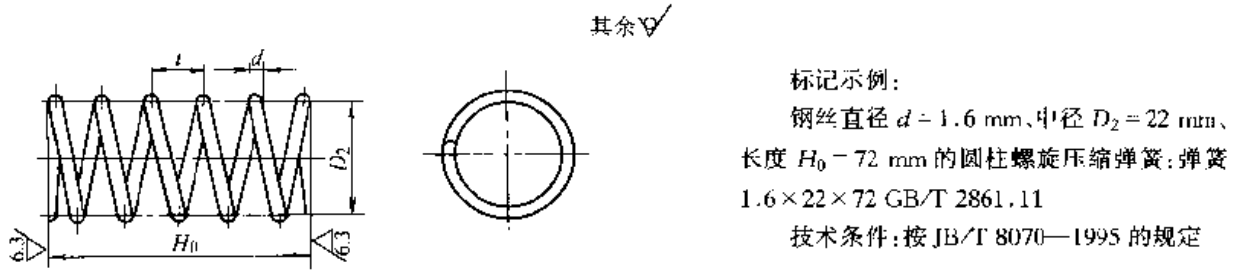
导柱直径 d	d_0	d_1	H	α	l	t	h	d_2
18	23.5	18.5	64	40°	3.5	6	1.8	3.1
20	25.5	20.5		36°				
22	27.5	22.5		30°				
25	30.5	25.5	76	40°	4	8	2.5	4.1
	32.5		64	36°				
28	35.5	28.5	76					
			84					
			76					
32	39.5	32.5	84	30°				
			76					
35	42.5	35.5	84		30°			
			76					

(8)圆柱螺旋压缩弹簧

用于滚动导向模架。

圆柱螺旋压缩弹簧见表 22.4-44。该弹簧适

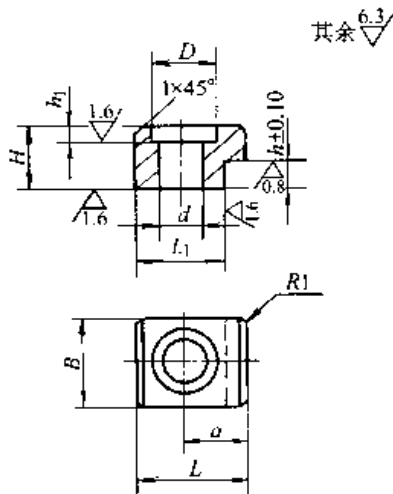
表 22.4-44 圆柱螺旋压缩弹簧(摘自 GB/T 2861.11—1990)



d /mm	D_2 /mm	t /mm	H_0 /mm	有效圈 n	总圈 n_1	弹簧刚度 k /(N/mm)
1.6	22	10	72	7	8.5	1.079
	24					0.814
	26		62	6	6.5	0.735
			72	7	8.5	0.628
	30	14	65	4.5	6	0.628
			79	5.5	7	0.510
			87	6	7.5	0.471
			62	4	5.5	0.569
	32	15	69	4.5	6	0.500
			77	5	6.5	0.461
86			5.5	7	0.412	
79			4.5	6	0.686	
2	37	17	87	5	6.5	0.618
			78	4	5.5	0.716
	40	19	88	4.5	6	0.549

(9) 压板 装置(GB/T 2861.8)。
 压板见表 22.4-45。该压板适用于冲模导向

表 22.4-45 压板(摘自 GB/T 2861.16—1990) (mm)



标记示例:
 长度 $L = 16$ mm、宽度 $B = 20$ mm 的压板:
 压板 16×20 GB/T 2861.16
 技术条件: 按 JB/T 8070—1995 的规定

续表 22.4-45

螺钉直径	d	L	B	H	a	L_1	h	D	h_1
4	4.5	12	12	6	6.5	9	2.7	8	2
5	5.5	14	15	8	7.5	11	2.7	9.5	3
6	6.5	16	20	8	8.5	12.5	3.7	11	3
8	8.5	20	20	10	11.5	16	4.7	13.5	4
10	10.5	24	24	12	12.5	19.5	5.7	16.5	5

4 冲模标准钢板模架

后导柱模架见表 22.4-46。

(2) 对角导柱模架

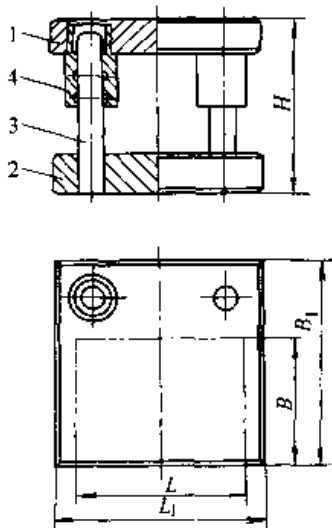
对角导柱模架见表 22.4-47。

4.1 滑动导向模架

(1) 后导柱模架

表 22.4-46 后导柱模架(摘自 JB/T 7181.1—1995)

(mm)



标记示例:

$L = 160 \text{ mm}$ 、 $B = 100 \text{ mm}$ 、 H (最小) = 165 mm 的

I 级精度的模架:

模架 160×100×165 - I JB/T 7181.1

技术条件:按 JB/T 7183—1995 的规定

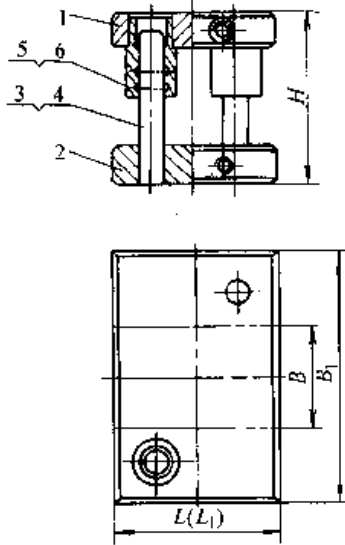
凹模周界		外形尺寸		闭合高度 H		零件件号、名称及标准编号			
						1	2	3	4
						上模座 JB/T 7185.1	下模座 JB/T 7184.1	导柱 JB/T 7187.1	导套 JB/T 7187.3
						数 量			
L	B	L_1	B_1	min	max	1	1	2	2
						规 格			
100	80	140	140	$\frac{135}{165}$	$\frac{165}{200}$	$100 \times 80 \times \frac{25}{32}$	$100 \times 80 \times \frac{32}{40}$	20×130	20×65×23
									20×160
125		160	140	$\frac{135}{165}$	$\frac{165}{200}$	$125 \times 80 \times \frac{25}{32}$	$125 \times 80 \times \frac{32}{40}$	20×130	20×65×23
								20×160	20×70×30

续表 22.4-46

凹模周界		外形尺寸		闭合高度 H		零件件号、名称及标准编号			
						1	2	3	4
						上模座 JB/T 7185.1	下模座 JB/T 7184.1	导柱 JB/T 7187.1	导套 JB/T 7187.3
				数 量					
L	B	L ₁	B ₁	min	max	1	1	2	2
						规 格			
160	80	200	140	135 165	165 200	160×80× $\frac{25}{32}$	160×80× $\frac{32}{40}$	20×130	20×65×23
						200×80×32	200×80×40	20×160	20×70×30
		250	150	165	200	250×80×32	250×80×40	25×160	25×80×30
250	150	165	200	165	200	250×80×32	250×80×40	25×160	25×80×30
125	100	160	160	135 165	165 200	125×100× $\frac{25}{32}$	125×100× $\frac{32}{40}$	20×130	20×65×23
160								200	170
200	100	250	170	165	200	200×100×32	200×100×40	25×160	25×80×30
250								315	170
125	125	160	200	165	200	125×125×32	125×125×40	25×160	25×80×30
160		200	200	165	200	160×125×32	160×125×40	25×160	25×80×30
200		250	200	165	200	200×125×32	200×125×40	25×160	25×80×30
250		315	212	195	240	250×125×40	250×125×50	32×190	32×100×38
315		400	212	195	240	315×125×40	315×125×50	32×190	32×100×38
160		212	236	165	200	160×160×32	160×160×40	25×160	25×80×30
200	160	250	250	195	240	200×160×40	200×160×50	32×190	32×100×38
250		315	250	195	240	250×160×40	250×160×50	32×190	32×100×38
315		400	250	195	240	315×160×40	315×160×50	32×190	32×100×38
400		500	300	195	240	400×200×40	400×200×50	32×190	32×100×38
200	200	280	300	195	240	200×200×40	200×200×50	32×190	32×100×38
250		315	300	195	240	250×200×40	250×200×50	32×190	32×100×38
315		400	300	195	240	315×200×40	315×200×50	32×190	32×100×38
400		500	300	195	240	400×200×40	400×200×50	32×190	32×100×38
250	250	315	335	195	240	250×250×40	250×250×50	32×190	32×100×38
315		400	335	195	240	315×250×40	315×250×50	32×190	32×100×38
400		500	355	240	280	400×250×50	400×250×63	40×230	40×125×48
500		600	355	240	280	500×250×50	500×250×63	40×230	40×125×48

表 22.4-47 对角导柱模架(摘自 JB/T 7181.2—1995)

(mm)



标记示例:

$L = 200 \text{ mm}$ 、 $B = 125 \text{ mm}$ 、 $H(\text{最小}) = 165 \text{ mm}$ 的

I 级精度的模架:

模架 $200 \times 125 \times 165 - \text{I}$ JB/T 7181.2

技术条件:按 JB/T 7183—1995 的规定

凹模周界		外形尺寸		闭合高度 H		零件件号、名称及标准编号					
						1	2	3	4	5	6
L	B	L_1	B_1	min	max	上模座	下模座	导柱		导套	
						JB/T 7185.2	JB/T 7184.2	JB/T 7187.1		JB/T 7187.3	
						数 量					
						1	1	1	1	1	1
						规 格					
100	80	100	200	135	165	$100 \times 80 \times \frac{25}{32}$	$100 \times 80 \times \frac{32}{40}$	19×130	20×130	19×65×23	20×65×23
				165	200			19×160	20×160	19×70×30	20×70×30
		125	200	135	165	$125 \times 80 \times \frac{25}{32}$	$125 \times 80 \times \frac{32}{40}$	19×130	20×130	19×65×23	20×65×23
				165	200			19×160	20×160	19×70×30	20×70×30
		160	200	135	165	$160 \times 80 \times \frac{25}{32}$	$160 \times 80 \times \frac{32}{40}$	19×130	20×130	19×65×23	20×65×23
				165	200			19×160	20×160	19×70×30	20×70×30
200	200	224	165	200	$200 \times 80 \times 32$	$200 \times 80 \times 40$	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30	
250	250	224	165	200	$250 \times 80 \times 32$	$250 \times 80 \times 40$	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30	
125	180	125	224	135	165	$125 \times 100 \times \frac{25}{32}$	$125 \times 100 \times \frac{32}{40}$	19×130	20×130	19×65×23	20×65×23
				165	200			19×160	20×160	19×70×30	20×70×30
		160	250	165	200	$160 \times 100 \times 32$	$160 \times 100 \times 40$	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30
200	200	250	165	200	$200 \times 100 \times 32$	$200 \times 100 \times 40$	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30	
250	250	250	165	200	$250 \times 100 \times 32$	$250 \times 100 \times 40$	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30	
315	315	265	195	240	$315 \times 100 \times 40$	$315 \times 100 \times 50$	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38	

续表 22.4-47

凹模周界		外形尺寸		闭合高度 H		零件件号、名称及标准编号					
						1	2	3	4	5	6
						上模座 JB/T 7185.2	下模座 JB/T 7184.2	导柱 JB/T 7187.1		导套 JB/T 7187.3	
						数 量					
L	B	L ₁	B ₁	min	max	1	1	1	1	1	1
规 格											
160		160	280	165	200	160×125×32	160×125×40	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30
200		200	280	165	200	200×125×32	200×125×40	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30
250	125	250	280	195	240	250×125×40	250×125×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
315		315	280	195	240	315×125×40	315×125×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
400		400	280	195	240	400×125×40	400×125×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
200		200	335	195	240	200×160×40	200×160×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
250		250	335	195	240	250×160×40	250×160×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
315	160	315	335	195	240	315×160×40	315×160×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
400		400	335	195	240	400×160×40	400×160×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
500		500	335	195	240	500×160×40	500×160×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
250		250	375	195	240	250×200×40	250×200×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
315	200	315	375	195	240	315×200×40	315×200×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
400		400	375	195	240	400×200×40	400×200×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
500		500	400	240	280	500×200×50	500×200×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
315		315	425	195	240	315×250×40	315×250×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
400	250	400	450	240	280	400×250×50	400×250×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
500		500	450	240	280	500×250×50	500×250×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
630		630	450	240	280	630×250×50	630×250×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
315		315	530	240	280	315×315×50	315×315×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
400	315	400	530	240	280	400×315×50	400×315×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
500		500	560	240	280	500×315×50	500×315×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
630		630	560	240	280	630×315×50	630×315×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
400		400	630	240	280	400×400×50	400×400×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
500	400	500	630	240	280	500×400×50	500×400×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
630		630	630	270	320	630×400×63	630×400×80	48×260	50×260	48×160×60	50×160×60
800		800	630	270	320	800×400×63	800×400×80	48×260	50×260	48×160×60	50×160×60

(3) 中间导柱模架

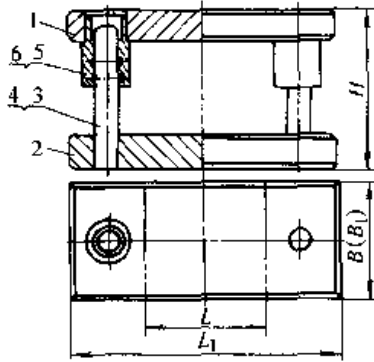
中间导柱模架见表 22.4-48。

(4) 四导柱模架

四导柱模架见表 22.4-49。

表 22.4-48 中间导柱模架(摘自 JB/T 7181.3—1995)

(mm)



标记示例:

L = 200 mm, B = 160 mm, H(最小) = 195 mm 的 II 级精度的模架:

模架 200 × 160 × 200 - II JB/T 7181.3

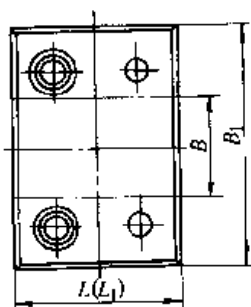
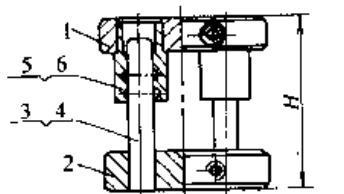
技术条件:按 JB/T 7183—1995 的规定

凹模周界		外形尺寸		闭合高度 H		零件件号、名称及标准编号							
						1	2	3	4	5	6		
L	B	L ₁	B ₁	min	max	上模座	下模座	导柱		导套			
						JB/T 7185.3	JB/T 7184.3	JB/T 7187.1		JB/T 7187.3			
						数 量							
						1	1	1	1	1	1		
						规 格							
100	100	212	100	135	165	100 × 100 × $\frac{25}{32}$	100 × 100 × $\frac{32}{40}$	19 × 130	20 × 130	19 × 65 × 23	20 × 65 × 23		
				165	200			19 × 160	20 × 160	19 × 70 × 28	20 × 70 × 28		
		125	100	250	100	135	165	125 × 100 × $\frac{25}{32}$	125 × 100 × $\frac{32}{40}$	19 × 130	20 × 130	19 × 65 × 23	20 × 65 × 23
						165	200			19 × 160	20 × 160	19 × 70 × 30	20 × 70 × 30
		160	100	315	100	165	200	160 × 100 × 32	160 × 100 × 40	24 × 160	25 × 160	24 × 80 × 30	25 × 80 × 30
		200	100	355	100	165	200	200 × 100 × 32	200 × 100 × 40	24 × 160	25 × 160	24 × 80 × 30	25 × 80 × 30
250	100	400	100	165	200	250 × 100 × 32	250 × 100 × 40	24 × 160	25 × 160	24 × 80 × 30	25 × 80 × 30		
315	100	475	100	195	240	315 × 100 × 40	315 × 100 × 50	30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38		
125	125	280	125	165	200	125 × 125 × 32	125 × 125 × 40	24 × 160	25 × 160	24 × 80 × 30	25 × 80 × 30		
				165	200			24 × 160	25 × 160	24 × 80 × 30	25 × 80 × 30		
		160	125	315	125	165	200	160 × 125 × 32	160 × 125 × 40	24 × 160	25 × 160	24 × 80 × 30	25 × 80 × 30
						165	200			24 × 160	25 × 160	24 × 80 × 30	25 × 80 × 30
200	125	355	125	165	200	200 × 125 × 32	200 × 125 × 40	24 × 160	25 × 160	24 × 80 × 30	25 × 80 × 30		
250	125	400	125	195	240	250 × 125 × 40	250 × 125 × 50	30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38		
125	125	475	125	195	240	315 × 125 × 40	315 × 125 × 50	30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38		
				195	240			30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38		
160	160	315	160	165	200	160 × 160 × 32	160 × 160 × 40	24 × 160	25 × 160	24 × 80 × 30	25 × 80 × 30		
				195	240			30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38		
		200	160	355	160	195	240	200 × 160 × 40	200 × 160 × 50	30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38
						195	240			30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38
		250	160	425	160	195	240	250 × 160 × 40	250 × 160 × 50	30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38
		315	160	475	160	195	240	315 × 160 × 40	315 × 160 × 50	30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38
400	160	560	160	195	240	400 × 160 × 40	400 × 160 × 50	30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38		
500	160	670	160	195	240	500 × 160 × 40	500 × 160 × 50	30 × 190	32 × 190	30 × 100 × 38	32 × 100 × 38		

续表 22.4-48

凹模周界		外形尺寸		闭合高度 <i>H</i>		零件件号、名称及标准编号					
						1	2	3	4	5	6
						上模座 JB/T 7185.3	下模座 JB/T 7184.3	导柱 JB/T 7187.1		导套 JB/T 7187.3	
数 量											
<i>L</i>	<i>B</i>	<i>L</i> ₁	<i>B</i> ₁	min	max	1	1	1	1	1	1
规 格											
200	200	375	200	195	240	200×200×40	200×200×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
250		425	200	195	240	250×200×40	250×200×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
315		475	200	195	240	315×200×40	315×200×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×48
400		560	200	195	240	400×200×40	400×200×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
500		710	200	240	280	500×200×50	500×200×63	38×230	40×230	38×125×38	40×125×48
250	250	425	250	195	240	250×250×40	250×250×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
315		475	250	195	240	315×250×40	315×250×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
400		600	250	240	280	400×250×50	400×250×63	38×230	40×230	38×125×48	40×100×48
500		710	250	240	280	500×250×50	500×250×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
315	315	530	315	240	280	315×315×50	315×315×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
400		600	315	240	280	400×315×50	400×315×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
500		750	315	240	280	500×315×50	500×315×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
630		850	315	240	280	630×315×50	630×315×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
500	400	750	400	240	280	500×400×50	500×400×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
630		850	400	270	320	630×400×63	630×400×80	48×260	50×260	48×160×60	50×160×60

表 22.4-49 四导柱模架(摘自 JB/T 7181.4—1995) (mm)



标记示例:

$L = 250 \text{ mm}$ 、 $B = 200 \text{ mm}$ 、 H (最小) = 195 mm 的

I 级精度的模架:

模架 250×200×195 - I JB/T 7181.4

技术条件:按 JB/T 7183—1995 的规定

续表 22.4.49

凹模周界		外形尺寸		闭合高度 H		零件件号、名称及标准编号					
						1	2	3	4	5	6
						上模座 JB/T 7185.4	下模座 JB/T 7184.4	导柱 JB/T 7187.1	导套 JB/T 7187.3		
				数 量							
L	B	L ₁	B ₁	min	max	1	1	1	3	1	3
规 格											
160	100	160	250	165	200	160×100×32	160×100×40	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30
200		200	250	165	200	200×100×32	200×100×40	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30
250		250	250	165	200	250×100×32	250×100×40	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30
315		315	265	195	240	315×100×40	315×100×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
400		400	265	195	240	400×100×40	400×100×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
200	125	200	265	165	200	200×125×32	200×125×40	24×160	25×160	24×80×30	25×80×30
250		250	280	195	240	250×125×40	250×125×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
315		315	280	195	240	315×125×40	315×125×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
400		400	280	195	240	400×125×40	400×125×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
500		500	280	195	240	500×125×40	500×125×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
250	160	250	315	195	240	250×160×40	250×160×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
315		315	315	195	240	315×160×40	315×160×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
400		400	315	195	240	400×160×40	400×160×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
500		500	315	195	240	500×160×40	500×160×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
630		630	355	240	280	630×200×50	630×200×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
250	200	250	355	195	240	250×200×40	250×200×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
315		315	355	195	240	315×200×40	315×200×50	30×190	32×190	30×100×38	30×100×38
400		400	355	195	240	400×200×40	400×200×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
500		500	400	240	280	500×200×50	500×200×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
630		630	400	240	280	630×200×50	630×200×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
315	250	315	425	195	240	315×250×40	315×250×50	30×190	32×190	30×100×38	32×100×38
400		400	450	240	280	400×250×50	400×250×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
500		500	450	240	280	500×250×50	500×250×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
630		630	450	240	280	630×250×50	630×250×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
800		800	450	240	280	800×250×50	800×250×63	38×230	40×230	38×125×38	40×125×48
400	315	400	530	240	280	400×315×50	400×315×63	38×230	40×230	38×125×48	40×125×48
500		500	560	240	280	500×315×50	500×315×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
630		630	560	240	280	630×315×50	630×315×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
800		800	560	270	320	800×315×63	800×315×80	48×260	50×260	48×160×60	50×160×60

续表 22.4-49

凹模周界		外形尺寸		闭合高度 <i>H</i>		零件件号、名称及标准编号					
						1	2	3	4	5	6
						上模座 JB/T 7185.4	下模座 JB/T 7184.4	导柱 JB/T 7187.1		导套 JB/T 7187.3	
数 量											
<i>L</i>	<i>B</i>	<i>L</i> ₁	<i>B</i> ₁	min	max	1	1	1	3	1	3
规 格											
500	400	500	630	240	280	500×400×50	500×400×63	48×230	50×230	48×125×48	50×125×48
630		630	630	270	320	630×400×63	630×400×80	48×260	50×260	48×160×60	50×160×60
800		800	630	270	320	800×400×63	800×400×80	48×260	50×260	48×160×60	50×160×60
1 000		1 000	670	330	370	1 000×400×80	1 000×400×100	60×320	63×320	60×160×78	63×160×78
630	500	630	750	270	320	630×500×63	630×500×80	48×260	50×260	48×160×60	50×160×60
800		800	750	330	370	800×500×80	800×500×100	60×320	63×320	60×160×78	63×160×78
1 000		1 000	750	330	370	1 000×500×80	1 000×500×100	60×320	63×320	60×160×78	63×160×78
1 000		630	1 000	900	330	370	1 000×630×80	1 000×630×100	60×320	63×320	60×160×78

4.2 滚动导向模架

(1)后导柱模架

后导柱模架见表 22.4-50。

(2)对角导柱模架

对角导柱模架见表 22.4-51。

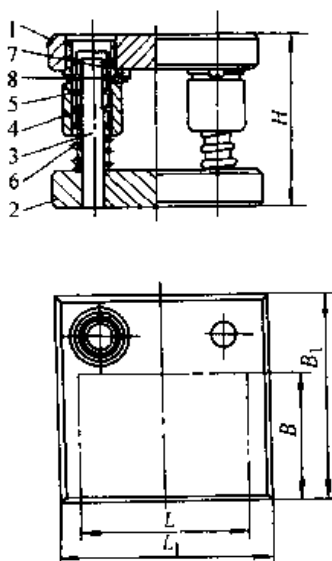
(3)中间导柱模架

中间导柱模架见表 22.4-52。

(4)四导柱模架

四导柱模架见表 22.4-53。

表 22.4-50 后导柱模架(摘自 JB/T 7182.1—1995) (mm)



标记示例:

$L = 125 \text{ mm}$ 、 $B = 100 \text{ mm}$ 、 $H(\text{最小}) = 135 \text{ mm}$ 的

01级精度的模架:

模架 125×100×135-01 JB/T 7182.1

技术条件:按 JB/T 7183—1995 的规定

续表 22.4-50

凹模 周界		外形 尺寸		最大 行程 S	设计 最小 闭合 高度 H	零件件号、名称及标准编号							
						1	2	3	4	5	6	7	8
						上模座 JB/T 7186.1	下模座 JB/T 7184.1	导柱 JB/T 7187.2	导套 JB/T 7187.4	钢球保持圈 JB/T 7187.5	弹簧 JB/T 7187.6	压板 GB/T 2861.16	螺钉 GB/T 70
数 量													
L	B	L ₁	B ₁	S	H	1	1	2	2	2	2	4或6	4或6
规 格													
100		140	140	60/80	135/165	100×80× $\frac{25}{32}$	100×80× $\frac{32}{40}$	20×130	20×80×23	20×25.5×64	1.6×22×60		
								20×160	20×100×30		1.6×22×75		
125	80	160	140	60/80	135/165	125×80× $\frac{25}{32}$	125×80× $\frac{32}{40}$	20×130	20×80×23	20×25.5×64	1.6×22×60	12×12M4×14	
								20×160	20×100×30		1.6×22×75		
160		200	140	60/80	135/165	160×80× $\frac{25}{32}$	160×80× $\frac{32}{40}$	20×130	20×80×23	20×25.5×64	1.6×22×60		
								20×160	20×100×30		1.6×22×75		
200		250	150	80	165	200×80×32	200×80×40	25×160	25×100×30	25×30.5×64	1.6×27×75	16×20M6×16	
								25×160	25×100×30		25×30.5×64		
250		315	150	80	165	250×80×32	250×80×40	25×160	25×100×30	25×30.5×64			
125		160	160	60/80	135/165	125×100× $\frac{25}{32}$	125×100× $\frac{32}{40}$	20×130	20×80×23	20×25.5×64	1.6×22×60	12×12M4×14	
								20×160	20×100×30		1.6×22×75		
160	100	200	170	80	165	160×100×32	160×100×40	25×160	25×100×30	25×30.5×64	1.6×27×75		
								25×160	25×100×30				
200		250	170	80	165	200×100×32	200×100×40	25×160	25×100×30	25×30.5×64			
250		315	170	80	165	250×100×32	250×100×40	25×160	25×100×30	25×30.5×64			
125		160	200	80	165	125×125×32	125×125×40	25×160	25×100×30	25×30.5×64	1.6×27×75		
								25×160	25×100×30				
160		200	200	80	165	160×125×32	160×125×40	25×160	25×100×30	25×30.5×64			
200	125	250	200	80	165	200×125×32	200×125×40	25×160	25×100×30	25×30.5×64			
250		315	212	100	195	250×125×40	250×125×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84	2×35×85	16×20M6×16	
								32×190	32×120×38		32×39.5×84		
315		400	212	100	195	315×125×40	315×125×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84			
160		212	236	80	165	160×160×32	160×160×40	25×160	25×100×30	25×30.5×64	1.6×27×75		
								25×160	25×100×30		25×30.5×64		
200		250	250	100	195	200×160×40	200×160×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84			
250	160	315	250	100	195	250×160×40	250×160×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84	2×35×85		
								32×190	32×120×38		32×39.5×84		
315		400	250	100	195	315×160×40	315×160×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84			
200		280	300	100	195	200×200×40	200×200×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84	1.6×27×75		
								32×190	32×120×38				
250		315	300	100	195	250×200×40	250×200×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84			
315	200	400	300	100	195	315×200×40	315×200×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84	2×35×85	16×20M6×16	
								32×190	32×120×38		32×39.5×84		
400		500	300	100	195	400×200×40	400×200×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84			
250		315	335	100	195	250×250×40	250×250×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84	1.6×27×75		
								32×190	32×120×38				
315		400	335	100	195	315×250×40	315×250×50	32×190	32×120×38	32×39.5×84			
400	250	500	355	120	240	400×250×50	400×250×63	40×230	40×140×48	40×49.5×95	2×43×105	20×20M8×20	
								40×230	40×140×48				
500		600	355	120	240	500×250×50	500×250×63	40×230	40×140×48	40×49.5×95			

续表 22.4.51

零件序号、名称及标准编号															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
上模座 JB/T 7186.2	下模座 JB/T 7184.2	导柱 JB/T 7187.2	导套 JB/T 7187.4	钢球保持圈 JB/T 7187.5	弹黄 JB/T 7187.6	压板 GB/T 2861.16	螺钉 GB/T 70								
数 量															
规 格															
L	B	L ₁	B ₁	S	H	1	1	1	1	1	4 或 6				
125	125	200	80	60	135 165	125×80× $\frac{25}{32}$	125×80× $\frac{32}{40}$	19× $\frac{130}{160}$	19× $\frac{130}{160}$	19×80×23 19×100×30	19×24.5×64 20×25.5×64	1.6×22×60 1.6×22×75	1.6×22×60 1.6×22×75	12×12	M4×14
160	80	160	200	80	60 165	160×80× $\frac{25}{32}$	160×80× $\frac{32}{40}$	19× $\frac{130}{160}$	19× $\frac{130}{160}$	19×80×23 19×100×30	19×24.5×64 20×25.5×64	1.6×22×60 1.6×22×75	1.6×22×60 1.6×22×75		
200	200	224	80	80	165	200×80×32	200×80×40	24×160	24×160	25×100×30 25×100×30	24×29.5×64 25×30.5×64	1.6×27×75	1.6×27×75	16×20	M6×16
250	250	224	80	80	165	250×80×32	250×80×40	24×160	24×160	25×100×30 25×100×30	24×29.5×64 25×30.5×64	1.6×27×75	1.6×27×75		
125	125	224	80	60	135 165	125×100× $\frac{25}{32}$	125×100× $\frac{32}{40}$	19× $\frac{130}{160}$	19× $\frac{130}{160}$	19×80×23 19×100×30	19×24.5×64 20×25.5×64	1.6×22×60 1.6×22×75	1.6×22×60 1.6×22×75	12×12	M4×14
160	160	250	80	80	165	160×100×32	160×100×40	24×160	24×160	25×100×30 25×100×30	24×29.5×64 25×30.5×64				
200	200	250	80	80	165	200×100×32	200×100×40	24×160	24×160	25×100×30 25×100×30	24×29.5×64 25×30.5×64	1.6×27×75	1.6×27×75		
250	250	250	80	80	165	250×100×32	250×100×40	24×160	24×160	25×100×30 25×100×30	24×29.5×64 25×30.5×64	1.6×27×75	1.6×27×75		
315	315	265	100	100	195	315×100×40	315×100×50	30×190	30×190	32×120×38 32×120×38	30×37.7×84 30×39.5×84	2×33×85	2×35×85		
160	160	280	80	80	165	160×125×32	160×125×40	24×160	24×160	25×100×30 25×100×30	24×29.5×64 25×30.5×64	1.6×27×75	1.6×27×75	16×20	M6×16
200	200	280	80	80	165	200×125×32	200×125×40	24×160	24×160	25×100×30 25×100×30	24×29.5×64 25×30.5×64	1.6×27×75	1.6×27×75		
250	250	320	100	100	195	250×125×40	250×125×50	30×190	30×190	32×120×38 32×120×38	30×37.7×84 30×39.5×84				
315	315	280	100	100	195	315×125×40	315×125×50	30×190	30×190	32×120×38 32×120×38	30×37.7×84 30×39.5×84	2×33×85	2×35×85		
400	400	280	100	100	195	400×125×40	400×125×50	30×190	30×190	32×120×38 32×120×38	30×37.7×84 30×39.5×84	2×33×85	2×35×85		

续表 22.4-52

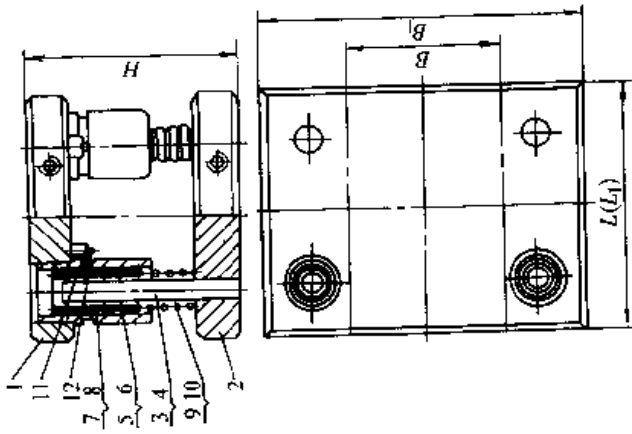
零件序号、名称及标准编号												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
上模座 JB/T 7186.3	下模座 JB/T 7184.3	导柱 JB/T 7187.2	导套 JB/T 7187.4	钢球保持圈 JB/T 7187.5	弹黄 JB/T 7187.6	压板 GB/T 2861.16	螺钉 GB/T 70					
数 量												
规 格												
L	B	L ₁	B ₁	S	H							4 或 6
200	335	80	165	200 × 100 × 32	200 × 100 × 40	24 × 100 × 30	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 30.5 × 64	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	
250	400	80	165	250 × 100 × 32	250 × 100 × 40	24 × 100 × 30	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 30.5 × 64	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	
315	475	100	195	315 × 100 × 40	315 × 100 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
125	280	80	165	125 × 125 × 32	125 × 125 × 40	24 × 100 × 30	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 30.5 × 64	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	
160	315	80	165	160 × 125 × 32	160 × 125 × 40	24 × 100 × 30	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 30.5 × 64	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	
200	355	80	165	200 × 125 × 32	200 × 125 × 40	24 × 100 × 30	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 30.5 × 64	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	
250	400	100	195	250 × 125 × 40	250 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
315	475	100	195	315 × 125 × 40	315 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
400	560	100	195	400 × 125 × 40	400 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
160	315	80	165	160 × 160 × 32	160 × 160 × 40	24 × 100 × 30	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 30.5 × 64	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	
200	355	100	195	200 × 160 × 40	200 × 160 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
250	425	100	195	250 × 160 × 40	250 × 160 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
315	475	100	195	315 × 160 × 40	315 × 160 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
400	560	100	195	400 × 160 × 40	400 × 160 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
500	670	100	195	500 × 160 × 40	500 × 160 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
200	375	100	195	200 × 200 × 40	200 × 200 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	
250	425	100	195	250 × 200 × 40	250 × 200 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 39.5 × 84	2 × 33 × 85	2 × 35 × 85	

续表 22.4-52

零件件号、名称及标准编号												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
上模座 JB/T 7186.3	下模座 JB/T 7184.3	导柱 JB/T 7187.2	导套 JB/T 7187.4	钢球保持圈 JB/T 7187.5	弹簧 JB/T 7187.6	压板 GB/T 2861.16	螺钉 GB/T 70					
数 量												
规 格												
L	B	L ₁	B ₁	S	H							
315	475	100	195	315 × 200 × 40	315 × 200 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 37.5 × 84	2 × 33 × 85	16 × 20	M6 × 16
400	560	100	195	400 × 200 × 40	400 × 200 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 37.5 × 84	2 × 33 × 85	16 × 20	M6 × 16
500	710	120	240	500 × 200 × 50	500 × 200 × 63	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 47.5 × 95	40 × 47.5 × 95	2 × 41 × 105	20 × 20	M8 × 20
250	425	100	195	250 × 250 × 40	250 × 250 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 37.5 × 84	2 × 33 × 85	16 × 20	M6 × 20
315	475	100	195	315 × 250 × 40	315 × 250 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 37.5 × 84	32 × 37.5 × 84	2 × 33 × 85	16 × 20	M6 × 20
400	560	120	240	400 × 250 × 50	400 × 250 × 63	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 47.5 × 95	40 × 47.5 × 95	2 × 41 × 105	20 × 20	M8 × 20
500	710	120	240	500 × 250 × 50	500 × 250 × 63	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 47.5 × 95	40 × 47.5 × 95	2 × 41 × 105	20 × 20	M8 × 20
315	530	120	240	315 × 315 × 50	315 × 315 × 63	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 47.5 × 95	40 × 47.5 × 95	2 × 41 × 105	20 × 20	M8 × 20
400	600	120	240	400 × 315 × 50	400 × 315 × 63	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 47.5 × 95	40 × 47.5 × 95	2 × 41 × 105	20 × 20	M8 × 20
500	750	120	240	500 × 315 × 50	500 × 315 × 63	48 × 150 × 48	50 × 150 × 48	48 × 59.5 × 102	50 × 59.5 × 102	2.5 × 52 × 100	20 × 20	M8 × 20
630	850	120	240	630 × 315 × 50	630 × 315 × 63	48 × 150 × 48	50 × 150 × 48	48 × 59.5 × 102	50 × 59.5 × 102	2.5 × 52 × 100	20 × 20	M8 × 20
500	750	120	240	500 × 400 × 40	500 × 400 × 50	48 × 150 × 48	50 × 150 × 48	48 × 59.5 × 102	50 × 59.5 × 102	2.5 × 52 × 100	20 × 20	M8 × 20
630	850	120	270	630 × 400 × 50	630 × 400 × 63	48 × 150 × 48	50 × 150 × 48	48 × 59.5 × 102	50 × 59.5 × 102	2.5 × 52 × 100	20 × 20	M8 × 20

表 22.4-53 四导柱模架(摘自 JB/T 7182.4—1995)

(mm)



标记示例:

$L = 630$ mm, $B = 500$ mm, $H = 270$ mm 的 O I 级精度的模架:
 模架 630 × 500 × 270 - O I JB/T 7182.4
 技术条件:按 JB/T 7183—1995 的规定

零件序号、名称及标准编号															
数 量															
规 格															
凹模 周界	设计 最大行程 高度	外形尺寸	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
L B L_1 B_1 S H			上模座 JB/T 7186.4	下模座 JB/T 7187.4	导柱 JB/T 7187.2	导套 JB/T 7187.4	导套 JB/T 7187.4	导套 JB/T 7187.4	钢球保持圈 JB/T 7187.5	钢球保持圈 JB/T 7187.5	弹 簧 JB/T 7187.6	弹 簧 JB/T 7187.6	压板 GB/T 2861.16	螺 钉 GB/T 70	
160 100 200	80	160 200	160 × 100 × 32	160 × 100 × 40	160 × 25 × 160	24 × 100 × 30	25 × 100 × 30	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	24 × 29.5 × 64	24 × 29.5 × 64	24 × 29.5 × 64	24 × 29.5 × 64	24 × 29.5 × 64	1.6 × 27 × 75
			1	1	3	1	3	3	1	3	1	3	8 或 12	8 或 12	8 或 12

续表 22.4-53

凹模 外形 尺寸		设计 最大最小 行程重合 高度		零件序号、名称及标准编号														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
L	B	L ₁	B ₁	S	H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
				规格														
250	250	250	250	80	165	250 × 100 × 322	50 × 100 × 40	24 × 100 × 30	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75
315	315	315	315	100	195	315 × 100 × 403	15 × 100 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
400	400	400	400	100	195	400 × 100 × 404	00 × 100 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
200	200	200	200	80	165	200 × 125 × 322	00 × 125 × 40	24 × 100 × 30	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	25 × 100 × 30	24 × 29.5 × 64	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75	1.6 × 27 × 75
250	250	250	250	100	195	250 × 125 × 402	50 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
315	315	315	315	100	195	315 × 125 × 403	15 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
400	400	400	400	100	195	400 × 125 × 404	00 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
400	400	400	400	100	195	400 × 125 × 404	00 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
500	500	500	500	100	195	500 × 125 × 405	00 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
250	250	250	250	100	195	250 × 125 × 402	50 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
315	315	315	315	100	195	315 × 125 × 403	15 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
400	400	400	400	100	195	400 × 125 × 404	00 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
500	500	500	500	100	195	500 × 125 × 405	00 × 125 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
630	630	630	630	120	240	630 × 160 × 506	30 × 160 × 63	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 140 × 48	2 × 41 × 105	2 × 41 × 105	2 × 41 × 105	2 × 41 × 105
250	250	250	250	100	195	250 × 200 × 402	50 × 200 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
315	315	315	315	100	195	315 × 200 × 403	15 × 200 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
400	400	400	400	100	195	400 × 200 × 404	00 × 200 × 50	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	32 × 120 × 38	30 × 120 × 38	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85	2 × 33 × 85
500	500	500	500	120	240	500 × 200 × 505	00 × 200 × 63	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 140 × 48	2 × 41 × 105	2 × 41 × 105	2 × 41 × 105	2 × 41 × 105
630	630	630	630	120	240	630 × 200 × 506	30 × 200 × 63	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 140 × 48	40 × 140 × 48	38 × 140 × 48	2 × 41 × 105	2 × 41 × 105	2 × 41 × 105	2 × 41 × 105

续表 22.4-53

零件序号、名称及标准编号																																						
凹模 周界	外形 尺寸	设计 最大最小 行程闭合 高度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																								
			上模座 JB/T 7186.4	下模座 JB/T 7187.4	导柱 JB/T 7187.2	导套 JB/T 7187.4	钢球保持圈 JB/T 7187.5	弹簧 JB/T 7187.6	压板 GB/T 2861.16	螺 钉 GB/T 70																												
数 量																																						
规 格																																						
L	B	L ₁	B ₁	S	H	1	1	3	1	3	1	3	8 或 12	8 或 12																								
315	315	425	100	195	315	250	403	15	250	5030	190	62	190	30	120	38	30	37.5	8432	39.5	84	2	35	85	16	20	M6	16										
400	400	450	120	240	400	250	504	00	250	6338	230	40	230	38	140	48	38	47.5	9540	49.5	95																	
500	250	500	450	120	240	500	250	505	00	250	6338	230	40	230	38	140	48	38	47.5	9540	49.5	95																
630	630	450	120	240	630	250	506	30	250	6338	230	40	230	38	140	48	38	47.5	9540	49.5	95	2	41	105	2	43	105											
800	800	450	120	240	800	250	508	00	250	6338	230	40	230	38	140	48	38	47.5	9540	49.5	95																	
400	400	530	120	240	400	315	504	00	315	6338	230	40	230	38	140	48	38	47.5	9540	49.5	95																	
500	500	560	120	240	500	315	505	00	315	6348	230	50	230	48	150	48	48	59.5	10250	61.5	102																	
630	630	560	120	240	630	315	506	30	315	6348	230	50	230	48	150	48	48	59.5	10250	61.5	102	2.5	52	100	2.5	52	100											
800	800	560	120	270	800	315	638	00	315	8048	260	50	260	48	150	60	48	59.5	10250	61.5	102	2.5	52	100	2.5	52	100											
500	500	630	120	240	500	400	505	00	400	6348	230	50	230	48	150	48	48	59.5	10250	61.5	102	2.5	52	100	2.5	52	100											
630	630	630	120	270	630	400	636	30	400	8048	260	50	260	48	150	60	48	59.5	10250	61.5	102	2.5	52	100	2.5	52	100											
800	800	630	120	270	800	400	638	00	400	8048	260	50	260	48	150	60	48	59.5	10250	61.5	102	2.5	52	100	2.5	52	100											
1000	1000	670	140	330	1000	500	800	00	500	10060	320	63	320	60	180	78	63	71.5	11563	74.5	115	3	65	135	3	68	135	24	24	M10	25							
630	630	750	120	270	630	500	636	30	500	8048	260	50	260	48	150	60	48	59.5	10250	61.5	102	2.5	52	100	2.5	52	100											
800	800	500	800	750	140	330	800	00	500	10060	320	63	320	60	180	78	63	71.5	11563	74.5	115																	
1000	1000	750	140	330	1000	500	800	00	500	10060	320	63	320	60	180	78	63	71.5	11563	74.5	115	3	65	135	3	68	135	24	24	M10	25							
1000	1000	630	140	330	1000	630	800	00	630	10060	320	63	320	60	180	78	63	71.5	11563	74.5	115	3	65	135	3	68	135	24	24	M10	25							

5 冲模钢板模架标准零件

5.1 冲模钢板下模座

(1) 后导柱下模座

后导柱下模座见表 22.4-54。

(2) 对角导柱下模座

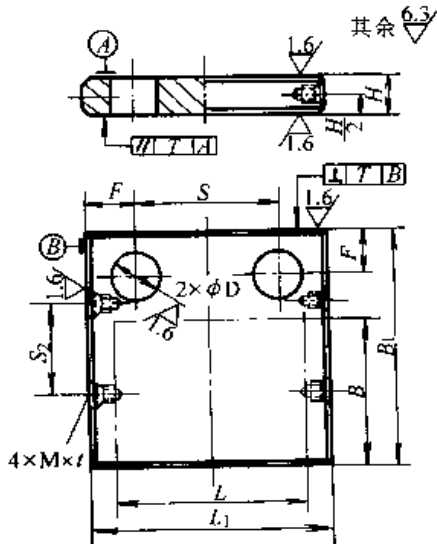
对角导柱下模座见表 22.4-55。

(3) 中间导柱下模座

中间导柱下模座见表 22.4-56。

表 22.4-54 后导柱下模座 (摘自 JB/T 7184.1—1995)

(mm)



标记示例:

$L = 200$ mm、 $B = 200$ mm、厚度 $H = 50$ mm 的后导柱下模座:

下模座 $200 \times 200 \times 50$ JB/T 7184.1

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

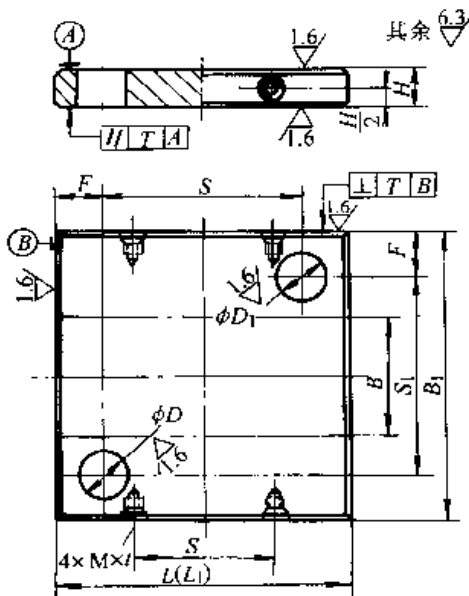
凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	$D (R7)$		S_2	$M \times t$
L	B						基本尺寸	极限偏差		
100	80	140	140	32	32	76	20	-	-	
				40						
125	80	160	140	32	32	96	20	-	-	
				40						
160	80	200	140	32	32	136	20	-	-	
				40						
200	80	250	150	40	40	170	25	-0.020	-	
250		315	150	40	40	235	25	-0.041	-	
125	100	160	160	32	32	96	20	-	-	
				40						
160	100	200	170	40	40	120	25	-	-	
200		250	170	40	40	170	25	-	-	
250	100	315	170	40	40	235	25	-	-	
125		125	160	200	40	40	80	25	-	-
160	200		200	40	40	120	25	-	-	

续表 22.4-54

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	D (R7)		S_2	$M \times t$
L	B						基本尺寸	极限偏差		
200	125	250	200	40	40	170	25	-0.020 -0.041	—	—
250		315	212	50	45	225	32	-0.025	—	—
315		400	212	50	45	310	32	-0.050	—	—
160	160	212	236	40	40	132	25	-0.020 -0.041	—	—
200		250	250	50	45	160	32	-0.025 -0.050	—	—
250		315	250	50	45	225	32		90	M12×25
315		400	250	50	45	310	32		90	
200	200	280	300	50	45	190	32		140	
250		315	300	50	45	225	32	140		
315		400	300	50	45	310	32	140		
400		500	300	50	45	410	32	140		
250	250	315	335	50	45	225	32	170	M12×25	
315		400	335	50	45	310	32	170		
400		500	355	63	55	390	40	170		
500		600	355	63	55	490	40	170		

表 22.4-55 对角导柱下模座 (摘自 JB/T 7184.2—1995)

(mm)



标记示例:

$L = 125$ mm、 $B = 100$ mm、 $H = 32$ mm
的对角导柱下模座:

下模座 125×100×32 JB/T 7184.2

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

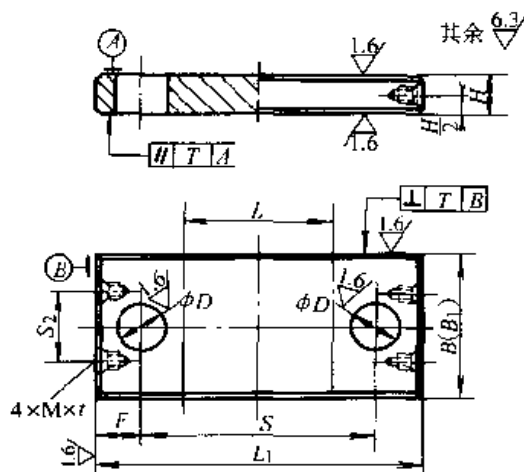
续表 22.4-55

凹模周界		L ₁	B ₁	H	F	S	S ₁	D (R7)		D ₁ (R7)		S ₂	M×t		
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差				
100	80	100	200	$\frac{32}{40}$	32	36	136	19	-0.020	20	-0.020	—	—		
125		125	200	$\frac{32}{40}$	32	61	136	19		20		—	—		
160		160	200	$\frac{32}{40}$	32	96	136	19		20		—	—		
200		200	224	40	40	120	144	24		25		—	—		
250		250	224	40	40	170	144	24		25		—	—		
125	100	125	224	$\frac{32}{40}$	32	61	160	19	-0.041	20	-0.041	—	—		
160		160	250	40	40	80	170	24		25		—	—		
200		200	250	40	40	120	170	24		25		—	—		
250		250	250	40	40	170	170	24		25		—	—		
315		315	265	50	45	225	175	30		-0.025 -0.050		32	-0.025 -0.050	155	M12×25
160	125	160	280	40	40	80	200	24	-0.020	25	-0.020	—	—		
200		200	280	40	40	120	200	24		-0.041		25	-0.041	—	—
250		250	280	50	45	160	190	30		-0.025		32	-0.025	100	M12×25
315		315	280	50	45	225	190	30				32		155	
400		400	280	50	45	310	190	30				32		220	
200	160	200	335	50	45	110	245	30	-0.050	32	-0.050	—	—		
250		250	335	50	45	160	245	30		32		100			
315		315	335	50	45	225	245	30		32		155			
400		400	335	50	45	310	245	30		32		220			
500		500	335	50	45	410	245	30		32		320			
250	200	250	375	50	45	160	285	30	-0.025	32	-0.025	80	M12×25		
315		315	375	50	45	225	285	30		32		155			
400		400	375	50	45	310	285	30		32		220			
500		500	400	63	55	390	290	38		40		300			
315		315	425	50	50	215	325	30		32		145			
400	250	400	450	63	55	290	340	38	-0.025	40	-0.025	200	M16×30		
500		500	450	63	55	390	340	38		40		300			
630		630	450	63	55	520	340	38		40		430			
315	315	315	530	63	55	205	420	38	-0.050	40	-0.050	115	M16×30		
400		400	530	63	55	290	420	38		40		200			

续表 22.4-55

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	S_1	D (R7)		D_1 (R7)		S_2	$M \times l$
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
500	315	500	560	63	63	374	434	48		50		280	M16×30
630		630	560	63	63	504	434	48		50		380	
400	400	400	630	63	63	274	504	48	-0.025	50	-0.025	180	
500		500	630	63	63	374	504	48	-0.050	50	-0.050	280	
630		630	630	80	63	504	504	48		50		380	
800		800	630	80	63	674	504	48		50		550	

表 22.4-56 中间导柱下模座 (摘自 JB/T 7184.3—1995) (mm)



标记示例:

$L=160$ mm、 $B=100$ mm、厚度 $H=40$ mm 的中间导柱下模座:

下模座 160×160×40 JB/T 7184.3

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	D (R7)		D_1 (R7)		S_2	$M \times l$
L	B						基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
100	100	212	100	25	32	148	19		20		—	—
				32								
125		250		25	32	186	19	-0.020	20	-0.020	—	—
				32								
160		315		40	40	235	24		25		—	—
200		355		40	40	275	24		25		—	—
250		400		40	40	320	24		25		—	—
315		475		50	45	385	30	-0.025	32	-0.025	—	—
								-0.050		-0.050		
125		125		280	125	40	40	200	24		25	
160	315		40	40		235	24	-0.020	25	-0.020	—	—
200	355		40	40		275	24	-0.011	25	-0.041	—	—

续表 22.4-56

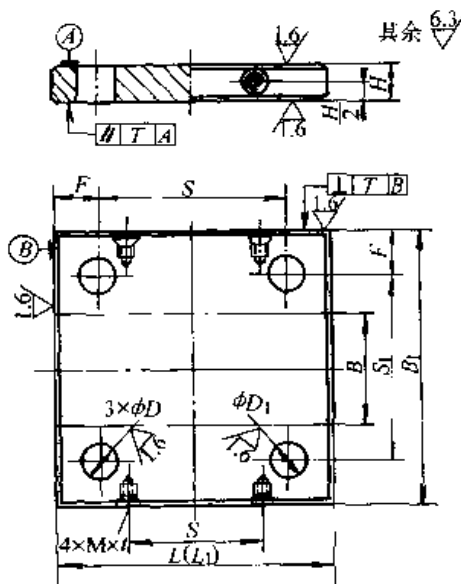
凹模周界		L ₁	B ₁	H	F	S	D (R7)		D ₁ (R7)		S ₂	M×t
L	B						基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
250	125	400	125	50	45	310	30	32	-0.025	—	—	
315		475		50	45	385	30	32	-0.025	—	—	
400		560		50	45	470	30	32	-0.050	75	M12×25	
160	160	315	160	40	40	235	21	25	-0.020	—	—	
200		355		50	45	265	30	32	-0.025	—	—	
250		425		50	45	335	30	32	-0.025	120	M12×25	
315	475	50	45	385	30	32	-0.050	110				
400	160	560	160	50	45	470	30	32	-0.025	-0.025	110	M12×25
500		670		50	45	580	30	32			110	
200		375		50	45	285	30	32			150	
250	200	425	200	50	45	335	30	32	-0.025	-0.025	150	M12×25
315		475		50	45	385	30	32			150	
400		560		50	45	470	30	32			150	
500		710		63	55	600	38	40			150	
250		425		50	45	335	30	32			200	
315	250	475	250	50	45	385	30	32	-0.025	-0.025	200	M12×25
400		600		63	55	490	38	40			190	
500		710		63	55	600	38	40			190	
315	315	530	315	63	55	420	38	40	-0.025	-0.025	255	M12×25
400		600		63	55	490	38	40			255	
500		750		63	63	624	48	50			255	
630	400	850	400	63	63	724	48	50	-0.050	-0.050	235	M16×30
500		750		63	63	624	48	50			320	
630		850		80	63	724	48	50			320	

(4) 四导柱下模座

四导柱下模座见表 22.4-57。

表 22.4-57 四导柱下模座 (摘自 JB/T 7184.4—1995)

(mm)



标记示例:

L = 250 mm、B = 200 mm、厚度 H = 50 mm 的四导柱下模座:

下模座 250×200×50 JB/T 7184.4

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

续表 22.4-57

凹模周界		L ₁	B ₁	H	F	S	S ₁	D (R7)		D ₁ (R7)		S ₂	M×t
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
160	100	160	250	40	40	80	170	24	-0.020 -0.041	25	-0.020 -0.041	—	—
200		200	250	40	40	120	170	24		25		—	—
250		250	250	40	40	170	170	24		25		—	—
315		315	265	50	45	225	175	30	-0.025	32	-0.025	155	M12×25
400		400	265	50	45	310	175	30	-0.050	32	-0.05	240	—
200	125	200	265	40	40	120	185	24	-0.025 -0.050	25	-0.020 -0.041	—	M12×25
250		250	280	50	45	160	190	30		32		100	
315		310	280	50	45	225	190	30		32		155	
400		400	280	50	45	310	190	30		32		240	
500		500	280	50	45	410	190	30		32		330	
250	160	250	315	50	45	160	225	30	-0.025 -0.050	32	-0.025 -0.050	100	M12×25
315		315	315	50	45	225	225	30		32		155	
400		400	315	50	45	310	225	30		32		230	
500		500	315	50	45	410	225	30		32		330	
630		630	355	63	55	520	245	38		40		430	
250	200	250	355	50	45	160	265	30	-0.025 -0.050	32	-0.025 -0.050	100	M16×30
315		315	355	50	45	225	265	30		32		150	
400		400	355	50	45	310	265	30		32		230	
500		500	400	63	55	390	290	38		40		300	
630		630	400	63	55	520	290	38		40		430	
315	250	315	425	50	45	225	335	30	-0.025 -0.050	32	-0.025 -0.050	150	M12×25
400		400	450	63	55	290	340	38		40		200	
500		500	450	63	55	390	340	38		40		300	
630		630	450	63	55	520	340	38		40		430	
800		800	450	63	55	690	340	38		40		600	
400	315	400	530	63	55	290	420	38	-0.025 -0.050	40	-0.025 -0.050	200	M16×30
500		500	560	63	63	374	434	48		50		280	
630		630	560	63	63	504	434	48		50		380	
800		800	560	80	63	674	434	48		50		550	
500	400	500	630	63	63	374	504	48	-0.025 -0.050	50	-0.025 -0.050	280	M20×35
630		630	630	80	63	504	504	48		50		380	
800		800	630	80	63	674	504	48		50		550	

续表 22.4-57

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	S_1	D (R7)		D_1 (R7)		S_2	$M \times t$
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
1 000	400	1 000	670	100	70	860	530	60	-0.030 -0.060	63	-0.030 -0.060	700	M20×35
630	500	630	750	80	63	504	624	48	-0.025 -0.050	50	-0.025 -0.050	380	
800		800	750	100	70	660	610	60	-0.030 -0.060	63	-0.030 -0.060	500	
1 000		1 000	750	100	70	860	610	60	-0.030 -0.060	63	-0.030 -0.060	700	
1 000	630	1 000	900	100	70	860	760	60		63		700	

5.2 冲模滑动导向钢板模座

后导柱上模座见表 22.4-58。

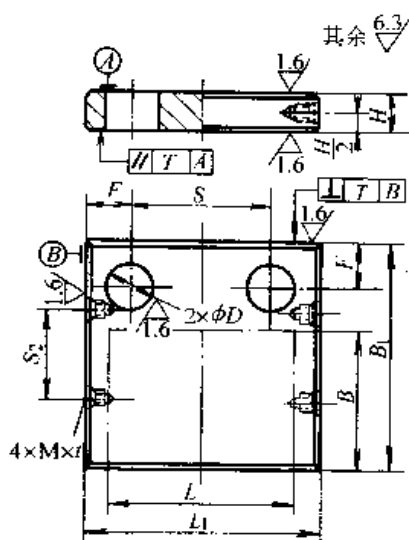
(2) 对角导柱上模座

(1) 后导柱上模座

对角导柱上模座见表 22.4-59。

表 22.4-58 后导柱上模座 (摘自 JB/T 7185.1—1995)

(mm)



标记示例:

$L=200$ mm、 $B=200$ mm、厚度 $H=40$ mm 的后导柱上模座:

上模座 200×200×40 JB/T 7185.1

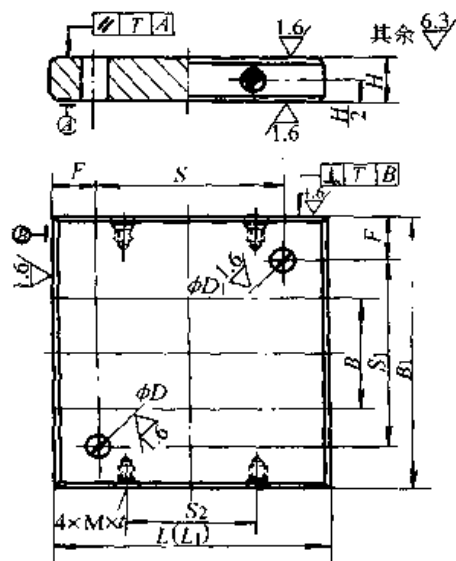
技术条件: 按 JB/T 7185.1—1995 的规定

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	D (H7)		S_2	$M \times t$
L	B						基本尺寸	极限偏差		
100	80	140	140	25	32	76	32	+0.025 0	—	—
				32						
125		160	140	25	32	96	32		—	—
				32						
160		200	140	25	32	136	32		—	—
				32						
200	250	150	32	40	170	38	—	—		
250	315	150	32	40	235	38	—	—		

续表 22.4-58

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	D (H7)		S_2	$M \times t$
L	B						基本尺寸	极限偏差		
125	100	160	160	25	32	96	32	+0.025 0	—	—
				32					—	—
160		200	170	32	40	120	38		—	—
200		250	170	32	40	170	38		—	—
250	315	170	32	40	235	38	—		—	
125	125	160	200	32	40	80	38		—	—
				32					—	—
160		200	200	32	40	120	38		—	—
200		250	200	32	40	170	38		—	—
250	315	212	40	45	225	45	—		—	
315	400	212	40	45	310	45	—	—		
160	160	212	236	32	40	132	38	—	—	
				32				—	—	
200		250	250	40	45	160	45	—	—	
250		315	250	40	45	225	45	90	M12 × 25	
315	400	250	40	45	310	45	90			
200	200	280	300	40	45	190	45	140		
				40				140		
250		315	300	40	45	225	45	140		
315		400	300	40	45	310	45	140		
400	500	300	40	45	410	45	140			
250	250	315	335	40	45	225	45	170		
				40				170		
315		400	335	40	45	310	45	170		
400		500	355	50	55	390	55	+0.030 0	170	
500	600	355	50	55	490	55	0	170		

表 22.4-59 对角导柱上模座 (摘自 JB/T 7185.2—1995) (mm)



标记示例:

$L = 125 \text{ mm}$ 、 $B = 100 \text{ mm}$ 、厚度 $H = 25 \text{ mm}$ 的对角导柱上模座:

上模座 125 × 100 × 25 JB/T 7185.2

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

续表 22.4-59

凹模周界		L ₁	E ₁	H	F	S	S ₁	D (H7)		D ₁ (H7)		S ₂	M×l
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
100	80	100	200	25	32	36	136	31		32		—	—
				32									
125		125	200	25	32	61	136	31		32		—	—
				32									
160		160	200	25	32	96	136	31		32		—	—
	32												
200	200	224	32	40	120	144	37		38		—	—	
250	250	224	32	40	170	144	37		38		—	—	
125	100	125	224	25	32	61	160	31		32		—	—
				32									
160		160	250	32	40	80	170	37		38		—	—
				32									
200		200	250	32	40	120	170	37		38		—	—
	32												
250	250	250	32	40	170	170	37		38		—	—	
315	315	265	40	45	225	175	42		45		155	M12×25	
160	125	160	280	32	40	80	200	37	+0.025 0	38	+0.025 0	—	—
				32									
200		200	280	32	40	120	200	37		38		—	—
				32									
250		250	280	40	45	160	190	42		45		100	M12×25
	40												
315	315	280	40	45	225	190	42		45		155	M12×25	
400	400	280	40	45	310	190	42		45		220		
200	160	200	335	40	45	110	245	42		45		—	M12×25
				40									
250		250	335	40	45	160	245	42		45		100	
				40									
315		315	335	40	45	225	245	42		45		155	
	40												
400	400	335	40	45	310	245	42		45		220		
500	500	335	40	45	410	245	42		45		320		
250	200	250	375	40	45	160	285	42		45		80	M12×25
				40									
315		315	375	40	45	225	285	42		45		155	
	40												
400	400	375	40	45	310	285	42		45		220		
500	500	400	50	55	390	290	52		+0.030 0	55	+0.030 0	300	
315	250	315	425	40	50	215	325	42	+0.025 0	45	+0.025 0	145	
				40									
400		400	450	50	55	290	340	52		55		200	
	50												
500	500	450	50	55	390	340	52		55		300		
630	630	450	50	55	520	340	52		+0.030 0	55	+0.030 0	430	
315	315	315	530	50	55	205	420	52	0	55	0	115	M16×30
				50									
400		400	530	50	55	290	420	52		55		200	
	50												
500	500	560	50	63	374	434	62		65		280		

续表 22.4-59

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	S_1	D (H7)		D_1 (H7)		S_2	$M \times l$	
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			
630	315	630	560	50	63	504	434	62	+0.030 0	65	+0.030 0	65	380	M16×30
400	400	400	630	50	63	274	504	62		65		180		
500		500	630	50	63	374	504	62		65		280		
630		630	630	63	63	504	504	62		65		380		
800		800	630	63	63	674	504	62		65		550	M20×35	

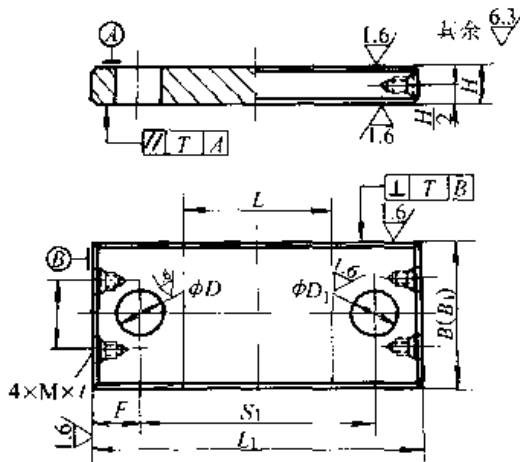
(3) 中间导柱上模座

中间导柱上模座见表 22.4-60。

(4) 四导柱上模座

四导柱上模座见表 22.4-61。

表 22.4-60 中间导柱上模座 (摘自 JB/T 7185.3—1995) (mm)



标记示例:

$L=160$ mm、 $B=160$ mm、厚度 $H=32$ mm 的中间导柱上模座:

上模座 160×160×32 JB/T 7185.3

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

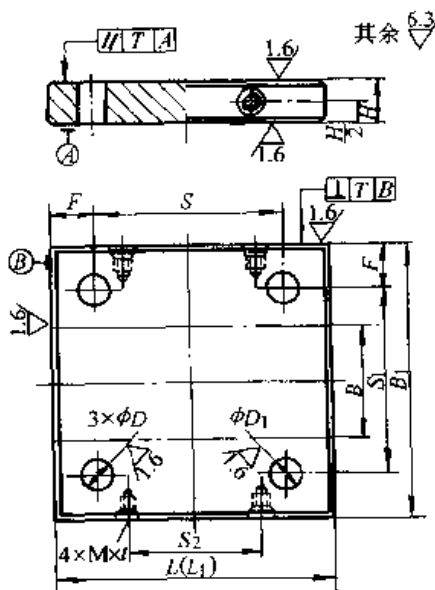
凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	D (H7)		D_1 (H7)		S_2	$M \times l$
L	B						基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
100	100	212	100	25/32	32	148	31	+0.025 0	32	+0.025 0	—	—
125		250		25/32	32	186	31		32		—	—
160		315		32	40	235	37		38		—	—
200		355		32	40	275	37		38		—	—
250		400		32	40	320	37		38		—	—
315		475		40	45	385	42		45		—	—
125	125	280	125	32	40	200	37	+0.025 0	38	+0.025 0	—	—
160		315		32	40	235	37		38		—	—
200		355		32	40	275	37		38		—	—
250		400		40	45	310	42		45		—	—
315		475		40	45	385	42		45		—	—
400		560		40	45	470	42		45		75	M12×25

续表 22.4-60

凹模周界		L ₁	B ₁	H	F	S	D (H7)		D ₁ (H7)		S ₂	M×t					
L	B						基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差							
160	160	315	160	32	40	235	37	-0.025	38	+0.025	—	—					
200		355		40	45	265	42		45		—						
250		425		40	45	335	42		45		120						
315		475		40	45	385	42		45		110						
400		560		40	45	470	42		45		110						
500		670		40	45	580	42		45		110						
200		200		375	200	40	45		285		42	0	45	0	150	M12×25	
250	425		40	45		335	42	45	150								
315	475		40	45		385	42	45	150								
400	560		40	45		470	42	45	150								
500	710		50	55		600	52	55	150								
250	250		425	250		40	45	335	42	+0.030	45		+0.030		200		M12×25
315			475			40	45	385	42		45				200		
400		600	50		55	490	52	55	190								
500		710	50		55	600	52	55	190								
315	315	530	315	50	55	420	52	+0.030	55	+0.030	255	M16×30					
400		600		50	55	490	52		55		255						
500		750		50	63	624	62		65		255						
630		850		50	63	724	62		65		235						
500	400	750	400	50	63	624	62	0	65	0	320	M16×30					
630		850		63	63	724	62		65		320						

表 22.4-61 四导柱上模座 (摘自 JB/T 7185.4—1995)

(mm)



标记示例:

L = 400 mm、B = 250 mm、厚度 H = 40 mm 的四导柱上模座:

上模座 400×250×40 JB/T 7185.4

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

续表 22.4-61

凹模周界		L ₁	B ₁	H	F	S	S ₁	D (H7)		D ₁ (H7)		S ₂	M×t
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
160	100	160	250	32	40	80	170	37		38		—	—
200		200	250	32	40	120	170	37		38		—	—
250		250	250	32	40	170	170	37		38		—	—
315		315	265	40	45	225	175	42		45		155	M12×25
400		400	265	40	45	310	175	42		45		240	
200	125	200	265	32	40	120	185	37	+0.025 0	38	+0.025 0	—	—
250		250	280	40	45	160	190	42		45		100	
315		315	280	40	45	225	190	42		45		155	
400		400	280	40	45	310	190	42		45		240	
500		500	280	40	45	410	190	42		45		330	
250	160	250	315	40	45	160	225	42	+0.030 0	45	+0.030 0	100	M12×25
315		315	315	40	45	225	225	42		45		155	
400		400	315	40	45	310	225	42		45		230	
500		500	315	40	45	410	225	42		45		330	
630		630	355	50	55	520	245	52		55		430	
250	200	250	355	40	45	160	265	42	+0.025 0 +0.030 0	45	+0.025 0 +0.030 0	100	M16×30
315		315	355	40	45	225	265	42		45		150	
400		400	355	40	45	310	265	42		45		230	
500		500	400	50	55	390	290	52		55		300	
630		630	400	50	55	520	290	52		55		430	
315	250	315	425	40	45	225	335	42	-0.025 0 +0.030 0	45	+0.025 0 +0.030 0	150	M12×25
400		400	450	50	55	290	340	52		55		200	
500		500	450	50	55	390	340	52		55		300	
630		630	450	50	55	520	340	52		55		430	
800		800	450	50	55	690	340	52		55		600	
400	315	400	530	50	55	290	420	52	+0.030 0	55	+0.030 0	200	M16×30
500		500	560	50	63	374	434	62		65		300	
630		630	560	50	63	504	434	62		65		430	
800		800	560	63	63	674	434	62		65		550	
500	400	500	630	50	63	374	504	62		65		280	
630		630	630	63	63	504	504	62		65		380	
800		800	630	63	63	674	504	62		65		550	

续表 22.4-61

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	S_1	D (H7)		D_1 (H7)		S_2	$M \times t$
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
1 000	400	1 000	670	80	70	860	530	76	+0.030 0	80	+0.035 0	700	M20×35
630	500	630	750	63	63	504	624	62		65	+0.030 0	380	
800		800	750	80	70	660	610	76		80	+0.035 0	500	
1 000		1 000	750	80	70	860	610	76		80		700	
1 000	630	1 000	900	80	70	860	760	76		80	700		

5.3 冲模滚动导向钢板模座

后导柱上模座见表 22.4-62。

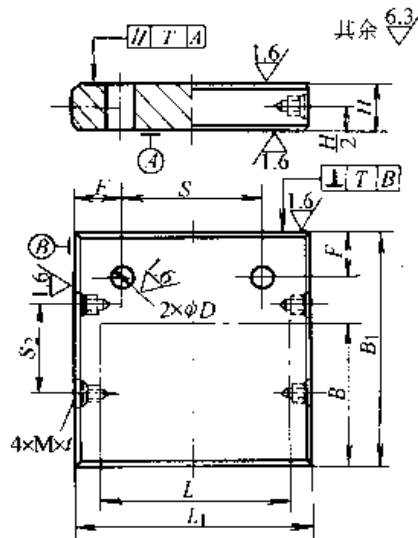
(2) 对角导柱上模座

(1) 后导柱上模座

对角导柱上模座见表 22.4-63。

表 22.4-62 后导柱上模座 (摘自 JB/T 7186.1—1995)

(mm)



标记示例:

$L=200$ mm、 $B=200$ mm、厚度 $H=40$ mm 的后导柱上模座:

上模座 200×200×40 JB/T 7186.1

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

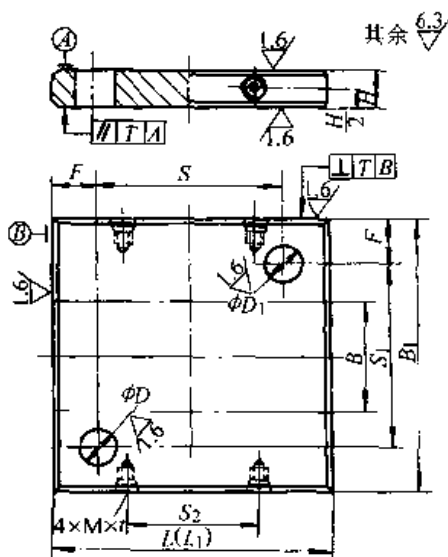
凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	D (H7)		S_2	$M \times t$
L	B						基本尺寸	极限偏差		
100	80	140	140	$\frac{25}{32}$	32	76	40	+0.025 0	—	—
125		160	140	$\frac{25}{32}$	32	96	40		—	—
160		200	140	$\frac{25}{32}$	32	136	40		—	—
200		250	150	32	40	170	45		—	—
250		315	150	32	40	235	45		—	—
125	100	160	160	$\frac{25}{32}$	32	96	40	—	—	—
160		200	170	32	40	120	45		—	—
200		250	170	32	40	170	45		—	—
250		315	170	32	40	235	45		—	—

续表 22.4-62

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	D (H7)		S_2	$M \times l$
L	B						基本尺寸	极限偏差		
125	125	160	200	32	40	80	45	+0.025 0	—	—
160		200	200	32	40	120	45		—	—
200		250	200	32	40	170	45		—	—
250		315	212	40	45	225	55	+0.030 0	—	—
315		400	212	40	45	310	55		—	—
160	160	212	236	32	40	132	45	+0.025 0	—	—
200		250	250	40	45	160	55		—	—
250		315	250	40	45	225	55		90	M12×25
315		400	250	40	45	310	55		90	
200	280	300	40	45	190	55	140			
250	315	300	40	45	225	55	140			
315	200	400	300	40	45	310	55	+0.030 0	140	M12×25
400		500	300	40	45	410	55		140	
250		315	335	40	45	225	55		170	
315	250	400	335	40	45	310	55	+0.030 0	170	M12×25
400		500	355	50	55	390	68		170	
500		600	355	50	55	490	68		170	

表 22.4-63 对角导柱上模座 (摘自 JB/T 7186.2—1995)

(mm)



标记示例:

$L = 125$ mm、 $B = 100$ mm、厚度 $H = 25$ mm 的对角导柱上模座:

上模座 125×100×25 JB/T 7186.2

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

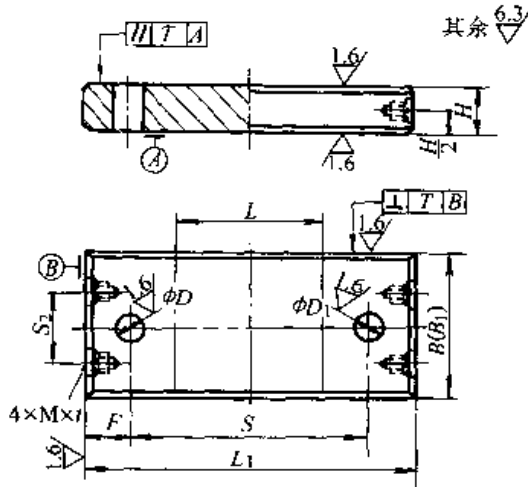
续表 22.4-63

凹模底界		L ₁	B ₁	H	F	S	S ₁	D (H7)		D ₁ (H7)		S ₂	M×t				
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差						
100	80	100	200	25	32	36	136	39	+0.025	40	+0.025	—	—				
				32													
125		125	200	25	32	61	136							39	40	—	—
				32													
160		160	200	25	32	96	136							39	40	—	—
	32																
200	200	224	32	40	120	144	44	45	—	—							
250			250								224	32	40	170	144	45	—
125	100	125	224	25	32	61	160	39	+0.030	55	+0.030	155	M12×25				
				32													
160		160	250	32	40	80	170							44	45	—	—
200				200													
250		250	250		32	40	170							170	44	45	—
315	315	265	40	45	225	175	52	0	0	0	155	M12×25					
160	125	160	280	32	40	80	200	44	-0.025	45	+0.025	—	—				
				32													
200		200	280	32	40	120	200							44	45	—	—
250				250													
315		315	280		40	45	225							190	52	55	155
400	400			280	40	45	310	190	52	55	220						
200	160	200	335	40	45	110	245	52	+0.030	55	+0.030	—	—				
				40													
250		250	335	40	45	160	245							52	55	100	
315				315													335
400		400	335		40	45	310							245	52	55	
500	500	335	40	45	410	245	52	55	320								
250	200	250	375	40	45	160	285	52	+0.030	55	+0.030	80	M12×25				
				40													
315		315	375	40	45	225	285							52	55	155	
400				400													375
500		500	400		50	55	390							290	66	68	
315	250	315	425	40	50	215	325	52	0	55	0	145					
				40													
400		400	450	50	55	290	340						66	68	200		
500				500												450	50
630		630	450		50	55	520						340	66	68		430
315	315	315	530	50	55	205	420	66	+0.030	68	+0.030	115	M16×30				
				50													
400		400	530	50	55	290	420							66	68	200	
500				500													560
630		630	560		50	63	504							434	78	80	
400	400	400	630	50	63	274	504	78	+0.030	80	+0.030	180					
				50													
500		500	630	50	63	374	504						78	80	280		
630				630												630	63
800		800	630		63	63	674						504	78	80		550

(3) 中间导柱上模座
中间导柱上模座见表 22.4-64。

(4) 四导柱上模座
四导柱上模座见表 22.4-65。

表 22.4-64 中间导柱上模座 (摘自 JB/T 7186.3—1995) (mm)



标记示例:

$L = 160 \text{ mm}$ 、 $B = 160 \text{ mm}$ 、厚度 $H = 32 \text{ mm}$ 的中间导柱上模座:

上模座 $160 \times 160 \times 32$ JB/T 7186.3

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

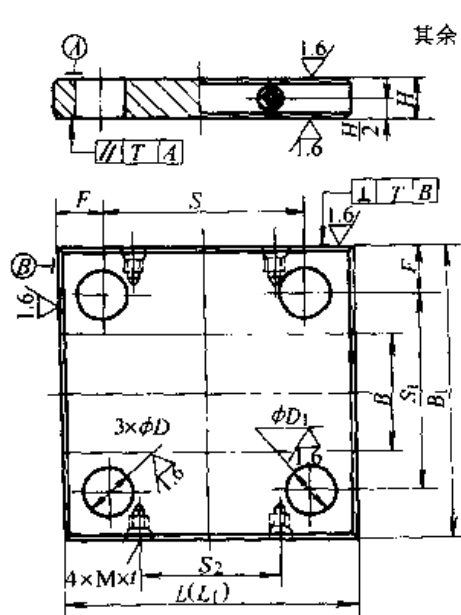
凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	D (H7)		D_1 (H7)		S_2	$M \times t$
L	B						基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
100	100	212	100	$\frac{25}{32}$	32	148	39	+0.025 0	40	+0.025 0	—	—
125		250		$\frac{25}{32}$	32	186	39		40		—	—
160		315		32	40	235	44		45		—	—
200		355		32	40	275	44		45		—	—
250		400		32	40	320	44		45		—	—
315		475		40	45	385	52	+0.030 0	55	+0.030 0	—	—
125	125	280	125	32	40	200	44	+0.025 0	45	+0.025 0	—	—
160		315		32	40	235	44		45		—	—
200		355		32	40	275	44		45		—	—
250		400		40	45	310	52	+0.030 0	55	+0.030 0	—	—
315		475		40	45	385	52		55		—	—
400		560		40	45	470	52		55		75	M12×25
160	160	315	160	32	40	235	44	+0.025 0	45	+0.025 0	—	—
200		355		40	45	265	52		55		—	—
250		425		40	45	335	52	+0.030 0	55	+0.030 0	120	M12×25
315		475		40	45	385	52		55		110	
400		560		40	45	470	52		55		110	
500		670		40	45	580	52		55		110	

续表 22.4-64

凹模周界		L_1	B_1	H	F	S	D (H7)		D_1 (H7)		S_2	$M \times t$
L	B						基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
200	200	375	200	40	45	285	52	+0.030 0	55	+0.030 0	150	M12×25
250		425		40	45	335	52		55		150	
315		475		40	45	385	52		55		150	
400		560		40	45	470	52		55		150	
500		710		50	55	600	66		68		150	
250	250	425	250	40	45	335	52	+0.030 0	54	+0.030 0	200	
315		475		40	45	385	52		54		200	
400		600		50	55	490	66		68		190	
500		710		50	55	600	66		68		190	
315		315		530	315	50	55		420		66	
400	600		50	55		490	66	68	255			
500	750		50	63		624	78	80	255			
630	850		50	63		724	78	80	235			
500	400	750	400	50	63	624	78	+0.030 0	80	+0.030 0	320	M16×30
630		850		63	63	724	78		80		320	

表 22.4-65 四导柱上模座 (摘自 JB/T 7186.4—1995)

(mm)



标记示例:

$L = 400$ mm、 $B = 250$ mm、厚度 $H = 40$ mm 的四柱上模座:

上模座 400×250×40 JB/T 7186.4

技术条件: 按 JB/T 7188—1995 的规定

续表 22.4-65

凹模周界		L ₁	B ₁	H	F	S	S ₁	D (H7)		D ₁ (H7)		S ₂	M×t
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
160	100	160	250	32	40	80	170	44	+0.025 0	45	+0.025 0	—	—
200		200	250	32	40	120	170	44		45		—	—
250		250	250	32	40	170	170	44		45		—	—
315		315	265	40	45	225	175	52	+0.030	55	+0.030	155	M12×25
400		400	265	40	45	310	175	52	0	55	0	240	
200	125	200	265	32	40	120	185	44	+0.025 0	45	+0.025 0	—	—
250		250	280	40	45	160	190	52	+0.030 0	55	+0.030 0	100	M12×25
315		315	280	40	45	225	190	52		55		155	
400		400	280	40	45	310	190	52		55		240	
500		500	280	40	45	410	190	52		55		330	
250	250	315	40	45	160	225	52	55		100			
315	160	315	315	40	45	225	225	52	+0.030 0	55	+0.030 0	155	M12×25
400		400	315	40	45	310	225	52		55		230	
500		500	315	40	45	410	225	52		55		330	
630		630	355	50	55	520	245	66		68		430	
250		250	355	40	45	160	265	52		55		100	
315	200	315	355	40	45	225	265	52	+0.030 0	55	+0.030 0	155	M16×30
400		400	355	40	45	310	265	52		55		230	
500		500	400	50	55	390	290	66		68		300	
630		630	400	50	55	520	290	66		68		430	
315		315	425	40	45	225	335	52		55		150	
400	250	400	450	50	55	290	340	66	+0.030 0	68	+0.030 0	200	M12×25
500		500	450	50	55	390	340	66		68		300	
630		630	450	50	55	520	340	66		68		430	
800		800	450	50	55	690	340	66		68		600	
400		400	530	50	55	290	420	66		68		200	
500	315	500	560	50	63	374	434	78	+0.030 0	80	+0.030 0	280	M16×30
630		630	560	50	63	504	434	78		80		380	
800		800	560	63	63	674	434	78		80		550	
500		500	630	50	63	374	504	78		80		280	
630	400	630	630	63	63	504	504	78	+0.035 0	80	+0.035 0	380	M20×35
800		800	630	63	63	674	504	78		80		550	
1 000		1 000	670	80	70	860	530	90		95		700	

续表 22.4-65

凹模周界		L ₁	B ₁	H	F	S	S ₁	D (H7)		D ₁ (H7)		S ₂	M×l
L	B							基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
630	500	630	750	63	63	504	624	78	+0.030 0	80	+0.030 0	380	M20×35
800		800	750	80	70	660	610	90	+0.035 0	95	+0.035 0	500	
1 000		1 000	750	80	70	860	610	90		95		700	
1 000		630	1 000	900	80	70	860	760	90	95	700		

5.4 冲模钢板模架导向零件

滑动导向钢板模架。

(1) A 型导柱

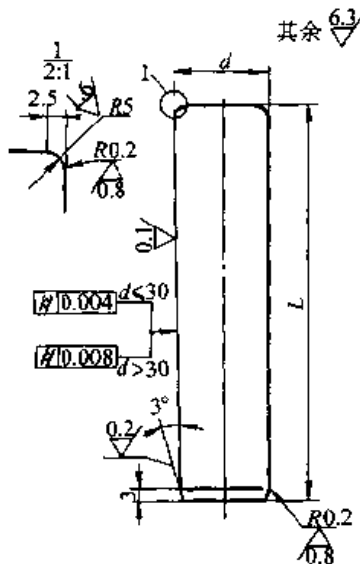
(2) B 型导柱

A 型导柱见表 22.4-66。本导柱适用于冲模

B 型导柱见表 22.4-67。该导柱适用于冲模滑动导向钢板模架。

表 22.4-66 A 型导柱 (摘自 JB/T 7187.1—1995)

(mm)



标记示例:

直径 $d = 25$ mm、公差带 h5、长度 $L = 160$ mm 的 A 型导柱:

导柱 A25 h5×160 JB/T 7187.1

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

基本尺寸	d		L
	极限偏差		
	h5	h6	
19	0	0	130
			160
20	-0.009	-0.013	130 ^①
			160
24			160
25			160 ^①
30			190

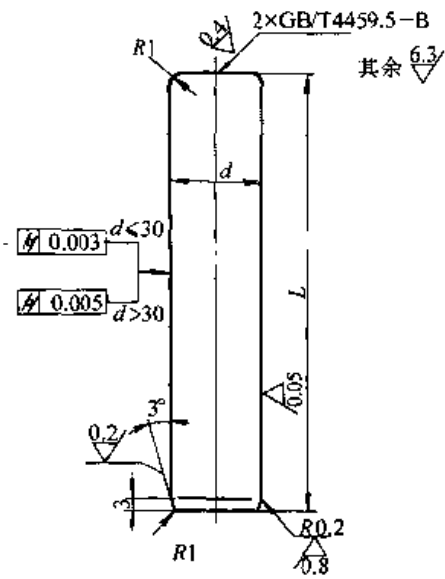
续表 22.4-66

基本尺寸	d		L
	极限偏差		
	h5	h6	
32	0 -0.011	0 -0.016	190 ^①
38			230
40			230 ^①
48			230
50			260
60	0	0	230 ^①
63	-0.013	-0.019	260 ^①
			320 ^①
			320

①为 GB/T 2861.1 中的规格。

表 22.4-67 B型导柱 (摘自 JB/T 7187.2—1995)

(mm)



标记示例:

直径 $d=25$ mm、长度 $L=160$ mm 的 B 型导柱:

导柱 B25×160 JB/T 7187.2

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

基本尺寸	d (h5)		L
	极限偏差		
19	0 -0.009		130
			160
20			130
			160 ^①
24			160
25			160 ^①
30	190		

续表 22.4-67

d (h5)		L
基本尺寸	极限偏差	
32	0 -0.011	190
38		230
40		230
48		230
		260
50		230
60	0 -0.013	320
63		320

①为 GB/T 2861.3 中的规格。

(3) A 型导套

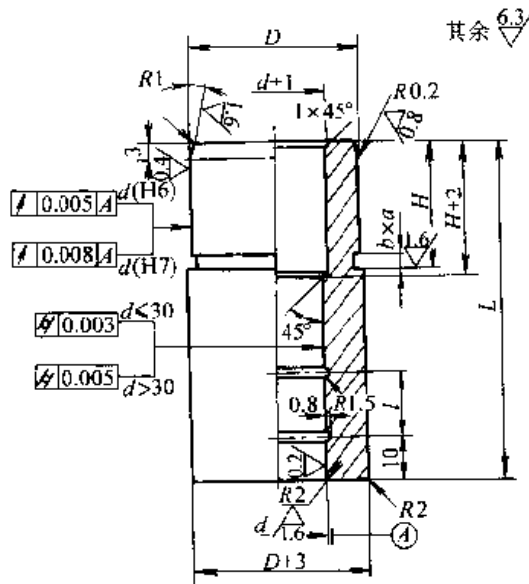
A 型导套见表 22.4-68。

(4) B 型导套

B 型导套见表 22.4-69。该导套适用于冲模滑动导向钢板模架。

表 22.4-68 A 型导套 (摘自 JB/T 7187.3—1995)

(mm)



标记示例:

直径 $d=25$ mm、公差带为 H6、长度 $L=80$ mm、高度 $H=30$ mm 的 A 型导套:

导套 A25 H6×80×30 JB/T 7187.3

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

基本尺寸	d		D (r6)		L	H	b	a
	极限偏差		基本尺寸	极限偏差				
	H6	H7						
19	+0.013	+0.021	31	+0.050	65	23	3	1
20	0	0	32	+0.034	70	30		
					65 ^①	23		
					70	30		

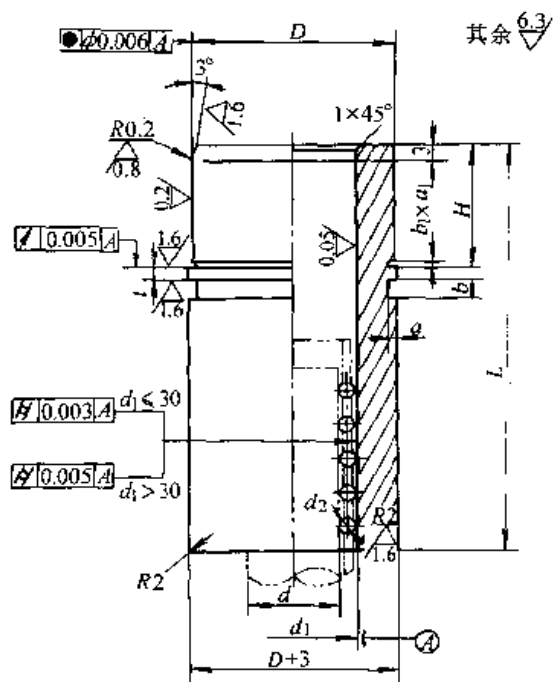
续表 22.4-68

基本尺寸	<i>d</i>		<i>D</i> (r6)		<i>L</i>	<i>H</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
	极限偏差		基本尺寸	极限偏差				
	H6	H7						
24	+0.013 0	+0.021 0	37	+0.050 +0.034	80	30	3	1
25			38		80	30		
30			42		100	38		
32	+0.016 0	+0.025 0	45	+0.060 +0.041	100 ^①	38	4	1
38			52		125	48		
40			55		125 ^①	48		
48			62		125	48		
			62		160	60		
50	65	125 ^①	48					
					160	60		
60	+0.019	+0.030	76	+0.062	160	78		
63	0	0	80	+0.043	160	78		

①为 GB/T 2816.6 中的尺寸规格。

表 22.4-69 B型导套 (摘自 JB/T 7187.4—1995)

(mm)



标记示例：
 直径 $d=25$ mm、长度 $L=100$ mm、高度 $H=30$ mm 的 B 型导套：
 导套 B25×100×30 JB/T 7187.4
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.4-69

基本尺寸		H	钢球直径 d	d ₁		D (m5)		t	b	a	b ₁	a ₁
d	L			基本尺寸	配合要求	基本尺寸	极限偏差					
19	80	23	3	25	与 B 型导柱配合应具有 0.01 ~ 0.02 径向过盈量	39	+0.020 +0.009	3	5	3	3	1
	100	30		40								
20	80	23		26		44						
	100	30		30		45						
24	100	30		31		52	+0.024 +0.011	4	6	3.5		
25	100	30		38		55						
30	120	38	40	66								
32	120	38	4	48	68	5	7.5	4	4	1		
38	140	48									50	78
40	140	48	5	60	80	6	8.5	6	8.5			
48	150	48								62	90	
50	150	48	6	72	95	+0.028 +0.013	6	8.5	6	8.5		
		60									75	

(5) 钢球保持圈

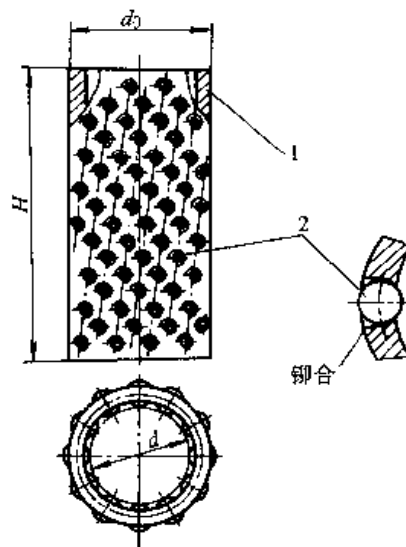
钢球保持圈结构形式和尺寸规格见表 22.4-70 和表 22.4-71。

(6) 圆柱螺旋压缩弹簧

圆柱螺旋压缩弹簧见表 22.4-72。

表 22.4-70 结构形式 (摘自 JB/T 7187.5—1995)

(mm)

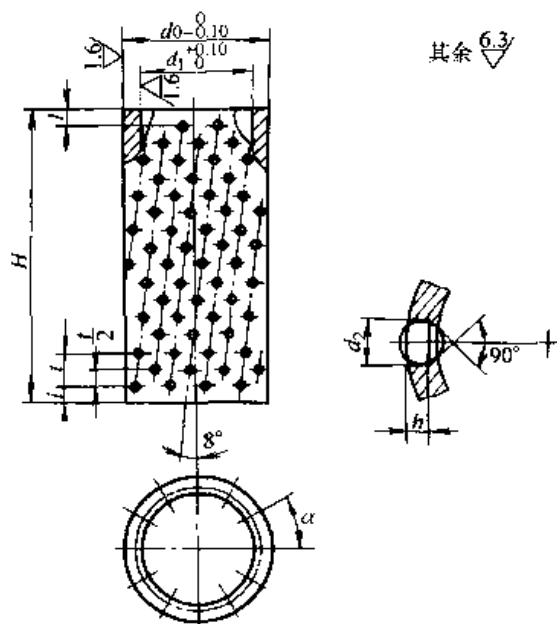


续表 22.4-70

基本尺寸			零件件号、名称及标准编号		钢球数
导柱直径 d	钢球保持圈直径 d_0	钢球保持圈长度 H	钢球保持圈 JB/T 7187.5—1995	钢球 GB/T 308	
			规格		
19	24.5	64	19×24.5×64	3 (01级)	180
20 ^①	25.5		20×25.5×64		180
24	29.5		24×29.5×64		200
25 ^①	30.5		25×30.5×64		200
30	37.5	84	30×37.5×84	4 (01级)	200
32 ^①	39.5		32×39.5×84		200
38	47.5	95	38×47.5×95	5 (01级)	180
40	49.5		40×49.5×95		180
48	59.5	102	48×59.5×102	6 (01级)	192
50	61.5		50×61.5×102		192
60	71.5	115	60×71.5×115		270
63	74.5		63×74.5×115		270

①为 GB/T 2861.8 中的尺寸规格。

表 22.4-71 钢球保持圈尺寸规格 (摘自 JB/T 7187.5—1995) (mm)



标记示例:

导柱直径 $d = 25$ mm、保持圈外径 $d_0 = 30.5$ mm、保持圈长度 $H = 64$ mm 的钢球保持圈:

保持圈 25×30.5×64 JB/T 7187.5
技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

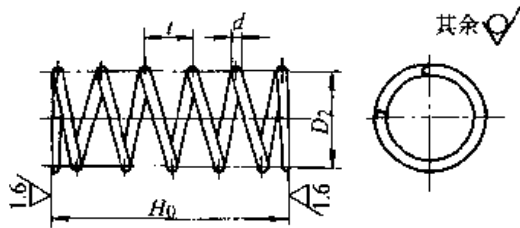
导柱直径 d	d_0	d_1	H	a	l	t	h	d_2
19	24.5	19.5	64	40°	3.5	6	1.8	3.1

续表 22.4-71

导柱直径 d	d_0	d_1	H	α	l	t	h	d_2
20 ^①	25.5	20.5	64	40°	3.5	6	1.8	3.1
24	29.5	24.5		30°				
25 ^①	30.5	25.5						
30	37.5	30.5	84	36°	4	8	2.5	4.1
32 ^①	39.5	32.5						
38	47.5	38.5	95	36°	5	10	3.2	5.1
40	49.5	40.5						
48	59.5	48.5						
50	61.5	50.5	102	30°	6	12	4.0	6.1
60	71.5	60.5						
63	74.5	63.5	115	24°	6.5			

①为 GB/T 2861.8 中的尺寸规格。

表 22.4-72 圆柱螺旋压缩弹簧 (摘自 JB/T 7187.6—1995)



标记示例:

钢丝直径 $d=2$ mm、中径 $D_2=35$ mm、自由高度 $H_0=85$ mm 的圆柱螺旋压缩弹簧:
 弹簧 2×35×85 JB/T 7187.6
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

钢丝直径 d /mm	弹簧中径 D_2 /mm	节距 t /mm	自由高度 H_0 /mm	有效圈数 n
1.6	22	9.6	60	6
	22		75	7.5
	27		75	7.5
2	33	13.6	85	6
	35			
	41		105	7.5
	43			
2.5	52	19.2	100	5
	54			
	52		110	5.5
	54			
3	65	23.7	135	5.5
	68			

注: 端部并紧, 磨平, 支承为 1。

6 冲模模架及其零件技术条件

6.1 冲模模架技术条件 (JB/T 8050—1999)

1) 组成模架的零件, 必须符合相应的标准要求和技术条件规定。

2) 滑动导向模架的精度分为 I 级和 II 级; 滚动导向模架的精度分为 0 I 级和 0 II 级。各级精度的模架必须达到表 22.4-73 所规定的各项技术指标。

表 22.4-73 模架分级技术指标

项	检查项目	被测尺寸 /mm	模架精度等级	
			0 I, I 级	II, II 级
			公差等级	
A	上模座上平面对下模座下平面的平行度	≤400	5	6
		>400	6	7
B	导柱轴心线对下模座下平面的垂直度	≤160	4	5
		>160	5	6

注: 公差等级按 GB/T 1184。

3) 装入模架的每对导柱和导套 (包括可卸导柱和导套) 的配合间隙值 (或过盈量) 应符合表 22.4-74 规定。

表 22.4-74 导柱导套配合间隙 (或过盈量) (mm)

配合形式	导柱直径	模架精度等级		配合后的过盈量
		I 级	II 级	
				配合后的间隙值
滑动配合	≤18	≤0.010	≤0.015	—
	>18~30	≤0.011	≤0.017	
	>30~50	≤0.014	≤0.021	
	>50~80	≤0.016	≤0.025	
滚动配合	>18~35	—	—	0.01~0.02

① I 级精度的模架必须符合导套、导柱配合精度为 H6/h5 时按表 22.4-74 给定的配合间隙值。

② II 级精度的模架必须符合导套、导柱配合精度为 H7/h6 时按表 22.4-74 给定的配合间隙值。

4) 装配后的模架, 其上模座沿导柱上、下

移动应平稳和无滞住现象。

5) 装配后的导柱, 其固定端面与下模座下平面应保留 1~2 mm 距离, 选用 B 型导套时, 装配后其固定端面应低于上模座上平面 1~2 mm。

6) 模架的各零件工作表面不允许有裂纹和影响使用的砂眼、缩孔、机械损伤等缺陷。

7) 在保证本标准规定质量的情况下, 允许用其他工艺方法 (如环氧树脂、厌氧胶、低熔点合金浇注等) 固定导柱、导套, 其零件结构尺寸允许作相应改动。

8) 成套模架一般不装配模柄。

9) 上述规定以外的技术要求由供需双方协定。

6.2 冲模模架零件技术条件 (JB/T 8070—1995)

1) 零件的尺寸、精度、表面粗糙度和热处理应符合有关零件标准的技术要求和本技术条件的规定。

2) 零件的材料除按有关零件标准的规定使用材料外, 允许代料, 但代用材料的力学性能不得低于原定材料。

3) 零件图上未注公差尺寸的极限偏差按 GB/T 1804 的规定。

4) 零件图上未注明倒角尺寸, 所有锐边锐角均应倒角或倒圆, 视零件大小, 倒角尺寸为 $0.5 \times 45^\circ \sim 2 \times 45^\circ$, 倒圆尺寸为 $R0.5 \sim R1$ mm。

5) 零件图上未注明的铸造圆角半径为 $R3 \sim R5$ mm。

6) 铸件的非加工表面须清砂处理, 表面应光滑平整, 无明显凸凹缺陷。

7) 铸件的尺寸公差: 按 GB/T 6414—1999 的规定。

8) 铸造模座加工前应进行时效处理, 要求高的铸造模座在粗加工后再进行一次消除内应力的时效处理。

9) 加工后的零件表面, 不允许有裂纹和影响使用的砂眼、缩孔、机械损伤等缺陷。

10) 经热处理后的零件不允许有裂纹和影响使用的软点、脱碳区, 并清除氧化皮, 脏物和油污。

11) 表面渗碳淬火的零件, 其要求渗碳层为成品加工后的渗碳厚度。

12) 钢制零件的非工作表面及非配合表面视使用要求应进行发黑处理。

13) 各级精度模架用的模座, 其平行度 t 必须达到表 22.4-75 的规定。

表 22.4-75 模座的平行度 (mm)

基本尺寸	模架精度等级	
	0 I、I 级	0 II、II 级
	平行度 t	
>40~63	0.008	0.012
>63~100	0.010	0.015
>100~160	0.012	0.020
>160~250	0.015	0.025
>250~400	0.020	0.030
>400~630	0.025	0.040
>630~1 000	0.030	0.050
>1 000~1 600	0.040	0.060

14) 模座上的起重孔为螺孔, 螺孔的基本尺寸按 GB/T 196, 公差按 GB/T 197。经供需双方协议可改为钻孔。

15) 组成 I 级精度的滑动导向模架和滚动导向模架的铸造模座的非加工表面清理后涂漆。一般的铸造模座的非加工表面清理后需不需要涂漆, 由供需双方协商处理。

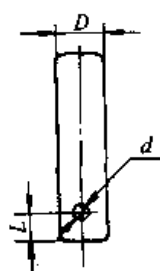
16) 导套的导入端孔允许有扩大的锥度, 孔直径小于或等于 $\phi 55$ mm 时锥度范围不大于 3 mm 且在 3 mm 长度内扩大值不大于 0.02 mm, 孔直径大于 $\phi 55$ mm 时锥度范围不大于 5 mm 且在 5 mm 长度内扩大值不大于 0.04 mm。

17) 滑动和滚动的可卸导柱与衬套的锥度配合面, 其吻合长度和吻合面积均应在 80% 以上。

18) 铆合在钢球保持圈上的钢球应在孔内自由转动而不脱落。

19) 直径小于或等于 $\phi 55$ mm 的导柱 (可卸式导柱除外) 允许按表 22.4-76 规定加工工艺孔。

表 22.4-76 导柱工艺孔 (mm)

	D	d	L
	≤ 18	3	10
	≤ 30	4	15
	≤ 40	5	20
	≤ 55	6	20

20) 当铸造质量能满足模座搭压板处的平整要求并确保安全时, 模座的压板台可由制造厂决定取消。

7 冲模钢板模架及其零件技术条件

7.1 钢板模架技术条件 (JB/T 7183—1995)

1) 组成模架的零件, 必须符合相应的标准要求和技术条件规定。

2) 滑动导向模架的精度分为 I 级和 II 级; 滚动导向模架的精度分为 0 I 级和 0 II 级。各级精度的模架必须达到表 22.4-77 所规定的各项技术指标。

表 22.4-77 模架分级技术指标

项	检查项目	被测尺寸 /mm	模架精度等级	
			0 I、I 级	0 II、II 级
			公差等级	
A	上模座上平面对下模座下平面的平行度	≤ 400	5	6
		> 400	6	7
B	导柱轴线对下模座下平面的垂直度	≤ 160	3	4
		> 160	4	5

注: 公差等级需符合 GB/T 1184。

3) 组装后的模架上、下模座两个对应的基准面在同一平面内, 位置度沿基准面长度方向为 0.05/300。

4) 装入模架的每对导柱和导套的配合间隙值 (或过盈量) 应符合表 22.4-78 规定:

① I 级精度的模架必须符合导套、导柱配合精度为 H6/h5 时按表 22.4-78 给定的配合间隙值。

② II 级精度的模架必须符合导套、导柱配合精度为 H7/h6 时按表 22.4-78 给定的配合间隙值。

5) 装配后的模架, 其上模座沿导柱上、下移动应平稳和无滞住现象。

6) 装配后的导柱固定端面与模座平面应保留 1~2 mm 距离。

7) 在保证本标准规定质量的情况下, 允许用其他工艺方法 (如环氧树脂、厌氧胶、低熔点合金浇注等) 固定导柱、导套, 其零件结构尺寸

允许作相应改动。

表 22.4-78 导柱导套配合间隙 (或过盈量) (mm)

配合形式	导柱直径	模架精度等级		配合后的过盈量
		I级	II级	
		配合后的间隙		
滑动配合	≤18	≤0.010	≤0.015	—
	>18~30	≤0.011	≤0.017	
	>30~50	≤0.014	≤0.021	
	>50~80	≤0.016	≤0.025	
滚动配合		—	—	0.01~0.02

7.2 钢板模架零件技术条件 (JB/T 7188—1995)

1) 零件的尺寸、精度、表面粗糙度和热处理等应符合有关零件标准的技术要求和本技术条件的规定。

2) 零件的材料除按有关零件标准的规定外, 允许使用替代材料, 其替代材料的性能不得低于原定材料。

3) 零件图上未注公差尺寸的极限偏差按 GB/T 1804 规定。

4) 零件所有锐边均应倒角或倒圆, 零件图上未注明倒角尺寸, 视零件大小, 倒角尺寸为 $1 \times 45^\circ \sim 3 \times 45^\circ$, 倒圆尺寸为 $R0.5 \sim R1$ mm。

5) 上模座、下模座的两基准面的垂直度必须达到表 22.4-79 的规定。

6) 加工后的零件表面, 不允许有裂纹和影响使用的机械损伤等缺陷。

7) 经热处理后的零件不允许有裂纹和影响使用的软点、脱碳区, 并清除氧化皮、脏物和油污。

8) 表面渗碳淬火的零件, 要求其渗碳层为

成品加工后的渗碳厚度。

9) 零件的非工作表面及非配合表面视使用要求应进行发蓝处理。

10) 各级精度模架用的模座, 其平行度 t 必须达到表 22.4-80 的规定。

表 22.4-79 上、下模座的两基准面的垂直度 (mm)

基本尺寸	垂直度 t
>63~100	0.03
>100~160	0.04
>160~250	0.05
>250~400	0.06
>400~630	0.08
>630~1 000	0.10

11) 上、下模座的导柱、导套安装孔的轴心线应与基准面垂直, 其垂直度公差按如下规定:

① 0 I、I 级模架的模座为 0.005:100。

② 0 II、II 级模架的模座为 0.01:100。

12) 螺纹公差按 GB/T 197 规定的 6 级精度。表面粗糙度参数值 R_a 为 $6.3 \mu\text{m}$ 。

表 22.4-80 模座的平行度 (mm)

基本尺寸	模架精度等级	
	0 I、I级	0 II、II级
	平行度 t	
>63~100	0.005	0.010
>100~160	0.006	0.012
>160~250	0.008	0.016
>250~400	0.010	0.020
>400~630	0.012	0.025
>630~1 000	0.015	0.030
>1 000~1 600	0.020	0.040

续表 22.5-2

d	D (m6)		D ₁	h		L									
	基本尺寸	极限偏差		I 型	II 型	36	38	40	42	45	48	50	52	55	
3.2	6	+0.012 +0.004	9	3	—										
3.3															
3.5															
3.7															
3.8															
3.9															
4.1	8	+0.015 +0.006	11	3	—										
4.15															
4.2															
4.3															
4.6															
4.9	8	+0.015 +0.006	11	3	5										
5.0															
5.1															
5.15															
5.3															
5.6															
5.9															
6.1															
6.15															
6.65															
6.7															
7.15															
7.65	10	+0.018 +0.007	13	3	5										
8.15															
8.4															
8.65															
9.15															
9.65															
10.15	12	+0.018 +0.007	15	3	5										
10.2															
10.7															
11.2															
11.7															
12.2															
12.7	14	+0.018 +0.007	17	3	5										
13.2															
14															
14.2															
14.7															
15.2															
	16	+0.018 +0.007	19	3	6										
	18	+0.018 +0.007	22	3	6										

续表 22.5-2

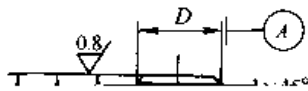
d	D (m6)		D ₁	h		L													
	基本尺寸	极限偏差		I 型	II 型	40	42	45	48	50	52	55	58	60	65	70			
16.2	20		24	3	6														
16.7																			
17.2																			
17.4																			
18.2	22	+0.021 +0.008	26	3	6														
19.2																			
20.2																			
21.2																			
22.2	25		30	3	6														
23.2																			
24.2	30		35	3	6														
25.2																			
26.2																			
28.2																			
30.2	32	+0.025 +0.009	38																

快换圆凸模见表 22.5-3。

2.3 快换圆凸模

表 22.5-3 快换圆凸模 (摘自 JB/T 8057.3—1995)

(mm)



其余 $\sqrt[6.3]{}$

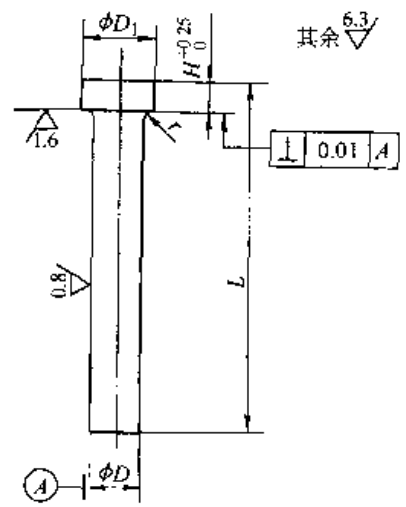
续表 22.5-5

d	D (m6)		D ₁	h ₁	h	H													
	料厚 ≤ 2	基本尺寸				极限偏差	14	16	18	20	22	25	28	30	35				
>6-8	16	+0.018 +0.007	20	3 6	4 6														
>8-10	20	+0.021 +0.008	25	3 6	4 6														
10-12	22		27	3 6	6 8														
12-15	25		30	3 6	6 8														
15-18	30		+0.025 +0.009	35	3 6	8 10													
18-22	35	40		3 6	8 10														
22-28	40	45		3 6	8 10														

圆柱头直杆圆凸模见表 22.5-6。

2.6 圆柱头直杆圆凸模

表 22.5-6 圆柱头直杆圆凸模 (摘自 JB/T 5825-1991) (mm)



标记示例：
 刃口直径 $D=6.3$ mm、长度 $L=80$ mm、材料为 Cr12 的圆柱头直杆圆凸模：
 圆凸模 6.3×80-Cr12 JB/T 5825
 材料和硬度：T10A、Cr6WV，刃口 (58 ± 2) HRC，头部 (45 ± 5) HRC；9Mn2V、Cr12MoV、Cr12、CrWMn，刃口 (60 ± 2) HRC，头部 (45 ± 5) HRC

D (m5)	H	D ₁ -0.25	L ^{+1.0} ₀	r	D (m5)	H	D ₁ -0.25	L ^{+1.0} ₀	r
1.0	3.0	3.0	45	0.25	1.7	3.0	4.0	63	0.25
1.05					1.8				
1.1					1.9				
1.2					2.0				
1.25					2.1				
1.3					2.2				
1.4	3.0	5.0	56	0.25	2.4	3.0	5.0	80	0.25
1.5					2.5				
1.6					2.6				

续表 22.5-6

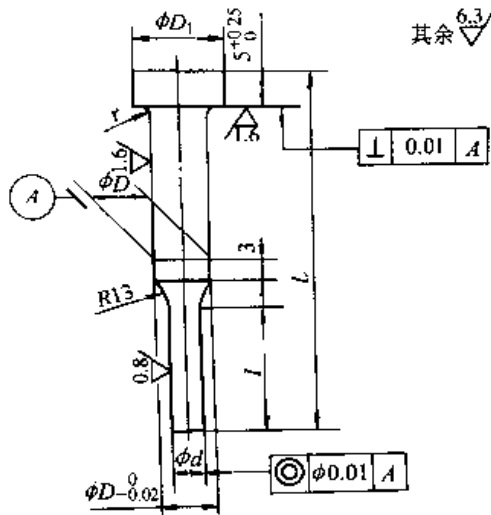
D (m5)	H	$D_1 \begin{smallmatrix} 0 \\ 0.25 \end{smallmatrix}$	$L \begin{smallmatrix} +1.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	r	D (m5)	H	$D_1 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.25 \end{smallmatrix}$	$L \begin{smallmatrix} +1.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	r
2.8	3.0	5.0	90	0.25	8.0	5.0	11.0	63	0.25
3.0					8.5				
3.2					9.0				
3.4	3.0	6.0	100		9.5	5.0	13.0	71	
3.6					10.0				
3.8					10.5				
4.0					11.0				
4.2	3.0	7.0	45		12.0	5.0	16.0	90	
4.5					12.5				
4.8					13.0				
5.0	5.0	8.0	50	14.0	5.0	19.0	100		
5.3	5.0	9.0		15.0					
5.6				16.0					
6.0				20.0					
6.3	5.0	11.0	56	25.0	5.0	29.0	0.4		
6.7				32.0					
7.1				36.0					
7.5				40.0					

圆柱头缩杆圆凸模见表 22.5-7。

2.7 圆柱头缩杆圆凸模

表 22.5-7 圆柱头缩杆圆凸模 (摘自 JB/T 5826—1991)

(mm)



标记示例:

杆直径 $D=5$ mm、刃口直径 $d=2$ mm、长度 $L=56$ mm、材料为 T10A 的圆柱头缩杆圆凸模:

圆凸模 $5 \times 2 \times 56 - T10A$ JB/T 5826

材料和硬度: T10A、Cr6WV, 刃口 (58 ± 2) HRC, 头部 (45 ± 5) HRC; 9Mn2V、Cr12MoV、Cr12、CrWMn, 刃口 (60 ± 2) HRC, 头部 (45 ± 5) HRC

D (m5)	$d \begin{smallmatrix} +0.01 \\ 0 \end{smallmatrix}$		$D_1 \begin{smallmatrix} 0 \\ 0.25 \end{smallmatrix}$	$L \begin{smallmatrix} +1.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	r
	下限	上限			
5	1	4.9	8	45	0.25
6	1.6	5.9	9	50	

续表 22.5-7

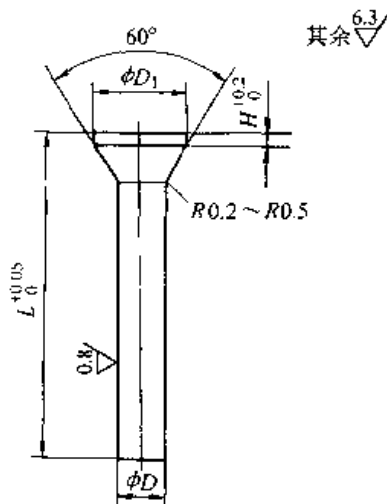
D (m5)	$d^{+0.01}_0$		$D_1 - 0.25$	$L^{+1.0}_0$	r
	下限	上限			
8	2.5	7.9	11	56	0.25
10	4	9.9	13	63	
13	5	12.9	16	71	
16	8	15.9	19	80	
20	12	19.9	24	90	0.4
25	16.5	24.9	29		
32	20	31.9	36	100	
36	25	35.9	40		

注：刃口长度 l 由制造者自行选定。

60°锥头直杆圆凸模见表 22.5-8。

2.8 60°锥头直杆圆凸模

表 22.5-8 60°锥头直杆圆凸模 (摘自 JB/T 5827—1991) (mm)



标记示例：

刃口直径 $D=6.3$ mm、长度 $L=80$ mm，材料为 Cr12 的 60° 锥头直杆圆凸模：

锥头圆凸模 6.3×80 - Cr12 JB/T 5827

材料和硬度：T10A、Cr6WV，刃口 (58 ± 2) HRC，头部 (45 ± 5) HRC；9Mn2V、Cr12MoV、Cr12、CrWMn，刃口 (60 ± 2) HRC，头部 (45 ± 5) HRC

D (m5)	D_1	H	L	D (m5)	D_1	H	L
0.5	0.9	0.2	40	1.1	1.8	0.5	71
0.55	1	0.2		1.2	2	0.5	
0.6	1.1	0.2		1.25	2	0.5	
0.65	1.2	0.2		1.3	2	0.5	
0.7	1.3	0.2	50	1.4	2.2	0.5	
0.75	1.3	0.2		1.5	2.2	0.5	
0.8	1.4	0.4		1.6	2.5	0.5	
0.85	1.4	0.4		1.7	2.5	0.5	
0.9	1.6	0.4	63	1.8	2.8	0.5	
0.95	1.6	0.4		1.9	2.8	0.5	
1	1.8	0.5		2	3	0.5	
1.05	1.8	0.5		2.1	3.2	0.5	

续表 22.5-8

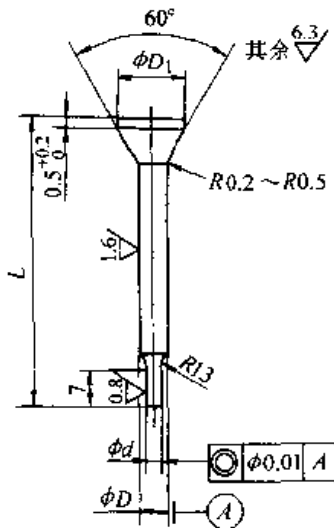
D (m5)	D ₁	H	L	D (m5)	D ₁	H	L		
2.2	3.2	0.5	80	6	8	0.5	80		
2.4	3.5	0.5		6.3	8	0.5			
2.5	3.5	0.5		6.7	9	1			
2.6	4	0.5		7.1	9	1			
2.8	4	0.5		7.5	10	1			
3	4.5	0.5		8	10	1			
3.2	4.5	0.5	63	8.5	11	1	90		
3.4	4.5	0.5		9	11	1			
3.6	5	0.5		9.5	12	1			
3.8	5	0.5		10	12	1			
4	5.5	0.5		10.5	13	1			
4.2	5.5	0.5		11	13	1			
4.5	6	0.5		12	14	1			
4.8	6	0.5		71	12.5	15		1	100
5	6.5	0.5			13	15		1	
5.3	6.5	0.5			14	16		1.5	
5.6	7	0.5	15		17	1.5			

60°锥头缩杆圆凸模见表 22.5-9。

2.9 60°锥头缩杆圆凸模

表 22.5-9 60°锥头缩杆圆凸模 (摘自 JB/T 5828—1991)

(mm)



标记示例:

杆直径 $D=2$ mm、刃口直径 $d=0.5$ mm、长度 $L=71$ mm、材料为 Cr12 的 60°锥头缩杆圆凸模:

锥头圆凸模 $2 \times 0.5 \times 71 - \text{Cr12 JB/T 5828}$

材料和硬度: T10A、Cr6WV, 刃口 (58 ± 2) HRC, 头部 (45 ± 5) HRC; 9Mn2V、Cr12MoV、Cr12、CrWMn, 刃口 (60 ± 2) HRC, 头部 (45 ± 5) HRC

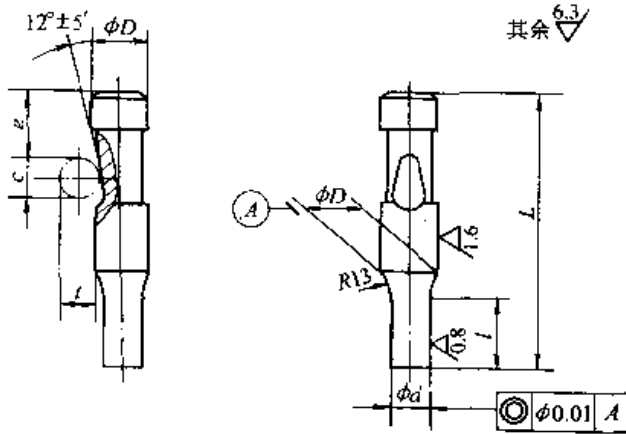
D (m5)	d (j6)	D ₁	$L^{+0.5}$	
			71	80
2	$0.5 \leq d \leq 1.6$	3.0		×
3	$1.4 \leq d \leq 2.9$	4.5		×

注: ×——表示有此规格。

2.10 球锁紧圆凸模

球锁紧圆凸模见表 22.5-10。

表 22.5-10 球锁紧圆凸模 (摘自 JB/T 5829—1991) (mm)



标记示例：
 杆直径 $D=6$ mm、刃口直径 $d=2$ mm、长度 $L=71$ mm、材料为 T10A 的球锁紧圆凸模：
 球锁紧圆凸模 6×2×71-T10A JB/T 5829
 材料和硬度：T10A、Cr6WV, (62 ± 2) HRC

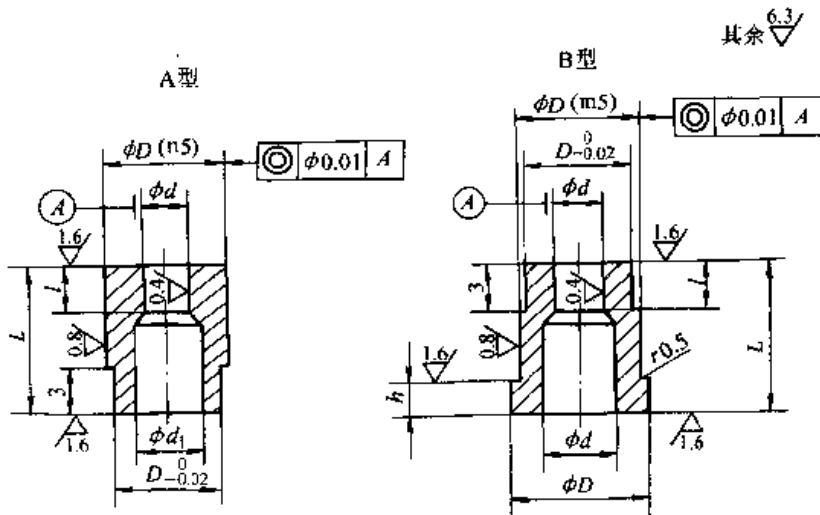
D (g5)	刃口直径 d (j6) 的范围		C	$e^{+0.2}_0$	t^{-0}_0	$L^{+0.5}$				
	下限	上限				50	56	63	71	80
6.0	1.6	5.9	6.0	14.0	5.2	×	×	×	×	×
10.0	4.0	9.9	8.0	12.4	6.7	×	×	×	×	×
13.0	6.0	12.9	8.0	12.4	6.7	×	×	×	×	×
16.0	8.5	15.9	8.0	12.4	6.7	—	×	×	×	×
20.0	12.5	19.9	8.0	12.4	6.7	—	×	×	×	×
25.0	18.0	24.9	8.0	12.4	6.7	—	×	×	×	×
32.0	25.0	31.9	8.0	12.4	6.7	—	×	×	×	×

注：刃口长度 l 由制造者自行选定。×——表示有此规格。

圆凹模见表 22.5-11。

2.11 圆凹模

表 22.5-11 圆凹模 (摘自 JB/T 5830—1991) (mm)



标记示例：
 外径 $D=5$ mm、内径 $d=1$ mm、总长度 $L=16$ mm、刃口长度 $l=2$ mm、材料为 T10A 的 A 型圆凸模：
 圆凹模 A5×1×16×2-T10A JB/T 5830
 材料和硬度：T10A、9Mn2V、Cr6WV, Cr12, (62 ± 2) HRC

续表 22.5-11

D	d ^① (H8)	L ^{+0.5} ₀						D ₁ - ⁰ _{-0.25}	h ^{+0.25} ₀	l			d ₁ max
		12	16	20	25	32	40			选择其			
										min	标准值	max	
5	1, 1.1, 1.2……, 2.4	×	×	×	×	—	—	8	3	—	2	4	2.8
6	1.6, 1.7, 1.8……, 3	×	×	×	×	—	—	9	3	—	3	4	3.5
8	2, 2.1, 2.2……, 3.5	×	×	×	×	×	—	11	3	—	4	5	4.0
10	3, 3.1, 3.2……, 5	×	×	×	×	×	—	13	3	—	4	8	5.8
13	4, 4.1, 4.2……, 7.2	—	—	×	×	×	×	16	5	—	5	8	8.0
16	6, 6.1, 6.2……, 8.8	—	—	×	×	×	×	19	5	—	5	8	9.5
20	7.5, 7.6, 7.7……, 11.3	—	—	×	×	×	×	24	5	5	8	12	12.0
25	11, 11.1, 11.2……, 16.6	—	—	×	×	×	×	29	5	5	8	12	17.3
32	15, 15.1, 15.2……, 20	—	—	×	×	×	×	36	5	5	8	12	20.7
40	18, 18.1, 18.2……, 27	—	—	×	×	×	×	44	5	5	8	12	27.7
50	26, 26.1, 26.2……, 36	—	—	×	×	×	×	54	5	5	8	12	37.0

注：1. 作为专用的凹模，工作部分可以在 d 的公差范围内加工成锥孔，而上表面具有最小直径。

2. ×——表示有此规格。

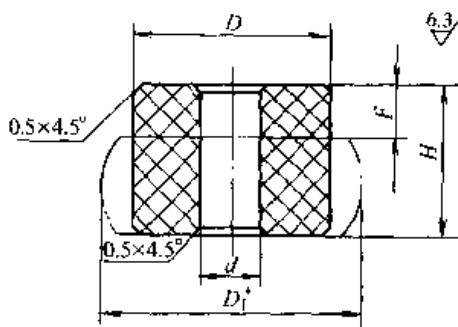
① d 的增量为 0.1 mm。

3 冷冲模卸料装置聚胺酯弹性体

聚胺酯弹性体见表 22.5-12、表 22.5-13 和表 22.5-14。

表 22.5-12 聚胺酯弹性体 (摘自 JB/T 7650.9—1995)

(mm)



标记示例：
直径 D=32 mm、d=10.5 mm、厚度 H=25 mm
的聚胺酯弹性体：
聚胺酯弹性体 32×10.5×25 JB/T 7650.9—
1995

D	d	H	D ₁	D	d	H	D ₁
16	6.5	12	21	45	12.5	25	58
20	8.5		26			32	
25		16	33			40	
32	10.5	20	42	60	16.5	20	78
		25				25	
		32				32	
40	40						
45	12.5	20	58			50	

表 22.5-13 压缩量与工作负荷参照表 (摘自 JB/T 7650.9—1995)

工作负荷 D/mm	负荷/N								
	16	20	25		32			45	
0.1H	167	294	500	441	461	824	726	686	1 784
0.2H	392	608	1 098	1 000	1 039	1 785	1 275	1 686	3 805
0.3H	677	1 059	1 932	1 804	1 755	3 160	2 980	2 880	6 820
0.35H	863	1 363	2 480	2 310	2 250	4 040	3 820	3 730	8 730

工作负荷 D/mm	负荷/N								
	45			60					
0.1H	1 690	1 600	1 650	3 560	2 920	2 820	3 650	2 650	
0.2H	3 650	3 510	3 510	7 580	7 120	6 390	6 390	5 930	
0.3H	6 390	6 080	5 880	14 100	12 460	11 500	10 950	10 590	
0.35H	8 200	7 780	7 530	18 070	15 970	14 750	14 060	13 530	

注：符号 D、F、H 见表 22.5-12 中图。

表 22.5-14 工作负荷修正系数 (摘自 JB/T 7650.9—1995)

硬度 A	修正系数	硬度 A	修正系数	硬度 A	修正系数
75	0.843	79	0.966	83	1.116
76	0.873	80	1.000	84	1.212
77	0.903	81	1.035	85	1.270
78	0.934	82	1.074		

注：1. D_1^* 参考尺寸 (F=0.3H 时的直径)。

2. 聚胺酯橡胶的硬度值有变化时，其工作负荷按表列修正系数进行修正。

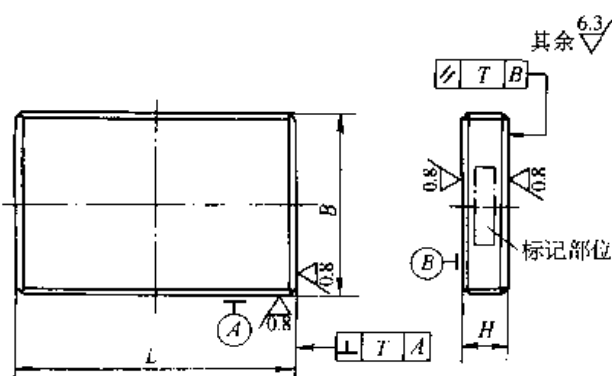
4 冲模模板

矩形凹模板见表 22.5-15。

4.1 矩形凹模板

表 22.5-15 矩形凹模板 (摘自 JB/T 7643.1—1994)

(mm)



标记示例：

长度 $L=125$ mm、宽度 $B=100$ mm、厚度 $H=20$ mm、材料为 T10A 的矩形凹模板：

凹模板 125×100×20-T10A JB/T 7643.1

材料：T10A、Cr12、Cr6WV、9Mn2V、Cr12MoV、9CrSi、CrWMn

技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.5-16

L	B	H										L	B	H												
		10	12	16	20	24	28	32	36	40	45			10	12	16	20	24	28	32	36	40	45			
63	50	*	*	*	*	*	*					500	125			*	*	*	*	*	*	*	*	*		
63	63	*	*	*	*	*	*					160	160			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
80			*	*	*	*	*	*			200					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
100			*	*	*	*	*	*	*		250					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
80	80	*	*	*	*	*	*	*	*			500	200			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
100		*	*	*	*	*	*	*	*		200				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
125			*	*	*	*	*	*	*		250					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
250				*	*	*	*	*	*		315					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
315				*	*	*	*	*	*		630					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
100	100		*	*	*	*	*	*	*	*		250	250			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
125			*	*	*	*	*	*	*	*		315				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
160				*	*	*	*	*	*	*		400				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
200				*	*	*	*	*	*	*	*	315				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
315				*	*	*	*	*	*	*	*	400				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
400				*	*	*	*	*	*	*	*	500				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
125	125		*	*	*	*	*	*	*	*		630	400			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
160			*	*	*	*	*	*	*	*		400				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
200			*	*	*	*	*	*	*	*	*	500				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
250			*	*	*	*	*	*	*	*	*	630				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
355			*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

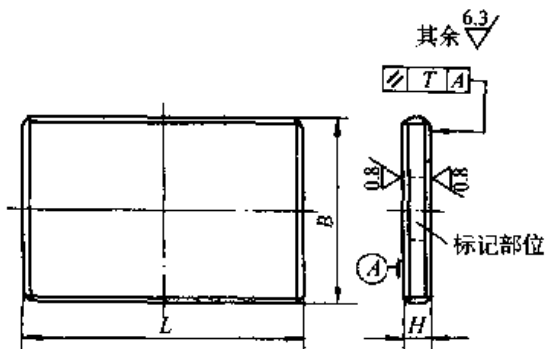
注：* 为选用尺寸。

矩形垫板见表 22.5-17。

4.3 矩形垫板

表 22.5-17 矩形垫板 (摘自 JB/T 7643.3—1994)

(mm)



标记示例:

长度 $L = 125$ mm、宽度 $B = 100$ mm、厚度 $H = 6$ mm、材料为 45 钢的矩形垫板:

垫板 125×100×6-45 钢 JB/T 7643.3

材料: 45、T8A

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.5-17

L	B	H						L	h	H					
		6	8	10	12	16	20			6	8	10	12	16	20
63	50	*						160	125	*	*				
63	63	*						200		*	*				
80		*						250		*	*				
100		*						355			*	*	*		
80	80	*						500	160		*	*	*		
100		*						160			*	*			
125		*						200			*	*			
250			*	*				250			*	*	*		
315			*	*				500				*	*	*	
100		100	*							200	200		*	*	
125	*		*					250		*		*			
160	*		*					315		*		*			
200	*		*					630				*	*	*	
315			*	*	*			250	250				*	*	
400			*	*	*			315					*	*	
125	125		*	*				400					*	*	*

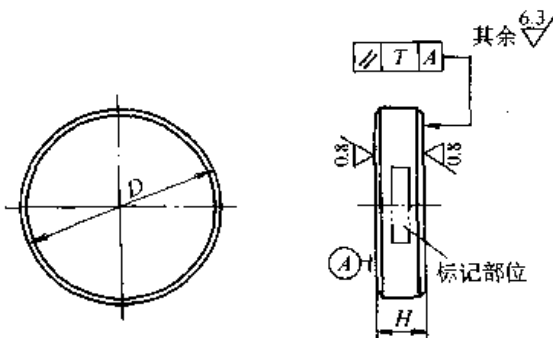
注：* 为选用尺寸。

圆形凹模板见表 22.5-18。

4.4 圆形凹模板

表 22.5-18 圆形凹模板 (摘自 JB/T 7643.4—1994)

(mm)



标记示例:

直径 $D = 100$ mm、厚度 $H = 20$ mm、材料为 T10A 的圆形凹模板:

凹模板 100×20-T10A JB/T 7643.4

材料: T10A、Cr12、Cr6WV、9Mn2V、Cr12MoV、9CrSi、CrWMn

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

D	H												
	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45
63	*	*	*	*	*	*							
80		*	*	*	*	*	*						
100		*	*	*	*	*	*						

续表 22.5-18

D	H												
	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45
125			*	*	*	*	*	*					
160				*	*	*	*	*	*	*			
200					*	*	*	*	*	*	*		
250						*	*	*	*	*	*	*	
315						*	*	*	*	*	*	*	*

注：* 为选用尺寸。

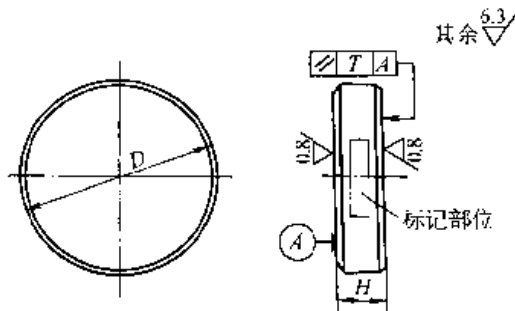
4.5 圆形固定板

圆形固定板见表 22.5-19。

4.6 圆形垫板

圆形垫板见表 22.5-20。

表 22.5-19 圆形固定板 (摘自 JB/T 7643.5—1994) (mm)



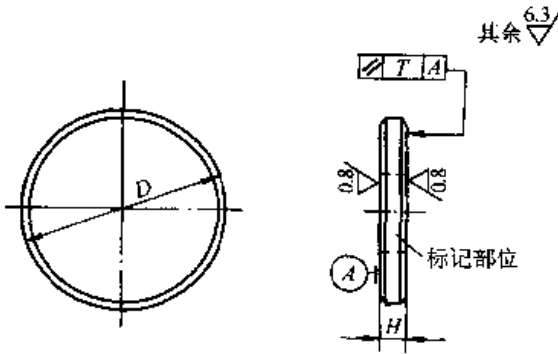
标记示例：
 直径 $D=100$ mm、厚度 $H=20$ mm、材料为 45 钢的圆形固定板：
 固定板 100×20—45 钢 JB/T 7643.5
 材料：45、Q235-A·F
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

D	H								
	10	12	16	20	25	32	36	40	45
63	*	*	*	*	*				
80	*	*	*	*	*	*	*		
100		*	*	*	*	*	*	*	
125		*	*	*	*	*	*	*	
160			*	*	*	*	*	*	*
200			*	*	*	*	*		
250			*	*	*	*	*		
315			*	*	*	*	*		

注：* 为选用尺寸。

表 22.5-20 圆形垫板 (摘自 JB/T 7643.6—1994)

(mm)



标记示例:
 直径 $D=100$ mm、厚度 $H=6$ mm、材料为 45 钢
 的圆形板:
 垫板 100×6-45 钢 JB/T 7643.6
 材料: 45、T8A
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

D	H			
	6	8	10	12
63	*			
80	*			
100	*			
125	*	*		
160		*	*	
200		*	*	
250			*	*

注: * 为选用尺寸。

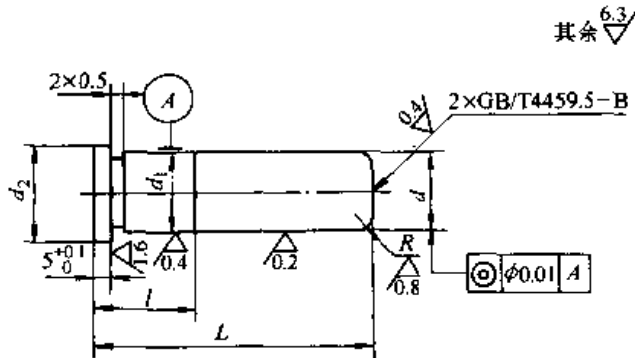
5 冲模导向装置

A 型小导柱见表 22.5-21。

5.1 A 型小导柱

表 22.5-21 A 型小导柱 (摘自 JB/T 7645.1—1994)

(mm)



标记示例:
 直径 $d=16$ mm、长度 $L=70$ mm 的 A 型小导柱:
 A 型小导柱 16×70 JB/T 7645.1
 材料: 20
 热处理: 渗碳深度 0.8~1.2 mm, 硬度 58~62HRC
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.5-21

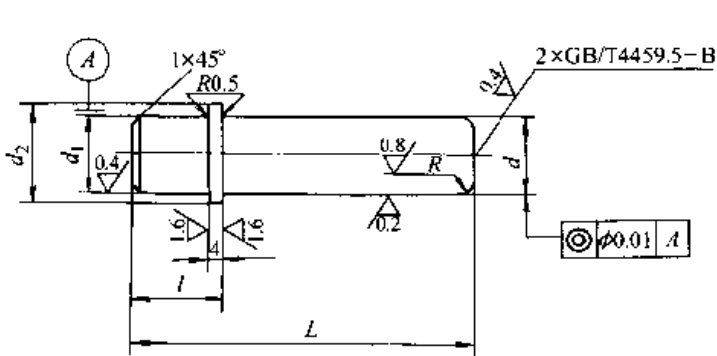
d (h5)		d_1 (m6)		d_2	L	l	R
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差				
10	0 -0.006	10	+0.015 +0.006	13	40	14	1
					50		
					60		
12	0 -0.008	12	+0.018 +0.007	15	50	16	1
					60		
					70		
16	0 -0.008	16	+0.018 +0.007	19	60	20	2
					70		
					80		
20	0 -0.009	20	+0.021 +0.008	24	80	25	3
					100		
					120		

B型小导柱见表 22.5-22。

5.2 B型小导柱

表 22.5-22 B型小导柱 (摘自 JB/T 7645.2—1994)

(mm)



其余 6.3

材料: 20

热处理: 渗碳深度 0.8~1.2 mm, 硬度

58~62HRC

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

标记示例:

直径 $d = 16$ mm、长度 $L = 60$ mm 的 B

型小导柱:

B型小导柱 16×60 JB/T 7645.2

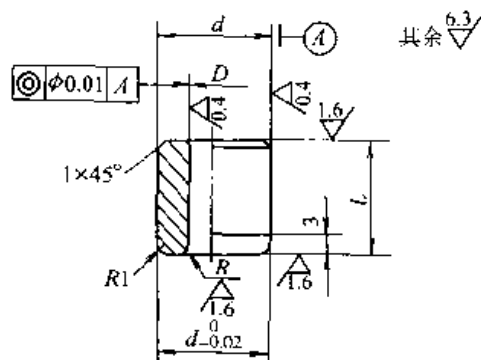
d (h5)		d_1 (m6)		d_2	L	l	R
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差				
10	0 -0.006	10	+0.015 +0.006	13	40	13	1
					50		
					60		
12	0 -0.008	12	+0.018 +0.007	15	50	15	1
					60		
					70		
16	0 -0.008	16	+0.018 +0.007	19	60	19	2
					70		
					80		
20	0 -0.009	20	+0.021 +0.008	24	80	24	3
					100		
					120		

小导套见表 22.5-23。

5.3 小导套

表 22.5-23 小导套 (摘自 JB/T 7645.3—1994)

(mm)



标记示例:

直径 $d = 12$ mm、长度 $L = 16$ mm 的小导套:

小导套 12×16 JB/T 7645.3

材料: 20

热处理: 渗碳深度 0.8~1.2 mm, 硬度 58~62HRC

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

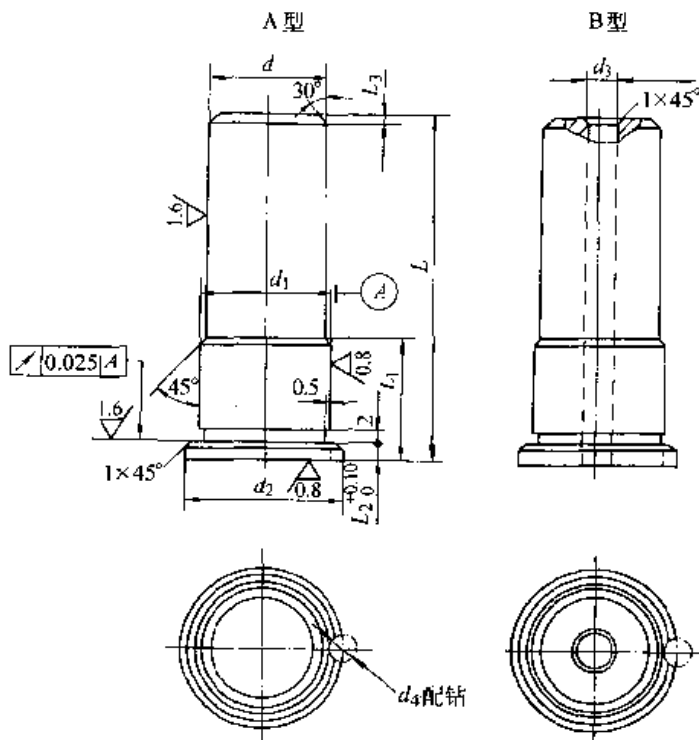
D (h5)		d (r6)		L	R
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
10	$+0.009$ 0	16	$+0.034$ $+0.023$	10	1
				12	
				14	
12	$+0.011$ 0	18	$+0.041$ $+0.028$	12	1.5
				14	
				16	
16	$+0.013$ 0	22	$+0.041$ $+0.028$	16	
				18	
				20	
20	$+0.013$ 0	26	$+0.041$ $+0.028$	20	2
				22	
				25	

压入式模柄见表 22.5-24。

6 冲模模柄

6.1 压入式模柄

表 22.5-24 压入式模柄 (摘自 JB/T 7646.1—1994) (mm)



材料: Q235-A·F
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定
 标记示例:
 直径 $d = 32$ mm、高度 $L = 80$ mm 的 A 型压入式模柄:
 模柄 A32×80 JB/T 7646.1

d (js10)		d_1 (m6)		d_2	L	L_1	L_2	L_3	d_3	d_4 (H7)	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差							基本尺寸	极限偏差
20	± 0.042	22	$+0.021$ $+0.008$	29	60	20	4	2	7	6	$+0.012$ 0
					65	25					
					70	30					
25	± 0.042	26	$+0.021$ $+0.008$	33	65	20	5	2.5	7	6	$+0.012$ 0
					70	25					
					75	30					
					80	35					
32	± 0.050	34	$+0.025$ $+0.009$	42	80	25	6	3	11	6	$+0.012$ 0
					85	30					
					90	35					
					95	40					
40	± 0.050	42	$+0.025$ $+0.009$	50	100	30	6	4	11	6	$+0.012$ 0
					105	35					
					110	40					
					115	45					
					120	50					

续表 22.5-24

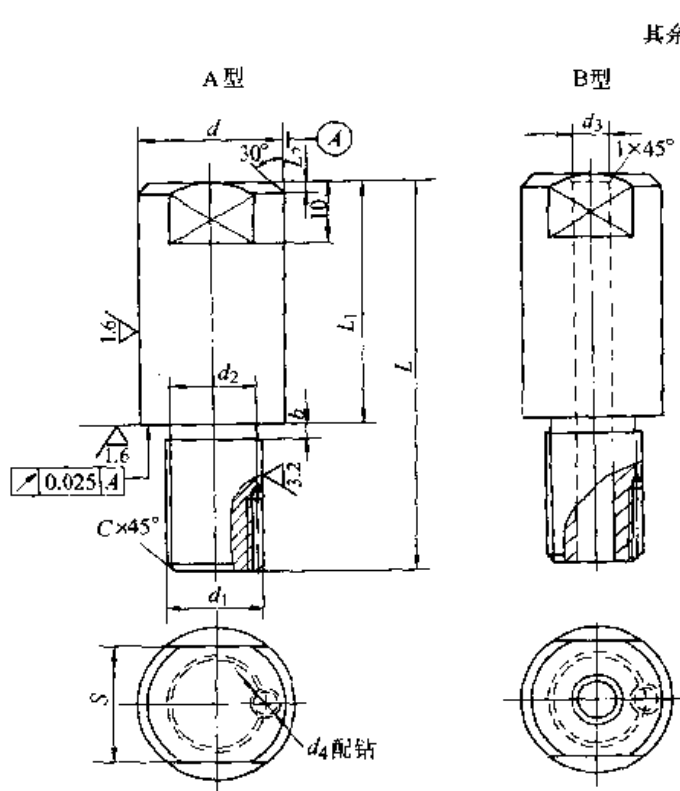
d (js10)		d_1 (m6)		d_2	L	L_1	L_2	L_3	d_3	d_4 (H7)	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差							基本尺寸	极限偏差
50	± 0.050	52	$+0.030$ $+0.011$	61	105	35	8	5	15	8	$+0.015$ 0
					110	40					
					115	45					
					120	50					
					125	55					
					130	60					
60	± 0.060	62	$+0.030$ $+0.011$	71	115	40	8	5	15	8	$+0.015$ 0
					120	45					
					125	50					
					130	55					
					135	60					
					140	65					
					145	70					

6.2 旋入式模柄

旋入式模柄见表 22.5-25。

表 22.5-25 旋入式模柄 (摘自 JB/T 7646.2—1994)

(mm)



材料: Q235-A·F
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定
 标记示例:
 直径 $d = 32$ mm 的 A 型旋入式模柄:
 模柄 A32 JB/T 7646.2

续表 22.5-25

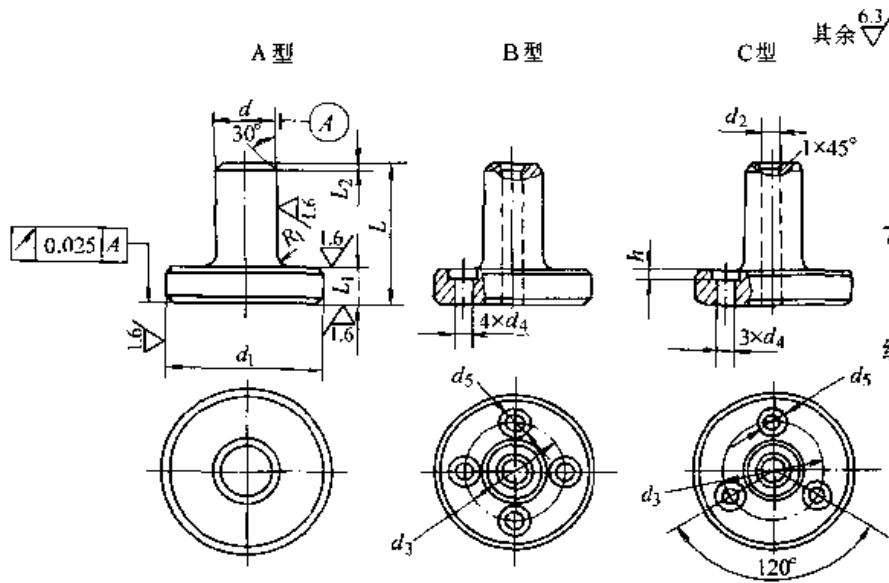
d (js10)		d_1	L	L_1	L_2	S	d_2	d_3	d_4	b	C
基本尺寸	极限偏差										
20	±0.042	M16×1.5	58	40	2	17	14.5	11	M6	2.5	1
25		M16×1.5	68	45	2.5	21	14.5				
32	±0.050	M20×1.5	79	56	3	27	18.0	15	M8	3.5	1.5
40		M24×1.5	91	68	4	36	21.5				
50		M30×2.0			5	41	27.5				
60	±0.060	M36×2.5	100	73	5	50	33.5			4.5	2

6.3 凸缘模柄

凸缘模柄见表 22.5-26。

表 22.5-26 凸缘模柄 (摘自 JB/T 7646.3—1994)

(mm)



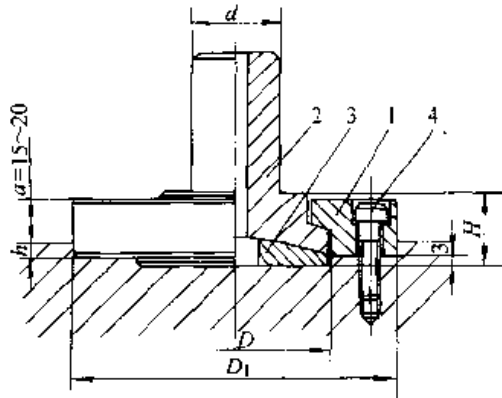
材料: Q235-A·F
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定
 标记示例:
 直径 $d = 40$ mm 的 A 型凸缘模柄:
 模柄 A40 JB/T 7646.3

d (js10)		d_1	L	L_1	L_2	d_2	d_3	d_4	d_5	h
基本尺寸	极限偏差									
20	±0.042	67	58	18	2	11	44	9	15	9
25		82	63		2.5		54			
32	±0.050	97	79	23	3	15	65	11	18	11
40		122	91		4		81			
50		132			5		91			
60	±0.060	142	96	100	5	15	101	13	22	13
70		152	110							

6.4 浮动模柄

浮动模柄见表 22.5-27, 其零件见表 22.5-28、表 22.5-29 及表 22.5-30。

表 22.5-27 浮动模柄 (摘自 JB/T 7646.5—1994)



标记示例:

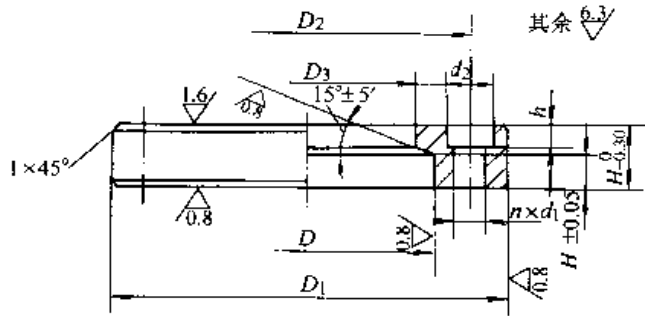
模柄直径 $d = 40$ mm、球面垫块直径 $D = 85$ mm、
锥面压圈外径 $D_1 = 120$ mm 的浮动模柄:

模柄 40×85×120 JB/T 7646.5

基本尺寸				零件件号、名称及标准编号			
d/mm	D/mm	D_1/mm	H/mm	1	2	3	4
				锥面压圈 JB/T 7646.5	凹球面模柄 JB/T 7646.5	凸球面垫块 JB/T 7646.5	螺钉 GB/T 70
				数 量			
				1	1	1	4 或 6 ^①
				规格/mm			
25	46	74	21.5	74	25×44	46	M6×20
	50	80		80	25×48	50	
32	55	90	25	90	30×53	55	M8×25
	65	100		100	30×63	65	
	75	110	25.5	110	30×73	75	
	85	120	27	120	30×83	85	
40	65	100	25	100	40×63	65	M10×30
	75	110		110	40×73	75	
	85	120	27	120	40×83	85	
				130			
	95	140	29	140	40×93	95	
	105	150		150	40×103	105	
50	85	130	27	130	50×83	85	M12×30
	95	140		140	50×93	95	
	105	150	29	150	50×103	105	
	115	160		160	50×113	115	
	120	170	31.5	170	50×118	120	
	130	180		180	50×128	130	

① 件号 4 的螺钉数量: 当 $D_1 \leq 100$ mm 为 4 件, $D_1 > 100$ mm 为 6 件。

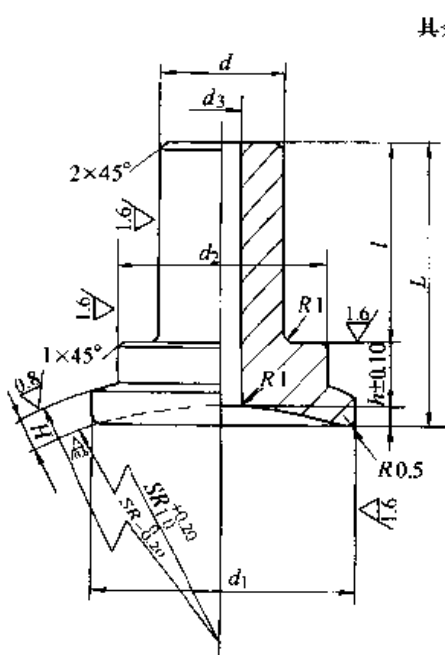
表 22.5-28 锥面压圈 (摘自 JB/T 7646.5—1994)



标记示例:
 外径 $D_1 = 120$ mm 的锥面压圈:
 锥面压圈 120 JB/T 7646.5
 材料: 45
 热处理: 硬度 43~48HRC
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

D_1 (j7) /mm		H /mm	D (H7) /mm		H_1	D_3	D_2	d_1	d_2	h	螺钉通孔 数量 n
基本尺寸	极限偏差		基本尺寸	极限偏差							
74	+0.018	16	46	-0.025	8.5	36	60	6.6	12	7	4
80	-0.012		50	0	8.6	38	65				
90	+0.020 -0.015	20	55	-0.030 0	10.9	43	72	9	15	9	
100			65		10.7	53	82				
110			75		10.6	63	92				
120	+0.022 -0.018	22	85	-0.035 0	12.8	69	102	11	18	11	6
130			95			79	117				
140			105			89	127				
150			115			12.7	99				
160	24	120	-0.040 0	15.2	100	145	13.5	22	13		
170		130			110	155					
180	26	130									

表 22.5-29 凹球面模柄 (摘自 JB/T 7646.5—1994) (mm)



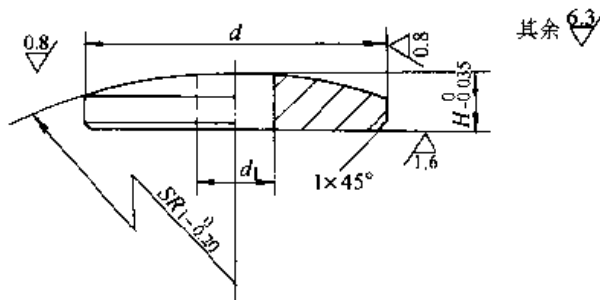
标记示例:
 凹球面模柄直径 $d = 40$ mm、直径 $d_1 = 83$ mm 的凹球面模柄:
 凹球面模柄 40×83 JB/T 7646.5
 材料: 45
 热处理: 硬度 43~48HRC
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.5-29

d (js10)		d_1	d_2	L	l	h	SR_1	SR	H	d_3		
基本尺寸	极限偏差											
25	± 0.042	44	34	64	48	3.5	69	75	6	7		
		48	36				74	80				
32	± 0.050	53	41	67		4	82	90	8	11		
		63	51			4.5	102	110				
		73	61	68		5.5	122	130	8	11		
		83	67	69		6	135	145				
40		± 0.050	63	51		79	4.5	102	110	8	13	
			73	61		80	5.5	122	130			
			83	67		81	6	135	145			
			93	77			6.5	155	165			
			103	87	83	7.5	170	180				
50			± 0.050	83	67	81	60	6	135	145		10
	93			77	6.5				155	165		
	103			87	83	7.5		170	180			
	113			97		8		190	200			
	118			98	85	8.5		193	205	12		
	128	108		9		213		225				

注：球 R_1 与凸球面垫块在摇摆旋转时吻合接触面不小于 80%。

表 22.5-30 凸球面垫块 (摘自 JB/T 7646.5—1994) (mm)



标记示例：
 直径 $d = 85$ mm 凸球面垫块：
 凸球面垫块 85 JB/T 7646.5
 材料：45
 热处理：硬度 43~48HRC
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

d (g6)		H	SR_1	d_1
基本尺寸	极限偏差			
46	-0.009 -0.025	9	69	10
50		9.5	74	
55	-0.010 -0.029	10	82	14
65		10.5	102	
75		11	122	
85	-0.012 -0.034	12	135	16
95		12.5	155	
105		13.5	170	

续表 22.5-30

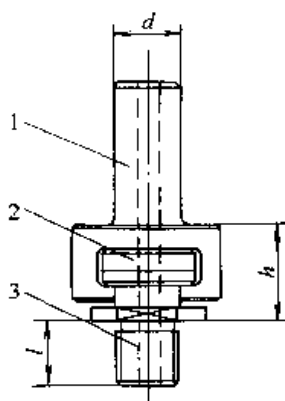
d (g6)		H	SR_1	d_1
基本尺寸	极限偏差			
115	-0.012	14	190	20
120	-0.034	15	193	
130	-0.014 -0.039	15.5	213	

注：球 R_1 与凹球面模柄在摇摆旋转时吻合接触面不小于 80%。

6.5 推入式活动模柄

推入式活动模柄见表 22.5-31、其零件见表 22.5-32、表 22.5-33 及表 22.5-34。

表 22.5-31 推入式活动模柄 (摘自 JB/T 7646.6—1994)

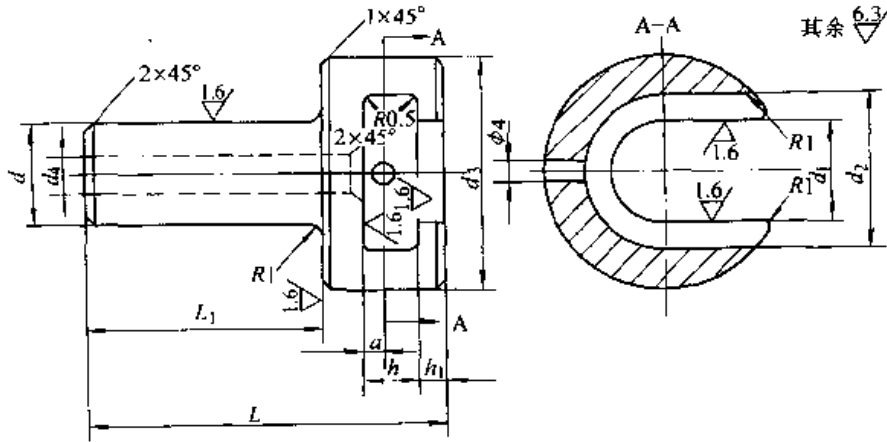


标记示例：
直径 $d=25$ mm、长度 $l=30$ mm 的推入式活动模柄：
推入式活动模柄 25×30 JB/T 7646.6

基本尺寸			零件件号、名称及标准编号		
			1	2	3
d/mm	l/mm	h/mm	模柄接头 JB/T 7646.6	凹球面垫块 JB/T 7646.6	活动模柄 JB/T 7646.6
			数 量		
			1	1	1
			规格/mm		
20	20	28.5	20	30×6	20×37
	25				20×42
	30				20×47
25	20	33.5	25	30×8	20×38
	25				20×43
	30				20×48
32	20	36.5	32	35×8	25×41
	25				25×46
	30				25×51
	35				25×56
	40				25×61
40	25	48.5	40	42×8.5	32×52
	30				32×57
	35				32×62
	40				32×67
	45				32×72
	50				32×77

表 22.5-32 模柄接头 (摘自 JB/T 7646.6—1994)

(mm)



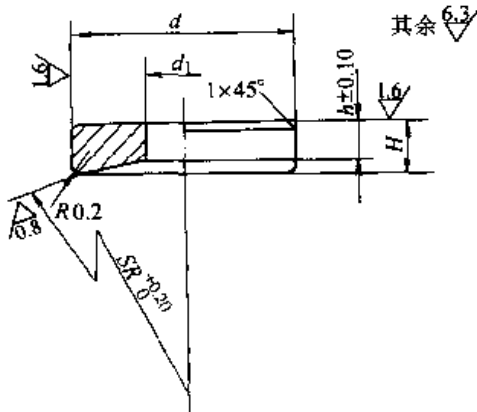
材料: Q235 - A·F
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

标记示例:
 直径 $d=25$ mm 的模柄接头:
 模柄接头 25 JB/T 7646.6

d (js10)		L	L_1	d_1 (H12)		d_2 (H12)		d_3	h_1	h (H13)		a	d_4
基本尺寸	极限偏差			基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差			基本尺寸	极限偏差		
20	± 0.042	68	45	20	$+0.210$	30	$+0.210$	45	5	10.5	$+0.270$	3.5	6.5
25		73								0			50
32	± 0.050	78	48	25	$+0.250$	35	$+0.250$	55	8	14.5	0	5.5	10.5
40		100	60	32		0		42		0		65	16.5

表 22.5-33 凹球面垫块 (摘自 JB/T 7646.6—1994)

(mm)



标记示例:
 直径 $d=35$ mm、高度 $H=8$ mm 的凹球面垫块:

凹球面垫块 35×8 JB/T 7646.6

材料: 45

热处理: 硬度 43~48HRC

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

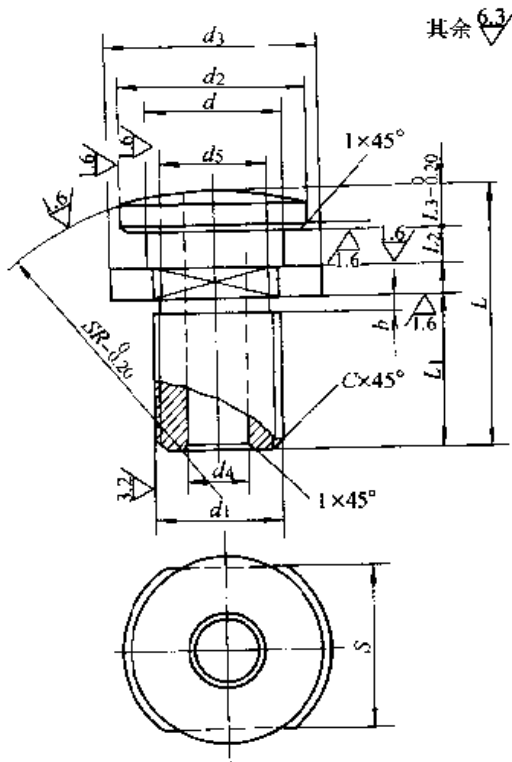
续表 22.5-33

d (a11)		H	h	SR	d_1
基本尺寸	极限偏差				
30	-0.300 -0.430	6	4	50	8
					10
35	-0.310 -0.470	8	6	60	12
42	-0.320 -0.480	8.5		80	14

注：球 R 与活动模柄在摇摆旋转时吻合接触面不小于 80%。

表 22.5-34 活动模柄 (摘自 JB/T 7646.6—1994)

(mm)



标记示例：
 直径 $d = 25$ mm、长度 $L = 51$ mm 的活
 动模柄：
 活动模柄 25×51 JB/T 7646.6
 材料：45，热处理硬度 43~48HRC
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

d (a11)		d_1	d_2 (a11)		d_3	L	L_1	L_2	L_3	SR	S	d_4	d_5	b	c
基本尺寸	极限偏差		基本尺寸	极限偏差											
20	-0.300 -0.430	M16×1.5	30	-0.300 -0.430	35	37	20	6	6	50	26	8	14.5	2.5	1
						42	25								
						47	30								
		M20×1.5				38	20								
						43	25								
						48	30								
											10	18			

续表 22.5-34

d (a11)		d ₁	d ₂ (a11)		d ₃	L	L ₁	L ₂	L ₃	SR	S	d ₄	d ₅	b	c
基本尺寸	极限偏差		基本尺寸	极限偏差											
25	-0.300 -0.430	M24×1.5	35	-0.310 -0.470	40	41	20	8	7	60	32	12	21.5		
						46	25								
						51	30								
						56	35								
						61	40								
32	-0.310 -0.470	M30×2	42	-0.320 -0.480	45	52	25	10	9	80	36	14	27.5	3.5	1.5
						57	30								
						62	35								
						67	40								
						72	45								
						77	50								

注：球 R 与凹球面垫块在摇摆旋转时吻合接触面不小于 80%。

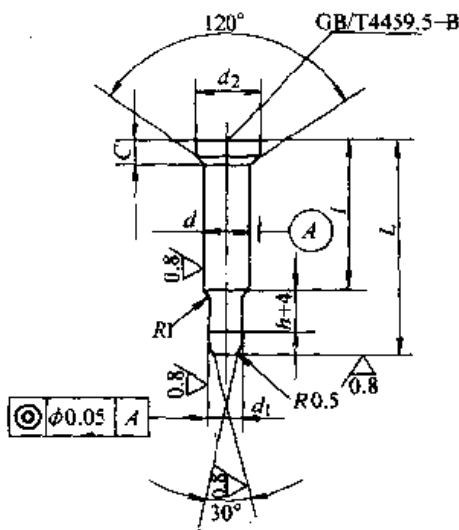
7 冲模导正销

A 型导正销见表 22.5-35。

7.1 A 型导正销

表 22.5-35 A 型导正销 (摘自 JB/T 7647.1—1994)

(mm)



标记示例：

杆直径 $d = 6$ mm、导正部分直径 $d_1 = 2$ mm、长度 $L = 32$ mm 的 A 型导正销：

A 型导正销 $6 \times 2 \times 32$ JB/T 7647.1

材料：T8A，热处理硬度 50~54HRC

技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.5-35

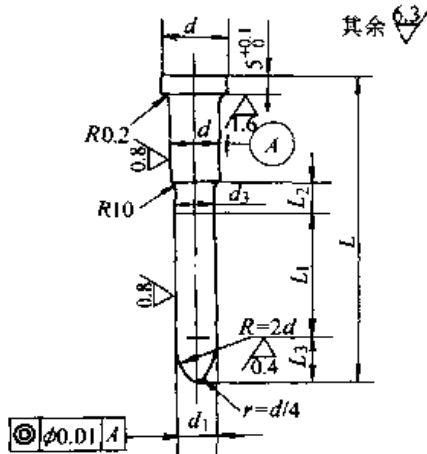
d (h6)		d_1 (h6)	d_2	C	L	l
基本尺寸	极限偏差					
5	0 -0.008	0.99~4.9	8	2	25	16
6		1.5~5.9	9		32	20
8	0 -0.009	2.4~7.9	11	3	36	25
10		3.9~9.9	13			
13	0 -0.011	4.9~11.9	16		40	32
16		7.9~15.9	19			

注： h 尺寸设计时决定。

B型导正销见表 22.5-36。

7.2 B型导正销

表 22.5-36 B型导正销 (摘自 JB/T 7647.2—1994) (mm)



标记示例：
杆直径 $d = 8$ mm、导正部分直径 $d_1 = 6$ mm、长度 $L = 63$ mm 的 B 型导正销：
B 型导正销 $8 \times 6 \times 63$ JB/T 7647.2
材料：9Mn2V，热处理硬度 52~56HRC
技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

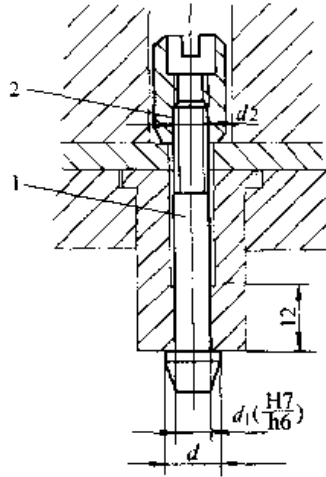
d (h6)		d_1 (h6)	d_2	L					
基本尺寸	极限偏差			56	63	71	80	90	100
5	0 -0.008	0.99~4.9	8	*	*	*	*	*	
6		1.5~5.9	9	*	*	*	*	*	*
8	0 -0.009	2.4~7.9	11	*	*	*	*	*	*
10		3.9~9.9	13	*	*	*	*	*	*
13	0 -0.011	4.9~11.9	16	*	*	*	*	*	*
16		7.9~16.9	19	*	*	*	*	*	*
20	0 -0.013	11.9~19.9	24	*	*	*	*	*	*
25		15.0~24.9	29	*	*	*	*	*	*
32	0 -0.016	19.9~31.9	36	*	*	*	*	*	*

注：1. * 为选用尺寸。
2. L_1 、 L_2 、 L_3 、 d_3 尺寸和头型由设计时决定。

7.3 C型导正销

C型导正销见表 22.5-37、其零件见表 22.5-38 及表 22.5-39。

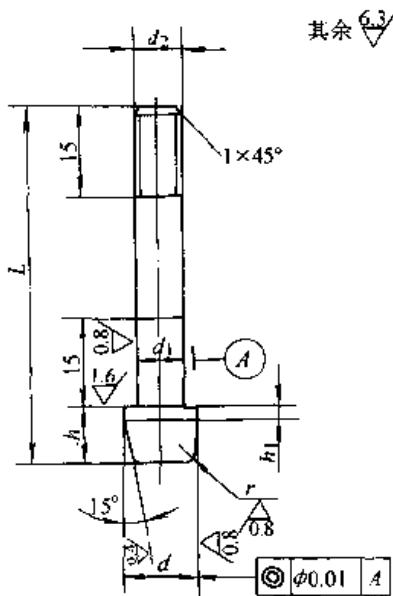
表 22.5-37 C型导正销 (摘自 JB/T 7647.3—1994)



标记示例:
直径 $d=6.2$ mm 的 C 型导正销:
C 型导正销 6.2 JB/T 7647.3

基本尺寸		零件件号、名称及标准编号	
d/mm	d_1/mm	1	2
		导正销 JB/T 7647.3	长螺母 JB/T 7647.3
		数量	
		1	1
规格/mm			
4~6	4	4~6	M4
>6~8	5	>6~8	M5
>8~10	6	>8~10	M6
>10~12		>10~12	

表 22.5-38 导正销 (摘自 JB/T 7647.3—1994) (mm)



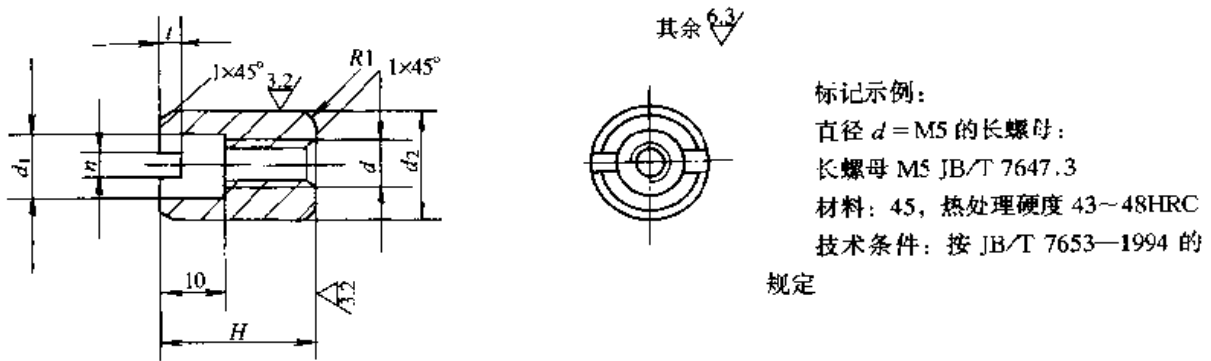
标记示例:
直径 $d=6.2$ mm 的导正销:
导正销 6.2 JB/T 7647.3
材料: 9Mn2V, 热处理硬度 52~56HRC
技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.5-38

d (h6)		d_1 (h6)		d_2	h	r	L					
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差				71	80	90	100	112	125
4~6	0 -0.008	4	0 -0.008	M4	4	1	*	*	*	*	*	
>6~8	0	5		M5	5	1	*	*	*	*	*	*
>8~10	-0.009	6		M6		2	*	*	*	*	*	*
>10~12	0 -0.011											

注：1. * 为选用尺寸。
2. h_1 的尺寸设计时确定。

表 22.5-39 长螺母 (摘自 JB/T 7647.3—1994) (mm)

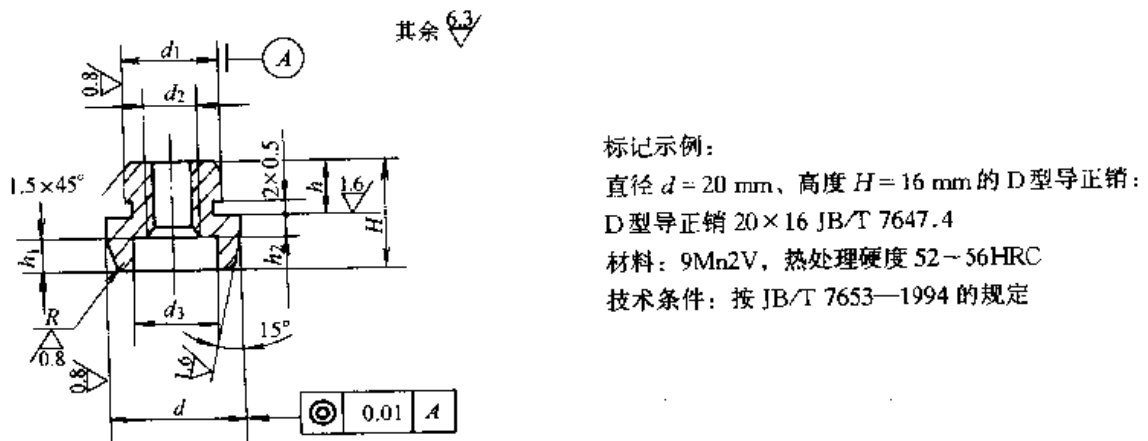


d	d_1	d_2	n	t	H
M4	4.5	8	1.2	2.5	16
M5	5.5	9			18
M6	6.5	11	1.5	3	20

D型导正销见表 22.5-40。

7.4 D型导正销

表 22.5-40 D型导正销 (摘自 JB/T 7647.4—1994) (mm)



续表 22.5-40

d (h6)		d_1 (h6)		d_2	d_3	H	h	h_1	R
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差						
12~14	0 -0.011	10	0 -0.009	M6	7	14	8	4	2
>14~18	0 -0.013	12	0 -0.011	M8	9	16	10	6	
>18~22		14						7	
>22~26	0 -0.016	16	0 -0.013	M10	16	20	12	8	3
>26~30		18						7	
>30~40	0 -0.016	22	0 -0.013	M12	19	26	12	8	
>40~50		26						7	

注： b_2 尺寸设计时确定。

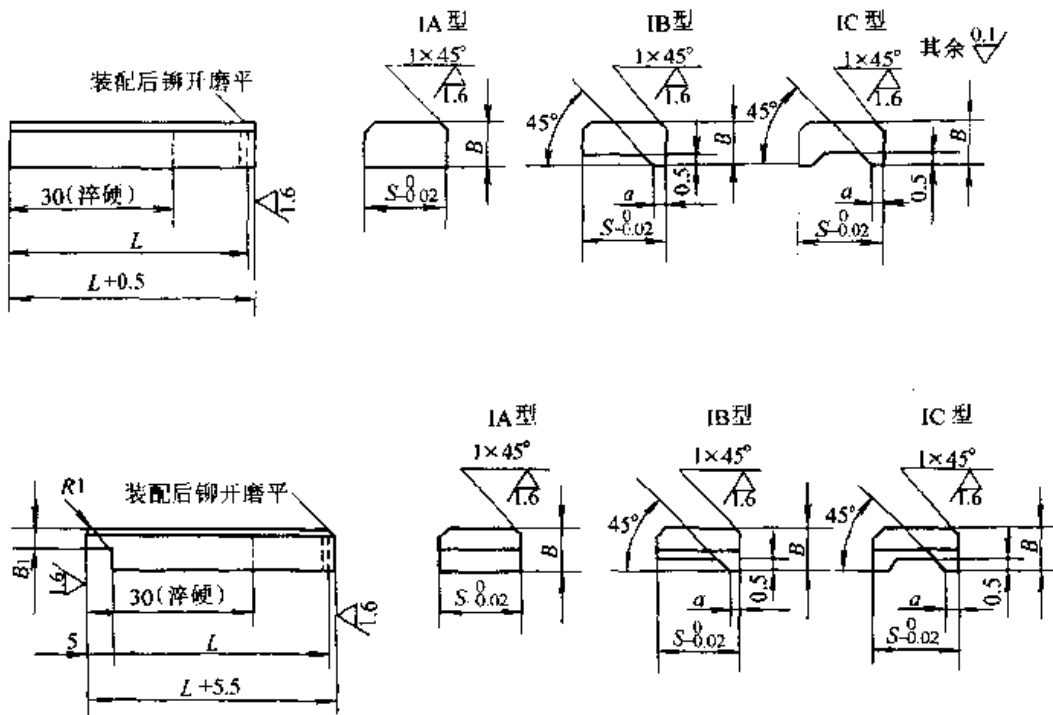
8 冲模侧刃和导料装置

侧刃见表 22.5-41。

8.1 侧刃

表 22.5-41 侧刃 (摘自 JB/T 7648.1—1994)

(mm)



材料：T10A，热处理硬度 56~60HRC

技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

标记示例：

侧刃步距 $S=15.2$ mm、宽度 $B=8$ mm、高度 $L=50$ mm 的 II A 型侧刃：

侧刃 II A15.2×8×50 JB/T 7648.1

续表 22.5-41

S	B	H ₁	a	L						
				45	50	56	63	71	80	
5.2	4	2	1.2	*	*					
6.2				*	*					
7.2				*	*					
8.2			1.5	*	*					
9.2				*	*					
10.2				*	*					
7.2	6	3	1.2	*	*					
8.2			*	*						
9.2			1.5	*	*					
10.2				*	*					
10.2	8	4	2		*	*				
11.2					*	*				
12.2					*	*				
13.2					*	*				
14.2					*	*				
15.2					*	*				
15.2	10	5	2		*	*	*	*		
16.2					*	*	*	*		
17.2					*	*	*	*		
18.2					*	*	*	*		
19.2					*	*	*	*		
20.2					*	*	*	*		
21.2					*	*	*	*		
22.2					*	*	*	*		
23.2					*	*	*	*		
24.2					*	*	*	*		
25.2					*	*	*	*		
26.2					*	*	*	*		
27.2					*	*	*	*		
28.2					*	*	*	*		
29.2		*	*	*	*					
30.2		*	*	*	*					

续表 22.5-41

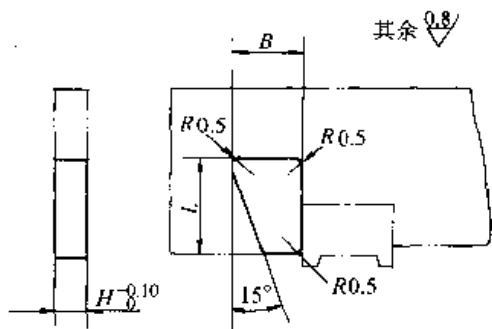
S	B	B ₁	a	L					
				45	50	56	63	71	80
30.2	12	6	2.5			*	*	*	*
32.2						*	*	*	*
34.2						*	*	*	*
36.2						*	*	*	*
38.2						*	*	*	*
40.2						*	*	*	*

注：1. * 为选用尺寸。
2. S 尺寸按使用要求修正。

8.2 A型侧刃挡块

A型侧刃挡块见表 22.5-42。

表 22.5-42 A型侧刃挡块
(摘自 JB/T 7648.2—1994) (mm)



标记示例：

长度 $L=16$ mm、厚度 $H=6$ mm 的 A 型侧刃挡块：

A 型挡块 16×6 JB/T 7648.2

材料：T8A，热处理硬度 56~60HRC

技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

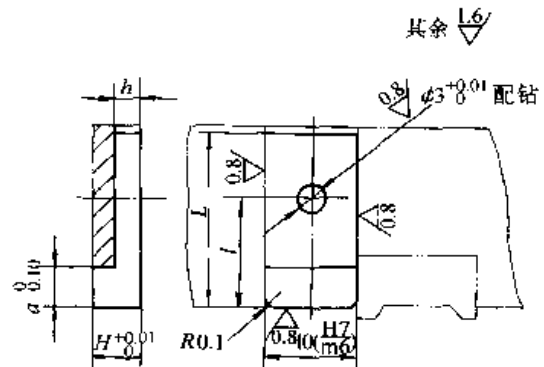
L	B	H
16	10	4
		6
20	12	4
		6
		8
25	16	12
		16

注：外形尺寸与导料板配合的公差按 GB/T 1801 的 H7/m6。

8.3 B型侧刃挡块

B型侧刃挡块见表 22.5-43。

表 22.5-43 B型侧刃挡块
(摘自 JB/T 7648.3—1994) (mm)



标记示例：

长度 $L=25$ mm、厚度 $H=8$ mm 的 B 型侧刃挡块：

B 型挡块 25×8 JB/T 7648.3

材料：T8A，热处理硬度 56~60HRC

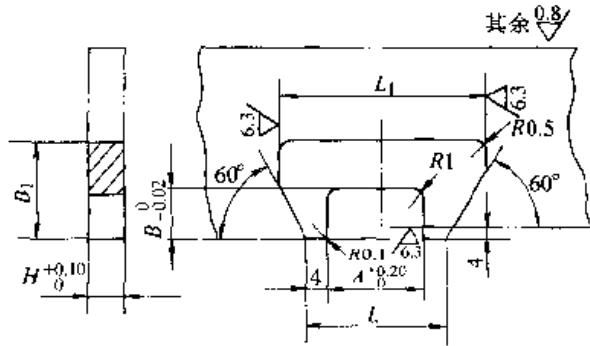
技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

L	H	h (h9)		a	l
		基本尺寸	极限偏差		
16	4	2	$\begin{matrix} 0 \\ -0.025 \end{matrix}$	4	10
	6	3		5	
25	8	4	$\begin{matrix} 0 \\ -0.030 \end{matrix}$	6	12
	10	5			
32	12	6			
	16	8	$\begin{matrix} 0 \\ -0.036 \end{matrix}$	7	15

8.4 C型侧刃挡块

C型侧刃挡块见表 22.5-44。

表 22.5-44 C型侧刃挡块 (摘自 JB/T 7648.4—1994) (mm)



标记示例：
 槽长 $A = 15$ mm 的 C 型侧刃挡块：
 C 型侧刃挡块 15 JB/T 7648.4
 材料：T8A，热处理硬度 56 ~ 60HRC
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

A	B	H	L	L ₁	B ₁	α
5	4	4	14	20	10	2
7			16	22		
9			18	24		
7	6	4	16	22	12	
9			18	24		
10	8	6	18	26	14	
12			20	28		
14			22	30		
15	10	8	24	36	18	2.5
17			26	38		
19			28	40		
21			30	42		
23			32	44		
25			34	46		
27			36	48		
29			38	50		
30	12	12	42	52	22	
34			46	58		
36			48	60		
38			50	62		

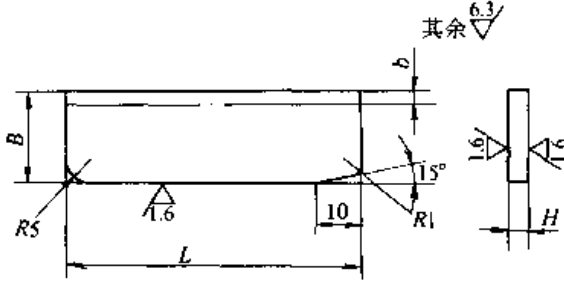
注：外形尺寸与导料板配合的公差按 GB/T 1801 的 H7/m6。

8.5 导料板

导料板见表 22.5-45。

表 22.5-45 导料板 (摘自 JB/T 7648.5—1994)

(mm)



标记示例:

长度 L = 100 mm、宽度 B = 32 mm、厚度 H = 8 mm 的导料板:

导料板 100 × 32 × 8 JB/T 7648.5

材料: 45, 调质 28~32HRC

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

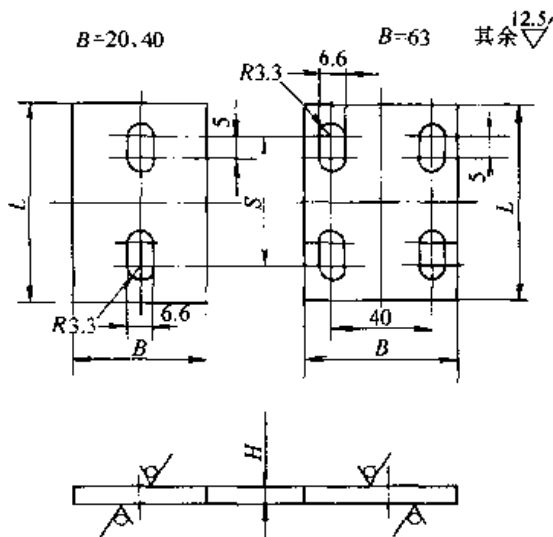
L	B	H							L	B	H						
		4	6	8	10	12	16	18			4	6	8	10	12	16	18
50	16	*	*						200	32		*	*	*			
	20	*	*							36		*	*	*			
63	16	*	*							40		*	*	*			
	20	*	*							45			*	*	*		
71	16	*	*							50			*	*	*		
	20	*	*							56				*	*	*	
80	20	*	*							63				*	*	*	
	25		*	*						25		*	*				
	32		*	*						32			*	*			
	36		*	*						36			*	*			
100	20	*	*						40			*	*				
	25		*	*					45			*	*	*			
	32		*	*					50			*	*	*			
	36		*	*					56				*	*	*		
	40		*	*	*				63				*	*	*		
125	45			*	*	*			71					*	*	*	
	20	*	*						25		*	*					
	25		*	*					32			*	*				
	32		*	*					36			*	*				
	36		*	*					40			*	*	*			
	40		*	*	*				45			*	*	*			
160	45			*	*	*			50			*	*	*			
	50			*	*	*			56				*	*	*		
	20	*	*						63					*	*		
	25		*	*					40			*	*	*			
	32		*	*					45			*	*	*			
	36		*	*					50			*	*	*			
200	40		*	*	*				56				*	*	*		
	45		*	*	*	*			63				*	*	*		
	50		*	*	*	*			71					*	*	*	
	25		*	*													

注: 1. * 为选用尺寸;
2. b 系设计修正量。

8.6 承料板

承料板见表 22.5-46。

表 22.5-46 承料板 (摘自 JB/T 7648.6—1994) (mm)



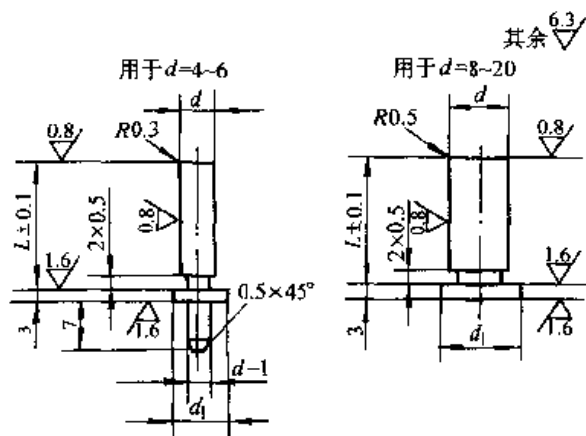
标记示例：
 长度 $L = 100$ mm、宽度 $B = 40$ mm
 的承料板：
 承料板 100×40 JB/T 7648.6
 材料：Q235 - A·F
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的
 规定

L	B	H	S	L	B	H	S
50	20	2	35	160	40	3	140
63			48	200			175
80			65	250			225
100	40		85	160	63	4	140
125			110	200			175
100			85	250		225	
125		110	315	285			

8.7 A型托料销

A型托料销见表 22.5-47。

表 22.5-47 A型托料销 (摘自 JB/T 7648.7—1994) (mm)



标记示例：
 长度 $d = 6$ mm、 $L = 22$ mm 的 A 型
 托料销：
 A 型托料销 6×22 JB/T 7648.7
 材料：T8A，热处理硬度 $52 \sim$
 56 HRC
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的
 规定

续表 22.5 47

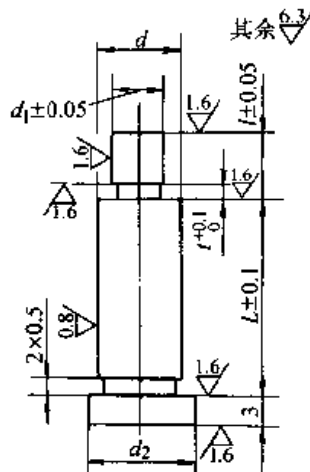
d	基本尺寸	4	6	8	10	13	16	20
	极限偏差	0 -0.008		0 -0.009		0 -0.011		0 -0.013
d_1		6	8	10	13	16	19	23
L	10	*	*					
	15	*	*	*				
	20	*	*	*				
	22	*	*	*				
	25	*	*	*	*	*		
	28	*	*	*	*	*		
	30	*	*	*	*	*	*	*
	33	*	*	*	*	*	*	*
	36	*	*	*	*	*	*	*
	40	*	*	*	*	*	*	*
	45			*	*	*	*	*
	50			*	*	*	*	*
	60					*	*	*
70						*	*	

注：*为选用尺寸。

B型托料销见表 22.5-48。

8.8 B型托料销

表 22.5-48 B型托料销 (摘自 JB/T 7648.8—1994) (mm)



标记示例：
 长度 $d = 6$ mm、 $L = 22$ mm、 $t = 1$ mm
 的 B 型托料销：
 B 型托料销 $6 \times 22 \times 1$ JB/T 7648.8
 材料：T8A，热处理硬度 52~56HRC
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

d	基本尺寸	4	6	8	10	13	16	20
	极限偏差	0 -0.008		0 -0.009		0 -0.011		0 -0.013
d_1		2	3.6	5.0	6.0	7.0	8.0	10.0

续表 22.5-48

d	基本尺寸	4	6	8	10	13	16	20
	极限偏差	0 -0.008		0 -0.009		0 -0.011		0 -0.013
d_2		6	8	10	13	16	19	23
t		0.5~0.8	1.0~1.6	1.0~2.0	1.6~2.5	2.5~3.6	2.5~4.0	3.6~5.0
l		5	7				12	
L	10	*	*					
	15	*	*	*				
	20	*	*	*				
	22	*	*	*				
	25	*	*	*	*	*		
	28	*	*	*	*	*		
	30	*	*	*	*	*	*	*
	33	*	*	*	*	*	*	*
	36	*	*	*	*	*	*	*
	40	*	*	*	*	*	*	*
	45			*	*	*	*	*
	50			*	*	*	*	*
	60					*	*	*
70						*	*	

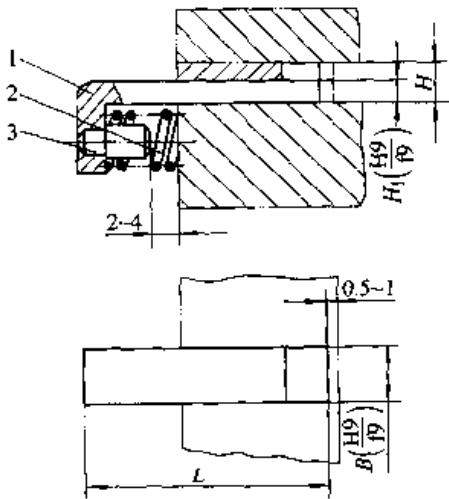
注：* 为选用尺寸。

9 冲模挡料和弹顶装置

始用挡料装置见表 22.5-49，其中始用挡料块见表 22.5-50。

9.1 始用挡料装置

表 22.5-49 始用挡料装置 (摘自 JB/T 7649.1—1994) (mm)



标记示例：

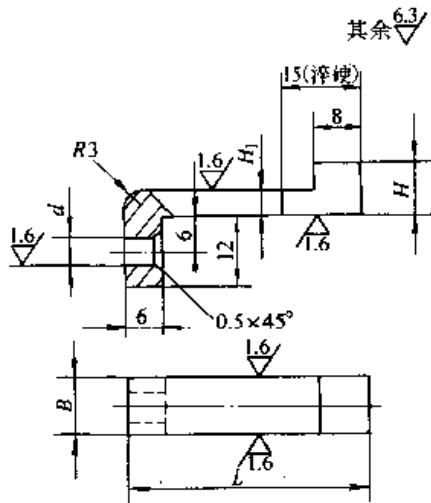
长度 $L=45$ mm、厚度 $H=8$ mm 的始用挡料装置：

始用挡料装置 45×8 JB/T 7649.1

续表 22.5-49

基本尺寸		零件件号、名称及标准编号			基本尺寸		零件件号、名称及标准编号		
		1	2	3			1	2	3
L	H	始用挡料块 JB/T 7649.1	弹簧 GB/T 2089	弹簧心柱 JB/T 7649.2	L	H	始用挡料及 JB/T 7649.1	弹簧 GB/T 2089	弹簧心柱 JB/T 7649.2
		数 量					数 量		
		1	1	1			1	1	1
		规 格					规 格		
36	4	36×4	0.5×6×20	4×16	71	8	71×8	0.8×8×20	6×16
40		40×4			50	10	50×10		
45		45×4			56		56×10		
36	6	36×6	63	63×10					
40		40×6	71	71×10					
45		45×6	80	80×10					
50		50×6	12	50	50×12				
56	56×6	56		56×12					
63	63×6	63		63×12					
71	8	71×6	0.8×8×20	6×16	71	16	71×12	1.0×10×20	8×18
45		45×8			80		80×12		
50		50×8			90		90×12		
56		56×8			80		80×16		
63		63×8			90		90×16		

表 22.5-50 始用挡料块 (摘自 JB/T 7649.1—1994) (mm)



标记示例：
 长度 $L=45$ mm、厚度 $H=6$ mm 的始用挡料块：
 始用挡料块 45×6 JB/T 7649.1
 材料：45，热处理硬度 43~48HRC
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.5-50

L	B (f9)		H (c12)		H ₁ (f9)		d (H7)	
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
36	6	-0.010 -0.040	4	-0.070 -0.190	2	-0.006 -0.031	3	+0.010 0
40								
45								
36	6	-0.010 -0.040	6	-0.070 -0.190	3	-0.006 -0.031	4	+0.012 0
40								
45								
50								
56								
63								
71								
45	8	-0.013 -0.049	8	-0.080 -0.032	4	-0.010 -0.040	4	+0.012 0
50								
56								
63								
71								
50	10	-0.013 -0.049	10	-0.080 -0.032	5	-0.010 -0.040	4	+0.012 0
56								
63								
71								
80								
50	12	-0.016 -0.059	12	-0.095 -0.275	6	-0.010 -0.040	6	+0.012 0
56								
63								
71								
80								
90								
80	16	-0.013 -0.049	16	-0.013 -0.049	8	-0.013 -0.049	6	+0.012 0
90								

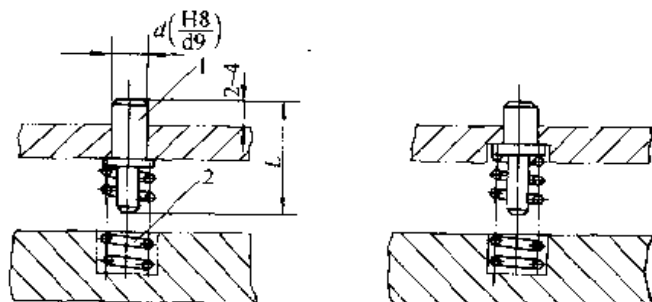
9.2 弹簧弹顶挡料装置

弹簧弹顶挡料装置见表 22.5-51, 其弹簧弹顶挡料销见表 22.5-52。

9.3 回带式挡料装置

回带式挡料装置见表 22.5-53, 其中回带式挡料销见表 22.5-54, 片弹簧见表 22.5-55。

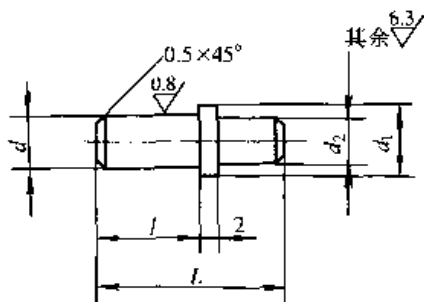
表 22.5-51 弹簧弹顶挡料装置 (摘自 JB/T 7649.5—1994)



标记示例:
 直径 $d=6$ mm、长度 $L=22$ mm 的弹簧
 弹顶挡料装置:
 弹簧弹顶挡料装置 6×22 JB/T 7649.5

基本尺寸		零件件号、名称及标准编号		基本尺寸		零件件号、名称及标准编号		
d/mm	L/mm	1	2	d/mm	L/mm	1	2	
		弹簧弹顶挡料销 JB/T 7649.5	弹簧 GB/T 2089			弹簧弹顶挡料销 JB/T 7649.5	弹簧 GB/T 2089	
		数 量				数 量		
		1	1			1	1	
		规格/mm				规格/mm		
4	18	4×18	0.5×6×20	10	30	10×30	1.6×12×30	
	20	4×20			32	10×32		
6	20	6×20	0.8×8×20	12	34	12×34	1.6×16×40	
	22	6×22			36	12×36		
	24	6×24			40	12×40		
	26	6×26			36	16×36		
8	24	8×24	1×10×30	16	40	16×40	2×20×40	
	26	8×26			50	16×50		
	28	8×28			20	50		20×50
	30	8×30				55		20×55
10	26	10×26	1.6×12×30	20	60	20×60	2×20×50	
	28	10×28						

表 22.5-52 弹簧弹顶挡料销 (摘自 JB/T 7649.5—1994) (mm)

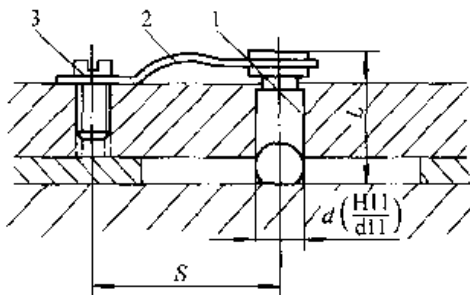


标记示例:
 直径 $d=6$ mm、长度 $L=22$ mm 的弹簧
 弹顶挡料销:
 弹簧弹顶挡料销 6×22 JB/T 7649.5
 材料: 45, 热处理硬度 43~48HRC
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.5-52

d (d9)		d ₁	d ₂	l	L	d (d9)		d ₁	d ₂	l	L
基本尺寸	极限偏差					基本尺寸	极限偏差				
4		6	3.5	10	18	10	-0.040 -0.076	12	8	18	20
				12	20					20	32
6	-0.030 -0.060	8	5.5	10	20	12	-0.050 -0.093	14	10	22	34
				12	22					24	36
				14	24					28	40
				16	26					24	36
8	-0.040 -0.076	10	7	12	24	16	-0.065 -0.117	18	14	28	40
				14	26					35	50
				16	28					35	50
				18	30					40	55
10		12	8	14	26	20	-0.065 -0.117	23	15	45	60
				16	28						

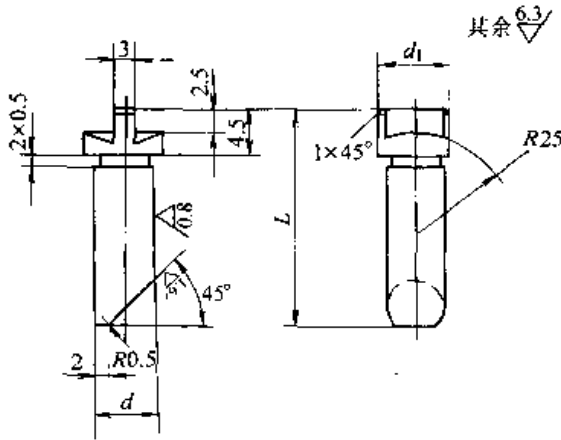
表 22.5-53 回带式挡料装置 (摘自 JB/T 7649.7—1994)



标记示例：
直径 $d=8$ mm、长度 $L=25$ mm 的回带式挡料装置：
回带式挡料装置 8×25 JB/T 7649.7

基本尺寸			零件件号、名称及标准编号		
d/mm	L/mm	S/mm	1	2	3
			回带式挡料销 JB/T 7649.7	片弹簧 JB/T 7649.7	螺钉 GB/T 65
			1	1	1
			规格/mm		
8	20	30	8×20	42	M6×8
	22		8×22		
	25		8×25		
	30		8×30		
10	25	40	10×25	55	
	32		10×32		
	35		10×35		
	40		10×40		
12	40	50	12×40	65	
	45		12×45		

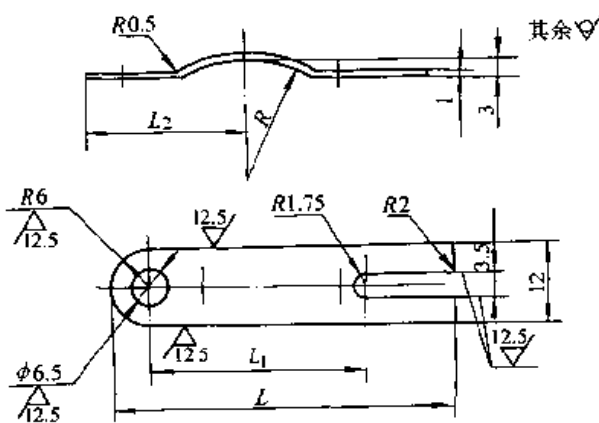
表 22.5-54 回带式挡料销 (摘自 JB/T 7649.7—1994) (mm)



标记示例：
 直径 $d = 8$ mm、长度 $L = 25$ mm 的回带式挡料销：
 回带式挡料销 8×25 JB/T 7649.7
 材料：45，热处理硬度 43~48HRC
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

d (d1)		L	d ₂
基本尺寸	极限偏差		
8	-0.040 -0.130	20	10
		22	
		25	
		30	
10	-0.050 -0.160	25	12
		32	
		35	
		40	
12	-0.050 -0.160	40	14
		45	

表 22.5-55 片弹簧 (摘自 JB/T 7649.7—1994) (mm)



标记示例：
 长度 $L = 42$ mm 的片弹簧：
 片弹簧 42 JB/T 7649.7
 材料：65Mn，热处理硬度 44~50HRC
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

L	L ₁	L ₂	R
42	26	21	15
55	35	26	20
65	44	31	30

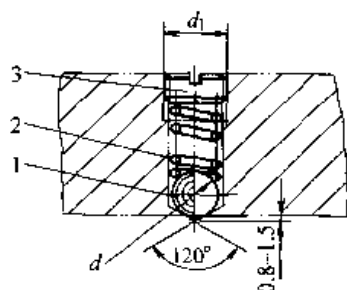
9.4 钢球弹顶装置

钢球弹顶装置见表 22.5-56。

9.5 活动挡料销

活动挡料销见表 22.5-57。

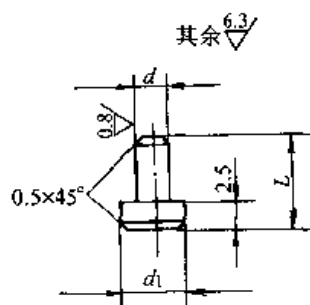
表 22.5-56 钢球弹顶装置 (摘自 JB/T 7649.8—1994) (mm)



标记示例：
钢球直径 $d=6$ mm 的钢球弹顶装置：
钢球弹顶装置 6 JB/T 7649.8

基本尺寸		零件件号、名称及标准编号		
		1	2	3
d/mm	d_1/mm	钢球 GB/T 308	弹簧 GB/T 2089	螺塞 GB/T 2250
		数 量		
		1	1	1
		规格/mm		
4	M6	4.0000G100b	0.5×4×20	AM6×0.75
6	M10	6.0000G100b	0.5×6×20	AM10×1.0
8		8.0000G100b	0.8×8×32	
10	M14	10.0000G100b	1.0×10×30	AM14×1.5
12	M16	12.0000G100b	1.0×12×32	AM16×1.5
16	M20	16.0000G100b	1.6×14×42	AM20×1.5
20	M24	20.0000G100b	2×20×40	AM24×1.5
25	M30	25.0000G100b	3×25×45	AM30×1.5

表 22.5-57 活动挡料销 (摘自 JB/T 7649.9—1994) (mm)



标记示例：
直径 $d=6$ mm、长度 $L=14$ mm 的活动
挡料销：
活动挡料销 6×14 JB/T 7649.9
材料：45，热处理硬度 43~48HRC
技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

续表 22.5-57

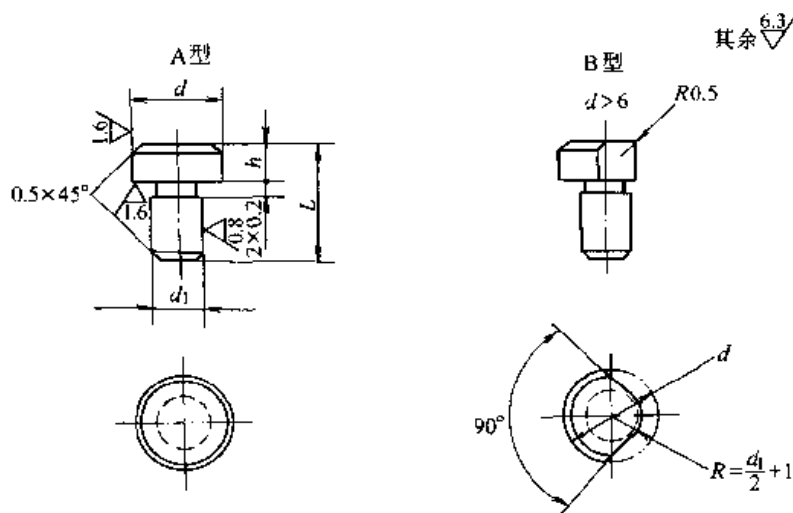
d (d9)		d ₁	L	d (d9)		d ₁	L
基本尺寸	极限偏差			基本尺寸	极限偏差		
3	-0.020 -0.045	6	8	6	-0.030 -0.060	10	14
			10				16
			12				18
			14				20
			16				10
4	-0.030 -0.060	8	8	8	-0.040 -0.076	14	16
			10				18
			12				20
			14				22
			16				24
			18				16
6		10	8	10		16	20
			12				20

固定挡料销见表 22.5-58。

9.6 固定挡料销

表 22.5-58 固定挡料销 (摘自 JB/T 7649.10—1994)

(mm)



标记示例：
直径 $d = 10$ mm 的 A 型
固定挡料销：
固定挡料销 A10 JB/T
7649.10
材料：45，热处理硬度
43~48HRC
技术条件：按 JB/T
7653—1994 的规定

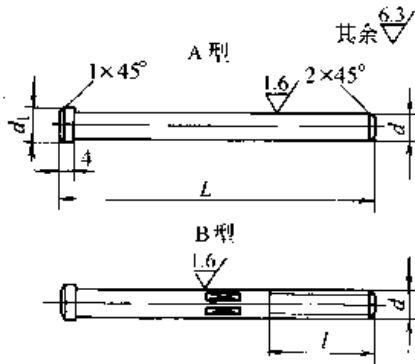
d (h11)		d ₁ (m6)		h	L
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差		
6	0 -0.075	3	+0.008 +0.002	3	8
8	0 -0.090	4	+0.012 +0.004	2	10
10				3	13
16	0 -0.110	8	+0.015 +0.006	3	13
20		10			16
25		0 -0.130	12	+0.018 +0.007	4

10 冲模卸料装置

10.1 带肩推杆

带肩推杆见表 22.5-59。

表 22.5-59 带肩推杆 (摘自 JB/T 7650.1—1994) (mm)



标记示例:

直径 $d = 8$ mm、长度 $L = 90$ mm 的 A 型带肩推

杆:

推杆 A8×90 JB/T 7650.1

材料: 45, 热处理硬度 43~48HRC

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

d		L	d ₁	l	d		L	d ₁	l	d		L	d ₁	l
A 型	B 型				A 型	B 型				A 型	B 型			
6	M6	40	8	—	10	M10	100	13	30	16	M16	160	20	40
		45					110					180		
		50					120					200		
		55					130					220		
		60					140					90		
		70					150			100				
		80					160			110				
		90					170			120				
		100					70			130				
		110					75			140				
8	M8	50	10	—	12	M12	90	15	—	20	M20	150	24	45
		55					100					160		
		60					110					180		
		65					120					200		
		70					130					220		
		80					140					240		
8	M8	80	10	—	12	M12	140	15	35	25	M25	100	30	50
		90					150					110		
		100					160					120		
		110					170					130		
		120					180					140		
		130					190					150		
		140					80					160		
		150					90					180		
10	M10	60	13	—	16	M16	100	20	40	25	M25	200	30	50
		65					110					220		
		70					120					240		
		75					130					260		
		80					140					280		
		90					150							

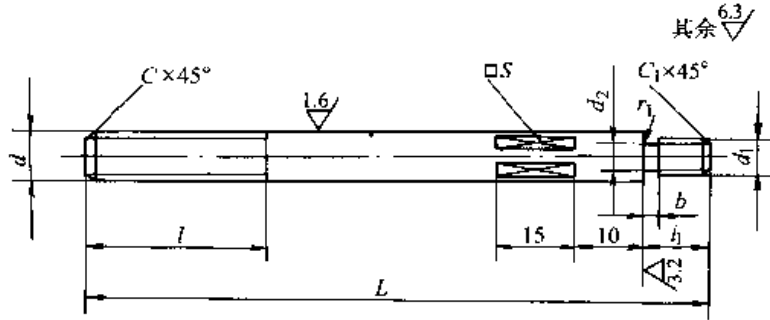
10.2 带螺纹推杆

带螺纹推杆见表 22.5-60。

10.3 顶杆

顶杆见表 22.5-61。

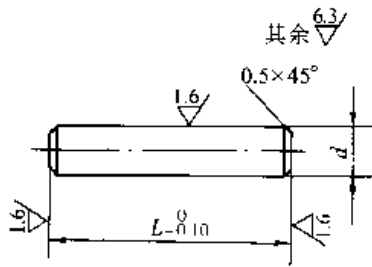
表 22.5-60 带螺纹推杆 (摘自 JB/T 7650.2—1994) (mm)



标记示例：
 直径 $d = M10$ 、长度 $L = 130$ mm 的带螺纹推杆：
 推杆 $M10 \times 130$ JB/T 7650.2
 材料：45，热处理硬度 $43 \sim 48\text{HRC}$
 技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

d	d_1	L	l	l_1	d_2	b	S	C	C_1	$r_1 \leq$
M8	M6	110	30	8	4.5	2.0	6	1.2	1	0.5
		120								
		130								
		140								
		150								
M10	M8	130	40	10	6.2	2.0	8	1.5	1.2	0.5
		140								
		150								
		160								
		180								
M12	M10	130	50	12	7.8	2.5	10	2	1.5	1
		140								
		150								
		160								
		180								
M14	M12	140	60	14	9.5	2.5	12	2	1.5	1
		150								
		160								
		180								
		200								
M16	M14	160	70	16	11.5	2.5	14	2	1.5	1.2
		180								
		200								
		220								
M20	M16	180	80	18	13	3	16	2.5	2	1.2
		200								
		220								
		240								
		260								

表 22.5-61 顶杆 (摘自 JB/T 7650.3—1994) (mm)



标记示例:
 直径 $d = 8$ mm、长度 $L = 40$ mm 的顶杆:
 顶杆 8×40 JB/T 7650.3
 材料: 45, 热处理硬度 43~48HRC
 技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

基本尺寸	4		6		8		10		12		16		20	
	极限偏差 ^①		-0.070 -0.145		-0.080 -0.170		-0.150 -0.260		-0.160 -0.290		-0.160 -0.290		-0.160 -0.290	
d	15	*												
	20	*	*											
	25	*	*	*										
	30	*	*	*	*									
	35		*	*	*	*			*					
	40		*	*	*	*	*		*	*				
	45		*	*	*	*	*	*	*	*				
	50				*	*	*	*	*	*	*			
	55				*	*	*	*	*	*	*	*		
	60				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	65					*	*	*	*	*	*	*	*	*
L	70						*	*	*	*	*	*	*	*
	75						*	*	*	*	*	*	*	*
	80							*	*	*	*	*	*	*
	85							*	*	*	*	*	*	*
	90							*	*	*	*	*	*	*
	95							*	*	*	*	*	*	*
	100							*	*	*	*	*	*	*
	105								*	*	*	*	*	*
	110								*	*	*	*	*	*
	115								*	*	*	*	*	*
	120								*	*	*	*	*	*
	125								*	*	*	*	*	*

续表 22.5-61

	基本尺寸	4	6	8	10	12	16	20
d	极限偏差 ^①	-0.070 -0.145		-0.080 -0.170		-0.150 -0.260		-0.160 -0.290
L	130						*	*
	140							*
	150							*
	160							*

注：* 为选用尺寸。

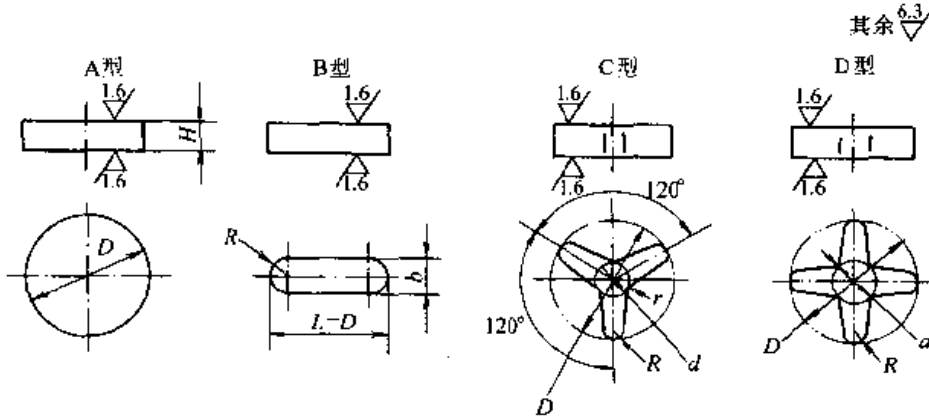
① 当 $d \leq 10$ mm 时，极限偏差值按 c11 查出，当 $d > 10$ mm 时，极限偏差值按 b11 查出。

顶板见表 22.5-62。

10.4 顶板

表 22.5-62 顶板 (摘自 JB/T 7650.4—1994)

(mm)



标记示例：

直径 $D=40$ mm 的 A 型顶板：

顶板 A40 JB/T 7650.4

材料：45，热处理硬度 43~48HRC

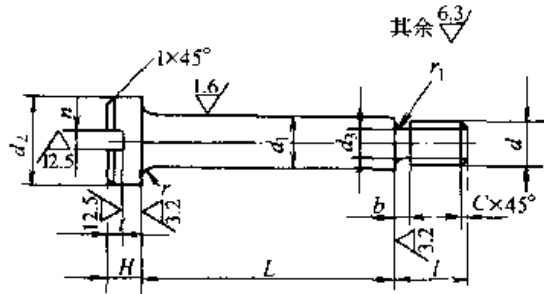
技术条件：按 JB/T 7653—1994 的规定

D	d	R	r	H	b
20	—	—	—	4	8
25	15	4	3		
32	16				
35	18				
40	20	5	4	6	10
50	25	6	5	7	12
63					
71	30	8	6	9	16
80					
90					
100	35	9	7	12	18
125	42				
160	55	11	8	16	22
200	70	12	9	18	24

10.5 圆柱头卸料螺钉

圆柱头卸料螺钉见表 22.5-63。

表 22.5-63 圆柱头卸料螺钉 (摘自 JB/T 7650.5—1994) (mm)



标记示例:

直径 $d = M10$ mm、长度 $L = 50$ mm 的圆柱头卸料螺钉:

圆柱头卸料螺钉 M10×50 JB/T 7650.5

材料: 45, 热处理硬度 35~40HRC

技术条件: 按 GB/T 3098.3—2000 的规定

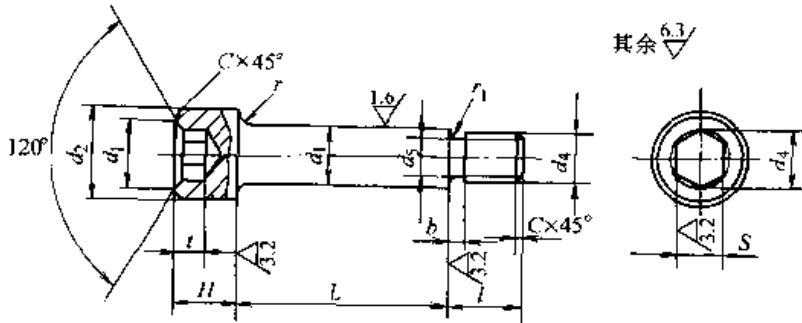
d	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	
d_1	4	5	6	8	10	12	16	
l	5	5.5	6	7	8	10	14	
d_2	7	8.5	10	12.5	15	18	24	
H	3	3.5	4	5	6	7	9	
r	1.4	1.7	2	2.5	3	3.5	3.5	
n	1	1.2	1.5	2	2.5	3	3	
$r \leq$	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.8	1.0	
$r_1 \leq$	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	
d_8	2.2	3	4	4.5	6.2	7.8	9.5	
C	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2	
b	1	1.5	1.5	2	2	2	3	
L	20	*	*					
	22	*	*					
	25	*	*	*	*			
	28	*	*	*	*			
	30	*	*	*	*	*		
	32	*	*	*	*	*		
	35	*	*	*	*	*	*	
	38		*	*	*	*	*	
	40		*	*	*	*	*	*
	42			*	*	*	*	*
	45			*	*	*	*	*
	48			*	*	*	*	*
	50			*	*	*	*	*
	55				*	*	*	*
	60				*	*	*	*
	65				*	*	*	*
	70				*	*	*	*
75					*	*	*	
80					*	*	*	
90							*	
100							*	

注: * 为选用尺寸。

圆柱头内六角卸料螺钉见表 22.5-64。

10.6 圆柱头内六角卸料螺钉

表 22.5-64 圆柱头内六角卸料螺钉 (摘自 JB/T 7650.6—1994) (mm)



材料: 45, 热处理硬度 35~40HRC

技术条件: 按 GB/T 3098.3—2000 的规定

标记示例:

直径 $d = M10$ mm、长度 $L = 50$ mm 的圆柱头内六角卸料螺钉;

圆柱头内六角卸料螺钉 M10 × 50 JB/T 7650.6

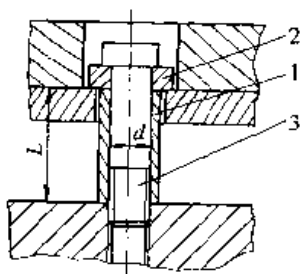
d	M6	M8	M10	M12	M16	M20
d_1	8	10	12	16	20	24
l	7	8	10	14	20	26
d_2	12.5	15	18	24	30	36
H	8	10	12	16	20	24
t	4	5	6	8	10	12
s	5	6	8	10	14	17
d_3	7.5	9.8	12	14.5	17	20.5
d_4	5.7	6.9	9.2	11.4	16	19.4
$r \leq$	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	1
$r_1 \leq$	0.5	0.5	1	1	1.2	1.5
d_5	4.5	6.2	7.8	9.5	13	16.5
C	1	1.2	1.5	1.8	2	2.5
C_1	0.3	0.5	0.5	0.5	1	1
b	2	2	3	4	4	4
L	35	*				
	40	*	*			
	45	*	*	*		
	50	*	*	*		
	55	*	*	*		
	60	*	*	*		
	65	*	*	*	*	
	70	*	*	*	*	
	80		*	*	*	
	90			*	*	*
	100			*	*	*
	110				*	*
	120				*	*
	130				*	*
	140				*	*
	150				*	*
	160					*
	180					*
	200					*

注: * 为选用尺寸。

10.7 定距套件

定距套件见表 22.5-65, 其中的套管见表 22.5-66, 垫圈见表 22.5-67。

表 22.5-65 定距套件 (摘自 JB/T 7650.7—1994) (mm)



标记示例:
卸料螺钉直径 $d = 12$ mm、套管长度 $L = 63$ mm 的定距套件:

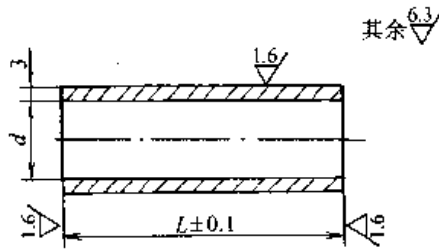
定距套件 12×63 JB/T 7650.7

技术条件: 按 JB/T 7653—1994 的规定

基本尺寸		零件件号、名称及标准编号		
		1	2	3
d	L	套管 JB/T 7650.7	垫圈 JB/T 7650.7	螺钉 GB/T 70
8	50	8×50	8	M8×70
	63	8×63		M8×80
	71	8×71		M8×90
10	50	10×50	10	M10×70
	63	10×63		M10×80
	71	10×71		M10×90
	80	10×80		M10×100
12	63	12×63	12	M12×90
	71	12×71		M12×100
	80	12×80		M12×100
16	63	16×63	16	M16×90
	71	16×71		M16×100
	80	16×80		M16×110
	90	16×90		M16×120
20	71	20×71	20	M20×110
	80	20×80		M20×120
	90	20×90		M20×130

表 22.5-66 套管 (摘自 JB/T 7650.7—1994)

(mm)



标记示例:

内径 $d = 10$ mm、长度 $L = 71$ mm 的套管:

套管 10×71 JB/T 7650.7

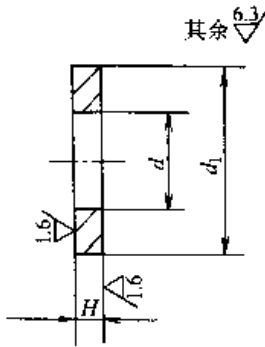
材料: 冷拔无缝钢管

d (H10)	基本尺寸	8	10	12	16	20
	极限偏差		+0.058 0		+0.070 0	
L	50	*	*			
	63	*	*	*	*	
	71	*	*	*	*	*
	80		*	*	*	*
	90				*	*

注: * 为选用尺寸。

表 22.5-67 垫圈 (摘自 JB/T 7650.7—1994)

(mm)



标记示例:

内径 $d = 10$ mm 的垫圈:

垫圈 10 JB/T 7650.7

材料: T10A, 热处理硬度 58~62HRC

d (H10)	基本尺寸	8	10	12	16	20
	极限偏差		+0.058 0		+0.070 0	
d_1		18	22	24	28	36
H		4				5

11 冲模废料切刀

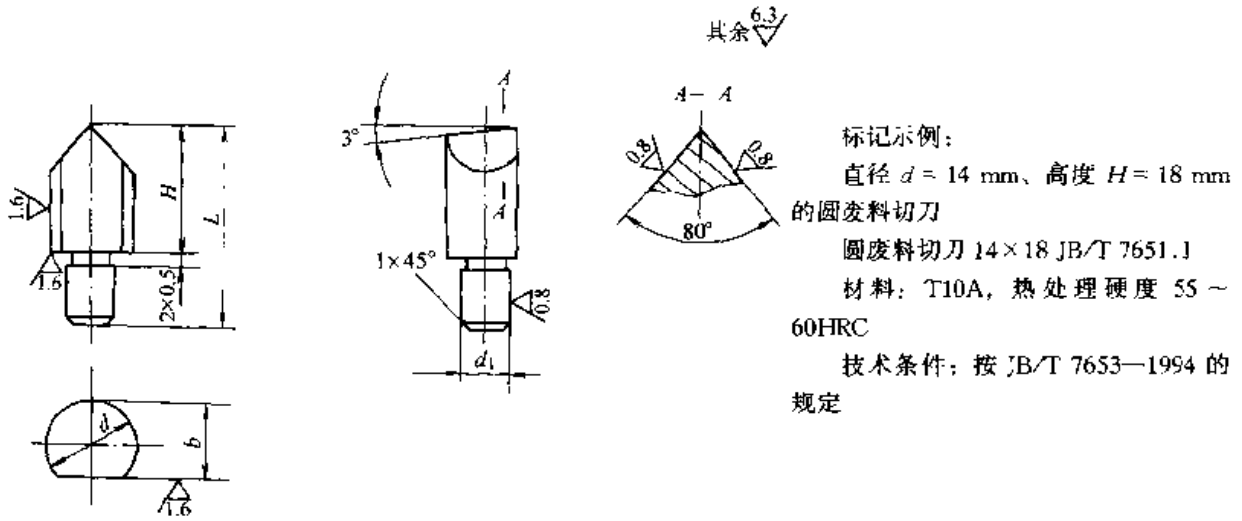
圆废料切刀见表 22.5-68。

11.1 圆废料切刀

11.2 方废料切刀

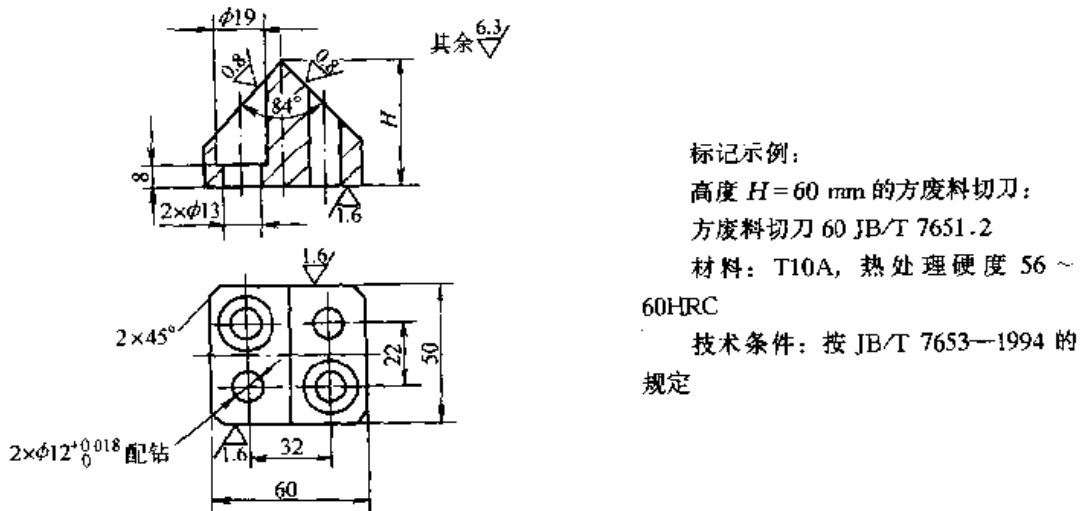
方废料切刀见表 22.5-69。

表 22.5-68 圆废料切刀 (摘自 JB/T 7651.1—1994) (mm)



d	d ₁ (r6)		H	L	b	d	d ₁ (r6)		H	L	b
	基本尺寸	极限偏差					基本尺寸	极限偏差			
14	8	+0.028 +0.019	18	30	12	24	16	+0.034 +0.023	28	46	22
			20	32					30	48	
			22	34					32	50	
			26	38					36	54	
20	12	+0.034 +0.023	24	38	18	30	20	+0.045 +0.028	28	53	27
			26	40					32	57	
			28	42					36	61	
			32	46					40	65	

表 22.5-69 方废料切刀 (摘自 JB/T 7651.2—1994) (mm)



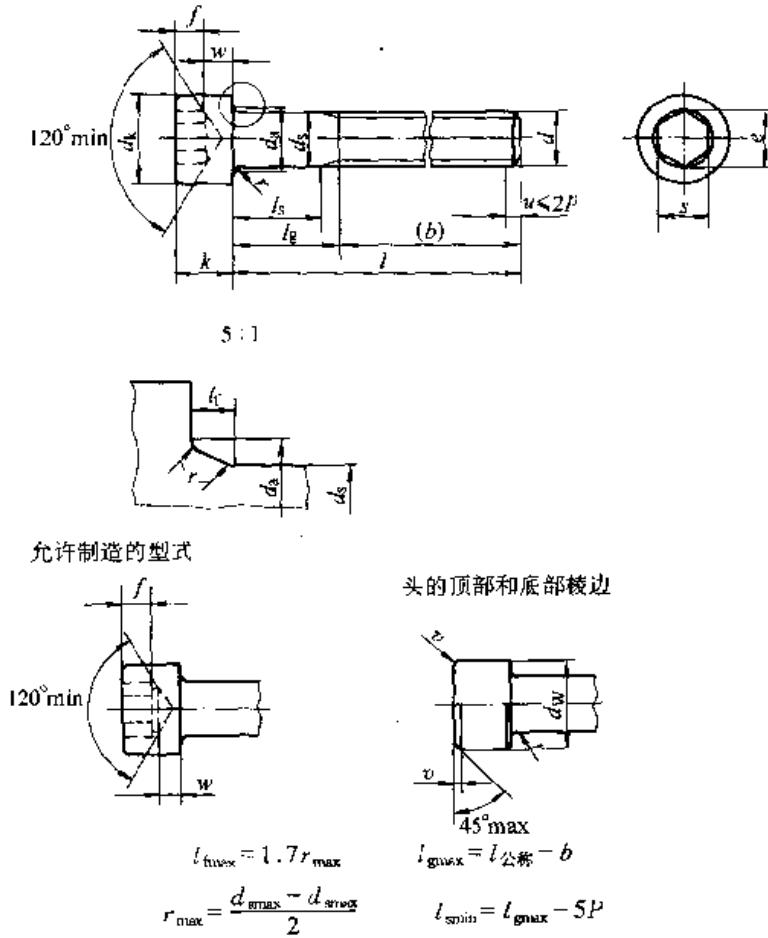
H	45	50	55	60	65
---	----	----	----	----	----

第 6 章 冲模的相关标准

1 通用标准件

1.1 内六角圆柱头螺钉 (表 22.6-1)

表 22.6-1 内六角圆柱头螺钉 (摘自 GB/T 70.1—2000) (mm)



标记示例

螺纹规格 $d = M5$ 、公称长度 $l = 20$ mm、性能等级为 8.8 级、表面氧化的 A 级内六角圆柱头螺钉的标记：
螺钉 GB/T 70.1 M5×20

螺纹规格 d		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	
$P^{\text{①}}$		0.35	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	
$b_{\text{参考}}$		15	16	17	18	20	22	24	28	
d_k	max	②	3.00	3.80	4.50	5.50	7.00	8.50	10.00	13.00
		③	3.14	3.98	4.68	5.68	7.22	8.72	10.22	13.27
	min		2.86	3.62	4.32	5.32	6.78	8.28	9.78	12.73

续表 22.6-1

螺纹规格 d		M1.6	M2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	
d_n	max	2	2.6	3.1	3.6	4.7	5.7	6.8	9.2	
d_s	max	1.60	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00	6.00	8.00	
	min	1.46	1.86	2.36	2.86	3.82	4.82	5.82	7.78	
e	min ^①	1.73	1.73	2.3	2.87	3.44	4.58	5.72	6.86	
l_f	max	0.34	0.51	0.51	0.51	0.6	0.6	0.68	1.02	
k	max	1.60	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00	6.0	8.00	
	min	1.46	1.86	2.36	2.86	3.82	4.82	5.7	7.64	
r	min	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.25	0.4	
s	公称		1.5	1.5	2	2.5	3	4	5	6
	max	⑤	1.545	1.545	2.045	2.56	3.071	4.084	5.084	6.095
		⑥	1.560	1.560	2.060	2.58	3.080	4.095	5.140	6.140
	min		1.520	1.520	2.020	2.52	3.020	4.020	5.020	6.020
t	min	0.7	1	1.1	1.3	2	2.5	3	4	
v	max	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	
d_w	min	2.72	3.48	4.18	5.07	6.53	8.03	9.38	12.33	
w	min	0.55	0.55	0.85	1.15	1.4	1.9	2.3	3.3	
$l_{\text{公称}}$ (商品长度规格)		2.5~16	3~20	4~25	5~30	6~40	8~50	10~60	12~80	
螺纹规格 d		M10	M12	(M14)	M16	M20	M24	M30	M36	
p ^①		1.5	1.75	2	2	2.5	3	3.5	4	
$b_{\text{参考}}$		32	36	40	44	52	60	72	84	
d_k	max	②	16.00	18.00	21.00	24.00	30.00	36.00	45.00	54.00
		③	16.27	18.27	21.33	24.33	30.33	36.39	45.39	54.46
	min		15.73	17.73	20.67	23.67	29.67	35.61	44.61	53.54
d_s	max	11.2	13.7	15.7	17.7	22.4	26.4	33.4	39.4	
d_n	max	10.00	12.00	14.00	16.00	20.00	24.00	30.00	36.00	
	min	9.78	11.73	13.73	15.73	19.67	23.67	29.67	35.61	
e	min ^④	9.15	11.43	13.72	16	19.44	21.73	25.15	30.85	

续表 22.6-1

螺纹规格 d		M10	M12	(M14)	M16	M20	M24	M30	M36	
l_1	max	1.02	1.45	1.45	1.45	2.04	2.04	2.89	2.89	
k	max	10.00	12.00	14.00	16.00	20.00	24.00	30.00	36.00	
	min	9.64	11.57	13.57	15.57	19.48	23.48	29.48	35.38	
r	min	0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	1	1	
s	公称	8	10	12	14	17	19	22	27	
	max	⑤	8.115	10.115	12.142	14.142	17.23	19.275	22.275	27.275
		⑥	8.175	10.175	12.212	14.212				
	min	8.025	10.025	12.032	14.032	17.05	19.065	22.065	27.065	
t	min	5	6	7	8	10	12	15.5	19	
v	max	1	1.2	1.4	1.6	2	2.4	3	3.6	
d_w	min	15.33	17.23	20.17	23.17	28.87	34.81	43.61	52.54	
w	min	4	4.8	5.8	6.8	8.6	10.4	13.1	15.3	
$l_{\text{公称}}$ (商品长度规格)		16~100	20~120	25~140	25~160	30~200	40~200	45~200	55~200	
螺纹规格 d		M42		M48		M56		M64		
p^{D}		4.5		5		5.5		6		
$b_{\text{参考}}$		96		106		124		140		
d_k	max	②	63.00	72.00	84.00	96.00				
		③	63.46	72.46	84.54	96.54				
	min	62.54	71.54	83.46	95.46					
d_s	max	45.6	52.6	63	71					
d_n	max	42.00	48.00	56.00	64.00					
	min	41.61	47.61	55.54	63.54					
e	min ^④	36.57	41.13	46.83	52.53					
l_t	max	3.06	3.91	5.95	5.95					
k	max	42.00	48.00	56.00	64.00					
	min	41.38	47.38	55.26	63.26					
r	min	1.2	1.6	2	2					

续表 22.6-1

螺纹规格 d		M42	M48	M56	M64
s	公称	32	36	41	46
	max ^②	32.33	36.33	41.33	46.33
	min	32.08	36.08	41.08	46.08
r	min	24	28	34	38
v	max	4.2	4.8	5.6	6.4
d_w	min	61.34	70.34	82.26	94.26
w	min	16.3	17.5	19	22
$l_{\text{公称}}$ (商品长度规格)		60~300	70~300	80~300	90~300

注：1. $l_{\text{公称}}$ 尺寸系列为：2.5、3、4、5、6、8、10、12、16、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、80、90、100、110、120、130、140、150、160、180、200、220、240、260、280、300 mm。

2. 机械性能等级：钢—— $d < 3$ mm：按协议； $3 \text{ mm} \leq d \leq 39$ mm：8.8、10.9、12.9； $d > 39$ mm：按协议；不锈钢—— $d \leq 24$ mm：A2-70、A4-70； $24 \text{ mm} < d \leq 39$ mm：A2-50、A4-50； $d > 39$ mm：按协议；有色金属——CU2、CU3。

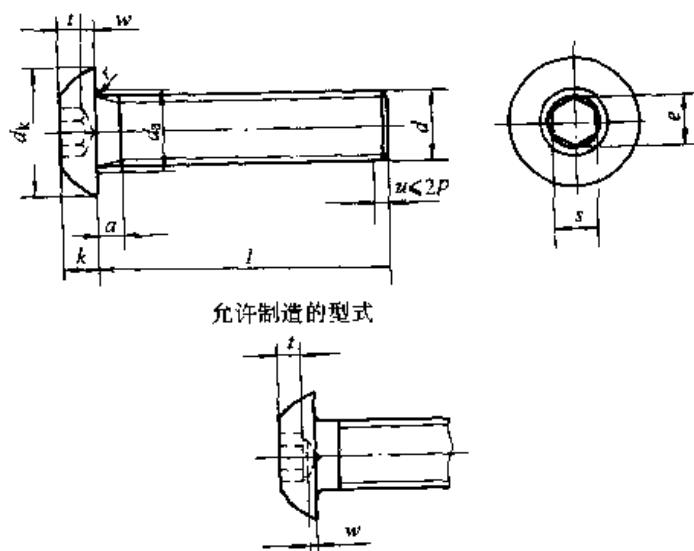
3. 尽可能不采用括号内的规格。

① P 为螺距；② 对光滑头部；③ 对滚花头部；④ $e_{\text{min}} = 1.14S_{\text{min}}$ ；⑤ 用于 12.9 级；⑥ 用于其他性能等级。

1.2 内六角平圆头螺钉 (表 22.6-2)

表 22.6-2 内六角平圆头螺钉 (摘自 GB/T 70.2—2000)

(mm)



允许制造的类型

标记示例

螺纹规格 $d = M12$ 、公称长度 $l = 40$ mm、性能等级为 12.9 级、表面氧化的 A 级内六角平圆头螺钉的标记：
螺钉 GB/T 70.2 M12×40

续表 22.6-2

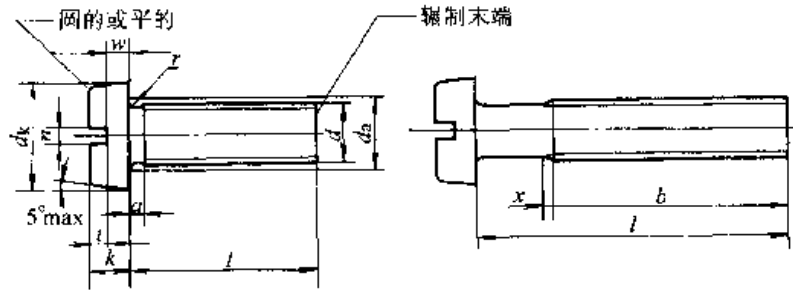
螺纹规格 d		M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	
$p^{\text{①}}$		0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	
α	max	1.0	1.4	1.6	2	2.50	3.0	3.50	4	
	min	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	
d_s	max	3.6	4.7	5.7	6.8	9.2	11.2	14.2	18.2	
d_1	max	5.7	7.60	9.50	10.50	14.00	17.50	21.00	28.00	
	min	5.4	7.24	9.14	10.07	13.57	17.07	20.48	27.48	
$e^{\text{②}}$	min	2.3	2.87	3.44	4.58	5.72	6.86	9.15	11.43	
k	max	1.65	2.20	2.75	3.3	4.4	5.5	6.60	8.80	
	min	1.40	1.95	2.50	3.0	4.1	5.2	6.24	8.44	
r	min	0.1	0.2	0.2	0.25	0.4	0.4	0.6	0.6	
s	公称		2	2.5	3	4	5	6	8	10
	max	③	2.045	2.56	3.071	4.084	5.084	6.095	8.115	10.115
		④	2.060	2.58	3.080	4.095	5.140	6.140	8.175	10.175
	min		2.020	2.52	3.020	4.020	5.020	6.020	8.025	10.025
t	min	1.04	1.3	1.56	2.08	2.6	3.12	4.16	5.2	
w	min	0.2	0.3	0.38	0.74	1.05	1.45	1.63	2.25	
$l_{\text{公称}}$ (商品长度规格)		6~12	8~16	10~30	10~30	10~40	16~40	16~50	20~50	
机械性能等级 (钢)	8.8	最小拉力载荷 N	3 220	5 620	9 080	12 900	23 400	37 100	53 900	100 000
	10.9		4 180	7 300	11 800	16 700	30 500	48 200	70 200	130 000
	12.9		4 910	8 560	13 800	19 600	35 700	56 600	82 400	154 000

注: $l_{\text{公称}}$ 尺寸系列为: 6、8、10、12、16、20、25、30、35、40、45、50 mm

① P 为螺距; ② $e_{\text{min}} = 1.14 S_{\text{min}}$; ③用于 12.9 级; ④用于其他性能等级。

1.3 开槽圆柱头螺钉 (表 22.6-3)

表 22.6-3 开槽圆柱头螺钉 (摘自 GB/T 65—2000) (mm)



标记示例

螺纹规格 $d = M5$ 、公称长度 $l = 20$ mm、性能等级为 4.8 级、不经表面处理的 A 级开槽圆柱头螺钉的标记：
螺钉 GB/T 65 M5×20

螺纹规格 d		M1.6	M2	M2.5	M3	(M3.5)	M4	M5	M6	M8	M10
$P^{\text{①}}$		0.35	0.4	0.45	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.25	1.5
a	max	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6	2	2.5	3
b	min	25	25	25	25	38	38	38	38	38	38
d_k	公称 = max	3.00	3.80	4.50	5.50	6.00	7.00	8.50	10.00	13.00	16.00
	min	2.86	3.62	4.32	5.32	5.82	6.78	8.28	9.78	12.73	15.73
d_s	max	2	2.6	3.1	3.6	4.1	4.7	5.7	6.8	9.2	11.2
k	公称 = max	1.10	1.40	1.80	2.00	2.40	2.60	3.30	3.9	5.0	6.0
	min	0.96	1.26	1.66	1.86	2.26	2.46	3.12	3.6	4.7	5.7
n	公称	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.2	1.6	2	2.5
	max	0.60	0.70	0.80	1.00	1.20	1.51	1.51	1.91	2.31	2.81
	min	0.46	0.56	0.66	0.86	1.06	1.26	1.26	1.66	2.06	2.56
r	min	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.25	0.4	0.4
t	min	0.45	0.6	0.7	0.85	1	1.1	1.3	1.6	2	2.4
w	min	0.4	0.5	0.7	0.75	1	1.1	1.3	1.6	2	2.4
x	max	0.9	1	1.1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3.2	3.8
$l_{\text{公称}}$ (商品长度规格)		2~16	3~20	3~25	4~30	5~35	5~40	6~50	8~60	10~80	12~80

注：1. $l_{\text{公称}}$ 尺寸系列为：2、3、4、5、6、8、10、12、(14)、16、20、25、30、35、40、45、50、(55)、60、(65)、70、(75)、80 mm。

2. 机械性能等级：钢——4.8、5.8；不锈钢——A2-50、A2-70；有色金属——CU2、CU3、AL4。

3. 尽可能不采用括号内的规格。

① P 为螺距。

1.4 常用螺钉的性能等级 (表 22.6-4~11)

表 22.6-4 碳钢、合金钢螺钉的性能等级标记制度 (摘自 GB/T 3098.1—2000)

公称抗拉强度 σ_b /MPa	300	400	500	600	700	800	900	1 000	1 200	1 400
7										
8					6.8				12.9	
9								10.9		
10										
12				5.8				9.8		
14							8.8			
16				4.8						
18										
20					5.6					
22										
25			4.6							
30	3.6									

最小断后伸长率 δ
/%

屈服点与抗拉强度的关系

第二部分数字代号	.6	.8	.9
$\frac{\text{公称屈服点 } (\sigma_s)^{\text{②}}}{\text{公称抗拉强度 } (\sigma_b)} \times 100\%$ 或 $\frac{\text{公称规定非比例伸长应力 } (\sigma_{r0.2})^{\text{②}}}{\text{公称抗拉强度 } (\sigma_b)} \times 100\%$	60	80	90

注：虽然本表给出了高级别的性能等级，但并不意味着这些等级适用于所有的产品。适用的性能等级应按产品标准的规定。对非标准紧固件，尽量参照类似的标准紧固件选用。

①仅适用于 $d \leq 16$ mm。

②公称数值按表 22.6-5 规定。

表 22.6-5 碳钢、合金钢螺钉的机械和物理性能 (摘自 GB/T 3098.1—2000)

机械性能和物理性能		性能等级											
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 ^①		9.8 ^②	10.9	12.9	
								$d \leq 16$ ^③ mm	$d > 16$ ^③ mm				
公称抗拉强度 σ_b /MPa		300	400		500		600	800	800	900	1 000	1 200	
最小抗拉强度 σ_{bmin} ^{④,⑤} /MPa		330	400	420	500	520	600	800	830	900	1 040	1 220	
维氏硬度 HV $F \geq 98$ N	min	95	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385	
	max	220 ^⑥					250	320	335	360	380	435	
布氏硬度 HB $F - 30D^2$	min	90	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366	
	max	209 ^⑥					238	304	318	342	361	414	
洛氏硬度 HR	min	HRB	52	67	71	79	82	89	—	—	—	—	
		HRC	—	—	—	—	—	—	22	23	28	32	39
	max	HRB	95.0 ^⑥					99.5	—	—	—	—	
		HRC	—					—	32	34	37	39	44
表面硬度 HV0.3		max	—					⑦					
屈服点 σ_s ^⑧ /MPa	公称	180	240	320	300	400	480	—	—	—	—	—	
	min	190	240	340	300	420	480	—	—	—	—	—	
规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ ^⑨	公称	—					—	640	640	720	900	1 080	
	min	—					—	640	660	720	940	1 100	
保证应力	S_p/σ_s 或 $S_p/\sigma_{p0.2}$	0.94	0.94	0.91	0.93	0.90	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88	0.88	
	S_p /MPa	180	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970	
破坏扭矩 M_B /(N·m)		min	—					按 GB/T 3098.13 规定					
断后伸长率 δ /%		min	25	22	—	20	—	—	12	12	10	9	8
断面收缩率 ψ /%		min	—					52		48	48	44	
楔负载 ^⑩		对螺栓和螺钉 (不包括螺柱) 实物进行测试, 应符合表 6 或表 8 的规定											
冲击吸收功 A_{kv} /J		min	—		25	—		30	30	25	20	15	
头部坚固性		不得断裂											
螺纹未脱碳层的最小高度 E		—					$\frac{1}{2} H_1$			$\frac{2}{3} H_1$	$\frac{3}{4} H_1$		
全脱碳层的最大深度 G/mm		—					0.015						
再回火后的硬度		—					回火前后硬度均值之差 不大于 20 HV						
表面缺陷		按 GB/T 5779.1 或 GB/T 5779.3 规定											

①因超拧造成载荷超出保证载荷时, 对螺纹直径 $d \leq 16$ mm 的 8.8 级螺栓, 则增加了螺母脱扣的危险。推荐参考 GB/T 3098.2。

②仅适用于螺纹直径 $d \leq 16$ mm。

③对钢结构用螺栓为 12 mm。

④最小抗拉强度适用于公称长度 $l \geq 2.5d$ 的产品; 最低硬度适用于长度 $l < 2.5d$ 以及其他不能进行拉力试验 (如头部结构的影响) 的产品。

⑤对螺栓、螺钉和螺柱的实物进行楔负载试验时, 应按 σ_{bmin} 计算。

⑥在螺栓、螺钉和螺柱末端测试的硬度的最大值为: 250 HV、238 HB 或 99.5 HRB。

⑦表面硬度不应比芯部硬度高出 30 个维氏硬度值。10.9 级的表面硬度不应大于 390 HV0.3。

⑧当不能测定屈服点 σ_s 时, 允许以测量规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 代替。4.8、5.8 和 6.8 级的 σ_s 值仅为计算用, 不是试验数值。

⑨按性能等级标记的屈服比和规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}$ 适用于机械加工试件。因受试件加工方法和尺寸的影响, 这些数值与螺栓和螺钉实物测出的数值是不相同的。

表 22.6-6 螺钉的荐用材料与热处理 (摘自 GB/T 3098.1—2000)

性能等级	材料和热处理	化学成分 (质量分数) /%					回火温度 ℃ min
		C		P max	S max	B ^① max	
		min	max				
3.6 ^②	碳钢	—	0.20	0.05	0.06	0.003	—
4.6 ^②		—	0.55	0.05	0.06	0.003	—
4.8 ^②		—	0.55	0.05	0.06	0.003	—
5.6		0.13	0.55	0.05	0.06	0.003	—
5.8 ^②		—	0.55	0.05	0.06		
6.8 ^②		—	0.55	0.05	0.06		
8.8 ^③	低碳合金钢 (如硼、锰或铬), 淬火并回火或中碳钢, 淬火并回火	0.15 ^④	0.04	0.035	0.035	0.003	425
		0.25	0.55	0.035	0.035		
9.8	低碳合金钢 (如硼、锰或铬), 淬火并回火或中碳钢, 淬火并回火	0.15 ^④	0.35	0.035	0.035	0.003	425
		0.25	0.55	0.035	0.035		
10.9 ^{⑤、⑥}	低碳合金钢 (如硼、锰或铬), 淬火并回火	0.15 ^④	0.35	0.035	0.035	0.003	340
10.9 ^⑥	中碳钢, 淬火并回火或低、中碳合金钢 (如硼、锰或铬), 淬火并回火或合金钢淬火并回火 ^⑦	0.25	0.55	0.035	0.035	0.003	425
		0.20 ^④	0.55	0.035	0.035		
		0.20	0.55	0.035	0.035	0.003	
12.9 ^{⑧、⑨、⑩}	合金钢, 淬火并回火 ^⑦	0.28	0.50	0.035	0.035	0.003	380

①硼的含量可达0.005%, 其非有效硼可由添加钛和(或)铝控制。

②这些性能等级允许采用易切钢制造, 其硫、磷及铅的最大含量为: 硫0.34%; 磷0.11%; 铅0.35%。

③为保证良好的淬透性, 螺纹直径超过20 mm的紧固件, 需采用对10.9级规定的钢。

④含碳量低于0.25% (桶样分析) 的低碳硼合金钢的锰最低含量为: 8.8级: 0.6%; 9.8、10.9和10.9级: 0.7%。

⑤该产品应在性能等级代号下增加一横线标志。10.9级应符合表22.6-5对10.9级规定的所有性能, 而较低的回火温度对其在提高温度的条件下, 将造成不同程度的应力削弱。

⑥用于该性能等级的材料应具有良好的淬透性, 以保证紧固件螺纹截面的芯部在淬火后、回火前获得约90%的马氏体组织。

⑦合金钢至少应含有以下元素中的一种元素, 其最小含量为: 铬0.30%; 镍0.30%; 钼0.20%; 钒0.10%。

⑧考虑承受抗拉应力, 12.9级的表面不允许有金相能测出的白色磷聚集层。

⑨该化学成分(质量分数)和回火温度尚在调查研究中。

表 22.6-7 奥氏体不锈钢螺钉的机械性能 (摘自 GB/T 3098.6—2000)

类别	组别	性能等级	螺纹直径	抗拉强度 $\sigma_b^{①}$	规定非比例伸长应力 $\sigma_{p0.2}^{①}$	断后伸长量 $\delta^{②}$
				min /MPa	min /MPa	min /mm
奥氏体	A1、A2、	50	$\leq M39$	500	210	$0.6d$
	A3、A4、	70	$\leq M24^{③}$	700	450	$0.4d$
	A5	80	$\leq M24^{③}$	800	600	$0.3d$

① σ_b 和 $\sigma_{p0.2}$ 是根据螺纹的应力截面积 A_s 计算出来的。

② d —— 螺纹公称直径。

③ 螺纹公称直径 $d > 24$ mm 的紧固件，其机械性能应由供需双方协议，并可按本表给出的组别和性能等级标志。

表 22.6-8 马氏体和铁素体不锈钢螺钉的机械性能 (摘自 GB/T 3098.6—2000)

类别	组别	性能等级	抗拉强度 $\sigma_b^{①}$	规定非比例伸 长应力 $\sigma_{p0.2}^{①}$	断后伸长量 $\delta^{②}$	硬度		
			min /MPa	min /MPa	min /mm	HB	HRC	HV
马氏体	C1	50	500	250	$0.2d$	147~209	—	155~220
		70	700	410	$0.2d$	209~314	20~34	220~330
		110 ^③	1100	820	$0.2d$	—	36~45	350~440
	C3	80	800	640	$0.2d$	228~323	21~35	240~340
	C4	50	500	250	$0.2d$	147~209	—	155~220
		70	700	410	$0.2d$	209~314	20~34	220~330
铁素体	F1 ^④	45	450	250	$0.2d$	128~209	—	135~220
		60	600	410	$0.2d$	171~271	—	180~285

① σ_b 和 $\sigma_{p0.2}$ 是根据螺纹的应力截面积 A_s 计算出来的。

② d —— 螺纹公称直径。

③ 淬火并回火，最低回火温度为 275℃。

④ 螺纹公称直径 $d \leq 24$ mm。

表 22.6-9 奥氏体不锈钢螺钉的破坏扭矩 M1.6~M16 (粗牙螺纹) (摘自 GB/T 3098.6—2000)

螺纹	破坏扭矩 $M_{Down}/N \cdot m$		
	性能等级		
	50	70	80
M1.6	0.15	0.2	0.24
M2	0.3	0.4	0.48
M2.5	0.6	0.9	0.96
M3	1.1	1.6	1.8
M4	2.7	3.8	4.3

续表 22.6-9

螺纹	破坏扭矩 $M_{Dmin}/N \cdot m$		
	性能等级		
	50	70	80
M5	5.5	7.8	8.8
M6	9.3	13	15
M8	23	32	37
M10	46	65	74
M12	80	110	130
M16	210	290	330

表 22.6-10 有色金属螺钉的性能等级及材料 (摘自 GB/T 3098.10—1993)

性能等级	材料牌号	标准编号	性能等级	材料牌号	标准编号
CU1	Cu-ETP 或 Cu-FRHC	GB/T 5231	AL1	AlMg3	GB/T 3190
CU2	CuZn37	GB/T 5232	AL2	AlMg5	GB/T 3190
CU3	CuZn39Pb3	GB/T 5232	AL3	AlSi1MgMn	GB/T 3190
CU4	CuSn6	GB/T 5233	AL4	AlCu4MgSi	GB/T 3190
CU5	CuNi1Si	GB/T 5233	AL5	AlZnMgCu0.5	—
CU6	CuZn40Mn1Pb	—	AL6	AlZn5.5MgCu	GB/T 3190
CU7	CuAl10Ni5Fe4	GB/T 5233	—	—	—

表 22.6-11 有色金属螺钉的机械性能 (摘自 GB/T 3098.10—1993)

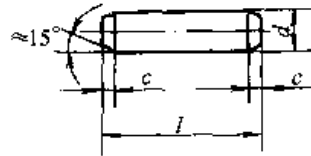
性能等级	螺纹直径 d /mm	抗拉强度 σ_b (min) /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (min) /MPa	伸长率 δ (min) /%
CU1	≤ 39	240	160	14
CU2	≤ 6	440	340	11
	$> 6 \sim 39$	370	250	19
CU3	≤ 6	440	340	11
	$> 6 \sim 39$	370	250	19
CU4	≤ 12	470	340	22
	$> 12 \sim 39$	400	200	33
CU5	≤ 39	590	540	12
CU6	$> 6 \sim 39$	440	180	18
CU7	$> 12 \sim 39$	640	270	15

续表 22.6-11

性能等级	螺纹直径 d /mm	抗拉强度 σ_b (min) /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (min) /MPa	伸长率 δ (min) /%
AL1	≤ 10	270	230	3
	$> 10 \sim 20$	250	180	4
AL2	≤ 14	310	205	6
	$> 14 \sim 36$	280	200	6
AL3	≤ 6	320	250	7
	$> 6 \sim 39$	310	260	10
AL4	≤ 10	420	290	6
	$> 10 \sim 39$	380	260	10
AL5	≤ 39	460	380	7
AL6	≤ 39	510	440	7

1.5 圆柱销 (表 22.6-12~15)

表 22.6-12 不淬硬钢和奥氏体不锈钢圆柱销 (摘自 GB/T 119.1—2000) (mm)



标记示例

公称直径 $d=6$ mm、公差为 m6、公称长度 $l=30$ mm、材料为钢、不经淬火、不经表面处理的圆柱销的标记:

销 GB/T 119.1 6 m6×30

公称直径 $d=6$ mm、公差为 m6、公称长度 $l=30$ mm、材料为 A1 组奥氏体不锈钢、表面简单处理的圆柱销的标记:

销 GB/T 119.1 6 m6×30-A1

d (m6/h8 ^①)	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
$c \approx$	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6.3	8
l (商品长度范围)	2~6	2~8	4~10	4~12	4~16	6~20	6~24	8~30	8~40	10~50	12~60	14~80	18~95	22~140	26~180	35~200	50~200	60~200	80~200	95~200

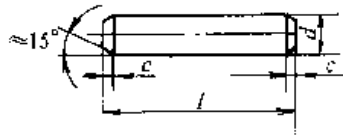
注: 1. l 尺寸系列 (公称): 2、3、4、5、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、30、32、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100、120、140、160、180、200 mm。公称长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增。

2. 硬度: 钢为 125~245HV30; 奥氏体不锈钢为 210~280HV30。

3. 表面粗糙度: 公差 m6: $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$; 公差 h8: $Ra \leq 1.6 \mu\text{m}$ 。

①其他公差由供需双方协议。

表 22.6-13 淬硬钢和马氏体不锈钢圆柱销 (摘自 GB/T 119.2—2000) (mm)



标记示例

公称直径 $d=6$ mm、公差为 m6、公称长度 $l=30$ mm、材料为钢、普通淬火 (A 型)、表面氧化处理的圆柱销的标记:

销 GB/T 119.2 6×30

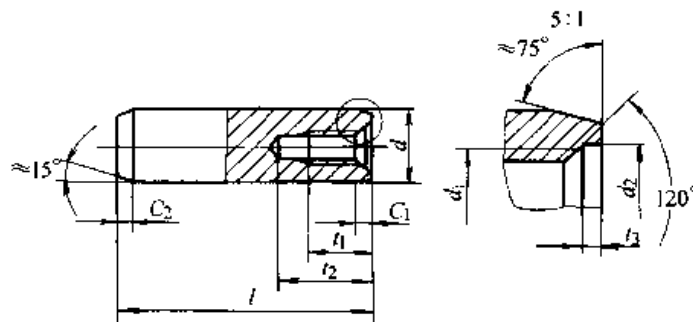
公称直径 $d=6$ mm、公差为 m6、公称长度 $l=30$ mm、材料为 C1 组马氏体不锈钢、表面简单处理的圆柱销的标记:

销 GB/T 119.2 6×30-C1

d (m6 ^①)	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
c ≈	0.2	0.3	0.35	0.4	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5
l (商品长度范围)	3~10 4~16	5~20	6~24	8~30	10~40	12~50	14~60	18~80	22~100	26~100	40~100	50~100	

- 注: 1. l 尺寸系列 (公称): 3、4、5、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、30、32、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100 mm。公称长度大于 100 mm, 按 20 mm 递增。
 2. 材料为钢: A 型 (普通淬火) 的硬度为 550~650HV30, B 型 (表面淬火) 的表面硬度为 600~700HV1, 渗碳层深度 0.25~0.4 mm 的硬度为 550HV1 min; 材料为马氏体不锈钢: 淬火并回火硬度为 460~560HV30。
 3. 表面粗糙度: $Ra \leq 0.8 \mu m$ 。
 ①其他公差由供需双方协议。

表 22.6-14 不淬硬钢和奥氏体不锈钢内螺纹圆柱销 (摘自 GB/T 120.1—2000) (mm)



标记示例

公称直径 $d=6$ mm、公差为 m6、公称长度 $l=30$ mm、材料为钢、不经淬火、不经表面处理的内螺纹圆柱销的标记:

销 GB/T 120.1 6×30

公称直径 $d=6$ mm、公差为 m6、公称长度 $l=30$ mm、材料为 A1 组奥氏体不锈钢、表面简单处理的内螺纹圆柱销的标记:

销 GB/T 120.1 6×30-A1

续表 22.6-14

d (m6 ^①)	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
c_1 ≈	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
c_2 ≈	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4	5	6.3	8
d_1	M4	M5	M6	M6	M8	M10	M16	M20	M20	M24
p ^②	0.7	0.8	1	1	1.25	1.5	2	2.5	2.5	3
d_2	4.3	5.3	6.4	6.4	8.4	10.5	17	21	21	25
t_1	6	8	10	12	16	18	24	30	30	36
t_2 min	10	12	16	20	25	28	35	40	40	50
t_3	1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5
l (商品长度范围)	16~60	18~80	22~100	26~120	32~160	40~200	50~200	60~200	80~200	100~200

注：1. l 尺寸系列（公称）：16、18、20、22、24、26、28、30、32、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100、120、140、160、180、200 mm。公称长度大于 200 mm，按 20 mm 递增。

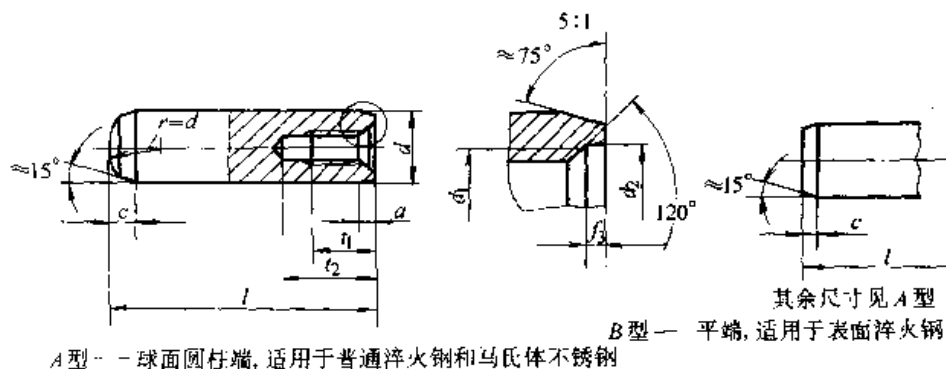
2. 材料为钢，硬度为 125~245HV30；材料为奥氏体不锈钢，硬度为 210~280HV30。

3. 表面粗糙度： $Ra \leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

①其他公差由供需双方协议。

② P 为螺距。

表 22.6-15 淬硬钢和马氏体不锈钢内螺纹圆柱销（摘自 GB/T 120.2—2000）（mm）



标记示例

公称直径 $d=6$ mm、公差为 m6、公称长度 $l=30$ mm、材料为钢、普通淬火（A型）、表面氧化处理的内螺纹圆柱销的标记：

销 GB/T 120.2 6×30-A

公称直径 $d=6$ mm、公差为 m6、公称长度 $l=30$ mm、材料为 C1 组马氏体不锈钢、表面简单处理的内螺纹圆柱销的标记：

销 GB/T 120.2 6×30-C1

续表 22.6-15

d (m6 ^①)	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
a ≈	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
c	2.1	2.6	3	3.8	4.6	6	6	7	8	10
d_1	M4	M5	M6	M6	M8	M10	M16	M20	M20	M24
p ^②	0.7	0.8	1	1	1.25	1.5	2	2.5	2.5	3
d_2	4.3	5.3	6.4	6.4	8.4	10.5	17	21	21	25
t_1	6	8	10	12	16	18	24	30	30	36
t_2 min	10	12	16	20	25	28	35	40	40	50
t_3	1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5
l (商品长度范围)	16~60	18~80	22~100	26~120	32~160	40~200	50~200	60~200	80~200	100~200

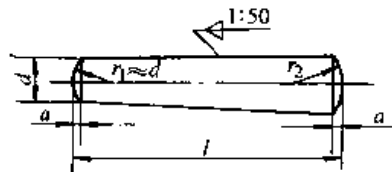
注：1. l 尺寸系列（公称）：16、18、20、22、24、26、28、30、32、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100、120、140、160、180、200 mm。公称长度大于 200 mm，按 20 mm 递增。
 2. 材料为钢：A 型（普通淬火）的硬度为 550~650HV30，B 型（表面淬火）的表面硬度为 600~700HV1，渗碳层深度 0.25~0.4 mm 的硬度为 550HV1 mm；材料为马氏体不锈钢；淬火并回火硬度为 460~560HV30。
 3. 表面粗糙度： $Ra \leq 0.8 \mu m$ 。

①其他公差由供需双方协议。
 ② P 为螺距

1.6 圆锥销（表 22.6-16~表 22.6-17）

表 22.6-16 圆锥销（摘自 GB/T 117—2000）

(mm)



标记示例

公称直径 $d=6$ mm、公称长度 $l=30$ mm、材料为 35 钢、热处理硬度 28~38HRC、表面氧化处理的 A 型圆锥销的标记：

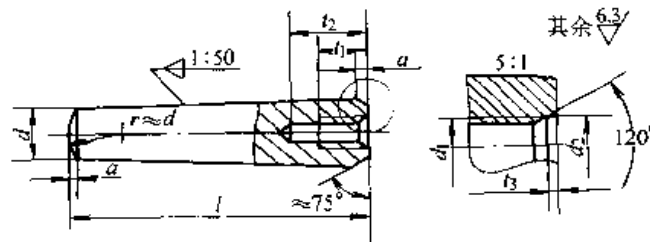
销 GB/T 117 6×30

续表 22.6-16

d (h10 ^①)	0.6	0.8	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
a ≈	0.08	0.1	0.12	0.16	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
l (商品长度范围)	4-8	5-12	6-16	6-20	8-24	10-35	10-35	12-45	14-55	18-60	22-90	22-120	26-160	32-180	40-200	45-200	50-200	55-200	60-200	65-200

- 注：1. l 尺寸系列（公称）：2、3、4、5、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、30、32、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100、120、140、160、180、200 mm。公称长度大于 200 mm，按 20 mm 递增。
2. 材料：Y12、Y15、35（28~38HRC）、45（38~46HRC）、30CrMnSiA（35~41HRC）、1Cr13、2Cr13、Cr17Ni2、0Cr18Ni9Ti。
3. A 型（磨削）：锥面表面粗糙度 $R_a=0.8 \mu\text{m}$ ；B 型（切削或冷墩）：锥面表面粗糙度 $R_a=3.2 \mu\text{m}$ 。
- ①其他公差，如 a_{11} 、 c_{11} 和 f_8 ，由供需双方协议。

表 22.6-17 内螺纹圆锥销（摘自 GB/T 118—2000） (mm)



标记示例

公称直径 $d=6 \text{ mm}$ 、公称长度 $l=30 \text{ mm}$ 、材料为 35 钢、热处理硬度 28~38HRC、表面氧化处理的 A 型内螺纹圆锥销的标记：

销 GB/T 118 6×30

d (h10 ^①)	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
a ≈	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5	3	4	5	6.3
d_1	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M20	M24
p ^②	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	2.5	3
d_2	4.3	5.3	6.4	8.4	10.5	13	17	21	21	25
t_1	6	8	10	12	16	18	24	30	30	36
t_2 min	10	12	16	20	25	28	35	40	40	50

续表 22.6-17

t_3	1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5	2	2	2.5	2.5
l (商品长度范围)	16~20	18~80	22~100	26~120	32~160	40~200	50~200	60~200	80~200	100~200

注: 1. l 尺寸系列 (公称): 16、18、20、22、24、26、28、30、32、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、90、95、100、120、140、160、180、200 mm。公称长度大于 200 mm, 按 20 mm 递增。

2. 同表 22.6-16 注 2。

①同表 22.6-16 注①

② P 为螺距。

2 开式压力机型式与基本参数

开式压力机结构型式分为下列二种型式: 开式可倾压力机 (见图 22.6-1) 和开式固定台压

力机 (见图 22.6-2)。压力机的公称力范围见表 22.6-18。开式压力机基本参数见表 22.6-19。

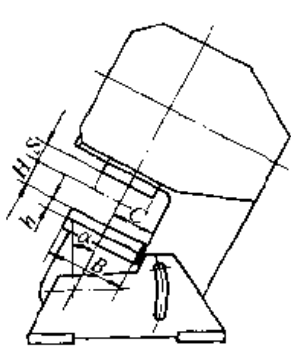


图 22.6-1 开式可倾压力机

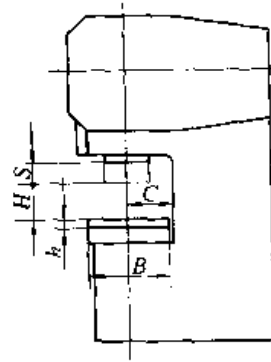
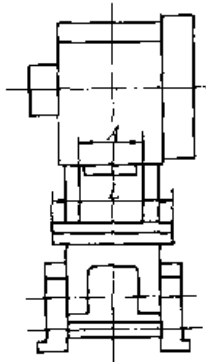


图 22.6-2 开式固定台压力机

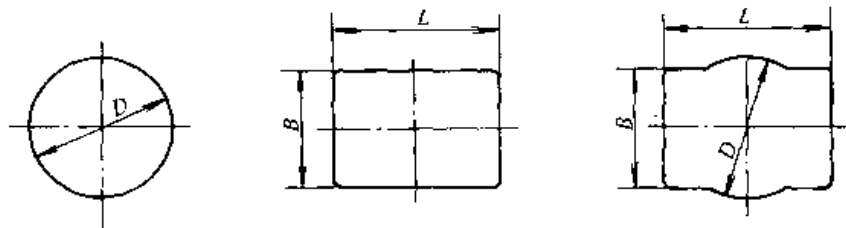


图 22.6-3 工作台孔的形状和尺寸

表 22.6-18 开式压力机型式与公称力范围 (摘自 GB/T 14347—1993)

型 式	类 别	公称力范围/kN
可倾式	标准工作台 (I类)	40~1 600
	大工作台 (II类)	400~1 600
固定台	标准工作台 (I类)	40~2 500
	大工作台 (II类)	400~2 500

表 22.6-19 开式压力机基本参数 (摘自 GB/T 14347—1993)

基本参数与尺寸名称	代号	单位	类别																							
			16						20						25											
公称力	F _g	kN	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
			直接传动	40	63	100	160	250	400	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
齿轮传动	S _p	mm	1.5	2	2	2.5	3	3	3	4	4	4	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
行程	S	mm	50	56	63	71	80	90	125	100	140	112	160	125	180	140	200	160	225	180	250	200	280	250	200	280
			6	8	10	12	12	12	12	12	16	16	16	16	20	20	20	20	25	25	25	25	25	25	25	25
行程次数	n	次/min	250	180	150	120	100	90	85	75	65	60	50	45	40	35	30	25	22	20	18	16	14	12	10	8
			100	80	70	60	50	45	40	35	30	25	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2
最大装模高度	H	mm	200	160	135	115	100	90	80	65	60	55	50	45	40	35	30	25	22	20	18	16	14	12	10	8
			125	140	160	180	200	225	280	315	345	300	375	410	355	450	390	490	425	530	460	380	325	275	225	180
装模高度调节量	ΔH	mm	32	35	40	45	50	56	63	71	80	90	100	112	125	140	160	180	200	225	250	280	320	360	400	450
滑块中心线至机身距离(喉深)	C	mm	135	150	165	190	210	235	290	325	355	390	430	470	510	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000	1 060
			350	400	450	500	560	630	800	710	900	980	850	1 060	925	1 155	1 000	1 250	1 120	1 375	1 250	1 500	1 375	1 600	1 425	1 660
工作台尺寸	L	mm	250	280	315	355	400	450	560	630	690	750	825	900	980	1 060	1 155	1 250	1 375	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000	2 100
			130	150	180	220	250	310	350	425	460	500	560	625	710	780	850	900	980	1 060	1 155	1 250	1 375	1 500	1 600	1 700
工作台孔尺寸	B	mm	90	100	115	140	170	220	250	300	325	350	380	425	460	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000
			100	120	150	180	210	240	270	305	345	385	425	460	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000	1 100
立柱间距离	A	mm	110	130	160	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1 000	1 050	1 100	1 150	1 200
			50	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
工作台板厚度	H	mm	50	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
最大倾斜角	α	(°)	30																							

3 剪板机型式与基本参数

剪板机分为下列两种形式：闸式剪板机（见

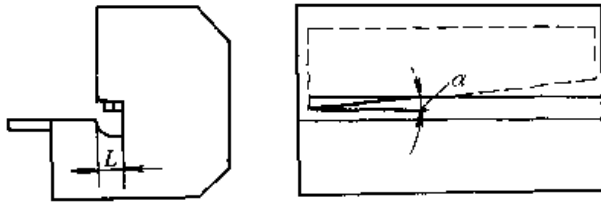


图 22.6-4 闸式剪板机示意图

图 22.6-4) 和摆式剪板机（见图 22.6-5)。剪板机的基本参数见表 22.6-20。

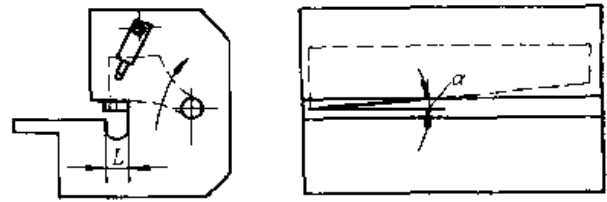


图 22.6-5 摆式剪板机示意图

表 22.6-20 剪板机基本参数（摘自 JB/T 1826—1991）

可剪板厚 t /mm	可剪板宽 b /mm	额定剪切角 α	行程次数 / (次/min)	
			空运转	满负载
1	1 000	1°	100	40
	1 250			
2.5	1 250	1°	65	30
	1 600			
	2 000			
	2 500			
	3 200			
4	2 000	1°30'	60	22
	2 500			
	3 200		55	20
	4 000			
6	2 000	1°30'	50	18
	2 500			
	3 200			
	4 000		—	14
	5 000			
	6 300			
8	2 000	1°30'	50	14
	2 500			

续表 22.6-20

可剪板厚 t /mm	可剪板宽 b /mm	额定剪切角 α	行程次数 / (次/min)	
			空运转	满负载
8	3 200	1°30'	45	12
	4 000			
	5 000		—	10
	6 300			
10	2 000	2°	45	12
	2 500			
	3 200		40	10
	4 000			
	5 000		—	8
	6 300			
12	2 000	2°	40	10
	2 500			
	3 200		35	8
	4 000			
	5 000		—	
	6 300			
16	2 000	2°30'	30	8
	2 500			
	3 200			
	4 000		—	6
	5 000			
	6 300			

续表 22.6-20

可剪板厚 t /mm	可剪板宽 b /mm	额定剪切角 α	行程次数/(次/min)	
			空运转	满负载
20	2 000	2°30′	20	6
	2 500			
	3 200			
	4 000		—	5
	5 000			
	6 300			
25	2 000	3°	20	5
	2 500			
	3 200			
	4 000		—	4
	5 000			
	6 300			
32	2 500	3°30′	15	4
	3 200			
	4 000			
	5 000		—	3
	6 300			
40	2 500	3°30′	15	3
	3 200			
	4 000			

注：1. 板材选用抗拉强度 $\sigma_b \leq 450$ MPa。

2. 对液压传动剪板机，只规定满负载行程次数。

4 单双动薄板冲压液压机

单双动薄板冲压液压机（以下简称单动液压机或双动液压机）的型式见图 22.6-6、图 22.6-

7、图 22.6-8、图 22.6-9。

单动液压机、双动液压机的各类基本参数见表 22.6-21~表 22.6-37。

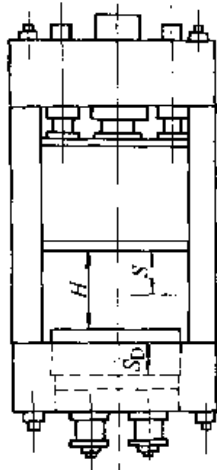


图 22.6-6 框架式单动液压机

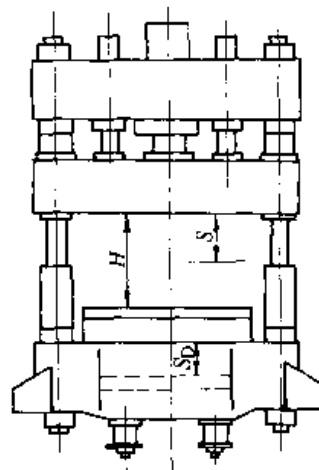
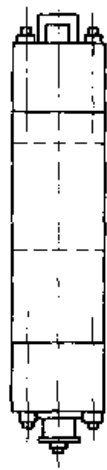


图 22.6-8 立柱式单动液压机

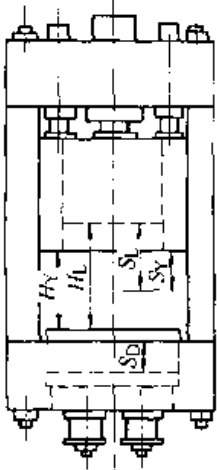
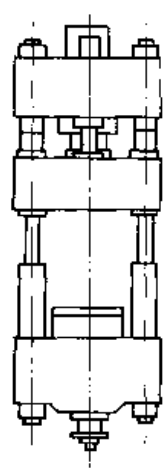


图 22.6-7 框架式双动液压机

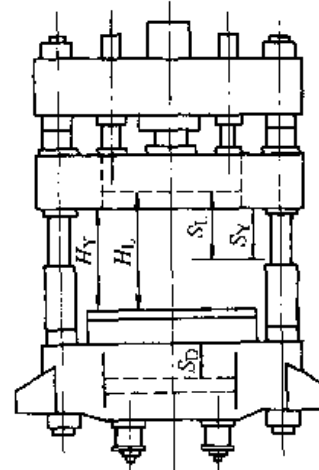
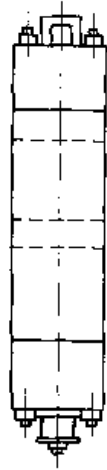


图 22.6-9 立柱式双动液压机

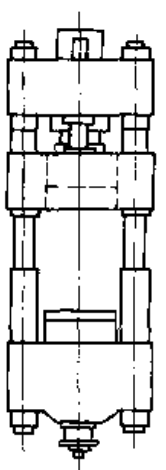


表 22.6-21 单动液压机的公称力及拉深垫公称力等参数 (摘自 JB/T 7343—1994)

型 号	YCBD 3.15	YCBD 4	YCBD 5	YCBD 6.3	YCBD 8	YCBD 10	YCBD 12.5	YCBD 16	YCBD 20	YCBD 25	YCBD 31.5
公称力 F/MN	3.15	4.0	5.0	6.3	8.0	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5
拉深垫公称力 F_d/MN	1.25	1.6	2.0	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5

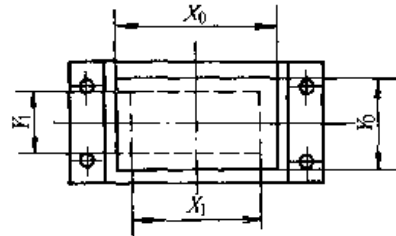
表 22.6-22 单动液压机滑块行程 S (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)

800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400
1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000	—

表 22.6-23 单动液压机开口高度 H (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)

1 200	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000
2 100	2 200	2 300	2 400	2 500	2 600	2 800	3 000	—

表 22.6-24 单动液压机滑块及工作台面左右尺寸 X_0 (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)



1 600	1 700	1 800	1 900	2 000	2 100	2 200	2 300	2 400	2 500	2 600
2 800	3 000	3 200	3 400	3 600	3 800	4 000	4 500	5 000	5 500	6 000

表 22.6-25 单动液压机滑块及工作台面前后尺寸 Y_0 (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)

1 200	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000
2 100	2 200	2 300	2 400	2 500	2 600	2 800	3 000	—

注：参见表 22.6-24 插图。

表 22.6-26 单动液压机拉深垫台面左右尺寸 X_1 (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)

1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 600	2 800
3 000	3 200	3 400	3 600	3 800	4 000	4 400	4 800	5 200	5 600

注：参见表 22.6-24 插图。

表 22.6-27 单动液压机拉深垫台面前后尺寸 Y_1 (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)

800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700
1 800	2 000	2 200	—	—	—	—	—	—	—

注：参见表 22.6-24 插图。

表 22.6-28 单双动液压机拉深垫行程 S_d (mm)

200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

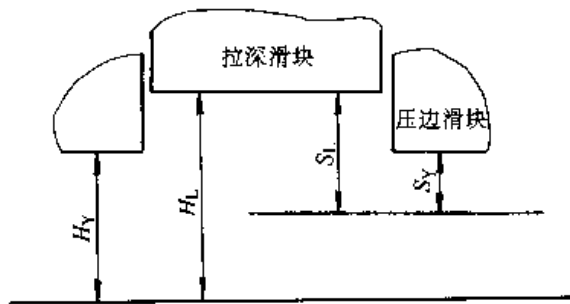
表 22.6-29 双动液压机的公称力，拉深滑块公称力，压边滑块公称力，拉深垫公称力等参数 (摘自 JB/T 7343—1994)

参数	YCBS 2.5/1.6	YCBS 4/2.5	YCBS 5/3.15	YCBS 6.3/4	YCBS 8/5	YCBS 10/6.3	YCBS 12.5/8	YCBS 16/10
公称总力 F /MN	4	6.3	8	10	12.5	16	20	25
拉深滑块公称力 F_L /MN	2.5	4	5	6.3	8	10	12.5	16

续表 22.6-29

参数	YCBS 2.5/1.6	YCBS 4/2.5	YCBS 5/3.15	YCBS 6.3/4	YCBS 8/5	YCBS 10/6.3	YCBS 12.5/8	YCBS 16/10
压边滑块公称力 F_Y/MN	1.6	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10
拉深垫公称力 F_d/MN	1	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3

表 22.6-30 双动液压机拉深滑块行程 S_L (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)



800	850	900	950	1 000	1 050	1 100	1 150	1 200	1 250	1 300
1 350	1 400	1 450	1 500	1 550	1 600	1 650	1 700	1 750	1 800	—

表 22.6-31 双动液压机拉深滑块开口高度 H_L (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)

1 300	1 350	1 400	1 450	1 500	1 550	1 600
1 650	1 700	1 750	1 800	1 850	1 900	1 950
2 000	2 050	2 150	2 200	2 250	2 300	2 350
2 400	2 500	2 600	—	—	—	—

注：参见表 22.6-30 插图。

表 22.6-32 双动液压机压边滑块行程 S_Y (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)

500	600	700	800	900	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	1 500
-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

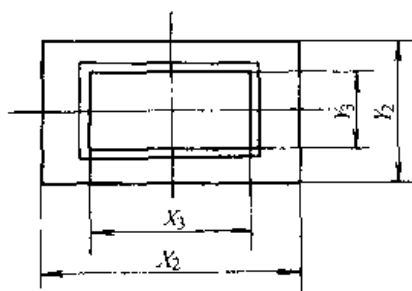
注：参见表 22.6-30 插图。

表 22.6-33 双动液压机压边滑块开口高度 H_Y (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)

1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	1 500	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

注：参见表 22.6-30 插图。

表 22.6-34 双动液压机拉深滑块台面左右尺寸 X_3 (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)



1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 600
2 800	3 000	3 200	3 400	3 600	3 800	4 000	4 400	4 800
5 200	5 400	—	—	—	—	—	—	—

表 22.6-35 双动液压机拉深滑块前后尺寸 Y_3 (摘自 JB/T 7343—1994) (mm)

600	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

注：参见表 22.6-34 插图。

对双动液压机，补充说明有关尺寸：

①双动液压机工作台左右尺寸及压边滑块左右尺寸 X_2 同表 22.6-24 X_0 。

②双动液压机工作台前后尺寸及压边滑块前后尺寸 Y_2 同表 22.6-25 Y_0 。

③双动液压机拉深垫台面左右尺寸 X_4 同 X_3 (见表 22.6-34)。

④双动液压机拉深垫台面前后尺寸 Y_4 同 Y_3 (见表 22.6-35)。

表 22.6-36 单动薄板冲压液压机参考系列参数 (摘自 JB/T 7343—1994)

参 数	YCBD											
	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	
公称力 F /MN	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	
拉深垫力 F_d /MN	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	
假设拉深深度 h /mm	400	400	400	500	500	500	500	600	600	600	600	
滑块行程 S /mm	900	900	900	1 100	1 100	1 200	1 200	1 400	1 400	1 600	1 600	
开口高度 H /mm	1 400	1 400	1 400	1 600	1 600	1 800	1 800	2 200	2 200	2 400	2 400	
拉深垫行程 S_d /mm	450	450	450	550	550	550	550	650	650	650	650	
滑块及工作台面尺寸	前后/mm	1 600	1 600	1 600	1 800	1 800	2 000	2 000	2 200	2 200	2 500	2 500
	左右/mm	3 000	3 000	3 000	3 500	3 500	4 000	4 000	4 500	4 500	4 500	5 000
拉深垫台面尺寸	前后/mm	1 000	1 000	1 000	1 200	1 200	1 400	1 400	1 600	1 600	1 800	1 800
	左右/mm	2 400	2 400	2 400	3 000	3 000	3 600	3 600	4 000	4 000	4 000	4 500

表 22.6-37 双动薄板冲压液压机参考系列参数 (摘自 JB/T 7343—1994)

参 数	YCBS	YCBS	YCBS	YCBS	YCBS	YCBS	YCBS	YCBS
	2.5/1.6	4/2.5	5/3.15	6.3/4	8/5	10/6.3	12.5/8	16/10
公称总力 F/MN	4	6.3	8	10	12.5	16	20	25
拉深滑块公称力 F_L/MN	2.5	4	5	6.3	8	10	12.5	16
压边滑块公称力 F_Y/MN	1.6	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10
拉深垫公称力 F_d/MN	1	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3
假设拉深深度 h/mm	400	500	500	600	600	600	600	600
拉深滑块行程 S_L/mm	950	1 150	1 150	1 350	1 350	1 450	1 450	1 450
压边滑块行程 S_Y/mm	500	600	600	700	700	800	800	800
拉深垫行程 S_d/mm	350	350	450	450	550	550	650	650
拉深滑块开口高度 H_L/mm	1 450	1 750	1 750	2 050	2 050	2 250	2 250	2 350
压边滑块开口高度 H_Y/mm	1 000	1 200	1 200	1 400	1 400	1 600	1 600	1 700
压边滑块及工作台 台面尺寸	前后/mm	1 800	1 800	2 000	2 000	2 200	2 200	2 500
	左右/mm	3 000	3 500	3 500	4 000	4 000	4 500	4 500
拉深滑块及拉深垫 台面尺寸	前后/mm	1 200	1 200	1 400	1 400	1 600	1 600	1 800
	左右/mm	2 600	3 000	3 000	3 600	3 600	4 000	4 000

5 单动薄板冲压液压机基本参数

单动薄板冲压液压机的基本参数和尺寸见表 22.6-38, 其中参数示意图见图 22.6-10。

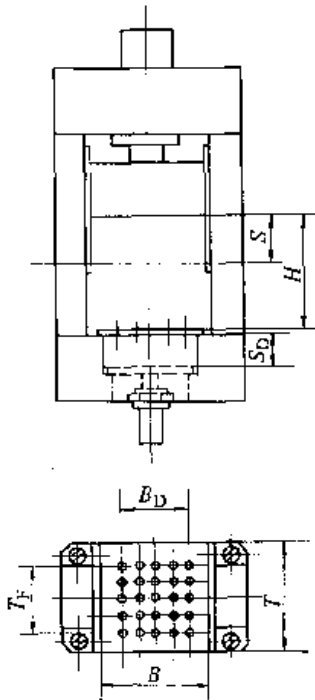


图 22.6-10 单动薄板冲压液压机参数示意图

6 双动薄板拉深液压机基本参数

双动薄板拉深液压机的基本参数和尺寸见表 22.6-39, 其中参数示意图见图 22.6-11。

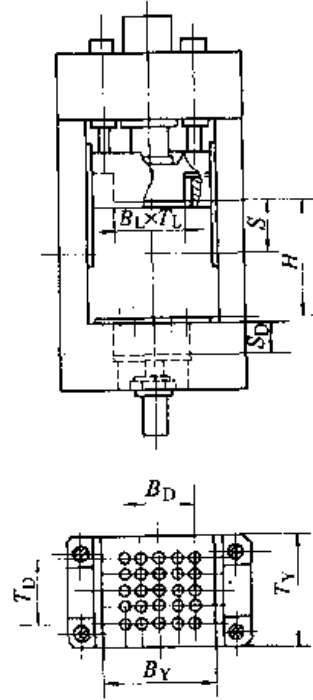


图 22.6-11 双动薄板拉深液压机参数示意图

表 22.6-38 基本参数和尺寸 (摘自 JB/T 8492—1996)

公称力 F		kN	400				630				800				1 000															
液压垫力 F_D		kN	100	125	160	200	160	200	250	315	200	250	315	400	250	315	400	500												
开口高度 H		mm	600				700				800				900				1 000				1 100							
滑块行程 S		mm	400				450				500				450				500				600				700			
液压垫行程 S_D		mm	160				180				200				180				200				250				300			
滑块及工作台面尺寸	左右 B	mm	550				700				850				1 000															
	前后 T	mm	450				550				600				750															
液压垫之顶杆孔分布尺寸	左右 B_D	mm	300				450				600				750															
	前后 T_D	mm	酌定				300				450				600															
滑块速度	空程下行 v_K	mm/s	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850												
	工作 v_G	mm/s	5				10				15				20															
公称力 F		kN	—				1 600				2 000				2 500															
液压垫力 F_D		kN	—				400	500	630	800	500	630	800	1 000	630	800	1 000	1 250												
开口高度 H		mm	800	900	1 000	1 100	1 000	1 100	1 200	1 400	1 000	1 100	1 200	1 400	1 000	1 100	1 200	1 400												
滑块行程 S		mm	450	500	600	700	500	600	700	800	500	600	700	800	500	600	700	800												
液压垫行程 S_D		mm	180	200	250	300	200	250	300	350	200	250	300	350	200	250	300	350												
滑块及工作台面尺寸	左右 B	mm	850				1 000				1 300				1 600															
	前后 T	mm	600				850				1 000				1 300															
液压垫之顶杆孔分布尺寸	左右 B_D	mm	600				750				900				1 200															
	前后 T_D	mm	450				600				750				900															
滑块速度	空程下行 v_K	mm/s	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850												
	工作 v_G	mm/s	5				10				15				20															
公称力 F		kN	—				3 150				4 000				5 000															
液压垫力 F_D		kN	—				800	1 000	1 250	1 600	1 000	1 250	1 600	2 000	1 250	1 600	2 000	2 500												
开口高度 H		mm	1 000	1 100	1 200	1 400	1 200	1 400	1 500	1 600	1 200	1 400	1 500	1 600	1 200	1 400	1 500	1 600												
滑块行程 S		mm	500	600	700	800	700	800	900	1 000	700	800	900	1 000	700	800	900	1 000												
液压垫行程 S_D		mm	200	250	300	350	250	300	350	400	250	300	350	400	250	300	350	400												
滑块及工作台面尺寸	左右 B	mm	1 300				1 600				1 900				2 200															
	前后 T	mm	1 000				1 300				1 500				1 800															

续表 22.6-38

公称力 F		kN	3 150				4 000				5 000															
液压垫之顶杆孔分布尺寸	左右 B_D	mm	900				1 200				1 500				1 650											
	前后 T_D	mm	600				900				1 200				1 350											
滑块速度	空程下行 v_K	mm/s	100	150	200	250	300	350	400	450	500															
	工作 v_G	mm/s	5				10				15				20											
公称力 F		kN	—				6 300				8 000				10 000											
液压垫力 F_D		kN	—				1 600	2 000	2 500	3 150	2 000	2 500	3 150	4 000	2 500	3 150	4 000	5 000								
开口高度 H		mm	1 200	1 400	1 500	1 600	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 500														
滑块行程 S		mm	700	800	900	1 000	900	1 000	1 200	1 400	1 500	1 800														
液压垫行程 S_D		mm	250	300	350	400	300	350	400	450	500	550														
滑块及工作台尺寸	左右 B	mm	2 500				2 800				3 000				3 200				3 600				4 000			
	前后 T	mm	1 800				2 000				2 200				2 500				2 800				3 000			
液压垫之顶杆孔分布尺寸	左右 B_D	mm	1 650				1 800				2 100				2 400				2 700				3 000			
	前后 T_D	mm	1 200				1 500				1 800				2 100				2 400				2 550			
滑块速度	空程下行 v_K	mm/s	100	150	200	250	300	350	400	450	500															
	工作 v_G	mm/s	5				10				15				20											
公称力 F		kN	—				12 500				16 000				20 000											
液压垫力 F_D		kN	—				3 150	4 000	5 000	6 300	4 000	5 000	6 300	8 000	5 000	6 300	8 000	10 000								
开口高度 H		mm	1 400				1 600				1 800				2 000				2 200				2 500			
滑块行程 S		mm	900				1 000				1 200				1 400				1 500				1 800			
液压垫行程 S_D		mm	300				350				400				450				500				550			
滑块及工作台尺寸	左右 B	mm	2 500	2 800	3 000	3 200	3 600	4 000	3 000	3 600	4 000	4 500	4 800													
	前后 T	mm	1 800	2 000	2 200	2 500	2 800	3 000	2 000	2 200	2 500	2 800	3 000													
液压垫之顶杆孔分布尺寸	左右 B_D	mm	1 650	1 800	2 100	2 400	2 700	3 000	1 800	2 100	2 400	2 700	3 000													
	前后 T_D	mm	1 200	1 500	1 800	2 100	2 400	2 550	1 500	1 800	2 100	2 400	2 550													
滑块速度	空程下行 v_K	mm/s	100	150	200	250	300	350	400	450	500															
	工作 v_G	mm/s	5				10				15				20											

表 22.6-39 基本参数和尺寸 (摘自 JB/T 8493—1996)

总力 F	kN	1 600				2 500				3 150				4 000															
拉深力 F_L	kN	1 000				1 600				2 000				2 500															
压边力 F_Y	kN	630				1 000				1 250				1 600															
液压垫力 F_D	kN	250	400	500	630	400	630	800	1 000	500	800	1 000	1 250	630	1 000	1 250	1 600												
拉深滑块开口高度 H	mm	800				1 000				1 100				1 300				1 600											
拉深滑块行程 S	mm	400				500				600				700				850											
液压垫行程 S_D	mm	160				200				250				300				350											
拉深滑块尺寸	左右 B_L	700				850				1 000				1 200				1 300				1 500							
	前后 T_L	450				600				700				750				850				1 000							
液压垫之顶杆孔分布尺寸	左右 B_D	600				750				900				1 050				1 200				1 350							
	前后 T_D	300				450				600				600				750				900							
压边滑块及工作台尺寸	左右 B_Y	1 200				1 300				1 500				1 600				1 800				2 000							
	前后 T_Y	850				1 000				1 200				1 200				1 300				1 500							
拉深滑块速度	空程下行 v_K	100		150		200		250		300		350		400		450		500											
	工作 v_G	5				10				15				20															
总力 F	kN	5 000				6 300				8 000																			
拉深力 F_L	kN	3 150				4 000				5 000																			
压边力 F_Y	kN	2 000				2 500				3 150																			
液压垫力 F_D	kN	800	1 250	1 600	2 000	1 000	1 600	2 000	2 500	1 250	2 000	2 500	3 150																
拉深滑块开口高度 H	mm	1 400				1 600				1 800				2 000															
拉深滑块行程 S	mm	800				900				1 000				1 100															
液压垫行程 S_D	mm	300				350				400				450															
拉深滑块尺寸	左右 B_L	1 600				1 800				2 000				2 000				2 400				2 500				2 800			
	前后 T_L	1 000				1 200				1 300				1 300				1 500				1 600				1 800			
液压垫之顶杆孔分布尺寸	左右 B_D	1 500				1 650				1 800				1 800				2 250				2 400				2 700			
	前后 T_D	900				1 050				1 200				1 200				1 350				1 500				1 650			
压边滑块及工作台尺寸	左右 B_Y	2 000				2 200				2 500				2 800				3 000				3 200				3 600			
	前后 T_Y	1 500				1 600				1 800				2 000				2 200				2 400				2 600			
拉深滑块速度	空程下行 v_K	100		150		200		250		300		350		400		450		500											
	工作 v_G	5				10				15				20															

续表 22.6-39

总力 F	kN		10 300				13 000				16 000							
拉深力 F_L	kN		6 300				8 000				10 000							
压边力 F_Y	kN		4 000				5 000				6 300							
液压垫力 F_D	kN		1 600	2 500	3 150	4 000	2 000	3 150	4 000	5 000	2 500	4 000	5 000	6 300				
拉深滑块 开口高度 H	mm		1 800				2 000				2 200				2 500			
拉深滑块行程 S	mm		1 200				1 300				1 500				1 700			
液压垫行程 S_D	mm		350				400				450				500			
拉深滑块 尺寸	左右 B_L	mm	2 000	2 400	2 500	2 800	2 500				2 800	3 000	3 200					
	前后 T_L	mm	1 300	1 500	1 600	1 800	1 500				1 600	1 800	2 000					
液压垫之 顶杆孔分 布尺寸	左右 B_D	mm	1 800	2 250	2 400	2 700	2 400				2 700	2 850	3 000					
	前后 T_D	mm	1 200	1 350	1 500	1 650	1 350				1 500	1 650	1 800					
压边滑块 及工作台 尺寸	左右 B_Y	mm	2 800	3 000	3 200	3 600	3 200				3 400	3 600	4 000					
	前后 T_Y	mm	2 000	2 200	2 400	2 600	2 200				2 400	2 500	2 800					
拉深滑块 速度	空程下行 v_K	mm/s	100	150	200	250	300	350	400	450	500							
	工作 v_G	mm/s	5				10				15				20			

第 7 章 ISO 冲模标准件

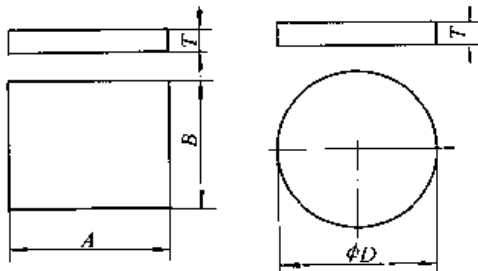
ISO (国际标准化组织) 是各个国家标准化团体的世界性联盟。制定国际标准的工作通常由 ISO 技术委员会来进行。本章介绍的 ISO 国际标准是由 ISO/TC 29/SC8 自 1982 年以来组织制订和审查通过并公布的模具标准, 主要是用于冲模、塑料注射模用的零件标准。包括模板、导柱(套)、凸模和凹模三大类。其中 ISO 6753 模板

和圆凸模以及圆凹模草案, 均在制订我国相应标准时予以全面采纳。

1 冲模、成形模与钻夹具加工板公称尺寸

冲模、成形模和钻夹具的加工板的公称尺寸见表 22.7-1。

表 22.7-1 公称尺寸 (摘自 ISO 6753: 1982) (mm)



长度 A	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1 000	
宽度 B																							
直径 D																							
厚度 T			4	6	8	10	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250			

注: 可以从上表两个横行内自由选择组合数值, 但这些数值应与专用的使用相结合。

2 凸模

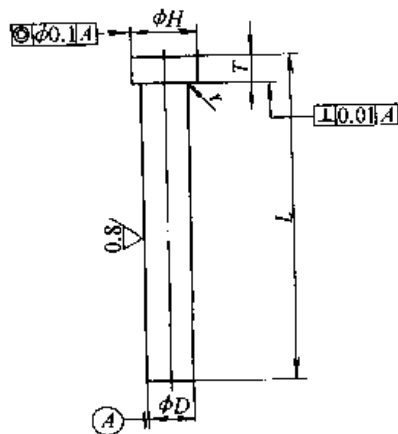
2.2 60°锥头直杆圆凸模

2.1 圆柱头直杆圆凸模

60°锥头直杆圆凸模见表 22.7-3。

圆柱头直杆圆凸模见表 22.7-2。

表 22.7-2 圆柱头直杆圆凸模 (摘自 ISO 8021: 1986) (mm)



标记示例:

凸模刃口直径 $D=6.3$ mm,

凸模长度 $L=80$ mm 的凸模:

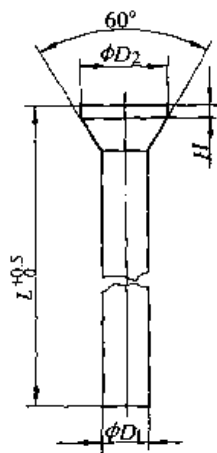
凸模 ISO 8021 6.3×80

续表 22.7-2

D (mm)	T ($^{+0.25}_0$)	H ($^0_{-0.25}$)	L ($^{+1.0}_0$)	r (± 0.1)	D (mm)	T ($^{+0.25}_0$)	H ($^0_{-0.25}$)	L ($^{+1.0}_0$)	r (± 0.1)	
1.0	3.0	3.0	63, 71, 80, 100	0.25	4.8	3.0	7.0	63, 71, 80, 100	0.25	
1.05					5.0	5.0	8.0			
1.1					5.0	9.0				
1.2										
1.25										
1.3										
1.4					5.0	11.0				
1.5										
1.6										
1.7										
1.8	3.0	4.0			8.5	5.0	13.0			
1.9					9.0					
2.0					9.5					
2.1					10.0					
2.2	3.0	5.0			63, 71, 80, 100	0.25	10.5		5.0	16.0
2.4							11.0			
2.5			12.0							
2.6			12.5							
2.8			13.0							
3.0			14.0							
3.2	3.0	6.0	15.0	5.0			19.0			
3.4			16.0							
3.6			5.0					24.0		
3.8									5.0	29.0
5.0	32.0	36.0								
4.2										
4.5	3.0	7.0	3.0	7.0						

注：可以自由选择长度值和直径值的组合，但应适用于特定用途。

表 22.7-3 60°锥头直杆圆凸模 (摘自 ISO 6752: 1984) (mm)



标记示例：
 凸模刃口直径 $D_1 = 6.3$ mm、凸
 模长度 $L = 80$ mm 的凸模：
 凸模 ISO 6752 6.3×80

续表 22.7-3

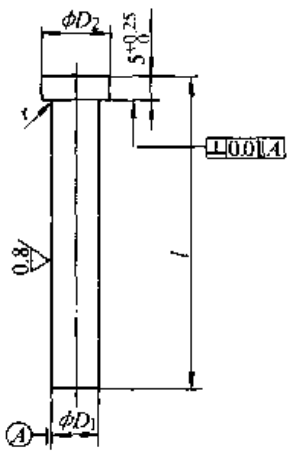
D_1 (h6)	D_2	H ($^{+0.2}$)	D_1 (h6)	D_2	H ($^{+0.2}$)	D_1 (h6)	D_2	H ($^{+0.2}$)
0.5	0.9	0.2	1.9	2.8	0.5	6.3	8	0.5
0.55	1	0.2	2	3	0.5	6.7	9	1
0.6	1.1	0.2	2.1	3.2	0.5	7.1	9	1
0.65	1.2	0.2	2.2	3.2	0.5	7.5	10	1
0.7	1.3	0.2	2.4	3.5	0.5	8	10	1
0.75	1.3	0.2	2.5	3.5	0.5	8.5	11	1
0.8	1.4	0.4	2.6	4	0.5	9	11	1
0.85	1.4	0.4	2.8	4	0.5	9.5	12	1
0.9	1.6	0.4	3	4.5	0.5	10	12	1
0.95	1.6	0.4	3.2	4.5	0.5	10.5	13	1
1	1.8	0.5	3.4	4.5	0.5	11	13	1
1.05	1.8	0.5	3.6	5	0.5	12	14	1
1.1	1.8	0.5	3.8	5	0.5			
1.2	2	0.5	4	5.5	0.5	12.5	15	1
1.25	2	0.5	4.2	5.5	0.5	13	15	1
1.3	2	0.5	4.5	6	0.5	14	16	1.5
1.4	2.2	0.5	4.8	6	0.5	15	17	1.5
1.5	2.2	0.5	5	6.5	0.5			
1.6	2.5	0.5	5.3	6.5	0.5	L = 71, 80, 100		
1.7	2.5	0.5	5.6	7	0.5			
1.8	2.8	0.5	6	8	0.5			

2.3 圆柱头缩杆凸模

圆柱头缩杆凸模见表 22.7-4~表 22.7-10。

表 22.7-4 A型—模坯 (摘自 ISO 8020: 1992)

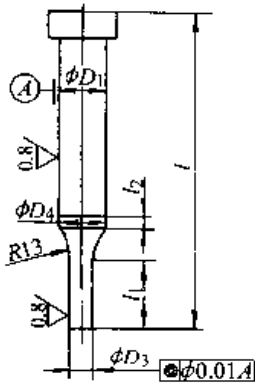
(mm)

	杆径 D_1 (m5)	头径 D_2 ($^{-0.25}$)	r (± 0.1)	总长 l ($^{+0.1}$)					
				56	63	71	80	90	100
				0.25	×	×	×	×	×
0.4	5	8	×	×	×	×	×	×	
	6	9	×	×	×	×	×	×	
	8	11	×	×	×	×	×	×	
	10	13	×	×	×	×	×	×	
	13	16	×	×	×	×	×	×	
	16	19	×	×	×	×	×	×	
20	24	×	×	×	×	×	×		
25	29	×	×	×	×	×	×		
32	36	×	×	×	×	×	×		

注：表中×为选用值（以后各表同）。

表 22.7-5 B 型—圆形冲孔凸模 (摘自 ISO 8020: 1992) (mm)

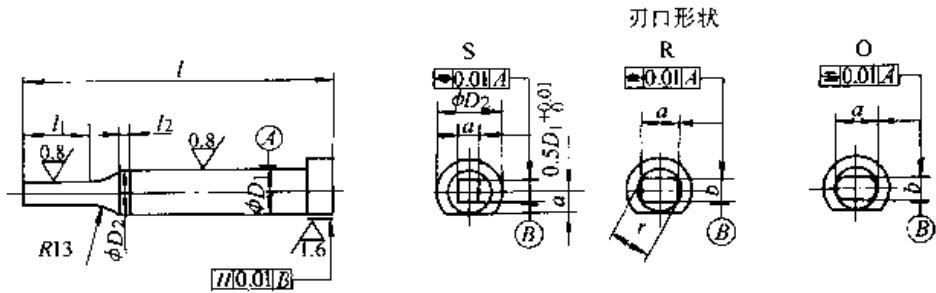
杆径 D_1	刃口直径范围 D_3 (j6)	总长 l					
		56	63	71	80	90	100
5	$1 \leq D_3 \leq 4.9$	×	×	×	×	×	
6	$1.6 \leq D_3 \leq 5.9$	×	×	×	×	×	×
8	$2.5 \leq D_3 \leq 7.9$	×	×	×	×	×	×
10	$4 \leq D_3 \leq 9.9$	×	×	×	×	×	×
13	$5 \leq D_3 \leq 12.9$	×	×	×	×	×	×
16	$8 \leq D_3 \leq 15.9$	×	×	×	×	×	×
20	$12 \leq D_3 \leq 19.9$	×	×	×	×	×	×
25	$16.5 \leq D_3 \leq 24.9$	×	×	×	×	×	×
32	$20 \leq D_3 \leq 31.9$	×	×	×	×	×	×



注：刃口长度 l_1 、直径 D_4 和长度 l_2 由制造厂选定。头的尺寸和公差及 D_1 和 l 的公差见表 22.7-4。

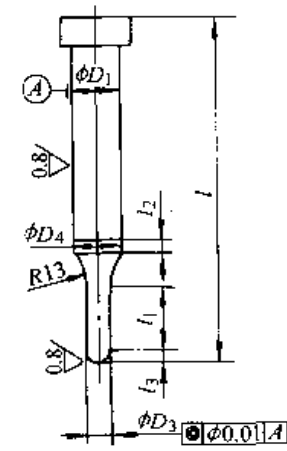
表 22.7-6 C 型—正方形 (S)、长方形 (R) 和长圆形 (O) 冲孔凸模 (摘自 ISO 8020: 1992) (mm)

杆径 D_1	刃口的尺寸范围		总长 l					
	正方形 (S)	长方形 (R) 或长圆形 (O)	56	63	71	80	90	100
	a (j6)	b, a, c (j6)						
5	$1 \leq a \leq 3.5$	$1 \leq b, a, c \leq 4.9$	×	×	×	×	×	
6	$1.6 \leq a \leq 4.2$	$1.6 \leq b, a, c \leq 5.9$	×	×	×	×	×	×
8	$2 \leq a \leq 5.6$	$2 \leq b, a, c \leq 7.9$	×	×	×	×	×	×
10	$3.5 \leq a \leq 7$	$3.5 \leq b, a, c \leq 9.9$	×	×	×	×	×	×
13	$4.5 \leq a \leq 9.1$	$4.5 \leq b, a, c \leq 12.9$	×	×	×	×	×	×
16	$6 \leq a \leq 11.3$	$6 \leq b, a, c \leq 15.9$	×	×	×	×	×	×
20	$8 \leq a \leq 14.1$	$8 \leq b, a, c \leq 19.9$	×	×	×	×	×	×
25	$10 \leq a \leq 17.6$	$10 \leq b, a, c \leq 24.9$	×	×	×	×	×	×
32	$10 \leq a \leq 22.6$	$10 \leq b, a, c \leq 31.9$	×	×	×	×	×	×



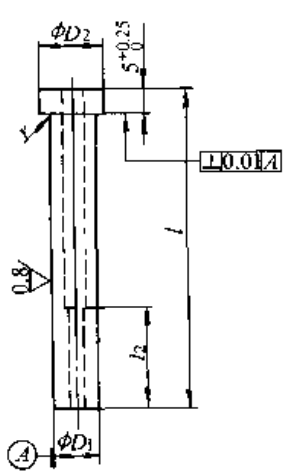
注：刃口长度 l_1 、直径 D_2 和长度 l_2 由制造厂自行选定，头部的尺寸和公差及 D_1 和 l 的公差见表 22.7-4。

表 22.7-7 D 型—导正凸模 (摘自 ISO 8020: 1992) (mm)

	杆径 D_1	刃口直径范围 D_3 (j6)	总长 l					
			56	63	71	80	90	100
	5	$0.99 \leq D_3 \leq 4.9$	×	×	×	×	×	
	6	$1.9 \leq D_3 \leq 5.9$	×	×	×	×	×	×
	8	$2.4 \leq D_3 \leq 7.9$	×	×	×	×	×	×
	10	$3.9 \leq D_3 \leq 9.9$	×	×	×	×	×	×
	13	$4.9 \leq D_3 \leq 12.9$	×	×	×	×	×	×
	16	$7.9 \leq D_3 \leq 15.9$	×	×	×	×	×	×
	20	$11.9 \leq D_3 \leq 19.9$	×	×	×	×	×	×
	25	$15 \leq D_3 \leq 24.9$	×	×	×	×	×	×
	32	$19.9 \leq D_3 \leq 31.9$	×	×	×	×	×	×

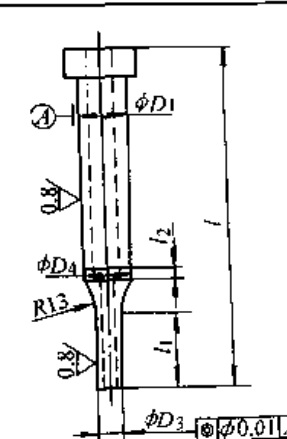
注：刃口长度 l_1 和 l_3 、刃口形状，直径 D_4 和长度 l_2 由制造厂自行选定。头部的尺寸和公差及 D_1 和 l 的公差见表 22.7-4。

表 22.7-8 E 型—模坯 (摘自 ISO 8020: 1992) (mm)

	杆径 D_1 (m5)	头径 D_2 (-0.25)	r (±0.1)	总长 l (+0)					
				56	63	71	80	90	100
	5	8	0.25	×	×	×	×	×	
	6	9		×	×	×	×	×	×
	8	11		×	×	×	×	×	×
	10	13		×	×	×	×	×	×
	13	16	0.4	×	×	×	×	×	×
	16	19		×	×	×	×	×	×
	20	24		×	×	×	×	×	×
	25	29		×	×	×	×	×	×
	32	36		×	×	×	×	×	×

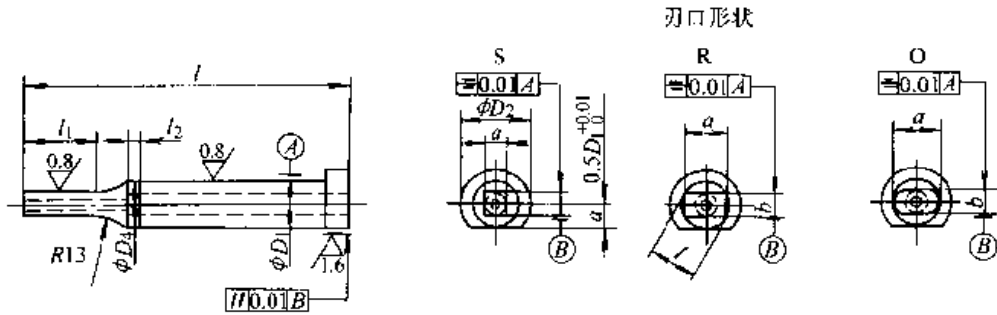
注：长度 l_4 和推件器由制造厂自行决定。

表 22.7-9 F 型—带推件器孔的圆形冲孔凸模 (摘自 ISO 8020: 1992) (mm)

	杆径 D_1	刃口直径范围 D_3 (j6)	总长 l					
			56	63	71	80	90	100
	5	$1.6 \leq D_3 \leq 4.9$	×	×	×	×	×	
	6	$2.5 \leq D_3 \leq 5.9$	×	×	×	×	×	×
	8	$3 \leq D_3 \leq 7.9$	×	×	×	×	×	×
	10	$4 \leq D_3 \leq 9.9$	×	×	×	×	×	×
	13	$5 \leq D_3 \leq 12.9$	×	×	×	×	×	×
	16	$8 \leq D_3 \leq 15.9$	×	×	×	×	×	×
	20	$12 \leq D_3 \leq 19.9$	×	×	×	×	×	×
	25	$16.5 \leq D_3 \leq 24.9$	×	×	×	×	×	×
	32	$20 \leq D_3 \leq 31.9$	×	×	×	×	×	×

注：刃口长度 l_1 、直径 D_4 、长度 l_2 和推件器由制造者自行选定。头部的尺寸和公差以及 D_1 和 l 的公差见表 22.7-8。

表 22.7-10 G 型一带推件器孔的正方形 (S)、长方形 (R) 和长圆形 (O) 冲孔凸模 (摘自 ISO 8020: 1992) (mm)



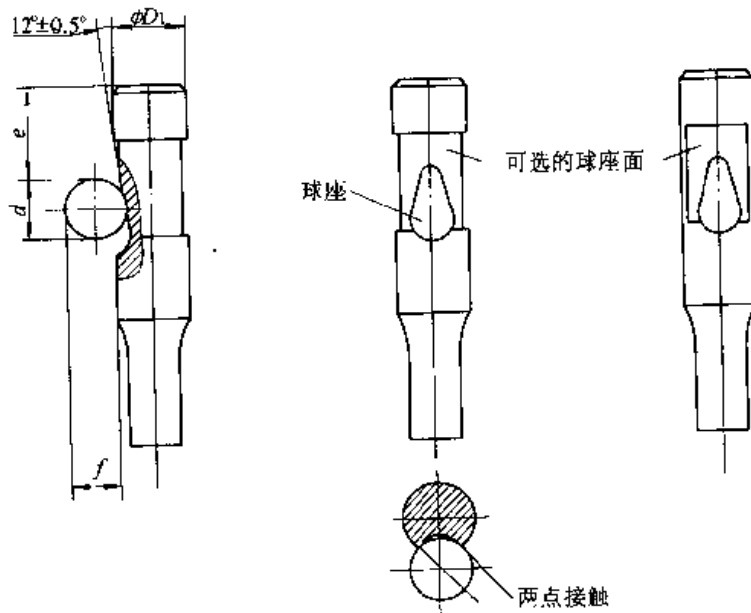
杆径 D_1	刃口的尺寸范围		总长 l					
	S	R 或 O	56	63	71	80	90	100
	a (j6)	b, a, c (j6)						
5	$1 \leq a \leq 3.5$	$1 \leq b, a, c \leq 4.9$	×	×	×	×	×	
6	$1.6 \leq a \leq 4.2$	$1.6 \leq b, a, c \leq 5.9$	×	×	×	×	×	×
8	$2 \leq a \leq 5.6$	$2 \leq b, a, c \leq 7.9$	×	×	×	×	×	×
10	$3.5 \leq a \leq 7$	$3.5 \leq b, a, c \leq 9.9$	×	×	×	×	×	×
13	$4.5 \leq a \leq 9.1$	$4.5 \leq b, a, c \leq 12.9$	×	×	×	×	×	×
16	$6 \leq a \leq 11.3$	$6 \leq b, a, c \leq 15.9$	×	×	×	×	×	×
20	$8 \leq a \leq 14.1$	$8 \leq b, a, c \leq 19.9$	×	×	×	×	×	×
25	$10 \leq a \leq 17.6$	$10 \leq b, a, c \leq 24.9$	×	×	×	×	×	×
32	$10 \leq a \leq 22.6$	$10 \leq b, a, c \leq 31.9$	×	×	×	×	×	×

注：刃口长度 l_1 、直径 D_2 、长度 l_2 和推件器由制造厂自行决定。头部的尺寸和公差及 D_1 和 l 的公差见表 22.7-8。

2.4 球锁紧凸模

球锁紧凸模见表 22.7-11~表 22.7-18。

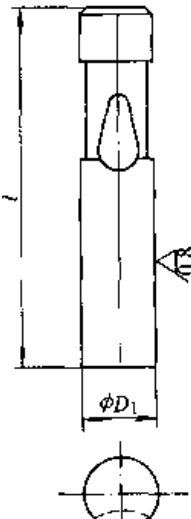
表 22.7-11 球在工作位置上的基本尺寸 (摘自 ISO 10071: 1991) (mm)



续表 22.7-11

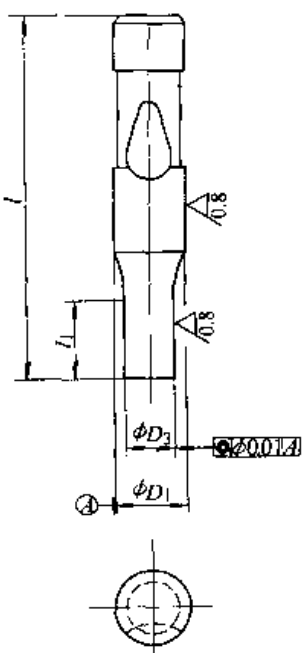
D_1 (g5)	d	e ($+0.2$)	f ($\frac{0}{0.1}$)	D_1 (g5)	d	e ($+0.2$)	f ($\frac{0}{0.1}$)
6	6	14	5.2	16	8	12.4	6.7
10	8	12.4	6.7	20	8	12.4	6.7
13	8	12.4	6.7	25	8	12.4	6.7

表 22.7-12 A 型一凸模坯 (摘自 ISO 10071: 1991) (mm)

	D_1 (g5)	l ($+0.5$)				
		50	56	63	71	80
6	×	×	×	×	×	×
10	×	×	×	×	×	×
13	×	×	×	×	×	×
16			×	×	×	×
20			×	×	×	×
25			×	×	×	×

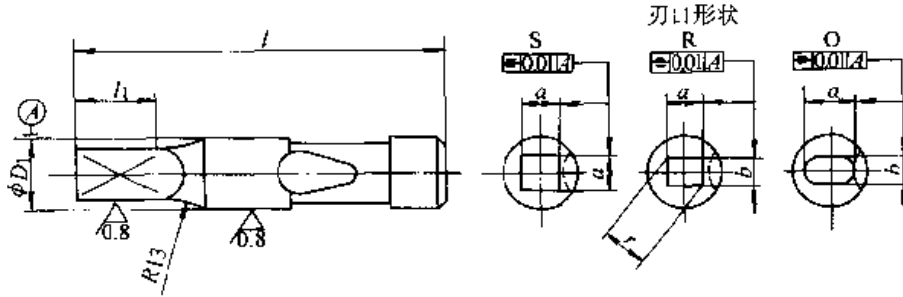
注: 球的尺寸和球座的尺寸与公差见表 22.7-11。

表 22.7-13 B 型一圆凸模 (摘自 ISO 10071: 1991) (mm)

	D_1 (g5)	刃口直径范围 D_3 (j6)	l ($+0.5$)				
			50	56	63	71	80
6	$1.6 \leq D_3 \leq 5.9$	×	×	×	×	×	
10	$3.5 \leq D_3 \leq 9.9$	×	×	×	×	×	
13	$6 \leq D_3 \leq 12.9$	×	×	×	×	×	
16	$8.5 \leq D_3 \leq 15.9$			×	×	×	
20	$12.5 \leq D_3 \leq 19.9$			×	×	×	
25	$18 \leq D_3 \leq 24.9$			×	×	×	

注: 刃口长度 l_1 由制造者自行确定。球的尺寸和球座的尺寸与公差见表 22.7-11。

表 22.7-14 C 型—正方形 (S)、长方形 (R)、长圆形 (O) 凸模 (摘自 ISO 10071: 1991)
(mm)



D_1 (g5)	刃口尺寸范围		l ($^{+0.5}_0$)				
	S	R 或 O	50	56	63	71	80
	a (j6)	b, a, c (j6)					
6	$1.6 \leq a \leq 4.2$	$1.6 \leq b, a, c \leq 5.9$	×	×	×	×	×
10	$3.2 \leq a \leq 7$	$3.2 \leq b, a, c \leq 9.9$	×	×	×	×	×
13	$5 \leq a \leq 9.1$	$5 \leq b, a, c \leq 12.9$	×	×	×	×	×
16	$6.5 \leq a \leq 11.2$	$6.3 \leq b, a, c \leq 15.9$		×	×	×	×
20	$8.5 \leq a \leq 14.1$	$8 \leq b, a, c \leq 19.9$		×	×	×	×
25	$11 \leq a \leq 17.6$	$10 \leq b, a, c \leq 24.9$		×	×	×	×

注：刃口长度 l_1 由制造者自行确定。球的尺寸和球座的尺寸与公差见表 22.7-11。

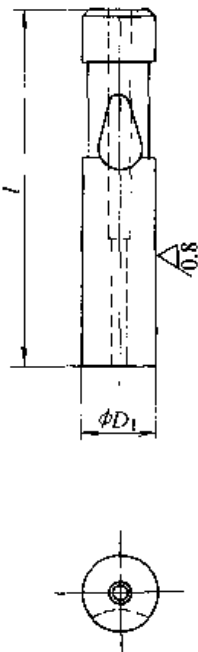
表 22.7-15 D 型—导正凸模 (摘自 ISO 10071: 1991) (mm)

D_1 (g5)	刃口直径范围 D_3 (j6)	l ($^{+0.5}_0$)				
		50	56	63	71	80
6	$1.59 \leq D_3 \leq 5.9$	×	×	×	×	×
10	$3.49 \leq D_3 \leq 9.9$	×	×	×	×	×
13	$5.99 \leq D_3 \leq 12.9$	×	×	×	×	×
16	$8.49 \leq D_3 \leq 15.9$		×	×	×	×
20	$12.49 \leq D_3 \leq 19.9$		×	×	×	×
25	$17.99 \leq D_3 \leq 24.9$		×	×	×	×

注：1. 刃口长度 l_1 和 l_3 、刃口形状由制造者自行确定。球的尺寸和球座的尺寸与公差见表 22.7-11。

2. 导正凸模的直径 D_3 应小于相当的凸模直径。

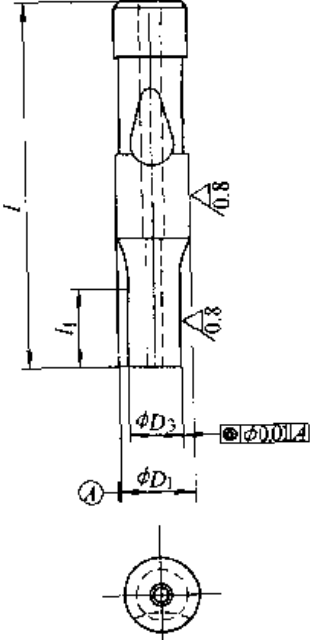
表 22.7-16 E型一带推件器孔的凸模坯 (摘自 ISO 10071: 1991) (mm)



D_1 (g5)	l ($^{-0.5}$)				
	50	56	63	71	80
6	×	×	×	×	×
10	×	×	×	×	×
13	×	×	×	×	×
16		×	×	×	×
20		×	×	×	×
25		×	×	×	×

注：球的尺寸和球座的尺寸及公差见表 22.7-11。

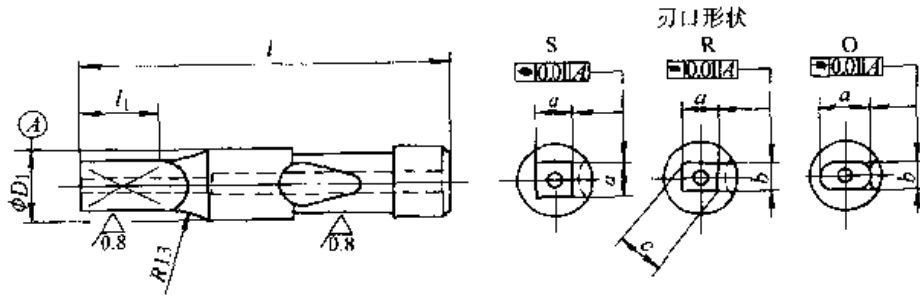
表 22.7-17 F型一带推件器孔的圆凸模 (摘自 ISO 10071: 1991) (mm)



D_1 (g5)	刃口直径范围 D_3 (j6)	l ($^{+0.5}$)				
		50	56	63	71	80
6	$1.6 \leq D_3 \leq 5.9$	×	×	×	×	×
10	$3.5 \leq D_3 \leq 9.9$	×	×	×	×	×
13	$6 \leq D_3 \leq 12.9$	×	×	×	×	×
16	$8.5 \leq D_3 \leq 15.9$		×	×	×	×
20	$12.5 \leq D_3 \leq 19.9$		×	×	×	×
25	$18 \leq D_3 \leq 24.9$		×	×	×	×

注：刃口长度 l_1 和推件器由制造者自行确定。球的尺寸和球座的尺寸与公差见表 22.7-11。

表 22.7-18 G型一带推件器孔的正方形 (S)、
长方形 (R)、长圆型 (O) 凸模 (摘自 ISO 10071: 1991) (mm)



D ₁ (g ⁵)	刃口尺寸范围		l (^{+0.5} / ₀)				
	S	R或O	50	56	63	71	80
	a (j6)	b, a, c (j6)					
6	1.6 ≤ a ≤ 4.2	1.6 ≤ b, a, c ≤ 5.9	×	×	×	×	×
10	3.2 ≤ a ≤ 7	3.2 ≤ b, a, c ≤ 9.9	×	×	×	×	×
13	5 ≤ a ≤ 9.1	5 ≤ b, a, c ≤ 12.9	×	×	×	×	×
16	6.5 ≤ a ≤ 11.2	6.3 ≤ b, a, c ≤ 15.9		×	×	×	×
20	8.5 ≤ a ≤ 14.1	8 ≤ b, a, c ≤ 19.9		×	×	×	×
25	11 ≤ a ≤ 17.6	10 ≤ b, a, c ≤ 24.9		×	×	×	×

注：刃口长度 l₁ 和推件器由制造者自行确定。球的尺寸和球座的尺寸与公差见表 22.7-11。

2.5 60°锥头缩杆圆凸模

2.6 圆凸模导向件

60°锥头缩杆圆凸模见表 22.7-19。

圆凸模导向件见表 22.7-20。

表 22.7-19 60°锥头缩杆圆凸模 (摘自 ISO 9181: 1990) (mm)

	D ₁ (h6)	D ₃ (j6)	D ₂	l (^{+0.5} / ₀)	
				71	80
				2	0.5 ≤ D ₃ ≤ 1.6
3	1.4 ≤ D ₃ ≤ 2.9	4.5	×	×	

表 22.7-20 圆凸模导向件 (摘自 ISO 8978: 1987) (mm)

	D (n6)	$d^{\text{①}}$ (H6)	L	r
	5	1, ..., 2.4	8	1
	6	1.6, ..., 3	12.5	1
	8	2, ..., 3.5	12.5	1.5
	10	3, ..., 5	16	2
	13	4, ..., 7.2	16	2
	16	6, ..., 8.8	20	2
	20	7.5, ..., 11.3	20	2.5
	25	11, ..., 16.6	25	2.5
	32	15, ..., 20	25	4
	40	18, ..., 27	32	4
50	26, ..., 36	40	4	

① d 的增量为 0.1 mm。

3 圆凹模

圆凹模见表 22.7-21。

表 22.7-21 圆凹模 (摘自 ISO 8977: 1987) (mm)

D	$d^{\text{①}}$ (H8)	L ($+0.5$)				D_1 (-0.25)	h ($+0.25$)	l 选择其中一种			d_1 最大值
		16	20	25	32			最小值	标准值	最大值	
5	1, ..., 2.4	×	×	×		8	5		2	4	2.8
6	1.6, ..., 3	×	×	×		9	5		3	4	3.5

续表 22.7-21

D	d ^① (H8)	L (^{+0.5} / ₀)				D ₁ (^{-0.25} / ₀)	h (^{+0.25} / ₀)	l			d ₁ 最大值
		16	20	25	32			选择其中一种			
								最小值	标准值	最大值	
8	2, ..., 3.5	×	×	×	×	11	5		4	5	4
10	3, ..., 5	×	×	×	×	13	5		4	8	5.8
13	4, ..., 7.2		×	×	×	16	5		5	8	8
16	6, ..., 8.8		×	×	×	19	5		5	8	9.5
20	7.5, ..., 11.3		×	×	×	24	5	5	8	12	12
25	11, ..., 16.6		×	×	×	29	5	5	8	12	17.3
32	15, ..., 20		×	×	×	36	5	5	8	12	20.7
40	18, ..., 27		×	×	×	44	5	5	8	12	27.7
50	26, ..., 36		×	×	×	54	5	5	8	12	37

① d 的增量为 0.1 mm。

4 导柱

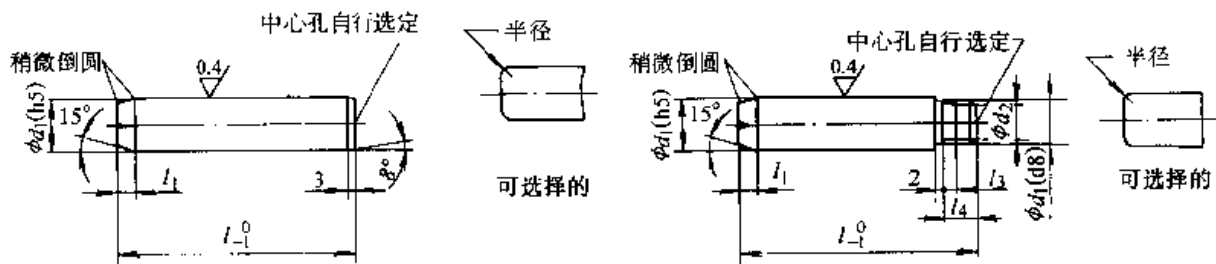
4.2 B型一端锁紧导柱

B型一端锁紧导柱见表 22.7-23。

4.1 A型一直导柱

A型一直导柱见表 22.7-22。

表 22.7-22 A型一直导柱 (摘自 ISO 9182-2: 1992) (mm)



d ₁	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
d ₂	10.3	14.3	17.3	22.3	27.8	35.8	45.8	56.8	73.8	93.8
l ₁ min	4	4	4	6	6	6	8	8	8	8
l ₃	1.7	1.7	2.7	2.7	4.2	4.2	4.2	6.2	6.2	6.2
l ₄	4	4	6	8	10	10	10	16	16	16

续表 22.7-22

d_1	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
L_{-1}^0	80	×								
	90	×	×							
	100	×	×	×	×					
	112	×	×	×	×					
	125	×	×	×	×	×				
	140	×	×	×	×	×				
	160		×	×	×	×	×			
	180		×	×	×	×	×	×		
	200		×	×	×	×	×	×		
	224			×	×	×	×	×		
	250				×	×	×	×	×	
	280				×	×	×	×	×	
	315					×	×	×	×	×
	355						×	×	×	×
	400						×	×	×	×
	450							×	×	×
500							×	×	×	

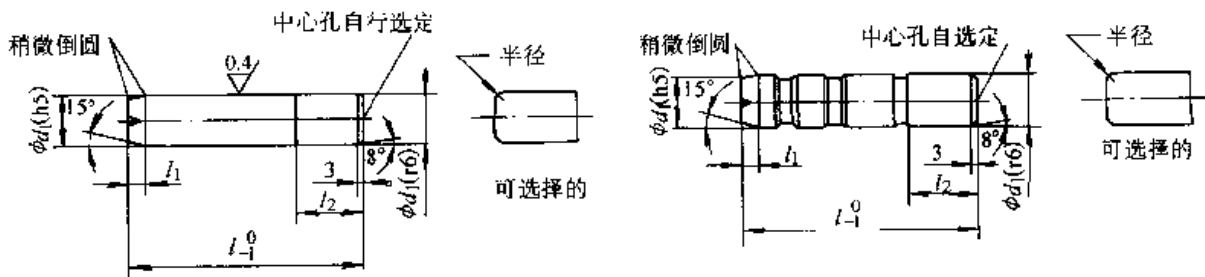
注：1. ×为标准尺寸。

2. 为了防止模架的上、下模座相互装错，建议（其中一根导柱的）直径 d_1 用下列值：11、15、19、24、30、38、48、60 mm。

① 倒圆的半径值由制造者自行确定。

表 22.7-23 B 型一端锁紧导柱（摘自 ISO 9182-3: 1992）

(mm)



d_1	25	32	40	50	63	80	100
l_1 min	6	6	6	8	8	8	8
l_2 min	32	40	40	50	63	80	100

续表 22.7-23

d_1	25	32	40	50	63	80	100
l_1^0	125	×	×				
	140	×	×	×			
	160	×	×	×	×		
	180	×	×	×	×	×	
	200	×	×	×	×	×	×
	224	×	×	×	×	×	×
	250	×	×	×	×	×	×
	280	×	×	×	×	×	×
	315		×	×	×	×	×
	355			×	×	×	×
	400			×	×	×	×
	450				×	×	×
	500				×	×	×

注：1. ×为标准尺寸。

2. l_2 的较大值应根据其它的尺寸，如根据 ISO 6753 的板厚来选。

3. 为了防止模架彼此相关的上、下模座装错，建议（其中一根导柱的）直径 d_1 用下列值：24、30、38、48、60 mm。

① 半径值由制造者自行决定。

② 如果某种应用需要，可以用 g6 公差，倘若如此，也只有在与符合 ISO 944g—10 的导套配合时才用。

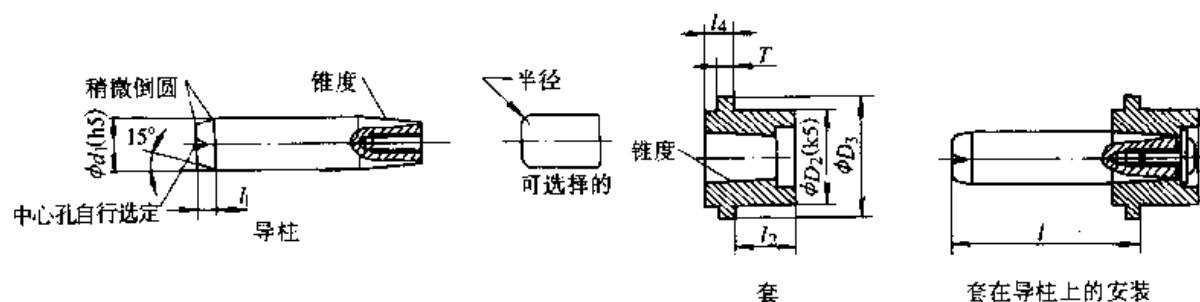
4.3 C 型一带套的锥头导柱

4.4 D 型一带法兰的端锁紧导柱

C 型一带套的锥头导柱见表 22.7-24。

D 型一带法兰的端锁紧导柱见表 22.7-25。

表 22.7-24 C 型一带套的锥头导柱（摘自 ISO 9182-4: 1992） (mm)



d_1	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
D_2	22	28	32	40	48	58	70	85	105	125
D_3	30	36	40	48	56	66	80	95	117	137
l_2 min	20	25	32	32	40	40	50	63	80	100
l_4	10	10	12	12	15	15	18	18	22	22
l_1 min	4	4	4	6	6	6	8	8	8	8

续表 22.7-24

d_1	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
$T \pm 0.1$	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
l_2^0	80	×								
	90	×	×							
	100	×	×	×						
	112	×	×	×	×					
	125	×	×	×	×	×				
	140		×	×	×	×	×			
	160		×	×	×	×	×	×		
	180		×	×	×	×	×	×		
	200			×	×	×	×	×	×	
	224				×	×	×	×	×	
	250				×	×	×	×	×	×
	280					×	×	×	×	×
	315						×	×	×	×
	355						×	×	×	×
	400							×	×	×
450							×	×	×	

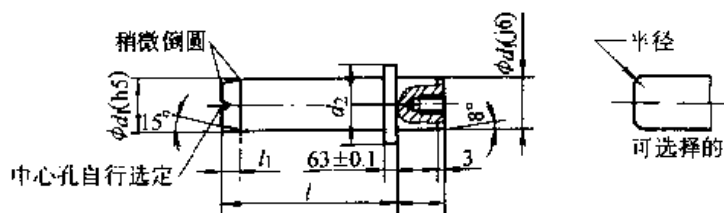
注：1. ×为标准尺寸。

2. l_2 的较大值应根据其它的尺寸，如根据 ISO 6753 的板厚来选。

3. 为了防止模架彼此相关的上、下模座装错，建议（其中一根导柱的）直径 d_1 用下列值：11、15、19、24、30、38、48、60 mm。

① 倒圆半径值由制造者确定。

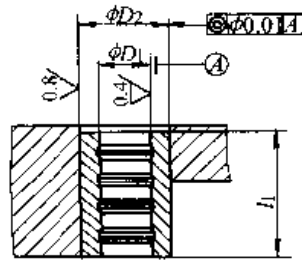
表 22.7-25 D型一带法兰的端锁紧导柱（摘自 ISO 9182-5: 1992） (mm)



续表 22.7-25

d_1	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
d_2	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125

表 22.7-26 1 型 A 形直滑动导套 (摘自 ISO 9448-2: 1991) (mm)



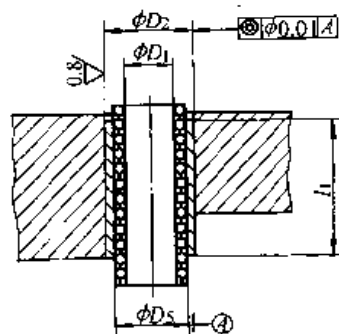
标记示例:
 导向直径 $D_1 = 12$ mm、长度 $l_1 = 25$ mm
 的 1 型 A 形直滑动导套:
 导套 ISO 9448-2 A—12×25

l_1		D_1						
		(G6)				(G5)		
基本尺寸	极限偏差	12	16	20	25	32	40	50
		D_2 (n6)						
		22	28	32	40	46	58	70
25	$^{-0.030}$ $^{-0.035}$	×	×					
32		×	×	×				
40	$^{-0.040}$	×	×	×	×			
50		×	×	×	×	×		
63			×	×	×	×	×	
80				×	×	×	×	×
100	$^{-0.045}$					×	×	×
125							×	×
160								×

注: 1. × 为标准尺寸。

2. 为了防止模架的上、下模座相互装错, 建议 (其中一个导套的) 导向直径 D_1 用下列值: 11、15、19、24、30、38、48 mm。

表 22.7-27 1 型 B 形直滚珠导套 (摘自 ISO 9448-3: 1991) (mm)



标记示例:
 导向直径 $D_1 = 12$ mm、长度 $l_1 = 25$ mm 的 1 型 B 形直滚珠导套:
 导套 ISO 9448-3 B—12×25

续表 22.7-27

l_1		D_1						
		12	16	20	25	32	40	50
基本尺寸	极限偏差	D_2 (n6)						
		22	28	32	40	48	58	70
25	$^{+2.0}_{-2.5}$	×	×					
32		×	×	×				
40	$^{+3}_{-4}$	×	×	×	×			
50		×	×	×	×	×		
63			×	×	×	×	×	
80				×	×	×	×	×
100	$^{+3}_{-5}$					×	×	×
125							×	×
160								×

注：1. ×为标准尺寸。

2. 为了防止模架的上、下模座相互装错，建议（其中一个导套的）导向直径 D_2 的值用 11、15、19、24、30、38、48 mm。

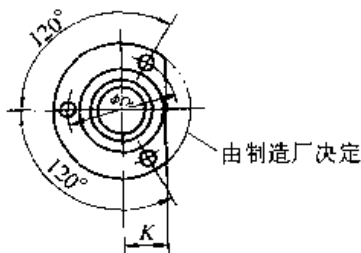
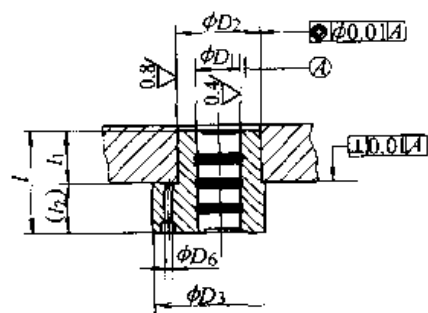
5.3 1型C形带头滑动导套

5.4 1型D形带头滚珠导套

1型C形带头滑动导套见表 22.7-28。

1型D形带头滚珠导套见表 22.7-29。

表 22.7-28 1型C形带头滑动导套（摘自 ISO 9448-4: 1991） (mm)



标记示例：

导向直径 $D_1 = 16$ mm、长度 $l_1 = 25$ mm

的 1 型、C 形带头滑动导套：

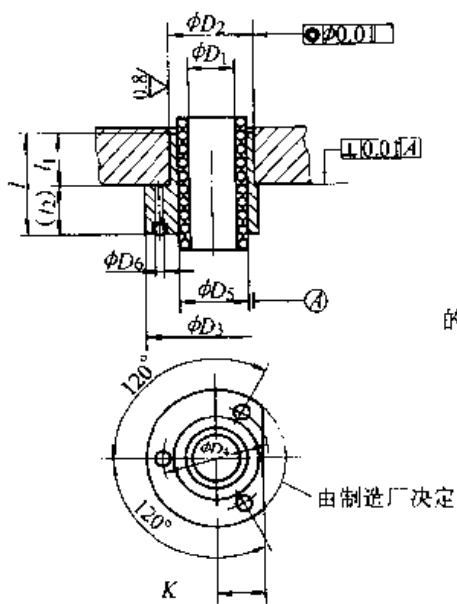
导套 ISO 9448-4；C—16×25

续表 22.7-28

D_1	基本尺寸	16	20	25	32	40	50				
	公差带	G6			G5						
D_2 (k5)		28	32	40	48	58	70				
D_3		45	50	63	72	85	104				
D_4		35	40	50	58	70	86				
螺孔 D_6		4.5	4.5	5.5	5.5	6.6	9				
螺钉		M4	M4	M5	M5	M6	M8				
K		15	18	23	28	33	38				
l_1		l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)
基本尺寸	极限偏差										
25	$^{-0.034}$	31	6	40	15						
32		38	6	47	15	57	25				
40	$^{-0.04}$			55	15	65	25	65	25	70	30
50								75	25	80	30
63											105

注：为了防止模架的上、下模座相互装错，建议（其中一个导套的）导向直径 D_1 用下列值：15、19、24、30、38、48 mm。

表 22.7-29 1 型 D 形带头滚珠导套（摘自 ISO 9448-5: 1991） (mm)



标记示例：
 导向直径 $D_1 = 16$ mm、长度 $l_1 = 25$ mm
 的 1 型 D 形带头滚珠导套：
 导套 ISO 9448-5 D—16×25

续表 22.7-29

D_1	16	20	25	32	40	50							
D_2 (k5)	28	32	40	48	58	70							
D_3	45	50	63	72	85	104							
D_4	35	40	50	58	70	86							
螺孔 D_6	4.5	4.5	5.5	5.5	6.6	9							
螺钉	M4	M4	M5	M5	M6	M8							
K	15	18	23	28	33	38							
l_1	l		(l_2)		l		(l_2)		l		(l_2)		
基本尺寸	极限偏差		l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	
25	- $\frac{2}{3}$		31	6	40	15							
32			38	6	47	15	57	25					
40	- $\frac{3}{4}$				55	15	65	25	65	25	70	30	
50								75	25	80	30	92	42
63												105	42

注：为了防止模架的上、下模座相互装错，建议（其中一个导套的）导向直径 D_2 用下列的值：15、19、24、30、38、48 mm。

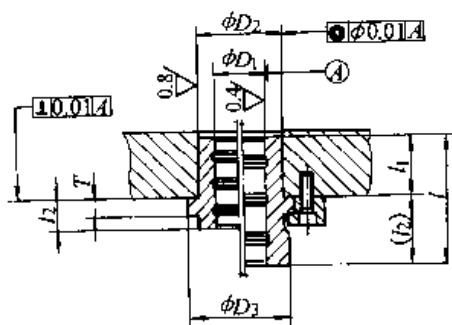
5.5 1型E形带法兰滑动导套

5.6 1型F形带法兰滚珠导套

1型E形带法兰滑动导套见表 22.7-30。

1型F形带法兰滚珠导套见表 22.7-31。

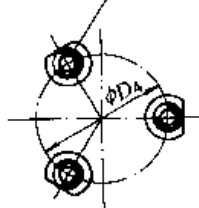
表 22.7-30 1型E形带法兰滑动导套 (摘自 ISO 9448-6: 1991) (mm)



导套的压板数量由制造者决定

标记示例：

导向直径 $D_1 = 12$ mm、长度 $l_1 = 20$ mm、
 $l = 30$ mm 的 1 型 E 形带法兰滑动导套
 导套 ISO 9448-6 E—12×20×30

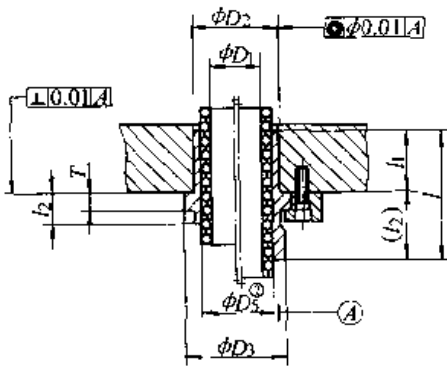


续表 22.7-30

D_1	基本尺寸	12	16	20	25	32	40	50								
	公差带	G6					G5									
D_2 (k5)		22	28	32	40	48	58	70								
D_3		30	36	40	48	56	66	80								
D_4		47	53	57	65	73	83	97								
$T \pm 0.1$		6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3								
l_1																
基本尺寸	极限偏差	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	
		20		30	10											
	45	25														
25	$\frac{3}{2} \frac{0}{-3}$	35	10	35	10	37	12	37	12							
		50	25	57	32	45	20	61	36							
32						61	36	81	56							
		42	10	42	10	44	12	57	25	44	12					
				64	32	68	36	82	50	77	45					
40										95	63					
				50	10	52	12	52	12	72	32	55	15			
						76	36	80	40	96	56	85	45			
50	$-\frac{3}{4}$										111	71				
						62	12	62	12	65	15	82	32	68	18	
								90	40	95	45	113	63	100	50	
63													130	80		
								75	12	78	15	78	15	99	36	
80										108	45	113	50	134	71	
											95	15	98	18		
100	$-\frac{3}{5}$												130	50	143	63
													118	18		
													163	63		

注：为了防止模架的上、下模座相互装错，建议（其中一个导套的）导向直径 D_1 用下列值：11、15、19、24、30、38、48 mm。

表 22.7-31 1型F形带法兰滚珠导套 (摘自 ISO 9448-7: 1991) (mm)



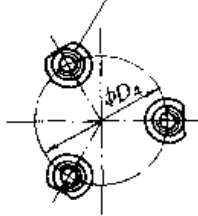
标记示例:

导向直径 $D_1=12$ mm、长度 $l_1=20$ mm、长度

$l_2=30$ mm的1型F形带法兰滚珠导套:

导套 ISO 9448-7 F—12×20×30

导套的压板数量由制造厂决定



D_1		12	16	20	25	32	40	50					
D_2 (k5) ^①		22	28	32	40	48	58	70					
D_3		30	36	40	48	56	66	80					
D_4		47	53	57	65	73	83	97					
$T \pm 0.1$		6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3					
l_1		l (l_2)		l (l_2)		l (l_2)		l (l_2)		l (l_2)		l (l_2)	
基本尺寸	极限偏差												
20	±0.03	30	10										
		45	25										
25	±0.03	35	10	35	10	37	12	37	12				
		50	25	57	32	45	20	61	36				
						61	36	81	56				
32	±0.03	42	10	42	10	44	12	57	25	44	12		
				64	32	68	36	82	50	77	45		
										95	63		

续表 22.7-31

基本尺寸	极限偏差	l_1		l_1		l_1		l_1		l_1		l_1		l_1	
		l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)	l	(l_2)
40	- $\frac{3}{4}$			50	10	52	12	52	12	72	32	55	15		
						76	36	80	40	96	56	85	45		
												111	71		
50	- $\frac{3}{4}$					62	12	62	12	65	15	82	32	68	18
								90	40	95	45	113	63	100	50
														130	80
63	- $\frac{3}{4}$							75	12	78	15	78	15	99	36
										108	45	113	50	134	71
												95	15	98	18
80	- $\frac{3}{4}$											130	50	143	63
														118	18
														163	63
100	- $\frac{3}{5}$													118	18
															163

注：为了防止模架的上、下模座相互装错，建议（其中一个导套的）导向直径 D_1 用下列的值：11、15、19、24、30、38、48 mm。

① 配公差带为 H7 的孔。

② 制造者应以 M5 公差带确定此套的内径 D_5 。要对其进行研磨以保证导柱和导套之间滚珠的适当的预负载（由制造厂决定的），研磨表面粗糙度为 $Ra = 0.05 \mu m$ ，该直径应作为同轴度和垂直度公差的基础直径。

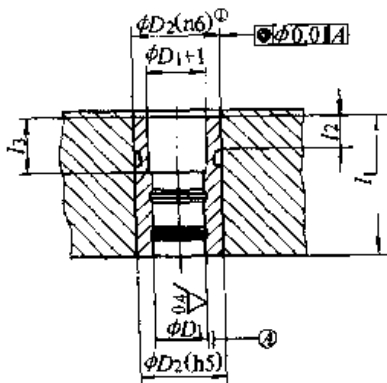
5.7 1型 G 形带台滑动导套

5.8 2型 B 形直滚珠导套

1型 G 形带台滑动导套见表 22.7-32。

2型 B 形直滚珠导套见表 22.7-33。

表 22.7-32 1型 G 形带台滑动导套 (摘自 ISO 9448-8: 1991) (mm)



标记示例：
 导向直径 $D_1 = 12 \text{ mm}$ ，长度 $l_1 = 20 \text{ mm}$
 的 1 型 G 形带台滑动导套：
 导套 ISO 9448-8 G-12×20

D_1	基本尺寸	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
		公差带	G6				G5				
	D_2	22	28	32	40	48	58	70	85	105	125

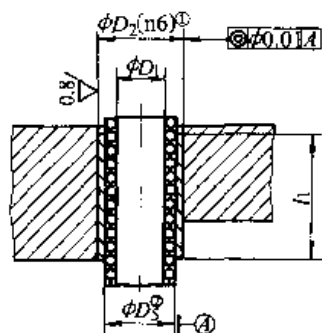
续表 22.7-32

l_1 ⁰ _{-0.5}	l_2	l_3	l_2	l_3	l_2	l_3	l_2	l_3	l_2	l_3	l_2	l_3	l_2	l_3	l_2	l_3	l_2	l_3	l_2	l_3	
20	6	8																			
25	6	8																			
32	6	8																			
36			9	13																	
45					10	16															
50			9	13			13	20													
56									13	20											
63					10	16					14	21	14	21							
71							13	20							16	24					
80									13	20								18	26		
100											14	21	14	21						20	28
110															16	24					
125																		18	26		
140																				20	28

注：为防止模架的上、下模座相互装错，建议（其中一个导套的）导向直径 D_1 用下列值：11、15、19、24、30、38、48、60、76、95 mm。

① 配公差带为 H7 的孔。如果导套是粘结固定的，那么允许用 j6 公差带。

表 22.7-33 2型 B形直滚珠导套（摘自 ISO 9448-9: 1992） (mm)



标记示例：
 导向直径 $D_1 = 25$ mm、长度 $l_1 = 50$ mm
 的 2 型 B 形直滚珠导套：
 导套 ISO 9448-9 B—25×50

l_1	D_1							
	25	32	40	50	63	80	100	
基本尺寸	D_2							
	(n6)							
	40	50	63	80	90	112	140	
50	×	×						
63	×	×	×					
80	×	×	×	×				
100		×	×	×	×			
125			×	×	×	×		
160				×	×	×	×	×
200					×	×	×	×
250						×	×	×

注：×为标准尺寸。

① 配公差带为 H7 的孔。

② 制造者应以 M5 的公差确定此套的内径 D_5 。要对其进行研磨以保证导柱和导套之间滚珠的适当的预负载量（由制造厂决定的），研磨表面粗糙度为 $Ra = 0.05 \mu m$ ，该直径应作为同轴度和垂直度公差的基准直径。

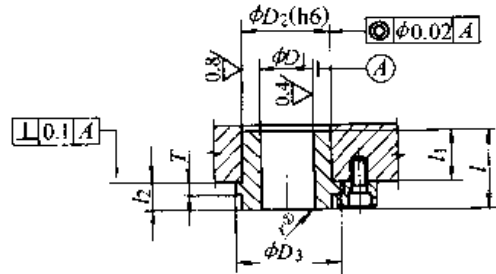
5.9 2型E形带法兰滑动导套

5.10 2型F形带法兰滚珠导套

2型E形带法兰滑动导套见表22.7-34。

2型F形带法兰滚珠导套见表22.7-35。

表 22.7-34 2型E形带法兰滑动导套 (摘自 ISO 9448-10: 1992) (mm)



标记示例:

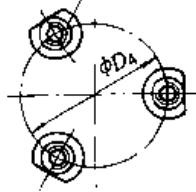
导向直径 $D_2 = 25$ mm 的 2

型 E 形

带法兰滑动导套;

导套 ISO 9448-10 E—25

导套的压板数量由制造者决定

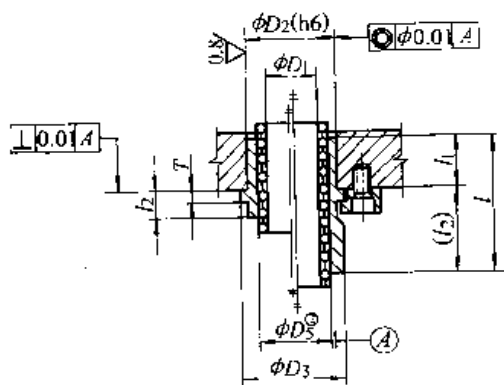


D_1	基本尺寸	25	32	40	50	63	80	100		
	公差带	H7								
$D_2 (h6^{①})$		32	40	50	63	80	100	125		
D_3		40	50	63	71	90	112	140		
$D_4 \pm 0.3$		58	66	79	89	123	143	168		
7 ± 0.1		6.3	6.3	6.3	6.3	10	10	10		
l_1										
基本尺寸	极限偏差	l	l_2	l	l_2	l	l_2	l	l_2	
32	$-\frac{0}{-0.3}$	40	8							
40	$-\frac{3}{4}$			50	12					
50						63	13			
56							71	15		
63								80	17	
80								100	20	
100	$-\frac{3}{5}$								125 25	

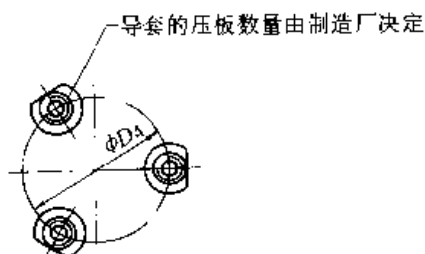
注: ① 配公差带为 H7 的孔。如果导套是粘结固定, 允许公差带为 j6。

② 半径 r 的值由制造者确定。

表 22.7-35 2型F形带法兰滚珠导套 (摘自 ISO 9448-11: 1992) (mm)



标记示例：
 导向直径 $D_1 = 25$ mm、长度 $l_1 = 25$ mm
 的 2 型 F 形带法兰滚珠导套：
 导套 ISO 9448-11 F—25×25



D_1	25	32	40	50	63	80	100								
$D_2 (h6)^{\text{①}}$	40	50	63	80	90	112	140								
D_3	56	63	71	90	112	125	160								
$D_4 \pm 0.3$	72	79	89	106	135	153	183								
$T \pm 0.1$	6.3	6.3	6.3	6.3	10	10	10								
l_1															
基本尺寸	极限偏差	l	l_2	l	l_2	l	l_2	l	l_2	l	l_2	l	l_2	l	l_2
25	-0.03	35	10												
32		42	10	42	10										
40	-0.04	52	12	52	12	52	12								
50		90	40	65	15	65	15	65	15						
63				108	45	78	15	78	15	81	18				
80					130	50	98	18	98	18	100	20			
100	-0.05						163	63	120	20	120	20	120	20	20
125									188	63	145	20	145	20	20
160											231	71	180	20	20
200														280	80

- ① 配公差带为 H7 的孔。
- ② 制造者应以 M5 的公差确定此套的内径 D_3 。要对其进行研磨以保证导柱和导套之间滚珠的适当的预负载量 (由制造厂决定的), 研磨表面粗糙度为 $Ra = 0.05 \mu\text{m}$, 该直径应作为同轴度和垂直度公差的基准。

6 模柄

6.2 C 型模柄

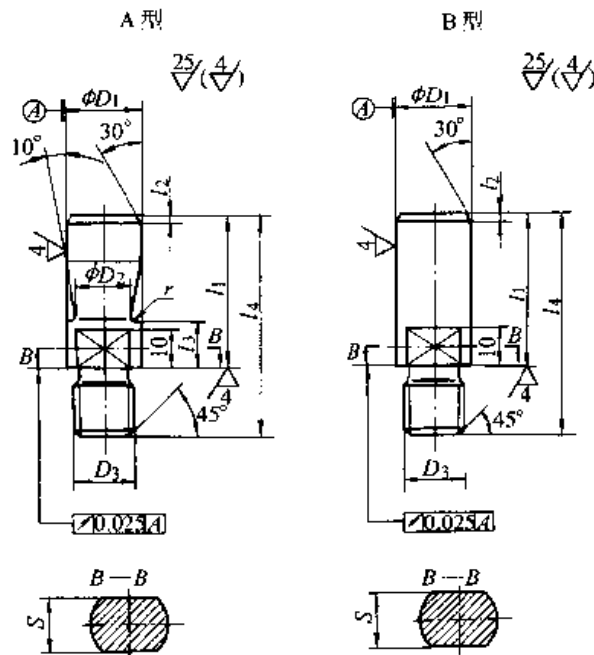
C 型模柄见表 22.7-37。

6.1 A 型和 B 型模柄

A 型和 B 型模柄见表 22.7-36。

表 22.7-36 模柄 (摘自 ISO 10242-1: 1991)

(mm)



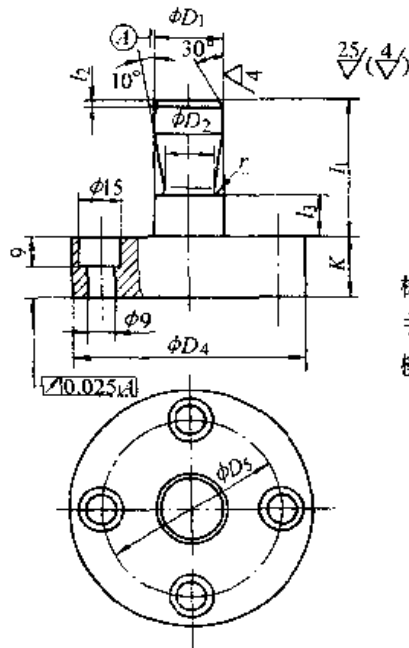
标记示例:

主体直径 $D_1=20$ mm, 螺纹公称直径 $D_2=M16$ 的 A 型带平面的缩颈模柄:

模柄 ISO 10242-1 A—20×M16

D_1 (f9)	D_2	$D_3 \times P$ (6g)	l_1	l_2	l_3	l_4	r	s	D_1 (f9)	D_2	$D_3 \times P$ (6g)	l_1	l_2	l_3	l_4	r	s
20	15	M16×1.5	40	2	12	58	2.5	17			M24×1.5						
25	20	M16×1.5	45	2.5	16	68	2.5	21	40	32	M27×2	70	4	26	93	4	36
		M20×1.5									M30×2						
32	25	M20×1.5	56	3	16	79	2.5	27	50	42	M30×2	80	5	26	108	4	41
		M24×1.5															

表 22.7-37 C型模柄 (摘自 ISO 10242-2: 1991) (mm)



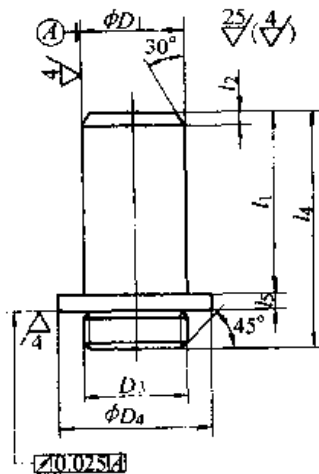
标记示例:
主体直径 $D_1 = 20$ mm 的 C 型模柄:
模柄 ISO 10242-2 C-20

D_1 (f9)	D_2	D_4	D_5	k	l_1	l_2	l_3	r
20	15	67	50	18	40	2	12	2.5
25	20	82	65	18	45	2.5	16	2.5
32	25	97	80	23	56	3	16	2.5
40	32	122	105	23	70	4	26	4

6.3 D型模柄

D型模柄见表 22.7-38。

表 22.7-38 D型模柄 (摘自 ISO 10242-3: 1991) (mm)



标记示例:
主体直径 $D_1 = 32$ mm 和螺纹公
称直径 $D_2 = M32$ 的 D 型模柄
模柄 ISO 10242-3 D-32×M32

续表 22.7-38

D_1 (d10)	$D_3 \times P$ (6g)	D_4 (h12)	l_1	l_2	l_4	l_5 (h12)
32	M32×1.5	48	56	4	73	5
40	M32×1.5	48	71	5	88	5
	M40×3	58			93	6
50	M40×3	58	80	6	102	6
	M50×3				108	8

7 耐磨板

小和公差及位置见表 22.7-39。

7.2 B型耐磨板

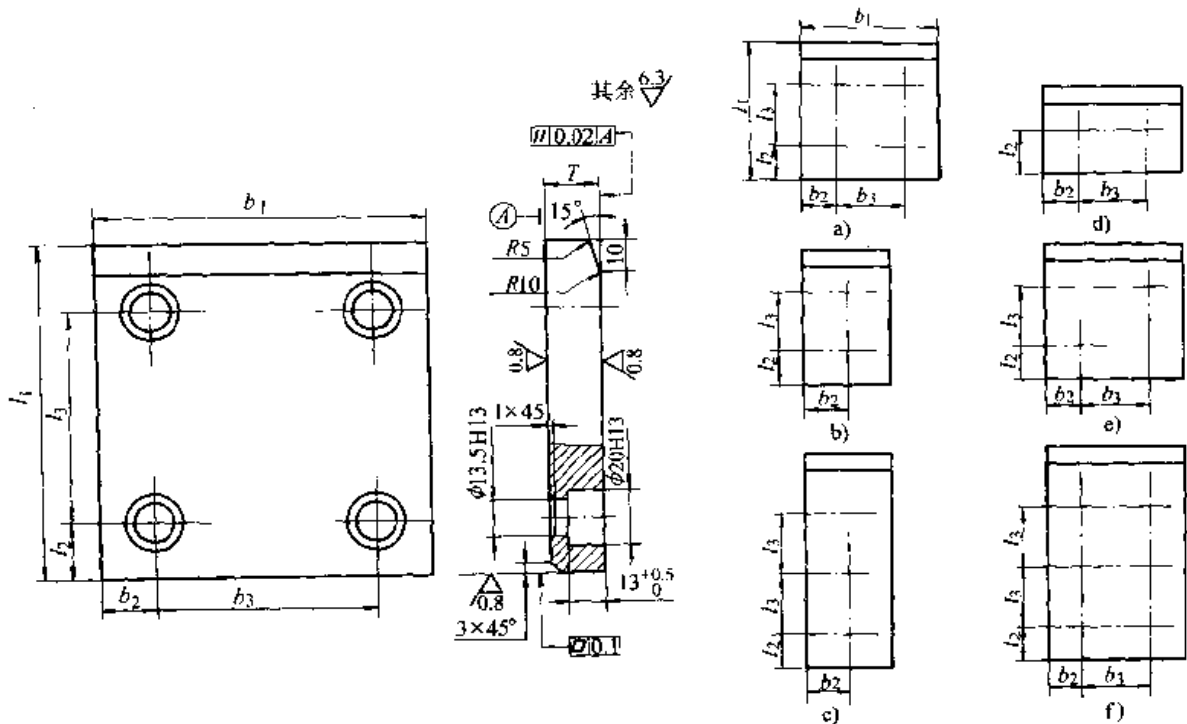
7.1 A型耐磨板

B型耐磨板的基本尺寸和公差及其用于固定

A型耐磨板的基本尺寸和公差、其过孔的大小 的螺钉过孔的大小和位置见表 22.7-40。

表 22.7-39 A型耐磨板 (摘自 ISO 9183-1: 1990)

(mm)



标记示例:

宽度 $b_1=80$ mm、长度 $l_1=100$ mm 的 A 型冲模耐磨板:

耐磨板 ISO 9183-1 A-80×100

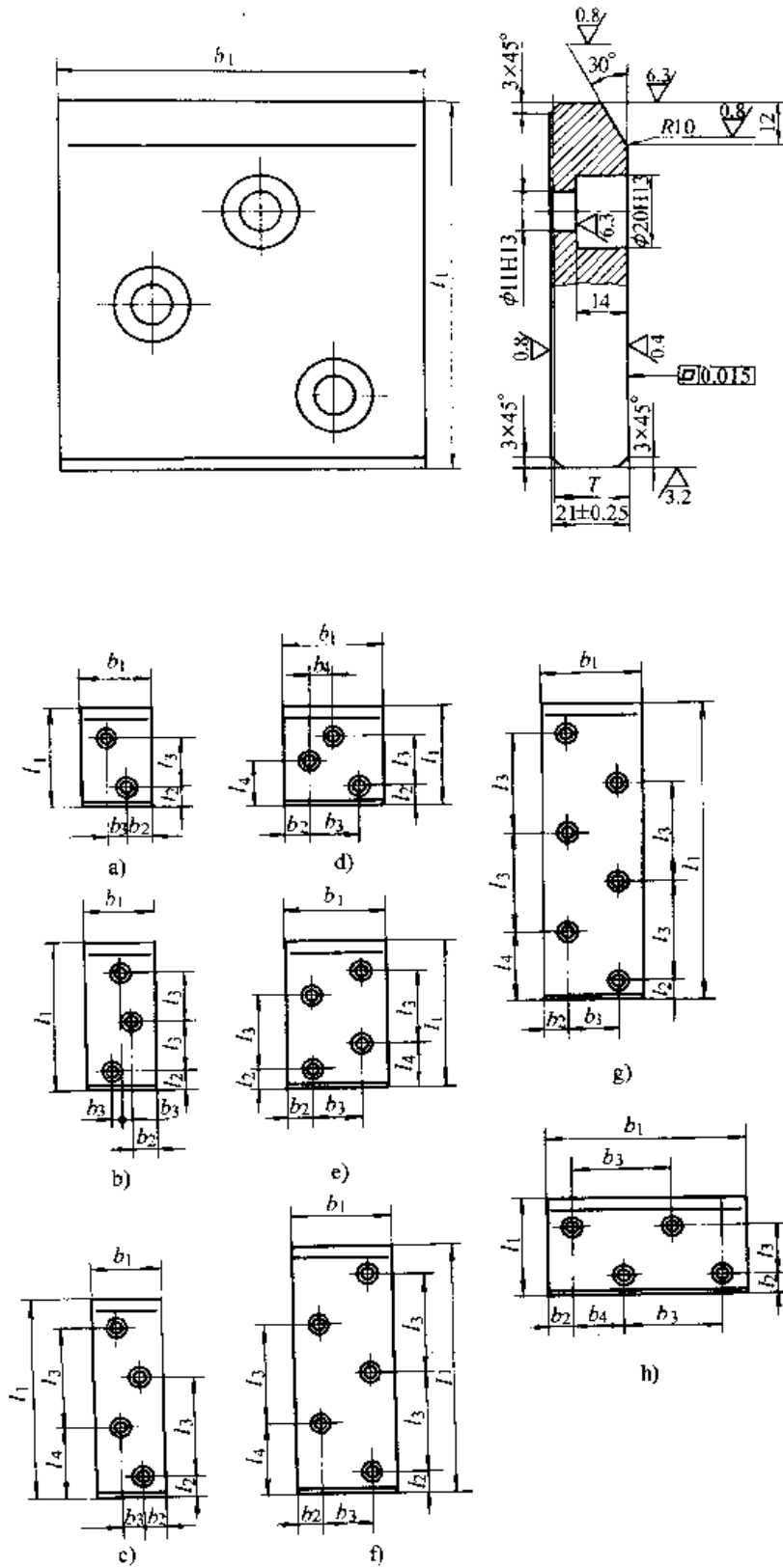
$b_1 \pm 1$	$l_1 \pm 1$	$l \pm 0.025$	$l_2 \pm 0.2$	$l_3 \pm 0.1$	$b_2 \pm 0.2$	$b_3 \pm 0.1$	对应的 孔分布图
50	80	20 (A1 型) 25 (A2 型)	20	35	25	—	b)
	100			55			
	125			80			
	160			115			
	200			155			
	250			100			c)

续表 22.7-39

$b_1 \pm 1$	$l_1 \pm 1$	$l \pm 0.025$	$l_2 \pm 0.2$	$l_3 \pm 0.1$	$b_2 \pm 0.2$	$b_3 \pm 0.1$	对应的孔分布图	
80	50	20 (A1 型) 25 (A2 型)	25	—	20	40	d)	
	80		20	35			e)	
	100			55				
	125			80				
	160			115				a)
	200			155				
	250			100				f)
	315			132				
100	50		25	—		60	d)	
	80		20	35			c)	
	100			55				
	125			80				
	160			115				a)
	200			155				
	250			100				f)
	315			132				
125	50		25	—		85	d)	
	80		20	35			e)	
	100			55				
	125			80				
	160			115				a)
	200			155				
	250			100				f)
	315			132				
160	50	25	—	120	d)			
	80	20	35		a)			
	100		55					
	125		80					
	160		115					
	200		155					
	250		100			f)		
	315		132					

表 22.7-40 B型耐磨板 (摘自 ISO 9183-2: 1993)

(mm)



标记示例:

宽度 $b_1 = 70$ mm、长度 $l_1 = 100$ mm 的 B 型冲模耐磨板: 耐磨板 ISO 9183-2 B—70×100

续表 22.7-40

$b_1 \frac{0}{2}$	$l_1 \pm 0.1$	t 公称尺寸	$b_2 \pm 0.25$	$b_3 \pm 0.1$	$b_4 \pm 0.1$	$l_2 \pm 0.1$	$l_3 \pm 0.1$	$l_4 \pm 0.1$	对应的 孔分布图	用于固定 的螺孔数
70	100	20	25	20	—	20	50	—	a)	2
	150			10	—		50	—	b)	3
	200			20	—		100	70	c)	4
100	100			50	30		50	45	d)	3
	150			50	—		75	45	e)	4
	200			50	—		100	70	c)	4
	250			50	—		100	70	f)	5
	300			50	—		100	70	g)	6
150	100			75	25		50	—	h)	4
	150			100	—		75	45	e)	4
	200			100	—		100	70	c)	4
	250			100	—		100	70	f)	5
	300	100	—	100	70	g)	6			
200	100			100	50		50	—	h)	4

第 8 章 日本 Face 冲模标准件

日本 MISUMI (三住商事株式会社) 是生产冲模与注塑模标准件的公司, 他们编写的标准中包括连续模和汽车覆盖件模具两类模具标准, 特别是包括连续模用的全部零件, 如: 导向、定位、卸料、顶料、托料、导正、紧固、安全检测以及各类凸模等。该标准值得向我国连续模 (级

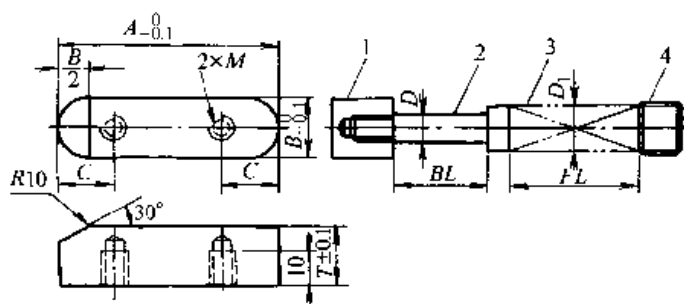
进模) 设计与制造者推荐, 但限于篇幅, 本大典中只介绍部分常用模具标准零件。

1 导向托料装置

1.1 块状托料装置 (表 22.8-1)

表 22.8-1 块状托料装置

(mm)



材料: S50C

A30 和 A40 都只有一个中心螺纹孔

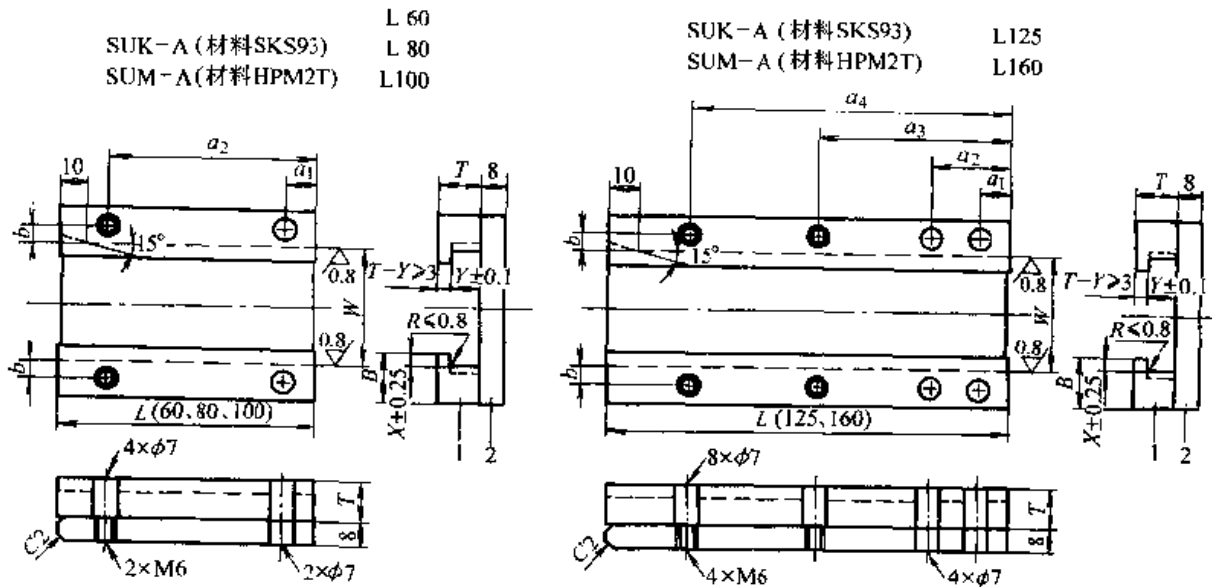
1—块状托料板 2—螺栓 3—弹簧 4—螺母

螺栓	弹簧	螺母	类目	C						T	BL	弹簧			
				A	15	20	10	15	15			20	类型	FL	
M	D	D ₁	M	类型	B	30	40	50	60	70	80				
5	6.5	10	12	BLS	10	○	○	○				16	15 20	WF	30 35
					13		○	○	○			20		WL	40 45
					16			○	○	○			22	25 30	WM
6	8	13	16	BLB	16							25	35 40		
					20				○	○	○			28	WH

1.2 导料板 (表 22.8-2)

表 22.8-2 导料板

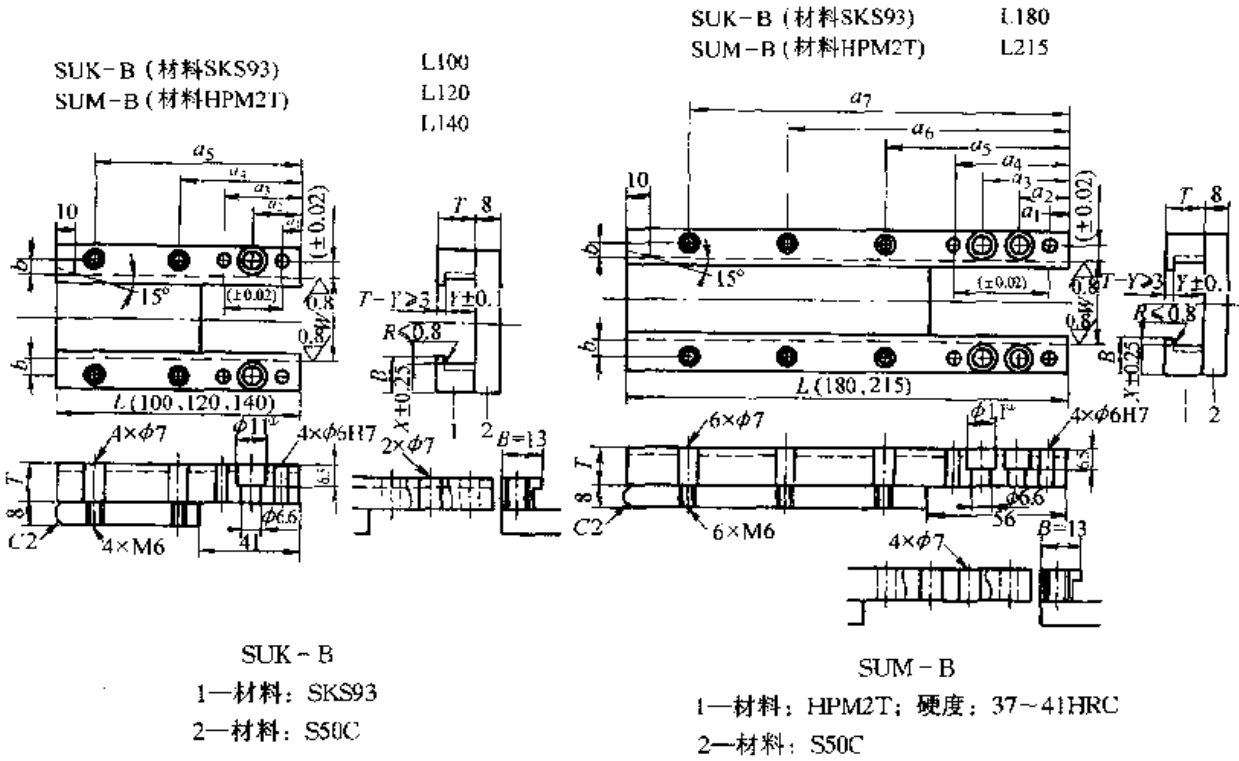
(mm)



SUK-A
1—材料: SKS93
2—材料: S50C

SUM-A
1—材料: HPM2T;
硬度: 37~41HRC
2—材料: S50C

a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	b	X	型号	B	T	L	按 0.1 mm 进位	
										Y	W
10	45	—	—	5	3	SUK-A (材料 SKS93) SUM-A (材料 HPM2T)	13	6 8 10	60	T-3.0	min 1.0 max 160.0
	65								80		
	75								100		
	25								125		
	25								100		
10	45	—	—	7	3		16	6 8 10 13	60		
	65								80		
	75								100		
	25								125		
	25								100		
10	45	—	—	8	5		20	8 10 13 16	60		
	65								80		
	75								100		
	25								125		
	25								135		
10	45	—	—	10	5	25	8 10 13 16	60			
	65							80			
	75							100			
	25							125			
	25							135			



a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	b	X	型号	B	T	L	按 0.1 mm 进位							
													Y	W						
8	20	32	50	85			5	3	SUK-B (材料:SKS93) SUM-B (材料:HPM2T)	13	6 8 10	100	min	min						
		32	50	105								120								
		32	50	115								140								
		35	47	75	115	155						180								
8	20	32	50	85			7	3		SUK-B (材料:SKS93) SUM-B (材料:HPM2T)	16	6 8 10 13			100	}	}			
		32	50	105											120					
		32	50	115											140					
		35	47	75	115	155									180					
8	20	32	50	85			8	5			SUK-B (材料:SKS93) SUM-B (材料:HPM2T)	20			8 10 13 16			100	T-3.0	max
		32	50	105														120		
		32	50	115														140		
		35	47	75	115	155												180		
		35	47	75	130	190			215											
8	20	32	50	85			10	5	SUK-B (材料:SKS93) SUM-B (材料:HPM2T)			25	8 10 13 16	100	}			}		
		32	50	105										120						
		32	50	115										140						
		35	47	75	115	155				180										
		35	47	75	130	190				215										

① 当 B 为 13 mm 或 T 为 6 mm 或 8 mm 时, 通孔直径为 7 mm。

1.3 导料板毛坯 (表 22.8-3)

表 22.8-3 导料板毛坯 (mm)

型号	B	T	按 1 mm 进位		按 0.1 mm 进位	
			L	X	Y	
SBM (材料 HPMZT)	13	6	10-50	min	min	
		8	51-100			
		10	101-150			
		13	151-200			
SBA (材料 SKS93)	20	6	10-50	max	max	T-3.0
		8	51-100			
		10	101-150			
		13	151-200			
	25	8	10-50	5.0	T-3.0	
		10	51-100			
		13	101-150			
		16	151-200			

1.4 用于导料板的垫块 (表 22.8-4)

表 22.8-4 用于导料板的垫块 (mm)

型号	A	B	T
			(按 1 mm 进位)
SSB	60	25	5-60
	80		
	100		
	125	40	
	160		
	200		

材料: SS400

2 凸模

2.1 台肩型凸模 (表 22.8-5)

表 22.8-5 台肩型凸模 (mm)

D	材料 硬度	型号 类型	形状
D(m5)	SKD11 60~63HRC SKH51 61~64HRC HAP40 64~67HRC	SP	Ⓐ
		SH	Ⓓ
		PH	Ⓔ
D(+0.005/0)	SKD11 60~63HRC SKH51 61~64HRC HAP40 64~67HRC	A-SP	Ⓒ
		A-SH	Ⓔ
		A-PH	Ⓒ

续表 22.8-5

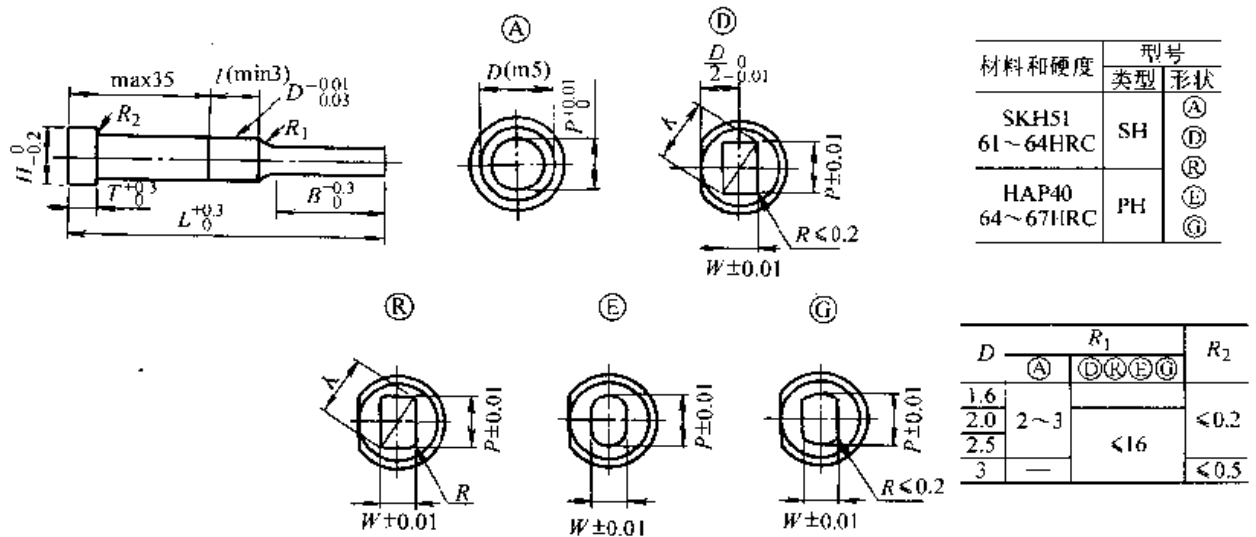
型号				按 0.01 mm 进位										B	H					
类型	形状	B	D	L						Ⓐ		Ⓛ	Ⓜ			Ⓝ	Ⓟ	Ⓡ		
				min	P	max	P、Kmax	P、Wmin	R											
(D(m5)) SP SH PH	Ⓐ	S		3	40	50	60	70	80	1.00~2.99		见表 22.8-6		0.20 ≤ R ≤ W/2 (只有Ⓡ)	8	5				
				4	40	50	60	70	80	1.00~3.99		3.97	1.00			7				
				5	40	50	60	70	80	2.00~4.99		4.97	1.20			8				
				6	40	50	60	70	80	2.00~5.99		5.97	1.50		9					
				8	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~7.99			7.97	2.00	13	11		
				10	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~9.99			9.97	2.50		13		
				13	(40)	50	60	70	80	90	100	6.00~12.99			12.97	3.00		16		
				16	(40)	50	60	70	80	90	100	10.00~15.99			15.97	4.00	19	19		
				20	(40)	50	60	70	80	90	100	13.00~19.99			19.97	5.00		23		
				25	(40)	50	60	70	80	90	100	18.00~24.99			24.97	6.00		28		
				(D ^{+0.005}) A-SP A-SH A-PH	Ⓐ	L		3	50 60 70 80				1.00~2.99		见表 22.8-6		0.20 ≤ R ≤ W/2 (只有Ⓡ)	13	5	
								4	50 60 70 80				1.00~3.99		3.97	2.00			7	
								5	50 60 70 80				2.00~4.99		4.97	2.00			8	
								6	50 60 70 80				2.00~5.99		5.97	2.00		9		
								8	50 60 70 80 90 100				3.00~7.99		7.97	2.50		19	11	
10	50 60 70 80 90 100							3.00~9.99		9.97	2.50	13								
13	50 60 70 80 90 100							6.00~12.99		12.97	3.00	16								
16	60 70 80 90 100							10.00~15.99		15.97	4.00	25	19							
20	60 70 80 90 100							13.00~19.99		19.97	5.00		23							
25	60 70 80 90 100							18.00~24.99		24.97	6.00		28							
Ⓐ	X	X						3	50 60 70 80				1.20~2.99					0.20 ≤ R ≤ W/2 (只有Ⓡ)	19	5
								4	50 60 70 80				1.20~3.99							7
								5	60 70 80				2.00~4.99							25
								6	60 70 80				2.00~5.99						9	
								8	60 70 80 90 100				3.00~7.99						30	11
				10	60 70 80 90 100				3.00~9.99				13							
				13	60 70 80 90 100				6.00~12.99				16							
				16	70 80 90 100				10.00~15.99				40	19						
				20	70 80 90 100				13.00~19.99					23						
				25	70 80 90 100				18.00~24.99					28						

注：1. Ⓐ：对于圆形凸模， $P > D - 0.03$ mm 时， $D = \frac{0.03}{0.03}$ 不宜采用加压导入。
 2. Ⓛ、Ⓜ、Ⓝ、Ⓟ：对于非圆形凸模， $P、K > D - 0.05$ mm 时， $D = \frac{0.03}{0.03}$ 不宜采用加压导入。
 3. 当 L 为 (40) mm 时，端部长度 B 均为 8 mm。

2.2 衬套凸模 (表 22.8-6)

表 22.8-6 衬套凸模

(mm)



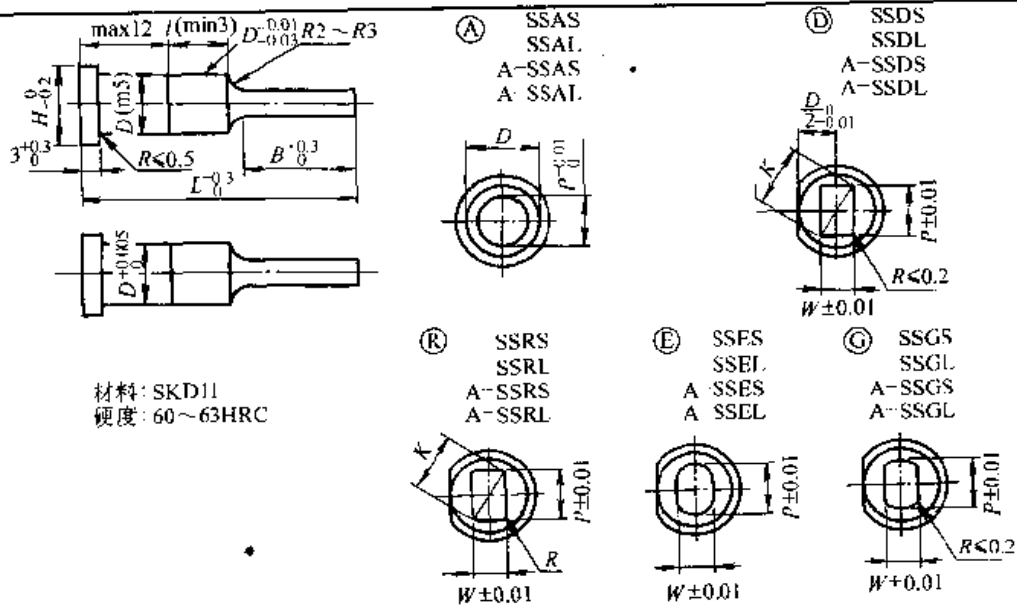
型号		L	按 0.01 mm 进位					H	T		
类型形状	B		D	Ⓐ		Ⓓ	Ⓡ			Ⓔ	Ⓢ
				min	max	P, Kmax	P, Wmin			B	R
SH	Ⓐ	1.6	(20) (25) 30 35 40 50	0.30~1.59	6	—	—	—	2.6	3	
		2.0	(20) (25) 30 35 40 50	0.50~1.99	8	1.97	0.30	4	3.0		
		2.5	(20) (25) 30 35 40 50	0.80~2.49		2.47	0.50	6	3.5		
		3	40 50 60 70 80	见表 22.8-5	—	2.97	0.70	—	5		5
PH	Ⓔ	1.6	30 35 40 50	0.50~1.59	8	—	—	—	2.6	3	
		2.0	30 35 40 50	0.80~1.99	10	1.97	0.30	6	3.0		
		2.5	30 35 40 50	0.80~2.49	13	2.47	0.50	8	3.5		
		3	50 60 70 80	见表 22.8-5	—	2.97	0.70	—	5		5

- 注: 1. 当 L 为 (20) mm 或 (25) mm 时, 端部长度 B 均为 4 mm。
 2. Ⓐ: 对于圆形凸模, P > D - 0.03 mm 时, D = 0.03 不宜采用加压导入。
 3. Ⓓ、Ⓡ、Ⓔ、Ⓢ: 对于非圆形凸模, P、K > D - 0.05 mm 时, D = 0.05 不宜采用加压导入。

2.3 短台肩型凸模 (表 22.8-7)

表 22.8-7 短台肩型凸模

(mm)



型号		L	按 0.01 mm 进位					B	H
			A		B	C	D		
类型	D		min	P max	P, Kmax	P, Wmin	R		
 (D(m5))	3	25 30 35	1.00~2.99	2.95	1.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓡ)	5		
	4		2.00~3.99	3.95	1.20		7		
	5		2.00~4.99	4.95	1.20		8		
	6		2.50~5.99	5.95	1.50		9		
	8		5.00~7.99	7.95	2.00		11		
	10		7.00~9.99	9.95	2.50		13		
 (D(m5))	3	30 35 40	1.00~2.99	2.95	1.00		5		
	4		2.00~3.99	3.95	1.20		7		
	5		2.00~4.99	4.95	1.20		8		
	6		2.50~5.99	5.95	1.50		9		
	8		5.00~7.99	7.95	2.00		11		
	10		7.00~9.99	9.95	2.50		13		
 (D+0.005)	3	25 30 35	1.00~2.99	2.95	1.00		5		
	4		2.00~3.99	3.95	1.20	7			
	5		2.00~4.99	4.95	1.20	8			
	6		2.50~5.99	5.95	1.50	9			
	8		5.00~7.99	7.95	2.00	11			
	10		7.00~9.99	9.95	2.50	13			
 (D+0.005)	3	30 35 40	1.00~2.99	2.95	1.00	5			
	4		2.00~3.99	3.95	1.20	7			
	5		2.00~4.99	4.95	1.20	8			
	6		2.50~5.99	5.95	1.50	9			
	8		5.00~7.99	7.95	2.00	11			
	10		7.00~9.99	9.95	2.50	13			

注: Ⓡ: 对于圆形凸模, P > D - 0.03 mm 时, D = 0.01 不宜采用加压导入。

2.4 长台肩型凸模 (表 22.8-8)

表 22.8-8 长台肩型凸模 (mm)

材料: SKD11
硬度: 60~63HRC

D	d	T
3~8	—	$5^{+0.3}_0$
10~45	6	$5^{+0.03}_{+0.01}$

Ⓐ S-SPAS
S-SPAL

Ⓓ S-SPDS
S-SPDL

Ⓚ S-SPRS
S-SPRL

Ⓔ S-SPES
S-SPEL

Ⓒ S-SPGS
S-SPGL

型号	类型	D	L				按 0.01 mm 进位					B	H
							Ⓐ	Ⓓ	Ⓚ	Ⓔ	Ⓒ		
							min P max	P, Kmax	P, Wmin	R			
S-SPAS S-SPDS S-SPRS S-SPES S-SPGS	3	90	100				1.00~2.99	—	—	—	8	5	
	4	90	100				1.00~3.99	3.97	1.00	—		7	
	5	90	100				2.00~4.99	4.97	1.20	—		8	
	6	90	100				2.00~5.99	5.97	1.50	—		9	
	8		110	120				3.00~7.99	7.97	2.00	—	11	
	10		110	120	130	140	150	3.00~9.99	9.97	2.50	—	13	
	13		110	120	130	140	150	6.00~12.99	12.97	3.00	—	16	
	16		110	120	130	140	150	10.00~15.99	15.97	4.00	—	19	
	20		110	120	130	140	150	13.00~19.99	19.97	5.00	—	23	
	25		110	120	130	140	150	18.00~24.99	24.97	6.00	—	28	
	32				130	140	150	20.00~31.99	31.97	7.00	—	35	
	38				130	140	150	28.00~37.99	—	—	—	41	
	45				130	140	150	35.00~44.99	—	—	—	48	
	S-SPAL S-SPDL S-SPRL S-SPEL S-SPGL	3	90	100				1.00~2.99	—	—	—	13	5
		4	90	100				1.00~3.99	3.97	2.00	—		7
		5	90	100				2.00~4.99	4.97	2.00	—		8
6		90	100				2.00~5.99	5.97	2.00	—	9		
8			110	120				3.00~7.99	7.97	2.50	—	11	
10			110	120	130	140	150	3.00~9.99	9.97	2.50	—	13	
13			110	120	130	140	150	6.00~12.99	12.97	3.00	—	16	
16			110	120	130	140	150	10.00~15.99	15.97	4.00	—	19	
20			110	120	130	140	150	13.00~19.99	19.97	5.00	—	23	
25			110	120	130	140	150	18.00~24.99	24.97	6.00	—	28	
32					130	140	150	20.00~31.99	31.97	7.00	—	35	
38					130	140	150	28.00~37.99	—	—	—	41	
45					130	140	150	35.00~44.99	—	—	—	48	

0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓒ)

注: 1. Ⓐ: 对于圆形凸模, $P > D - 0.03$ mm 时, $D \frac{0.03}{0.01}$ 不宜采用加压导入。
2. Ⓓ、Ⓚ、Ⓔ、Ⓒ: 对于非圆形凸模, $P、K > D - 0.05$ mm 时, $D \frac{0.05}{0.01}$ 不宜采用加压导入。

2.5 高精度台肩型凸模 (表 22.8-9)

表 22.8-9 高精度台肩型凸模 (mm)

型号 类型	D	L				(按 0.001 mm 进位)		B	H
		min	P	max					
PVAS	3	40	50	60		1.000~2.990	8	5	
	4	40	50	60	70	1.000~3.990		7	
	5	40	50	60	70	2.000~4.990		8	
	6	40	50	60	70	2.000~5.990		9	
PVAI	3		50	60		1.000~2.990	13	5	
	4		50	60	70	1.000~3.990		7	
	5		50	60	70	2.000~4.990		8	
	6		50	60	70	2.000~5.990		9	

注: ①: 对于圆形凸模, $P > D - 0.03$ mm 时, $D = \frac{P}{3}$ 不宜采用加导人。

2.6 直型凸模 (表 22.8-10)

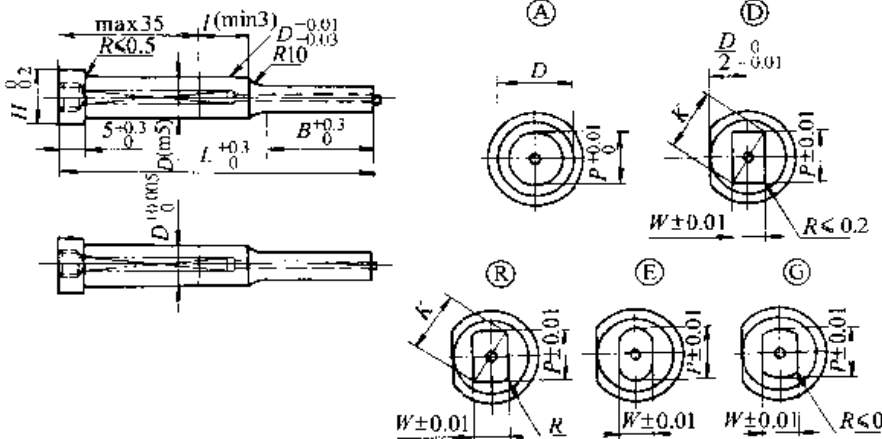
表 22.8-10 直型凸模 (mm)

型号	材料和硬度	
SPC	SK11	60~63HRC
SHC	SKH51	61~64HRC
PHC	HAP40	64~67HRC

型号 类型	No.	L								P (按 0.01 mm 进位)	H	T			
SHC PHC	1.0	20	25	30						0.50~1.00	2.0	3			
	1.6	20	25	30	35	40	50			1.00~1.60	2.6				
	2.0	20	25	30	35	40	50			1.60~2.00	3.0				
	2.5	20	25	30	35	40	50			2.00~2.50	3.5				
SPC SHC PHC	3			40	50	60	70	80		2.00~3.00	5	5			
	4			40	50	60	70	80		3.00~4.00	7				
	5			40	50	60	70	80		4.00~5.00	8				
	6			40	50	60	70	80		5.00~6.00	9				
	8			40	50	60	70	80	90	100	6.00~8.00		11		
	10			40	50	60	70	80	90	100	8.00~10.00		13		
SPC PHC	13			40	50	60	70	80	90	100	110	120	10.00~13.00	16	5
	16			40	50	60	70	80	90	100	110	120	13.00~16.00	19	
	20			40	50	60	70	80	90	100	110	120	16.00~20.00	23	
	25			40	50	60	70	80	90	100	110	120	20.00~25.00	28	

2.7 带顶杆凸模 (表 22.8-11)

表 22.8-11 带顶杆凸模 (mm)



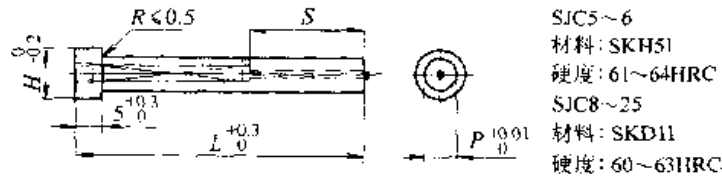
D	材料 和硬度	型号	
		类型	形状
D(mS)	S4-B, SAHE1 S1-6HRC	SJ	Ⓐ
	DH-25 SKD11 S4-62HRC		Ⓓ
	HAP40 S4-62HRC	PJ	Ⓡ
D ^{+0.005} ₀	DH-6 SKD11 S1-6HRC	A-SJ	Ⓔ
	DH-25 SKD11 S4-6HRC		ⓐ
	HAP40 S4-62HRC	A-PJ	ⓐ

型号			按 0.01 mm 进位							B	H				
类型	形状	B	L												
			Ⓐ	Ⓓ	Ⓡ	Ⓔ	ⓐ	ⓐ	ⓐ						
(D(mS)) SJ PJ	Ⓐ	S	4	40	50	60	70	80	1.00~3.99	3.97	1.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓡ)	7		
			5	40	50	60	70	80	2.00~4.99	4.97	2.00		8		
			6	40	50	60	70	80	2.00~5.99	5.97	2.00		9		
			8	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~7.99		7.97	3.00	11
			10	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~9.99		9.97	3.00	13
			13	(40)	50	60	70	80	90	100	6.00~12.99		12.97	6.00	16
			16	(40)	(50)	60	70	80	90	100	10.00~15.99		15.97	6.00	19
			20	(40)	(50)	60	70	80	90	100	13.00~19.99		19.97	6.00	19
			25	(40)	(50)	60	70	80	90	100	18.00~24.99		24.97	6.00	28
			(D ^{+0.005}) A-SJ A-PJ	Ⓔ	L	4	50	60	70	80	1.00~3.99		3.97	2.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓡ)
5	50	60				70	80	2.00~4.99	4.97	2.00	13				
6	50	60				70	80	2.00~5.99	5.97	2.00	9				
8	50	60				70	80	90	100	3.00~7.99	7.97	3.00	11		
10	50	60				70	80	90	100	3.00~9.99	9.97	3.00	19		
13	50	60				70	80	90	100	6.00~12.99	12.97	6.00	16		
16	60	70				80	90	100	10.00~15.99	15.97	6.00	19			
20	60	70				80	90	100	13.00~19.99	19.97	6.00	25			
25	60	70				80	90	100	18.00~24.99	24.97	6.00	28			
(D(mS)) SJ (D ^{+0.005}) A-SJ	Ⓐ	X				5	60	70	80	2.00~4.99	—	—	—	—	
			6	60	70	80	2.00~5.99	9							
			8	70	80	90	100	3.00~7.99	11						
			10	70	80	90	100	3.00~9.99	30	13					
			13	70	80	90	100	6.00~12.99	16						
			16	80	90	100	10.00~15.99	19							
			20	80	90	100	13.00~19.99	40	23						
			25	80	90	100	18.00~24.99	28							

注: 1. 当 L 为 (40) mm 时, 端部长度 B 均为 6 mm。
 2. 当 L 为 (50) mm 时, 端部长度 B 均为 13 mm。
 3. Ⓐ: 对于圆形凸模, 当 P > D - 0.03 mm 时, D^{+0.005}不宜采用加压导入。
 4. Ⓓ、Ⓡ、Ⓔ、ⓐ: 对于非圆形凸模, 当 P、K > D - 0.05 mm 时, D^{+0.005}不宜采用加压导入。

2.8 带顶杆的直型凸模 (表 22.8-12)

表 22.8-12 带顶杆的真型凸模 (mm)

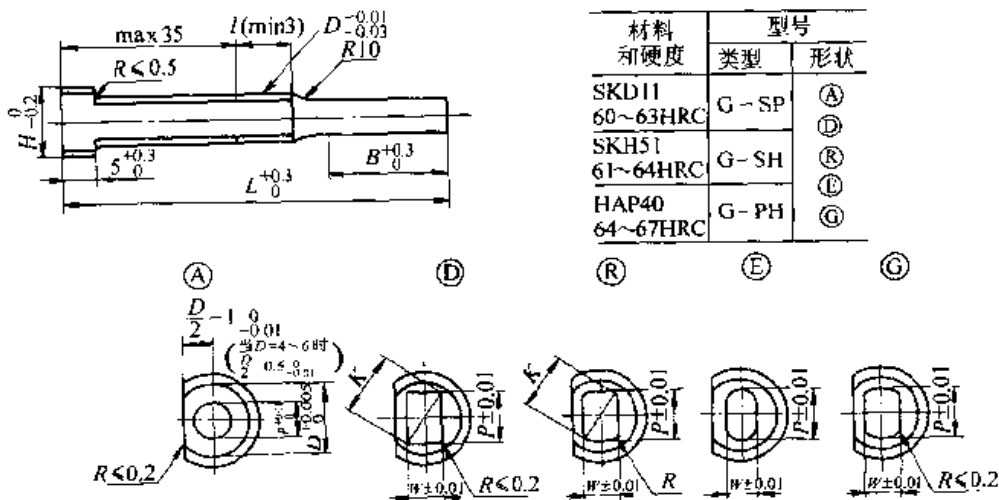


型号		L	P (按 0.01 mm 进位)	H	S
类型	No.				
SJC	5	(40) 50 60 70 80	4.50~5.00	8	20
	6		5.00~6.00	9	
	8	(40) 50 60 70 80 90 100	6.00~8.00	11	27
	10		8.00~10.00	13	28
	13		10.00~13.00	16	
	16	(40) (50) 60 70 80 90 100	13.00~16.00	19	36
	20		16.00~20.00	23	
	25		20.00~25.00	28	

注: 1. 当 L 为 (40) mm 时, No.5~13 的 S 为 15 mm, No.16~25 的 S 为 17 mm。
2. 当 L 为 (50) mm 时, S 为 24 mm。

2.9 G 型台肩型凸模 (表 22.8-13)

表 22.8-13 G 型台肩型凸模 (mm)



续表 22.8-13

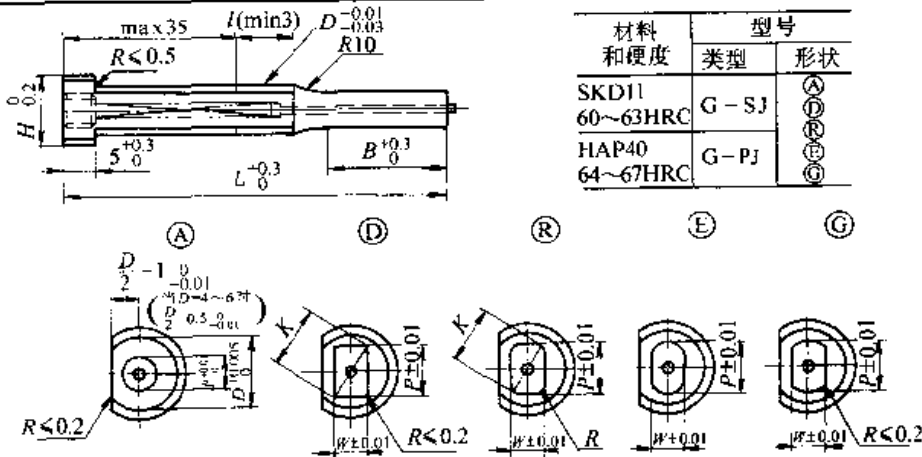
型号			按 0.01 mm 进位											B	H		
类型	形状	B	D	L							④					⑧	
				min	P	max	P、Kmax	Wmax	P、Wmin	R							
G-SP	Ⓐ	S	4	40	50	60	70	80			1.00~2.80	3.97	2.80	1.00	0.20 < R < W/2 (只有Ⓒ)	7	
			5	40	50	60	70	80			2.00~3.80	4.97	3.80	1.20		8	
			6	40	50	60	70	80			2.00~4.80	5.97	4.80	1.50		9	
			8	(40)	50	60	70	80	90	100		3.00~5.80	7.97	5.80		2.00	11
			10	(40)	50	60	70	80	90	100		3.00~7.80	9.97	7.80		2.50	13
			13	(40)	50	60	70	80	90	100		6.00~10.80	12.97	10.80		3.00	16
			16	(40)	50	60	70	80	90	100		10.00~13.80	15.97	13.80		4.00	19
			20	(40)	50	60	70	80	90	100		13.00~17.80	19.97	17.80		5.00	23
G-SH	Ⓔ		4		50	60	70	80			1.00~2.80	3.97	2.80	2.00	7		
G-PH	Ⓒ	L	5		50	60	70	80			2.00~3.80	4.97	3.80	2.00	13		
			6		50	60	70	80			2.00~4.80	5.97	4.80	2.00	9		
			8		50	60	70	80	90	100		3.00~5.80	7.97	5.80	2.50	11	
			10		50	60	70	80	90	100		3.00~7.80	9.97	7.80	2.50	19	
			13		50	60	70	80	90	100		6.00~10.80	12.97	10.80	3.00	16	
			16			60	70	80	90	100		10.00~13.80	15.97	13.80	4.00	19	
			20			60	70	80	90	100		13.00~17.80	19.97	17.80	5.00	25	
			25			60	70	80	90	100		18.00~22.80	24.97	22.80	6.00	28	

注：1. 当 L 为 (40) mm 时，端部长度 B 均为 8 mm。

2. ④、Ⓔ、Ⓔ、Ⓒ；对于非圆凸模，当 P、K > D - 0.05 mm 时，D 端不宜采用加压导入。

2.10 G 型带顶杆凸模 (表 22.8-14)

表 22.8-14 G 型带顶杆凸模 (mm)



续表 22.8-14

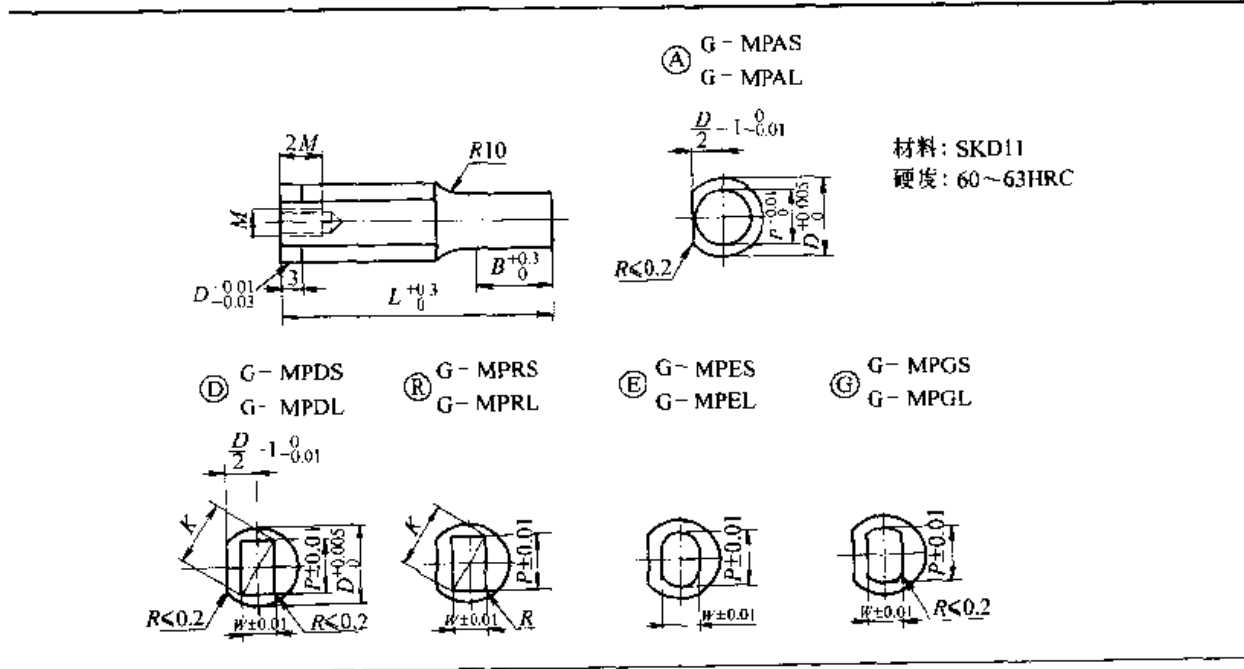
型号			按 0.01 mm 进位							B	H					
类型	形状	B	D	L				Ⓐ	Ⓓ			Ⓡ	Ⓔ	Ⓢ		
				min	P	max	P、Kmax	Wmax	P、Wmin			R				
G-SJ	Ⓐ	S	4	40	50	60	70	80	1.00~2.80	3.97	2.80	1.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有 Ⓢ)	7		
			5	40	50	60	70	80	2.00~3.80	4.97	3.80	2.00		8		
			6	40	50	60	70	80	2.00~4.80	5.97	4.80	2.00		9		
			8	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~5.80	7.97		5.80	3.00	11
			10	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~7.80	9.97		7.80	3.00	13
			13	(40)	50	60	70	80	90	100	6.00~10.80	12.97		10.80	6.00	16
			16	(40)	(50)	60	70	80	90	100	10.00~13.80	15.97		13.80	6.00	19
			20	(40)	(50)	60	70	80	90	100	13.00~17.80	19.97		17.80	6.00	23
G-PJ	Ⓔ	L	4		50	60	70	80	1.00~2.80	3.97	2.80	2.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有 Ⓢ)	7		
			5		50	60	70	80	2.00~3.80	4.97	3.80	2.00		8		
			6		50	60	70	80	2.00~4.80	5.97	4.80	2.00		9		
			8		50	60	70	80	90	100	3.00~5.80	7.97		5.80	3.00	11
			10		50	60	70	80	90	100	3.00~7.80	9.97		7.80	3.00	13
			13		50	60	70	80	90	100	6.00~10.80	12.97		10.80	6.00	16
			16		60	70	80	90	100	10.00~13.80	15.97	13.80		6.00	19	
			20		60	70	80	90	100	13.00~17.80	19.97	17.80		6.00	23	
			25		60	70	80	90	100	18.00~22.80	24.97	22.80	6.00	28		

- 注: 1. 当 L 为 (40) mm 时, 端部长度 B 均为 6 mm。
 2. 当 L 为 (50) mm 时, 端部长度 B 均为 13 mm。
 3. Ⓓ、Ⓡ、Ⓔ、Ⓢ: 对于非圆凸模, 当 P、K > D - 0.05 mm 时, D_{-0.01}⁰ 不能采用加压导入。

2.11 抽头凸模 (表 22.8-15)

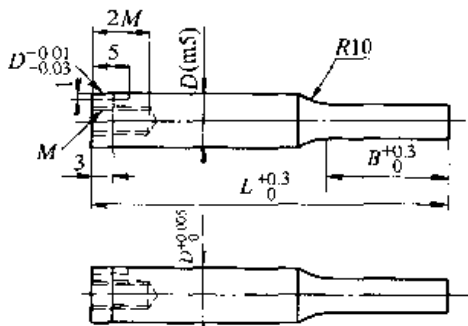
表 22.8-15 抽头凸模

(mm)

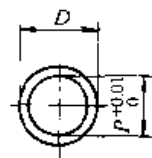


续表 22.8-15

型号		L					按 0.01 mm 进位				H	M
类型	D						Ⓐ	Ⓓ	Ⓡ	Ⓔ		
		min P max	P、K _{max}	W _{max}	P、W _{min}	R	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓢ)					
G-MPAS G-MPDS G-MPRS G-MPES G-MPGS	6	40 50 60 70 80	2.00-3.80	5.97	3.80	1.50	8	3				
	8	(40) 50 60 70 80 90 100	3.00-5.80	7.97	5.80	2.00			4			
	10	(40) 50 60 70 80 90 100	3.00-7.80	9.97	7.80	2.50				13		
	13	(40) 50 60 70 80 90 100	6.00-10.80	12.97	10.80	3.00			6			
	16	(40) 50 60 70 80 90 100	10.00-13.80	15.97	13.80	4.00						
	20	(40) 50 60 70 80 90 100	13.00-17.80	19.97	17.80	5.00						
	25	(40) 50 60 70 80 90 100	18.00-22.80	24.97	22.80	6.00						
G-MPAL G-MPDL G-MPRL G-MPEL G-MPGL	6	50 60 70 80	2.00-3.80	5.97	3.80	2.00	13	3				
	8	50 60 70 80 90 100	3.00-5.80	7.97	5.80	2.50			4			
	10	50 60 70 80 90 100	3.00-7.80	9.97	7.80	2.50				19		
	13	50 60 70 80 90 100	6.00-10.80	12.97	10.80	3.00						
	16	60 70 80 90 100	10.00-13.80	15.97	13.80	4.00						
	20	60 70 80 90 100	13.00-17.80	19.97	17.80	5.00	25					
	25	60 70 80 90 100	18.00-22.80	24.97	22.80	6.00						

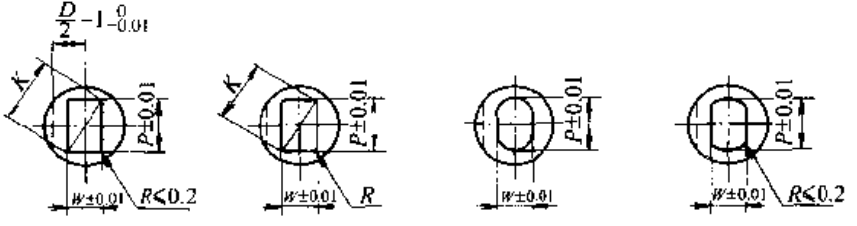


Ⓐ MPAS A - MPAS
MPAL A - MPAL





材料: SKD11
硬度: 60~63HRC

Ⓓ MPDS A - MPDS Ⓡ MPRS A - MPRS Ⓔ MPES A - MPES Ⓢ MPGS A - MPGS
MPDL A - MPDL MPRL A - MPRL MPEL A - MPEL MPGL A - MPGL



续表 22.8-15

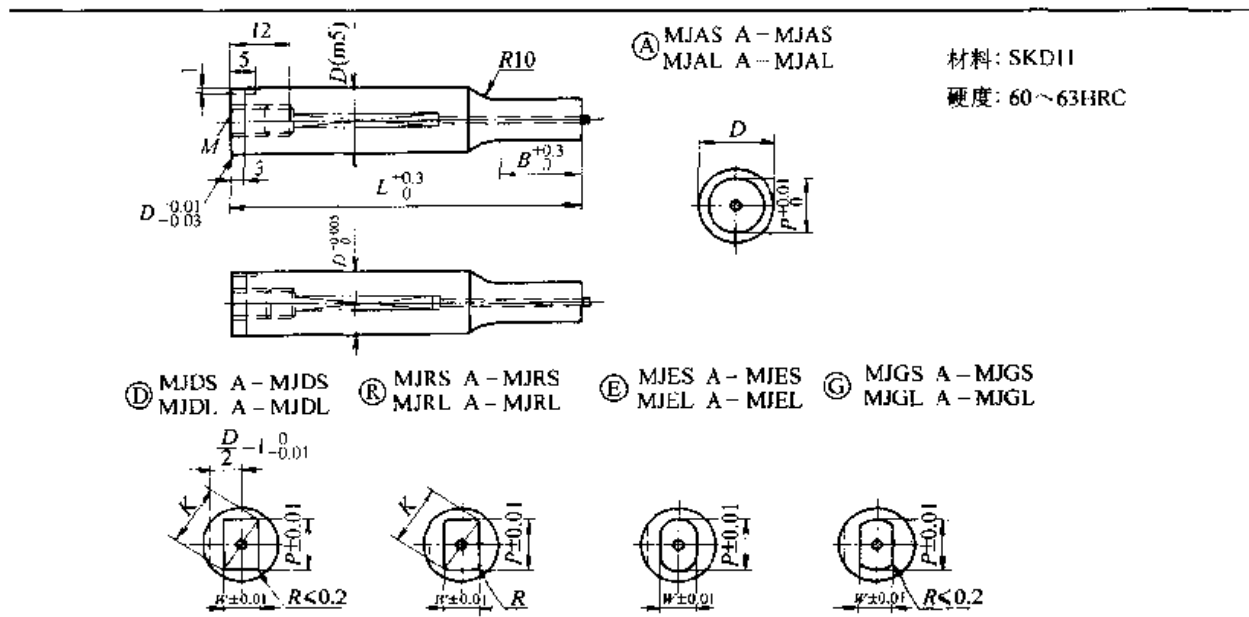
型号		L	(按 0.01 mm 进位)				B	M
类型	D		Ⓐ	Ⓓ Ⓔ	Ⓕ	Ⓖ		
			min P max	P, Kmax	P, Wmin	R		
 (D (mS)) (D ^{-0.005}) MPAS A-MPAS MPDS A-MPDS MPRS A-MPRS MPES A-MPES MPGS A-MPGS	5	40 50 60 70 80	2.00~4.99	4.97	1.20	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓔ)	8	3
	6	40 50 60 70 80	2.00~5.99	5.97	1.50			
	8	(40) 50 60 70 80 90 100	3.00~7.99	7.97	2.00		13	4
	10	(40) 50 60 70 80 90 100	3.00~9.99	9.97	2.50			
	13	(40) 50 60 70 80 90 100	6.00~12.99	12.97	3.00		19	6
	16	(40) 50 60 70 80 90 100	10.00~15.99	15.97	4.00			
	20	(40) 50 60 70 80 90 100	13.00~19.99	19.97	5.00			
	25	(40) 50 60 70 80 90 100	18.00~24.99	24.97	6.00			
 (D (mS)) (D ^{+0.005}) MPAL A-MPAL MPDL A-MPDL MPRL A-MPRL MPEL A-MPEL MPGL A-MPGL	5	50 60 70 80	2.00~4.99	4.97	2.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓔ)	13	3
	6	50 60 70 80	2.00~5.99	5.97	2.00			
	8	50 60 70 80 90 100	3.00~7.99	7.97	2.50		19	4
	10	50 60 70 80 90 100	3.00~9.99	9.97	2.50			
	13	50 60 70 80 90 100	6.00~12.99	12.97	3.00		25	6
	16	60 70 80 90 100	10.00~15.99	15.97	4.00			
	20	60 70 80 90 100	13.00~19.99	19.97	5.00			
	25	60 70 80 90 100	18.00~24.99	24.97	6.00			

注：当 L 为 (40) mm 时，B 均为 8 mm。



2.12 抽头带顶杆凸模 (表 22.8-16)

表 22.8-16 抽头带顶杆凸模

(mm)



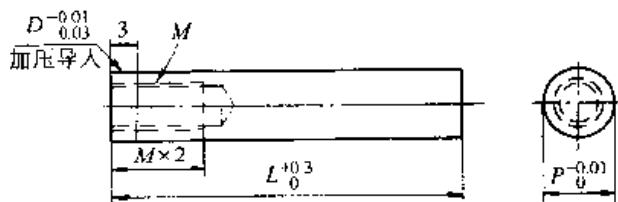
续表 22.8-16

型号		按 0.01 mm 进位										B	M				
类型	D	L								Ⓐ				Ⓓ	Ⓔ	Ⓕ	Ⓖ
		min	P	max	P、Kmax	P、Wmin	R	R									
 (D (m5)) (D ^{-0.005}) MJAS A-MJAS MJDS A-MJDS MJRS A-MJRS MJES A-MJES MJGS A-MJGS	6	40	50	60	70	80			2.00~5.99	5.97	2.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓔ)	8	3			
	8	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~7.99	7.97	3.00		13	4			
	10	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~9.99	9.97	3.00		19	5			
	13	(40)	50	60	70	80	90	100	6.00~12.99	12.97	6.00		6				
	16	(40)	(50)	60	70	80	90	100	10.00~15.99	15.97	6.00						
	20	(40)	(50)	60	70	80	90	100	13.00~19.99	19.97	6.00						
	25	(40)	(50)	60	70	80	90	100	18.00~24.99	24.97	6.00						
	 (D (m5)) (D ^{-0.005}) MJAL A-MJAL MJDL A-MJDL MJRL A-MJRL MJEL A-MJEL MJGL A-MJGL	6		50	60	70	80			2.00~5.99	5.97		2.00	13	3		
8			50	60	70	80	90	100	3.00~7.99	7.97	3.00	19	4				
10			50	60	70	80	90	100	3.00~9.99	9.97	3.00		5				
13			50	60	70	80	90	100	6.00~12.99	12.97	6.00		6				
16				60	70	80	90	100	10.00~15.99	15.97	6.00						
20				60	70	80	90	100	13.00~19.99	19.97	6.00						
25				60	70	80	90	100	18.00~24.99	24.97	6.00						

注：1. 当 L 为 (40) mm 时，B 均为 8 mm。
 2. 当 L 为 (50) mm 时，B 均为 13 mm。

2.13 抽头直型凸模 (表 22.8-17)

表 22.8-17 抽头直型凸模 (mm)



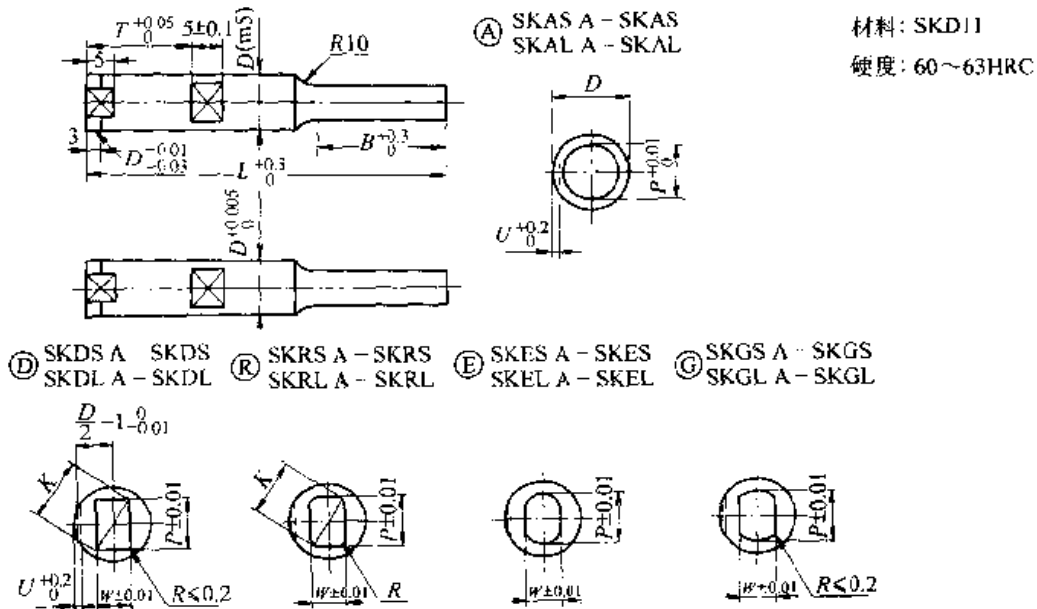
材料: SKD11
 硬度: 60~63HRC

型号		L	P (按 0.01 mm 进位)	M
类型	No.			
MSPC	13	40 50 60 70 80 90 100	10.00~13.00	6
	16		13.01~16.00	
	20		16.01~20.00	
	25		20.01~25.00	

2.14 带键槽的凸模 (表 22.8-18)

表 22.8-18 带键槽的凸模

(mm)



型号	L	按 0.01 mm 进位				T	B	U	
		①	② ③	④ ⑤	⑥				
类型	D	min	P	max	P, Kmax	P, Wmin	R		
 (D(m5))(D ^{+0.005}) SKAS A-SKAS SKDS A-SKDS SKRS A-SKRS SKES A-SKES SKGS A-SKGS	3	40	50	60 70 80	1.00~2.99	—	—	8	0.5
	4	40	50	60 70 80	1.00~3.99	3.97	1.00		
	5	40	50	60 70 80	2.00~4.99	4.97	1.20		
	6	40	50	60 70 80	2.00~5.99	5.97	1.50	T > 5.0 按 0.1 mm 进位	1.5
	8	(40)	50	60 70 80 90 100	3.00~7.99	7.97	2.00		
	10	(40)	50	60 70 80 90 100	3.00~9.99	9.97	2.50		
	13	(40)	50	60 70 80 90 100	6.00~12.99	12.97	3.00		
	16	(40)	50	60 70 80 90 100	10.00~15.99	15.97	4.00		
	16	(40)	50	60 70 80 90 100	10.00~15.99	15.97	4.00		
	 (D(m5))(D ^{+0.005}) SKAL A-SKAL SKDL A-SKDL SKRL A-SKRL SKEL A-SKEL SKGL A-SKGL	3	50	60	70 80	1.00~2.99	—	—	13
4		50	60	70 80	1.00~3.99	3.97	2.00		
5		50	60	70 80	2.00~4.99	4.97	2.00		
6		50	60	70 80	2.00~5.99	5.97	2.00		
8		50	60	70 80 90 100	3.00~7.99	7.97	2.50	19	1.5
10		50	60	70 80 90 100	3.00~9.99	9.97	2.50		
13		50	60	70 80 90 100	6.00~12.99	12.97	3.00		
16		60	70	80 90 100	10.00~15.99	15.97	4.00		

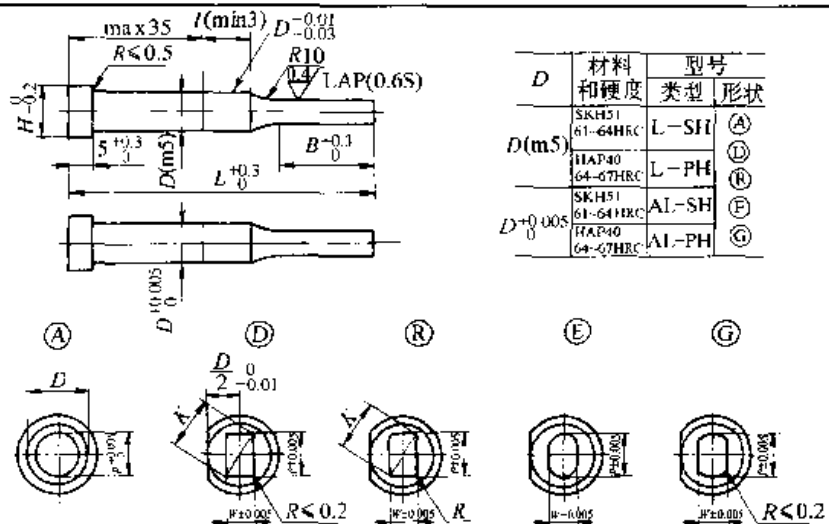
注: 1. 当 L 为 (40) mm 时, B 均为 8 mm。

2. 若不需要键槽, 请指明 T=L。

2.15 精研台肩型凸模 (表 22.8-19)

表 22.8-19 精研台肩型凸模

(mm)



型号			按 0.01 mm 进位							B	H							
类型	形状	B	L															
			Ⓐ	Ⓛ	ⓐ	Ⓛ	ⓐ	Ⓛ	ⓐ									
(D(mS))	Ⓐ	S	3	40	50	60	70	80	1.00~2.99		见表 22.8-20		8	5				
				4	40	50	60	70	80	1.00~3.99	3.97	1.00		7				
			5	40	50	60	70	80	2.00~4.99	4.97	1.20	13	8					
				6	40	50	60	70	80	2.00~5.99	5.97		1.50	9				
			8	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~7.99	7.97	2.00	19	11			
				10	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~9.99	9.97		2.50	13		
			13	(40)	50	60	70	80	90	100	6.00~12.99	12.97	3.00	25	16			
				16	(40)	50	60	70	80	90	100	10.00~15.99	15.97		4.00	19		
			L-SH	Ⓛ	S	20	(40)	50	60	70	80	90	100	13.00~19.99	19.97	5.00	25	23
						25	(40)	50	60	70	80	90	100	18.00~24.99	24.97	6.00		28
(D+0.005)	Ⓔ	L	3	50	60	70	80	1.00~2.99		见表 22.8-20		13	5					
				4	50	60	70	80	1.00~3.99	3.97	2.00		7					
			5	50	60	70	80	2.00~4.99	4.97	2.00	19	8						
				6	50	60	70	80	2.00~5.99	5.97		2.00	9					
			8	50	60	70	80	90	100	3.00~7.99	7.97	2.50	25	11				
				10	50	60	70	80	90	100	3.00~9.99	9.97		2.50	13			
			13	50	60	70	80	90	100	6.00~12.99	12.97	3.00	25	16				
				16	60	70	80	90	100	10.00~15.99	15.97	4.00		19				
			AL-SH	ⓐ	L	20	60	70	80	90	100	13.00~19.99	19.97	5.00	25	23		
						25	60	70	80	90	100	18.00~24.99	24.97	6.00		28		

续表 22.8-19

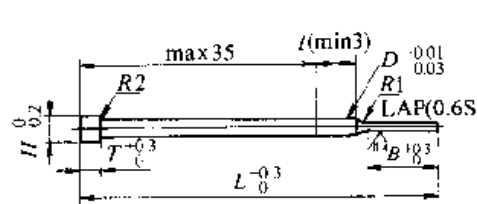
型号			按 0.01 mm 进位							B	H		
类型	形状	D	L				①	② ③ ④	⑤				
								min P max	P、Kmax	P、Wmin	R		
(D (m5)) L-SH L-PH	Ⓐ	3	50	60	70	80		1.20~2.99				19	5
		4	50	60	70	80		1.20~3.99				7	
		5		60	70	80		2.00~4.99				25	8
		6		60	70	80		2.00~5.99				9	
(D ^{-0.005}) AL-SH AL-PH	Ⓐ	8	60	70	80	90	100	3.00~7.99				11	
		10	60	70	80	90	100	3.00~9.99				30	13
		13	60	70	80	90	100	6.00~12.99				16	
		16		70	80	90	100	10.00~15.99				19	
		20		70	80	90	100	13.00~19.99				40	23
		25		70	80	90	100	18.00~24.99				28	

注：1. Ⓐ：对于圆形凸模，当 $P > D - 0.03$ mm 时， $D_{-0.03}^{+0.01}$ 不宜采用加压导入。
 2. Ⓓ、Ⓔ、Ⓕ、Ⓖ：对于非圆凸模，当 $P、K > D - 0.05$ mm 时， $D_{-0.05}^{+0.01}$ 不宜采用加压导入。
 3. 当 L 为 (40) mm 时，端部长度 B 均为 8 mm。

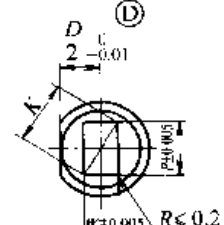
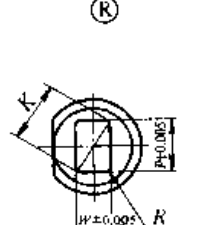
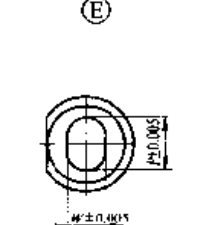
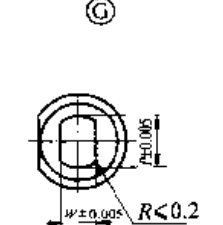
2.16 精研衬套凸模 (表 22.8-20)

表 22.8-20 精研衬套凸模

(mm)



材料 和硬度	型号		D	R ₁	R ₂
	类型	形状			
SKH51 61~64HRC	L-SH	Ⓐ Ⓓ Ⓔ	1.6 2.0 2.5	0.30 0.30 0.30	<0.2
HAP40 64~67HRC	L-PH	Ⓐ Ⓓ Ⓔ Ⓕ Ⓖ	1.6 2.0 2.5 3	<0.2	<0.5

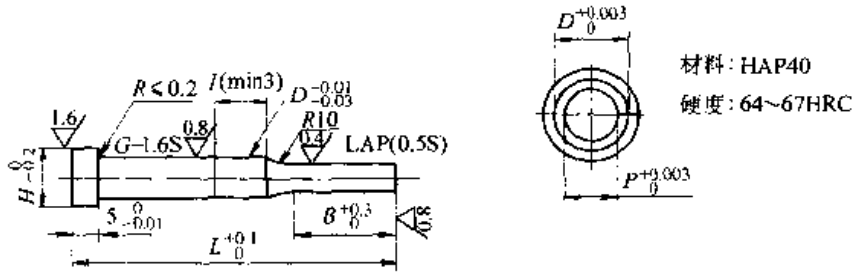





型号			按 0.01 mm 进位							H	T		
类型	形状	D	L				①	② ③ ④	⑤				
								min P max	B P、Kmax	P、Wmin	B R		
L-SH L-PH	Ⓐ	S	1.6 (20) (25)	30	35	40	50	0.30~1.59	6	—	—	—	2.6
			2.0 (20) (25)	30	35	40	50	0.50~1.99	8	1.97	0.30	4	3.0 3
			2.5 (20) (25)	30	35	40	50	0.80~2.49	—	2.47	0.50	6	3.5
			3	40	50	60	70	80	见表 22.8-19	—	2.97	0.70	6
	Ⓓ	L	1.6	30	35	40	50	0.50~1.59	8	—	—	—	2.6
			2.0	30	35	40	50	0.80~1.99	10	1.97	0.30	6	3.0 3
			2.5	30	35	40	50	0.80~2.49	13	2.47	0.50	8	3.5
			3	50	60	70	80	见表 22.8-19	—	2.97	0.70	8	5 5

注：1. 当 L 为 (20) mm 或 (25) mm 时，端部长度 B 均为 4 mm。
 2. Ⓐ：对于圆形凸模，当 $P > D - 0.03$ mm 时， $D_{-0.03}^{+0.01}$ 不宜采用加压导入。
 3. Ⓓ、Ⓔ、Ⓕ、Ⓖ：对于非圆凸模，当 $P、K > D - 0.05$ mm 时， $D_{-0.05}^{+0.01}$ 不宜采用加压导入。

2.17 高精研台肩型凸模 (表 22.8-21)

表 22.8-21 高精研台肩型凸模 (mm)

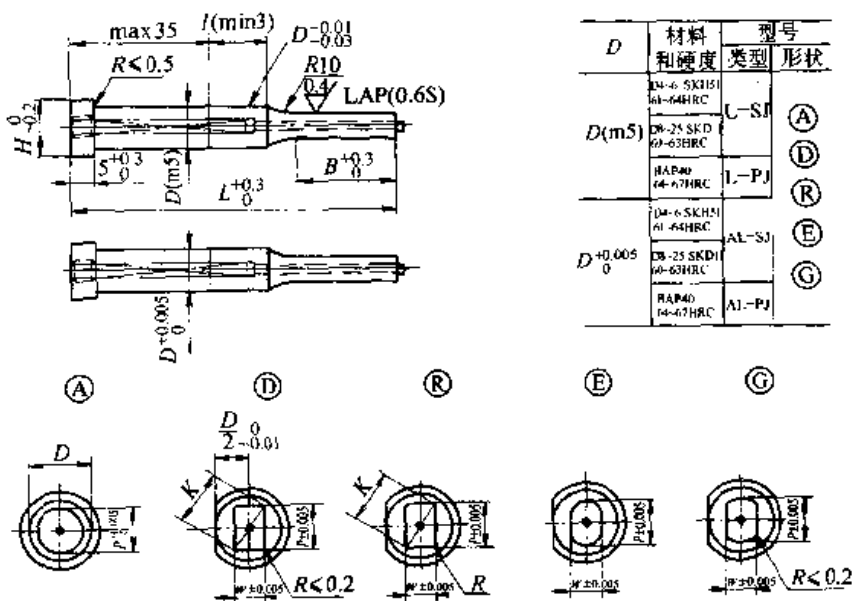


型号		L			(按 0.001 mm 进位)	B	H
类型	D	min	P	max			
L-PVAS	3	40	50	60	1.000~2.990	8	5
	4	40	50	60 70	1.000~3.990		7
	5	40	50	60 70	2.000~4.990		8
	6	40	50	60 70	2.000~5.990		9
L-PVAL	3		50	60	1.000~2.990	13	5
	4		50	60 70	1.000~3.990		7
	5		50	60 70	2.000~4.990		8
	6		50	60 70	2.000~5.990		9

注: ④: 对于圆形凸模, 当 $P > D - 0.03$ mm 时, $D = \frac{0.01}{0.03}$ 不宜采用加压导入。

2.18 精研带顶杆凸模 (表 22.8-22)

表 22.8-22 精研带顶杆凸模 (mm)



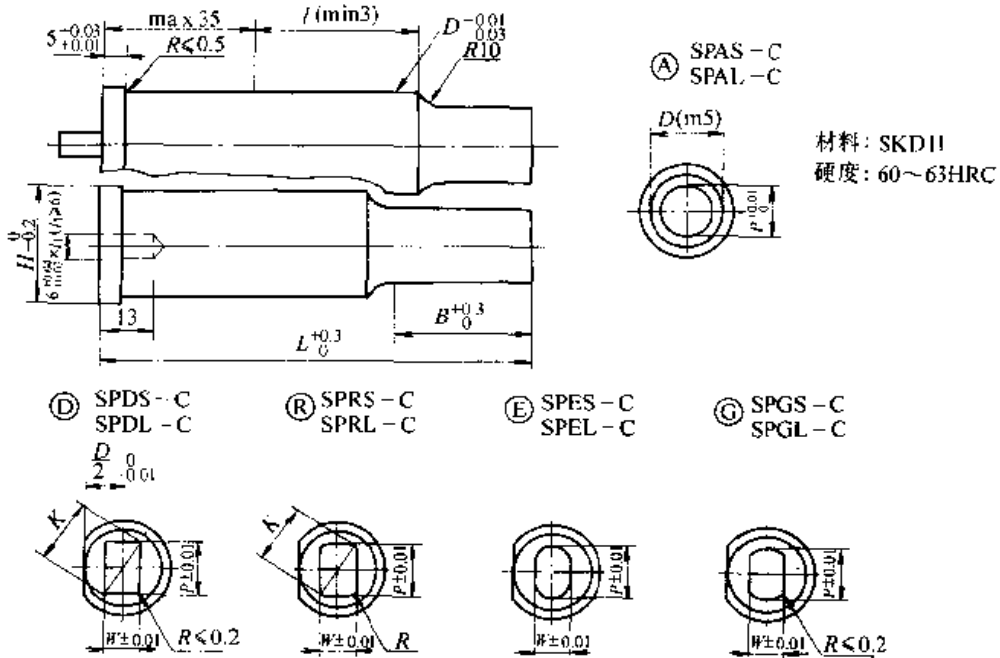
续表 22.8-22

型号				L					按 0.01 mm 进位				B	H	
类型	形状	B	D						Ⓐ		Ⓣ	Ⓡ			Ⓢ
				min	P	max	P, Kmax	P, Wmin	R						
(D(m5)) L-SJ L-PJ	Ⓐ	S	4	40	50	60	70	80	1.00~3.99	3.97	1.00	0.20 < R < W/2 (只有Ⓡ)	7		
			5	40	50	60	70	80	2.00~4.99	4.97	2.00		8		
			6	40	50	60	70	80	2.00~5.99	5.97	2.00		9		
			8	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~7.99		7.97	3.00	11
			10	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~9.99		9.97	3.00	13
			13	(40)	50	60	70	80	90	100	6.00~12.99		12.97	6.00	16
			16	(40)	(50)	60	70	80	90	100	10.00~15.99		15.97	6.00	19
			20	(40)	(50)	60	70	80	90	100	13.00~19.99		19.97	6.00	23
(D ^{+0.005}) AL-SJ AL-PJ	Ⓒ	L	4		50	60	70	80	1.00~3.99	3.97	2.00	0.20 < R < W/2 (只有Ⓡ)	7		
			5		50	60	70	80	2.00~4.99	4.97	2.00		13		
			6		50	60	70	80	2.00~5.99	5.97	2.00		9		
			8		50	60	70	80	90	100	3.00~7.99		7.97	3.00	11
			10		50	60	70	80	90	100	3.00~9.99		9.97	3.00	19
			13		50	60	70	80	90	100	6.00~12.99		12.97	6.00	16
			16			60	70	80	90	100	10.00~15.99		15.97	6.00	19
			20			60	70	80	90	100	13.00~19.99		19.97	6.00	25
25			60	70	80	90	100	18.00~24.99	24.97	6.00	28				
(D(m5)) L-SJ (D ^{+0.005}) AL-SJ	Ⓐ	X	5		60	70	80		2.00~4.99			0.20 < R < W/2 (只有Ⓡ)	25		
			6		60	70	80		2.00~5.99				9		
			8			70	80	90	100	3.00~7.99				11	
			10			70	80	90	100	3.00~9.99				30	
			13			70	80	90	100	6.00~12.99				16	
			16				80	90	100	10.00~15.99				19	
			20				80	90	100	13.00~19.99				40	
			25				80	90	100	18.00~24.99				28	

- 注：1. 当 L 为 (40) mm 时，B 均为 6 mm。
 2. 当 L 为 (50) mm 时，B 均为 13 mm。
 3. Ⓐ：对于圆形凸模，当 P > D - 0.03 mm 时，D_{0.03}^{+0.005} 不宜采用加压导入。
 4. Ⓣ、Ⓡ、Ⓢ、Ⓒ：对于非圆凸模，当 P、K > D - 0.05 mm 时，D_{0.03}^{+0.005} 不宜采用加压导入。

2.19 有中心孔的凸模 (表 22.8-23)

表 22.8-23 有中心孔的凸模 (mm)



型号	类型	D	L						按 0.01 mm 进位			B	H			
			(40)	50	60	70	80	90	100	①	② ③			④		
	SPAS-C	10	(40)	50	60	70	80	90	100	3.00~9.99	9.97	2.50	0.20 ≤ R < W/2 (只有②)	13	13	
		13	(40)	50	60	70	80	90	100	6.00~12.99	12.97	3.00		16		
		16	(40)	50	60	70	80	90	100	10.00~15.99	15.97	4.00		19		
	SPDS-C	20	(40)	50	60	70	80	90	100	13.00~19.99	19.97	5.00		23		
	SPRS-C	25	(40)	50	60	70	80	90	100	18.00~24.99	24.97	6.00		28		
	SPES-C	32	(40)	(50)	60	70	80	90	100	110	120	20.00~31.99		31.97	7.00	35
	SPGS-C	38	(40)	(50)	60	70	80	90	100	110	120	28.00~37.99		37.97	8.00	41
		45	(40)	(50)	60	70	80	90	100	110	120	35.00~44.99		44.97	9.00	48
		10		50	60	70	80	90	100	3.00~9.99	9.97	2.50	0.20 ≤ R < W/2 (只有②)	19	13	
		13		50	60	70	80	90	100	6.00~12.99	12.97	3.00		16		
	SPAL-C	16		60	70	80	90	100		10.00~15.99	15.97	4.00		19		
	SPDL-C	20		60	70	80	90	100		13.00~19.99	19.97	5.00		23		
	SPRL-C	25		60	70	80	90	100		18.00~24.99	24.97	6.00		28		
	SPEL-C	32		60	70	80	90	100	110	120	20.00~31.99	31.97		7.00	35	
	SPGL-C	38		60	70	80	90	100	110	120	28.00~37.99	37.97		8.00	41	
		45		60	70	80	90	100	110	120	35.00~44.99	44.97		9.00	48	

注: 1. 当 L 为 (40) mm, D 为 10~25 mm 时, B 均为 8 mm; 当 L 为 (40) mm, D 为 32~45 mm 时, B 均为 6 mm。

2. 当 L 为 (50) mm 时, B 均为 13 mm。

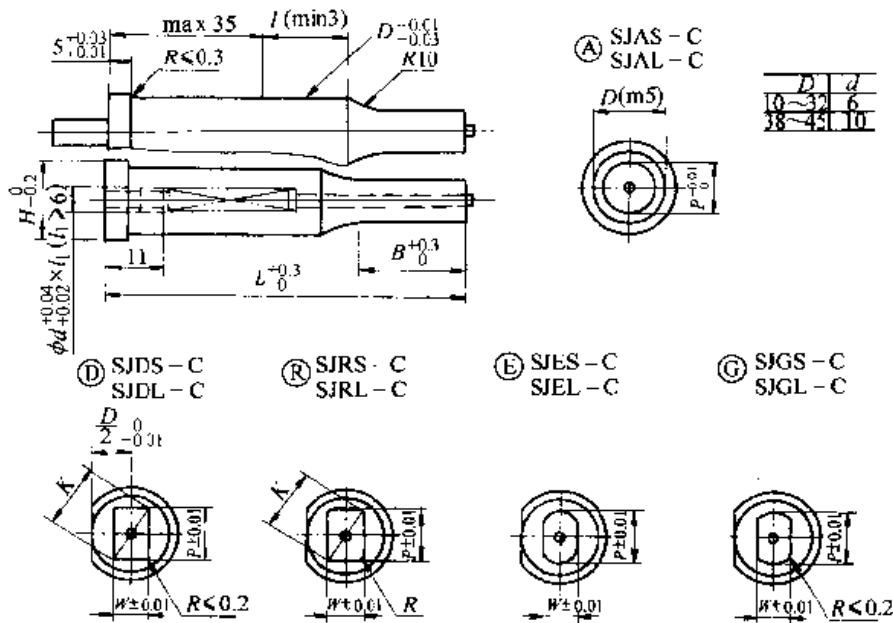
3. ①: 对于圆形凸模, 当 P > D - 0.03 mm 时, D_z^{-0.01/0.03} 不宜采用加压导入。

4. ②、③、④、⑤: 对于非圆凸模, 当 P、K > D - 0.05 mm 时, D_z^{-0.01/0.03} 不宜采用加压导入。

2.20 有中心孔的带顶杆凸模 (表 22.8-24)

表 22.8-24 有中心孔的带顶杆凸模

(mm)



型号		按 0.01 mm 进位						B	H					
类型	D	L												
		①	② ③ ④ ⑤	⑥	⑦	⑧								
		min	P	max	P, Kmax	P, Wmin	R							
 SJAS-C SIDS-C SJRS-C SJES-C SJGS-C	10	60	70	80	90	100	3.00~9.99	9.97	3.00	0.05 ≤ R < W/2 (只有⑧)	13	13		
	13	60	70	80	90	100	6.00~12.99	12.97	6.00		13	16		
	16	(60)	70	80	90	100	10.00~15.99	15.97	6.00		19	19		
	20	(60)	70	80	90	100	13.00~19.99	19.97	6.00		19	23		
	25	(60)	70	80	90	100	18.00~24.99	24.97	6.00		19	28		
	32	(60)	70	80	90	100	110	120	20.00~31.99		31.97	7.00	19	35
	38	(60)	70	80	90	100	110	120	28.00~37.99		37.97	8.00	19	41
	45	(60)	70	80	90	100	110	120	35.00~44.99		44.97	9.00	19	48
 SJAL-C SJDLC SJRL-C SJEL-C SJGL-C	10		70	80	90	100	3.00~9.99	9.97	3.00	0.05 ≤ R < W/2 (只有⑧)	19	13		
	13		70	80	90	100	6.00~12.99	12.97	6.00		19	16		
	16		70	80	90	100	10.00~15.99	15.97	6.00		19	19		
	20		70	80	90	100	13.00~19.99	19.97	6.00		19	23		
	25		70	80	90	100	18.00~24.99	24.97	6.00		19	28		
	32		70	80	90	100	110	120	20.00~31.99		31.97	7.00	19	35
	38		70	80	90	100	110	120	28.00~37.99		37.97	8.00	19	41
	45		70	80	90	100	110	120	35.00~44.99		44.97	9.00	19	48

注: 1. 当 L 为 (60) mm 时, B 均为 13 mm。

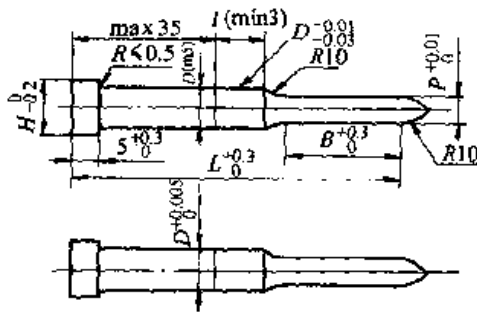
2. ①: 对于圆形凸模, 当 P > D - 0.03 mm 时, D 不宜采用加压导入。

3. ②、③、④、⑤: 对于非圆凸模, 当 P、K > D - 0.05 mm 时, D 不宜采用加压导入。

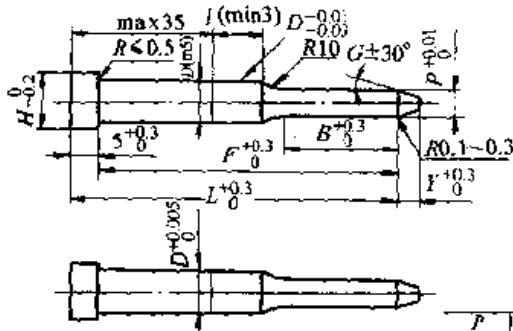
3 导向凸模

3.1 普通导向凸模 (表 22.8-25)

表 22.8-25 普通导向凸模 (mm)



a)





b)

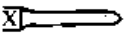
D	材料 和硬度	型号
D(m5)	SKD11 60-63HRC	STAS STAL STAX
	HAP40 64-67HRC	PSTAS PSTAL PSTAX
D ^{+0.005} ₀	SKD11 60-63HRC	A-STAS A-STAL A-STAX
	HAP40 64-67HRC	A-PSTAS A-PSTAL A-PSTAX

D	材料 和硬度	型号
D(m5)	SKD11 60-63HRC	TPAS TPAL TPAX
	HAP40 64-67HRC	PTPAS PTPAL PTPAX
D ^{+0.005} ₀	SKD11 60-63HRC	A-TPAS A-TPAL A-TPAX
	HAP40 64-67HRC	A-PTPAS A-PTPAL A-PTPAX

F	G
< 1.99	11°
> 2.00	15°

型号		L					P (按 0.01 mm 进位)		B	H	Y
类型	D										
 (D(m5))(D ^{+0.005}) 材料:SKD11 STAS A-STAS TPAS A-TPAS	3	42	52	62	72	1.00~2.99		10	5	2	
	4	42	52	62	72	1.00~3.99			7		
	5	42	52	62	72	2.00~4.99			8		
	材料:HAP40 PSTAS A-PSTAS PTPAS A-PTPAS	6	42	52	62	72	2.50~5.99		9	3	
		8	(42)	52	62	72	82	92	3.00~7.99	11	5
		10	(42)	52	62	72	82	92	102	3.00~9.99	
		13	(42)	52	62	72	82	92	102	6.00~12.99	16
16		(42)	52	62	72	82	92	102	10.00~15.99	21	19
 (D(m5))(D ^{+0.005}) 材料:SKD11 STAL A-STAL TPAL A-TPAL	3	52	62	72	1.00~2.99		15	5	2		
	4	52	62	72	1.00~3.99			7			
	5	52	62	72	2.00~4.99			8			
	材料:HAP40 PSTAL A-PSTAL PTPAL A-PTPAL	6	52	62	72	2.50~5.99		9	3		
		8	52	62	72	82	92	3.00~7.99	11	5	
		10	52	62	72	82	92	102	3.00~9.99		21
		13	52	62	72	82	92	102	6.00~12.99	16	
16		62	72	82	92	102	10.00~15.99	27	19		

续表 22.8-25

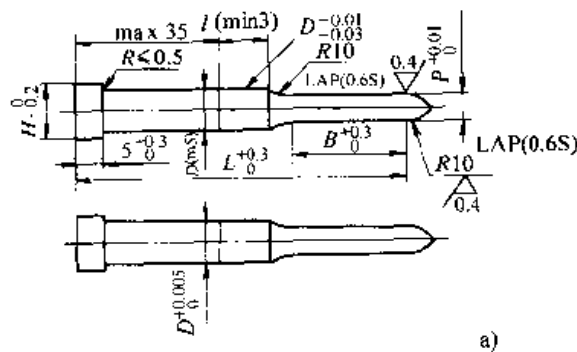
型号		L					P	B	H	Y	
类型	D						(按 0.01 mm 进位)				
 (D(m5))(D ^{-0.005}) 材料:SKD11 STAX A-STAX TPAX A-TPAX	3	52	62	72			1.20~2.99	21	5	2	
	4	52	62	72			1.20~3.99		7		
	5	62	72				2.00~4.99	27	8	3	
6	62	72				2.50~5.99	9				
材料:HAP40 PSTAX A-PSTAX PTPAX A-PTPAX	8	62	72	82	92			3.00~7.99	32	11	5
	10	62	72	82	92	102				3.00~9.99	
	13	62	72	82	92	102			6.00~12.99	16	8
	16	72	82	92	102			10.00~15.99	42	19	

注: 1. 当 L 为 (42) mm 时, B 均为 10 mm。
 2. 当 P > D - 0.03 mm 时, D = 0.01/0.03 不宜采用加压导入。

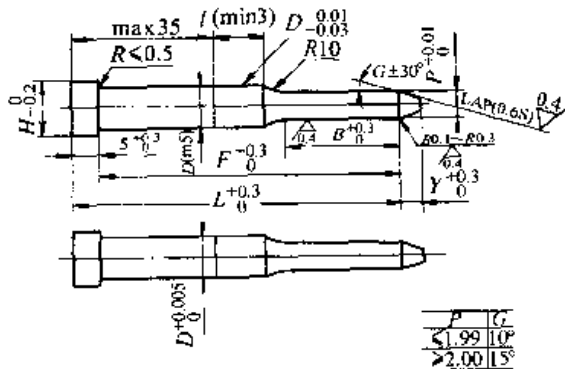
3.2 精研导向凸模 (表 22.8-26)

表 22.8-26 精研导向凸模

(mm)



D	材料和硬度	型号
D(m5)	SKD11 60-63HRC	L-STAS L-STAL L-STAX
	HAP40 64-67HRC	L-PSTAS L-PSTAL L-PSTAX
	SKD11 60-63HRC	AL-STAS AL-STAL AL-STAX
D ^{+0.005} ₀	HAP40 64-67HRC	AL-PSTAS AL-PSTAL AL-PSTAX



D	材料和硬度	型号
D(m5)	SKD11 60-63HRC	L-TPAS L-TPAL L-TPAX
	HAP40 64-67HRC	L-PTPAS L-PTPAL L-PTPAX
	SKD11 60-63HRC	AL-TPAS AL-TPAL AL-TPAX
D ^{+0.005} ₀	HAP40 64-67HRC	AL-PTPAS AL-PTPAL AL-PTPAX

P	G
≤ 1.99	110°
> 2.00	115°

b)

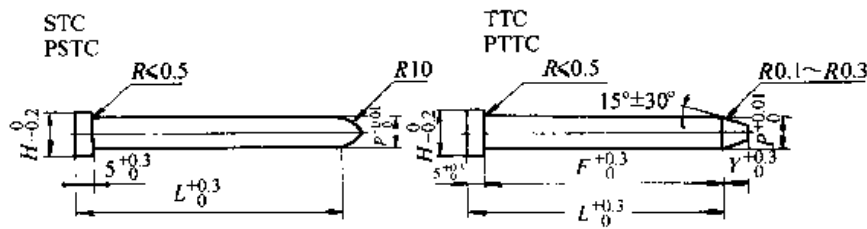
续表 22.8-26

型号		L					P (按 0.01 mm 进位)	B	H	Y	
类型	D										
 $(D(m5))(D^{+0.005})$ 材料:SKD11 L-STAS AL-STAS L-TPAS AL-TPAS 材料:HAP40 L-PSIAS AL-PSIAS L-PTPAS AL-PTPAS	3	42	52	62	72	1.00~2.99	10	5	2		
	4	42	52	62	72	1.00~3.99		7			
	5	42	52	62	72	2.00~4.99		8	3		
	6	42	52	62	72	2.50~5.99	9				
	8	(42)	52	62	72	82	92	3.00~7.99	11	5	
	10	(42)	52	62	72	82	92	102	3.00~9.99		13
	13	(42)	52	62	72	82	92	102	6.00~12.99	16	8
16	(42)	52	62	72	82	92	102	10.00~15.99	21	19	
 $(D(m5))(D^{+0.005})$ 材料:SKD11 L-STAL AL-STAL L-TPAL AL-TPAL 材料:HAP40 L-PSIAL AL-PSIAL L-PTPAL AL-PTPAL	3		52	62	72	1.00~2.99	15	5	2		
	4		52	62	72	1.00~3.99		7			
	5		52	62	72	2.00~4.99		8	3		
	6		52	62	72	2.50~5.99	9				
	8		52	62	72	82	92	3.00~7.99	11	5	
	10		52	62	72	82	92	102	3.00~9.99		21
	13		52	62	72	82	92	102	6.00~12.99		16
16			62	72	82	92	102	10.00~15.99	27	19	
 $(D(m5))(D^{+0.005})$ 材料:SKD11 L-STAX AL-STAX L-TPAX AL-TPAX 材料:HAP40 L-PSIAX AL-PSIAXK L-PTPAX AL-PTPAX	3		52	62	72	1.20~2.99	21	5	2		
	4		52	62	72	1.20~3.99		7			
	5			62	72	2.00~4.99	27	8	3		
	6			62	72	2.50~5.99		9			
	8			62	72	82	92	3.00~7.99		11	5
	10			62	72	82	92	102	3.00~9.99	32	
	13			62	72	82	92	102	6.00~12.99		16
16				72	82	92	102	10.00~15.99	42	19	

注: 1. 当 L 为 (42) mm 时, B 均为 10 mm。
 2. 当 $P > D - 0.03$ mm 时, $D^{+0.005}$ 不宜采用加压导入。

3.3 台肩型导向凸模 (表 22.8-27)

表 22.8-27 台肩型导向凸模 (mm)



STC, TTC
 PSTC, PTTC
 材料:SKD11 硬度: 60~63HRC

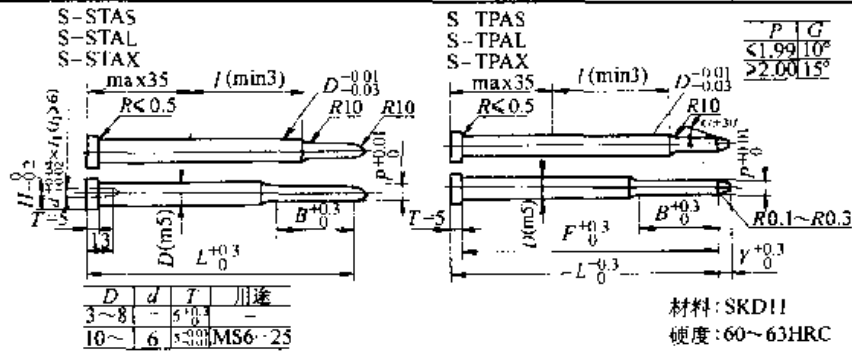
PSTC, PTTC
 材料:HAP40 硬度: 64~67HRC

型号		L					P (按 0.01 mm 进位)	Y	H	
类型	No.									
材料: SKD11 STC	3	42	52	62	72	2.00~3.00	2	5		
	4	42	52	62	72	3.00~4.00		7		
TTC	5	42	52	62	72	4.00~5.00	3	8		
	6	42	52	62	72	5.00~6.00		9		
材料: HAP40 PSTC	8	42	52	62	72	82	92	6.00~8.00	5	11
	10	42	52	62	72	82	92	8.00~10.00		13

3.4 长型导向凸模 (表 22.8-28)

表 22.8-28 长型导向凸模

(mm)



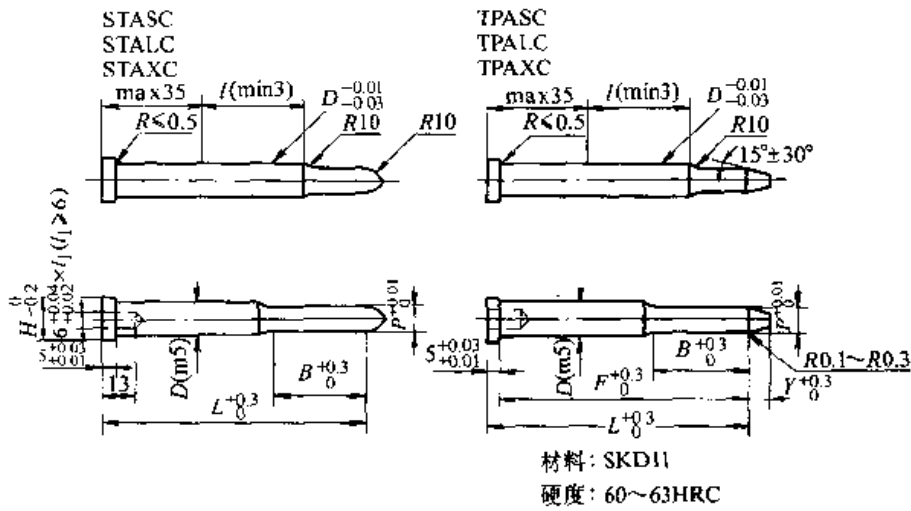
材料: SKD11
硬度: 60~63HRC


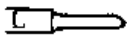
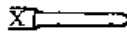
型号	类型	D	L	P	B	H	Y	d	
				(按 0.01 mm 进位)					
 S-STAS S-TPAS	3	82 92		1.00~2.99	10	5	2	—	
	4	82 92		1.00~3.99		7			
	5	82 92		2.00~4.99		8	3		
	6	82 92		2.50~5.99		9			
	8	102 112		3.00~7.99	15	11	5		
	10	112 122 132 142		3.00~9.99		13			
	13	112 122 132 142		6.00~12.99		16	8		
	16	112 122 132 142		10.00~15.99		19			
 S-STAL S-TPAL	3	82 92		1.00~2.99	15	5	2	—	
	4	82 92		1.00~3.99		7			
	5	82 92		2.00~4.99		8	3		
	6	82 92		2.50~5.99		9			
	8	102 112		3.00~7.99	21	11	5		
	10	112 122 132 142		3.00~9.99		13			
	13	112 122 132 142		6.00~12.99		16	8		
	16	112 122 132 142		10.00~15.99		19			
 S-STAX S-TPAX	3	82 92		1.20~2.99	21	5	2	—	
	4	82 92		1.20~3.99		7			
	5	82 92		2.00~4.99		27	8		3
	6	82 92		2.50~5.99			9		
	8	102 112		3.00~7.99	32	11	5		
	10	112 122 132 142		3.00~9.99		13			
	13	112 122 132 142		6.00~12.99		16	8		
	16	112 122 132 142		10.00~15.99		19			

注: 1. 当 $P > D - 0.03$ mm 时, $D - 0.03$ 不宜采用加压导入。
2. 当 D 为 10、13、16 mm 时, 有 $\phi 6$ mm 的销孔。

3.5 带中心孔的导向凸模 (表 22.8-29)

表 22.8-29 带中心孔的导向凸模 (mm)



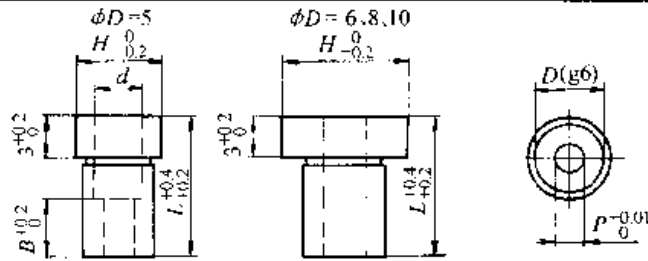
型号		L	P (按 0.01 mm 进位)	B	H	Y
类型	D					
	10	(42) 52 62 72 82 92 102	3.00~9.99	15	13	5
	13		6.00~12.99		16	8
	16		10.00~15.99	21	19	
	10	52 62 72 82 92 102	3.00~9.99	21	13	5
	13		6.00~12.99		16	8
	16		62 72 82 92 102	10.00~15.99	27	
	10	62 72 82 92 102	3.00~9.99	32	13	5
	13		6.00~12.99		16	8
	16		72 82 92 102	10.00~15.99	42	

注: 1. 当 L 为 (42) mm 时, B 均为 10 mm。
2. 当 P > D - 0.03 mm 时, D 不宜采用加压导入。

3.6 导向顶出衬套 (表 22.8-30)

表 22.8-30 导向顶出衬套

(mm)



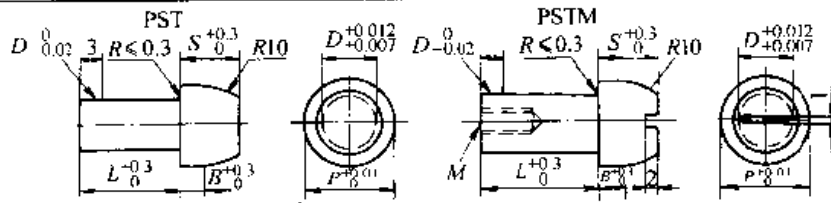
材料: SKD11
硬度: 60~63HRC

型号		L	(按 0.01 mm 进位)		B	d	H
类型	D		min	max			
MEG	5	10	1.00	3.00	4	3.2	6
	6		2.50	4.00			9
	8		3.00	6.00	10	—	11
	10		5.00	8.00			13

3.7 定位导向销 (表 22.8-31)

表 22.8-31 定位导向销

(mm)



材料: SKS3
硬度: 60~63HRC

型号		L	(按 0.01 mm 进位)		B	S	M		
类型	D		min	max					
PST	1	12	1.50	3.00	1	4	—		
	2		2.50	4.00		5			
	3		4.00	6.00		6			
	4	12	5.00	7.00	2	7			
	5					6.00		8.00	8
	6	15	7.00	9.00		3		9	
	8								9.00
	10				11.00				15.00

续表 22.8-31

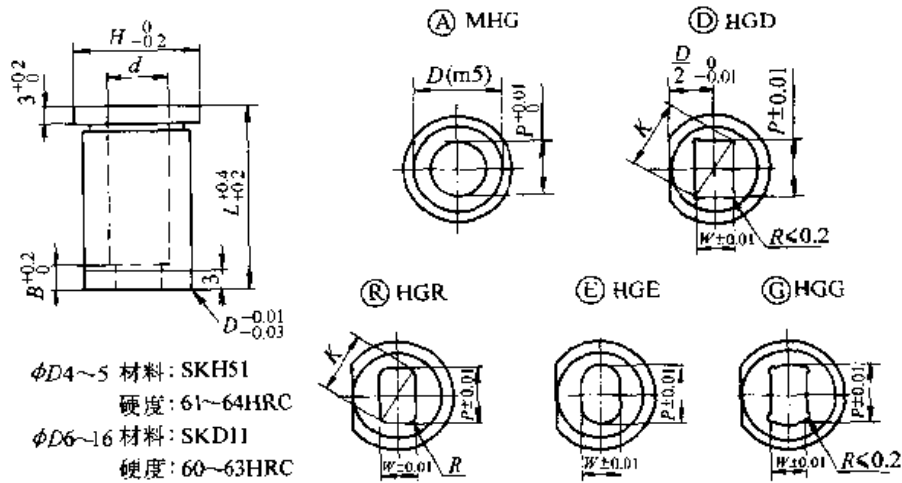
型号		L	(按 0.01 mm 进位) min P max	B	S	M
类型	D					
PSTM	5	12	6.00~8.00	2	7	3
	6	15	7.00~9.00		8	
	8	15	9.00~13.00	3	9	4
	10	18	11.00~15.00			5

4 凸模导向装置和按钮式凹模

4.1 台肩型凸模导向衬套 (表 22.8-32)

表 22.8-32 台肩型凸模导向衬套

(mm)



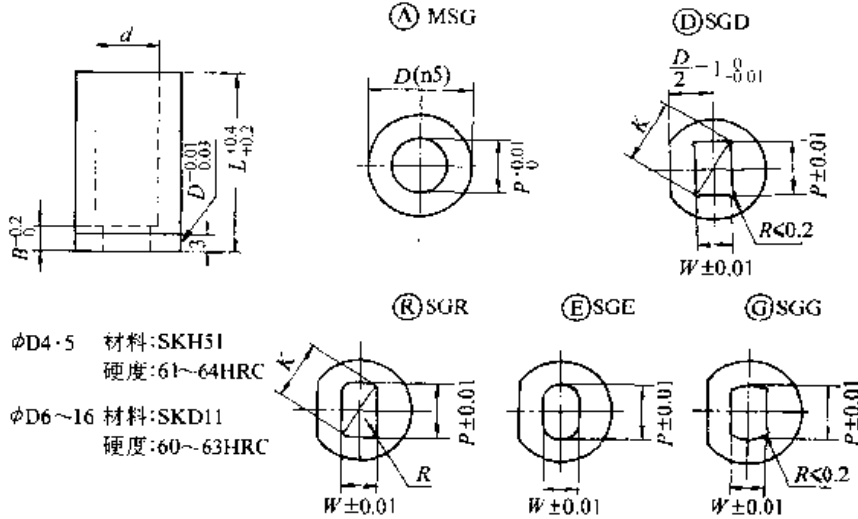
D (m5)	型号		L	按 0.01 mm 进位					B	d	H
	类型	D		(A)	(D)	(R)	(E)	(G)			
				min P max	P, K _{max}	P, W _{min}	R				
4	(A) MHG (D) HGD (R) HGR (E) HGE (G) HGG	4	10	0.30~2.00	—	—	0.20 < R < W/2 (只有 (R))	2	2.4	5	
5		5		0.50~2.50	—	—			2.9	6	
6		6	13	1.00~3.00	3.00	1.00		3	3.4	9	
8		8	16	1.00~4.00	4.00	1.00		4	4.4	11	
10		10	22	2.00~6.00	6.00	1.20			6.4	13	
13		13	25	3.00~8.00	8.00	1.50		6	8.4	16	
16	16	3.00~10.00	10.00	2.00	10.6	19					

4.2 直型凸模导向衬套 (表 22.8-33)

4.3 台肩型凸模长导向衬套 (表 22.8-34)

表 22.8-33 直型凸模导向衬套

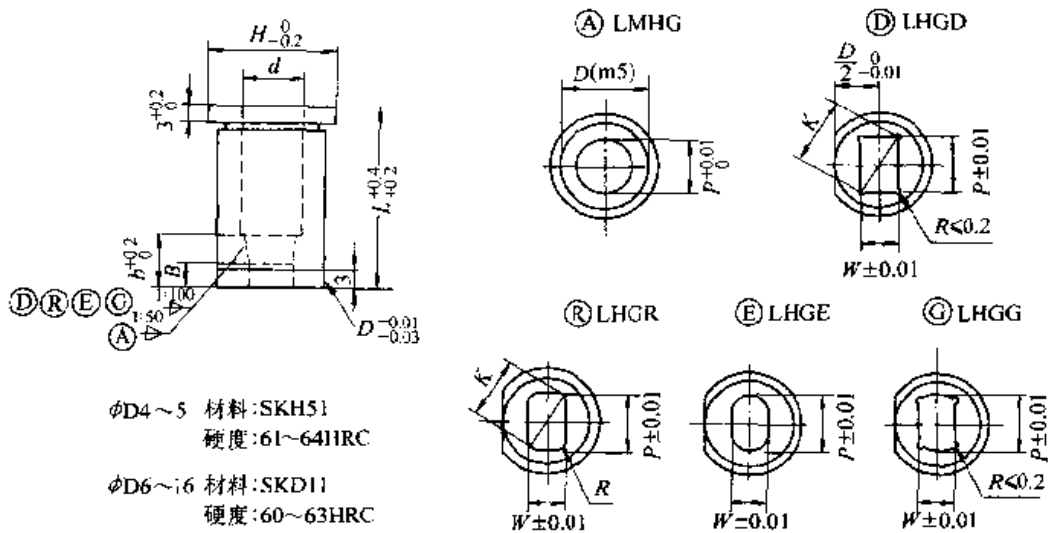
(mm)



D (n5)	型号		L	按 0.01 mm 进位				B	d
	类型	D		(A)	(D) (R)	(E) (G)	(R)		
4	+0.013	(A)MSG	4	0.30~2.00	—	—	0.20 ≤ R < W/2 (只有 (R))	2	2.4
5			5	10	0.50~2.50	—		—	2.9
6			6	13	1.00~3.00	—		—	3
8	+0.016	(R)SGR	8	1.00~4.00	4.00	1.00		4	4.4
10		(E)SGE	10	2.00~6.00	6.00	1.20		4	6.4
13	+0.020	(G)SGG	13	3.00~8.00	8.00	1.50		6	8.4
16		16	3.00~10.00	10.00	2.00	10.6			

表 22.8-34 台肩型凸模长导向衬套

(mm)

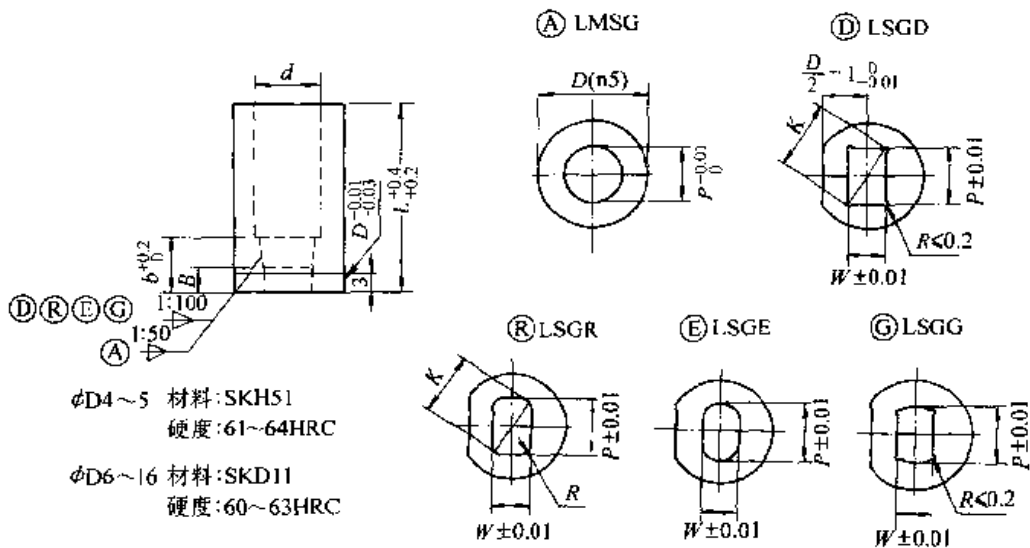


续表 22.8.34

D (m5)	型号		L	按 0.01 mm 进位				B	h	d	H
	类型	D		Ⓐ	Ⓓ Ⓔ Ⓕ Ⓖ	Ⓗ	Ⓘ				
				min P max	P, Kmax	P, Wmin	R				
4	+0.009	Ⓐ LMSG	4	0.50~2.00	—	—	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓗ)	2	4	2.4	5
5			0.50~2.50	—	—	5			2.9	6	
6			1.00~3.00	3.00	1.00	3		6	3.4	9	
8	+0.012	Ⓗ LHGR	8	1.00~4.00	4.00	1.00		4	4.4	11	
10	+0.006	Ⓖ LSGE	10	2.00~6.00	6.00	1.20			6.4	13	
13	+0.015	Ⓖ LSGG	13	3.00~8.00	8.00	1.50		8	8.4	16	
16	+0.007		16	3.00~10.00	10.00	2.00	6		10.6	19	

4.4 直型凸模长导向衬套 (表 22.8-35)

表 22.8-35 直型凸模长导向衬套 (mm)

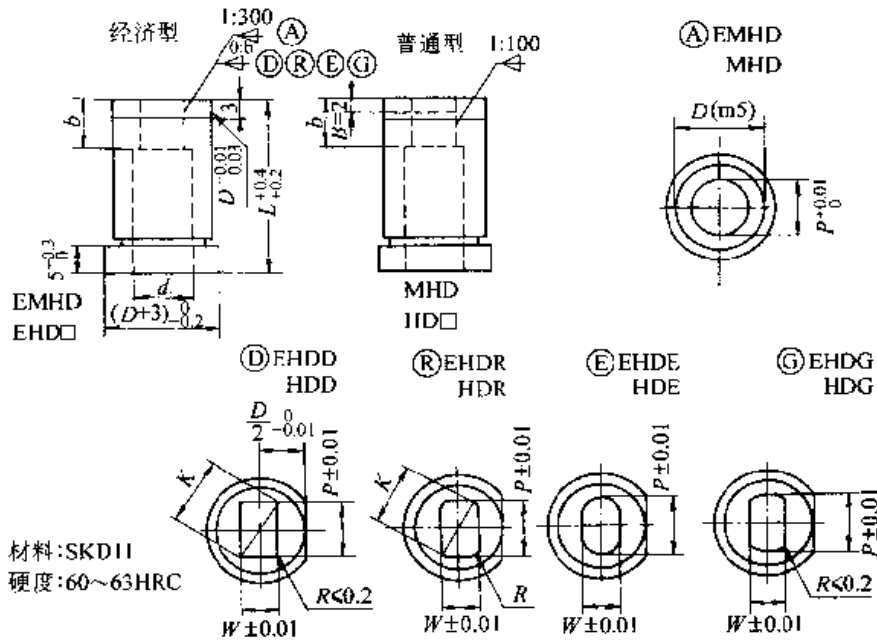


D (n5)	型号		L	按 0.01 mm 进位				B	b	d
	类型	D		Ⓐ	Ⓓ Ⓔ Ⓕ Ⓖ	Ⓗ	Ⓘ			
				min P max	P, Kmax	P, Wmin	R			
4	+0.013	Ⓐ LMSG	4	0.50~2.00	—	—	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓗ)	2	4	2.4
5			0.50~2.50	—	—	5			2.9	
6			1.00~3.00	—	—	3		6	3.4	
8	+0.016	Ⓗ LSGR	8	1.00~4.00	4.00	1.00		4	4.4	
10	+0.010	Ⓖ LSGE	10	2.00~6.00	6.00	1.20			6.4	
13	+0.020	Ⓖ LSGG	13	3.00~8.00	8.00	1.50		8	8.4	
16	+0.012		16	3.00~10.00	10.00	2.00	6		10.6	

4.5 台肩型按钮式凹模 (表 22.8-36)

表 22.8-36 台肩型按钮式凹模

(mm)

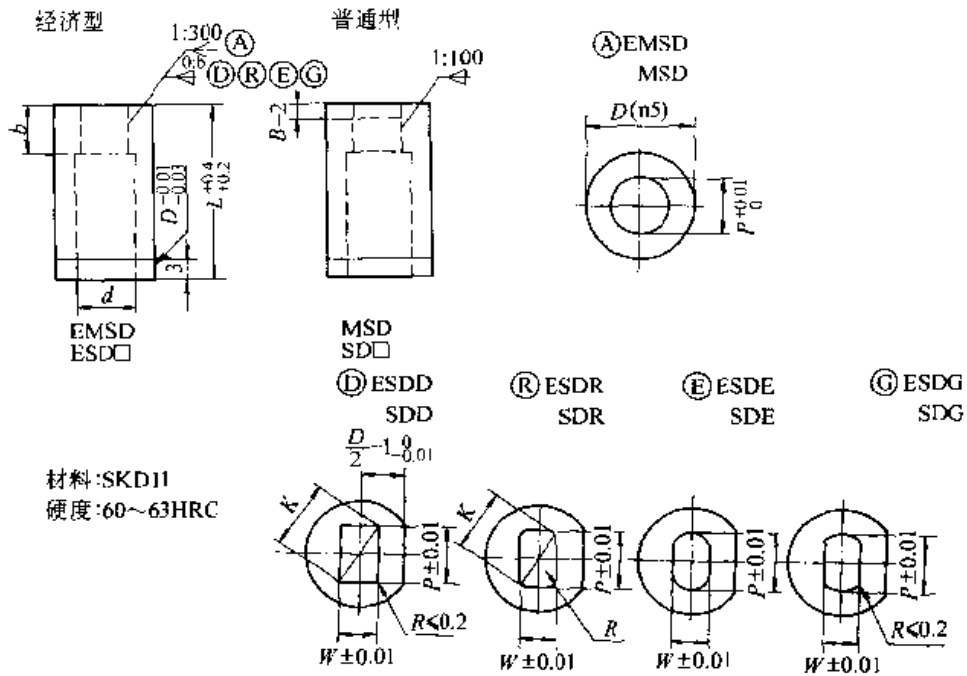


D (m5)		型号		按 0.01 mm 进位				b	d	
				L	①	② ③ ④	⑤			⑥
		类型	D		min P max	P, Kmax	P, Wmin	R		
6	+0.009 +0.004	经济型 普通型 ①EMHD MHD ②EHDD HDD ③EHDR HDR ④EHDE HDE ⑤EHDG HDG	6	(16)	1.00~3.00	3.00	1.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有⑥)	3	3.4
8	+0.012		8	(16)	1.00~4.00	4.00	1.00		4	4.4
10	+0.006		10	(16)	2.00~6.00	6.00	1.20		6	6.4
13	+0.015		13	(16)	3.00~8.00	8.00	1.50		8	8.4
16	+0.007		16	(16)	5.00~10.00	10.00	2.00			10.6
20	+0.017		20	22	7.00~12.00	12.00	3.00			12.6
25	+0.008		25	25	10.00~16.00	16.00	3.00			16.6
32	+0.020		32	30	15.00~20.00	20.00	4.00			20.6
38			38	35	19.00~26.00	26.00	5.00			26.6
45			45		25.00~35.00	35.00	6.00			36.0
50			50		33.00~40.00	40.00	7.00			41.0
56	+0.024 +0.011		56		38.00~45.00	45.00	8.00			46.0

注: 当 D 为 6~38 mm 时, L 为 (16) mm。

4.6 直型按钮式凹模 (表 22.8-37)

表 22.8-37 直型按钮式凹模 (mm)



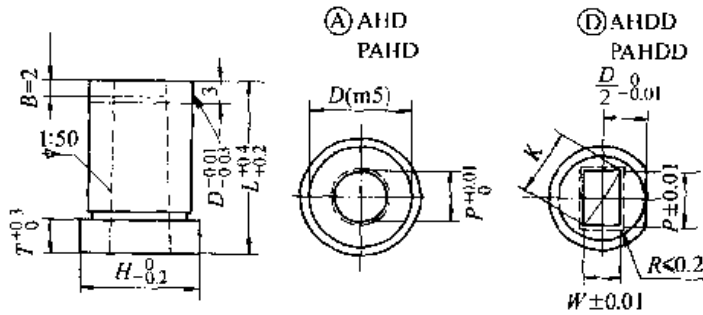
D (n5)		型号		L	按 0.01 mm 进位				b	d	
		类型	D		(A)	(D) (R) (E) (G)	(R)				
					min P max	P, Kmax	P, Wmin	R			
6	+0.013	经济型 普通型 (A)MESD MSD (D)ESDD SDD (R)ESDR SDR (E)ESDE SDE (G)ESDG SDG	6	(16)	1.00~3.00	—	—	0.20 < R < W/2 (只有 (E))	3	3.4	
	+0.008				1.00~4.00	4.00	1.00		4	4.4	
8	+0.016				2.00~6.00	6.00	1.20		6	6.4	
	+0.010				3.00~8.00	8.00	1.50				
13	+0.020				5.00~10.00	10.00	2.00		8	8.4	
16	+0.012				7.00~12.00	12.00	3.00				
20	+0.024				10.00~16.00	16.00	3.00		8	12.6	
25	+0.015				15.00~20.00	20.00	4.00				
32	+0.028 +0.017				19.00~26.00	26.00	5.00		8	20.6	
38					25.00~35.00	35.00	6.00				
45		33.00~40.00	40.00	7.00							
50		38.00~45.00	45.00	8.00							
56	+0.033 +0.020						8	26.6	36.0	41.0	46.0

注: 当 D 为 6~38 mm 时, L 为 (16) mm。

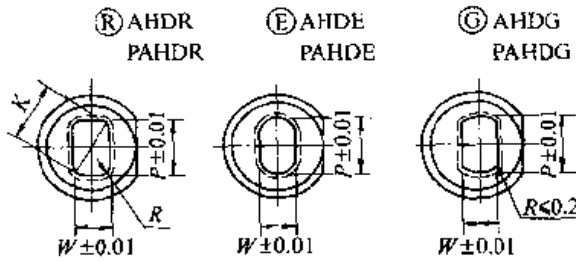
4.7 台肩型锥形落料孔按钮式凹模 (表 22.8-38)

表 22.8-38 台肩型锥形落料孔按钮式凹模

(mm)



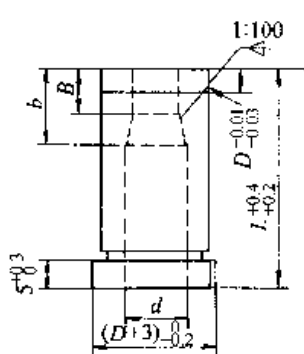
P	0.30~0.49	0.50~
B	1	2



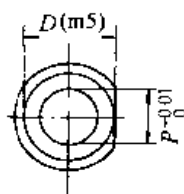
型号	AHD、AHD□	PAHD、PAHD□
φ3~φ5	材料: SKH51 硬度: 61~64HRC	材料: HAP40 硬度: 64~67HRC
φ6~φ25	材料: SKD11 硬度: 60~63HRC	

D (m5)	型号	L	按 0.01 mm 进位					H	T		
			类型	D	Ⓐ	Ⓓ	Ⓡ			Ⓔ	Ⓢ
					min P max	P、Kmax	P、Wmin			R	
3	ⒶAHD PAHD ⒹAHDD PAHDD ⓇAHDR PAHDR ⒺAHDE PAHDE ⓈAHDG PAHDG	3 8 13	0.30~0.70	—	—	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓡ)	4	3			
4		4 8 13 16 20 22 25 30	0.50~1.50	—	—		5				
5		5 8 13 16 20 22 25 30	0.50~2.50	—	—		6				
6		6 16 20 22 25 30 35	1.00~3.00	3.00	1.00		9	5			
8		8 16 20 22 25 30 35	1.00~4.00	4.00	1.00		11				
10		10 16 20 22 25 30 35	2.00~6.00	6.00	1.20		13				
13		13 16 20 22 25 30 35	3.00~8.00	8.00	1.50		16				
16		16 16 20 22 25 30 35	5.00~10.00	10.00	2.00		19				
20		20 16 20 22 25 30 35	7.00~12.00	12.00	3.00		23				
25		25 16 20 22 25 30 35	10.00~16.00	16.00	3.00		28				

续表 22.8-38



Ⓐ MHDS



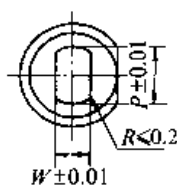
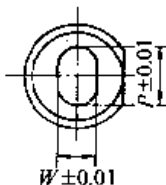
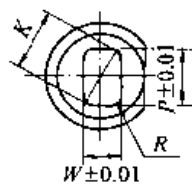
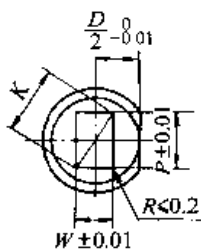
材料: SKD11
硬度: 60~63HRC

Ⓓ HDDS

Ⓡ HDRS

Ⓔ HDES

Ⓒ HDGS

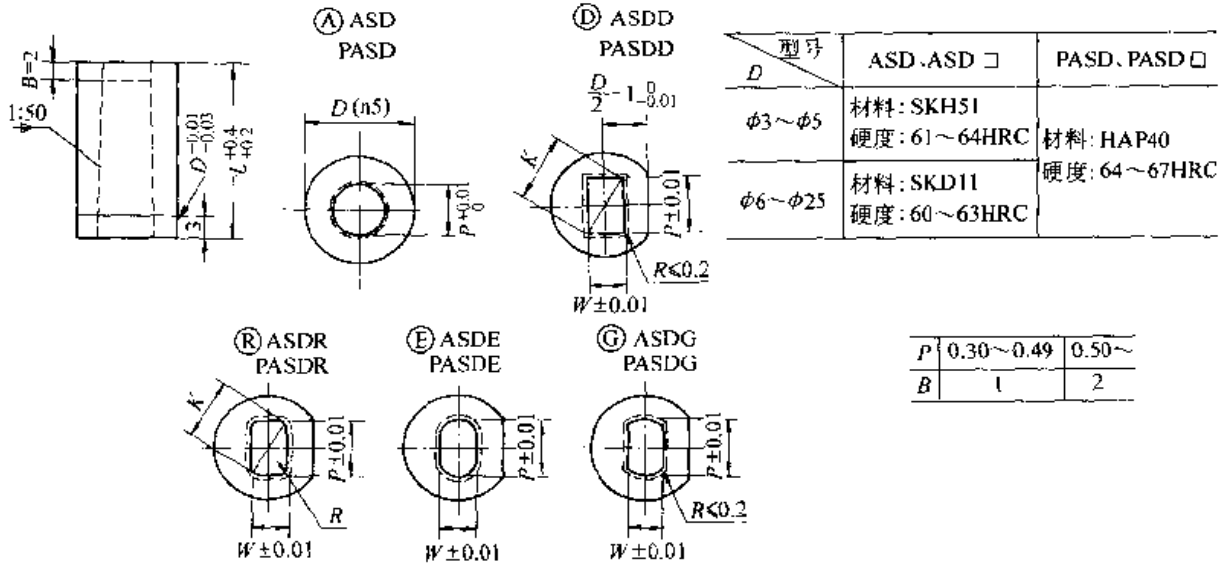


D (m5)		型号		L	按 0.01 mm 进位				B	b	d
		类型	D		Ⓐ	Ⓓ Ⓡ Ⓔ Ⓒ	Ⓡ				
					min P max	P、Kmax	P、Wmin	R			
10	+0.012 +0.006	ⒶMHDS ⒹHDDS ⓇHDRS ⒺHDES ⒸHDGS	10	40	2.00~6.00	6.00	1.20	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓡ)	6	10	6.4
13	+0.015		13		3.00~8.00	8.00	1.50				8.4
16	+0.007		16		5.00~10.00	10.00	2.00				10.6
20	+0.017		20		7.00~12.00	12.00	3.00		8	12	12.6
25	+0.008		25		10.00~16.00	16.00	3.00				16.6
32	+0.020 +0.009		32		15.00~20.00	20.00	4.00		10	15	20.6
38			38		19.00~26.00	26.00	5.00				26.6
45			45		25.00~35.00	35.00	6.00		14	20	36.0
50			50		33.00~40.00	40.00	7.00				41.0
56	+0.024 +0.011		56		38.00~45.00	45.00	8.00				46.0

4.8 直型锥形落料孔按钮式凹模 (表 22.8-39)

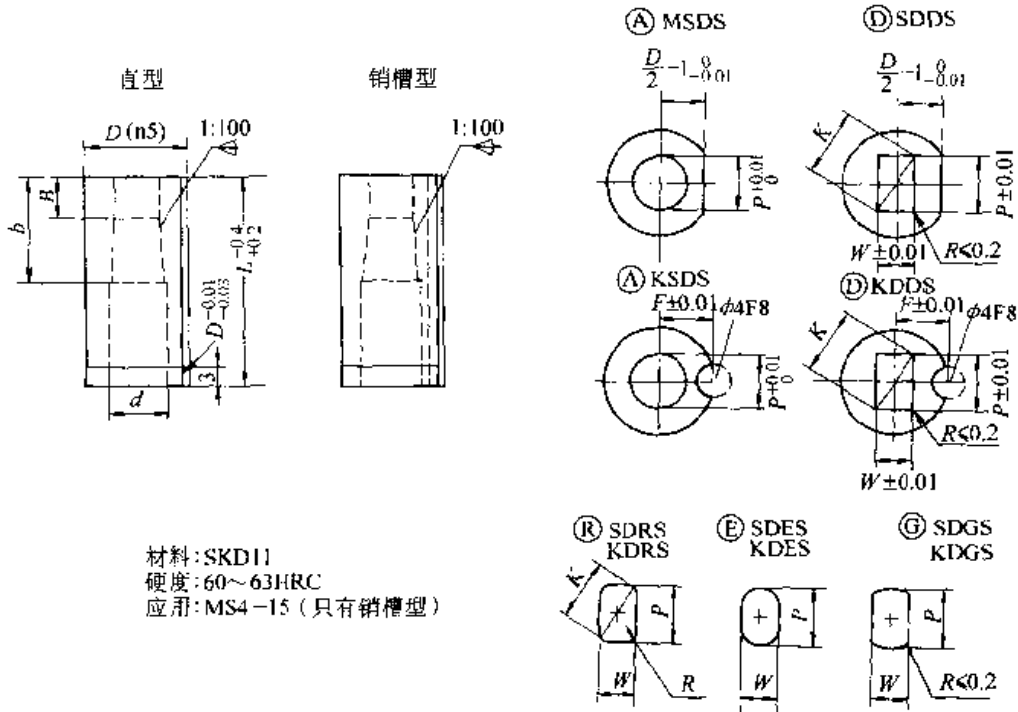
表 22.8-39 直型锥形落料孔按钮式凹模

(mm)



D (n5)	型号		L	按 0.01 mm 进位				
	类型	D		Ⓐ	Ⓓ	Ⓡ	Ⓔ	Ⓢ
				min P max	P、Kmax	P、Wmin	R	
3			3	8 13	0.30~0.70	—	—	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓡ)
			4	8 13 16 20 22 25 30	0.50~1.50	—	—	
4			5	8 13 16 20 22 25 30	0.50~2.50	—	—	
			6	16 20 22 25 30 35	1.00~3.00	—	—	
5			8	16 20 22 25 30 35	1.00~4.00	4.00	1.00	
			10	16 20 22 25 30 35	2.00~6.00	6.00	1.20	
6	Ⓐ ASD PASD		13	16 20 22 25 30 35	3.00~8.00	8.00	1.50	
			16	16 20 22 25 30 35	5.00~10.00	10.00	2.00	
8	Ⓓ ASDD PASDD		20	16 20 22 25 30 35	7.00~12.00	12.00	3.00	
			25	16 20 22 25 30 35	10.00~16.00	16.00	3.00	
10	Ⓡ ASDR PASDR							
13	Ⓔ ASDE PASDE							
16	Ⓢ ASDG PASDG							

续表 22.8-39



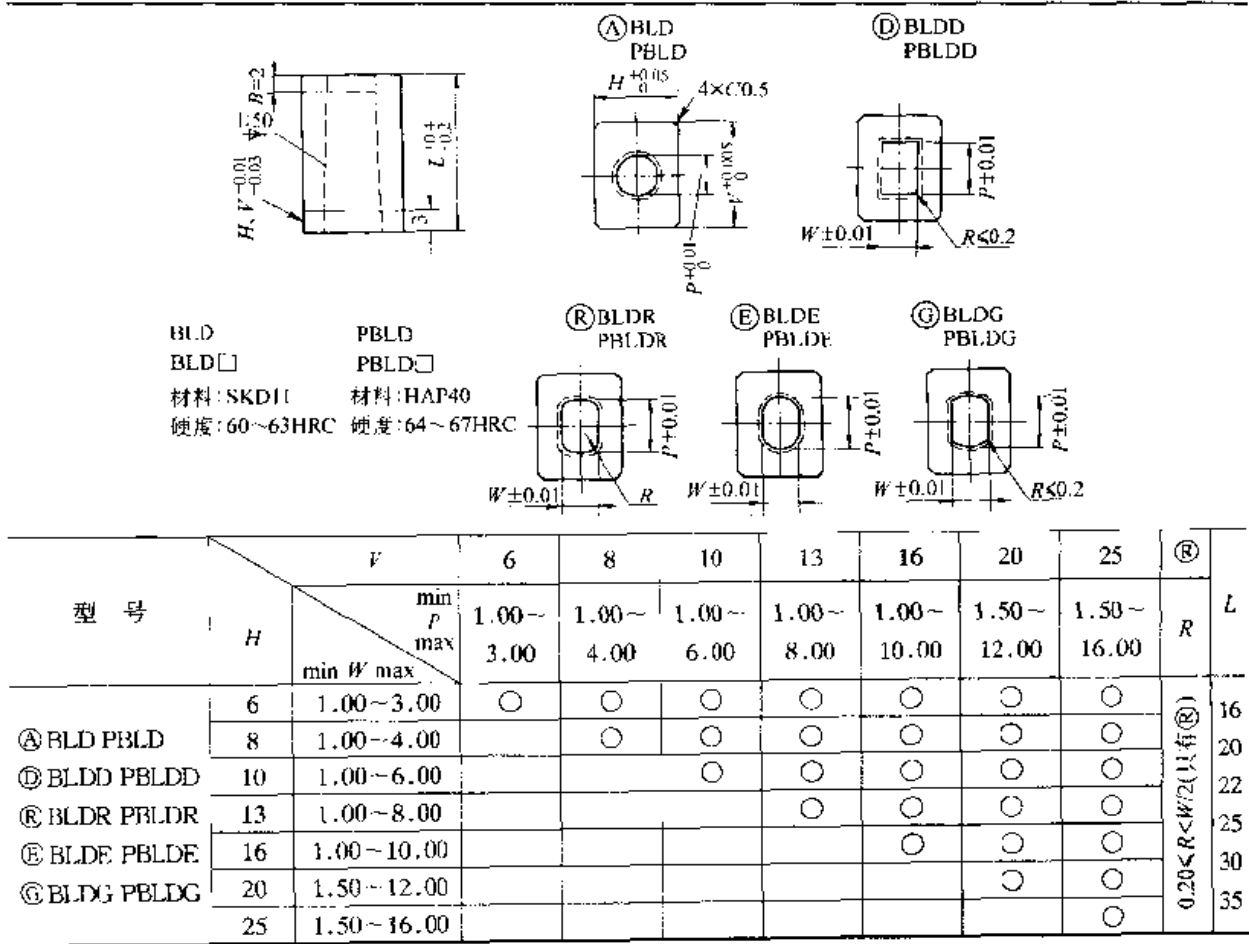
D (n5)		型号		L	按 0.01 mm 进位				B	b	F	d
					①	② ③ ④ ⑤	⑥	⑦				
		类型	D		min P max	P、Kmax	P、Wmin	R				
10	+0.016 +0.010	直型 销槽型 MSDS KSDS SDDS KDDS SDRS KDRS SDES KDEs SDGS KDGS	10	(16)	2.00~6.00	6.00	1.20	0.20 ≤ R < W/2 (只有⑧)	6	10	6	6.4
13	+0.020		13		3.00~8.00	8.00	1.50				7.5	8.4
16	+0.012		16		5.00~10.00	10.00	2.00				8	10.6
20	+0.024		20	20	7.00~12.00	12.00	3.00		8	12	10	12.6
25	+0.015		25	22	10.00~16.00	16.00	3.00				12.5	16.6
32	+0.028		32	30	15.00~20.00	20.00	4.00		10	15	16	20.6
38			38	35	19.00~26.00	26.00	5.00				19	26.6
45			45	40	25.00~35.00	35.00	6.00				14	20
50	+0.017		50		33.00~40.00	40.00	7.00		25	41.0		
56	+0.033 +0.020		56		38.00~45.00	45.00	8.00		28	46.0		

注:当 D 为 10~38 mm 时, L 为 (16) mm。

4.9 直型方块凹模 (表 22.8-40)

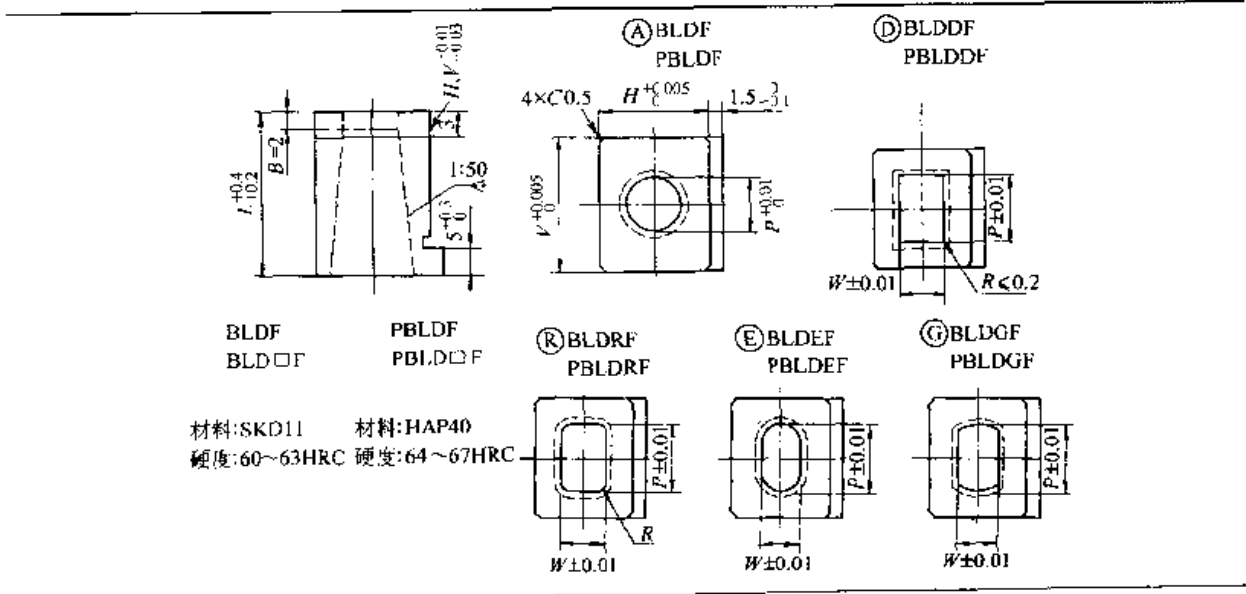
4.10 单边凸缘型方块凹模 (表 22.8-41)

表 22.8-40 直型方块凹模 (mm)



注: P、W、R 均按 0.01 mm 进位。

表 22.8-41 单边凸缘型方块凹模 (mm)



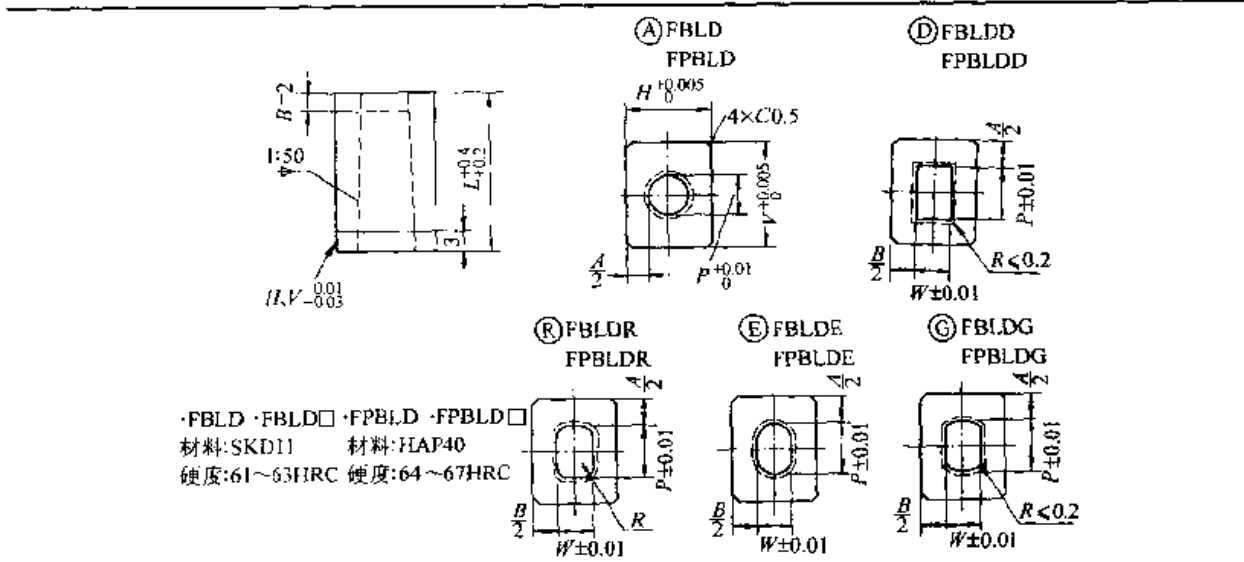
续表 22.8-41

型号	H	V		6	8	10	13	16	20	25	Ⓡ	L
		min P max	min W max	1.00~ 3.00	1.00~ 4.00	1.00~ 6.00	1.00~ 8.00	1.00~ 10.00	1.50~ 12.00	1.50~ 16.00	R	
Ⓐ BLDF PBLDF	6	1.00~3.00		○	○	○	○	○	○	○	0.20<R<W/2(只有Ⓡ)	16
Ⓛ BLDDF PBLDDF	8	1.00~4.00			○	○	○	○	○	○		20
Ⓜ BLDRF PBLDRF	10	1.00~6.00				○	○	○	○	○		22
Ⓝ BLDEF PBLDEF	13	1.00~8.00					○	○	○	○		25
Ⓔ BLDFG PBLDFG	16	1.00~10.00						○	○	○		30
	20	1.50~12.00							○	○		35
	25	1.50~16.00								○		

注：P、W、R 尺寸系列均按 0.01 mm 进位。

4.11 方块凹模 (表 22.8-42)

表 22.8-42 方块凹模 (mm)

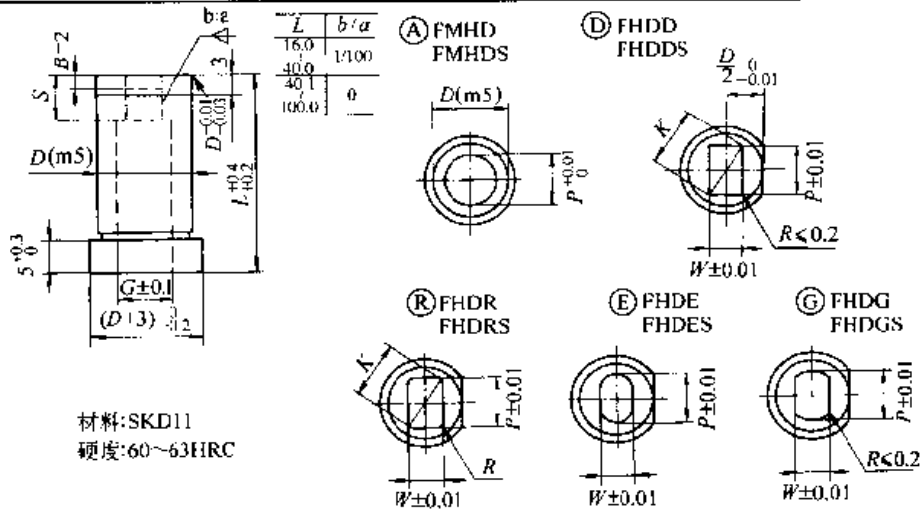


型号	H	V		6.0~ 8.0	8.1~ 10.0	10.1~ 13.0	13.1~ 16.0	16.1~ 20.0	20.1~ 25.0	Ⓡ	L
		min P max	min W max	4	4	5	6	8	9	R	
Ⓐ FBLD FPBLD	6.0~8.0	1.00~4.00	4	○	○	○	○	○	○	0.20<R<W/2(只有Ⓡ)	16
Ⓛ FBLDD FPBLDD	8.1~10.0	1.00~6.00	4		○	○	○	○	○		20
Ⓜ FBLDR FPBLDR	10.1~13.0	1.00~8.00	5			○	○	○	○		22
Ⓝ FBLDE FPBLDE	13.1~16.0	1.00~10.00	6				○	○	○		25
Ⓔ FBLDG FPBLDG	16.1~20.0	1.50~12.00	8					○	○		30
	20.1~25.0	1.50~16.00	9						○		35

注：1. $V - P \geq A$, $H - W \geq B$ (圆形Ⓐ: $H - P \geq A$)。
2. P、W、R 尺寸系列按 0.01 mm 进位。
3. V、H 尺寸系列按 0.1 mm 进位。

4.12 台肩型任意尺寸按钮式凹模 (表 22.8-43)

表 22.8-43 台肩型任意尺寸按钮式凹模 (mm)

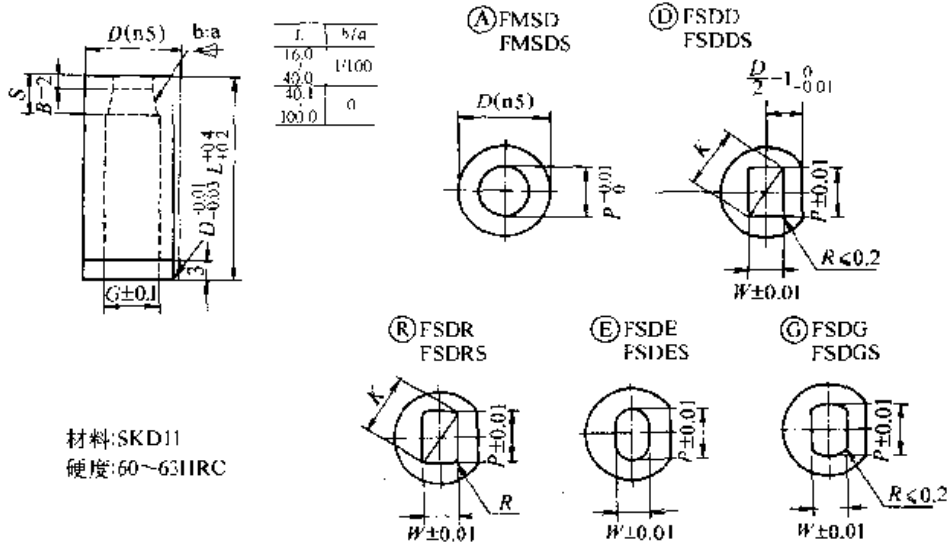


D (m5)	型号		L (按 0.1 mm 进位)	按 0.01 mm 进位					S (按 1 mm 进位)	G ^① (G ≥ P · K + 0.4)	
	类型	D		①	②	③	④	⑤		⑥	⑦
6	+0.009 +0.004	FMHD	16.0~40.0	1.00~3.20	—	—	0.20 ≤ R < W/2 (只有②)	3~4	3.0~3.6	按 0.2 mm 进位	
8	+0.012			1.00~4.40	4.40	1.00			3.0~4.8		
10	+0.006			1.00~6.40	6.40	1.00			3.0~6.8		
13	+0.015			1.50~8.50	8.50	1.00			3.0~9.0	按 0.5 mm 进位	
16	+0.007			2.50~10.50	10.50	1.00			3.0~11.0		
20	+0.017			3.50~12.50	12.50	1.50			4.0~13.0		
25	+0.008			5.00~16.50	16.50	1.50			5.5~17.0		
32	+0.020			7.50~21.00	21.00	2.00			8.0~21.5		
38				9.50~27.00	27.00	2.50			9.5~27.5		
45	+0.009			12.50~36.00	36.00	3.00			13.0~36.5		
50	+0.024 +0.011	16.50~41.00	41.00	3.50	17.0~41.5						
56		19.00~46.00	46.00	4.00	19.5~46.5						
10	+0.012 +0.006	FMHDS	40.1~80.0	1.00~6.00	6.00	1.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有②)	3~10	5.0~6.5	按 0.5 mm 进位 (G ≥ P · K + 0.5)	
13	+0.015			1.50~8.50	8.50	1.00			5.0~9.0		
16	+0.007			2.50~10.50	10.50	1.00			5.0~11.0		
20	+0.017			3.50~12.50	12.50	1.50			5.0~13.0		
25	+0.008			5.00~16.50	16.50	1.50			6.0~17.0		
32	+0.020			7.50~21.00	21.00	2.00			9.0~21.5		
38				9.50~27.00	27.00	2.50			11.0~27.5		
45	+0.009			12.50~36.00	36.00	3.00			14.0~36.5		
50	+0.024 +0.011			16.50~41.00	41.00	3.50			18.0~41.5		
56				19.00~46.00	46.00	4.00			20.0~46.5		

①当 P 为 1.00~1.99 mm 时, S_{max} 为 4 mm。

4.13 直型任意尺寸按钮式凹模 (表 22.8-44)

表 22.8-44 直型任意尺寸按钮式凹模 (mm)



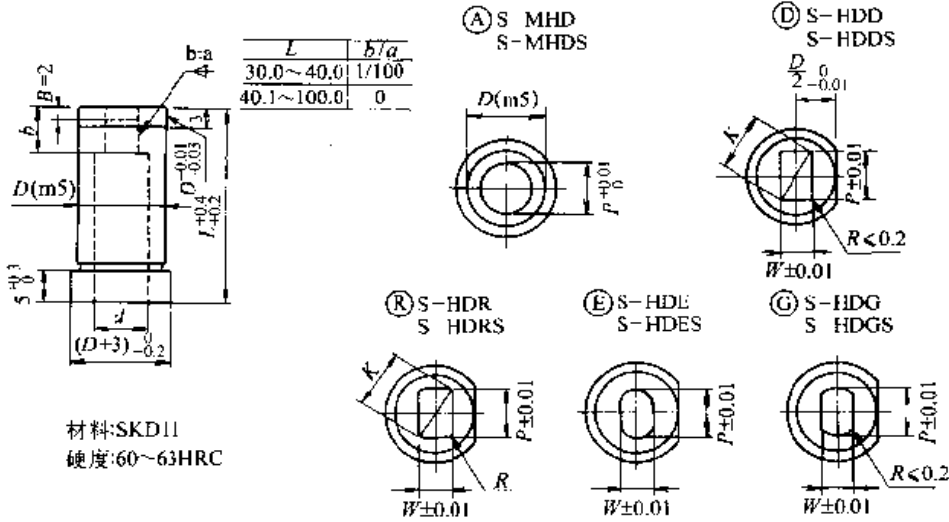
D (n5)	型号		L (按 0.1 mm 进位)	按 0.01 mm 进位						S (按 1 mm 进位)	G ^① (G ≥ P·K + 0.4)						
	类型	D		A		D		R			R	G	K				
				min	max	P	K	max	P					W	min		
6	FMSD	6	16.0~40.0	1.00	3.20	—	—	—	—	—	—	—	3.0~3.6	按 0.2 mm 进位			
8		8		1.00	4.40	4.40	1.00	—	—	—	—	—	3.0~4.8				
10		10		1.00	6.40	6.40	1.00	—	—	—	—	—	—	3.0~6.8			
13		13		1.50	8.50	8.50	1.00	—	—	—	—	—	—	3.0~9.0	按 0.5 mm 进位		
16		16		2.50	10.50	10.50	1.00	—	—	—	—	—	—	3.0~11.0			
20		FSDD		20	3.50	12.50	12.50	1.50	—	—	—	—	—	—		4.0~13.0	
25		FSDR		25	5.00	16.50	16.50	1.50	—	—	—	—	—	—		5.5~17.0	
32		FSDR		32	7.50	21.00	21.00	2.00	—	—	—	—	—	—		8.0~21.5	
38		FSDG		38	9.50	27.00	27.00	2.50	—	—	—	—	—	—		9.5~27.5	
45		FMSDS		45	40.1~80.0	12.50	36.00	36.00	3.00	—	—	—	—	—	—	13.0~36.5	按 0.5 mm 进位 (G ≥ P·K + 0.5)
50	50		16.50	41.00		41.00	3.50	—	—	—	—	—	—	17.0~41.5			
56	56		19.00	46.00		46.00	4.00	—	—	—	—	—	—	19.5~46.5			
10	FMSDS		10	40.1~80.0		1.00	6.00	6.00	1.00	—	—	—	—	—	5.0~6.5		
13			13			1.50	8.50	8.50	1.00	—	—	—	—	—	—	5.0~9.0	
16	16		2.50	10.50		10.50	1.00	—	—	—	—	—	—	5.0~11.0			
20	FSDDS		20	40.1~100.0		3.50	12.50	12.50	1.50	—	—	—	—	—	5.0~13.0		
25	FSDDS		25			5.00	16.50	16.50	1.50	—	—	—	—	—	—	6.0~17.0	
32	FSDRS		32			7.50	21.00	21.00	2.00	—	—	—	—	—	—	9.0~21.5	
38	FSDRS		38			9.50	27.00	27.00	2.50	—	—	—	—	—	—	11.0~27.5	
45	FSDGS	45	12.50		36.50	36.00	3.00	—	—	—	—	—	—	14.0~36.5			
50	FSDGS	50	16.50		41.00	41.00	3.50	—	—	—	—	—	—	18.0~41.5			
56	56	19.00	46.00	46.00	4.00	—	—	—	—	—	—	—	20.0~46.5				

①当 P 为 1.00~1.99 mm 时, S_{max} 为 4 mm。

4.14 台肩型任意长度按钮式凹模 (表 22.8-45)

表 22.8-45 台肩型任意长度按钮式凹模

(mm)

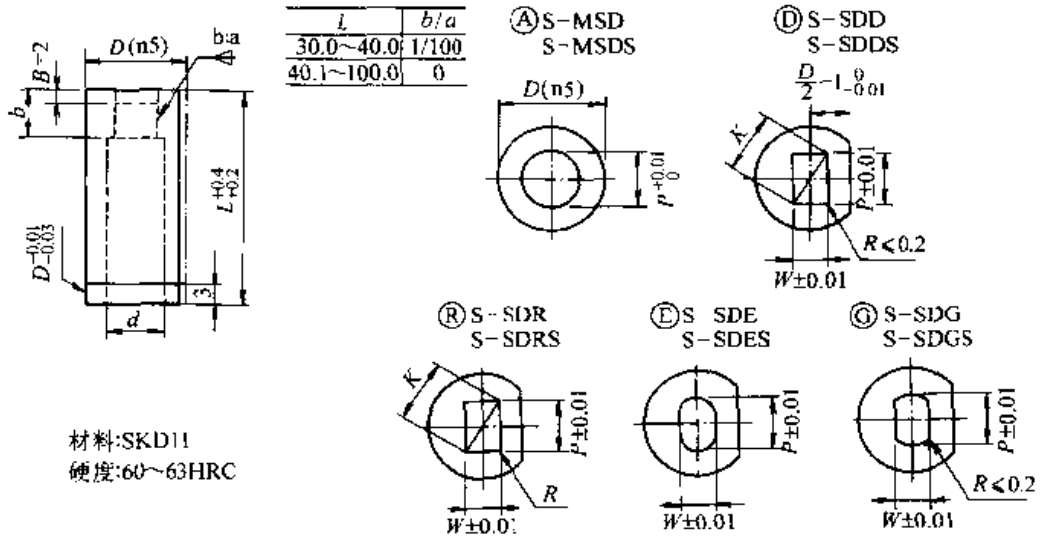


D (m5)		型号		L(按 0.1 mm 进位)	按 0.01 mm 进位				b	d	
		类型	D		(A)	(D) (B) (D) (C)	(R)				
						min P max	P、Kmax	P、Wmin	R		
6	+0.009	S-MHD	6	30.0~40.0	1.00~3.00	3.00	1.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有 (R))	6	3.4	
	+0.004		8		1.00~4.00	4.00	1.00			4.4	
	+0.012		10		2.00~6.00	6.00	1.20			6.4	
	+0.006		13		3.00~8.00	8.00	1.50			8.4	
	+0.007		16		5.00~10.00	10.00	2.00			10.6	
	+0.017		20		7.00~12.00	12.00	3.00			12.6	
	+0.008		25		10.00~16.00	16.00	3.00			16.6	
	-0.020		32		15.00~20.00	20.00	4.00			20.6	
	+0.009		38		19.00~26.00	26.00	5.00			26.6	
	+0.009		45		25.00~35.00	35.00	6.00			36.0	
	+0.024		50		33.00~40.00	40.00	7.00			41.0	
	+0.011		56		38.00~45.00	45.00	8.00			46.0	
10	+0.012	S-MHDS	10	40.1~80.0	3.00~6.00	6.00	1.20	0.20 ≤ R < W/2 (只有 (R))	8	6.4	
	+0.006		13		3.00~8.00	8.00	1.50			8.4	
	+0.015		16		5.00~10.00	10.00	2.00			10.6	
	+0.007		20		7.00~12.00	12.00	3.00			12.6	
	+0.017		25		10.00~16.00	16.00	3.00			16.6	
	+0.008		32		15.00~20.00	20.00	4.00			20.6	
	+0.020		38		19.00~26.00	26.00	5.00			26.6	
	+0.009		45		25.00~35.00	35.00	6.00			36.0	
	+0.009		50		33.00~40.00	40.00	7.00			41.0	
	+0.024		56		38.00~45.00	45.00	8.00			46.0	
	+0.011		56		38.00~45.00	45.00	8.00			46.0	

4.15 直型任意长度按钮式凹模 (表 22.8-46)

表 22.8-46 直型任意长度按钮式凹模

(mm)



D (n5)		型号		L(按 0.1 mm 进位)	按 0.01 mm 进位				b	d		
					①	② ③	④	⑤				
		类型	D		min P max	P, Kmax	P, Wmin	R				
6	+0.013	S-MSD	6	30.0~40.0	1.00~3.00	—	—	0.20 ≤ R < W/2 (只有②)	3	3.4		
	+0.006		8		1.00~4.00	4.00	1.00		4	4.4		
	+0.010		10		2.00~6.00	6.00	1.20		6	6.4		
	+0.020		13		3.00~8.00	8.00	1.50		8	8.4		
	+0.012		16		5.00~10.00	10.00	2.00			10.6		
	+0.024		20		7.00~12.00	12.00	3.00			12.6		
	+0.015		25		10.00~16.00	16.00	3.00			16.6		
	32		+0.028		S-SDD	32	15.00~20.00			20.00	4.00	20.6
					S-SDR	38	19.00~26.00			26.00	5.00	26.6
					S-SDE	45	25.00~35.00			35.00	6.00	36.0
					S-SDG	50	33.00~40.00			40.00	7.00	41.0
	56		+0.033		S-SDGS	56	38.00~45.00		45.00	8.00	46.0	
			+0.020									
	10		+0.016		S-MSDS	10	40.1~80.0		3.00~6.00	6.00	1.20	0.20 ≤ R < W/2 (只有②)
+0.010		13	3.00~8.00	8.00		1.50		8.4				
+0.020		16	5.00~10.00	10.00		2.00		10.6				
+0.012		20	7.00~12.00	12.00		3.00		12.6				
+0.024		25	10.00~16.00	16.00		3.00		16.6				
32		+0.015	S-SDDS	32		15.00~20.00		20.00	4.00	20.6		
			S-SDRS	38		19.00~26.00		26.00	5.00	26.6		
			S-SDES	45		25.00~35.00		35.00	6.00	36.0		
			S-SDGS	50		33.00~40.00		40.00	7.00	41.0		
56		+0.033		56		38.00~45.00		45.00	8.00	46.0		
	+0.020											

5 留废料按钮式凹模

5.1 台肩型留废料按钮式凹模(表 22.8-47)

表 22.8-47 台肩型留废料按钮式凹模 (mm)

D (m5)	型号		L	按 0.01 mm 进位					MT (料厚) 按 0.01 mm 进位	C (间隙) 按 0.005 mm 进位	b	d
	类型	D		①	② ③	④ ⑤	⑥	⑦				
6	+0.009 +0.004	经济型 普通型	6	16	1.00~3.00	3.00	1.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有⑦)	MT ≥ 0.15 C ≥ 0.010	3	3.4	
8	+0.012	SR-EMHD SR-MHD	8	20	1.00~4.00	4.00	1.00			4	4.4	
10	+0.006	SR-EHDD SR-HDD	10	22	2.00~6.00	6.00	1.20			6	6.4	
13	+0.015	SR-EHDR SR-HDR	13	25	3.00~8.00	8.00	1.50			8	8.4	
16	+0.007	SR-EHDE SR-HDE	16	30	5.00~10.00	10.00	2.00				10.6	
20	+0.017	SR-EHDG SR-HDG	20	35	7.00~12.00	12.00	3.00				12.6	
25	+0.008		25		10.00~16.00	16.00	3.00	16.6				

注：1. 只用于抗拉强度达到 1200MPa 的材料。

2. 利用加工材料的厚度和间隙作为废料保留加工数据。目前按钮式凹模的端部尺寸 (P、W 和 R) 精度高。

5.2 直型留废料按钮式凹模 (表 22.8-48)

表 22.8-48 直型留废料按钮式凹模 (mm)

D (m5)	型号		L	按 0.01 mm 进位					MT (料厚) 按 0.01 mm 进位	C (间隙) 按 0.005 mm 进位	b	d
	类型	D		①	② ③	④ ⑤	⑥	⑦				
6	+0.009 +0.004	经济型 普通型	6	16	1.00~3.00	3.00	1.00	0.20 ≤ R < W/2 (只有⑦)	MT ≥ 0.15 C ≥ 0.010	3	3.4	
8	+0.012	SR-EMSD SR-MSD	8	20	1.00~4.00	4.00	1.00			4	4.4	
10	+0.006	SR-ESDD SR-SDD	10	22	2.00~6.00	6.00	1.20			6	6.4	
13	+0.015	SR-ESDR SR-SDR	13	25	3.00~8.00	8.00	1.50			8	8.4	
16	+0.007	SR-ESDE SR-SDE	16	30	5.00~10.00	10.00	2.00				10.6	
20	+0.017	SR-ESDG SR-SDG	20	35	7.00~12.00	12.00	3.00				12.6	
25	+0.008		25		10.00~16.00	16.00	3.00	16.6				

续表 22.8-48

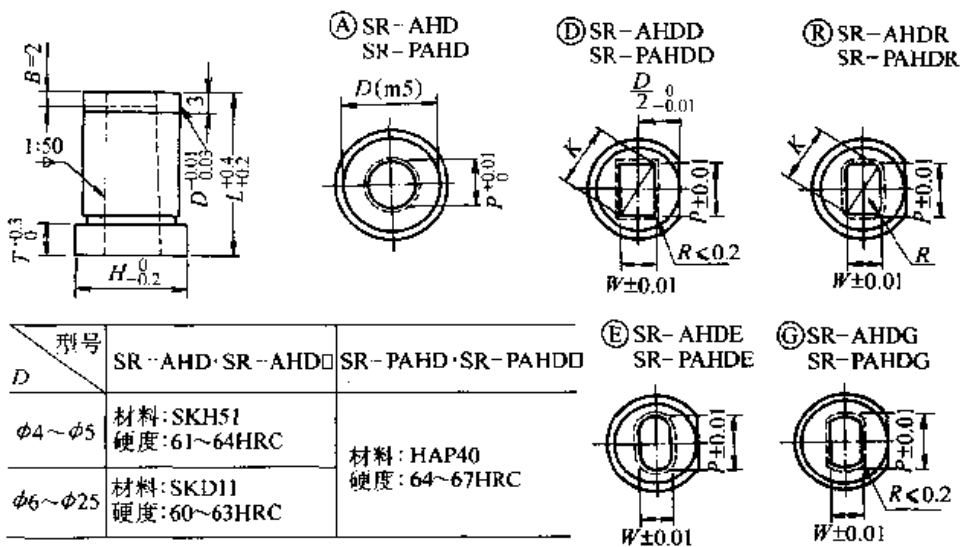
D (n5)	型号		L	按 0.01 mm 进位					MT (料厚)	C (间隙)	b	d	
	类型	D		Ⓐ	ⓓ	Ⓡ	Ⓔ	Ⓒ					
				min P	max P、K _{max}	P、W _{min}	R	按 0.01 mm 进位					按 0.005 mm 进位
6	+0.013 +0.008	经济型 普通型 SR-EMSD SR-MSD SR-ESDD SR-SDD SR-ESDR SR-SDR SR-ESDE SR-SDE SR-ESDG SR-SDG	6	1.00~3.00	—	—	—	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓡ)	MT ≥ 0.15	C ≥ 0.010	3	3.4	
8	+0.016		8	1.00~4.00	4.00	1.00	—				4	4.4	
10	+0.010		10	2.00~6.00	6.00	1.20	—				6	6.4	
13	+0.020		13	3.00~8.00	8.00	1.50	—				8	8.4	
16	+0.012		16	5.00~10.00	10.00	2.00	—				8	10.6	
20	+0.024		20	7.00~12.00	12.00	3.00	—				—	—	12.6
25	+0.015		25	10.00~16.00	16.00	3.00	—				—	—	16.6

注：1. 只用于抗拉强度达到 1 200 MPa 的材料。

2. 利用加工材料的厚度和间隙作为废料保留加工数据。目前按钮式凹模的端部尺寸 (P、W 和 R) 精度高。

5.3 台肩型留废料锥形落料孔按钮式凹模 (表 22.8-49)

表 22.8-49 台肩型留废料锥形落料孔按钮式凹模 (mm)



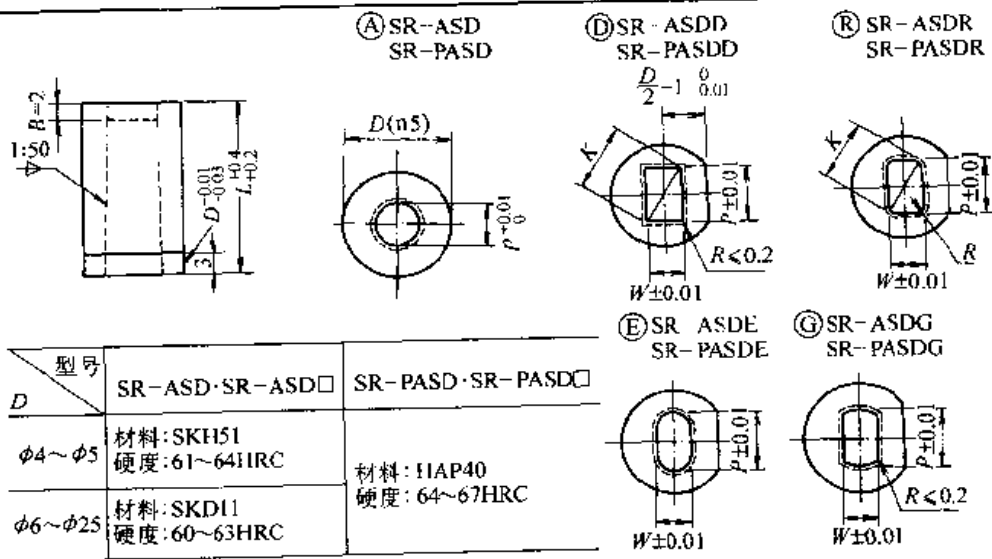
续表 22.8-49

D (m5)	型号		L	按 0.01 mm 进位					MT (料厚) 按 0.01 mm 进位	C (间隙) 按 0.005 mm 进位	H T
	类型	D		①	②	③	④	⑤			
				min P max	P、K _{max}	P、W _{min}	R	R			
4	SR-AHD	4	8 13 16 20 22 25 30	1.00~1.50	—	—	—	—	MT ≥ 0.15 C ≥ 0.010	5	
5	SR-AHDD	5	8 13 16 20 22 25 30	1.00~2.50	—	—	—	—		6	
6	SR-AHDR	6	16 20 22 25 30 35	1.00~3.00	3.00	1.00	—	—		9	
8	SR-AHDE	8	16 20 22 25 30 35	1.00~4.00	4.00	1.00	—	—		11	
10	SR-AHDG	10	16 20 22 25 30 35	2.00~6.00	6.00	1.20	—	—		13	
13	SR-PAHD	13	16 20 22 25 30 35	3.00~8.00	8.00	1.50	—	—		16	
16	SR-PAHDD	16	16 20 22 25 30 35	5.00~10.00	10.00	2.00	—	—		19	
20	SR-PAHDR	20	16 20 22 25 30 35	7.00~12.00	12.00	3.00	—	—		23	
25	SR-PAHDE	25	16 20 22 25 30 35	10.00~16.00	16.00	3.00	—	—		28	
							0.20 ≤ R < W/2 (只有⑥)				

注：表注同表 22.8-47 注 1 和注 2。

5.4 直型留废料锥形落料孔按钮式凹模 (表 22.8-50)

表 22.8-50 直型留废料锥形落料孔按钮式凹模 (mm)

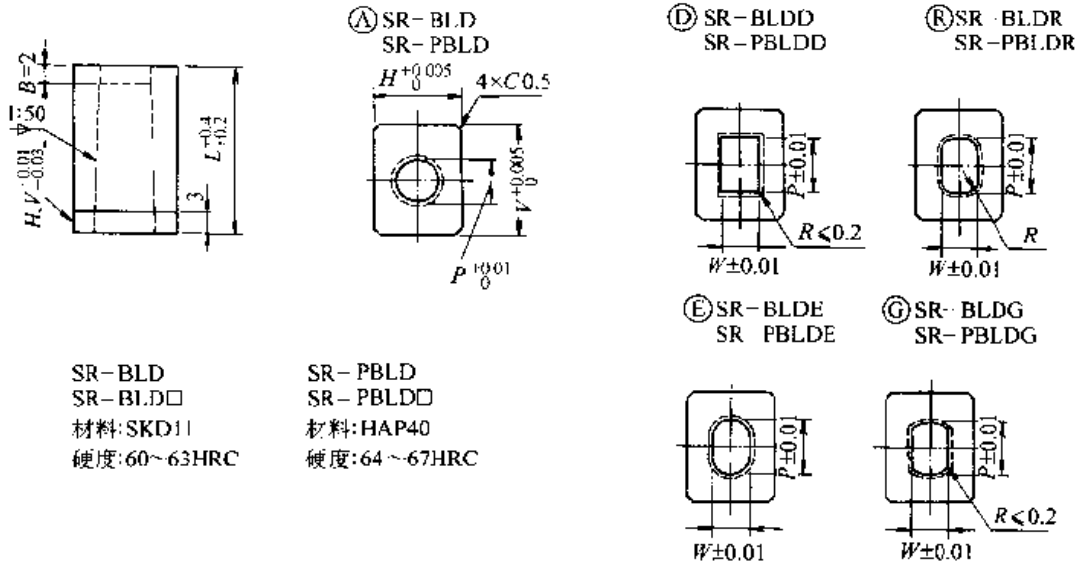


D (n5)	型号		L	按 0.01 mm 进位					MT (料厚) 按 0.01 mm 进位	C (间隙) 按 0.005 mm 进位
	类型	D		①	②	③	④	⑤		
				min P max	P、K _{max}	P、W _{min}	R	R		
4	SR-ASD	4	8 13 16 20 22 25 30	1.00~1.50	—	—	—	—	MT ≥ 0.15 C ≥ 0.010	
5	SR-ASDD	5	8 13 16 20 22 25 30	1.00~2.50	—	—	—	—		
6	SR-ASDR	6	16 20 22 25 30 35	1.00~3.00	—	—	—	—		
8	SR-ASDE	8	16 20 22 25 30 35	1.00~4.00	4.00	1.00	—	—		
10	SR-ASDG	10	16 20 22 25 30 35	2.00~6.00	6.00	1.20	—	—		
13	SR-PASD	13	16 20 22 25 30 35	3.00~8.00	8.00	1.50	—	—		
16	SR-PASDD	16	16 20 22 25 30 35	5.00~10.00	10.00	2.00	—	—		
20	SR-PASDR	20	16 20 22 25 30 35	7.00~12.00	12.00	3.00	—	—		
25	SR-PASDE	25	16 20 22 25 30 35	10.00~16.00	16.00	3.00	—	—		
							0.20 ≤ R < W/2 (只有⑥)			

注：表注 1、2 同表 22.8-47 注 1 和注 2。

5.5 直型留废料按钮式方块形凹模 (表 22.8-51)

表 22.8-51 直型留废料按钮式方块形凹模 (mm)

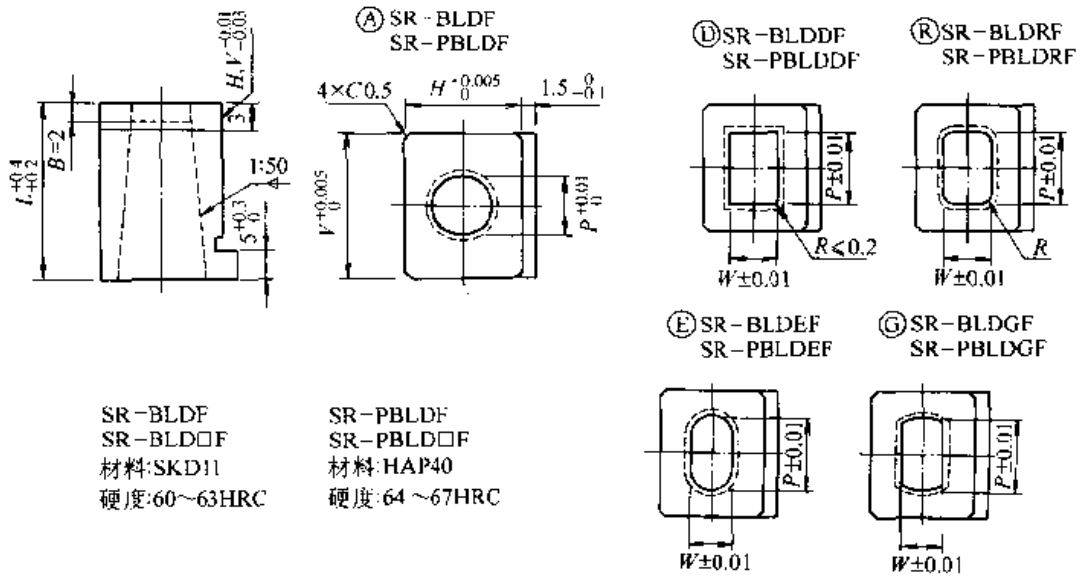


型号	H	V	V							⑧	L	MT (料厚) 按 0.01 mm 进位	C (间隙) 按 0.005 mm 进位
			6	8	10	13	16	20	25				
SR-BLD	6	1.00~3.00	○	○	○	○	○	○	○	0.20 < R < W/2 (只有 ⑧)	MT ≥ 0.15	C ≥ 0.010	
SR-BLDD	8	1.00~4.00		○	○	○	○	○	○				
SR-BLDR													
SR-BLDE	10	1.00~6.00			○	○	○	○	○				
SR-BLDG													
SR-PBLD	13	1.00~8.00				○	○	○	○				
SR-PBLDD	16	1.00~10.00					○	○	○				
SR-PBLDR													
SR-PBLDE	20	1.50~12.00						○	○				
SR-PBLDG	25	1.50~16.00							○				

注: 表注同表 22.8-47 注 1、2。
 ① P、W、R 按 0.01 mm 进位。

5.6 单边凸缘型留废料按钮式方块形凹模 (表 22.8-52)

表 22.8-52 单边凸缘型留废料按钮式方块形凹模 (mm)



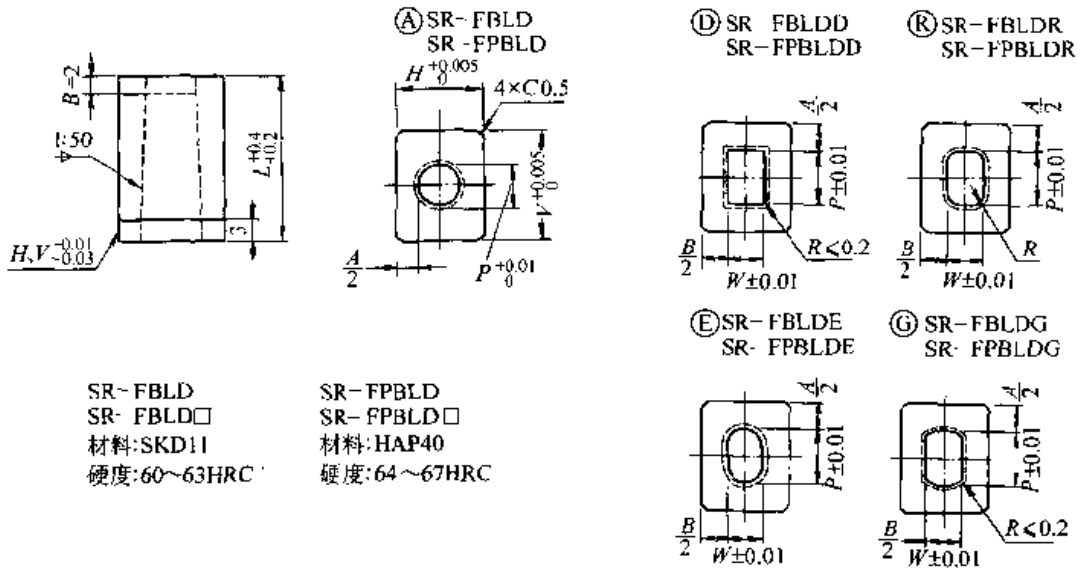
型号	H	V min P [ⓐ] max	6	8	10	13	16	20	25	R [ⓑ]	L	MT (料厚)	C (间隙)
			1.00~3.00	1.00~4.00	1.00~6.00	1.00~8.00	1.00~10.00	1.50~12.00	1.50~16.00			按 0.01 mm 进位	按 0.005 mm 进位
SR-BLDF	6	1.00~3.00	○	○	○	○	○	○	○	0.20 < R < W/2 (只有 ⓑ)	16 20 22 25 30 35	MT ≥ 0.15	C ≥ 0.010
SR-BLDDF	8	1.00~4.00		○	○	○	○	○					
SR-BLDRF	10	1.00~6.00			○	○	○	○					
SR-BLDEF	13	1.00~8.00				○	○	○					
SR-BLDGF	16	1.00~10.00					○	○					
SR-PBLDF	20	1.50~12.00						○					
SR-PBLDDF	25	1.50~16.00						○					
SR-PBLDRF													
SR-PBLDEF													
SR-PBLDGF													

注: 表注同表 22.8-47 注 1、2。

ⓐ P、W、R 按 0.01 mm 进位。

5.7 留废料按钮式方块形凹模 (表 22.8-53)

表 22.8-53 留废料按钮式方块形凹模 (mm)



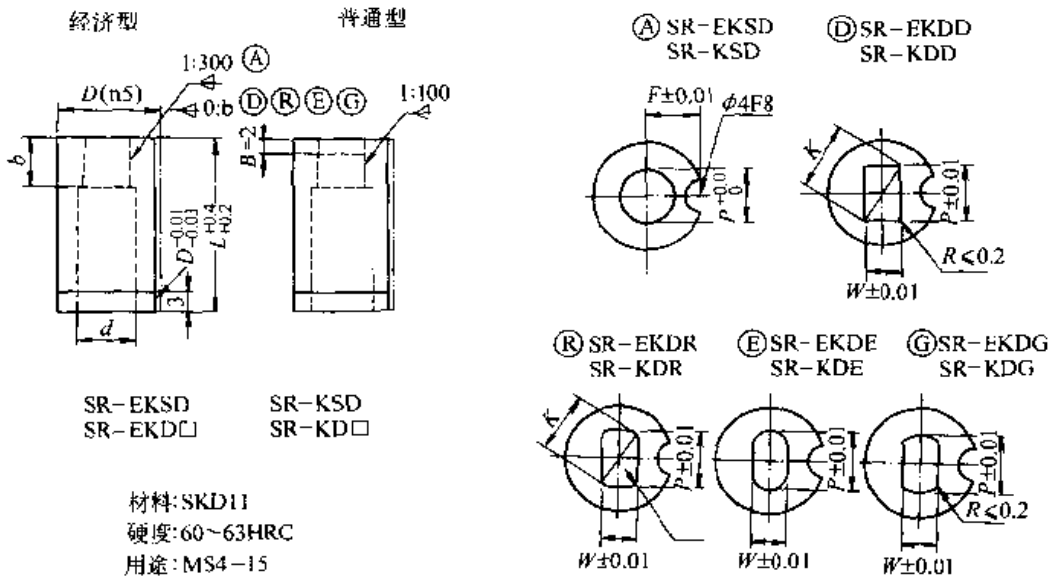
型号	V	V							⑧	L	MT (料厚)	C (间隙)
		6.0~8.0	8.1~10.0	10.1~13.0	13.1~16.0	16.1~20.0	20.1~25.0					
		min P max	1.00~4.00	1.00~6.00	1.00~8.00	1.00~10.00	1.50~12.00	1.50~16.00				
	H											
		min W max	4	4	5	6	8	9				
			4	4	5	6	8	9				
SR-FBLD	6.0~8.0	1.00~4.00	4	○	○	○	○	○	0.20 < R < W/2 (只有⑧)	16 20 22 25 30 35	MT ≥ 0.15 C ≥ 0.010	
SR-FBLDD												
SR-FBLDR	8.1~10.0	1.00~6.00	4		○	○	○	○				
SR-FBLDE												
SR-FBLDG	10.1~13.0	1.00~8.00	5			○	○	○				
SR-FPBLD	13.1~16.0	1.00~10.00	6				○	○				
SR-FPBLDD												
SR-FPBLDR	16.1~20.0	1.50~12.00	8					○				
SR-FPBLDE												
SR-FPBLDG	20.1~25.0	1.50~16.00	9					○				

注: 1. P、W、R 按 0.01 mm 进位; V、H 按 0.1 mm 进位。
 2. ④: $H - P \geq A$; ⑤、⑥、⑦、⑧: $V - P \geq A$, $H - W \geq B$ 。
 3. 同表 22.8-47 注 1。
 4. 同表 22.8-47 注 2。

5.8 销槽型留废料按钮式凹模 (表 22.8-54)

表 22.8-54 销槽型留废料按钮式凹模

(mm)

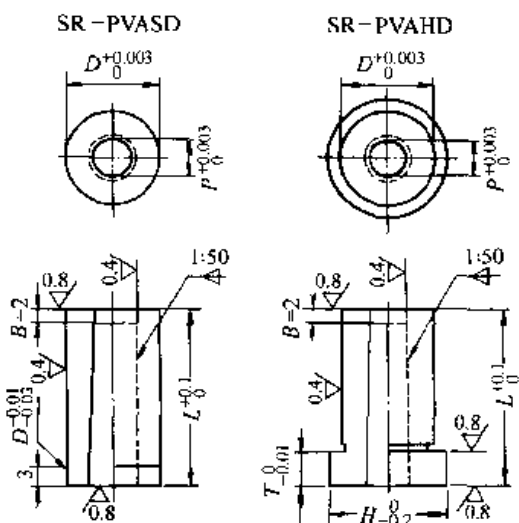


D (n5)	型 号		L	按 0.01 mm 进位					MT (料厚)	C (间隙)	b	d	F
	类 型	D		①	④ ③ ⑤ ⑥	②	R						
				min P max	P, K _{max}	P, W _{min}							
10	经济型 普通型	10	16	2.00~6.00	6.00	1.20	0.20 ≤ R < W/2 (只有②)	MT ≥ 0.15	C ≥ 0.010	8	6.4	6	
				3.00~8.00	8.00	1.50							
13	经济型 普通型	13	20	5.00~10.00	10.00	2.00							
				7.00~12.00	12.00	3.00							
16	经济型 普通型	16	25	10.00~16.00	16.00	3.00							
				10.00~16.00	16.00	3.00							
20	经济型 普通型	20	35	10.00~16.00	16.00	3.00							
				10.00~16.00	16.00	3.00							
25	经济型 普通型	25	35	10.00~16.00	16.00	3.00							
				10.00~16.00	16.00	3.00							

注: 1. 同表 22.8-47 注 1。
2. 同表 22.8-47 注 2。

5.9 高精度留废料锥形落料孔按钮式凹模 (表 22.8-55)

表 22.8-55 高精度留废料锥形落料孔按钮式凹模 (mm)



材料: HAP40
硬度: 64~67HRC

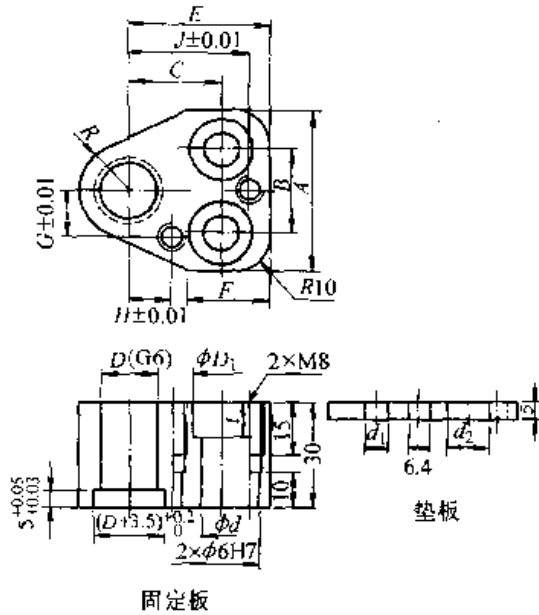
H	T	型 号		L	(按 0.001 mm 进位) min P max	MT	C
		类 型	D			(料厚) 按 0.01 mm 进位	(间隙) 按 0.001 mm 进位
4	3	SR-PVASD SR-PVAHD	3	13	0.800~1.000	MT ≥ 0.10	C ≥ 0.005
5			4		0.800~1.500		
6			5		0.800~2.500		
9	5		6	22	1.000~3.000		
11			8	25	1.000~4.000		
13			10	2.000~6.000			

注: 1. 同表 22.8-47 注 1。
2. 同表 22.8-47 注 2。

6 固定板

6.1 数控型端部固定装置 (表 22.8-56 ~表 22.8-59)

表 22.8-56 用于Ⓐ型圆形凸模/圆形按钮式凹模的固定装置 (mm)



固定板

材料: S45C

表面处理: Fe₃O₄

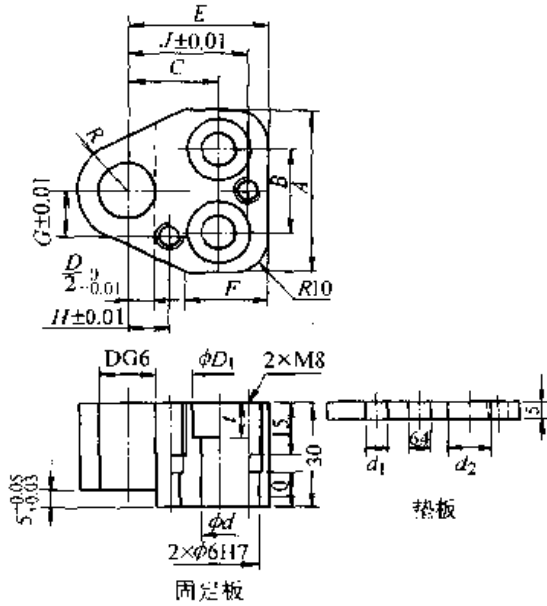
垫板

材料: SK4

硬度: 56~60HRC

型号		D (G6)	A	B	C	E	F	G	H	J	R	D ₁	d	t	d ₂	d ₁		用途
类型	D															BPC	BDC	
DP-AP DP-AD	10	+0.014 +0.005	37	20	21	35	20	10	9	29	9.5	14	9	10	10	6.2	7.4	LB8-40 MSTM 6-30 MSW8
	13	+0.017	43	26	23	38		13	11	32	12						9.4	
	16	+0.006	44	24	26	40		12	34	14	11.6							
DPAE	20	+0.020	48	28	27	42	16	14	36	17	17	11	12	12	13.6	LB10-40 MSTM 6-30 MSW8		
	25	+0.007	50		30	46	18	17	39	19.5	17.6							
BPC BDC	32		54	30	33	48	21	20	42	23						21.6	LB12-40 MSTM 6-30 MSW8	
	38	+0.025 +0.009	58		35	52	23	23	46	26	19	13	14	14	10.2	27.6		
	45		64	34	38	56	26	27	50	29.5						37.0		

表 22.8-57 用于①、②、③、④型凸模/按钮式凹模的固定装置 (mm)

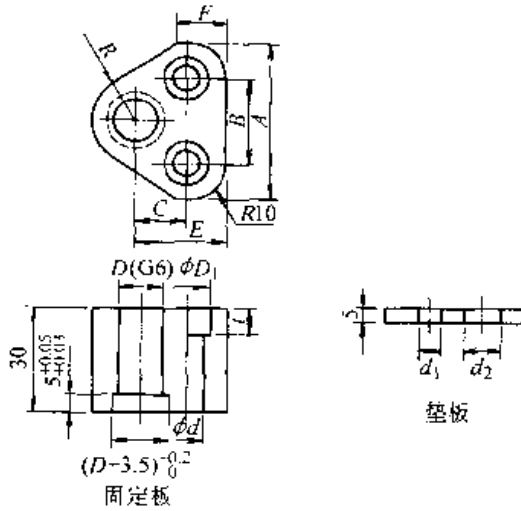


固定板
 材料: S45C
 表面处理: Fe₃O₄
 垫板
 材料: SK4
 硬度: 56~60HRC

型号		D (G6)	A	B	C	E	F	G	H	J	R	D ₁	d	t	d ₂	d ₁		用途
类型	D															RPC	BDC	
DP-FP	10	+0.014 +0.005	37	20	21	35	20	10	9	29	9.5	14	9	10	10	6.2	7.4	LB8-40
	13	+0.017	43	26	23	38		13	11	32	12						9.4	MSTM 6-30
DP-FD	16	+0.006	44	24	26	40	20	16	14	36	17	17	11	12	12	6.2	11.6	LB10-40
DPFR	20	+0.020	48	28	27	42											18	17
BPC	25	+0.007	50	30	33	48	20	18	17	39	19.5	17	11	12	12	6.2	17.6	MSW8
	BDC	32															54	30
BPC	38	-0.025 +0.009	58	34	38	56	20	23	23	46	26	19	13	14	14	10.2	27.6	MSTM 6-30
	BDC	45															64	34

表 22.8-58 用于 A 型圆形凸模的固定装置

(mm)



固定板

材料: S45C

表面处理: Fe₃O₄

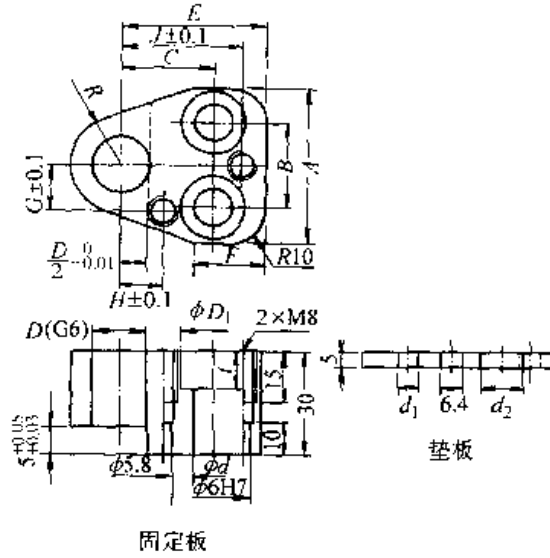
垫板

材料: SK4

硬度: 56~60HRC

型号		D (G6)	A	B	C	E	F	R	D ₁	t	d	d ₁	d ₂	用途
类型	D													
SN-AP SNAR BPS	10	+0.014 +0.005	37	20	15	27	14	9.5	14	10	9	6.2	10	LB8-40
	13	+0.017	43	26										
	16	+0.006	44	24	16	29	14							
	20	+0.020	48	28	20	34	17	17	12	11				
	25	+0.007	50	30	23	37	19.5							
	32		54	32	26	41	23							
	38	+0.025 +0.009	58	36	28	43	20	26	19	14	13	10.2	14	LB12-40
	45		64	42	30	45	29.5							

表 22.8-59 用于①、②、③、④型凸模的固定装置 (mm)

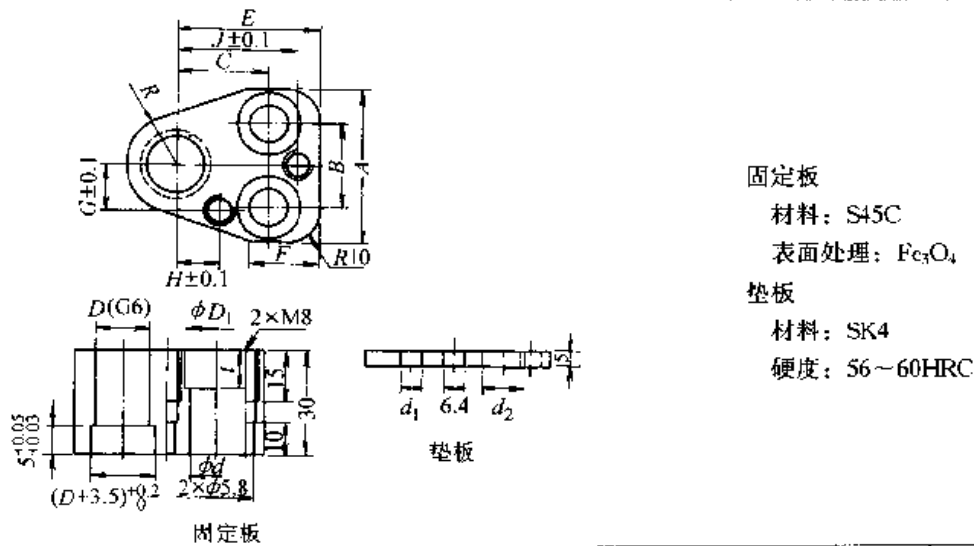


固定板
 材料: S45C
 表面处理: Fe₃O₄
 垫板
 材料: SK4
 硬度: 56-60HRC

型号		D (G6)	A	B	C	E	F	G	H	J	R	D ₁	t	d	d ₁	d ₂	用途
类型	D																
CN—FP CNFR BPC	10	+0.014 +0.005	37	20	21	35	20	10	9	29	9.5	14	10	9	6.2	10	LB8-40 MSTM 6-30 MSW8
	13	+0.017	43	26	23	38		13	11	32	12						
	16	+0.006	44	24	26	40		12	34	14							
	20	+0.020	48	28	27	42		16	14	36	17	17	12	11		12	LB10-40 MSTM 6-30 MSW8
	25	+0.007	50		30	46		18	17	39	19.5						
	32		54	30	33	48		21	20	42	23						LB12-40 MSTM 6-30 MSW8
	38	+0.025 +0.009	58		35	52		23	23	46	26	19	14	13		14	
	45		64	34	38	56		26	27	50	29.5					10.2	

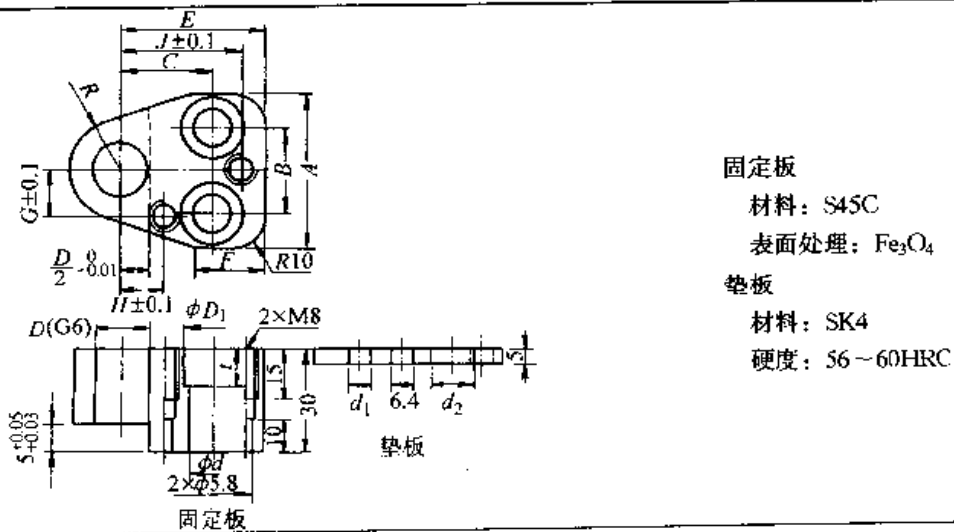
6.2 手动型端部固定装置 (表 22.8-60~表 22.8-63)

表 22.8-60 用于Ⓐ型圆形凸模/圆形按钮式凹模的固定装置 (mm)



型号 类型	D	D (G6)	A	B	C	E	F	G	H	J	R	D ₁	d	t	d ₂	d ₁		用途				
																BPC	BDC					
CP-AP CP-AD CPAR BPC BDC	10	+0.014 -0.005	37	20	21	35	20	10	9	29	9.5	14	9	10	10	6.2	7.4	LB8-40 MSTM 6-30				
	13	-0.017	43	26	23	38		11	32	12	9.4						MSW8					
	16	+0.006	44	24	26	40		12	34	14	11.6						LB10-40					
	20	+0.020	48	28	27	42		16	14	36	17						13.6	MSTM 6-30				
	25	+0.007	50		30	46		18	17	39	19.5						17.6	MSW8				
	32	+0.025 +0.009	54	30	33	48		21	20	42	23						21.6	LB12-40				
	38		58		35	52		23	23	46	26						19	13	14	10.2	27.6	MSTM 6-30
	45		64	34	38	56		26	27	50	29.5						37.0	MSW8				

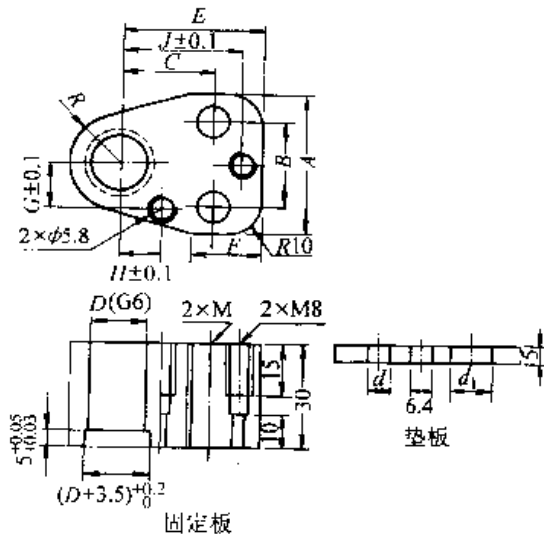
表 22.8-61 用于ⓐ、ⓑ、ⓒ、ⓓ型凸模/按钮式凹模的固定装置 (mm)



续表 22.8-61

型号		D (G6)	A	B	C	E	F	G	H	J	R	D ₁	d	t	d ₂	d ₁		用途
类型	D															BPC	BDC	
CP-FP CP-FD CPFR BPC BDC	10	+0.014 +0.005	37	20	21	35	20	10	9	29	9.5	14	9	10	10	6.2	7.4	LB8-40 MSTM 6-30 MSW8
	13	+0.017	43	26	23	38		13	11	32	12						9.4	
	16	+0.006	44	24	26	40		12	34	14	11.6							
	20	+0.020	48	28	27	42		16	14	36	17						13.6	
	25	+0.007	50		30	46		18	17	39	19.5						17.6	
	32	+0.025 +0.009	54	30	33	48		21	20	42	23						21.6	
	38		58		35	52		23	23	46	26						27.6	
	45		64	34	38	56		26	27	50	29.5						37.0	

表 22.8-62 用于Ⓐ型圆形凸模的固定零件 (mm)

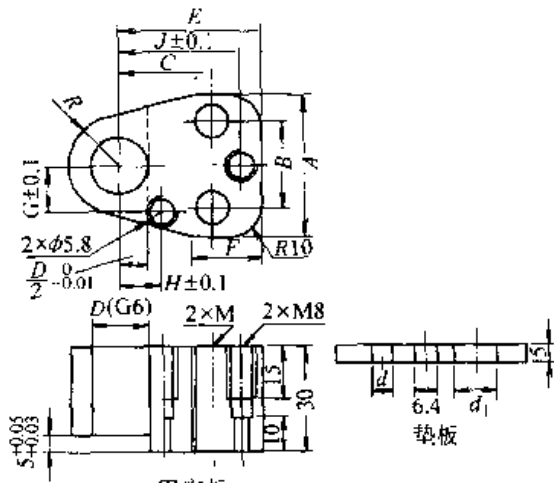


固定板
材料: S45C
表面处理: Fe₃O₄
垫板
材料: SK4
硬度: 56~60HRC

型号		D (G6)	A	B	C	E	F	G	H	J	R	d	d ₁	M	用途		
类型	D																
CP-APM CPARM BPC	10	+0.014 +0.005	37	20	21	35	20	10	9	29	9.5	14	9	10	8	MSTM 6-30 MSW8	
	13	+0.017	43	26	23	38		13	11	32	12						
	16	+0.006	44	24	26	40		12	34	14	6.2						
	20	+0.020	48	28	27	42		16	14	36	17						12
	25	+0.007	50		30	46		18	17	39	19.5						10
	32	+0.025 +0.009	54	30	33	48		21	20	42	23						14
	38		58		35	52		23	23	46	26						12
	45		64	34	38	56		26	27	50	29.5						10.2

表 22.8-63 用于①、②、③、④型凸模的固定零件

(mm)



固定板

材料: S45C

表面处理: Fe₃O₄

垫板

材料: SK4

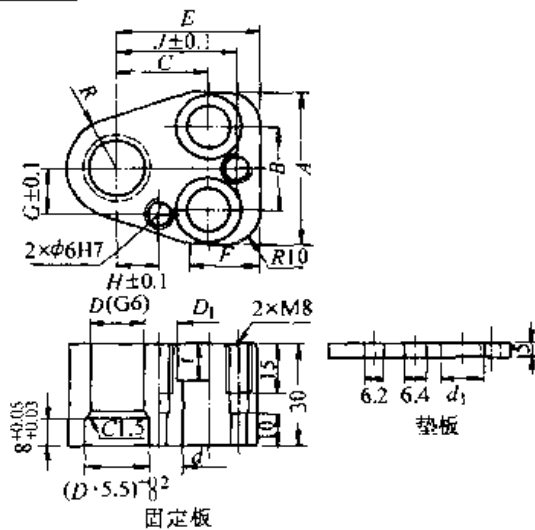
硬度: 56~60HRC

型号		D (G6)	A	B	C	E	F	G	H	J	R	d	d ₁	M	用途
类型	D														
CP-FPM CPFRM BPC	10	+0.014 +0.005	37	20	21	35	20	10	9	29	9.5	6.2	10	8	MSTM 6-30 MSW8
	13	+0.017	43	26	23	38		13	11	32	12				
	16	+0.006	44	24	26	40		12	12	34	14				
	20	+0.020	48	28	27	42		16	14	36	17				
	25	+0.007	50	30	30	46		18	17	39	19.5				
	32	+0.025 +0.009	54		33	48		21	20	42	23				
	38		58	35	52	23		23	46	26					
	45	64	34	38	56	26		27	50	29.5	10.2				

6.3 用于重载凸模的尾部固定装置 (表 22.8-64~表 22.8-65)

表 22.8-64 用于圆形④型凸模的固定零件

(mm)



固定板

材料: S45C

表面处理: Fe₃O₄

垫板

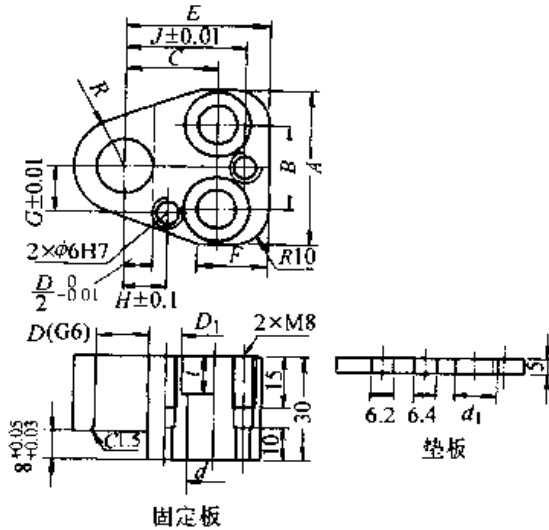
材料: SK4

硬度: 56~60HRC

续表 22.8-64

型号		D (G6)	A	B	C	E	F	G	H	J	R	D ₁	d	d ₁	t	用途
类型	D															
AP-AP APAR BFC	10	-0.014 -0.005	37	20	21	35	20	10	9	29	9.5	14	9	10	10	LB8-40
	13	-0.017	43	26	23	38		11	32	12	MSTM 6-30					
	16	+0.006	44	24	26	40		12	34	14	MSW8					
	20	-0.020	48	28	27	42		16	14	36	17					LB10-40
	25	-0.007	50	30	30	46		18	17	39	19.5					MSTM 6-30

表 22.8-65 用于①、②、③、④型成形凸模的固定零件 (mm)



固定板

材料: S45C

表面处理: Fe₃O₄

垫板

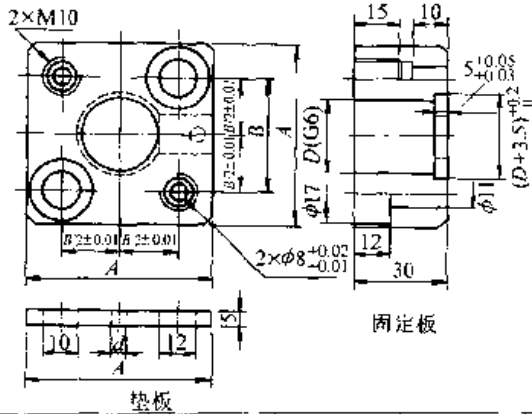
材料: SK4

硬度: 56~60HRC

型号		D (G6)	A	B	C	E	F	G	H	J	R	D ₁	d	d ₁	t	用途
类型	D															
AP-FP APFR BPC	10	+0.014 +0.005	37	20	21	35	20	10	9	29	9.5	14	9	10	10	LB8-40
	13	+0.017	43	26	23	38		11	32	12	MSTM 6-30					
	16	+0.006	44	24	26	40		12	34	14	MSW8					
	20	+0.020	48	28	27	42		16	14	36	17					LB10-40
	25	+0.007	50	30	30	46		18	17	39	19.5					MSTM 6-30

6.4 正方形固定装置 (表 22.8-66)

表 22.8-66 用于(A)、(D)、(R)、(E)、(G)型凸模的固定零件 (mm)

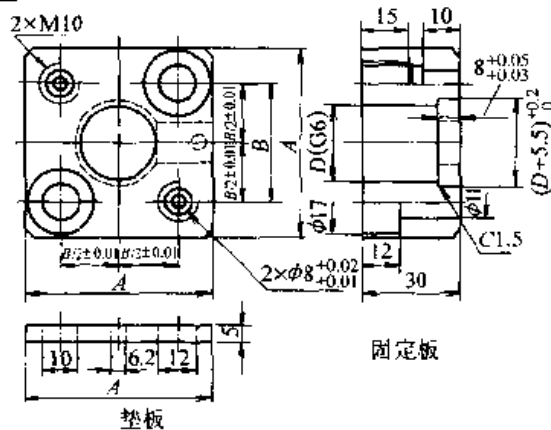


固定板
材料: S45C
表面处理: Fe₃O₄
垫板
材料: SK4
硬度: 56~60HRC

型号		D (G6)	A	B	d		用途
类型	D				MPSP	MDSP	
SR-AP	10	+0.014	45	23	6.2	7.4	LB10-40 MSTM8-30 MSW10
SR-AD	13	+0.017					
SR-FP	16	+0.006					
SR-FD	20	+0.020					
MPSR	25	+0.007					
MPDR	32	+0.025					
MPSP	38	+0.009	65	43	10.2	27.6	

6.5 用于重载凸模的正方形固定装置 (表 22.8-67)

表 22.8-67 用于(A)、(D)、(R)、(E)、(G)型凸模的固定零件 (mm)

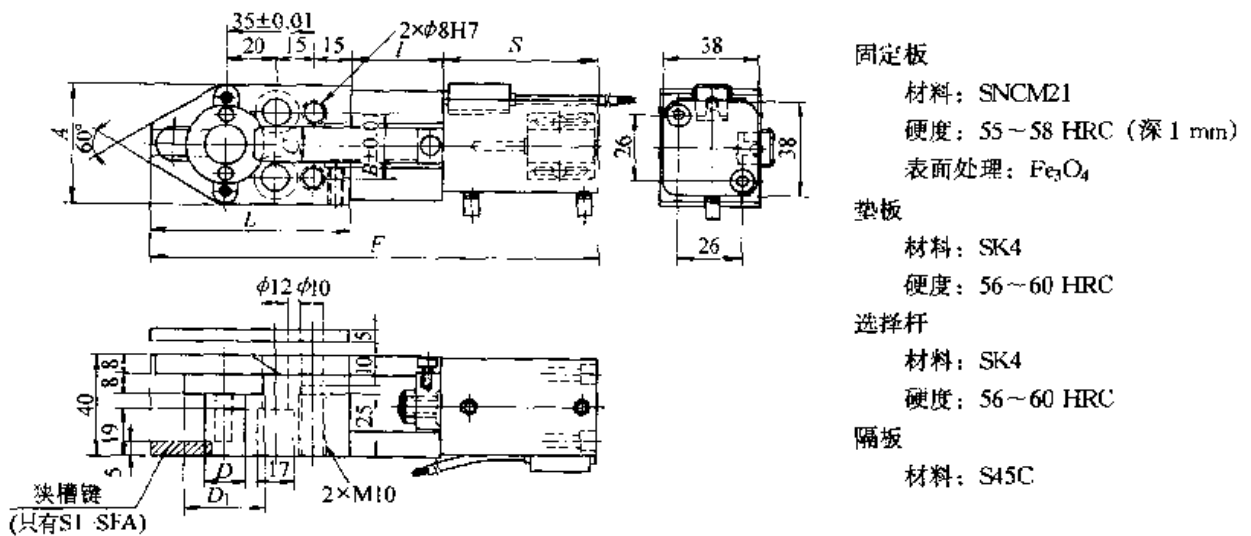


固定板
材料: S45C
表面处理: Fe₃O₄
垫板
材料: SK4
硬度: 56~60HRC

型号		D (G6)	A	B	用途
类型	D				
SA-AP	10	+0.014	45	23	LB10-40 MSTM8-30 MSW10
SA-FP	13	+0.017			
ASAR	16	+0.006			
ASFR	20	+0.020			
MPSP	25	+0.007	52	30	
			56	34	

6.6 气动型选择性固定装置 (表 22.8-68~表 22.8-69)

表 22.8-68 用于(A)、(D)、(R)、(E)、(G)型凸模的固定装置 (一) (mm)



气缸

操作系统: 双动 内径: $\phi 25$ mm 压力范围: 0.4~0.7 MPa

允许压力: 1 MPa 润滑油: 不需要 (如需使用润滑油时, 应用 90[#] 或类似 90[#] 的润滑油)

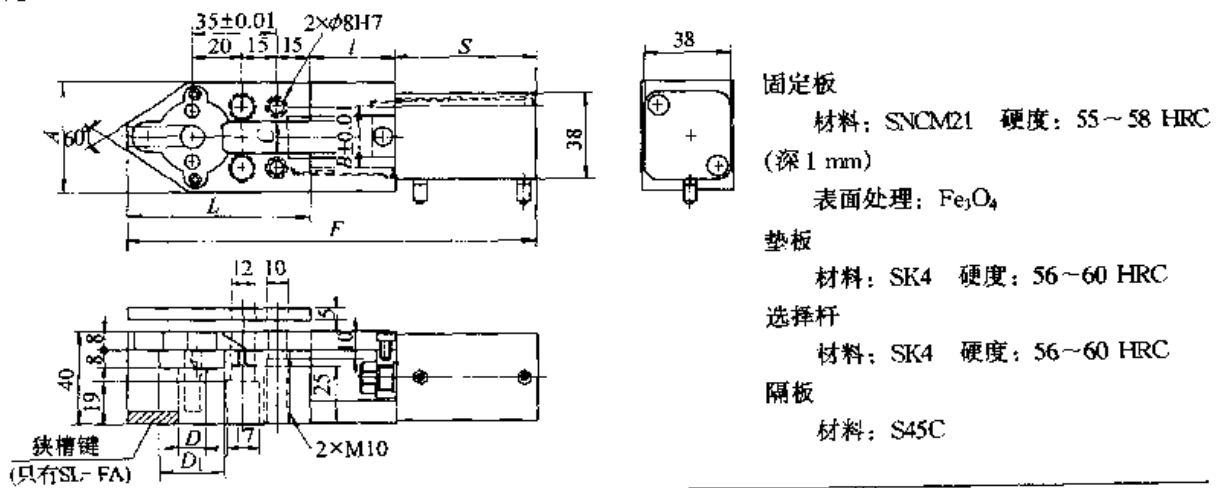
联接: 用内径 $\phi 2.5$ mm、外径 $\phi 4$ mm 的管子

三线非接触开关

型号: ME7006A 工作电压: DC5~30 V

型号		D	D ₁	A	B	C	L	l	S	F	用途
类型	D										
用于圆形(A)型凸模 SL-SEA	10	+0.025 +0.016	26	44	24	10	75	37	62	174	CB10-40 MSTM8-30 MSW10
	13	+0.027	32	48	28	14					
	16	+0.016	36	50	30	17					
用于(D)、(R)、(E)、(G)型凸模 SL-SFA	20	+0.033	41	62	42	28	80	47	72	199	
	25	+0.020	47	68	48	30					
	32	+0.045 +0.030	84	57	87	228					

表 22.8-69 用于(A)、(D)、(R)、(E)、(G)型凸模的固定装置 (二) (mm)



气缸

操作系统：双动 内径：φ25 mm

压力范围：0.4~0.7 MPa 允许压力：1 MPa

润滑油：不需要（当需用润滑油时，应使用 90# 或类似 90# 的润滑油）

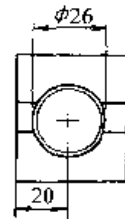
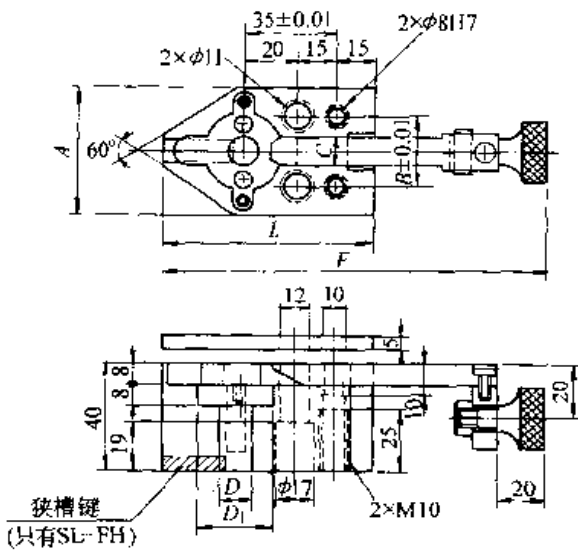
联接：用内径 φ2.5 mm、外径 φ4 mm 的管子

型号		D	D ₁	A	B	C	L	l	S	F	用途
类型		D	D ₁	A	B	C	L	l	S	F	用途
用于④型凸模 SL-EA	10	+0.025 +0.016	26	44	24	10	75	37	52	164	CB10-40 MSTM8-30 MSW10
	13	+0.027	32	48	28	14	80			169	
	16	+0.016	36	50	30	17		189			
用于①、②、③、⑤型凸模 SL-FA	20	+0.033	41	62	42	28	84	57	77	218	
	25	+0.020	47	68	48	30				218	
	32	+0.045 +0.030									

6.7 手动型选择性固定装置 (表 22.8-70)

表 22.8-70 用于④、①、②、③、⑤型凸模的固定装置

(mm)



固定板

材料：SNCM21 硬度：55~58 HRC

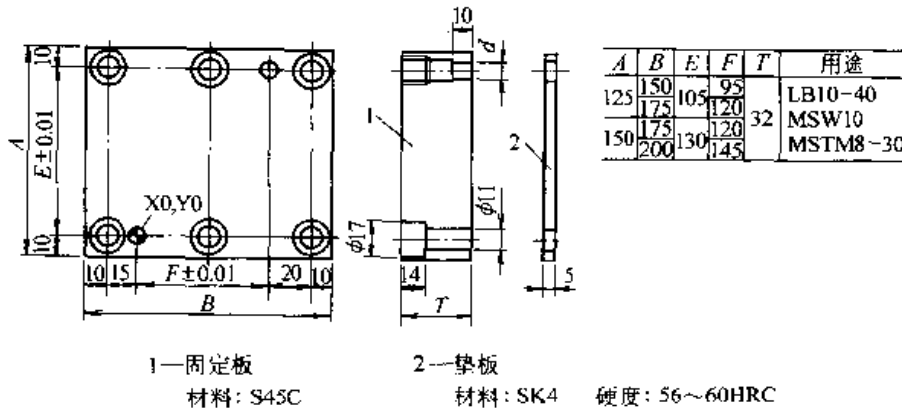
(深 1 mm)

表面处理：Fe₃O₄

垫板和选择杆

材料：SK4 硬度：56~60 HRC

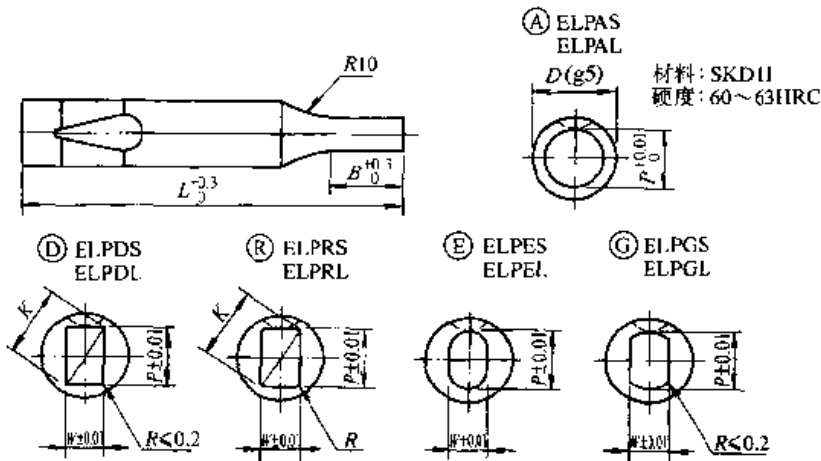
型号		D	D ₁	A	B	C	L	F		用途
类型		D	D ₁	A	B	C	L	min	max	用途
用于④型凸模 SL-EH	10	+0.025 +0.016	26	44	24	10	75	102	132	CB10-40 MSTM8-30 MSW10
	13	+0.027	32	48	28	14	80	107	137	
	16	+0.016	36	50	30	17			147	
用于①、②、③、⑤型凸模 SL-FH	20	+0.033	41	62	42	28	84	111	160	
	25	+0.020	47	68	48	30				
	32	+0.045 +0.030								



7 滚珠锁扣凸模、凹模和固定板

7.1 轻载滚珠锁扣凸模 (表 22.8-73)

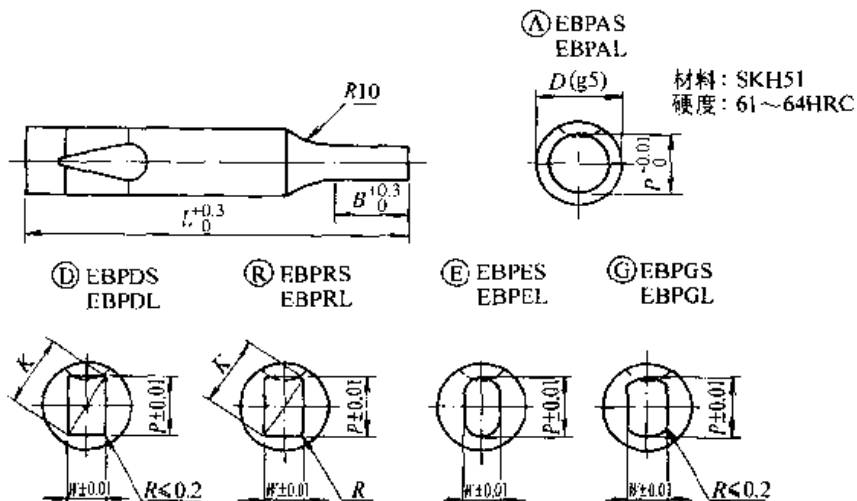
表 22.8-73 轻载滚珠锁扣凸模 (mm)



型号		L	按 0.01 mm 进位				B	
			A		D、R、E、G			R
类型	D		min	P max	P、Kmax	P、Wmin		
 ELPAS ELPDS ELPRS ELPES ELPGS	10	63 71 74 80 90	3.00	9.97	9.90	2.50	0.20 ≤ R < W/2 (只有R)	13
	13		6.00	12.97	12.90	3.00		
	16		10.00	15.97	15.90	4.00		
	20		13.00	19.97	19.90	5.00		19
	25		18.00	24.97	24.90	6.00		
	32		22.00	31.97	31.90	7.00		
 FLPAL ELPDL ELPRL ELPEL ELPGL	10	71 74 80 90	3.00	9.97	9.90	2.50	0.20 ≤ R < W/2 (只有R)	19
	13		6.00	12.97	12.90	3.00		
	16		10.00	15.97	15.90	4.00		
	20		13.00	19.97	19.90	5.00		25
	25		18.00	24.97	24.90	6.00		
	32		22.00	31.97	31.90	7.00		

7.2 重载滚珠锁扣凸模 (表 22.8-74)

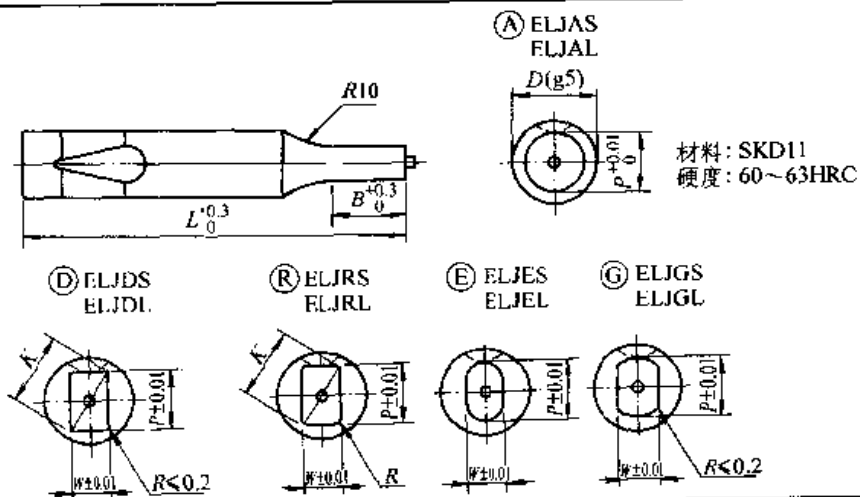
表 22.8-74 重载滚珠锁扣凸模 (mm)



型号		L	按 0.01 mm 进位			B	
			(A)	(D)、(R)、(E)、(G)	(R)		
类型	D		min P	max P · Kmax	P · Wmin	R	
	EBPAS	71 80 90 100	3.00~9.97	9.90	2.50	0.05 ≤ R < W/2 (只有 (R))	13
	EBPDS		6.00~12.97	12.90	3.00		
	EBPRS		10.00~15.97	15.90	4.00		
	EBPES		13.00~19.97	19.90	5.00		
	EBPGS		18.00~24.97	24.90	6.00		
	EBPGL		22.00~31.97	31.90	7.00		
	EBPAL	80 90 100	3.00~9.97	9.90	2.50	0.05 ≤ R < W/2 (只有 (R))	19
	EBPDL		6.00~12.97	12.90	3.00		
	EBPRL		10.00~15.97	15.90	4.00		
	EBPEL		13.00~19.97	19.90	5.00		
	EBPGL		18.00~24.97	24.90	6.00		
	EBPGL		22.00~31.97	31.90	7.00		

7.3 带顶杆轻载滚珠锁扣凸模 (表 22.8-75)

表 22.8-75 带顶杆轻载滚珠锁扣凸模 (mm)



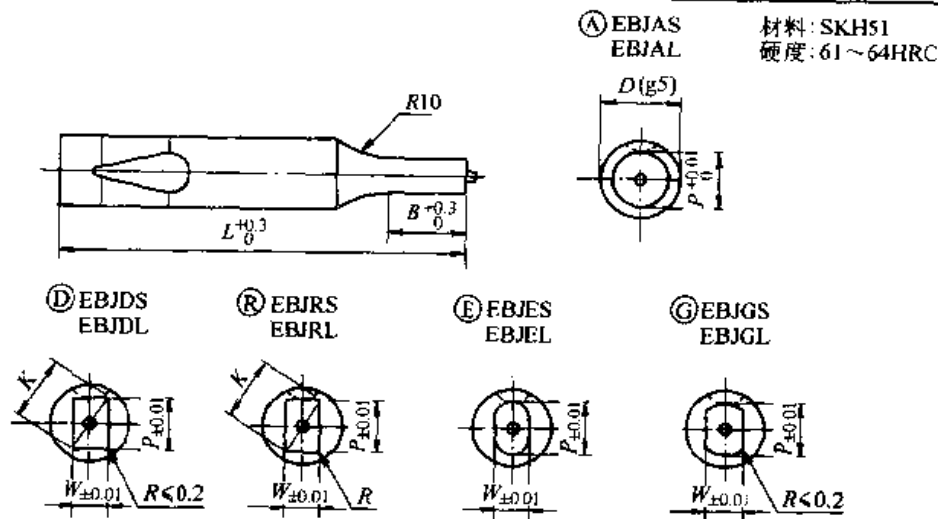
续表 22.8-75

型号		L	按 0.01 mm 进位				B	
类型	D		A		D、R、E、G			R
			min	P max	P·Kmax	P·Wmin		R
	ELJAS	10	63 71 74 80 90	3.00~9.97	9.90	3.00	0.20 ≤ R ≤ W/2 (只有R)	13
	ELJDS	13		6.00~12.97	12.90	6.00		
	ELJRS	16		10.00~15.97	15.90	6.00		
	ELJES	20		13.00~19.97	19.90	6.00		
	ELJGS	25		18.00~24.97	24.90	6.00		
	ELJGL	32		22.00~31.97	31.90	6.00		
	ELJAL	10	71 74 80 90	3.00~9.97	9.90	3.00	0.20 ≤ R ≤ W/2 (只有R)	19
	ELJDL	13		6.00~12.97	12.90	6.00		
	ELJRL	16		10.00~15.97	15.90	6.00		
	ELJEL	20		13.00~19.97	19.90	6.00		
	ELJEL	25		18.00~24.97	24.90	6.00		
	ELJGL	32		22.00~31.97	31.90	6.00		

7.4 带顶杆重载滚珠锁扣凸模 (表 22.8-76)

表 22.8-76 带顶杆重载滚珠锁扣凸模

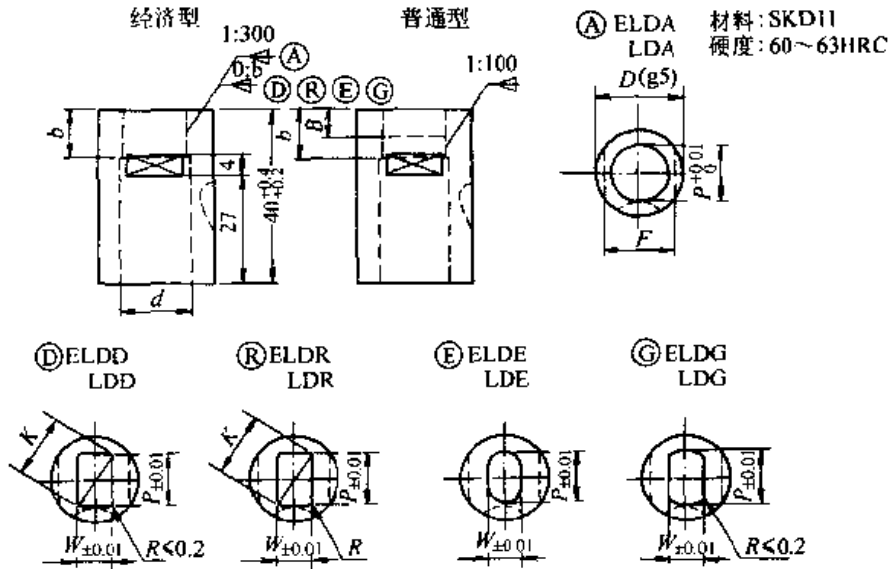
(mm)



型号		L	按 0.01 mm 进位				B	
类型	D		A		D、R、E、G			R
			min	P max	P·Kmax	P·Wmin		R
	EBJAS	10	71 80 90 100	3.00~9.97	9.90	3.00	0.20 ≤ R ≤ W/2 (只有R)	13
	EBJDS	13		6.00~12.97	12.90	6.00		
	EBJRS	16		10.00~15.97	15.90	6.00		
	EBJES	20		13.00~19.97	19.90	6.00		
	EBJGS	25		18.00~24.97	24.90	6.00		
	EBJGL	32		22.00~31.97	31.90	6.00		
	EBJAL	10	80 90 100	3.00~9.97	9.90	3.00	0.20 ≤ R ≤ W/2 (只有R)	19
	EBJDL	13		6.00~12.97	12.90	6.00		
	EBJRL	16		10.00~15.97	15.90	6.00		
	EBJEL	20		13.00~19.97	19.90	6.00		
	EBJEL	25		18.00~24.97	24.90	6.00		
	EBJGL	32		22.00~31.97	31.90	6.00		

7.5 滚珠锁扣按钮式凹模 (表 22.8-77)

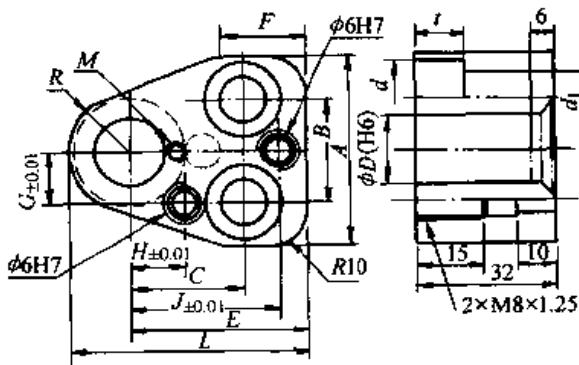
表 22.8-77 滚珠锁扣按钮式凹模 (mm)



型号		L	按 0.01 mm 进位				B	b	d	F
类型	D		(A)	(D)(R)(E)(G)	(R)					
			min P max	P, Kmax	P, Wmin					
经济型	普通型	13	3.00~5.00	5.00	2.50	0.20 ≤ R < W/2 (只有Ⓜ)	6	10	5.4	10
	ELDA	LDA	16	3.50~8.00	8.00				3.00	8.4
ELDD	LDD	20	7.00~11.00	11.00	3.00		8	12	11.4	17
ELDR	LDR	25	10.00~16.00	16.00	4.00				16.6	22
ELDE	LDE	32	15.00~20.00	20.00	5.00		10	15	20.6	29
ELDG	LDG	38	19.00~26.00	26.00	5.00				26.6	35

7.6 轻载滚珠锁扣固定板 (表 22.8-78)

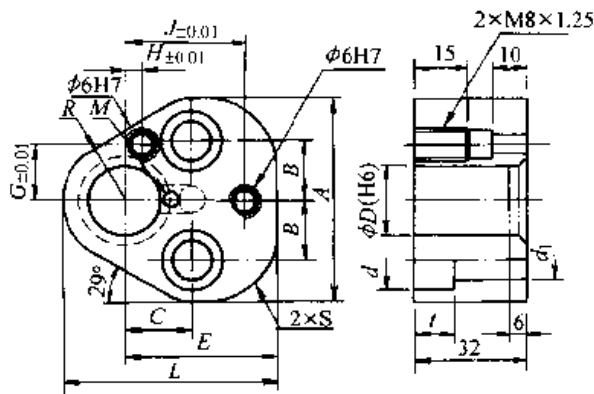
表 22.8-78 轻载滚珠锁扣固定板 (mm)



材料: SNCM21
 硬度: 55~58 HRC (深 1 mm)
 表面处理: Fe₃O₄

续表 22.8-78

型号		D (H6)	A	B	C	E	F	G	H	J	L	R	d ₃	用途
类型	D													
用于凸模 CLN-P	6	+0.008 0	32	19	19	31	19	8	9	25	38	9	—	LB6-40 MSW8 MSTM6-30 MS3-20
	10	+0.009 0	37	20	21	35	—	10	9	29	44.5	9.5	—	LB8-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20
用于凸模 CLN-P	13	+0.011 0	43	26	23	38	—	13	11	32	50	12	6.2	LB10-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20
	16	0	44	24	26	40	—		12	34	54	14	9	
用于凹模 CLN-D	20	+0.013 0	48	28	27	42	20	16	14	36	59	17	12	LB10-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20
	25	0	50	—	30	46	—	18	17	39	65.5	19.5	17	
用于凹模 CLN-D (38)	32	+0.016 0	54	30	33	48	—	21	20	42	71	23	21	LB12-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20
	38	0	58	—	35	52	—	23	23	46	78	26	27	

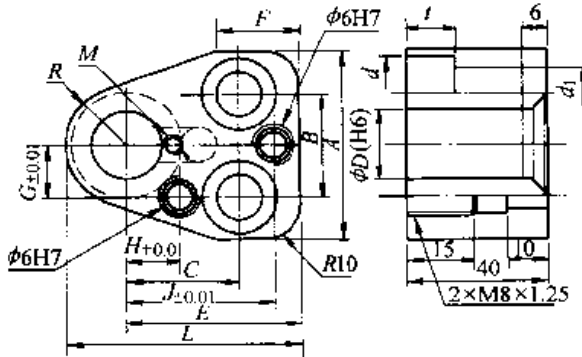


材料: SNCM21
 硬度: 55~58HRC (深 1 mm)
 表面处理: Fe₃O₄

型号		D (H6)	A	B	C	E	G	H	J	L	R	S	d ₃	用途
类型	D													
用于凸模 CRN-P	10	+0.009 0	43.7	11.12	19.05	35.0	9.0	7.5	26.925	44.5	9.5	12.0	LB8-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20	
	13	+0.011 0	50.0	14.27		38.1	12.0	6.5	29.970	50.8	12.7	15.2		6.2
	16	0	53.2	15.87		39.7	13.5	6.0	31.750	54.0	14.3	16.8		9
用于凹模 CRN-D	20	+0.013 0	59.5	17.47	—	42.8	16.5	5.0	33.530	60.3	17.5	20.0	12	LB10-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20
	25	—	69.1	19.84	23.82	47.7	22.0	7.0	40.640	69.9	22.2	24.7	17	LB12-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20
用于凹模 CRN-D	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	
	38	+0.016 0	76.6	24.00	27.00	51.4	26.0	10.0	43.993	77.4	26.0	28.5	27	

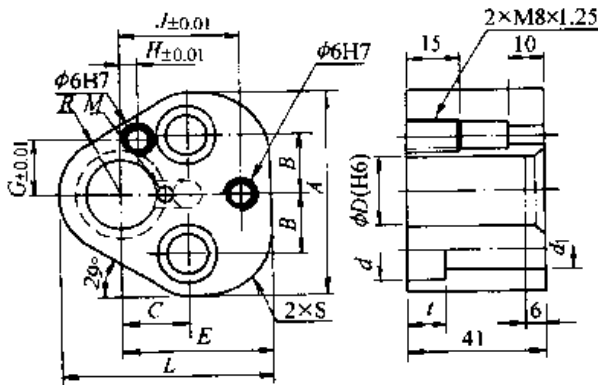
7.7 重载滚珠锁扣固定板 (表 22.8-79)

表 22.8-79 重载滚珠锁扣固定板 (mm)



材料: SNCM21
 硬度: 55~58 HRC (深 1 mm)
 表面处理: 56~60 HRC

型号		D (H6)	A	B	C	E	F	G	H	J	L	R	用途
类型	D												
用于凸模 CBN-P	10	+0.009 0	37	20	21	35	20	10	9	29	44.5	9.5	LB8-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20
	13	+0.011 0	43	26	23	38		13	11	32	50	12	LB10-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20
	16	0	44	24	26	40		12	34	54	14		
CBN-PN	20	+0.013 0	48	28	27	42	16	14	36	59	17	LB12-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20	
	25	0	50	30	30	46	18	17	39	65.5	19.5		
	32	+0.016 0	54		33	48	21	20	42	71	23		



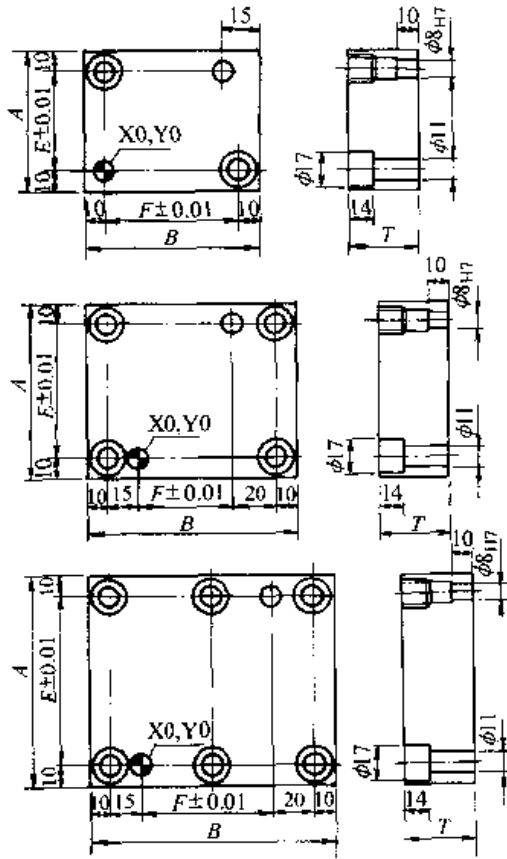
材料: SNCM21
 硬度: 55~58 HRC (深 1 mm)
 表面处理: Fe₃O₄

型号		D (H6)	A	B	C	E	G	H	J	L	R	S	d	d ₁	t	用途
类型	D															
用于凸模 BRN-P	10	+0.009 0	43.7	11.12	19.05	35.0	9.0	7.5	26.925	44.5	9.5	12.0	14	9	9	LB8-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20
	13	+0.011 0	50.0	14.27		38.1	12.0	6.5	29.970	50.8	12.7	15.2				
	16	0	53.2	15.87		39.7	13.5	6.0	31.750	54.0	14.3	16.8				
BRN-PN	20	+0.013 0	59.5	17.47	42.8	16.5	5.0	33.530	60.3	17.5	20.0	17	11	11	LB10-40 MSTM6-30 MSW8 MS6-20	
	25	0	69.1	19.84	23.82	47.7	22.0	7.0	40.640	69.9	22.2	24.7	19	13		14
	32	+0.016 0														

7.8 滚珠锁扣凸模专用固定板 (表 22.8-80)

表 22.8-80 滚珠锁扣凸模专用固定板

(mm)



材料: SNCM21
硬度: 55~58HRC (深1mm)

A	B	E	F	T	用途
50	60	30	40	LRGD	LB10-40 2P
	80		60	32	MSW10 2P
60	80	40	60	BRGD	MSTM8×30
	100		80	40	2P

A	B	E	F	T	用途
80	80	60	25	LRGD	LB10-40 4P MSW10 2P MSTM8×30 2P
	100		45		
	125		70		
100	100	80	45	BRGD	
	125		70		
	150		95	40	

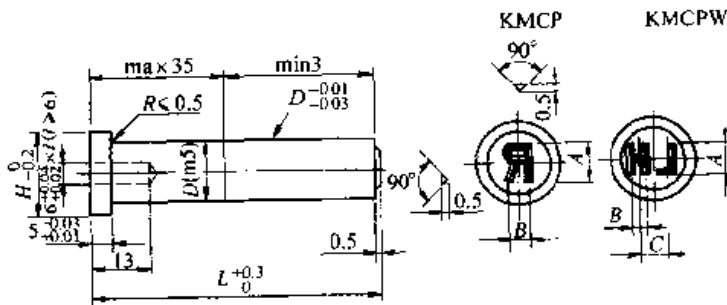
A	B	E	F	T	用途
125	150	105	95	LRGD	LB10-40 6P
	175		120	32	MSW10 2P
150	175	130	120	BRGD	MSTM8×30
	200		145	40	2P

8 成形凸模和凹模

8.1 刻字凸模 (表 22.8-81)

表 22.8-81 刻字凸模

(mm)

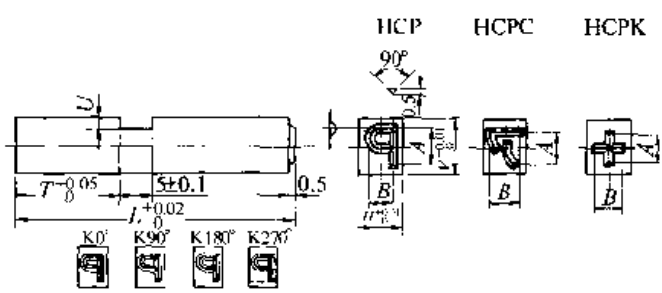


材料: SKD11 硬度: 60~63 HRC

H	B	C	型号		L (按 0.5 mm 进位)	A
			类型	D		
13	3.3		KMCP	10	40.0~ 120.0	5
	4					6
16	5.3		KMCP	13	40.0~ 120.0	8
19	6.5					10
23	8.5					13
16	3.3	5	KMCPW	13	40.0~ 120.0	5
19	4					6
23	5.3					8
28	6.5					10

续表 22.8-81

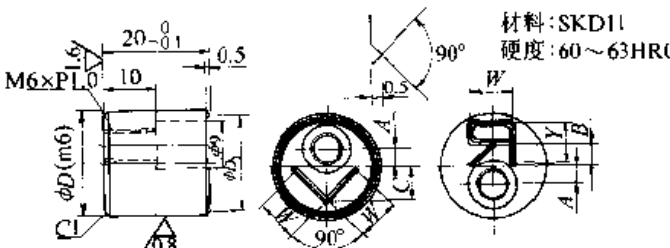
材料: SKH51 硬度: 59~62 HRC



键位置

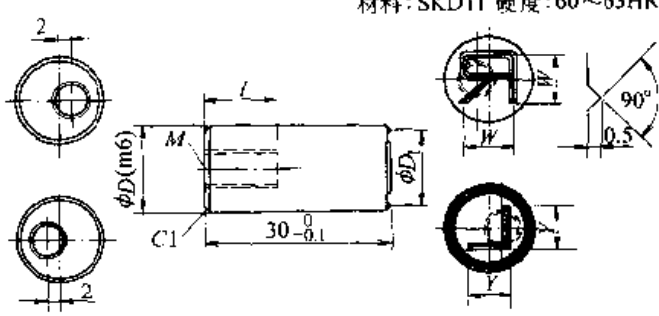
U	V	H	B	型号		L (按 0.1 mm 进位)	T (按 0.1 mm 进位)
				类型	A		
0.8	4	3	1.3	HCP	2	25.0~50.0	2 ≤ T < L
					3	25.0~60.0	
1.0	6	5	2.7		4	25.0~70.0	
					2	25.0~50.0	
0.8	4	3	1.3	HCPC	3	25.0~60.0	
					4	25.0~70.0	
1.0	6	5	2.7		2	25.0~50.0	
					3	25.0~60.0	
0.8	4	3	1.3	HCPK	4	25.0~70.0	
					2	25.0~50.0	
1.0	6	5	2.7		3	25.0~60.0	
					4	25.0~70.0	

材料: SKD11 硬度: 60~63HRC



A	B	C	D ₁	W	Y	D (m6)		型号	
						类型	D		
1.5	4.5	5.7	14	4	3.2	16	+0.018	TCPB	16
							+0.007		
							+0.021		
3.5	4	6.5	18	8	8	20	+0.008		20

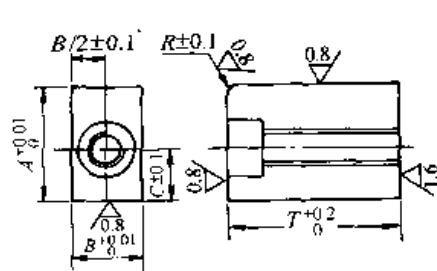
材料: SKD11 硬度: 60~63HRC



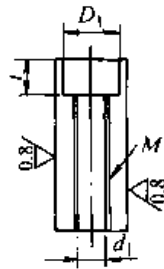
D ₁	W	Y	M	l	D (m6)		型号	
					类型	D		
8	5	3	4	12	10	+0.015	TCPA	10
						+0.006		
12	8	6	6	12	14	+0.018		14
						+0.007		

8.2 弯曲凹模 (表 22.8-82)

表 22.8-82 弯曲凹模 (mm)

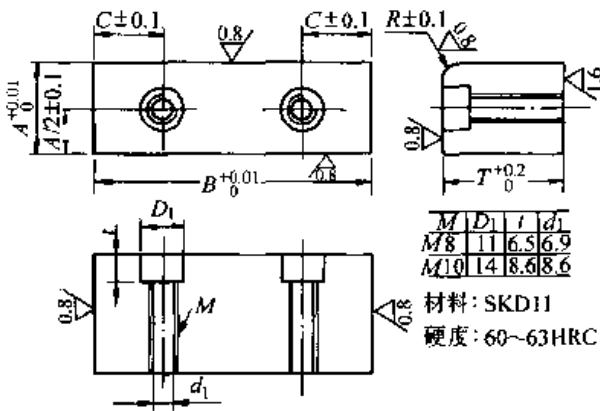


型号	按 0.1 mm 进位		C (按 1 mm 进位)	T	R (按 0.1 mm 进位)	M
	A	B				
BDMA	15.0~30.0	10.0~12.9	5~A/2	20	0 或 0.2~4.0	5
		13.0~15.9	6~A/2	22		5、6
		16.0~19.9	7~A/2	25	5、6、8	
		20.0~40.0	9~A/2	30		
				35		5、6、8、10



M	D ₁	l	d ₁
M5	8	4.4	4.3
M6	9.5	5.4	5.1
M8	11	6.5	6.9
M10	14	8.6	8.6

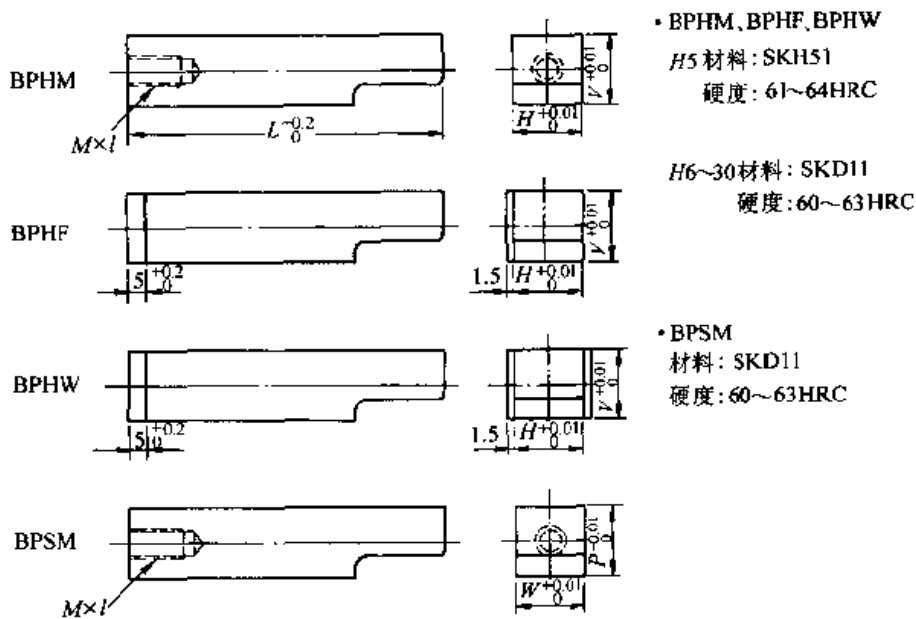
材料: SKD11
硬度: 60~63HRC



型号	按 0.1 mm 进位		C (按 1 mm 进位)	T	R (按 0.1 mm 进位)	M
	A	B				
BDMB	20.0~30.0	40.0~45.0	10~12	20	0 或 0.2~4.0	8 (A: 20~25) 10 (A: 25.1~30)
		45.1~50.0	10~14	22		
		50.1~55.0	10~17	25		
		55.1~60.0	10~19	30		
				35		

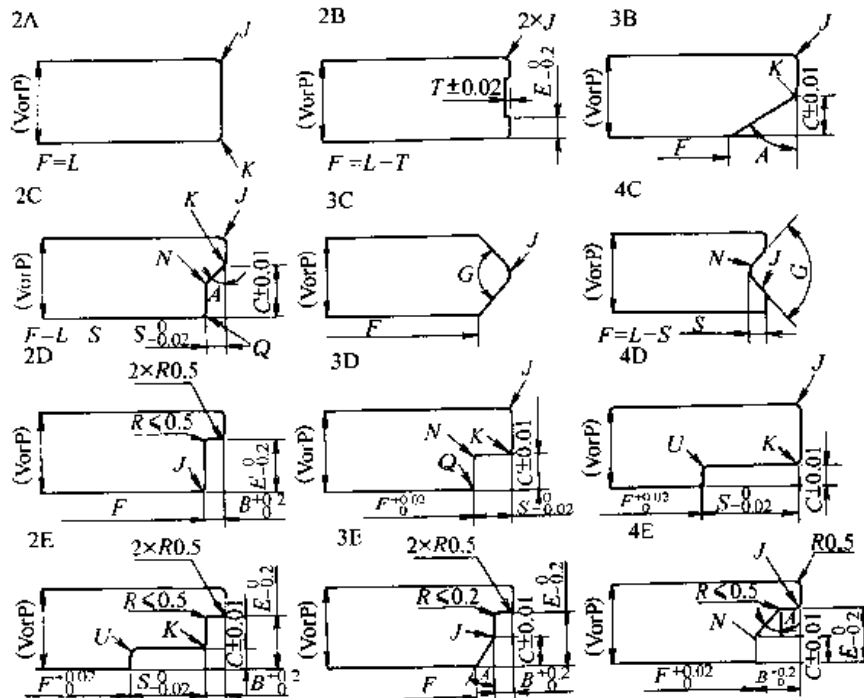
8.3 弯曲凸模和凹模 (表 22.8-83)

表 22.8-83 弯曲凸模和凹模 (mm)



续表 22.8-83

型号		H	V													L (按 0.1 mm 进位)	F min	M × l	
类型	形状		5	6	8	10	13	16	20	22	25	28	30	40	50				
BPHM	2A	5	◇	○	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	20.0	15	3 × 6	◇
		6	◇	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			4 × 8	○
		8	◇	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△			5 × 10	△
		10	◇	○	△	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□			6 × 12	□
BPHF	2C 3C 4C	13	◇	○	△	□	●	●	●	●	●	●	●	●	80.0	25	8 × 16	●	
		16	◇	○	△	□	●	●	●	●	●	●	●	●					●
BPHW	2D 3D 4D	20	◇	○	△	□	●	●	●	●	●	●	●	●	80.0	25	8 × 16	●	
		22	◇	○	△	□	●	●	●	●	●	●	●	●					
	25	◇	○	△	□	●	●	●	●	●	●	●	●						
	28	◇	○	△	□	●	●	●	●	●	●	●	●						
	30	◇	○	△	□	●	●	●	●	●	●	●	●						
	2E 3E 4E	40			△	□	●	●	●	●	●	●	●						
		40				□	●	●	●	●	●	●	●						
		50				□	●	●	●	●	●	●	●						



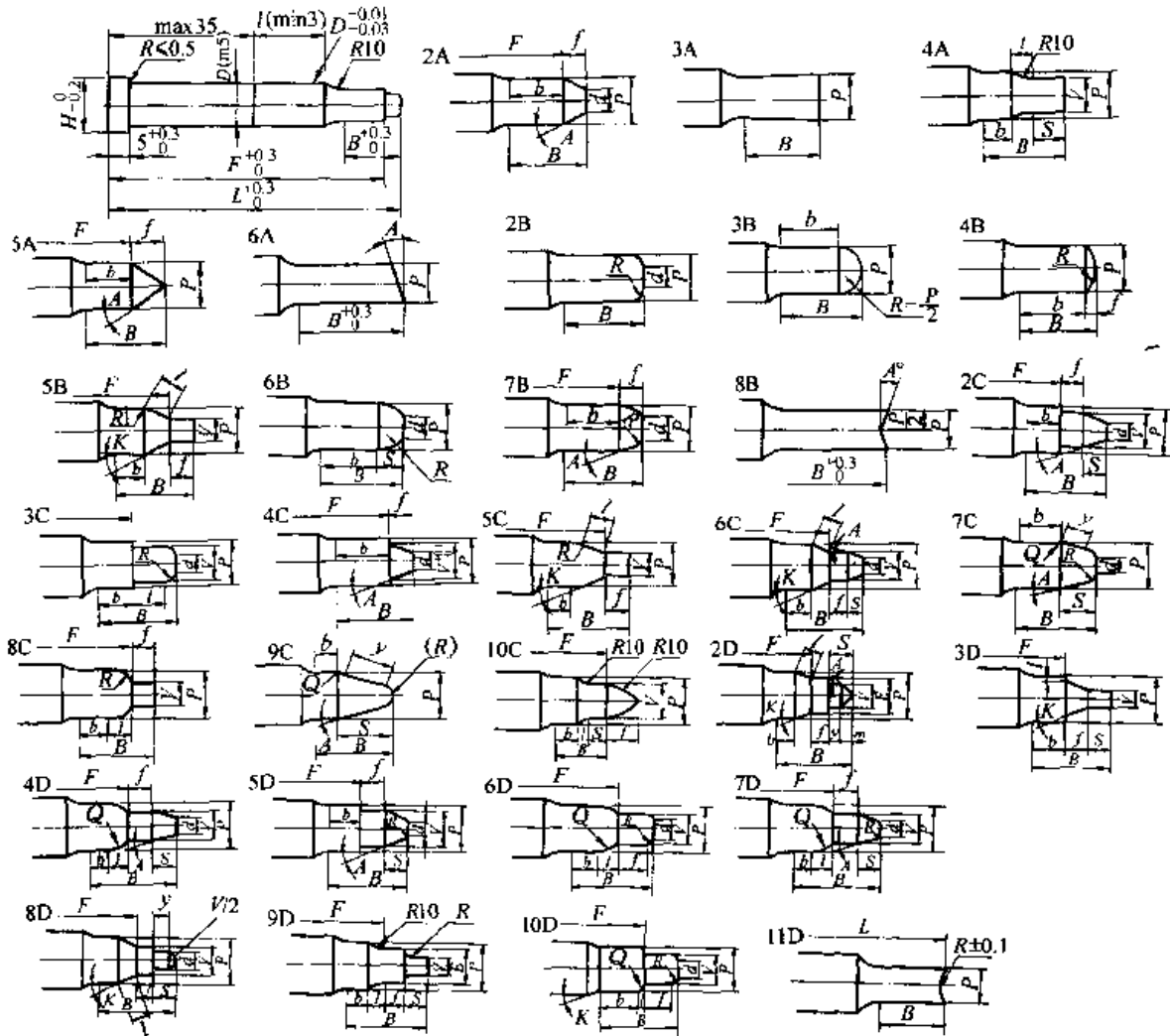
型号		P	W							L (按 0.1 mm 进位)	F min	M × l	
类型	形状		5.01	6.01	8.01	10.01	15.01	20.01	25.01				
BPSM	2A	5.01~6.00	○	○	○	○	○	○	○	20.0	15	4 × 8	○
		6.01~8.00	○	△	△	△	△	△	△			5 × 10	△
	2B 3B	8.01~10.00	○	△	□	□	□	□	□	80.0	20	6 × 12	□
	2C 3C 4C	10.01~15.00	○	△	□	●	●	●	●			●	●
	2D 3D 4D	15.01~20.00	○	△	□	●	●	●	●	25	8 × 16	●	
	2E 3E 4E	20.01~25.00	○	△	□	●	●	●	●				●
		25.01~30.00	○	△	□	●	●	●	●				

注：C、J、K、N、Q、S、T、U 按 0.01 mm 进位；B、E 按 0.1 mm 进位；A、G 按 0.5° 进位。

8.4 拉深凸模 (表 22.8-84)

表 22.8-84 拉深凸模

(mm)



B	H	M	型号			L (按 0.1 mm 进位)	(按 0.01 mm 进位)		材料	硬度	类型	
			类型	形状	D		min P max	V min				
8	5	3	SP (D3~25)	2A~6A	3	40.0~80.0	2.00~2.99	1.00	SKD11	60~63 HRC	SP	
	7				2.00~3.99		1.00	SP-C				
	8				2.00~4.99		1.20	MP				
	9				2.00~5.99		1.20	SKH51			61~64 HRC	SH
13	11	4	SP-C (D10~25)	2B~8B	8	(40.0~49.9)	3.00~7.99	1.50	HAP40	64~67 HRC	PH	
	13				3.00~9.99		1.50	SKH51			61~64 HRC	D4~6
	16				6.00~12.99		2.00	SKD11			60~63 HRC	D8~25
	19				10.00~15.99		3.00	HAP40			61~64 HRC	PJ
19	23	6	PH (D3~25)	2D~11D	20	50.0~100.0	13.00~19.99	3.00	SKD11	60~63 HRC	SJ	
	28				18.00~24.99		4.00	SJ				

注: 1. 当 L 为 (40.0~49.9) mm 时, B 均为 8 mm。
 2. 当 $P > D - 0.03$ mm 时, $D_{-0.03}^{-0.01}$ 不宜采用加压导入。
 3. 当 $P = D$ 时, P 的公差为 m5, 不宜采用 $D_{-0.03}^{-0.01}$ 导入。

续表 22.8-84

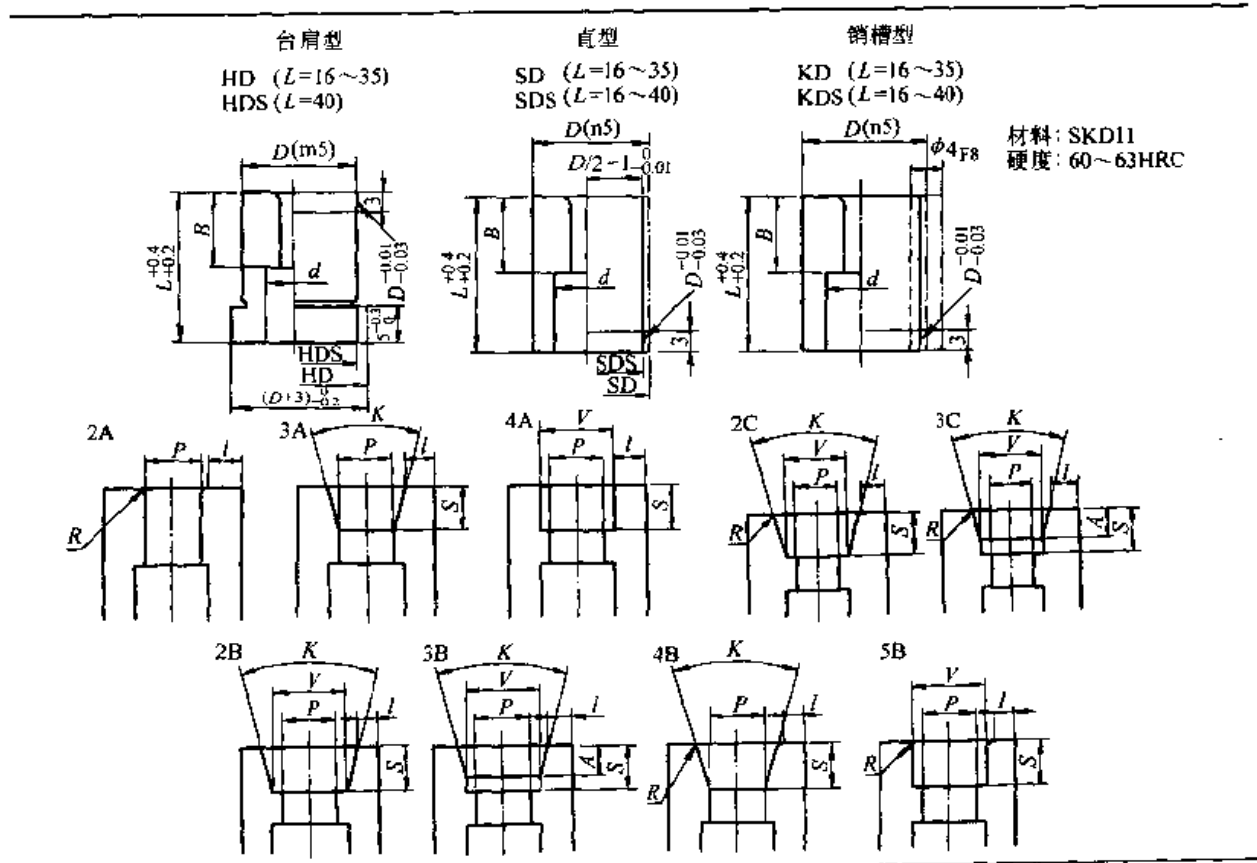
带顶杆的凸模								
B	H	型号			L	按 0.01 mm 进位		d _{min}
		类型	形状	D		min P	max V _{min}	
8	7	SJ (D4~25)	2A~4A	4	40 50 60 70 80	2.00~3.99	1.00	1.00
	8			5		2.00~4.99	2.00	2.00
	9			6		2.00~5.99	2.00	2.00
13	11	SJ-C (D10~25)	2B	8	(40) (50) 60	3.00~7.99	3.00	3.00
	13			10		3.00~9.99	3.00	3.00
	16			13		6.00~12.99	6.00	6.00
19	19	PJ (D4~25)	3D~7D	16	70 80 90 100	10.00~15.99	6.00	6.00
	23			20		13.00~19.99	6.00	6.00
	28			25		18.00~24.99	6.00	6.00

- 注：1. 当 L 为 (40) mm 时，B 均为 6 mm。
 2. 当 L 为 (50) mm 时，B 均为 13 mm。
 3. 对于 SJ-C，当 D 为 10~25 mm 时，L ≥ 60 mm。
 4. 对于 SJ-C，L 为 60 mm 时，B 均为 13 mm。
 5. 当 P > D - 0.03 mm 时，D_{-0.03} 不宜采用加压导入。
 6. 当 P = D 时，P 的公差为 m5，D_{-0.03} 不宜采用加压导入。
 7. 对于有尺寸的外形，要特别注意 d_{min} 的取值。
 8. F、S、R、Q 按 0.1 mm 进位；V、E、P 按 0.01 mm 进位；A、K 按 1° 进位。

8.5 拉深凹模 (表 22.8-85)

表 22.8-85 按钮式拉深凹模

(mm)



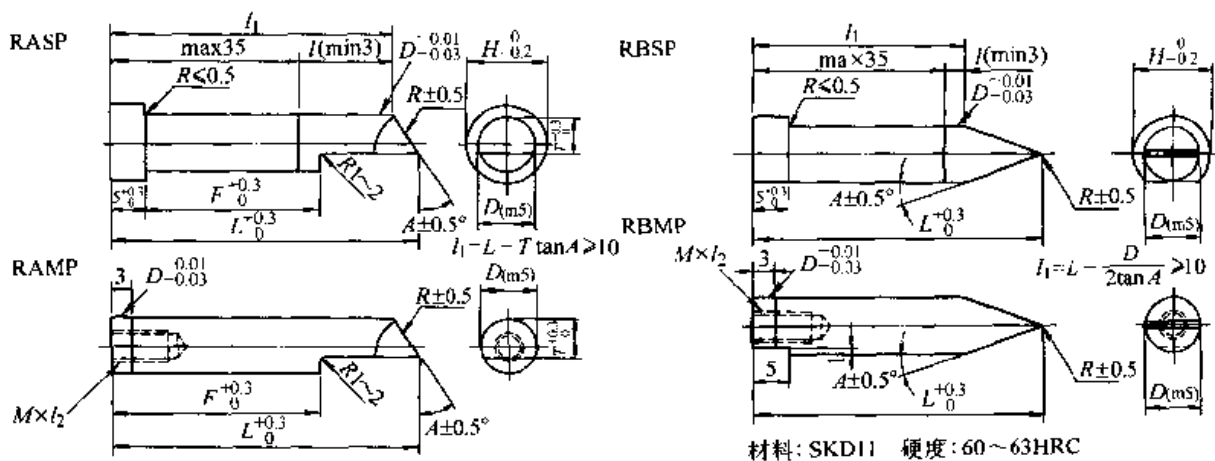
续表 22.8-85

型号		D	L	min P max (按 0.01 mm 进位)	B		d		
类型					HD、SD KD	HDS、SDS KDS			
台肩型		10	(16) 20 22 25 30 35 (40)	2.00~6.00	6	10	6.4		
HD (L=16~35)		13		3.00~8.00			8	12	8.4
HDS (L=40)		16		5.00~10.00					10.6
直型	2A~4A	20		7.00~12.00	12.6				
SD (L=16~35)	2B~5B	25		10.00~16.00	16.6				
SDS (L=16~40)	2C~3C	32		15.00~20.00	20.6				
销槽型		38		19.00~26.00	26.6				
KD (L=16~35)		45		25.00~35.00	20	36.0			
KDS (L=16~40)		50		33.00~40.00		41.0			
		56		38.00~45.00		46.0			

- 注：1. L 为 (16) mm 时，D 为 10~38 mm。
 2. L 为 (40) mm 时，型号为 HDS、SDS、KDS。
 3. 对于直型 SD，当采用 KC 时， l_{min} 为 1.5 mm。
 4. R 为 0.2~10 mm 时，其公差为 ± 0.05 mm，按 0.1 mm 进位；K 为 $1^\circ \sim 179^\circ$ ，其公差为 $\pm 0.5^\circ$ ，按 1° 进位； $S \geq 2$ mm，其公差为 ± 0.1 mm，按 0.1 mm 进位；A 公差为 ± 0.1 mm，按 0.1 mm 进位；P、V 公差均为 $^{+0.01}$ mm，按 0.01 mm 进位；对于 HD、HDS、SD， $l_{min} = 0.5$ mm；对于 SDS， $l_{min} = 1.5$ mm，对于 KD、KDS， $l_{min} = 2.5$ mm。

8.6 胀形凸模 (表 22.8-86)

表 22.8-86 胀形凸模 (mm)

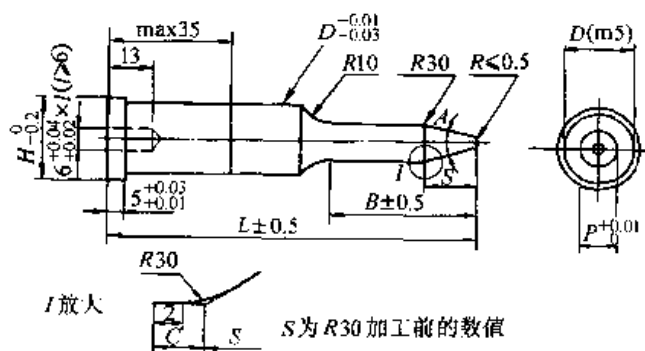


H	M × l ₂	型号		L (按 0.1 mm 进位)	T (按 0.1 mm 进位)	A	R (按 0.5 mm 进位)	F (按 0.1 mm 进位)	H	M × l ₂	型号		L (按 0.1 mm 进位)	A (按 1° 进位)	R (按 0.1 mm 进位)
		类型	D								类型	D			
11	4 × 8	RASP	8	20.0~70.0	$\frac{D}{2} \leq T \leq D-2$	30 45 60	1~5	$0 \leq F \leq L/2$	11	4 × 8	RBSP	8	20.0~70.0	$A \geq 20^\circ$	$0.5 \leq R \leq 5$
13	5 × 10		10												
16	6 × 12		13						13						
19			16						16						
23	6 × 12	RAMP	20	70.0	D-2	60	$0 \leq F \leq L/2$	19	6 × 12	RBMP	16	70.0	$A \geq 20^\circ$	$0.5 \leq R \leq 5$	
28			25					23	20		25				

9 传递模标准件

9.1 导正销凸模 (表 22.8-87)

表 22.8-87 导正销凸模 (mm)



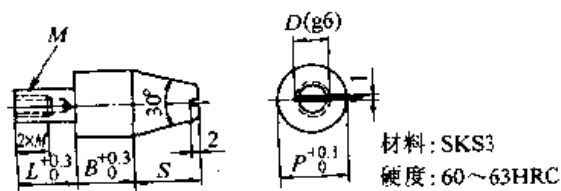
材料: SKD11
硬度: 60~63 HRC

型号		L (按 1 mm 进位)	P (按 0.01 mm 进位)	B (按 1 mm 进位)	S (按 1 mm 进位)	A	H
类型	D						
RTP	13	70~200	6.00~12.99	20~100	10~50 S ≤ B - C	20° (C=5) 30° (C=6) 45° (C=8)	16
	16		10.00~15.99				19
	20		13.00~19.99				23
	25		18.00~24.99				28
	32		20.00~31.99				35

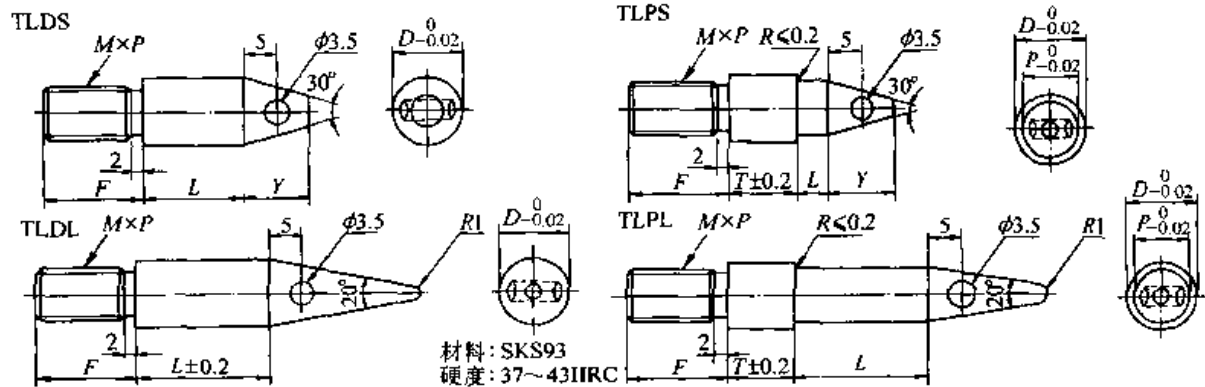
注: 端部保留中心孔。

9.2 定位导正销 (表 22.8-88)

表 22.8-88 定位导正销 (mm)



D (g6)	B	M	S	型号		L	P (按 0.1 mm 进位)	
				类型	D			
6	-0.004 -0.012	10	3	15	TPST	6	15	10.0~13.0
8	-0.005	15	4	17		8	18	12.0~16.0
10	-0.014		5	20		10	20	15.0~20.0
13	-0.006		6	25		13	20	19.0~25.0
16	-0.017		8	35		16	24	24.0~30.0

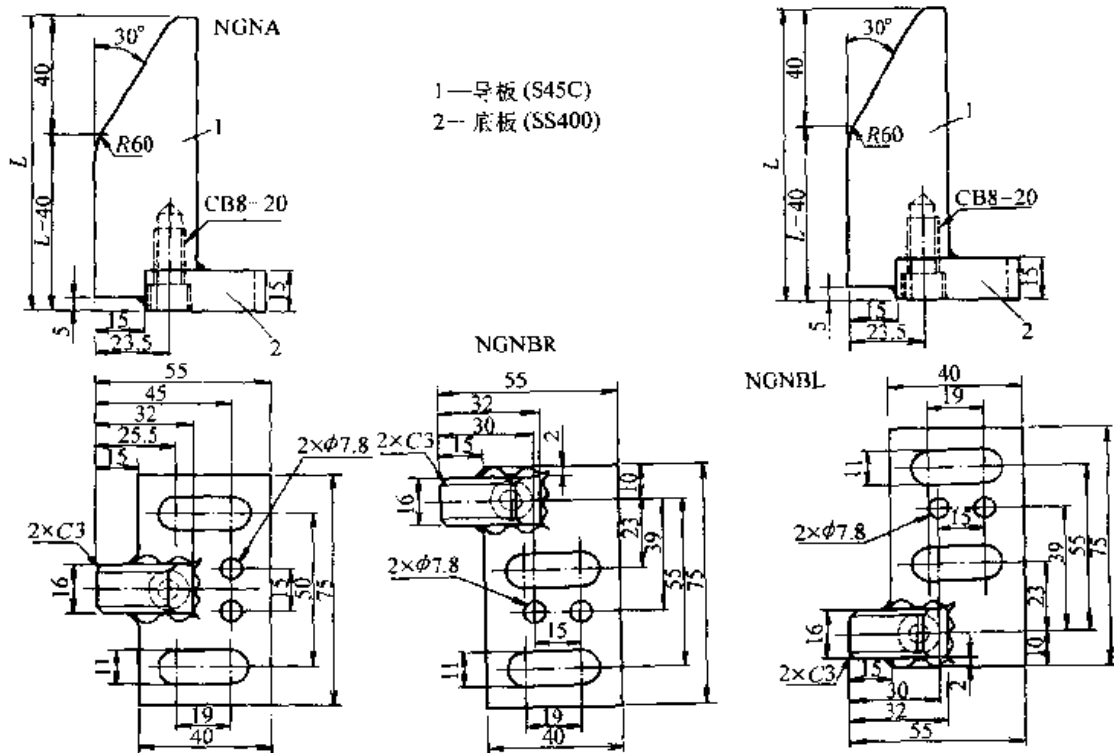


续表 22.8-88

M×P	F	L	Y	型号		M×P	F	T	L	Y	型号		P (按 0.1 mm 进位)			
				类型	D						类型	D				
6×1.0	12	15	10	TLDS	8	8×1.25	15	10	5	10	TLPS	10	8.0~9.0			
8×1.25	9				12×1.75							15	10	15	13	9.0~12.0
10×1.5	10														16	11.0~15.0
12×1.75	11				12	16×2.0	25	15	10	15		20	14.0~19.0			
16×2.0	12				14							25	18.0~24.0			
	13				15							20				

9.3 任意长度的嵌入式导向装置 (表 22.8-89)

表 22.8-89 任意长度的嵌入式导向装置 (mm)

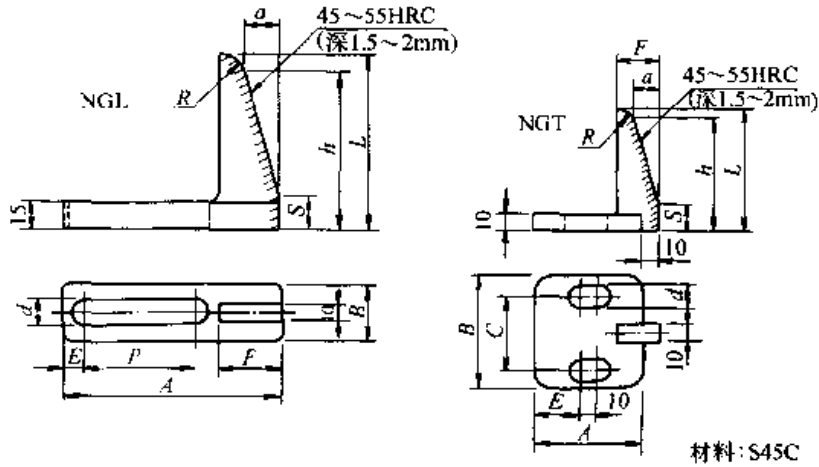


型号	L (按 5 mm 进位)
NGNA	60~100
	105~150
	155~200

型号	L (按 5 mm 进位)
NGNBR NGNBL	60~100
	105~150
	155~200

9.4 嵌入式导向装置 (表 22.8-90)

表 22.8-90 嵌入式导向装置 (mm)



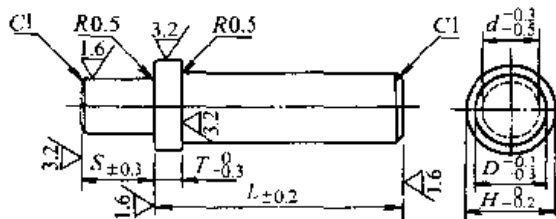
材料: S45C

L	A	B	P	E	F	d	S	h	a	R	型号	
											类型	L
50	85	20	30	17.5	20	11	10	45	10	10	NGL	50
70	100	25	35	20	25	14	15	65	15	10		70
100	120	32	40	22.5	35	18	20	90	20	18		100

L	A	B	C	E	F	d	S	h	a	R	型号	
											类型	L
50	50	55	35	20	20	11	10	45	10	10	NGT	50
70	60	65	40	25	25	14	15	65	15	10		70
100	65	75	45	27.5	35	18	20	90	20	18		100

9.5 托料钉 (表 22.8-91)

表 22.8-91 托料钉 (mm)



材料: S45C
硬度: 55 HRC~ (高频淬火)

d	T	H	型号		L (按 10 mm 进位)	S (按 1 mm 进位)
			类型	D		
10	8	18	LCP	13	130~120	10~20
					210~250	
13		21		16	160~200	
					210~300	
16	25	20	200~300	15~30		
			310~400			

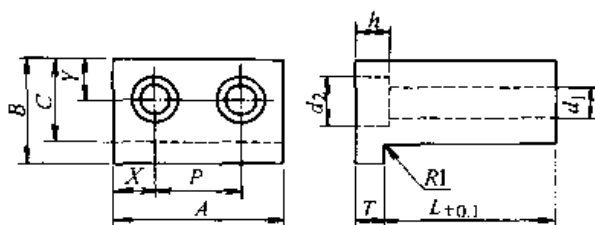
续表 22.8-91

d	T	H	型号		L (按 10 mm 进位)	S (按 1 mm 进位)
			类型	D		
20	8	30	LCP	25	250~300	15~40
					310~400	
					410~500	
25		40		32	250~300	15~50
					310~400	
					410~500	

9.6 托料板 (表 22.8-92)

表 22.8-92 托料板

(mm)



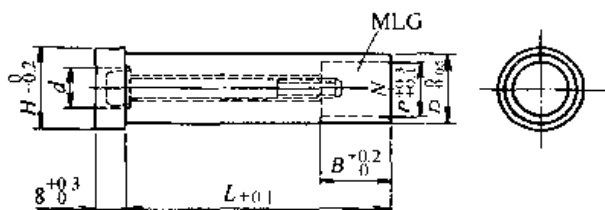
材料: S45C

型号		L (按 1 mm 进位)	B	T	C	X	Y	P	d ₁	d ₂	h
类型	A										
BST	60	40~80	38	10	30	15	15	30	11	18	12
	80	50~100	45	13	36	20	18	40	14	20	14
	100	60~120	60	15	50	25	25	50	18	26	18

9.7 磁性托料钉 (表 22.8-93)

表 22.8-93 磁性托料钉

(mm)



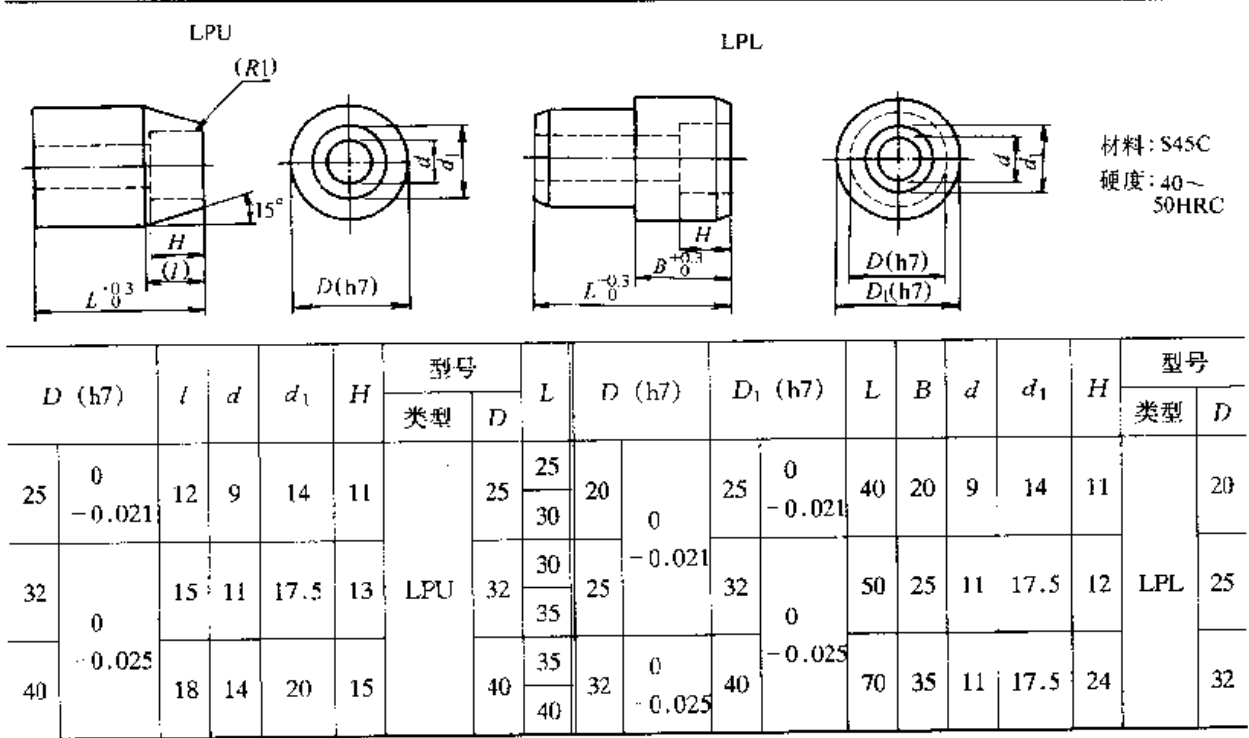
材料: SK4

硬度: 53~58 HRC

H	P	B	d	D	型号		L (按 1 mm 进位)
					类型	D	
23	16	25	11	20	MLP	20	35~90
28	20	30	14	25		25	40~100
35	28	35		32		32	45~100

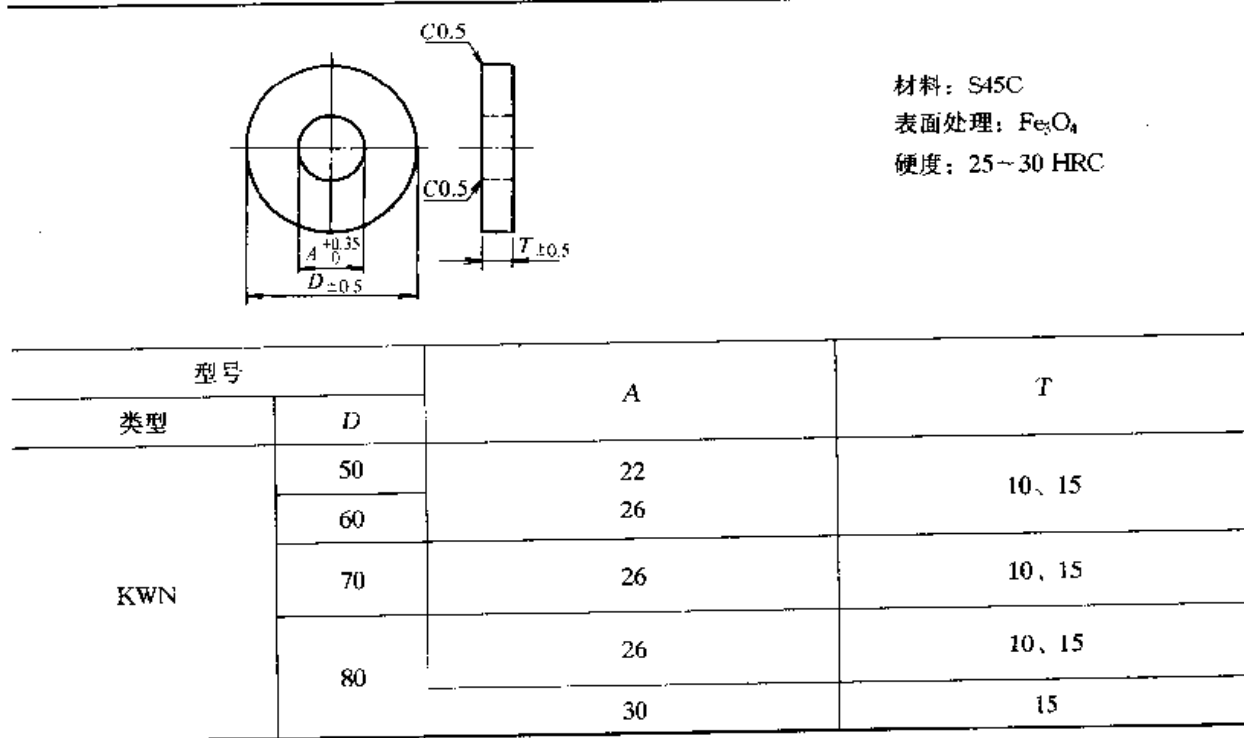
9.8 定位销 (表 22.8-94)

表 22.8-94 定位销 (mm)



9.9 夹紧垫圈 (表 22.8-95)

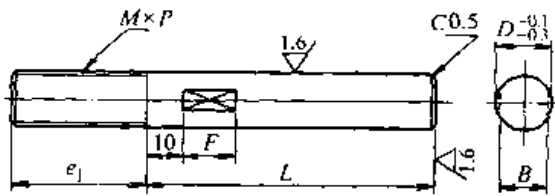
表 22.8-95 夹紧垫圈 (mm)



9.10 限位钉 (表 22.8-96)

表 22.8-96 限位钉

(mm)



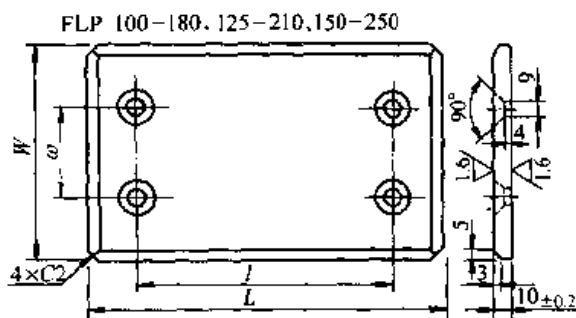
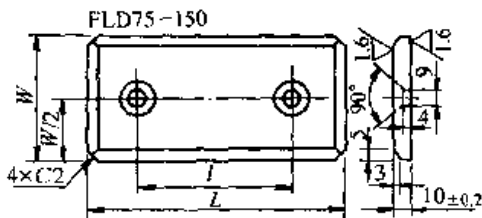
材料: S45C (端部高频淬火)
应用: NUT (IP)

M × P	B	F	l	型号		L									
				类型	D										
M10 × 1.5	8	13	30	KLP	10	60	80	100							
M12 × 1.75	10		36		12	60	80	100	120						
M16 × 2.0	13	50	16		80	100	120	140	160						
M20 × 2.5	16	60	20		100	120	140	160	180	200					
M24 × 3	18	75	24		120	140	160	180	200	220	240				

9.11 送料杆滑板 (表 22.8-97)

表 22.8-97 送料杆滑板

(mm)



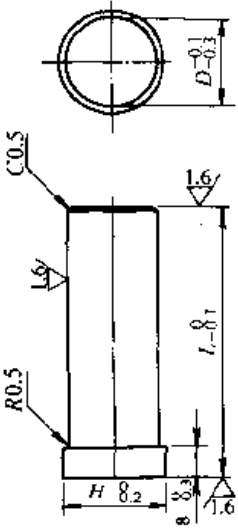
材料: 有专用润滑剂的尼龙树脂
硬度: 115~120 R

W	L	w	l	型号	
				类型	W - L
75	150	—	100	FLP	75 - 150
100	180	50	130		100 - 180
125	210	50	160		125 - 210
150	250	100	200		150 - 250

9.12 缓冲器销钉 (表 22.8-98)

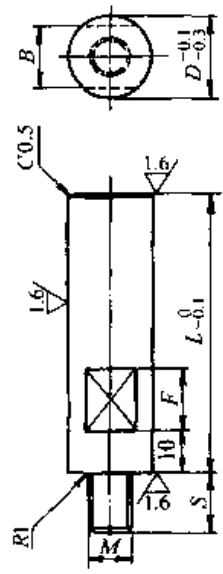
表 22.8-98 缓冲器销钉 (mm)

材料: S45C 硬度: 55 HRC~ (高频淬火)

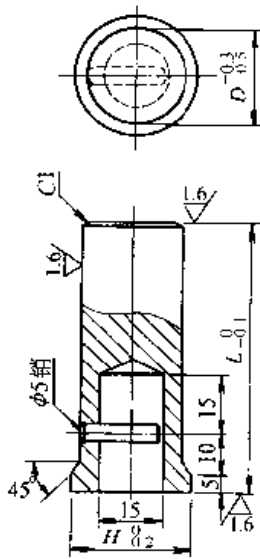


H	型号		L (按 10 mm 进位)
	类型	D	
15	HCUP	10	50~100
			110~150
			160~200
18		13	50~100
			110~150
			160~200
21		16	210~250
			50~100
			110~150
25		20	160~200
			210~250
			50~100

材料: S45C 硬度: 55 HRC~ (高频淬火)



M×P	S	B	F	型号		L (按 10 mm 进位)
				类型	D	
8×1.25	12	13	16	MCUP	16	50~100
						110~150
						160~200
						210~250
10×1.5	15	16			20	50~100
						110~150
						160~200
						210~250
12×1.75	18	18			25	50~100
						110~150
						160~200
						210~250
16×2.0	24	21	32	100~150		
				160~200		
				210~250		



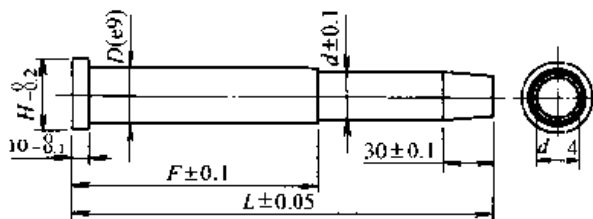
材料: S45C
硬度: 55 HRC~ (高频淬火)

H	型号		L (按 20 mm 进位)
	类型	D	
30	LCUP	25	80~160
			180~240
40		32	100~160
			180~240
45	38	100~160	
		200~280	
60	50	160~220	
		240~300	

9.13 精密缓冲器销钉 (表 22.8-99)

表 22.8-99 精密缓冲器销钉

(mm)

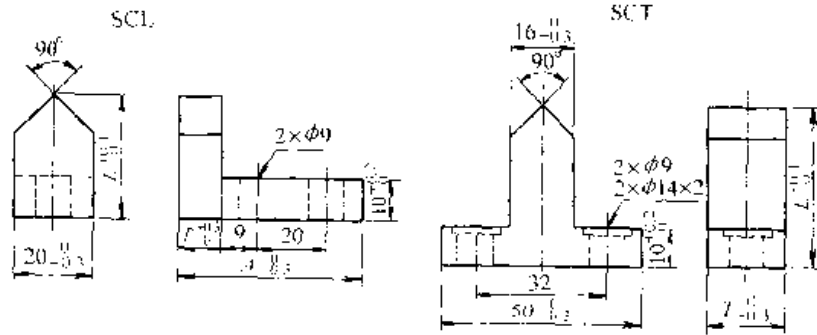


材料: S45C
硬度: 55 HRC~ (高频淬火)

D (e9)	H	d	型号		L (按 20 mm 进位)	F (按 5 mm 进位)
			类型	D		
32	40	31	TLCP	32	100~160	F ≤ L - 35
					180~240	
38	46	37		38	100~160	
					180~240	
50	58	49	50	50	260~340	
					360~440	
					160~220	
					240~320	
50	58	49	50	50	340~420	
					440~520	

9.14 通用废料切刀 (表 22.8-100)

表 22.8-100 通用废料切刀 (mm)



材料: SKD11
硬度: 60~65HRC

A	型号		L (按 1 mm 进位)	型号		L (按 1 mm 进位)
	类型	T		类型	T	
48	SCL	10	20~40	SCT	20	30~60
54		16			25	
63		25			30	

参考文献

- 1 中国标准出版社, 全国模具标准化技术委员会编, 中国机械工业标准汇编: 冲压模具卷, 上. 北京: 中国标准出版社, 1998
- 2 中国标准出版社, 全国模具标准化技术委员会编, 中国机械工业标准汇编: 冲压模具卷, 下. 北京: 中国标准出版社, 1998
- 3 许发铤主编, 模具标准应用手册. 北京: 机械工业出版社, 1994
- 4 全国模具标准化技术委员会, 桂林电器科学研究所, ISO 模具标准汇编. 桂林: 桂林电器科学研究所, 1998
- 5 MISUMI, Face Standard Components for Press Dies. Tokyo: MISUMI, 1996
- 6 中国机械工程学会, 中国机械设计大典编委会, 中国机械设计大典: 第 2 卷, 机械设计基础. 南昌: 江西科学技术出版社, 2002