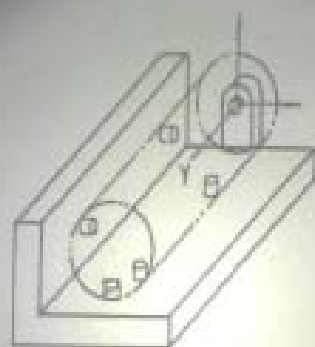
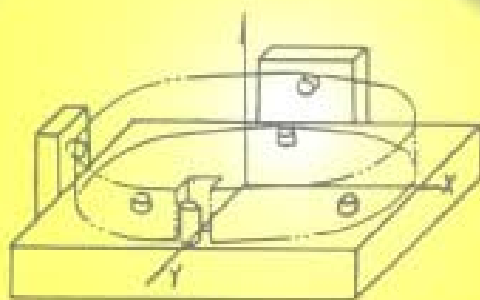
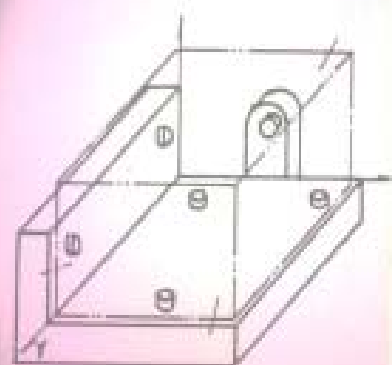
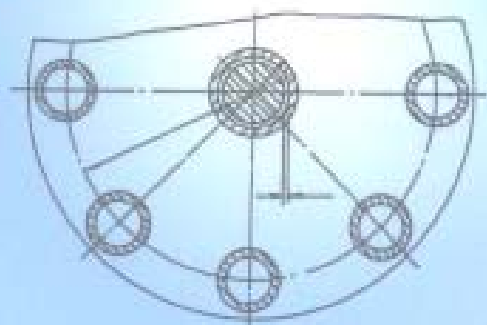


高等职业教育通用教材

工装设计

陈立德 主编



上海交通大学出版社

00011744

TG7

11

高等职业教育通用教材

工 装 设 计

陈立德 主编

HK85/13



C0487778

上海交通大学出版社

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 机床夹具设计

引言	5
第1章 工件的定位及定位元件	6
1.1 工件定位的基本原理	6
1.2 常用定位方式及其定位元件设计	16
1.3 定位误差	30
1.4 定位装置设计示例	47
习题与思考题	49
第2章 工件的夹紧及夹紧机构	51
2.1 工件的夹紧	51
2.2 常用的夹紧机构	54
2.3 夹紧方案设计分析	64
习题与思考题	64
第3章 夹具传动装置	66
3.1 气压传动装置	66
3.2 液压传动装置	68
3.3 气液增压传动装置	69
3.4 电力传动装置	71
3.5 其他机械化夹紧方法	73
习题与思考题	74
第4章 分度装置及夹具体	75
4.1 分度装置	75
4.2 夹具体	81
习题与思考题	85
第5章 机床通用夹具	86
5.1 车床类夹具	86
5.2 钻镗类夹具	92
5.3 铣床类夹具	101
习题与思考题	104
第6章 典型专用夹具设计	105
6.1 专用夹具的设计步骤	105
6.2 车夹具——非旋转体工件在车床上镗孔	116

6.3 铣夹具——多件铣切	120
6.4 机床夹具计算机辅助设计及半智能化设计简介	123
习题与思考题	126
第7章 现代机床夹具简介	127
7.1 通用可调夹具和成组夹具	127
7.2 组合夹具	128
7.3 数控机床夹具	137
习题与思考题	138

第二篇 模具设计

引言	141
第8章 冲压成形的基本理论	142
8.1 概述	142
8.2 冷冲压材料	145
8.3 板料冲压性能的试验方法	147
8.4 几个基本概念	150
习题与思考题	151
第9章 冲裁	152
9.1 冲裁过程变形分析	152
9.2 冲裁间隙	154
9.3 凸、凹模刃口尺寸	159
9.4 冲裁工艺力	159
9.5 排样与搭边	162
习题与思考题	165
第10章 冲裁模的结构与设计	166
10.1 冲裁模的分类和基本构造	166
10.2 冲裁模典型结构分析	168
10.3 凸、凹模设计	173
10.4 冲模设计	181
习题与思考题	185
第11章 弯曲	186
11.1 弯曲变形过程分析	186
11.2 最小弯曲半径	189
11.3 弯曲力	191
11.4 回弹	193
11.5 弯曲件毛坯尺寸的计算	196
11.6 弯曲模结构及其结构设计	197
习题与思考题	202
第12章 拉深	203

绪 论

1. 工装在机械制造中的作用与地位

机械制造业是国民经济的装备部,在国民经济中具有十分重要的地位。机械制造业提供的装备水平对国民经济各部门的技术进步有很大的和直接的影响。机械制造业的规模和水平是反映国民经济实力和科学技术水平的重要标志之一。

工艺装备通常是指机械制造中所用到的刀具、工卡具、量具、模具、辅具等的总称(简称为工装)。机械制造本身离不开工艺装备的应用。在很大程度上工艺装备决定了机械制造业的发展。工艺装备的水平是衡量一个工厂技术能力的重要技术指标。因此,工装在机械加工中起到了很重要的作用。

2. 工装设计课程的研究对象

工装设计的内容应该包括刀具、工卡模具及量具设计等。在传统教学计划中就有数门独立的课程来讲授工装设计。随着教改的深入,必须将课程进行优化与综合化,决不能简单地将工装设计四大部分的内容在一个“工装设计”名称下机械地组合而成一门“工装设计”课。现将以力学知识为基础的设计性质的内容,即机床夹具设计及模具设计组合而建立起一门新课程——“工装设计”课程(在“机械制造技术”课程中讲授刀具部分的内容),它是教改的产物。

本课程是一门重要的专业课。主要内容是阐述机械加工中工艺装备的作用、工作原理、设计方法与设计规律等。具体地说,本课程共分为两大篇:

第一篇机床夹具设计,其主要研究对象为:工件的定位和夹紧原理以及车、铣、钻、镗等各类机床夹具的设计;

第二篇模具设计,其主要研究对象为冲裁模、弯曲模、拉深模等冲压模具的设计。

3. 本课程的任务与要求

本课程的任务是通过学习本门课使学生初步达到具有工装设计的能力。具体要求如下:

第一篇:

- (1) 掌握机床夹具设计计算的基本原则和方法,并能合理地使用通用夹具;
- (2) 能对机床夹具进行结构和精度分析;
- (3) 初步具有根据零件的技术条件和查阅有关夹具设计标准、手册、图册等资料进行夹具设计。

第二篇:

- (1) 能进行冲裁、弯曲、拉伸等一些基本工序的工艺分析;
- (2) 掌握冲压工艺的基本计算方法;

- (3) 能根据具体条件的要求,确定冲压工艺方案的模具结构,选择恰当的冲压设备;
- (4) 初步学会应用各种计算公式、数据资料、手册标准进行模具设计。

4. 本课程的特点与学习方法

“工装设计”课程是一门理论与实践结合得很强的学科,因此在学习时必须十分注意到理论联系实际,同时又要注意综合地运用所学过的有关基础学科的知识;另外,在学习时还应广泛地查阅有关资料,熟悉有关手册,逐步提高分析和解决实际问题的工作能力。

第一篇 机床夹具设计

引 言

工件的定位及定位元件

工件的夹紧及夹紧机构

夹具传动装置

分度装置及夹具体

机床通用夹具

典型专用夹具设计

现代机床夹具简介

引 言

夹具是机械制造厂里使用的一种工艺装备,可分为机床夹具、焊接夹具、热处理夹具、装配夹具及检验夹具等,而用得最为广泛的是机床夹具,也是本书的主要研究对象,其他夹具均可参考其机床夹具的基本原理来解决之。

机床夹具(以下简称为夹具)是根据工艺规程的要求,在机床上用来固定(定位)和夹持(夹紧)工件或刀具以利于并加快加工过程的附属装置。

根据上述的定义,机床夹具可分为两大类:一类是用来安装并夹紧工件的附属装置,一般通称为夹具;另一类是用来安装并夹紧刀具的附属装置,一般通称为辅助工具。通用夹具、专用夹具等属于前一类;而钻卡头、丝锥卡头等属于后一类。

夹具、辅助工具与刀具均属于工艺装备。

机床夹具一般都按其使用特点和使用机床进行分类。按使用特点分为通用夹具、专用夹具、可调夹具和组合夹具。按使用的机床可分为车床夹具、铣床夹具、钻床夹具和镗床夹具等。其中专用夹具是指专为某一工件的某一工序而设计制造的夹具,一般在批量生产中使用。

夹具上的各种元件,分别把机床、刀具和工件连结成为一个整体,根据每种元件所起的作用可分为:

- (1) 定位元件 规定工件在夹具内位置的元件以及夹具在机床上位置的元件。
- (2) 夹紧机构 为了防止工件在加工过程中,由于切削力等力的作用使工件位置改变,必须将工件夹紧,执行夹紧工件的机构称为夹紧机构。
- (3) 传动机构 在气压、液压等机械化夹紧中产生力源的部件。
- (4) 分度机构 在加工过程中改变工件和刀具相对位置的机构。
- (5) 确定刀具方向和位置的元件 包括导向作用的钻套与对刀用的对刀块。

第1章 工件的定位及定位元件

1.1 工件定位的基本原理

1.1.1 概述

1. 定位

为了保证工件被加工表面的技术要求,必须使工件相对刀具和机床处于正确的加工位置,即工件的定位。在使用夹具的情况下,就要使机床、刀具、夹具和工件之间保持正确的加工位置。显然,工件的定位是其中极为重要的一个环节。

在工件定位之后,为了使工件在切削力等作用下能保持既定的位置不变,通常还需要再将工件夹紧,所以定位与夹紧是装夹工件的两个有联系的过程。若认为工件被夹紧后,其位置不能动了,所以也就定位了,这种理解是错误的。

本章着重研究工件在夹具中的定位和位置变动规律。

2. 基准

基准种类很多,这里仅讨论夹具设计中直接涉及到几种基准。

在工序图上用来确定本工序所加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准称为工序基准。

在加工中可作定位的基准称为定位基准。工件定位基准位置一确定,工件的其他部分的位置也就随之确定。通常定位基准是在制订工艺规程时选定的。如图1.1所示,工件的表面A和C由夹具支承元件1和定位元件2定位。由于工件是一个整件,工件上其他部分如表面B和D、中心线O等均与表面A和C保持一定的位置关系,从而相应得到定位。表面A和C就是工件的定位基准。

设计夹具时,从减小加工误差考虑,应尽可能选用工序基准为定位基准,即所谓基准重合原则。

3. 定位副

当工件以回转面(圆柱面、圆锥面、球面等)与定位元件接触(或配合)时,工件上的回转

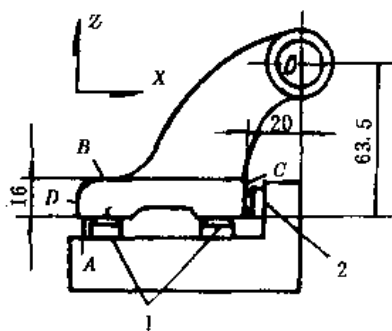


图1.1 工件的定位基准
1—支承元件; 2—定位元件

面称为定位基面,其轴线称为定位基准。如图1.2(a)所示,工件以圆孔在心轴上定位,工件的内孔面称为定位基面,它的轴线称为定位基准。与此对应,心轴的圆柱面称为限位基面,心轴的轴线称为限位基准。如图1.2(b)所示,工件的平面与定位元件接触时,工件上那个实际存在的面是定位基面,它的理想状态(平面度误差为零)是定位基准。如果该平面是精加工过的,形状误差很小,可以认为定位基面就是定位基准,即工件上与定位元件接触的平面就是定位基准。同样,定位元件的限位平面,一般都经过精加工,所以可认为限位基面就是限位基准,即定位元件的工作平面就是限位基准。

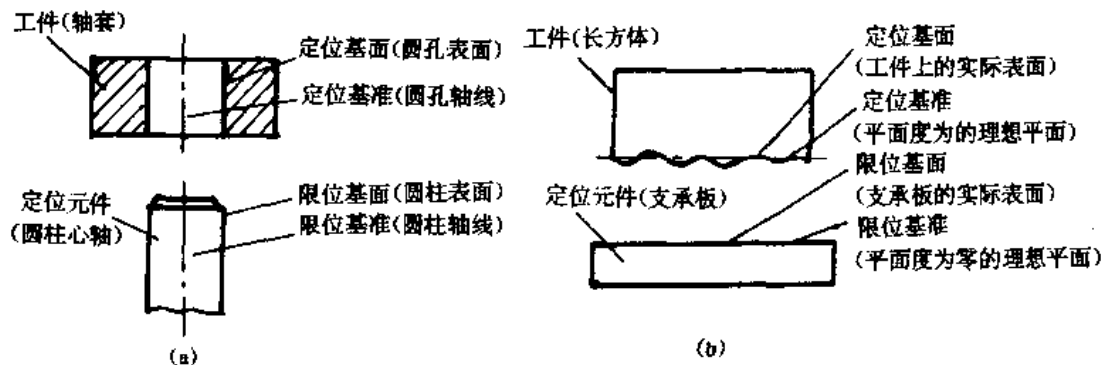


图1.2 定位副

工件的定位基面和定位元件的限位基面合称为定位副。如图1.2(a)中,工件的内孔表面与定位元件心轴的圆柱表面就合称为一对定位副。

当工件有几个定位基面时,限制自由度最多的定位基面称为主要定位面,相应的限位基面称为主要限位面。

1.1.2 六点定位规则

1. 规则

任何一个工件在夹具中未定位前,都可以看成为在空间直角坐标系中的自由刚体。如图1.3所示,它能沿 X, Y, Z 三个坐标轴移动,用 $\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$ 表示;也可绕这三个坐标轴转动,用 $\vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z}$ 表示,这被称之为工件具有六个自由度。要使工件在某方向上的位置确定,就必须限制工件在该方向上的自由度,为使工件在夹具中的位置完全确定,就需要将它的六个自由度全部予以限制。因此,可以说定位就是根据加工要求限制工件的自由度。

在分析工件定位时,可以将具体的定位元件抽象化,转化为相应的定位支承点,简称支承点。如图1.4所示,通常是用一个支承点限制工件的一个自由度,用适当分布的六个支承点限制工件的六个自由度,使工件在夹具中的位置完全确定。这就是常用的“六点定位规则”,简称“六点定则”。

2. 六点定位原理的应用

上述方形工件的六点定位是最易明了的一种典型情况。但六点定位也适用于其他形状

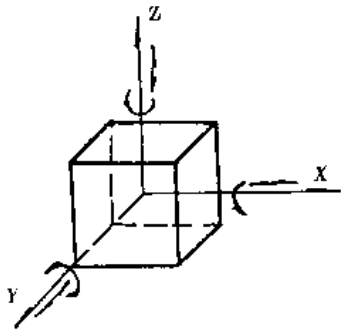


图1.3 刚体的六个自由度

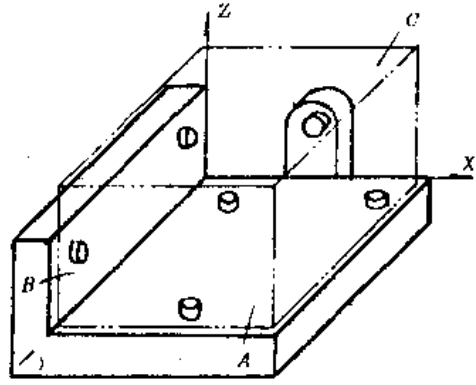


图1.4 工件的六点定位

的工件,只是定位点的分布方式有所不同。如图1.5所示为盘状工件的六点定位情况,平面放在三个支承点上,消除 \hat{Z} 、 \hat{Y} 、 \hat{X} 三个自由度;圆柱面与两个支承点相靠,消除 \hat{X} 、 \hat{Y} 两个自由度;再用一个点支承在槽的侧面,消除 \hat{Z} 一个自由度。如图1.6所示为轴类工件的一种六点定位情况,其中轴的圆柱表面放在四个支承点上,消除工件 \hat{X} 、 \hat{Z} 和 \hat{X} 、 \hat{Z} 四个自由度;轴端靠在一个支承点上,消除 \hat{Y} 一个自由度;槽侧面靠在一个支承点上,消除了 \hat{Y} 自由度。由此可得出结论:工件形状不同,定位基准不同,定位点的分布情况也会不同。

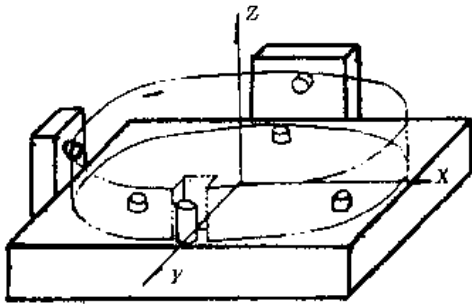


图1.5 盘类工件的六点定位

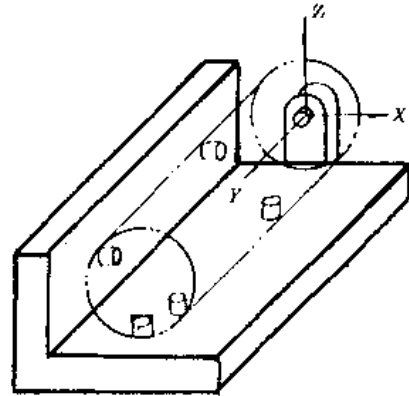


图1.6 轴类工件的六点定位


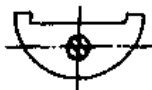

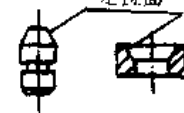
应该指出,应用六点定位原理分析工件在夹具中的定位问题时,不能认为未夹紧前工件还可相对定位元件反方向运动而判断其自由度未被限制。如图1.4所示,工件在夹具中虽可向右移动,但因脱离定位元件B已处于非正确安装位置,故应按紧靠B面来进行分析。特别应指出的是不能将“夹紧”与“定位”相混淆,即不能认为工件被夹紧后,就可以限制工件的自由度。

六点定位规则是工件定位的基本规则,用于实际生产时,起支承点作用的是具有一定形状的各种各样的定位元件。表1.1列出了夹具中常用定位元件所限制的自由度数。

3. 应用六点定位规则时应注意的问题

运用六点定位原理可以分析判断定位点的数目与布置是否合理。下面分析讨论定位时可能出现的几种情况:

表1.1 各种定位元件所能限制的自由度

简图及名称	限制的自由度	简图及名称	限制的自由度
 <p>定位面</p> <p>支承钉(光基准用)</p>	1	 <p>摇板</p>	1
 <p>定位面</p> <p>短圆棒销(与引接触)</p>	2	 <p>定位面</p> <p>圆锥销 圆锥套</p>	3

作台平面上(图1.7(b))。如图1.8所示,工件放在卧式铣床上铣阶梯面时,与加工要求有直接影响的只有 $\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}$ 和 \hat{X}, \hat{Z} 五个自由度,若采用如图1.8(b)所示定位方案,A面消除前三个自由度,B窄长面(相当于两个支承点)消除后两个自由度, \hat{Y} 方向无加工要求,可不加限制。这样不影响一批工件在夹具中的正确位置,既可保证加工精度,又可简化夹具结构。

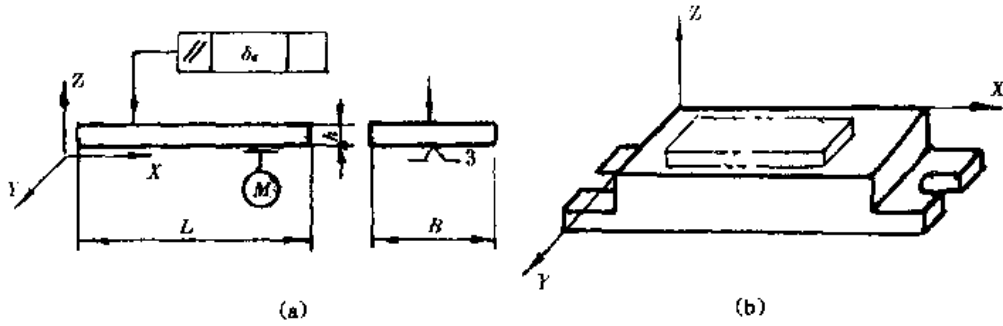


图1.7 工件在磁力工作台上安装

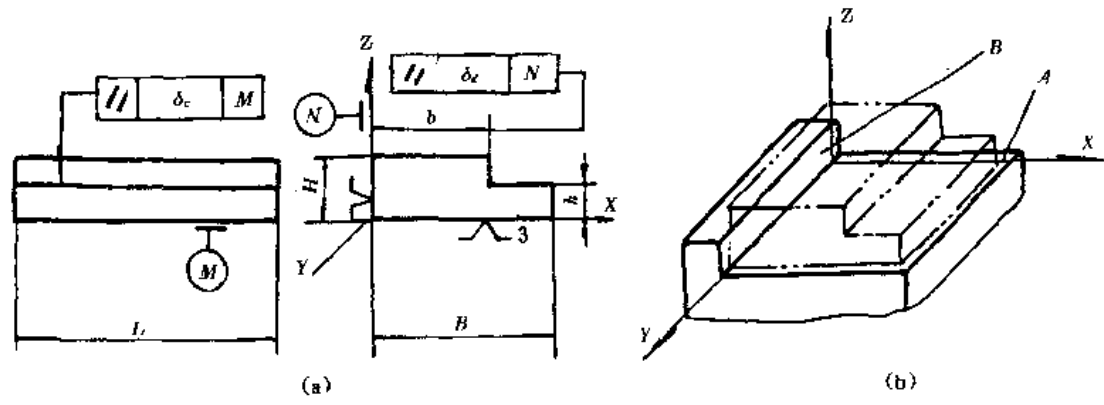


图1.8 工件在夹具中安装铣阶梯面

(3) 重复定位 工件在夹具中定位,如果工件上有某一自由度被两个支承点或多个支承点所重复限制时,这种定位方式称为重复定位。重复定位可能造成下列不良后果:

① 可能增加同批工件在夹具中位置的不一致性,使定位不稳定,影响定位精度,如图1.9所示为用四个支承钉支承一个平面的定位。四个点只消除 $\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}$ 三个自由度,属于重复定位。如果定位表面加工粗糙或未经加工毛坯面,这样实际上就只可能有三点接触。对于同一批工件来说,有的与这三点接触,有的则与另三点接触,造成位置不一致性,定位不稳定,影响定位精度。所以应改为三点支承,而且要用球面支钉,以使接触点更稳定。又如图1.10(a)所示轴承盖的定位,V形块限制工件的 $\hat{X}, \hat{Z}, \hat{X}, \hat{Z}$ 四个自由度,支承钉1和2又限制了工件的 \hat{Z} 和 \hat{Y} ,其中 \hat{Z} 被重限制,属

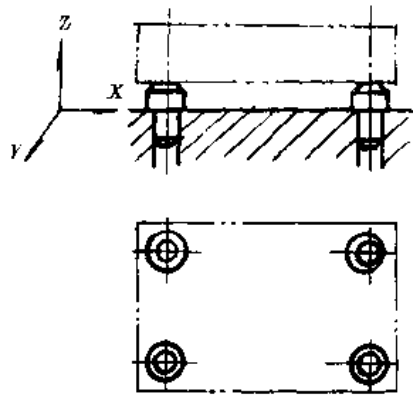


图1.9 平面的重复定位

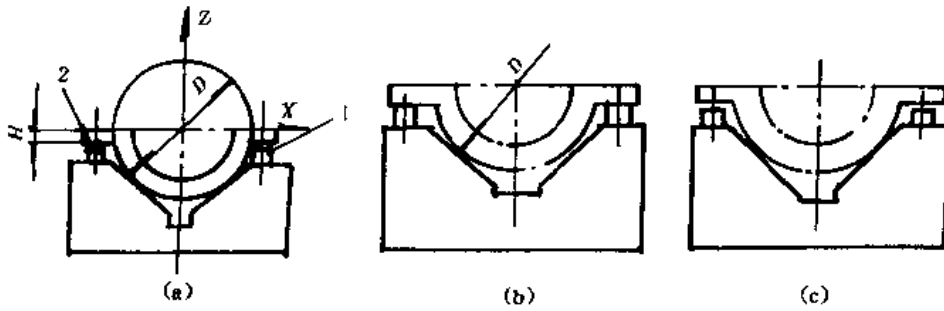


图1.10 轴承盖的重复定位

于重复定位。由于一批工件的定位基准尺寸 D 和 H 有制造误差,则可能出现图1.10(b)或图1.10(c)情况,因而影响定位稳定性。如将其改变为如图1.11所示的结构,即采用浮动自位支承,可沿 Z 方向移动,失去限制工件 \hat{Z} 的能力,但不影响限制工件的 \hat{Y} 自由度,从而避免重复定位。

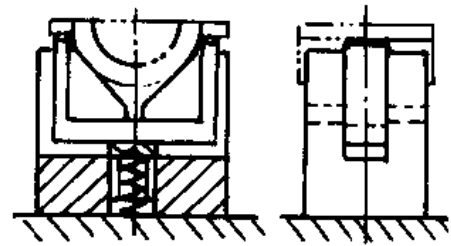


图1.11 避免重复定位的改进方案

② 可能阻碍工件顺利安装,如图1.12(a)所示为轴承座在夹具中定位。支承板1限制工件 $\hat{Z}, \hat{X}, \hat{Y}$ 三个自由度;短圆柱销2限制 \hat{X}, \hat{Y} 两个自由度;短圆柱销3消除 \hat{X}, \hat{Z} 两个自由度,其中 \hat{X} 被重复限制。由于工件和夹具的有关尺寸存在不同程度的制造误差,当配合间隙较小,而两中心距又出现极限偏差时,工件就可能像图1.12(a)那样的干扰而装不进去。如改成图1.12(b)所示,即将销3削边,使其失去限制工件 \hat{X} 的能力,即可避免重复定位现象。

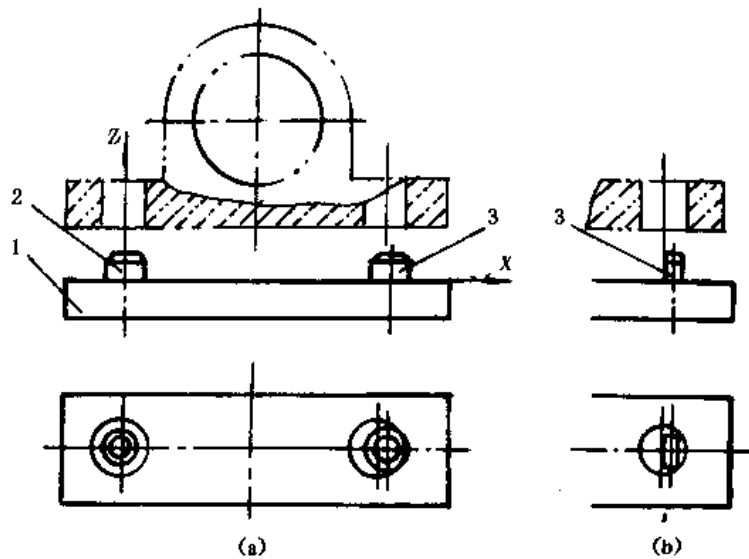


图1.12 避免重复定位的改进方案

③ 可能使工件或定位元件受力后产生加工要求不允许的变形,如图1.13(a)所示为连杆定位,支承板2消除工件的 $\hat{Z}, \hat{X}, \hat{Y}$ 三个自由度;长圆柱销1消除 $\hat{X}, \hat{Y}, \hat{X}, \hat{Y}$ 四个自由度;定位销3消除 \hat{Z} 一个自由度,其中 \hat{X} 和 \hat{Y} 被重复限制。由于连杆孔和定位销1的直径以及孔和销的中心与端面的垂直度均有制造误差,因而在夹紧时可能出现图1.13(b)或图1.13(c)所示的现象,使连杆或销1产生弯曲变形,从而降低了工件的位置精度。改进方案如图1.13(d)所示,采用短销代替原长销1,因短销只限制 \hat{X} 和 \hat{Y} 两个自由度,即可避免重复定位,防止上述变形现象。

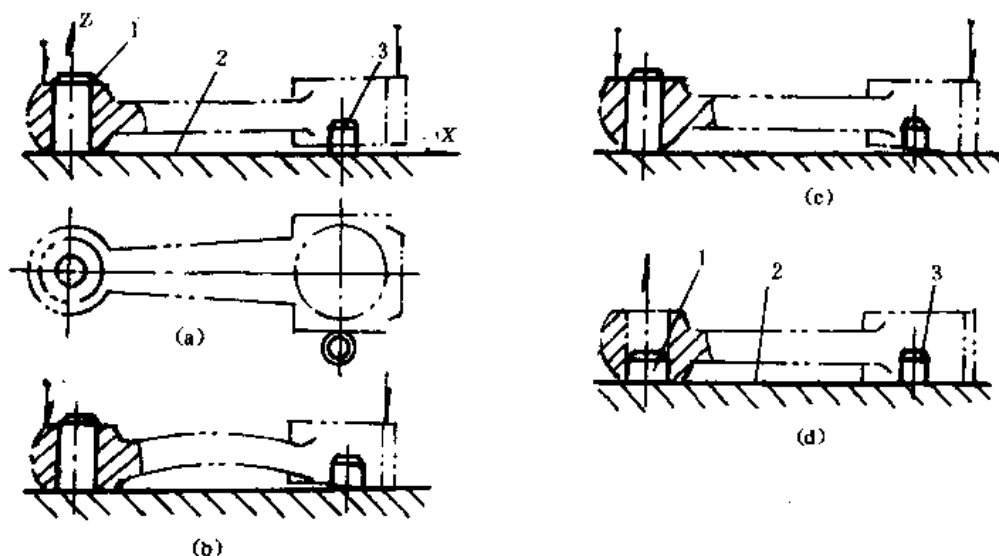


图1.13 连杆的重复定位及改进方案

由于重复定位有上述不良后果,一般来说是不允许的,应尽量避免。为了减少或消除重复定位造成的不良后果,可采取以下措施:

① 改进重复消除工件自由度的定位元件结构。如将图1.10、图1.12(a)、图1.13(a)分别改为图1.11、图1.12(b)、图1.13(d)。

② 提高工件定位基准和相应定位元件工作表面之间的位置精度,以减少“干扰”引起的不良后果。重复定位虽然一般应当避免,但在设计工装夹具时,对刚性差的工件为了提高工件与定位元件的接触刚度,防止切削力等引起工件的变形,有时为了提高加工的稳定性,常有意识地采用重复定位,但与此同时应有相应工艺措施保证。如图1.14所示为在滚齿机上加工齿轮时,常常是以工件的孔和一端面作为定位基准,即工件以孔套在长心轴1上,限制了工件 \hat{X} , \hat{Y} , \hat{X} , \hat{Y} 四个自由度;工件端面靠在支承凸台2的平面上,限制了 \hat{Z} , \hat{X} , \hat{Y} 三个自由度。显然 \hat{X} , \hat{Y} 被心轴和支承凸台重复限制,属于重复定位,但在实际生产中却允许采用的,应在工艺上采取相应措施。如将齿坯内孔和作基准的端面在一次装夹中先后加工出来;或者,内孔先精加工好,然后套在精密心轴(过盈心轴)上加工出端面,这样就可保证内孔和端面具有很高的垂直度。所以,尽管心轴和凸台重复限制了 \hat{X} 和 \hat{Y} ,也不会引起工件的安装不正或心轴弯曲变形,反而会提高工件在加工中的刚性和稳定性,保证加工精度,提高了刀具的耐用度。

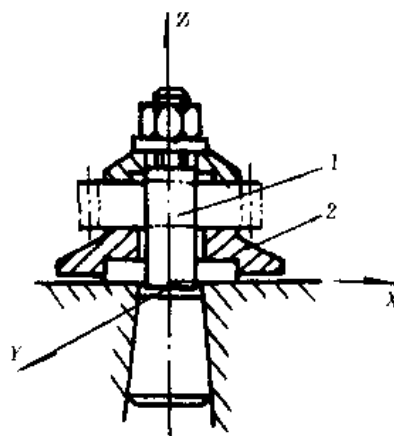


图1.14 滚齿时重复定位的应用

1—心轴; 2—支承凸台

图1.15是主轴箱孔系加工时的定位简图。两个短圆柱1限制工件四个自由度 \hat{Z} , \hat{X} , \hat{X} 和 \hat{Z} ;长条支承板2限制 \hat{Y} , \hat{X} 两个自由度,挡销3限制 \hat{Y} 一个自由度,其 \hat{X} 被重复限制,是重复定位。当主轴箱在夹具上定位时,可能出现长条支承板2只有一端与工件接触,或只有一个短圆柱1与工件接触两种情况,无论是哪种情况,都会使工件定位不稳定,夹紧后会变形。如用

一个支承钉替代长条支承板2支承在工件A面中部,可去除重复限制 \hat{X} 的支承点,消除重复定位。但是,工件的两角悬空,刚性差,镗孔时,在切削力的作用下容易振动,影响加工精度和表面粗糙度。

实际生产中,主轴箱的孔系加工一般都是采用图1.15所示的重复定位方式,这是由于主轴箱的两个定位基准面(V形面和A面)就是主轴箱在床身上的安装基面,加工精度很高,夹具的制造精度更高,安装“干扰”很小,刚性却大大提高。类似此类情况的实例在实际生产中很多,在此不再赘叙。

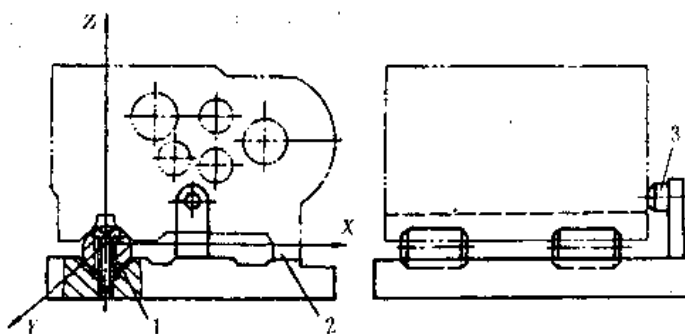


图1.15 主轴箱定位简图
1—短圆柱;2—长条支承板;3—档销

(4) 欠定位 工件在夹具中定位,如果根据加工要求应该消除的自由度未被支承点限制时,称为欠定位。欠定位是不能保证加工精度要求的,设计夹具时是不允许的。但是,在实际生产中,在工件批量不大时,有少数特殊形式的夹具,个别自由度是通过找正或用“假销”等元件限制的(加工时已取开),因此,不要从形式上误判成欠定位。

1.1.3 限制工件自由度与加工要求的关系

考虑工件定位方案时,应首先分析必须消除哪些自由度。影响加工要求的自由度必须限制,不影响加工要求的则需视具体情况而定,有时需消除,有时可不限。

分析需消除哪些自由度时,首先要考虑工件的形状特点。完整的球形工件,可不考虑消除绕三根轴的自由度 $\hat{Z}, \hat{X}, \hat{Y}$ (这里所说的工件形状是指本工序加工前的坯件形状)。然后再根据工序的加工要求确定必须消除的自由度,选择或设计适当的定位元件对工件进行定位,以保证这些自由度的消除。如图1.16所示为铣工件上通槽时,为保证槽底面与A面的平行度和尺寸 $60_{-0.2}^0$ 两项加工要求,必须限制 $\hat{Z}, \hat{X}, \hat{Y}$ 三个自由度;为保证槽侧面与B面的平行度及 30 ± 0.1 两项加工要求,必须限制 \hat{X}, \hat{Z} 两个自由度;至于 \hat{Y} ,从加工要求的角度看,可以

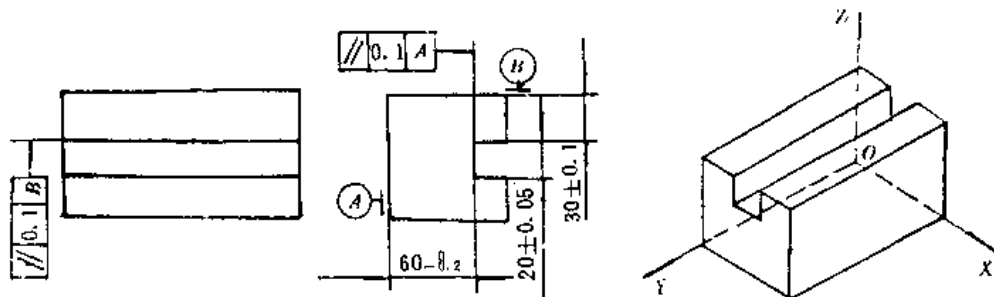


图1.16 按照加工要求确定必须限制的自由度

不加限制。因为一批工件逐个在夹具上定位时,各个工件沿Y轴的位置即使有变动,也不会影响加工要求。

表1.2 所列常见典型工件形状及工序加工要求所需限制的自自由度。

表1.2 满足加工要求所需限制的自自由度

工序简图	位置要求	机床及 刀具	需要限制 的自自由度
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 尺寸 B 2. 尺寸 H 3. 槽侧面与 N 面平行 4. 槽底面与 M 面平行 	立式铣床 立铣刀	\bar{X}, \bar{Z} $\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}$
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 尺寸 H 2. 尺寸 L 3. b 与轴线平行并对称 	立式铣床 立铣刀	$\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ \hat{X}, \hat{Z}
	通孔 <ol style="list-style-type: none"> 1. 尺寸 B 2. 尺寸 L 3. 孔中心线垂直 M 面 	立式钻床 钻头	\bar{X}, \bar{Y} $\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}$ $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ $\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}$
	不通孔		
	通孔 <ol style="list-style-type: none"> 1. 尺寸 L 2. 加工孔中心与轴 D 的轴线垂直并相交 	立式钻床 钻头	\bar{X}, \bar{Y} \hat{X}, \hat{Z} $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ \hat{X}, \hat{Z}
	不通孔		
	通孔 <ol style="list-style-type: none"> 1. 尺寸 R 2. 对孔 d 的角度位置 3. 圆孔与底面垂直 	立式钻床 钻头	\bar{X}, \bar{Y} $\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}$ $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ $\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z}$
	不通孔		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加工面 D 对 d 须同轴 2. 尺寸 L 	车 床	$\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ \hat{X}, \hat{Z}

1.1.4 定位及夹紧符号的标注

在选定定位基准及确定了夹紧力的方向和作用点后,应在工序图上标注出定位符号和夹紧符号。此种符号已有中华人民共和国原第一机械工业部1982 03 15发布,可参见表1.3。例如,在工序图中轮廓线标上 \wedge 3,其“3”表示定位件消除的自由度数;在轮廓线上标 \downarrow ,其箭头方向与夹紧力同向等等。

表1.3 定位夹紧符号

标注位置 分 类		独 立 联 动			
		标注在视图轮廓线上	标注在视图正面上	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面上
主要定位点	固定式				
	活动式				
辅助定位点					
机械夹紧					
液压夹紧					
气动夹紧					
电磁夹紧					

中华人民共和国原第一机械工业部1982 03 15发布。

1.1.5 对定位元件的基本要求

(1) 足够的精度 由于工件的定位是通过定位副的接触(或配合)实现的,定位元件上限位基面的精度直接影响工件的定位精度,即直接影响工件的加工精度。因此,定位元件上的限位基面应有足够的精度。

(2) 足够的强度和刚度 在外力作用下,定位元件可能发生较大的变形,从而影响加工精度,因此,应有足够的强度和刚度。

(3) 耐磨性好 工件的装卸会磨损定位元件的限位基面,为此要求限位基面要耐磨,以便长期保持定位精度。

(4) 工艺性好 定位元件要有良好的工艺性,便于加工、装配和更换。

1.2 常用定位方式及其定位元件设计

工件在夹具中的定位,是通过工件上的定位基准表面与夹具的定位元件的工作表面接触或配合来实现的。工件上被选作定位基准的表面常有平面、圆柱面、圆锥面和其他成形面及它们的组合,定位方法和定位元件的具体结构应与之相适应。

1.2.1 工件以平面定位

工件以平面作为定位基准,是生产中广泛选用的定位方式。如箱体、机座、支架、盘盖等类工件。分析定位时,可根据基准平面与定位元件工作表面接触面的大小或长短,判断定位元件所相当的支承点数目及其所限制工件的自由度。当接触面较大时,相当于三个支承点,限制三个自由度;窄长的接触面,相当于两个支承点,限制两个自由度;当接触面较小时,只相当于一个支承点,限制工件一个自由度。如图1.4所示为工件以三个互成 90° 的平面作定位基准在夹具中定位的情况。其中起主导作用的平面,称为第一定位基准或主要定位基准;起次要作用,消除工件两个自由度的平面,称为第二基准或导向基准;消除一个自由度的平面,称为第三定位基准或止推基准。

根据基准表面状况不同,定位方法和定位元件也不同。

1. 工件以粗基准平面定位

这平面通常指锻、铸后经清理的毛坯平面,其表面较粗糙,且有较大的平面度误差。如图1.17所示,当此面与定位支承面接触时,必为随机分布的三个点,形成三角形支撑面。对于每一个工件而言,此面各不相同。通常要采用呈点接触的定位元件,才能获得较为圆满的定位。粗基准平面常用的定位元件有支承钉和调节支承钉等。

2. 工件以精基准平面定位

工件的基准平面经切削加工后,可直接放在平面上定位。此平面具有较小的表面粗糙度和平面度误差,故可获得较精确的定位。常用的定位元件有支承板和平头支承钉等。

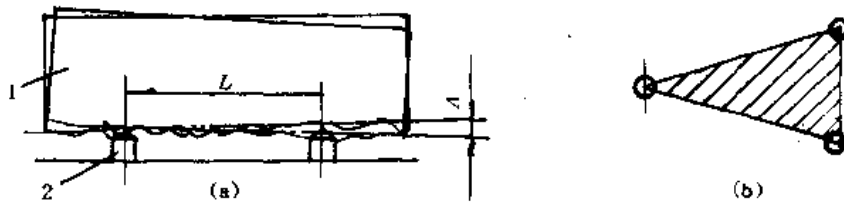


图1.17 粗基准平面定位的特点

(a) 支承点的随机性分布; (b) 合理的方法

1—工件; 2—定位元件

3. 定位元件

(1) 固定支承 这种支承装上夹具后, 一般不再拆卸或调节。它分为支承钉和支承板两种。

① 支承钉 如图1.18所示为各种固定式支承。图1.18(a)为平头支承钉(A型), 主要用于精基准定位; 图1.18(b)为球头支承钉(B型)能使其与粗基准面接触良好; 图1.18(c)为齿纹支承钉(C型), 可防止工件在加工时滑动, 但不易清除切屑。

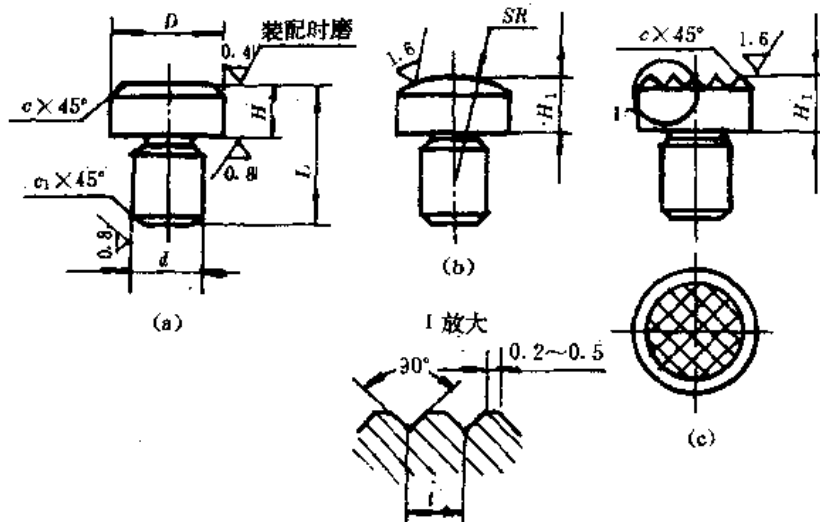


图1.18 支承钉(GB/T 2226-91)

② 支承板 如图1.19所示为支承板标准结构简图, 多半用于精基准平面定位。图1.19(a)为A型光面支承板, 结构简单, 便于制造, 沉头螺钉孔处积屑难清除, 宜作侧面或顶面支承; 图1.19(b)为B型带斜槽的支承板, 切屑易除, 宜作底面支承, 在以推拉式装卸工件的夹具和自动线上应用较多, 切屑在工件移动时进入斜槽排出。

当要几个支承钉(板)等高时, 可装配后一次磨削, 以保证它们限位基面在同一平面内。

支承钉、支承板等都已标准化, 可查阅国家标准《机床夹具零件及部件》, 或有关手册中选用。

(2) 可调支承 在夹具体上, 支承点的位置可调节的定位元件称为可调支承。如图1.20所示为常用的几种可调支承结构, 并已标准化。

可调支承主要用于工件以粗基准定位中。由于基准精度低, 各批毛坯的尺寸变化不一, 若用固定支承定位可能引起加工余量变化很大, 甚至造成某方向的余量不足, 此时可采用可

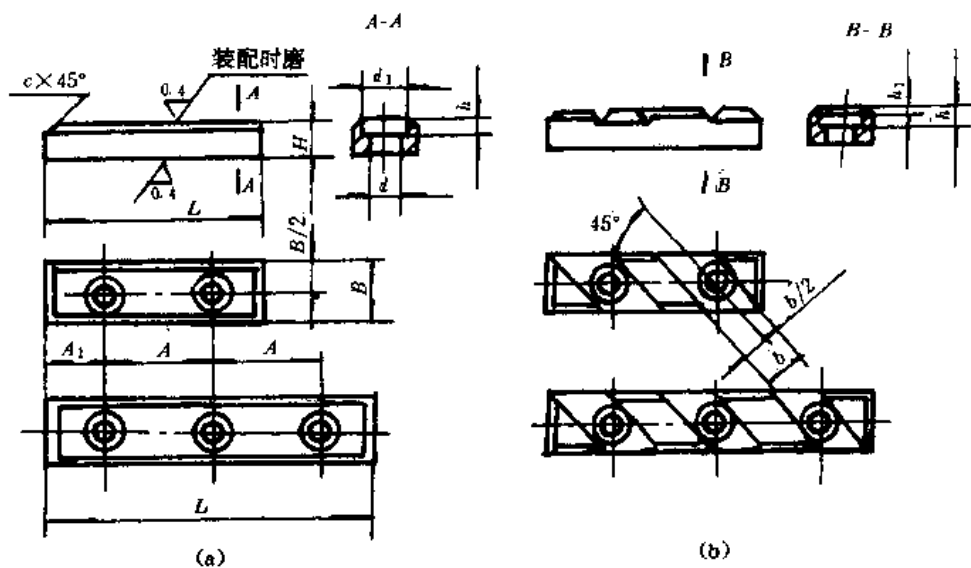


图1.19 支承板(GB/T 2236-91)

调支承。如图1.20所示工件为砂型铸件,先以A面定位铣B面,再以B面定位镗双孔。铣B面时,若用固定支承定位,由于一批中工件的定位基面A的尺寸和形状变化量较大,铣完后,B面与两毛坯孔(图1.20中的双点划线)的距离 H_1 、 H_2 的变化也较大,致使镗孔时余量很不均匀,甚至余量不够。因此,采用可调支承,可避免出现上述情况。对于小型工件,一般每批调整一次;工件较大时,常常每件都要调整。

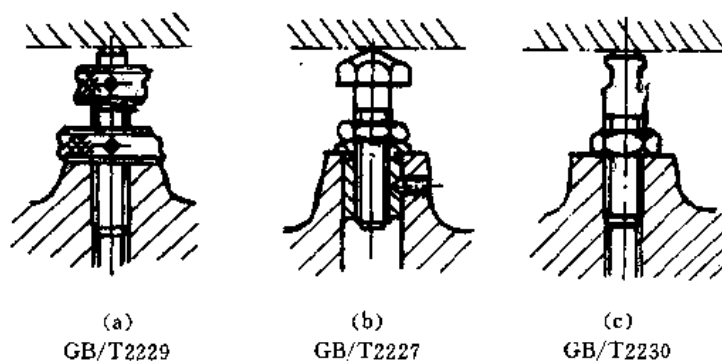


图1.20 各种可调支承

利用同一夹具,加工形状相似而尺寸不同的工件时,也可采用可调支承。如图1.21(b),

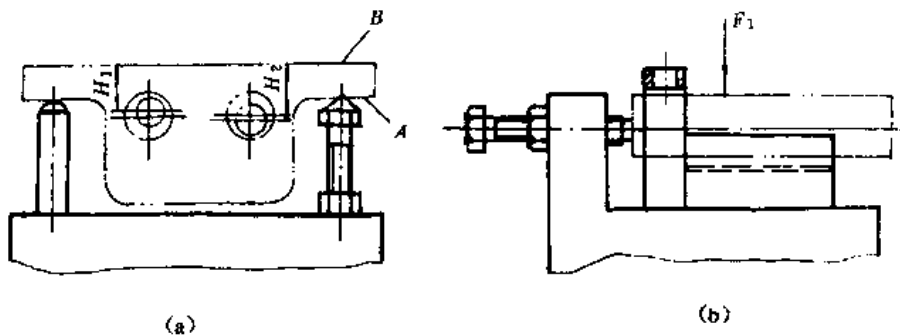


图1.21 可调支承的应用

轴上钻径向孔。对于孔至端面的距离不等的几种工件,只要调整支承钉的伸出长度便可加工。

应该注意,可调支承一般在一批工件加工前调整一次。在同一批工件加工中,其作用就相当于固定支承。

(3) 自位支承 自位支承又称浮动支承。自位支承在对工件定位的过程中,其支撑点的位置可随工件定位基准面位置的变化而自动与之相适应。因此,自位支承在结构上具有可移动或转动的浮动元件,如图1.22(a)、图1.22(b)所示为两点式自动位支承,图1.22(c)为三点式自位支承。自位支承形式上与工件有两点、三点或四点以上的接触,实际上每一个自位支承仍然只起一个固定支承点的作用,只限制一个自由度。

如果加工时的外力可能使工件定位不稳定,必要时可设计锁紧机构,将每次定位后的浮动元件锁紧。当必须保证浮动元件的理想支承点与其他固定支承的工作表面等高时,也往往在装配后将其锁紧在理想位置,再补充加工。

(4) 辅助支承 辅助支承用来提高工件的装夹刚度和稳定性,而不起定位作用的元件。辅助支承的结构形式很多,如图1.23所示为最常见的几种。

① 螺旋式辅助支承 图1.23(a)为结构最简单,但调节时,需要转动支承1,这样可能会损伤工件定位面,甚至带动工件破坏定位;图1.23(b)所示结构避免了这种缺点,调节时转动螺母2,支承1只作上下直线移动。

这种辅助支承的缺点是动作较慢,拧出时用力不当,会破坏工件定位。

② 自位式辅助支承 如图1.23(c)所示,弹簧2推动支承1与工件接触,用滑块3将工件锁紧。支承1上的斜面角不能大于自锁角,否则锁紧时会使支承顶起工件而破坏原定位,一般 α 角取 $7^\circ\sim 10^\circ$ 。

③ 推引式辅助支承 如图1.23(d)所示,工件定位后,推动手轮3使滑销1与工件接触,然后转动手轮使斜楔2开槽部分涨开而锁紧。

各种辅助支承在每次卸下工件后必须松开,装上工件后再调整、锁紧。

4. 提高平面支承刚度的方法

工件因尺寸形状或因局部刚度较差受力后容易变形,影响加工精度。因此设计夹具时,如何提高工件的定位刚度应与工件的定位和夹紧方案同时考虑。常常采用辅助支承,如图1.23所示。在适当的部位增加支撑点,以防止工件受力变形或位移,同时又不会造成重复定位的不良后果。工件以精基准而定位时,可辅以适当增大支承元件的支承面,但工件的基准面和支承件的支承面必须有足够的精度。

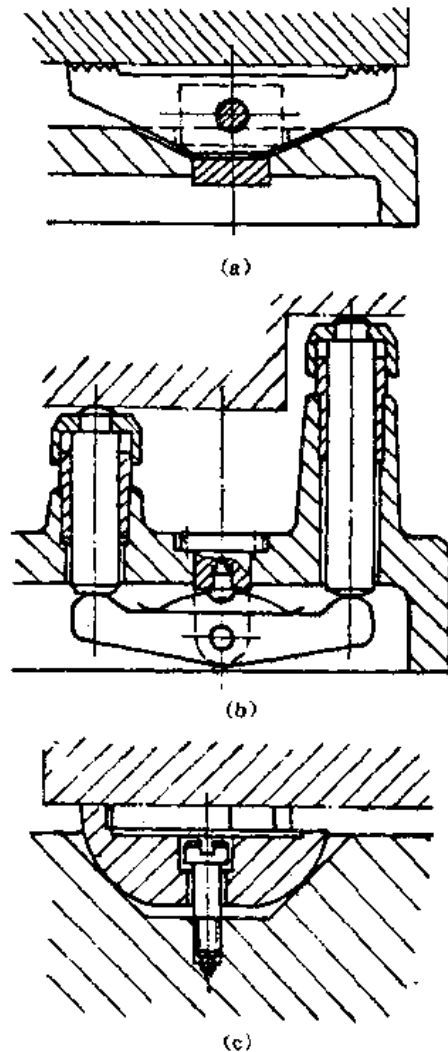
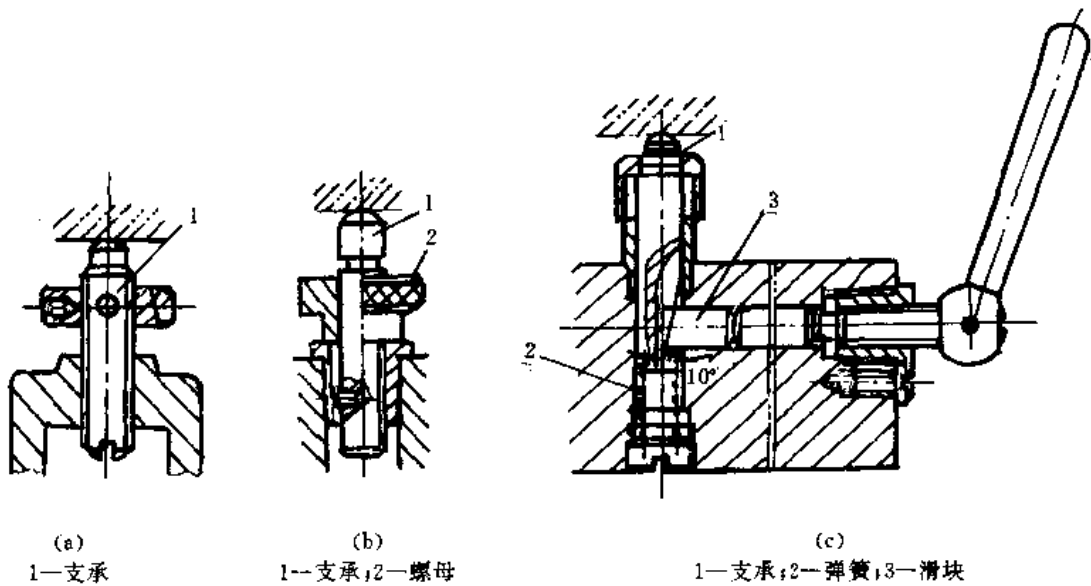


图1.22 自位支承



1.2.2 工件以圆柱孔定位

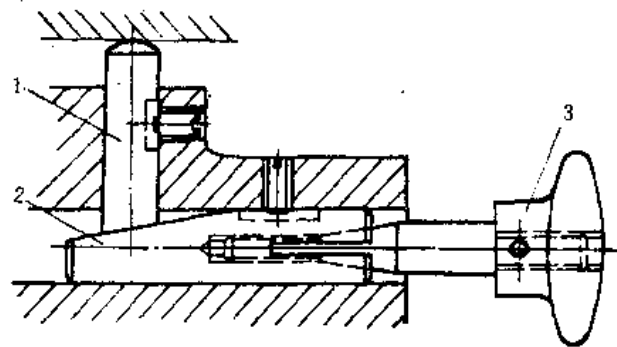
工件以圆孔内表面为定位基准，是生产中常见的定位方式之一。常用的定位元件有定位销和定位心轴等。

1. 定位销(圆柱销)

定位销可分为固定式、可换式和伸缩式三种，每种又有圆柱销和削边销之分。

定位销主要用于直径在50mm

以下的中小孔定位。如图1.24所示为常用定位销的结构。图1.24(a)所示小圆销，用于 $D=1\text{mm}\sim 3\text{mm}$ 的小孔定位，仅有固定式。图1.24(b)用于 $D>3\text{mm}\sim 10\text{mm}$ 的小孔定位，直径 $d<10\text{mm}$ 的小销，为了增加强度防止使用中断裂或热处理时淬裂，台肩上部采用了过渡圆角，并将圆角部分装入沉孔，以免与工件发生干涉。图1.24(c)为 $d>10\text{mm}\sim 18\text{mm}$ 的凸肩定位销，与夹具体连接时有较好的稳定性。直径 $d>18\text{mm}$ 的定位销可做成图d所示形式，上部不带台肩。图1.24(e)为可换式定位销用于 $D>3\text{mm}\sim 50\text{mm}$ 的定位孔，便于磨损后更换。图1.24(f)和图1.24(g)为削边销， $d>3\text{mm}\sim 50\text{mm}$ ，有带肩和不肩之分。上述定位销均已标准化。图1.24(h)为伸缩式定位销，主要用于组合机床和自动线夹具及大型通用机床夹具，可方便地以推拉方式装卸工件，也可防止大型工件吊装时碰伤定位销。伸缩式定位销的控制有手动式、机械式和液压式等多种方式，设计时可参考《组合机床设计参考图册》。



(d)
1—滑销；2—斜楔；3—手枪

图1.23 辅助支承

2. 圆锥销

圆锥销是与工件孔缘接触定位的。如图1.25所示为工件孔缘在锥销上定位状况。圆锥销限制了工件的 \vec{X} 、 \vec{Y} 和 \vec{Z} 三个自由度。图1.25(a)用于精定位基面，图1.25(b)为削边销，用于未加工的孔定位。

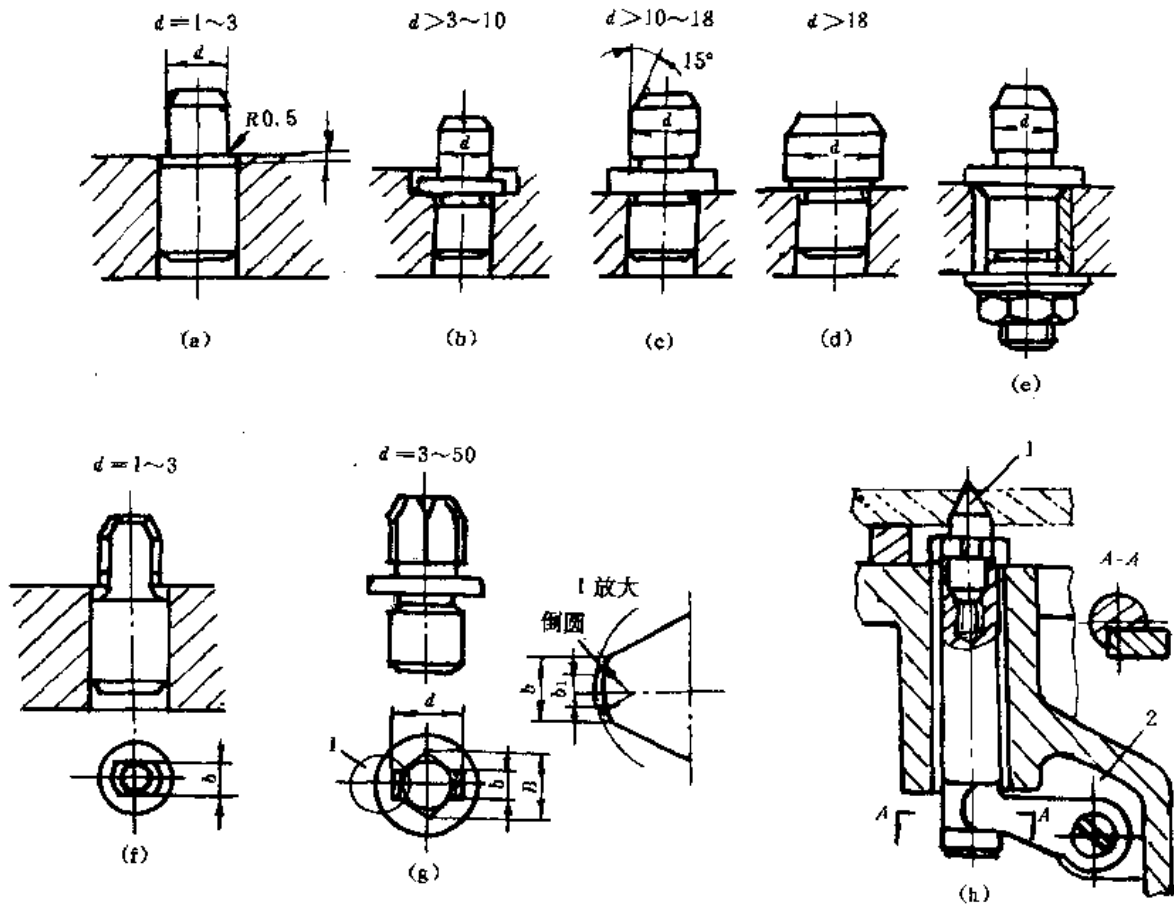


图1.24 定位销

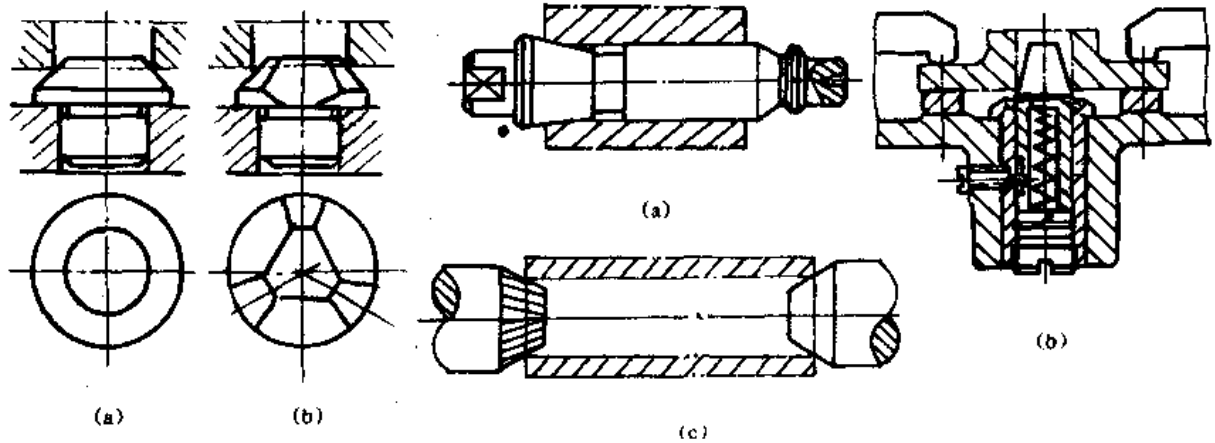


图1.25 圆锥销

图1.26 圆锥销组合定位

工件在单个圆锥销上定位容易倾斜,为此,圆锥销一般与其他定位元件组合定位。如图1.26所示,图1.26(a)为圆锥-圆柱组合心轴,加圆锥部分使工作准确定心,圆柱部分可减少工件倾斜。图1.26(b)以工件底面作主要定位基面,圆锥销是活动的,即使工件的孔径变化量较大,也能准确定位,避免了重复定位。图1.26(c)为工件在双圆锥销上定位。以上三种定位方式均限制了工件五个自由度。

3. 定位心轴

套类和盘类工件加工时,为保证外圆和端面与内孔轴心线间的位置精度,常以孔作为定

位基准,在心轴上定位加工外圆和端面等。定位心轴种类较多,在很多工厂中有自己的厂标,如图1.27所示为常用的刚性心轴的结构型式。

图1.27(a)所示的是间隙配合心轴,工件孔径为 D 时,心轴定位部分的直径以 D_{\min} 为基本尺寸,按 $h6$ 、 $g6$ 或 $f7$ 制造,由于间隙配合,所以安装方便,但定心精度不高。采用带凸肩的快卸开口垫圈,可防止其在旋转时甩出。

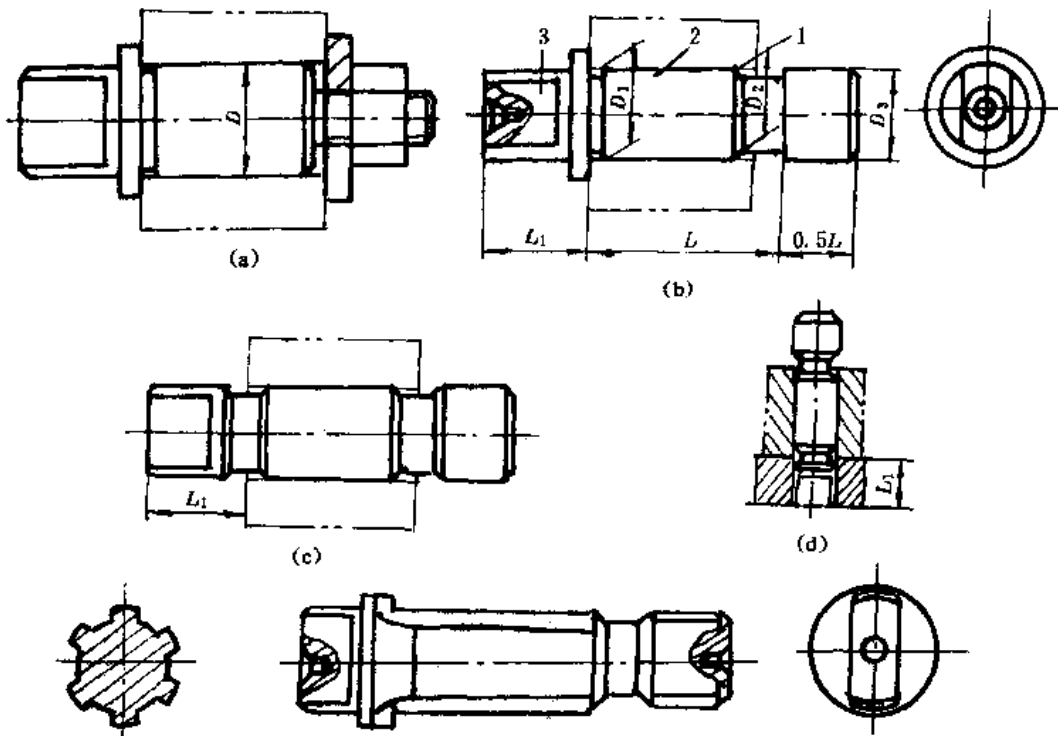


图1.27 刚柱心轴

1—引导部分 2—定位部分 3—传动部分

图1.27(b)和图1.27(c)为过盈配合心轴。主要由引导部分1、定位部分2和传动部分3组成,凹槽部分为空刀槽,作车工件端面时用。引导部分 D_3 以 D_{\min} 为基本尺寸,按 $e8$ 制造,定位部分为圆柱形,即 $D_1 = D_2$,并以孔的最大极限尺寸 D_{\max} 为基本尺寸,按 $r6$ 制造。当工件孔的长径比 $L/D > 1$ 时,定位部分应略呈锥度,此时 D_1 以 D_{\max} 为基本尺寸,按 $r6$ 制造, D_2 则以 D_{\min} 为基本尺寸,且按 $h6$ 制造。如图1.27(c)所示心轴,可在一次安装中同时加工外圆和两端面。工件的轴向位置 L_1 可在压入工件时用定位套保证(图1.27(d))。过盈心轴,制造简单,定心精度高,能同时加工两端面,不用另设夹紧装置,但装卸工件不便,且易损伤工件定位孔。因此,多用于批量不大而定心精度要求高的较小工件。图1.27(e)是花键心轴,用于加工以花键孔定位的工件。当工件定位孔的长径比 $L/D > 1$ 时,工作部分可稍带锥度。设计花键心轴时,应根据工件的不同定心方式来确定定位心轴结构,其配合可参考上述两种心轴。

心轴在机床上的常用安装方式如图1.28所示。

为保证工件的同轴度要求,设计心轴时,夹具总图上应标注心轴各限位基面之间、限位圆柱面与顶尖孔或锥柄之间的位置精度要求,其同轴度可取工件相应同轴度的 $1/2 \sim 1/3$ 。

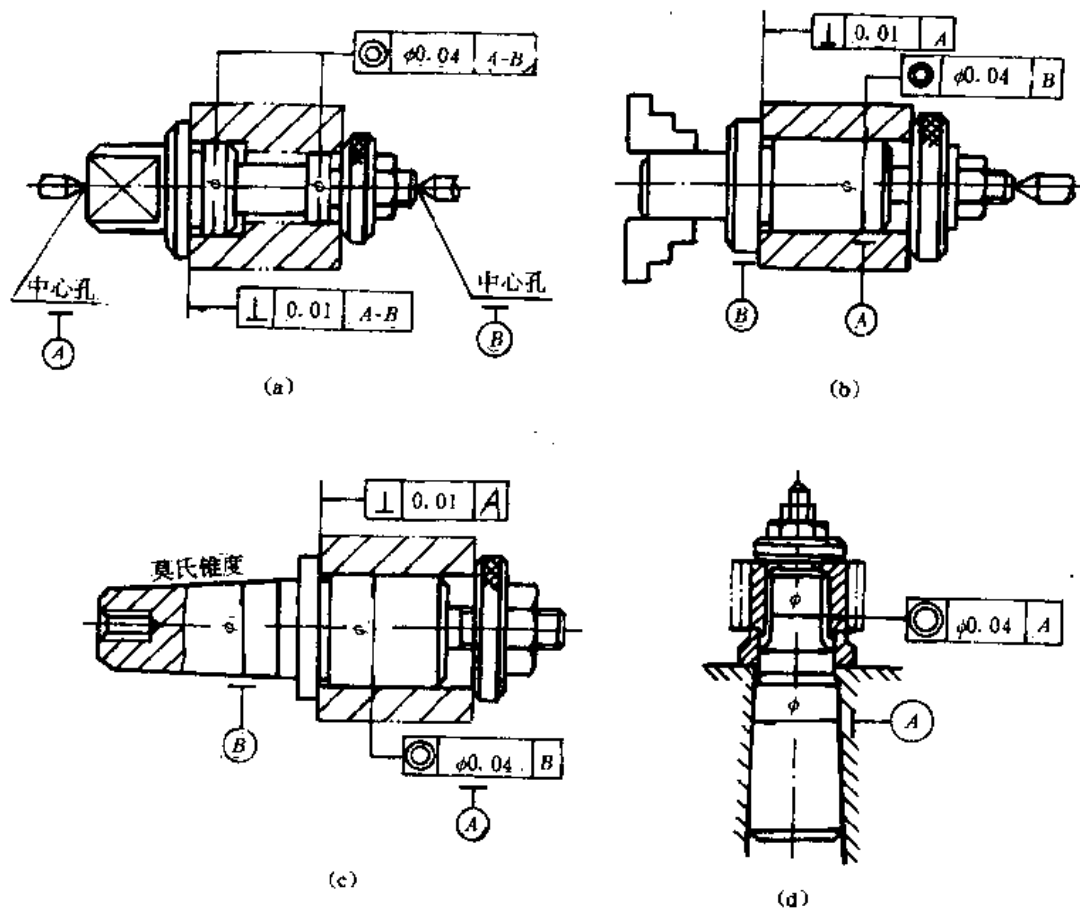


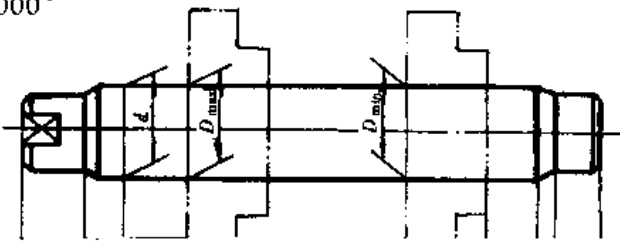
图1.28 心轴在机床上的安装方式

1.2.3 工件以圆锥孔定位

1. 圆锥形心轴(锥度心轴 GB/T12875-91)

如图1.29所示,工件在锥度心轴上定位,并靠工件定位圆孔与心轴限位圆柱面的弹性变形来夹紧工件。通常锥度取为 $K = \frac{1}{5000} \sim \frac{1}{1000}$ 。

这种定位方式的定心精度较高,可达 $\phi 0.02\text{mm} \sim \phi 0.01\text{mm}$ 。但工件的轴向位移误差较大,适用于工件定位孔精度不低于 IT7 的精车和磨削加工,不能加工端面。



长,刚性下降。所以心轴的长径比一般为 $L/d < 8$ 。当 L 过长时,可将工件孔按公差范围分成 2 组~3 组,每组设计一根心轴。

2. 圆锥闷头

生产中,对于批量较小、孔径 D 较大,长度较长的套筒类零件时,常采用如图 1.30 所示的圆锥闷头,制作成本及花费的材料较心轴要少得多。一般, d 的基本尺寸为定位孔最大极限尺寸 D_{max} ,按 $r6$ 制造。应特别指出的是在制作闷头时,圆锥面与顶尖孔必须是在一次装夹同时加工(即基准统一)的,以保证顶尖孔与圆锥之间的同轴度,只有用这样的闷头定位的工件,经车或磨削的工件其外圆与定位孔的位置精度才能得到保证。

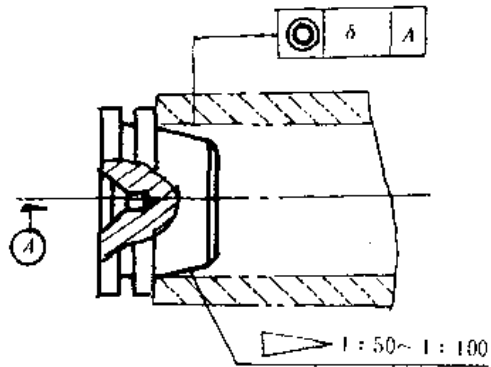


图1.30 圆锥闷头示意图

这类工件粗、半精加工时,实际生产中常用帽顶定位,如图 1.31 所示为常用的帽顶结构图。图 1.31(a) 结构简单,制作方便,直接垫在活顶尖上对工件定位,一般用于定位孔径较小的工件定位。图 1.31(b) 实际上是大型活顶尖,锥形帽与锥柄之间装有轴承,一般用于定位孔径较大的工件定位。以上几种定位件,有些厂家已有自己的标准。

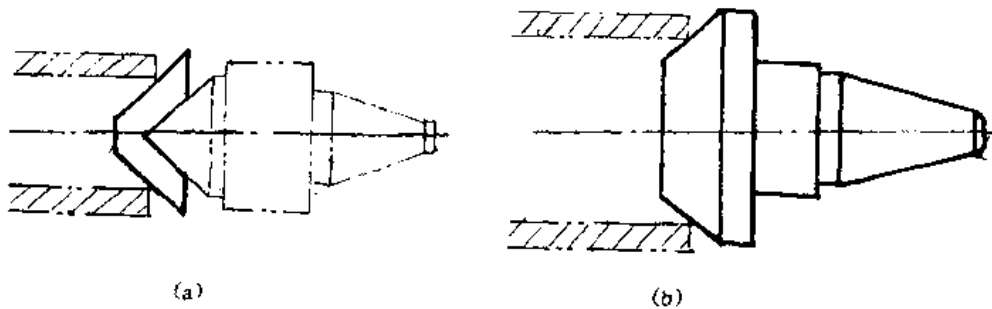


图1-31 帽顶结构图

1.2.4 工件以外圆柱面表面定位

工件以外圆柱面作为定位基准,也是生产中常见的定位方式。与之相适应的定位元件,根据其外圆柱面的完整程度、加工要求等,可以采用 V 形块、定位套、半圆孔及定心夹紧装置等。

1. V 形块

V 形块作为定位元件,不仅安装工件方便,而且定位对中性好。不论定位基准是完整的还是非完整或阶梯的圆柱表面,不论是粗基准还是精基准,都可采用 V 形块定位。V 形块既可作为主要定位,又可作为辅助定位元件。因此,V 形块应用范围广泛。

V 形块的结构型式,取决于它所起的作用和工件的结构、尺寸、精度及生产批量。如图 1.32 所示为常用的 V 形块结构型式。图 1.32(a) 用于较短的精定位基面;图 1.32(b)、图 1.32

(c)用于较长的或阶梯轴定位面,其中图1.32(b)用于粗定位基准,图1.32(c)用于精定位基准;图1.32(d)用于工件较长且定位基准直径较大的场合,此时V形块不必做成整体的钢件,可在铸铁底座上镶装淬硬支承板或硬质合金板。上述V形块在用作粗基准或阶梯定位时,V形块工作面长度应为2mm~5mm,以提高定位稳定性(见图1.32(b))。

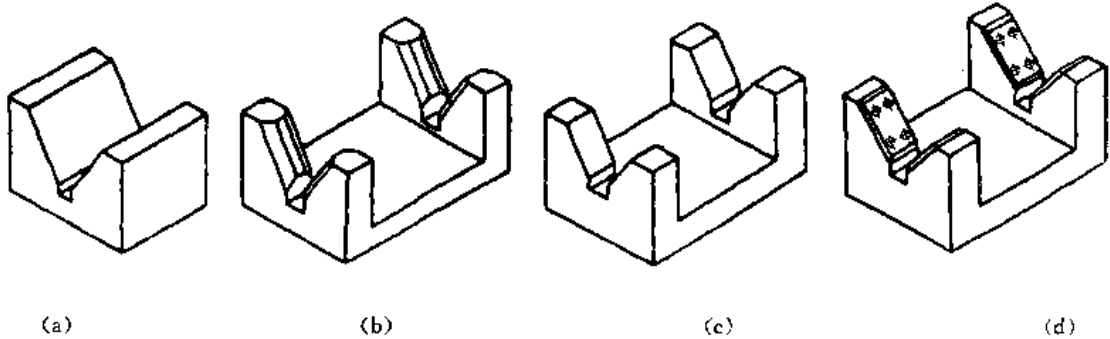


图1.32 V形块的结构型式

V形块有活动式(GB/T2211-91)、固定式(GB/T2209-91)和可调整式(GB/T2210-91)之分。固定式V形块可限制工件两个或四个自由度。活动式V形块的应用如图1.33所示。图中左边的固定式V形块限制工件两个自由度,右边的活动V形块限制一个转动自由度。同时,还兼有夹紧作用。

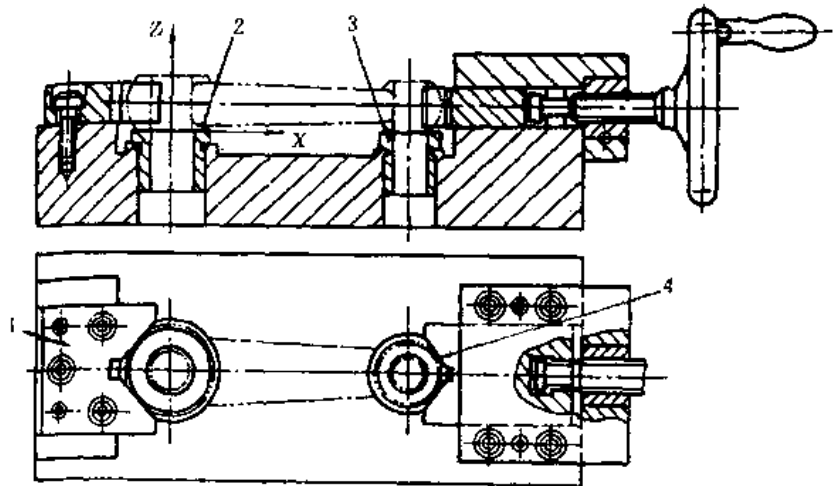


图1.33 V形块的应用

V形块两斜面间的夹角 α 一般选用 60° , 90° , 120° 三种,如图1.34所示。其中以 90° 应用最广。V形块均已标准化,设计时可查有关标准。如有必要自行设计时,可按图1.34进行有关尺寸计算。

D ——V形块设计心轴直径,即工件定位基准的平均直径尺寸;

H ——V形块的高度尺寸;

N ——V形块的开口尺寸;

T ——V形块的标准定位高度尺寸在V形块零件工作图上必须标注此尺寸,以便制造和检查。

在设计V形块时, D 为已知的, N 、 H 可根据 D 按标准查出,也可按结构需要参考下式确定:

当 $\alpha=60^\circ$ 时, $N=1.16D-1.15a$;

当 $\alpha=90^\circ$ 时, $N=1.41D-2a$;

当 $\alpha=120^\circ$ 时, $N=2D-3.46a$ 。

式中 $a=(0.14\sim 0.16)D$ 。

用于大直径定位时,取 $H\leq 0.5D$;

用于小直径定位时,取 $H\leq 1.2D$ 。

由图1.34可知:

$$T=H+OC=H+(OE-CE)$$

可得出:

$$T=H+\frac{1}{2}\left(\frac{D}{\sin\frac{\alpha}{2}}-\frac{N}{\tan\frac{\alpha}{2}}\right) \quad (1.1)$$

当 $\alpha=90^\circ$ 时,

$$T=H+0.707D-0.5N \quad (1.2)$$

2. 定位套

工件以外圆柱面在定位套中定位的情况与工件以孔在定位梢上定位的情况相似。如图1.35所示为常用的定位套。长套可限制工件四个自由度;短套可限制工件两个自由度。为了限制工件作轴向的自由度,常与端面联合定位。当用端面作为主要限位面时,应控制套的长度,以免夹紧时工件产生不允许的变形。这种定位方式是间隙配合的中心定位,故对基面的精度也应有严格要求,通常取轴颈精度为IT7,IT8。

定位套结构简单,制造方便,但定心精度不高,只适用于精定位基面。

3. 半圆套

如图1.36所示为半圆孔定位座,将圆孔分上、下两部分:下半部分是定位元件,装在夹具体上;上半部分制成可卸式(图1.36(a))或铰链式(图1.36(b))的半圆盖,仅起夹紧作用。这种定位与夹紧接触面积较大,夹紧力均匀,可减小工件基准面的接触变形。半圆套的最小内径应取工件定位基面的最大直径。这种定位方式类似于V形块,常用于大型轴类零件的精基准定位且不利于轴向装夹的场合之中,其稳固性比V形块更好。其定位精度取决

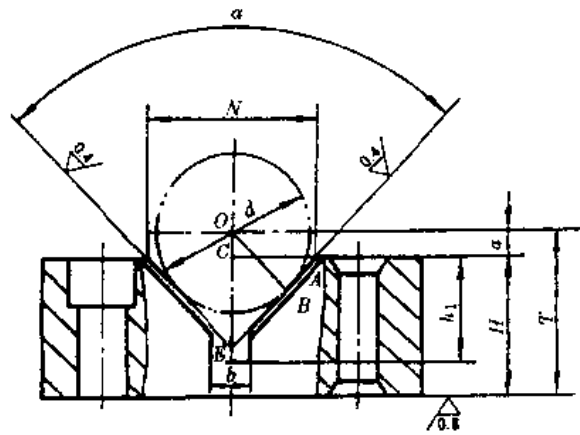


图1.34 V形块的结构尺寸

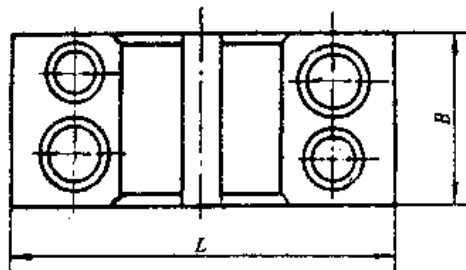


图1.35 定位套
(a) 定位套; (b) 长定位套

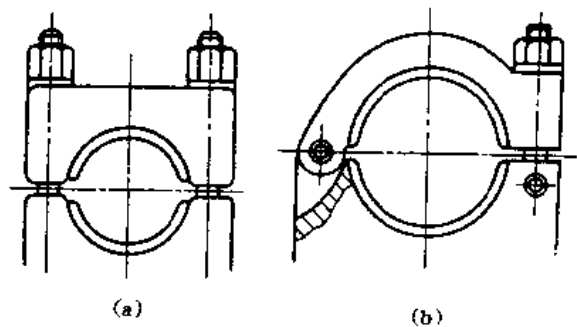
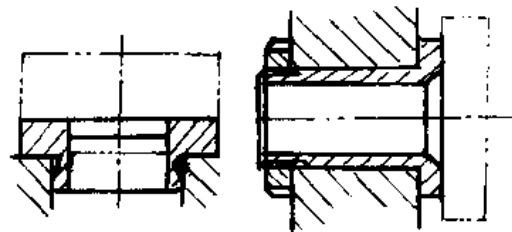


图1.36 半圆孔定位

于定位基面的精度,不低于IT8~IT9。

4. 圆锥套

如图1.37所示为通用的外拨顶尖(GB/T12880-91)。这种圆锥套通常称为反顶尖。工件以圆柱面的端部在圆锥套3的锥孔中定位,锥孔中有齿纹,以便带动工件旋转。顶尖体的锥柄部分插入机床主轴孔中。

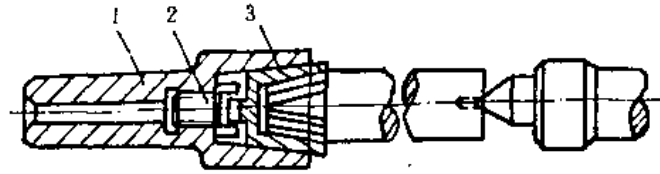


图1.37 工件在圆锥套中定位
1—顶尖体;2—螺钉;3—圆锥套

1.2.5 工件以组合表面定位

当工件以单一表面作定位基准不足以限制需要限制的自由度时,常用几个表面组合来加以定位。下面介绍几种典型的组合定位方法。

1. 工件以内、外圆锥面定位

工件以内圆锥面为基准面定位时,可采用类似于图1.29、图1.30、图1.31外圆锥定位件定位。特别应指出的是用作定位件的锥角 α 应略大于工件基准面的锥角。

工件以外圆锥面为基准面定位时,可用类似图1.37的锥套件定位,但作定位元件的内锥角 α 应略小于工件基准面的外锥角。

2. 工件以中心孔定位

图1.38为工件以中心孔在顶尖上定位的简图。前顶尖限制工件 \hat{X} , \hat{Y} , \hat{Z} 三个自由度,后顶尖因可沿 X 方向移动,只能消除工件的 \hat{Y} 和 \hat{Z} 两个自由度。对于车、磨外圆来说,均属准定位,定位合理。

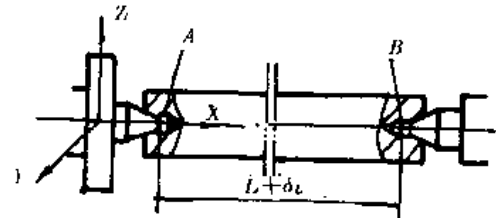


图1.38 顶尖孔定位

3. 双短V形架定位

双短V形架相当于一个长V形架,可限制工件的两个移动自由度和两个转动自由度,如图1.39所示。设计制造时,应保证两个短V形架的中心架 h 相等且对称平面共面。

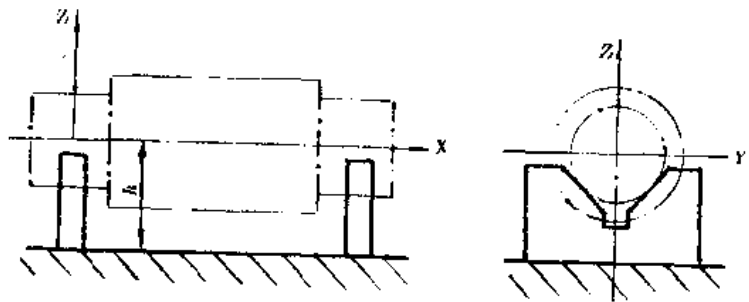


图1.39 双短V形架定位

4. 三平面组合定位

当加工箱体类以平面为主的零件时,可用三个平面组合定位,被限制六个自由度。此时应选一个大平面作为主基准,限制了三个自由度。第二、三基准均应与主基准垂直。第二基准应选一个窄长的平面,限制了两个自由度。第三基准与第二基准也应垂直,最好选与作用在

工件上的切削力相对的平面,使之在限制工件自由度的同时还能承受部分切削力。布置支承点时,若主基准为精基准,定位元件一般均设四个支承板,装配后一次磨平定位面使之等高,消除过定位的不良影响并使定位稳定;若主基准为粗基准,则一般设三个相距尽量远且不在一直线上的支承钉。第二支承可用一个长支承板或两个支承钉,它们确定的直线一般应平行于主基准面。

5. 一面两孔组合定位

如箱体、盖板、连杆等零件的加工都需要采用一面两孔定位。可以实现在一次装夹中加工尽量多的工件表面,也容易实现基准统一,有利于保证工件各表面之间的相互位置精度。具体讨论详见1.3.4节。

6. 工件以导轨面定位

(1) 工件以V形(凹)导轨面定位 加工床头箱孔系时,常采用工件的V形导轨和平面组合定位。如图1.40所示,箱体零件以V形导轨槽通过两个短圆柱1在夹具V形座上定位,可限制 $\vec{X}, \vec{Z}, \vec{X}$ 和 \vec{Z} 四个自由度;两个支承板2限制 \vec{X}, \vec{Y} 两个自由度;支承钉3限制了 \vec{Y} 自由度。于是,在 \vec{X} 方向出现了重复定位。由于加工床头箱时已保证了V形导轨面与平面有较高的平行度,且V形面和平面又是装配基准面,所以定位基准与装配基准重合,因此采用这样的重复定位是许可的且支承刚性较好,利于加工。

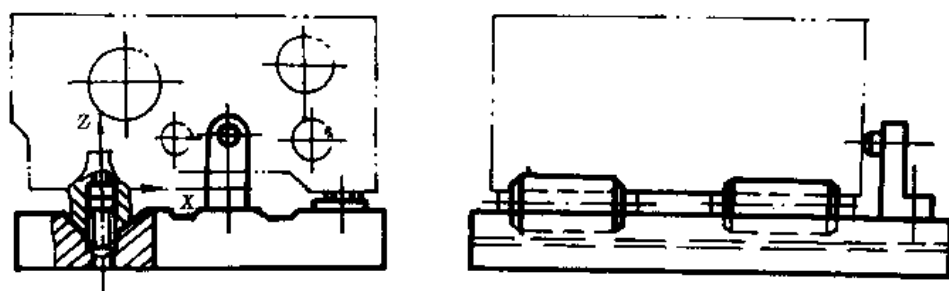


图1.40 床头箱定位

在设计定位件底座时,首先应根据工件V形导轨确定定位圆柱1直径 D ,使圆柱中心低于平面 M ;然后选择底座的V形面夹角 α (应与一般定位V形块相同), α 常取 90° ,并使圆柱1中心高于定位底座高度 H 。这样 M 面与底座顶面间留有一定间隙 Δ ,避免撞碰影响定位,如图1.41所示。

D 和 α 确定后,大致确定尺寸 N (可参考V形块),即可画出底座V形面的工作图,最后定出检验尺寸 T_1 ,可按下式计算:

$$T_1 = H + \frac{1}{2} \left(\frac{D}{\sin \alpha / 2} - \frac{N}{\tan \alpha / 2} + D \right) \quad (1.3)$$

若 $\alpha = 90^\circ$,则

$$T_1 = H + 1.207D - 0.5N$$

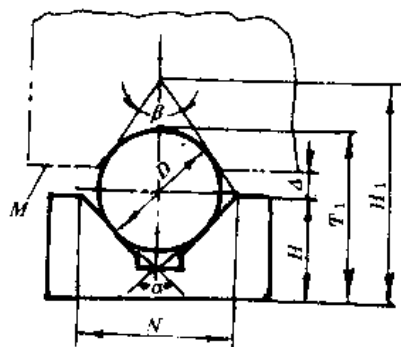


图1.41 V形座的尺寸关系

工件 V 形导轨面顶点在夹具中的实际高度 H_1 可按下式计算:

$$H_1 = T_1 - \frac{D}{2} + \frac{D}{2\sin\beta/2} \quad (1.4)$$

有些工厂的 V 形底座和定位圆柱已规格化, 可供选用。

(2) 工件以山形(凸)导轨面定位 加工具有凸形 V 形导轨面工件时(如机床溜板), 常以凸形导轨面为定位基准面, 夹具上的定位元件可用圆柱面构成凹形定位座, 如图 1.42 所示, 其设计要点是保证山形导轨面顶面不与定位座槽底相碰。定位圆柱直径 D 、定位槽宽 N 、检验尺寸 T 、山形导轨面顶点在夹具上实际高度 H_2 等可用作图法求出或按相互几何关系如下式计算:

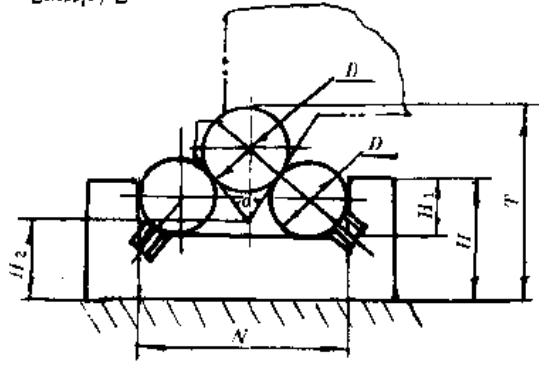


图1.42 山形导轨面定位

$$T = H - H_1 + \frac{D}{2} + \sqrt{\left(\frac{D+D_0}{2}\right)^2 - \left(\frac{N-D}{2}\right)^2} + \frac{D_0}{2} \quad (1.5)$$

$$N = D + (D + D_0) \cos \frac{\alpha}{2} \quad (1.6)$$

式中 D_0 ——检验圆棒直径。

山形导轨面顶点在夹具上的实际高度 H_2 可按下式求出:

$$H_2 = T - \frac{D_0}{2} - \frac{D_0}{2\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (1.7)$$

工件较大较重用圆柱面定位时, 接触面小压强大, 易压伤精加工过的导轨面, 且定位圆柱面容易磨损, 影响定位精度。为此可采用图 1.43 所示的带平面的定位圆柱。此时的 T 和 N 应按下式计算:

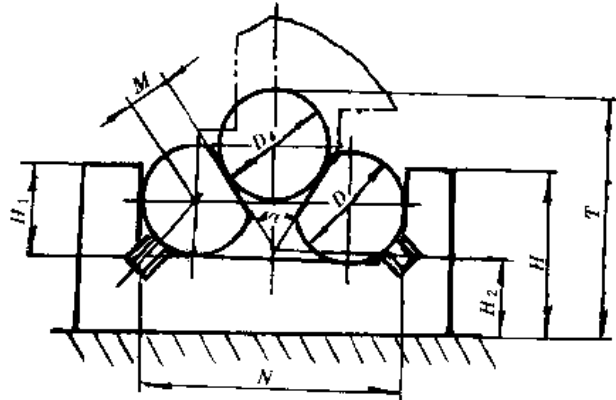


图1.43 带平面的定位圆柱定位

$$T = H - H_1 + \frac{D}{2} + \sqrt{\left(\frac{2M+D_0}{2}\right)^2 - \left(\frac{N-D}{2}\right)^2} + \frac{D_0}{2} \quad (1.8)$$

$$N = D + (2M + D_0) \cos \frac{\alpha}{2} \quad (1.9)$$

(3) 工件以燕尾导轨面定位 如图 1.44 所示为工件以燕尾导轨面和平面组合定位简图。由于如前所述采用圆柱定位, 不仅可防止重复定位, 且夹具结构简单, 制造方便, 定位可靠。图中尺寸 R_1 和 R_2 可分别由下式求出:

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= S - u \\ R_2 &= S + u \end{aligned} \right\}$$

式中 $u = \frac{d}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$

上述定位座常用 20 钢制造, 经渗碳淬硬至 HRC58~62。定位圆柱用 T7A、T8A 制造, 淬

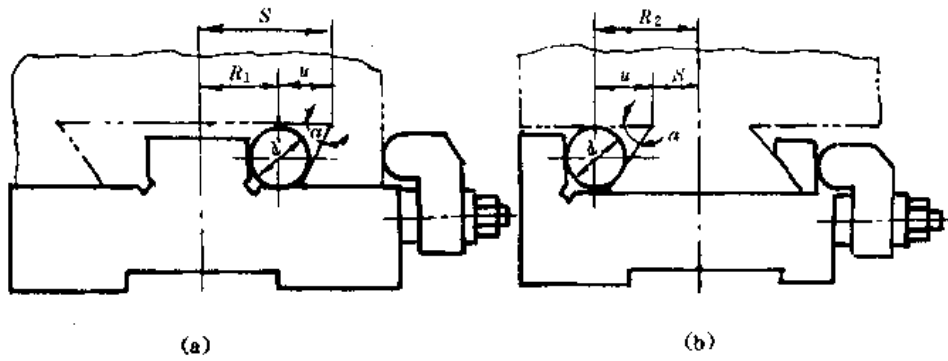


图1.44 燕尾导轨面定位

硬至 HRC52~HRC58。

7. 工件以齿形表面定位

齿面需淬硬的高精度齿轮热处理后,一般都采用以齿面定位,先磨内孔,再以磨好的内孔定位磨齿面的工艺来保证加工精度。用齿面作定位基准时,常用三个直径相同的滚柱或滚珠来实现定位。如图1.45所示,自动定心卡盘1通过滚柱2对齿轮3进行定中心定位。齿面与滚柱的最佳接触点 A, B, … 均应处在分度圆上,其轴心线作为定位基准。这样可保证内孔与分度圆同轴。为此滚柱的直径需经精确的计算。关于齿形定位,详见有关夹具设计手册。

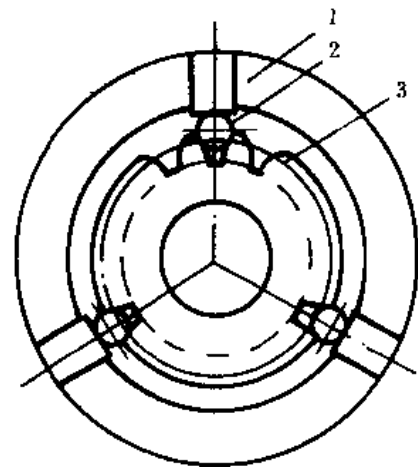


图1.45 齿形表面定位
1—卡盘; 2—滚柱; 3—齿轮

1.3 定位误差

定位原理只解决了工件在加工中的位置“定与不定”的问题。然而,一批工件在夹具中定位时,各个工件的具体表面尺寸不可能完全相同(允许在公差范围变动),各个表面都有不同的位置精度,这样同一夹具定位加工出一批工件必然存在差异即误差。本节主要讨论、分析由于定位而引起工件误差问题。

1.3.1 定位误差及其产生的原因

由于工件定位所造成的加工而相对于其工序基准的位置误差简称为定位误差,以 Δ_b 表示。加工时,夹具相对于刀具及切削成形运动的位置经调定后不再变动,因此可以认为加工面的位置是固定的(实际上调刀、刀具磨损、工艺系统刚度不足变形等影响加工面位置。这里不加考虑)。在这种情况下,加工后相对于其工序基准(一批工件)沿加工要求方向上的位置变动量必然是工序基准的变动引起的,定位误差就是工件定位存在上面所说的位置变动量。

定位误差研究的主要对象是工件的工序基准和定位基准。它的变动量将影响工件的尺寸精度和位置精度。

如图1.46所示,工件以平面 B 和 C 定位,加工孔 O 时,平面 B 和 C 既是工序基准,也是定位基准。在调整夹具对刀具的相对加工位置时,可直接利用尺寸 A_1 和 A_2 进行调整。平面 B

是主要定位基准,工件上平面 B 与夹具定位件重合,在位置上没有任何偏转,属基准重合,加工后尺寸 A_2 不会产生定位误差。平面 C 是第二定位基准即导向基准,平面 C 与平面 B 间的夹角为 $\alpha + \Delta\alpha$ ($\Delta\alpha$ 为角度公差)。因此,一批工件依次定位时,平面 C 在夹具中位置在两个极端位置范围内(图 1.46 中虚线之间)。对加工孔 O 而言,其工序基准 e 与夹具上元件基准重合,属基准重合,加工后的各件的尺寸 A_1 是一致的;而加工孔 O' ,由于角度偏差 $\Delta\alpha$ 的影响使基准偏移至 e' ,产生基准位置误差,加工后的尺寸 A'_1 必然存在误差,这误差即是孔 O' 的定位误差 Δ_D ,其值为 $\Delta_D = (A'_{12} - A_2)$

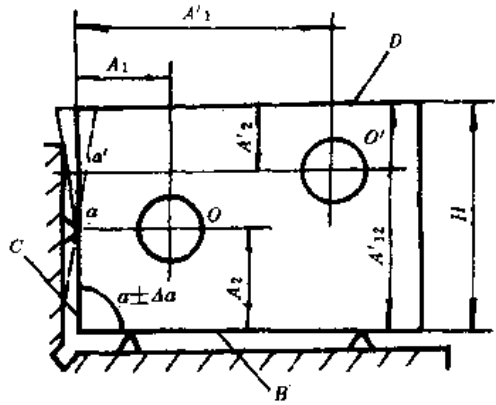


图 1.46 定位误差分析示例

$\tan\Delta\alpha$ 。这种定位误差产生的原因是由于存在基准的位移误差所致,称为基准位移误差 Δ_Y 。再看孔 O' 另一个尺寸 A'_2 ,由于工序基准是 D 面,定位基准是 B 面,基准不重合,由于尺寸 H 制造时的公差影响各个工件的 H 不可能一致,夹具调整时是依据 B 面为基准即 $(H - A'_2)$ 是一定的,这样 H 的变动量 ΔH 直接影响尺寸 A'_2 而产生误差 $\Delta A'_2$ 。 $\Delta A'_2$ 就是定位误差,是由于基准不重合造成的,称为基准不重合误差 Δ_B 。

综合上述定位误差产生原因的分析,无论是基准不重合误差,还是基准位移误差,都是由定位所引起的,由此统称为定位误差。定位误差可由基准位移误差 Δ_Y 和基准不重合误差 Δ_B 合成。可表示为

$$\Delta_D = \Delta_Y \pm \Delta_B \quad (1.10)$$

最后指出,定位误差是发生在按调整法加工一批工件时,如果逐个按试切法加工,则不存在定位误差。

1.3.2 常见定位方式的定位误差的计算

1. 工件以平面定位

分析方法与图 1.46 相似,如图 1.47(a) 所示为工件工序简图,图 1.47(b) 是工件在夹具中的加工简图。工件以 A 平面为主要定位基准, B 平面为导向基准,同时加工 D 、 C 平面。

调整刀具的加工位置是根据尺寸 L_1 和 L_2 ,一经调定后夹具在 X 、 Z 轴方向的位置不再变动,工件只沿 Y 轴方向进给,完成一批工件的加工。

由于 A 面既是加工 D 面的工序基准,又是定位基准,基准重合,对尺寸 L_1 不产生影响,因此不产生定位误差 ($\Delta_D = \Delta_B = 0$)。 B 平面是加工 C 面的工序基准,由于 B 面存在角度偏差 $\Delta\alpha$,在夹具侧面的两个导向支承件定位时会发生位置偏移,其极限位置变动量 Δ_{YXB} ,即定位基准之间的角度误差所引起的基准位移误差,其值可用下式计算:

$$\Delta_{D_{L_2}} = \Delta_{YXB} = L'_2 - L''_2 = 2(H - H_0) \tan\Delta\alpha \quad (1.11)$$

式中 H ——工件的高度尺寸(mm);

H_0 ——导向支承在夹具中的安装高度(mm);

$\Delta\alpha$ ——工件侧面与底面间夹角偏差。

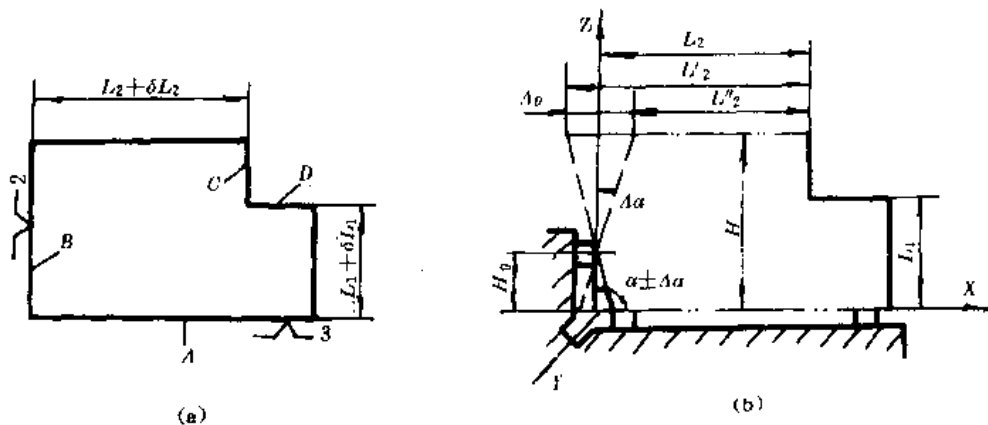


图1.47 平面定位时的定位误差

由上式可知, Δ_{DL_2} 与支承安装高度 H_0 有关。

当 $H_0 > \frac{H}{2}$ 时

$$\Delta_{DL_2} = 2H_0 \tan \Delta \alpha$$

当 $H_0 = \frac{H}{2}$ 时, 所产生的定位误差为最小。

2. 工件以圆柱孔定位

工件以圆柱孔在心轴(或定位销)上定位时所产生的定位误差, 应按定位圆孔与心轴固定边接触和非固定边接触两种情况分别计算。

(1) 固定边接触 工件以圆孔在间隙配合心轴上定位, 加工平面 M , 并保证尺寸 h , 如图1.48所示。图1.48(a)所示为工件轴心线与心轴轴心线正好重合, 基准重合, 不产生定位误差。

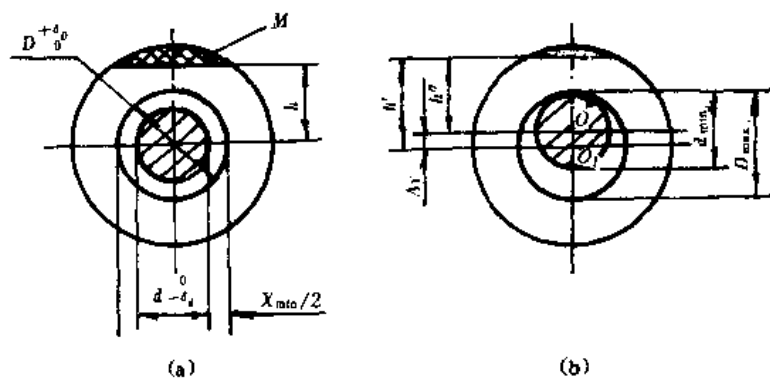


图1.48 固定边接触时的定位误差

由于定位圆孔与心轴间存在配合间隙, 若心轴水平设置时, 工件会因自重使圆孔上母线始终与心轴上母线保持

接触, 如图1.48(b)所示。工件加工面 M 的工序基准(定位圆孔轴心线)与限位元件基准(心轴轴心线)产生偏移, 由点 O 移至点 O_1 , 属基准不重合。由于定位副的制造误差, 将产生的定位误差, 可由下式求得。

$$\Delta y = h' - h'' = \overline{OO_1} = \frac{1}{2} (D_{\max} - d_{\min})$$

因为 $D_{\max} = D + \delta_D = d + \chi_{\min} + \delta_D$

$$d_{\min} = d - \delta_d$$

所以 $\Delta_V = \frac{1}{2}(\delta_D + \delta_d + \chi_{\min})$

又因加工 M 时,要求保证尺寸 h ,工序基准与定位基准重合,则 $\Delta_B = 0$,所以定位误差为

$$\Delta_{DA} = \Delta_V = \frac{1}{2}(\delta_D + \delta_d + \chi_{\min}) \quad (1.12)$$

式中 χ_{\min} 为定位圆孔与心轴间的最小配合间隙,供安装方便之用,是一个不变的常量.这个数值可在调整刀具预先加以考虑,则 χ_{\min} 的影响可不计入.

(2) 非固定边接触 上述定位方法用于加工一侧平面,若心轴垂直设置,如图1.49所示.工件定位圆孔与心轴母线间接触可以是任意边,工序基准 O 相对于限位元件基准(心轴轴心)的最大变动范围为图1.49(b)中虚圆所示.因此对尺寸 L 所产生的基准位移误差较上述的心轴与定位孔固定边接触的基准位移误差大一倍,即

$$\Delta_V = L' - L'' = \overline{O_1O_2} = \overline{OO_1} + \overline{OO_2} = \delta_D + \delta_d + \chi_{\min} \quad (1.13)$$

而基准不重合误差,则应视工序基准的不同而异.

以上是定位基准变动方向与加工尺寸方向相同时,基准位移误差等于定位基准的变动范围.当两者变动方向不一致时,基准位移误差等于定位基准的最大变动量在加工尺寸方向的投影,即

$$\Delta_V = \frac{1}{2}(\delta_D + \delta_d + \chi_{\min})\cos\alpha \quad (\text{固定边接触时}) \quad (1.14)$$

$$\text{或: } \Delta_V = (\delta_D + \delta_d + \chi_{\min})\cos\alpha \quad (\text{非固定边接触时}) \quad (1.15)$$

例1.1 在图1.50中,设 $A = 4 \pm 0.1\text{mm}$, $D = \phi 50_{-0.01}^{+0.01}\text{mm}$, $d = \phi 50_{-0.01}^{+0.01}\text{mm}$,求加工尺寸 A 的定位误差.

解 ①分析 定位基准与工序基准重合, $\Delta_B = 0$;本例属固定边接触.

定位基准与限位基准不重合, $\Delta_V \neq 0$

②计算 $\Delta_V =$ 定位基准相对于限位基准在加工尺寸方向的最大变动量 $= \overline{O_1O_2} = \frac{1}{2}(\delta_D + \delta_d + \chi_{\min})$

因为 $\delta_D = 0.03$ $\delta_d = 0.03$ $\chi_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 0.01$

所以 $\Delta_V = \frac{1}{2}(0.03 + 0.03 + 0.01) = 0.035(\text{mm})$

③综合 $\Delta_p = \Delta_V \pm \Delta_B = 0.035(\text{mm})$

3. 工件以外圆定位

如图1.51所示工件,要求在其上铣一键槽,键槽的位置尺寸可有三种不同的标注方式.

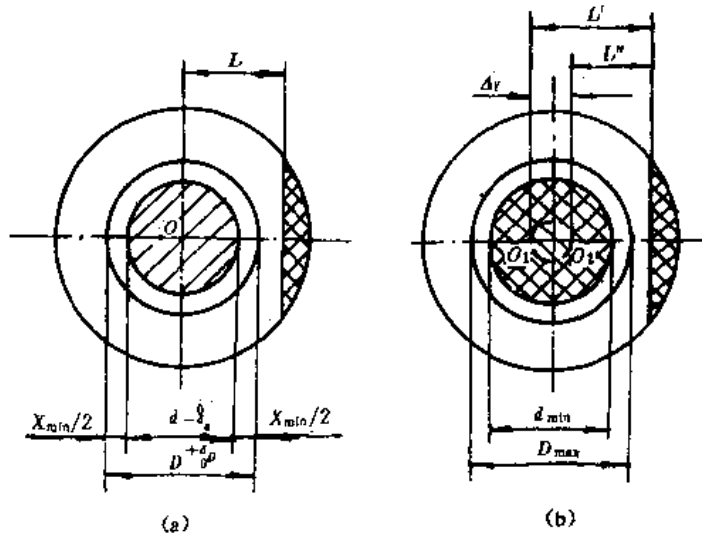


图1.49 非固定边接触时的定位误差

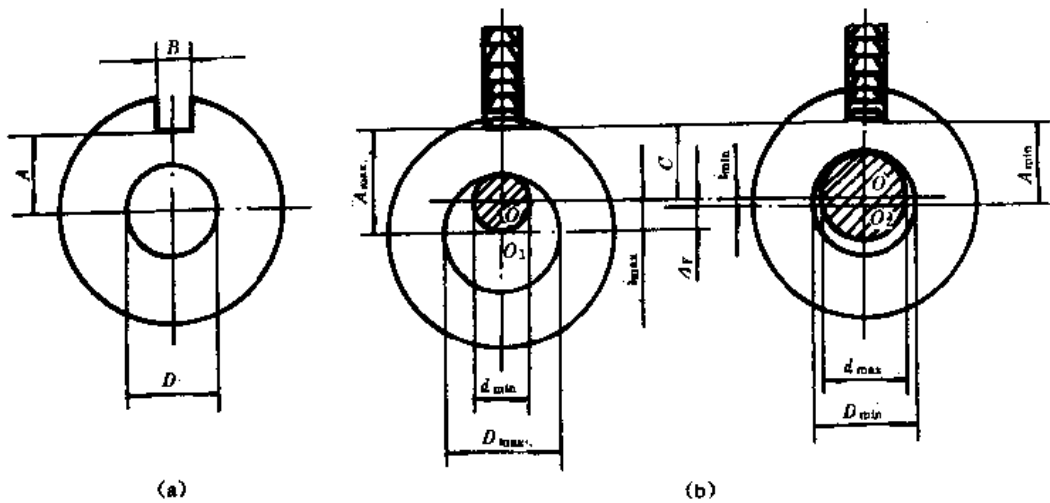


图1.50 工件以圆孔定时位移误差

如图中的 h_1, h_2, h_3 分别以圆柱下母线、轴心线及上母线为其工序基准。若该零件在 V 形块上进行加工, 定位情况如图 1.51(b) 所示。

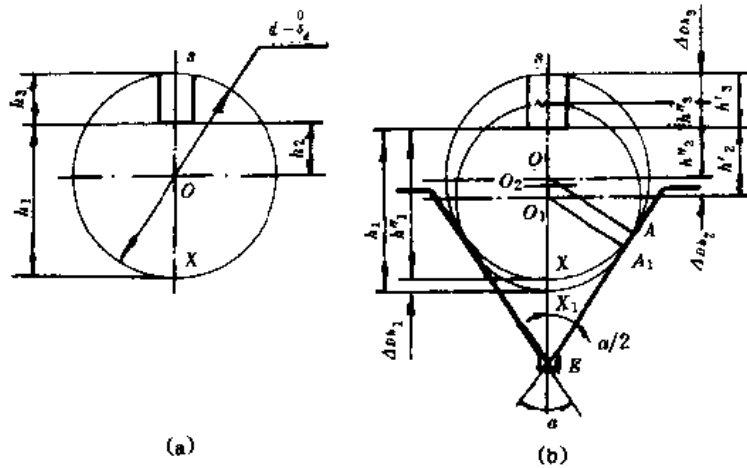


图1.51 外圆定位时定位误差

(1) 工序基准为圆柱体中心 图1.51(b)中, V形块的检验中心处于V形面对称中心线上某一定点, 可视为夹具上的限位元件基准。当工件外圆直径发生变化时, 其工序基准 O 相对于限位元件基准的两个极限位置, 如图中的 O 与 O_1 点, 因此属基准不重合。由此引起工序基准的变动, 其变动量 $\overline{OO_1}$ 便是对加工尺寸 h_2 所产生的定位误差。即

$$\Delta_{Dh_2} = \overline{OO_1} = h'_2 - h''_2 = \overline{EO} - \overline{EO_1} = \frac{\delta_d}{2\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (1.16)$$

(2) 工序基准为圆柱体上母线 由上述分析可知, 工序基准上母线 S 的极限位置变动量为

$$\overline{SS_1} = \overline{SO} + \overline{OO_1} - \overline{S_1O_1} = \frac{d}{2} + \frac{\delta_d}{2\sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{d - \delta_d}{2} = \frac{\delta_d}{2} \left[\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right] \quad (1.17)$$

(3) 工序基准为圆柱体下母线 工件的工序基准为下母线 X 时, 对尺寸 h 所产生的定

位误差为

$$\Delta_{Dh_1} = \overline{XX_1} = h'_1 - h''_1 = \overline{OO_1} + \overline{O_1X_1} - \overline{OX} = \frac{\delta_d}{2\sin\frac{\alpha}{2}} + \frac{d-\delta_d}{2} - \frac{d}{2} = \frac{\delta_d}{2} \left(\frac{1}{\sin\frac{\alpha}{2}} - 1 \right) \quad (1.18)$$

由上述三种不同加工尺寸的标注方法与计算,可列出不同夹角V形块的定位误差值,如表1.4所列,供设计时使用。

由表1.4可知,工件以外圆柱面在V形块上定位时,定位误差随着加工尺寸标注方式而异,以下母线标注时定位误差最小,上母线标注时为最大,轴类零件采用下母线标注还便于测量。

α 角越大,定位误差越小。 α 过大,影响工件定位稳定性,一般多采用 90° 夹角。

例1.2 铣如图1.52所示工件上的键槽,以圆柱面 $\phi d_{\pm\delta_d}$ 在 $\alpha=90^\circ$ 的V形块上定位,求加工尺寸分别为 A_1 、 A_2 、 A_3 时的定位误差。

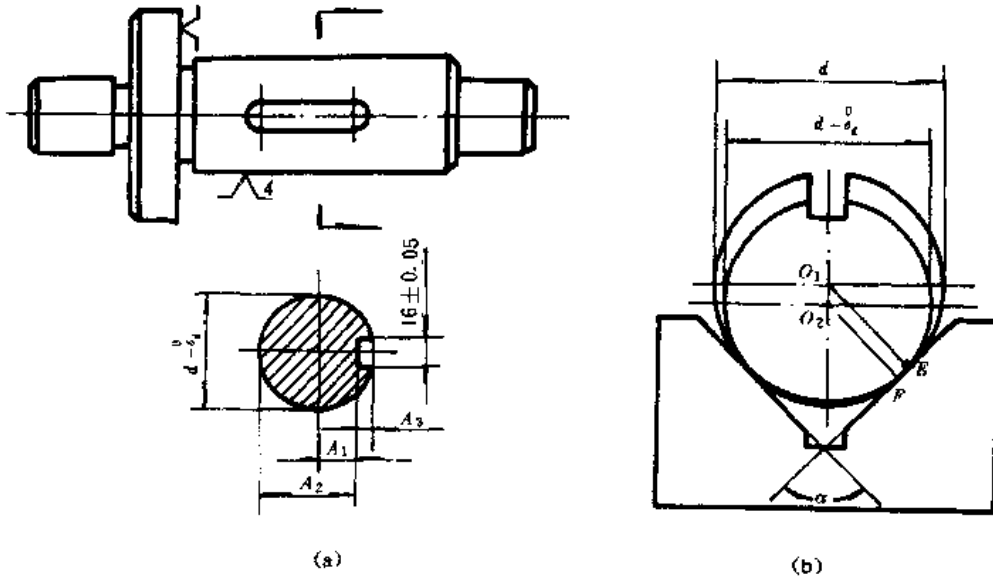


图1.52

解 (1) A_1 的定位误差

① 分析 工序基准和定位基准都是圆柱轴线,两者重合, $\Delta_B=0$;定位基准与限位基准不重复, $\Delta_Y \neq 0$ 。

② 计算 $\Delta_Y =$ 定位基准相对于限位基准在加工尺寸方向上的最大变动量 $=\overline{O_1O_2} = \frac{d}{2\sin\frac{\alpha}{2}} - \frac{d-\delta_d}{2\sin\frac{\alpha}{2}} = \frac{\delta_d}{2\sin\frac{\alpha}{2}}$ (因为V形块 α 公差不大,忽略其影响)。

③ 综合
$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B = \frac{\delta_d}{2\sin\frac{\alpha}{2}}$$

(2) A_2 的定位误差

① 分析 工序基准是圆柱下母线,定位基准是圆柱轴心线,两者不重合, $\Delta_B \neq 0$ 。

由 A_1 分析过程得, $\Delta_Y \neq 0$ 。

② 计算 $\Delta_B =$ 工序基准与定位基准之间联系尺寸在加工尺寸方向上的最大变动范围

$$= \frac{\delta_d}{2}$$

$$\Delta_Y = \frac{\delta_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

③ 综合 由于工序基准在定位基准上, 因此 $\Delta_D = \Delta_Y \pm \Delta_B$ 。符号的确定: 当定位基准 d 由大变小时, 定位基准朝下运动, 使 A_2 变大, 两者变动方向相同, 则 $\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B$ 。当定位基准 d 由大变小时, 假设定位基准不动, 工序基准相对于定位基准面上运动, 使 A_2 变小。两者

变动方向相反, 则 $\Delta_D = |\Delta_Y - \Delta_B| = \left| \frac{\delta_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \frac{\delta_d}{2} \right| = \frac{\delta_d}{2} \left| \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right|$

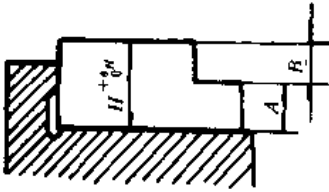
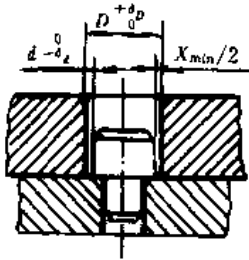
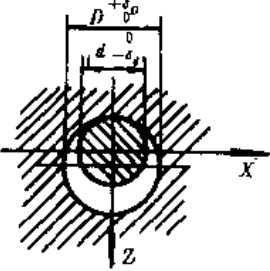
(3) A_3 的定位误差 同 A_2 过程

$$\Delta_B = \frac{\delta_d}{2} \quad \Delta_Y = \frac{\delta_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B = \frac{\delta_d}{2} \left| \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right|$$

常见定位方式的定位误差见表1.5, 供设计时选用、参考。

表1.5 常见定位方式的定位误差

定位方式		定位简图	定位误差
定位基准	限位基准		
平面	平面		$\Delta_{DA} = 0$ $\Delta_{DB} = \delta_H$
圆孔面 及平面	圆柱面 及平面		$\Delta_D = \delta_D + \delta_d + \chi_{\min}$ (定位基准任意方向移动)
圆孔面	圆柱面		$\Delta_{DX} = 0$ $\Delta_{DZ} = \frac{1}{2} (\delta_D + \delta_d)$ (定位基准同方向移动)

定位方式		定位简图	定位误差
定位基面	限位基面		
圆柱面	两垂直平面		$\Delta_{DA} = 0$ $\Delta_{DB} = \frac{\delta_d}{2}$ $\Delta_{DC} = \delta_d$
圆柱面	平面及V形面		$\Delta_{DA} = \frac{\delta_d}{2}$ $\Delta_{DB} = 0$ $\Delta_{DC} = \frac{1}{2} \delta_d \cos \beta$
圆柱面	平面及V形面		$\Delta_{DA} = 0$ $\Delta_{DB} = \frac{\delta_d}{2}$ $\Delta_{DC} = \frac{1}{2} \delta_d (1 - \cos \beta)$
圆柱面	平面及V形面		$\Delta_{DA} = \delta_d$ $\Delta_{DB} = \frac{\delta_d}{2}$ $\Delta_{DC} = \frac{1}{2} \delta_d (1 + \cos \beta)$
圆柱面	V形面		$\Delta_{DA} = \frac{\delta_d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$ $\Delta_{DB} = 0$ $\Delta_{DC} = \frac{\delta_d \cos \beta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$

定位方式		定位简图	定位误差
定位基准	限位基准		
圆柱面	V形面		$\Delta_{DA} = \frac{\delta_d}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$ $\Delta_{DB} = \frac{\delta_d}{2}$ $\Delta_{DC} = \frac{\delta_d}{2} \left(\frac{\cos \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$
圆柱面	V形面		$\Delta_{DA} = \frac{\delta_d}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$ $\Delta_{DB} = \frac{\delta_d}{2}$ $\Delta_{DC} = \frac{\delta_d}{2} \left(\frac{\cos \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$

最后指出一点:在实际生产中,对于某一定位方案,经分析计算其可能产生的定位误差,只要小于工件有关尺寸或位置公差 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}$,一般即认为此方案能足够保证该工序的加工精度要求。

1.3.3 定位误差的综合分析及计算实例

根据前面的分析可知,定位误差由基准不重合误差 Δ_B 和基准位移误差 Δ_Y 组合而成。由于 Δ_B 及 Δ_Y 的方向都有可能与加工尺寸要求的方向不一致,因此定位误差计算比较复杂,需要具体情况具体分析。一般在计算时,先分别计算出 Δ_B 和 Δ_Y ,然后按一定的规律将两者合成组合得到 Δ_D 。合成的方法分下面几种情况:

1. 两种特殊情况

- (1) $\Delta_Y \neq 0, \Delta_B = 0$ 时, $\Delta_D = \Delta_Y$;
- (2) $\Delta_Y = 0, \Delta_B \neq 0$ 时, $\Delta_D = \Delta_B$ 。

2. 一般情况

$\Delta_Y \neq 0, \Delta_B \neq 0$ 时,这种情况两者的合成要看工序基准是否在定位基面上。

- (1) 工序基准不在定位基面上, $\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B$;

(2) 工序基准在定位基面上, $\Delta_D = \Delta_Y \pm \Delta_B$ 。

“+”、“-”的确定可按如下原则判断:当由于基准位移和基准不重合分别引起加工尺寸作相同方向变化(即同时增大或同时减小)时,取“+”号;而当引起加工尺寸彼此向相反方向变化时,取“-”号。

除用上述合成法计算定位误差外,还可用极限位置法求得 Δ_D 。由于加工尺寸的大小取决于工序基准相对于刀具(或机床)的位置。例如,图1.50中的加工尺寸 A 由铣刀与工件内孔轴心线(工序基准)的相对位置决定,工序基准相对于刀具的两个极限位置间的距离就是定位误差。因此,计算定位误差时,也可先画出工序基准相对于刀具(或机床)的两个极限位置,再根据几何关系求出这两个极限位置间的距离,便得到了定位误差。这种方法称为极限位置法。

上述两种方法各有优缺点,本书采用合成法。

3. 定位误差计算实例

例1.3 钻铰如图1.53(a)所示凸轮的两小孔 $2-\phi 16$,定位方式如图1.53(b)所示。定位销直径为 $\phi 22^{+0.033}$,求加工尺寸 100 ± 0.1 mm 的定位误差。

解 ① **分析** 定位基准与工序基准重合, $\Delta_B = 0$ 。定位基准与限位基准不重合, $\Delta_Y \neq 0$ 。定位基准移动方向与加工尺寸方向间的夹角 $\alpha = 30^\circ \pm 15'$ 。

② **计算**

$$\begin{aligned}\Delta_{J_{100}} &= \frac{\delta_D + \delta_d + \chi_{\min}}{2} \\ &= \frac{0.033 + 0.021}{2} + 0 \\ &= 0.027(\text{mm})\end{aligned}$$

$$\Delta_Y = \Delta_{J_{100}} \cos \alpha = 0.027 \cdot \cos 30^\circ = 0.023 \text{mm}$$

③ **综合** $\Delta_D = \Delta_Y = 0.023 \text{mm}$ 。

例1.4 如图1.54所示为在金刚镗床上镗活塞销孔的示意图。活塞销孔轴心线对活塞裙部内孔轴心线的对称度要求为 0.2mm 。以裙部内孔

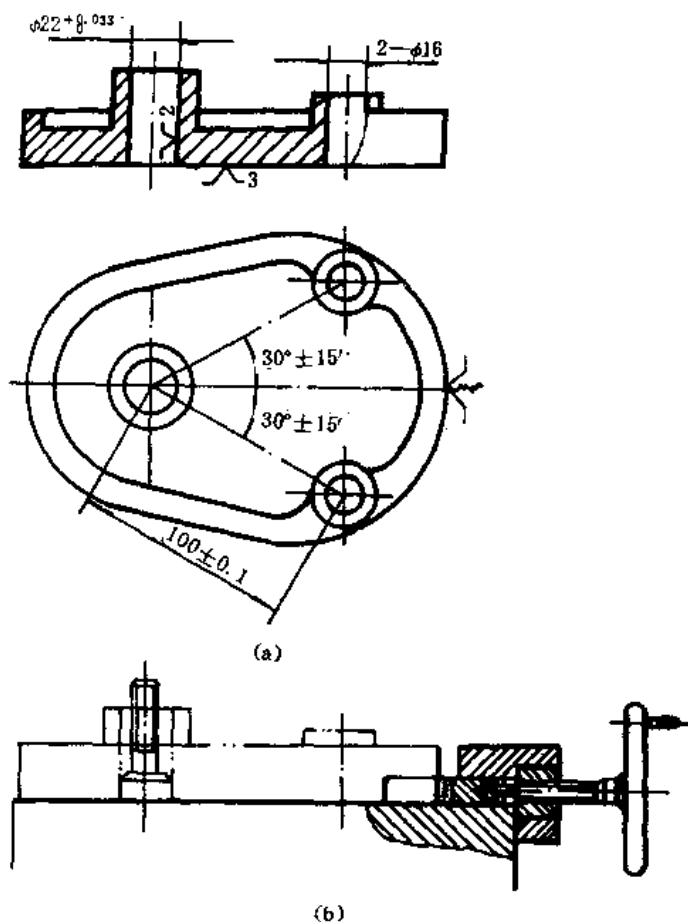


图1.53 凸轮工序图及定位简图

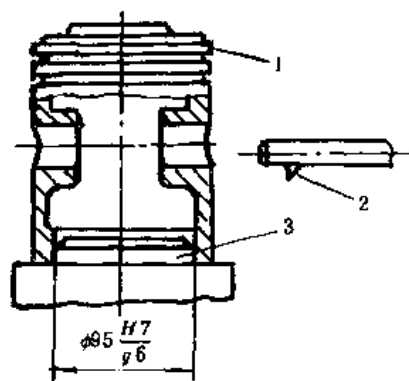


图1.54 镗活塞销孔示意图
1—工件; 2—镗刀; 3—定位销

及端面定位,内孔与定位销的配合为 $\phi 95 \frac{H7}{g6}$ 。求对称度的定位误差。

解 ① **分析** 对称度的工序基准是裙部内孔轴线,定位基准也是裙部内孔轴线,两者重合, $\Delta_B = 0$ 。定位基准与限位基准不重合, $\Delta_Y \neq 0$ 。定位基准可任意方向移动。

② **计算** 查表得出:

$$\phi 95 H7 = \phi 95_{+0.035}^{+0.035}$$

$$\phi 95 g6 = \phi 95_{-0.034}^{-0.012}$$

$$\Delta_Y = \delta_D + \delta_d + \chi_{\min}$$

$$\Delta_Y = \Delta_Y = 0.035 + 0.022 + 0.012 = 0.069(\text{mm})$$

③ **综合** $\Delta_D = \Delta_Y = 0.069\text{mm}$

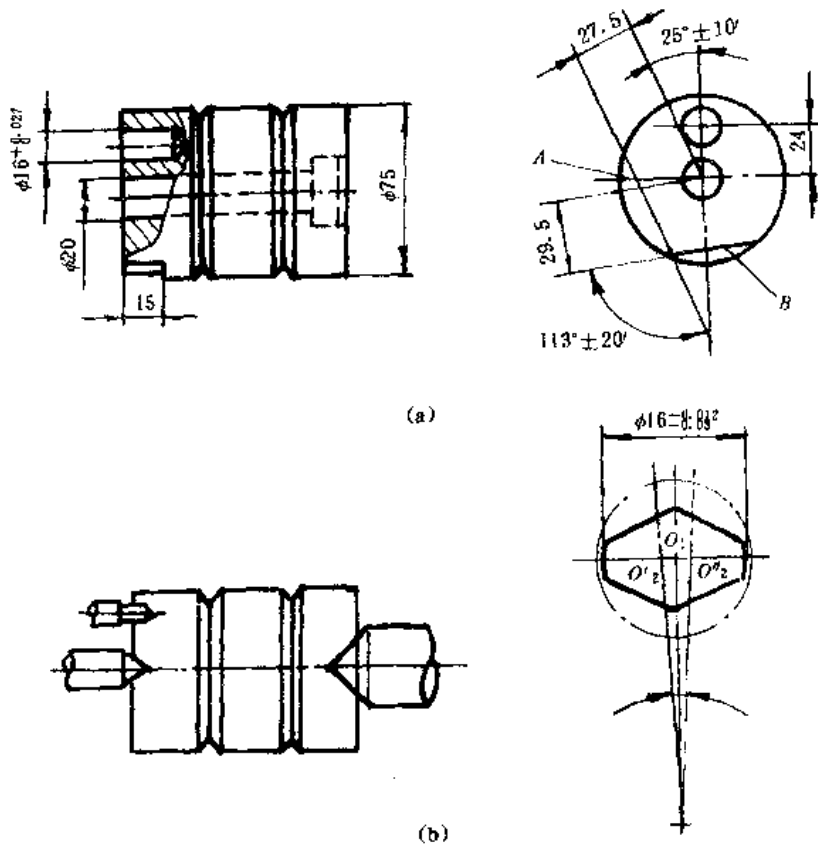


图1.55 角度定位误差的计算

例1.5 如图1.55(a)所示,在鼓轮上先铣平面A,再铣平面B,铣平面B时的定位方式如图1.55(b)所示。求铣平面B时的角度定位误差。

解 ① **分析** 由图1.55(a)可知,工序基准为A面,定位基准是 OO_1 ,两者不重合, $\Delta_B \neq 0$ 。

由图1.55(b)可知,定位基准与限位基准不重合, $\Delta_Y \neq 0$ 。定位基准可两个方向转动(角位移)。

② **计算** $\Delta_B =$ 定位尺寸(角度) $25^\circ \pm 10'$ 的变动量 δ_a

$$\Delta_B = 20'$$

$$\Delta_Y = \delta_D + \delta_d + \chi_{\min}$$

$$\Delta_Y = \delta_{J_n} = \frac{\Delta_Y}{R} = \frac{0.027 + 0.018 + 0.012}{24} = 0.002375 \text{ rad} = 8' 10''$$

③ 综合

$$\Delta_D = \Delta_B + \Delta_Y = 20' + 8' 10'' = 28' 10''$$

例 1.6 如图 1.56 所示, 工件以 $\phi 80 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ 外圆柱面在定位元件的 $\phi 80 \pm_{-0.07}^{+0.10} \text{ mm}$ 止口中定位, 加工宽 11 mm 的槽, 求槽的对称度的定位误差。

解 ① 分析 对称度的工序基准 $\phi 12H8$ 的轴线与定位基准 $\phi 80 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ 的轴线不重合, $\Delta_B \neq 0$ 。定位基准与限位基准 ($\phi 80 \pm_{-0.07}^{+0.10}$) 不重合, $\Delta_Y \neq 0$ 。定位基准可任意方向移动。

② 计算 $\Delta_B =$ 工序基准相对于定位基准的变动量 $= 0.02 \text{ mm}$ 。

$$\Delta_Y = \delta_D + \delta_d + \chi_{\min} = 0.03 + 0.10 + 0.02 = 0.15 (\text{mm})$$

$$\text{③ 综合 } \Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B = 0.15 + 0.02 = 0.17 (\text{mm})$$

这种定位方式的定位误差太大, 很难保证槽的对称度要求。其原因一方面是定位基准与工序基准不重合, 另一方面是定位基面的公差太大。解决措施是:

改用 $\phi 12H8$ 孔定位, 使 $\Delta_B = 0$ 。同时, 由于 $\phi 12H8$ 孔的公差较小, Δ_Y 也将缩小。

提高定位基面的制造精度, 缩小 Δ_Y 。如可将 $\phi 80 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ 提高到 $\phi 80 \text{ mm} \pm 0.02 \text{ mm}$, 限位基面直径改为 $\phi 80 \pm_{-0.04}^{+0.07} \text{ mm}$ 。

1.3.4 工件以一面两孔定位

工件以“一面两孔”作为定位基准时, 夹具上系由支承平面和两销作为定位元件。定位中的主要问题是如何在保证加工精度的条件下, 使工件两孔能顺利地装到两销上去。根据用于两定位圆孔的定位元件不同, 解决的办法有下述两种方案:

1. 以两个圆柱销及平面支承定位

采用两个短圆柱销与两定位孔配合时, 是重复定位, 沿连心线方向的自由度被重复限制了。当工件的孔间距 ($L \pm \frac{\delta_{LD}}{2}$) 与夹具的销间距 ($L \pm \frac{\delta_{ld}}{2}$) 的公差之和大于工件两定位孔 (D_1 、 D_2) 与夹具两定位销 (d_1 、 d_2) 的配合间隙之和时, 将妨碍部分工件的装入。

要使同一工序中的所有工件都能顺利地装卸, 必须满足下列条件: 当工件两孔径为最小

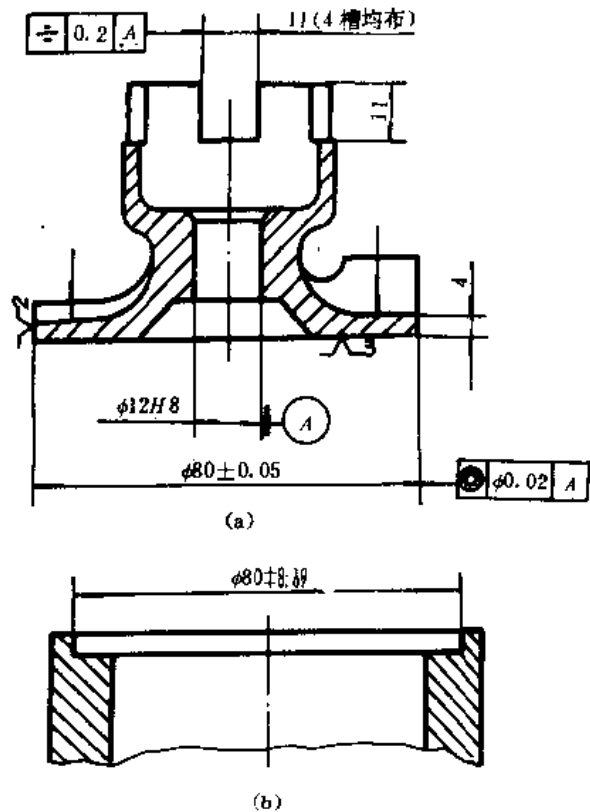


图 1.56 叶轮工序图及定位元件简图

(D_{1min} 、 D_{2min})、夹具两销直径为最大(d_{1max} 、 d_{2max})、孔间距为最大($L + \frac{\delta_{LD}}{2}$)、销间距为最小($L - \frac{\delta_{LD}}{2}$)、或者孔间距为最小($L - \frac{\delta_{LD}}{2}$)、销间距为最大($L + \frac{\delta_{LD}}{2}$)时, D_1 与 d_1 、 D_2 与 d_2 之间仍有最小装配间隙 χ_{1min} 、 χ_{2min} 存在,如图1.57所示。

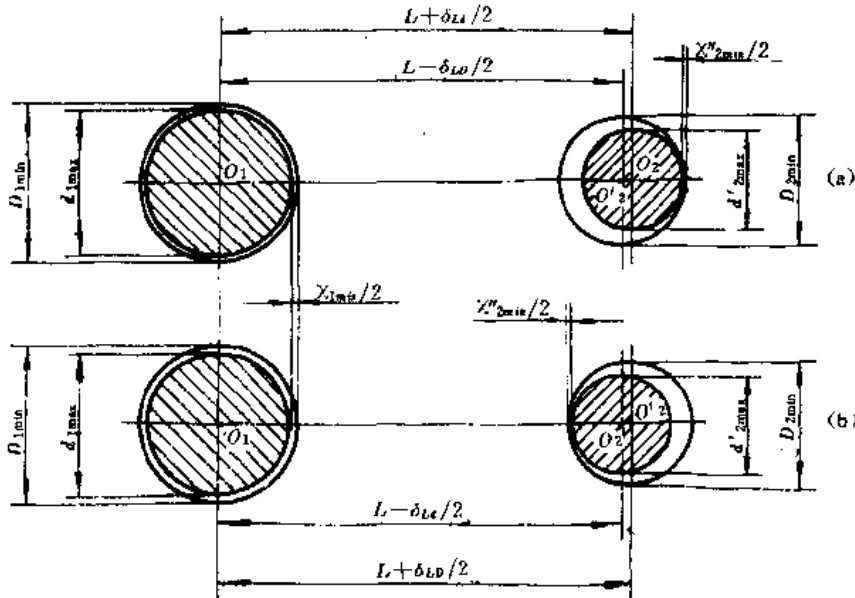


图1.57 两圆柱销限位时工件顺利装卸的条件

从图1.57(a)可知,为满足上述条件,第二销与第二孔不能采用标准配合,第二销的直径 d'_2 缩小了,连心线方向的间隙增大了。缩小后的第二销的最大直径为

$$\frac{d'_{2max}}{2} = \frac{D_{2min}}{2} - \frac{\chi_{2min}}{2} - \overline{O_2O'_2}$$

式中 χ_{2min} ——第二销与第二孔采用标准配合时的最小间隙。

从图1.57(a)可得

$$\overline{O_2O'_2} = \left(L + \frac{\delta_{LD}}{2} \right) - \left(L - \frac{\delta_{LD}}{2} \right) = \frac{\delta_{LD}}{2} + \frac{\delta_{LD}}{2}$$

从图1.57(b)也可得到同样结果,所以

$$\frac{d'_{2max}}{2} = \frac{D'_{2max}}{2} - \frac{\chi''_{2min}}{2} - \frac{\delta_{LD}}{2} - \frac{\delta_{LD}}{2}$$

$$d'_{2max} = D_{2min} - \chi''_{2min} - \delta_{LD} - \delta_{LD}$$

这就是说,要满足工件顺利装卸的条件,直径缩小后的第二销与第二孔之间的最小间隙 χ'_{2min} 应达到

$$\chi'_{2min} = D_{2min} - d'_{2max} = \delta_{LD} + \delta_{LD} + \chi''_{2min} \quad (1.19)$$

这种缩小一个定位销直径的方法,虽然能实现工件的顺利装卸,但增大了工件的转角误差。因此,只能在加工要求不高时使用。所以,实际生产中常用削边销代替减小直径的圆销。

2. 以一个圆柱销和一削边销及平面支承定位

为使工件在极端情况下能装到销子上,在不缩小圆销的直径的情况下可把纵向碰到工

件孔壁的部分削去,只留下横向一部分圆柱面。这样,在连心线方向上,仍有减小第二销直径的作用,如图1.58所示。削边量越大,连心线方向的间隙也越大。当间隙达到 $a = \frac{\chi'_{2\min}}{2}$ 时,便满足了工件顺利装卸的条件。由于这种方法只增大连心线方向的间隙,不增大工件的转角误差,因而定位精度较高。

由式(1.19)得出:

$$a = \frac{\chi'_{2\min}}{2} = \frac{\delta_{LD} + \delta_{Ld} + \chi''_{2\min}}{2}$$

实际应用时,可取

$$a = \frac{\delta_{LD} + \delta_{Ld}}{2} \quad (1.20)$$

从图1.58可知 $OA^2 - AC^2 = OB^2 - BC^2$

而 $OA = \frac{D_{2\min}}{2}, AC = a + \frac{b}{2}, BC = \frac{b}{2}$

$$OB = \frac{d_{2\min}}{2} = \frac{D_{2\min} - \chi_{2\min}}{2}$$

代入上式得 $\left(\frac{D_{2\min}}{2}\right)^2 - \left(a + \frac{b}{2}\right)^2 = \left(\frac{D_{2\min} - \chi_{2\min}}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2$

$$b = \frac{2D_{2\min} \cdot \chi_{2\min} - \chi_{2\min}^2 - 4a^2}{4a}$$

式中 b ——为削边销圆柱部分的宽度。

忽略二次项

$$\text{所以 } b = \frac{D_{2\min} \cdot \chi_{2\min}}{2a}$$

或削边销与孔的最小配合间隙为

$$\chi_{2\min} = \frac{2ab}{D_{2\min}} \quad (1.21)$$

削边销已标准化,有两种结构

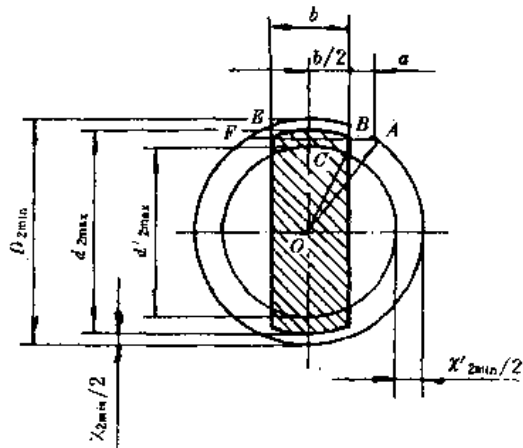
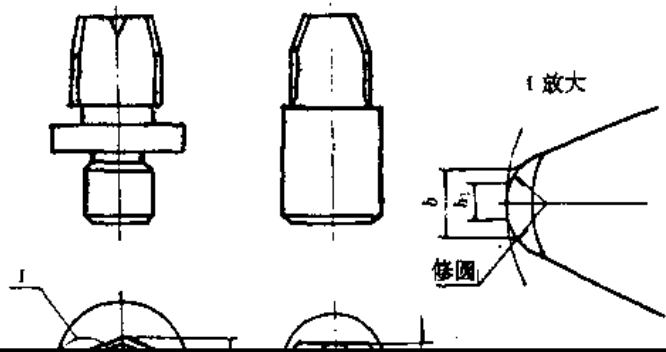


图1.58 削边销的厚度



(Δ_{y_1})和角位移误差(Δ_{y_2})组成,如表1.7所列为工件以一面两孔定位时不同方向、不同位置加工尺寸的基准位移误差的计算公式(见图1.60)。

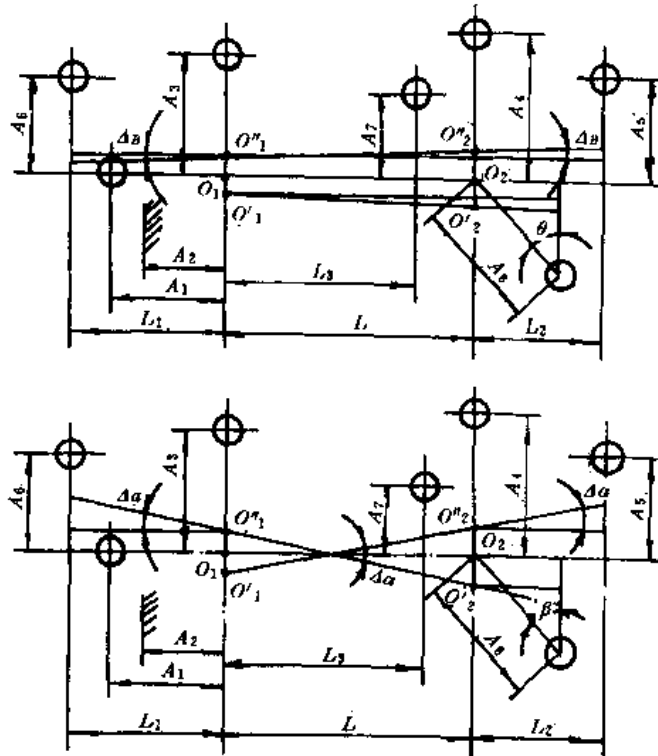
表1.6 菱形销的尺寸

(mm)

d	>3~6	>6~8	>8~20	>20~24	>24~30	>30~40	>40~50
B	$d-0.5$	$d-1$	$d-2$	$d-3$	$d-4$	$d-5$	$d-6$
b_1	1	2	3	3	3	4	5
b	2	3	4	5	5	6	8

注: d —菱形销限位基面直径; b —削边部分宽度; b_1 —削边修圆后留下的圆柱部分宽度。

表1.7 一面两孔定位时基准位移误差的计算公式



加工尺寸的方向与位置	加工尺寸实例	两定位孔的移动方向	计算公式
加工尺寸与两定位孔连心线平行	A_1 A_2		$\Delta_y = \Delta_{y_1} = \chi_{1\max}$
加工尺寸与两定位孔连心线垂直, 垂足为 O_1	A_3	相同	$\Delta_y = \Delta_{y_1} = \frac{\chi_{1\max}}{2}$
		相反	$\Delta_y = \Delta_{y_1} = \chi_{1\max}$
加工尺寸与两定位孔连心线垂直, 垂足为 O_2	A_4	相同	$\Delta_y = \Delta_{y_1} = \frac{\chi_{2\max}}{2}$
		相反	$\Delta_y = \Delta_{y_1} = \chi_{2\max}$
加工尺寸与两定位孔连心线垂直, 垂足在 O_1 与 O_2 之间	A_7	相同	$\Delta_y = \Delta_{y_1} + \Delta_{y_2} = \frac{\chi_{1\max}}{2} + L_3 \tan \Delta_p$
		相反	$\Delta_y = \Delta_{y_1} + \Delta_{y_2} = \chi_{1\max} + 2L_3 \tan \Delta_p$

加工尺寸的方向与位置	加工尺寸实例	两定位孔的移动方向	计算公式
加工尺寸与两定位孔连心线垂直, 垂足在 O_1O_2 延长线上圆柱销一边	A_5	相同	$\Delta_y = \Delta_{y1} - \Delta_{y2} = \frac{\chi_{1\max}}{2} - L_1 \tan \Delta_\beta$
		相反	$\Delta_y = \Delta_{y1} + \Delta_{y2} = \chi_{1\max} + 2L_1 \tan \Delta_\alpha$
加工尺寸与两定位孔连心线垂直, 垂足在 O_1O_2 延长线上菱形销一边	A_5	相同	$\Delta_y = \Delta_{y1} + \Delta_{y2} = \frac{\chi_{2\max}}{2} + L_2 \tan \Delta_\beta$
		相反	$\Delta_y = \Delta_{y1} + \Delta_{y2} = \chi_{2\max} + 2L_2 \tan \Delta_\alpha$
加工尺寸与两定位孔连心线成一定夹角 θ	A_5	相同	$\Delta_y = (\Delta_{y1} + \Delta_{y2}) \cos \theta = \left(\frac{\chi_{2\max}}{2} + L_2 \tan \Delta_\beta \right) \cos \theta$
		相反	$\Delta_y = (\Delta_{y1} + \Delta_{y2}) \cos \theta = (\chi_{2\max} + 2L_2 \tan \Delta_\alpha) \cos \theta$

注: O_1 —圆柱销的中心;

O_2 —菱形销的中心;

O'_1, O'_1, O'_2, O'_2 —工件定位孔的中心;

L —两定位孔的距离(基本尺寸);

L_1, L_2, L_3 —加工孔(或加工面)与定位孔的距离(基本尺寸);

$\chi_{1\max}$ —定位孔与圆柱销之间的最大配合间隙;

$\chi_{2\max}$ —定位孔与菱形销之间的最大配合间隙;

θ —加工尺寸方向与两定位孔连心线的夹角;

Δ_β —两定位孔同方向移动时, 定位基准(两孔中心连线)的转角

$$\Delta_\beta = \arctan \frac{O_2 O'_2 - O_1 O'_1}{L} = \arctan \frac{\chi_{2\max} - \chi_{1\max}}{2L}$$

Δ_α —两定位孔反方向移动时, 定位基准的转角

$$\Delta_\alpha = \arctan \frac{O_2 O'_2 + O_1 O'_1}{L} = \arctan \frac{\chi_{2\max} + \chi_{1\max}}{2L}$$

如图1.60所示, 钻连杆盖上的四个定位销孔。按加工要求, 用平面A及2— $\phi 12^{+0.027}$ 两螺栓孔定位。试设计两销, 并计算定位误差。

计算步骤如下:

(1) 确定两定位销的中心距 两定位销的中心距的基本尺寸等于工件两定位孔中心距的平均尺寸, 其公差一般为

$$\delta_{L_d} = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5} \right) \delta_{L_D}$$

因 $L_D = 59 \pm 0.1 \text{ mm}$

取 $L_d = 59 \pm 0.02 \text{ mm}$

(2) 确定圆柱销直径 圆柱销直径的基本尺寸应等于与之配合的工件孔的最小极限尺寸, 其公差带一般取 $g6$ 或 $h7$ 。

因连杆盖孔的直径为 $\phi 12^{+0.027}$ mm, 取圆柱销的直径 $d_1 = \phi 12 g6 = \phi 12^{-0.006}_{-0.017}$ mm。

(3) 确定菱形销的尺寸 b 查表1.6得出, $b = 4 \text{ mm}$ 。

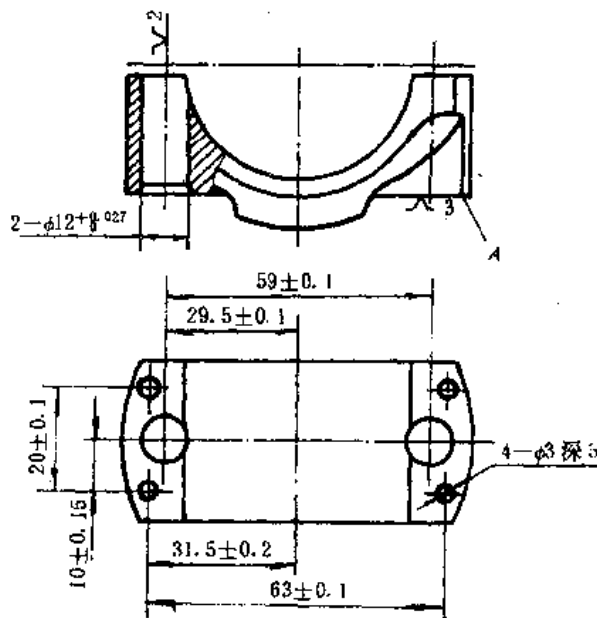


图1.60 连杆盖工序图

(4) 确定菱形销的直径

① 按式(1.21)计算 χ_{2min} 。

因为
$$a = \frac{\delta_{LD} + \delta_{Ld}}{2} = 0.1 + 0.02 = 0.12(\text{mm})$$

$$b = 4\text{mm}, \quad D_2 = \phi 12_0^{+0.027}\text{mm}$$

所以
$$\chi_{2min} = \frac{2 \times 0.12 \times 4}{12} = 0.08(\text{mm})$$

采用修圆菱形销时,应以 b_1 代替 b 进行计算。

② 按式 $d_{2max} = D_{2min} - \chi_{2min}$ 算出菱形销的最大直径

$$d_{2max} = 12 - 0.08 = 11.92\text{mm}$$

③ 确定菱形销的公差等级。一般取 IT6 或 IT7

因 IT6 = 0.011

所以 $d_2 = \phi 12_{-0.009}^{+0.008}\text{mm}$

(5) 计算定位误差(参阅图1.61) 连杆盖本工序的加工尺寸较多,除了四孔的直径和深度外,还有 $(63 \pm 0.1)\text{mm}$, $(20 \pm 0.1)\text{mm}$, $(31.5 \pm 0.2)\text{mm}$ 和 $(10 \pm 0.15)\text{mm}$ 。其中, $(63 \pm 0.1)\text{mm}$ 和 $(20 \pm 0.1)\text{mm}$ 没有定位误差,因为它们的大小主要取决于钻套间的距离,与工件定位无关;而 $(31.5 \pm 0.2)\text{mm}$ 和 $(10 \pm 0.15)\text{mm}$ 均受工件定位的影响,有定位误差。

① 加工尺寸 $(31.5 \pm 0.2)\text{mm}$ 的定位误差 由于定位基准与工序基准不重合, $\Delta_B \neq 0$ 。定位尺寸 $S = (29.5 \pm 0.1)\text{mm}$, 所以 $\Delta_B = \delta_S = 0.2\text{mm}$ 。

由于尺寸 $(31.5 \pm 0.2)\text{mm}$ 的方向与两定位孔连心线平行,根据表1.7所列:

$$\Delta_Y = \chi_{1max} = (0.027 + 0.017) = 0.044(\text{mm})$$

由于工序基准不在定位基面上,所以
$$\Delta_D = \Delta_Y + \Delta_B = (0.044 + 0.2) = 0.244(\text{mm})$$

② 加工尺寸 $(10 \pm 0.15)\text{mm}$ 的定位误差 由于定位基准与工序基准重合, $\Delta_B = 0$ 。

由于定位基准与限位基准不重合且方向与两定位孔连心线不平行,所以既有基准直线位移误差 Δ_{Y1} ,又有角位移误差 Δ_{Y2} 。

根据表1.7后注公式

$$\tan \Delta \alpha = \frac{\chi_{max} + \chi_{2max}}{2L} = \frac{0.044 + 0.118}{2 \times 59} = 0.00138$$

根据表1.7,左边两小孔的基准位移误差为

$$\Delta_Y = \chi_{1max} + 2L_1 \tan \Delta \alpha = 0.044 + 2 \times 2 \times 0.00138 = 0.05(\text{mm})$$

右边两小孔的基准位移误差为

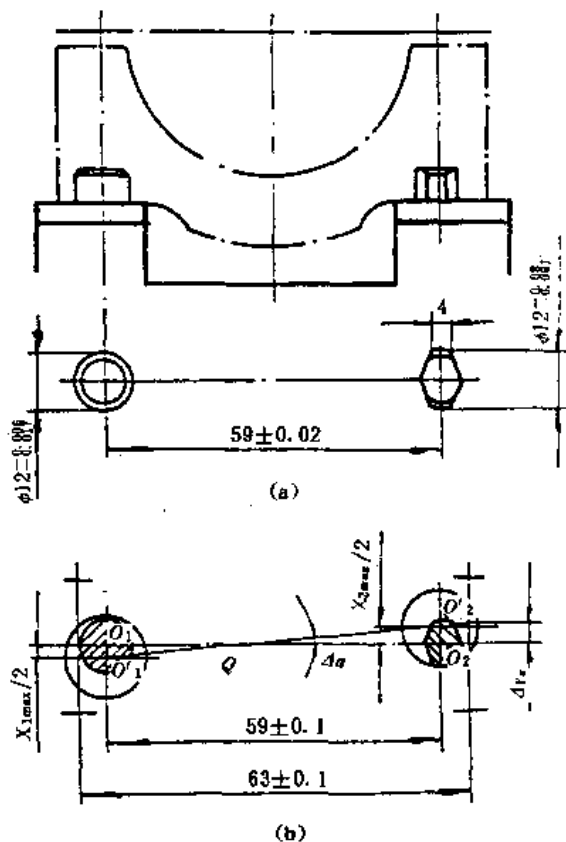


图1.61 连杆盖的定位方式与定位误差

$$\Delta_y = \chi_{2\max} + 2L_2 \tan \Delta\alpha = 0.118 + 2 \times 2 \times 0.00138 = 0.124(\text{mm})$$

由于 $(10 \pm 0.15)\text{mm}$ 是对四小孔的统一要求,因此,其定位误差为

$$\Delta_D = \Delta_y = 0.124\text{mm}$$

1.4 定位装置设计示例

1.4.1 定位方案设计要求

定位方案设计是夹具设计的第一步,也是夹具设计中关键的一步。定位方案设计的好坏,将直接影响加工精度和加工效率。并且,定位方案一经确定,夹具的其他组成部分也大体随之确定。因此,对于定位方案必须慎重考虑,以满足设计的基本要求。

1. 定位方式必须根据工件结构,加工技术要求确定

根据定位原理,在加工工序中,工件在夹具中采用几点定位,需限制工件哪些自由度,必须根据工件结构和加工技术要求确定。因此,定位元件的选择或设计也必须以此为依据,寻求最佳定位方案。

2. 定位元件(机构)设计和布置应保证工件定位稳定,并有足够的刚度

定位基准确定之后,在设计定位元件时,应结合基准结构形状、表面状况、限制工件自由度数目、定位误差的大小以及辅助支承的合理使用等,并兼顾夹紧方案同时进行分析比较,以达到工件定位稳定、安装方便、结构工艺性和刚性好等目的。

3. 定位元件的材料和技术条件应确保定位精度的稳定性和使用的持久性

由于定位元件的精度对工件的加工精度影响很大。所以在设计定位元件时,其材料的选择和技术条件应有较高要求;定位元件与工件定位基准面或与夹具体接触或配合的表面,一般不低于IT8,常选IT7甚至IT6制造;定位元件工作表面的粗糙度值一般不应大于 $Ra1.6\mu\text{m}$,常选用 $Ra0.8\mu\text{m}$ 和 $Ra0.4\mu\text{m}$;采用调整法和修配法提高装配精度,以保证支承钉和支承板的等高性以及和夹具安装面的平行度或垂直度等要求;定位元件可选用45、40Cr等优质碳素结构钢或合金钢制造,或选用T8、T10等碳素工具钢制造,并经淬火处理提高其表面硬度及耐磨性;对于尺寸较大或装配时需作定位销孔的定位元件,如夹紧力等负荷较大时可采用20、20Cr等低碳钢经渗碳并淬火后再磨制。

4. 定位方案应有可行性分析和论证

定位方案的设计,不仅要求符合六点定位原理,而且应有足够的定位精度;不仅要求定位元件(机构)的结构简单、定位可靠,而且应容易加工和装配。此外,还应对其热处理性能、经济性等多方面进行分析、论证,才能确定出最佳方案。

1.4.2 定位装置方案设计示例

如图1.62所示为铣接头通槽的简图。本工序应保证的加工技术要求为:槽宽 $12 \pm 0.03\text{mm}$,槽深为 $10 \pm 0.03\text{mm}$ 、槽对称平面与 $\phi 16f7$ 的轴心线的对称度为0.05、与B面的垂直度为0.08等。

加工时,除槽宽 12 ± 0.120 可由刀具保证外,工件在夹具中定位时,还需限制其除 \vec{Y} 以外的五个自由度,才能保证其工序要求。

根据上面分析和基准选择原则,本工序应选 $\phi 16f7$ 为主要定位基准;另选 N 面和 B 面为次要定位基准组合定位。

按前述分析应消除的自由度和所选定位基准,设计定位元件时可有多种定位方案。下面仅以表1.8所示的两种定位方案进行分析比较。

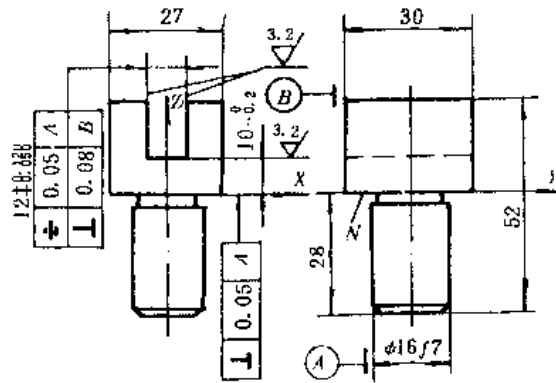


图1.62 铣接头通槽简图

表1.8 两种定位方案的比较

	方案 I	方案 II
定位方案		
定位元件的自及由所度	<p>定位套2的内孔相当于四个支承点,限制工件的\vec{X}和\vec{Y}、\vec{X}和\vec{Y}四个自由度;端面相当于三个支承点,限制工件的\vec{Z}、\vec{X}和\vec{Y}三个自由度</p> <p>支承钉1相当于一个支承点,限制工件\vec{Z}一个自由度,属重复定位</p>	<p>V形块2的V形槽相当于四个支承点,限制工件的\vec{X}、\vec{Y}、\vec{X}和\vec{Y}四个自由度,端面相当于一个支承点,限制工件\vec{Z}一个自由度</p> <p>活动定位叉1相当于一个支承点,限制工件的\vec{Z}一个自由度</p> <p>属全定位</p>
优点	结构简单、制造容易	<p>V形块对中性好,易于保证对称度0.05mm的要求</p> <p>移动定位叉限制工件\vec{Z},定位精度较高,易于保证垂直度0.08mm的要求</p> <p>V形块和定位叉工作表面磨损易于修复</p>

	方 案 I	方 案 II
缺 点	重复定位,可能发生“干涉” 单支承钉限制 Z, 尺寸30mm 的变化对角向定位精度影响较大,可能使垂直度0.08mm 超差 定位套孔与工件之配合间隙会影响对称度位置误差,难以保证加工质量	结构较方案 I 复杂 切屑清除较难,并应注意定位叉的防屑,否则可能移动不灵活,甚至“卡死”

据表分析可知,从保证加工精度来看,方案 II 较方案 I 为佳。

习题与思考题

1. 什么叫定位、夹紧和安装?
2. 用专用夹具与找正法安装工件、定位有何不同?
3. 工件被夹紧所得到的位置固定与工件在夹具中定位而确定的位置有何不同?
4. 何谓“六点定位原理”?工件在夹具中定位,是否一定要完全限制其六个自由度才算定位合理?
5. 何谓全定位、准定位、欠定位和重复定位?试举例说明。
6. 辅助支承与基本支承有何区别,各用于什么场合?
7. 采用“一面两销”定位时,为什么其中一个应为“削边销”?怎样确定削边销的安装方向、双销直径尺寸和公差?
8. 怎样建立“坐标系”才有利于分析工件在夹具中的定位合理性?
9. 工件以平面为定位基准时,常用哪些定位元件?各用于什么场合?
10. 工件除以平面定位外,还常用哪些表面作定位基准?相应的定位元件常用哪些类型?
11. 在夹具设计中,基准重合与基准不重合的含义是什么?
12. 何谓定位误差?为什么说,凡基准不重合必有定位误差产生,基准重合则定位误差为零?
13. 常用的定位表面有哪些?应该怎样分析与计算工件在夹具定位时所产生的定位误差?
14. 如图1.63所示阶梯形工件,B面和C面已加工合格。今采用图(a)和图(b)两种定位方案加工A面,要求

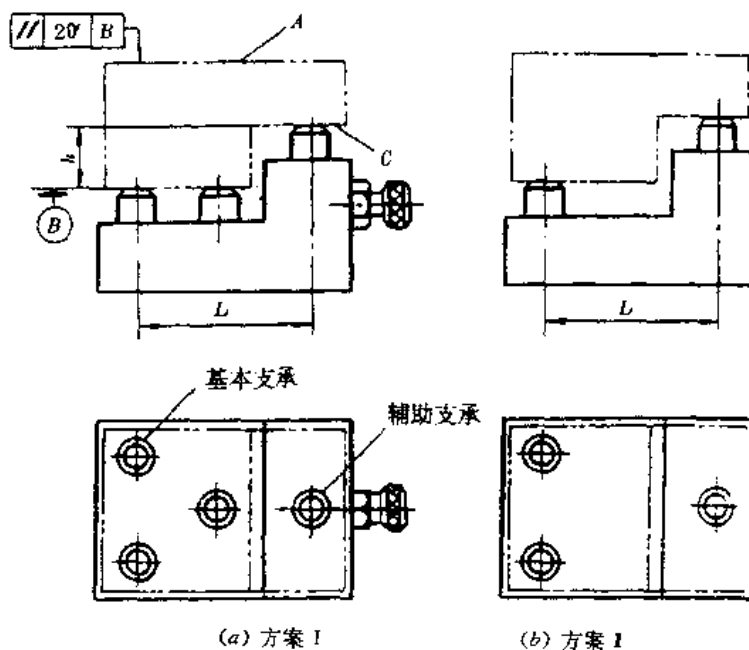


图1.63 阶梯形工件

保证 A 面对 B 面的平行度为 $20'$ (用角度表示)。已知 $L=100\text{mm}$, B 面与 C 面之间的高度 $h=15^{+0.5}\text{mm}$ 。试分析这两种定位方案的定位误差, 并比较它们的优劣。

15. 如图 1.64 所示为镗削 $\phi 30H7$ 孔的定位, 试计算定位误差。
 16. 按图 1.65 所示要求, 试作镗削 $\phi 23^{+0.023}$ mm 孔的定位方案设计。

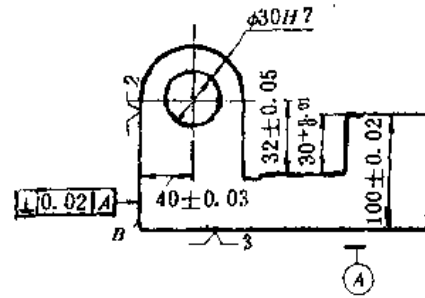


图 1.64 镗削孔定位图

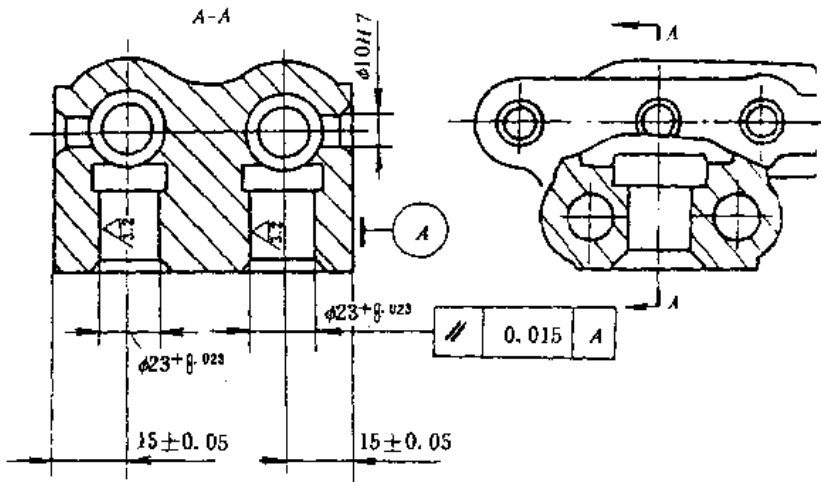


图 1.65 镗削孔示意图

第2章 工件的夹紧及夹紧机构

在机械加工过程中,工件会受到切削力、离心力、重力、惯性力等的作用,为了保证在这些外力作用下,工件仍能在夹具中保持已由定位元件所确定的加工位置,而不致发生振动或位移。因此,一般夹具结构中都必须设置一定的夹紧装置将工件可靠夹牢。

2.1 工件的夹紧

2.1.1 夹紧装置的组成

夹紧装置由两部分组成:

1. 力源装置

力源装置是产生夹紧作用力的装置。来自人力的,称为手动夹紧;来自动力装置的,如气动、液压、电动等,称为机动夹紧。

2. 夹紧机构

用来接受和传递作用力,使之变为夹紧力并执行夹紧任务。

如图2.1所示为气压夹紧的铣床夹具。由配气阀6、气缸4、活塞5、活塞杆3等组成了气压动力装置,连杆2和压板1等组成了铰链压板夹紧机构。

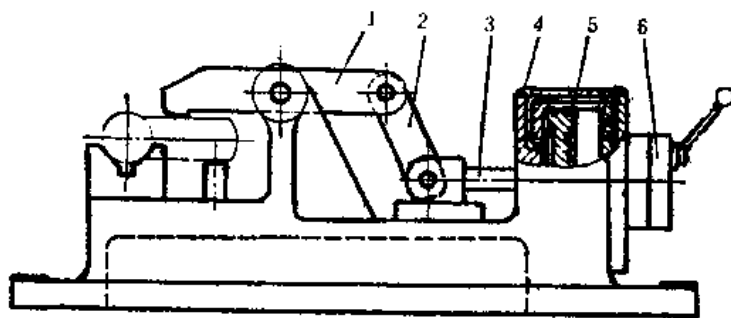


图2.1 气压夹紧铣床夹具

1—压板;2—连杆;3—活塞杆;4—气缸;5—活塞;6—配气阀

2.1.2 对夹紧装置的基本要求

夹紧装置的设计或选用是否正确合理,直接影响到加工质量与生产率。因此,对夹紧装置提出如下基本要求:

(1) 夹紧时应保持工件定位时所占据的正确位置。

(2) 夹紧可靠、适当。夹紧机构要保证工件在加工过程中不产生松动或振动。同时,工件不产生过大的夹紧变形和表面损伤。

(3) 夹紧机构的自动化程度和复杂程度应和工件的生产规模相适应,并有良好的结构工艺性,尽可能采用标准化元件。

(4) 夹紧动作迅速,操作方便、安全、省力。

2.1.3 夹紧力的确定

夹紧力包括大小、方向和作用点三个要素,它们的确定是夹紧机构设计中首要解决的问题。

1. 夹紧力方向的选择

(1) 夹紧力方向应垂直于工件的主要定位基准面,以保证工件的定位精度。

如图2.2所示,在直角支座零件上镗孔,要求保证孔与端面垂直度。根据加工要求,以 B 面为主要定位基准面,夹紧力的方向垂直 B 面(F_1),这样能保证定位可靠,满足上述垂直度要求。若要求保证被加工孔轴线与支座底面平行,则应以 A 面为主要定位基准面,此时夹紧力的方向应垂直 A 面(F_2)。否则,由于 A 面与 B 面的垂直度误差,会引起被加工孔轴线相对于 A 面或 B 面的位置误差。

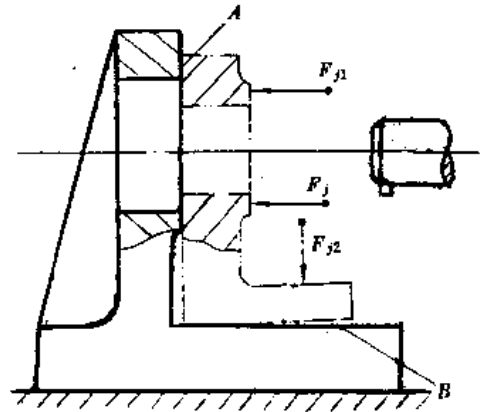


图2.2 夹紧力方向的选择

(2) 夹紧力方向应有利于减小夹紧力。

如图2.3所示,在工件上钻孔,夹紧力与钻削轴向力、工件重力同向。切削力、重力由夹具的固定支承承受,切削扭矩由夹紧力所产生的摩擦力矩平衡,轴向力和重力所产生的摩擦力矩有利于减少所需的夹紧力,故所需夹紧力可最小。

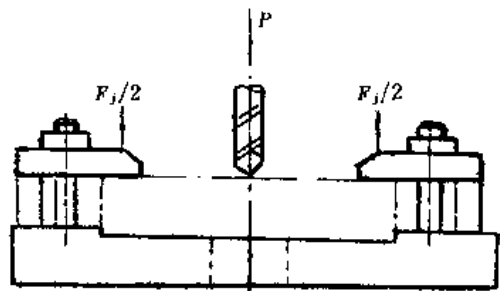


图2.3 夹紧力与切削力、重力的方向

主要考虑是如何保证夹紧时不会破坏工件在定位时所取得的位置和引起的工件变形为最小。因此应使夹紧力作用点符合以下原则:

2. 夹紧力作用点的选择

(1) 夹紧力作用点应正对支承元件或落在定位元件的支承范围内,以保证工件的定位不变。如图2.4所示,夹紧力作用点落到了定位元件支承范围外,夹紧时,产生使工件翻转的力矩,破坏了工件的定位。

(2) 夹紧力作用点应处在工件刚性较好部位,以减小夹紧变形。

这一原则对刚性较差的工件尤为重要。如图2.5所示的薄壁套筒工件,它的轴向刚度比

径向刚度大,如用三爪卡盘径向夹紧套筒,将使工件产生较大变形(见图2.5(a)),若改用螺母轴向夹紧工件(见图2.5(b)),变形将减小。

又如图2.6所示,夹紧薄壁箱体时,若夹紧力作用在箱体顶面,会使工件产生较大变形(见图2.6(a)),若改为图2.6(b)所示,夹紧力作用在刚性较好的凸缘处,工件的夹紧变形就很小。

(3) 夹紧力应尽可能靠近加工表面,可使切削力对此夹紧点的力矩较小,防止工件产生振动。若主要夹紧力的作用点距加工表面较远,可在靠近加工表面处设置辅助支承并施加夹紧力,以减小切削过程的振动和变形,如图2.7所示。

3. 夹紧力大小的估算

夹紧力的大小,对工件安装的可靠性、工件和夹具的变形、夹紧机构的复杂程度和传动装置的选择有很大影响。因此,在夹紧力的方向、

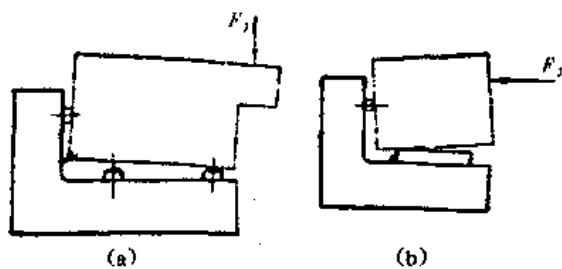


图2.4 夹紧力作用点设置

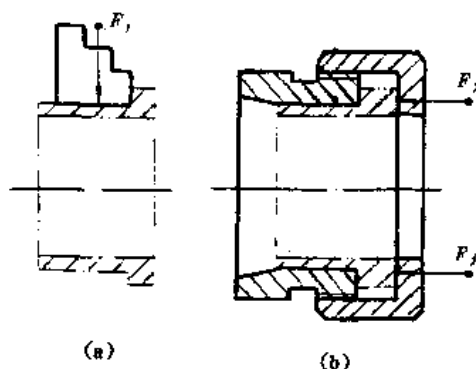
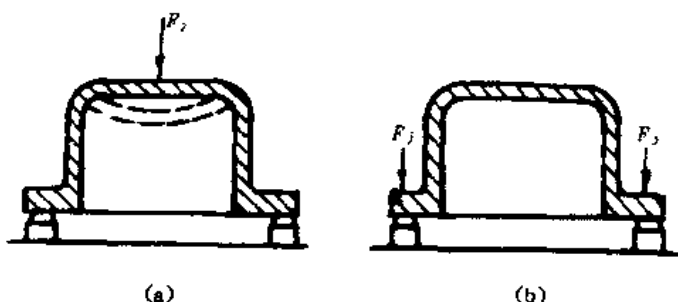


图2.5 薄壁套筒的夹紧



2.6 薄壁箱体的夹紧

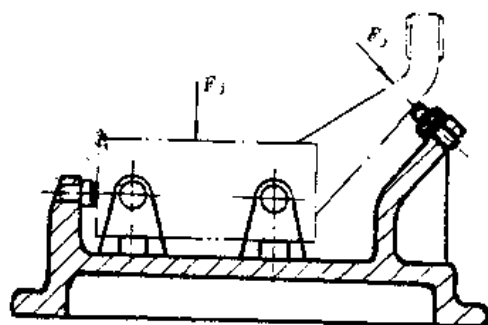


图2.7 夹紧力作用点设置

作用点确定之后,必须合理确定夹紧力的大小。夹紧力不足会使工件在切削过程中产生位移,并容易引起振动,夹紧力过大又会造成工件或夹具不应有的变形或表面损伤。

夹紧力大小的确定,在生产实际中很少用计算方法确定,因为夹紧力的计算涉及到复杂的动态平衡问题,故一般只作粗略估算,以主切削力为依据与夹紧力建立静平衡方程式,解此方程来求夹紧力大小。同时,切削力在加工过程中由于工件材质不均匀、刀具磨损等因素影响是变化的,再考虑到工件在实际加工中还会受到惯性力和工件自重等外力作用。因此,对接静力平衡求得的夹紧力大小必须乘以安全系数加以修正,然后作为实际所需要的夹紧力数值。即

$$F_j = KF_{j0} \quad (2.1)$$

式中 F_j ——实际所需的夹紧力(N);

F_{j0} ——理论上的夹紧力(N);

K ——安全系数,通常 $K=1.5\sim 3$,粗加工时 $K=2.5\sim 3$,精加工时 $K=1.5\sim 2$ 。

例如车削加工夹紧力。轴类工件用三爪卡盘夹紧,根据静力平衡条件并考虑安全系数,可求出每一卡爪实际产生的夹紧力为

$$F_j = \frac{K \cdot F_z \cdot D_0}{f \cdot n \cdot D} \quad (2.2)$$

式中 F_j ——每个卡爪产生的夹紧力(N);

F_z ——主切削力(N);

f ——卡爪和工件间的摩擦系数;

n ——卡爪数, $n=3$;

D, D_0 ——加工前后的工件直径(mm);

K ——安全系数。

当工件的悬伸长 L 与夹持直径 d 之比 $L/d > 0.5$ 时,切削力的分力 F_y 对夹紧的影响不能忽略,可将计算得出的 F_j 值再乘以修正系数 K_1 ,其值由下表查得

L/D	0.5	1.0	1.5	2.0
K_1	1.0	1.5	2.5	4.0

2.2 常用的夹紧机构

2.2.1 斜楔夹紧机构

1. 工作原理

斜楔夹紧是夹紧机构中最基本的一种形式。其他一些夹紧如偏心轮、螺钉、凸轮等只不过是这种楔块的变形。如图2.8所示为几种斜楔夹紧机构示例。其中图2.8(a)所示为直接采用斜楔夹紧工件,工件需在两个互相垂直的侧面上钻 $\phi 8\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 两小孔。工件装入夹具后,用锤击斜楔大头,则斜楔对工件产生夹紧力,将工件夹紧,加工完毕后,锤击斜楔小头,即松开工件。

由于用斜楔直接夹紧工件的夹紧力较小,且操作费时,所以实际生产中常将斜楔与其他

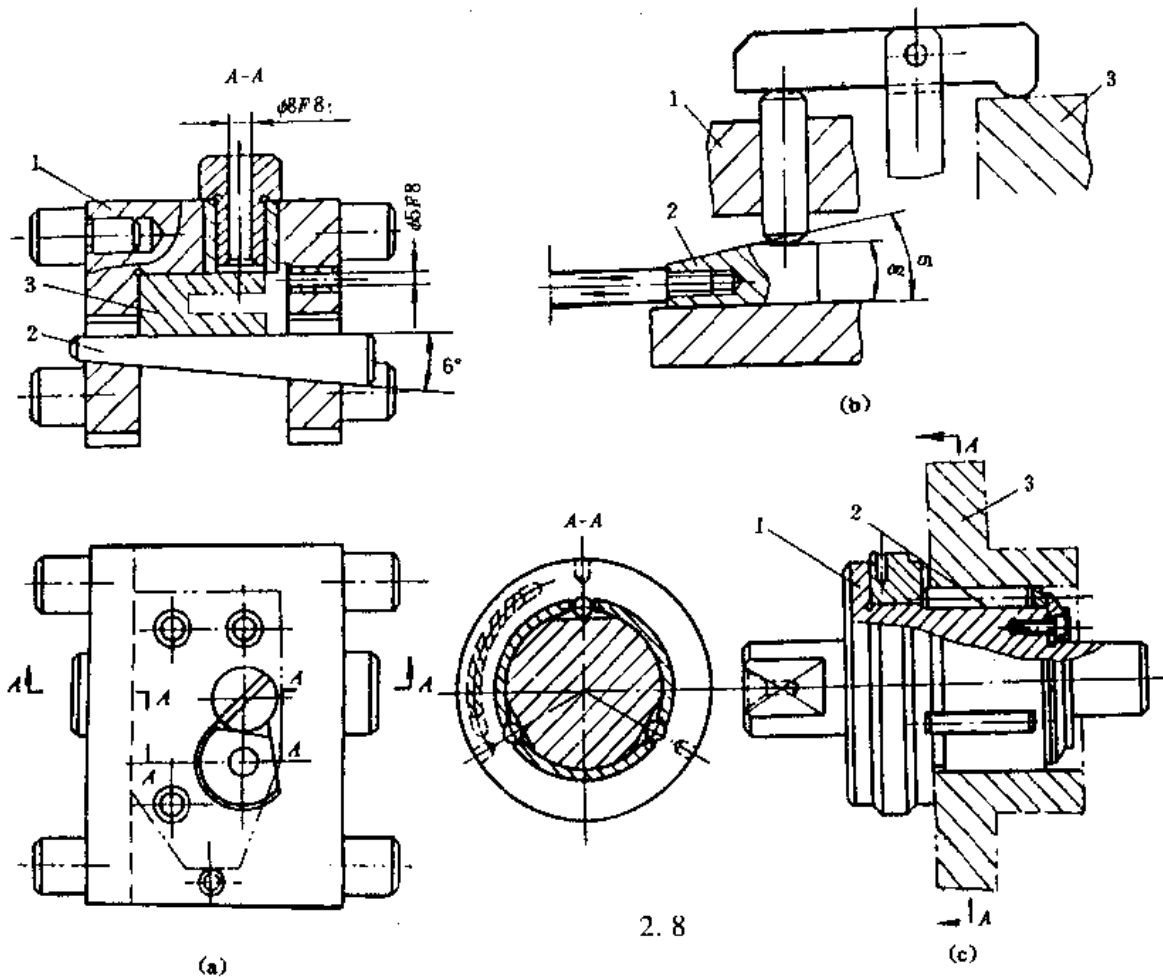


图2.8 几种斜楔夹紧机构
1—夹具体;2—斜楔;3—工件

2. 工作特点

(1) 斜楔的自锁性 一般对夹具的夹紧机构应要求具有自锁性能,即当原始力 F_Q 一旦消失或撤除后,夹紧机械在纯摩擦力的作用下,仍应保持其处于夹紧状态而不松开,以保证夹紧的可靠性。

斜楔的自锁条件为

$$\alpha \leq \varphi_1 + \varphi_2 \quad (2.4)$$

为保证自锁可靠,手动夹紧机构一般取 $\alpha = 6^\circ \sim 8^\circ$ (一般取 $\alpha = 6^\circ$, 则 $\tan \alpha = \tan 6^\circ = 0.1 = \frac{1}{10}$, 故斜楔的斜度通常取 1:10); 用气压或液压装置驱动的斜楔不需要自锁,取 $\alpha = 15^\circ \sim 30^\circ$ 。

(2) 斜楔具有改变夹紧作用力方向的特点 如图2.8所示,斜楔在水平作用力 F_Q 作用下,产生一个与 F_Q 力方向垂直的夹紧力 F_j 。

(3) 斜楔具有增力作用 由夹紧力计算公式可知,斜楔具有增力作用,设夹紧力 F_j 与原始作用力 F_Q 之比为 i (又称扩力比),由式(2.3)可知

$$i = \frac{1}{\tan \varphi_1 + \tan(\alpha + \varphi_2)} \quad (2.5)$$

若取 $\alpha = 7^\circ$, $\varphi_1 = \varphi_2 = 6^\circ$ 代入上式,得 $i = 3$ 。由此可见,当外加一定的原始作用力 F_Q ,工件能获得一个比 F_Q 大三倍的夹紧力 F_j ; i 的大小表示夹紧机构在传递力的过程中扩大(或缩

小)作用力的倍数。

(4) 斜楔夹紧行程小 如图2.9所示,工件要求的夹紧行程 h 和斜楔夹紧工件过程中移动的距离 S 有如下关系:

$$h = S \tan \alpha$$

由于 S 受斜楔长度限制,要增大夹紧行程 h ,就得增大斜角 α ,但 α 愈大,则自锁性愈差,这样夹紧行程 h 的大小就受到限制。当机构既要求自锁,又要有较大的夹紧行程时,可采用双斜面斜楔(见图2.8(b)),斜楔上大斜角的一段使滑柱迅速上升,小斜角一段保证自锁。

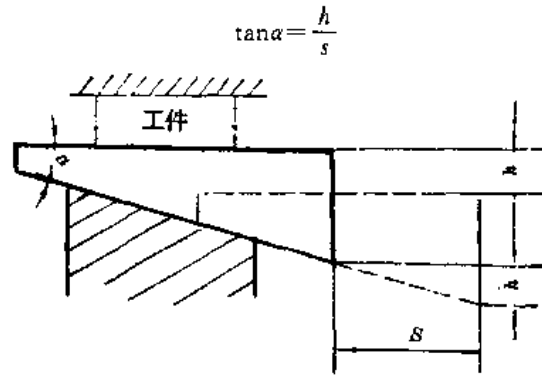


图2.9 夹紧行程

3. 适用场合

斜楔夹紧具有结构简单、增力比大、自锁性能好等特点,因此获得广泛应用。由于增力比、行程大小和自锁条件是相互制约的,故在确定斜楔升角 α 时,应兼顾三者在不同工件条件下的实际需要。单一斜楔夹紧机构夹紧力和增力比均较小且操作不便,夹紧行程也难满足实际需要,因此很少使用,通常用于机动夹紧或组合夹紧机构中。

4. 斜楔材料与热处理

斜楔一般用20号钢渗碳淬火达到 HRC58~62,有时也用45号钢淬硬至 HRC42~46。

2.2.2 螺旋夹紧机构

利用螺旋副夹紧工件的机构称为螺旋夹紧机构。实质上螺旋为绕在圆柱体上的斜楔,因此其作用原理与斜楔相同。由于它结构简单、夹紧可靠等优点,很适用于手动夹紧,它的主要缺点是夹紧动作较慢,所以在机动夹紧机构中应用较少。

1. 单个螺旋夹紧机构

如图2.10所示为简单的螺旋夹紧机构。其中图2.10(a)为螺钉夹紧;图2.10(b)为螺母夹紧,它们都为单个螺旋夹紧机构。

在图2.10(a)中,螺钉头部直接与工件表面接触,螺钉转动时,容易损伤工件表面或带动工件旋转破坏定位。因此,生产中常用螺旋、压板组成螺旋压板机构。

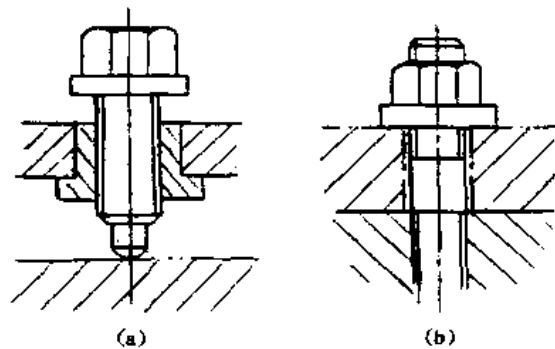
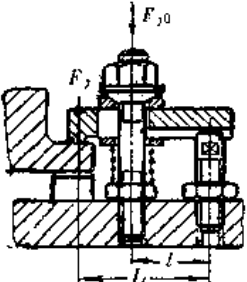

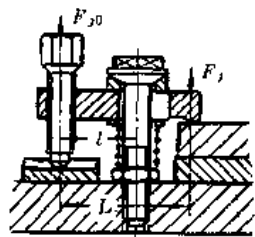
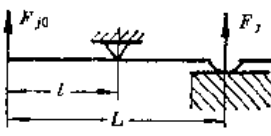
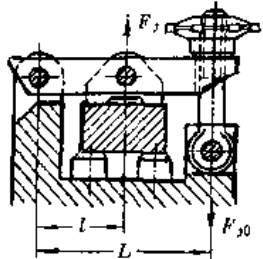
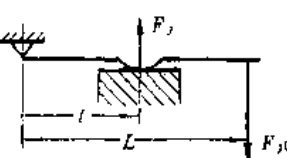


图2.10 单个螺旋夹紧机构

2. 螺旋压板夹紧机构

在夹紧机构中,螺旋压板的使用是很普遍的,如表2.1所列为三种常见的螺旋压板的结构。在设计时,应注意根据杠杆原理改变力臂的关系,可使操作省力、使用方便。

表2.1 螺旋压板典型结构

结构图	施力示意图	夹紧力
		$F_j = \frac{F_{j0}l}{L}$ $F_j < F_{j0}$ <p>当 $l = \frac{1}{2}L$</p> $F_j = \frac{1}{2}F_{j0}$
		$F_j = \frac{F_{j0}l}{L-l}$ <p>当 $l > \frac{1}{2}L$</p> $F_j > F_{j0}$ <p>当 $l = \frac{1}{2}L$</p> $F_j = F_{j0}$
		$F_j = \frac{F_{j0}L}{l}$ $F_j > F_{j0}$ <p>当 $l = \frac{1}{2}L$</p> $F_j = 2F_{j0}$

如果夹具上安置机构的位置受到限制,不能采用上述各种压板时,可改变压板结构形式。如图2.11所示为钩形压板螺旋夹紧机构,结构简单,使用方便,在生产中得到普遍应用。

以上各种螺旋夹紧机构均已实现标准化,设计时可查阅有关手册与资料。

2.2.3 偏心夹紧机构

偏心夹紧机构是用偏心件直接或间接夹紧工件的机构。偏心件一般有圆偏心 and 曲线偏心两种类型。圆偏心件(偏心轮或偏心轴)因结构简单、制造容易而得到广泛的应用。曲线偏心件因制造困难很少使用。如图2.12所示,其中图2.12(a)为直接利用偏心轮夹紧工件,图2.12(b)为偏心压板夹紧机构。

1. 夹紧原理

如图2.13所示为偏心轮直接夹紧工件的原理图。图2.13(a)中 O_1 是偏心轮的几何中心,

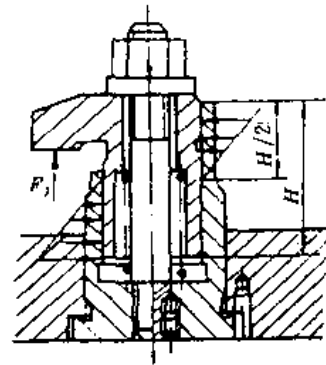


图2.11 钩形压板机构

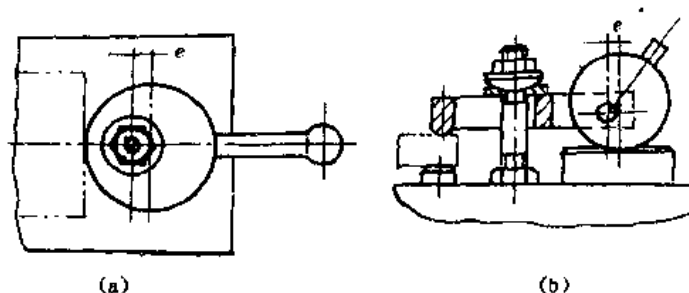


图2.12 偏心夹紧机构

其直径为 D ; O 是偏心轮的回转中心, $\overline{OO_1}$ 是偏心距 e , O 点到圆周上任一点 x 的距离为回转半径 ρ_x , $\rho_{\min} = Om$, $\rho_{\max} = On$ 。以 O 为圆心、 Om 为半径的圆称为基圆。由图2.13中阴影部分可以看出, 圆偏心相当于一个弧形楔绕在基圆上, 因此其工作原理与斜楔相同。当沿顺时针方向转动时, 就相当于此弧形楔卡紧在转轴和工件被夹压表面之间而产生夹紧作用。与斜楔夹紧相比, 偏心夹紧主要是圆周上各接触点的升角 α 不是一个常数。从任意接触点 x 与 O 、 O_1 连线之间的夹角 $\angle Oxo_1$ 就是 x 点的升角 α_x 。

2. 夹紧行程及工作段

如图2.13(b)所示为圆偏心轮展开图, 圆偏心的夹紧行程等于回转中心到工件被压表面的距离与最小回转半径之差, 圆偏心的圆周上任一点 x 的回转半径 ρ_x 与 Om 之夹角 φ_x 称为转角。当圆偏心轮从 0° 转到 180° 时, 夹紧行程为 $2e$ 。

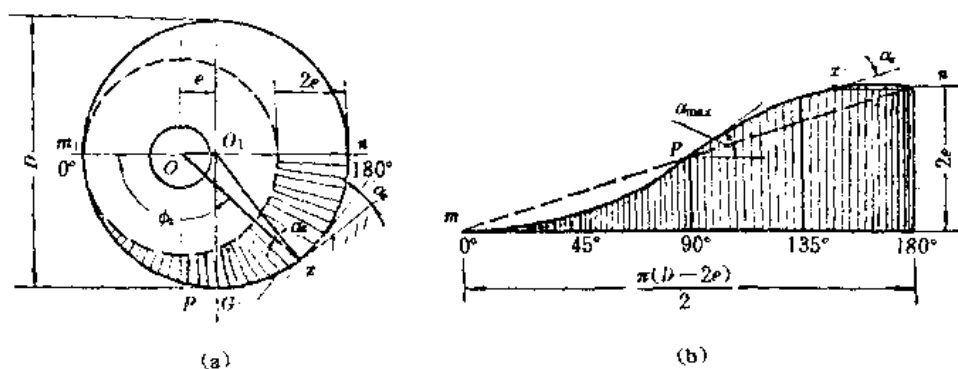


图2.13 圆偏心的工作原理

圆偏心轮的工作转角理论上为 $0^\circ \sim 180^\circ$, 但实际上不能全部利用, 因为转角太大, 不仅操作费时, 也不安全, 一般工作转角小于 90° , 我们把工作转角范围内的那段轮周称为圆偏心轮的工作段, 常用的工作段为:

- (1) $\alpha = 45^\circ \sim 135^\circ$, 该范围升角大, 夹紧力较小, 但夹紧行程大;
- (2) $\alpha = 90^\circ \sim 180^\circ$, 该范围升角由大到小, 夹紧力逐渐增大, 但夹紧行程小。

3. 圆偏心轮的偏心量 e 的确定

用 $\alpha = 45^\circ \sim 135^\circ$ 作为工作段时, 取 $e = 0.7h$ (h 为夹紧行程), 用 $\alpha = 90^\circ \sim 180^\circ$ 作为工作段

时,取 $e=h$ 。

4. 圆偏心轮的自锁条件

根据斜楔自锁条件 $\alpha \leq \varphi_1 + \varphi_2$, 此处 φ_1 和 φ_2 分别为圆偏心轮与工件间的摩擦角和圆偏心轮与转轴处的摩擦角, 考虑到圆偏心轮与转轴处摩擦力矩不大, 故忽略 φ_2 , 可得偏心夹紧的自锁条件为

$$\frac{e}{R} \leq \tan \varphi_1 = f \quad (2.6)$$

式中 f ——轮周作用点处的摩擦系数。

5. 圆偏心轮的夹紧力

由于圆偏心轮周上各点的升角不同, 因此各点的夹紧力也不相等, 夹紧力随圆偏心轮的转角而变化, 根据圆偏心轮的受力分析, 偏心夹紧的夹紧力可用下式估算

$$F_j = \frac{F_Q L}{r [\tan(\alpha + \varphi_2) + \tan \varphi_1]} \quad (2.7)$$

式中 F_j ——夹紧力(N);

F_Q ——作用在手柄上的原始力(N);

L —— F_Q 作用点至回转中心的距离(mm);

r ——偏心转动中心到作用点之间的距离(mm);

α ——偏心轮楔角($^\circ$);

φ_1 ——轮周作用点处摩擦角($^\circ$);

φ_2 ——转轴处摩擦角($^\circ$)。

偏心夹紧机构操作方便, 动作迅速, 结构简单, 但自锁性能差, 夹紧力小, 夹紧行程不大, 结构不耐振, 适用于切削平稳且切削力不大的场合, 常用于手动夹紧机构, 偏心轮的结构都已标准化, 设计时可参阅有关手册。

2.2.4 铰链夹紧机构

如图2.14所示为三种常见的铰链夹紧机构。其中图2.14(a)为单臂铰链夹紧机构, 图2.14(b)为单臂双作用铰链夹紧机构, 图2.14(c)为双臂双作用铰链夹紧机构。

铰链夹紧机构一般没有自锁性, 手动夹紧装置中较少采用, 因其摩擦损失小, 增力系数较大, 故在气动夹具中应用较为广泛, 作用原理为气缸通过推杆使铰链臂运动, 再把运动传给压板, 通过压板实现对工件的松夹。

2.2.5 联动夹紧机构

在机械加工中, 根据工件的结构特点和生产率要求, 常需要对一个工件上的几个点或对多个工件同时夹紧, 此时, 为了减少工件装夹时间, 简化结构, 常采用联动夹紧机构。

如图2.15所示为单件联动夹紧机构。其中图2.15(a)夹紧力作用在两个相互垂直的方向

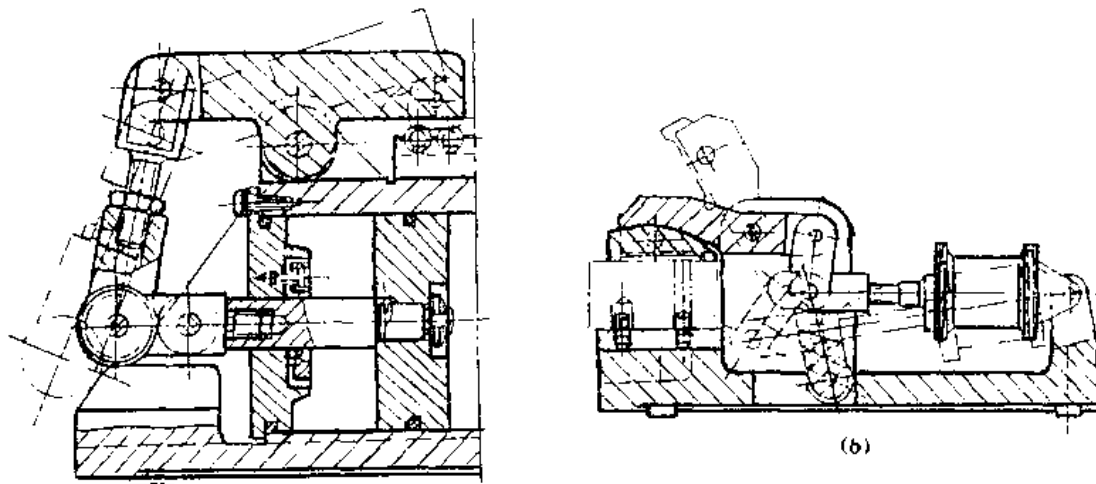


图2.14 铰链夹紧机构

上,称双向联动夹紧。图2.15(b)中两夹紧力方向相同,称平行联动夹紧,两侧中的夹紧力大小可通过改变杠杆臂长度来调整。

如图2.16所示为多件联动夹紧机构,图2.16(a)为连续式多件夹紧,图2.16(b)为平行式多件夹紧。

在设计联动夹紧机构时应注意的问题:

(1) 必须设置浮动环节,以补偿同批工件尺寸偏差的变化,保证各夹紧点夹紧力同时作用且均匀一致。

(2) 联动夹紧一般要求有较大的总夹紧力,故机构要有足够刚度,防止夹紧变形。

(3) 工件的定位和夹紧联动时,应保证夹紧时不破坏工件在定位时所取得的位置。

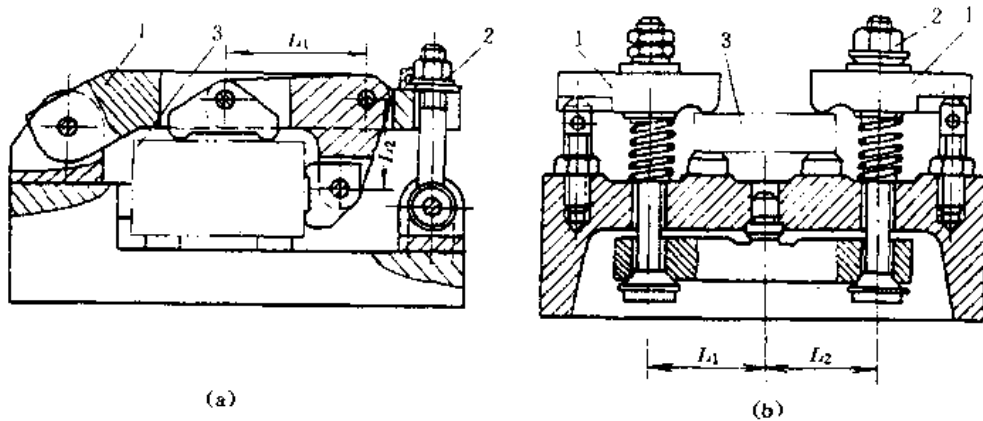


图2.15 单件联动夹紧机构

1—压板; 2—螺母; 3—工件

(4) 注意夹紧力方向和加工表面的相互关系,避免工件在定位、夹紧时累积误差对加工精度的影响

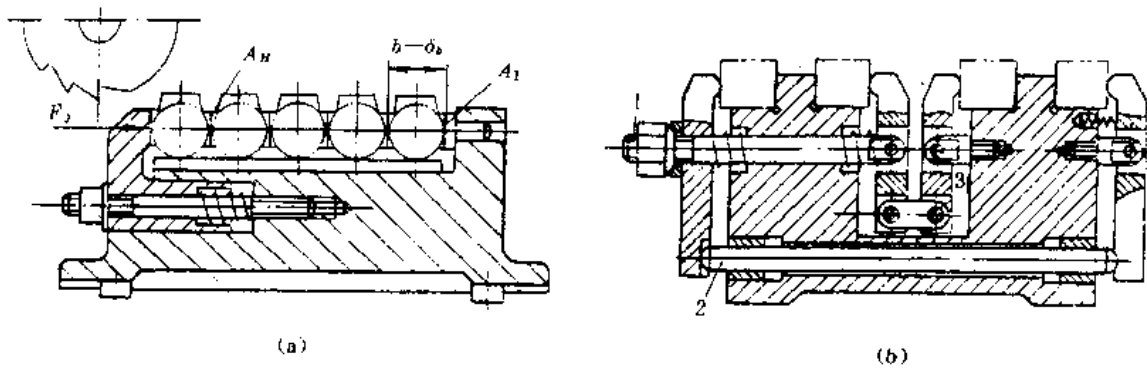


图2.16 多件联动夹紧机构

2.2.6 定心夹紧机构

在机械加工中,有许多零件是以轴线、对称中心或对称面为设计基准的,为使定位基准与设计基准重合,保证定位精度,常采用定心夹紧机构,如车床的三爪卡盘、弹簧卡头等。这是一种同时对工件定心定位和夹紧的机构,按其工作原理可分两大类:

1. 定心夹紧元件作等速移动的定心夹紧机构

如图2.17所示为螺旋式定心夹紧机构。通过转动具有螺距相等,左、右螺纹的螺杆,带动两个V形块同步向中心移动、离开,从而实现对工件的定心夹紧或松开。其特点是结构简单、工作行程大、通用性好,但由于螺旋副制造误差及调整误差的影响,定心精度低,适用于工作行程大、定心精度要求不高的场合。

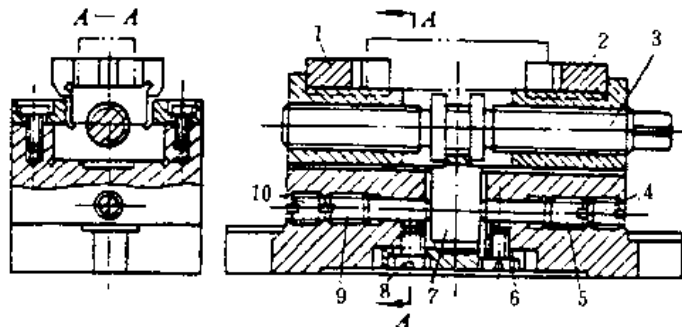


图2.17 螺旋定心夹紧机构

1、2—V形块;3—螺杆;4、5、6—螺钉;7—叉形件;8、9、10—螺钉

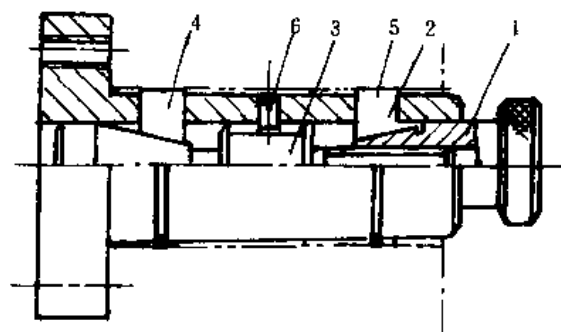


图2.18 斜楔-滑柱定心夹紧机构

1—螺纹套;2—卡爪;3—螺纹杆;
4—卡爪;5—卡环;6—止动销。

如图2.18所示为斜楔-滑柱式定心夹紧机构,拧动螺母时,靠其斜面作用把两组卡爪同时等距离外伸,直至每组三个卡爪与工件孔壁接触,使工件自动定心夹紧。反向拧动螺母,在卡爪槽中的弹性卡环使卡爪缩回,工件被松开。定心夹紧机构常用于工件以内表面定心的场合。

如图2.19所示为偏心式定心夹紧机构,利用带有偏心圆柱面的轴体1,在旋转时将定位件滚柱2移近或分开,从而夹紧或松开工件。该机构在加工时,靠切削力实现自动定心。切削

力愈大,则夹紧力愈大。其特点是装卸工件迅速,定心夹紧可靠,适用于孔表面已加工和较大孔径的工件。

2. 定心夹紧元件本身作均匀弹性变形的定心夹紧机构

此类机构是利用薄壁弹性元件受力后的均匀弹性变形来实现定心夹紧的,其结构有下列几种型式:

(1) 弹簧夹头与弹簧心轴 如图2.20所示为一种常用的弹簧夹头结构。主要元件是一个带锥面的弹簧套筒,它由三部分组成:一是夹爪A,二是弹性部分B,三是导向部分C。拧紧螺母,在斜面作用下,夹爪收缩,将工件定心夹紧。松开螺母,夹爪弹性恢复,工件松开。

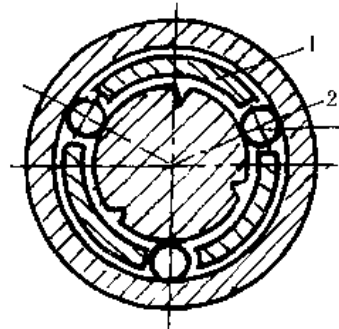


图2.19 偏心式定心夹紧机构
1—轴体; 2—滚柱

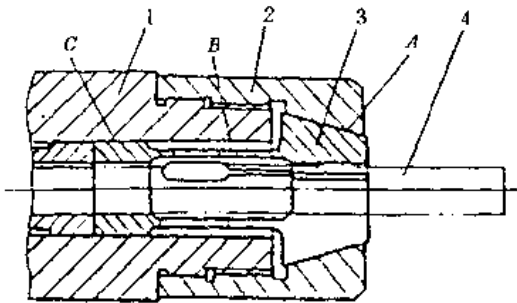


图2.20 弹簧夹头
1—夹具体; 2—螺母; 3—弹簧套筒; 4—工件

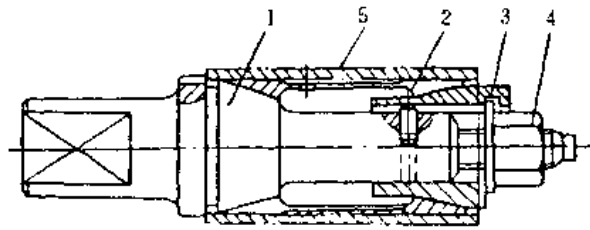


图2.21 弹簧心轴
1—心轴体; 2—弹簧套筒; 3—锥套; 4—螺母; 5—工件

弹簧夹头结构简单,定心精度高,但弹簧套筒变形量不大,故对工件定位基准面有一定精度要求,其公差应控制在0.5mm以内。

如图2.21所示为弹簧心轴结构,用于工件内孔定位,原理与弹簧夹头类似。

弹簧夹头与弹簧心轴上的关键元件——弹性套筒,其结构参数与材料、热处理等均可查有关“夹具手册”。

(2) 弹性膜片定心夹紧机构 该机构是利用一个具有弹性的薄片圆板(膜片),在轴向力作用下,发生弹性变形,使卡爪式定位表面张开或收缩,对工件进行定心夹紧。

如图2.22所示为两种弹性膜片定心夹紧机构。其中图2.22(a)用于夹持工件内孔,图2.22(b)用于夹持工件外圆。

弹性膜片定心夹紧机构定心精度高,制造装配容易,但工件尺寸不能太大,承受的切削扭矩不能过大,常用于短工件的磨削加工或有色金属的车削加工,定心精度可达0.01mm以内。

(3) 碟形弹簧片定心夹紧机构 如图2.23所示为碟形弹簧片定心夹紧机构。图2.23(a)是由碟形弹簧片叠加在一起的弹性心轴,施加轴向力后,弹簧片径向胀大将工件定心夹紧。图2.23(b)为碟形弹簧片结构图,为增加其变形量,开有许多内外交错的径向槽。

该机构定心精度高(0.01mm之内),承载能力大,夹紧迅速可靠,结构简单,但易损坏工件定位表面,适用于定位基准面公差较大的场合。

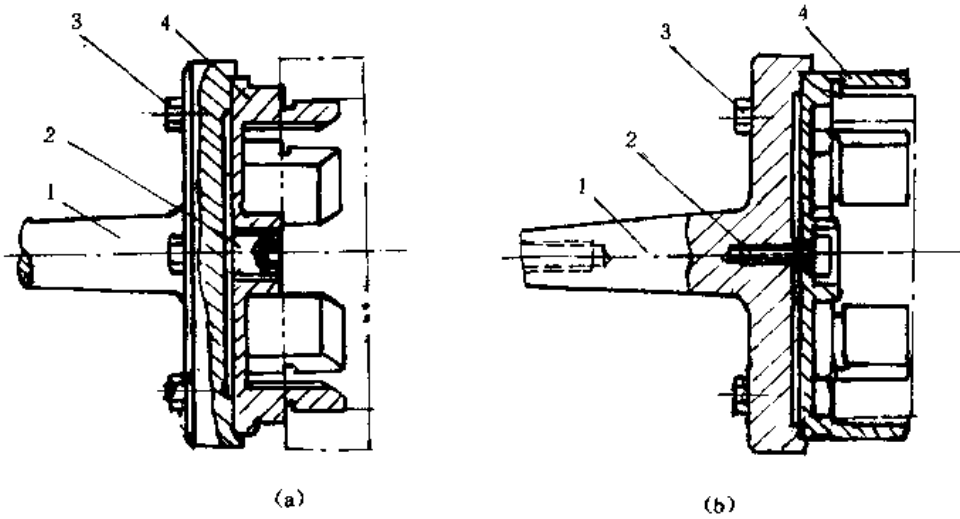


图2.22 弹性膜片定心夹紧机构

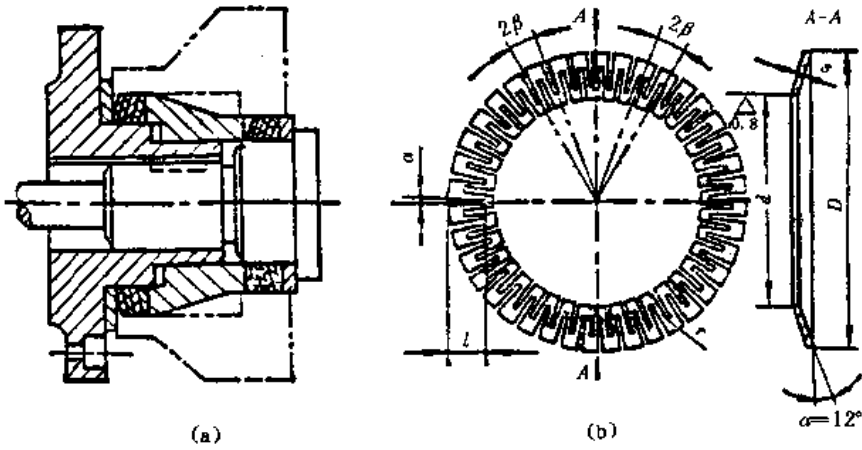


图2.23 碟形弹簧片定心夹紧机构

(4) 液性塑料定心夹紧机构 如图2.24所示为液性塑料定心夹紧机构。它的基本原理

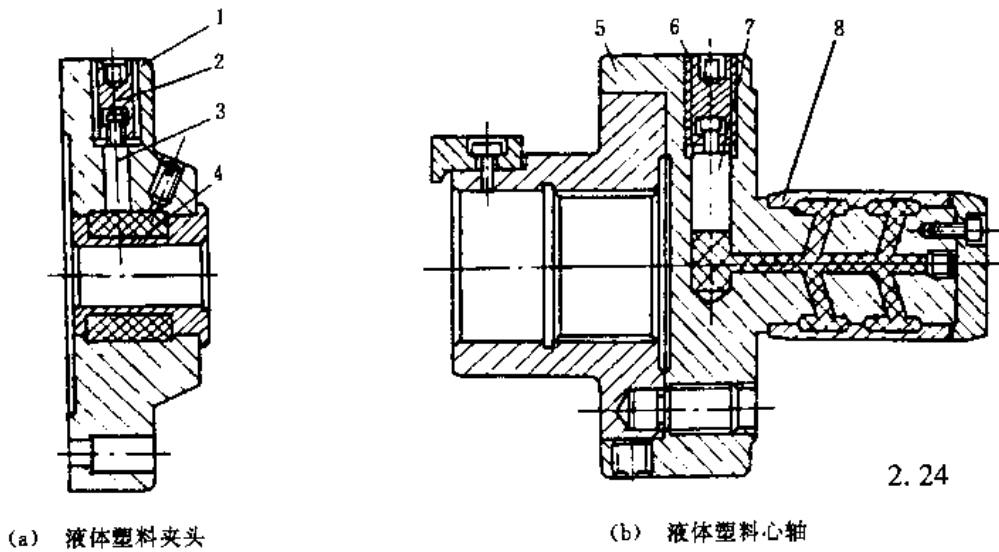


图2.24 液体塑料定心夹紧机构
1,5—夹具体;2,6—螺钉;3,7—柱塞;4,8—弹性套

是利用薄壁筒在液性塑料的压力下,产生均匀的径向变形,使工件准确定心和夹紧。

该机构的主要元件是薄壁套,它装在夹具体上,在夹具体与套之间空腔内注满液性塑料,拧紧加压螺钉,使柱塞对密封腔内的液性塑料施加压力,迫使薄壁套产生均匀弹性变形,从而使工件准确定心夹紧,松开加压螺钉,腔内压力减小,薄壁套靠弹性恢复原状,而使工件松开。

该机构夹紧可靠,定心精度高,但薄壁套弹性变形不能过大,适用于定位孔精度较高的车、磨、齿轮加工等精加工工序。

2.3 夹紧方案设计分析

综合本章所介绍的内容,在设计夹紧方案过程时,可按如下步骤分析:

(1) 根据工件的形状、大小、加工要求、定位装置的结构及其布置等情况,确定其夹紧点与作用方向;

(2) 分析工件的受力情况,运用类比、试验或估算等方法,确定所需夹紧力的大小;

(3) 按所需的夹紧力,并根据生产批量,选择或设计夹紧装置;

(4) 在设计夹具夹紧装置时,尽可能采用已有的、可靠的夹紧方式,这样可免除复杂的设计计算,加快了设计过程;

(5) 夹紧装置在很大程度上影响夹具的复杂程度和使用情况,因而最好进行几种方案的分析比较,然后确定比较合理的夹紧方案。

习题与思考题

1. 对夹紧装置的基本要求有哪些?
2. 分析各种基本夹紧机构的优缺点及适用场合。
3. 指出图2.25所示各定位、夹紧方案及结构设计中不正确的地方,并提出改进意见。

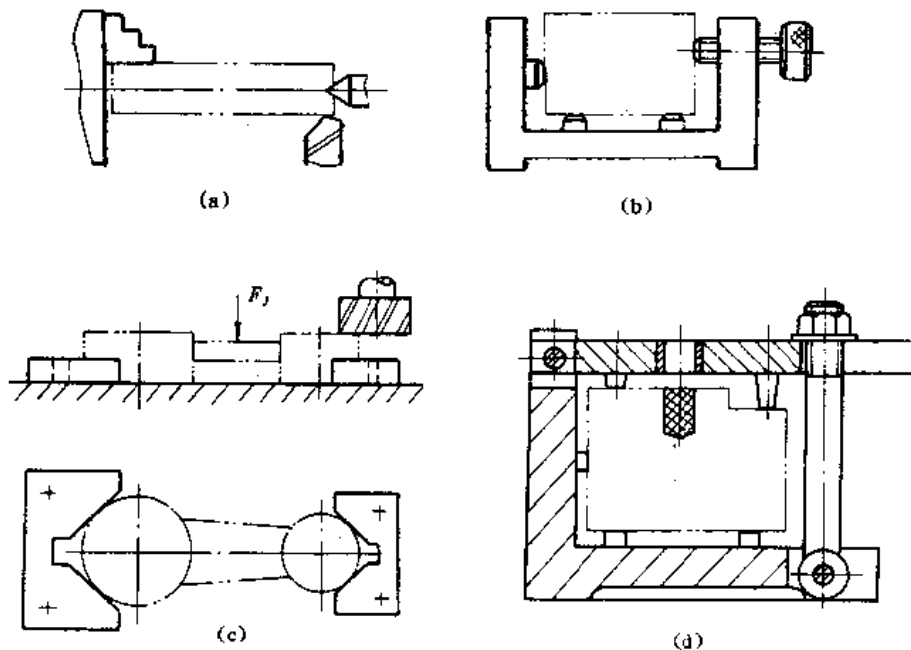


图2.25 四种夹紧机构示意图

4. 试分析图2.26中夹紧力的作用点与方向是否合理,为什么?如何改进?

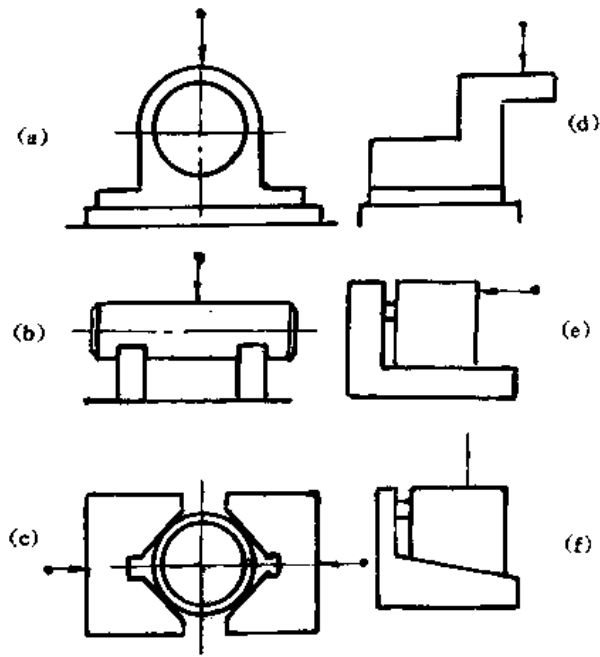


图2.26 几种夹紧机构示意图

5. 何谓定心?定心夹紧机构有什么特点?
6. 何谓联动夹紧机构?设计联动夹紧机构时应注意哪些问题?
7. 铰链夹紧机构有何特点?

第3章 夹具传动装置

用人的体力,通过各种增力机构对工件进行夹紧,称为手动夹紧。手动夹紧的夹具因结构比较简单,制造成本低,在生产实践中应用较广泛。但因人的体力有限,长时间工作时一般不宜超过150N左右,即使通过增力机构,其夹紧力往往还达不到所需的数值。另外在大批量的生产中,即使所用体力不大,但是夹紧放松频繁也是十分劳累的。因此需要采用动力传动装置代替人的体力进行夹紧,这样的夹紧称为机动夹紧。常见的机动夹紧方式有气压、液压、气液增压、电力以及利用机床的运动进行夹紧等。机动夹紧时,原始夹紧力可以连续使用,夹紧可靠,机构可以不必自锁。

3.1 气压传动装置

3.1.1 气压传动装置的网络系统

气压传动装置的能源为压缩空气,它具有独特的优点:

(1) 压缩空气来源于大气,取之不尽,用之不竭,废气可任意排至外界大气中,处理方法简单。

(2) 气动工作迅速。当压力为 $5 \times 10^5 \text{Pa}$ (相当于 5kgf/cm^2)时,其流速可达 180m/min ,每小时可以连续夹紧、放松2500次。

(3) 气压工作压力较低,一般为 $4 \times 10^5 \text{Pa} \sim 8 \times 10^5 \text{Pa}$,因此,对气动元件的材料和制造精度要求较低。但由于工作压力低,使装置的结构尺寸增大。

(4) 维护简单。因空气介质清洁,管道不易堵塞,不存在介质的变质、补充和更换等问题。

此外,气压和液压传动装置一样,还具有夹紧力保持稳定不变、压力可调节等优点。因此在机械传动的夹具中,气压传动是使用最广泛的一种传动方式。

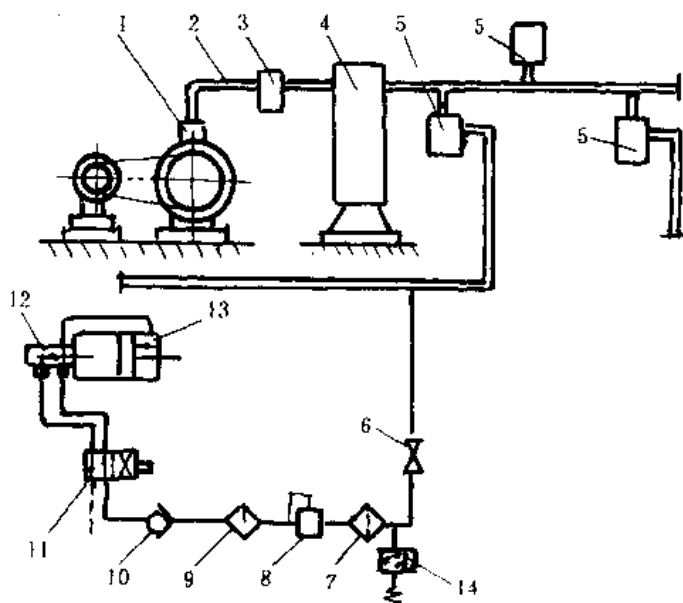


图3.1 气压网路系统

1—空气压缩机;2—管道;3—冷却器;4—贮气罐;5—油水分离器;6—截门;7—过滤器;8—调压阀;9—油雾器;10—单向阀;11—配气阀;12—导气接头;13—活塞式气缸;14—压力继电器

如图3.1所示,气压传动装置所使用的压缩空气是从工厂的压缩空气站经过管道输送到

机床工作地点的。整个气压网络系统由两个基本部分组成：其一为能量转换装置（即空气压缩机1），将原动机供给的机械能转换为流动压力能；其二为动力气缸13，将系统内的压力能转换为机械能。在这两部分之间，根据工作循环的需要，通过管道2按一定的顺序连接各种控制阀及其他辅助装置，从而形成气压网络系统。

气压网路的第一部分，由空气压缩机1、连接在管道2上的冷却器3、贮气罐4和油水分离器5所组成。这一部分集中在压缩空气站内，经除去油和水的压缩空气向全厂各工作地输送。站内所供应的压缩空气，其压力一般为 $7 \times 10^5 \text{Pa} \sim 8 \times 10^5 \text{Pa}$ ，当输送到机床工作地后，由于输送过程中的损失，实际使用的压力为 $4 \times 10^5 \text{Pa} \sim 6 \times 10^5 \text{Pa}$ 。夹具的气压传动装置，是指气压网路的第二部分。打开支气管的截止阀6后，压缩空气在输入气缸之前，通常需要进行过滤（7为过滤器）和控制其压力（8为调压阀），同时也要注入润滑剂（9为油雾器），使以后的工作机械得到润滑。并由单向阀10控制其流向，使压缩空气不能逆流，保证安全。配气阀11操纵气缸中活塞的运动方向。

气压传动装置中各组成元件的结构和尺寸，都已标准化、系列化和规格化。设计时可参阅有关设计资料和设计手册。

3.1.2 气缸结构和夹紧力的计算

常用的气缸结构有两种基本型式，即：活塞式和薄膜式。

1. 活塞式气缸

活塞式气缸按气缸在工作过程中的运动情况，可分为固定、摆动、差动等；按气缸进气情况，又可分为：单向作用和双向作用。其中应用最广的，则是如图3.2所示的双向作用固定活塞式气缸。

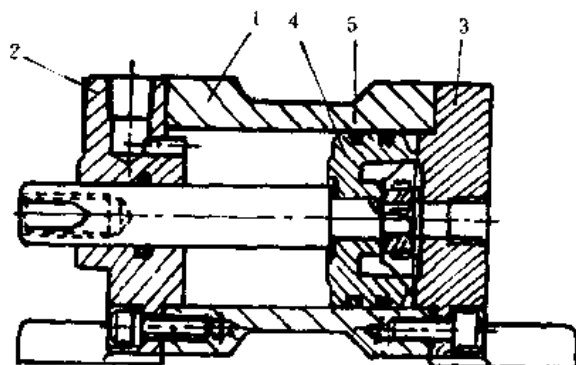


图3.2 双向作用固定活塞式气缸
1—气缸体；2—前盖；3—后盖；4—活塞；5—密封环

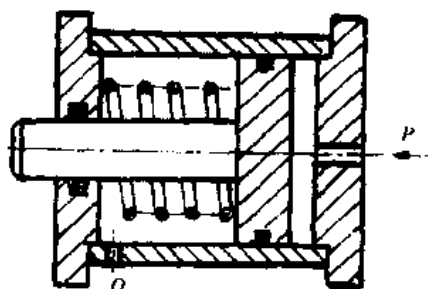


图3.3 单向作用气缸

所谓双向作用固定式是指气缸体是固定不动，可以两面进气推动活塞向左或向右两个方向动作来实现夹紧和松开。如图3.3所示为单向作用活塞式气缸，由图可知，这种气缸只能单面进气推动活塞完成夹紧动作；当气缸右面进气口通气时，活塞便在弹簧力作用下退回原位以实现松开动作。

活塞式气缸所产生的夹紧作用力，可按下式计算：

对于双向作用:

$$F_J = \frac{\pi}{4} D^2 P_s \eta \quad (3.1)$$

对于单向作用:

$$F_J = \frac{\pi}{4} D^2 P_s \eta - F_f \quad (3.2)$$

式中 F_J ——活塞杆上的夹紧作用力(N);

P_s ——气源压力(表压)(Pa);

D ——活塞直径(m);

η ——效率系数,一般取为0.8~0.9;

F_f ——压缩弹簧的反作用力(N)。

有关活塞式气缸的结构尺寸可查阅有关设计资料和设计手册。

活塞式气缸的特点,在于其行程不受限制,而可视需要自行设计决定,并且夹紧作用力不随行程长短而变化。但是活塞式气缸的结构庞大,制造成本高,且滑动副间易漏气。

2. 薄膜式气缸

如图3.4所示为普通薄膜气缸的结构。它是由缸体、膜片、夹住膜片的膜盘、弹簧、活塞杆等零件组成。膜片有盘形膜片和平膜片两种,一般用夹织物橡胶制成,厚度为5mm~6mm,有时也可用1mm~2mm。薄膜气缸的功能类似弹簧复位的活塞式单向作用气缸。它依靠膜片在压缩空气作用下的变形,推动活塞杆运动。它具有结构紧凑、重量轻、维修方便、制造成本低、使用寿命长等优点。其缺点为行程较小,夹紧作用力随行程增大而减小。

薄膜式气缸推杆上输出的夹紧作用力 F_J ,可按下式计算:

$$F_J = \frac{\pi}{12} (D^2 + D \cdot d + d^2) P_s - F_f \quad (3.3)$$

式中 D ——气缸直径(m);

d ——膜盘直径(m);

P_s ——气源压力(Pa);

F_f ——弹簧反力(N)。

薄膜式气缸的结构尺寸已定型,设计时可参考有关设计资料和设计手册。

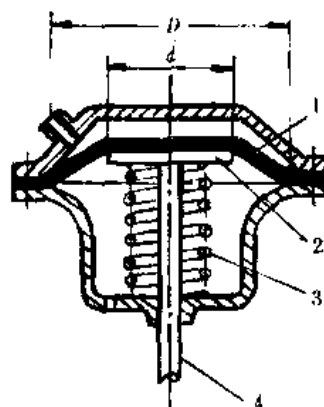


图3.4 薄膜式气缸

膜片;2—膜盘;3—弹簧;4—活塞杆

3.2 液压传动装置

在机床夹具中还采用液压传动装置。由于油液的不可压缩性,能传递较大的压力,一般工作压力可达 $50 \times 10^5 \text{ Pa} \sim 65 \times 10^5 \text{ Pa}$,比气压大十多倍。因此,在产生同样作用力的情况下,油缸直径可以小许多倍。在气压传动中,为了增大夹紧力,须采用增力机构或多活塞气缸等,采用液压传动后,则可免除这些机构,使夹具结构更为紧凑。此外,液压夹紧吸振性能较强并能维持更好的夹紧刚度,有利于保证加工质量和采用大切削用量来提高生产率,但是采用液

压传动,须有一套动力装置及各种泵阀等辅助装置,且密封要求较高,制造成本较高,所以在机床夹具中,它的使用范围不如气动夹具广泛,一般多在液压机床上使用。在重型机床上加工大型工件时,也宜采用液压夹具,以便获得较大的夹紧力或同时从多处将工件夹紧。

但是近年来液压技术在夹具中的应用也有很大发展。如高压小流量液压泵站、气液泵站等独立部件,已有专门工厂生产,可适用于不同的夹具。这就为生产规模较小的工厂使用液压夹具开辟了途径。

如图3.5所示为典型液压夹紧油路系统图,油液经过滤后进入油泵4,通过单向阀7进入储能器9和换向阀8,由换向阀控制活塞的往复运动。回油通过换向阀流回油箱。溢流阀6的作用是防止系统的过载。由于设置储能器,油泵只需在夹紧或松开工件时开动,在加工过程中,油泵可停止工作,此时由储能器维持油路的压力和补充油路中泄漏。如不设置储能器,只能用于自锁性能可靠的夹具,否则油泵就需连续开动,以保持夹紧的稳定和持久。实际上油缸在工件夹紧后,只需少量压力油补充油路的泄漏。绝大部分压力油都经溢流阀流回油箱,这样不仅消耗电能,而且油温容易升高,影响液压系统的工作。

上述液压传动装置,适用于一台机床上的夹具使用。当然也可设计容量较大的液压传动装置供几台机床上的夹具使用,但此时油泵需连续开动。在一些高效先进夹具中,除使用油缸外,还使用液压马达作为动力部件,如国外有一种液压卡盘,采用液压马达直接带动装在卡盘中的减速机构,使卡爪夹紧或松开工件。当夹紧工件时,液压马达达到预定扭矩后便自动停止转动,卡爪依靠平面螺纹的自锁作用保持对工件的夹紧。

关于液压传动系统设计的有关知识,已在《液压传动》课程中介绍,故在本节从略。

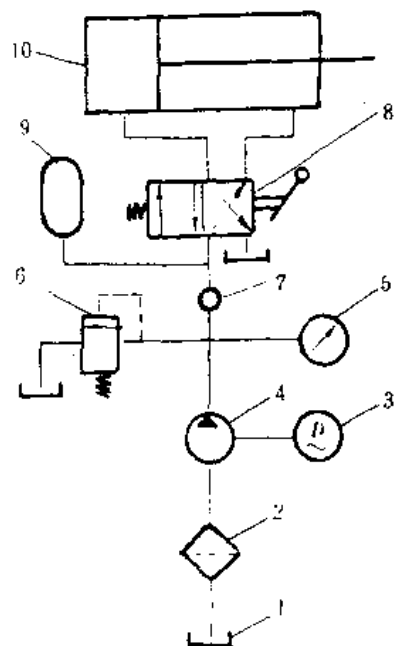


图3.5 液压夹紧典型油路

1—油箱;2—过滤网;3—电动机;4—油泵;5—压力表;6—溢流阀;7—单向阀;8—换向阀;9—储能器;10—油缸。

3.3 气液增压传动装置

3.3.1 气液增压缸

在机床夹具中,为了综合应用气压传动和液压传动的优点,而又不需增设液压传动装置,可以采用气液增压传动装置。气液增压缸工作原理如图3.6所示。压缩空气从a口输入气缸尾腔,推动活塞带动柱塞向前移动,当与负载力平衡时,

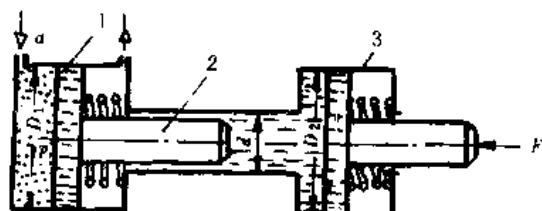


图3.6 气液增压缸原理图

1—气缸;2—柱塞;3—油缸。

如不计摩擦力及弹簧反力,则由气缸活塞受力平衡可求得:

$$\frac{\pi}{4}D_1^2P_1 = \frac{\pi}{4}d^2P_2$$

$$P_2 = \left(\frac{D_1}{d}\right)^2P_1 \quad (3.4)$$

式中 D_1 ——气缸直径(m);
 d ——柱塞直径(m);
 P_1 ——气缸内的气压(Pa);
 P_2 ——油缸内的油压(Pa)。

由式(3.4)可见,油缸内油压增高为气压的 $\left(\frac{D_1}{d}\right)^2$ 倍。

油缸活塞杆的输出力 F 为

$$F = \frac{\pi}{4}D_2^2P_2\eta = \frac{\pi}{4}\left(\frac{D_1D_2}{d}\right)^2P_1\eta \quad (3.5)$$

式中 D_2 ——油缸直径(m);
 η ——机械传动效率,一般取 $\eta=0.8\sim 0.85$ 。

由于一般的齿轮泵压力只有2.5MPa,高压油泵价格较贵,尤其用在机床夹具上,在夹具工作过程中,油泵一直工作,液压传动系统仍然需溢流阀排油,既消耗功率,又使油温升高,造成漏油严重。因此目前在机床厂、汽车制造厂、水暖器材厂等行业广泛采用气—液增压,它具有以下优点:

(1) 可将 $4\times 10^5\text{Pa}\sim 6\times 10^5\text{Pa}$ 的低压空气的能量很方便地转换成高压油压的能量,油压可达 $80\times 10^5\text{Pa}\sim 150\times 10^5\text{Pa}$ 。从而使机床夹具外形尺寸小、重量轻、结构紧凑,传递总力可达 $(1\sim 8)\times 10^4\text{N}$ 。

(2) 由于一般机床夹具的动作时间短,夹紧工件工作时间内,采用气液增压装置的夹具,在夹紧工作时间内,只需要保持压力而无需消耗流量,故理论上是不消耗功率的,这一点是一般液压传动夹具所不能比的。

(3) 油液只在装卸工件的短时间内流动一次,所以油温与室温接近,且漏油很少。

3.3.2 气液增压器

如图3.7所示为用于点焊机夹具的气液增压器的结构。压缩空气从管嘴输入气缸,推动活塞向下运动,当柱塞滑过通油孔时,便切断了油缸的进油通道,气缸活塞继续向下运动,油缸内的高压油输出到夹具油缸内,使焊头压紧待焊工件。排气时,气缸活塞靠弹簧复位。这种增压器结构简单,加工容易,使用时需竖放,一般都悬挂起来。

气液增压器形式很多,结构各异,但基本原理都差不多。由于这类增压器的油缸储油腔室的容积比较小,一般不超过 2000cm^3 ,所以它们只适用于单机机床夹具和短行程的工作场

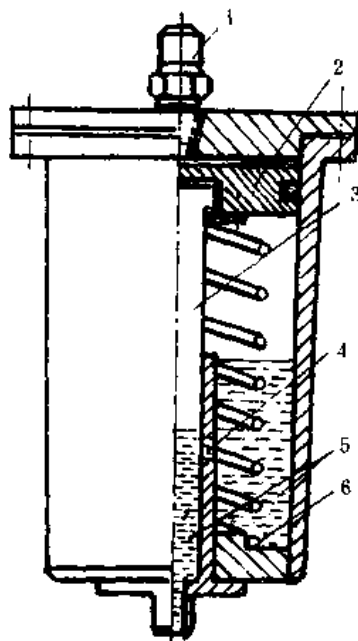


图3.7 气液增压器结构
 1—进气管嘴;2—气缸活塞;3—
 柱塞;4—通油孔;5—油缸;6—
 复位弹簧。

合。

3.4 电力传动装置

电力传动包括电动机传动和电磁夹紧两种方式。

3.4.1 电动机传动装置

常用的电动机传动装置是电动卡盘。它以电动机作为动力,利用差动机构减速来夹紧工件,其三爪部分可用通用三爪卡盘来改装。如图3.8所示为带通孔的电动卡盘结构,它的工作原理如下:

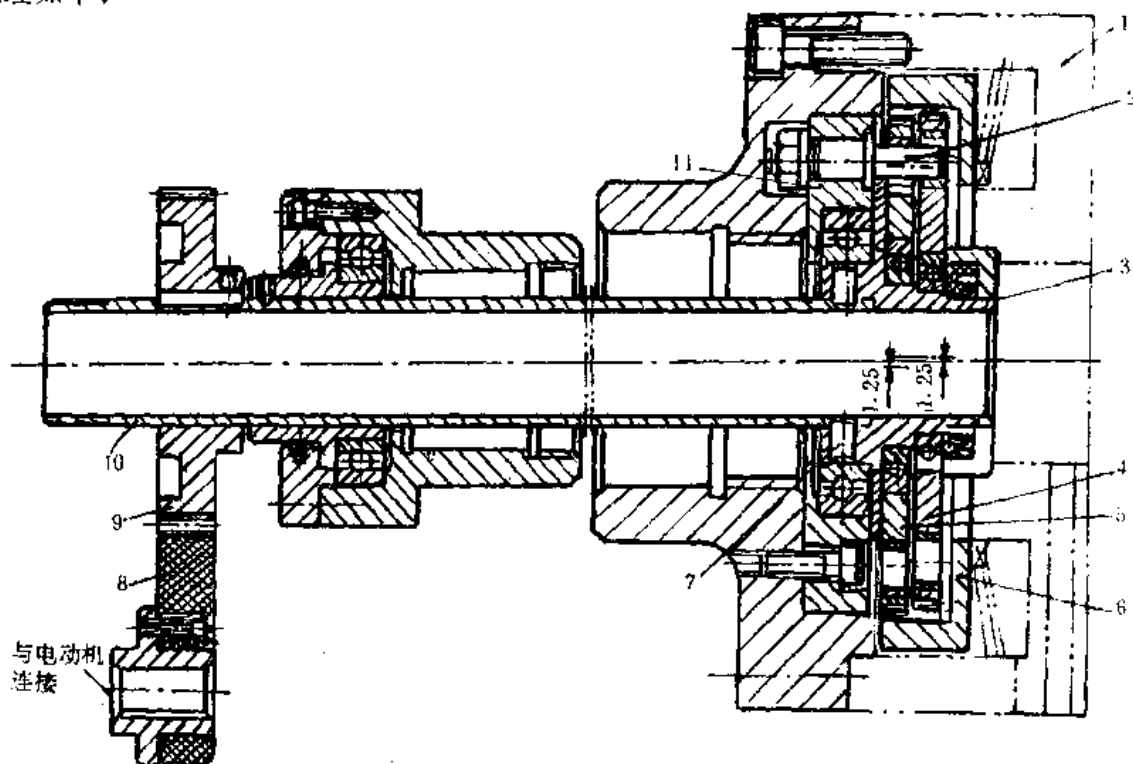


图3-8 电动卡盘

件号1为原来的三爪卡盘体和平面螺纹盘,但作了必要的改装加工,在大伞齿轮与内齿轮6的端面铣有凹凸槽相结合。内齿轮6和两个圆盘齿轮4、5以及偏心套3等组成差动减速机构。偏心套装配在定位板11的滚动轴承中,由传动轴10通过传动销7带动它转动。偏心套上有两段偏心距 e 为1.25mm的外圆柱面,两偏心的位置互为 180° 。两个圆盘齿轮即分别装在这两段偏心圆柱面上(由滚动轴承做支承)。因此,这两个圆盘齿轮在互成 180° 的方向上和内齿轮相啮合。

圆盘齿轮的模数 $m=1$,齿数 $Z=178$,而内齿轮的模数 $m=1$,齿数 $Z=180$ 。定位板11上装有8个均布的销轴2,而销轴则装在两个圆盘齿轮的销孔(销孔是成对加工的)。销孔和销轴的直径有如下关系:

$$D=d+2e+\delta_1+\delta_2 \quad (3.6)$$

式中 D ——销孔直径(mm);
 d ——销轴直径(mm);
 e ——偏心距(1.25mm);
 δ_1 ——配合间隙(0.02mm);
 δ_2 ——齿轮误差,一般取0.14mm。

本结构销孔 D 为 $\phi 16\text{mm}$, 故销轴 d 为 $\phi 13.32\text{mm}$ 。

动力由电动机以高速小扭矩经传动轴10传到偏心套,因受销轴限制,两圆盘齿轮只能各自绕偏心的回转轨迹与内齿轮作摆动啮合,而不能随偏心套转动。因圆盘齿轮比内齿轮的齿数少2齿,故每摆动一次就拨动内齿轮两个齿,电动机连续转动,因此,内齿轮获得低大扭矩的旋转运动,并带动平面螺纹盘作同步转动,从而使三爪同时向中心移动夹紧工件。电动机反转则松夹。减速运动的传动比为

$$i = \frac{Z_b}{Z_b - Z_a} = \frac{180}{180 - 178} = 90$$

式中 Z_b ——主动轮;
 Z_a ——被动轮。

可见三爪的移动是缓慢的。

在工件夹紧后,圆盘齿轮就拨不动内齿轮,电机的负荷因而增高,电流变大,使电路上的电流继电器发信号,将夹紧电机的电源切断。减速机构中,使用两个圆盘齿轮的目的是为了增加传动齿轮强度和行星运动时使惯性力互相平衡。

电动卡盘的优点是:动作平稳,没有噪音,结构不算复杂,比较容易改装,且仍保持通用卡盘的通用性,可用于中、小批生产。和气动三爪卡盘相比,电动卡盘不需要气缸等气动装置。但要增加一个夹紧电机,夹紧力较气动三爪小,宜作中等负荷的车削加工。

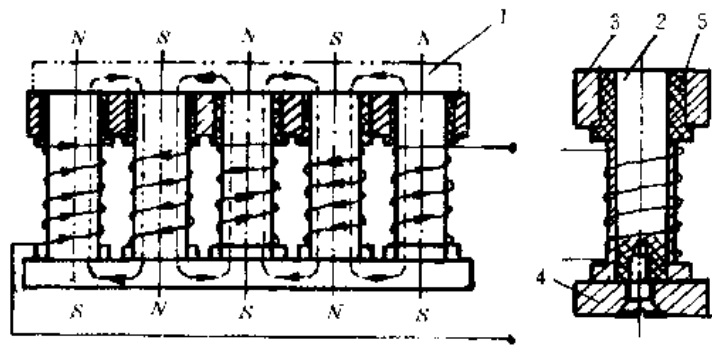


图3.9 电磁夹紧原理

1—工件;2—铁芯;3—磁力工作台;4—软铁环;5—隔磁体

3.4.2 电磁夹紧装置

电磁夹紧装置如平面磨床的

磁力工作台、内外圆磨床所用的电磁吸盘等,如图3.9所示为电磁夹紧的工作原理图,当直流电通过各组线圈后,在铁芯2中产生磁通,磁力线避开隔磁体5,通过工件1形成虚线所示的闭合回路,因而工件被吸在磁力工作台上,当断开线圈中的电流后,磁力线消失,工件即可卸下。

电磁夹紧装置所产生的夹紧力不大,一般在 $(2 \sim 13) \times 10^5 \text{Pa}$ 范围内,适用于夹紧较薄的小型导磁工件。下面介绍一种车床用的电磁卡盘如图3.10所示,7为线圈,6和4为两个零件组成的铁芯,夹具体1和铁芯采用相同的材料,3为隔磁件,一般用铜、铝或其他合金制成。当直流电通入线圈之后,在铁芯上产生一定数量的磁通,磁力线避开隔磁装置,通过工件5形成

如图中虚线所示的闭合电路。由于磁力线在工件中通过，故工件被吸在用钢或铸铁制成的盘面上。当断开线圈中的电流后，磁力线消失工件即可卸下。

3.5 其他机械化夹紧方法

3.5.1 切削力夹紧装置

如图3.11所示为切削力自紧心轴。1是心轴体，中间部分铣出三平面。右端为螺纹，供两只螺母7并紧之用。3个滚柱置于此平面上。隔离套2是防止滚柱掉出。加工前先套上工件，朝机床主轴旋转相反方向，略微转动一下，即可初步定位。开始切削后，工件受切削力作用，得到自动定心与夹紧。并且夹紧力将自动随着切削力增大而增大。但必须注意切削力矩应等于或小于心轴所传递的扭矩。

3.5.2 离心力夹具

如图3.12所示为利用离心力夹紧工件的夹具。夹具以安装凸缘与机床主轴连接。在机床主轴高速转动下，四个重块1产生离心力，重块在离心力的作用下向外绕销轴2转动，从而使滑块3向左移动。通过与滑块3相连的拉杆5，使弹簧夹头6张开夹紧工件。离心夹具外面要有罩壳保护，以保证工作安全。每个重块的离心力可按下式计算：

$$P = mR\omega^2 \approx 0.01mRn^2(N)$$

式中 m —— 重块的质量(kg)；

R —— 重块的质量中心到回转中心距离(m)；

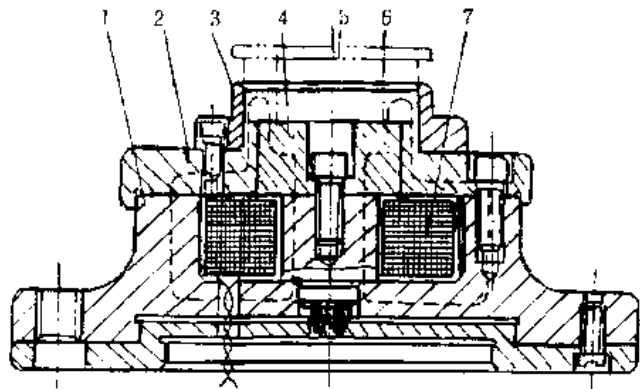


图3.10 电磁卡盘

1—夹具体；2—端盖；3—隔离磁体；4—铁芯；5—工件；6—铁芯；7—线圈

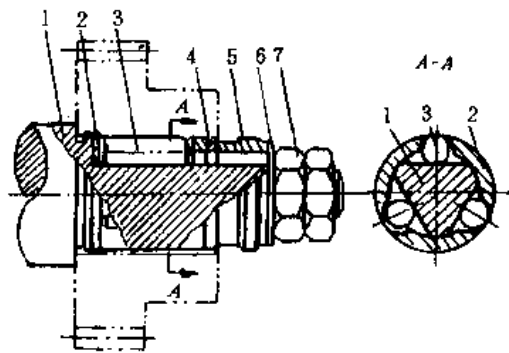


图3.11 切削力自紧心轴

1—心轴体；2—隔离套；3—滚柱；4,5,6—垫圈；7—螺母

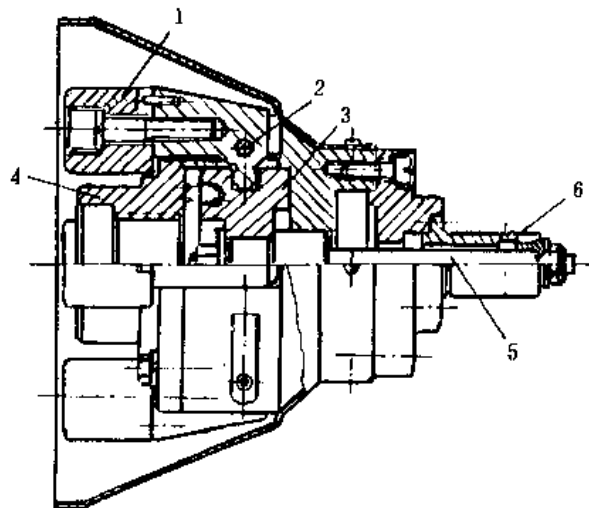


图3.12 离心力夹紧装置

1—重块；2—销轴；3—滑块；4—安装凸缘；5—拉杆；6—弹簧夹头

- ω ——重块的角速度(rad/s);
 n ——重块每秒钟的转数(r/s)。

习题与思考题

1. 常用的夹具传动装置有哪些,各有何特点?
2. 气压传动装置的气缸有哪两种基本型式?试比较它们的优缺点,并说明计算活塞杆或推杆上输出的夹紧作用力的公式。
3. 试说明气液增压缸的工作原理。
4. 试说明电动卡盘的工作原理及结构特点。

第4章 分度装置及夹具体

4.1 分度装置

在生产中,经常会遇到一些工件要求加工一组按一定转角或一定距离均匀分布,而其形状和尺寸又彼此相同的表面,例如:钻、铰一组等分孔,或铣一组等分槽、多面体等,如图4.1所示。为了能在工件一次装夹中完成这类等分表面加工,于是便产生了工件在加工过程中需分度的问题。即每当加工好一个表面后,应使夹具连同工件一起转过一定角度或移过一定距离。能够实现上述分度要求的装置称为分度装置。

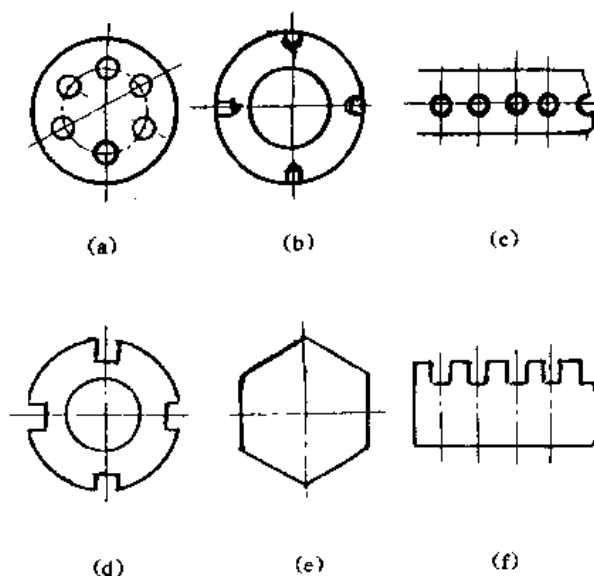


图4.1 常见的各种等分表面

(a) 等分孔轴向分布 (b) 等分孔径向分布 (c) 等分孔直线分布
(d) 等分槽 (e) 多面体 (f) 等分槽直线分布

4.1.1 分度装置的类型

1. 常见的分度装置

(1) 回转分度装置 是指不必松开工件而通过回转一定角度,来完成多工位加工的分度装置。它主要用于加工有一定回转角度要求的孔系、槽或多面体等。

(2) 直线移动分度装置 是指不必松开工件而能沿直线移动一定距离,从而完成多工位加工的分度装置。它主要用于加工有一定距离要求的平行孔系和槽等。

由于直线移动分度装置与回转分度装置的结构原理基本相同,前者无非是后者的展开形式,所以下面只讨论回转分度装置的有关问题。

回转分度装置按其回转轴的位置,可分为立轴式、卧轴式和斜轴式三种。

如图4.2所示为立轴式通用转台的典型结构。转台1固定不动,转盘2和转轴3由螺钉连接,可在转台体的衬套4中转动实现回转分度。转盘底面上的分度孔可按分度需要镗出,为提高分度孔的耐磨性,其中压有分度衬套6,加工时对定销5插入分度衬套孔中,对定销下端做有齿条与齿轮套7啮合。当需要回转分度时,逆时针转动手柄9,通过螺纹轴上挡销带动齿轮套7转动,使啮合的齿条对定销5从分度衬套6的孔中退出,转盘连同转轴便可转过一个工位,然后在弹簧8的作用下,使对定销5插入转盘另一分度衬套孔中(此时手柄9自动顺时针转

动),完成一次分度。当继续按顺时针方向转动手柄,螺纹轴便产生少许移动,将弹性开口锁紧圈10顶紧,并通过其内锥面迫使锥形圈13向下压,从而使转盘2紧贴在转台体1上,达到锁紧的目的。齿轮套7的端部开有缺口(见B—B剖面),从而可以实现先松开转盘然后拔销,或者先插入对定销再锁紧转盘的动作要求。调整螺钉11、12用以控制锁紧的松紧程度。当用于受力不大的加工场合,可采用上述结构中转盘与转台体间不用锁紧机构的结构形式。

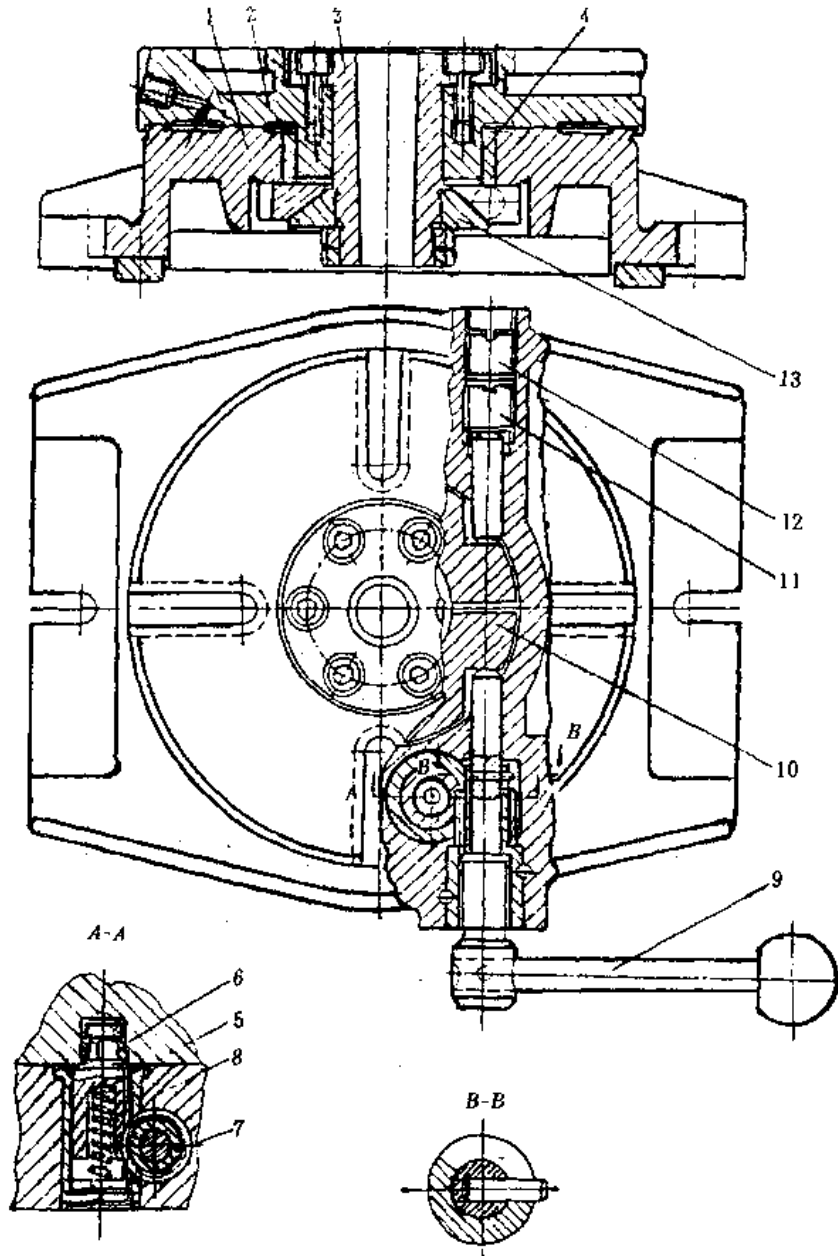


图4.2 立轴式通用转台

1—转台体;2—转盘;3—转轴;4—衬套;5—对定销;6—分度衬套;7—齿轮套;
8—弹簧;9—手柄;10—锁紧圈;11、12—调整螺钉;13—锥形圈

上述通用转台已有标准系列,按转盘直径 D 有250mm,300mm,450mm 等几种规格,并已专业生产,可按要求选用。

如图4.3所示为卧轴式通用转台的典型结构。其工作原理与上述立轴式基本相同,只是对转台体与转轴的刚性要求更高。转盘2和转轴7用螺钉连接可在转台体1的衬套3中转动,在

转轴后端孔中套有移动轴5,其上升有环形槽,与转轴上两条对称键槽对齐,由两个半圆键17相连,移动轴左端的横向孔中装有偏心轴16,偏心轴的中部压入挡销8,其外面装有转动套9,转动套的径向孔中则固定有拨杆10,拨杆的另一端插入菱形对定销11的孔中。

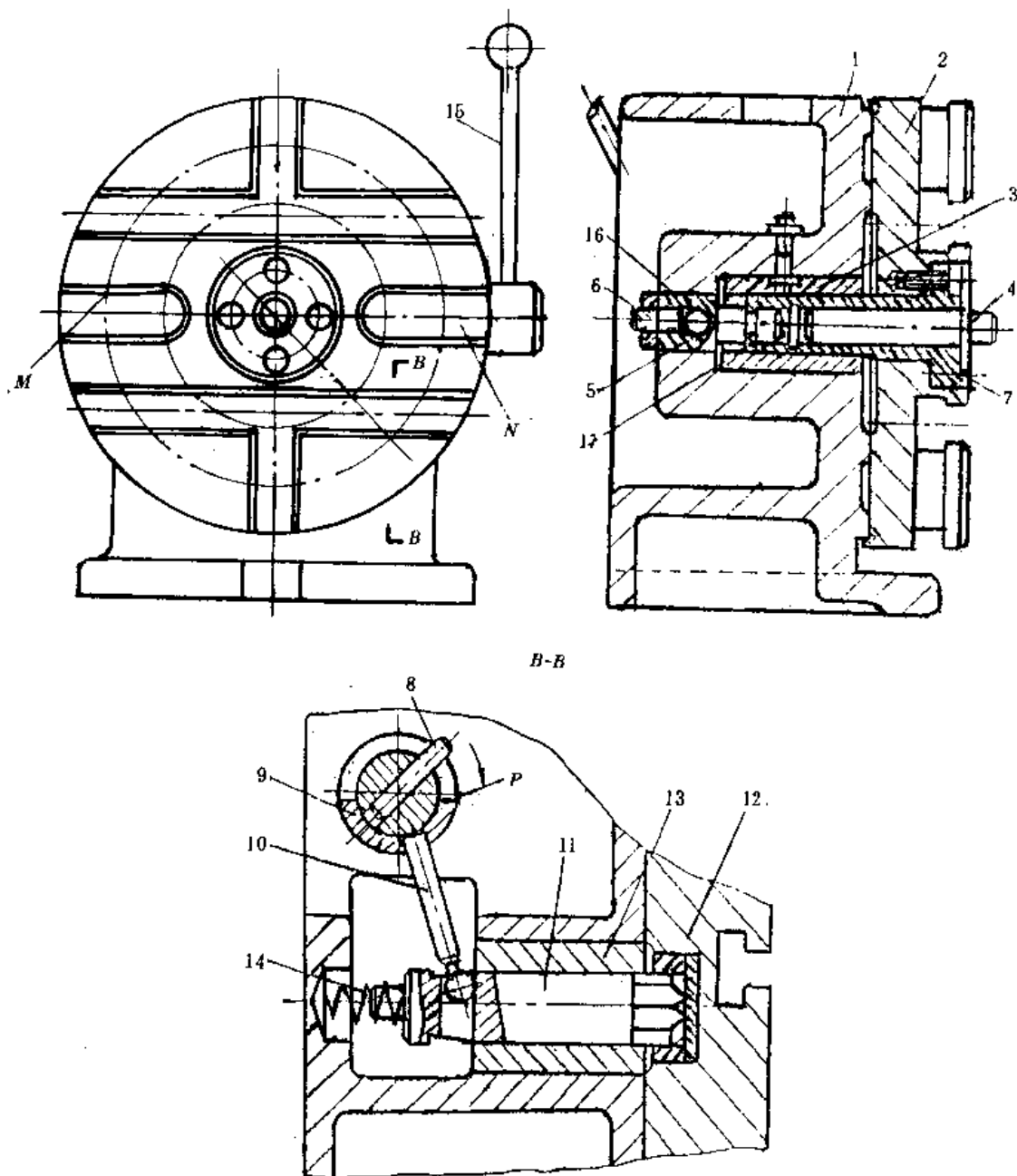


图4.3 轴式通用转台

1—转台体;2—转盘;3—衬套;4—定位销;5—移动轴;6—螺钉;7—转轴;8—挡销;9—转动套

10—拨杆;11—菱形对定销;12—分度衬套;13—衬套;14—弹簧;15—手柄;16—偏心轴

当需要回转分度时,可将手柄15沿着松开方向扳动,此时偏心轴16顺时针方向转动,挡销8也随之转动,在碰到转动套9的P面时,便带动转动套及拨杆10一起转动,使菱形对定销从转盘的分度衬套12中退出,转盘即能回转分度。当转盘转到下一个工位时,对定销11在弹簧14的作用下,插入下一个所需的分度衬套孔中。此时将手柄朝相反方向扳动,则偏心轴16

在横向孔内的偏心部分,便迫使固定在移动轴5上的螺钉6连同转轴7和转盘2一起向左移动,从而使转盘2锁紧在转台体1上。转轴前端中心孔中压入定位销4供工作夹具在转盘上定位用,另外可在工作夹具上再设置一定位销或定向键,配入转盘的M或NT型槽中,以确定其角向位置。转盘上的分度孔,可按分度需要镗出。

生产中,除设计专用回转分度夹具外,为了简化分度夹具的结构,可根据工作的具体形状与要求,设计专用工作夹具,将其装在通用转台上联合使用,从而实现分度目的。

2. 分度装置的组成

通过上述两种通用转台的结构介绍,回转分度装置一般由固定部分、转动部分、分度对定控制机构、抬起锁紧机构以及润滑部分组成。

(1) 固定部分 它是分度装置的基体,其功能相当于夹具体。

(2) 转动部分 它包括回转盘、衬套和转轴等。工作夹具就装在它的上面。

(3) 分度对定控制机构 它由分度盘和对定销所组成。其作用是在转盘转位后,使其相对于固定部分定位。分度对定机构的误差会直接影响到分度精度。是分度装置的关键部件。

(4) 抬起锁紧机构 分度对定后,应将转动部分锁紧,以增强分度装置工作时的刚度。大型的分度装置还需设置抬起机构。

(5) 润滑部分 其功能为减少运动部分的摩擦与磨损,使机构操作灵活。

4.1.2 分度对定机构及控制机构的设计

它是分度装置的关键部分,设计时要根据工件分度的技术要求,合理选择方案。

大多数情况下,分度盘与分度装置中的转动部分相连接,或直接用转盘作为分度盘;而对定销则与固定部分相连接,当然也有相反的情况。

按照分度盘和对定销的相互位置关系,一般分为轴向分度与径向分度两种。所谓轴向分度是指对定销沿着与分度盘的回转轴相平行方向进行工作的,图4.4所示即属此种分度。所谓径向分度是指对定销沿着分度盘的半径方向进行工作的,如图4.5所示。

显而易见,就分度装置的外形尺寸、结构紧凑和维护保养来说,以轴向分度为佳,故生产中应用较多。但就其配合间隙引起的分度转角误差来说,当分度盘直径相同时,则以径向分度的转角误差为小;另外,从影响分度精度的误差因素而言,也以径向分度为少,故在分度精度要求高的场合,常常采用径向分度。

分度对定机构的控制可有手动和机动(动力源有气压、液压、电磁等)两种。如图4-6所示为常用的手动控制结构,均已标准化。至于机动控制只需将原始作用力之处换用各种动力源即可。

4.1.3 抬起及锁紧机构的设计

为了使转动灵活、省力及减少接触面间摩擦,特别对于较大规格立轴式回转分度装置,在转位分度前,应将转位部分稍微抬起,为此可设置抬起机构,如图4.7所示为其中一种结构形式,四个顶柱通过弹簧把转动部分抬起。

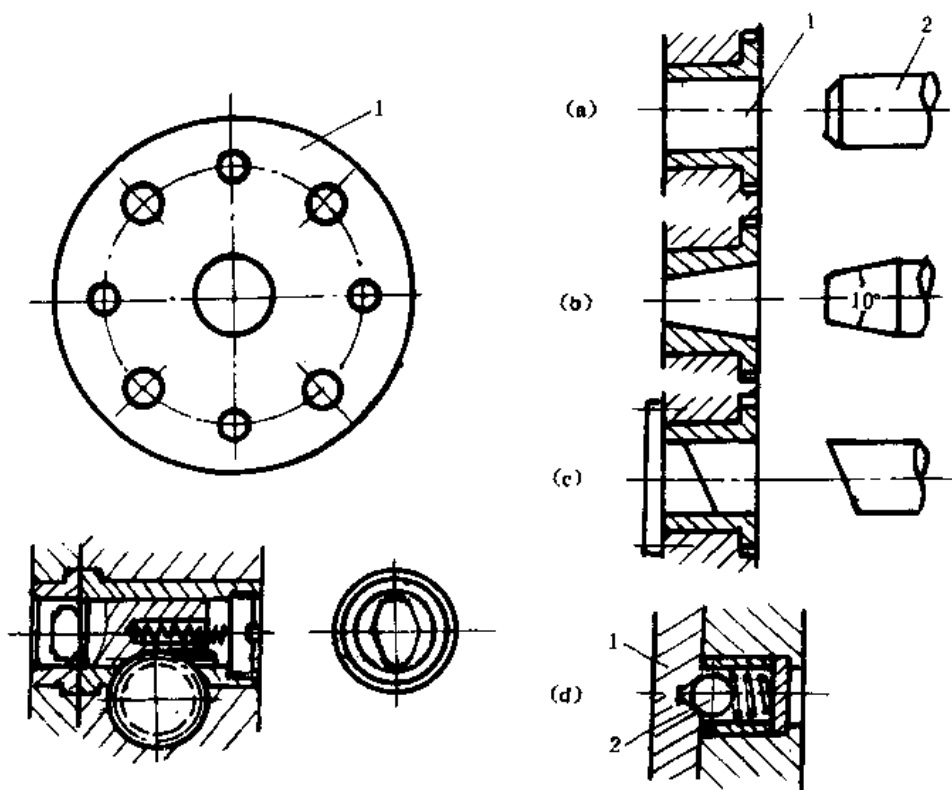


图4.4 轴向分度

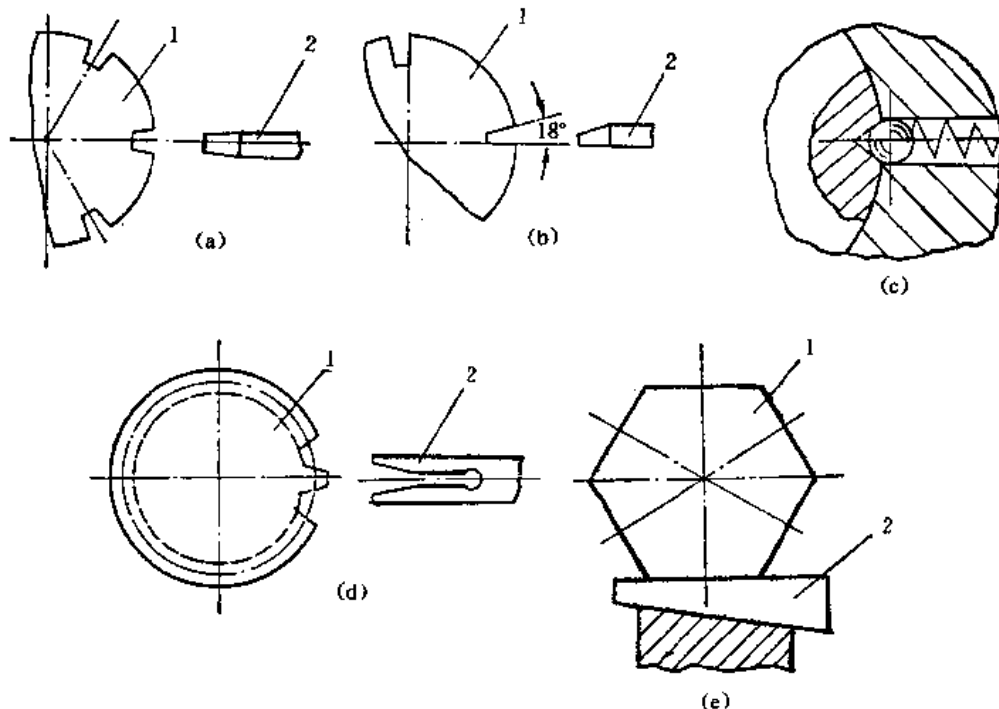


图4.5 径向分度

为了增强分度装置工作时的刚性及稳定性,防止加工时受切削力引起振动,当分度装置经分度对定后,应将转动部分锁紧在固定部分上,这对于铣削加工尤为重要。如图4.8所示为

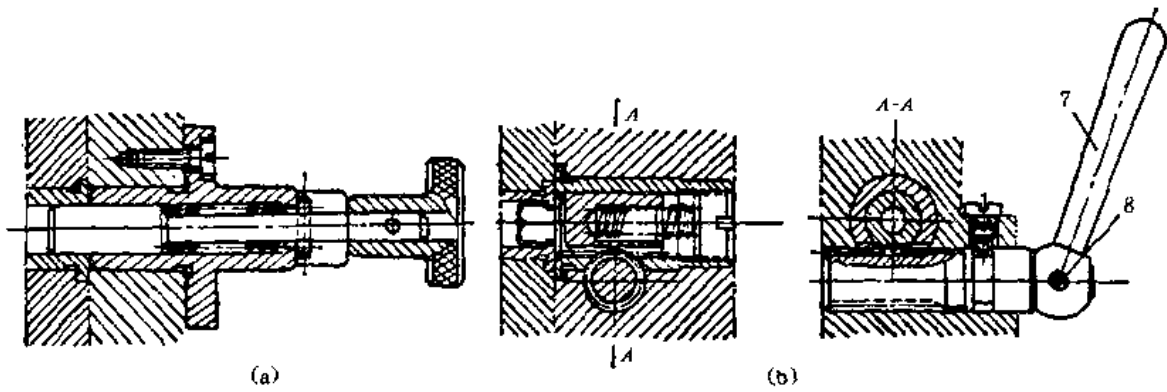


图4.6 对定销的控制机构

锁紧机构。当加工中产生切削力不大且振动较小的场合,可不设置锁紧机构。

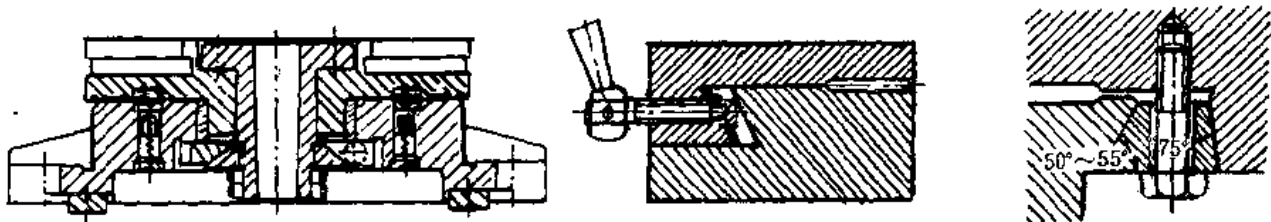


图4.7 抬起机构

图4.8 锁紧机构

4.1.4 分度精度分析

分度精度是指分度误差的大小。圆分度精度一般用单个分度误差和总分度误差来评定。单个分度误差是指两个分度的实际数值与理论数值之间的代数差,总分度误差是指在规定的区间内,正分度位置偏差与负分度位置偏差的最大绝对值之和。

分度精度的等级尚无统一标准,一般认为:超精密级的误差为 $\leq \pm 0.1'' \sim \pm 0.5''$;精度级的误差为 $\pm 1'' \sim \pm 10''$;普通级的误差为 $\pm 1' \sim \pm 10'$ 。

以常用的圆柱形对定销为例,如图4.9所示,影响分度精度的因素主要有以下几项:对定销头部与分度孔的配合间隙 ϵ_1 ;对定销杆部与导孔的配合间隙 ϵ_2 ;转盘回转轴与配合孔的间隙 ϵ_3 ;分度孔间的节距误差 Δ_1 ;分度盘上相邻两分度孔衬套内孔圆的偏心 Δ_2 (当衬套的内孔圆是在一次安装中加工的,则 Δ_2 可忽略不计);分度孔至分度盘回转中心的距离误差 Δ_3 (这一误差可利用菱形对定销的结构来补偿)。因此,分度时产生的转角误差,可按下列式计算:

$$\sin \alpha = \pm \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \Delta_1}{2L}$$

式中 L ——分度孔中心至转盘中心距离。

由于上述因素的影响,所以这类回转分度装置的分度精度很难高于 $\pm 10''$ 。

从分度转角误差的计算公式中可知,分度孔距转盘回转中心越远,则分度时的转角误差越小。因此,在分度盘直径相同的条件下,径向分度比轴向分度的精度要高些。但轴向分度对定机构的外形尺寸小,结构紧凑。所以,在选择分度对定销结构时,应从精度和机构的复杂性两个方面加以考虑。

4.1.5 端齿盘分度装置

如图4.10所示为做成通用转台形式的端齿盘分度装置。齿形为三角形的上齿盘与转盘10做成一体，下齿盘8用螺钉和圆锥销固定在底座11上。转位分度时，将手柄4顺时针方向转动，扇形齿轮3便带动与之啮合的齿轮螺母2随之转动。由于齿轮螺母轴向固定不能移动，因此使组成螺旋副的移动轴1上升，通过轴承内座圈9将上齿盘抬起，啮合着的端面齿脱开，转盘便可进行回转分度。分度完毕后，将手柄反转，转盘下降，上齿盘与下齿盘重新啮合并锁紧。为了便于确定转盘所需回转的角度，在转盘上焊接有刻度圈5，刻度圈圆周上有若干定位小孔，按所需分度的角度，在相应定位小孔中插入定位销7，通过定位器6定位，达到预分度。

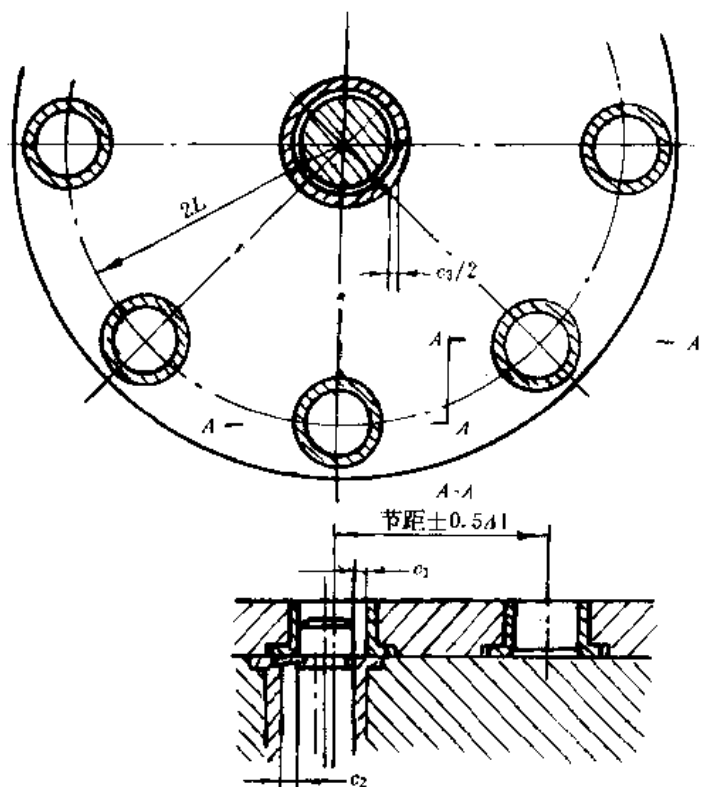


图4.9 分度精度的分析

对于端齿盘来说，上齿盘相当于一般分度装置中的分度盘，下齿盘上的全部齿数相当于对定销数。正是由于上下齿盘的全部齿都参与对定，因此端齿盘的分度输出误差，就因“误差平均效应”而大大减小。

端齿盘分度装置具有以下主要特点：

(1) 分度精度高 一般分度精度在 $\pm 3'' \sim \pm 6''$ 左右，最高甚至可达 $\pm 0.1''$ 。目前我国批量生产的端齿盘分成三个等级：超精密级、精密级、普通级。

(2) 分度范围 端齿盘的齿数可以任意确定，以适应各种角度的分度需要。例如齿数为360齿的端齿盘，最小分度值为 1° ，如果做成1440齿的端齿盘，最小可分 $0.625''$ 。

(3) 刚度好 整个分度装置形成一个刚性良好的整体。

(4) 精度的重复性和持久性好 一般分度装置，磨损后将降低分度精度。但端齿盘在使用中，相当于上下齿盘在继续不断地进行对研，因此使用越久，上下齿盘啮合越好，分度精度的重复性和持久性也就越好。

4.2 夹具体

4.2.1 夹具体的作用及基本要求

1. 夹具体的作用

夹具体是整个夹具的基体和骨架。在夹具上要安装组成该夹具所需要的各种元件、机

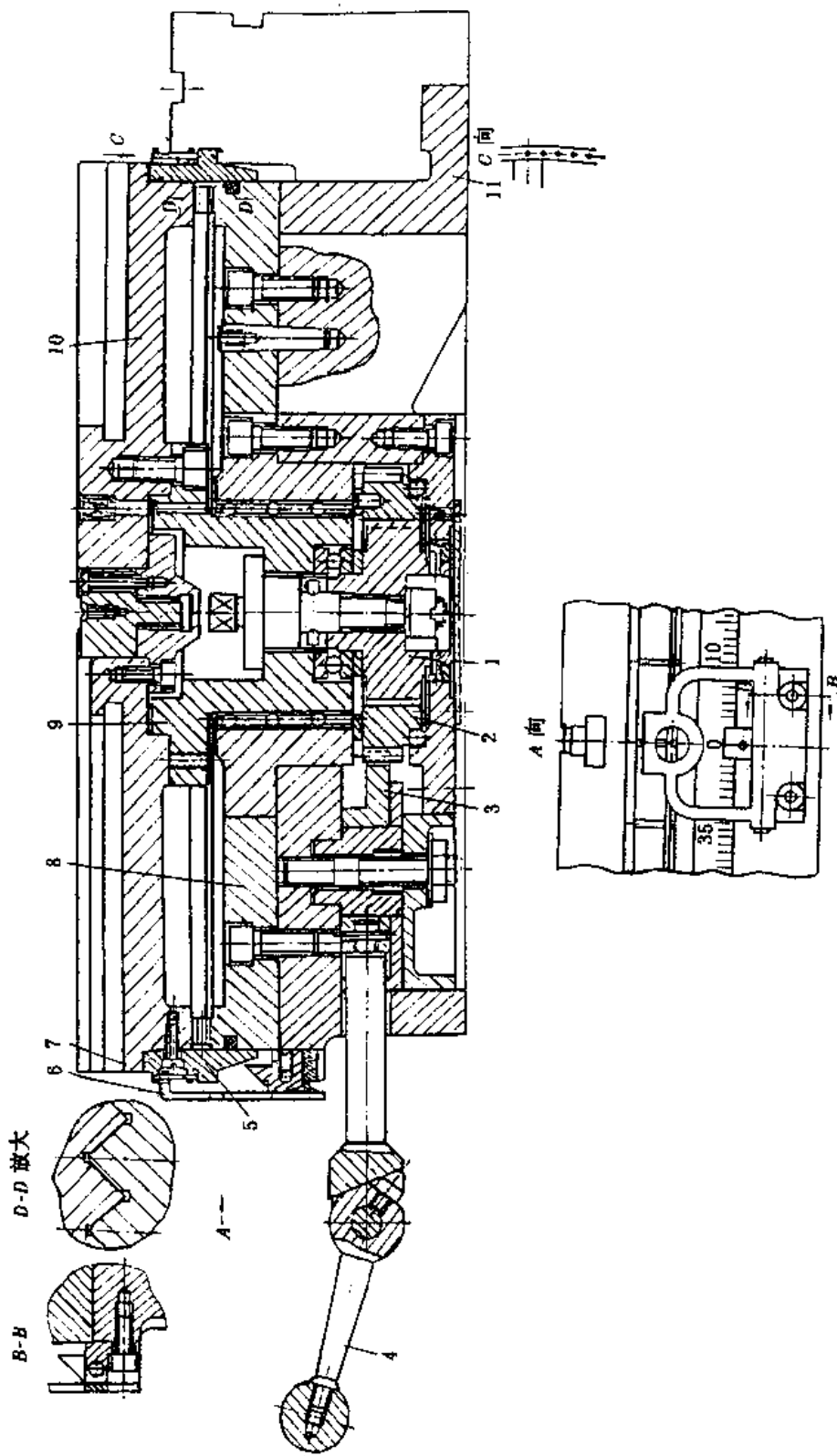


图 4.10 端齿盘分度装置
 1—移动轴; 2—齿轮螺母; 3—扇形齿轮; 4—手柄; 5—刻度圆; 6—定位器; 7—定位销;
 8—下齿盘; 9—轴承内座圈; 10—转盘(上齿盘); 11—底座

构、装置等；还要考虑便于装卸工件以及在机床上固定。因此，夹具体的形状和尺寸，主要取决于夹具上各组成件的分布情况、工件的形状、尺寸以及加工性质等。

2. 夹具体设计的基本要求

(1) 应有足够的强度和刚度 用以保证加工过程中在夹紧力、切削力等外力作用下，不致产生不允许的变形和振动。为此夹具体应具有足够的壁厚，在刚度不足处可设置一些加强筋，一般加强筋厚度取壁厚的0.7倍~0.9倍，筋的高度不大于壁厚的5倍。

(2) 力求结构简单，装卸工件方便，更要防止无法制造和难以装卸的现象发生 在保证强度和刚度的前提下，应尽可能体积小，重量轻，特别对手动、移动或翻转夹具，要求夹具总重量不超过10kg，以便于操作。

(3) 要有良好的结构工艺性和使用性，以便于制造、装配和使用 夹具体有三部分表面是影响夹具装配后精度的关键，即夹具体的安装基面、安装定位元件的表面、安装对刀或导向装置的表面。而其中往往以夹具的安装基面作为加工其他表面的定位基准，因此在考虑夹具体结构时，应便于达到这些表面的加工与要求。对于夹具体上供安装各元件的表面，一般应铸出3mm~5mm凸台，以减少加工面积。

(4) 尺寸要稳定 即夹具体制造加工后，应防止日久变形。为此，对于铸造夹具体，要进行时效处理；对于焊接夹具体，要进行退火处理。铸造夹具体壁厚变化要均匀、和缓，以免产生过大内应力。

(5) 排除切屑要方便 为了防止加工中切屑聚积在定位元件工作表面上或其他装置中，影响工件的正确定位和夹具的正常工作，因此在设计夹具时，要考虑排屑问题。当加工产生切屑不多时，可适当加大定位元件工作表面与夹具体之间的距离或增设容屑沟，以增加容屑空间；对加工时产生大量切屑的夹具，则最好能在夹具体上设置排屑缺口，如图4.11所示，以便将切屑自动排至夹具体外。

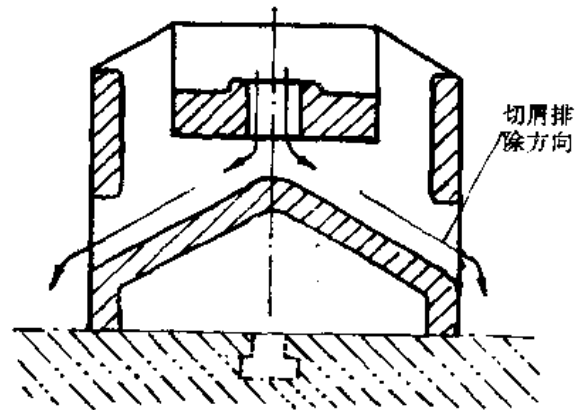


图4.11 夹具体自动排屑结构

(6) 在机床上安装要稳定、可靠、安全 对于固定在机床上的夹具应使其重心尽量低；对于不固定在机床上的夹具，则夹具重心和切削力作用点应落在夹具体和机床上的支承面范围内，夹具越高则支承面积应越大。为了使接触面稳定、可靠，夹具体底面中部一般应挖空。对于旋转类夹具体，应尽量无凸出部分或装上安全罩。在加工中要翻转或移动的夹具体，通常要在夹具体上设置手柄或手扶部位以便于操作。对于大型夹具，为便于吊运，应设置吊环螺栓或起重孔。

4.2.2 夹具体的设计

1. 夹具体的毛坯类型

在选择夹具体的毛坯类型时，应考虑以下因素，即结构合理性、制造周期、经济性、标准

化可能性及工厂的具体条件等。生产中常用毛坯类型有以下4种：

(1) 铸造夹具体 这是常用的类型。优点是工艺性好，可以铸出各种复杂的外形，且抗压强度、刚度、抗振性都较好。但生产周期长，为消除内应力需多次处理，故成本较高。

铸夹具大多采用灰铸铁(如 HT200)，当强度要求高时，也可采用铸钢件(如 ZG35)，当要求重量轻时，条件许可下，可采用铸铝件(如 ZL104)。

(2) 焊接夹具体 焊夹具与铸造夹具相比，其优点是易于制造、生产周期短、成本低(比铸夹具低30%~35%)，由于采用钢板、型材焊接而成，故重量也轻。缺点是焊接过程中产生热变形和残余应力，对精度影响较大，需退火处理，此外焊夹具较难获得复杂的外形。

为了适应产品更新换代快、工装制造要求快的特点，应提倡充分利用焊接夹具体。

(3) 锻造夹具体 这类夹具只适用于形状简单、尺寸不大的场合，一般较少使用。

(4) 装配夹具体 这是很有前途的一种制造方法，即选用标准毛坯件或标准零件组装成所需夹具体结构，这样不仅可大为缩短夹具体的制造周期，且可组织专门厂家进行专业化成批生产，有利于进一步降低成本，提高经济效益。当然要推广这种方法，必须实现夹具体的结构标准化和系列化。

2. 夹具体的外形尺寸

夹具制造属于单件生产，在夹具设计时，一般无需复杂的计算，通常是参照类似结构，采用类比法估计确定。在绘制夹具总图时，根据夹具的各组成元件、装置和机构所在的位置，夹具体的外形尺寸便就大体确定。

夹具体毛坯的制造方法对夹具体的结构影响很大，以下数据仅供确定夹具体结构尺寸时参考。

(1) 铸造结构夹具体 应充分考虑铸件结构工艺性的要求。铸件壁厚尽可能均匀，一般取8mm~5mm，过厚处应挖空。铸件和转角处应为圆角。

夹具体各部分尺寸可参阅表4.1所列的推荐数值。

表4.1 夹具体结构尺寸

名称	尺寸 (mm)														
夹具体长度与宽度 $L \times B_1$	按工件大小及各元件布置情况而定														
夹具体的高度 H	$(1/5 \sim 1/7)L$														
镗模支架安装尺寸 l	$\geq \frac{1}{2}h$ (h ——镗模架中心高)														
主壁厚度 T	12		16		20		22		25						
侧壁和筋条厚度 t	8	10	12	12	14	16	16	18	20	18	20	22	20	22	25
凸台高度 E	3~5														
底定位面中空 F	5~10														

(2) 采用板材、型材焊接的夹具体，一般板厚取6mm~10mm为宜，若刚性不足可增设加强筋。

(3) 为了工件顺利装卸，与夹具体不致发生干涉，夹具体非工作表面之间应留有一定的间隙。

当夹具体和工件都是毛面时，可取8mm~15mm；当为光面时，可取4mm~10mm。

习题与思考题

1. 试述分度装置的功用、类型及其应用范围。
2. 说明立轴式通用转台装置的组成及各组成部分的功用。
3. 径向分度与轴向分度各有何优缺点?
4. 影响分度精度的因素有哪些?
5. 为什么端齿盘可以获得较高的分度精度?
6. 试述夹具体的功用、各类夹具体的优缺点及应用范围,设计夹具体时应注意哪些问题。

第5章 机床通用夹具

由于各类机床加工工艺和夹具与机床连接方式的不同,因此夹具的具体结构和技术要求等方面也不同,本章在前述各种夹具元件和装置设计的基础上,结合实例分析和介绍各类机床夹具的结构特点 and 设计要点。

5.1 车床类夹具

车床类夹具大多数安装在机床主轴上,用于零件的内外表面加工。车床夹具的种类很多,大致可分为四类:

(1) 以工件外圆定位的车床夹具,如夹头、三爪卡盘、四爪卡盘等,已作为机床附件,由专业厂提供。

(2) 以工件内孔定位的车床夹具,如各种心轴。

(3) 以工件顶尖孔定位的车床夹具,如顶尖、拨盘等。

(4) 用于加工非回转体的车床夹具,如各种角铁式、花盘式车床夹具等。

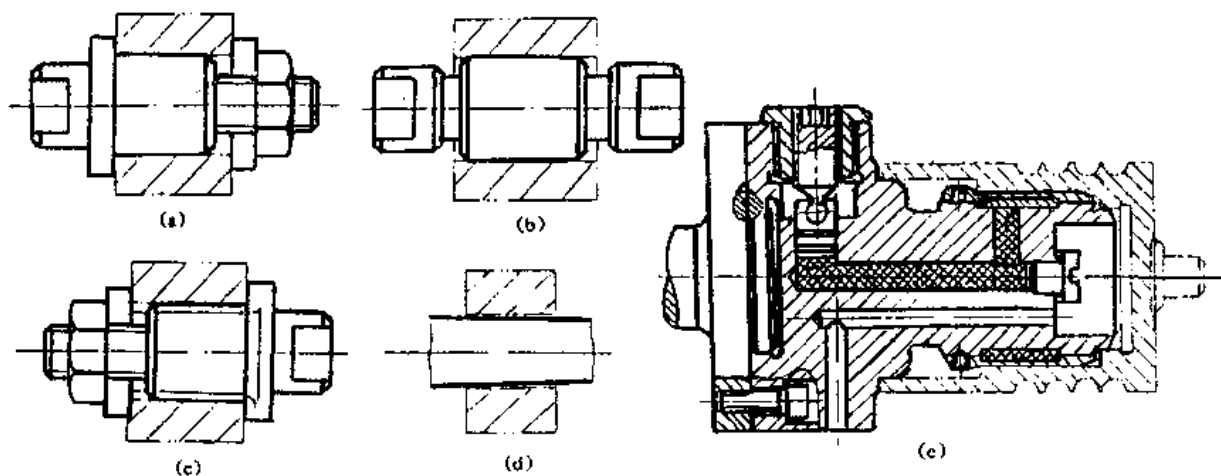


图5.1 心轴结构

1. 心轴式车床夹具

如图5.1所示为常见的几种心轴结构形式。图5.1(a)为间隙配合心轴,工作部分精度为 $h6$ 、 $g6$ 或 $f7$,装卸工件方便,但定心精度不高,常用圆柱面及端面联合定位。图5.1(b)为过盈配合心轴。这种心轴制造简单,定心准确,但装卸工件不便,易损伤工件定位孔,多用于定心精度要求较高的场合。图5.1(c)为花键心轴,用于加工以花键孔定位的工件。图5.1(d)为小锥度心轴。这种心轴定心精度高,但传递扭矩小,装卸工件不方便,不能加工端面,一般用于工件定位孔精度不低于 $1T7$ 级的精车和磨削加工。图5.1(e)为液塑心轴。它是利用夹紧元件均匀变形实现自动定心夹紧的心轴。这种心轴定心精度高,但由于薄壁套扩张量有限,故要

求工件定位孔精度在 IT8级以上。

2. 花盘式车床夹具

这类夹具的夹具体为一个大盘形零件,加工的工件一般形状较复杂,工件定位多为圆柱面和与其垂直的端面。

如图5.2所示是一种移动式车床夹具。在车床上镗工件的两个平行孔,保证两孔中心距。

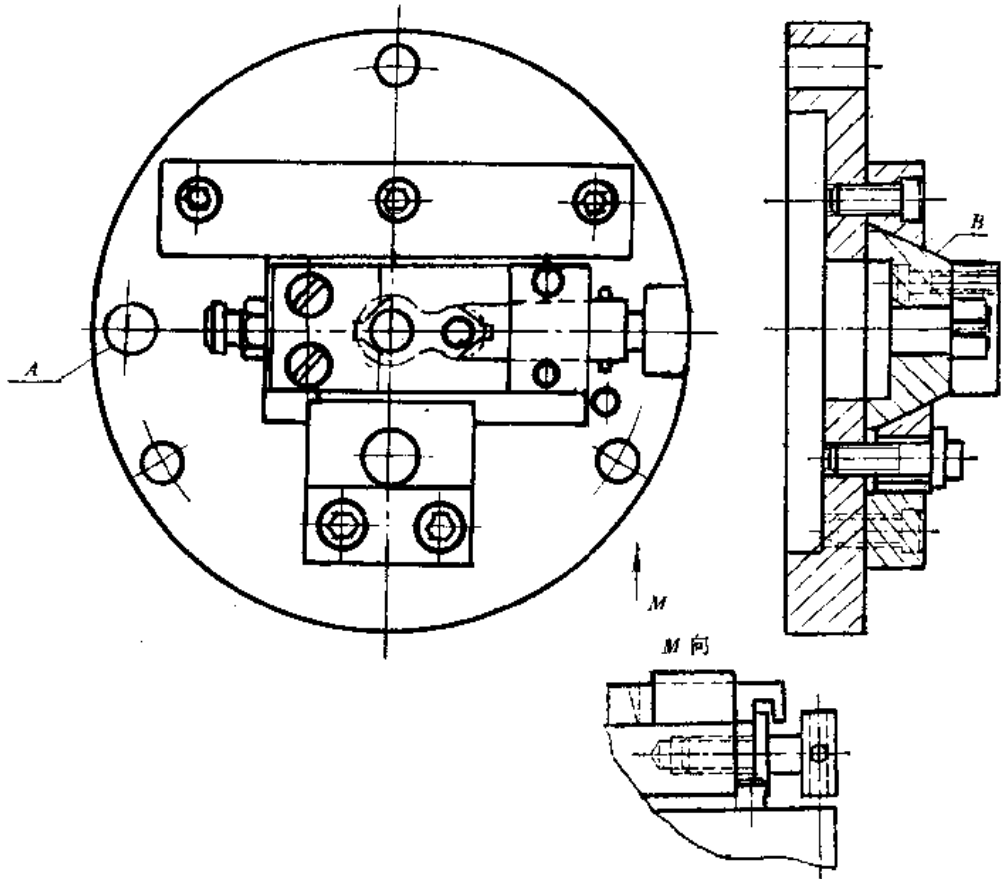


图5.2 移动式车床夹具

工件用固定的和活动的 V 形块定心夹紧于燕尾形滑块 B 上,滑块 B 在两端的位置分别由两个挡销 A 确定,并用楔形压板锁紧,两孔间的距离可利用调节螺钉调节,整个夹具以三个螺钉固定在车床主轴的过渡盘上,夹具使用前需经平衡。

如图5.3所示为杠杆零件镗孔的车床夹具,工件以弹性筒夹和活动 V 形块定心夹紧。

3. 角铁式车床夹具

这类夹具一般具有类似角铁的夹具体,常用于加工壳体、支座、杠杆、接头等零件的圆柱面及端面。

如图5.4所示为一角铁式车床夹具。工件以底面和两孔定位,用两个钩形夹板夹紧,镗孔中心线与零件底面之间的 8° 夹角由弯板的角度来保证,为控制端面尺寸,在夹具上设置了供测量用的测量基准(圆柱棒端面),同时设置了一个供检验和校正夹具用的工艺孔。

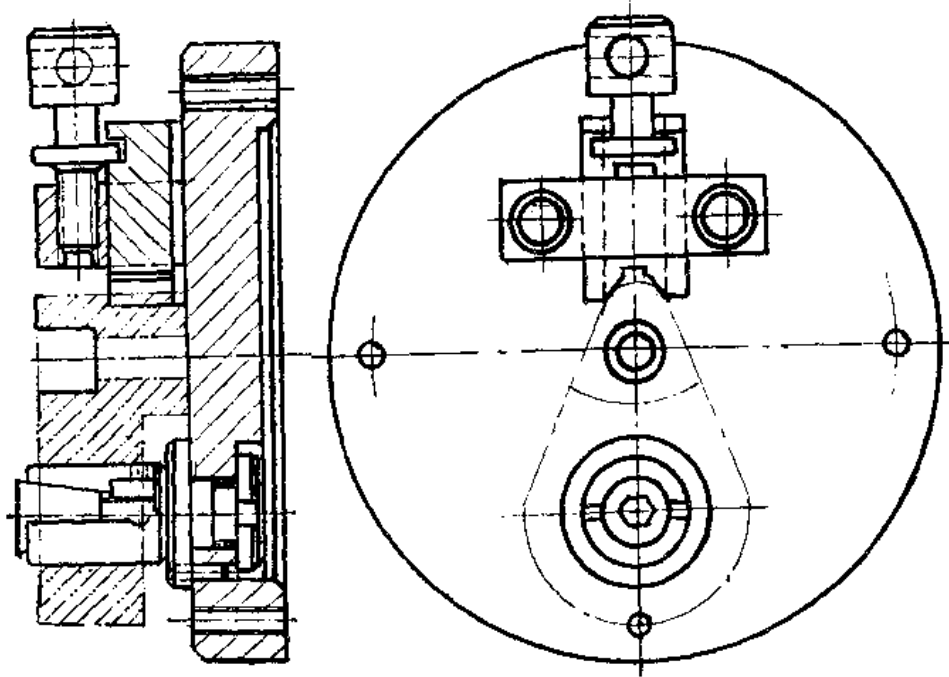


图5.3 杠杆零件镗孔车夹具

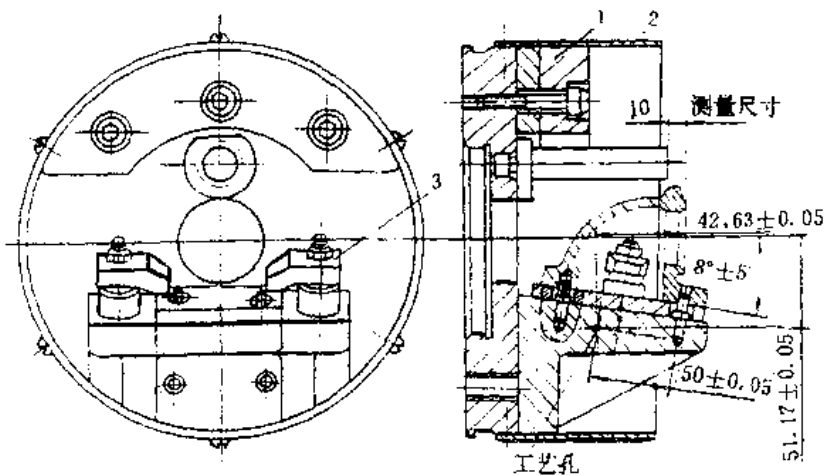


图5.4 角铁式车床夹具

1—平衡块；2—防护罩；3—钩形压板

4. 三爪自定心夹具

如图5.5所示为斜楔式定心三爪气动卡盘(省略气缸部分)。活塞带动楔心体9运动,当活塞向左移动时,拉杆带动楔心体9向左移动,楔心体上有三个与轴线成 15° 的T形槽与滑座2配合连接,滑座又用螺钉5将卡爪固定成一体,这样楔心体9左移时带动三个卡爪6向中心移动将工件夹紧,反之,当楔心体9向右移动时,则松开工件。

5. 四爪自定心夹具

如图5.6所示为四爪定心夹紧车床夹具。当拉杆螺钉由气缸活塞杆带动左拉时,通过连接套6带动压套10左移,推动钢球4、外锥套3,使上下两杠杆2绕固定支点摆动,拨动上下两可换卡爪7同时向中心移动夹住工件,此时外锥套3停止移动,由于压套10继续左移,迫使钢球4

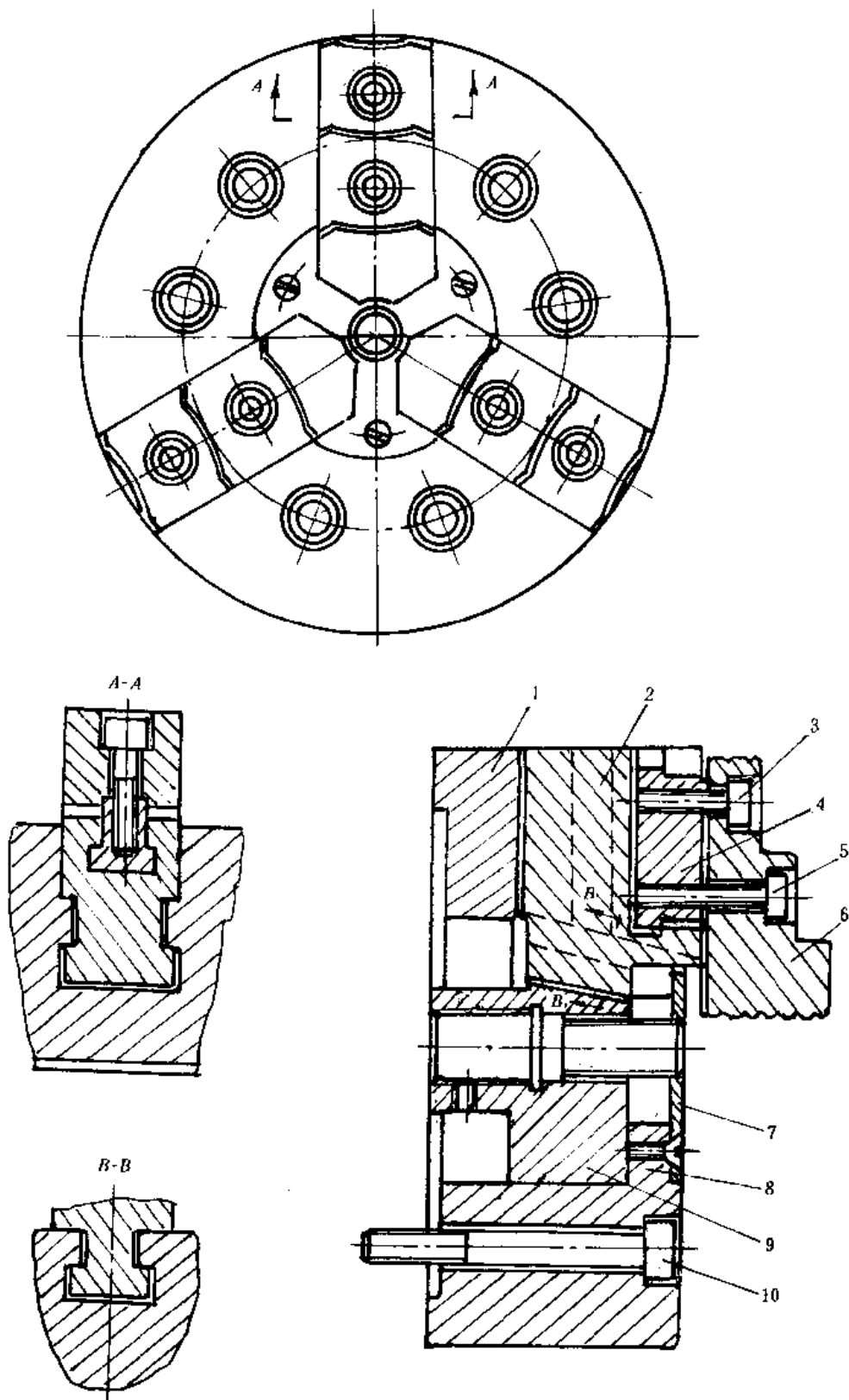


图5.5 斜楔式定心三爪气动卡盘

1—夹具体；2—滑座；3,5,8,10—螺钉；4—螺母；6—卡爪；7—圆盖；8—楔心体

沿外锥套斜面向内滑动,压向内锥套5迫使内锥套左移,从而左右两可换卡爪亦向中心移动,四卡爪同时定心并夹紧工件。

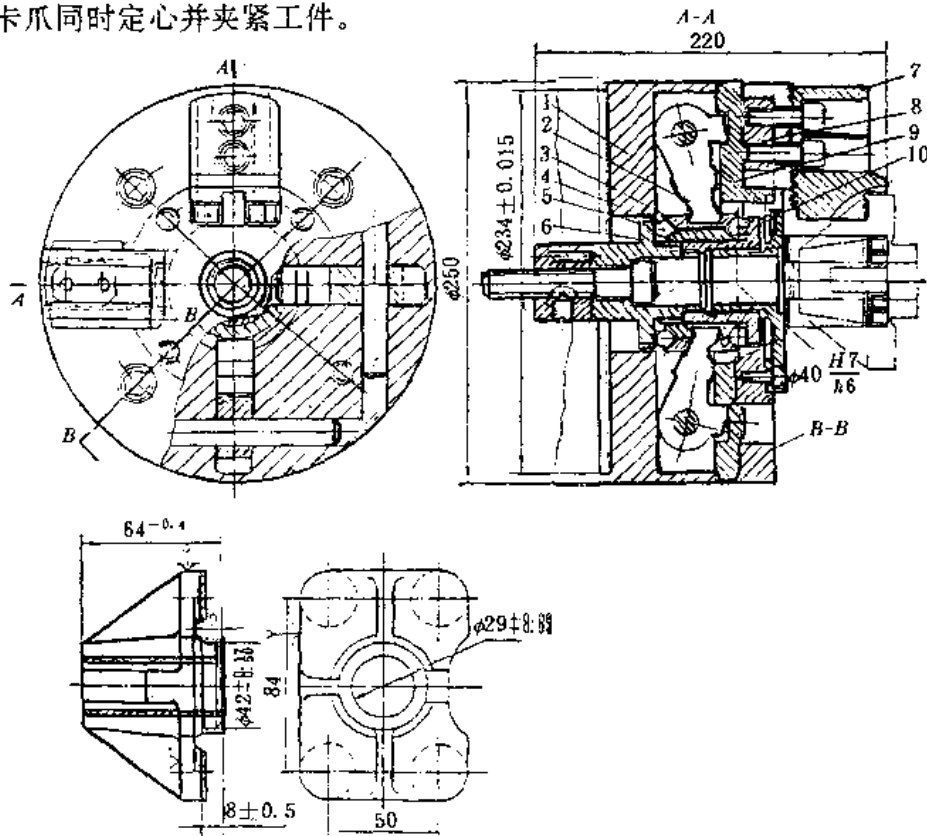


图5.6 四爪定心夹紧车床夹具

1—夹具体;2—杠杆;3—外锥套;4—钢球;5—内锥套;
6—连接套;7—可换卡爪;8—连接块;9—卡爪;10—压套

6. 电动自定心夹具

如图5.7所示为电动自定心夹具。这种夹具利用三爪自定心卡盘的结构,以电动机为动力源,由机床主轴后端通过齿轮1和2传给轴3,在传动轴8的前端有一偏心轴6,其上装有两个平动齿轮7、8,使其作高速行星摆动,内齿轮9与齿轮7、8啮合,其端面齿与卡盘上的大锥齿轮端面齿啮合,把运动传给卡爪,从而夹紧工件。

7. 车床夹具设计要求

(1) 定位装置的设计 在车床上加工回转表面时,要求工件被加工面的轴线与车床主轴的旋转轴线重合,则夹具上定位装置的结构和布置,必须要保证这一点。

对于轴套类和盘类工件,要求夹具定位元件工作表面的对称中心线与夹具的回转轴线同轴,定位误差 $\Delta_0 = 0$ 。对于壳体、支座等工件,被加工的回转面轴线与工序基准之间有尺寸联系或互相位置精度要求时,应以夹具轴线为基准确定定位元件工作表面的位置。

为了保证车床夹具的安装精度,在设计时必须考虑到夹具找正的方法。若夹具的限位面为与主轴同轴的回转面,则直接用限位表面找正它与主轴的同轴度。若限位面偏离回转中心,则应在夹具体上专门加工一个孔(或外圆)作为找正基面。又有时在夹具安装后,限位面进行最终加工,确保夹具的限位面与主轴同轴,提高了安装精度。

(2) 夹紧装置的设计 必须安全可靠,且有较好的自锁性,确保工件在切削过程中不会

松动。

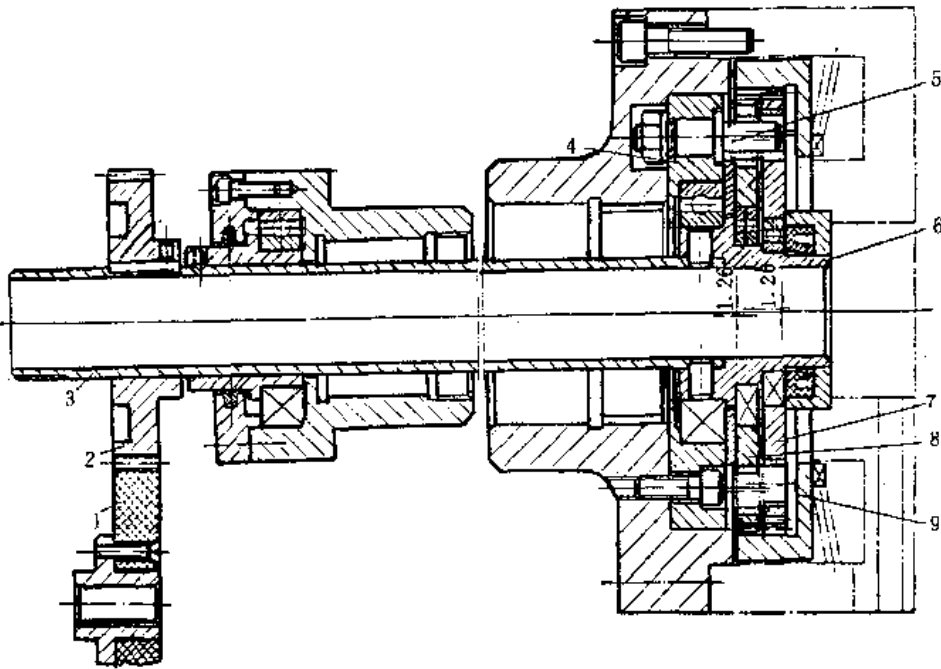


图5.7 电动自定心夹具

1—胶木齿轮；2—齿轮；3—传动轴；4—定位板；5—销；6—偏心轴；7、8—平动齿轮；9—内齿轮

(3) 夹具与机床的联接 车床夹具与机床主轴的联接精度对夹具的回转精度有决定性影响,要求夹具的回转轴线与车床主轴尽量同轴。如图5.8所示为常见的几种联接方式。普通车床的联接尺寸参看附录7。

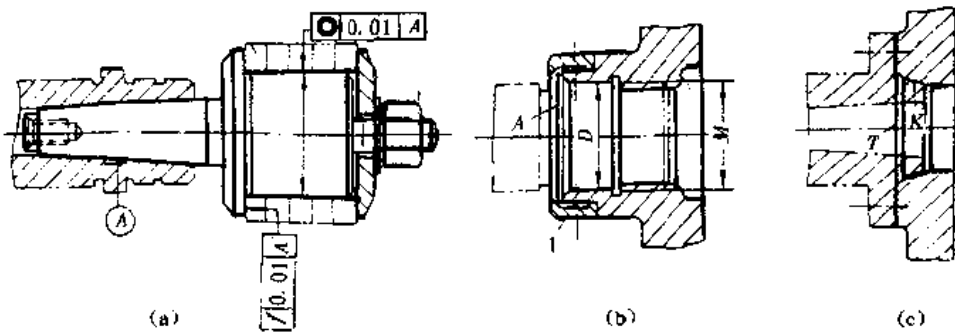


图5.8 夹具在机床主轴上的安装

对于径向尺寸较小的夹具,一般通过长锥柄安装在主轴锥孔内,用螺栓拉紧,这种联接方式定位精度高,但刚性较差。对于径向尺寸较大的夹具,一般通过过渡盘与车床主轴轴颈联接。图5.8(b)所示的过渡盘,以定位孔,按 $H7/h6$ 与主轴相配合,用螺纹紧固,轴向由过渡盘端面与主轴前端的台阶面接触,为防止停车和倒车时因惯性作用使两者松开,可用压板将过渡盘压在主轴上,这种联接方式的定位精度受配合精度的影响。

图5.8(c)所示的过渡盘以锥孔与端面定位,用螺母锁紧,由键传递扭矩,这种方式定位精度高,刚性好,但过渡盘与主轴台阶面要求紧贴,制造较困难。

过渡盘常作为机床附件备用,设计车夹具时,只需按过渡盘凸缘来确定专用夹具的止口尺寸。

(4) 车床夹具总体结构 车床夹具大都安装在机床主轴上,并与主轴一起作回转运动。为保证夹具工作平稳,夹具的结构应尽量紧凑,重心应尽量靠近主轴端,夹具悬伸长度不大于夹具轮廓外径。对于角铁式车床夹具,一般进行平衡。平衡的办法通常加平衡块或加减重孔,平衡的位置应可调节,以减少振动和主轴轴承磨损。夹具上的定位、夹紧元件及其他装置不应大于夹具体外廓,必要时加防护罩。

车床夹具的设计要点同样适合于内圆磨床和外圆磨床所用夹具。

5.2 钻镗类夹具

1. 钻夹具的构造和种类

钻床夹具,一般习惯上称为钻模,是在钻床上用来钻孔、扩孔、铰孔的机床夹具。

用钻模加工时,借助于钻套确定刀具的位置和刀具导向,被加工孔的尺寸精度由刀具本身精度保证,位置精度则由钻模板确定。

钻模的结构形式很多,可分为固定式、移动式、翻转式、盖板式和滑柱式等主要类型。

(1) 固定式钻模 加工中钻模相对于工件的位置保持不变的钻模称为固定式钻模,这类钻模多用于立式钻床、摇臂钻床和多轴钻床上。如图5.9所示为一固定式钻模,用于加工连杆零件上的锁紧孔。

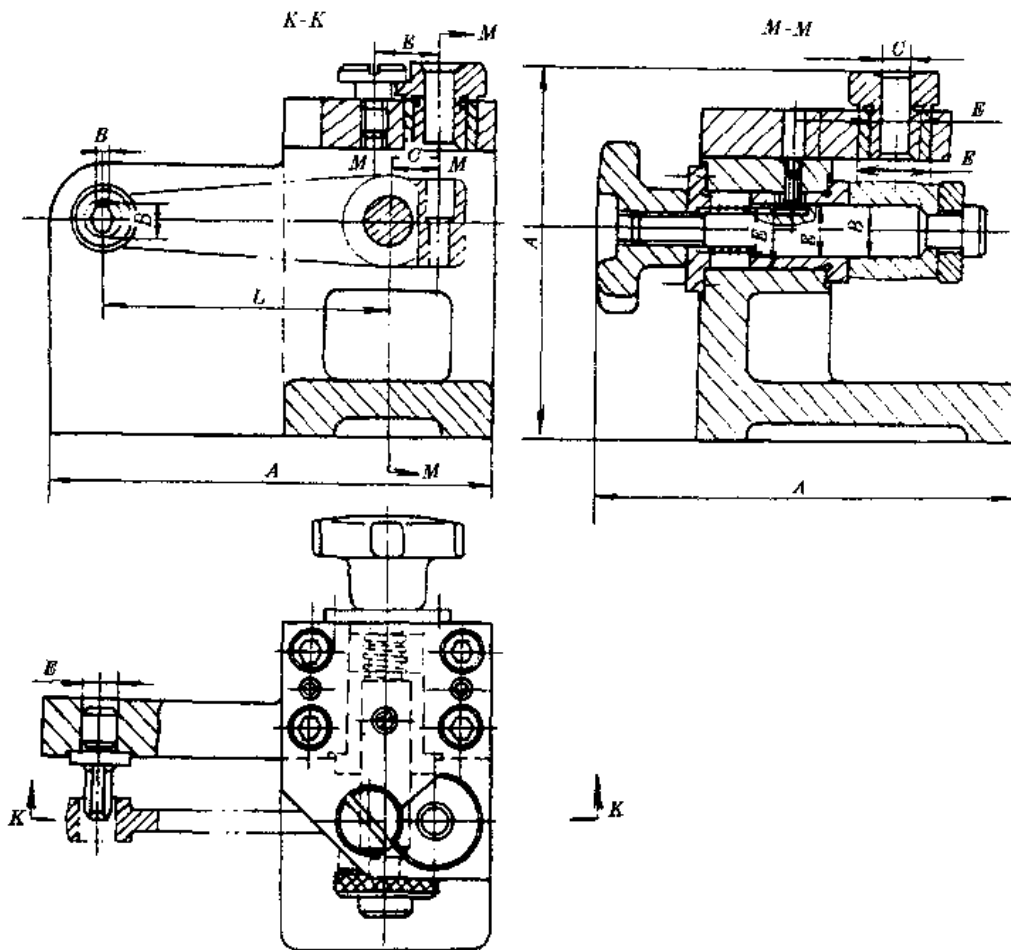


图5.9 固定式钻模

(2) 回转式钻模 如图2. 10所示为一回转式钻模, 用来加工扇形工件上3个有角度关系的径向孔。拧紧螺母4, 通过开口垫圈3将工件夹紧, 转动手柄9, 可将分度盘8松开, 将定位销1从定位套2中拔出, 使分度盘连同工件回转 20° , 定位销重新插入定位套, 进行分度, 将其锁紧后即可进行加工。

回转式钻模中的某些分度装置已标准化, 设计时可查阅有关手册。

(3) 翻转式钻模 如图5. 11所示为一翻转式钻模, 用于加工套筒上四个径向孔。工件以孔及端面在台阶销1上定位, 用开口垫圈2和螺母3夹紧, 钻完一面上的孔后, 翻转 60° 钻另外几面的孔, 其夹具结构简单, 但由于加工中需人力翻转, 故夹具加上工件的总重量不能太大。

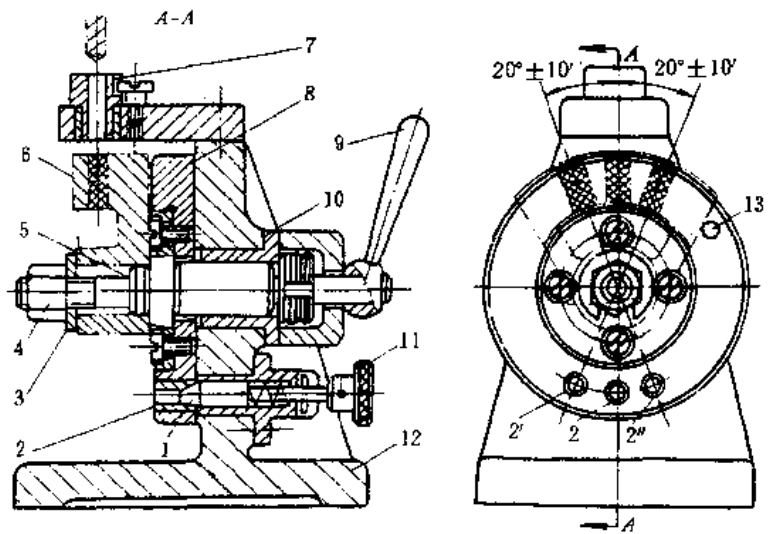


图5. 10 回转式钻模

1—定位销; 2—定位套; 3—开口垫圈; 4—螺母; 5—定位销; 6—工件; 7—钻套; 8—分度盘; 9—手柄; 10—衬套; 11—握手; 12—夹具体; 13—挡销

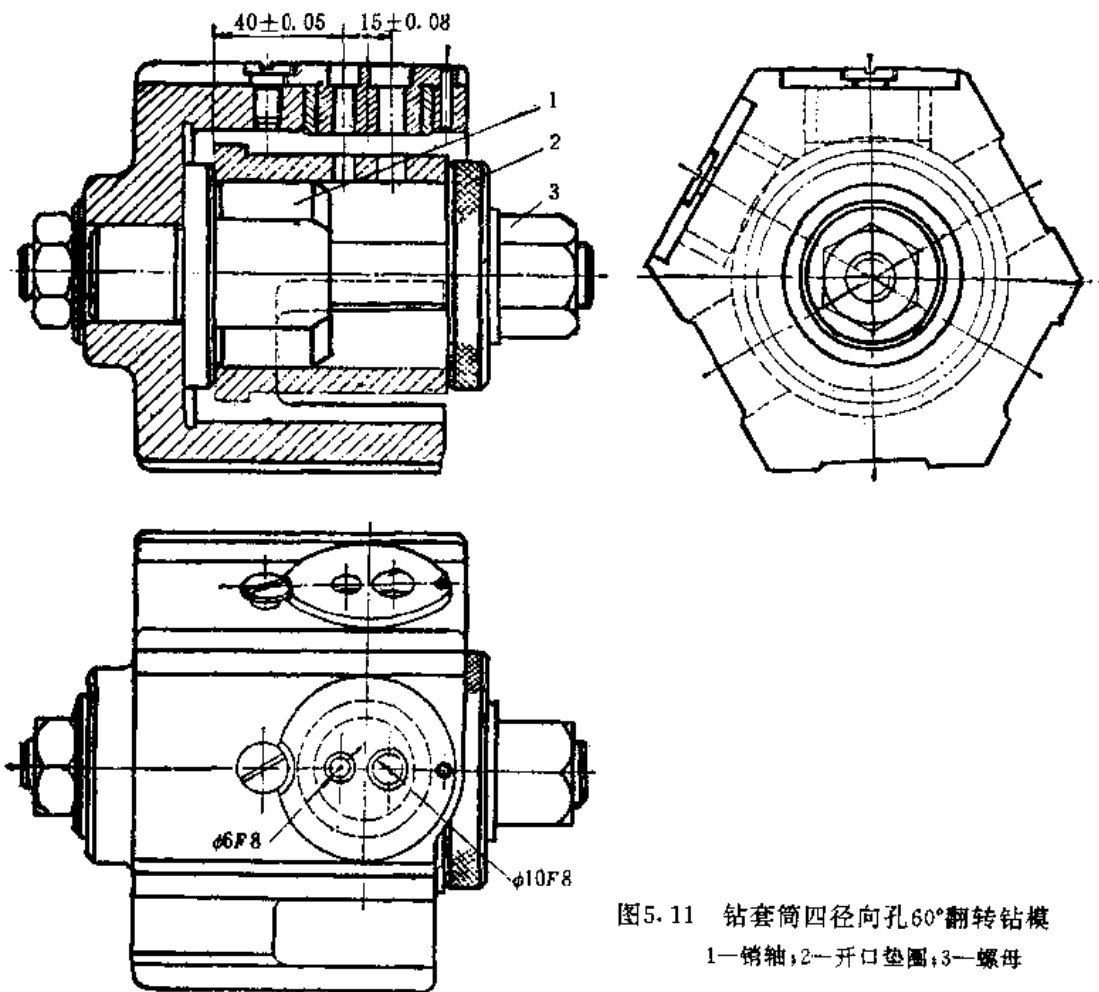


图5. 11 钻套筒四径向孔 60° 翻转钻模

1—销轴; 2—开口垫圈; 3—螺母

(4) 盖板式钻模 盖板式钻模是最简单的一种钻模,它没有夹具体,只有一块钻模板。一般情况下,钻模板除装钻套外,还装有定位元件和夹紧装置,加工时,将它覆盖在工件上即可加工。

如图5.12所示为加工车床溜板箱上多个小孔用的盖板式钻模,它用圆柱销1和菱形销3在工件两孔中定位,并通过3个支承钉4安放在工件上。

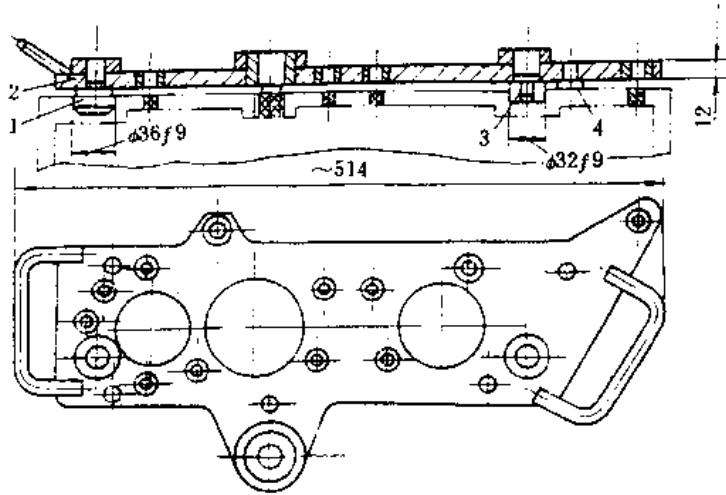


图5.12 盖板式钻模

1—圆柱销;2—钻模板;3—菱形销;4—支承钉

(5) 滑柱式钻模 滑柱式钻模结构是已标准化、规格化的可调夹具,它由夹具体、滑柱、升降模板和锁紧机构等几部分组成。如图5.13所示为手动滑柱式钻模,升降钻模板2由螺母紧固在齿条轴3和滑柱上,转动手柄5使斜齿轮轴4转动,带动齿条3、升降模板上下滑动,实现夹紧、松开工件。锁紧采用锥面锁紧机构,其原理为压紧工件后,作用在斜齿轮上的反作用力在齿轮轴上引起轴向力,使锥体在夹具体内锥面中楔紧,从而锁紧钻模板。加工完毕后,升起钻模板到一定高度,此时钻模板自重的作用使齿轮轴产生反轴向力,使锥体和锥度6的锥孔锁紧,从而钻模板也被锁紧。如图5.14所示为气动滑柱钻模的通用结构,利用夹具体内安装的气缸,使滑柱带动钻模板上下升降,由于气源始终作用,故不需锁紧机构。

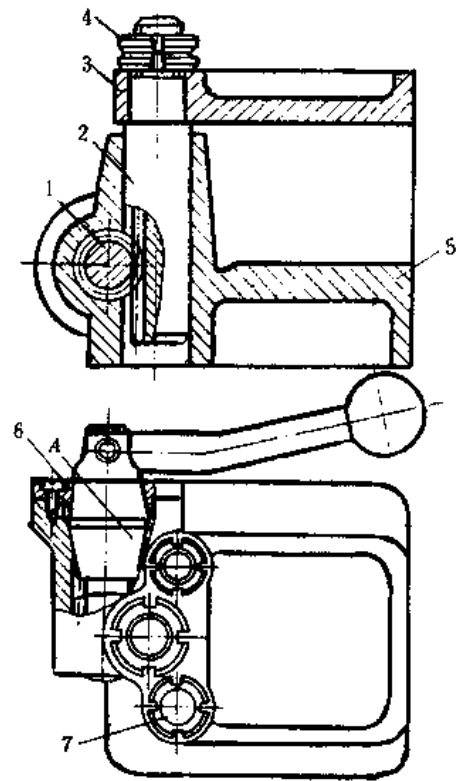


图5.13 手动滑柱式钻模

1—斜齿轮轴;2—齿条轴;3—钻模板;4—螺母;5—夹具体;6—锥套;7—滑柱

2. 钻套的结构和尺寸

(1) 钻套结构 钻套是确定刀具位置和方向的元件,用以保证孔的位置精度,并防止加工过程中刀具的偏斜,提高刀具的刚性,防止振动。有关的钻套结构尺寸、材料、热处理等已标准化,可参阅有关国标。按钻套的结构特点,可分为如下四种类型:

① 固定钻套 如图5.15所示为固定钻套的两种结构,它直接压入钻模板或夹具体的孔中,位置精度高,但磨损后不易更换,故多用于中、小批生产。

② 可换钻套 如图5.16所示为标准可换钻套结构,它以间隙配合安装在衬套中,衬套则压入钻模板或夹具体,为防止钻套在衬套中转动,用螺钉固定。可换钻套磨损后可更换,故多用于大批量生产。

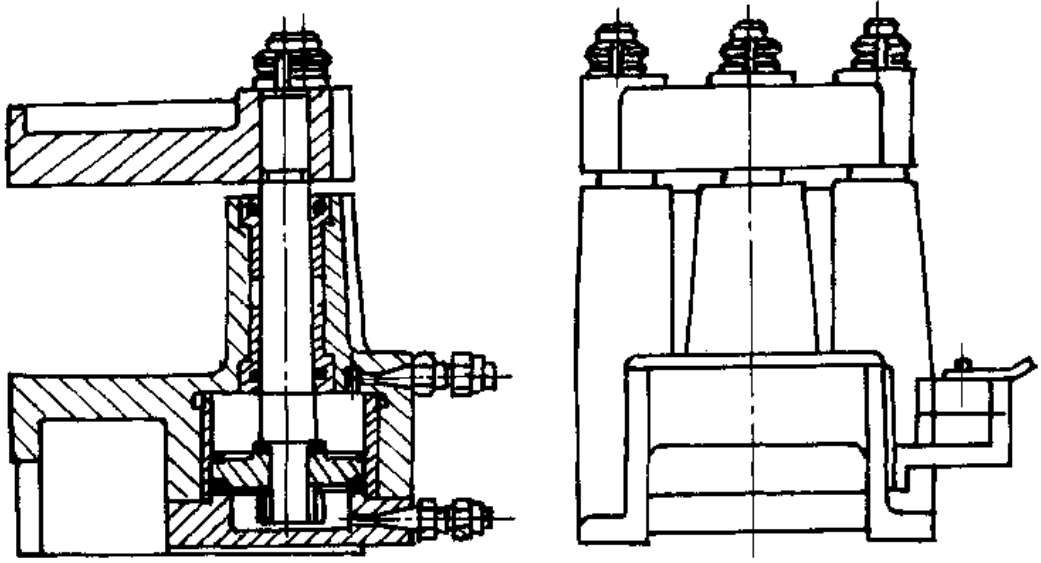


图5.14 气动滑柱式钻模

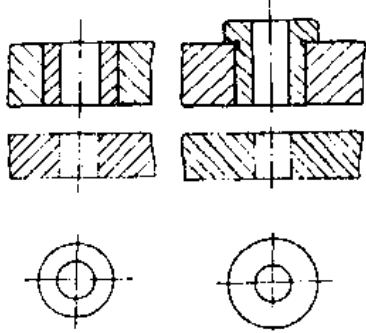


图5.15 固定钻套

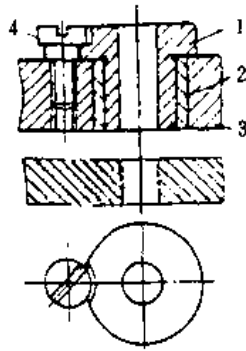


图5.16 可换钻套

1—钻套；2—衬套；3—钻模板；4—螺钉

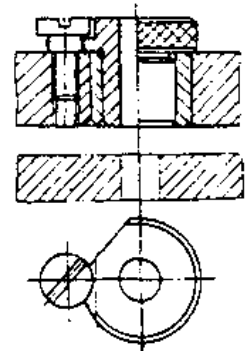


图5.17 快换钻套

③ 快换钻套 当工件在一次装夹中,需要进行多工步(钻、扩、铰等)加工时,由于刀具直径逐渐加大,钻套直径也要逐渐加大,可采用快换钻套结构,如图5.17所示。更换钻套时:不需拧动螺钉,只要将钻套转过一个角度,使螺钉头部对准钻套缺口,即可取下钻套,这种钻套也已标准化。

④ 特殊钻套

由于工件结构、形状和位置特殊,标准钻套不能满足使用要求时,需要设计特殊钻套,如图5.18所示。如斜面上钻孔、钻多个小间距孔、在工件凹陷处钻孔等。

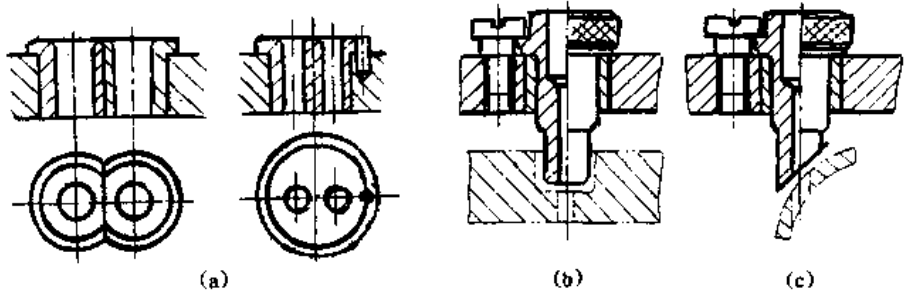


图5.18 特殊钻套

(2) 钻套尺寸

① 钻套内径及偏差应根据所引导的刀具尺寸来确定,通常取刀具的最大极限尺寸为引

导孔的基本尺寸,采用基轴制间隙配合,孔径公差依加工精度来确定。钻孔和扩孔时取 $F7$,粗铰孔时取 $G7$,精铰时取 $G6$ 。若钻套引导的不是刀具的切削部分,而是导向部分,常取配合为 $H7/f7, H7/g6, H6/g5$ 。

钻套内孔与外径的同轴度不大于 0.01mm 。

② 钻套高度 H 直接影响钻套的导向性能(见图 5.19),高度较大时,则导向性好,刀具与钻套间可能产生的偏斜量很小,加工精度高,但会加快刀具与钻套磨损。高度过小时,导向性能不好,通常取 $H=(1\sim 2.5)d$ 。加工精度要求较高,加工孔径较小,刀具刚性较差时应取大值,即 $H=2.5d$,反之取小值。

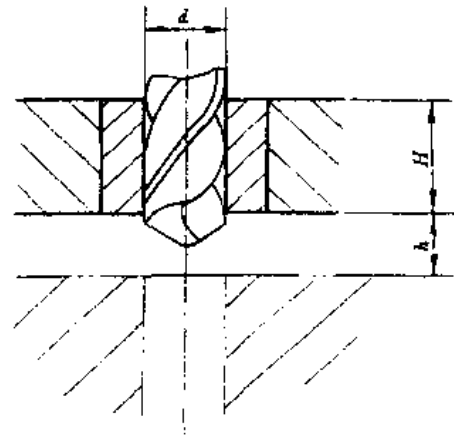


图5.19 钻套高度与容屑间隙

③ 钻套与工件间一般应有排屑间隙 h ,并要求钻头的两个刃角都在钻套之外,如图 5.19 所示,但 h 太大,则会影响导向作用,一般取 $h=(0.3\sim 1.2)d$,加工铸铁和黄铜等脆性材料时取较小值;加工钢等韧性材料时取较大值。当孔的位置精度要求很高时,刃角应该在钻套内才能起到良好的导向作用,这时就允许取 $h=0$ 。

有关手册中一般列有已经计算好的数值,设计时可以直接查出(参阅附表 1 至 4)。

(3) 钻套磨损 钻套经过一定时间的应用,孔会逐渐磨损,加工精度也随之下降,最终就起不到导向作用了。使用条件与产量不同时,钻套的磨损量相差很为悬殊。所以,钻套的磨损速度,对夹具维修和夹具设计都是重要的参考资料,尤其在大批量生产中,显现出很大的经济价值。钻套的磨损经试验可得出如下结论:

① 钻孔速度越高,钻套磨损速度越快。

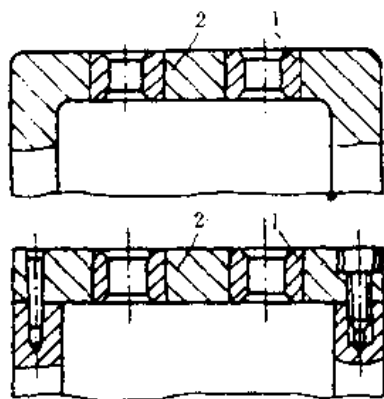


图5.20 固定式钻模板

1—钻套；2—钻模板

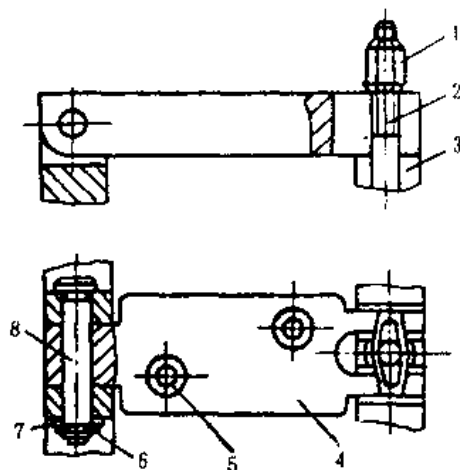


图5.21 铰链式钻模板

1—菱形螺母；2—活节螺栓；3—夹具体；4—钻模板；
5—固定钻套；6—开口销；7—垫圈；8—铰链轴

5.22所示。钻模板1以两孔在夹具体2上的一个圆柱销3和削边销4上定位，并用铰链螺栓将钻模板和工件一起夹紧，加工完毕后，卸下模板，才能安装新工件。

使用这类模板时，装卸模板费时费力，且钻孔的位置精度较低，故一般多在使用其他类型钻模板不便于安装工件时采用。

最后指出一点，为了保证钻套位置的准确性和加工稳定性，钻模板必须具有足够的刚性，但又不能做得太厚太重。在实际使用中，厚度往往根据钻套的高度 H 确定，一般在15mm~30mm之间。如果钻套较长，可将模板局部加厚，加强模板的周边和设置加强筋，以提高钻模板的支承刚性。

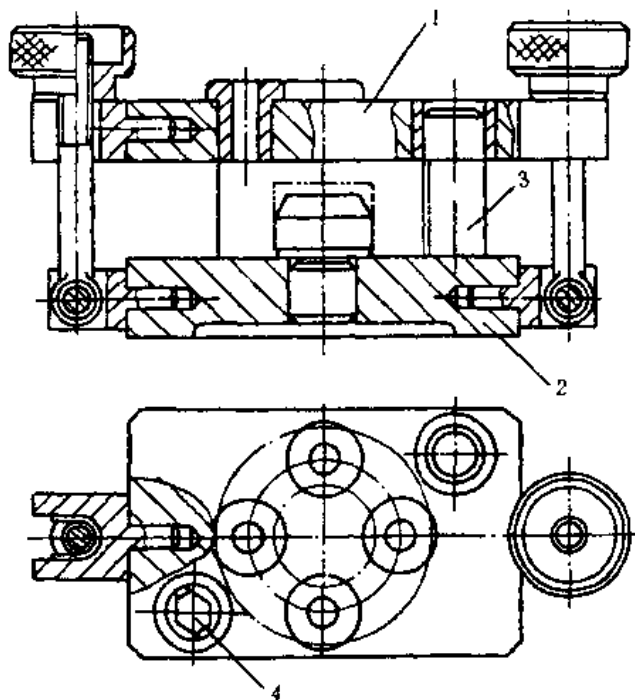


图5.22 可卸式钻模板

1—钻模板；2—夹具体；3—圆柱销；4—削边销

4. 工艺孔的应用和钻套位置尺寸的计算

在斜孔钻模、铣斜槽等夹具以及某些定位元件、对刀块等元件上，为了便于加工、检验那些位置精度要求高的斜孔或斜面等，而特定在夹具的某个元件上设置一个精确的圆柱孔作为基准，这个孔叫工艺孔。如图5.23所示为在斜孔钻模上设置了工艺孔来确定钻套位置尺寸 X 的简图。经计算，可求得工艺孔到钻套轴线的距离 $X = L \sin \alpha - \frac{D}{2} \cos \alpha + H \sin \alpha$ 。

工艺孔的设置应注意以下几点：

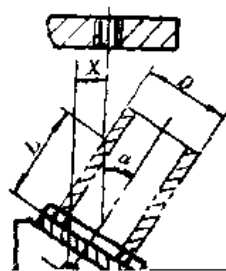
(1) 工艺孔的位置必须便于加工和测量，一般设置在夹具体的暴露面上。

(2) 工艺孔的位置必须便于计算,一般设置在定位元件轴线上或钻套轴线上,在二者交点上更好。

(3) 工艺孔尺寸应选用标准心棒尺寸。

5. 镗床夹具

镗床夹具主要用于加工箱体、支座等零件上的孔或孔系。它不仅在各类镗床上使用,也可在组合机床、车床及摇臂钻床上使用。镗床



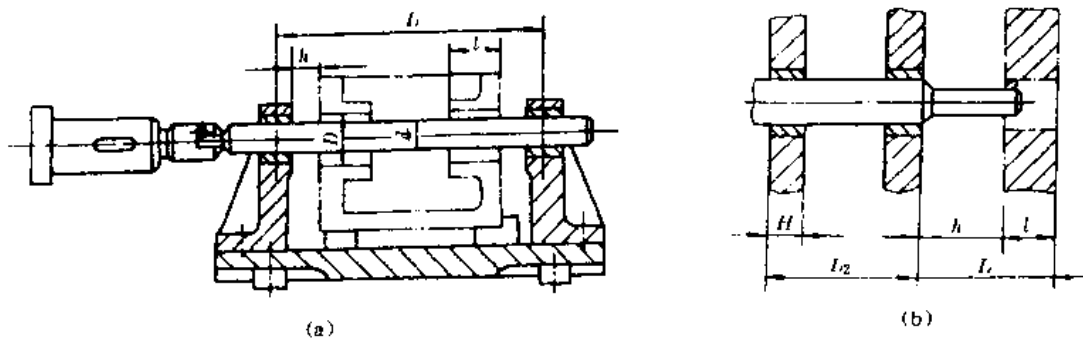


图5.25 双支承引导

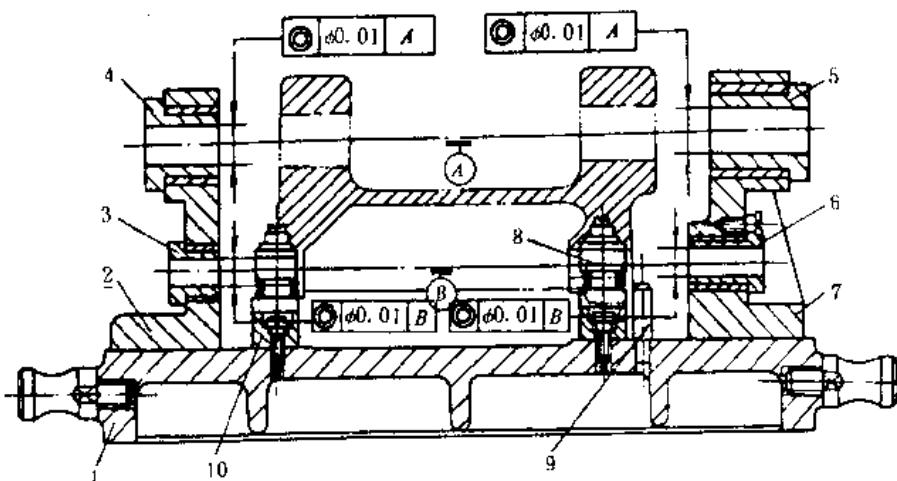


图5.26 支架壳体镗床夹具

1—夹具体;2,7—导向支架;3,6—衬套;4,5—镗套;8—压板;9—定位钉;10—支承板

杆上滴油润滑,故只适用于速度较低
的场合。*B*形则带有润滑油杯,其内孔开有
油槽,定时注油可保持润滑,因此,切削
速度可适当提高,固定式镗套结构已标
准化,设计或选用时可参阅有关标准。

② 回转式镗套 回转式镗套是在镗
孔过程中随镗杆一起转动的,由于镗杆
与镗套间无相对转动,适用于高速镗孔
或镗杆直径较大,线速度超过20m/min。
如图5.28(a)所示为滑动式回转镗套,它
结构简单,径向尺寸小,回转精度高,但
必须充分润滑。如图5.28(b)所示为滚动
式回转镗套,它的径向尺寸大,回转精度
低,适用于粗加工和半精加工。

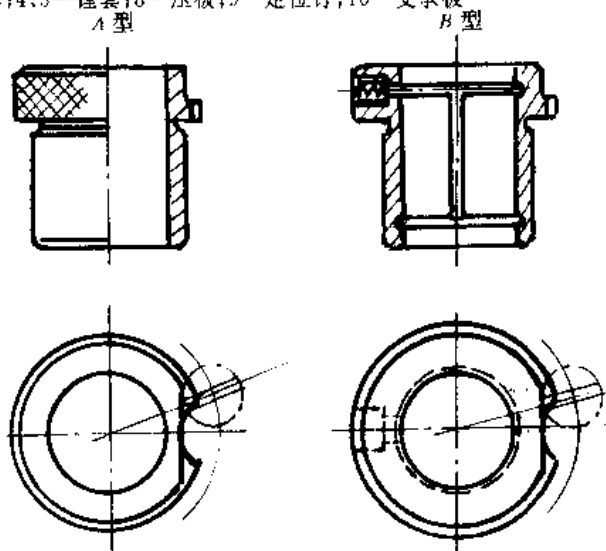


图5.27 固定式镗套

③ 镗套尺寸及公差 镗套长度直接影响导向性能,一般取镗杆导向部分直径的
2.5倍~3.5倍,镗套与镗杆以及衬套等的配合,根据不同加工精度要求,合理选择,过紧容易
研坏或咬死,过松则不能保证加工精度,设计时可按表5.1所列选取。

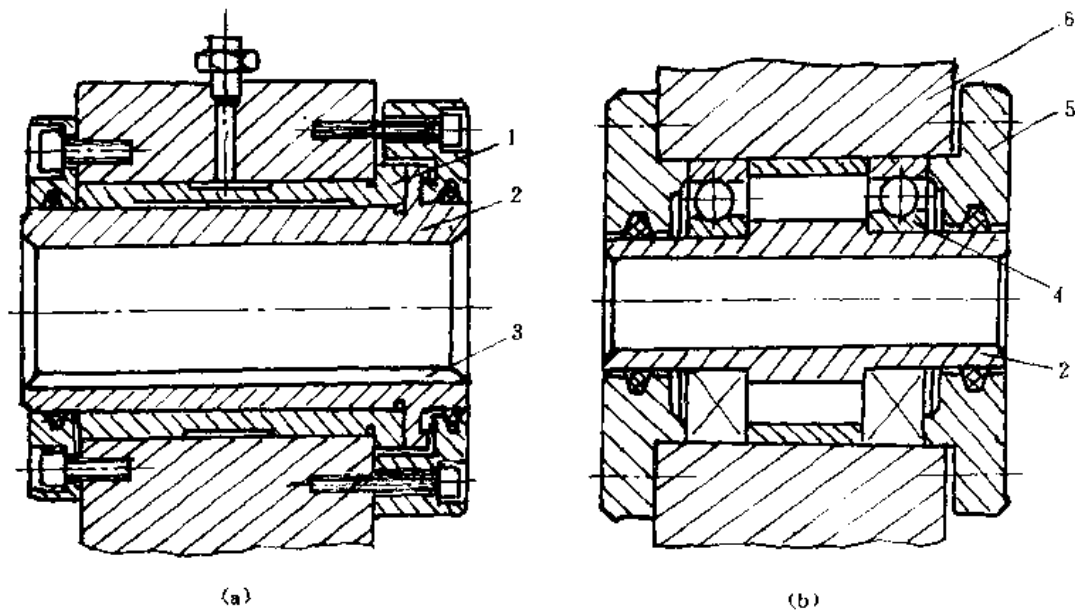


图5.28 回转式镗套

表5.1 常用镗杆与镗套的配合公差

配合表面	镗杆与镗套	镗套与衬套	衬套与支架
配合性质	$\frac{H7}{g9}$ ($\frac{H7}{h6}$) $\frac{H6}{g5}$ ($\frac{H6}{h5}$)	$\frac{H7}{g6}$ ($\frac{H7}{js6}$) $\frac{H6}{h5}$ ($\frac{H6}{j5}$)	$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H6}{h5}$

回转式镗套与镗杆采用 $H7/h6$ 或 $H6/h5$ 配合,当孔加工精度(如同轴度)要求高时,常用配研方法使镗套与镗杆的配合间隙达到最小值,一般不大于 0.01mm ,但此时应用低速加工。

镗套内孔与外圆的同轴度一般为 $\phi 0.01\text{mm}$,内孔的圆度、圆柱度一般为 $0.01\text{mm} \sim 0.002\text{mm}$,粗糙度 $Ra=0.4\mu\text{m} \sim 0.2\mu\text{m}$,外圆粗糙度 $Ra=0.8\mu\text{m} \sim 0.4\mu\text{m}$ 。

镗套的材料可选用铸铁、青铜、粉末冶金或钢等,其硬度一般应低于镗杆的硬度,可参阅附表1。

(3) 镗杆的设计 一般在设计镗模的结构前必须先确定镗孔工具,工具包括了切削刀具与镗杆等,镗杆的结构取决于所采用的镗套、镗杆本体尺寸、与机床连接方式以及润滑、排屑等等。下面主要讨论镗杆的直径等尺寸的选定。

镗杆的直径和长度对镗杆的刚性影响很大。直径虽然受到加工孔径的限制,但在可能情况下,应尽量地取大些,一般取 $d=(0.7 \sim 0.8)D$, D 值为镗孔直径。也可参考表5.2中数值选取。

表5.2 镗孔直径 D 、镗杆直径 d 和镗刀截面之间的尺寸关系(mm)

D	30~40	40~50	50~70	70~90	90~140	140~190
d	20~30	30~40	40~50	50~65	65~80	80~120
镗刀截面 $B \times B$	8×8	10×10	12×12	16×16	16×16 20×20	20×20 25×25
圆形刀头直径 ϕ	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$	$\phi 16$	$\phi 20$	$\phi 24$

镗杆的制造精度对其回转精度有很大影响,故直径的尺寸精度要求较高,圆度及圆柱度不应超过直径公差的1/2。镗杆的弯曲在500mm内应小于0.01mm。

镗杆的材料一般采用45钢、40Cr钢,硬度为HRC40~HRC45;也可用20钢或20Cr钢渗碳淬火,渗碳层厚度为0.8mm~1.2mm,硬度为HRC61~HRC63。

5.3 铣床类夹具

铣床夹具主要用于加工零件上的平面、键槽、缺口及成形表面等。由于铣削时切削力较大,且为断续切削,设计铣床夹具时,应注意工件的装夹刚性和夹具的安装稳定性。

1. 铣床夹具的类型

由于铣削过程中多数情况是夹具和工作台一起作进给运动,而铣床夹具的整体结构又常常取决于铣削加工的进给方式,因此,按不同的进给方式将铣床夹具分为直线进给式、圆周进给式和仿形进给式三种类型。

直线进给式铣床夹具用得最多,根据夹具上同时安装工件的数量,又可分为单件铣夹具和多件铣夹具。如图5.29所示为单件铣夹具,这种夹具每次只装夹一个工件,装卸工件时间长,生产率低,用于小批量生产。如图5.30所示为多件铣夹具,一次安装4个工件同时进行加工,为提高生产率,夹具上采用了联动夹紧机构,保证各工件获得均匀一致的夹紧力,并设置了浮动环节(球面垫圈与压板)。

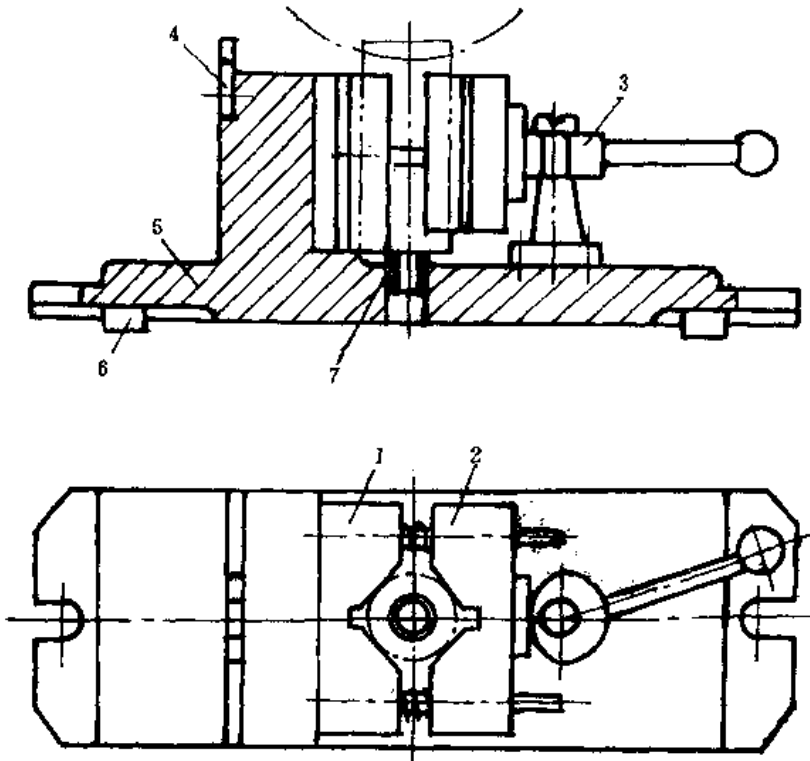


图5.29 单件铣夹具

圆周式进给铣床夹具通常用在具有回转工作台的铣床上,一般均采用连续进给,有较高

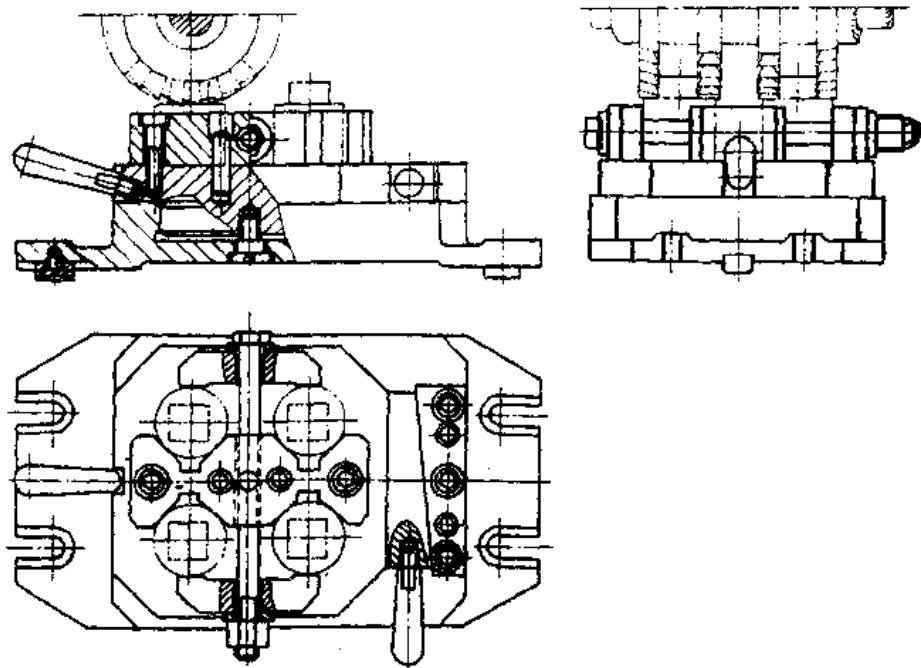


图5.30 多件铣夹具

的生产率。如图5.31所示为圆周进给式夹具简图。回转工作台带动工件(拨叉)作圆周连续进给运动,将工件依次送入切削区,当工件离开切削区后即被加工好,在非切削区内,可将加工好的工件卸下,并装上待加工的工件,这种加工方法使机动时间与辅助时间相重合,提高了机床利用率。

如图5.32(a)所示为直线进给式仿形铣夹具的工作原理图。靠模3和工件1分别装在机床工作台上的夹具中,滚柱滑座6和铣刀滑座5刚性联接并严格保证两垂直轴线间的距离 k 始终不变,这个滑柱组合体在重锤或弹簧力 W 的作用下,使滚柱始终压在靠模板上,当工作台纵向直线进给时,滑座组合体即获得一横向辅助运动,从而铣刀按靠模曲线轨迹在工件上铣出所需要的曲面轮廓。

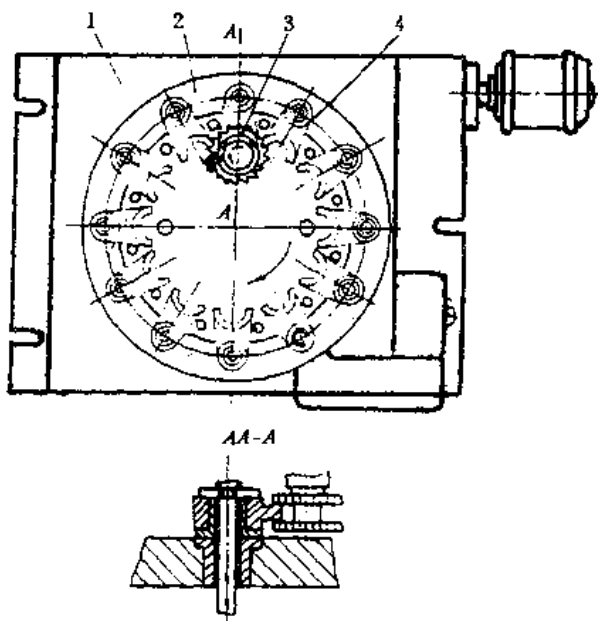


图5.31 圆周进给式铣夹具

1—夹具;2—回转工作台;3—铣刀;4—工件

如图5.32(b)所示为装在普通立式铣床上的圆周进给式仿形夹具。靠模板2和工件4装在回转工作台7上,工作台作等速圆周进给运动,在弹簧力的作用下,滑座8便带动工件相对刀具作所需要的仿形运动,加工出与靠模相仿的成形面。

2. 铣夹具的安装

铣床夹具通常通过定位键与铣床工作台T形槽的配合来确定夹具在机床上的方位。如

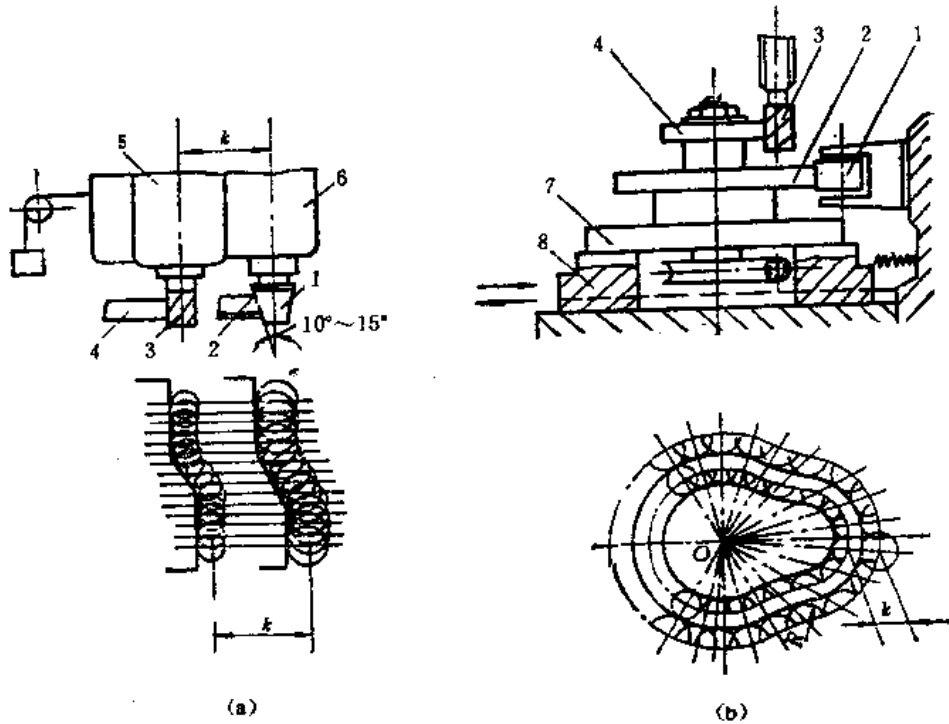


图5.32 仿形铣夹具

1—滚柱;2—靠模板;3—铣刀;4—工件;5—铣刀滑座;6—滚柱滑座;7—回转台;8—滑板

图5.33为定位键结构。定位键用沉头螺钉固定在夹具体底面的纵向槽中,一般使用两个,两定位键的距离越远,定向精度越好。

定位键与夹具体的配合为 $H7/h6$, 为提高夹具安装精度,定位键的下部(与工作台T形槽配合部分)可留有余量进行修配,或在安装夹具时使定位键一侧与工作台T形槽靠紧,以消除间隙的影响,定位键已标准化,其规格尺寸、材料和热处理可从“夹具手册”中查到(见附表7)。铣床夹具的夹具体大都设计有耳座,并通过螺栓将夹具牢固地紧固在机床工作台的T形槽中。

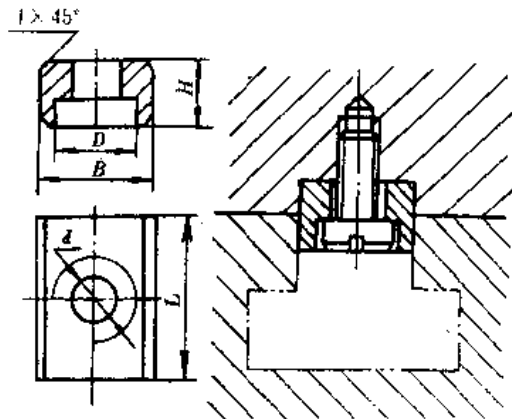


图5.33 定位键

3. 对刀装置

在大批大量生产中,用调整法加工时,需要快速而准确地确定、调整好夹具与刀具的相对位置,故铣床夹具常有对刀装置,其主要由对刀块和塞尺构成,如图5.34所示为几种常见的对刀装置。其中图5.34(a)为高度对刀块,用于铣平面时对刀;图5.34(b)为直角对刀块,用于加工键槽或台阶面对刀;图5.34(c)、(d)为成形对刀块,用于加工成形表面时对刀;塞尺用于检查刀具与对刀块之间的间隙,以避免刀具与对刀块直接接触,损坏刀刃或造成对刀块过早磨损。

使用对刀块时,夹具总图上应标明塞尺的尺寸,对刀块与塞尺已标准化,可查阅附表5。

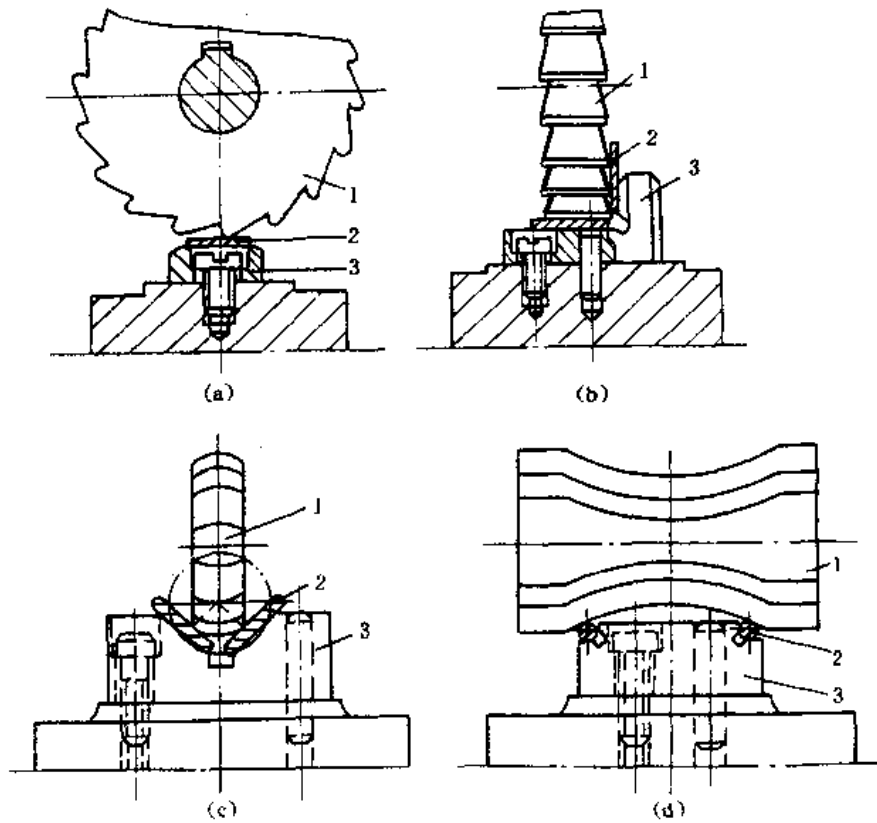


图5.34 对刀块

1—铣刀；2—塞尺；3—对刀块

习题与思考题

1. 车床夹具与车床主轴的连接方式有哪几种？
2. 镗套有几种，怎样选用？
3. 在工件上钻铰 $\phi 14H7$ 孔，铰削余量为 0.1mm ，铰刀直径为 $\phi 14 \pm 0.005\text{mm}$ ，试设计所需的钻套（计算导向孔尺寸，画出钻套图，标注尺寸及技术要求）。
4. 斜孔钻模上为何要设置工艺孔，图5.35所示为一钻斜孔钻模，工件上斜孔的位置由尺寸 A 、 B 及角度 α 确定。若钻模上工艺孔中心到定位面距离为 H ，试确定夹具上调整尺寸 x 的数值。
5. 在图5.36所示接头上铰槽，其他表面均已加工好，试设计所需的铣床夹具（只画草图），并进行加工精度分析。

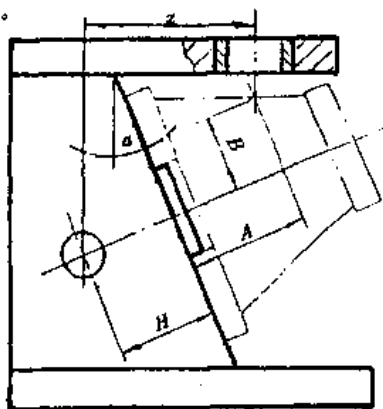


图5.35 斜孔钻模

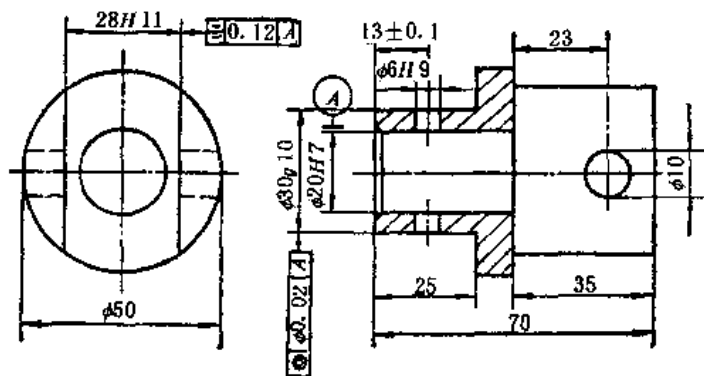


图5.36 接头上铰槽

第6章 典型专用夹具设计

夹具设计是工艺设计的重要组成部分。典型专用夹具的设计方法,对各种夹具的设计都有指导意义。本章总结和归纳了在设计和制造典型专用夹具方面的一些基本规律和方法,着重阐述专用夹具的设计程序、要求、步骤、公差和技术要求的选用,工件在夹具加工中的精度校核,并介绍车夹具—非旋转体工件在车床上镗孔、铣夹具—多件铣切的设计过程和方法,并简单地介绍夹具的计算机辅助设计(CAD)。

6.1 专用夹具的设计步骤

夹具设计时,通常应满足以下主要要求:

(1) 能保证工件的加工精度 专用夹具应有合理的定位方案,合适的尺寸、公差和技术要求,并进行必要的精度分析。

(2) 能提高加工效率 所设计的夹具结构在与工件生产纲领相适应的条件下,应尽量采用夹紧可靠、快速高效的夹紧机构与传动方式,以缩短辅助时间。

(3) 工艺性好 专用夹具的结构应简单、合理,便于加工、装配、检修。

专用夹具的制造属单件生产。最终精度常由调整或修配保证,夹具上应设置调整或修配结构(如调整间隙、可修磨的垫片等)。

(4) 使用性好 夹具操作应简便、省力、安全可靠、排屑、润滑方式及维护方便。

(5) 经济性好 除考虑专用夹具本身结构简单、标准化程度高、成本低廉外,还应根据生产纲领对夹具方案进行必要的经济分析,以提高其在生产中的经济效益。

以上要求有时是相互矛盾的,在设计夹具过程中要全面考虑,使之达到最佳综合效果。

6.1.1 拟定夹具的结构方案

1. 明确设计要求和生产条件

首先要明确设计任务书(由工艺人员编制零件的工艺规程后提出)的要求,然后分析研究并收集设计资料,其内容如下:

(1) 了解零件工作图、毛坯图和装配图,分析零件的作用、结构特点、材料及毛坯制造精度及零件的技术要求。

(2) 深入分析设计任务书或工序简图上所提出的加工要求和设计要求,该工序在整个工艺过程中与前后工序的关系、所采用的切削用量;分析所规定要求的合理性,以便发现问题及时与工艺人员进行磋商。

(3) 了解所使用的机床规格、性能以及与夹具联接处的结构和有关联系尺寸。

(4) 了解所使用的刀具、量具结构、规格以及测量和对刀调整方法。

(5) 了解零件的生产纲领、投产批量和生产组织以及本厂气、液等方面动力设施条件等有关问题。

(6) 收集国内外同类夹具有关资料及设计中需参考的各种设计标准、典型结构等资料与手册。

2. 拟定夹具结构方案, 绘制夹具草图

在充分地做好准备工作的基础上, 拟定夹具结构的初步方案, 绘制夹具草图, 其内容如下:

- (1) 确定工件的定位方案 选择定位方法和定位元件。
- (2) 确定工件的夹紧方案 选择夹紧方法和夹紧装置。
- (3) 确定其他装置及元件的结构形式 如对刀、导向装置、分度装置等。
- (4) 确定夹具在机床上的安装方式。
- (5) 确定夹具体的结构形式。

(6) 绘制夹具草图, 并标注尺寸、公差及技术要求。

3. 设计示例

如图 6.1 所示为拨叉钻孔工序图, 加工孔 $\phi 12H7$, $\phi 10H8$, $\phi 25H7$, 中批生产, 需设计钻孔的钻床夹具。

(1) 设计准备 收集原始资料, 包括被加工零件的设计与工艺资料和有关夹具设计资料等。在此基础上, 对零件加工工艺进行分析。

(2) 绘制夹具草图 设计步骤参阅表 6.1。

(3) 对结构方案进行精度分析和估算 工件的加工精度较高时, 应进行工件的加工精度分析。工件的加工精度不高时, 按经验作一般估算。有动力装置的夹具, 需计算夹紧力。当有几种结构方案时, 可进行经济分析, 选用经济效益较高的方案。

(4) 审查方案与改进设计 夹具草图画出后, 应征求有关人员的意见, 并送有关部门审查, 然后根据他们的意见对夹具方案作进一步修改。

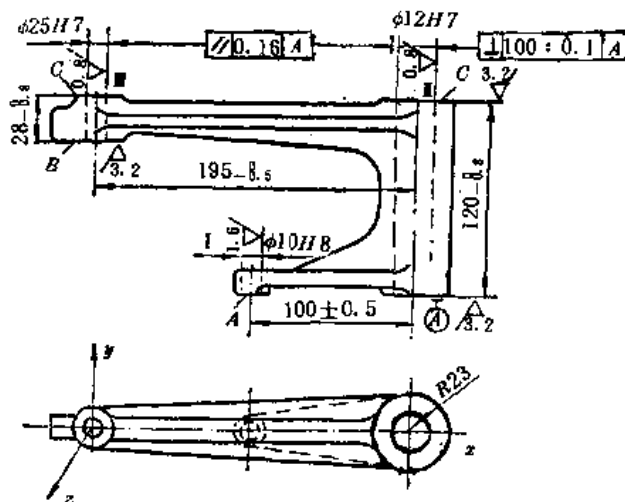
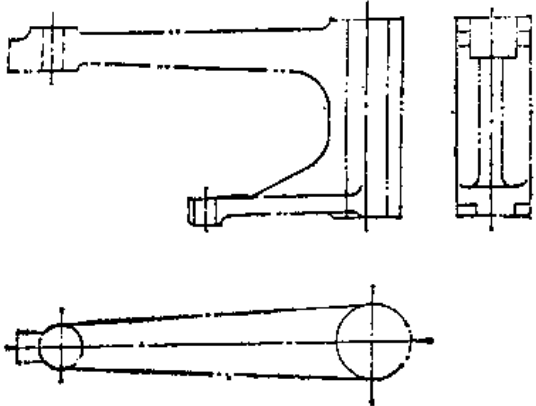
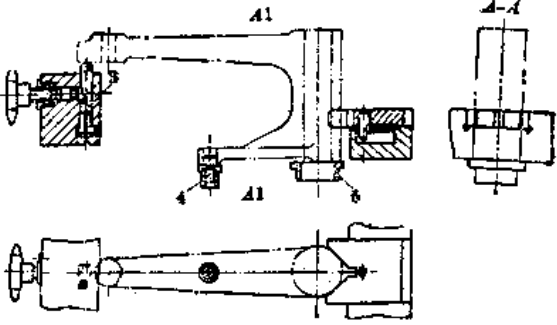
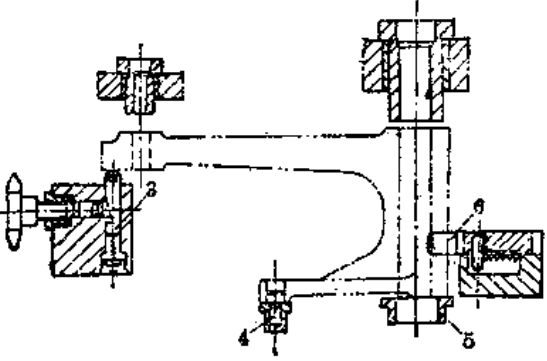
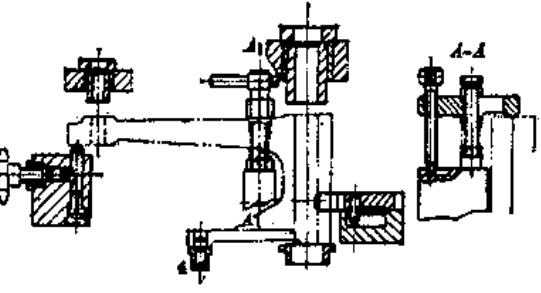


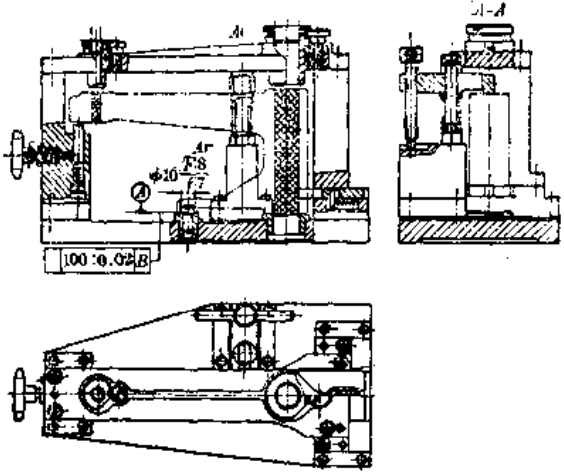
图 6.1 拨叉钻孔工序图

6.1.2 夹具总图设计

夹具总图的设计, 是在夹具结构方案草图经过讨论审定之后进行的。夹具的总装配图应按国家制图标准绘制, 绘图比例尽量采用 1:1。主视图应按操纵者的视线方向绘制。总图应把夹具的工作原理、各种装置的结构及其相互关系表达清楚。在完整地表达出夹具工作原理和构造的基础上, 总图上的视图数量应尽量少。

表 6.1 夹具草图设计步骤

设计阶段及所完成工作	简 图
<p>1. 布置图面</p> <p>选择适应比例,在图纸上用双点划线绘出被加工工件三个方向视图的轮廓线。各视图之间要留有足够空间,以便绘制夹具元件</p>	
<p>2. 设计定位元件</p> <p>根据选好的第一、第二、第三定位基准确定出定位元件的类型、尺寸、空间位置及其详细结构,并将其绘制在相应的视图上。定位元件的结构与定位基准的形状、尺寸、配置及其精度密切相关</p>	
<p>3. 设计对刀元件</p> <p>在分析加工方法及工件被加工表面的基础上,确定出用于保证刀具和夹具相对位置的对刀元件类型(对钻床夹具有导套,对铣床夹具用对刀块)、结构、空间位置,并将其绘制在视图的相应位置上</p>	
<p>4. 设计夹紧装置</p> <p>夹紧装置的结构与空间位置的选择取决于工件形状,工件在加工中受力情况,以及对夹具的生产率和经济性等方面要求,其复杂程度应与生产类型相适应</p>	

设计阶段及所完成工作	简 图
<p>5. 设计夹具体</p> <p>通过夹具体将定位元件、对刀元件及夹紧装置联系成一个整体。夹具体还用于保证夹具相对于机床的正确位置。夹具体应有足够的强度、刚度和制造精度</p>	
6. 标注尺寸、技术条件及编制零件明细表	

1. 总图设计的步骤和要求

(1) 用双点划线将工件的外形轮廓、定位基面、夹紧表面及加工表面绘制在各个视图的合适位置上。在总图上工件可看作透明体,不遮挡后面的线条。

(2) 依次绘出定位装置、夹紧装置、其他装置及夹具体。

(3) 标出必要的尺寸、公差和技术要求。

(4) 编制夹具明细表及标题栏。

2. 夹具总图上尺寸和公差的标注

(1) 夹具总图上应标注的尺寸和公差配合

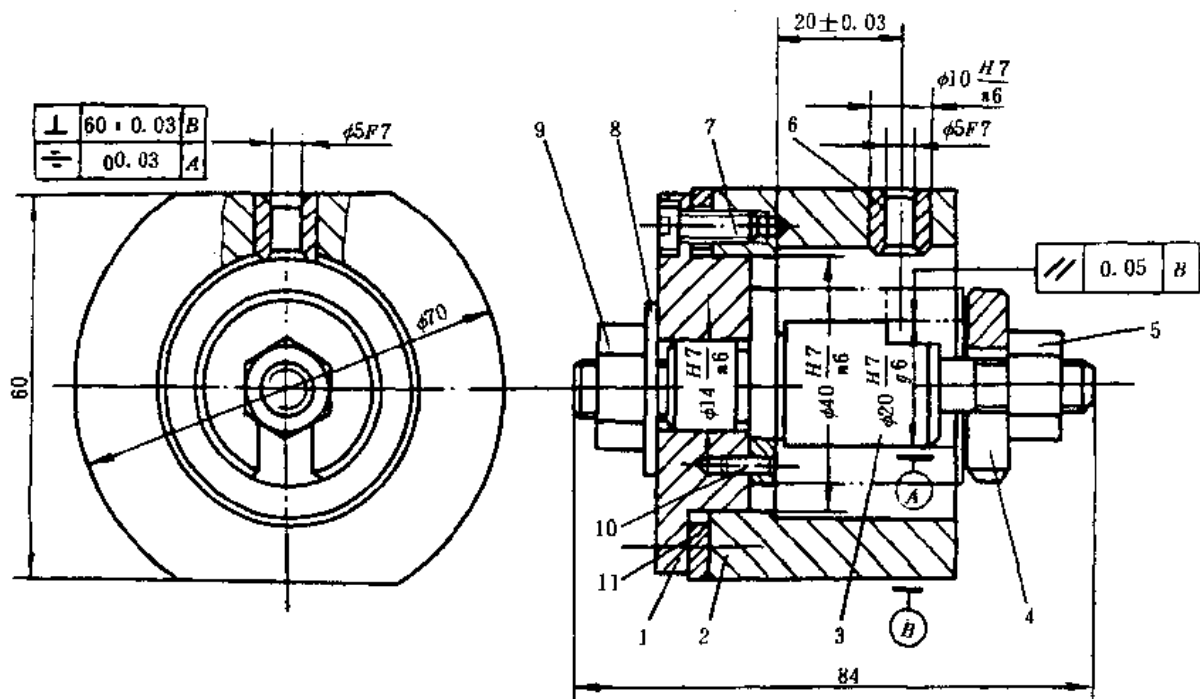
① 最大轮廓尺寸 一般情况下,应注出夹具的最大轮廓尺寸,如图 6.2 所示最大轮廓尺寸为:84mm,φ70mm 和 60mm。在图 6.3 所示的车床夹具中,标注 φD 及 H。若夹具上有活动部分,则应用双点划线画出最大活动范围,标出活动部分的尺寸范围。

② 影响定位精度的尺寸和公差 它们主要指工件与定位元件及定位元件之间的尺寸、公差。在图 6.2 中标注定位基面与限位基面的配合尺寸 φ20H7/g6;在图 6.3 中标注圆柱销和菱形销的尺寸 φd₁、φd₂ 及销间距 L±δ_L。

③ 影响对刀精度的尺寸和公差 它们主要指刀具与对刀或导向元件之间的尺寸、公差。在图 6.2 中标注钻套引导孔的尺寸 φ5F7。

④ 影响夹具在机床上的安装精度的尺寸和公差 它们主要指夹具安装基面与机床相应配合表面之间的尺寸、公差。在图 6.3 中标注安装基面 A 与车床主轴的配合尺寸 φD₁H7。在图 6.2 中,钻模的安装基面是平面,不必标注。

⑤ 影响夹具精度的尺寸和公差 主要指定位元件、对刀元件、安装基面三者之间的位置尺寸和公差。在图 6.2 中标注钻套轴线与限位基面间的尺寸(20±0.03)mm,钻套轴线相当于定位心轴的对称度 0.03mm,钻套轴线相对于安装基面 B 的垂直度 60:0.03,定位心



技术要求

装置时修磨调整垫圈 11

保证尺寸 $20 \pm 0.03\text{mm}$

图 6.2 钢套钻模夹具

1—盘；2—套；3—心轴；4—开口垫圈；5—夹紧螺母；6—固定钻套；7—螺钉；8—垫圈；
9—锁紧螺母；10—防转销钉；11—调整垫圈

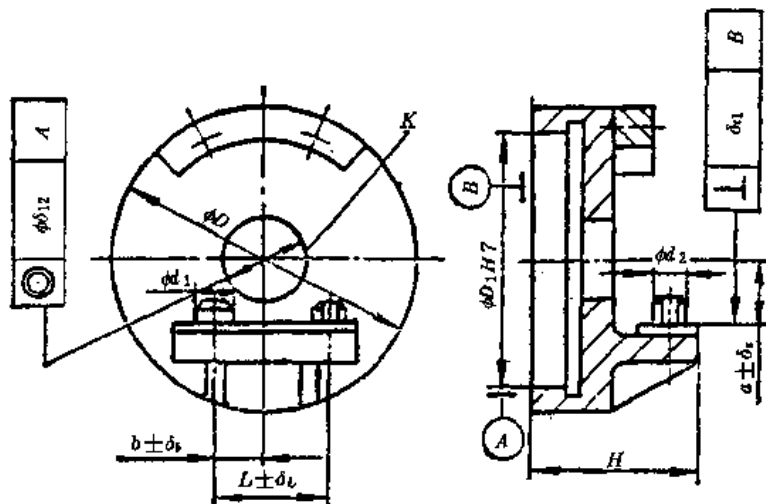


图 6.3 车床夹具尺寸标注示意

轴相对于安装基面 B 的平行度 0.05mm 。又如在图 6.3 中标注限位平面到安装基准的距离 $a \pm \delta_a$ ，限位平面相对安装基面 B 的垂直度 δ_{n1} ，找正面 K 相对安装基面 A 的同轴度 ϕd_{12} 。

③ 其他重要尺寸和公差 它们为一般机械设计中应标注的尺寸、公差，如在图 6.2 中

标注的 $\phi 14H7/n6$ 、 $\phi 40H7/n6$ 、 $\phi 10H7/n6$ 。

(2) 夹具总图上公差值的确定 夹具总图上标注公差值的原则是:在满足工件加工要求的前提下,尽量降低夹具的制造精度。

① 直接影响工件加工精度的夹具公差 δ_j 夹具总图上标注的②~⑤类尺寸公差均直接影响工件的加工精度。取

$$\delta_j = (1/2 - 1/5)\delta_k$$

式中 δ_j ——夹具总图上的尺寸公差或位置公差;

δ_k ——与 δ_j 相应的工件尺寸公差。

当工件产量大、加工精度低时, δ_j 取小值,因这样可延长夹具使用寿命,又不增加夹具制造困难;反之取大值。

如图 6.2 中的尺寸公差、位置公差均取相应工件公差的 1/3 左右。

对于直接影响工件加工精度的配合尺寸,在确定了配合性质后,应尽量选用优先配合,如图 6.2 中的 $\phi 20H7/g6$ 。

工件的加工尺寸未注公差时,工件公差 δ_k 视为 IT12~IT14,夹具上的相应尺寸公差按 IT9~IT11 标注;工件上的位置要求未注公差时,工件位置公差 δ_k 视为 9~11 级,夹具上相应位置公差按 7~9 级标注;工件上加工角度未注公差时,工件公差 δ_k 视为 $\pm 30'$ ~ $\pm 10'$,夹具上相应角度公差标为 $\pm 10'$ ~ $\pm 3'$ (相应边长为 10mm~400mm,边长短时取大值)。

② 夹具上其他重要尺寸的公差与配合 这类尺寸的公差与配合的标注对工件的加工精度有间接影响。在确定配合性质时,应考虑减小其影响,其公差等级可参照“夹具手册”或有关手册标注。如图 6.2 中 $\phi 40H7/n6$ 、 $\phi 14H7/n6$ 、 $\phi 10H7/n6$ 。

3. 夹具总图上应标注的形位公差和技术要求

(1) 应标注的形位公差 对于车床夹具:

- ① 定位表面相对于夹具轴线(或找正基面)的跳动。
- ② 定位表面相对于顶尖孔或锥柄轴线的跳动。
- ③ 定位表面相对于安装基面的平行度、垂直度。
- ④ 定位表面之间的垂直度、平行度。
- ⑤ 定位表面的轴线相对于夹具轴线的对称度。

对于钻床夹具:

- ① 钻套轴线相对于定位表面(或轴线)的平行度、垂直度、对称度。
- ② 钻套轴线相对于底座底平面的垂直度。
- ③ 同轴的双层钻套的同轴度。处于同一圆周位置的钻套所在圆的圆心相对于定位件中心的同轴度。
- ④ 活动定位件(如活动 V 形块)的中线对定位件、钻套、夹具轴线的对称度。

对于铣床夹具:

- ① 定位表面(或轴线)对夹具底面的平行度、垂直度。
- ② 定位表面(或轴线)对定位键侧面的平行度、垂直度。
- ③ 对刀面对定位表面的垂直度、平行度。

设计时可参考表 6.2、表 6.3、表 6.4 所列的各类机床夹具形位公差的数值。

表 6.2 夹具位置尺寸的公差

夹具类型	工件位置尺寸的公差				
	0.03~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.5	自由尺寸
	夹具相应尺寸公差占工件公差的				
车床夹具	1/4	1/4	1/5	1/5	1/5
钻床夹具	1/3	1/3	1/4	1/4	1/5
镗床夹具	1/2	1/2	1/3	1/3	1/5

表 6.3 车床夹具定位元件轴线对夹具轴线的同轴度公差

工件的同轴度公差	定位元件轴线对夹具轴线的同轴度公差	
	有顶尖孔的夹具	一般车床夹具
0.05~0.1	0.005~0.01	0.01~0.02
0.1~0.2	0.01~0.015	0.02~0.04
0.2 以上	0.015~0.03	0.04~0.06

表 6.4 铣床夹具对刀面、定向键侧面对定位表面位置关系的允差

工件加工表面对定位基准的位置关系的公差 (mm/100mm)	对刀面、定向键对定位表面的平行度、垂直度 (mm/100mm)
0.05~0.1	0.01~0.02
0.1~0.2	0.02~0.05
0.25 以上	0.05~0.1

(2) 技术要求的标注 夹具总图上无法用符号标注而又必须说明的问题,可作为技术要求用文字写在总图的右下角。如几个支承钉采用装配后再修磨达到等高;活动 V 型块应能灵活移动;夹具装饰漆颜色;夹具使用时的操作顺序等。如图 6.2 中标注:装配时修磨调整垫圈 11,保证尺寸(20±0.03)mm。

6.1.3 工件在夹具上的精度校核

1. 影响加工精度的因素

用夹具装夹工件进行机械加工时,其工艺系统中影响工件加工精度的因素很多。与夹具有关的因素如图 6.4 所示,有定位误差 Δ_D 、对刀误差 Δ_T 、夹具在机床上的安装误差 Δ_A 和夹具误差 Δ_Z 。在机械加工工艺系统中,影响加工精度的其他因素综合称为加工方法误差 Δ_G 。上述各项误差均导致刀具相对工件的位置不精确,而形成总的加工误差 $\Sigma\Delta$ 。

以上各项误差中,与夹具直接有关的误差为 $\Delta_D, \Delta_T, \Delta_A, \Delta_Z$ 四项。加工方法误差 Δ_G 具有很大的偶然性并很难精确计算。

(1) 定位误差 Δ_D 以图 6.2 钢套钻 $\phi 5\text{mm}$ 孔钻模为例计算。如图 6.5 所示为被加工工件的工序图。

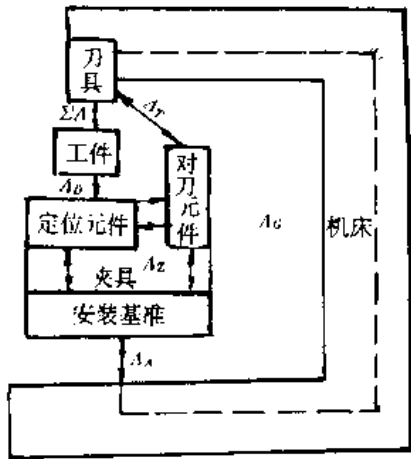


图 6.4 工件在夹具中加工时影响加工精度的主要因素

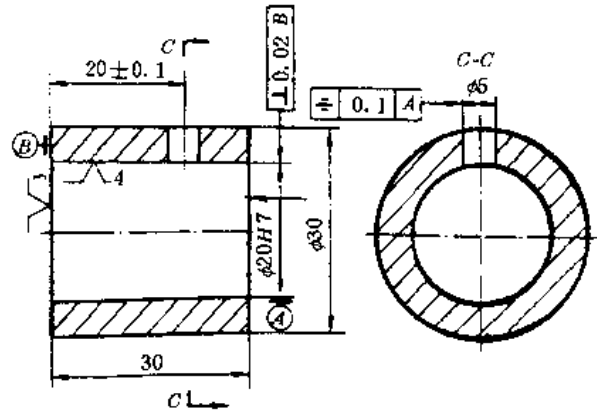


图 6.5 钢套钻孔工序图

加工尺寸 $(20 \pm 0.1)\text{mm}$ 的定位误差, $\Delta_D = 0$ 。

对称度 0.1mm 的定位误差为工件定位孔与定位心轴配合的最大间隙。工件定位孔的尺寸为 $20\phi H7(^{+0.021}_0)$, 定位心轴的尺寸为 $\phi 20g6(^{-0.020}_0)$ 。

$$\Delta_D = X_{\max} = (0.021 + 0.020)\text{mm} = 0.041\text{mm}$$

(2) 对刀误差 Δ_T 因刀具相对于对刀或导向元件的位置不精确而造成的加工误差, 称为对刀误差。如图 6.2 中钻头与钻套间的间隙, 会引起钻头的位移或倾斜, 造成加工误差。由于钢套壁厚较薄, 可只计算钻头位移引起的误差。钻套导向孔尺寸为 $\phi 5F7(^{+0.033}_0)$, 钻头尺寸为 $\phi 5_{-0.03}^0\text{mm}$ (参见《刀具手册》)。尺寸 $(20 \pm 0.1)\text{mm}$ 及对称度 0.1mm 的对刀误差均为钻头与导向孔的最大间隙。

$$\Delta_T = X_{\max} = (0.022 + 0.03)\text{mm} = 0.052\text{mm}$$

(3) 夹具的安装误差 Δ_A 因夹具在机床上的安装不精确而造成的加工误差, 称为夹具的安装误差。

图 6.2 中夹具的安装基面为平面, 因而没有安装误差, $\Delta_A = 0$ 。

(4) 夹具误差 Δ_z 因夹具上定位元件、对刀或导向元件及安装基面三者之间 (包括导向元件与导向元件之间) 的位置不精确而造成的加工误差, 称为夹具误差。夹具误差的大小取决于夹具零件的加工精度和夹具装配时的调整与修配精度。

如图 6.2 所示, 影响尺寸 $(20 \pm 0.1)\text{mm}$ 的夹具误差为导向孔对安装基面 B 的垂直度 $\Delta_{z1} = 0.03\text{mm}$, 导向孔轴线到定位端面的尺寸公差 $\Delta_{z2} = 0.06\text{mm}$ 。

影响对称度 0.1mm 的夹具误差为导向孔对定位心轴的对称度 $\Delta_{z3} = 0.03\text{mm}$ 。

(5) 加工方法误差 Δ_G 因机床精度、刀具精度、刀具与机床的位置精度、工艺系统的受力变形和受热变形等因素造成的加工误差, 统称为加工方法误差。因该项误差影响因素多, 又不便于计算, 所以常根据经验为它留出工件公差 δ_k 的 $1/3$ 。计算时可设

$$\Delta_G = \delta_k / 3 \quad (6.1)$$

2. 保证加工精度的条件和措施

(1) 保证加工精度的条件 工件在夹具中加工时, 总加工误差 $\Sigma\Delta$ 为上述各项误差之

和。由于上述误差均为独立随机变量,应将各误差用概率法叠加。因此保证工件加工精度的条件是

$$\Sigma\Delta = \sqrt{\Delta_b^2 + \Delta_T^2 + \Delta_A^2 + \Delta_S^2 + \Delta_C^2} \leq \delta_k \quad (6.2)$$

即工件的总加工误差 $\Sigma\Delta$ 应不大于工件的加工尺寸公差 δ_k 。

为保证夹具有一定的使用寿命,防止夹具因磨损而过早报废,在分析计算工件加工精度时,需留出一定的精度储备量 J_c 。因此将上式改写为

$$\Sigma\Delta \leq \delta_k - J_c$$

或

$$J_c = \delta_k - \Sigma\Delta \geq 0 \quad (6.3)$$

当 $J_c > 0$ 时,夹具能满足工件的加工要求,这是夹具设计必须要满足的基本条件。 J_c 值的大小还表示了夹具使用寿命的长短和夹具总图上各项公差值 δ_j 确定得是否合理。

(2) 保证工件加工精度的工艺措施 尽管工艺系统中影响工件加工精度的误差甚多,而且变化情况复杂,但仍有可能采取一些相应的工艺措施予以控制,确保工件的加工精度。较为实用的方法有四种:互换法、组合加工法、临床加工法及临床调整法。同时,这些方法,对于夹具元件的加工及其装配,同样适用。

① 互换法 互换法即计算法。就是在保证工件装配精度的前提下,通过严格的计算(等精度法、等公差法),把夹具的装配总误差 Δ_f 分配到各夹具元件上,使夹具的元件按计算后的公差制造。

夹具多为单件生产,故很少采用完全互换法,而多采用通用标准元部件的部分互换。又因为夹具的制造精度较高,所以往往是在部装和总装过程中,通过移动某些元件或装置、在元件或装置之间加入垫片、修磨垫片以及改变某一元件的尺寸等方法,来保证夹具的较高精度,也即采用修配法和调整法装配。设计夹具时,在夹具结构、装配检验尺寸的标准和制订夹具的技术要求等方面,都应注意适应修配法和调整法的特点,使夹具尺寸链的封闭环便于用修配法和调整法来保证其精度要求。在计算过程中,可根据具体情况采用极值法或概率法解装配尺寸链,而最后求得各类元件的公差值。

② 组合加工法 组合加工法是将两个或多个元件合并在一起进行加工,将所得尺寸作为一个组成环,从而减少组成环环数,并相应减少加工劳动量的一种方法。

如夹具中,凡“成副”的元件均可采用“同钻”、“同铰”、“同镗”、“同磨”等方法成副加工,以消除其位置偏差。例如工件以平面定位时采用的两块支承板或三个支承钉,往往是装在夹具体上后再同时一次磨出的,这样既可保证各定位元件的定位表面在同一平面上,又可保证定位表面与夹具体底面的平行度要求。再如回转夹具中的回转工件台与夹具体经装配后再进行加工,则既可保证工件台面与夹具体底面的平行度要求,又可保证回转中心与工件台面相互垂直。对于可换式通用可调夹具,依据可换系列件共用的定位表面配制了可调元件,易于取得理想的配合精度。

组合加工法减少了尺寸链的组成环数,因而组成环的公差也就可以定得较大,使加工易于进行。但此法要求零件对号入座,故只适于单件小批生产,而夹具的设计制造正属于此。

③ 临床加工法 这种加工方法的理论基点是:工艺系统中的各种误差最终将以其综合形式影响工件的加工精度,夹具安装在机床上,取得规定的状态之后,夹具定位元件的定位表面相对于工件;相对于加工成形运动;相对于刀具的位置精度,最终决定了工件的加工精

度。因而,只要将上述夹具的定位表面留出一定切削余量,装在机床上,利用本机床的刀具对夹具进行加工使之达到最终尺寸,使此夹具的位置精度得以保证,从而可保证工件的加工精度。

如图 6.6 所示,图 6.6(a)为车床上对三爪卡盘临床加工。三爪卡盘装在机床主轴上之后,三爪卡盘内卡上定位圆盘,在夹紧状态下,把元件定位面(即卡爪的定位面)按夹紧工件需要的尺寸 D 加工出。这样用切削成形运动本身形成的元件定位表面,能准确地保证三个爪的定位弧面 D 的中心与主轴旋转中心同轴,平面 T 垂直于旋转中心线。同理在铣削、刨削、磨削加工时,也可以在机床上对元件的定位面进行临床加工,如图 6.6(b)所示,用切削成形运动(牛头刨床为两个直线运动)形成元件定位面,以达到它对成形运动的平行度要求。显然,这种方法可获得较高的夹具位置精度,这且避免了因各卡爪制造误差的影响。

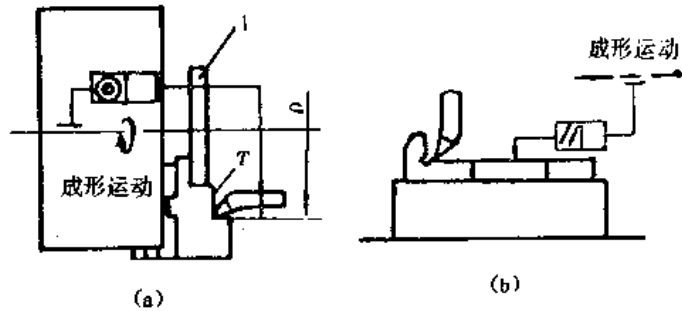


图 6.6 对定位表面进行加工

(时效处理、退火、正火等),热处理后不应有的缺陷,对铸件的清理质量的要求(如浇口、冒口、结疤、粘砂等应清除干净)等。

表 6.5 钢套在钻模中钻 $\phi 5\text{mm}$ 孔的加工精度计算

误差名称 \ 加工要求	$(20 \pm 0.1)\text{mm}$	对称度为 0.1mm
Δ_D	0	0.041mm
Δ_r	0.052mm	0.052mm
Δ_A	0	0
Δ_z	$\Delta_{z1} + \Delta_{z2} = (0.03 + 0.06)\text{mm}$	$\Delta_{z3} = 0.03\text{mm}$
Δ_c	$(0.2/3)\text{mm} = 0.067\text{mm}$	$(0.1/3)\text{mm} = 0.033\text{mm}$
$\Sigma\Delta$	$\sqrt{0.052^2 + 0.03^2 + 0.06^2 + 0.067^2}$ $= 0.108(\text{mm})$	$\sqrt{0.041^2 + 0.052^2 + 0.03^2 + 0.033^2}$ $= 0.08(\text{mm})$
J_c	$(0.2 - 0.108)\text{mm} = 0.092\text{mm} > 0$	$(0.1 - 0.08)\text{mm} = 0.02\text{mm} > 0$

2. 对夹具零件的热处理要求

根据零件的材料、毛坯及使用要求,提出适当的热处理要求以改善加工性能、得到需要的机械性能或消除内应力。需渗碳者,注出渗碳深度;需淬火者,提出硬度要求。

3. 对夹具零件的精度、表面粗糙度要求

在确定夹具零件的精度、表面粗糙度要求时,可参考下列数据:

- (1) 当工件上注有公差尺寸时夹具元件的尺寸公差,取工件相应公差的 $1/2 \sim 1/5$ 。
- (2) 当工件上未注直线尺寸公差时对应的夹具元件的直线尺寸公差,可取 $\pm 0.1\text{mm}$ 。
- (3) 当工件上未注角度公差时对应的夹具元件的角度公差,可取 $\pm 10'$ 。
- (4) 安装紧固件用的孔的中心距公差,当中心距小于 150mm 时,取 $\pm 0.1\text{mm}$;当中心距大于 150mm 时,取 $\pm 0.15\text{mm}$ 。

(5) 夹具体的不加工表面与工件表面之间为避免干涉而应留有一定的间隙,间隙大小可按以下经验数据选取:夹具体是毛面,工件也是毛面时,取 $8\text{mm} \sim 15\text{mm}$;夹具体是毛面,工件是加工面时,取 $4\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 。

(6) 夹具体上设有找正基面时,找正基面的直线度与平面度不大于 0.005mm 。该基面与夹具体上安装其他元件的平面的垂直度不大于 $100 : 0.01$ 。

(7) 夹具体、模板、立柱、角铁、定位心轴等零件的平面与平面之间、平面与孔之间、孔与孔之间的平行度、垂直度、同轴度等,可取工件相应公差的 $1/2 \sim 1/3$ 。

(8) 夹具定位元件工作表面的表面粗糙度应比工件相应定位基面高 $1 \sim 3$ 级。夹具零件的表面粗糙度,参阅表 6.6 所列的值确定。

表 6.6 夹具零件精度等级和表面粗糙度 R_a 值的关系

表面形状	表面名称		精度等级	外圆或外侧面	内孔或内侧面	表面形状	表面名称		精度等级	外圆或外侧面	内孔或内侧面	
平面	有相对运动的配合表面	一般平面		0.4	锥形表面	预针孔	无相对运动	安装刀具的锥柄和锥孔	精确	0.4		
			一般	1.6								
			精确	0.4					0.4			
		一般	1.6	0.8								
		特殊配合								0.4	0.8	
		无相对运动的表面		0.8	1.5	紧固件表面	支承螺钉头部			1.6		
			特殊配合	7	1.6		穿过紧固件的内孔面					
	面	有相对运动的导热面		精确	0.4		密封性配合面	有相对运动			0.100	
				一般	1.6			无相对运动	软垫圈			1.6
		无相对运动的表面	夹具体的面		精确	0.4			定位平面	金属垫圈		
				中等	0.8		孔面	径向轴承		精确	0.4	
			一般	1.6		端面		推力轴承		一般	1.6	
			安装夹具零件的基面		精确		0.4			孔面	滚针轴承	
			中等	1.6		刮研平面	20~25 点/25×25mm ²				0.050	
			一般	3.2			16~20 点/25×25mm ²				0.100	
圆柱面	有相对运动的配合表面			0.2	刮研平面	13~16 点/25×25mm ²			0.2			
				0.2		0.4	10~13 点/25×25mm ²			0.4		
				0.4		8~10 点/25×25mm ²			0.8			
	无相对运动的配合表面			0.4	0.8							
				0.8	1.6							
			自由尺寸	3.2								

6.2 车夹具——非旋转体工件在车床上镗孔

如图 6.7 所示为泵体加工两孔 $\phi 40.4^{+0.027}$ 的工序图,中批生产,设计所需的车床夹具。

根据工艺规程,在本工序加工之前,工件两端面及 $2-\phi 12^{+0.019}$ 孔已加工好。本工序的加工要求有:两个 $\phi 40.4^{+0.027}$ 孔之孔径;该两孔中心距尺寸 $34^{+0.08}$;两孔中心线对 B 面的垂直度允差为 $0.02/100$;两孔中心线平行度允差为 0.01 ;两孔中心线连线平面对 $2-\phi 12^{+0.019}$ 中心线连线平面的对称度;两孔中心线连线的垂直对称中心面对 $2-\phi 12^{+0.019}$ 孔中心线连线的垂直对称中心面的对称度。其中,第一项要求与夹具无关;最后两项要求未注公差,要求较低。

根据加工要求,可设计成如图 6.8 所示的花盘式车床夹具。这类夹具的夹具体是一个大

圆盘(俗称花盘),在花盘的端面上固定着定位元件、夹紧元件及其他元件。夹具结构不对称,设置有平衡块。

1. 确定定位方案,设计定位装置

根据加工要求和基准重合原则,采用 B 面和 2- $\phi 12_{-0.019}^0$ 孔为定位基准(基面)。定位元件采用“一面两销”。定位孔与定位销的主要尺寸如图 6.9 所示。

(1) 两孔中心距 L_D 和两销中心距 L_d :

已知:两孔中心距 $L_D = 90 \pm 0.05$

按两销中心距基本尺寸等于两孔中心距平均尺寸,其公差取两孔中心距公差的 $1/3 \sim 1/2$,且公差带对称分布,得两销中心距基本尺寸及其公差:

$$L_d = 90 \pm 0.02$$

(2) 圆柱销直径尺寸 取为 $\phi 12g6 = \phi 12_{-0.014}^{+0.005}$

(3) 查菱形销尺寸表,取菱形销尺寸 b

$$b = 4$$

(4) 计算菱形销直径尺寸 先计算两孔连线方向上,销、孔配合单边最小间隙 a :

$$a = \frac{\delta_{LD} + \delta_{Ld}}{2} = \frac{0.10 + 0.04}{2} = 0.07$$

再计算销、孔配合最小间隙 χ_{2min} :

$$\chi_{2min} = \frac{2ab}{D_{2min}} = \frac{2 \times 4 \times 0.07}{12} \approx 0.05$$

所以,菱形销最大直径 d_{2max}

$$d_{2max} = D_{2min} - \chi_{2min} = 12 - 0.05 = 11.95$$

菱形销直径的公差取 IT9 为 0.009,得菱形销直径尺寸为

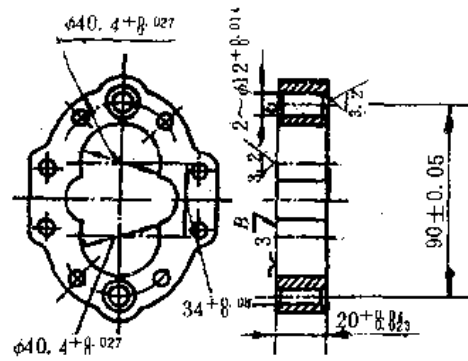
$$\phi 12_{-0.059}^{+0.050}$$

2. 确定夹紧方式,设计夹紧装置

因系中批生产,无需采用复杂的动力装置。为使夹紧可靠和结构紧凑,采用两副钩形压板 1 压在工件右端面的两端,如图 6.8 所示。

3. 设计分度装置

工件上有两孔,呈圆周(或直线)分布,要在工件一次装夹中加工完毕,所以需设计圆周(或直线)分度装置。如图 6.8 所示,夹具体(花盘)3 是固定部分,移动部分是定位板 2。夹具体与定位板之间用端面接触,用定位心轴 6 对定位板径向定位,用两副 T 形螺钉及螺母锁紧。由于对称度要求不高,采用手拉式圆柱对定销 8 即可。



加工要求:

1. $\phi 40.4_{+0.027}$ 两孔中心线对 B 面垂直度允差 0.02/100;

2. $\phi 40.4_{+0.027}$ 两孔中心线平行度允差 0.01。

工件材料:HT150

图 6.7 泵体加工两孔 $\phi 40.4_{+0.027}$ 工序图

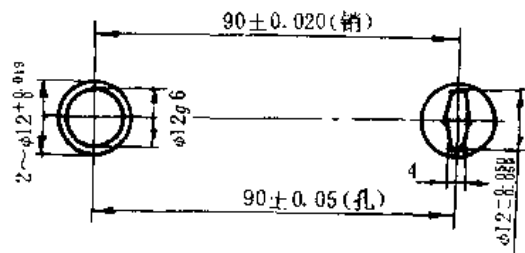
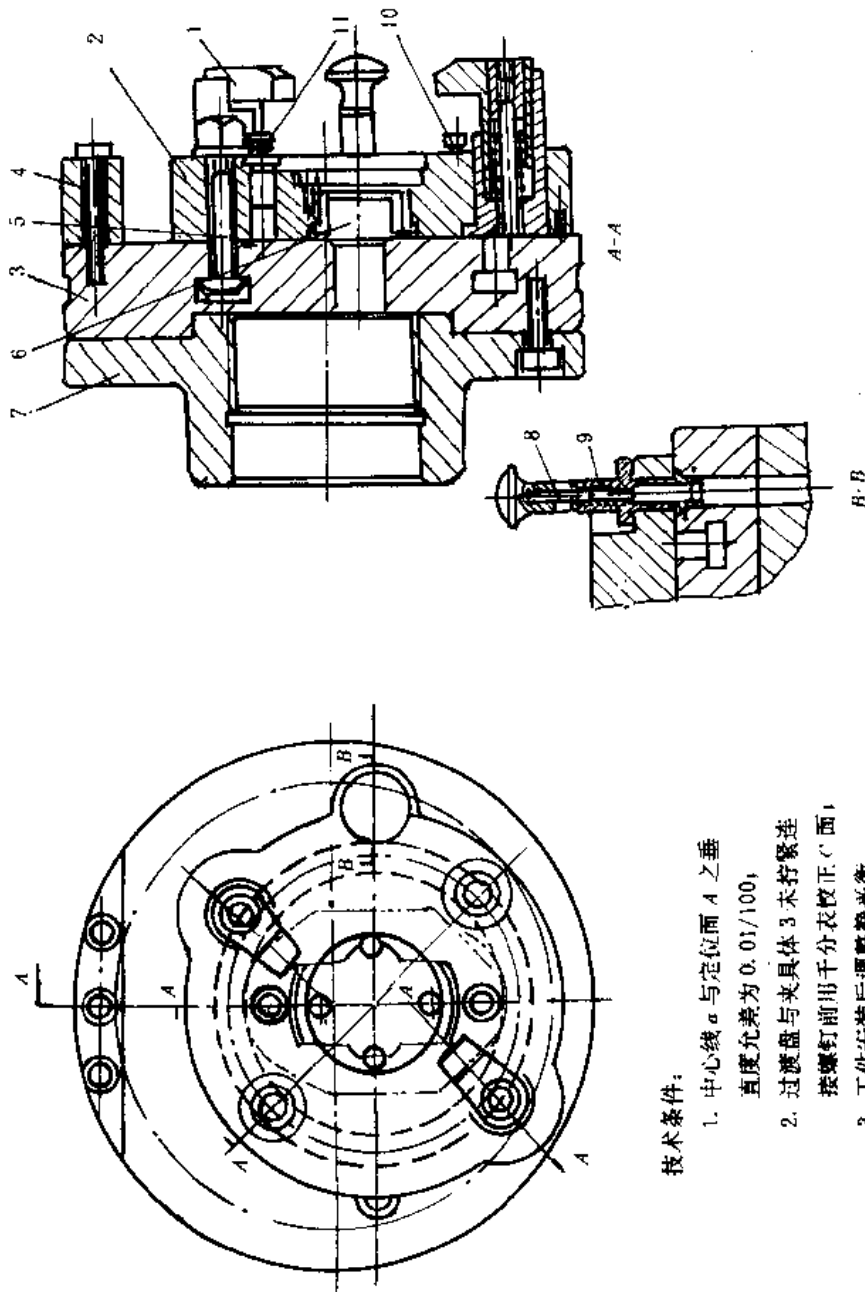


图 6.9 定位孔与定位销尺寸



技术条件:

1. 中心线 σ 与定位面 A 之垂直度公差为 $0.01/100$;
2. 过渡盘与夹具体 3 未拧紧连接螺钉前用千分表校正 C 面;
3. 工件安装后调整静平衡。

图 6.8 加工泵体两孔的车床夹具

1—钩形压板; 2—定位板; 3—夹具体; 4—平衡块; 5—T形螺栓; 6—定位心轴;
7—过渡盘; 8—对定销; 9—弹簧; 10—定位销

4. 夹具在车床主轴上安装

由于本工序在 C620 型车床上进行,过渡盘 7 采用圆柱孔 $\phi 92H7$ 及其端面在车床主轴上定位,用内螺纹 M90×6 与主轴上的外螺纹配合紧固。有关资料可查阅《夹具设计手册》。花盘上的止口与过渡盘上的凸缘的配合为 $\frac{H7}{h6}$ 。花盘外圆上设置找正圆 C。

5. 夹具总图上尺寸

(1) 最大外形轮廓尺寸 直径 $\phi 254$ 和长度 200。

(2) 影响工件定位精度的尺寸和公差 两定位销的中心距 90 ± 0.02 , 圆柱销的直径 $\phi 12g6(-0.014)$ 与菱形销的直径 $\phi 12-0.059$ 。

(3) 影响夹具精度的尺寸和公差 定位心轴 6 的轴线至校正圆 C 的轴线的装配距离尺寸 17 ± 0.008 , 定位心轴 6 的定位外圆与定位板 2 中的衬套的孔的配合尺寸 $\phi 30 \frac{H7}{f6}$, 对定销与导向孔的配合尺寸和对定销与对定套的配合尺寸均为 $\phi 10 \frac{H7}{g6}$, C 面的轴线 a 与 A 面的垂直度公差 0.01/100。

(4) 影响夹具在机床安装精度的尺寸和公差 夹具安装定位孔尺寸 $\phi 92H7$, 夹具体与过渡盘的配合尺寸 $\phi 126 \frac{H7}{g6}$ 。

(5) 其他重要配合尺寸和公差 定位心轴 6 的外圆与夹具体 3 上的内孔的配合尺寸 $\phi 24 \frac{H7}{g6}$ 。

6. 加工精度分析

本工序的主要加工要求是两孔的距离尺寸 $34^{+0.08}$ 。影响此尺寸的各种加工误差,分析如下:

(1) 定位误差 Δ_D 加工尺寸 $34^{+0.08}$ 的工序基准是 $2-\phi 12^{+0.019}$ 两孔的对称中心面; 现该两孔定位, 即定位基准亦是其对称中心面, 故基准重合, 基准不重合误差 $\Delta_b = 0$ 。

“两销”对“两孔”定位, 两销和两孔的中心距公差及销、孔的配合间隙, 均形成定位基准与限位基准不重合, 即形成定位基准相对限位基准的位移量, 但基准位移量并不构成加工尺寸 $34^{+0.08}$ 的加工误差, 故基准位移误差 Δ_v 也等于零。所以

$$\Delta_D = 0$$

(2) 夹具误差 Δ_z 夹具误差有定位心轴 6 的外圆 $\phi 30f6$ 的轴线至校正圆 C 面的轴线 a 的装配距离尺寸 17 ± 0.008 的公差 0.006, 且以两倍的量形成尺寸 $34^{+0.08}$ 的加工误差, 即此误差为 0.012。

夹具误差还有定位心轴 6 的外圆与定位板 2 中的衬套孔的配合尺寸 $\phi 30 \frac{H7(+0.025)}{f6(-0.039)}$ 的最大配合间隙 0.064。

对定系统的分度误差对尺寸 $34^{+0.08}$ 的影响误差, 完全可以忽略不计。

(3) 夹具安装误差 Δ_A 夹具安装定位孔 $\phi 92H7$ 与车床主轴的配合, 及配合尺寸 $\phi 126 \frac{H7}{h6}$, 尽管它们存在有配合间隙, 但由于夹具安装时, 必须校正校正圆 C, 从而保证校正圆 C

的轴线 a 与主轴回转轴线同轴, 所以, 前两者间隙均不影响校正圆 C 的轴线 a 的位置, 进之, 即不构成加工尺寸 $34^{+0.08}$ 的加工误差。

设校正时, 校正圆 C 面的轴线 a 与主轴回转轴线的同轴度误差为 0.01, 作为夹具安装误差。所以

$$\Delta_A = 0.01$$

(4) 加工方法误差 Δ_G 取工件加工尺寸公差的 1/3, 加工尺寸公差为 0.08, 所以

$$\Delta_G = 0.027$$

按概率法, 应用式(6.2)可计算出夹具装夹工件的总加工误差为

$$\Sigma\Delta = \sqrt{\Delta_B^2 + \Delta_C^2 + \Delta_A^2 + \Delta_G^2} = \sqrt{0 + [0.012^2 + 0.064^2] + 0.01^2 + 0.027^2} = 0.071$$

精度储备量

$$J_c = 0.08 - 0.071 = 0.009$$

由计算可知, 此夹具方案可以采用。

6.3 铣夹具——多件铣切

铣床夹具的一般构造、安装及对刀装置已在 5.3 节中作了详细的介绍, 本节主要介绍多件铣切铣夹具的设计过程、设计方法, 突出联动、对刀等问题。

一般来讲, 用一个原始作用力, 通过一定的机构实现对数个相同或不同的工件进行夹紧, 这种夹紧称为多件夹紧, 这种机构称为联动机构。在铣床上对多件夹紧工件进行铣切, 称为多件铣切。

如图 6.10 所示为铣接头槽工序图, 大批量生产, 设计多件铣切夹具。

根据工艺规程, 在铣槽之前, 其他表面均以加工好, 本工序的加工要求是:

(1) 槽宽 $28H11$, 槽侧面对 $\phi 30g6$ 轴线的对称度为 0.12mm, 槽深控制尺寸为 25mm。

(2) 槽的中心线与 $\phi 6H9$ 孔中心线垂直。

根据零件的工序图, 可以看出, 该工件属小型零件, 同时因为该工件属大批量生产, 所以在设计夹具时, 为了提高劳动生产率, 缩短辅助时间, 可考虑采用多件铣切, 可设计成如图 6.11 所示的四件联动铣夹具。

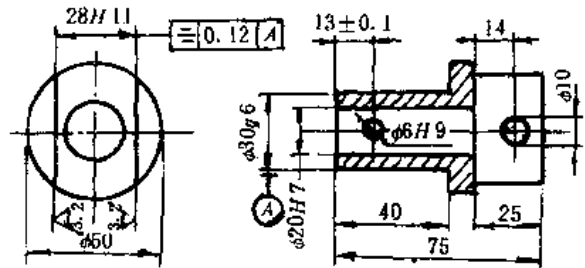
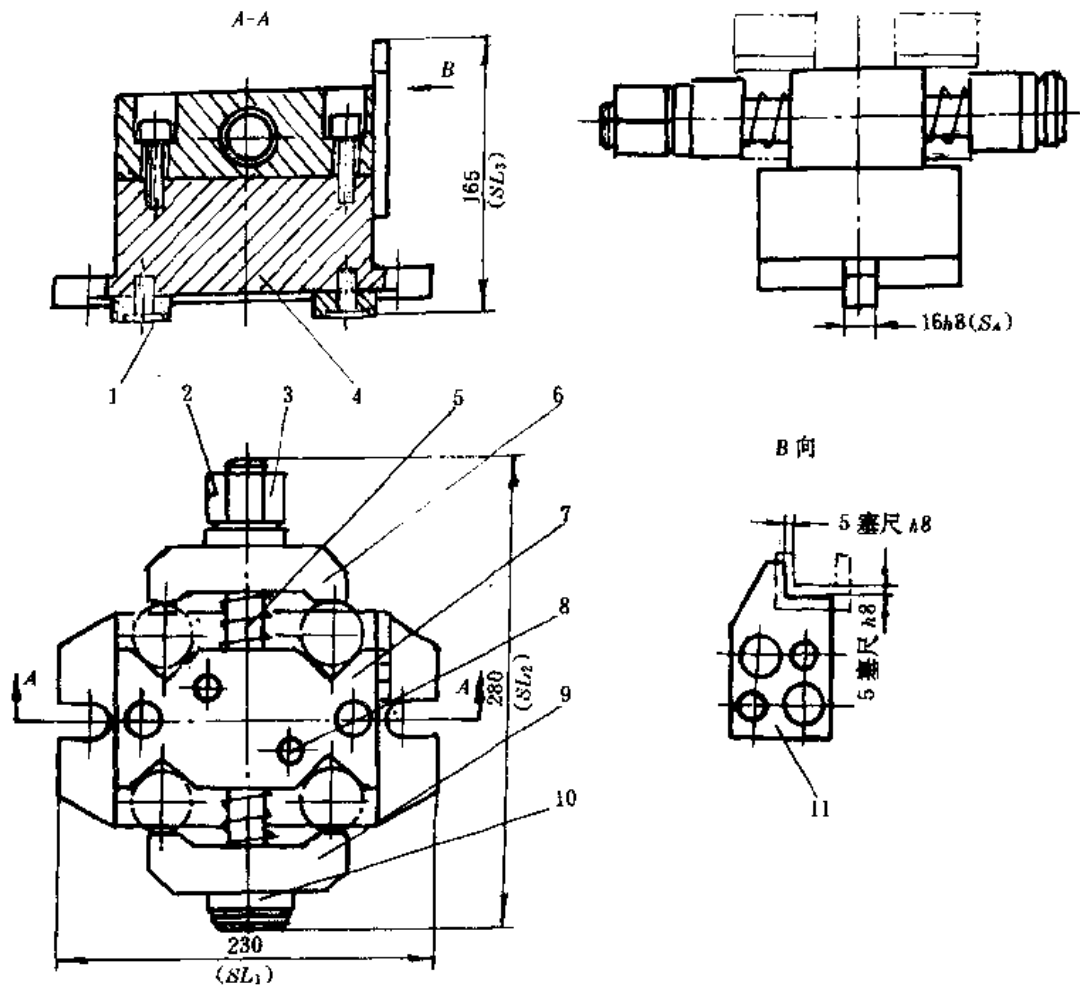


图 6.10 铣接头槽工序图

1. 确定定位方案, 设计定位装置

根据工序图, 铣槽时应限制工件五个自由度, 在考虑定位方案时, 设计一个专用 V 形块 7, 限制工件的四个自由度, 一个短销与 $\phi 6H9$ 孔配合, 限制工件高度方向及绕轴线的自由度。

这种定位方案, 使得对称度误差减小到最低极限, 同时保证了槽中心线与 $\phi 6H9$ 孔中心线垂直。



技术要求

对刀块高度方面的尺寸(对刀块止口面至定位销中线)要求为: $(32.09 \pm 0.02)mm$

图 6.11 四件联动铰夹具

1—定位键; 2—拧紧螺母; 3、10—球形垫圈; 4—夹具体; 5—浮动螺杆; 6、9—浮动压板
7—V形块; 8—定位销; 11—对刀块

2. 确定夹紧方式, 设计夹紧装置

由于是大批量生产, 为了提高劳动生产率, 在考虑夹紧方案时采用多件联动夹紧机构。由于该零件为小型简单零件, 所以不必采用复杂的动力装置。为此设计出如图 6.11 所示的结构, 采用两块浮动压板 6、9, 一根浮动螺杆 5, 拧紧螺母 2, 可同时夹紧四个工件, 实现四件联动夹紧。

3. 确定对刀方案

键槽铣刀需两个方向对刀, 故应采用侧装直角对刀块 11。

4. 夹具体与定位键

为了保证夹具在工作台上安装稳定, 夹具体的高宽比按不大于 1.25 的原则确定, 并在

两端设置耳座,以便固定。

为了保证对称度的要求,夹具体底面应设置定位键,两定位键的侧面应于 V 形块的对称面垂直。为减小夹具的安装误差,宜采用 B 形定位键。

5. 夹具总图上的尺寸、公差和技术要求

(1) 夹具最大轮廓尺寸 S_L 为 230mm, 280mm, 165mm。

(2) 影响工件定位精度的尺寸和公差 δ 为 V 形块的设计心轴直径 $\phi 30g6$, 定位销 8 与工件 $\phi 6H9$ 的配合尺寸 $\phi 6h7$ 。

(3) 影响夹具在机床上的安装精度的尺寸和公差 δ_A 为定位键与铣床工作台 T 形槽的配合尺寸 $16h8$ 。

(4) 影响夹具精度的尺寸和公差 δ_j 为 V 形块的定位高度 $95 \pm 0.02\text{mm}$, 设计心轴轴线对定位键侧面 B 的平行度 0.03mm , 设计心轴轴线对夹具体底面 A 的垂直度 0.05mm , 设计心轴轴线间的平行度 0.03mm , 对刀块水平方向的位置尺寸为 $18.948 \pm 0.02\text{mm}$, 高度方向的位置尺寸为 $32.09 \pm 0.02\text{mm}$ 。

(5) 影响对刀精度的尺寸和公差 δ : 塞尺的厚度尺寸 $5h8 = 5_{-0.08}^0$ 。

(6) 夹具总图上应标注下列技术要求: 对刀块高度方向的尺寸(对刀块止口面至定位销中心线)要求为: $32.09\text{mm} \pm 0.02\text{mm}$ 。

6. 加工精度分析

铣接头槽工序中,槽侧面对 $\phi 30g6$ 轴线的对称度要求较高,应进行精度分析,其他加工要求未注公差,可不进行精度分析。

槽侧面对 $\phi 30g6$ 轴线的对称度的加工精度

(1) 定位误差 Δ_b 由于对称度的工序基准是 $\phi 30g6$ 轴线,定位基准也是此轴线,故 $\Delta_b = 0$, 由于 V 形块的对中性, $\Delta_v = 0$, 因此,对称度的定位误差为零。

(2) 夹具安装误差 Δ_A 定位键在 T 形槽中有两种位置,如图 6.12 所示。因加工尺寸在两定位键之间,按最不利条件应按图 6.12(a)所示计算,

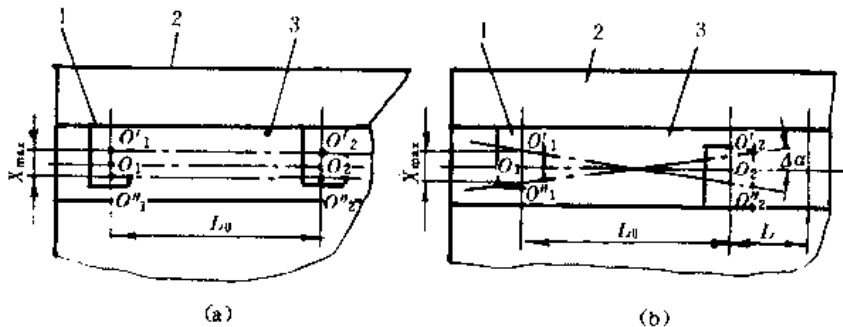


图 6.12 定位键位置图

$$\Delta_A = X_{\max} = (0.027 + 0.027) = 0.054 (\text{mm})$$

若加工尺寸在两定位键之外,则应按图 6.12(b)所示计算,

$$\Delta_A = X_{\max} + 2L \tan \Delta \alpha$$

$$\tan \Delta \alpha = X_{\max} / L_0$$

(3) 对刀误差 Δ_r 对称度的对刀误差等于塞尺厚度的公差, 即 $\Delta_r = 0.018\text{mm}$ 。

(4) 夹具误差 Δ_z 设计心轴轴线对定位键侧面的平行度 0.03mm 、对刀块水平位置尺寸公差 0.04mm , 所以 $\Delta_z = (0.03 + 0.04)\text{mm} = 0.07\text{mm}$ 。

(5) 加工方法误差 Δ_c 取加工尺寸公差 δ_i 的 $1/3$, $\delta_i = 0.12\text{mm}$, 故 $\Delta_c = 0.12/3 = 0.04\text{mm}$ 。

按概率法, 应用式(6.2)可计算出槽侧面对 $\phi 30g6$ 轴线的对称度的总加工误差为

$$\Sigma\Delta = \sqrt{\Delta_b^2 + \Delta_A^2 + \Delta_r^2 + \Delta_z^2 + \Delta_c^2} = \sqrt{0.054^2 + 0.018^2 + 0.07^2 + 0.04^2} = 0.0987$$
$$J_c = 0.12 - 0.0987 = 0.0213$$

经计算可知, 铣接头槽夹具不仅可以保证加工质量, 还有一定的精度储备, 此夹具设计方案可以采用。

6.4 机床夹具计算机辅助设计及半智能化设计简介

机械工业在激烈的市场竞争形势下, 产品更新换代的周期缩短, 因此也要求缩短夹具设计和制造的周期。采用机床夹具 CAD(计算机辅助设计)/CAM(计算机辅助制造)及半智能化设计技术, 可以大大缩短夹具设计和制造周期, 实现优化设计, 提高夹具的质量和降低成本。

近年来, 由于微机升级换代速度加快, 微机的普及率提高, 也加速了夹具 CAD 的步伐。现代制造技术在我国已开始起步, 数控机床、加工中心已得到广泛应用, 柔性制造系统(FMS)也得到了一定的发展, 我国的制造业已开始向 CAD/CAPP(计算机辅助加工工艺规程设计)/CAM 一体化迈进。在这种形势下, 必然要求工装夹具实现 CAD/CAM, 尽快与 CAPP 系统集成。

目前, 基于计算机技术的夹具设计方法大致有两种: 夹具的计算机辅助设计; 夹具的半智能化设计。

下面就这两种设计作一简单介绍。

1. 夹具的计算机辅助设计

夹具的计算机辅助设计其设计思路一般是对成组技术夹具进行模块化设计。所谓模块化设计, 就是对具有特定用途和功能的结构元件或部件进行简化(用简图表示)和规范化(使其有相同的结合要素), 形成不同模块, 以便能按实际需要从中选择适宜的模块进行组装, 成为加工某一零件组的成组夹具或在已有模块化成组夹具上增加或更换不同性能的子模块, 组成加工新零件的成组夹具。

模块按结构分为总成、部件、零件三级; 按功能又分为基础零部件、定位支承零部件等模块。每一模块具有独立的功能, 模块间由对应的结合要素连接。模块以图库方式存储, 也可以用参数化设计方式产生新模块, 存储其参数化图。每一模块图应具有唯一的标识代码。

图 6.13 是 CAGFD 系统的流程框图, 它由四个部分组成:

(1) 工件、夹具编码 使用者只需按人机对话方式输入某一零件组简化工序图的工序信息(几何特征、加工要求、尺寸公差等), 经信息处理后就能得到工件的编码和夹具总成的

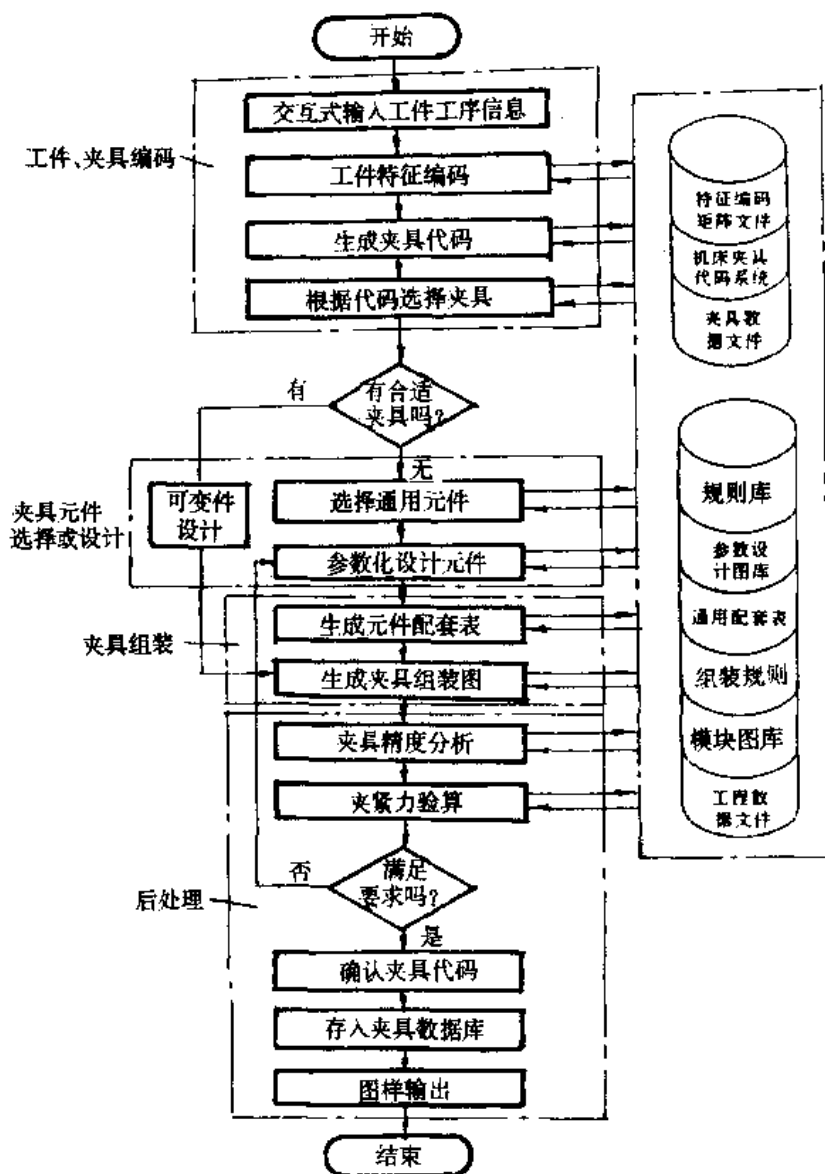


图 6.13 CAGFD 系统的流程框图

标识代码,并可查询是否有合适的成组夹具。

(2) 夹具元件的选择或设计 按夹具标识代码选择通用代码模块或用参数化设计元件模块,也可在查询到的夹具上进行可换件的设计。

(3) 夹具组装 根据组装规则及所选的或设计的模块图,计算组装位置,组装成能基本上满足要求的成组夹具。

(4) 后处理 对所设计的夹具进行精度分析和夹紧力验算,满意后,将新设计的模块和夹具分别存入图库,并通过绘图机输出成组夹具组装图及非标准零件图。

这种设计方法的整个设计过程采用人机交互的方式完成。其优点是系统内每一模块都允许修改、更新和扩充,使设计软件能不断适应机械加工技术的进步和发展。该设计系统为开发夹具 CAD/CAM 与 CAPP 的接口打下了良好的基础。

2. 夹具的半智能化设计

夹具的半智能化设计是将专家系统技术引入夹具的设计过程来实现的。该系统由自动选件和交互式组装两大部分组成,系统的总体框架如图 6.14 所示。

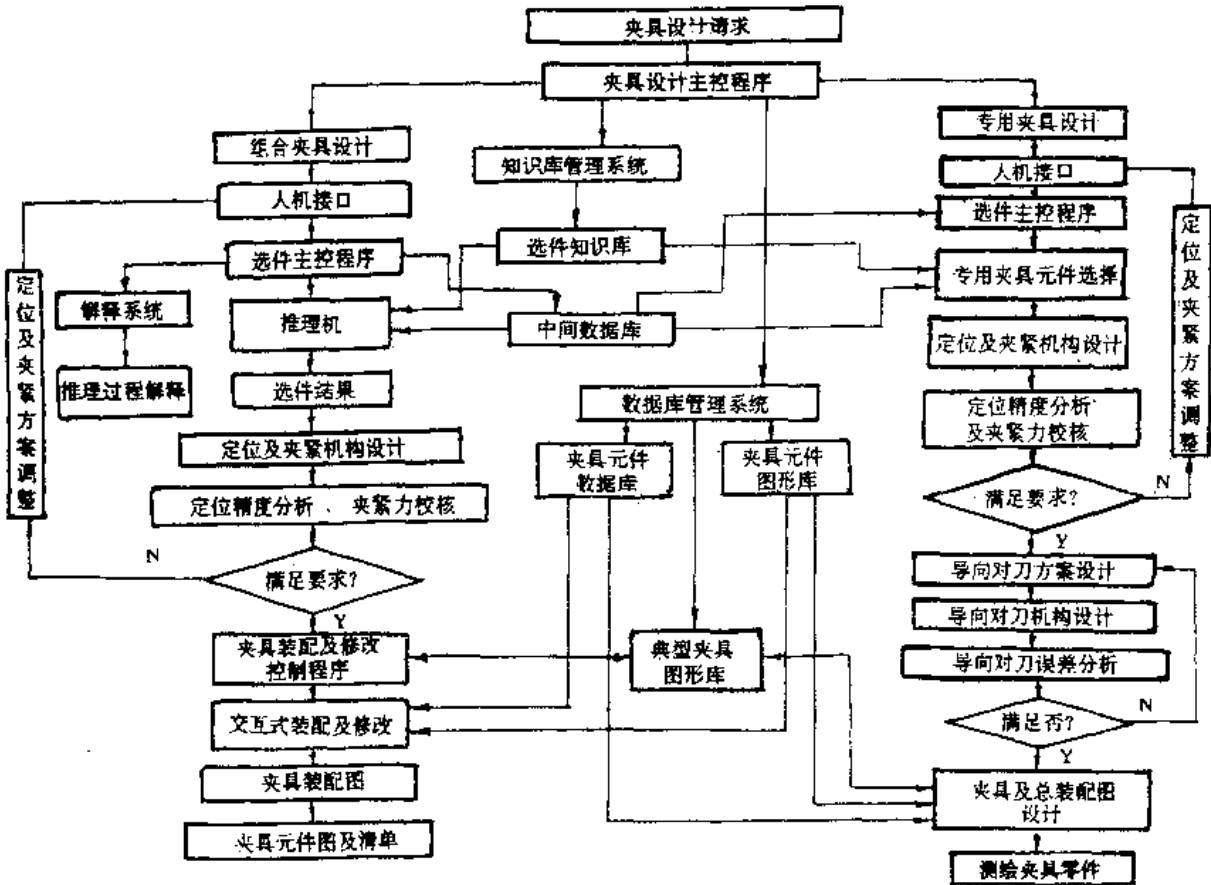


图 6.14 夹具半智能化设计系统总体结构

(1) 夹具元件的自动选择 夹具元件的自动选择主要依赖于工件的加工工艺信息和工序图。推理机将选件知识库中的规则与数据库中的事实进行匹配,当约束条件与规则前提匹配时,即取出规则结论所用的代号存入结果文件,实现夹具元件的自动选择。

(2) 交互式组装与修改 自动选件结束后,所选夹具元件是否合适,最终要在装配图中确认。如果所选元件不能满足要求,则要进行修改,修改采用特征造型技术和参数化技术,以提高设计效率。装配和修改完成后,系统向用户提供夹具的装配图(包括主视图、俯视图、左视图和立体图)、夹具元件清单以及各个夹具元件的零件图。

这种设计方法采用专家系统技术实现专用夹具的自动选件,采用交互组装和修改的半智能化设计,该设计系统易于 CAPP 系统集成。

习题与思考题

1. 专用夹具设计时,有哪些具体的设计程序?
2. 影响工件加工精度的因素有哪些? 如何保证工件的加工精度?
3. 设计车夹具—非旋转体工件在车床上加工内孔时具体的设计要点有哪些?
4. 何谓联动夹紧机构? 设计联动夹紧机构时应注意哪些问题?

第7章 现代机床夹具简介

随着现代科学技术的迅猛发展,市场需求的变化多端及商品竞争的日益剧烈,使机械产品的更新换代周期越来越短,多品种、小批量的比例愈来愈高。在这种形势下,现代机床夹具也应运而生。下面简单地介绍三种现代机床具:通用可调夹具、成组夹具、组合夹具。

7.1 通用可调夹具和成组夹具

通用可调夹具和成组夹具都是比较先进的、具有良好的继承性和多次重复使用的新型夹具,统称可调整夹具。它们的共同特点是,只要更换或调整个别定位、夹紧或导向元件,即可用于多种零件的加工,从而使多种零件的单件小批生产变为一组零件在同一夹具上的“成批生产”。产品更新换代后,只要属于同一类型的零件,就可在此夹具上加工。由于这两类夹具具有较强的适应性和良好的继承性,所以使用这两类夹具可大大减少专用夹具的数量,简化技术准备工作,缩短生产准备周期,提高劳动生产率和降低成本,适合在多品种、中小批生产中使用。

通用可调夹具和成组夹具都是按照产品结构相似、工艺相近的原则将零件进行分组,然后根据夹具结构多次使用原则设计的。从结构上看,这两类夹具一般由基本部分和可调整部分组成。基本部分是夹具的主体,它包括与机床工作台或主轴端相连接的夹具体,夹紧传动装置和操作机构等。对于不同的加工对象,这部分是保持不变的。而可调整部分则要随工件的变化更换或调整某些定位、夹紧和导向等元件与之相适应。

通用可调夹具和成组夹具的区别在于:前者的加工对象不很确定,通用范围较大,而成组夹具则是专为加工成组工艺中某一组零件而设计的,加工对象十分明确,调整范围也只限于本组内的工件。

1. 这两类夹具可调整部分的三种调整方式

(1) 更换式 直接更换定位或夹紧元件。适用范围较广,加工对象的形状和工艺相似性差些也可适应,工作比较可靠、方便。

(2) 调整式 根据加工对象的工艺要求,对夹具上原有的定位、夹紧元件做相应的调整,因此整个夹具的组成元件少,制造成本低,但调整费时间,且影响夹具的精度。

(3) 更换调整式 是以上两种形式的结合,因此集中了两者的优点。一般将主要定位元件或导向元件设计成更换式,这样其加工精度由更换件本身精度来保证。对其他如夹紧元件等尽可能采用调整式,这对同组零件在夹具调整上可得到较好的兼顾。

加工零件如图 7.1 所示。如图 7.2 所示为在轴类零件上钻径向孔的通用可调夹具。该夹具可加工一定尺寸范围内的各种轴类工件上的 1~2 个径向孔。图 7.2 中夹具体 2 的上、下两面均设有 V 形槽,适用于不同直径工件的定位。支承钉 KT1 上的可调支承钉用作工件

的端面定位。夹具体的两个侧面都开有 T 形槽,通过 T 形槽 3,十字滑块 4,使可调钻模板 KT2、KT3 及压板座 KT4 作上、下、左、右调节。压板座上安装杠杆压板 1,用来夹紧工件。

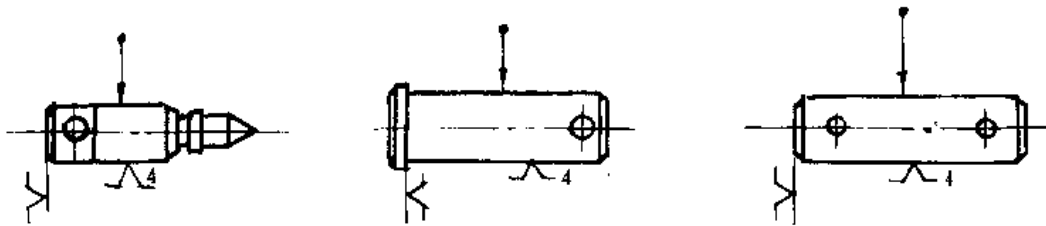


图 7.1 轴类零件钻径向孔零件简图

如图 7.3 所示为加工拨叉叉部圆弧及其端面的成组车床夹具,两件同时加工。加工零件如图 7.4 所示。图 7.4 中夹具体 1 上有四对定位套 2(定位孔 $\phi 16H7$),用来安装四种可换定位轴 KH1,用来加工四种中心距 L 不同的零件。若将可换定位轴安装在 C—C 剖面的 T 形槽内,则可加工中心距 L 在一定范围内变化的各种零件。可换垫套 KH2 及可换压板 KH3 按零件叉部的高度 H 选用更换,并固定在与两定位轴线垂直的 T 形槽内,作防转定位及辅助夹紧用。图 7.5 为不同拨叉零件调整方法示意图。

2. 设计这两类夹具时的注意事项

(1) 合理地确定可调夹具的容量 夹具设计时首先按产品的结构特点相似、工艺相近的原则将零件进行分组。分组应尽可能使夹具与被加工零件的尺寸比例适中,调整范围恰当,既要具有通用性又要结构简单。

(2) 具有良好的继承性 设计时不仅要考虑满足现今的需要,还应将加工范围适当放大,以适应新品种开发后同类零件加工的需要。

(3) 可调整件的设计,应在保证加工精度的前提下力求结构简单可靠,调整更换方便迅速,加工工艺性好并便于保管。

(4) 尽可能选用或给定相同形式的定位基面,使定位元件、分度元件设计简单,调整方便。

(5) 正确处理夹具的精度、使用寿命及结构刚性的关系 这两类夹具的精度取决于基本部分和可调部分本身的精度以及两者的结合精度。由于通用可调夹具和成组夹具比专用夹具多一项调整误差,因此设计时要适当提高基本部分和可调部分的精度,如规定在使用夹具的机床上直接加工可调整元件或利用找正的方法在基本部分上安装可调整元件。

由于可调整夹具结构复杂,结合面多,常会造成刚性不足而影响夹具的工作精度和使用寿命。为此必须从提高材料的机械性能、加工精度、表面粗糙度、配合性质以及结构和各参数的选择和布局等方面采取措施提高其刚性。

7.2 组合夹具

组合夹具是一种标准化、系列化、通用化程度很高的工艺装备。它是由一套预先制造好的各种不同形状、不同规格、不同尺寸,具有完全互换性的标准元件和合件,按工件的要求,组装成所需的夹具。使用完毕后,可拆散洗净将其存放,待再次组装时使用。如图 7.6 所示

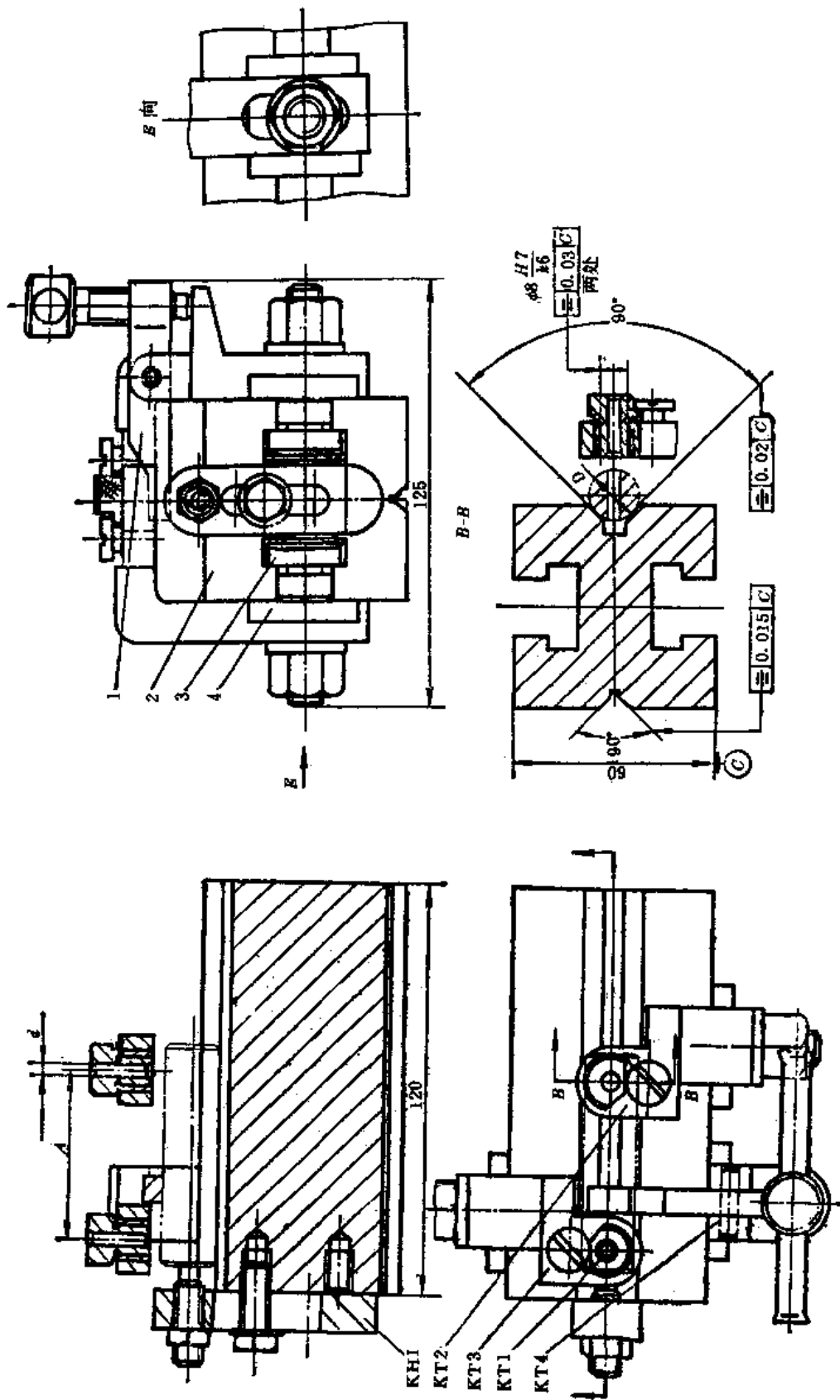


图 7.2 轴类零件钻径孔通用可调夹具
 1—杠杆压板; 2—夹具体; 3—T形螺栓; 4—十字滑块;
 KH1—快换钻套; KT1—支承钉板; KT2、KT3—钻模板; KT4—压板座

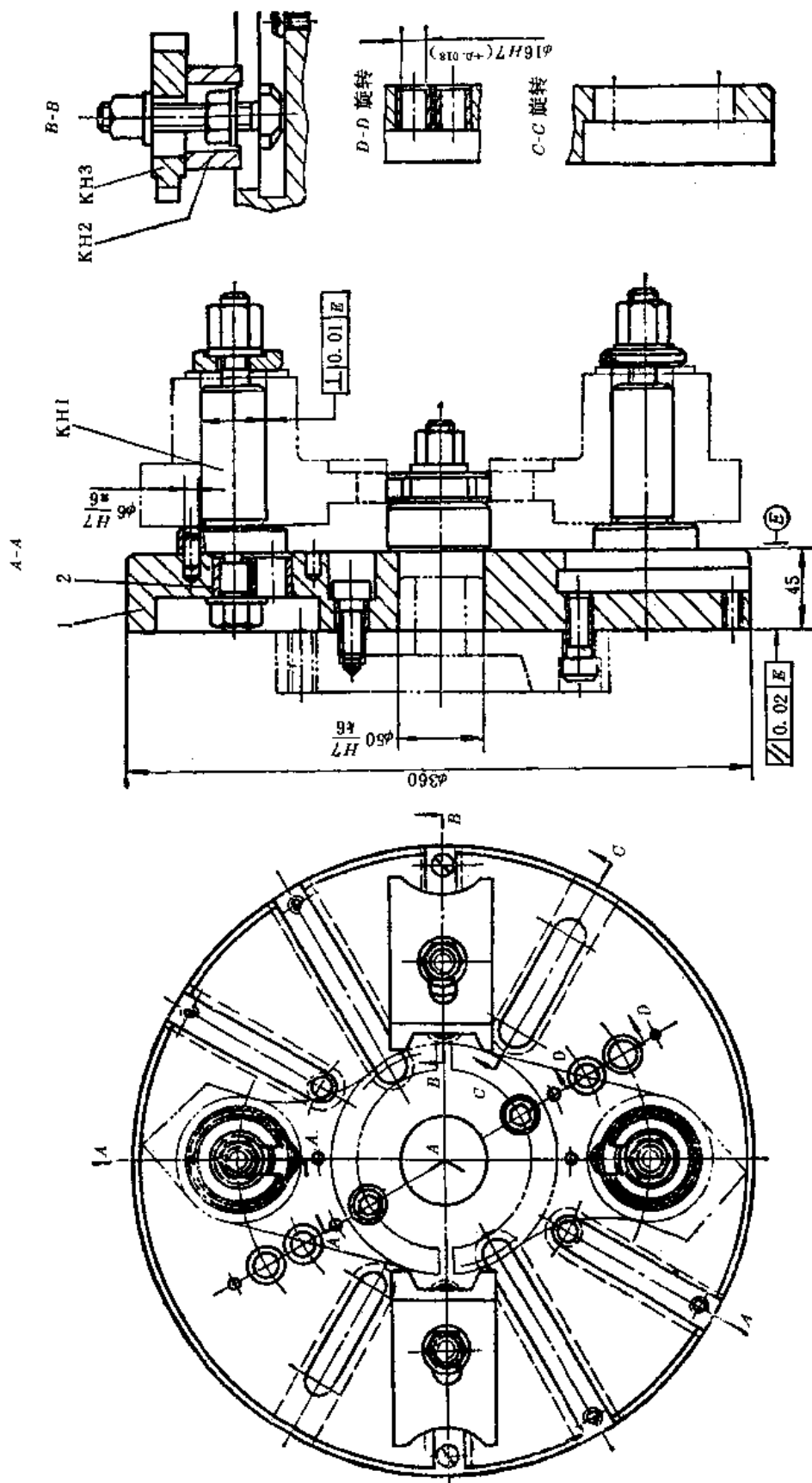


图 7.3 拨叉车圆弧及其端面成组车夹具
 1—夹具体, 2—定位套, 3—KH1—可换定位轴, KH2—可换垫套, KH3—可换压板

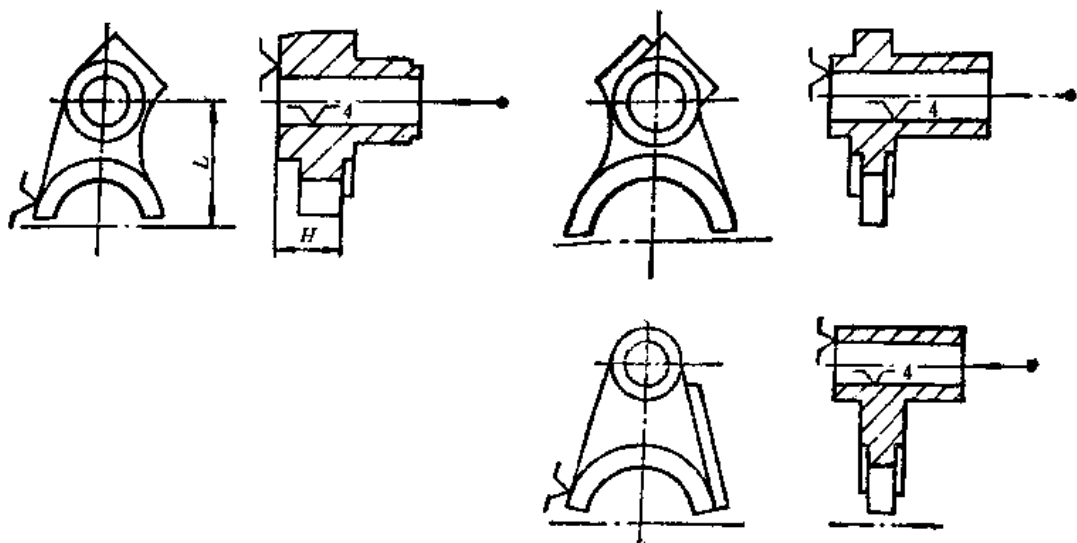


图 7.4 拨叉车圆弧及其端面零件组简图

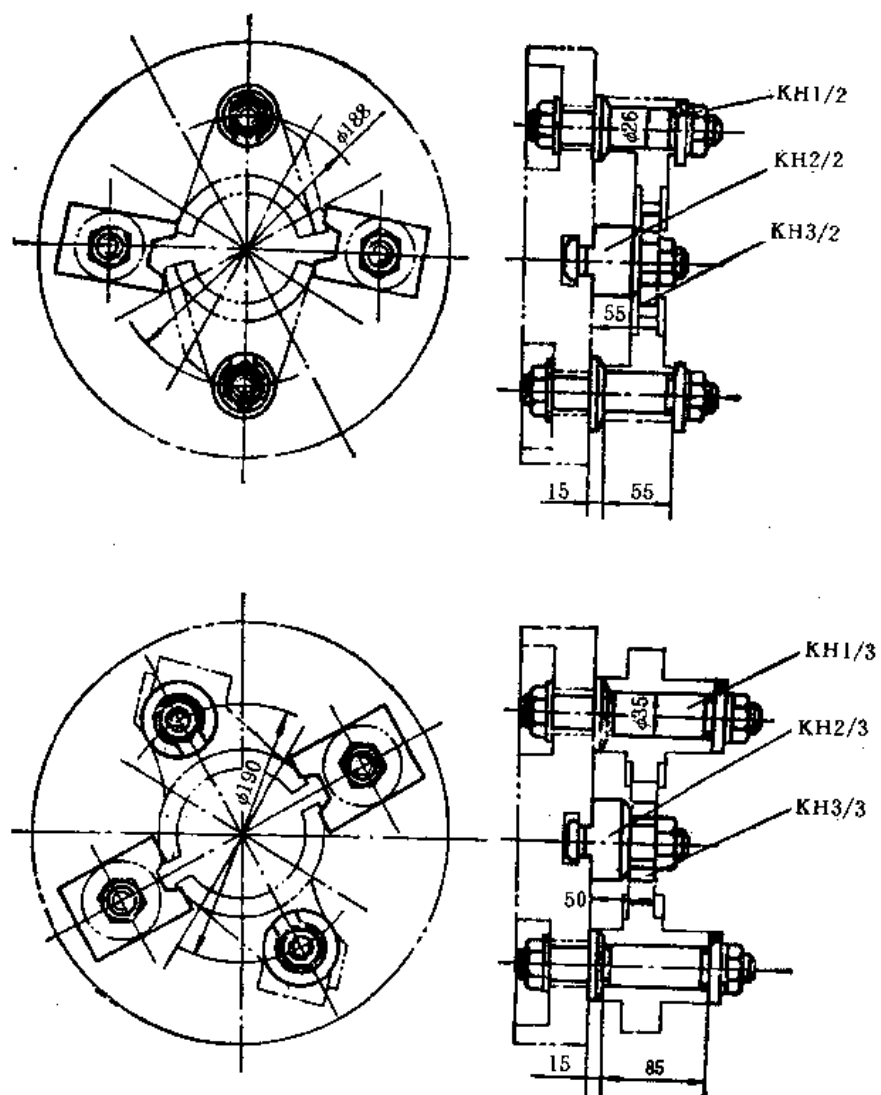


图 7.5 调整方法示例图

为被加工零件工序图。如图 7.7 所示为盘类零件钻径向分度孔的组合夹具立体图及其分解图。

1. 组合夹具的特点及其应用范围

组合夹具一般是为某一工件的某一工序组装的专用夹具,也可以组装成通用可调夹具和成组夹具,它把专用夹具的设计、制造、使用、入库或报废的单向过程变为组装、拆散、清洗入库、再组装的循环过程。可用几小时的组装周期代替几个月的设计制造周期,从而缩短了生产周期,节省了工时和材料,降低了生产成本,还可减少夹具的库房面积,改善了管理工作。但它同时也存在体积大、刚度较差、一次投资多、成本高等缺点,使组合夹具的推广应用受到一定的限制。

由于组合夹具具有灵活多变、组装迅速的特点,故特别适用于产品变化较大的生产如新产品试制、多品种小批生产。对于成批生产也可利用组合夹具以补充专用夹具数量的不足。除此以外,组合夹具适用于各类机床,但以钻模及车床夹具用得最多。在通常的组装技术水平下,采用组合夹具加工出来的零件,其加工面的尺寸精度一般为 IT8~IT9 级,若精心调整,可以达 IT7 级甚至更高的精度。

2. 组合夹具的元件

组合夹具分槽系及孔系两大类。槽系是指各元件的组合以具有标准化了的槽取得定位和紧固;孔系则是以标准孔实现元件间的定位和紧固。

(1) 槽系组合夹具 为了适应各种不同工厂,不同产品的需要,槽系组合夹具分大、中、小三种规格,其主要参数如表 7.1 所列。

表 7.1 槽系组合夹具的主要结构要素及性能

规格	槽宽 mm	槽距 mm	连接螺栓	键用螺钉	支承件截面 mm ²	最大载荷 N	工件最大尺寸 mm × mm × mm
大型	16 ^{+0.06} ₀	75 ± 0.01	M16 × 1.5	M5	75 × 75 90 × 90	200000	2500 × 2500 × 1000
中型	12 ^{+0.06} ₀	60 ± 0.01	M12 × 1.5	M5	60 × 60	100000	1500 × 1000 × 500
小型	8 ^{+0.015} ₀ 6 ^{+0.015} ₀	30 ± 0.01	M8 M6	M3 M3、M2.5	30 × 30 22.5 × 22.5	50000	500 × 250 × 250

三种规格的组合夹具元件按其使用性能分为八大类:

① 基础件 如图 7.8 所示,有长方形、方形、圆形基础板及基础角铁等。它们常作为组合夹具的夹具体,通过它把其他各种元件或合件组装成一套完整的夹具。如图 7.7 中,基础件 1 为夹具体。

② 支承件 如图 7.9 所示,有各种支承垫片、长方支承、加肋角铁、角度支承、V 形支承、伸长板等。它们是组合夹具中的骨架元件,数量最多,应用最广。它在夹具中起上下连接的作用,即把上面的其他元件通过支承件与下面的基础件连成一体,并支承到一定高度。图 7.7 中支承件 2 将钻模板与基础板连成一体,并保证钻模板的高度和位置。

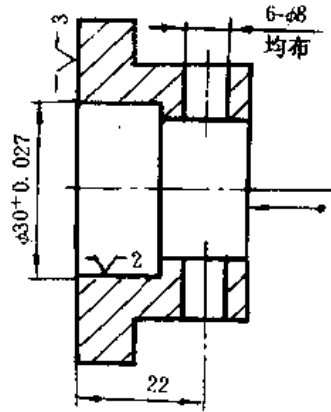


图 7.6 盘类件钻径向孔工序图

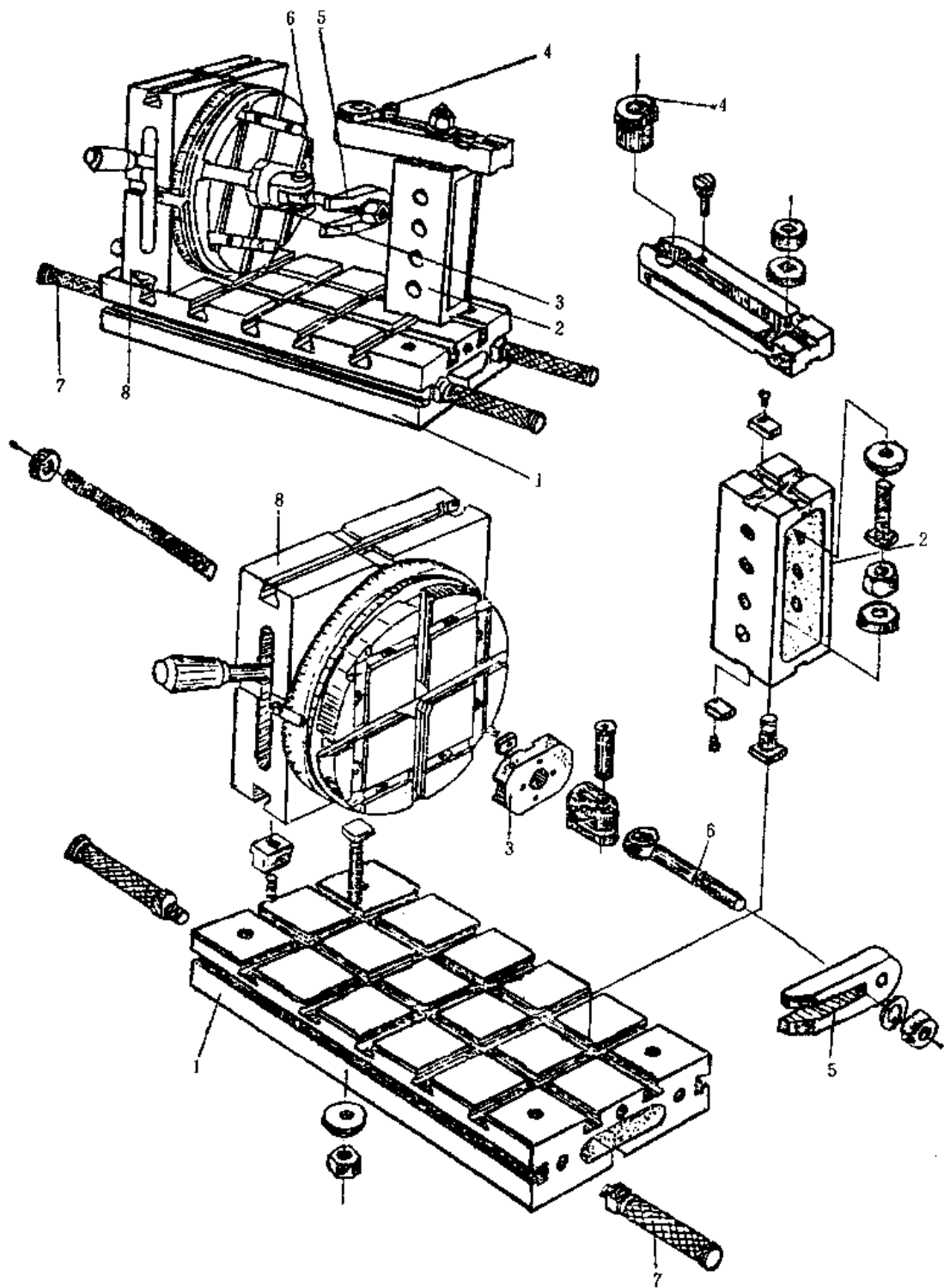


图 7.7 盘类零件钻径向分度孔组合夹具

1—基础件；2—支承件；3—定位件；4—导向件；5—夹紧件；6—紧固件；7—其他件；8—合件

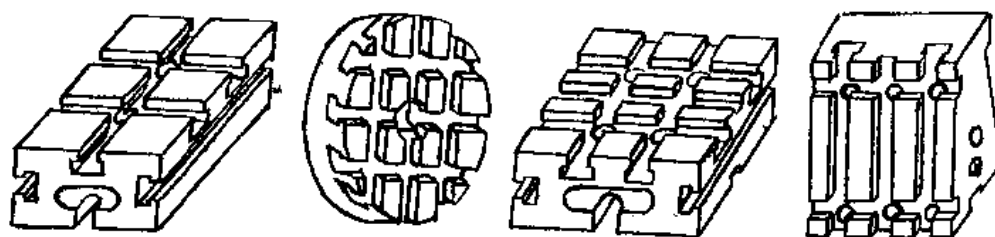


图 7.8 基础件

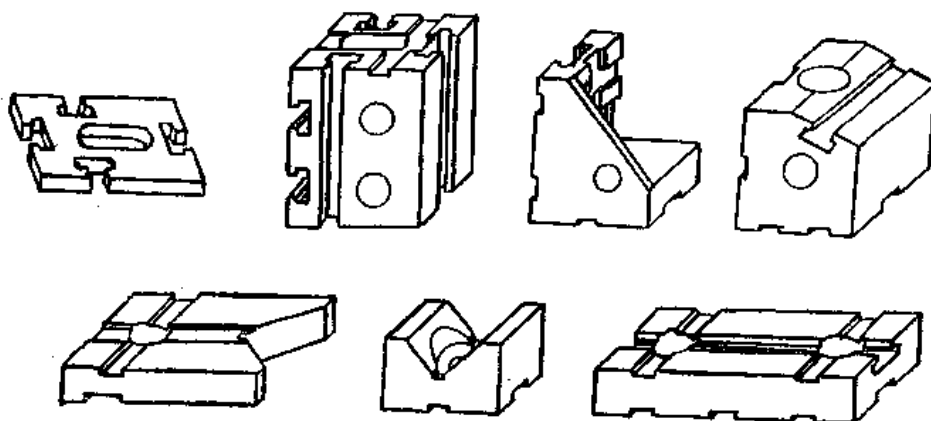


图 7.9 支承件

③ 定位件 如图 7.10 所示,有平键、T形键、圆形定位键、菱形定位键、圆形定位盘、定位接头、侧中孔定位支承,台阶定位板,方形定位支承、三菱定位支座、六菱定位支座等。它们

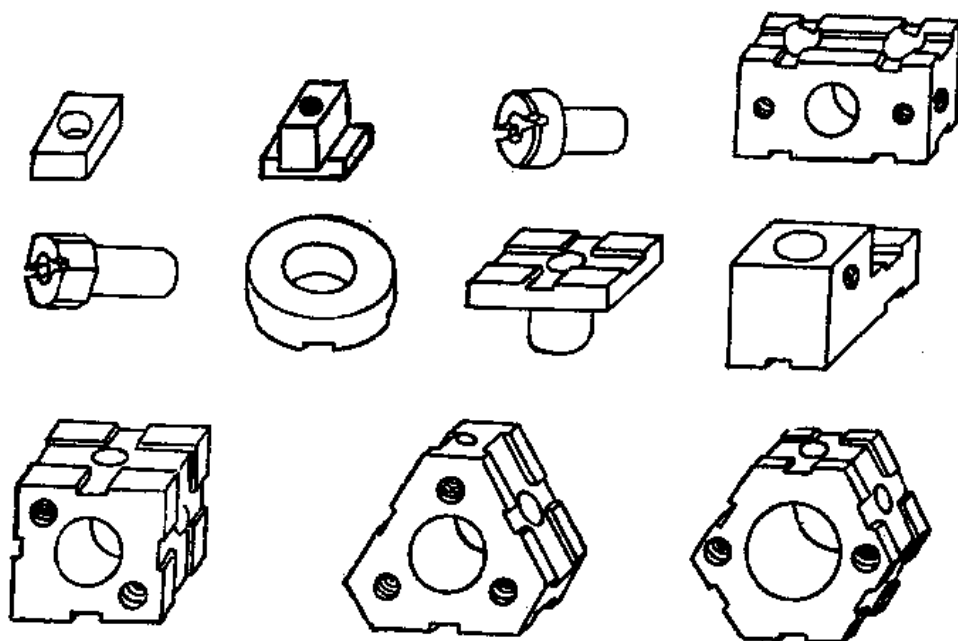


图 7.10 定位件

主要用于工件的定位及元件与元件的定位。图 7.7 中, 支承件 2 与基础件 1、钻模板之间均用平键定位; 合件(端齿分度盘)8 与基础件之间用 T 形键定位; 定位件 3 为菱形定位盘, 它用作工件的定位。

④ 导向件 如图 7.11 所示, 有固定钻套、快换钻套、钻模板、左、右偏心钻模板、立式钻模板等。它们主要用于确定刀具与夹具的相对位置, 并起引导刀具的作用, 也可用作定位件。图 7.7 上导向件 4 为快换钻套, 它安装在钻模板上。

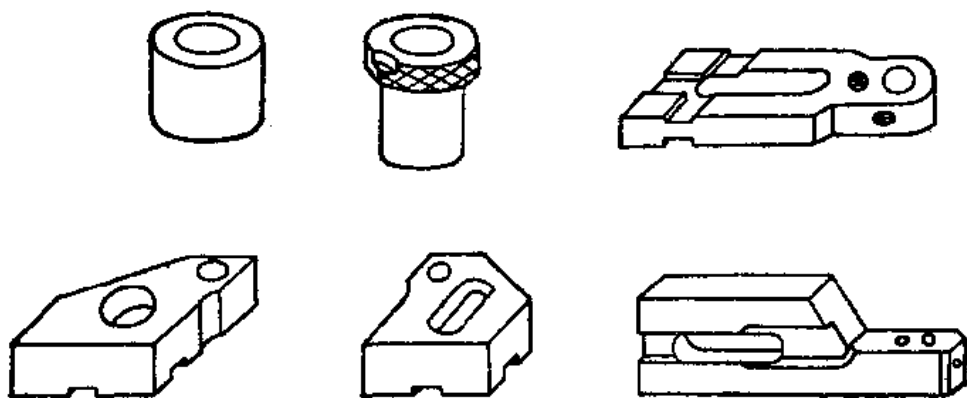


图 7.11 导向件

⑤ 压紧件 如图 7.12 所示, 有手压板、U 形板、叉形压板、弯压板、摇板、关节压板等。它们主要用于压紧工件, 也可用作垫板和挡板。图 7.7 中的夹紧件 5 为 U 形压板。

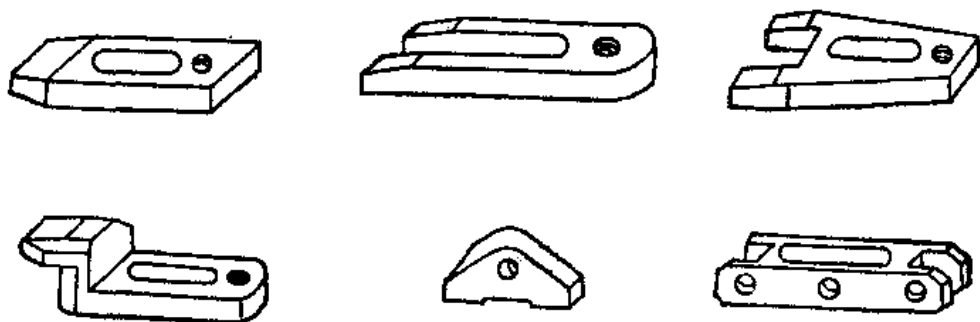


图 7.12 压紧件

⑥ 紧固件 如图 7.13 所示, 有各种螺栓、螺钉、垫圈、螺母等。它们主要用于紧固组合夹具中的各种元件及压紧被加工件。由于紧固件在一定程度上影响整个夹具的刚性, 所以螺纹件均采用细牙螺纹, 可增加各元件之间的连接强度。同时所选用的材料、制造精度及热处理等要求均高于一般标准紧固件。图 7.7 中紧固件 6 为关节螺栓, 用来压紧工件, 元件间的连接采用槽用方头螺栓、螺钉、螺母、垫圈等。

⑦ 其他件 如图 7.14 所示, 有三爪支承、支承环、手柄、连接板、平衡块等。它们是指以上六类元件之外的各种辅助元件。图 7.7 中四个手柄就属此类元件。它们用于夹具的搬运。

⑧ 合件 如图 7.15 所示, 有顶尖座、可调 V 形块、折合板、回转支架等。合件由若干零件组合而成, 在组装过程中不拆散使用的独立部件。使用合件可以扩大组合夹具的使用范围, 加快组装速度, 简化组合夹具的结构, 减小夹具体积。图 7.7 中的合件 8 为端齿分度盘。

以上简述了各大类的主要用途。随着组合夹具的推广应用, 为满足生产中的各种要求,

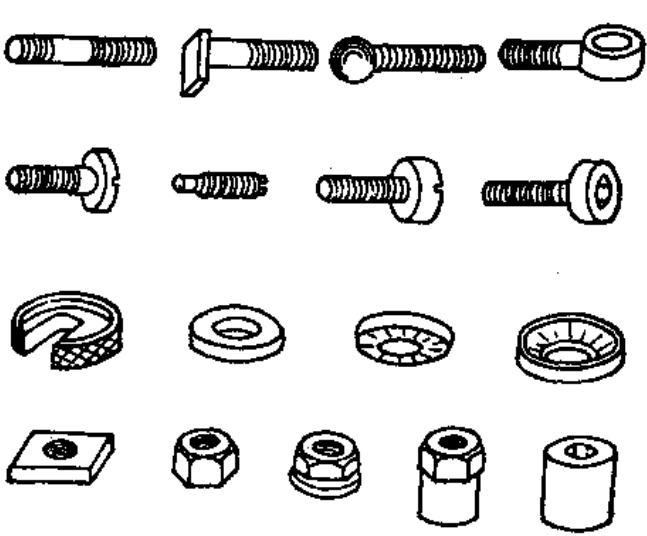


图 7.13 紧固件

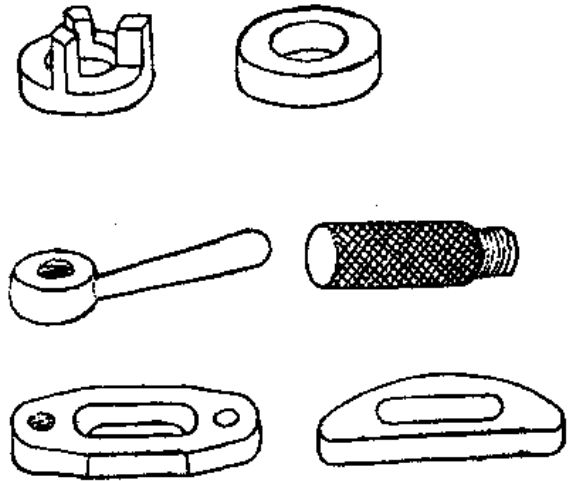


图 7.14 其他件

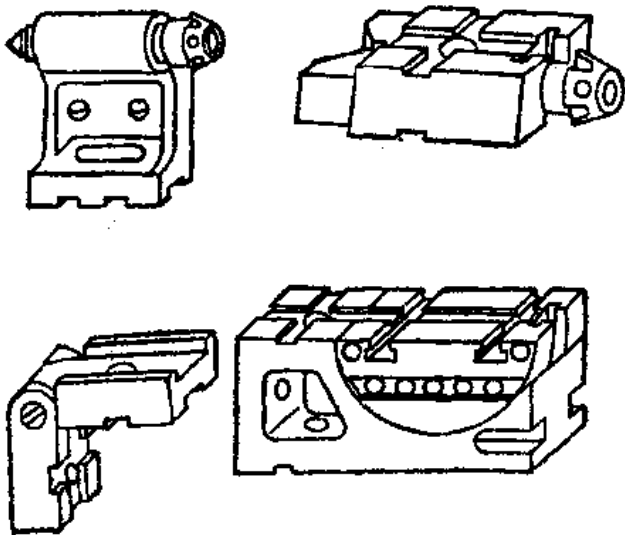


图 7.15 合件

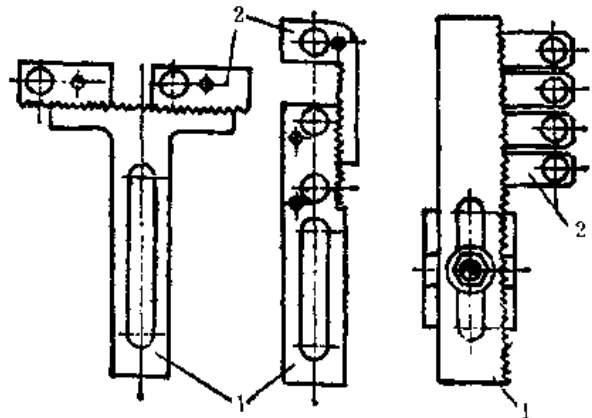


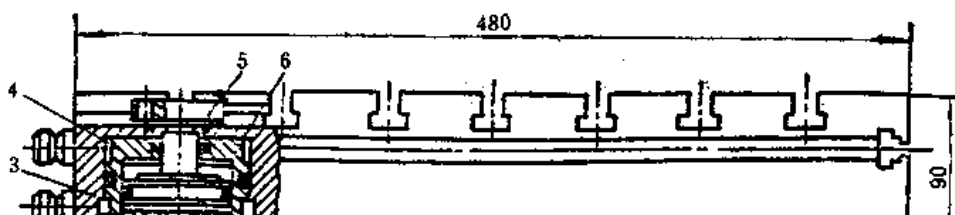
图 7.16 密孔节距钻模板
1—本体；2—可调钻模板

出现了很多新元件和合件。如图 7.16 所示为密孔节距钻模板。本体 1 与可调钻模板 2 上均有节距为 1mm 的锯齿，加工孔的中心距可在 15mm~174mm 范围内调节，并有 I 形、L 形和 T 形等。如图 7.17 所示为带液压缸的基础板。基础板内有油道连通七个油缸，利用分配器供油，使活塞 6 上、下运动，作为夹紧机构的动力源，活塞通过键 5 与夹紧机构连接。这种基础板结构紧凑，组装和使用方便，但需配备液压系统，价格较高。

(2) 孔系组合夹具 目前许多发达国家都有自己的孔系组合夹具。如图 7.18 所示为德国 BIUCO 公司的孔系组合夹具组装示意图。元件与元件间用两个销钉定位，一个螺钉紧固。定位孔孔径有 10mm, 12mm, 16mm, 24mm 四个规格；相应的孔距为 30mm, 40mm, 50mm, 80mm；孔径公差为 $\pm 0.01\text{mm}$ 。

孔系组合夹具元件的刚度比槽系高，用一面两孔定位，提高了组装精度和组装可靠性，元件的工艺性好，成本低，可用作数控机床夹具。但组装时元件位置不能随意调节，因而组装

不灵活。一般用偏心销钉或部分开槽元件进行弥补。



须适应机床的特点,故在设计夹具时,除了遵循一般夹具设计的原则外,还应具有如下特点:

(1) 数控机床夹具应有较高的精度,以满足数控加工的精度要求;

(2) 数控加工过程中,可能是几把刀具同时进行的,所以夹具应为敞开的,以减少工件装夹次数;

(3) 夹紧力较大,夹紧必须可靠,操作方便,以利实现自动化夹紧;

(4) 数控工作台应有坐标系和坐标原点(孔或平面,也可在加工时设置)。

这种机床工作台设有坐标原点,然后计算出加工位置坐标,刀具或工作台按其坐标位置,根据加工程序运动,这种编程方法称为固定零点编程法。

由于机床精度较高,在计算坐标时,往往可不必考虑基准重合问题,最多将不对称公差的位置尺寸换算为对称公差尺寸,即使名义尺寸位于公差带的中央,如 $60^{+0.08}_0$ 改为 60.04 ± 0.04 。

习题与思考题

1. 何谓通用可调夹具? 何谓成组夹具? 它们有何共同特点?
2. 何谓组合夹具? 组合夹具有何特点?

第二篇 模具设计

引 言

冲压成形的基本理论

冲裁

冲裁模的结构与设计

弯曲

拉深

其他板料成形工艺

冲压工艺规程的编制

模具 CAD

塑料成型模具简介

引 言

模具包括冷冲模与塑料模等两大类。冷冲模将讲述冲裁模、弯曲模、拉深模等冲压模具。它们是在常温下应用压力机对材料施加压力,使其产生分离和塑性变形,从而获得所需零件(冲压件或冲件)的工艺装备。塑料模是将塑料加热,在压力作用下通过某种塑料成型方法而获得所需形状的塑料件的工艺装备。本篇重点介绍了与冷冲压工艺相关的基本概念、冷冲压模具的结构特点 and 设计方法。另外,对模具 CAD 这一现今生产实践中常用的技术也作了一定的介绍。最后,简单地介绍了塑料成型模具。

第 8 章 冲压成形的基本理论

8.1 概述

冷冲压的方法很多,归纳起来可分为分离工序和成形工序两类。分离工序是将冲压件或毛坯沿一定轮廓相互分离。成形工序是使冲压毛坯在不破坏的情况下发生塑性变形,成为所需形状及尺寸的制件。

上述两类工序又可细分为很多不同的基本工序。生产中常用的各种冷冲压工序如表 8.1 所列。表中所列冷冲压基本工序的分类是比较直观地反映了一类零件的成形过程和工序特点,有助于制定加工工艺和模具设计,在具体生产实践中得到广泛应用。

各种冲压加工工序使用的模具统称为冷冲模,它是冲压加工的专用工具。

在塑性加工中,模具可分为冲模、锻模、压铸模、塑料成形模、玻璃成形模和橡胶成形模等等。其中以冷冲模应用最广,塑料成形模次之。

冷冲压是近现代金属加工的重要手段。它与铸造、锻造、切削加工方法比较,显示出很多优点:

- (1) 生产效率高,操作简单,易于实现自动化。特别适合于大批量生产的制件。
- (2) 冲压制件采用模具成形,所加工的制件精度较高、尺寸稳定、互换性好。一般不再需进一步的机械加工,即可满足装配和使用要求。
- (3) 可以得到其他加工方法难以加工的、形状特别复杂的制件。
- (4) 材料利用率较高,一般可达 60%~80%且边角余料一般也可再利用。所以冷冲压是一种少、无废料的生产方式,批量生产时制件成本较低。

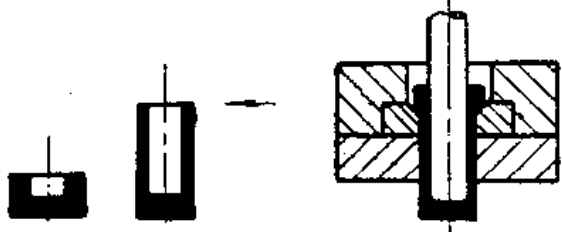
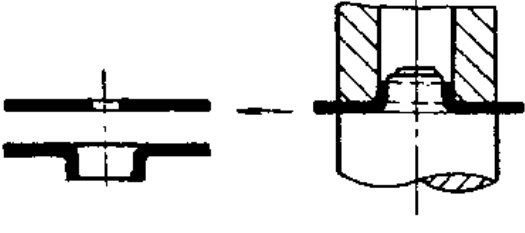
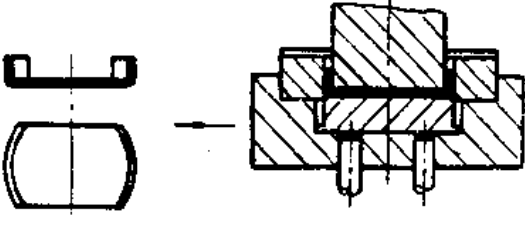
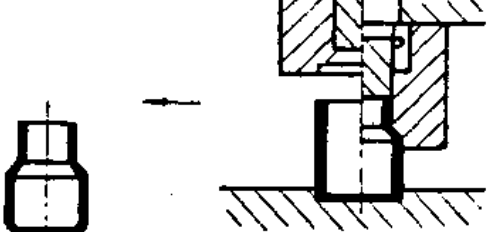
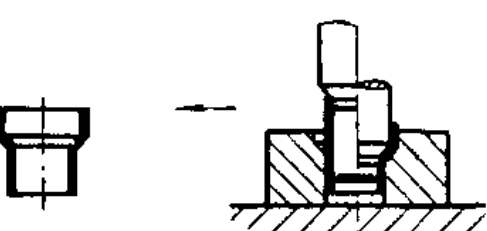
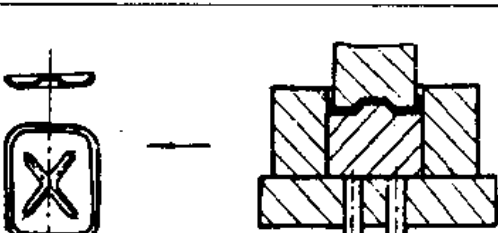
由于冷冲压具有以上的优点,因而在现代汽车、拖拉机、家用电器、仪表及轻工生产中占有重要的地位。另外,在兵器、飞机和导弹等制造行业中也广为使用。由于制模周期较长,成本较高,故在单件小批量的生产应用中受到限制。同时由于冲压生产多采用机械压力机,行程速度快,若采用手工操作时,安全问题不容忽视。

随着科学技术的发展,现代冲压技术呈现以下的发展趋势:

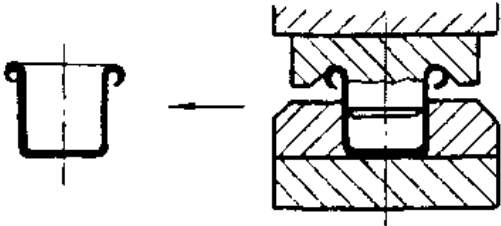
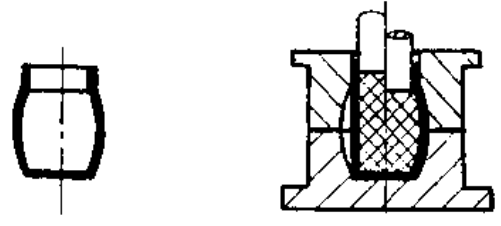
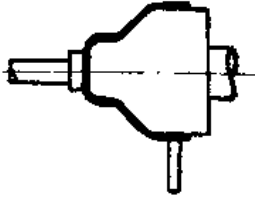
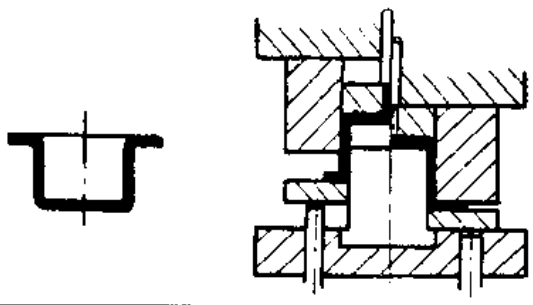
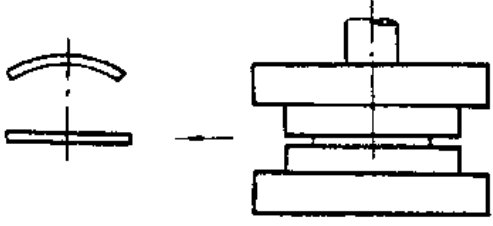
- (1) 研究冲压变形的基本规律,为指导生产实践提供理论依据。
- (2) 研究应用新的成形工艺、简易模具,为满足产品更新换代和多品种小批量生产提供可行的技术解决方案。
- (3) 发展高效、精密和大功率的压力机。
- (4) 发展高速多工位的连续模具,实现自动冲压。
- (5) 研究新的制模材料和工艺。
- (6) 加强冲压安全技术的研究。
- (7) 开发和应用模具 CAD/CAM 技术,缩短制模周期和设计周期。
- (8) 研究改进板料的冲压性能,以提高冲压效率和冲制件质量。

表 8.1 板料冲压的基本工序

类别	工序	简图	工序性质
分	冲落料		用模具沿封闭轮廓线冲切板料, 冲下的部分是工件
	冲孔		用模具沿封闭轮廓线冲切板料, 冲下的部分是废料
离	剪切		用剪切或模具切断板料, 切断线不封闭
	切口		用模具将板料冲切成部分分离, 切口部分发生弯曲
成 形	切边		将成形后的半成品的边缘修切整齐或切成一定形状
	剖切		将半成品切开成两个或几个工件
	弯曲		把板料沿直线弯成各种形状
	拉深		将板料毛坯制成各种空心零件

类别	工序	简图	工序性质	
成形	变薄拉深		把拉深后的空心半成品进一步加工成为侧壁厚度小于底部厚度的零件	
	翻边	孔的翻边		在预先冲孔的半成品上或未经冲孔的板料上冲制成竖立的边缘
		外缘翻边		把板料半成品的边缘沿曲线或圆弧翻出竖立的边缘
	形	缩口		将空心毛坯或管状毛坯的口部缩小
		扩口		将空心毛坯或管状毛坯的口部扩大
		起伏		在板料毛坯或半成品上压出筋条、花纹或文字

续表

类别	工序	简图	工序性质
成形	卷边		将空心件的边缘卷成圆边
	胀形		使空心毛坯或管状毛坯的一部分沿径向扩张成凸肚形
	旋压		在旋转状态下用赶棒或滚轮使毛坯逐步成形
	整形		把形状不太准确的半成品校正成形,以提高零件精度或获得较小的圆角半径
	校平		把不平的工件压平

8.2 冷冲压材料

8.2.1 冷冲压工艺对材料的要求

冷冲压所用的材料,不仅要满足产品结构的要求,还应当满足冲压工艺的要求。

板料的冲压性能是指板料对各种冲压加工方法的适应能力,包括便于加工、容易得到高

质量和高精度的冲压件、生产效率高、模具寿命长、不易出废品等。

板料的冲压成形性能与剪切性能比较起来在生产中反映的问题更为突出一些。因此,人们在工艺实践中更多地关注板料的成形性能。

板料的成形性能的好坏会直接影响到冲压工艺过程、生产率、产品质量和生产成本。板料的冲压成形性能好,对冲压成形方法的适应性就强,就可以采用简便的工艺、高生产率的设备,生产出优质低成本的冲压制件。

极限变形程度又叫成形极限,它是板料发生拉伸失稳即颈缩破裂或压缩失稳起皱之前可能达到的最大变形程度。板料成形时抵抗破裂的能力越强,成形极限就越高,其冲压成形性能就越好。

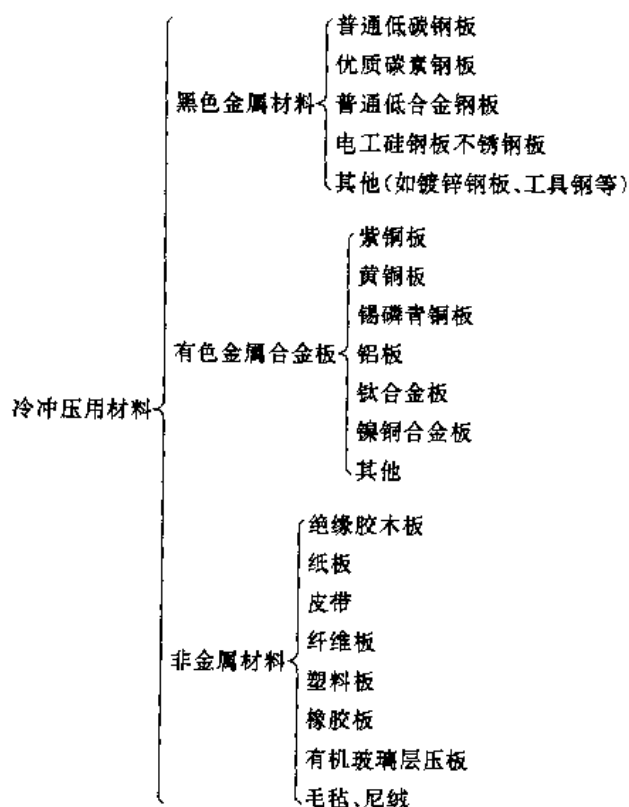
因此,冲压材料应具备良好的塑性,同时材料也应具有抗拒受压失稳的能力。另外,板材还应具有良好的表面质量,厚度及外形尺寸的公差应符合国家标准的要求。

8.2.2 材料的种类和规格

用于冲压的板料种类繁多,其品种、规格等技术条件均已纳入相关的技术标准中(包括国标、部颁标准和生产厂家标准)。凡有特殊要求而未纳入标准的,使用单位可与供应厂家签定技术协议,订做以满足其使用要求。

冷冲压生产中最常用的板材种类如表 8.2 所列。

表 8.2 冷冲压材料



由上可见,冲压材料既可以是金属板材,有时也用非金属板材,但以金属板材为最多。而其中金属板材又分黑色金属和有色金属两种。

黑色金属材料中常用的如普通碳素钢板中的 Q195, Q215, Q235 等(其中 Q 表示材料的屈服强度,“195”等数字表示屈服强度值)。优质碳素结构钢板中的 08, 08F, 10, 20 等以及合金钢板中的 16Mn, 30CrMnSiA 和不锈钢 1Cr18Ni9Ti 等。

常用的有色金属有铜及铜合金如黄铜, 如 T1, T2, H62, H68 等。铝及铝合金, 如 L2, L3, LF21 等。

非金属材料常用的为胶木板、橡胶、塑料板等。

冲压用的材料形状, 最常用的为板料, 其次为卷料。

板料的供应状态可分为: 退火状态(或软态)M、淬火状态 C、硬态 Y、半硬(1/2 硬)Y₂ 等。

板料有冷轧和热轧两种轧制状态。

冲压常用金属材料的力学性能如附表 9 所列。

8.3 板料冲压性能的试验方法

板料的冲压性能必须通过试验来鉴定。试验方法很多, 大致分为两类: 一类是基本性能试验, 如拉伸试验、硬度试验、金相试验等; 另一类是特定的工艺性能试验, 如反复弯曲试验、拉楔试验、杯突试验等。工艺试验可以模拟某一工序的受力情况和变形特点, 其结果有较重要的参考价值。特定工艺试验都在专用试验设备上进行。以下介绍板料拉伸试验和几个常用的工艺试验。

8.3.1 拉伸试验

拉伸试验是测定板材的力学性能简单而常用的方法。板材拉伸试验在一般的材料试验机上进行, 采用标准的试件(见图 8.1)。试验得到的拉伸曲线称为各义应力—应变曲线, 如图 8.2 所示。曲线上 S 点为屈服点, b 点为颈缩点, 拉伸到 b 点时试样开始颈缩, 由均匀变形进入局部变形阶段, 这种状态称为塑性拉伸失稳, 故 b 点称为失稳点, K 点为试样断裂点。

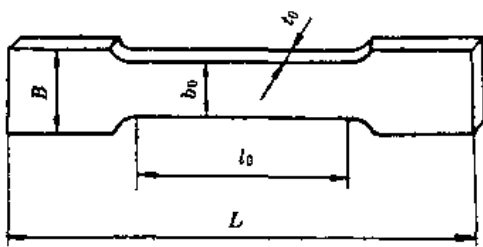


图 8.1 拉伸试验用的试样

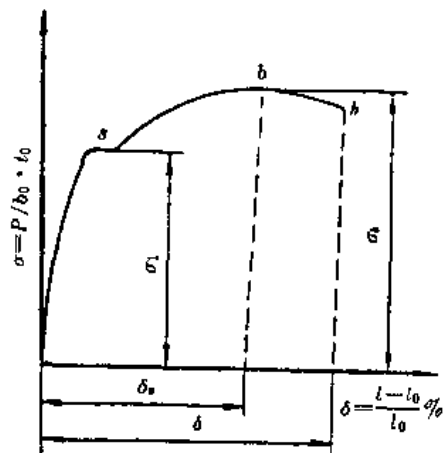


图 8.2 拉伸曲线

由拉伸试验得到的各项力学性能指标, 可以反映出板料的冲压性能。

1. 屈强比 σ_s/σ_b

板料的屈强比越小,则成形极限越高,冲压成形性能就越好。在拉深时,如果板料的屈服点低,则变形区的切向压应力小,失稳起皱的趋势也小,所需的压应力和需要克服的摩擦力也会降低,这就降低了总的变形力,减轻了传力区的载荷。而强度极限 σ_b 的提高,则增强了传力区的抗拉能力。因此小的屈强比有利于成形极限的提高,胀形时, σ_s 的降低相应可减少张紧毛坯的拉力,从而减少毛坯拉断的可能性。而在弯曲过程中, σ_s 越低,则卸载后的回弹变形就小,这对提高弯曲零件的尺寸精度是有利的。

2. 均匀延伸率 δ_n

δ_n 为拉伸试验中开始出现局部颈缩时的应变值。它表示材料产生均匀变形或称稳定变形的能力。 δ_n 大时,板料具有较大的塑性变形稳定性,不易产生局部变形过大而导致破裂。

3. 硬化指数 n

当材料受拉产生颈缩时,外载荷 F 与名义应力均会出现最大值。而真实应力应变曲线(即硬化曲线)则不同,在出现颈缩以后,由于材料的截面积下降,其真实应力 σ 会继续增加,以致真实应力仍不断加大,直至最后断裂。由于真实应力应变曲线更符合塑性变形的实际情况,故在板料成形中被广泛采用。

几种不同材料的硬化曲线如图 8.3 所示,由于指数方程曲线与材料的实际硬化曲线较接近,故硬化曲线可表示如下:

$$\sigma = B\epsilon^n \quad (8.1)$$

式中 B 为系数, n 称为硬化指数。 B 与 n 决定于材料的种类和性能,可由实验方法得到。常用材料的 B 与 n 列于表 8.3 中。

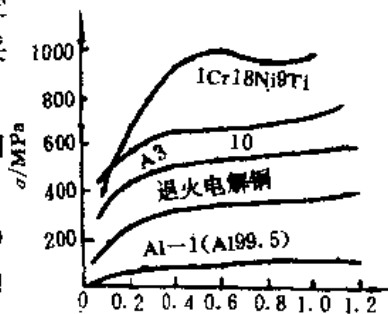


图 8.3 几种材料的硬化曲线

表 8.3 常用材料的 B 与 n 值

材 料	B/MPa	n
软 钢	710~750	0.19~0.22
H60 黄铜	990	0.46
H65 黄铜	760~820	0.39~0.44
铜	420~460	0.27~0.34
硬铝	320~380	0.12~0.13
铝	160~210	0.25~0.27

注:表中数据是退火材料在室温和低变形速度下试验求得的。

8.3.2 弯曲性能试验

弯曲性能采用反复弯曲试验方法,如图 8.4 所示。将板料试样夹紧在专用装置的钳口内,左右反复折弯 90° ,直到弯裂为止。折弯的弯曲半径越小,弯曲次数越多,表明板料的弯曲成形性能越好。

8.3.3 拉深性能试验

确定板料拉深性能可用冲杯法,如图 8.5 所示。板料试样被压紧在凹模和压边圈之间,凸模向上运动将试样拉深成形,即冲杯成形。试验时,逐渐增大试样直径 D ,测出杯体底部圆角附近不能拉裂时的最大试样直径 D_{max} ,并用下式计算极限拉深比 LDR 作为拉深成形性能指标。

$$LDR = \frac{D_{max}}{d_p} \quad (8.2)$$

式中 d_p ——凸模直径。

LDR 越大,板料的拉深成形性能越好。

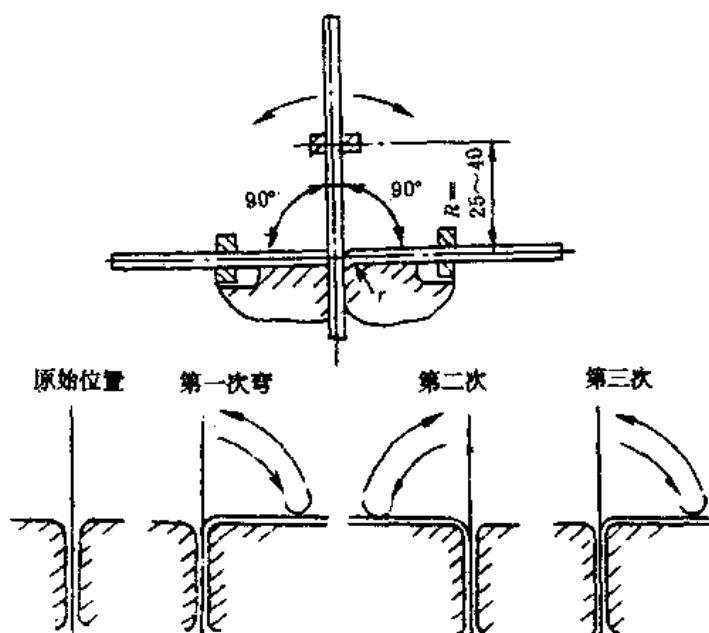


图 8.4 反复弯曲试验(GB235—82)

8.3.4 胀形性能试验

测定板料胀形成形性能时,广泛采用杯突试验,如图 8.6 所示。板料试样被压紧在凹模和压边圈之间,凸模向上运动,把试样胀成凸包,直到凸包破裂时停止试验,并将此时的凸包高度记作杯突试验值 IE,作为胀形性能指标。IE 值越大,板料的胀形成形性能越好。

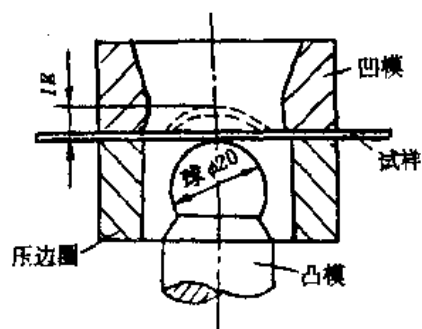


图 8.5 冲杯试验(JB4409.3—88)

8.3.5 拉深—胀形复合成形性能试验

像汽车覆盖件一类的复杂形状曲面零件,在成形时,毛坯的变形通常表现为“外部拉深,内部胀形”的复合形式。这种性能可用锥杯试验来测定。如图 8.7 所示,板料试样平放在锥形凹模内,通过钢球把试样冲成锥杯(锥杯的上部侧壁为拉深成形,底部球面为胀形成形),至杯底或其附近发生破裂时停止试验,测量杯口的最大直径 D_{max} 和最小直径 D_{min} ,并用下式计算锥杯试验值 CCV 作为拉深胀形复合成形性能指标。

$$CCV = (D_{max} + D_{min}) / 2 \quad (8.3)$$

CCV 值越大,拉深胀形成形性能越好。

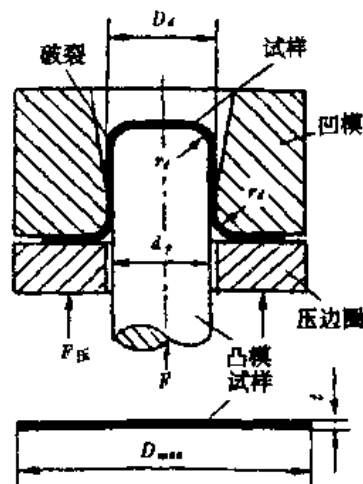


图 8.6 杯突试验(GB4156-84)

8.4 几个基本概念

8.4.1 体积不变条件

实践证明,塑性变形时,物体主要发生形状的改变,而体积的变化很微小,可以忽略不计,即认为塑性变形体的体积保持不变,为一常量。或者说,物体塑性变形前的体积等于变形后的体积。这就是塑性变形的体积不变条件。

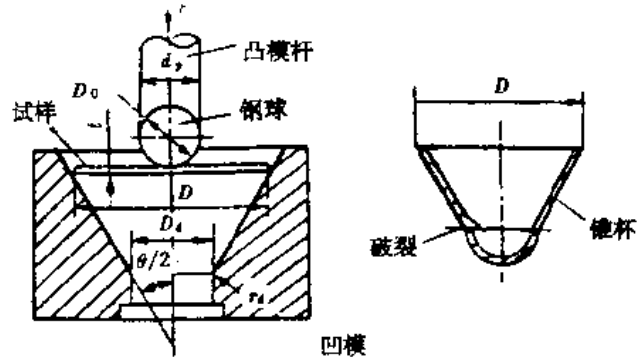


图 8.7 锥杯试验(JB44909·6-88)

8.4.2 加工硬化

金属板材的冲压成形过程是一个塑性变形的过程,而且一般在常温下进行。对于常用的金属材料,在常温下的塑性变形过程中,随着变形程度的增加,其变形抗力(即每一瞬时的屈服应力)、强度和硬度是不断增高的;与此同时,塑性则不断降低,这种现象称为加工硬化。

材料的加工硬化对冲压工艺有很大影响。由于抗力增加需要的冲压变形力增加,同时由于塑性降低,限制了毛坯的进一步变形,则有可能会需要增加消除硬化的退火工序,才能使塑性变形得以继续进行。另一方面,加工硬化可以减小局部变形,即提高抗颈缩失稳的能力,使变形趋向均匀,增大了成形极限。另外,加工硬化还可用来强化金属,提高冲压件的强度,以满足产品的使用要求,这是它有利的一面。

8.4.3 塑性和变形抗力

所谓塑性,是指固体金属在外力作用下发生塑性变形而不破坏其完整性的能力。变形抗力则是金属抵抗变形之力。

塑性和变形抗力,是两个不同的概念。塑性反映了材料变形的能力,变形抗力反映了材料变形的难易程度。而金属的软硬是变形抗力的标志,与塑性没有直接的关联。

塑性和变形抗力对金属材料来说不是固定不变的。同一种材料,在不同的变形温度、变形速度和应力状态下会表现出不同的塑性和变形抗力。也就是说,塑性和变形抗力不仅取决于金属材料本身,还取决于当时的变形条件。

8.4.4 成形极限

在冲压成形过程中,材料的最大变形限度称为成形极限。对于不同的成形工序,成形极限应采用不同的极限变形系数来表示。例如弯曲工序的最小相对弯曲半径 $(\frac{r}{t})_{\min}$,拉延工序的极限拉延系数 m 等等。这些极限变形系数可以在各种冲压手册中查到,也可通过实验求

得。

习题与思考题

1. 试述冷冲压的适用范围和工序分类。
2. 冷冲压与传统加工工艺比较有何特点？
3. 加工硬化对塑性加工有什么影响？
4. 哪些材料适用于冷冲压？
5. 影响金属的塑性和变形抗力有哪些因素？
6. 常用的板料冲压性能的试验方法有哪些？

第9章 冲 裁

冲裁是利用模具使板料产生分离的冲压工序。从广义上说,冲裁是分离工序的总称,但一般来说,冲裁主要是指落料和冲孔工序。从板料上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。如图 9.1 所示的垫圈系由落料与冲孔两道工序完成的。

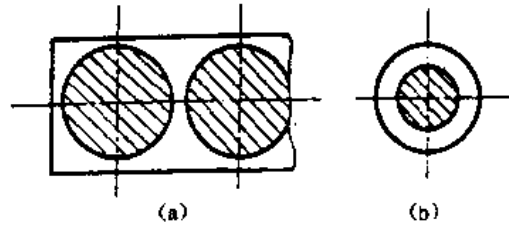


图 9.1 垫圈的落料与冲孔
(a) 落料; (b) 冲孔

冲裁的用途极广,既可直接冲出成品零件又可为弯曲、拉深、成形等工序制备毛坯,也可在已成形的冲压件上进行切口、剖切、修边等冲压加工。

根据变形机理的不同,冲裁可以分为两类:普通冲裁和精密冲裁。本章主要研究在生产中广泛应用的普通冲裁。

9.1 冲裁过程变形分析

9.1.1 剪切区应力状态分析

如图 9.2 所示为普通冲裁示意图。普通冲裁模的工作部分有两个基本特征:一是凸、凹模具有锋利的刃口;二是凸、凹模之间具有一定的间隙 C 。

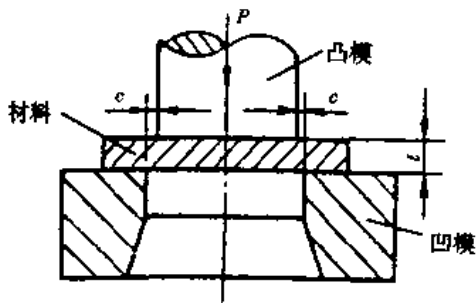


图 9.2 冲裁示意图

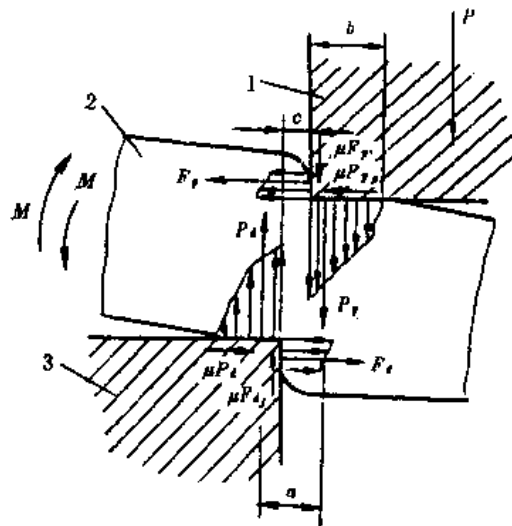


图 9.3 冲裁时板料的受力
1—凸模; 2—板料; 3—凹模

如图 9.3 所示为冲裁时,板料的受力情况。其中: P_p 、 P_d ——凸、凹模对材料的垂直作用

力; F_p, F_d ——凸、凹模对材料侧面的作用力; $\mu P_p, \mu P_d$ ——凸、凹模端面对材料的摩擦力; $\mu F_p, \mu F_d$ ——凸、凹模侧面对材料的摩擦力。

由于凸、凹模之间存在间隙 C , 使凸、凹模的垂直作用力 P_p 与 P_d 不在一直线上, 因而产生弯矩 M 。弯矩 M 使材料产生穹弯, 并与侧压力 F_p, F_d 所形成的弯矩 M 平衡。材料穹弯的结果, 使材料与模具仅在刀口附近狭小区域内保持接触, 并造成材料受到的压力呈不均匀分布, 随着凸模下压使材料受到的压力迅速增大。

9.1.2 冲裁变形过程

冲裁变形过程如图 9.4 所示, 大致可以分为三个变形阶段:

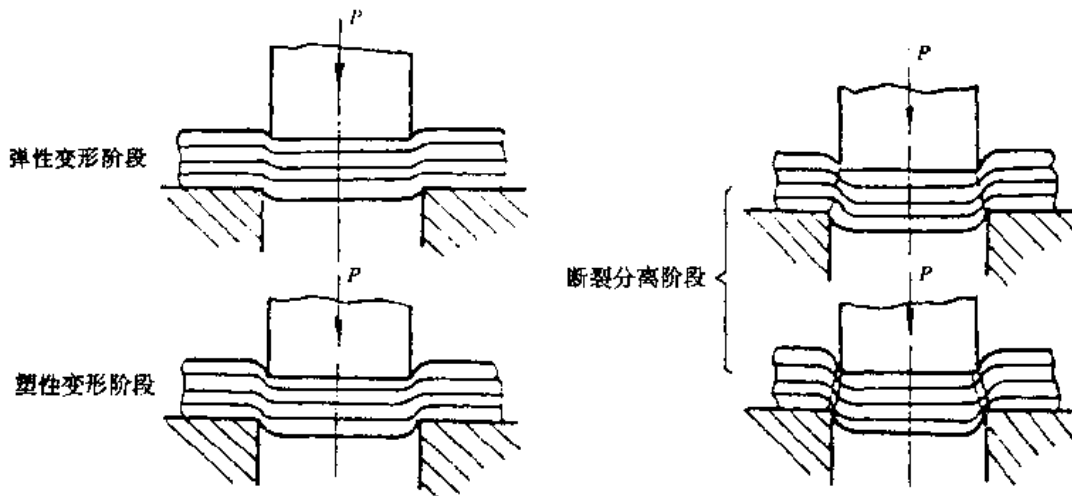


图 9.4 冲裁过程

1. 弹性变形阶段

凸模开始对材料加压, 由于弯矩 M 的作用, 材料不仅产生弹性压缩且有穹弯, 并稍微压入凹模腔口。此阶段材料内的应力状态未满足塑性条件, 处于弹性变形阶段。

2. 塑性变形阶段

因毛坯的穹弯, 凸模沿环形带 b 继续对材料加压, 当材料内的应力状态满足塑性条件时, 产生塑性变形。在塑剪变形的同时还伴有纤维的穹弯与拉伸。随着变形的增加, 刃口附近产生应力集中, 直到应力值达最大值(相当于材料的抗剪强度)。

3. 断裂阶段

当刃口附近应力达破坏应力, 先后在凹、凸模刃口侧面产生裂纹, 裂纹产生后沿最大剪应力方向向材料内层发展, 使材料分离。

在冲裁过程中, 冲裁力~行程曲线的形状与材料的性能有关。材料性能不同, 冲裁力曲线形状也不同。如图 9.5 所示为低

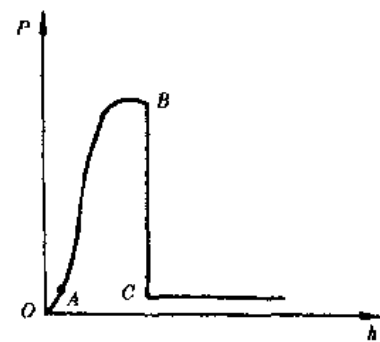


图 9.5 冲裁力~凸模行程曲线

塑性材料的冲裁力~行程曲线。OA为弹性变形阶段,AB是塑性变形阶段,B点以后为断裂阶段。B点产生裂纹,C点材料分离,C点以后克服摩擦把冲件从凹模内推出。可以看出,冲裁力的变化是非常急剧的,因此,冲裁时模具和设备必然会受到冲击作用,并发出噪音。

9.1.3 冲裁断面特征

冲裁断面可以明显地分为塌角、光亮带、断裂带和毛刺四个部分,如图9.6所示。塌角(或称圆角带)是当凸模压入材料时,刃口附近的材料被牵连拉入变形的结果。在大间隙和软材料冲裁时,塌角尤为明显。光亮带是塑性变形阶段刃口切入板料后,材料被模具侧面挤压而形成的表面。光亮带光滑垂直,是冲裁断面上质量最好的部分,通常光亮带占板厚的 $1/2 \sim 1/3$ 。塑性好的材料,其光亮带大。光亮带的大小还与模具间隙及刃口状态等条件有关。断裂带是在断裂阶段由刃口处的裂纹在拉力作用下,不断扩展而形成的撕裂面。断裂带表面粗糙,略呈锥度,不与板面垂直。塑性差的材料,断裂带大。毛刺是伴随裂纹的出现而产生的。由于微裂纹产生位置并非对着刃口,而是在离刃口不远的侧面上。因此,冲裁断面必然会有毛刺。当间隙不合适,或刃口变钝时,会产生大的毛刺。

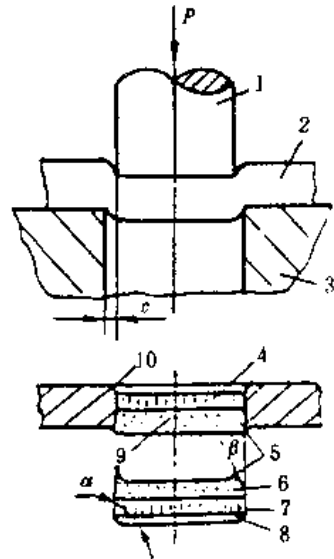


图9.6 冲裁断面的特征
1—凸模;2—板料;3—凹模;
4、7—光亮带;5—毛刺;6、9—
断裂带;8、10—塌角

冲裁断面上各个特征区域在整个断面上所占的比例,不是一成不变的,它随材料的性能、厚度、模具间隙、结构及刃口状态等而变化。

9.2 冲裁间隙

冲裁间隙是指凸模与凹模刃口之间缝隙的距离。用符号C表示单面隙(见图9.6)。生产中常以Z表示直径(双边)上的间隙数值。间隙对冲裁件质量、冲模寿命等影响很大,是冲裁工艺与模具设计中的一个重要参数。

9.2.1 间隙对冲裁质量的影响

冲裁件质量包括冲裁断面质量、尺寸精度和弯曲度等三个方面。现分别讨论间隙对这三个方面的影响。

1. 间隙对冲裁断面质量的影响

间隙合适,上、下裂纹相遇重合,如图9.7(b)所示。此时,断面虽有一定的斜度,但比较平直、光洁,光亮带约占板厚的 $1/3$,塌角、毛刺、斜度也不大,可以满足一般冲裁件的质量要求。

间隙过小时,裂纹向外错开,如图

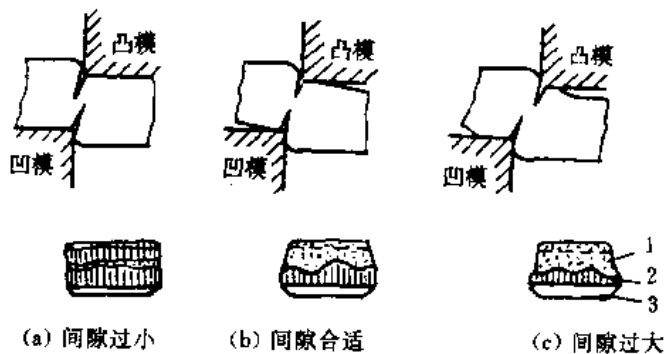


图9.7 间隙对冲裁件断面质量的影响

1—断裂带;2—光亮带;3—塌角

9.7(a)所示。裂纹之间的材料将产生二次剪切,形成第二个光亮带,还可能产生夹层,在端面出现挤长的毛刺,但毛刺易去除,且冲件较平整,断面垂直。只要夹层不很深,仍可使用。

间隙过大时,材料的拉应力增大,容易产生裂纹,塑性变形阶段较早结束,而且裂纹向里错开,如图9.7(c)所示。最终靠拉断,实现材料分离。因此断面光亮带小,断裂带大,毛刺、塌角、斜度都大,有时还会出现两个锥角。

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 δ 愈小,精度愈高。这个差值包含两个方面的偏差:一是冲裁相对凸模或凹模尺寸的偏差;二是模具本身的制造偏差。

在模具制造精度一定的前提下,冲裁件与凸、凹模尺寸产生偏差的原因是,工件从凹模推出(落料件)或从凸模上卸下(冲孔件)时,发生弹性恢复造成的。

当间隙较大时,材料的拉伸变形大,冲裁后,弹性恢复使制件外径收缩,冲孔孔径扩张,其结果落料件尺寸小于凹模尺寸,冲出的孔径大于凸模(见图9.8)直径。但工件弯弯的弹性恢复方向与以上相反,故偏差值是两者的综合结果。

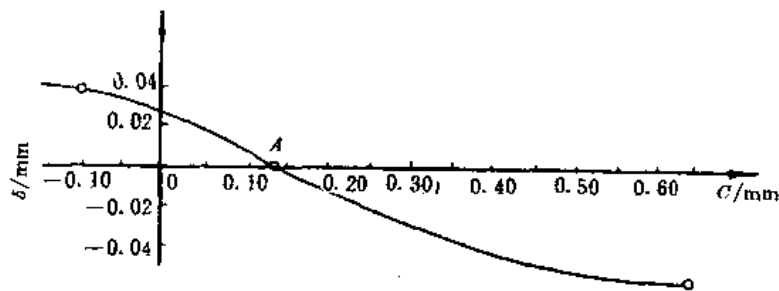


图9.8 间隙对落料件尺寸的影响(材料:钢,厚2.2mm,孔径60mm)

当间隙较小时,材料的侧向挤压变形大,冲裁后,弹性恢复使落料件外径扩张,冲出的孔径收缩,其结果落料件尺寸大于凹模尺寸,冲孔孔径小于凸模直径(见图9.9)。此外,尺寸的变化还与材料性质、厚度、轧制方向等因素有关。

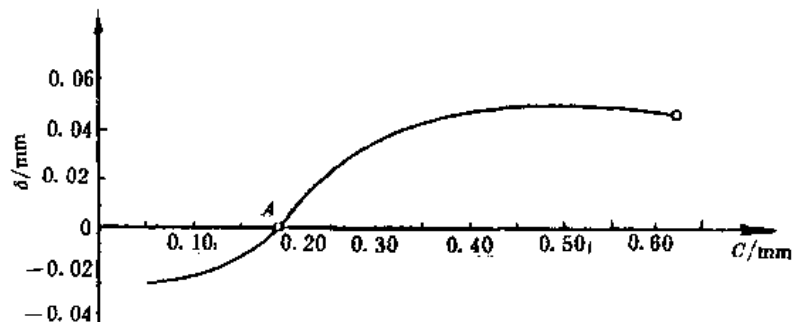


图9.9 间隙对冲孔件尺寸的影响(材料:钢,厚2.2mm,孔径30mm)

3. 间隙对弯曲度(h)的影响

间隙对弯曲的影响如图9.10所示。通常间隙愈大,弯曲愈严重。为了减小弯曲度,可在模具上加压料板,或在凸模下面加反向压板。当冲压件平整要求高时,须另加校平工序。

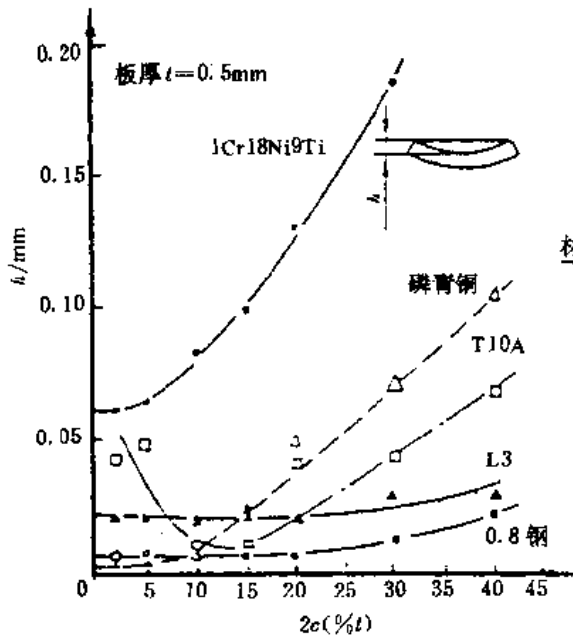


图 9.10 间隙对弯曲度的影响

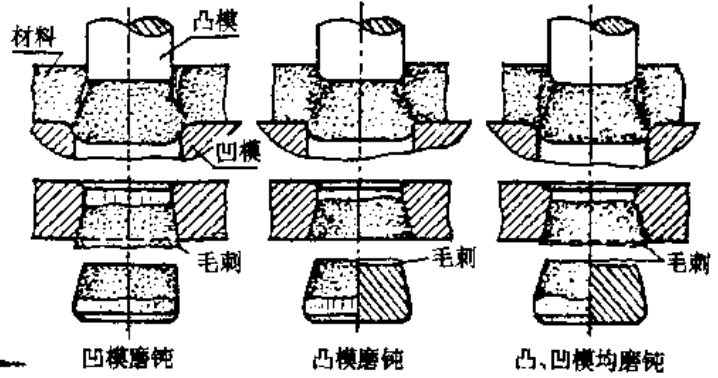


图 9.11 凸、凹模磨钝的情况

9.2.2 间隙对模具寿命的影响

模具的损坏是磨钝与崩刃。当凸、凹模刃口磨钝后，即使间隙值合理，也将在制件上产生毛刺。如图 9.11 所示，凸模磨钝时，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。故减少模具磨损、提高模具寿命是冲压生产中重要的问题之一。

凸模、凹模刃口磨钝后，会使冲裁件的毛刺增大，尺寸精度和断面质量下降，还会增加冲裁能量。当刃口磨损到一定程度后，冲裁模就不能正常工作，这时必须刃磨，或更换模具零件，甚至模具报废。

当模具间隙减小时，接触面上的单位作用力增大，刃口磨损也就加剧。同时，间隙小时，光亮带增大，刃口与材料的磨擦距离增长，这也增加了刃口的磨损量。因此，为了提高模具的寿命，在不影响加工工件质量的前提下，可适当采用大的间隙。大量生产实践表明，采用大的间隙，可以大幅度提高模具寿命，一般可比小间隙时提高 2 倍~3 倍，经济效益十分显著。

9.2.3 间隙对冲裁力的影响

间隙增大，材料所受的拉应力增大，材料容易断裂分离，冲裁力有一定程度的降低。继续增大间隙值，会因从凸、凹模刃口处产生的裂纹不相重合的影响，冲裁力下降变缓。当单位间隙介于料厚的 5%~20% 时，冲裁力的降低并不显著（不超过 5%~10%）。间隙减小，材料所受拉应力减小，压应力增大，材料不易产生撕裂，使冲裁力增大。在间隙合理情况下，冲裁力最小。

间隙对卸料力、推件力或顶件力的影响比较显著。间隙增大后，从凸模上卸料或从凹模孔中推料都省力。一般当单向间隙增大到料厚的 15%~25% 时，卸料力几乎为零。但当间隙继续增大时，因毛刺增大等因素，会引起卸料力、顶件力迅速增大。

9.2.4 合理间隙值的确定

确定凸、凹模合理间隙有理论确定法和经验确定法等两种方法。理论计算方法在生产中使用不便,故目前常用的是经验确定法。在生产实践中,经验确定法有以下两种:

1. 查表法

对于汽车、拖拉机行业采用的大间隙,查阅表 9.1 所列;对于电器仪表行业采用的小间隙,查阅表 9.2 所列的。这里的初始间隙即最小合理间隙,初始间隙的最大值考虑到凸、凹模制造公差所增加的数值。

2. 经验法

选用合理间隙值的原则是:对于断面垂直度、尺寸精度要求不高的零件,在保证零件要求的前提下,应以降低冲裁力,提高模具寿命为主,采用大间隙值;而对于断面垂直度、尺寸精度要求较高的零件,应选用较小的间隙值。

表 9.1 冲裁模初始双边间隙 Z (mm)

材料厚度 mm	08,10,35,09Mn,Q235		16Mn		40, 50		65Mn	
	Z_{min}	Z_{max}	Z_{min}	Z_{max}	Z_{min}	Z_{max}	Z_{min}	Z_{max}
小于 0.5	初 始 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	0.230		
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	0.640	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、石棉和纸板时,间隙取 08 钢的 25%。

表 9.2 冲裁模初始双面间隙 Z

(mm)

材料厚度 mm	软 铝		紫铜、黄铜、软钢 (C0.08%~0.2%)		杜拉铝、中等硬钢 (C0.3%~0.4%)		硬 钢 (C0.5%~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	0.060	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	0.190	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	0.495	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	0.810	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。

9.3 凸、凹模刃口尺寸

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) 落料制件尺寸决定于凹模尺寸，冲孔时孔的尺寸决定于凸模尺寸。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，凹模公称尺寸应取工件尺寸公差范围内的较小尺寸；设计冲孔模时，凸模公称尺寸则应取工件孔的尺寸公差范围内的较大尺寸。这样，在凸、凹模磨损到一定程度的情况下，仍能冲出合格零件。凸、凹模间隙则取最小合理间隙值 Z_{\min} 。

(3) 确定冲模刃口制造公差时，应考虑制件的公差要求。如果对刃口精度要求过高（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；如刃口精度要求过低（即制造公差过大），则生产出来的零件可能不合格，或使模具的寿命降低。

实际生产中电火花加工冲模得到了广泛的应用，已成为模具加工的一种主要方法。冲模的电火花加工属于配合加工的一种工艺，即一般都是在凸模上标注尺寸和制造公差，凹模只标明：与凸模配合加工，保证最小间隙。凹模尺寸按凸模实际尺寸配制，保证双面间隙值如 Z_{\max} 。

9.4 冲裁工艺力

冲裁工艺力包括分离材料所需的冲裁力以及卸料力、推件力和顶件力。

计算冲裁工艺力的目的是选择冲压设备和设计模具提供依据。

9.4.1 冲裁力的计算

冲裁时所需的压力称为冲裁力，生产中用平刃口模具冲裁，其冲裁力可按下式计算：

$$P = K L t \tau \quad (9.1)$$

式中 P ——平刃口冲裁力(N)；

L ——冲裁周长(mm)；

t ——材料厚度(mm)；

τ ——材料抗剪强度(MPa)；

σ_b ——材料抗拉强度(MPa)；

K ——安全系数,一般取 $K=1.3$ 。它考虑到模具刃口磨损变钝、凸模与凹模间隙不均匀,材料性能和厚度偏差波动等因素。

为了计算简便,也可按下式估算冲裁力。

$$P=Lt\sigma_s \quad (9.2)$$

9.4.2 降低冲裁力的方法

冲裁高强度材料或厚料和大尺寸工件时,需要的冲裁力较大。如果冲裁超过车间现有的压力机的吨位,就必须设法降低冲裁力。常用的方法如下:

1. 加热冲裁

材料在加热状态下剪切强度大大下降,因而可以降低冲裁力。但材料加热后会产生氧化皮,还会产生变形,故此法只适用于厚板或工件表面质量及精度要求不高的工件。

2. 阶梯布置凸模冲裁

在多凸模的冲模中,将凸模设计不同高度,呈阶梯布置,如图 9.12 所示,可使各个凸模

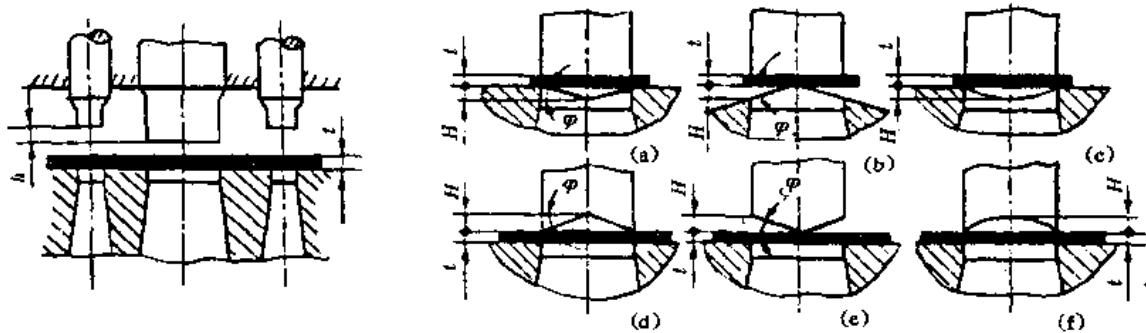


图 9.12 阶梯形布置凸模

冲裁力的最大值不同时出现,从而降低了总的冲裁力。

3. 斜刃口模具冲裁

平刃口冲裁时,整个刃口平面同时接触板料,而斜刃口模具冲裁时,如图 9.13 所示,由于刃口是倾斜的,冲裁时刃口不是同时切入,而是逐步冲切材料,这样相当于减小了冲切断面积,因而能降低冲裁力。

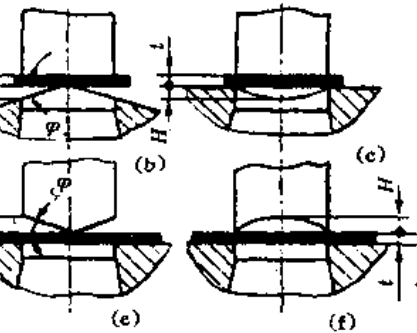
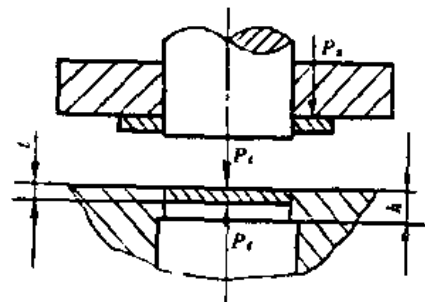


图 9.13 各种斜刃形式

9.4.3 卸料力、推件力和顶件力

冲裁后,冲下的工件(或废料)由于弹性恢复而扩张,会梗塞在凹模洞口内。同样,废料(或工件)上冲出的孔会因弹性收缩而箍紧在凸模上。从凸模上将废料(或工件)卸下来的力叫卸料力 P_x ;从凹模内顺冲裁方向把工件(或废料)推出的力叫推件力 P_t ;逆冲裁方向将工件(或废



9.14 卸料力、推件力和顶件力作用方向

料)从凹模内顶出的力叫顶件力 P_d ,如图 9.14 所示。

一般用下列经验公式计算:

$$\text{卸料力 } P_x = K_x P \quad (9.3)$$

$$\text{推件力 } P_t = K_t P n \quad (9.4)$$

$$\text{顶件力 } P_d = K_d P \quad (9.5)$$

式中 P_x, P_t, P_d ——分别是卸料力、推件力和顶件力(N);

K_x, K_t, K_d ——分别是卸料力、推件力、顶件力的系数,可查阅表 9.3;

P ——冲裁力(N);

n ——梗塞在凹模内的工件数, $n = h/t$, h 为凹模直壁高度(mm), t 为板料厚度(mm)。

表 9.3 系数 K_x, K_t, K_d 的数值

材料及厚度/mm	K_x	K_t	K_d	
钢	≤ 0.1	0.065~0.075	0.1	0.14
	$> 0.1 \sim 0.5$	0.045~0.05	0.065	0.08
	$> 0.5 \sim 2.5$	0.04~0.05	0.055	0.06
	$> 2.5 \sim 6.5$	0.03~0.04	0.045	0.05
	> 6.5	0.02~0.03	0.025	0.03
铝、铝合金	0.025~0.08	0.03~0.07		
紫铜、黄铜	0.02~0.06	0.03~0.09		

注: K_x 在冲多孔、大搭边和轮廓复杂件时取上限。

9.4.4 压力机压力的选择

冲裁时,为安全起见,压力机的标称压力必须大于冲裁时的总冲压力 P_{Σ} ,即冲裁力、卸料力、推件力、顶件力之和。在具体选择压力机时,这些力是否都应考虑进去,则应根据模具的结构型式进行具体分析,如图 9.15 所示。

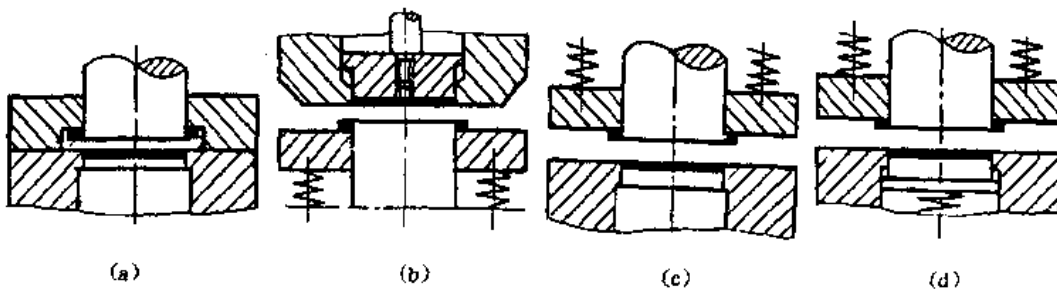


图 9.15 不同模具的结构型式

当采用刚性卸料板的结构型式(见图 9.15(a))时,

$$P_{\Sigma} \geq P + P_x \quad (9.6)$$

当采用刚性顶件,弹性卸料的倒装模结构型式(见图 9.15(b))时,

$$P_{\Sigma} \geq P + P_x \quad (9.7)$$

当采用弹性卸料板的结构型式(见图 9.15(c))时,

$$P_{\text{总}} \geq P + P_r + P_t \quad (9.8)$$

当采用弹性顶件和弹性卸料的结构型式(见图 9.15(d))时,

$$P_{\text{总}} \geq P + P_r + P_d \quad (9.9)$$

9.5 排样与搭边

9.5.1 材料的经济利用

在冲压产生中,冲压大工件一般采用单个的块料作为毛坯;冲压较小的工件时,为了便于操作和提高生产率,通常采用板料裁成的条料作为毛坯。

冲裁件在条料上的布置方法叫排样。排样是否合理直接影响到材料的经济利用。材料的利用率用下式表示:

$$\eta = \frac{A_0}{A} \times 100\% \quad (9.10)$$

式中 η ——材料利用率;

A_0 ——工件的实际面积;

A ——所用材料面积,包括工件面积和废料面积。

由上式可见,若减少废料面积,就可以提高材料的利用率。

在冲压零件的成本中,材料费用一般占 60% 以上。因此设法减少废料,提高材料利用率具有十分重要的经济意义。

冲裁产生的废料分为工艺废料和结构废料两种,如图 9.16 所示。工艺废料是由于工件与工件之间和工件与条料侧边之间有搭边存在,以及不可避免的料头而产生的废料,它的多少取决于冲压方法和排样方式。结构废料是由于工件有内孔存在而产生的废料,它与零件的形状有关,一般不能改变。所以,只有减少工艺废料着手,进行合理的排样,才能提高材料的利用率。

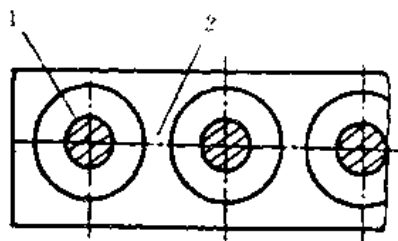


图 9.16 废料分类
1—结构废料; 2—工艺废料



图 9.17 排样方式

如图 9.17(a) 所示的排样方式(单排直排法),材料利用率只有 53%,若采用如图 9.17(b) 所示的排样方式(直对排样法)就可提高到 68.5%,故材料利用率与排样方式有着直接关系。

9.5.2 排样方法

排样方法可以分为下列三类:

(1) 有废料排样 是指沿工件全部外形冲裁,工件周边都留有搭边的排样,如图 9.18

(a)所示。这种排样的缺点是材料利用率低,但有了搭边能保证冲裁件的质量,模具寿命也高。

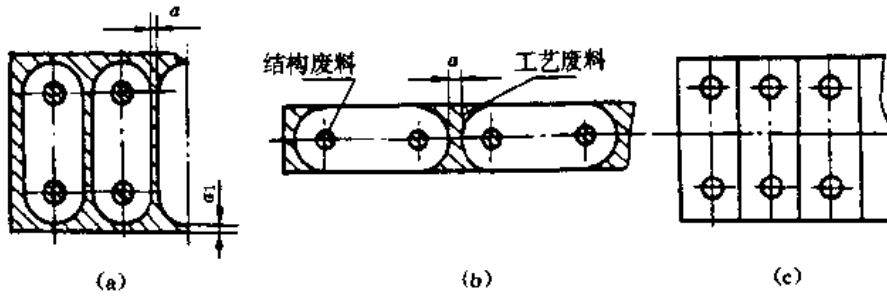


图 9.18 三类排样方法

(a) 有废料排样; (b) 少废料排样; (c) 无废料排样

(2) 少废料排样 是指工件部分外形冲裁,只有局部有搭边的排样,如图 9.18(b)所示。

(3) 无废料排样 是指工件与工艺之间及工件与条料侧边之间均无搭边的排样。条料与直线或曲线的切断而得到工件,如图 9.18(c)所示。

少、无废料排样的缺点是工件质量较差,模具寿命不高。但这两类排样可以节省材料,还具有简化模具结构、降低冲裁力和提高生产率等优点。

上述三类排样方法,按工件的外形特征又可分为直排、斜排、直对排、斜对排、混合排、多行排及搭边等多种形式。各种排样形式的分类详见表 9.4。

表 9.4 排样方式

	有废料排样	少、无废料排样
直排		
斜排		
直对排		
斜对排		
混合排		

	有废料排样	少、无废料排样
多行排		
裁搭边		

9.5.3 搭边

排样时,工件之间及工件与条料侧边之间的余料叫搭边。搭边的作用是补偿定位误差,保证冲出合格的工件。搭边还可以保持条料有一定的刚度,便于送料,另外,搭边还可以保护模具刃口,延长其使用寿命。

搭边值要合理确定。搭边值过大,材料利用率低。搭边值过小,在冲裁时会被拉断,使工件产生大的毛刺,有时还会拉入模具间隙中,损坏模具刃口,降低模具寿命。搭边值的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些。软材料、脆性材料的搭边值要大一些。
- (2) 工件的形状与尺寸 工件尺寸大或有尖突的复杂形状时,搭边值要取得大一些。
- (3) 材料厚度 厚材料的搭边值应取得大一些。
- (4) 送料方式及挡料方式 用手工送料、一有侧压板导向的搭边值可以小一些。

搭边值是由经验确定的。表 9.5 所列为搭边值,供设计时参考。

表 9.5 搭边 a 和 a_1 的数值(低碳钢)

	圆件及圆角 ($r > 2t$)		矩形件边长 ($l \leq 50\text{mm}$)		矩形件边长 ($l > 50\text{mm}$ 或圆角 $r \leq 2t$)	
t/mm						
	工件间 a_1/mm	沿边 a/mm	工件间 a_1/mm	沿边 a/mm	工件间 a_1/mm	沿边 a/mm
0.25 以下	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0
0.25~0.5	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5
0.5~0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
0.8~1.2	0.8	1.0	1.2	1.5	1.5	1.8
1.2~1.6	1.0	1.2	1.5	1.8	1.8	2.0
1.6~2.0	1.2	1.5	1.8	2.5	2.0	2.2

续表

	工件间 a_1/mm	沿边 a/mm	工件间 a_1/mm	沿边 a/mm	工件间 a_1/mm	沿边 a/mm
2.0~2.5	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	2.5
2.5~3.0	1.8	2.2	2.2	2.5	2.5	2.8
3.0~3.5	2.2	2.5	2.5	2.8	2.8	3.2
3.5~4.0	2.5	2.8	2.5	3.2	3.2	3.5
4.0~5.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5
5.0~12	0.6 t	0.7 t	0.7 t	0.8 t	0.9 t	0.9 t

注: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、紫 1.2;铝 1.3~1.4;非金属 1.5~2。

习题与思考题

1. 冲裁时为什么有“穹弯”现象存在?
2. 试讨论冲裁间隙的大小与冲裁断面质量的关系。
3. 试分析冲裁间隙对冲制件质量、冲裁力和模具寿命的影响?
4. 怎样降低冲裁力?
5. 冲裁断面分为哪几部分? 分别是如何形成的?
6. 刃口尺寸的计算原则是什么?
7. 排样应考虑哪些因素? 有几种排样方法?

第 10 章 冲裁模的结构与设计

10.1 冲裁模的分类和基本构造

10.1.1 冲裁模的分类

随着冷冲压技术的发展和新型模具材料的出现,模具结构也发生了一定的变化。虽然模具结构类型很多,但对其基本要求是一致的。即不仅能冲出合格工件,适应生产批量的需要,而且要求操作方便、生产安全、寿命长、制造和维修方便、成本低等。

为了研究方便,对冲裁模可按不同的特征进行分类:

- (1) 按工序种类可分为落料模、冲孔模、切断模、切口模、切边模、剖切模等;
- (2) 按工序组合程度可分为单工序模、复合模和级进模;
- (3) 按有无导向装置和导向方式可分为无导向的开式模和有导向的导板模、导柱模、导筒模;
- (4) 按自动化程度可分为手工操作模、半自动模、自动模。

10.1.2 冲裁模的基本构造

尽管模具结构多种多样,但所有的模具都可以找出它们共同本质的东西来,抓住了模具的这些共同部分后,无论是分析一个模具的结构时,还是设计一个模具时,都不会不知如何着手了。如图 10.1 所示为手工送料、构件比较齐全的冲制垫圈的复合模,其结构由以下几部分组成:

(1) 工作部分 凸模 1、凹模 2、凸凹模 16 即为工作部分。其功能是完成材料的分离。零件质量及尺寸精度主要靠该部分来保证。

(2) 定位及挡料部分 活动挡料销 13、固定导料销 14、活动导料销 20 即为定位及挡料部分。其功能是确定条料在冲模中的正确位置。

(3) 卸料及推件装置 弹性卸料板 15、打杆 9、推块 10、推杆 11、推件器 12、弹簧 21 即为卸料及推件装置。其功能是把箍在凸凹模外围的条料卸下来,把梗塞在凹模内的零件推出来,保证冲压继续正常进行。

(4) 导向装置 导柱 3、导套 4 为导向装置。其功能是保证上、下模正常运行,使之不产生位置偏移。

(5) 连接固定部分 凸模固定板 5、垫板 6、上模板 7、模柄 8、凸凹模固定板 17、垫板 18、下模板 19 以及所有紧固件均为连接固定部分。其功能是连接和紧固各零部件,使之成为一个完整的整体。

以上 5 部分也可按其功能分为两大类零件:

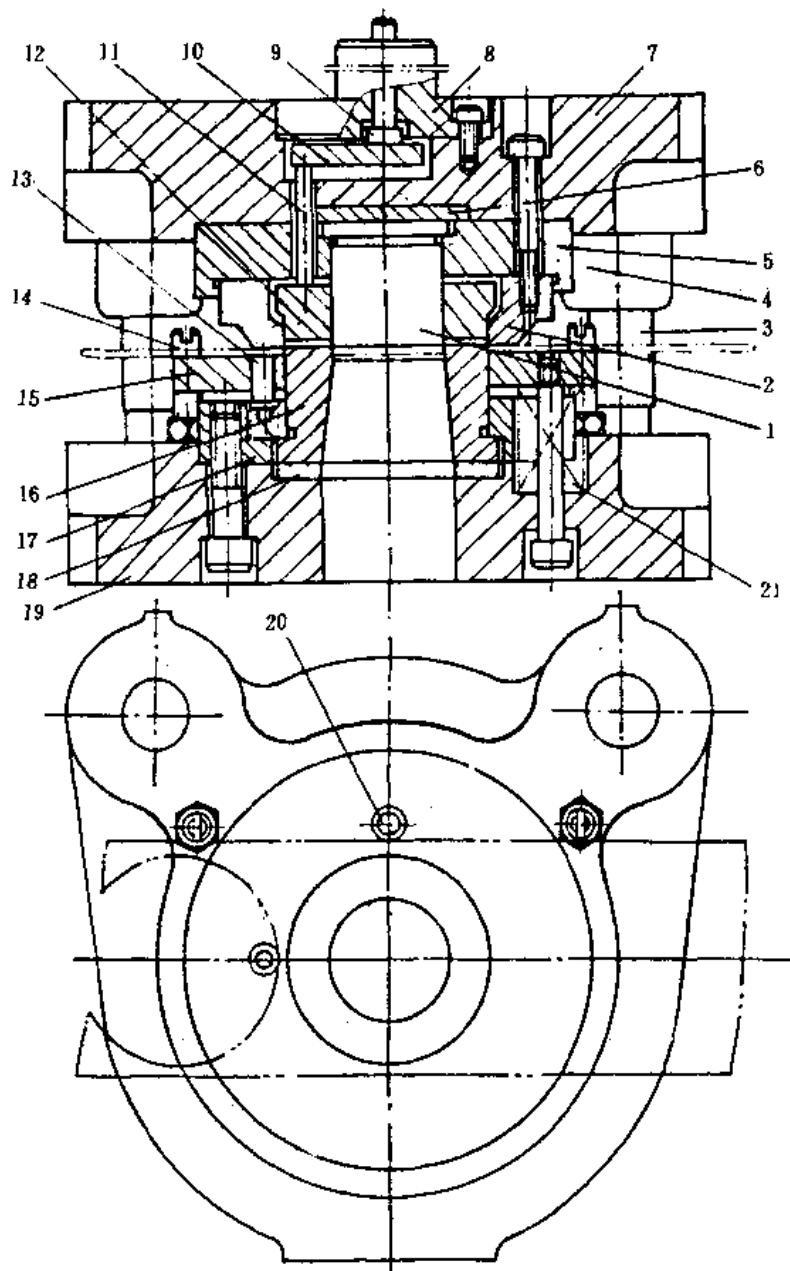


图 10.1 复合模

1—凸模；2—凹模；3—导柱；4—导套；5—凸模固定板；6—垫板；7—上模板；8—模柄；9—打杆；
10—推块；11—推杆；12—推件器；13—活动挡料销；14—固定导料销；15—弹性卸料板；
16—凸凹模；17—凸凹模固定板；18—垫板；19—下模板；20—活动导料销；21—弹簧

(1) 工艺结构零件 这类零件直接参与完成工艺过程,并和坯料直接发生作用,包括:工作零件、定位及挡料、卸料及推料零件。

(2) 辅助结构零件 这类零件是完成工艺过程的可靠保证,包括导向、连接固定部分零件。

通常把装在上模板的全部零件称为上模部分,装在下模板的全部零件称为下模部分。

为了简化模具设计,提高模具质量,节约人力、物力,降低模具成本,我国国家标准总局制定了12种标准模架。模架由模柄、上模板、下模板、导柱、导套等零件组成。它是整个模具的基础,所有的零件都安装在模架上。目前已有许多专用模具厂生产模架,这就大大缩短了

模具设计、制造周期。

10.2 冲裁模典型结构分析

10.2.1 单工序模

单工序模又称简单模,是指在压力机的一次行程内,只完成一个冲压工序的模具。

1. 落料模

如图 10.2 所示为无导向简单落料模。模具的上模由模柄 1、凸模 2 组成。通过模柄安装在压力机的滑块上作往复运动。下模由卸料板 3、导尺 4、凹模 5、下模板 6、定位板 7 组成,通过下模板安装在压力机的工作台上。模具的上、下模之间没有直接导向关系。

工作时,条料沿导尺送进,由定位板控制进距。凸模冲下工件并将工件从凹模推出,工件从压力机的台面孔漏下,箍紧在凸模上的废料由刚性卸料板卸下。

无导向简单模的特点是结构简单、重量较轻、尺寸较小,模具制造简单、成本低廉。但是由于模具依靠压机导板导向,使用时安装调整麻烦,模具寿命低,工作精度差,操作也不安全。

无导向简单模适用于精度要求不高、形状简单、批量小或试制的冲裁件。

如图 10.3 所示为导柱式简单落料模。模具的上模主要由模柄 4、上模板 6、凸模 5、凸模固定板 7、导套 2 组成。下模主要由刚性卸料板 8、凹模 9、下模板 10、挡料销 3、导柱 1 组成。上、下模利用导柱 1、导套 2 的滑动配合导向。虽然采用导柱、导套导向会加大模具轮廓尺寸,使模具笨重,增加模具成本,但导柱导套系圆柱形结构,制造不复杂,容易达到高的精度,且可进行热处理,使导向面具有高的硬度,还可制成标准件。所以,用导柱导套导向比导板可靠,导向精度高,使用寿命长,更换安装方便,故在大量和成批生产中广泛采用导柱式冲裁模。

2. 冲孔模

冲孔模等的基本原理与简单落料模是相似的。但由于工件的尺寸、形状特点不同,因而在模具结构上也有较大的差异。

如图 10.4 所示为带导板导向的冲孔模。该模的上模与下模依靠凸模 10 与导板 5 的动

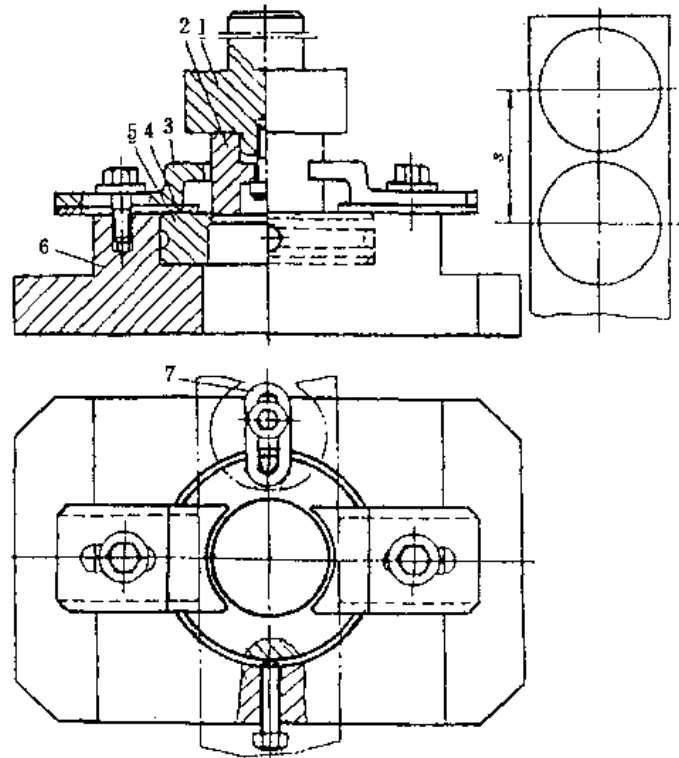


图 10.2 无导向简单落料模

1—模柄;2—凸模;3—卸料板;4—导尺;
5—凹模;6—下模板;7—定位板

配合导向。导板兼作刚性卸料板。冲孔废料由凸模从凹模 1 内推出,并从压机台孔中漏下。

考虑到工件长度较长,两排孔距较大,而孔位以下工件两端为基准,且离两端较近,故可把模具设计成调头冲的结构。毛坯以定位板 4 定位,冲完一排孔后,再调头冲另一排孔。这种调头的模具比整体冲的模具尺寸大为减小,并可降低裁力 50%,可使用较小吨位的压力机。

10.2.2 连续模

压力机一次行程中,在一副模具的不同位置(工位)上同时完成两道或多道工序的冲模,称为连续模(又称级进模或跳步模)。连续模属于多工序模。

用连续模冲制零件,解决条料的准确定位和送进问题,是连续模设计中的主要问题。

连续模按条料排样的形状、工步排列顺序和定位型式不同,其结构有别。

如图 10.5 所示为冲孔、落料二工步连续冲裁模。模具的特点是采用了固定挡料销和导正销的定位结构。第一工步为冲孔,条料由临时挡料销 10 定位。冲孔完毕,条料送进一个步距至第二工步落料,由固定挡料销 1 对条料作初始定位。落料时,用装于凸模 3 端面上的导正销 2 先插入已冲好的孔内,对条料作精确定位,以保证孔与外缘的位置精度。在最后的落料工位,工件跟条料完全分离,完成工件的全部冲裁。上、下模由凸模与导板 5 间隙配合导向,导板兼作卸料板。

如图 10.6 所示为有侧刃的连续模。工作部分为凹模 1、落料凸模 2、冲孔凸模 4、定位及挡料部分为侧刃 3、导尺 6、托板 7;导板 5 既是卸料装置,又是导向装置。

该模具装有左右两侧刃,右面的侧刃代替了始冲挡料销。侧刃的作用是在压力机每次行程中沿条料边缘裁下长度等于步距的料边。由于侧刃左右导尺间左窄右宽,形成凸肩,只有侧刃切去料边后条料才能向前送进一个步距。

条料自右向左沿导尺送至右面侧刃孔,被挡,上模下行,完成冲孔及侧刃切边,条料变窄,可向前送进一步距,冲得的孔便移至落料凸模 2 的下方,上模二次下行,冲得矩形零件,

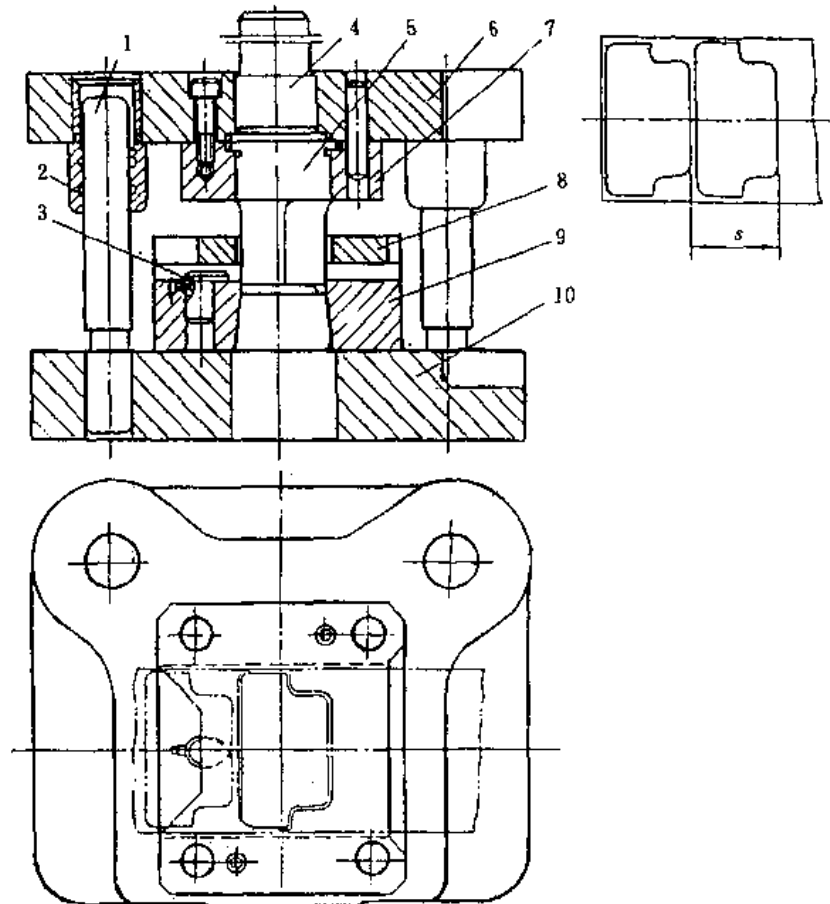


图 10.3 导柱式简单落料模

1—导柱;2—导套;3—挡料销;4—模柄;5—凸模;6—上模板;
7—凸模固定板;8—刚性卸料板;9—凹模;10—下模板

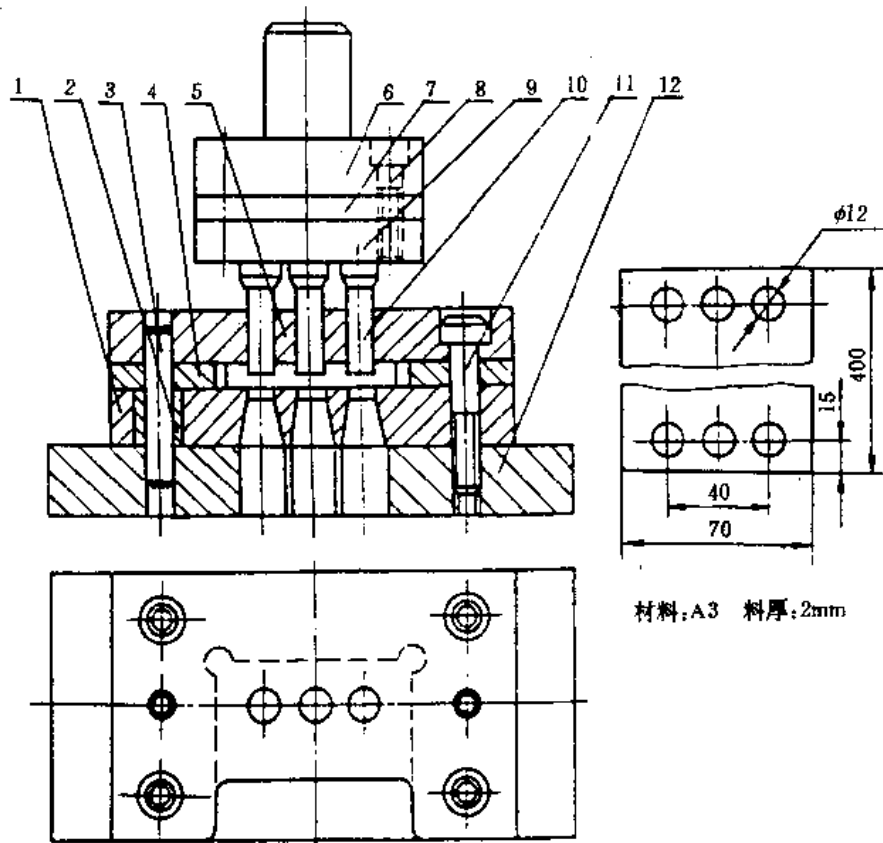


图 10.4 导板向冲孔模

1—凹模；2—柱销套；3—柱销；4—定位板；5—导板；6—上模板；
7—垫板；8—螺钉；9—凸模固定板；10—凸模；11—螺钉；12—下模板

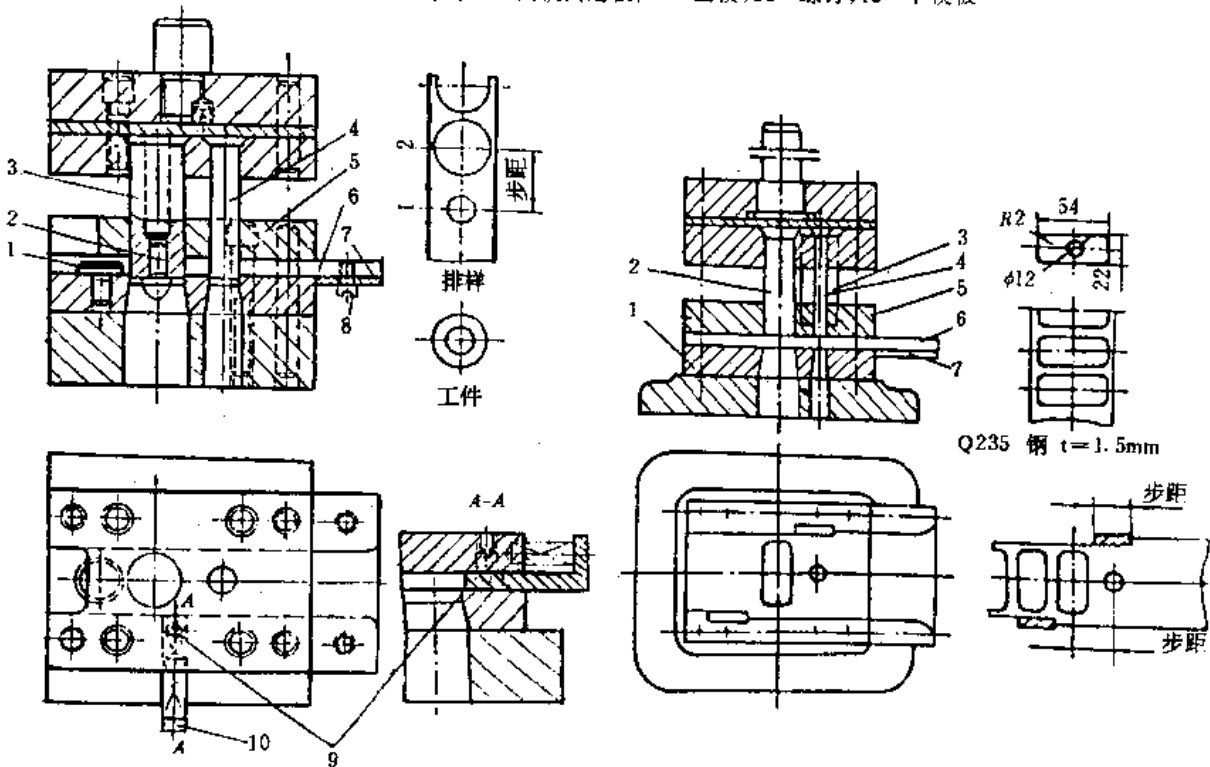


图 10.5 冲孔落料连续冲裁模

图 10.6 侧刃定位的连续冲裁模
1—凹模；2—落料凸模；3—侧刃；4—冲孔凸模；
5—导板；6—导尺；7—托板

从凹模孔中推下,同时冲孔工步又冲得一孔,侧刃又切去一料边,条料继续送进一工步,从这时起左侧刃才开始定位。凸模上行,箍在凸模上的条料被导板卸下。

10.2.3 复合模

在压力机的一次行程中,在一副模具的同一位置上同时完成几个不同工序的冲模,称为复合模。复合模也属于多工序模。

如图 10.7 所示为冲制垫圈的复合模。上模主要由冲孔凸模 1、落料凹模 2、冲孔凸模和落料凹模的固定板 3、垫板 4、上模板 5、模柄 6 组成。下模主要由凸凹模 14、凸凹模固定板 15、垫板 16、下模板 17、卸料板 13 组成,其中凸凹模既是落料凸模又是冲孔凹模。上、下模通过导柱、导套滑动配合导向。模具采用两个固定导料销 12 和一个活动导料销 18 导料,以控制条料的送进方向。利用活动挡料销 11 挡料定位,以控制条料送进距离。冲下的工件(垫圈)卡在凸模 1 和凹模之间,由刚性推件装置顶出。刚性推件装置包括推杆 7、推板 8、推销 9 和推件器 10 等零件。冲孔废料梗塞在凸凹模内,由冲孔凸模 1 往下推出,从压力机台孔漏下。冲裁后板料箍紧在凸凹模上,由弹性卸料装置卸出。弹性卸料装置由卸料板 13、弹簧 19 和卸料螺钉组成。

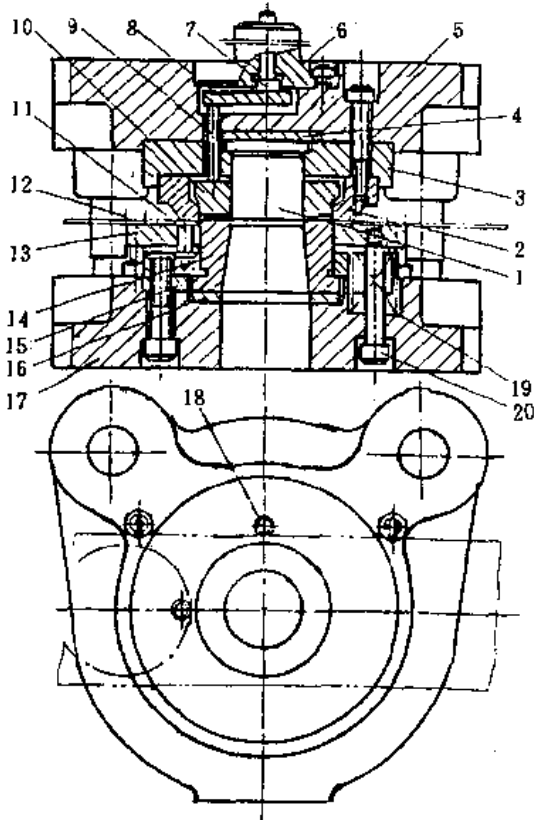


图 10.7 倒装复合模

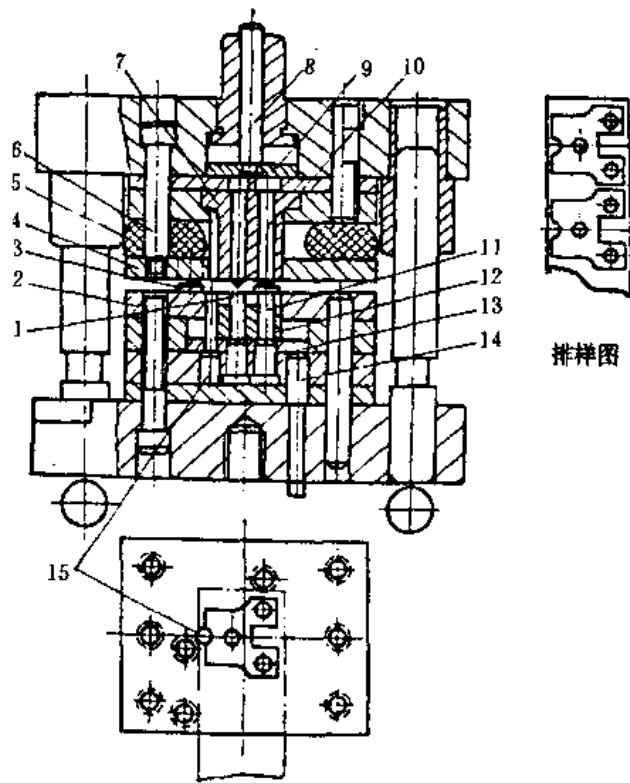


图 10.8 正装复合模

该模具的凸凹模装在下模,落料凹模装在上模,称为倒装复合模。倒装复合模的优点是冲孔废料由凸凹模孔下漏,使结构简单,操作方便。该凸凹模孔内由于积存一定数量的废料,所受胀力大,当凸凹模壁厚小、强度不足时易破裂。而且,工件由刚性推件装置推出,这种结构对工件不起压平作用,因此冲下的工件不够平整。

如图 10.8 所示,凸凹模 7 装在上模,落料凹模 2 装于下模,称为正装复合模。落料凹模

2 凸出的小半圆由凹模镶块 15 单独做出。正装复合模向上出件,顶件装置由顶块 12、圆形顶板 13、顶杆 14 组成。安装好的弹性顶件装置中,顶块 12 应高出凹模少许,条料在压紧的情况下冲裁,冲出的工件平直度较高。这种反向顶出工件的弹性顶件装置,只适于冲裁薄料。顶件装置的弹性元件装在下模板下面,不受模具空间位置的限制,可获得较大的弹力,且力的大小可以调节。冲孔废料由上模的打料装置(零件 8,9,10)推出,凸凹模孔内不积存废料,所受胀力小,不易胀裂;但冲孔废料落在冲模工作面上,不易排除。

复合模正装和倒装优缺点比较如表 10.1 所列。

表 10.1 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,能装自动拔料装置,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,有利于复杂冲件用拼块结构	如凸凹模较大,可直接将凸凹模固定在底座上省去固定板

10.2.4 单工序模、连续模、复合模的比较

上面分析讨论了模具结构和设计时应考虑的一些问题,从中可看出,一个冲压件(如垫圈),可以用两套简单模冲裁,也可用复合模冲裁,或连续模生产。到底采用何种类型的模具为好?这是在拟定工艺方案和设计模具时要确定的问题。下面简略总结各类型模具的优缺点,以便选择模具类型时参考。

1. 简单模

(1) 优点

- ① 结构简单,制造容易,周期短,成本低廉。
- ② 可利用废料冲压。
- ③ 可冲制尺寸大、厚度大的零件。

(2) 缺点

- ① 由于模具结构简单,定位误差大,因而零件精度低,没有连续模和复合模精度高。
- ② 简单模多无导向装置,安装调整不方便,费时间。
- ③ 工作不安全。
- ④ 工序分散,在这三种型式的模具中,生产率最低。
- ⑤ 寿命低,易磨损。只适用于精度要求不高、形状简单的小批量生产和新产品试制。

2. 连续模

(1) 优点

- ① 在这三种型式的模具中生产率最高。
- ② 因工序不集中在一个工位上,可冲制形状复杂的零件。模具的强度、耐用度高。
- ③ 送料方便、可靠,便于实现单机自动化及机械化生产。可采用少、无废料排样。
- ④ 工作安全,操作者可不必把手伸入危险区。
- ⑤ 零件、废料均下漏,可采用高速压力机生产。

(2) 缺点

- ① 零件精度一般比复合模低。冲裁时材料无法压紧,其表面质量欠佳,常有穹弯。
- ② 由于模具结构的需要,零件搭边值较大,材料利用率比复合模低。
- ③ 形状复杂的零件,模具结构较复杂,制造难度大。

3. 复合模

(1) 优点

- ① 冲裁时材料处于受压状态,零件表面平整。
- ② 冲裁时材料不需进给移动,零件精度不受送料误差影响,其内、外形同轴度较高,一般可达 $\pm 0.02\text{mm} \sim 0.04\text{mm}$,零件尺寸精度高,在这三种型式的模具中,其零件精度最高。
- ③ 模具结合紧凑,外廓尺寸小。
- ④ 用复合模冲压时对条料形状及尺寸的限制不严格,可用短料和边角余料来冲压零件,材料利用率比连续模高。
- ⑤ 适宜冲压薄料、软料和脆性材料。

(2) 缺点

- ① 模具零件多,结构复杂,装配制造困难,成本高。但形状复杂的零件其模具制造难度比连续模低。
- ② 由于受到凸凹模最小壁厚的限制,对于一些内孔与外缘之间及孔间距离较小的零件,不宜采用复合模。
- ③ 生产率比连续模低,工作没有连续模安全,零件出件没有连续模方便。

10.3 凸、凹模设计

我国国家标准总局对冷冲模已制定了国家标准,代号为GB2851~2875—81。标准包括:冷冲模模架及其技术条件;冷冲模零件及其技术条件;冷冲模典型组合及其技术条件。采用这些标准和标准件,可以简化模具设计,缩短设计和制造周期,提高模具质量,降低模具成本,也可为计算机辅助模具设计打下良好的基础。

设计模具时应尽量选用已标准化的零件,对于非标准零件可参考标准零件设计。但要做到对标准件正确选用,对非标准件合理设计,必须具备各类冲模零件的结构特点和设计方面的基本知识。

设计和选用冲模零件时,应充分考虑到各类零件的工作条件、装配关系、维修、制造等方面的要求,以使冲模零件具有良好的工作性能、足够的使用寿命,并使加工、装配容易,成本低廉。

1. 凸模

(1) 凸模的结构型式与固定方法 常见的圆形凸模结构及固定方法如图 10.9 所示。为了增加凸模的强度和刚度,凸模做成台阶式,用固定板固定,台阶应圆滑过渡,以避免应力集中。直径为 d 的小端是工作部分,其尺寸和公差系根据工件尺寸和制造方法由计算确定。直径为 D 的中间台阶与凸模固定板过渡配合 ($H7/m6$)。最大一个台阶 D 是用其台肩保证凸模在卸料时不被拉出。这种凸模一般用于 $d=8\text{mm}\sim 30\text{mm}$ 。

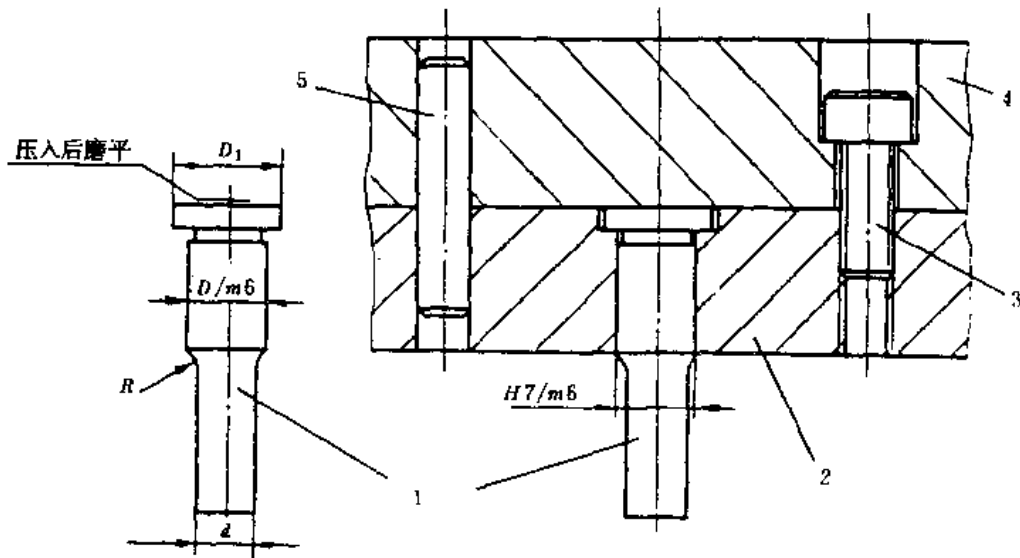


图 10.9 常见的圆凸模及其固定

1—凸模; 2—固定板; 3—螺钉; 4—模板; 5—销钉

由于小凸模容易损坏,可做成快换凸模的结构型式,以使维修更换方便。其结构和固定方法如图 10.10 所示。为了便于更换,凸模的固定部分采用间隙极小的间隙配合 ($H7/h6$)。

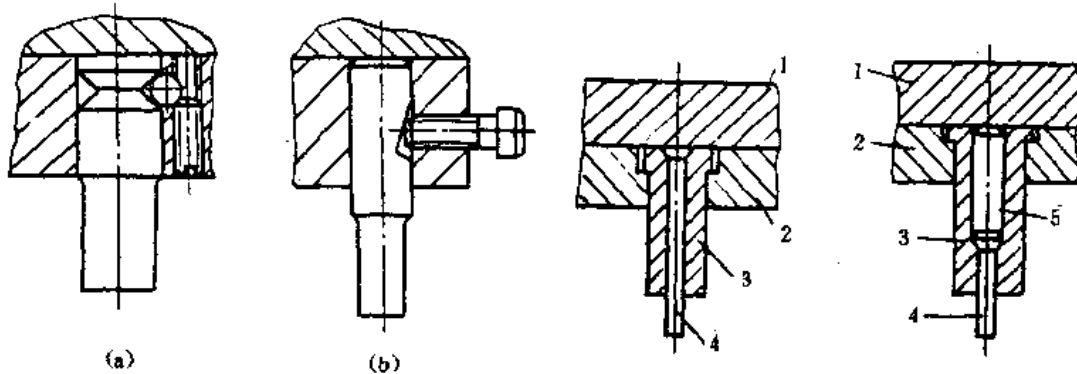


图 10.10 快换凸模

图 10.11 护套式凸模

1—垫板或模板; 2—凸模固定板;
3—护套; 4—凸模; 5—心柱

在厚板上冲小孔时,细小的凸模受力较大,容易折断。为了提高凸模的抗纵向弯曲能力,可将小凸模装在护套里,然后再将护套固定在凸模固定板上。这种带有护套的凸模叫做护套式凸模,其结构如图 10.11 所示。

冲大圆孔或落料大件用的凸模,可采用图 10.12 所示的结构。它采用窝孔定位,窝孔与

凸模为过渡配合,再用3~4个螺钉紧固。为了减少磨削加工面积,凸模外圆的非工作部分要车小,端面要加工成凹坑形式。大圆凸模也可以采用镶块式结构,如图10.13所示。镶块采用工具钢制造并进行热处理。同样,为了减少凸模的磨削面积,将其中部挖成空心。镶块镶套在凸模固定座上,中间用一个大螺钉紧固,然后再将凸模固定座用螺钉和销钉紧固在模板上。

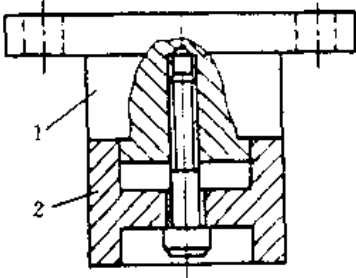


图 10.12 大圆凸模
1—模板; 2—凸模

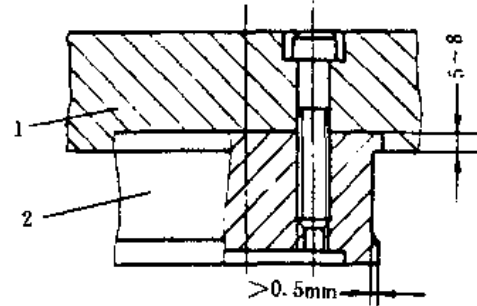


图 10.13 镶块式凸模
1—凸模固定座; 2—凸模镶块

对于非圆形凸模,为了便于加工和装配,通常将其固定部分做成圆柱形(见图10.14)或长方形(见图10.15)。如果非圆形凸模的固定部分采用圆柱形,则应有防止转动的结构,如图10.16中的止动销,或采用止动面。

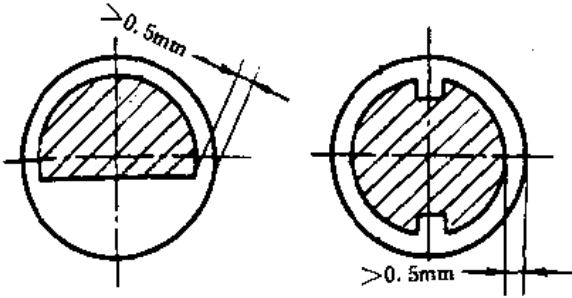


图 10.14 非圆凸模的圆柱形固定

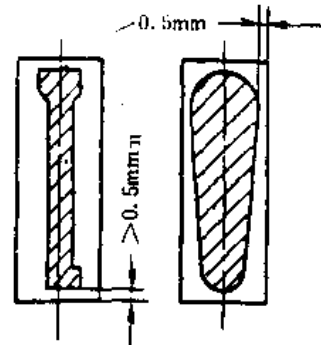


图 10.15 非圆凸模的长方形固定

具有复杂外形的凸模应设计成直通式(见图10.17),以便于成形磨削或线切割加工,其固定方式可采用铆接。如凸模横断面足够大,可采用图10.18所示的固定方式。

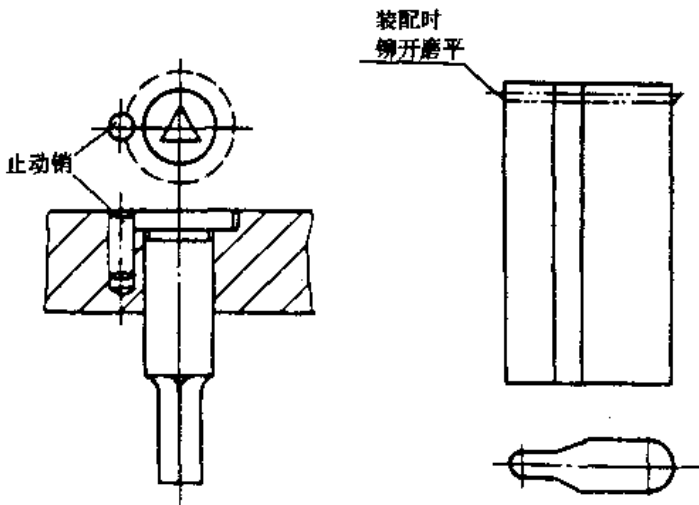


图 10.16 防止凸模转动的止动销

图 10.17 直通式凸模

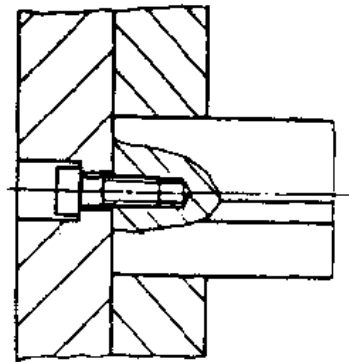


图 10.18 断面大的直通式凸模的固定

较小的凸模、冲多孔的凸模或冲薄板的凸模除用机械固定外,还可采用低熔点合金固定(见图 10.19)或环氧树脂粘结固定(见图 10.20)。这两种固定方法不如机械固定法的紧固强

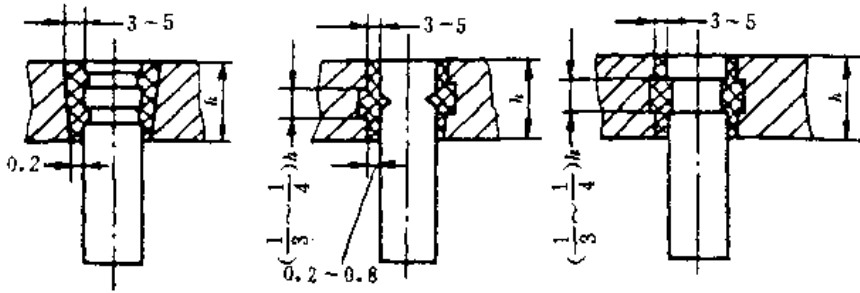


图 10.19 低熔点合金浇注固定

度高,但使模具制造和装配大为简化。其方法是在固定板与凸模联接处留有空间,装配时,将凸模与凹模的间隙调整好,然后在空槽中灌注低熔点合金或环氧树脂,冷却后即可把凸模紧固住。

低熔点合金常用配方如表 10.2 所列。按第一种配方制成的合金,其主要技术性能如下:抗拉强度为 90MPa,抗压强度为 110MPa,冷胀率为 0.2%,密度为 9.04g/cm³。第二种配方与第一种配方制成的合金性能相近。

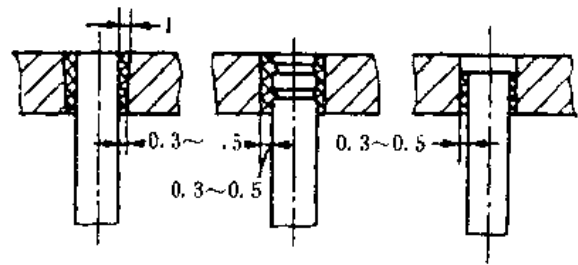


图 10.20 环氧树脂粘结固定

表 10.2 低熔点合金配方

m × 100 配 方	元 素				合金熔点/°C	浇注温度/°C
	Bi	Pb	Sn	Sb		
1	48	28.5	14.5	9	120	150~200
2	45	35	15	5	100	120~150

低熔点合金和环氧树脂固定法也可用在凹模、导柱、导套的固定中。

(2) 凸模长度的确定 凸模长度一般是根据模具的具体结构来确定的。采用固定卸料板和导尺的模具结构时(见图 10.21),其凸模长度用下列公式计算:

$$L = h_1 + h_2 + h_3 + h \quad (10.1)$$

式中 L ——凸模长度(mm);

h_1 ——凸模固定板厚度(mm);

h_2 ——卸料板厚度(mm);

h_3 ——导尺厚度(mm);

h ——附加长度,它包括凸模的修磨量、凸模进入凹模的深度(0.5mm~1mm)及模具闭合状态下卸料板到凸模固定板之间防止压手的安全距离等。一般取 $h = 15\text{mm} \sim 20\text{mm}$ 。

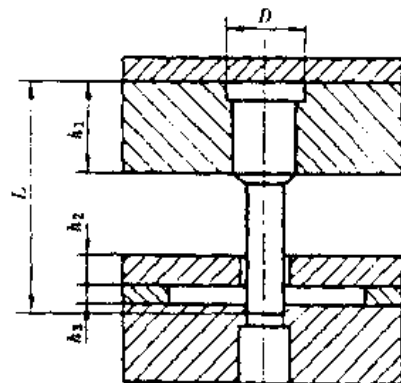


图 10.21 凸模长度的确定

(3) 凸模强度校核 一般情况下,凸模的强度是足够的,所以没有必要作强度校核。但对于特别细长的凸模或小凸模冲裁厚而硬的材料时,必须进行凸模承压能力和抗纵向弯曲能力的校核。

① 承压能力的校核 冲裁时,凸模承受的压应力 σ_c ,必须小于凸模材料强度允许的压应力 $[\sigma_c]$:

$$\sigma_c = \frac{P}{A_{\min}} \leq [\sigma_c] \quad (10.2)$$

对圆形凸模,由上式可得:

$$d_{\min} \geq \frac{4t\tau}{[\sigma_c]} \quad (10.3)$$

对于其他各种断面的凸模:

$$A_{\min} \geq \frac{P}{[\sigma_c]} \quad (10.4)$$

式中 d_{\min} ——凸模最小直径(mm);

t ——料厚(mm);

τ ——材料抗剪强度(MPa);

P ——冲裁力(N);

A_{\min} ——凸模最小的截面积(mm^2);

$[\sigma_c]$ ——凸模材料的许用压应力(MPa),碳素工具钢淬火之后的许用压应力一般为淬火前的 1.5 倍~3 倍。

例 10.1 在厚度(t)等于 6mm 的钢板上冲孔,凸模为优质碳素工具钢(淬火),其直径(d)等于 6mm。板料的抗剪强度(τ)等于 425MPa,凸模材料的许用压应力为 $[\sigma_c] = 1800\text{MPa}$,验算设计是否合理。

根据式(10.3)得
$$\frac{4\tau t}{[\sigma_c]} = \frac{4 \times 425 \times 6}{1800} \approx 5.7\text{mm}$$

而
$$d = 6\text{mm}$$

即
$$d \geq \frac{4\tau t}{[\sigma_c]} \approx 5.7\text{mm}$$

故设计合理。

② 抗纵向弯曲能力的校核 为了不致凸模在冲裁时发生纵向弯曲失稳,凸模的自由长度必须受到限制。

凸模无导向装置时(见图 10.22(a));

对于圆形凸模

$$L_{\max} \leq 95 \frac{d^2}{\sqrt{P}} \quad (10.5)$$

对于其他各种断面的凸模

$$L_{\max} \leq 425 \frac{J}{\sqrt{P}} \quad (10.6)$$

凸模有导向装置时(见图 10.22(b));

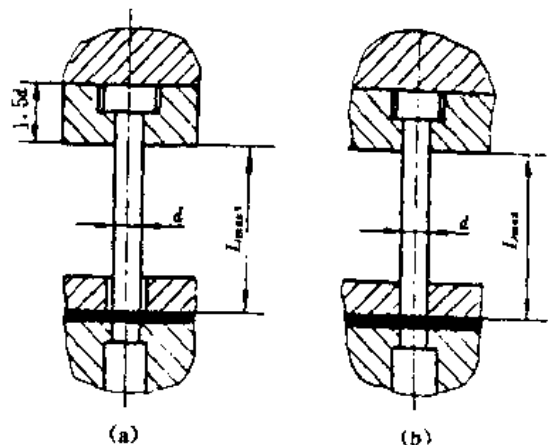


图 10.22 无导向和有导向凸模

(a) 无导向; (b) 有导向

对于圆形凸模

$$L_{\max} \leq 270 \frac{d^2}{\sqrt{P}} \quad (10.7)$$

对于其他各种断面的凸模

$$L_{\max} \leq 1200 \frac{J}{\sqrt{P}} \quad (10.8)$$

式中 L_{\max} ——凸模不失稳弯曲的最大自由长度(mm)；

d ——凸模的最小直径(mm)；

P ——冲裁力(N)；

J ——凸模最小断面的惯性矩(mm^4)，直径为 d 的圆凸模 $J = \pi d^4 / 64$ 。

例 10.2 如图 10.23 所示，凸模直径(d)等于 5mm，钢板厚度(t)等于 2.5mm，抗剪强度(τ)等于 500MPa，求凸模无导向及有导向的最大自由长度。

由式(10.5)得无导向装置的圆形凸模的最大自由长度：

$$L_{\max} \leq 95 \frac{d^2}{\sqrt{P}} = 95 \times \frac{5^2}{\sqrt{\pi \times 5 \times 2.5 \times 500}} \approx 16.1(\text{mm})$$

由式(10.7)得有导向装置的圆形凸模的最大自由长度：

$$L_{\max} \leq 270 \frac{d^2}{\sqrt{P}} = 270 \times \frac{5^2}{\sqrt{\pi \times 5 \times 2.5 \times 500}} \approx 48(\text{mm})$$

2. 凹模

(1) 凹模的结构形式与固定方法 常用的凹模结构形式有整体式凹模和组合式凹模两种形式。

如图 10.23 所示为整体式凹模结构，用螺钉和销钉直接固定在模板上。整体式凹模的特点是制造简单，但工作部分与非工作部分做为一体，全由优质钢制造，而且使用时，若局部损坏就得整体更换。因此，整体式凹模只适用于冲制中、小型工件。

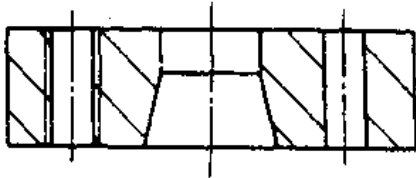


图 10.23 整体式凹模

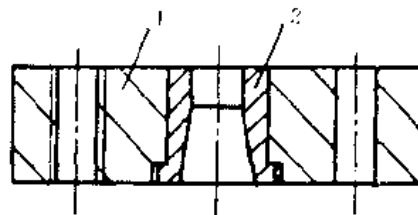


图 10.24 组合式凹模
1—凹模套；2—凹模

如图 10.24 所示为组合式凹模结构。非工作部分(图中凹模套 1)可以用普通钢材制造。凹模 2 以过渡配合压装在凹模套 1(或固定板)内，然后再用螺钉和销钉把凹模套紧固在模板上。组合式凹模的特点是可以节约贵重的模具材料，且当凹模损坏后易于维修更换。这种凹模适用于冲制大、中型工件上的小孔。

(2) 凹模的孔口型式 凹模刃口孔型通常有如图 10.25 所示的几种。图 10.25 中(a)、(e)型为直壁形，刃口强度高，刃磨后孔口尺寸不变，制造方便。但是在孔内易积存工件或废料，增大了凹模胀力、推件力和孔壁的磨损；磨损后每次的修磨量大，凹模的总寿命较低。此

外,凹模磨损后孔口可能形成倒锥,使冲成的工件或废料反跳到凹表面上,造成操作困难。直壁型孔口凹模适用于冲裁精度较高、厚度较大的工件。对于上顶出工件(或废料)的模具也采用此种刃口孔型。图 10.25(a)型适用于圆形或矩形工件;图 10.25(e)型适用于形状较复杂的工件。

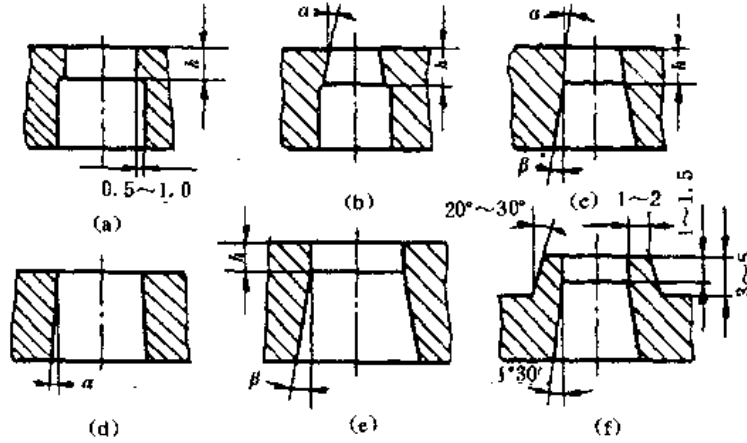


图 10.25 凹模的孔口型式

图 10.25(b)、(c)、(e)型的孔口为锥形,孔内不易积存工件或废料,孔壁所受的胀力、摩擦力小,所以凹模的磨损及每次的刃磨量小。但刃口强度较低,且刃口尺寸在修磨后略有增大。一般用于形状简单、精度要求不高和较薄的冲裁件。图 10.25(c)型适用较复杂的冲件;图 10.25(d)型用于冲裁薄料和凹模厚度较薄的情况。

图 10.25(f)型为凸台式凹模,适用于冲裁软而薄的金属与非金属材料。这种凹模一般不淬火或淬火硬度不高(HRC35~HRC38),可以用手锤敲打凸台斜面以调整模具间隙,直到试冲出满意的冲压件为止。

凹模孔型的直壁高度(h)、斜度角(α 和 β)与工件的材料厚度和加工方法有关,其数值如表 10.3 所示。

表 10.3 凹模孔型参数

t/mm	主要参数			备注
	h/mm	α	β	
<0.5	≥ 4			α, β 值仅适用于钳工加工。电火花加工时,一般 $\alpha = 4' \sim 20'$ (复合模取小值), $\beta = 30' \sim 50'$ 。带斜度装置的线切割时, $\beta = 1^\circ \sim 1.5^\circ$ 。
$0.5 \sim 1$	≥ 5	$15'$	2°	
$1.0 \sim 2.5$	≥ 6			
$2.5 \sim 6.0$	≥ 8	$30'$	3°	
>6.0	—			

(3) 凹模外形尺寸的确定 凹模的外形尺寸应保证有足够的强度和刚度。由于凹模的结构型式不一,受力状态又比较复杂,目前还不能用理论计算法确定凹模的外形尺寸。在实际中,一般根据冲裁件尺寸和板料厚度,按下列经验公式作概略计算(见图 10.26)。

凹模高度:

$$H = K \cdot b \quad (\geq 15\text{mm}) \quad (10.9)$$

凹模壁厚(刃口到外边缘的距离):

$$c = (1.5 \sim 2)H \quad (\geq 30\text{mm} \sim 40\text{mm}) \quad (10.10)$$

式中 b ——冲裁件最大外形尺寸(mm)；

K ——系数，考虑坯料厚度的影响，其值可查表 10.4。

上述方法适用于确定普通工具钢经过正常热处理，并在平面支撑条件下工作的凹模尺寸。冲裁件形状简单时，壁厚系数 K 取偏小值，形状复杂时取偏大值。用于大批量生产条件下的凹模，其高度应该在计算结果中增加总的修磨量。

凹模外形尺寸的确定除用经验公式概算外，还可以采用查表法确定(参见冲压手册)。

凹模如采用螺钉、销钉固定，螺孔之间、螺孔与销孔之间及与刃口边之间的距离要有足够的强度，其最小值可参考表 10.5。

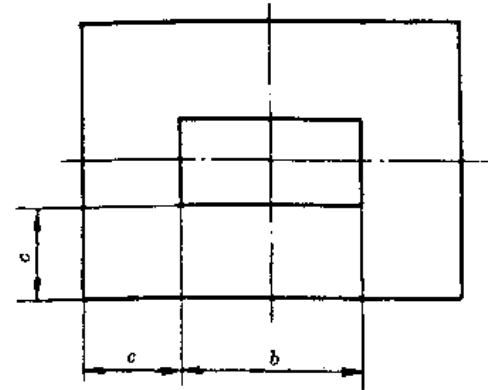
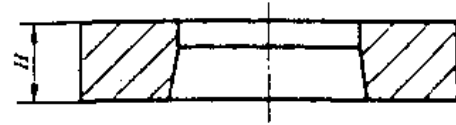
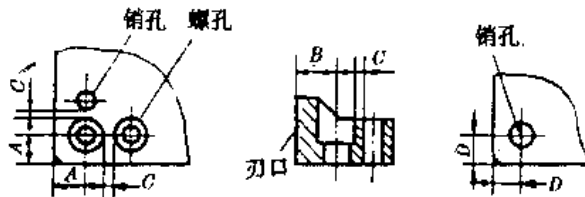


图 10.26 凹模外形尺寸

表 10.4 系数 K 值

t/mm b/mm	0.5	1	2	3	>3
<50	0.3	0.35	0.42	0.5	0.6
50~100	0.2	0.22	0.28	0.35	0.42
100~200	0.15	0.18	0.2	0.24	0.3
>200	0.1	0.12	0.15	0.18	0.22

表 10.5 螺孔、销孔之间及至刃口边的最小距离



螺 钉 孔		M4	M6	M8	M10	M12	M16	M20
A/mm	淬火	8	10	12	14	16	20	25
	不淬火	6.5	8	10	11	13	16	20
B/mm	淬火	7	12	14	17	19	24	28
C/mm	淬火	5						
	不淬火	3						
销 钉 孔/mm		$\phi 4$	$\phi 6$	$\phi 8$	$\phi 10$	$\phi 12$	$\phi 16$	$\phi 20$
D/mm	淬火	7	9	11	12	15	16	20
	不淬火	4	6	7	8	10	13	16

3. 凸凹模

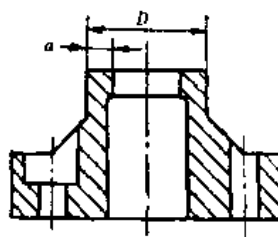
凸凹模内外缘均为刃口,内外缘之间的壁厚取决于裁件的尺寸,它不像凹模那样可以将外缘轮廓尺寸扩大,所以从强度考虑,壁厚受最小值限制。

凸凹模的最小壁厚受冲模结构影响:凸凹模装于上模(正装复合模)时,内孔不积存废料,胀力小,最小壁厚可以小些;凸凹模装于下模(倒装复合模),直壁型孔口内积存废料时,胀力大,最小壁厚要大些。凸凹模的最小壁厚值,目前一般按经验数据确定。

不积存废料的凸凹模的最小壁厚:对冲制黑色金属和硬材料,约为工件料厚的1.5倍,但不小于0.7mm;对冲制有色金属和软材料,约等于工件料厚,但不小于0.5mm。积存废料的凸凹模的最小壁厚(a)和最小直径(D)可参考表10.6选用。

表 10.6 凸凹模最小壁厚

t/mm	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	1.75
a/mm	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	2.7	3.2	3.8	4.0
D/mm	15			18			21			
t/mm	2.0	2.1	2.5	2.75	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
a/mm	4.9	5.0	5.8	6.3	6.7	7.8	8.5	9.3	10.0	12.0
D/mm	21	25		28		32		35	40	45



10.4 冲模设计

10.4.1 收集有关技术资料

冲模设计通常需具备以下技术资料:

- (1) 产品图及其有关技术资料。设计较复杂的冲模还必须有制件样板或主模型。
- (2) 有关工艺文件,包括生产批量、工序卡、排料卡、冲压流程图等。
- (3) 压力机规格和有关快速夹紧装置图,以及冲模特定技术条件。
- (4) 工艺装备设计资料,包括冲模标准件本、冲模设计资料、机械设计手册等。
- (5) 本厂冲模车间及维修车间的设备情况及其刀具拥有情况。

10.4.2 设计程序

冲模设计程序与机械设计相似,一般分为方案设计与结构设计,如图10.27所示。设计任务的分工,按工厂的具体情况而有所不同,有的工厂把方案设计归到工艺过程设计中进行,冲模设计人员的任务仅限于具体的结构设计;有的将方案设计一并由冲模设计人员负责。

1. 方案设计

方案设计是冲模设计相当关键的一步,它是结构设计的基础。方案设计的核心是冲模结

构型式的确定。

冲模的结构型式,要从冲压件的形状特点、精度要求、生产批量、现场条件(冲压设备情况、原材料供应、现有的机械化、自动化装置特点)、冲模加工条件和技术水平等因素,从最大的经济性上综合考虑确定。这几个因素中哪个是主要的,要看具体情况。有时零件的形状特点或精度可成为决定性因素;有时批量或现场条件又可变为决定性因素。确定了冲模结构型式后,便可进行结构设计。

2. 结构设计

结构设计的任务是决定冲模各个零件的具体结构。较复杂的冲模要画构思图和召开构思图讨论会。

冲模设计的具体结构必须能够保证冲压的质量、使用性能、安全性、制造工艺性、维修性和一定的生产率等方面的要求。

确定模具结构型式的内容包括以下几个方面:

- (1) 根据冲压件的形状和尺寸、确定凸、凹模的结构型式和固定方式;
- (2) 根据毛坯的特点、冲压件的精度和生产批量,确定定位、导料和挡料方式;
- (3) 根据工件和废料的形状大小,确定出件和排除废料的方式;
- (4) 根据板料的厚度和冲压件的精度要求,确定压料与卸料方式:压料或不压料,弹性卸料或刚性卸料;
- (5) 根据生产批量,确定操作方式:手工操作,自动或半自动操作;
- (6) 根据冲压件的精度和对模具寿命的要求,确定导向方式;
- (7) 根据所使用的设备,确定模具的安装与固定方式。

在进行模具结构设计时,还应考虑凸、凹模刃口磨损后修磨的方便,易磨易损件拆换的方便,重量较大的模具应有方便的起吊孔或吊环等。

10.4.3 模具总图

绘制模具总图时,一般先绘制冲模下模和上模的俯视图,通过俯视图借以反映冲模零件

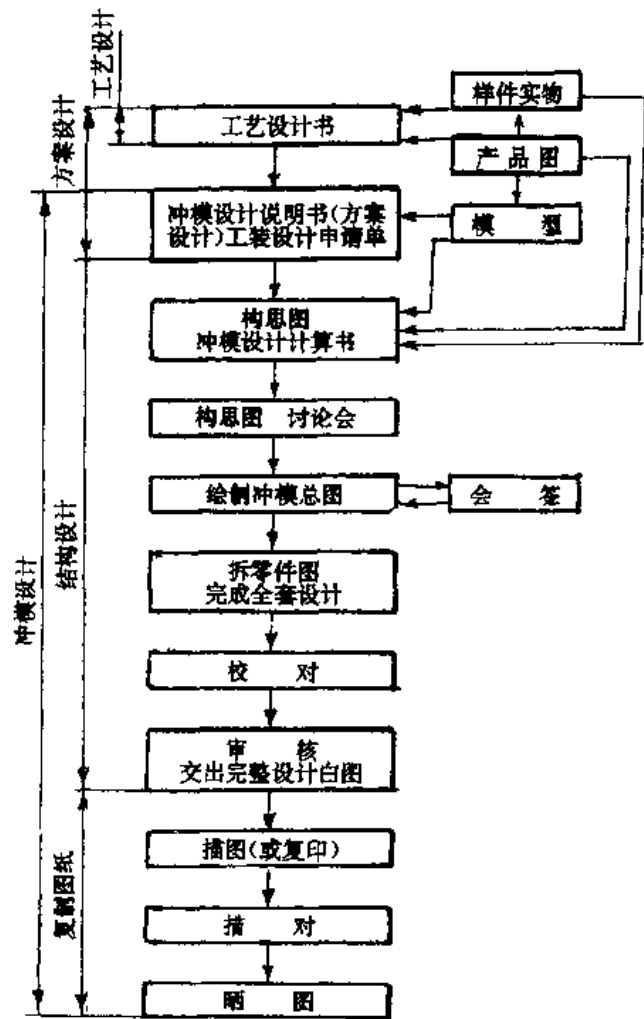


图 10.27 冲模设计程序

的平面布置、送料和定位方式及凹模的分布位置。然后再以剖视的形式画出模具闭合时的工作位置主视图,从主视图可以比较清楚地反映出模具各零件的结构和它们之间的装配关系。在必要时,还应画出侧视图或局部剖视图。如果工件是形状简单的轴对称件,也可先画主视图,再画俯视图,这要看具体情况。在画视图时,应注意零件的投影关系。在总图的右上角要画出排样图和工件图,右下角则画出标题栏并列模具零件明细表。最后在总图的空白处注明必要的技术条件。

模具主、俯视图的具体画法是:“先画里面,再画外面;先画中部,再画四周”。即通常先用双点划线画出毛坯和工件的轮廓,再画凸、凹模工作部分轮廓,进一步再画定位、挡料、导料零件,然后再画凸、凹模的固定部分及卸料、顶件零件,最后画出导向零件、模板的轮廓尺寸和模柄的结构。

10.4.4 冲模结构要素

1. 冲模的压力中心

压力中心就是指冲模在工作时,产生最大冲压合力的作用点。这个合力点的中心线应与压床滑块的中心线重合。否则,就会产生弯矩,而使滑块歪斜,间隙不均,从而加速冲模和压床导轨的磨损,甚至造成刃口及其他件的损坏。

冲模压力中心的求法常用的有解析法和实验法两种。

(1) 解析法 用解析法求压力中心的原理,是基于对同一中心线分力之和的力矩与分力矩之和相等的关系。

制件形状完全对称时(见图 10.28),其压力中心就是制件的几何中心位置。

制件不完全对称,仅对 $X-X$ 轴(或 $Y-Y$ 轴)对称时,如图 10.29 所示,则可按下述方法求得。

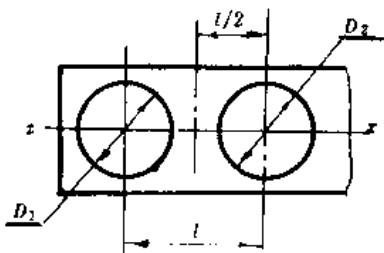


图 10.28 形状对称

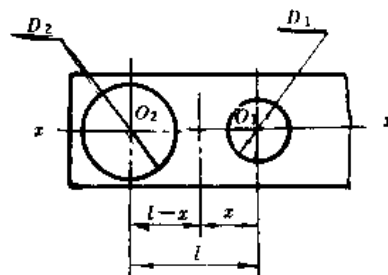


图 10.29 形状不对称

每个凸模所受到的冲裁力 P_1 、 P_2 为

$$P_1 = L_1 t \sigma_b$$

$$P_2 = L_2 t \sigma_b$$

P_1 与 P_2 作用于两个凸模的圆心上,亦即作用在 O_1 与 O_2 点上。这时压力中心就是 P_1 和 P_2 的合力 P 的作用点。

由静力学可知,两平行力的合力等于两平行力的代数和,即

$$P = P_1 + P_2$$

因对称于 X—X 轴所以力矩为

$$M_1 = P_1 x$$

$$M_2 = P_2 (l - x)$$

即

$$P_1 x = P_2 (l - x)$$

故得

$$x = \frac{P_2 l}{P_1 + P_2}$$

将 P_1 与 P_2 代入上式得:

$$x = \frac{L_2 t \sigma_b l}{L_1 t \sigma_b + L_2 t \sigma_b} = \frac{L_2 t \sigma_b l}{t \sigma_b (L_1 + L_2)} = \frac{\pi D_2 l}{\pi D_1 + \pi D_2} = \frac{D_2 l}{D_1 + D_2}$$

式中 D_1, D_2 ——凸模的直径(mm);

L_1, L_2 ——两凸模的周边长度(mm);

t ——材料厚度(mm);

σ_b ——抗拉强度(kgf/mm²);

l ——两凸模压力重心的中心距(mm)。

(2) 实验法 对于形状比较复杂的制件,用解析方法求压力中心太麻烦,而且在应用上,有点误差也是容许的,所以常可采用实验方法求压力中心。

试验时,用厚度一致的硬纸板或塑料纸板等剪成制件形状(按比例),然后在制件边缘上任意点上用线坠作垂直线,两线的交点即为其重心,亦即所求的压力中心。

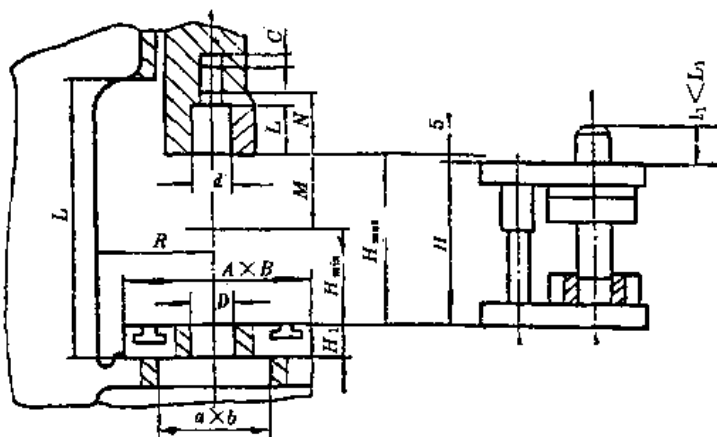


图 10.30 闭合高度

2. 冲模的闭合高度

冲模的闭合高度是指冲模在最低工作位置时,上模的上表面到下模的下表面之间的距离。在设计冲模时,应使冲模的闭合高度与所选用的压力机的装模高度相适应,如图 10-30 所示。一般应符合下列关系式:

$$(H_{\max} - 5\text{mm}) \geq H \geq (H_{\min} + 10\text{mm}), \text{ 或 } H \geq (H_{\max} - M + 10)$$

式中 H ——冲模的闭合高度(mm);

H_{\max} ——压力机的最大装模高度(mm);

H_{\min} ——压力机的最小装模高度(mm);

M ——压力机闭合高度调节量(mm)。

为减少安装工作时,尤其是在以手动调节其装模高度的压床上,应尽可能使装在该压床上的冲模的闭合高度接近一致。

除闭合高度外,还要慎重考虑其操作高度,这对于减轻体力劳动强度,提高生产效率,保

证安全都有很大好处。操作高度必须与闭合高度综合考虑。闭合高度对操作时的视线有很大影响。

习题与思考题

1. 冲裁模如何分类？
2. 冲裁模的主要组成部分有哪些？
3. 分析比较正(顺)装和倒装复合模的特点？
4. 分析比较单工序模、复合模和连续模的特点及适用范围。
5. 冲模设计的一般程序是什么？
6. 什么是冲模的压力中心？
7. 冲模与压力机(冲床)有哪些尺寸配合关系？

第 11 章 弯 曲

弯曲工序在冲压生产中占有很大的比重。如图 11.1 所示为常见的典型弯曲件。在生产中,根据弯曲成形所用的工具及设备的不同,可采用不同的弯曲方法。如在普通压力机上使用弯曲模的压弯,折弯机上的折弯,滚弯机上的滚弯以及柱弯设备上的柱弯等。

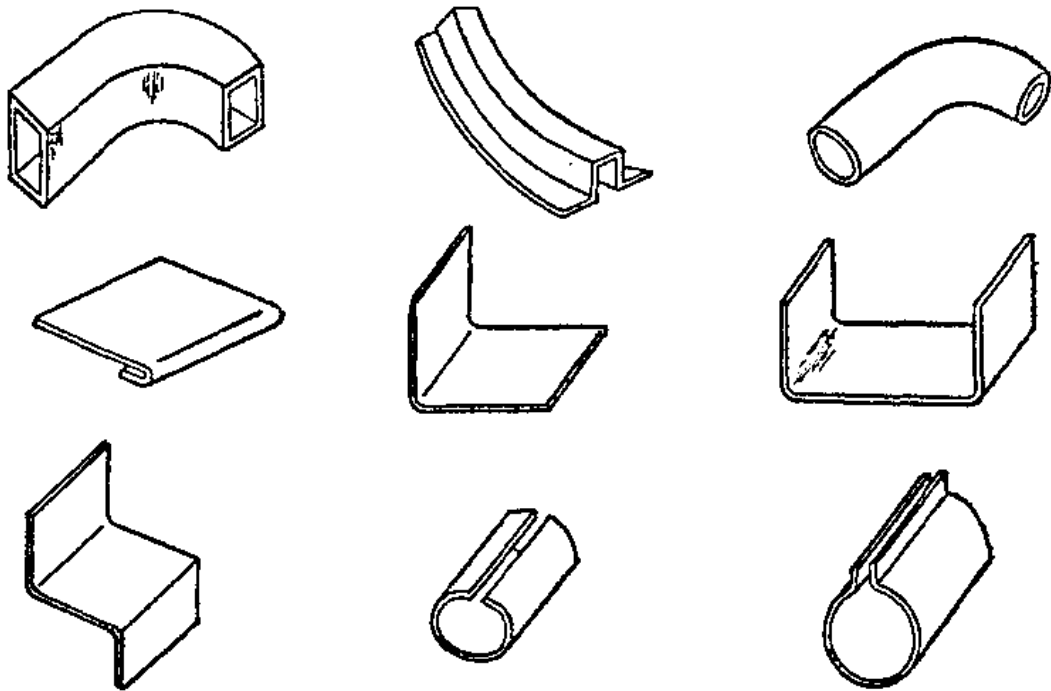


图 11.1 各种典型弯曲件举例

这些弯曲方法尽管使用的坯料和采用的工具及设备各不相同,但它们弯曲时的变形规律是一样的。

本章主要讨论板料在压力机上进行压弯的工艺及模具设计的特点。

11.1 弯曲变形过程分析

11.1.1 弯曲变形过程

板料在 V 形模内的弯曲是弯曲变形最基本的一种,其变形过程如图 11.2 所示。弯曲的开始阶段属自由弯曲。随着凸模的下压,板料的直边与凹模 V 形表面逐渐靠紧,同时曲率半径和弯曲力臂逐步变小,由 r_0 变为 r_1 , l_0 变为 l_1 。凸模继续下压,板料弯曲变形区进一步减小,到板料与凸模三点接触,这时的曲率半径由 r_1 变成 r_2 。此后板料的直边部分向与以前相

反的方向变形。到行程终了时,凸、凹模对弯曲件进行校正,使其直边、圆角与模具全部靠紧,弯曲过程结束。

11.1.2 弯曲变形特点

为了分析板料在弯曲时变形情况,可在一定厚度的板料侧面画出正方形网格,然后将板料进行弯曲,如图 11.3 所示。观察网格的变化,可以看出弯曲时变形的特点。

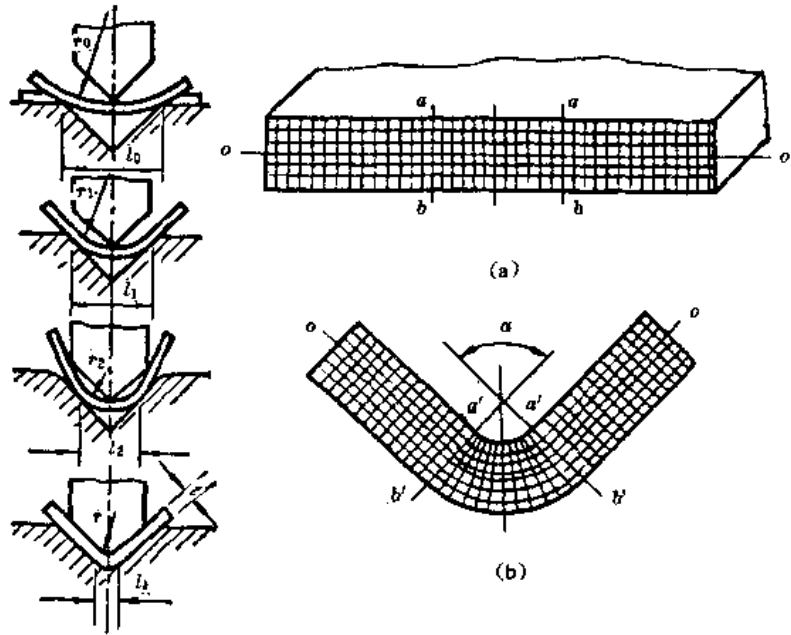


图 11.2 弯曲的过程

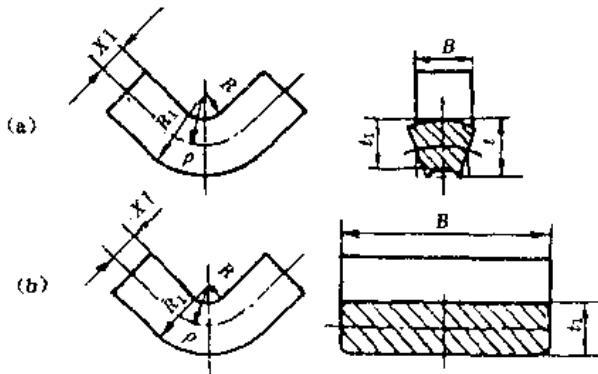
图 11.3 弯曲变形分析
(a) 弯曲前, (b) 弯曲后

(1) 弯曲时,在弯曲角 α 的范围内,网格发生显著变化,而直边部分网格基本不变。因而可知,弯曲变形仅发生在弯曲件的圆角部分,直线部分不产生塑性变形,即弯曲时,圆角部分是变形区,直边部分是不变形区。

(2) 分析网格的纵向线条可以看出,变形区内侧网格线 aa 缩短为 $a'a'$,外侧网格线 bb 伸长为 $b'b'$,即在弯曲变形区内,纤维沿纵向变形是不同的。内侧材料沿 \overline{OO} 方向(纵向)受到压缩,外侧材料受到拉伸,且压缩与拉伸的程度都是表层最大,向中间逐渐减小。在内、外侧之间必然存在着一个长度保持不变的中性层。

(3) 弯曲变形区的断面形状变化。由图 11.4 可见,变形有两种情况:

(1) 窄板 ($B \leq 3t$) 变形区断面畸变明显,由原来的矩形变成上大下小的扇形状,如图 11.4(a) 所示。这是由于内侧金属受纵向压缩,内层材料必向宽度方向流动,使工件的横向宽度增加,外层材料受到切向拉伸后,材料之不足便由宽度、厚度方向来补充,致使宽度变窄。



(2) 宽板 ($B > 3t$) 变形区断面无明显变化,仍为矩形,如图 11.4(b) 所示。这是由于板料宽度较宽,在宽度方向不能自由变形所致。

图 11.4 弯曲变形区断面畸变
(a) 窄板 ($B \leq 3t$); (b) 宽板 ($B > 3t$)

(4) 弯曲变形区内毛坯厚度有变薄现象。无论是窄板还是宽板,其原始厚度 t_0 变薄为 t_1 。由于宽板弯曲时,宽向不能自由变形,而变形区又变薄,故其长度方向必然会增加。

(4) 弯曲变形区内毛坯厚度有变薄现象。无论是窄板还是宽板,其原始厚度 t_0 变薄为 t_1 。由于宽板弯曲时,宽向不能自由变形,而变形区又变薄,故其长度方向必然会增加。

11.1.3 弯曲变形区应力应变分析

根据弯曲变形的特点,弯曲过程可分为弹性弯曲、弹—塑性弯曲、纯塑性弯曲阶段。

在毛坯弯曲的初始阶段,外弯曲力矩不大,内应力的数值小于材料的屈服极限 σ_s ,仅在毛坯内部引起弹性变形,称为弹性弯曲阶段。当外弯曲力矩的数值继续增大时,内应力超过了屈服极限,毛坯变形区内的变形由弹性弯曲过渡到弹—塑性弯曲和纯塑性弯曲。

如图 11.5 所示,材料中性层曲率半径为 ρ ,毛坯断面上的应力由外层拉应力过渡到内层压应力,中间必然有一层金属,其切向应力为零,称为应力中性层,其曲率半径用 ρ_σ 表示。同样,应变的分布由外层的拉应变过渡到内层的压应变,其间必然有一层金属的应变为零,即弯曲变形时,其厚度不变,称为应变中性层,其曲率半径用 ρ_ϵ 表示。这是计算弯曲毛坯展开尺寸的依据。弯曲变形较小时, $\rho_\sigma = \rho_\epsilon = r + \frac{t}{2}$,即应力中性层与应变中性层重合,并在毛坯厚度的中间,当弯曲变成较大时,应力中性层和应变中性层却向内移,而且应力中性层的位移大于应变中性层的位移,即 $\rho_\sigma > \rho_\epsilon$ 。

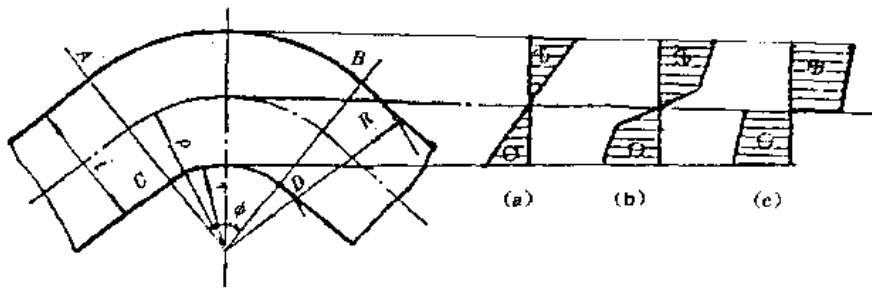


图 11.5 弯曲毛坯变形区内切向应力分布

(a) 弹性弯曲; (b) 弹—塑性弯曲; (c) 纯塑性弯曲

板材在塑性弯曲时,变形区的应力与应变状态取决于弯曲毛坯的相对宽度 $\frac{B}{t}$ (B 是毛坯宽度, t 是材料厚度)和弯曲变形程度。相对宽度 $\frac{B}{t} > 3$ 称宽板, $\frac{B}{t} < 3$ 称窄板。窄板弯曲,横向变形(宽度方向上的变形)阻力小,变形不受约束,其应力可认为是平面应力状态。内层切向(纵向)受压,横向与径向产生拉伸变形,外层切向(纵向)受拉,横向与径向产生压缩变形,可认为是立体变形状态,其结果弯曲毛坯断面畸变。宽板弯曲时,切向与径向的应力与应变的性质和窄板弯曲时相同,但由于板料宽度断面上阻力大,不易变形,于是产生了外层受拉内层受压的横向应力,因此宽板弯曲时是立体应力和平面应变状态。

11.1.4 板材塑性弯曲过程中的一些现象

1. 弯曲件的弹性回跳

弹性回跳是弯曲这类形成时常见的现象,弹性回跳又称为回弹。弹性回跳的结果,使弯曲件的弯曲半径和弯曲角度与模具不一致,从而损害弯曲件的质量。弯曲件的回弹值与板料

性能、相对弯曲半径(r/t)以及模具结构等因素有关,是弯曲工艺和弯曲模具设计的首要问题之一。

2. 板料弯裂

弯曲时外层表面的切向拉应力最大,当其超过板料的抗拉强度 σ_b 时,板料就会沿弯曲线方向(垂直于板料切向的方向)被拉裂,造成弯曲件的报废。相对弯曲半径越小,最外层纤维切向拉裂的可能性越大,因此必须合理选择相对弯曲半径 r/t 。

3. 变形区板料厚度变薄

弯曲时外层材料的减薄量大于内层材料的增厚量,使板料的厚度变薄。 r/t 越小,厚度的变薄越严重。板料的变薄会影响弯曲件的使用性能,所以制订工艺和设计模具时应采取防止变薄的措施。

4. 板料长度增加

板厚减薄的结果,必然使板料的长度增加, r/t 越小,减薄量便越大,板料长度的增加量也就越大。对于 r/t 较小的弯曲件,应考虑到这种增长效果,正确的毛坯长度可通过多次试验获得。

11.2 最小弯曲半径

弯曲时毛坯变形区外表面金属在切向应力作用下,产生切向伸长变形,其变形大小主要取决于弯曲件的弯曲半径和材料厚度。弯曲半径与材料厚度之比称为相对弯曲半径(r/t)。 r/t 越小,板料弯曲时切向变形程度越大。当 r/t 减小到一定程度之后,则板料表面变形可能超过材料的最大许可变形而发生裂纹。在保证毛坯外表层金属不发生破坏的条件下,零件内表面所能弯曲的圆角半径称为最小弯曲半径 r_{min} 。弯曲工艺受最小弯曲半径 r_{min} 的限制,因此生产中常用它来表示弯曲时的成形极限。

11.2.1 影响最小弯曲半径的因素

1. 材料的力学性能

由于最小弯曲半径与弯曲毛坯变形区外表的伸长变形有近似的反比关系,所以材料的塑性越好,塑性变形的稳定性越强(即均匀延伸率 δ 越大),允许变形程度就大,许可的最小弯曲半径就越小。

2. 弯曲线方向

由于冷冲压所用板材经轧制后具有各向异性,顺着纤维方向的塑性指标(延伸率 δ 、断面收缩率 ψ)大于垂直纤维方向的指标。因此当弯曲件的弯曲线与板料的纤维方向垂直时,材料具有较大的伸长变形能力,最小弯曲半径可取较小值。反之,如果弯曲件的弯曲线平行

纤维方向,则最小弯曲半径就不能太小,如图 11.6 所示。在双向弯曲时,应该使弯曲线与材料纤维方向成一定的夹角,如图 11.7 所示为 45° 夹角。

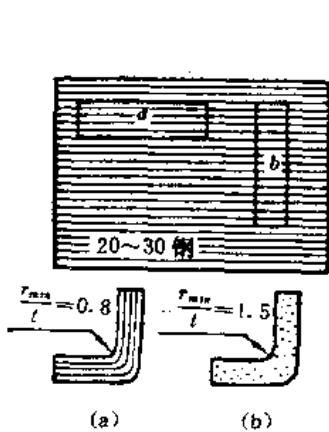


图 11.6 纤维方向对 r_{min}/t 的影响

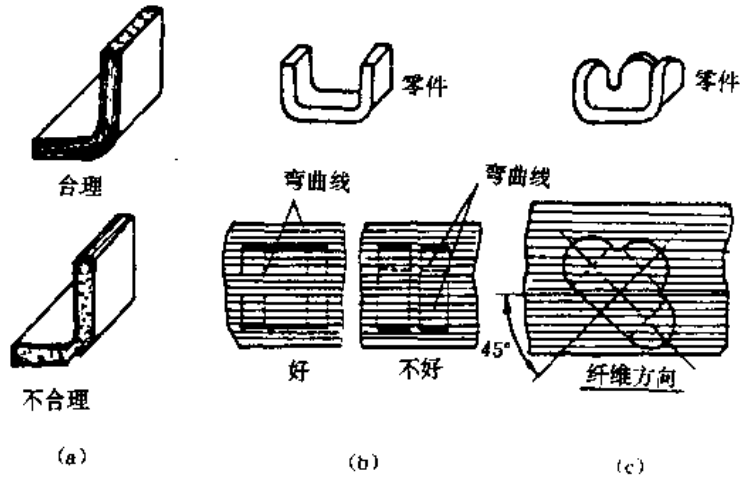


图 11.7 板料纤维方向对弯曲半径的影响

3. 零件的弯曲角

零件弯曲时,一般认为仅局限于圆角部分,直边部分不参与变形。因此,其变形程度与弯曲角(α)大小有关。但在实际弯曲时,由于板料纤维之间的互相牵制,圆角附近的直边部分材料也参与弯曲变形。这对于弯曲处外缘受拉状态有缓解作用,有利于降低最小弯曲半径。弯曲角越小,其效果越明显。弯曲角对最小弯曲半径的影响如图 11.8 所示。

4. 板料表面和侧面质量

板料表面有划伤、裂纹或侧面(剪切面)有毛刺、裂口和冷作硬化等缺陷,弯曲变形时易造成应力集中和降低塑性变形稳定性,使材料过早地破坏。因此不宜采用最小弯曲半径作为零件的圆角半径,而应尽可能取大些。当必须弯曲小圆角半径时,应先清除毛刺等缺陷。在一般情况下,如毛刺较小,可把有毛刺的一边放于弯曲内侧,即处于受压区,以防止产生裂纹。

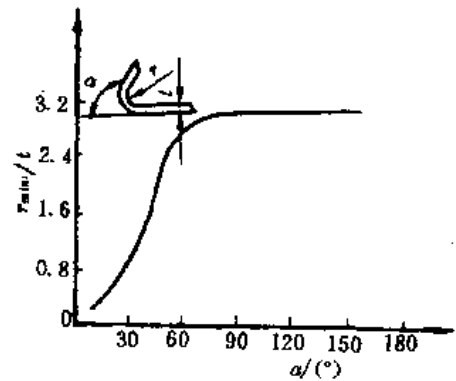


图 11.8 弯曲角对最小弯曲半径的影响

11.2.2 最小弯曲半径的确定

虽然目前已有许多研究结果和资料都给出了最小弯曲半径的近似理论计算方法和公式,但是由于影响最小弯曲半径数值的工艺因素很多,因此在实际生产中主要参考经验数据来确定。

各种常用材料的最小弯曲半径数值如表 11.1 所示

表 11.1 最小弯曲半径 r_{\min}/mm

材 料	正火或退火的		硬 化 的	
	弯 曲 线 方 向			
	与轧纹垂直	与轧纹平行	与轧纹垂直	与轧纹平行
铝			0.3t	0.8t
退火紫铜			1.0t	2.0t
黄铜 H68	0.1t	0.3t	0.4t	0.8t
05,08F			0.2t	0.5t
08~10,A1,A2	0.1t	0.4t	0.4t	0.8t
15~20,A3	0.1t	0.5t	0.5t	1.0t
25~30,A4	0.2t	0.6t	0.6t	1.2t
35~40,A5	0.3t	0.8t	0.8t	1.5t
45~50,A6	0.5t	1.0t	1.0t	1.7t
55~60,A7	0.7t	1.3t	1.3t	2.0t
硬铝(软)	1.0t	1.5t	1.5t	2.5t
硬铝(硬)	2.0t	3.0t	3.0t	4.0t
镁合金	300℃热弯		冷弯	
MA1-M	2.0t	3.0t	6.0t	8.0t
MA8-M	1.5t	2.0t	5.0t	6.0t
钛合金	300℃~400℃热弯		冷弯	
BT1	1.5t	2.0t	3.0t	4.0t
BT5	3.0t	4.0t	5.0t	6.0t
钼合金	400℃~500℃热弯		冷弯	
BM1,BM2 ($t \leq 2\text{mm}$)	2.0t	3.0t	4.0t	6.0t

注:本表用于板厚(t)小于10mm,弯曲角大于 90° ,剪切断面良好的情况。

11.3 弯曲力

弯曲力的大小是设计模具、冲压工艺规程和选用压力机的重要依据。

如图 11.9 所示,板料弯曲时,开始是弹性弯曲,其后是变形区内外层纤维首先进入塑性弯曲,并逐渐向板的中心扩展进行自由弯曲,最后是凸、凹模与板料互相接触并冲击零件的校正弯曲。这一过程中各阶段的弯曲力是不同的,弹性弯曲阶段弯曲力较小,可以略去不计,自由弯曲阶段的弯曲力不随行程的变化而变化,而校正弯曲力随行程急剧增加。

由于弯曲力受材料性能、工件形状、弯曲方法和模具结构等多种因素的影响,很难用理论分析方法进行准确的计算。实际生产中常采用经验公式的方法进行概略的计算。

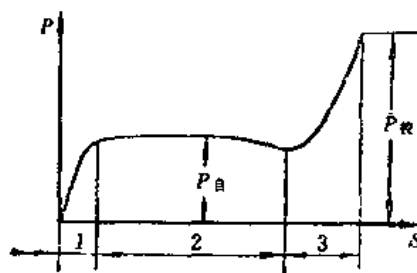


图 11.9 弯曲力的变化曲线
1—弹性弯曲阶段; 2—自由弯曲阶段;
3—校正弯曲阶段

1. 自由弯曲时的弯曲力

V形件的弯曲力:

$$P_{\text{自}} = \frac{0.6KBt^2\sigma_b}{r_p+t} \quad (\text{N}) \quad (11.1)$$

U形件弯曲力

$$P_{\text{自}} = \frac{0.7KBt^2\sigma_b}{r_p+t} \quad (\text{N}) \quad (11.2)$$

式中 $P_{\text{自}}$ ——自由弯曲在冲压行程结束时的弯曲力(N);

B ——弯曲件的宽度(mm);

t ——弯曲件的材料厚度(mm);

r_p ——凸模的圆角半径(mm);

σ_b ——材料的强度极限(MPa);

K ——安全系数,一般取 $K=1.3$ 。

2. 校正弯曲时的弯曲力

$$P_{\text{校}} = pF \quad (11.3)$$

式中 p ——单位面积上的校正力,按表 11.2 选取;

F ——校正面垂直投影面积。

3. 压力机的选择

选择压力机时,除考虑弯曲模尺寸、模具高度、模具结构之外,还应考虑弯曲力的大小。选用的大致原则是:

(1) 自由弯曲

$$P_{\text{压机}} \geq P_{\text{自}} + p \quad (11.4)$$

式中 $P_{\text{压机}}$ ——选用的压力机吨位;

$P_{\text{自}}$ ——自由弯曲力;

p ——压料板或推件装置产生的力,一般取自由弯曲力的 30%~80%。

表 11.2 单位面积上的校正力 p (kgf/mm²)

材 料	板料厚度(mm)	
	~3	3~10
铝	3~4	5~6
黄铜	6~8	8~10
10~20号钢	8~10	10~12
25~35号钢	10~12	12~15
钛合金(TA2)	16~18	18~21
(TA3)	16~20	20~26

(2) 校正弯曲 校正弯曲力比自由弯曲力大得多,但在弯曲过程中,自由弯曲力和校正弯曲力不是同时存在的。因此,在选择压力机时,可仅以校正弯曲力作为依据,即

$$P_{\text{压机}} \geq P_{\text{校}} \quad (11.5)$$

11.4 回弹

11.4.1 回弹现象

在弯曲和成形加工结束后,去除外载荷作用,工件离开模具后所产生的弹性回复现象称为回弹,如图 11.10 所示。

弯曲回弹的表现形式有两个方面:

(1) 弯曲半径增大 卸载前板料的内半径 r (与凸模的半径吻合),在卸载后增加至 r_0 ,半径的增量为 Δr

$$\Delta r = r_0 - r$$

(2) 弯曲件角度增大 卸载前板料的弯曲角为 α (与凸模顶角吻合),卸载后增大到 α_0 ,角度的增量称为回弹角 $\Delta\alpha$ 。

$$\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha$$

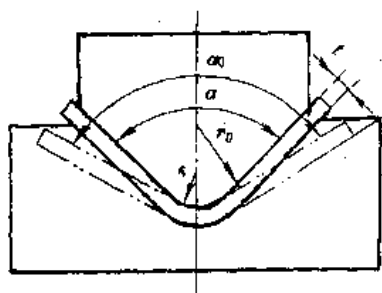


图 11.10 弯曲时的回弹

11.4.2 回弹值的确定

由于影响回弹角大小的因素很多,且这些因素又相互影响,理论计算很复杂,而且也不准确。故在生产中往往根据经验数值和简单的计算来初步确定回弹角的大小。然后在实际试模中进行修正。

表 11.3 为自由弯曲 V 形件,弯曲角为 90° 时的部分材料平均回弹角。

当 r/t 较小时,弯曲内角和弯曲半径回弹量都较小,可按表 11.3 查得。

表 11.3 单角自由弯曲 90° 时的平均回弹角 $\Delta\alpha$

材 料	$\frac{r}{t}$	t/mm		
		<0.8	$0.8\sim 2$	>2
软钢 ($\sigma_b=350\text{MPa}$)	<1	4°	2°	0°
软黄铜 ($\sigma_b\leq 350\text{MPa}$)	$1\sim 5$	5°	3°	1°
铝、锌	>5	6°	4°	2°
中硬钢 ($\sigma_b=400\text{MPa}\sim 500\text{MPa}$)	<1	5°	2°	0°
硬黄铜 ($\sigma_b=350\text{MPa}\sim 400\text{MPa}$)	$1\sim 5$	6°	3°	1°
硬青铜	>5	8°	5°	3°
硬钢 ($\sigma_b>550\text{MPa}$)	<1	7°	4°	2°
	$1\sim 5$	9°	5°	3°
	>5	12°	7°	6°

当弯曲角不为 90° 时, $\Delta\alpha$ 作如下修正:

$$\Delta\alpha_x = \frac{\alpha}{90^\circ} \cdot \Delta\alpha_{90^\circ} \quad (11.6)$$

式中 $\Delta\alpha_x$ —— 弯曲角为 x° 的回弹角;

$\Delta\alpha_{90}$ —— 弯曲角为 90° 的回弹角;

α —— 零件弯曲角。

当进行校正弯曲时,其回弹角作如下修正:

$$\Delta\alpha = K \cdot \Delta\alpha_x \quad (11.7)$$

式中 K 为修正系数,其值见表 11.4 所列。

表 11.4 修正系数 K

r/t	≤ 3	3~5	5~10	10~15	15~20	> 20
K	0.4~0.7	0.2~0.4	0.15~0.2	0.05~0.15	0~0.05	0

当 $r/t > 10$ 时,弯曲角和弯曲件的圆角半径都变化较大,在这种情况下回弹主要决定于材料的力学性能,因此,弯曲凸模的圆角半径和角度可按式计算:

$$r_i = \frac{1}{\frac{1}{r} + \frac{3\sigma_s}{Et}} \quad (11.8)$$

回弹角数值为

$$\Delta\alpha = (180^\circ - \alpha) \left(\frac{r}{r_i} - 1 \right) \quad (11.9)$$

式中 r_i ——凸模的圆角半径(mm);
 r ——弯曲件圆角半径(mm);
 α ——弯曲件的弯曲角度($^\circ$);
 σ_s ——材料的屈服极限(MPa);
 E ——工件材料弹性模数(MPa);
 t ——弯曲材料的厚度(mm)。

初步计算所得的结果与实际情况仍会有较大差异,更准确的回弹值只有在试模时作进一步修正,才能最后确定。

11.4.3 影响回弹的因素

(1) 材料的机械性能 回弹角的大小,与材料的屈服强度 σ_s 成正比,与弹性模量 E 成反比。材料的屈服强度越大,则材料在一定变形程度(r/t)时断面内的应力也越大,因而引起更大的弹性变形,回弹量也大。材料的弹性模量 E 越大,则材料抵抗弹性弯曲的能力越大,其回弹量也小。

(2) 变形程度 r/t r/t 越大,则变形程度越小,板材中性层两侧的纯弹性变形区以及塑性变形区总变形中弹性变形的比重增加,则回弹量就大。

(3) 弯曲角 α α 越大,则变形区段 ra 越大,回弹的积累越大,回弹量也越大。

(4) 弯曲方式 板料弯曲方式有两种:无底凹模内的自由弯曲和有底凹模内的校正弯曲,如图 11.11 所示。

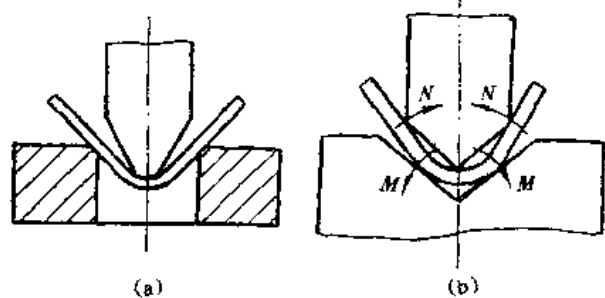


图 11.11 弯曲方式

(a)无底凹模内的自由弯曲;(b)有底凹模内的校正弯曲

在作自由弯曲(见图 11.11(a))时回弹最大,而校正弯曲(见图 11.11(b))可增加圆角处的塑性变形程度,因而回弹较小。

(5) 模具间隙 在弯曲U形件时,模具间隙对回弹值有直接影响。间隙大,材料处于松动状态,回弹就大;间隙小,材料被挤紧,回弹就小。

(6) 工件形状 一般而言,弯曲件越复杂,一次弯曲成形的数量越多,则弯曲时各部分互相牵制的作用越大,弯曲中拉伸变形的成分越大,故回弹量就越小。例如形件的回弹较U形件小,U形件又较V形件为小。

11.4.4 解决回弹的措施

1. 弯曲件设计方面

(1) 改进工件结构,可以减小回弹。例如在弯曲变形区压加强筋或压成形边翼,增加弯曲件的刚性,可以减小回弹,如图 11.12 所示。

(2) 采用弹性模量大、屈服极限低、机械性能稳定的材料。

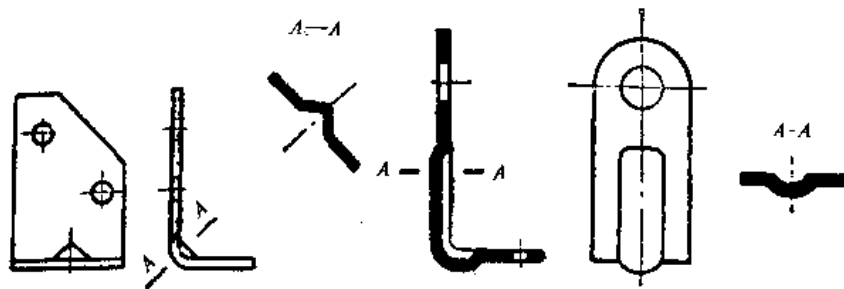


图 11.12 弯曲件的工艺性

2. 弯曲工艺方面

(1) 钢件毛坯在压弯前先进行退火处理,使其屈服极限 σ_s 降低。硬铝件弯前淬火,弯后自然时效。

(2) 用校正弯曲代替自由弯曲。

(3) 采用拉弯工艺。拉弯是在弯曲的同时施加拉力,使材料大部甚至全部转为拉伸变形从而减小回弹。

3. 模具结构方面

如图 11.13 所示是把凸模端面和压料板表面做成一定曲率的弧形,使卸载后产生反向回弹来补偿圆角部分的回弹。

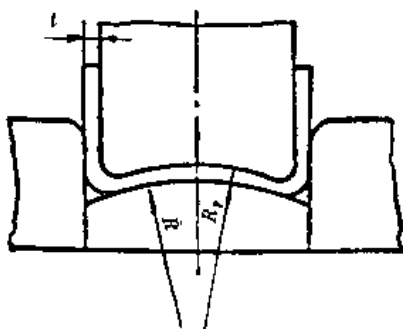


图 11.13 弧形凸模的补偿作用

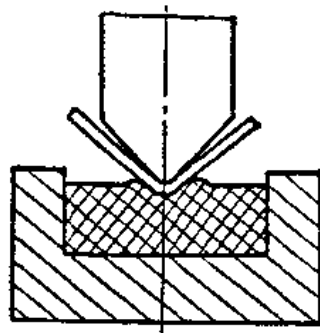


图 11.14 弹性凹模的单角弯曲

图 11.14 则是利用橡胶或聚胺脂软凹模来代替金属刚性凹模进行弯曲。这样可以排除毛坯在非变形区的变形和回弹,并用调节凸模压入凹模深度的方法来控制回弹值。

如图 11.15 所示为把弯曲凸模做成局部凸起的形状,使压力集中在引起回弹的变形区,

以改变弯曲变形区的应力状态。

如图 11.16 所示为把凹模做成活动式的, 以便于实现校正弯曲来控制回弹。

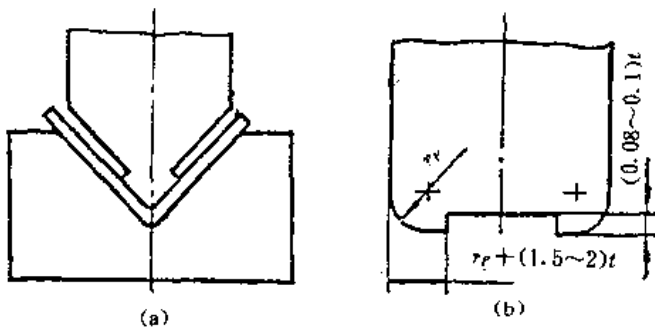


图 11.15 改变应力状态的弯曲方法

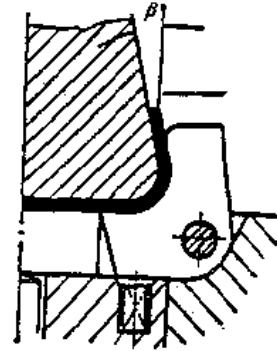


图 11.16

11.5 弯曲件毛坯尺寸的计算

板料弯曲时, 应变中性层的长度是不变的。因此, 弯曲件毛坯尺寸可以根据弯曲变形前后应变中性层长度不变的原则来计算确定, 如图 11.17 所示。

在实际冲压生产中常用下面的经验公式确定应变中性层的曲率半径:

$$\rho = r + Kt \quad (11.10)$$

- 式中 ρ ——弯曲应变中性层的曲率半径(mm);
 r ——弯曲件内层的弯曲半径(mm);
 t ——弯曲件材料厚度(mm);
 K ——应变中性层位移系数, 其值与变形程度有关, 可参照表 11.5 选取。

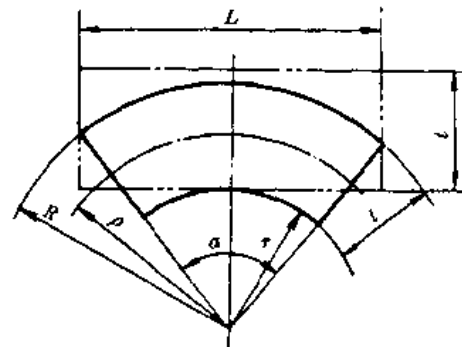


图 11.17 中性层位置

表 11.5 中性层位移系数(K)值

r/t	0~0.5	0.5~0.8	0.8~2	2~3	3~4	4~6
K	0.16~0.25	0.25~0.30	0.30~0.35	0.35~0.40	0.40~0.45	0.45~0.50

当应变中性层位置确定后, 即可进行弯曲件毛坯长度的计算, 可分以下两种情况:

(1) 有圆角半径的弯曲件(见图 11.18)。

圆角半径 $r > 0.5t$ 的弯曲件称为有圆角半径的弯曲件。其毛坯展开长度等于弯曲件直线部分长度和圆弧部分长度之和, 即

$$L = \sum l_2 + \sum l_w \quad (11.11)$$

式中 L ——弯曲件毛坯长度(mm);

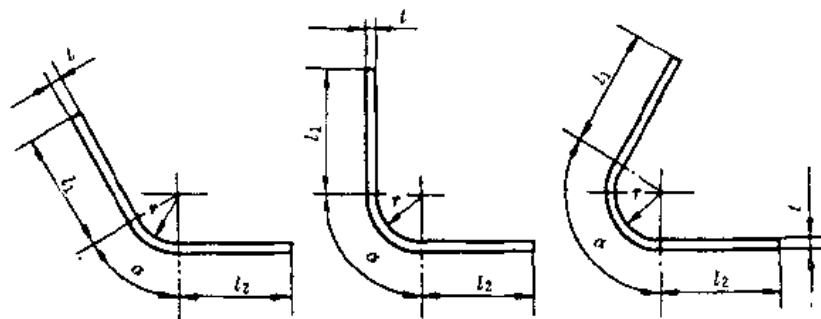


图 11.18 有圆角半径的弯曲件

Σl_2 ——弯曲件各直线段之和(mm);
 Σl_w ——弯曲件各圆角部分之和(mm)。

$$l_w = \frac{\pi\alpha}{180^\circ}(r + Kt)$$

式中 α ——弯曲中心角;

K ——中性层系数,可由表 11.5 查得。

(2) 无圆角半径的弯曲件(见图 11.19)。

圆角半径 $r < 0.5t$ 的弯曲件称为无圆角半径的弯曲件。其毛坯尺寸可根据毛坯与制件等体积法计算,并考虑弯曲件变薄情况而求得,即

$$L = \Sigma l_2 + Knt \quad (11.12)$$

式中 Σl_2 ——各直线段长度之和(mm);

K ——系数,单角 $K=0.5\sim 0.6$,多角 $K=0.3\sim 0.5$;

n ——弯曲角个数;

t ——板材厚度(mm)。

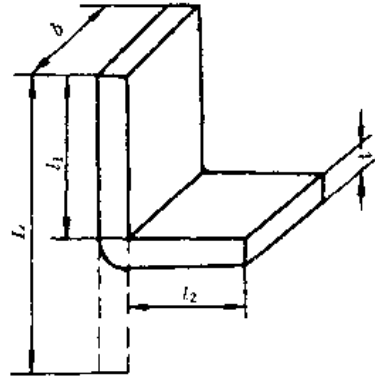


图 11.19 无圆角弯曲件

必须指出,用上述计算方法确定弯曲毛坯展开长度只作为参考。实际生产中有许多因素(材料性能、模具情况及弯曲方式等)都将影响弯曲毛坯长度。因此对于形状复杂、多角及精度要求较高的弯曲件,一般先按上述公式进行初步计算,再根据试压情况加以修正。随着加工条件的改变,常需要多次修正,才能得出精确的毛坯长度。

11.6 弯曲模结构及其结构设计

弯曲模的结构主要取决于弯曲件的形状及弯曲工序的安排。本节以不同类型的常见弯曲件为对象,分别讨论其弯曲模的典型结构及其特点。

11.6.1 常见弯曲件模具结构

1. V形件弯曲模

V形件形状简单,能一次弯曲成形。最简单的模具结构为敞开式,如图 11.20 所示。这种模具制造方便,通用性强。但采用这种模具弯曲时,板料容易滑动,使弯曲件边长不易控制,影响工件精度。

为了防止板料滑动,提高 V形件的弯曲精度,可以采用如图 11.21 所示的带有压料装置的模具结构。

如图 11.22 所示为另一结构形式的 V形件弯曲模。由于有顶板及定料销,可以防止弯曲时毛坯的滑动,能得到边长公差为 $\pm 0.1\text{mm}$ 的工件,这是其他形式的弯曲模所达不到的。

2. U形件弯曲模

如图 11.23(a)所示为一般 U形件弯曲模。该模具由凸、凹模、定位销、顶板、顶杆等组成。工作时,顶板将毛坯压住,弯曲后将制件顶出,如果制件卡在凸模上,则由卸料杆推下。

如图 11.23(b)所示为圆棒件弯曲模。凹模做成转轮。为了使圆杆定位,凸模和凹模上均

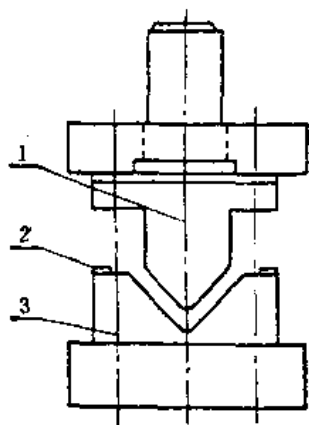


图 11.20 敞开式弯曲模
1—凸模；2—定位板；3—凹模

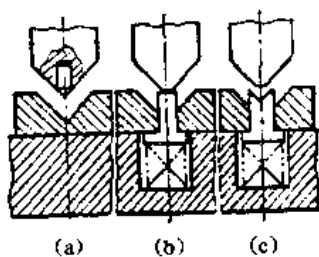


图 11.21 带压料装置的模具
(a)定位尖；(b)顶杆；(c)V形顶板

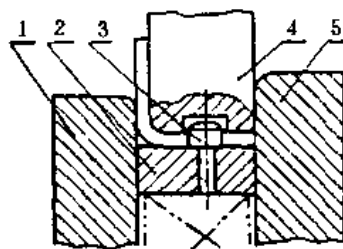
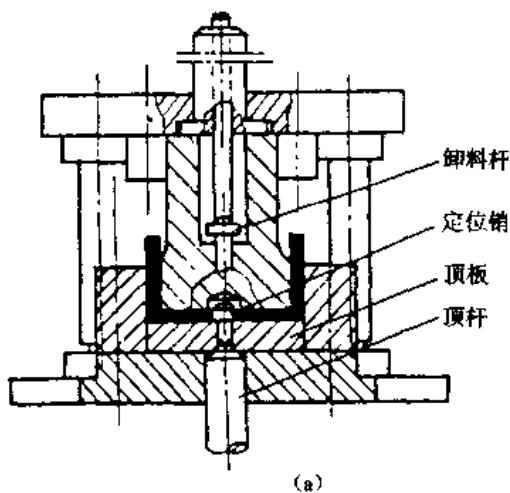
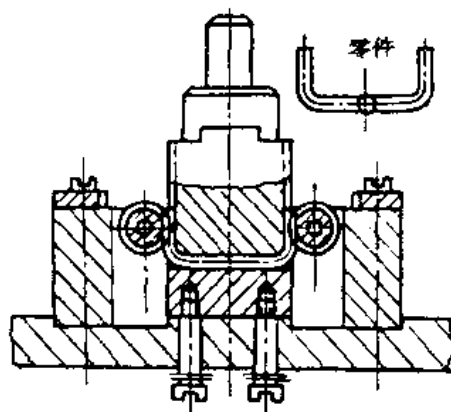


图 11.22 带有顶板及定料销的弯曲模
1—凸模；2—顶板；3—定料销；
4—凹模；5—防倒板



(a)



(b)

图 11.23 U形件弯曲模

有圆槽，随着凸模下降，转轮发生转动，圆杆完成弯曲。

如图 11.24 所示为弯曲夹角小于 90° 的弯曲模。压弯时凸模首先将毛坯弯成 U 形，当凸模继续下压时，凸模与活动凹模相接触并使左右活动凹模绕中心向当中旋转，最后使毛坯压弯成形。当凸模上升后，弹簧使活动凹模复位。

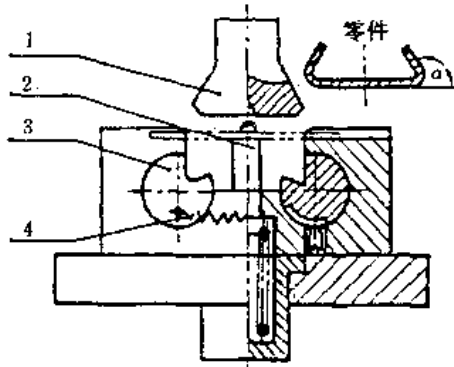


图 11.24 弯曲角小于 90° 的弯曲模
1—凸模；2—顶杆；3—凹模；4—弹簧

3. 帽罩形件弯曲模

帽罩形件如图 11.25 所示。弯曲这种零件的方法有两种：一次弯曲成形和两次弯曲成形。一般可根据材料厚度 t 、圆角半径 r 、工件高度 H 和尺寸精度等工艺要求来决定工序次数与模具结构。

如图 11.26 所示为几种一次弯成的弯曲模结构，也称复合弯曲模。



图 11.25 帽/罩形弯曲件

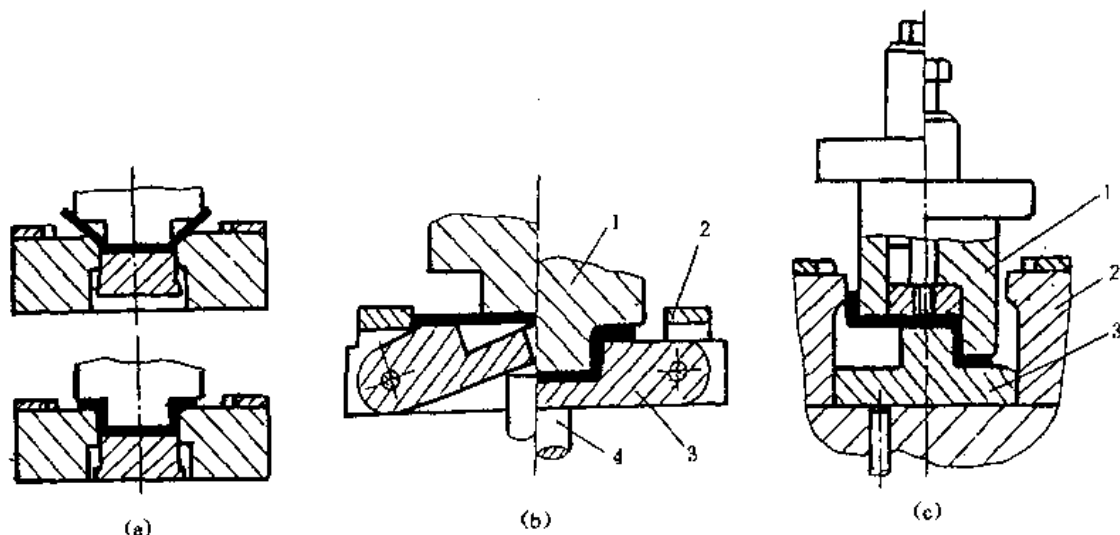


图 11.26 U 形件复合弯曲模

(a) 四角同时成形的弯曲模； (b) 带摆动凹模的弯曲模； (c) 由活动凸模两次成形的弯曲模
1—凸模，2—定位板，3—凹模，4—顶杆 1—凸凹模，2—固定凹模，3—活动凸模

4. Z 形件

Z 形件一次弯曲即可成形，如图 11.27 所示为 Z 形件弯曲模，凸模 8 装在接板上，可随接板上下活动。上模下行时，凸模先将坯料压在顶板上，上模继续下降完成弯曲过程。

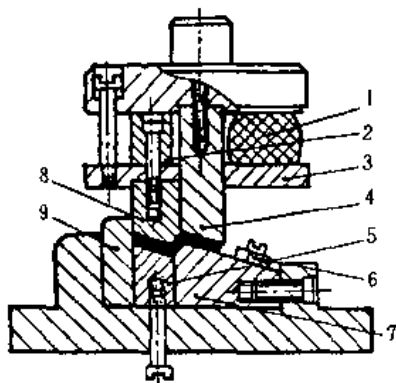


图 11.27 Z 形件弯曲模

1—橡胶；2—支承块；3—接板；4、8—凸模；
5—顶板；6—定料板；7—凹模；9—防侧板

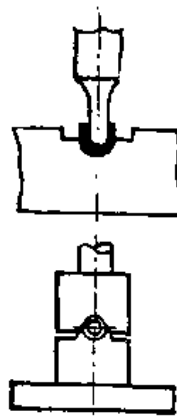


图 11.28 小圆二次弯曲模

5. 圆筒形件

圆筒形件的弯曲，一般可根据尺寸大小进行分类：圆筒直径 $d \leq 5\text{mm}$ 的弯曲件属小圆， $d \geq 20\text{mm}$ 的属大圆。弯小圆的方法是先弯成 U 形，再将 U 形弯成圆形（见图 11.28）。由于工件小，分两次弯曲操作不便，故也可采用如图 11.29 所示的一次弯圆模。凸模下行时，压板将滑块往下压，利用心棒将毛坯弯成 U 形，等到凸模下降到与毛坯接触后，再将 U 形弯成圆形。弯大圆的方法，如图 11.30 所示，即先弯成波浪形，然后再弯成圆筒形。弯曲完毕后，工件还套在凸模上，可推开支撑将工件从凸模上取下。为了提高生产率，也可采用如图 11.31 所示的带活动凹模的一次弯曲成形模。这种弯曲方法的缺点是：由于回弹在工件接缝处留有

縫隙和少量直邊, 模具結構也較複雜。

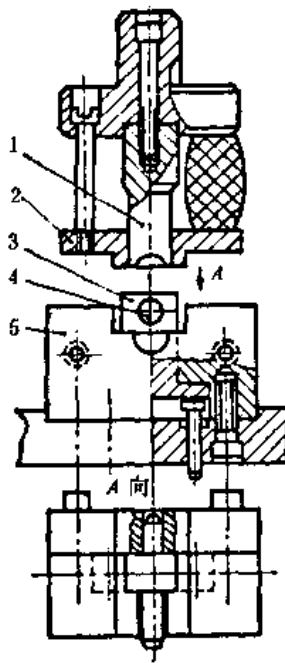


图 11.29 小圆一次弯曲模
1—凸模; 2—压板; 3—滑块; 4—芯棒; 5—凹模

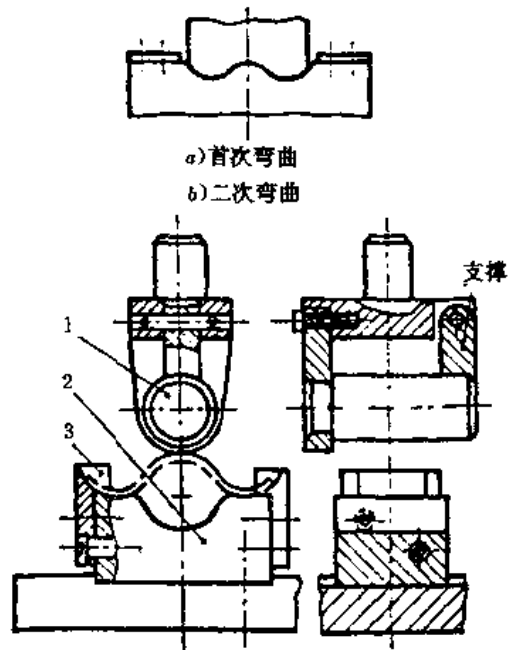


图 11.30 大圆二次弯曲模
1—凸模; 2—凹模; 3—定位板

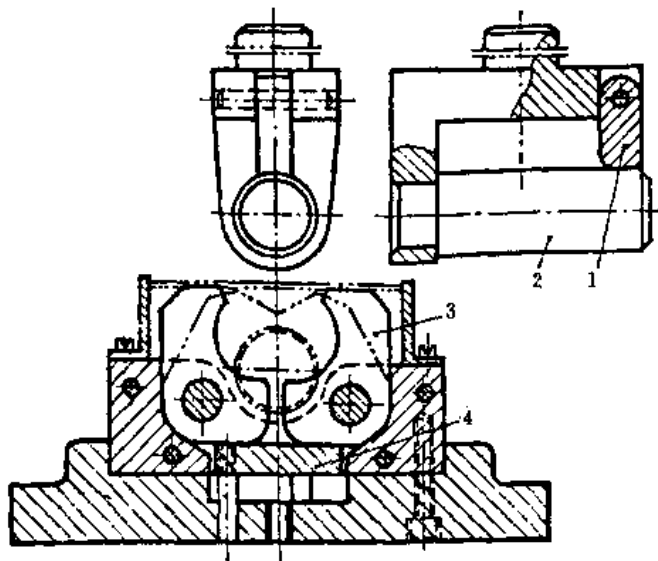
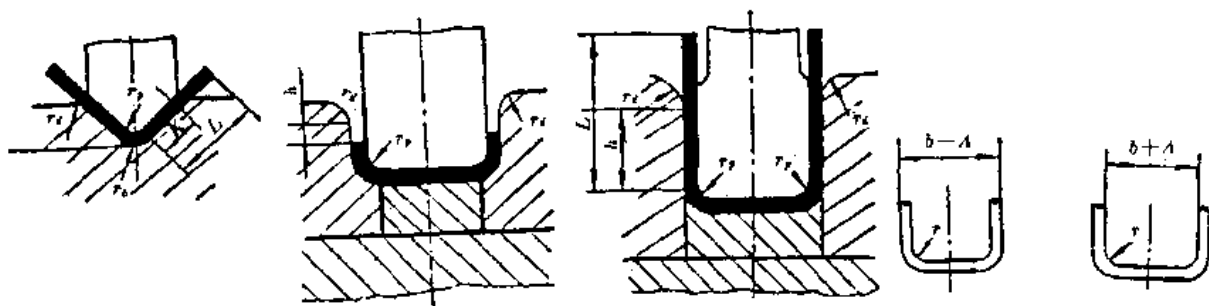


图 11.31 大圆一次弯成模
1—支撑; 2—凸模; 3—凹模; 4—顶板

11.6.2 弯曲模工作部分尺寸计算

1. 凸、凹模圆角半径(见图 11.32)

凸模圆角半径 r 应等于弯曲件内侧的圆角半径 r , 但不能小于材料允许的最小弯曲半径



(a) V形弯曲 (b) 短臂U形弯曲 (c) 长臂U形弯曲 (d) 弯曲工件尺寸标注

图 11.32 弯曲模工作部分形状与弯曲件尺寸标注

$r=r_{\min}$ 。如果 $r < r_{\min}$, 弯曲时应取 $r_p \geq r_{\min}$, 随后增加一次校正工序, 校正模的 $r_p = r$ 。

凹模圆角半径通常根据材料的厚薄选取:

$$\text{当 } t < 2\text{mm}, \quad r_d = (3 \sim 6)t$$

$$t = 2\text{mm} \sim 4\text{mm}, \quad r_d = (2 \sim 3)t$$

$$t > 4\text{mm}, \quad r_d = 2t$$

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。另外, 凹模两边的圆角半径应一致, 否则弯曲时会发生坯料移动的现象。

2. 凸、凹模间隙 C

对于U形件弯曲, 必须合理选择凸、凹模间隙。间隙过大, 则回弹大, 弯曲件尺寸和形状不易保证; 间隙过小, 弯曲力增大, 且使工件变薄, 降低模具寿命。生产中常按材料机械性能和材料厚度选取:

$$\text{对于钢板,} \quad z = (1.05 \sim 1.15)t$$

$$\text{对于有色金属,} \quad z = (1 \sim 1.1)t$$

对于V形件弯曲, 凸、凹模间隙是靠调节压力机的闭合高度控制的, 但在模具设计时, 必须考虑到凸模圆角半径 r 、凹模底部圆角半径 r_b 以及凸、凹模两侧, 在模具闭合时完全接触或贴合, 才能保证弯曲质量。

3. 凸、凹模的宽度尺寸

(1) 用外形尺寸标注的弯曲件 工件为双向偏差时(见图 11.33(a))凹模尺寸为

$$L_d = (L - 0.5\Delta) + \delta_d \quad (11.13)$$

工件为单向偏差时(见图 11.33(b))凹模尺寸为

$$L_d = (L - 0.75\Delta) + \delta_d \quad (11.14)$$

凸模尺寸为

$$L_p = (L_d - 2z) - \delta_p \quad (11.15)$$

(2) 用内形尺寸标注的弯曲件 工件为双向偏差时(见图 11.34(a))凸模尺寸为

$$L_p = (L + 0.5\Delta) \overset{\circ}{-} \delta_p \quad (11.16)$$

工件为单向偏差时(见图 11.34(b))凸模尺寸为

$$L_p = (L + 0.75\Delta) \overset{\circ}{-} \delta_p \quad (11.17)$$

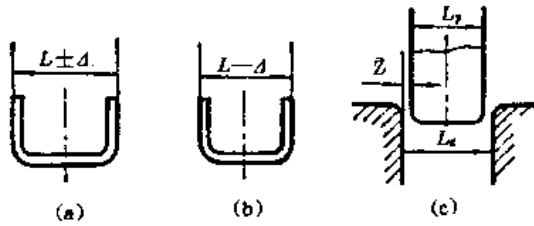


图 11.33 用外形尺寸标注的弯曲件

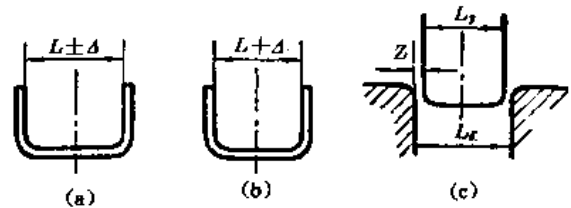


图 11.34 用内形尺寸标注的弯曲件

凹模尺寸为

$$L_d = (L_p + 2z) + \frac{\delta_d}{2} \quad (11.18)$$

式中 L_p ——凸模宽度；

L_d ——凹模宽度；

L ——弯曲件宽度的尺寸偏差；

δ_p, δ_d ——凸、凹模的制造偏差，采用 IT7~IT9 级精度。

z ——凸、凹模单边间隙；

当工件精度要求较高时，其间隙应适当减小，取 $z = t$ 。

习题与思考题

1. 什么是回弹？产生的原因是什么？
2. 弯曲变形程度用什么来表示？影响的因素有哪些？
3. 试述减小弯曲回弹的常用措施。

第12章 拉深

将平板毛坯通过拉深模制成筒形(或其他断面形状)空心零件,或将筒形(或其他断面形状)毛坯再制成筒形(或其他断面形状)空心零件的加工方法称为拉深。

用拉深工艺可以制成筒形、阶梯形、锥形、球形、方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,还可制造出形状复杂的零件。

12.1 拉深变形过程的分析

如图 12.1 所示,直径为 D 、厚度为 t 的圆形毛坯经拉深模拉深,得到了具有外径 d 的开口圆筒形工件。拉深变形过程分析如下:

如果将平板毛坯(见图 12.2)的三角形阴影部分 b_1, b_2, b_3, \dots 切去,留下 a_1, a_2, a_3, \dots 这样的一些狭条,然后将这些狭条沿直径为 d 的圆周弯折过来,再把它们加以焊接,就可以成为一个圆筒形工件了。这个圆筒形工件的直径 d ,可按需要截取,而其高度为

$$h = \frac{1}{2}(D-d)$$

但是,在实际拉深过程中,并没有将阴影部分的三角形材料切掉,这部分材料是在拉深过程中由于产生塑性流动而转移了。这部分被转移的三角形材料,通常称为“多余三角形”。这部分“多余三角形”材料的转移,一方面要增加工件的高度 Δh ,使得:

$$h > \frac{1}{2}(D-d)$$

另一方面要增加工件的壁部厚度 Δt ,如图 12.3 所示。

为了进一步说明金属的流动过程,可以采用坐标网

格试验法:在圆形毛坯上面许多间距都等于 a 的同心圆和分度相等的辐射线,如图 12.4 所示。由这些同心圆和辐射线组成网格。

观察拉深后所得到的圆筒形拉深件,可以发现其网格有如下变化:

(1) 圆筒形体底部的网格基本保持原状。

(2) 圆筒形体的筒壁部分的网格形状变化很大。原来间距相等的同心圆变为筒壁上相同长度的圆周线,并且间距 a 都增大了,越接近筒口增大得越多,即 $a_1 > a_2 > a_3 > \dots > a$ 。

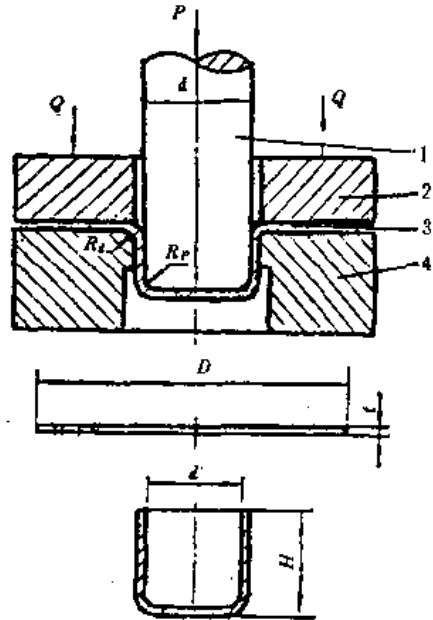


图 12.1 拉深过程
1—凸模; 2—压料圈; 3—毛坯; 4—凹模

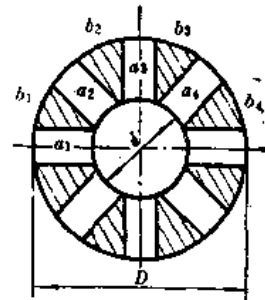
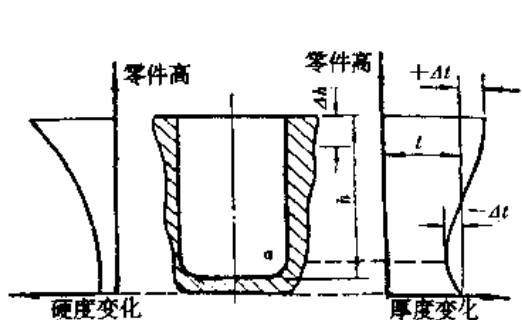


图 12.2 材料的转移



12.3 拉深件沿高度方向的硬度和壁厚的变化

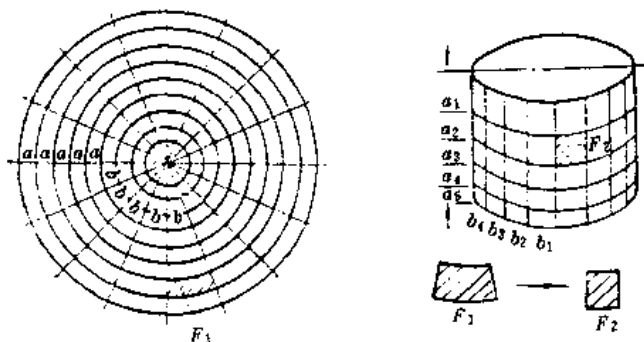


图 12.4 拉延件的网格变化

(3) 原来分度相等的辐射线变成了筒壁上的垂直于筒形体底部的平行线,其间距则完全相等,即 $b_1=b_2=b_3=\dots=b$ 。

如果拿网格中一个小单元体来看,在拉深前是位于凸缘处的扇形 F_1 ,在拉深过程中,凸缘部分材料转变为筒壁而逐渐收缩,受到相邻部分金属的挤压作用,相当于将扇形单元 F_1 部分拉着通过一个假想的楔形槽(见图 12.5)而成为筒壁上的矩形 F_2 。即小单元体在切向受到压缩,其应力为压缩应力 σ_3 ,而在半径方向则被拉长,其应力为拉伸应力 σ_1 的作用。若忽略拉深过程中材料厚度的变化,可以认为拉深前后小单元体的面积基本保持不变,即 $F_1=F_2$ 。

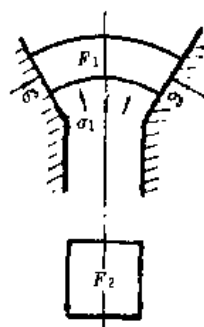


图 12.5 扇形小单元体的变形

根据上述坐标网格法分析及金属产生塑性流动的实际情况,我们可以对拉深的变形过程作如下的归纳:

- (1) 拉深过程中,材料的变形主要发生在凸缘部分;
- (2) 拉深变形过程实质上就是凸缘处的材料在径向拉应力 σ_1 和切向压应力 σ_3 的共同作用下产生塑性变形,凸缘不断收缩而转化为筒壁的过程;
- (3) 这种塑性变形程度在凸缘的最外缘处为最大。

12.2 圆筒形零件的拉深工艺计算

12.2.1 拉深件毛坯尺寸计算

在拉深过程中,毛坯的厚度虽然发生一些变化,但在计算毛坯尺寸时可以不计厚度的变化。根据塑性变形体积不变定律,毛坯尺寸可以按拉深前毛坯面积等于拉深件面积的原则计算。

首先将拉深件分成若干个便于计算的简单几何体,分别求出各部分面积(A_1, A_2, \dots)后将其相加,即可得拉深件的总面积。然后根据毛坯尺寸的计算原则,求出毛坯的直径 D_0 。

$$\frac{\pi}{4} D_0^2 = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n = \Sigma A$$

则

$$D_0 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \Sigma A} \quad (12.1)$$

如图 12.6 所示为圆筒形零件,可将其分解为三部分,每部分的面积分别为

$$A_1 = \pi d(H-r)$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} [2\pi r(d-2r) + 8r^2]$$

$$A_3 = \frac{\pi}{4} (d-2r)^2$$

将三部分面积相加即得总面积 $\Sigma A = A_1 + A_2 + A_3$ 。

则毛坯直径 D_0 为

$$D_0 = \sqrt{(d-2r)^2 + 2\pi r(d-2r) + 8r^2 + 4d(H-r)}$$

由于板料各向异性,模具间隙不均,板厚公差及摩擦阻力的不同等因素的影响,拉深件口部边缘往往是不平的,尤其是拉深次数多的零件,其口部边缘质量更差。因此除拉深件相对高度 h/d 很小的以外,在计算零件尺寸时一般都要考虑修边余量(Δh)。其值可参考表 12.1 和表 12.2。

结论:拉深前毛坯的面积等于拉深件的面积加上修边余量的表面积。

应当指出,上述毛坯尺寸的计算是近似的。由于受材料力学性能、模具几何形状、拉深次数、润滑等因素的影响,实际上毛坯的面积是有变化的,故计算出的毛坯直径与实际直径有一定的差别。毛坯直径过大,既浪费材料又增加进料阻力,使变形困难,容易使制件拉裂;毛坯直径过小,不能保证零件尺寸要求。故在生产中当冲压件精度要求较高时,须将计算出的毛坯经试拉后修正。

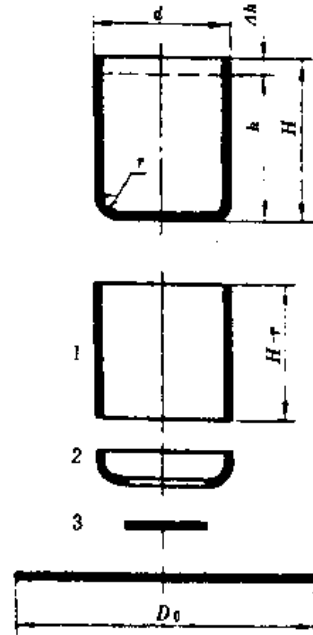


图 12.6 形状简单圆筒形拉深件毛坯尺寸计算分解图

表 12.1 无凸缘筒形件的修边余量(Δh)

h/mm	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	2.0	
10~20	1.2	1.6	2.0	2.5	
20~50	2.0	2.5	3.3	4.0	
50~100	3.0	3.8	5.0	6.0	
100~150	4.0	5.0	6.5	8.0	
150~200	5.0	6.3	8.0	10.0	
200~250	6.0	7.5	9.0	11.0	
250~300	7.0	8.5	10.0	12.0	

表 12.2 带凸缘圆筒件的修边余量(Δh)

凸缘直径 d_f/mm	凸缘的相对直径 d_f/d				附 图
	1.5 以下	>1.5~2	>2~2.5	>2.5~30	
≤ 25	1.6	1.4	1.2	1.0	
>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	
>250~300	6.0	5.0	4.0	3.0	

12.2.2 拉深系数

拉深件的起皱和破裂是拉深工作中存在的主要问题。如果采用防皱压边装置,一般可以防止起皱;拉裂一般发生在工件底部转角处,这种破坏形式在制订拉深工艺时必须考虑之,也就是要预先确定该零件能否用一道工序拉成形或是需要几道工序才能拉成,而不发生拉裂现象。

圆筒形的拉深系数(m)是用拉伸件的直径(d)与毛坯直径(D)的比值表示的。即

$$m=d/D \quad (12.2)$$

拉深系数是一个小于1的数值,它反映了拉深时材料变形程度的大小。拉深系数越小,表明了材料的变形程度越大。

在实际生产中,把保证危险截面不被拉裂的最小拉深系数称为极限拉深系数。简称为拉深系数。

因此,拉深系数有两个不同的概念:一个为零件所要求的拉深系数 m_r ,即 $m_r = \frac{d}{D}$,式中 d 为零件直径, D 为该零件所需要的毛坯直径;另一个是按材料的性能及加工条件等因素在一次拉深中所能达到的极限拉深系数 m 。若零件所要求的拉深系数 m_r 值大于按材料及加工条件所允许的极限拉深系数 m 时,则该零件只需一次拉深制成,否则必须多次拉深。

对于需要多次拉深的圆筒形件:

第一次拉深时的拉深系数为 $m_1 = d_1/D$;

第二次拉深时的拉深系数为 $m_2 = d_2/d_1$;

.....

第 n 次拉深时的拉深系数为 $m_n = d_n/d_{n-1}$ 。

因为在拉深过程中材料产生冷作硬化,所以以后各次的拉深系数应逐渐增大,即

$$m_1 < m_2 < m_3 < \dots < m_n \quad (12.3)$$

总的拉深系数为 m_r ,即

$$m_r = d_n/D = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot \dots \cdot m_n \quad (12.4)$$

在生产实际中,影响拉深系数的因素有很多,主要有下述几项:

(1) 材料的机械性能 σ_s/σ_b 愈小,对拉深愈有利。其极限拉深系数值小。一般认为, $\sigma_s/\sigma_b \leq 0.65$, 而 $\delta \geq 28\%$ 的材料具有较好的拉深性能。

(2) 材料的相对厚度 t/D 相对厚度愈大,愈对拉深有利。因为 t/D 大,抵抗凸缘处失稳起皱的能力提高,这样压边力可以减小甚至不需要,从而使变形抗力相应减小。

(3) 润滑 润滑条件良好对拉深有利,可以减小拉深系数。

(4) 模具的几何参数 凸、凹模的圆角半径和凸、凹模间的间隙值对拉深系数有影响。因此决定拉深系数和决定模具几何参数要结合起来考虑。

一般来讲,拉深系数是以上各种影响因素的函数。用理论计算方法来确定拉深系数是比较困难的,在生产实际中,一般是根据材料的相对厚度查表来确定的,见表 12.3、表 12.4、表 12.5。

表 12.3 圆筒形件不带压边圈时的拉深系数

拉深系数	毛坯的相对厚度(t/D) $\times 100$				
	1.5	2.0	2.5	3.0	>3
m_1	0.65	0.60	0.55	0.53	0.50
m_2	0.80	0.75	0.75	0.75	0.70
m_3	0.84	0.80	0.80	0.80	0.75
m_4	0.87	0.84	0.84	0.84	0.78
m_5	0.90	0.87	0.87	0.87	0.82
m_6	—	0.90	0.90	0.90	0.85

注:此表适用于 08、10 及 15Mn 等材料。其余各项同表 12-4 之注。

表 12.4 圆筒形件带压边圈时的拉深系数

拉深系数	毛坯相对厚度(t/D) $\times 100$					
	2.0—1.5	1.5—1.0	1.0—0.6	0.6—0.3	0.3—0.15	0.15—0.08
m_1	0.48—0.50	0.50—0.53	0.53—0.55	0.55—0.58	0.58—0.60	0.60—0.63
m_2	0.73—0.75	0.75—0.76	0.76—0.78	0.78—0.79	0.79—0.80	0.80—0.82
m_3	0.76—0.78	0.78—0.79	0.79—0.80	0.80—0.81	0.81—0.82	0.82—0.84
m_4	0.78—0.80	0.80—0.81	0.81—0.82	0.82—0.83	0.83—0.85	0.85—0.86
m_5	0.80—0.82	0.82—0.84	0.84—0.85	0.85—0.86	0.86—0.87	0.87—0.88

注:①表中拉深数据适用于 08、10 和 15Mn 等普通拉深碳钢及软黄铜 H62。对拉深性能较差的材料,拉深钢如 20、25、A2、A3、硬铝等应比表中数值大 1.5%~2.0%;而对塑性更好的,如 05、08、10 等深拉钢及软铝应比表中数值小 1.5%~2.0%。

②表中数据适用于未经中间退火的拉深。若采用中间退火工序时,可取较表中数值小 2%~3%。

③表中较小值适用于大的凹模圆角半径($r_d=8t\sim 15t$),较大值适用于小的凹模圆角半径($r_d=4t\sim 8t$)。

表 12.5 其他材料的拉深系数

材料	牌 号	首次拉深 m_1	以后各次拉深 m
铝和铝合金	L6M, L4M, LF21M	0.52~0.55	0.70~0.75
杜拉铝	LY11M, LY12M	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
紫铜	T2, T3, T4	0.50~0.55	0.72~0.80
无氧铜		0.52~0.58	0.75~0.82
镍、镍镍、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、耐热钢 及其合金	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
	Cr18Ni11Nb, Cr23Ni18	0.52~0.55	0.78~0.80
	Cr20Ni75Mo2AlTiNb	0.46	—
	Cr25Ni60W15Ti	0.48	—
	Cr22Ni38W3Ti	0.48~0.50	—
	Cr20Ni80Ti	0.54~0.59	0.78~0.84
钢	30CrMnSiA	0.62~0.70	0.80~0.84
可伐合金		0.65~0.67	0.85~0.90
钼钨合金		0.72~0.82	0.91~0.97
钽		0.65~0.67	0.81~0.87
铌		0.65~0.67	0.84~0.87
钛合金	工业纯钛	0.58~0.60	0.80~0.85
	TA5	0.60~0.65	0.80~0.85
铍		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 $r_d \geq (7\sim 8)t$ 拉深系数取小值。

②材料的相对厚度(t/D) $\times 100 \geq 0.62$ 时,拉深系数取小值;材料的相对厚度(t/D) $\times 100 < 0.6$ 时,拉深系数取大值。

12.2.3 拉深次数

因受拉深系数的限制,制件拉深成形所需的次数,即为拉深次数。当拉深系数确定后,就可计算出拉深次数,即只要求得总的拉深系数 m_z ,然后查得各次的拉深系数值 m_1, m_2, \dots ,就能得出拉深次数。

在生产实际中也可采用查表法,即根据零件的相对高度 h/d 和毛坯的相对厚度 t/D ,直接由表 12.6 查得拉深次数。

表 12.6 拉深件相对高度 h/d 与拉深次数的关系(无凸缘圆筒形件)
(材料:08F,10F)

拉深次数	毛坯的相对厚度 $(t/D) \times 100$					
	2~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0.3	0.3~0.15	0.15~0.08
1	0.94~0.77	0.84~0.65	0.71~0.57	0.62~0.5	0.52~0.45	0.46~0.38
2	1.88~1.54	1.60~1.32	1.36~1.1	1.13~0.94	0.96~0.83	0.9~0.7
3	3.5~2.7	2.8~2.2	2.3~1.8	1.9~1.5	1.6~1.3	1.3~1.1
4	5.6~4.3	4.3~3.5	3.6~2.9	2.9~2.4	2.4~2.0	2.0~1.5
5	8.9~6.6	6.6~5.1	5.2~4.1	4.1~3.3	3.3~2.7	2.7~2.0

注:大的 h/d 值适用于第一道工序的大凹模圆角 $[r_d \approx (8 \sim 15)t]$ 。

小的 h/d 值适用于第一道工序的小凹模圆角 $[r_d \approx (4 \sim 8)t]$ 。

例 某发电机上的空心固定销的拉深工件,如图 12-7 所示。因该零件的凸缘不大,故可先拉深成直筒形件,然后再压出凸缘部分。其拉深次数决定如下:

已知:

毛坯直径: $D = 64\text{mm}$ 板厚: $t = 2.5\text{mm}$

拉深件直径: $d_s = 24.5\text{mm}$ (因板厚大于 1mm ,故应按平均直径计算)。

零件材料:1Cr18Ni9Ti

总拉深系数: $m_z = \frac{d}{D} = \frac{24.5}{64} = 0.382$

查表 12-6,此零件需经 3 次拉深成形。取 $m_1 = 0.60, m_2 = 0.78$ (考虑有中间热处理工序)。

因

$$m_z = m_1 m_2 m_3$$

即

$$0.382 = 0.60 \times 0.78 \times m_3$$

所以

$$m_3 = 0.82$$

正如前述,在拉深过程中材料会发生硬化,结果塑性降低,硬度增加,特别是对于在拉深过程中无中间退火(奥氏体不锈钢及耐热钢则为淬火)的拉深工序更是如此。因此,以后各次的拉深系数不但应比第一次拉深系数大,而且应该依次逐渐增加。

按上述拉深系数计算拉深件各工序尺寸如下:

$$d_1 = m_1 D = 0.60 \times 64 = 38.4(\text{mm})$$

$$d_2 = m_2 d_1 = 0.78 \times 38.4 = 30(\text{mm})$$

$$d_3 = m_3 d_2 = 0.82 \times 30 = 24.6(\text{mm})$$

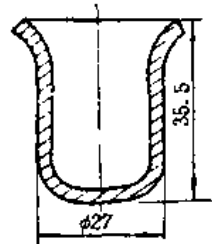


图 12.7 示例零件

12.3 其他形状零件的拉深

12.3.1 锥形件的拉深

锥形零件拉深时(见图 12.8),在变形开始阶段,变形区可分为三部分:法兰平面区(当带压边圈时),板料与凹模圆角接触区,位于凸、凹模间隙的自由表面区。由于自由表面积很大,容易产生失稳起皱和回弹。因此,它与圆筒件拉深不同,不能简单地用拉深系数来判断其拉深的难易程度。

1. 锥形件的拉深方法

锥形体一次拉深允许的拉深比($\frac{\text{毛坯直径}}{\text{锥形件最小直径}}$)近似地等于由平面毛坯拉深成圆筒件的允许拉深比。若拉深比 D/d_1 大于允许值,则需进行几次拉深。此时,根据锥形件尺寸不同,而有不同的拉深方法,如图 12.9 所示。

(1) 第一种方法是,当锥角 α 和比值 $\frac{h_1}{d_2}$ 很小(见图 12.9(a)),且拉深系数 $m = \frac{d_1}{d_2}$ 不大于圆筒件第二次拉深的允许值,即当

$$m = \frac{d_1}{d_2} = 1 + \frac{2h}{d_2} \operatorname{tg} \alpha \leq m_{\text{极限}}$$

时,则可先拉深成直径为 d_1 的圆筒,然后拉深成锥形件。上式中, $m_{\text{极限}}$ 为圆筒件第二次拉深时允许的拉深系数。

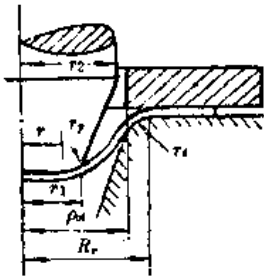


图 12.8 示例零件

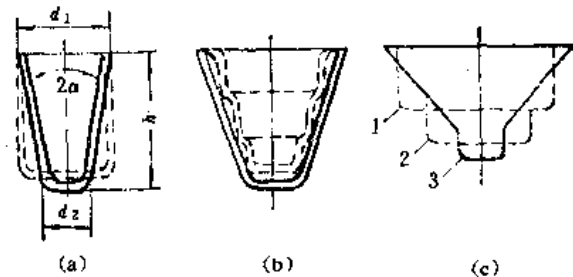


图 12.9 圆筒件拉深图

本法也可先拉深成直径略小于 d_1 的圆筒形,而在最后一次拉深锥形件时,毛坯边缘直径稍有增大。此时, $m = \frac{d_1}{d_2}$ 可稍大于 $m_{\text{极限}}$ 。

(2) 第二种方法是,先拉深成阶梯形(见图 12.9(b)),使其外轮廓切线与对称轴的交角等于锥角 α ,在最后一次将阶梯形毛坯拉深成锥形零件。此时,沿子午面母线的凸形部分长度减小,而凹形部分的长度增加。当毛坯厚度很小时,这种长度减小可能引起失稳而形成纵向皱纹。为了减小凸形部分的周向压缩,建议第一个台阶直径小于锥形件最小直径 d_1 。这样,可将毛坯法兰置于凹模平面上,当子午面母线校直时,台阶的垂直位移最小,故凸形部分的周向压缩较小。

本法的缺点是,零件在台阶过渡处留下压痕。

(3) 第三种方法是, 逐次拉深成锥面(见图 12.9(c)), 逐次增加锥面长度。此时, 外径保持不变, 母线与对称轴的交角等于零件锥角。采用本法, 可以获得表面质量较高的锥形零件。

2. 锥形零件尺寸对拉深的影响

(1) 锥形件的相对高度 h/d_2 图 12.10(a)、(b) 中零件的 d_2 相同, 当 $h_2 > h_1$ 时, 则离中心相同距离上的 B 点, 靠紧凸模所需的径向收缩量 Δ_2 (见图 12.10(b)) 大于 Δ_1 (见图 12.10(a))。因此, 图 12.10(b) 中毛坯的自由表面区起皱的可能性大。另一方面, 锥形件高度大时, 毛坯直径也大, 从而增大了位于压边圈下面的毛坯变形区宽度, 所需径向拉应力也大。故当 $\frac{h}{d_2}$ 较大时, 成形难度增大, 需要多次拉深。

(2) 相对锥顶直径 d_1/d_2 当 d_1/d_2 较小时, 拉深时不仅毛坯中间部分的承载能力低, 容易破裂, 而且毛坯自由表面的宽度大, 容易起皱。

(3) 相对厚度 t/d_2 t/d_2 小时, 中部部分容易起皱, 需要增加工序数。

现将上述因素的具体影响, 综合分析如下:

当 $h/d_2 < 0.2$ 时, d_1/d_2 的影响较小, 可根据 t/d_2 值决定拉深方法。当 $t/d_2 > 0.02$ 时, 可以不用压边圈, 用带底凹模一次成形, 但回弹比较严重。当零件尺寸精度要求较高或相对厚度较小时, 应采用平面压边圈或拉深筋, 以增大径向拉应力和胀形成分。若锥形件不带法兰, 则应增大毛坯尺寸, 使拉深结束时还保留一定宽度的法兰(工艺余料)。一般说, 锥形件的胀形条件比球面零件差, 变形不均匀性严重, 变形主要集中在零件底部向锥面过渡的圆角附近(见图 12.10)。尤其当 r 较小时, 这一现象更加突出, 从而降低了胀形深度。

当 $t/d_2 > 0.02$ 时, 若 $d_1/d_2 > 0.5$, 且 $h/d_2 < 0.43$, 可用带底凹模一次拉深成功。这时应在压力机行程末进行一定程度的整形。若 d_1/d_2 增大, 一次拉深的高度也可相应增大。例如当 $d_1/d_2 = 0.6 \sim 0.7$ 时, h/d_2 可达 0.5 左右; 当 $d_1/d_2 = 0.8 \sim 0.9$ 时, h/d_2 可达 0.6 左右。

当相对厚度较大, 且高度超过上述范围或又带有宽法兰时, 可用图 12.11 的方法, 先拉深成圆筒件或带法兰的圆筒件, 然后用锥形凹模拉深, 并在行程终了进行整形。当拉深过渡圆筒毛坯时, 应有利于后续成形工序, 图 12.12 示出其锥形拉深模。

当 $\frac{t}{d_2} < 1.5 \sim 2\%$, 且 $\frac{d_1}{d_2} \geq 0.5$ 和 $\frac{h_1}{d_2} = 0.3 \sim 0.5$ 时, 一般采用两次拉深。第一次拉深成具有较大圆角半径的圆筒形或近似球面形状, 然后采用胀形的整形工序压成所需形状(见图 12.13)。第一次拉深后的毛坯尺寸, 应保证胀形时的直径增大不超过 5%~8%, 而且第一次拉深时进入凹模孔的毛坯面积

应稍小于第二次拉深所需面积。见图 12.14 示出电振动喇叭的成形过程。由于相对厚度较小, 在第一、二工序中采用了上述方法。若 $\frac{h}{d_2} = 0.3 \sim 0.4$, 且 $\frac{d_1}{d_2}$

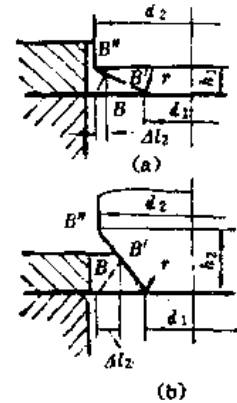


图 12.10 高度不同的锥形件变形对比

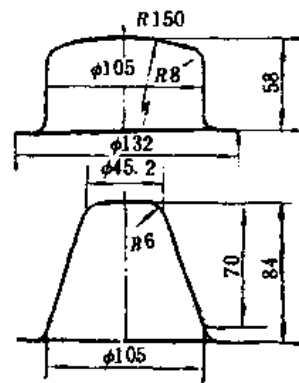


图 12.11 高度大的锥形件的成形方法
材料: 08 钢; 厚度: 1.2mm

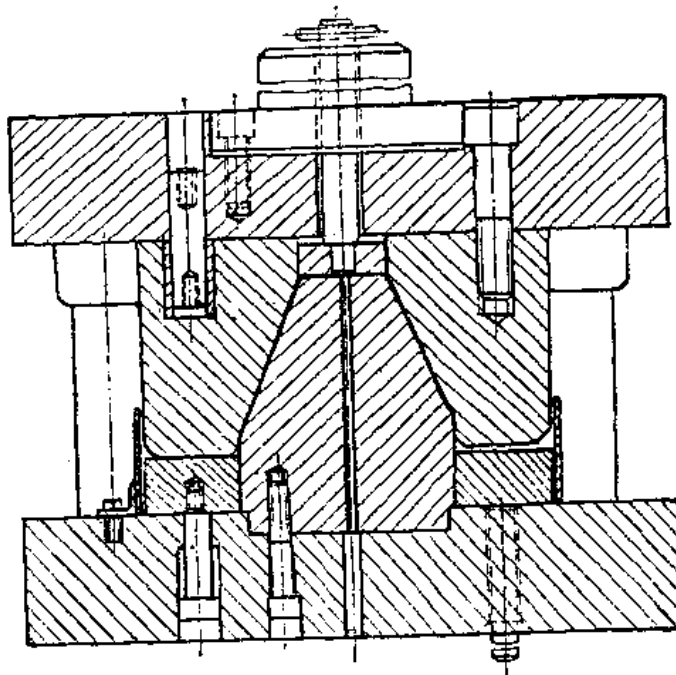


图 12.12 锥形件成形用冲模

与 r 都较大时,也可采用球面零件的成形方法,用较强的压边装置增大径向拉应力和胀形成分,一次拉深成形。

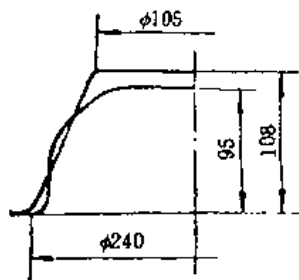
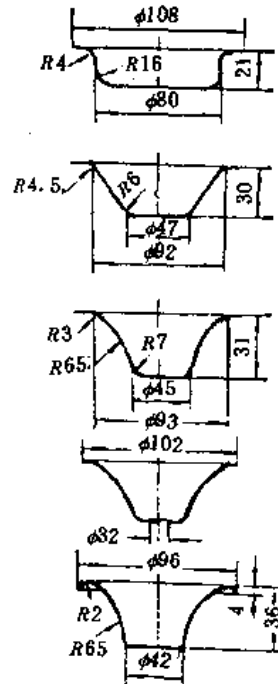


图 12.13 相对厚度较小的锥形件成形方法

当 $h/d_2 > 0.5$, 尤其是 d_1/d_2 较小时,需用多次拉深成形。如图 12.15 所示,先拉深成以大圆角半径过渡的阶梯形毛坯,然后整形成锥形件。这种方法将使零件表面保留阶梯形痕迹,故应用不多。如图 12.16 所示为另一种逐次拉深成锥形件的方法。每道工序中毛坯底部直径的变化,可由圆筒件多次拉深的极限拉深系数决定。



12.14 电振动喇叭筒口的成形方法
材料:冷轧低碳钢板

12.3.2 球面零件的拉深

球面零件底部为凸形(见图 12.17),与锥形件拉深一样,有位于压边圈下的平面变形区,与凹模圆角贴合的接触区及位于凸凹模间隙内的自由表面区。此外,还有与凸模顶部接触的塑性变形区。故球形件拉深时,毛坯产生很大的塑性变

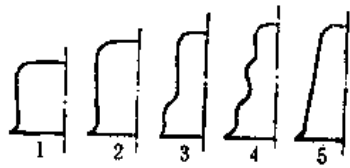


图 12.15 高锥形件的阶梯形过渡的拉深方法

形。它与锥形件的一次拉深不同,开始时自由表面区很大,随着凸模下降而逐渐减小。在毛坯中的径向应力 σ_r 为拉应力,而周向应力 σ_θ 在靠近凹模口部为压应力,在靠近毛坯中心为拉应力。从法兰到毛坯中心, σ_θ 由压应力逐渐变为拉应力,这正反映了球面零件拉深变形的特点,即由法兰区的拉深变形逐步过渡到毛坯中心的胀形。由于球面零件拉深时自由表面区很大,容易失稳起皱。加大压边力、采用拉深筋或反向拉深等方法,以增大径向拉应力和胀形成分,可以防止起皱。毛坯中部胀形区则容易变薄拉裂。采用 n 值较大和变形均匀性好的材料,可以延缓或防止拉裂。

因球形件底部为两向拉伸而变薄,当板料与凸模表面间的摩擦系数小时,(尤其是液压胀形时),可能在底部破裂。如果毛坯与凸模接触面间的摩擦较大,便能阻止金属变薄,使危险断面离开球顶,最薄处可能出现在 $1/3 \sim 1/4$ 凸模半径处。

对于具有球底的圆筒件($R_{球} = d/2$),拉深比 $k = D/d$,约等于平底圆筒一次拉深时的拉深比。若 $t/R_{球} \times 100 \geq 1.3$ 时($R_{球}$ 为球底半径),不会起皱。如果在盲孔凹模中拉深后并整形,则 $t/R_{球} \times 100 > 0.85$ 时可以一次拉深完成。

为了防止起皱,须增大压边力,从而使 σ_{pmax} 增大,有可能产生拉裂。故球形件的拉深比圆筒件的小。

当 $t/D \times 100 < 3$ 时,须用压边圈,除了防止法兰部分起皱外,同时使径向拉应力增大,增大胀形成分,以防止毛坯中间部分起皱。在单动压力机上多用平面压边圈,如图 12.18 所示。压边力由气垫或弹簧垫提供。气

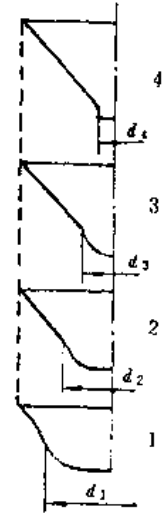


图 12.16 高锥形件的逐步成形法

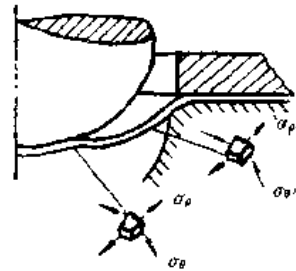


图 12.17

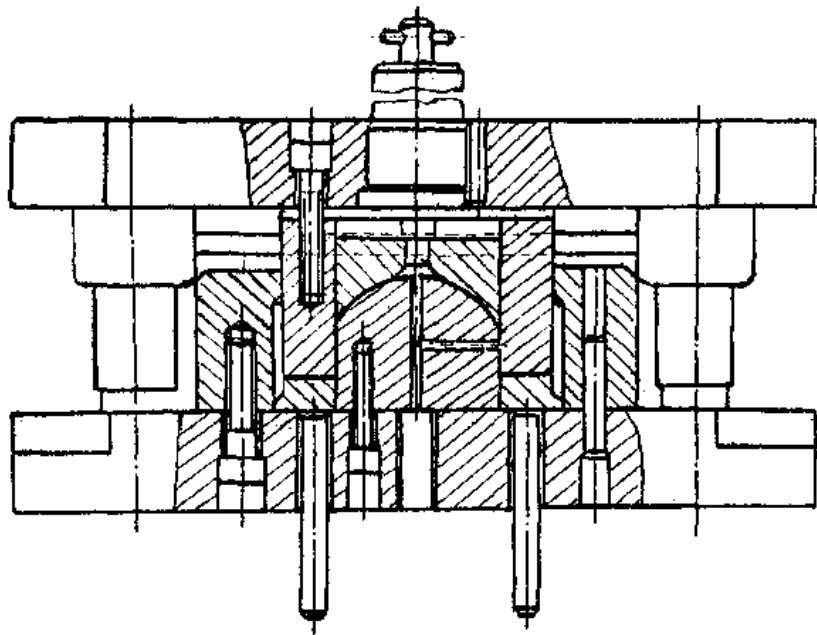


图 12.18 单动压力机上用的落料拉深复合模

垫压力随滑块下行将升高 5%~10%，弹簧力升高更大，可能超过 30%~50% 以上。这种随滑块下行而压力增大的现象，对球形件的拉深是有利的。因为随毛坯法兰减小而使拉应力下降时，弹簧力增大能起一定的影响作用，对拉深后期的毛坯成形和贴模是有利的。

在双动压力机上拉深时，压边力由外滑块提供，叫刚性边圈。带拉深筋的刚性压边圈（见图 12.19），对板料厚度公差、压力机调整和操作等因素的敏感性低，所以工艺比较稳定，生产中采用较多。刚性平面压边圈的工艺稳定性差，但制造简单，当相对厚度较大或深度较浅又带宽法兰时，可以采用。

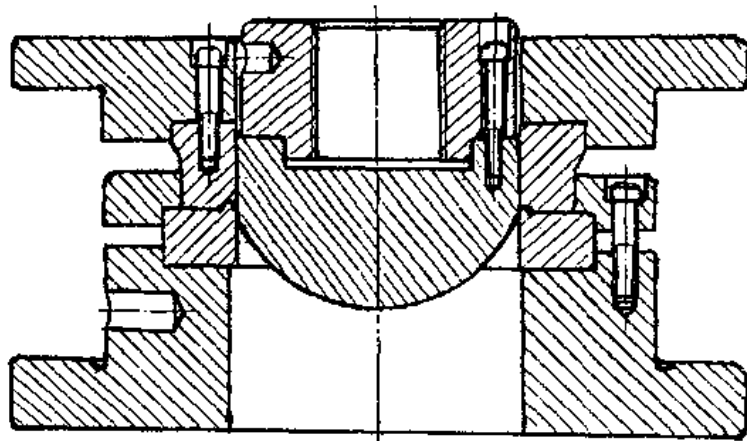


图 12.19 带拉深筋的拉深模

当用平面压边圈时，压边力不仅要保证法兰不能起皱，还要保证中间曲面部分也不起皱。压边力 $F_{\text{压}}$ 可按下式计算：

$$F_{\text{压}} = \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d^2) p \quad (12.5)$$

式中 D ——毛坯初始直径， $[D]$ 为 mm；

d ——毛坯球面直径， $[d]$ 为 mm；

p ——法兰单位面积上的压力， $[p]$ 为 MPa，它与板料性能、毛坯初始直径、成形结束时的毛坯外径和毛坯相对厚度等有关。

如表 12.7 所列的 p 值，适用于厚度为 0.5mm~2mm 的低碳钢冷轧板拉深成半球形零件的情况。

表 12.7 防止起皱的初始压边力 p/MPa

D/d	毛坯相对厚度 t/D	
	0.006~0.010	0.003~0.006
1.5	3~3.5	5~6
1.6	1.7~2.2	3.5~4.5
1.7	1.0~1.5	1.5~3
1.8	1.0~1.2	0.7~1.5

注：表中数据为不用润滑时的实验结果，如用润滑时，应提高 50%~100%。

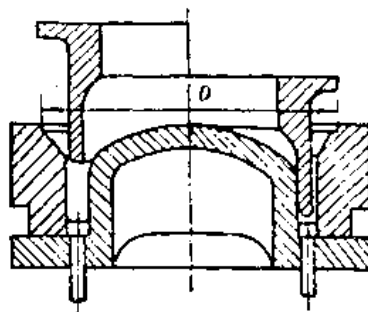


图 12.20 正反拉深法

当毛坯直径 $D \leq 9 \sqrt{Rt}$ 时，可用盲孔凹模压成。这时，不会起皱，但毛坯容易窜动，且产生回弹，成形精度不高。若 R 较大，而零件深度和厚度较小时，须按回弹量修正模具。

当毛坯 $D > 9 \sqrt{Rt}$ 时，由于毛坯容易起皱而不能采用上述方法。这时，应该加宽法兰（工艺余料），并用强力压边圈或拉深筋以增大胀形成分，工艺余料在成形后切去。这样，零件回

弹小,尺寸精度高,表面质量好。

采用图 12.20 所示的正、反拉深,可以防止起皱。毛坯在环形凹模口部受拉,使底部拉应力增大,从而使 σ_s 的作用减小,避免起皱。

12.4 拉深力

12.4.1 拉深力的确定

拉深时所需的压力称为拉深力。由于影响因素比较复杂,理论计算较为困难,生产实际中常用下列经验公式来计算。

$$(1) \text{ 采用压边圈时 首次拉深: } P = \pi d_1 \cdot t \sigma_s K_1 \quad (12.6)$$

$$\text{以后各次拉深: } P = \pi d_n t \cdot \sigma_s \cdot K_2 \quad (12.7)$$

$$(2) \text{ 不用压边圈时 首次拉深: } P = 1.25\pi(D-d_1)t\sigma_s \quad (12.8)$$

$$\text{以后各次拉深: } P = 1.3\pi(d_{n-1}-d_n)t\sigma_s \quad (12.9)$$

式中 P ——拉深力;

t ——材料厚度;

D ——毛坯直径;

d_1, \dots, d_n ——各次拉深后的直径;

K_1, K_2 ——修正系数;

σ_s ——材料强度极限。

12.4.2 压边力的确定

压边圈作用于板料或毛坯上的力称为压边力。若压边力过小,则起不到防止起皱的作用;若压边力过大,工件材料流入凹模的摩擦阻力增大,从而使径向拉应力增大,使工件的底部或凸缘处开裂。压边力 Q 可按下式计算:

$$Q = Aq \quad (12.10)$$

式中 A ——压边面积;

q ——单位压边力,其值参照有关设计手册选取。

12.4.3 压力机的选择

在单动压力机上拉深时,其总压力 $P_{\text{总}}$ 应为拉深力与压边力之和,即

$$P_{\text{总}} = P + Q \quad (12.11)$$

由于压力机的标称压力是接近下死点位置时的压力,而拉深过程中最大拉深力却出现在拉深过程的开始阶段。故选择压力机时,应使标称压力 $P_{\text{压机}}$ 大于总压力 $P_{\text{总}}$,并按下列估算公式进行计算:

$$\text{对于浅拉深件: } P_{\text{压机}} \geq (1.6 \sim 1.8) P_{\text{总}} \quad (12.12)$$

$$\text{对于深拉深件: } P_{\text{压机}} \geq (1.8 \sim 2.0) P_{\text{总}} \quad (12.13)$$

12.5 拉深中的润滑、退火和酸洗

12.5.1 润滑

润滑在拉深过程中的作用是减小材料与模具之间的摩擦,降低变形拉力,从而有助于降低拉深系数和拉深力,防止模具工作表面过快磨损和发生擦痕。

润滑剂只涂在毛坯与凹模和压边圈的接触面上,不允许涂在凸模接触的表面,因为这样会促使材料沿凸模滑动,使材料变薄。

12.5.2 退火

拉深中材料经受很大的塑性变形,会产生加工硬化现象,强度指标 σ_s 、 σ_b 增大,而塑性指标 δ 和 ψ 将降低。同时,由于塑性变形不均匀,拉深后材料内部还存在残余应力。拉深工序多时应在拉深工序中间安排退火,可恢复塑性和消除加工硬化的现象,拉深工序完后还要安排去应力退火。一般拉深工序间常采用低温退火,其退火温度如表12.8所列。如低温退火后的效果不够理想也可采用高温退火。拉深完后则采用低温退火。

表 12.8 低温退火温度

材 料	加热温度 C	附 注
08,10,15,20 号钢	600~650	空气中冷却
紫铜 T ₁ ,T ₂	400~450	空气中冷却
黄铜 H62,H68	500~540	空气中冷却
铝 L,LF2,LF21	220~250	保温(40~45)min
镁合金 MB1,MB8	260~350	保温 60min
工业纯钛	650~700	空气中冷却
钛合金 TA5	550~600	空气中冷却

表 12.9 不需热处理能连续拉深的次数

材 料	次 数
08,10,15 号钢	3~4
铝	4~5
黄铜 H68	2~4
不锈钢	1~2
镁合金	1
钛合金	1

退火使生产周期不延长,成本增加,应尽可能避免。用来拉深的材料其硬化能力有两种:一种是普通硬化金属如 08、10、15 号黄铜和退火铝等;另一种是高度硬化金属如不锈钢、耐热钢等。对普通硬化金属,如果适当减少次拉深变形程度而增加拉深次数,由于每次拉深后冷作硬化减轻且危险断面不断上移,使拉裂的矛盾有所缓和,加上模具设计合理,就可能免于中间退火。不需中间退火能完成的拉深工序次数见表 12.9。

对于高硬化的金属,一般在一、二次拉深工序后即需进行中间退火。

12.5.3 酸洗

工件退火后必然要酸洗,因退火使工件表面有氧化皮和其他污物,否则在后续工序中会损坏模具,使拉深不能正常进行。但有时酸洗也在拉深前的毛坯准备工作中进行。

酸洗前工件应用苏打水去油,酸洗后,用冷水冲洗,然后放入温度为 60℃~80℃弱碱

溶液中，最后用热水洗涤。不能让酸液残留在工件表面上。酸洗液的成分如表 12.10 所示。

表 12.10 酸洗溶液成分

工件材料	化学成分	分量	说明
低碳钢	硫酸或盐酸水	15%~20% 其余	
高碳钢	硫酸 水	10%~15% 其余	预 浸
高碳钢	苛性钠或苛性钾	50g/l~100g/l	最后酸洗
不锈钢	硝酸 盐酸 硫化胶 水	10% 1%~2% 0.1% 其余	得到光亮的表面
铜及其合金	硝酸 盐酸 碳黑	200分(重) 1分~2分(重) 1分~2分(重)	预浸
铜及其合金	硝酸 硫酸 盐酸	75分(重) 100分(重) 1分(重)	光亮酸洗
铝及锌	苛性钠或苛性钾 食盐 盐酸	100g/l~200g/l 13g/l 50g/l~100g/l	闪光酸洗

12.6 拉深件常见缺陷

筒形拉深件的常见缺陷有变形区的起皱、传力区的破裂和形状尺寸精度超差，以及表面划伤等。

12.6.1 皱纹

在拉深过程中，假如毛坯的相对厚度较小，则拉深毛坯变形区，即毛坯的凸缘部分，在切向压力的作用下，很可能因为失稳而产生弯曲隆起现象，这种现象称为起皱。由于凸缘外边压应力最大，故起皱首先在最外缘出现。严重的皱纹，将使材料不可能通过凸模与凹模之间的间隙而被拉裂，造成废品。轻微的皱纹，虽则能勉强使用，也会在制件表面上留下痕迹，降低拉深件的表面质量。

在生产中，对筒形拉深件起皱的解决措施有：

- (1) 加大压边力；
- (2) 选取适当的凹模圆角半径，适当减少 R_d ，可以减小多余的材料流入凹模膛内，对消除皱纹有利；
- (3) 保证压料面各部分的压边力均匀，从而便于控制材料的流向，以减少起皱的可能；
- (4) 选择厚度均匀的材料。材料厚度同板差越小，材料相对厚度越大，则越不易起皱；
- (5) 改用拉深性能好的材料。

12.6.2 裂纹和断裂

拉深件的破裂是由于拉深时的变形拉力超过了筒壁(特别是靠近凸模圆角处变薄最严重)材料的抗拉强度极限。

解决的措施通常采用:

(1) 选择冲压性能好的材料,如屈服比($\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$)小,延伸率大的材料均有利于提高拉深性能,避免开裂。

(2) 提高模具、设备的技术状态。

(3) 适当的调整压边力和间隙,正确地操作和合理的润滑等。

12.6.3 形状和尺寸精度超差

当模具间隙值发生变化时,对圆筒形制件的直径、高度均有不同程度的影响,现分述如下:

1. 对制件直径的影响

当模具间隙较大时,制件回弹比较明显,制件的口部直径要比凹模工作部分的实际尺寸略有增大,其值随着模具间隙值的增加而略有增大,如图 12.21 所示。在制件口部和侧壁之间上口部分的尺寸要比凹模部分的实际尺寸有所减小,出现了突然向里的凹坑;当模具间隙值增加时,制件上口部分的直径 d_{\perp} 相对于凹模工作部分直径 $d_{凹}$ 之差 Δd_{\perp} 也逐渐增加。如图 12.22 所示。

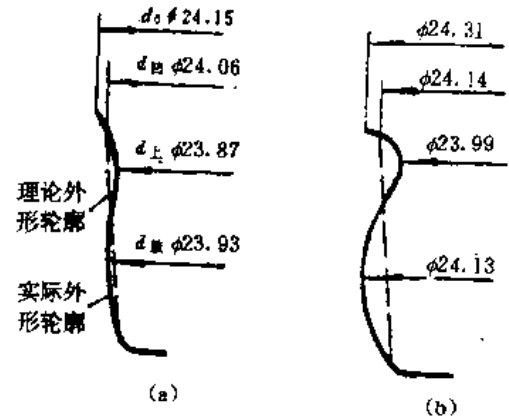


图 12.21 拉深间隙对拉深件形状的影响
(材料 H62, $r=0.46$; $d_{凹}=\phi 22.89$)
(a) $d_{凹}=\phi 24.05$; (b) $d_{凹}=\phi 24.14$

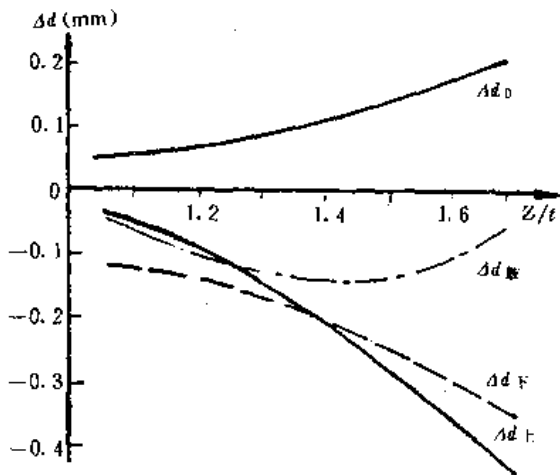


图 12.22 拉深件各部分直径变化与模具间隙值的关系 (材料: H62, $r=0.46$)

2. 对制件高度的影响

制件的实际高度随着具间隙值的减少逐渐增大。间隙值越小,冲压相对高度增加越明显。反之,间隙值增大,制件的高度减小,甚至比理论高度还要小(如图 12.23 所示)。

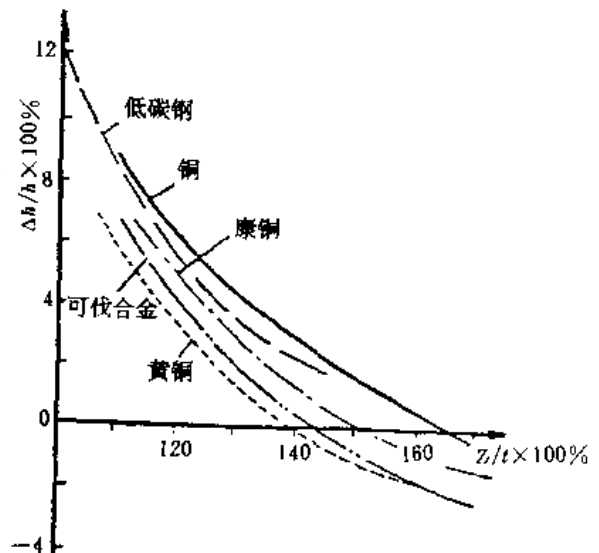


图 12.23 模具间隙值与拉深件高度的关系

12.6.4 拉深件表面擦伤

引起拉深件表面擦伤的原因主要是制作凹模的材料、凹模表面粗糙度及表面磨损严重、拉深间隙过小、毛坯表面有砂和氧化皮等引起材料在流动时表面被擦伤。

12.7 拉深模设计与结构特点

12.7.1 拉深模工作部分结构参数

1. 凸模、凹模的圆角半径(见图 12.24)

在拉深过程中,板料在凹模圆角部位滑动时产生较大的弯曲变形,而当由凹模角半径区进入直壁部分时,又被重新拉直,或者在通过凸模与凹模之间的间隙时受到校直作用。假如凹模的圆角半径过小,则板料在经过凹模圆角部位时的变形阻力以及在模具间隙里通过的阻力都要增大,结果势必引起总拉深力的增大和模具寿命的降低。在生产中,一般应尽量避免采用过小的凹模圆角半径。

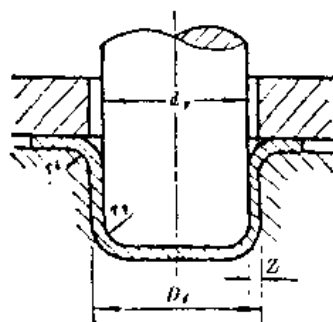


图 12.24 凸、凹模圆角半径

凹模圆角半径过大,使在拉深初始阶段不与模具表面接触的毛坯宽度加大,因而这部分毛坯很容易起皱。在拉深后期,过大的凹模圆角半径也会使毛坯外边缘过早地脱离压边圈的作用而起皱,尤其当毛坯的相对厚度小时,这个现象十分突出。因此,在设计模具时,应该根据具体条件选取适当的圆角半径值。

凸模圆角半径 r 对拉深工作的影响不像凹模圆角半径 r_d 那样显著。但是过小的凸模圆角半径,会使毛坯在这个部位上受到过大的弯曲变形,结果降低了毛坯危险断面(底与直壁交接部分)的强度,这也使极限拉深系数增大。

假如凸模圆角半径过大,也会使在拉深初始阶段不与模具表面接触的毛坯宽度加大,因而这部分毛坯容易起皱。

在一般情况下,圆角半径可按以下方法选取:

(1) 拉深凹模圆角半径可按下列经验公式确定:

$$r_d = 0.8 \sqrt{(D-d)t} \quad (12.14)$$

式中 D ——毛坯直径(mm);

d ——凹模直径(mm);

t ——材料厚度(mm)。

当工件直径 $d > 200\text{mm}$ 时,拉深凹模圆角半径应按下式确定:

$$r_{d\min} = 0.039d + 2(\text{mm}) \quad (12.15)$$

拉深凹模圆角半径也可根据工件材料的种类与厚度来确定,如表 12.11 所示。一般对于钢的拉深件, $r_d = 10t$, 对于有色金属的拉深件(铝、黄铜、紫铜), $r_d = 5t$ 。

最好将上述 r_d 值作为第一次拉深的 r_d 值。以后各次拉深时, r_d 值应逐渐减小,其关系为

$$r_{d_n} = (0.6 \sim 0.8)r_{d_{n-1}}$$

但不应小于材料厚度的两倍。

带料连续拉深,由于拉深系数取得较大一些,故凹模圆角半径可取较小的值,如表 12.12 所列。

表 12.11 拉深凹模圆角半径 r_d 的数值

材料	厚度 t (mm)	r_d (mm)	材料	厚度 t (mm)	r_d (mm)
钢	<3	(10~6) t	铝、 黄铜、 紫铜	<3	(8~5) t
	3~6	(6~4) t		3~6	(5~3) t
	>6	(4~2) t		>6	(3~1.5) t

注:①对于第一次拉延和较薄的材料,应取表中的上限值;

②对于以后各次拉延和较厚的材料,应取表中的下限值。

表 12.12 连续拉深模的凹模圆角半径

材料厚度 t (mm)	无切口的 拉深	有切口的 拉深
0.25	(6~7) t	(5~6) t
0.50	(5~6) t	(4~5) t
1.00	(4~5) t	(3~4) t
1.50	(3~4) t	(2.5~3) t

注:在以后各次拉深时,凹模圆角半径可逐渐减小到所需要的工件圆角半径,或在各次拉深中,凹模圆角半径不变,而最后用整形来达到要求。

(2) 在生产实际中,凸模的圆角半径 r 可按如下方法决定:

单次或多次拉深中的第一次: $r_p(0.7 \sim 1.0)r_d$

多次拉深中的以后各次: $r_{p-1} = (d_{n-1} - d_n - 2t) / 2$

式中 d_{n-1} 、 d_n ——前后两道工序中毛坯的过渡直径。

最后一次拉深的凸模圆角半径应等于零件的圆角半径,但不能小于工件材料厚度,一般 $r_{pm} \geq (1 \sim 2)t$, 否则应增加整形工序。

2. 模具间隙

拉深模间隙 [$z = (d_d - d_p) / 2$] 是指拉深凹模与凸模半径方向上的单边空隙。影响间隙的确定如下几个方面:

(1) 拉深力 间隙愈小,拉深力愈大。

(2) 零件质量 间隙过大,容易起皱,而且毛坯口部的变厚得不到消除;而间隙过小,则会使零件容易拉断或变薄特别严重。

(3) 模具寿命 间隙小,则磨损加剧。

因此,确定间隙的原则是:既要考虑板料本身的公差,又要考虑毛坯口部的增厚现象。因此,间隙 z 一般应比毛坯厚度略大一些。其值可按下式计算:

$$\text{单边间隙} \quad z = t_{\max} + ct \quad (12.16)$$

式中 t_{\max} ——材料的最大厚度,其值 $t_{\max} = t + \Delta$;

Δ ——板料的正偏差;

c ——考虑了增厚现象而减小摩擦的增大系数,其值如表 12.13 所列。

生产实际中,在不用压边圈拉深时,考虑到起皱的可能性,单边间隙值取等于材料厚度上限值的 1 倍~1.1 倍。

在有压边圈拉深时,单边间隙值也可按表 12.14 所列的值决定。

对于精度要求高的零件,为了使拉深后回弹很小、表面粗糙度低,常采用负间隙拉深,其间隙值取 $z = (0.9 \sim 0.95)t$

3. 凸模、凹模尺寸及其公差

对最后一道工序的拉深模,其凹模、凸模的尺寸及其公差应按工件的要求来确定。

当工件要求外形尺寸时,如图 12.25(a)所示,设计时应以凹模尺寸为基准,即凹模尺寸:

$$D_d = (D - 0.75\Delta)_{\delta_d}^{\delta_d} \quad (12.17)$$

表 12.13 增大系数 C 值

拉深工序数		材料厚度(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	0.1	0.1
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、二次	0.5	0.4	0.35
	第三次	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:表中数值适用于一般精度(自由公差)零件的拉深工作。具有分数的地方,分母的数值适用于精密零件(IT10~IT12级)的拉深。

表 12.14 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 Z
1	一次拉深	(1~1.1)t
2	第一次拉深	1.1t
	第二次拉深	(1~1.05)t
3	第一次拉深	1.2t
	第二次拉深	1.1t
	第三次拉深	(1~1.05)t
4	第一、二次拉深	1.2t
	第三次拉深	1.1t
	第四次拉深	(1~1.05)t
	第一、二、三次拉深	1.2t
5	第四次拉深	1.1t
	第五次拉深	(1~1.05)t

注:①t——材料厚度,取材料允许偏差的中间值。
②当拉深精密工件时,对最后一次拉深间隙取 Z=t。

凸模尺寸: $D_p = (D - 0.75\Delta - 2z)_{-\delta_p}^{\delta_p} \quad (12.18)$

当工件要求内形尺寸时,如图 12.25(b)所示,设计时应以凸模尺寸为基准,即

凸模尺寸: $D_p = (D + 0.4\Delta)_{-\delta_p}^{\delta_p} \quad (12.19)$

凹模尺寸: $D_d = (D + 0.4\Delta + 2z)_{\delta_d}^{\delta_d} \quad (12.20)$

对于多次拉深时的中间过渡拉深,毛坯的尺寸公差没有必要予以严格限制,这时模具的尺寸只要取等于毛坯过渡尺寸即可。为了便于制造,常以凹模为基准进行设计计算:

凹模尺寸: $D_d = D_{\delta_d}^{\delta_d}$

凸模尺寸: $D_p = (D - 2z)_{-\delta_p}^{\delta_p}$

式中的凸模制造公差 δ 和凹模制造公差 δ_d 一般按公差等级 IT6~IT8(GB1800—79)选取,或查表 12.15 选取。

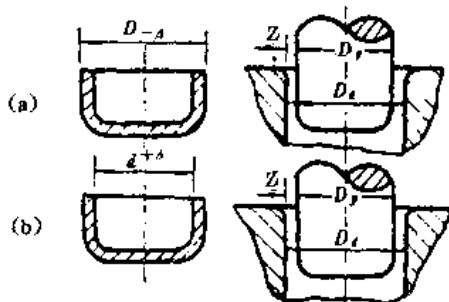


图 12.25 制件尺寸与模具尺寸

表 12.15 凸模制造公差 δ_p 与凹模制造公差 δ_d

材料厚度 t	拉深件直径 (mm)					
	≤20		20~100		>100	
	δ_d	δ_p	δ_d	δ_p	δ_d	δ_p
≤0.5	0.02	0.01	0.03	0.02	—	—
>0.5~1.5	0.04	0.02	0.05	0.03	0.08	0.05
>1.5	0.06	0.04	0.08	0.05	0.10	0.06

注:凸模的制造公差在必要时可提高至 IT6~IT8 级(GB1800—79)。若制件公差在 IT13 级以下,则制造公差可以采用 IT10 级。

12.7.2 拉深模典型结构

1. 拉深模的种类

按拉深工艺特点可分为无压边圈拉深模和有压边圈拉深模；按拉深次数可分为首次拉深模和再次拉深模；按工序特点可分为简单、复合和连续三种拉深模；按毛坯变形方向可分为顺拉深模和反拉深模等。

2. 拉深模的结构

(1) 无压边装置的拉深模 当毛坯的相对厚度较大，凸缘不会起皱，不用压边装置。因为无压边装置拉深时，毛坯可能出现微皱，故这种模具的凸凹模间隙设计得较小，使毛坯有少量的变薄，以提高零件的表面质量。

如图 12.26 所示为无压边装置的拉深模。凹模采用锥形，以利于毛坯进入凹模，防止毛坯起皱。毛坯随凸缘一起拉入，并通过剖分式卸件器。当凸模回程时，卸件器在弹簧的作用下恢复原状，将制件卸下。为了使制件易于从凸模上卸下，避免损坏制件，所有拉深模的凸模皆应钻有出气孔，避免凸模与制件间形成真空，以利于制件与凸模分离。

(2) 有压边装置的拉深模 这种拉深模分为固定压边装置拉深模和弹性压边装置拉深模。

① 固定压边装置拉深模如图 12.27 所示。其压边圈一般是用螺钉固定在凹模平面上的。为便于进料，压边圈与凹模平面之间的间隙略大于料厚，间隙固定不变。设计时压边

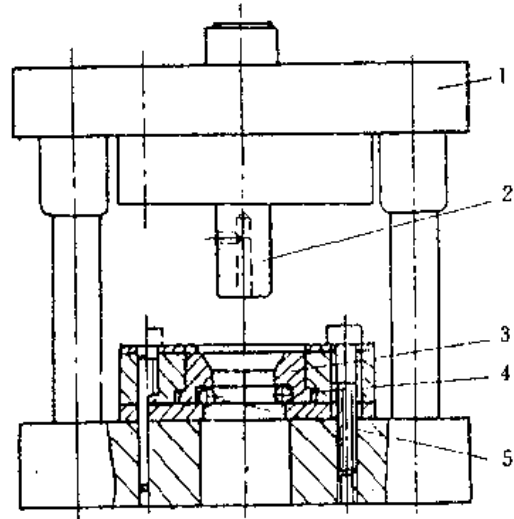


图 12.26 无压边装置的拉深模

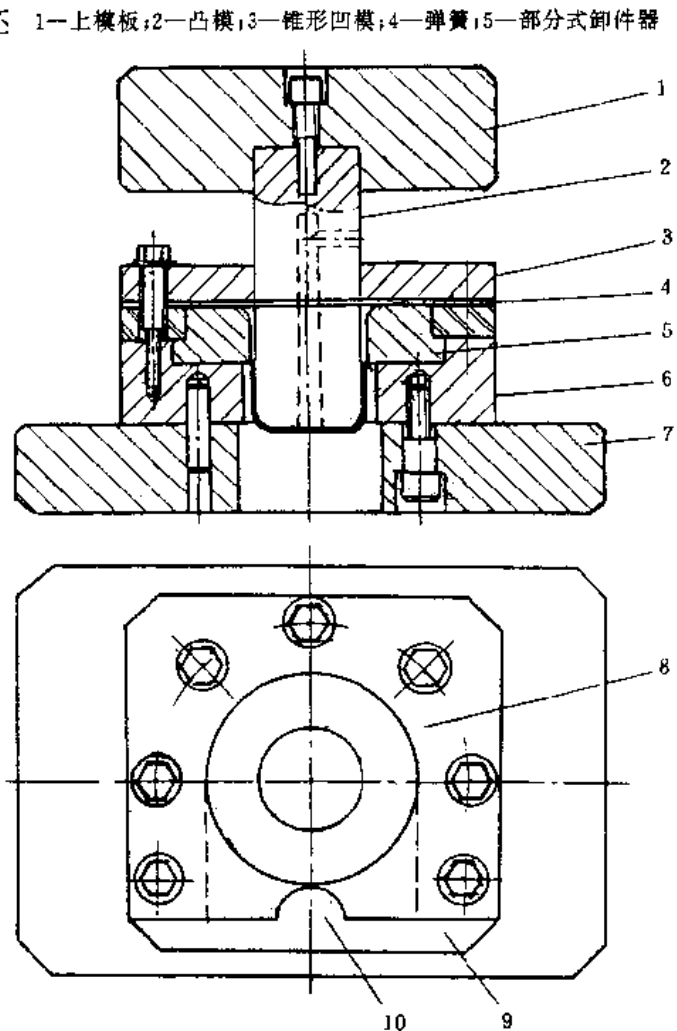


图 12.27 带固定压边装置首次拉深模

1—上模板；2—凸模；3—压边圈；4—定位板；5—凹模；6—凹模固定板；7—下模板；8—毛坯；9—定位板；10—插入毛坯用缺口

圈要有足够的刚度,并要有进料槽口。零件一般从模板孔下部落出。

② 弹性压边装置拉深模如图 12.28 所示。弹性压边圈一般采用弹簧或气垫作压料动力,浅拉深时也可采用橡皮。压边圈可以安装在上模,也可以安装在下模。如图 12.28 所示为压边圈安装在上模的拉深模,采用弹簧作压边动力。压边力的大小用限位螺栓来调整,以免压边力过大,使毛坯拉裂。零件利用凹模台阶将零件从模下退出。

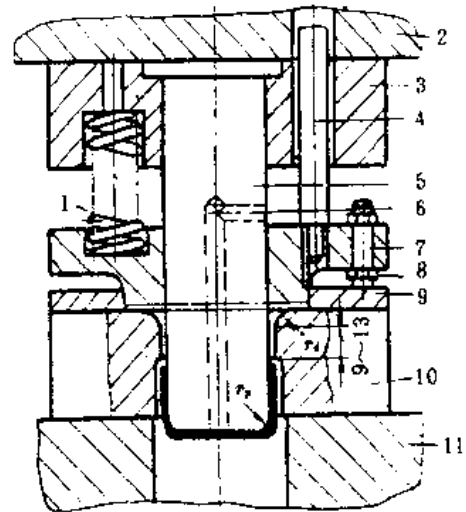


图 12.28 安装在上模的弹性压边拉深模

1—弹簧;2—上模板;3—凸模固定板;4—螺钉;5—凸模;6—气孔;7—压边圈;8—限位螺栓;9—定位板;10—凹模;11—下模板

如图 12.29 所示为压边圈安装在下模的拉深模。其压边动力采用气垫,装在工作台下面的宽敞空间(图中未表示出),所以压边行程较大。零件由退料板 3 退出。

(3) 再次拉深模 有些零件一次拉深不能成形时,需要采用多工序拉深。再次拉深模与首次拉深模的区别是压边圈和毛坯的定位方式不同。

如图 12.30 所示为再次拉深模。压边圈 8 不再是环形板,而呈法兰盘状,它的孔与凸模 7 滑配合,凸起部分外形与半成品内形相配合。拉深时利用半成品内形在压边圈上定位。压边力用限位螺栓调整,以防止毛坯拉裂。

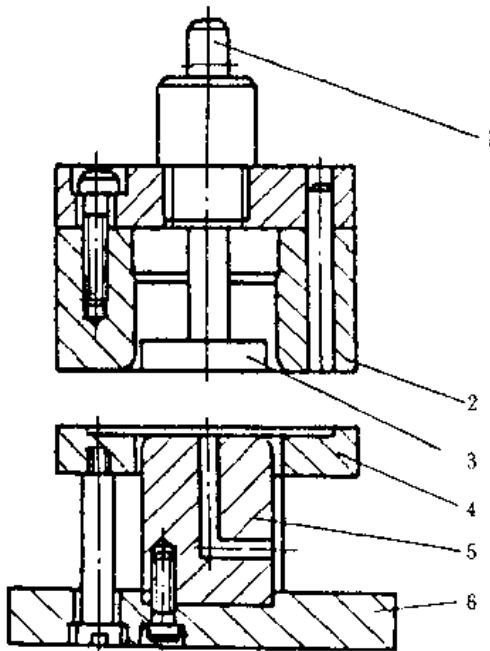


图 12.29 弹性压边圈安装在下模的拉深模

1—顶件杆;2—凹模;3—退料板
4—压边圈;5—凸模;6—下模板

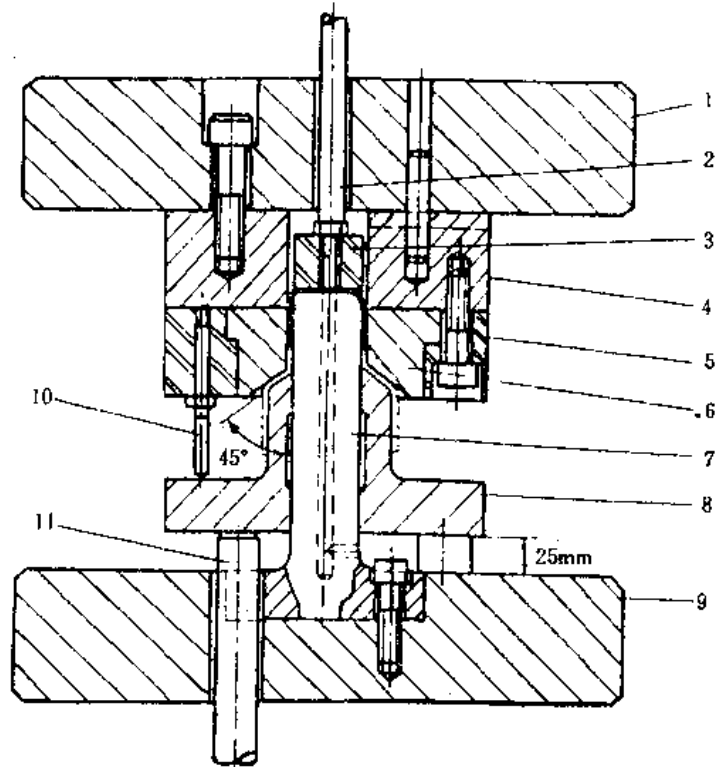


图 12.30 再次拉深模

1—上模板;2—打料杆;3—打料板;4—垫板;5—固定圈;
6—凹模;7—凸模;8—压边圈;9—下模板;10—压边圈
间隙调节螺栓(限位销);11—缓冲销

(4) 复合拉深模 在一套模具中,复合拉深模既要完成拉深工作,又要完成下料、冲孔、

切边等工作。这种模具适用成批或大批量生产,生产率高,但结构复杂,造价高。复合拉深模有以下几种:

① 落料拉深复合模 如图 12.31 所示,首先,凸凹模 2 与凹模 4 完成落料工作,然后以凸凹模 2 的内形作为拉深凹模,与凸模 3 完成拉深工作,零件由退料板 1 退出。

② 落料拉深切边复合模 如图 12.32 所示,首先,凸凹模 1 与凹模 3 完成落料工作,然后凸凹模 1 与拉深凸模 2 完成拉深工作,最后凸凹模与切边凸模 5 完成切边工作,废料由压边圈 6 推出下模,零件由退件板 10 推出凹模。

(5) 反拉深模 反拉深时,由于材料受到的阻力较大,故一般不用压边圈。有时为了半成品毛坯定位,压紧毛坯和便于退出零件的需要,也有采用压边圈的,如图 12.33 和图 12.34 所示。

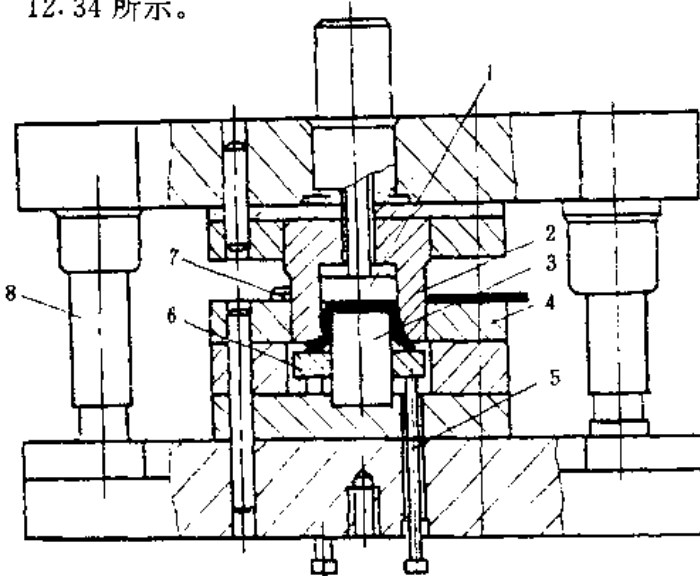


图 12.31 落料拉深复合模

1—退料板;2—凸凹模;3—拉深凸模;4—冲裁凹模;
5—顶杆;6—压边圈;7—挡料销;8—导柱

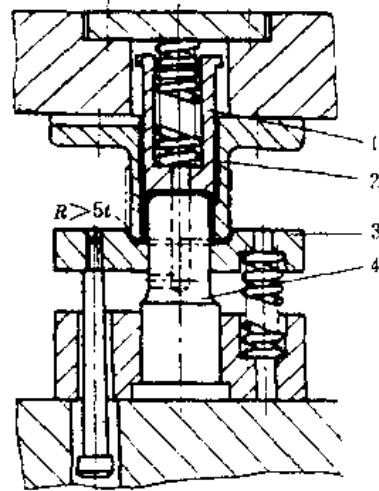


图 12.33 弹性压边反向拉深模

1—退料器;2—凹模;3—压边圈;4—凸模;

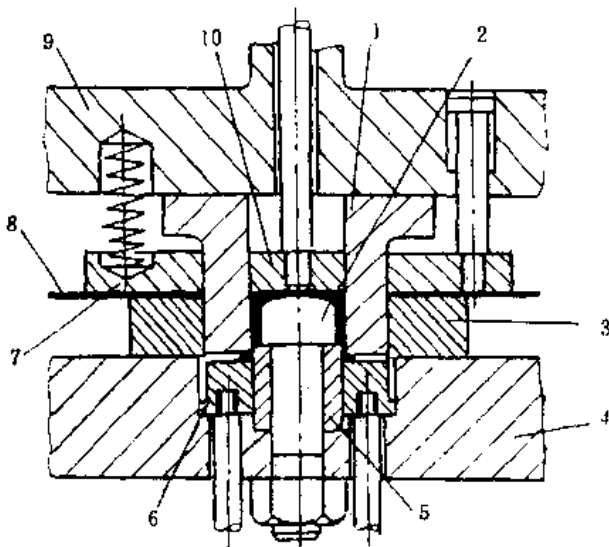


图 12.32 落料拉深切边复合模

1—凸凹模;2—拉深凸模;3—冲裁凹模;4—下模板;5—切边凸模;
6—压边圈;7—卸料板;8—顶杆;9—切边凸模;10—退料板

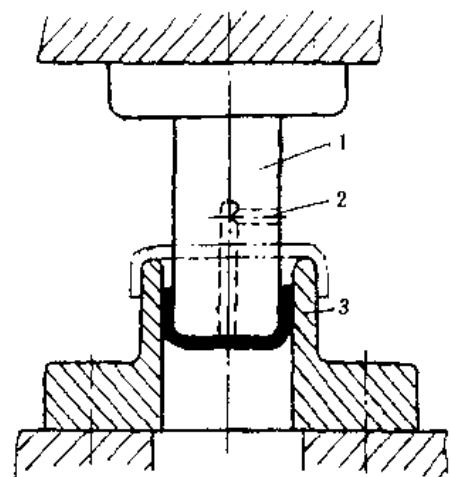


图 12.34 无压边反向拉深模

1—凸模;2—出气孔;3—凹模

习题与思考题

1. 什么是“多余三角形”? 拉深变形之后,这部分材料转移到何处去了?
2. 拉深变形的程度用什么来表示? 影响的因素有哪些?
3. 拉深破坏的表现形式是什么? 产生的原因和发生的部位以及克服的办法有哪些?
4. 一次不能拉深成形的筒形件,为什么多次拉深能够成形?
5. 拉深中为什么要采用润滑,酸洗和退火等辅助工序?

第 13 章 其他板料成形工艺

冷冲压成形类工序除弯曲、拉深外,还有多种其他工序,如胀形、翻边、缩口、校平和整形等。弯曲和拉深工序,材料的变形范围大。其他的成形工序只是使材料产生局部塑性变形,一般安排在冲裁、弯曲和拉深工序之后。

从变形特点看,这些工序中有的以拉伸变形为主,失效形式为破裂;有的以切向压缩为主,失效形式为起皱。

本章主要介绍除弯曲、拉深外的几种常用的基本成形工序:胀形、缩口、翻边和校形。

13.1 胀形

胀形主要用于平板毛坯的局部成形,如压制凹坑、加强筋、起伏形的花纹图案及标记等,如图 13.1 所示。另外,管类毛坯的胀形(如波纹管)、平板毛坯的拉形等,均属胀形工艺。

胀形时毛坯的塑性变形局限于一个固定的变形区范围内,通常材料不从外部进入变形区内。胀形变形区内金属处于两向受拉状态,其成形主要是由表面积局部增大来实现的,所以胀形时毛坯厚度变薄是不可避免的。

胀形的极限变形程度称为胀形成形极限,是以零件是否发生破裂来判定的,如图 13.2 所示。该极限值主要取决于材料的塑性。材料的塑性越好,可能达到的极限变形程度就大。

由于胀形时毛坯处于双向拉应力状态,因此变形区毛坯不会产生失稳起皱现象,冲压成形的零件表面光滑、质量好。

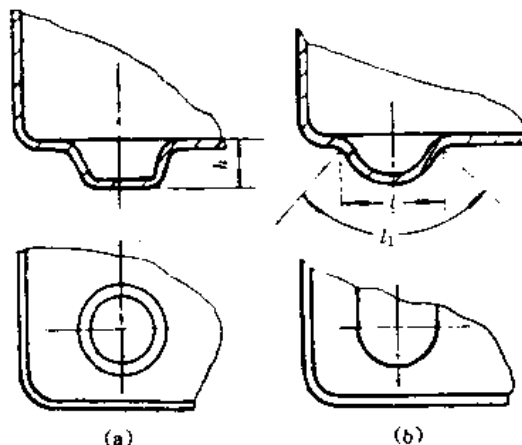


图 13.1 平板毛坯的局部胀形
(a) 压凹坑; (b) 压加强筋



图 13.2 胀形破裂

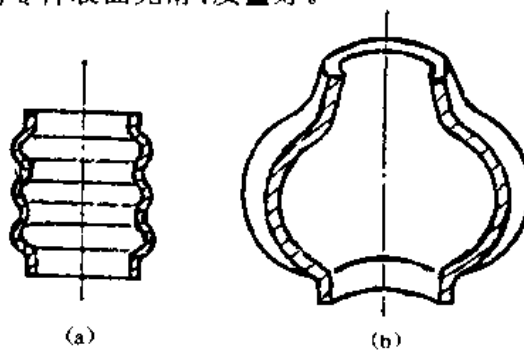


图 13.3 圆柱形空心毛坯胀形
(a) 波纹管; (b) 凸肚件

将圆柱形空心毛坯(管状或筒状)向外扩张成曲面空心零件。用这种方法可以制造出许多形状复杂的零件,如图 13.3 所示。

对平板毛坯胀形时,采用刚体冲模较为实用,效率也高。对圆柱形空心毛坯胀形时,虽然也可以采用刚体冲模,但冲模要分瓣,结构比较复杂,如图 13.4 所示。

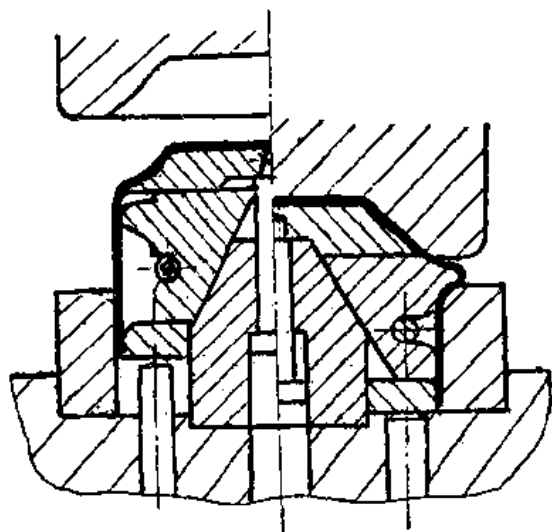


图 13.4 刚体分瓣凸模胀形

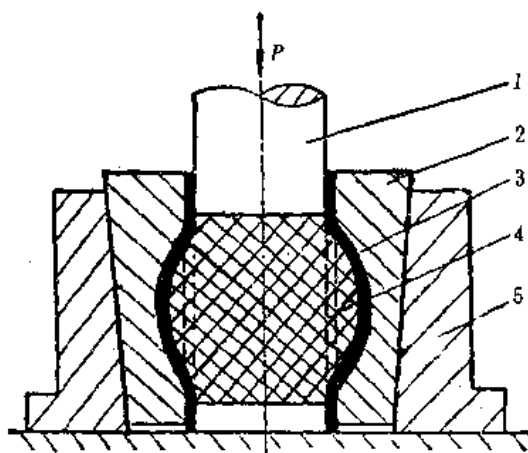


图 13.5 橡胶凸模胀形

1—凸模; 2—凹模; 3—毛坯; 4—橡胶; 5—外套

如图 13.5 所示为橡胶凸模胀形示意图。橡胶胀形的优点是模具结构简单,零件变形均匀,容易保证几何形状,也便于成形复杂的空心零件。在具体生产实践中常采用聚胺脂橡胶来进行软模成形。

13.2 缩口

缩口是将预先拉深好的圆筒形零件或管件坯料通过缩口模具将其上部直径缩小的一种成形工序。它广泛地用于国防工业、机械制造和日用工业中。有时用它来代替拉深工序以加工某些零件,减少成形工序。如图 13.6 所示的制件,原来采用拉深工艺需五道工序,改用缩口工艺之后只需三道工序。

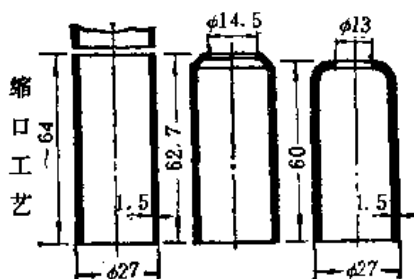
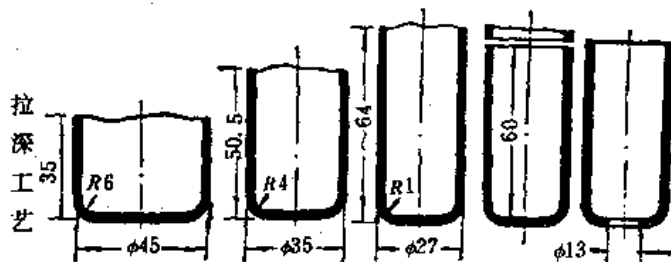


图 13.6 缩口工艺图

缩口工序的变形特点如图 13.7 所示。压缩口变形过程中,材料主要受切向压应力,使直径减小,壁厚和高度增加。缩口时坯料容易失稳起皱。同时,在非变形区的筒壁,由于承受全部缩口压力 P ,也容易失稳产生变形。所以防失稳是缩口工艺的主要问题,因而缩口的极限变形程度也主要受失稳条件的限制。

缩口变形程度用缩口系数 m 表示

$$m = \frac{d}{D} \quad (13.1)$$

式中 d ——缩口后的直径；

D ——缩口前的直径。

极限缩口系数的大小与材料种类、厚度、模具形式和坯料表面质量有关。材料塑性越好，厚度越大或者模具结构中有对筒壁支撑的结构，许可的缩口系数便较小。

缩口模具的支撑形式一般有三种：第一种是无支撑，这种模具结构简单，但稳定性差，适于筒壁较厚的情形；第二种是外支撑，如图 13.8(a) 所示。这种模具结构较前者复杂，但缩口过程中稳定性较好，许多缩口系数也可取小一些；第三种为内外支撑形式，如图 13.8(b) 所示。这种模具结构最为复杂，但稳定性也最好，可取的许可的缩口系数也是三者中最小的。

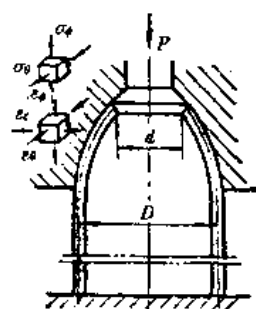


图 13.7 变形示意图

13.3 翻边

翻边是将制件的孔边缘或外边缘在模具的作用下翻出竖立成一定角度的直边。

翻边是冲压生产中常用的工序之一。根据制件边缘的性质和应力状态不同，翻边可以分为内孔翻边(图 13.9(a))和外缘翻边。而其中外缘翻边又可分为外凸的外缘翻边(图 13.9(b) 下图)和内凹的外缘翻边(图 13.9(b) 的上图)两种。

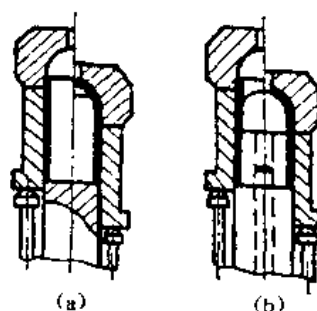


图 13.8 缩口模具的支撑

13.3.1 内孔翻边的变形特点和翻边系数

内孔翻边时，主要是材料沿切线方向产生拉伸变形。越接近上部，其变形就越大。因此，主要危险为边沿被拉裂。破裂的条件取决于变形程度。翻边系数以翻边前底孔直径 d 与翻边后孔径 D 的比值来表示

$$m = d/D \quad (13.2)$$

翻边系数表示了变形程度的大小。 m 值越小，则变形程度就越大。翻边时孔边不破裂所能达到的最大变形程度即为许可的最小 m 值，称为极限翻边系数。该系数主要受材料性能、孔边缘状态、凸模形状等因素的影响。

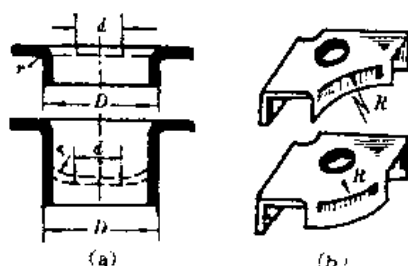


图 13.9 翻边示意图

13.3.2 翻边的工艺计算

如图 13.10 所示，进行翻边的工艺计算时，需要根据制件的尺寸 D 计算出预冲孔直径 d ，并核算其翻边高度 H 。当采用平毛坯不能直接翻出所要求的高度 H 时，则应预先拉深，然后在此拉深件的底部冲孔，再进行翻边。

由于翻边时材料主要是切向拉伸,厚度变薄,而径向变形不大,因此,在进行工艺计算时可以根据弯曲中性层长度不变的原则近似地进行预冲孔孔径大小的计算。实践证明:这种计算方法误差并不大。

13.3.3 翻边模

翻边模的结构和拉深模相似,如图 13.11 所示。翻边模的圆角半径一般做得较大,有时做成球形头或抛物线体的头;以利于翻边时金属的变形。

翻边模工作部分尺寸可确定如下:凹模圆角半径一般对翻边成形影响不大,可取等于制件要求的圆角半径。凸模圆角半径尽量取大一些,或做成球形、抛物线形。如图 13-12 所示,从左到右列出了翻边的平底凸模、球头凸模和抛物线形凸模的形式。从变形有利条件看,以抛物线形凸模最好,球形次之,平头再次之。而从凸模加工条件看则正好相反。

13.4 校平与整形

校平和整形都属于修整性的成形工序,它们大都是在冲裁、弯曲、拉深等冲压工序之后进行的,主要是为了把工件的不平度、圆角半径或某些形状尺寸修整到合格的要求。

13.4.1 校平

校平和整形是在冲裁工序之后进行的。由于冲裁后制件产生弯弯,特别是无压料的连续模冲裁,制件更不平。对于平直度要求比较高的零件便需要进行校平。

根据料薄较软而且表面不允许有压痕的制件,一般应采用光面模较平。为了使校平不受压床滑块导向精度的影响,校平模最好采用浮动式模柄,如图 13.13 所示。应用光面模进行校平时,由于回弹较大,特别是对于高强度材料的制件,校平效果比较差。

对于材料比较厚的制件,通常采用齿形校平模进行校平。齿形模有细齿和粗齿两种,如图 13.14 所示,图 13.14(a)为细齿,图 13.14(b)为粗齿。

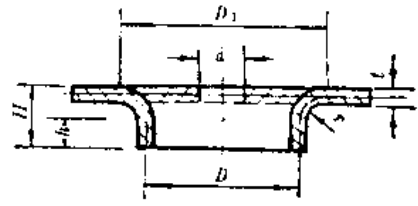


图 13.10 翻边的工艺计算图

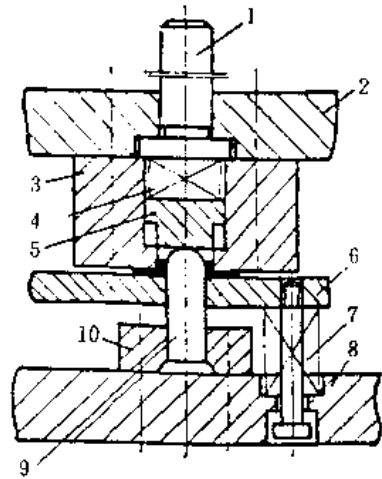


图 13.11 翻边模结构图

1—模柄;2—上模板;3—凹模;4—弹簧;
5—顶件器;6—退件板;7—弹簧;
8—下模板;9—凸模;10—凸模固定板

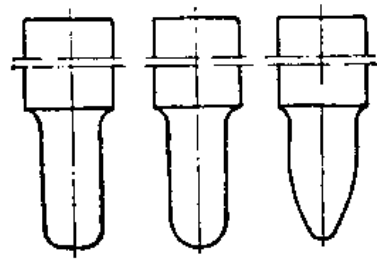


图 13.12 凸模的圆角

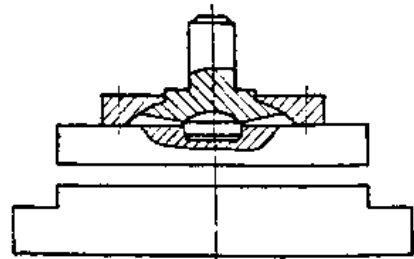


图 13.13 校平模示意图

13.4.2 整形

整形一般用于弯曲、拉深或其他成形工序之后。经过这些工序的加工,制件已基本成形,但可能圆角半径还太大,或是某些形状和尺寸还没有达到零件所要求的程度。整形模和前工序的成形模大体相似,只是对工作部分的精度、粗糙度要求更高,圆角半径和间隙较小。整形和校平一样,对需要修整的平面或圆角,都应在压力机下死点时卡一下。

采用如图 13.15(a)、(b)所示模具对弯曲件进行整形,可以使整个制件不仅在平面方向也在厚度方向受到压应力的作用,形成三向受压的应力状态,改变了制件原来的应力状态,得到较好的整形效果。

如图 13.15(c)所示为拉深件的整形模简图。像这样带凸缘的拉深件需要整形的部位有凸缘平面、侧壁、底平面和凸模、凹模圆角半径。整形时由于圆角半径变小,需要从邻近区域得到补充材料。如果邻近材料不能流动过来,则只有靠变形区本身材料变薄来实现。这时,变形部位材料的伸长以 2%~5%左右为宜。过分伸长,则制件可能破裂。

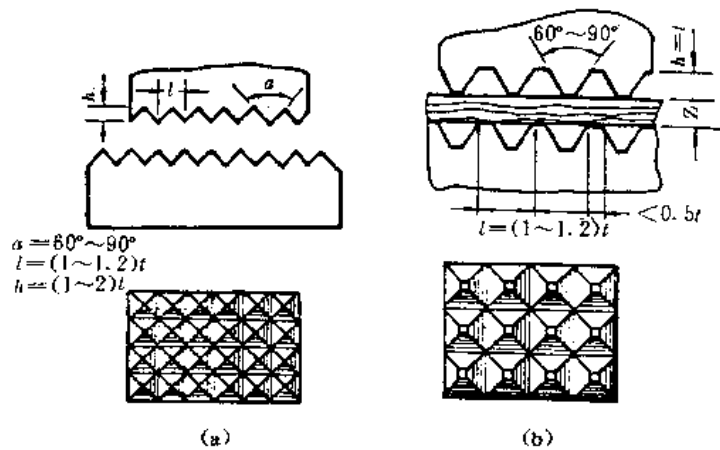


图 13.14 齿形模示意图

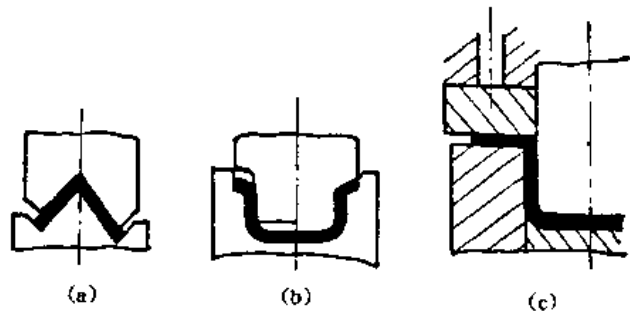


图 13.15 整形模示意图

习题与思考题

1. 试比较胀形与拉深变形的不同特点。
2. 缩口过程中最易发生的破坏形式是什么? 如何预防和克服?
3. 翻边的破坏形式是什么? 如何预防?
4. 试比较校平过程中齿形校平模和光面校平模的不同应用范围。

第 14 章 冲压工艺规程的编制

编制冲压工艺规程,即冲压工艺设计,是冲压生产中非常重要的一项工作。它对产品质量、模具结构、劳动生产率、冲压件成本、减轻劳动强度和保证安全生产等都有重要影响。本章将讨论编制冲压工艺规程的内容及一般原则。

冲压生产过程包括:原材料准备、各种冲压工序及其他必要的辅助工序(如清理、酸洗、退火、表面处理等)。在编制冲压工艺规程时,必须综合考虑各方面的因素,对这些工序做出合理的安排,并且从多种不同的工艺方案中选择一种技术上可行、经济上合理的最佳工艺方案。

编制冲压工艺规程需要考虑的问题是多方面的,其中主要内容有:冲压件的工艺性分析、冲压工序的性质、数量和顺序、工件的定位及半成品尺寸、冲压工序的复合与模具结构形式以及冲压设备的选择等。

14.1 编制冲压工艺规程的一般步骤和内容

14.1.1 分析冲压件的工艺性

在着手编制一个冲压件的工艺规程之前,首先要认真仔细地阅读产品图纸,了解其使用要求,分析其冲压工艺性。如果发现冲压工艺性不好(冲压加工困难),则应在不影响产品零件使用性能的前提下,向设计部门提出意见,经协商同意后对产品图纸作出适合工艺性的修改。

14.1.2 拟订冲压件的总体工艺过程

在工艺分析的基础上,根据产品零件图和生产批量的要求,初步拟订出备料、冲压工序和必要的辅助工序(如去毛刺、清理、酸洗、热处理、表面处理等)的先后顺序。有些零件,还需要配合一些非冲压工序的加工(如切削加工、焊接、铆接等),才能完成其全部制造过程。

14.1.3 确定毛坯形状、尺寸和下料方式

根据产品零件图,计算和确定毛坯尺寸和形状,并根据最经济的原则,拟订出最佳的排样方案,选择合适的下料方式。

14.1.4 拟订冲压工艺方案

拟订冲压工艺方案是编制冷冲压工艺规程的主要工作,通常包括冲压基本工序的选择、冲压基本工序顺序的编排和数目的确定、工序合并的安排及中间工序尺寸的计算等工作。

1. 选择冲压基本工序

冲压基本工序的选择,主要是根据冲压件的形状、尺寸、公差及生产批量确定的。

(1) 剪裁和冲裁 剪裁与冲裁都能实现板料的分离。在少量生产中,对于尺寸和公差大而形状规则的外形板件毛坯,可采用剪床剪裁。对于各种形状的平板毛坯和零件,在批量生产中通常采用冲裁模冲裁。对于平面度要求较高的工件,应增加校平工序。

(2) 弯曲 对于各种弯曲件,在少量生产中常采用手工工具打弯。对于窄长的大型件,可用折弯机压弯。对于批量较大的各种弯曲件,通常采用弯曲模压弯或用弯曲机弯曲。当弯曲半径太小时,应加整形工序使之达到要求。

(3) 拉深 对于各类空心件,多采用拉深模进行一次或多次拉深成形,最后用修边工序达到高度要求。当径向公差要求较小时,常采用变薄量较小的变薄拉深代替末次拉深。当圆角半径太小时,应增加整形工序以达到要求。对于批量不大的旋转体空心件,当工艺允许时,用旋压加工代替拉深更为经济。

2. 确定冲压工序的顺序与数目

冷冲压工序的顺序,主要是根据工件的形状而确定的,确定其顺序的一般原则如下:

(1) 对于有孔或有切口平板零件 当采用单工序模冲裁时,一般应先落料,后冲孔(或切口);当采用连续模冲裁时,则应先冲孔(或切口),后落料。

(2) 对于多角弯曲件 当采用简单弯模分次弯曲成形时,应先弯外角,后弯内角。对于孔位于变形区(或靠近变形区)或孔与基准面有较高的要求时,必须先弯曲,后冲孔。否则,都应先冲孔,后弯曲。这样安排工序可使模具结构简化。

(3) 对于旋转体复杂拉深件 一般是由大到小为序进行拉深,或先拉深大尺寸的外形,后拉深小尺寸的内形。对于非旋转体复杂拉深件,则应先拉深小尺寸的内形,后拉深大尺寸的外形。

(4) 对于有孔或缺口的拉深件 一般应先拉深,后冲孔(或缺口)。对于带底孔的拉深件,有时为了减少拉深次数,当孔径要求不高时,可先冲孔,后拉深。当底孔要求较高时,一般应先拉深后冲孔,也可先冲孔,后拉深,再冲切底孔边缘达到要求。

(5) 校平、整形、切边工序 应分别安排在冲裁、弯曲(或拉深)之后进行。

主要是根据工件的形状与公差要求、工序合并情况、材料极限变形参数(如拉深系数、翻边系数、缩口系数、延伸率、断面缩减率等)来确定工序数目。其中工序合并的必要性主要取决于生产批量。一般在大批生产中,应尽可能把冲压基本工序合并起来,采用复合模或连续模冲压,以提高生产率,减少劳动量,降低成本;反之以采用单工序模分散冲压为宜。

在确定冲压工序顺序与数目的同时,还要确定各中间工序的半成品形状和尺寸。

3. 确定模具类型与结构形式

模具类型与结构形式主要取决于冲压件的形状、尺寸、公差要求和生产批量、工厂模具加工条件等因素。

4. 选择冲压设备

根据冲压工艺的性质选定设备类型。根据冲压工序所需冲压工艺力和模具尺寸选定冲压设备的技术规格。

必须指出,编制冷冲压工艺规程的各个步骤是互相联系的,很多工作都是交叉进行或同时进行的。

14.2 编制冲压工艺规程的实例

托架(其结构与技术要求如图 14.1 所示)成形。

该零件系一心轴托架。 $\phi 10$ 孔内装有心轴,托架通过 $\phi 5$ 四个孔与机身联接。为保证良好的装置条件,对五个孔都提出较高的精度要求,且孔所在平面应保证平坦,工件表面不允许划伤。

该零件选用材料为 08 号冷轧钢板(或钢带),其弯曲半径皆大于该种材料的最小弯曲半径($0.8t = 0.8 \times 1.5 = 1.2 < 1.5$),所有的孔采用高级精度冲模可以冲出。因此,该零件是可以冲压方法制作的。

冲压该零件所需的基本工序为冲孔、落料及压弯。

该零件的弯曲变形可以采用如图 14.2 所示三种方式中的任何一种。

第一种方法(见图 14.2(a))的优点是用一副模具成形,可以提高生产率,减少所需压床和操作人员数量。但是它有以下缺点:①模具磨损快、寿命低,且需要较大的弯曲力;②工件表面擦伤严重,擦伤面积也大;③工作的形状与尺寸不精确,弯角处材料变薄严重,这是由于不能有效地利用校正弯曲来控制回弹,以及凸、凹模圆角处阻力大造成的。

第二种方法(见图 14.2(b))先用一副模具折弯端部两角,然后在另一副模具上压出中间的弯角。显然,弯曲变形的激烈程度比第一种方法缓和得多,所需弯曲力也较小,模具的工作条件大为改善,但回弹现象仍难于控制。

第三种方法(见图 14.2(c))是先在一副模具上压出端部两角,并使中间两角预弯 45° ,

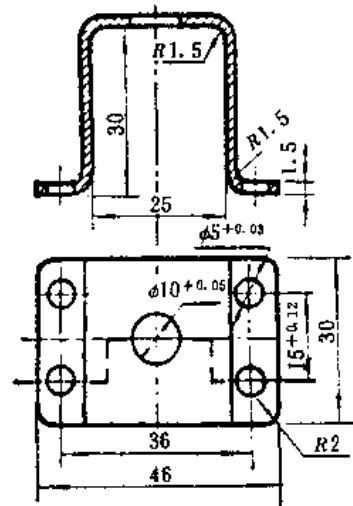


图 14.1 托架零件图

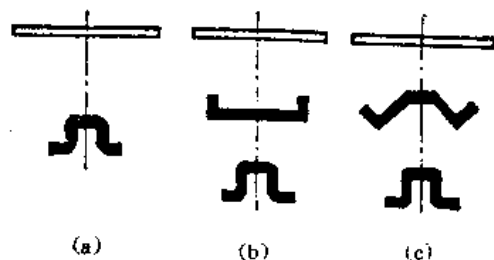


图 14.2 弯曲变形示意图

然后在另一副模具上折弯成形。由于能够实现校正弯曲,故工件的回弹容易控制,可以得到形状和尺寸精度的零件。

零件上的孔,如前所述,应尽可能在平面毛坯上冲出,可简化模具结构,便于操作。该零件上的 $\phi 10$ 孔的边与弯曲中心距离为 6mm ,大于 $1.0t=1.5\text{mm}$,弯曲时不会引起孔变形,因此 $\phi 10$ 孔可以在压弯前冲出。冲出的 $\phi 10^{+0.03}$ 孔可以作后续工序定位用。而 $\phi 5$ 四孔的边缘与弯曲中心的距离为 1.5mm ,压弯时容易引起变形,故应在弯曲后冲出。

根据以上分析,冲压该零件可能有以下几种方案:

方案一:落料与冲 $\phi 10$ 孔复合,如图14.3(a)所示。压弯外部两角并使中间预弯 45° ,如图14.3(b)所示。压弯中间两角,如图14.3(c)所示。冲 $\phi 5$ 四孔,如图14.3(d)所示。

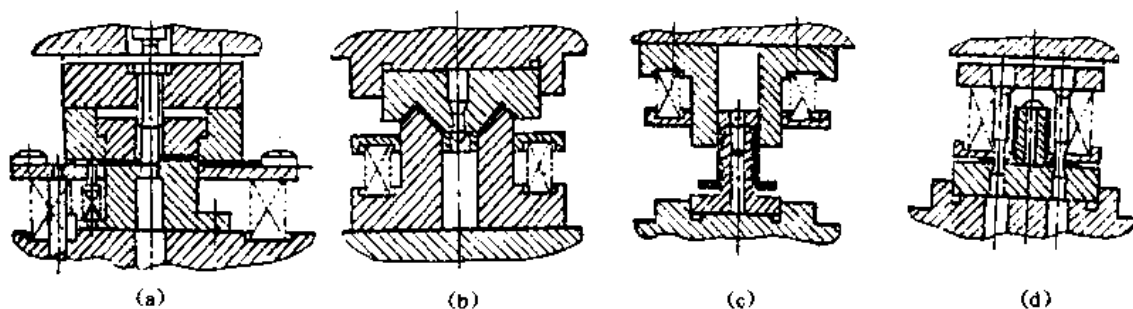


图 14.3 冲压零件示意图

方案二:落料与冲 $\phi 10$ 孔复合,如图14.3(a)所示。压弯外部两角,如图14.4(a)所示。压弯中间两角,如图14.4(b)所示。冲 $\phi 5$ 四孔,如图14.3(d)所示。

方案三:落料与冲 $\phi 10$ 孔复合,如图14.3(a)所示。压弯四个角,如图14.5所示。冲 $\phi 5$ 四孔,如图14.3(d)所示。

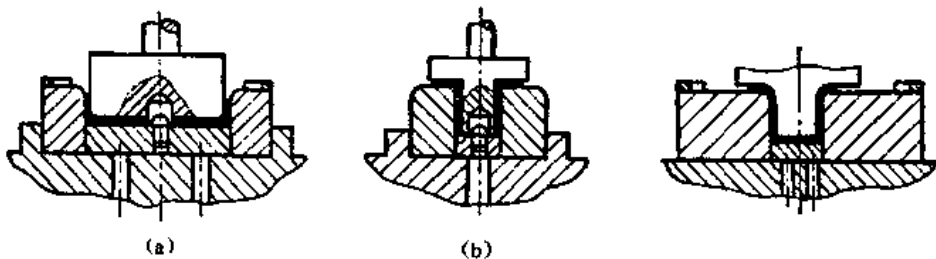


图 14.4 示意图

图 14.5 压弯四个角

方案四:冲 $\phi 10$ 孔。切断及压弯外部两角,如图14.6所示。压弯中间两角,如图14.4(b)所示。冲 $\phi 5$ 四孔,如图14.3(d)所示。

方案五:冲 $\phi 10$ 孔。切断及压弯四个角连续冲压,如图14.7所示。冲 $\phi 5$ 四孔,如图14.3(d)所示。

方案六:全部工序组合采用带料连续冲压,如图14.8所示排样图。

对上列方案进行分析:

方案一的优点是:①模具结构简单,模具寿命长,制造周期短,投产快;②工件的回弹容易控制,尺寸和形状精确,表面质量高;③各工序(除第一工序外)皆能用 $\phi 10$ 孔和一个侧面定位,定位基准一致且与设计基准重合,操作也比较方便。缺点是:工序分散,需用压床、模具及操作人员多,劳动量大。

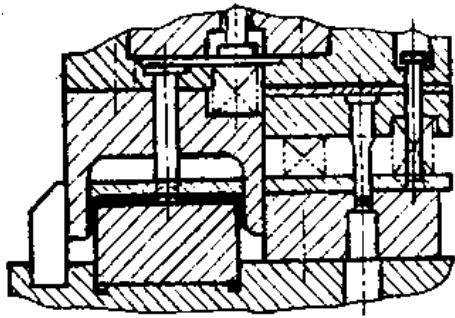


图 14.6 切断及压弯外部两角

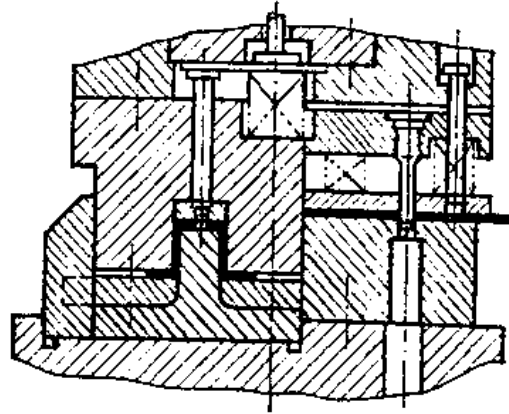


图 14.7 切断及压弯四个角

方案二的优点是模具结构简单、投产快、寿命长,但回弹难以控制,尺寸和形状不精确,而且工序分散,劳动量大,占用设备多。

方案三的工序比较集中,占用设备和人员少,但模具寿命短,工件质量低。

方案四的优点是工序比较集中,从工件成形角度看,本质上与方案二相同,只模具结构较为复杂,如图 14.6 所示的连续模。

方案五本质上与方案三相同,只是采用了结构复杂的连续模。

方案六的优点是工序最集中,只用一副模具完成全部工序。由于它实质上是把方案一的各工序分别布置到连续的各工位上,所以它还具有方案一的各项优点。缺点是模具结构复杂,安装、调试、维修困难,制造周期长。

综上所述,考虑到该零件的批量不大(两万件/年),为保证各项技术要求,选用方案一。其工序如下:①落料——冲 $\phi 10$ 孔;②压弯端部两角;③压弯中间两角;④冲 $\phi 5$ 四个孔。

工序草图如表 14.1 所列。表中“ \wedge ”表示定位面,“?”表示冲压方向。

表 14.1 托架工序表

工序	工序说明	工序草图	压床规格	模具型式
1	落料与冲孔		25 吨	落料冲孔复合模

续表

工序	工序说明	工序草图	压床规格	模具型式
2	一次弯曲(带预弯)		16 吨	弯曲模 基准孔
3	二次弯曲		16 吨	弯曲模 基准孔
4	冲四个小孔		16 吨	冲孔模 基准孔

习题与思考题

1. 试述冲压工艺规程和实际生产过程中的重要性。
2. 试述冲压工艺规程编制的主要内容和一般步骤。
3. 为什么在冲压工艺规程的编制过程中要考虑一些非冲压的辅助工序?

第 15 章 模具 CAD

15.1 模具 CAD 概述

随着工业生产和科学技术的发展、市场需求的增加以及产品更新换代速度的加快,产品生产正向着复杂、精密、多品种、高质量和交货期短的方向发展,这就要求模具生产具有更短的周期、更低的成本和更高的质量。依赖于经验与手工技能的传统模具设计与制造方式远不能满足这种要求,而应用计算机进行模具的计算机辅助设计(CAD—Computer Aided Design)和计算机辅助制造(CAM—Computer Aided Manufacturing)是解决这一矛盾的有效途径。应用模具 CAD/CAM 技术可以大大缩短模具生产周期,减少设计中的主观错误,并能利用计算机容量大、运算速度快的优点,借助数据库存储的大量数据优化设计方案,保证方案的可行性。同时,CAD 系统产生的数据可直接经 CAM 软件处理成数控(NC—Numerical Control)机床可以识别的代码,进而控制加工设备加工出模具,使模具生产实现高精度、高效率 and 高度自动化。模具 CAD/CAM 技术使模具生产发生了根本性的变化。它的应用给模具工业带来了巨大的经济效益。它的发展和推广将是模具技术一场新的革命。

15.1.1 模具 CAD 的优越性

模具 CAD 所特有的优越性赋予了它无限的生命力,使其得以迅速发展和广泛应用。无论在提高生产率、改善质量方面,还是在降低成本、减轻劳动强度方面,CAD 技术的优越性是传统的模具设计方法所不能比拟的,叙述如下:

(1) CAD 可以提高模具的质量 在计算机系统内存储了各有关专业的综合性的技术知识,为模具的设计提供了科学的基础。计算机与设计人员交互作用,有利于发挥人、机各自的特长,使模具设计更加合理化。CAD 采用的优化设计方法有助于某些工艺参数和模具结构的优化。另外,由于不同部门可利用同一数据库中的信息,保证了数据的一致性,减少了文件的数量。

(2) CAD 可以节省时间,提高生产率 设计图纸绘制的自动化大大缩短了设计时间。CAD 与 CAM 的一体化可显著缩短从设计到制造的周期。例如,采用冲裁模 CAD/CAM 系统设计制造模具,比传统方法提高效率 5 倍以上。由于模具质量提高,可靠性增加,装配时间明显减少。

(3) CAD 可以较大幅度地降低成本 计算机的高速运算和绘图机的自动工作大大节省了劳动力。同时,优化设计带来了原材料的节省。例如,冲压件的毛坯优化排样可使材料利用率提高 5%~7%。CAD 的经济效益有些可以估算,有些则难以估算。由于采用 CAD/CAM 技术,生产准备时间缩短,产品更新换代加快,大大增强了产品在市场上的竞争力。

(4) CAD 技术将设计人员从繁冗的计算和绘图工作中解放出来,使其可以从事更多的创造性劳动。例如,在模具设计中,绘图工作量约占全部工作量的 60%。在 CAD 过程中这一部分工作由计算机完成,产生的效益十分显著。

模具 CAD 的优越性还可以列举不少。所有这些将使 CAD 逐步取代传统的模具设计方法,最终将在模具设计中居统治地位。

15.1.2 CAD 在模具设计过程中的辅助作用

在传统的设计方法中,设计者的工具是图板、丁字尺之类的绘图工具。而在计算机辅助设计模具时,设计者的工具是计算机,在设计过程中,计算机主要在数值计算、信息管理和图形绘制等三个方面体现其辅助作用。

手工计算不仅费时,而且容易发生错误。计算机作为计算工具大大提高了计算速度和精度,保证了计算结果的正确性。优化设计、有限元分析等设计分析方法需要进行多次迭代的复杂运算,只有利用计算机才能完成,计算机作为计算工具使用的优越性是显而易见的。

计算机的可靠记忆能力使其能够在存储与管理设计数据方面发挥作用。采用常规设计方法时,设计者必须从有关的技术文件或手册中查找数据,这种方法不但费时,而且有时会发生错误。计算机辅助设计模具时,标准的数据存放在统一的数据库中,存储与检索都十分方便,在设计过程中经常会涉及图形、图形文件中的数据量很大,计算机将图形文件统一管理起来,可随时调用,由于计算机的这种辅助作用,设计者可以不必记忆具体数据,也不必为查找数据发生错误而担心,可以全神贯注地进行创造性的设计工作。

模具设计中绘制图纸的工作量占整个设计工作量的 60% 以上,这是一项烦琐的、令人疲倦的工作。虽然随着计算机辅助制造的广泛采用,图纸在制造中的作用将逐渐消失,但在审查设计方案、产品检验等方面的作用仍将存在。计算机绘图可以大大提高设计效率,缩短设计时间,因而被广泛采用。此外,在模具设计中有很大一部分图纸只是在现有设计的基础上加以局部修改。计算机辅助设计模具时,图纸数据存放在图库中,可以重复使用,可以进行修改与编辑,以产生新的图形。

有些人以为计算机辅助设计便是由计算机代替人完成全部设计工作,人只需按一下按钮,启动设计程序便行了。这种想法是对计算机辅助设计的一种误解,计算机辅助设计这一名词本身就包含了这样的意思,即在人可以有效地发挥作用的地方不用计算机,在计算机可以被有效利用的场合尽量利用计算机,计算机在设计过程中起辅助作用,而不是完全取代人

15.2 冷冲模 CAD 系统的结构

冲模的设计过程主要由工艺分析计算、模具结构设计和模具图纸的绘制等部分组成。工艺分析计算包括工艺分析、工艺方案选择、优化排样、压力和压力中心的计算、模具工作部分的尺寸计算和选择压力机等内容。对于弯曲和拉深模具设计,还需进行毛坯展开计算和中间工序的设计。模具结构设计包括模架选择、定位与卸料装置设计,以及模具工作零件的设计等。

建立冲模 CAD 系统时,首先要确定系统的目标和功能,根据要求选择硬件设备和基本支撑软件。模具结构与零件的标准化和工艺资料的整理总结是建立 CAD 系统的重要基础工作。工艺与模具设计资料包括人工设计模具的流程、准则和标准数据。在编制程序之前,应制订系统流程框图,说明系统的基本组成与内容,规定各部分之间的关系和数据流向。在此基础上,建立数学模型,完成程序的编制与调试,建立图库和数据库,最后将各部分连在一起构成整个系统。

下面以捷克金属加工工业研究院的 AKT 系统和日立公司的连续模设计系统为例,概略地介绍冲模 CAD 系统的结构与方法。

15.2.1 AKT 系统

发展 AKT 系统的主要目的是使用户在尽可能短的时间内获得全套技术文件,包括模具、装配图、零件图、明细表、工艺参数和数控纸带。

使用 AKT 系统时,基本的输入数据来自产品零件。首先,按一定的编码规则将零件图进行编码,将数据输入计算机。设计程序运行后,在打印机上输出技术数据文件,在凿孔机上输出绘图机用的纸带和 NC 加工机床用的纸带。标准零件图和装配图可从预先绘好的图纸中选出。非标准零件(如凸模、凹模、卸料板等)的图纸则由绘图机绘制。根据零件明细表,可以在仓库中选出预先加工的半成品。这些半成品和标准零件一起送至模具车间进行加工和装配。

AKT 系统为模块结构,系统由 10 个主程序和 149 个子程序组成。程序用 FORTRAN 语言写成,平均每个子程序约有 200 条语句。在系统运行时,需使用 70 个数据文件。如图 15.1 所示为 AKT 系统的结构框图。

BLOK1 的功能是产生后续设计过程所需的基本数据。这些设计过程包括决定最佳模具

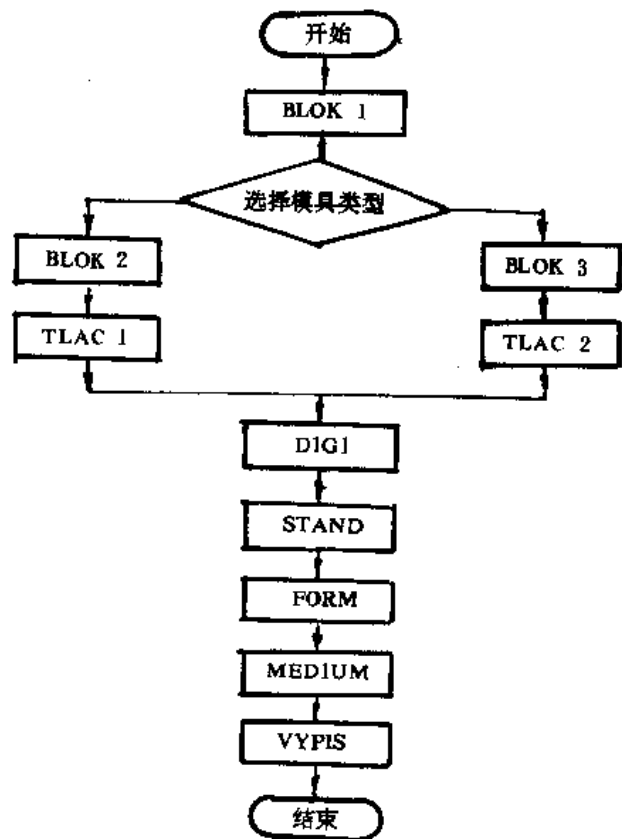


图 15.1 AKT 系统的结构框图

类型、确定冲裁工艺参数、优化排样和设计模具尺寸等。

BLOK2的功能是设计简单冲裁模或连续冲裁模。这里包括计算冲裁力,确定零件形状在坐标系中的位置,设计模具尺寸和选择挡料销位置。设计结果保存在数据文件中,绘图程序和其他程序可以利用这些数据。BLOK3用于设计复合模。除了上述功能外,BLOK3还可设计顶杆,确定顶杆尺寸和最佳位置。TLAC1和TLAC2两个模块的作用是按一定格式输出设计结果。

DIGI模块的功能是准备非标准模具的图纸。子程序用OKP语言书写,可用FORTRAN语言的CALL语句调用。

STAND是面向加工的模块,用以确定加工模具所需的工艺参数,包括标准工序的工艺、机床类型、装夹方法、工具、检查方法、加工余量和时间定额等。该模块还可计算出每一种模具所用的半成品尺寸。FORM模块也是面向加工的模块,所不同的是,它与非标准工序有关。标准工序是指平面、圆孔、外圆和螺纹等加工工序,非标准工序包括非圆孔和非标准模具中不规则形状的加工。MEDIUM可用以获得数控纸带。

AKT系统可实现毛坯排样优化和顶杆布置的优化,还可以优化确定机床切削条件。这些优化设计方法的应用,大大提高了设计质量。

据统计,捷克所需冲裁模具的66%可以用AKT系统设计。如表15.1所示为设计一副二工位连续模时的对比,其中A表示使用常规机床加工模具;B表示用数控机床加工模具;C和B相同,但使用AKT系统进行生产准备。

表 15.1 不同设计制造方法的比较

	A	B	C
设计时间(小时)	100	50	1.5
生产准备费用(捷克克朗)	2500	1250	500
生产准备时间(小时)	150	50	10
加工工时	400	100	52
生产周期(月)	2	1	0.25
总的设计和生费用	15000	6250	3100
所需设计人员数目	1	0.5	0.02

15.2.2 日立公司的连续模CAD系统

连续模是比较复杂的冲压模具。有的连续模可由数百个零件组成。连续模的设计需要有经验的设计人员付出大量劳动。因此,如能用CAD方法设计这类模具,经济效益是相当可观的。鉴于这种考虑,日立公司生产工程研究实验室研制了连续模CAD系统。

如表15.2所示为连续模设计各个阶段的相对时间需要量。条料排样和模具布置主要靠经验与直观判断,占总设计时间的10%左右,装配图和零件图的绘制约占总设计时间的75%。因此,该系统研制的目标是使绘图工作自动化,而条料排样和模具布置仍由人工完成。

在建立连续模CAD系统时,他们对设计过程进行了分析,将标准的设计过程划分为24个设计步骤,并对每个步骤进行细化。由于在模具CAD中模具结构和模具零件的标准化十分重要,该公司对模具进行了标准化,将模具结构分为三大类,即有小导柱、无小导柱和无导

表 15.2 连续模设计各阶段的时间需要量

	时间百分比
产品工艺性分析	5%
载荷与强度计算	5%
条件排样与模具布置	10%
图纸的绘制	75%
编制零件明细表	5%

柱三种模具结构。对于像导柱之类的部件,有 10 种进行了标准化。根据国际标准、国家标准和企业内部标准,对模具零件也进行了标准化。

在标准化的基础上建立了连续模结构的模型。模型可以表达为 a, b, s, t, t_0 和 c 等参数的函数,其中 a, b 为模具布置区域的长度和宽度,如图 15.2 所示; s_n 为模具的几何形状; t_p 为模板厚度; t_0 为毛坯厚度; c 为凸、凹模之间的间隙。当上述参数给定后,其他决定模具结构的主要参数,例如模板的长度 L 和宽度 B 、模架的长度 A 与宽度 B ,也将依次自动确定。

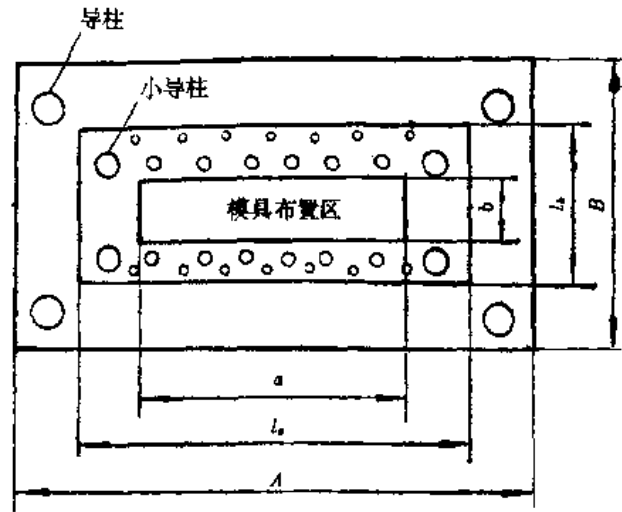


图 15.2 连续模模具结构的模型

由于模具布置区以外的零件,如导柱、弹簧和紧固件等,仅与冲压力有关,而和产品零件的形状无关,所以在条料排祥和布置模具时仅需考虑模具布置区域的内部,在模具结构设计时则仅需考虑模具布置区域以外的部分。模具布置区域之外的模具结构是标准化的,与产品形状无关。这样,系统就避免了在自动化设计时常常发生的干涉问题。

为设计模具结构的细节,系统建立了 10 个子模型。每个子模型所代表的结构及其零件都经过标准化,因此在设计过程中,一旦子模型的主要参数值确定下来,其他零件的尺寸、公差也随之自动确定。

如图 15.3 所示为该系统的设计过程,图的左边为人工处理部分,右边为计算机完成的

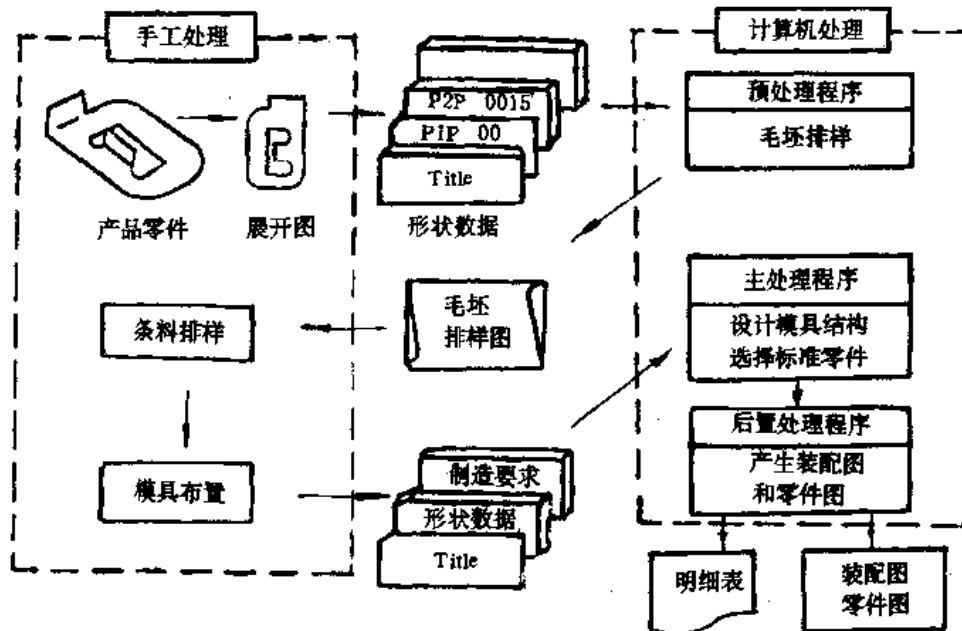


图 15.3 连续模 CAD 系统的设计过程

部分。计算机程序分为预处理、主体处理和后置处理三部分。

模具设计人员先将产品图展开,再用类似 APT 的语言编写零件程序,作为预处理程序的输入。在预处理程序中,计算坯件转角与材料利用率的关系,最后得到材料利用率为最大的毛坯排样图,或者按照设计人员的选择画出排样图。

设计人员根据毛坯排样图人工完成条料排样和模具布置,然后将设计结果输入主体处理程序。主体处理程序决定模具的结构与尺寸,从数据文件中选择标准零部件,并根据输入数据计算凸模、凹模和模板的尺寸。

后置处理程序产生绘制装配图和零件图的指令,输出零件明细表。如果需要,在后置处理中还可得到加工中心或线切割机床所用的 NC 纸带。

系统的主体处理部分有如下功能:

(1) 计算压力和压力中心,用以确定模具在压力机上的安装位置、卸料力和卸料弹簧的尺寸与数目。

(2) 决定模架的尺寸和导柱的直径。模架的长度 A (见图 15.2)由参数 a 计算;模架宽度 B 、导柱直径和导柱的布置,通过标准数据表由参数 b 决定。

(3) 决定模板的尺寸、小导柱和弹簧的尺寸与布置。模板长度由参数 A 计算;模板的宽度、小导柱的直径和弹簧、紧固件、顶杆的尺寸与布置,可通过标准数据表由参数 B 决定。

(4) 决定高度尺寸,包括凸模长度、凹模厚度、上下垫板厚度等。

(5) 确定凹模模芯和凸模的几何形状。

(6) 选择标准零件。

(7) 决定模板孔的形状与尺寸。模板和模座上的导柱孔、小导柱孔、导套孔、凸模孔、废料孔等可由上述尺寸和模具几何形状决定。

使用该系统设计模具,平均使设计时间缩短至常规设计方法所用时间的 $1/4$ 。该连续模 CAD 系统在设计电器和家庭用品的模具中发挥了很大作用。

习题与思考题

1. 试分析在模具设计过程中,哪些属重复劳动,哪些属创造性劳动?
2. 试述模具 CAD 的重大现实意义和发展趋势。

第 16 章 塑料成型模具简介

16.1 塑料的分类和成型方法

16.1.1 塑料及其分类

塑料是指以天然或人工合成的树脂(聚合物)为基础制成的有机合成材料。

塑料按受热后表现的性能,可分为热固性塑料与热塑性塑料两大类。前者的特点是在一定温度下,经一定时间加热、加压或加入硬化剂后,发生化学反应而硬化。硬化后塑料化学结构发生变化、质地坚硬、不溶于溶剂,加热也不再软化,如果温度过高则就分解。后者的特点为受热后发生物态变化,由固体软化或溶化成粘流体状态,但冷却后又可变硬而成固体,且过程可多次反复,塑料本身的分子结构则不发生变化。

塑料都以合成树脂为基本原料,并加入填料、增塑剂、染料、稳定剂等各种辅助料而组成。因此,不同品种牌号的塑料,由于选用树脂及辅助料的性能、成分、配比及塑料生产工艺不同,则其使用及工艺特性也各不相同。为此模具设计时必须了解所用塑料的工艺特性。

16.1.2 塑件的成型方法

塑料模塑成型的方法很多,它主要包括注射模塑(又称注射成型)、压缩模塑(又称压塑成型)、传递模塑(又称挤塑成型)、挤出模塑(又称挤出成型)、吹塑和铸塑(又称浇注成型)等方法。

下面介绍几种主要模塑成型方法的基本原理和特点。

1. 注射成型

注射成型是热塑性塑料制品生产的一种重要成型方法。除个别热塑性塑料外,几乎所有的热塑性塑料都可用此方法成型。近年来,注射成型已成功地用来成型某些热固性塑料制品。

注射成型可成型各种形状的塑料制品。它的特点是成型周期短,能一次成型形状复杂、尺寸精密、带有嵌件的塑料制品,生产效率高,易于实现自动化生产,所以应用广泛。

注射成型用设备是各种类型的注射机。注射机的主要作用是将料筒内的塑料加热,使其熔化(塑化),然后对熔融塑料施加高压,使其经喷嘴高速注入模具型腔,如图 16.1 所示。

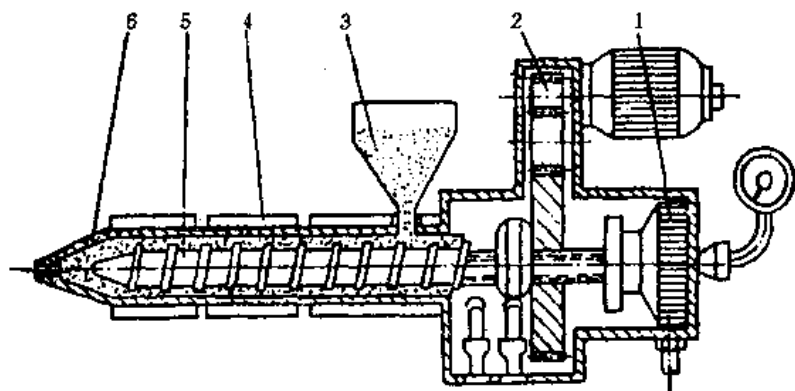


图 16.1 螺杆式注射机成型原理图

1—注射液压缸;2—螺杆传动装置;3—料斗;4—加热料筒;5—螺杆;6—喷嘴

2. 压塑成型

压塑成型主要用于热固性塑料的成型,也可用于热塑性塑料的成型。压塑成型的方法是先将粉状、粒状或纤维状的塑料放入成型温度下的模具型腔中,然后合模加压,使塑料成型并固化,从而获得所需的塑料制品,如图 16.2 所示。

压塑热固性塑料时,置于凹模中的热固性塑料在高温高压的作用下,先由固体变为半液体,并在这种状态下充满型腔,同时高聚物产生交联反应,随着交联反应的深化,半液体的塑料的粘度逐渐增加以至变为固体,最后脱模获得塑料制品。热塑性塑料模成型时,其前一阶段的情况与热固性塑料相同,但不存在交联反应,所以在半液体塑料充满型腔后,需将模具冷却使塑料凝固,才能脱模而获得塑料制品。由于热塑性塑料模成型时模具需要交替地加热和冷却,生产周期长,效率低,因此,热塑性塑料一般采用注射成型,只有较大平面的塑料制品才采用压塑成型。

压塑成型的特点是模具结构简单,料耗小,可使用普通压力机,可成型面积的塑料制品,但其生产周期长,效率低,不易压制形状复杂和尺寸精度较高的塑料制品。

3. 挤塑成型

挤塑成型是在克服压塑成型的缺点并吸收注射成型的优点的基础上发展起来的一种成型方法。挤塑成型适用于热固性塑料的成型。

挤塑成型的方法是将塑料(最好是经预压成块和预热的塑料)加入模具加料腔内,使其受热成为粘流状态,在柱塞压力的作用下,粘流态的塑料经过浇流系统,进入并充满闭合的型腔,塑料在型腔内继续受热受压,经过一定时间的固化后,打开模具即可取出塑料制品,如图 16-3 所示。

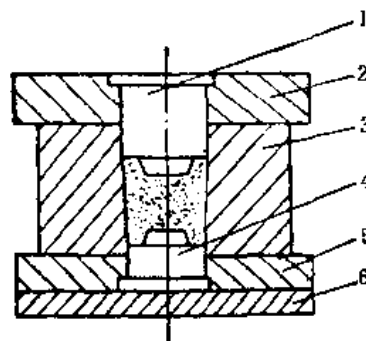


图 16.2 压塑成型原理图
1—上凸模;2—上凸模固定板;3—凹模
4—下凸模;5—下凸模固定板;6—垫板

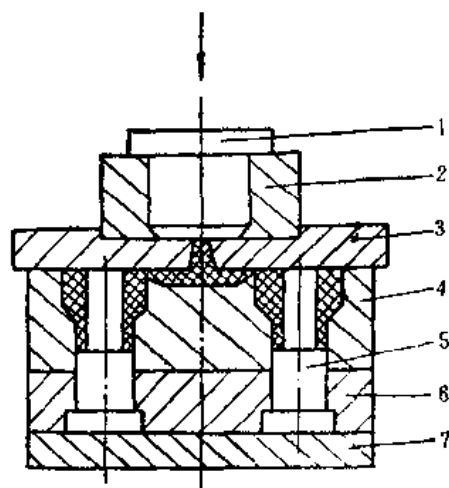


图 16.3 传递成型原理图
1—柱塞;2—加料腔;3—上模板;4—凹模
5—型芯;6—型芯固定板;7—垫板

16.2 塑料注射成型

注射成型是热塑性成型制品的一种重要方法。除极少数几种热塑性塑料外,几乎所有的热塑性塑料都可用此法成型。用注射模塑可成型各种形状,满足各种要求的模制品。近年来,注射模塑已成功地用来成型某些热固性塑料。

注射模塑制品约占塑料制品总量的 20%~30%,尤其是塑料作为工程结构材料的出现,注射模塑制品的用途已从民用扩大到国民经济各个领域,并将逐步代替传统的金属和非金属材料的制品。这些制品主要是各种工业配件、仪器仪表的零件和壳体等。

16.2.1 注射成型原理

注射成型原理如图 16.4 所示。将塑料颗粒定量地加入到注射机的料筒内,通过料筒的传热,以及螺杆转动时产生的剪切摩擦作用使塑料逐步熔化呈流动状态,然后在柱塞或螺杆的推挤下,熔融塑料以高压和较快的速度通过喷嘴注入到温度较低的闭合模具的型腔中。由于模具的冷却作用,使模腔内的熔融塑料逐渐凝固并定型,最后开模取出塑件。

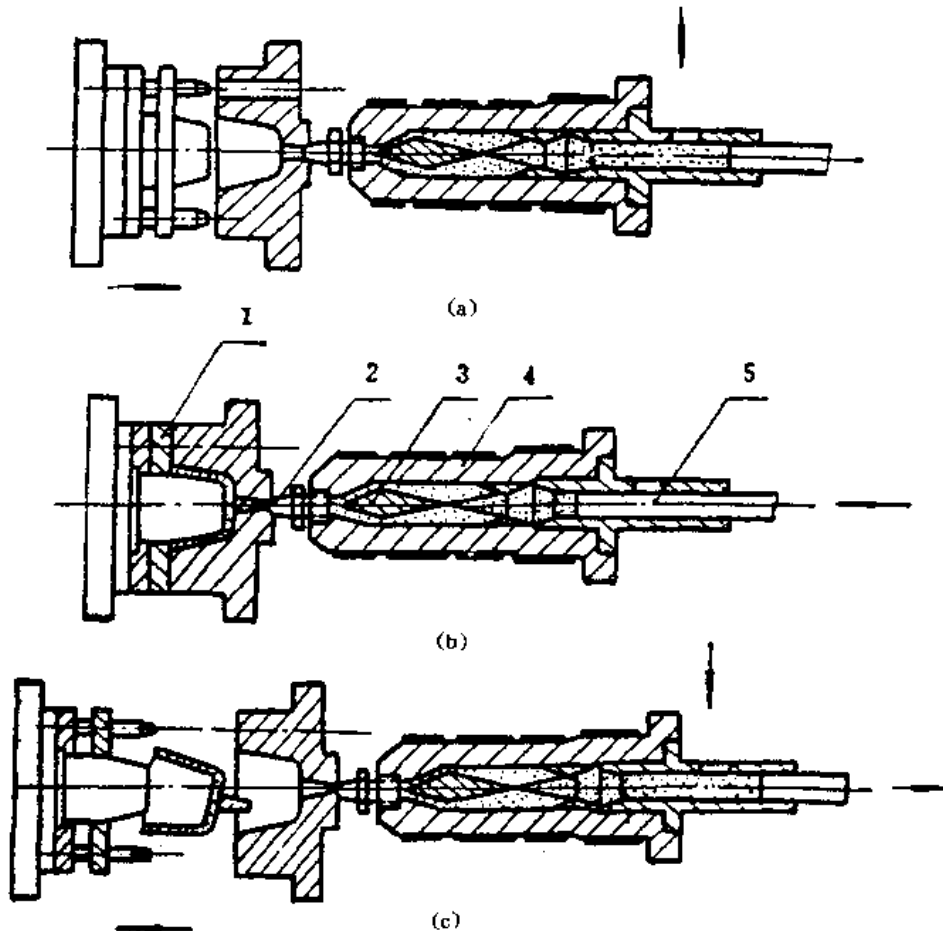


图 16.4 注射成型原理示意图

1—模具;2—喷嘴;3—分流梭;4—料筒;5—注射柱塞(或螺杆)

16.2.2 注射成型工艺过程

注射成型工艺过程是注射成型工艺制订的中心环节,它包括:成型前的准备、注射过程和制品的后处理。

1. 成型前的准备

(1) 原料的检验和预处理 在成型前对原料进行外观和工艺性能检验,检验内容包括对色泽、粒度及均匀性、流动性(熔体指数、粘度)、热稳定性、收缩性的检验等。

对于吸水性强的塑料,在成型前必须进行干燥处理。干燥的方法,应根据塑料的性能和

生产批量等条件进行选择。小批量生产用塑料大多采用热风循环烘箱或红外线加热烘箱进行干燥；大批量生产用塑料宜采用沸腾干燥或真空干燥。

(2) 嵌件的预热 为了满足装配和使用强度的要求，塑料制品内常需要嵌入金属嵌件。

制品表面缺陷都有重要影响。

③ 倒流阶段 从柱塞或螺杆开始后退起至浇口处熔料冻结(时间从 $t_2 \sim t_3$) 为止。在这一阶段中,由于柱塞或螺杆后退,所以型腔内的压力比浇注系统流道内的压力高,这就导致塑料熔体从型腔内倒流出来,型腔内压力和随着迅速下降。塑料熔体倒流情况主要决定于压实阶段的时间。浇口冻结时型腔内的压力和温度是决定塑料制品平均收缩率的重要因素,而影响这些因素的则是压实阶段时间。

④ 浇口冻结的冷却阶段 从浇口的塑料完全冻结时起到塑料制品从模腔中顶出(时间从 $t_3 \sim t_4$) 为止。这一阶段中,型腔内的塑料继续冷却、硬化和定型。在冷却阶段中,随着温度下降,型腔内塑料体积收缩,压力下降,到开模时,型腔内的压力不一定等于外界的大气压。型腔内压力与外界大气压之差称为残余压力 p_r 。残余压力 p_r 的大小与压实阶段的压力和时间长短有关。当残余压力为正值时,脱模比较困难,塑料制品容易被刮伤或破裂;残余压力为负值时,塑料制品表面容易有凹陷或内部有真空泡;当残余压力接近零时,塑料制品脱模容易,质量良好。

3. 制品的后处理

由于塑料的塑化不均匀或在腔内冷却不均匀,常会使塑料制品的收缩不均匀,形成一定的内应力。内应力的存在往往会导致塑料制品在使用过程中产生变形和开裂。为消除内应力常须对塑料制品进行后处理。

塑料制品的后处理包括:退火和调湿处理。

16.3 注射成型模具

16.3.1 概述

1. 注射模具的分类

注射模具的分类方法很多。按其所用注射机的类型可分为卧式注射机用的模具、立式注射机用的模具和角式注射机用的模具。按模具成型的型腔数目可分为单型腔和多型腔注射模具。

注射模的基本结构依使用的目的而不同,大致上可以作如图 16.6 所示的分类

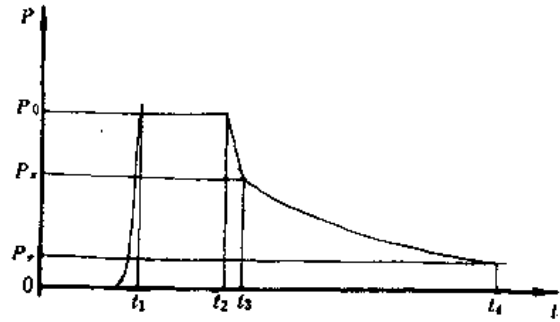


图 16.5 注射过程中塑料压力的变化
 p_0 —型腔内最大压力; p_1 —浇口冻结时间压力;
 p_r —脱模时残余压力; t —时间

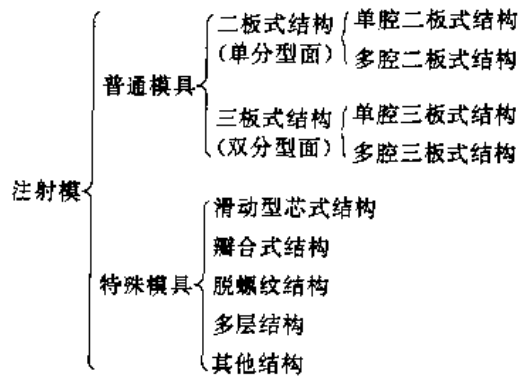


图 16.6 注射模分类图

普通模具的基本组合型式如图 16.7、图 16.8、图 16.9、图 16.10 所示。按注射模具总体结构特征的分类可以分为：单分型面注射模具、双分型面注射模具、斜导柱侧向抽芯注射模具、带有活动镶件的注射模具、对开式注射模具、齿轮齿条侧向抽芯注射模具、直角式注射模具和热流道注射模具等。本章中主要按此分类进行详细地讨论。

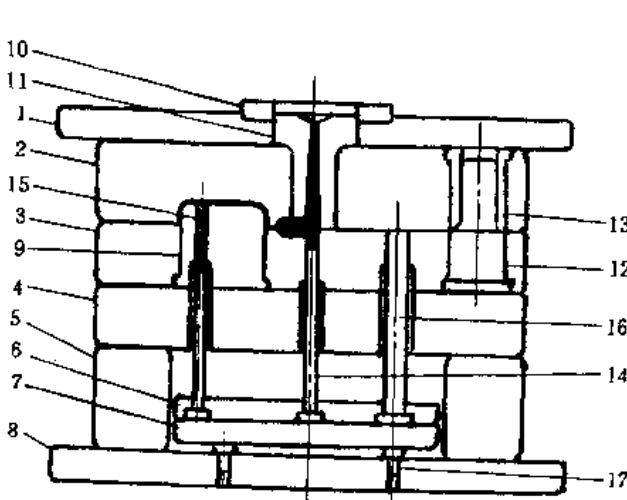


图 16.6 二板式直浇道推杆推出形式
1-定模座板；2-定模板；3-动模板；4-支承板；
5-垫块；6-推杆固定板；7-推板；8-动模座板；
9-型芯；10-定位圈；11-浇口套；12-异柱；13-导套；
14-拉料杆；15-推杆；16-复位杆；17-限位钉

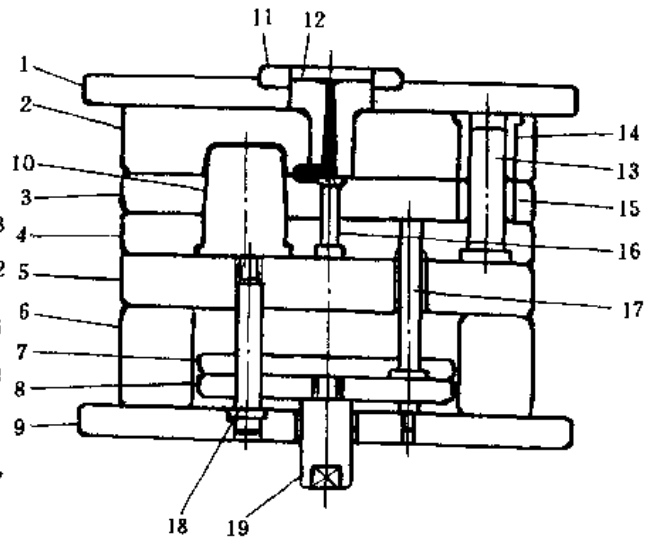


图 16.7 二板式直浇道推板推出形式
1-定模座板；2-定模板；3-推板；4-动模板；5-支承板；
6-垫块；7-推杆固定板；8-推板；9-动模座板；10-型芯；
11-定位圈；12-浇口套；13-导柱；14-导套；15-导套；
16-拉料杆；17-复位杆；18-推板导柱；19-推杆

2. 注射模具的结构及组成

注射模具的结构是由注射机的型式和塑件的复杂程度等因素决定的。凡是注射模，均可分为定模和动模两大部分。定模部分安装在注射机的固定模板上，而动模部分则安装在注射机的移动模板上。注射时，动模与定模闭合，塑料熔体从注射机的喷嘴经浇注系统进入型腔。开模时，动模与定模分离，取出塑料制件。

根据模具上各个部件所起的作用，塑料注射成型模具可分为以下几个部分，如图 16.11

所示。

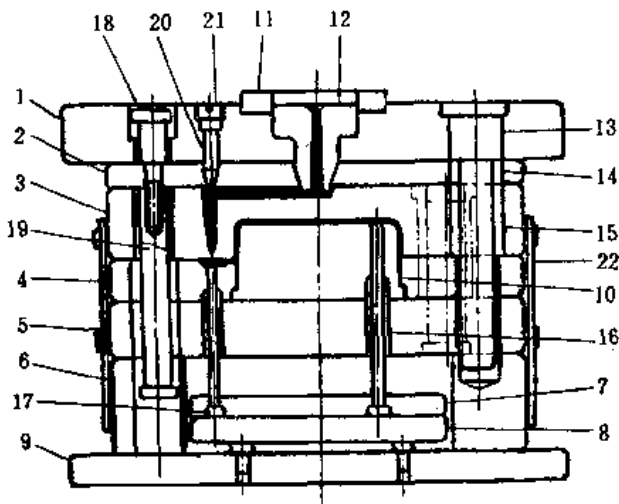


图 16.8 三板式点浇口推杆推出形式

1-定模座板;2-脱浇道板;3-定模板;4-动模板;5-支承板;
6-垫块;7-推杆固定板;8-推板;9-动模座板;10-型芯;11-
定位圈;12-浇口套;13-导柱;14-导套;15-导套;16-推杆;
17-复位杆;18-限位螺钉;19-拉杆;20-勾料杆;21-螺塞;
22-拉板

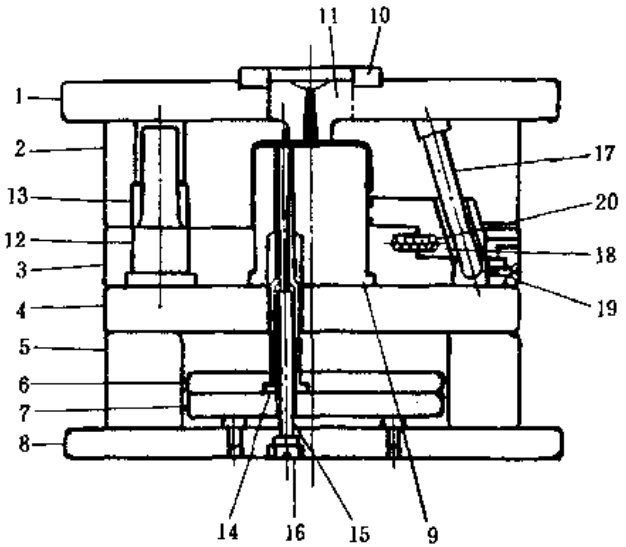


图 16.9 二板式直浇道侧抽芯形式

1-定模座板;2-定模板;3-动模板;4-支承板;5-垫块;6-推
杆固定板;7-推板;8-动模座板;9-型芯;10-定位圈;11-浇
口套;12-导柱;13-导套;14-推管;15-型芯;16-限位螺钉;
17-斜销;18-侧型芯;19-限位块;20-弹簧

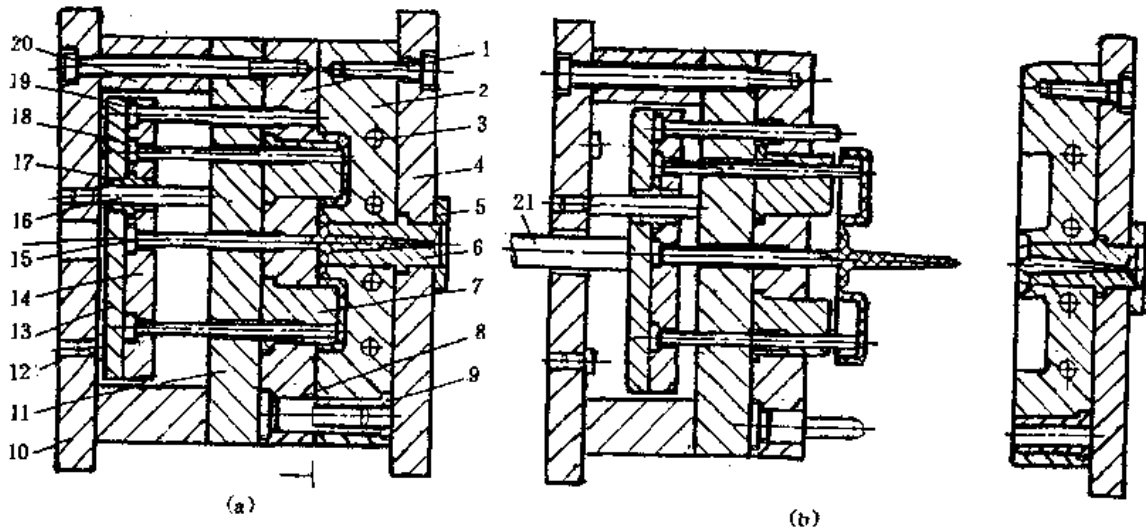


图 16.10 注射模的结构

1-动模板;2-定模板;3-冷却水道;4-定模底板;5-定位圈;6-主流道衬套;7-凸模;8-导柱;9-
导套;10-动模底板;11-动模垫板;12-支承柱;13-推板;14-推杆固定板;15-拉料杆;16-推板导
柱;17-推板导套;18-推杆;19-复位杆;20-支承块;21-注射机顶杆

(1) 成型部分 成型塑料制件是由模具的型腔所形成的,模具的型腔由动模和定模有关部分联合构成,它通常由凸模(成型塑件内部形状)、凹模(成型塑件外部形状)、型芯、嵌件和镶块等组成。如图 16.11 所示的模具,型腔是由动模板 1、定模板 2、凸模 7 等组成的。

(2) 浇注系统 熔融塑料从注射机喷嘴进入模具型腔所流经的通道称为浇注系统。它由主流道、分流道、浇口及冷料井等组成。

(3) 导向机构 导向机构分为动模与定模之间的导向和推出机构的导向。为了确保动、定模之间的正确导向与定位,需要在动、定模部分采用导柱、导套(见图 16.10 的 8、9)或在动、定模部分设置互相吻合的内外锥面导向。推出系统的导向通常由推板导柱和推板导套(图 16.11 的 16、17)所组成。

(4) 侧向抽芯机构 塑料制件上的侧向如有凹凸形状的孔或凸台,这就需要有侧向的凸模或型芯来成型。在塑件被推出之前,必须先拔出侧向凸模或抽出侧向型芯,然后方能顺利脱出。使侧向凸模或侧向型芯移动的机构称为侧向抽芯机构。

(5) 推出机构 推出机构是指模具分型以后将塑件从模具中推出的装置(又称脱模机构)。一般情况下,推出机构由推杆、复位杆、推杆固定板、推板、主流道拉料杆及推板导柱和推板导套等所组成。在图 10.10 中是由推板 13、推杆固定板 14、拉料杆 15、推板导柱 16、推板导套 17、推杆 18、复位杆 19 等组成。

(6) 加热和冷却系统 为了满足注射工艺对模具的温度要求,必须对模具温度进行控制,所以模具常常设有冷却或加热系统。冷却系统一般在模具上开设冷却水道(见图 16.11 中 3),加热系统则在模具内部或四周安装加热元件。

(7) 排气系统 在注射成型过程中,为了将型腔内的空气排出,常常需要开设排气系统。一般的排气系统,实际上是在分型面上有目的地开设若干条沟槽进行排气。但小型塑料制件排气量不大,可直接利用分型面排气。许多模具的推杆或型态与模板之间的配合间隙可起排气作用,故不必另外开设排气槽。

16.3.2 注射模具的标准化

注射模具的基本结构有许多共同点,所以标准化的工作现在已经基本完成,市场上有标准件出售,为制造注射模具提供了便利条件。

我国于 1990 年正式颁布了塑料注射模模架的国家标准,如图 16.12。其中包括:

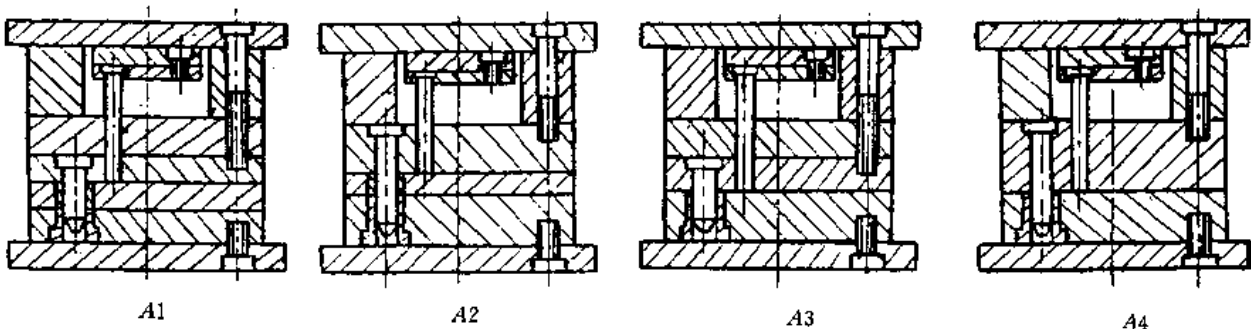


图 16.12 模架标准

1. 塑料注射模中小型模架标准 GB/T12556.1~12556.2-90

其组合型式有 A_1 , A_2 , A_3 , A_4 四种:

(1) A_1 型 为由静模板和动模板两块组成,无支承板。

- (2) A_2 型 同上为有支承板的型式。
- (3) A_3 型 同 A_1 但有推板介于静模与动模之间的型式。
- (4) A_4 型 同 A_3 但有支承板的型式。

2. 塑料注射模大型模架标准 GB/T12555.1~12555.15-90

其组合形式有 A、B 两种：

- (1) A 型 同中小型模架的 A_1 型。
- (2) B 型 同中小型模架的 A_2 型。

16.3.3 注射模具典型结构示例

1. 单分型面注射模

单分型面注射模也称二板式注射模，它是注射模中最简单的一种结构型式。这种模具只有一个分型面。如果 16.11 所示为单分型面注射模的典型结构。

单分型面注射模具根据需要，既可以设计成单型腔注射模，也可以设计成多型腔注射模，应用十分广泛。构成型腔的一部分或全部在定模上，凸模固定在动模一侧。主流道设在定模一侧，分流道设在分型面上。

开模时，模具从动定模分型面打开，塑件包在凸模 7 上随动模部分一起向左移动而脱离凹模 2，浇注系统的凝料在拉料杆 15 的作用下，同时和塑料制件连在一起也向左移动。移动一定距离后，当注射机的顶杆 21 接触推板 13 时，推出机构开始动作，推杆 18 推动塑件从凸模 7 上脱下来，浇注系统凝料同时被拉料杆 15 推出，如图 16.11(b) 所示。然后人工将塑料制件从动定模的分型面之间取出。

闭模时，在导柱 8 和导套 9 的导向定位下，定模闭合。在闭合过程中，定模板 2 推动复位杆 19 使推出机构复位。然后，注射机的喷嘴开始下一次的注射。

2. 双分型面注射模

双分型面注射模具有两个分型面，如图 16.13 所示。A—A 面为第一分型面，分型后取出浇注系统的凝料；B—B 面为第二分型面，分型后取出塑料件。与单分型面注射模具相比较，双分型面注射模具在定模部分增加了一块可移动的中间板，所以也叫三板式（定模板、中间板、动模板）注射模具。它常用于点浇口进料的单

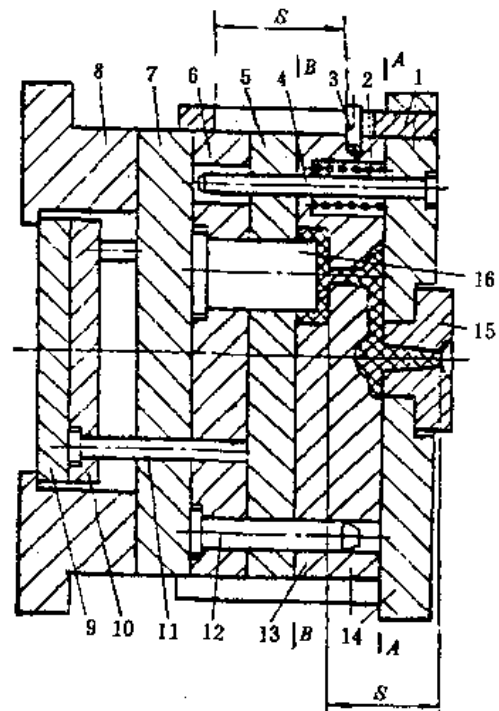


图 16.13 双分型面注射模

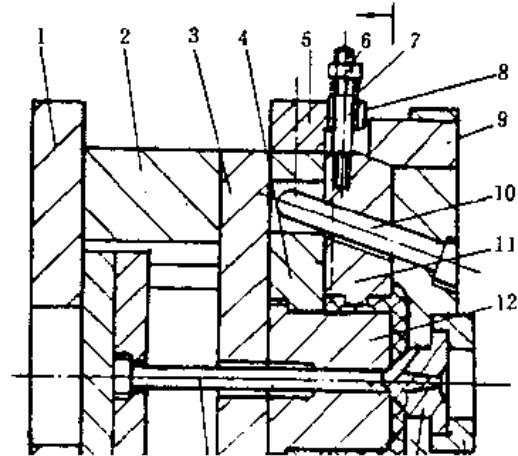
1—定距拉板；2—弹簧；3—限位销；4—导柱；5—脱模板；6—型芯固定板；7—动模垫板；8—模脚；9—推板；10—推杆固定板；11—推杆；12—导柱；13—中间板；14—定模板；15—主流道衬套；16—型芯

型腔或多型腔的注射模具,开模时,中间板与定模板作定距离分离,以便取出这两块板之间的浇注系统凝料。

开模时,注射机动模板通过螺钉压板带动模脚子,使用螺钉连接的动模部分一起向左运动,由于弹簧 2 的作用,中间板 13 也同时一道向左运动,模具从 A—A 型面分开。当动模部分移动一定距离以后,由于定距拉板 1 的作用,固定在中间板 13 上的限位销 3 与定距拉板左端接触,使中间板停止运动。动模部分继续向左运动,此时 B—B 分型面分开。因塑料制件包紧在型芯 16 上,这时浇口就自行拉断,浇注系统凝料在 A—A 分型面之间自行掉下或人工取出。动模部分再继续向左移动,注射机的推杆接触推板 9 时,推出机构开始工作,推杆 11 推动脱模板 5 从型芯 16 上脱下塑件。

3. 斜导柱抽芯注射模

当塑件有凸、侧凹(或侧孔)时,模具中成型侧凸、侧凹(或侧孔)的零件必须制成可移动的,开模时,必须使这一部分构件先行移开,塑件脱模才能顺利进行。如图 16.14 所示为一斜导柱驱动型芯滑块侧向移动抽芯的注射模。在这一模具中,侧向抽芯机构是由斜导柱 10、侧型芯滑块 11、楔紧块 9 和侧型芯滑块抽芯结束时的



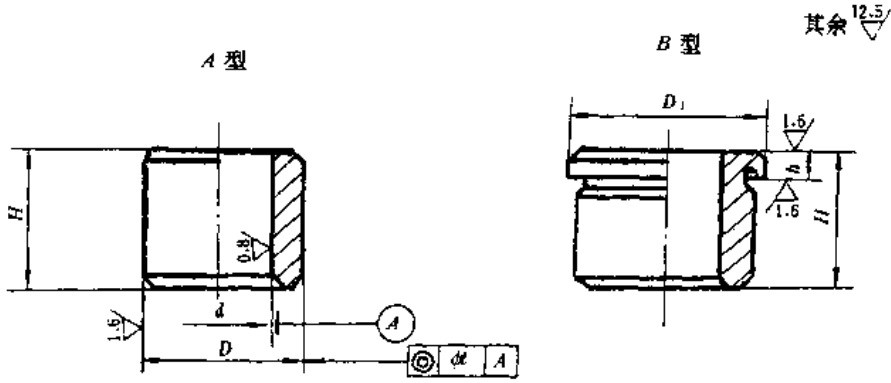
附 录

附表 1 常用夹具元件的材料及热处理

	名 称	推荐材料	热处理要求	国家标准 《机床夹具零件及部件》代号
定位 元 件	支承钉	$D \leq 12\text{mm}$, T8 $D > 12\text{mm}$, 45 钢	HRC(55~60) HRC(40~45)	GB/T2226-91~GB/T2228-91
	支承板	T8	HRC55~60	GB/T2236-91
	可调支承螺钉	45 钢	$L > 50\text{mm}$, 头部 HRC(40~45) $L \leq 50\text{mm}$, 全部 HRC(40~45)	GB/T2229-91~GB/T2230-91
	定位销	$D \leq 18\text{mm}$, T8 $D > 18\text{mm}$, 20 钢	HRC(55~60) 渗碳深 0.8~1.2, HRC(55~60)	GB/T2202-91~GB/T2204-91
	定位心轴	$D \leq 35\text{mm}$, T8 $D > 35\text{mm}$, 45 钢	HRC(55~60), 柄部 HRC(40~45) HRC(40~45)	GB/T12874-91
	V 形块	20 钢	渗碳深(0.8~1.2)mm HRC(58~64)	GB/T2208-91~GB/T2211-91
夹 紧 元 件	斜楔	20 钢 45 钢	渗碳深(0.8~1.2)mm, HRC(58~64) HRC(40~45)	
	压紧螺钉	45 钢	HRC(30~35)	GB/T2160-91~GB/T2163-91
	螺母	45 钢	HRC(35~40)	GB/T2148-91~GB/T2159-91
	摆动压块	45 钢	HRC(35~40)	GB/T2171-91~GB/T2174-91
	压板	45 钢	HRC(35~40)	GB/T2175-91~GB/T2190-91
	钩形压板	45 钢	HRC(35~40)	GB/T2196-91~GB/T2200-91
	圆偏心轮	20 钢	渗碳深(0.8~1.2)mm, HRC(58~64)	GB/T2191-91~GB/T2194-91
其 他 专 用 元 件	对刀块	20 钢	渗碳深(0.8~1.2)mm, HRC(58~64)	GB/T2240-91~GB/T2243-91
	塞尺	T8	HRC(55~60)	GB/T2244-91 GB/T2245-91
	定位键	45 钢	HRC(40~45)	GB/T2206-91~GB/T2207-91
	钻套	内径 $\leq 26\text{mm}$, T10A 内径 $> 26\text{mm}$, 20 钢	HRC(58~64) 渗碳深(0.8~1.2)mm HRC(58~64)	GB/T2262-91 GB/T2264-91 GB/T2265-91
	衬套	内径 $\leq 25\text{mm}$, T10A 内径 $> 26\text{mm}$, 20 钢	HRC58~64 渗碳深(0.8~1.2)mm, HRC(58~64)	GB/T2263-91
	固定式镗套	20 钢 HT200	渗碳深(0.8~1.2)mm, HRC(55~60) 时效处理	GB/T2266-91
	夹具体	HT150 或 HT200 Q195, Q215, Q235	时效处理 退火处理	

附表 2 固定钻套(GB/T2262-91)

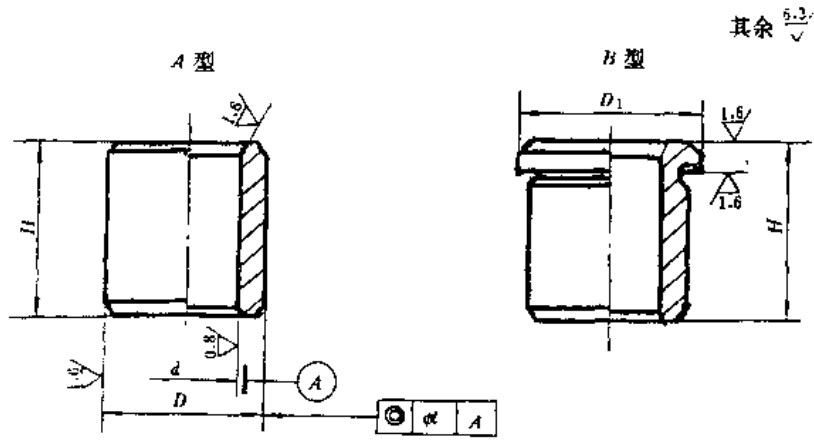
(mm)



d		D		D ₁	H			t
基本尺寸	极限偏差 F7	基本尺寸	极限偏差 n6					
>0~1	+0.016 +0.006	3	+0.010 +0.004	6	6	9	—	0.008
>1~1.8		4	+0.016 +0.008	7				
>1.8~2.6		5		8				
>2.6~3		6		9				
>3~3.3	+0.022 +0.010	7	+0.019 +0.010	10	8	12	16	
>3.3~4		8		11				
>4~5		10	13					
>5~6		12	15					
>6~8	+0.028 +0.013	15	+0.023 +0.012	18	10	16	20	
>8~10		22		22				
>10~12	+0.034 +0.016	22	+0.028 +0.015	26	12	20	25	
>12~15		26		30				
>15~18		30		34				
>18~22	+0.041 +0.020	30	+0.033 +0.017	34	16	28	36	
>22~26		35		39				20

附表3 钻套用衬套(GB/T2263-91)

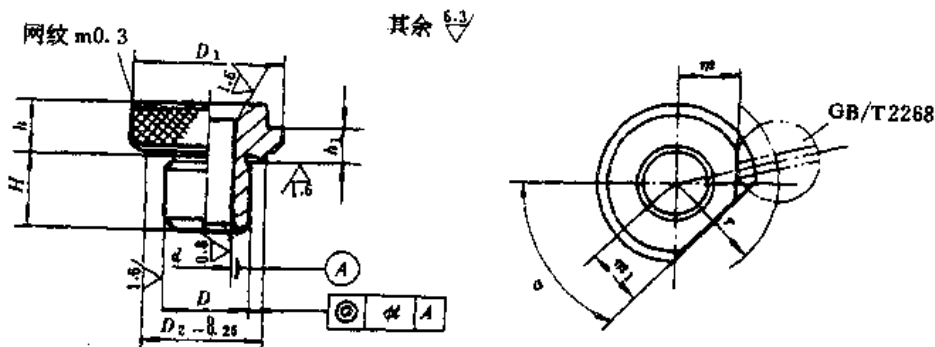
(mm)



d		D		D ₁	H			t
基本尺寸	极限偏差 F7	基本尺寸	极限偏差 n6					
8	+0.028	12	+0.023 +0.012	15	10	16	—	0.008
10	+0.013	15		18	12	20	25	
12	+0.034 +0.016	18		22				
(15)			22	+0.028 +0.015	26	16	28	
18		26	30					
22	+0.041 +0.020	30	34		20	36	45	
(26)			35	39				
30			42	+0.033 +0.017	46			
35	+0.050 +0.025	48	52					

附表 4 快换钻套(GB/T2265-91)

(mm)



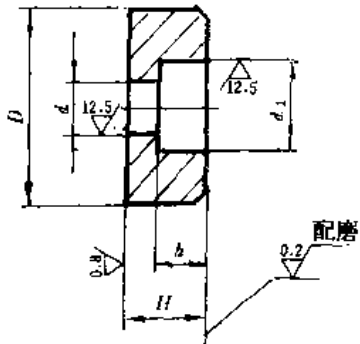
基本尺寸 <i>d</i>	极限偏差 <i>F7</i>	<i>D</i>		<i>D</i> ₁ (滚花前)	<i>D</i> ₂	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>h</i> ₁	<i>r</i>	<i>m</i>	<i>m</i> ₁	<i>a</i>	<i>t</i>	配用螺钉 GB/T2268					
		基本尺寸	极限偏差 <i>m6</i>												极限偏差 <i>k6</i>				
>0~3	+0.016 +0.006	8	+0.015 +0.006	+0.010 +0.001	15	12	10	16	-	8	3	11.5	4.2	4.2	50°	M5			
>3~4	+0.022				18	15	12	20				25	13	6.5			5.5		
>4~6	+0.010				10	12	20	25				13	6.5	5.5					
>6~8	+0.023	12	+0.018 +0.007	+0.012 +0.001	22	18	16	28	56	10	4	16	7	7	0.008	M6			
>8~10	+0.013	15			26	22						18	28	56			18	9	9
>10~12	+0.034	18			30	26						20	36	45			20	11	11
>12~15		+0.016	22	34	30	20	36	45	23.5	12	12								
>15~18	+0.041	26	+0.021 +0.008	+0.016 +0.002	39	35	12	5.5	29.5	18	18	55°	0.012	M8					
>18~22		30			46	42									12	5.5	29.5	18	18
>22~26	+0.020	35	+0.025 +0.009	+0.018 +0.002	52	46	25	45	56	32.5	21	21							

附表 5 对刀块尺寸

(mm)

1. 圆对刀块(GB/T2240-91)

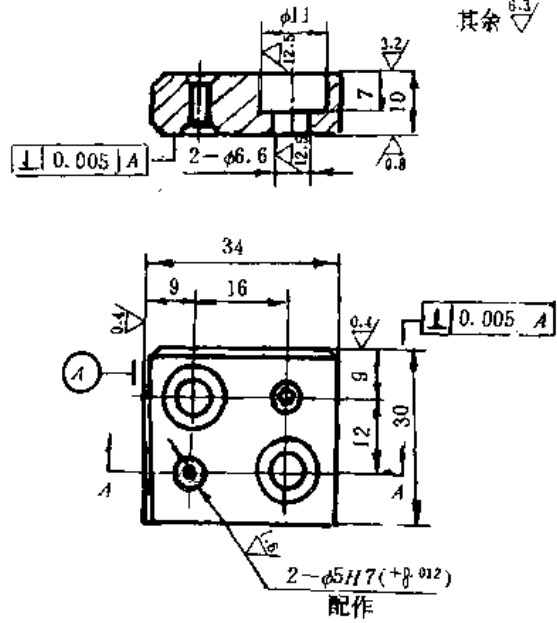
其余 $\nabla 12.5$



D	H	h	d	d_1
16	10	6	5.5	10
25	10	7	6.5	11

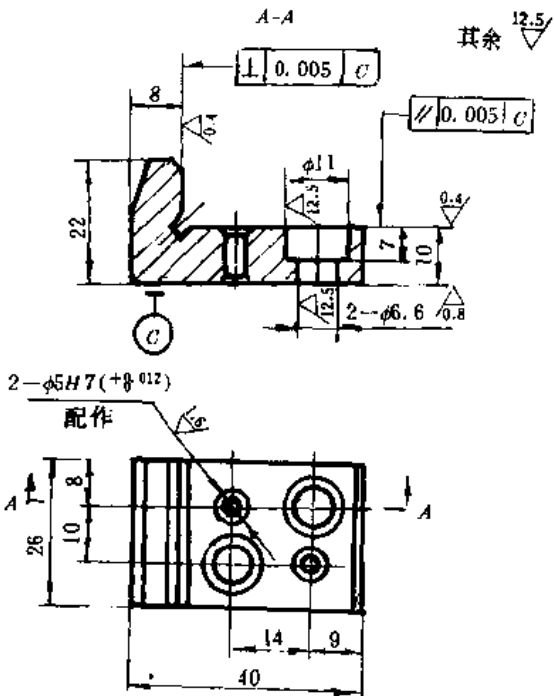
2. 方形对刀块(GB/T2241-91)

其余 $\nabla 6.3$



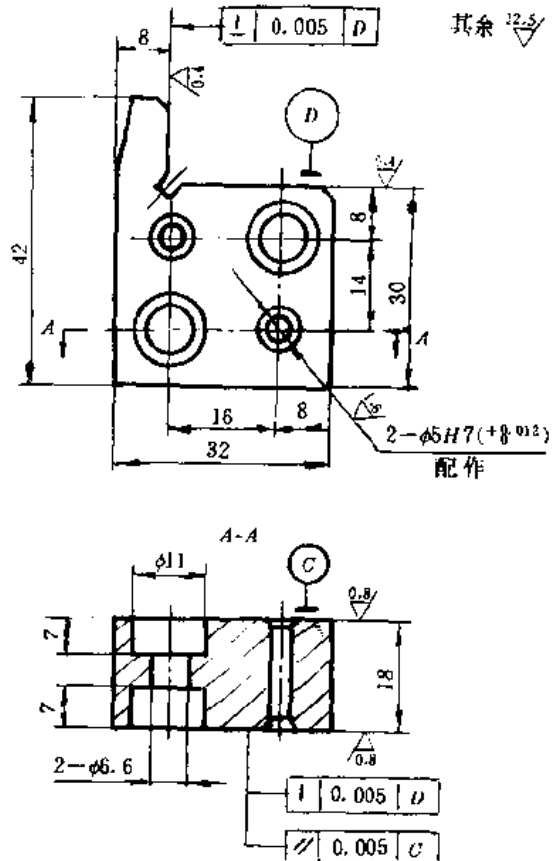
3. 直角对刀块(GB/T2242-91)

其余 $\nabla 12.5$



4. 侧装对刀块(GB/T2243-91)

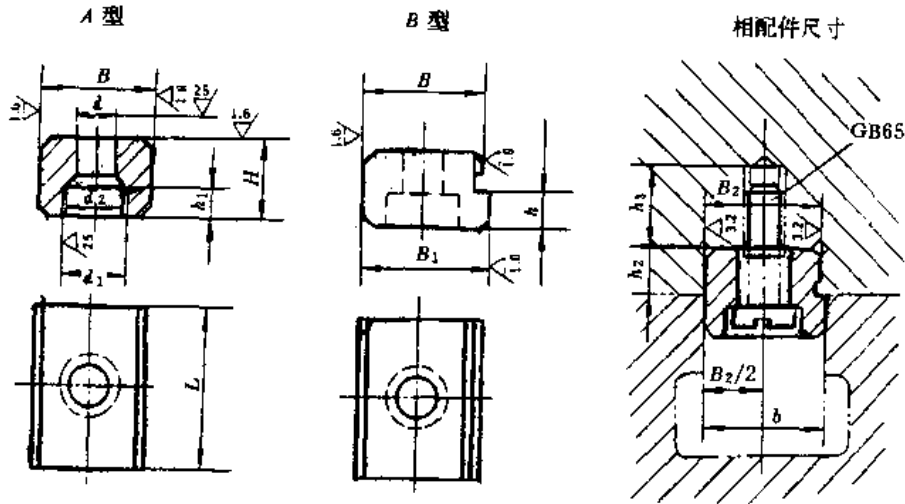
其余 $\nabla 12.5$



附表 6 定位键尺寸(GB/T2206-91)

(mm)

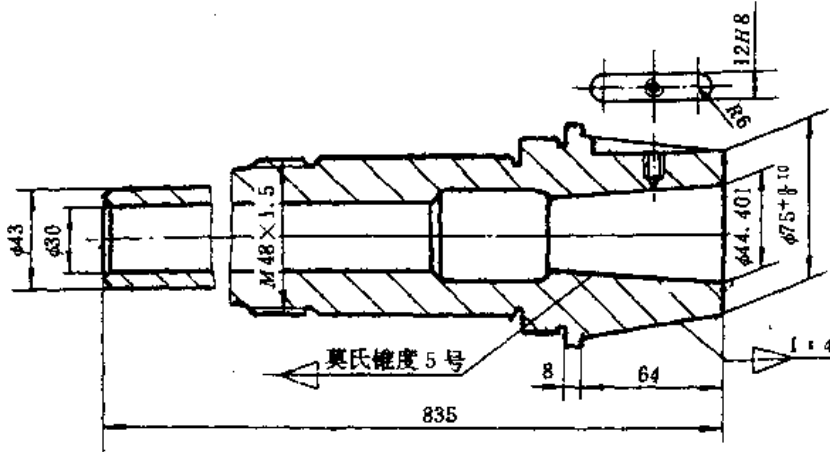
其余 $\sqrt[3]{2.5}$



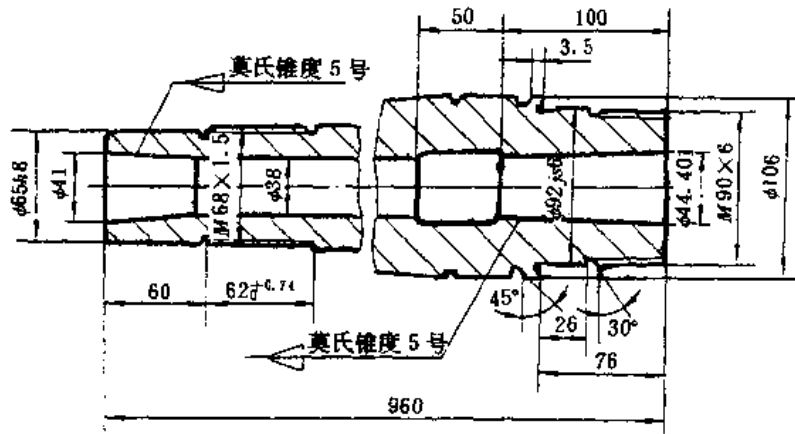
B			相 配 件																		
基本尺寸	极限偏差 h6	极限偏差 h8	B ₁	L	H	h	h ₁	d	d ₁	d ₂	T形槽	B ₂			h ₂	h ₃	螺钉 GB65				
											宽度	基本尺寸	极限偏差 H7	极限偏差 Js6							
											b										
8	0	0	8	14	8	3	3.4	3.4	6	—	8	8	+0.015	±0.0045	4	8	M3×10				
10	-0.009	-0.022	10	16			4.6	4.5	8		10	10	0					M4×10			
12	0	0	12	20	5.7	5.5	10	12	12		+0.018	±0.0055	5	6	10	M5×12					
14			14	14	0	14	14	18	18												
16	-0.011	-0.027	16	25	10	4	6.8	6.6	11								(16)	16	0	6	M6×16
18			18	32	12	5											(20)	20	+0.021	±0.0065	
20	0	0	20	40	14	6	9	9	15		(24)	24	0	8							
22					22		16	7					28	28							
24	-0.013	-0.033	24																		
28			28																		

注:1. 尺寸 B₁ 留磨量 0.5mm,按机床 T 形槽宽度配作,公差带为 h6 或 h8。

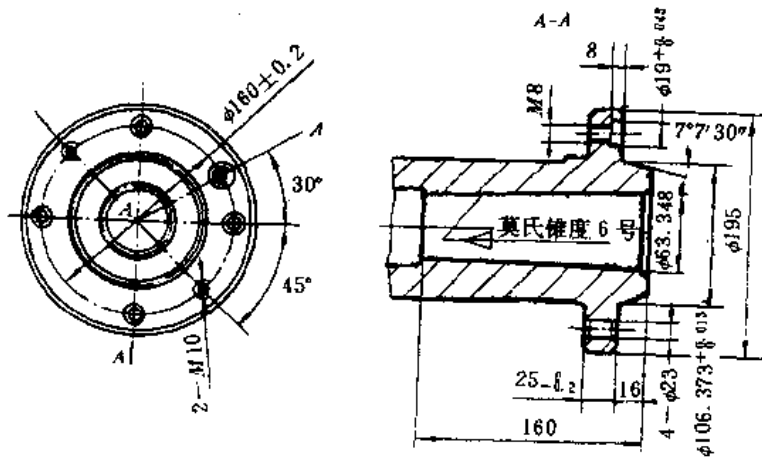
2. 括号内尺寸尽量不用。



C616, C616A 主轴尺寸



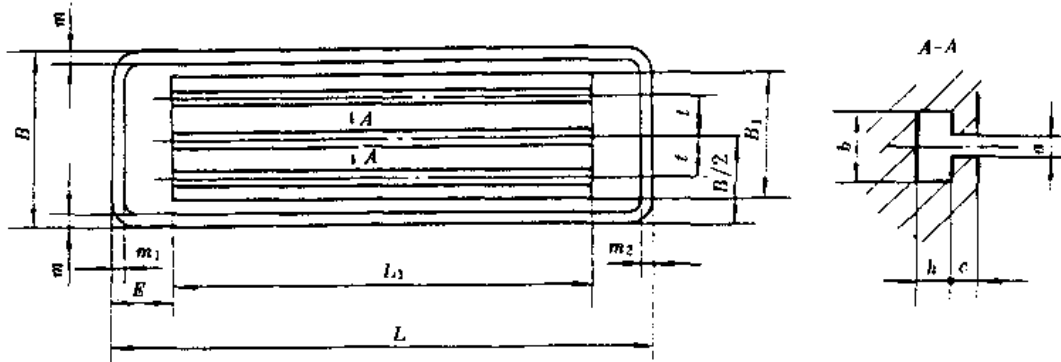
C620 主轴尺寸



CA6140, CA6150, CA6240, CA6250 主轴尺寸

附表 8 铣床工作台及 T 形槽尺寸

(mm)



型号	B	B ₁	l	m	L	L ₁	E	m ₁	m ₂	a	b	h	c
X50	200	135	45	10	870	715	70	25	40	14	25	11	12
X51	250	170	50	10	1000	815	95		45	14	24	11	12
X5025A	250		50		1120					14	24	11	14
X5028	280		60		1120					14	24	11	18
X5030	300	222	60		1120	900		40	40	14	24	11	16
X52	320	255	70	15	1325	1130	75	25	50	18	32	14	18
X52K	320	255	70	17	1250	1130	75	25	45	18	30	14	18
X53	400	285	90	15	1700	1480	100	30	50	18	32	14	18
X53K	400	290	90	12	1600	1475	110	30	45	18	30	14	18
X53T	425									18	30	14	18
X60	200	140	45	10	870	710	75	30	40	14	25	11	14
X61	250	175	50	10	1000	815	95	50	60	14	25	11	14
X6030	300	222	60		1120	900		40	40	14	24	11	18
X62	320	220	70	16	1250	1055	75	25	50	18	30	14	18
X63	400	290	90	15	1600	1385	100	30	40	18	30	14	18
X60W	200	140	45	10	870	710	75	30	40	14	23	11	12
X61W	250	175	50	10	1000	815	95	50	60	14	25	11	14
X6130	300	222	60	11	1120	900		40	40	14	24	11	16
X62W	320	220	70	16	1250	1055	75	25	50	18	30	14	18
X63W	400	290	90	15	1600	1385	100	30	40	18	30	14	18

附表 9 冲压常用金属材料的力学性能

材料名称	牌 号	材料状态	力 学 性 能			
			抗剪强度 τ	抗拉强度 σ_b	屈服点 σ_s	伸长率 $\delta/\%$
			MPa			
普 通 碳素钢	Q195	未经退火	255~314	314~392	195	28~31
	Q235		303~372	432~460	235	21~26
	Q275		392~490	569~608	275	15~19
碳 素 结构钢	08F	已退火	230~310	280~390	180	32
	08		260~360	330~450	200	32
	10F		220~340	280~420	190	30
	10		260~340	300~440	210	29
	15		270~380	340~480	230	26
	20		280~400	360~510	250	25
	35		400~520	500~650	320	20
	45		440~560	550~700	360	16
	50		440~580	550~730	380	14
不 锈 钢	1Cr13	已退火	320~380	400~470	120	21
	1Cr18Ni9Ti	经热处理	460~520	580~640	200	35
铝	L2,L3,L5	已退火	80	75~110	50~80	25
		冷作硬化	100	120~150	—	4
硬 铝	LY12	已退火	105~125	150~215	—	12
		淬硬并经自然时效	280~310	400~440	368	15
		淬硬后冷作硬化	280~320	400~460	340	10
紫 铜	T1,T2,T3	软	160	200	70	30
		硬	240	300	—	3
黄 铜	H62	软	260	300	—	35
		半硬	300	380	200	20
		硬	420	420	—	10
	H	软	240	300	100	40
		半硬	280	350	—	25
		硬	400	400	250	15