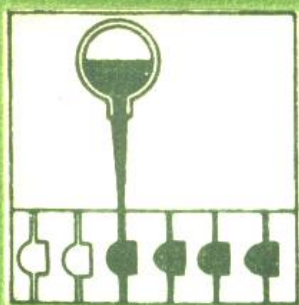


高等学校试用教材



模具制造工艺

华南工学院 黄毅宏 主编



周博



机械工业出版社

高等学校试用教材

模具制造工艺

华南工学院 黄毅宏 主编

机械工业出版社

2057/35

模具制造工艺

华南工学院 黄毅宏 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张9 · 字数218千字

1983年6月北京第一版 · 1983年6月北京第一次印刷

印数00,001—21,500 · 定价1.00元

*

统一书号: 15033 · 5442

前 言

本书是根据1978年4月在天津召开的高等院校一机部对口专业座谈会议的精神及同年12月在重庆召开的锻压专业教材编审会议所拟定的教学大纲进行编写的。

本书内容主要包括冷冲模制造和锻模制造两部分共6章。冷冲模制造部分介绍了冷冲模制造的各种方法,包括机械加工法,成型磨削,电火花加工和线切割加工法。此外,对冲裁模的装配和调整亦作了简要的介绍。锻模制造部分的内容包括型槽的加工方法,锻模的维修和翻新,陶瓷型精密铸造锻模等。

本书在叙述模具制造的各种方法时,以国内外较为先进的几种工艺(成型磨削,电火花加工和线切割加工,电解加工等)作为重点。在取材方面,力求反映国内较为成熟的制造工艺,同时,考虑到模具技术发展的需要,对国外模具制造的最新技术亦有所介绍。

使用本书的教学时数约30学时。考虑到本课程的实践性强,涉及的知识面广,建议在教学过程中安排1~2次到模具专业厂参观或现场教学。这样不仅可以增强学生的感性知识,而且有利于进行课堂教学。

本课程的教学目的是使学生全面掌握模具制造的工艺知识;在设计、制造模具时,能够根据模具的要求和工厂现有的生产条件,确定合理的模具结构,并选取适当的加工方法。

本书第一~五章由华南工学院黄毅宏编写,第六章由重庆大学贺正仑编写,东北重型机械学院王德祥主审,一机部教编室周有德为责任编辑。参加审稿的单位有:东北重型机械学院,合肥工业大学,吉林工业大学,重庆大学,华南工学院,桂林电器科学院,长春第一汽车制造厂等。在编写过程中,还得到广州无线电模具厂,广州第一电器厂,福州模具厂,重庆綦江齿轮厂,成都锻造厂,成都红旗拖拉机厂,资阳内燃机车厂等单位的支持和帮助。在此我们表示衷心的感谢。

限于编者的业务水平和实践经验,错误之处在所难免。恳切希望读者给予批评指正。

编 者

目 录

第一章 冲裁模主要零件的机械加工	1	§ 3-5 模具表面的电火花强化	64
§ 1-1 概述	1	第四章 电火花线切割加工	67
§ 1-2 凸模和凹模的机械加工	4	§ 4-1 电火花线切割加工的原理和特点	67
§ 1-3 制造凸模和凹模的工艺过程	13	§ 4-2 电火花线切割机床简介	68
§ 1-4 模架的制造	16	§ 4-3 数控线切割机床的控制原理及 程序编制	71
§ 1-5 冷冲模结构的工艺性	17	§ 4-4 电火花线切割模具的特点	82
第二章 成型磨削	19	第五章 冷冲模制造的其它问题	85
§ 2-1 概述	19	§ 5-1 冷冲模材料及其热处理技术要求	85
§ 2-2 成型砂轮磨削法	21	§ 5-2 凸模和凹模精加工顺序的选择	87
§ 2-3 夹具磨削法	26	§ 5-3 冲裁模的装配和调整	88
§ 2-4 在光学曲线磨床上进行成型磨削	39	§ 5-4 其它冷冲模的制造特点	97
§ 2-5 在数控磨床上进行成型磨削	41	第六章 锻模制造	105
§ 2-6 成型磨削对模具结构的要求	43	§ 6-1 概述	105
第三章 电火花加工	44	§ 6-2 锻模制造工艺过程	107
§ 3-1 电火花加工的基本原理及特点	44	§ 6-3 锻模型槽的加工和检验	109
§ 3-2 电火花加工机床	46	§ 6-4 锻模的维修与翻新	133
§ 3-3 电火花加工工艺	51	§ 6-5 陶瓷型精密铸造锻模	137
§ 3-4 电火花加工凹模的特点	63		

第一章 冲裁模主要零件的机械加工

§ 1-1 概 述

冷冲压是利用压力机和装在压力机上的模具，使金属材料在模具内发生变形而得到一定形状和尺寸的零件的一种加工方法。它具有优质、高产、低消耗等特点，因此，在国民经济各个部门，特别是在汽车、拖拉机、航空、无线电、电器、仪表、机械制造和日用品等工业中得到日益广泛的应用和发展。

在冲压生产中，应用冷冲模的目的在于保证产品质量，提高生产率和降低成本等。为此，冷冲模应满足如下要求：

1) 制造精度高

为了生产合格的冲件，冷冲模应具有较高的制造精度。这是最基本的要求。

冷冲模的制造精度要求，与冲件精度和模具的工作条件有关。影响制造精度的主要因素是凸模和凹模的工作尺寸、工作表面的硬度以及它们之间的间隙。

2) 制造周期短

为了适应生产的需要，提高产品的竞争能力，必须尽可能缩短模具制造周期。

3) 使用寿命长

冷冲模是昂贵的生产工具，其使用寿命的长短，影响到产品成本的高低、工艺部门负荷的轻重等。因此，除了小量生产和新产品试制等特殊情况下，一般都要求冷冲模具有较长的使用寿命。在冲件的大量生产中，特别是在应用高速冲床或冲压自动线的情况下，对模具使用寿命的要求更高，只有这样，才能高效率地进行冲压生产。

冷冲模的使用寿命，是以其工作部分正常磨损以致不能再修复之前，所能冲制的冲件数量（冲次）来衡量的。

使用寿命与制造凸模和凹模的材料、工作表面的加工质量和热处理质量、模具零件的制造精度和装配质量（特别是凸模和凹模之间的间隙）、模具的安装、调整、使用和维修等有关。在这些因素中，工作表面的加工质量是一个很重要的因素。如果工作表面精加工的质量愈好，模具与冲件的摩擦就愈小，模具的磨损也愈小，从而提高了模具的使用寿命。

在设计、制造冷冲模时，不能盲目追求使用寿命，否则，势必会引起模具制造成本的增加。应在保证冲件质量的前提下，选择与冲件生产量相适应的模具结构和制造方法，使模具成本降低到最低限度。

为了保证冷冲模的制造精度和使用寿命，加工模具零件时应达到零件图纸所规定的技术要求，特别是凸模和凹模的技术要求。装配时则应按所规定的冷冲模技术要求进行，并在生产条件下进行试验，直至冲出合格的冲件。

冷冲模的种类较多，不可能逐一介绍。本章以冲裁模为主要对象，着重介绍凸模和凹模的机械加工方法。

一、冷冲模的组成及其各部分的作用

由于冷冲压是利用金属的塑性而进行成形加工，因此，所应用的各类冷冲模在结构上大同小异；它们通常由如下几个部分组成：

1. 工作部分

包括凸模、凹模和凸凹模，它们是直接参加冲压工作的主要部分。

2. 材料定位部分

包括挡料销、导料销、导料板、承料板、侧刃、侧刃挡块和导正钉等零件，它们是冲压时使材料定位的零件。

3. 卸料部分

用于冲完每一次之后使冲件及废料退出。卸料部分包括顶件器和卸料器，前者将冲件从凹模内顶出，后者将材料从凸模上卸下。

上述三个部分所包括的零件，是直接参与冲件成形有关的，统称为工艺零件。

4. 模架

模架的作用是把工艺零件连接起来，使之成为完整的模具。模架包括如下零件：

1) 导向件

包括导柱、导套和导板等，它们用来保证凸模和凹模在工作时具有正确的位置。

2) 安装固定用零件

包括上模座、下模座、凸模固定板、凹模固定板、模柄、垫板、螺钉和销钉等。

图 1-1 所示为典型的复合冲裁模，从图中可以清楚地看到这副模具的各个组成部分及其所包括的零件。

冷冲模的种类较多，复杂程度也不同，而组成模具的零件更是多种多样，同时，模具是生产率很高、使用期限较长的贵重而复杂的工具。在大多数情况下，模具制造属于单件或小批生产，这就给模具生产带来了许多困难。为了解决这个矛盾，国内已对各类冷冲模共同具有的零件实行标准化。常见的冷冲模标准零件有圆形凸模、凹模及其固定板，上、下模座，导柱、导套、模柄，各类型的挡料销、销钉、螺钉等。详细内容可参阅有关标准。

实行标准化是一项具有重大经济意义的措施。对冷冲模实行标准化后，可以成批地制造标准零件，设计时仅有少数零件（如凸模、凹模）必须根据冲件的特殊要求而定，而绝大多数的零件都可按标准选用。因而减少了模具设计和制造的工作量，缩短了生产周期，降低了制造成本。

二、对冲裁模凸模和凹模的技术要求

1. 尺寸精度

凸模和凹模的尺寸是根据冲件尺寸和公差大小、凸模与凹模的间隙及制造公差进行确定的。例如，当冲件为圆形时，凸模和凹模尺寸的计算公式如下：

冲孔时	$d_{\text{凸}} = (d + \Delta)_{-\delta_{\text{凸}}}$
	$d_{\text{凹}} = (d + \Delta + Z_{\text{最小}})^{+\delta_{\text{凹}}}$
落料时	$D_{\text{凹}} = (D - \Delta)^{+\delta_{\text{凹}}}$
	$D_{\text{凸}} = (D - \Delta - Z_{\text{最小}})_{-\delta_{\text{凸}}}$

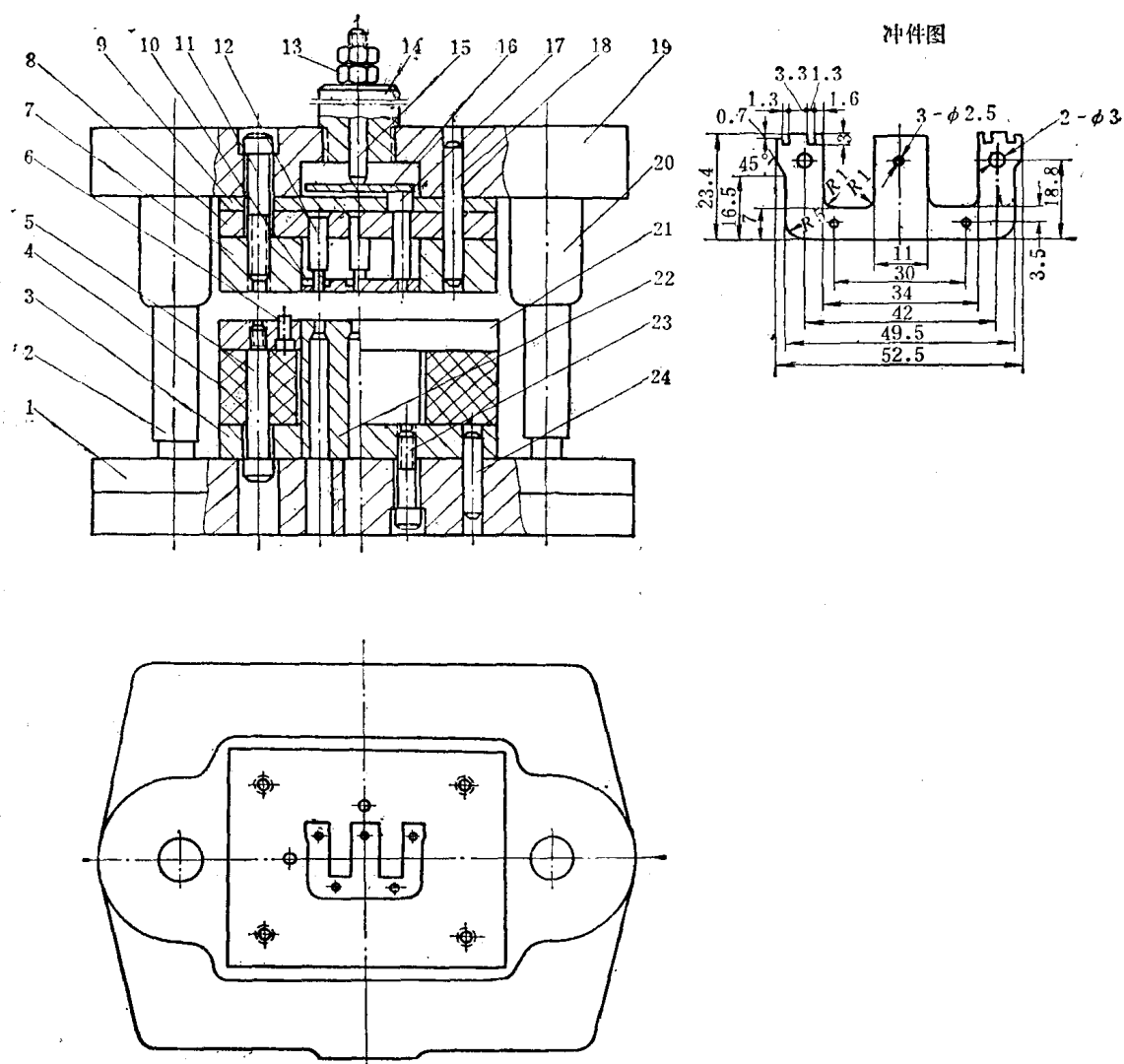


图1-1 复合冲裁模

1—下模座 2—导柱 3、8—固定板 4—橡皮 5—卸料螺钉 6—导料销 7—凹模 9—垫板
10—顶件器 11、23—螺钉 12—凸模(5个) 13—螺母 14—模柄 15—打料杆 16—顶板 17—
打料钉 18、24—销钉 19—上模座 20—导套 21—卸料板 22—凸凹模

式中 $d_{凸}$ 、 $d_{凹}$ ——分别为冲孔凸模和凹模的直径；

$D_{凹}$ 、 $D_{凸}$ ——分别为落料凹模和凸模的直径；

d 、 D ——分别为冲孔和落料件的公称尺寸；

Δ ——冲件公差；

$Z_{最小}$ ——凸模与凹模间的最小双面间隙（因为冲模工作时的磨损，会使间隙加大，所以在最初配制冲模时应该采用最小的间隙）；

χ ——系数，这是考虑到模具的磨损一般不可能达到冲件公差 Δ 之值，为了使冲件的实际尺寸尽量接近其公差带的中间尺寸而取的系数。 $\chi = 0.5 \sim 1$ 之间，与冲件精度有关；

$\delta_{\text{凸}}$ 、 $\delta_{\text{凹}}$ ——分别为凸模和凹模的制造公差，主要决定于凸模与凹模的间隙大小、冲件的尺寸和公差。

当凸模和凹模分别加工时必须使它们的制造公差之和小于间隙的公差，即：

$$|\delta_{\text{凸}}| + |\delta_{\text{凹}}| \leq Z_{\text{最大}} - Z_{\text{最小}}$$

只有这样才能保证制成的模具有合理的间隙。

2. 表面形状和位置精度

对凸模和凹模的表面形状的要求是：侧壁应该平行，或稍有斜度（见图1-2 a）和 b），决不允许有反向斜度如图1-2 c）和 d）所示，否则就会降低冲件的质量和模具的使用寿命，甚至造成模具的损坏。

对凸模和凹模的位置精度要求如下：圆形凸模的工作部分对装合部分的不同心度误差，不得超过工作部分公差的一半；凸模的端面应与中心线垂直；连续模、复合模和多凸模的冲裁模的凹模，都有位置精度要求，其公差的大小根据冲件的位置精度而定。

3. 表面光洁、刃口锋利

要求刃口部分的表面光洁度为 $\nabla 8$ ，装合表面的光洁度为 $\nabla 7$ ，其余为 $\nabla 4 \sim \nabla 6$ 。

刃口部分表面光洁有利于获得锋利的刃口，因而提高了冲件质量。如果刃口不锋利，冲件就会产生毛刺，甚至可能发生显著的弯曲。

4. 硬度

为了使冲压工作顺利进行，凸模和凹模的工作部分，应具有较高的硬度和耐磨性以及良好的韧性。考虑到凸模通常比凹模容易制造，凹模工作部分的淬火硬度为 HRC60~64，比凸模的淬火硬度（HRC58~62）稍高，以延长凹模的使用寿命。铆式凸模（图1-3）多用高碳钢制造，装合部分不要求淬硬，从工作部分到装合部分硬度逐渐降低。

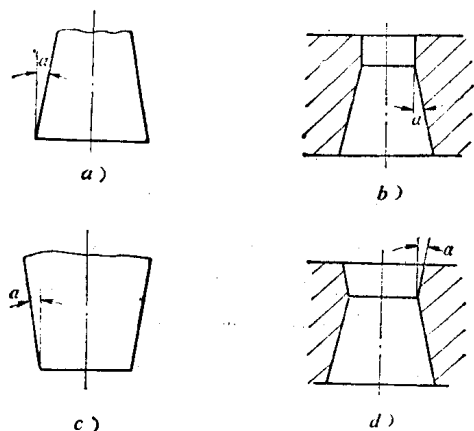


图 1-2

a)、c) 凸模 b)、d) 凹模

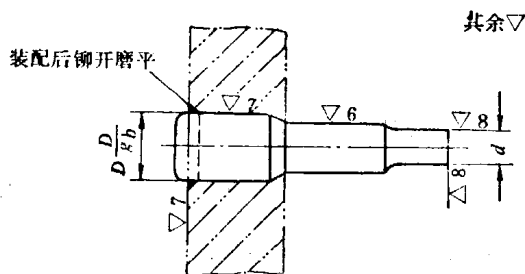


图1-3 铆式凸模

§ 1-2 凸模和凹模的机械加工

在组成冷冲模的所有零件中，凸模和凹模是最重要的零件，其形状复杂，精度要求高，加工比较困难。现将凸模和凹模的机械加工方法分述如下：

一、凸模的机械加工

凸模的机械加工方法视其形状而定。

1. 圆形凸模的机械加工

圆形凸模的制造比较简单，在车床上加工毛坯，经热处理后，用外圆磨床精磨，最后将工作表面抛光及刃磨即成。

2. 非圆形凸模的机械加工

非圆形凸模的制造比较困难，其精加工方法有如下两种：

1) 用凹模压印后锉修成形

压印前，先在车床或刨床上预加工凸模毛坯的各面，在凸模上划出工作表面的轮廓线，然后，在立式铣床上按照划线加工凸模的工作表面，留压印后的锉修余量 $0.15\sim 0.25$ 毫米(单面)。

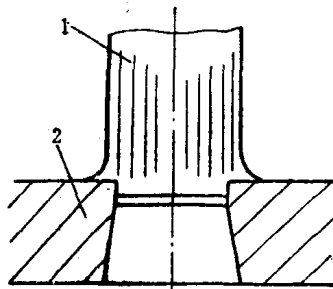


图1-4 用凹模压印

1—凸模 2—凹模

压印时，在压床上将凸模1压入事先加工好的、已淬硬的凹模2内(图1-4)，此时，凸模上多余的金属被凹模挤出，在凸模上出现了凹模的印痕。钳工根据印痕把多余的金属锉去。锉削时，不允许碰到已压光的表面；锉削后留下的余量要均匀，以免再压时发生偏斜。锉去多余的金属后再压印，再锉削，反复进行，直至所压印的深度达到所要求的尺寸为止。压印完毕后，根据图纸规定的间隙，再锉小凸模，留有 $0.01\sim 0.02$ 毫米(双面)的钳工研磨余量，热处理后钳工研磨工作表面到规定的间隙。

压印深度会直接影响凸模表面的光洁度。为了使压印工作进行和保证压印表面的光洁度，首次压印深度应为 $0.2\sim 0.5$ 毫米，以后各次的压印深度可以大一些。

为了提高压印表面的光洁度，可用油石将锋利的凹模刃口磨出 0.1 毫米左右的圆角，并在凸模表面上涂一层硫酸铜溶液，以减少摩擦。

压印法是模具钳工经常应用的一种方法，它最适宜于加工无间隙冲模。在缺乏模具加工设备的情况下，采用压印法加工普通冲裁模也是十分有效的。

2) 用仿形刨床加工

仿形刨床用于加工由圆弧和直线组成的各种形状复杂的凸模。其加工精度为 ± 0.02 毫米，表面光洁度可达 $\nabla 6\sim \nabla 7$ 。

精加工前，凸模毛坯需要在车床、铣床或刨床上预加工，并将必要的辅助面(包括凸模端面)磨平，然后在凸模端面上划线，并在铣床上加工凸模轮廓，留有 $0.2\sim 0.3$ 毫米的单面精加工余量，最后用仿形刨床精加工。在精加工凸模之前，若凹模已加工好，则可利用它在凸模上压出印痕，然后按此印痕在仿形刨床上加工凸模。

在仿形刨床上精加工凸模时，见图1-5凸模1固定在工作台的卡盘3上。刨刀2除了作垂直的直线运动外，切削到最后时还能产生摆动，因而能在凸模根部刨出一段圆弧来。

工作台可作纵向(机动或手动)和横向(手动)送进运动。装在工作台上的分度头4用于使卡盘和凸模旋转及控制其旋转角度。利用刨刀的运动以及凸模的纵、横送进和旋转，可加工各种复杂形状的凸模见图1-6。

加工圆弧时，必须使凸模上的圆弧中心与卡盘中心重合，其校正方法是用手摇动分度

头手柄，使凸模旋转，同时按照凸模上已划出的圆弧，用划针进行校正，并调整凸模的位置，直至圆弧的各点均与划针针尖重合为止。仿形刨床上附有30倍的放大镜，校正时，可用放大镜观察划针针尖与圆弧间的位置。当凸模上有几个不同心的圆弧时，需要多次进行装夹和调整，逐次使各圆弧中心与卡盘中心重合，以便分别进行加工。

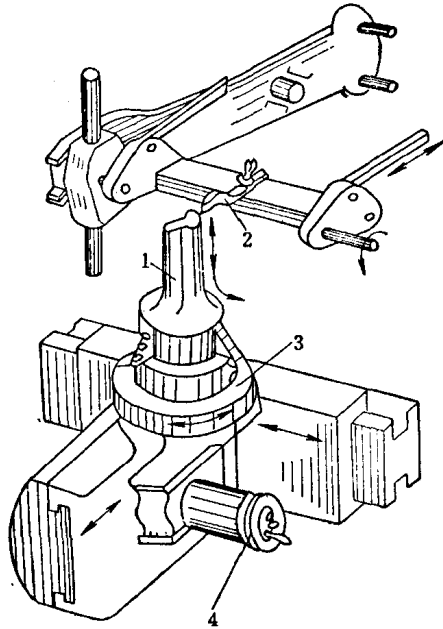


图1-5 仿形刨床上加工凸模示意图

1—凸模 2—刨刀 3—卡盘 4—分度头

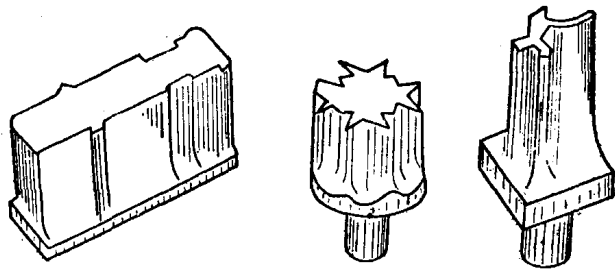


图1-6 用仿形刨床加工的各种复杂形状的凸模

采用仿形刨床加工时，凸模的根部应设计成圆弧形，并要求与加工尺寸一致；凸模的装合部分则设计成圆形或方形，可增加凸模的刚性。凸模固定板的孔也设计成圆形或方形，这样比较容易加工。

经仿形刨加工的凸模应与凹模配修，热处理后还需要研磨和抛光工作表面，保证凸模与凹模的间隙适当而均匀。

仿形刨床加工凸模的生产率较低，凸模的精度受热处理变形的影响。因此，它已逐渐为成型磨削所代替。

二、凹模的机械加工

凹模的机械加工方法视其型孔的形状而定。

1. 型孔为圆形时

型孔为圆形时，凹模的制造比较简单，毛坯经锻造和热处理退火后，在车床上粗、精加工底面、顶面及钻、镗工作洞口，划线并在钻床上钻出所有固定用的孔，攻丝、铰定位销孔，然后进行淬火、回火。热处理后，磨削底面、顶面和工作洞口即成。磨削工作洞口时，可在万能磨床或内圆磨床上进行，磨孔的精度一般可达1~2级，光洁度为 $\nabla 7 \sim \nabla 9$ 。当凹模型孔直径小于5毫米时，多半是在淬火前进行钻孔和铰孔精加工，热处理后用砂布抛光工作洞口。

2. 型孔带有一系列圆孔时

在多凸模的冲裁模中，凹模往往带有一系列的圆孔，各圆孔的尺寸及它们之间的相对位置都有一定的要求，这些孔称为孔系。孔系的加工常用如下两种方法：

1) 用坐标镗床加工

坐标镗床专门用于加工有高精度位置要求的孔，孔间距离精度可达 $0.005\sim 0.01$ 毫米，表面光洁度为 $\nabla 7$ 。这种机床的精度高，需要安装在特别干燥和清洁的厂房内，室温保持 $20^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，以保护机床的精度。

图 1-7 所示为 T 4240 B 型双柱光学坐标镗床。机床的左、右两立柱（5 和 10）固定在床身 1 上，并与顶梁 8 组成门式框架。横梁 11 可沿立柱垂直导轨升降。主轴箱 6 固定在溜板 7 上，溜板可在横梁的导轨上作横向移动。

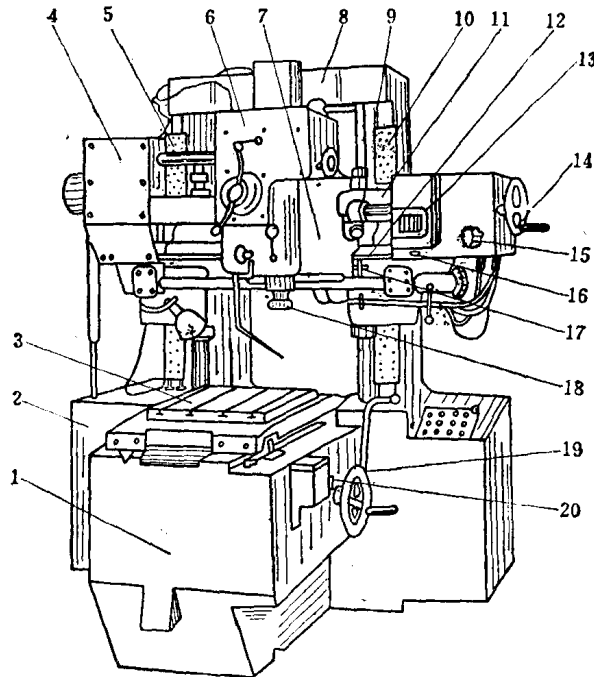


图 1-7 T4240B型双柱光学坐标镗床

- 1—床身 2—主传动座 3—工作台 4—主变速箱、 5、10—立柱 6—主轴箱
7—溜板 8—顶梁 9—手钮 11—横梁 12—粗定位标尺 13—光屏 14—手
轮 15—手钮 16—手钮 17—指针 18—主轴 19—手轮 20—手钮

驱动主轴运动的电机装在主传动座 2 内，动力经主传动轴输入主轴变速箱 4，再经输出轴传至主轴箱 6，带动主轴 18 旋转，并使主轴产生垂直进给运动。

工作台 3 可作纵向移动。此运动由安装在床身内的电机带动，也可用手轮 19 作快速调整，或用手钮 20 作微量调整。

为了保证被加工孔的位置精度，工作台的纵向移动和主轴箱溜板的横向移动均设有光学测量装置。这两套测量装置的工作原理是相同的。

以毫米为单位的粗定位标尺 12 固定在横梁 11 上，指针 17 则固定在溜板 7 上。因此，可以在粗定位标尺 12 上读出主轴箱溜板横向移动距离的毫米整数值。横向移动距离(毫米)的小数部分是用光学系统进行测量，并在光屏 13 上读出。

图 1-8 所示为主轴箱溜板光学测量系统。精密刻线尺 9 固定在溜板上，随溜板一起移动。在精密刻线尺上刻有用肉眼难于观察到的刻线，刻线间的间隔是 1 毫米。

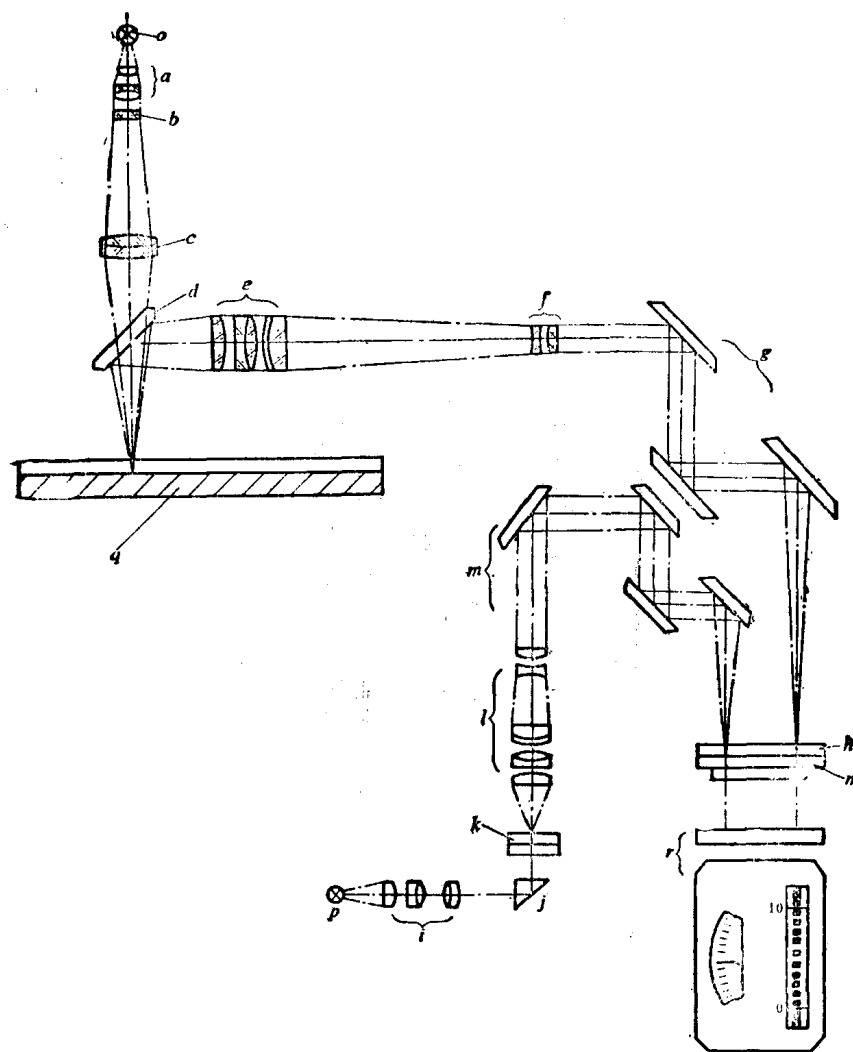


图1-8 主轴箱溜板光学测量系统

a —聚光镜组 b —滤色镜片 c —聚光镜组 d —反射镜 e —投影物镜 f —投影物镜 g —反射镜组 h —光屏 i —聚光镜组 j —棱镜 k —游标刻线板 l —游标物镜组 m —反射镜组 n —游标光屏 o —光源 p —游标光源 q —精密刻线尺 r —光屏

光学系统固定在横梁上。光源 o 发出的光束，经聚光镜组 a 、滤色镜片 b 、聚光镜组 c ，投影到精密刻线尺 q 的尺面上。被照亮的刻线经反射镜 d ，投影物镜的前后组 e 、 f ，反射镜组 g ，投影在光屏 h 上。我们可在光屏 r 的上方观察到两根放大 40 倍的刻线的像。光屏 r 上方刻有 0 至 10 的双线，0 到 10 的间距为 40 毫米，这正好等于精密刻线尺两条刻线的像之间的间距，即光屏上每格代表 0.1 毫米，所以我们可在光屏上方读出 0.1 毫米的数值。

由游标光源 p 发出的光束，经过游标聚光镜组 i 和棱镜 j ，投影到游标刻线板 k 上。被照亮的刻线通过游标物镜组 l ，反射镜组 m ，投影在游标光屏 n 上。我们可在光屏 r 的下方观察到游标刻线的像。游标刻线板是圆形的，其上刻有 100 个分格。当游标刻度从 0

转至 100 时, 与游标刻线板刚性联接的凸轮将推动光屏 r 移动一格。因此, 游标刻线板每一分格就表示 0.001 毫米。

在测量溜板横向移动距离之前, 必须进行零位调整。调整的步骤如下:

(1) 使主轴旋转中心线与被加工工件基准面 (或孔中心线) 对准。

(2) 旋转游标读数调整手钮 16 (见图 1-7), 使游标零线对准光屏 13 下方的指标。

(3) 旋转手钮 9, 使精密刻线尺上两根刻线的像分别位于光屏 13 上方 0 与 10 两处的双线中间。

(4) 移动指针 17, 使其刻线对准粗定位标尺上任意刻线, 然后将指针固定。指针所指的读数 (初读数) 最好对准有刻字的刻线, 这样有利于移动距离的计算。

这时粗、精定位的零位已调整完毕, 为横坐标移到下一个定位坐标点作好了准备。调好了零位的光屏形式, 如图 1-9 a) 所示。

调整好零位后, 便可按照所需移动的横向距离, 使主轴中心线移动到新的坐标点上。例如, 需要使主轴横向移动 23.746 毫米时, 先转动手钮 16 使游标刻线 46 对准光屏 r 下方的指标如图 1-9 b) 所示, 此时, 光屏 r 相应地移动了 0.46 格, 然后转动手轮 14, 使溜板 7 横向移动, 当指针 17 沿粗定位标尺移动的距离接近 23.746 毫米 (移动后的读数等于零位调整时的初读数加上 23.746 毫米) 时, 改用手钮 15 作微量调整, 使相应的精密刻线尺放大线的像位于光屏 “7” 处的双线中间即可, 如图 1-9 c) 所示。

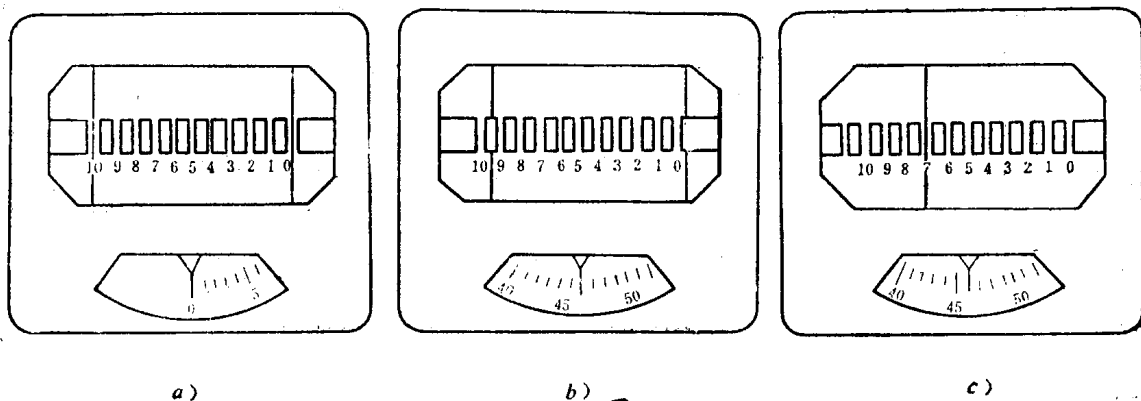


图1-9 光屏读数举例

a) 0 位置 b) 游标移动 0.046 c) 0.746 的位置

在坐标镗床上加工孔所用的刀具有钻头、铰刀和镗刀等。钻孔或铰孔时, 需将钻夹头装在主轴的锥孔内, 利用它来夹紧钻头或铰刀。镗孔时则需应用镗孔夹头 (图 1-10)。它以其锥尾 1 插入主轴的锥孔内。镗刀装在刀夹 2 内。旋转带有刻度的螺丝 4, 可调整镗刀的径向位置, 以镗制各种不同直径的孔。调整后用螺钉 3 将刀夹锁紧。

在坐标镗床上是按照坐标法加工孔系的, 即将各孔间的尺寸转化为直角坐标尺寸而进行加工。例如, 加工图 1-11 所示的工件时, 首先将工件安装在工作台上, 使其互相垂直的两基面 a 和 b 分别平行于工作台纵向和横向, 然后, 使 b 面对准机床主轴的中心, 将工作台纵向移动 x_1 距离, 再使 a 面对准主轴的中心, 将工作台横向移动 y_1 距离。此时, 孔 1

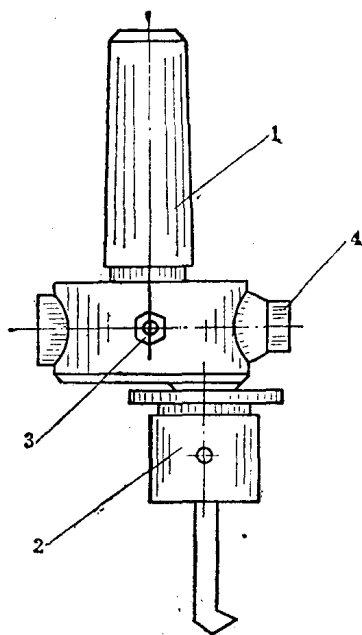


图1-10 锥孔夹头

1—锥尾 2—刀夹 3—螺钉 4—带有刻度的螺丝

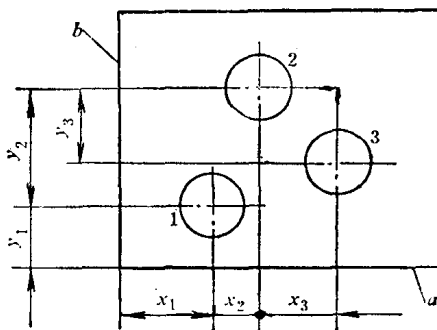


图1-11 工件

的中心已与主轴的中心重合，于是可对孔1进行加工。加工好孔1后，按照孔1和孔2间的距离 x_2 和 y_2 移动溜板和工作台，加工孔2，最后，使溜板横向和工作台纵向各移动 x_3 和 y_3 距离，加工孔3。

为了使工件的基面对准主轴的中心，可用定位角铁和光学中心测定器找正。光学中心测定器2（见图1-12）以其锥尾安装在主轴的锥孔内，在目镜3的视场内有两对十字线。定位角铁1的两个内表面互成 90° ，在它的表面上固定着一个直径约7毫米的镀铬钮，钮上有一道与角铁的内垂直面重合的刻线。使用时，将角铁的内垂直面贴紧工件4的基准面（b面或a面），移动工作台，并从目镜观察，使角铁的刻线恰好落在显微镜的两条观测线之间如图1-13所示。此时，工件的基准面已对准主轴的中心。

坐标镗床附有万能回转工作台（见图1-14）。工件固定在圆盘1上。旋转手轮3可使圆盘1绕垂直轴回转 360° ，进行加工分布在一圆周上的诸孔。圆盘回转的读数精度为 $1''$ 。旋转手轮2可使圆盘1绕水平轴回转 90° ，以加工与工件轴线成一定角度的孔。

2) 用立式铣床加工

在缺少坐标镗床的情况下，可在立式铣床上用坐标法加工孔系。加工时，若直接利用工作台在纵、横方向的移动来确定孔的位置，则孔间距离精度较低，一般为 $0.06 \sim 0.08$ 毫米。为了提高孔系的加工精度，可在立式铣床的纵向和横向附加块规和百分表测量装置。这种测量装置能够准确地控制工作台移动的距离，孔间距离精度可达 0.02 毫米。

图1-15所示为用于控制工作台纵向移动距离的测量装置。它仅需在工作台2前侧面的T型槽（装行程挡块的槽）增设一个块规支座1，便可用块规组4和百分表5控制工作台的移动距离。使用时，在升降台6的横导轨面（或其他固定不动的零部件）上安放百分表座，用块规组成所要求移动的尺寸，然后将所选好的块规组放在块规支座上，使百分表的

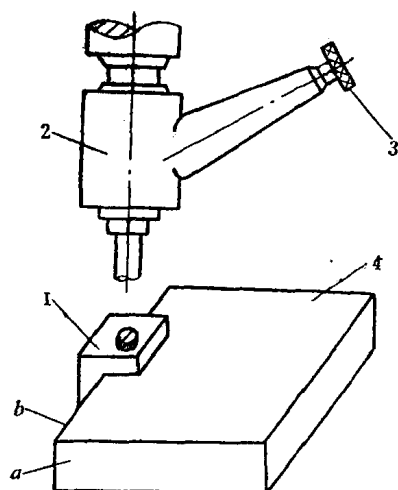


图1-12 用定位角铁和光学中心测定器找正
1—定位角铁 2—光学中心测定器 3—目镜 4—工件

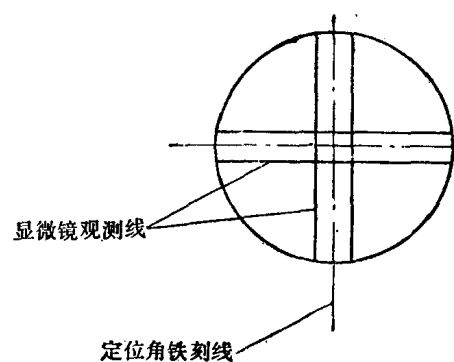


图1-13 定位角铁刻线在显微镜中的位置

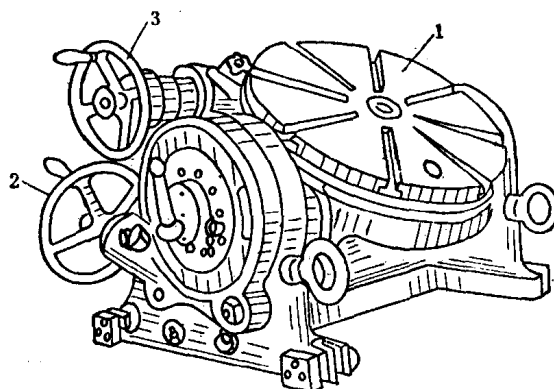


图1-14 万能回转工作台
1—圆盘 2—手轮 3—手轮

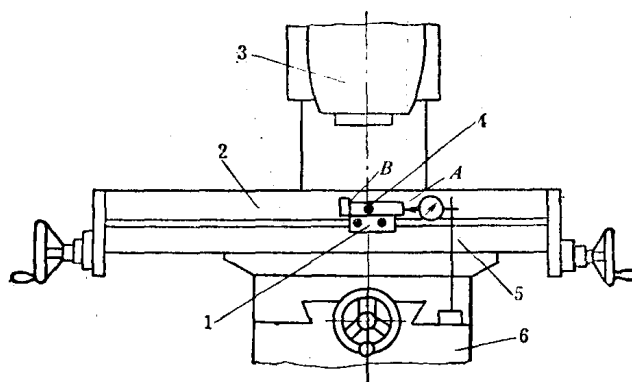


图1-15 块规和百分表测量装置
1—块规支座 2—工作台 3—立铣头 4—块规组 5—百分表 6—升降台

触头接触块规 A 面, 调百分表的读数为零, 取下块规组, 移动工作台, 使百分表的触头与支座 B 面接触, 直至百分表的读数与原来的读数相同为止。这样, 工作台纵向移动的实际距离就等于块规组的尺寸。用同样的方法, 可以控制工作台横向移动的距离。

3. 型孔为非圆形时

非圆形型孔的凹模加工比较困难。通常采用矩形的锻件作为毛坯, 加工各平面后进行划线, 并将工作洞口中心的余料除去。切除中心余料的方法有如下几种:

(1) 沿洞口轮廓钻孔 (图1-16)

先沿洞口轮廓的周边划出一系列的孔, 孔间保留 $0.5 \sim 1$ 毫米的余量, 然后在钻床上顺序钻孔。钻完孔后凿通整个轮廓, 敲出中间一块废料。这种方法生产率低, 残留的加工余量大。

(2) 用锉锯机切除废料

如果工厂有锉锯机 (图1-17), 可先在洞口转折处钻出圆孔, 然后将凹模放在工作台3上, 并在孔内穿入锯条2, 开动机床, 用手移动凹模, 将中间的废料锯去, 沿轮廓周边的余量在1毫米以下。

(3) 用氧—乙炔焰气割

模块尺寸较大时, 可用气割的办法切去中间的废料。这种方法生产率高, 但是切割出来的表面凹凸不平, 一般应留2毫米左右的余量, 而且需要将切割后的毛坯进行退火处理。

切除余料后, 凹模型孔的精加工常用如下几种方法:

1) 锉削加工

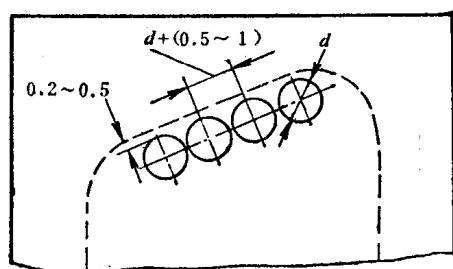


图1-16 沿洞口轮廓钻孔

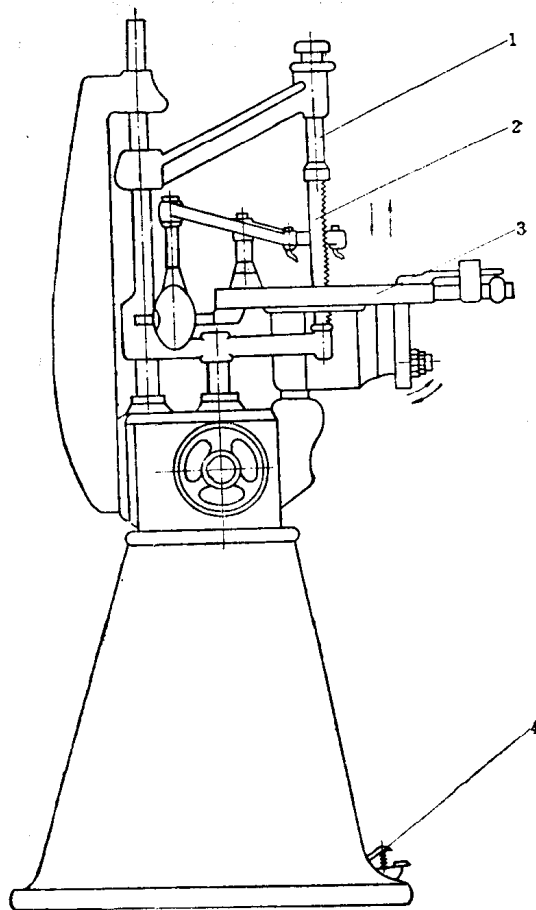


图1-17 锉锯机

1—锯弓 2—锯条 3—工作台 4—脚踏

在设备条件受限制的情况下, 采用手工锉削的方法。锉削前, 先根据凹模图纸制造一块凹模样板, 按照样板在凹模上划线, 然后用各种形状的锉刀加工洞口, 并随时用凹模样