

机制工艺及装备设计

下 册

河北工学院

1977·1

前 言

机械工业战线上的广大工人、革命干部和革命技术人员，在毛主席无产阶级革命路线指引下，高举“鞍钢宪法”的光辉旗帜，抓革命、促生产，不断取得新的胜利，为在本世纪内全面实现农业、工业、国防和科学技术现代化打下了一定的基础。

为了进一步了解机械工业的面貌，我们曾到有关工厂、农村、机关、学校进行了调查。在调查过程中发现：机械工业技术革新和技术革命最近时期的重要任务之一是大量设计、制造和使用专用机床，进而实现流水线和自动线的生产。因此，我们决定编写本教材，以便使学生能够较系统的学习和掌握专机设计的有关知识。

专用机床设计过程大致是：制订被加工另件的工艺过程；设计机床的总体布局及部件结构；设计被加工另件所用夹具；设计和选用被加工另件所用刀具；设计机床的液压控制油路。过去有关这方面的基本知识，分别在不同学科中进行介绍。为了更好地为经济基础服务，以典型产品组织教学，我们大体上根据专用机床设计程序，以大连机床厂设计、制造现安装在沈阳第一机床厂并进行使用的DU268组合机床及河北工学院生产的CA9220液压半自动组合车床为结合点，将有关工艺，机床设计、夹具设计、刀具设计及液压控制等内容编写在一起，组成本教材。

在编写本教材的过程中，得到很多工厂、学校及研究机关的大力协助，河北工学院CA9220三结合设计组的同志们曾提出很多宝贵意见，石家庄市机械研究所曾组织20余个工厂工人、技术人员及工人大学教师进行了会审，在此表示感谢。

由于我们政治思想水平不高，业务技术水平有限，经验不足，又是初次大胆尝试，加之时间仓促，教材中必然存在很多缺点和错误，敬希广大工人、工农兵学员、革命教师、革命技术人员提出意见，以便改编时修正。

1961.11.31/2

内 容 简 介

本教材是以CA 9 2 20液压半自动车床及DU 2 6 8组合机床为典型产品,介绍另件机械加工工艺及其装备的设计原理及方法。

本教材共分十二章:一、绪论、介绍了我国机械制造业发展概况及设计的指导思想、基本要求及步骤;二、两类高效机床的简介,介绍了CA9220车床及DU268组合机床的特点、结构、工作循环;三、机械加工工艺规程的制订,介绍了有关机械加工工艺规程的基本概念、制订方法、制订步骤及成组加工;四、机床的总体布局,介绍了机床的运动形式、布局的方法、主电机功率的确定、组合机床通用部件的选择及总联系尺寸图的绘制;五、机床传动系统的设计,介绍了主传动及进给传动种类、设计方案的拟订及有关元件的设计计算;六、组合机床通用主轴箱及机床主轴部件的设计,介绍了它们的基本要求、设计程序、结构分析及计算;七、夹具设计、介绍了各种夹具的设计方法及步骤;八、组合机床刀具、介绍了一般刀具在组合机床上的应用及复合刀具的设计;九、机床床身与导轨,介绍了它们的选择及设计原则;十、机床液压系统的设计,介绍了液压系统的设计程序、方案的拟定及有关计算;十一、机床主要另件的加工,介绍了主轴及主轴箱的毛坯、加工工艺及检验;十二、自动线,介绍了自动线的基本概念及气缸盖自动线的总体设计与其主要部件;附录、介绍了连杆及凸轮机构设计特点及基本计算。

本教材分上下册印刷,上册包括一至六章;下册包括七至十二章及附录。

本教材除作为机械制造专业教学参考书外,还可作机械制造工厂的工人、技术人员进行技术革新及技术革命时的参考资料。

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。~~劳动人民要知识化，知识分子要劳动化。~~

学制要缩短。课程设置要精简。教材要彻底改革，有的首先删繁就简。

大学还是要办的，我这里主要说的是理工科大学还要办，但学制要缩短，教育要革命，~~要无产阶级政治挂帅~~，走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路。要从有实践经验的工人农民中间选拔学生，到学校学几年以后，又回到生产实践中去。

目 录

第七章 夹具设计

§ 7—1 各种机床夹具的设计特点

- 一、铣、刨削夹具..... (1)
- 二、钻、镗削夹具..... (7)
- 三、车、圆磨床夹具..... (23)
- 四、随行夹具..... (26)
- 五、夹具的设计方法..... (28)

§ 7—2 定位元件

- 一、六点定则..... (31)
- 二、平面定位及其定位元件..... (35)
- 三、圆柱表面定位及其定位元件..... (39)
- 四、工件以两孔一面定位..... (44)

§ 7—3 夹紧装置

- 一、夹紧装置的特点..... (47)
- 二、夹紧动力..... (48)
- 三、夹紧元件..... (59)
- 四、夹紧力的确定..... (67)

第八章 组合机床刀具

§ 8—1 一般刀具在组合机床上的应用

- 一、组合机床用的钻头及扁钻..... (74)
- 二、组合机床用扩孔钻..... (75)
- 三、组合机床用的铰刀..... (79)
- 四、组合机床用的镗刀..... (82)
- 五、组合机床用的丝锥..... (84)
- 六、组合机床用的平面铣刀..... (86)

§ 8—2 复合刀具

- 一、同类工艺的复合刀具..... (89)
- 二、不同工艺的复合刀具..... (102)
- 三、设计复合刀具时应注意的问题..... (110)

第九章 机床床身与导轨

§ 9—1 导轨的选择

- 一、导向原理..... (112)
- 二、滑动导轨的形式..... (112)

三、滑动导轨的材料和提高耐磨性的方法	(115)
四、滑动导轨的间隙调整	(119)
五、导轨的密封与防护	(119)
§ 9—2 床身的设计	
一、对床身的基本要求	(120)
二、床身的材料	(121)
三、床身设计中的一些问题	(123)

第十章 机床液压系统的设计

§ 10—1 机床液压系统的设计内容与程序	
一、拟定液压系统方案、绘制液压系统图	(134)
二、液压系统主要参数的初步计算	(134)
三、选用标准元件	(134)
四、对液压系统进行验算	(134)
五、绘制正式工作图	(135)
§ 10—2 机床液压系统方案的拟定	
一、执行机构的选择	(135)
二、能源装置的确定	(135)
三、调速方案的选择	(137)
四、实现速度换接的方法	(137)
五、实现顺序动作的方法	(138)
六、同步运动的实现	(140)
七、启动、停止及卸载	(141)
§ 10—3 液压系统的计算及选择	
一、油缸工作面积、工作压力和流量	(143)
二、油泵的工作压力、流量和传动功率	(146)
三、伐类元件的选择	(147)
四、管道截面尺寸及辅助装置的确定	(147)
五、液压系统性能的验算	(148)
六、液压系统设计计算举例	(150)
§ 10—4 液压系统装配图设计中的问题	
一、油泵传动和油箱设计	(156)
二、液压元件的连接与安装	(158)

第十一章 机床主要另件的加工

§ 11—1 主轴的加工	
一、主轴的毛坯	(164)
二、主轴加工工艺	(165)

三、主要工序中的几个工艺问题	(175)
四、主轴的检验	(185)
§ 11—2 主轴箱的加工	
一、主轴箱的毛坯	(186)
二、主轴箱加工工艺	(187)
三、主要工序中的几个工艺问题	(192)
四、主轴箱的检验	(205)

第十二章 自动线

§ 12—1 自动线的基本概念	
一、自动线的分类	(208)
二、自动线的组成	(209)
三、建造自动线的依据	(209)
四、自动线的设计步骤及内容	(209)
§ 12—2 气缸盖自动线的总体设计	
一、另件的结构特点及主要技术要求	(210)
二、工艺过程	(211)
三、毛坯的选择	(220)
四、基面的选择	(222)
五、工艺流程拟定的步骤	(225)
六、工段的划分	(228)
七、总体布局的确定	(229)
八、周期表的编制	(230)
§ 12—3 气缸盖自动线的主要部件	
一、输送设备	(231)
二、复合转位装置	(231)
三、定位夹紧装置	(235)

附 录

§ 附—1 平面机构及其活动度	
一、运动副	(238)
二、平面机构活动度的计算	(240)
§ 附—2 平面连杆机构	
一、概述	(243)
二、平面连杆机构的运动简图	(244)
三、铰链四杆机构	(246)
四、曲柄滑块机构及其演化	(252)
五、平面连杆机构的设计	(255)
六、复合连杆机构	(260)

§ 附一3 凸轮机构

一、概述.....	(264)
二、盘状凸轮轮廓曲线的绘制.....	(266)
三、对心直动从动件盘状凸轮基圆半径与滚子半径的选择.....	(268)
四、高速凸轮从动件运动规律简介.....	(270)

第七章 夹具设计

在实际生产中，一般机械加工都不能离开夹具。不论是通用夹具，还是专用夹具，总是需要先把工件夹住才能进行加工，否则就无法进行。生产中采用了合适的夹具后，不但能保证产品质量，提高生产率，而且可以使工人操作方便，减轻劳动强度，它有以下几方面作用：

- 1、充分发挥机床的基本性能；
- 2、扩大机床的工艺范围；
- 3、保证加工质量；
- 4、提高生产率；
- 5、减轻劳动强度，做到安全生产。

夹具在生产上的作用是很大的。但使用夹具同对待其它事物一样，一定要用“一分为二”的唯物辩证观点来对待，“对于具体情况作具体分析”。使用和设计夹具必须适应现场生产规模。大量生产用的夹具一般结构较完善，而单件小批生产则一般使用万能夹具或使用结构比较简单的专用夹具。我们必须考虑经济上是否合理，坚持“多、快、好、省”的原则。所以生产中使用专用夹具应根据具体情况具体分析，不能千篇一律，绝对化。

§ 7-1 各种机床夹具的设计特点

毛主席教导我们：“无论何人要认识什么事物，除了同那个事物接触，即生活于（实践于）那个事物的环境中，是没有法子解决的。”要掌握工件在夹具中的定位和夹紧问题，我们必须遵照毛主席关于“认识从实践开始”和“就人类认识运动的秩序说来，总是由认识个别的和特殊的事物，逐步地扩大到认识一般的事物。”的教导。我们首先对工厂实践生产中使用的几种专用夹具进行分析讨论，根据其存在的共同点和特殊点，引伸和概括出夹具设计的一般规律，以便掌握不同类型夹具的设计特点。

一、铣、刨削夹具

铣削夹具和刨削夹具都是加工平面用的夹具，它的工艺和结构特点是相似的。

1. 夹具的结构

图 7-1 是 CA6140 车床床头箱内变速拨叉铣平面及槽的加工工序图，在本工序前，已经将 $\phi 25D$ 及 $\phi 55D$ 两孔加工完毕，可以作为本工序的精基准，其余表面均为毛坯面，本工序要求加工长 85 毫米宽 42 毫米之平面及宽 12D₆ 深 $6^{+0.30}$ 的槽来。在卧式铣床上用三把三面刃铣刀同时将平面和槽铣出来。为此，我们采用了如图 7-2 所示之专用夹具。

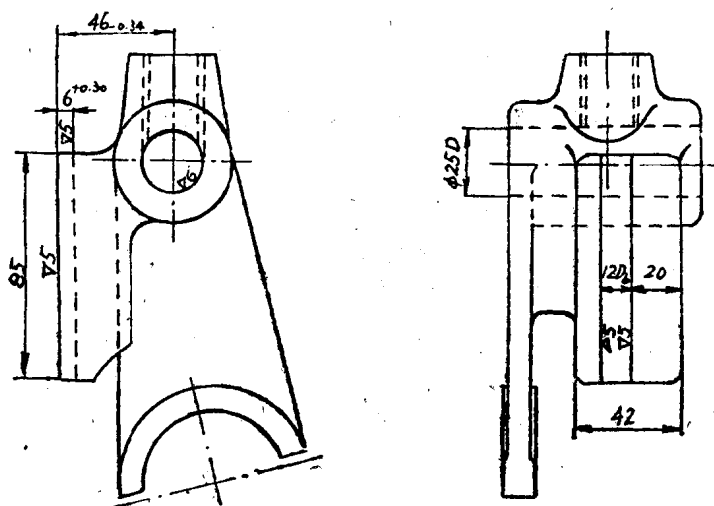


图 7—1 拨叉平面加工工序图

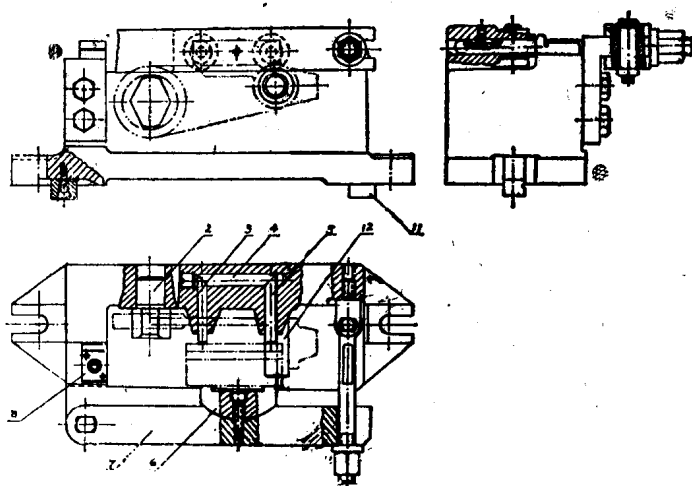


图 7—2 铣拨叉平面及槽夹具

由于工件已经加工出两个孔，且 $\Phi 25D$ 孔比较准确，因此工件用 $\Phi 25D$ 做定位基准安放在夹具的定位销12上。这样一方面可以控制平面至孔中心的距离 $46^{+0.34}$ ，另外还可保证槽对中心线的一定的垂直度。 $\Phi 55D_0$ 孔用菱形销2定位。这样长销12控制了工件四个自由度，菱形销2控制了一个自由度。还剩下沿 $\Phi 25D$ 孔中心线移动的一个自由度没有消除，为了消除这一自由度，可在被加工平面的一侧安放一个定位支承点。考虑到工件上这一侧面为毛坯面，可能发生倾斜，而这一支承点要承受夹紧力，为了防止工件加压后受力不均而变形，因此采用了一个由拉销3、5和滑柱4组成的双点自位支承。

工件的夹紧由压板F和活节螺栓来实现。为了适应毛坯尺寸的变化，在压板上安放了一个浮动压块6，以保证当工件尺寸变化或侧面不平而使压板倾斜时均能两点夹

紧。同时压紧用的活节螺栓亦采用球面螺母和锥面垫圈，以适应压板的倾斜。

为了保证槽的位置，在夹具上安装了对刀块8。在加工前用3毫米的对刀塞尺将铣刀位置调整好。这种对刀装置是铣床夹具所特有的。

夹具用两定位键11在工作台的T形槽中定位，保证夹具在机床上具有正确的位置，并用T型螺钉将夹具紧固在工作台上。

图7—3是用端铣刀铣连杆盖两端面的夹具，其工序如图7—4所示。工件以一端面在三块支承板7与17上定位。用螺丝压板从侧面夹紧。因为压板12是压在未加工表面上，承挡件（定位元件）5也是与工件未加工面接触，所以压板12与承挡件（定位元件）5都做有齿纹以增大摩擦力。为了适应工件毛坯尺寸的变化而保证压板在水平方向同时在两点上压紧，采用了球形支承16和球面垫圈11，以使压板能自位。

用铣削或刨削加工平面时，大多数情况下工件只能从侧面夹紧。因此为了使工件在夹紧时不致离开夹具的定位表面，压板的着力点与支点的连线应倾斜于垂直线，使夹紧力有一垂直于夹具主要定位表面的分力，将工件压紧在主要定位表面上。另外着力点应低于对面承挡件（定位元件）的高度。过高则易使工件离开主要定位元件。在夹紧过程中，压板不能有向上移动的趋势。因此压板与其支点应有精确的配合，且在夹紧时有向下移动的趋势。

夹具用两个定位键14在工作台的T型槽中定位（因工件只铣平面，亦可不用定位键）并夹紧。

该夹具每次可装夹四个工件，缩短了机动时间，提高了生产率。但因工件还是单个夹紧，装夹工件的辅助时间没有减少，生产率提高不大。另外该夹具只能加工工件的一个平面。另一面的加工只能在一批另件加工完后，重新调整刀具和定位表面间的尺寸，然后以已加工之平面定位加工另一侧平面，这样增加了调整时间，同时由于两次加工中刀具与夹具定位表面之间的距离不同，夹具上也不能使用对刀装置，只能采用试切调整，也增加了调整时间。为了克服这一缺点，可将两组定位支承7和17做成不在一个平面上，一组较低的做为工件毛坯面的定位表面，另一组较高的（两者相差一个平面加工余量）则做为已加工过的平面的定位表面。加工时工件首先放在较低的定位平面上，加工后松开工件，将加工后的工件翻转放在另一组较高的定位平面上，再将另两个没有加工过的工件放在原来较低的定位表面上，然后对四个另件进行加工，这样在一个夹具上不需调整就能先后加工出工件的两个平面来。

从上面介绍的二个铣床夹具可以看出：它除了有定位元件，夹紧装置和夹具体外，还有对刀装置、定向键及一些其它元件。有些元件甚至是铣、刨床夹具所特有的。下面分别介绍这些元件。

2. 对刀装置

在铣削夹具上加工另件时，为了调整刀具和工件间的尺寸，往往需要装设对刀装置。特别对刀具外形比较复杂的成形表面加工更需要有对刀装置。对刀装置由对刀块与对刀塞尺组成。对刀块装在夹具体上，其位置应在刀具开始铣削的一端，以免在加工过程中因刀具崩裂等事故而强迫换刀时，要卸下已加工过的工件。

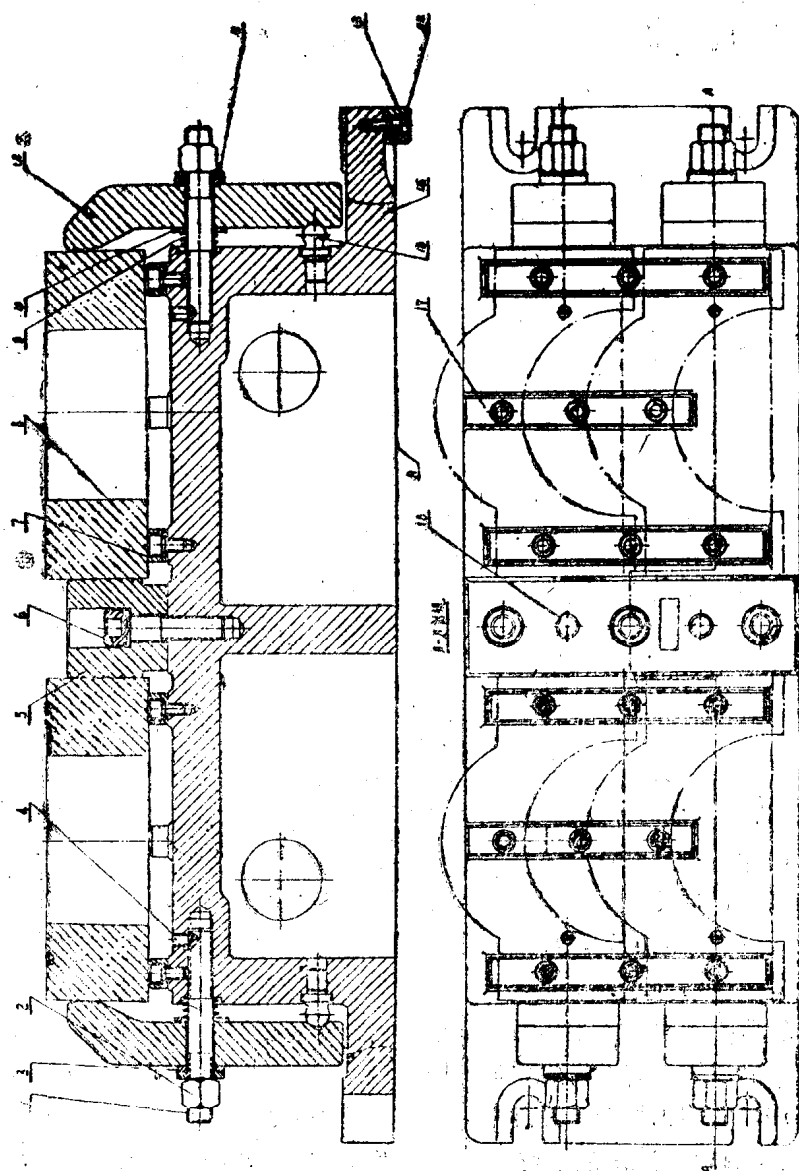


图 7-5 各种对刀装置的简图

图 7-5 是各种对刀装置的简图。其中 a) 是板状对刀装置 1, 利用塞尺 3 来校准铣刀 2 的位置。这种对刀装置是在铣削工件 4 上的平面时采用的。b) 是直角对刀装置。利用塞尺 3 先后根据对刀块 1 上的两个平面来校准铣刀 2 的位置。这种形式的对刀装置是在加工圆柱形工件 4 的对称平面上的键槽时用的。c) 是 V 形对刀装置。这种形式的对刀装置也是在加工工件 4 上的对称槽时用的。d) 和 e) 是两种特殊的对刀装置。各利用两根圆柱形的塞尺 3 来校准成形铣刀 2 的位置。这两种对刀装置都是在加工工件 4 上的曲面时用的。

常用的对刀块已有标准尺寸, 设计时可查机标 (JB242—60; 255—60; 256—60) 它的工作表面必须进行磨削加工, 表面光洁度 $\nabla 8$ 。

常用的塞尺如图 7-6 所示, 它们的尺寸亦都有标准, 板状塞尺可查机标 (JB) 257—

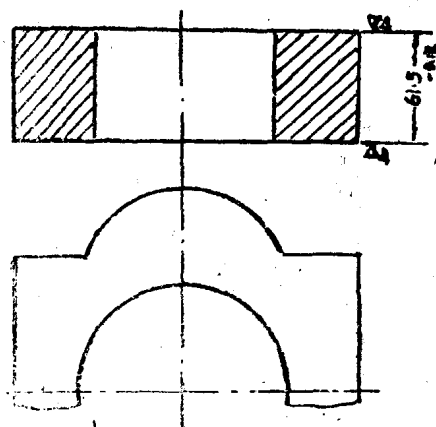


图 7—4 铰连杆盖工序图

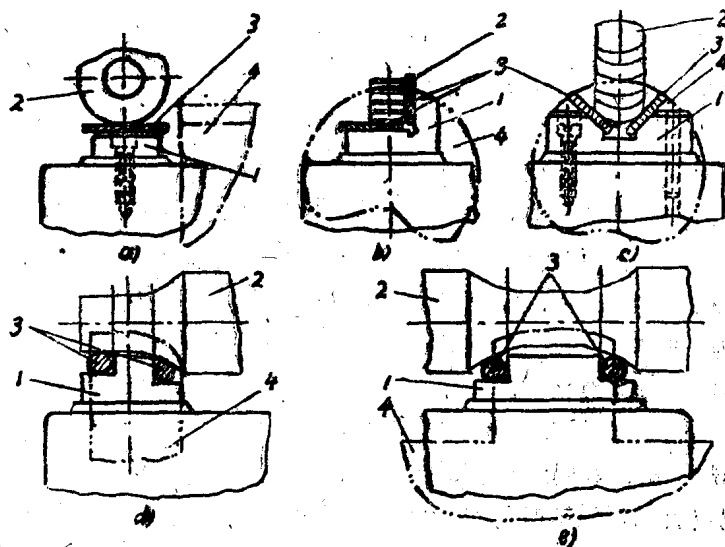


图 7—5 各种形式的对刀装置

60, 其厚度为 1, 3 及 5 毫米三种。圆柱状塞尺可查机标 (JB) 258—60, 其直径 d 有 3 和 5 毫米两种。

对刀时, 先使刀具与对刀块表面靠近, 当铣刀缓慢转动时, 塞尺刚好通过刀具与对刀块之间的间隙时, 就算调整好了。调整时切记铣刀不能和对刀块直接接触, 否则, 对刀块的淬硬表面会损坏铣刀的锋刃。根据经验, 当工件用毛坯表面作定位基准或测量基准时, 因毛坯误差大, 对刀块不起作用。一般用标准塞尺和对刀块调整刀具时, 相应的加工尺寸精度可达 D_4 级精度, 若要求再高应采用试切或千分表找正。设计时应尽量避免对刀块离工件加工位置太远, 否则使用不方便。

3. 定位键

工件在铣、刨加工时, 特别当加工成形表面或槽时, 必须保证夹具在机床上有一正

确位置。这一正确位置是靠安放在夹具底部的定位键来保证。

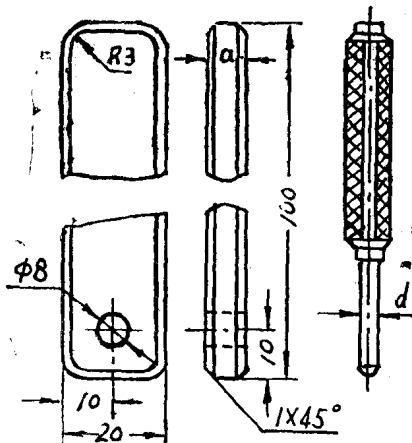


图 7—6 对刃用塞尺

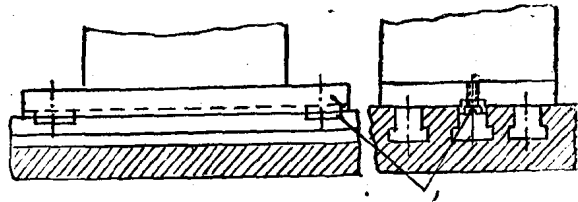


图 7—7 铣床夹具的定位键

图 7—7 就是铣、刨削夹具定位键的安放和作用图。定位键是用来使夹具对准机床工作台的轴线相对位置的。一般定位键均为两个，都是固定在夹具体底面，安放在机床工作台的同一T形槽内，因此夹具的纵向轴线和机床工作台纵向行程的方向一致。

定位键不但确定了夹具对机床工作台的轴线的相对位置，同时还增加夹具在加工过程中的稳固性。即使被加工的平面的位置只需要由该平面至工件底面的距离来决定时，也就是说，在加工这一平面时机床工作台的轴线和夹具的轴线不一定要对准时，也可应用定位键。因为在这种情况下，定位键可以承受一部分由切削力所产生的扭转力矩，并且大大减少夹具与工作台连接螺栓的负担。

定位键的尺寸已经标准化了，在设计时可以查阅机标(JB)259—60、260—60。

4. 设计铣、刨夹具时应注意的问题：

(1) 夹具体应有足够的刚性和强度。夹具的重心应尽量低，夹具高与宽之比应小于1—1.25，但应有足够的排屑空间。

(2) 夹紧装置要有相当的强度，保证必须有可靠的夹紧力。一般在铣床夹具上特别是当粗铣加工时，不宜采用偏心夹紧。夹紧力应作用在工件刚度较大的部位上，工件与主要定位元件的定位表面接触刚度要大。

(3) 加工薄而大的平面时，应有顶面压紧使工件贴在主要定位表面上，如只靠侧面压紧，铣切时极易变形、使加工面产生不平直现象。当工件用粗基准定位时，工件毛坯面与夹具定位表面接触不紧密，用圆柱铣刀逆铣时有向上抬的分力，使工件离开定位表面(端铣刀加工无离位分力)。故设计夹紧元件时应考虑：

a) 压板在侧面的着力点，应低于工件侧面的支承点，并使夹紧力有一垂直分力，将工件压向主要基面以免向上离位。

b) 在夹紧过程中，压板不得有向上移动趋势而使工件离位或变形，故压板与其支承件应有精确配合。且在夹紧时有向下运动趋势。

c) 铣削时，大量细碎切屑应避免堆积在定位表面上或难于清除的低洼处和盲孔内。

冷却液应能顺利的排出。如夹具底面超出工作台，夹具体上应加挡板或相应的排水口，使冷却液不致漫溢出来。

d) 夹具的定位键和机床工作台的T型槽宜用单面贴合。当工作台T型槽平整时宜用圆柱销。重型或精密夹具为了保证定向精度宜在夹具体上做出找正基面进行找正。

e) 设计夹具时应了解所采用的刀具的型式和尺寸、伸出长度、夹持部分外形尺寸、在机床上的安装方式及进刀方向等。以免在铣削行程中刀具碰夹具的另件（尤其是压板很宽时）。总图中应将刀具外形和进刀方向示出。

二、钻、镗削夹具

钻、镗床夹具系指孔加工用夹具的总称。这种夹具在机械制造中应用的较广，在组合机床加工中，也占很大比重。

钻、镗削夹具，由于具有自己的特殊元件——钻（镗）模板、钻（镗）模套筒，所以一般称作“钻模”“镗模”。

1 钻（镗）夹具结构

图7—8是加工CA6140床头箱上I轴与Ⅳ轴（主轴）孔端面螺纹孔用的钻模。夹具以两个短圆柱销1、2和钻模板3的一个平面做定位表面。在模板上有9个套筒4，钻头即通过套筒在工件端面上加工出9个螺钉孔来。加工时工件立起，端面向上，模板3即直接放在工件端面上。由于模板本身重量较大，钻孔时切削力又较小，因此不需有专门的夹紧机构，如果切削力较大有可能使夹具离开工件时，则需要夹紧机构。

从夹具的定位来看，用了两个圆柱销和一个平面定位，这样定位不好，会产生过定位。但因为螺钉孔的加工精度要求不高，使用两圆柱销虽然由于间隙较大，但却增加了夹具的稳定性。因此还是可以采用的。

这种夹具主要是一个模板，加工时放置在工件上，好像是工件的一个附加装置，因此这类夹具叫做盖板式夹具。它多用在工件较大或加工精度较低时。

图7—9是加工图7—1所示拨叉顶部孔的夹具。工件以图7—2所示的铣床夹具上铣出的平面及槽作为定位基准在夹具的定位元件1上定位，以保证孔到平面上距离 $46-0.04$ 。另外以 $\phi 25D_1$ 为定位基准在定位销6上定位。为了防止由于平面和孔定位时互相干涉而产生过定位，所以采用了菱形销。然后用压板7夹紧工件，刀具通过安装在钻模板3上的导套4对工件进行钻孔。然后拿掉套筒4，对工件进行刮平面和攻丝。整个夹具利用T形螺钉紧固在机床工作台上。整个加工过程中夹具是固定不动的，所以这种夹具称为固定式钻模。

图7—10是加工连杆小头孔的滑柱式钻模。是在标准化的滑柱钻模上固定上支承块

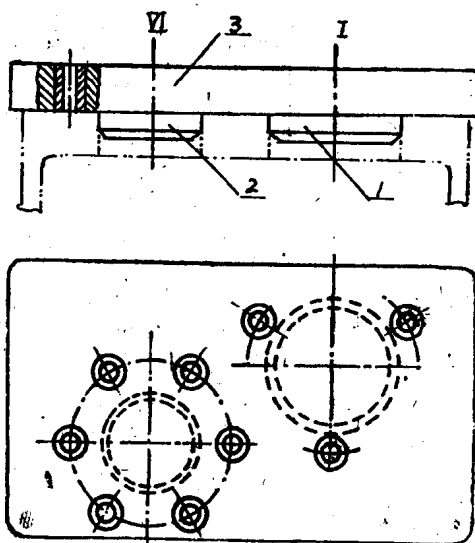


图7—8 盖板式钻模

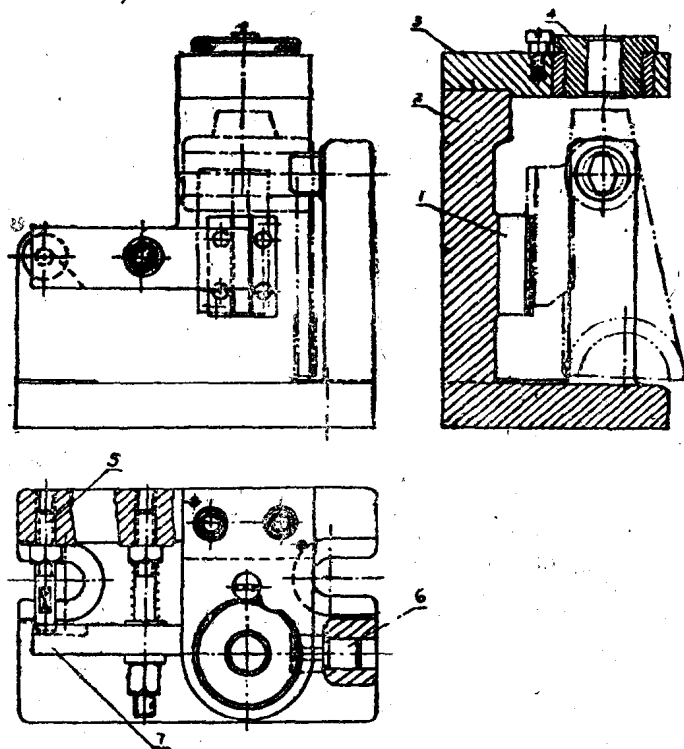


图 7—9 固定式钻模

1. 工件以大头孔和端面为定位基准，在定位销 2 和支承块 1 的端面 C 上定位。利用钻模板上的套筒 3 下端的锥面对连杆小头自动定心夹紧。然后即可进行加工。

从上面的例子可以看出，当被加工工件的结构和形状改变时，由于工件的尺寸、形状及孔的直径和位置的不同，只需要更换安放在夹具体上的支承或定位元件及钻模板，即可很快适应不同工件的加工。这种滑柱式钻模对于在大批大量生产中加工中小型另件时比较合适。

图 7—11 系 DU268 组合机床使用的夹具，它安装在双工位回转工作台上，本身有上下两层。工件经两次安装可以完成钻孔、扩孔、半精镗及精镗等全部粗精加工工序。工艺分析见第三章 § 3—2。机床工作循环为将工件安装在第一工位的下层夹具上起动左右动力头进行第一工序粗加工，当动力头退回原位后，工作台回转 180° 。动力头又前进对工件进行第二工序加工。然后工作台回转原位。将已加工过两次的工作件卸下装到第二工位夹具的上层上，在第一工位夹具的下层装上一个新工件。这时动力头前进对第二工位工件进行第三工序半精加工，而对第一工位上的新工件进行第一工序粗加工，当工作台又回转 180° 后，就对第一个工件进行第四工序精加工，同时第二工位下层刀具对新工件进行第二工序加工。工件以三个定位基准平面靠在三个定位元件平面上，用手动螺钉压板夹紧工件，

这种夹具结构复杂，适用多工序成批生产的情况。

从前面介绍的几个夹具来看，它们均具备有钻、镗夹具的特殊元件——导向套筒和

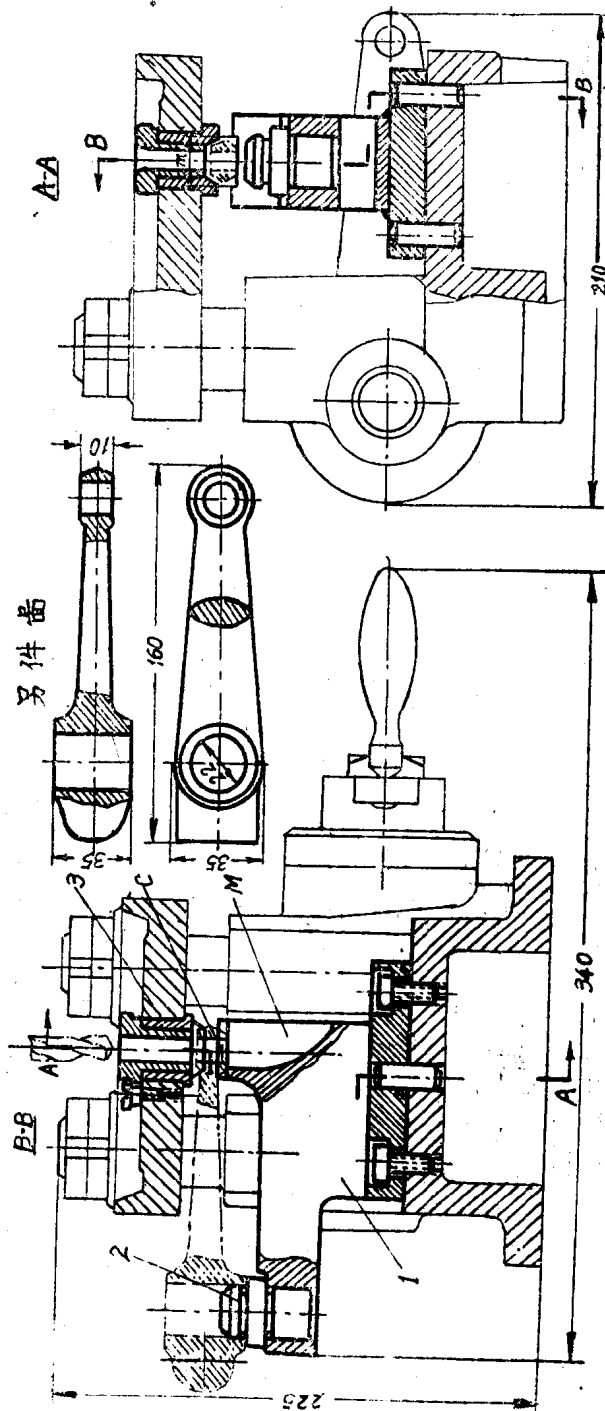


图 7—10 滑柱钻模

模板。下面分别进行介绍。

2. 导向套筒

当进行孔加工时，除采用刚性主轴外，在大多数情况下，切削刀具都在导向装置中工作。因此，具有精密的导向便成孔加工时显著特点之一。