

育“十二五”机电类规划教材

精品力作



机床夹具设计教程

何庆李郁主编

- 精品课程配套教材
- 采用国家最新标准
- 配套习题、答案、课件等教学资源
- 教学资源请登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费获取

电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

机床夹具设计教程

何 庆 李 郁 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是作者在机械制造领域多年教学实践的基础上,并结合夹具在工厂应用的实例编写而成的。本书以夹具设计的流程和思路为主线进行讲述,对工件的定位、工件的夹紧、夹具设计的步骤和方法,典型车床夹具、钻床夹具、镗床夹具、铣床夹具设计,以及夹具课程项目教学等内容做了详细介绍。本书既有理论又有实践,操作性强,可使读者在机床夹具设计方面的理论知识及实践技能得以提高。

本书内容丰富、系统,图文并茂,实用性强。

本书适合应用型本科、高职高专等机械类和近机类大学生阅读,也可供机械加工工厂工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机床夹具设计教程/何庆,李郁主编. —北京:电子工业出版社,2012.8

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

ISBN 978-7-121-17770-5

I. ①机… II. ①何… ②李… III. ①机床夹具—设计—高等学校—教材 IV. ①TG750.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第173251号

策划编辑:李 洁(ljie@phei.com.cn)

责任编辑:刘真平

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:三河市皇庄路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:13.25 字数:339.2千字

印 次:2012年8月第1次印刷

印 数:4000册 定价:29.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

本书是根据教育部高等学校“机械设计制造及其自动化”专业教学指导委员会机械学科教材的编写要求,为机械类或近机类专业开设“机床夹具设计”课程而编写的教学用书,其目的是使学生掌握机床夹具的基础理论知识和设计方法,培养学生设计机床夹具的基本能力,为以后从事专业技术工作打下一定的基础。

本教材的主要特点如下:

(1) 编写的原则:对理论知识的学习由浅入深、循序渐进,突出重点和难点,以提高学生的学习效率。每章后面都附有设计示例,突出对所学知识的运用。在第6章典型夹具设计与实例中,对常用夹具设计的讲解均由引例开头,引导学生进入每节的学习,增强教材的可读性。

(2) 突出应用性:强调应用性和能力的培养。以学生就业所需的专业知识和设计技能为着眼点,在适度的基础知识和理论体系覆盖下,着重讲解应用型人才培养所需的内容和知识点。在编写过程中融入了一定量的现场运用实例以及可视性较强的三维夹具图,并对实例进行有效的分析,突出实用性和可操作性。

(3) 编写体系有所创新:每章开头都有“本章学习的目标”、“重点与难点”,引导学生自主学习。考虑到适用面的扩大,本教材增加了第7章夹具课程项目教学,将机床夹具拆装实训、专用夹具三维设计和夹具课程设计等实践教学的内容纳入本教材中,方便高校不同层次的选用,以适应创新型人才培养的需要。

本书由何庆和李郁主编,李郁编写第3章3.4节、第4章,其余由何庆教授编写并负责统稿。

在本书的编写过程中,得到了电子工业出版社、江苏技术师范学院、西北工业大学明德学院和安徽理工大学等单位的大力支持,范真教授、施晓芳高级实验师和谈衡老师等也为本书的出版付出了辛勤的工作;同时也参考了许多文献和教材,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中错误或不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者
2012年6月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 机床夹具的作用	(2)
1.2 机床夹具的分类	(3)
1.3 工件的装夹	(5)
1.3.1 找正法装夹工件	(5)
1.3.2 用专用夹具装夹工件	(6)
1.4 机床夹具的组成	(7)
1.5 机床夹具的发展趋势	(9)
1.5.1 成组夹具	(10)
1.5.2 组合夹具	(11)
1.5.3 数控机床夹具	(12)
习题	(14)
第2章 定位原理及定位元件	(15)
2.1 工件定位的基本原理	(16)
2.1.1 六点定位原理	(16)
2.1.2 六点定位原理的应用	(17)
2.1.3 完全定位和不完全定位	(21)
2.1.4 过定位与欠定位	(22)
2.2 定位方式及定位元件	(24)
2.2.1 工件以平面定位	(24)
2.2.2 工件以外圆定位	(27)
2.2.3 工件以内孔定位	(30)
2.3 定位误差	(34)
2.3.1 定位误差的产生	(34)
2.3.2 定位误差的组成	(35)
2.3.3 定位误差的分析	(36)
2.4 “一面两孔”定位分析	(39)
2.4.1 存在的问题	(40)
2.4.2 解决办法	(40)
2.4.3 削边销的宽度计算	(41)
2.5 设计示例	(44)
习题	(47)
第3章 工件的夹紧及夹紧装置	(51)
3.1 夹紧机构原理	(52)
3.1.1 夹紧装置的组成	(52)
3.1.2 夹紧装置的基本要求	(53)

3.1.3	确定夹紧力的基本原则	(54)
3.2	基本夹紧机构	(57)
3.2.1	斜楔夹紧机构	(58)
3.2.2	偏心夹紧机构	(60)
3.2.3	螺旋夹紧机构	(63)
3.2.4	铰链夹紧机构	(68)
3.3	其他夹紧机构	(71)
3.3.1	定心夹紧机构	(71)
3.3.2	联动夹紧机构	(74)
3.4	夹具的动力装置	(77)
3.4.1	手动动力源	(77)
3.4.2	液压动力源	(77)
3.4.3	气动动力源	(78)
3.4.4	气-液组合动力源	(79)
3.4.5	电动动力源	(80)
3.4.6	磁力装置	(81)
3.5	设计示例	(81)
	习题	(82)
第 4 章	夹具的其他装置及夹具体	(85)
4.1	连接元件	(86)
4.1.1	铣床夹具的连接元件	(86)
4.1.2	车床夹具的连接元件	(88)
4.2	分度装置	(89)
4.2.1	概述	(89)
4.2.2	分度装置的类型	(90)
4.2.3	分度装置的结构	(91)
4.2.4	分度装置的设计	(91)
4.3	夹具体	(97)
4.3.1	夹具体概述	(97)
4.3.2	夹具体毛坯的结构与类型	(98)
4.3.3	夹具体的尺寸、结构及技术要求	(99)
4.4	设计示例	(102)
	习题	(103)
第 5 章	机床夹具设计程序	(104)
5.1	机床夹具设计的基本要求和依据	(105)
5.1.1	机床夹具设计的基本要求	(105)
5.1.2	机床夹具设计的依据	(106)
5.2	设计步骤	(106)
5.2.1	设计前的准备工作	(106)
5.2.2	总体方案的确定	(106)

5.2.3	绘制夹具装配图	(107)
5.2.4	夹具总图上应标注的尺寸和公差	(108)
5.2.5	绘制夹具零件图	(109)
5.2.6	夹具精度校核	(110)
5.3	设计实例分析	(111)
5.4	夹具设计的其他说明	(113)
5.4.1	夹具设计中容易出现的错误	(113)
5.4.2	常用机床夹具元件的配合图例	(116)
5.4.3	夹具设计精度的设计原则	(118)
5.5	计算机辅助夹具设计	(118)
5.5.1	交互式的 CAFD	(118)
5.5.2	基于成组技术的 CAFD 系统	(119)
5.5.3	CBR 技术	(120)
习题		(122)
第 6 章	典型夹具设计与实例	(123)
6.1	车床夹具	(124)
6.1.1	设计引例	(124)
6.1.2	必备知识和设计要点	(125)
6.1.3	课外分析与思考	(129)
6.2	钻床夹具	(130)
6.2.1	设计引例	(131)
6.2.2	必备知识和设计要点	(132)
6.2.3	课外分析与思考	(142)
6.3	镗床夹具	(143)
6.3.1	设计引例	(144)
6.3.2	必备知识和设计要点	(145)
6.3.3	课外分析与思考	(153)
6.4	铣床夹具	(155)
6.4.1	设计引例	(155)
6.4.2	必备知识和设计要点	(157)
6.4.3	课外分析与思考	(163)
6.5	设计示例	(167)
6.5.1	铣端面打中心孔夹具	(167)
6.5.2	连杆盖端钻孔夹具	(171)
习题		(173)
第 7 章	夹具课程项目教学	(175)
7.1	机床夹具拆装实训	(176)
7.2	专用夹具三维造型设计	(177)
7.2.1	UG 为设计平台	(178)
7.2.2	Pro/E 为设计平台	(181)

7.3 机床夹具课程设计	(185)
7.3.1 课程设计的目的	(185)
7.3.2 课程设计的要求与内容	(185)
7.3.3 课程设计的进度与时间安排	(188)
7.3.4 课程设计成绩的评定	(189)
7.3.5 设计实例简介	(189)
7.4 夹具精度实验	(194)
习题	(195)
附录 A 机械加工定位、夹紧符号 (JBT 5061—2006)	(196)
附录 B 定位、夹紧符号应用及相对应的夹具结构示例	(198)
附录 C 槽系组合夹具的常用元件	(201)
参考文献	(203)

第 1 章

绪 论

本章学习的目标

了解机床夹具的作用、分类;
了解工件的装夹方法;
掌握机床夹具的组成;
了解现代机床夹具发展的方向。

重点与难点

机床夹具的组成及各部分的作用。

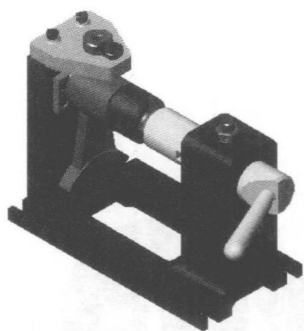


图 1-1 钻床夹具示意图

在机械制造过程中,用来固定加工对象,使之占有正确加工位置的工艺装备称为夹具。在机械制造的过程中,夹具广泛应用于焊接、装配、检验和机床切削加工等方面,因此就有了焊接夹具、装配夹具、检验夹具和机床夹具等。

机床夹具是在机床上用来固定加工对象,使之占有正确加工位置的工艺装备,简称为夹具。其作用是将工件定位,以使工件获得相对于机床和刀具的正确位置,并把工件可靠地夹紧。图 1-1 所示为钻床夹具示意图。在机械加工中,机床夹具作为工艺装备的一个重要部分,直接关系到零件加工的精度、生产效率和制造成本。机床夹具设计也是机械制造工艺装备设计的一项重要工作。

1.1 机床夹具的作用

机床夹具作为机床上重要的工艺装备,其主要作用如下。

1. 缩短辅助时间,提高劳动生产率

夹具的使用一般包括两个过程:其一是夹具本身在机床上的安装和调整,这个过程主要依靠夹具自身的定向键、对刀块来快速实现,或者通过找正、试切等方法来实现,但速度稍慢;其二是被加工工件在夹具中的安装,这个过程由于采用了专用的定位装置(如 V 形块等),能使工件迅速地定位和夹紧,不再进行加工前的找正、对刀等辅助工作,工件装卸迅速,大大减少了工件安装的辅助时间,同时易于实现多件加工、多工位加工,特别适用于加工时间短,辅助时间长的中、小工件的加工,提高劳动生产率。

2. 保证加工精度,稳定产品质量

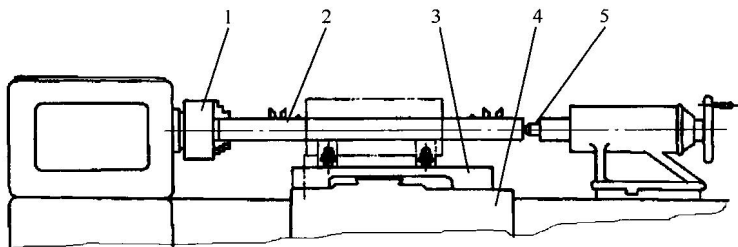
加工过程中,使用夹具可使工件与刀具的相对位置容易得到保证,并且不受各种主观因素的影响,因而工件的加工精度稳定可靠,如在摇臂钻床上加工孔系,采用划线找正,保证表面相互位置精度达 $0.4\sim 1.0\text{mm}$;采用夹具,保证表面相互位置精度可达 $0.10\sim 0.20\text{mm}$ 。

3. 降低对工人技术等级的要求和减轻工人劳动强度

由于多数专用夹具的夹紧装置只需工人操纵按钮、手柄即可实现对工件的夹紧,这在很大程度上减少了工人找正和调整工件的时间,或者根本不需要找正和调整,降低了操作难度,所以,这些专用夹具的使用降低了对工人的技术要求并减轻了工人的劳动强度。

4. 扩大机床的工艺范围

很多专用夹具不仅能装夹某一种或一类工件,还能装夹不同类的工件,并且有的夹具本身还可在不同类的机床上使用。这些都扩大了机床的加工范围,如在车床的溜板上或在摇臂钻床工作台上装上镗模就可以进行箱体的镗孔加工,如图 1-2 所示。



1—卡盘；2—镗杆；3—专用夹具；4—溜板；5—顶尖

图 1-2 在车床上镗箱体阶梯孔示意图

1.2 机床夹具的分类

按夹具的应用范围、使用机床和按夹紧动力的来源，可将机床夹具分为如图 1-3 所示的几种类型。

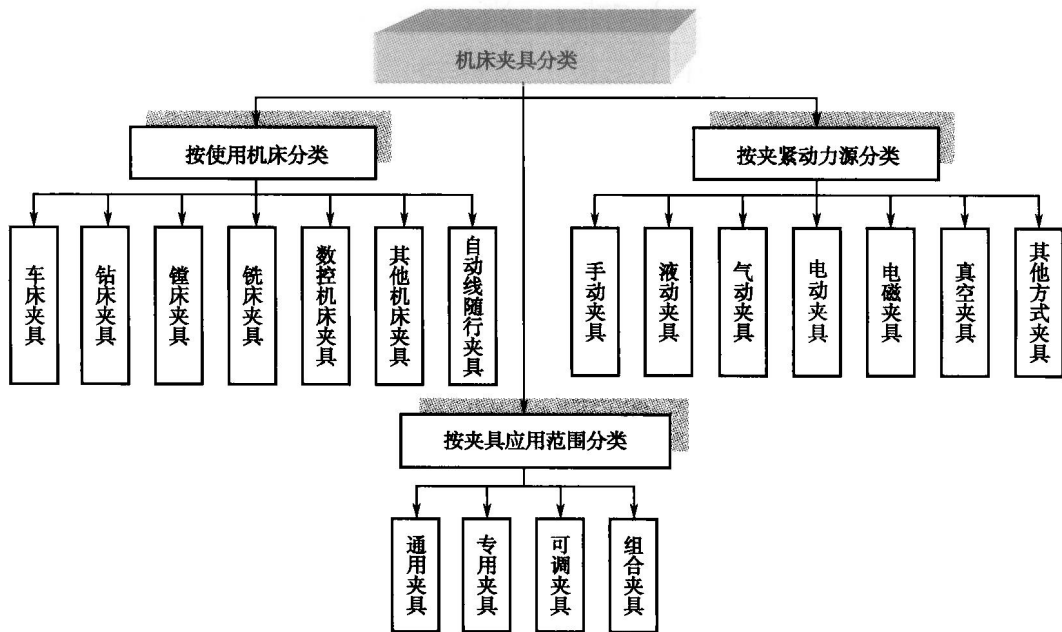


图 1-3 机床夹具的分类

1. 按夹具应用范围分类

(1) 通用夹具。指结构、尺寸已标准化，且具有一定通用性的夹具，由专业工厂生产，有较广的适用性，如三爪自动定心卡盘、四爪单动卡盘、平口钳、万能分度头（如图 1-4 所示）、顶尖、中心架、电磁吸盘等。其特点是适应范围大，已成为机床附件，但生产率较低，适用于单件小批量生产。

(2) 专用夹具。针对某一工件或某一工序的加工要求专门设计和制造的夹具。这类夹具能提高零件加工的生产率，可获得较高的生产率和加工精度，且操作方便，安全可靠，但设计与制造周期长，费用较高，生产对象变化后无法再用，故适用于加工对象固定的成批生产。

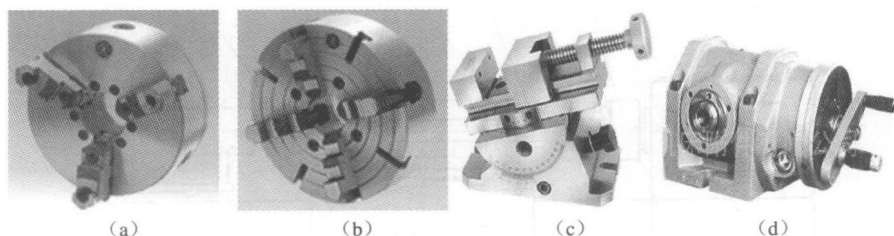
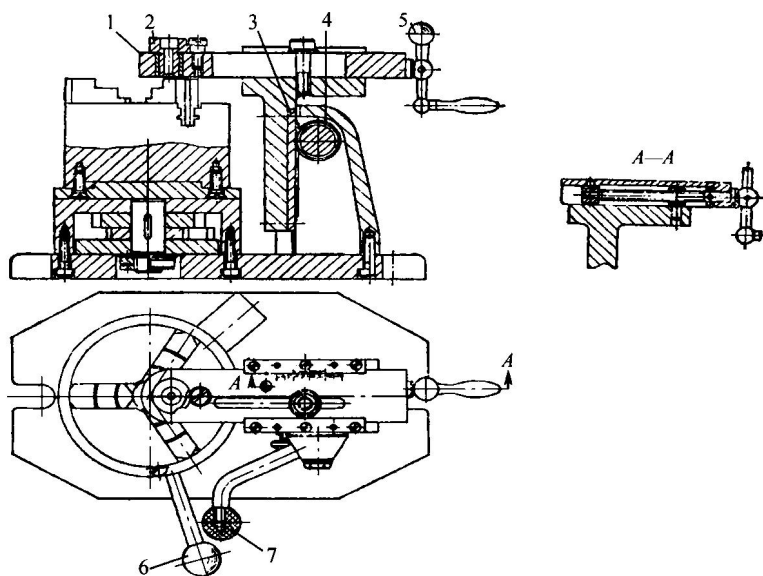


图 1-4 部分通用夹具外形图

这是一般机械制造企业应用较多的类型，也是本书讲解的重点。

(3) 可调夹具。是针对通用夹具和专用夹具的缺陷而发展起来的一类新型夹具。对不同类型和尺寸的工件，只需调整或更换原来夹具上的个别定位元件和夹紧元件便可使用。加工完一种工件后，经过调整或更换个别元件即可用于加工另外一种工件，常用于多品种、小批量生产中加工形状相似、尺寸相近和定位基准相似的一组工件。如图 1-5 所示就是钻圆盘类零件圆周上等分孔的通用可调钻夹具。



1—可移动钻模板；2—快换钻套；3—齿条；4—齿轮；5—移动操纵手柄；6—分度操纵手柄；7—升降操纵手柄

图 1-5 通用可调夹具

此外，还有组合夹具、随行夹具等。

2. 按使用机床分类

可分为车床夹具、钻床夹具、镗床夹具、铣床夹具、刨床夹具、磨床夹具、齿轮加工机床夹具、数控机床夹具、自动线随行夹具和其他机床夹具等。

3. 按夹紧动力源分类

可分为手动夹具、液动夹具、气动夹具、电动夹具、电磁夹具、真空夹具等。

1.3 工件的装夹

工件加工前,在机床或夹具中占据某一正确加工位置,然后再予以压紧,这称为装夹。工件装夹的目的如下。

- (1) 定位:使工件获得正确的加工位置。
- (2) 夹紧:固定工件的正确加工位置。

一般先定位、后夹紧,特殊情况下定位、夹紧同时实现,如三爪自动卡盘装夹工件。工件装夹的方式有如下两类。

1.3.1 找正法装夹工件

1. 方法

- (1) 以工件已有表面找正装夹工件,如在四爪卡盘上用划针找正装夹工件。
- (2) 以工件上事先划好的线痕迹找正装夹工件,如图 1-6 所示在虎钳上用划针找正装夹工件。

过程:预夹紧→找正、敲击→完全夹紧。

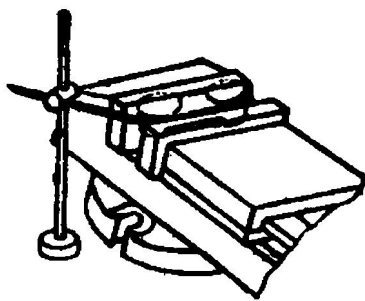
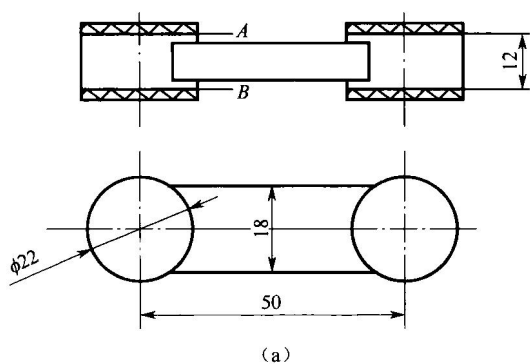


图 1-6 虎钳上划针找正

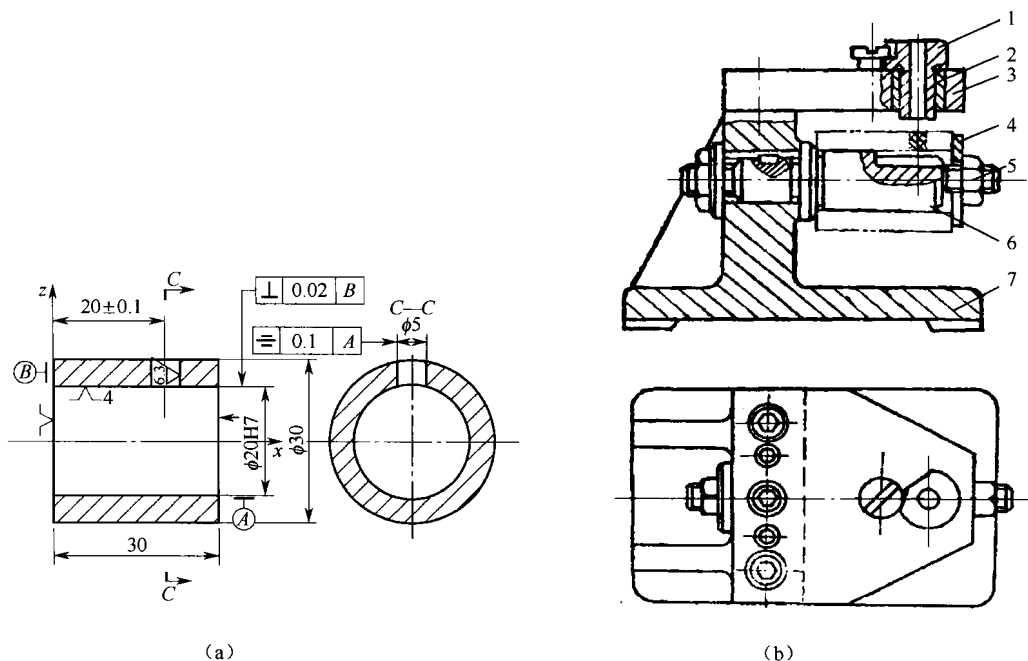
2. 特点

- (1) 这类装夹方法劳动强度大,生产效率低,要求工人技术等级高;
- (2) 定位精度较低,由于常常需要增加划线工序,所以增加了生产成本;
- (3) 只需使用通用性很好的机床附件和工具,因此能适用于加工各种不同零件的各种表面,特别适合于单件、小批量生产。

可见,找正法装夹工件,工件正确位置的获得是通过找正方式达到的。

1.3.2 用专用夹具装夹工件

图 1-7 (a) 所示是在钻床夹具上加工套筒零件上 $\phi 5H9$ 径向孔的工序简图。工件以内孔及端面与夹具上定位销 6 及其端面接触定位，通过开口垫圈 4、螺母 5 压紧工件，见图 1-7 (b)。把夹具放在钻床工作台上，移动夹具让钻套 1 导引钻头钻孔。因钻套内孔中心线到定位销 6 端面的尺寸及对定位销 6 轴线的对称度是根据工件孔加工位置要求确定的，所以能满足工件加工要求。



1—钻套；2—衬套；3—钻模板；4—开口垫圈；5—螺母；6—定位销；7—夹具体

图 1-7 加工套筒零件钻床夹具

专用夹具装夹工件的特点：

- (1) 工件在夹具中定位迅速；
- (2) 工件通过预先在机床上调整好位置的夹具，相对机床占有正确位置；
- (3) 工件通过对刀、导引装置，相对刀具占有正确位置；
- (4) 对加工成批工件效率尤为显著。

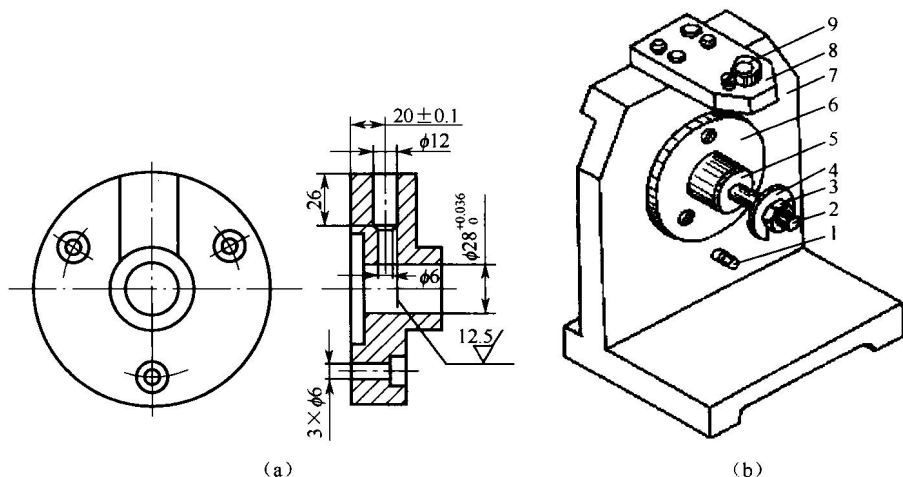
对照图 1-7 可知采用夹具装夹方法，不需要进行划线就可把工件直接放入夹具中进行机械加工。工件的内孔与端面与夹具上定位元件相接触，这样就确定了工件在夹具中的位置，然后旋紧螺母通过压板把工件夹紧，完成工件的装夹过程。下一个工件进行加工时，夹具在机床上的位置不动，只需松开螺母进行装卸工件即可。

1.4 机床夹具的组成

各类机床夹具的结构不同,但一般是由定位元件、夹紧装置、夹具体和其他装置或元件组成的。

1. 定位元件

与工件定位基准(面)接触的元件,用来确定工件在夹具中的位置。可按工件定位基准的形状而采用不同的定位元件,如平面基准可用支承钉和支承板等,圆孔基准可用心轴、定位销和菱形销等,外圆柱面基准可用V形块和套筒等。如图1-8所示为钻后盖零件上 $\phi 12\text{mm}$ 孔的夹具,夹具上的圆柱销5、菱形销1和支承板6都是定位元件,通过它们使工件在夹具中占据正确的位置。



1—菱形销; 2—螺杆; 3—螺母; 4—开口垫圈; 5—圆柱销; 6—支承板; 7—夹具体; 8—钻模板; 9—钻套

图 1-8 钻孔夹具组成

2. 夹紧装置

夹紧装置的作用是保证工件在夹具中已定位好的正确位置,在加工过程中不因外力的影响而变化,使加工顺利进行。常用的夹紧方式有螺旋夹紧、偏心夹紧、斜楔夹紧、铰链夹紧和液性塑料夹紧,以及与压板组成的复合夹紧、联动夹紧等方式。夹紧装置一般由多个元件组合而成,如图1-8中由螺杆2(与圆柱销合成的一个零件)、螺母3和开口垫圈4组成。

3. 导向、对刀元件

用于引导刀具或确定刀具与被加工面之间相互位置的元件。在钻模、镗模上用的称为导向元件,包括钻套、钻模板、镗套和镗模架等;在铣床、刨床夹具上用的称为对刀元件,包括对刀块和塞尺等。图1-8中的钻套9与钻模板8就是为了引导钻头而设置的导向装置;在铣床夹具中采用对刀块来确定刀具与工件的位置。

4. 连接元件

用来确定夹具本身在机床的工作台或主轴上的位置,如定向键、带U形槽的耳座、车床夹具与机床主轴的连接部分。

5. 夹具体

夹具体是夹具的基础件,起基本骨架作用,连接所有夹具元件。如图1-8中的件7,通过它将夹具的所有部分连接成一个整体。

6. 其他装置或元件

夹具除上述部分外,还有一些根据需要设置的其他装置或元件,如分度装置、靠模装置、上下料装置、工件顶出装置等;为方便大型工件准确定位,有的夹具还设置预定位装置;对于大型夹具,为方便搬运还设置吊装元件等。

以上所述是机床夹具的基本组成。对于一个具体的夹具,其组成可能多少有些变化,但定位、夹紧和夹具体这三个部分一般是不可缺少的。

夹具各组成部分与工艺系统(机床-刀具-工件-夹具)之间的关系如图1-9所示。从图中可以看出:

- (1) 工件通过定位元件在夹具上占有一个正确的位置;
- (2) 工件通过夹紧元件保证加工过程中始终保持原有的正确位置;
- (3) 夹具通过对刀元件相对刀具保持正确位置;
- (4) 夹具通过连接元件相对机床保持一个正确位置;
- (5) 夹具通过其他装置完成其他要求;
- (6) 夹具体把上述的几种元件组合成一个整体。

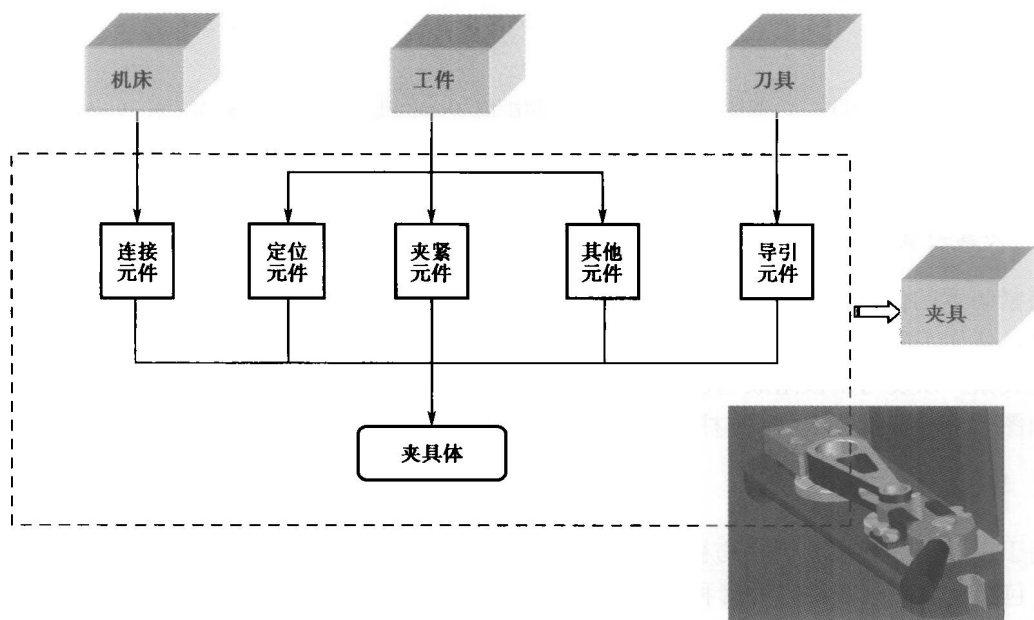


图 1-9 夹具组成元件在工艺系统中的位置

1.5 机床夹具的发展趋势

随着机械工业的迅速发展,对产品的品种和生产率提出了越来越高的要求,使多品种、中小批生产作为机械加工主流。据统计表明,目前中小批、多品种生产的工件品种已占工件种类总数的85%左右。现代生产要求企业所制造的产品品种经常更新换代,以适应市场的需求与竞争。然而,一般企业仍习惯于大量采用传统的专用夹具,一般在具有中等生产能力的工厂里,约拥有数千甚至近万套专用夹具;另一方面,在多品种生产的企业中,每隔3~4年就要更新50%~80%的专用夹具,而夹具的实际磨损量仅为10%~20%。特别是近年来,数控机床、加工中心、成组技术、柔性制造系统(FMS)等新加工技术的应用,对机床夹具提出了如下新的要求:

- (1) 能适用于精密加工的高精度机床夹具;
- (2) 能迅速而方便地装备新产品的投产,以缩短生产准备周期,降低生产成本;
- (3) 能装夹一组具有相似性特征的工件;
- (4) 能适用于各种现代化制造技术的新型机床夹具;
- (5) 提高机床夹具的标准化程度;
- (6) 采用以液压站等为动力源的高效夹紧装置,以进一步降低劳动强度和提高劳动生产率。

为了适应机械生产的这种发展趋势,必然对机床夹具提出更高的要求。目前对夹具的研究主要集中在标准化、精密化、高效化、柔性化几个方面。希望夹具设计能够操作方便,可以降低生产成本,适应不同零件的需要。在机床技术向高速、高效、精密、复合、智能等方向发展的带动下,夹具技术正朝着高精、高效、模块、组合、自动化和智能化等方向发展。

1. 高精度

随着机床加工精度的提高,为了降低定位误差,提高加工精度,对夹具的制造精度要求更高。高精度夹具的定位孔距精度高达 $\pm 5\mu\text{m}$,夹具支承面的垂直度达到 $0.01\text{mm}/300\text{mm}$,平行度高达 $0.01\text{mm}/500\text{mm}$;用于精密分度的多齿盘,其分度精度可达 $\pm 0.1''$;精密平口钳的平行度和垂直度在 $5\mu\text{m}$ 以内;夹具重复安装的定位精度高达 $\pm 5\mu\text{m}$;机床夹具的精度已提高到微米级,世界知名的夹具制造公司都是精密机械制造企业。当然,为了适应不同行业的需求和经济性,夹具有不同的型号,以及不同档次的精度标准供选择。

2. 高效率

为了提高机床的生产效率,双面、四面和多件装夹的夹具产品越来越多。为了减少工件的安装时间,各种自动定心夹紧、气动和液压夹紧、快速夹紧等功能部件不断地推陈出新,新型的电控永磁夹具,夹紧和松开工件只用1~2s;在铣床上使用电动虎钳装夹工件,效率可提高5倍左右。此外,夹具结构的简化,为机床进行多工位、多面和多件加工创造了条件。为了缩短在机床上安装与调整夹具的时间,瑞典3R夹具仅用1min,即可完成线切割机床夹具的安装与校正。