

机床 夹具设计

宋殷 主编

华中理工大学出版社



高等工程专科学校教材

内 容 简 介

本书共分七章，内容包括：绪论、工件的定位、工件的夹紧、分度装置和夹具体、各类机床夹具、专用夹具的设计方法和现代机床夹具的发展。

本书在定位理论上有新意，且概念清晰，图例新颖典型，设计特点突出，还有定位误差计算机辅助计算实例，自学易懂。

本书供大专院校机械制造及设备专业使用，也适用于职工(业)大学、电视大学，并可供有关工程技术人员参考。

高等工程专科学校教材

机 床 夹 具 设 计

宋 殷 主 编

王志福 副主编

责任编辑 叶翠华

责任校对 严志勇

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：9.75 字数：225 000

1990年3月第1版 1990年3月第1次印刷

印数：1—2 000

ISBN 7-5609-0410-6/TH·41

定价：2.00 元

序

十年来,我国的高等教育事业蓬勃发展,尤其是高等专科教育的发展更为迅速。为了进一步提高教学质量,急需编写、出版适合专科教学要求的教材。教材是师生进行教学活动的重要依据,决定着课程甚至专业的教学水平和教学效果。因此切实搞好教材建设,使专科学校的教材能充分体现专科的培养目标,符合教学大纲与教学计划的要求,是当前专科学校深化教学改革中的一项十分重要而又紧迫的工作。

各高等专科学校为了适应教学需要,根据专科的特点和教学要求,自编了部分教材或讲义,在一定程度上克服了长期使用本科教材因而难以体现专科特点的弊病。为了进一步提高教材编写和出版的质量,在国家教委的支持下,在华中理工大学出版社的积极倡导下,沈阳冶金机械专科学校、郑州机械专科学校、哈尔滨机电专科学校和湖南省轻工业专科学校等14所专科学校,于1987年5月成立了“东北、华中地区高等工程专科学校教材协调委员会”,组织和协调有关工程专科学校的教材编写工作。

经参加“协调委员会”的各校负责同志的协商,决定首先编写一套适用面较广的教材,并由各校组织学术水平较高、教学经验丰富的教师分工合作,进行编写。由于参加编写教材的教师的共同努力,以及华中理工大学出版社的大力支持,现已编写好了一套适用于高等工程专科学校的教材,它们是高等数学、线性代数、概率与数理统计、大专物理、理论力学、材料力学、工程力学、电工与电子技术、金属热加工、工程材料、机械原理、机械设计和机械工艺学。这些教材将由华中理工大学出版社陆续分批出版。

这套教材是在认真分析了十年来使用的国内外高校教材、自编讲义和较系统地总结了多年的教学经验的基础上编写出来的,因此较好地体现了专科特点,符合一般专科教学计划和教学大纲的要求,适合全日制高等工程专科学校以及夜大、职大、函大的工程专科班使用。

这套教材的特点是,符合专科培养目标,内容的深度、广度适当,突出理论联系实际,注意知识的应用和学生能力的培养,适当介绍与反映了现代科学技术的新成就。这套教材不仅具有专科的特色和富于启发性,而且文字简练,结构严谨,插图清晰,是目前比较理想的专科教材,希望推广使用。

由于编写高等工程专科教材是一项新的工作,很多问题尚在探索之中,加之水平有限,编写时间较短,书中难免存在缺点和错误。殷切希望使用本教材的教师和广大读者批评指正。

东北、华中地区高等工程专科学校
教材协调委员会 主任 于勤兹
于1988年5月

前 言

为了适应大专院校机制专业教学改革和教材建设的需要,全国高等专科院校机制工艺及液压研究会推选出若干部、委及省、地所属的七所院校中教学经验丰富的教授、副教授组成教材编写组,于1985年编写出版了《机械制造工艺学》和《机床夹具设计》两本配套教材,经全国近百所院校试用,反映良好。在此基础上,保留了原教材的优点,重新进行了编写。这两本教材现已纳入了国家教委委托华中理工大学出版社组织编写的机制专业大专系列教材。

这两本教材可供大专院校机械制造及设备专业的学生使用,也适用于职工(业)大学和电视大学,还可供从事机制工艺和工装设计的工程技术人员参考。

本书对定位时的自由度赋予了新的概念和定义,对定位点的综合作用和在定位理论的阐述上比较深入全面,结构图例典型新颖,设计特点突出,还有定位误差计算机辅助计算实例。

本书由南通纺织工学院宋殷副教授任主编,沈阳冶金机械专科学校王志福高级工程师任副主编。参加编写的有宋殷(第一、二、六章及习题)、王志福(第三、七章)、山东淄博市职工大学李恒权副教授(第四、五章)。主审:沈阳冶金机械专科学校孙奎武教授、北京机械管理学院李庆寿教授、哈尔滨机电专科学校陈德祺副教授。

在编写过程中,南京东南大学吴天林教授、陆锡楣高级工程师,哈尔滨工业大学葛鸿翰教授,南京机械研究所袁相瑾高级工程师,以及扬州工学院(该院李礼和副教授曾参加本书初版的部分章节编写)、湘潭机电专科学校、南京金陵职业大学、无锡江南大学、吉林机电专科学校、上海机电一局职工大学、第一汽车制造厂、洛阳拖拉机厂夹具科和第二汽车制造厂发动机分厂工艺科的有关同志均提出过宝贵意见并提供了资料,在此一并表示衷心感谢。

由于我们水平有限,错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1989年12月

目 录

第一章 绪论 (1)	§ 4-2 精密分度装置.....(86)
§ 1-1 机床夹具及其功用.....(1)	§ 4-3 夹具体.....(89)
§ 1-2 机床夹具的组成.....(5)	第五章 各类机床夹具 (92)
§ 1-3 机床夹具的分类.....(6)	§ 5-1 车床及圆磨床夹具.....(92)
§ 1-4 本课程的任务和主要内容.....(7)	§ 5-2 钻床夹具.....(97)
第二章 工件的定位 (8)	§ 5-3 镗床夹具.....(106)
§ 2-1 概述.....(8)	§ 5-4 铣床夹具与刨床夹具.....(114)
§ 2-2 工件定位的基本原理.....(8)	第六章 专用夹具的设计方法 (122)
§ 2-3 常用定位方式及定位元件.....(15)	§ 6-1 夹具设计的基本要求、方法和步骤...(122)
§ 2-4 定位误差.....(24)	§ 6-2 夹具总图上尺寸、公差配合和技术条 件的标注.....(127)
§ 2-5 工件的组合定位.....(31)	§ 6-3 工件在夹具中加工时的误差分析.....(129)
第三章 工件的夹紧 (42)	§ 6-4 夹具结构的工艺性.....(132)
§ 3-1 夹紧装置的组成和基本要求.....(42)	第七章 现代机床夹具的发展 (135)
§ 3-2 确定夹紧力的基本原则及方法.....(43)	§ 7-1 现代机床夹具的发展方向.....(135)
§ 3-3 基本夹紧机构.....(48)	§ 7-2 组合夹具.....(136)
§ 3-4 定心夹紧机构.....(62)	§ 7-3 通用可调夹具和成组夹具.....(143)
§ 3-5 联动夹紧机构.....(67)	习题 (145)
§ 3-6 夹具的动力装置.....(70)	参考文献 (149)
第四章 分度装置和夹具体 (80)	
§ 4-1 分度装置.....(80)	

第一章 绪 论

§1-1 机床夹具及其功用

一、机床夹具

在机械制造过程中，用来安装工件使之固定在正确位置上，以接受加工、检测、装配等工艺的装备，统称为夹具。例如：机床夹具、检测夹具、焊接夹具、热处理夹具和装配夹具等。

在机床上，用于安装工件的装备称为机床夹具，简称夹具；用于安装刀具的装备，称为辅助工具。夹具、量具、刀具及辅助工具合称工艺装备(简称工装)。

在现代生产中，夹具作为机床的一部分已成为机械加工中不可缺少的工艺装备，夹具设计更是机械工艺设计中的一项重要工作。本课程以机床夹具为主要研究对象。

二、工件的安装

在机床上加工工件时，为了保证工件被加工表面的尺寸、几何形状及相互位置精度，必须将工件正确地安装到机床上。工件的安装一般包括定位和夹紧两个过程：即首先应使工件相对于机床及刀具占有一个正确的位置，这就是工件的定位；然后将工件固紧在这一既定位置上，使之不致因受切削力、重力、离心力或惯性力作用而发生位置改变，这就是工件的夹紧。

工件的安装一般有两种方式。

1. 直接找正或按划线找正安装

将工件直接安放在机床工作台或通用夹具(如车床上的花盘、四爪卡盘；机器虎钳等)上，按工件上的某一表面或划好的线，逐个找正工件相对于机床和刀具的位置，然后夹紧工件。这种安装方法操作简单，且能较好地适应工序或加工对象的变换，但生产效率低，精度不高，劳动强度大。故一般只用于单件、小批生产。

2. 采用专用夹具安装

在生产批量较大或有特殊需要时，常采用专门为某一零件的某一工序而设计的专用夹具进行工件的安装。这时不需划线和找正，只要将工件安放在夹具中，即可确定工件与机床及刀具之间的正确位置，并将工件夹紧。

现举例说明如何使用专用夹具安装工件并保证其精度的。

图1-1是一套筒零件，

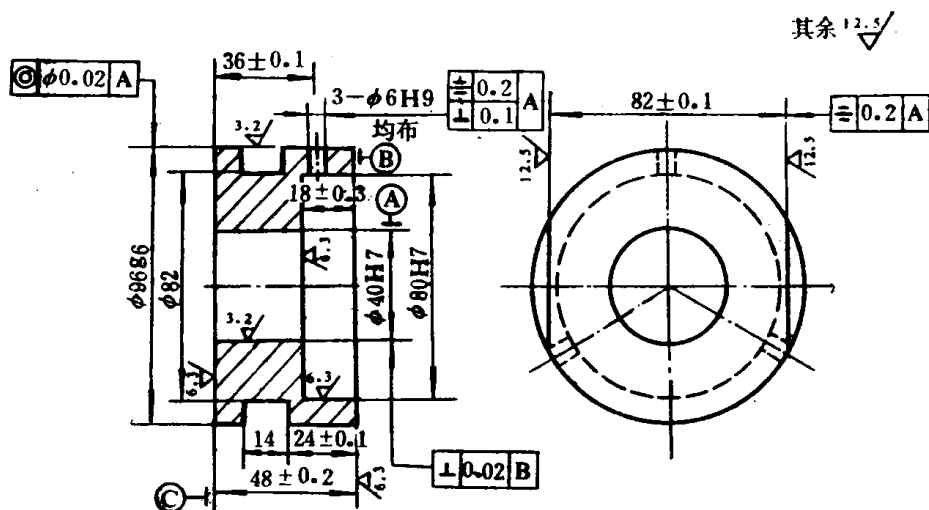


图1-1 套筒零件图

为确保该零件的各项技术要求，可按表 1-1 的工艺流程进行加工。由表可见，除工序 5 使用通用夹具（三爪卡盘）外，其余各工序均采用专用夹具。

表 1-1 套筒加工的工艺流程

序号	工序内容	工序简图	机床	夹具	备注
5	粗车外圆及端面 C；调头半精车外圆，粗精车 B 面，以及粗、精镗孔 $\phi 80H7$ 、 $\phi 40H7$		车床	三爪卡盘	根据生产批量的不同，本工序亦可分为几道工序
10	精车外圆、切槽、精车端面 C 至尺寸 48		车床	车夹具	
15	钻 3- $\phi 6H9$ 孔		钻床	钻夹具	
20	铣扁 82 ± 0.1 至尺寸		铣床	铣夹具	

图 1-2 所示为工序 10 精车外圆所用的车床夹具。其结构为在弹簧心轴薄壁套部分开有三条等分的轴向槽，形成弹性簧瓣，加工时工件以内孔和端面 B 在心轴弹性簧瓣的外圆表面及定程套 1 的端面上定位。当拧紧内六角螺钉 4 时，锥套 2 左移迫使弹性簧瓣 3 均匀涨开，将工件定心并同时夹紧，此时即可加工端面、外圆和切槽。反拧螺钉

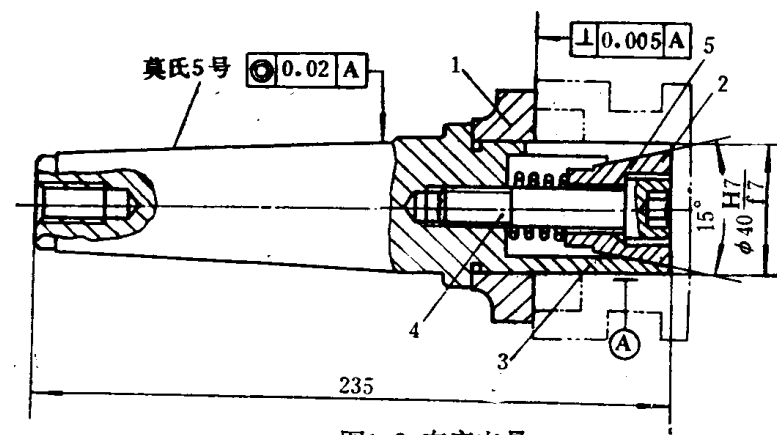


图 1-2 车床夹具

1—定程套 2—锥套 3—弹簧心轴 4—内六角螺钉 5—球面垫圈

4, 弹簧迫使锥套 2 右移, 弹性簧瓣收缩便可卸下工件。由于在制造心轴时, 保证了其工作表面与锥柄的同轴度, 故锥柄插入车床主轴锥孔后, 即可保证心轴工作表面对机床主轴轴线的同轴度要求, 从而保证工件外圆与定位孔同轴、端面与定位孔轴线垂直的要求。

图 1-3 为工序 15 中加工该工件圆周上三个 $\phi 6H9$ 等分孔的钻床夹具。工件 3 以加工过的内孔 $\phi 40H7$ 与定位心轴 2 配合, 端面 C 与定位心轴 2 的端面相接触, 以实现工件在夹具中的定位。拧紧螺母 10, 通过开口垫圈 9 将工件夹紧。

在本工序中, 三个被加工孔 $\phi 6H9$ 的尺寸精度由刀具保证, 而其等分精度及位置尺寸 $36 \pm 0.1\text{mm}$ 则由夹具保证。因夹具中钻套 11 的轴线与定位心轴 2 的端面相距为 $36 \pm 0.03\text{mm}$, 并与定位心轴轴线垂直相交。故通过钻套 11 引导钻头进行加工, 可以保证被加工孔的位置精度。

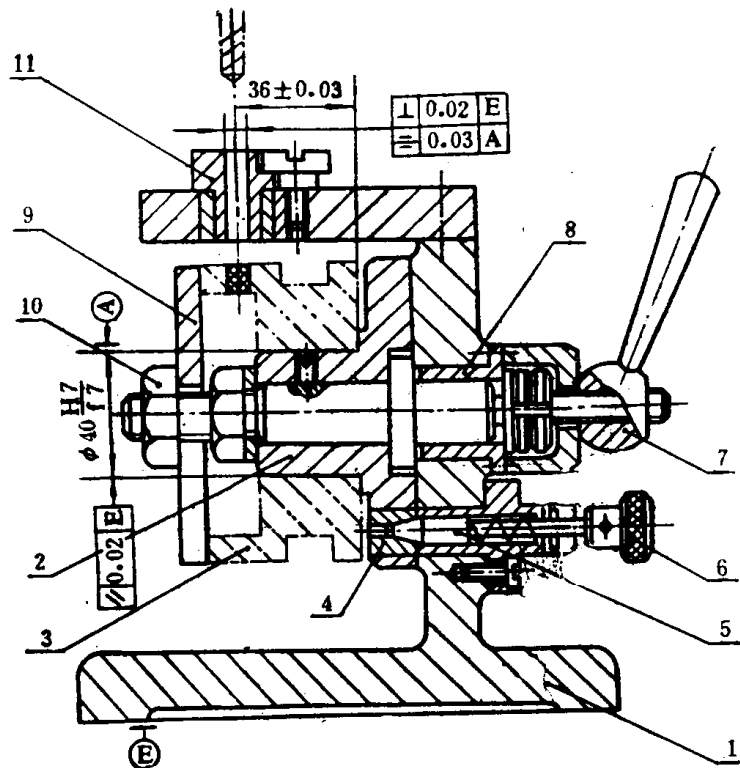


图 1-3 钻 3- $\phi 6H9$ 等分孔钻床夹具

1—夹具体 2—定位心轴 3—工件 4—定位衬套 5—对定销 6—手把
7—手柄 8—衬套 9—开口垫圈 10—螺母 11—钻套

三个均匀分布的孔的加工, 是在工件一次安装中, 由回转分度机构完成的。在加工完一个孔后, 转动手柄 7, 可将分度盘 (与定位心轴 2 为一体) 松开, 利用手把 6 将对定销 5 从定位衬套 4 中拔出, 使分度盘带动工件一起回转 120° 后, 对定销 5 插入另一定位衬套中即完成了一次分度。再转动手柄 7 将分度盘锁紧, 即可依次加工其余二孔。

图 1-4 为工序 20 铣扁并保持尺寸 $82 \pm 0.1\text{mm}$ 所用的气动铣床夹具。工件以内孔 $\phi 40H7$ 、端面 B 及 $\phi 6$ 小孔为定位基准面, 分别与定位元件 4、夹具体端面及定位锥销 5 相接触实现定位。由气缸活塞带动斜楔 2 通过滚轮 3、拉杆 6、开口垫圈 7 夹紧工件。对刀块 8 和塞尺 (图中未画出), 用以调整铣刀相对于工件的正确位置。整个夹具是通过两个定向键 10 与铣床工作

台的T形槽相配合而确定其在机床上的位置的。

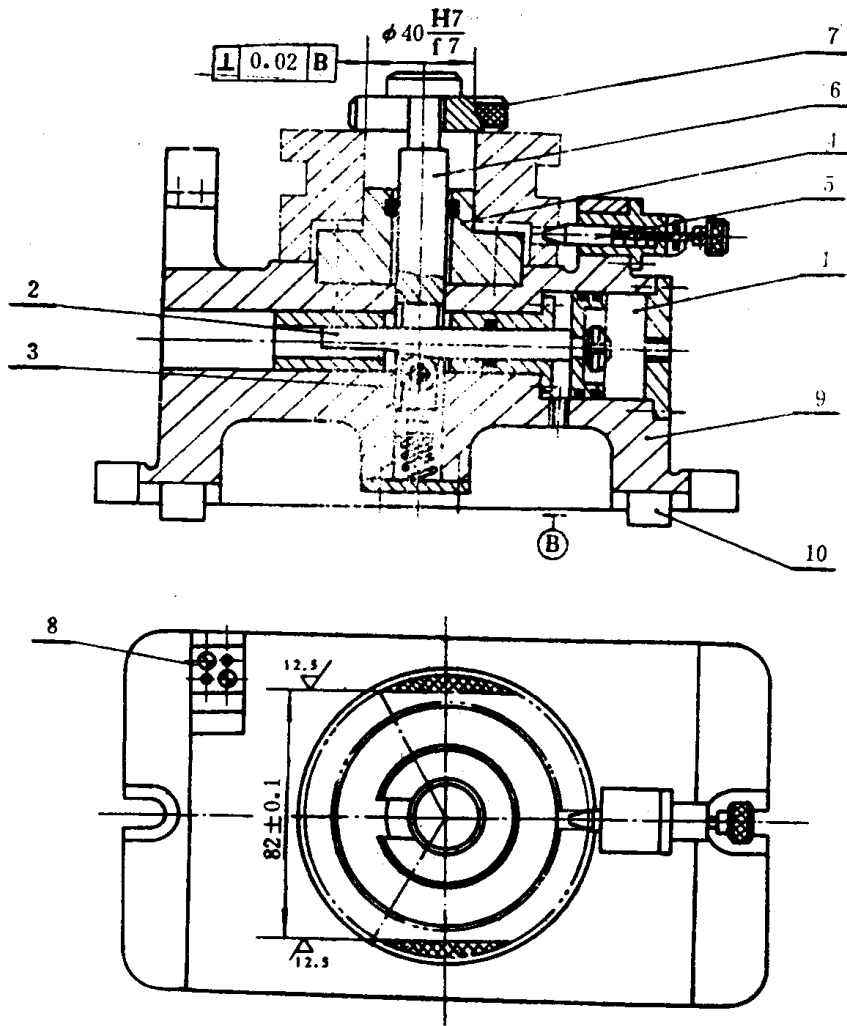


图1-4 铣床夹具

1—气缸 2—斜楔 3—滚轮 4—定位元件 5—锥销 6—拉杆
7—开口垫圈 8—对刀块 9—夹具体 10—定向键

由于夹具上定位元件4的轴线垂直于底面，定向键10的一个侧面与工作台T形槽平行，并通过对刀块和塞尺调整好刀具相对于工件的位置，因而保证了本工序的对称度要求。

从上述实例中可以看出，使用专用夹具安装工件具有如下特点：

(1) 工件在夹具中的正确定位，是通过工件的定位基面和夹具定位元件的定位表面相接触或配合，使同一批工件装入夹具后都占有固定的正确位置并被夹紧的。如图1-2中工件与定程套的接触和与弹簧心轴的配合。

(2) 夹具在机床上的正确位置，是通过夹具的安装基面或连接元件与机床的有关表面相连接来实现的。如图1-2中通过锥柄与机床主轴锥孔的配合及图1-4中夹具体上的定向键10与工作台T形槽配合，从而确定夹具对机床的正确位置。

(3) 工件与刀具间的正确位置，是由夹具上的导向元件或对刀元件来确定的。如图1-3中的钻套、图1-4中的对刀块(及塞尺)就是用来保证工件与刀具间的位置的。

由于上述三点，加之夹具精度比工件精度高得多，因而使用夹具就能确保工件加工的技术要求。

必须指出,在使用夹具安装工件时,刀具一经调整好位置后,在规定的磨损限度内不再进行调整。这对分析夹具的工作精度有密切关系。

三、机床夹具的功用

1. 保证加工精度,稳定产品质量

夹具保证的是工件被加工面的位置尺寸精度和位置关系精度。如上所述,由于夹具的有关精度远高于工件被加工面所要求的精度,加之使用夹具后,就不再受划线质量、找正工具以及操作者水平等主客观因素的影响,因而产品质量高而稳定。

2. 提高生产效率,降低加工成本

采用夹具后,能使工件迅速定位和夹紧,不需划线找正,不必试切调刀,并且可以采用快速高效、联动等夹紧装置,以大大缩短辅助时间,从而提高生产效率。同时使用夹具后产品质量稳定、不需高等级操作者、而且废品极少,从而降低了工件的加工成本。

3. 改善工人劳动条件

采用夹具后,可使装卸工件方便、省力、安全。有条件必要时,可采用气动、液压或其它机械化自动化装置,以减轻工人劳动强度,保证安全生产。

4. 扩大机床的工艺范围

例如在车床或摇臂钻床上装上镗模,就可进行单孔或孔系的镗孔加工,利用专用夹具可以改刨床为插床;改车床或铣床为加工型面的仿型机床;改单工位单件加工机床为多工位多件加工机床;等等。

§1-2 机床夹具的组成

机床夹具虽因加工对象和工序的不同而有不同的结构形式,但将其功能相同的元件或机构加以综合,则夹具结构一般可概括为如下几个组成部分。

1. 定位元件

用以确定工件在夹具中的位置。如图 1-2 中的弹簧心轴 3;图 1-4 中的定位元件 4 等。

2. 夹紧装置

用以夹紧工件,确保在加工过程中不因受外力而破坏其定位。如图 1-3 中的螺母 10 和开口垫圈 9;图 1-4 中带滚轮的斜楔气动夹紧装置等。

3. 导向、对刀元件

用以引导刀具或确定刀具与被加工面之间的正确位置。如图 1-3 中的钻套 11 及图 1-4 中的对刀块 8。

4. 连接元件

用以确定夹具本身在机床的工作台或主轴上的位置。如图 1-2 中的锥柄部分和图 1-4 中的定向键 10。

5. 其它装置和元件

根据加工需要有些夹具分别采用分度装置(如图 1-3 中的分度盘及对定销)、靠模装置、上下料装置和顶出器等。

6. 夹具体

用来连接或固定夹具上各元件使之成为一个整体的基础元件。如图 1-3 中的零件 1 和图 1-4 中的零件 9 等。

上述组成部分中,定位元件、夹紧装置和夹具体是必需的,其它不是所有夹具都需要的。

§1-3 机床夹具的分类

按使用范围和使用特点,机床夹具可分为通用夹具、专用夹具、可调夹具、组合夹具和随行夹具等。

一、通用夹具

通用夹具是指结构、尺寸已规格化,具有一定通用性的夹具。如三爪或四爪卡盘、机器虎钳、回转工作台、万能分度头、磁力工作台等。其特点是适应性强,不需调整或稍加调整,就可用来安装一定形状和尺寸范围内的各种工件进行各种工序的加工。采用这种夹具可缩短生产准备周期,减少夹具品种,从而降低设备的制造成本。其缺点是定位精度不高,操作复杂,生产效率低,有的只起夹紧作用,故主要用于多品种的单件小批生产。但是近年来高精度高效率的通用夹具有了迅速发展,如高精度自定心卡盘、液压虎钳、气动滑柱钻模等不断出现,所以在大量生产以及柔性制造系统中,通用夹具的使用有日益增多的趋势。由于这类夹具多由专门工厂制造供应,故本书不予介绍。

二、专用夹具

专用夹具是针对某一工件某一工序的加工要求而专门设计、制造的专用装置。一般都是由使用单位按其具体条件自行设计、制造的,因之结构紧凑,使用和维护方便。但设计和制造周期长,无继承性,因此仅适用于产品相对稳定,批量较大的情况以及不用夹具就难以保证加工精度的场合。

三、可调夹具

这种夹具是根据结构的多次使用原则而设计的。对不同类型的和尺寸的工件,只需调整或更换原来夹具上的个别定位元件或夹紧元件便可使用。它一般又分为通用可调夹具和成组夹具,前者的加工对象不很确定,通用范围大,如滑柱式钻模、带各种钳口的通用虎钳等;后者则是针对成组工艺中某一组零件的加工而设计的,加工对象明确,调整范围也只限于本组内的工件。

四、组合夹具

组合夹具是用一套预先制造好的标准元件及合件组装而成的专用夹具。这些元件和合件具有精度高、耐磨,可完全互换,组装及拆卸方便迅速等特点。夹具用完后即可拆卸,将元件清洗分类存放,留待组装新的夹具。由于利用组合夹具可缩短生产准备周期,元件能重复多次使用,并具有减少专用夹具品种、数量和存放空间等优点,因此组合夹具除适用于新产品试制和单件小批生产外,还适用于柔性制造系统及批量生产中。

五、随行夹具

它是自动线夹具的一种。自动线夹具一般分两类:一类为工位固定式夹具,它与一般专用夹具相似;一类为随行夹具,它适用于工件形状复杂而又无良好定位基面或输送基面的情况,使用中先将工件装夹于随行夹具上,然后由随行夹具将被加工工件沿着自动线从一个工位移到下一个工位,进行不同工序的加工。

除上述分类外,夹具按所使用机床的不同可分为:车床夹具、钻床夹具、镗床夹具、铣床夹具等;还可按夹紧动力源分为:手动夹具、气动夹具、液压夹具、电动夹具、磁力夹具、真空夹具、自夹紧夹具以及速冻夹具等。

§1-4 本课程的任务和主要内容

“机床夹具设计”是机械制造工艺及设备专业的一门专业课，它既与“机械制造工艺学”有紧密联系而又相对独立，实践性很强。按教学计划规定，它是在同学们已经学习了专业基础理论知识并进行了生产实习之后才开设的。

本课程的主要任务在于系统地论述机床夹具的设计理论和设计方法。学生通过本课程的学习，应初步具备设计一般专用夹具的能力。

本课程主要内容：

“绪论”部分是通过几个典型夹具实例，使学生对机床夹具的功用及其组成有一个概括的了解。

“工件的定位”一章，系统地论述工件定位的基本原理，全面地介绍常用定位方式及定位元件，并在此基础上，分析和研讨各种典型定位方式可能产生的定位误差，以确保工件被加工表面的加工质量。该章是本课程的核心内容，要求学生要牢固地掌握并能熟练地加以运用。

“工件的夹紧”一章的重点内容是：夹紧力大小、方向和施力点的选择，基本夹紧机构的分析计算和设计要点，各种常用夹紧装置的结构知识和力源装置等。

“分度装置和夹具体”一章，使学生了解分度装置的组成及结构特点，精密分度装置的基本原理和结构，明确对夹具体的基本要求和工艺知识等。

“各类机床夹具”一章，是在学过工件的定位和夹紧以及分度装置和夹具体等内容的前提下，按车床夹具、钻床夹具、镗床夹具及铣床夹具的顺序，并通过阅读有关夹具图册和夹具图纸，逐一分析各类夹具的结构特点和设计要点，使学生获得较多的夹具结构知识。

“专用夹具的设计方法”一章，是对本课程的总结，它综合分析并归纳一般设计夹具的共同规律，明确提出设计的方法步骤，并通过实例加以具体应用。

“现代机床夹具的发展”一章，主要介绍夹具的发展方向，可调整夹具、组合夹具的基本原理和特点。

第二章 工件的定位

§2-1 概 述

从第一章中已知，在机械加工中，为了保证工件被加工表面的技术要求，必须首先使工件相对于刀具和机床处于确定的正确位置。在使用夹具的情况下，就要使机床、刀具、夹具和工件，始终保持正确的相互位置关系。夹具、刀具对机床的相互位置是事先调整并固定好的，工件相对于刀具和机床的位置，是通过工件在夹具中的定位来实现并由夹紧装置作保证的。

所谓工件在夹具中的定位，就是使被加工工件在夹具中占据一个固定的正确加工位置。这个位置，是在工件夹紧之前或在夹紧过程中，使工件的定位基面与夹具上定位元件的定位表面相接触或配合来实现的。定位的目的，就是要使同一批工件在夹具中都占有一致的正确加工位置。

工件在夹具中的定位问题，是夹具设计中首先要解决的重要问题。本章着重研究工件在夹具中正确位置的确定原则、方法、常用定位元件以及精确位置的确定规律。

在分析和研究定位问题时，定位基准的选择是一个关键问题。工件的定位基准一旦被选定，则其定位方案也基本上被确定。定位基准在工艺规程中一般已被选定，设计夹具时可直接引用，但当工艺规程原定的定位基准不够合理，从而将使夹具的结构复杂化或造成夹具使用不便时，夹具设计人员应会同工艺人员共同协商和讨论改选定位基准，以使所设计的夹具更加合理、简单和经济。不过，这时要作工艺尺寸的换算，并要修改工艺规程的相应部分。本章内容是以定位基准已经选定为前提的。

§ 2-2 工件定位的基本原理

一、六点定位原则

尚未定位的工件在空间的位置是任意的、不确定的。工件位置的这种不确定性，可以用直角坐标系加以描述。如图 2-1 所示，工件(六方体)在直角坐标系中，可以沿着 X 轴、Y 轴、Z 轴的方向，分别处在各轴线上任意的位置；同时，也可以分别处于绕 X 轴、Y 轴、Z 轴角度方位的任意位置。通常把工件沿着每一坐标轴线所处位置的可能性和绕着每一坐标轴线的角度方位所处位置的可能性称为自由度*，并以符号 \vec{X} 、 \vec{Y} 、 \vec{Z} 分别表示沿 X、Y、Z 轴的轴向位置自由度(简称轴向自由度)和以符号 \hat{X} 、 \hat{Y} 、 \hat{Z} 分别表示绕 X、Y、Z 轴的角度方位的位置自由度(简称角向自由度)。因此，工件的自由度共有六个。

定位的任务，就是要设法限制工件的这种自由度。若工件的某一个自由度被限制，工件在这个方向或方位上的位置就确定了；若工件的六个自由度均被限制，工件在空间就将占有一个唯一确定的固定位置。

* 这里的自由度系位置自由度，它与运动自由度(沿坐标轴移动和绕坐标轴转动)是完全不同的两种概念。

在分析工件定位问题时，理论上是用定位点来限制其自由度的，用适当分布的六个定位点就可以限制工件的六个自由度。当工件的六个自由度都需要限制时，六个定位点如何合理地布置才能正确地限制工件的六个自由度呢？现以图 2-2 为例，在 XOY 坐标平面内，设置图示的三个定位点 1、2、3，当工件的底面与该三点相接触时，则工件沿 Z 轴方向的轴向自由度和绕 X 轴、 Y 轴角度方位的角向自由度就被限制，即限制 \bar{Z} 、 \bar{X} 、 \bar{Y} 三个自由度；然后在 YOZ 坐标平面内，沿平行于 Y 轴的方向，设置两个定位点 4、5，当工件侧面与该二点相接触时，则工件沿 X 轴方向的轴向自由度和绕 Z 轴角度方位的角向自由度也被限制，即限制 \bar{X} 、 \bar{Z} 两个自由度；再在 XOZ 坐标平面内，设置一个定位点 6，当工件的另一侧面与该点相接触时，则工件沿 Y 轴方向的轴向自由度也被限制，即限制 \bar{Y} 一个自由度。用图中如此设置的六个定位点，去分别限制工件的六个自由度，从而使工件在空间得到确定位置的方法，称为六点定位原则。

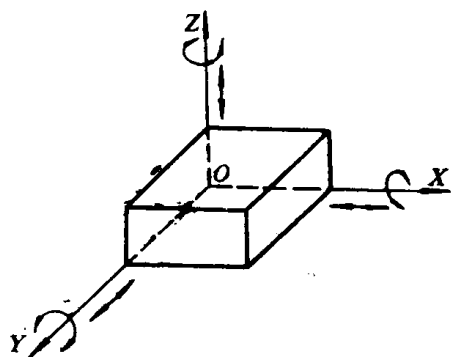


图2-1 工件的六个自由度

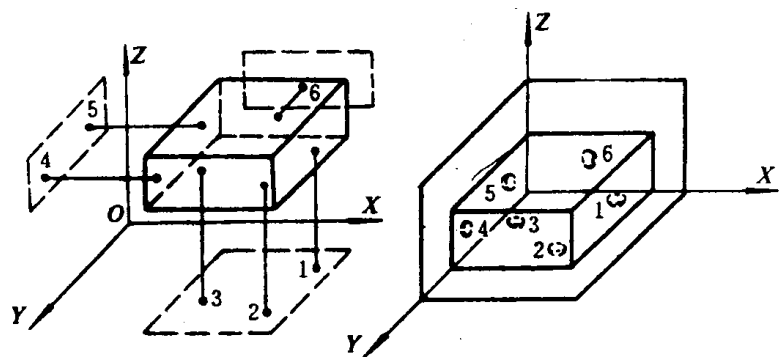


图2-2 六点定位

必须指出：与定位点相接触的工件上的表面（上例中为平面，共三个），即为定位基面。由于定位是定位点与工件的定位基面相接触来实现的，二者一旦相脱离，定位作用就自然消失了，因此，不存在自由度相反方向的限制（定位）问题。同时，在分析定位作用时，不考虑力的影响，在外力（如夹紧力）作用下工件不能运动时，其所有的自由度不一定都已被限制。此外，所谓“几点定位”仅指某种定位方式中的数个定位点的综合作用，而非各定位点与被限制自由度之间成一一对应关系，即不是一个定位点限制一个自由度。

二、完全定位与不完全定位

六点定位原则，适用于任何工件的任何工序，只是定位点数及其分布要按工序的技术要求以及定位基面的情况而定。同时，在具体的夹具中，定位点及其作用是由定位元件来体现的。

1. 完全定位

工件的六个自由度完全被限制的定位称为完全定位。图 2-3 (a)、(b)、(c) 为不同外形的工件作完全定位的示例。

图 (a) 中，工件的定位基面为底平面和两个侧平面。被加工面为具有三个坐标方向工序尺寸要求的不通槽，其工序尺寸：在 X 方向为 S_{-ds} 、 B_{-db} ； Y 方向为 L_{-dl} ； Z 方向为 H_{-dh} 。今采用处在同一平面上的三个支承钉 1、2、3 限制工件的 \bar{Z} 、 \bar{X} 、 \bar{Y} 三个自由度，从而保证工序尺寸 H_{-dh} 的要求；采用两个支承钉 4、5 限制工件的 \bar{X} 、 \bar{Z} 两个自由度，从而保证工序尺寸 S_{-ds} 的要求（ B_{-db} 由刀具保证）；用支承钉 6 限制工件的 \bar{Y} 自由度，从而保证工序尺寸

L_{-d1} 的要求。

图(b)中, 工件的定位基面为外圆柱面、键槽1'侧面和后端面。被加工面为具有三个坐标方向工序尺寸要求的键槽, 其工序尺寸: 在X方向要求槽的中心面通过圆柱体的直径平面; Y方向为 L_{-d1} ; Z方向为 H_{-d1} ; 并要求该键槽与槽1'的夹角为 180° 。今采用V形块和两个销子定位。工件以外圆柱表面与V形块工作面相接触, 限制了工件的 \bar{X} 、 \bar{Z} 、 \hat{X} 、 \hat{Z} 四个自由度(这是四点定位的方式, 其定位点的数目及分布是按被消除的自由度数去作具体推断的); 销1限制了工件绕Y轴的角向自由度 \hat{Y} ; 销2限制了工件的 \bar{Y} 自由度。

图(c)中, 工件为一连杆, 被加工面为孔 D_2 。其定位方式是利用连杆的一个端平面与夹具体表面相接触, 限制了工件的 \bar{Z} 、 \hat{X} 、 \hat{Y} 三个自由度; 利用孔 D_1 与夹具上的短圆柱销1相配合, 限制了工件的 \bar{X} 、 \bar{Y} 两个自由度; 最后让连杆侧面与夹具上的销2相接触, 限制了工件的 \hat{Z} 自由度。

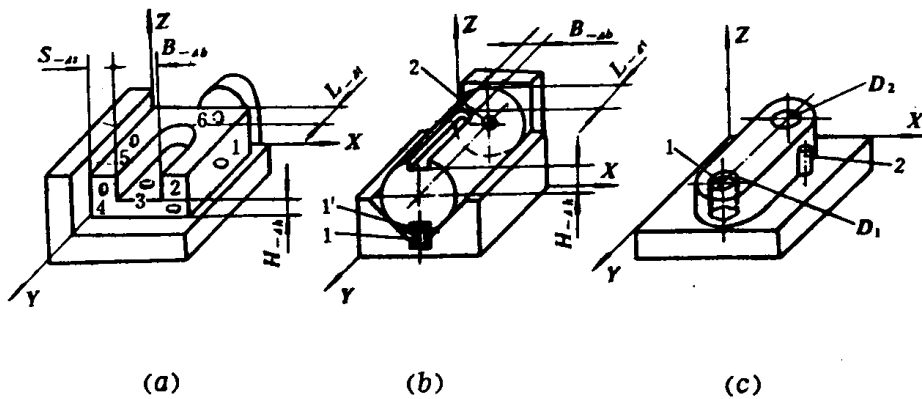


图2-3 不同形状工件的完全定位示例

2. 不完全定位

在定位时, 工件的六个自由度并非在任何情况下都要全部加以限制, 一般只要求限制影响工件加工精度的那些自由度。例如在图2-3(a)和(b)中, 若该二工件的被加工面均为通槽, 则图(a)中就可以取消销6; 图(b)中就可以取消销2并分别按图2-4(a)和(b)的方式定位。此时, 尽管工件被限制的自由度数变为 \bar{X} 、 \bar{Z} 、 \hat{X} 、 \hat{Y} 、 \hat{Z} 等五个, 但这并不影响工件的加

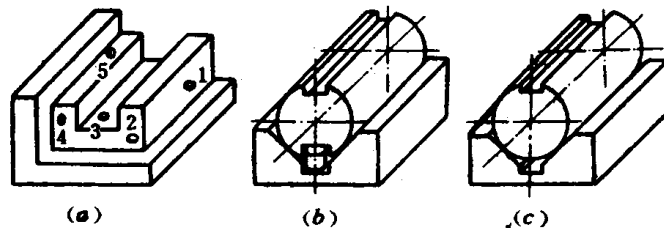


图2-4 不完全定位示例

工精度和要求, 因此是合理的和允许的。此外, 在图2-3(b)中, 若被加工表面为通槽, 而且工件上又无槽1'以及 180° 的夹角要求, 则可按图2-4(c)的方式定位, 其被限制的自由度数仅

为 \vec{X} 、 \vec{Z} 、 \vec{X} 、 \vec{Z} 等四个。再如图 2-5 所示，三个形状各异的工件都要求加工平面，图 (a) 只需限制 \vec{Z} 、 \vec{X} 、 \vec{Y} 三个自由度；图 (b) 只需限制 \vec{Z} 、 \vec{X} 两个自由度；图 (c) 只需限制 \vec{Z} 一个自由度即可满足加工要求。这种根据加工要求，工件的六个自由度有时不需要全部限制的定位，称为不完全定位。但也有这样的情况，为了承受切削力、夹紧力或便于安放工件和自动走刀限位所需，对不影响加工要求的自由度也加以限制。如图 5-34 所示，根据加工要求，只需限制三个自由度，但为承受水平切削分力并使夹紧方便，采取了完全定位方式。另如图 1-3 所示，从钻孔 $3-\phi 6H9$ 的工序要求，则沿孔轴线方向的自由度可不予限制，但定位销轴 2 在限制其余自由度的同时，也限制了这一自由度，这是合理的，若避免限制这个自由度，则反会使夹具结构复杂化或甚至无法实现。

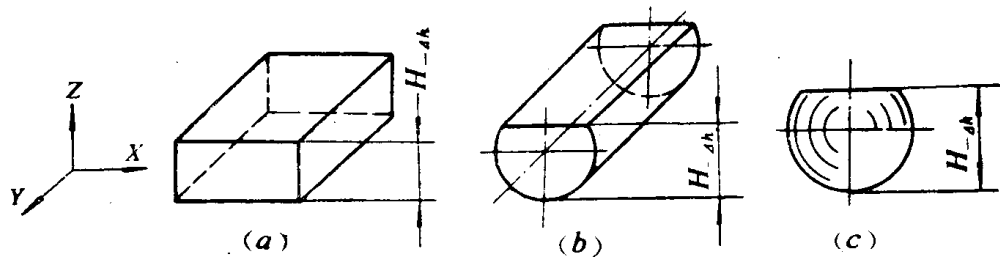


图2-5 同一工序不同定位基准对自由度的限制

综上所述，工件定位时需要限制的自由度数，应由工序的加工要求而定，不影响加工要求的自由度可不加限制。若要求工件限制六个自由度，则称为完全定位，否则为不完全定位。并且在具体夹具上，定位点及其作用是由定位元件体现的。有时(定心或定中定位)定位点数及其作用需要按被消除的自由度数去作具体的推断。究竟采用完全定位或是采用不完全定位，以及定位点的数目和分布方式如何，要视工件的定位基面形状的不同和工序加工要求的不同以及所采用定位元件型式不同而有所不同(定位方式和元件在下节讨论)。通常工件的被加工面在三个坐标方向上都有尺寸要求或位置精度要求时，就要采用完全定位方式；否则，可以用不完全定位方式。在实际生产中，工件被限制的自由度数一般不少于三个。

表2-1列举了一些常用定位方式所限制的自由度，以作学习时的参阅和分析。

表2-1 常用定位方式所限制的自由度

定位元件名称	定位方式	限制的自由度数	相当定位点数	定位元件名称	定位方式	限制的自由度数	相当定位点数
支承钉 支承板 支承平面	1. 支承钉或小平面	1	1	定位心轴		\vec{Y} \vec{Z}	2
	2. 窄长支承板或相距较远的两支承钉所组成的平面	2	2			\vec{Y} \vec{Z}	4
	3. 相距较远的两窄长支承板或三个支承钉所组成的平面	3	3			\vec{Y} \vec{Z}	4

续表

定位元件名称	定位方式	限制的 自由度数	相当 定位点 数	定位元 件名称	定位方式	限制的 自由度数	相当 定位点 数
支承套		短套 \vec{X} \vec{Y}	2	锥销及锥度心轴		固定锥销 \vec{X} \vec{Y} \vec{Z}	3
锥套		固定锥套 \vec{X} \vec{Y} \vec{Z}	3	V形块		短V形块 \vec{X} \vec{Z}	2
短圆柱销与短削边销组合		短圆柱销 \vec{X} \vec{Y}	2	固定V形块与活动V形块组合		固定V形块 \vec{X} \vec{Z}	2
				双顶尖		固定顶尖 \vec{X} \vec{Y} \vec{Z}	3
						活动顶尖 \vec{Y} \vec{Z}	2

3. 定位的稳定性

图2-3(a)所示的定位中, 工件上与三个定位点相接触并限制三个自由度的基面称为第一定位基面或主要定位面。与两个定位点接触并限制两个自由度的基面称为第二定位基面或导向定位面。与一个定位点接触并限制一个自由度的基面称为第三定位基面也称止推面或防转面。必须指出: 三个定位面的定位是有先后次序之分的, 并且后一个面的定位是以前一个定位面的定位为前提的, 即没有第一定位面的定位, 第二(和第三)定位面的定位是无意义的, 其余类推。因此, 第一定位面的定位是基本的、主要的。设计夹具时要选择工件上与三个以