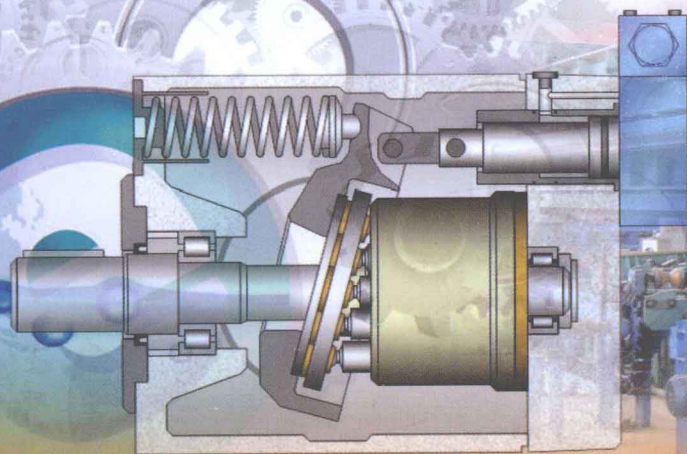




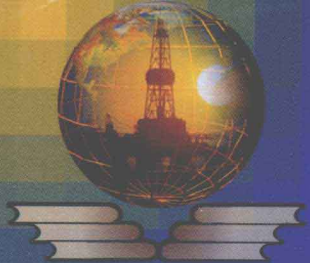
高等院校规划教材

机械制造工艺学

王世敬 主编

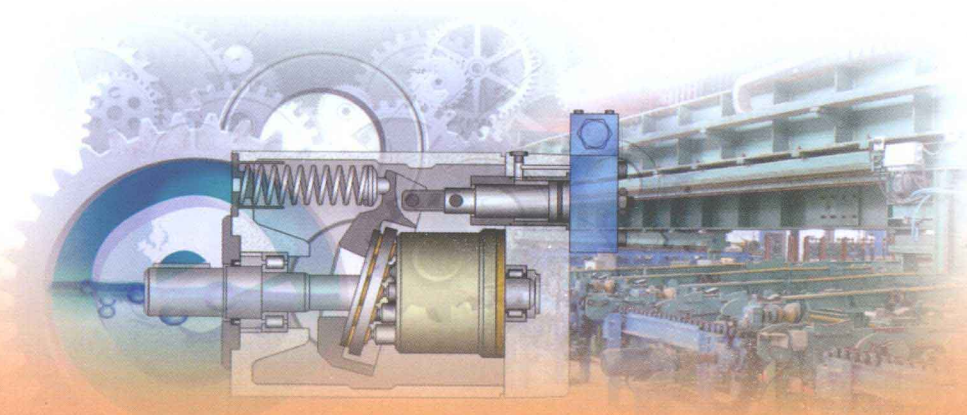


石油工业出版社
Petroleum Industry Press



高等院校规划教材

责任编辑：方子奇 张麟华 封面设计：赛维玉 责任校对：王 群



ISBN 978-7-5021-8268-7



9 787502 182687 >

定价：36.00 元

高等院校规划教材

机械制造工艺学

王世敬 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书详细介绍了机床夹具设计基础、机械加工工艺规程制订、典型零件加工技术、机械加工精度、机械加工表面质量、机器装配基础以及先进制造技术，内容丰富，图文并茂。每章有明确的教学目标，并附有思考题与练习题。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及其自动化专业的教材，同时也可供从事机械制造的工程技术人员及自学人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工艺学/王世敬主编.

北京: 石油工业出版社, 2011. 8

高等院校规划教材

ISBN 978-7-5021-8268-7

I. 机…

II. 王…

III. 机械制造工艺-高等学校-教材

IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 017769 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523579 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油报印刷厂

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 22.25

字数: 554 千字

定价: 36.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

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,同时结合多年的教学实践及教学改革的需要编写而成的,对机械制造工艺学传统内容体系进行了精选和提炼,较大幅度地增加了先进制造技术的内容。

全书共分七章,内容包括机床夹具设计基础、机械加工工艺规程制订、典型零件加工技术、机械加工精度、机械加工表面质量、机械装配基础和先进制造技术。其中“先进制造技术”一章可作为学生自学内容。

本书既保留了“机械制造工艺学”课程的基本内容体系,又结合了高等工科学校对机电工程类、近机械类专业对机械制造工艺方面的培养目标与教学学时的要求,突出了以下特点:

(1) 机械制造工艺是一门实践性很强的应用性技术学科。在本书的编写上紧扣这一要点,特别突出其实践性和应用性,以较多的生产实例为引线,着重分析机械工艺学的基本理论及其方法在生产实际中的灵活应用,理论联系实际。

(2) 为适应培养复合型人才的需求,在系统介绍机械制造工艺学经典内容的同时,较为全面地增添了先进制造技术的内容,如先进制造工艺技术、制造系统自动化和先进制造模式等,及时地反映了现代机械制造技术向着集成化、可视化、虚拟化、网络化、绿色化等方向的发展趋势。

(3) 在理论知识方面,注重基本理论,够用、适用即可。

(4) 为强化课堂教学效果及便于自学,每章都给出了教学目标与思考练习题。在习题的设计上,提供解题思路,训练应用能力,逐步培养工程职业素质。

(5) 全书采用国家规定的名词术语和最新标准。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及其自动化专业的教材,供50~60学时讲授使用;同时也可供从事机械制造方面的工程技术人员及自学人员参考。

本书由中国石油大学(华东)刘永红教授担任主审,王世敬教授担任主编。具体分工如下:绪论、第一章、第二章由王世敬编写,第三章、第七章由李小朋编写,第四章、第五章由张立军、纪仁杰编写,第六章由相恒富编写,全书由王世敬统稿。此外,编者在编写时还参阅了众多相关文献资料,所用参考文献均已列于书后,在此对相关作者表示衷心感谢。

由于编者水平和经验所限,书中难免有不妥之处,敬请同行和读者批评指正。

编者

2010年10月

目 录

绪论	1
第一章 机床夹具设计基础	6
第一节 概述	6
第二节 工件定位的基本原理及应用	9
第三节 定位副及定位元件	12
第四节 定位误差的分析与计算	20
第五节 一面两孔定位	26
第六节 工件在夹具中的夹紧	32
第七节 夹具体及夹具的对定	48
第八节 夹紧动力装置设计	55
第九节 各种机床夹具	57
第十节 专用夹具设计方法	71
第十一节 计算机辅助夹具设计系统	79
本章教学目标	86
思考题与练习题	87
第二章 机械加工工艺规程制订	93
第一节 概述	93
第二节 对零件进行工艺分析及毛坯的选择	99
第三节 拟定工艺过程	103
第四节 工序设计	116
第五节 工艺尺寸链	124
第六节 工艺过程技术经济分析概述	138
第七节 成组技术	142
第八节 计算机辅助工艺过程设计	151
本章教学目标	155
思考题与练习题	155
第三章 典型零件加工技术	161
第一节 轴类零件加工技术	161
第二节 盘套类零件加工技术	166
第三节 支架、箱体类零件加工技术	171
第四节 制订零件机械加工工艺规程举例	176
本章教学目标	179
思考题与练习题	182

第四章 机械加工精度	188
第一节 概述.....	188
第二节 工艺系统几何精度对加工精度的影响.....	191
第三节 工艺系统受力变形对加工精度的影响.....	202
第四节 工艺系统受热变形对加工精度的影响.....	209
第五节 工件内应力对加工精度的影响.....	215
第六节 加工误差的统计分析.....	216
本章教学目标.....	229
思考题与练习题.....	229
第五章 机械加工表面质量	232
第一节 概述.....	232
第二节 表面粗糙度.....	234
第三节 加工表面力学物理性能的变化及其影响因素.....	239
第四节 机械加工工艺系统的振动.....	246
本章教学目标.....	253
思考题与练习题.....	253
第六章 机器装配基础	255
第一节 概述.....	255
第二节 装配工艺规程的制订.....	257
第三节 机器的装配精度.....	266
第四节 装配自动化概述.....	287
第五节 机器的虚拟装配.....	290
本章教学目标.....	292
思考题与练习题.....	292
第七章 先进制造技术	295
第一节 概述.....	295
第二节 先进制造工艺技术.....	298
第三节 制造系统自动化.....	330
第四节 先进制造生产模式.....	341
思考题与练习题.....	348
参考文献	349

绪 论

一、机械制造业在国民经济中的地位

机械制造业是国民经济各部门的装备部，是国民经济的基础产业和支柱产业。国民经济各部门的生产技术水平和经济效益，在很大程度上取决于机械制造业所能提供装备的技术性能、质量和可靠性。同时，机械制造业的技术水平和规模是衡量一个国家科技水平和经济实力的重要标志。机器制造业是整个制造业的核心。美国机器制造业生产总值占全美制造业的41.8%，英国占38.5%，德国、日本占47.8%，韩国占39.1%，印度占24.4%。因此，机械制造业是一个国家的立国之本，机械制造业发展水平的高低，将直接影响到国家的产品技术水平和经济效益的提高，没有现代化的机械制造就不可能有现代化的工业、农业、国防和科学技术。

自新中国成立以来，我国机械工业有了很大发展，已经成为工业中产品门类比较齐全、具有相当规模和一定技术基础的产业部门之一，为其他产业部门的发展作出了重要贡献。特别是改革开放以来，机械工业充分利用国内外两方面的技术资源，有计划地进行企业的技术改造，引导企业走依靠科技进步的道路，使制造技术、产品质量和水平以及经济效益有了很大提高，为推动国民经济的发展起着重要作用。“十一五”期间是我国机械工业发展的最好历史时期，2009年完成销售收入15334.1亿美元，位居世界第一位。

但是与其他工业发达国家相比，我国机械工业的水平还存在着阶段性的差距，主要表现在机械产品质量和水平不够高、技术开发能力不够强、科技投入少等。特别是相对其他产业来说，对机械工业的作用认识不够，甚至有相当一段时间不够重视。近年来，世界各国都把提高产业竞争力和发展高新技术、抢占未来经济制高点作为科技工作的主攻方向，对机械工业的重要作用和作用有了进一步的认识，对机械工业科技发展提出了更高的要求，特别是机械制造技术的发展更加受到重视。

制造技术已经不是单纯的制造工艺方法和产品设计，它是一个从产品概念到最终产品的集成活动和系统，是一个功能体系和信息处理系统。过去，人们常常把制造技术看成是一些经验的积累，实际上它是一个从产品设计到进入市场再到返回产品设计的大系统。

美国在20世纪50年代以后的很长的一段时间内，轻视制造技术的作用，认为制造业是“夕阳工业”，严重影响了其国防竞争力。80年代初，美国开始反省，总统委员会的一份报告指出：美国在重要的、高速增长的技术市场上失利的一个重要原因是美国没有把自己的技术应用到制造技术上。据美国国家生产力委员会调查，在企业生产力构成中，制造技术的作用占62%。美国政府在进行深刻反省之后，重新确立了制造业的地位，并对制造业给予了实质性的和强有力的支持，制定并实施了一系列振兴美国制造业特别是机械制造业的计划。其效果十分显著，至1994年，美国汽车产量重新超过日本，并重新占领了欧美市场。

世界上所有国家，特别是经济比较发达的国家都非常重视制造技术的发展。日本在第二次世界大战后一直对制造技术十分重视，先后提出了“技术立国”和“新技术立国”的道路，而且狠狠抓住了制造技术的关键——精密工程、特种加工和制造系统自动化，使日本在

战后的短短 30 年里，一跃而成为经济大国。

现在，各工业化国家都把制造技术视为当代科技发展最为活跃的领域和国际间科技竞争的主战场，相继制定了一系列的振兴计划，建立世界级制造技术中心，纷纷把先进制造技术列为国家关键技术和优先发展领域。一个以现代制造技术为中心的科技竞争已经在发达国家之间展开，一个以现代制造技术为重点的制造工业革命已经到来，这就是第三次工业革命。

二、机械制造业的发展历程

机械制造业历史悠久，是伴随着生产力和科学技术的进步而向前发展的。至今，机械制造业的发展，可以归纳为五个不同类型的生产发展阶段。

1. 劳动密集型生产方式

这是一种落后的生产方式。劳动生产率较低，工人劳动强度大，对工人技术水平要求高，产品精度一致性差，产品质量往往取决于工人的技艺。手工制作及早期的工业生产均属于这种生产方式。目前，这种生产方式正逐渐被淘汰。

2. 设备密集型生产方式

这是一种随着运输机械、施工机械和机床等大规模工业化生产的出现而产生的生产方式，劳动生产率较高，对工人的技术水平要求较低，产品的精度一致性较好，产品质量主要取决于机械加工设备本身的精度。但其生产率的提高来自于众多设备的投入，对多品种的中小批量生产适应性较差。汽车、拖拉机、轴承等大批量生产中的刚性生产流水线均属于这种生产方式。

3. 信息密集型生产方式

随着计算机技术、控制技术的发展及其在制造领域中的应用，从 20 世纪初期开始出现数控机床、加工中心等新型机电一体化加工设备。它实现了人与机器设备之间的信息交流，机器设备可通过获得的信息，快速、准确地实现加工。这种生产方式的自动化程度和适应性较强，是一种较为先进的生产方式。

4. 知识密集型生产方式

这是一种继信息密集型生产方式之后产生的新的生产方式，是制造理念的飞跃。它把单向的产品制造链，有机地组成为制造系统，制造系统中的物流系统、信息流系统、能量流系统等相互依赖、相互作用、相互协调。这种制造系统不但能与人进行信息交流，而且本身具有专家系统、数据库等必要的解决问题的知识，使其能在获取较少信息的情况下完成加工要求。因此，这种生产方式的自动化水平和适应性进一步提高。柔性制造系统（FMS）、计算机集成制造系统（CIMS）是这种生产方式的典型代表。

5. 智能密集型生产方式

这是一种目前正在研究和实施的全新的生产方式。它试图使制造系统本身具有人工智能，而不是只具有对某一问题专一的、有限的知识，并引入了新的制造哲理和组织形式。因此，这种制造技术能够快速响应市场的变化，超前地开发产品，实现多品种产品的全过程管理。这种制造技术的实施，将使人们梦寐以求的“无图纸加工”、“无人化加工”、“无害化加工”成为可能。目前，正在研究的智能制造系统（IMS）、智能型计算机集成制造系统

(ICIMS)、敏捷制造等就属于这种生产方式。

三、机械制造工艺学的研究对象

机械制造工艺学是以机械制造中的工艺问题作为研究对象的一门应用性技术学科。由于生产中的工艺问题涉及面极为广泛，因此机械制造工艺学只研究加工和装配两个方面的工艺问题。它包括零件毛坯的制造、机械加工、热处理和产品的装配。机械制造工艺所涉及的行业有百余种，产品品种成千上万，但研究的工艺问题主要可归纳为质量、生产率和经济性三个方面。

1. 保证和提高产品质量

产品质量包括整台机械的装配精度、使用性能、使用寿命和可靠性，以及零件的机械加工精度、机械加工表面质量。近些年，由于宇航、精密机械、电子工业和军工的需要，对零件的精度及表面质量要求越来越高，相继出现了各种新工艺和新技术，如精密加工、超精密加工和细微加工等，加工精度由早期的 $1\mu\text{m}$ 级提高到 $0.01\sim 0.001\mu\text{m}$ 级，目前正向 $0.0001\sim 0.0003\mu\text{m}$ 级迈进。

2. 提高劳动生产率

(1) 提高切削用量。如采用高速切削、高速磨削和重磨削等。近些年来出现的聚晶金刚石和聚晶立方氮化硼新型刀具材料，其切削速度可达 $900\text{m}/\text{min}$ ，高速磨削的磨削速度可达 $200\text{m}/\text{s}$ 。

(2) 改进工艺方法，创造新工艺。如利用精密锻造实现少切屑、无切屑加工，对高强度难加工材料采用特种加工等。

(3) 提高自动化程度，实现高度自动化。如采用数控机床、加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造系统和无人化车间等。

3. 提高经济性，降低成本

这是一个综合性问题，要节省、合理地选择原材料，研究新材料，合理使用、改进现有设备，研制新的高效设备；从产品结构、设计，加工方法、顺序，装配方法及设备，工人技术素质等多方面进行优化组合；在整个制造业引入最新的科技成果和全新的经营管理理念，实现制造过程和整个行业的信息化；在保证质量的前提下，最大限度地降低成本，获得较高的经济效益。

四、教材内容、课程特点和学习目标

1. 教材内容

“机械制造工艺学”是机械设计制造及其自动化专业的主干课程之一，也是材料科学与工程等专业的必修课。本教材的主要内容包括以下几个方面：

(1) 机床夹具设计基础，介绍了专用夹具设计的基本方法，加强了定位与夹紧两大内容体系，并有常见专用夹具的设计实例，简述了计算机辅助夹具设计的基本方法。

(2) 机械加工工艺规程制订，论述了制订的指导思想、内容、方法和步骤，分析了工艺过程设计和工序设计的基本问题、加工余量、工艺方案分析和工艺尺寸链等问题，简要地讨论了成组技术和计算机辅助工艺过程设计。

(3) 典型零件加工技术，介绍了典型零件表面的加工方法，不同加工要求下的加工方

案,分析了保证典型零件各项加工要求的工艺方法和技术措施,同时进行了制订工艺过程的实例分析。

(4) 加工质量包括机械加工精度和机械加工表面质量两部分。在加工精度部分,分析了影响加工精度的因素、加工误差的统计分析及提高加工精度的途径;在表面质量部分,分析了影响表面质量的因素及其改善措施,阐述了表面改性处理,以及利用振动来改变表面质量等问题。

(5) 机械装配基础,论述了装配工艺规程的制订及典型部件装配、结构的装配工艺性、装配工艺方法和装配尺寸链等内容,增加了机器人与装配自动化等新内容。

(6) 先进制造技术,介绍了先进制造技术的内涵和体系结构,先进制造工艺和制造系统自动化及先进制造生产模式,论述了当前制造技术的发展,以扩大学习者的知识面。

2. 课程特点

“机械制造工艺学”是一门专业课,它与基础课和技术基础课不同,随着科学技术和经济的发展,课程内容上也在不断地更新和充实。由于制造工艺非常复杂,影响因素很多,课程在理论上和体系上正在不断完善和提高。

(1) 课程的实践性很强,与生产实际的联系十分密切。本课程的内容来自于生产实际和科学实践,而工艺理论的发展又促进和指导生产的发展。学习工艺的目的在于应用、在于提高工艺水平。因此,要多实践,重视生产实习和专业实习。在学习过程中,理解掌握工艺学的理论、方法和概念,要注重在生产实践中的应用,并在生产实践中检验、归纳和发现工艺学新的理论和方法。因此,要注意实践知识的学习和积累。课程具有工程性,有不少设计方法方面的内容,需要从工程应用的角度去理解和掌握,因为工程问题和理论问题是有差别的。掌握课程的内容要有习题、课程设计、实验、实习等各环节的相互配合才能解决,每个环节都是重要的、不可缺少的一环。各教学环节之间应密切结合和有机联系,形成一个整体。

(2) 涉及面广,内容丰富。工艺不仅涉及机械加工和装配,还涉及毛坯制造和热处理;不仅涉及加工方法,还涉及加工设备及工艺装备;不仅涉及物质的流动和变化,还涉及控制物质流的信息流;不仅涉及制造技术,还涉及管理技术。因此,要善于综合运用已经学过的相关知识,融入到本课程的学习中来,更好地促进本课程的学习。每一门课程都有先修课程的要求,在学习“机械制造工艺学”时应具备“金属工艺学”、“金工实习”、“互换性与技术测量基础”、“金属切削原理”、“金属切削刀具”、“金属切削机床”等知识。

(3) 灵活多变。工艺理论和工艺方法在生产实践中的应用是非常灵活的。因此,必须具体情况具体分析,在生产实践中科学辩证地应用工艺理论和工艺方法。

3. 学习目标

(1) 掌握机械加工和装配方面的基本理论和知识,如零件加工时的定位理论、工艺和装配尺寸链理论、加工精度理论等。

(2) 了解影响加工质量的各项因素,学会分析研究加工质量的方法。

(3) 学会制订零件机械加工工艺过程和部件、产品装配工艺过程的方法。

(4) 掌握机床夹具设计的基本原理和方法。

(5) 了解当前制造技术的发展及一些重要的先进制造技术,认识制造技术的作用和重要性。

为达到上述学习目标，要注意学习上的一些基本方法，如解算工艺尺寸链和装配尺寸链的方法，制订零件加工工艺过程和机器装配工艺过程的方法、定位分析、定位误差和夹紧力计算方法，机床夹具设计方法等，并通过习题、综合练习、设计等环节来加深理解和掌握。还要注意和生产实际相结合，要向实际学习，注意积累实际知识；要重视与课程学习有关的各个教学环节的学习，在牢固掌握课程基本知识的基础上，切实把工艺理论、过程方法的学习，逐步转变为实际的工程能力。

第一章 机床夹具设计基础

机床夹具是机械加工中最主要的工艺装备之一，是在机床上装夹工件的一种装置。其作用是使工件相对机床和刀具有一个正确位置，并在加工过程中保持这个位置不变。只有首先解决了工件在机床上的装夹问题，才能解决后续的加工问题。单件小批量生产多采用通用夹具，大批量生产时广泛使用高效专用夹具。专用夹具在完成零件或产品的工艺规程设计以后，应进行专门的设计和制造。

第一节 概 述

一、装夹的概念

对工件进行机械加工时，为了保证加工要求，首先要使工件相对刀具及机床有正确的位置，并使这个位置在加工过程中不因外力的影响而变动。因此，在进行机械加工以前，首先要把工件装夹好。将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程称为装夹。

为保证零件一个表面的加工精度，以及使一批零件的加工表面精度一致，在加工以前，工件在机床的装夹面上或夹具中，必须相对刀具及其切削成形运动，占据正确位置，且逐次加工的一批零件都应占据相同的正确位置，此过程称为定位。为避免在加工过程中，在各种力（切削力、重力、离心力和惯性力）的作用下，使工件偏离已经确定的正确位置，还必须把它压紧、夹牢，这一过程称为夹紧。

工件的装夹，可根据零件加工的不同技术要求，采用先定位后夹紧或在夹紧过程中同时实现定位这两种方式，其目的都是为了保证工件在加工时，相对刀具及其切削成形运动具有正确的位置并能够保持所占据正确位置不变。

二、装夹的方法

1. 直接装夹

这种装夹方法是利用机床上的装夹面来对工件直接定位的。把工件的定位面，直接靠紧在机床的装夹面上，并密切贴合，然后夹紧工件，使工件在整个加工过程中不脱离这一位置，这种方法称为直接装夹。例如，单件小批量生产中，在车床上常采用三爪卡盘，在平面磨床上常采用电磁工作台来直接装夹工件。

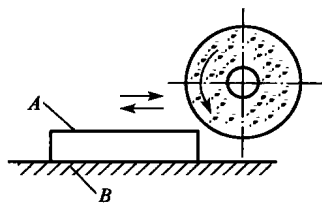


图 1-1 直接装夹

图 1-1 所示是工件在平面电磁工作台上的装夹。工件的 A 面是加工表面，并要求与 B 面平行，装夹时，将工件的定位面 B 与工作台面贴紧，吸牢在磁力工作台上，即完成了工件的直接装夹。

2. 找正装夹

这种装夹方法是利用可调垫块、千斤顶、四爪卡盘等工具，先将工件夹持在机床上，将划针或百分表安置在机床的有关部件上，然后机床作缓慢转动。这时划针或百分表在工件上划过的轨迹即为切削成形运动的位置，再根据这个轨迹调整工件，使工件处于正确的位置。对于形状复杂、尺寸与质量均较大的铸、锻毛坯，若其精度较低不能按其表面找正，则可预先在毛坯上将待加工面的轮廓线划出，然后再按所划的线找正工件在机床上的正确位置，也属于找正装夹。

根据找正方式的不同，找正装夹又可分为直接找正装夹和划线找正装夹。

1) 直接找正装夹

用划针、百分表或目测直接找正工件在机床或夹具中的正确位置，然后再夹紧，这种方法称为直接找正装夹。例如，工件在四爪卡盘上装夹，通过采用测量工具找正工件在机床上的正确位置，然后再夹紧，如图 1-2 所示。

2) 划线找正装夹

按照工件上划好的线，找正工件在机床上的正确位置，然后再夹紧，这种方法称为划线找正装夹，如图 1-3 所示。

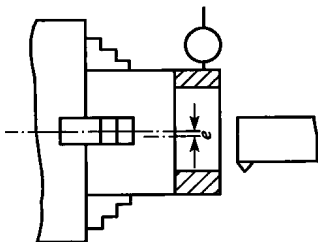


图 1-2 直接找正装夹

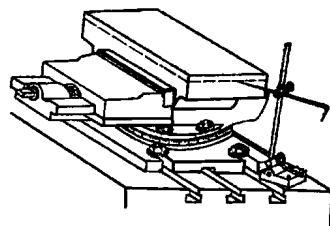


图 1-3 划线找正装夹

找正装夹方法的缺点是费时间，生产效率低，所能达到的装夹精度与操作工的技术水平和所使用找正工具的精度有关，故主要适用于单件小批量生产。

3. 专用夹具装夹

专用夹具是根据加工某一零件的某一工序的具体加工要求而设计的。其上有专用的定位、夹紧装置，可迅速地装夹工件。采用专用夹具装夹，是在机床上先安装好夹具，使夹具的安装面与机床上的定位面密切贴合并固定，然后再在夹具中装夹工件，使工件的定位基准面与夹具上定位元件的限位面贴合并夹紧。由于夹具上定位元件的限位面相对夹具的安装面有一定的位置精度要求，故利用夹具装夹就能保证工件相对刀具及其切削成形运动的正确位置关系。

采用专用夹具装夹，降低了对工人技术水平的要求，易于保证加工精度、缩短辅助时间，且生产效率高，减轻工人劳动强度，故适用于成批和大批量生产。图 1-4 所示为使用钻模的专用夹具装夹。

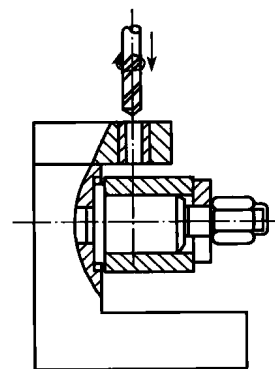


图 1-4 专用夹具装夹

三、机床夹具的分类

机床夹具可以有很多分类方法。通常按机床夹具的使用范围，可划分为以下五种类型：

(1) 通用夹具。如车床上常用的三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘、顶尖，铣床上常用的平口钳、分度头、回转工作台等均属此类夹具。该类夹具由于具有较大的通用性，固得其名。通用夹具一般已标准化，并由专业的专业工厂（如机床附件厂）生产，常作为机床的标准附件提供给用户。

(2) 专用夹具。这类夹具是针对某一工件的某一工序而专门设计的，因其用途专一而得名。专用夹具广泛应用于批量生产中。

(3) 可调整夹具和成组夹具。这类夹具的特点是夹具的部分元件可以更换，部分装置可以调整，以适应不同零件的加工。用于相似零件成组加工的夹具，通常称为成组夹具。与成组夹具相比，可调整夹具的加工对象不很明确，适用范围更广一些。

(4) 组合夹具。这类夹具由一套标准化的夹具元件，根据零件的加工要求拼装而成，好像搭积木一样，不同元件的不同组合和联接可构成不同结构和用途的夹具。夹具用完后，元件可以拆卸重复使用。这类夹具特别适合于新产品试制和小批量生产。

(5) 随行夹具。这是一种在自动线或柔性制造系统中使用的夹具。工件装在随行夹具上，除完成对工件的定位夹紧外，还载着工件随输送装置送往各机床，并在各机床上被定位和夹紧。

机床夹具也可以按照加工类型和在什么机床上使用来分类，可分为车床夹具、铣床夹具、钻床夹具、镗床夹具、磨床夹具、数控机床夹具等。机床夹具还可按其夹紧装置的动力源来分类，可分为手动夹具、气动夹具、液动夹具、电磁夹具、真空夹具等。

四、机床夹具的组成

图 1-5 为一个在铣床上使用的夹具。图中右下角所示为在该夹具上加工的连杆零件工序图。工序要求工件以一面两孔定位，分 4 次安装，铣削大头孔两端面处的共 8 个槽。工件以端面安放在夹具底板 4 的定位面 N 上，大孔、小孔分别套在圆柱销 5 和菱形销 1 上，并用两个压板 10 压紧。夹具通过两个定位键 3 在铣床工作台上定位，并通过夹具底板 4 上的两个 U 形槽，用 T 形槽螺栓和螺母固紧在工作台上。铣刀相对于夹具的位置则用对刀块 2 调整。为防止夹紧工件时压板转动，在压板的一侧设置了止动销 11。

由图 1-5 可以看出机床夹具的基本组成部分：

(1) 定位元件或装置，用以确定工件在夹具上的位置，如图 1-5 中的菱形销 1 和夹具底板 4（顶面 N ）、圆柱销 5。

(2) 刀具导向元件或装置，用以引导刀具或调整刀具相对于夹具定位元件的位置，如图 1-5 中的对刀块 2。

(3) 夹紧元件或装置，用以夹紧工件，如图 1-5 中的螺栓 8、螺母 9、压板 10 等。

(4) 联接元件，用以确定夹具在机床上的位置并与机床相联接，如图 1-5 中的定位键 3、夹具底板的 U 形槽等。

(5) 夹具体，用以联接夹具各元件或装置，使之成为一个整体，并通过它将夹具安装在机床上，如图 1-5 中的夹具底板 4。

(6) 其他元件或装置，除上述元件或装置以外的元件或装置，如某些夹具上的分度装置、防错（防止工件错误安装）装置、安全保护装置以及为便于卸下工件而设置的顶出器等。图 1-5 中的止动销 11 即属于此类元件。

在 xOy 平面有定位支承点 1, 2, 3, 限制了 $\vec{z}$, $\hat{x}$, $\hat{z}$ 三个自由度; 在 xOz 平面有 4, 5 两个定位支承点, 分别限制了 $\hat{z}$, $\vec{y}$ 两个自由度; 在 yOz 平面有六个定位支承点, 限制了一个自由度。恰好六个定位支承点, 分别限制了六个自由度, 使六方体在空间直角坐标系中有完全确定的位置。

二、几种定位情况

1. 完全定位

如图 1-8 所示, 在长圆柱体工件上, 钻一个与已加工的键槽对称且与端面的距离为 a 的小孔。夹具上的定位元件有: 两个 V 形块, 一个定位支承, 一个定位销。

两个 V 形块相当于四个定位支承点, 限制了 $\vec{x}$, $\vec{z}$; $\hat{x}$, $\hat{z}$ 四个自由度; 定位销相当于一个定位支承点, 限制了 $\vec{y}$ 一个自由度; 定位支承相当于一个定位支承点, 限制了 $\vec{y}$ 一个自由度。这种用相当于六个定位支承点的定位元件完全限制工件六个自由度的定位, 称为完全定位。

2. 不完全定位

根据具体的加工方法, 在满足加工要求的前提下, 把限制工件少于六个自由度的定位, 称为不完全定位。如图 1-9 (a) 所示, 为保证加工尺寸 $H \pm \frac{TH}{2}$ 及上下平面的平行度, 限制 $\vec{z}$, $\hat{x}$, $\vec{y}$ 三个自由度即可。

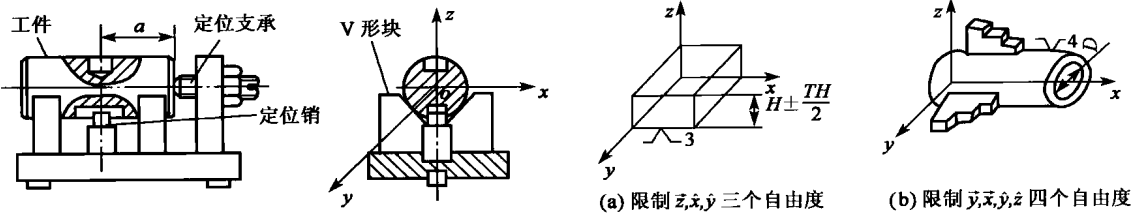


图 1-8 完全定位

图 1-9 不完全定位

如图 1-9 (b) 所示, 采用三爪卡盘夹持套筒零件的外圆, 加工内孔, 为加工出准确的内圆柱面, 限制了工件的 $\vec{y}$, $\vec{z}$; $\hat{y}$, $\hat{z}$ 四个自由度。以上两例限制的工件自由度均少于六个, 但都能满足加工要求。

3. 过定位

几个定位支承点, 同时限制同一个自由度的定位, 称为过定位。图 1-10 所示为加工连杆大头孔的定位。大平面相当于三个定位支承点, 限制了 $\vec{z}$, $\hat{x}$, $\vec{y}$ 三个自由度; 长圆柱销相当于四个定位支承点, 限制了 $\vec{x}$, $\vec{y}$; $\hat{x}$, $\hat{y}$ 四个自由度; 定位销相当于一个定位支承点, 限制了 $\hat{z}$ 一个自由度。很显然 $\hat{x}$, $\hat{y}$ 被重复限制了。

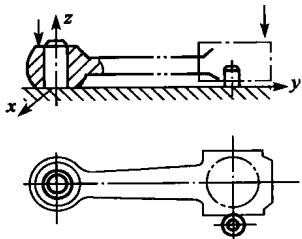


图 1-10 过定位

如果连杆小头孔轴线与端面不垂直, 夹紧后会造造成连杆体的弯曲或定位长销被拉弯, 引起较大的加工误差。因此, 过定位一般情况下是不允许的, 只有因过定位引起的加工误差比不采用过定位引起的加工误差小时, 过定位才是允许的。如加工细长轴时, 径向切削力会引起轴的弯曲变形, 一般采用加中心架或跟刀