



全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

典型零件工艺设计

主 编 白海清
主 审 何 宁

以编者多年使用的讲义为基础
理论以够用为度辅以大量实例
贴近生产第一线突出综合应用



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

典型零件工艺设计

主 编 白海清
副主编 陈建刚
主 审 何 宁



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以典型零件的工艺编制及夹具设计为主线,阐述工艺及工装设计的基本原理和方法,通过大量的生产一线实例介绍,突出对原理、方法的具体应用。针对机械加工中常见的轴类、套筒类、箱体类、齿轮类、叉杆类等典型零件,通过案例分析,培养学生工艺及夹具设计的能力,为从事机械制造技术工作奠定基础。

本书内容包括:机械加工工艺编制基本知识;机床专用夹具设计方法;轴类、套筒类、箱体类、圆柱齿轮、连杆、活塞、拨叉等典型零件加工的工艺规程制订及工装设计方法;零件机械加工新工艺、新技术、新方法等。

本书可供机械设计制造及其自动化本科专业作教材使用,同时可供相关专业本科生和研究生作教材使用,也可供机械制造行业相关工程技术人员作为解决实际问题的重要参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

典型零件工艺设计/白海清主编. —北京:北京大学出版社, 2012.8

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-21013-0

I. ①典… II. ①白… III. ①机械元件—生产工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 170655 号

书 名: 典型零件工艺设计

著作责任者: 白海清 主编

策 划 编 辑: 童君鑫 宋亚玲

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-21013-0/TH·0305

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 393 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

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

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

在贯彻落实教育部关于进一步深化本科教学改革,全面提高教学质量的过程中,按照分类指导的原则,地方工科院校的机械类专业的人才培养目标是培养为地方区域经济建设和社会发展服务的机械类应用型人才。多年来,本课程组按照这一原则在特色专业建设和精品课程建设方面取得了一系列成果:2009年获陕西省教学成果一等奖,机械设计制造及其自动化专业获批为国家级特色专业建设点,2010年本课程获批为陕西高校精品课程。

本书编者为长期从事高等工程教育和教学研究的教师,有多年的教学实践基础。本书在结构、内容安排等方面,吸收了编者近几年在教学改革、精品课程建设、教材建设等方面取得的研究成果,力求全面体现地方高校应用型工程人才教育的特点,满足当前教学的需要。本书在编写过程中突出了以下6个方面:

(1) 本书编写以多年使用的讲义为基础,以应用为目的,理论以够用为度,使学生综合运用所学的机械加工知识,针对现场实际,解决生产一线零件工艺编制及工装设计的问题。

(2) 根据高等工程教育应用型人才的特点,在内容选取上,以“强化工程能力,突出应用特色”为理念,舍去复杂的理论分析和计算,内容层次清晰、循序渐进,同时辅以适量的复习与思考题,适应学生自主性、探索性学习的需要。

(3) 在编写特色上,突出原理讲授与案例分析相结合;以问题的提出为导入,以问题的解决为目标,以解决方案的规律性为总结,以点带面,强调对知识的综合应用。力求使本书达到联系加工实际、贴近生产一线、强化综合运用、突出应用特色的目标。

(4) 以典型零件的工艺编制及夹具设计为主线,重在对原则、方法的应用和实践(辅以大量的典型实例),同时适当兼顾作为本科教材的知识体系的系统性和完整性。

(5) 既有作为教材的理论体系,又有指导具体应用的实例分析,强调对知识的应用训练及实践。突出重点,实用性强,充分体现案例教学的特点。

(6) 全书以机械加工工艺及工装设计为主线,内容涉及机械加工工艺规程的制订,机床夹具设计原理,各类典型零件加工的工艺规程制订及工装设计方法,零件机械加工新工艺、新技术、新方法等。

本书建议教学学时为32~48学时,使用院校可根据具体情况增减。书中部分内容可供学生自学和课外阅读。

本书由陕西理工学院白海清教授任主编,陕西理工学院陈建刚任副主编,编写分工如下:白海清编写绪论、第1章、第7章,陕西理工学院侯红玲编写第3章、第4章,陈建刚编写第2章、第5章、第6章,全书由白海清统稿,由陕西理工学院何宁教授主审。

由于编写时间较紧且教材涉及面较宽,有些想法难以一并体现在教材中,加之我们水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者和同行批评指正。

编 者
2012年6月

目 录

绪论	1	1.4.9 确定切削用量及时间 定额	46
0.1 机械工程科学	1	1.4.10 填写工艺文件	49
0.2 机械制造业在国民经济中的 地位	3	复习与思考题	53
0.3 机械制造技术的发展趋势	4	第2章 专用夹具设计方法	56
0.4 本课程的性质和学习方法	5	2.1 夹具概述	57
第1章 机械加工工艺编制基本知识 ...	7	2.1.1 夹具的分类	57
1.1 机械加工工艺过程的概念	8	2.1.2 夹具的组成	58
1.1.1 生产过程和工艺过程	8	2.2 工件的定位设计	59
1.1.2 工艺过程的组成	8	2.2.1 工件的定位原理	59
1.2 工件的安装与获得精度的方法 ...	10	2.2.2 定位方法和定位元件	62
1.2.1 工件的安装	10	2.3 定位误差及其分析与计算	72
1.2.2 工件获得加工精度的 方法	11	2.3.1 定位误差产生的原因	72
1.3 机械加工工艺规程的作用及其 所需的原始资料	13	2.3.2 定位误差的计算	74
1.3.1 机械加工工艺规程的 作用	13	2.3.3 一面两孔定位误差分析 ...	80
1.3.2 制订机械加工工艺规程的 原始资料	14	2.4 夹紧装置的设计	85
1.4 编制机械加工工艺规程的方法与 步骤	15	2.4.1 夹紧装置的组成和设计 要求	85
1.4.1 确定生产类型	15	2.4.2 夹紧力的确定	86
1.4.2 分析零件图及装配图	17	2.4.3 基本夹紧机构	88
1.4.3 基准的选择	19	2.4.4 其他夹紧机构	92
1.4.4 设计毛坯零件图及确定其 制造方式	20	2.5 各类机床夹具及其设计要点	97
1.4.5 拟定工艺路线	22	2.5.1 车床夹具设计	97
1.4.6 确定加工设备及工艺 装备	29	2.5.2 铣床夹具设计	103
1.4.7 确定工序余量及工序 尺寸	31	2.5.3 镗床夹具设计	108
1.4.8 确定工序检验方法	41	2.5.4 钻床夹具	112
		2.6 专用夹具的设计方法	118
		2.6.1 专用夹具的设计步骤	118
		2.6.2 夹具总图上尺寸、公差与 配合和技术条件的标注 ...	119
		2.7 专用夹具设计实例	121
		2.7.1 明确要加工零件的设计 任务	121



2.7.2 对零件的性能及工艺进行分析	122
2.7.3 零件工艺规程设计	123
2.7.4 万向节滑动叉夹具设计	125
2.8 现代夹具设计	130
复习与思考题	132
第3章 常见零件加工工艺分析	136
3.1 轴类零件的加工	137
3.1.1 概述	137
3.1.2 轴类零件常用加工方法	138
3.1.3 轴类零件加工工艺分析	140
3.1.4 轴类零件加工常用夹具	147
3.2 套筒类零件的加工	149
3.2.1 概述	150
3.2.2 套筒类零件常用加工方法	151
3.2.3 套筒类零件加工工艺分析	156
3.2.4 典型夹具及定位	165
3.3 箱体类零件的加工	165
3.3.1 箱体类零件的功用及结构特点	165
3.3.2 箱体类零件的技术要求、材料、毛坯	166
3.3.3 平面的加工	166
3.3.4 孔系的加工	169
3.3.5 箱体类零件加工工艺分析	173
3.3.6 箱体加工典型夹具	179
复习与思考题	181
第4章 圆柱齿轮加工	184
4.1 概述	185
4.1.1 圆柱齿轮的功用及结构特点	185
4.1.2 圆柱齿轮的技术要求、材料、毛坯及热处理	186
4.2 圆柱齿轮常用加工方法	187
4.2.1 滚齿及其质量分析	188
4.2.2 插齿及其与滚齿的比较	192
4.2.3 齿轮其他加工方法	194
4.3 圆柱齿轮加工工艺分析	198
4.3.1 齿轮加工方案的选择	198
4.3.2 圆柱齿轮加工工艺分析	199
4.3.3 圆柱齿轮加工实例	200
4.4 齿轮的检验	205
4.4.1 齿轮精度等级	206
4.4.2 齿轮检验方法	208
复习与思考题	213
第5章 连杆的加工工艺分析及夹具设计	215
5.1 连杆加工特点	216
5.1.1 连杆在发动机上的位置和作用	216
5.1.2 连杆的组成及结构特点	217
5.1.3 连杆总成的技术要求	218
5.1.4 连杆的材料和毛坯	220
5.2 连杆加工工艺分析	221
5.3 连杆机械加工工艺过程分析	223
5.4 连杆的检验	227
复习与思考题	228
第6章 活塞的加工工艺分析及夹具设计	230
6.1 活塞的工作条件及结构特点	231
6.1.1 活塞主要结构	231
6.1.2 活塞工作过程中的受力变形	232
6.2 活塞主要技术条件分析	232
6.3 活塞的材料及毛坯制造	233
6.4 铝活塞的工艺过程及夹具分析	234
6.4.1 定位基面的选择和加工	235
6.4.2 环槽的加工	237
6.4.3 裙部外圆的精加工	238

6.4.4 活塞销孔的加工	239	7.2.2 汽车变速箱拨叉加工工艺 分析	251
6.4.5 活塞的检验	242	7.3 拨叉加工典型夹具设计	254
复习与思考题	244	7.3.1 钻轴孔夹具	254
第7章 拨叉的加工工艺分析及夹具 设计	245	7.3.2 合铸拨叉切开夹具	255
7.1 拨叉的加工特点	247	7.3.3 拨叉钻定位销孔夹具	256
7.2 拨叉加工工艺分析	248	7.3.4 拨叉叉口面加工夹具	257
7.2.1 车床拨叉加工工艺 分析	248	复习与思考题	259
		参考文献	261

绪 论

0.1 机械工程科学

1. 机械工程科学的内涵

机械工程科学是研究机械产品(或系统)的性能、设计和制造的基础理论和技术的科学。机械系统从构思到实现要经历设计和制造两大不同性质的阶段。按照经历阶段的不同,机械工程科学可分成两大分支学科:机械学和机械制造。

机械学是对机械进行功能综合并定量描述以及控制其性能的基础技术科学。它的主要任务是把各种知识、信息注入设计,将其加工成机械系统能够接受的信息并输入机械制造系统,以便生产出满足使用要求和能被市场接受的产品。机械设计及理论包括机构学、机械振动学、机械结构强度学、摩擦学、设计理论与方法学、传动机械学、微机械学和机器人机械学等。

机械制造是将设计输出的指令和信息输入机械制造系统,加工出合乎设计要求的产品的过程。机械制造科学是研究机械制造系统、机械制造过程和制造手段的科学。它包括机械制造冷加工和机械制造热加工两大部分。

时至今日,机械工程的基础理论不再局限于力学,制造过程的基础也不只是设计与制造经验及技艺的总结。今天的机械工程科学比以往任何时候更紧密地依赖诸如数学、物理、化学、微电子、计算机、系统论、信息论、控制论及现代化管理等各门学科及其最新成就。

2. 机械制造业中设计与工艺的关系

1) 设计实现成图

从本质来看,机械制造业中所讨论的设计是人们利用所学的数学、力学、工程材料、机械设计、机械原理等专业知识,以及人们所积累的实践经验来完成机械制造工程所需要的图纸,包括装配图和零件图。装配图是反映设备或装置的整体使用功能的,因此有整体的技术要求;零件图则是从完成的装配图中分拆出来的,从分析某零件在装配体中的功能与技术属性来决定其应该具有什么样的技术要求。因此,不同的零件除了图形反映的尺寸和结构外,还附加有材料、尺寸精度、表面粗糙度、形状精度、位置精度,以及在不同阶段的热处理要求等。

对于现代设计,人们可以通过计算机和相关的高级软件,如 CAXA、Pro/E、UG、MasterCAM 等,以数字化手段实现三维造型,来得到具有创意的设计图纸——装配图与



零件图。创新设计主要体现在成图阶段，因为设计思想决定了独创性和新颖性。

2) 工艺实现成形

在制造业中，只有设计图纸是不行的，还需要将图纸转化为市场所需要的设备或装置。实现转化的手段就是各种制造工艺方法。将图纸转化为毛坯、零件和装配体的工艺手段有很多，采用什么样的工艺要针对具体的设计对象。工艺是制造业中的核心技术。没有这个核心技术，图纸就永远是图纸，决不能转化为市场所需要的产品。不仅不能转化为产品，而且某些关键产品形似神不似的问题就不可能得到解决，制造强国的梦想也就不能实现。

(1) 毛坯成形。毛坯成形主要涉及各种热加工的工艺方法，主要包括铸造、锻造、板料冲压和焊接等。根据制造业发展的需要，每种热加工的工艺方法又发展出若干种。例如铸造，发展出砂型铸造、金属型铸造、精密铸造、消失模铸造等；例如锻造，发展出自由锻、胎模锻、模锻等；例如板料冲压，发展出普通冲压与数控冲压等；例如焊接，发展出火焰焊、电弧焊、摩擦焊、钨极焊等。所有这一切，都还处于不断发展中。

(2) 零件成形。迄今为止，零件成形主要有两大类方法，这就是常规的切削加工、非常规的特种加工，以及快速原型制造技术。

常规的切削加工指的是采用刀具切削和磨具磨削这两种方法，其基本思路是“以刚克刚”。无论是车床、铣床、刨床、钻床、齿轮加工机床，还是数控车床、数控铣床和加工中心，都是采用高硬度的不同种类的刀具(车刀、铣刀、刨刀、钻头等)对工件进行切削加工，而磨床则是采用砂轮对工件进行更为精密的加工。数控机床的加工仍然属于常规加工，这是因为其先进性主要体现在加工时的控制技术，而这一点并没有改变刀具切削的加工本质。

非常规加工主要指采用电火花加工、电化学加工、激光加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工和水射流加工等新型的特种加工方法。从原理上讲，这些加工方法从根本上摆脱了刀具和磨具硬碰硬的加工方式，而转变为“以柔克刚”。这类方法有的是直接接触的加工，如激光加工、超声波加工、水射流加工等；有的在加工过程中则不与工件直接接触，如电火花成形加工。有的加工时有工具，如电加工有工具电极，超声波加工有工具杆；有的加工时根本就没有工具，如激光加工、电子束加工和离子束加工，被称为高能束流加工。这类加工方法，有不少几乎不存在宏观的机械力，因此可以完成机械切削难以加工的工件。

无论是常规的刀具切削加工、磨具的磨削加工，还是利用电、声、光等特种加工，主要是通过使工件实现材料由多到少(做减法)、尺寸和形状由粗到精成形零件的过程。而快速原型制造技术，无论是立体光刻工艺(SL)、分层实体制造工艺(LOM)、熔融沉积制造工艺(FDM)，还是选择性激光烧结工艺(SLS)等则是采用逆向思维，使材料分层累加的方法(做加法)来实现原型或零件的制造。这种逆向思维，实现了制造领域设计思维的突破。

(3) 装配与调试。在设计者所完成的图纸都转化为合格的零件之前，就有人开始做装配的准备工作了。这是因为，作为一项产品设计，并非什么东西都要自己设计与制造，相当一部分需要的东西甚至非常重要的东西，是可以从国内外市场上采购到的。以前我们知道，电机、轴承、密封件等可以从市场上买到。现在可以买到的东西则更多，有的是以功能部件的形式提供，例如计算机、工业控制器、控制软件、数控工作台等，给设计带来很大的方便。但是，作为一项创造性的设计，一定要有自己的独创的东西，一定要有自己的独立

设计的东西，完全靠其他成熟的技术来进行集成，很难有真正的创造，尤其很难出现原创。

等全部所需要的零件和部件全部配齐，就可以开始装配了。装配有手工装配和自动化装配。到目前为止，自动化装配还只适用于汽车、彩电、冰箱、洗衣机和集成电路等一些特定的产品。在一种新产品的试制阶段，几乎全部靠手工装配。调试是产品装配中的核心环节。调试是以装配图所规定的产品功能要求为目标所进行的技术活动。一个产品的好坏，调试起着决定性的作用。因此，在产品的装配与调试阶段，都是请经验丰富的工程师或技师在现场工作。

3) 设计与工艺的相互关联

如前所述，设计体现创新思维。因此，设计过程非常重要。它不仅决定着这项产品是否符合社会或市场需求，而且决定着这项产品能否吸引广大顾客。设计包括产品的功能设计和产品的外观设计两部分。当今的市场，不仅需要产品的各项功能要符合顾客的需求，而且外观也要符合顾客的人机工程与审美需求。

无论多么好的设计，都要靠制造来实现。懂得制造工艺的设计者，会将制造的工艺原则体现在设计中，使其完成的设计相对容易制造，这样就会提高效率、减少成本，也更容易获得成功。而不懂得制造工艺的设计者，则只会从满足功能要求上下工夫，等到制造开始，才会发现其设计中存在的工艺问题。更加为难的是，有的结构很难实现，甚至无法实现。我们看到很多失败的设计，并非设计原理出了什么问题，而是工艺细节或结构细节没有考虑周到。

如果从设计的角度要实现某种功能，确实需要复杂的结构或形体，那么，设计者就不能迁就现有的工艺方法。高明的工艺人员就需要创造新的工艺方法来适应所需要的结构，工艺创新就在这种时候出现。工艺创新经常也需要设计，这是因为工艺方法要靠工艺装备来实现。这样，工艺人员就要懂得设计，懂得设计出怎样的工艺装备才能满足制造特定的结构需要。因此，设计创新与工艺创新就紧密地联系在一起。

在设计与工艺的发展历史上，经常出现相互促进、相互影响的情况。如果工艺技术跟不上，就可能制约创新设计思想的实现。目前，我国工艺技术跟不上设计技术的发展。一些关键设备虽然设计出来了，但由于缺乏核心工艺技术，制造出来后却难以达到设计水平。因此，如果不掌握核心的工艺技术，我们国家很难成为制造强国。

总体来说，设计与工艺是制造业发展的双翼，二者彼此依赖，相互制约、相互促进。只有这两个方面同时得到协调、快速的发展，才能使我国的制造业处于国际先进水平。与此同时，我们还应该认识到，目前我国的工艺水平落后于设计水平，如果不迎头赶上，我国制造业的总体发展必然受其制约。

0.2 机械制造业在国民经济中的地位

一般认为，人类文明有3大物质支柱：材料、能源和信息。这3大支柱都离不开人类的制造活动。没有“制造”，就没有人类。从人们能够制造和利用各种设备大规模地生产各类产品开始，或者说是自蒸汽机发明后，人们陆续发明和制造出了如纺织机器、矿山机器、发电设备、冶炼设备等各种机器与设备，并且用这些机器和设备大规模地生产出了纺



织品、钢铁产品、生活用品等，人类社会的文明与进步才有了质的飞跃和发展。时至今日，人类的一切用品无不留有现代设备制造的痕迹。机械制造业的概念也是随着人类社会的发展对各种机器设备的依赖性不断增加而逐步形成的。

除了那些直接的生产者外，人们使用的各种消费品，如电视机、计算机、汽车、电冰箱、洗衣机、影碟机等物品，都是由各种机器与设备生产出来的。对于大多数人来讲，不了解各种机器与自己所消费使用物品的技术关系。但是，对于专业技术人员来说，如果不了解机械制造业与一般制造业的技术关系，不知道机械制造业在整个国民经济建设中的特殊地位和作用，不重视装备制造业的发展，则是十分危险的。

机械制造业是国民经济的支柱产业，是国家创造力、竞争力和综合国力的重要体现。它不仅为现代工业社会提供物质基础，为信息与知识社会提供先进装备和技术平台，也是国家安全的基础。国民经济中的任何行业的发展，必须依靠机械制造业的支持并提供装备；在国民经济生产力构成中，制造技术的作用占 60% 以上。

0.3 机械制造技术的发展趋势

在机械制造技术发展过程中，一度认为机械制造业已成“夕阳工业”。制造业绝不是“夕阳产业”，但在制造技术中确有“夕阳技术”，这些技术同信息化大潮格格不入，同高科技发展不相适应，缺乏市场竞争力，甚至还可能危害生态环境。而与制造技术中的“夕阳技术”相对应的“先进制造技术”，则是“制造技术”同“信息技术”、“管理科学”等有关科学技术交融而形成的新型技术，可以说，它是高技术的载体，无一工业发达国家不予高度关注。机械制造技术的发展主要表现在以下方面。

1. 机械制造向高柔性化和高自动化方向发展

随着国内外市场竞争越来越激烈，机电产品更新换代周期缩短，多品种小批量生产已成为目前和今后生产的主要类型。因此，以解决中小批量生产自动化问题为主要目标的计算机数控(CNC)、加工中心(MC)、计算机辅助技术(CAX)、柔性制造系统(FMS)、现代集成制造系统(CIMS)等高新技术受到越来越多的重视，数控机床等自动化制造设备的应用比例迅速增加，适应了生产类型由大批量生产向多品种小批量生产及产品更新换代快的方向转变，缩短了生产周期，提高了生产效率，保证了产品质量。

2. 机械制造向高精度方向发展

精密、超精密加工技术在高科技领域和现代制造行业中占有非常重要的地位。目前，国内外研究机构合作研究超精密切削，成功实现了 1nm 切削厚度的稳定切削。中小型超精密机床的发展已经成熟和稳定，发达国家还研制出了有代表性的大型超精密机床，可完成超精密车削、磨削和坐标测量等工作，机床的分辨率可达 0.7nm，代表着现代机床的最高水平。

3. 机械制造向高速和高效率方向发展

高速切削、强力切削以及提高切削加工效率也是机械制造技术发展的一种趋势。目前，陶瓷轴承主轴的转速已经达到 20000~80000r/min，采用直流电动机的数控进给速度

可达每分钟数十米,高速磨削的磨削速度可达 $100\sim 200\text{m/s}$ 。

0.4 本课程的性质和学习方法

1. 本课程的性质

“典型零件工艺设计”是机械设计制造及其自动化专业机械制造方向的一门重要专业课,也是体现地方应用型本科院校办学理念的一门特色课程。它是将“认识实习”、“机械制造技术基础”、“生产实习”及“专业综合模块课程设计”等教学环节有机连接起来的一门综合课程。它以认识实习、生产实习、机械制造技术基础课程为基础,目的在于培养学生掌握典型零件的工艺设计和夹具设计的方法,并从理论过渡到实际的制造一线,真正解决工程实际问题。

本课程的培养目标是通过本课程的学习,使学生获得以下5个方面的知识和能力。

①掌握机械加工工艺过程及工艺规程制订的基本概念、基本原则、步骤和原始资料,在今后的学习和工作中能熟练地应用这些概念和原则;②会解决制订工艺规程时常遇见的问题,掌握专用夹具设计过程中的工件定位原理、定位元件及其选择、定位误差的分析与计算、定位方案的分析与设计等;③掌握轴类零件、套筒类零件、箱体类零件、拨叉、连杆、活塞的机械加工工艺规程制订及典型夹具设计;④齿轮的加工及其检验;⑤具有分析、解决现场生产过程中的“优质、高产、低耗、清洁”问题的能力,初步具备对制造系统、制造模式选择决策的能力。

2. 本课程的学习方法

针对本课程的性质在学习方法上应注意以下几点。

1) 综合性

机械制造是一门综合性很强的技术,它要用到多种学科的理论和方法,包括物理学、化学的基本原理,数学、力学的基本方法,以及机械学、材料科学、电子学、控制论、管理科学等多方面的知识。而现代机械制造技术则有赖于计算机技术、信息技术和其他高技术的发展,反过来机械制造技术的发展又极大促进了这些高技术的发展。

针对机械制造技术综合性强的特点,在学习本课程时,要特别注意紧密联系和综合应用以往所学过的知识,注意应用多种学科的理论和方法来解决机械制造过程中的实际问题。

2) 实践性

机械制造技术本身是机械制造生产实践的总结,因此具有极强的实践性。机械制造技术是一门工程技术,它所采用的基本方法是“综合”。机械制造技术要求对生产实践活动不断地进行综合,并将实际经验条理化和系统化,使其逐步上升为理论;同时又要及时地将其应用于生产实践之中,用生产实践检验其正确性和可行性;并用经过检验的理论和方法对生产实践活动进行指导和约束。

针对机械制造技术基础实践性强的特点,在学习本课程时,要特别注意理论紧紧联系生产实践。除了参考大量的书籍之外,更加重要的是必须重视实践环节,即通过实验、实习、设计及工厂调研来更好地体会、加深理解。加强感性知识与理性知识的紧密结合,是



学习本课程的最好方法。一方面，我们应看到生产实践中蕴藏着极为丰富的知识和经验，其中有很多知识和经验是书本中找不到的。对于这些知识和经验，我们不仅要虚心学习，更要注意总结和提高，使之上升到理论的高度。另一方面，我们在生产实践中还会看到一些与技术发展不同步、不协调的情况，需要不断加以改进和完善，即使是技术先进的生产企业也是如此。这就要求我们要善于运用所学的知识，去分析和处理实践中的各种问题。

3) 辩证性

生产活动是极其丰富的，同时又是各异的和多变的。机械制造技术总结的是机械制造生产活动中的一般规律和原理，将其应用于生产实际要充分考虑企业的具体状况，如生产规模的大小，技术力量的强弱，设备、资金、人员的状况等。生产条件的不同，所采用的生产方法和生产模式可能完全不同。而在基本相同的生产条件下，针对不同的市场需求和产品结构以及生产进行的实际情况，也可以采用不同的工艺方法和工艺路线。这充分体现了机械制造技术的辩证性。

针对机械制造的这些特点，在学习本课程时，要特别注意充分理解机械制造技术的基本概念，牢固掌握机械制造技术的基本理论和基本方法，以及这些理论和方法的综合应用。要注意向生产实际学习，积累和丰富实际知识和经验，因为这些是掌握制造技术基本理论和基本方法的前提。

第 1 章

机械加工工艺编制基本知识



本章学习目标

- ★ 了解机械加工工艺过程及工艺规程制订的基本概念、基本原则、步骤和原始资料；
- ★ 理解机械加工过程中工件的安装方法及零件形状、尺寸、位置精度的获得方法；
- ★ 掌握基准的概念、机械加工过程中基准的选择原则及其对工艺路线的影响；
- ★ 掌握零件表面加工方法的选择、机械加工工艺路线的制订；
- ★ 掌握工序余量及其确定、工序尺寸的确定。



本章教学要点

知识要点	能力要求	相关知识
机械加工工艺过程的概念	了解机械加工工艺过程及工艺规程制订的基本概念、基本原则、步骤和原始资料	工艺过程的概念、组成，制订机械加工工艺规程的原则和原始资料
工件的安装方法	理解机械加工过程中工件的安装方法及零件形状、尺寸、位置精度的获得方法	工件的安装调整方法、工件获得加工精度的方法
基准及其选择	掌握基准的概念、机械加工过程中基准的选择原则及其对工艺路线的影响	基准的概念、粗基准的选择、精基准的选择
工艺路线的拟订	掌握零件表面加工方法的选择、机械加工工艺路线的制订	经济精度、粗糙度，工序的集中与分散，加工阶段划分，加工顺序安排
工序设计	掌握工序余量及其确定、工序尺寸的确定	余量的概念及其确定、工序尺寸的计算、时间定额、工艺文件的填写



导入案例

机械制造业中,人们利用所学的数学、力学、工程材料、机械原理、机械设计等专业知识,以及人们所积累的实践经验来完成机械制造工程所需要的图纸,包括装配图、零件图及其技术要求。当图纸设计完成后,还需要将图纸转化为市场所需要的设备或装置,实现转化的手段就是各种制造工艺方法。将图纸转化为毛坯、零件和装配体的工艺手段有很多,采用什么样的工艺要针对具体的设计对象。工艺是制造业中的核心技术。没有这个核心技术,图纸就永远是图纸,决不能转化为市场所需要的产品。

机械产品的制造过程是一个复杂的过程,需要经过一系列的机械加工工艺和装配工艺才能完成。工艺过程的要求是优质、高产、低耗、清洁,以取得最佳经济效益。不同的产品其制造工艺各不相同,即使是同一种产品,在不同的情况下其制造工艺过程也不相同。一种产品的制造工艺过程的确定不仅取决于产品自身的结构、功能特征、精度要求的高低以及企业的设备技术条件和水平,更取决于市场对该产品的种类及产量的要求。工艺过程的不同决定了生产系统的构成也不相同,从而有了不同的生产过程,这些差别的综合反映就是企业的生产组织类型的不同。

1.1 机械加工工艺过程的概念

1.1.1 生产过程和工艺过程

1. 生产过程

制造机器时,由原材料到成品之间的所有劳动过程的总和称为生产过程。其中包括原材料的运输与保存、生产的准备工作、毛坯的制造、毛坯经机械加工和热处理成为零件、零件装配成机器、机器的检验与试车运行、机器的油漆和包装等。一台机器的生产过程很复杂,往往由许多工厂联合完成。例如,一辆汽车有上万个零部件,为了便于组织专业化生产,提高劳动生产率和降低成本,这些零部件常常分散在许多工厂生产,然后集中在总装厂装配成汽车。

一个工厂的生产过程,又可分为各个车间的生产过程。一个车间的成品,往往又是另一车间的原材料。例如铸造车间的成品(铸件)就是机械加工车间的“毛坯”;而机械加工车间的成品又是装配车间的原材料。

2. 工艺过程

在机械产品的生产过程中,那些与原材料变为成品直接有关的过程称为工艺过程,如毛坯制造、机械加工、热处理和装配等。采用机械加工的方法,直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量,使之成为成品的过程称为机械加工工艺过程(以下简称工艺过程)。

1.1.2 工艺过程的组成

工艺过程是由若干个按一定顺序排列的工序组成的,工序是组成工艺过程的基本单

元。工序又可分为安装、工步、走刀和工位。

1. 工序

工序是指一个(或一组)工人,在一台机床上(或一个工作地点),对一个(或同时几个)工件所连续完成的那一部分工艺过程。划分工序的主要依据是机床是否改变和加工过程是否连续。图 1.1 所示为阶梯轴,其工艺过程见表 1-1。

该阶梯轴的机械加工工艺过程,根据所用的机床不同,划分为 5 道工序。即所使用的机床不同不能划分为一道工序,否则工艺过程不连续。当然制订一个零件的工艺规程,还要考虑生产类型、时间定额(“节拍”)等因素。另外,随着数控机床,尤其是加工(车削)中心的普遍使用,钻削、车削、铣削、镗削等不同加工方法可以由一台机床完成,这时也就可以划分为一道工序了。

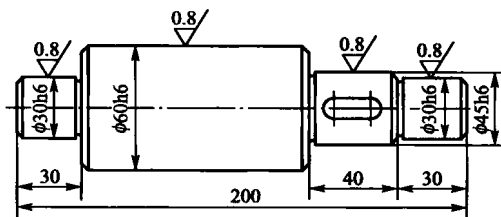


图 1.1 阶梯轴简图

表 1-1 阶梯轴工艺过程

工序号	工序名称	机床
1	铣端面打中心孔	铣端面打中心孔机床
2	车外圆、切槽、倒角	普通车床
3	铣键槽	立式铣床
4	去毛刺	钳工台
5	磨外圆	外圆磨床

2. 安装

在同一道工序中,工件可能只装夹一次,也可能装夹几次。工件每装夹、调整一次就称为一次安装。应尽可能减少安装次数,因为每安装一次所引起的安装误差都不相同,造成了工件加工尺寸的分散。同时增加了工件加工的辅助时间。

3. 工步

在同一道工序内,当加工表面不变、切削工具不变、切削用量中的切削速度和进给量不变的情况下所完成的那一部分工艺过程称为工步。例如,图 1.1 所示阶梯轴的工序 2,

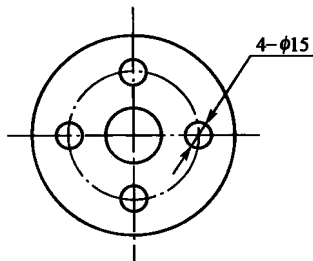


图 1.2 加工 4 个相同表面的工步

可分为车 $\phi 60\text{mm}$ 外圆、车 $\phi 30\text{mm}$ 外圆、车端面、切槽、倒角等工步。但是,对于在一次安装中连续进行的若干相同的工步,通常算作一个工步。如图 1.2 所示的零件,如用一把钻头连续钻削 4 个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔,认为是一个工步,即钻 4- $\phi 15\text{mm}$ 孔。还有一种情况,用几把不同刀具或复合刀具同时加工一个零件的几个表面的工步,也看做一个工步,这种工步称为复合工步。如图 1.3 所示的情况,就是一个复合工步。



4. 走刀

在一个工步内, 若需切去的金属层较厚, 则需分几次切削, 即只有切削深度(背吃刀量)发生变化。每切一次就称为一次走刀。多工位为了减少安装次数, 常常采用各种回转工作台(或回转夹具), 使工件在一次安装中先后处于几个不同位置进行加工。工件在机床上占据的每一个位置称为一个工位。如图 1.4 所示, 在回转工作台上依次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔 4 个工位的加工。

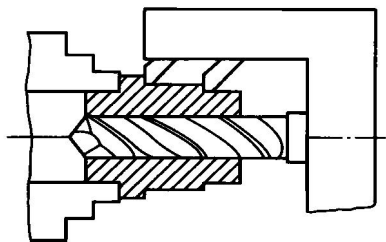


图 1.3 复合工步

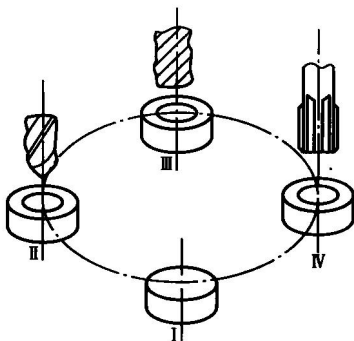


图 1.4 多工位加工

工位 I—装卸工件; 工位 II—钻孔;
工位 III—扩孔; 工位 IV—铰孔

1.2 工件的安装与获得精度的方法

1.2.1 工件的安装

为了在工件上加工出符合规定技术要求的表面, 加工前必须使工件在机床上或夹具中占据正确位置, 这叫做定位。工件定位后, 由于在加工中要受到切削力或其他力的作用, 因此必须将工件夹紧以保持定位获得的正确位置不变。工件从定位到夹紧的过程统称为安装。

工件安装精度的高低将直接影响工件获得的加工精度, 而安装的快慢则影响生产率的高低。因此工件的安装, 对保证质量、提高生产率和降低加工成本有着重要的意义。

由于工件大小、加工精度和批量的不同, 工件的安装有下列 3 种方式。

1. 直接找正安装

直接找正安装是用划针或百分表等直接在机床上找正工件的位置。图 1.5(a)所示为在磨床上磨削一个与外圆表面有同轴度要求的内孔, 加工前将工件装在四爪盘上, 用百分表直接找正外圆, 使工件获得正确的位置。又如图 1.5(b)所示为在牛头刨床上加工一个与工件底面、右侧面有平行度要求的槽, 用百分表找正工件的右侧面, 可使工件获得正确的位置, 而槽与底面的平行度则由机床的几何精度来保证。

直接找正安装的精度和工作效率, 取决于要求的找正精度、所采用的找正方法、所使