



21世纪高职高专规划教材·数控系列

机械加工技术

主 编 刘红普
副主编 张晓妍
主 审 唐建生



 中国人民大学出版社

21 世纪高职高专规划教材·数控系列

机械加工技术

主 编 刘红普
副主编 张晓妍
主 审 唐建生

中国人民大学出版社
· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

机械加工技术 / 刘红普主编
北京: 中国人民大学出版社, 2009
21 世纪高职高专规划教材·数控系列
ISBN 978-7-300-09914-9

- I. 机…
- II. 刘…
- III. 机械加工 - 高等学校: 技术学校 - 教材
- IV. TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 171582 号

21 世纪高职高专规划教材·数控系列

机械加工技术

主 编 刘红普
副主编 张晓妍
主 审 唐建生

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511398 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com>(人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 北京东君印刷有限公司

规 格 185 mm × 260 mm 16 开本

版 次 2009 年 1 月第 1 版

印 张 18.75

印 次 2009 年 1 月第 1 次印刷

字 数 466 000

定 价 32.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

21 世纪高职高专机电类教材建设专家指导委员会

(按姓氏笔画为序)

- | | | |
|-----|-----|----------------|
| 马必学 | 院 长 | 武汉职业技术学院 |
| 于志云 | 副院长 | 青岛职业技术学院海尔学院 |
| 王蒙田 | 副院长 | 太原城市职业技术学院 |
| 孙慧平 | 院 长 | 宁波职业技术学院海天机电学院 |
| 杜建根 | 副院长 | 河南工业职业技术学院 |
| 金志涛 | 院 长 | 威海职业（技术）学院 |
| 钟 健 | 副院长 | 深圳职业技术学院机电工程学院 |
| 贾晓枫 | 院 长 | 合肥通用职业技术学院 |
| 陶 昆 | 副院长 | 平顶山工业职业技术学院 |
| 翟 轰 | 院 长 | 陕西工业职业技术学院 |

出版说明

21世纪制造业的竞争，其实是数控技术的竞争。随着数控技术、电气自动化技术的迅速发展及数控加工设备数量的急剧增长，我国制造类企业急需大批数控编程、操作、维修人才及电气自动化技术人才，而目前劳动力市场这种高等技术应用性人才严重短缺。为此，教育部会同劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部等联合启动了“职业院校制造业和现代服务业技能紧缺人才培养培训工程”，明确了高等职业教育的根本任务就是要从劳动力市场的实际需要出发，坚持以就业为导向，以全面素质为基础，以能力为本位，努力造就数以千万计的制造业和现代服务业一线迫切需要的高素质技能型人才。

大量培养高技能型人才中的一个重要基础问题就是教材建设。为了适应机电类高职教育迅速发展的形势，中国人民大学出版社依托教育部高等职业教育机电类专业的专家指导，进行了广泛的调研，期望探索出建设符合高职教育教学模式、教学方式、教学改革的教材的新路子。中国人民大学出版社先后组织全国20多所高职院校的院系领导及骨干教师召开了多次教材建设研讨会，对机电类具有工学结合特色的高职教材的编写指导思想，以及教材的定位、特色、名称、内容、篇幅进行了充分的论证，成立了中国人民大学出版社机电类专业规划教材编委会以及机电类教材建设专家指导委员会，组织出版高等职业教育机电类专业系列教材。

根据高等技术应用性人才培养目标，本套教材既具有高等教育的知识内涵，又具有职业教育的职业能力内涵，主要体现了以下特色：

1. 以综合素质为基础，以能力为本位。本套教材把提高学生能力放在突出的位置，符合教育部机电类专业教学基本要求和人才培养目标，注重创新能力和综合素质培养。

2. 以社会需求为基本依据，以就业为导向。本套教材以机电类企业的生产需求为依据，体现工学结合的特色，明确职业岗位对职业核心能力的要求，重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力。

3. 反映了机电领域的新知识、新技术、新工艺、新方法。本套教材注意克服以往专业教材中存在的陈旧、更新缓慢的弊端，选择了目前最新的控制系统为典型实例，采用了最新的国家标准及相关技术标准。

4. 贯彻学历教育与职业资格证、技能证考试相结合的精神。本套教材把职业资格证、技能证考证的知识点与教材内容相结合，将实践教学体系与国家职业技能鉴定标准实行对接，使学生在校学习的同时，也能顺利地获得职业资格证书。

5. 教材体系立体化。为了方便教师教学和学生学习，本套教材配备了电子课件、电子教案、教学指导、题库、案例素材等教学资源，并将配备相应的教学支持服务平台。

在本套教材的研发与编写过程中，要感谢诸多专家、领导，感谢他们对机电类专业

业规划教材研发所投入的大量精力，同时要感谢关注高等职业教育、参加本套教材研发与编写的各位老师，我们希望能够得到大家一如既往的支持，为我国的高等职业教育发展作出更大的贡献。

中国人民大学出版社

总 序

制造业在国民经济中占有举足轻重的地位，世界上具有重要影响力的国家无一不是制造业强国。制造业的持续发展是我国实现新型工业化的重要组成部分，是今后很长时期带动我国国民经济发展的火车头。中国要想成为制造业强国，目前还面临很多困难，其中很重要的一个就是缺乏高素质专业人才，包括相对稳定的、掌握先进生产技术的技能型人才，而以精益生产为代表的先进制造模式，是将柔性制造技术、高素质劳动者以及企业内部和企业之间的灵活管理方式集成在一起，对技能型人才的工作能力又提出了新的要求。

近年来，我国加工制造类职业教育取得了较大发展，中、高等职业院校加工制造类专业学生总数不仅逐年增加，而且占学生总数的比例也在增加。制造类职业教育取得的进步，特别是数量上的发展，为我国实现走向制造业大国的阶段性战略目标奠定了基础。然而，制造类职业教育还存在着很多问题，特别是在教育质量方面，主要表现在课程设置、教学内容选择、教学设计以及教材建设上没有充分考虑企业需求和学生的职业发展规律；教学不能满足企业技术进步和劳动组织发展需要等方面，这已经成为困扰职业教育教学质量提高的瓶颈。因此，加强课程和教材建设，已经成为众多职业院校教育教学工作的重要内容。

职业院校以市场和需求为导向的课程和教材建设，应当从专业所面向的职业工作任务和岗位要求出发，明确培养规格和关键能力要求，从而为学生的职业生涯发展奠定良好的基础，这不论是在理论上还是实践上都面临着巨大的挑战。这里不仅要引入先进的职业教育理念，需要丰富的专业实践经验，而且需要把先进、实用的技术有针对性地与职业院校的教学工作有机结合起来。在此，这套由中国人民大学出版社组织编写的针对机械制造、数控、自动化等专业的“21世纪高职高专规划教材”都进行了有益的探索。希望这套教材的出版不但能帮助职业院校更快、更好、更容易地培养出社会所紧缺的技能型人才，而且也能为我国职业教育的教学改革提供有价值的经验。

北京师范大学 技术与职业教育研究所所长



前 言

为了适应高等职业教育的特点和培养目标，进一步提高学生的综合应用知识能力，在教学过程中有效地培养学生综合应用工艺理论和夹具设计原理解决生产实际问题，编写了《机械加工技术》教材。本书的在编写过程中注重精选内容，突出重点，突出适用性，强调基本理论及其在实践中的应用，注重学生能力的培养；力求做到文字叙述简明扼要、通俗易懂，便于自学。可作为各类高职高专院校数控技术应用专业、机械制造专业、模具设计与制造专业等专业课教材，也可供工程技术人员参考。

本书由河南工业职业技术学院刘红普担任主编，张晓妍为副主编，河南工业职业技术学院唐建生担任主审。全书共分为9章，第1章绪论，第2章概述，第3章机床夹具设计基础，第4章机械加工工艺规程的制订，第5章机械加工精度，第6章机械加工表面质量，第7章典型零件的加工，第8章机械装配工艺基础，第9章现代制造技术。其中，第1章、第2章、第4章由刘红普编写；第3章、第6章由张晓妍编写；第5章、第9章由苏君编写；第7章由刘云豫编写；第8章由于玲编写。

在本书的编写过程中，参阅了大量的资料、文献和图片，在此，特向参考文献的原作者表示衷心地感谢。

由于水平有限，加之本教材所涉及的理论与实际问题非常广泛，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2008年9月

信息反馈表

尊敬的老师，您好！

为了更好地为您的教学、科研服务，中国人民大学出版社愿意为您提供全面的教学支持与服务。请您填好下表后以电子邮件或信件的形式反馈给我们，十分感谢！

您使用过或正在使用的我社教材名称		版次	
您希望获得哪些相关教学资料			
您对本书的建议（可附页）			
您所讲授课程名称			
您的通讯地址			
邮政编码		联系电话	
电子邮件（必填）			
您是否为人大社教研网会员	<input type="checkbox"/> 是，会员卡号： <input type="checkbox"/> 不是，希望申请		
您在相关专业是否有主编或参编教材意向	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 不一定		
您所希望参编或主编的教材的基本情况（包括内容、框架结构、特色等，可附页）			

我们的联系方式：北京市中关村大街 59 号文化大厦 1508 人大出版社教育分社

邮政编码：100872

电话：010 - 62515915, 62515210

E - mail: Smooth.Wind@163.com

luochbs@126.com

目 录

第1章 绪论	1
1.1 机械加工在机械制造业中的作用	1
1.2 机械加工技术的现状和发展	1
1.3 本课程的性质、内容、任务及学习方法	2
第2章 概述	4
2.1 基本概念	4
2.2 基准	10
2.3 尺寸链	11
2.4 机械加工生产率和技术经济分析	15
习题	21
第3章 机床夹具设计基础	23
3.1 机床夹具概述	23
3.2 工件的定位	27
3.3 工件的夹紧	48
3.4 专用夹具的设计方法	59
3.5 各类机床夹具	63
习题	78
第4章 机械加工工艺规程的制订	83
4.1 工艺规程	83
4.2 零件图分析	87
4.3 毛坯的确定	90
4.4 定位基准的选择	93
4.5 工艺路线的拟定	96
4.6 加工余量的确定	103
4.7 工序尺寸及其公差的确 定	106
4.8 选择机床与工艺装备	111
4.9 编写工艺文件	112
习题	112
第5章 机械加工精度	115
5.1 机械加工精度的基本概念	115
5.2 影响加工精度的因素	116
5.3 加工误差的统计分析	136
5.4 提高加工精度的途径	144

习题	148
第6章 机械加工表面质量	150
6.1 概述	150
6.2 影响机械加工表面粗糙度的工艺因素及改善措施	152
6.3 影响表面物理力学性能的工艺因素及改善措施	156
6.4 机械加工中的振动	161
习题	164
第7章 典型零件的加工	165
7.1 轴类零件加工	165
7.2 套筒零件加工	194
7.3 箱体类零件加工	208
7.4 连杆零件的加工	227
习题	237
第8章 机械装配工艺基础	240
8.1 概述	240
8.2 装配精度	243
8.3 装配方法及其选择	244
8.4 装配工艺规程的制订	251
习题	256
第9章 现代制造技术	257
9.1 成组技术	257
9.2 计算机辅助工艺设计	262
9.3 组合夹具	264
习题	284
参考文献	285

第1章 绪论

1.1 机械加工在机械制造业中的作用

机械制造业是国民经济最重要的部门之一，是一个国家或地区经济发展的支柱产业，其发展水平标志着该国家或地区的经济实力、科技水平、生活水准和国防实力。机械制造业是制造农业机械、动力机械、运输机械、矿山机械等机械产品的工业生产部门，也是为国民经济各部门提供冶金机械、化工设备和工作母机等装备的部门。机械制造业是国民经济的装备部，是为国民经济提供装备和为人民生活提供耐用消费品的产业。不论是传统产业，还是新兴产业，都离不开各种各样的机械装备。机械制造业的生产能力和发展水平标志着一个国家或地区国民经济现代化的程度，而机械制造业的生产能力主要取决于机械制造装备的先进程度，产品性能和质量的好坏则取决于制造过程中工艺水平的高低。将设计图纸转化成产品，离不开机械制造工艺与夹具，它们是机械制造业的基础，是生产高科技产品的保障，离开了它们，就不能开发制造出先进的产品和保证产品质量，不能提高生产率、降低成本和缩短生产周期。

1.2 机械加工技术的现状和发展

机械制造工艺技术是在人类生产实践中产生并不断发展的。20世纪50年代，在“刚性”生产模式下，通过大量使用的专用设备和工装夹具，提高生产效率和加工的自动化程度，进行单一或少品种的大批量生产，以“规模经济”实现降低成本和提高质量的目的。在70年代主要通过改善生产过程管理来进一步提高产品质量和降低成本。在80年代，较多地采用数控机床、机器人、柔性制造单元和系统等高技术的集成来满足产品个性化和多样化的要求，以满足社会各消费群体的不同要求。从90年代开始，机械制造工艺技术向着高精度、高效率、高自动化方向发展，精密加工精度已经达到亚微米级，而超精密加工已经进入0.01微米级。现代机械产品的特点是品种多、更新快、生产周期短。这就要求整个加工系统及机械制造工艺技术向着柔性、高效、自动化方向发展。由于成组技术理论的出现和计算机技术的发展，计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工艺设计（CAPP）、计算机辅助制造技术（CAM）、数控加工技术等机械制造业中得到了广泛应用，并且大大地缩短了机电产品的生产周期，提高了效率，保证了产品的高精度、高质量。

1.3 本课程的性质、内容、任务及学习方法

机械加工技术课程是以机械制造中的工艺和工装设计问题为研究对象的一门应用性制造技术学科。所谓工艺,是指使各种原材料、半成品成为产品的方法和过程;机械制造工艺是各种机械制造方法和过程的总称。而在生产过程中,用来迅速、方便、安全地安装工件的工艺装备,称为夹具。所谓制造技术学科就是在深入了解实际的基础上,利用各种基础理论知识(如数学、物理、化学、力学、机械原理和金属切削原理等),经过实事求是地分析对比,找出客观规律,解决面临的工艺问题的学科。

机械制造工艺的内容极其广泛,它包括零件的毛坯制造、机械加工及热处理和产品的装配等。本课程的研究范围主要是零件的机械加工及加工过程中工件的装夹和产品的装配两个方面,涉及的产品品种成千上万,但是研究的工艺问题则可归纳为质量、生产率和经济性三类。

(1) 保证和提高产品的质量。产品质量包括装配精度、使用性能、使用寿命和可靠性,以及零件的加工精度和加工表面质量。由于航空航天、精密机械、电子工业和国防工业的需要,对零件的精度和表面质量的要求越来越高,相继出现了各种新工艺和新技术,如精密加工、超精密加工和微细加工等,加工精度由 $1\ \mu\text{m}$ 级提高到 $0.01\ \mu\text{m}$ 级,目前正在向 nm ($0.001\ \mu\text{m}$)级精度迈进。

(2) 提高劳动生产率。提高劳动生产率的方法,一是提高切削用量,采用高速切削、高速磨削和重磨削。近年来出现的聚晶金刚石和聚晶立方氮化硼等新型刀具材料,其切削速度可达 $1\ 200\ \text{m}/\text{min}$,高速磨削的磨削速度达 $200\ \text{m}/\text{s}$ 。重磨削是高效磨削的发展方向,包括大进给、深切进给的强力磨削、荒磨和切断磨削等。二是改进工艺方法、创造新工艺,例如,利用锻压设备实现少无切屑加工,对高强度、高硬度的难切削材料采用特种加工等。三是提高自动化程度,实现高度自动化,例如,采用数控机床、加工中心、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)和无人化车间或工厂等。

成组技术的出现,能解决多品种尤其是中、小批生产中存在的生产周期长、生产效率低的问题,也是企业实现高度自动化的基础。

(3) 降低成本。降低成本要考虑节省和合理选择原材料,研究新材料;并且要合理使用和改进现有设备,研制新的高效设备等。

对上述三类问题要辩证地全面地进行分析。要在满足质量要求的前提下,不断提高劳动生产率和降低成本。以优质、高效、低耗的工艺去完成零件的加工和产品的装配,这样的工艺才是合理的和先进的工艺。

机械加工技术课程是机械类各专业的一门主要专业课。通过本课程的学习(包括课堂理论教学、现场教学、实验和习题等)及相关实践教学环节的训练(如生产实习和课程设计等),使学生初步具备分析和解决工艺技术问题的能力。具体有以下三点要求:

(1) 掌握机械制造工艺的基本理论(包括定位和基准理论、尺寸链理论、加工精度和误差分析理论、表面质量和机械振动理论等)和夹具设计方法及典型结构,注重建立基本概念和理论的具体应用,学会对较复杂零件进行工艺分析和夹具设计的方法。

(2) 具有制订中等复杂零件的机械加工工艺规程、设计夹具、制订一般产品的装配工艺

规程和主管产品工艺的初步能力。

(3) 树立生产制造系统的观点,了解现代(先进)制造技术的新成就、发展方向和一些重要的现代(先进)制造技术,以扩大视野、开阔思路、提高工艺等制造技术水平和增强人才的竞争力及就业能力。

本课程只能涉及工艺理论中最基本的内容,不管工艺水平发展到何种程度,都和这些基本内容有着密切的关系。因此,掌握最基本的内容,才能为今后的工作实践和继续学习,为不断增加工艺知识和提高分析、解决工艺等制造技术问题的能力打好基础。

本课程的特点和学习方法:

(1) 实践性强。本学科的内容来自生产和科研实践,而工艺理论的发展又促进和指导生产的发展,学习的目的在于应用,在于提高工艺水平,因此,要重视试验、生产实习和专业实习。有了一定的感性知识,就容易理解和掌握基本的概念、理论和方法。在学习过程中,要着重理解和掌握基本概念及其在实际中的应用,要多做习题和思考题,要重视课程设计。不少工艺原则只能用理论概括说明,很难用数学方法揭示其严密的关系。

(2) 内容丰富,涉及面广。传统的制造技术本来面就很广,涉及各类制造方法和过程,如从毛坯制造、热处理到机械加工、表面处理和装配,还涉及设备及工艺装备等“硬件”;而现代(先进)制造技术还要涉及产品设计、管理和市场甚至经济学等经管学科。各学科间相互渗透、结合、互补和促进是现代科学技术的特点和发展趋势。为此,学习时要善于综合运用已学过的专业基础课和专业课,如金属工艺学、机械工程材料、计算机应用技术、电工电子学、检测技术、金属切削原理、液压与气动、金属切削机床、企业管理与技术经济等课程,要深入接触社会,了解我国的经济政策及世界的经济形势,拓宽知识面。这也是制造业全球战略的需要。

(3) 灵活多变。机械加工技术是制造技术学科中的核心内容,属“软技术”范畴,特别是工艺理论和工艺方法的应用,灵活性很大。因此,必须根据具体条件和情况实事求是地进行辩证的分析。要多学点辩证法,学会抓住主要矛盾和矛盾的主要方面,特别要注意矛盾和矛盾主要方面的转化。例如,分析设计和制造这一对矛盾时,在一般情况下,设计是矛盾的主要方面,制造要服从设计。但是,当情况特殊时,如市场竞争剧烈,要求迅速提供新品种时,矛盾的主要方面就会转化,把制造提高到和设计并列的地位,甚至强调设计适应制造,这也是符合辩证观点的,符合企业的根本利益。

第2章 概述

2.1 基本概念

2.1.1 生产过程和工艺过程

机械产品制造时，将原材料或半成品转变为成品的全过程，称为生产过程。对机械制造行业而言，生产过程主要包括：

(1) 生产技术准备过程，是指产品投入生产前的各项生产和技术准备工作，如产品的试验研究和设计、工艺设计和专用工艺装备的设计与制造、各种生产资料的准备以及生产组织方面的准备工作等。

(2) 毛坯的制造过程，如铸造、锻造、冲压和焊接等。

(3) 零件的各种加工过程，如机械加工、热处理和其他表面处理等。

(4) 产品的装配过程，如装配、调整、检验、试验、油漆和包装等。

(5) 各种生产服务活动，如生产中原材料、半成品和工具的供应、运输、保管以及产品的包装和发运等。

在现代工业生产中，一台机器的生产往往是由许多工厂以专业化生产的方式合作完成的。这时，某工厂所用的原材料，却是另一工厂的产品。例如，制造汽车时，汽车上的轮胎、仪表、电器元件、液压元件甚至发动机等许多零部件都是由专业厂协作生产的，汽车厂只完成关键零部件的生产和装配完整的产品——汽车。产品按专业化组织生产后，各有关工厂的生产过程就比较简单，有利于保证质量、提高生产率和降低成本。

在生产过程中，改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等，使其成为成品或半成品的过程，称为工艺过程。工艺过程是生产过程的主要组成部分。它包括毛坯制造过程、工件热处理过程、机械加工工艺过程、产品装配工艺过程等。利用机械加工的方法，直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量，使之成为产品零件的过程称为机械加工工艺过程。为便于叙述，以下将机械加工工艺过程简称为工艺过程。

2.1.2 工艺过程的组成

在工艺过程中，根据被加工零件的结构特点和技术要求，常需要采用各种不同的加工方法和设备，并通过一系列加工步骤，才能将毛坯变成零件。因此，工艺过程是由一个或若干个顺次排列的工序组成的，而工序又可细分为若干个工步、安装和走刀。

1. 工序

工序是指一个（或一组）工人，在一台机床（或同一工作地）上，对一个（或同时对几个）工件所连续完成的那部分工艺过程。工序是工艺过程的基本单元。

区分工序的主要依据，是工作地（或设备）是否变动和加工是否连续，零件加工的工作

地变动或加工不连续,即构成另一工序。例如图2—1所示的阶梯轴,当加工数量较少时,其加工工艺及工序划分如表2—1所示。当加工数量较大时,其工序划分如表2—2所示。

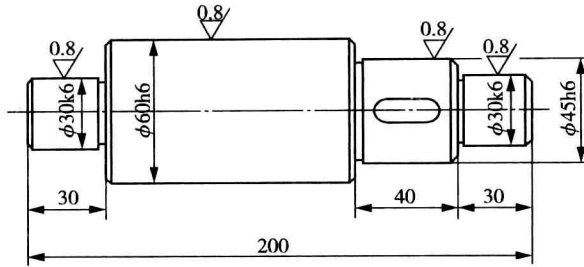


图2—1 阶梯轴

工序不仅是制订工艺过程的基本单元,也是制订劳动定额、配备工人、安排作业计划和进行质量检验的基本单元。

在零件的加工工艺过程中,有一些工作并不改变零件的形状、尺寸和表面质量,但却直接影响工艺过程的完成,如检验、打标记等,一般称这些工序为辅助工序。

表2—1 阶梯轴加工工艺过程(单件小批生产)

工序号	工序内容	设备
1	车端面、打顶尖孔、车全部外圆、切槽与倒角	车床
2	铣键槽、去毛刺	铣床
3	磨外圆	外圆磨床

表2—2 阶梯轴加工工艺过程(中批生产)

工序号	工序内容	设备
1	铣端面、打顶尖孔	铣端面打顶尖孔机床
2	车外圆、切槽与倒角	车床
3	铣键槽	铣床
4	去毛刺	钳工台
5	磨外圆	外圆磨床

2. 安装与工位

工件在加工之前,在机床或夹具上先占据一个正确的位置(定位),然后再予以夹紧的过程称为安装。在一个工序内,工件的加工可能只需要安装一次,也可能需要安装几次。例如,表2—2中的工序3,一次安装即铣出键槽,而工序2中,为车削全部外圆表面则最少需两次安装。工件加工中应尽量减少安装次数,因为多次安装会增加安装误差,而且还增加了安装工件的辅助时间。

为了减少工件的安装次数,常采用各种回转工作台、回转夹具或移位夹具,使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。此时,工件在机床上占据的每一个加工位置称为工位。如图2—2所示为利用回转工作台在一次安装中依次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四工位加工的实例。采用多工位加工,可减少工件安装次数,缩短辅助时间,提高生产效率。

3. 工步与走刀

在一个工序内，往往需要采用不同的刀具和切削用量对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容，工序还可进一步划分为工步。工步是指加工表面、切削工具和切削用量中的转速与进给量均不变的情况下所完成的那部分工艺过程。一个工序可包括几个工步，也可以只包括一个工步。例如，在表 2—2 的工序 2 中，包括有粗精车各外圆表面及切槽等工步，而工序 3 当采用键槽铣刀铣键槽时，就只包括一个工步。

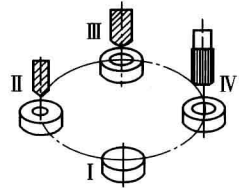


图 2—2 多工位加工

一般构成工步的任一因素（加工表面、刀具或切削用量）改变后，工步即变为另一工步。但是对于那些在一次安装中连续进行的若干相同的工步，为简化工序内容的叙述，通常多看做一个工步。例如，对于图 2—3 所示零件上四个 $\phi 15$ 孔的钻削，可写成一个工步——钻 $4 \times \phi 15$ 孔。

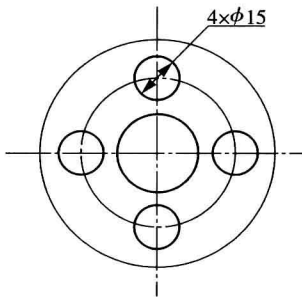


图 2—3 包括四个相同表面加工的工步

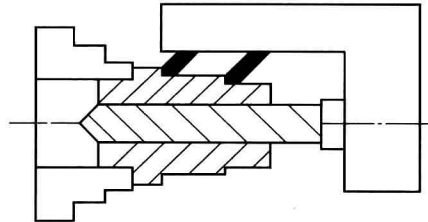


图 2—4 复合工步

为了提高生产率，用几把刀具同时加工几个表面的工步，称为复合工步（见图 2—4）。在工艺文件上，复合工步应视为一个工步。

在一个工步内，若因被加工表面需切去的金属层很厚需要分几次切削，则每进行一次切削就是一次走刀。一个工步可包括一次或几次走刀。

2.1.3 生产纲领与生产类型

各种机械产品的结构、技术要求等差异很大，但它们的制造工艺则存在着很多共同的特征。这些共同特征取决于企业的生产类型，而企业的生产类型又是由企业的生产纲领决定的。

1. 生产纲领

产品（或零件）的生产纲领，是指企业在计划期内计划生产的产品产量。计划期一般为一年。对于零件而言，除了制造机器所需的数量外，还应包括一定数量的备品和废品。

零件的生产纲领可按式计算：

$$N = Qn (1 + a\% + b\%) \tag{2—1}$$

式中： N ——零件的生产纲领；

Q ——产品的生产纲领；

n ——每台产品中该零件的数量；

$a\%$ ——备品的百分率；

$b\%$ ——废品的百分率。