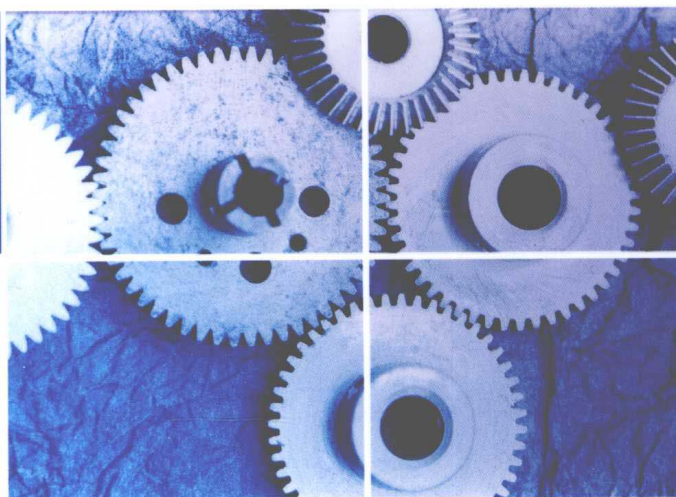




普通高等教育“十一五”国家级规划教材



# 机械制造工艺学

第3版

江南大学 郑修本 主编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 机械制造工艺学

第 3 版

主 编	郑修本	
副主编	张 琦	陶福春
参 编	徐增豪	于相慧
主 审	蔡建国	

机械工业出版社

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是在第2版普通高等教育“九五”部级重点教材和普通高等工科教育机电类规划教材的基础上修订而成的。修订特点：以制造工艺为主线，有机地融入夹具、切削原理与刀具和机床等相关知识；重视数控技术的作用，并把传统的制造工艺与现代制造技术相结合，拓宽了研究领域；加强了工艺理论，提出了一些具有探索性的新观点和新思路，以激励学生主动学习，培养学生勇于探索、不断创新的能力；在理论论述中强调通俗易懂，重思维引导和理论应用；重视工艺实践知识，强调理论联系实际，在保留原有八类（主轴、曲轴、丝杠、套筒、箱体、圆柱齿轮、活塞、连杆）典型零件加工的基础上精炼了内容。

本书内容主要有：机械制造工艺的基本概念、工件的定位及机床夹具的设计要点、机械加工工艺规程的制订和工艺尺寸链、机械加工精度、机械加工表面质量、典型零件加工与加工方法、装配工艺基础和装配尺寸链，以及现代制造技术。

本书可作为高等工科院校“机械设计制造及其自动化”和“机械工程及自动化”等专业的教材，也可作为电视大学、职工大学和自学考试等学生的教材，并可供从事机械制造业的工程技术人员参考和培训。

## 图书在版编目（CIP）数据

机械制造工艺学/郑修本主编. —3版. —北京：机械工业出版社，2011.12

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-111-36014-8

I. ①机… II. ①郑… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第200907号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：刘小慧 责任编辑：刘小慧 章承林

版式设计：霍永明 责任校对：张莉娟

封面设计：张静 责任印制：杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2012年1月第3版·第1次印刷

184mm×260mm·22.5印张·555千字

标准书号：ISBN 978-7-111-36014-8

定价：39.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

## 第3版前言

为了适应21世纪我国从世界制造大国走向制造强国，要培养大批创新型机械工程师的需要，以及高等教育大众化阶段要培养宽口径机械工程专业应用型、创新型人才的需要，编者在总结本书第2版使用实践的基础上，修订、编写了本书第3版。

目前，传统的机械制造学科已融入机械设计学科、电子信息（含自动控制和自动化）学科、计算机应用学科和现代经济管理学科等内容，发展为多学科的现代制造技术。其中机和电是两大学科，对机械工程专业的人才要求是机电并重型人才，还是分别以机为主或以电为主的人才，这是首先要解决的专业方向问题。本书编者认同“以机为主，电为机用”的专业方向。

本书第1版于1992年5月出版，1996年获部级优秀教材二等奖。本书第2版于1999年5月出版，是部级重点规划教材，至今已经累计重印26次。本书第1、2两版累计印数36.4万册，读者反映良好。本书第3版列选“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”。参加本书第1、2、3版的编者，前后共有12位，都是长期从事机械制造工艺学的专业教师。

机械制造工艺学是机械专业的主要专业课。为了突出重点，精简专业课门数，把机床夹具设计、金属切削原理与刀具和机床概论等专业课的相关内容有机地融入本课程。为避免简单和孤立地拼合，本书不是把其他课程单独设章，而是形成以机械制造工艺为主线的一门核心专业课。

本书编写的主要指导思想是加强传统的工艺理论，因为它是应用型人才建立正确思维方法，提高应用能力和创新能力的必要条件，也是学科建立和发展的基础。在对传统的工艺基本概念和基本理论进行深入分析和探索的同时，参阅了本学科的经典著作和最新的国内外相关标准等资料后，提出了一些具有探索性的新观点和新思路。其目的是以这些新观点和新思路为题引入互动式课堂讨论，激励学生主动学习，培养学生勇于探索、积极思考、不断创新的能力。先举几例说明，如：从生产过程到制造过程的研究是学科发展的需要，不应强调字面上的差别；应从几何学观点，从设计和工艺两方面的需要，建立基准的正确概念，就可得出基准都是客观存在的；作为基准必须确切，要分清基准是圆柱面还是圆柱面的轴线，两者可以替代，但要引入替代误差；装配基准应属设计基准；用运动学正确地分析工件的六点定位，“点”首先应理解为限制自由度数的单位，还提出了解决重复定位的自由度叠加和消除方法；为了解决定位误差计算的难点，剖析了定位误差产生的实质，都是基准不重合，从而提出了简易建模方法；超精密加工的机理除了超微量、高稳定外，就是误差的补偿和均化技术等传统的工艺理论，设备本身不可能有创造性等。其他的新观点和新思路将在各章中分别介绍。在基本概念和基本理论的论述中，通俗易懂地讲清其实质和要点，按认识规律，逐步解决重点和难点问题，轻数学推导，重思维引导，强调如何应用和应用的场合。

本书重视工艺实践知识。在保留原有八类（主轴、曲轴、丝杠、套筒、箱体、圆柱齿轮、活塞、连杆）典型零件加工及其加工方法的基础上精简内容，并对其中曲轴加工和活塞加工进行了全面修改。在实践知识的编写中，强调理论和实践相结合，加深对理论应用的理解。同时也体现了各专业课的相关内容有机地融入本课程，形成以机械制造工艺为主线的观点。

本书重视成组技术、数控技术、电子和信息技术等对传统制造技术的推动作用，拓宽研究领域，树立制造系统的概念。在现代制造技术中，充实新的研究内容，如快速原型技术和绿色制造技术等新成果，并对现代制造技术的发展趋势有所介绍，以培养创新思维。

全书共分八章，主要包括基本概念、工件的定位及机床夹具设计要点、机械加工工艺规程设计和工艺尺寸链、机械加工精度、机械加工表面质量、典型零件加工与加工方法、装配工艺基础和装配尺寸链以及现代制造技术。

本书按 50~70 学时（含实验和习题）编写，每章均有习题和思考题，并贯彻少而精的原则和有关最新国家标准等。建议采用理论讲授加互动式课堂讨论形式进行，讨论题目可从上述举例和各章中的新观点和新思路或习题中选取。另有生产实习和课程设计等教学环节，课前有金工实习。实习是培养创新型、应用型人才必不可少的条件，必须加强，要推进制造业参与人才培养的过程。

本书由江南大学郑修本任主编，江南大学张琦和哈尔滨理工大学陶福春任副主编。具体分工如下：绪论、第一、二、三、七章由郑修本编写，第四章由陶福春编写，第五章由长春大学于相慧编写，第六章由上海理工大学徐增豪和张琦编写，第八章由张琦编写。郑柳协助主编完成计算机检索、收集和整理工作。全书由上海交通大学蔡建国教授主审。蔡教授认真、细致地审阅了全书，提出了不少宝贵意见，对本书质量的提高具有一定作用，对此我们表示衷心感谢。同时，哈尔滨工业大学王启平教授、王振彪教授、上海应用技术学院谈理高级工程师、梅纪先副教授都对本书的前期修订工作做出了贡献，江南大学教务处和机械工程学院对本书修订给予了大力支持，在此一并表示衷心感谢。

本书主要作为高等工科院校“机械设计制造及其自动化”、“机械工程及自动化”等专业的教材，也可作为电视大学、职工大学、函授大学、业余大学和自学考试等学生的教材，并可供从事机械制造业的工程技术人员参考和培训使用。

由于水平有限，有些观点还有探索性质，难免有不少欠妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2011年3月

## 第2版前言

“机械制造工艺学”是“机械制造工艺及设备”、“机械设计制造及其自动化”和“机械工程及自动化”等专业的一门主要专业课，它对培养有关制造工艺（技术）方面的应用型人才起到直接的和重要的作用。

近一个世纪以来，国内外专家和学者对培养制造工艺（技术）方面的应用型人才持有两种不同的观点：一种是偏重于掌握各种具体的工艺实践知识（典型零件加工与加工方法），即工艺的个性；另一种是偏重于掌握制造工艺理论，即工艺的共性。因此，制造工艺教材也有两种与之相应的模式。我们认为，这两种观点都有其正确的一面，最佳的方案应该是两者的有机结合。如何结合？这是个值得探索的课题。

近代，随着科学技术的迅猛发展和市场需求的变化及竞争的加剧，传统的制造技术发展到一个崭新的阶段。传统制造技术不断吸取机械、电子、信息、材料、能源及现代管理等技术成果，并将其综合应用于产品整个生命周期，成为“市场——设计——制造——市场”的大的生产制造系统。在生产制造系统中，各个专业学科间不断交叉、融合，其界限逐渐淡化甚至消失，它的总目标是以满足市场（用户）的要求作为其战略决策的核心，以取得理想的技术经济效果。这样，传统的制造工艺学如何适应科技发展的需要，进行内容的变更，这是又一个值得探索的课题。

上述两个课题的实质，不仅是本书编写的问题，更是专业改造、扩大，课程体系重组和学科教学内容变更的问题，是教改的基础。

本书第1版自1992年出版以来，受到广大师生和读者的欢迎和支持，每年重印一次，印刷7次，累计印数近20万册，并于1996年获机械工业部全国高等学校机电类专业优秀教材二等奖。

为了适应7年来机械制造技术的发展和教学改革的需要，并吸取广大读者使用后的意见和建议，决定对本书第1版进行修订；并于1997年由全国高等学校机电类专业教学指导委员会推荐和审核，经原机械工业部教育司批准，将本书第2版定为部“九五”重点规划教材。

本书总的修订原则是在进一步探索前述两个课题的基础上，力争做到将工艺理论和实践知识（典型零件加工与加工方法）有机地结合，并使两者都有所加强和创新；内容要面向21世纪制造业的全球化，要贯彻少而精的原则，使总篇幅在第1版基础上有所压缩。具体修订原则如下：

1) 工艺理论的论述中注重建立基本概念及其应用。要按认识规律，结合实例由浅入深地解决重点和难点，富有启发性，以利能力培养和自学。

2) 工艺实践知识方面，在保留原有典型零件和加工方法种类较多的基础上精简内容，叙述详略有序，一类典型零件讲透一种，其余举一反三地讲特点；加工方法上讲清原理、工艺特点和应用，培养分析能力，同时，又增加了近年来国内外采用的先进技

术。

3) 把特种加工和超精密加工并入现代制造技术中,内容要面向21世纪制造业,树立生产制造系统的观点和反应现代制造技术的新成就和动向,使本书具有先进性。

4) 每章均附有习题及思考题,以引导思维、掌握要点、培养能力。

5) 全书严格贯彻有关国家标准,并做到全书一致。

本书按专业教学指导委员会所制订的教学计划和教学大纲编写,课堂学时(含实验和习题)为60~70学时,另有生产实习和课程设计等教学环节。

本书主要作为高等工科院校“机械制造工艺及设备”、“机械工程及自动化”和“机械设计制造及其自动化”等专业的教材,也可作为职业大学、电视大学、职工大学、函授大学、业余大学和自学考试等学生的教材,并可供从事机械制造业的工程技术人员参考和培训使用。

本书由江南大学郑修本教授任主编,上海理工大学工程技术学院徐增豪高级工程师和哈尔滨理工大学工业技术学院徐雳副教授任副主编。具体分工如下:绪论、第一章和第五章由郑修本编写,第二章、第四章第四、六节由徐雳编写,第三章由长春大学机械工程学院于相慧编写,第四章第一、二、三、五节、第六章第二节由徐增豪编写,第六章第一、三、四节由哈尔滨工业大学王振龙副教授(博士)编写并完成本章初统稿。全书由哈尔滨工业大学王启平教授主审。

本书初稿完成后,编者互审,主编、副主编审稿,经多次修改并于1998年4月召开审稿会,参加审稿会的除编审人员和责任编辑外,还有长春水利电力高等专科学校李德仁副教授和孙伟副教授,专家们对初稿提出了不少宝贵意见,在此谨向他们表示衷心感谢,并在此向使用过本书第1版并提出宝贵意见的读者一并致意。

由于水平有限,有些观点有探索性质,难免有不少欠妥之处,恳请读者批评指正。

编者  
1998年9月

# 第1版前言

本书是根据高等专科学校“机械制造”专业教材编审委员会审定的指导性教学计划和机械制造工艺学教学大纲，由教材编审委员会组织编审并推荐的教材。

本书可作为高等专科学校各种“机械制造”专业的教材，也可作为职业大学、电视大学和职工大学的教材，并可供从事机械制造专业的工程技术人员参考。

本书内容分为机械制造工艺的基本理论和典型零件加工两部分。基本理论部分包括：制订机械加工工艺规程与装配工艺规程的原则和方法、机械加工精度及表面质量、工艺尺寸链与装配尺寸链理论及其应用、机械加工的生产率与经济性分析等。典型零件加工部分包括轴（主轴、曲轴、丝杠、花键轴等）、套、圆柱齿轮、箱体、活塞和连杆等的工艺分析与加工方法。还编入了特种加工、超精密加工和现代制造技术。

根据教学大纲的要求，为突出高等专科学校的特点，本书强调应用性和能力的培养。在基本理论的论述中，注重建立基本概念和原理的具体应用；为培养主管产品工艺的初步能力，加强了装配工艺的基础知识，从保证产品质量出发，分析装配工艺以及装配和机械加工工艺的关系；紧紧围绕质量、生产率和经济性三者的辩证关系分析工艺问题。在典型零件加工工艺中，注重工艺分析和能力的培养，以适应各种“机械制造”专业的教学。现代机械制造技术和超精密加工反映了国内外机械制造的发展动向，以扩大视野，开阔思路。

本书贯彻了国家最新标准（含机械制造工艺术语、尺寸链的计算方法等），内容新颖、简明扼要，阐述清晰易懂，并附有实例。

本书由江南大学郑修本副教授任主编，上海机械专科学校冯冠大副教授任副主编。绪论和第一章由郑修本编写；第二章由苏焕斌（哈尔滨机电专科学校）编写；第三章由孙光华（郑州机械专科学校）编写；第四章一、二、五节由冯冠大编写；第四章第三、四、六节由增家驹（湘潭机电专科学校）编写；第五章由冯冠大编写；第六章由郑修本编写；第七章由徐嘉元（南京机械专科学校）编写。全书由郑州机械专科学校刘世定副教授主审。

本书初稿完成后，曾于1990年11月召开了初审会议，并于1991年4月召开终审会议定稿。参加审稿会的专家有：北京航空航天大学杨光薰教授、沈阳冶金机械专科学校孙奎武教授、郑州纺织工学院郭承燕副教授、哈尔滨机电专科学校陈德祺副教授、北京机械工业管理学院李庆寿副教授等。专家们对初稿提出了不少宝贵意见，在此谨向他们表示衷心地感谢。

由于水平有限，编写时间又较紧迫，书中难免有不少欠妥之处，恳请读者批评指正。

编者

1991年4月



# 目 录

第3版前言	
第2版前言	
第1版前言	
绪论	1
习题与思考题	4
第一章 机械制造工艺的基本概念	5
第一节 生产过程和工艺过程及其组成	5
第二节 制造过程	7
第三节 系统的概念、工艺系统和制造系统	8
第四节 生产纲领、生产类型及其工艺特征	9
第五节 基本的加工方法	12
习题与思考题	14
第二章 工件的定位及机床夹具的设计要点	15
第一节 基准的概念及其分类	15
第二节 工件的装夹方式	17
第三节 工件的定位原理	18
第四节 工件定位误差的分析与计算	25
第五节 机床夹具设计的要点	32
习题与思考题	33
第三章 机械加工工艺规程的制订和工艺尺寸链	38
第一节 概述	38
第二节 零件结构工艺性分析	42
第三节 确定毛坯	46
第四节 定位基准的选择	47
第五节 工艺路线的拟订	52
第六节 确定加工余量、工序尺寸及其公差	59
第七节 时间定额和提高劳动生产率的工艺途径	63
第八节 工艺过程的技术经济性分析	69
第九节 工艺尺寸链	73
第十节 数控加工工艺	93
习题与思考题	94
第四章 机械加工精度	101
第一节 概述	101
第二节 工艺系统的几何误差	103
第三节 工艺系统的受力变形	109
第四节 工艺系统的热变形	121
第五节 工件残余应力引起的误差	126
第六节 加工误差的统计分析法和综合分析实例	127
第七节 提高和保证加工精度的途径	144
习题与思考题	146
第五章 机械加工表面质量	149
第一节 机械加工表面质量的含义及其对零件使用性能的影响	149
第二节 影响表面粗糙度的工艺因素及其改善措施	152
第三节 影响零件表面层物理力学性能的因素及其改善措施	157
第四节 工艺系统的振动及其控制措施	164
习题与思考题	175
第六章 典型零件加工与加工方法	176
第一节 轴类零件加工	176
第二节 套筒零件加工	207
第三节 箱体加工	219
第四节 圆柱齿轮加工	231
第五节 活塞加工	245
第六节 连杆加工	252
习题与思考题	262
第七章 装配工艺基础和装配尺寸链	267
第一节 概述	267
第二节 建立装配尺寸链的方法	272
第三节 保证装配精度的方法——解装配尺寸链	281

---

第四节 装配工艺规程的制订·····	297	制造技术·····	314
第五节 产品的结构工艺性·····	305	第三节 超精密加工与微细加工技术·····	324
习题与思考题·····	308	第四节 制造自动化技术和现代制造 模式·····	330
<b>第八章 现代制造技术</b> ·····	<b>312</b>	习题与思考题·····	348
第一节 概述·····	312	<b>参考文献</b> ·····	<b>349</b>
第二节 非传统加工技术与快速成型			

# 绪 论

## 一、我国机械制造业的现状和机遇

机械制造业是为国民经济和国防建设提供技术装备的基础性、战略性产业，其规模和技术水平集中体现了国家的综合竞争力，也是衡量国家经济实力和科学技术水平的重要标志。

进入 21 世纪，在经济全球化和市场国际化等多种因素的共同影响下，我国机械制造业得到了飞速的发展。目前我国机械制造业的规模已进入世界第四位，成为世界的制造大国。

但是，与先进工业国家相比，我国的机械制造业的核心竞争能力和科技创新能力还不够强，尤其在核心技术、基础技术和关键环节上落后于国际先进水平，致使核心基础元器件和软件仍没有摆脱受制于人的局面，产品结构总体上处于全球机械产品产业链的中、低端，品牌效应不强。造成的原因主要是，苛求尽快赶上发达国家的发展水平，过多依靠了资金、资源和劳动力投入的粗放型经济发展方式，忽视了靠科技进步和提高劳动者素质的经济发展方式；重速度轻质量，重生产能力轻科研能力，重引进技术轻自我开发，重制造轻创造。

面对激烈的国际市场竞争，我国的机械制造业面临着严峻的挑战。当今世界，经济重心开始向亚洲转移，制造中心正在我国兴起，建设全面小康社会对制造业长期、持续、稳定的需求，满足“节约型”社会的新型工业化要大规模更新工业装备和工程设施等，这又给我国机械制造业带来难得的发展机遇。

总体上，我国已基本具备发展为世界制造强国的一些基础和条件，国家有中、长期规划把加快转变经济发展方式贯穿于经济社会发展全过程和各领域，把坚持改革开放、依靠科技进步和创新、建设资源节约型和环境友好型社会、进行战略性调整经济结构作为经济发展的方式，保持经济平稳、较快、可持续发展。制造业的产品结构、生产模式和经营理念正在逐步变革和提升。可以期待经过若干个国家五年规划的艰苦奋斗，在良好的国际和国内环境下，我国是能够逐步实现由制造大国向制造强国转型的。

面临这一重大转型，人才是关键。培养大批应用型和创新型制造人才，对我国高等工科教育事业既是严峻的挑战，也是难得的发展机遇。当前，要重视学风建设，要建立实践环境和实习基地。实习是应用型创新型人才必不可少的条件，必须加强。要树立教师起主导作用、学生是主体的观点，发挥各类教师（教学经验丰富或学历较高）尤其是双师型教师的作用。要引入互动式课堂讨论，激励学生主动性学习，培养学生勇于探索、积极思考、不断创新的能力。要推进制造业参与人才培养的过程，大力加强实践教学，培养制造业急需的人才。现代制造技术学科中机和电两大学科是并重型人才，还是分别以机为主和以电为主的人才，值得研究。总之，重要的是转变理念，提高教育质量，已做大了高等工科教育，还要做强高等工科教育。

## 二、机械制造工艺学的研究对象

传统的机械制造工艺学是以机械制造中的工艺问题为研究对象的一门应用性制造技术学科。所谓工艺，是使各种原材料、半成品成为产品的方法和过程；而机械制造工艺，是指各种机械的制造方法和过程的总称。所谓应用性制造学科就是在深入实践的基础上，利用科学

的方法,找出系统性理论知识和思维方法,解决面临工艺问题的学科。

20世纪初,机械制造业中的大量生产为机械制造工艺学的建立和发展奠定了基础。20世纪50年代以来,机械制造业向高精度、高效率、高度自动化和柔性化方向的发展,使机械制造工艺学发展到一个新的水平。

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、热处理和产品的装配等。机械制造工艺学的研究范围主要是零件的机械加工和产品的装配两部分。

机械制造工艺学涉及的行业有百余种,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,以及零件的加工精度和加工表面质量。近代,由于宇航、精密机械、电子工业和军工的需要,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 $0.1\sim 0.01\mu\text{m}$ 级,目前正在向 $\text{nm}$ ( $0.001\mu\text{m}$ )级精度迈进。

(2) 提高劳动生产率 提高劳动生产率的方法有三种。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 $1200\text{m}/\text{min}$ ,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、大背吃刀量缓进给的强力磨削、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削加工,对高强度、高硬度的难切削材料采用非传统加工等。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。

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

(3) 降低成本 要节省和合理选择原材料,研究新材料;合理使用和改进现有设备,研制新的高效设备;节约人、财、物资源,消除一切不增值的浪费等。

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。能以优质、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、先进的工艺。

工艺的发展不仅要依赖生产的发展,还要进行试验研究,用科学的方法分析和研究工艺问题,解决工艺问题,提高工艺水平。工艺的发展也促进了设备和工艺装备(刀、夹、辅和量具等)的改进和发展。同样,设备和工具的发展(如数控技术的出现)也会推动工艺的发展,它们是相辅相成的。

近代,随着科学技术的迅猛发展和市场需求的变化及竞争的加剧,传统的制造技术发展到一个崭新的阶段,称为现代制造技术。它是传统制造技术不断吸收机械、电子、信息、材料、能源及现代管理等技术成果,并将其综合应用于从产品设计、加工制造到产品销售及使用维护等全过程,成为“市场→产品设计→制造→市场”的制造系统。它能够实现优质、高效、低耗、清洁无污染和灵活的柔性生产,并取得理想的技术经济效果。要取得理想的技术经济效果,必须以满足市场(用户)的要求作为其战略决策的核心。所谓优质、高效、低耗,也将随之增加了新的内涵。即优质不是单纯的产品质量越优越好,而是要恰如其分地

满足市场（用户）的质量要求；同时，企业必须从传统的质量控制和管理模式转换为完整的和可靠的质量保证体系。高效不单是产品的数量要多，更重要的是响应市场（用户）的要求快、更新产品的速度快，即上市快。低成本不仅指产品的成本低，而是指企业的综合效益要好。用户不仅在购买商品时便宜，而且在使用、维护直到商品废弃的全过程也是经济的；同时，由于商品的生命周期越来越短，用户购买商品后，都希望得到不断改善产品性能的服务，因而要重视售后服务，形成企业与用户间长期的依存关系，保证企业稳定的产品市场。

现代制造技术中，制造系统概念的建立和研究，扩大和丰富了制造技术学科的内容，也指出了它的发展方向，这是制造技术学科一个重大的突破。

### 三、学习本课程的目的与要求

机械制造工艺学是各类机械工程专业的一门核心专业课。通过本课程的教学过程（包括：课堂理论教学、互动式课堂讨论、现场教学、实验和习题等）及有关教学环节（如生产实习和课程设计等）的配合，使学生初步具有分析和解决工艺等制造技术问题的能力及自学工艺理论和新工艺、新技术的能力。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、工艺和装配尺寸链理论、加工精度和误差分析理论、表面质量和机械振动理论等），注重建立基本概念和理论的具体应用，学会进行工艺分析和试验研究的方法。

2) 具有制订中等复杂零件的机械加工工艺流程、一般产品的装配工艺流程和主管产品工艺的初步能力。

3) 树立制造系统的观点，了解现代制造技术的新成就、发展方向和一些重要的现代制造技术，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，要掌握最基本的内容，为今后通过工作实践和继续学习，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。

### 四、本课程的特点和学习方法

(1) 实践性强 本学科的理论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。学习工艺学的目的在于应用，在于提高工艺水平。因此，要多下工厂、多实践，要重视试验、生产实习和专业实习。有了一定的感性知识，就容易理解和掌握工艺学的概念、理论和方法。在学习过程中，要着重理解和掌握基本理论及其在实际中的应用，并通过互动式课堂讨论，变被动学习为主动学习。还应加强课程设计环节，通过应用掌握工艺理论。

(2) 涉及面广及内容丰富 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”；而现代制造技术还涉及产品设计、电子、信息、经济管理等学科。各学科间相互渗透、融合、互补和促进，是现代科学技术发展特点和趋势。人才培养必须适应这种要求。为此，课程在体系和内容上要不断改进和完善。

本书编写的指导思想是加强传统的工艺理论，并提出了一些新观点和新思路，就是要适应制造技术的发展需要，抓住最本质的理论。在学习时要善于综合运用已学过的专业基础课

和专业课，如工程材料、计算机应用、电工电子学、液压传动、检测技术和企业管理与技术经济等课程；并深入接触社会，了解我国的经济政策和世界及亚洲的经济形势，这也是制造业全球战略的需要。

关于电子、信息学科的内容，在掌握电工电子学的基础上，着重掌握其应用、会用，即“电为机用”的原则。

(3) 灵活多变 机械制造工艺学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：分析设计和制造一对矛盾时，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，适应企业的根本利益。

### 习题与思考题

- 0-1 简述机械制造业在国民经济中的地位。
- 0-2 简述我国要成为世界制造强国的差距和机遇。
- 0-3 简述我国高等工科院校机械工程专业在人才培养方面的优势和不足。
- 0-4 本门课程是一门什么样的学科？它的发展方向如何？
- 0-5 传统的制造技术和现代制造技术有哪些相同点和不同点？
- 0-6 为什么说制造系统的提出和研究是本学科的一个重大突破？
- 0-7 从哪三方面来分析研究工艺问题？近来这些问题又有哪些新的内涵？
- 0-8 为什么要学习本课程？怎样能学好本课程？

# 第一章 机械制造工艺的基本概念

本章介绍为学习本书必须先了解的机械制造工艺的术语等基本概念，以及本学科发展中的新概念。前者是基础，后者是要逐步树立的一个制造系统的新概念，从整体上把握住制造技术发展的基本思路。其中，生产过程和制造过程的区别，不应从字面上分析，而应从学科发展的需要，而赋予两者的不同概念来认识。

## 第一节 生产过程和工艺过程及其组成

### 一、生产过程

生产过程是指将原材料转变为成品的全过程。对机械制造而言，生产过程包括下列过程：

- 1) 原材料、半成品和成品（产品）的运输和保管。
- 2) 生产和技术准备工作。如产品的开发和设计、工艺设计、专用工艺装备的设计和制造、各种生产资料的准备以及生产组织等方面的准备工作。
- 3) 毛坯制造。如铸造、锻造、冲压和焊接等。
- 4) 零件的机械加工、热处理和其他表面处理等。
- 5) 部件和产品的装配、调整、检验、试验、涂装和包装等。

由上述生产过程可看出，机械产品的生产过程是比较复杂的。为了便于组织生产，机械制造业采用专业化生产，即一种产品的生产是分散在若干个专业化工厂进行的，最后集中由一个工厂制成完整的机械产品。例如，制造机床时，机床上的轴承、电动机、电器、液压元件甚至其他许多零部件都是由专业厂生产的，最后由机床厂完成关键零部件和配套件的生产，并装配成完整的机床。专业化生产有利于零部件的标准化、通用化和产品的系列化，从而能在保证质量的前提下，提高劳动生产率和降低成本。

### 二、工艺过程及其组成

#### （一）工艺过程的概念

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。它是生产过程中的主要部分。采用机械加工的方法，直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量等，使其成为零件的过程称为机械加工工艺过程（以下简称为工艺过程）。

#### （二）工艺过程的组成

机械加工工艺过程往往是比较复杂的。在工艺过程中，根据被加工零件的结构特点、技术要求，在不同的生产条件下，需要采用不同的加工方法及其加工设备，并通过一系列加工步骤，才能使毛坯成为零件。为了便于深入细致地分析工艺过程，必须研究工艺过程的组成，并对它们作出科学的定义<sup>①</sup>。

① 本章所用的术语及其定义均按国家标准 GB/T 4863—2008《机械制造工艺基本术语》。

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的，而工序又可分为安装、工位、工步和行程。毛坯依次通过这些工序就成为成品。

### 1. 工序

一个或一组工人，在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程，称为工序。划分工序的主要依据是工作地是否变动和工作是否连续。如图 1-1 所示阶梯轴，当生产量较小时，其工序划分见表 1-1；当生产量较大时，其工序划分见表 1-2。

在表 1-1 的工序 2 中，先车一个工件的一端，然后调头装夹，再车另一端。如果先车好一批工件的一端，然后调头再车这批工件的另一端，这时对每个工件来说，两端的加工已不连续，所以即使在同一台车床上加工也应算作两道工序。

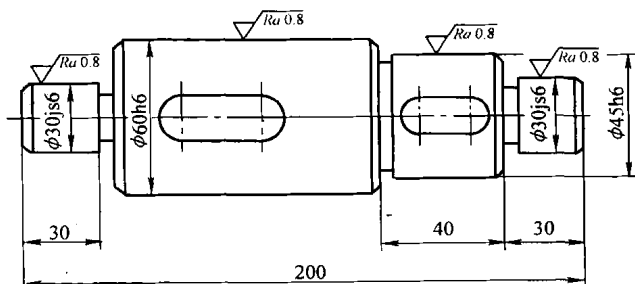


图 1-1 阶梯轴简图

工序是组成工艺过程的基本单元，也是生产计划的基本单元。

表 1-1 阶梯轴工艺过程（生产量较小时）

工序号	工序内容	设备
1	车端面，钻中心孔	车床
2	车外圆，车槽和倒角	车床
3	铣键槽，去毛刺	铣床
4	磨外圆	磨床

表 1-2 阶梯轴工艺过程（生产量较大时）

工序号	工序内容	设备
1	两边同时铣端面，钻中心孔	铣端面钻中心孔机床
2	车一端外圆，车槽和倒角	车床
3	车另一端外圆，车槽和倒角	车床
4	铣键槽	铣床
5	去毛刺	钳工台
6	磨外圆	磨床

### 2. 安装

工件在加工前，先要把工件放准。确定工件在机床上或夹具中占有正确位置的过程称为定位。工件定位后将其固定，使其在加工过程中保持定位位置不变的操作称为夹紧。将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程称为装夹。

工件（或装配单元）经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中，工件可能被装夹一次或多次，才能完成加工。如表 1-1 所示的工序 1 要进行两次装夹：先装夹工件一端，车端面、钻中心孔，称为安装 1；再调头装夹，车另一端面、钻中心孔，称为安装 2。

工件在加工中应尽量减少装夹次数，因为多一次装夹，就会增加装夹的时间，还会增加装夹误差。

### 3. 工位

为了减少工件的装夹次数，常采用各种回转工作台、回转夹具或移动夹具，使工件在一



次装夹中，先后处于几个不同的位置进行加工。

为了完成一定的工序部分，一次装夹工件后，工件（或装配单元）与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置，称为工位。如表 1-2 中的工序 1 铣端面、钻中心孔，就是两个工位。工件装夹后，先铣端面，然后移动到另一位置钻中心孔，如图 1-2 所示。

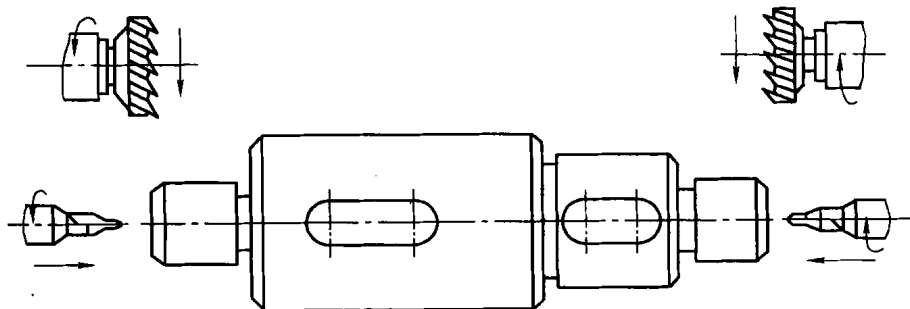


图 1-2 铣端面和钻中心孔实例

#### 4. 工步

在加工表面（或装配时的连接表面）和加工（或装配）工具不变的情况下，所连续完成的那一部分工序称为工步。如表 1-1 中的工序 1，每个安装中都有车端面、钻中心孔两个工步。

为简化工艺文件，对于那些连续进行的若干个相同的工步，通常都看做一个工步。例如，加工图 1-3 所示零件，在同一工序中，连续钻四个  $\phi 15\text{mm}$  的孔，就可看做一个工步。

为了提高生产率，用几把刀具同时加工几个表面，这也可看做一个工步，称为复合工步。如图 1-2 所示的铣端面、钻中心孔，每个工位都是用两把刀具同时铣两端面或钻两端中心孔，它们都是复合工步。

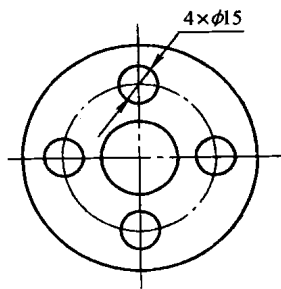


图 1-3 简化相同工步的实例

除上述工步概念外，还有辅助工步，它是由人和（或）设备连续完成的一部分工序，该部分工序不改变工件的形状、尺寸和表面粗糙度，但它是完成工步所必需的，如更换工具等。引入辅助工步的概念，是为了能精确计算工步工时。

#### 5. 行程

行程（进给次数）有工作行程和空行程之分。工作行程是指刀具以加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分；空行程是指刀具以非加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分。

引入行程的概念是为了反映工步中的进给次数和工序卡片中相吻合（参看表 3-2 机械加工工序卡片格式），并能精确计算工步工时。它比过去引用的走刀概念更科学。

## 第二节 制造过程

上述生产过程是研究产品怎样生产的问题，为了研究生产什么产品和为什么要生产该产