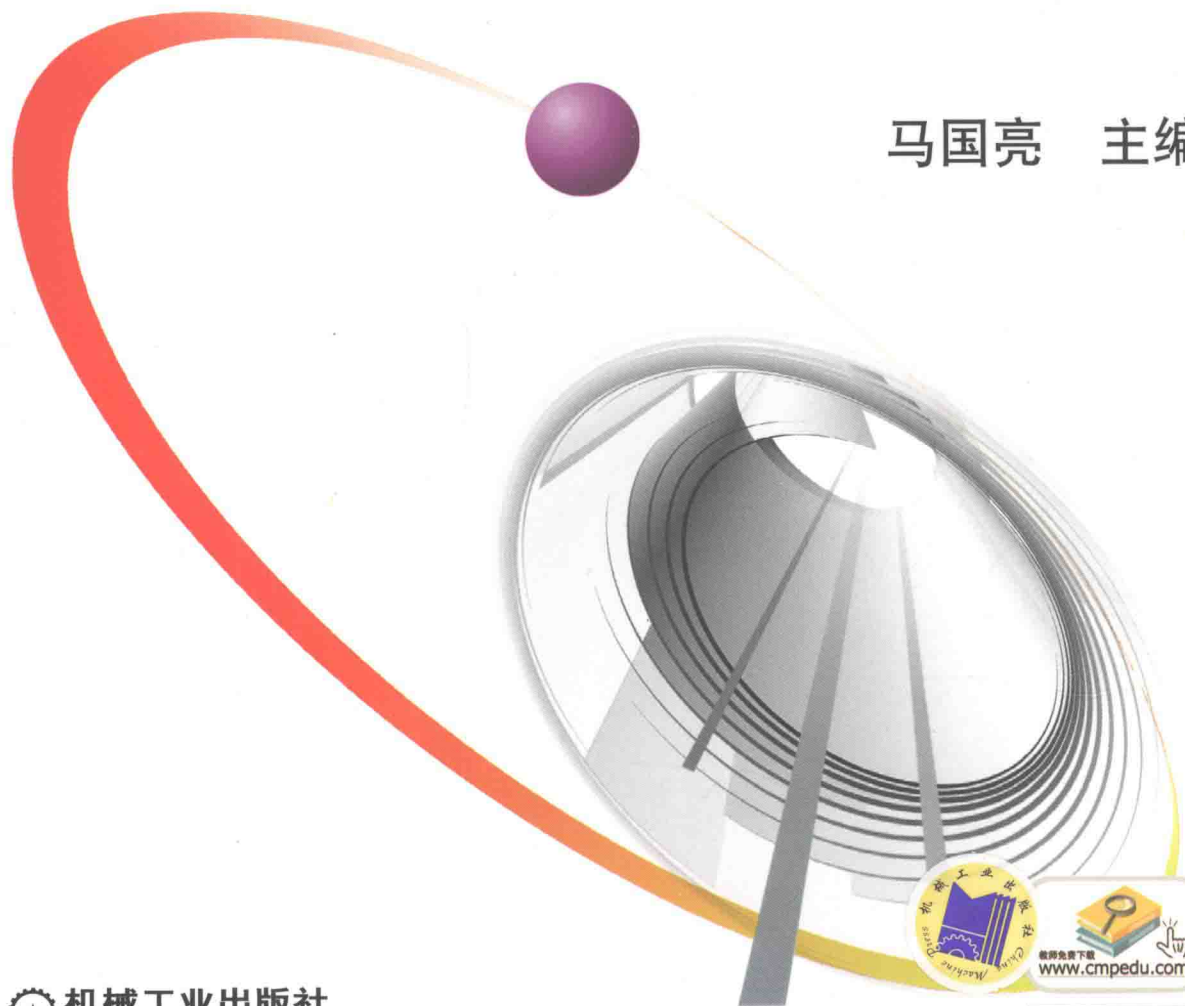




全国高等专科教育机械工程类专业规划教材

机械制造技术

马国亮 主编



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



配 电 子 课 件

全国高等专科学校教育机械工程类专业规划教材

机 械 制 造 技 术

主 编 马国亮

副主编 李长胜 曹秋霞

参 编 司尧华 段维峰 王 慧 司忠志 齐秀彪

主 审 武良臣



机 械 工 业 出 版 社

本书是全国高等专科教育机械工程类专业规划教材。本书以机械加工工艺为主线,对机械制造技术的基础知识、基本理论、基本方法等进行了有机整合。除绪论外分为十章,内容包括机械加工工艺的基本知识,金属切削的基本知识,机械制造工艺装备,典型表面加工方法,精密、超精密加工与特种加工,机械加工工艺规程的制订,机械加工精度,机械加工表面质量,专用夹具的设计方法,机械装配工艺基础等。每章后均附有思考题与习题。

本书可作为高职高专院校机械类专业的专业课教材和机电类专业的专业基础课教材,也可作为从事机械制造的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/马国亮主编. —北京:机械工业出版社,2010.4

全国高等专科教育机械工程类专业规划教材

ISBN 978-7-111-29713-0

I. ①机… II. ①马… III. ①机械制造工艺-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第023695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:王海峰 责任编辑:韩冰 版式设计:张世琴

封面设计:姚毅 责任校对:申春香 责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2010年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·23.75印张·585千字

0001-4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-29713-0

定价:39.00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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是为适应当前我国高等专科教育的发展形势,根据教育部制订的《高职高专教育机械类人才培养目标及规格》要求编写的。

“机械制造技术”是机械制造类专业的主要专业课和机电类专业的主要专业基础课。本书针对高等专科教育的特点,根据企业生产一线对高等技术应用型专门人才的能力要求,总结了近几年高职高专教学改革探索和实践的经验,以机械加工工艺为主线,对机械制造技术的基础知识、基本理论、基本方法等有机整合后撰写而成。在编写过程中,本书力求本着内容全面、重点突出、实用性强及基本理论“适度”、“够用”的原则,在阐明原理的基础上,更加突出技术的应用性,以提高学生的实践能力,使学生在有限的学时内,获得必要的知识和能力。

本书除绪论外分为十章,内容包括机械加工工艺的基本知识、金属切削的基本知识、机械制造工艺装备、典型表面加工方法、精密及超精密加工与特种加工、机械加工工艺规程的制订、机械加工精度、机械加工表面质量、专用夹具的设计方法、机械装配工艺基础等。每章后均附有思考题与习题。本书建议教学时数为100学时。

马国亮为本书主编,李长胜、曹秋霞为副主编,参加编写的还有:司尧华、段维峰、王慧、司忠志、齐秀彪。其中,马国亮负责编写绪论和第三章的第二、三节,李长胜负责编写第五章和第八章,曹秋霞负责编写第二章,段维峰负责编写第一章和第十章,司忠志负责编写第三章的第一节,司尧华负责编写第四章和第九章,王慧负责编写第七章,齐秀彪负责编写第六章。全书由河南理工大学武良臣教授主审。

本书在编写过程中得到了许多兄弟院校同行专家的大力支持和帮助,也参阅了很多相关参考文献,在此对兄弟院校同行专家及参考文献的作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第一章 机械加工工艺的基本知识	5
第一节 基本概念	5
第二节 生产纲领与生产类型	8
第三节 机械加工工艺规程	10
思考题与习题	12
第二章 金属切削的基本知识	13
第一节 零件表面的成形与机械加工运动	13
第二节 刀具切削部分的几何角度	18
第三节 刀具材料	26
第四节 切削层参数与切削方式	32
第五节 金属切削过程基本规律	34
第六节 金属切削过程基本规律的应用	54
思考题与习题	77
第三章 机械制造工艺装备	79
第一节 金属切削机床	79
第二节 金属切削刀具	118
第三节 机床夹具	143
思考题与习题	182
第四章 典型表面加工方法	185
第一节 平面加工	185
第二节 外圆表面加工	192
第三节 孔(内圆)加工	200
第四节 齿形加工	208
思考题与习题	214
第五章 精密、超精密加工与特种加工	216
第一节 精密及超精密加工	216
第二节 特种加工	221
思考题与习题	234
第六章 机械加工工艺规程的制订	236
第一节 机械加工工艺规程制订的原则、步骤及原始资料	236
第二节 零件的工艺分析及审查	237
第三节 毛坯的选择	240
第四节 定位基准的选择	241
第五节 工艺路线的拟订	244
第六节 加工余量及工序尺寸的确定	250
第七节 工艺尺寸链	253
第八节 机床及工艺装备的选择	261
第九节 工艺过程的生产率和经济性	262
第十节 数控加工工艺概述	268
第十一节 成组技术	273
第十二节 计算机辅助工艺规程设计	277
思考题与习题	280
第七章 机械加工精度	282
第一节 概述	282
第二节 工艺系统的几何误差	283
第三节 定位误差	288
第四节 工艺系统受力变形引起的加工误差	298
第五节 工艺系统的热变形引起的加工误差	306
第六节 工件内应力引起的加工误差	309
第七节 加工误差的统计分析法	311
第八节 提高和保证加工精度的途径	318
思考题与习题	320
第八章 机械加工表面质量	323
第一节 概述	323
第二节 影响加工表面粗糙度的主要因素及控制	325
第三节 影响表面层物理力学性能的主要因素及控制	330
第四节 工艺系统振动简介	332
思考题与习题	337
第九章 专用夹具的设计方法	338
第一节 专用夹具的基本要求和	

设计步骤	338	第一节 装配工作的基本内容	349
第二节 夹具总图上应有的标注	342	第二节 装配精度与装配尺寸链的建立	350
第三节 专用夹具设计实例	343	第三节 保证装配精度的方法	353
第四节 工件在夹具中加工的精度分析	347	第四节 装配工艺规程的制订	362
思考题与习题	348	思考题与习题	370
第十章 机械装配工艺基础	349	参考文献	372

绪 论

一、机械制造技术概述

制造是人类最主要的生产活动之一。它是指人类按照所需目的，利用已掌握的知识 and 技能，借助于手工或其他可利用的工具和设备，采用有效的方法，将原材料转变为有使用价值的物质产品，并投放市场的全过程。它不仅包括产品的加工过程，还包括市场的调研、预测、产品设计、生产管理、营销和售后服务等。

最终物质产品为机械产品的制造称为机械制造。一个机械产品的制造过程包括零件制造、整机装配等一系列的工作。零件加工的实质是零件表面的成形过程，这些成形过程是由不同的加工方法来完成的。在一个零件上，被加工表面类型不同，所采用的加工方法就不同；同一个被加工表面，其精度要求和表面质量要求不同，所采用的加工方法和加工方法的组合也不同。对于同一个零件而言，批量不同时采用的制造过程也不相同。

机械制造技术是各种机械制造过程所涉及的技术的总称。它包括以材料成形为核心的金属与非金属材料成形技术（如铸造、焊接、锻造、冲压、注塑等）以及热处理技术，以切削加工为核心的机械冷加工技术和机械装配技术（如车削、铣削、磨削、装配工艺）和其他特种加工技术（如电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工、电子束加工等）。其中，机械冷加工技术和机械装配技术占机械制造过程总工作量的 60% 以上，是机械制造技术的主体，大多数机械产品的最终加工都是依赖于机械冷加工技术来完成的。因此，本课程所讲的机械制造技术主要是指机械冷加工技术和机械装配技术，而材料成形技术、热处理技术将由金属工艺学和机械工程材料课程来介绍。

二、机械制造技术的发展现状

世界经济的发展趋势表明，制造业是一个国家经济发展的基石。机械制造技术是当代科学技术发展最为重要的领域之一，是国家经济发展的重要保障，是产品更新、生产发展、市场竞争的重要手段。在当今世界上，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科学技术水平的重要标志，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素之一。因此，各发达国家纷纷把先进制造技术列为国家的高新关键技术和优先发展项目，给予了极大的关注。美国国防部根据国会的要求，委托理海大学（Lehigh University）于 1994 年提出了《21 世纪制造企业战略》报告，其核心就是要使美国的制造业在 2006 年以前处于世界领先地位。而日本自 20 世纪 50 年代以来经济的高速发展，在很大程度上也得益于制造技术领域研究成果的支持。

新中国成立以来，机械制造业与制造技术也得到了长足发展，取得了很大的成就。在解放时几乎空白的工业基础上，已经形成了一个门类比较齐全、具有相当规模和一定技术水平的机械制造工业体系，为我国的国民经济建设和科技进步提供了有力的基础支持。特别是改革开放以来，我国机械工业努力追赶世界制造技术的先进水平，积极开发新产品、研究推广

先进制造技术，充分利用国内外的资金和技术，引导企业走依靠科技进步的道路，进行了较大规模的技术改造，使制造技术、产品质量及经济效益有了显著的提高，对推动国民经济的发展起到了重要作用。

从近几年的中国国际机床博览会（CIMT）可以看出：我国的机床产品取得了长足的进步，为航天、国防、造船、大型发电设备制造、机车车辆制造等重要行业提供了一批高质量的数控机床和柔性制造单元；为汽车、摩托车等大批量生产行业提供了可靠性高、精度保持性好的柔性生产线；已经可以提供实现网络制造的设备；五轴联动数控技术更加成熟，高速数控机床、高精度精密数控机床、并联机床等已走向实用化。国内自主开发的基于 PC 的第六代数控系统已逐步成熟，数控机床的整机性能、精度、加工效率等都有了很大的提高。在技术上已经克服了长期困扰人们的可靠性问题。

随着科技、经济、社会的日益进步和快速发展，日趋激烈的国际竞争及不断提高的人民生活水平对机械产品在性能、价格、质量、服务、环保及多样性、可靠性等多方面提出的要求越来越高，对先进的生产技术装备、科技与国防装备的需求越来越大，机械制造业面临着新的发展机遇和挑战。因此，必须加强对制造技术领域的研究，大胆进行技术创新，同时积极引进和消化国外的先进制造技术和理念，尽快形成我国自主创新和跨越式发展的先进制造技术体系，使我国制造业在国内、国际市场竞争中立于不败之地。

三、先进制造技术及其发展方向

先进制造技术是以传统的加工技术和工艺理论为基础，结合科技发展的最新成果而发展起来的。它是面向工业应用的技术，侧重于对传统制造技术的更新和改造，旨在提高企业在多变的市场环境下的适应能力和竞争能力，且注重技术在工业企业中的推广应用，并使其产生最好的实效。先进制造技术打破了传统制造系统中的生产过程的分割和各自为政的局面，目标从提高各个部门的局部效益转变到整体上适应市场需求和提高整体的综合效益。先进制造技术的应用还需要检测技术、质量控制技术、材料技术、工具技术等的支持。

应用先进制造技术可以实现设计、制造、管理和经营的一体化。例如，美国通用汽车公司应用现代集成制造系统技术，将轿车的开发周期由原来的 48 个月缩短到了 24 个月，碰撞试验的次数由原来的几百次降到了几十次，应用电子商务技术降低了 10% 的销售成本。美国 Exxon—Mobil 石油公司应用先进的综合自动化技术后，使企业的效益提高了 5% ~ 8%，劳动生产率提高了 10% ~ 15%。因此，先进制造技术已经成为带动制造业发展的重要推动力。

传统的机械制造过程是一个离散的生产过程，它是以制造技术为核心的一个狭义的制造过程。随着科学技术的发展，传统的机械制造技术与计算机技术、数控技术、微电子技术、传感技术以及现代管理理论等相互结合，形成了以系统性、设计与工艺一体化、精密加工技术、产品生命全过程的制造和以人、管理、技术三方面相结合为特点的先进制造技术。其涉及的领域可概括为与新技术、新工艺、新材料和新设备有关的单项制造技术和与生产类型有关的综合自动化技术。

现代机械制造技术发展的总的趋势是机械制造技术与材料科学、电子科学、信息科学、生命科学、环保科学、管理科学等的交叉、融合，具体主要集中在以下几个方面：

（1）机械制造基础技术 切削（含磨削）加工仍然是机械制造的主导加工方法，进一步提高生产率和加工质量是今后的发展方向。高速、超高速切削（磨削），高精度、高速切

削机床和刀具,最佳切削参数的自动优选,刀具的高可靠性和在线监控技术,成组技术(GT),自动装配技术等将得到进一步的发展和应用。

(2) 自动化制造技术 机械制造自动化的发展经历了单机自动化、自动化生产线、数控机床、加工中心、柔性制造系统、计算机集成制造以及并行工程等几个阶段,并进一步向柔性化、智能化、集成化方向发展。计算机辅助设计/计算机辅助工艺规程设计/计算机辅助制造/计算机辅助工程分析(CAD/CAPP/CAM/CAE)等技术进一步完善并集成化。计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺规程设计(CAPP)、快速成形(RP)等技术将在新产品设计方面得到更全面的应用和完善。高性能的计算机数控(CNC)机床、加工中心(MC)、柔性制造单元(FMC)等将更好地适应多品种、小批量产品的高质、高效的加工制造。自动化制造技术为提高生产率、改善劳动条件、保证产品质量、实现快速响应提供了必要的保证。

(3) 超精密及微细加工技术 各种精密、超精密加工技术,微细加工、超微细加工技术和纳米($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)加工技术在金刚石砂轮超精密磨削,先进超精密研磨抛光加工,去除、附着、变形加工等原子、分子级的纳米加工等方面得到了应用。特别是随着微机电技术的发展,建立在集成电路制造技术基础上的微制造技术正在发挥越来越重要的作用。在制造微型机械、微电子芯片、光子芯片、超精密加工设备、超精密微型机器及仪器、微机电系统(MEMS)等尖端技术及国防尖端装备制造领域取得了进展。

(4) 高速加工技术 高速加工是利用比常规速度高得多的速度实现对被加工零件加工的先进技术。它具有高速、高效、高精度等特征。20世纪90年代以来,国外一些机床企业先后开发出一批高速加工中心。其主要技术参数为:主轴最高转速一般为 $12000\sim15000\text{r/min}$,有的高达 $40000\sim60000\text{r/min}$;坐标轴的加工最高进给速度为 $30\sim60\text{m/min}$,快速移动速度高达 $70\sim80\text{m/min}$;换刀时间(刀—刀)普遍在 $1.5\sim3.5\text{s}$,有的快到 $0.8\sim0.9\text{s}$;托板交换时间普遍为 $6\sim8\text{s}$ 。

(5) 特种加工技术 利用声、光、电、磁、原子等能源实现的物理的、化学的加工技术称为特种加工技术。如超声波加工、电火花加工、激光加工、电子束加工、电解加工等特种加工技术在一些新型材料、难加工材料的加工和精密加工中取得了良好的效果。

(6) 表面工程技术 表面工程技术即表面功能性覆层技术。它是通过附着(电镀、涂层、氧化)、注入(渗氮、离子溅射、多元共渗)、热处理(激光表面处理)等手段,使工件表面具有耐磨、耐蚀、耐疲劳、耐热、减少摩擦等特殊的功能。

(7) 快速成形制造(RPM)技术 它是利用离散、堆积、层集成形的概念,把一个三维实体零件分解为若干个二维实体制造出来,再经堆积而构成三维实体零件。利用这一原理与计算机辅助三维实体造型技术和CAM技术相结合,通过数控激光机和光敏树脂等介质实现零件的快速成形。

(8) 智能制造技术 智能制造技术是指把专家系统、模糊理论、人工神经网络等技术应用于制造中,解决各种复杂的决策问题,提高制造系统的实用性和技术水平。

随着现代制造技术的发展,出现了各种先进制造模式,如精益生产(LP)、准时生产(JIT)、并行工程(CE)、敏捷制造(AM)、计算机集成制造系统(CIMS)、网络化制造、虚拟制造、绿色制造等。这些制造模式具有如下特征:具有以提高企业综合效益为目标的系统性,覆盖从产品市场研究到终结处理等制造活动的全过程性,设计与制造技术的集成、多

种技术的有机集成、制造技术与管理的集成等多学科集成特性，先进制造技术应用的继承性。这些先进制造模式将主导 21 世纪的制造业。

四、本课程的性质、内容及学习要求

机械制造技术课程是以制造一定质量的产品为目标，研究如何以最少的消耗、最低的成本和最高的效率进行机械产品制造的综合性技术，是高职高专机械制造类专业的主要专业基础和机电类专业的主要专业基础课。本书内容包括机械加工工艺的基本知识、金属切削的基本知识、机械制造工艺装备、典型表面加工方法、精密及超精密加工与特种加工、机械加工工艺规程的制订、机械加工精度、机械加工表面质量、专用夹具的设计方法及机械装配工艺基础。

通过本课程的学习，学生应当①掌握金属切削的基本知识，并能对加工方法、机床、刀具、夹具及各种切削参数和刀具几何参数进行合理选择，对加工质量进行正确分析；②掌握常用加工方法及其工艺装备的基本知识和专用机床夹具的设计方法，能正确地选用工艺装备；③掌握拟订机械加工工艺规程（含数控加工）和装配工艺规程的基本知识及有关的计算方法，具有设计中等复杂度零件的机械加工工艺规程的能力；④掌握机械加工精度和表面质量的基本理论和基本知识，初步具备分析和解决现场工艺技术问题的能力和产品质量控制的能力；⑤了解先进制造技术的应用和发展。

五、本课程的学习方法

本课程涉及面广，综合性强，灵活性大，实践性强。它与许多机械基础知识和基本理论都有联系，内容丰富；工艺理论和工艺方法的应用灵活多变，与实际生产联系密切。

学习本课程应理论联系实际，重视实践性教学环节，通过金工实习、生产实习、课程实验、课程设计、现场教学及工厂调研等更好地体会，加深理解。并在理论与实际的结合中，培养分析和解决实际问题的能力，同时要用辩证的思想，实事求是地对具体情况进行具体分析，灵活处理质量、生产率和成本之间的辩证关系，以求在保证质量的前提下，获得良好的经济效益。

第一章 机械加工工艺的基本知识

第一节 基本概念

一、生产过程和工艺过程

1. 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，其生产过程包括以下过程：

- 1) 原材料的验收、保管和运输。
- 2) 生产技术准备工作。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工作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) 零件制造。如机械加工、热处理及其他表面处理等。
- 5) 部件和产品的装配、调整、检验、试验、涂装和包装等。

由上述过程可以看出，机械产品的生产过程是相当复杂的。为了便于组织生产，现代化机械工业生产趋向于专业化分工，一台机器的生产可由若干工厂联合完成。不仅是毛坯，其他多种零部件（如汽车发动机上的活塞、活塞环等）均可由专业工厂分别制造，最后由一个工厂制成完整的机械产品。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。

2. 工艺过程

把生产过程中改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和物理、力学性能等，使其成为半成品或成品的过程称为机械制造工艺过程，简称工艺过程。如毛坯制造、机械加工、热处理和产品装配等过程都属于工艺过程。工艺过程可根据其具体工作内容分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、装配等不同的工艺过程。

生产过程包括工艺过程和辅助过程。工艺过程是那些与原材料变成成品有直接关系的过程。生产、技术上的准备过程及各种生产服务活动等，这些与原材料变成成品有间接关系的过程称为辅助过程。工艺过程是生产过程的主要组成部分。工艺过程中采用机械加工方法，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。把组成产品的全部零件按设计要求正确地结合在一起，形成产品的过程称为机械装配工艺过程。生产过程、工艺过程、辅助过程和机械加工工艺过程的关系如图 1-1 所示。

二、生产系统和工艺系统

1. 生产系统

为了提高生产企业的管理和控制水平，用系统工程学的原理和方法来组织与指挥，则可

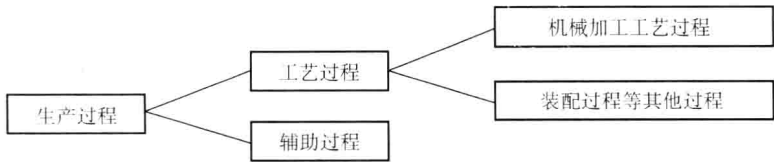


图 1-1 生产过程、工艺过程、辅助过程和机械加工工艺过程的关系

以把生产企业看成是一个具有输入和输出的生产系统。一个生产系统又由多层次的子系统所组成，如决策系统、经营管理系统和制造系统。系统中存在信息流、物质流和能量流的运作。计算机辅助管理使各子系统之间相互协调，实现生产系统的最优化。图 1-2 所示为生产系统的基本框图。

2. 机械加工工艺系统

工艺过程可看做物质流动、信息流动、能量流动（简称为物质流、信息流、能量流）的综合动态过程，是时间上的一种描述。对于物质流来说，这种物质的流动还必须存在于一定的

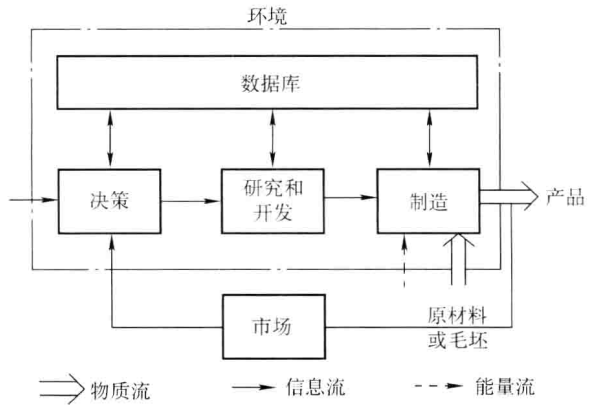


图 1-2 生产系统的基本框图

空间内，也就是工艺系统。一般把机械加工中由机床、刀具、夹具和工件组成的相互作用、相互依赖，并具有特定功能的有机整体称为机械加工工艺系统，简称为工艺系统。对信息流和能量流来说，也同样以工艺系统作为其存在的空间。

把“系统”的概念引入制造过程，只是指示人们在制造过程中对各种现象和问题进行认识、分析和解决时，不要局限于对各个单一因素作孤立的研究，而应该把工艺过程、生产过程中的各有关要素看成一个有机整体，并从系统的视角作全面的分析和研究，才能对加工质量、产品质量以及制造过程实行有效的控制和管理，并取得理想的效果。优质的机床、刀具、夹具和工件毛坯并不一定能获得优良的加工质量，而只有在工艺系统中，对上述四者进行合理的配置或优化组合，才能取得事半功倍的效果。

机械加工工艺系统的整体目标是：在特定的生产条件下，适应环境要求；在保证机械加工工序质量和生产率的前提下，采用合理的工艺过程，并尽可能降低工序的加工成本。因此，机械加工必须从系统这个整体出发，去分析和研究各种有关问题，才能实现系统的最佳工艺方案。

随着计算机、自动控制及检测等技术的引入，机械加工领域出现了数字控制和适应控制等新型的控制系统。要实现系统最佳化，除了要考虑物质流，即考虑毛坯的各工序加工、存储和检测的物质流动过程外，还必须充分重视、合理编制工艺文件、数控程序和适控模型等控制物质系统工作的信息流。图 1-3 所示为机械加工工艺系统图。

三、机械加工工艺过程的组成

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

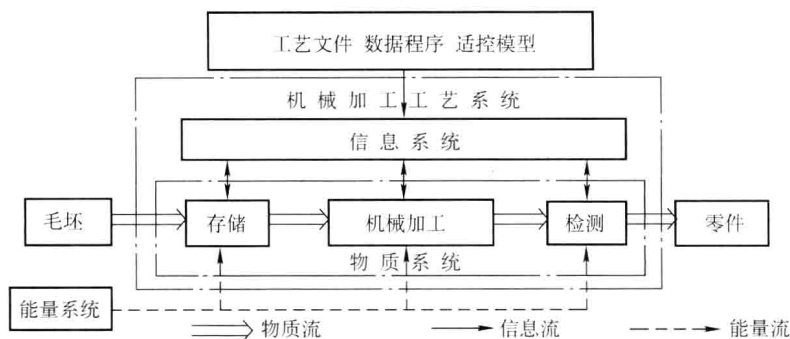


图 1-3 机械加工工艺系统

术要求，在不同的生产条件下，需要采用不同的加工方法及加工设备，并通过一系列加工步骤，才能使毛坯变成零件。为了便于分析工艺过程，必须研究工艺过程的组成。

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺次排列的基本单元（即工序）组成的。工序又可分为安装、工位、工步和进给。

（1）工序 工序是指一个（或一组）工人，在一台机床（或某一工作地），对一个（或同时对几个）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工作地是否变动和工作是否连续。如图 1-4 所示的阶梯轴，其工艺过程包括五个工序，见表 1-1。

工序是工艺过程的基本单元，又是生产计划和成本核算的基本单元。

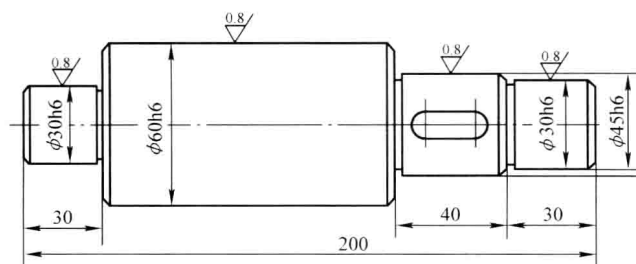


图 1-4 阶梯轴简图

表 1-1 阶梯轴工艺过程

工序号	工序内容	设 备
10	铣端面、钻中心孔	铣端面钻中心孔机床
20	车外圆、车槽与倒角	卧式车床
30	铣键槽	立式铣床
40	去毛刺	钳工台
50	磨外圆	外圆磨床

（2）安装 工件在加工前，先在机床或夹具上占据一个正确的位置，这一过程称为定位。工件定位后将其固定，使其在加工过程中不脱离所占据的正确位置的操作称为夹紧。定位和夹紧的过程称为装夹。工件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。工件在加工中，应尽量减少装夹次数，因为多一次装夹就多产生一次误差，并且还会增加装夹的时间。

(3) 工位 为了减少装夹次数, 常常采用回转工作台、回转夹具或移位夹具, 使工件在一次装夹中可处于不同位置进行加工。工件在机床上占据的每一个位置称为一个工位。如图 1-5 所示, 在回转工作台上依次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四个工位的加工。采用多工位加工可以提高生产率和保证加工表面间相互的位置精度。

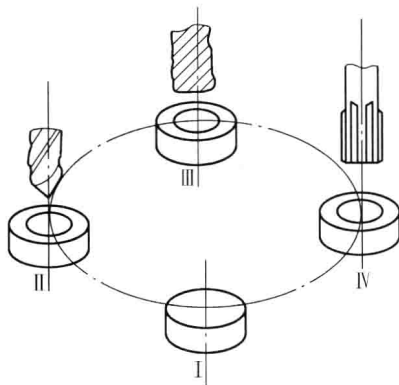


图 1-5 四工位加工

工位 I—装卸工件 工位 II—钻孔
工位 III—扩孔 工位 IV—铰孔

(4) 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。一个工序可以包括一个或多个工步。例如表 1-1 中, 工序 20 包括车外圆表面、车槽及倒角等工步, 而工序 30 只包括铣键槽一个工步。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 1-6 所示的零件, 如用一把钻头连续钻削四个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔, 就可看做一个工步。用多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, 也可看做一个工步, 这种工步称为复合工步。如图 1-7 所示的情况就是一个复合工步。

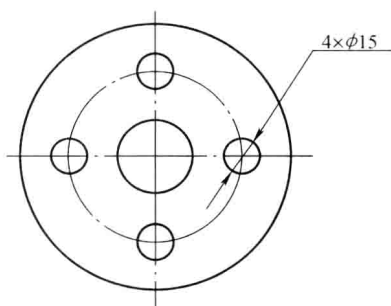


图 1-6 加工四个相同表面的工步

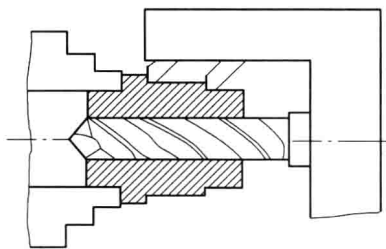


图 1-7 复合工步

(5) 进给 在一个工步内, 若需切去的金属层较厚, 则需分多次切削。每切削一次就称为一次进给。一个工步可包括一次或多次进给。

第二节 生产纲领与生产类型

一、生产纲领

生产纲领是企业根据市场需求和自身的生产能力决定的, 在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。计划期常定为一年, 所以生产纲领也称为年产量。零件的生产纲领要考虑备品和废品的数量, 生产纲领可按式计算:

$$N = Qn(1 + \alpha)(1 + \beta)$$

式中 N ——零件的年产量 (件/年);

Q ——产品的年产量 (台/年);

n ——每台产品中该零件的数量（件/台）；

α ——该零件的备品率；

β ——该零件的废品率。

生产纲领是设计、制订工艺规程的重要依据，根据生产纲领并考虑资金周转速度、零件加工成本、装配销售储备量等因素可以确定该产品一次投入生产的批量和每年投入生产的批次，即生产批量。但从市场的角度看，产品的生产批量首先取决于市场对该产品的容量、企业在市场上占有的份额以及该产品在市场上的销售和生命周期。

二、生产类型

生产类型是对生产规模的一种分类。根据零件生产纲领的大小、零件的特征规格及复杂程度，机械制造业的生产可分为以下三种类型：

1. 单件生产

此种生产类型生产的产品品种多，但同一产品的产量很少，各个工作地的加工对象经常改变，而且很少重复生产。例如，重型机械制造、新产品试制、修配件制造等一般属于单件生产。

2. 大量生产

此种生产类型产品的产量很大，大多数工作地按照一定的生产节拍（即在流水生产中，相继完成两件制品之间的时间间隔）进行某种零件的某道工序的重复加工。例如，汽车、轴承制造等一般属于大量生产。

3. 成批生产

此种生产类型一年中分批轮流地制造几种不同的产品，每一种产品均有一定的数量，工作地的加工对象作周期性的重复。例如，机床制造、电机制造等常属于成批生产。

每一次投入或产出的同一产品（或零件）的数量称为生产批量，简称批量。按批量大小，成批生产又可以分为小批、中批和大批生产。由于小批生产的特点类似于单件生产，因此常称之为单件小批生产。大批生产的特点类似于大量生产，常称之为大批大量生产。因此，在生产中一般按单件小批、中批、大批大量生产来划分生产类型，并按这三种类型归纳其工艺特点。

生产类型与生产纲领的关系可参考表 1-2。

表 1-2 生产类型与生产纲领的关系

（单位：件）

生产类型	重型（质量 > 30kg）	中型（质量 = 4 ~ 30kg）	轻型（质量 < 4kg）
单件生产	< 5	< 20	< 100
小批生产	5 ~ 100	20 ~ 200	100 ~ 500
中批生产	100 ~ 300	200 ~ 500	500 ~ 5000
大批生产	300 ~ 1000	500 ~ 5000	5000 ~ 50000
大量生产	> 1000	> 5000	> 50000

对于不同生产类型，为获得最佳技术经济效果，其生产组织、车间布置、毛坯制造方法、工夹具使用以及对工人的技术要求等各方面均不相同，即具有不同的工艺特征。各种生产类型的工艺特征可参考表 1-3。

表 1-3 各种生产类型的工艺特征

工艺特征	生 产 类 型		
	单件小批	中批	大批大量
零件的互换性	用修配法，钳工修配，缺乏互换性	大部分具有互换性。装配精度要求高时，灵活应用分组装配法和调整法，同时还保留某些修配法	具有广泛的互换性。少数装配精度较高处，采用分组装配法和调整法
毛坯的制造方法与加工余量	木模手工造型或自由锻造。毛坯精度低，加工余量大	部分采用金属模铸造或模锻。毛坯精度和加工余量为中等	广泛采用金属模机器造型、模锻或其他高效方法。毛坯精度高，加工余量小
机床设备及其布置形式	通用机床。按机床类别采用机群式布置	部分通用机床和高效机床。按工件类别分工段排列设备	广泛采用高效专用机床及自动机床。按流水线和自动线排列设备
工艺装备	大多采用通用夹具、标准附件、通用刀具和万能量具。靠划线和试切法达到精度要求	广泛采用夹具，部分靠找正装夹达到精度要求。较多采用专用刀具和量具	广泛采用专用高效夹具、复合刀具、专用量具或自动检验装置。靠调整法达到精度要求
对工人的技术要求	需技术水平较高的工人	需一定技术水平的工人	对调整工的技术水平要求高，对操作工的技术水平要求较低
工艺文件	有工艺过程卡，关键工序要工序卡	有工艺过程卡，关键零件要工序卡	有工艺过程卡和工序卡，关键工序要调整卡和检验卡
成本	较高	中等	较低

第三节 机械加工工艺规程

一、工艺规程的内容与作用

1. 工艺规程的概念

规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件称为工艺规程。其中，规定零件机械加工工艺过程和操作方法的工艺文件称为机械加工工艺规程。它是在具体的生产条件下，最合理或较合理的工艺过程和方法，并按规定的形式书写成工艺文件，经审批后用来指导生产。

2. 工艺规程的内容

机械加工工艺规程内容包括：零件的加工工艺路线及所经过的车间和工段、各工序的内容及所采用的机床和工艺装备、工件的检验项目及检验方法、切削用量、工时定额及工人技术等级等内容。

3. 工艺规程的作用

机械加工工艺规程作用主要有：

(1) 工艺规程是指导生产的主要技术文件 合理的工艺规程是在总结广大工人和技术人员的实践经验基础上，依据工艺理论和必要的工艺实验而制订的。按照工艺规程进行生产，可以保证产品质量和较高的生产率及经济效益。因此，生产中应严格地执行既定的工艺规程。但是，工艺规程也不是固定不变的，工艺人员在不断总结工人的革新创造、及时地吸取国内外先进工艺技术的基础上，可以按规定的程序对现行工艺不断地予以改进和完善，以

