



教育部高职高专规划教材

机械制造技术

○ 刘 越 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

机械制造技术

刘越 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造技术/刘越主编. —北京: 化学工业出版社, 2003.7

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-4075-X

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 059564 号

教育部高职高专规划教材

机械制造技术

刘越 主编

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 王金生 颜克俭

刘莉珺 张燕文

徐卿华

责任校对: 郑 捷

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

中国纺织出版社印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 30½ 字数 765 千字

2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4075-X/G · 1173

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是根据全国高职教育专门课开发指导委员会于2001年确立的“高职教育专门课教材建设指南”而组织编写的，是依据高职高专机械类专业“机械制造技术”课程教学的基本要求，结合当前相关院校所进行的课程建设与改革的需要编写而成。

本书围绕21世纪高职高专机械类专业人才的培养要求，充分反映高职高专的教育特色，以培养人才的综合素质为宗旨，以提高人才的技术应用能力为原则，反映机械制造技术的时代特征。本书主要有如下特点。

1. 综合性

本书包括金属切削原理与刀具、金属切削机床、机床夹具设计、机械制造工艺等四部分内容。编写中，对原内容进行了重新整合，突破了传统教材自成体系的框框，建立了新的教学内容体系，体现了教材的综合性，同时也充分考虑知识的完整性和学科自身的规律，体现教材应具有的科学性。

2. 实用性

机械制造技术是一门实践性很强的课程。编写中，在阐明原理的基础上，着重于制造过程中技术问题的分析与解决方案的研究。本书附有大量的工程技术实例，能帮助读者较快掌握有关技术核心，体现了教材的实用性。

3. 时代性

精密、超精加工技术和加工技术的自动化是机械制造技术在21世纪的主要发展方向，为了使读者及时跟踪本学科的发展动态，本书编有数控加工技术、柔性制造技术、计算机集成制造技术、并行工程、敏捷制造、虚拟制造等有关的基本知识，体现教材的时代性与先进性。

本书适用于高职高专机械设计与制造、模具设计与制造、机电一体化等机械类专业的教学用书，也可作为相近专业的师生和从事相关工作的工程技术人员参考。

本书由刘越副教授主编，熊瑞文教授主审。其中绪论、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十六章由刘越编写；第一章、第二章、第三章由陈智刚编写；第十章、第十三章由卢致俊编写；第四章由王粟编写；第十一章由宁广庆和王粟共同编写；第十二章由宁广庆编写；第十四章由贺建民编写；第十五章由陈建新编写。全书由刘越负责统稿和定稿。

限于编者的学术水平，书中缺点错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2003年4月

内 容 提 要

全书分为三篇：第一篇主要介绍金属切削的基本理论、机床夹具设计基本知识与金属切削机床的基础知识；第二篇主要介绍车、铣、钻与镗、磨、齿形等加工方法及相关设备与工艺装配；第三篇主要介绍零件加工质量分析、机械制造工艺规程的制定、典型零件加工、装配工艺及现代制造技术。全书力求在讲清概念与原理的基础上，突出技术的应用性，适应专业和课程教学改革的需要。

本书可作为高职高专机械类专业相关课程的教学用书，也可作为专业工程技术人员参考用书。

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 机械制造基础知识

第一章 机械加工工艺的基础知识	4	思考题与习题	54
第一节 机械制造过程	4	第三章 机床夹具设计基础知识	56
第二节 生产纲领与生产类型	6	第一节 夹具的分类及其组成	56
第三节 获得预定精度的加工方法	8	第二节 工件的装夹	57
第四节 机械加工工艺规程	10	第三节 分度装置与夹具体	98
思考题与习题	12	第四节 专用夹具设计方法	107
第二章 金属切削的基本理论	13	思考题与习题	112
第一节 切削运动与切削要素	13	第四章 金属切削机床基础知识	115
第二节 金属切削刀具	15	第一节 机床的分类与型号	115
第三节 刀具切削部分的几何角度	20	第二节 机床的传动联系和传动原理	119
第四节 金属切削过程及控制	25	第三节 数控加工基本原理	120
第五节 切削力	33	思考题与习题	126
第六节 切削热和切削温度	36		
第七节 切削参数及切削液的选择	45		

第二篇 机械加工方法

第五章 车削加工	127	第八章 磨削加工	232
第一节 车床	128	第一节 砂轮的特性与选择	232
第二节 数控车床简介	143	第二节 磨削加工类型与磨削运动	235
第三节 车刀及其选用	150	第三节 磨削过程	239
第四节 车床夹具设计	153	第四节 磨床	242
思考题与习题	163	第五节 高效磨削	254
第六章 铣削加工	164	思考题与习题	259
第一节 铣床	164	第九章 齿面加工	260
第二节 铣刀	170	第一节 概述	260
第三节 铣削加工方法	172	第二节 滚齿	261
第四节 铣床夹具设计	173	第三节 插齿	264
思考题与习题	184	第四节 齿面精加工	266
第七章 钻削、铰削与镗削加工	185	第五节 齿轮加工精度分析	271
第一节 钻削加工	185	思考题与习题	274
第二节 铰削加工	201	第十章 精密及超精密加工	275
第三节 镗削加工	204	第一节 概述	275
第四节 钻床夹具设计	211	第二节 金刚石刀具的超精密切削	277
第五节 镗床夹具设计	226	第三节 光整加工	280
思考题与习题	231	第四节 精密及超精密磨削加工	282

第三篇 机械制造工艺

第十一章 机械加工精度	286	公差	348
第一节 概述	286	第七节 机床及工艺装备的选择	352
第二节 工艺系统的几何误差	287	第八节 工艺尺寸链	353
第三节 工艺系统受力变形引起的加工误差	291	第九节 工艺过程的生产率和经济性	363
第四节 工艺系统热变形对加工精度的影响	299	思考题与习题	368
第五节 工件残余应力引起的加工误差	305	第十四章 典型零件加工工艺设计	371
第六节 加工误差的综合分析	307	第一节 轴类零件加工	371
第七节 提高加工精度的工艺措施	317	第二节 套类零件的加工	388
思考题与练习	318	第三节 箱体零件加工	395
第十二章 机械加工表面质量	320	思考题与习题	412
第一节 概述	320	第十五章 装配工艺	415
第二节 影响表面粗糙度的主要因素及其控制	322	第一节 概述	415
第三节 影响表面层物理力学性能的主要因素及其控制	325	第二节 装配尺寸链	418
第四节 机械加工中的振动	328	第三节 保证装配精度的方法及其选择	422
思考题与习题	335	第四节 装配工作法与典型部件的装配	429
第十三章 机械加工工艺规程的制订	336	第五节 装配工艺规程的制订	432
第一节 机械加工工艺规程制订的原则、步骤及原始资料	336	思考题与习题	439
第二节 零件的结构工艺性分析	337	第十六章 现代制造技术	440
第三节 毛坯的选择	340	第一节 成组技术	440
第四节 定位基准的选择	341	第二节 计算机辅助工艺规程设计	446
第五节 工艺路线的拟定	344	第三节 柔性制造系统 (FMS) 和计算机集成制造系统 (CIMS)	448
第六节 确定加工余量、工序尺寸及		第四节 现代集成制造系统	463
		思考题与习题	477
		参考文献	478

绪 论

一、机械制造与机械制造技术

机械制造是各种机械、机床、工具、仪器、仪表制造过程的总称。机械制造技术则是研究用于制造上述机械产品的加工原理、工艺过程和方法以及相应设备的一门工程技术，也是一门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的综合技术。

机械制造工业作为国民经济的基础产业，不仅对提高人民的生活水平起到重要的作用，而且对科学技术的发展，尤其是现代高新技术的发展起着重要的推动作用。当前，衡量一个国家科技发展的程度，是以它能为世界提供多少可造福于人类的产品为主要依据的，而产品只有通过制造过程才能完成。因此，制造技术是经济发展的支撑。

二、现代制造技术的发展方向

当前，机械制造正在经历着一个从主要的技艺型的传统制造技术向自动化、最优化、柔性化、智能化和精密化方向发展的巨大变化，这是机械制造业今后发展的必然趋势。

现代制造技术有如下三个方面重要的发展。

1. 机械制造工艺方法进一步完善与创新

① 在刀具材料方面大力提高硬质合金刀具、涂层硬质合金刀具、新型陶瓷刀具在刀具使用总量中的比例；积极开发硬质合金和陶瓷可转位刀具和整体硬质合金刀具。

② 采用当代最先进的测试仪器（如扫描电镜、电子探针等）、电子计算机和现代理论工具（如控制论、模糊数学等），对切削机理进行深入的探索；利用电子计算机和优化理论对切削过程进行优化。

③ 超高速切削（切削速度为常用切削速度的5~10倍）的研究。

④ 难加工材料和新型工程材料切削技术的研究。

⑤ 自动化生产中刀具和工具系统的开发和研究。

⑥ 由于产品和零件的日益精密，要增加磨削加工在机械加工总量中的使用比例。此外，着重研究和发展高速和强力磨削、高精度和成形磨削、砂带磨削和超硬磨料磨削。

⑦ 在特种加工方面，一是开发新的加工方法，以适应新材料（如金属陶瓷、超硬陶瓷）、新产品的需要；二是发展高精度、高表面质量、高效率的特种加工机床和加工中心；三是对特种加工在微细加工和表面改性方面的应用，继续作深入的研究，使其应用更为广泛。

2. 加工技术向高精度方向发展

精密加工和超精密加工技术是现代制造技术的前沿和主要发展方向之一。它已成为国际科技竞争中能否取得成功的关键技术，尤其是超精密加工技术在尖端产品和现代武器制造中有非常重要的地位。

精密和超精密加工主要包括以下三个领域。

(1) 超精密切削 可用于加工激光反射镜、磁头、磁盘等，其加工的表面粗糙度为 $Ra0.02\sim0.001\mu\text{m}$ ，形状误差为 $0.10\sim0.04\mu\text{m}$ 。

(2) 超精密磨削和磨料加工 如对高密度硬磁盘的涂层表面的加工和大规模集成电路基片的加工，加工精度在 $\pm0.25\mu\text{m}$ 之间，表面粗糙度小于 $Ra0.025\mu\text{m}$ 。

(3) 精密和超精密特种加工 目前国外放电加工中心的加工精度可达到微米级，表面粗糙度可达 $Ra0.10\sim0.05\mu\text{m}$ 。

要实现精密和超精密加工，不仅要具有精密程度与其匹配的加工设备和加工工具，

而且需要与之相适应的加工环境、计量技术、误差补偿技术及相应的仪器装置，以及超精密加工的切削机理和高素质的操作者。图 0-1 所示为各种加工方法和设备可以达到的加工精度。

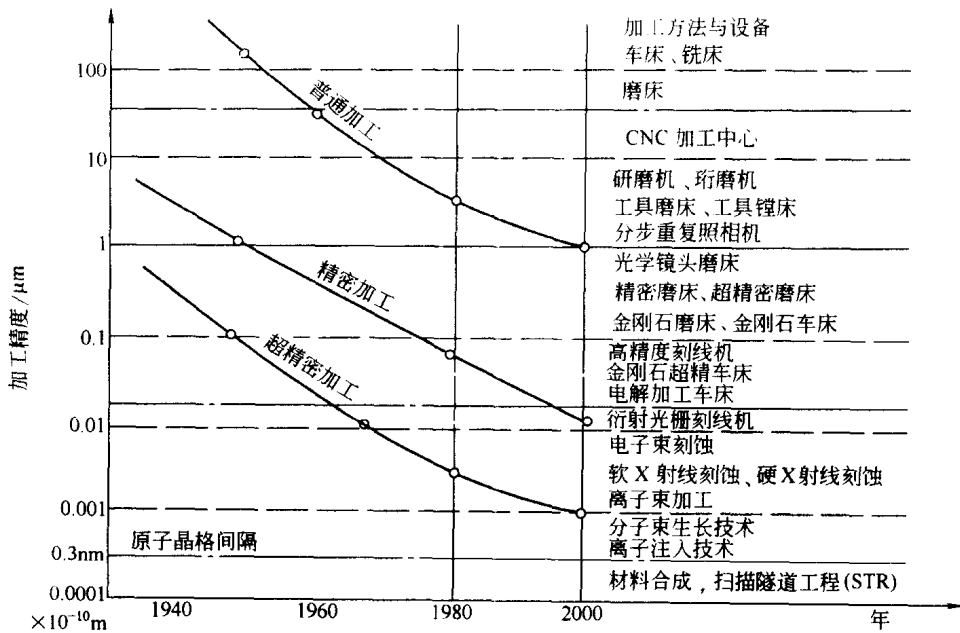


图 0-1 各种加工方法和设备可以达到的加工精度

超精密加工必须在超稳定的加工环境下进行，具体是指恒温、防振和超净三方面的条件。

3. 加工技术向自动化方向发展

(1) 第一阶段 这是我国 20 世纪 50~60 年代至 70 年代曾经大量使用过的，以自动化单机和自动生产线加工为主要内容的传统的机械制造自动化，其使用的主要技术为组合机床、继电器程序控制及传统的机械设计和制造工艺方法。

(2) 第二阶段 这是以数控机床、加工中心上进行切削为主要内容的现代机械制造自动化。它采用了以电子技术、数字电路、计算机编程为基础的数控技术和计算机数控技术。这种自动化具有高度的灵活性和工序集中的特点。

(3) 第三阶段 这是以柔性制造系统和柔性生产线 (FML) 组织生产为主要内容的现代机械制造自动化，它采用了 CAD、CAM、DNC (直接数字控制)、FMS、FML、成组技术、机器人等多种新技术，是柔性效率的理想结合。这种自动化具有：自动加工；工件、刀具、夹具等物料自动传输、更换和存储；生产管理与控制；工况监测与故障诊断；数据通信等多种功能。

(4) 第四阶段 这是以 CIM 为主要内容的现代机械制造自动化，其生产过程中建立的系统称为计算机集成制造系统 (CIMS)。它所追求的目标是自动化、柔性化、智能化和集成化。CIMS 一般由下列六个子系统组成。

- ① 计算机辅助经营和生产管理系统。
- ② 计算机辅助产品设计、制造等开发工程系统。
- ③ 自动化制造系统。
- ④ 计算机辅助储运系统。
- ⑤ 全厂质量控制系统。
- ⑥ 数据库与通信系统。

系统通过计算机网络对全厂物质流、信息流和能量流进行有效的控制与管理。它能为现代制造企业在剧烈变化的动态市场条件下，追求快速、灵活响应的竞争优势，提供所要求的战略性系统技术。

(5) 第五阶段 这是以 CIMS 为基础的现代集成制造系统。现代集成制造系统是信息时代的企业组织生产的一种先进理念，它将信息技术、现代管理技术和制造技术相结合，并应用于企业产品全生命周期（从市场需求分析到最终报废处理）的各个阶段。通过信息集成、过程优化及资源优化，实现物流、信息流、价值流的集成和优化运行，达到人（组织、经营）、管理和技术三要素的集成。以加强企业新产品开发时间（T）、质量（Q）、成本（C）、服务（S）、环境（E），从而提高企业的市场应变能力和竞争能力。

“现代”包含了当今信息技术的各种最新成果：数字化、网络化、虚拟化、智能化、绿色化与集成化。“六化”是“现代”的主要技术特征，而由此构成的现代集成制造系统是柔性的、协同的、敏捷的。

三、本课程的内容和学习要求

机械制造技术一般包含机械制造热加工技术、机械制造冷加工技术和机器装配技术三部分，本书主要论述后两部分内容。

由于零件加工过程的主体是表面的成型过程，这一过程的每一环节都是由机床、刀具、工件和夹具这一工艺系统按照要求而完成的；对于不同的零件的不同表面，加工方法不同，相应的工艺系统组成不同，一个零件的全部加工过程就是由一个个特定的工艺系统按一定的顺序完成的。因此，加工过程涉及金属切削原理、金属切削刀具、金属切削机床、机械制造工艺及夹具等理论与技术。基于上述考虑，为了提高教学内容的综合性与应用性，本书以机械制造的基本理论为基础，以加工方法为主线，介绍各种加工方法及相应的工艺系统组成；以质量控制为出发点，介绍工艺规程设计理论以及质量控制；以典型零件加工的综合分析并辅之具体实例，以增强知识与技术的综合运用；最后简单介绍现代制造技术的有关内容。由此形成本教材的体系。

通过本课程的学习要求掌握机械制造过程中的常用加工方法、加工原理和制造工艺，掌握切削参数、加工设备及装备的选用、加工质量的分析与控制方法等。其具体要求为：

- ① 掌握金属切削的基本规律，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及进行相关设计；
- ② 掌握常用机械加工方法的加工原理、工艺特点、质量保证措施；
- ③ 掌握拟定机械加工工艺规程和机器装配工艺规程的基本知识及有关计算方法；
- ④ 掌握机械加工精度和表面质量的基本理论和基本知识，学会分析机械制造过程中的技术问题和初步具备解决工程实际问题的能力；
- ⑤ 初步了解现代制造技术的知识。

第一篇 机械制造基础知识

第一章 机械加工工艺的基础知识

第一节 机械制造过程

机械产品的制造是包含产品设计、生产、经销、用户服务、信息反馈和设计、改进等环节和过程的一个系统。其中产品的生产是机械制造过程的核心，是机械产品由设计向产品转化的过程。产品的加工、装配等环节在这一过程中完成，这一过程将直接影响产品的质量。机械制造技术正是以研究这一过程中的技术问题为主要内容的。

(一) 生产过程

在制造机械产品时，将原材料或半成品制成成品的全过程称为产品的生产过程。它主要包括以下过程。

① 生产技术准备过程。这个过程主要应完成产品投入生产前的各项生产和技术准备工作。如产品的设计，工艺设计和专用工艺装备的设计制造；各种生产资料、生产组织等方面的准备工作。

② 毛坯的制造。如铸造、锻造和冲压等。

③ 零件的加工过程。如机械加工、焊接、铆接和热处理等。

④ 产品的装配。如部装、调试、总装等。

⑤ 产品的质量检验。

⑥ 各种生产服务，包括原材料、半成品、工具的供应、运输、保管以及产品的油漆、包装等。

在现代化生产中，为了便于组织专业化生产和提高生产效率，降低生产成本，一种产品的生产过程往往由许多工厂或生产部门联合完成，因此一个工厂的生产过程往往是整个产品生产过程的一部分。一个工厂的生产过程又可分为各个车间的生产过程，各个车间的生产过程具有不同的特点并且又互相联系着。例如：机械加工车间的原材料是铸造车间或锻造车间的成品，而机械加工车间的成品又是装配车间的“原材料”。由此可知，机械产品的生产过程是相当复杂的，而保证加工质量，提高生产率和降低成本，要求组织专业化的生产，即一种产品的生产分散在若干个工厂或生产部门进行。

(二) 工艺过程及组成

在机械的生产过程中，直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和物理、力学性能等，使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。如生产过程中的毛坯制造、零件加工和产品装配过程均属于工艺过程。因此，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、表面处理、装配等不同的工艺过程。工艺过程是生产过程的主体，又可分为机械加工工艺过程和装配工艺过程。本节研究机械加工工艺过程，装配工艺过程将在第十五章介绍。机械加工工艺过程是指用机械加工的方法（主要是切削加工方法）逐步改变毛坯的形态（形状、尺寸及表面质量），使其成为合格零件所进行的全部过程。它由一个或若干个按顺序排列的工序所组成，毛坯依次通过这些工序而变为成品。

1. 工序

工序是指一个或一组工人，在一个工作地对一个或同时对几个工件所连续完成的那部分工艺过程。它是工艺过程的基本组成部分。区分工序的主要依据是工作地（设备）是否变

动，以及加工是否连续完成。零件加工的工作地变动或加工不是连续完成的，则构成另一个工序。例如图 1-1 所示阶梯轴，当单件小批生产时，其加工工艺及工序如表 1-1 所示，当中批生产时，其工序划分如表 1-2 所示。

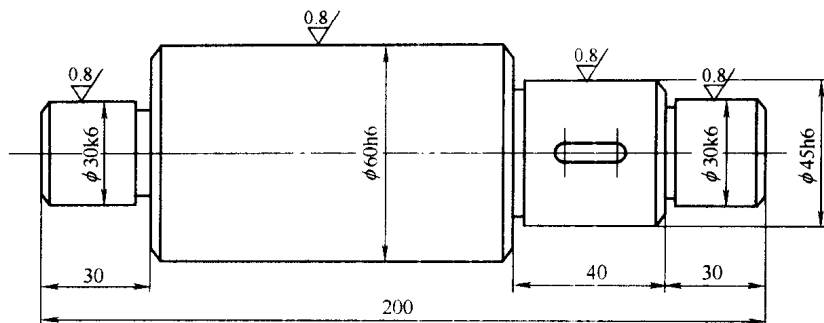


图 1-1 阶梯轴简图

表 1-1 阶梯轴加工工艺过程（单件小批生产）

工序号	工序内容	工作地点(设备)	工序号	工序内容	工作地点(设备)
1	车端面、打顶尖孔、车外圆、切槽、倒角	车床	3	磨外圆	外圆磨床
2	铣键槽、去毛刺	铣床			

表 1-2 阶梯轴加工工艺过程（中批量生产）

工序号	工序内容	工作地点(设备)	工序号	工序内容	工作地点(设备)
1	车端面、打顶尖孔	车端面、打中心孔机床	4	去毛刺	钳工台
2	车外圆、切槽与倒角	车床	5	磨外圆	外圆磨床
3	铣键槽	铣床			

工序不仅是制定工艺过程的基本单元，也是制定生产计划、劳动定额和进行质量检验的基本单元。

2. 工步与走刀

在同一工序中，有时需要使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内容，可将其进一步划分为工步。所谓工步，是指加工表面、切削工具和切削用量三要素中的切削速度与进给量不变的前提下完成的那部分工艺过程。一个工序可包括几个工步，也可能只有一个工步，如图 1-2 所示为转塔自动车床的加工示意图。转塔每转换一个位置，切削刀具，切削用量，加工表面以及车床的主轴转速和进给量一般均发生改变，

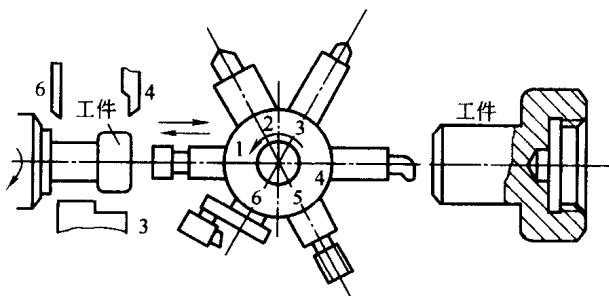


图 1-2 包括六个工步的工序

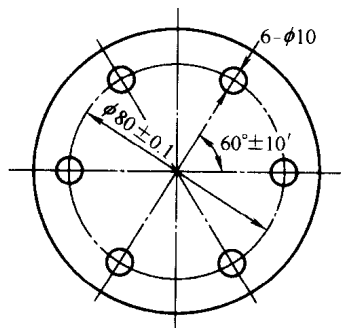


图 1-3 钻孔

这样就构成了不同的六个工步。再如在表 1-2 中的工序 1 可划分成四个工步（车右端面、打中心孔、车左端面、打中心孔），而工序 3 铣键槽只包括了一个工步。

构成工步的任意一个因素（加工表面、刀具或切削用量中的切削速度和进给量）改变后，一般变为另一个工步。但对那些在一次安装中连续进行的若干工步，为简化工序内容的叙述，在工艺文件上常将其作为一个工步，例如，对于图 1-3 所示零件，六个 $\phi 10\text{mm}$ 孔的加工虽然加工表面已发生变化，但可写成一个工步——钻 6- $\phi 10\text{mm}$ 孔。

在现代化生产中为了提高生产效率，用几把刀具或者用一把复合刀具，同时加工同一工件几个表面的工步称复合工步。在工艺文件上，复合工步应视为一个工步，如图 1-4 所示是用一把钻头和两把车刀同时加工内孔和外圆的复合工步（不同类刀具）。图 1-5 所示是用复合镗刀加工内孔的不同表面（同类刀具）。

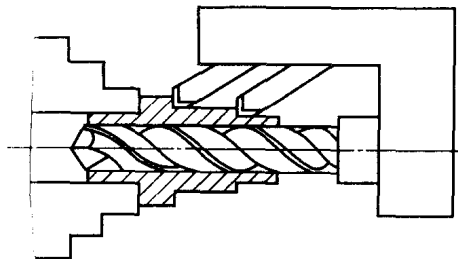


图 1-4 车、钻复合工步（不同类刀具）

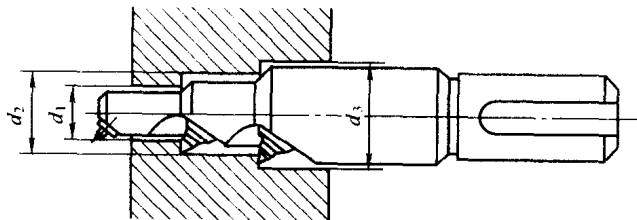


图 1-5 镗孔复合工步（同类刀具）

有些工步，若加工表面切除的余量较大，需用同一把刀具对同一表面进行几次切削，则每进行一次切削就是一次走刀（改变切削用量三要素中的背吃刀量，但进给量和切削速度均不改变）一个工步可以是一次或几次走刀。如图 1-5 所示的零件加工。

3. 安装与工位

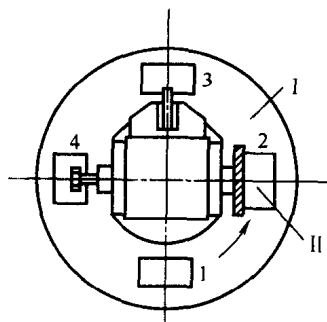


图 1-6 包括四个工位的工序
I—回转工作台；II—工件

工件在加工之前，应在机床或夹具上先定位（占有正确位置），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安装一次，也可能需要安装几次。如表 1-1 工序 1 车两端面和钻两端中心孔时，工件要进行两次装夹；而工序 2 中铣键槽，只需一次装夹即可完成。工件加工中应尽可能减少安装次数，因为这不仅可以减少装卸工件的辅助时间，而且可以减少因安装误差而导致的加工误差。

在有些情况下，在一个工序中，工件在加工过程中需多次改变位置，以便进行不同的加工工作，这时工件在机床上所占的每一位置称为一个工位。一个工序可以包括几个工位，如图 1-6 所示，在具有回转工作台的铣床上，工位 1 用来装卸工件，工位 2~4 分别加工零件的三个表面，因此该工序具有四个工位。

第二节 生产纲领与生产类型

由于零件机械加工的工艺过程与其所采用的生产类型密切相关（如表 1-1 和表 1-2 为两种不同组织类型），因此在制定零件的机械加工工艺过程时，应首先确定机械加工的生产类型。

通常是根据零件的年生产纲领采用恰当的生产组织类型，然后再根据所选用的生产类型来确定零件机械加工的生产组织形式。

（一）生产纲领

某种零件（包括备品和废品在内）的年生产量称为该零件的年生产纲领。生产纲领的大小对零件的加工过程和生产组织起着重要的作用。不同的生产纲领对设备的专业化、自动化

程度、所采用工艺方法、机床设备和工艺装备的要求也各不相同。

年生产纲领可按下式计算

$$N = Qn(1+a)(1+b)$$

式中 N ——零件的生产纲领，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；

a ——备品百分率，%；

b ——废品百分率，%。

(二) 生产类型

工厂生产专业化程度的分类方式称为生产类型。机械加工的生产可分为三种类型：单件生产、大量生产和成批生产。

1. 单件生产

单件生产的特点是产品品种多，每种产品仅制作一件或几件，且很少重复生产。例如新产品的试制多属这种类型，一般工厂刀量具、夹具、模具的制作也多属于单件或小批生产。

在单件生产中，一般多采用普通机床和标准附件，极少采用专用夹具，靠划线及试切法保证尺寸精度。因此，加工质量主要取决于操作者的技术熟练程度，生产效率低下。

2. 大量生产

大量生产的基本特点是产品品种单一而固定，同一产品产量很大，大多数工作地点长期进行一个零件某道工序的加工。例如：汽车、拖拉机、轴承和自行车等的制造属于大量生产。

在大量生产中，广泛采用专用机床、自动机床、自动生产线及专用工艺装备。由于工艺过程自动化程度高，因此对操作者的技术水平要求较低，但对于机床的调整则要求工人的技术水平较高。

3. 成批生产

成批生产是在一年中分批轮流地制造不同的产品，每种产品均有一定的数量，生产呈周期性重复。每批生产相同零件的数量称为批量。按照批量的大小，成批生产又可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产在工艺上接近单件生产，两者常常相提并论（见表 1-3），中批生产的工艺特点介于单件生产和大量生产之间。大批生产在工艺方面接近于大量生产。

表 1-3 生产纲领和生产类型的关系

生产类型	零件的生产纲领(件/年)		
	轻型零件(<15kg)	中型零件(15~50kg)	大型零件(≥50kg)
单件生产	<100	<10	<5
小批生产	100~500	10~200	5~100
中批生产	500~5000	200~500	100~300
大批生产	5000~50000	500~5000	300~1000
大量生产	>50000	>5000	>1000

在成批生产中，既采用通用机床和标准附件，也采用高效率机床和专用工艺装备；在零件加工时，广泛采用调整法，部分采用划线法。因此，对操作者的技术水平要求较单件生产为低。

在计算出零件的生产纲领后，可根据生产纲领的大小，参考表 1-3 所提出的范围，确定相应的生产类型。生产类型确定后，即可确定相应的生产组织形式。

(三) 各种生产类型的工艺特征

生产类型不同，产品制造的工艺方法、所采用的设备和工艺装备以及生产的组织形式等

均不相同，各种生产类型的工艺特征详见表 1-4。

表 1-4 各种生产类型的工艺特点

项 目	单件、小批生产	中 批 生 产	大量、大批生产
加工对象	不固定、经常换	周期性地变换	固定不变
机床设备和布置	采用通用设备,按机群式布置	采用通用和专用设备,按工艺路线成流水线布置或机群式布置	广泛采用专用设备,全按流水线布置,广泛采用自动线
夹具	非必要时不采用专用夹具	广泛使用专用夹具	广泛使用高效能的专用夹具
刀具和量具	通用刀具和量具	广泛使用专用刀、量具	广泛使用高效率专用刀、量具
毛坯情况	用木模手工造型,自由锻,精度低	金属模,模锻,精度中等	金属模机器造型、精密铸造、模锻,精度高
安装方法	广泛采用划线找正等方法	保持一部分划线找正,广泛使用夹具	不需划线找正,一律用夹具
尺寸获得方法	试切法	调整法	用调整法、自动化加工
零件互换性	广泛使用配刮	一般不用配刮	全部互换,可进行选配
工艺文件形式	过程卡片	工序卡片	操作卡及调整卡
操作工人平均技术水平	高	中等	低
生产率	低	中等	高
成本	高	中等	低

第三节 获得预定精度的加工方法

一、加工精度

所谓加工精度是指加工后零件在形状、尺寸和表面相互位置三个方面与理想零件的符合程度。它们之间的差异值即为加工误差。任何加工方法都会存在一定的加工误差，加工误差越小，则加工精度就越高。

零件加工精度的三个方面既有区别，又有联系。一般地来说，形状精度应高于尺寸精度而位置精度在大多数情况下也高于相应的尺寸精度。

二、获得加工精度的方法

1. 获得表面形状精度的加工方法

在机械加工中，工件的表面形状主要依靠刀具和工件作相对的成形运动来获得，其方法可归纳为如下四种。

(1) 轨迹法 这种方法是依靠刀具与工件的相对运动轨迹来获得工件形状的。这时刀具的切削刃与被加工表面间为点接触。当该点按给定的规律运动时，便形成了所需的发生线，故采用轨迹法形成发生线则需要一个成形运动，如图 1-7 所示。

(2) 成形法 成形法是指刀具切削刃与工件表面之间为线接触，切削刃的形状与形成工件表面的一条发生线完全相同，另一条发生线由刀具与工件的相对运动来实现。如图 1-8 所示。

(3) 展成法 展成法是指对各种齿形表面进行加工时，刀具的切削刃与工件表面之间为线接触，但切削刃形状不同于齿形表面形状，刀具与工件之间作展成运动（或称啮合运动），齿形表面的母线是切削刃各瞬时位置的全路线。如图 1-9 所示。

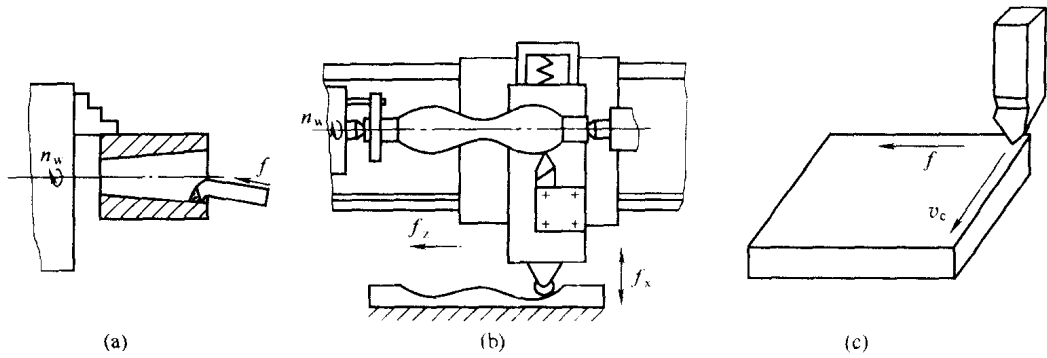


图 1-7 轨迹法

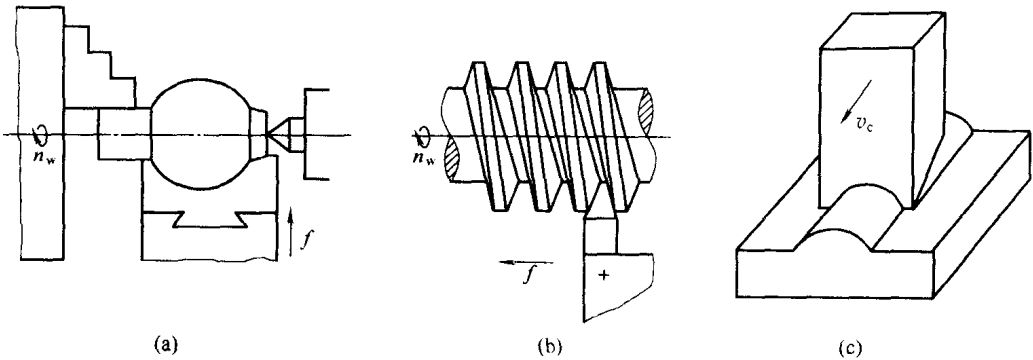


图 1-8 成形法

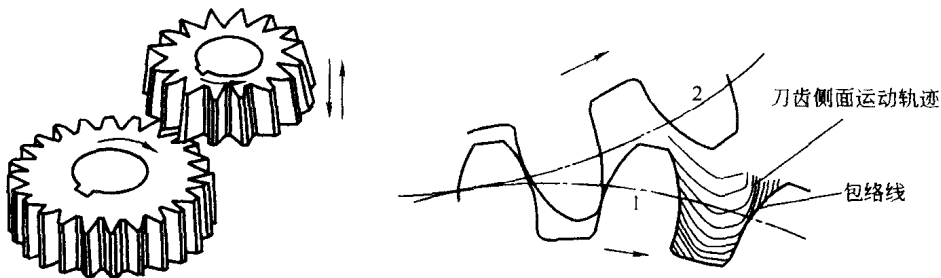


图 1-9 展成法

1—被切齿轮；2—插齿刀

(4) 相切法 利用刀具边旋转边作轨迹运动对工件进行加工的方法称为相切法。相切法中，刀具的各个切削刃的运动轨迹共同形成了曲面的发生线。如图 1-10 所示。

2. 获得尺寸精度的方法

(1) 试切法 即先对刀具与工件的相对位置作初步调整并试切一次，测量试切所得尺寸，然后根据测量得到的试切尺寸与所要求尺寸之间的差值对刀具或工件的位置作第二次调整并试切。反复几次，直到试切尺寸符合要求为止。这种方法不适于大批量生产。

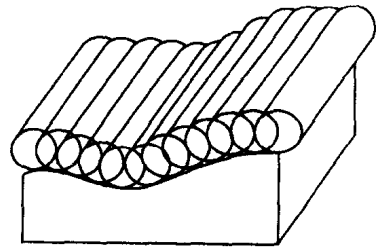


图 1-10 相切法

(2) 调整法 首先按试切法调整好刀具相对机床或夹具的位置，并要求在一批零件的加工过程中，保持这个相对位置不变。用调整法加工时，调整