

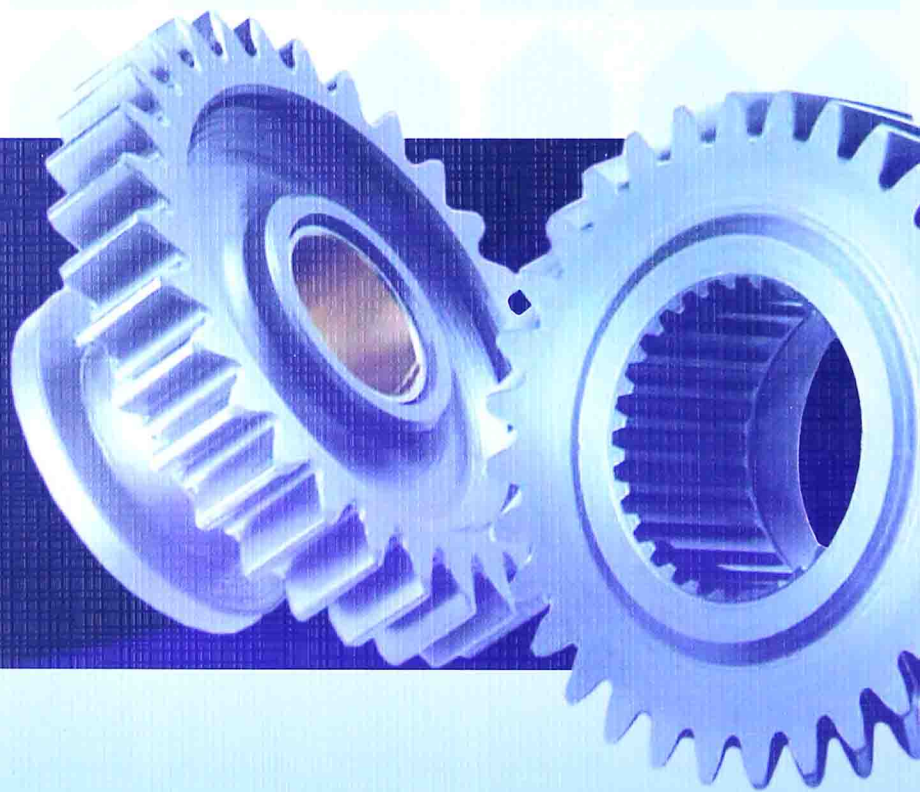


高等学校 **应用型特色** 规划教材

# 机械制造技术基础

倪小丹 杨继荣 熊运昌 主编

(第2版)



**赠送课件**

- ◆ 结构严谨，内容丰富，实用性强
- ◆ 理论知识阐述条理清晰，详简得当，易于掌握
- ◆ 注重理论与实践相结合、理论与经验相结合、经验与技术相结合



清华大学出版社

高等学校应用型特色规划教材

# 机械制造技术基础 (第2版)

倪小丹 杨继荣 熊运昌 主 编

清华大学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

本书不同于现有教材的内容体系,将机械制造过程中常用的概念整合,独立为第1章,使全书各章内容相对独立,可以根据需要进行取舍而不与其他章节内容冲突。适合机械设计制造及其自动化专业不同学时、不同要求的专业基础课教学,同时适合其他机械类专业的教学。本书主要内容有:概论、金属切削基本原理、工艺规程设计、机械加工精度与表面质量、夹具设计、机械装配工艺基础、典型零件加工。每章后都有实训内容及附有大量习题,并有参考答案,供学习者更方便、全面地掌握每章内容。

本书可作为教材,供高校机械设计制造及其自动化、材料成型与控制工程、工业设计、机械电子工程、数控技术与应用、模具设计及制造、检测技术与应用等专业使用;也可作为从事机械制造工程的技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。  
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础/倪小丹,杨继荣,熊运昌主编.--2版.--北京:清华大学出版社,2014  
(高等学校应用型特色规划教材)

ISBN 978-7-302-36474-0

I. ①机… II. ①倪… ②杨… ③熊… III. ①机械制造工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第099295号

责任编辑:桑任松

装帧设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [e-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:e-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:22 字 数:535千字

版 次:2007年2月第1版 2014年8月第2版 印 次:2014年8月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:40.00元

产品编号:053012-01

# 前 言

本书是参照目前高等院校专业教学基本要求，为适应应用型本科机械设计制造及其自动化专业人才的培养目标对高校人才专业知识的要求，结合国家“十五”规划课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究成果，在总结近几年的教学实践基础上编写而成。

为了贯彻“重基础、宽口径、强实践、擅应用”的人才培养要求，本书以工艺为主线，将机械制造过程中的基本理论、基础知识有机地结合起来，整合了原“机械制造工艺学”、“机床夹具设计”、“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床”课程的内容，形成新的教学内容体系。“机械制造技术基础”被大多数学校列为“机械设计制造及其自动化”专业的主要专业基础课程，通常安排在力学、材料、金工、机械设计等系列课程之后，计划学时为56学时左右，本课程的综合性和实践性较强，除课堂教学外，还应有实验、课外作业、生产实习和课程设计等教学环节。本书可作为该课程的课堂教学用书，也可作为从事机械制造工程的技术人员的参考用书。

本书的主要内容有机械制造领域中的基本概念、金属切削基本原理、工艺规程设计、机械加工精度、夹具设计、机械装配工艺基础和典型零件的加工。本书系统完整，覆盖面宽，综合性强，体现出一定的科学性、先进性和实用性。

本书在编写上，主要有以下特点。

(1) 内容体系与现有的教材体系完全不同，第1章概括了制造过程中常用的一些概念，便于查找，也使各章内容相对独立。

(2) 由于各章内容相对独立，可根据学时数和不同专业的需要进行取舍。例如，对于教学计划中后续开有“机械制造装备设计”课程的，夹具设计(第5章)可以不讲；对材料成型与控制工程、工业设计、机械电子工程、数控技术与应用、模具设计及制造、检测技术与应用等专业，金属切削基本原理(第2章)和典型零件加工(第7章)可以不讲。

(3) 介绍了一些目前应用较多的新工艺、新技术，如挤压加工、组合夹具等。

(4) 每章后都有实训内容，对本章内容进行总结并进行实训练习，通过实训更好地掌握本章的基本知识和基本技能，并运用到实践中。

(5) 注重工程应用能力的培养，例题多，并用了尽可能多的图、表对典型实例进行分析，注重理论联系实际，尽量做到了以较少的篇幅介绍更多的内容。本书还介绍了计算机辅助工艺设计、辅助夹具设计的方法，以适用生产实际的需要。

(6) 本书每章后附有大量习题，并有参考答案，供学习者更方便、全面地掌握每章内容。

本书由湖南工程学院倪小丹任第一主编并统稿，常德文理学院杨继荣、南阳理工学院熊运昌任主编，湖南工程学院范冬英任副主编。具体编写分工为：绪论、第1章和第2章由倪小丹、范冬英编写，第3章、第5章由熊运昌编写，第4章、第6章和第7章由杨继



荣编写。全书由湖南工程学院曾家驹教授审阅。

在本书编写过程中,得到了有关领导和同行的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,敬请广大读者批评、指正。

编 者

# 目 录

绪论	1	2.2.1 切削力的来源及分解	68
第 1 章 概论	4	2.2.2 切削力的测量	70
1.1 机械加工的基本概念	4	2.2.3 切削力和切削功率的计算	70
1.1.1 工件表面的成形方法	5	2.2.4 影响切削力的因素	71
1.1.2 切削加工成形运动和 切削用量	6	2.3 切削热与切削温度	73
1.2 机械加工工艺装备	8	2.3.1 切削热的来源与传导	73
1.2.1 机床	8	2.3.2 切削温度	74
1.2.2 刀具	22	2.3.3 影响切削温度的因素	74
1.2.3 夹具	41	2.3.4 切削液	75
1.2.4 量具	43	2.4 刀具磨损与刀具耐用度	78
1.3 基准的概念及其分类	44	2.4.1 刀具磨损	78
1.3.1 基准的概念	44	2.4.2 刀具耐用度	82
1.3.2 基准的分类	44	2.5 磨削机理	84
1.4 工件定位的六点定则	45	2.5.1 磨削过程及特点	84
1.4.1 工件定位的方式	45	2.5.2 磨削温度	86
1.4.2 六点定位原理	46	2.5.3 砂轮的磨损与修整	87
1.5 获得加工精度的方法	49	2.5.4 磨削方法	89
1.5.1 获得尺寸精度的方法	49	2.6 刀具几何参数与切削用量的选择	90
1.5.2 获得几何形状精度的方法	49	2.6.1 刀具几何参数的选择	90
1.5.3 获得相互位置精度的方法	49	2.6.2 切削用量的选择	94
1.6 实训	49	2.7 实训	99
1.7 习题	51	2.7.1 刀具几何参数的选择	99
第 2 章 金属切削基本原理	58	2.7.2 切削用量的选择和计算	99
2.1 金属切削过程	58	2.8 习题	101
2.1.1 切削变形与切屑的形成	59	第 3 章 工艺规程设计	108
2.1.2 切屑的类型	61	3.1 概述	108
2.1.3 切削变形程度的表示方法	63	3.1.1 生产过程和工艺过程	109
2.1.4 前刀面上的摩擦与积屑瘤	64	3.1.2 工艺过程的组成	109
2.1.5 已加工表面的形成过程	66	3.1.3 机械制造生产类型及其 工艺特点	110
2.1.6 影响切屑变形的主要因素	67	3.1.4 工艺规程	113
2.2 切削力	68	3.2 机械加工工艺规程设计	114
		3.2.1 零件的工艺分析	114





3.2.2	毛坯的选择.....	116	4.3.2	工艺系统刚度的计算.....	175
3.2.3	定位基准的选择.....	120	4.3.3	工艺系统受力变形对加工精度的影响.....	176
3.2.4	工艺路线的拟定.....	123	4.3.4	减小工艺系统受力变形对加工精度影响的措施.....	180
3.2.5	加工余量的确定.....	129	4.3.5	工件残余应力引起的变形.....	180
3.2.6	工序尺寸及其公差确定.....	132	4.4	机械加工表面质量.....	182
3.2.7	机床及工艺装备的选择.....	133	4.4.1	表面质量的概念.....	182
3.2.8	确定切削用量和时间定额.....	133	4.4.2	加工表面质量对机器零件使用性能的影响.....	184
3.2.9	工艺方案的技术经济分析.....	136	4.4.3	影响加工表面粗糙度的工艺因素.....	185
3.2.10	工艺规程文件.....	138	4.5	机械加工过程中的振动.....	187
3.3	工艺尺寸链.....	139	4.5.1	基本概念.....	187
3.3.1	基本概念.....	140	4.5.2	机械加工中的强迫振动.....	187
3.3.2	尺寸链计算的基本公式.....	141	4.5.3	机械加工中的自激振动.....	188
3.3.3	工艺尺寸链的应用.....	143	4.5.4	机械加工振动的控制.....	188
3.3.4	工艺尺寸链的图解跟踪法.....	147	4.6	机械加工过程中的热变形.....	190
3.4	计算机辅助工艺规程设计.....	150	4.6.1	基本概念.....	190
3.4.1	CAPP 工作原理.....	150	4.6.2	工件热变形对加工精度的影响.....	192
3.4.2	CAPP 关键技术.....	152	4.6.3	刀具热变形对加工精度的影响.....	193
3.5	实训.....	154	4.6.4	机床热变形对加工精度的影响.....	194
3.5.1	实训题目.....	154	4.6.5	减少工艺系统热变形对加工精度影响的措施.....	194
3.5.2	实训目的.....	154	4.7	加工质量的统计分析方法与应用.....	196
3.5.3	实训过程.....	155	4.7.1	加工误差的性质.....	196
3.5.4	实训总结.....	157	4.7.2	分布图分析法.....	196
3.6	习题.....	158	4.7.3	点图分析法.....	200
4	第4章 机械加工精度与表面质量.....	166	4.7.4	保证和提高加工精度的途径.....	204
4.1	概述.....	166	4.8	实训.....	207
4.1.1	机械加工精度.....	166	4.8.1	实训题目.....	207
4.1.2	影响机械加工精度的因素.....	167	4.8.2	实训目的.....	207
4.1.3	误差的敏感方向.....	168	4.8.3	实训过程.....	208
4.1.4	研究加工精度的方法.....	169	4.8.4	实训总结.....	209
4.2	工艺系统的几何精度对加工精度的影响.....	169			
4.2.1	加工原理误差.....	169			
4.2.2	调整误差.....	170			
4.2.3	机床误差.....	171			
4.3	工艺系统的受力变形对加工精度的影响.....	175			
4.3.1	基本概念.....	175			

4.9 习题.....	209	5.6.4 实训总结.....	271
<b>第5章 夹具设计.....</b>	<b>212</b>	5.7 习题.....	272
5.1 工件的定位方式及定位元件.....	212	<b>第6章 机械装配工艺基础.....</b>	<b>279</b>
5.1.1 定位元件的主要技术要求和 常用材料.....	213	6.1 机器结构的装配工艺性.....	279
5.1.2 工件以平面定位时的 定位元件.....	215	6.1.1 机器装配的基本概念.....	279
5.1.3 工件以内孔定位时的 定位元件.....	217	6.1.2 装配工艺系统图.....	280
5.1.4 工件以外圆定位时的 定位元件.....	218	6.1.3 机器结构的装配工艺性.....	281
5.1.5 工件以一面二孔定位时的 定位元件.....	219	6.2 装配工艺规程设计.....	285
5.2 定位误差的分析与计算.....	221	6.2.1 制定装配工艺规程的 基本原则及原始资料.....	285
5.2.1 产生定位误差的原因.....	221	6.2.2 设计装配工艺规程的步骤.....	285
5.2.2 定位误差的计算方法.....	223	6.3 装配尺寸链.....	287
5.2.3 常见定位方式的 定位误差计算.....	223	6.3.1 装配精度.....	287
5.3 工件的夹紧.....	231	6.3.2 装配尺寸链的建立.....	288
5.3.1 夹紧装置的组成和 基本要求.....	232	6.3.3 装配尺寸链的计算方法.....	290
5.3.2 确定夹紧力的原则.....	232	6.4 保证装配精度的装配方法.....	290
5.3.3 常用夹紧装置.....	235	6.4.1 互换装配法.....	290
5.4 典型夹具.....	243	6.4.2 选择装配法.....	291
5.4.1 钻床夹具.....	243	6.4.3 修配装配法.....	294
5.4.2 车床夹具.....	250	6.4.4 调整装配法.....	295
5.4.3 铣床夹具.....	254	6.4.5 装配方法的选择.....	297
5.4.4 镗床夹具.....	258	6.5 实训.....	298
5.4.5 组合夹具.....	262	6.6 习题.....	299
5.5 专用夹具设计方法.....	264	<b>第7章 典型零件加工.....</b>	<b>302</b>
5.5.1 专用夹具设计的设计步骤.....	264	7.1 轴类零件加工.....	302
5.5.2 夹具总图技术要求的制定.....	265	7.1.1 概述.....	302
5.5.3 精度分析.....	266	7.1.2 主轴的加工工艺分析.....	304
5.6 实训.....	266	7.2 套类零件加工.....	312
5.6.1 实训题目.....	266	7.2.1 概述.....	312
5.6.2 实训目的.....	267	7.2.2 套类零件加工工艺分析.....	314
5.6.3 实训过程.....	267	7.3 箱体类零件加工.....	317
		7.3.1 概述.....	317
		7.3.2 箱体加工的工艺过程.....	318
		7.4 圆柱齿轮加工.....	323
		7.4.1 概述.....	323
		7.4.2 圆柱齿轮的加工工艺.....	324





7.4.3 圆柱齿轮齿形的加工方法.....	327	7.5.4 实训总结 .....	331
7.5 实 训 .....	329	7.6 习题 .....	331
7.5.1 实训题目 .....	329	附录 参考答案 .....	334
7.5.2 实训目的 .....	329	参考文献 .....	343
7.5.3 实训内容 .....	329		

# 绪 论

## 1. 机械制造业和机械制造技术及其在国民经济中的地位

国民经济中的各个部门(如工业、农业、国防建设、交通运输等)广泛使用着大量的机械设备、仪器仪表和工具等装备,机械制造业就是生产这些装备的行业,它不仅为国民经济、国家安全提供装备,而且为人民物质文化生活提供丰富的产品。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、工艺过程和方法及相应设备的一门工程技术。

机械制造业是国民经济持续发展的基础,是工业化、现代化建设的发动机和动力源,是在国际竞争中取胜的法宝,是技术进步的主要舞台,是提高人均收入的财源,是国家安全的保障,是发展现代文明的物质基础。

机械制造业的水平体现了国家的综合实力和国际的竞争能力。世界上最大的 100 家跨国公司中,80%都集中在制造业领域,当今世界上最发达的 3 个国家即美、日、德,其机械制造业也是世界上最先进的、竞争力最强的。美国约 1/4 人口直接从事制造业,其余人口中又有约半数人所做工作与制造业有关。日本由于重视制造业,第二次世界大战后 30 年时间发展成为世界经济大国。日本出口的产品中,机械产品占 70%以上。

机械制造业是国民经济的物质基础和产业主体,是富民强国之本。在国民经济中无论 GDP 所占的比例,还是对其他产业的感应系数都很大。它是国民经济的支柱产业,国民经济总收入的 60%以上来自制造业;机械制造业产品(含机电产品)约占中国社会物质总产品的 50%。机械制造业是实现跨越发展战略的中坚力量。在工业化过程中,机械制造业始终是推动经济发展的决定性力量。机械制造业是科学技术的载体和实现创新的舞台。没有机械制造业,所谓科学技术的创新就无处体现。

世界发达国家无不具有强大的制造业。美国由于在一段相当长的时间内忽视了制造技术的发展,结果导致经济衰退,竞争力下降,出现在家电、汽车等行业不敌日本的局面。直至 20 世纪 80 年代初,美国才开始清醒,重新关注制造业的发展,至 1994 年美国汽车产量重新超过日本。

纵观机械制造业的发展,可以分为以下几个阶段。

(1) 17 世纪 60 年代,瓦特改进蒸汽机,标志第一次工业革命兴起,工业化大生产从此开始。

(2) 18 世纪中期,麦克斯韦建立电磁场理论,电气化时代开始。

(3) 20 世纪初,福特汽车生产线、泰勒科学管理方法标志着自动化时代到来(以大量生产(mass production)为特征)。

(4) 第二次世界大战后,计算机、微电子技术、信息技术及软科学的发展,以及市场竞争的加剧和市场需求多样性的趋势,使得中、小批量生产自动化成为可能,并产生了综合自动化和许多新的制造哲理与生产模式。

(5) 进入 21 世纪,制造技术向自动化、柔性化、集成化、智能化、精密化和清洁化的方向发展。



## 2. 机械制造业的现状与发展趋势

目前,发达国家机械制造技术已经达到相当高的水平,实现了机械制造系统自动化。产品设计普遍采用计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助产品工程(CAE)和计算机仿真等手段,企业管理采用了科学的规范化的管理方法和手段,在加工技术方面也实现了底层的自动化,包括广泛采用加工中心(或数控技术)、自动引导小车(AGV)等。最近10余年来,发达国家主要从具有全新制造理念的制造系统自动化方面寻找出路,提出了一系列新的制造系统,如计算机集成制造系统、智能制造系统、敏捷制造、并行工程等。

我国机械制造技术水平与发达国家相比还非常低,大约落后20年。最近十几年来,我国大力推广应用CIMS技术,20世纪90年代初期已建成研究环境,包括有CIMS实验工程中心和7个开放实验室。在全国范围内,部署了CIMS的若干研究项目,诸如CIMS软件工程与标准化、开放式系统结构与发展战略,CIMS总体与集成技术、产品设计自动化、工艺设计自动化、柔性制造技术、管理与决策信息系统、质量保证技术、网络与数据库技术以及系统理论和方法等专题。各项研究均取得了丰硕成果,获得不同程度的进展。

但大部分大型机械制造企业和绝大部分中小型机械制造企业主要限于CAD和管理信息系统,因底层(车间层)基础自动化还十分薄弱,数控机床由于编程复杂,还没有真正发挥作用。加工中心无论是数量还是利用率都很低。可编程控制器的使用并不普及,工业机器人的应用还很有限。因此,做好基础自动化的工作仍是我国制造企业一项十分紧迫而艰巨的任务,要努力开展制造业自动化系统的研究与应用。

机械制造技术的发展主要表现在两个方向:一是精密工程技术,以超精密加工的前沿部分、微细加工、纳米技术为代表,将进入微型机械电子技术和微型机器人的时代;二是机械制造的高度自动化,以CIMS和敏捷制造等的进一步发展为代表。

超精密加工的加工精度在2000年已达到 $0.0001\mu\text{m}(0.1\text{nm})$ ,在21世纪初开发的分子束生长技术、离子注入技术和材料合成、扫描隧道工程(STE)可使加工精度达到 $0.0003\sim 0.0001\mu\text{m}(0.3\sim 0.1\text{nm})$ ,现在精密工程正向其终极目标——原子级精度的加工逼近,也就是说,可以做到移动原子级别的加工。加工设备正向着高精、高速、多能、复合、控制智能化、安全环保等方向发展,在结构布局上也已突破了传统机床原有的格式。日本Mazak公司在产品综合样本中展示出一种未来机床,该机床在外形上犹如太空飞行器,加工过程中噪声、油污、粉尘等将不再给环境带来危害。

随着技术、经济、信息、营销的全球化,我国加入WTO,纵观21世纪制造业的发展趋势,可用“三化”来概括,即全球化、虚拟化和绿色化。

### 1) 全球化

网络通信技术的迅速发展和普及,正在为企业的生产和经营活动带来革命性的变革。首先,产品设计、物料选择、零件制造、市场开拓与产品销售都可以异地或跨越国界进行,实现制造的全球化。其次是集成化与标准化。异地制造实际上是实现产品信息集成、功能集成、过程集成和企业集成。实现集成的基础与关键是标准化,可以说没有标准化就没有全球化。

## 2) 虚拟化

虚拟化是指设计过程中的拟实技术和制造过程中的虚拟技术。虚拟化可以大大加快产品的开发速度和减少开发的风险。虚拟化的核心是计算机仿真。通过仿真软件来模拟真实系统,以保证产品设计和产品工艺的合理性,保证产品制造的成功和生产周期,发现设计、生产中不可避免的缺陷和错误。

## 3) 绿色化

已经颁布实施的 ISO 9000 系列国际质量标准和 ISO 14000 国际环保标准为制造业提出了一个新的课题,就是快速实现制造的绿色化。绿色制造则通过绿色生产过程(绿色设计、绿色材料、绿色设备、绿色工艺、绿色包装、绿色管理)生产出绿色产品,产品使用完以后再通过绿色处理后加以回收利用。采用绿色制造能最大限度地减少制造对环境的负面影响,同时原材料和能源的利用效率能达到最高。如何最有效地利用资源和最低限度地产生环境污染,是摆在制造企业面前的一个重大课题。绿色制造实质上是人类社会可持续发展战略在现代制造业的体现,也是未来制造业自动化系统必须考虑的重要问题。

## 3. 本课程的性质、研究对象、主要内容及学习方法

### 1) 性质

本书是机械类各专业的骨干专业技术基础课程。

### 2) 研究对象

研究对象为金属切削原理、金属切削机床与刀具、机床夹具设计原理以及机械产品的制造工艺(包括零件加工和装配两方面)。

### 3) 主要内容与学习要求

(1) 以金属切削理论为基础,要求掌握金属切削的基本原理和基本知识,并具有根据具体情况合理选择加工方法(机床、刀具、切削用量、切削液等)的初步能力。

(2) 掌握机械加工的基础理论和知识,如定位理论、工艺尺寸链理论、加工精度理论等。

(3) 了解影响加工质量的各种因素,学会分析和研究加工质量的方法。

(4) 学会制定零件机械加工工艺过程的方法。

(5) 掌握机床夹具设计的基本原理和方法。

### 4) 学习方法

机械制造技术基础是一门综合性、实践性、灵活性较强的课程,它涉及毛坯制造、金属材料、热处理、公差配合等方面知识。金属切削理论和机械制造工艺知识具有很强的实践性。因此,学习本课程时必须重视实践环节,即通过实验、实习、课程设计及工厂调研来更好地体会、加深理解。本书给出的仅是基本概念与理论,真正掌握与应用必须在不断实践-理论-实践的循环中善于总结。



# 第 1 章 概 论

## 教学目标

机械产品是由若干机械零件组成的。要获得需要的机械零件，必须要了解该零件表面的成形方法，通过选择合适的机床、刀具和夹具，采用正确的装夹方法，对材料或毛坯进行加工，即变成具有一定形状、尺寸和精度的零件。其中，由机床、刀具、夹具和工件组成的系统称为机械加工工艺系统(简称“工艺系统”)，它对能否满足工件的要求起着决定性作用。本章重点分析工艺系统各部分的特点及机械加工中常用的概念和方法。

## 教学重点和难点

- 工件表面的成形方法
- 典型机床的加工工艺范围
- 刀具的几何角度
- 工件定位的方式
- 六点定则
- 获得加工精度的方法

## 案例导入

怎样获得如图 1.1 所示的阶梯轴零件? 分析: 它是由一些外圆柱面、圆锥面(倒角)和平面组成, 并有尺寸精度和表面粗糙度要求。怎样才能获得这些表面, 需要哪些运动, 需要什么机床、刀具、夹具和量具, 怎样把它装在机床上, 精度怎样?

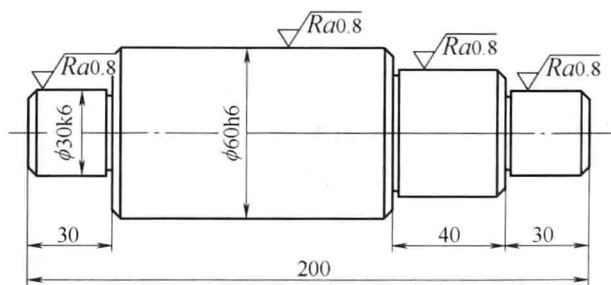


图 1.1 阶梯轴简图

## 1.1 机械加工的基本概念

通过本节的学习, 要求掌握机械零件表面的成形方法——轨迹法、成形法、相切法和展成法, 熟悉零件常见表面(外圆、孔、平面、螺纹、齿面)的机械加工方法, 掌握切削加工中的运动、切削用量与切削层截面参数。

### 1.1.1 工件表面的成形方法

所有机械零件的表面，都是由一些基本表面形成的。这些表面包括平面、圆柱面、圆锥面以及各种成形表面(如螺纹表面、渐开线齿面等)，这些表面通常可以看成是一条母线1沿导线2运动而形成的。例如，图1.2所示的几何表面都是由母线1沿导线2运动而形成的。母线和导线统称为发生线。

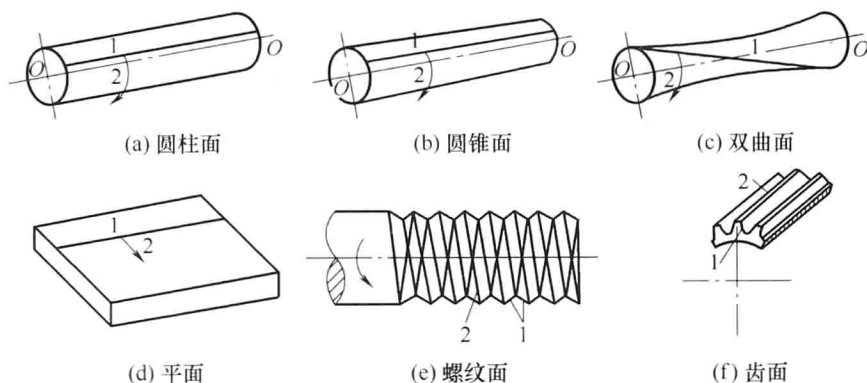


图 1.2 零件表面的成形

需要指出的是：①即使母线和导线相同，但若两者间起始位置不同，形成的表面也不同，如图1.2(b)和图1.2(c)所示。②有些表面，其母线和导线可以互换，如图1.2(a)、图1.2(d)和图1.2(f)所示，称为可逆表面；另一些表面则不能互换，如图1.2(b)和图1.2(e)所示，称为不可逆表面。

切削加工中发生线是由刀具的切削刃和轨迹的相对运动得到的，不同的加工运动、不同的切削刃形状形成发生线的方式不同，获得的零件表面也不同。通常，形成零件表面的方法可以归纳为以下4种。

(1) 轨迹法：利用刀具作一定规律的轨迹运动对工件进行加工的方法。切削刃与被加工表面为点接触，发生线为接触点的轨迹线。采用轨迹法形成发生线需要一个成形运动。例如，图1.3(a)中母线2，工件作回转运动形成导线，最终获得回转曲面。

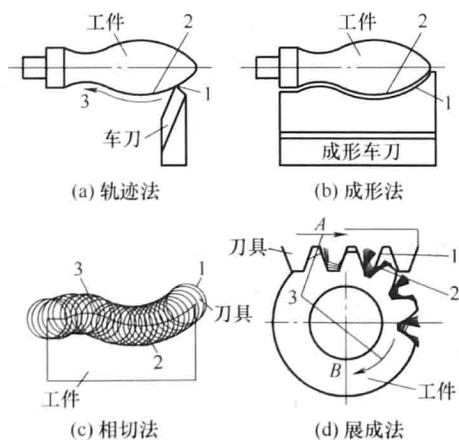


图 1.3 形成零件表面的4种方法



(2) 成形法: 利用成形刀具对工件进行加工的方法。如图 1.3(b)所示, 切削刃 1 的形状和长度与所需形成的发生线(母线 2)完全吻合, 工件作回转运动形成导线, 最终也获得回转曲面。

(3) 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。如图 1.3(c)所示, 刀刃 1 作回转运动, 同时刀具轴线沿着发生线的等距线作轨迹运动, 切削点运动轨迹的包络线就是所需的发生线。为了用相切法得到发生线, 需要两个成形运动, 即刀具的旋转运动和刀具中心按一定规律运动。

(4) 展成法: 利用刀具和工件作展成切削运动进行加工的方法。如图 1.3(d)所示, 加工时, 刀具 1 与工件按确定的运动关系作相对运动, 切削刃与被加工表面相切, 切削刃各瞬时位置的包络线就是所需的发生线。用展成法形成发生线需要一个成形运动(即刀具运动  $A$  与工件运动  $B$  组合而成的展成运动 3)。

## 1.1.2 切削加工成形运动和切削用量

### 1. 成形运动

为了获得所需工件的表面形状, 必须形成一定形状的发生线(母线和导线), 在切削和磨削加工中, 发生线是通过机床实现的。工件的表面形状、尺寸和相互位置关系就是通过机床上刀具与工件的相对位置和相对运动形成的。工件表面的成形运动有两种。

(1) 主运动: 直接切除工件上的切削层, 以形成工件加工表面的基本运动。主运动的速度最高, 消耗功率最大, 机床的主运动只有一个。主运动可以由工件或由刀具完成, 车削时的主运动是工件的旋转运动。

(2) 进给运动: 是指不断把切削层投入切削的运动。进给运动的速度较低, 消耗的功率较小。进给运动不限于一个, 可以是连续的, 也可以是间歇性的。

切削时, 工件上形成三个不断变化着的表面(见图 1.4)。

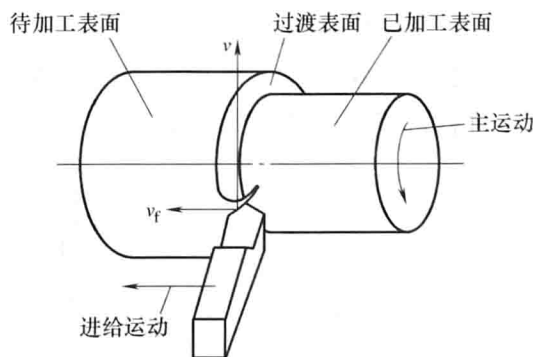


图 1.4 车削时的切削运动与加工表面

已加工表面: 指经切削形成的新表面, 它随着切削运动的进行而逐渐扩大。

待加工表面: 指即将被切除的表面。它随着切削运动的进行而逐渐缩小, 直至全部切去。

过渡表面: 指切削刃正在切削的表面。

在切削过程中, 切削刃相对于工件运动轨迹面, 就是工件上的过渡表面和已加工表面。这里有两个要素, 一是切削刃, 二是切削运动。不同形状的切削刃与不同的切削运动

组合,即可形成各种工件表面,如图 1.5 所示。

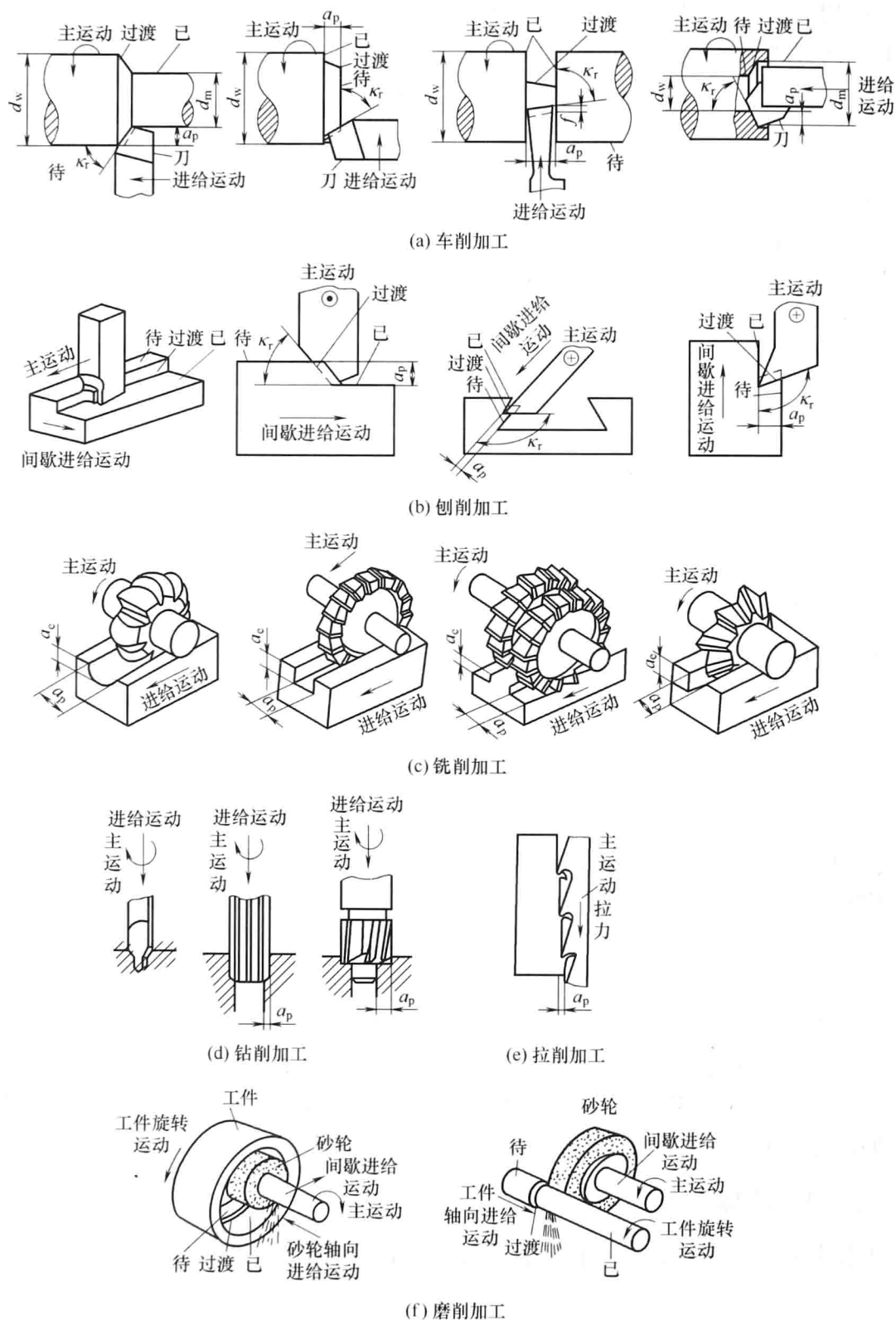


图 1.5 各种切削运动和加工表面



## 2. 切削用量

(1) 切削速度  $v_c$ 。它是切削刃上选定点相对于工件的主运动线速度。当主运动为旋转运动时, 其切削速度为  $v_c$  (单位为  $\text{m}/\text{min}$ )

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000}$$

式中:  $d$ ——完成主运动的工件或刀具的最大直径( $\text{mm}$ );

$n$ ——主运动的转速( $\text{r}/\text{min}$ )。

(2) 进给量  $f$ 。当主运动旋转一周时, 刀具(或工件)沿进给方向上的位移量为  $f$ 。进给量的大小也反映了进给速度  $v_f$  ( $\text{mm}/\text{min}$ )的大小, 关系为

$$v_f = fn$$

(3) 背吃刀量  $a_p$ 。车削时  $a_p$  ( $\text{mm}$ )是工件上待加工表面与已加工表面间的垂直距离

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中:  $d_w$ ——工件待加工表面的直径( $\text{mm}$ );

$d_m$ ——工件已加工表面的直径( $\text{mm}$ )。

## 3. 合成切削速度

合成切削速度  $v_c$ : 在主运动与进给运动同时进行的情况下, 切削刃上任一点的实际切削速度是它们的合成速度  $v_c$ , 即

$$v_c = v_c + v_f$$

# 1.2 机械加工工艺装备

零件加工时需要的成形运动, 都是靠相应的机床来实现的。在加工过程中, 除了要使用机床外, 还需要装夹工件用的夹具、切除工件上多余材料使用的刀具以及判断零件合格与否的量具。机床、夹具、刀具和量具统称为工艺装备。

## 1.2.1 机床

机床是制造机器的机器, 被称为工作母机。根据加工工艺方法的不同, 机床有八大类, 如金属切削机床、锻压机床、电加工机床、坐标测量机、铸造机床、热处理机床(表面淬火机床)等。本书以介绍金属切削机床为主。

### 1.2.1.1 机床的分类与型号编制

机床的品种规格繁多, 为了便于区别、使用和管理, 必须对机床进行分类, 并编制型号。

#### 1. 机床的分类

机床的传统分类方法, 主要是按加工性质和所用的刀具进行分类。根据国家制定的机床型号编制方法, 目前将机床分为 12 大类: 车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、