

机械制造基础

中国机械工业教育协会 组编

主 编 洛阳工学院 刘建亭
副主编 天津理工学院 王文贵
 沈阳工业大学 周晓晔
参 编 洛阳工学院 薛进学 杨丙乾
 河北工业大学 刘瑞素 王阳
 合肥联合大学 徐强 俞斐
 金华职业技术学院 应献平
主 审 成都航空职业技术学院 陈玉华

机 械 工 业 出 版 社

本书是根据高等职业技术教学要求编写的。全书共 12 章, 主要内容包括: 金属切削原理和刀具、金属切削机床、机械制造工艺基础与机械加工质量、机床夹具设计基础及其设计方法, 每章末均附有一定数量的复习思考题。全书的取材从实际问题出发, 理论联系实际, 便于教学。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学、业余大学、函授大学、成人教育学院等大专层次的机电一体化专业或机械制造及自动化专业的专业课教材, 也可作为广大自学者及工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造基础/中国机械工业教育协会组编. —北京:

机械工业出版社, 2001. 12

21 世纪高职高专系列教材

ISBN 7-111-08371-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 073649 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 崔世荣 版式设计: 冉晓华 责任校对: 姚培新

封面设计: 姚毅 责任印制: 郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·22 印张·544 千字

0 001—4000 册

定价: 32.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰

大连理工大学 唐志宏

天津大学 周志刚

甘肃工业大学 路文江

江苏大学 杨继昌

成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)

沈阳工业大学 李荣德

河北工业大学 檀润华

武汉船舶职业技术学院 郭江平

金华职业技术学院 余党军

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华

山东省职业技术教育师资培

训中心 邹培明

上海电机技术高等专科学校 徐余法

天津中德职业技术学院 李大卫

天津理工学院职业技术学院 沙洪均

日照职业技术学院 李连业

北方交通大学职业技术学院 佟立本

辽宁工学院职业技术学院 李居参

包头职业技术学院 郑刚

北京科技大学职业技术学院 马德青

北京建设职工大学 常莲

北京海淀走读大学 成运花

江苏大学 吴向阳

合肥联合大学 杨久志

同济大学 孙章

机械工业出版社 李超群

余茂祚 (常务)

沈阳建筑工程学院 王宝金

佳木斯大学职业技术学院 王跃国

河北工业大学 范顺成

哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录

洛阳大学 吴锐

洛阳工学院职业技术学院 李德顺

南昌大学 肖玉梅

厦门大学 朱立秒

湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪

彭城职业大学 陈嘉莉

燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议，作出了“关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定”的重大决策，强调教育在综合国力的形成中处于基础地位，坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育，培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力，适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此，教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议，进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务；以适应社会需要为目标；以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案；以“应用”为主旨和特征来构建课程和教育内容体系；高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要，即用人的需求；教材可以“一纲多本”，形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人，教材先行”，教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求，中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本（书目附书后）已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制（总学时1600~1800）、兼顾2年制（总学时1100~1200）的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强了针对性和实用性，强化了实践教学。为了扩大使用面，在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的，但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量，真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材，组织编写队伍时，采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿，以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一，在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验，出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材，在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的一系列教材。

中国机械工业教育协会

前 言

本书是高等职业技术教育机电一体化或机械制造及其自动化专业教学用书，是我们经过多年的教学、科研及生产加工的实践，通过仔细认真地讨论和广泛征求意见的基础上编写而成的。

在编写本书时，我们根据高职教育及专业课的特点，确定了编写的指导思想：以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点。为了突出编写特色，按照培养生产第一线高等技术应用性专门人才的培养要求，突出应用能力的培养。力求做到理论与实践的统一，教材内容来源于实践，经过归纳、分析，进行系统化理论化后，又应用于实践，指导实践。例如切削用量、切削角度、典型机床的结构与传动、典型夹具的结构、典型零件的工艺分析等。引用了大量的工程实例，从实践中提出问题，并从实例的分析中引导学生如何在实践中解决问题，再现了工程实貌，从而培养了以科学的思维方法对待工程实际问题的工作态度。

根据培养复合型人才的要求，拓宽专业口径，本教材重点写量大面广的基础知识体系，同时也注意到“面”与“点”的关系，做到重点突出。例如在金属切削刀具和机床中，既做到介绍一般常用刀具和机床，同时又重点介绍了具有代表性的车刀和车床。

由于现代制造技术的发展，传统的教材相应显得过于专、偏、深，同时新知识也显得缺乏。本教材既注意专业知识的系统讲述，同时又注意到先进制造技术的介绍。例如数控刀具、数控机床、线切割机床、现代夹具等内容。

本教材建议用 100~120 学时，并配合一些实验。例如：车刀几何角度测量、切削力测量、车床三箱解剖实验、滚齿机调整实验、加工精度分析实验等，这样可使教学效果更好。

在课程教授完后，可安排刀具作业和工艺课程设计，进一步加强其实际能力的培养。最后经过 3~4 周的生产实习，使同学们将学过的理论知识再到生产实践中加以印证，分析现场加工工艺的合理性和使用的机床、刀具、夹具的结构特点，从而使同学们的专业知识掌握得更牢固。

参加本书编写的单位及人员有：

第 1 章 洛阳工学院 刘建亭、薛进学；第 2 章、第 4 章 金华职业技术学院 应献平；第 3 章 合肥联合大学 俞斐；第 5 章、第 7 章 天津理工学院 王文贵；第 6 章 洛阳工学院 刘建亭；第 8 章 河北工业大学 刘瑞素、王阳；第 9 章 洛阳工学院 薛进学；第 10 章 沈阳工业大学 周晓晔；第 11 章 洛阳工学院 杨丙乾、合肥联合大学 徐强；第 12 章 合肥联合大学 徐强。

本书由洛阳工学院刘建亭任主编，天津理工学院王文贵、沈阳工业大学周晓晔任副主编，由洛阳工学院刘建亭、杨丙乾、薛进学统稿。

本书由成都航空职业技术学院陈玉华同志主审，他认真、仔细地审阅了全稿，并提出了许多宝贵的修改意见，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中得到洛阳工学院机电工程系、洛阳工学院高等职业技术学院、机械工业出版社和各兄弟院校的大力支持，在此一并表示感谢。

限于作者水平，加之时间仓促，书中难免有缺点和不当之处，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编者

目 录

序	
前言	
第 1 章 机械制造基础概论	1
1.1 我国机械制造业及其发展的现状	1
1.2 机械制造基础课程的研究对象	2
1.3 机械制造基础课程的内容及要求	2
1.3.1 机械制造基础课程的内容	2
1.3.2 机械制造基础课程的基本要求	3
第 2 章 金属切削加工及刀具的基本定义	4
2.1 切削加工基本定义	4
2.1.1 切削运动	4
2.1.2 工件表面	5
2.1.3 切削用量	5
2.2 切削刀具基本定义	5
2.2.1 车刀切削部分的组成	5
2.2.2 刀具角度坐标平面参考系	6
2.2.3 刀具的标注角度	6
2.2.4 刀具的工作角度	8
2.2.5 切削层参数	9
2.3 刀具材料	10
2.3.1 刀具材料应具备的性能	10
2.3.2 高速钢	11
2.3.3 硬质合金	12
2.3.4 其他刀具材料	14
2.3.5 刀具材料的表面涂覆层	14
复习思考题	14
第 3 章 金属切削过程及其基本规律	15
3.1 研究金属切削过程的	

意义及方法	15
3.1.1 研究金属切削过程的意义	15
3.1.2 研究金属切削过程的方法	15
3.2 金属切削过程	15
3.2.1 金属切削过程中三个变形区的划分及其变形规律	15
3.2.2 切屑的种类和切屑变形	16
3.2.3 前刀面上的摩擦和积屑瘤	18
3.2.4 剪切角	19
3.2.5 影响切屑变形的各种因素	20
3.2.6 切屑的形状及其控制	21
3.3 切削力	23
3.3.1 切削力的来源、切削合力与分力	23
3.3.2 单位切削力和单位切削功率	24
3.3.3 切削力计算的经验公式	25
3.4 切削热与切削温度	27
3.4.1 切削热的产生与传出	28
3.4.2 影响切削温度的主要因素	28
3.5 刀具磨损和寿命	29
3.5.1 刀具磨损的形态	29
3.5.2 刀具的磨损原因	30
3.5.3 刀具磨损过程及磨钝标准	31
3.5.4 刀具的寿命	32
3.6 材料的切削加工性和切削液	33
3.6.1 衡量材料切削加工性的指标	33
3.6.2 影响工件材料切削加工性的因素	34
3.6.3 改善材料切削加工性的途径	35
3.6.4 切削液的作用机理	35

3.6.5	切削液中的添加剂	36	4.6.3	磨削特点	70
3.6.6	切削液的分类与使用	37	4.6.4	先进磨削方法简介	70
3.7	刀具几何参数的合理选择	38	4.7	自动线刀具及数控机床 刀具	71
3.7.1	概述	38	4.7.1	自动线及数控机床对刀具 的要求	71
3.7.2	刀具几何角度的合理选择	38	4.7.2	自动线及数控机床加工中 刀具尺寸的补偿方法	71
3.7.3	斜角切削及刃倾角的选择	40	4.7.3	自动线及数控机床加工中 的快速换刀和工具系统	72
3.8	切削用量的合理选择	41	复习思考题	74	
3.9	磨削加工简介	43	第5章	金属切削机床及其 运动	75
3.9.1	磨料的形状特征	43	5.1	金属切削机床介绍	75
3.9.2	磨屑形成过程	43	5.1.1	金属切削机床在国民经济 中的地位	75
3.9.3	磨削力	43	5.1.2	金属切削机床的发展概况	75
3.9.4	磨削温度	44	5.1.3	金属切削机床加工的生产 模式	77
3.9.5	砂轮的磨损与寿命	44	5.2	机床分类及型号编制	77
3.9.6	磨削的基本特点	45	5.2.1	机床的分类	77
复习思考题	46		5.2.2	机床型号的编制方法	78
第4章	金属切削刀具	47	5.3	零件加工表面及成形方法	82
4.1	车刀	47	5.3.1	工件的表面形状	82
4.1.1	车刀的种类和用途	47	5.3.2	工件表面的成形方法	83
4.1.2	焊接车刀	47	5.3.3	生线的形成方法	83
4.1.3	可转位车刀	49	5.3.4	工件表面成形所需的成形 运动	85
4.1.4	车刀角度的换算	50	5.4	机床的运动	86
4.2	孔加工刀具	50	5.4.1	表面成形运动	86
4.2.1	麻花钻	51	5.4.2	辅助运动	87
4.2.2	铰刀	55	5.5	机床的传动	87
4.3	铣削和铣刀	55	5.5.1	机床的传动形式	88
4.3.1	铣刀的类型及选用	55	5.5.2	机床的传动联系和传动 原理图	88
4.3.2	铣削参数和铣削规律	57	5.5.3	机床传动系统图	90
4.3.3	铣削用量的选择	60	5.5.4	机床转速图	92
4.3.4	成形铣刀	60	复习思考题	96	
4.4	拉削加工及拉刀	60	第6章	车床	97
4.4.1	拉削特点	60	6.1	车床的工艺特点和分类	97
4.4.2	拉刀的种类和用途	60			
4.4.3	拉刀的结构	61			
4.4.4	圆孔拉刀设计要点	63			
4.5	齿轮加工方法及齿轮刀具	63			
4.5.1	齿轮刀具的分类	63			
4.5.2	盘形齿轮铣刀的选用	63			
4.5.3	齿轮滚刀	64			
4.6	磨削与砂轮	66			
4.6.1	砂轮的构造和特性	66			
4.6.2	磨削加工类型和磨削运动	68			

6.2 CA6140 型卧式车床的组成、运动及主要技术参数	98	第 8 章 其他机床介绍	160
6.2.1 CA6140 型卧式车床的组成、运动	98	8.1 磨床	160
6.2.2 CA6140 型卧式车床的主要技术参数	99	8.1.1 概述	160
6.3 CA6140 型卧式车床的传动系统分析	99	8.1.2 M1432A 型万能外圆磨床	160
6.3.1 主运动传动系统	99	8.1.3 其他磨床	163
6.3.2 车螺纹进给传动系统	102	8.2 铣床	166
6.3.3 机动进给传动链	109	8.2.1 升降台式铣床	166
6.3.4 手动及快速机动进给	110	8.2.2 床身式铣床	167
6.4 CA6140 型卧式车床的结构介绍	111	8.2.3 龙门铣床	169
6.4.1 主轴箱	111	8.3 刨床、插床和拉床	170
6.4.2 进给箱	118	8.3.1 刨床与插床	170
6.4.3 溜板箱	119	8.3.2 拉床	171
6.4.4 刀架	123	8.4 钻床	172
6.5 精密和高精度车床的特点	123	8.4.1 立式钻床	172
6.6 其他车床	126	8.4.2 摇臂钻床	174
复习思考题	131	8.4.3 其他钻床	175
第 7 章 齿轮加工机床	132	8.5 镗床	175
7.1 齿轮加工机床概述	132	8.5.1 卧式镗床	176
7.1.1 齿轮加工机床的种类	132	8.5.2 坐标镗床	176
7.1.2 齿轮加工机床的工作原理(加工方法)	132	8.6 组合机床	178
7.2 滚齿机	133	8.7 电火花加工机床	179
7.2.1 滚齿原理	133	8.7.1 电火花成形加工机床	179
7.2.2 滚切直齿圆柱齿轮	134	8.7.2 电火花线切割机床	180
7.2.3 滚切斜齿圆柱齿轮	135	8.8 数控机床	182
7.3 Y3150E 型滚齿机	138	8.8.1 数控机床的产生	182
7.3.1 机床用途及布局	138	8.8.2 数控机床的组成和工作原理	182
7.3.2 机床主要技术参数	138	8.8.3 数控机床的发展	183
7.3.3 机床传动系统分析	139	8.8.4 数控机床在国民经济中的地位 and 作用	184
7.3.4 机床调整	145	8.8.5 数控机床的特点	185
7.4 其他齿轮加工机床	148	复习思考题	185
7.4.1 插齿机	148	第 9 章 机械制造工艺基础	186
7.4.2 磨齿机	155	9.1 概述	186
7.4.3 锥齿轮加工机床	155	9.2 生产纲领和生产类型	186
复习思考题	159	9.2.1 生产纲领	186
		9.2.2 生产类型	186
		9.3 生产过程和工艺过程	187
		9.3.1 生产过程	187
		9.3.2 工艺过程	188

9.4 基准及分类	188
9.5 工件的装夹	189
9.5.1 装夹对工件加工的影响	190
9.5.2 工件的装夹方法	190
9.6 机械加工工艺流程概述	191
9.6.1 机械加工工艺流程的组成	191
9.6.2 机械加工工艺流程	192
9.7 零件的结构工艺性	196
9.7.1 分析研究部件装配图、 审查零件图	196
9.7.2 分析零件的结构工艺性	196
9.8 确定毛坯	199
9.8.1 毛坯的种类	199
9.8.2 选择毛坯应考虑的问题	200
9.9 定位基准的选择	200
9.9.1 粗基准选择原则	200
9.9.2 精基准选择原则	202
9.9.3 辅助基准	203
9.10 工艺路线的拟订	203
9.10.1 表面加工方法的选择	203
9.10.2 加工阶段的划分	203
9.10.3 工序的组成(工序的集中 与分散)	204
9.10.4 工序顺序的安排	204
9.11 工序内容设计	205
9.11.1 加工余量和工序尺寸的 确定	205
9.11.2 选择机床(设备)和工艺 装备	207
9.11.3 切削用量的确定	207
9.11.4 工时定额的确定	207
9.12 尺寸链原理与应用	207
9.12.1 尺寸链的基本概念	207
9.12.2 尺寸链的计算公式	208
9.12.3 工艺尺寸链的应用与解法	208
9.13 卧式车床主轴箱机械加 工工艺规程制订	210
9.13.1 箱体类零件的结构特点及 主要技术要求	210
9.13.2 箱体类零件的毛坯与材料	211
9.13.3 箱体类零件加工工艺分析	212
复习思考题	214

第10章 机械加工质量	216
10.1 影响加工精度的因素及 分析	216
10.1.1 工艺系统的几何误差	216
10.1.2 工艺系统受力变形产生的 误差	221
10.1.3 工艺系统热变形产生的 误差	224
10.2 加工误差综合分析	226
10.2.1 加工误差的性质	227
10.2.2 加工误差的统计分析	227
10.3 提高加工精度的工艺 措施	231
10.3.1 直接消除或减少误差法	231
10.3.2 误差补偿法	232
10.3.3 误差分组法	232
10.3.4 误差转移法	232
10.3.5 误差平均法	233
10.3.6 就地加工法	233
10.3.7 加工过程中的积极控制	233
10.4 机械加工表面质量	233
10.4.1 加工表面质量的含义	233
10.4.2 影响表面质量的因素	234
10.4.3 提高加工表面质量的途径	237
复习思考题	241
第11章 机床夹具设计基础	243
11.1 机床夹具概述	243
11.1.1 机床夹具的工作原理及其 功用	243
11.1.2 机床夹具的分类与组成	245
11.2 定位方案的设计与计算	246
11.2.1 工件在夹具中的定位	246
11.2.2 定位元件	254
11.2.3 组合定位的设计与计算	260
11.2.4 定位误差	263
11.3 夹紧装置设计	271
11.3.1 夹紧装置的组成和要求	271
11.3.2 夹紧力的确定	272
11.3.3 常用基本夹紧机构	277
11.3.4 典型夹紧机构	284

11.3.5 机动夹紧装置	285	12.4 铣床夹具	316
11.4 其他装置及夹具体	287	12.4.1 铣床夹具的主要类型	317
11.4.1 分度装置	287	12.4.2 铣床夹具设计要点	319
11.4.2 夹具体	290	12.5 专用夹具设计方法	322
11.4.3 辅助支承	292	12.5.1 对专用夹具的基本要求	322
复习思考题	293	12.5.2 专用夹具的设计步骤	322
第12章 典型机床夹具及其		12.5.3 夹具总图上尺寸、公差和	
设计方法	297	技术要求	323
12.1 车床夹具	297	12.5.4 夹具技术要求及公差的	
12.1.1 车床夹具结构类型及特点	297	确定	324
12.1.2 车床夹具设计要点	301	12.5.5 工件在夹具中加工的精度	
12.2 钻床夹具	301	分析	325
12.2.1 钻床夹具的结构类型	302	12.5.6 夹具设计示例	327
12.2.2 钻床夹具的设计要点	304	12.5.7 夹具的制造工艺性	330
12.3 镗床夹具	309	12.6 现代机床夹具简介	331
12.3.1 镗床夹具的结构类型及		12.6.1 自动线夹具	332
特点	310	12.6.2 组合夹具	333
12.3.2 典型镗床夹具结构分析	311	12.6.3 通用可调夹具和成组夹具	337
12.3.3 镗床夹具设计要点	312	复习思考题	339

第 1 章 机械制造基础概论

1.1 我国机械制造业及其发展的现状

1. 机械制造业及其在国民经济中的地位 我国的工农业、科研单位和国防各个部门中,使用着大量各式各样的机器、仪器和工具。这些机器、仪器和工具大部分是由一定形状和尺寸的金属零件所组成。生产这些零件并将它们装配成机器、仪器和工具的工业,称为机械制造业。其任务就是为国民经济各部门、科研单位和国防部门以及自身的技术改造提供现代化的技术装备。这些装备大到成套火力发电设备和大型露天矿山设备,小至仪器仪表、家用电器等。可想而知,如果没有强大而完整的现代化机械制造业,就无法用现代的设备来武装国民经济各部门。就不可能独立迅速地发展我国社会主义现代化建设事业。机械制造业的规模和发展水平是反映国民经济实力和科学技术水平的重要标志。

2. 机械制造业的现状及存在差距 解放以来,特别是改革开放以来,机械制造业贯彻了“经济建设依靠科学技术,科学技术工作面向经济建设”的基本方针,执行了上质量、上品种、上水平、提高经济效益即“三上一提高”的工作方针,使机械制造业跨入了稳步健康发展的历史时期,取得了巨大的成绩。现已拥有一批骨干企业,形成门类比较齐全具有相当规模和一定技术水平,能提供具有先进水平的大型成套技术装备的工业体系。机械制造业已成为我国最大的产业部门之一。

在机械加工方面,我国已大量使用涂层高速钢刀具和涂层硬质合金可转位刀具,普遍采用了 $50\sim 500\text{m}/\text{min}$ 的切削速度。但与工业发达国家相比,差距在于涂层硬质合金刀具的品种还不能满足需要,超硬刀具应用所占比例很小。我国的镜面磨削机床已商品化,近年来在高速磨削、强力磨削、成形磨削和砂带磨削方面,在应用超硬磨料砂轮磨削方面,都有较大发展,但高速磨削和大切深缓进给强力磨削在生产中应用不广,磨削效率与国外相差很大。电火花加工、电化学加工、激光和超声波加工等特种加工在我国广泛应用。与国外相比,对基础理论研究较少,工艺规范不够合理,所生产的机床还不成系列,尤其是高性能的数控特种加工机床生产较少,在国际上缺乏竞争力。在精密加工和超精加工方面,我国一般工厂能稳定达到 $10\sim 1\mu\text{m}$ 。但与国外发达国家相比,仍有相当大的差距。现在超精加工正在向纳米(nm)级($1\text{nm}=10^{-3}\mu\text{m}$)进军。在测试技术方面,我国的长度计量标准检定设备已接近工业发达国家水平,三坐标测量机的测量精度接近工业发达国家水平。与国外相比,差距在于现场测试装置和仪器的精度低,稳定性差,寿命短,在线检测以及微机控制和数据处理的测试仪器少等。

总之,我国的机械制造业获得了巨大的发展,但与世界先进水平相比,还有很大差距。整个水平与国外先进水平相比,至少落后 15 年左右。今后机械制造业的主要任务是要以新兴微电子、光电子技术、重大成套技术装备和基础机械的关键制造技术为重点,不断地依靠技术进步,研究开发优质高效的工艺与装备,提高产品的制造质量和制造技术水平。

1.2 机械制造基础课程的研究对象

任何一台机械产品都是由许多机械零件所组成。这些零件，如轴、套、箱体、齿轮、活塞等，可由不同材料经成形工艺制成毛坯或零件，而毛坯经过机械加工，然后经过组件、部件和整机装配，最后得到满足性能要求的产品。机械制造的全过程如图 1-1 所示。

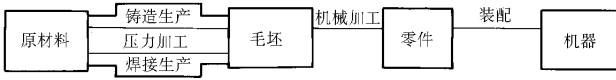


图 1-1 机械制造过程示意图

由于机械制造所涉及的范围极广，本课程主要研究零件机械加工涉及到的问题。在机械加工中，零件的尺寸、几何形状和表面相对位置的形成，完全取决于工件和刀具在切削运动过程中相互位置关系和相对运动轨迹，而工件安装在夹具上，夹具和刀具又安装在机床上。如图 1-2 所示为在车床上加工零件的示意图。

从图 1-2 中可以看出，在机床 4 上，应用刀具 1 对利用夹具 3 装夹的工件 2 进行切削加工，这样就由刀具-工件-夹具-机床构成了一个完整的切削加工系统，这是加工一个零件的过程中所必需的环节；而机械制造就是由许多各种各样类似的切削加工系统和装配过程所组成。零件的加工精度、表面质量等与这一切削系统密切相关。所以，我们有必要对这一系统作深入细致的分析与研究，分析系统内各因素的联系，了解这一系统的内部规律，从而达到利用规律、创造条件，加工出我们所需要的合格零件。

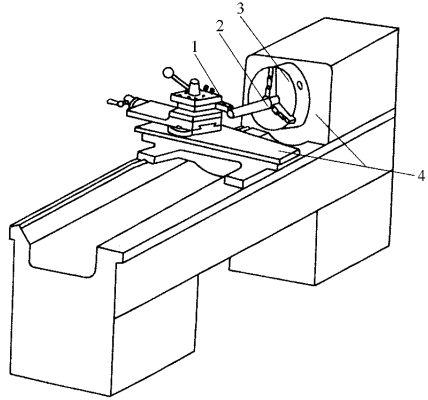


图 1-2 车床加工零件示意图

1—刀具 2—工件 3—夹具 4—机床

1.3 机械制造基础课程的内容及要求

1.3.1 机械制造基础课程的内容

机械制造基础课程是一门紧密结合机械制造厂工艺技术实践的专业课程。其内容由以下四方面组成：

1. 金属切削原理与刀具 主要揭示金属切削过程中的切削规律，如切削过程中刀具与工件之间的切削力、切削热、切削用量、切削角度、切削液与刀具寿命、加工质量等因素之间的内部联系与规律，同时介绍一些实验研究方法等。

2. 金属切削机床 主要讲述有关机床的基本概念和常用机床的工作原理、组成、工艺范围、典型结构以及使用、维护等方面的知识。

3. 机械制造工艺 主要包括机械加工工艺规程的制订及工艺尺寸链计算、典型零件的加工工艺、机械加工精度与表面质量、装配尺寸链等基本内容。

4. 机床夹具 讲述夹具的设计基础、典型机床夹具及设计方法等内容。

以上四部分内容构成了机械制造系统中关键技术的基本环节,形成了一个有机的整体。它们在切削加工过程中的最终目的是一致的,都是围绕被加工零件而进行,也就是说,在机械加工过程中,各自研究的内容有所不同,它们是这个系统中不同的环节而又相互联系,互相渗透。例如,表面粗糙度就与这一系统中的刀具、工件、夹具、机床这一系统密切相关。

另外,作为一个系统,它们之间是相辅相成的,不但不能替代而且也不能缺省。可以说,机床为切削加工提供了必要的条件并为创造了一个良好的环境作为硬件支撑。如果没有机床,将无法完成刀具与工件之间的相对运动,加工不可能进行。没有合适的机床,就加工不出合格的零件。夹具为零件的切削加工过程提供合理的可靠的定位与夹紧。而机械制造工艺中工序、基准、加工精度等内容是专门研究切削过程中诸因素的关系与规律,这与零件的加工质量、生产效率及经济效益等密切相关。

需要指出的是:机械制造系统是一个有机的整体,没有哪一方面比哪一方面更重要。只有掌握系统的内在联系与规律,将其有机合理地溶为一体,用科学的、全面的分析方法对待机械制造系统中的诸方面,客观的分析问题与解决问题,才能使得制造过程经济合理。

1.3.2 机械制造基础课程的基本要求

- 1) 掌握切削加工的基本理论和工艺特点,具有选择毛坯和零件加工方法的基本知识和能力。
- 2) 了解各种主要加工方法所用设备与工具的工作原理、结构与组成,具有选择设备和工艺装备的能力。
- 3) 会工艺分析,具有编制中等复杂零件机械加工工艺流程的初步能力。
- 4) 具有设计中等复杂程度机床夹具的初步能力。

第 2 章 金属切削加工及刀具的基本定义

2.1 切削加工基本定义

2.1.1 切削运动

以图 2-1 所示外圆车削为例，要切除工件表面多余金属层，刀具与工件间必须有相对运动，即工件必须作回转运动，刀具作直线运动。依其作用的不同，可把切削运动分为主运动与进给运动。

1. 主运动 由机床或人力提供的主要运动，它促使刀具和工件之间产生相对运动，从而使刀具前面接近工件。对于车削加工，主运动是工件的回转运动，是切除多余金属层以形成工件要求的形状、尺寸精度及表面质量所必须的基本运动，是速度最高、消耗功率最大的运动。这种运动在切削过程只能一个。主运动的大小是用工件外圆上的线速度来表示的，记作 v_c ，单位 m/s （或 m/min ）

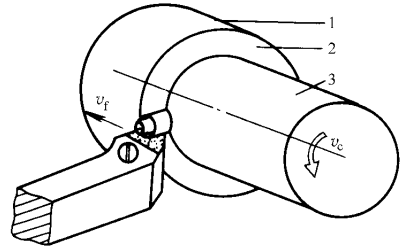


图 2-1 车削运动和加工表面
1—待加工表面 2—过渡表面 3—已加工表面

$$v_c = \frac{n\pi d}{1000} \quad (2-1)$$

式中 n ——主轴转速 (r/s 或 r/min)；

d ——工件最大外圆直径 (mm)。如为钻削、铣削，则 d 为刀具最大直径 (mm)。

主运动的方向是切削速度 v_c 方向，即外圆线速度的方向。

2. 进给运动 由机床或人力提供的运动，它使刀具与工件之间产生附加的相对运动，加上主运动，即可不断地或连续地切除切屑，并得出具有所需几何特性的已加工表面。在此，刀具在轴向的直线运动即为进给运动。一般情况下，此运动的速度较低，消耗功率较小，是形成已加工表面的辅助运动。

进给运动的大小用进给速度表示，记作 v_f ，单位 mm/min ，即在单位时间内，刀具相对于工件在进给方向上的位移量。

生产中常用每转进给量来表示，记作 f ，单位为 mm/r ，即是工件每转一转，刀具相对于工件在进给方向上的位移量。

当刀具齿数 $z > 1$ 时（如：钻削），每个刀齿相对于工件在进给方向上的位移量，即每齿进给量，以 f_z 表示，单位为 mm/z 。

上述三种表示法可写成如下形式

$$v_f = fn = f_z zn$$

进给运动是由刀具完成的，其大小称为进给量。

3. 背吃刀量 在通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的背吃刀量，以 a_p 表示，单位为 mm ；此时它是间歇进行的，故可不看成是运动。但当由机床进刀机构自动完成吃

刀运动时，就应看成是一种辅助运动了（外圆磨削、平面磨削），其大小为

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (2-2)$$

式中 d_w ——待加工表面直径（mm）；
 d_m ——已加工表面直径（mm）。

2.1.2 工件表面

在工件上形成所要求的新表面过程中，工件上有三个不断变化着的表面（见图 2-1）：

1. 待加工表面——工件上有待切除的表面。
2. 已加工表面——工件上经刀具切削后形成的表面。
3. 过渡表面——工件上由切削刃形成的那部分表面，它在下一切削行程，刀具或工件的下一转里被切除，或者由下一切削刃切除。

上述关于切削运动、工件表面的基本定义均适用于其他切削加工。

2.1.3 切削用量

任何切削加工都必须选择合适的切削速度 v_c 、进给量 f 及背吃刀量 a_p ，它们合称切削用量三要素，见图 2-2。

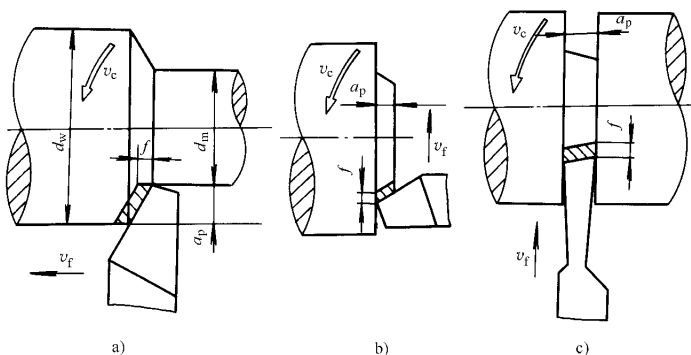


图 2-2 切削用量

a) 车外圆 b) 车端面 c) 车槽

2.2 切削刀具基本定义

金属切削加工的刀具种类繁多，但刀具切削部分的组成却有共同点。车刀的切削部分可看作是各种刀具切削部分最基本的形态。

2.2.1 车刀切削部分的组成

车刀由切削部分和刀柄组成。刀具中起切削作用的部分称切削部分，夹持部分称刀柄，图 2-3 表示了车刀的组成部分和各部分的名称。

切削部分由不同刀面和切削刃构成。定义如下：

- (1) 前刀面 A_f 刀具上切屑流过的表面。
- (2) 后刀面 A_a 刀具上同前刀面相交形成主切削刃的后面，它对着加工表面。
- (3) 副后刀面 A'_a 刀具上同前面相交形成副切削刃的后面，它对着已加工表面。
- (4) 主切削刃 S 起始于切削刃上主偏角为零的点，并至少有一段切削刃拟用来在工件

上切出过渡表面的那个整段切削刃。它担负着主要的切削工作。

(5) 副切削刃 S' 切削刃上除主切削刃以外的刃，亦起始于主偏角为零的点，但它向背离主切削刃的方向延伸。它担负少量切削工作。

(6) 刀尖 主、副切削刃连接处相当少的一部分切削刃。

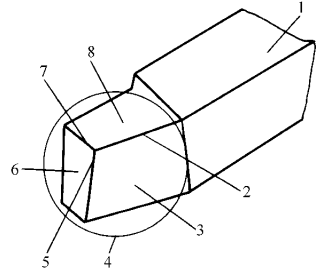


图 2-3 车刀的组成部分和各部分名称

- 1—刀柄 2—主切削刃 S 3—后刀面 A_a
4—切削部分 5—刀尖 6—副后刀面 A'_a
7—副切削刃 S' 8—前刀面 A_r

2.2.2 刀具角度坐标平面参考系

刀具切削部分各个面、刃的空间位置常常用这些面、刃相对某些坐标平面的几何角度来表示，这样就必须将刀具置于一空间坐标平面参考系内。该参考系包括参考坐标平面和测量坐标平面。根据 ISO 规定，测量平面有正交平面、法平面、假定工作平面及背平面。定义如下：

1. 正交平面 通过切削刃选定点并同时垂直于基面和切削平面的平面，记为 p_o 。

2. 法平面 通过切削刃选定点并垂直于切削刃平面，记作 p_n 。

3. 假定工作平面 通过切削刃选定点并垂直于基面，它平行或垂直于刀具在制造、刃磨及测量时适合于安装或定位的一个平面或轴线，一般说来其方位要平行于假定的进给运动方向，记作 p_f 。

4. 背平面 通过切削刃选定点并垂直于基面和假定工作平面的平面，记为 p_p 。

上述参考平面与测量平面组成了三个坐标平面参考系。

(1) 正交平面参考系 由 p_r 、 p_s 、 p_o 组成 (图 2-4a) 的平面参考系。

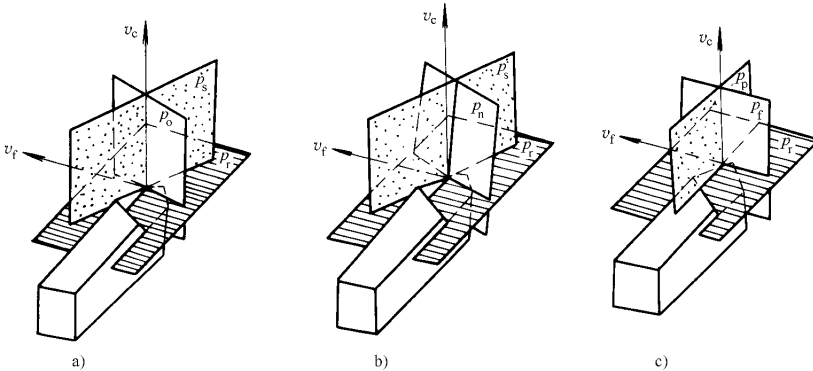


图 2-4 刀具标注角度参考系

a) 正交正面参考系 b) 法平面参考系 c) 假定工作平面和背平面参考系

(2) 法平面参考系 由 p_r 、 p_s 、 p_n 组成 (图 2-4b) 的平面参考系。

(3) 假定工作平面和背平面参考系 由 p_r 、 p_f 、 p_p 组成 (图 2-4c) 的平面参考系。

2.2.3 刀具的标注角度

刀具的标注角度是刀具设计、制造、刃磨和测量的依据 (图 2-5)。