

高等职业教育“十二五”规划教材

机械加工 技术及设备

JIXIE JIAGONG JISHU JI SHEBEI

孙庆群 主编



国家职业教育教材“十三五”规划教材

机械加工 技术及设备

机械工业出版社 机械工业出版社 机械工业出版社

机械工业出版社 机械工业出版社

机械工业出版社
机械工业出版社

高等职业教育“十二五”规划教材

机械加工技术及设备

主 编 孙庆群
副主编 李 明 班立新
参 编 邸久生 董庆华 王水生
主 审 刘慕双



机械工业出版社

本书是为适应高职高专教育机械制造及自动化专业教学体系改革,满足机电一体化、数控技术、模具设计及制造、内燃机制造与维修和汽车制造与装配技术等专业方向教学的需要,将机械类专业传统的几门主干核心课程“金属切削原理及刀具”、“金属切削机床”、“机械制造工艺学”和“机床夹具设计”等进行有机地整合而编写的一门新的专业课教材。全书共12章,主要包括金属切削加工基本知识、金属切削加工理论及其应用、车床及车刀、铣床及铣刀、齿轮加工机床及切齿刀具、其他加工机床及刀具、先进加工设备简介、机械加工工艺规程的制订、典型零件加工、机械装配工艺基础、机械加工质量、机床夹具设计基础等内容。

本书既可作为高职高专院校机电类专业的教材,也可作为普通高等院校师生及有关工程技术人员参考用书。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工技术及设备/孙庆群主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 9
高等职业教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-39212-5

I. ①机… II. ①孙… III. ①机械制造工艺—高等职业教育—教材
②机械设备—高等职业教育—教材 IV. ①TH16②TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 178356 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: 王海峰 杨 茜

版式设计: 霍永明 责任校对: 杜雨霏

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.5 印张·479 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-39212-5

定价: 37.00 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

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

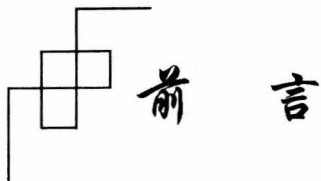
机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版



随着我国高等教育体制改革的不断深入和《国家中长期教育改革和规划纲要》的出台,教育部对高等职业教育提出了更加明确的要求。为了适应新的教育形势,加快我国“十二五”期间高等职业教育的发展步伐,很多学校所办专业以及专业培养目标也随着社会对人才的需求不断地进行调整和改革。本书是为适应高等职业教育机械类专业教学体系改革,满足机械制造及其自动化、机电工程、数控技术、模具设计及制造、内燃机制造与维修、汽车制造与装配技术等专业方向教学的需要,在吸收了近年来各高职高专院校教育教学改革经验的基础上,根据企业生产一线在机械加工技术方面对高技能应用型人才的培养要求而编写的。本书将机械类专业传统的主干核心课程“金属切削原理及刀具”、“金属切削机床”、“机械制造工艺学”和“机床夹具设计”等进行有机地整合,形成了一门新课程——机械加工技术及设备。

本书共分12章,主要包括金属切削加工基本知识、金属切削加工理论及其应用、车床及车刀、铣床及铣刀、齿轮加工机床及切齿刀具、其他加工机床及刀具、先进加工设备简介、机械加工工艺规程的制订、典型零件加工、机械装配工艺基础、机械加工质量、机床夹具设计基础等内容。本书适合在80~100学时内实施教学。

本书由孙庆群担任主编,李明、班立新担任副主编,由刘慕双教授担任主审。其中绪论和第1~6章由孙庆群编写,第7章由王水生编写,第8章由李明编写,第9章由董庆华编写,第10章由班立新编写,第11~12章由邸久生编写。本书由孙庆群设计编写大纲并负责统稿。

本书的编写力求做到结构体系清晰新颖、紧密联系生产实践、深入浅出,文字力求简练易懂、便于施教。本书在编写过程中,参考了大量的文献资料,得到了不少兄弟院校同行的支持和帮助,在此一并致谢。由于编者水平和编写时间有限,故书中缺点和错误在所难免,敬请广大读者不吝指正。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话:010-88379375。

编 者

目 录

前言

绪论 1

0.1 我国机械加工技术概况 1

0.1.1 我国机械加工技术的发展概况 1

0.1.2 近年来我国机械加工技术及 设备的发展水平与展望 1

0.2 机械加工技术在我国国民经济中的 地位 2

0.2.1 机械制造业在国民经济中的 地位和作用 2

0.2.2 机械加工技术及设备在国民经济 中的地位和作用 2

0.3 本课程的性质、内容、学习要求和 方法 3

0.3.1 本课程的性质 3

0.3.2 本课程所包含的内容和学习 要求 3

0.3.3 本课程的学习方法 4

第1章 金属切削加工基本知识 5

1.1 切削加工的基本概念 5

1.1.1 切削运动 5

1.1.2 切削加工过程中的工件表面 6

1.1.3 切削要素 7

1.2 金属切削刀具 8

1.2.1 刀具的构成 8

1.2.2 刀具切削部分的基本定义 9

1.2.3 刀具的几何角度 9

1.2.4 刀具的工作角度 12

1.3 刀具材料 15

1.3.1 刀具材料的基本要求 15

1.3.2 常用刀具材料及其选用 16

1.4 金属切削机床基本知识 18

1.4.1 机床的分类和型号编制 18

1.4.2 机床的运动 19

1.4.3 机床的传动联系和传动原理图 22

1.4.4 机床的传动系统与转速分布图 23

思考题 25

第2章 金属切削加工理论及其应用 27

2.1 切削变形 27

2.1.1 金属切削层的切削变形 27

2.1.2 切屑的形成与切屑类型 28

2.1.3 切削变形程度的表示方法 29

2.1.4 切屑与刀具前面之间的摩擦和 积屑瘤 30

2.1.5 已加工表面变形和加工硬化 32

2.1.6 影响切削变形的主要因素 32

2.2 切削力 33

2.2.1 切削力的来源、合力及其分力 33

2.2.2 分力的作用 34

2.2.3 切削功率 34

2.2.4 切削力和切削功率的估算 35

2.2.5 影响切削力的因素 36

2.3 切削热与切削温度 37

2.3.1 切削热的产生与传散 37

2.3.2 切削温度的分布 37

2.3.3 控制切削温度的措施 38

2.4 刀具磨损与刀具寿命 39

2.4.1 刀具磨损 39

2.4.2 刀具寿命 41

2.5 切削液及其选用 43

2.5.1 切削液的作用 43

2.5.2 切削液的种类及其选用 44

2.5.3 切削液的使用方法 45

2.6 刀具几何参数的合理选择 45

2.6.1 前角和前面形式的选择 45

2.6.2 后角的选择 46

2.6.3 副后角的选择 46

2.6.4 主偏角的选择 46

2.6.5 副偏角的选择	47	5.1.3 滚齿加工	94
2.6.6 倒角刀尖和修圆刀尖	47	5.2 Y3150E 型滚齿机	95
2.6.7 刃倾角的选择	47	5.2.1 滚齿原理	95
2.7 切削用量的合理选择	47	5.2.2 滚齿机的主要组成部件	95
2.7.1 切削用量的选择原则	48	5.2.3 滚齿机传动系统及其调整计算	96
2.7.2 切削用量的合理选择方法	48	5.2.4 滚刀刀架结构和滚刀的安装 调整	103
思考题	49	5.3 其他齿轮加工机床	104
第3章 车床及车刀	50	5.3.1 插齿机	105
3.1 车削加工概述	50	5.3.2 剃齿机	106
3.1.1 车削加工的范围	50	5.3.3 磨齿机	106
3.1.2 车削运动	50	5.4 常用切齿刀具简介	107
3.2 车床	51	5.4.1 切齿刀具的分类	107
3.2.1 车床的类型	51	5.4.2 齿轮铣刀	107
3.2.2 卧式车床的运动	51	5.4.3 插齿刀	108
3.2.3 车床的组成部分	51	5.4.4 齿轮滚刀	109
3.2.4 CA6140 型卧式车床	51	5.4.5 蜗轮飞刀	110
3.2.5 其他车床简介	64	思考题	111
3.3 常用车刀简介	68	第6章 其他加工机床及刀具	112
3.3.1 焊接车刀	68	6.1 钻床与钻头	112
3.3.2 机夹车刀	68	6.1.1 钻床	112
3.3.3 可转位车刀	69	6.1.2 钻削刀具	113
3.3.4 成形车刀	70	6.1.3 铰削及铰刀	116
思考题	71	6.2 镗床与镗刀	118
第4章 铣床及铣刀	72	6.2.1 卧式铣镗床	118
4.1 铣削加工概述	72	6.2.2 坐标镗床	119
4.1.1 铣削加工的特点和应用	72	6.2.3 金刚镗床	120
4.1.2 铣削运动	72	6.2.4 镗刀	121
4.1.3 铣削要素	73	6.3 刨(插)床及其刀具	121
4.1.4 铣削方式	74	6.3.1 刨床	121
4.2 铣床	76	6.3.2 插床	123
4.2.1 铣床的分类	76	6.3.3 刨(插)削及刀具	123
4.2.2 X6132 型万能升降台铣床	79	6.4 拉床及拉刀	124
4.3 常用铣刀简介	86	6.4.1 拉床	124
4.3.1 铣刀的分类	86	6.4.2 拉削加工及拉刀	125
4.3.2 铣刀的磨损与铣刀寿命	88	6.5 磨床及砂轮	126
4.3.3 铣刀的重磨	89	6.5.1 磨床的用途及分类	126
4.3.4 铣刀切削用量的合理选用	91	6.5.2 M1432A 型万能外圆磨床	127
思考题	92	6.5.3 其他磨床简介	129
第5章 齿轮加工机床及切齿刀具	93	6.5.4 磨削砂轮及其选用	131
5.1 齿轮加工概述	93	6.6 螺纹加工及其刀具	135
5.1.1 齿轮加工的特点和应用	93	6.6.1 丝锥	135
5.1.2 齿轮加工方法	93	6.6.2 板牙	136

6.6.3 螺纹铣刀	136	8.5.1 制订工艺规程的原始资料	185
6.6.4 板牙头	137	8.5.2 分析零件的结构特点和技术要求, 审查结构工艺性	185
6.6.5 螺纹滚压工具	137	8.5.3 选择毛坯	186
思考题	138	8.5.4 选择定位基准和确定工件装夹 方式	186
第7章 先进加工设备简介	139	8.5.5 拟定工艺路线	187
7.1 特种加工设备	139	8.5.6 设计工序内容	187
7.1.1 电火花加工机床	139	8.5.7 填写工艺文件	188
7.1.2 电解加工设备	141	思考题	189
7.1.3 超声波加工设备	142	第9章 典型零件加工	192
7.1.4 激光加工设备	143	9.1 轴类零件加工	192
7.1.5 电子束加工设备	144	9.1.1 轴类零件的功用和结构特点	192
7.1.6 离子束加工设备	145	9.1.2 轴类零件的技术要求	192
7.2 组合机床	146	9.1.3 轴类零件的材料和毛坯	193
7.2.1 概述	146	9.1.4 轴类零件的热处理	193
7.2.2 组合机床的通用部件	148	9.1.5 轴类零件的预备加工	193
7.2.3 组合机床自动线概述	148	9.1.6 轴类零件的车削加工	194
7.3 数控加工设备	149	9.1.7 轴类零件外圆的磨削加工	195
7.3.1 数控车床	149	9.1.8 轴类零件外圆的光整加工	196
7.3.2 数控铣床	151	9.1.9 轴类零件的加工工艺分析案例	197
7.3.3 加工中心	153	9.2 盘套类零件加工	202
7.4 其他先进加工技术	154	9.2.1 盘套类零件的功用与结构特点	202
7.4.1 柔性制造技术	154	9.2.2 套类零件的技术要求	202
7.4.2 高速机床	154	9.2.3 盘套类零件的内孔加工	203
7.4.3 数控齿轮加工技术	155	9.2.4 盘套类零件的加工工艺分析	204
7.5 数控机床刀具及刀库	156	9.3 叉架类零件加工	207
7.5.1 数控机床刀具	156	9.3.1 叉架类零件的功用与结构特点	207
7.5.2 加工中心刀库	158	9.3.2 叉架类零件的主要技术要求	208
思考题	158	9.3.3 叉架类零件的材料及毛坯	208
第8章 机械加工工艺规程的制订	160	9.3.4 拨叉的机械加工工艺分析	208
8.1 概述	160	9.4 箱体类零件加工	210
8.1.1 工艺规程的概念	160	9.4.1 箱体类零件的功用与结构特点	210
8.1.2 机械加工工艺规程的制订步骤	164	9.4.2 箱体类零件的技术要求	210
8.2 零件的工艺分析	165	9.4.3 箱体零件的毛坯及材料	211
8.2.1 零件的工艺分析	165	9.4.4 箱体零件的孔系加工	212
8.2.2 工艺审查案例	167	9.4.5 箱体零件的加工工艺分析	214
8.3 工艺路线及工序的拟定	167	9.5 圆柱齿轮加工	218
8.3.1 工艺路线的拟定	167	9.5.1 圆柱齿轮的功用与结构特点	218
8.3.2 工序内容的拟定	177	9.5.2 圆柱齿轮的精度要求	218
8.4 工艺尺寸链	180	9.5.3 圆柱齿轮的材料与毛坯	219
8.4.1 尺寸链的概念	180	9.5.4 圆柱齿轮齿坯的加工工艺分析和 定位基准选择	219
8.4.2 尺寸链的建立与计算	181		
8.4.3 尺寸链的解算案例	182		
8.5 机械加工工艺规程制订实例	185		

9.5.5 圆柱齿轮的齿形加工	220	11.2.4 工艺系统的受力变形	249
9.5.6 圆柱齿轮的齿端加工	220	11.2.5 工艺系统的热变形	252
9.5.7 圆柱齿轮的加工工艺过程分析	220	11.2.6 工艺系统的其他变形	255
思考题	222	11.3 机械加工表面质量	256
第10章 机械装配工艺基础	223	11.3.1 表面质量的概念	256
10.1 概述	223	11.3.2 机械加工表面质量对零件使用性能的影响	257
10.1.1 装配的概念及内容	223	11.3.3 表面粗糙度的形成及其影响因素	258
10.1.2 装配精度及各项关系	224	11.4 提高加工精度和表面质量的措施	259
10.1.3 装配的组织形式	225	11.4.1 加工误差的统计性分类	260
10.2 装配工艺规程的制订方法	226	11.4.2 分布图分析法	260
10.2.1 制订装配工艺规程的原则及原始资料	227	11.4.3 提高加工精度的工艺措施	264
10.2.2 制订装配工艺规程的步骤和方法	227	思考题	266
10.2.3 产品的结构工艺性	229	第12章 机床夹具设计基础	268
10.3 装配尺寸链	231	12.1 概述	268
10.3.1 装配尺寸链的概念及组成	231	12.1.1 夹具的作用	268
10.3.2 装配尺寸链的建立(线性尺寸链)	232	12.1.2 机床夹具的分类	269
10.3.3 装配尺寸链的计算	232	12.1.3 机床夹具的组成	270
10.4 保证产品装配精度的方法	233	12.2 工件在夹具中的定位	270
10.4.1 互换法	233	12.2.1 工件定位方法及定位元件	270
10.4.2 选择装配法	236	12.2.2 定位误差及其计算	278
10.4.3 修配装配法	238	12.3 工件的夹紧	281
10.4.4 调整装配法	239	12.3.1 夹紧装置的组成及基本要求	281
10.4.5 装配方法的选择	241	12.3.2 夹紧力的确定	281
思考题	242	12.3.3 常用基本夹紧机构	282
第11章 机械加工质量	243	12.4 各类机床夹具	285
11.1 概述	243	12.4.1 钻床夹具	285
11.1.1 机械加工精度	243	12.4.2 铣床夹具	288
11.1.2 原始误差与加工精度的关系	243	12.4.3 车床夹具	291
11.1.3 加工误差的性质和类型	243	12.5 专用夹具的设计方法和步骤	295
11.1.4 误差的敏感方向	244	12.5.1 专用夹具的设计步骤	295
11.2 加工误差综合分析	244	12.5.2 夹具总图尺寸及技术要求的制订	296
11.2.1 加工原理误差	244	思考题	299
11.2.2 机床的几何误差	245	参考文献	302
11.2.3 工艺系统的其他几何误差	248		

绪 论

0.1 我国机械加工技术概况

机械加工技术是指用加工机械改变零件的外形尺寸或性能的方法和手段。按照加工时被加工零件所处的温度状态,分为冷加工和热加工。一般把在常温下加工且不引起工件化学或物相变化的加工称为冷加工。在高于或低于常温状态下的加工,会引起工件的化学或物相变化,称为热加工。冷加工按加工方式的差别可分为切削加工和压力加工。热加工常见的有热处理、锻造、铸造和焊接。本书所讲的机械加工主要是指冷加工当中的切削加工。切削加工是机械制造业中最基本的也是最重要的加工方法,在国民经济和社会发展中占有十分重要的地位。

0.1.1 我国机械加工技术的发展概况

切削加工技术在我国古代就有着辉煌的成就。早在青铜器时代就已出现了金属切削的萌芽。当时的青铜刀、锯、锉等刀具就很类似于现代的刀具。在现存最早的(春秋时期)工程技术著作《考工记》中,就介绍了木工、金工等30多个工种的技术知识。书中指出:“材美工巧”是制成良器的必要条件。“材美”就是采用优良的加工材料,“工巧”就是利用合理的制造工艺和方法。根据大量的出土文物和文献可推测:在8世纪(唐代)我国就已有了最原始的车床。公元1668年(明代)已经能够加工直径为2m的天文仪器上的铜环,其外圆、内孔、端面及刻度的加工精度与表面粗糙度均已达到当时较高的水平。同时,在长期的生产实践中,古人在切削加工技术方面总结了大量有价值的经验,对切削加工也进行过很多正确的论述。

在近代历史中,由于长期封建主义的腐败统治和帝国主义的侵略与掠夺,使得我国的机械工业一直处于非常落后的状态。据资料记载,直到19世纪中叶起我国才开始有少量的机械加工厂;1915年,上海荣昌泰机器厂才制造出了第一台国产车床;1947年,我国民用机械工业也只有3000多家,拥有机床仅20000多台。当时使用的最好的刀具材料是碳素工具钢,其切削速度不超过16m/min,切削效率很低。

0.1.2 近年来我国机械加工技术及设备的发展水平与展望

新中国成立后,我国的机械加工技术得到了迅速发展。机械加工技术有赖于机床工业的发展和刀具材料的革新。新中国成立后我国的机床工业从无到有、从小到大、从仿造到自己设计、制造,扩建及兴建了一大批机床制造厂,开始了各种机床的研究和试制工作。这使我国的机床工业逐步形成了一个布局日趋合理、产品门类日趋全面的完整体系,能够生产出从小型的仪表机床到重型(质量达30t)的各类机床,从通用机床到各种精密、高效率、高自动化的机床,机床年产量达到了13万台,品种达1000多种。自20世纪50年代起,我国机械制造业开始广泛使用硬质合金刀具材料,大大提高了切削速度,1950年上海机床厂首创

了 550m/min 的切削速度。与此同时,大力推广高速切削、强力切削、多刀多刃切削,兴起了改革刀具的热潮,各地劳模和先进工作者成功研制出了一大批先进刀具。另外,先进的加工工艺、新型刀具材料也不断涌现。切削机理也得到了更加深入的研究,许多高等院校、研究所、工具刀具厂在机械加工技术和切削刀具的研究方面都取得了十分丰硕的成果。

改革开放以来,机械行业注意从国外引进先进技术,通过与国际学术组织、专家学者的学术与技术交流,促进了我国的机械加工设备及切削技术水平的进一步提高,并逐步缩小了我国与国际先进水平的差距。当今需要切削的材料十分广泛,除传统的金属材料之外,非金属材料也越来越多。从软的橡胶、塑料到坚硬的花岗岩石;从普通的钢材到高强度钢、耐热钢、铁合金、冷作硬化铸铁、淬硬钢等。切削技术不仅能够解决各种硬、韧、脆、粘等难加工材料,而且能够解决各种特高精度、特长、特深、特薄、特小等特形零件的加工。

近年来,随着计算机在切削研究、刀具设计与机械制造中的广泛应用,一批我国自行开发的先进制造技术已经得到社会认可,有的已经接近或达到国际先进水平。随着科学技术和现代工业日新月异的快速发展,机械加工技术也正朝着“高速、精密、复合、智能和环保”的方向大步前进。

0.2 机械加工技术在我国国民经济中的地位

0.2.1 机械制造业在国民经济中的地位和作用

在人们的日常工作、生活中,使用着各种各样的机器设备、仪器工具,这些机器、设备、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的。生产这些零件并将它们装配成机器、设备、仪器和工具的工业,即称为机械制造业。机械制造业为人类的生存、生产、生活提供各种设备,它既是国民经济中的基础产业,在一定程度上也是国家创造力、竞争力和综合国力的重要标志。它不仅为现代工业社会提供物质基础,为信息与知识社会提供先进装备和技术平台,也是实现具有中国特色军事变革和国防安全的基础。

0.2.2 机械加工技术及设备在国民经济中的地位和作用

在机械零件的加工制造过程中,采用铸造、锻压、焊接、冲压等制造方法,可以获得低精度的零件。对于精度要求较高、表面粗糙度值较小的零件,主要依靠切削加工的方法来实现。可以这样讲,机械工业的发展和进步,在很大程度上取决于切削加工技术的发展。从历史上看,1769 年瓦特发明了蒸汽机,但是当时加工技术还十分落后,由于加工不出高精度的气缸而使蒸汽机得不到推广应用。1775 年,威尔逊成功地改造了一台气缸镗床,解决了这一难题。就在第二年(1776 年)蒸汽机便得到了实际应用,掀起了第一次产业革命,由此可见,切削加工技术的发展对人类科学技术的进步有着十分重要的作用。在科学技术高度发展的今天,依然如此。现代工业对切削加工技术提出了越来越高的要求,如要求达到纳米级(10^{-6}mm)的超精密加工,大规模集成电路硅片划片的超微细加工,重型设备超大型件的加工,难加工材料和具有特殊物理性能材料的加工等,诸如此类,给现代切削加工技术提出了许多新的课题。同时,当产品的设计图样确定之后,要提高产品的质量和劳动生产率,降低生产成本,采用先进的加工技术是关键。因此,在未来的竞争中,谁掌握了先进的加工

技术, 谁就拥有控制市场的主动权。

事实已经证明, 机械加工技术的发展水平直接影响着机械制造业的发达程度, 更是评价一个国家综合国力强弱的一大标志。机械制造离不开加工设备, 尤其离不开金属切削加工的设备——机床, 没有机床就没有机械制造业。要发展高精尖的装备制造业, 必须首先发展更加高精尖的机床制造业, 否则发展高端制造业就是空谈。金属切削机床是制造机器的机器, 又称为“工作母机”或“工具机”, 在机械制造业中, 尤其是在加工精密零件时, 目前主要是依靠切削加工来达到所需的加工精度和表面粗糙度。所以, 金属切削机床是加工机器零件的主要设备, 据有关资料表明, 目前各国机械制造业中使用的工作母机, 有 80% ~ 90% 是各种类型和规格的切削机床。因此说, 机床是工业化的核心。在一般机械制造厂, 机床所担负的总工作量约占机器的总制造工作量的 40% ~ 60%, 它的技术性能和先进程度直接影响到机器制造的产品质量和劳动生产率, 进而决定着国民经济的发展水平。

一个国家要繁荣富强, 需要一个强大的机械制造业为国民经济各部门提供各种现代化的先进技术装备, 然而一个现代化的机械制造业必须要有一个现代化的机床制造业作后盾。机床的拥有量、产量、品种和质量, 是衡量一个国家工业水平的重要标志之一。由此可见, 机械加工技术及设备在国民经济中占有极其重要的地位。

0.3 本课程的性质、内容、学习要求和方法

0.3.1 本课程的性质

“机械加工技术及设备”是工科院校机械类专业的主修专业课。它是在课程改革的进程中, 由原来机械类专业的“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床”、“机械制造工艺学”和“机床夹具设计”等多门专业课的基本理论和基础知识经过有机整合而形成的一门新课, 是机械类专业学生必修的重要知识内容。本课程是研究金属切削加工的基本原理和基本规律、金属切削机床的结构和工作原理、机械制造的方法和工艺过程以及机床夹具设计的基本知识和方法的一门学科, 是为整个机械制造过程服务的。其主要任务是: 使学生具备整个机械加工过程中所必需的基本知识和基本技能, 培养学生的创新意识和解决机械加工过程中一般技术问题的能力。它是机械类各专业的重要课程之一。

0.3.2 本课程所包含的内容和学习要求

一个机械产品的制造过程包括零件制造和整机装配等一系列的工作。零件的加工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, 被加工的表面类型不同, 所采用的加工方法也就不同; 同一个被加工表面, 精度和表面质量要求不同, 所采用的加工方法以及各种加工方法的组合也不同。本课程所讲授的内容主要包括: ①金属切削加工的基本知识; ②金属切削加工理论及其应用; ③车床及车刀; ④铣床及铣刀; ⑤齿轮加工机床及切齿刀具; ⑥其他加工机床(如钻、镗、刨、插、拉、磨等)及刀具; ⑦先进加工设备简介; ⑧机械加工工艺规程的制订; ⑨典型零件加工; ⑩机械装配工艺基础; ⑪机械加工质量; ⑫机床夹具设计基础。

通过本课程的学习, 使学生掌握机械加工的基本原理和规律, 机械加工的程序和基本方

法、所用的设备、工具的构造、工作原理及其选用、机床夹具设计的基本理论和方法,先进制造技术的有关知识,从而为将来从事机械加工岗位的专业技术工作奠定一定的理论知识基础。

0.3.3 本课程的学习方法

“机械加工技术及设备”是一门综合性和实践性很强的学科,涉及知识面很广。它源于生产实践,又服务和指导于生产实践,具有很强的实践性,没有足够的实践基础很难准确地把握与理解。因此本课程对初学者来说,会感到有一定的难度。所以,学习本课程时不但要注意系统地学好本课程的基础理论知识和沟通它与基础学科和相关学科知识间的联系,而且更要注重密切联系生产实践,重视利用各类实践性教学环节来帮助学生更好地体会和加深理解所学的内容,将知识转化为技术并提高分析问题和解决问题的能力。通过本课程及后续课程的学习,逐步掌握机械加工的理论与实践知识,为毕业后参加社会实践、投身国家的现代化建设打下坚实的基础。

第 1 章 金属切削加工基本知识

【学习目标】本章主要介绍切削加工当中的运动和切削要素、刀具切削部分的几何参数以及各种因素对刀具工作角度的影响；介绍切削加工对刀具材料性能的要求以及常用刀具材料的适用范围和选择原则；介绍机床的分类方法和类型、机床型号的编制方法、表面成形运动的分析、机床的传动联系和传动原理图的分析、机床的传动系统图和转速分布图。通过本章的学习，帮助学生为学习后续章节打下一定的知识基础。

金属切削加工是指利用金属切削刀具，在工件表面上切除多余的材料，使工件达到规定的几何形状、尺寸精度和表面质量的一种机械加工方法。用金属切削加工的方法从工件表面上切除多余的金属，形成符合要求的已加工表面，必须具备两个基本条件：切削运动和切削刀具。

1.1 切削加工的基本概念

1.1.1 切削运动

在金属切削加工中，刀具和工件间必须完成一定的切削运动，才能从工件表面上切去一部分多余的金属层。切削运动是为了形成工件表面，所必需的刀具与工件之间的相对运动。切削运动按其作用不同，分为主运动和进给运动，如图 1-1 所示。

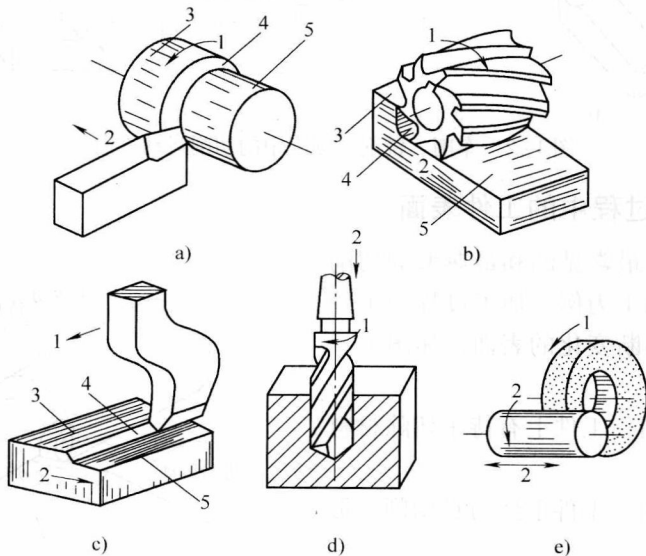


图 1-1 切削运动和加工表面

a) 车削 b) 铣削 c) 刨削 d) 钻削 e) 磨削

1—主运动 2—进给运动 3—待加工表面 4—过渡表面 5—已加工表面

1. 主运动

主运动是切削中由机床提供的使刀具与工件之间产生的最主要的相对运动，它使刀具切削刃及其邻近的刀具表面切入工件上多余的材料，并使其转变为切屑，从而形成工件的新表面。在切削运动中，主运动的运动速度最高、消耗功率最大。车削时主轴带动工件的旋转运动是主运动；铣削和钻削时刀具的旋转运动是主运动；磨削时砂轮的旋转运动是主运动。

(1) 主运动方向 刀具切削刃上选定点相对于工件的瞬时主运动方向。

(2) 切削速度 v_c 刀具切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。

2. 进给运动

进给运动是由机床或人力提供的刀具与工件之间附加相对运动，它配合主运动依次地或连续不断地切除工件上的加工余量，从而形成具有所需几何特性的已加工表面。进给运动可由刀具完成（如车削），也可由工件完成（如铣削），可以是间歇的（如刨削），也可以是连续的（如车削）。进给运动的速度较小，消耗的功率也较小。

(1) 进给运动方向 切削刃上选定点相对于工件的瞬时进给方向。

(2) 进给速度 v_f 切削刃上选定点相对于工件的进给运动的瞬时速度。

3. 合成切削运动

主运动和进给运动合成的运动称为合成切削运动。主运动和进给运动矢量合的方向是合成运动速度的方向；主运动和进给运动矢量合的大小是合成运动速度的大小。

图 1-2a、b、c 分别表示了车削、铣削和刨削时的切削速度 v_c 和进给速度 v_f 的方向。

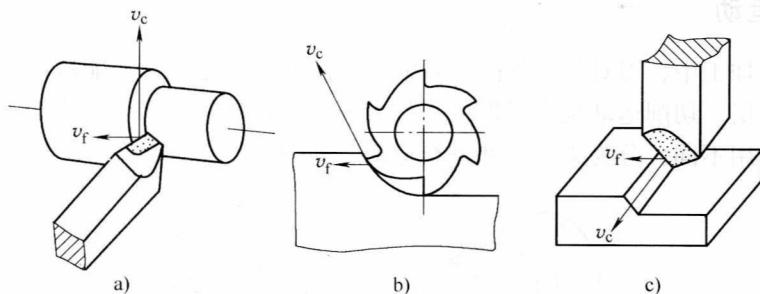


图 1-2 车削、铣削、刨削中的切削运动方向

1.1.2 切削加工过程中的工件表面

车削加工是一种最常见的和最典型的切削加工方法。以车削加工为例，加工过程中工件上始终存在着三个不断变化的表面，如图 1-3 所示。

(1) 待加工表面 工件上有待于切除材料的表面。

(2) 已加工表面 工件上经刀具切削后形成的新表面。

(3) 过渡表面（或称切削表面） 工件上切削刃正在切削的表面。它是待加工表面和已加工表面之间的过渡表面。

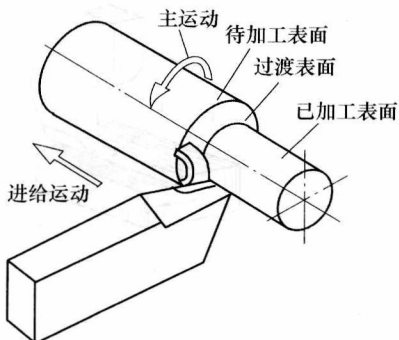


图 1-3 车削加工的切削运动及工件上的表面

1.1.3 切削要素

切削要素主要是指切削加工过程的切削用量要素和在切削加工过程中由余量变成切屑的切削层横截面要素,如图1-4所示。

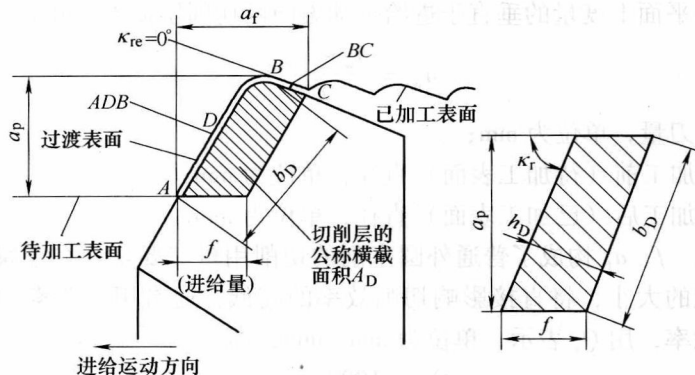


图1-4 车削时的切削层尺寸

1. 切削用量要素

切削用量要素是指切削加工过程中切削速度、进给量和背吃刀量(切削深度)三个要素的总称。它表示主运动和进给运动的量,用于调整机床的工艺参数。

(1) 切削速度 v_c 切削速度是指切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。外圆车削时的切削速度为

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

式中 v_c ——切削速度,单位为 m/min ;

d_w ——工件待加工表面的直径,单位为 mm ;

n ——工件的转速,单位为 r/min 。

(2) 进给量 f 进给量是指刀具在进给方向上相对工件的位移量。当主运动是回转运动时,进给量是指工件或刀具每回转一周,两者沿进给方向的相对位移量,单位为 mm/r ,如车削时的进给量 f 是指工件每转一转,车刀沿进给运动方向的位移量;当主运动是直线运动时,进给量是指刀具或工件每往复直线运动一次,两者沿进给方向的相对位移量,单位为 mm/双行程 或 mm/单行程 ;对于多齿的旋转刀具(如铣刀、切齿刀),常用每齿进给量 f_z ,单位为 mm/z 或 mm/齿 ,它与进给量 f 的关系为

$$f = z f_z \quad (1-2)$$

式中 z ——铣刀的刀齿数。

车削时进给速度 v_f 可由式(1-3)计算

$$v_f = f n \quad (1-3)$$

式中 v_f ——进给速度,单位为 mm/min ;

f ——进给量,单位为 mm/r ;

n ——主运动转速,单位为 r/min 。

铣削时进给速度为

$$v_f = fn = z f_z n \quad (1-4)$$

因此,合成切削速度 v_c 可表达为

$$\overline{v_c} = \overline{v_c} + \overline{v_f} \quad (1-5)$$

(3) 背吃刀量 a_p 背吃刀量是工件已加工表面和待加工表面之间的垂直距离(或者说在垂直于主运动的平面上度量的垂直于进给运动方向的切削层最大尺寸)。外圆车削时

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-6)$$

式中 a_p ——背吃刀量,单位为 mm;

d_w ——工件加工前(待加工表面)直径,单位为 mm;

d_m ——工件加工后(已加工表面)直径,单位为 mm。

由上述要素 v_c 、 f 、 a_p 构成了普通外圆车削的切削用量三要素。在金属切削过程中,切削用量三要素选配的大小,将直接影响切削效率的高低,通常用三要素的乘积作为衡量指标,称为材料切除率,用 Q_z 表示,单位为 mm^3/min ,即

$$Q_z = 1000 v_c f a_p \quad (1-7)$$

2. 切削层横截面要素

切削层是指在切削加工过程中,由刀具在切削部分的一个单一动作所切除的工件材料层。切削层横截面是指切削层的轴向剖面。切削层横截面要素是指切削层的横截面尺寸,即在基面中测量的切削层公称宽度 b_D 、切削层公称厚度 h_D 和切削层公称横截面积 A_D 三个要素。它们的大小与切削用量 f 、 a_p 有关(见图 1-4)。

(1) 切削层公称宽度 b_D 平行于正在加工的表面(过渡表面)度量的切削层参数,或者说是刀具主切削刃与工件的接触长度,单位为 mm。

(2) 切削层公称厚度 h_D 垂直于正在加工的表面(过渡表面)度量的切削层参数,或者说是刀具(工件)每移动一个进给量 f 时,刀具主切削刃相临两个位置之间的垂直距离,单位是 mm。

(3) 切削层公称横截面积 A_D 即切削层横截面的面积,单位为 mm^2 。

切削用量要素与切削层横截面要素的关系如下

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (1-8)$$

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r \quad (1-9)$$

$$A_D = h_D b_D = a_p f \quad (1-10)$$

从上述公式中可看出 h_D 、 b_D 均与主偏角 κ_r 有关,但切削层公称横截面积 A_D 只与 h_D 、 b_D 或 f 、 a_p 有关。

1.2 金属切削刀具

1.2.1 刀具的构成

金属切削刀具的种类很多,但任何刀具都是由工作部分和夹持部分构成。以普通外圆车刀为例(见图 1-5),车刀的工作部分比较简单,刀头即是车刀的切削部分,车刀的柄部(或刀杆)就是非工作部分。