



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程材料与机械制造基础

下册 第3版

李爱菊 主编
傅水根 审阅

高等教育出版社



数字课程网站

网址：<http://abook.hep.com.cn/1238994>

<http://abook.hep.edu.cn/1238994>

数字课程账号 使用说明详见书内数字课程说明页

ISBN 978-7-04-052522-9



9 787040 525229 >

定价 33.80 元

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程材料与机械制造基础

Gongcheng Cailiao yu Jixie Zhizao Jichu

下册

第3版

	李爱菊	主	编		
	付平	龚红宇	副主编		
林钦平	王瑞芳	周桂莲	范润华	参	编
	傅水根	审	阅		

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是在第2版的基础上修订而成的。

本书基于新工科的要求,按照教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会工程材料与机械制造基础课程指导小组制定的最新课程知识体系和教学基本要求修订而成,内容力求与国外先进教材接轨,体现工程材料成形与机械制造基础课程知识体系的完整性与系统性。横向上不仅涵盖了常规机械制造技术基础,还充分体现了与现代制造技术、材料科学、现代信息技术和现代管理科学等学科的交叉与融合;纵向上不仅涉及现有工程材料成形和制造技术,还体现了工程材料和制造技术的历史传承和未来发展趋势。

本书分为上、下两册。下册由9章组成,包括机械加工基础知识、零件表面的常规加工方法、机械加工工艺过程的基本知识、特种加工、非金属材料的机械加工、数控机床加工、先进制造技术、机械制造经济性与管理及机械制造业的环境保护。各章均附有本章学习指南和复习思考题。

本书内容较传统的金属工艺学更为丰富,特别注意了按照成形工艺和不同工程材料种类的成形方法加以分类,并据此进行了模块化编写。

本书可以作为高等学校工科各专业获取制造基础知识的教材,也可供从事材料科学与工程、机械工程、工业管理等工作的相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与机械制造基础. 下册 / 李爱菊主编. --
3版. --北京:高等教育出版社,2019.9
ISBN 978-7-04-052522-9
I. ①工… II. ①李… III. ①工程材料-高等学校-
教材②机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TB3
②TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 181708 号

策划编辑 宋 晓 责任编辑 宋 晓 封面设计 张 志 版式设计 马 云
插图绘制 于 博 责任校对 李大鹏 责任印制 田 甜

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	三河市宏图印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×960mm 1/16	版 次	2005年3月第1版
印 张	17.5		2019年9月第3版
字 数	310千字	印 次	2019年9月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	33.80元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 52522-00

第3版前言

制造技术发展迅速,制造业作为最重要的实体经济和工业基础,在国家发展战略中意义重大。为此,各国围绕先进制造技术的发展提出了各种引人注目的发展规划。比如,2012年德国政府率先提出了“工业4.0”的发展战略,其本质是基于“信息物理系统”实现“智能工厂”,从而构建一个高度灵活的个性化和数字化的智能制造模式。同年,美国提出“先进制造业国家战略计划”和“工业互联网”战略,鼓励制造企业回归美国本土,目的是利用互联网激活传统工业过程,更好地促进物理世界和数字世界的融合。2015年,日本制造业另辟蹊径,提出“机器人新战略”,专攻“人工智能”,积极建立世界机器人技术创新高地,继续引领物联网时代机器人的发展。从2010起,中国成为世界第一制造业大国,发展迅速,但是中国制造业大而不强,一方面在中低端制造领域产能过剩,另一方面在高端制造业,跟欧、美、日等发达地区和国家相比仍有较大差距。为解决中国制造业面临的两难问题,2015年5月8日,中国公布了“中国制造2025”战略规划,力争通过“三步走”战略实现中国制造业强国的目标,最终在中华人民共和国成立一百年时,综合实力进入世界制造强国前列。毫无疑问,先进制造技术的快速发展给新经济、新业态、新型工程人才培养乃至制造类课程的发展建设带来了挑战,也带来了机遇。2017年,教育部基于新经济和新型工程人才培养的发展要求,适时推出了新工科建设计划,试图通过新理念、新结构、新模式、新质量、新体系,结合理工和多学科融合、产学研融合、校企融合、教研学融合等多重融合创新实现能满足新经济要求人才的培养。这对制造类基础课和教材的发展建设无疑是一个难得的机遇。

本书特有的工程材料及其制造知识体系(而不是以金属材料及其制造知识体系)成为“推进基础课与实践教学协同创新、致力于知识向能力有效转化”教学成果的重要组成部分,该教学成果荣获2018年国家级教学成果一等奖。同时,编写组有幸与教育部机械基础课程教学指导委员会、高等教育出版社等数家企业共同承担了有关该课程改革的教育部新工科研究项目,根据新工科项目建设的要求,编写组计划进一步修订该书。大家认为:鉴于中国制造业的现状和发展要求,无论是新工科还是传统意义上的工科,优秀人才培养都离不开坚实的基础知识、突出的实践能力和创新能力。因此,我们的整体修订思路是坚持教育的本真,保持基本核心知识点与能力要求不动摇,对基础课和教材改革一定要遵循教学规律、采取循序渐进的原则,结合目前基础课程存在的问题,以及新工科的

要求,在原有基础上重构课程知识体系,补充新材料新工艺、增材制造、互联网及智能制造技术等与先进制造技术有关的内容,充分体现知识的交叉融合。使教材更好地适应新工科人才的培养和中国工程教育专业认证需求。

本书是根据教育部高等学校机械基础课程教学指导委员会工程材料与机械制造基础课程指导小组制定的最新课程知识体系和教学基本要求(基于新工科版)修订而成。除保持了第2版的编写特点外,还在第一章工程材料与制造技术简论中,按照本书整体内容变化情况进行了部分修改调整,重点介绍了有关新材料、新技术、新工艺。鉴于增材制造与各种制造技术的交叉融合及重要性,在上册增加了第十章增材制造。鉴于智能制造、大数据、工业互联网在先进制造技术中的广泛应用,在下册第七章先进制造技术中增加了智能制造、大数据、工业互联网一节。考虑到学时限制,下册原第六章不再予以保留。

因此,再次修订后,本书不仅可作为工科各专业学习现代制造工艺技术的专业基础教材,也可作为培养复合型人才、新工科人才,以及为理、医、管、文、艺术等不同学科学生获取基础制造知识的特色教材。

本书分上、下两册,是普通高等教育国家级“十五”“十一五”规划教材,于2008年荣获山东省优秀教材一等奖,被评为2011年度普通高等教育精品教材,由山东大学孙康宁、李爱菊、张景德组织编写。上册由孙康宁、张景德主编,王昕、莫德秀任副主编。修订分工如下:山东大学孙康宁编写第一章、第二章,以及第三章第三、四节,第七章第六节,第八章第四节,第九章第一节;山东大学张景德与中国海洋大学王昕编写第三章其他节与第四章;山东理工大学莫德秀编写第五章及第八章其他节;山东大学李爱菊、范润华编写第六章;景德镇陶瓷大学谭训彦、山东大学龚红宇编写第七章其他节;山东大学张景德编写第十章。

下册由李爱菊主编,付平、龚红宇任副主编。修订分工如下:山东大学李爱菊编写第二章,同时与合肥工业大学王瑞芳编写第一章,与青岛科技大学的周桂莲编写第四章,与山东大学龚红宇编写第五章,与福州大学林钦平编写第六章、第七章;青岛科技大学付平编写第三章,同时与周桂莲编写第九章;合肥工业大学王瑞芳编写第八章。

本书由清华大学傅水根教授审阅。在编写过程中得到《现代工程材料成形与机械制造基础》编写人员提供的一些宝贵资料,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,本书难免存在不当之处,诚请读者提出宝贵意见。

编者

2019年3月

第2版前言

随着知识更新的加快、学科间的相互渗透和现代工业结构的变化,“工程材料及机械制造基础”作为高等院校学生了解、认知现代工业的窗口课程和应当具备的制造技术基础,其原来的知识体系与内容构成已远远滞后于时代的发展。为充分体现各学科的交叉、融合与现代工业的“综合性”特点,全面拓宽课程的知识体系,使理论、实践、素质教育、创新和现代教育技术有机地结合在一起,编者认为,新的课程内容横向上不仅应涵盖常规机械制造技术,还应充分体现与现代制造技术、材料科学、现代信息技术和现代管理科学等学科的密切交叉与融合;纵向上不仅应涵盖现有工程材料成形和制造技术,还要体现工程材料和制造技术的历史传承和未来发展趋势。事实上,我国作为制造业大国,各学科、各行业对制造技术均有涉及,使本课程成为不同专业共同的工业基础知识平台。再加上该课程兼有基础性、实用性、知识性、实践性与创新性等特点,使其在一定程度上成为理、工、医、文、管理、艺术等不同学科之间交叉的“点”,成为当前培养复合型人才的重要基础之一。

本书是根据教育部机械基础课程教学指导分委员会有关“重点院校金属工艺学课程改革指南”精神,借鉴国外教材的内容、结构特点,并结合作者多年来取得的教学改革经验和成果编写而成的。编写指导思想是:继承教材原有的基础性、综合性、实践性特点,力求实现两个基本转变,即将金属材料制造工艺为主的课程内容向工程材料制造工艺为主的课程内容转变,实现将机械制造工艺为主向制造工艺为主的知识体系转变;展现新材料制备与制造技术在跨学科领域中的交叉渗透和通道作用,力求与国际最新教材知识体系接轨。

本书有以下主要特点:

(1) 力求处理好常规工艺与现代新技术的关系。对于仍广泛用于现代机械制造业的常规工艺精选保留;对于过时的内容予以淘汰;对于技术上较成熟、应用范围较宽或发展前景看好的新材料、新技术、新工艺(即“三新”)作为基本内容引入,使“三新”内容在本课程理论教学中占1/3以上。例如,在新的教材中增加了材料及制造技术发展史与研究进展;制造类企业的特点与组织结构;在传统金属材料及热处理的基础上增加了部分常用工程材料的性能、材料学基础知识以及表面工程技术和非金属材料热处理的内容;增加了粉末冶金与陶瓷材料的成形工艺、高分子材料的成形工艺、复合材料的成形工艺三章;把材料与制造技术有机地联系起来,体现了将金属制造工艺为主向工程材料制造工艺为主

的课程内容的转变。

(2) 全面体现先进制造工艺技术的特点,并重点增加或增强了数控加工技术、快速成形技术、非金属材料的加工、计算机集成制造技术等先进制造工艺和应用实例,以体现现代制造技术的特征。首次增加了电子设备制造技术基础,包括集成电路制造技术、插接件制造技术、壳体制造技术和装配技术,增加了工业管理与可持续发展对制造技术的影响等相关内容,比如质量与成本、管理与效益、产品生产的可行性分析、机械制造技术与环境保护等。从而使本课程与信息技术、市场经济融为一体,体现了现代制造技术与有关学科的相互交叉与渗透。

(3) 教材内容既系统丰富又重点突出,为学生预留了足够的自学与思考的空间,每章附有学习指南和与其他章节相互关联的提示。各个章节既相互联系,又相对独立,力图建立起柔性较大的模块化教材体系,以适应培养复合型、创新型人才的需求,并方便不同专业、不同学习背景、不同学时、不同层次的学生选用。

因此,本书既是适用于工科各专业学习现代制造技术的专业基础教材,也是培养复合型人才,为理、医、文、管理、艺术等不同学科之间提供快速工业知识渗透的特色基础教材。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,由山东大学孙康宁、李爱菊、张景德负责组织编写。全书分为上、下两册,上册由山东大学孙康宁、张景德主编,王昕、莫德秀任副主编。其中:第一章、第二章由孙康宁编写,同时参与了第三章第三节、第四节,第七章第六节,第八章第四节,第九章第一节的编写;第三章其他节与第四章由山东大学张景德与王昕编写;第五章与第八章其他节由山东理工大学莫德秀编写;第六章由山东大学李爱菊、范润华编写;第七章其他节由景德镇陶瓷学院谭训彦、山东大学龚红宇编写;第九章其他节由山东大学毕见强编写。

下册由山东大学李爱菊主编,付平、龚红宇任副主编。李爱菊编写了第二章,同时与青岛科技大学的周桂莲编写第四章、与山东大学的龚红宇编写第五章,与石油大学的甄玉花编写第六章;青岛科技大学的付平编写了第三章,同时与合肥工业大学王瑞芳编写了第一章,与福州大学的林钦平编写了第七章、第八章,与周桂莲编写了第十章;第九章由合肥工业大学王瑞芳编写。

本书由清华大学傅水根教授审阅。在教材编写中得到原《现代工程材料成形与制造技术基础》编写人员提供的一些宝贵资料。在此一并表示感谢!

由于编者水平所限,本书难免存在不当之处,诚请各位读者提出宝贵意见。

编者

2010年3月

目 录

第一章 机械加工基础知识	1
第一节 切削运动及切削要素	2
一、零件表面的形成	2
二、切削表面与切削运动	2
三、切削用量	3
四、切削层参数	4
第二节 切削刀具及其材料	5
一、切削刀具	6
二、刀具材料	17
第三节 切削过程及控制	20
一、切屑的形成及其类型	20
二、积屑瘤	22
三、切削力和切削功率	24
四、切削热和切削温度	25
五、刀具磨损和刀具寿命	27
六、切削用量的合理选择	29
第四节 磨具与磨削过程	30
一、磨具	30
二、磨削过程中磨粒的作用	34
三、磨削过程的特点	35
第五节 材料的切削加工性	36
一、衡量材料切削加工性的指标	36
二、常用材料的切削加工性	38
三、难加工材料的切削加工性	38
第六节 机械加工质量的概念	39
一、机械加工精度	39
二、机械加工表面质量	40
复习思考题	42
第二章 零件表面的常规加工方法	44
第一节 回转面的加工	45
一、外圆面的加工	45
二、孔的加工	53
第二节 平面的加工	63

一、平面的加工方法	63
二、平面加工方案的选择	68
第三节 特形表面的加工	69
一、成形面加工	69
二、螺纹加工	70
三、齿形加工	76
复习思考题	87
第三章 机械加工工艺过程的基本知识	89
第一节 基本概念	89
一、生产过程和工艺过程	89
二、机械加工工艺过程的组成	90
三、生产纲领和生产类型	92
第二节 工件的安装和夹具	94
一、工件的安装	94
二、机床夹具的分类和组成	94
三、基准及其选择	97
四、工件在夹具中的定位	99
第三节 零件机械加工工艺流程的制定	102
一、机械加工工艺流程的内容及作用	102
二、制定工艺流程的原则、原始资料	102
三、制定工艺流程的步骤	103
第四节 零件的切削结构工艺性	112
一、合理确定零件的技术要求	112
二、遵循零件结构设计标准化	112
三、合理标注尺寸	112
四、零件结构要便于加工	114
复习思考题	119
第四章 特种加工	121
第一节 电火花加工	122
一、电火花加工的原理	122
二、电火花加工的特点	123
三、电火花加工的应用范围	124
第二节 电解加工	128
一、电解加工的原理	128
二、电解加工的特点	130
三、电解加工的应用	130

第三节 超声波加工	130
一、超声波加工的原理	131
二、超声波加工的特点	132
三、超声波加工的应用	132
第四节 高能束加工	133
一、激光加工	134
二、电子束和离子束加工	136
复习思考题	140
第五章 非金属材料的机械加工	141
第一节 无机非金属材料的机械加工	141
一、陶瓷的加工	141
二、玻璃的加工	145
三、石材的加工	148
第二节 高分子材料的加工	156
一、塑料的单刃切削	156
二、塑料的多刃切削	158
三、塑料的磨削	160
第三节 复合材料的加工	161
一、概述	161
二、几种常用复合材料的机械加工特点	162
三、复合材料的常规机械加工方法	163
四、其他机械加工方法	164
五、特种加工方法	165
第四节 特种材料加工的发展趋势	165
一、建立非金属材料切削理论	165
二、使用专用机床	166
三、发展新型刀具材料	167
复习思考题	168
第六章 数控机床加工	169
第一节 数控机床的基本组成	169
一、输入与输出装置	171
二、数控系统	171
三、伺服系统	173
四、数控机床主机	174
五、数控机床的辅助装置	178
第二节 数控机床的特点	178

一、数控机床在加工方面的特点	178
二、数控机床的适应性与经济性特点	179
三、数控机床在管理与使用方面的特点	179
第三节 数控加工程序编制	180
一、数控加工程序编制的基本知识	180
二、数控加工程序的代码及其功能	183
第四节 数控编程实例	184
一、数控铣削加工的程序编制实例	184
二、数控车削加工程序编制实例	187
第五节 加工中心	190
一、加工中心的分类与应用范围	190
二、加工中心的特点	192
三、加工中心的特殊构件	193
四、加工中心的发展	195
复习思考题	196
第七章 先进制造技术	197
第一节 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)技术	198
一、CAD/CAM 的基本概念	198
二、CAD/CAM 系统的组成	198
三、计算机辅助设计(CAD)技术	200
四、计算机辅助工艺过程设计	201
五、计算机辅助制造技术	202
六、CAD/CAPP/CAM 集成技术	203
第二节 柔性制造技术	203
一、FMS 的定义及基本组成	203
二、FMS 的组成	205
第三节 计算机集成制造系统	207
一、计算机集成制造系统	208
二、CIMS 的发展现状	211
第四节 智能制造系统	215
一、智能制造系统的含义和特征	215
二、IMS 的基本构成	216
三、IMS 的运作过程	217
四、智能制造与物联网、大数据的关系	217
复习思考题	219

第八章 机械制造经济性与管理	220
第一节 机械制造企业管理	221
一、现代企业	221
二、现代企业管理职能和组织结构	222
三、企业管理基础工作	225
第二节 成本管理	226
一、成本管理概述	226
二、成本预测	227
三、成本控制	228
四、作业成本管理	230
第三节 质量管理	231
一、质量和质量管理的基本概念	231
二、质量管理方法	232
三、ISO 9000 系列标准简介	233
四、质量成本	233
第四节 新产品生产的可行性分析	234
一、新产品生产的可行性分析的含义	234
二、新产品生产的可行性分析的内容	235
复习思考题	241
第九章 机械制造业的环境保护	243
第一节 机械工业的环境污染	244
第二节 机械制造业的环境保护技术	245
一、工业废气的防治	245
二、工业废水的防治	251
三、工业固体废物污染的防治	254
四、工业噪声的防治	257
复习思考题	260
参考文献	261

第一章 机械加工基础知识

本章学习指南

本章主要介绍了机械加工基础知识。重点应掌握切削运动及切削用量概念,切削刀具及其材料基本知识,切削过程的物理现象及控制,砂轮及磨削过程基本知识,材料切削加工性概念,机械加工质量的概念等。掌握本章内容是为后续内容的学习打基础,为初步具备分析、解决工艺问题的能力打基础,为学生了解现代机械制造技术和模式及其发展打基础。学习本章要注意理论联系生产实践,以便加深理解。可通过课堂讨论、作业练习、实验、校内外参观等及采用多媒体、网络等现代教学手段学习,以取得良好的教学效果。为学好本章内容,可参阅邓文英等主编《金属工艺学》(下册)(第六版)、傅水根主编《机械制造工艺基础》(金属工艺学冷加工部分)、李爱菊主编《现代工程材料成形与制造工艺基础》(下册 第2版)及相关机械制造方面的教材和期刊。

本书上册介绍了制造机械零件的材料成形法,下册主要介绍材料去除法,即切去毛坯上多余的材料,使机械零件达到最终技术要求的加工方法。各种加工方法都有着共同的现象和规律,了解这些基本规律是学习机械加工方法的基础。

切削加工是使用切削工具(包括刀具、磨具和磨料),在工具和工件的相对运动中,把工件上多余的材料层切除,使工件获得规定的几何参数(尺寸、形状、位置)和表面质量的加工方法。它在机械制造业中占有十分重要的地位。这主要是因为切削加工能获得较高的精度和表面质量,对被加工材料、工件几何形状及生产批量具有广泛的适应性。

切削加工分为机械加工(简称机工)和钳工两大类。机工是指通过各种金属切削机床对工件进行的切削加工。机工主要加工方式有车削、钻削、铣削、刨削和磨削等,所用的机床分别为车床、钻床、铣床、刨床和磨床等。钳工是指通过工人手持机械或电动工具进行的切削加工。钳工的基本操作有划线、锯削、锉削、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、刮削、机械装配和设备修理等。钳工用的工具简单,操作灵活方便,还可以完成机械加工所不能完成的某些工作。钳工劳动强度大,生产率低,但在机械制造和修配中仍占有一定地位,随着生产的发展,

钳工机械化的内容也越来越丰富。

第一节 切削运动及切削要素

一、零件表面的形成

机器零件的形状虽很多,但主要由一些简单表面组成,如外圆面、内圆面(孔)、平面和成形面等。

外圆面和孔是以某一直线为母线,以圆为轨迹作旋转运动所形成的表面。平面是以某一直线为母线,以另一直线为轨迹作平移运动所形成的表面。成形面是以曲线为母线,以圆或直线为轨迹作旋转或平移运动所形成的表面。成形面包括螺纹、齿轮的齿形和沟槽等。上述这些表面可分别用图 1-1 所示的相应加工方法来获得。

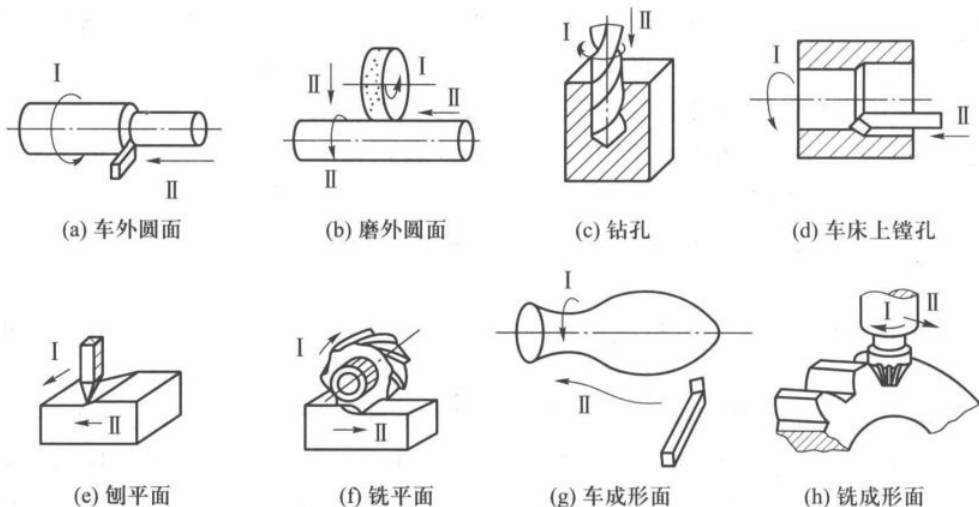


图 1-1 零件不同表面加工时的切削运动

二、切削表面与切削运动

1. 切削表面

切削加工过程是一个动态过程,在切削加工中,工件上通常存在着三个不断变化的表面,即待加工表面、过渡表面(加工表面)、已加工表面,如图 1-2 所示。待加工表面是指工件上即将被切除的表面。已加工表面是工件上已切去切削层而形成的表面。过渡表面是指加工时工件上正在被刀具切削的表面,介于待加工表面和已加工表面之间。

2. 切削运动

无论在哪一种机床上进行切削加工,刀具和工件间必须有一定的相对运动,即切削运动。切削运动可以是旋转运动或直线运动,也可以是连续运动或间歇运动。根据在切削中所起的作用不同,切削运动(图 1-1)分为主运动(图中 I)和进给运动(图中 II)。切削时实际的切削运动是一个合成运动。

主运动是使刀具和工件之间产生相对运动,促使刀具接近工件而实现切削的运动,如图 1-2 所示工件的旋转运动。主运动速度高,消耗功率大,主运动一般只有一个。主运动可以由工件完成,也可以由刀具完成。主运动的形式有旋转运动和往复运动(由工件或刀具进行)两种。如车削、铣削、磨削加工时的主运动是旋转运动,刨削、插削加工时工件或刀具的主运动是往复直线运动。

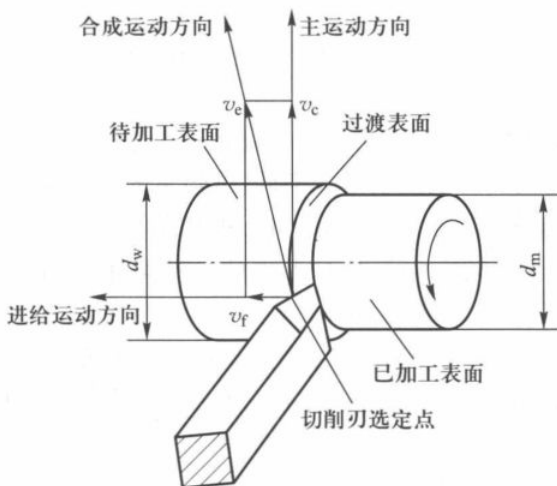


图 1-2 切削运动和加工表面

进给运动是使刀具与工件之间产生附加的相对运动,与主运动配合,即可连续地切除余量,如图 1-2 所示车刀的移动。根据工件表面形成的需要,进给运动可以是 1 个,也可以是多个;可以是连续的,也可以是断续的。当主运动为旋转运动时,进给运动是连续的,如车削、钻削;当主运动为直线运动时,进给运动是断续的,如刨削、插削等。

三、切削用量

切削用量用来衡量切削运动量的大小。切削用量(cutting conditions)包括切削速度 v_c 、进给量 f (或进给速度 v_f)和背吃刀量 a_p ,切削要素包括切削用量三要素和切削层参数(parameters of undeformed chip)。

1. 切削速度

切削刃上选定点相对工件主运动的瞬时速度称为切削速度(cutting speed),

以 v_c 表示,单位为 m/s 或 m/min 。

若主运动为旋转运动(如车削、铣削等),切削速度一般为其最大线速度

$$v_c = \frac{\pi dn}{1\,000} \quad \text{m/min}$$

式中: d ——工件(或刀具)的直径,mm;

n ——工件(或刀具)的转速,r/s 或 r/min。

若主运动为往复直线运动(如刨削、插削等),则常以其平均速度为切削速度,即

$$v_c = \frac{2Ln_r}{1\,000} \quad \text{m/min}$$

式中: L ——往复行程长度,mm;

n_r ——主运动每秒或每分钟的往复次数,str/s 或 str/min。

2. 进给量

刀具在进给运动方向上相对工件的位移量称为进给量(feed rate)。不同的加工方法,由于所用刀具和切削运动形式不同,进给量的表述和度量方法也不相同。

用单齿刀具(如车刀、刨刀等)加工时,进给量常用刀具或工件每转或每一往复行程刀具在进给运动方向上相对工件的位移量来度量,称为每转进给量或每行程进给量,以 f 表示,单位为 mm/r 或 mm/str 。

用多齿刀具(如铣刀、钻头等)加工时,进给运动的瞬时速度称进给速度,以 v_f 表示,单位为 mm/s 或 mm/min 。刀具每转或每行程中每齿相对工件进给运动方向上的位移量称每齿进给量,以 f_z 表示,单位为 mm/z 。

f_z 、 f 、 v_f 之间有如下关系:

$$v_f = fn = f_z zn$$

式中: z ——刀具的齿数;

n ——刀具或工件转速,r/s 或 r/min。

3. 背吃刀量

在通过切削刃上选定点并垂直于该点主运动方向的切削层尺寸平面中,垂直于进给运动方向测量的切削层尺寸称为背吃刀量(back engagement of the cutting edge),以 a_p 表示,单位为 mm 。如图 1-2 所示,车外圆时, a_p 可用下式计算,即

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

式中: d_w 、 d_m ——工件待加工和已加工表面直径,mm。

切削速度 v_c 、进给量 f 、背吃刀量 a_p 即为切削用量三要素。

四、切削层参数

切削层是指切削过程中,由刀具切削部分的一个单一动作(如车削时工件