



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代工程材料成形与 机械制造基础 (下册)

第**2**版

李爱菊 主编
傅水根 审阅



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

现代工程材料成形与 机械制造基础

Xiandai Gongcheng Cailiao Chengxing yu
Jixie Zhizao Jichu

下册

第2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 甄玉花 参 编
傅水根 审 阅



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图书在版编目(CIP)数据

现代工程材料成形与机械制造基础. 下册/李爱菊
主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2011.1
ISBN 978-7-04-030564-7

I. ①现… II. ①李… III. ①工程材料-成形-
高等学校-教材②机械制造工艺-高等学校-教材
IV. ①TB3②TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 215595 号

策划编辑 宋 晓 责任编辑 李京平 封面设计 赵 阳 责任绘图 尹 莉
版式设计 范晓红 责任校对 胡晓琪 责任印制 张福涛

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京七色印务有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 19
字 数 350 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2005 年 3 月第 1 版
2011 年 1 月第 2 版
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷
定 价 27.90 元

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 30564-00

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1版(普通高等教育“十五”国家级规划教材)的基础上修订而成的,并于2008年获山东省优秀教材一等奖。

本书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密切交叉与融合;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10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、电子设备制造基础、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,特别注意了按照加工工艺和不同工程材料种类的加工方法加以分类,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。

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落后于时代的发展。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,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,中国作为制造业大国,由于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。再加上本课程兼有基础性、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工业的常规工艺精选保留;对于过时的内容予以淘汰;将技术上较成熟、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,体现了以金属制造工艺为主向以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、张景德任主编,王昕和莫德秀任副主编。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、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任主编,付平、龚红宇任副主编。李爱菊编写第二章,同时与青岛科技大学周桂莲编写第四章、与山东大学龚红宇编写第五章,与石油大学甄玉花编写第六章;青岛科技大学付平编写第三章,同时与合肥工业大学王瑞芳编写第一章,与福州大学林钦平编写第七章、第八章,与周桂莲编写第十章;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	37
一、衡量材料切削加工性的指标	37
二、常用材料的切削加工性	38
三、难加工材料的切削加工性	39
第六节 机械加工质量的概念	40
一、机械加工精度	40
二、机械加工表面质量	41
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	64

一、平面的加工方法	64
二、平面加工方案的选择	69
第三节 特形表面的加工	70
一、成形面加工	70
二、螺纹加工	71
三、齿形加工	77
复习思考题	88
第三章 机械加工工艺过程的基本知识	90
第一节 基本概念	90
一、生产过程和工艺过程	90
二、机械加工工艺过程的组成	91
三、生产纲领和生产类型	92
第二节 工件的安装和夹具	95
一、工件的安装	95
二、机床夹具的分类和组成	95
三、基准及其选择	98
四、工件在夹具中的定位	101
第三节 零件机械加工工艺流程的制定	103
一、机械加工工艺流程的内容及作用	103
二、制定工艺规程的原则、原始资料	103
三、制定工艺规程的步骤	104
第四节 零件的切削结构工艺性	113
一、合理确定零件的技术要求	113
二、遵循零件结构设计标准化	113
三、合理标注尺寸	113
四、零件结构要便于加工	115
复习思考题	120
第四章 特种加工	122
第一节 电火花加工	123
一、电火花加工的原理	123
二、电火花加工的特点	124
三、电火花加工的应用范围	125
第二节 电解加工	129
一、电解加工的原理	129
二、电解加工的特点	130
三、电解加工的应用	131

第三节 超声波加工	131
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	133
第四节 高能束加工	134
一、激光加工	134
二、电子束和离子束加工	137
复习思考题	140
第五章 非金属材料的机械加工	142
第一节 无机非金属材料的机械加工	142
一、陶瓷的加工	142
二、玻璃的加工	146
三、石材的加工	149
第二节 高分子材料的加工	157
一、塑料的单刃切削	158
二、塑料的多刃切削	160
三、塑料的磨削	161
第三节 复合材料的加工	162
一、概述	162
二、几种常用复合材料的机械加工特点	163
三、复合材料的常规机械加工方法	164
四、其他机械加工方法	166
五、特种加工方法	166
第四节 特种材料加工的发展趋势	167
一、建立非金属材料切削理论	167
二、使用专用机床	167
三、发展新型刀具材料	168
复习思考题	169
第六章 电子设备制造基础	170
第一节 电子设备的基本构成	170
一、电抗元件	170
二、机电元件	171
三、半导体分立器件	172
四、集成电路	173
第二节 集成电路制造工艺	173
一、概述	173

二、集成电路的工艺技术	174
三、集成电路的制造工艺	178
四、集成电路的封装技术	180
第三节 壳体及插接件的制造技术	183
一、壳体的制造技术	183
二、插接件的制造技术	184
第四节 电子设备的组装	184
一、紧固安装	186
二、典型零部件的安装	187
三、导线配置	188
四、整机组装	191
复习思考题	192
第七章 数控机床加工	194
第一节 数控机床的基本组成	194
一、输入与输出装置	196
二、数控系统	196
三、伺服系统	198
四、数控机床主机	199
五、数控机床的辅助装置	203
第二节 数控机床的特点	203
一、数控机床在加工方面的特点	203
二、数控机床的适应性与经济性特点	204
三、数控机床在管理与使用方面的特点	204
第三节 数控加工程序编制	205
一、数控加工程序编制的基本知识	205
二、数控加工程序的代码及其功能	208
第四节 数控编程实例	209
一、数控铣削加工的程序编制实例	209
二、数控车削加工程序编制实例	213
第五节 加工中心	215
一、加工中心的分类与应用范围	216
二、加工中心的特点	218
三、加工中心的特殊构件	218
四、加工中心的发展	221
复习思考题	221
第八章 先进制造技术	223

第一节 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)技术	224
一、CAD/CAM 的基本概念	224
二、CAD/CAM 系统的组成	225
三、计算机辅助设计(CAD)技术	226
四、计算机辅助工艺过程设计(CAPP)	227
五、计算机辅助制造(CAM)技术	228
六、CAD/CAPP/CAM 集成技术	229
第二节 柔性制造技术	229
一、柔性制造系统的定义及基本组成	229
二、FMS 的组成	231
第三节 计算机集成制造系统	233
一、CIMS 的组成	235
二、CIMS 的发展	237
复习思考题	244
第九章 机械制造经济性与管理	245
第一节 机械制造企业管理	246
一、现代企业	246
二、现代企业管理职能和组织结构	247
三、企业管理基础工作	250
第二节 成本管理	251
一、成本管理概述	251
二、成本预测	252
三、成本控制	253
四、作业成本管理	255
第三节 质量管理	256
一、质量和质量管理的基本概念	256
二、质量管理方法	257
三、ISO 9000 系列标准简介	258
四、质量成本	259
第四节 新产品生产的可行性分析	259
一、新产品生产的可行性分析的含义	260
二、新产品生产的可行性分析的内容	260
复习思考题	266
第十章 机械制造业的环境保护	268
第一节 机械工业的环境污染	269
第二节 机械制造业的环境保护技术	270

一、工业废气的防治	270
二、工业废水的防治	276
三、工业固体废物污染的防治	279
四、工业噪声的防治	282
复习思考题	285
参考文献	286

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,可参阅邓文英主编《金属工艺学》(第四版)、傅水根主编《机械制造工艺基础》(金属工艺学冷加工部分)、李爱菊等主编《现代工程材料成形与制造工艺基础》下册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、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。

成形面包括螺纹、齿轮的齿形和沟槽等。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。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。

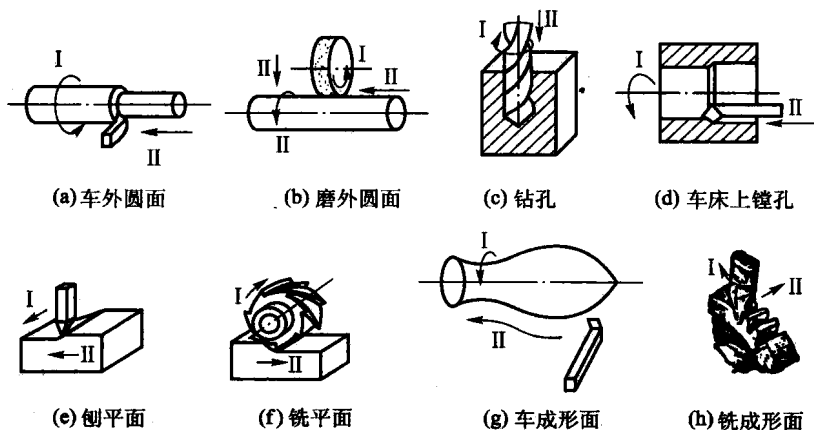


图 1-1 零件不同表面加工时的切削运动

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。

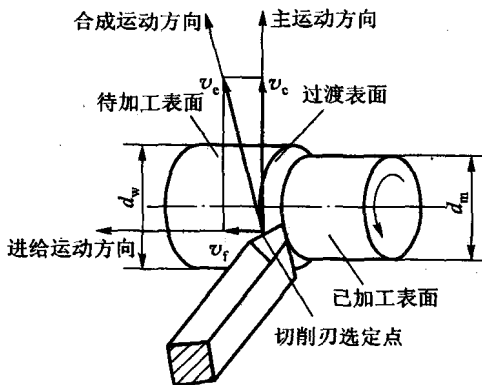


图 1-2 切削运动和加工表面

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

切削用量是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:

$$v_c = \frac{\pi dn}{1\ 000}$$

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

$$v_c = \frac{2Ln_r}{1\ 000}$$

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

转一圈,车刀主切削刃移动一段距离)所切除的工件材料层。它决定了切屑的尺寸及刀具切削部分的载荷。切削层的尺寸和形状通常在切削层尺寸平面中测量,如图 1-3 所示。

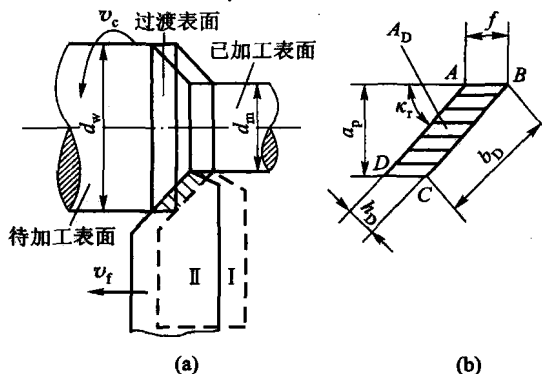


图 1-3 车削时切削层尺寸

(1) 切削层公称横截面积 A_D 在给定瞬间,切削层在切削层尺寸平面里的实际横截面积,单位为 mm^2 。

(2) 切削层公称宽度 b_D 在给定瞬间,作用于主切削刃截形上两个极限点间的距离,在切削层尺寸平面中测量,单位为 mm 。

(3) 切削层公称厚度 h_D 同一瞬间切削层公称横截面积 A_D 与其公称宽度 b_D 之比,单位为 mm 。由定义可知

$$A_D = b_D h_D$$

因 A_D 不包括残留面积,而且在各种加工方法中 A_D 与进给量和背吃刀量的关系不同,所以 A_D 不等于 f 和 a_p 的积。只有在车削加工中,当残留面积很小时才能近似地认为它们相等,即

$$A_D \approx f a_p$$

第二节 切削刀具及其材料

切削加工过程中,直接完成切削工作的是刀具。刀具切削性能的好坏,取决于构成刀具的几何参数、结构及刀具切削部分的材料。

无论哪种刀具一般都由切削部分和夹持部分组成。夹持部分是用来将刀具夹持在机床上的部分,要求它能保证刀具正确的工作位置,传递所需要的运动和动力,并且夹固可靠,装卸方便。切削部分是刀具上直接参加切削工作的部分。