


普通高等工科院校创新型应用人才培养规划教材

# 金属切削加工 与刀具

武友德 张跃平◎主编



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

赠 电子 课件

普通高等工科院校创新型应用人才培养规划教材

# 金属切削加工与刀具

主 编 武友德（学校）  
 张跃平（企业）  
副主编 孙 涛 苏 珉  
参 编 （学校） 胡兆国 胡小青 严辉容 陈远新  
 王春焱 郭德桥 武明洲 伍晓亮  
 （企业） 徐 斐 吴 勤 杨松凡 吴 波  
 钟成明  
主 审 蔡长韬（学校）  
 吴 伟（企业）

机械工业出版社

本书是根据高端技术技能应用型本科学生培养必须面向实际,解决各种实用的应用问题、技术问题,同时也需要解决一些与应用、技术紧密相关的基础性问题的要求,科学组织教材内容,注重课程之间的相互融通及理论与实践的有机衔接而编写的。

本书共分为课程认识、刀具基本定义、金属切削的基本理论、金属切削基本理论的应用、车刀及其选用、孔加工刀具及其选用、铣刀及其选用、磨削与砂轮、其他刀具简介九章。

除了第一章课程认识和第九章其他刀具简介外,每章内容均按照“高端技术技能应用型本科机械制造类专业学生的岗位能力要求”,分析本章承担的任务,选择合适的载体,将实际生产案例有机地融入教材中,做到课堂教学与生产实际的有机结合。

本书可以作为技术应用型本科院校机械制造类专业学生用书,也可作为企业技术人员的参考用书。

本书配有电子课件,凡使用本书作教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网(<http://www.cmpedu.com>),注册后免费下载,或发送电子邮件至 [cmpgaozhi@sina.com](mailto:cmpgaozhi@sina.com) 索取。咨询电话:010-88379375。

## 图书在版编目(CIP)数据

金属切削加工与刀具/武友德,张跃平主编. —北京:机械工业出版社,2016.8

普通高等工科院校创新型应用人才培养规划教材  
ISBN 978-7-111-54343-5

I. ①金… II. ①武… ②张… III. ①金属切削-加工工艺-高等学校-教材②刀具(金属切削)-高等学校-教材 IV. ①TG

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第167378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:王英杰 责任编辑:王英杰 武晋 责任校对:陈越

封面设计:鞠杨 责任印制:李飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2016年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.25印张·346千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-54343-5

定价:34.00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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博:[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网:[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

金书网:[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面防伪标均为盗版

# 前 言

“金属切削加工与刀具”课程是高端技术技能应用型本科机械制造类专业的一门主干课程。为建设好该课程，编者走访了大量的企业，了解企业对人才的素质、知识和能力方面的综合要求，并联合企业制订了毕业生就业岗位（群）的《岗位职业标准》，依据该标准开发了《人才培养质量要求》，按照《人才培养质量要求》中的素质、知识和能力要求要点，研究课程内容，组建了校企合作的课程开发团队。

本书的编写始终以“高端技术技能应用型本科机械制造类专业毕业生就业岗位（群）的职业能力要求”确定的该门课程所承担的典型工作任务为依托，以工厂典型零件的真实加工过程为导向，结合企业生产零件的工作流程，分析完成每个流程所必需的知识和能力结构，归纳“金属切削加工与刀具”课程的主要工作任务，选择合适的载体，构建主体学习单元；按照素质、知识和职业能力要求，推行“校企合作、产学研结合”，将真实生产过程融入教学全过程，切实做到“理论具有系统性、理论与实际应用相结合”，重点突出技术应用。

本书由学校与企业合作编写，是在《金属切削加工与刀具》活页教材的基础上，经过3年的试用和不断的修改，并与企业专家多次研讨，最终编写而成的。

本书实行双主编与双主审制，由四川工程职业技术学院武友德教授、中国第二重型机械集团公司张跃平高级工程师联合担任主编，由西华大学蔡长韬教授、中国东方电气集团东方电机有限公司吴伟教授级高级工程师联合担任主审。

四川工程职业技术学院武友德教授编写第一章；四川工程职业技术学院苏珉副教授、陈远新教师编写第二、三章，东方汽轮机有限公司刀具研究所吴波工程师提供相关资料，并协助编写；四川工程职业技术学院胡兆国教授、孙涛博士（讲师）编写第四、六章，东方汽轮机有限公司工具研究所钟成明高级工程师提供相关资料，并协助编写；四川工程职业技术学院胡小青副教授、王春焱讲师编写第五章，中国第二重型机械集团公司杨松凡高级工程师提供相关资料，并协助编写；四川工程职业技术学院胡小青副教授、郭德桥高级实验师编写第七章，中国第二重型机械集团公司徐斐高级工程师提供相关资料，并协助编写；四川工程职业技术学院严辉容高级工程师、武明洲讲师编写第八章，东方电机有限公司吴勤高级工程师提供相关资料，并协助编写；四川工程职业技术学院武友德教授、伍晓亮硕士研究生编写第九章。

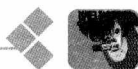
因本书涉及内容广泛，编者水平有限，难免出现不妥之处，请读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 前言

第一章 课程认识 .....	1	第一节 任务引入 .....	89
第一节 课程的性质和定位 .....	1	第二节 车刀的种类及应用 .....	89
第二节 本课程内容与其他课程内容的 衔接 .....	1	第三节 车刀的正确安装 .....	103
第三节 教学与学习方法 .....	2	第四节 任务实施 .....	105
第二章 刀具基本定义 .....	3	复习思考题 .....	107
第一节 知识引入 .....	3	第六章 孔加工刀具及其选用 .....	108
第二节 切削运动、切削用量与切削层 参数 .....	4	第一节 任务引入 .....	108
第三节 刀具切削部分的基本定义 .....	9	第二节 孔加工刀具的种类及用途 .....	109
第四节 刀具的工作角度 .....	18	第三节 麻花钻 .....	112
第五节 知识应用 .....	22	第四节 深孔钻 .....	123
复习思考题 .....	24	第五节 铰刀 .....	126
第三章 金属切削的基本理论 .....	25	第六节 镗削与镗刀 .....	134
第一节 知识引入 .....	25	第七节 孔加工复合刀具 .....	140
第二节 切削变形 .....	26	第八节 任务实施 .....	143
第三节 切削力 .....	35	复习思考题 .....	148
第四节 切削热与切削温度 .....	41	第七章 铣刀及其选用 .....	149
第五节 刀具磨损与刀具寿命 .....	49	第一节 任务引入 .....	149
第六节 已加工表面质量 .....	54	第二节 铣削加工工艺范围及铣刀种类 .....	149
复习思考题 .....	57	第三节 铣刀的几何角度 .....	154
第四章 金属切削基本理论的应用 .....	58	第四节 铣削用量及铣削切削层参数 .....	155
第一节 任务引入 .....	58	第五节 铣削力 .....	158
第二节 刀具材料及其选用 .....	58	第六节 铣削方式及其选择 .....	159
第三节 工件材料的切削加工性 .....	66	第七节 铣刀的刃磨 .....	163
第四节 切削液的选用 .....	70	第八节 常用铣刀的安装 .....	164
第五节 刀具几何参数的合理选择 .....	73	第九节 任务实施 .....	166
第六节 切削用量的合理选择 .....	81	复习思考题 .....	167
第七节 任务实施 .....	85	第八章 磨削与砂轮 .....	168
复习思考题 .....	88	第一节 任务引入 .....	168
第五章 车刀及其选用 .....	89	第二节 磨削加工工艺范围及磨削方法 .....	168
		第三节 磨削运动及磨削用量 .....	176
		第四节 砂轮结构与选择 .....	176
		第五节 砂轮的磨损、修整及安装 .....	182
		第六节 磨削加工的特点 .....	184
		第七节 先进磨削方法简介 .....	184



第八节 任务实施 .....	186	第三节 螺纹刀具 .....	206
复习思考题 .....	188	第四节 齿轮加工刀具 .....	211
第九章 其他刀具简介 .....	190	第五节 自动化加工刀具 .....	218
第一节 刨刀 .....	190	复习思考题 .....	221
第二节 拉刀 .....	193	参考文献 .....	222

## 第一章

# 课程认识

### 第一节 课程的性质和定位

机械制造类技术应用型本科教育对满足中国经济社会发展、满足社会高端技术技能应用型人才需要以及推进中国高等教育大众化进程起到了积极的促进作用。应用型本科重在“应用”二字，本课程从满足和适应经济与社会发展需要出发组织教学内容，更新教学方法和教学手段。本课程的核心是：一方面强调知识体系的完整性，同时兼顾与其他课程的有机联系和融通，使学生学完本课程后具备解决和分析生产实际问题的能力；另一方面强调理论与实践的相互联系和融通，做到理论知识能有效地指导实践，突出“应用”。

机械产品的生产和制造离不开机床、刀具、检测量具或量仪等工艺装备，而金属切削加工理论是解决金属切削过程中一般问题的理论基础，工艺文件是指导生产不可缺少的技术文件。工艺文件所反映的主要内容包含零件生产加工过程中所使用的刀具及参数、量具、机床设备、切削用量等。

从上面分析可知，“金属切削加工与刀具”课程所包含的金属切削加工原理和各类刀具的结构特点、设计和应用等方面的知识是机械制产品制造过程中的重要内容，所以该课程是机械制造类技术应用型本科专业的一门主干专业课程。本课程主要讲授刀具角度及切削要素，刀具材料，金属切削加工过程中的切削变形、切削力、切削热与切削温度，刀具磨损与刀具寿命，切削基本理论的应用，常用刀具选用及正确使用，切削用量及其选用，切削液及其选用等基本理论，为分析和解决加工过程中的一般问题提供基础理论保障；使学生掌握常用刀具及其在生产中的应用知识，具备金属切削加工中切削用量的正确选择能力。本课程的培养目标就是围绕生产岗位对员工的素质、知识和能力要求，强化金属切削加工理论的学习，同时掌握各类刀具的结构及其正确使用要求，并能把切削加工理论运用到生产实践中。学生学完本课程后，能了解工件材料的切削加工性，能根据实际加工条件合理选择切削液、刀具结构及刀具几何参数，能正确使用刀具，能合理确定切削用量，会设计特殊用途的非标刀具等，并能运用所学知识从金属切削加工理论和刀具正确选用及使用方面入手，控制和提高已加工表面质量，并且还应具备分析和解决生产过程中一般问题的能力。

### 第二节 本课程内容与其他课程内容的衔接

“金属切削加工与刀具”课程是机械制造类技术应用型本科专业的一门主干专业课程，是学习机床夹具、金属切削机床、机械加工工艺等其他主干专业课程的基础支撑，同时学习



该课程时又要以前面所学“机械制图”“金属材料与热加工基础”“公差配合与技术测量”等课程为基础,所以该课程在专业人才培养课程体系起到了各专业技术基础课程和专业课程之间有机衔接的桥梁作用。

本课程主要内容之一是讲述刀具切削部分的几何参数及其图示,因此为学好该门课程,必须要以前面所学的立体几何和制图知识作为基础,明确投影关系;刀具材料和金属切削加工理论的学习要以金属材料的性能作为基础,因此与前面所学的金属材料知识密切相关;学习“机械加工工艺”课程时,按照实际零件工程图样编写工艺文件时,需要掌握本课程的刀具及其切削用量的选择;按照零件工程图样确定刀具结构、刀具几何参数和选择刀具材料时,必须看懂零件工程图样上的尺寸精度、表面粗糙度等技术要求及其含义,所以该门课程又与“公差配合与技术测量”课程紧密联系;在学习机床夹具及其应用课程时,涉及工件夹紧力的方向、大小和作用点的确定等方面的知识,而这些知识又与本课程的金属切削加工中所产生的切削力大小、方向内容有密切的关系;在学习本课程中刀具的正确安装使用知识时,必须以“金属切削机床”课程中所讲到的机床结构及其运动方面的知识作为基础。因此,本课程是机械制造类技术应用型本科专业重要的专业主干课程,只有学好该门课程才能保障该专业培养目标的实现。

### 第三节 教学与学习方法

技术应用型本科教材应重点突出“应用”二字,教师在授课过程中应充分认识到强化理论教学与实践教学并重的重要性和紧迫性,形成一致的思想、理念、行动;要着力推进手段和方法的改革,这要求教师应具备丰富的实践经验。

由于“金属切削加工与刀具”这门课程理论与实践要求都很高,所以必须强化理论与实践的有机结合,要充分利用行业、企业优势,大力推行“校企合作、产学研结合”的教学模式,做到理论与实践并重,强化应用能力的培养。

教师教学方法:

1) 每章要以典型的生产实际案例为任务载体,系统地讲清楚相关的理论知识,然后运用所学知识分析解决问题。

2) 按照课程质量标准,完善实践教学资源,开发多种教学手段。

3) 力求做到所传授的知识成系统、实践应用能力训练成系统,并做到理论与实践的相互融通。

4) 教师应坚持长期学习和进行金属切削加工与刀具新技术应用研究,并把金属切削加工与刀具方面的新技术引入课堂,理论联系实际开展教学。

5) 强化校企合作,加强调研,实时地把企业先进技术引入课堂。

学生学习方法:

1) 了解该门课程的重要性。

2) 重视该门课程,端正学习态度。

3) 强化理论钻研,拓展相关知识面。

4) 深入实验室认真做好实验。

5) 深入校内生产实训基地、校外企业,全面了解企业生产过程,切实了解各类常用刀具及其在生产中的正确应用。



## 第二章

# 刀具基本定义

金属切削加工过程是工件和刀具相互作用的过程。刀具从工件上切除一部分金属，并在保证高生产率和低生产成本的前提下，得到符合零件工程图样技术要求的形状精度、位置精度、尺寸精度和表面质量的工件。实现这一切削过程必须具备以下三个条件：

- 1) 工件与刀具之间要有相对运动，即切削运动。
- 2) 刀具材料必须具有一定的切削加工性能。
- 3) 刀具必须具有适当的几何参数，即切削角度等。

本章内容主要是阐明与切削运动及刀具几何角度有关的基本概念和定义，为后续的学习和研究金属切削过程基本理论及其应用奠定基础。

### 第一节 知识引入

车削图 2-1 所示的短轴，试分析车削  $\phi 63_{-0.05}^0 \text{ mm}$  的外圆、螺纹退刀槽、 $M48 \times 1.5-6g$

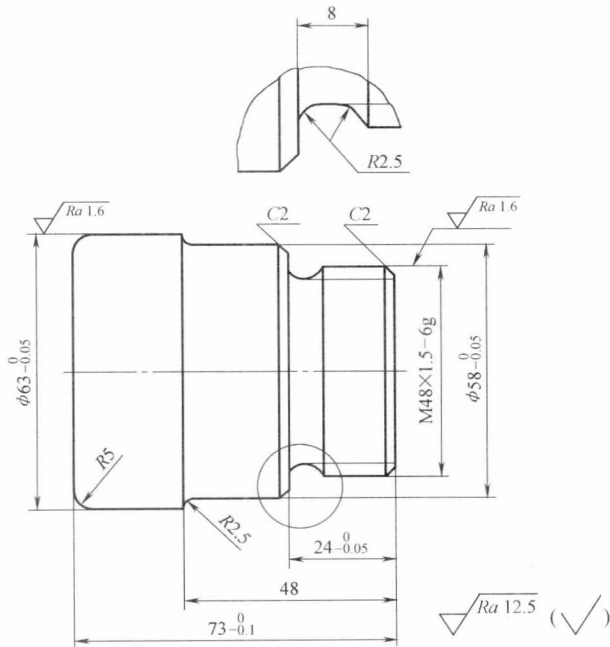


图 2-1 短轴



螺纹时切削运动的组成。如果以切削速度  $189\text{m/min}$  精车  $\phi 63_{-0.05}^0\text{mm}$  外圆，车床主轴的转速应该是多少？如果进给量为  $0.1\text{mm/r}$ ，则刀架移动速度是多少？

要完成上述工作，所采用的刀具是如何具备切削能力的？刀具的基本组成有哪些要素？如何描述刀具切削部分的几何形状？在什么样的假设条件下研究刀具切削部分的几何参数？如果刀具以  $0.2\text{mm/r}$  的进给量车削外圆，试问刀具几何角度将发生怎样的变化？如果在实际加工之前由于刀具的安装误差，使刀尖低于工件中心线  $1.5\text{mm}$ ，试问该刀具的几何角度又将会发生怎样的变化？

## 第二节 切削运动、切削用量与切削层参数

### 一、切削运动

用车刀车削外圆是金属切削加工中常见的加工方法，现以它为例来分析工件与刀具之间的切削运动。如图 2-2 所示车削外圆时，工件旋转、车刀连续纵向直线进给，于是形成工件的外圆柱表面。

在其他各种切削加工方法中，刀具或工件同样必须完成一定的切削运动。通常切削运动按其所起作用可分为主运动和进给运动。

#### 1. 主运动

主运动是切削时最主要、消耗功率最多的运动，它是工件与刀具之间产生的相对运动，车削外圆时的工件旋转运动是主运动。其他切削加工方法中的主运动也是由工件或由刀具来完成的，其形式可以是旋转运动或直线运动，但各种切削加工方法中的主运动通常只有一个。

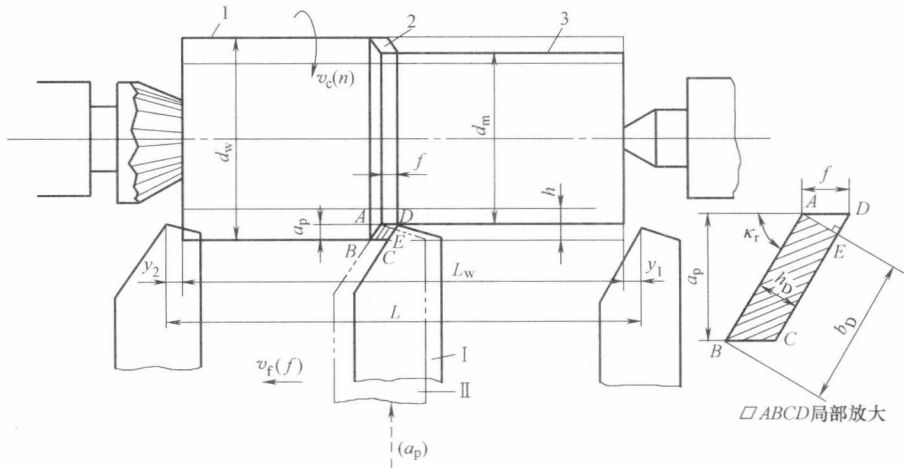
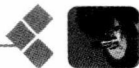


图 2-2 车削运动形成的表面和切削层参数

1—待加工表面 2—过渡表面 3—已加工表面

#### 2. 进给运动

进给运动是刀具与工件之间产生的附加运动，以保证切削连续地进行，如车削外圆时车



刀的纵向连续直线进给运动。其他切削加工方法中也是由工件或刀具来完成进给运动的，但进给运动可能不止一个，其形式可以是直线运动、旋转运动或两者的组合。无论哪种形式的进给运动，其消耗的功率都比主运动要小。

总之，任何切削加工方法都必须有一个主运动，可以有一个或几个进给运动。主运动和进给运动可以由工件或刀具分别完成，也可以由刀具单独完成（例如在钻床上钻孔或铰孔）。

在切削运动作用下，工件上的切削层不断地被刀具切下并转变为切屑，从而加工出所需要的工件新表面。在这一表面形成的过程中，工件上有三个不断变化着的表面，如图 2-2 所示。

待加工表面：即将被切去金属层的表面。

过渡表面（加工表面）：切削刃正在切削的表面。

已加工表面：已经切去多余金属而形成的新表面。

这些定义也适用于其他切削加工方法。不同形状的切削刃与不同的切削运动组合，即可形成各种加工表面，如图 2-3 所示。

## 二、切削用量

切削用量是切削速度、进给量和背吃刀量（切削深度）的总称，也称为切削用量三要素，如图 2-4 所示。切削用量是表示主运动及进给运动大小的参数，主要用于调整机床、编制工艺路线等。切削用量直接影响零件的加工精度与表面质量、刀具寿命、机床功率损耗及生产率等，所以切削用量是重要的基本概念，必须学习理解透彻。

### 1. 切削速度

切削速度是主运动的线速度  $v_c$ ，是指切削刃选定点相对工件主运动的瞬时速度，单位为  $m/min$ 。

当主运动为旋转运动时，切削速度的计算公式为

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

式中  $d$ ——工件直径或刀具（砂轮）直径（ $mm$ ）；

$n$ ——工件或刀具（砂轮）的转速（ $r/min$ ）。

对于旋转体类工件或旋转类刀具，在转速一定时，由于切削刃上各点的回转半径不同，因而切削速度不同。在计算时，应以最大的切削速度为准，如车削外圆时应计算切削刃上所对应的最大速度（即将最大速度处对应的点作为切削刃选定点），钻削时计算钻头外径处的速度。这是因为从刀具方面考虑，速度大的地方，发热多，磨损快，应当予以注意。

### 2. 进给速度 $v_f$ 、进给量 $f$ 、每齿进给量 $f_z$

进给速度  $v_f$  是切削刃上选定点相对于工件的进给运动的瞬时速度，其单位为  $mm/min$ 。

进给量  $f$  是工件或刀具的主运动每一转或每一行程时，刀具在进给运动方向上相对工件的位移量，其单位是  $mm/r$ 。

每齿进给量  $f_z$  是多刃切削刀具（如铣、铰、拉）在切削工件时，有  $z$  个齿同时进行切削，多刃切削刀具在每转过一齿角时，工件和刀具的相对位移量，单位是  $mm/z$ 。

进给速度  $v_f$  与进给量  $f$  的关系有

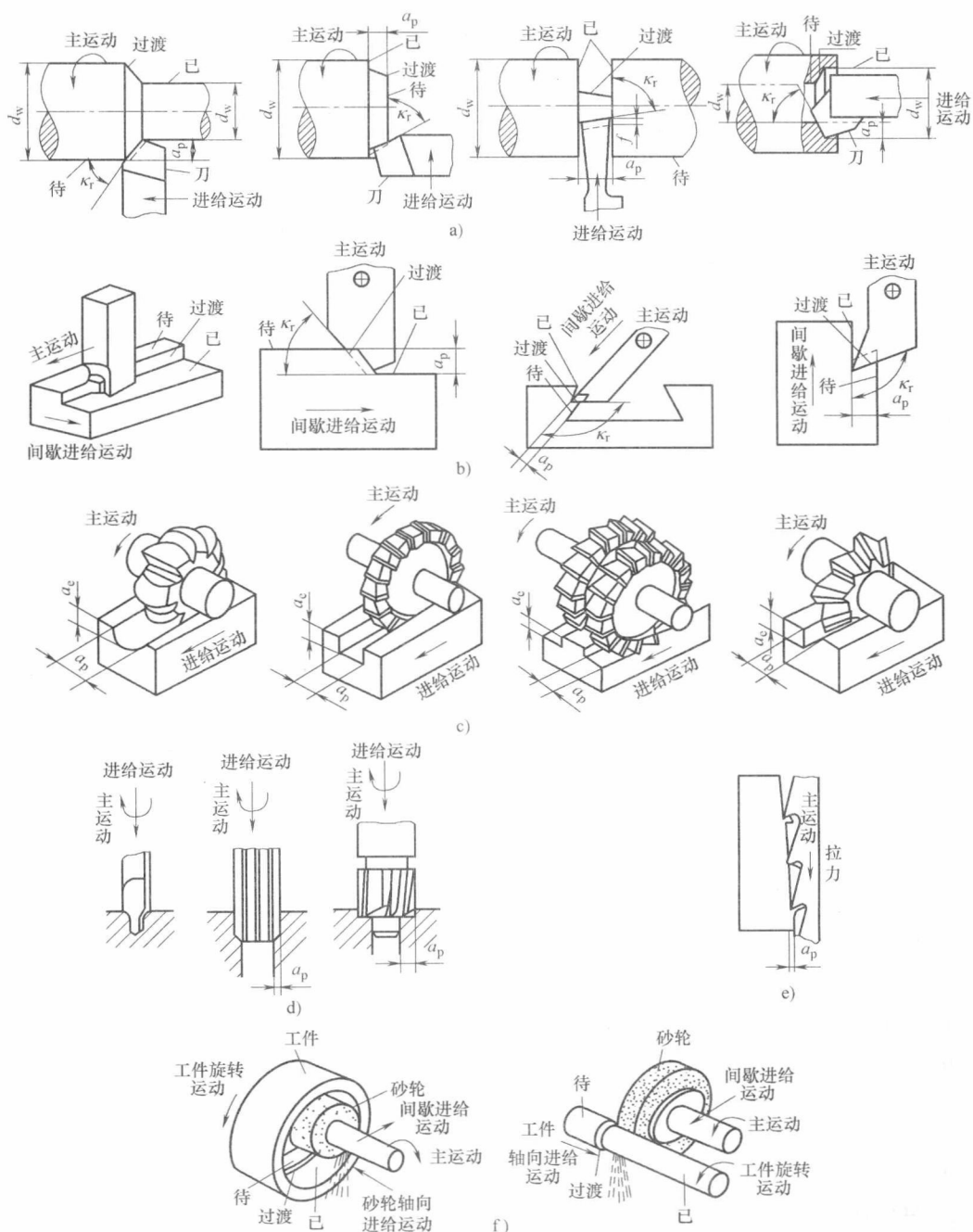


图 2-3 各种切削运动与加工表面

a) 车削 b) 刨削 c) 铣削 d) 钻削 e) 拉削 f) 磨削

$$v_f = fn \tag{2-2}$$

进给速度  $v_f$  与每齿进给量  $f_z$  的关系有

$$v_f = f_z n z \tag{2-3}$$



### 3. 背吃刀量 $a_p$ (又称切削深度)

背吃刀量是一个与主切削刃和工件切削表面接触长度有关的量, 在包含主运动  $v_c$  和进给运动  $v_f$  方向的平面的垂直方向上测量所得。对车削外圆而言, 包含主运动方向和进给运动方向的平面, 是与工件主运动旋转轴线平行的平面, 过切削刃上任意点的该平面的垂直方向距离也就是与工件轴线垂直相交的一段距离, 因而车削外圆的切削深度等于工件上已加工表面与待加工表面的垂直距离, 即

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (2-4)$$

式中  $d_m$ ——已加工表面直径 (mm);

$d_w$ ——工件待加工表面直径 (mm)。

### 三、切削层参数、切削时间与材料切除率

切削加工时刀具切过工件的一个单程所切除的工件材料层。图 2-2 中工件旋转一周的时间内, 刀具正好从位置 I 移到位置 II, 切下 I 与 II 之间的工件材料层。理论上, 四边形 ABCD 称为切削层。切削层实际横截面积是四边形 ABCE 的面积, 称为切削层公称横截面积, AED 为残留在已加工表面上的横截面积, 它直接影响已加工表面粗糙度。

切削层形状、尺寸直接影响着工件切削过程的变形、刀具承受的负荷以及刀具的磨损。为简化计算, 切削层形状、尺寸规定在刀具基面 (即水平面) 中度量, 即在切削层公称横截面中度量。

切削层尺寸是指在刀具基面中量度的切削层厚度与宽度, 它与切削用量  $a_p$ 、 $f$  大小有关。切削层横截面及其厚度、宽度的定义与符号如下。

#### 1. 切削层公称厚度 $h_D$

切削层公称厚度简称切削厚度, 是指切削层两相邻过渡表面之间的垂直距离, 如图 2-2 中 AB 与 CD 间的垂直线, 单位为 mm, 计算公式为

$$h_D = f \sin \kappa_r \quad (2-5)$$

式中  $\kappa_r$ ——车刀主偏角 ( $^\circ$ );

#### 2. 切削层公称宽度 $b_D$

切削层公称宽度简称切削宽度, 是指在平行于过渡表面度量的切削层尺寸, 如图 2-2 中 AB 或 CD 的长, 单位为 mm, 计算公式为

$$b_D = \frac{a_p}{\sin \kappa_r} \quad (2-6)$$

#### 3. 切削层公称横截面积 $A_D$

切削层公称横截面积简称切削面积, 它是指在切削层尺寸平面里度量的横截面积, 计算公式为

$$A_D = h_D b_D = a_p f \quad (2-7)$$

分析以式 (2-5) ~ 式 (2-7) 可知: 切削厚度与切削宽度随主偏角大小变化。当  $\kappa_r = 90^\circ$  时,  $h_D = f$ ,  $b_D = a_p$ , 切削厚度和切削宽度分别只与切削用量  $a_p$ 、 $f$  有关, 不受主偏角的

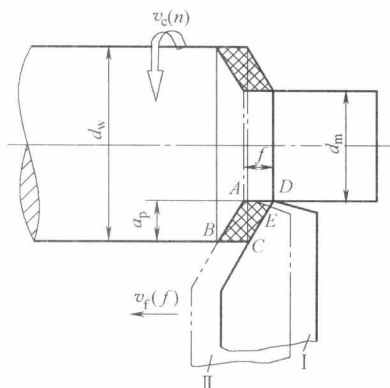


图 2-4 车外圆时的切削用量



影响。但切削层横截面的形状则与主偏角、刀尖圆弧半径大小有关。随着主偏角的减小，切削厚度减小，而切削宽度增大。

#### 4. 切削时间 $t_m$ (机动时间)

$t_m$  是指切削时直接改变工件尺寸、形状等工艺过程所需的时间，单位为 min。它是反映切削效率高低的一个指标。由图 2-5 可知，车外圆时  $t_m$  的计算公式为

$$t_m = \frac{LA}{v_f a_p} \quad (2-8)$$

式中  $l$ ——刀具行程长度 (mm)；

$A$ ——半径方向加工余量 (mm)；

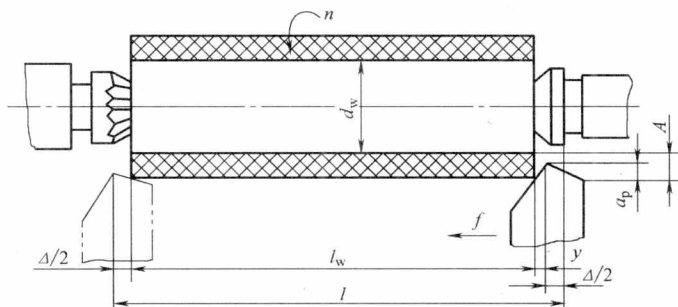


图 2-5 车外圆时切削时间计算

由式 (2-1) 可以求出转速  $n$  为

$$n = \frac{1000v_c}{\pi d} \quad (2-9)$$

将式 (2-9) 代入式 (2-2) 中，可得

$$v_f = \frac{1000v_c f}{\pi d} \quad (2-10)$$

再将式 (2-10) 代入式 (2-8) 中，可得

$$t_m = \frac{lA\pi d}{1000v_c a_p f} \quad (2-11)$$

由式 (2-11) 可知，提高切削用量中任何一个要素均可降低切削时间。

#### 5. 材料切除率 $Q$

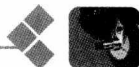
材料切除率是单位时间内所切除材料的体积，是衡量切削效率高低的另一个指标，单位为  $\text{mm}^3/\text{min}$ 。

$$Q = 1000a_p f v_c \quad (2-12)$$

### 四、切削方式

#### 1. 自由切削与非自由切削

只有一个主切削刃参加切削称为自由切削，主、副切削刃同时参加切削称为非自由切削。自由切削时切削变形过程比较简单，它是进行切削试验研究常用的方法。实际切削通常都是非自由切削。



## 2. 正交切削（直角切削）与非正交切削（斜角切削）

切削刃与切削速度方向垂直的切削称为直角切削；切削刃不垂直于切削速度方向的切削称为斜角切削。因此，刀具刃倾角不等于零的切削均属于斜角切削方式。斜角切削具有刃口锋利、排屑轻快等特点。

### 五、合成切削运动与合成速度

在前面已经讲述，切削加工中必然有主运动和进给运动，所谓的合成切削运动是指主运动和进给运动合成的运动。切削刃选定点相对工件合成切削运动的瞬时速度称为合成切削速度  $v_c$ ，它等于主运动切削速度  $v_c$  与进给运动速度  $v_f$  的矢量和，如图 2-6 所示。

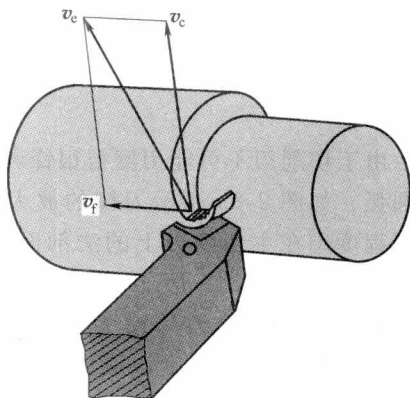


图 2-6 车削时合成切削速度

## 第三节 刀具切削部分的基本定义

各种刀具形状不同，使用场合也不一样，但都能用来切除毛坯上多余的材料，完成工件的切削加工，这显然与它们的结构组成有关。另外，为了满足不同的切削要求，如车削外圆、切断和车削螺纹等，刀具的切削部分往往做成不同的几何形状；即使是同种类型的刀具（如外圆车刀），在不同的加工条件下，如车削细长轴和车削粗短轴等，也要做成不同的几何形状。不同几何形状的工具具有着不同的切削性能，要描述刀具的几何形状和切削性能，就离不开刀具的几何参数。所以，有必要掌握刀具的结构、组成和几何角度。

普通外圆车刀是最典型的简单刀具，其他种类的刀具都可以看作是它的变形或组合。下面以车刀为例来介绍刀具切削部分的基本定义及常用刀具图的绘制。

### 一、刀具切削部分的组成

如图 2-7 所示，车刀由切削部分（刀头）和夹持部分（刀柄）两大部分组成。刀头用于切削，刀柄用于装夹。刀具切削部分由刀面、切削刃、刀尖构成。刀面用字母  $A$  与下角标组成的符号来标记，切削刃用字母  $S$  标记。副切削刃及其相关的刀面在标记时用右上角加一撇以示区别。

#### 1. 刀面

一般车刀的切削部分由三刀面组成。

(1) 前刀面 刀具上切屑流过的表面，用  $A_v$  表示。

(2) 主后刀面 与工件上过渡表面相对的表面，简称后刀面，用  $A_\alpha$  表示。

(3) 副后刀面 与工件上已加工表面相对的表面，简称副后面，用  $A'_\alpha$  表示。

#### 2. 切削刃

(1) 主切削刃 前刀面与后刀面的汇交边缘线，承担主要切削工作，用  $S$  表示。

(2) 副切削刃 前刀面与副后刀面的汇交边缘线，其靠近刀尖处起微量切削作用，具有修光性质，用  $S'$  表示。



### 3. 刀尖

主切削刃和副切削刃汇交的一小段切削刃称为刀尖，通常以圆弧或短直线出现，以提高刀具的寿命。

由于切削刃不可能刃磨得很锋利，总有一些刃口圆弧，如图 2-8a 所示刀楔的放大部分。刃口的锋利程度用在主切削刃上的法剖面  $p_n - p_n$  中钝圆半径  $r_n$  来表示，一般工具钢刀具  $r_n$  为 0.01 ~ 0.02mm，硬质合金刀具  $r_n$  为 0.02 ~ 0.04mm。

为了提高刃口强度以满足不同加工要求，在前、后刀面上均可磨出倒棱面  $A_{\gamma 1}$ 、 $A_{\alpha 1}$ ，如图 2-8a 所示。 $b_{\gamma 1}$  是第一前刀面  $A_{\gamma 1}$  的宽度，简称倒棱宽； $b_{\alpha 1}$  是第一后刀面  $A_{\alpha 1}$  的宽度，简称刃带宽。

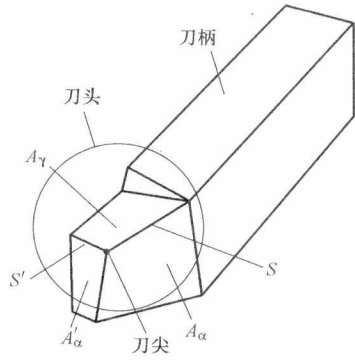


图 2-7 车刀的构成

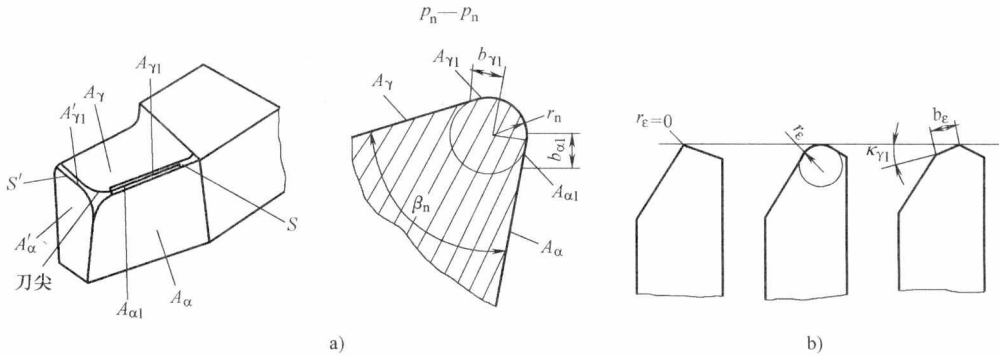


图 2-8 刀楔、刀尖形状参数

为了改善刀尖的切削性能，常将刀尖做成修圆刀尖或倒角刀尖，如图 2-8b 所示。其参数有：刀尖圆弧半径  $r_e$ （它是在基面上测量的刀尖倒圆的公称半径）、倒角刀尖长度  $b_e$ 、倒角刀尖偏角  $\kappa_{r1}$ 。

不同类型的刀具，其刀面、切削刃数量不同，但组成刀具的最基本单元是两个刀面汇交形成的一个切削刃，简称两面一刀。对于任何复杂的刀具，都可将其分为一个基本单元进行分析。

#### 二、刀具角度的参考系

刀具几何角度是确定刀具切削部分几何形状和切削性能的重要参数，它是由刀面、切削刃及假定参考坐标平面间的夹角所构成的。

用来确定刀具几何角度的参考系有两类：一类称为刀具静止参考系，是刀具在设计时标注、刃磨和测量时的基准，据此基准定义的刀具角度称为刀具标注角度（也称为静止角度）；另一类称为刀具工作参考系，是确定刀具切削工作时角度的基准，据此基准定义的刀具角度称为刀具工作角度。

建立刀具标注角度参考系时不考虑进给运动的影响，且假定车刀刀尖与工件中心等高，





车刀刀杆中心线垂直于工件轴线安装。

确定刀具标注角度的参考系有正交平面参考系、法平面参考系、假定工作平面与背平面参考系等，如图 2-9 所示。其中最常用的是用正交平面参考系表示刀具标注角度。下面以普通外圆车刀为例说明刀具标注角度参考系及刀具标注角度的定义。

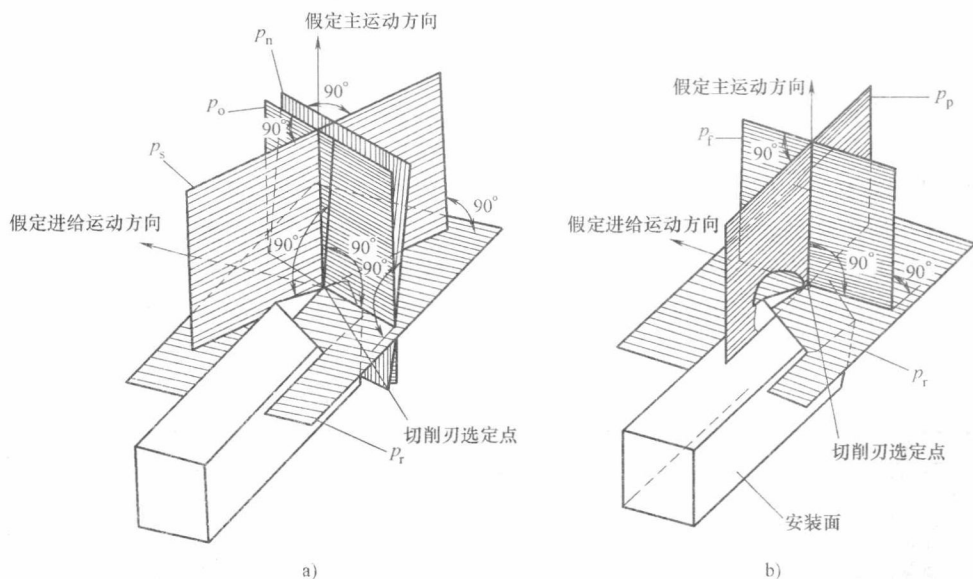


图 2-9 刀具标注角度参考系

a) 正交平面参考系与法平面参考系 b) 假定工作平面与背平面参考系

### 1. 正交平面参考系 (图 2-9a)

(1) 基面 ( $p_r$ ) 过切削刃选定点的平面，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，一般说来基面垂直于假定的主运动方向，用  $p_r$  表示。车刀的基面可理解为平行于刀具底面的平面，如图 2-10 所示。

(2) 切削平面 ( $p_s$ ) 过切削刃选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面，用  $p_s$  表示。

(3) 正交平面 ( $p_o$ ) 过切削刃选定点同时垂直于切削平面与基面的平面，又称主剖面，用  $p_o$  表示。

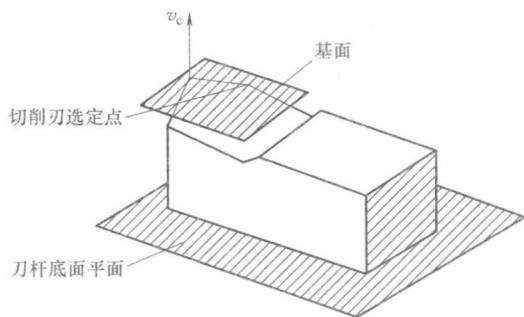


图 2-10 基面

### 2. 法平面参考系 (图 2-9a)

法平面参考系由基面  $p_r$ 、切削平面  $p_s$  和法平面  $p_n$  组成 (非正交参考系)。法平面  $p_n$  是指过切削刃选定点并与切削刃垂直的平面。

### 3. 假定工作平面与背平面参考系 (图 2-9b)

假定工作平面与背平面参考系由基面  $p_r$ 、假定进给平面  $p_f$ 、假定背平面  $p_p$  三个平面组