



国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

姚斌 曾景华 张金辉 路晓东 主编

# 机械工程实践与训练

清华大学出版社

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

# 机械工程实践与训练

姚斌 曾景华 张金辉 路晓东 主编



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书主要针对大学生机械工程实践与训练而编写,内容包括金属切削的基本知识、测量工具、机械结构和加工工艺等机械工程基础知识;车、铣、钳等普通机械加工方法以及电火花线切割、激光加工、快速成型等特种加工方法的基础知识和训练内容,突出了材料、测量、结构、工艺设计与加工制造的融合。

本书可作为高等院校本科生金工实训课程的教材或教学参考书,也可供社会上从事机械制造相关领域的工程技术人员使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

机械工程实践与训练/姚斌等主编.--北京:清华大学出版社,2012.8

(国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-302-29621-8

I. ①机… II. ①姚… III. 机械工程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 184184 号

责任编辑:庄红权

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:保定市中国画美凯印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.75 字 数:331千字

版 次:2012年8月第1版 印 次:2012年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:28.00元

产品编号:048980-01

国家级工程训练示范中心“十二五”规划教材

## 编审委员会

顾问

傅水根

主任

梁延德 孙康宁

委员(以姓氏首字母为序)

陈君若 贾建援 李双寿 刘胜青 刘舜尧

邢忠文 严绍华 杨玉虎 张远明 朱华炳

秘书

庄红权

# 序言

## PREFACE

自国家的“十五”规划开始,我国高等学校的教材建设就出现了生机勃勃的局面,工程训练领域也是如此。面对高等学校高素质、复合型和创新型的人才培养目标,工程训练领域的教材建设需要在体系、内涵以及教学方法上深化改革。

以上情况的出现,是在国家相应政策的主导下,源于两个方面的努力:一是教师在教学过程中,深深感到教材建设对人才培养的重要性和必要性,以及教材深化改革的客观可能性;二是出版界对工程训练类教材建设的积极配合。在国家“十五”期间,工程训练领域有5部教材列入国家级教材建设规划;在国家“十一五”期间,约有60部教材列入国家级“十一五”教材建设规划。此外,还有更多的尚未列入国家规划的教材已正式出版。对于国家“十二五”规划,我国工程训练领域的同仁,对教材建设有着更多的追求与期盼。

随着世界银行贷款高等教育发展项目的实施,自1997年开始,在我国重点高校建设11个工程训练中心的项目得到了很好的落实,从而使我国的工程实践教学有机会大步跳出金工实习的原有圈子。训练中心的实践教学资源逐渐由原来热加工的铸造、锻压、焊接和冷加工的车、铣、刨、磨、钳等常规机械制造资源,逐步向具有丰富优质实践教学资源的现代工业培训的方向发展。全国同仁紧紧抓住这百年难遇的机遇,经过10多年的不懈努力,终于使我国工程实践教学基地的建设取得了突破性进展。在2006—2009年期间,国家在工程训练领域共评选出33个国家级工程训练示范中心或建设单位,以及一大批省市级工程训练示范中心,这不仅标志着我国工程训练中心的发展水平,也反映出教育部对我国工程实践教学的创造性成果给予了充分肯定。

经过多年的改革与发展,以国家级工程训练示范中心为代表的我国工程实践教学发生了以下10个方面的重要进展。

(1) 课程教学目标和工程实践教学理念发生重大转变。在课程教学目标方面,将金工实习阶段的课程教学目标“学习工艺知识,提高动手能力,转变思想作风”转变为“学习工艺知识,增强工程实践能力,提高综合素质,培养创新精神和创新能力”;凝练出“以学生为主体,教师为主导,实验技术人员和实习指导人员为主力,理工与人文社会学科相贯通,知识、素质和能力协调发展,着重培养学生的工程实践能力、综合素质和创新意识”的工程实践教学理念。

(2) 将机械和电子领域常规的工艺实习转变为在大工程背景下,包括机械、电子、计算机、控制、环境和管理等综合性训练的现代工程实践教学。

(3) 将以单机为主体的常规技术训练转变为部分实现局域网络条件下,拥有先进铸造技术、先进焊接技术和先进钣金成形技术,以及数控加工技术、特种加工技术、快速原型技术和柔性制造技术等先进制造技术为一体的集成技术训练。

(4) 将学习技术技能和转变思想作风为主体的训练模式转变为集知识、素质、能力和创

新实践为一体的综合训练模式,并进而实现模块式的选课方案,创新实践教学在工程实践教学逐步形成独有的体系和规模,并发展出得到广泛认可的全国工程训练综合能力竞赛。

(5) 将基本面向理工类学生转变为除理工外,同时面向经济管理、工业工程、工艺美术、医学、建筑、新闻、外语、商学等尽可能多学科的学生。使工程实践教学成为理工与人文社会学科交叉与融合的重要结合点,使众多的人文社会学科的学生增强了工程技术素养,不仅成为我国高校工程实践教学改革的重要方向,并开始纳入我国高校通识教育和素质教育的范畴,使越来越多的学生受益。

(6) 将面向低年级学生的工程训练转变为本科4年不断线的工程训练和研究训练,开始发展针对本科毕业设计,乃至硕士研究生、博士研究生的高层人才培养,为将基础性的工程训练向高层发展奠定了基础条件。

(7) 由单纯重视完成实践教学任务转变为同时重视教育教学研究和科研开发,用教学研究来提升软实力和促进实践教学改革,用科研成果的转化辅助实现实验技术与实验方法的升级。

(8) 实践教学对象由针对本校逐渐发展到立足本校、服务地区、面向全国,实现优质教学资源共享,并取得良好的教学效益和社会效益。

(9) 建立了基于校园网络的中心网站,不仅方便学生选课,有利于信息交流与动态刷新,而且实现了校际间的资源共享。

(10) 卓有成效地建立了国际、国内两个层面的学术交流平台。在国际,自1985年在华南理工大学创办首届国际现代工业培训学术会议开始,规范地实现了每3年举办一届。在国内,自1996年开始,由教育部工程材料及机械制造基础课指组牵头的学术扩大会议(邀请各大区金工研究会理事长参加)每年举办一次,全国性的学术会议每5年一次;自2007年开始,国家级实验教学示范中心联席会工程训练学科组牵头的学术会议每年两次;各省市级金工研究会牵头举办的学术会议每年一次,跨省市的金工研究会学术会议每两年一次。

丰富而优质的实践教学资源,给工程训练领域的系列课程建设带来极大的活力,而系列课程建设的成功同样积极推动着教材建设的进步步伐。

面对目前工程训练领域已有的系列教材,本规划教材究竟希望达到怎样的目标?又可能具备哪些合理的内涵呢?个人认为,应尽可能将工程实践教学领域所取得的重大进展,全面反映和落实在具有下列内涵的教材建设上,以适应大面积的不同学科、不同专业的人才培养要求。

(1) 在通识教育与素质教育方面。面对少学时的工程类和人文社会学科类的学生,需要比较简明、通俗的“工程认知”或“实践认知”方面的教材,使学生在比较短时间的实践过程中,有可能完成课程教学基本要求。应该看到,学生对这类教材的要求是比较迫切的。

(2) 在创新实践教学方面。目前,我们在工程实践教学领域,已建成“面上创新、重点创新和综合创新”的分层次创新实践教学体系。虽然不同类型学校所开创的创新实践教学体系的基本思路大体相同,但其核心内涵必然会有较大的差异,这就需要通过内涵和风格各异的教材充分展现出来。

(3) 在先进技术训练方面。正如我们所看到的那样,机械制造技术中的数控加工技术、特种加工技术、快速原型技术、柔性制造技术和新型的材料成形技术,以及电子设计和工艺中的电子设计自动化技术(EDA)、表面贴装技术和自动焊接技术等已经深入工程训练的许



多教学环节。这些处于发展中的新型机电制造技术,如何用教材的方式全面展现出来,仍然需要我们付出艰苦的努力。

(4) 在以项目为驱动的训练方面。在世界范围的工程教育领域,以项目为驱动的教学组织方法已经显示出强大的生命力,并逐渐深入工程训练领域。但是,项目训练法是一种综合性很强的教学组织法,不仅对教师的要求高,而且对经费的要求多。如何克服项目训练中的诸多困难,将处于探索中的项目驱动教学法继续深入发展,并推广开去,使更多的学生受益,同样需要教材作为一种重要的媒介。

(5) 在全国大学生工程训练综合能力竞赛方面。2009年和2011年在大连理工大学举办的两届全国大学生工程训练综合能力竞赛,开创了工程训练领域无全国性赛事的新局面。赛事所取得的一系列成功,不仅昭示了综合性工程训练在我国工程教育领域的重要性,同时也昭示了综合性工程训练所具有的创造性。从赛事的命题,直到组织校级、省市级竞赛,最后到组织全国大赛,不仅吸引了数量众多的学生,而且提升了参与赛事的众多教师的指导水平,真正实现了我们所长期企盼的教学相长。这项重要赛事,不仅使我们看到了学生的创造潜力,教师的创造潜力,而且看到了工程训练的巨大潜力。以这两届赛事为牵引,可以总结归纳出一系列有价值的东西,来推进我国的高等工程教育深化改革,来推进复合型和创造型人才的培养。

总之,只要我们主动实践、积极探索、深入研究,就会发现,可以纳入本规划教材编写视野的内容,很可能远远超出本序言所囊括的上述5个方面。教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组经过近10年的努力,所制定的课程教学基本要求,也只能反映出我国工程实践教学的主要进展,而不能反映出全部进展。

我国工程训练中心建设所取得的创造性成果,使其成为我国高等工程教育改革不可或缺的重要组成部分。而其中的教材建设,则是将这些重要成果进一步落实到与学生学习过程紧密结合的层面。让我们共同努力,为编写出工程训练领域高质量、高水平的系列新教材而努力奋斗!

清华大学 傅水根  
2011年6月26日

# 前言



## FOREWORD

机械工程实践与训练是现代高等工程教育的重要组成部分,既是传授工程知识和工程技术的重要手段,又是理论与工程实际、课堂教学与生产实践相联系的桥梁,更是培养学生工程素质、创新潜质和实践能力的重要途径。加强机械工程实践与训练,使学生的工程素质、专业素质、创新素质和适应社会的能力得到全面提升与发展,是当代高等教育培养适应社会发展需要的复合型、应用型、创新型人才的主要目标。

随着社会各界对工程技术人员的大量需求和更高要求,各高等院校对工程训练给予了足够的重视,加大了建设经费的投入。同时,由于科学技术的高速发展,对工程训练内容和形式也提出了新的要求。

在认真总结多年教学经验的基础上,本书根据新形势下的教学要求,将传统制造工艺与现代先进制造技术相结合,注重学生工艺设计能力和动手实践能力的培养,让学生在工程实训中真正了解机械制造技术及其发展概况。为了突出工程实训以培养学生实践能力为目的,本书以实用性为原则,淡化理论,对零件的加工以过程操作为主,对设备以其基本结构和使用为主;在内容编排上,贯彻由浅入深、循序渐进的原则;在编写时力求突出重点、体现实用、便于自学。

本书可作为高等院校本科生金工实训课程的教材或教学参考书,也可供从事机械制造相关领域的工程技术人员参考。

本书由厦门大学姚斌、曾景华、张金辉、路晓东主编。参加编写的有厦门大学机电工程系黄金力(第1、2章)、庄杰民(第3章)、张畋征(第4章)、刘万山(第5章)、李延福(第6章)、许水电(第7章)、陈智敏(第8章)、张金辉(第9章)、黄辉明(第10章)、吴毅虹(第11章)、秦玉红(第12章)、金凯鑫(第13章)、高俊川(第14章)。此外,在本书编写过程中借鉴了国内外同行的资料与文献,并得到了厦门大学·厦门大学嘉庚学院福建省省级工程示范中心林晓鹰、李昆岭、李春梅、华士欣、蔡子霞、林育兹、何荣华、刘文恒、王一鹏、李志辉等教师同仁们的支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请同行和读者批评指正。

作者

2012年6月





# CONTENTS

<b>第 1 章 金属切削的基本知识</b> .....	1
1.1 机械制造 .....	1
1.2 切削加工 .....	2
1.3 工程材料.....	16
复习思考题 .....	22
<b>第 2 章 常用量具</b> .....	23
2.1 常用量具的使用.....	23
2.2 量具的保养和维护.....	36
复习思考题 .....	38
<b>第 3 章 车削加工技术</b> .....	39
3.1 车削加工技术基础.....	39
3.2 车削加工实习.....	48
3.3 车削加工安全操作规程.....	53
复习思考题 .....	54
<b>第 4 章 铣削加工技术</b> .....	55
4.1 铣削加工技术基础.....	55
4.2 铣床的基础操作与铣削方法.....	62
4.3 铣削加工实习.....	64
4.4 铣削加工安全操作规程.....	66
复习思考题 .....	66
<b>第 5 章 磨削加工技术</b> .....	67
5.1 磨削加工基础.....	67
5.2 磨削方法与磨床的基础操作.....	72
5.3 磨削加工实习.....	76



5.4 磨削加工安全操作规程	77
复习思考题	77
<b>第6章 钳工技术</b>	<b>78</b>
6.1 钳工技术基础	78
6.2 常用基本操作	79
6.3 钳工实习	91
复习思考题	92
<b>第7章 焊接技术</b>	<b>93</b>
7.1 焊接技术基础	93
7.2 电弧焊	94
7.3 气焊	100
7.4 氧气切割	103
7.5 焊接冶金过程及其焊接变形缺陷分析	104
7.6 典型焊接结构制造工艺简介	108
7.7 焊接安全操作规程	108
复习思考题	109
<b>第8章 数控车床加工技术</b>	<b>110</b>
8.1 数控车床技术基础	110
8.2 数控车床的主要部件及基础操作	111
8.3 数控车床手工程序编制	117
8.4 数控车床实习	124
8.5 数控车床安全操作规程	125
复习思考题	125
<b>第9章 加工中心应用技术</b>	<b>126</b>
9.1 加工中心简介	126
9.2 加工中心的基础操作	129
9.3 加工中心实习	140
9.4 加工中心安全操作规程	141
复习思考题	142
<b>第10章 电加工应用技术</b>	<b>143</b>
10.1 电火花加工基础	143
10.2 数控电火花线切割加工技术	145
10.3 电加工实习	159
10.4 安全操作规程	160

复习思考题.....	161
<b>第 11 章 激光加工技术</b> .....	<b>162</b>
11.1 激光加工技术基础.....	162
11.2 激光加工设备及其基础操作.....	163
11.3 激光加工实习.....	169
11.4 激光加工安全操作规程.....	170
复习思考题.....	171
<b>第 12 章 快速成型技术</b> .....	<b>172</b>
12.1 快速成型技术的原理及特征.....	172
12.2 几种典型的快速成型技术介绍.....	174
12.3 YINHUA G1A 快速成型机的基本操作过程.....	175
12.4 快速成型实习.....	175
12.5 快速成型安全操作规程.....	176
复习思考题.....	176
<b>第 13 章 生产工艺过程准备</b> .....	<b>177</b>
13.1 基本概念.....	177
13.2 工件的安装和夹具.....	180
13.3 工艺规程.....	184
13.4 典型零件的工艺过程.....	195
13.5 生产工艺过程实习.....	196
复习思考题.....	197
<b>第 14 章 零件的结构工艺</b> .....	<b>199</b>
14.1 基本概念.....	199
14.2 孔加工的结构工艺性.....	199
14.3 表面加工的结构工艺性.....	202
复习思考题.....	205
<b>参考文献</b> .....	<b>206</b>



## 金属切削的基本知识

### 实习目的与要求

- (1) 了解机械制造的概念及其阶段划分。
- (2) 掌握切削加工的原理及其基本知识。
- (3) 掌握工程材料的种类及其应用。

### 1.1 机械制造

机械制造是指将原材料和辅助材料通过机械制造系统,经存储、运输、加工和检验等环节,将其加工成机械零件,并装配成机器的整个过程。概括地讲,机械制造就是将原材料转变为成品的各种劳动总和,包括以下阶段:

(1) 技术准备。某种零件或产品投产前,必须作各项生产技术准备工作,首先要制定工艺规程,这是指导各项技术操作的重要文件。此外,原材料供应,机床、刀具、夹具、辅具、量具的配备,热处理设备及其检测仪器的准备,都要在技术准备阶段安排就绪。

(2) 毛坯制造。根据零件批量、尺寸、形状、性能要求等因素,采用铸造、锻压、焊接等方法制造零件毛坯。合理选择毛坯可以提高生产率,降低成本。

(3) 机械加工。金属切削加工(即机械加工)是目前各种零件的主要加工方法。通用的加工设备有车床、铣床、钻床、刨床、镗床和磨床等,此外还有专用机床、特种加工机床和数控机床等。采用哪种加工方法和选用哪种加工设备,要根据零件批量、精度、表面粗糙度和其他技术要求等诸多因素综合考虑,以达到既保证零件质量要求,又保证生产效率高、成本低的目的。

(4) 产品检验和装配。每个零件按其在机器中的作用不同,都有一定的精度、表面粗糙度和相关的技术要求,而零件在加工过程中,不可避免地会产生加工误差。因此,必须设定检验工序,以对加工过程产生的尺寸、几何形状误差等进行检验。此外,对于承受重载或高温、高压条件下工作的零件还应进行其他性能检验,如缺陷检验、力学性能或金相组织检验等。只有当质量检验全面合格后零件才能使用。

装配过程中必须严格遵守技术条件的规定,如零件的清洗、装配顺序、装配方法、工具使用、结合面修磨、润滑剂施加及运转跑合、油漆色泽和包装等,只有这样才能生产出符合要求的合格产品。

## 1.2 切削加工

切削加工就是利用工件和刀具之间的相对(切削)运动,用刀具或磨具上的切削刃切除工件上的多余层,从而获得具有一定加工质量零件的过程。理解零件加工质量的概念,掌握切削运动和金属切削原理的基本知识,认识金属切削过程的基本规律是学习金属切削加工的基本内容。

### 1.2.1 加工质量

#### 1. 加工精度

零件加工后实际几何参数(尺寸、形状和位置)与设计理想值的符合程度称为机械加工精度,简称加工精度。实际值与理想值相符合的程度越高,即偏差(加工误差)越小,加工精度越高。

加工精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度。零件图上,对被加工件的加工精度要求常用尺寸公差、形状公差和位置公差来表示。

(1) 尺寸精度是指加工表面本身的尺寸和零件尺寸公差带中心的符合程度。尺寸精度的高低,用尺寸公差来表示。

(2) 形状精度是指零件加工后的表面与理想表面在形状上相接近的程度,如直线度、圆度、圆柱度、平面度等。

(3) 位置精度是指零件加工后的表面、轴线或对称平面之间的实际位置与理想位置接近的程度,如平行度、垂直度、同轴度、对称度等。

零件上述三方面精度是相互关联的,对于普通的机械加工,零件的形状和位置精度应高于尺寸精度。机械加工精度越高,加工的成本也越高,所以在设计零件时,应在满足零件使用要求的前提下,选用合适的经济精度。

#### 2. 表面质量

机械零件的表面质量主要是指零件加工后的表面粗糙度以及表面层材质的变化。

##### 1) 表面粗糙度

在切削加工中,由于刀痕、塑性变形、振动和摩擦等原因,会使加工表面产生峰谷交替的波纹。这些表面微观几何形状的误差称为表面粗糙度。表面粗糙度对零件的耐磨性、抗腐蚀性和配合性质等有很大影响。它直接影响机器的使用性能和寿命。国家标准规定了表面粗糙度的评定参数及其数值。常用的评定表面粗糙度的参数采用轮廓算术平均偏差  $Ra$  值,常见加工方法一般能达到的表面粗糙度值见表 1-1。

##### 2) 表面层材质的变化

零件加工后表面层的力学、物理及化学等性能会与基体材料不同,表现为加工硬化、残余应力产生、表面层金相组织变化等,这些将直接影响零件的使用性能。

表 1-1 各种加工方法所能达到的公差等级和表面粗糙度

表面微观特征		$Ra/\mu\text{m}$	公差等级	加工方法
不加工	清除毛刺		IT16~IT14	
粗加工	明显可见刀痕	$\leq 80$	IT13~IT10	粗车、粗刨、粗铣、钻、毛锉、锯断
	可见刀痕	$\leq 40$	IT10	
	微见刀痕	$\leq 20$	IT10~IT8	
半精加工	可见加工痕迹	$\leq 10$	IT10~IT8	半精车、精车、精刨、精铣、粗磨
	微可见加工痕迹	$\leq 5$	IT8~IT7	
	不见加工痕迹	$\leq 2.5$	IT8~IT7	
精加工	可辨加工痕迹方向	$\leq 1.25$	IT8~IT6	精车、精刨、精磨、铰
	微辨加工痕迹方向	$\leq 0.63$	IT7~IT6	
	不辨加工痕迹方向	$\leq 0.32$	IT7~IT6	
超精加工	暗光泽面	$\leq 0.16$	IT6~IT5	精磨、研磨、镜面磨、超精加工
	亮光澤面	$\leq 0.08$	IT6~IT5	
	镜状光泽面	$\leq 0.04$		
	雾状光泽面	$\leq 0.02$		
	镜面	$\leq 0.01$		

零件表面质量越高,零件的使用性能越好,寿命也越长,但零件的制造成本也会相应增加,所以在确定零件加工精度和表面粗糙度时,在满足零件使用性能要求和后续工序要求的前提下,尽可能选用较低的精度等级和较大的表面粗糙度值。

## 1.2.2 切削运动

切削加工时,为了获得各种形状的零件,刀具与工件之间必须具有一定的相对运动,即切削运动。切削运动按其所起的作用可分为主运动和进给运动。

(1) 主运动即刀具从工件上切下切屑所需要的基本运动。它是由机床提供的主要运动,可以是旋转运动(车削时,主运动是工件的回转运动),也可以是直线运动(牛头刨床刨削时,主运动是刀具的往复直线运动)。它是速度最高、消耗功率最大的运动。

(2) 进给运动多数由机床提供。它是刀具和工件之间产生的相对运动,与主运动配合,可不断地或连续地切除工件,并得到所需几何特性的加工表面。它的速度比较低,消耗的功率比较少。车削外圆时,进给运动是刀具的纵向运动;车削端面时,进给运动是刀具的横向运动;牛头刨床刨削时,进给运动是工作台的移动。

(3) 主运动和进给运动的合成。主运动和进给运动可以同时进行,也可以分开进行;主运动  $v_c$  通常只有一个,而进给运动  $v_f$  的数目可以有一个或几个。

当主运动和进给运动同时进行时,切削刃上某一点相对于工件的运动为合成运动,常用合成速度向量  $v_s$  来表示,如图 1-1 所示。

## 1.2.3 工件表面

切削过程中,工件上多余的材料不断地被刀具切除而转变为切屑,因此,被加工零件同时存在着 3 个变化着的表面,如图 1-2 所示。

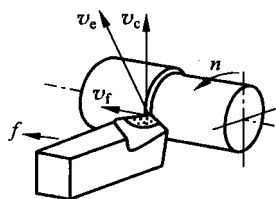


图 1-1 合成速度

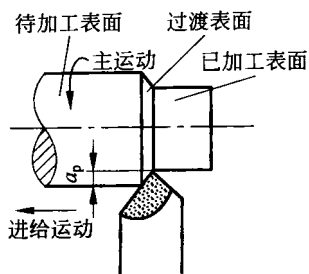


图 1-2 工件车削时形成的表面

- (1) 已加工表面：工件上经刀具切削后产生的表面。
- (2) 待加工表面：工件上有待切除的表面。
- (3) 过渡表面：工件上切削刀正在切削的那部分表面，它是待加工表面与已加工表面的连接表面。该表面的位置始终在待加工表面和已加工表面之间。

### 1.2.4 切削用量

切削用量是调整机床用的参数。切削速度  $v_c$ 、进给量  $f$  和背吃刀量  $a_p$  构成切削用量三要素。

#### 1. 切削速度 $v_c$

切削速度是指切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度，即在单位时间内工件和刀具沿主运动方向上相对移动的距离，用  $v_c$  表示，单位为  $m/s$  或  $m/min$ 。

若主运动为旋转运动，则

$$v_c = \pi dn / (1000 \times 60) \quad (m/s) \quad \text{或} \quad v_c = \pi dn / 1000 \quad (m/min)$$

式中： $d$ ——切削刃选定点处工件或刀具的直径， $mm$ ；

$n$ ——主运动工件或刀具的转速， $r/min$ 。

若主运动为直线运动，常取其平均速度：

$$v_c = 2Ln_r / (1000 \times 60) \quad (m/s) \quad \text{或} \quad v_c = 2Ln_r / 1000 \quad (m/min)$$

式中： $L$ ——直线运动行程长度， $mm$ ；

$n_r$ ——工件或刀具每分钟往复的次数， $str/min$ 。

#### 2. 进给量 $f$

进给量是指刀具在进给运动方向上相对于工件的移动量，可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表述和度量，用  $f$  表示，车、钻、镗和铣削时单位为  $mm/r$ ，刨、拉削时单位为  $mm/str$ 。习惯上把进给运动称为走刀运动，把进给量称为走刀量。

#### 3. 背吃刀量 $a_p$

背吃刀量又称切削深度，指在垂直于进给运动方向上测量的主切削刃切入工件的深度，用  $a_p$  表示，单位为  $mm$ 。

车削外圆时:

$$a_p = (d_w - d_m)/2$$

式中:  $d_w$ ——待加工表面的直径, mm;

$d_m$ ——已加工表面的直径, mm。

切削用量大小对切削过程的基本规律和生产率有很大的影响,加工时需按具体加工设备、工件材料与状态、加工精度和表面质量要求、所用刀具材料及加工系统各环节等不同情况进行合理选择,具体如表 1-2 所示。

表 1-2 粗车/精车选择车削用量的一般原则

切削要求	选择顺序	切削用量			说明
		$v_c$	$a_p$	$f$	
粗车	首选		✓		粗车加工余量大,应首选大的 $a_p$ 和 $f$ ,不宜选大的 $v_c$ ,以提高切除率和车刀耐用度。反之,若选大的 $v_c$ ,必然减少 $a_p$ ,增加进给次数,同时刀具耐用度降低,增加了磨刀次数,相应降低了生产效率
	次选			✓	
	后选	✓			
精车	首选	✓			精车加工余量较小,被切削层较薄,切削力小,为提高生产率,应首选大的 $v_c$ ,次选 $f$ ,再选 $a_p$
	次选			✓	
	后选		✓		

### 1.2.5 刀具几何角度

任何切削刀具,其参与切削的部分必须具有合理的几何结构才能进行有效的切削加工。这里以车刀为例作一简单的介绍,因为车刀在刀具中最具有代表性,其他很多刀具都可以看成是车刀的演变和派生形式。

车刀由切削部分(刀体)和夹持部分(刀柄)组成,如图 1-3 所示,这里着重研究的是前者。

#### 1. 车刀切削部分的构成要素

车刀切削部分的几何要素虽然很多,但主要可以归纳为“一点、二线、三面、四角”。所谓“一点”是指刀尖;“二线”指主、副切削刃;“三面”指前刀面、主后刀面和副后刀面;“四角”指前角、后角、主偏角和刃倾角。

##### 1) 几何表面

前刀面: 刀具上切屑流过的地方。

主后刀面: 刀具上与前刀面相交形成主切削刃的表面,该面与工件上的过渡表面相对。

副后刀面: 刀具上与前刀面相交形成副切削刃的表面,该面与工件上的已加工表面相对。

##### 2) 切削刃

切削刃即刀具上拟作切削用的刃。

主切削刃: 前刀面与主后刀面相交形成的切削刃,它担负着主要的切削工作。

副切削刃: 前刀面与副后刀面相交形成的切削刃,它担负着部分切削工作。

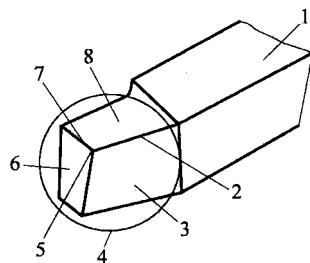


图 1-3 车刀的组成

- 1—刀柄; 2—主切削刃; 3—主后刀面;  
4—刀体; 5—刀尖; 6—副后刀面;  
7—副切削刃; 8—前刀面



### 3) 刀尖

刀尖指主切削刃与副切削刃的连接处相当少的一部分切削刃。它通常被磨成一小段圆弧形成修圆刀尖,或被磨成一小段直线形成倒角刀尖。

## 2. 车刀几何角度及作用

### 1) 车刀几何角度的参考平面

车刀的几何角度是指静态时在三维坐标中表现出的空间角度。为了确定其大小,需要建立由3个辅助平面构成的参考坐标系,该坐标系也是标注、刃磨和测量刀具角度的基准,它是由基面 $P_r$ 、主切削平面 $P_s$ 和正交平面 $P_o$ 构成,如图1-4所示。

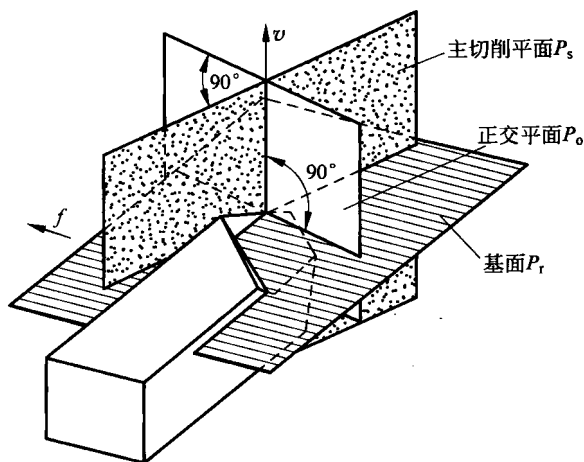


图1-4 车刀的3个辅助平面

(1) 基面 $P_r$ : 通过主切削刃上选定点并垂直于切削速度 $v$ 的平面,该平面平行于刀体底面。

(2) 切削平面 $P_s$ : 切削刃的切线与切削速度组成的平面。

(3) 正交平面 $P_o$ : 通过主切削刃选定点,同时垂直于该点基面和切削平面的平面。

通常情况下,在认识车刀角度时,往往都认为刀体底面水平放置,因此一般将基面 $P_r$ 选为水平面, $P_s$ 和 $P_o$ 均为铅垂面,3个平面构成相互垂直的空间关系。

### 2) 车刀的主要几何角度

以外圆车刀为例,其切削部分的主要角度如图1-5所示。

(1) 主偏角 $\kappa_r$ : 主切削刃与进给方向在基面上投影之间所夹的角度,总为正值。

(2) 副偏角 $\kappa_r'$ : 副切削刃与进给方向在基面上投影之间所夹的角度,总为正值。

(3) 刀尖角 $\epsilon_r$ : 主切削刃与副切削刃在基面上投影之间所夹的角度,即

$$\epsilon_r = 180^\circ - (\kappa_r + \kappa_r')$$

(4) 前角 $\gamma_o$ : 前刀面与基面之间的夹角,角度可正可负。

(5) 后角 $\alpha_o$ : 主后刀面与切削平面之间的夹角,角度可正可负。

(6) 刃倾角 $\lambda_s$ : 主切削刃与基面之间的夹角,角度可正可负。

### 3) 几何角度的选择

#### (1) 前角 $\gamma_o$ 的选择

前角是车刀切削部分的一个最主要的角度,车刀是否锋利主要取决于前角的大小。一