

曾获教育部第三届高等学校优秀教材一等奖
高等学校国家级教学成果二等奖



高等职业教育新形态一体化教材

机械制造技术基础

(第4版)

主编 司乃钧

高等教育出版社

教育部第三届高等学校优秀教材一等奖
交国家级教学成果二等奖



高等职业教育新形态一体化教材

机械制造技术基础

(第4版)

主编 司乃钧

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是在第三版的基础上,根据新的教学改革及课程要求修订而成的。

本书内容包括:金属切削加工基础知识、常用切削加工方法、典型表面加工、机床夹具、机械加工工艺规程设计、机械加工误差、机器装配工艺、结构工艺性、特种加工与数控加工等。各章附有思考题与作业题。

本书可作为普通高等工科院校和高职高专院校机械类、近机类专业学生的教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

本书曾获教育部第三届高等学校优秀教材一等奖,普通高等学校国家级教学成果二等奖。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础 / 司乃钧主编. --4 版. --北京:高等教育出版社,2017.6

ISBN 978-7-04-047821-1

I. ①机… II. ①司… III. ①机械制造工艺-高等学校-教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 115562 号

策划编辑 毛红斌 责任编辑 毛红斌 封面设计 张 志 版式设计 王艳红
插图绘制 杜晓丹 责任校对 陈 杨 责任印制 刘思涵

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	河北鹏盛贤印刷有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	17.5	版 次	1992 年 1 月第 1 版
字 数	430 千字		2017 年 6 月第 4 版
购书热线	010-58581118	印 次	2017 年 6 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	35.80 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 47821-00

第4版前言

为适应 21 世纪高等教育教学内容和课程体系改革的需要,根据机械类专业的培养目标和教学要求,对本书进行了新的修订。

修订时力求体现以下思想、原则和特点:

(1) 本课程属于机械类专业核心课程,通过本课程学习,使学生掌握或熟悉有关机械制造技术的基础知识、基础理论、基本技能和工程应用。

(2) 选取内容侧重于应用理论、应用技术、应用工艺,贯彻“以应用为目的,以掌握概念、强化实践能力、扩大知识面为教学重点,基础理论以必需、够用为度”的原则。

(3) 构建内容体系完整、充实,结构合理,理论性和实用性并举,力求做到重点突出,内容少而精,使教材清晰、形象,易于讲授和自学。

(4) 强调理论联系实际,注重对学生实践训练和技术创新能力的培养。

(5) 为帮助学生思考、复习和巩固所学知识,培养发现、分析和解决问题的能力,每章均附有思考题与作业题。

(6) 本书名词、术语、牌号、型号及物理量等均采用最新国家标准。

本课程实践性很强,学生学习前应具有一定的感性知识,因此应在工程训练(金工实习)后进行讲授。学生经过工程训练后,熟悉了各种主要切削加工方法的操作过程,所用设备、工具和夹具的基本原理和基本结构,并对毛坯和零件加工工艺过程有了一定的了解,在此基础上学习本书,才能达到本课程教学预期的目的和要求。

本书由哈尔滨理工大学司乃钧任主编,线恒录、宁秋丽任副主编,哈尔滨理工大学杨树财教授审阅。参加修订的有司乃钧(绪论,第一、二章)、线恒录(第三章)、宁秋丽(第四、九章)、于广(第五、六章)、吕焱(第七章)、屈丽(第八章)。司乃钧教授对全书进行了统稿和修改。

在本书的修订过程中,得到了有关院校、科研单位和工厂以及许德珠、田柏龄、金禧德、朱起凡等教授的帮助和指导。他们为本书的编写提供了有关资料,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大师生和读者批评指正。

编者

2017年3月

第3版前言

为满足21世纪我国高职高专教学需要,我们在调查研究和长期教学实践的基础上,对本书第二版进行了修订。

本次修订主要体现了以下特点:

1. 为我国高职高专的培养目标服务,教材内容侧重于应用理论、应用技术和加工工艺;强调理论联系实际,强调对学生的实践训练;贯彻以应用为目的,以掌握概念、强化能力、扩大知识面为教学重点,基础理论以必需、够用为度的原则。

2. 力求做到重点突出、少而精、深入浅出、通俗易懂,使教材清晰、形象,易于自学。

3. 对部分内容、插图进行了调整、删减或充实,增加了新技术、新工艺。

4. 为帮助学生复习、思考和巩固所学知识,培养分析和解决问题的能力,每章后面附有思考题与作业题。这些题目可供课堂讨论或布置课后作业时选用。

5. 考虑了与《金工实习》(金禧德主编)的分工和衔接,本着既要避免脱节,又要防止不必要的重复,力求在金工实习的基础上进行总结、归纳、加深、拓宽和提高。

6. 全书名词、术语、牌号、型号及物理量的单位等均采用最新国家标准和法定计量单位。

使用本书时,各校可根据专业特点、教学时数等具体情况,对其内容进行调整或增删。书中带“*”号的内容属于自学或选学或在金工实习中已讲授过的部分。

本课程实践性很强,学习本课程前应具有一定感性知识。因此,本课程应在金工实习(工程训练)后进行讲授,亦可实习与讲课穿插进行或将实习与课程内容结合起来教学。学生通过金工实习熟悉了各种主要机械加工方法的操作过程、所用设备和工具的基本原理和大致结构,并对毛坯或零件加工工艺过程有一定的了解。在此基础上学习本书,才能达到本课程教学的预期目的和要求。

本书由哈尔滨理工大学司乃钧教授、线恒录教授任主编,敖晓春任副主编,哈尔滨工业大学罗云霞教授、徐国义教授担任主审。参加编写的有司乃钧、线恒录(绪论、第二章),敖晓春(第七章),邓洪财(第一章),司杰(第四章、第五章),李晓东(第三章),林琦(第六章)。

本书由教育部高等学校工程专科金工课程建设委员会组织审稿通过。参加审稿会的有周大恂教授、张继世教授、王季琨教授、田柏龄教授、金禧德教授等。本书可作为高等职业学院、高等专科学校、成人高校以及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校机类、近机类专业的教材,也可供有关的工程技术人员参考。

与本书配套使用的教材有《机械工程材料》(吕焯、许德珠主编)、《热成形工艺基础》(司乃钧、王丽凤主编)、《金工实习》(金禧德主编)、《金工实验》(田柏龄主编)等。

在编写过程中得到了许德珠、吕焯、田柏龄、金禧德等老师以及有关学校、科研单位、工厂的帮助与指导,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中不妥之处在所难免,恳请广大师生批评指正。

编者

2008年9月

第2版前言

本书是在第一版基础上,根据高职高专发展的新形势以及教育部制订的《高等学校工程专科机械加工工艺基础教学基本要求(机械类专业适用)》修订而成的。与本书配套使用的教材有《金工实习》(金禧德主编)、《热加工工艺基础》(司乃钧主编)、《机械工程材料》(许德珠主编)和《金工实验》(田柏龄主编)等。

本次修订主要体现了以下特点:

1. 为我国高职高专的培养目标服务,教材内容侧重于应用理论、应用技术和加工工艺;强调理论联系实际,强调对学生的实践训练;贯彻以应用为目的,以掌握概念、强化应用、扩大知识面为教学重点,基础理论以必需、够用为度的原则。

2. 力求做到重点突出、少而精、深入浅出、通俗易懂,使教材清晰、形象,易于自学。

3. 对部分内容、插图进行了调整,增加了现代制造技术简介一章,删去了实验内容。

4. 为帮助学生复习、思考和巩固所学知识,培养分析和解决问题的能力,每章后面附有思考题与作业题。这些题目可供课堂讨论或布置课后作业时选用。

5. 考虑了与《金工实习》(金禧德主编)的分工和衔接,本着既要避免脱节,又要防止不必要的重复,力求在金工实习的基础上进行总结、归纳、加深、拓宽和提高。

6. 全书名词、术语、牌号、型号均采用最新国家标准和法定计量单位。

使用本书时,各校可根据专业特点、教学时数等具体情况,对其内容进行调整或增删。书中带“*”号的内容属于自学或选学或在金工实习中已讲授过的部分。

本课程实践性很强,学习本课程前应具有一定感性知识。因此,本课程应在金工实习后进行讲授,亦可实习和讲课穿插进行或将实习与讲课内容结合起来教学。

本书由哈尔滨理工大学工业技术学院司乃钧(绪论,第一章,第二章 § 2-1、§ 2-3)、线恒录(第二章 § 2-4、§ 2-6,第八章)、屈丽(第二章 § 2-2、第四章)、胡廷刚(第五章、第七章)、王延福(第六章)湖南工程学院张亮峰(第二章 § 2-5、第三章)共同编写。司乃钧教授任主编,屈丽副教授、张亮峰副教授任副主编。

本书由华北航天工业学院郭铁良教授担任主审,由教育部高等学校工程专科金工课程建设委员会组织审稿通过。参加审稿会的有周大恂教授、张继世教授、王季琨教授、田柏龄副教授、龚庆寿副教授等。本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校以及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校机类、近机类专业的教材,也可供有关的工程技术人员参考。

在编写过程中得到了许德珠、吕焯等老师以及有关学校、科研单位、工厂的帮助与指导,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中缺点、不妥之处,在所难免,恳请批评指正。

编者

1999年5月

第1版前言

本书是根据1991年国家教委审定批准的《高等学校工程专科金属工艺学课程教学基本要求》(机械类专业适用)中的“机械加工工艺基础课程教学基本要求”编写的教材。与本书配套使用的教材有《金工实习》(金禧德主编、王志海副主编,高等教育出版社出版)、《机械工程材料》(许德珠主编,高等教育出版社出版)和《热加工工艺基础》(司乃钧、许德珠主编,高等教育出版社出版)。

本书在编写时,在以下五方面作了一定努力和考虑:

(1) 紧密地为高等学校工程专科培养目标服务,侧重应用理论和应用技术,强调对学生实践训练,强调理论联系实际。基础理论的教学是以应用为目的,以必需、够用为度,以掌握概念、强化应用为教学重点。

(2) 为利于学生综合运用、归纳知识,提高分析和解决问题的能力,本教材适当地注意了技术经济的分析,并附有实验和习题。

(3) 力求做到重点突出、少而精、深入浅出、通俗易懂,使教材清晰、形象,易于自学。

(4) 考虑了与《金工实习》的分工和衔接,本着既要避免脱节,又要防止不必要的重复,力求在实习基础上进行总结、归纳和提高。

(5) 全书采用了最新国家标准和法定计量单位。

教学中应先进行实习后进行本课程讲课,亦可实习和讲课穿插进行。实习条件较差的学校,可将实习和讲课内容结合起来教学。使用本书时,可视各校具体情况,对其内容进行调整和增删。带“*”号内容属于自学,或选学,或在金工实习中已讲授过的部分。

每次课后应从习题中选择足够数量的作业题,其余部分的习题可作为课堂讨论题或课后思考题。

本书由哈尔滨机电专科学校司乃钧主编(绪论、第一、二、五~十二章、附录)。参加编写的有:西南交通大学成都分部张根先(第四章)和江南大学谢清(第三章)等同志。

本书由国家教委高等学校工程专科金属工艺学教材编审组组织审稿通过,并推荐作为高等学校工程专科机械类专业的教材。

本书由合肥联合大学王季琨教授和哈尔滨工业大学张学仁教授担任主审。参加审稿会的除主审外,还有东北水利水电专科学校康云武副教授、成都大学王孝达副教授、东北水利水电专科学校孙雅萍老师等。

在编写过程中,得到了哈尔滨机电专科学校王建国和屈丽、山东经济管理干部学院王旭东,北京机床研究所赵文启,以及有关院校、科研单位和工厂同志的指导和帮助,并提供了部分资料,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,编写时间仓促。因此,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

1991年11月

目 录

绪论	1	第一节 概述	143
第一章 金属切削加工基础知识	4	第二节 工件的定位	145
第一节 切削加工的基本概念	4	第三节 工件的夹紧	156
第二节 金属切削过程	11	第四节 车床、钻床和铣床夹具	163
第三节 零件的加工质量与检验	19	第五节 机床专用夹具设计的步骤和内容	168
第四节 提高加工质量与生产率的途径	26	思考题与作业题	170
第五节 基准与装夹	33	第六章 机械加工工艺规程设计	173
第六节 生产过程与生产类型	34	第一节 制订机械加工工艺规程的 步骤和内容	173
第七节 金属切削机床的分类与型号 的编制	37	第二节 工艺尺寸链	181
思考题与作业题	40	第三节 零件的结构工艺性	184
第二章 回转面加工	44	第四节 典型零件加工工艺过程分析	189
第一节 车削	44	思考题与作业题	198
第二节 钻削与镗削	58	第七章 机械加工误差	202
第三节 拉削	68	第一节 原始误差	202
第四节 磨削	70	第二节 加工误差的统计分析	205
第五节 光整加工	84	第三节 机械加工过程中的振动	210
第六节 回转面加工方法的选择	88	思考题与作业题	212
思考题与作业题	90	第八章 机器装配工艺	213
第三章 平面加工	95	第一节 概述	213
第一节 车削	95	第二节 装配方法	215
第二节 刨削、插削与拉削	96	第三节 装配工艺规程设计	216
第三节 铣削	101	第四节 零部件结构的装配和维修工艺性	218
第四节 磨削	113	思考题与作业题	221
第五节 光整加工	116	第九章 现代机械制造技术	222
第六节 平面加工方法的选择	117	第一节 特种加工技术	223
思考题与作业题	118	第二节 成组技术	234
第四章 螺纹与齿轮齿形加工	120	第三节 机器人技术	239
第一节 螺纹加工	120	第四节 数控加工技术	242
第二节 齿轮齿形加工	127	第五节 超精密加工技术	256
第三节 圆柱齿轮精整加工	136	第六节 柔性制造技术	260
第四节 齿形加工方案的选择	140	第七节 快速成形技术	264
思考题与作业题	140	思考题与作业题	267
第五章 机床夹具	143	主要参考文献	269

绪 论

随着国民经济的不断发展,各行各业都需要大量的机器、设备和交通运输工具等机械产品,这些产品都是由很多零件、部件装配而成的。要想装配出合格的产品,必须先加工出合格的零件。零件的加工方法很多,一般分为热加工和冷加工两大类。热加工亦称热成形,主要包括铸造、锻造、焊接和热处理等。现代精密铸造、精密锻造和粉末冶金技术已能够使一些零件在热加工后,不需再用切削加工方法进行加工就可达到较高的质量。但是,目前它们的应用范围还不小,一般铸造、锻造、焊接只能得到形状、尺寸比较粗糙的成品或半成品。机械中的大部分零件,特别是质量要求高的,还需要经过切削加工。因此,正确地进行切削加工,对保证零件质量、提高生产率和降低成本有着重要意义。

金属切削加工是使用切削刀具或磨具从工件上切去多余的材料,以获得几何形状、尺寸精度和表面粗糙度等都符合要求的零件的加工方法。切削加工是工件处于再结晶温度下进行的加工,属于冷加工。金属切削加工分为钳工加工和机械切削加工两大类。

钳工一般是人工手持工具进行切削加工的方法,主要包括锉削、锯削、刮削、錾削、研磨、铰孔、攻螺纹、套螺纹等。为减轻劳动强度和提提高生产率,目前钳工中的某些工作已逐渐被机械切削加工所代替,同时钳工工作也逐渐向机械化方向发展。钳工的主要优点是操作灵活方便,适应性强,所用工具、设备简单,所以在装配、修理等部门仍经常使用,在生产中(特别是在单件小批生产中)仍占有一定的地位。

机械切削加工是利用机械力作外力进行切削加工的方法。机械切削加工的方法很多,主要有车削、钻削、刨削、铣削、镗削、磨削和齿轮齿形加工等。在这些加工中所用的工艺技术和设备可分为传统的(常规的)和现代的两类。从目前我国经济实力和发发展情况看,传统工艺技术和设备在我国的应用仍然要持续一个相当长的时期,它们在制造业中仍将发挥相当重要的作用。因此,在逐步引入新技术、新工艺和新设备的同时,要设法用好、改造好现有的传统设备,使其充分发挥作用。

此外,传统技术(亦称常规技术)也是现代技术的基础,现代制造业中技术含量高的设备,基本上都是由传统技术和新技术两部分构成的。从总体上看,现代设备并未脱离传统设备的基本结构和成形原理,主要是控制系统、传动技术和测量技术变化较大。将传统技术与一种或多种新技术合理地进行组合,就可能构成另一种新技术。

“金属切削加工工艺”是在长期生产实践中发展起来的一门学科,是加工工艺经验的积累与结晶,我国的金属切削加工工艺发展史可远溯至史前。我国是世界上应用铜、铁最早的国家,早在4 000多年前就已开始使用铜,青铜器时代已经出现了金属切削加工的萌芽,在湖南衡阳出土的相当精致的东汉人字齿轮,说明在汉朝就有了金属机件,到了明朝已经出现了很多简单的切削加工设备,1668年曾使用直径近2丈(约6.6 m)的嵌片铣刀,由牲畜带动旋转,用来铣削天文仪

上的铜环,为提高精度,可将铣刀换下装上磨石,对大铜环进行磨削加工。

明朝宋应星所著《天工开物》一书,内有冶铁、铸钟、锻铁、淬火等各种金属加工方法,它是世界上有关金属加工工艺最早的科学著作之一,这充分反映了我国人民在金属加工工艺方面的卓越成就。

事实说明,我国古代在金属加工工艺方面的科学技术曾远远超过同时代的欧洲,在世界上占有过遥遥领先的地位,对世界文明和人类进步做出过巨大贡献。但是,由于封建制度的长期统治,自清朝末期以来我国的科学技术和生产水平长期处于停滞落后状态。只是到了20世纪50年代以后,我国的工业生产才得到了迅速发展,建立了机械制造、交通运输等许多现代化工业,为国民经济高速发展奠定了牢固基础。经过几十年建设,我国机械工业的制造技术、产品品种、数量、质量和经济效益都有了很大提高,有些产品已达到世界先进水平,机械产品不仅装备了国内各个部门,也进入了国际市场。

在取得上述成绩的同时,也应看到当前我国在机械产品的质量、技术水平、技术开发能力、劳动生产率、经济效益和管理水平等方面与工业发达国家相比,尚有差距,还不能适应国民经济发展的需要。生产实践证明,重视工艺教育,发展先进工艺技术,是发展我国现代机械制造业的重要基础。因此,我们必须重视和加速培养大批基础厚、专业宽、能力强和素质高的高级应用型机械工程技术人才,为机械工业自身科学技术的发展和加工工艺的研究做出积极贡献。

机械制造技术是指完成制造机械产品所使用的一系列技术的总称,即包括生产活动的各个方面和全过程。狭义解读机械制造技术则主要是指制造机械产品所使用的机械加工工艺、工艺装备和装配工艺。

机械制造技术是机械工程技术人员完成系统的工艺技术教育所必修的一门以工艺为主的综合性机械专业核心课。

本课程的教学目的和任务是使学生获得机械制造方法和工艺技术的基础知识,受到制造工艺实践的基本训练,为学习其他有关课程和将来从事生产技术工作准备好必要的基础。学习本课程应达到以下基本要求:

(1) 掌握机械加工工艺、机床夹具、机器装配的基本理论和基础知识,以及主要加工方法的基本原理、特点和应用范围。

(2) 熟悉制订机械加工工艺规程和装配工艺规程的基本知识。具有确定零件加工方法、制订典型零件机械加工工艺规程和设计机床专用夹具的初步能力。

(3) 具有综合运用工艺知识,分析零件切削加工与装配结构工艺性的初步能力。

(4) 熟悉影响加工质量、装配质量的因素,学会分析、提高加工质量的方法,建立产品质量与经济观念。

(5) 了解与本课程有关的新技术、新工艺和新设备及其发展趋势。

实验是培养学生独立工作能力和获得一定实验技能的重要教学环节。学生必须在教师和实验员的指导下自己动手做好实验,写出实验报告。

本课程的实践性、应用性和针对性都很强,为保证课程顺利进行,本课程应在金工实习后讲授。通过金工实习,在了解金属材料主要加工方法及其所用设备、附件、工具、刀具,并对主要切削加工工种具有一定基本操作技能的基础上进行课堂教学,将金工实习中所获得的比较零散的、片面的知识进行归纳、总结、拓宽、加深和应用,才能达到本课程预期的教学

目的和要求。

教学过程中应加强多媒体教学、现场教学和外厂参观,以扩展工艺知识面。有些工艺知识尚需在有关课程设计、毕业实习、毕业设计中反复练习、提高,才能较好地掌握和应用。

第一章 金属切削加工基础知识

金属切削加工的形式很多,但是它们在很多方面,例如切削时的运动、切削工具以及切削过程中的物理现象等,都有着共同的规律和现象。掌握这些规律和现象是学习各种切削加工方法的基础。同时,对于如何正确地进行切削加工,以保证零件质量,提高生产率和降低生产成本,也有着重要意义。

第一节 切削加工的基本概念

一、切削加工的运动分析及切削要素

1. 零件表面的形成与成形运动

各种机械零件的形状虽然各异,但从几何成形的角度来看,它们基本上都是由圆柱面、圆锥面、平面和成形面等组成的。因此,只要能对这几种表面进行加工,就能完成几乎所有机械零件的加工。

圆柱面和圆锥面是以直线为母线,以圆为运动轨迹作旋转运动时所形成的表面;平面是以一条直线为母线,以另一条直线为运动轨迹作平移运动时所形成的表面;成形面是以曲线为母线,以圆为运动轨迹作旋转运动时,或以直线为运动轨迹作平移运动时所形成的表面。

要加工出以上这些表面,就要求刀具与工件之间必须有一定的相对运动,即成形运动(切削运动)。成形运动包括主运动和进给运动,如图 1-1 所示。

主运动是指直接切除工件上的切削层,形成已加工表面所需的最基本运动。一般来讲,主运动是成形运动中速度最高、消耗功率最大的运动,机床的主运动只有一个。

进给运动是指不断地把切削层投入切削的运动,以加工出完整表面所需的运动。进给运动可能有一个或几个,通常运动速度较低,消耗功率较小。

主运动和进给运动可由工件或刀具完成,也可由工件和刀具共同完成。成形运动的形式有旋转的、平移的,有连续的、间歇的。

在每次切削中,工件上形成三种表面(图 1-2):待加工表面(工件上有待切除的表面);已加工表面(工件上经刀具切削后产生的表面);过渡表面或称加工表面(工件上由切削刃形成的那部分表面,它在下一切削行程中,刀具或工件的下一转里被切除,或由下一切削刃切除)。

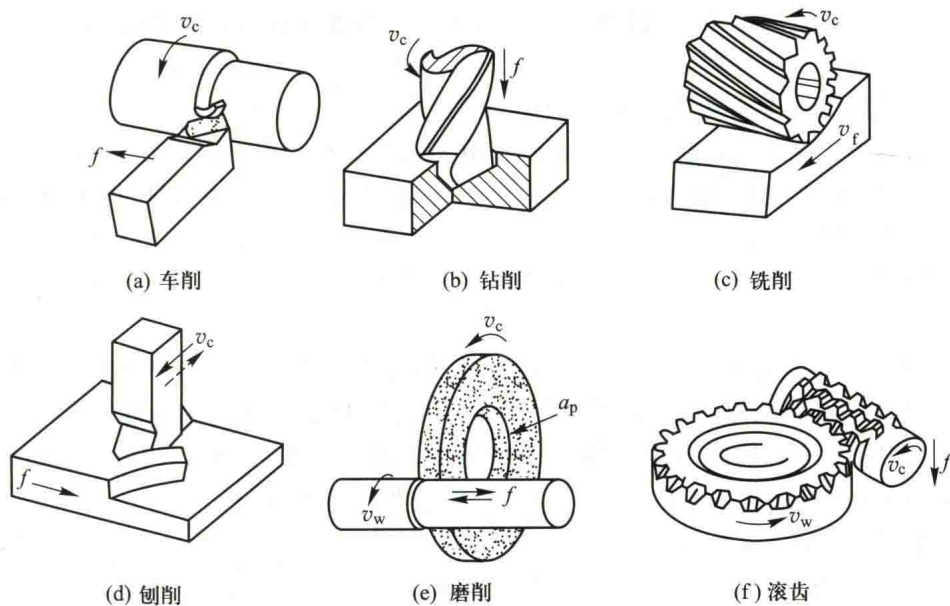


图 1-1 成形运动简图

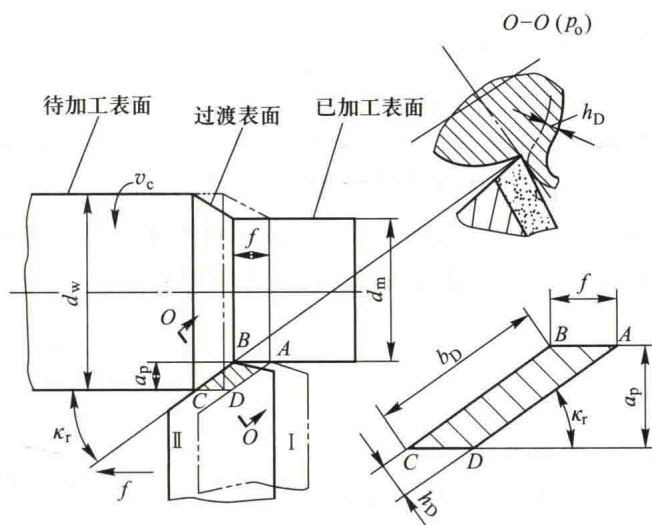


图 1-2 车削时的切削要素

2. 切削要素

(1) 切削用量要素 包括切削速度、进给量和吃刀量等三要素。

① 切削速度 v 。切削刃上选定点在主运动方向上相对于工件的瞬时速度，称为切削速度，即主运动速度，单位为 m/min 。若主运动为旋转运动，切削速度为其最大的线速度，即

$$v_c = \pi dn / 1000$$

式中： d ——待加工表面或刀具的最大直径， mm ；

n ——工件或刀具转数， r/min 。

若主运动为往复直线运动(如刨削、插削),则以其平均速度作为切削速度,即

$$v_c = 2Ln_r/1\ 000$$

式中: L ——刀具或工件作往复直线运动的行程长度,mm;

n_r ——刀具或工件每分钟往复次数,dstr/min(双行程/分)。

② 进给量 f 在进给运动方向上,刀具相对于工件的位移量称为进给量,可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表述和度量。车削时, f 为工件每转一转车刀沿进给运动方向移动的距离(mm/r);刨削时, f 为刨刀(或工件)每往复一次工件(或刨刀)沿进给运动方向移动的距离(mm/dstr)。

③ 吃刀量 a_p 每次走刀刀具切入工件的深度,称为吃刀量,俗称切削深度,单位为mm。背吃刀量 a_p 是指通过切削刃基点(一般是指主切削刃工作长度的中点),在垂直于工作平面①的方向上测量的吃刀量。车外圆时,背吃刀量等于待加工表面与已加工表面之间的垂直距离,单位为mm,即 $a_p = (d_w - d_m)/2$ (d_w 为待加工表面直径, d_m 为已加工表面直径)。

(2) 切削层尺寸要素 切削层是指刀具切过工件的一个单程,或指只产生一圈过渡表面的过程中,所切除的工件材料层。通过切削刃基点并垂直于该点主运动方向的平面,称为切削层尺寸平面(图1-2中ABCD截面)。各种切削加工的切削层参数可用典型的外圆纵车来说明。如图1-2所示,车削中工件转过一转,车刀由位置I移动到位置II时,车刀所切下的金属层即为切削层。

① 切削厚度 h_D 是指在切削层尺寸平面内,沿垂直于切削刃方向度量的切削层尺寸,单位为mm。如图1-2所示,车外圆时: $h_D = f \sin \kappa_r$ (κ_r 是刀具主偏角)。

② 切削宽度 b_D 是指在切削层尺寸平面内,沿切削刃方向度量的切削层尺寸,单位为mm,它代表切削刃的工作长度。如图1-2所示,车外圆时: $b_D = a_p / \sin \kappa_r$ 。

③ 切削面积 A_D 是指在给定瞬间,切削层在切削层尺寸平面里的实际横截面面积,单位为 mm^2 ,它代表刀具所受负荷的大小,由此可估算出切削力和切削功率。如图1-2所示,车外圆时: $A_D = h_D b_D = a_p f$ 。

二、刀具角度

切削刀具的种类很多,形状多种多样,但它们切削部分的结构要素和几何角度却存在着共性,都可看作是以外圆车刀切削部分为基本形状的演变和组合。各种复杂刀具或多齿刀具,就其一个刀齿而言,都相当于一把外圆车刀的刀头。外圆车刀是最基本、最典型的切削刀具。因此,研究切削刀具时,总是以车刀为基础。

1. 车刀的组成

车刀由刀头和刀杆组成(图1-3)。刀头担任切削,又称切削部分。车刀切削部分一般由三个刀面(前刀面、主后刀面、副后刀面)、两个切削刃(主切削刃、副切削刃)和一个刀尖构成。

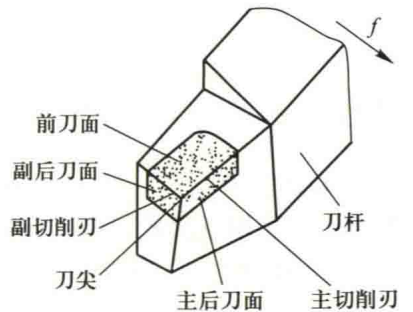


图1-3 车刀的组成

① 工作平面是指通过切削刃选定点,并同时包含主运动方向和进给运动方向的平面。

2. 辅助平面

为确定刀面和切削刃的空间位置,首先要建立由基面、切削平面和正交平面等三个互相垂直的辅助平面组成的刀具标注角度参考系(即正交平面参考系),如图 1-4 所示。以此参考系为基准,用角度值来反映各刀面和切削刃的空间位置。

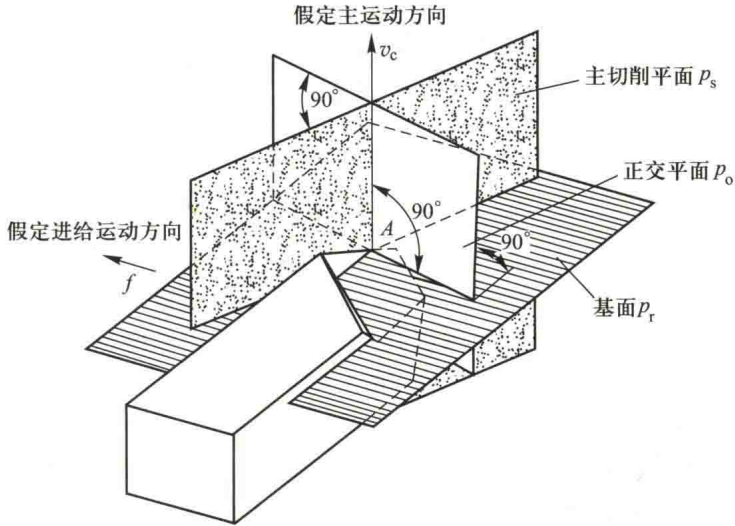


图 1-4 三个辅助平面的关系

(1) 基面 p_r 过切削刃上选定点 A , 垂直于假定主运动方向的平面, 称为基面, 用 p_r 表示。一般基面应平行或垂直于刀具上便于制造、刃磨和测量的某一安装定位平面或轴线。例如, 普通车刀、刨刀的基面平行于刀具底面; 钻头、铣刀和丝锥等旋转类刀具, 其基面是刀具的轴向剖面。

(2) 主切削平面 p_s 过主切削刃上选定点 A 与主切削刃相切(与工件过渡表面相切), 并垂直于基面的平面, 称为主切削平面, 用 p_s 表示。

(3) 副切削平面 p'_s 过副切削刃上选定点与副切削刃相切, 并垂直于基面的平面, 称为副切削平面, 用 p'_s 表示。

(4) 正交平面 p_o 过切削刃上选定点 A , 并同时垂直于基面和切削平面的平面, 称为正交平面, 用 p_o 表示(俗称主剖面)。

3. 车刀的标注角度

标注角度是指在刀具图样上标注的角度, 它是刀具制造、刃磨时的依据。车刀的主要标注角度有以下五个, 如图 1-5 所示。

(1) 前角 γ 。在正交平面中测量, 是刀具前刀面与基面之间的夹角。它表示刀具前刀面的倾斜程度, 根据刀具前刀面与基面相对位置的不同, 前角有正、负和零值之分。

(2) 主后角 α 。在正交平面中测量, 是刀具主后刀面与主切削平面之间的夹角。它表示刀具主后刀面的倾斜程度, 主后角一般为正值。

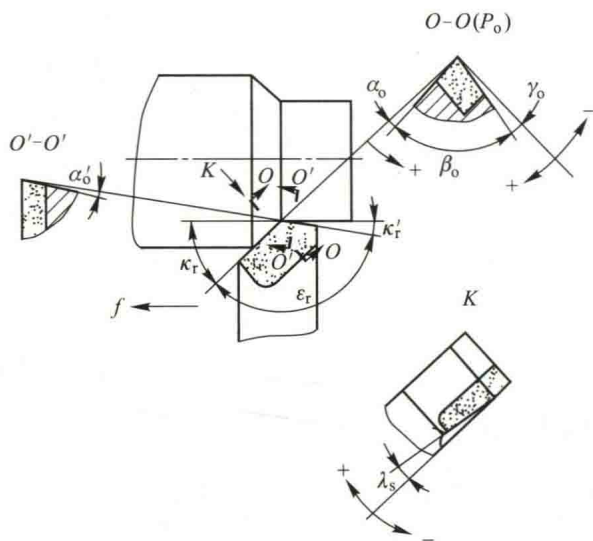


图 1-5 车刀的主要标注角度

(3) 主偏角 κ_r 在基面中测量, 是主切削平面与假定工作平面^①之间的夹角, 即主切削刃在基面上的投影与进给运动方向之间的夹角。主偏角一般为正值。

(4) 副偏角 κ'_r 在基面中测量, 是副切削平面与假定工作平面之间的夹角, 即副切削刃在基面上的投影与进给运动反方向之间的夹角。副偏角一般为正值。

(5) 刃倾角 λ_s 在主切削平面中测量, 是主切削刃与基面之间的夹角。当主切削刃呈水平时, $\lambda_s = 0^\circ$ (图 1-6b); 刃尖为主切削刃上最低点时, λ_s 为负值 (图 1-6a); 刃尖为主切削刃上最高点时, λ_s 为正值 (图 1-6c)。

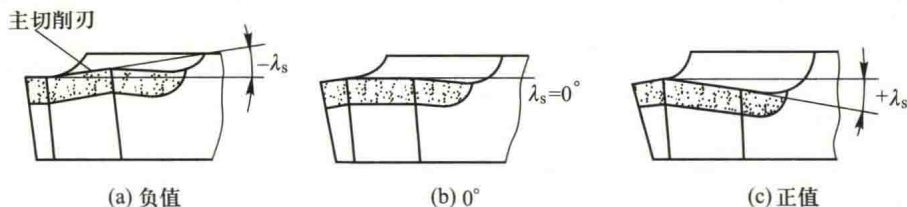


图 1-6 刃倾角的正与负

上述标注角度是在车刀刀尖与工件回转轴线等高, 刀杆纵向轴线垂直于进给方向, 以及不考虑进给运动的影响等条件下确定的。实际切削时, 由于刀具装夹位置和进给运动的影响, 确定标注角度的条件可能改变, 辅助平面位置将发生变化, 导致刀具实际切削时的角度值与标注角度值不同。以切削时实际辅助平面位置所确定的刀具角度, 称为工作角度或实际角度。

以上研究的是外圆车刀的角度。对于其他种类的刀具, 就其切削部分而言, 都可看成是由简单的车刀组成的。如图 1-7 所示, 铣刀和扩孔钻的每个刀齿都相当于一把车刀。

^① 假定工作平面是指通过切削刃选定点, 并垂直于基面的平面。一般来说, 其方位要平行于假定的进给运动方向。

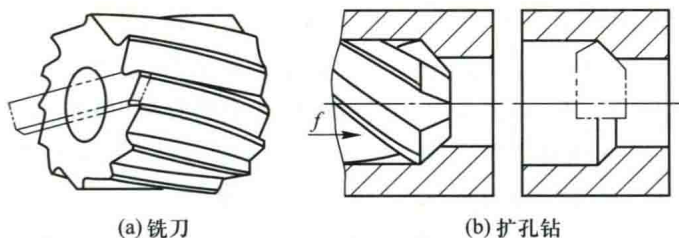


图 1-7 铣刀、扩孔钻切削部分的形状

三、刀具材料的选用

1. 对刀具切削部分材料的基本要求

切削部分的材料在切削时要承受高压、高温、摩擦、冲击和振动,因此应具备以下性能:

- (1) 高的硬度 刀具材料的硬度必须高于工件材料的硬度,刀具材料的室温硬度一般要求在 60 HRC 以上。
- (2) 高的耐磨性 耐磨性高,抗磨损能力强。一般刀具材料硬度越高,耐磨性越好。
- (3) 高的热硬性 即在高温下仍能保持较高硬度的性能。一般用热硬性温度表示,热硬性温度是指能保持刀具切削性能所允许的最高温度。热硬性温度越高,刀具材料所允许的切削温度越高。
- (4) 足够的强度和韧性 是为了承受切削力的反力、冲击和振动,以防刀具脆性断裂和崩刃。

(5) 较好的工艺性 为便于制造刀具,其材料应具有较好的工艺性,如锻造性、焊接性、切削加工性和热处理性等。

2. 常用刀具材料的性能与应用

(1) 碳素工具钢 淬火后硬度为 61~65 HRC,热硬性差,在 200~250 ℃ 时即失去原有硬度,淬火后易变形和开裂。常用作低速($v_c < 8$ m/min)、简单的手工工具,如锉刀、刮刀、手用锯条等。常用牌号为 T10A、T12A 等。

(2) 合金工具钢 淬火后硬度为 60~65 HRC,热硬性温度为 300~350 ℃,热处理变形小、淬透性好。用于制造丝锥、板牙、铰刀等形状较为复杂、切削速度不高的刀具($v_c < 10$ m/min)。常用牌号有 CrWMn、9SiCr 等。

(3) 高速工具钢 又称锋钢、白钢。淬火后硬度为 62~67 HRC,热硬性温度为 550~600 ℃,抗弯强度和韧性较高,易磨出锋利的刀刃,热处理变形小。常用于制造形状复杂的刀具,如钻头、铣刀、拉刀、齿轮刀具等,允许的切削速度一般为 $v_c < 30$ m/min。常用牌号有 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2。

(4) 硬质合金 硬度为 89~93 HRA(相当于 74~82 HRC),热硬性温度为 850~1 000 ℃,允许的切削速度为 100~300 m/min。其抗弯强度和韧性比高速工具钢低,工艺性也不如高速工具钢。硬质合金一般制成各种形式的刀片,焊接或夹固在刀体上使用,很少制成整体刀具。

根据 GB/T 2075—2007 和 GB/T 18376.1—2008 的规定,切削加工用的硬质合金按被加工材料不同,分为六个类别(见表 1-1),每个类别用一个大写字母和一个识别颜色表示,即 P 类蓝