



机电类**新技师**培养规划教材

金属切削原理与刀具

JINSHU QIEXIAO YUANLI
YU DAOJU

中国机械工业教育协会

组编

全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

王启仲 主编

赠送电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机电类新技师培养规划教材

金属切削原理与刀具

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会 组编
王启仲 主编

机械工业出版社

本套教材是根据中国机械工业教育协会、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织制定的技师教学计划和教学大纲编写的。本教材的主要内容包括：金属切削基础知识，金属切削过程的基本规律，切削基本理论的应用，刀具材料，车刀及成形车刀，钻头，扩孔钻、铰钻、镗刀、铰刀及复合孔刀具，拉刀，铣刀，螺纹刀具，切齿刀具，砂轮与磨削，涂层刀具和自动化生产刀具。

本套教材的教学计划和大纲是依据《国家职业标准》中对技师的要求制定的，内容立足岗位，以必需、够用为度，符合职业教育的特点和规律。本教材配有教学计划和大纲、电子教案，部分教材还有多媒体课件和习题及其解答，可供高级技校、技师学院、高等职业院校等教育培训机构使用。

图书在版编目(CIP)数据

金属切削原理与刀具/王启仲主编. —北京：机械工业出版社，2008.4

机电类新技师培养规划教材

ISBN 978-7-111-23530-9

I. 金… II. 王… III. ①金属切削—技术培训—教材
②刀具(金属切削)—技术培训—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 023683 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 王晓洁 责任编辑：王晓洁

责任校对：刘志文 封面设计：王伟光

责任印制：洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.5 印张·382 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-23530-9

0001—4000 册

定价：27.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010)68326294

购书热线电话：(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010)88379761

封面无防伪标均为盗版

机电类新技师培养规划教材 编审委员会

主任 郝广发 季连海

副主任 刘亚琴 徐 彤 周学奎 何阳春 林爱平 李长江 付志达
 李晓庆 王 军 赵杰士 李 涛 刘大力 张跃英 董桂桥

委员 于正明 王 德 王兆山 王英杰 冯小平 李全利 许炳鑫
 张正明 杨君伟 何月秋 何秉戌 周冠生 孟广斌 郝晶卉
 贾恒旦 徐卫东 凌爱林 奚 蒙 章振周 梁文侠 喻勋良
 曾燕燕

策划组 王英杰 徐 彤 何月秋 荆宏智

本书主编 王启仲

本书参编 张贤武

本书主审 魏立仲

本书参审 徐卫东 卓 军 鲍双杰

前 言

随着全球知识经济的快速发展,我国工业化建设也呈现迅猛发展之势,因而技术工人十分缺乏。为了顺应形势的发展要求,我国出台了一系列大力发展职业教育的政策:劳动和社会保障部颁布了最新《国家职业标准》,继续实行职业准入制度,并将国家职业资格由三级(初、中、高)改为五级(初、中、高、技师、高级技师),对技术工人的工作内容、技能要求和相关知识进行了重新界定。教育部根据国务院“大力开展职业教育”的精神进行了职业教育的改革,高职学院、中职学校相应地改制、扩招,以培养更多的技术工人。

经过几年的努力,技术工人在数量上的矛盾在一定程度上得到缓解,但在结构比例上的矛盾突显出来。高级工、技师、高级技师等高技能人才在技术工人中的比重远远低于发达国家,而且他们年龄普遍偏大,文化程度偏低,学习高新技能比较困难。为打破这一局面,加快数量充足、结构合理、素质优良的技术技能型、复合技能型和知识技能型高技能人才的培养,劳动和社会保障部提出的“新技师培养带动计划”,即在完成“3年50万”新技师培养计划的基础上,力争“十一·五”期间在全国培养技师和高级技师190万名,培养高级技工700万名,使我国从“世界制造业大国”逐步转变为“世界制造业强国”。为此,劳动和社会保障部决定:除在企业中培养和评聘技师外,要探索出一条在技师学院中培养技师的道路来。中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会经研究决定,制定机电行业的技师培养方案。

在上述原则的指导下,中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织30多所高级技校、技师学院和企业培训中心等单位,经过广泛的调研论证,决定首批选定五个工种(职业)——模具工、机修钳工、电气维修工、焊工、数控机床操作工作为在技师学院培养技师的试点。对学制、培养目标、教学原则、专业设置、教学计划、教学大纲、课程设置、学时安排、教材定位、编写方式等,参照《国家职业标准》中相关工种对技师和高级技师的要求,结合各校、各地区企业的实际,经过历时三年的充分论证,完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作,并明确了教材编写的思想。

使用本套“机电类新技师培养规划教材”在技师学院培养技师,招收的学员必须符合的条件是:已取得高级职业资格(国家职业资格三级)的高级技校的毕业生,或具有高级职业资格证书的本职业或相近职业的人员。本套教材的编写充分体现“教、学、做”合一的职教办学原则,其特点如下:

(1) 教材内容新,贴合岗位实际,满足职业鉴定要求。当今国际经济大格局的进程加快了各类型企业的先进加工技术、先进设备和新材料的使用,作为技师必须适应这种要求,教材中也相应增加了新知识、新技术、新工艺、新设备等方面的内容。另外,教材的内容以《国家职业标准》中对技师和高级技师的知识技能要求为基础,设置的实训项目或实例从岗位的实际需要出发,是生产实践中的综合性、典型性的技术问题,既最大限度地体现学以致

用的目的,又满足学生毕业考工取得职业资格证书的需要。

(2) 针对每个工种(职业),均编写一本《相关工种技能训练》。随着全球化进程的加快,我国的生产力发展水平和职业资格体系应与国际相适应,因此,技师应该是具有高超操作技能的复合型人才。例如,模具工技师不应仅是模具工方面的行家里手,还应懂得车、铣、数控、磨、刨、镗和线切割、电火花等加工,以适应现代制造业的发展趋势,故此《相关工种技能训练(模具工)》中,就包含上述内容。其他工种与此类似。

(3) 理论和技能有机结合。劳动和社会保障部颁布的“新技师培养带动计划”中明确指出“建立校企合作培养高技能人才”的制度,现在许多技师学院从企业中聘请具有丰富实践经验的工程技术人员作为技能课教师,各专题理论与实践融合在一起的编写方式,更适于这种教学制度。

(4) 单独编写了两本公共课教材——《实用数学》和《应用文写作》。新时代对技师的要求不仅是技术技能型人才,还应是知识技能型甚至是复合技能型的高技能人才,有一定的数学理论基础和写作能力是新技师必备的素质。《实用数学》运用微积分知识分析解决生产中的实际问题,少推理,重应用;《应用文写作》除介绍、普通事务文书、经济文书、法律文书、日常事务文书的写法外,还教授科技文书的写法,其中科技论文的写法对于技师论文的写作会有很大裨益。

(5) 本套教材配有电子教案。电子教案包括教学计划、教学大纲、每章的培训目标、内容简介、重点难点,教师上课的板书,本章小结、配套习题及答案等。

(6) 练习题是国家题库及各地鉴定考题的综合归纳和提升。

本套教材的编写得到了各技师学院、高级技工学校领导的高度重视和大力支持,编写人员都是职业教育教学一线的优秀教师,保障了这套教材的质量。在此;对为这套教材出版给予帮助和支持的所有学校、领导、老师表示衷心的感谢!

本书由王启仲统稿并任主编,张贤武参加编写,魏立仲任主审,徐卫东、卓军、鲍双杰参审。

由于编写时间和编者水平所限,书中难免存在不足或错误,敬请广大读者不吝赐教!

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

目 录

前言	
绪论	1
第一章 金属切削基础知识	5
第一节 金属切削的基本概念	5
一、切削运动、加工表面和切削用量	5
二、切削时间 t_m 与材料切除率 Q	7
三、合成切削运动与合成切削速度	7
第二节 刀具切削部分的基本定义	8
一、刀具的组成	8
二、刀具角度参考系	9
三、刀具角度定义	10
第三节 车刀图示与角度标注方法	14
一、直头外圆车刀	14
二、90°外圆车刀	14
三、45°弯头车刀	14
四、切断刀	15
五、倒角刀尖、倒棱的参数	16
第四节 刀具的工作角度	17
一、刀具工作参考系及工作角度	17
二、刀具安装对工作角度的影响	18
三、进给运动对工作角度的影响	18
第五节 切削层与切削方式	20
一、切削层参数	20
二、切削方式	22
复习思考题	22
第二章 金属切削过程的基本规律	24
第一节 切削变形	24
一、切削变形的原理	24
二、影响切削变形的主要因素	25
第二节 切屑种类	27
一、带状切屑	27
二、节状切屑	27
三、单元切屑	27
四、崩碎切屑	27
第三节 积屑瘤	28
一、积屑瘤的形成	28
二、积屑瘤对加工过程的影响	28
三、积屑瘤的控制	28
第四节 切削力和切削功率	29
一、切削力	29
二、切削功率	31
第五节 切削热与切削温度	32
一、切削热	32
二、切削温度	32
三、刀具磨损和刀具寿命	33
复习思考题	35
第三章 切削基本理论的应用	37
第一节 切屑的控制	37
一、切屑流向	37
二、切屑的卷曲和折断	37
三、切屑形状的分类	41
第二节 工件材料切削加工性的改善	42
一、材料切削加工性指标	42
二、改善材料切削加工性的途径	44
第三节 难加工材料的加工	45
一、各种难加工材料的加工性	45
二、难切削材料切削技术的新发展	48
第四节 切削液的合理选择	48
一、切削液的作用	49
二、切削液的添加剂	49
三、切削液的种类和选用	49
第五节 提高已加工表面质量	51
一、已加工表面的形成	51
二、已加工表面的表面粗糙度	51
三、表面加工硬化和残余应力	54
第六节 刀具几何参数的合理选择	54
一、前面、前角	54
二、后角	55

三、主偏角、过渡刃	56	第三节 机夹车刀与可转位车刀	78
四、副偏角、修光刃	57	一、机夹车刀	78
五、副后角、刃带	57	二、可转位车刀	78
六、刃倾角	57	第四节 成形车刀	81
七、刀具几何参数选择举例	58	一、成形车刀的种类与用途	81
第七节 切削用量的合理选择	59	二、成形车刀的几何角度	82
一、粗加工切削用量的选择	59	三、成形车刀的廓形设计	85
二、半精加工、精加工切削余量的 选择	60	四、成形车刀的结构设计	89
第八节 超高速切削简介	62	五、成形车刀的技术条件	91
一、超高速切削的切削速度	62	六、成形车刀的安装及修磨	91
二、超高速切削的特点	62	七、棱形成形车刀设计举例	92
三、超高速切削刀具	63	复习思考题	96
复习思考题	63	第六章 钻头	97
第四章 刀具材料	64	第一节 钻削的方法及其特点	98
第一节 概述	64	一、钻削的方法	99
一、刀具材料的性能	64	二、钻头的装夹	100
二、刀具材料的类型	64	三、钻削用量及选择	102
第二节 高速钢	65	四、钻削过程特点	103
一、高速钢刀具材料的性能	65	第二节 麻花钻及其修磨	104
二、高速钢刀具材料的种类和特点	65	一、标准麻花钻的结构	104
第三节 硬质合金	68	二、麻花钻的修磨	107
一、碳化钨基硬质合金	68	三、群钻	110
二、碳(氮)化钛基硬质合金	70	第三节 硬质合金钻	112
三、超细晶粒硬质合金	70	第四节 深孔钻	113
第四节 陶瓷	70	一、深孔加工的难点	113
一、陶瓷刀具的特性	70	二、深孔加工刀具必须解决的问题	113
二、陶瓷刀具的制备	71	三、几种典型的深孔加工刀具	113
三、陶瓷刀具的种类	71	复习思考题	118
第五节 超硬刀具材料	71	第七章 扩孔钻、铰钻、镗刀、铰刀 及复合孔刀具	119
一、金刚石	72	第一节 扩孔钻和铰钻	119
二、立方氮化硼	73	一、扩孔钻	119
复习思考题	74	二、铰钻	120
第五章 车刀及成形车刀	75	第二节 镗刀	120
第一节 车刀的类型	75	一、单刃镗刀	120
第二节 焊接车刀	76	二、双刃镗刀	121
一、硬质合金焊刀片的选择	76	第三节 铰刀	122
二、常用车刀刀柄形式及尺寸	76	一、铰刀的种类与用途	122
三、车刀刀片的焊接工艺	78	二、圆柱机用铰刀设计	123

三、先进铰刀	128	六、模具铣刀	159
四、铰刀的合理使用	129	七、硬质合金面铣刀	160
五、带导向硬质合金铰刀设计举例	129	第三节 尖齿铣刀的改进途径	161
第四节 复合孔加工刀具	131	一、减少铣刀齿数,增大容屑空间	161
一、正确选择复合程度和形式	131	二、增大铣刀螺旋角	161
二、复合孔加工刀具的结构形式	132	三、改变切削刃形状	161
三、强度和刚性	132	四、小直径尖齿铣刀硬质合金化	162
四、排屑、分屑和断屑	133	五、可转位铣刀模块化	162
五、切削用量的合理选择	133	第四节 铲齿成形铣刀	163
复习思考题	134	一、铲齿成形铣刀的铲齿过程	163
第八章 拉刀	136	二、铲齿成形铣刀的结构参数	164
第一节 拉刀的种类与用途	136	三、铲齿成形铣刀设计举例	166
一、按被加工表面部位分类	137	第五节 铣刀的重磨	170
二、按拉刀结构分类	138	复习思考题	170
三、按受力方式分类	138	第十章 螺纹刀具	171
第二节 拉刀的组成与拉削方式	140	第一节 丝锥	171
一、拉刀的结构	140	一、丝锥的结构与几何参数	171
二、拉削方式	140	二、丝锥的特点与应用范围	174
第三节 组合式圆拉刀设计	142	三、螺母丝锥	178
一、工作部分设计	142	四、拉削丝锥	178
二、非工作部分设计	146	五、挤压丝锥	179
三、拉刀强度验算	147	第二节 其他螺纹刀具	180
四、拉刀技术条件的制订	147	一、板牙	180
五、组合式圆拉刀设计举例	148	二、板牙头	180
第四节 拉刀的合理使用	151	三、螺纹滚压工具	181
一、防止拉刀的断裂及刀齿损坏	151	复习思考题	183
二、消除拉削表面缺陷	151	第十一章 切齿刀具	184
三、提高拉刀重磨质量	151	第一节 切齿刀具的分类	184
复习思考题	152	一、成形法切齿刀具	184
第九章 铣刀	153	二、展成法切齿刀具	184
第一节 铣刀的几何参数及铣削方式	154	第二节 齿轮铣刀	186
一、铣刀的几何参数	154	第三节 插齿刀	188
二、铣削方式	155	一、插齿刀的工作原理与特点	188
第二节 常用铣刀的结构特点与应用	157	二、插齿刀的结构	188
一、圆柱形铣刀	157	三、插齿刀的合理选用	189
二、立铣刀	157	第四节 齿轮滚刀	189
三、键槽铣刀	157	一、齿轮滚刀的工作原理	189
四、三面刃铣刀	158	二、齿轮滚刀的设计	190
五、角度铣刀	158	三、阿基米德滚刀的设计	192

四、其他齿轮滚刀简介	201	四、砂带磨削	214
五、齿轮滚刀的选用	201	复习思考题	215
第五节 蜗轮滚刀与飞刀	203	第十三章 涂层刀具	216
一、蜗轮滚刀的工作原理与进给方式	203	第一节 涂层方法	216
二、蜗轮滚刀的结构特点	203	第二节 涂层材料、基体材料、涂层方式、 涂层厚度和涂层颜色	217
三、蜗轮飞刀的特点	204	一、涂层材料	217
复习思考题	204	二、基体材料	218
第十二章 砂轮与磨削	205	三、涂层方式	218
第一节 砂轮	205	四、涂层厚度	219
一、砂轮的特性要素	205	五、涂层颜色	219
二、砂轮的形状、尺寸和标志	207	第三节 涂层刀具	220
三、SG 砂轮	208	复习思考题	220
四、人造金刚石砂轮与立方氮化硼 砂轮	208	第十四章 自动化生产用刀具	221
第二节 磨削过程与砂轮的磨损	209	第一节 自动化生产用刀具的特殊要求	221
一、磨削过程	209	第二节 刀具快速更换、自动更换和尺寸 预调	222
二、砂轮的磨损与修整	210	一、刀具快速更换和自动更换	222
第三节 磨削表面质量	211	二、刀具尺寸预调	223
一、表面粗糙度	211	第三节 数控刀具工具系统	225
二、表面烧伤	211	一、数控车削加工刀具的工具系统	225
三、表层残余应力	212	二、数控镗铣削加工刀具的工具系统	230
第四节 先进磨削方法	213	复习思考题	237
一、高速磨削	213	参考文献	238
二、深切缓进磨削	213		
三、超精密磨削与镜面磨削	213		

绪 论

切削加工是机械制造业中最基本的方法，它是利用刀具切除被加工工件上多余材料的方法。从而使加工尺寸、形状、位置、表面质量等均符合工程要求。可以说金属切削加工精度的高低是一个国家机械制造业水平的标志之一。

虽然由于热加工工艺的不断改进，毛坯的精度日益提高，少、无切屑加工工艺(如精铸、精锻、冷挤等)的出现，在一定范围内部分取代了切削加工。但是，各种机械零件的形状愈来愈多样和复杂，尺寸精度和表面质量有高有低，因此多数机械零件仍需进行切削加工。今天，金属切削加工已形成是一个非常庞大的部门。例如，目前机械制造中所用工作母机有80%~90%为金属切削机床；日本、美国近年来每年消耗在切削加工方面的费用分别达到一万亿日元和一千亿美元。

“工欲善其事，必先利其器”，“磨刀不误砍柴工”。自古以来人们就很重视工具的设计、制造和使用(见图0-1、图0-2)。从近几年机械制造工艺的发展来看，切削加工方法在相当长的历史时期内也仍占有重要的地位。

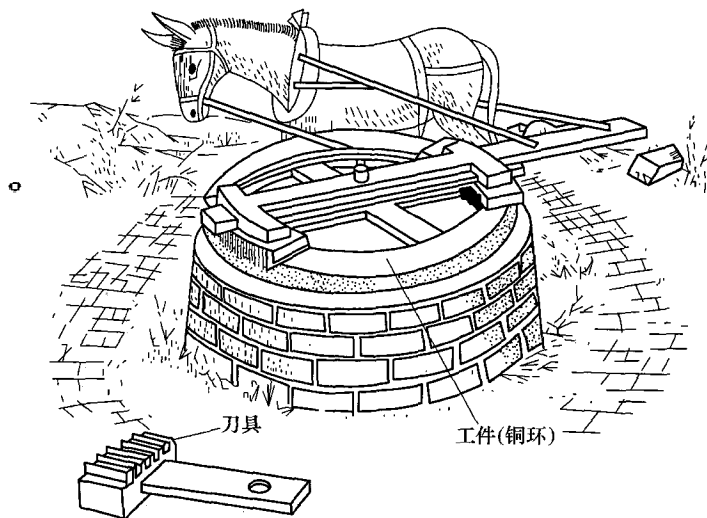


图0-1 1668年的畜力铣磨机

古代，我国在切削加工方面早有研究并有着光辉的成就。早在商周时代(公元前1122~公元前249年)，我国青铜工具的制造已经达到很高的水平。春秋战国时期，我国已能制造铁质工具，而且掌握了表面处理技术。现存最早的春秋中晚期的工程技术著作《考工记》介绍了木工、金工等三十个专业技术知识，书云“材美工巧”是制造良器的必要条件。明代张自烈所著《正字通》中，总结了前人的经验，对切削过程中“刀”、“刃”、“切”、“挤”的不同作用都作了明确的定义。指出：“刀为体，刃为用，利而后能截物，古谓之芒”。说明我国古代劳动人民对于刀具切削作用原理已有了一些朴素的唯物辩证的认识。从历年来出

土的文物和历史资料可以看出,我国在金属切削加工方面有着悠久的历史 and 辉煌的成就。中国古代对切削加工的实践和认识两个方面,都曾达到相当高的水平。

近代,由于封建制度的腐败落后和帝国主义的掠夺,我国机械工业非常落后。我国的科学技术的发展受到严重阻碍,金属切削加工技术也处于落后状态。到新中国成立前,除了少数机器修配厂外,根本没有自己的机床、工具制造业,所需刀具大部分依靠进口。

建国后,社会主义经济建设中的各个方面都有了突飞猛进的发展。我国切削加工技术得到飞速发展。研究所、大专院校、工厂等之间的配合协作,不断生产出新型的刀具材料及各类标准的复杂刀具等。

随着机械制造工业力量的不断扩大,在全国建立了很多工具厂、量具刀具厂,部分工厂也有工具车间,为机械产品提供了大量的高效、精密工具,使我国各种刀具基本上做到自给,有些刀具还能批量出口。

总的来说,无论在刀具材料、刀具结构、刀具几何参数、加工工艺、科研和人才培养等方面,我国都取得长足的进步和发展。

切削加工技术未来的发展方向可概括为以下几个方面:

1) 各种材料的刀具构成比例将发生显著变化。近年来,通用的刀具材料仍以高速钢和硬质合金为主,但硬质合金刀具的比例将越来越大。在硬质合金刀具结构中,可转位式刀具所占的比重将有很大增长。可以说,正是由于出现了可转位刀具技术,硬质合金刀具才有可能更快地成为广泛应用的通用刀具。硬质合金已成为通用的主要刀具材料,硬质合金刀具的产值将逐年提高。今后几年涂层硬质合金将迅速发展,涂层后不仅能提高刀具的寿命,更重要的是增加了刀具性能的稳定性,扩大了硬质合金的通用性。涂层刀具的这些优点,特别适合应用于数控机床。随着难加工材料使用的增多和数控机床数量的增加,将越来越多地采用超硬材料制造刀具,例如陶瓷刀具的使用量将增加。陶瓷刀具已逐渐突破精车和半精车铸铁和脆性材料的使用范围,能以大切削量车削耐磨合金铸铁和合金钢的零件,且日益扩大在铣削中的应用。人造金刚石和立方氮化硼作为刀具材料的使用也日益增多。

2) 随着数控机床应用数量的增加,适应于自动化加工设备上的刀具将迅速发展。为了适应数控机床的柔性及自动换刀等要求,尽可能缩短辅助时间,必须使刀具与机床复合为一个完整体,从而提出了多功能刀具系统的要求。刀具实际上将由简单的一个零部件发展成为一个整台的“切削装置”。例如,瑞典 SANDVIK 公司研制出数控车床模块化刀具系统(BTS)。它是将各种不同的刀具切头用专门的连接件固定在统一的刀夹上,只需要变换刀头部分,便可广泛进行车、钻及车螺纹等多种加工。加工一个零件可节约换刀时间,机床的有效利用率相应提高 60%~75%。另外,德国的 KRUPPWIDIA 公司、HERTEL 公司等都有数

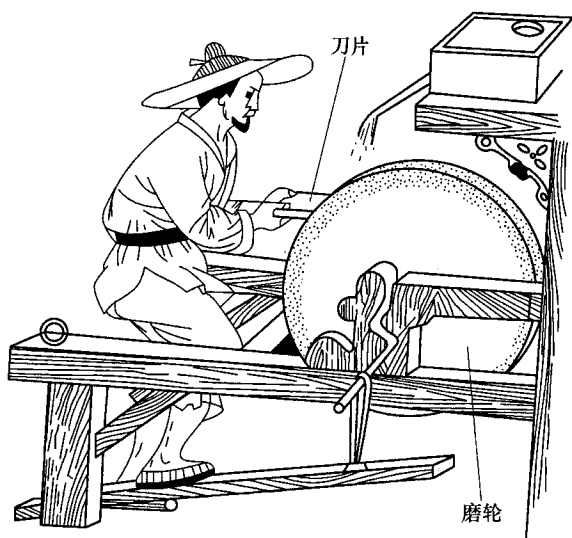


图 0-2 1668 年的脚踏刀磨机

控车床、加工中心中的工具系统的定型产品。我国也正在研制模块式工具系统，以适应自动化加工设备的应用日益增加的趋势。

3) 刀具耐磨涂层技术的研究与应用将有更深入的发展。硬质合金涂层将向着极薄多层涂覆的方向发展。高速钢刀具的涂层技术将有更大发展。PVD 法的涂覆温度在 $300 \sim 500^{\circ}\text{C}$ 之间，适合于高速钢刀具的涂覆。在相同条件下，涂覆 TiN 的麻花钻比蒸气处理的麻花钻寿命要高 2~4 倍，重磨后还可提高 1.5~2 倍，同时由于切削力小而能节省机床能耗。

4) 整体、高效率刀具的需求量将越来越大。为了最大限度发挥设备的潜力，应当广泛采用高效率刀具。硬质合金刀具比高速钢刀具有更高的效率，因此应大力推广应用硬质合金刀具。由于硬质合金刀具的制造技术的发展，特别是金刚石砂轮在硬质合金刀具制造中的广泛应用，硬质合金作为高效率刀具材料不仅在简单刀具上而且在成型复杂刀具上也日益广泛地被采用。在相当多的工业部门中应用了整体硬质合金刀具，例如整体齿轮滚刀、麻花钻、丝锥及铰刀等。由于高速钢刀具整体磨削技术的发展，整体高速钢刀具的种类将迅速增多。将留有余量的高速钢刀具毛坯，先经热处理后直接磨制成刀具成品，不仅可省掉繁多的切削加工工序，还可避免热处理后的变形，是提高刀具精度的有效途径。据报道，采用立方氮化硼砂轮整体磨制麻花钻，不仅提高了钻头制造质量，而且可以提高钻头寿命。我国的很多工具厂已能成批生产全磨制钻头。

5) 由于计算机辅助设计(CAD)及辅助制造(CAM)日益广泛的应用，采用电子计算机进行刀具辅助设计和工艺管理将越来越普及。为了保证刀具的精度及精度的一致性，更多地采用自动化设备(如加工中心)来制造和刃磨刀具也是工具部门应当解决的问题。

金属切削原理是研究切削加工过程基本规律的科学，金属切削刀具是进行切削加工用的工具。金属切削原理与刀具是研究金属切削过程基本规律、刀具设计与使用的一门科学，是从事各种机械制造专业的重要课程。其中切削原理又是刀具及机制工艺等课的基础。在模具制造业中使用的刀具种类又多又复杂，特别是随着时代的发展、科学的进步和“四新技术”(即新技术、新工艺、新设备、新材料)在模具制造业中广泛的应用，对刀具提出了进一步的要求。因此，这门课程是从事机械制造专业、模具专业人员学习的重要课程之一。

研究金属切削原理的基本任务是揭示切削过程的规律，并用于生产实际，在保证产品质量的前提下，不断提高生产率和降低成本。它的主要内容有以下四个部分：

(1) 基本概念 包括切削运动和刀具角度的基本定义以及工件、刀具材料等。由于金属切削过程是刀具的切削性能与工件可切削性能之间的矛盾演变过程，它们是依赖切削运动联系起来的。因此首先认识刀具、工件的物理属性、几何形态及运动联系，作为研究金属切削过程的基础。

(2) 金属切削的基本规律 研究切屑变形、切削力、切削热及切削温度和刀具磨损的现象、本质及其规律。

(3) 提高金属切削效率的途径 掌握切削规律的目的在于应用，以提高金属切削效率。通常的途径是改善工件材料的切削加工性、提高刀具材料的切削性能，优化刀具几何参数和切削用量等。

(4) 典型切削加工的基本规律 金属切削原理首先通过车削来研究金属切削的基本规律及其应用，而后又分别研究了几种典型切削加工方法的特殊规律，即最常用的钻削、铣削和磨削加工的规律。

金属切削刀具的任务是研究刀具的设计、制造和使用的理论与实践；研究和发展各种新型、高效、高精度刀具。

金属的总的切除量在不断增长。随着机器和装备的功率、容量、负载及耐压等指标的提高，机器的零部件尺寸和重量也相应增大，因此从毛坯上切除的金属量也会增加。例如，加工一根 20 万 kW 发电机的转子轴，净量约 30t，而锻件毛坯为 60 ~ 70t，即要切去 30 ~ 40t；加工一个模数为 40mm、直径为 12m 的大齿轮，要切除 15t 金属。金属切除量的增加，必然使刀具的需求量增长。

加工对象越来越复杂、多样化。机器的零件多是钢铁制造的，其中合金钢的比重在不断增加，并且随着机器性能的提高，难加工的金属和非金属材料也被广泛使用；另外，机器零件的形状越来越复杂，精度要求也越来越高。切削加工对象的以上变化，要求提供用途广、质量好、数量多的通用刀具，又要求提供高性能、高效率的复杂刀具和精密刀具。

机械加工的效率日益提高。费用较高的数控机床得到了越来越广泛的重视和应用，可省时、提高效率。为使单件加工费用为最小，仅靠昼夜不停地运转提高设备的利用率，并不能有效地提高效率，只会增加刀具费用。切削效率提高的主要方法是提高切削速度。由于硬质合金刀具比高速钢刀具的切削效率高得多，因而国内外的硬质合金的生产比重逐年增加，硬质合金的品种增加，质量也不断改进。

机械加工自动化水平的迅速提高，对刀具提出了更高的要求。近年来，机械加工柔性自动化的发展，使机器脱离了人的束缚，从而更能显著地发挥设备的效率。在这样的条件下，不但要求保证刀具高速切削时的寿命，更需要保证高速切削时的稳定切削性能，并要具有保证可靠的自动换刀、定位、调整、防护、排屑、测量等性能的精确结构。这种现状大大地促进了涂层刀具、超硬材料刀具等结构的改进，发展了能控制刀具使用性能与机床软件相匹配的刀具系统。

随着科学技术的不断发展，其结果必然会导致其他金属加工方法的出现和发展，但切削加工方法在机器制造中所占的地位本质上不会有什么变化。相反，不断应用新的技术成果后，切削加工方法的应用范围也会不断扩大，将出现更多先进刀具，使切削过程进行得又快又好。

第一章 金属切削基础知识

本章应知

1. 了解切削运动、加工表面切削用量、切削时间、切削速度等基本概念。
2. 以车刀为例，掌握刀具的各组成部分，如主、副切削刃，前、后切削面，偏角，刃倾角等。
3. 刀具设计角度、工作角度、安装角度的关系。

本章应会

1. 以普通外圆车刀为例，能正确判别各刃、各面、各种角度。
2. 会在砂轮机上手工正确磨制各种刀具角度。

金属切削加工是在机床上用金属切削刀具切除工件上多余的金属，从而使工件的形状、位置、尺寸精度及表面质量都符合预定的要求。在金属切削过程中刀具与工件必须有相对的切削运动。金属切削是由金属切削机床来完成的，是刀具切除坯料中多余的金属脱离坯料母体变为切屑而完成工件的加工。金属切削过程中的各种现象和规律，都要根据刀具与工件之间的运动状态来观察和研究。

第一节 金属切削的基本概念

一、切削运动、加工表面和切削用量

1. 切削运动

现以图 1-1 所示常见的、典型的外圆车削为例来研究切削运动。

车削时工件旋转，这是切除金属的基本运动；车刀作平行于工件轴线的直线运动，保证了切削连续进行。在上述两个运动组成的切削运动作用下形成了工件的外圆柱表面。当然，其他各种切削方法也必须有一定的切削运动。切削运动按运动在切削中所起作用的不同分为：主运动和进给运动两种。

(1) 主运动 由机床或人力提供的主要运动，它促使刀具和工件之间产生相对运动，从而使刀具前面接近工件。它的速度最高，消耗功率也最大。主运动可以由刀具完成也可以由工件完成，其形式通常为旋转运动或直线运动，车削时的主运动是工件的旋转运动(见图 1-1)。

(2) 进给运动 由机床或人力提供的运动，它使刀具与工件之间产生附加的相对运动，加上主运动，即可不断地或连续

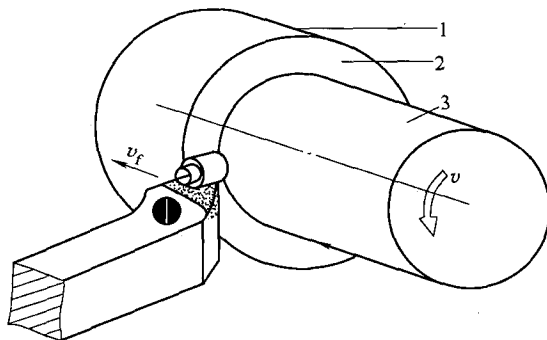


图 1-1 车削运动和加工表面
1—待加工表面 2—过渡表面 3—已加工表面

地切除切削层,并得出具有所需几何特征的已加工表面。进给运动也由刀具或工件完成,其形式一般有直线、旋转或两者的合成运动,它可以是连续的或断续的,消耗功率比主运动要小得多。车削外圆时的进给运动是刀具的连续纵向直线运动(见图 1-1)。

2. 加工表面

在车削过程中,工件上有三个不断变化着的表面(见图 1-1)。

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:工件上由切削刃在形成的那部分表面,它是待加工表面和已加工表面之间的过渡表面。

3. 切削用量

切削用量是指切削过程中切削速度、进给量和背吃刀量(俗称切削深度)的总称(见图 1-2)。

(1) 切削速度 v_c 。刀具切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度。以旋转运动作主运动时(如车外圆)

$$v_c = \frac{\pi d_w n}{1000} \quad (1-1)$$

式中 v_c ——切削速度(m/min 或 m/s);
 d_w ——待加工表面直径(mm);
 n ——主运动件的旋转速度(r/min 或 r/s)。

切削刃上各点的切削速度是不同的,考虑到发热、刀具磨损等因素,在计算时应取最大的切削速度(如图 1-2 中最大外圆上的 C 点计算出的速度即为最大速度)。

在生产中,除磨削速度单位用 m/s 外,其他切削加工的切削速度单位习惯用 m/min。

(2) 进给量 f 工件或刀具每转一转或刀具往复一次,刀具相对工件在进给运动方向上的位移量,用 mm/r(行程)计量。

对于铣刀、铰刀、拉刀等多齿刀具,还规定每个刀齿的进给量 f_z ,即每转或每行程中每齿相对工件在进给运动方向上的位移,单位是 mm/z。若用进给速度 v_f ,即单位时间内的进给量表示,则

$$v_f = n f \quad \text{或} \quad u_f = n z f_z \quad (1-2)$$

式中 z ——齿数。

(3) 背吃刀量 a_p 在通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量。一般指工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离,车外圆时

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (1-3)$$

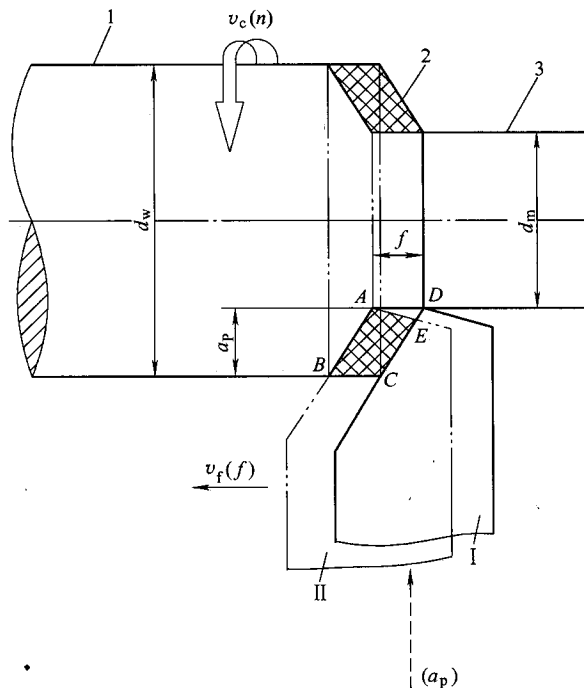


图 1-2 车削时的切削用量

1—待加工表面 2—过渡表面 3—已加工表面

式中 d_m ——已加工表面直径(mm);
 d_w ——待加工表面直径(mm)。

上述以外圆车削为例,对切削运动、加工表面、切削用量所作的定义和分析,也适用于其他各种切削加工。各种切削加工的目的都是为了形成合乎要求的工件表面,从这个意义上来说,切削刃相对于工件的切削运动过程,就是表面形成过程。这一过程包含有两个要素,一是切削刃形状,二是切削运动。以不同形状的切削刃相对工件的不同切削运动所得到的轨迹面,即是各种工件表面形状。

二、切削时间 t_m 与材料切除率 Q

1. 切削时间 t_m

切削时间是指改变工件尺寸、形状等的工艺过程所需的时间,它是反映切削效率高低的一个指标。由图 1-3 知,车外圆时 t_m 的计算式为

$$t_m = \frac{lA}{v_c a_p} \quad (1-4)$$

式中 t_m ——切削时间(min);
 l ——刀具行程长度(mm);
 A ——半径方向加工余量(mm)。

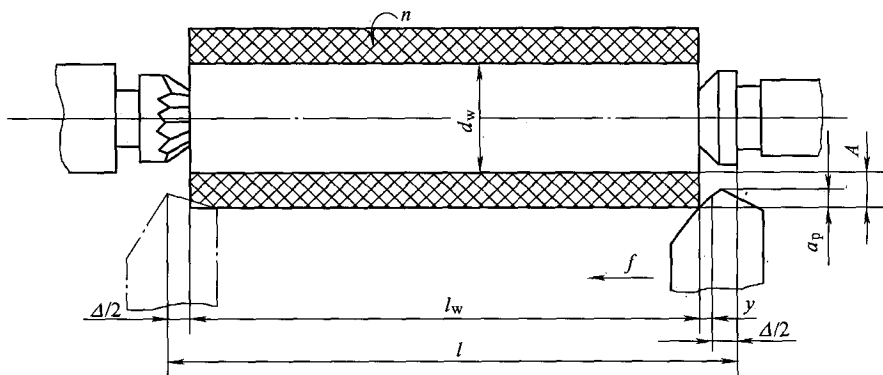


图 1-3 车外圆时切削时间计算图

将式(1-1)、式(1-2)代入式(1-4)中,可得

$$t_m = \frac{\pi d l A}{1000 f v_c a_p} \quad (1-5)$$

由式(1-5)知,提高切削用量中任一要素均可提高生产率。

2. 材料切除率 Q

单位时间内所切除材料的体积。它是衡量切削效率高低的另一个指标,单位为 mm^3/min 。

$$Q = 1000 a_p f v_c \quad (1-6)$$

三、合成切削运动与合成切削速度

主运动与进给运动合成的运动称为合成切削运动。切削刃上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,如图 1-4 所示。

$$v_c = v_c + v_f \quad (1-7)$$