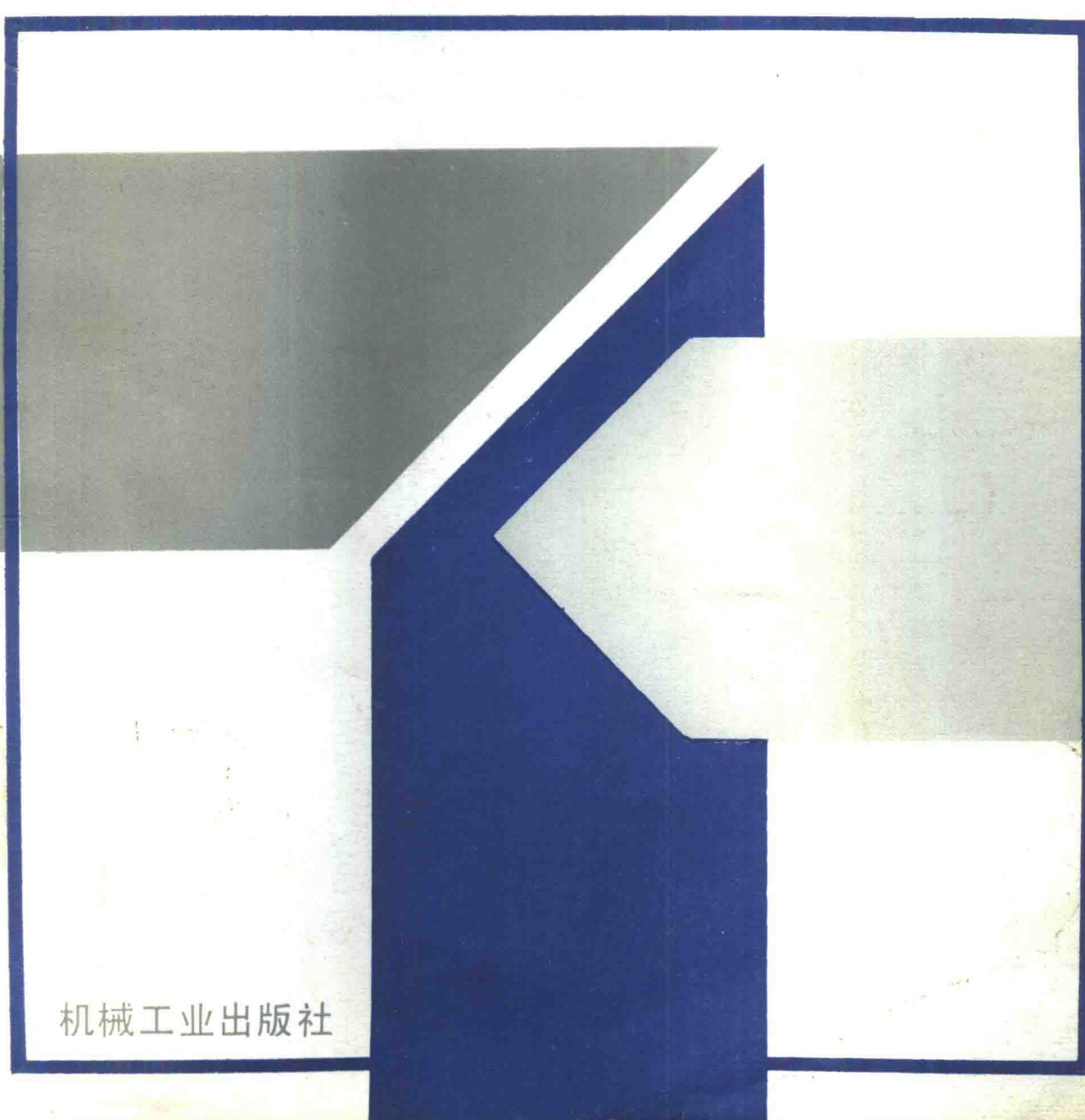


高等学校适用教材

金属切削原理与刀具

吴善元 主编



机械工业出版社

高等学校适用教材

金属切削原理与刀具

吴善元 张永标 史维明 编著



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

本书包括金属切削原理与金属切削刀具两部分。前者着重论述金属切削过程的基本规律及其应用,包含基本定义、刀具材料、金属切削过程、切削力、切削热和切削温度、刀具磨损和耐用度、切削条件的合理选择及磨削等章;后者主要包括切刀、铣刀、孔加工刀具、拉刀、齿轮刀具、组合刀具和自动线刀具等章。在论述上述刀具切削特点的基础上,着重阐述其功用、典型结构和基本设计方法。

本书力求做到内容精炼,加强基础,深入浅出,便于自学。每章均附有内容小结、思考题与习题。本书可作为普通高等工科院校和各类高等成人教育机制专业的教材,并可供从事金属切削的技术人员参考。

金属切削原理与刀具

高等学校适用教材

吴善元 张永标 史维明 编著

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京语言学院出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·印张 18.5·字数 153 千字

1995 年 6 月北京第 1 版·1995 年 6 月北京第 1 次印刷

印数:0001—2500·定价:18.00 元

*

ISBN 7-111-04701-X/TG·981(X)

前 言

本书是原机械电子工业部教育司组织编写的高等工业学校机制专业系列教材中的一本。

在当前各门课程教学学时普遍偏紧的情况下,要在有限的课时内,使学生掌握足够的金属切削基础理论;刀具的基本知识和基本设计方法,必须对教材内容作精心的选择和安排。本书在这方面作了很大努力,也具有一定特色。

技术标准的更新,在实施阶段初期虽然会对教学、科研尤其是生产带来一些不便,但是,改革开放以及国际贸易和国际学术交流都要求我们必须使本国的标准与国际标准接轨。为此,本书贯彻了一系列参照 ISO 标准制定的新国标(如 GB/T 12204-90《金属切削基本术语》等)。在使用新国标规定的术语时,考虑到贯彻新国标应有的历史延续性,所以也兼顾了长期沿用的名称和定义,并且尽可能使二者作到和谐的结合。

本书在编写过程中,力求做到突出重点,联系实际,深入浅出,通俗易懂。为培养学生的独立思考能力,分析与解决实际问题的能力,以及便于自学,每章后均附有小结、思考题与习题。

本书可作为普通工科院校机械制造工艺与装备、机械设计与制造、机电一体化等专业的教材,也适用于各类成人高校和自学考试的同类专业。本书也可供有关工程技术人员参考。

本书共十四章,其中绪论、第一、八、十、十三章由江苏理工大学机电学院吴善元编写;第二、四、五、六、九、十四章由北京理工大学张永标编写;第三、七、十一、十二章由沈阳工业学院史维明编写。吴善元任主编。

本书的主审、吉林工业大学王立江教授,对本书的体系、内容和文字提出许多宝贵的意见和精辟的见解,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中缺点错误在所难免,恳请广大读者予以批评指正。

主 编

1994年6月于南京

目 录

绪论	1	§ 5-2 切削温度的测量方法	72
第一章 基本定义	5	§ 5-3 切削温度的分布	74
§ 1-1 切削运动与切削用量	5	§ 5-4 影响切削温度的主要因素	75
§ 1-2 刀具切削部分的基本定义	7	§ 5-5 切削温度对切削过程的影响	79
§ 1-3 切削层参数与切削方式	18	小结	79
小结	21	思考题与习题	79
思考题与习题	22	第六章 刀具磨损与耐用度	80
第二章 刀具材料	23	§ 6-1 刀具磨损的形态	80
§ 2-1 刀具材料应具备的性能	23	§ 6-2 刀具磨损的原因	81
§ 2-2 碳素工具钢及合金工具钢	24	§ 6-3 刀具磨损过程与磨钝标准	85
§ 2-3 高速钢	24	§ 6-4 刀具耐用度	86
§ 2-4 硬质合金	26	§ 6-5 刀具的破损	92
§ 2-5 其它刀具材料	30	小结	94
小结	31	思考题与习题	95
思考题与习题	31	第七章 切削条件的合理选择	96
第三章 金属切削过程	33	§ 7-1 工件材料的切削加工性	96
§ 3-1 研究切削过程中金属变形的常用 方法	33	§ 7-2 刀具合理几何参数的选择	100
§ 3-2 金属切削过程的变形	34	§ 7-3 切削液的选择	111
§ 3-3 切屑的形态	38	§ 7-4 切屑的控制	115
§ 3-4 切屑变形的度量 and 计算	39	§ 7-5 切削用量的合理选择	119
§ 3-5 前面与切屑间的摩擦	41	小结	129
§ 3-6 积屑瘤	45	思考题与习题	130
§ 3-7 已加工表面的形成过程	47	第八章 磨削	132
§ 3-8 影响切屑变形的主要因素	49	§ 8-1 砂轮的特性与选择	133
小结	51	§ 8-2 磨削运动和磨削要素	138
思考题与习题	52	§ 8-3 磨削过程和磨削机理	140
第四章 切削力	53	§ 8-4 砂轮的磨损及修整	147
§ 4-1 切削力的来源	53	§ 8-5 磨削表面质量	151
§ 4-2 总切削力、分力和切削功率	53	§ 8-6 先进磨削技术	154
§ 4-3 切削力的测量和经验公式的建立	56	小结	155
§ 4-4 影响切削力的主要因素	59	思考题与习题	155
§ 4-5 车削力经验公式的使用	67	第九章 切刀	157
小结	68	§ 9-1 车刀的类型和用途	157
思考题与习题	69	§ 9-2 硬质合金焊接车刀	158
第五章 切削热与切削温度	70	§ 9-3 机械夹固重磨车刀	161
§ 5-1 切削热的产生和传出	70	§ 9-4 机夹可转位车刀	162
		§ 9-5 成形车刀	167

小结	173	§ 12-1 概述	219
思考题与习题	174	§ 12-2 拉削方式	223
第十章 铣刀	175	§ 12-3 圆孔拉刀设计	226
§ 10-1 铣刀的种类和用途	175	小结	241
§ 10-2 铣刀的几何参数	176	思考题与习题	242
§ 10-3 铣削原理	179	第十三章 齿轮刀具	243
§ 10-4 常用尖齿铣刀的结构和应用	186	§ 13-1 概述	243
§ 10-5 铲齿成形铣刀	190	§ 13-2 插齿刀	247
小结	195	§ 13-3 齿轮滚刀	253
思考题与习题	196	§ 13-4 几种常用滚刀的设计和结构特点	270
第十一章 孔加工刀具	197	§ 13-5 滚刀的结构改进	271
§ 11-1 孔加工刀具的种类和用途	197	小结	271
§ 11-2 麻花钻的结构与几何参数	201	思考题与习题	275
§ 11-3 钻削原理	206	第十四章 组合刀具、自动线刀具和数控	
§ 11-4 麻花钻的缺陷和修磨	209	机床刀具	276
§ 11-5 深孔加工及刀具	211	§ 14-1 组合刀具	276
§ 11-6 铰刀	213	§ 14-2 自动线刀具和数控机床刀具	279
小结	218	小结	287
思考题与习题	218	思考题与习题	287
第十二章 拉刀	219	参考文献	288

绪 论

一、金属切削加工的特点及其在机械制造中的地位

机械制造业中所使用的材料,在当前以至今后相当长的时期内,主要是金属。用以装配成机器的各种金属零件,可以通过多种加工方法取得,目前主要有塑性加工、热压成形加工、高能加工、电及化学加工、机械加工等五大类,其中以机械加工中的切削加工和磨削加工应用最为广泛。磨削加工也是一种特殊形式的切削加工。

在一个经济发达和较为发达的国家,机械制造业在整个国民经济中占有十分重要的地位。而在机械制造业中,金属切削加工起着举足轻重的作用。目前在机械制造中所使用的工作母机有80%以上为金属切削机床。据美国统计,目前每年用于切削加工方面的费用在1000亿美元以上,切削加工所创造的总产值为5580亿美元。据1991年的统计资料,我国拥有的金属切削机床为300多万台,所创造的总产值为1000多亿元。

金属切削加工在国民经济和机械制造中之所以能起十分重要的作用,主要是它具有如下一些特点:

(1) 能获得很高的精度和表面质量 这是其它一些加工方法很难与其相比的。从图0-1中可以看出,自1776年威尔金森(J. Wilkinson)为加工世界上第一台蒸汽机的汽缸,而研制出世界上第一台卧式镗床——威尔金森式镗床起至今200多年的时间内,金属切削加工所能达到的精度,提高了6个数量级。

(2) 对被加工材料的广泛适应性 塑性加工的对象必须是具有很好延展性的材料;铸造的对象必须是熔点不太高的和流动性好的材料;而电火花加工或电解加工则只能用于有导电性的材料。然而,对切削加工来说,其条件只是被加工材料的硬度低于刀具的硬度即可。目前,硬质合金和陶瓷等很硬的刀具材料已经普及,最硬的材料金刚石用于刀具也日益增多,所以,关于硬度这一条件已不成问题了。

(3) 对工件几何形状的广泛适应性 除了极少数几何形状十分复杂的表面无法加工外,同其它加工方法相比,切削加工对被加工表面几何形状的要求是比较少的。

(4) 对生产批量的适应性 无论是使用通用机床的单件生产,还是使用自动机床的大量生产,切削加工都能适应。

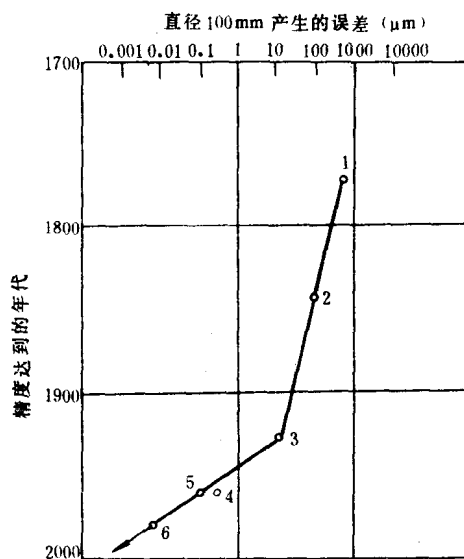


图 0-1 金属切削加工精度的变迁

- 1—威尔金森镗床 2—六角车床
3—带液压、光学装置的机床
4—带微米计的外圆磨床 5—精密金刚石车床
6—超精密金刚石车床

切削加工的主要缺点是由于切除大量切屑，而造成了材料的浪费。

二、金属切削加工的发展概况

无论从中国的历史，还是从外国的历史来看，早在几千年前就有了金属切削加工的工艺方法。尽管加工的质量和生产率都是很低的，但是当时所使用的设备和工具，已经具有今天金属切削机床和刀具的雏形。至于金属切削加工形成一门系统的技术和科学，还是近 200 年左右的事。尤其是 1860 年以后，车、铣、刨以及齿轮和螺纹加工的机床都已出现，形成了一个较为完整的金属切削机床产品系列，为切削加工技术的发展提供了有利的条件。

另一方面，由于工业产品的技术水平日益提高，新材料尤其是难加工材料（如高强度、高抗磨性、低导热性和高抗腐蚀性的材料等）的相继出现，从而迫使人们不断去寻求能适应这些材料切削加工性能的新的切削刀具材料。这就促进了刀具材料的发展。

进入 20 世纪以来，由于新的刀具材料（高速钢、硬质合金、金属陶瓷和立方氮化硼等）不断涌现，从而使切削加工技术有了很大的发展。在 1900 年以前，刀具材料仅有碳素工具钢和一些耐热性低的合金工具钢，切削速度被限制在 0.17m/s 左右，零件的加工时间很长。由于刀具材料的进步，70 年代的切削速度比 20 世纪初期大约提高了 30 倍。同硬质合金开始实用的 30 年代相比，大约提高了 7 倍。卡尔斯、费尔德等学者认为对车削和铣削来说，把现在使用的最高速度 $10\sim 13.3\text{m/s}$ 在近期内提高到 $80\sim 130\text{m/s}$ 完全是可能的。库宁等学者还提出了 165m/s 的超高速切削速度目标值。超高速切削速度又能在切削性能良好的特殊材料加工中应用，但要广泛普及，为期还很遥远。要使新刀具材料的性能得以充分发挥，必须有高速、大功率和高刚度的机床，这样又促进了机床设计与制造的发展。

从切削加工的发展史可以看出，在一定条件下，切削刀具材料是影响切削速度能否大幅度提高的关键性因素。另一方面在切削刀具材料成分和组织结构基本不变的情况下，改进其制造方法或对刀具进行表面处理，往往能收到提高切削效率和加工质量以及延长刀具寿命等综合的或是单项的显著效果。近二、三十年来很多国家的学者致力于这方面的研究，并在生产中取得广泛的实际应用。高速钢虽然耐热性低，但由于抗弯强度高，冲击韧度好，所以在钻头、铣刀、切刀和铰刀等刀具中大量使用。本世纪 80 年代出现的与高速钢传统冶炼方法有很大区别的放电粉末烧结法和粉末冶金法，使生产出的高速钢成型容易，微粒组织均匀，并可使铬、钼、钒、钴等合金元素的含量提高。

涂层刀具主要是在硬质合金刀片上覆盖以高硬度、高耐磨性的碳化钛、氮化钛或氧化铝等涂层的刀具，其应用范围日益扩大。早在 1981 年前后，在美国就约有 35% 的硬质合金刀具是进行涂层的。同未涂层的刀具相比，TiC 涂层刀具允许切削速度提高 50%，而 Al_2O_3 涂层刀具可以提高切削速度 90% 以上。从涂层刀具的发展方向来看，一是改进涂层的结构，如用多种层次的复合涂层代替或部分代替单一的涂层。目前瑞典的山德维克公司正在研制多于四、五种材料和层次的涂层刀具。复合涂层比起单一涂层的刀具，除了可提高切削速度外，还能显著地提高刀具寿命和降低表面粗糙度。二是从各种复合物中探索新的涂层材料和改进涂层工艺。如最近使用的氮化铍（HfN）涂层刀具，其寿命为其它涂层刀具寿命的 3 倍。

陶瓷刀具自本世纪 50 年代面世以来，长期由于其“先天”性的缺陷——脆性大、承受冲击和振动能力差，而限制了它的应用范围。最近的动向是：机床的刚性和加工速度在不断提高，毛坯的精度也在提高，切削余量在减小。由于上述加工条件的改善，陶瓷的应用范围在日益扩大。现在，纯氧化铝陶瓷的开发占有主导地位。此外，还在研究添加锆化合物以提高

冲击韧度。

近二十年来,在机械制造业中,数控机床、加工中心已在生产中逐渐得到应用,加之计算机技术的飞速发展,计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)也日益为人们所重视,柔性制造系统(FMS)在一定条件下必将发挥其独特的高度自动化的优越性。所有这些,给切削加工技术的发展开辟了一个广阔的天地。例如数控机床和加工中心,由于对其切削过程要求高度的稳定可靠和具有高的加工精度,从而对所使用的刀具在精度、耐用度、几何尺寸的变化、安装、对刀、断屑和卷屑等方面,有着和传统刀具显著不同的要求,由此提出了一系列的新课题。进给量和切削速度的计算机辅助选择及金属切削刀具的计算机辅助设计,使进给量和切削速度最佳值的选取及复杂繁琐的刀具设计过程变得简化、迅速和可靠。如何使这方面的工作更好地向生产实用化发展,还须作进一步的完善和提高。

三、本课程的性质和任务

本课程是机械制造工艺及装备专业的一门主干课程,它包括“金属切削原理”和“金属切削刀具”两部分。前者属于专业基础课的范畴;后者属于专业课的范畴。

金属切削加工是用刀具或磨具从工件表面切除多余的材料,从而使工件在几何形状、尺寸精度、表面粗糙度和表面质量等均符合预定要求的加工方法。

在切削加工时,通过刀具和工件之间的相对运动,在两者之间将产生变形、摩擦、磨损、切削力、切削热等多种物理现象(也有一些化学现象,但不是主要的)。金属切削原理的任务是通过对这些物理现象的研究,揭示其内在的机理和规律,用金属切削的科学理论去指导切削加工的生产实践,以及回答生产实践中所提出的问题。

金属切削刀具一方面是金属切削理论在刀具的设计、制造和使用方面的具体应用;另一方面,在长期的生产实践中,切削刀具也建立了比较完整的和相对独立的自身的理论体系。这门学科的任务是研究金属切削刀具的设计、制造和使用的理论和科学方法;研究和发展新型、高效和高精度的刀具。

通过对本课程的学习,应达到如下的要求:

(1)通过对金属切削过程一般现象的认识,掌握其内在的基本规律,能按具体条件合理地选择刀具材料、切削部分几何参数和切削用量,计算切削力和功率,并能运用所学知识对生产中的一些问题进行分析、解释或解决。

(2)了解金属切削实验的基本方法。

(3)了解常用普通刀具的类型、结构特点和应用范围,并能正确地选用。

(4)初步掌握常用类型的专用刀具的设计计算方法。

(5)对金属切削原理与刀具的新成就和发展方向有一定的了解。

四、本课程的学习方法

从“本课程的性质和任务”中可知,《金属切削原理与刀具》是一门理论性和实践性都很强、而且同生产实践紧密结合的课程。学习这门课程必须以物理学、化学、力学、金属工艺学、工程材料与热处理……等先修课作理论基础,从先修课的实验教学环节中初步掌握一些实验的基本方法和技能,而且必须通过工厂金工实习初步掌握一些金属切削加工的简单操作方法和基本技能。这是学好本课程的前提条件。

在论述金属切削过程的规律时,提及的影响因素很多,加之刀具的种类和各种参数繁多,学习时必须高屋建瓴,从纷纭的现象中掌握其本质,否则将事倍而功半。本课程虽然涉及的

面广，头绪较多，但实质性的内容和主要的线索不外如下三个方面：

(1) 金属切削过程表象性的内容 这主要指切削过程中的运动、刀具的几何参数和切削层参数等基本定义。这些内容虽然属于切削过程的外部特性，但是学习时切不可忽视。因为研究任何事物都是由表及里的。对于刀具的几何参数，首先要彻底、熟练地掌握车刀几何角度的定义，然后，在学习钻头、铣刀、拉刀和齿轮刀具时，弄清它们同车刀在切削运动、刀具几何参数和切削层参数方面本质上的同、异之点，从而对基本定义的掌握更深入一步。

(2) 金属切削过程的基本规律 这主要指切削变形、切削力、切削热和切削温度以及刀具磨损的规律。这些内容属于切削过程的内部特性，是构成不同切削条件的根据，也是本课程的核心。对上述规律必须深入牢固地掌握。“切削条件的合理选择”（第七章）是上述基本规律在实践中的具体应用，是金属切削过程外部几何特性和内在基本规律同生产实践的“接口”。要在学习过程中逐步学会用学得的理论知识去分析生产实践中所发现的问题，以至能解决一些实际问题。

对于影响切削过程和刀具工作的众多因素，首先要抓住主要因素；其次要抓住各个因素之间的内在联系。例如斜角切削时，可以通过增大一个角度（刃倾角）而间接地增大另一个角度（法前角）。而影响切削温度的某一些因素，也恰是影响刀具耐用度的因素。

(3) 金属切削刀具 对于普通刀具（即标准刀具）着重了解其结构、工作原理、选择与使用方法。在学习时可与刀具的最基本形式——车刀进行对照和比较。对于专用刀具要着重掌握其刃形的成形原理，及加工时可能产生的误差的分析。

在尚未对本书系统地阅读前，在绪论中要使读者对金属切削加工以及它的历史和发展前景有一个概括的了解，不可避免地要涉及一些专业术语，这将影响到读者对“绪论”的理解。建议读者在学完第六章后，不妨再一次地阅读“绪论”，这对学好本课程将是有益的。

第一章 基本定义

研究金属切削过程的基本规律，必须从研究切削过程的外部几何特性入手。本章的主要内容是关于刀具切削部分几何要素的基本定义和切削层参数的几何特性。基本定义的阐述是以车削为例的。这是因为车削加工在切削加工中最有代表性；车刀在刀具中也最富有典型性，其它很多刀具都可以看成是车刀的演变和派生形式。把车削和车刀的有关基本定义弄清楚了，再学习其它切削加工和切削刀具时就容易得多，因为各种切削加工（车削、刨削、钻削……等），其共性是主要的。

§ 1-1 切削运动与切削用量

一、加工中的工件表面

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，工件在切削过程中同时存在着三个不同的变化着的表面（图 1-1）：

（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——工件上有待切除之表面；

（3）过渡表面——工件上由切削刃形成的那部分表面，它在下一切削行程、刀具或工件的下一转里被切除，或者由下一切削刃切除。

二、切削运动

要将工件上多余的金属层切除，刀具和工件之间必须有一定的相对运动。在外圆车削时，工件作旋转运动，刀具沿工件轴线方向作直线运动（图 1-1）。前者为主运动；后者为进给运动，相对于主运动，又称为辅助运动。

（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。它可以是旋转运动，也可以是直线运动（如牛头刨床）。此外，它也是速度最高、消耗功率最多的运动。

（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，即可不断地或连续地切除切屑，并得出所需几何特性的已加工表面。它只消耗很少的功率。

主运动可以由工件完成（如车削、龙门刨削等）；也可以由刀具完成（如钻削、铣削等）。进给运动也同样可以由工件完成（铣削、磨削等）或刀具完成（车削、钻削等）。

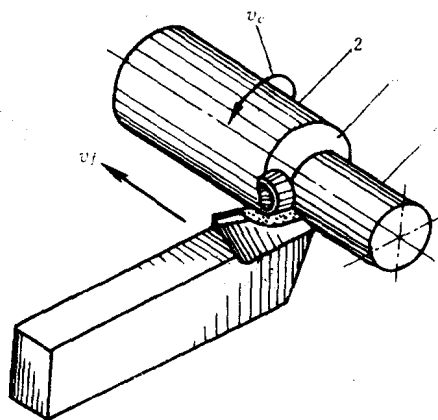


图 1-1 车削时的运动和工件上的三个表面

1—已加工表面 2—待加工表面

3—过渡表面

在各种类型的切削加工中,主运动只有一个,而进给运动可以有一个(如车削)、两个(如外圆磨削)或两个以上。还有的切削加工,如拉削,就只有主运动,而没有进给运动。

车削时,刀具作平行移动,故切削刃上每一点的速度是相同的,均为 v_f (图1-2)。作主运动的工件在旋转时,相对于切削刃上的每一点来说,其圆周运动的线速度 v_c 是不同的。因此,在论述这个线速度时,必须指明是切削刃上某一确定点(称为选定点)的线速度。

由主运动和进给运动合成的运动称之为合成切削运动。切削刃选定点相对工件的合成切削运动的瞬时速度称为合成切削速度,用 v_s 表示。 v_s 为同一选定点的主运动速度 v_c 与进给运动速度 v_f 的矢量和,即

$$v_s = v_c + v_f$$

在一些间歇进给的机床上(如刨床),进给运动是在刀具离开工件后进行的,故主运动就是合成切削运动。在很多连续进给的机床上加工时,由于 v_f 同 v_c 相比是很小的,常略去不计,而认为

$$v_s = v_c$$

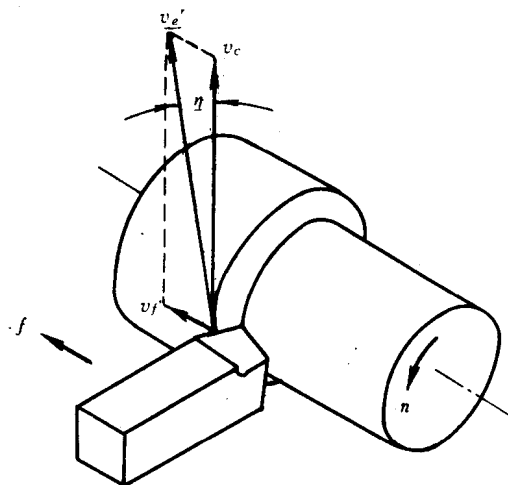


图1-2 外圆车削时的合成切削运动

三、切削用量

切削用量就是调整机床用的参量,并且可用它对主运动和进给运动进行定量的表述。它包括以下三个要素:

1. 切削速度 (v_c)

切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度称为切削速度,其计算公式如下:

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad (\text{m/s}) \quad (1-1)$$

式中 d ——切削刃选定点的回转直径 (mm);

n ——工件或刀具的转速 (r/s)。

从切削时的安全可靠考虑,在用上式进行计算时,一般均用待加工表面的直径 d_w 代替 d 。磨削时, n 表示砂轮的转速。钻削和铣削时, n 表示作主运动的刀具的转速

2. 进给量 (f)

刀具在进给运动方向上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(图1-3),其单位为mm/r,或mm/st。进给速度(v_f)是指切削刃上选定点相对于工件的进给运动的瞬时速度,它与进给量(f)之间的关系为:

$$v_f = f n \quad (\text{mm/s}) \quad (1-2)$$

对于铰刀、铣刀等多齿刀具,常要规定出每齿进给量 f_z ,其含义为多齿刀具每转或每行程中每齿相对于工件在进给运动方向上的位移量,即

$$f_z = \frac{f}{z} \quad (\text{mm/z}) \quad (1-3)$$

式中 z ——刀齿数。

3. 吃刀量 (a 或 a_s)

吃刀量是指两平面间的距离, 该两平面都垂直于所选定的测量方向, 并分别通过作用切削刃 (其定义请阅“§1-2 刀具切削部分的基本定义”) 上两个使上述两平面间的距离为最大的点。

吃刀量又分为背吃刀量 (a_p 或 a_{sp})、侧吃刀量 (a_e 或 a_{se}) 和进给吃刀量 (a_f 或 a_{sf})。

车削中一般只使用背吃刀量和进给吃刀量两个参量, 现介绍其定义如下:

(1) 背吃刀量 (a_p 或 a_{sp}) 在通过切削刃基点并垂直于工作平面 (“基点”和“工作平面”的定义请阅“§1-2 刀具切削部分的基本定义”) 的方向上测量的吃刀量 (图 1-4)。

外圆车削时, 背吃刀量 a_p 的计算如下 (图 1-3):

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2} \quad (\text{mm}) \quad (1-4)$$

式中 d_w ——工件待加工表面直径 (mm);

d_m ——工件已加工表面直径 (mm)。

如为镗孔, 则式 (1-4) 中的 d_w 与 d_m 互换一下位置。

(2) 进给吃刀量 (a_f 或 a_{sf}) 在切削刃基点的进给运动方向上测量的吃刀量 (图 1-4)。

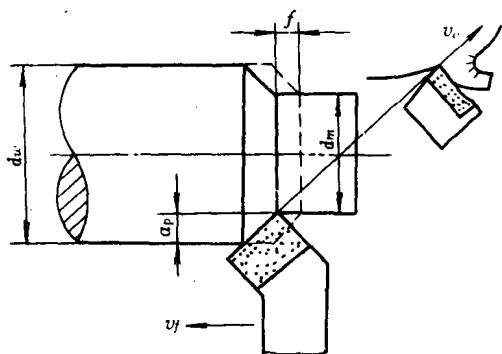


图 1-3 切削用量三要素

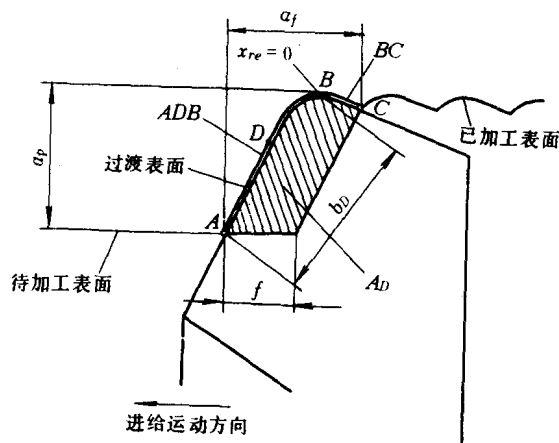


图 1-4 车削时的吃刀量、进给量及切削层尺寸

§1-2 刀具切削部分的基本定义

一、刀具切削部分的构成要素

任何刀具均由切削部分和夹持部分组成。对于一般的车刀来说, 是由作为切削部分的刀楔 (俗称“刀头”) 和起夹持作用的刀柄所组成的 (图 1-5)。我们着重研究的是前者。

对于结构非常简单的车刀, 其刀楔的要素仅由三个表面 (前面、主后面和副后面) 和主、副切削刃以及刀尖构成。而对结构较为复杂的刀具, 其切削部分的构成要素就远非如此了。现以车刀为例, 对刀具切削部分的构成要素逐一予以阐述。

1. 刀具切削部分的几何表面 (图 1-5)

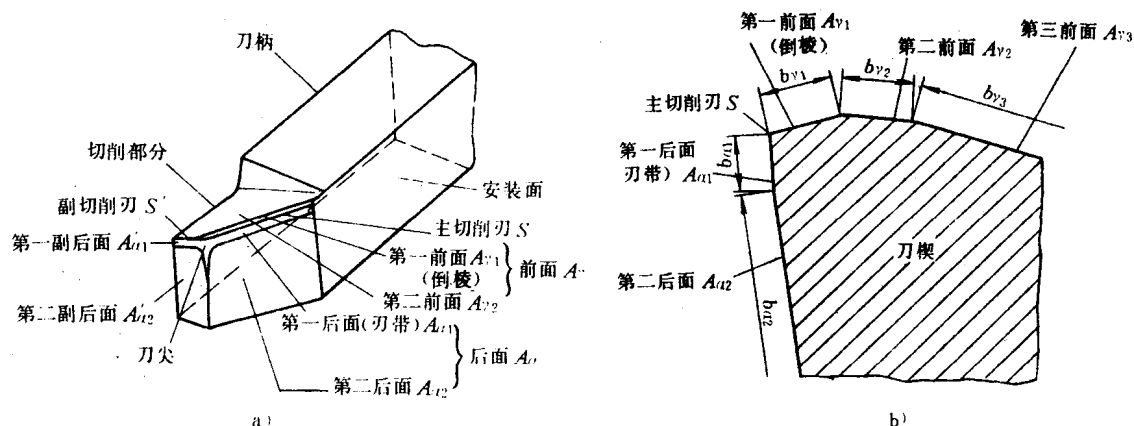


图 1-5 车刀切削部分的要素

(1) 前面, 又称前刀面 (A_r) 刀具上切屑流过的表面。当刀具前面是由若干个彼此相交的面组成时, 离切削刃最近的面称为第一前面 (又称倒棱), 用 A_{r1} 表示。从切削刃处数起的第二个面称为第二前面, 用 A_{r2} 表示。

(2) 后面, 又称后刀面 (A_a) 与工件上切削中产生的表面相对的表面。后面又分为:

主后面 (A_a) 是指刀具上与前面相交形成主切削刃的后面。当刀具的后面是由若干个彼此相交的面所组成时, 离切削刃最近的面称为第一后面 (又称刃带), 用 A_{a1} 表示; 从切削刃数起的第二个面称为第二后面, 用 A_{a2} 表示。

副后面 (A_a') 是指刀具上同前面相交形成副切削刃的后面。

2. 切削刃

即刀具前面上拟作切削用的刃。它分为:

(1) 主切削刃 (S) 起始于切削刃上主偏角为零的点, 并至少有一段切削刃拟用来在工件上切出过渡表面的那个整段切削刃 (图 1-5a)

(2) 副切削刃 (S') 切削刃上除主切削刃以外的刃, 亦起始于主偏角为零的点, 但它向背离主切削刃的方向延伸 (图 1-5a)。

在国标《金属切削基本术语》(GB/T 12204—90) 中, 还规定了工作切削刃 (包含工作主切削刃和工作副切削刃) 和作用切削刃 (包含作用主切削刃和作用副切削刃) 的定义 (图 1-6)。之所以要对不同条件下的切削刃分别加以定义, 是基于以下原因:

当车刀处于静态且尚未安装到车床上以前, 其主切削刃和副切削刃的长度 (分别用 l_s 和 $l_{s'}$ 表示) 是一定的, 即 $l_s = AB$ 、 $l_{s'} = AC$ 。按主偏角的定义, A 点的主偏角为零。当车刀安装到车床的刀架上时, 如果保持刀具轴线^①与进给运动方向垂直, 则 A 点的工作主偏角仍为零, 且仍有 $l_{se} = AB$ 、 $l_{s'e} = AC$ 。若刀具轴线与进给运动的方向不垂直, 则出现了点 A' 的工作主偏角为零, 并有 $l_{se} < AB$ 和 $l_{s'e} > AC$ 。由上述分析得知, 主切削刃、副切削刃与工作主切削刃、工

① 刀具轴线系指“刀具上的一条假想直线, 它与刀具制造或重磨时的定位面以及刀具使用时的安装面有一定的关系” (GB/T 12204—90)。

作副切削刀的原则区别在于主、副切削刀定义中的“主偏角”是指刀具静止参考系中定义的角度（通俗地讲就是“静态”的角度或刀具图纸上标注的角度）；而工作主切削刀和工作副切削刀定义中的“工作主偏角”是指刀具工作参考系中定义的角度。因此，只要在主切削刀和副切削刀的定义中把“主偏角”换成“工作主偏角”，就分别得到了“工作主切削刀”和“工作副切削刀”的定义（其符号分别为 S_a 和 S'_a ）。

3. 作用切削刀

在特定瞬间，工作切削刀上实际参与切削，并在工件上产生过渡表面和已加工表面的那段刃（图 1-6）。它分为：

(1) 作用主切削刀 (S_a) 作用切削刀上的一段刃，当沿切削刀测量其长度时，它起始于工作主切削刀与工件表面的交点，迄止于工作切削刀上工作主偏角被认为是零度的点。

(2) 作用副切削刀 (S'_a) 作用切削刀上的一段刃，当沿切削刀测量其长度时，它起始于工作切削刀上工作主偏角被认为是零度的点，迄止于工作副切削刀与已加工表面的交点。

(3) 切削刀基点 作用主切削刀上的特定参考点，用以确定如作用切削刀截形和切削层尺寸等基本几何参数，通常把它定在将作用切削刀分成两相等长度的点上（图 1-4 和图 1-6 中的 D 点）。

4. 刀尖

指主切削刀与副切削刀的连接处相当少的一部分切削刀。它分为修圆刀尖和倒角刀尖两类（图 1-7）。

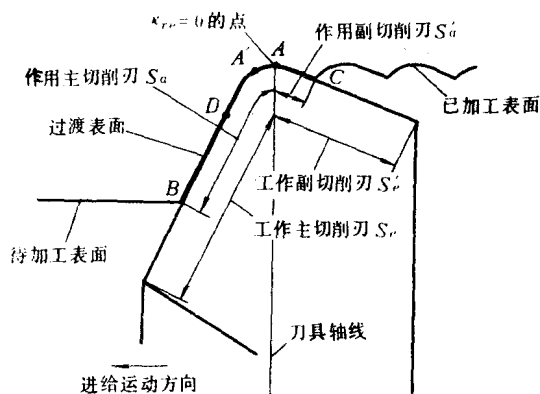
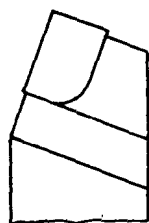


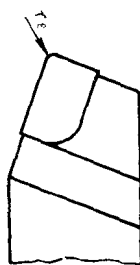
图 1-6 车刀的工作切削刀和作用切削刀

切削刀的实际交点



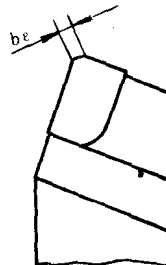
a)

修圆刀尖



b)

倒角刀尖



c)

图 1-7 车刀刀尖

二、刀具角度的参考系

为了确定刀具切削部分的几何形状，亦即上述刀具表面在空间的相对位置，可以用一定的几何角度表示。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，又称

标注参考系, 刀具设计图上所标注的刀具角度, 就是以它为基准的。所以刀具在制造、测量和刃磨时, 也均以它为基准。另一类称为刀具工作参考系, 又称动态参考系, 它是确定刀具在切削运动中有效工作角度的基准。它同前一类参考系的区别在于, 在确定参考平面时考虑了进给运动的影响。通常情况下由于进给速度远小于主运动速度, 所以刀具的工作角度近似地等于标注角度, 故本书着重论述刀具静止参考系。

组成刀具静止参考系的参考平面有:

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, 一般说来其方位要垂直于假定的主运动方向 (图 1-8)

2. 切削平面

通过切削刃选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面。它分为:

(1) 主切削平面 (p_s) 通过主切削刃选定点与主切削刃相切并垂直于基面的平面 (图 1-8)。

(2) 副切削平面 (p'_s) 通过副切削刃选定点与副切削刃相切并垂直于基面的平面。

同一切削刃上的不同选定点, 可能有不同的基面和切削平面, 因而各点切削角度的数值也就不一定相等。

基面和切削平面是坐标系中两个基本的参考平面。有了它们作基准, 前面和主后面在空间的位置, 就可以用几何角度表示了。但是, 在一般情况下刀具在实际测量、刃磨时, 仅有基面和切削平面这两个参考平面是不够的, 还必须增加一个参考平面作为标注前、后面角度的测量平面。

3. 正交平面 (p_o)

它是通过切削刃上的选定点并同时垂直于基面和切削平面的平面。因此, 它必然垂直于切削刃在基面上的投影 (图 1-8)。

4. 法平面 (p_n)

它是通过切削刃选定点并垂直于切削刃的平面 (图 1-8)。

5. 假定工作平面 (p_f)

该平面通过切削刃选定点并垂直于基面, 而且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, 一般说来其方位要平行于假定的进给运动方向 (图 1-9)。

6. 背平面 (p_p)

通过切削刃选定点并垂直于基面和假定工作平面的平面 (图 1-9)。

由基面、切削平面和正交平面组成了 p_r - p_s - p_o 在空间正交的正交平面参考系。正交平面 p_o 为标注前、后面角度的测量平面。这是目前生产中最常用的刀具标注参考系 (图 1-9)。

由基面、切削平面和法平面组成了 p_r - p_s - p_n 法平面参考系。这时法平面为标注前、后面角度的测量平面。

由基面、背平面和假定工作平面组成了 p_r - p_p - p_f 背平面-假定工作平面参考系。背平面-假定工作平面为标注前、后面角度的测量平面。

参照 ISO^① 标准, 近年来我国主要采用正交平面系, 兼用法平面系。这两种参考系内所

① ISO——国际标准化组织的英文缩写 (International Standardization Organization)。

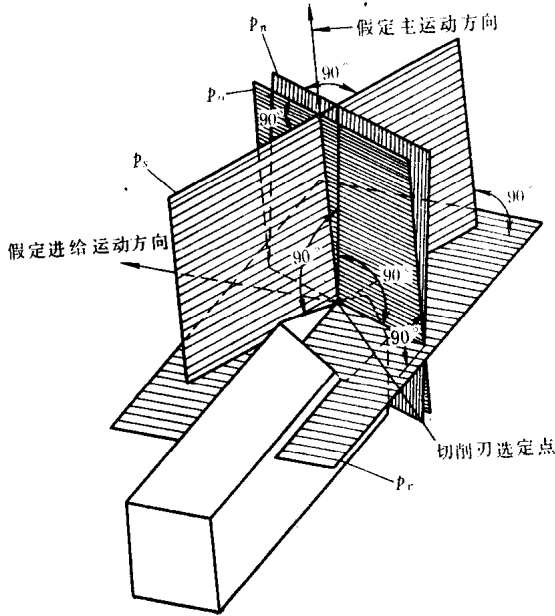


图 1-8 刀具静止参考系的平面

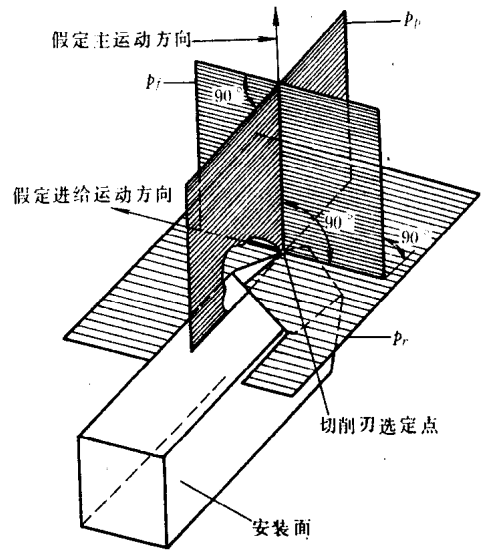


图 1-9 假定工作平面与背平面

标注的角度能更好地反映切削过程的物理意义。但是，在很多刀具（如成形车刀、插齿刀等）的设计中，需要确定背平面或假定工作平面中表明前、后面位置的角度，此时，就要使用 p_r - p_p - p_f 参考系。

三、刀具的标注角度

刀具在设计、制造、刃磨和测量时，用刀具静止参考系中的角度来标明切削刃和刀面在空间的位置，故这些角度为标注角度。

由于刀具的参考系在切削刃上各点是变化的，因此角度的定义也象参考平面的定义一样，应指明选定点。在未指明时，则一般是指切削刃基点或刀尖。

1. 正交平面参考系内的刀具角度

在正交平面 p_o （图 1-10 中的 $O-O$ 剖面）内测量的角度有：

(1) 前角 γ 。前面与基面间的夹角，它有正负之分。当前面与切削平面之间的夹角小于 90° 时，前角为正；大于 90° 时，前角为负。前角是一个非常重要的角度，对刀具切削能力有很大的影响。

(2) 后角 α 。后面与切削平面间的夹角。它的主要作用是减小后面和过渡表面之间的摩擦。后角的正负规定是：后面与基面夹角小于 90° 时，后角为正；大于 90° 时，后角为负。

在基面 p_r 内测量的角度为（图 1-10 中的 R 向视图）：

(3) 主偏角 κ_r 。主切削平面与假定工作平面之间的夹角，它总是正值。

在主切削平面 p_s 内测量的角度为（图 1-10 中的 S 向视图）：

(4) 刃倾角 λ_s 。主切削刃与基面间的夹角。当主切削刃与基面平行时， λ_s 为零；当刀尖是主切削刃的最高点时， λ_s 为正值；当刀尖是主切削刃的最低点时， λ_s 为负值^①（图 1-11）。

^① 这里对 λ_s 正负的规定系根据 ISO 标准，同过去旧的规定正好相反。