

金属切削原理

喻怀仁 主编

宁夏人民出版社

251457

内 容 提 要

本书共分为金属切削基础知识、金属切削基本理论、综合分析与应用以及磨削等四部分。在论述金属切削（包括磨削）的基本规律的基础上，提出改善工件已加工表面质量和材料切削加工性以及提高生产率的途径与具体措施。

本书是按高等工科院校机械制造工艺与设备专业本科教学要求编写的，其最大特点是便于自学。因此，本书不仅可作为全日制高校机械制造工艺与设备专业的教材，对于准备参加自学考试的在职人员来讲，更是一本比较合适的读本。

金 属 切 削 原 理

宁夏人民出版社出版发行

上海高机书店经销

常熟市教育印刷二厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：21 字数：483千

1990年8月第1版第1次印刷 印数：4800册

ISBN7-227-00503-8/TG·5 定价：6.00元

编写说明

为了适应全日制高校教学中强调培养学生自学能力的要求，也为了满足参加高等教育自学考试的人员学习的需要，参考机械电子部全国高等工科学校机械制造工艺与设备专业教学指导委员会制定的参考性教学大纲编写出这本教材。

本教材的最大特点是便于自学。力求使读者对大部分内容能够无师自通。因此，在编写过程中，特别注意到读者的接受能力及一般认识规律，尽量做到由浅入深，循序渐进，起点低，高要求；由具体到抽象，由特殊到一般，借喻常见事物，以帮助读者理解；突出重点，讲清难点，对概念性的内容尽可能详细分析；充分运用各种插图以加深理解。此外，为便于读者自学，在每章及重点节都有简要前言，阐明学习目的、要求、重点及难点以及学习方法注意事项等。每章后有复习思考题，供读者自我检验理解及掌握程度之用。

本书也可供工矿企业及科研单位有关技术人员在工作中参考。凡在章、节标题前注有符号“*”的部分，在校学生及准备参加自学考试者可以不看。

本书各章编写人员：绪论、一、三、四、五、六章喻怀仁（上海工业大学）；二章潘筱卿（上海工业大学）；七、八、九、十、十一章赵仲义（同济大学）；十二、十三、十四、十五、十六章谈文亮（中国纺织大学）。由喻怀仁主编，薛秉源（上海交通大学）主审。

本书的技术名词、定义和符号尽量按照国际标准化组织（ISO）的规定，没有规定的则按我国沿用的习惯选定。计量单位基本上采用了国际单位制（SI）。常用单位、名词、术语和符号在卷首列表以供查考。

主编

一九九〇年七月于上海

绪 论

§ 1 课程的性质与内容以及学习目的和学习方法

一、课程的性质与内容

金属切削原理是切削加工技术的基础理论。它主要研究在不同的刀具（材料、结构及几何参数）、工件（材料、热处理状态及物理机械性能等）和切削条件（切削用量及使用切削液的情况等）的情况下，切削过程中金属的变形规律、切削力的变化规律，切削热的产生与切削时温度的分布规律以及刀具的磨损与破损规律（统称四大规律），从而寻求提高切削加工效率、改善工件已加工表面质量和降低成本的途径与措施。金属切削原理不仅是金属切削刀具、金属切削机床、机械制造工艺学等专业课程的必修先行课，同时也是一门与生产实践密切联系并能直接指导生产的课程。显然，它是一门同时兼有基础课与专业课性质的课程。

二、课程的学习目的

1. 使学生从理论上认识金属切削过程的一般现象和基本规律，从而能按具体加工条件与要求选择合理的刀具材料、刀具切削部分几何参数及切削用量，计算切削力与切削功率，并能运用所学的知识分析与解决切削加工中所出现的一般现象和问题。

2. 使学生掌握金属切削实验的基本方法和技能，学会使用有关测试仪器，并能够进行实验数据的处理和分析。

3. 对金属切削理论与加工技术的国内外发展现状和趋势有一定的了解。

三、课程的学习方法

1. 在学习本课程前，必须具备本专业有关基础课（如机械制造基础、画法几何及机械制图等）及技术基础课（如工程材料及热处理、理论力学及材料力学等）的必要知识。对于全日制高校四年制学制来讲，应安排在第五或第六学期学习为宜。

2. 本课程带有专业课性质，与生产实践有着密切联系。对于自学的在职人员，如果缺乏切削加工方面的实践，在学习本门课程之前，必须深入工厂机械加工车间（金工车间）实习一段时间，仔细观察各种金属切削机床的运动和加工情况，重点了解切削加工中刀具与工件之间的相对运动及刀具工作状态，以获得必要的感性知识。缺少这一环节，是不可能学好本课程的。

3. 在学习期间，应完成3~5项实验环节。对于自学的在职人员，也应参加有关高校的实验教学环节，以保证学习质量。

4. 每学完一章，必须要试做本书所布置的复习思考题，进行自我检查，以衡量学习效果。对于自学的在职人员，最好能组织几名同学者同步学习，定期对疑难问题及重点内容开展讨论，以达到集思广益、共同提高和深化认识的目的，从而牢固掌握所学知识。

5. 在自学过程中，如发现通过有通过学习本书还不能完全理解的问题，可参考其它书刊。

6. 对于自学在职人员,在学习本课程之前,应按自己的实际情况(学习基础好差及工作忙闲程度)拟定自学进度计划,并能持之以恒,以保证学习进度。

如能做到以上数点,一定能学好本课程。

§ 2 金属切削加工在国民经济中的重要作用

尽管金属加工的其它方法很多,如铸造、压力加工、焊接、电加工及电化学加工等,但是切削加工仍然是目前机械制造过程中所占比重最大、应用最为广泛的方法,尤其是要获得高精度、高表面质量的机器零件,切削加工仍是最经济、最可靠的方法。

切削加工的应用几乎遍及各行各业,诸如生产机床、工具、汽车、拖拉机、机车、船舶、飞机、矿山机械、冶金机械、农业器具,日用五金、家用电器的工厂无不拥有庞大的切削加工车间(金工车间)和为数众多的操作工人。工厂生产率的高低、产品质量的优劣以及成本的大小在很大程度上取决于切削加工技术。全世界每年消耗在切削加工方面的费用是巨大的,据现有资料介绍,美国目前每年用于切削加工的费用已超过一千亿美元,日本则在一万亿日元以上,我国也不例外。目前我国拥有的金属切削机床在三百万台以上,从事金属切削加工的职工有一千多万人。可以看出,切削加工在国民经济中占有十分重要的地位。

§ 3 切削加工发展概况

我国是一个历史悠久的文明大国,许多科学技术的发明创造都来源于我国,切削加工也不例外。从出土文物发现,早在公元前二百年以前,我们的祖先就已经采用了磨削的方法来制造器具,到十七世纪六十年代,铣削与磨削已经达到了相当水平。可是,近三百年以来,我国却落后了。直到二十世纪四十年代末期,我国的机械工业还处于以修配为主的水平,全国当时各种机床总共还不到十万台,刀具材料主要是碳素工具钢,切削速度还不到 $10\text{m}/\text{min}$,切削效率极低。解放后,经过四十年的努力,我国机械工业有了显著的进步,目前已初具规模,形成了一个比较完整的体系。如今我国不仅能够生产各种金属切削机床、汽车、拖拉机、飞机、机车、船舶等以前全靠进口的产品,还能制造诸如通讯卫星、远程导弹、核弹、银河巨型计算机、葛洲坝水轮发电机组、三万吨模锻压机等高大精尖产品。直接关系到切削加工技术发展的工具(刀具)工业进步也是显著的,如今机械工业系统定点的专业工具厂(不包括地方所属的中小型工具厂)就有一百多家。此外,大部分机械制造厂都有自己的工具车间,其职工人数为专业工具厂的十倍以上,是一支雄厚的技术力量。目前,我国通用刀具自足有余,每年可大量出口,某些产品的质量已达到国际先进水平。许多高精度的复杂刀具我们已能自己制造。

1775年英国人J. Wilkinson为了加工瓦特发明的蒸汽机的汽缸,研制成功了镗床;1818年美国的Eli Whitney发明了铣床。到1865年在巴黎举办的国际博览会前后,各种车床、镗床、刨床、插床和齿轮机床、螺纹机床等相继出现。

在科学研究方面,1864年法国的Joessel对刀具几何形状对切削力的影响进行了研究;1870~1877年俄国学者И.А.Трубе对切屑形成过程进行了研究并取得了可贵的成果;1906~1907年美国的F.W. Taylor研究得出了刀具耐用度与切削速度的关系式,并发表了《关于金属切削技术》的论著。尽管这些研究成果是很有价值的,但在时间上远远晚于春秋时周礼

的《考工记》、明代王征的《诸器图说》、张自烈的《正字通》及宋应星的《天工开物》几部巨著的问世。为此，英国杂志《Nature》（1952年5月）也不得不承认：“直到十四世纪，中国在力学与机械学上的成就都超过了西方。”

在我国，首先在高等院校中开展了金属切削方面的研究工作。1952年全国高等院校院系调整后，针对国家建设的需要，在工科院校中普遍设置了机械制造工艺与设备专业及金属切削原理课程，与此同时，各校相继建立了金属切削实验室，为开展教学与科研工作创造了条件。1981年5月，成立了我国第一个民间学术团体——中国高校金属切削研究会，进一步推动了全国高等工科院校的科研工作。该研究会至今已拥有161所全日制高校的基本团体会员。此外，还有若干工厂特邀团体会员、国外知名学者荣誉个人会员及国内个人会员。研究会下设六个分会（华东分会、东北分会、华北分会、中南分会、西北分会及西南分会），各分会每年分别召开一次年会，三年召开一次全国学术年会。会上除了宣读论文外，还交流科研与教学经验，每次年会除了会员院校的教师出席外，还邀请了有关科研单位及工厂企业的科技人员参加，全国年会还邀请国外著名学者出席并宣读论文。为了提供教学与科研方面的动态并进行学术交流，研究会还出版了《会讯》、《论文集》和《译文集》。由于研究会近十年来学术活动的效果显著，在国内外金属切削界中享有较高声望。

我国有成都工具研究所、北京机床研究所、郑州磨料磨具磨削研究所等机械系统的专业研究所以及一些厂属或地方研究所，它们在开发新产品等应用性课题方面作了大量工作，取得了丰硕成果，促进了生产的发展。

目前，我国在切削机理、材料加工性、切削过程优化、刀具磨损与破损、新型刀具结构和刀具材料的开发、难加工材料加工、精密磨削、超精密切削、石材加工、自动化加工中切削状态的检测与监控以及计算机辅助设计等方面的研究工作均取得了显著成就。切削数据库正在建立。

我国在培养金属切削人才方面也取得了很大成绩，尤其在近十年来，全国大约有60所工科院校招收了金属切削方面的研究生，为国家培养出一批硕士与博士，博士后站也陆续建立。

可以预言，随着科学技术的进步和工业化发展的需要，我国的金属切削科学和技术将会更加蓬勃地发展。

目 录

绪论

第一部分 基础知识

第一章 金属切削的基本定义	(1)
§ 1—1 工件表面、切削运动及切削用量.....	(1)
§ 1—2 刀具切削部分的组成及参考系的建立.....	(4)
§ 1—3 刀具切削部分几何角度定义.....	(9)
§ 1—4 刀具角度的换算.....	(12)
§ 1—5 刀具的工作角度.....	(16)
§ 1—6 切削层参数.....	(18)
§ 1—7 切削方式.....	(19)

复习思考题

第二章 刀具材料	(22)
§ 2—1 刀具材料应具备的性能.....	(23)
§ 2—2 常用刀具材料的种类.....	(24)
§ 2—3 高速钢.....	(26)
§ 2—4 硬质合金.....	(31)
§ 2—5 涂层刀具.....	(36)
§ 2—6 其它刀具材料.....	(39)

复习思考题

第二部分 金属切削基本理论——四大规律

第三章 金属切削过程中的变形规律	(43)
§ 3—1 研究金属切削过程中变形的的方法.....	(44)
§ 3—2 金属变形的宏观表现.....	(45)
§ 3—3 金属变形的微观表现.....	(48)
§ 3—4 真实晶体的变形——晶格缺陷.....	(51)
§ 3—5 塑性变形对材料组织与性能的影响.....	(53)
§ 3—6 金属切削过程及变形区域的划分.....	(54)
§ 3—7 切屑形态.....	(57)
§ 3—8 度量切屑变形程度的方法.....	(59)
§ 3—9 滑移角(剪切角)公式及其物理意义.....	(61)
§ 3—10 前刀面上的摩擦.....	(62)

§ 3—11 切屑底层与刀具前刀面之间的接触长度	(66)
§ 3—12 积屑瘤	(67)
§ 3—13 减小切屑变形的主要途径与措施	(71)

复习思考题

第四章 金属切削过程中切削力的变化规律	(75)
----------------------------	--------

§ 4—1 切削力及切削分力	(75)
§ 4—2 切削功率、单位切削力及单位切削功率	(77)
§ 4—3 切削力公式	(80)
§ 4—4 影响切削力的因素	(87)
§ 4—5 切削力的测量	(96)

复习思考题

第五章 金属切削过程中切削热、切削温度及温度的分布规律	(100)
------------------------------------	---------

§ 5—1 切削热的产生与传出	(100)
§ 5—2 切削时温度的测定	(102)
§ 5—3 影响切削温度的因素	(106)
§ 5—4 温度的分布	(113)
§ 5—5 切削温度对工件、刀具的影响	(114)

复习思考题

第六章 金属切削过程中刀具磨损与破损规律	(117)
-----------------------------	---------

§ 6—1 刀具磨损的形式	(117)
§ 6—2 刀具磨损特点与原因	(118)
§ 6—3 刀具磨损过程及磨钝标准的确定	(122)
§ 6—4 刀具耐用度及其实验公式	(123)
§ 6—5 耐用度的确定	(125)
§ 6—6 刀具非正常损坏——破损	(127)

复习思考题

第三部分 综合分析与应用

第七章 刀具切削部分几何参数的合理选择	(131)
----------------------------	---------

§ 7—1 刀具切削部分几何参数的选择原则	(131)
§ 7—2 前角和前刀面型式的选择	(133)
§ 7—3 后角的选择	(139)
§ 7—4 主、副偏角的选择	(142)
§ 7—5 刃倾角的选择	(145)
§ 7—6 刀具刃区型式的选择	(149)
§ 7—7 刀具几何参数合理选择举例	(152)

复习思考题

第八章 切削用量的合理选择	(155)
----------------------	---------

§ 8—1 切削用量的选择次序	(155)
-----------------	---------

§ 8—2	切削用量的选择	(157)
§ 8—3	选择切削用量的步骤和实例	(162)
§ 8—4	提高切削用量的途径	(171)
§ 8—5	切削用量的优化	(172)
§ 8—6	金属切削数据库介绍	(182)

复习思考题

第九章	改善已加工表面质量的途径	(188)
§ 9—1	表面质量与已加工表面形成过程的关系	(188)
§ 9—2	控制表面粗糙度的途径	(189)
§ 9—3	控制加工硬化的途径	(195)
§ 9—4	控制残余应力的途径	(197)
§ 9—5	切削液	(198)

复习思考题

第十章	改善工件材料切削加工性的途径	(204)
§ 10—1	工件材料切削加工性的衡量指标	(204)
§ 10—2	影响切削加工性的因素分析	(206)
§ 10—3	改善切削加工性的措施	(209)
§ 10—4	部分难加工材料的切削加工性	(210)

复习思考题

第十一章	切屑的控制	(215)
§ 11—1	切屑形状的分类	(215)
§ 11—2	断屑机理	(218)
§ 11—3	断屑方法	(220)

复习思考题

第四部分 磨削

第十二章	砂轮的组成及选择原则	(226)
§ 12—1	磨料的选择原则	(226)
§ 12—2	粒度的选择原则	(228)
§ 12—3	结合剂的选择原则	(229)
§ 12—4	硬度的选择原则	(230)
§ 12—5	组织的选择原则	(232)
§ 12—6	砂轮形状的选择	(232)
§ 12—7	金刚石砂轮	(234)

复习思考题

第十三章	磨削过程	(236)
§ 13—1	磨削特点	(236)
§ 13—2	磨削过程	(236)
§ 13—3	磨削力及磨削功率	(244)

§ 13—4 磨削温度及其测量·····	(247)
§ 13—5 砂轮的磨损及修整·····	(249)
复习思考题	
第十四章 磨削加工表面质量·····	(254)
§ 14—1 磨削加工表面质量的特点·····	(254)
§ 14—2 磨削加工表面粗糙度·····	(254)
§ 14—3 磨削烧伤及改善·····	(256)
§ 14—4 磨削残余应力及改善·····	(262)
复习思考题	
第十五章 几种高效和低粗糙度的磨削方法·····	(266)
§ 15—1 低粗糙度磨削·····	(266)
§ 15—2 高速磨削·····	(271)
§ 15—3 强力磨削·····	(273)
§ 15—4 砂带磨削·····	(279)
复习思考题	
第十六章 非砂轮磨削·····	(284)
§ 16—1 超精加工·····	(284)
§ 16—2 珩磨·····	(292)
复习思考题	
本书常用的单位、词汇、名词、术语和符号·····	(298)
主要参考文献·····	(312)

第一部分 基础知识

第一章 金属切削的基本定义

要正确阐述科学理论，首先要有明确的定义，而定义又是随着科学的发展而逐步完善。对于金属切削也不例外，在学习金属切削理论之前，同样需要先弄清金属切削的基本定义。

本章主要以车外圆这一最基本、最简单的加工方式为对象，分别阐述工件表面、切削运动、切削用量、刀具切削部分的静止(刃磨)角度和工作角度以及切削层几何参数的定义。只要彻底理解了本章所述的各个定义，即使今后遇到更复杂的加工方式，经过分析思考，一般都能够理解。因此，学好本章内容是为学习本门课程打好基础。

§ 1-1 工件表面、切削运动及切削用量

一、工件上的表面

在刀具对工件进行切削的过程中，被切下的一部分工件材料变成切屑，同时，在工件上形成三个不断变化着的表面(图 1-1)：

(1) 加工表面——刀具切削刃正在切削着的工件表面。

(2) 待加工表面——在本次走刀中即将被刀具切削刃切削到的工件表面，可能是毛坯表面，也可能是上次走刀运动切出的表面。

(3) 已加工表面——本次走刀被刀具切削刃刚刚切出的工件表面。

由图 1-1 可以看出，随着车刀连续走刀，工件上的三个表面在不断变化，其中加工表面沿走刀方向不断位移，待加工表面与已加工表面沿走刀方向的宽度不断改变，前者逐渐变小，后者逐渐变大。

关于工件表面的定义完全适用于其它切削加工方式，如图 1-2 所示，只是钻孔时看不到待加工表面，一般习惯用工件中心线表示。

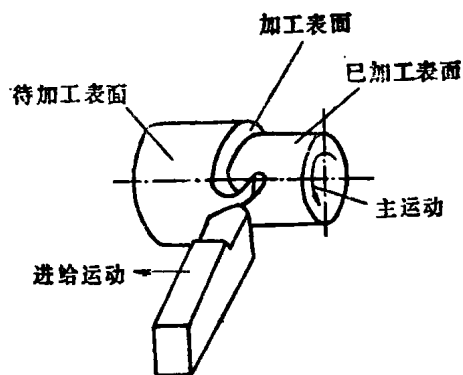


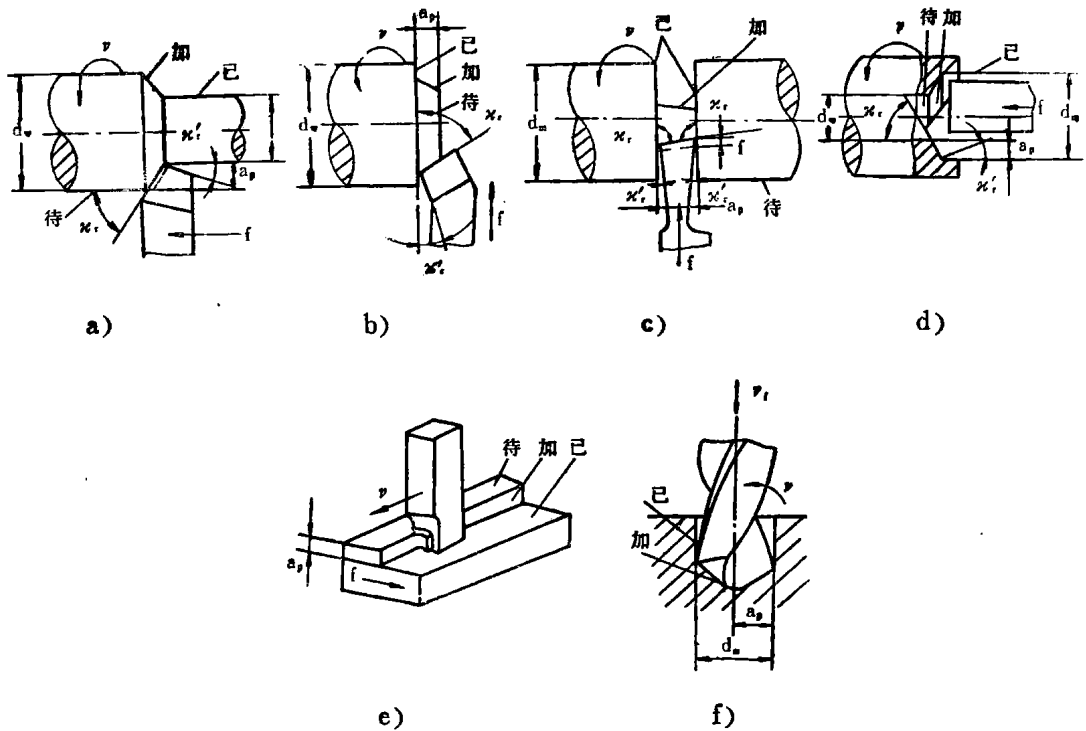
图 1-1 在切削过程中工件三个表面

二、切削运动与切削用量

为了使刀具能切下工件上多余的材料，刀具与工件之间必须要有相对运动，这便是切削运动，它包括主运动与进给运动。

1. 主运动与切削速度

切削运动中速度最高、消耗功率最大的运动，称为主运动。此定义适用于所有切削加工方式。如车削及镗孔时工件的回转运动、铣削时铣刀的回转运动、钻孔时钻头的回转运动、



a) 车外圆；b) 车端面；c) 切断；d) 镗孔；e) 刨平面；f) 钻孔

图 1—2 各种切削加工方式

扩孔时扩孔钻的回转运动、铰孔时铰刀的回转运动以及磨削时砂轮的回转运动等均为主运动。刨削有两种情况：当在牛头刨床上进行加工时，刨刀切削时的直线运动为主运动（参见图 1—2），在龙门刨床上加工时，工件被切削时的直线运动为主运动。

主运动的速度，称为切削速度，以符号 v 表示。大多数切削加工的主运动是回转运动，因此其切削速度可按下式计算：

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\max} \cdot n}{1000} \quad \text{m/s (或 m/min)} \quad (1-1)$$

式中 d_{\max} ——工件或刀具上的最大直径 (mm)。如车外圆时取工件待加工表面直径 d_w ，镗孔时取工件已加工表面直径 d_m ，铣削时取铣刀外径 d_f ，钻孔时取钻头外径 d_d ，磨削时取砂轮外径 d_s 等。

n ——工件或刀具的转速 (r/s 或 r/min)。

2. 进给运动与进给量

使工件上新的金属层不断投入切削，以便使工件待加工表面一层金属逐步切完的运动，称为进给运动。此定义也适合于所有切削加工方式。如车外圆时车刀沿工件轴向的连续直线运动；镗孔时镗刀沿工件轴向的连续直线运动；铣削时工件的连续直线运动；钻孔时钻头的轴向连续直线运动；扩孔时扩孔钻的轴向连续直线运动以及铰孔时铰刀轴向连续直线运动等均进给运动。刨削同样有两种情况：如在牛头刨床上加工水平面时，工件沿与主运动垂直的水平方向所作的间歇位移运动为进给运动；在龙门刨床上加工水平面时，刨刀沿与主运动垂直的水平方向所作的间歇位移运动为进给运动。磨削的进给运动则不止一个，如外圆磨削共有三个进给运动：工件回转的圆周进给运动、工件沿砂轮表面轴向位移的轴向进给运动以及

砂轮相对工件径向位移的径向进给运动（详见第十三章）。

进给运动的大小即为进给量，以符号 f 表示。当主运动为回转运动（如车、铣、镗、钻、扩、铰及磨削等）时，进给量是指工件或刀具每回转一周两者沿进给方向的相对位移量，单位为 mm/r ；当主运动为直线运动（如刨削等）时，其进给量是指工件或刀具每往复直线运动一次两者沿进给运动方向的相对位移量，单位为 mm/str 。

对于铣刀、铰刀等多齿刀具，还可以用每齿进给量表示，符号为 a_t ，单位为 mm/z 。

除此以外，在某些情况下还需要知道单位时间内的进给量，也称进给速度，以符号 v_f 表示，单位为 mm/s （或 mm/min ）。

显然，它们之间存在下列关系：

$$v_f = f \cdot n = a_t \cdot z \cdot n \quad \text{mm}/s \quad (\text{或} \text{mm}/\text{min}) \quad (1-2)$$

式中 v_f ——进给速度（ mm/s 或 mm/min ）；

f ——进给量（ mm/r ）；

n ——工件或刀具的转速（ r/s 或 r/min ）；

a_t ——每齿进给量（ mm/z ）；

z ——刀齿数；

由以上所述可见：

(1) 进给运动速度远远小于主运动速度。

(2) 主运动只有一个，进给运动一般也只有一个，但也可能有一个以上（如磨削等）。

(3) 主运动与进给运动可分别由工件与刀具承担（如车削等），也可能同时由刀具承担（如钻孔等），很少同时由工件承担。

(4) 进给运动多数是连续的运动（如车削等），但也有的是间歇运动（如刨削等）。

(5) 多数情况下主运动与进给运动同时进行，但也有交替进行的（如刨削等）。

(6) 按式 1-1 计算出来的切削速度是最大速度，这是考虑到刀具切削刃上各点切削速度不同，按最大切削速度来考虑问题（诸如刀具磨损以及切削功率的核算等）可以避免估计不足的缺点。

3. 主运动与进给运动的合成

严格地讲，当主运动与进给运动同时进行，刀具与工件之间的相对运动速度应该是主运动速度与进给运动速度的向量和（图 1-3），即

$$\vec{v}_0 = \vec{v} + \vec{v}_f \quad (1-3)$$

式中 \vec{v}_0 ——刀具与工件之间相对运动速度向量，即合成速度向量；

\vec{v} ——主运动速度向量，即切削速度向量；

\vec{v}_f ——进给运动速度向量，即进给速度向量。

由于切削速度 v 要远远大于进给速度 v_f ，即合成切削速度夹角 η 很小，因此一般可以看成

$$\vec{v}_0 = \vec{v}$$

4. 切削深度

工件待加工表面与已加工表面之间的垂直距离即为切削深度（图 1-2），以符号 a_p 表示，单位为 mm 。切削深度的大小直接影响到主切削刀的工作长度及切削负荷的大小。

车外圆时

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

镗孔、扩孔、铰孔时

$$a_p = \frac{d_m - d_w}{2} \text{ mm} \quad (1-5)$$

钻孔时

$$a_p = \frac{d_m}{2} \text{ mm} \quad (1-6)$$

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) 。

上述切削速度 v 、进给量 f 及切削深度 a_p 统称为切削用量或切削用量三要素,是计算工时定额、拟定生产计划及核算产品成本所必要的的数据,其大小不仅影响到生产率、加工质量,还直接影响到切削过程的规律,关于这些问题在后面各章中将要详细论述。

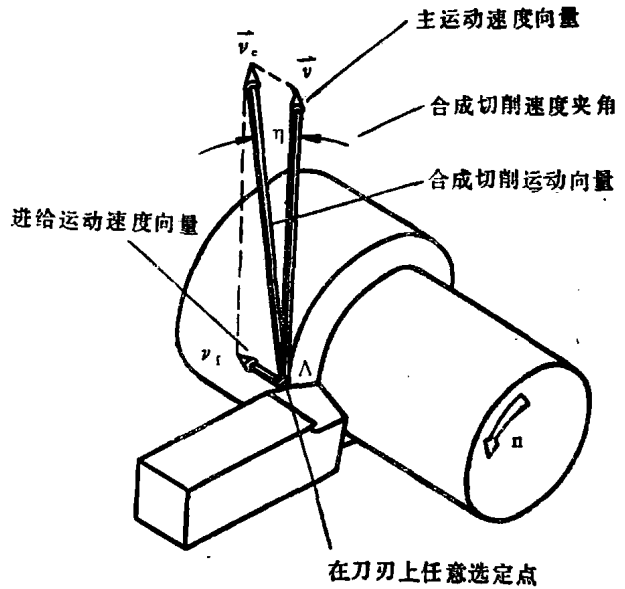


图 1-3 速度的合成

* 三、切削运动学概述

切削加工的基本内容可归纳为物理方面的及几何方面的两个部分,前者是研究切削过程的物理现象,如切屑的变形、切削力、切削热及刀具磨损等;后者则是研究刀具与工件在切削加工过程中的相对运动关系,切削运动学就是研究刀具与工件接触时同时发生的运动的一门学科。

由于机器零件表面的母线绝大多数是直线或圆。因此,切削运动的基本运动单元就是直线运动和回转运动,任何切削加工方法都是由这两种基本运动单元组合而成的。例如:

一个直线运动组成的加工方法有刨削、插削及拉削等;

一个直线运动和一个回转运动所组成的加工方法有车削、铣削、镗孔、钻孔、扩孔和铰孔等;

一个直线运动和两个回转运动所组成的加工方法有内、外圆磨削、铣螺旋槽等。

由于回转运动可以在同一方向连续进行切削,避免了反向时的惯性力,而且所占空间较小。因此,如同时存在回转运动和直线运动,那么前者一定是高速的主运动,后者则是低速的进给运动。

切削运动学不仅研究刀具工作时角度的变化和工件已加工表面形状及其误差,也是设计金属切削机床必要的理论依据。此外,研究切削运动学还可望创造出新的切削加工方法。因此,切削运动学已形成一门独立的学科,在高等学校里可作为选修课程设置。此处不再介绍。

§ 1-2 刀具切削部分的组成及参考系的建立

一、刀具切削部分的组成

金属切削刀具虽然种类繁多,复杂程度也不一样,可是其切削部分的几何形状和参数却

有着一定的共性，通过仔细观察分析后发现，几乎所有金属切削刀具的切削部分都很相似，都可以看成是由普通外圆车刀演变出来的。例如镗刀和刨刀与普通外圆车刀相比较，不仅切削部分构造基本一样，刀体（或称夹持部分）也属同一类型，只是用于切削加工方式不同而已，麻花钻的切削部分可以看成是由两把加工内表面的车刀（即镗刀）所组成（图 1—4 a），对于诸如扩孔钻、铰刀及铣刀等多齿刀具，其中每一个刀齿也都可以看成是一把普通镗刀或车刀（图 1—4 b、c、d）。至于其它刀具也都可以普通外圆车刀的切削部分为基本形态来进行分析。为此，本章将以普通外圆车刀为对象，详尽分析其切削部分几何形状和参数。

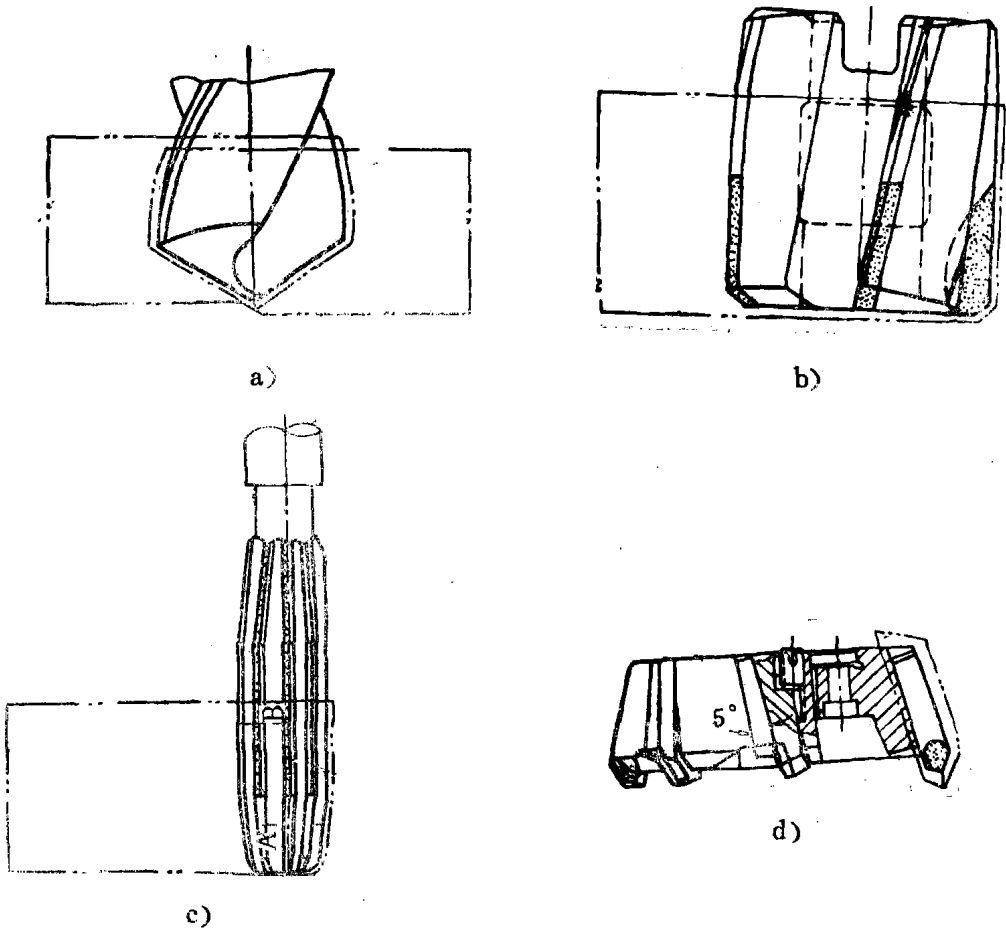


图 1—4 刀具的基本形态

从宏观来看，普通外圆车刀的切削部分是由三个面、两条“线”及一个“点”所组成，如图 1—5 所示。

三个面：

前刀面——刀具切入被切金属层后，形成的切屑最初流出所经过的表面，以符号 A_γ 表示。前刀面的形状（平面或曲面）和方位（前倾、后倾、左倾、右倾或水平）直接影响到切屑的弯曲（变形）程度和流向，对切削过程起着举足轻重的作用。

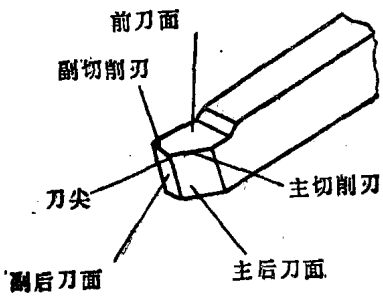


图 1—5 刀具切削部分的组成

后刀面——切削时与工件加工表面相对的面，也可称主后刀面，以符号 $A\alpha$ 表示。后刀面不能与工件加工表面相贴合，否则会造成两者之间摩擦过大而无法切削。

副后刀面——切削时与工件已加工表面相对的面，以符号 $A'\alpha$ 表示。

以上三个面便形成刀具切削部分的实体，任何金属切削刀具的切削部分都是以这样的实体为基本形态演变和发展起来的。

两条“线”：

主切削刃——前刀面与后刀面的“交线”，担负着主要切削工作，其工作长度决定了切削负荷的大小。主切削刃一般呈直线，但也可能呈曲线。

副切削刃——前刀面与副后刀面的“交线”，它配合主切削刃分担少量切削工作，以形成工件已加工表面。

一个“点”：

刀尖——主切削刃与副切削刃的“交点”，刀尖处强度最低，散热条件也最差。

实际上，主切削刃与副切削刃并非一条线，而是近似于圆柱面；刀尖也并非一个点，而是一段半径很小的圆弧刃（图 1—6 a），也可能是一小段直线形的切削刃（图 1—6 b），因为它处于主、副切削刃之间，因此也称为过渡刃。

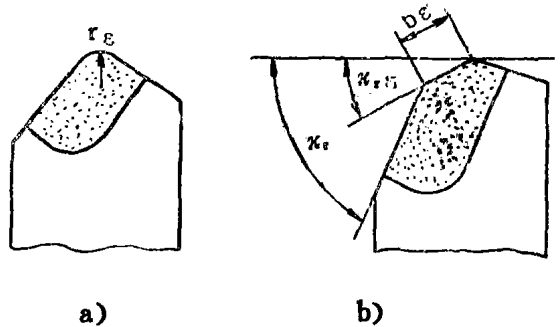


图 1—6 刀尖处的过渡刃

二、主要坐标平面及参考系

金属切削刀具是一个几何实体，其切削部分的几何形状取决于三个面（前刀面、后刀面及副后刀面）不同倾斜方向的组合。要确定其倾斜程度，只有用角度来表示，为此首先要建立四个坐标平面：

1. 切削平面——主切削刃上某一选定点的切削平面是通过该点切于工件加工表面的平面，以符号 P_c 表示。如图 1—7 所示，选定点为 A。

显然，在忽略进给运动影响的情况下，该选定点 A 的切削速度向量 v 必然包含在切削平面之中。

2. 基面——主切削刃上某一选定点的基面，是通过该点垂直于该点合成切削速度向量 v_s 的平面。在忽略进给运动影响的情况下，基面是通过选定点垂直于切削速度向量 v 的平面，以符号 P_s 表示，如图 1—8 所示，A 为选定点。

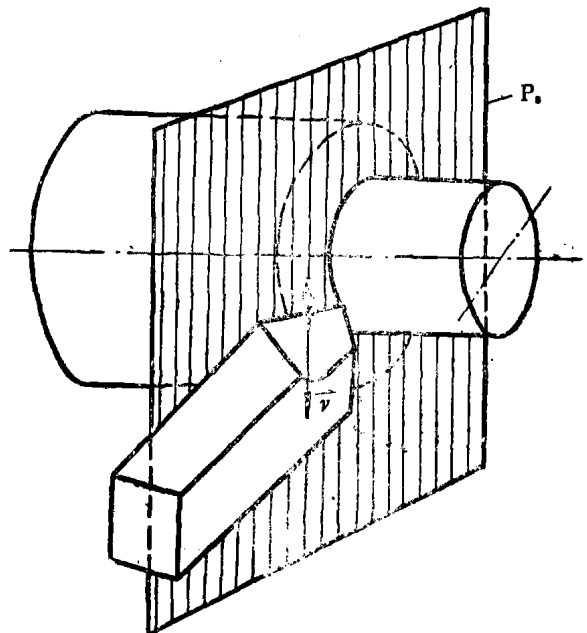


图 1—7 切削平面

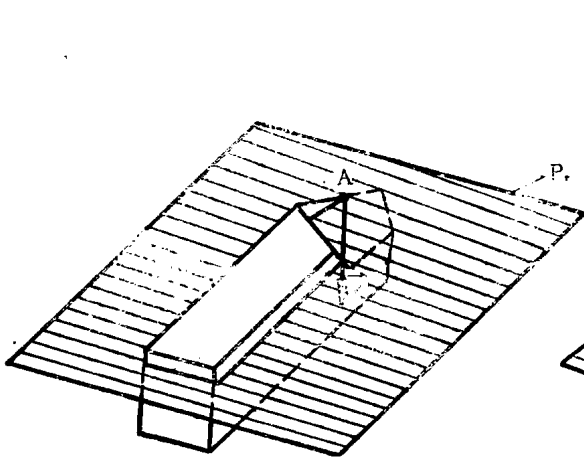


图 1—8 基 面

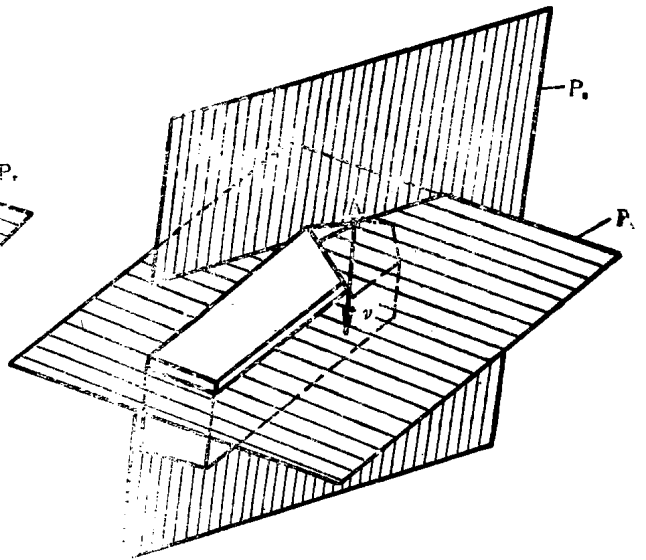


图 1—9 切削平面与基面的关系

由上述切削平面与基面的定义看出，主切削刃上任意选定点A的切削平面 P_0 与基面 P_1 是始终互相垂直的两个坐标平面，如图1—9所示。

3. 主剖面——主切削刃上某一选定点的主剖面是通过该点垂直于主切削刃在基面上投影的平面，以符号 P_2 表示，如图1—10所示，选定点为A。

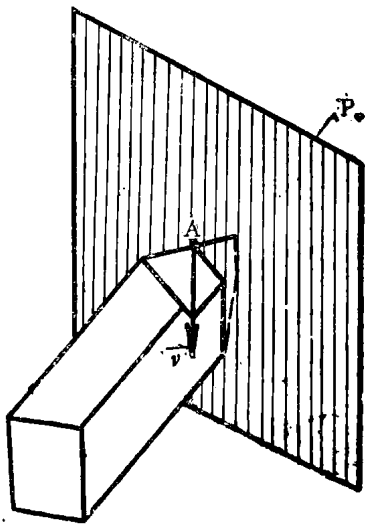
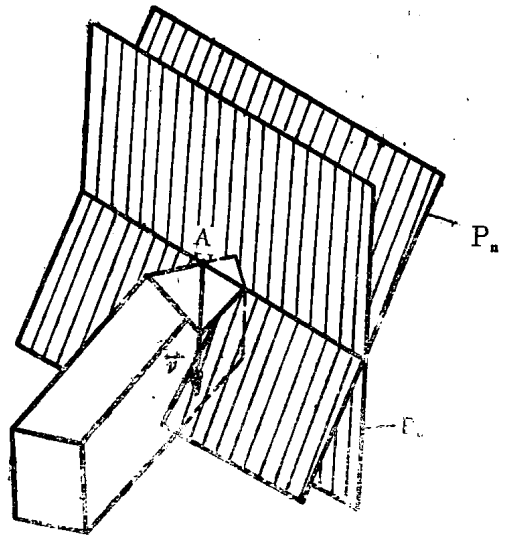


图 1—10 主剖面



图—11 法剖面与主剖面的关系

4. 法剖面——主切削刃上某一选定点的法剖面是通过该点垂直于主切削刃的平面，以符号 P_3 表示。如图1—11所示，A为选定点。

上述四个坐标平面中，切削平面与基面与另外任一剖面可组成一种参考系。这四个主要坐标平面总共可组成两种参考系：

1. 主剖面参考系——主剖面参考系由切削平面 P_0 、基面 P_1 及主剖面 P_2 所组成，如图1—12所示。

2. 法剖面参考系——法剖面参考系由切削平面 P_0 、基面 P_1 及法剖面 P_3 所组成，如图1—13所示。