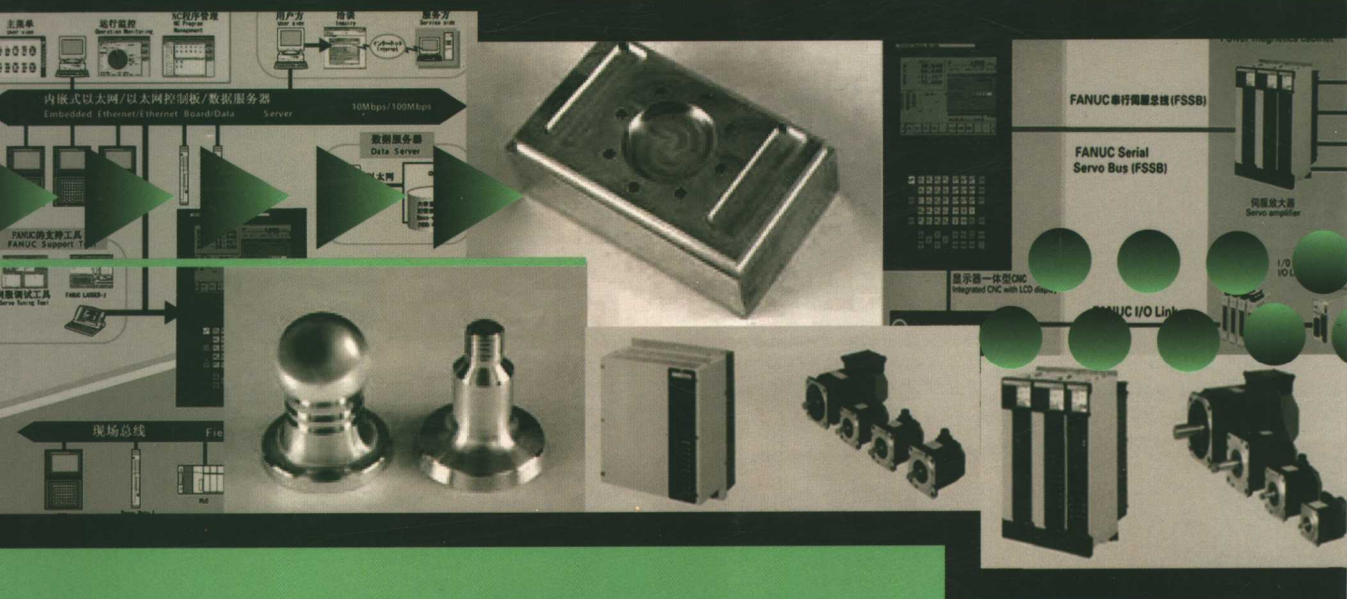


数控技术与数控加工丛书

数控机床刀具 及其应用

● 徐宏海 等编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

数控技术与数控加工丛书

数控机床刀具及其应用

徐宏海 等编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床刀具及其应用/徐宏海等编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 7

(数控技术与数控加工丛书)

ISBN 7-5025-7520-0

I. 数… II. 徐… III. 数控刀具 IV. TG729

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 088064 号

数控技术与数控加工丛书
数控机床刀具及其应用

徐宏海 等编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 闫 敏

责任校对: 于志岩

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 358 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7520-0

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

数控技术与数控加工丛书 编写委员会

主任	罗学科					
副主任	徐宏海	张超英				
委员	牛小铁	王刚	王犇	张超英	张莉洁	罗学科
	徐宏海	谢富春	金福吉	高德文	康西瑛	王小芳
	阎红娟	郑张龙	赵玉侠	郑青	陈晓光	杨霭云
	吕宝和	李牧	高雯			

序

机械制造业是国民经济的支柱产业。没有发达的制造业，就不可能有国家的真正繁荣和富强。而制造业的发展规模和水平，则是国民经济实力和科学技术水平的重要标志之一。加入 WTO 以后，我国的制造业得到了迅猛发展，并将逐步成为世界的制造业中心。因此，制造业急需大量的高等级应用型人才。

数控机床集计算机技术、自动控制技术、自动检测技术和精密机械等高新技术于一体，涉及了多学科的相关知识。数控技术正朝着高精度、高速度、高柔性、高可靠性和复合化方向发展，出现了许多新知识、新技术、新方法和新工艺。因此，要求从事数控机床操作的人员不仅具备多学科的基础知识，还要不断地进行知识更新，以适应岗位对人才的要求。

为了培养国内急需的数控技术应用型人才，针对数控技术的特点和从业人员的职业特征，组织编写了《数控技术与数控加工丛书》，包括《典型数控系统及其应用》、《数控机床刀具及其应用》、《数控车削加工》、《数控铣削加工》、《数控模具加工》和《数控机床调试、使用与维护》共 6 本。

该丛书在知识体系上，以数控技术应用为出发点，围绕数控技术和数控加工两个方面；在知识结构上，突出系统性；在内容上，突出实践性，以工程应用为主线，力求概念清晰、叙述简单、通俗易懂。书中的大量实例来自生产实际和教学实践，融会了作者长期以来的教学实践和研究成果。

本书可作为大、中专及职业技术学院相关专业的教材或技术参考书籍，也可作为从业人员的培训指导用书。

《数控技术与数控加工丛书》编委会

2005 年 6 月

前 言

21 世纪机械制造业的竞争，其实质是数控技术的竞争，这种竞争是全方位的。目前，随着国内数控机床用量的剧增，特别是随着高刚度整体铸造床身、高速运算数控系统和主轴动平衡等新技术的采用以及刀具材料的不断发展，现代切削加工朝着高速、高精度和强力切削方向发展。数控机床刀具与工具系统的性能、质量和可靠性以及刀具管理系统的水平，直接影响到我国制造业数百万台昂贵的数控机床生产效率的高低和加工质量的好坏，也直接影响到整个机械制造工业的生产技术水平和经济效益。可以说数控刀具及其管理系统水平的高低，正在成为制约我国制造业发挥数控机床加工效率的“瓶颈”。“工欲善其事，必先利其器”，本书正是在这样的背景下，经过反复的实践与总结，在收集国内外大量最新技术发展成果的基础上编写的。

数控机床刀具、工具系统和刀具管理系统是发挥数控机床加工效率、保证加工质量的基础。只有先进的数控机床，没有与之相配套的先进刀具、工具系统和刀具管理系统，或者没有掌握刀具的合理使用技术，数控机床的效能就得不到充分发挥。本书正是从数控加工生产实际的角度出发，以切削过程的基本理论为基础，以掌握数控机床刀具合理使用技术、发挥数控机床效能为目标，在介绍数控加工的切削基础、已加工表面粗糙度成因、刀具材料的种类及其选用原则以及数控刀具的特点、失效形式与可靠性等基本知识的基础上，分析了数控车削刀具、数控铣削刀具和孔加工刀具的种类、特点及合理使用技术，并给出各种典型材料的实用刀具。同时，结合国内外数控工具系统的最新发展成果，介绍了数控工具系统、刀具预调仪和刀具管理系统等方面的知识及相关标准。全书系统性、综合性强，与生产实践联系紧密。

本书的适用对象为大、中专及职业技术学院学生和从事数控加工实践与研究的工程技术人员，本书也可作为从事数控技术应用、CAD/CAM 技术应用和模具设计与制造等人员的培训教材或技术参考书籍。

本书第 2~7 章和第 9 章由北方工业大学徐宏海编写，第 1 章和第 8 章由首钢工学院王犇编写。北方工业大学张超英为本书的编写提供了大量的技术资料。全书由徐宏海负责统稿和定稿。

在本书的编写过程中，得到了北方工业大学领导和同事的大力支持和帮助，中国科学院研究生院于华教授、成都英格数控刀具模具有限公司王虹总经理等为本书的编写提出了许多宝贵的意见并提供了丰富的资料，在此一并致谢。

由于编者水平有限，数控刀具、工具系统和刀具管理系统技术发展迅速，所以本书难免有不足之处，望读者和各位同仁提出宝贵意见。

编者

2005 年 6 月

内 容 提 要

本书以金属切削过程的基本理论及切削加工工件表面成形理论为基础,介绍刀具几何参数与切削用量的合理选择和已加工表面粗糙度的成因及其影响因素;以数控刀具的使用与管理为主线,阐述各类数控刀具的特点与合理使用技术、典型材料切削实用刀具以及数控工具系统的种类和应用;以提高数控机床加工效率、保证加工质量为宗旨,介绍刀具预调仪的选用与管理以及刀具管理系统的职能。编著时注意简化基本理论的叙述,注重与生产实际的联系,强调应用性内容的介绍。结合数控工具系统的发展趋势,尽量反映技术发展的最新成果及相关国际标准。全书分数控加工的切削基础、已加工表面质量、数控刀具材料及其选用、数控刀具的种类及特点、数控车削刀具、数控铣削刀具、孔加工刀具、典型材料的切削性能和实用刀具以及数控工具系统等共9章。系统性、综合性强,理论与实践联系紧密。

本书适用于大、中专及职业技术学院学生和从事数控加工的工程技术人员使用,既可作为教材,也可作为从事数控技术应用、CAD/CAM技术应用和模具设计与制造人员的培训用书或技术参考书籍。

目 录

第 1 章 数控加工的切削基础	1
1.1 数控加工过程概述	1
1.2 刀具几何角度及切削要素	2
1.2.1 切削运动和切削用量	2
1.2.2 刀具切削部分的几何形状和角度	4
1.2.2.1 刀具切削部分的组成	4
1.2.2.2 刀具切削部分的几何角度	4
1.2.2.3 几种典型车刀的角度标注	7
1.2.3 刀具的工作角度	9
1.2.4 切削层	12
1.3 金属切削过程的基本理论及规律	13
1.3.1 切削过程中的变形	13
1.3.2 积屑瘤与鳞刺	14
1.3.3 影响切屑变形的因素	15
1.3.4 切削力	16
1.3.5 切削热与切削温度	18
1.3.6 刀具磨损和耐用度	20
1.4 金属切削过程基本规律的应用	22
1.4.1 切屑的种类及其控制	22
1.4.2 金属材料的切削加工性	24
1.4.3 切削用量与切削液的合理选择	25
1.4.3.1 切削用量的选择	25
1.4.3.2 切削液及其选择	27
1.5 刀具几何参数的合理选择	28
1.5.1 前角及前面形状的选择	28
1.5.2 后角及后面形状的选择	31
1.5.3 主偏角及副偏角的选择	33
1.5.4 刃倾角的功用及其选择	33
第 2 章 已加工表面质量	35
2.1 已加工表面质量概述	35
2.1.1 已加工表面质量的范畴	35
2.1.2 已加工表面质量对零件使用性能的影响	35
2.1.3 已加工表面的形成	36
2.2 已加工表面粗糙度	36
2.2.1 影响已加工表面粗糙度的因素	36

2.2.2 减小已加工表面粗糙度的措施	39
第3章 数控刀具材料及其选用	41
3.1 刀具材料应具备的基本性能	41
3.2 刀具材料的种类及其选用	42
3.2.1 高速钢 (High Speed Steel, HSS)	42
3.2.1.1 普通高速钢	43
3.2.1.2 高性能高速钢	43
3.2.1.3 粉末冶金高速钢	44
3.2.2 硬质合金 (Cemented Carbide)	44
3.2.2.1 硬质合金的性能及牌号表示方法	44
3.2.2.2 普通硬质合金的种类、牌号及适用范围	45
3.2.2.3 新型硬质合金	51
3.2.2.4 涂层高速钢刀具	53
3.2.3 陶瓷材料 (Ceramics)	53
3.2.4 超硬刀具材料	55
3.2.5 刀具材料选用的基本原则	58
3.3 刀具材料与切削参数	58
第4章 数控刀具的种类及特点	65
4.1 数控刀具的种类	65
4.2 数控刀具的特点	65
4.2.1 数控刀具与传统刀具的特征分析	65
4.2.2 数控刀具的特点	66
4.3 数控刀具的失效形式及可靠性	67
4.3.1 数控刀具的常见失效形式及其解决方法	67
4.3.2 数控刀具的可靠性	71
4.3.2.1 刀具材料的可靠性	71
4.3.2.2 基于刀具可靠性的高速切削刀具结构设计	75
4.3.2.3 提高刀具可靠性的主要途径	76
第5章 数控车削刀具	78
5.1 数控车削刀具的类型	78
5.1.1 机夹可转位式外圆车刀的 ISO 代码	80
5.1.2 机夹可转位式内孔车刀 (镗刀) 的 ISO 代码	81
5.1.3 机夹可转位式螺纹车刀	83
5.1.4 切断 (槽) 刀	86
5.2 可转位车刀刀片的 ISO 代码	87
5.2.1 可转位车刀的组成	87
5.2.2 可转位刀具的优点	87
5.2.3 可转位车刀刀片的 ISO 代码	90
5.2.4 可转位刀片的夹紧方式	91
5.2.5 可转位刀片的断屑槽	93

5.2.6	可转位刀片的选择	96
5.2.7	数控车削加工中的装刀与对刀技术	97
5.3	可转位车刀的合理使用技术	99
5.3.1	切削力夹紧和刀片的机械夹固	99
5.3.2	刀尖圆弧半径 r_c 的选择与刀尖修磨	100
5.3.3	刃区的修磨	100
5.3.4	可转位刀具的磨钝标准 VB	101
5.3.5	可转位车刀的切削用量和断屑	102
第6章	数控铣削刀具	103
6.1	数控铣削加工的主要对象	103
6.2	铣削要素与切削层参数	104
6.2.1	铣削要素	104
6.2.2	切削层参数	105
6.3	铣刀几何角度	106
6.3.1	圆柱铣刀的几何角度	106
6.3.2	面铣刀(端铣刀)的几何角度	106
6.3.3	铣刀几何角度的特点	106
6.4	铣削方式与铣削特征	109
6.4.1	端铣的铣削方式及其特点	109
6.4.2	圆周铣削的铣削方式及其特点	110
6.4.3	铣削特征	112
6.5	数控铣刀的种类及适用范围	114
6.5.1	对刀具的基本要求	114
6.5.2	常用铣刀的种类及适用范围	114
6.6	数控铣刀刀片 ISO 代码	119
6.6.1	可转位铣刀刀片的夹紧方式	119
6.6.2	可转位铣刀刀片的 ISO 代码	122
6.7	铣刀与铣削用量的选择	122
6.7.1	铣刀的选择	122
6.7.2	铣削用量的选择	124
6.8	数控铣削加工中的对刀技术	129
6.9	硬质合金可转位面铣刀的合理使用技术	131
6.9.1	铣刀的安装与调整	132
6.9.2	铣刀直径与铣削方式	133
6.9.3	刀具角度的应用	133
6.9.4	有效的螺旋角	134
6.9.5	刀片密度	134
6.9.6	铣刀轴线与已加工表面的位置关系	134
6.9.7	磨钝标准与定位精度	135
6.9.8	修光刀片的使用及其刃磨	135

6.10 先进铣刀简介	136
6.10.1 大螺旋角铣刀	136
6.10.2 分屑铣刀	137
6.10.3 硬质合金可转位螺旋立铣刀	139
6.10.4 可转位阶梯面铣刀	139
第7章 孔加工刀具	141
7.1 孔加工方法及其特点	141
7.2 钻头	142
7.2.1 麻花钻	142
7.2.1.1 麻花钻结构要素	142
7.2.1.2 麻花钻的结构参数	143
7.2.1.3 麻花钻的几何角度	144
7.2.1.4 钻头的磨损	146
7.2.2 群钻	147
7.2.3 可转位浅孔钻	147
7.2.4 错齿内孔排屑深孔钻	148
7.2.5 单刃外排屑深孔钻(枪钻)	148
7.2.6 喷吸钻	150
7.2.7 新型硬质合金钻头	150
7.3 镗刀	151
7.3.1 单刃镗刀	151
7.3.2 双刃镗刀	152
7.4 铰刀	153
7.4.1 高速钢铰刀	154
7.4.2 硬质合金铰刀	155
7.4.3 铰刀的使用技术	158
第8章 典型材料的切削性能和实用刀具	160
8.1 合金钢的切削性能和实用刀具	160
8.1.1 合金渗碳钢的切削加工性能	160
8.1.2 合金调质钢的切削加工性能	161
8.1.3 合金钢切削刀具实例	163
8.2 淬火钢的切削性能和实用刀具	164
8.2.1 淬火钢的切削加工性特点	164
8.2.2 淬火钢的合理切削条件	164
8.2.3 淬火钢切削刀具实例	166
8.3 不锈钢的切削性能和实用刀具	167
8.3.1 不锈钢的切削加工性特点	167
8.3.2 不锈钢的合理切削条件	168
8.3.3 不锈钢切削刀具实例	169
8.4 高锰钢的切削性能和实用刀具	173

8.4.1	高锰钢的切削加工性特点	173
8.4.2	高锰钢的合理切削条件	174
8.4.3	高锰钢切削刀具实例	175
8.5	铝合金的切削性能和实用刀具	180
8.5.1	铝合金的切削加工性	180
8.5.2	铝合金的合理切削条件	180
8.5.3	铝合金切削刀具实例	181
8.6	冷硬铸铁的切削性能和实用刀具	182
8.6.1	冷硬铸铁的切削加工性	182
8.6.2	冷硬铸铁的合理切削条件	183
8.6.3	冷硬铸铁切削刀具实例	183
第9章	数控工具系统	186
9.1	概述	186
9.2	镗铣类数控工具系统	186
9.2.1	TSG 工具系统	187
9.2.2	TMG 工具系统	195
9.2.3	新型工具系统	199
9.2.3.1	概述	199
9.2.3.2	空心短锥工具系统典型结构及型号规格	200
9.2.3.3	空心短锥工具系统的检测	206
9.2.3.4	空心短锥工具系统的应用	207
9.3	数控车削工具系统	209
9.3.1	通用型数控车削工具系统的发展	209
9.3.2	更换刀具头部的数控车削工具系统的发展	211
9.4	刀具预调仪	211
9.4.1	刀具预调概述	211
9.4.2	刀具预调仪的选用与管理	212
9.5	刀具管理系统	213
9.5.1	刀具管理系统的职能	214
9.5.2	典型刀具管理系统介绍	215
9.5.2.1	AMS-TMS1.0 刀具管理系统	215
9.5.2.2	CCTMS 1.0 刀具管理系统	218
参考文献	参考文献	223

第 1 章 数控加工的切削基础

1.1 数控加工过程概述

数控机床具有高精度、高效率和高柔性等特点，适合于复杂零件的中、小批量加工，因而在现代制造业中得到广泛的应用。利用数控机床完成零件数控加工的过程如图 1-1 所示，主要内容包括：

- ① 根据零件加工图样进行工艺分析，确定加工方案、工艺参数和位移数据。

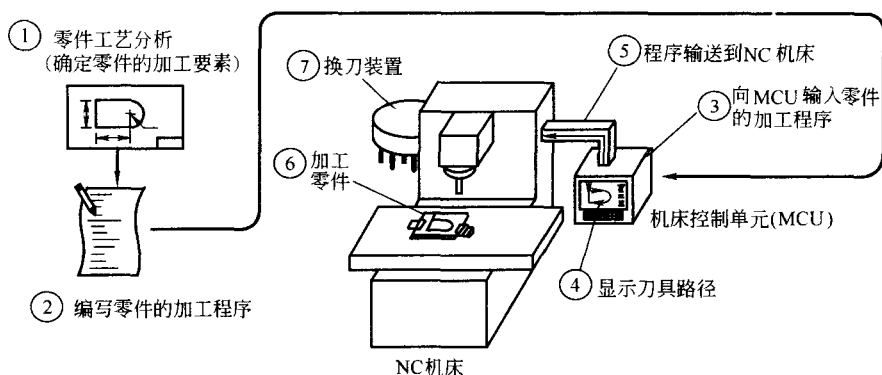


图 1-1 数控加工的过程

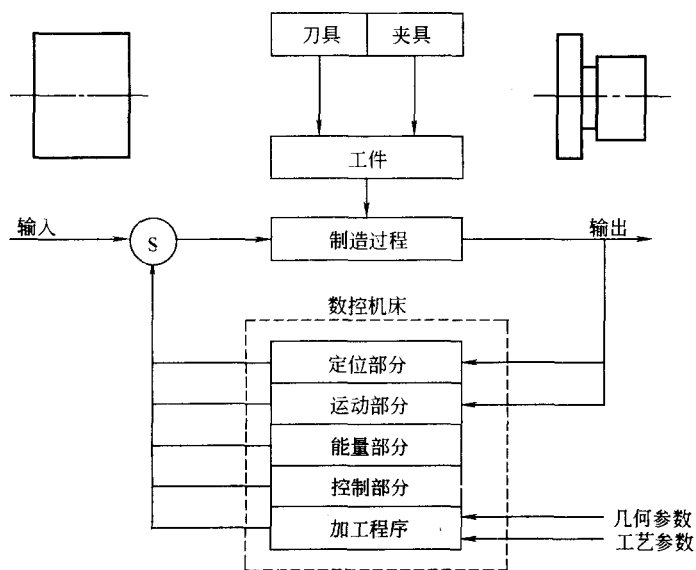


图 1-2 数控加工工艺系统的构成及相互关系

② 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单；或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作，直接生成零件的加工程序文件。

③ 程序的输入或传输。手工编程时，可以通过数控机床的操作面板输入程序；由编程软件生成的程序，通过计算机的串行通讯接口或网络接口，直接传输到数控机床的数控单元 (MCU)。

④ 将输入/传输到数控单元的加工程序，进行试运行、刀具路径模拟等。

⑤ 通过对机床的正确操作，运行程序，完成零件的加工。

由图 1-1 可知，数控加工过程是在一个由数控机床、刀具、夹具和工件构成的数控加工工艺系统中完成的。数控机床是零件加工的工作机械，刀具直接对零件进行切削，夹具用来固定被加工零件并使之占有正确的位置，加工程序控制刀具与工件之间的相对运动轨迹。图 1-2 所示是数控加工工艺系统的构成及相互关系。工艺系统性能的好坏直接影响零件的加工精度和表面质量。本书主要介绍与数控刀具有关的基础知识、基本原理与使用技术。

1.2 刀具几何角度及切削要素

1.2.1 切削运动和切削用量

(1) 切削运动

金属切削加工是用金属切削刀具把工件毛坯上预留的金属材料（统称余量）切除，获得图样所要求的零件。在切削过程中，刀具和工件之间必须有相对运动（如图 1-3 所示），这些运动是由金属切削机床完成的。

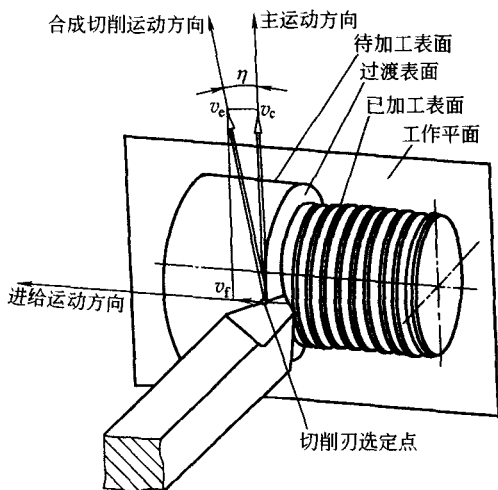


图 1-3 切削运动和工件表面

① 主运动 主运动是由机床或人力提供的主要运动，它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并切除切削层。如车削时工件的旋转运动，刨削时刀具或工件的往复运动。一般情况下，主运动的切削速度 v_c 最高，消耗的机床功率也最大。

② 进给运动 进给运动是由机床或人力提供的使刀具与工件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削层，并得出具有所需几何特性的已加工表面。机床的进给运动可以是连续的运动，如车削外圆时车刀平行于工件轴线的纵向运动 (v_f)；也可以是间断运动，

如刨削时刀具的横向移动。

③ 合成切削运动 当主运动和进给运动同时进行，由主运动和进给运动合成的运动称为合成切削运动。刀具切削刃上选定点相对工件的瞬时合成运动方向称合成切削运动方向，其速度称合成切削速度。该速度方向和过渡表面相切，如图 1-3 所示。合成切削速度 v_e 等于主运动速度 v_c 和进给运动速度 v_f 的矢量和

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

④ 辅助运动 除主运动、进给运动以外，机床在加工过程中还需完成一系列其他的运动，即辅助运动。辅助运动的种类很多，主要包括：刀具接近工件、切入、退离工件、快速返回原点的运动；为使刀具与工件保持相对正确位置的对刀运动；多工位工作台和多工位刀架的周期换位以及逐一加工多个相同局部表面时，工件周期换位所需的分度运动等。另外，机床的启动、停车、变速、换向以及部件和工件的夹紧、松开等的操纵控制运动，也属于辅助运动。辅助运动是整个加工过程中必不可少的。

(2) 工件表面

切削加工过程中，工件上形成了三个不断变化着的表面。

① 已加工表面 工件上经刀具切削后产生的表面称为已加工表面。

② 待加工表面 工件上有待切除切削层的表面称为待加工表面。

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（如刨削）、刀具或工件的下一转里（如单刃镗削或车削）将被切除，或者由下一切削刃（如铣削）切除。

(3) 切削用量

切削用量是用来表示切削运动、调整机床加工参数的参量，可用它对主运动和进给运动进行定量描述。切削用量包括切削速度、进给量和背吃刀量三个要素。

① 切削速度 (v_c) 切削刃上选定点相对于工件主运动的瞬时线速度。回转主运动的线速度 v_c (m/min) 的计算公式如下

$$v_c = \pi dn / 1000 \quad (1-2)$$

式中 d ——切削刃上选定点处所对应的工件或刀具的回转直径，mm；

n ——工件或刀具的转速，r/min。

需要注意的是：车削加工时，应计算待加工表面的切削速度。

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。用刀具或工件每转或每行程的位移量 f (mm/r) 来表示（如图 1-4 所示）。其单位用 mm/r 或 mm/行程（如刨削等）表示。

数控编程时，通常采用进给速度 v_f (F 指令) 表示刀具与工件的相对运动速度，单位是 mm/min。车削时的进给速度 v_f 为

$$v_f = nf \quad (1-3)$$

对于铰刀、铣刀等多齿刀具，通常规定每齿进给量 f_z (mm)，其含义是刀具每转过一个齿，刀具相对于工件在进给运动方向上的位移量。进给速度 v_f 与每齿进给量的关系为

$$v_f = nZf_z \quad (1-4)$$

式中 Z ——刀齿数。

③ 背吃刀量 (a_p) 已加工表面与待加工表面之间的垂直距离，称为背吃刀量 (mm)。外圆车削时：

$$a_p = (d_w - d_m) / 2 \quad (1-5)$$

式中 d_w ——待加工表面直径，mm；

d_m ——已加工表面直径，mm。

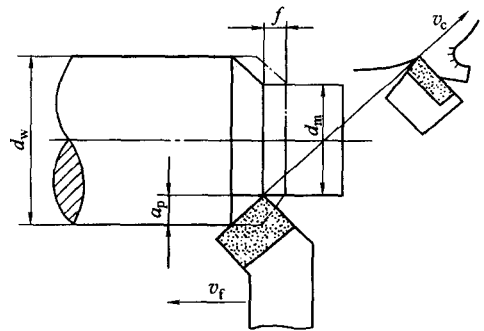


图 1-4 切削用量三要素

镗孔时式(1-5)中的 d_w 与 d_m 的位置互换一下。钻孔加工的背吃刀量为钻头的半径。

1.2.2 刀具切削部分的几何形状和角度

刀具由刀体、刀柄或刀孔和切削部分组成。刀体是刀具上夹持刀条或刀片的部分。刀柄是刀具上的夹持部分。刀孔是刀具上用以安装或紧固在主轴、刀杆或心轴上的内孔。切削部分是刀具上起切削作用的部分。

1.2.2.1 刀具切削部分的组成

金属切削刀具的种类虽然很多,但仔细观察它的切削部分,其剖面的基本形态都是刀楔形状。以外圆车刀为例(如图1-5所示),由三个刀面组成的主、副两组刀楔,其楔角分别为 β_0 和 β'_0 ,切削部分的组成要素如下:

- ① 前刀面 (A_f) 切屑流过的表面;
- ② 主后面 (A_a) 与过渡表面相对的表面;
- ③ 副后面 (A'_a) 与已加工表面相对的表面;
- ④ 主切削刃 (S) 前刀面与主后面的交线,担负主要切削工作;
- ⑤ 副切削刃 (S') 前刀面与副后面相交得到的刃边;
- ⑥ 刀尖 主、副切削刃连接处的一小部分切削刃,刀尖类型如图1-6所示。

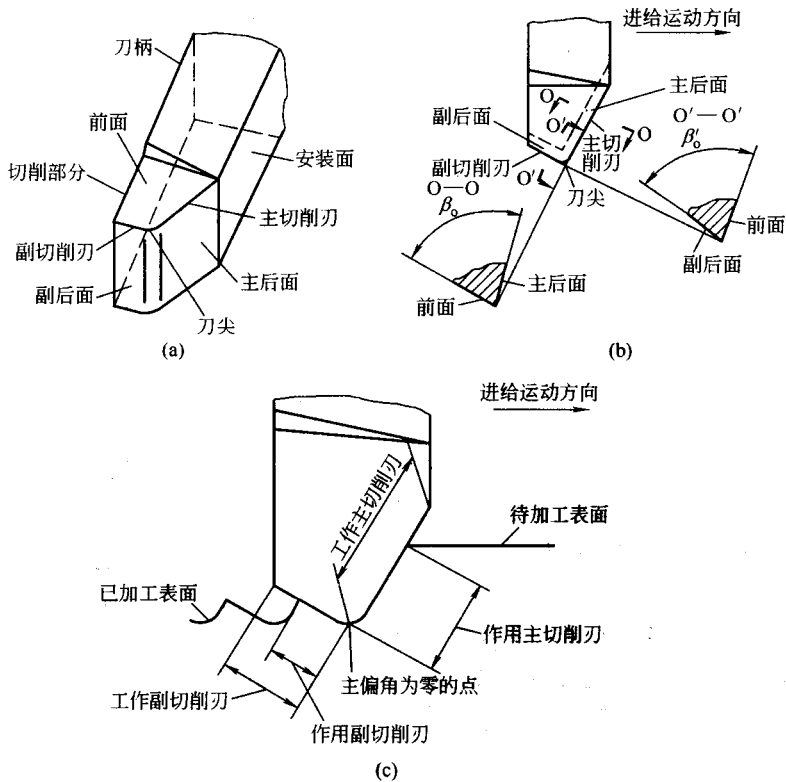


图 1-5 刀具切削部分的组成

1.2.2.2 刀具切削部分的几何角度

(1) 度量刀具角度的参考系

为了确定刀具前面、后面及切削刃在空间的位置,首先应建立参考系,它是一组用于定义和规定刀具角度的各基准坐标平面。用刀具前面、后面和切削刃相对各基准坐标平面的夹

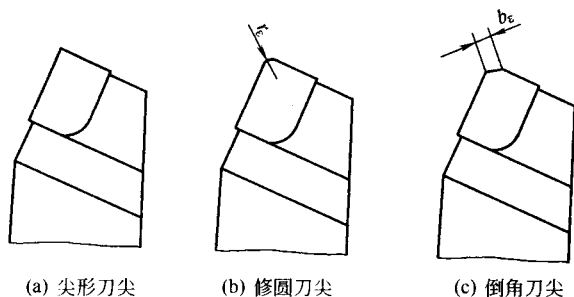


图 1-6 刀尖的类型

角来表示它们在空间的位置，这些夹角就是刀具切削部分的几何角度。

用于确定刀具几何角度的参考系有两类，一类称刀具静止参考系，是用于定义刀具在设计、制造、刃磨和测量时刀具几何参数的参考系，在刀具静止参考系中定义的角度称刀具标注角度。另一类称刀具工作参考系，是规定刀具进行切削加工时几何参数的参考系。该参考系考虑了切削运动和实际安装情况对刀具几何参数的影响，在这个参考系中定义和测量的刀具角度称工作角度。

(2) 刀具静止参考系

刀具静止参考系主要由以下基准坐标平面组成，如图 1-7 所示。

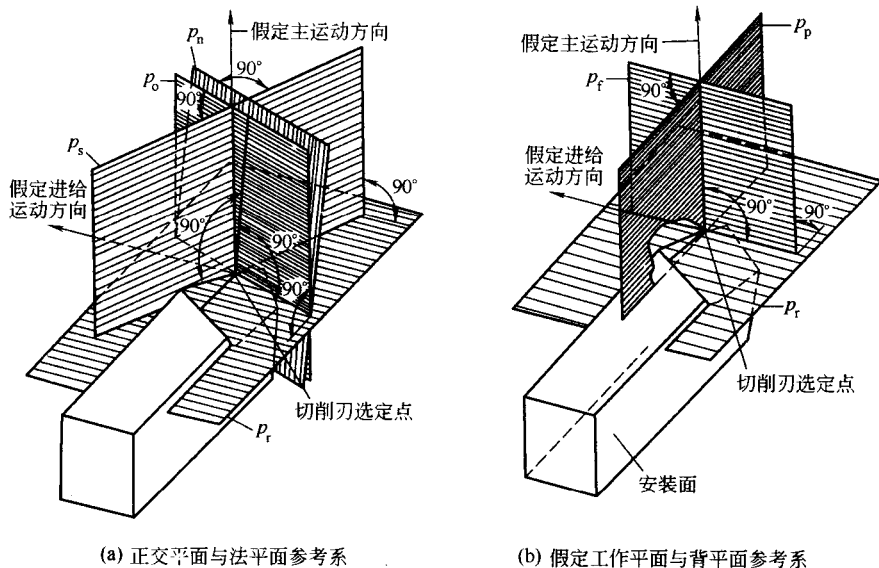


图 1-7 刀具静止参考系

① 基面 p_r 基面就是通过切削刃选定点并平行或垂直于刀具安装平面或定位平面的一个平面或轴线。一般说来，其方位要垂直于假定的主运动方向。对车刀、刨刀而言，就是过切削刃选定点和刀柄安装面平行的平面。对钻头、铣刀等旋转类刀具来说，即是过切削刃选定点并通过刀具轴线的平面。

② 切削平面 p_s 切削平面就是通过切削刃选定点与切削刃相切并垂直于基面的平面。当切削刃为直线刃时，过切削刃选定点的切削平面，即是包含切削刃并垂直于基面的平面。对应于主切削刃和副切削刃的切削平面分别称为主切削平面 p_s 和副切削平面 p'_s 。