

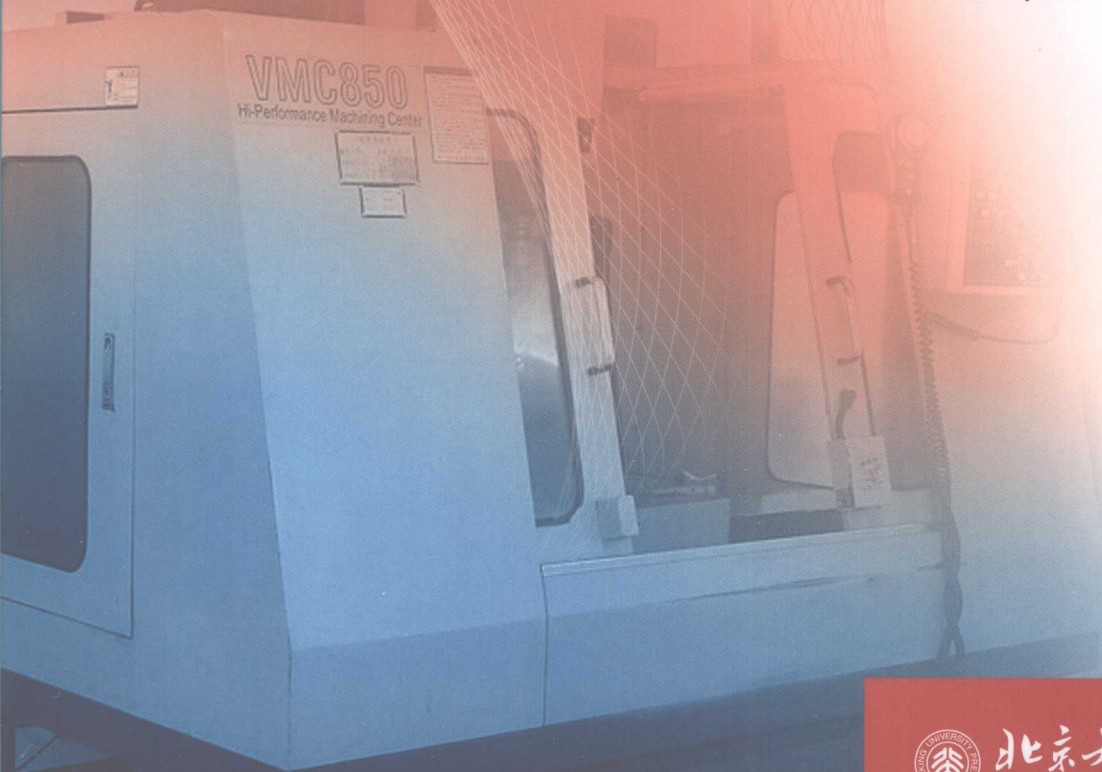


21世纪全国高职高专机电类规划教材

数控加工 工艺与编程

SHUKONG JIAGONG GONGYI YU BIANCHENG

王军红 主 编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电类规划教材

本书是根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《教育部关于深化职业教育教学改革全面提高人才培养质量的若干意见》等文件精神，在广泛调研的基础上，参照《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》和《教育部关于深化职业教育教学改革全面提高人才培养质量的若干意见》等文件精神，结合编者多年的教学、科研和生产实践经验编写而成的。本书可作为高职高专院校机电类专业的教材，也可供从事数控加工工作的工程技术人员参考。

数控加工工艺与编程

王军红 主编

赵岐刚 副主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

ISBN 978-7-301-24000-2

定价：35.00元

内 容 提 要

本书根据高职高专教学的基本要求,以强化应用、培养技能为重点,介绍了数控加工工艺和数控编程的相关知识。全书共分 8 章,分别介绍了:数控机床刀具的选择,数控加工中工件的定位与装夹,数控加工工艺基础,数控加工程序编制基础,数控车床的程序编制,数控铣床的程序编制,加工中心的程序编制,数控电火花线切割机床的程序编制等内容。本书每章配有典型实例及习题,以方便读者学习。

本书适合作为高职院校、中等职业技术学校数控技术专业、机电一体化专业、机械制造及自动化专业、模具设计与制造专业、计算机辅助设计与制造专业的教学用书,还可作为各类技能培训的教材,也可供数控加工技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与编程/王军红主编. —北京:北京大学出版社, 2008.9

(21 世纪全国高职高专机电类规划教材)

ISBN 978-7-301-13078-0

I. 数… II. 王… III. ①数控机床—加工工艺—高等学校: 技术学校—教材 ②数控机床—程序设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 192193 号

书 名: 数控加工工艺与编程

著作责任者: 王军红 主编

责任编辑: 桂春 刘晶平

标准书号: ISBN 978-7-301-13078-0/TH·0070

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 涿州星河印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 14 印张 306 千字

2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024; 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

21 世纪全国高职高专机电类规划教材

编 委 会

编委会主任：黄泽森 闫瑞涛

编委会副主任（排名不分先后）

栾敏 秦庆礼 张晓翠 赵世友

编委会委员（排名不分先后）

邓先智 耿南平 何晶 侯长来 胡育辉 黄仕君

马光全 汤承江 王军红 王新兰 吴春玉 谢婧

辛丽 宇海英 袁晓东 张琳 张明 朱福明

前 言

21 世纪,机械制造业的竞争,其实质是数控技术的竞争。目前,我国的制造业正朝着自动化、柔性化、集成化的方向发展。随着数控技术应用的日趋广泛,对数控技术专业的技能型人才的需求越来越多。数控技术是综合运用计算机技术、自动控制技术、自动检测及精密机械等高新技术的产物。数控技术包括数控加工工艺、数控编程、数控机床的操作和维护等内容。而本书涉及的数控加工工艺及编程是数控技术的核心,配以相应的实验、实训,即可掌握数控加工技术。本书正是为适应我国高等职业技术教育及应用型技术人才培养的需要而编写的。

本书以数控加工工艺设计和数控编程为主线,采用数控技术领域中的新知识、新技术,尽量考虑学生的认识水平和已有的知识能力,以突出实用性为重点,以培养技能型人才为目标。其特点在于:应用性较强,突出实际应用能力的培养。书中配以实用性较强的典型例题、习题,使学生易于理解,会举一反三,达到融会贯通的目的。

全书包含数控加工工艺及数控编程两部分内容,共 8 章。第 1~3 章主要讲述数控加工工艺知识,涉及刀具、夹具、数控加工工艺等方面知识;第 4~8 章主要讲述数控车削、数控铣削、加工中心及数控线切割等的加工工艺及程序编制。本书以广泛使用的 FANUC 系统为例,详细介绍了数控程序编制的方法及步骤。各章节内容连贯,由浅入深,使学生逐步掌握数控加工工艺及数控编程等知识。

本书不仅可以作为高职高专院校机电类专业中数控技术应用专业、机电一体化专业、机械制造及自动化专业、模具设计与制造专业、计算机辅助设计与制造专业的教学用书,还可作为各类业余大学、中等职业学校及各类技能培训的教学用书,并可供数控加工技术人员参考使用。

本书由天津电子信息职业技术学院王军红任主编;辽宁机电职业技术学院赵岐刚任副主编。全书共 8 章,其中第 1、2 章由黑龙江农业经济职业学院刘春玲编写,第 3 章由天津电子信息职业技术学院王军红编写,第 4、5 章由天津市第一轻工业学校张国平编写,第 6、7 章由辽宁机电职业技术学院赵岐刚编写,第 8 章由四川工商职业技术学院李伟编写,全书由王军红统稿。

天津电子信息职业技术学院刘洪贤、陶群利任本书主审。在本书的编写过程中,陈志刚、王新兰、李宝柱等人对本书的编写提出了许多宝贵的建议和修改意见,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加之数控技术发展迅速,书中难免有疏漏和不足之处,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2008 年 5 月

目 录

第 1 章 数控机床刀具的选择.....	1
1.1 数控加工工艺系统概述.....	1
1.1.1 零件的数控加工过程.....	1
1.1.2 数控加工工艺的基本特点.....	1
1.1.3 数控加工工艺的主要内容.....	2
1.2 切削基本知识.....	2
1.2.1 切削运动和切削要素.....	2
1.2.2 刀具几何角度.....	4
1.2.3 刀具材料及其选用.....	6
1.2.4 刀具失效与磨损.....	8
1.2.5 金属切削过程及控制.....	9
1.2.6 切削用量及切削液的选择.....	11
1.3 数控机床刀具的种类及特点.....	12
1.3.1 数控刀具的种类.....	12
1.3.2 数控刀具的特点.....	13
1.3.3 可转位刀片及其代码.....	13
1.3.4 工具系统.....	15
习题.....	17
第 2 章 数控加工中工件的定位与装夹.....	18
2.1 数控夹具概述.....	18
2.1.1 机床夹具的定义.....	18
2.1.2 夹具的类型.....	19
2.2 工件的定位.....	19
2.2.1 工件定位的基本原理.....	19
2.2.2 常用定位元件限制的自由度.....	20
2.2.3 常见定位元件的应用.....	23
2.2.4 基准及分类.....	26
2.2.5 定位基准及其选择.....	27
2.2.6 定位误差及分析.....	29

2.3	工件的夹紧.....	31
2.3.1	夹紧装置的基本要求.....	31
2.3.2	夹紧力的确定.....	32
2.4	数控机床典型夹具简介.....	34
2.4.1	车床夹具.....	34
2.4.2	铣床夹具.....	37
	习题.....	39
第3章	数控加工工艺基础.....	40
3.1	数控加工工艺规程概述.....	40
3.1.1	生产过程和工艺过程.....	40
3.1.2	生产纲领和生产类型.....	43
3.1.3	零件的工艺分析.....	45
3.2	工艺路线的拟订.....	52
3.2.1	表面加工方法的选择.....	52
3.2.2	工序的划分.....	55
3.2.3	加工顺序的安排.....	56
3.3	工序设计与实施.....	58
3.3.1	加工余量的确定.....	58
3.3.2	工序尺寸及偏差的确定.....	60
3.3.3	机械加工精度分析.....	65
3.4	数控加工工艺设计.....	67
3.4.1	分析零件图样.....	67
3.4.2	数控加工中的工艺分析与工艺处理.....	68
3.4.3	数学处理.....	73
	习题.....	75
第4章	数控加工程序编制基础.....	77
4.1	程序编制的概念.....	77
4.1.1	数控程序编制的内容和方法.....	77
4.1.2	程序编制的格式及代码.....	78
4.2	数控机床的坐标系.....	84
4.2.1	坐标轴的运动方向及其命名.....	84
4.2.2	坐标系的原点.....	86
4.2.3	绝对坐标与增量(相对)坐标.....	87
4.3	常用编程指令.....	87
4.3.1	坐标指令.....	87

4.3.2 运动指令.....	88
习题.....	90
第5章 数控车床的程序编制.....	91
5.1 数控车床程序编制的基础.....	91
5.1.1 数控车床的分类.....	91
5.1.2 数控车床的主要功能.....	93
5.1.3 数控车削加工的主要对象.....	93
5.1.4 数控车削加工的工艺分析.....	94
5.1.5 对刀.....	104
5.1.6 典型零件的加工工艺分析.....	105
5.2 数控车床程序编制的基本方法.....	107
5.2.1 数控车床编程坐标系的建立.....	107
5.2.2 数控车床的编程特点.....	108
5.2.3 数控车床的编程指令.....	108
5.3 典型零件的程序编制.....	127
习题.....	135
第6章 数控铣床的程序编制.....	139
6.1 数控铣床程序编制的基础.....	139
6.1.1 数控铣床的主要功能.....	139
6.1.2 数控铣削加工的主要对象.....	140
6.1.3 数控铣床的工艺装备.....	141
6.1.4 数控铣削的工艺性分析.....	143
6.2 数控铣床程序编制的基本方法.....	149
6.2.1 数控铣床编程坐标系的建立.....	149
6.2.2 数控铣床的编程特点.....	150
6.2.3 数控铣床的编程指令.....	150
6.3 典型零件的程序编制.....	169
习题.....	171
第7章 加工中心的程序编制.....	173
7.1 加工中心程序编制的基础.....	173
7.1.1 加工中心的主要功能.....	173
7.1.2 加工中心加工的主要对象.....	174
7.1.3 加工中心的工艺分析.....	177
7.2 加工中心程序编制的基本方法.....	180
7.2.1 机床坐标系与加工坐标系.....	180

7.2.2	加工中心的对刀方法.....	181
7.2.3	加工中心编程要点.....	182
7.3	典型零件的程序编制.....	184
	习题.....	189
第 8 章	数控电火花线切割机床的程序编制.....	191
8.1	数控电火花线切割机床简介.....	191
8.1.1	数控电火花线切割加工原理.....	191
8.1.2	数控电火花线切割机床分类.....	192
8.1.3	数控电火花线切割机床的组成.....	193
8.1.4	数控电火花线切割机床的特点.....	194
8.1.5	数控电火花线切割机床的应用.....	194
8.2	数控电火花线切割加工工艺.....	194
8.2.1	线切割加工主要工艺指标.....	195
8.2.2	线切割加工工艺分析.....	195
8.3	数控电火花线切割机床的基本编程方法.....	203
8.3.1	3B 格式编制程序.....	203
8.3.2	4B 格式编制程序.....	207
8.3.3	ISO 代码数控程序编制.....	208
	习题.....	214
	参考文献.....	216

第 1 章 数控机床刀具的选择

1.1 数控加工工艺系统概述

数控加工技术是 20 世纪 40 年代后期发展起来的一种自动化加工技术，它是综合计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物，目前在机械制造业中已得到了广泛应用。

1.1.1 零件的数控加工过程

在数控机床上完成零件数控加工的过程如下：

- (1) 根据零件加工图样进行工艺分析，确定加工方案，进行工艺参数的选择和位移数据点的计算。
- (2) 编制零件加工程序单（可以用 CAD/CAM 软件进行自动编程，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信接口直接传输到数控机床的数控单元。
- (4) 进行程序的模拟校验及首件试切等。
- (5) 运行程序，正确地操作机床，完成零件的加工。

数控加工过程是按照事先编制的零件加工程序，借助于数控加工工艺系统自动完成零件加工的过程。数控加工工艺系统由数控机床、刀具、夹具和工件构成。

1.1.2 数控加工工艺的基本特点

工艺规程是工人在加工时的指导性文件。由于普通机床受控于操作工人，因此，在通用机床上用的工艺规程实际上只是一个工艺过程卡，机床的切削用量、走刀路线、工序、工步等往往都是由操作工人自行选定。数控机床加工的程序是数控机床的指令性文件，数控机床受控于程序指令，加工的全过程都是按程序指令自动进行的。因此，数控机床加工工艺规程与普通机床工艺规程有较大差别，涉及的内容也较广。数控机床加工程序不仅包括零件的工艺过程，而且还要包括切削用量、走刀路线、刀具数据及机床的运动过程，因此，要求编程人员对数控机床的性能、特点、运动方式、刀具系统、切削规范以及工件

的装夹方法都要非常熟悉。工艺方案的好坏不仅会影响机床效率的发挥，而且将直接影响零件的加工质量。

1.1.3 数控加工工艺的主要内容

数控加工工艺设计的主要内容包括以下几个方面：

- (1) 分析被加工零件的图样，明确加工内容及技术要求。
- (2) 确定零件的加工方案，制定数控加工工艺路线，如划分工序、安排加工顺序等。
- (3) 加工工序的设计。选取零件的定位基准、确定装夹方案、工步的划分、刀具选择和确定切削用量等。
- (4) 数控加工程序的调整。如选取对刀点和换刀点、确定刀具补偿及确定坐标系和加工路线等。

1.2 切削基本知识

1.2.1 切削运动和切削要素

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、尺寸精度及表面质量都符合预定要求的加工，称为金属切削加工。在金属切削过程中，刀具与工件必须有相对的切削运动，它是由金属切削机床来完成的。

1. 切削运动

切削加工过程包含两种运动，即主运动和进给运动。

(1) 主运动。主运动是直接切除毛坯上的金属使之变成切屑的运动，是进行切削的最基本的运动。主运动的特点是切削加工中速度最高，消耗功率最大。主运动的形式一般为旋转运动或直线运动。主运动只有一个。对于车床来说，主运动是工件的旋转运动，而铣床的主运动是机床主轴的旋转运动。

(2) 进给运动。进给运动是不断将被切削金属投入切削，以逐渐切除整个工件表面的运动。进给运动消耗功率比主运动要小得多，其运动形式一般为直线、旋转或两者的合成运动，它可以是连续的或断续的。进给运动可以是一个，也可以是多个。车削外圆时的进给运动是刀具的连续纵向直线运动，铣削时的进给运动是工作台的横向和纵向的直线运动。

(3) 合成切削运动。合成切削运动是由主运动和进给运动合成的运动。刀具切削刃上选定点相对工件的瞬时合成运动方向称为合成切削运动方向，其速度称为合成切削速度。

2. 加工表面

在切削过程中，工件上有3个不断变化着的表面，如图1-1所示。其中待加工表面为工件上有待切除的表面。已加工表面为工件上经刀具切削后产生的表面。过渡表面为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。

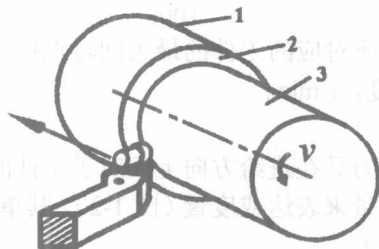


图1-1 车削运动和加工表面

1—待加工表面；2—过渡表面；3—已加工表面

3. 切削要素

切削要素包括切削用量和切削层的几何参数。本书只介绍切削用量的相关知识，对于切削层的几何参数可参考其他相关书籍。图1-2所示为切削用量三要素。

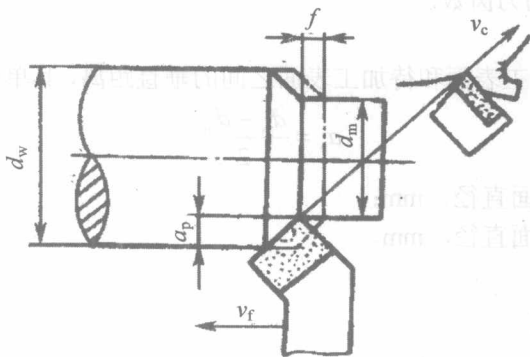


图1-2 切削用量三要素

切削用量是用来表示切削运动、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3个要素。

(1) 切削速度 v_c

在切削加工时，切削刃选定点相对于工件主运动的瞬时速度称为切削速度。即在单位时间内，工件和刀具沿主运动方向的相对位移，单位为 m/min 。

大多数切削加工的主运动是回转运动（车、钻、镗、铣、磨削加工）时，其切削速度为加工表面最大线速度，即

$$v_c = \frac{\pi d_w n}{1000}$$

式中 d_w ——切削刃选定点处所对应的工件的最大回转直径， mm ；

n ——主运动的旋转速度， r/min 。

(2) 进给量 f

在主运动的一个循环内，刀具在进给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达或度量（图 1-2）。其单位为 mm/r （如车削、镗削等）或 $\text{mm}/\text{行程}$ （如刨削、磨削等）。

车削时的进给速度 v_f （单位为 mm/min ）是指切削刃上选定点相对于工件的进给运动的瞬时速度，它与进给量之间的关系为

$$v_f = nf$$

对于铰刀、铣刀等多齿刀具，常要规定出每齿进给量 f_z （单位为 mm/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

$$f_z = \frac{f}{z}$$

式中 z ——多齿刀具的刀齿数。

(3) 背吃刀量 a_p

背吃刀量 a_p 是已加工表面和待加工表面之间的垂直距离，其单位为 mm 。外圆车削时，

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中 d_w ——待加工表面直径， mm ；

d_m ——已加工表面直径， mm 。

1.2.2 刀具几何角度

任何刀具都是由刀柄（刀体）和刀头（刀齿）组成。刀柄用于夹持刀具，刀头构成刀具的切削部分，担负着切削工作。图 1-3 所示为外圆车刀切削部分的名称。

外圆车刀的几何角度如图 1-4 所示，几个主要角度的定义和作用见表 1-1。

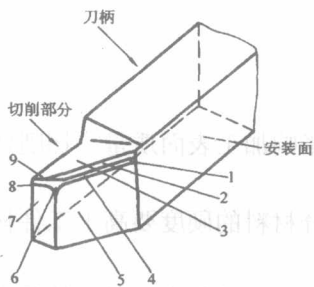


图 1-3 外圆车刀切削部分的名称

- 1—主切削刃；2—第一前刀面（倒棱）；3—第二前刀面；4—第一后刀面
5—第二后刀面；6—刀尖；7—第二副后刀面；8—第一副后刀面；9—副切削刃

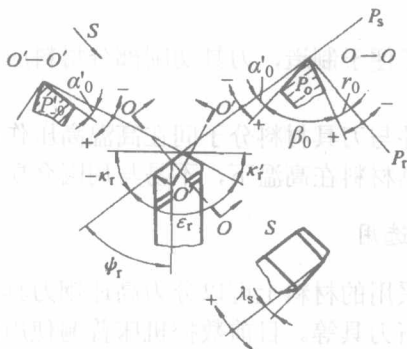


图 1-4 车刀角度

- γ_0 —前角； α_0 —后角； β_0 —楔角； κ_r —主偏角
 κ'_r —副偏角； ϵ_r —刀尖角； ψ_r —余偏角； λ_s —刃倾角； α'_0 —副后角

表 1-1 刀具主要角度的定义和作用

名 称	定 义	作 用
前角 γ_0	前刀面与基面间的夹角，在正交平面 P_0 中测量	减少切削变形和刀-屑间摩擦。影响切削力、刀具寿命、切削刃锋利，利于切下切屑
后角 α_0	后刀面与切削平面间的夹角，在正交平面 P_0 中测量	减少刀具后刀面和已加工表面间的摩擦。调整刀具刃口的锐利和强度
主偏角 κ_r	主切削平面与假定工作平面间的夹角，在基面 P_r 中测量	适应系统刚度和零件外形需要，改变刀具散热情况，影响刀具寿命
副偏角 κ'_r	副切削平面与假定工作平面间的夹角，在基面 P_r 中测量	减小副切削刃与工件间的摩擦，影响工件表面粗糙度和刀具散热情况
刃倾角 λ_s	主切削刃与基面间的夹角，在主切削平面 P_s 中测量	能改变切屑流出的方向，影响刀尖强度和刃口锋利性

1.2.3 刀具材料及其选用

1. 刀具材料

刀具材料性能的好坏,是影响加工表面质量、切削效率、刀具寿命的基本因素。刀具材料必须具备以下性能:

(1) 高硬度。刀具切削部分材料的硬度要高于工件材料的硬度。通常在室温下,刀具硬度应高于 60HRC。

(2) 高耐磨性。耐磨性通常取决于硬度。材料的硬度越高,耐磨性越好。含有耐磨性好的碳化物颗粒越多,晶粒越细,分布越均匀,则耐磨性也越好。

(3) 足够的强度和韧性。为了防止刀具崩刃和碎裂,必须具有足够的强度和韧性。

(4) 高耐热性。耐热性是指在高温下刀具切削部分材料保持常温时硬度的性能,用红硬性和高温硬度表示。

(5) 良好的工艺性。为了便于制造,刀具切削部分材料应具有良好的锻造、焊接、处理和磨削加工等性能。

(6) 抗黏接性。防止工件与刀具材料分子间在高温高压作用下互相吸附产生黏接。

(7) 化学稳定性。指刀具材料在高温下,不易与周围介质发生化学反应。

2. 刀具材料的种类及其选用

数控机床刀具从制造所采用的材料上可以分为高速钢刀具、硬质合金刀具、陶瓷刀具、立方氮化硼刀具、聚晶金刚石刀具等。目前数控机床普遍使用的刀具是硬质合金刀具。

(1) 高速钢

高速钢是一种含钨(W)、钼(Mo)、铬(Cr)、钒(V)等合金元素较多的工具钢,它具有较好的力学性能和良好的工艺性,可以承受较大的切削力和冲击。高速钢的品种繁多,按切削性能可分为普通高速钢和高性能高速钢;按化学成分可分为钨系、钨钼系和钼系高速钢;按制造工艺不同,分为熔炼高速钢和粉末冶金高速钢。

① 普通高速钢。国内外使用最多的普通高速钢是 W6Mo5Cr4V2(M2 钼系)及 W18Cr4V(W18 钨系)钢,含碳量为 0.7%~0.9%,硬度为 63~66HRC,不适于高速和硬材料切削。

普通高速钢 W9Mo3Cr4V(W9)是含钨量较多、含钼量较少的钨钼钢。其硬度为 65~66.5HRC,有较好硬度和韧性的配合,热塑性、热稳定性都较好,焊接性能、磨削加工性能都较高,磨削效率比 M2 高 20%,表面粗糙度值也小。

② 高性能高速钢。指在普通高速钢中加入一些合金,如 Co、Al 等,使其耐热性、耐磨性又有进一步提高,热稳定性高,但综合性能不如普通高速钢。

③ 粉末冶金高速钢。其强度、韧性比熔炼钢有很大提高。可用于加工超高强度钢、不锈钢、钛合金等难加工材料。用于制造大型拉刀和齿轮刀具,特别是切削时受冲击载荷的刀具效果更好。

(2) 硬质合金

硬质合金具有硬度高(大于 89HRC)、熔点高、化学稳定性好、热稳定性好的特点,但其韧性差、脆性大、承受冲击和振动能力低。其切削效率是高速钢刀具的 5~10 倍,因此,目前硬质合金是主要的刀具材料。

① 普通硬质合金。常用的有 WC+Co 类和 TiC+WC+Co 类两类。

WC+Co 类(YG):常用牌号有 YG3、YG3X、YG6、YG6X、YG8 等。数字表示 Co 的百分含量,此类硬质合金强度高,硬度和耐磨性较差,主要用于加工铸铁及有色金属。Co 含量越高,韧性越好,适合粗加工;含 Co 量少者用于精加工。

TiC+WC+Co 类(YT):常用牌号有 YT5、YT14、YT15、YT30 等。此类硬质合金硬度、耐磨性、耐热性都明显提高,但韧性、抗冲击振动性差,主要用于加工钢料。含 TiC 量多,含 Co 量少,耐磨性好,适合精加工;含 TiC 量少,含 Co 量多,承受冲击性能好,适合粗加工。

② 新型硬质合金。在上述两类硬质合金的基础上,添加某些碳化物可以使其性能提高。如在 YG 类中添加 TaC(或 NbC),可细化晶粒、提高硬度和耐磨性,而韧性不变,还可提高合金的高温硬度、高温强度和抗氧化能力,如 YG6A、YG8N、YG8P3 等。在 YT 类添加合金,可提高抗弯强度、冲击韧性、耐热性、耐磨性及高温强度、抗氧化能力等。可用于加工铸铁和有色金属,被称为通用合金(代号 YW)。此外,还有 TiC(或 TiN)基硬质合金(又称金属陶瓷)、超细晶粒硬质合金(如 YS2、YM051、YG610、YG643)等。

(3) 新型刀具材料

① 涂层刀具。采用化学气相沉积(CVD)或物理气相沉积(PVD)法,在硬质合金或其他材料刀具基体上涂覆一薄层耐磨性高的难熔金属(或非金属)化合物而得到的刀具材料。较好地解决了材料硬度及耐磨性与强度及韧性的矛盾。

使用涂层刀具,可缩短切削时间,降低成本,减少换刀次数,提高加工精度,且刀具寿命长。另外,涂层刀具可减少或取消切削液的使用。

② 陶瓷刀具材料。常用的陶瓷刀具材料是以 Al_2O_3 或 Si_3N_4 为基体成分,在高温下烧结而成的。其硬度可达 91~95HRA,耐磨性比硬质合金高十几倍,适于加工冷硬铸铁和淬硬钢;在 1200℃ 高温下仍能切削,高温硬度可达 80HRA,在 540℃ 时为 90HRA,切削速度比硬质合金高 2~10 倍;具有良好的抗黏接性能,使它与多种金属的亲合力小;另外,化学稳定性好,即使在熔化时,与钢也不起相互作用;抗氧化能力强。但其最大的缺点是脆性大、强度低、导热性差。

③ 超硬刀具材料。它是有特殊功能的材料,是金刚石和立方氮化硼的统称,用于超精加工及硬脆材料加工。它们可用来加工任何硬度的工件材料,包括淬火硬度达 65~67HRC 的工具钢;有很高的切削性能,切削速度比硬质合金刀具提高 10~20 倍,且切削时温度低,超硬材料加工的表面粗糙度值很小,部分切削加工可代替磨削加工,经济效益显著提高。

1.2.4 刀具失效与磨损

1. 刀具失效

刀具在使用过程中丧失切削能力的现象称为刀具失效。在加工过程中，刀具的失效是经常发生的，主要的失效形式有刀具的破损和磨损两种。

(1) 刀具破损。刀具破损常称之为打刀，是由于刀具选择、使用不当及操作失误而造成的。一旦发生打刀，很难修复，常常造成刀具报废，属于非正常失效，应尽量避免。刀

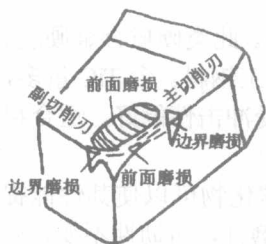


图 1-5 刀具的磨损

具破损包括两种形式：一种形式是由于切削过程中的冲击振动而造成的刀具崩刃、碎断现象和由于刀具表面受交变力作用引起表面疲劳而造成的刀面裂纹、剥落现象，称为脆性破损；另一种形式是塑性破损，是指由于高温切削塑性材料或超负荷切削难切削材料时，因剧烈的摩擦及高温作用使得刀具产生固态相变和塑性变形。

(2) 刀具磨损。刀具的磨损属于正常失效形式，可以通过重新刃磨来修复，主要表现为刀具的前面磨损、后面磨损及边界磨损 3 种形式，如图 1-5 所示。前面磨损和边界磨损常见于塑性材料加工中，前面磨损出现在常说的“月牙洼”；而在主切削刃靠近工件外皮处和副切削刃靠近刀尖处出现的磨损主要为边界磨损；后面磨损常见于脆性材料加工中，因脆性材料加工时易形成崩碎切屑，切屑与刀具前面摩擦不大，主要是刀具后面与已加工表面的摩擦。

2. 刀具磨损过程与磨钝标准

(1) 刀具磨损过程

在一定条件下，不论何种磨损形态，其磨损量都将随切削时间的增长而增长。由图 1-6 可知，刀具的磨损过程可分为 3 个阶段。

① 初期磨损阶段（图 1-6 中 OA 段）。初期磨损产生在后刀面上 0.05~0.1mm 的磨损量，磨损较快，其主要原因是新磨好的刀具表面存在微观粗糙度，且刀刃比较锋利，刀具与工件实际接触面积较小，接触压应力较大，使后刀面很快出现磨损。

② 正常磨损阶段（图 1-6 中 AB 段）。正常磨损速度减慢，是刀具正常切削作用的主要阶段，磨损量随时间的增加均匀增加。此时的曲线表现为一段近似的直线，其斜率大小表示刀具的磨损强度，斜率越小，耐磨性就越好。它是比较刀具切削性能的重要指标之一。

③ 剧烈磨损阶段（图 1-6 中 BC 段）。刀具经过正常磨损阶段后磨损量达到一定的数值，刀具变钝，如继续切削，切削温度和切削力急剧上升，刀具磨损急剧增加，无法保证加工质量，也会加剧刀具的磨损，甚至导致刀具报废，所以应在此阶段到达之前及时地更换或刃磨刀具。