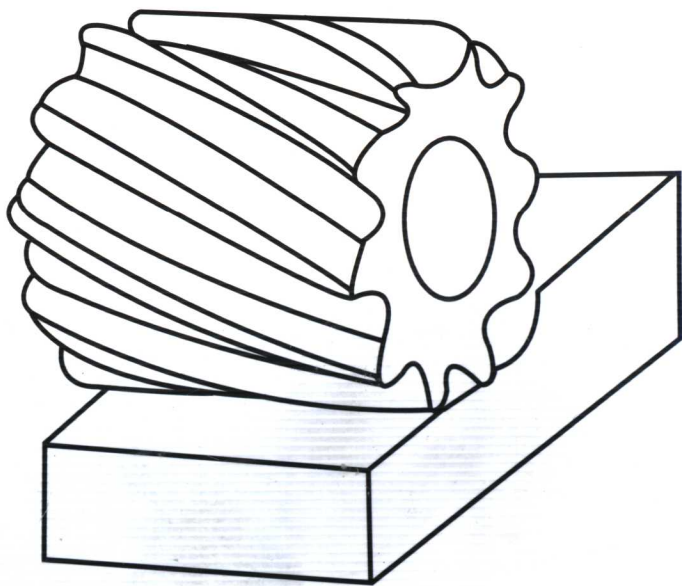


CAXA

数控加工编程

杨士军 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

CAXA 数控加工编程

杨士军 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要介绍 CAXA 数控加工软件 CAXA 制造工程师 2004 在三维造型及其仿真加工上的应用, 主要内容包括 CAXA 制造工程师 2004 软件的基本概念和基本操作, 线架造型、曲面造型、特征实体造型、数控铣加工的基本知识, 数控铣加工刀具轨迹生成与编辑、轨迹生成方法分析等。同时还讲述了许多数控加工的实用知识和实际工作中的应用经验, 力求读者能在学完本课程后, 较快地掌握一定的三维造型能力和数控自动编程技巧。

本书非常适合 CAXA 制造工程师软件和其他 CAM 软件的使用者作为参考书, 同时也可以作为技术培训学校和相关院校的专业教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

CAXA 数控加工编程/杨士军主编. —北京: 国防工业出版社, 2006. 7

ISBN 7-118-04563-2

I. C... II. 杨... III. 数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, CAXA IV. TG659—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 055353 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 410 千字

2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

随着中国正加快成为全球制造中心,近年来我国制造业发展迅猛,数控加工已经成为市场竞争和企业发展的一个新的方向,先进的数控设备正在以前所未有的速度应用到中国的各类制造业企业中去,而作为配套的软件部分,企业为数控机床和技术员工配备什么样的 CAM 编程软件 and 进行怎样的专业培训,关系到昂贵的数控设备投入究竟能不能发挥作用,是否产生或能产生多大的效益。

20 世纪 90 年代以前,在国内 CAD / CAM 的市场上,商品化软件基本被国外产品所垄断。此后,北京北航海尔软件有限公司依托北京航空航天大学的技术实力和青岛海尔集团的生产应用背景,多年来一直致力于 CAD / CAM 软件的开发,连续推出了 CAXA - CAD / CAM 系列软件,作为中国化的 CAD / CAM 软件品牌,“CAXA”日益得到国内广大用户及业界人士的好评。1992 年,作为“863 / CIMS”目标产品的“CAXA 制造工程师”的推出,为国产 CAD / CAM 软件在市场占据了宝贵的一席之地。

CAXA 制造工程师是一种功能强大,易学易用的全中文三维复杂型面加工的 CAD / CAM 软件,利用灵活、强大的实体曲面混合造型功能和丰富的数据接口,可以实现产品复杂的三维造型设计。通过加工工艺参数和机床后置的设定,选取需加工的部分,自动生成适用于任何数控系统的加工代码;通过直观的加工仿真和代码反读来检验加工工艺和代码质量。

CAXA 制造工程师为数控加工行业提供了从造型设计到加工代码生成、校验一体化的全面解决方案,已广泛应用于塑模、锻模、汽车覆盖件拉伸模、压铸模等复杂模具的生产以及汽车、电子、兵器、航空航天等行业精密零件的加工。

最近,CAXA 制造工程师 2004 又投入了市场,这是一款面向 2 轴~5 轴数控铣床与加工中心机床、具有优越工艺性能的铣削 / 钻削数控加工编程软件,是 CAXA 制造解决方案的重要构件之一,其功能与工艺性等方面完全可以与国际一流的 CAM 软件相媲美。

与以往的同类版本比较,CAXA 制造工程师 2004 具有稳定可靠、易学易用、高效快捷等特点,而且许多方面很有特色:其数据接口强大,可以接受各种 CAD 模型;提供了满足更复杂形状的曲面实体混合造型功能;提供了等高线、直捣式、摆线式等 7 种粗加工方法和等高补加工、清根补加工、区域补加工等多种留量加工方法;易学易用的操作习惯与应用方式;快捷、高效的编程与加工效率;优良的刀具轨迹和加工质量,而且稳定、可靠的系统运行与安全保证。

本书是在摸索该软件的基础上通过参考大量的相关资料整理编写而成。书中详细讲解了 CAXA 制造工程师 2004 的各项功能、作图和操作方法、注意及技巧、实例等,同时贯穿了一些数控加工的实用知识和实际应用经验,力求使读者在学完本书后,不仅能够掌握

较强的三维造型能力和数控自动编程技巧,而且能够在生产实践中领悟并实现计算机的辅助制造。

本教材分为 10 章:第 1 章概述基本的数控加工基础知识;第 2 章至第 7 章介绍了 CAXA 制造工程师 2004 软件的安装、界面操作和进行二维图形的绘制、编辑以及造型设计的基本使用方法和基本操作;第 8 章至第 9 章讲述了 CAXA 制造工程师 2004 软件进行数控加工的基本功能和基本操作;第 10 章通过实例综合介绍了用 CAXA 制造工程师 2004 软件构造零件和加工零件的具体步骤。

由于水平有限,加之时间较紧,疏漏和错误在所难免,敬请使用本书的读者指正。

编者

2006.3

目 录

第 1 章 数控加工基础知识.....	1
1.1 数控加工的切削基础	1
1.1.1 切削运动和切削要素	1
1.1.2 切削刀具	3
1.1.3 切削用量的选择	5
1.2 数控加工的铣削基础	7
1.2.1 铣削运动及铣削三要素	7
1.2.2 铣削的加工方式	8
1.2.3 铣刀的特点及种类	9
1.2.4 铣削工艺范围.....	10
1.2.5 铣削用量的选择.....	10
1.2.6 常用铣床种类.....	11
1.3 数控加工技术概述.....	12
1.3.1 数控加工技术的发展.....	13
1.3.2 数控机床的组成.....	14
1.3.3 数控机床的分类.....	15
1.3.4 数控机床加工特点.....	17
1.3.5 数控加工的适应性.....	18
1.4 计算机数控系统.....	19
1.4.1 计算机数控系统的硬件部分.....	20
1.4.2 计算机数控系统的软件部分.....	21
1.5 数控技术常用术语.....	21
1.6 数控机床坐标系统.....	24
1.6.1 数控机床的坐标轴命名.....	24
1.6.2 坐标计算单位.....	25
1.6.3 数控机床的零点和参考点.....	26
1.7 数控编程基础知识.....	27
1.7.1 数控程序代码简介.....	27
1.7.2 数控加工程序结构与格式.....	33
1.8 数控加工的基本概念.....	35
第 2 章 CAXA 制造工程师概述	40
2.1 CAD/CAM 的基础.....	40

2.1.1	CAD /CAM 的概念	40
2.1.2	CAD /CAM 的发展	40
2.1.3	CAD 的分类与特点	41
2.1.4	CAM 的分类与特点	41
2.2	CAXA 制造工程师 2004 概述	42
2.2.1	CAXA 制造工程师系统的主要功能	42
2.2.2	CAXA 制造工程师 2004 系统特点	43
2.3	CAXA 制造工程师的运行环境	45
2.3.1	硬件要求	45
2.3.2	软件要求	45
2.4	CAXA 制造工程师的安装	45
第 3 章	CAXA 制造工程师的运行界面	52
3.1	CAXA 制造工程师的启动及用户界面	52
3.1.1	绘图功能区	52
3.1.2	主菜单	53
3.1.3	立即菜单	53
3.1.4	快捷菜单	53
3.2	CAXA 制造工程师的常用工具	57
3.2.1	坐标系	57
3.2.2	查询	59
3.2.3	点工具	60
3.2.4	矢量工具	61
3.2.5	选择集拾取工具	61
3.2.6	常用键	62
第 4 章	文件管理及系统设置	64
4.1	文件管理	64
4.1.1	新建文件	64
4.1.2	打开文件	64
4.1.3	保存文件	65
4.1.4	另存文件	65
4.1.5	打印文件	65
4.1.6	打印设置	66
4.1.7	并入文件	67
4.1.8	绘图输出	67
4.1.9	读入草图	67
4.1.10	输出视图	67
4.1.11	样条输出	69
4.1.12	保存图片	70
4.1.13	退出	70

4.2	系统设置	71
4.2.1	当前颜色	71
4.2.2	层设置	71
4.2.3	拾取过滤设置	73
4.2.4	系统设置	74
4.2.5	光源设置	76
4.2.6	材质设置	76
4.2.7	自定义	77
第5章	图形的绘制与操作	79
5.1	基本曲线绘制	79
5.1.1	绘制直线	79
5.1.2	绘制圆弧	83
5.1.3	绘制圆	84
5.1.4	绘制矩形	85
5.1.5	绘制椭圆	86
5.1.6	绘制点	87
5.1.7	绘制样条曲线	88
5.1.8	绘制等距线	89
5.1.9	投影线	90
5.1.10	相关线	91
5.1.11	样条 $\Rightarrow$ 圆弧	93
5.1.12	文字	94
5.2	高级曲线绘制	95
5.2.1	绘制正多边形	95
5.2.2	绘制二次曲线	95
5.2.3	绘制公式曲线	96
5.3	图形编辑	98
5.3.1	平移	98
5.3.2	平面旋转	99
5.3.3	旋转	100
5.3.4	平面镜像	100
5.3.5	镜像	101
5.3.6	阵列	101
5.3.7	比例缩放	102
第6章	曲面及三维实体造型的绘制与编辑	104
6.1	曲面生成	104
6.1.1	直纹面	104
6.1.2	旋转面	106
6.1.3	扫描面	107

6.1.4	等距面	108
6.1.5	导动面	109
6.1.6	平面	113
6.1.7	边界面	113
6.1.8	放样面	114
6.1.9	网格面	115
6.1.10	实体表面	116
6.2	曲面编辑	117
6.2.1	曲面裁剪	117
6.2.2	曲面过渡	120
6.2.3	曲面缝合	126
6.2.4	曲面拼接	127
6.2.5	曲面延伸	130
6.2.6	曲面优化	131
6.2.7	曲面重拟合	131
第 7 章	实体特征生成	132
7.1	拉伸增料	132
7.2	拉伸除料	135
7.3	旋转增料	137
7.4	旋转除料	139
7.5	放样增料	141
7.6	放样除料	143
7.7	导动增料	146
7.8	导动除料	147
7.9	曲面加厚增料	150
7.10	曲面加厚除料	152
7.11	曲面裁剪	154
7.12	过渡	157
7.13	倒角	159
7.14	孔	161
7.15	拔模	163
7.16	抽壳	166
7.17	筋板	167
7.18	线性阵列	168
7.19	环形阵列	170
7.20	基准面	172
7.21	缩放	179
7.22	型腔	180
7.23	分模	182

7.24	实体布尔运算	184
7.25	草图的参数化尺寸驱动	186
7.25.1	尺寸标注	187
7.25.2	尺寸编辑	187
7.25.3	尺寸驱动	187
7.25.4	草图环检查	188
第8章	CAXA 数控加工功能介绍	189
8.1	数控加工管理	189
8.1.1	定义毛坯	189
8.1.2	起始点	190
8.1.3	刀具库设置	191
8.1.4	刀具轨迹生成通用参数设置	192
8.2	粗加工	199
8.2.1	区域式粗加工	200
8.2.2	等高线粗加工	205
8.2.3	扫描线粗加工	213
8.2.4	摆线式粗加工	214
8.2.5	插铣式粗加工	220
8.2.6	等壁厚粗加工	221
8.2.7	导动线粗加工	223
8.3	其他加工方法	226
8.3.1	参数线精加工	226
8.3.2	扫描线精加工	228
8.3.3	浅平面精加工	232
8.3.4	导动线精加工	234
8.4	补加工	237
8.5	其他加工	241
8.5.1	孔加工	241
8.5.2	知识加工	244
8.6	轨迹编辑	245
8.6.1	轨迹裁剪	245
8.6.2	轨迹反向	246
8.6.3	插入刀位点	246
8.6.4	删除刀位点	247
8.6.5	两刀位点间抬刀	247
8.6.6	清除抬刀	248
8.6.7	轨迹打断	248
8.6.8	轨迹连接	249
8.7	轨迹仿真	249

第 9 章 CAXA 代码传输与后置设置	250
9.1 机床后置	250
9.1.1 机床参数设置	251
9.1.2 程序格式设置	253
9.2 后置设置	256
9.3 生成 G 代码	258
9.4 校核 G 代码	259
第 10 章 综合实例	260
10.1 实体造型示例	260
10.1.1 电话机壳体造型	260
10.1.2 连杆造型	263
10.2 数控加工实例	266
10.2.1 连杆加工实例	266
10.2.2 电极加工实例	272
附录 常见数控机床英文缩写	275
参考文献	277

第 1 章 数控加工基础知识

1.1 数控加工的切削基础

1.1.1 切削运动和切削要素

1. 切削运动

切削加工是利用切削工具（包括刀具、砂轮等）从工件毛坯上切除多余材料，获得形状、尺寸和表面粗糙度符合图纸要求的零件。而机床为实现加工所必须的加工工具与工件间的相对运动称为工作运动。当加工工具为刀具片对工件进行切削时，工作运动则成为切削运动。按切削运动在切削加工中的功用不同分为主运动和进给运动。

(1) 主运动 主运动是由机床提供的主要运动，是提供切削可能性的运动，没有这个运动就无法进行切削。它使刀具和工件之间产生相对运动，从而使刀具前刀面接近工件并切除切削层。它可以是旋转运动，如车削时工件的旋转运动（如图 1-1 所示），铣削时铣刀的旋转运动；也可以是直线运动，如刨削时刀具或工件的往复直线运动。

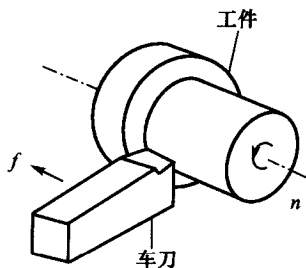


图1-1 切削示意图

(2) 进给运动 进给运动是使工件的多余材料不断被去除的切削运动，它是由机床提供的。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削层，并得出具有所需几何特性的已加工表面。它可以是连续的运动，如车削外圆时车刀平行于工件轴线的纵向运动（如图 1-1 所示）；也可以是间歇运动，如刨削时刀具的横向移动。其特点是消耗的功率比主运动小得多。

2. 工件上形成的表面

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形成了三个不断变化着的表面，如图 1-2 所示中的已加工表面、待加工表面和过渡表面。

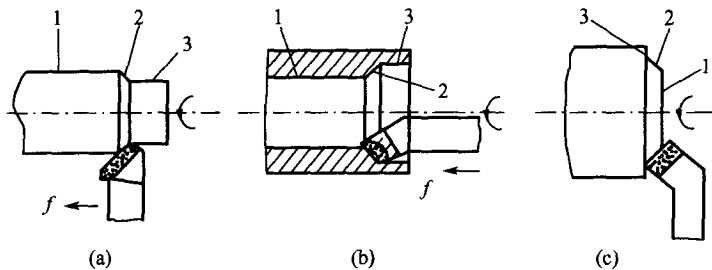


图1-2 工件上的三个表面

(a) 车外圆; (b) 车孔; (c) 车端面。

1—待加工表面; 2—过渡表面; 3—已加工表面。

- (1) 已加工表面 已经切去多余金属而形成的工件表面。
- (2) 待加工表面 即将被切去金属层的工件表面。
- (3) 过渡表面 过渡表面就是工件上由切削刃形成的那部分表面。

3. 切削用量

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。它包括以下三个要素：

(1) 切削速度 (v) 在进行切削加工时，刀具切削刃上的某一点相对于待加工表面在主运动方向的瞬时速度，也可以理解为车刀在一分钟内车削工件表面的理论展开直线长度(但必须假定切削屑没有变形或收缩)。它是衡量主运动大小的参数(单位: m / min)，计算公式为

$$v = \frac{\pi d n}{1000} \quad (1-1)$$

式中 v ——切削速度 (m/min);

d ——工件直径 (mm);

n ——车床主轴每分钟的转数 (r/min)。

(2) 进给量 (f) 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示或度量(如图 1-2 所示)。其单位用 mm/r 或 $\text{mm}/\text{行程}$ (如刨削等)表示。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

$$v_f = n f \quad (1-2)$$

对于铰刀、铣刀等多齿刀具，常要规定出每齿进给量 (f)(单位为 $\text{mm}/\text{齿}$)。

(3) 切削深度 (a_p) 工件上已加工表面和待加工表面间的垂直距离(如图 1-3 所示，单位: m)。车外圆时的切削深度 (a_p)可按式计算，即

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

式中 a_p ——切削深度 (mm);

d_w ——工件待加工表面直径 (mm);

d_m ——工件已加工表面直径 (mm)。

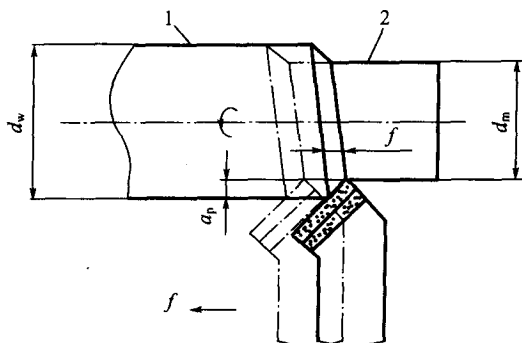


图1-3 切削深度和进给量

1—待加工表面; 2—已加工表面。

1.1.2 切削刀具

1. 刀具的材料与性能

刀具材料主要指刀具切削部分的材料。刀具切削性能的优劣, 首先决定于切削部分的材料, 并取决于切削部分的几何参数及刀具结构的选择和设计是否合理。

刀具切削部分的材料必须具备以下基本性能:

(1) 高的硬度和耐磨性 刀具材料的硬度必须高于被加工材料的硬度, 否则在高温高压下, 就不能保持刀具锋利的几何形状。通常刀具材料的硬度都在 60 HRC 以上。

刀具材料的耐磨性是指抵抗磨损的能力。一般说来, 刀具材料硬度越高, 耐磨性越好。此外, 刀具材料组织中碳化物越多、颗粒越细、分布越均匀, 其耐磨性就越高。

(2) 足够的强度与韧性 刀具切削部分的材料在切削时要承受很大的切削力和冲击力。因此, 刀具材料必须要有足够的强度和韧性。一般用刀具材料的抗弯强度表示它的强度大小; 用冲击韧性表示其韧性的大小。它反映刀具材料抗脆性断裂和崩刃的能力。

(3) 良好的耐热性和导热性 刀具材料的耐热性是指刀具材料在高温下保持其切削性能的能力。耐热性越好, 刀具材料在高温时的抗塑性变形能力和抗磨损的能力也越强。同时, 刀具材料的导热性越好, 切削时产生的热量越容易传导出, 从而降低切削部分的温度, 减轻刀具磨损。

(4) 良好的工艺性 为了便于制造, 要求刀具材料有较好的可加工性, 包括锻压、焊接、切削加工、热处理和可磨性等加工。

(5) 经济性 选择刀具材料时, 应注意成本, 力求价格低廉。

2. 刀具材料的种类

目前最常用的刀具材料有高速钢和硬质合金两大类。陶瓷材料和超硬刀具材料 (聚

晶金刚石 PCD 和立方氮化硼 CBN) 仅应用于有限场合, 但它们的硬度很高, 具有优良的抗磨损性能, 刀具耐用度高, 能保证高的加工精度。

(1) 高速钢 高速钢是具有较多的钨、钼、铜、钒等合金元素的高合金工具钢。

高速钢按用途不同分为通用型高速钢和高性能高速钢。

通用型高速钢具有一定的硬度 (63HRC~68HRC), 耐磨性、强度和韧性较高, 切削速度 (加工钢料时) 一般不高于 50m/min~60m/min, 不适合高速切削和硬质材料切削。常用牌号有 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2。

高性能高速钢是在通用型高速钢的基础上, 通过增加碳、钒的含量或添加钴、铝等合金元素而得到的耐热性、耐磨性更高的新钢种, 在 630℃~650℃时仍可保持 60HRC 的硬度, 其耐用度是通用型高速钢的 1.5 倍~3 倍, 适用于加工奥氏体不锈钢、高温合金、钛合金、超高强度钢等难加工材料, 但综合性能不如通用型高速钢。常用的高性能高速钢牌号有: 9W18Cr4V、9W6Mo5Cr4V2、W6Mo5Cr4V3、W6Mo5Cr4V2Co8 及 W6Mo5Cr4V2Al 等。

(2) 硬质合金 硬质合金是由硬度和熔点都很高的碳化物 (如 WC、TiC、TaC、NbC 等) 制成, 其常温硬度可达 78HRC~82HRC, 能耐 800℃~1000℃高温, 允许的切削速度是高速钢的 4 倍~10 倍, 但其冲击韧性与抗弯强度要大大低于高速钢, 因此, 它很少做成整体式刀具。常用的硬质合金有三大类。

钨钴类硬质合金 (YG): 该合金由碳化钨和钴组成, 韧性较好, 硬度和耐磨性较差, 适用于加工脆性材料 (铸铁等)。特点是合金中含 Co 越多, 则其韧性越好。常用的牌号有 YG8、YG6 和 YG3, 由此制造的刀具依次适用于粗加工、半精加工和精加工。

钨钛钴类硬质合金 (YT): 该合金由碳化钨、碳化钛和钴组成, 耐热性和耐磨性较好, 但抗冲击韧性较差, 适用于切削呈带状的钢料等塑性材料。常用的牌号有 YT5、YT15 和 YT30 等, 牌号中的数字表示碳化钛的含量, 其含量越高则耐磨性越好, 韧性越低。这三种牌号的钨钛钴类硬质合金制造的刀具分别适用于粗加工、半精加工和精加工。

钨钽钨 (钽) 类硬质合金 (YW): 该合金由在钨钛钴类硬质合金中加入少量的碳化钽 (TaC) 或碳化钨 (NbC) 制成。它同时具有这两类硬质合金的优点, 制成的刀具既适用于加工钢、铸铁、有色金属, 又适用于高温合金、耐热合金及合金铸铁等难加工材料。常用的牌号有 YW1 和 YW2。

(3) 其他刀具材料 涂层刀具材料: 这种材料是在韧性较好的硬质合金基体上或高速钢基体上, 采用化学气相沉积 (CVD) 法或物理气相沉积 (PVD) 法涂覆一薄层 (一般为 4μm~5μm 厚) 硬质和耐磨性极高的难熔金属化合物而得到的刀具材料。既具有基体材料的强度和韧性, 又具有很高的耐磨性。常用的涂层材料有 TiC、TiN、Al₂O₃ 等。TiC 的硬度和耐磨性好; TiN 的抗氧化、抗黏结性好; Al₂O₃ 耐热性好。使用时可根据不同的需要选择涂层材料。

陶瓷: 其主要成分是 Al₂O₃, 刀片硬度可达 78HRC 以上, 能耐 1200℃~1450℃的高温, 故能承受较高的切削速度, 加之 Al₂O₃ 的价格低廉, 原料丰富, 因此很有发展前途。但陶瓷材料抗弯强度低, 怕冲击, 切削时易崩刃, 所以, 如何提高其抗弯强度, 已成为

各国研究工作的重点。陶瓷材料刀具主要用于钢、铸铁、高硬度材料及高精度零件的精密加工。

金刚石：金刚石分为人造和天然两种。作为切削刀具材料，大多是人造金刚石，粒度一般在 0.5mm 以内，硬度极高，可达 10000 HV（硬质合金仅为 1300HV~1800 HV），其耐磨性是硬质合金的 80 倍~120 倍。但韧性差，对铁族材料亲和力大，易产生黏结作用而加快刀具的磨损。因此，一般不适宜加工黑色金属，主要用于有色金属以及非金属材料的高速精密加工。

立方氮化硼(CBN)：这是人工合成的又一种高硬度材料，其硬度(7300HV~9000HV)仅次于金刚石。但它的耐热性和化学稳定性都大大高于金刚石，能耐 1300℃~1500℃ 高温，与铁族元素亲和力小。因此，它的切削性能好，但其强度低，焊接性差。目前主要用于加工淬硬钢、冷硬铸铁、高温合金和一些难加工材料。

1.1.3 切削用量的选择

切削力、切削功率、刀具磨损、加工质量以及加工成本都在很大程度上受到切削用量的影响。选择合理的切削用量，就是先要保证加工质量和刀具耐用度的前提下，充分发挥机床性能和刀具切削性能，使切削效率最高，加工成本最低。

切削用量包括主轴转速（切削速度）、切削深度、进给量，对于不同的加工方法需要选择不同的切削用量。在数控加工中，这些参数都是编制在数控加工程序中的，其中进给速度和主轴转速（对应切削速度）可以在加工时由人工做一定范围（如 25%~125%）的调整，而切削深度则是由坐标数据确定，加工中是无法调整的。因此在机床的自动运行中，合理给定切削用量尤为重要。

定制切削用量较快捷、可靠的途径是通过现有的刀具的基本参数来确定；另外，也可以按经验或试切来确定。

1. 切削用量选择原则

切削深度的选择：需要根据机床、夹具、刀具、工件的刚度和加工余量确定。粗加工时在机床和刀具刚性允许的情况下，尽可能一次进给切除全部余量；在中等功率机床上，切削深度可达 8mm~10mm；半精加工时，切削深度为 0.5mm~2mm；精加工时，应取 0.1mm~0.4mm。

进给量（进给速度）的选择：主要根据零件的加工精度和表面粗糙度要求从刀具工件的材料性质选取。当加工精度、表面粗糙度要求高时，进给量数值应选小些，最大进给量受机床刚度和进给系统的性能限制，并与脉冲当量有关。

切削速度的选择：根据已经给定的切削深度、进给量及刀具耐用度选择切削速度，可用经验公式计算，也可根据生产实践经验在机床说明书允许的切削速度范围内查表选取。

(1) 粗加工时切削用量的选择原则 首先选取尽可能大的背吃刀量，其次要根据机床动力和刚性的限制条件等，选取尽可能大的进给量，最后根据刀具耐用度确定最佳的切削速度。

(2) 精加工时切削用量的选择原则 首先根据粗加工后的余量确定背吃刀量，其次根据已加工表面粗糙度要求，选取较小的进给量，最后在保证刀具耐用度的前提下尽可能

能选用较高的切削速度。

2. 切削液的选择

切削液又叫冷却润滑液。在金属切削过程中，合理选择切削液，可以改善工件与刀具间的摩擦状况，降低切削力和切削温度，减轻刀具磨损，减小工件的热变形，从而可以提高刀具耐用度，提高加工效率和加工质量。

1) 切削液的作用

(1) 冷却作用 切削液可以将切削过程中产生的热量迅速地从切削区带走，使切削区温度降低。切削液的流动性越好，比热容、导热系数和汽化热等参数越高，则其冷却性能越好。

(2) 润滑作用 切削液能在刀具的前、后刀面与工件之间形成一层润滑薄膜，可减少或避免刀具与工件或切屑间的直接接触，减轻摩擦和黏结程度，因而可以减轻刀具的磨损，提高工件表面的加工质量。

为保证润滑作用的实现，要求切削液能够迅速渗入刀具与工件或切屑的接触界面，形成牢固的润滑油膜，使其不致在高温、高压及剧烈摩擦的条件下被破坏。

(3) 清洗作用 在切削过程中，会产生大量切屑、金属碎片和粉末，特别是在磨削过程中，砂轮上的砂粒会随时脱落和破碎下来。使用切削液便可以及时地将它们从刀具（或砂轮）工件上冲洗下去，从而避免切屑黏附刀具、堵塞排屑和划伤已加工表面。这一作用对于磨削、螺纹加工和深孔加工等工序尤为重要。为此，要求切削液具有良好的流动性，并且在使用时有足够大的压力和流量。

(4) 防锈作用 为了减轻工件、刀具和机床受周围介质（如空气、水分等）的腐蚀，要求切削液具有一定的防锈作用。防锈作用的好坏，取决于切削液本身的性能和加入的防锈添加剂品种和比例。

2) 切削液的种类

常用的切削液分为三大类：水溶液、乳化液和切削油。

(1) 水溶液 水溶液是以水为主要成分的切削液。水的导热性能好，冷却效果好。但单纯的水容易使金属生锈，润滑性能差。因此，常在水溶液中加入一定量的添加剂，如防锈添加剂、表面活性物质和油性添加剂等，使其既具有良好的防锈性能，又具有一定的润滑性能。在配制水溶液时，要特别注意水质情况，如果是硬水，必须进行软化处理。

(2) 乳化液 主要起冷却作用。乳化液是将乳化油用 95%~98% 的水稀释而成，呈乳白色或半透明状的液体。这类切削液的比热大、黏度小、流动性好（传热较好），可以吸收大量的热量。使用这类切削液主要是为了冷却工件和刀具，延长刀具寿命，减少热变形。但润滑、防锈性能较差。常再加入一定量的油性、极压添加剂（如硫、氯等）和防锈添加剂，配制成极压乳化液或防锈乳化液，以提高其润滑和防锈性能。

(3) 切削油 切削油的主要成分是矿物油，少数采用动植物油或复合油。这类切削液的比热较小，流动性差（散热效果较差），主要起润滑作用。常用的是黏度较低的矿物油，如 10 号、20 号机油及轻柴油、煤油等。纯矿物油不能在摩擦界面形成坚固的润滑膜，润滑效果较差，实际使用中常加入油性添加剂、极压添加剂和防锈添加剂，以提高