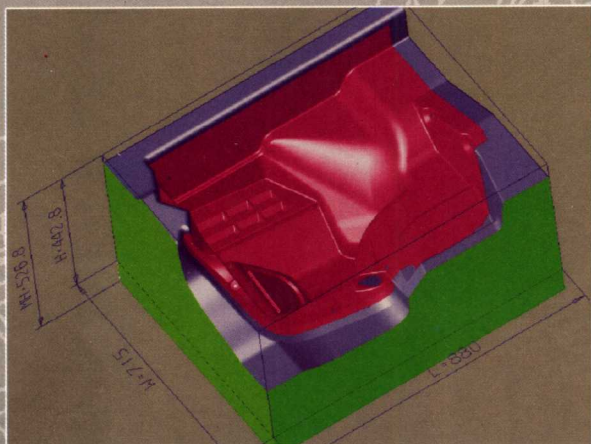


Cimatron^{it}

模具加工 应用实例

■ 陆文林 吴晓炜 编著

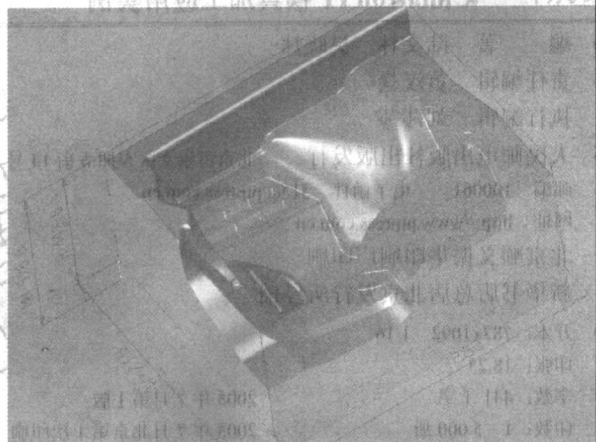


 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

Cimatron

模具加工 应用实例

■ 陆文林 吴晓炜 编著



人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Cimatron IT 模具加工应用实例/陆文林, 吴晓炜编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.7

ISBN 7-115-13506-1

I. C... II. ①陆...②吴... III. 模具—计算机辅助设计—应用软件, Cimatron IT
IV. TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 064241 号

内 容 提 要

本书以实例讲解为主, 对利用 Cimatron 进行模具加工过程中的几类常用技术分专题进行讲解。每个专题中包含实例分析、加工方法的选择、具体编程命令及参数的使用方法等内容。书中所选实例包含了 Cimatron 中大部分常用的编程命令, 并结合实例对具体参数设置及含义进行了详细讲解。

本书在讲述实例的过程中加入了作者的一些经验技巧, 同时对模具加工过程中一些必要的加工工艺进行了补充说明。

本书可作为数控编程人员的自学用书、大专院校 CAM 课程的教材或教学参考书, 以及 CAM 专业人员的培训教材。

Cimatron IT 模具加工应用实例

- ◆ 编 著 陆文林 吴晓炜
责任编辑 黄汉兵
执行编辑 刘莎莎
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.25
字数: 441 千字
印数: 1—5 000 册
- 2005 年 7 月第 1 版
2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13506-1/TP · 4710

定价: 38.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010) 67132692 印装质量热线: (010) 67129223

前 言

Cimatron 是面向工模具行业的大型 CAD/CAM 软件,其数控加工技术一直处于世界领先地位,被业界普遍认为是最杰出的数控编程设计系统之一。它除了提供加工领域中的加工应用,如数控铣削(2.5~5 轴)、数控钻孔、数控车、数控冲裁、数控线切割和电极设计等外,还为用户提供了最先进的加工技术——智能 NC。

凭借强大的加工功能、灵活的编程命令、快速的计算和优良的刀路,以及易于操作的友好界面,Cimatron 得到了用户的一致好评,在国内得到了迅速的推广。

为帮助广大读者快速学习和掌握 Cimatron 的编程方法,作者结合实际工作经验,对模具加工过程中经常遇到的一些情况进行了分类和总结,以几个典型零件为例对 Cimatron 的编程方法进行了讲述。

全书共分 9 章,第 1 章介绍 Cimatron 加工的基础知识;第 2 章以一个简单零件为例介绍规则形状毛坯的加工,使读者对整个加工过程有个初步的了解;第 3 章介绍铸造毛坯的加工,并对一些基本工艺进行了补充说明;第 4 章介绍电极加工过程中常用的两种加工方法;第 5 章介绍加工深型腔模具的两种基本方法;第 6 章介绍需多次装夹的模具加工;第 7 章讲述画线和刻字的加工,并介绍角度头的使用方法;第 8 章介绍编辑刀路的方法,包括旋转、阵列、镜像和手工编辑等内容;第 9 章介绍刀路的模拟、校验、后置以及加工文档的编辑方法。

为方便读者学习,本书还配有一张光盘,光盘中收录了本书实例所需的模型。

本书是作者根据自己学习和使用 Cimatron 的经验及体会归纳整理而成的。由于作者水平有限,书中难免会有疏漏和错误,敬请同行和读者不吝指正!

陆文林
2005 年 6 月

目 录

第1章 Cimatron IT 模具加工基础知识	1
1.1 Cimatron IT 加工模块操作界面	1
1.2 加工坐标系的建立	2
1.3 加工方法的选择	4
1.4 加工范围的确定	5
1.5 刀具的种类	6
1.5.1 按刀具形状分类	6
1.5.2 按刀具材料分类	6
1.6 切削参数的选择	8
1.7 模具加工流程	9
1.7.1 曲面铸造毛坯的加工流程	9
1.7.2 规则形状毛坯的加工流程	9
第2章 规则形状毛坯的加工	11
2.1 简介	11
2.2 加工实例（塑料盖板吸塑模芯）	11
2.2.1 实例分析	11
2.2.2 操作步骤	12
2.3 总结	44
第3章 曲面铸造毛坯的加工	46
3.1 简介	46
3.2 加工实例	47
3.2.1 实例分析	47
3.2.2 操作步骤	47
3.3 总结	76
第4章 电极加工	78
4.1 简介	78
4.2 加工实例	78
4.2.1 负偏移加工	78
4.2.2 采用骗刀方法进行加工	104
4.3 总结	130

第5章 深型腔模具加工	131
5.1 简介	131
5.2 加工实例	131
5.2.1 优化分区加工	131
5.2.2 手工分层加工	160
5.3 总结	180
第6章 需多次装夹的模具加工	182
6.1 简介	182
6.2 加工实例	182
6.2.1 实例分析	182
6.2.2 操作步骤	183
6.3 总结	201
第7章 模具型面画线及刻字的加工	202
7.1 简介	202
7.2 加工实例	202
7.2.1 模具型面画线	202
7.2.2 刻字加工	216
7.3 总结	220
第8章 编辑刀路	222
8.1 简介	222
8.2 阵列刀路	222
8.2.1 用旋转的方式进行角度阵列	222
8.2.2 用平移方式进行角度阵列	231
8.2.3 矩形阵列	233
8.2.4 点集阵列	234
8.3 刀路旋转和镜像	237
8.3.1 实例分析	237
8.3.2 操作步骤	238
8.4 手工编辑	242
8.4.1 检查刀路	243
8.4.2 删除指定区域内的刀路	245
8.4.3 手工分刀	249
8.5 总结	249

第 9 章 刀路的模拟、校验和后置处理	251
9.1 模拟刀路	251
9.2 校验刀路	260
9.3 后置处理	264
9.4 加工文档	267
9.5 总结	271
附录 A	273
A.1 Cimatron 快捷键	273
A.2 Cimatron 主菜单参数设置	275
A.3 FILE-SETUP 设置	276
A.4 NC 常见旗标含义	278
A.5 Cimatron 数据转换	278
A.6 数控加工工艺卡	282

第1章

Cimatron IT 模具加工基础知识

Cimatron 软件是 Cimatron 公司开发的集 CAD/CAM/CAE 于一身的多功能软件，主要面向工模具行业，其中 CAM 模块包括数控铣（2.5～5 轴）、数控车、数控钻孔、数控冲裁和线切割等功能，其数控加工技术一直处于世界领先地位。本书将以三轴数控铣为例，对模具加工的编程方法进行讲解。

本章首先对 Cimatron 编程过程中需要用到的一些基本知识进行简单介绍。

1.1 Cimatron IT 加工模块操作界面

Cimatron IT 的加工界面如图 1-1 所示，该界面大致可分为 12 个区域。

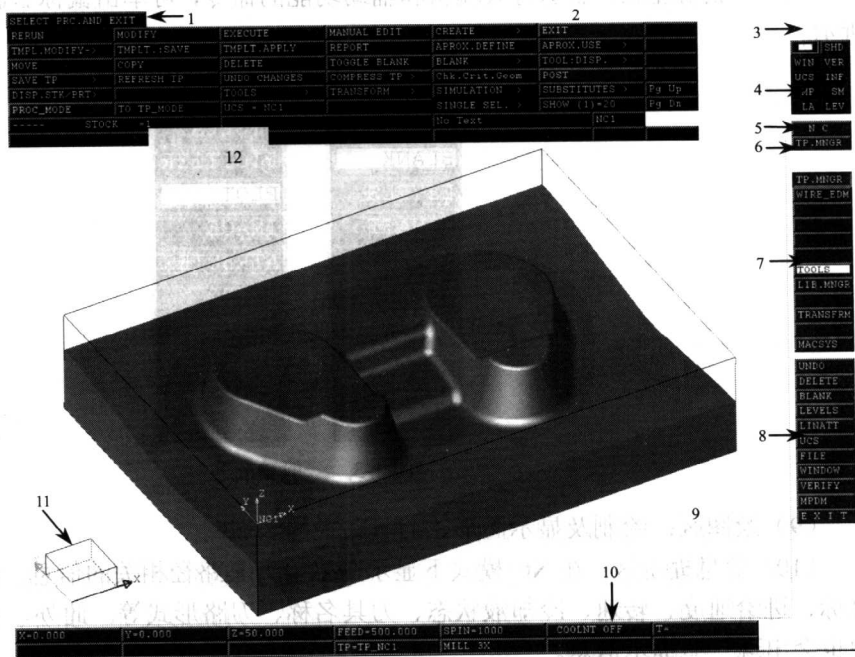


图 1-1 Cimatron IT 加工模块操作界面

各区域的功能如下所述。

(1) 操作提示区：提示用户进行下一步操作。

(2) 交谈区：对当前操作进行选择和参数设置。

(3) 状态区：显示系统在当前命令下的状态，如点的捕捉方式等。

(4) 立即存取菜单：在执行命令的过程中，不必退出当前命令即可选择此菜单中的命令，以配合当前命令进行操作。

- (5) 模块区：显示当前的应用模块名称，单击此项可在不同模块之间进行切换。
- (6) 当前命令区：显示当前正在使用的命令。
- (7) 应用功能区：显示与绘图及 NC 相关的命令。NC 模块下的应用功能区如图 1-2 所示。

[]	[]	[]	[]	[]
TP.MNGR	POINT	GROUP	DRIVE	PLFACE
WIRE_EDM	LINE	PLACE	RULED	SWEEPF
	CIRCLE	EXPLODE	REVOL	TRMPLF
	CORNER	EXTRACT	MESH	EDIT_SET
	TRIM		PNTSRF	
	OFFSET		FILLET	SURF_CUT
TOOLS			BLEND	SCALE
LIB.MNGR	SWEEP		COMSRF	PARTLN
	SPLINE	PATPOINT		SRFLAT
TRANSFRM	CONIC	COMCRV	SRFCRV	MODIFY
	PROJECT	HELIX	SRFSEC	SURF_EXT
MACSYS	MOVE	STRETCH	TRMSRF	SURFSORT

图 1-2 NC 模块下的应用功能区

- (8) 一般功能区：显示有关编辑和辅助功能的命令，可单击鼠标右键进行翻页，如图 1-3 所示。

UNDO	USER
DELETE	DISPLAY
BLANK	DIGITIZR
LEVELS	PLOT
LINATT	IMAGE
UCS	ATRIBUTES
FILE	MACRO
WINDOW	SHADE
VERIFY	ANALYZE
MPDM	REGISTER
E X I T	E X I T

图 1-3 一般功能区

- (9) 绘图区：绘制及显示图形、刀具路径的区域。
- (10) 信息提示区：在 NC 模式下显示与当前刀具路径相关的信息，包括刀具所在位置的坐标、进给速度、转速、冷却液状态、刀具名称、刀路形式等。此外，在操作和计算的过程中也会出现一些提示信息。
- (11) 坐标系显示区：显示当前视图下的坐标方向。
- (12) 刀具路径管理区：用户可在该区域对刀具路径进行创建和编辑等操作。

1.2 加工坐标系的建立

加工坐标系的建立是数控编程过程中首要的、必不可少的步骤。建立加工坐标系的基本原则是便于实际加工过程中的测量。通常情况下，加工坐标系应建立在模具的角点或模具上

(下) 表面的对称中心处。

加工坐标系的建立方法与 MODELING 模块下的坐标系建立方法是一致的。本节将对几种常用坐标系的建立方法进行介绍。

单击一般功能区中的 UCS 命令，其子菜单如图 1-4 所示。



图 1-4 UCS 子菜单

UCS 子菜单中各选项的功能如下所述。

1. ACTIVE: 设定当前坐标系

单击此项，操作提示区将出现 ENTER UCS OR <CR> 的提示，用户可手工输入坐标系名称或者“回车”选择坐标系，也可通过单击鼠标右键进行选择。选择完成后单击鼠标中键两次完成设置。使用此命令也可直接创建当前坐标系。

2. CREATE: 创建坐标系

单击此项，根据屏幕提示输入所要创建的坐标系名称，然后单击“回车”键，此时将出现如图 1-5 所示的 5 种坐标系创建方法。



图 1-5 创建坐标系

➤ 3-PTS: 3 点定义坐标系

用 3 点定义坐标系是最为常用的一种方法，其中第一点为坐标系原点，第二点为 x 轴正方向，第三点决定 xy 平面和 y 轴正方向（此 3 点的夹角无需为直角）。

单击此项将出现如图 1-6 所示的界面，提示用户选择原点。

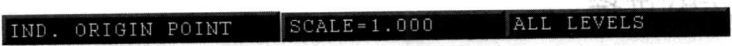


图 1-6 指定坐标原点

其中，SCALE 用于设置坐标系在屏幕上的显示比例；ALL LEVELS/ACTIVE LEVELS 用于控制所建坐标系是在所有层中都显示还是仅在当前层中显示。

选择完成后，根据屏幕提示继续选择 x 方向和 y 方向上的点创建坐标系。

➤ DELTA+ROT: 偏移+旋转

此种方法是以存在的坐标系为参考，通过偏移或旋转的方法建立新的坐标系。创建时选择参考坐标系后，将出现偏移值的参数设定界面，如图 1-7 所示。



图 1-7 输入偏移值

第一行中 DX、DY、DZ 为新坐标系原点相对于参考坐标系原点的偏移值，需手工输入。第二行中第一项为坐标系方式（分为笛卡尔坐标系、圆柱坐标系和球坐标系），第二项为参考坐标系。

完成偏移后系统将提示是否进行旋转，如果选择 YES，则需指定旋转轴和旋转角度，不旋转时选择 NO。

➤ ORIGIN+ROT: 原点+旋转

此方法与 DELTA+ROT 基本一致，也需要以存在的坐标系为参考。惟一的差别在于此方法可通过屏幕捕捉来选择新坐标系的原点。

➤ ROT.AXIS: 绕轴旋转

以参考坐标系为基准，沿用户指定的方向旋转一定角度后创建新的坐标系。

➤ NORM TO SCR: 垂直屏幕所在平面创建坐标系

以屏幕所在平面为 xy 平面，以用户指定的点为坐标原点创建坐标系。

3. MOVE: 移动坐标系

对现有坐标系进行移动，以改变坐标系的原点和坐标轴方向。有 4 种移动方式可供选择，如图 1-8 所示。



图 1-8 移动坐标系的方法

这 4 种移动坐标系的方法与创建坐标系的前 4 种方法完全一致。

4. RENAME: 坐标系更名

5. DELETE: 删除坐标系

说明：不能删除当前坐标系和使用中的坐标系。

6. DISPLAY: 显示坐标系

该命令用于控制坐标系的显示与关闭，与立即存取菜单中的 UCS 命令相同。

本节仅对各种坐标系的创建方法进行简单介绍，具体创建过程将在后面章节中讲解。

1.3 加工方法的选择

由于模具型面复杂，针对不同的情况，应当选择不同的加工方法，其大体原则如下所述。

(1) 粗加工时应选择直径较大的刀，采用较大的吃刀量，而且一般选择双向走刀和混合铣以减少抬刀次数，提高加工效率。

(2) 精加工时，如果产品的精度和光洁度要求较高，应选择顺铣和单向走刀；如果要求较低，则应选择双向和混合铣。

(3) 深型腔加工时应采用手工分层或者优化分层的方式，选择不同长度的刀具来加工产品的不同部位，以提高效率。

(4) 针对产品表面或模具型面上的平缓区域和陡峭区域，视情况分区域进行处理。

(5) 当模具中出现一些宽度较窄、深度较大的沟槽时，应结合电火花进行加工。

1.4 加工范围的确定

在数控编程过程中，许多命令都需要指定加工范围，因此快速而准确地确定加工范围在编程过程中是十分重要的。Cimatron 软件提供了多种确定加工范围的方法，如通过手工画线选定范围，在轮廓选择菜单中选择不同选项确定加工范围，以及采用 SWEEP 边界框确定加工范围等。

本节将重点介绍采用 SWEEP 边界框确定加工范围的方法。该方法能够快速确定复杂模具型面的整体加工范围。

单击应用功能区的 SWEEP 命令，打开其子菜单，如图 1-9 所示。

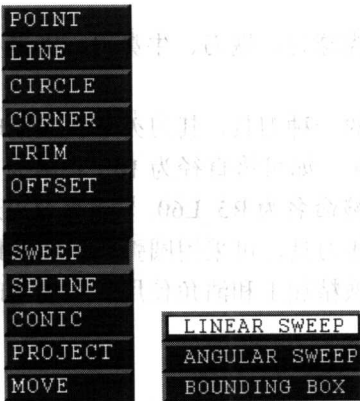


图 1-9 SWEEP 命令的子菜单

单击 BOUNDING BOX 命令创建边界框，其参数设置如图 1-10 所示。

PICK UCS/EXIT=ACTIVE	POS. X OFFSET=0.000	NEG. X OFFSET=0.000	POS. Y OFFSET=0.000
	NEG. Y OFFSET=0.000	POS. Z OFFSET=0.000	NEG. Z OFFSET=0.000
	TOLERANCE=0.100		

图 1-10 参数设置

设置完成后根据屏幕提示选择全部曲面，然后选择坐标系，创建边界框，如图 1-11 所示。

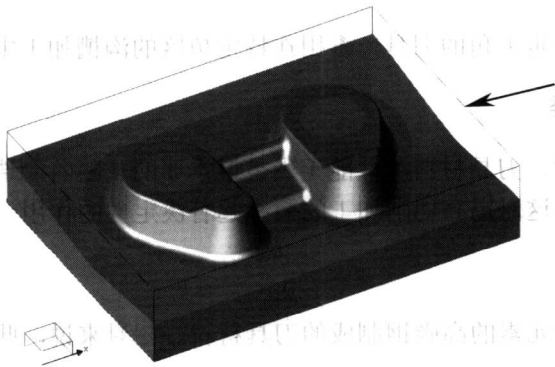


图 1-11 SWEEP 边界框

此命令将以用户选定的坐标系和用户指定的 x 、 y 、 z 3 个方向的偏移量来创建边界框。

除此之外，可通过拾取曲面边界线或者手工画线的方式来确定局部区域的加工范围，具体操作将在后续章节中介绍。

1.5 刀具的种类

数控刀具种类繁多，分类方法也各不相同，如按刀具类型（铣刀、车刀、钻头）分、按刀具材料分、按刀具形状分等。在模具加工过程中，刀具的选用对于模具的加工质量、精度和效率都有很大的影响。本节将按刀具形状和刀具材料对铣刀进行介绍。

1.5.1 按刀具形状分类

最常用的铣刀按形状可分为球刀、端刀、牛鼻刀、锥角刀等。

1. 球刀

球刀是数控加工中很常用的一种刀具，其刀刃形状成半球形。本书将球刀以字母 B 结合刀具直径来命名，刀长用 L 表示，如可将直径为 10、长度为 60 的球刀命名为 B10_L60。（也可用 R 来命名，上述刀具也可被命名为 R5_L60。）因为刀刃过中心，所以刀具可下扎一定深度，下扎深度应适当，以免损坏刀具，可采用圆弧、斜线及螺旋进刀。

通常情况下，球刀多用来做精加工和清角使用。在清角时，系统不推荐使用直径小于前把刀具直径一半的刀进行计算。

2. 端刀

端刀也称为平底刀或键槽刀，其底面为平面（或圆角很小），刀刃过中心，可下扎加工，下扎时采用 z 向下扎、斜向下扎或螺旋下扎均可。一般插铣（PLNGMILL）就使用此种刀具。此刀具可用于粗加工、铣槽、铣平面，有时也用于手工清角。

3. 牛鼻刀

牛鼻刀是一种平底带圆角的刀具，多数是机夹刀，即刀柄上固定两个或多个圆形刀片，此时刀刃不过中心，下扎时应使下扎深度小于刀刃顶面到刀柄中心平面的高度差，否则刀柄将被严重损坏。此外，在使用机夹刀时也应及时观察刀片的磨损情况，当发现刀片磨损严重或崩刃时应及时更换，以免刀柄被损坏。

4. 锥角刀

锥角刀是侧刃成一定夹角的刀具，多用在特定角度的沟槽加工中。

1.5.2 按刀具材料分类

在切削加工过程中，刀具材料及性能无疑是最重要的。随着制造技术的发展，新的工具材料被大量开发出来，这对提高切削加工的效率起着决定性的作用。下面对铣刀材料及性能进行简单介绍。

1. 碳素工具钢

一般指用不含合金元素的高碳钢制成的刀具材料。相对来说，此种材料能使刀具获得较锋利的刃口。

2. 合金工具钢

比碳素工具钢耐磨性好，淬火时变形也小，淬透性好且回火度高，但耐热冲击性比碳素工具钢弱。

3. 高速钢

淬火温度极高（1200℃）且淬透性极好，可使刀具整体的硬度一致，耐磨性比其他工具钢好，其韧性比硬质合金高，但压延性较差，耐热冲击性较弱。

4. 硬质合金

硬质合金是将 WC、WC-TiC、WC-TiC-TaC 等硬质碳化物以 Co（金属钴）为结合剂烧结而成的。在铁系金属、非铁金属和非金属中显示出很好的性能。此外，还有超微粒子硬质合金，因其 Co 含量较高，所以高温性能较差，多用于钻、铰等低速切削工具。

近年来，低 Co 含量的超微粒合金也大量应用于高速加工领域，因其锋利性较好、硬度较高，所以在高硬度材料的加工中也得到了广泛应用。

5. 涂层刀具

涂层刀具是在韧性较好的工具表面涂上一层耐磨损、耐溶着、耐反应的物质，使刀具在切削的同时具有既硬又不易破损的性能。

用于涂层的材料主要有 TiC、TiN、TiCN、Al₂O₃、TiAlO 等陶瓷材料。由于这些陶瓷材料都具有耐磨损、耐化学反应等性能，因此具有较广的加工范围，在非金属、铝合金、铸铁、钢以及高强度钢、高硬度钢、耐热合金、钛合金等难加工材料的切削中均可使用，且比硬质合金要好。涂层材料应根据实际加工对象、条件以及各种涂层刀具的性能进行选取。

6. 陶瓷刀具

陶瓷刀具基本上由 3 类材料组成，一类为纯氧化铝（Al₂O₃）材料（白色陶瓷）；另一类为 Al₂O₃TiC（黑色陶瓷）材料，在其中添加 SiCw（晶须）、ZrO₂（青色陶瓷）可增加韧性；另外还有一类是以 Si₃N₄ 为主体的陶瓷刀具。

陶瓷材料具有高硬度、高温强度好的特性，化学稳定性也很好，但韧性很低。一般来说，陶瓷刀具相对于硬质合金和高速钢而言仍是极脆的材料，因此多用于高速连续切削中，特别是铸铁的高速加工（500m/min 左右）。另外，陶瓷的热传导率相对于硬质合金来说非常低，是现有工具材料中最低的一种。由于该材料在切削加工中容易积蓄热量，切削温度较高，且对于热的冲击变化较难承受，因此加工中陶瓷刀具很容易因热裂纹产生崩刃等损伤。

但陶瓷刀具材质的化学稳定性好、硬度高，在耐热合金等难加工材料的加工中有广泛的应用。

7. 金属陶瓷工具

金属陶瓷刀具是为了解决陶瓷刀具脆性大的问题而出现的，其最大优点在于其材质与被加工材料的亲和性极低，不易出现粘刀和积屑瘤现象，使加工表面非常光洁平整，在一般刀具材料中可谓精加工的佼佼者，现在各种金属陶瓷刀具被广泛应用。

8. CBN 刀具

CBN（立方氮化硼）粒子硬度高达 HV4500（WC HV1780，TiC HV3200），在大气中加热至 1300℃ 仍保持性能稳定，且与铁的反应性很低，是迄今为止能够加工铁系金属最硬的一种刀具材料。它的出现使淬火钢、耐热钢的高速切削加工成为可能。

淬火硬度 HRC60~HRC70 的烧结钢等高硬度材料均可采用 CBN 刀具进行切削。所以在

很多场合都以 CBN 刀具进行切削来取代迄今为止只能采用磨削来加工的工序，使加工效率得到极大的提高。

9. 聚晶金刚石刀具

金刚石刀具与铁系金属有极强的亲和力，在切削中其碳元素极易发生扩散而造成严重磨损。但金刚石刀具与其他材料的亲和力很低，切削中不易产生粘刀现象，切削刃口可以磨得非常锋利。所以在铁系金属以外的切削中能够得到高精度、高亮度的加工面，在高精加工领域中得到了广泛的应用。

当大气中温度超过 600℃ 时金刚石将被碳化而失去其本来面目，故金刚石刀具不宜用于可能产生高温的切削中。

1.6 切削参数的选择

切削参数是影响切削效率和切削质量的重要因素，其中包括切削深度、切削宽度、切削线速度、进给速度和主轴转速等，这些参数均可参考刀具手册进行查取。

1. 切削深度 A_p

切削深度也称为吃刀量，在 Cimatron 软件中通过 DOWN STEP 参数进行设置。粗加工时可使用较大刀具、较大切削深度来快速去除余量，以提高效率。

2. 切削宽度 A_e

切削宽度也称步距，其值与刀具直径 d 成正比，与切削深度 A_p 成反比。在加工过程中增大切削宽度有助于提高切削效率。使用平底刀粗加工时 A_e 的取值范围为 $A_e = (0.5 \sim 0.9) d$ 。使用牛鼻刀时， $d = (D - 2r)$ ，其中 D 为牛鼻刀直径， r 为刀具圆角半径。当使用球刀进行精加工时，步距的选择应满足模具型面所要求的精度和表面粗糙度。

3. 切削线速度 V_c

切削线速度的单位是 m/min。提高 V_c 值也是提高加工效率的有效措施，但 V_c 值与刀具耐用度有关， V_c 值增大，刀具耐用度下降，因此 V_c 的选择取决于刀具耐用度，同时与加工材料的种类和材料硬度也有很大关系。此值可参考刀具手册进行选择。

4. 进给速度 V_f

V_f 的单位是 mm/min。 V_f 应根据刀具和工件材料来选择。 V_f 的增加也可以提高生产效率，但刀的耐用度会降低。进给速度可按公式 $V_f = n \times z \times f_z$ 进行计算，其中， n 为主轴转速，单位为 r/min； z 为刀具齿数； f_z 为单齿进给量，单位为 mm/齿 $\cdot r$ ， f_z 可参考刀具手册进行设置。

在数控编程过程中，还应在不同情形下选择不同的进给速度，如 z 向进刀速度、加工过程中刀路转向速度、沿曲面加工时上下坡速度等，此外还可根据残余量进行速度设置。

在加工过程中， V_f 也可通过机床控制面板上的进给倍率开关进行人工调整，但是最大进给速度要受到设备刚度和进给系统性能等的限制。

5. 主轴转速 n

主轴转速的单位是 r/min，一般根据切削速度 V_c 来选定。其值可按公式 $n = V_c \times 1000 / (\pi \times D_c)$ 进行计算。其中， V_c 为切削线速度， D_c 为刀具直径 (mm)。

当使用球刀时，由于球刀的计算直径 D_{eff} 小于铣刀直径 D_c ，因此在计算转速时应按 D_{eff} 进行计算， D_{eff} 计算方法见公式 $D_{\text{eff}} = [D_c^2 - (D_c - 2 \times A_p)^2] / 2$ ，其中， A_p 为切削深度。

实际加工过程中主轴转速也可视情况通过机床控制面板上的转速倍率开关进行人工调整。

总之,在实际加工过程中,应同时兼顾质量、效率和经济性3个方面,适当选择各个参数。

1.7 模具加工流程

不同类型的毛坯其模具加工流程略有不同。本节将对曲面铸造毛坯和规则形状毛坯两种类型分别进行介绍。

1.7.1 曲面铸造毛坯的加工流程

曲面铸造毛坯由于型面复杂、加工余量较小、铸造表面粗糙、无法准确找正,因此如何准确建立加工坐标系就成为加工曲面铸造毛坯的关键。通常可采用试切的方法建立铸造毛坯的加工坐标系,曲面铸造毛坯的加工流程如下所述。

(1) 抄底平面:由于铸造毛坯很粗糙,因此首先需要对底平面进行加工,以作为型面的加工基准。

(2) 检验基准面:根据不同模具的要求,需对加工后的底平面进行检验,一般使用塞尺进行检验。如果基准面不符合要求,需要重新加工底平面,直至满足设计要求为止。

(3) 模具找正并固定:将模具按照程序中加工坐标系的方向摆放后进行粗略找正,并固定牢固。

(4) 初步建立加工坐标系:沿模具外形选取 x 和 y 方向的中点,然后将中点平移至程序中加工坐标系的原点,建立 x 、 y 坐标。 z 坐标应按模具高度或加工余量进行设定。

(5) 试切:铸造毛坯的预留加工余量一般较小,考虑到毛坯的变形、铸造收缩以及粗找正过程中的误差累积可能会较大,因此在加工前需要对铸件进行试切,以检查各方向加工余量是否均匀。一般可根据铸造实际情况留铸造余量的 $1/3 \sim 2/3$ 作为试切余量。试切时一般要对型面上的典型特征、深的型腔部分的曲面及模具对称斜面部位进行投影加工。

(6) 最终建立加工坐标系:试切完成后,根据试切的实际情况决定是否需要调整加工坐标系。调整的目的是使各方向加工余量比较均匀。调整完成后,即可按照调整后的坐标系进行实际加工。

(7) 模具加工:按照数控工艺卡上的程序顺序和刀具要求依次进行加工。加工过程中可根据实际情况调整主轴转速和进给速度,同时注意刀具的磨损和润滑情况。如果粗加工后局部区域亏,无法加工出来,需补焊后再进行精加工。

(8) 铣基准和测基准:模具加工完成后,应加工出基准并实测出基准坐标,此坐标应完整保留(可将测量的基准点设在加工的数模中)。此基准在将来对模具进行修改时使用。

(9) 根据需要对模具四周进行加工。

1.7.2 规则形状毛坯的加工流程

同铸造毛坯相比,规则毛坯的加工流程相对简单,由于形状规则,因此能够准确建立加工坐标系。但规则毛坯也有自身特点,由于对整块材料进行加工,型面各部分的加工量不均

匀，有些地方去除的材料很多，造成材料内部应力不均匀，导致加工后的模具变形，因此需视情况决定在粗加工后是否需要退火和再次加工模具底平面。下面是规则形状毛坯的加工流程。

- (1) 抄底平面。根据毛坯的平整程度决定是否需要加工底平面。
- (2) 找正固定。根据毛坯的外型进行找正，然后固定毛坯。
- (3) 建立加工坐标系。根据毛坯外型建立加工坐标系。
- (4) 模具加工。按照数控工艺卡上的程序顺序和刀具要求依次进行加工。如果模具型腔起伏较大，并且模具精度要求较高，视情况决定是否在粗加工后退火并重新加工底平面。
- (5) 铣基准和测基准。
- (6) 根据需要对模具四周进行加工。