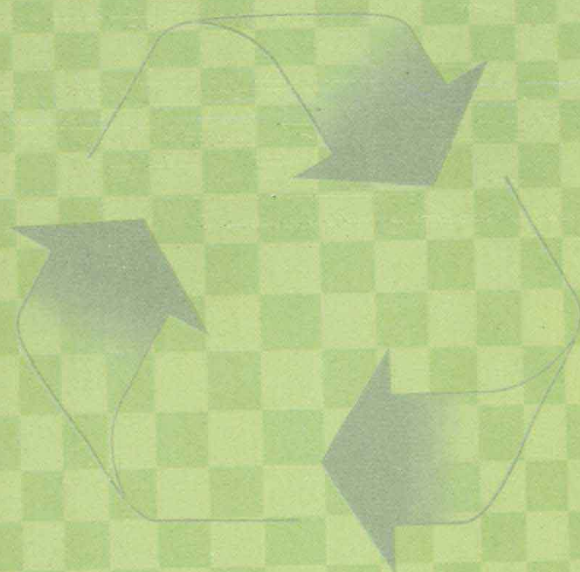


实用冲模结构图解 与冲压新工艺详图 及常用数据速查速用手册

主编：王洪友 万本善 徐 杰



北京科大电子出版社
机械工业出版社

实用冲模结构图解与 冲压新工艺详图及常 用数据速查速用手册

(第二卷)

主 编:王洪友 马本善 徐 杰

北京科大电子出版社 机械工业出版社

M 代码	中国部颁标准 JB/T3208 - 1999 规定	日本 FAUNC 6T - B 系统	美国 Cincinnati 850 系统	美国 A、B 公司 8400MP 系统
M42	可作齿轮换挡	—	—	齿轮 2 驱动
M43	可作齿轮换挡	—	—	齿轮 3 驱动
M44	可作齿轮换挡	—	—	齿轮 4 驱动
M45	可作齿轮换挡	—	—	用户选存信号输出
M46	不指定	—	—	
M47	不指定	—	—	计数复位
M48	注销 M49	—	—	向上定时
M49	进给率修正旁路	—	—	向下计量
M50	3 号冷却液开	—	—	条件分开
M51	4 号冷却液开	—	—	—
M52 ~ M54	不指定	—	—	—
M55	刀具直线位移, 位置 1	—	—	—
M56	刀具直线位移, 位置 2	—	—	—
M57	不指定	卡盘闭	—	—
M58	不指定	卡盘开	—	终止 M59
M59	不指定	—	—	经由 CSS 修改
M60	更换工作	—	—	
M61	工件直线位移, 位置 1	—	—	普通响应标志
M62	工件直线位移, 位置 2	—	—	
M63	不指定	—	—	
M64	不指定	—	—	
M65	不指定	刀头确认	—	普通长响应标志
M66	不指定	刀台回转禁止	—	
M67	不指定	刀台回转允许	—	
M68 ~ M69	不指定	—	—	
M70	不指定	刀检空气吹扫		普通选通标志
M71	工件角度位移, 位置 1	—		
M72	工件角度位移, 位置 2	—		普通锁存标志
M73 ~ M79	不指定	—		
M80	不指定	第一刀具组跳读		—
M81	不指定	第二刀具组跳读		—
M82	不指定	第三刀具组跳读	选择 M 功能	—
M83	不指定	第四刀具组跳读		—
M84	不指定	第五刀具组跳读		—
M85	不指定	—		—

M 代码	中国部颁标准 JB/T3208 - 1999 规定	日本 FAUNC 6T - B 系统	美国 Cincinnati 850 系统	美国 A - B 公司 8400MP 系统
M86	不指定	机外计测:内径		—
M87	不指定	机外计测:外径		—
M88 ~ M89	不指定	—		—
M90 ~ M91	永不指定	—	—	—
M92	永不指定	外部输入刀具补偿	—	—
M93	永不指定	外部输入刀具补偿	—	—
M94 ~ 97	永不指定	—	—	—
M98	永不指定	子程序调出	—	—
M99	永不指定	返回主程序	—	—

第三节 冲模 CAM 编程技术

一、自动编程的基本步骤

模具数控加工的主要内容是自由曲面,约占 70% 以上。数控铣削是最常用的加工方法,也是自动编程的关键技术。从铣削工艺上看,模具数控铣削一般包括粗铣 - 半精铣 - 精铣 - 清根等工步,但这仅仅是自动编程的框架,我们将以此为依据来确定更详细的工艺内容。

1. 确定面向模具的 CAD 模型

我们知道,面向产品的 CAD 模型是要做适当的修改才能用于模具制造的,如注塑产品要考虑材料收缩率,对型腔进行放大;要考虑分型、抽芯等结构,对产品进行合理分块。再如冲压成形产品,在设计成形模具时要补全后续工序所去除材料位置的面等等。

在编制 NC 程序前还要确定一些与加工有关的几何信息,如毛坯形状大小、工件坐标系位置、安全平面位置、装夹位置、预钻下刀点位置以及分块加工的区域边界、导动曲面等等。这些信息在编程时必将反复使用,应该在造型的时候一并考虑进去。

2. 选择合适的刀位轨迹生成方法,并确定相关的参数

这是一项与所用 CAM 软件系统密切相关的工作。不同的 CAM 软件的定义界面、参数名称不尽相同,也是许多人时感困惑的地方,常常从一个软件换到另一个软件后就无从下手了。其实软件之间也有共性的地方,如需考虑的加工工艺因素是一样的,刀位轨迹生成方法的原理是一样的,因此,只要抓住关键问题,领会了 CAM 编程的工艺本质,那么不管用什么软件都可以很快找到进展方向的。刀位轨迹生成方法的机理对于编程人员来说是非常重要的,因为这关系到定义初始条件的所有选项。不少人却把这个关键问题忽略了,才会导致被

不同 CAM 软件牵着走而不是携着不同 CAM 软件工具到处走的局面。刀位轨迹生成方法将在后面分别论述,这里主要介绍一些共性因素。必选的有:

1)定义所使用的坐标系 这是所有数据的基础,很多 CAM 软件都设有初始基准,这一基准往往与加工工艺基准不一致,不加以定义会给后续工作带来很大的不便,所以第一步要做的就是确保使用的基准是正确的。

2)定义待加工几何体 可以是线框、曲面或实体,这是待加工的对象,没有不需要定义的。

3)定义刀具 包括刀具的类型、形状、大小规格等参数,这是计算出刀位轨迹的重要几何信息之一,也是不可或缺的。

还有一些是可选的,或者说有时可以使用 CAM 软件的缺省状态而无大碍的因素:

1)进退刀方式 可以采用固定下刀点方式,则需要预定义下刀点位置;也可以采用螺旋式或直线式进退刀,如图 3-3-31 所示使用缺省定义也可以得到不会导致切削故障的结果。如果要定义,参数有方式选择,圆弧半径大小,切入切出角,切入切出重叠部分长度,切入/切出距离等等,不同 CAM 软件提供的略有差别。

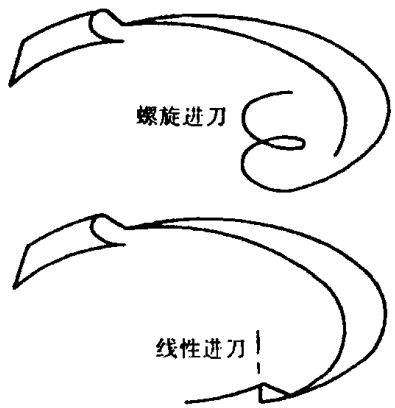


图 3-3-31 进刀方式

2)各种限定平面(点)位置 特别是安全平面(ClearancePlane)位置,CAM 软件一般用它来定义刀具快速定位(G00)的极限位置。也就是说,从此位置远离工件将使用快速定位方式,快速定位的路径取决于机床设置,属不确定因素,将有可能导致撞刀或过切。缺省位置离工件较近,若考虑装夹等因素,必要时应加以定义。

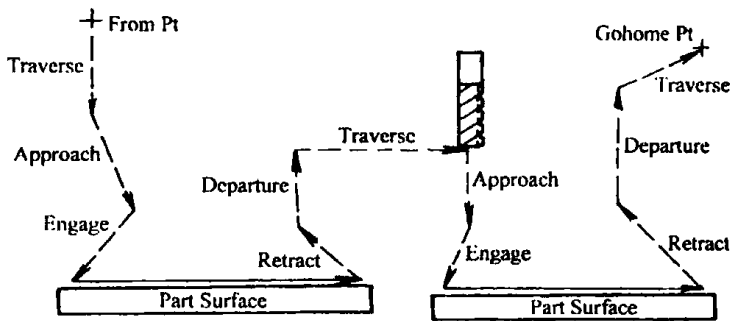


图 3-3-32 UG II 软件的定义模式

3)刀位轨迹关键点位置的进给速度 包括各种切削状态和空刀状态的走刀速度,其行程定义与各限制位置平面(点)有关。如 3-3-32 给出的是 UGII 软件的定义模式,比较典型,有参考价值。

4)区域曲面/边界的离散精度 计算刀位轨迹时需要对待加工曲面及其边界进行离散。离散精度应满足加工工艺要求,决不能因离散精度不高而导致过切,如图 3-3-33 所示。但离散精度越高则离散过程所耗费的时间也越长,得到的刀轨线性长度也较短,加工工艺性能也不一定最好。一般 CAM 软件的缺省精度会设置得比较高,有时为了加快编程计算精度,在工艺精度允许范围内可放宽离散精度要求。

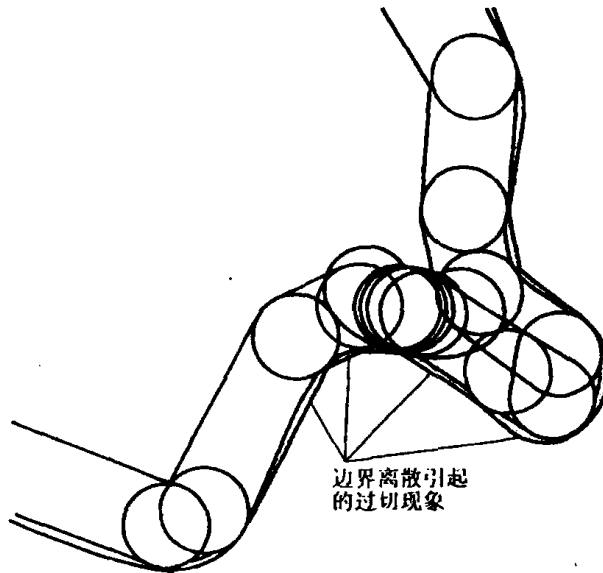


图 3-3-33 因离散精度不高而导致过切

5)其他设置 如拐角处的刀轨插补方式,切削时采用顺铣或逆铣,切削层优先或深度优先,刀位轨迹显示模式等等,即便不作设置,一般对加工质量的影响并不大。

3.刀位轨迹的后置处理

生成刀位轨迹后,选择合适的机床特性文件进行后置处理,得到符合现场机床规格的 NC 程序。这一过程需要清楚现场机床参数,如果没有现成的机床特性文件,则要设法定做,才能获得理想的 NC 程序。

二、腔槽铣削加工的刀位轨迹生成方法

1.“腔槽-岛屿”模型

对于所有粗加工铣削方式,都可以一般化为“腔槽-岛屿”模型,如图 3-3-34 所示。二维平面铣削可看作上下一致的“腔槽”,对于如注射模型芯等“岛屿”式加工对象,毛坯形状大小就是这一“岛屿”的腔槽边界,也就是要去除的材料范围。

腔槽铣削的基本步骤如图 3-3-35 所示:

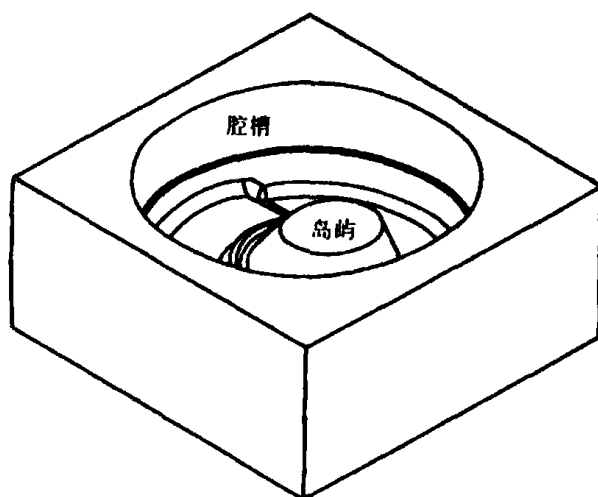


图 3-3-34 “腔槽—岛屿”模型

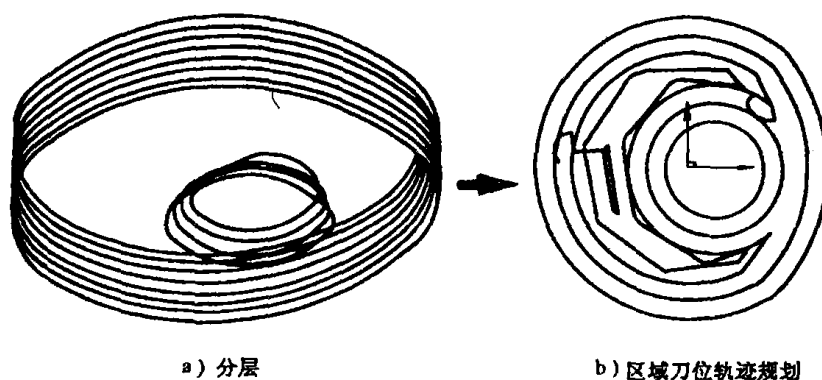


图 3-3-35 腔槽铣削基本步骤

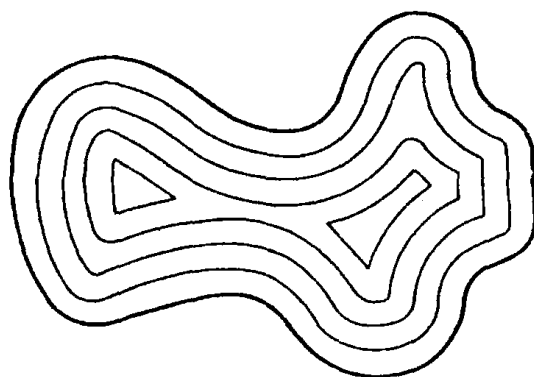
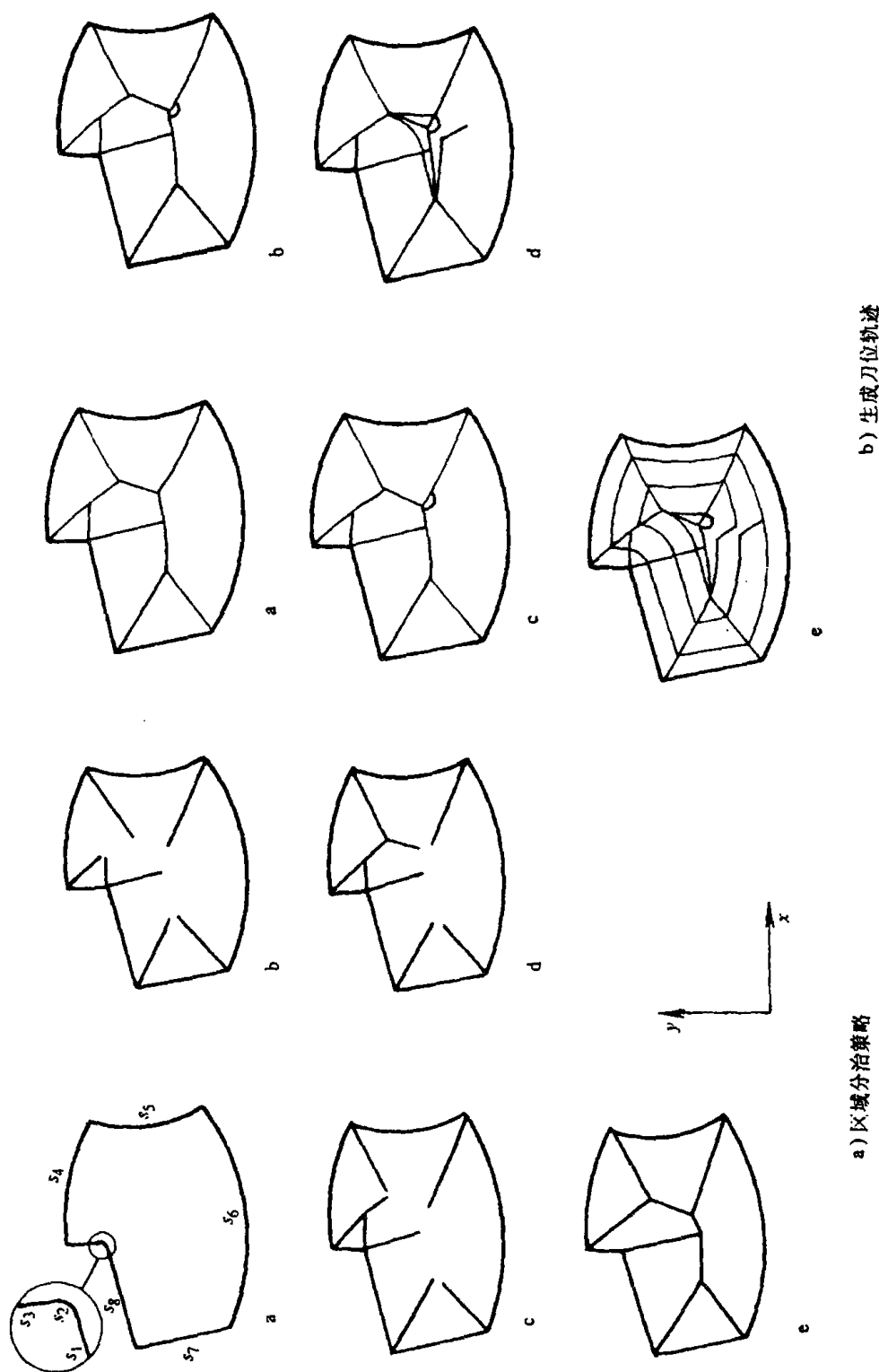


图 3-3-36 Offset 法刀位轨迹

1)降维(3D→2D)即对三维模型按照要求的密度从一个方向进行分层(对三轴联动机床沿刀具轴方向),从而获得一组二维的轮廓线图。降维过程的关键技术为曲面与平面的求交,一般交线可直接用参数曲线(B样条、NURBS曲线等)或用直线圆弧逼近表示。

2)对二维的轮廓线组成的区域进行处理,生成 2D 的刀位轨迹。2D 刀位轨迹生成方法

有螺旋式、平行式和充填式等方法,下面将分别加以介绍。

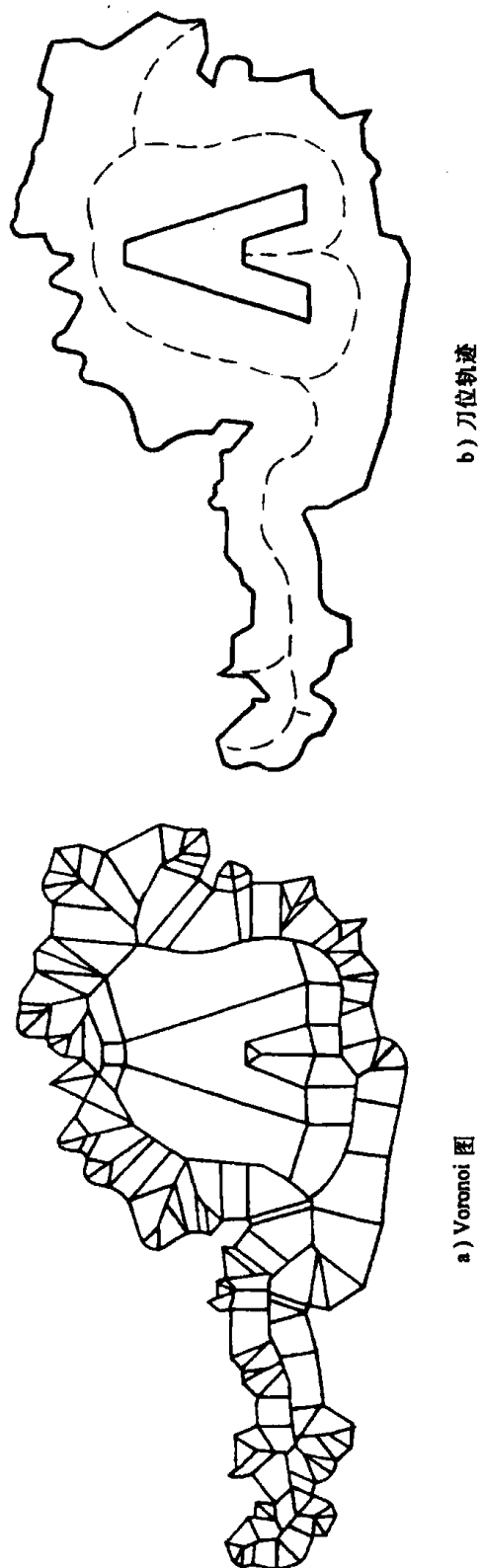


Persson 提出的螺旋走刀思想

2. 螺旋线刀位轨迹(SpiralPath)

1) 偏置法(Offset)

这种方法直接利用边界轮廓线进行偏置而获得刀位轨迹,如图 3-3-36 所示。这种方法的难度在于计算机图形学方面,对于复杂的轮廓线很难实现,实际应用较少。



M.Held 提出的算法实现

图 3-3-37 Voronoi 图

2) Voronoi 图(VoronoiDiagram)法 Voronoi 图是一种常用的区域分治算法,这种方法的应用最早由 Persson 于 1978 年提出。它首先利用轮廓线顶点的角平分线(bisector)对整个区域进

行分割(partition),直到每个子域单独从属于最靠近的边界线为止,如图 3-3-37 所示,这样得到的区域分割图形称为 Voronoi 图。然后规划刀位轨迹,轨迹从最深(innermost)的等分线交点出发,经过各个子域的形状由子域所属的边界线惟一决定,依次连接后就形成区域切削的刀位轨迹。这种算法是区域铣削的主要算法之一,至今仍有很多研究者。

这种方法也称为环切法,其走刀方式规划有沿毛坯边界、沿工件外形、同心圆及一些变形图样,如图 3-3-38 所示。

3. 平行线刀位轨迹(ParallelPath)

这种方法也称为行切法,首先确定一条参考线(referenceline)。利用这条参考线的方向用一组直线段(linesegments)对整个域进行分割,然后把所有的线段连接起来,形成刀位轨迹。如图 3-3-39 所示。其关键技术是如何选定参考线以及对图形域进行分割以获得较优的刀位轨迹。这种算法也是区域铣削的主要算法之一。

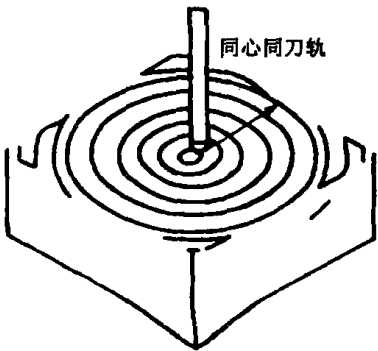


图 3-3-38 环切法

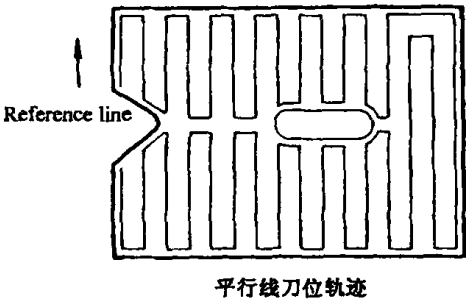


图 3-3-39 平行线刀位轨迹

这种方法的走刀方式规划有单向(zig)和双向(zig-zag)两种模式。单向走刀空刀较多,影响效率;双向走刀则顺铣/逆铣交替,对加工表面质量会有一定影响。

4. 充填法(Space-fillingpath)

这种方法是利用一条由一个相似图形(称 Hilbert 线)组成的连续线段逼近整个图形域,力图使刀位轨迹直到加工完毕才提刀,如图 3-3-40 所示。这种算法较为复杂,但可以获得各种形状的刀纹,可满足一些特殊需要。

5. 腔槽铣削要定义的参数

除了上一小节提到的参数定义外,以下一些参数也要加以考虑:

1) 分层策略 即每层的切削位置或切削深度。CAM 软件一般采用等分方式,即用给定

的每层深度对切深进行分层,有时会因切深不是每层深度的整数倍而在工件底部或台阶面上留下太多余量,向 UGII 软件则提供组合分层策略,可以解决这个问题,如图 3-3-41 所示。

2)单向/双向走刀角度 可以根据工件的形状对走刀角度作相应的调整,使得一个方向上每次的刀轨较长以减少换向次数。

3)加工余量 腔槽铣削大多是粗加工,因此应视后续加工的要求留下足够多的加工余量。

4)毛坯的定义 一些 CAM 软件如 UGII 是利用毛坯和工件形状来确定铣削区域的,因此毛坯的定义必不可少。

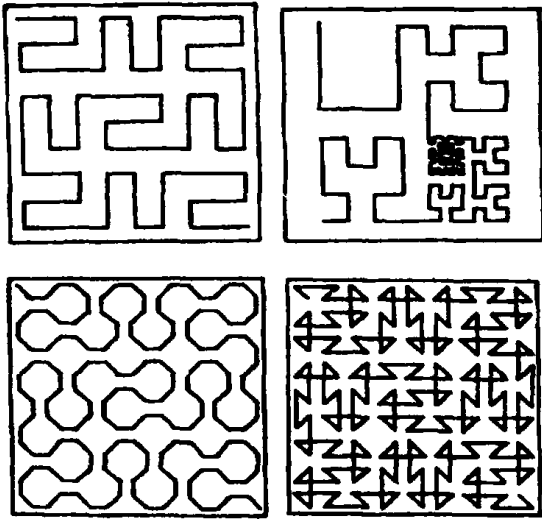


图 3-3-40 充填法

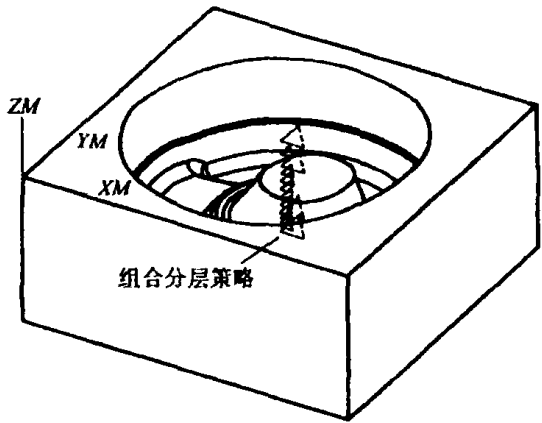


图 3-3-41

特别一提的是腔槽铣削的下刀方式一般采用固定位置预钻式或螺旋式,以改善刀具切入时的切削条件。

三、自由曲面铣削加工的刀位轨迹生成方法

1. 与自由曲面刀位轨迹生成方法相关的术语

1) 切触点 (CuttingContactPoint) 刀具在加工过程中与被加工零件曲面的理论接触点。对于曲面加工, 不论采用什么刀具, 从几何学的角度看, 刀具与加工曲面的接触关系均为点接触。

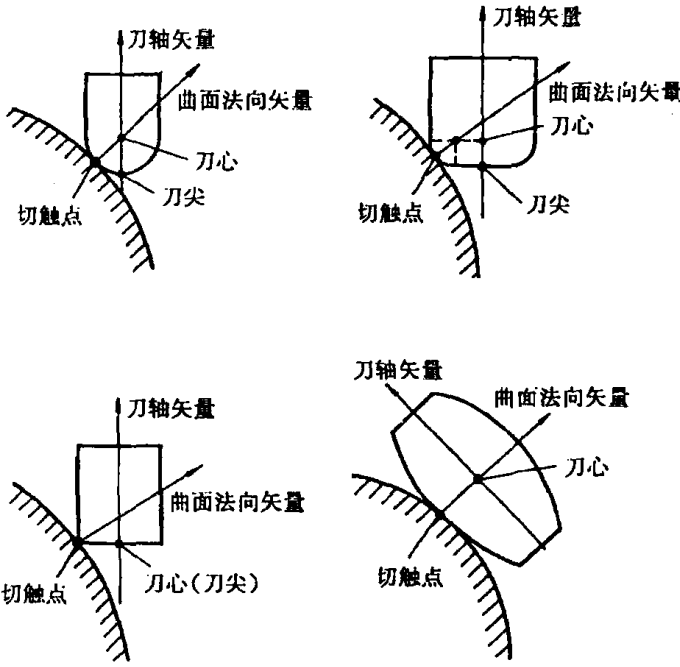


图 3-3-42 刀位点选择

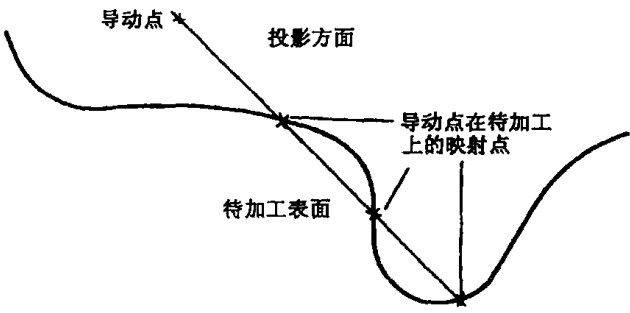


图 3-3-43 映射方法

2) 刀位点 (CutterLocationPoint) 用来确定刀具在加工过程中所在的位置点。一般来说, 刀具在工件坐标系中的准确位置可以用刀具中心点和刀具轴矢量来描述, 其中刀具中心点可以是刀心点, 也可以是刀尖点, 如图 3-3-42 所示。采用刀尖点时刀具长度补偿比较方便, 是目前的习惯用法。由刀位点按一定的顺序连接而成的轨迹就是通常所说的刀位轨迹。

3) 导动面 (DriveSurface) 与导动点 (DrivePoint) 由于待加工曲面的差别较大, 有的曲面片组合相当复杂, 如果直接对曲面片进行离散难度很大。因此, 通常采用映射方法来获得组合

曲面的刀位轨迹,具体地说,就是先构造一张(组)比较简单的曲面,称为导动曲面,在导动曲面上按给定的加工工艺条件计算出刀位轨迹点,称导动点。然后根据一定的规则(如沿主轴方向投影)把导动点映射到待加工表面上,经计算修正就可以获得待加工表面上相应的刀位点序列。

4)干涉检查(InterferenceCheck)对于用映射方法将导动点映射到待加工表面上的做法,不可避免地存在一个导动点对应多个刀位点的情况,如图 3-3-43 所示。如果要从多个可能的映射点中确定出惟一的结果,就需要提供相应的附加判据:一是不可过切,二是欠切(一般由后续加工完成)最少,过切和欠切的概念如图 3-3-44 所示。对于直接对曲面进行离散也会碰到类似的问题,我们把这一判断过程称为干涉检查。干涉检查是自由曲面刀位轨迹生成算法的关键技术之一。在工程应用中,由 CAM 软件自动判断,不需人工干预。

2. 基于参数空间的刀位轨迹生成方法

自由曲面刀位轨迹生成方法可归纳为两类:一是基于参数空间的刀位轨迹生成方法;二是基于笛卡尔空间刀位轨迹生成方法。

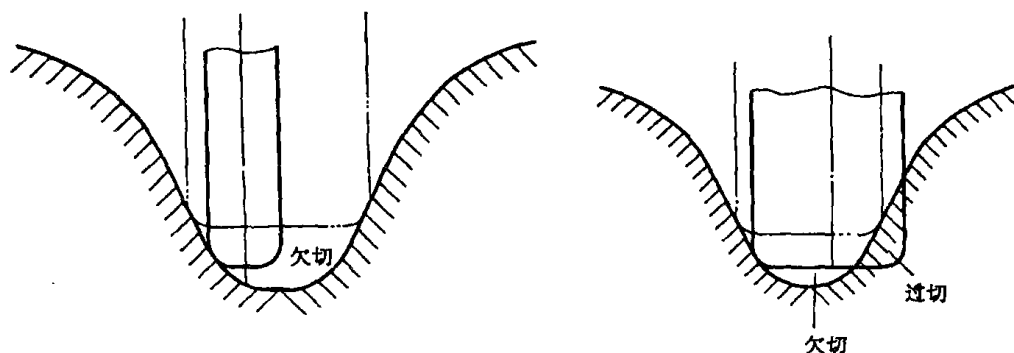


图 3-3-44 过切与欠切

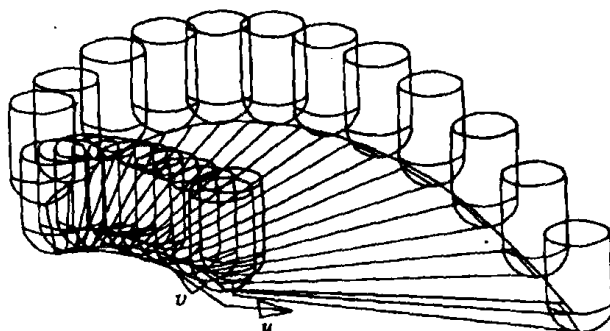


图 3-3-45 基于参数空间的刀位轨迹生成方法

基于参数空间的刀位轨迹生成方法方法是直接沿着参数曲面的 u 向或 v 向等参数线来计算刀位轨迹的,如图 3-3-45 所示。获得刀位点的方法主要有两种:一是根据等参数线计算出刀具的切触点再计算出刀位点;二是先计算出目标曲面的等距面,然后从等距面上获得相应的刀位点。

这种方法的特点是算法简单,计算速度快,刀位轨迹生成与笛卡尔坐标设置无关,只要完成相应的曲面造型,即可预先判定刀位轨迹的生成趋势。对于几何形状变化不大的曲面,

可以很快生成较均匀的刀位轨迹。对于几何形状变化较大的换面,由图 3-3-45 也可以看出要获得均匀的刀位轨迹是不容易的。而且,对于多曲面连续加工,第一要保证曲面参数完整,第二要保证曲面之间满足连续,对于较复杂的产品设计通常要对曲面进行裁剪编辑,很难直接满足上述的要求,如图 3-3-46 所示。

这种方法的走刀方式及参数选择由参数面的等参线决定。

3. 基于笛卡尔空间的刀位轨迹生成方法

这种方法的基本思想是首先选定一个导动面,从导动面上选取一组合适的导动点,然后选定一个方向作为投影方向,把导动点投影到待加工面上,并进行相应的处理获得刀具切触点,进而获得刀位点,如图 3-3-47 所示。获得刀位点的方法主要有三种:一是直接从曲面模型上获得刀具切触点,进而获得刀位点,这种方法最为常用;二是先把曲面模型离散成三角面片,然后由三角面片计算刀具切触点,进而获得刀位点;三是对曲面模型进行偏置,获得偏置曲面模型,然后由偏置曲面模型计算刀位点。

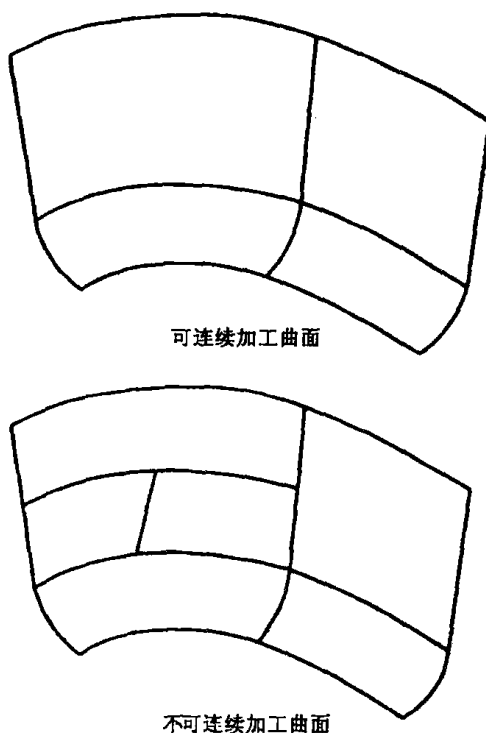


图 3-3-46 复杂曲面情况

这种方法刀位轨迹的规划与导动面和投影方向选择息息相关。由于多曲面加工时干涉判断较为困难,导动面和投影方向的选择受到一定的限制,刀位轨迹的均匀与否常常取决于导动面和投影方向。因此,在参数选择时必须选择导动方式,导动体及相关的离散方式、离散精度,投影方式等等。其走刀方式规划和二维平面的走刀方式一样,常用的有螺旋式和平行式两种,相关的参数选择也基本一样,在此不再赘述。

这种方法非常适用于多曲面连续加工,是目前 CAM 软件中广泛采用的方法,其功能齐全与否也是判断一个 CAM 软件功能强大与否的主要依据。图 3-3-48 给出了 UGII 软件中提供的导动方式。

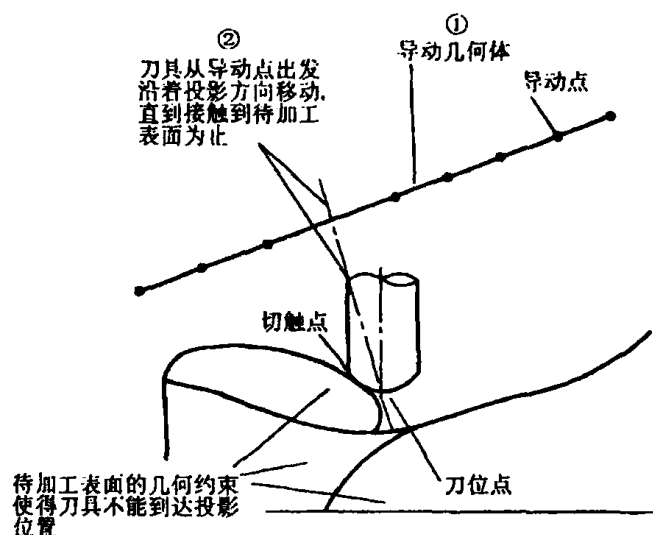
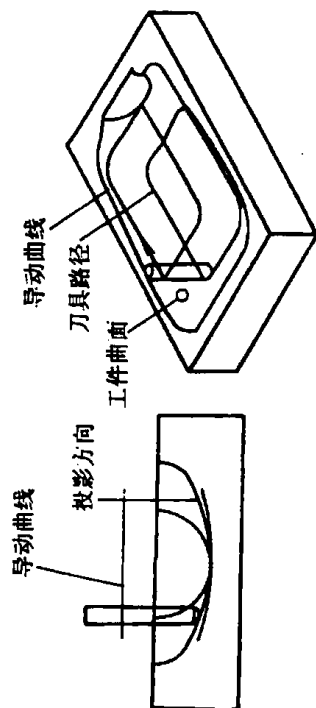


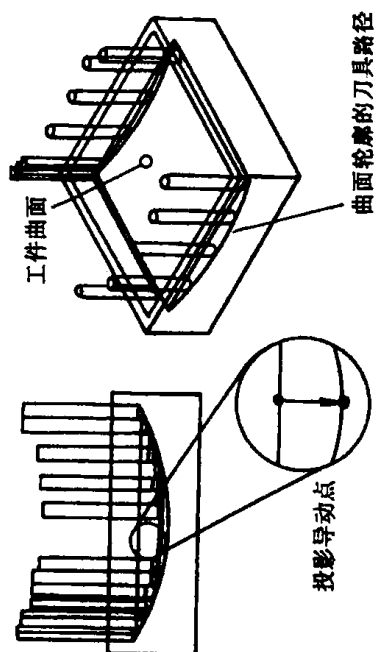
图 3-3-47 基于笛卡尔空间刀位轨迹生成方法

四、刀位轨迹文件后置处理技术

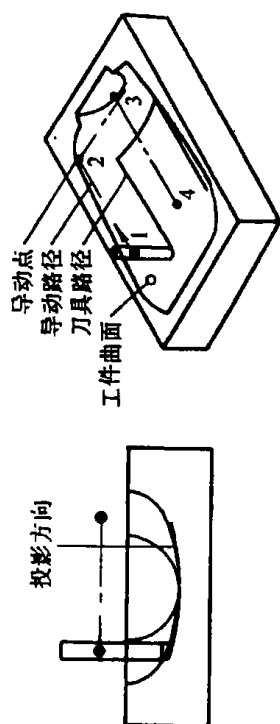
最早的 NC 程序依靠手工编制,直接采用机床指令代码,不存在所谓的后置处理问题。自从成熟的 CAM 软件进入市场后,其特有的既快又准的计算能力使得自动编程基本取代了手工编程。目前 CAM 软件多采用类计算机高级语言如 APT 语言等来编制刀位源文件,这并不为机床所识别,故 CAM 软件必须将便于人识别的类计算机高级语言转换成便于机床识别的指令代码,把刀位轨迹源文件通过给定的解释器翻译成 NC 代码的过程就是所谓的前置处理。后置处理系统是 CAM 软件中的一个模块,大如功能齐全的 UGII 软件,小到精巧实用的 MasterCAM 软件,一般都采用通用后置处理系统。该系统提供人机交互的方式,可针对不同类型的数控系统定制符合系统要求的数控系统特性文件,转换出符合数控系统指令集及格式的 NC 程序,从而使得 CAM 软件具有一定的柔性,能够满足不同用户的需要。不同软件对后置处理系统表达不尽相同,内容则基本一致,通用后置处理系统的结构如图 3-3-49 所示。下面所示是 UGII 生成的刀位轨迹源程序:



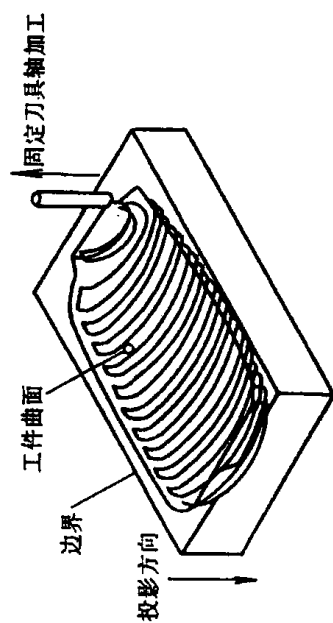
曲线引导方式



刀具路径引导方式



点位引导方式



边界引导方式

图 3-3-48A UG II 软件提供的引导方式

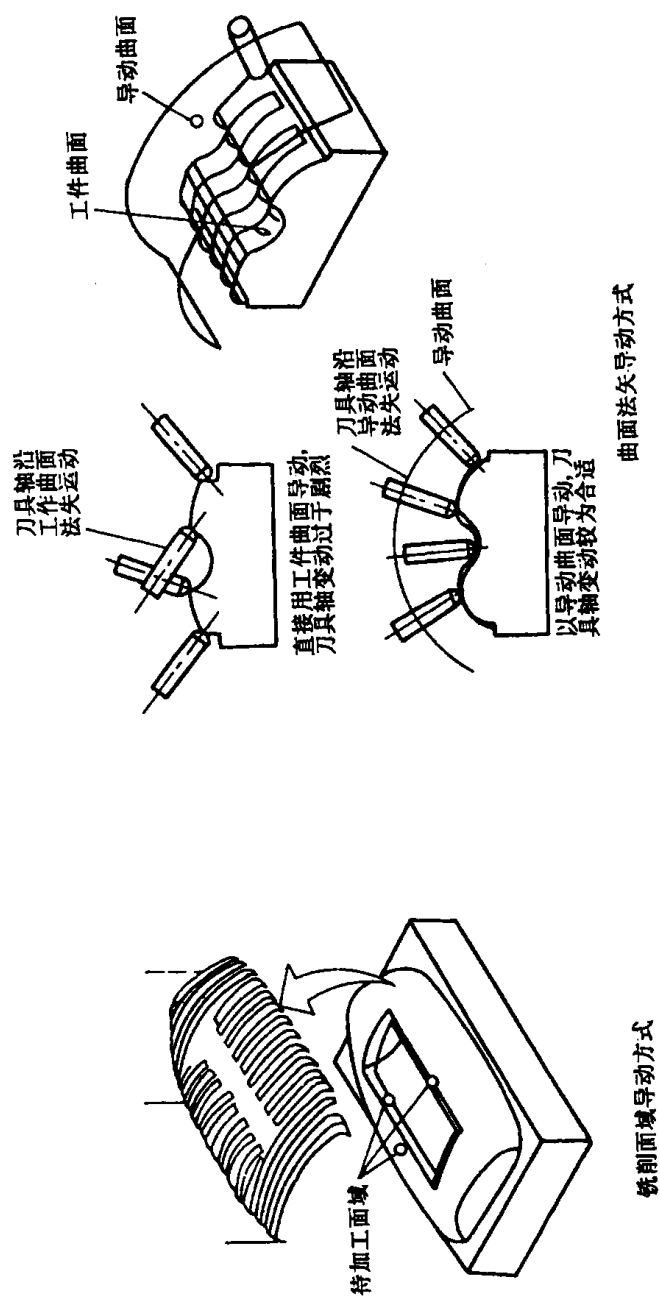


图 3-3-48 UG II 软件提供的导动方式(续)