

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102825315 A

(43) 申请公布日 2012. 12. 19

(21) 申请号 201210297947. 4

(22) 申请日 2012. 08. 21

(71) 申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市白下区御道街
29 号

(72) 发明人 李迎光 刘长青 王伟 刘旭

郝小忠 周鑫

(74) 专利代理机构 南京天华专利代理有限责任

公司 32218

代理人 瞿网兰

(51) Int. Cl.

B23C 3/28 (2006. 01)

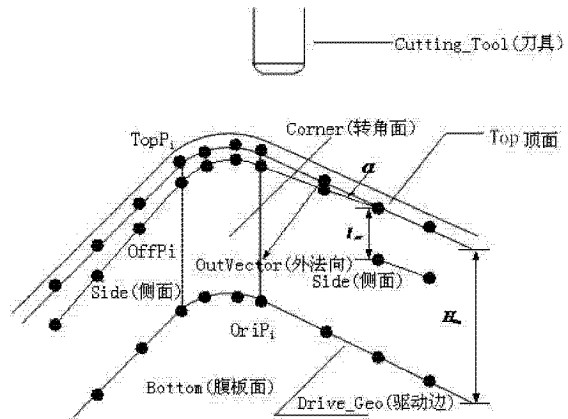
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

槽特征内型的螺旋铣加工方法

(57) 摘要

一种槽特征内型螺旋铣加工方法, 它首先提取槽特征内型的驱动线, 离散驱动线形成底层离散点, 将底层离散点沿刀具轴向偏置至槽特征顶面位置形成顶层离散点, 选择进刀点, 设置圆弧进刀, 基于顶层离散点根据螺旋角度与轴向切深沿刀具轴向反向偏置形成第一层离散点, 进而形成第一层刀位点; 沿刀具轴向反向依次将第一层刀位点按轴向切深逐层偏置直至倒数第二层, 形成中间层刀位点; 将最后一层刀位点设置螺旋角度为 0 度, 形成最后一层刀位点, 设置圆弧退刀, 设置每个刀位点的刀轴矢量, 连接所有刀位点, 形成槽特征内型螺旋铣完整加工刀轨。本发明可以减少进退刀次数, 增加切削的平稳性, 提高表面加工质量和加工效率。



1. 一种槽特征内型的螺旋铣加工方法,其特征是它包括以下步骤:

步骤 1,利用 CAM 软件提取槽特征内型的驱动线,并离散驱动线以形成底层离散点;

步骤 2,将底层离散点沿刀具轴向偏置至槽特征顶面位置;

步骤 3,选择进刀点,圆弧进刀;

步骤 4,根据槽特征内型高度 H_{top} 和轴向切深 AP,计算出螺旋线层数 m ;

步骤 5,根据槽特征内型周长 l 和轴向切深计算出螺旋角度 α ;

步骤 6,根据计算所得的螺旋角度与轴向切深依次将顶层离散点沿刀具轴向反方向偏置形成第一层离散点;

步骤 7,依次沿各离散点在内型面的外法向分别将第一层离散点偏置一个刀具半径形成第一层刀位点;

步骤 8,沿刀具轴向反向分别将第一层刀位点按轴向切深逐层偏置,直至倒数第二层,形成中间层刀位点;

步骤 9,将最后一层刀位点的螺旋角度设置为 0 度,设置轴向切深为 0.5mm-2mm,依次将底层离散点沿各底层离散点在内型面的外法向偏置一个刀具半径,形成最后一层刀轨;

步骤 10,设置圆弧退刀,设置每个刀位点的刀轴矢量,形成槽特征内型螺旋铣完整加工刀轨。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征是所述的螺旋层数 m 的计算方法为: $m = [H_{top}/AP] + 1$, 式中 H_{top} 为顶面到底面的距离, AP 为刀具允许的最大切削深度。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征是所述的螺旋角 α 的计算方法为: $\alpha = \arctan(AP/l)$, 式中 l 表示槽特征内型的周长。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征是所述的第一层刀位点的得到的方法为: 用 $OffP_i$ 表示第一层第 i 个离散点,用 $TopP_i$ 表示顶层第 i 个离散点,用 $\overrightarrow{ToolAxis}$ 表示刀具轴向单位向量,则第一层离散点的计算方法为:

$$OffP_i = TopP_i - \overrightarrow{ToolAxis} * (TopP_i - TopP_{i-1}) * \tan(\alpha),$$

用 T_OffP_i 表示第一层第 i 个刀位点, $\overrightarrow{Face_Vector}_i$ 表示相应内型面在第一层第 i 个刀位点处的外法向单位向量,用 $Tool_R$ 表示刀具半径,则:

$$T_OffP_i = OffP_i + \overrightarrow{Face_Vector}_i * Tool_R$$

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征是所述的中间层刀位点由第一层刀位点及加工层数信息得到, $MidP_{ij}$ 表示第 j 层的第 i 个点,中间层层刀位点计算方法为:

$$MidP_{ij} = T_OffP_i - (j-1) * \overrightarrow{ToolAxis} * AP。$$

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征是所述的驱动线获取方法为:将零件模型输入 CAM 软件系统,对零件进行建立加工坐标系等预处理,零件特征信息的输入可以通过读入零件的特征信息列表,或者是通过手动点选零件的特征以获取内型相关的驱动几何,然后根据驱动几何提取内型刀轨生成驱动线;螺旋刀轨铣内型的相关驱动几何包括转角面,侧面,顶面,腹板面。

槽特征内型的螺旋铣加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种机械零件的加工方法,尤其是一种槽内型零件的铣削加工方法,具体地说是一种利用数控铣床对槽特征内型进行螺旋铣的加工方法。

背景技术

[0002] 槽特征内型在飞机结构件上广泛存在,目前常用的加工方法是采用轴向优先加工方法,该方法加工的刀轨按照每层同一高度加工,每加工一层需要一次进退刀。利用该方法加工因为需要频繁进退刀,加工效率低,每次进退刀都会在零件表面形成刀痕,而且切削力会频繁变化,加工过程不稳定。

[0003] 螺旋线数控刀具轨迹有助于提高工件表面质量,避免刀具进刀和退刀时在工件表面留下刀痕或压痕,最大限地减小精加工后手工打磨的需要;大大减少了提、退刀次数,加工速度快、效率高。其运动轨迹连续、平滑,最小化刀具的空程移动;刀具负荷稳定,没有进给方向和速度的突变,减少刀具的加速和减速,对刀具和主轴的冲击小,从而减少刀具的磨损和损坏,提高了刀具的寿命。

[0004] 查阅现有技术文献发现,商业软件西门子的PLM NX的CAM功能在高速加工中刀具减振的方法中提到由螺旋线上的螺旋驱动点向零件表面投影,产生适合高速加工的螺旋刀具轨迹,但该方法只能使用在回转面或者平面,对于非回转面无法处理。

[0005] 专利(专利号 ZL200610134265.6)公布了一种螺旋线制导的曲面数控加工方法,该专利将被加工工件的三维曲面网格化,以基于样条插值的平面等距或非等距螺旋线为参数线,通过映射生成三维物理空间的加工轨迹,解决了刀具底齿铣曲面的螺旋刀轨生成问题,但该方法不能用来生成槽特征内型的螺旋刀轨。

[0006] 王玉国等在学术期刊《航空学报》2008,9(1)p216-219上发表的论文“型腔铣削加工光滑螺旋刀轨生成算法”,公开了一种用于型腔腹板的螺旋刀轨生成算法,通过线性插值型腔边界的等距多边形生成螺旋状折线,然后以指数函数分布规律插入控制顶点,以这些控制顶点所定义的B样条曲线为基础规划最终刀轨。该方法可以解决平面螺旋铣腹板的问题,但不能用来加工槽特征的内型。

[0007] 张莹等在学术期刊《航空学报》2009,30(1)p154-158上发表的论文“多曲面岛屿五轴螺旋刀位轨迹规划”,公开了一种阻尼台的螺旋刀位轨迹规划方法,该方法在保证相邻螺旋刀轨之间残留高度等于加工允许误差的基础上,实现了刀具的连续进给,从而使得加工能够高速、高效的进行,是属于轨迹优化的研究,并没有给出螺旋刀轨生成方法,而且该论文所研究的对象阻尼台的结构与槽特征内型相差甚远,其刀位轨迹规划方法也不能应用于槽特征的内型。

[0008] 槽特征内型螺旋铣的方法是用在非回转面的槽腔内型,槽腔内型螺旋铣的方法的轨迹不是标准螺旋型的加工面,到目前为止,尚没有公开槽特征内型的螺旋加工方法及其刀轨的生成方法。

发明内容

[0009] 本发明的目的是针对现有的槽特征内型加工存在的效率不高、精度难以保证,最终需手工修磨等问题,发明一种加工速度快、效率高的槽特征内型的螺旋铣加工方法。

[0010] 本发明的技术方案是:

[0011] 一种槽特征内型的螺旋铣加工方法,其特征是它包括以下步骤:

[0012] 步骤 1,利用 CAM 软件提取槽特征内型的驱动线,并离散驱动线以形成底层离散点;

[0013] 步骤 2,将底层离散点沿刀具轴向偏置至槽特征顶面位置;

[0014] 步骤 3,选择进刀点,圆弧进刀;

[0015] 步骤 4,根据槽特征内型高度 H_{top} 和轴向切深 AP,计算出螺旋线层数 m ;

[0016] 步骤 5,根据槽特征内型周长 l 和轴向切深计算出螺旋角度 α ;

[0017] 步骤 6,根据计算所得的螺旋角度与轴向切深依次将顶层离散点沿刀具轴向反方向偏置形成第一层离散点;

[0018] 步骤 7,依次沿各离散点在内型面的外法向分别将第一层离散点偏置一个刀具半径形成第一层刀位点;

[0019] 步骤 8,沿刀具轴向反向分别将第一层刀位点按轴向切深逐层偏置,直至倒数第二层,形成中间层刀位点;

[0020] 步骤 9,将最后一层刀位点的螺旋角度设置为 0 度,设置轴向切深为 0.5mm-2mm,依次将底层离散点沿各底层离散点在内型面的外法向偏置一个刀具半径,形成最后一层刀轨;

[0021] 步骤 10,设置圆弧退刀,设置每个刀位点的刀轴矢量,形成槽特征内型螺旋铣完整加工刀轨。

[0022] 所述的螺旋层数 m 的计算方法为: $m = [H_{top}/AP] + 1$, 式中 H_{top} 为顶面到底面的距离, AP 为刀具允许的最大切削深度。

[0023] 所述的螺旋角 α 的计算方法为: $\alpha = \arctan(AP/l)$, 式中 l 表示槽特征内型的周长。

[0024] 所述的第一层刀位点的得到的方法为:用 $OffP_i$ 表示第一层第 i 个离散点,用 $TopP_i$ 表示顶层第 i 个离散点,用 $\overrightarrow{ToolAxis}$ 表示刀具轴向单位向量,则第一层离散点的计算方法为:

[0025]

$$OffP_i = TopP_i - \overrightarrow{ToolAxis} * (|TopP_i - TopP_{i-1}|) * \tan(\alpha),$$

[0026] 用 T_OffP_i 表示第一层第 i 个刀位点, $\overrightarrow{Face_Vector_i}$ 表示相应内型面在第一层第 i 个刀位点处的外法向单位向量,用 $Tool_R$ 表示刀具半径,则:

[0027]

$$T_OffP_i = OffP_i + \overrightarrow{Face_Vector_i} * Tool_R$$

[0028] 所述的中间层刀位点由第一层刀位点及加工层数信息得到, $MidP_{ij}$ 表示第 j 层的第 i 个点,中间层层刀位点计算方法为:

[0029]

$$MidP_{ij} = T_OffP_i - (j-1) * \overrightarrow{ToolAxis} * AP。$$

[0030] 所述的驱动线获取方法为：将零件模型输入 CAM 软件系统，对零件进行预处理，零件特征信息的输入是读入零件的特征信息列表，或者是通过手动点选零件的特征以获取内型相关的驱动几何，然后根据驱动几何提取内型刀轨生成驱动线；螺旋刀轨铣内型的相关驱动几何包括转角面，侧面，顶面，腹板面。

[0031] 本发明的有益效果：

[0032] 本发明有助于提高工件表面质量，避免刀具进刀和退刀时在工件表面留下刀痕或压痕，最大限地减小精加工后手工打磨的需要；大大减少了提、退刀次数，加工速度快、效率高。其运动轨迹连续、平滑，最小化刀具的空程移动；刀具负荷稳定，没有进给方向和速度的突变，减少刀具的加速和减速，对刀具和主轴的冲击小，从而减少刀具的磨损和损坏，提高了刀具的寿命。

附图说明

[0033] 图 1 为本发明的槽特征内型螺旋铣刀轨加工步骤及其生成方法流程图。

[0034] 图 2 为本发明的内型加工示意图，其中 Corner 代表槽特征内型的转角面，Side 代表槽特征内型的侧面，Top 代表槽特征的顶面，Bottom 代表槽特征的腹板面。

[0035] 图 3 为从槽特征内型驱动边及离散点示意图，AP 为刀具允许的最大切削深度， H_{top} 为顶面到底面的距离， α 为螺旋进刀角， $oriP_i$ 表示第 i 个原始离散点。 $TopP_i$ 表示第 i 个顶层离散点。 $OffP_i$ 表示第 i 个第一层离散点， $OutVector$ 为离散点在内型面处的外法向， $Cutting_Tool$ 表示刀具， $Drive_Geo$ 表示驱动边。

[0036] 图 4 是进刀点与退刀点的位置以及进退刀圆弧的轨迹的示意图， $Approach$ 表示快速进刀， $Retract$ 表示快速退刀。 $ACycle$ 表示圆弧进刀， $RCycle$ 表示圆弧退刀。 $Apoint$ 表示进刀刀位点， $Rpoint$ 表示退刀刀位点。

[0037] 图 5 是一个螺旋刀轨加工槽特征内型的例子。

[0038] 图 6 为将槽特征隐掉后的螺旋刀轨，为了更好的观察效果。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

[0040] 如图 1-6 所示。

[0041] 一种槽特征内型的螺旋铣加工方法，它包括以下步骤：

[0042] 步骤 1，将槽特征内型零件输入 CAM 软件系统，对零件进行预处理，零件特征信息的输入是读入零件的特征信息列表，或者是通过手动点选零件的特征以获取内型相关的驱动几何，然后根据驱动几何提取内型刀轨生成驱动线；螺旋刀轨铣内型的相关驱动几何包括转角面，侧面，顶面，腹板面，并离散驱动线以形成底层离散点；

[0043] 步骤 2，将底层离散点沿刀具轴向偏置至槽特征顶面位置；

[0044] 步骤 3，选择进刀点，圆弧进刀；

[0045] 步骤 4，根据槽特征内型高度 H_{top} 和轴向切深 AP，计算出螺旋线层数 m ， $m = [H_{top}/AP] + 1$ ，式中 H_{top} 为顶面到底面的距离，AP 为刀具允许的最大切削深度；

[0046] 步骤 5，根据槽特征内型周长 l 和轴向切深计算出螺旋角度 α ， $\alpha = \arctan(AP/l)$ ，

式中 l 表示槽特征内型的周长；

[0047] 步骤 6, 根据计算所得的螺旋角度与轴向切深依次将顶层离散点沿刀具轴向反方向偏置形成第一层离散点；

[0048] 步骤 7, 依次沿各离散点在内型面的外法向分别将第一层离散点偏置一个刀具半径形成第一层刀位点；第一层刀位点的得到的方法为：用 $OffP_i$ 表示第一层第 i 个离散点，用 $TopP_i$ 表示顶层第 i 个离散点，用 $\overrightarrow{ToolAxis}$ 表示刀具轴向单位向量，则第一层离散点的计算方法为：

[0049]

$$OffP_i = TopP_i - \overrightarrow{ToolAxis} * (TopP_i - TopP_{i-1}) * \tan(\alpha),$$

[0050] 用 T_OffP_i 表示第一层第 i 个刀位点， $\overrightarrow{Face_Vector}_i$ 表示相应内型面在第一层第 i 个刀位点处的外法向单位向量，用 $Tool_R$ 表示刀具半径，则：

[0051]

$$T_OffP_i = OffP_i + \overrightarrow{Face_Vector}_i * Tool_R$$

[0052] 步骤 8, 沿刀具轴向反向分别将第一层刀位点按轴向切深逐层偏置，直至倒数第二层，形成中间层刀位点；中间层刀位点由第一层刀位点及加工层数信息得到， $MidP_{ij}$ 表示第 j 层的第 i 个点，中间层层刀位点计算方法为：

[0053]

$$MidP_{ij} = T_OffP_i - (j-1) * \overrightarrow{ToolAxis} * AP;$$

[0054] 步骤 9, 将最后一层刀位点的螺旋角度设置为 0 度，设置轴向切深为 0.5mm-2mm，依次将底层离散点沿各底层离散点在内型面的外法向偏置一个刀具半径，形成最后一层刀轨；

[0055] 步骤 10, 设置圆弧退刀，设置每个刀位点的刀轴矢量，形成槽特征内型螺旋铣完整加工刀轨。

[0056] 下面以飞机结构件的一个典型槽特征作为例子进行详细的说明。

[0057] 图 1 是本发明的槽特征内型螺旋铣加工方法流程图。如图所示，包括以下各步骤：

[0058] 将零件模型输入 CAM 软件系统，对零件进行预处理，零件特征信息的输入可以是读入零件的特征信息列表，或者是通过手动点选零件的特征以获取内型相关的驱动几何。螺旋刀轨铣内型的相关驱动几何包括转角面，侧面，顶面，腹板面，如图 2 所示，根据驱动几何提取内型刀轨生成驱动线。

[0059] 输入零件内型螺旋铣削的加工信息，包括当前螺旋铣加工的刀具信息、腹板面和侧面的加工余量信息、刀具允许最大轴向切削深度等信息。

[0060] 1、进刀设置：找到相对长度比较长的一个驱动边，得到驱动边的中点，将该点沿内型外法向偏置一个刀具半径。偏置后的点作为进刀点，在侧面的方向上根据刀具半径设置圆弧进刀半径得到圆弧进刀轨迹，设置圆弧进刀半径为 10mm；

[0061] 2、螺旋刀轨刀位点的计算。螺旋刀轨的生成分三步：生成第一层刀轨，生成中间层刀轨和底层刀轨。是通过获取特征驱动元素得到离散点，再经过偏置得到。此方法的具体过程(如图 3 所示)如下：

[0062] 1)、第一层离散点的设置：

[0063] a)根据加工刀具信息得到最大轴向切深值 AP 为 5mm,根据槽特征顶面与腹板面计算槽特征的高度 H_{top} 为 28.5mm,进而得到螺旋加工层数,高度除以最大切削深度取整加 1 得 m 为 6 层.

$$[0064] \quad m = [H_{top}/AP] + 1 = 6$$

[0065] b) 根据槽特征内型面的侧面信息、转角面信息以及腹板面信息,将得到的面提取出顶边并按顺序组合成完整的闭环驱动边,并得到驱动边的周长 $l=307.6568\text{mm}$,进而根据切深计算出螺旋进刀角 α ,

$$[0066] \quad \alpha = \arctan(AP/l) = 0.931^\circ$$

[0067] c) 设置离散精度为 0.001mm,得到出驱动边上的离散点:

$$[0068] \quad OriP_1, OriP_2, OriP_3, \dots, OriP_n$$

[0069] d) 将离散点沿刀轴方向偏置高度 H_{top} 得到顶层刀位点:

$$[0070] \quad TopP_1, TopP_2, TopP_3, \dots, TopP_n;$$

[0071] e) 将顶层刀位点依次沿刀轴反向依次偏置得到第一层的离散点:

$$[0072] \quad OffP_1, OffP_2, OffP_3, \dots, OffP_n$$

[0073] 具体偏置算法如下:

[0074] 将顶层刀位点每两点构成的向量用 $\overline{P_1P_2}, \overline{P_2P_3}, \dots, \overline{P_{n-1}P_n}$ 表示,

[0075] 根据螺旋角可计算出每点沿刀具偏置的距离,用 $l[i]$ 表示第 $i+1$ 个离散点需偏置的距离,则:

$$[0076] \quad l[0] = 0;$$

$$[0077] \quad l[1] = l[0] + |\overline{P_1P_2}| * \tan \alpha;$$

$$[0078] \quad l[2] = l[1] + |\overline{P_2P_3}| * \tan \alpha;$$

$$[0079] \quad \dots\dots\dots$$

$$[0080] \quad l[n-1] = l[n-2] + |\overline{P_{n-1}P_n}| * \tan \alpha$$

[0081] 进而得到新的离散点:

[0082]

$$OppP_1 = TopP_1 - l[0] * \overline{ToolAxis};$$

[0083]

$$OffP_2 = TopP_2 - l[1] * \overline{ToolAxis};$$

[0084]

$$OffP_3 = TopP_3 - l[2] * \overline{ToolAxis};$$

[0085]

$$OffP_n = TopP_n - l[n-1] * \overline{ToolAxis};$$

[0086] 将新的离散点沿离散点在内型面外法向偏置一个刀具半径,依次连接构成第一层刀轨。

[0087] 2) 中间层刀位点的设置:

[0088] 中间层刀轨是根据刀位点拟合生成。

[0089] 中间层的每个刀位点都是根据上一层的刀位点在刀具轴向反向偏置一个切深 AP,直至倒数第二层。设 $MidP_{ij}$ 表示第 j 层的第 i 个刀位点,设 T_OffP_1 表示第一层的第 i 个

刀位点，

[0090] 算法如下：

[0091]

$$MidP_{1j} = T_OffP_1 - [j-1] * AP * \overrightarrow{ToolAxis};$$

[0092]

$$MidP_{2j} = T_OffP_2 - [j-1] * AP * \overrightarrow{ToolAxis};$$

[0093]

$$MidP_{3j} = T_OffP_3 - [j-1] * AP * \overrightarrow{ToolAxis};$$

[0094]

[0095]

$$MidP_{nj} = T_OffP_n - [j-1] * AP * \overrightarrow{ToolAxis};$$

[0096] 依次沿离散点在外法向法向偏置一个刀具半径形成中间层刀位点，进而得到中间层刀轨，螺旋向下一直到倒数第二层。

[0097] 3) 最后一层刀轨的生成：

[0098] a 将底面位置向上偏置 0.05mm，保证腹板不形成多次切削的痕迹；

[0099] b 依次将底层离散点沿各底层离散点在内型面的外法向偏置一个刀具半径，形成最后一层刀轨。

[0100] 3、退刀设置：

[0101] 将底层刀轨走刀的最后一点并多出一个刀具半径作为退刀点，设置圆弧半径为 10mm，退刀至安全平面，如图 4 所示。

[0102] 本实施例的具体刀具轨迹如图 5、6 所示。

[0103] 本发明未涉及部分均与现有技术相同或可采用现有技术加以实现。

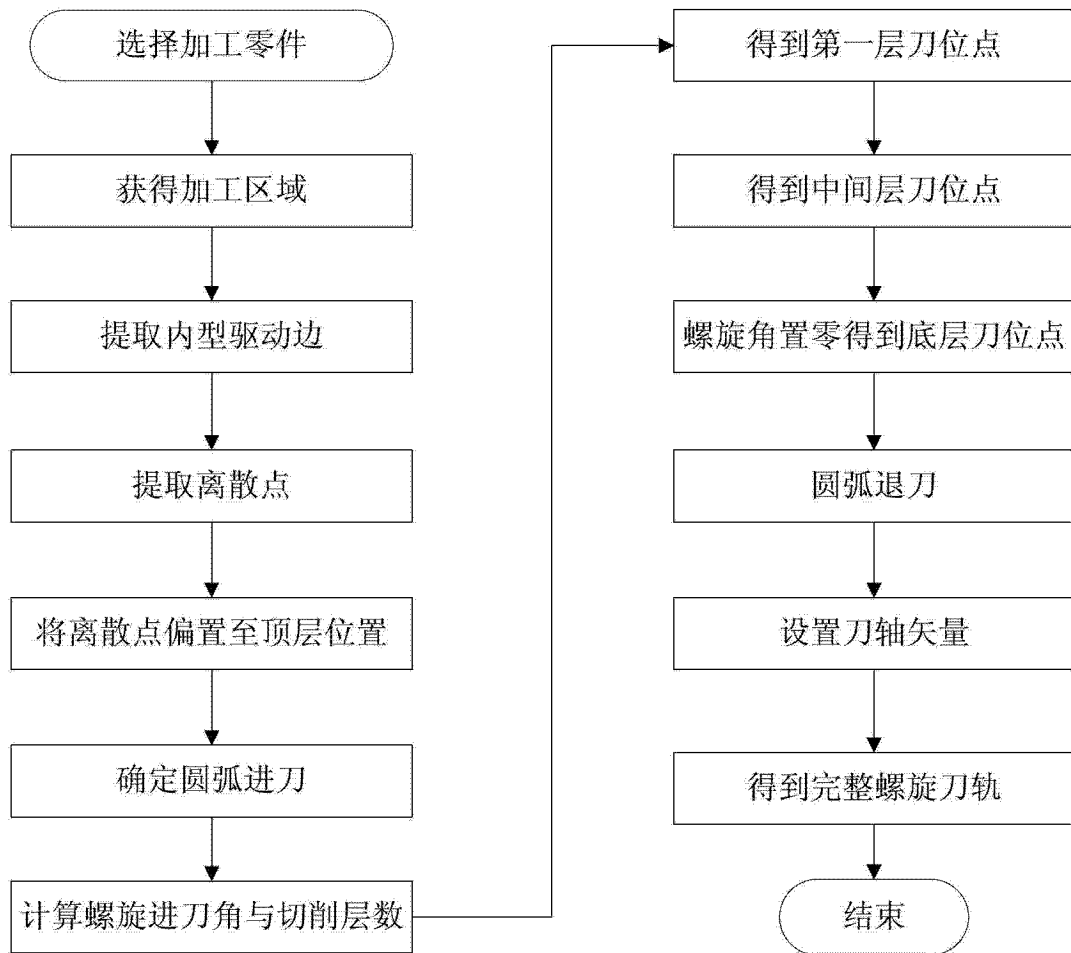


图 1

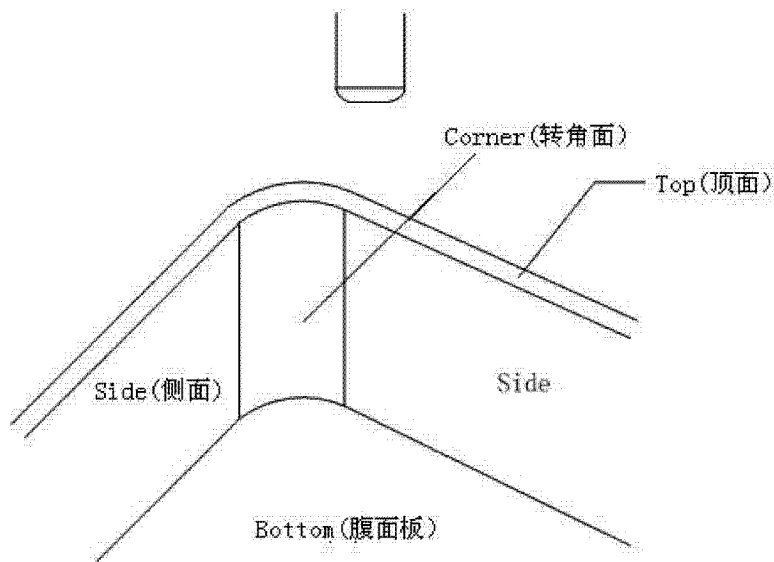


图 2

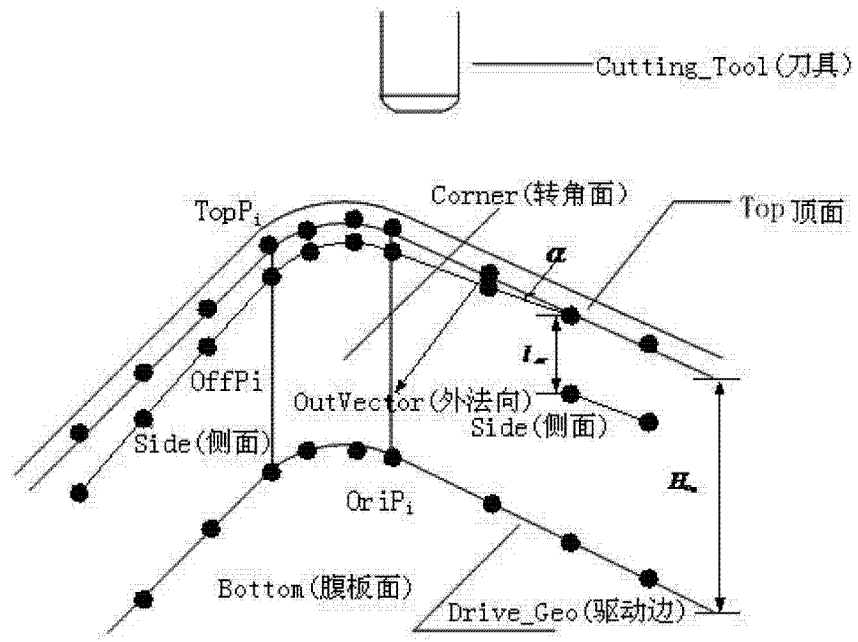


图 3

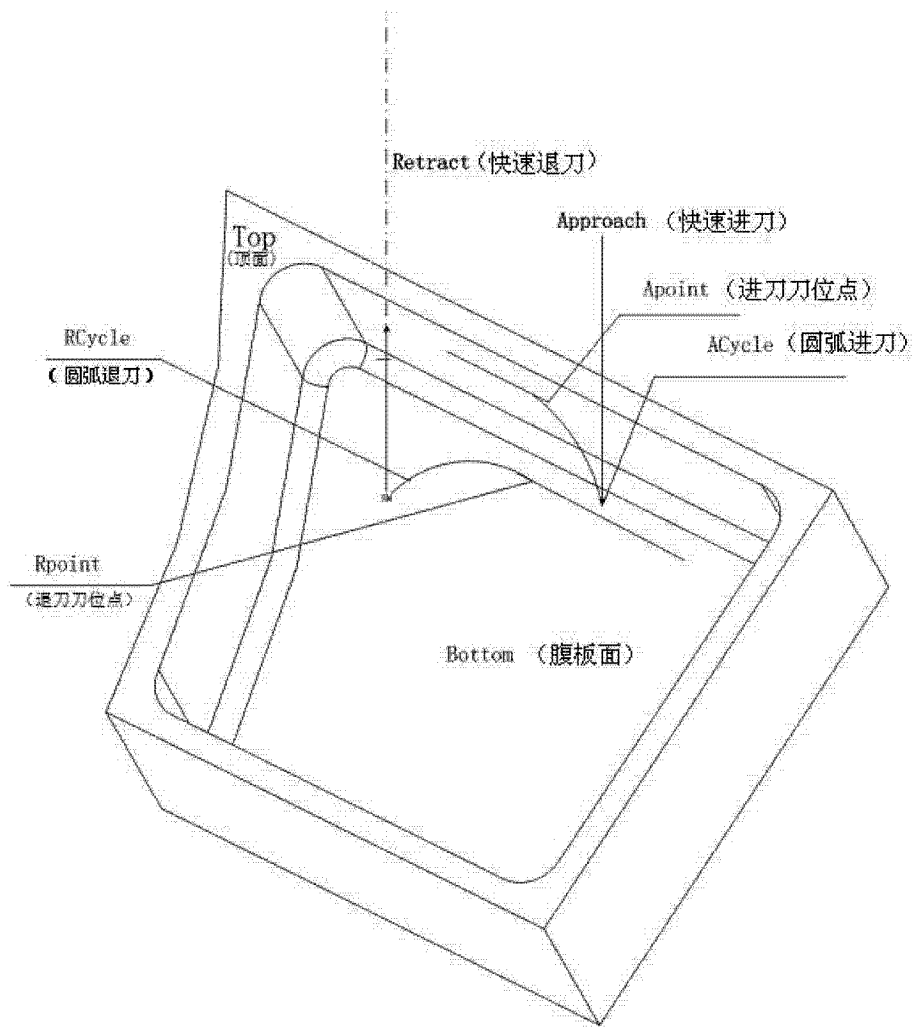


图 4

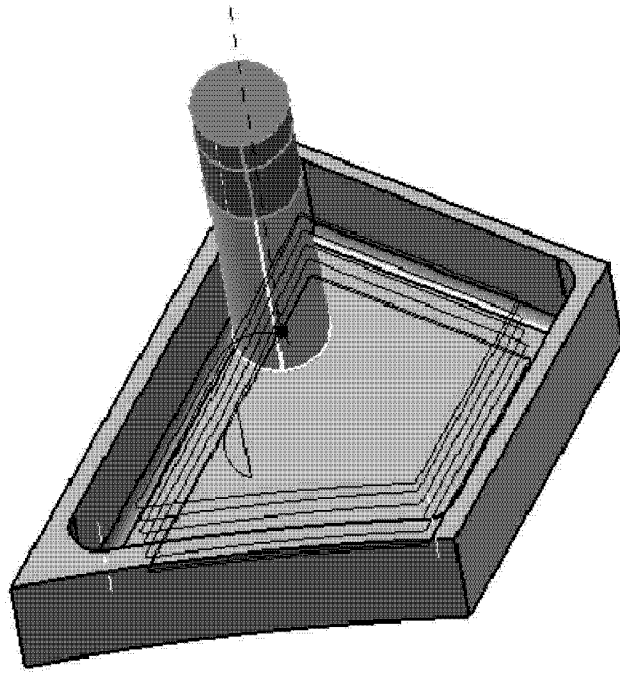


图 5

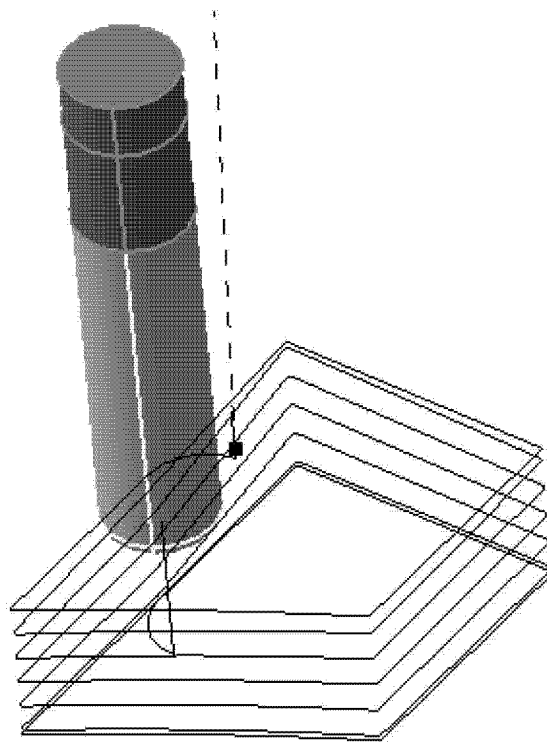


图 6