对在三轴数控铣上加工空间倒锥曲面的探讨

太原大众机械厂工模分厂　（山西　030024）　杨国栋

1. 问题的出现

今年三月，我单位承揽了一批检具任务，其形状如图 1 所示，均为三维曲面。检具的工作面如图 2 所示为 *A*、*B* 两面，其难加工面也就是环形的空间倒锥曲面。在计算机上将数模旋转成加工较为理想的状态后，沿环形面检测，其角度值在 4.1°～12.2°之间逐渐变化。其加工难度就在于沿空间曲线不断变化角度的环形面。因此，单纯用一般的加工或编程方法在三轴数控铣上加工是非常困难的，这已属于五轴解决的课题了。

图 1

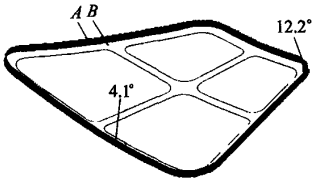


图 2

根据多年的加工经验及所掌握的编程知识来分析，通过在刀具的使用上加以改进，在编程时加工刀路的选择，参数的设定以及生成 NC 程序后修改道路的退刀路线（避免退刀时撞刀）就可以解决了。

2. 工件的装夹

在计算机上将数模转动到最佳加工位置，在工件底部作一平面，设定几个支点并测出几个支点的高度，做几个支撑块儿将工件固定在工艺板上，如图 3 所示。

图 3

3. 刀具的选择

由图 2 可以看出，由于加工面是倒锥面，用普通的立铣刀加工不到位，只能考虑用 T 形 R 刀或是 T 形燕尾刀来加工。其形状如图 4、图 5 所示。

4. 数模分析

目前国内使用的数控铣编程软件一般都是三轴联动加工软件。如何让三轴编程软件来解决这个五轴加工问题呢？在这里只讨论图 6 所示由剖面线所显示的由其他程序加工时残留的区域的加工问题。

由图 6 可以看出，直接去选择倒锥曲面 *A* 面编程加工是不可能的。在这里将图 2 中可用正常编程方法加工的部分简化掉，再用 Master CAM 9.0 软件的 Creater > Surface > Offset 曲面补正功能，以加工面 *A* 面为基面补正一个假象曲面 *C* 面。我们以 *C* 面为加工面，以底曲面 *B* 面为侦测面，如图 7 所示，这样，一个需五轴加工的问题就变成三轴加工的问题了。假象曲面 *C* 面与基本曲面 *A* 面的偏移距离可根据刀据直径考虑。一般不小于所选用 T 形刀直径。每次的加工量可在 Toolpaths > Operations 的刀具选项卡中，由改变刀具直径来调整加工量。在这里需要强调一点，就是在补正 *C* 面后，需将假想面 *C* 面的上端延伸至高出 *A* 面的上端 *Z* 值少许（*Z* 值大于

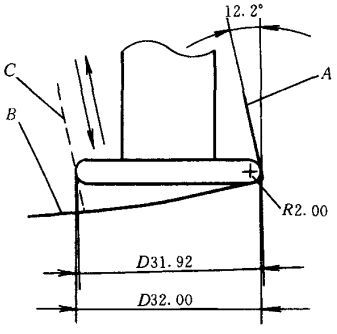


图 4

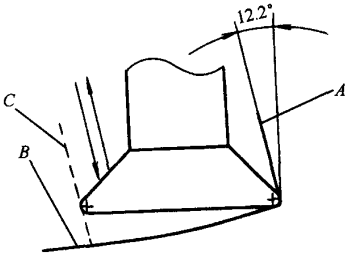


图 5

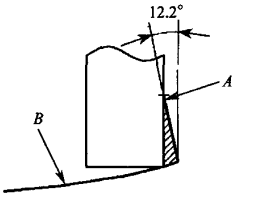
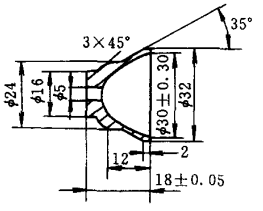


图 6

一种二次曲线的编程方法

河南英威东风机械制造有限公司 （南阳 474674） 匡海滨

数控车加工中只能用直线插补和圆弧插补。对于可用方程表达的非圆曲线，常用的处理方法是用直线段或者圆弧段去近似地逼近它，即把非圆曲线分成若干段，然后用数学公式计算出每一段的终点坐标值，输入程序，加工出工件。工件的精度要求越高，就要把曲线分得越细，程序也就越长，这样计算量十分大且容易出错。笔者曾加工过一种光学仪器零件，它的轮廓线为一抛物线，表达式为 $y=4\sqrt{x}$，简图如下。



我们用数控系统的宏功能来编程和加工。车床配的是法那科 0T 系统，这样可以边干边运算，不但程序短，而且不易出错。

首先，我们用 # 100、# 101 两个变量分别表示 z 和 x 的坐标值。其次，我们利用函数表达式 $y=4\sqrt{x}$ 来确定两者之间的关系，即 # 101 = 4 * SQRT（# 100），编程如下。

```
(工件的零点设在抛物线的顶点)
N10 G50 S2000;                          (设定最高转速)
N20 M8 G40;                             (切削液出)
N30 G96 S250 T0101 M3;                  (用恒速切削，正转)
N40 X30 Z16;
N50 #100=14.0625;    (抛物线顶点距工件右端面的 Z 向距离)
N60 #101=8*SQRT(#100);                  (直径指定)
N70 IF [#100LT 0.390625] GO TO 110;  (如果 Z 值小于抛物线与 φ5mm 内孔交点的 z 坐标值，那么就转向 N120 句)
N80 G1 X#101 Z#100 F0.12;               (切削起点)
N90 #100=#100-0.0.3;                    (每次切削量)
N100 GO TO 70;
N110 G0 Z20 M9 G40;
N120 G28 U0 W0;
N130 M30;
```

以上程序简短、明了，计算简单，经切削验证效果显著。其他的二次曲线也可以用同样的思路和方法进行加工。

（收稿日期：20040524）

刀角半径 R 值）即可，如图 4 所示，以保证 A 面在切削时完全将残留处切除且不在切入时撞刀。在实际加工时，刀具的切点值是随曲面的角度变化而变化的，如图 4 中的 D31.92mm 尺寸。

5. 程序的制作过程

在 Master CAM 主菜单中选 Toolpaths > Surface > Finish > Flowline，在 Select drive > Surfaces 菜单后，在绘图区中选择假想加工面 C 面，然后选择 Done，出现 Tool paramaters 刀具选项卡，我们新建一个 T 形角部为 R2mm 的刀具。在曲面参数 Surface parameters 选项卡中选择 Chek Surface/Solid 项的 Select…键，再选 Add 项，在绘图区中选 B 面为侦测面，再在 Finish flowline parameters 选项卡中填入相关数据后 OK，在菜单区中调整 Cut dir 为上下方向，并设置 Step dir，Start dir 后再选择 Done，计算机开始运算道路。

6. 编辑 NC 文件

计算机是按假想曲面计算刀路的，进刀自上而下不会过切，而退刀垂直向上提刀时，是从倒锥面底部开始的，这样就会对加工面 A 面造成撞刀过切。我们将 NCI 文件后处理成为 NC 文件后，只需在 NC 文件最后的 Z 向退刀程序段前，加入（将 X、Y 值向工件中心方向）移动一个距离值的程序段，即可解决退刀时撞刀过切的问题。

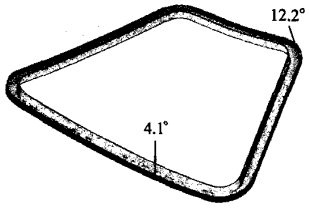


图 7

以上只是一个探讨，在加工过程中还会出现一些问题，采用类似的方式也能解决，这里就不一一详述。

（收稿日期：20040707）