应用宏程序加工孔口倒圆

西安理工大学高等技术学院（陕西 710082） 王荪馨 张永乐

用户宏程序是多数数控系统所具备的辅助功能，也是数控手工编程中常用的技巧。用户宏程序允许使用变量，进行算术运算和逻辑运算，并有条件分支，可以进行循环或跳转。应用宏程序可以收到减少计算工作量，简化加工程序的良好效果，因此多用在公式曲线或曲面的加工中，但用户宏程序编制中如何建立合理的数学模型，是一个较为复杂的问题。本文以孔口倒圆为例，介绍宏程序编制过程中，数学模型的建立方法。

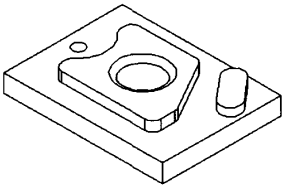


图1 典型零件

在配合件装配时，为使配合容易，并且消除棱边处的应力集中现象，常在凹件的棱边加有圆角，如图1所示工件。在 ϕ38mm 孔孔口，设计有 R5mm 倒圆，这类工件，采用一般方法，不易加工，如果编制宏程序加工，则会容易很多。

1. 加工工序安排

该工件为首届全国数控大赛的比赛件，外形尺寸为 160mm × 120mm × 30mm，图2为零件图，材料为45钢。决定在配置 FANUC 0i Mate MC 数控系统的数控立铣上加工。工序安排如下：

(1) 铣削平面，保证尺寸 28.5mm，选用 ϕ80mm 可转位铣刀。

(2) 粗加工两外轮廓，选用 ϕ16mm 三刃立铣刀。

(3) 铣削边角料，选用 ϕ16mm 三刃立铣刀。

(4) 钻中间位置孔，选用 ϕ11.8mm 直柄麻花钻。

(5) 扩中间位置孔，选用 ϕ35mm 锥柄麻花钻。

(6) 精加工两外轮廓，选用 ϕ12mm 四刃立铣刀。

(7) 加工键形凸台表面，选用 ϕ12mm 四刃立铣刀。

(8) 粗镗 $\phi38\text{mm}^{+0.025}_{0}$ 孔，选用 ϕ37.5mm 粗镗刀。

(9) 精镗 $\phi38\text{mm}^{+0.025}_{0}$ 孔，选用 ϕ38mm 精镗刀。

(10) 点孔加工，选用 ϕ3mm 中心钻。

(11) 钻孔加工，选用 ϕ11.8mm 直柄麻花钻。

(12) 铰孔加工，选用 ϕ12mm 机用铰刀。

(13) 孔口 R5 圆角，选用 ϕ14mm 三刃立铣刀。

本例只编制第13序的孔口倒圆程序，之前的各工序略过。

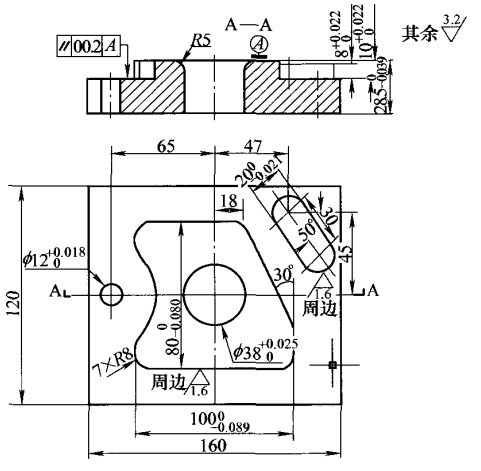


图2 零件图

2. 数学模型的建立

可将孔口圆角分解为在 XOY 平面内的整圆与 XOZ 平面内的 1/4 圆弧。我们采用在 XOY 平面内加工整圆，XOZ 平面内的 1/4 圆弧则采用直线逼近的方法进行加工。只要能够控制刀具在 XOZ 平面内沿着足够短的直线段进行加工，就可满足表面粗糙度的要求。

如图3所示，AB 为 XOZ 平面内的 1/4 圆弧，C 点为圆心，D 为圆弧上任意一点，E 点为 D 点在直线 AC 上的垂足

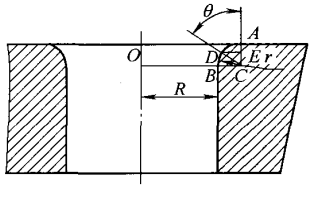


图3 孔口圆角

点，将工件原点 O 设在孔口中心线与上表面的交点上。已知，D 点的 X 坐标为 OD，Z 坐标为 AE，而 D、E、C 三点构成了一个直角三角形。

从几何关系可知：

$OD = OE - DE$

$AE = AC - EC$

其中，OE 即为孔径 R 和孔口圆角的半径 r 之和，AC 即为孔口圆角的半径 r，均为定值。那么，我们只需计算出 DE 与 EC 的长度即可。设 DC、AC 间的夹角为 θ：

$DE = DC\sin\theta = r\sin\theta$

$EC = DC\cos\theta = r\cos\theta$

所以，D 点的坐标为：

$X = (R + r) - r\sin\theta$

$Z = -(r - r\cos\theta)$

若将 D 点视为刀具的切削点，D 点在圆弧上从 A 运动到 B，其垂足点 E 也将从 A 变化到 C 点，所以，DE、EC 的长度实际上是变化的，它们的变化均与 θ 相关。

θ 实质上就是 AB 弧段的圆心角，它在 0～90°的范围内变化。如果我们将 θ 的变化幅度控制在很小的范围内（如 0.5°），实际上也就是将孔口圆角分成了 180 层进行加工，其表面粗糙度自然很小。而要控制 θ 的变化就要用到宏程序的运算和循环功能。

3. 宏程序的实现

通常，编制宏程序的思路是：先构建正确的数学模型，再设定所需的变量，并找出各变量之间的关系，列出控制变量变化的表达式，最后再编制用户宏程序。

在该工件的宏程序中，我们设定如下几个变量：

#1——孔半径 R，该例中，其值为 19；

#2——孔口圆角的半径 r，其值为 5；

#3——所用立铣刀半径，本例为 5；

#4——圆心角 θ，初始值为 0，最大值为 90°，若每循环一次增加 0.5°，则加工该孔口倒圆，约耗时 40min；每循环一次增加 2°，则加工该孔口倒圆，约耗时 4～5min，表面粗糙度可达 $R_a = 3.2\mu m$，即可满足设计要求。

宏程序如下：

```
O1
N10 G54 G90 G00 G40 Z60;
N20 M03 S1000;
N30 G00 X0 Y0 M08;
N40 Z10;
N50 G01 Z0 F100;
N60 #1 = 10;
N70 #2 = 5;
N80 #3 = 0;
N90 X [#1 + #2 - #3] Y0 D01;
N100 G03 I - [(#1 + #2) - #2 * sin (#3)];
N110 G01 Z - [#2 - #2 * cos (#3)];
N120 #3 = #3 + 2;
N130 IF [#3 LE 90] GOTO80;
N140 G01 X0 Y0 ;
N150 Z10 M09;
N160 G00 Z60;
N170 X200 Y100;
N180 M05;
N190 M30;
```

4. 结语

在这个程序中，定义了 #1、#2、#3 三个变量，但在循环中只有 #3 在变化，主要是为了在孔径、圆角发生变化时，可以使用同一程序，仅改变 #1、#2 的初始值即可。还可将孔心定位坐标设定为变量，则可以收到更好的效果。将孔口倒圆的算法略做变化，还可编制孔口倒角的程序。

同样的计算方法，还可用于任意形状工件边缘的倒角、倒圆程序的编制。 （收稿日期：20060429）

硬质合金滚压工具

本单位生产硬质合金滚压工具已有 20 余年历史。滚压加工广泛运用于机械加工、液压、重型机械等行业，是一种对机械零件表面进行光整和强化的工艺，它利用硬质合金滚轮对工件表面施加压力，使其表面产生塑性变形，达到修整表面微观几何形状、降低表面粗糙度值的目的，同时可提高表面硬度。滚压后，使零件表面粗糙度值从 $R_a = 6.3 \sim 3.2\mu m$ 降低到 $R_a = 0.8 \sim 0.4\mu m$，实现以滚代磨。本单位还可根据用户要求，生产、加工各类异型硬质合金制品。

靖江市合力汽车修造有限公司（原国营靖江汽车修造厂）

地　址：江苏靖江市真武河北路 47 号

联系人：蒋文宏　　手机：13327780598

邮　编：214500　　电话：0523－4832767

传　真：0523－4858767　E-mail：jwh@sina.com

广告查询编号：1008