# 多曲线轮廓拔模型腔零件的宏程序编程

樊伟杰，刘永弟，马彦秋
河北太行机械工业有限公司　河北石家庄　052165

**摘要**：对于截面形状为任意轮廓曲线且具有一定拔模斜度的型腔和腔口倒角，一般采用CAM数控编程方式加工，程序复杂且修改麻烦。通过合理运用机床参数和刀具参数，巧用宏程序编程，顺利解决了该类零件人工编程的难点，有效提高了程序编制、程序修改、参数调整和现场加工等各方面的效率。

**关键词**：宏程序；任意轮廓；型腔；拔模斜度；棱边倒圆角

## 1　序言

我公司加工的某零件图样如图1所示，其加工面具有2.14°拔模斜度，并且其横截面轮廓是由多条直线和圆弧连接而成的复杂曲线，同时棱边处还要求倒圆弧角*R*5mm。

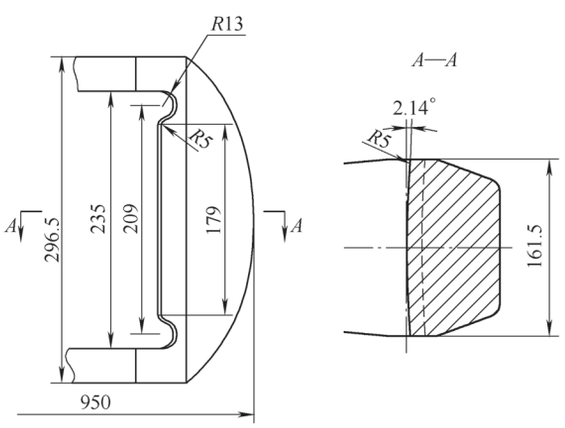



图1　零件图样

根据零件加工内容和以往经验，我们采用了CAM软件编程的方式进行了试制，由于零件加工面积大，对表面粗糙度要求高，所以用CAM编制的程序很复杂，从而造成了该零件的加工程序在存储执行、中断再运行、更改铣削参数等各方面均十分不便，严重影响了零件的生产效率。

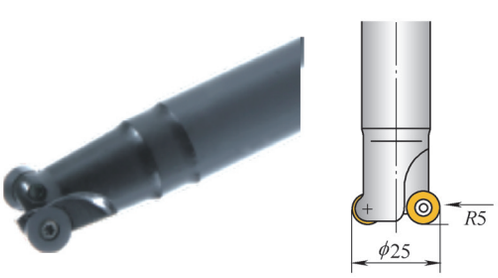
另外，受程序存储空间的影响，该零件只能在具有外部扩展存储的大型加工中心上生产，而公司闲置的两台小型简易数控铣床因存储空间不足而无法加工该零件，从而导致了零件生产成本的增加和空闲设备的资源浪费。

## 2　改进思路

为了改善生产现状，利用公司闲置资源，降低生产成本，同时有效提高零件生产效率，我们通过研究决定改用人工编程来替代CAM编程。通过运用数控系统的高级参数来编制适合机床系统的宏程序，同时利用子程序和循环功能来实现零件加工参数的调整和更改，从而实现零件加工程序的优化，达到提高生产效率的目的。

### 2.1　刀具选择

根据前期CAM编程及刀具的使用情况，我们决定仍然采用$\phi$25mm的*R*5型可转位圆角立铣刀（见图2）来加工零件。由于采用该规格的刀具加工效率高且刚性好，并且在加工两侧*R*13mm圆弧时不产生过切干涉，应用效果较好，所以后期程序编制均按此规格刀具来执行。




a）实物　　b）尺寸示意

图2　可转位圆角立铣刀

### 2.2 编程分析

通过分析零件加工面结构特性，可以把该零件的加工曲面分层考虑，每切削层（横截面）的加工曲线都是由相同的直线、*R*圆弧、过渡圆弧等多条曲线连接而成，切削截面如图3所示。另外，自上而下每层都比上一层在某单一轴向增加一个偏移位置，从而形成零件的2.14°拔模斜度。

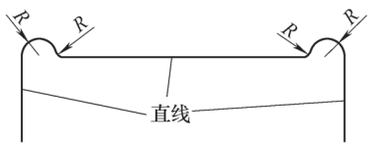



图3 切削截面示意

通过以上分析可得出，该零件的加工面可以分层切削，每层的加工刀路（切削曲线）均相同，并且下一层的加工零点的*X*轴坐标（或*Y*轴坐标）只需偏置一个固定距离，执行同样的加工刀路，刀具半径参数不变，就能够实现拔模角度的偏移。另外，零件的端面棱边要求有*R*5mm圆弧过渡，该部分的加工同样可以看做是上述截面轮廓增加倒圆角。

### 2.3 改进方案

经过上述分析，我们可以在数控程序中设定一个适当的参数，该参数可以控制某一加工截面层的一个坐标值，从而在主程序中通过循环调用该参数来实现不同层加工坐标的变化。同时将截面轮廓的加工刀路作为一段子程序来循环调用，通过每层坐标值的比例变化来实现整个零件2.14°曲面的加工。

另外，由于用刀具半径做参数更易实现零件端面的*R*5mm圆弧过渡，所以可以将刀具半径补偿值作为主程序的可变参数，同样通过分层切削来实现端面轮廓的倒圆角功能。

## 3 程序代码

通过上面的改进分析，我们可以将该零件曲面的加工分为两部分来完成：一部分是以切削点的刀具半径为可变参数的端面圆角加工程序；另一部分是以加工零点坐标为可变参数的拔模斜度加工程序。

### 3.1 倒圆角编程

倒圆角过程如图4所示，该部分程序用刀具半径补偿值来做可变参数，而圆弧铣刀倒*R*圆角时又与其加工点的角度有关，其编程格式如下（大隈系统）。

```
VC1=90**切削起始点角度
……
N10 VC2=10*COS[VC1]-5+7.5**刀具中心到切削点X距离
VC3=10*SIN[VC1]**刀具中心到切削点Z距离
VTOFD[11]=VC2**刀具半径补偿值（变量）
G0Z=VC3
D11
CALL OLUNKUO**调用轮廓子程序
VC1=VC1-9**切削角度变化（9为步距，精度可调）
IF[VC1 GE 0] N10
```

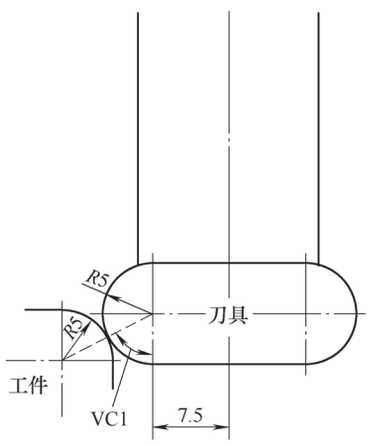



图4 倒圆角示意

### 3.2 拔模斜面编程

拔模斜面（见图5）加工程序刀具半径为定值12.5mm，切削变量用切削深度*Z*确定，而该*Z*值下切削截面*X*方向的变量与深度成正切关系：△*X*=△*Z*×tan2.14°，编程格式如下（大隈系统）。

```
VC10=0**切削起点Z=0
N20 G15H11**调用坐标系坐标
……
CALL OLUNKUO **调用轮廓子程序
VC10=VC10-0.8**切削深度下降（0.8为步距，精度可调）
VZOFX[11]=VZOFX[11]-0.8*TAN[2.14]**重定义X坐标值
VZOFZ[11]=VZOFZ[11]-0.8 **重定义Z坐标值
IF [VC10 GE -75] N20 **重复循环
```

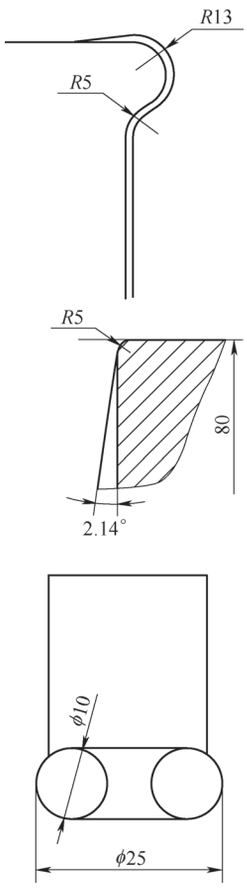



图5　拔模斜面示意

### 3.3　整体加工程序

由倒圆角和铣斜面两部分组成的完整加工程序如下（大隈系统）。

```
VC1=90
G0G40G90G17
G15H1
G0X-50Y90Z50
Z30
N10 VC2=10*COS[VC1]-5+7.5
VC3=10*SIN[VC1]
VTOFD[11]=VC2
G0Z=VC3
D11
CALL OLUNKUO
VC1=VC1-9
IF[VC1 GE 0] N10
VTOFD[11]=VTOFD[1]
G0G90Y0Z20
G0G40G90G17
G15H1
VZOFX[11]=VZOFX[1]
VZOFY[11]=VZOFY[1]
VZOFZ[11]=VZOFZ[1]
VC10=0
N20 G15H11
Z5
Z0
D1
CALL OLUNKUO
VC10=VC10-0.8
VZOFX[11]=VZOFX[11]-0.8*TAN[2.14]
VZOFZ[11]=VZOFZ[11]-0.8
IF [VC10 GE -75] N20
G0X-100Y0
G15H1
Z20
M30
```

其中调用的子程序如下。

```
OLUNKUO
G0G90X-50Y90
G01G42Y118F1000
G01X1
G02X3.889Y92.325R13
G03X0Y87.45R5
G01Y-87.45
G03X3.889Y-92.325R5
G02X1Y-118R13
G01X-50
G0G40Y-90
RTS
```

## 4　结束语

经实际应用验证，改进后的程序效果如下。

1）用宏程序编程代替CAM编程，使加工程序由原来的600KB减小到1KB。

2）不再使用扩展内存卡即可加工，使简易数控铣床加工该零件成为现实。

3）有效利用闲置简易数控铣床，提高了机床利用率。

4）更改切削参数方便，通过改进步长和进给，

# 国产华中数控系统在不同构型五轴机床上的应用验证

王华侨[1]，王宇飞[2]，赵华军[3]，刘东青[3]，张守明[3]，高嵩[1]，郑武[4]，王浩志[4]

1．华中科技大学　湖北武汉　430074

2．厦门大学　福建厦门　361005

3．湖北三江航天红阳机电有限公司　湖北孝感　432000

4．武汉华中数控股份有限公司　湖北武汉　430074

**摘要**：简要介绍了国产华中数控系统HNC848在不同构型五轴机床加工NAS件及S件综合测试中的应用验证，包含大型六轴双模式五坐标联动加工中心、大型七轴五联动立式车铣复合加工中心、大型主轴复合摆动式铣车复合加工中心及摇篮式五坐标联动加工中心等。实践证明，在五坐标联动加工方面，国产华中数控系统HNC848的控制加工精度满足NAS件及S件综合考核要求，达到了与国外数控系统同等的水平，推动了国产高档数控系统在航空航天领域的广泛应用。

**关键词**：五坐标；数控铣削；车铣复合；铣车复合；数控系统；HNC848；NAS件；S件

## 1　序言

华中数控系统HNC848是全数字总线式高档数控装置，采用模块化、开放式体系结构，基于具有自主知识产权的NCUC工业现场总线技术，具备多轴、多通道及同步轴同步等功能。华中数控系统HNC848配套不同构型五轴机床的操作界面如图1所示，其界面设计友好、操作方便。HNC848在车铣复合加工中心、高速精密卧式加工中心、龙门五轴加工中心等高档数控机床上均适用，在航空、航天、能源等大型企业中批量应用，取得了良好的效果，加工效果达到国外知名数控系统水平，加工效率大大提高，实现了国产数控系统在航天领域的重大突破，打破了国外知名品牌数控系统的长期垄断局面。

a）七轴五坐标联动车铣复合控制　b）六轴双模式五坐标联动镗铣控制　c）五轴五坐标联动控制

图1　华中数控系统HNC848操作界面

## 2　NAS件及S件简介

NAS件是通过加工圆锥台试件产生的面粗糙度、圆度、角度及尺寸精度等指标，来检验机床的动态精度，是目前国内外数控机床动态精度验收的常用方法。标准要求圆度0.1mm，同轴度0.1mm，角度公差30°±0.035°。

S件的主体是一个呈“S”形走向的扭曲曲面形零件的加工时间从30min/件缩短到20min/件。

**参考文献**：

[1] 侯祖刚，骆亚敏，王宗雷．模具加工中提高曲面编程效率的技巧[J]．金属加工（冷加工），2014（3）：59-61.

[2] 胥光蕙．宏程序编程模板在车削非圆曲线轮廓上的应用[J]．计算机仿真，2017（6）：191-196.

[3] 冯志刚．数控宏程序编程方法、技巧与实例[M]．北京：机械工业出版社，2011.

MW 20210817

项目支持：“高档数控机床与基础制造装备”国家科技重大专项（课题编号2017ZX04009001）。