

矩形外花键铣削宏程序

德州联合石油机械有限公司 (山东 253034) 侯祖刚

矩形花键多用于传递转矩并经常滑移的轴箍联接,需要专用的加工设备和成形刀具。以前,老师傅总结出一套万能铣床铣削外花键的步骤和方法,因为工艺复杂,刀具刃磨困难,未能大范围普及应用。在数控机床快速发展的今天,我公司充分发挥先进设备优势,利用加工中心和普通立铣刀加工图1中的非标矩形花键,取得了很好的效果,节省费用。

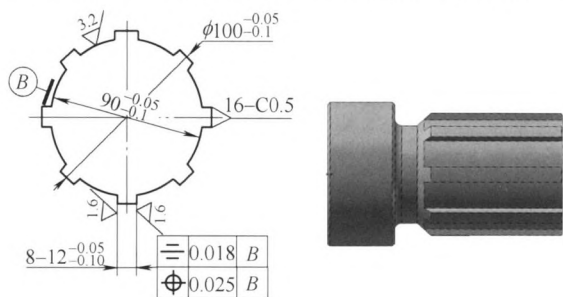


图 1

1. 工艺准备及操作步骤

外花键经车床加工后,大径已达到图样尺寸,铣花键就是加工花键的小径和键齿部分。使用设备为四轴立式加工中心,旋转轴为平行于工作台的数控分度头,旋转中心与X轴重合,设定为A轴,重复定位精度0.02°,基本上可以满足外花键的加工要求。

矩形外花键以小径定心。键齿沿圆周均布,两侧面相互平行,旋转轴分度定位后,与一般的平键铣削没有太大的区别。相比之下,小径是花键铣削的难点,尺寸公差和圆度要求都比较严格。专业加工时常使用成形拉刀或者锯片铣刀,显然,这两种刀具都无法应用在数控铣床上,只能用立铣刀来代替。根据宏程序中曲线拟合曲面的原理,将小径等分成若干条曲线来加工,即可达到圆弧面的效果。此时有两种刀具路径可供选择,一种是沿花键轴向

铣削,分度头旋转进给,每次移动固定的角度值。一种是沿圆周方向铣削,X轴平移进给,每次移动固定的距离值。表面上看,沿圆周方向铣削只需旋转轴运动即可获得很好的圆弧表面。其实不然,受刀具半径的影响,在键齿两侧会出现半圆形的加工死角,清根也无济于事。轴向铣削时,铣刀切削刃与花键小径保持切线接触(刀位点与工件轴线重合),得到的是一段多棱柱表面,近似于圆弧表面,虽然存在一定的形状误差,但整体轮廓度较好。权衡利弊,最终确定轴向铣削的刀具路径。

此时又遇到一个难题,既工件旋转进给时,铣刀与两侧的键齿发生干涉。即使铣刀的直径再小,旋转起来也是一个圆柱体。以左侧刀刃编程,右侧刀刃会与键齿发生干涉;以右侧刀刃编程,左侧刀刃也会与键齿发生干涉;以刀具中心编程,两侧都会发生干涉。这个技术难题,成为立铣刀不可以直接加工矩形花键的瓶颈,困扰了数控工人很多年,今天,终于被我们攻克。

解决方法:工件预先旋转一定的角度,使键齿根部的Y轴坐标与工件轴线重合。选用合适的立铣刀,先以刀具的左侧刀刃编程,紧贴小径圆弧面的左侧齿根做轴向往复铣削,旋转轴带动工件做增量进给的同时,铣刀沿Y轴移动一段补偿距离S($S = \text{刀具直径} / \text{旋转轴增量进给次数}$),循序渐进,铣削到右侧键齿时,刀具逐步由左侧刀刃铣削改变为右侧刀刃铣削。最后一刀旋转轴精确定位,以刀具的右侧刀刃编程,紧贴小径圆弧面的右侧齿根做轴向铣削。问题迎刃而解,这就是编程的巧妙之处。

2. 铣削步骤及宏程序

(1) 粗铣花键(见图2),选用 $\phi 16$ mm硬质合

金立铣刀,从小径圆弧面的中间点下刀,粗铣三刀,快速去除大部分余量。变量设置: #24 = 15 (X 轴铣削起点), #21 = -150 (X 轴铣削终点), #25 = 15 (键齿宽度/2 + 铣刀半径), #26 = 4.8 (Z 轴铣削深度), #1 = 22.5 (A 轴定位角度)。

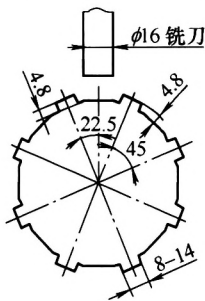


图 2

```
T01 M06;
M03 S1000;
N10 G54 G90 G0 X#24 Y0 A#1;
Z - #26;
G01 X#21 F300;
G0 A [#1 - 22.5] Y#25;
G01 X#24 F300;
G0 A [#1 + 22.5] Y - #25;
G01 X#21 F300;
G0 Z50;
#1 = #1 + 45;
IF [#1 LT 360] GOTO 10;
G91 G28 Z0;
M05 M30;
```

(2) 精铣键齿 (见图 3), 选用 $\phi 12$ mm 硬质合金立铣刀, 采用轮廓铣削路径和刀具半径补偿来保证键齿宽度。变量设置: #24 = 15 (X 轴铣削起点), #21 = -150 (X 轴铣削终点), #26 = 5.5 (Z 轴铣削深度), #25 = 6 (键齿宽度/2), #1 = 0 (A 轴定位角度)。

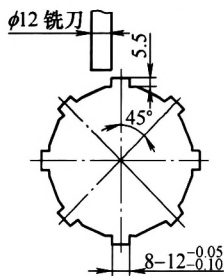


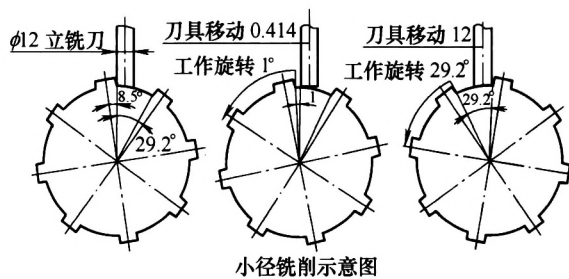
图 3

```
T02 M06;
M03 S2000;
G55 G90 G40 G0 X#24 Y0;
Z - #26;
N10 A#1;
G0 G41 Y - #25 D02;
G01 X#21 F500;
Y#25;
X#24;
G0 G40 Y0;
#1 = #1 + 45;
IF [#1 LT 360] GOTO 10;
```

G91 G28 Z0;

M05 M30;

(3) 精铣小径 (见图 4), 选用 $\phi 12$ mm 硬质合金立铣刀, 轴向铣削, 旋转轴增量进给的同时刀具沿 Y 轴做移动补偿。变量设置: #1 = 8.5 (A 轴起始角度), #2 = 1 (A 轴步进值), #3 = 29.2 (小径圆弧夹角), #4 = FIX [#3/#2] = 29 (增量进给次数), #5 = 12 (铣刀直径), #6 = [#5/#4] = 0.414 (Y 轴步进值), #7 = 0 (计数器), #24 = 15 (X 轴铣削起点), #21 = -150 (X 轴铣削终点), #26 = 5.0 (Z 轴铣削深度), #25 = #5/2 = 6 (铣刀半径)。



小径铣削示意图

图 4

```
T03 M06;
M03 S2000;
N5 G56 G90 G0 X#24 Y#25 A#1;
Z - #26;
N10 G90 G01 X#21 F500;
G91 A#2 Y - #6;
G90 X#24;
G91 A#2 Y - #6;
#7 = #7 + 2;
IF [#7 LT #4] GOTO 10;
G90 A [#1 + #3] Y - #25;
X#21;
G0 Z50;
#1 = #1 + 45; #7 = 0;
IF [#1 LT 360] GOTO 5;
G91 G28 Z0;
M05 M30;
```

3. 圆度误差计算

轴向铣削花键小径时, 旋转轴的增量步进值设定为 1° 比较合理, 加工表面非常接近于 $\phi 90$ mm 小径外圆, 反映在工件表面上是沿圆周均布的长条状直纹

西门子 802D SL 数控系统在 C534 立车改造中的应用

哈尔滨电动机厂有限责任公司 （黑龙江 150040） 杨永智

我公司的这台 C534 立车是武汉重型机床厂 20 世纪 50 年代的产品。设备长年运行，电线老化，故障率高，已经影响我公司的生产任务的完成，但是该机床的机械刚性极好，为此决定对此设备进行数控改造。

在设备改造中，整个逻辑控制器部分由采用了 802D SL CNC 内置 PLC 控制。左刀架由西门子交流伺服电动机拖动，位置及速度由 802D SL CNC 控制。主轴控制是由直流电动机拖动，有晶闸管调速装置（6RA70）并通过对电动机电枢的反向实现可逆运转。进行了控制系统的整体设计、造型、安装调试。设备改造后，机床运行稳定可靠，加工出合格产品，各项技术指标均达到了设计的要求。

1. 数控系统的构成

车床改造的数控系统构成，如图 1 所示。

面，虽然有轻微的刀痕，但摸上去没有高低不平的峰谷。通过计算，圆度误差仅有 0.02 mm，小于图样规定的小径尺寸公差，如果花键的精度较高，可适当减小旋转轴的增量步进值，改善圆度误差，或者采用表面抛光的方法，去除刀痕，修磨小径至图样表面粗糙度值要求。

4. 结语

经成品检验和现场组装，花键加工质量完全符合图样技术要求，加工中心功能强大，宏程序短小精悍，非常适合小批量矩形花键的铣削，实际应用中只需改变程序中的刀具半径和相应变量，即可达到通用的效果。**MW** （收稿日期：20131225）

2. 802D SL 数控系统的软、硬件结构简介

SINUMERIK 802D SL 是一个集成所有数控系统元件（数字控制器，可编程控制器，人机操作界面）于一体的操作面板安装形式的控制系统。所配套的驱动系统接口采用西门子公司全新设计的可分布式安装以简化系统结构的驱动技术，外部设备通过现场控制总线 PROFIBUS DP 连接。调试和维护都更加方便。

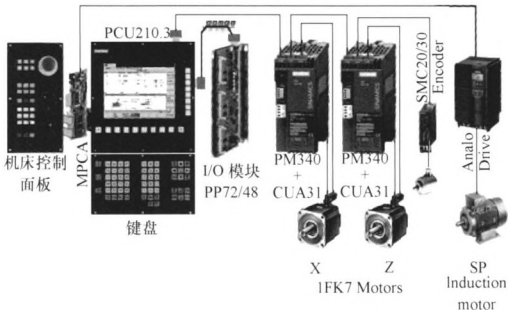


图 1

（1）PCU210.3 为系统提供强大的处理功能，如图 2 所示。

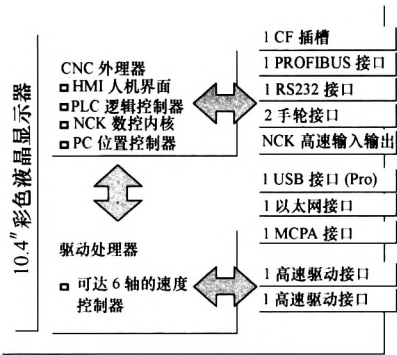


图 2

（2）SINAMICS S120 具有高速高效高精度，为机床提供动力，紧凑的结构，连接简单，Drive - CliQ