利用数控铣床加工深孔圆弧花键槽

德州大陆架石油工程技术有限公司 （山东 253034） 敖竹青 熊兴荣

1. 零件分析

花键槽一般用于回转体类零件的周向固定起传递扭矩和转矩的作用。花键槽的位置可以在轴上，也可以在孔内。对于内孔里的花键槽，可以采用插削、拉削、刨削、铣削及线切割等方法来加工。具体用哪种方法，在工艺的选择上，需要根据工件的尺寸大小、精度技术要求、产品批量以及现有的加工设备等来确定。

公司需要加工一批工件，长 1 000 mm，在距离端面 200 mm 处，均匀分布了 45°的 4 个花键槽，槽深 5 mm，槽长 120 mm，槽的表面粗糙度值为 R_a = 6.3 μm，材质为 35CrMo，调质后的硬度为 290 ~ 320 HBW。

通过对该工件的特征进行分析可知：①加工工件较长，常用的插床、拉床的行程达不到要求。②内孔槽为圆弧，这就排除了采用车床等的加工方式。要实现槽底的圆弧，必须使用数控机床。③内孔较深，市面上常规刀杆长度无法满足需求，需要定制和自制加长刀杆。综合上述情况，为降低成本，缩短加工周期，提高效率，决定充分利用现有的乔友 FD18—22 数控龙门铣床进行加工。该设备既可以进行立铣，也可以进行侧铣（该设备附件配有一直角铣头）。在该内孔花键槽的加工中，采用侧铣。

BACK3）。程序文件可在电脑端生成，内容如下：

```
%_N_Z_BACK1_SPF
; $PATH=/_N_SPF_DIR
G4F5
SUPA G1G90Z0F5000
M20
M2
```

将此文件传输到系统，装载到 NC 即可。注意：需要在 PLC 程序增加 M20 的功能：执行 M20 后，读入禁止、进给保持。

3. 生成中断号

使用第 1 节中输出的报警作为启动条件，运用 SINUMERIK 840D 的中断功能生成中断号。在 STEP7 - 300 中具体程序语句如下：

```
A   M   60.5
O   M   60.4
R   DB150.DBX   100.0
CALL   FC   9
Start      :=DB150.DBX100.0
ChanNo     :=1
IntNo      :=1
Activ      :=M60.3
Done       :=M60.4
Error      :=M60.5
StartErr   :=M60.6
Ref        :=MW64
```

4. 结语

经过上述处理，随着刀具磨损程度的增加，Z 轴或主轴电流会随之加大，电流值加大到设定值时，机床出现电流值超出设定值的报警，系统停止执行当前 NC 程序，转而执行 Z_BACK 程序，即：暂停 5 s后，Z 轴以 5 m/s 的速度移动至机床坐标 Z_0 的安全位置，读入禁止、进给保持，有效防止了刀具损坏或加工工件精度不合格甚至加工工件报废的情况发生，提升了机床的功能，完善了机床的保护。**MW**

（收稿日期：20140304）

2. 加工方案的确定及实施

（1）加工工艺设计。通过对零件的分析，铣工序可以分为粗铣、半精铣、精铣和清根 4 个步骤（见表 1）。

表 1　加工工艺设计

工序	工序内容
粗铣	粗铣各槽，槽宽和槽深分别留量 0.4 mm
半精铣	半精铣各槽，槽宽和槽深分别留量 0.2 mm
精铣	精铣各槽，槽宽和槽深加工至成品尺寸，消除锥度
清根	清除槽底的圆弧

（2）夹具的设计。工件的外径为 ϕ150mm，长度为 1 000 mm，对于该工件的装夹，不但需要保证工件的稳定可靠，还需要保证工件的轴线位置不变，以保证轴槽的中心平面通过轴线。对工装的总体要求是不仅要满足限制工件自由度的要求，而且还要有好的刚性、稳定性和精度。主要原理是通过 V 形铁和压板，用导杆和螺母将工件固定在工作台上。

（3）加工刀具的选择。因工件的孔径小于直角铣头的尺寸，铣头装入常规刀具后无法进入孔内进行加工，所以在铣削过程中需要利用特制的加粗加长刀杆来加工。

铣刀按结构可分为整体式、焊接式、镶齿式及可转位式。粗铣和半精铣时，可以选用可转位式铣刀，主要考虑到：一是粗铣时，吃刀量大；二是可转位刀片切削性能好；三是换刀时间短；四是由于可转位刀片是标准化和集中生产的，刀片几何参数易于一致，切屑控制稳定。

加工中，用以粗铣和半精铣的粗铣刀是以 D35 mm（R0.8 mm）为设计基础，用以精铣的精铣刀则以 D16 mm（R0.8 mm）为设计基础，从而进行改进设计：一是将刀杆加长加粗，满足深孔加工时的其长度和刚性需求；二是增加排屑空间。具体如图 1 和图 2 所示。



图 1　粗铣刀



图 2　精铣刀

在精铣过程中，当槽的深度大于 100 mm 时，会因为抗刀而形成锥度，可以利用磨头加工清除锥度，可以选用 ϕ20 mm 的磨头（材质为砂布）。在使用过程中需要对磨头进行改进设计，重新设计加长刀杆，再通过螺纹将磨头与刀杆联接。

（4）工件的装夹。首先将 V 形铁（必须成对）置于铣床工装台上，再将工件置于 V 形铁上，然后把压板置于工件上，最后用垫片、螺母将穿过压板的 T 形螺栓进行锁紧固定。装夹过程中，需用杠杆百分表找正：一是保证工件的上素线与工作台台面平行；二是保证其侧素线与工作台纵向进给方向平行；三是保证工件的前端面与后端面平行。具体如图 3 所示。

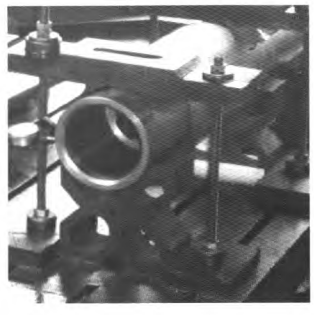


图 3　工件的装夹

（5）加工路径。在进行加工之前，要确定加工工件的起始点，以确定工件的加工轨迹。具体如图 4 所示。

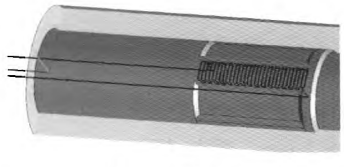


图 4　加工路径

（6）切削用量的确定。铣削时合理地选择铣削用量，对保证零件的加工精度与加工表面质量，提高生产效率，提高铣刀的使用寿命，降低生产成本等都有重要的作用。通过反复的试验和论证，铣削切削用量的选取如表 2 所示。

表 2　铣削切削用量的选取

切削用量	粗铣	半精铣	精铣	清根
铣削深度 a_p/mm	0.2	0.15	0.1	0.05
铣削宽度 a_e/mm	1.0	0.5	0.2	0.2
铣削进给量 f/（mm·r^{-1}）	0.3	0.2	0.12	0.12
主轴转速 n/（r·min^{-1}）	800	1 000	1 500	950

3. 结语

实践证明，采用上述方法，满足了产品的加工需求。利用企业现有的数控铣床加工深孔圆弧花键槽，通过实际生产，其适用性、经济性得到了有力的证明。在拉、插、线切割等方法无法解决的情况下，为深孔圆弧花键槽的加工提供一种新的解决方案。**MW**

（收稿日期：20140312）