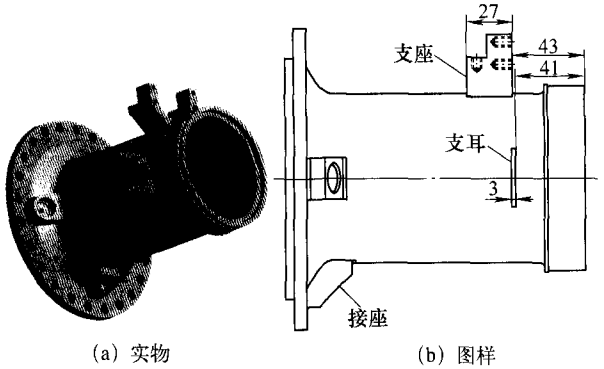
某产品高效四轴数控加工工艺

西安航天动力机械厂 （陕西 710025） 王宏刚 焦永灵

某产品如图1所示，其结构复杂，特征很多，包括支座、支耳和三处接座。加工时由整块棒料加工而成，材料去除率大，加工周期长，同时产品的变形也很难控制。为了保证加工质量和提高加工效率，加工中以车铣复合机床为加工平台，采用先进的加工理念和编程方法，包括螺旋铣削U形孔，四轴联动高效铣削，斜面三轴高效铣削等加工方法，顺利完成了加工。



（a）实物 （b）图样

图 1

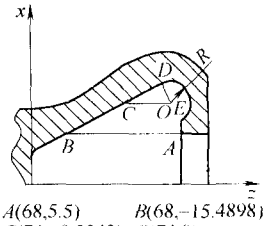
1. 车铣复合机床简介

我厂使用的车铣复合机床HTM80150是六轴四联动，主轴S_1、副主轴S_2实现车削功能，并且可以通过齿轮啮合到旋转轴作为C轴。动力刀架实现X、Y、Z轴功能及旋转轴B轴功能，刀具主轴S_3实现铣削功能。

2. 工艺方案

由于产品由整块棒料加工而成，加工中产品会产生很大的变形，为了避免产品变形对重要装配尺寸产生严重影响和最大限度提高生产效率，工艺方案进行了多次优化。图2所示为整个加工流程，铣工序在整个加工环节对生产效率和加工质量有重大影响，所以铣工序是工艺编制和程序编制的重点，铣工序如图3所示。镗工序主要加工接座内孔、螺纹和密封槽。

```
N20 #2=40.;
N30 #3=23.5;                    } 为角度赋值
N40 #4=1.;  （设R为自变量，并为其赋值）
N50 #4=#4+0.5;
N60 #5=#4/sin[#2];
N70 #6=2*[#4*cos[#2];
N80 #7=#4*sin[#2];              } （计算C、D、E坐标，见图4）
N90 #8=#4*cos[#3];
N100 #9=2*[#4*sin[#3];
N110 G1 X#1 Z-#5;
N120 X[#1+#6] Z-#7;
N130 G2 X[#1-#9] Z#8 R#4;       } （加工过程）
N140 G0 Z-#5;
N150 X147.;
N160 IF[#1 LT 5.5]GOTO 50;  （条件语句，满足则跳转到N50，不满足则执行下一行）
N170 G0 X120.;
N180 Z300.;
N190 T0100;
N200 M99;  （子程序结束）
```



A(68,5.5) B(68,-15.4898)
C(74,-9.3343) O(74,0)
A,B,C,O 为各点坐标

图 4

5. 结语

通过以上程序及刀具的合理使用，使加工零件很好地符合了图样尺寸及各项技术要求，缩短了单件的加工时间，提高了工作效率，为下道工序提供了较好的工艺基础。同时，此方法也适用于加工大型零件退刀槽和越程槽。**MW**

（收稿日期：20120122）

圆棒料 → 粗车 → 探伤 → 粗车 → 热处理 → 半精车 → 精车 → 铣 → 镗 → 钳 → 入库

图 2

铣支耳U形孔及内型 → 加工支耳、支座
→ 铣出支座内型，钻出螺纹底孔
→ 去除接座周围余量
→ 铣接座圆弧面 → 铣接座斜面

图 3

3. 数控加工过程及编程方法

为了提高效率，减少铣工序加工量，在车加工时去除更大的余量，车加工后产品如图4所示。

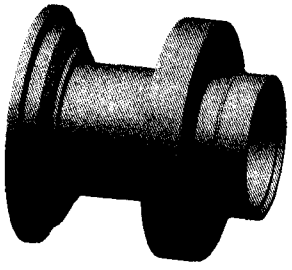


图 4

以下是在铣工序中根据不同特征采取不同的加工和编程方法，编程软件为Pro/E。

（1）薄壁U形孔的加工　由于支耳只有3mm厚，为了保证装配位置精度和尺寸精度，在去除余量前先将支耳上的四个U形孔和内型加工完成，这样在后续去除余量时孔的相对位置和精度有了保证。

由于U形孔尺寸很小，宽度3.5mm，只能用ϕ3mm的铣刀加工。支耳距端面距离是38mm，刀具悬伸很大，刀具长径比为1∶13，所以加工时刀具颤动严重，对加工精度会产生很大影响。为了解决颤动的问题加工时采用ϕ16mm加长杆，编程方法采用螺旋铣削。由于螺旋铣削时刀具会产生一个向下的轴向力，可以有效降低颤动，而且螺旋铣削切削量均匀加工平稳。刀路轨迹如图5所示。

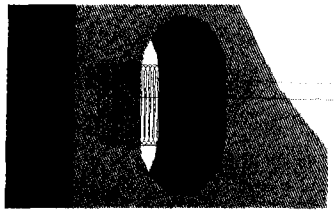


图 5

（2）支耳、支座的加工　支耳、支座的加工需要四轴联动，B轴摆动90°与产品轴线垂直，加工时C轴参与联动。由于加工支耳、支座时材料去除量很大，为了提高加工效率，加工中尝试了三种加工方法。

第一种使用盘铣刀加工，采用大切削，低进给加工方法，实际加工中经常需要手动进刀，辅助时间太多，效率不高。

第二种采用高速铣加工方法，小切深大进给，切深每次0.5mm进给速度2 000mm/min，转速2 500 r/min，效率有了提高，但由于该机床并非标准的高速机床，进给速度和转速不能太高，而且在进给速度和转速提高后动平衡很差，加工中振动很大，刀具磨损严重，并且很难长时间加工。

第三种加工方法结合前两种加工方法的优势，通过调整进给速度和切深找到了最优的加工参数，并且采用整体编程，最大限度地减少辅助时间，加工效率明显提高，加工时间由6h缩短到3h。

编程方法采用横向分层切削，四轴联动加工，刀具选择ϕ12R2mm立铣刀，每层切深3mm，步距1mm，进给速度600mm/min，转速1 200r/min，进刀方式采用区域外进刀。刀路轨迹如图6所示。

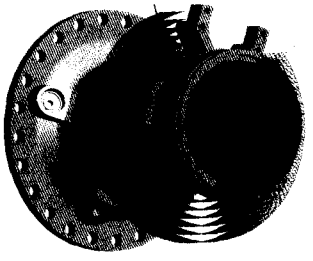


图 6

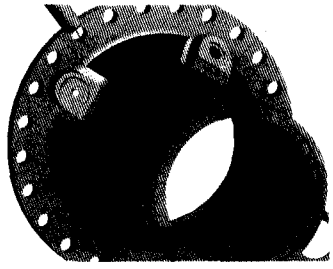
加工前先将耳片宽度铣出，这样作的目的有两个。一方面可以保证耳片的宽度尺寸，另一方面为高速加工创造条件，因为在拐角处切削量会突然加大，如果进给速度很高会对刀具产生严重损害，甚至断刀，所以必须先将拐角处加工出来。

（3）三处接座的加工　由于接座周围是圆锥面，在去除周围余量时必须采用四轴联动加工，所以编程只能采用单层高速铣削加工。为了保证加工效率采用缩小步距，粗精加工一次完成，步距0.2mm，刀具选择ϕ12R2mm立铣刀，刀路轨迹如图7所示。

高速铣削前先加工出支座宽度，这样首先保证了支座宽度，同时也为高速铣清除拐角余量。

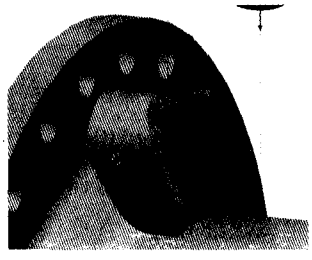
（4）斜面加工　传统的加工方法是通过旋转B轴，使刀具与斜面垂直，编程时通过旋转坐标系将三维编程转化为二维编程。加工效率很高却很难实现，因为以下两方面原因。

第一，找正困难。如果在B轴转过之后找正将没有找正基准；如果是在B轴旋转之前找正，可以找正外圆和端面，再旋转B轴，要使刀具到达准确的位置。要求系统具备刀尖跟随功能由机床自动计算补偿，这需要准确地知道旋转中心距刀尖的距离。由于该机床在线测量的功能损坏，测量不出旋转中心距刀尖的准确距离，所以刀尖跟随功能实现不了。


图 7

第二，为了避免干涉，要求刀具悬伸很长，这样刀具刚性很差，对加工精度和表面质量产生很大影响。

为了避免以上问题采用三轴联动铣削，通过很小的步距将斜面铣出来。加工时B轴转动90°与产品轴线垂直，这样刀具的悬伸可以大大缩短，而且找正方便，只要找正外圆和端面就可以。通过减小步距，采用高速铣削，保证了表面质量，提高了生产效率。刀路轨迹如图8所示。


图 8

（5）圆弧面的铣削加工　电缆支座上的圆弧都是通过四轴联动加工出来的，刀具方向与圆弧面法向一致，刀路如图9所示。


图 9

4. 后置处理设置

针对车铣复合机床使用的西门子840D系统，在进行后处理器设置时主要从以下几方面考虑。

（1）机床结构　车铣复合机床是六轴四联动机床。六轴包括X、Y、Z三个运动轴和绕Y轴摆动的B轴，和两个绕Z轴旋转的C轴。B轴是刀头摆动，C轴是工作台旋转。在设置后处理器参数时按照HEAD AND TABLE 五轴后处理器设置。

（2）机床系统　车铣复合机床使用的是840D数控系统，对关键字格式有相应的要求。C轴是通过C11指令控制，其正向为逆着Z轴正向观察为顺时针旋转；B轴通过B指令控制，其正向为逆着Y轴正向观察为逆时针转。在进行后处理设置中还需将C轴的旋转角度控制在$-360°$～$+360°$内。

5. 结语

采用优化后的加工方案，大幅度提高了加工效率，同时保证了产品的位置精度和尺寸精度，为以后批量生产做好了准备。**MW**

（收稿日期：20120125）

《金属加工（热加工）》2012年第9期要目

第十二届中国金属冶金展参展记
打造航母级品牌展会 给力中国铸造业做强
——访中国铸造协会常务副理事长兼秘书长张立波
先进的感应电炉需要具备的功能
熔炼技术对灰铸铁质量的影响
炉外精炼法熔炼优质钢液的生产实践
热分析仪在冲天炉熔炼过程中的应用
浅谈感应加热技术在锻造领域中的应用
基于PLC的铸件退火炉控制系统
电加热网带炉与燃气加热网带炉的分析比较
宽厚板轧机支承辊用巨型卧式差温炉
大型井式热处理燃气炉的节能改造
燃气退火炉炉温异常分析
浅谈盐浴炉的自激启动
大型拉刀失效分析及改进措施
终传动齿轮中频淬火工艺改进
纯铜零件的热处理工艺
汽车覆盖件框前板冲压工艺设计
超大型复杂环锻件的研制
冲裁类冲压模常见故障分析
连续模在冲压生产中的应用
铸铁行业如何面对加强稀土资源保护的新形势
有色合金铸造的发展与应用现状
3MW风电行星架铸造工艺