

万向节球体数控多轴加工工艺改进

■ 白银矿冶职业技术学院（甘肃 730900） 孙耀恒

■ 青海华鼎重型机床有限责任公司（西宁 810100） 马永红

摘要：通过设计制作辅助夹具解决万向节球体装夹难题，对加工刀具、切削参数进行了优化，介绍了数控铣多轴手工编程在实际加工中的应用。

多轴数控加工是指数控设备至少具备第四轴，并可以通过同时联动加工，主要用于复杂零件的加工。加工精度高，可以在一次装夹中完成多面多方位加工，能提高零件的加工精度，避免刀具发生干涉、欠切和过切现象。数控多轴加工能提高加工效率，保证加工精度和表面质量。本文介绍万向节球体加工工艺和多轴数控编程在实际加工中的应用。对多轴数控加工进行了探索性研究，提出了加工工艺制定、辅助夹具设计、刀具选择及多轴数控程序编制等方面的一些具体措施。

1. 零件加工技术要求

零件尺寸如图1所示，要求未注圆角均为R4mm，未注线性尺寸公差应符合GB/T 1804—2000的要求，加工后的零件不允许有毛刺、飞边。零件材质为40Cr，该材质用于制造承受中等载荷及中等速度工作的机械零件，具有切削性能好的特点。毛坯为

φ65mm×100mm的棒料。零件尺寸精度要求较高，加工难点在于工件的装夹、辅助夹具的设计以及多轴数控程序的编制。

2. 加工工艺设计

首先用数控车床加工SR30mm球体，再用切槽刀和内

沟槽刀加工11mm的槽和16mm的沟槽，最后用四轴数控铣床加工16mm的开口槽至尺寸。因为不是批量生产，装夹困难，需设计辅助夹具装夹，以保证零件的尺寸精度达到图样要求。由于这些难点的存在，使加工路线选择、

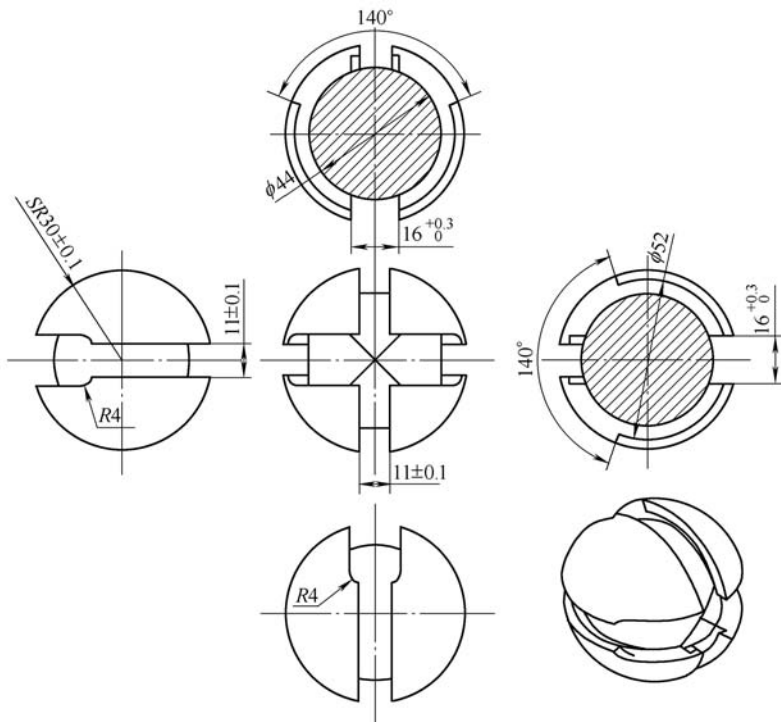


图 1

刀具选择以及辅助夹具是否合理显得尤为重要。加工过程中，切削参数要合理，精加工余量的选择应该适中。若余量过少，由于刚性不足，产生振动，难以保证加工精度。

3. 数控车加工工艺

数控车床加工SR30mm球体，选用三爪自定心卡盘装夹，采用一夹一顶装夹方式。选用切断刀、R4mm圆弧刀和内沟槽刀（见图2）。切断刀和圆弧刀具材质为YT15硬质合金；内沟槽刀为高速钢材质，高速钢刀具具有良好的工艺性和抗冲击性。

数控车床加工球体之前，先选择切断刀加工工艺槽，加工参数选择合理。工艺槽是为了防止圆弧刀加工时，由于切削量不均匀导致切削力过大损坏刀具，加工完工艺槽后，零件的刚性变差，应尽可能选择“少吃快跑”的原则。本例中粗、精车主轴转速选择300~500r/min，工件的刚性降低，粗车背吃刀量为0.5mm，精车背吃刀量为0.2mm

比较合理，既不会因为切削力过大损坏刀具，又不会降低加工效率和表面粗糙度质量。

用R4mm圆弧刀加工SR30mm球面，圆弧刀具加工能获得很好的表面质量，能有效控制零件加工精度。圆弧刀的刀位点是圆弧中心，编程时以刀位点圆弧中心进行编程。手工编程程序量小，易检查修改。走刀路线如图3所示，用切断刀加工11mm的槽，用内沟槽刀加工4mm的内沟槽保证槽宽和槽深，加工时由于工件的刚性不足，切削参数要合理，加工结果如图4所示。

SR30mm球面参考程序：

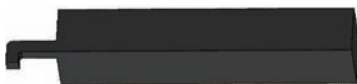
```
T0101;;
M03S500;
G00X70.Z10.;
G73U20.W2R15F0.2;
G73P10Q20U0.2W0.2F0.2;
N10G01X15.Z0F0.2;
Z-7.345;
G3X15.Z-72.646R34.;
G01X70.;
N20Z10.;
G0X100.;
Z100.;
```



(a) 切断刀



(b) 圆弧刀



(c) 内沟槽刀

图 2

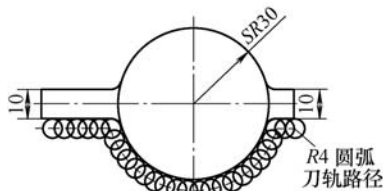


图 3



图 4

M05;

M30;

4. 四轴数控铣工艺孔

SR30mm的球面加工结束、切断，在四轴数控铣床加工工艺孔，装夹方式选择一夹一顶，并用百分表校正。第一个孔加工结束后，第四轴旋转180°加工第二孔。工艺孔和定位销的配合间隙控制在0.03mm，配合间隙过大产生定位误差过大，影响加工精度。

5. 设计辅助夹具

辅助夹具的设计思路：根据万向节球体的零件特征，辅助夹具11mm宽的键和球体11mm宽的槽配合，圆弧R22mm和SR22mm球面配合，销钉 $\phi 6$ mm和销孔 $\phi 6$ mm配合，三个接触面和一个定位一孔，即可完成定位。辅助夹具图样如图5所示，加工时，先车削加工，后铣削加工，严格按照图样尺寸加工。拨叉加工完后，拨叉与销钉是过盈配合，为了防止在加工过程中定位销松动产生移动。

将加工结束的拨叉和销钉配合后的结果如图6所示。

将加工好的拨叉和球体装配如图7所示，装配完成后再用一夹一顶的装夹方式加工，顶尖顶在辅助夹具的中心孔上，用切断刀加工11mm的槽，用内沟槽刀加工4mm的内沟槽保证槽宽和槽深。加工完成后，在四轴数控铣床上加工工艺孔（见图7）。

最后，在四轴数控铣床上加工140°和16mm的槽，这也是重点、难点，编程时需计算刀具半径在 $\phi 60$ mm的圆上对应的角度。

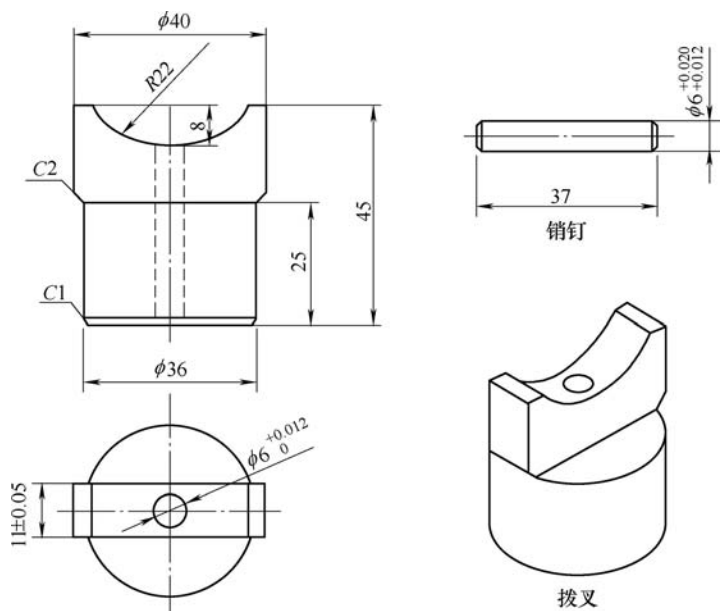


图 5

刀具选择、辅助夹具设计、切削参数选择等方面的研究，对于不规则单件零件的加工有新突破。经检验，加工出的零件符合图样要求，样件如图9所示。



图 9



图 6



图 7

6. 四轴数控编程

选择四轴数控铣加工16mm

的槽，如图8所示。图样已给出加工角度140°，实际加工时必须考虑刀具半径，半径4mm的刀具在直径60mm的圆上对应的角度可以通过公式计算：先计算出圆的周长 $L = 3.14 \times 60 = 188.4$ (mm)，由 $188.4/360 = 0.523$ (mm)，得出1°对应的弧长为0.523mm，再用 $4/0.523 = 7.648^\circ$ ，得出刀具半径4mm对应的角度为7.648°。加工时上下都减去一个刀具半径。实际A轴的旋转角度为124.704°。

7. 结语

本文主要是针对万向节球体零件的加工工艺和多轴手工编程

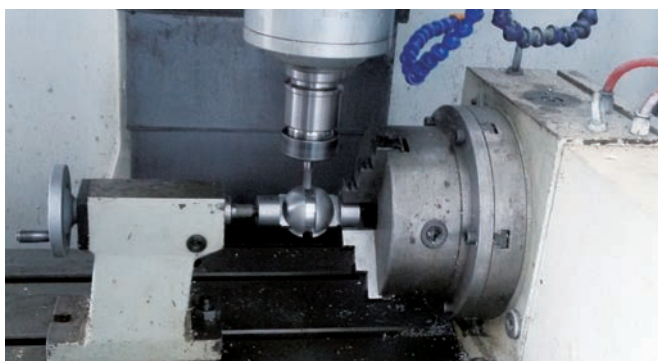


图 8

参考文献：

- [1] 宋放之. 数控机床多轴加工技术实用教程[M]. 北京：清华大学出版社，2010.
- [2] 赵艺兵. 数控车床加工工艺分析与设计[J]. 中国制造业信息化，2007 (11)：39-41.
- [3] 刘党生. 技术切削原理与刀具[M]. 北京：北京理工大学出版社，2009.

MW (收稿日期：20170608)

专家点评

本文所述万向节球体是球型零件，加工中存在装夹困难的问题，作者通过设计制作辅助工装解决了这一问题，同时还对加工刀具、切削参数等工艺措施进行了优化，具有一定的参考价值。