壳体零件四轴加工工艺应用及分析

戴雄，夏炳文，廖超凡
湖北三环汽车方向机有限公司　湖北咸宁　437000

摘要：对比两种轻型转向器壳体零件臂轴孔系工艺方案，分析利弊，并设计制作旋转工作台及工装夹具，采用立式加工中心带四轴加工壳体臂轴孔系，完全能够满足高质量加工要求，取得了较好的综合经济效益。

关键词：壳体零件；镗铣；工艺路线；设计方案；立式加工中心

1　序言

转向器壳体是汽车转向器的外壳，也是其他零件的载体。转向器按载重量可分为轻、中、重三种转向器结构，而轻型转向器壳体结构一般都比较瘦长，如图1所示。

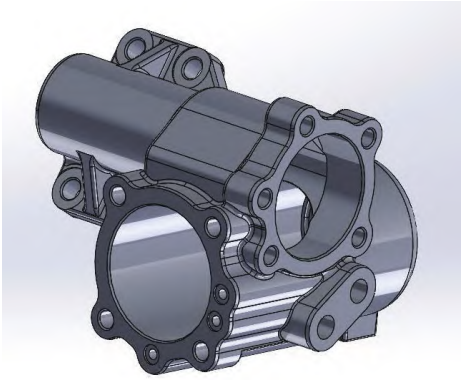


图1　轻型转向器壳体

轻型转向器壳体零件臂轴孔系设计有双轴承位和双密封槽，内孔设计成较大的长径比，其结构尺寸如图2所示。

该细长的臂轴孔系加工最好的办法就是在卧式加工中心上完成，工序为：分别在大孔端铣臂轴孔端面，粗、精镗臂轴孔，再将工作台旋转180°，粗、精加工另一端内孔，铣双道密封槽，一次性完成全部臂轴孔系加工工步。卧式加工中心属于通用设备，虽然能保证产品加工精度要求，但每台需投入100多万元。为减少成本投入，该组孔系采用立式加工中心加工，投入成本可减少2/3。通过小批生产后发现，壳体臂轴孔系尺寸超差较多，密封槽同轴度合格率仅为85%，产品质量不稳定。采用立式加工中心一次加工完成双密封槽，密封槽铣刀长径比过大，加工效率不高。通过工艺小组讨论分析，

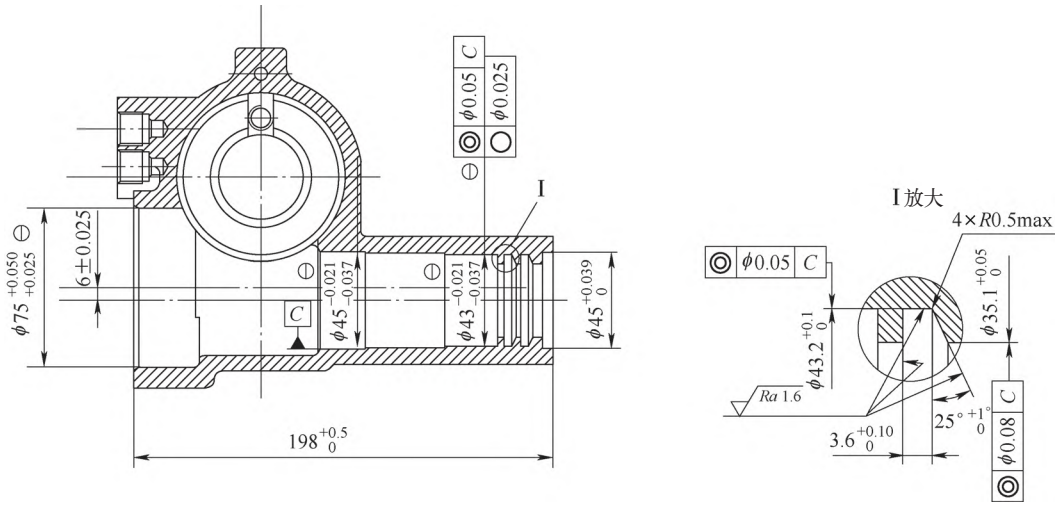


图2　轻型转向器壳体结构尺寸

最后决定优化工艺，在立式加工中心上加装第四轴，采购HR-320N-K数控分度头、RTH-320-K圆盘尾座和驱动器，自行设计制作旋转工作台及工装夹具[1]。结果是，采用立式加工中心带四轴加工壳体臂轴孔系，同轴度检查完全符合图样ϕ0.05mm的要求，同时加工效率明显提升，完全能够满足高质量加工要求。

2　两种壳体臂轴孔系加工工艺路线对比

（1）方案1　壳体臂轴孔系采用立式加工中心加工，工艺路线是：面铣刀加工平面→复合粗镗刀加工ϕ75mm孔、ϕ45mm孔、ϕ43mm孔和ϕ35.1mm孔→精镗刀加工ϕ75mm孔→精镗刀加工ϕ45mm孔→精镗刀加工ϕ43mm孔→精镗刀加工ϕ35.1mm孔→大长径比成形铣刀加工双密封槽→拆下壳体在专用车床上加工ϕ45mm台阶孔[2]。

（2）方案2　壳体臂轴孔系采用带四轴的立式加工中心加工，工艺路线是：面铣刀加工平面→复合粗镗刀加工ϕ75mm孔、ϕ45mm孔、ϕ43mm孔→精镗刀加工ϕ75mm孔→精镗刀加工ϕ45mm孔→精镗刀加工ϕ43mm孔→四轴旋转180°→粗镗刀加工ϕ35.1mm孔→精镗刀加工ϕ35.1mm孔→成形铣刀加工双密封槽→粗镗刀加工ϕ45mm台阶孔→精镗刀加工ϕ45mm台阶孔[3]。

通过方案1和方案2两种加工工艺路线对比，壳体臂轴孔系加工的优缺点主要表现如下。

1）采用方案1加工时，由于双密封槽的加工需要一次装夹，从大孔方向进刀才能提高同轴度精度，所以成形铣刀长径比达到了10倍径，因此加工密封槽，同轴度ϕ0.05mm合格率仅约85%。此外，专用双密封槽成形铣刀成本高，加工寿命也相对较短。而采用方案2加工时，可采用四轴旋转工作台旋转180°分两端进刀加工，所以成形铣刀长径比只需要3倍径，刀具刚性好，加工效率明显提升，同时刀具成本也会下降。旋转工作台的重复定位精度为6″，工件长度＜200mm，加工壳体零件时旋转定位精度为0.003mm，因此加工密封槽时，可以保证同轴度ϕ0.05mm，加工质量稳定。

2）采用方案1加工时，需要用立式加工中心和车床两台设备，加工零件需二次装夹，操作人员劳动强度大。此工序成为整条生产线的瓶颈工序，直接影响整条生产线生产节拍。而采用方案2加工时，可在立式加工中心上一次加工完成，加工时效率和采用卧式加工中心一次性加工效率相当，不再成为生产瓶颈工序。

通过以上两个方案的对比，我们认为方案2是既能保证壳体零件加工质量，又比较经济适用的最佳工艺方案。

3　四轴加工壳体零件臂轴孔系设计方案

根据壳体臂轴孔系的特征，该四轴立式加工中心加工机床布局为：立式加工中心工作台上安装四轴转台及二工位镗铣夹具，如图3所示。

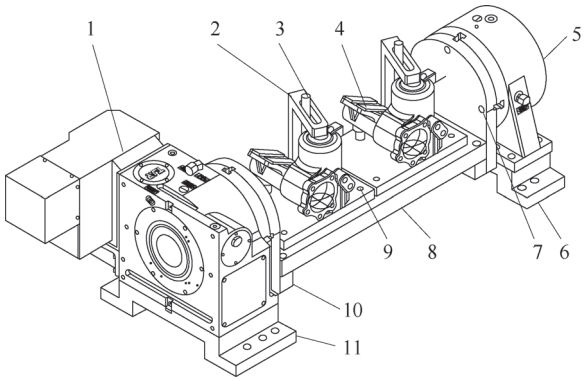


图3　四轴立式加工中心加工机床布局

1—数控分度头　2—压板　3—压紧螺杆　4—壳体零件
5—圆盘尾座　6—尾座底座　7—连接盘　8—桥板
9—壳体镗铣夹　10—横板　11—分度头底座

四轴转台及二工位镗铣夹具采用的设计方案是：首先选用HR-320N-K数控分度头1，该分度头采用大孔径径轴双向轴承设计，当整体采用卧式布局时与RTH-320-K圆盘尾座5配合使用，最大工作载荷高达350kg，整个转台最大转速为25r/min，可实现高效快速分度。接着根据加工壳体零件的大小确定四轴转台的设计旋转中心高度，通过分度头底座11和尾座底座6分别紧固安装在数控分度头1和圆盘尾座5的下面，同时平放在工作台上，通过整体调整后紧固在工作台上，从而保证理论设计高度实现，并保证数控分度头1与圆盘尾座5的旋转中心同轴。数控分度头1和圆盘尾座5的圆形工作台上分别安装了一个连接盘7，两个连接盘7上分别各装有1个横板10。桥板8安装在两个横板10的上面。通过校正紧固后四轴转台即安装完毕。最后就是根据加工产品的需要安装上两个相应型号的工装夹具，如图4所示。

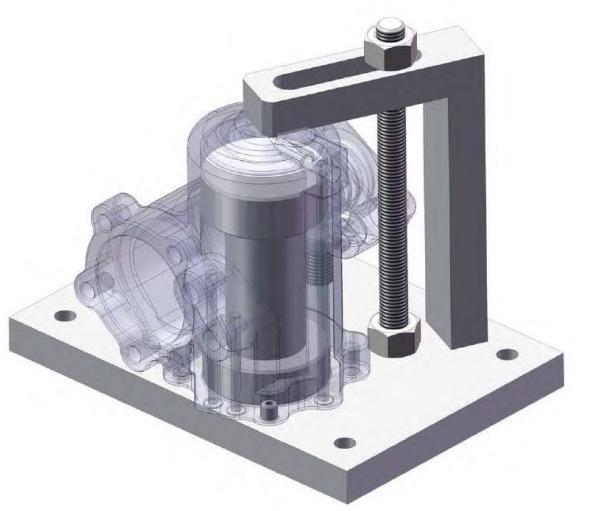


图4　工装夹具示意

壳体镗铣夹9上装有主定位心轴和1个定位销，壳体零件4装入后实现一面两销完全定位。通过压紧螺杆3上的螺母作用，借助压板2产生的压紧力将壳体零件4压紧在壳体镗铣夹9上。加工时通过四轴转台的旋转，实现壳体臂轴孔系正反两面加工，壳体零件臂轴孔系在立式加工中心上一次装夹全部加工完成[4]。

4　四轴加工壳体臂轴孔系经济性分析

新工艺方案通过投入7.8万元，在立式加工中心上加装了一套四轴机构。解决了轻型转向器壳体零件臂轴孔系的生产难题，同时也收到可观的经济效益。

1）采用四轴立式加工中心加工壳体零件臂轴孔系，工艺优化后同轴度控制在ϕ0.02～ϕ0.04mm，符合图样的ϕ0.05mm要求。同时解决了轻型系列产品壳体零件加工时密封槽同轴度合格率仅为85%的问题。

2）在三轴立式加工中心上粗、精加工壳体臂轴孔系时间为18.7min/件，还需上车床加工完工。新工艺四轴立式加工中心上粗、精加工壳体臂轴孔系时间为15min/件，效率可提高19.7%。通过推广使用解决了产能提升的问题，同时满足客户交付需求。

3）壳体臂轴孔系加工工艺优化后，采用的壳体臂轴孔系双密封槽刀每支200元，最少可加工1200件，单件成本0.16元/件。工艺优化前，壳体臂轴孔系双密封槽刀由于刀具长径比大，需分三刀加工，加工时间长，每支最多加工1000件，采购价每支450元，单件成本0.45元/件，新工艺可节约刀具成本0.29元/件。两方案费用清单见表1。

表1　两方案费用清单

序号	项目	三轴立式加工中心	四轴立式加工中心	节约	备注
1	加工节拍/min	18.7	15	3.7	单机
2	人工工资/（元/件）	3.25	2.61	0.64	单件
3	刀具成本/（元/件）	0.45	0.16	0.29	单件
4	其他消耗/（元/件）	3.97	3.18	0.79	折旧水电等
5	质量提升/mm	0.04～0.1	0.02～0.04	—	同轴度0.05
6	产能提升/万件	1.4	1.747	0.347	单机/年
7	合计成本/（元/件）	7.67	5.95	1.72	单件
8	设备投入/万元	0	7.8	—	四轴转台投入

从表1可知，单件加工成本可节约 0.64+0.29+0.79=1.72（元/件），按月产该系列壳体20000件计算，全月节约1.72×20000 =3.44（万元）。全年可节约成本3.44×12=41.28（万元），只需不到三个月就可收回投入的加装四轴费用。

5　结束语

该壳体零件通过新四轴加工工艺近一年的应用，加工精度完全能够保证产品的质量要求，并且大大缩短了加工时间，提高了生产效率。轻型转向器壳体零件四轴加工工艺应用取得了显著的综合经济效益，此工艺方案可在具有类似细长内孔零件的高精度加工中推广使用。

参考文献：

[1] 潭佳精密科技股份有限公司. 潭佳精密科技股份有限公司样本[Z]. 15版. 2020.

[2] 李洪. 机械加工工艺手册[M]. 北京：北京出版社，1990.

[3] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2004.

[4] 王绍俊. 机械制造工艺设计手册[M]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，1984.

MW 20250213