铁道车辆用球面下心盘内球面加工工艺解决方案

■ 太原机车车辆配件厂　（山西　030003）　田建忠

摘要：针对铁道车辆用球面下心盘内球面加工问题，通过分别选择普通卧式车床齿轮齿条传动加工工艺、普通卧式车床采用连杆刚性传动机构加工工艺及数控车床编程后自动加工工艺三种手段，对回转体类内球面的加工进行了充分的工艺分析和设计验证，并分析了各方案的优缺点，为合理选择加工方案提供了可靠的理论依据。

球面下心盘是铁路货车转K3型转向架的关键零部件之一，该零件除了连接车体和转向架外，还用于载荷的传递，是整个车辆运行中转向架的回转中心，工作时的受力情况非常复杂，其中内球面的加工质量对车辆的安全、平稳运行具有至关重要的作用。

1. 球面下心盘使用状态分析

球面下心盘是车辆重要的承载件，车辆在运行中，由于受环境、气候以及转向架结构的影响，承受了各种载荷的作用，这些高负荷、强振动、重压力的迭加，对产品的使用性能提出了更高的要求。

球面下心盘在转向架中的安装位置如图1所示。

图2具体显示了球面下心盘在转向架中的安放位置。

2. 球面下心盘结构分析

球面下心盘采用TB/T 2942-B规定的合金钢铸造而成，内表面有$SR198^{-0.2}_{-0.5}$mm的内球面，加工后的表面粗糙度值R_a=6.3μm，是典型的回转体类零件。为了减少摩擦，在球面下心盘内表面通常镶有用高分子合成材料制成的耐磨衬垫。

球面下心盘的具体结构尺寸如图3所示。

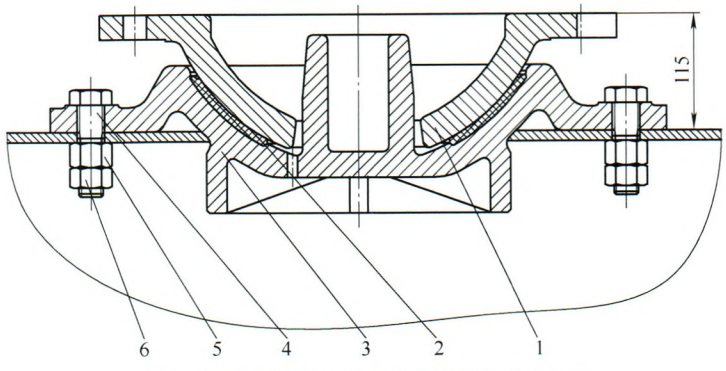


图1　球面下心盘在转向架中的安装位置示意图

1.球面上心盘 2.心盘衬垫 3.球面下心盘 4. M24×90mm六角头螺栓 5. M24螺母（ST2型） 6. M244螺母

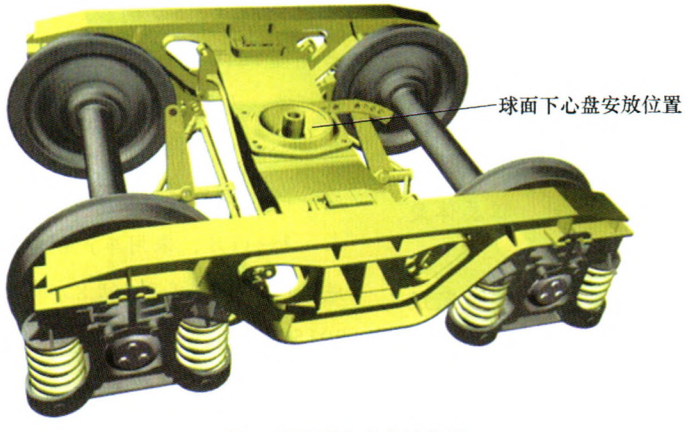


图2　球面下心盘安放位置

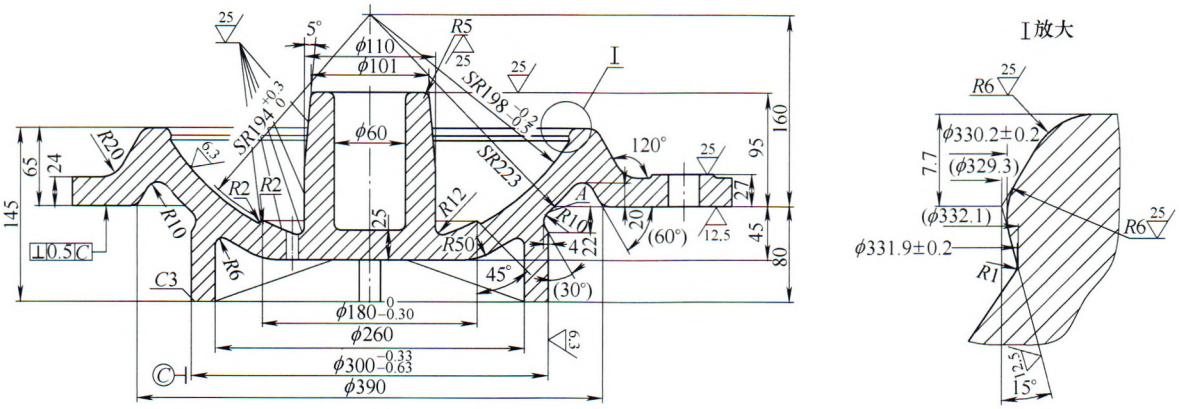


图3　球面下心盘结构尺寸

为了直观地显示出球面下心盘的结构特点，画出其三维结构如图4所示。

根据球面下心盘的结构特点和加工要求，提出3种加工工艺解决方案。

3. 普通卧式车床采用齿轮齿条传动机构加工方案

普通卧式车床采用齿轮齿条传动机构加工原理如图5所示。

该方案通过刀体9尾部锥柄直接装入车床尾座锥孔内，驱动杆11压装在车床刀台上。使用前，需准确调整刀具的初始切入点位置，位置调好后，大溜板及尾座纵向移动锁定。使用时，工件靠三爪自定心卡盘找正位置后夹持，操作横向溜板箱自动进给，由驱动杆和与之联接的齿条10带动齿轮轴8做旋转运动，齿轮轴8同时带动联接的刀杆4一同旋转，通过刀具在水平面内的旋转运动和工件在纵向平面内的旋转运动，二者合成的结果加工出工件的内球面。

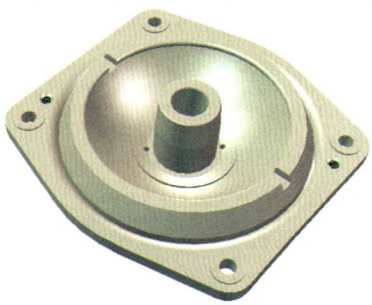


图4　球面下心盘三维结构图

为了提高运动的灵活性，在齿轮轴上安装有两个向心球轴承5，通过挡圈2实现其轴向的定

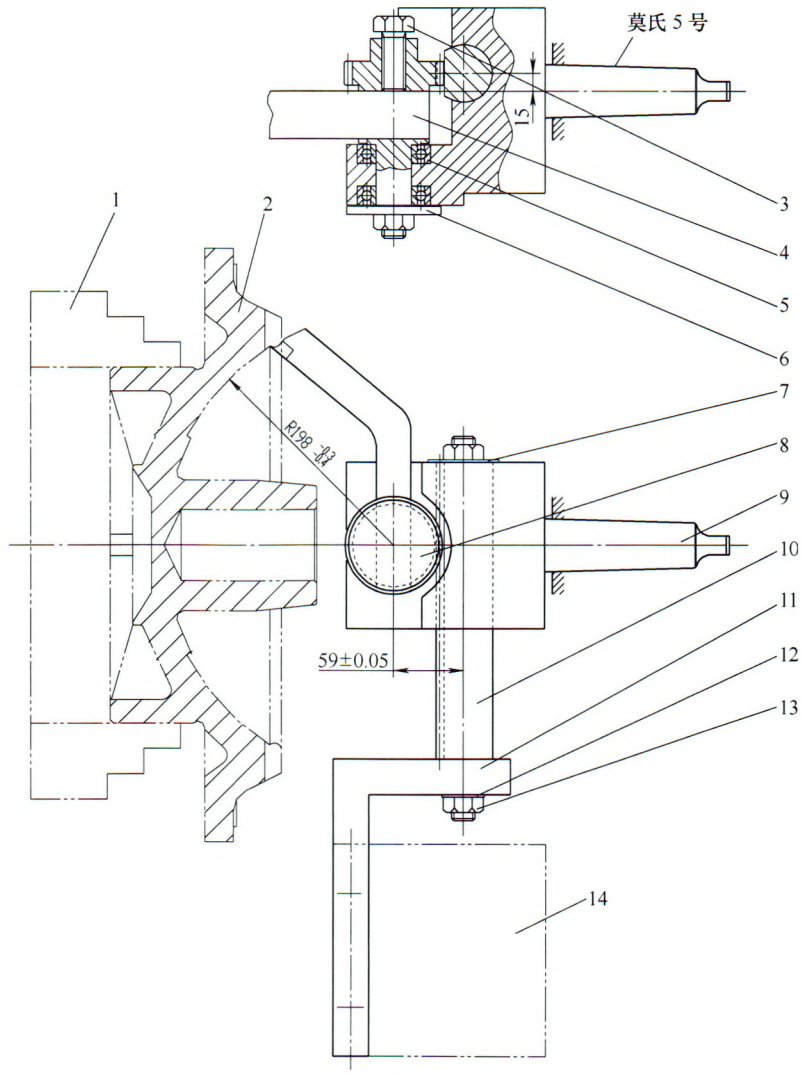


图5　普通卧式车床采用齿轮齿条传动机构加工原理

1.三爪自定心卡盘 2.工件 3. M20×50mm六角头螺栓 4.刀杆 5.向心球轴承206 6.挡圈2 7.挡圈1 8.齿轮轴 9.刀体 10.齿条 11.驱动杆 12.平垫圈20 13. M20六角螺母 14.刀台

位。齿条横向移动时，通过其圆弧部分与刀体内孔的滑动配合，保证了位移的平稳性要求，同时齿条可移动的有效距离应满足内球面弧长的加工轨迹要求。

图6所示为普通卧式车床齿轮齿条传动机构加工球面下心盘内球面时的三维效果图。

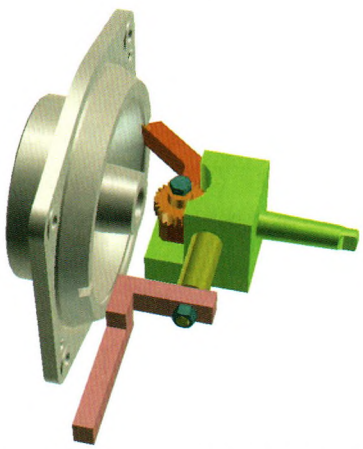


图6　普通卧式车床采用齿轮齿条传动机构加工内球面三维效果图

4. 普通卧式车床采用连杆刚性传动机构加工方案

在普通卧式车床上采用连杆刚性传动机构加工球面下心盘原理如图7所示。

该方案中，工件用三爪自定心卡盘夹持，机床主轴带动工件旋转。固定座12用M12×50mm内六角头螺栓联接在中溜板侧面（中溜板侧面需提前做好螺纹孔），限位板6和下端的固定板（图中未显示）通过M20×110mm六角头螺栓固定在车床轨道上，固定座与连接头之间用连杆10通过销轴11进行联接。为了满足工件内球面$SR198^{-0.2}_{-0.5}$mm的要求，将连杆中心孔距的工艺尺寸控制在$SR198^{-0.3}_{-0.4}$mm范围内。

加工时，对好刀具起始点，中溜板调整为自动走刀进行横向进给，由于存在限位板的缘故，中溜板连同整个刀台的运动轨迹只能绕着固定在连接头8上的销轴11中心做旋转运动，由于连杆中心距与工件内球面圆弧半径尺寸相一致，通过工件的旋转运动与刀具的圆弧切削运动，利用包络法原理在普通卧式车床上加工出内球面。

普通卧式车床采用连杆刚性传动机构加工内球面三维线框图如图8所示。

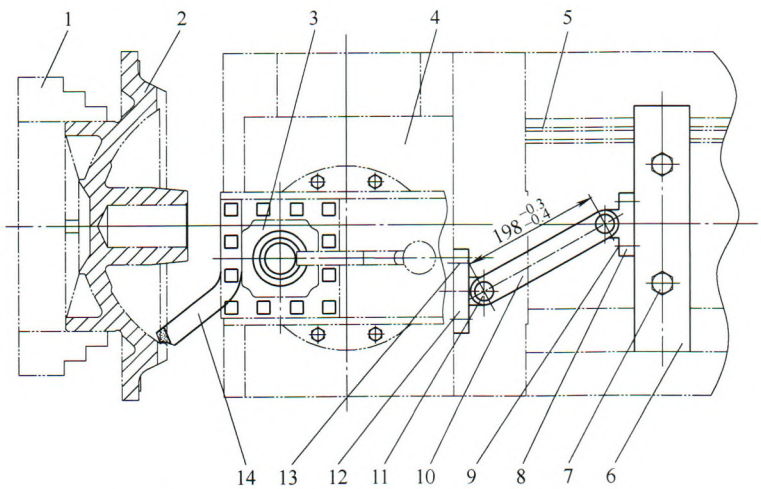


图7　普通卧式车床采用连杆刚性传动机构加工内球面原理

1.三爪自定心卡盘 2.工件 3.刀台 4.中溜板 5.床身 6.限位板 7.M20×110mm六角头螺栓 8.连接头 9. M12×40mm内六角头螺栓 10.连杆 11.销轴 12.固定座 13. M12×50mm内六角头螺栓 14.刀杆

5. 采用数控车床编程后自动加工球面下心盘内球面方案

采用数控车床加工球面下心盘内球面时，选用的数控车床型号为CAK6150C，KND数控系统。加工时用三爪自定心卡盘夹持已提前加工好的$\phi300^{-0.33}_{-0.63}$mm外圆，找正位置后夹紧，切削余量为3mm，一次加工到尺寸要求。

球面下心盘数控加工时需自动换取三次刀，分别是端面车刀、正向镗孔刀及反向镗孔刀。坐标原点的选取如图9所示。

根据加工轨迹生成如下程序：

```
Q0060
M08
T0101
G99 M03 S200
G0 X110 Z0
G01 X80 F0.2
G0 X390 Z2
G0 Z-30
G01 X330 F0.2
G0 X500 Z500
T0202
G0 X346.2 Z-29
G01 Z-30 F0.2
G02 X337 Z-32.9 R6
G01 X334 Z-35.5
G02 X332.6 Z-40.1 R6
G01 X333.8 Z-42.4
G03 X333.6 Z-43.2 R1
G03 X189.2 Z-109.5 R197.65
G03 X184.6 Z-109.1 R2
G01 X182 Z-107.9
G02 X177.4 Z-107.5 R2
G03 X125.8 Z-118.5 R194
G0 W1.0
G0 Z500
G0 X500
```

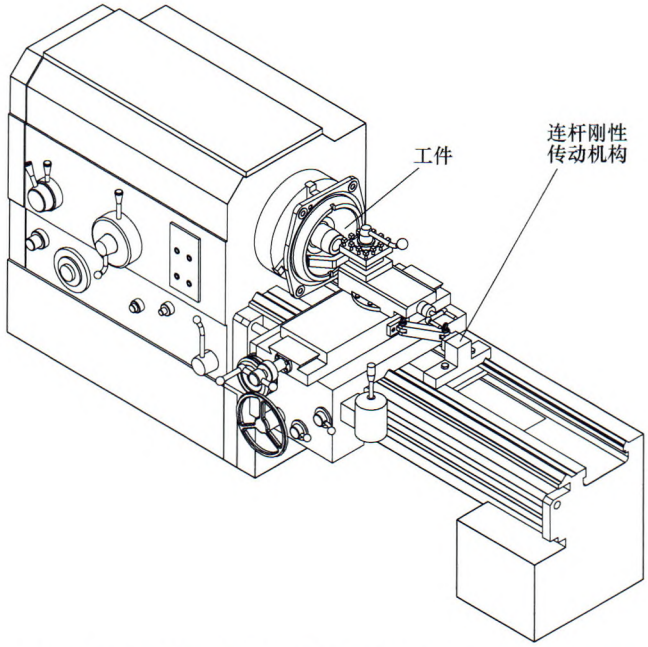


图8　普通卧式车床采用连杆刚性传动机构加工内球面三维线框图

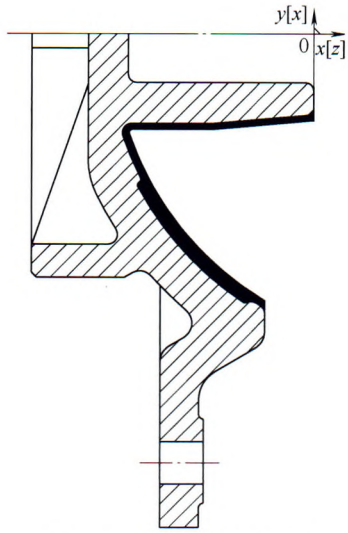


图9　球面下心盘数控加工坐标原点选择位置图

```
T0303
G0 X89.8 Z2
G01 Z0 F0.2
G03 X99.8 Z-4.6 R5
G01 X110 Z-62.7
G01 Z-112.8
G03 X125.8 Z-118.5 R6
G01 U0.5 W0.5
G0 Z 500
M09
M30
```

6. 结语

球面下心盘内球面的加工，选用以上三种工艺方案均可实现要求，具体实施时应根据实际情况合理选择。这三种工艺方案综合分析有以下特点：

（1）普通卧式车床采用齿轮齿条传动机构加工时，仅需制作一套夹具，无需对设备进行改造，使用调整十分方便。缺点是齿轮齿条传动系统的刚性稍差，刀具磨损后直接影响内球面加工精度，因此切削用量不宜选得过大。

（2）普通卧式车床采用刚性连杆传动机构加工时，需在车床中溜板上加工出联接用螺纹孔，调整对刀的时间略长，但由于整个系统的刚性较好，提高了切削时的平稳性，因此可以选用较大的切削用量，为提高生产效率带来益处。该方案是加工内球面，在结构上将连杆刚性传动机构布置在了机床的尾座一侧，如果将其布置在床头箱一侧，则可加工出工件的外球面，使其应用范围进一步扩大。

（3）采用数控编程自动加工球面下心盘内球面，完全靠设备和程序来保证产品质量，此时选用立式数控车床的稳定性会更好。如果企业不具备数控设备，则可选择前两种方案，以最大限度地满足经济性、适用性和规模化生产的需要。

参考文献：

[1] 于惠力，冯新敏. 现代机械零部件设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2013.

[2] 董代进. 数控车床编程与仿真加工[M]. 重庆：重庆大学出版社，2009.

[3] 上海柴油机厂工艺设备研究所. 金属切削机床夹具设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，1984.

MW（收稿日期：20161013）

专家点评

本文以铁道车辆用球面下心盘为例，对内球面的三种加工方法进行工艺分析，突出各自的优缺点，为合理选择加工方案提供了可靠的理论依据。

综合以上三种加工方法，前两种方案需要在普通卧式车床上增加专用工装，调整和对刀的时间较长，适合批量订单的规模化生产，相比之下，采用数控编程自动加工内球面最具优势，可以最大限度地保证产品质量，并满足多规格、小批量产品的柔性化生产需要。