

# 动车组车轴防尘板座与轴承后挡圈检修分析及优化

陆东浩 高敦升 宋东升

(中车青岛四方机车车辆股份有限公司技术工程部, 266111, 青岛//第一作者, 工艺师)

**摘要** 统计CRH380A(L)和CRH380A型动车组的新/旧轴箱轴承后挡圈内径和新/旧车轴防尘板座外径尺寸,以分析车轴报废比例和报废原因。对统计数据进行分析,得到轴箱轴承每次检修退卸后的防尘板座外径尺寸的减少量;对现有检修标准和后挡圈与防尘板座配合过盈量进行分析,提出防尘板座尺寸公差标准的优化方案;根据车轴报废比例和报废原因,得出标准优化后每年检修成本的节约量。通过寿命和成本分析,验证对现有标准进行优化的必要性。

**关键词** 动车组;轴箱轴承;后挡圈;防尘板座;优化

**中图分类号** U270.331<sup>+</sup>.2

**DOI:** 10.16037/j.1007-869x.2020.04.009

**Maintenance Analysis and Optimization of MTU Axle Dust-proof Plate Seat and the Bearing Rear Retaining Ring**  
LU Donghao, GAO Dunsheng, SONG Dongsheng

**Abstract** The statistical analysis of the inner hole size of CRH380A (L) and CRH380A series MTU rear baffle rings, new/old axle box bearings, new/old axle dust-proof seat size, axle scrap ratio and scrap reason is performed. Through probability analysis of data, the reduction of axle dust-proof seat size of axle box bearings after each retraction is obtained. At the same time, the existing maintenance standards, axle box bearing rear baffle ring and scrap reason are also given. The size tolerance of the optimized dust-proof plate seat is obtained by analyzing the interference of the dust-proof plate seat; the annual cost savings after the optimization standard are calculated based on the analysis of the scrap ratio of axles and the causes of scrap; and the necessity of the optimization of the standard is verified by service life and cost analysis.

**Key words** motor train unit; axle box bearing; rear retaining ring; dust-proof plate seat; optimization

**Author's address** CRRC Qingdao Sifang Rolling Stock Co., Ltd., 266111, Qingdao, China

动车组进行高级修时,2%的车轴出现防尘板座外径尺寸超下限的情况。本文通过对现有动车组检修规程<sup>[1]</sup>中的车轴防尘板座、轴承后挡圈的尺寸

分析以及过盈量分析,提出防尘板座外径尺寸下限可以适当放宽的建议。通过对新品、旧品车轴防尘板座、轴承后挡圈的尺寸统计分析,以及车轴防尘板座尺寸满足全寿命周期使用要求分析,得出车轴防尘板座外径优化后尺寸。采用该优化后尺寸可以降低车轴报废率,提升车轴检修效益。

## 1 防尘板座结构

车轴防尘板座结构如图1所示,防尘板座与轴承后挡圈的装配如图2所示。轴承后挡圈与车轴防尘板座采用过盈配合,基轴制安装。安装过程中,需要严格控制车轴防尘板座外径尺寸(以下简称“防尘板座尺寸”)和轴承后挡圈内径尺寸(以下简称“后挡圈尺寸”)。NTN轴承的后挡圈尺寸及防尘板座尺寸要求如表1所示。

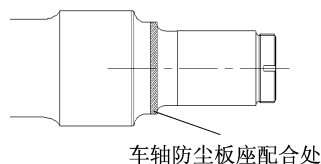


图1 车轴防尘板座结构图

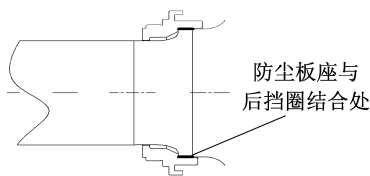


图2 防尘板座与后挡圈装配图

表1 NTN轴承后挡圈及防尘板座尺寸要求

名称	新品	旧品(检修时)
后挡圈尺寸/mm	164.940~165.000	164.940~165.010
防尘板座尺寸/mm	165.100~165.125	165.100~165.125
后挡圈与车轴过盈量/mm	0.100~0.185	0.090~0.185

注:数据来源于动车组检修规程<sup>[1]</sup>

## 2 现行检修标准分析

由过盈量的定义<sup>[2]</sup>可知:最大过盈量=防尘板座最大轴径-后挡圈最小孔径;最小过盈量=防尘板座最小轴径-后挡圈最大孔径。车轴防尘板座与轴承后挡圈的新/旧品互相配合时,其配合过盈量要求如表2所示。

表2 车轴防尘板座与轴承后挡圈配合过盈量要求

防尘板座	过盈量/mm	
	后挡圈新品	后挡圈旧品
新品	最大0.185;最小0.100	最大0.185;最小0.090
旧品	最大0.185;最小0.100	最大0.185;最小0.090

注:数据来源于动车组检修规程<sup>[1]</sup>

计算过盈量时使用的数值均为最值。由统计学知<sup>[3]</sup>,零部件加工尺寸符合正态分布,即零部件的尺寸并非最值。最值在统计学和概率学中可以定义为小概率事件。由此可知,后挡圈尺寸并非最值,通过后挡圈、防尘板座尺寸及二者的过盈量便可以重新计算防尘板座最小轴径。

## 3 后挡圈尺寸统计分析

按要求分批次统计60套新品轴承后挡圈尺寸,统计128套以上检修合格的轴承后挡圈尺寸(列车运行120万km)。

### 3.1 新品后挡圈尺寸概率分布

根据新品轴承数据,拟合出的轴承后挡圈尺寸的概率分布曲线如图3所示。由图3可知,新品后挡圈尺寸大于164.979 mm的概率为0.05,为小概率事件。

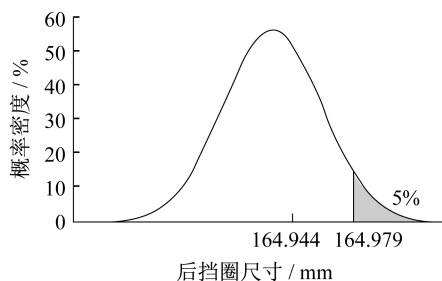


图3 新品轴承后挡圈尺寸概率分布

### 3.2 旧品后挡圈尺寸概率分布

根据旧品轴承数据,拟合出的轴承后挡圈尺寸的概率分布曲线如图4所示。由图4可知,旧品后挡圈尺寸大于165.001 mm的概率为0.13,大于165.002 mm的概率为0.05,为小概率事件。

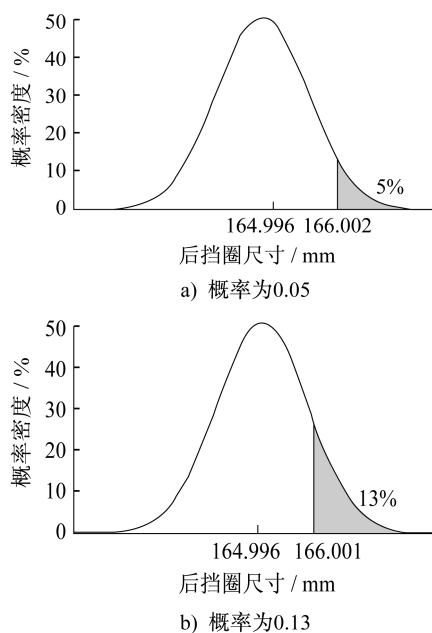


图5 旧品后挡圈尺寸概率分布

根据防尘板座和后挡圈的新旧情况,给出的防尘板座最小尺寸的计算公式如下:旧品防尘板座最小轴径=旧品最小过盈量+新品后挡圈最大孔径;旧品防尘板座最小轴径=旧品后挡圈最大孔径+旧品最小过盈量。实测结果如表3所示,其概率分布如表4所示。

表3 防尘板座最小尺寸实测值

名称	新品后挡圈		旧品后挡圈	
	新车轴	旧车轴	新车轴	旧车轴
防尘板座最小轴径/mm	165.079	165.069	165.092	165.092

注:数据来源于动车组检修测量数据

表4 防尘板座及后挡圈尺寸实测值分布

名称	后挡圈尺寸/mm	旧品防尘板座尺寸/mm	发生概率/%	备注
新品轴承后挡圈	>164.979	>165.069	5	小概率事件
旧品轴承后挡圈	>165.002	>165.092	5	小概率事件
旧品轴承后挡圈	>165.001	>165.091	13	

注:数据来源于动车组检修测量数据

根据检修实际情况,建议将防尘板座最小轴径调整优化为165.091 mm,防尘板座尺寸优化后与后挡圈的配合情况如表5所示。根据以上统计分析可知,若轴承后挡圈大量更换新品,防尘板座尺寸可由165.100 mm降低至165.079 mm。

表5 防尘板座最小轴径调整后配合情况

防尘板座最小轴径/mm	新品后挡圈	旧品后挡圈
165.091	全部满足要求	87%满足要求,其余需要选配

#### 4 防尘板座尺寸统计分析

收集1 000个新品E27型车轴的防尘板加工尺寸,统计其中251个首轮五级修(即进行两次轴箱轴承退卸)车轴防尘板座的检修尺寸。

##### 4.1 寿命统计

1 000个新品E27型车轴防尘板座尺寸统计如表6所示,251个首轮五级修车轴防尘板座检修尺寸统计如表7所示。防尘板座尺寸的平均值及轴箱轴承退卸一次的防尘板座尺寸变化量如表8所示。

表6 新品E27型车轴防尘板座尺寸统计表

数量/个	均值/mm	均值误差/mm	标准差/mm	最小值/mm	中位数/mm	最大值/mm
1 000	0.120 00	0.000 13	0.004 20	0.107 00	0.120 00	0.125 00

注:所有数据均为165 mm以后的小数部分;数据来源于动车组新造测量数据

表7 首轮五级修车轴防尘板座检修尺寸统计表

数量/个	均值/mm	均值误差/mm	标准差/mm	最小值/mm	中位数/mm	最大值/mm
251	0.116 00	0.000 24	0.003 80	0.106 00	0.116 00	0.125 00

注:所有数据均为165 mm以后的小数部分;数据来源于动车组检修测量数据

表8 防尘板座尺寸的平均值及退卸一次变化量

新品防尘板座尺寸/mm	首轮五级修防尘板座尺寸/mm	退卸一次后承防尘板座尺寸变化量/mm
165.120 00	165.116 00	0.002 00

注:数据来源于动车组新造测量数据

车轴防尘板座检修的尺寸下限为165.100 mm,新品车轴防尘板座可经受退卸 $(165.120\text{ mm}-165.100\text{ mm})/0.002\text{ mm}=10$ 次。轮对全寿命周期内顺次检修新品车轴防尘板座理论上可以使用到五轮五级修,但实际上轮对由于车轮轮径值超限、轴箱轴承超温/甩脂、齿轮箱异常等原因,大量车轴会短时间内完成10次退卸,使车轴提前达到检修极限值,造成车轴报废。

##### 4.2 旧品防尘板座尺寸分布

实际检修过程并不完全按照理论推算的减少值依次递减,有部分车轴由于防尘板座处有划伤或锈蚀等原因需要进行修复,由此加速了车轴防尘板

座部分尺寸减少的速度。

251个首轮五级修车轴防尘板座检修尺寸如图6所示。由图6可知,有5%的检修车轴防尘板座尺寸小于165.106 mm。理论上每退卸一次,轴箱轴承防尘板座直径减小0.002 mm,即上述车轴防尘板座在进行 $(165.106\text{ mm}-165.100\text{ mm})/0.002\text{ mm}=3$ 次轴承退卸后,防尘板座尺寸即达到检修下限,需要进行报废处理。

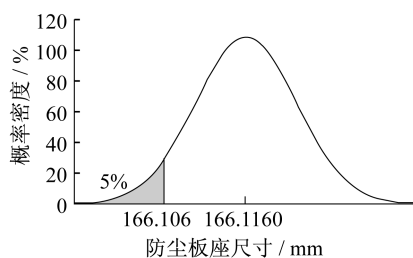


图6 首轮五级修车轴防尘板座尺寸分布概率

##### 4.3 新品防尘板座尺寸分布

新品车轴防尘板座尺寸平均值为165.120 mm,但由于公差带的要求及加工过程的偶然性因素,导致有部分车轴防尘板座尺寸远小于平均值。

新品车轴防尘板座尺寸分布如图7所示。由图7可知,有5%的新品车轴防尘板座尺寸小于165.111 mm,上述车轴防尘板座在进行 $(165.111\text{ mm}-165.100\text{ mm})/0.002\text{ mm}=5.5$ 次轴承退卸后,防尘板座即达到检修下限,需要进行报废处理。

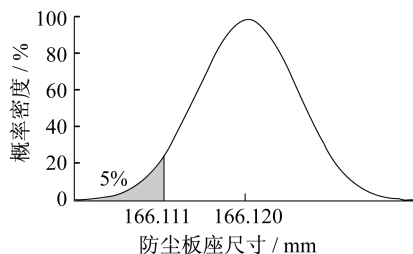


图7 新品车轴防尘板座尺寸分布概率

##### 4.4 5%新品防尘板座尺寸分析

由图7可知,有5%的新品车轴防尘板座尺寸小于165.111 mm。通过该部分防尘板座尺寸的统计可知,该部分防尘板座的平均值为165.109 mm。根据目前动车组运营情况,预计每一轮对在全寿命周期中退卸11次轴箱轴承。为保证车轴在全寿命周期中不因为防尘板座尺寸超限问题而报废,车轴防尘板座尺寸的下限值应调整为: $165.109\text{ mm}-0.002\text{ mm/次}\times 11\text{次}=165.087\text{ mm}$ 。

#### 4.5 防尘板座使用寿命

通过上述分析,得出的各种情况下的车轴防尘板座使用寿命如表9所示。通过上述分析证明,放宽车轴防尘板座检修下限尺寸到165.087 mm,可以保证所有新造和检修的车轴在全寿命周期中不因防尘板座尺寸超限而报废。

表9 车轴防尘板座使用寿命

类型	尺寸/mm	报废前可退卸 次数(下限)	报废前可退卸 次数(下限)
		165.100 00 mm)	165.087 00 mm)
新品车轴防尘板座	165.120 (平均值)	10.0	16.5
5%新品车轴防尘板座	<165.111	5.5	12.0
5%首轮五级修车轴防尘板座	<165.106	3.0	9.5

注:数据来源于动车组新造时的测量数据

#### 5 成本核算

通过对车轴全寿命周期数据的统计分析,可知车轴报废比例为14.3%。报废原因主要有:大齿轮座、防尘板座、轮座和轴颈等尺寸超差(见图8),其中防尘板座故障在各修程的占比如图9所示。车轴防尘板座的故障记录如图10所示。

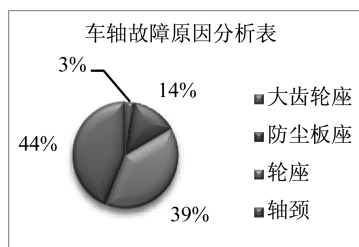


图8 车轴报废原因分布

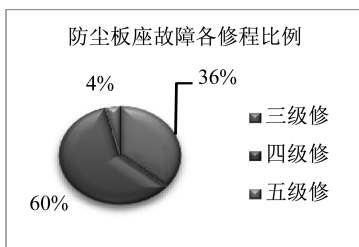


图9 防尘板座故障在各修程的占比

防尘板座尺寸降低至165.091 mm后,所有故障车轴均可以仍旧使用。根据未来2年的检修入车计划可知,380型动车组车轴预计共入厂30 112条,则因防尘板座故障报废的车轴为602条,其中三级修报废217条,四级修报废361条,五级修报废24条。若不考虑必换零部件、小价值物料等的费用,则三、四级修的

车轴及轴承物料费用为39 982 216元,五级修的费用为1 086 312元,平均每年更换车轴的物料费用共计20 534 264元。

图10 车轴防尘板座的故障记录

#### 6 结论

1) 通过对轴承后挡圈尺寸的统计分析,以及对轴承后挡圈与车轴防尘板座配合过盈量的分析可知,车轴防尘板座尺寸可调整为165.091 00。此项调整预计每年可节省检修费用2 000多万元。

2) 轴承后挡圈可以单独更换,不要求原位原装,且轴承后挡圈的价值远小于车轴价值,故在保证轴承后挡圈与车轴防尘板座正常的配合过盈量基础上,车轴防尘板座尺寸公差可进一步放宽。

3) 根据现有运营经验,轮对全寿命周期中预计退卸轴箱轴承11次,车轴防尘板座检修尺寸下限达到165.087 00 mm时,可保证所有新造和检修的车轴在全寿命周期中不因防尘板座尺寸超限而报废。

本文通过对车轴防尘板座尺寸及轴承后挡圈尺寸的统计分析,优化了车轴防尘板座的尺寸公差,这为过盈配合类零部件提供了一种优化检修标准的思路,车轴的轴颈、轮座、大齿轮座、挡油环座、集电环座均可采用上述思路进行检修标准优化,以期降低检修费用。

#### 参考文献

- [1] 中国铁路总公司. 和谐2C二阶段/380A(L)型动车组五级检修规程: 铁总运[2014]16号[S]. 北京:中国铁路总公司,2014.
- [2] 张秀娟. 互换性与测量技术基础[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,2018.
- [3] 陈希孺. 概率论与数理统计[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2009.

(收稿日期:2019-05-25)