

某和谐号动车组运营中轮对内侧距变化规律研究

王安国<sup>1</sup> 陈朝<sup>1</sup> 崔立通<sup>2</sup> 徐志龙<sup>1</sup> 毕浩棋<sup>1</sup>

(1. 中车长春轨道客车股份有限公司质量保证部, 130062, 长春;  
2. 中车长春轨道客车股份有限公司国家轨道客车工程研究中心, 130062, 长春//第一作者, 正高级工程师)

**摘要** 轮对内侧距是保证动车组运营中动力学性能稳定和运营安全的重要参数。通过该参数的大样本分析发现,运营中的某和谐号动车组轮对内侧距存在明显的变化规律,轮对微动、轮辋碾宽、辐板微变形等因素是引发轮对内侧距变化的主要原因。为保证动车组正常、安全运营,轮对运用修及高级检修时,需按要求检测轮对内侧距,超出标准要求时应及时更换轮对或对其进行检修。

**关键词** 和谐号动车组; 轮对; 内侧距

**中图分类号** U266.2; U270.331

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2022.02.016

**Study on the Change Law of Wheelset Inner Distance in the Operation of Harmony EMU**  
WANG Anguo, CHEN Zhao, CUI Litong, XU Zhi-long, BI Haoqi

**Abstract** Wheelset inner distance is an important parameter to ensure the stability of dynamic performance and operation safety of EMU. Through large sample analysis of the parameter, the inner distance of a Harmony EMU wheelset in operation has obviously change rules, which are caused mainly by wheelset fretting, rim rolling width and plate deformation. To ensure the normal and safe operation of EMU, the wheelset inner distance should be inspected as required during preventative maintenance and overhaul, wheelsets that exceed the requirements should be replaced timely or repaired.

**Key words** Harmony EMU; wheelset; inner distance

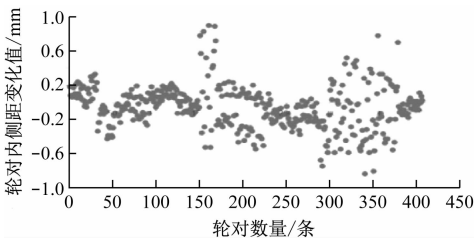
**First-author's address** Quality Assurance Department, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

动车组轮对承担车辆的全部质量,在轨道上高速运营时,承受着车体、钢轨传递来的各种作用力,是动车组走行部的重要部件。轮对内侧距是轮对两轮缘的内侧距离,是保证动车组安全通过曲线和辙叉的重要因素,合格的内侧距还能减小轮缘磨损、实现自动对中。轮对内侧距直接影响着行车安

全和运营平稳性<sup>[1]</sup>。某和谐号动车组最高运营速度为380 km/h,轮对内侧距在该动车组运营过程中是否发生变化及其变化幅度对动车组运营十分重要。轮对内侧距变化规律研究可为轮对运用修、高级修提供必要的参考,保证动车组运营安全。

1 和谐号动车组轮对内侧距数据统计

选取13列配属不同铁路局的和谐号动车组,运营时间为9~13个月。调取其连续2次车轮镟修时的轮对内侧距数据并进行对比,如图1所示。共计检测了407条轮对。



注:2次车轮镟修均在所配属铁路局的相同设备上完成;纵坐标负值表示内侧距变化值减小,正值表示内侧距变化值增大。

图1 连续2次车轮镟修的轮对内侧距变化数据散点图

Fig.1 Scatter diagram of wheelset inner distance change data in continual twice lathing

2 和谐号动车组轮对内侧距数据分析

将该和谐号动车组轮对内侧距变化数据生成频率直方图,如图2所示。

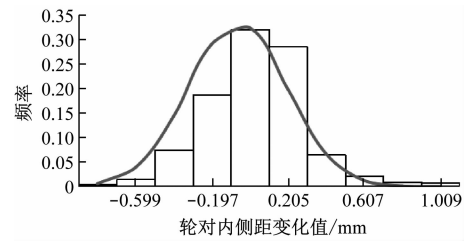


图2 轮对内侧距变化值频率直方图

Fig.2 Frequency histogram of wheelset inner distance variation

经统计,该和谐号动车组轮对内侧距变化值在  $[-0.40 \text{ mm}, 0.40 \text{ mm}]$  范围内的轮对共计 352 条,占比 86.5%;轮对内侧距变化值在  $-0.40 \text{ mm}$  以下的轮对共计 39 条,占比 9.6%;轮对内侧距变化值在  $0.40 \text{ mm}$  以上的轮对共计 16 条,占比 3.9%。

将该和谐号动车组轮对内侧距变化值(绝对值)的 407 个数据随机分组,每 30 个数据为 1 组,共 13 组(对剩余不足 1 组的 17 个数据舍弃)。因数据为随机分组,且分组结果不唯一,现仅将本文分组数据的平均值列出,如表 1 所示。如果轮对在运营过程中内侧距未发生变化,则表 1 中数据的均值  $\mu_D = 0$ ;若轮对内侧距发生变化,则  $\mu_D > 0$ 。

表 1 轮对内侧距变化随机分组均值

Tab. 1 Random mean value of wheelset inner distance variation

组号	轮对内侧距变化绝对值 均值/mm	组号	轮对内侧距变化绝对值 均值/mm
1	0.19	8	0.17
2	0.28	9	0.16
3	0.22	10	0.19
4	0.20	11	0.19
5	0.18	12	0.25
6	0.26	13	0.17
7	0.15		

### 3 轮对内侧距假设检验

根据中心极限定理,定义均值为  $\mu$ 、方差为  $\sigma^2 > 0$  的独立同分布的随机变量  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  的算术平均值  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$ 。当样本量  $n$  足够大时,  $|D_i|$  ( $|D_i|$  为随机分组绝对值均值的样本) 近似服从正态分布,即  $|D_i| \sim N(\mu_D, \sigma_D^2)$ , 其中  $\mu_D$  为  $|D_i|$  的均值,  $\sigma_D^2$  为  $|D_i|$  的方差。若轮对运营 9~13 个月内侧距无明显差异 ( $H_0$ ), 则  $\mu_D = 0$ ; 若轮对内侧距有明显差异 ( $H_1$ ), 则  $\mu_D > 0$ 。对轮对内侧距进行假设检验如下:

$$\left. \begin{aligned} H_0: \mu_D &= 0 \\ H_1: \mu_D &> 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

定义  $|D_1|, |D_2|, \dots, |D_{13}|$  的样本均值为  $\bar{d}$ , 样本方差为  $S_D^2$ , 样本量  $n$  为 13, 显著性水平  $\alpha$  为 0.005。采用  $t$  分布对轮对内侧距进行检验。

轮对内侧距变化值检验统计量  $t$  为:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_D / \sqrt{n}} \quad (2)$$

$t$  的拒绝域为:

$$t \geq t_{\alpha}(n-1) \quad (3)$$

通过计算,  $t = 18.030 0 > 3.054 5$ , 说明  $t$  值落入拒绝域内, 故轮对内侧距无明显差异,  $\mu_D = 0$ 。由此说明存在 99.5% 的概率认为该和谐号动车组轮对在运营 9~13 个月内侧距会产生明显变化。

## 4 轮对内侧距变化原因分析

### 4.1 轮对微动

动车组轮对运营过程中, 受车上载荷影响, 车轴有弯曲倾向, 车轴轮座表面内端和外端压扁区位置都是微动点产生的地方, 如图 3 所示。由于车轴弯曲作用压扁区对称区域的中间区域应力很大, 因此, 车轴和车轮接触面之间的应力会分布不均, 两侧会产生集中挤压内应力。车轴轮座表面强度要大于车轮内表面强度, 因此, 在相同交变应力作用下轮毂内表面变形要小于车轴轮座表面的变形。随着车轮的运营, 车轮与车轴间会发生微小的、持续的差值, 这种微小往复的变化就是微动<sup>[2]</sup>。试验研究表明, 两部件均过盈装配, 当轮对的弯曲力超过压装力的 0.6% 时, 即会产生微动<sup>[3]</sup>; 当轮对承受载荷越大, 运营速度越高, 车轮与车轴的微动幅度则越大。

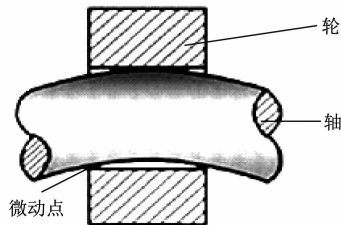


图 3 轮轴微动示意图

Fig. 3 Diagram of wheel-axle fretting

### 4.2 车轮轮辋碾宽

动车组轮对运营过程中, 根据轮轨接触状态进行受力分析得到: 车轮所受最大应力位于车轮踏面次表层; 横向范围在接触点 12 mm 内时, 深度为 4~8 mm。该应力会使踏面近表面金属材料产生塑性变形, 产生轮辋碾宽。车轮轮辋碾宽如图 4 所示。运营线路的不平顺及导向轮的变形会加剧轮辋碾宽的产生, 而轮辋碾宽也会导致轮对内侧距发生变化。

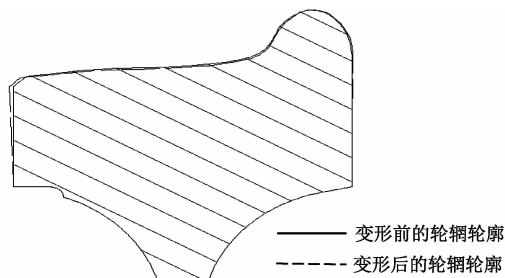


图4 车轮轮辋碾宽示意图

Fig.4 Diagram of wheel rim rolling width

### 4.3 车轮辐板变形

轮对运营过程中,车轮由于高速旋转,其固有频率与静止状态下的车轮不同。车轮在受到离心力的情况下,固有频率在0~300 Hz范围内时,车轮表现为摆动或横移,基本不变形;固有频率在300 Hz以上时,车轮开始出现扭摆、弯曲等复杂变形,且车轮辐板及踏面处最易发生变形<sup>[4]</sup>。车轮辐板变形也会导致轮对内侧距发生变化。

## 5 轮对内侧距变化及预防措施

通过数据分析和理论分析发现,轮对内侧距变化是动车组正常运营的结果。根据相关技术条件,轮对内侧距变化值在合理范围内不会影响行车安全。动车组运用修时,应检测轮对内侧距,若其超出规范要求时,应及时更换轮对。动车组高级检修时,应按照相关要求检测轮对内侧距,若其超出标准要求时,应进行更正性检修。

(上接第64页)

## 6 结语

本文调研了齿轨列车的应用现状,并根据实际需求,提出齿轨列车动力分配方法,设计了齿轨列车主电路拓扑。可为后续齿轨列车动力分配提供详细的计算支撑。

## 参考文献

- [1] 蔡向辉,张乾,贺天龙. 张家界七星山齿轨铁路轨道技术研究[J]. 铁道标准设计,2020(7):76.  
CAI Xianghui, ZHANG Qian, HE Tianlong. Research on track

## 6 结语

和谐号动车组轮对内侧距变化是其正常运营的结果。轮对微动、轮辋碾宽及辐板变形是导致该动车组轮对内侧距变化的因素。在动车组运用修及高级检修时,应检测轮对内侧距,超出标准要求时应按相关规定进行处置。

## 参考文献

- [1] 严隽毫,傅茂海. 车辆工程[M]. 北京:中国铁道出版社,2008:37.  
YAN Junmao, FU Maohai. Vehicle engineering[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2008:37.
- [2] 宋宏军. 高速重载列车运行过程中轮对过盈配合面微动行为研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2016:4.  
SONG Hongjun. Study on the fretting behavior of interference fit surfaces of wheel set in high-speed heavy-duty train running process[D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2016:4.
- [3] SOSA G U, HILLS D A, SACKFIELD A. A shrink-fit peg subject to bending and shearing forces[J]. Journal of Strain Analysis for Engineering,1999, 34(1): 23.
- [4] 李艳敏,叶小奔. 基于ANSYS的动车车轮模态分析[J]. 装备制造技术,2014(11):96.  
LI Yanmin, YE Xiaoben. ANSYS-based modal analysis of high-speed train wheels[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2014(11):96.

(收稿日期:2021-08-25)

technology of Qixing Mountain Rack Railway in Zhangjiajie[J]. Railway Standard Design,2020(7):76.

- [2] 尚勤,李廉枫,涂旭. 国外齿轨铁路技术的发展及运用[J]. 机车电传动,2019(7):9.  
SHANG Qin, LI Lianfeng, TU Xu. Development and application of foreign cog railways and rack vehicles[J]. Electric Drive for Locomotives,2019(7):9.
- [3] 沈健. 山地齿轨旅游交通系统技术及应用研究[J]. 机械工程与自动化,2020(4):222.  
SHEN Jian. Research on technology and application of mountainous rack tourism transportation system[J]. Mechanical Engineering & Automation,2020(4):222.

(收稿日期:2021-08-25)