

上海轨道交通 1 号线 01A07 型列车车轮轮缘异常磨耗分析

马静静

(上海地铁维护保障有限公司车辆分公司,上海,200237//工程师)

摘 要 上海轨道交通 1 号线 01A07 型列车车轮存在轮缘异常磨耗情况,既影响列车运行安全,又增加维修成本,需研究解决车轮轮缘异常磨耗问题。基于上海轨道交通 1 号线 01A07 型列车轮缘实测数据,分析了该型列车的轮缘厚度和轮缘综合值,分析结果表明,该型列车车轮的主要磨耗为轮缘磨耗,且左右车轮轮缘磨耗不均匀,左侧磨耗较右侧严重。基于轮缘厚度、轮缘高度、轮径和运营里程构建了 Kriging 模型,并用该模型对车轮各参数进行预测,结果表明,该模型能对车轮参数进行预测,预测结果具有一定的理论参考性,但模型是在理想状况下进行拟合的,且拟合的样本本身存在一定误差,因此个别预测数据误差较大,整体预测精度待提高。最后给出了改善车轮偏磨现象和解决模型预测精度问题的建议。

关键词 城市轨道交通; 车轮磨耗; 轮缘厚度; 轮缘综合值; Kriging 模型

中图分类号 U279.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.S1.014

Analysis of Wheel Flange Abnormal Wear of Shanghai Rail Transit Line 1 01A07-type Train

MA Jingjing

Abstract The wheel flange abnormal wear of Shanghai Rail Transit Line 1 01A07-type train not only affects train operation safety but also increases maintenance costs. Therefore, it is necessary to study and solve the wheel flange abnormal wear problem. Based on the field-measured data of Shanghai Rail Transit Line 1 01A07-type train wheel flanges, the wheel flange thickness and the wheel flange comprehensive value of this train type are analyzed. Analysis results show that the main wear of the this type of train wheel is flange wear, and the left and right wheel flanges are unevenly worn, with the left side more severely worn than the right side. A Kriging model is constructed based on the flange thickness, flange height, wheel diameter, and operating mileage, and the model is used to predict various wheel parameters. The results show that the model can predict wheel parameters, and the prediction results have a

level of theoretical reference value. However, the model is fitted under ideal conditions, and the samples used for fitting have some degree of errors. So few predicted data may have large errors, and the overall prediction accuracy needs to be improved. Finally, suggestions are given for improving the phenomenon of uneven wheel wear and solving the model prediction accuracy problem.

Key words urban rail transit; wheel wear; flange thickness; flange comprehensive value; Kriging model

Author's address Vehicle Branch of Shanghai Metro Maintenance Support Co., Ltd., 200237, Shanghai, China

城市轨道交通列车在运行过程中存在着频繁启停、制动、转弯等动作,这些均是影响车轮寿命的因素。车轮作为车辆安全行驶的关键部件之一,其产生缺陷会对整个运营系统的安全产生重大影响^[1]。轮缘是车轮重要组成部分之一,可以让车轮平稳地通过道岔和曲线,对列车安全且稳定的行驶有着至关重要的作用。但是在实际运行中,往往会发生轮缘异常磨耗,这不但使轮轨正常关系发生变化,而且大大地降低了车辆的舒适性和动力性能,同时也增加了维修成本。根据文献[2-3],我国深圳、福州、哈尔滨、重庆等城市的多条地铁线路均出现了轮缘不同程度的异常磨耗,其中车轮左右侧磨耗不一致最为突出,这不但影响车辆安全,而且会导致维修失衡,给列车的日常维护造成很大困难,同时也减少了车轮使用寿命。因此,研究车轮磨耗问题很有现实意义与价值。

本文对上海轨道交通 1 号线现有的 01A07 型列车车轮轮缘数据进行统计分析,并基于车轮特征量拟合 Kriging 模型,使用该模型预测车轮参数,可为后续的维修工作提供数据支持。

1 轮缘磨耗分析

上海轨道交通 1 号线 01A07 型列车目前正在

运营且有轮对数据的列车共计 16 列,该车型列车上线不久,运营里程均小于 15 万 km。截至 2020 年 6 月,该车型列车均因轮缘厚度超差而进行了镟轮。本文选取该车型列车车轮轮缘综合值和轮缘厚度进行分析。

1.1 轮缘综合值磨耗分析

轮缘综合值可反映车辆运行安全状况,主要用于分析车轮轮缘磨耗和踏面磨耗是否一致。

01A07 型列车轮缘综合值范围为:[6.5,13.5] mm,取轮缘综合值标准值 $Q_r=10$ mm。定义轮缘综合值偏差 ΔQ_r 为:

$$\Delta Q_r = Q_r - Q_{ri} \tag{1}$$

式中:

Q_{ri} ——第 i 个轮缘的综合值实际值。

对于 ΔQ_r ,同轴左右侧车轮存在以下情况:

- 1) 如果左右侧车轮 ΔQ_r 均大于 0,则表明都为轮缘磨耗;反之,均为踏面磨耗。
- 2) 如果一侧车轮 ΔQ_r 小于 0,而另一侧车轮 ΔQ_r 大于 0,则表明同一轴左右侧车轮磨耗不一致,为“轮缘踏面磨耗”。对于这种存在磨耗差异的车轮需重点关注。

根据式(1),对 01A07 型 16 列列车的轮缘综合值进行数据处理,发现该车型列车仅在试运行阶段存在“轮缘踏面磨耗”,其余同轴左右侧车轮 ΔQ_r 大于 0 的情况可达 90%以上,这说明 1 号线 01A07 型列车车轮磨耗主要为轮缘磨耗。

1.2 轮缘厚度磨耗分析

轮缘厚度是轮缘的一个重要参数。轮缘可以预防车辆在运行中出现较大的横向移动,从而抑制其蛇形运动^[4]。一般用 S_w 表示轮缘厚度。通常情

式(2)计算并统计现有 16 列列车的轮缘厚度磨耗率,轮缘厚度磨耗率散点图如图 1 所示,其中排除了个别异常数据。

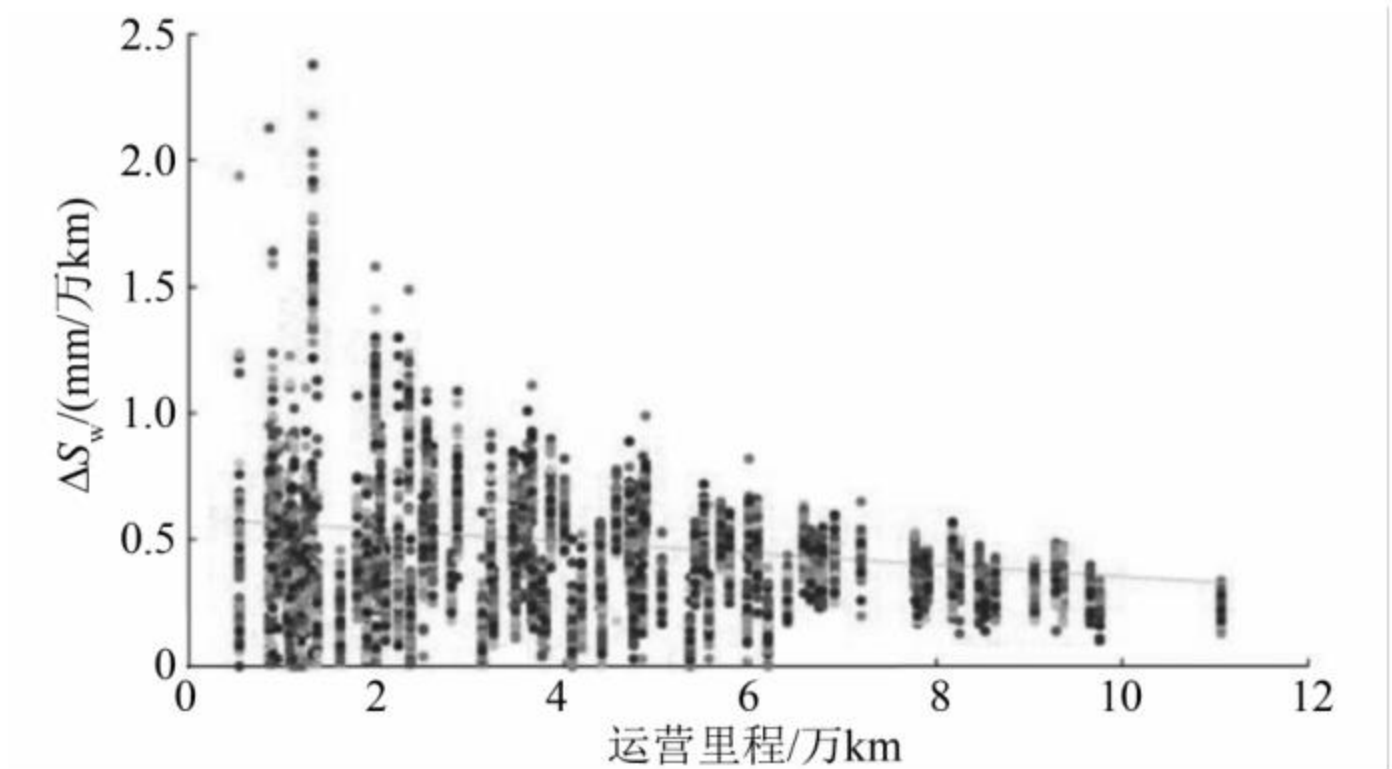
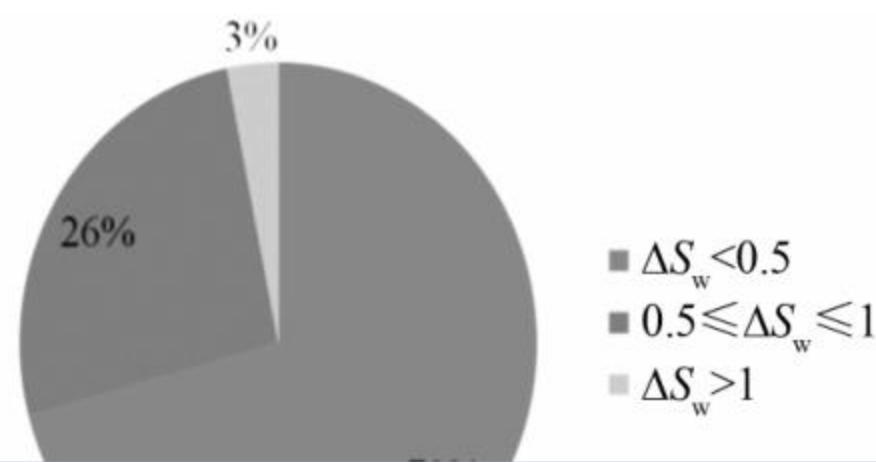


图 1 01A07 型列车轮缘厚度磨耗率

Fig. 1 Wheel flange thickness wear rate of 01A07-type train

由图 1 可见,随着运营里程的增加,磨耗率不断减小,最后趋于稳定,且绝大部分磨耗率小于 1。轮缘厚度整体磨耗可大致分为 3 个阶段:第 1 阶段,运营里程为 0~4 万 km,磨耗很快;第 2 阶段,运营里程为 4~8 万 km,相对第 1 阶段,磨耗率明显变小;第 3 阶段,运营里程大于 8 万 km,此时磨耗率趋于平稳。

对上述数据作进一步分析,得到磨耗率明确的分布区段图,如图 2 所示。由图 2 可见:绝大部分磨耗小于 0.5,整体磨耗不大;但是有 3%的磨耗大于 1,这部分磨耗过大,存在异常,需重点关注。



况下,列车通过曲线时会导致轮缘厚度磨损。如果磨损较为严重时,会让轮对和钢轨间的导向间隙增大,从而使列车发生横向移动,导致剧烈的蛇形运动,最后影响列车的平稳性和安全性。

首先对原始数据进行统计处理,得到所有车辆轮缘厚度的磨耗状况。定义轮缘厚度的磨耗率 ΔS_w 为:

$$\Delta S_w = (S_{w0} - S_{wi})/d \tag{2}$$

式中:

S_{w0} ——初次轮缘厚;

S_{wi} ——第 i 月的轮缘厚;

d ——实际运营里程。

在计算时,已剔除镟修这一因素的影响。根据

图 2 磨耗率区段分布图

Fig. 2 Diagram of wear rate range distrubution

定义左轮为面向拖车的所有左侧车轮,同理定义右轮为面向拖车的所有右侧车轮。统计分析得到左右侧车轮轮缘厚度平均磨耗率,如图 3 所示。从图 3 中可以看出,左右侧车轮轮缘厚度磨耗不一致,左侧较右侧的磨耗严重,说明该线路上 01A07 型列车存在偏磨现象。

虽然轮对磨耗值没有超标,但是这种不对称磨耗对车辆运行安全影响重大。在正常磨耗情况下,列车在直线上行走时,其左右轮对以相同的几率晃

