

# 轨道动态几何状态与轮轨力检测数据里程校准方法和应用

李 磊

昆明地铁建设管理有限公司 云南昆明 650000

**摘 要:** 针对轨道动态几何状态和轮轨力检测数据不能在线实时分析, 需要现场里程校准的问题, 研究轨道动态几何状态和轮轨力检测数据的里程校准方法。在昆明轨道交通 6 号线进行了现场应用, 通过对比分析确定了最佳里程校准策略。试验结果表明: 轨道动态几何状态和轮轨力检测数据里程校准方法可以保证现场检测数据与在线检测数据的一致性, 提高轨道动态几何状态和轮轨力检测数据分析的效率, 降低了现场检测作业强度。

**关键词:** 轨道动态; 几何状态; 轮轨力; 检测数据; 里程校准

## 引言

轨道动态几何状态是评价轨道结构健康的重要指标, 主要包括钢轨不平顺、轨距不平顺、曲线超高和最小轨距变化等。在地铁车辆运行中, 轨道动态几何状态随着列车的速度而不断变化, 当列车速度超过 50 km/h 时, 轮轨之间的接触面积增加, 接触应力增大, 造成列车振动加剧和噪声增加, 对列车运行安全造成危害。因此, 需要定期对轨道动态几何状态进行检测。由于车辆在运营过程中处于动态变化状态, 对轨道动态几何状态进行检测时, 无法保证在线检测数据与现场检测数据一致, 因此需要在运营中定期对现场检测数据进行里程校准, 以保证现场检测数据与在线检测数据的一致性。

### 1 轨道动态几何状态与轮轨力检测数据里程校准的意义

#### 1.1 完善轨道检测数据

轨道动态几何状态与轮轨力检测数据里程校准, 可以将轨道检测数据由“静态”数据转变为“动态”数据, 从而弥补由于线路结构、工务维护以及设备状态的差异带来的缺陷和不足。并且, 经过里程校准的检测数据, 也可有效补充静态检测数据, 使静态检测数据能够真实反映线路状况。

#### 1.2 提升轨道状态评估能力

在实际生产中, 轨道检测主要由养护单位来承担, 部分线路在日常养护维修时也需要对其进行检查。但是, 由于轨道检测项目众多, 且各检测项目的间隔时间也不相同, 导致检测结果有时并不能完全反映线路真实状态, 从而导致判断错误。

#### 1.3 提升行车安全和舒适度

轨道动态几何状态与轮轨力检测数据里程校准后, 可以通过对检测数据的分析, 对轮轨的损伤情况进行准确评估, 并及时发现轨道几何状态的异常变化, 从而能在初期就发现潜在的病害, 并通过及时调整检修策略, 降低病害发展速度, 提升行车安全性。在线路运营中, 轨道动态几何状态与轮轨力检测数据里程校准后, 也可以有效提高行车安全和舒适度。

### 2 轨道动态几何状态与轮轨力检测数据里程校准方法

#### 2.1 统一采集模式

统一采集模式, 是指利用同一套编码器, 在同一测量点, 实现轨道动态几何状态与轮轨力检测数据的里程统一。由于同一套编码器的使用, 可将测量点、坐标系一起来, 在一个测量点内实现两类检测数据的里程校准。该模式可用于轨道几何状态与轮轨力检测数据的里程校准。

#### 2.2 分散采集模式

分散采集模式, 可实现不同速度里程编码器采集的数据里程信息统一映射, 但无法对采集数据进行里程校准。该模式主要分为 2 种形式: (1) 速度里程编码器之间的里程映射; (2) 速度里程编码器间速度和里程的映射。

速度里程编码器之间的里程映射, 当列车处于不同速度时, 轨

道几何状态检测数据和轮轨力检测数据的里程不一致。为实现两套不同速度的轨道几何状态与轮轨力检测数据之间的里程映射, 本文提出了一种基于区间分割的速度和里程编码器匹配算法。当列车处于同一区间时, 选取检测波形对应的速度编码器组, 通过对列车运行线路特征参数计算得到对应区间的速度和里程值。

#### 2.2.1 基于道岔的初步校准

当相邻两套数据的里程值不一致时, 将相邻 2 套数据的不同位置分别进行校准。该方法对相邻 2 套数据的不同位置进行校准, 不涉及里程校准。本文在对道岔的特征参数进行分析时, 考虑到道岔区域的空间特性, 将道岔划分为 5 个区段, 每个区段内为一组速度里程编码器。轨道几何状态检测系统从每个区段采集同一时间点的轨道几何状态数据, 轮轨力检测系统从每个区段采集同一时间点的轮轨力数据。在每个区间内, 分别对每个区间内的速度里程编码器和轮轨力编码器进行里程校准。

#### 2.2.2 基于圆曲线的二次校准

为实现同一里程的 2 套不同速度的数据之间的里程匹配, 本文提出了一种基于圆曲线的二次校准方法。

(1) 在某一速度段内, 选取一个圆曲线, 根据圆曲线所在直线段里程确定对应圆曲线与直线段的距离。

(2) 利用道岔处初校准时得到的位置, 从相邻 2 个速度里程编码器间选取 1 个圆曲线, 并将该圆曲线与该速度里程编码器的距离作为圆曲线与速度里程编码器间的距离。

(3) 将速度里程编码器视为 1 个圆曲线, 将速度里程编码器视为 2 个圆曲线。

(4) 判断 2 个圆曲线与速度里程编码器之间的距离是否小于设定值, 则采用第二种方法进行校准; 若大于设定值, 则采用第一种方法进行校准。

#### 2.2.3 基于焊缝的精细校准

若相邻速度里程编码器的速度和里程值在同一区间, 且相邻区间速度里程编码器的速度和里程值不相同, 可采用基于焊缝的精细校准方法。

先选取相邻区间内速度里程编码器的速度值和里程值, 并分别存储于同一数据文件中; 然后读取数据文件, 计算相邻区间内的速度里程编码器之间的速度差; 接着, 通过公式 (3) 计算出相邻区间内的里程差。

若某区间内速度与里程不相等, 则对应区间内的数据文件中存储的是与该区间相匹配的数据, 当列车处于该区间时, 通过读取两个区间内的速度和里程值进行比较, 若匹配则完成速度和里程之间的映射。

### 3 轨道动态几何状态与轮轨力检测数据里程校准方法的应用——以昆明轨道交通 6 号线为例

#### 3.1 昆明轨道交通 6 号线概况

昆明轨道交通6号线二期工程(塘子巷站~东部汽车站),起于东风广场设塘子巷站,线路出塘子巷站后,沿拓东路直行过拓东体育馆,在拓东路与环城东路交叉口设置岔街站,之后沿东郊路敷设,于二环匝道、菊华机电市场之间设置东郊路站,之后下穿菊华立交至金马路米轨北侧设菊华站与4、8号线换乘,后线路拐向北侧经归十西路、虹桥立交与6号线一期相接。里程范围为左CK0+000.000~右CK7+537.000,线路全长约7.534km,地下线6.420km,高架线1.123km,平均站间距为1.762km。6号线二期工程地铁列车速度目标值为100km/h,采用B型车6辆编组、DC750V第三轨受电。

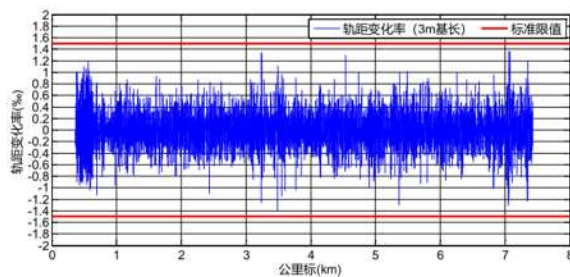
### 3.2 里程校准方法应用

本文在昆明轨道交通6号线实际线路上,对轨道动态几何状态和轮轨力检测数据进行里程校准。本文在昆明轨道交通6号线实际线路上,对轨道动态几何状态和轮轨力检测数据进行里程校准。昆明轨道交通6号线列车行走速度与轮轨力检测数据的里程并不一致,在现场不能及时校准。目前昆明轨道交通6号线动态检测采用轨道几何状态检测设备和轮轨力检测设备,由2类设备的检测结果进行里程校准。轨道几何状态检测设备主要有轨检车、小半径曲线检测器、轨面激光扫描仪,而轮轨力检测设备主要有轨道不平顺监测仪、钢轨波磨检测器和道岔检测器。轨检车和小半径曲线检测器主要用于小半径曲线上的轮轨力检测,而道岔检测器主要用于小半径曲线上的轮轨力检测。

### 3.3 动态检测数据处理

6号线动态检测数据处理在昆明轨道交通6号线,在隧道内设置1个车辆段,在每个车辆段设置2个测试单元,每个测试单元设置3台车,共计9台车。每台车的测试数据由10个标准循环组成,测试周期为60s。

利用轨道动态几何状态与轮轨力检测设备对车辆运行过程中的轨道不平顺和轮轨力进行检测,然后根据检测数据对车辆运行里程进行校准,上行轨距变化率曲线如图1所示。



在6号线各测试单元中设置2个测试单元,采用不同的标准循环分别对车辆运行里程进行校准。第1个测试单元为固定的轨道动态几何状态标准循环,第2个测试单元为车辆运行里程的校准循环。

在每台车运行过程中,自动对其进行轨道动态几何状态标准循环校准。在现场应用中,为了保证轨道检测数据的有效性,现场检测人员对轨检车、小半径曲线检测器、钢轨波磨检测器和道岔检测器进行里程校准,校准过程如下:(1)将测量得到的数据保存在同一文件中;(2)读取文件,计算得到同一时刻的数据里程和里程差;(3)将两套数据分别存储在不同文件中,然后采用不同的方法进行里程校准。

轨道几何状态检测设备与轮轨力检测设备均用于轨道动态几何状态的检测。上述2类检测设备的里程校准方法不统一,不能保证现场检测数据与在线检测数据的一致性,为此需要对这2类检测数据的里程校准方法进行研究。

而对于轨道静态几何状态和轮轨力检测数据的里程校准方法,需要进一步完善。对于轨道动态几何状态检测数据,需要进一步完

善轨道动态几何状态数据的采集方式,通过对轨道结构特征参数及线路条件的分析,确定测量波长、测点间距、道岔区段等关键参数;对于轮轨力检测数据,需要完善轮轨力数据的采集方式,采用高精度传感器和高速采集设备,提高轮轨力采集的精度。

### 3.4 轨道状态评价结果

通过6号线的实际检测,可以实现对轨道动态几何状态和轮轨力的综合评价,具体如图2、3所示。

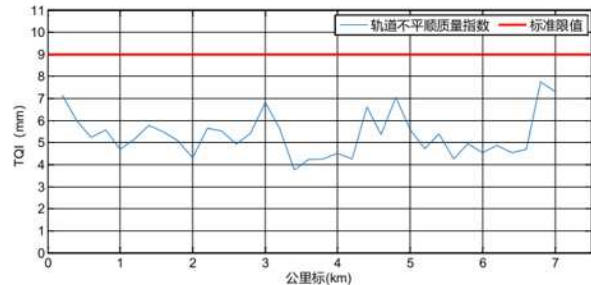


图2 上行TQI曲线

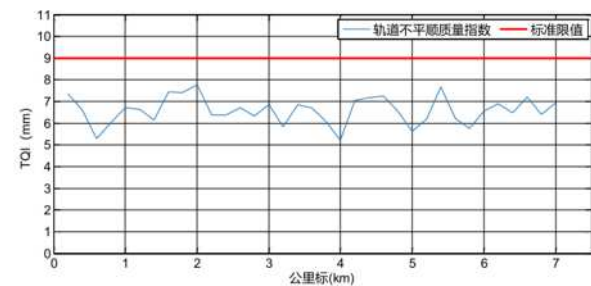


图3 下行TQI曲线

期间对6号线轨道的静态几何状态和动态几何状态进行了里程校准,轨道状态评价结果由 $0.68 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}$ 提升到 $0.69 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,平均提升了 $0.29 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。这主要是因为轨检车对轨道的静态检测结果为 $0.68 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,而轨道动态检测结果为 $0.68 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,两者存在明显的差异,通过里程校准后,轨检车对轨道静态检测结果的评价精度较高,能够准确反映轨道的静态几何状态,而对轨道动态检测结果的评价精度较低。

通过对6号线进行里程校准后,可以将检测数据中的高差、沉降等指标有效地补充到轨道检测数据中。此外,在进行检测数据里程校准时,可以考虑采用轨道的几何状态评价标准,将检测数据与里程校准结果进行对比,若两者偏差较大,则说明需要对检测数据进行里程校准。

### 4 结束语

总而言之,为保证现场检测数据与在线检测数据一致性,需要定期进行里程校准,因此,轨道动态几何状态检测系统应与车辆、轨道状态监测系统数据进行匹配,并在地铁线路运营中定期进行现场检测数据的里程校准,以保证现场检测数据与在线检测数据一致。基于此,本文提出了一种基于动态几何状态和轮轨力检测的里程校准方法,该方法可以解决列车在不同速度下轮轨接触几何状态及轮轨力变化情况下的里程校准问题,并在地铁线路运营中得到应用,为轨道动态几何状态及轮轨力的定期检测提供了参考。

### 参考文献:

[1]董盛伟,梁赛.轨道动态几何状态检测方法[J].设备管理与维修,2021,(24):39-40.  
[2]范信.便携式轨道动态几何状态测试装置[J].现代交通技术,2021,18(04):77-81.

作者简介:李磊(1985.2-),男,汉族,贵州六盘水,本科,高级工程师,研究方向:轨道交通及土木建筑。