

Study on the maintenance of heavy-duty railway line based on track geometric waveform chart

Yongwei Meng¹ Shuchun Qi²

1. Yuanping Branch of National Energy Group Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

2. National Energy Group Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Cangzhou, Hebei, 062350, China

Abstract

As the second major channel of western coal transportation in China, Shuohuang Railway carries the heavy responsibility of coal transportation of national energy Group. In recent years, with the increase of train operation density, and the successful operation of 20,000 tons and 30,000 tons of trains, the pressure of line maintenance is increasing. In order to ensure the safety of train operation, new yellow railway using overloaded comprehensive detection car on online basic driving equipment for periodic dynamic detection, fully alleviate the pressure of online inspection, promote maintenance mode from “cycle” to “state” change, using the sixth generation of track detection system, fully identify the orbit geometric disease, through studying track waveform data, targeted to line equipment design maintenance strategy, in the guarantee of equipment quality, further improve accurate maintenance efficiency.

Keywords

Shuohuang Railway; railway detection; maintenance and maintenance; rapid detection; railway inspection waveform

基于轨道几何波形图指导重载铁路线路维修研究

孟永伟¹ 齐澍椿²

1. 国家能源集团朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司, 中国·河北 石家庄 050000

2. 国家能源集团朔黄铁路发展有限责任公司, 中国·河北 沧州 062350

摘 要

朔黄铁路作为我国西煤东运第二大通道, 承载着国家能源集团煤炭运输的重任, 近年来随着列车运行密度增大, 两万吨及三万吨列车的成功上线运行, 线路检修保养的压力不断增加。为保证列车运行安全, 朔黄铁路采用重载综合检测车对线上基础行车设备进行周期性动态检测, 充分缓解线上检查压力, 推动检修模式从“周期修”向“状态修”变革, 运用第六代轨道检测系统, 充分识别轨道几何病害, 通过研究轨道不平顺波形数据, 针对性地对线路设备设计养护维修策略, 在保障设备质量的同时, 精准维修效率进一步提升。

关键词

朔黄铁路; 轨道检测; 维修养护; 快速检测; 轨检波形

1 引言

朔黄铁路是我国西煤东运第二大通道, 开通运行 20 多年来, 年运量逐年攀升, 拥有载重 3 万吨级的我国载重最大货运列车。由于设计年限早, 技术水平的制约, 且随着运营里程的不断增加, 运营年限的不断积累, 车辆荷载和自然环境等多种因素使得轨道几何发生形变, 进一步破坏了轨道结构, 威胁行车安全, 为了保证列车能够根据相关规定的最高速度, 安全、稳定、连续地行驶, 并延长线路各类设备的使用期限, 铁路工务部门必须强化线路的维修与养护任务, 确保线路设备质量稳定^[1]。

在这一过程中, 轨道质量检测技术尤为重要, 目前我国已从以静态检查为主, 静态与动态相结合的检查方式过渡为动态检查为主, 动静态检查相结合, 结构与几何尺寸检查并重的检查方式。其中, 作为动态检查设备的朔黄铁路重载综合检测车, 作为世界第一辆重载综合检测车, 集成了多种定位技术, 其检测精度和速度均能够满足重载铁路检测的需求^[2], 为保障重载铁路列车运行安全, 推动重载铁路检修模式变革起到了重要作用。

本文提出运用重载综合检测车搭载的第六代轨道检测系统对重载轨道进行检测分析, 基于提供的轨道几何波形数据指导现场维修中遇到的问题进行分析, 总结归纳现场维修过程中遇到的问题, 并对提高波形数据指导现场维修方法提供建议, 为动静结合分析提供借鉴意见。

【作者简介】孟永伟 (1985-), 男, 中国河北石家庄人, 本科, 工程师, 从事重载铁路线路维修研究。

2 轨道检测系统简介及原理

2.1 设备简介

轨道检测系统可测量轨距、轨向、高低、曲率、水平（超高）以及长波长高低、轨向等轨道几何不平顺参数，使用惯性基准法与非接触式测量相结合的方法，将惯性传感器和激光摄像系统安装在检测列车的位置，按照相应的数学模型，根据一定的信号处理方法最终计算得到轨道几何参数。

2.2 检测原理

轨道几何检测系统的基本工作原理为：使用激光摄像系统测量钢轨相对于检测梁的横向和纵向位移；使用加速度计、陀螺、位移计等多种传感器测量车体和检测梁的姿态变化。将需要检测的位移、速度、加速度等物理量转换为相应的电模拟信号，通过信号转接及监视单元输入到信号处理单元。信号处理单元将信号放大和模拟滤波处理后再经过信号转接及监视单元输入到数据采集和处理计算机。该计算机对输入模拟信号进行 A/D 模数转换、存储、数字滤波、修正以及补偿处理，经过综合运算，合成得到所需轨道几何参数，并在其显示器上实时显示轨道几何波形图。

以下分别对各个检测项目的原理进行说明。

轨距采用机器视觉测量方式测量轨距。机器视觉测量方式（通俗地称为“激光摄像式”）测量轨距与光电伺服式轨距测量系统相比，结构简单，安全可靠。

曲率的测量采用惯性传感器陀螺获取列车运行方向变化的角速度，按照相应的数学模型，消除干扰分量并进行补偿后获得曲率参数。

水平是轨道同一横截面上左右轨顶面相对所在水平面的高度差，但不含曲线上按规定设置的超高值及超高顺坡量。水平参数的测量涉及的传感器以及补偿修正方法比较复杂，主要是由惯性组件的输出量及位移传感器的输出量计算得到。

高低指钢轨顶面纵向起伏变化，采用惯性基准原理测量。高低由垂向加速度计、垂向位移计和滚动速率陀螺仪来测得。

轨向的测量包括两个部分，一部分是安装于轨距测量梁中央位置的伺服加速度计，称为轨向加速度计（ALGN），用于测量轨距测量梁中央位置的横向惯性位移。另一部分是左右轨距测量装置所测得的左右轨距分量 SL 和 SR。由惯性位移和左右轨距分量计算得到左右轨的轨向。

三角坑反映了轨顶的平面性。车体振动加速度测量要

求加速度传感器安装位置在车体底板上，与一位转向架心盘位于同一断面，距车体纵向中心线 1m。车体垂直和水平振动加速度及轴箱振动加速度测量是发现轨道病害，评价轨道平顺性，监测轮轨作用的重要手段。

3 轨道检测系统波形图分析

3.1 波形图介绍

波形图是轨道几何专业重要的成果之一，波形图可以查看的通道较多，检测的过程中除了轨道几何通道外，还应该查看拉弦、传感器等通道的变化情况。通过波形图可以直观地查看线路质量状态，可以查看每个通道的具体情况，在撰写月报中如果遇到大值偏、优先公里、计划公里、Ⅲ级添乘仪报警、体感晃车、状态不良地段时，需要波形图辅助分析，同时需要在波形图中将各特征点、通道名称等进行标注，如图 1 所示。

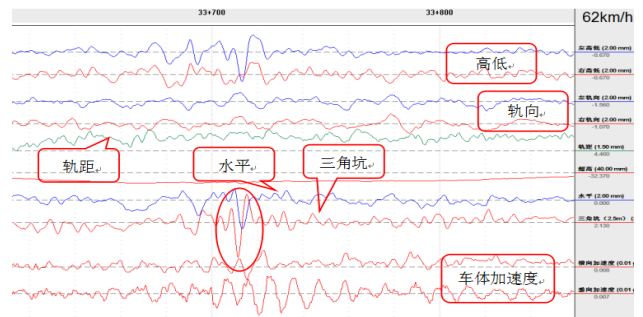


图 1 轨道检测波形图

3.2 基于波形图的分析

本文选择线路设备病害较突出的隧道曲线地段进行分析，根据波形图展开分析设备病害整治中遇到的问题。根据朔黄铁路重载综合检测车针对此处病害一年的检测数据分析，发现在 1 月份出现了三角坑病害，峰值为 -8.65mm，如图 2 所示。

1 月份在 K203+972 位置出现了三角坑病害，观察波形图主要是由于左高低引起水平变化造成轨道不平顺，钢轨顶面连续出现两个正负不同的水平差造成三角坑病害产生，应该对高低进行整治。作业小组对此地进行了水平整治，当 2 月份动态检测完成后，让 1 月份波形图和 2 月份波形图进行对比分析，对比波形图如图 3 所示。

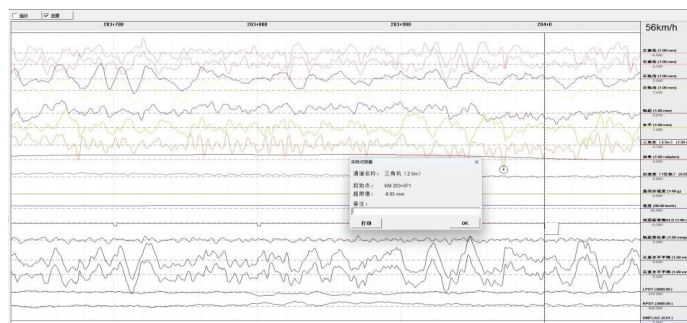


图 2 1 月轨道检测波形图

通过图 3 观察到此处三角坑病害并未消除,这是由于作业组在病害整治过程中并未找到左高低峰值最大点进行垫板作业,这就造成了真正引起三角坑病害原因的水平大值未被处理。针对此现象作业组重新进行了作业,针对高低进

行了充分整治,2 月份波形图和 3 月份波形图进行对比分析,观察到此处三角坑并未消失,而且进一步发展,成为 II 级偏差。虽然作业组进行了病害整治,高低不平顺充分整治,但是关键位置上仍然未改善,具体原因如图 4 所示。

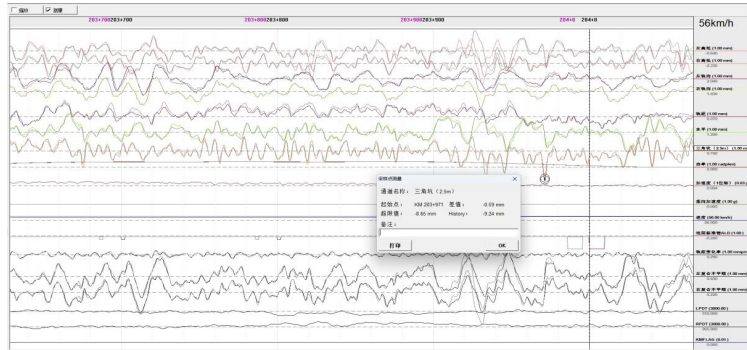


图 3 1 月、2 月轨道检测波形对比图

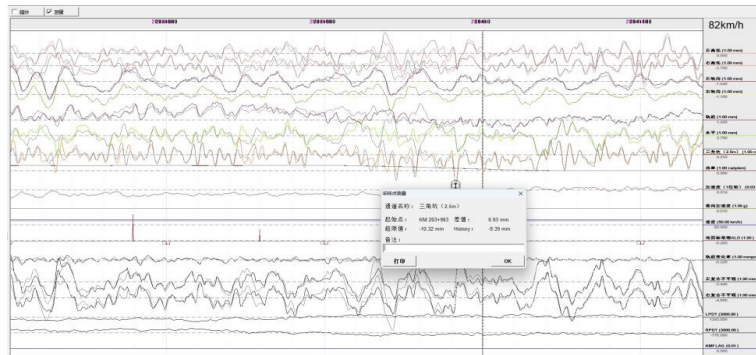


图 4 3 月三角坑病害示意图

由于引起三角坑的水平偏差未处理,且三角坑病害较特殊,可能水平均为超限,但是方向相反就会引起病害发生,作业组应该提起重视,仔细分析波形图,在维修时针对病害前后位置进行多次测量,保证精准施工,提升维修质量。通过维修,在 4 月份将三角坑病害彻底消除,但是观察 5 月份波形图发现,水平病害已经有发展成 I 级轨道几何偏差的趋势,6 月份彻底发展为 I 级水平偏差,此次水平病害仍然是由于该位置处的左高低病害引起,根据多次维修,和多次动态检测及静态检测发现此线路位置病害发展较快,只是单纯的对此位置几何型位进行整治并不能解决此处病害,利用重载综合检测车路基道床检测系统发现,引起此地病害真正原因是道床状态不良,为了解决此问题,作业组对线路该位置进行了注浆处理,发现病害发展趋势有明显改善,线路设备质量劣化速度明显减缓。

4 结语

随着我国重载铁路检测快速发展,铁路工务生产安全的保障也逐步得到加强,有效地保证了行车安全和运行秩序。然而,尽管铁路工务运营维护与管理作 业水平在不断发展与完善,但这一领域仍面临着诸多挑战,如检测设备智能化水 平不高、检测数据利用不充分、维修资源配置不合

理等。在此背景下,工务部门 必须牢固树立“严检慎修”的理念,在开展维修作业时,既要准确把握轨道变化规律及其发展趋势,制定科学的维修计划,又需进一步提高设备维修的准确性。动态检测数据作为反映轨道不平顺状态的重要依据,蕴含着轨道不平顺劣化的重要信息。深入了解动态检测项目原理、容许偏差管理,仔细分析动态检测数据特征,可以有效帮助工务段有针对性地配置维修资源,提高养护效率,本文对于波形图结合现场维修相结合的分析方式有助于推动重载铁路检修模式变革。

参考文献

- [1] 佟立本.铁道概论[M].第八版.北京:中国铁道出版社,2020.6:58-59.
- [2] 赵文芳.中国铁路工务发展历程与展望[J].铁道建筑,2020,60(04):1-4.
- [3] 李融彬.铁路轨道不平顺状态的预测及其应用研究[D].西南交通大学,2018.
- [4] 汤国防.铁路轨道几何不平顺变化特征及其预测模型研究[D].北京交通大学,2010.
- [5] 杨文,曲建军,龙亦语.朔黄铁路轨道质量分级管理标准研究[J].铁道建筑. 2022,62(02):10-1
- [6] 杨飞,赵文博,高芒芒,孙加林.运营期高速铁路轨道长波不平顺静态测量方法及控制标准[J].中国铁道科学. 2020,41(03):40-43