

文章编号: 1674—8247(2019)02—0055—05

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.02.012

高速铁路有砟轨道维护技术研究

杨享荣

(中铁七局集团有限公司, 郑州 450052)

摘要:高速有砟铁路调试运营初期,轨道设备易发生病害,主要表现为TQI值飞速增涨、线路不均匀沉降、长波高低层出不穷、道岔尖轨侧弯频出等。轨道质量病害直接影响了列车的运行安全,为确保运行初期线路的安全稳定性能,本文通过对铁路运行初期轨道病害检测方法、TQI均值管理应用分析、主要病害整治技术三个方面进行分析,探索了高速有砟铁路运行初期轨道设备的维护整治原则,有效降低设备病害发生的同时,可作为施工阶段轨道精调质量的考量和借鉴。

关键词:高速铁路;线路质量;精调;设备病害;维护

中图分类号:U216.42 **文献标志码:**A

Research on Maintenance Technology of Ballasted Track of High Speed Railway

YANG Xiangrong

(China Railway Seventh Group Co., Ltd., Zhengzhou 450052, China)

Abstract: The disease of track equipment was easy to occur in the early stage of commissioning and operation of ballasted high-speed railway. The main manifestations are rapid increase of TQI value, uneven settlement of the line, endless occurrence of long wave height, side bending frequency of the fork rail, etc. Rail quality disease directly affects train safety. In this paper, the detection method of railway diseases in the early stage of railway operation, TQI mean value management and application analysis, and the main disease control technology are analyzed. This paper discusses how to maintain and renovate the track equipment of ballasted high speed railway at the beginning of operation, it can be used as a reference for the track fine adjustment during the construction period while effectively reducing the occurrence of equipment diseases.

Key words: high-speed railways; line quality; fine adjustment; equipment diseases; maintenance

近年来,时速250 km的高速铁路多数采用有砟道床。随着高速铁路的大规模建设,高速有砟铁路得到了快速发展,铁路重要基础设施的轨道结构以及对轨道平顺性需求不断更新,技术不断完善。运行速度快、线路稳定性好已成为铁路建设发展的基本要求。在高速有砟铁路运行初期,由于机车车辆的动力作用和自

然条件对线路的影响,致使轨道几何尺寸不断发生变化。从线路维护及运营安全考虑,需要解决运行初期线路TQI值超标、线路不均匀沉降、长波高低层出不穷、道岔尖轨侧弯频出等病害问题。

新建铁路开通后的调试运营初期,是道床最不稳定的时间段。尤其是路桥过渡段,由于路基与桥台刚

收稿日期:2018-10-01

作者简介:杨享荣(1974-),男,高级工程师。

引文格式:杨享荣. 高速铁路有砟轨道维护技术研究[J]. 高速铁路技术,2019,10(2):55-59.

YANG Xiangrong. Research on Maintenance Technology of Ballasted Track of High Speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(2):55-59.

度不一,往往引起线路不均匀下沉,新建线路受雨季及外界环境影响,设备也会急剧变化。如 2015 年 12 月 30 日开通运营后的益湛线娄邵区段,2016 年 3 月份动检车检测,一二级超限共计 160 处,TQI 值为 3.62。之后受雨季影响,线路状况严重变化。2016 年 5 月份动检车检测,一二级超限共计 240 处,TQI 值上升为 4.17。动检车检测该段线路超限个数和 TQI 变化走势,如图 1、图 2 所示。

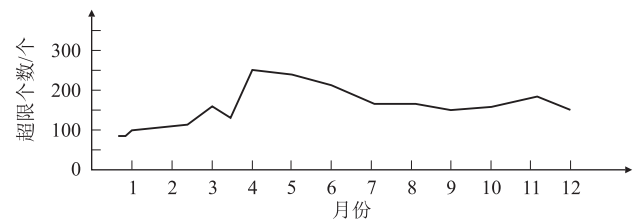


图 1 动车超限个数走势图

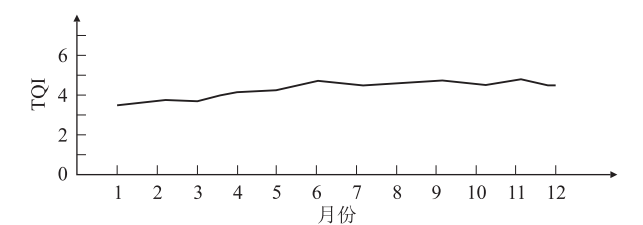


图 2 TQI 变化走势图

1 TQI 概述

轨道不平顺质量指数 (Track Quality Index) 简称 TQI,是采用数学统计方法描述区段轨道整体质量状态的综合指标和评价方法。运用 TQI 评价和管理轨道状态,是单一幅值扣分评判轨道质量方法的补充,提高

轨道检测数据综合应用水平,为科学制定线路维修整改计划,保证轨道状态的均衡发展提供科学依据。

TQI 是集轨道高低、轨向、轨距、水平和三角坑的动态检测数据的统计结果。该值的大小与轨道状态平顺性密切相关,表明 200 m 区段轨道状态离散的程度,数值越大,表明轨道的平顺程度越差、波动性也越大。TQI 能综合评价线路整体质量,合理编制区段线路的综合维修计划,指导维修整改作业,提高轨道状态维修的科学性、经济性、合理性,使维修管理更加科学化。

在检测轨道的各项平顺性指标及对轨道综合情况进行评价时,采用均值管理和峰值管理的评价方法。对线路区段整体不平顺 (均值管理) 的动态质量用轨道质量指数 (TQI) 评定,根据铁运[2006]146 号铁路线路修理规则,轨道质量指数管理值,如表 1 所示。

表 1 轨道质量指数 (TQI) 管理值

项目		高低	轨向	轨距	水平	三角坑	TQI
管理值	$v_{\max} \leq 160 \text{ km/h}$	2.5×2	2.2×2	1.6	1.9	2.1	15.0
	$v_{\max} > 160 \text{ km/h}$	1.5×2	1.6×2	1.1	1.3	1.4	10.0

轨检车对轨道动态局部不平顺 (峰值管理) 检查项目为轨距、水平、高低、轨向、三角坑、车体垂直振动加速度和横向振动加速度 7 项指标。各项偏差等级划分为 4 个等级,Ⅰ级为保养标准,即保持优良线路需进行局部修理的目标管理值;Ⅱ级为舒适度标准,即轨道保持列车运行平稳的局部不平顺允许值;Ⅲ级为临时补修标准,即及时进行轨道整修的质量控制标准;Ⅳ级为限速标准,即为保证行车安全需立即进行局部修理的病害,对病害地点要限制行车速度,待整修完毕后恢复行车速度。轨道动态质量容许偏差管理值,如表 2 所示。

表 2 轨道动态质量容许偏差管理值

项目	$v_{\max} > 160 \text{ km/h}$ 正线				$160 \text{ km/h} \geq v_{\max} > 120 \text{ km/h}$ 正线				$v_{\max} \leq 120 \text{ km/h}$ 正线			
	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
轨距/mm	+4 -3	+8 -4	+12 -6	+15 -8	+6 -4	+10 -7	+15 -8	+20 -10	+8 -6	+12 -8	+20 -10	+24 -12
水平/mm	5	8	12	14	6	10	14	18	8	12	18	22
高低/mm	5	8	12	15	6	10	15	20	8	12	20	24
轨向/mm	5	7	10	12	5	8	12	16	8	10	16	20
扭曲 (三角坑)/mm (基线 2.4 m)	4	6	9	12	5	8	12	14	8	10	14	16
车体垂向加速度/g	0.10	0.15	0.20	0.25	0.10	0.15	0.20	0.25	0.10	0.15	0.20	0.25
车体横向加速度/g	0.06	0.10	0.15	0.20	0.06	0.10	0.15	0.20	0.06	0.10	0.15	0.20

2 轨道质量检测

常用的轨道质量检测设备有动检车、安博格测量小车、激光弦线、相对轨检小车、电子道尺。

(1) 动检车

主要通过对左右高低 (长、短)、左右轨向 (长、

短)、水平、扭矩 (三角坑)、曲线超高、曲线半径、轨距、车体水平和垂直振动加速度、左右轴箱垂直振动加速度等项目的检测,形成波形图及检测报表,从而直观的反应轨道质量状态,评定线路动态质量,及时发现设备问题和变化规律,辅助查找轨道病害,指导线路的维修作业^[1]。动检车检测线路,如图 3 所示。



图 3 动检车检测线路

(2)安博格测量小车

采用基于绝对控制的相对测量原理,将绝对测量和相对测量结合在一起,测量轨道的绝对坐标及高程与设计对比,找出轨道偏差。该方法测量精度高,测量完成后可形成精调报表指导精调作业,一般用于长波精调、大机捣固等作业。安博格测量小车线路精测,如图 4 所示。



图 4 安博格测量小车线路精测

(3)激光弦线

激光弦线测量跟手工弦线测量原理相同,但它有效地消除了手工弦线下垂对作业产生的不良影响,所以测量精度较高。这种方法主要用于单一的长短波不平顺的检测,在竖曲线和缓和曲线上不宜使用^[1]。激光弦线检测仪,如图 5 所示。

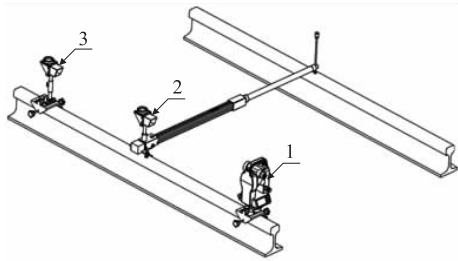


图 5 激光弦线检测仪

(4)相对轨检小车

相对轨检小车是一种基于光纤陀螺精密测角原理的轨道几何尺寸检查仪器,检测项目较为齐全,检测精度较人工检测准确,检测速度较快,有效地代替了传统



图 6 相对轨道检测小车

手工检查的方法,如图 6 所示。但这种检查手段并不能像安博格小车一样导出精调报表,一般作为查找轨道几何尺寸病害和维修养护质量回检的手段^[2]。

(5)电子道尺

电子道尺是用于测量轨道两股钢轨间的轨距、水平以及超高等的专用计量器具,如图 7 所示。主要用于三角坑、水平、轨距、轨距变化率病害的检测。



图 7 电子道尺检测

3 均值管理应用

在普遍注重峰值管理法的同时,不能忽视均值管理的重要性。线路质量检查及养护时,需将 2 种方法合理搭配运用^[3]。根据铁运[2006]146 号《铁路线路修理规则》规定, $V_{\max} \leq 160 \text{ km/h}$ 线路 TQI 值应 ≤ 15.0 , $V_{\max} > 160 \text{ km/h}$ 线路 TQI 值应 ≤ 10 ,轨检车检测轨道状态获得 TQI 分值后,需分析正确指导现场整治养护维修作业^[4]。

3.1 剔除无效数据

通过查看动检车波形图来确定数据的有效性,查看过程中剔除由于检测设备故障或受雨水、阳光或过接触网电力分相干扰,以及设备固有病害所产生的 TQI 无效数据。

3.2 筛选综合 TQI 较大值

在整理好 TQI 数据的基础上,对 TQI 较大值的区段进行分析、摘取,同时结合 TQI 质量控制图,制定维修计划。若该区段大部分单项指数均较高,则需对该区段进行全项目的综合整治^[5]。

3.3 筛选单项 TQI 较大值

对综合 TQI 值不大地段,可筛选出某个项目较大值的地段,将扣分较多单元酌情纳入专项维修计划。

3.4 合理制定整治维修计划

对由单项 TQI 值造成综合 TQI 超标的,在制定维修计划时就应对引起该区段综合 TQI 超标的主要单项做专项维修,真正做到有的放矢地指导现场作业。整体超过规范管理值的地段要纳入综合整治范围,相对来说成段作业对 TQI 值的削弱较为明显。

3.5 利用 TQI 对比分析检验作业效果

当线路经过整治维修养护之后,可通过对比整治维修地段的 TQI 值,从而反映出作业效果、有效性,形成闭环管理,有利于总结养护经验^[5]。

4 主要病害整治

4.1 长波高低

长波高低是新建线路出现频率最高的病害之一,在竖曲线的变坡点和岔区上发生的概率较高。竖曲线的变坡点本身就是天然的长波高低,加之该处受机车冲击力较大,所以发生长波高低病害的概率增加。在道岔区,直曲股通过总重不同,设备构造复杂,钢轨较重,设置有轨道电路和岔线,导致该区段受力不均,长波高低病害的概率增加。总而言之,长波高低由线路纵断面不平顺引起,往往伴随着“高低”、“三角坑”^[6]。

(1)根据动检车检测数据分析晃车或病害地段 70 m 长波高低峰值地点。

(2)对长波高低出现峰值地点前后 200 m 进行线路精测,分析精测数据,确定调整工作量。

(3)捣固车精确整道捣固,定位曲线地段的五大曲线桩点、每隔 5 m 标记起拨道量,跟车进行监控检测,确保整道地段的拨道量和起道量在设计范围内。

(4)人工区段整治以区段为单元进行整治作业,根据精测数据,确定调整范围内方向和高低调整量,统筹兼顾,保证峰值点附近区段的线路几何尺寸平顺作业^[7]。

4.2 道岔尖轨侧弯

尖轨侧弯现象分 2 种情况:(1)尖轨本身确实存在侧硬弯,导致尖轨有侧弯的表现;(2)尖轨轨向不直顺、曲基本轨位置及尺寸不适、尖轨动程不适、大小框架尺寸不适、顶铁尺寸不适等诸多因素导致尖轨有侧弯^[8]。

尖轨侧弯危害不容忽视,它不仅会导致尖轨部分轨向不良、尖轨尖至竖切点不密贴、尖轨中轨距偏小、

顶铁不密贴,而且会加剧侧磨,加大维修养护工作量。所以在日常维修养护中需对道岔转辙部分进行全面调查,包括曲基本轨弯折点位置及尺寸;动程、开程;转辙部分高低、滑床板受力是否均衡;直股大方向;拉杆及各连接杆尺寸是否标准;尖轨及基本轨工作边肥边(含尖轨非工作边一侧轨底的肥边)。从而预防尖轨侧弯病害的发生^[10]。

发现尖轨硬弯现象,应全面分析尖轨侧弯产生的真正原因,有计划的进行综合整治,整治方法如下:

(1)消灭转辙部高低、方向不良,使直股大方向直顺(基本轨有硬弯的应同时矫正)、高低平顺、滑床板无吊空板、受力均衡。

(2)调整岔头与尖轨尖端直角错差,达到规定标准。

(3)矫正曲基本轨位置及尺寸。

(4)改正各部大框架尺寸及轨距变化率。

(5)拆开两侧尖轨,使其处于自然松弛状态下并检查是否直顺,若有硬弯应直接矫直或更换。

(6)更换非标拉杆、连接杆、尖轨跟端夹板、顶铁,同时打磨尖轨和基本轨工作边、尖轨非工作边一侧轨底存在的肥边。

(7)滑床台和各部螺栓涂油润滑。

(8)利用工电联合,对道岔进行综合整治、调试。

5 结束语

在高速有砟铁路试运营期轨道设备维护时^[11],运用各种检测手段,通过 TQI 指标评价轨道实际质量状态,可作为轨道不平顺状态进行宏观管理和质量控制的依据。能够指导编制整治、维修计划和指导整正作业,计划针对性强,能有效地降低设备病害的发生。同时可作为施工阶段轨道精调质量的考量和借鉴,以实现高速铁路平稳、安全、运营要求下的少变形、少维修、快保养的目标。

参考文献:

- [1] 高春雷,王发灯.利用激光准直技术检测线路的长波不平顺[J].铁道建筑,2009,49(1):81-85.
GAO Chunlei, WANG Fadeng. Detection of Long Wave Irregularities of Lines Using Laser Collimation Technology [J]. Railway Engineering, 2009, 49(1): 81-85.
- [2] 铁运[2006]146号,铁路线路维修规则[S].
Tie Yun [2006] No. 146, Railway Line Maintenance Rules[S].
- [3] 李冠文.长波高低和长波轨向的检测应用探讨[J].铁道技术监督,2014,42(1):12-16.

- LI Guanwen. Exploration and Application of Long Wave Height and Long Wave Track[J]. Railway Technical Supervision, 2014, 42(1): 12-16.
- [4] 谭社会. 高速铁路无砟轨道精调质量控制技术研究[J]. 铁道标准设计, 2015, 59(12): 18-22.
- TAN Shehui. Quality Control Technologies in Fine Adjustment of High-speed Railway Ballastless Track [J]. Railway Standard Design, 2015, 59(12): 18-22.
- [5] 唐恩奎. 运营期高速铁路轨道平顺性测量与计算方法研究[D]. 成都:西南交通大学, 2017.
- TANG Enkui. Study on Measurement and Calculation Method of Track Smoothness of High-speed Railway During Operation Period [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2017.
- [6] 李阳腾龙. 高速铁路轨道精调精调及其平顺性优化研究[D]. 成都:西南交通大学, 2017.
- LI Yangtenglong. Research on Precision Adjustment and Smoothness Optimization of High Speed Railway Track [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2017.
- [7] 田国英. 高速铁路轨道不平顺功率谱及其与行车品质关系研究[D]. 成都:西南交通大学, 2015.
- TIAN Guoying. Study on Relationship Between Track Irregularity Power Spectrum and Driving Quality of High Speed Railway [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2015.
- [8] 殷昊, 江溪, 孙逢坤. 高速铁路轨道养护维修模式初探[J]. 河南科技, 2014, 30(4): 148.
- YIN Hao, JIANG Xi, SUN Fengkun. A Preliminary Study on the Track Maintenance and Maintenance Mode of High Speed Railway [J]. Henan University of Science and Technology, 2014, 30(4): 148.
- [9] ZHOU Yu, XU Yude, LI Haifeng, et al. Application of On-Line Rail Milling in Rail Maintenance of High-speed Railways[J]. Journal of Southwest Jiaotong University (English Edition), 2010, 18(2): 140-144.
- (编辑: 苏玲梅)

~~~~~

(上接第43页)

- [11] Jung-Woo c, Hnana k, Seokwon J, et al. Deformation and Strength Anisotropy of Asan Gneiss, Boryeong Shale, and Yeoncheon Schist [J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2012, 50(1): 158-169.
- [12] 宫凤强, 李夕兵, ZHAO J(瑞士). 巴西圆盘劈裂试验中拉伸模量的解析算法[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(5): 881-891.
- GONG Fengqiang, LI Xibing, ZHAO J (Switzerland). Analytical Algorithm to Estimate Tensile Modulus in Brazilian Disk Splitting Tests, [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2010, 29(5): 881-891.
- [13] 谢和平, 彭瑞东, 鞠杨, 等. 岩石破坏的能量分析初探[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(15): 2603-2608.
- XIE Heping, PENG Ruidong, JU Yang, et al. On Energy Analysis of Rock Failure [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(15): 2603-2608.
- [14] 尤明庆, 华安增. 岩石试样破坏过程的能量分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(6): 778-781.
- YOU Mingqing, HUA Anzeng. Energy Analysis on Failure process of Rock Specimens [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002, 21(6): 778-781.
- [15] 张金川, 聂海宽, 徐波, 等. 四川盆地页岩气成藏地质条件[J]. 天然气工业, 2008, 28(2): 151-156.
- ZHANG Jinchuan, NIE Haikuan, XU Bo, et al. Geological Condition of Shale Gas Accumulation in Sichuan Basin [J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(2): 151-156.
- [16] 赵建华, 金之钧, 金振奎, 等. 四川盆地五峰组——龙马溪组含气页岩中石英成因研究[J]. 天然气地球科学, 2016, 27(2): 377-386.
- ZHAO Jianhua, JIN Zhijun, JIN Zhenkui, et al. The Genesis Of Quartz in Wufeng-Longmaxi Gas Shales, Sichuan Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2016, 27(2): 377-386.
- [17] Claesson J, Bohloli B. Brazilian Test: Stress Field and Tensile Strength of Anisotropic Rocks Using An Analytical Solution [J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2002, 39(8): 991-1004.
- [18] Amadei B, Rogers J D, Goodman R E. Elastic Constants and Tensile Strength of Anisotropic Rocks [C]//5th IRSM Congress. International Society for Rock Mechanics, 1983.
- [19] Chen C S, Pan E, Amadei B. Determination of Deformability and Tensile Strength of Anisotropic Rock Using Brazilian Tests [J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 1998, 35(1): 43-61.
- (编辑: 车晓娟 张红英)