

文章编号: 1674—8247(2018)06—0070—05

CRTS II 型板式无砟轨道高温胀板分布特性与防治研究

肖 虎

(中国铁路上海局集团有限公司, 上海 200071)

摘 要: CRTS II 型板式无砟轨道在我国高速铁路中得到广泛应用。但在极端高温条件下, 其薄弱地段会发生胀板病害, 威胁行车安全。本文通过对 CRTS II 型板式无砟轨道在高温季节的胀板数据大样本进行统计分析, 对胀板病害数量与持续高温天数的相关性及其沿线路的分布特征进行了研究, 并提出了防治措施。结果表明, 各地区每公里胀板病害数量与持续高温天数呈明显的正相关性, 且胀板病害在连续梁、小半径曲线及大坡度等地段发生的概率较高。研究可为 CRTS II 型板防胀工作提供数据支撑和决策依据。

关键词: CRTS II 型板式无砟轨道; 高温; 胀板; 分布特性; 防治措施

中图分类号: U213.2⁺44

文献标志码: A

Study on Distribution Characteristics and Prevention of Slab Expanding Diseases for CRTS II Slab-type Ballastless Track in High Temperature

XIAO Hu

(China Railway Shanghai Bureau Group Co., Ltd., Shanghai 200071, China)

Abstract: CRTS II Slab-type Ballastless Track has been widely used for high-speed railways in China. However, under extreme high temperature conditions, the slab expanding will occur in the weak section of the track and may threaten the safety of train's operation. In this paper, based on the statistical analysis of the large sample of the slab expansion data of CRTS II Slab-type Ballastless Track in high temperature season, the correlation between the slab expanding amount and the sustained high temperature days, and the distribution characteristics along the railway are studied. Moreover, some preventive measures are proposed. The results show that the number of slab expanding diseases per kilometer in each region is positively correlated with the duration of high temperature and the probability of slab expanding diseases occurring in the continuous beam, small radius and heavy grade sections. The study results can provide data support and decision-making basis for anti-expansion work of CRTS II slab.

Key words: CRTS II Slab-type Ballastless Track; high temperature; slab expanding; distribution characteristics; preventive measure

CRTS II 型板式无砟轨道具有高平顺性、高稳定性和少维修性等优点^[1]。近十年, 相继在京津城际、沪昆、京沪等多条主要高速铁路线路中应用, 总延展长度达 8 700 km, 对我国高速铁路的建设有着重要的作用。

CRTS II 型板式无砟轨道的底座板(或支承层)为纵向连续现浇施工, 预制轨道板与底座板(或支承层)间采用 CA 砂浆进行粘结和调整, 板间通过钢筋进行纵连, 板端接缝为钢筋混凝土后浇结构。CRTS II 型板

收稿日期: 2018-07-02

作者简介: 肖虎(1987-), 男, 工程师。

引文格式: 肖虎. CRTS II 型板式无砟轨道高温胀板分布特性与防治研究[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(6): 70-74.

Xiao Hu. Study on Distribution Characteristics and Prevention of Slab Expanding Diseases for CRTS II Slab-type Ballastless Track in High Temperature [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(6): 70-74.

式无砟轨道作为纵连整体结构,极端高温条件下在薄弱地段发生过板端离缝上拱、板间接缝破损等情况^[2],部分胀板病害造成线路高低、方向等轨道几何尺寸的变化,威胁行车安全。胀板主要发生在持续高温季节,且呈现一定的突发性、随机性,防胀工作始终处于被动局面。

目前业内对 CRTS II 型板式无砟轨道的胀板原因和整治措施都进行了一定的研究和实践^[3-6],但对病害分布规律的全面掌握还相对欠缺,因此有必要对高温条件下的胀板分布特性进行研究,探索胀板发生的一般性规律和重点地段分布。笔者曾在 2017 年防胀期内对上海局管内胀板检查数据进行汇总统计,建立了病害库数据大样本。上海局管内铺设 CRTS II 型板式无砟轨道延展长度达 3 165 km,约占全路总量的 36%,且主要集中分布在气候较温暖地区,因此其样本数据具有较好的代表性。本文在前期研究和上海局防胀整治的实践基础上,通过对数据大样本的分析,对可能薄弱地段进行预判,为进一步完善防胀对策措施提供数据支撑和决策依据。

1 CRTS II 型板胀板病害

1.1 胀板病害主要特征

从历年来病害发生情况来看,胀板病害主要特征包含轨道板与砂浆层离缝、板间宽窄接缝破损、轨道板板端劈裂等结构病害^[7]。部分地段胀板病害进一步导致轨道几何尺寸(高低、方向)变化,影响线路的平顺性和安全性。轨道板与砂浆层离缝在各条线路上或多或少都有发生,且离缝会导致其他相关病害的进一步发展,相互影响使得病害发展的速度变快,程度变深。轨道板与砂浆层之间离缝会加剧砂浆析出流浆或堆积、砂浆边缘破损、砂浆层局部伤损掉块以及轨道板下吊空等衍生病害。

1.2 胀板机理分析

胀板的原因较为复杂,但本质问题是热胀冷缩的物理问题。CRTS II 型板式无砟轨道为纵向连续型结构,可视为两端受约束的杆件体系,当外界因素的介入使某种稳定临界状态破坏时,便会发生失稳。研究结果表明^[7-12],胀板主要原因有:(1)在外部持续高温环境下,轨道板内部温度难以放散,导致内部膨胀温度应力积聚;(2)温度梯度引起轨道板板端翘曲,轨道板端与砂浆之间离缝;(3)轴向温度荷载使轨道板伸缩,导致宽窄接缝破损,轨道板端偏心受力和应力集中;(4)CA 砂浆灌注不饱满或性能劣化,轨道板与砂浆之间粘结力不足,导致轨道板脱空,结构体系稳定性弱化;(5)板间宽窄接缝施工时,纵连不及时,施工不到位;

(6)在列车荷载反复碾压下,离缝处产生“拍打”效应,进一步加剧胀板的发生。

2 胀板病害现场检测及数据采集

2.1 检测时段和范围

连续型无砟轨道胀板病害的发生与气温密切相关,上海局根据历年气候情况,规定防胀期为每年的 6 月 15 日-9 月 15 日。2017 年防胀期内,除利用晃车仪和综合检测列车数据的分析结果对疑似病害处所进行上道复核外,当日最高气温达 38 ℃或连续 5 d 达到 35 ℃时,在 10:00~17:00 高温时段内,安排人员添乘进行动态检测,当日凌晨天窗内重点组织人工对全局 CRTS II 型板式无砟轨道进行每两天覆盖一遍的静态检测。

2.2 检测内容和方法

静态检测时,组织技术人员沿线路进行拉网式全覆盖检查,利用手电筒、塞尺和钢卷尺等工具,测量并记录病害的行别与里程、轨道板号、砂浆层离缝值、深度、影响长度、板间接缝宽度、离缝宽度和长度以及线路轨面的高低、方向,对病害情况进行写实并拍摄照片(如图 1 所示),按照“一处一档”的原则建立病害数据库。



图 1 用塞尺测量轨道板与砂浆层之间离缝值

2.3 数据采集结果

2017 年上海局管内各地区主要高温期集中在 7 月 9 日-8 月 9 日,期间累计组织 2 800 余人次进行动态添乘,11 000 余人次进行静态检查,各线平均累计检查 11 遍,发现轨道板离缝 2 mm 及以上等病害共 940 处。

3 胀板数据分析与重点分布地段

3.1 病害数量与外部持续高温的关系

本文将上海局管内地区按典型城市划分为徐州、蚌埠、南京、上海、杭州、宁波 6 个区域,对各区域覆盖范围内的线路检查中的胀板病害数量进行统计,并将最高气温 ≥ 35 ℃,持续时间 ≥ 3 d 作为持续高温的判定指标^[13],分析病害发生数量与持续高温天数的关

系。平均每公里病害数量与持续高温天数的关系如图2所示。

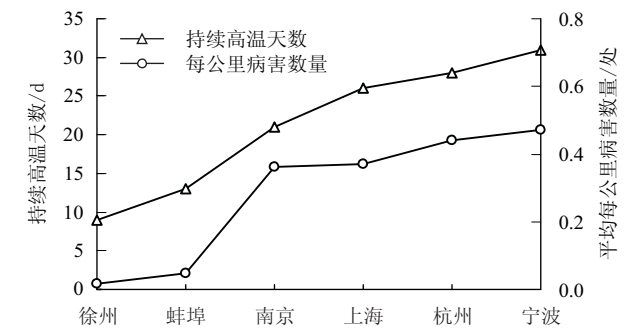


图2 平均每公里病害数量与持续高温天数

从图2可以看出,随着各地区持续高温天数变长,该地区平均每公里胀板病害数量增多。

3.2 病害数量沿线路分布特征

CRTS II型板式无砟轨道铺设地段的桥隧比例高,在不同的线下基础工程条件和不同的线型状态下,其结构和受力状况存在差异,病害发展的表现和程度也不尽相同。

3.2.1 分布特征与线下基础类型的关系

为揭示在不同线下基础地段发生病害数量的差异性,将无砟轨道所处下部基础类型进行分类,统计各类型发生胀板病害的数量,如表1所示。胀板数占比可显示出病害的大致分布情况,但无法说明病害发生的集中程度。为此,引入占比系数的概念,即占比系数=胀板数占比/里程占比。占比系数越大,表明在该类型条件下发生胀板病害的集中程度越高或概率越大。

表1 不同线下基础类型发生胀板病害数量统计表

基础类型	里程占比/%	胀板数量/处	胀板数占比/%	占比系数
桥梁	74.9	768	81.7	1.091
其中:简支梁	69.3%	665	70.7	1.020
连续梁	5.6	103	11.0	1.964
路基	20.7	171	18.2	0.879
隧道	4.4	1	0.1	0.023

注:1.“隧道”类型统计的胀板数量为隧道内靠近洞口1处。
2.里程占比=各类型的延展公里数/全线总延展长度,胀板数占比=该类型发生胀板的数量/全线总胀板数量。

不同线下基础类型发生胀板病害的情况对比,如图3所示。分析可知,胀板主要发生在桥梁及路基地段,胀板数占比分别为81.7%和18.2%,占比系数分别为1.091和0.879,说明病害发生在桥梁上的概率比发生在路基上的概率略大,但两者差异不显著。将桥梁地段进一步细分为简支梁段和连续梁段,可看出连续梁段上更易发生胀板病害。

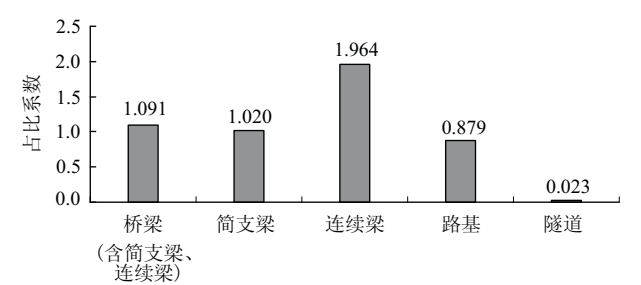


图3 不同下部基础类型发生胀板病害的占比系数

统计中还发现,连续梁段梁端处的病害有7处,占连续梁段上病害总数的6.8%;路桥过渡段(端刺区)处的病害有11处,占路基地段病害总数的6.4%。从其病害特征和养护维修实践可知,连续梁、路基地段胀板具有更大的危险性,胀板表象从轨道板离缝、宽窄接缝挤碎向支承层压溃以及连续梁活动支座端变形等新形式、新特征方向发展。因此连续梁梁端以及路桥过渡段(端刺区)应作为胀板病害防治的重点地段。

3.2.2 分布特征与线路平面的关系

2017年,不同线路平面类型和不同半径发生曲线地段胀板数量的分布如表2、表3所示。

表2 不同线路平面类型发生胀板病害数量统计表

线路平面类型	里程占比/%	胀板数量/处	胀板数占比/%	占比系数
直线	55.9	438	46.6	0.834
曲线	缓和曲线	199	21.2	1.211
	圆曲线	303	32.2	1.211

表3 曲线地段不同半径发生胀板病害数量统计表

曲线半径R/m	里程占比/%	胀板数量/处	胀板数占比/%	占比系数
$R \leq 2\,000$	1.7	21	4.2	2.471
$2\,000 < R \leq 5\,000$	5.6	38	7.6	1.357
$5\,000 < R \leq 12\,000$	91.0	442	88.0	0.967
$R > 12\,000$	1.7	1	0.2	0.118

通过占比系数对各类型发生胀板病害的情况进行横向比较,如图4所示。

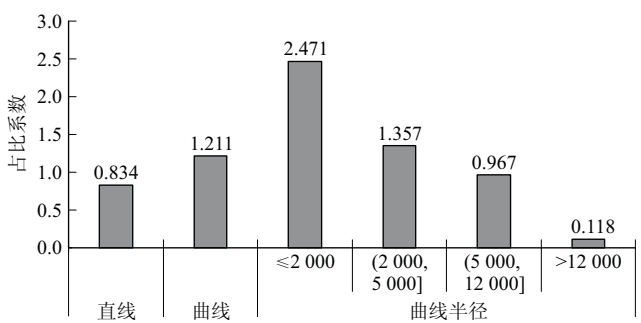


图4 不同线路平面和曲线半径发生胀板病害的占比系数

结果表明:曲线地段发生胀板的概率略大,但在缓和曲线和圆曲线上表现无差异,占比系数均为 1.211;曲线地段随着曲线半径变小,胀板病害发生机率增加,在 $R \leq 2\,000\text{ m}$ 的小半径曲线地段,其占比系数为 2.471,远大于 $R > 12\,000$ 曲线地段的占比系数。

3.2.3 分布特征线路纵断面的关系

2017 年,不同线路坡度的胀板数数量分布如表 4 所示,通过占比系数对各类型发生胀板病害的情况进行横向比较,如图 5 所示。

表 4 不同线路坡度发生胀板病害数量统计表

线路坡度 i /‰	里程占比 /%	胀板数量 /处	胀板数占比 /%	占比系数
$ i \leq 12$	94.4	837	89.0	0.943
$ i > 12$	5.6	103	11.0	1.964

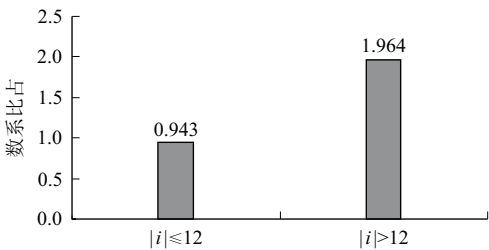


图 5 不同线路坡度发生胀板病害的占比系数

结果表明:线路坡度大于 12‰ 的大坡度地段,里程占比为 5.6%,但发生胀板病害的数量占比达 11%,表明大坡度地段发生胀板病害的几率更大。

综上所述,CRTS II 型板式无砟轨道高温胀板的一般性规律如下:

(1)胀板的主要原因是外部持续高温下的温度荷载作用,不同地区的病害数量与当地的高温持续天数呈正相关性。

(2)从线下基础看,胀板主要发生在桥梁与路基地段,但两者差异不显著,桥梁地段的连续梁部位比简支梁部位更易发生胀板。

(3)从线路平面看,胀板病害在曲线地段略多,特别是小半径曲线地段发生病害概率更高。

(4)大坡度地段也表现出明显的病害高发性。

因此,应把连续梁地段、小半径曲线地段、大坡度地段作为防胀重点地段。

4 防胀对策措施

(1)划定防胀重点地段

根据胀板病害分布特征,划定各条高速铁路线路的胀板病害重点地段,加强对重点地段的日常检查和监控。特别在高温期间,应充分掌握气象状况,及时上

道检查,加强主动防控。对发现的胀板问题及时整治,防止病害程度进一步加深。

(2)采取有针对性的预防性技术措施。每年在高温来临前,组织人员对连续型无砟轨道全面调查一遍,做好隐患排查和预防性整治。实践中发现,通过对轨道板采用“植筋锚固”、“板底注胶”等方式对离缝上拱等病害的修复效果较好,整治地段未再产生较严重的胀板病害。

(3)加强防胀管理,完善防胀手段。高温期间加强动态添乘、数据分析和现场复核,发挥人防作用。积极探索研究轨道板离缝状态的检测手段,如推进动检波形图对比分析软件的应用和智能检测装置的开发等,发挥技防作用。

5 结束语

上海局管内 CRTS II 型板式无砟轨道占全路比例高,胀板检测数据具有一定的代表性和可参照性。本文应用统计学的方法,对胀板发生的一般性规律和重点地段分布进行了分析。为了更好地服务 CRTS II 型板防胀工作,建议:

(1)我国幅员辽阔,各个地区气候条件和工程状态不同,下一步可针对全路各地区进行无砟轨道胀板数据汇总统计和分析,完善 CRTS II 型轨道板高温胀板基础数据库,为深入分析提供依据。

(2)目前主要依靠人工检查发现胀板病害,并对胀板处所采取植筋和注胶的应急整治的,防胀治理方案较为被动,下一步应结合胀板发生的规律特征,从胀板原因的力学原理和无砟轨道结构特点等方面入手,探索更多的防胀手段。

参考文献:

[1] 刘学毅,赵坪锐,杨荣山,等. 客运专线无砟轨道设计理论与方法[M]. 成都:西南交通大学出版社,2010.
LIU Xueyi, ZHAO Pingrui, YANG Rongshan, et al. Design Theory and Method of Ballastless Track of Passenger Dedicated Railway Line [M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2010.

[2] 高睿. CRTS II 型板式无砟轨道轨道板离缝上拱整治及效果研究[D]. 成都:西南交通大学,2014.
GAO Rui. Study on Treatment and Its Effects of Debonding and Upwarp of CRTS II Slab Track Structure[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2014.

[3] 徐浩,刘霄,徐金辉,等. 温度作用下轨道板与 CA 砂浆离缝对 CRTS II 型板式轨道的影响分析[J]. 铁道标准设计,2013, 57(9):9-12.
XU Hao, LIU Xiao, XU Jinhui, et al. Influence on CRTS - II Slab Track Structure Caused by the Debonding Between Slab and CA Mortar Under the Action of Temperature Load [J]. Railway Standard

Design, 2013, 57(9):9-12.

[4] 朱浩,徐浩,谢铠泽,等. CA 砂浆离缝对 CRTS II 型板式轨道的影响研究[J]. 铁道标准设计,2013,57(12):35-39.

ZHU Hao, XU Hao, XIE Kaize, et al. Influence on CRTS - II Slab Track Caused by the De-bonding of Emulsified Cement Asphalt Mortar [J]. Railway Standard Design,2013,57(12):35-39.

[5] 杨明华. 桥上纵连板式无砟轨道结构的温度翘曲变形及整治[J]. 中国铁路,2012,29(4):78-81.

YANG Minghua. Temperature Warping Deformation and Treatment of Longitudinal Connected Ballastless Track Structure on Bridge [J]. Chinese Railways, 2012, 29 (4): 78-81.

[6] 王雪松,曾志平,元强,等. 抑制 CRTS II 型轨道板与水泥砂浆离缝的技术措施研究[J]. 铁道科学与工程学报,2014,36(1):43-48.

WANG Xuesong, ZENG Zhiping, YUAN Qiang, et al. Study of Technical Measures to Restrain the Gap between CRTS II Slab and Cement Asphalt Mortar [J]. Journal of Railway Society and Engineering, 2014, 36(1): 43-48.

[7] 谭社会. 高温条件下 CRTS II 型板式无砟轨道变形整治措施研究[J]. 铁道建筑,2016,56(5):23-27.

TAN Shehui. Study on Deformation Treatment Measures for CRTS II Slab - type Ballastless Track in High Temperature Condition [J]. Railway Engineering, 2016,56(5): 23-27.

[8] 韩志刚,孙立. CRTS II 型板式轨道轨道板温度测量与变形分析[J]. 铁道标准设计,2011,55(10):41-44.

HAN Zhigang, SUN Li. Temperature Measurement and Deformation Analysis for CRTS II Ballastless Track Slabs [J]. Railway Standard Design, 2011, 55(10): 41-44.

[9] 颜华,胡华锋,曾晓辉,等. 静水作用下板式无砟轨道 CA 砂浆力学性能变化[J]. 高速铁路技术,2014,5(4):7-10.

YAN Hua, HU Huafeng, ZENG Xiaohui, et al. Studies on Mechanical Changes of CA Mortar for Slab Track Under Hydrostatic Effect [J]. High Speed Railway Tehnology, 2014, 5(4): 7-10.

[10] 汪力,王平,吴仁义. CRTS II 型板砂浆层的常见劣化现象及其对轨道结构的影响分析[J]. 铁道标准设计,2012,56(11):11-14.

WANG Li, WANG Ping, WU Renyi. Common Deterioration Phenomena and Effect Analysis of Mortar Bed on CRTS II Track Structure [J]. Railway Standard Design, 2012, 56(11): 11-14.

[11] 刘钰,赵国堂. CRTS II 型板式无砟轨道结构层间早期离缝研究[J]. 中国铁道科学,2013,21(4):1-7.

LIU Yu, ZHAO Guotang. Analysis of Early Gap between Layers of CRTS II Slab Ballastless Track Structure [J]. China Railway Science, 2013, 21(4): 1-7.

[12] 赵虎. 高速铁路 CRTS II 型板式无砟轨道高温变形及损伤机理研究[J]. 铁道标准设计,2017,61(9):46-50.

ZHAO Hu. High Temperature Deformation and Damage Mechanism of CRTS II Ballastless Slab Track on High Speed Railway [J]. Railway Standard Design,2017,61(9):46-50.

[13] 林超. 持续高温对 CRTS II 型板式无砟轨道温度场影响的试验研究[J]. 铁道建筑,2016,56(5):15-18.

LIN Chao. Experimental Study on Influence of Sustained High Temperature on Temperature field of CRTS II Slab - type Ballastless Track [J]. Railway Engineering, 2016, 56(5):15-18.

(编辑:苏玲梅 张红英)

(上接第 43 页)

[3] 莫斯科交通设计院研究院. 各类工程地质勘察成果报告[R]. 莫斯科:莫斯科交通设计研究院,2016.

Moscow Transportation Design Institute. Report on the Achievements of Various Engineering Geological Survey [R]. Moscow: Moscow Transportation Design Institute, 2016.

[4] 下洛夫哥罗德地铁设计院. 各类工程地质勘察报告[R]. 莫斯科:下洛夫哥罗德地铁设计院,2016.

Nizhny Novgorod Metro Design Institute, Report on Various Engineering Geological Investigation [R]. Moscow: Nizhny Novgorod Metro Design Institute, 2016.

[5] TB 10012-2007 铁路工程地质勘察规范[S].

TB 10012 - 2007 Code for Geology Investigation of Railway Engineering[S].

[6] TB 10027-2012 铁路工程不良地质勘察规程[S].

TB 10027 - 2012 Code for Unfavorable Geological Condition Investigation of Railway Engineering [S].

[7] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].

TB 10621 - 2014 Code for Design of High Speed Railway[S].

[8] 中铁二院工程集团有限责任公司,中铁西北科学研究院,莫斯科大学. 俄罗斯莫斯科至喀山高速铁路季节性冻土特征及工程影响研究[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司,中铁西北科学研究院,莫斯科:莫斯科大学. 2017.

China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., China Railway Northwest Research Institute Co., Ltd., Moscow State University. Study on Engineering Characteristics of Seasonal Frozen Soil and Influence of It on Engineering of Moscow-Kazan High-speed Railway [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., China Railway Northwest Research Institute Co., Ltd., Moscow: Moscow State University, 2017.

(编辑:刘会娟 张红英)