

文章编号: 1674—8247(2022)05—0102—05

DOI: 10. 12098/j. issn. 1674 - 8247. 2022. 05. 020

路基段双块式无砟轨道在线重构整治研究与实践

殷明旻 向芬 乔建春 方宜 蒋楚生

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘要:某高速铁路路基段无砟轨道出现上拱病害,且平面上有一定量的偏移,经深入分析,主要原因为路基基岩在构筑过程中应力重分布作用下的缓慢蠕变。目前该病害尚无根治措施,为整治该段因上拱引起的限速,决定在线拆除并重构无砟轨道。本文提出的营业线天窗时间内进行无砟轨道重构整治方案,不断道限速运行,方案可行,效果良好,相关施工经验可为同类工程提供参考。

关键词:双块式无砟轨道; 重构; 病害整治; 上拱

中图分类号: U213.2⁺44 **文献标识码:** A

Research and Practice of On-line Reconstruction of Bi-block Ballastless Track in Subgrade Section

YIN Mingmin XIANG Fen QIAO Jianchun FANG Yi JIANG Chusheng

(China Railway Eryuan Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: The ballastless track in the subgrade section of a high-speed railway had the arch disease, and there was a certain amount of offset on the plane. After in-depth analysis, the main reason was identified as the slow creep of subgrade bedrock under the effect of stress redistribution during construction. Currently, this disease can not be cured once and for all. In order to solve the speed limit problem caused by the arch disease of this section, the ballastless track was dismantled and then reconstructed in an online manner. This paper provides a scheme of reconstructing the ballastless track within the skylight time of the operating line while keeping the line operating at a limited speed. This scheme is proven feasible, with good effect, and the construction experience can provide a reference for similar projects.

Key words: bi-block ballastless track; reconstruction; disease treatment; arch

近年来,无砟轨道已成为我国高速铁路主要的轨道结构型式。目前,国内一些高速铁路运营后出现了一定程度的病害,某些特殊地段甚至出现了难以根治的病害疑难杂症。如何在不中断高速铁路运营的前提下进行无砟轨道病害整治是目前亟待解决的难题之一。

国内已有绳锯法切割无砟轨道支承层或隧底回填层的成功案例,也有切割钻孔路基基床表层,减薄无砟轨道支承层的实例,但以上措施工程实施时间跨

度大,代价较大且可控性较差。本文针对路基段病害采用了无砟轨道拆除重构方案,经过深入研究,详细周到的施工管理,安全地达到了整治目的。研究成果可为无砟轨道维修整治提供了借鉴和参考。

1 线路概况

1.1 某客运专线路基段基本情况

该异常段路基属于低山丘陵地貌,长约 395 m,

收稿日期:2022-04-29

作者简介:殷明旻(1975-),男,高级工程师。

引文格式:殷明旻,向芬,乔建春,等. 路基段 CRTS 双块式无砟轨道在线重构整治研究与实践[J]. 高速铁路技术,2022,13(5):102-106.

YIN Mingmin, XIANG Fen, QIAO Jianchun, et al. Research and Practice of On-line Reconstruction of Bi-block Ballastless Track in Subgrade Section[J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(5):102-106.

主要为路堑,次为路堤,局部半挖半填。该段上覆第四系全新统坡残积粉质黏土,下伏基岩为侏罗系中统沙溪庙组泥岩夹砂岩。岩样试验膨胀性指标中,自由膨胀率0~22.0%,饱和吸水率0~12.8%,膨胀力0~56 kPa,多数样品膨胀性参数极低。段内地表水主要为季节性山间沟水,地下水为基岩裂隙水,岩性以泥岩为主,含水量微弱,无整体地下水位,仅分布局部裂隙水。

线路中心路堑最大挖方深度26 m,边坡采用锚杆框架梁护坡,边坡坡率1:1.5~1:1.75,路堤最大填方高度7 m,该病害段位于挖方地段,变形最大处基本位于挖方最大处。该段左侧设C35钢筋混凝土锚固桩,桩间设C30混凝土路堑挡土墙;桩间挡墙墙高均为7 m。锚固桩两端采用一般重力式路堑挡土墙顺接。该病害路基段基床底层厚度1.0 m,采用AB组填料填筑。基床底面设置0.1 m厚中粗砂夹一层复合土工膜,两侧设置矩形侧沟及纵向渗水盲沟。

该区间路基采用双块式无砟轨道结构。平面位于半径10 000 m的圆曲线上,上、下行曲线超高均为55 mm,内轨顶面至道床底面高度为815 mm。道床板为C40钢筋混凝土结构,宽2 800 mm,厚260 mm。支承层采用C25混凝土,厚300 mm,支承层连续浇筑。

1.2 运营期持续底鼓病害

该异常路基段共设置3个观测断面,每个断面在基底中心布设1个沉降观测板并在路基面左、中、右各布设1个路面观测桩。主体工程完工后,沉降观测时间满足评估要求,沉降观测数据未出现异常,单点沉降通过评估,符合规范要求。

线路开通运营后,工务段轨检及轨面监测的数据表明,该段(上、下行共有约120 m)路堑呈现持续上拱变形和轨向异常,累计最大上拱量达43 mm,最大水平位移达11 mm。轨检数据及历次轨道精调恢复的轨面高程拟合如图1所示。

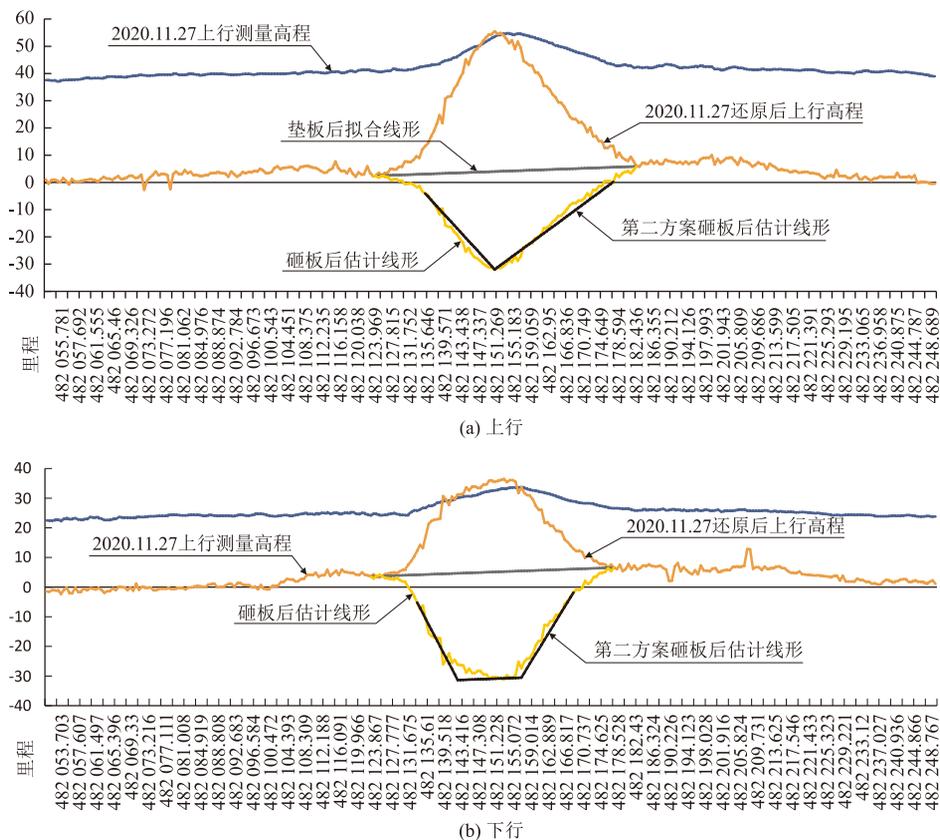


图1 K 482 路基病害段轨检数据及历次轨道精调恢复的轨面高程拟合图

由图1可知,工务段先后4次对此处病害开展了专项精调整治,W300-1型扣件平面最大调整量8 mm,高程最大调整量+26/-4 mm,整治后扣件最大调高量36 mm,最大调低量3 mm,最大平面调整量

10 mm,部分区段已使用非标调整扣件。

1.3 病害成因分析

通过两年多运营期的持续轨面数据监测及轨检数据对照,轨面上拱速率比较均匀,不存在温度应力

导致的道床板上拱变形,道床板与支承层未见明显离缝,道床板也未见均布或贯通性的横向裂纹,基本可排除无砟轨道随温度上拱和施工质量等方面原因。

路基基床填料膨胀、基底泥岩膨胀、地应力局部异常都有可能形成底鼓病害。勘察阶段本地层大量样品的膨胀性试验指标较低,监测数据显示底鼓与季节性规律性弱,由此可判定由于路基填料或基地岩体膨胀导致底鼓的可能性较小。参考其他底鼓病害工点,本段路基底鼓病害基本可判定为由路堑边坡开挖卸荷与地质环境变化使得地应力局部异常调整所致。

2 病害整治修复研究

为取消该段因路基上拱引起的局部限速,保障铁路运营秩序,对病害整治修复方案进行了综合比选研究。采用路基整治方案工程量巨大,且无绕行和便线可用,考虑到本线的行车密度大,不能断道施工,因此只能采取不中断运营的无砟轨道拆除重构办法进行该段病害的阶段性整治。经过研究,严密的施工组织和管控,病害整治工程取得了良好效果。整治施工结束后,参照轨道几何形位检测数据,高速列车逐步恢复至设计速度。

2.1 无砟轨道受力分析

该段路基双块式无砟轨道为连续式,该病害段内无端梁,距离端梁最小距离大于30 m。由于施工条件、天窗期等限制,拆除现有的连续式无砟轨道,重构后采用单元式无砟轨道,并对重构段两端无砟轨道道床板进行植筋锚固,如图2所示。

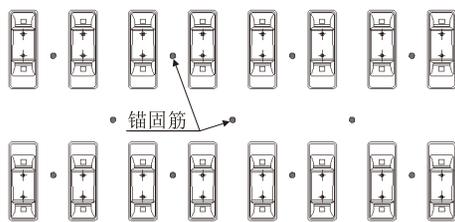


图2 锚固筋布置图

为了预留轨道上拱量,灾害整治中拟采用减薄了支撑层的方案,由此削弱无砟轨道结构强度。

建立曲线段双块式无砟轨道有限元分析模型,分析支承层减薄对轨道结构(钢轨、轨道板、支承层、路基基床)受力的影响,如图3所示。将钢轨支承考虑为离散点支承,仅在扣件处设置支承点,钢轨网格纵向密度取0.325 m,扣件等效为线弹性体,采用弹簧-阻尼单元进行模拟,刚度取50 kN/mm。轨道板、支承层和基床均采用8节点六面体实体缩减积分实体单元进行模拟。

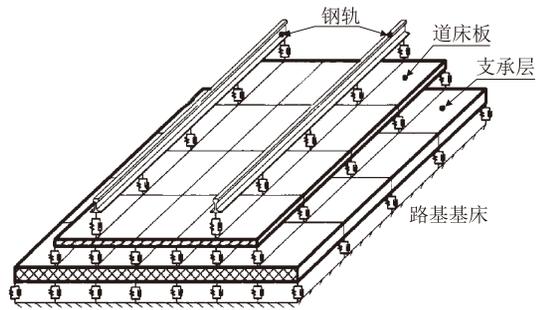


图3 有限元计算模型图

本文计算了列车荷载作用于枕间和轨枕上方时轨道板和不同厚度支承层底面的受力情况,支承层厚度取270 mm、230 mm、185 mm。数值模拟结果表明,随着支承层厚度减小,道床板底面和支承层底面拉应力逐渐增加;支承层185 mm厚时,道床板底最大拉应力0.52 MPa,小于C15混凝土材料的抗拉强度设计值;支承层顶、底面各方向的压应力均随支承层厚度减小而减小,轨道板和支承层所有受力均小于材料的抗压强度设计值。综上,经过数值模拟和理论分析,可采用切割减薄支承层措施进行无砟轨道轨道病害整治。

2.2 核心装备及关键材料

为实现天窗时间内拆除重构无砟轨道,天窗时间外维持限速运营,并确保行车安全,需要有快速拆装可调性好的的轨道施工装备以及快干速凝早强的特种胶凝材料等。

2.2.1 可调式单枕支撑临时轨道结构

目前对无砟轨道不中断行车的情况下进行病害整治存在诸多技术难题,而对运营情况下无砟轨道支撑层及下部结构进行拆换更是困难重重,研发一种不中断行车、安全可靠、经济合理、施工方便、适应能力强的临时过渡轨道结构势在必行。

因此,在本次维修整治中,提出了一种单枕可调式临时轨道装置,如图4所示。轨道结构高度可低至470 mm左右,该轨道装置拆装便捷,可方便地调节轨道高度、超高、轨距、轨枕间距,且不影响轨道电路 and 既有轨旁设备的安装,极大地方便了无砟轨道维修病害整治。

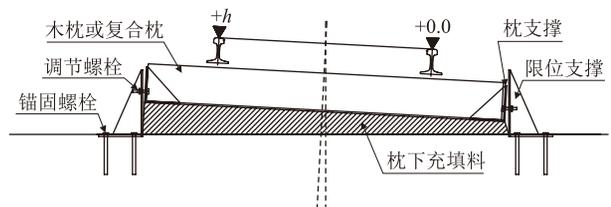


图4 单枕可调式临时轨道支撑结构示意图

可调式单枕支撑临时轨道作为承担开通限速运营的临时轨道结构,需对其进行结构检算。计算模型为连续弹性点支撑梁模型,弹性点按照轨枕间距选取 0.65 m。设计考虑在限速条件下 ZK 标准活载通行,并进行 ZK 特种活载验证计算。按 80 km/h 速度取动载系数,进行木枕的弯矩、强度,锚固螺栓的抗拔及剪切,无缝线路的强度和稳定性检算。结构验算结果表明,安全余量合理,该结构能满足临时过渡限速行车需求。由于夜间天窗时间施工,实际轨温基本可恒定在锁定轨温 $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,满足 TB/T 2098-2007《无缝线路铺设与养护维修方法》的无缝线路养护维修作业要求。

2.2.2 快干早强型高性能混凝土

由于高速铁路天窗时间较短,而普通的硅酸盐混凝土养护时间长,因此本工程中对混凝土的早期强度提出了更高的要求。经综合比选,本工程中选取快干早强型高性能混凝土,其基本参数如表 1 所示。

表 1 高性能混凝土基本参数表

施工配比 超快硬水泥 基材料: 石子	抗压强度/MPa		加水混合后 可 使时间/min	浇筑 1 m ³ 约需超快硬 水泥基材料/kg
	2 h	28 d		
1 : 1	≥ 35	≥ 60	约 25	1 200

该高性能混凝土的技术特性包括:①采用优质硅酸盐水泥为基础、配合高性能无机快硬熟料技术及精选细骨料;②具有理想早期强度,2 h 抗压强度 $\geq 35\text{ MPa}$ 和长期强度稳定性;③特有的和易性保持缓释技术、早期裂纹控制技术;④经工厂专业设备配料、混合、包装,现场加入粗骨料及水搅拌均匀即可使用;⑤粗骨料粒径为 5 ~ 25 mm,且小于 30 mm。

快干早强型混凝土的使用时间短,现场应考虑拌和场地、运输、施工的快捷便利。在天窗结束前 2 h 以上,若不能绑扎好道床钢筋,精调轨道,准备好浇筑混凝土,则应顺延到下一个天窗时间内进行浇筑,由此确保快干早强型混凝土有 2 h 以上的养生及形成强度时间。

3 重构施工及安全保障

3.1 无砟轨道重构施工

重构整治无砟轨道病害施工主要分为准备工作、拆除重构无砟轨道和线路恢复、逐步提速 3 个阶段,具体施工步骤如图 5 所示。

施工中如果段落上拱量值较大,且能申请到大天窗的情况,则可以段落整体精调,确保整治后轨面达到设计值后再分块浇筑道床。

为验证主要机具和材料的工作性能和施工功效,强化管理施工人员之间的协调能力,加强主要工序之间衔接配合能力,正式施工前需在场外进行工艺性实验。

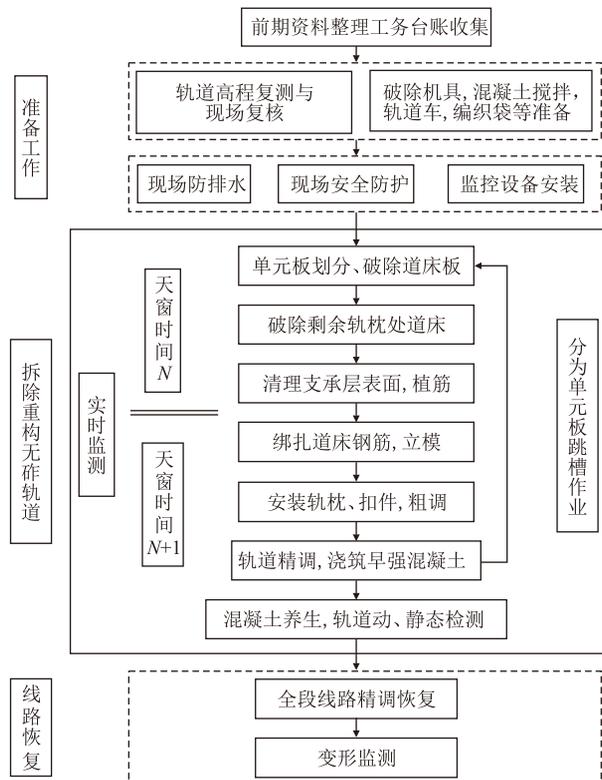


图 5 天窗期无砟轨道重构施工工序流程图

3.2 施工及运营安全保障

为尽快整治完成恢复正常运营,本次无砟轨道拆除重构采用了不锯断无缝线路、不换轨的施工方案。钢轨和扣件全部利用且不增加数量;双块式轨枕全部换新。施工中加强了对既有钢轨和扣件的保护,拆除无砟轨道,重新浇筑混凝土道床使得无缝线路的纵横向阻力发生了改变。然而,由于不锯断钢轨,根据《无缝线路铺设与养护维修方法》,宜在实际锁定轨温 $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内施工和运营,若轨温超出此范围,则需要进行轨道强度和稳定性检算。根据前述检算和现场测试情况,采用可调式单枕支撑临时轨道结构及木枕扣件可以安全确保实际锁定轨温在 $+15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的安全施工和限速运营。

轨道精调时应当对接触网电务部分同步调整,轨旁信号设备直接迁移至临时轨道,施工中应注意钢轨的绝缘,天窗结束前应检测轨道电路,从而确保非天窗时间的限速运营。

安装轨道自动化变形监测系统,测点纵向间距 5 m,上、下行线枕木两侧各布设 1 组测点。线路轨道

极限容许变形值采用标准按照 TG/GW 102-2019《高速铁路线路修理规则》中表 6.2.1-2《线路轨道静态几何不平顺容许偏差管理值》及表 6.3.3《轨道动态几何不平顺容许偏差管理值》中的 80 km/h 标准控制,超限报警并申请进网检查。同时,在关键位置点的车辆限界外安装 24 h 实时视频监控系统。

4 整治后的观测及效果

开通运营以来,该病害段最大年上拱速率约为 10.75 mm/年。在无砟轨道重构整治时,无砟轨道横

向位置纠偏和高程上扣件都进行了相应量的预留。

由于没有针对路基进行彻底的整治,整治后 9 个月的观测数据表明,上拱速率与重构无砟轨道整治前基本保持一致,换算最大年上拱速率为 10.68 mm/年,但最大上拱发生位置相对整治前有一定的移位。重构前上拱量最大处为:上行线 K 482 + 149 和 K 482 + 155,下行线 K 482 + 144 和 K 482 + 149;重构整治后上拱量最大处:上行线 K 482 + 157,下行线 K 482 + 155。重构无砟轨道后最大变形断面处轨面上拱值如图 6 所示。

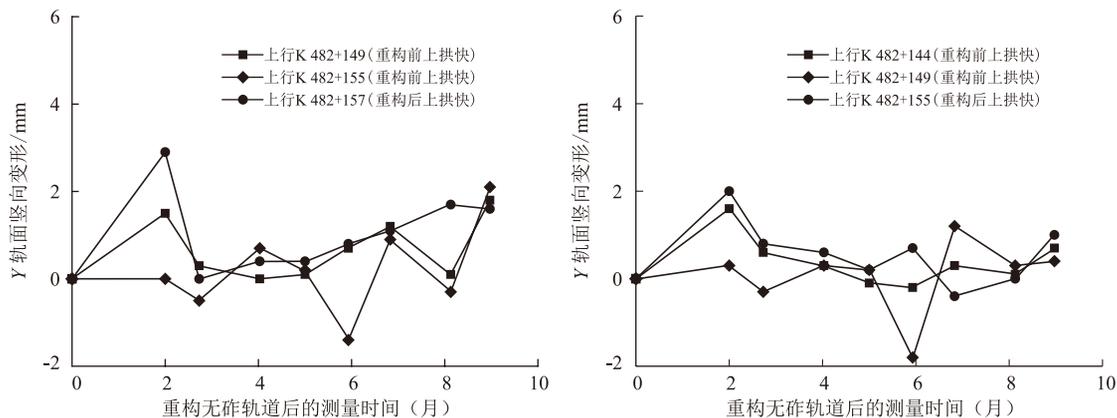


图 6 重构无砟轨道后最大变形断面处轨面上拱值对比图

由图 6 可知,无砟轨道拆除重构导致基础地应力局部释放和重新分布,但造成上拱的地应力异常调整情况未得到改善,需进一步加强观测和量化地应力异常的详细分布及数据,以便进一步研究路基的彻底整治措施。

5 结语

通过对既有营业线的无砟轨道重构设计和施工实践,本文对既有线无砟轨道地段病害不断道整治做出了有益的尝试。在不中断运营的前提下进行了无砟轨道重构整治,取得了一定的效果,路基上拱可以靠特殊扣件的预留调低量进行适应,阶段性克服了基础上拱引起扣件无法适应调整而限速的问题,保障了运营秩序。本次工程实践可为类似灾害整治施工提供借鉴和参考。

参考文献:

[1] 杨永明. 高速铁路无砟轨道整治效果评估方法探讨[J]. 铁道标准设计, 2015, 59(10): 64-68.
YANG Yongming. An Approach to Quantitative Assessment Method for the Remedy of Ballastless Track of High-Speed Railway [J]. Railway Standard Design, 2015, 59(10): 64-68.

[2] 铁运[2012]83号, 高速铁路无砟轨道线路维修规则[S].
Tie Yun [2012]No.83, Rules on Maintenance of Ballastless Track of High Speed Railway [S].
[3] 朱兴永, 蔡德钧, 戚志刚, 等. 高速铁路无砟轨道区段路基上拱整治技术[J]. 铁道建筑, 2018, 58(5): 87-89.
ZHU Xingyong, CAI Degou, QI Zhigang, et al. Treatment Method of Subgrade Heaving in Ballastless Track Section of High Speed Railway [J]. Railway Engineering, 2018, 58(5): 87-89.
[4] TB 10761—2013 高速铁路工程动态验收技术规范[S].
TB 10761—2013 Technical Regulations for Dynamic Acceptance for High-Speed Railways Construction [S].
[5] TB 10754—2018 高速铁路轨道工程施工质量验收标准[S].
TB 10754—2018 Standard for Acceptance of Track Works in High-Speed Railway [S].
[7] 李强. 高速铁路隧道无砟轨道上拱整治技术研究[J]. 铁道标准设计, 2019, 63(7): 117-123.
LI Qiang. Research on Treatment Technology for Ballastless Track Upward of High-Speed Railway Tunnels [J]. Railway Standard Design, 2019, 63(7): 117-123.
[8] 王鹏程, 尧俊凯, 陈锋, 等. 无砟轨道路基上拱原因试验研究[J]. 铁道建筑, 2018, 58(1): 43-46.
WANG Pengcheng, YAO Junkai, CHEN Feng, et al. Experimental Study on Heaving Cause of Ballastless Track Subgrade [J]. Railway Engineering, 2018, 58(1): 43-46.