

文章编号: 1674—8247(2019)06—0026—04
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2019.06.005

隧道内无砟轨道常见病害分析与整治措施研究

方 宜 卓建成 殷明旻 向 芬

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:无砟轨道在运营过程中受到各种因素的耦合作用,部分线路出现不同程度的病害。随着无砟轨道运营里程的增加,无砟轨道病害问题亦变得突出。本文总结了现有隧道内无砟轨道主要病害形式及其常用整治措施。重点阐述了某客运专线隧道内出现的无砟轨道上拱病害情况、隧道地质情况及目前已实施的治理方案,并提出了若病害继续发展可采用的维修方案,可为同类工程问题提供借鉴。

关键词:无砟轨道;病害;上拱;维修;措施

中图分类号:U213.2⁺44 **文献标志码:**A

Study on Analysis of Common Diseases and Treatment Measures of Ballastless Track in Tunnel

FANG Yi ZHUO Jiancheng YIN Mingmin XIANG FEN

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

Abstract: The ballastless track is coupled by various factors during operation, some lines are damaged to varying degree. With the increase of operation mileage of ballastless track, the disease of ballastless track is increasingly outstanding. The main diseases forms of ballastless track in tunnel and common maintenance measures are summarized in the paper. The diseases on the crown of the ballastless track in tunnel of a passenger dedicated line, geological conditions of tunnel and currently implemented maintenance measures are represented as emphases. Maintenance measures are proposed if the diseases go worse which can provide references for similar engineering problems.

Key words: ballastless track; disease; crown; maintenance; measures

无砟轨道高平顺性、高稳定性和少维修性的特点使其在高速铁路上得到了广泛的运用^[1-2]。无砟轨道可降低隧道内净空,降低养护维修难度,增加隧道内行车的安全性和稳定性,因此无砟轨道在隧道地段铺设较多。由于隧道内地质条件复杂^[3-4],隧道在修建时受技术条件、施工质量、地质条件等多方面因素的综合影响,在后期运营中发现,部分隧道内无砟轨道出现了不同形式、不同程度的伤损。因此,针对隧道内无砟轨道的病害分析与整治措施研究迫在眉睫。本文在总结

隧道内无砟轨道病害形式及整治措施的基础上,重点阐述了某客运专线隧道内出现的无砟轨道上拱病害及治理方案,并提出了针对病害后续继续发展的可用维修方案。

1 隧道内无砟轨道主要病害及其成因分析

1.1 道床表面冒浆

无砟道床下部混凝土在列车荷载作用下磨损,产

收稿日期:2019-01-20

作者简介:方宜(1984-),女,高级工程师。

引文格式:方宜,卓建成,殷明旻,等. 隧道内无砟轨道常见病害分析与整治措施研究[J]. 高速铁路技术,2019,10(6):26-29.

FANG Yi, ZHUO Jiancheng, YIN Mingmin, et al. Study on Analysis of Common Diseases and Treatment Measures of Ballastless Track in Tunnel [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(6): 26-29.

生细小颗粒,当道床裂纹出现时,水从裂纹和道床板施工缝间渗入,软化道床下部混凝土和回填材料,列车动荷载作用产生的振动使层间细小颗粒被带出,形成唧泥现象,导致道床板表面有白浆析出。

1.2 无砟道床下沉

隧道基础回填层设计强度远远小于隧道内无砟轨道结构强度,在长期列车动荷载作用下,隧道下部基础回填层和道床板层间会出现“脱空”现象,地下水易汇到层间,导致回填层软化。列车动荷载产生的振动会形成抽吸作用,回填层间细小颗粒被带出,形成空洞,使下部基础逐渐失去支撑能力,导致道床板下沉。

1.3 道床板上拱

常见的道床板上拱是由地下水压力、不良地质条件、施工质量缺陷等因素造成的。当隧道岩层富含地下水时,地下水进入仰拱回填层内,形成较高的承压水头,会导致道床板抬升;当隧道内存在不良地质段时,在地应力作用下岩体产生蠕变,隧道底部受挤压作用,导致仰拱隆起,最终引起道床板上拱;隧道内由于施工环境差,施工质量难以精确控制,若仰拱回填层强度达不到设计要求,会造成仰拱受力条件较差,不能抵抗隧道基础变形,从而导致道床板上拱。

2 病害整治措施

2.1 道床表面冒浆

道床表面冒浆的主要整治措施有轨道板钻孔注胶和梳排相结合整治方案。顺线路方向隔一定距离钻设注胶孔,清理注胶孔后进行注胶,使用封缝胶将注胶管与注胶孔密封。同时增设横向排水盲沟,在承重层两侧的翻浆处设置排水沟,坡度以 2%~4% 为宜,并设置纵向排水沟将盲沟水引入集水井中。

2.2 道床板下沉

无砟道床下沉的整治措施主要有扣件调高、钻孔注浆加固等^[5-6]。下沉量较小时可采用扣件调高的方式进行调节,但扣件调节工作量大,一旦调节量超过扣件可调范围,该方法就不再适用。钻孔注浆是通过道床表面的注浆孔将灌注材料注入到道床板底部和仰拱回填层缝隙中,缝隙间被注浆材料填满,使道床下部基础具有较高的强度和整体性。主要施工顺序为:先清理沟槽,用止水带隔离沟壁和水,将封闭沟槽的裂纹用混凝土进行封闭,再用钻孔机在无砟道床表面钻孔,清理孔内碎渣,进行孔内注浆。钻孔注浆示意如图 1 所示。为保证注浆效果,应采用跳跃注浆,待注浆完成后封闭注浆孔。钻孔注浆加固修复效果良好,施工工期短,能够保证线路正常运营。

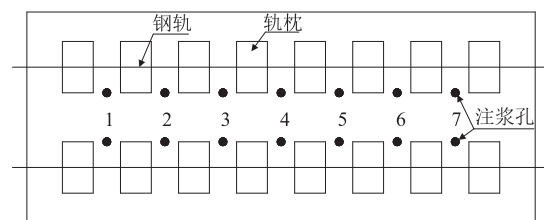


图1 钻孔注浆法示意图

2.3 道床板上拱

隧道内无砟轨道道床板上拱是目前较常见的一种病害。对于富含地下水的隧道,可采用泄水降压的方式进行处理^[7],如图 2 所示。亦可通过在道床板两侧排水槽内凿孔排水,并采用注浆和锚固方式加强轨道结构和仰拱填充层的整体性,锚杆锚固法如图 3 所示。对于不良地质条件引起的上拱,应加强道床下部基础的抗变形能力,加强仰拱层的刚度,可采用钢筋混凝土替换素混凝土仰拱、植筋加固和设置锚杆等方式处理。对于上拱量小的道床板可通过调节扣件的方式处理。当轨道板上拱量较高且超过扣件可调范围时,可采用绳锯法进行处理^[8-9],对仰拱层进行纵向断开切割和水平分层切割,取出切割层,使轨道板在自重作用下回落后,填筑水泥砂浆,恢复结构的整体性和平顺性。

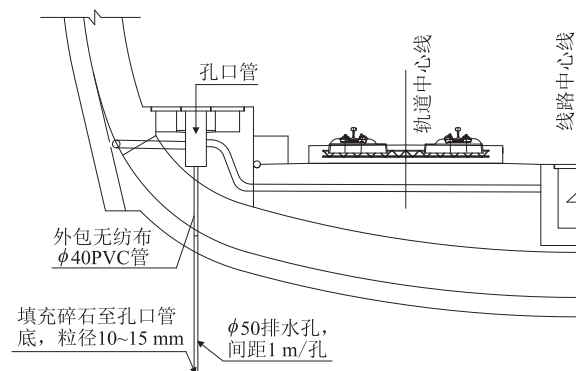


图2 泄水降压法示意图

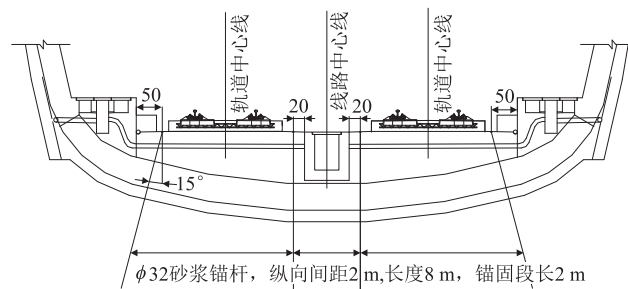


图3 锚杆锚固法示意图

3 西南地区某客运专线隧道上拱整治措施及效果

3.1 工程概况

某隧道全长 8 315 m, 铺设 CRTS I 型双块式无砟轨道, 内轨顶面至道床底面高度为 515 mm。隧道穿越大巴山向四川盆地过渡的陡降地段, 属构造侵蚀低中山区, 最大埋深 560 m。

3.2 隧道内病害情况

2017 年 3 月首次出现隧道上拱病害。随后陆续发现有 8 段约 500 m 线路出现不同程度的上拱变形, 其中 K 367 + 775 左线处变形最大, 整治前轨面上拱最大 19 mm。该 8 段病害段集中在 K 367 + 000 ~ K 368 + 700 的 1.7 km 范围内, 属于泥岩、页岩夹泥灰岩地层, 区域岩层产状较缓, 地下水弱发育, 地应力以水平地应力为主。该隧道内 K 366 + 530 ~ K 367 + 000 及 K 368 + 700 ~ K 370 + 230 共长约 2 km, 与 K 367 + 000 ~ K 368 + 700 为相似地层段落。

3.3 上拱整治措施

首次发现道床板上拱现象时, 该客运专线尚未开通运营, 整治时间相对较为充裕。

(1) 隧道仰拱整治情况

在轨道精调发现轨道变形上拱后, 经参建各方综合研究, 对变形量较大且呈继续上拱趋势的地段采用拆换仰拱方式进行处理。拆换段新建仰拱曲率由施工图设计的 1/12 调整为 1/10, 材料由 C35 素混凝土调整为 C40 钢筋混凝土, 并设置锚杆。填充层上每 1 个断面设置 4 根 $\phi 32$ 中空注浆预应力锚杆, 长度 8 m, 纵向间距 2 m。病害段集中的 1.7 km 范围内 (K 367 + 000 ~ K 368 + 700), 在中心水沟处设置 2 根 $\phi 32$ 中空注浆预应力锚杆, 长度 8 m, 纵向间距 2 m。与 K 367 + 000 ~ K 368 + 700 为相似地层段落的 2 km 范围内, 在中心水沟处设置 2 根 $\phi 32$ 中空注浆预应力锚杆, 长度 8 m, 纵向间距 4 m。

(2) 无砟轨道整治情况

根据监测数据, 对部分上拱变形严重的无砟轨道地段及仰拱拆除段采用拆除无砟轨道后重建的措施, 扣件预留较大的向下调整量。仰拱填充层的沉降满足要求后, 再进行无砟轨道重建。CRTS I 型双块式无砟轨道道床浇筑混凝土精调时, 扣件按照施工后的高低调整量为 (-14, +16 mm) 进行组装 (扣件标准配置高低调整量为 (-4, +26 mm))。仰道床板施工前, 进行植筋处理, 植筋钻孔应植入仰拱回填层 150 mm, 露出回填层 100 mm, 植筋采用 $\phi 28$ mm HRB400 钢筋, 长

250 mm, 重建段无砟轨道靠近板缝处植筋 5 排, 每排 4 根, 纵向间距为两根轨枕, 约 1.3 m, 平面布置如图 4 所示。道床板分块布置, 每块长约 12 m, 道床板之间设置 20 mm 板缝, 板缝采用 20 mm 厚硬质泡沫板填缝, 顶面用聚氨酯密封胶封面。

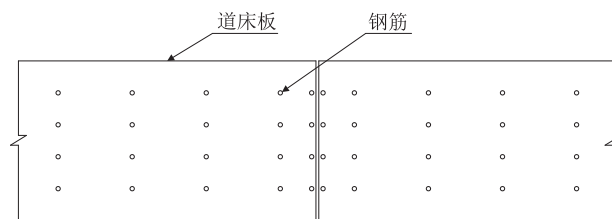


图 4 钢筋纵向布置图

3.4 整治效果

经过整治, 该隧道上拱病害得到了有效地控制, 线路开通运营至今整体运行安全、平稳。目前该隧道内无砟轨道处于持续的沉降监测中。

3.5 后续拟用措施

(1) 根据轨道结构、轨道现场情况及扣件可调剩余量等因素, 线路上拱段在扣件可下调剩余量调完前, 可采用抽扣件垫板的方式调整轨面高程。

(2) 根据目前的线路上拱情况调整扣件后, 若后续线路持续上拱, 可采用扣件的大调整量, 局部地段 vossloh300-1 扣件最大高度调整量为 60 mm。使用扣件的大调整量时, 上道运营年限为 3 年。

(3) 当线路上拱段可下调余量调完后, 可在确保线路平顺性下, 采用上调扣件拟合线路纵断面, 调整坡度, 利用非上拱地段扣件的上调量。

(4) 当线路纵断面也无法调整时, 可考虑采取通过切割隧道仰拱回填层, 降低无砟轨道高程的方案, 但该方案需在上拱变形稳定的条件下采用。

4 结论与建议

本文通过对隧道内病害系统的归纳和总结, 分析了隧道内常见的病害成因与整治措施。病害的出现并不是由单一的原因造成的, 可能是多种原因的耦合作用, 掌握病害产生的原因是制定整治方案的重要前提。本文针对某隧道内出现的无砟轨道上拱现象, 阐述了已采取的整治措施并提出了针对病害继续发展后续可用的维修方案, 得出以下结论:

(1) 隧道基础的稳定是无砟轨道稳定的先决条件。隧道设计施工前应做好前期地质勘查, 根据地质条件选用合理的轨道结构形式。活动断裂带、地面严重沉降区、冻结深度较大且地下水位较高的季节性冻

土区及深厚层软土等变形不易控制的特殊地质条件地段,建议采用有砟轨道。

(2)地下水是造成隧道内出现上拱、下沉、翻浆冒泥等病害的主要原因,应加强隧道内排水设计,从源头上防止病害的发生。

(3)建立无砟轨道位移观测制度,对隧道内出现的病害及时进行治疗,根据不同病害提出经济合理的维修方案,避免病害范围扩大,影响行车安全。

(4)为便于无砟轨道维修,应研发可快速修复的轨道结构和轨道部件,比如高调节量的扣件等。

参考文献:

[1] 何华武. 无砟轨道技术[M]. 北京:中国铁道出版社,2005.
HE Huawu. Ballastless Track Technology [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2005.

[2] 王继军,尤瑞林,杜香刚,等.重载铁路隧道内无砟轨道结构选型分析[J].铁道建筑,2013,53(5):132-136.
WANG Jijun, YOU Ruilin, DU Xianggang, et al. Structural Analysis of Ballastless Track in Tunnel of Heavy-haul Railway [J]. Railway Engineering, 2013, 53 (5): 132-136.

[3] 李成辉. 铁路轨道[M]. 北京:中国铁道出版社,2010.
LI Chenghui. Railway Track[M]. Beijing:China Railway Publishing House, 2010.

[4] 赵国堂. 高速铁路无砟轨道结构[M]. 北京:中国铁道出版社,2006.
ZHAO Guotang. Ballastless Track Structure of High Speed Railway

[M]. Beijing: China Railway Publishing House,2006.

[5] 谢旭. 黔桂线定水坝隧道内无砟轨道病害成因及整治研究[D]. 成都:西南交通大学,2015.
XIE Xu. Reaseach on the Cause and Regulation of Ballastless Track Disease in Dingshuiba Tunnel of Guiyang-Guilin Line [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2015.

[6] 师杨杨. 高速铁路路基沉降病害整治技术研究[D]. 石家庄:石家庄铁道大学,2016.
SHI Yangyang. Researches on High-speed Railway Subgrade Settlement Treatment Technology [D]. Shijiazhuang: Shijiazhuang Tiedao University, 2016.

[7] 赵彦旭. 岩溶隧道内无砟轨道上拱原因分析与治理[J]. 铁道建筑,2017,57(12):113-115.
ZHAO Yanxu. Analysis and Treatment of Upward of Ballastless Track Slab in Karst Tunnel [J]. Railway Engineering, 2017, 57 (12): 113-115.

[8] 王冲,王起才,张戎令,等. 无砟轨道高速铁路路基上拱病害成因分析[J]. 科学技术与工程,2017,17(12):252-256.
WANG Chong, WANG Qicai, ZHANG Rongling, et al. Analysis of Arch Disease of Ballastless Track High-speed Railway [J]. Science Technology and Engineering, 2017, 17(12): 252-256.

[9] 李传勇,罗木华. 高速铁路无砟道床上拱病害整治技术研究[J]. 上海铁道科技,2018,40(1):96-97.
LI Chuanyong, LUO Muhua. Research on Treatment Technology of Disease on the Crown of Ballastless Track of High-speed Railway [J]. Shanghai Railway Science & Technology, 2018, 40(1): 96-97.

(编辑:车晓娟 白雪)

(上接第7页)

[17] 刘加才,施建勇,赵维炳,等. 变荷载作用下未打穿竖井地基固结分析[J]. 岩石力学与工程学报,2005,24(6):1041-1046.
LIU Jiakai, SHI Jianyong, ZHAO Weibing, et al. Consolidation of Ground with Partially Penetrated Vertical Drains under Time-dependent Loading [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(6): 1041-1046.

[18] 周开茂,谢康和,应宏伟,等. 双面排水条件下未打穿竖井地基固结计算[J]. 浙江大学学报(工学版),2007,41(1):151-156.
ZHOU Kaimao, XIE Kanghe, YING Hongwei, et al. Computation for Consolidation of Soft Soil with Partially Penetrated Vertical Drain

under Double-drainage Condition[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2007, 41(1): 151-156.

[19] 张长生,高明显,强小俊. 深圳前海湾海相淤泥固结系数变化规律研究[J]. 岩土工程学报,2013,35(S1):247-252.
ZHANG Changsheng, GAO Mingxian, QIANG Xiaojun. Variation Laws of Consolidation Coefficient of Marine Clay in Houhai Bay of Shenzhen[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2013, 35(S1): 247-252.

[20] TB 10035-2018 铁路特殊路基设计规范[S].
TB 10035-2018 Code for Design on Special Subgrade of Railway [S].

(编辑:赵立红 张红英)