

格构技术在高铁隧道拱部防水板切割衬砌混凝土缺陷整治中的应用

龚 伦^{1,2} 龚兴旺¹ 王立川^{3,4} 梁 明⁵ 刘志强⁶ 樊永杰⁷ 张学民⁴

(1. 西南交通大学土木工程学院, 610031, 成都; 2. 交通隧道工程教育部重点实验室, 610031, 成都;

3. 中铁十八局集团有限公司, 300222, 天津; 4. 中南大学土木工程学院, 410075, 长沙;

5. 山东大学齐鲁交通学院, 250002, 济南; 6. 中铁西南科学研究院有限公司, 611731, 成都;

7. 中国铁路成都局集团有限公司, 610082, 成都)

摘 要 [目的] 许多与高铁隧道衬砌相关的缺陷随着高铁建成年限的增加逐渐凸显, 防水板切割衬砌混凝土是其中较为严重的一种缺陷。为了减少结构扰动、降低对线路运行的影响, 需采用新技术对高铁隧道拱部防水板切割衬砌缺陷进行整治。[方法] 以我国西南地区某设计速度为 200 km/h 的高铁双线隧道为案例, 对其发生拱部防水板切割衬砌混凝土后可采用的 2 个整治方案 (现浇套拱、格构技术) 进行了详细分析, 并进行了结构的安全性、经济性对比评估。对格构技术缺陷整治方案的施工组织、工艺流程、防护措施及施工效果进行了重点论述。[结果及结论] 与其他方案相比, 格构技术整治方案充分利用了既有结构的承载能力, 仅在局部区域修复隧道, 对既有衬砌结构影响较小, 对高铁线路的运营影响也较小。该方案能明显降低结构的主应力, 减少结构位移, 使缺陷衬砌的承载能力满足设计要求。

关键词 高铁隧道; 格构技术; 防水板切割衬砌; 缺陷整治
中图分类号 U457

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.09.043

Application of Lattice Technology in Defect Rectification for Waterproof Board Cutting Lining Concrete at High-speed Railway Tunnel Arch

GONG Lun^{1,2}, GONG Xingwang¹, WANG Lichuan^{3,4}, LIANG Ming⁵, LIU Zhiqiang⁶, FAN Yongjie⁷, ZHANG Xuemin⁴

(1. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, 610031, Chengdu, China; 2. Key Laboratory of Ministry of Transportation Tunnel Engineering Education, 610031, Chengdu, China; 3. China Railway 18th Bureau Group Co., Ltd., 300222, Tianjin, China; 4. School of Civil Engineering, Central South University, 410075, Changsha, China; 5. Qilu Transportation College, Shandong University, 250002, Jinan, China; 6. China Railway Southwest Science Research In-

stitute Co., Ltd., 611731, Chengdu, China; 7. China Railway Chengdu Group Co., Ltd., 610082, Chengdu, China)

Abstract [Objective] Many defects related to the lining of high-speed rail tunnels gradually become prominent with the increase of the high-speed rail construction completion years. The waterproof board cutting lining concrete is one of these serious defects. In order to reduce the structural disturbance and the above defects impact on line operation, new technologies need to be used to rectify the waterproof board cutting lining defects in the arch of high-speed rail tunnel. [Method] Based on a dual-line high-speed railway tunnel with a design speed of 200 km/h in southwest China, two adoptable treatment schemes (cast-in-place arch and lattice technology) after its arch waterproof board cutting the lining concrete are analyzed in detail. A comparative assessment of the safety and economy of the structure is also carried out. The construction organization, process flow, protective measures and construction effects of the defect rectification scheme using lattice technology are emphatically discussed. [Result & Conclusion] Compared with other schemes, the lattice technology rectification scheme makes full use of the existing structure bearing capacity, repairs the tunnel only in a local area with little impact on both the existing lining structures and the high-speed railway line operation. This scheme can significantly reduce the main stress and displacement of the structure, and make the bearing capacity of the defective lining meet the design requirements.

Key words high-speed railway tunnel; lattice technology; waterproof board cutting lining; defect rectification

运营铁路隧道常会存在衬砌厚度不足、衬砌混凝土质量缺陷、衬砌背后空洞或回填不密实, 以及衬砌裂损、渗漏水、冻害、腐蚀等缺陷与病害^[1-2]。其中, 隧道拱部防水板切割衬砌是较为严重的一种隧道缺陷。国内外对隧道缺陷的加固整治方法主

要有衬砌加固、注浆加固、套衬加固及换拱加固等^[3-4]。文献[5-6]提出采用喷纤维混凝土进行补强的整治方法。文献[7]对运营隧道病害整治设备进行调查研究,并提出了相关施工建议。虽然国内外学者对运营隧道衬砌缺陷整治的常规方法进行了不少研究,但这些研究多限于衬砌裂缝、空洞等缺陷的整治或整治设备的研究,很少涉及防水板切割衬砌缺陷整治的内容。

常规的运营隧道缺陷整治方法大多耗时较长,修补面积较大,工程费用较高。为了减少结构的扰动、降低对线路运行的影响,需采用新技术,对高铁隧道拱部防水板切割衬砌缺陷进行整治。本文以我国西南地区某设计速度为200 km/h的高铁双线隧道缺陷为案例,对格构技术在该线隧道拱部防水板切割衬砌缺陷整治中的应用可行性进行研究,以为高铁隧道衬砌缺陷整治提供借鉴。

1 工程概况

1.1 隧道及缺陷简况

该线采用重型轨道碎石道床,铺设了Ⅲ型轨枕及60 kg/m钢轨结构。缺陷隧道全长5 239 m,隧道沿线属丘陵地貌,地势较缓,局部陡峻,最大埋深约160 m。缺陷隧道处于侏罗系陆相碎屑岩地层中,上覆第四系坡残积层粉质黏土、崩坡积层,下伏侏罗系中统沙溪庙组泥岩夹砂岩、砂岩,隧道区构造简单,地层为单斜构造。该隧道区内地下水相对不发育,构造节理较发育。

在隧道内部距离隧道进口处3 227~3 231 m的区段,隧道拱部发生衬砌混凝土夹层、防水板切割衬砌、钢筋外露缺陷(见图1),外露区域纵向长度约为4.5 m,面积约为8.5 m²。



图1 高铁隧道拱部防水板切割混凝土衬砌缺陷现场图

Fig. 1 Site picture of high-speed railway tunnel arch waterproof board cutting concrete lining defect

1.2 隧道缺陷成因分析

出现该缺陷的主要原因是:施工过程中拱顶防水板部分脱离或未焊接好,导致二次衬砌(以下简称“二衬”)时隧道拱部混凝土浇筑至防水板外侧,混凝土自重下压防水板及二衬钢筋至二衬表面,形成防水板切割衬砌,并致使防水板、二衬钢筋外露。

2 防水板切割衬砌混凝土缺陷整治方案

防水板切割衬砌混凝土缺陷导致完整的衬砌结构被破坏,造成衬砌内部形成两层或多层叠合结构,甚至形成形似“三截拱”的铰接结构,进而导致结构的整体承载能力下降。此时衬砌缺陷处一旦受到过大的外力及形变压力,可能会引发结构坍塌。鉴于此类缺陷不易被检测发现,且以往工程中大多未重视此类问题,本文针对该缺陷,提出了2个整治方案:现浇套拱和格构技术。

2.1 现浇套拱整治方案

现浇套拱是在既有隧道衬砌内侧全环设置钢筋混凝土或“钢架+钢筋混凝土”套衬结构,用以对隧道衬砌缺陷进行加固的一种补强措施。现浇套拱技术主要包括两类:叠合式套拱(套拱与原衬砌一体受力)、复合式套拱^[8](套拱与原衬砌间设防水层)。

现浇套拱整治方案适用于隧道衬砌裂损较严重,但仍有一定承载能力且允许净空断面有所缩小的情况。该方案存在以下问题:①工期较长;②现浇混凝土施工可能会因混凝土品质差、分块浇筑混凝土而产生较多数量的施工缝。此外,该方案由于未考虑不同部位衬砌缺陷的程度,需要采用全环处理,会在一定程度上增加工程成本及施工安全风险。

2.2 格构技术整治方案

2.2.1 格构技术简介

基于新奥法隧道设计中初期支护格构与围岩共同承担主要荷载的理论,本文提出采用格构技术来整治隧道缺陷的理念及措施^[9]。该方案基于隧道各类缺陷层次分明、具备“网格化”处理框架等特点,本着“重视现有结构、重视现场调查、重视后期观测、区别对待缺陷、分级处理、施工迅捷、少扰动、一次到位”整治原则,从隧道缺陷危害、分类、成因分析、结构安全性评定、整治技术、整治效果验收及缺陷预防等环节,系统性提出了适用于支护结构缺陷的重构加固方法。

2.2.2 整治措施

基于格构技术理念对防水板切割拱部衬砌混

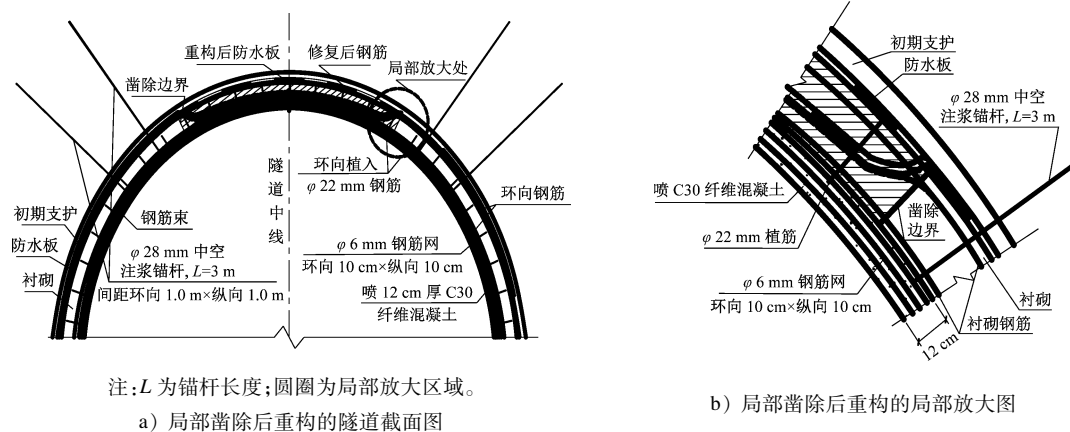
凝土缺陷进行整治,需考虑切割环向长度、切割面积、区隔混凝土品质及脱空等影响因素。

选取的整治措施包括:① 打入锁定锚杆后,凿除防水板切割临空侧及防水板切割过渡部位的混凝土,植入整治钢筋,然后喷混凝土覆盖加固;② 拱部范围内施作钢筋束,植入钢筋,铺设钢筋网,然后利用喷射纤维混凝土对整治区域进行加固处理,并在新喷射的纤维混凝土表面喷涂一层高渗透性、耐久性的环氧树脂。

根据不同的施工实际情况,格构技术的整治措施主要分为局部凿除后重构、部分凿除后锚固 2 个整治措施。

2.2.2.1 局部凿除后重构

局部凿除后重构的隧道截面及其局部放大图如图 2 所示。该措施的适用工况为:缺陷的环向长度小于 2.0 m、面积小于 6.0 m²,区隔处混凝土品质合格厚度小于基本衬砌厚度,且区隔处衬砌或初期支护脱空。



注: L 为锚杆长度;圆圈为局部放大区域。

a) 局部凿除后重构的隧道截面图

b) 局部凿除后重构的局部放大图

图 2 局部凿除后重构的隧道截面及局部放大图

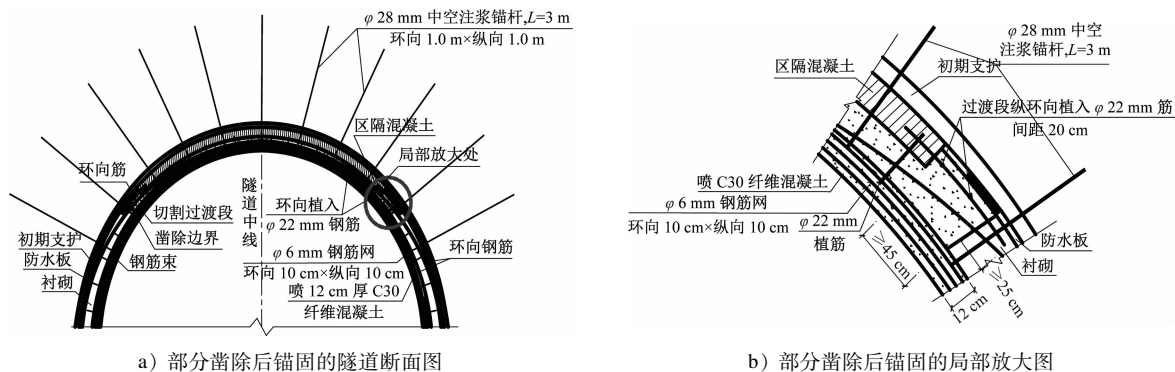
Fig. 2 Section and local enlarged diagram of the reconstructed tunnel after partial chiseling

局部凿除后重构的主要工序有:① 拆除防水板下部区隔混凝土,并在拆除部位预留注浆系统;② 重构局部防排水系统,并对原衬砌钢筋进行定位;③ 在切割凿除范围内分层网喷纤维混凝土,使之与原衬砌表面齐平;④ 施作拱部范围内锚杆、钢筋束、植筋、钢筋网及喷纤维混凝土等措施,整治完成后

应在隧道的左右墙脚处设泄水孔。

2.2.2.2 部分重构后锚固

部分凿除后锚固的隧道截面及其局部放大图如图 3 所示。该措施的适用工况为:缺陷的环向长度大于 2.0 m、总面积大于 6.0 m²,区隔混凝土品质合格厚度大于衬砌基本厚度,且区隔处无脱空。



a) 部分凿除后锚固的隧道断面图

b) 部分凿除后锚固的局部放大图

图 3 部分凿除后锚固的隧道截面及局部放大图

Fig. 3 Section and local enlarged diagram of the anchored tunnel after partial chiseling

部分凿除后锚固的主要工序有:打设锁定锚杆后,凿除被防水板切割的临空侧及防水板过渡部位混凝土;植入整治钢筋后,喷纤维混凝土,使混凝土

与原衬砌表面齐平;拱部范围内施作钢筋束、植筋、钢筋网及喷纤维混凝土等加固措施,整治完成后应在隧道的左右墙脚处打设泄水孔。

2.2.2.3 格构技术整治方案施作流程图

局部凿除后重构、部分凿除后锚固均需在隧道拱部打设锚杆。当锚杆向上角度大于 15° 时,还需采用涨壳式或快凝式中空注浆,以锚固锚杆。格构技术整治方案施作流程如图4所示。

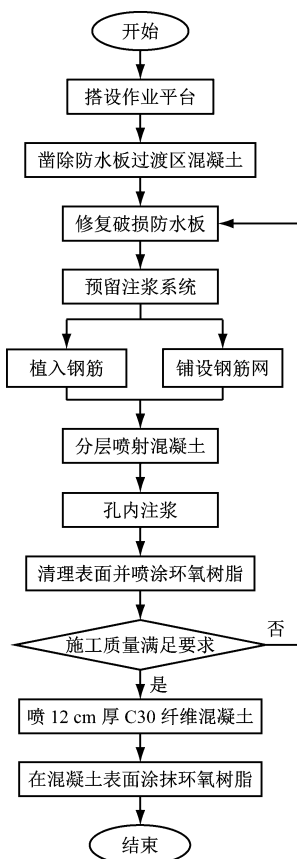


图4 格构技术整治方案施作流程图

Fig.4 Application flow chart of the lattice technology rectification scheme

2.3 2个整治方案技术效果对比

格构技术和现浇套拱的技术效果对比如表1所示。由表1可知:与现浇套拱相比,格构技术的整治效果更佳。

表1 格构技术和现浇套拱的技术效果对比

Tab.1 Effects comparison between lattice technology and cast-in-place arch technology

整治方案	整治时间	经济性	安全性	技术成熟度
格构技术	较短	较好	较好	较成熟
现浇套拱	较长	一般	一般	较成熟

3 2个整治方案安全性对比分析

3.1 设定计算模型

采用FLAC3D软件对2个整治方案下的高铁

隧道结构安全性进行仿真模拟及数值分析。本缺陷隧道工程的洞径 $D=12.2\text{ m}$,计算模型左右边界与隧道中线的距离均取 $5D$,上边界取至地面,下边界与地面的距离取 $3D$ 。计算模型长度为 10 m 、宽度为 120 m 、高度为 124 m ,隧道拱顶覆土厚度取至最大埋深处(距离地面 76.8 m),围岩设为IV级。为了符合防水板的力学特性要求,防水板采用FLAC3D软件自带的壳单元进行模拟。计算时,为壳单元薄设置膜材料参数,设定壳单元与网格交互的剪切特性为黏结及摩擦。

3.1.1 设定力学参数

根据该工程的地质情况,缺陷隧道岩体及衬砌材料的主要物理力学参数如表2所示。

表2 缺陷隧道岩体及衬砌材料的主要物理力学参数

Tab.2 Main physical and mechanical parameters of defective tunnel rock mass and lining materials

岩体及衬砌材料名称	重度/ (kN/m^3)	弹性模量/ GPa	泊松比	黏聚力/ MPa	内摩擦角/ ($^{\circ}$)
IV级围岩	23.0	6.0	0.35	1.1	39
C25喷射混凝土	22.0	23.0	0.20		
C35钢筋混凝土	25.0	31.5	0.20		
钢架	78.5	200.0	0.30		

预应力锚杆的参数如下:重度取 $78.5\text{ kN}/\text{m}^3$,弹性模量取 210.0 GPa ,横截面积取 $4.9 \times 10^{-3}\text{ m}^2$,抗拉强度取 16 GPa ,预应力取 20 kN 。

水泥浆的参数如下:刚度取 $15.00\text{ MPa}/\text{m}$,黏聚力取 $0.1\text{ kPa}/\text{m}$,外圈周长取 0.314 m ,内摩擦角取 25° 。

防水板的力学参数如下:弹性模量取 21.6 MPa ,泊松比取 0.36 ,耦合弹簧黏结强度取 0.928 MPa ,耦合弹簧的内摩擦角取 26° ,黏结刚度取 $1.37\text{ MPa}/\text{mm}$;防水板厚度取 0.02 m 。

3.1.2 防水板切割衬砌混凝土模型计算

3.1.2.1 建立计算模型

运用FLAC3D软件建立了防水板切割衬砌混凝土模型(见图5),对2个整治方案下防水板切割衬砌混凝土的结构安全性进行数值模拟分析。参考该工程的地质资料,分别对现浇套拱、格构技术2个整治方案实施前后高铁隧道的内力和变形进行对比分析。

3.1.2.2 防水板切割前后结构内力及变形对比

采用仿真模型对防水板切割前后结构内力及变形对比。设定主应力为拉正压负,竖向位移以向

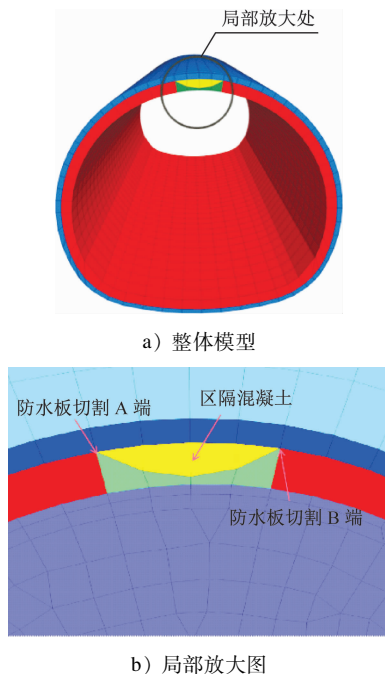


图5 防水板切割衬砌混凝土的整体模型及其局部放大图
Fig. 5 Overall model and local enlarged diagram of the waterproof board cutting lining concrete

下沉降为负,向上隆起为正,水平位移以向内挤压为正,向外拉伸为负。防水板切割衬砌混凝土前后,高铁隧道衬砌结构内力及变形的对比如下:

1) 切割前:最大主应力为 -1.520 MPa ,最小主应力为 0.005 MPa ;竖向位移为 -2.96 mm ,水平位移为 -1.00 mm 。

2) 切割后:最大主应力为 -1.790 MPa ,最小主应力为 0.013 MPa ;竖向位移为 -2.97 mm ,水平位移为 -1.00 mm 。

TB 10003—2016《铁路隧道设计规范》中规定:衬砌混凝土强度等级为 C35 时,混凝土的极限抗拉强度为 2.4 MPa ,极限抗压强度为 26.0 MPa 。由此可确定:该缺陷发生前后,混凝土的抗拉强度和抗压强度均满足规范要求;该缺陷发生后,衬砌混凝土内力受到了较大影响。

3.2 现浇套拱整治方案的结构安全性

3.2.1 建立计算模型

本文建立的现浇套拱计算模型如图 6 所示。图 6 中,拱顶部分为凿除重建后的混凝土,衬砌最内部为现浇套拱。现浇套拱整治方案采用模筑混凝土,混凝土标号为 C40,现浇套拱的厚度为 25 cm 。

3.2.2 计算结果分析

将计算得到的现浇套拱整治方案参数值同发

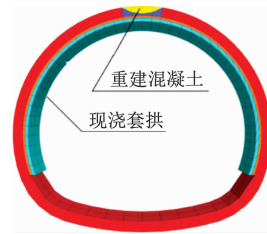


图6 现浇套拱计算模型

Fig. 6 Calculation model of the cast-in-place arch

生切割后、加固前的参数值进行对比。前者的最大主应力为 -1.350 MPa ,较后者减小了 0.440 MPa 。前者的最小主应力为 0.005 MPa ,较后者减小了 0.008 MPa 。前者的竖向位移为 -2.97 mm 、水平位移为 -1.00 mm ,较后者均无明显变化。

施作现浇套拱整治方案后,高铁隧道拱部原缺陷处的结构应力均远小于 TB 10003—2016 规定的混凝土极限抗拉和抗压强度,这说明采取传统的现浇套拱整治措施,无论从经济性上还是安全性上均能很好地满足施工整治要求。

3.3 格构技术整治方案的结构安全性

3.3.1 建立计算模型

格构技术计算模型如图 7 所示。模型图上部为中空注浆锚杆,衬砌内部为厚度 12 cm 的套衬,套衬采用 C25 喷射混凝土。

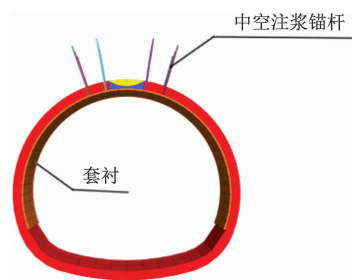


图7 格构技术计算模型

Fig. 7 Calculation model of the lattice technology

3.3.2 计算结果分析

计算得到格构技术整治方案结构内力与变形为:最大主应力为 -1.340 MPa 、最小主应力为 0.002 MPa ;竖向位移为 -2.96 mm 、水平位移为 -1.00 mm 。由此可知:采用格构技术处理后,结构的最大主应力相比于切割后、加固前明显减小;相较于现浇套拱,格构技术下结构的最大主应力明显减小,变形无明显变化。

3.4 2 个整治方案的结构安全性和经济性对比

将 2 个整治方案下的衬砌结构内力及变形值进

行汇总,并同切割前、切割后未加固的内力及变形值进行对比,这4个施工场景下的衬砌结构内力及

变形值如图8所示。

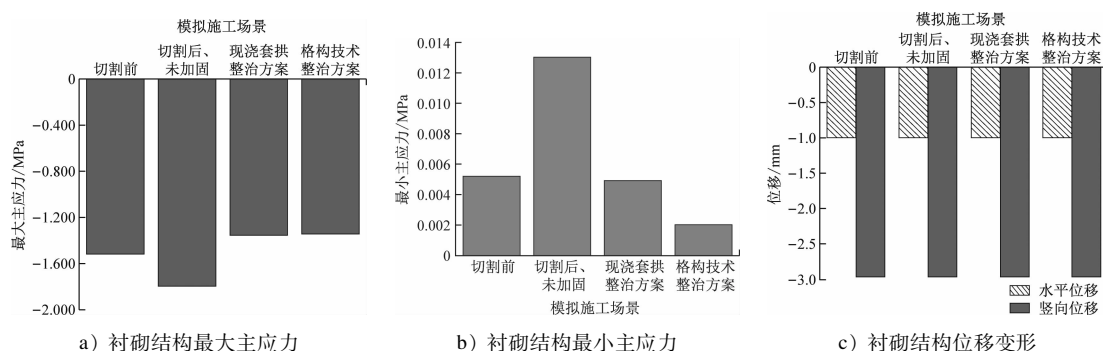


图8 4个施工场景下的衬砌结构内力及变形图

Fig. 8 Internal forces and deformation diagrams of the lining structure under four construction scenarios

1) 结构安全性对比:较切割后未加固场景相比,现浇套拱整治方案衬砌结构的最大主应力和最小主应力均明显减小,位移则无明显变化。与切割后未加固场景相比,格构技术最大主应力相对较小,且最小主应力较现浇套拱整治方案有明显降低。因此,格构技术整治方案下衬砌结构更加安全。

2) 经济性对比:现浇套拱整治方案采用模筑混凝土,所需混凝土比格构技术整治方案多,且立模养护时间较长,占用隧道净空较大,对线路正常运营的影响更大。格构技术采用喷射混凝土,混凝土不需要立模和养护,施作简单迅速,工期短。因此,格构技术整治方案更为经济。

4 格构技术整治施工

基于图4的施工流程,应合理安排工序,优化施工方案,确保施工工时利用率,在确保安全的前提下尽量减少对铁路运营的影响。施工时须严格遵守“施作拱部锚网喷射混凝土前应确保双线封闭且断电”原则。

4.1 施工防护措施

在衬砌整治范围内安设3榀钢拱架,以确保安全防护。具体的施工防护措施流程依次为:施工作业计划申请→线路区间封锁→施工防护设置→墙脚刻槽→安设加固边墙立柱→拱部停电→安设加固拱架拱顶,测量拱架拱顶与缺陷部位的安全距离→限界检查→场地清理→区间开通。

4.2 现场整治效果评价

对采用格构技术整治方案后的衬砌结构实施地质雷达无损检测,整治后的衬砌结构满足整体承载能力要求,且衬砌混凝土内部不再出现缺陷。格

构技术整治方案总体取得了良好的技术效益和安全效益,并具有显著的经济效益:

1) 与其他整治方案相比,格构技术充分利用了既有衬砌的承载能力,能明显降低结构的主应力,减少结构位移,使缺陷衬砌的承载能力满足设计要求。

2) 格构技术具备微创修缮特性,仅在局部区域修复隧道,对既有衬砌结构影响较小,且兼具便利经济、安全省时的优势。

5 结语

本文应用格构技术进行高铁隧道拱部防水板切割衬砌缺陷整治。格构技术突破了传统“大拆大换”整治方案的施工局限,弥补了传统整治方案的不足,确保了隧道结构的稳定性和安全性。该技术在类似铁路隧道工程缺陷整治中具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 马伟斌, 柴金飞. 运营铁路隧道病害检测、监测、评估及整治技术发展现状[J]. 隧道建设(中英文), 2019, 39(10): 1553.
MA Weibin, CHAI Jinfei. Development status of disease detection, monitoring, evaluation and treatment technology of railway tunnels in operation [J]. Tunnel Construction, 2019, 39(10): 1553.
- [2] 刘劼, 董武, 龚成明. 衬砌缺陷防治技术在运营铁路隧道中的应用研究[J]. 现代隧道技术, 2019, 56(6): 157.
LIU Jie, DONG Wu, GONG Chengming. Application of lining defect prevention techniques in railway tunnels in operation [J]. Modern Tunnelling Technology, 2019, 56(6): 157.
- [3] 田正, 刘宝华. 公路隧道叠合式套拱加固技术应用研究[J].

- 公路, 2021, 66(2): 339.
- TIAN Zheng, LIU Baohua. Study on application of superimposed arch reinforcement technology in highway tunnel[J]. Highway, 2021, 66(2): 339.
- [4] 刘德军, 仲飞, 黄宏伟, 等. 运营隧道衬砌病害诊治的现状与发展[J]. 中国公路学报, 2021, 34(11): 178.
- LIU Dejun, ZHONG Fei, HUANG Hongwei, et al. Present status and development trend of diagnosis and treatment of tunnel lining diseases[J]. China Journal of Highway and Transport, 2021, 34(11): 178.
- [5] 王英森. 高速公路隧道衬砌病害快速治理技术研究[J]. 地下空间与工程学报, 2018, 14(增刊1): 371.
- WANG Yingsen. Study on rapid treatment technology for lining disease of expressway tunnel[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2018, 14(S1): 371.
- [6] 樊永杰. 高铁隧道拱部防水板切割衬砌缺陷整治技术[J]. 工程建设与设计, 2020(14): 91.
- FAN Yongjie. Research on defect treatment technology of cutting lining by arch waterproof board of high-speed railway tunnel[J]. Construction & Design for Engineering, 2020(14): 91.
- [7] 高菊茹, 贵逢涛, 袁玮, 等. 既有线铁路隧道病害整治技术与设备发展现状[J]. 现代隧道技术, 2018, 55(1): 7.
- GAO Juru, GUI Fengtao, YUAN Wei, et al. State of the art of techniques and equipment for defect remediation in existing railway tunnels[J]. Modern Tunnelling Technology, 2018, 55(1): 7.
- [8] 刘燕鹏, 蔺虎平, 李祥. 既有裂损隧道复合式套拱加固方法的研究[J]. 公路, 2018, 63(9): 289.
- LIU Yanpeng, LIN Huping, LI Xiang. Study on the method of reinforcing with compound cover arch in existing cracked tunnels[J]. Highway, 2018, 63(9): 289.
- [9] 杨剑, 龚伦. 运营隧道拱顶脱空型衬砌厚度不足整治技术研究[J]. 公路, 2022, 67(2): 321.
- YANG Jian, GONG Lun. Study on treatment technology of insufficient thickness of hollow lining in vault of operating tunnel[J]. Highway, 2022, 67(2): 321.
- 收稿日期:2022-04-26 修回日期:2022-08-10 出版日期:2024-09-10
Received:2022-04-26 Revised:2022-08-10 Published:2024-09-10
- 第一作者:龚伦,副教授, gonglun33@126.com
通信作者:王立川,正高级工程师, wlc773747@126.com
- ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

青岛地铁绿色线网创建示范工程正式启动

2024年8月10日,由中国城市轨道交通协会主办、青岛地铁集团有限公司承办的“中等规模城市轨道交通绿色线网创建示范工程评审会暨启动仪式”在青岛举行。这标志着青岛地铁集团有限公司的“中等规模城市轨道交通绿色线网创建示范工程”进入正式实施阶段。该示范项目对促进城市轨道交通行业技术进步、结构优化、产业升级、绿智多元融合发展具有引领性作用,也对推动山东省建设绿色低碳高质量发展先行区、加快青岛市实现碳达峰试点目标具有良好示范带动效应。

2022年,中国城市轨道交通协会正式发布《中国城市轨道交通协会城轨发展行动方案》。同年,青岛地铁正式发布了《青岛地铁绿色城轨实施方案》和《青岛地铁绿色城轨三年行动计划(2023—2025年)》,确定了2028年建成世界一流绿色地铁的目标,并正式开启了示范工程创建筹备工作。青岛地铁以创新节能技术为核心,以智慧化为手段,依托既有运营线路和三期在建线路,从“点”“线”“网”三个层级挖掘全线网示范应用6大类、绿色低碳技术52项,通过“全线网、全过程、全方位”开展绿色线网示范工程创建行动,着力打造“节能减排、绿色低碳、智能高效”的轨道交通绿色线网示范项目。

青岛地铁绿色线网创建将围绕“双碳”和“绿色城轨发展”目标,推动先进技术和节能降碳目标的实现,量化未来“绿色城轨”发展指标,稳步推进“绿色城轨”达到多项预期目标:线网的绿色技术占比80%以上,绿色建造占比稳步提升,三期新建车站建筑规模相对既有线建筑规模降低5%以上;绿色装备应用全面推广,寻求绿色清洁能源替代,稳步推进智能化和数字化水平;三期新建场段和既有场段具备可开发条件的屋面和场地光伏发电覆盖率达到100%;完成青岛地铁企业级“绿色城轨”标准体系建设。到2028年底,青岛地铁将实现“节电30%、降碳40%”“绿色城轨”发展的近期目标。

(摘编自齐鲁网)