

铁路隧道衬砌边墙开裂下沉病害整治的经验探讨

王孟轩, 王瑞栋

中国铁路兰州局集团公司中卫工务段, 宁夏 中卫

收稿日期: 2022年7月18日; 录用日期: 2022年8月18日; 发布日期: 2022年8月25日

摘要

在铁路建设和发展的过程中, 需要采取有效的措施全面加强安全管理, 这样才能最大限度地降低风险, 保障高速铁路有效运营。本文围绕铁路隧道衬砌边墙下沉病害整治安全管理方面的内容进行研究, 首先阐释了铁路隧道养护主要面临的风险, 然后针对铁路隧道衬砌边墙下沉病害提出了相关的修复安全管理举措, 为铁路隧道衬砌边墙开裂下沉病害整治提供一定的经验。

关键词

普速铁路, 隧道衬砌边墙病害, 整治举措, 安全管理

Discussion on Experience in Treatment of Cracks and Settlement of Railway Tunnel Lining Side Walls

Mengxuan Wang, Ruidong Wang

Zhongwei Public Works Section, China Railway Lanzhou Bureau Group Corporation, Zhongwei Ningxia

Received: Jul. 18th, 2022; accepted: Aug. 18th, 2022; published: Aug. 25th, 2022

Abstract

In the process of railway construction and development, effective measures need to be taken to comprehensively strengthen safety management, so as to minimize risks and ensure the effective operation of high-speed railways. This article focuses on the safety management of lining side wall subsidence of railway tunnels. First, it explains the main risks faced by railway tunnel maintenance, and then proposes related repair safety management measures for railway tunnel lining side

wall subsidence, provides certain experience for the remediation of cracking and subsidence diseases of railway tunnel lining side walls.

Keywords

General-Speed Railway, Tunnel Lining Side Wall Disease, Renovation Measures, Safety Management

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会经济的快速发展, 对交通的需求日益增大。为保证铁路交通的安全高效运营, 需要定期进行安全整治。由于铁路隧道属低山地段, 地形起伏较大, 冲沟发育, 容易受病害影响。近年来宝中铁路五里山隧道出现边墙开裂、下沉外鼓病害, 严重危及行车运营安全。因此需要迫切地正确处理该类病害, 现从病害情况、原因分析、病害整治及安全管理等方面, 进行铁路隧道病害整治管理经验探讨。

2. 隧道病害概况

2.1. 地形地貌简介

五里山隧道, 在宝中线彭阳至甘里铺区间, 进出口里程 K250+293~K250+885, 全长 590 米。隧道属低中山地貌, 进口端位于五里山村之西山坡上, 表层为耕地(图 1)。出口端位于五里山山沟右岸山坡上, 自然横坡 30°左右, 均为直形坡, 洞身最大埋深约 95 m。



Figure 1. Geomorphic features of Wulishan Tunnel

图 1. 五里山隧道地貌特点

2.2. 工程地质及水文地质特征

隧道顶部表层覆盖第四系新黄土, 进口端黄土厚度 10 m, 隧道出口端及顶部新黄土较薄, 洞身通过

白垩系下统泥岩夹页岩及泥灰岩地层, 岩层产状 $N30^{\circ}\sim 33^{\circ}E/10^{\circ}\sim 20^{\circ}N$, III-IV 类围岩。完整新鲜的泥岩, 工程地质条件良好, 但一经暴露, 很易风化剥落, 可在数小时内龟裂风化成半球状, 二、三天后破碎成碎石状, 进一步风化成土状, 力学性能明显降低。其中 K250+293~K250+337 为 V 类围岩, K250+337~K250-374 和 K250+827~K250+853 为 IV 围岩, K250+374~K250+827 为 III 围岩。

2.3. 隧道病害概况

K250+395-738 左边墙距轨面 0.15~3.0 m 高处边墙开裂、外鼓严重, 长 343 m, 最大缝宽 20 mm。其中 K250+485~K250+656 段最为严重。

K250+550 左边墙距轨面 2.5 m 高处外推最为严重, 外推 160 mm。K250+560 左边墙距轨面 2.5 m 高处外推 130 mm。K250+644 左边墙距轨面 2.5 m 高处外推 60 mm。(图 2)



Figure 2. Diagram of tunnel extraportion disease situation
图 2. 隧道外推病害情况图

K250+519-736 右边墙距轨面 0.3 m~4 m 高处边墙开裂, 外鼓严重, 长 217 m, 最大缝宽 20 mm。(图 3)



Figure 3. The situation of the outer drum of the tunnel cracking
图 3. 隧道开裂外鼓情况图

K250+408-715 左侧排水沟下沉, 沟帮倾斜。其中 K250+535 处最为严重, 左侧沟帮向右倾斜 40 mm, 右侧沟帮向左倾斜 90 mm, 左侧沟帮下沉, 比右侧低 50 mm。(图 4)



Figure 4. The slope of the groove
图 4. 沟帮倾斜图

2.4. 历年采取整治措施

2005 年初次整治, 五里山隧道边墙开裂病害采取增设边墙锚杆、对衬砌背后的松散围岩进行注浆处理, 对边墙裂缝进行环氧树脂勾缝处理整治措施。(图 5)

采用直径 22 mm 砂浆锚杆, 呈品字形布置衬砌裂缝上下两侧, 锚杆距裂缝 0.5 米, 纵向间距 1 米; 锚杆外部用直径 18 mm 螺栓加垫铁垫板(100 × 100 × 8 mm)加强与边墙衬砌的连接。



Figure 5. Sidewall anchor rod and grouting remediation measures
图 5. 边墙锚杆和注浆整治措施

2.5. 病害发展情况

2013 年至 2014 年, 环氧树脂勾缝大部分破碎脱落, 裂缝明显发展, 起拱线处边墙与拱部衬砌分离, 明显下沉。2009 年在该段制作灰块观测标, 2013 年出现开裂, 破损。2015 年检查五里山隧道 K250+550 左边墙距轨面 2.5 m 高处外推最为严重, 外推 160 mm。K250+560 左边墙距轨面 2.5 m 高处外推 130 mm。

现场对边墙裂缝制作水泥灰块观测标及玻璃观测标, 建立台帐记录, 动态掌握衬砌病害情况。(图 6)

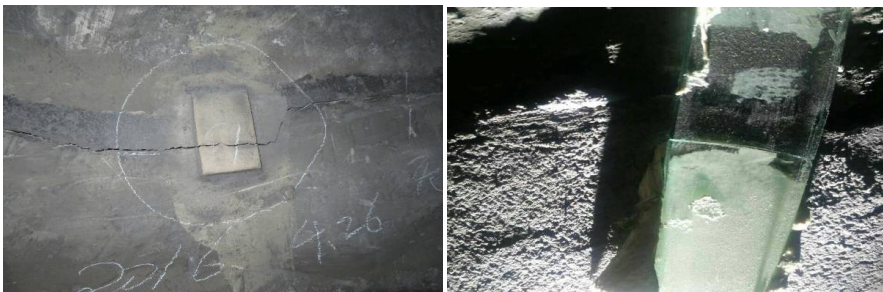


Figure 6. Cement ash block observation and glass observation of side wall cracks
图 6. 边墙裂缝水泥灰块观测和玻璃观测

3. 隧道病害检测方法

3.1. 检测边墙厚度

2017年4月26日利用空心钻机对五里山隧道 K250+550-600 边墙开裂、下沉严重地段选取了5处进行取芯实验, 检验边墙厚度。(表1, 图7)

五里山隧道 K250+473-833 段, 边墙设计厚度为 400 mm; 经取芯检测, 其中3处与设计厚度不符, 最小衬砌厚度仅为 300 mm。

Table 1. Coring Data Sheet

表 1. 取芯数据表

序号	里程	侧别	高度(m)	设计厚度(mm)	实际厚度(mm)
1	K250+550	左侧	1.2	400	350
2	K250+556	左侧	1.0	400	300
3	K250+565	左侧	1.2	400	330
4	K250+577	左侧	1.2	400	450
5	K250+587	左侧	1.0	400	460



Figure 7. Schematic diagram of coring

图 7. 取芯示意图

3.2. 破检边墙, 掌握围岩状态

五里山隧道 K250+560 处左侧边墙开窗 1 处, 切割衬砌后, 进行围岩取样。强风化泥岩, 衬砌背后 0.4 米内围岩松散, 风化严重, 0.4 米以后较为密实, 取出后暴露在空气中, 加速风化速度, 进一步破碎。(图 8)



Figure 8. Surrounding rock sampling

图 8. 围岩取样

3.3. 边墙基础钻探

五里山隧道 K250+571 左侧排水沟底及 K250+570 道心, 进行隧道底部取芯(图 9)。如图 10, 经取芯检验, 结果如下: 五里山隧道道心混凝土只有 170 mm, 未按设计要求施做仰拱。K250+571 座左侧排水沟下部 450 mm 为强风化泥质页岩, K250+570 道心铺底混凝土下 300 mm 为强风化泥质页岩。



Figure 9. Coring at the bottom of the tunnel
图 9. 隧道底部取芯

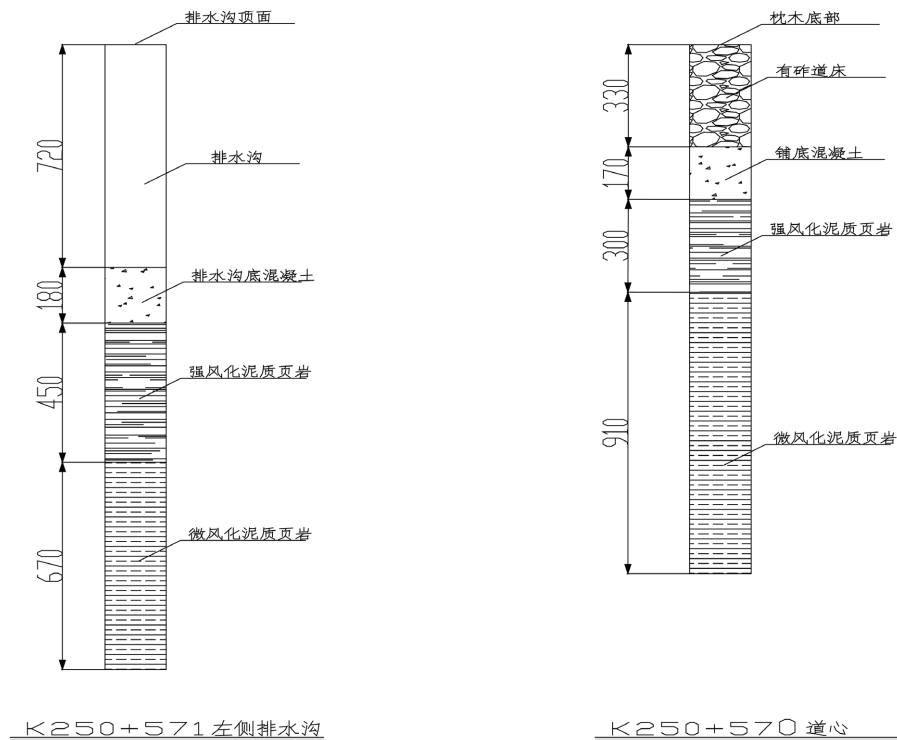


Figure 10. Schematic diagram of the left gutter and road core
图 10. 左侧排水沟和道心示意图

4. 隧道病害成因

一是衬砌结构采用 IV 类围岩直墙衬砌断面结构, 素混凝土, 未设仰拱。二是洞身围岩为泥岩, 具有微膨胀性, 边墙背后围岩松散, 是边墙外鼓的致病因素。三是施工时拱墙超挖部分, 特别是拱部塌腔回填不密实, 或没有回填; 先拱后墙法施做衬砌, 边墙开挖时拱部衬砌整体下沉而又没有进行注浆回填,

也是衬砌背后脱空、不密实、压溃的重要原因[1] [2]。四是混凝土质量较差, 根据中铁西北科学研究院检测报告反映, 边墙外鼓地段衬砌混凝土强度大部分不满足设计要求。五是整治段落病害继续发展是因为衬砌背后没有注浆回填, 衬砌受力情况没有明显的改善, 锚杆之间没有加强连接, 导致补强结构整体性较差, 减弱了加固效果。

5. 整治实施关键操作流程

隧道病害整治的原则是不再进一步加剧破坏边墙整体性, 不采用切割混凝土嵌入钢拱架、混凝土纵梁等结构加固。针对边墙外鼓采取横向锚杆加固, W 钢带按照井字型布置, 加强各锚杆间连接, 形成整体性加固结构。在边墙基础施做微型钢管桩, 再施做连接微型桩的钢筋混凝土纵梁。尽量减少多次施工对地质条件的进一步破坏, 利用环境的生态恢复功能减少隧道病害的发生[3]。

五里山隧道衬砌边墙开裂下沉病害整治技术包括限界测量、钻孔、安装注浆锚杆, 焊接 W 钢带, 组装钢扣板施工等流程; 分项作业涉及数据测量、高空作业、电气设备使用、动力设备操作等。关键流程如图 11 所示:

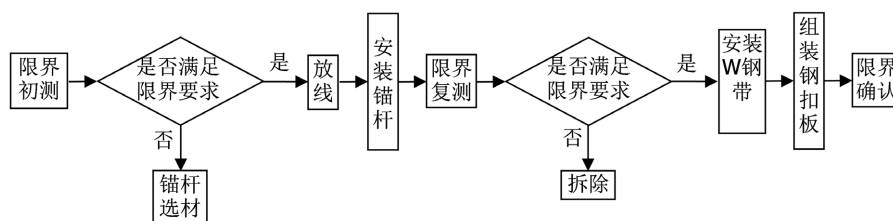


Figure 11. Key flow chart
图 11. 关键流程图

6. 隧道病害整治措施

6.1. 开工前针对性教育培训

隧道病害整治施工开工前, 需要强化过程控制, 确保安全质量。主管副段长(桥路科长)在开工前召集相关施工人员对现场关键点开会逐项明确责任并动态检查盯控, 桥隧车间派副主任及以上干部(桥路技术主管)现场全过程盯控作业过程不得少于 3 天, 对施工中的防护、接触网地线连接确认、高空作业、施工流程组织、施工人员身体状况能否满足隧道作业及天窗利用情况, 防止人员不熟练发生人身伤害或长时间延点。

6.2. 过程中“五条关键”控制

为强化段隧道施工安全管理, 管控隧道施工安全关键环节, 制定隧道施工安全“五条关键”: 一是防护未设置到位, 天窗命令未下达, 人、材、机严禁上道; 二是接触网地线未设置到位, 严禁搭设作业架; 三是严禁不栓挂安全带、不戴安全帽进行高空作业。四是工地料场看守人员, 严禁私自离岗; 五是未达到列车放行条件, 严禁开通线路。严格按照既定的隧道施工安全“五条关键”规定逐条卡控, 遵守隧道施工防护办法, 坚持做好每周周总结会议, 对存在的问题进行通报, 对下周重点安全关键安排人员做好盯控, 确保施工安全。

6.3. 倡导绿色施工

对隧道内部地质环境进行保护性施工, 尽量减少对工程周边的水文地质环境破坏, 维持周边环境生

态平衡。利用周边地质环境的自我恢复能力, 减少病害对隧道工程的影响。从选材、施工管理等方面注重对地质生态的保护, 倡导绿色施工, 提高隧道建设的可持续发展。

7. 总结

铁路隧道边墙下沉开裂病害整治作业是一项复杂的系统工程, 技术要求高, 涉及到的环节比较多, 为此需要施工人员全面加强施工质量、施工安全、施工进度及施工成本等方面的科学管理和研究, 要切实加强精细化养护, 注重结合不同的环节合理做好预防性养护措施的制定和实施, 并注重工艺创新, 以此才能切实提升整体的施工效能, 保障铁路有效稳定安全运营。

参考文献

- [1] 杨剑雄. 隧道衬砌混凝土裂缝治理措施[J]. 城市住宅, 2018, 25(3): 112-115+118.
- [2] 谢胜亮. 论 IT25 智能中空注浆锚杆的优缺点[J]. 科技信息, 2006(7): 44.
- [3] 李顺波. W 型钢带在长大隧道缓倾岩层初期支护中的应用[J]. 石家庄铁路职业技术学院学报, 2013(4): 21-26.