

Discussion on Analysis and Regulation of Tunnel Substrate Subsidence Diseases

Lixiang Hao

Yuanping Branch of China Huaneng Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Yuanping, Shanxi, 034100, China

Abstract

Heavy-load railway has the characteristics of large volume, high axle weight, dense traffic flow and so on, and the corresponding damage of the line and tunnel bed, tunnel substrate damage, track sinking and other problems, etc. In order to eliminate the base sinking, the strategies such as drainage, water plugging can be alleviated, completely solve the disease, and restore the machine screen.

Keywords

heavy load; tunnel; base subsidence; remediation

浅谈隧道基底下沉病害分析与整治

郝理想

国能朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司, 中国·山西 原平 034100

摘 要

重载铁路具有运量大、轴重高、车流密等特点, 相应对线路及隧道道床破坏成倍增加, 隧道常会发生基底损坏、轨道下沉等问题, 为了消除基底下沉可以采取排水、堵水等策略缓解下沉, 采用基底注浆彻底解决病害, 采用机筛恢复道床状态。

关键词

重载; 隧道; 基底下沉; 整治

1 引言

朔黄铁路是神黄铁路的组成部分, 西起中国山西省神池县神池南站, 与神朔铁路相连, 东至中国河北省沧州市黄骅港口货场。正线总长近 598km, 设计为国家 I 级干线、双线电气化铁路, 重载路基, 设计年运输能力为近期 3.5 亿吨 (2013), 远期 4.5 亿吨。1997 年 11 月 25 日正式开工, 1999 年 11 月 1 日全线建成, 是中国目前投资与建设规模最大的并一次性建成双线电气化的合资铁路, 也是中国西煤东运第二大通道和国家能源集团矿、路、港、电、航、油一体化工程的重要组成部分, 在全国路网中占有重要地位。特别是对加快沿线地方经济发展、保证华东、东南沿海地区能源供应、扩大中国煤炭出口能力具有极其重要的战略意义。

朔黄铁路共有隧道 77 座, 均位于原平分公司管段, 其中 12.78km 的长梁山隧道为全线最长隧道, 最短隧道为水峪隧道全长 50m。在两万吨列车常态化开行、列车每日开行

百对以上、运量连续多年突破三亿吨的条件下, 列车运行对线路设备的破坏也逐渐增加, 管内隧道均修建于上世纪末, 其中部分隧道出现隧道基底下沉等病害, 存在影响行车安全的可能。论文就其中某隧道基底下沉地段病害整治情况进行梳理总结, 以期就同类型病害整治进行交流、探讨。

2 西黄泥隧道基底下沉病害

2.1 工程概述

西黄泥隧道位于朔黄线 213km+256m~213km+532m, 隧道全长 275.5m, 中心里程 213km+394m, 属于单洞双线隧道, 坡度 4‰。该隧道修建于 1999 年, 现已开通运营 21 年。

2.2 隧道基底下沉病害概括

基底下沉地段位于上行 213km+500m 至 213km+525m、下行 213km+480m~213km+500m 左右。现场观测状况: 该段上行周下沉量约为 12mm, 下行周下沉量约为 5mm; 上行道床出现严重翻浆冒泥; 上行侧 213km+510m~213km+520m 排水沟由于基底下沉形成“U”形状, 导致该处水沟积水 200mm 无法排出, 水沟壁破裂, 列车通过时道床

【作者简介】郝理想 (1983-), 男, 中国山西原平人, 本科, 助理工程师, 从事铁路工务研究。

内水挤压到水沟里，列车通过后水又倒灌入道床；上行 213km+525m~213km+700m 侧沟淤积淤泥平均厚度 200mm，导致隧道内水很难排出。上下行线路下沉量较快，出现翻浆冒泥等病害，导致线路高低、水平、轨向等不易保持，易造成晃车、动态三级偏差等病害影响行车。

3 基底下沉病害分析

3.1 地质

下沉地段岩层为Ⅲ类围岩，均质为混合岩，风化严重，节理较发育，呈碎石状压碎结构，有微量裂隙水，隧道防排水设施及衬砌材料采用普通混凝土浇筑。

3.2 隧道道床积水

隧道开挖建成后形成地下水通道，一旦通道堵塞，会造成地下水集聚现象形成水压，此时如果没有及时采取预防性措施将水排出，会为隧道基底下沉病害提供依据。

3.3 列车动载作用

该隧道自 2000 年运营后，大运量、大轴重、高密度的运输模式，隧道基底结构逐步产生循环荷载作用下的疲劳破坏，加速了隧道基底结构裂纹扩展，引起隧道基底混凝土断裂破坏，导致基底出现明显下沉^[1]。

3.4 地下水侵蚀

地下水一般含有较高的钙、氯及碳酸盐等化学物质，这些化学物质会腐蚀混凝土、将钢筋锈蚀，导致混凝土受损出现裂纹，提供水的新通路，从而产生基底病害。

4 基底下沉病害整治过程、措施和方法

隧道基底病害是众多因素作用的结果，但归根就是“水”的问题，采取排水、“堵”水等方法，将水的循环径路理顺，使之恢复原有状态，再利用合适的基底注浆法便可顺利解决隧道基底下沉病害问题。

4.1 排水

4.1.1 疏通排水沟

利用水准仪等精确测量手段，测量排水沟高差，将阻碍水流的高点处淤泥及其他杂物清走，对水沟狭窄处扩宽，使水沟形成 1‰的坡度，水沟排水量较之前明显加大，有效减少了道床等处含水量^[2]。

4.1.2 清理翻浆污染源

将翻浆处道床清挖到底，破损仰拱处的泥浆煤灰等清理干净，回填未受污染清砟，减少翻浆冒泥。经过整治，翻浆冒泥较之前有所减少。

4.1.3 修建沉降储水池

两线间开挖长 5m 左右、宽 0.8m 左右、深 0.5m 左右的沉降储水池（周围用铁丝网围挡），可将道床内的泥水集聚到沉降池，减少该段道床含水量，利用排水设备将水排出，被动减少道床水量^[3]。

4.1.4 开挖渗水井

在避车洞开挖长 1.5m、宽 0.8m、深 2m 渗水井，将隧道洞壁、基底裂缝及其他地方多余的水分聚集在渗水井内，减少注入道床水量，利用水泵将井内水排出，有效较少水集聚。

4.1.5 减少隧道顶部渗水

疏通天沟等排水设施，将雨水顺利排走。将山体顶部低洼易积水处填平，防止积水渗透。对沟壑采取硬化等手段，减少长流水渗透作用。

4.1.6 隧道机筛

利用机械清筛机组，对上下行隧道道床（包括隧道进出口板结处所）进行机筛，对隧道进出口边坡进行人工清筛，提高道床弹性，减少煤灰污染及道床板结状态，形成一定坡度的排水面，有利于水向低处扩散。

4.2 堵水前准备

堵水前对作业地段的线路状况进行一次全面调查，制定线路控制措施，首先要测量全隧道的轨面标高，并对隧道内线路的几何尺寸，包括轨距、水平、高低、正矢、超高等做一次全面检查，做好记录。设置风、水、电管线路，往洞内运送安置机具材料，对影响施工的电缆等设备由电务、通信和供电等部门配合移设、防护^[4]。

4.3 “堵”水

采用“清理水沟—注浆施工—水沟整治—二次注浆”等“堵”水的方法最终解决基底下沉病害。

4.3.1 清理水沟、封闭裂缝

利用特制铁锹将水沟内煤灰等杂物清理干净，保持流水通畅。在水沟底部铺设直径 200mmPVC 管道，管道两端用倒“凹”型模板做支撑，中间用水泥砂浆浇筑，凝固后即可阻断隧道基底与水沟内水互渗通道，也不妨碍水沟内水向外排出。

4.3.2 钻孔安装压浆管

注浆前对隧道基底下沉病害现场情况进行调查，确定压浆孔位置、数量后，清除压浆孔处石渣，进行钻孔，钻孔孔径 $\Phi 40\text{mm}$ ，钻孔在线路两侧布置，单侧间距 2m，呈梅花形，无仰拱断面压浆孔深度 2.5m 左右，斜度为 20° ，有仰拱断面压浆孔深度 4m 左右，以打穿仰拱为准，斜度为 13° ，孔

成形后清除淤塞物。压浆管采用 $\Phi 32\text{mm}$ 钢管，长度为有仰拱 4.5m，无仰拱 3m，端部沿 45° 斜切，管体布设梅花形溢浆孔（孔径 $\Phi 10\text{mm}$ ，间距 0.1m），第一个压浆孔距顶部 0.9m，将压浆管锤击或用钻机顶入压浆孔，并用清水反复冲洗压浆管直至无淤泥及残渣。

4.3.3 基底注浆、堵塞缝隙

浆液采用水灰比为 0.4~0.6 : 1 的加固型 TGRM 水泥基特种注浆材料，压浆压力按 0.3~0.6MPa，压浆前进行压水试验，检查机械设备是否正常，管路连接是否正确、密封，压浆时应先封闭好压浆管与铺底的缝隙，压浆方式采用后退式压浆，首先在孔底压浆，再从孔底利用止浆塞分段压浆后退至孔口。压浆分两次进行，两次注浆时间间隔不少于一周^[5]（见图 1、图 2）。

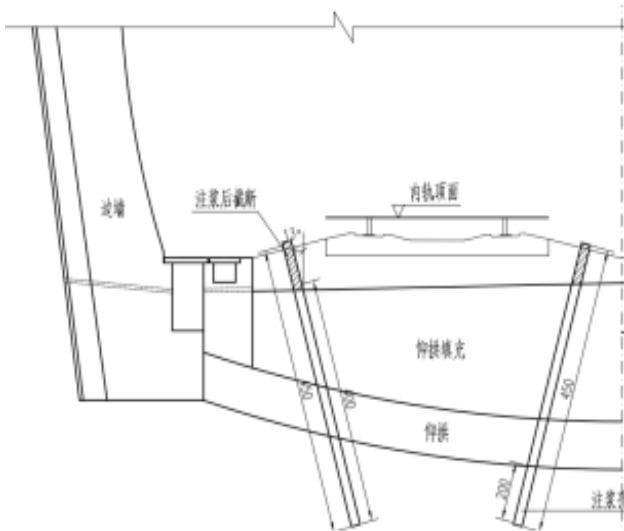


图 1 注浆管示意图

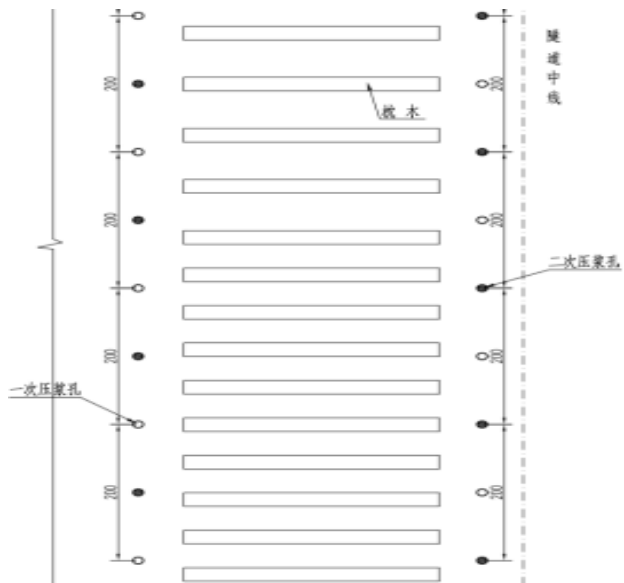


图 2 注浆位置图

4.3.4 水沟整治、恢复水沟状态

首次注浆完毕后，再次清理水沟内的淤泥等杂物，采用沙袋围堰加排水软管的临时措施排水，水沟内的裂纹凿毛后采用弹性环氧结构胶勾缝修补。

4.3.5 二次注浆、恢复基底水通路

待首次注浆一周后，再次对基底病害地段进行二次注浆处理。待注完后将注浆管从基底表层切除，以免影响隧道机筛作业。注浆完毕恢复道床，线路整细。

4.3.6 机筛道床，恢复道床弹性

待注浆完毕，将注浆管全部切除后，利用机械车组对注浆隧道道床进行机筛，消除 TGRM 水泥基特种注浆材料泄露形成的污染道砟及翻浆污染道床，改善道床弹性。

4.3.7 加强养护，保持设备稳定

利用小机养护设备对清筛后线路进行养护，确保各项几何尺寸在作业验收标准内，做好顺坡顺撬。供电专业调整导高、拉出值及隧道限界，通信、信号专业恢复设备既有状态。

4.4 施工注意事项

4.4.1 基底注浆需在天窗点内施工

注浆孔距和压力参数，施工过程中可根据现场实际情况适当调整；道床注浆时应密切观测线路既有侧沟内出浆情况，需保持既有侧沟排水畅通，对流入的浆液及时进行清理。

4.4.2 机械清筛

压浆施工结束后，在封锁点内对施工地段道床进行机械清筛；清筛深度为枕下 300mm，隧道内有挡砟块无法机筛时可先利用大机将轨道向两线间拨动，清筛后再恢复线间距，保证接触网与钢轨相对位置。

4.4.3 检查料具

施工地点位于隧道内，开通前需检查料具是否遗留防止侵限；应在天窗点内利用单轨车推运料具；施工地段两端及现场必须设置防护。

4.4.4 施工人员佩戴齐全有效的防护用品

临时用电、焊接切割等作业做好审批。作业人员人身安全及机械设备使用要有应急预案。

4.5 整治段沉降观测

注浆完毕后在钢轨外侧设置沉降观测点，观测点布设在线路左右侧，每 5m 布置一处，观测时间为注浆开始到注浆完毕后两周共 30 天。经过观测，线路沉降量在注浆后明显下降，到达应有目的。

5 结语

隧道基底病害的产生,说到底就是“水”的问题。水的通路被堵塞,无法从通畅的道路流走,只能在内部游走,加之外部力作用,只能对设备进行破坏,从而产生各种隧道基底病害。

隧道基底病害是一个由量变到质变的过程,如果在病害出现前定期清理水沟内的杂物、淤泥,保持水路通畅,加之得当的养护维修,相信会延缓基底病害产生;在基底病害产生后,采取各类行之有效的整治措施,清理水沟、疏通“水路”及被动排水方法,可以有效降低基底病害对行车的影响;最终采用基底注浆、整治水沟等方法彻底将内部水从内部排走,外部水从水沟排走,达到“水路”畅通,解决隧道基底病害问题。

由于地质水文条件、隧道设计及施工方式、隧道长度

及诸多因素影响下,隧道基底病害往往附带很多其他病害,只有通过精准调查、精确设计,才能制定切实有效的整治方案。但西黄泥隧道基底病害整治过程,可为其他隧道基底病害整治提供一定借鉴意义。

参考文献

- [1] 尹成斐,付兵先,马伟斌.重载列车作用下隧道结构的动应力分析[J].中国铁道科学,2013,34(3):47-52.
- [2] 傅奋勇.关于既有线铁路隧道基底下沉病害整治的探讨[A].科学技术创新,2020(34):128-130.
- [3] 邹文浩,付兵先,马伟斌.朔黄铁路隧道基底结构病害分析[J].铁道建筑,2017(4):68-71.
- [4] 陈换利,甄治国.重载铁路隧道基底病害整治方案初探[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2013(S2):147-150.
- [5] 朔黄铁路工务专业标准化作业流程[Z].