

新吉坪隧道隧底溶洞处理技术分析

杨生伟

(中铁十六局集团 第二工程有限公司 天津 300162)

摘要: 针对沪昆铁路客运专线新吉坪隧道内存在的 20 多处岩溶溶洞及两处较大溶洞群, 提出了对于岩溶发育较浅区采用与仰拱同级别的混凝土回填密实、对于岩溶发育较深区采取钻孔注浆处理及对于填充物较多的溶槽形溶洞进行注浆固结三种针对性处理方案。详细介绍了钻孔注浆施工工艺, 为新吉坪隧道隧底溶洞处理施工提供了重要的技术指导。

关键词: 隧道; 溶洞处理; 钻孔注浆

中图分类号: U459 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0373(2013)02-0071-04

0 引言

岩溶的形成是因地表水和地下水会对可溶性岩层不断发生侵蚀、溶蚀、迁移、堆积等作用, 从而导致岩石滴水现象^[1]。在岩溶地质地区形成的各种溶蚀形式中, 对隧道工程影响严重的主要为溶洞和暗河。当隧道穿过可溶性岩层时, 有的溶洞岩质破碎, 容易发生坍塌。有的溶洞位于隧道底部, 充填物松软且深, 使隧道基底难于处理。有时遇到填满饱和水分的填充物溶洞, 当坑道掘进至其边缘时, 含水填充物不断涌入坑道, 难于遏止, 甚至使地表开裂下沉, 山体压力剧增。有时遇到大的水囊或暗河, 岩溶水或泥沙夹水大量涌入隧道。有的溶洞、暗河与会交错, 分支错综复杂, 范围宽广, 处理起来十分困难^[1-2]。因此, 制定科学、合理、有效的溶洞处理方案对隧道顺利穿越岩溶地段极为重要。

1 工程概况

沪昆铁路客运专线新吉坪隧道位于湖南省湘乡市潭市镇及棋梓镇境内, 进口位于沙塘村后山 55 m 山坡上, 出口位于峡山村东侧 200 m 处, 隧道起讫里程为 DK94+045~DK101+724, 全长 7 679 m。该隧道位于构造剥蚀、侵蚀、溶蚀低山丘陵地貌, 主体山脉大致呈南北走向, 支脉向东南方向分布, 隧道线路横穿主体山脉, 整体地势北高南低, 最高海拔标高 522 m, 最底标高 136 m, 相对高差 386 m。根据地表调绘及物探揭示存在 7 条断层破碎带, 并存在多处浅埋地段。隧道地质多为板岩及灰岩, 其中 V 级围岩 571 m, IV 级围岩 2 983 m, III 级围岩 3 880 m, II 级围岩 245 m。区内岩溶中等发育, 地表表现为溶沟、溶槽, 无明显的溶蚀洼地、落水洞。

2 隧底溶洞处理方案

2.1 溶洞探测

地质雷达同其它反射波预报方法相比, 具有分辨率高、抗干扰能力强、占用施工时间少、后处理技术成熟、费用较低等特点。从经济性和准确性看, 地质雷达为隧道岩溶预报的最佳选择^[2]。为此, 采用 SIR-3000 型地质雷达对新吉坪隧道出口隧底进行雷达探测, 探测 DK101+382~DK101+372 段及 DK101+483~DK101+470 段隧道底部溶洞发育等地质情况, 并对地质雷达所测得的溶洞范围进行地质钻探。根据地质雷达扫描与钻芯验证溶洞的大小、范围、填充情况及地下水发育情况, 为隧底溶洞处理方案处理提供基础资料。

收稿日期: 2012-11-08

作者简介: 杨生伟 男 1969 年出生 高级工程师

结合物探资料,经钻探验证,在 DK101+382~DK101+372 隧道中心线偏左底部存在一溶洞,顶板埋深 4.4 m,高约 2 m,纵向约 3 m,横向约 6.4 m。隧道中心线偏右底部揭露一串珠状溶洞,1 号溶洞顶板埋深约 1 m,高约 2 m,纵向约 7 m,横向 2.0~3.0 m,最宽处 6.2 m;2 号溶洞顶板埋深 4.6~5.0 m,高 1.6~2 m,纵向 9 m,横向 2.0~3.0 m,最宽处 6.2 m;3 号溶洞顶板埋深约 8.2 m,高 2.4~2.8 m,纵向 9.5 m,横向 2.0~3.0 m,最宽处约 6.2 m。DK101+483~DK101+470 段的探测结果显示,该段处存在较大溶洞群,并在底部 9~11 m 处,存在较大溶洞,且溶洞内填满洞渣。其溶洞位置及范围如图 1、图 2 所示。

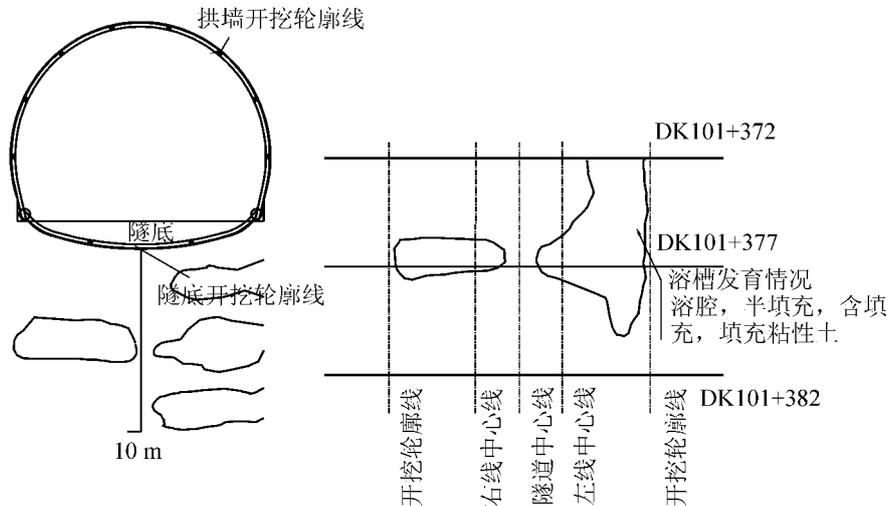


图 1 DK101+382~DK101+372 溶洞群断面与平面示意图

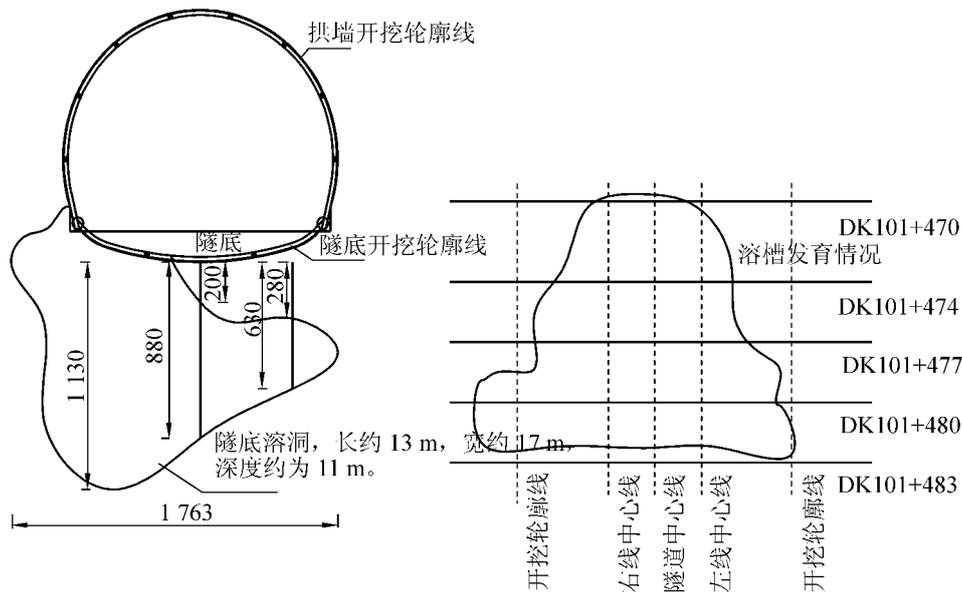


图 2 DK101+483~DK101+470 溶腔断面与平面示意图(单位:cm)

2.2 处理方案

2.2.1 DK101+382~DK101+372 段处理方案

(1) 对于隧道中心线偏右底部的 1 号溶槽形溶洞先将其填充物清除干净,然后回填与仰拱同级别的混凝土^[3]。

(2) 对于其余溶洞进行钻孔注浆填充处理,采用 $\Phi 42$ mm 注浆孔,间隙为 $1.2\text{ m} \times 1.2\text{ m}$,采用梅花形布孔方式,注浆材料选用 1:1 水泥浆液。

(3) 注浆结束后采用地质雷达结合地质钻探加密钻孔对注浆段进行检测,鉴定注浆效果。经注浆效果检测满足要求后,再进行仰拱与填充施工。

2.2.2 DK101 + 483 ~ DK101 + 470 段处理方案

(1) 考虑该段溶槽形溶洞较大且填充物多, 采取钻孔注浆方法, 对溶洞中的洞渣进行注浆固结^[3]。采用 $\Phi 42$ mm 注浆孔, 间隙为 $1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$, 采用梅花型布孔方式, 注浆材料选用 1: 1 水泥浆液。

(2) 注浆结束后采用地质雷达结合地质钻探加密钻孔对注浆段进行检测, 鉴定注浆效果。经注浆效果检测满足要求后, 再进行仰拱与填充施工。

2.3 隧底钻孔注浆施工工艺

2.3.1 工艺流程

施工工艺流程如图 3 所示。

2.3.2 施工准备

施工前先将隧底基底进行清理, 将隧底虚渣、淤泥及积水进行清除干净, 并设置必要的排水措施, 设置临时集水坑, 用水泵及时将积水排出。

2.3.3 施工放样

复核隧底开挖轮廓线及里程范围, 根据隧底注浆孔位间距要求, 对各孔位进行放样, 并做标记, 测量、记录对应的孔口高程; 埋设好沉降观测桩及围岩量测点, 施工期间及注浆结束后对围岩沉降变形进行观测分析。

2.3.4 钻孔施工

根据物探及地质探测结果, 在溶洞发育段落钻取注浆孔, 钻孔统一编号。钻孔采用 KY100J 潜孔钻机, 将钻杆对准所标孔位, 用 $\Phi 90$ mm 钻头开孔钻进, 孔径不小于 90 mm。钻孔结束后, 对钻杆注水进行清洗, 泥浆含碎石颗粒沉渣较多, 采用 $\Phi 42$ mm 的钢管伸入钻孔底部, 用注浆泵大压力、大流量清孔。采用 $1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$ 梅花形布置, 注浆孔孔深嵌入溶洞底部基岩深度不小于 0.5 m。

2.3.5 注浆施工

(1) 注水试验。注浆前先对注浆段落进行注浆试验, 选取 1: 3、1: 2、1: 1 不同配合比的水泥浆液进行注浆试验。

(2) 浆液制作。根据选定浆液的配合比参数拌好浆液, 其中水泥浆拌好后用 $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 网筛过滤, 放入叶片立式搅拌机进行二次搅拌。注浆用水泥浆液按水灰比 1: 1 (重量比) 配置而成。

(3) 注浆。注浆顺序应先两侧孔再中间孔。注浆管采用 $\Phi 42$ mm, 壁厚 3.5 mm 的热轧无缝钢管, 钢管长 1.0 m。注浆压力按 0.5 ~ 1.0 MPa。注浆前应进行注浆试验, 据此修订注浆参数。注浆结束条件为: 注浆压力达到设计终压或浆液注入量已达到计算值的 80% 以上。全段结束条件为: 所有注浆孔均已符合单孔结束条件, 无漏注。注浆结束后必须对注浆效果进行检查, 若未达到设计要求, 应进行补孔注浆^[4-5]。对溶洞内有充填物的注浆孔或者对注浆质量怀疑的注浆孔在注浆完成 1 ~ 2 h 后采用钻机进行清孔再注浆, 确保浆液已至溶洞下限或满足设计注浆量和注浆结束条件。

3 结语

根据在沪昆铁路客运专线新吉坪隧道施工中遇到的不同岩溶溶洞形式, 提出的对于溶洞发育较浅区采用与仰拱同级别的混凝土回填密实。对于溶洞发育较深区采用钻孔注浆处理以及对于填充物较多的大型溶槽形溶洞, 采用注浆固结处理 3 种方案应用于新吉坪隧道隧底溶洞处理, 使两处隧底溶洞群的围岩变形均控制在标准规范允许范围内, 确保了隧道的正常施工。在岩溶隧道施工中, 必须加强超前地质预报工作, 充分掌握岩溶发育状况及范围, 根据不同情况提出相应的处理方法, 并及时做好应急方案, 确保施工人员及设备的安全, 减少经济损失。

(下转第 95 页)

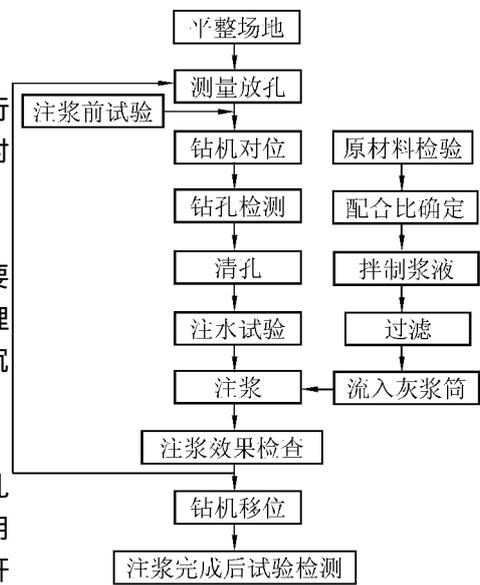


图 3 施工工艺流程

[10] Bouamra F, Boumeddiene A, Rérat M, et al. First principles calculations of magnetic properties of Rh-doped SnO₂(110) surfaces [J/OL]. Applied Surface Science, [2012-10-16]. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433212016984>.

[11] Sinha S K, Bhattacharya R, Ray S K, et al. Influence of deposition temperature on structure and morphology of nanostructured SnO₂ films synthesized by pulsed laser deposition [J]. Materials Letters, 2011, 65: 146-149.

Preparation and Properties of Ta Doped SnO₂ Film

Qin Guoqiang¹, Feng Yahong², Zhang Guanglei¹,

Yang Liangliang¹, Zhang Juanjuan¹, Ma Yuefeng¹

(1. College of Material Science and Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. Zhangshi Expressway Construction Office, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: Tin oxide (SnO₂) is a n-type wide band gap semiconductor with unique physical and chemical behaviors, such as high electronic conductivity, high visible light transparency, and high chemical stability. Therefore, Tin oxide are widely used as photovoltaic materials, solar cells, gas sensors, etc. In this paper, sol-gel method is used to prepared tantalum (Ta) doped SnO₂ transparent conductive film on glass substrates. The tantalum content of is about 8% and the surface morphology of the prepared thin film is very smooth, but the fracture due to the local stress is very clear. The Ta doped SnO₂ thin films is in the rutile structure. with a high degree of crystallization. Due to the close ionic radius of Ta⁵⁺ and Sn⁴⁺, Ta atom dissolves in the SnO₂ lattice to replace Sn atom, resulting in a stable homogeneous solid solution structure. So there is no second phase appearing, but its lattice constant is slightly changed.

Key words: sol-gel method; Ta doped SnO₂ film; optical and electrical properties

(责任编辑 车轩玉)

(上接第 73 页)

参 考 文 献

- [1] 朱永全, 宋玉香. 隧道工程 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.
 [2] 杨宙. 岩溶地区隧道施工安全控制技术研究 [D]. 西安: 长安大学公路学院, 2010.
 [3] 汶文钊. 宜万铁路云雾山隧道溶洞施工技术 [J]. 隧道/地下工程, 2010(5): 87-90.
 [4] 张延, 陈中. 隧道岩溶处理面面谈 [J]. 现代隧道技术, 2001(1): 60-64.
 [5] 胡启军. 岩溶隧道施工关键技术及其工程应用 [J]. 山西建筑, 2009(27): 301-302.

Treatment Technology of Karst Cave Bottom of Xinjiping Tunnel

Yang Shengwei

(The 2nd Company of the 16th Railway Engineering Bureau Corporation, Tianjin 300162, China)

Abstract: In view of the karst caves existing in the Xinjiping tunnel in the Hu-Kun high-speed railway, the treatment methods of the karst caves are put forward according to the karst development. The technology of concrete compact backfilling same as invert arch is used in the zone with shallow karst cave development; the technology of hole grouting is used in the zone with deep cave development, and the technology of grouting consolidation is used in the fluid bowl with much filler. The construction technology of the hole grouting is introduced in detail, which provides the technical guidance to the treatment technology in Xinjiping tunnel karst cave.

Key words: tunnel; karst cave treatment; hole grouting

(责任编辑 刘宪福)