

文章编号: 1674—8247(2018)03—0050—04

罗家山隧道岩溶涌突水灾害危险性分析

许 胜

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:罗家山隧道位于荆山山脉北端,隧址区可溶岩广泛分布,岩溶发育,水文地质条件复杂,施工中易产生岩溶涌突水灾害。文章通过对隧址区地质环境条件、可溶岩分布、可溶岩含水岩组及其富水性、岩溶水的赋存条件及其补给、径流和排泄特征等工程地质和水文地质条件分析,提出了隧道施工过程中可能出现的集中涌水段与突水点,在此基础上对隧道涌水的危险性进行分级研究和分级段落划分,得出罗家山隧道穿越低危险程度1段,中危险程度5段,高危险程度3段,无极高危险程度段落,对指导设计及施工具有重要意义。

关键词:郑万高速铁路; 罗家山隧道; 涌突水灾害; 危险性

中图分类号:P64

文献标志码:A

Study on Risk Evaluation of Water and Mud Burst of Luojiashan Tunnel Karst

XU Sheng

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

Abstract: Luojiashan tunnel is located at the north end of the Jingshan mountain, karst is widely distributed, with complicated hydrogeological conditions, easy to produce karst water inrush and mud burst disaster in construction. Based on the analysis of geological conditions of tunnel area, karst distribution and occurrence conditions of karst aquifer and water, karst water and recharge, runoff and discharge characteristics of engineering geological and hydrogeological conditions, the possible water burst section and water inrush danger point in the tunnel construction are put forward. On this basis, the risk of water gushing is studied and divided by classification and grading. The results are: Luojiashan tunnel passes through 1 segment with low degree of risk, 5 segments with medium degree of risk, 3 segments with high degree of risk, no segment with super-high degree of risk. It has important significance to guide the design and construction.

Key words: Zhengzhou-Wanzhou high-speed railway; Luojiashan tunnel; water and mud burst; risk evaluation

隧道施工时,涌水会使掌子面处于不稳定状态,容易发生崩塌流出现象。涌水堆积在隧道内使支护底部围岩处于浸泡状态,降低支护底部围岩强度和稳定性而产生支护变异及断面异常。同时,还会直接影响锚杆、钢拱架等喷射混凝土的质量或者导致其必须停工,影响工期,造成施工效率大幅度降低。在衬砌施工完

成后,如果对涌水处理不够彻底使衬砌渗水,还会造成隧道衬砌及隧道附属设备侵蚀破坏。

罗家山隧道区域溶洞、暗河、落水洞、漏斗、岩溶洼地、溶蚀槽谷等岩溶现象普遍发育,施工中容易产生岩溶涌突水灾害。尤其在可溶岩富水性强、可溶岩与非可溶岩接触带部位和构造强烈部位。隧道开挖遇暗

收稿日期:2018-03-16

作者简介:许胜(1977-),男,高级工程师。

引文格式:许胜. 罗家山隧道岩溶涌突水灾害危险性分析[J]. 高速铁路技术,2018,9(3):50-53.

XU Sheng. Study on Risk Evaluation of Water and Mud Burst of Luojiashan Tunnel Karst[J]. High Speed Railway Technology,2018,9(3):50-53.

河、溶洞等岩溶形态产生突水、突泥灾害可能性很大。同时,隧道施工将使区域内地下水环境发生显著改变,可能引发地表水的漏失、井泉干枯等一系列环境地质问题。岩溶发育的复杂性也使隧道稳定性问题难于预测。这些问题的存在,轻则影响隧道施工进度,重则导致生命财产损失^[1-2]。

1 工程概况

郑州至万州铁路全长 748.084 km,是构建我国西南地区与中原、华北、东北地区快速客运主通道。郑万铁路湖北境内穿越大量高山丘陵,沿线河谷深切,两岸山坡陡峻,部分近于直立,沿线发育大片可溶岩,岩溶水文地质问题突出。其中罗家山隧道位于湖北省保康县马桥镇境内,隧址区主要出露奥陶系、寒武系可溶岩地层,可溶岩比例约 60%,是襄阳至万州段通过的第一座岩溶高风险隧道^[3]。

罗家山隧道设计全长 10 766 m,最大埋深 504 m,属特长隧道。隧道位于神农架林区东部和荆山山脉北端的接合部位,属构造侵蚀剥蚀中低山地貌区。隧址区主体山势呈北东-南西向延展,隧址区内地形绵延起伏,局部山形呈北西走向分布,线路左侧地形切割深,坡面近直立,峰谷相间,垂直隧道走向的冲沟、溪谷发育,地表大多基岩裸露。

2 研究区地质概况

隧址区属一级构造单元北缘,上扬子陆块褶皱带之神农架-荆门台坪褶皱带内,西为神农架穹隆,南东为黄陵背斜,南西秭归向斜北部,新华大断裂和百峰弧形断裂之间。受神农架穹窿构造影响,区内广泛出露前寒武系和下古生界地层,泥盆系和石炭系基本缺失。区内出露地层主要包括:第四系全新统、志留系、奥陶系、寒武系、震旦系上统及中元古界神农架群地层。

隧址区内出露的可溶岩地层主要为奥陶系

($O_{1-2}n-g$ 、 $O_{2-3}b$)、寒武系(ϵ_3O_1l 、 ϵ_3q 、 ϵ_2sl 、 ϵ_2t)、震旦系($Z_2\epsilon_1d$)地层。可溶岩分布特征与区域构造体系及地形(如沟谷切割深度)密切相关。区域构造体系及构造形迹控制着岩层的展布情况和出露形态,另外地形切割强度也在一定程度上影响到岩层的出露形态。研究区可溶岩分布情况如图 1 所示。

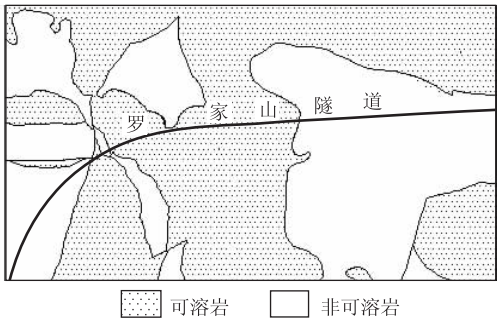


图 1 研究区可溶岩分布情况示意图

可溶岩层在平面上的分部除震旦系上统灯影组主要分布于隧道出口段外,其余可溶岩主要分布在隧道 DK 518 + 300 ~ DK 524 + 350 里程段两侧以及研究区的北东侧。隧址区溶洞、暗河、落水洞、漏斗、岩溶洼地、溶蚀槽谷等岩溶现象普遍发育。研究区岩溶发育程度如表 1 所示。

3 研究区岩溶水文地质条件

3.1 可溶岩含水岩组及其富水性

隧址区位于神农架林区东部和荆山山脉北端的接合部位,属构造侵蚀剥蚀中低山地貌区。岩性主要为灰岩、白云岩、页岩、砂岩等。主要出露奥陶系、寒武系可溶岩地层,可溶岩比例约为 60%。由于非可溶岩富水性微弱,隧址区内非可溶岩可视为相对隔水层,可溶岩含水层富水性如表 2 所示,富水性分区^[5]如图 2 所示。

表 1 研究区岩溶发育程度^[3]表

可溶岩 地层	代号	岩性	岩溶发育特征	分布隧道位置	发育 程度
神龙架群 石槽河组	Pt ₂ s	泥质白云岩、白云质板岩夹砂砾岩	地表溶蚀较弱,岩体整体较完整,发育溶隙,岩溶洼地、漏斗、落水洞不发育,罕见溶洞及地下暗河	分布于隧道出口北侧,拟建隧道不穿过此地层	弱
震旦系上 统灯影组	Z ₂ ∈ ₁ d	硅质条带白云岩、白云质灰岩	地表溶蚀严重,溶隙、溶孔、岩溶洼地、漏斗及竖井、落水洞、大型溶洞、地下暗河发育,溶洞及暗河规模较大	DK 524 + 680 ~ 出口	强
寒武系	∈ ₂ t + sl	白云岩,局部夹角砾状白云岩		DK 520 + 550 ~ DK 524 + 350	
	∈ ₃ q	白云岩、白云质灰岩			
	∈ ₃ O ₁ l	白云岩、砾状白云岩			
奥陶系 中下统	O ₁₋₂ n - g	白云岩、灰岩局部夹硅质页岩	岩溶发育不均匀,发育溶孔、溶隙,局部见落水洞、地下暗河	DK 518 + 300 ~ DK 520 + 550	中
	O ₂₋₃ b	灰岩夹泥质灰岩			

表2 区域地下水类型及可溶岩含水层富水性分级表

地层	富水性	主要岩性特征	地下水类型	出露厚度 /m	富水性指标	
					地下径流模数 (L/s·km ²)	泉流量 /(L/s)
奥陶系中上统	中	下部为浅灰色灰岩夹泥质灰岩;中部为灰-浅灰色泥岩夹泥质灰岩;上部为灰色薄-中层灰色泥岩夹深灰色页岩	岩溶水	0~30.88	3~6	1~10
奥陶系下统	中	灰岩白云岩为主,夹少量页岩	岩溶水	1.57~51.2	3~6	1~10
娄山关组	强	灰色厚层状白云质灰岩、含燧石结核白云岩、砾状白云岩	岩溶水	143	>6	10~100
覃家庙组	强	薄厚层状白云岩、白云质灰岩、泥质条带灰岩、泥质白云岩夹白云质页岩	岩溶水	191~297	>6	10~100
石龙洞组	强	下部岩性为灰色含粉砂质中-细晶白云岩;上部为灰-浅灰色白云岩,局部夹角砾状白云岩	岩溶水	94~207	>6	10~100
天河板组	强	灰色薄层泥质条带灰岩组成,中部夹鲕状、豆状灰岩和薄层粉砂质泥岩	岩溶水	20~200	>6	10~100
灯影组	强	下部为浅灰色厚-巨层状白云岩、鲕状白云岩;上部为灰色厚层状硅质条带、硅质结核白云岩	岩溶水	430~716.37	>6	10~100

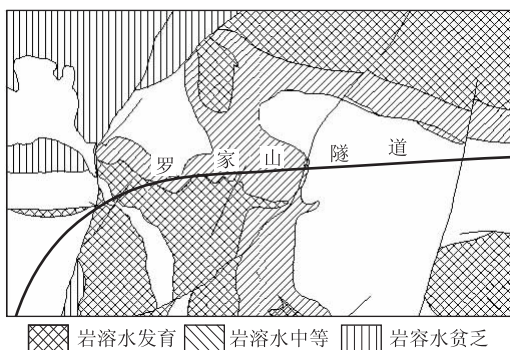


图2 研究区 DK 512+763~DK 530+246 富水性分区图

3.2 岩溶水补径排及动态特征

地下水的赋存条件受地形地貌、地层岩性、构造、气象等多种因素控制^[6-7],根据地下水的赋存特征,区内地下水可分为第四系松散堆积层孔隙水、基岩裂隙水和岩溶水 3 大类型。区内第四系孔隙潜水不甚发育,水量较小;隧道进口至 DK 518+300 段岩性以页岩、砂质页岩和粉砂岩为主,岩体裂隙较为发育,赋存一定的基岩裂隙水;DK 518+300 至出口洞身段分布白云岩和灰岩为主的可溶岩地层,岩溶水发育。

地下水主要由大气降水及地表水补给。研究区内大气降雨沿槽谷外侧的山岭、斜坡地形流动,向负地形进行汇集,通过落水洞,岩溶漏斗垂直入渗补给地下水如图3所示。浅层岩溶水动态变化较为明显,深层岩溶水径流途径长,动态较为稳定如图4所示。

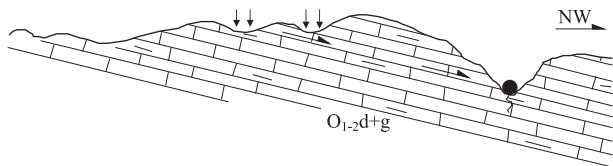


图3 隧址区浅层岩溶水补径排特征示意图

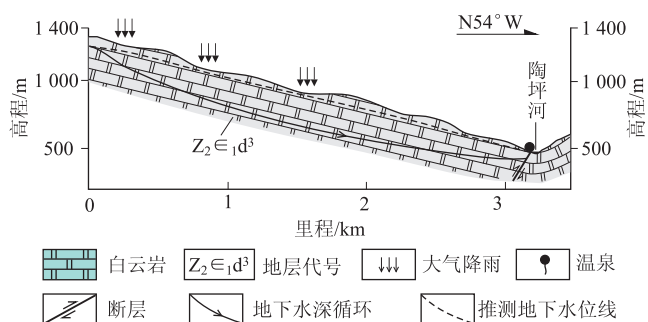


图4 隧址区深部岩溶水补径排特征示意图

4 隧道涌突水災害危險性分析

通过现场调查与分析,罗家山隧道的可能涌突水部位主要集中岩溶含水层及区内断层影响带及褶皱构造带内。隧道自 DK 514 + 165 ~ DK 518 + 300 里程穿越大片志留系新滩组 (S_{1x}) 基岩裂隙含水岩组,属于相对隔水层。自 DK 518 + 300 ~ DK 519 + 750 里程处进入中等富水性含水岩组,主要是奥陶系中统牯牛潭组 (O_{1n-g}) 等。而自 DK 519 + 750 ~ DK 524 + 931 里程则是一套寒武系强富水性的含水岩组。隧道全线共计穿越 4 条断层和 2 个褶皱。分别是平移断层 F10 (DK 514 + 193)、F8 (DK 518 + 833),逆断层 F9 (DK 521 + 54)、F17 (DK 524 + 587)。地质构造发育强烈的部位由于地应力集中,往往地层破碎,容易形成地下水的富集或是较好的地下水导水通道。因此,研究隧道的涌水灾害问题必须考虑隧址区的地质构造^[8]。

由图 5 可知,虽然隧道穿越了 2 个褶皱,但是褶皱开口较大,属于宽缓褶皱,其核部的构造作用不是很强烈。因此综合分析后可以大致将其分为涌水危险性定

性的分为四个等级^[9]如图5所示。危险性最大为Ⅳ, 最小为Ⅰ。

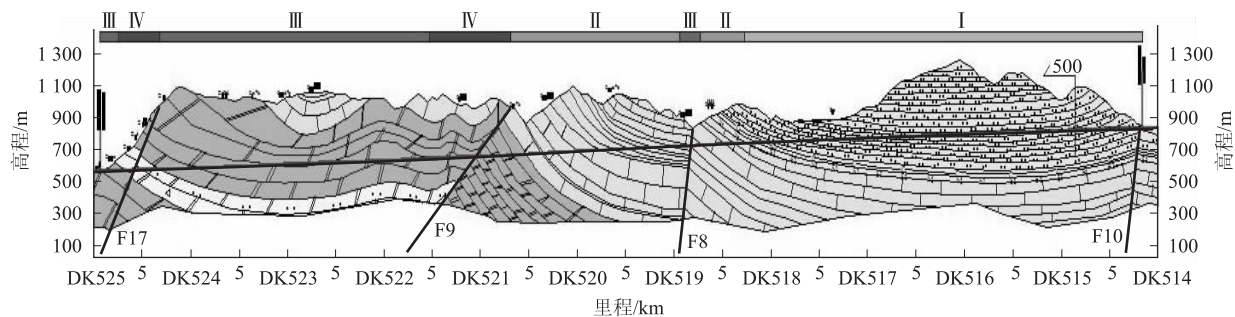


图5 隧道涌水危险性分段

由分析可知,在工程施工中要注意该段隧道可能存在岩溶涌突水害。隧道洞身标高位于地下水水位以下,在高水头压作用下,突水危害可能性较大,但是由于埋深较大,处于地下水深部循环带及水平径流带中,岩溶溶隙及构造裂隙发育不充分,含水层贮水系数不大,故后续涌水量规模不会太大,且隧道涌突水危险性等级在丰水期较枯水期高。

5 结论

罗家山隧道位于鄂西神农架林区东部和襄阳市保康县西部交界处,受神农架穹窿构造影响,区内广泛出露前寒武系和下古生界地层,可溶岩大面积分布,其中寒武系可溶岩地层为强富水性岩层,奥陶系可溶岩地层为中等富水性岩层,志留系非可溶岩地层为相对隔水层。研究区内地表岩溶现象发育明显,且隧道埋深较大,洞身多处于岩溶地下水高水头压作用下,因此沿线岩溶隧道普遍存在涌突水灾害发生的可能。根据隧道穿越地层的不同岩性将隧道共分为9段,低危险程度1段,中危险程度5段,高危险程度3段,无极高危险程度段落。

根据本隧进行区测、物探、深孔等综合勘探成果,DK 519+750~DK 524+931段岩溶强烈发育,深孔中岩溶化程度高、溶洞发育,岩溶水发育,特别是断层分布地段,同时根据本隧施工揭示情况,该隧涌水危险性分级与实际情况相符合。

参考文献:

- [1] 朱颖. 复杂艰险山区铁路减灾选线理论与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
ZHU Ying. Theory and Technology of Railway Disaster Reduction and Route Slection in Complex and Difficult Mountain Areas [M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [2] 曹化平, 王科. 铁路岩溶隧道工程地质选线研究[J]. 高速铁路

技术, 2011, 02(1): 31-36.

Cao Huaping, Wang Ke. Study on Geological Route Selection for Railway Tunnel Engineering in Carst Zone[J]. High Speed Railway Technology, 2011, 02(1): 31-36.

- [3] 中铁二院工程集团有限责任公司. 新建郑万铁路岩溶地区水文地质研究及线路方案选择专题报告[R]. 成都: 中铁二院工程集团有限责任公司, 2015.

China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd. Special Report on the Hydrogeological Study and Route Selection of the Newly-built Zhengzhou-Wanzhou Railway Karst Area [R]. Chengdu: China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., 2015.

- [4] TB 10027-2012 铁路工程不良地质勘察规程[S].
TB 10027-2012 Code for Unfavorable Geological Condition Investigation of Railway Engineering[S].

- [5] TB 10049-2014 铁路工程水文地质勘察规范[S].
TB 10049-2014 Code for Hydrogeological Investigation of Railway Engineering[S].

- [6] 铁道部第一勘测设计院. 铁路工程地质手册[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.

The First Railway Survey and Design Institute. Handbook of Railway Engineering Geology[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2002.

- [7] 韩行瑞. 岩溶水文地质学[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
HAN Xingrui. Karst Hydrogeology [M]. Beijing: Science Press, 2015.

- [8] 毛邦燕, 吴俊猛, 喻洪平, 等. 沪昆客专黄果树至北盘江段地质选线方案研究[J]. 铁道工程学报, 2011, 27(10): 19-24.

MAO Bangyan, WU Junmeng, YU Hongping, et al. Study on Track Alignment of Huangguoshu-Beipanjiang Section of Shanghai-Kunming Passenger Dedicated Line [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2011, 27(10): 19-24.

- [9] 毛邦燕, 许模, 蒋良文. 隧道岩溶突水、突泥危险性评价初探[J]. 中国岩溶, 2010, 29(2): 183-189.

MAO Bangyan, XU Mo, JIANG Liangwen. Preliminary Study on Risk Assessment of Water and Mud Burst of the Karst Tunnel [J]. Carsologica Sinica, 2010, 29(2): 183-189.

(编辑: 赵立红 白雪)