

长距离小断面引水隧洞涌水及渗水处理方案探讨

张健¹, 刘海真²

(1. 贵州省水利投资(集团)有限责任公司, 贵州 贵阳 550003;
2. 中铁十二局集团有限公司, 山西 太原 030012)

摘要: 大山哨隧洞全长 8 641 m, 最大开挖断面仅为 4.4 m × 5.243 m, 整条隧洞均位于地下水位以下, 岩溶和裂隙较发育。针对该隧洞轴线长、断面小特点, 以及在开挖中出现多处涌水和多段渗水情况, 通过采取一系列系统的工程处理措施, 有效解决涌水和渗水对施工开挖和混凝土衬砌质量的影响, 为同类工程施工积累了丰富的经验。

关键词: 长距离; 引水隧洞; 涌水及渗水; 探讨

中图分类号: TV554 **文献标志码:** B **文章编号:** 1008-0112(2014)03-0018-04

1 工程概况

黔中水利枢纽工程是以灌溉和城乡供水为主、兼顾发电等综合利用, 并为改善区域生态环境创造条件的大(1)型跨流域调水工程^[1], 水库总库容为 10.89 亿 m³, 年调水量为 7.41 亿 m³。总干渠和桂松干渠建有隧洞 55 座, 总长度为 54.85 km, 其中单座长度大于 8 km 的长隧洞有总干渠的玻利隧洞(长度为 8 001 m)和桂松干渠的大山哨隧洞(长度为 8 641 m)共 2 条。大山哨隧洞位于贵州省安顺市镇宁县大山乡, 是黔中水利枢纽工程桂松干渠的龙头建筑物, 隧洞进口位于桂家湖水库内, 进口高程为桂家湖水库死水位 1 259.0 m, 进口设引渠和闸室控制流量, 隧洞设进出口和 3 个支洞共 8 个工作面, 隧洞采用无压城门洞全断面钢筋混凝土衬砌。

2 工程设计

2.1 工程地质条件

大山哨隧洞埋深 30 ~ 200 m, 隧洞位于地下水位以下 8 ~ 65 m, 围岩为三叠系中统关岭组第二段(T₂g²)灰色中厚层灰岩夹厚层白云岩、第三段(T₂g³)白云质灰岩, 岩层产状(120 ~ 125° ∠ 3 ~ 6°)平缓, 岩层与洞向交角为 5°, 局部夹岩屑, 岩溶和裂隙较发育, 岩体渗水性强, 地下水沿层面涌水, 局部呈喷射状, 涌水及渗水量大, 水文地质条件复杂。整条隧洞围岩整体稳定性较好, 以Ⅲ ~ Ⅳ类为主, 其中Ⅲ类围岩占 88.5%, Ⅳ类占 10.5%, Ⅴ类占 1.0%。

2.2 工程结构设计

结合隧洞的地形地质条件, 以及尽量避开地表构筑物 and 河流水系, 隧洞轴线平面上采用两折线段布置, 洞轴线方位角为 100.737° 和 93.896°, 隧洞采用无压城门洞形式, 引水设计流量为 14.571 m³/s, 加大流量 16.963 m³/s, 底坡为 1/3 000, 隧洞采用全断面钢筋混凝土衬砌, 衬砌后断面尺寸为 3.4 m × 4.243 m (B × H)。为了减少涌水及渗水对地表水环境的影响, 仅在隧洞出口段埋深较大且对地表影响较小的 6 + 841 ~ 8 + 641 共 1 800 m 设置了排水孔, 其余 6 801 m 均不设置排水孔, 并根据地下水位高低及围岩情况, 采用 300 ~ 500 mm 厚钢筋混凝土衬砌。

2.3 施工布置情况

为减少隧洞的通风、出渣等困难^[2], 全隧洞设置了进出口和 3 个施工支洞共 8 个工作面。进口在库内设围堰承担 0 + 000 ~ 0 + 040 m 共 40 m 引渠及闸门井段开挖及闸门启闭室浇筑; 1[#]支洞位于隧洞 0 + 878 m, 支洞长为 233.7 m, 设 10% 反坡与隧洞连接, 承担 0 + 040 ~ 2 + 312 m 段共 2 272 m 开挖及混凝土衬砌任务; 2[#]支洞位于 3 + 786 m, 支洞长为 351 m, 设 11% 反坡与隧洞连接, 承担 2 + 312 ~ 4 + 776 m 段共 2 464 m 开挖及混凝土衬砌任务; 3[#]支洞位于 5 + 715 m, 支洞长为 530 m, 设 10% 反坡与隧洞连接, 承担 4 + 776 ~ 6 + 849 m 段共 2 073 m 开挖及混凝土衬砌任务; 出口段负责 6 + 849 ~ 8 + 641 m 共 1 792 m 开挖及混凝土衬砌任务(见图 1)。

收稿日期: 2014-02-10; 修回日期: 2013-02-24

作者简介: 张健(1975), 男, 本科, 高级工程师, 从事水利水电工程建设及管理工作。

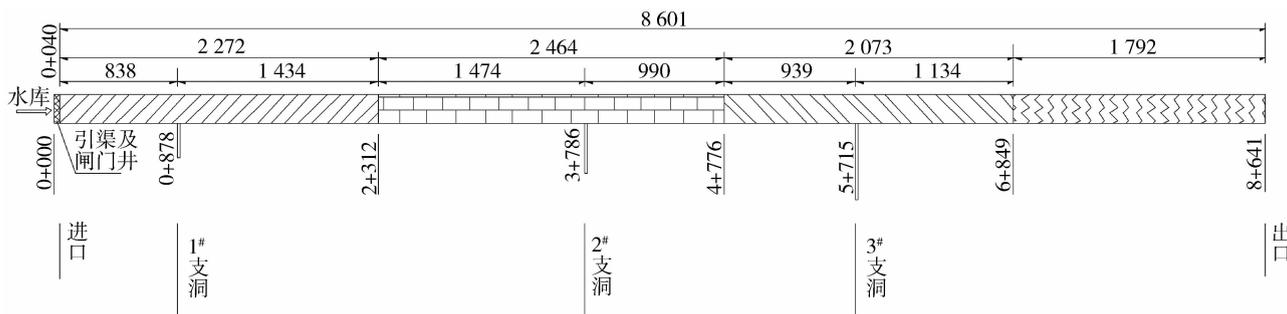


图1 大山哨隧洞施工布置示意(单位: m)

3 渗水处理方案

随着隧洞开挖掘进长度的增加渗水量逐渐增加,特别是在1#支洞下游和2#支洞下游渗水量较大,汛期最大渗水量均达2 000 m³/h以上。为了创造干地的施工条件,受隧洞断面小、工期紧和裂隙面发育等影响,在隧洞开挖期间主要采用强排措施,混凝土衬砌期间集中涌水点采取降、截、堵、排^[3]等为主,引排为辅和设置防水隔离板等综合处理方案^[4]。

3.1 施工期渗水处理

大山哨隧洞由于埋深较浅,受地表降水、岩溶和裂隙发育影响,隧洞开挖后涌水和渗水较大,除在开挖掌子面均设置WQ60-18-5.5(65 m³/h)潜水泵外,同时在3个支洞和出口均设置多级多台排水泵和多根无缝排水钢管^[5],并随着隧洞的掘进排水设备不断增加,整条隧洞汛期最大排水量达5 400 m³/h,根据各工作面的渗水情况采用不同排水布置,详见表1。

表1 大山哨隧洞1#、2#、3#支洞和出口泵站布置统计

序号	水泵型号	台数/台	功率/kW	扬程/m	排水量/(m ³ ·h ⁻¹)	泵站位置
一、1#支洞						
1	250S-95B	1	90	75	260	0+890
2	250S65	2	160	65	400	
3	350S44A	2	160	36	1 116	1+576
二、2#支洞						
1	IS200-150-400	3	90	50	400	支洞0+050
2	WQ45-22-7.5	2	7.5	35	80	支洞0+085
3	WQ170-35-18.5	1	18.5	35	160	
4	IS200-150-400	2	90	50	400	支洞0+251
5	WQ45-22-7.5	1	7.5	35	80	
6	250S65	2	160	65	485	3+826
7	200S-95B	1	90	75	260	
三、3#支洞						
1	100D45*3	1	55	135	85	支洞0+430
2	200S95B	2	132	95	280	5+715
3	150S-100	1	90	100	160	
四、出口						
1	QX40-40/2-7.5	3	7.5	40	40	8+641
2	125-100-250B	1	55	70	187	
合计		21			1 687.5	5 718

3.2 集中涌水处理

3.2.1 集中涌水位置及出水量

大山哨隧洞集中涌水点主要分布在1#支洞下游1+300~1+802 m共长为502 m洞段,集中涌水点有6个,呈股状、脉状^[6]涌出,最大涌水点出水量约为50 L/s,详见表2。

3.2.2 集中涌水处理

首先利用汛期洞内积水,排水设备排水能力不够

表2 大山哨主要集中涌水点统计

序号	桩号	涌水位置	涌水点形状	出水量/(L·s ⁻¹)
1	1+300	底板	直径0.2 m溶洞	11
2	1+490	右侧墙起拱处	张开裂隙集中涌出	10
3	1+587	顶板	张开裂隙集中涌出	35
4	1+715	左侧墙中部	张开裂隙集中涌出	15
5	1+800	右侧墙起拱处	张开裂隙集中涌出	20
6	1+802	顶板	直径0.45 m溶洞	50

未进行排水,形成隧洞内外水压力一致,有利于灌浆封堵的时机,分别从地表对应涌水点位置进行灌浆封堵,并以涌水点为中心2 m 直径圆周上设5个灌浆孔,采用少量的双液注浆^[7~8](水泥砂浆+水玻璃)进行灌浆封堵;其次采用洞内封堵,并结合出水量和涌水点形状采用不同封堵措施:一是对 $Q \geq 10$ L/s的涌水点,进行扩挖后采用管道引排并在周边增加钢支撑,同时采用C15快硬水泥材料对管道和岩石层面周边空腔进行封堵,封堵完毕并达到强度后,采用反压灌浆方法将出水点最后封闭(见图2);二是对 $10 < Q \leq 5$ L/s的涌水点,对涌水点周边进行适当扩挖,采用管道引排,然后采用C15快硬水泥等材料对管道和岩石层面周边空腔进行封堵(见图3);三是对 $Q < 5$ L/s的涌水点,采用引排措施,暂不封堵;所有封堵措施均不得占用混凝土永久衬砌断面。

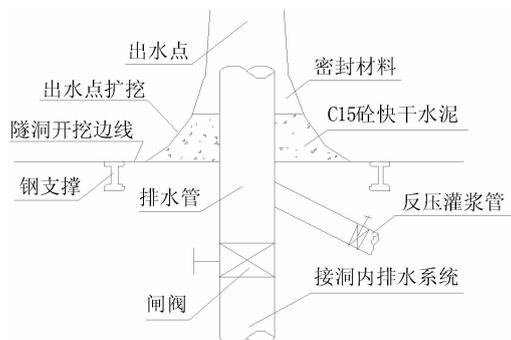


图2 涌水 $Q \geq 10$ L/s 封堵示意

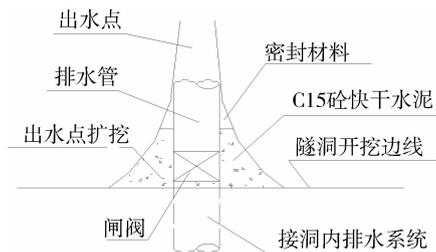


图3 涌水 $10 < Q \leq 5$ L/s 封堵示意

3.3 分散渗水处理

经初步统计,整条隧洞分散渗水长度约为3 385 m,主要集中在1#支洞下游、2#支洞上下游和3#支洞上游(见图4)。为了创造干地施工条件,确保混凝土衬砌的质量,需将渗水引排处理。

3.3.1 全断面渗水处理

沿开挖面横向设置 $\Phi 50$ 排水盲管形成排水环,并在底板以上50 cm的侧墙设置 $\Phi 100$ 纵向排水盲管和 $\Phi 50$ 泄水管将渗水引排,纵向每4 m设1道横向排水盲管(渗水量大时需加密),底板设置2 $\Phi 50$ 排水盲管;再在排水盲管上铺设350 g/m²无纺土工布和1.5 mm厚EVA防水板,最后立模进行混凝土浇筑。另由于防水板为不连续铺挂,为防止渗水通过未挂防水板段渗出,在防水板铺挂防水板末端设置2排(排距为0.5 m)帷幕灌浆截水环,灌浆管长度为4 m,间距为1 m。

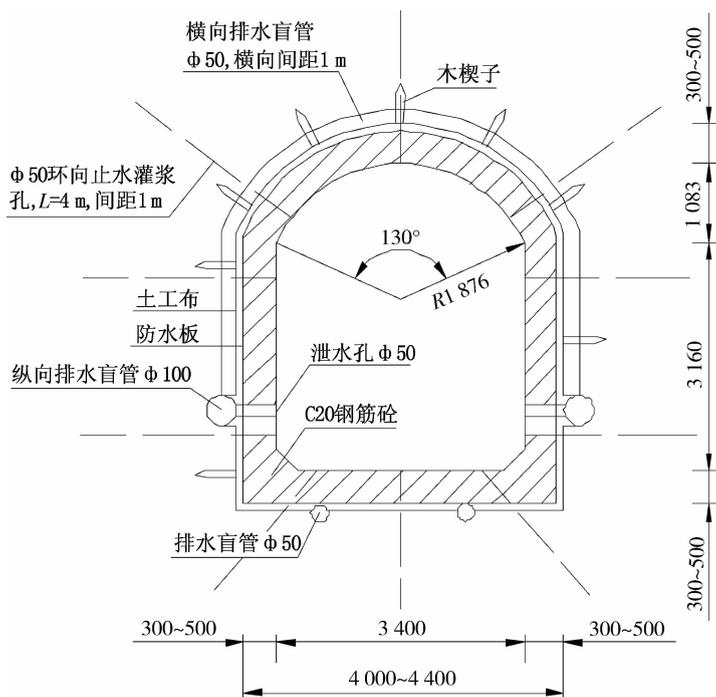


图4 分散渗水处理(单位: mm)

3.3.2 局部渗水处理

底板、侧墙和顶板等局部渗水处理参照全断面渗水段处理,以侧墙 $\Phi 100$ 纵向排水盲管为分界点,按渗水部位对应取消相应排水管盲管即可。

3.3.3 渗水段缝面处理

施工缝采用橡胶止水带加背贴式橡胶止水带复合构造1道止水;结构缝采用钢边橡胶止水带、遇水膨胀止水条加背贴式橡胶止水带2道止水,并以沥青木丝板、聚硫密封胶填缝。

4 结论

大山哨隧洞沿线穿越多个村寨和工矿企业,大部分隧洞埋深在30 m左右,隧洞均位于地下水位线以下,隧洞开挖中出现多处集中涌水和多段分散渗水,特别是汛期渗水量较大,采用常规涌水及渗水处理已不能满足施工需要,通过采取系统工程处理措施后隧洞已全面贯通,混凝土底板已全部浇筑完成,涌水及渗水段边墙和顶拱混凝土衬砌已全部完成。为了创造干地施工条件和确保施工质量,对隧洞的涌水及渗水采取了如下措施:一是分段多级设置大流量泵站集中抽排,并采用地表集中灌浆和洞内集中封堵措施相结合,有效减少抽排水量,确保施工期开挖的顺利进行;二是合理设置引排水系统,采取纵横向排水盲管和止

水截水环相结合,解决分散渗水的引排;三是采取土工布和防水板分离式隔水措施,确保混凝土衬砌质量;四是为了减少隧洞衬砌后对地表水环境的影响,隧洞采用全断面钢筋混凝土衬砌,并在隧洞埋深浅和涌水及渗水量大的洞段取消相应排水孔布置。

参考文献:

- [1] 张健,向国兴,张京恩.黔中水利枢纽工程灌区规模及需水量论证[J].人民长江,2008(6):38-40.
- [2] 余光辉.长线路小断面引水隧洞施工与质量控制[J].水利水电快报,2009(4):27-29.
- [3] 陈志勇.广州大学城隧道工程漏水问题处理[J].广东水利水电,2009(4):47-49.
- [4] 席光勇.深埋特长隧道(洞)施工涌水处理技术研究[M].重庆:西南交通大学,2005.
- [5] 袁淑香,张言华.隧道施工涌水处理方案及技术经济分析[J].铁路工程造价管理,2013(1):28-32.
- [6] 柳其圣.黄沙岭特长隧道涌水处理方案探讨[J].公路交通科技,2012(3):208-210.
- [7] 李荣伟.万家寨引黄工程某隧洞涌水处理和破碎带的施工技术[J].西部探矿工程,2006(9):161-162.
- [8] 范恒秀,徐广民.引硫济金工程冷龙岭引水隧洞涌泥涌水处理施工技术[J].隧道建设,2005(3):39-41,45.

(本文责任编辑 王瑞兰)

Long Distance and Small Section of Diversion Tunnel in Gushing and Seepage Treatment Discussion

ZHANG Jian¹, LIU HaiZhen²

(1. Guizhou water conservancy investment (Group) Co., Ltd, GuiYang 550002, China;

2. China Railway twelve Bureau Group Co., Ltd, Taiyuan 030012, China)

Abstract: DaShanShao tunnel length is 8 641m in length, and the maximum excavation section is 4.2 m × 4.943 m. The whole tunnel is located below the water table, and karst and fissure is developing. Aiming to long axis, and small section of the tunnel, and the emergence of a number of water gushing and multi section water seepage in excavation, a series of systems engineering treatment measures have been taken, which effectively solves the influences of gushing water and seepage of excavation on construction of lining concrete quality, as well as provides rich experience for similar project construction.

Key words: long distance; diversion tunnel; gushing and seepage; discuss