

桃子台隧道水文地质特征及施工对环境的影响探讨

Discussion on the Hydrogeological Characteristics of Taozitai Tunnel and the Impact of Construction on the Environment

熊灵阳

Lingyang Xiong

中铁二院工程集团有限责任公司 中国 · 四川 成都 610032

China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610032, China

摘要: 隧道穿越岩溶地区, 施工中常发生岩溶涌水、突泥等安全事故, 查明隧道区岩溶发育规律及岩溶暗河管道水的补、给、排等规律, 对降低隧道设计、施工的安全风险极为重要。论文根据笔者对项目中的隧道的勘察、设计及施工, 通过有效的勘察手段, 基本查明了隧道穿越岩溶区的风险程度, 通过设计施工中采取有效应对措施, 避免了施工中的较高风险、减轻了对环境的影响。

Abstract: When the tunnel passes through the karst area, safety accidents such as karst water gushing and mud gushing often occur in the construction. It is very important to find out the law of karst development in the tunnel area and the law of replenishment, supply and discharge of karst underground river pipeline water, so as to reduce the safety risk of tunnel design and construction. Based on the author's survey, design, and construction of the tunnel in the project, through effective survey methods, the paper basically identified the degree of risk of tunnel crossing karst areas, and adopted effective countermeasures during design and construction to avoid higher risks in construction. Reduce the impact on the environment.

关键词: 隧道; 地貌特征; 环境影响

Keywords: tunnel; landform characteristics; environmental impact

DOI: 10.12346/etr.v3i5.3597

1 引言

中国桃子台隧道双车道隧道, 设计宽度为 24.5m, 左线全长 3090m; 右线全长 3127m, 最大埋深 255.00~256.00m, 属特长隧道, 位于中国贵州遵义—余庆高速公路 (图 1)。



图 1 交通位置示意图

2 隧道区地质环境概况

2.1 地貌及岩性特征

本区域地处贵州黔北山地, 属构造剥蚀中低山地貌。隧道主要穿越一碗井向斜, 地面高程介于 929.23~1194.53m 之间, 相对高差约 265.30m。隧道中部一带形成宽缓的溶蚀、剥蚀槽谷地形, 两侧白云岩、白云质灰岩、灰岩分布地带山顶多呈尖峰状、常形成陡坡; 在山体上横向冲沟较发育, 多呈树枝状 (图 2)。

2.2 气象、水文特征

贵州黔北遵义市区, 境内属亚热带黔北温和湿润气候、多雨, 年均气温 14.7℃; 年均降水 1035.7mm, 多集中于 5~8 月, 占全年的 65%, 历史最强一次暴雨 149.4mm; 平均风速 1.9m/s, 年均湿度 81%, 一般年均蒸发量高于降水量。

隧道穿越的桃子台山 (标高 1205m) 自南东往北西顺山

【作者简介】熊灵阳 (1965-), 男, 教授级高级工程师, 从事公路工程地质勘察研究。

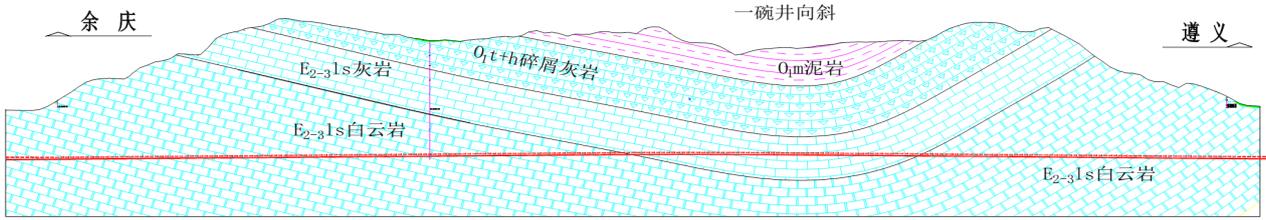


图2 隧道地质纵断面图

脊展布、沟里头(标高1226m)、一碗井向斜轴部(标高1237m)、青山南坡脊(标高1227.7m、1201m)地形最高点构成区内的地表分水岭,分水岭为界的北东、南东地区均为的乌江一级支流——湘江水系。

湘江发源于贵州省遵义娄山山脉金顶山南麓板牛沟刘家屋基,在遵义三星场注入乌江;湘江为区内最低侵蚀基准面,是区内表水、地下水的汇集、排泄通道,湘江总体上由北向南流,江面标高约620m,最高水位628.28m;最大流量1900m³/s;拟建隧道处于其右岸,二者相距约7km(图3、图4)。



图3 隧道区域水系图



图4 隧道区卫片影像图

2.3 隧道区地质构造及场地稳定性

本区域位于虾子场复向斜之观音岩背斜南西翼,东距西花坝断裂带3km,隧道以75°穿次一级构造——一碗井向斜北东翼末端(图5)。

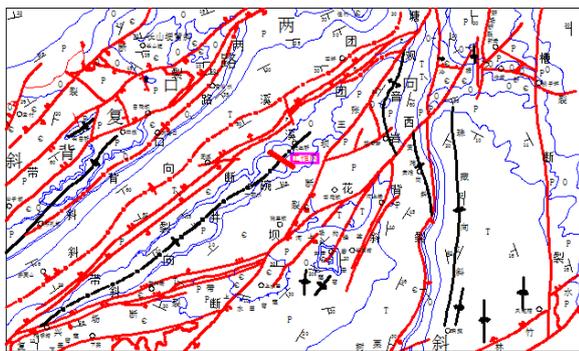


图5 构造纲要略图

3 隧道区水文地质特征探讨

3.1 水文地质单元

隧址区相对含、隔水层呈向斜构造产出,为一敞开的双斜蓄水构造,拟建隧道所处水文地质单元北以青山沟、老虎窝为界,南至瓮岩沟为界,纵向长约3.50km;西以龙岩水库为界,东以木斯干、烂木桥沟为界,横向宽约5.6km,面积19.6km²。

3.2 地下水类型及赋存分布

隧址区地下水类型主要为基岩裂隙水及碳酸盐岩裂隙溶洞水。

3.2.1 基岩裂隙潜水

隧址区基岩裂隙水主要奥陶系下统湄潭组泥页岩夹薄层碳酸盐岩中的裂隙水,分布范围较大,面积达3.37km²,占总面积17.2%,裂隙率1.20%~2.10%,地表调查该层无泉水出露^[1]。

3.2.2 碳酸盐岩裂隙溶洞水

隧址区内碳酸盐出露面积共约16.23km²,岩石大部裸露,高差最大340m左右;大部分山岭高1100m以上,保留了海拔高850~900m和1080~1170m两级夷平面,呈现高台地之地貌景观。地表岩溶洼地多呈“串珠状”分布,密集程度较高。总之,裂隙岩溶的发育地段为地下水的运动提供了有利的条件,而地下水的活动又促进了岩溶的发育并直接影响了含水层的富水性。按富水性划为二级:

①岩溶暗河强烈发育。

分布于隧址区南西侧向斜的两翼或核部地段,出露面积约7.5km²。为奥陶系下统及寒武系娄山关群碳酸盐岩裂隙溶洞含水层(组):上部奥陶系下统湄潭组主要为薄—中厚层泥岩或页岩,厚50~120m;下部为奥陶系下统红花园、桐梓组为生物碎屑灰岩、白云质灰岩、灰岩,厚150~170m。裂隙率2%~8%。泉流量0.1~0.2L/s,暗河流量约52L/s。抽水试验其平稳流量2.749Q(L/s),渗透系数0.0189K(m/d)。

②岩溶暗河水。

隧址区内碳酸岩出露广,以岩溶裂隙水为主,其中隧道洞身段浅部(即一碗井向斜轴部)为风化裂隙水及层间接触水,富水性极不均一。因内横向沟谷相对较发育,岩溶水主要作纵向运动为主,往槽谷两侧排泄,汇集于龙岩、木斯干水库,为地下水的集中排泄创造了有利的条件。通过调查,暗河仅分布于隧址南西侧诸神庙顺槽谷至龙岩水库一线,流量为52L/s;泉水点零星分布,流量分别0.05~1.5L/s左右。

图6和图7为某暗河出口和地层结构。



图6 某暗河出口



图7 暗河地层结构

3.3 隧道区岩溶及岩溶水垂直分带

①垂直渗流带：位于丰水期潜水面(高程约980m)以上。此带中岩溶以垂直形态为主：溶隙、溶缝、溶沟、盲井等，这些垂直岩溶形态一般无水，只起接纳地表水并渗入地下的作用，地下水以垂直运动为主。

②水平径流带：包括地下水位季节变化的范围(大致标高980~620m)。此带上部有水平岩溶管道、干溶洞和垂直发育的溶隙、溶缝，下层岩溶以水平形态为主；上层岩溶水在雨季潜水面上升时作水平运动，在枯水期潜水面下降时作垂直运动，下层岩溶水以水平运动为主，向河谷排泄。

③深部滞流带：位于水平流动带以下(标高620m以下)，此带岩溶以溶隙为主，且愈往深部岩溶发育越微弱，含水性也越来越差。

拟建隧道左线洞底标高926.40m(进口)~928.70m(出口)；拟建隧道右线洞底标高：926.20m(进口)~928.50m(出口)。整个隧道位于水平径流带上部，岩溶水对隧道施工影响大，属较高风险隧道。

4 隧道涌水量预测及涌、突水可能性分析

4.1 涌水量预测及评价

4.1.1 预测原则

经过对隧址区水文地质条件、隧道埋深和区域水文地质资料的综合分析，大气降水入渗是地下水的主要来源，隧道穿越不同性质的含水岩系，不同含水岩组、同一含水岩系的不同层段，地下水位深度都不统一，地下水渗透性亦存在一定差异。因此，依据隧址区地形地貌、地层岩性、构造及水文地质条件等对隧道涌水量采取两种方法进行预算。

4.1.2 预测方法

依据区域水文地质、气象等资料，采用大气降水入渗系数法、地下迳流模数法对隧道涌水量进行预测。

大气降水入渗系数法： $Q=1000F \cdot A \cdot \alpha / T$ ；计算结果：正常涌水量 $Q=5760\text{m}^3/\text{d}$ ，最大涌水量 $Q=11520\text{m}^3/\text{d}$ 。

地下水迳流模数法： $Q=86.4 \cdot M \cdot F$ ；计算结果为 $99876\text{m}^3/\text{d}$ 。

4.1.3 涌水量评价

大气降水入渗系数法最大涌水量 $Q=11520\text{m}^3/\text{d}$ ，与迳流模数法的隧道正常涌水量较接近；该区域地下水主要受大气降水补给，大气入渗系数法主要建立在大气降水入渗的基础上，其计算结果真实性较高，迳流模数法采用迳流模数值来源有限；因此推荐了隧道正常涌水量取 $5760\text{m}^3/\text{d}$ ，最大涌水量取 $11520\text{m}^3/\text{d}$ 。

4.2 涌、突水可能性的分析探讨

隧道穿越可溶岩富水性弱地段占总长的10.7%、富水性较弱地段占总长的34.1%、富水性中等地段占总长的34.2%、富水性强地段占隧道长的21.0%。其正常涌水量，中、强富水性地带占隧道总涌水量的74.5%；最大涌水量，中、强富水性地带占隧道总涌水量的70.6%。隧道涌(突)水将主要发生在可溶岩富水性中、强地段^[2]。拟建隧道位于一碗井向斜，

向斜核部地带，岩性为生物碎屑灰岩及灰岩组成，属强烈岩溶溶洞发育、富水性强地段，地表岩溶洞、岩溶洼地发育，将会在施工中造成多处股状涌出水，需警惕雨季或暴雨后可能造成的涌水量骤增，甚至发生涌水、突泥的可能性。

5 隧道疏干对环境水的影响分析

隧道进口一带为铁厂镇西花村一组，人口约50人，居住地离进口较近；出口为团溪镇生产村，村民多居住在拟建隧道下方约50m的左右，村民生活用水出水点位于隧道出口左侧冲沟中，标高在964m左右；洞身段为桃子台和沙湾二组村民居住，村民生活用水主要为地表出露泉水。隧道洞室开挖后将形成集水廊道，地下水位将明显下降、可能疏干井泉、沟水断流，将严重影响一定范围内的居民的农业生产和人口、牲畜的生活用水，但对附近团结水库水位无影响^[3]。

6 结论与建议

①隧道所穿越地层均为碳酸盐岩溶地层。地表岩溶洼地、溶隙较发育，属中强岩溶溶洞(隙)、地下水发育区，整个隧道位于水平径流带上部，岩溶水对隧道施工影响大。

②隧址区施工中有可能存在下述类型岩溶突水、突泥：

第一，岩溶含水层被相对隔水层封闭，堵塞岩溶含水层地下水下泄，造成局部岩溶地下水静储量突水。

第二，向斜构造的核部岩溶含水带可能会有较大数量岩溶静储量含水带分布，造成突水。

第三，可岩溶与非可岩溶接触带，因地表串珠状洼地、落水洞发育，暴雨季节，地表水、泥浆沿管状溶洞或暗河管道，涌水突泥。

综上所述，隧道设计施工中应坚持超前探水、预防突水、突泥。

③隧道洞身段桃子台和沙湾组二组村民的生产、生活用水主要来源于当地出露泉水，其标高在1000~1150m左右，高于隧址路基标高约50~220m，处于拟建隧道疏干影响范围内。隧洞施工时，地表泉水有被疏干的可能。严重影响当地村民生活、生产用水，因此隧道设计、施工应封、堵、排措施相结合。

④隧道洞室开挖后将形成集水廊道，对隧址区一定范围内的地下水产生疏干影响，分析认为隧道所穿越二迭下统栖霞组及奥陶系下统红花园组、桐梓组碳酸盐岩岩溶含水岩系的顶、底界为各自的隧道疏干影响边界，推测其隧道建设侧向疏干影响范围为洞轴线两侧各1000~2000m区域。

参考文献

- [1] 魏永幸,陈明浩,张广泽,等.面向铁路减灾选线的复杂艰险山区地质灾害广域高效识别[J].高速铁路技术,2020(1):1-6.
- [2] 陈明浩,张广泽,付开隆.重庆至昆明高速铁路减灾选线研究[J].高速铁路技术,2020(1):79-84.
- [3] 陈明浩,王朋,赵平.成渝客运专线主要工程地质问题及地质选线[J].高速铁路技术,2019,10(6):69-72.