

四川某隧道岩溶水文地质条件及涌水量初步研究

孙维兵, 许模, 张强, 康小兵, 丁浩江

(成都理工大学 环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘要:拟建隧道位于黄龙景区,通过段主要为强溶蚀岩溶—裂隙含水岩层,区内构造活跃、地形切割强烈,隧道遭遇岩溶涌突水的危险性较大。通过分析该隧道岩溶水文地质环境,论述了隧址区岩溶发育分布规律、岩溶水补径排条件及化学特征,并采用地下水径流模数法和大气降水入渗法2种方法对比计算对隧道涌水量做出初步预测评价,为施工提供依据。

关键词:岩溶;隧道涌水量;四川省

中图分类号:P641

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)02-0232-03

A Primary Study of Karst Hydrogeology and Water Gushing of Tunnel in Sichuan Province

SUN Wei-bing, XU Mo, ZHANG Qiang, KANG Xiao-bing, DING Hao-jiang

(College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The tunnel which is arranged to excavate situates Huanglong beauty spot, the stratum that the tunnel would pass through is strongly dissolved cranny aquiferous terrance. The tectonic of this area is active and the topography is incised strongly, so the tunnel water gushing problem is easily exited. Based on the brief geologic condition of this area, this paper particularly analyzes the rules on the development of the karst and the condition of karst water's recharging runoff and outflow and its chemical features. The paper also makes a prediction and evaluation of the tunnel water gushing capacity in the methods of the groundwater runoff and atmosphere precipitation in leakage, which will offer a basis suggestion for the safe construction.

Key words: Karst; tunnel water gushing; Sichuan province

1 隧道概况

隧道地处四川省阿坝藏族羌族自治州松潘县境内,是从西进入黄龙景区的必经要道,同时也是通往九寨沟、红原草原及南往成都的交通要地。隧道进口位于章腊村东门沟内,海拔高度为3437.99 m,出口位于松潘县黄龙乡大岩方附近海拔高度3399.25 m,隧道总长度为7.130 km。隧道通过段位于西秦岭造山带摩天岭地块与松潘—甘孜造山带丹巴—汶川构造岩片的接触部位,区内构造活跃、断裂发育、地形切割强烈。

2 岩溶水文地质条件

2.1 水文地质条件

隧址区属典型侵蚀山地地貌(图2),可进一步划分为极高山、高山、高中山等3个地貌类型。气候为高山寒温带气候,其地下水类型、含水层富水性、地下水补给和排泄条件,都随地层岩性和地形地貌特征有很大的区别。隧址区地下水类型主要为第四系松散堆积层孔隙水、基岩裂隙水和岩溶水。第四系松散堆积层孔隙水,水量丰富,就近排泄。隧道出口段沟床中为冲洪积碎(块)石土,结构松散,地下水丰富。基岩裂隙水,主要分布在硬质砂岩、板岩中,富水性中等。随构造裂隙向低处排泄。碳酸盐岩岩溶水,含水层富水性与灰

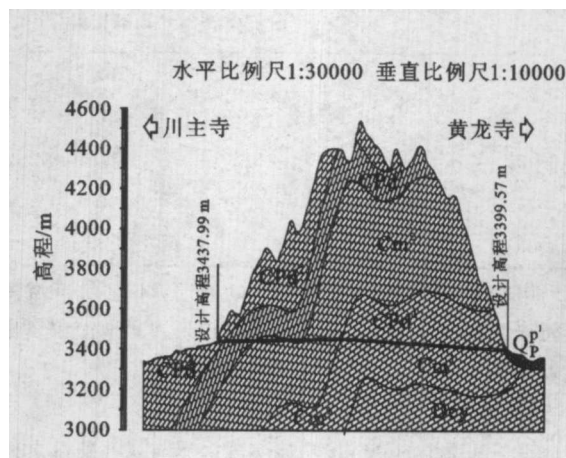


图1 隧道纵剖面图

岩含杂质多少有关,在整个隧址区都有分布,富水性中等,但岩溶不发育,在隧道施工中局部有岩溶水涌出。隧道穿越的地层主要有石炭系大关山组一段、大关山组二段、岷河组一段、岷河组二段的灰、深灰色中厚层、块状生物碎屑灰岩、条带结晶灰岩,含燧石结核、白云岩。

雪山梁子为隧址区地表水、地下水的分水岭。西侧为岷江水系,东侧为洛江水系,以两江为主干河流,两侧羽状溪沟发育。受气候条件影响,区内地表径流季节性变化明显,地

收稿日期:2007-03-26

作者简介:孙维兵(1980—),男,山东平度人,硕士研究生,主要从事岩体力学和工程水文地质研究。E-mail:swb-2008@126.com

下水主要受大气降水补给,枯水期地下水补给以融雪补给为主,丰水期地下水补给以降雨补给为主。经溶蚀裂隙和构造裂隙向切割较低的沟谷处运移,以泉的形式排出,其主要排泄点为隧址区西北部漳腊村附近的泉群。地下水多为 $\text{HCO}_3-\text{Ca}, \text{Mg}$ 型水,对砼不具有腐蚀性。岷江、涪江为地表水侵蚀和地下水排泄的基准面。

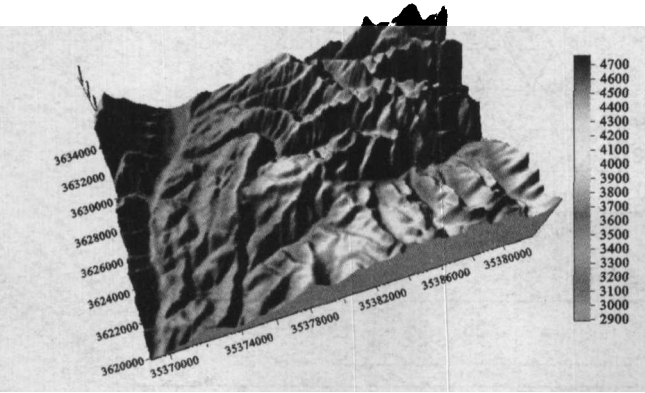


图 2 隧址区三维地形地貌图

2.2 岩溶发育规律

通过地表岩溶点的调查,隧址区主要发育两类岩溶地貌形态:一类为溶洞、溶蚀洼地。东门沟三岔口至沟口一带的山坡上溶洞发育较多,但发育的规模普遍较小,且均为干洞。一类为溶沟、溶槽、塌陷。如在铁匠沟内发现的岩溶塌陷,其深度约为 1.7~3.0 m,宽为 3~5 m,沿沟谷走向延伸较长(约 210 m),走向为 84°,上层为第四系粉质黏土,底部见少量块石,含量约占 6%,岩性为灰白色灰岩。根据地面地质调查,分析隧址区岩溶发育具有以下规律:

(1)隧址区可溶岩具较好的接受降水下渗补给能力。由于隧址区属高山寒温带气候,年平均气温低,昼夜温差大,冰冻季节时间长,因此岩石寒冻风化作用发育,同时区内构造活跃、节理发育,岩体卸荷严重,导致裂隙开启性较好,其中以层面裂隙最具优势,其次是垂直层面的陡倾长大裂隙,张开良好,且常形成巨大岩体光面,导水性能极为优越。

(2)岩溶发育具成层性。调查表明,隧址区溶洞主要分布在 3 个不同的标高带上,即 3 400~3 450,3 320~3 360,3 160~3 185 m,表明晚近时期地壳的上升运动在隧址区有不少于 3 次间断抬升。

(3)岩溶发育有向深部发展的趋势。在隧址区调查的溶洞有不少都发育有垂直方向的导水裂隙存在,由此推断本区深部仍可能有岩溶现象的存在。

2.3 岩溶水化学特征

本次调查共取得水样 9 组,分析成果表明:隧址区地表水、地下水的矿化度均较低,各项离子成分含量地表水、地下水均差别不大。通过阴阳离子分析可以看出,该地区的水化学组分充分体现了灰岩地区的特征,其中阳离子以 Ca^{2+} 为主,阴离子以 HCO_3^- 为主(图 3),地下水的化学类型大部分为 HCO_3-Ca 型。

选取电导率、TDS,通过 B 类聚类分析,如图 4 所示。聚类分析表明:漳腊泉、岷江边泉、漳腊村及托儿寨的属于相同的水化学类型,其同属于 HCO_3-Ca 类型的水,电导

率、TDS 较高,表明其为循环较深的水;其余的属于另一类的水化学类型。

张家沟和长沟坪属于一个类型,这两个水样发源于同一个地区,由于流经地表的途径较远,相对电导率和 TDS 较高。窑沟、东门沟、干河坝地属于一个类型,为地表潜水,其补给途径较短,受降水影响较大。

3 隧道涌水量的初步计算

计算隧道涌水量方法有多种。目前状况下,由于相关的隧址区水文地质资料尚属空白和工程区水文地质参数的缺乏,根据隧址区的水文地质条件和现有资料情况,本次采用地下水径流模数法、大气降水入渗法,初步计算、预测隧道的可能涌水量。

3.1 大气降水入渗法

该区岩溶裂隙、灰岩裂隙含水层大多裸露,易于吸收大气降水的补给,故隧道涌水量预算,采用了大气降水入渗法。

$$Q = (1000 \cdot A \cdot F \cdot \alpha) / 365$$

式中:Q——隧道通过含水体地段的涌水量(m^3/d);F——含水层汇水面积(km^2),从 1:5 万水文地质平面图量出;A——降水量(mm); α ——大气降水入渗系数,根据地形特征、岩溶发育程度及地面植被发育情况采用经验值。

表 1 不同年分隧道可能涌水量初步预测

项目	含水层汇水 面积/ km^2	降雨量/ mm	大气降水 入渗系数	隧道涌水量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$
枯水年	15.45	513.7	0.2	4348.8
丰水年	15.45	975.4	0.2	8257.5
多年平均	15.45	729.7	0.2	6177.5

表 2 隧道可能涌水量初步预测

季节	含水层汇水 面积/ km^2	降雨量/ mm	大气降水 入渗系数	隧道涌水量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$
雨季 (5—9 月)	15.45	510.79	0.2	10522.3
枯季(10 月至 翌年 4 月)	15.45	218.91	0.2	3221.1

3.2 地下水径流模数法

此法适用于越岭隧道通过一个或多个地表水流域地区,假设地下径流模数等于地表径流模数的相似原理,根据大气降水入渗补给的下降泉流量或由地下水补给的河流流量,求出隧道通过地段的地表径流模数,作为隧道流域的地下径流模数,再确定隧道的集水面积,便可宏观、概略地预测隧道的正常涌水量。

根据各岩组地层出露位置、地貌形态、岩溶发育部位结合水文地质单元中的径流条件,其面积范围取值从 1:5 万地质图以及遥感解译图上量取,根据各岩组地层出露位置、地貌形态、岩溶发育部位结合水文地质单元中的径流条件,其枯水期地下水径流模数法计算公式如式(1)。

$$Q = 86.4 \cdot M \cdot F \tag{1}$$

式中:Q——地下水天然资源量(m^3/d);M——径流模数[$\text{L}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$];F——计算单元面积(km^2)。

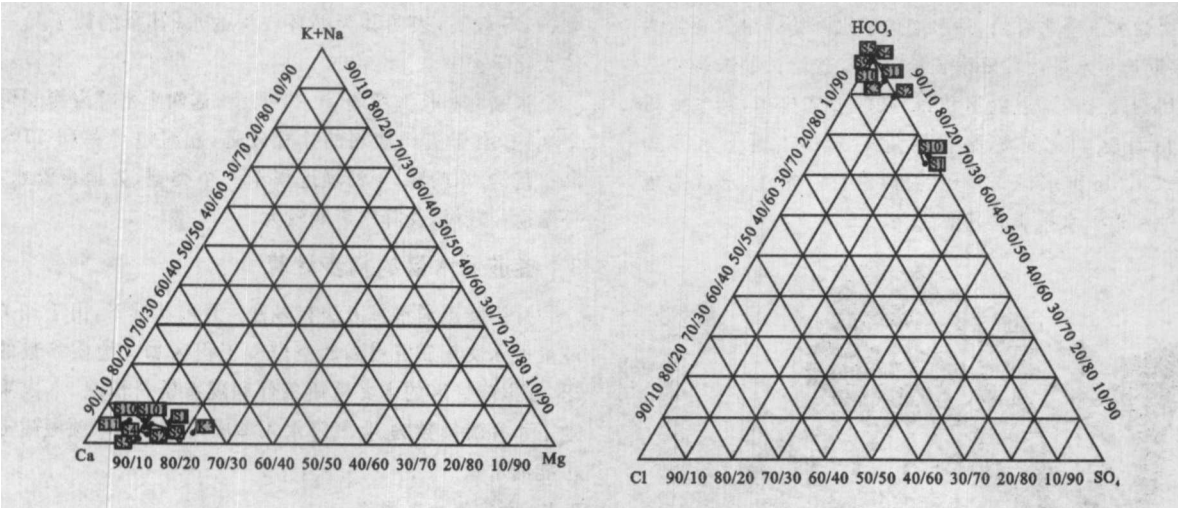


图 3 阴阳离子三角图

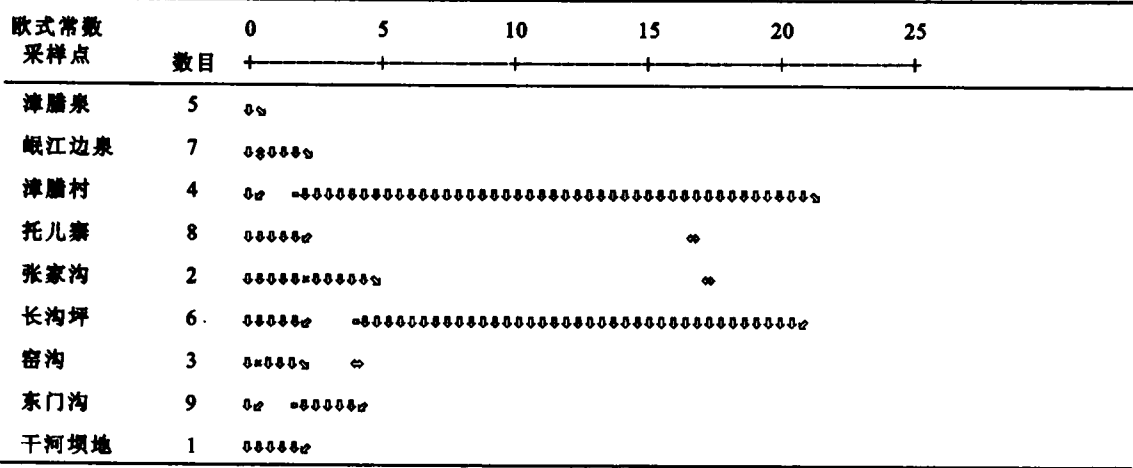


图 4 B类聚类分析图

计算结果如表 3。

表 3 地下水径流模数法预测隧道涌水量

地 层	面积/m ²	地下水	多年平均
		径流模数/ (L·s ⁻¹ · km ⁻²)	地下水天然 涌出量/ (m ³ ·d ⁻¹)
强溶蚀岩溶— 裂隙含水层组	13.16	4.00	4548.1
较强溶蚀岩溶— 裂隙含水层	2.29	2.50	494.6
合 计			5042.7

初步预测结果：多年平均条件下隧道涌水量为 5 042.7 ~6 177.5 m³/d,其中雨季可达 10 522.3 m³/d。
受研究程度及资料参数等其他方面限制,由以上大气降水入渗法、地下水径流模数法 2 种方法计算隧道的涌水量,其结果虽有一定偏差,但仍有参考价值。

4 结 论

通过对隧址区岩溶水文地质条件的了解及对拟建隧道

涌水量的初步计算,超过拟建隧道海拔的溶洞无一例外均为干溶洞,同时在隧址区横切层面的陡倾长大裂隙,张开良好,且常形成巨大岩体光面,导水性能优越。故推断施工时揭露含水层会使隧道涌水量增加,可能造成某些地表水体干涸,但不会发生大的突水事故;另外由于隧址区地处旅游景区,在今后隧道施工时必须采取合理的施工方案,最低限度的减小对景区的影响。

参考文献:

[1] 四川省地矿局成都水文地质工程地质队. 四川省水文地质图 1:100 万[Z]. 1983.
[2] 朱大力,李秋枫. 预测隧道涌水量的方法[J]. 工程勘察,2000(4):18-32.
[3] 邹成杰. 水利水电岩溶水文地质[M]. 北京:水利水电出版社,1994.
[4] 蒋蔚光,等. 隧道工程地质[M]. 北京:中国铁道出版社,1991:199-229.
[5] 毛建安,等. 秦岭隧道涌水量的综合勘察与预测计算法的综合运用[J]. 铁道工程学报,1998(3):91-98.