

Research on the Division and Characteristics of Karst Water System in a Tunnel Area of Chongqing

Feng Chen¹, Wei Zhou², Yinliang Wu¹

¹Second Highway Consultants, Co. Ltd., Wuhan Hubei

²Wuhan Harbour Engineering Design and Research Co. Ltd., Wuhan Hubei

Email: 404791697@qq.com

Received: Apr. 29th, 2017; accepted: May 15th, 2017; published: May 18th, 2017

Abstract

In order to find out the karst water development characteristics in the Yangtoushan tunnel site area of Qian-En Expressway, based on the analysis of the geological engineering conditions, the karst water system is divided in parts, and the analysis on the aquifer and aquiclude medium, the hydrogeological structure, the karst development and excretion and so on are conducted. We obtain the correlation and influence between the karst water system and the tunnel at last.

Keywords

Chongqing, Tunnel Karst, Karst Water System Division, Karst Water System Characteristics, Research

重庆某隧道区岩溶水系统划分与系统特征研究

陈 锋¹, 周 威², 吴银亮¹

¹中交第二公路勘察设计研究院有限公司, 湖北 武汉

²中交武汉港湾工程设计研究院有限公司, 湖北 武汉

Email: 404791697@qq.com

收稿日期: 2017年4月29日; 录用日期: 2017年5月15日; 发布日期: 2017年5月18日

摘 要

为了查明黔恩高速公路仰头山隧道隧址区岩溶水发育特征, 在分析其工程地质条件的基础上, 将仰头山

隧道岩溶水系统进行划分, 并对各系统的含、隔水介质、水文地质结构、岩溶发育情况及排泄量等进行了分析, 最终得出各岩溶水系统与隧道间的关联与影响。

关键词

重庆, 隧道岩溶, 岩溶水系统划分, 岩溶水系统特征, 研究

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

重庆市位于我国西南部, 全市碳酸盐岩出露面积约 3.91 万 km^2 , 约占幅员总面积(8.24 万 km^2)的 50% [1] [2], 岩溶十分发育, 加之强烈的构造运动作用, 致使不同时代的地层被切割断裂成为不同的断块, 分布在不同时期的构造面上各自形成含水层, 同时受相应的隔水层垂向分布特点的限制, 形成了独立的岩溶水系统[3], 因此在对碳酸盐岩地区的岩溶地下水进行研究时, 须进行岩溶水系统划分, 才能深入研究岩溶与工程的相互影响。本文以重庆东南山区一拟建仰头山隧道区岩溶水为例, 进行系统划分并详细研究了各系统特征, 为周边地区的岩溶水研究提供一定的参考价值。

2. 工程概况

仰头山隧道是黔恩高速公路的重要工程之一, 隧址区位于构造侵蚀低中山 - 构造侵蚀溶蚀低中山地貌, 属亚热带湿润季风区, 区内气候较温和, 湿度较大, 四季分明, 年平均气温 13.4℃, 年平均降水量 1261mm。区内出露地层主要以海相沉积的碳酸盐岩为主, 间夹少量陆相沉积碎屑岩类, 主要岩性为: 三叠系中统巴东组(T_2b^{1+2})、下统嘉陵江组(T_{1j}^{1-3})、下统大冶组(T_1d^{1-4})灰岩、白云岩及互层; 二叠系上统长兴组(P_2c)灰岩; 二叠系上统吴家坪组(P_2w)粘土岩; 二叠系下统茅口组(P_{1m})、栖霞组(P_{1q})、梁山组(P_{1l})灰岩; 泥盆系上统水车坪组(D_{3s})石英砂岩夹页岩; 志留系罗惹坪组(S_{2lr})页岩。隧道区位于扬子准地台上扬子台坳武陵陷褶束内的黔江背斜, 构造体系归属于川东弧形构造带。构造形迹以北北东向褶皱为主, 伴有少量断裂构造。区内主要的褶皱有: 黔江背斜、龙泉洞向斜、秦家湾背斜; 仅见一条规模较大的 F1 断层, 以及在黔江背斜北西翼近核部沈家坳一带由西向东发育有四条北东向小断层。隧址经过区, 经过多道岩溶水含水层与隔水层, 根据各岩溶水含水层和隔水层的关系, 再结合其与构造的关系, 可将隧址经过区的岩溶水分为四个地下岩溶水系统。

3. 隧址区地下岩溶水系统[4] [5]

将隧址经过区的岩溶水分为四个地下岩溶水系统即: 仰头岭向斜二叠系下统栖霞与茅口组灰岩岩溶水系统; 黔江背斜二叠系下统栖霞与茅口组灰岩岩溶水系统; 黔江背斜二叠系上统长兴灰岩与三叠系下统大冶灰岩岩溶水系统, 以及紧邻隧道出口处外侧的黔江背斜三叠系下统嘉陵江灰岩岩溶水系统(图 1)。

3.1. 仰头岭向斜二叠系下统栖霞与茅口组灰岩岩溶水系统

该岩溶水系统地处黔江向斜核部地段, 其含水岩组由二叠系下统栖霞组(P_{1q})和二叠系下统茅口组(P_{1m})碳酸盐岩组成, 岩溶水系统底板隔水层为泥盆系上统水车坪组(D_{3s})和志留系上统罗惹坪组(S_{2lr})的砂

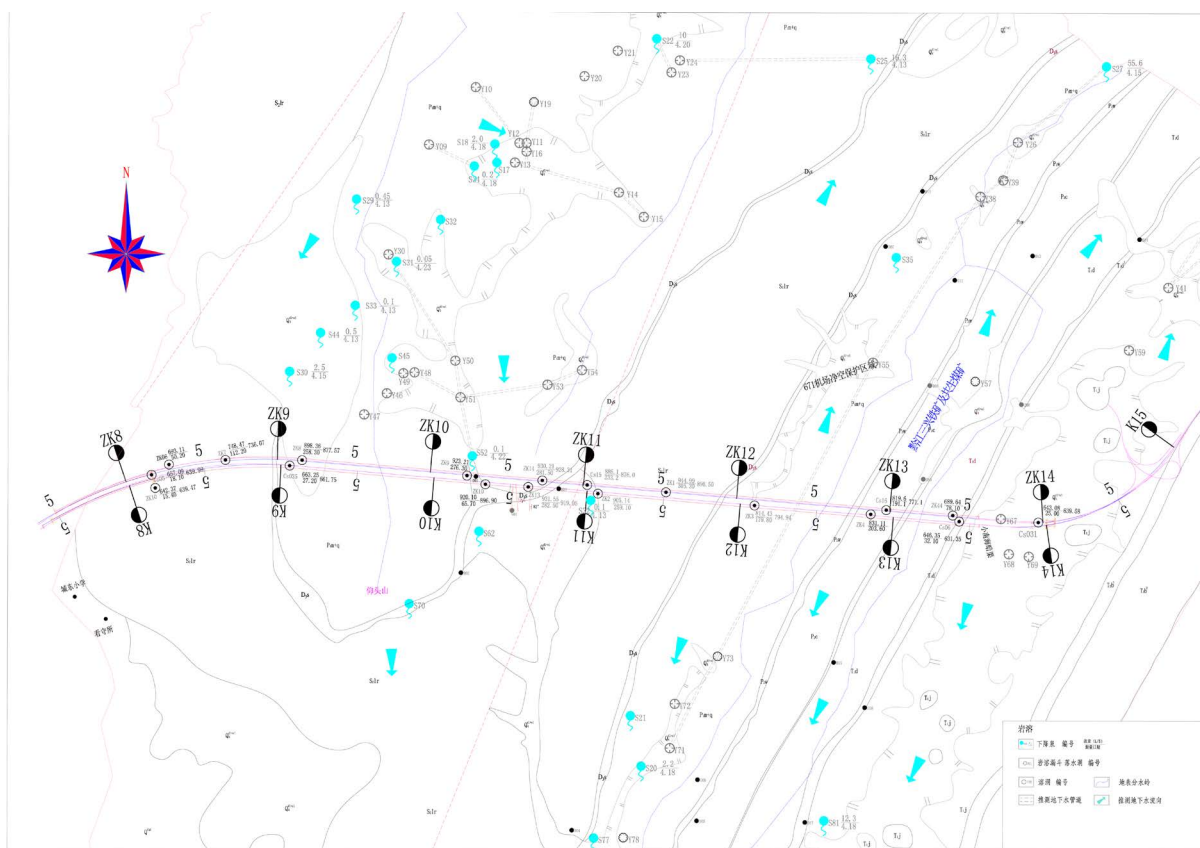


Figure 1. Relationship between karst system and tunnel

图 1. 岩溶系统与隧道相对关系

岩及页岩。该岩溶水系统岩溶较发育，主要有岩溶槽谷和岩溶洼地、溶洞、岩溶漏斗和落水洞、岩层溶孔溶隙等溶蚀现象较常见。

(1) 岩溶槽谷

主要有后槽、黄瓜槽、峡谷槽、羊屎槽，众槽谷呈北 30° 东方向串珠状分布。槽谷宽一般 150~250 m，最宽处可达 500 m，谷底堆积物以碎石土为主，厚 2~5 m，土石比:7:3 - 6:4，结构松散，槽谷内，岩溶洼地，落水洞发育。

(2) 溶洞

该岩溶水系统内发育的较大溶洞有老虎洞、龙泉洞、西瓜洞、雷打洞，其中最大的溶洞为老虎洞，洞口朝向 20°，高约 10 m，宽 7~8 m，呈半圆状，可见长 30 m，洞顶见 1 m 长的石钟乳，洞底碎块石堆积。

(3) 岩溶水

该岩溶水系统内，发育的岩溶大泉有 4 个，分别是：大水井泉(s62)泉流量 1.50 L/s(图 2)，雨季大于 10.0 L/s；龙泉洞泉(s02)泉流量 4.50 L/s；双泉(s25)泉流量 16.30 L/s；槽土村泉(S30)：泉流量 2.50 L/s。

(4) 隧址区隧道与该岩溶水系统的关系

该岩溶水系统位于隧道 K9 + 350 - K10 + 140 段，近南北向出露，出露宽度为 790 m，分布面积 15.43 km²，分布高程 790~1113.6 m，隧道近东西向在其下方通过，与其距离 65~488.6 m。虽然隧道与其不直接发生水力联系，但是由于断裂构造发育，断裂裂隙带提供突水途径，使该岩溶水系统成为隧道的突水水源。



Figure 2. Da Shui-jing spring (s62)
图 2. 大水井泉(s62)

故断裂部位可能会成为突水、突泥地段，此外，该岩溶水可通过志留系地层中的裂隙向隧道中入渗，但因该地层渗透性较差而入渗水量有限。

3.2. 黔江背斜二叠系栖霞与茅口灰岩岩溶水系统

该岩溶水含水系统含水层为二叠系下统栖霞组(P_{1q})和二叠系下统茅口组(P_{1m})组成，主要岩性为灰岩层夹粘土质、钙质页岩，该岩溶水系统西北侧隔水层为二叠系下统梁山组(P_{1l})石英砂岩页岩；泥盆系上统水车坪组(D_{3s})石英砂岩夹页岩、志留系上统罗惹坪组(S_{2lr})页岩粉砂质页岩；南东侧隔水层为二叠系上统吴家坪组(P_{2w})，岩性为黑色薄层状硅质页岩与炭质页岩互层，局部因采煤而遭到破坏。该水文地质单元，岩溶较发育，主要表现为岩溶槽谷和岩溶洼地，岩溶漏斗和落水洞，溶洞。

(1) 岩溶槽谷

区内主要有新开田槽谷，槽谷基本顺岩层走向发育，呈不规则条带状，宽一般在 80~200 m，谷底高程 763.8 m，谷底被第四系碎石土覆盖，碎石土厚 3~5 m。在谷地中部最低处发育地下河入口。

(2) 岩溶洼地

岩溶洼地主要有廖家坑洼地、山王洞南洼地、石堡堡洼地、清枫坪洼地。洼地底部均堆积第四系碎石土，其厚 3~5 m，并发育有消水坑或落水洞。其中洼地面积最大的为廖家坑洼地，呈似三角状，两头高，中间低，洼地深 10 余米，洼地面积 58940.89 m²，洼地高程 780~790 m，中间发育一消水洞，洞口高程 767.1 m。

(3) 溶洞

溶洞主要发育于茅口组灰岩地层中，较大的溶洞主要有凉风洞、山王洞、水泥厂采石场洞。其中凉风洞还有暗河发育。

(4) 大山 - 凉风洞暗河系统

该暗河出口位于阿蓬江县坝段支流南岸约 20 m 高处，排泄口凉风洞高程为 468 m，呈上窄下宽不规则型，上宽约 1~2 m，下宽最宽处 3 m，高 17 余米，排泄方向为 30°，发育管道长约 4350 m，主管道发

育于 P_{1m} 灰岩中, 该系统为层控 - 接触型暗河系统。根据地表岩溶洼地、落水洞的分布发育特征及地形地貌特点, 考虑岩溶发育的向深性特点综合分析认为, 整个岩溶水系统的地下水均往凉风洞方向运移, 系统补给面积约 24.22 km^2 , 补给范围内发育洼地, 落水洞 10 个, 以点状注入式补给为主, 面状入渗为辅, 系统内的地下水较为丰富, 据现场调查测得该暗河出口处流量为 55.6 L/s (图 3)。

(5) 该岩溶水系统与隧道的关系

该岩溶水系统分布于隧道 $K12+000 - K12+750$ 段处, 近南北向出露, 出露宽度为 750 m , 分布面积 4.90 km^2 , 隧道近东西向从该岩溶水系统含水层中贯穿, 隧道与岩溶水系统夹角为 60° 。该岩溶水系统隧址处地下水埋深 19.53 m , 水位高程 794.94 m 。隧址高程 635 m 左右, 该段隧址处于全充水饱水状态, 且水压大, 水头压力差高达近 160 m 。

3.3. 黔江背斜二叠系长兴灰岩和三叠系大冶灰岩岩溶水系统

该岩溶水系统含水岩组有二叠系上统长兴组(P_2c)和三叠系下统大冶组第二段(T_1d^2)、第三段(T_1d^3), 两段之间夹三叠系下统大冶组第一段(T_1d^1), 含水层岩性为灰岩、泥质灰岩及白云质灰岩, 中间夹的三叠系下统大冶组第一段地层为页岩和泥质灰岩, 由于夹层中的泥质灰岩易溶蚀, 两侧的岩溶水介质局部岩溶发育, 至使左右两侧含水岩段贯通, 构成统一的岩溶水系统。该岩溶水系统西北侧隔水层为二叠系上统吴家坪组(P_2w), 岩性为硅质页岩与炭质页岩互层, 东南侧隔水层为三叠系下统大冶组第四段(T_1d^4), 岩性为钙质泥岩、泥岩。该岩溶水系统岩溶以岩溶槽谷为主, 其次是溶洞和地下暗河系统。

(1) 岩溶槽谷、溶洞

岩溶槽谷主要为王家槽, 宽 $50\sim 200 \text{ m}$, 顺 $N350E$ 方向发育, 面积 91 km^2 。谷底呈两头高中间低的



Figure 3. Liang Feng-dong underground river

图 3. 凉风洞暗河

下凹形，北头高程 750~760 m；南头地面高程 800~850 m。中间高程 700~725 m，并于中部低洼处向南东开口，属开放形槽谷。故该槽谷内未见明显的落水洞。

该区域内见溶洞洞径一般 0.8~1.5 m，深 3~5 m，最大洞为 Y57 号洞，洞口高 7 m，宽 8 m，可见深约 25 m。

(2) 地下暗河系统

该岩溶水系统发育桐子幼 - 中塘电站河谷中段高杆泉暗河系统。其排泄口位于阿蓬江县坝段右岸中塘电站河谷西南侧崖壁下部，呈三角形，上宽 0.5 m，下宽 1.5 m，高 8 m，排泄方向为 60°，主管道发育于 T₁d 灰岩层中，受岩层层面和纵张裂隙控制发育，暗河管道长度推测约为 4050 m。由于在桐子幼 - 中塘米汤泉一线发育密集的槽谷、洼地、落水洞，且受地层走向的控制近南北向展布，自南向北高程由 881 m 降到 465 m，根据岩溶发育的继承性、向深性，暗河管道在其下发育，受岩层倾向的控制，管道向核部偏移，该暗河补给面积为 11.24 km²，是层控 - 接触型暗河系统，实测暗河流量为 72.5 L/s (图 4)。

(3) 岩溶水系统与隧道的关系

含水岩组二叠系上统长兴组(P₂c)，分布于隧道 K12 + 800 - K13 + 100 段处，近南北向出露，出露宽度为 300 m，分布面积 2.34km²，隧道近东西向贯穿该岩溶水系统，隧道与其夹角为 61°；含水岩组上段三叠系下统大冶组第二段(T₁d²)与第三段(T₁d³)，分布于隧道 K13 + 124 - K13 + 490 段处，近南北向出露，出露宽度为 366 m，分布面积 2.72 km²，隧道近东西向贯穿该岩溶水系统，隧道与岩溶水系统夹角为 70°。



Figure 4. Gao Xuan-quan underground river of the middle valley in Zhongtang power plant
图 4. 中塘电站河谷中段高杆泉暗河

该岩溶水系统地下水位埋深 48.5 m，水位高程 771.1 m，而隧址高程 630 m 左右，隧址处于全充水饱水状态，且水压差高达近 140 m。

3.4. 黔江背斜三叠系嘉陵江灰岩岩溶水系统

该系统含水岩组为三叠系下统嘉陵江组(T_{1j}^1)，岩性为灰岩，偶夹白云质灰岩，该岩溶水系统西及西北隔水层为三叠系下统大冶组第四段(T_{1d}^4)，岩性为钙质泥岩、泥质灰岩偶夹灰岩；东及东南侧隔水层为三叠系中统巴东组(T_2b^2)，岩性为泥质、钙质及白云质胶结的粉砂岩。该岩溶水系统岩溶十分发育，形成较大规模的岩溶槽谷，谷内峰林与洼地、岩溶漏斗与落水洞十分发育，并形成地下暗河系统。

(1) 岩溶槽谷

主要发育有舟白谷地，其宽 300~500 m，谷地沿岩层走向发育，长近 3945 m，面积 3.532 km²，谷底高程 567~631.9 m，由北向南渐低。谷内由若干个次级的“岩溶洼地”和“孤峰”组成。

(2) 地下暗河系统

地下暗河系统为路东村四组 - 中塘米汤泉暗河。该暗河系统的排泄口位于阿蓬江县坝段右岸中塘电站河谷西南侧崖壁下部江面以上 20 cm 处，呈三角形，上宽 0.3 m，下宽 1.2 m，高 1.6 m，排泄方向为 20°，高程 437 m，主管道发育于 T_{1j} 灰岩中，该暗河受岩层层面和纵张裂隙控制发育，暗河管道长度推测约为 2950 m，分析暗河管道发育在路东村四组 - 中塘米汤泉一线下方，因受岩层倾向的控制，管道向核部偏移，该暗河补给面积为 17 km²，系统排泄口因受其下部泥岩隔水排泄，所以形成了层控 - 接触型暗河系统，实测流量为 57.5 L/s (图 5)。

(3) 该岩溶水系统与隧道的关系



Figure 5. Mi Tang-quan underground river in Zhongtang

图 5. 中塘米汤泉暗河

该岩溶水系统分布于隧道出口段平缓地带,近南北向出露,出露宽度为 198 m,分布面积 8.32 km²,隧道近东西向贯穿该岩溶水系统西北局部,隧道与岩溶水系统夹角为 66°,该岩溶水系统地下水埋深 15.0 m,水位高程 631.35 m,而隧址高程 622 m 左右,隧址出口处,处于半充水饱水状态,水压差不足 10 m。

4. 结语

通过对仰头山隧道岩溶水系统划分和特征研究,得出如下结论。

(1) 根据拟建隧道区的工程地质条件,将仰头山隧道区的岩溶水系统划分为四个地下岩溶水系统:仰头岭向斜二叠系下统栖霞与茅口组灰岩岩溶水系统、黔江背斜二叠系下统栖霞与茅口组灰岩岩溶水系统、黔江背斜二叠系上统长兴灰岩与三叠系下统大冶灰岩岩溶水系统、黔江背斜三叠系下统嘉陵江灰岩岩溶水系统。共计发育 3 个地下河系统、4 个岩溶大泉、7 个岩溶槽谷、8 个溶洞、4 个岩溶洼地,上述岩溶水系统均会对隧道施工产生一定的影响,结果可以为隧道的后续施工设计提供科学依据。

(2) 该隧道区岩溶水系统在渝东南山区具有很强的代表性,但若要全面掌握重庆地区岩溶水系统发育规律仍需进行深入调查研究。

参考文献 (References)

- [1] 康彦仁,项式均,等. 中国南方岩溶塌陷[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 1990: 1-5.
- [2] 袁道先. 中国岩溶学[M]. 北京: 地质出版社, 1993: 1-4.
- [3] 王宇. 西南岩溶地区岩溶水系统分类、特征及勘查评价要点[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 114-119.
- [4] 李德龙. 重庆市涪陵卷洞河流域岩溶水系统特征研究[J]. 水电能源科学, 2014, 32(1): 55-58.
- [5] 王宇, 袁道先, 杨世瑜. 云南省岩溶水系统特征及调查要点[J]. 云南地质, 2007, 26(2): 131-142.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org