

麒麟观水库岩溶渗漏条件分析

李 峰¹ 陈洲丰²

(1. 武汉理工大学土木工程与建筑学院 湖北 武汉 430070 ; 2. 宜昌地质矿产研究所 湖北 宜昌 443000)

摘要 通过氢氧稳定同位素测定和岩性组成分析 , 确定麒麟观库区有稳定的地下水补给区及相对隔水层 , 进而分析各个岩溶结构及其形成的通道以及与库区水位的关系 , 总结了位于岩溶地区的麒麟观水库岩溶规律及各个岩溶子系统和整个库区之间的水力联系 , 并进行了岩溶渗漏估算 , 得出麒麟观库区岩溶系统不会构成向外渗漏的通道 , 而是形成向库区补给的良好通道的结论 , 论证了在岩溶地区成库的可能性 .

关键词 岩溶渗漏 ; 成库条件 ; 相对隔水层 ; 麒麟观水库

中图分类号 : TV139.14 文献标识码 : B 文章编号 : 1006-764X(2005)06-0072-03

Analysis of karst leakage for Qilinguan Reservoir//LI Feng¹, CHEN Zhou-feng²(1. School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China; 2. Yichang Institute of Geology & Mineral Resources, Yichang 443000, China)

Abstract : The measurement of isotope D and ¹⁸O and analysis of lithologic composition show that the stable recharge region and relative water-resisting layer exist in the Qilinguan Reservoir region. Based on the analysis of karst structure, karst passage and their relationship with the reservoir water level, the karst regularity and the hydraulic relationship between karst system and the whole reservoir region were obtained. The karst leakage evaluation demonstrates that the out-leakage of karst from the reservoir region is restrained, while favorable leakage passages toward the reservoir region can be formed. The research verifies the feasibility of reservoir construction in karst regions.

Key words : karst leakage ; reservoir construction ; relative water-resisting layer ; Qilinguan Reservoir

1 麒麟观水库概况

麒麟观水库是湖北省五峰县南河流域梯级开发的第四级水库 , 库区控制集水面积 108.2 km² , 坝高 70 m , 总库容 1436.5 万 m³ , 装机容量 2 × 2500 kW , 年发电量 1896 万 kW · h . 麒麟观水库位于灰岩地区 , 溶洞、洼地、落水洞较发育 , 地层由嘉陵江组中下部薄层状泥质灰岩夹中厚层灰岩组成 , 岩层走向近东西 , 倾向北 , 倾角 70° ~ 80° . 库区河谷两岸地形陡峻 , 岸坡近于直立^[1] .

2 水文特征

利用氢、氧稳定同位素 D 和¹⁸O 分析地下水的补给高度和来源 , 以及各含水子系统之间的水力联系 . 选取有代表性的 4 个水样做同位素 D 和¹⁸O 测定 , 以海水为参考值 , 测量标本中的同位素比例与海水中同位素比例的差异(见表 1 , 其中 SMOW 表示标准平均海水) . 河水中的 δD_{SMOW} 值最低 , 为

- 6.92% , 说明河水的平均补给高程应高于其他泉水高程 , 可形成水库稳定的补给区 .

表 1 同位素 D , ¹⁸O 测定结果

水 样	高程/m	δD _{SMOW} /‰	δ ¹⁸ O _{SMOW} /‰
河水	390	- 6.92	- 0.850
W14	470	- 6.51	- 0.845
W13	502	- 6.66	- 0.840
W10	495	- 6.64	- 0.845

3 岩性分析

库区基岩为三叠系下统上段嘉陵江组地层 , 为浅海相沉积的碳酸盐岩系 . 以灰岩为主 , 有少量白云质灰岩、泥质灰岩、白云岩、角砾灰岩等 . 其中三叠系大冶组钙质页岩、泥质灰岩为相对隔水层 , 构成一个水文地质大系统 . 库区的薄板状灰岩、泥质灰岩及白云岩比较连续、完整 , 是相对隔水层 , 化学成分见表 2 .

根据 CaO 与 MgO 的质量之比与比溶解度的关系(见图 1^[2]) , 可以看出 CaO 与 MgO 质量比值越大 , 岩石越易溶解 . 隔水层的 3 种岩性 CaO 与 MgO 质量

表 2 相对隔水层中化学成分的质量分数

地层	$u(\text{SiO}_2)$	$u(\text{Al}_2\text{O}_3)$	$u(\text{Fe}_2\text{O}_3)$	$u(\text{CaO})$	$u(\text{MgO})$	$u(\text{Na}_2\text{O})$	$u(\text{K}_2\text{O})$
白云岩	7.29	1.70	0.99	25.91	19.58	0.05	0.90
薄板状灰岩	0.51	0.20	0.18	29.71	22.57	0.04	0.02
泥质灰岩	0.95	0.70	0.22	28.96	21.79	0.04	0.06

之比均小于 1.5,从图 1 中可以看出,比溶解度也都小于 0.8,属于可溶性比较弱的,能起到阻水的作用.从钻探的压水试验中看出,在相对隔水层中,其透水率均小于 1 Lu,进而确定了相对隔水层,是成库的前提条件.

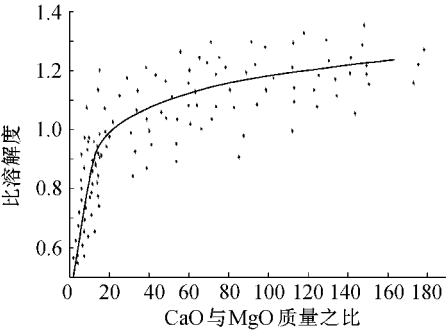


图 1 CaO 与 MgO 质量比与比溶解度相关关系

4 库区岩溶系统

4.1 岩溶发育规律

库区的洞穴均发育于南河两岸嘉陵江灰岩中,溶洞大体分布在 4 个高程上:①560 ~ 660 m;②480 ~ 540 m;③440 ~ 480 m;④地下水排泄基准面上下,其下游在 400 m 左右.库区溶洞高程分布在 400 ~ 660 m 之间,高程不一,都属于第四系时期发育的暗河系统.

洞穴在平面上的分布有一定的方向性,不论是洞穴个体还是整体都显示出与构造方向或巨型裂隙的走向一致,特别是与库区的优势导水裂隙及层面裂隙的走向一致^[3],显示出很强的规律性.

4.2 岩溶通道的水力联系

地下水的运移方向受区域构造和局部小构造及含水岩层结构控制,由于仁和坪向斜沿南河呈近东西向发育,区内岩层走向呈东西向,控制了地下水的总体径流方向是由西而东.南河是最低排泄基准面,在南河斜切或横切岩层走向的河段,均有地下水径流或泉水流入南河.岩溶通道与南河之间的水力联系见图 2.

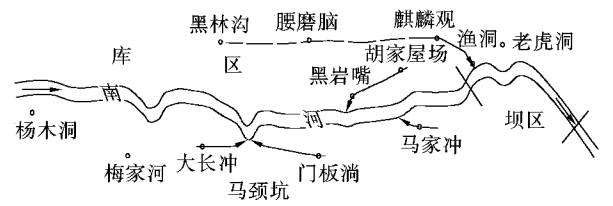


图 2 岩溶系统分布

4.2.1 马颈坑裂隙岩溶水子系统

马颈坑裂隙岩溶水子系统又可分成大长冲和门板淌两个分支系统.

大长冲裂隙岩溶水分支子系统分布于梅家河至马颈坑一带,其地下水主通道与大长冲岩溶洞穴系统相一致.该子系统的北部以薄板状灰岩为界,形成了北边的相对隔水边界,使地下水向偏北方向顺层理在马颈坑排入南河.

门板淌裂隙岩溶水分支子系统分布于牛角淌至马颈坑一带,北部以薄板状灰岩为隔水边界.该分支子系统的形成主要受控于次级构造——门板淌背斜.门板淌岩溶槽谷正处于背斜轴部,槽谷内洼地、落水洞都发育.该分支子系统主通道与门板淌岩溶洞穴系统一致,地下水进入门板淌岩溶槽谷地下,由于南、北两侧薄板状灰岩的阻隔,迫使岩溶水向马颈坑相对低洼处流动,并在马颈坑以地下径流的形式排入河谷.

4.2.2 渔洞裂隙岩溶水子系统

该岩溶水子系统的南部边界位于黑林沟—腰磨脑—麒麟观一线,在地表形成分水岭,以一套较厚的泥质灰岩、白云岩、泥质白云岩起相对隔水作用.

4.2.3 马家冲裂隙岩溶水子系统

该岩溶水子系统补给面积较小,旱季基本无水;暴雨时,大量地下水以暗河形式在马家冲村北河谷陡崖处排入南河.

4.2.4 黑岩嘴裂隙岩溶水子系统

该系统分布于南河岭至胡家屋场地表分水岭以南,北部隔水边界主要以 F_1 断层及 T_1j^5 岩层为界,大气降水和出露较高的泉水向南分别进入南河左岸的岩溶洼地或落水洞中,向东顺层或切层在不同的高程排入南河.

各岩溶水系统补给和排泄都位于未来库区范围,均由两岸库区补给,外边界均有较好的相对隔水层,且 4 个岩溶水子系统没有与坝址以下相通的岩溶泉,各岩溶水子系统之间也没有相互联系,因而这些岩溶系统不会构成向外渗漏的通道,而是形成向南河补给的良好通道.

5 渗漏估算

依据总渗漏量一次计算法:

$$Q_1 = 0.366KH(h_1 + h_2)g \frac{B}{r_0}$$

式中: Q_1 为绕坝渗漏量 m^3/d ; B 为库岸可能漏水段长度(从坝轴线算起) m ; r_0 为坝肩与岩石接触面处绕坝渗漏流线圆轴迹半径,取 10 m ; K 为渗透系数, m/d ; h_1 , h_2 分别为坝上、下游水头 m ; H 为大坝上、下游水位差 m 。

根据卡明斯基公式,初步估算坝基渗漏量 Q_2 :

$$Q_2 = \frac{KCHT}{L + T}$$

式中: C 为计算坝段长度 m ; L 为坝底宽度 m ; T 为隔水层的厚度 m 。

根据坝址压水实验,取钻孔压水透水率最大值为 14 Lu ,计算渗透系数 K :

$$K = 0.525wlg \frac{0.66l}{r}$$

式中: l 为压水段长度, $l = 5\text{ m}$; r 为钻孔半径, $r = 37.5\text{ mm}$; w 为压水透水率 Lu 。

估算渗漏量 $Q = Q_1 + Q_2$,即绕坝渗漏量和坝基渗漏量之和,再根据岩溶规律及岩溶渗漏通道的水力联系分析,并考虑到水库的经济效益和具体的工程地质条件,当坝高为 70 m (水库的高程 460 m)时不会造

成向库外渗漏的大的岩溶通道,此时渗漏率是 5.4% ,属于中等渗漏。如再进行适当的防渗处理,渗漏率会更低,水库的经济效益将会比较显著^[3]。

6 结 论

在岩溶地区修建水库是可能的,关键是要从库区的工程地质条件出发,分析岩溶通道之间的水力联系以及分水岭的分布情况,确定相对隔水层,得到库区岩溶的发育和分布规律^[4],从科学方法上因地制宜地论证成库的可行性,供相关水库工程参考。

参考文献:

[1] 余宏明,朱志明,李峰,等.湖北省五峰自治县麒麟观水库勘察报告[R].武汉:中国地质大学工程学院,2002.
[2] 邹成杰.水利水电岩溶工程地质[M].北京:水利水电出版社,1993.302—317.
[3] 李彦军.岩溶地质综合勘察方法[J].铁道建筑,2000(5):8—9.
[4] 李峰.综合勘探在麒麟观水库岩溶勘察中的应用[J].水利水电科技进展,2003,23(5):46—47.

(收稿日期 2004-09-16 编辑 骆超)

(上接第 71 页)虚拟热源法模型,建立温度场和渗流之间的联系,可以判断渗漏状况,计算渗漏参数。由于工程实际的复杂性,虚拟热源法理论上也有待于进一步完善。

b. 土坝电导值分布特征一定程度上也能够反映地下水的来源和渗漏特征,是指示渗漏状况的间接标志。由于影响渗漏和渗流电导值的因素众多而复杂,电导在预测渗漏方面往往存在偏差,还需要通过有关背景数据进行修正。

c. 综合温度和电导数据,能有效显示土坝内部地下水渗漏路径、渗漏范围和大小,为有效治理堤坝渗漏提供科学依据和施工建议。

本文应用表明,利用温度和电导等天然形成的物理场进行渗漏示踪,能准确、简便、环保和高效地探测土坝的渗漏破坏,具有较好的应用前景。考虑对流换热、各向异性三维空间问题及含水土体传热性质的实验研究是建立完善的虚拟热源法模型的基础,也是今后需进一步研究的方向。

参考文献:

[1] 刘建刚,陈建生.基岩渗漏成因病险堤坝的两个典型实例[J].岩石力学与工程学报,2003,22(4):683—688.
[2] 刘建刚,陈建生,陈亮.综合示踪方法探测复杂堤基渗流[J].地质与勘探,2002,38(2):94—96.
[3] 杨松堂,陈建生.小浪底坝肩绕坝渗漏的综合示踪研究

[J].西部探矿工程,2003,15(7):1—3.
[4] 刘建刚,陈建生.平面热源法在北江石角段堤基渗漏分析中的应用[J].水运工程学报,2002,3(3):63—65.
[5] 陈建生,余波,陈亮.利用地下水温度场研究江都高水河船厂段堤防的渗漏[J].岩土工程界,2003,5(12):37—39.
[6] 陈建生,董海洲,余波,等.利用线热源法研究堤防集中渗漏通道[J].地球物理学进展,2003,18(3):400—403.
[7] 张洪济.热传导[M].北京:高等教育出版社,1992.283—336.
[8] Carslaw H S, Jaeger J C. Conduction of heat in solids[M]. 2nd Ed. Oxford: Clarendon Press, 1986. 254—308.
[9] Shemin Ge. Estimation of groundwater velocity in localized fracture zones from well temperature profiles[J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1998, 84: 93—101.
[10] Beckera M W, Georgiantb T, Ambrosea H. Estimating flow and flux of ground water discharge using water temperature and velocity[J]. Journal of Hydrology, 2004, 296: 221—233.
[11] 董海洲.堤坝渗漏热源法及示踪理论研究[D].南京:河海大学,2004.

(收稿日期 2005-03-01 编辑:马敏峰)

