

文章编号:1001-4810(2003)02-0130-06

洞坪水库岩溶发育规律及水库渗漏条件分析

范玉龙¹, 万军伟², 晁念英², 汪玉松²

(1. 湖北省水利水电勘测设计院, 湖北 武汉 430070; 2. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘要:洞坪水电站左岸河间地块是由一套滨—浅海相的碳酸盐岩地层组成。岩溶水文地质条件复杂,发育有呈串珠状、平行于忠建河展布的岩溶洼地,并直抵清江,其下是否存在贯通的地下岩溶管道?水库蓄水后会不会形成自库尾向清江的岩溶管道式渗漏?这是该工程急待解决的主要工程地质问题。本文在该区岩溶发育规律研究的基础上,分析了其岩溶水系统的特征及岩溶水流动子系统的空间展布规律,为水库渗漏问题的勘察和评价提供了方向和依据。

关键词:洞坪水库;岩溶发育规律;水库渗漏;裂隙网络;岩溶水系统

中图分类号:P642.25

文献标识码:A

0 前言

拟建的洞坪水电站位于湖北省恩施自治州宣恩县境内(图1),是清江中游右岸最大支流——忠建河干流梯级开发的最大一级电站,坝高135m,正常蓄水位490m,总库容3.42亿m³,总装机容量110MW,年

发电量 3.22×10^8 kW·h。

库区总体地势西南高北东低,平均海拔800m左右,山脉走向受构造线控制,平行褶皱轴向呈NNE向的带状分布。顺构造线方向发育的主干河流与斜切构造线方向的支流组成树枝状水系。区内河谷深切,多呈“V”型或“U”型峡谷,相对高差300~600m。

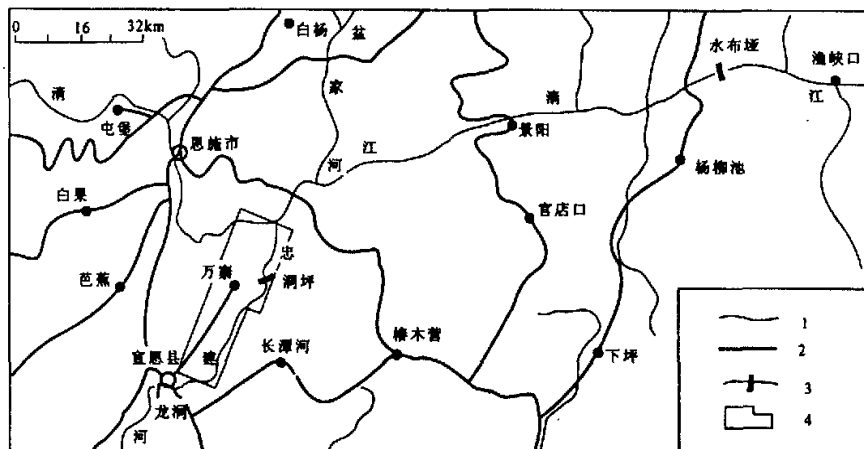


图1 研究区交通位置略图

Fig. 1 The traffic map of study area

1. 河流; 2. 公路; 3. 水电站坝址; 4. 研究区

作者简介: 范玉龙(1964—),男,高级工程师,长期以来一直从事水利水电工程地质勘察设计和研究工作。

收稿日期:2002-12-17

1 地质概况

本区地层从志留系至三叠系均有出露,志留、泥盆系为砂、页岩,是区域稳定的隔水岩组;石炭系和二叠系下统以纯灰岩、白云岩为主,二叠系上统为页岩、泥灰岩和硅质岩;三叠系大冶组和嘉陵江组主要为一套滨海—浅海相的碳酸盐岩沉积,它在本区分布最广,岩溶也最为发育,是水库左岸潜在的主要渗漏层位,其中大冶组的下部为页岩、泥灰岩夹薄—中厚层白云质灰岩,中部为页岩与中厚层微晶灰岩互层,上

部为薄层微晶灰岩;嘉陵江组下部为薄—中厚层微晶灰岩,中部为中厚—厚层灰岩、白云岩,上部为厚层角砾状白云岩。三叠系巴东组下部主要为紫红色粘土岩、泥灰岩夹白云质灰岩。

库区主体构造为宜恩复式向斜(图2),轴向NE20°~25°。核部平缓开阔,由巴东组红层组成,两翼为嘉陵江和大冶组地层。从核部向两翼岩层产状变陡,在忠建河附近岩层倒转,倾角60°~80°。区内断裂不发育,位于左岸河间地块北端的石心河断裂长仅2km,走向NE30°,倾角51°,为一级扭性断层。

本区发育有5组构造裂隙(图3):①15°/50°,

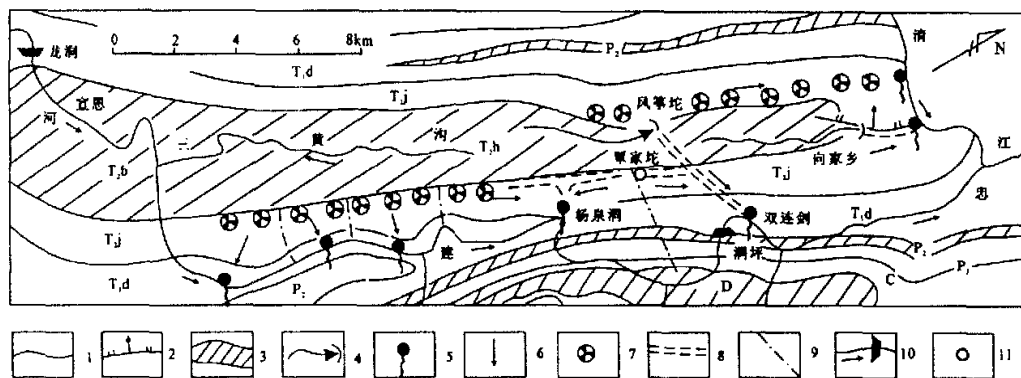


图2 洞坪电站水文地质略图

Fig. 2 Simplified hydrogeological map of the Dongping Hydropower Station

1. 地质界线;2. 断层;3. 隔水岩组;4. 盲谷入口;5. 泉;6. 地下水流向;
7. 岩溶洼地;8. 地下暗河;9. 地下分水岭;10. 坝址;11. 钻孔

② 205°/70°, ③ 265°/60°, ④ 125°/55°, ⑤ 345°/45°。其中②、④组为剪性裂隙,其密度大,但张开性差,延伸短;①、⑤组为横张裂隙,其密度小,但张开性好,延伸长;③组为顺层或层面裂隙,其延伸长,密度因层厚而异。从裂隙发育的规模上可以划分为两级,第一级是由②、④组剪性裂隙构成的中型裂隙网络(中、巨型裂隙网络含义见后文),其密度大,彼此间的连通性好,是地下水赋存的主要场所,第二级是由①或⑤组横张裂隙和③组层面裂隙构成的巨型裂隙网络,它是地下水运移的主要通道。

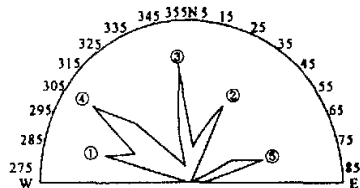


图3 裂隙走向玫瑰花图

Fig. 3 Rose map of the fissure trend

2 岩溶发育规律

本区自白垩系以来,地壳以大面积间歇性抬升运动为主,在漫长的地质历史过程中地表水及地下水对碳酸盐岩进行着不同形式、不同强度的改造,形成了本区多层岩溶台面与斜坡、峡谷相伴的岩溶地貌景观,岩溶的发育显示出垂向的成层性,平面上的不均一性和方向性。

从地形地貌上本区至今仍保留的岩溶台面有三级:第一级高程约1200m,主要分布于地表分水岭地区,形成于早第三纪末,属山原期产物,它与下一级岩溶台面呈30°左右的斜坡相接,岩溶组合形态以丘丛洼地为主,该岩溶台面多数已被后期水流所改造,尤其是在研究区南部其峰顶高程已降至1000m左右;第二级高程约850m,是本区发育和保存最好的一级岩溶台面,它主要分布于宜恩向斜核部偏东翼,形成

于晚第三纪末,属山盆期产物,它与下一级岩溶台面呈 $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 的斜坡相接,岩溶组合形态以峰丛洼地为主;第三级高程约 600m,它分布较局限,仅在左岸河间地块的南北两端有所显示,形成于早更新世末,属云盆期产物,岩溶组合形态以峰丛洼地及盲谷槽地为主。本区在邻忠建河一侧,由于清江期河谷的急剧下切,没有发育二、三级岩溶台面,一级岩溶台面与忠建河河谷之间多呈 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 陡坡。

区内岩溶洼地、漏斗及落水洞的高程分布如图 4、5 所示,即在 1000m、800m 及 600m 三个高程段较为发育。水平洞穴也主要发育在这三个高程以及现代河床附近(约 400m 高程处),这四个高程之间为岩溶发育较弱的层位,反映了地壳快速上升的时期。

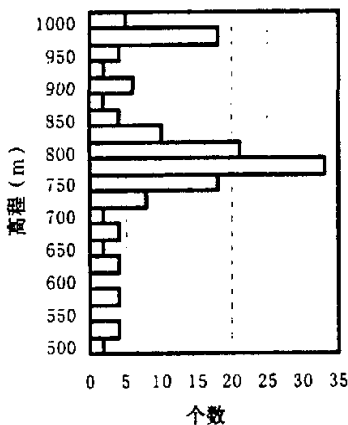


图 4 岩溶洼地高程分布图

Fig. 4 Altitude of the karst depression

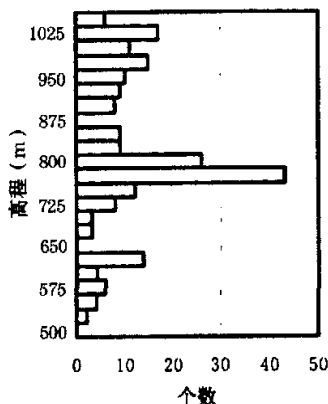


图 5 落水洞高程分布图

Fig. 5 Altitude of the sink hole

平面上,岩溶发育的不均一性,主要表现为不同时代地层岩溶发育程度具有明显的差异,90%以上的岩溶洼地、落水洞及所有的水平洞穴均发育于嘉陵江组地层之中,而且嘉陵江组第三段又占 60%以上,大冶组岩溶相对不发育。

岩溶发育的方向性,主要表现在岩溶洼地、落水洞、水平洞穴和地下暗河的展布方向明显受层面裂隙及横张巨型裂隙控制(如图 6、7 所示),以北北东和近东西向为主。

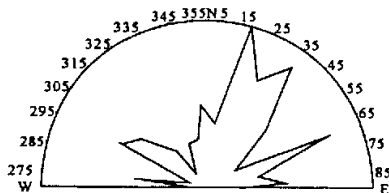


图 6 岩溶洼地长轴走向玫瑰花图

Fig. 6 Rose map of the karst depression trend

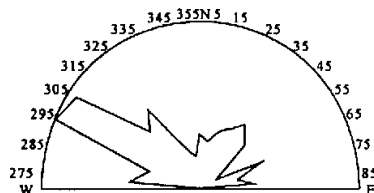


图 7 落水洞走向玫瑰花图

Fig. 7 Rose map of the sink hole trend

上述岩溶发育规律,除了与岩块本身溶蚀能力的差异有关外,更主要是岩体内部裂隙网络空间分布的不均一所致。从裂隙发育的规模上,对岩溶作用有意义的裂隙主要有二类:

第一类是由一般构造裂隙所构成的中型裂隙网络,其密度大,一般每米数条,延伸短,长约数十厘米至数米。该裂隙网络的连通性好,是地下水赋存的主要场所;第二类是由层面裂隙及横张巨型裂隙(个别地段有断层的参与)所构成的巨型裂隙网络,裂隙的密度稀,一般十至数十米一条,延伸长,长度可达数十米。虽然其裂隙密度相对中型裂隙网络而言要稀疏得多,但由于其隙宽大、延伸长,构成了地下水径流的主要通道。上述两种裂隙网络的不同组合决定了地下水的赋存和运移规律,进而对差异性溶蚀作用的进行起到了控制作用。

裂隙网络的发育规律与构造部位、地层岩性和结构构造密切相关。本区大冶、嘉陵江组地层均分布于

宣恩向斜的东翼,除个别地段有断层影响外,总体来讲,构造上的差异不大。裂隙介质的空间分布主要取决于地层的分布。根据大冶、嘉陵江组地层的岩性、单层厚度及组合关系,可以把上述地层的组合形式——岩溶岩组类型,划分为以下四种:

① 连续的中厚—厚层纯碳酸盐岩型,简称连续厚型,用“A”表示;

② 连续的薄—中厚层纯碳酸盐岩型,简称连续薄型,用“B”表示;

③ 不连续薄—中厚层纯碳酸盐岩夹页岩型,简称不连续型,用“C”表示;

④ 不连续的页岩夹(或互层状)薄—中厚层纯碳酸盐岩型,简称间断型,用“D”表示。

上述四种岩溶岩组类型在很大程度上决定了裂隙网络的空间分布,本区这四种岩溶岩组类型的裂隙网络的空间分布可分别概化如图8所示。

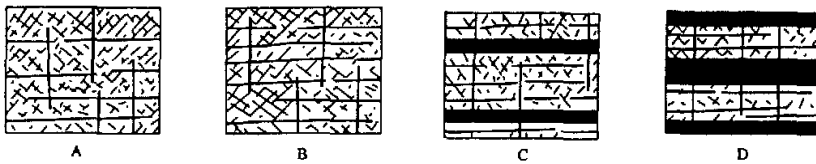


图8 不同岩溶岩组类型裂隙网络示意图

Fig. 8 The fissure net in different carbonate rock association

本区嘉陵江组地层的上、中、下三段的岩溶岩组类型分别为A、A、B型。是岩溶相对较发育层位,为强岩溶含水岩组,含水介质以溶隙—管道为主。大冶组的中段、上段,岩溶岩组类型为B、C型,其岩溶发育程度次之,但由于页岩常呈夹层,且页岩的连续厚度不大,仍有部分横张巨型裂隙能够切穿其间的页岩层,垂直岩层方向具有一定的导水能力,为中等岩溶化岩组,含水介质以溶隙为主。大冶组下段,岩溶岩组类型为D型,页岩与灰岩常呈互层状或页岩夹灰岩。水流被限制在灰岩层中,形成顺层的分散状水流,岩溶相对不发育,横向导水性能较差,为极弱岩溶化岩组,含水介质主要为裂隙,它与上二叠系统地层一起可构成相对的阻水边界。

3 水库渗漏条件分析

洞坪水电站坝址两岸主要为大冶组下段的薄层灰岩组成,平硐和钻探结果表明岩体完整性较好,水库蓄水后存在裂隙型渗漏,通过帷幕灌浆可以防止坝

C、D型与A、B型相比较,其裂隙网络由于受页岩层的阻隔,中型裂隙网络被限制在两个页岩之间的碳酸盐岩中,呈分散状,页岩层越多、越厚,分散程度就越大。由于裂隙的切穿性受到页岩的约束,裂隙网络的连通性较差,使得岩溶的发育受到很大的限制。而A、B两种类型由于纯碳酸盐岩的连续厚度大,裂隙网络的连通性要远远大于C、D两种类型,穿插于其间的巨型裂隙网络可以获得更多的赋存在中型裂网络中的水流,有利于差异性溶蚀作用的进行,更易形成比较集中的岩溶管道系统。就A、B两种类型相比较,由于A型的单层厚度大于B型,即A型层面裂隙的密度小,其巨型裂隙网络的不均一性较B更显著,水流也就更不均一,即相对更集中,所以更有利于差异性溶蚀作用的进行,岩溶管道的规模也更大。碳酸盐岩本身溶蚀性的差异、裂隙网络的差异,引起了水流空间分布的差异,最终导致了岩溶发育的极不均一性。

址两岸的绕坝渗漏问题。但是在水库左岸巴东组与嘉陵江组的界线附近,嘉陵江组中广泛分布有呈带状、平行于忠建河展布的串珠状岩溶洼地(见图2),并直抵清江,其下是否存在贯通的地下岩溶管道,是否会形成自库尾向清江的岩溶管道式渗漏问题,是本工程能否上马的关键问题。

根据前述裂隙网络的发育特征我们可以得出两点结论:第一,本区既有顺层发育的层面裂隙(NNE向),同时也发育有垂直层面(近EW向)的横张巨型裂隙。因此,裂隙介质存在NNE和近EW两个主渗透方向。第二,虽然大冶组第二、三段的岩溶发育程度比嘉陵江组要差得多,但由于其横张巨型裂隙也有一定的发育,垂直层面方向具有一定的导水能力,不能作为隔水层。因此左岸长26km、宽约1~3km的河间地块,从西侧的补给区到忠建河之间,整体上不存在平行河谷展布的侧向阻水边界,仅在库首(坝址—杨泉洞段)有大冶组第一段和上二叠统的隔水岩组分布。由于忠建河直接切割了大冶、嘉陵江组岩溶含水系统,成为左岸岩溶含水系统地下水的排泄基准面。

因此东西向地下水水势梯度要远远大于 NNW 方向,它与横张巨型裂隙所控制的近东西向主渗透方向,构成了本区地下水的优势方向,并形成了一系列近东西向排列的岩溶水流子系统。这些水流子系统的共性表现在:它们的源是由西侧嘉陵江组与巴东组红层接触带上发育的数个岩溶洼地组成,水流入渗后向横张巨型裂隙汇集,并沿近东西方向径流,最后以岩溶泉(或暗河)的形式排泄于忠建河。这些岩溶泉则构成了系统的汇(已被连通试验及充电物探证实),故相邻的两个岩溶水流子系统之间必定有地下分水岭存在,而且由于本区地壳一直处于间歇性整体抬升状态,因此,地下分水岭地区岩溶相对不发育,为裂隙—溶隙型弱岩溶化岩块,不存在贯穿整个河间地块的地下岩溶管

道。坝址上下游的双连剑和杨泉东地下暗河分别属于两个彼此独立的岩溶水系统。结合地貌和岩溶调查以及地下水均衡分析,这两个岩溶水系统最低的地下分水岭应该位于覃家坨一带。在此理论指导下,我们在覃家坨补充布设了一个 450.54m 的深孔(ZK1),孔底高程达 343.14m,低于现代河床约 60m。钻孔揭露 552m 以上岩溶较为发育,但其下以溶孔和裂隙为主,为弱岩溶化,不会发生岩溶管道型渗漏。经过该孔地下水水位动态的长期观测(2002 年 8 月至 2003 年 3 月)(图 9),其枯水期地下水位约为 595.75m,高于正常蓄水位(490m)105m,进一步说明该水库左岸河间地块,在设计正常蓄水位条件下仅坝址附近存在裂隙型绕坝渗漏问题,远离坝址的覃家坨一带无水库渗漏之虞。

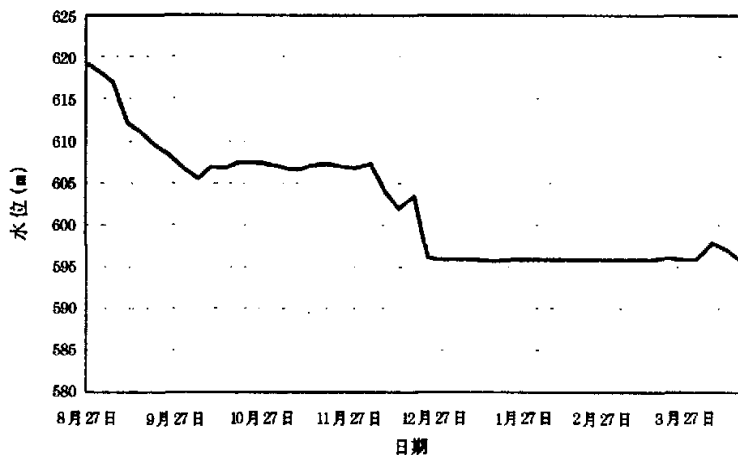


图 9 ZK1 观测孔水位动态曲线

Fig. 9 The water table fluctuation in the observing bore hole (ZK1)

4 结 论

本区岩溶发育具有垂向的成层性与平面上分布的不均一和方向性,前者主要受地壳间歇性抬升的影响,后者主要受岩体裂隙网络空间展布的控制,库区左岸大冶、嘉陵江组岩溶含水系统,并非一个独立的岩溶水流系统,而是由若干个垂直河谷(近东西向)展布的岩溶水流子系统构成,不存在贯穿整个河间地块的地下岩溶管道,不会沿水库左岸河间地块发生管道型水库渗漏。

参考文献

[1] 沈继方,李焰云,徐瑞春,等. 清江流域岩溶研究[M]. 地质出版

社,北京,1996.

- [2] 邹成杰. 某些岩溶地区地下水位变化规律及压渗系数的研究[J]. 中国岩溶,1985,4(3).
- [3] 曾志鹏,等. 湘西保靖县靖口湾水库岩溶渗漏分析[J]. 中国岩溶,1999,18(1).
- [4] 于绍周. 观音阁水库库首右岸可能渗漏的初步分析[J]. 中国岩溶,1986,5(1).
- [5] 汪文富. 贵州普定马官岩溶地下水库成库条件及效益研究[J]. 中国岩溶,1999,18(1).
- [6] 沈继方,徐瑞春. 碳酸盐岩地层剖面的差异性溶蚀分析[A]. 工程地质及环境地质论文选集[C]. 中国地质大学出版社,武汉,1993.
- [7] 王增振,沈继方,徐瑞春,等. 鄂西清江流域岩溶地貌特征及演化[J]. 地球科学,1995,22(4).

ANALYSIS ON THE LEAKAGE CONDITIONS AND KARST DEVELOPMENT IN DONGPING RESERVOIR

FAN Yu-long¹, WAN Jun-wei², CHAO Nian-ying², WANG Yu-song²

(1. Hubei Institute of Water Conservancy and Hydropower Engineering Survey and Design, Wuhan, Hubei 430070, China;

2. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: The plot, located on the left bank of the Dongping power station, is composed of carbonate strata. The hydrogeological conditions of the site are very complicated and there developed a chain of karst depressions parallel to the River Jianzhong and contacted with the Qing River. Whether there exists or not the underground karst pipes and whether there will or not develop the pipe-leak from the reservoir to Qing River are the urgent geo-technique problems to be solved. On the basis of the study on the law of karst development, the features of karst groundwater system, and the distributional law of karst water runoff sub-system are analyzed in this paper, which provided the basis or direction for the investigation and design to the problem of reservoir leakage.

Key words: Dongping reservoir; Karst development; Reservoir leakage; Fracture network; Karst groundwater system

欢迎订阅《长江流域资源与环境》

国内统一刊号:CN42—1320/X,邮发代号:38—311

《长江流域资源与环境》由中国科学院资源环境科学与技术局和中国科学院武汉文献情报中心联合主办,科学出版社出版。它是全国唯一一份专门研究长江流域各种资源的开发利用保护与生态环境建设的综合性学术刊物,是中国科技论文统计源期刊,全国中文核心期刊,中国科学引文数据库(CSCD)源期刊,中国中文社会科学引文索引源期刊。它立足长江流域,面向国内外,围绕长江流域资源与生态环境重大问题,报道流域资源与生态环境科学研究成果、资源综合开发利用与生态环境保护工作经验,介绍国内外江河流域开发整治和环境保护的最新成就。主要栏目有:资源环境与社会可持续发展;自然资源;农业发展;生态环境;自然灾害;学术讨论

• 决策建议;动态信息。对从事资源与环境研究,以及广大农业、林业、气象、能源、水利、土地管理、旅游、经济、人口、生物、地理等学科部门的科技人员、决策与管理人员、高等院校师生都很有参考价值。

本刊由邮局统一发行。邮发代号:38—311。如有漏订者,可直接汇款到编辑部补订。银行汇款请寄:中国科学院武汉文献情报中心 85493892261014638 建行何办科代 854938。本刊为双月刊,每期96页,全年定价60元(含邮费)。编辑部地址:武汉市武昌小洪山西区25号,邮政编码:430071,电话:(027)87198181,电子信箱:editoffi@public.wh.hb.cn