

开茂水库左右岸山脊岩溶体系特征与现场检测研究

郭建平, 吴启福

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:开茂水库左右岸山脊岩溶十分发育, 共存在6个岩溶体系。经现场钻孔取芯及压水检测, 对前期取得的结论进行了验证, 结果表明: 强岩溶区, 岩芯破碎, 岩体强透水, 局部严重漏水; 中等岩溶区, 岩体中等透水; 相对隔水层岩溶不发育, 岩体渗透性较弱, 相对隔水层的分布高程及厚度等与前期资料吻合性好, 为防渗方案的设计提供了可靠的地质资料。

关键词:岩溶; 体系特征; 相对隔水层; 检测; 开茂水库

中图分类号: TV7; TV22; TV223

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2017)增2-0136-02

1 工程概况

开茂水库工程位于绵阳市北川羌族自治县永安镇, 是2008年汶川地震后, 为落实胡锦涛总书记“一定要把北川建设好”和温家宝总理“再造一个新北川”指示的举措之一。主要由取水系统、引水系统、围蓄水库及输水系统等组成。

围蓄水库谷底高程约570~573 m, 相对切割深度约30~80 m, 正常蓄水位高程为608 m, 正常蓄水位高程以下库容为2 075万m³。水库两岸为剥、溶蚀性单薄山脊, 库尾北坡山体较浑厚。岩溶渗漏是库区最主要的工程地质问题, 岩溶主要发育于左右岸单薄山脊岩体中, 库尾北坡和库盆底部岩溶不发育。为验证前期地勘工作取得的成果, 施工期采取物探、钻探等测试手段, 并主要根据钻孔取芯及孔内压水试验对前期取得的成果进行验证。

2 岩溶体系特征和现场检测

2.1 左右岸山脊工程地质条件

左岸山脊长约1 600 m, 最高高程约632 m, 右岸山脊长约1 300 m, 最高高程约645 m, 正常蓄水位高程608 m时, 左岸山脊宽度一般仅为30~60 m, 右岸山脊宽度一般为130~250 m, 山脊表部覆盖层为含卵砾石粉质粘土, 一般厚3~5 m, 最厚可达15 m, 局部基岩裸露。出露的基岩主要为侏罗系莲花口组钙质砾岩与泥质粉砂岩互层。

钙质砾岩岩溶较发育, 泥质粉砂岩岩石强度低, 易崩解, 抗风化能力差。地层主要发育近EW向和NNE向2组陡倾角裂隙, 因左右岸山脊单

薄, 两侧临空, 风化卸荷作用强烈, 裂隙普遍张开, 岩溶沿裂隙发育, 形成具有一定规模的岩溶通道。岩溶的发育主要受地层岩性、裂隙构造、地下水排泄基面等因素控制, 影响岩溶发育的众多因素相互影响、相互作用, 致使两岸山脊岩溶发育在空间分布和规模上具有差异性。

2.2 左右岸山脊岩溶体系特征

前期地质调查及勘探发现了大量岩溶现象(见表1), 其中规模较大溶洞为左岸山脊王家湾一带PD02-2溶洞(长290 m, 宽度2~15 m, 高2~7 m)和右岸滴水崖一带的RD01溶洞(高约2~5 m, 宽约20 m, 深度约25 m), 其余溶洞直径一般为1~3 m, 延伸大于5 m。溶洞部分充填粉质粘土, 部分无充填。溶洞主要分布于可溶性钙质砾岩中, 由于泥质粉砂岩较薄且风化强烈, 在侵蚀及磨蚀作用下, 岩溶具有切穿泥质粉砂岩夹层向深部钙质砾岩发展的特征。岩溶规模差异性非常大, 最大溶洞直径达9.3 m, 最小为溶孔、溶隙。孔内压水试验完成395段, 岩溶发育段严重漏水, 岩溶轻微段透水率平均值仅为5.2 Lu。

按岩溶发育的空间分布可以将岩溶分为地表岩溶与地下岩溶, 互为联系的地表及地下岩溶组合起来构成岩溶体系。已揭示水库左岸山脊存在3个岩溶体系, 右岸山脊存在3个岩溶体系(表2)

2.3 现场检测

施工阶段, 在左岸山脊库尾段、1#副坝、4#副坝选取了三段和右岸选取了一段进行生产性灌浆试验。试验段先导孔揭示地层岩性、分层厚度与前期地质结论基本一致。先导孔孔取芯查明, 地

收稿日期: 2017-01-28

表 1 左右岸山脊岩溶发育统计表

岩溶分布	地表岩溶		地下岩溶	
	溶蚀洼地	落水洞	地下溶洞	地表可见溶洞
数量/个	11	25	11(物探)	13
发育地层	钙质砾岩			
分布高程/m	578~612	580~590~618	568~618	573~600

备注:(1)连通试验共测的地下岩溶通道 16 条;(2)探洞和钻孔揭示 139 处岩溶现象。

表 2 左右岸岩溶体系特征表

岩溶体系	岸别	主要岩溶通道特征				发育地层	备注
		序号	进口位置	进口高程/m	出口位置		
滴水崖岩~幸福水库岩溶体系		1	LS18	599.01	QS10	576~579	
		2	LS19	608.35	R01	585.97	
		3	LS118	617~618	R01	585.97	
仰板窝~邓家沟岩溶体系		1	Rd02→Rd03→YZK05-8→何家沟 600.45→598.25→586.5→何家沟			YZK05 钻孔岩溶十分发育,附近有 Rd02 等溶洞分布,推测存在岩溶通道,贯穿右岸山脊。	
		2	CZK12→Rwy-6→Rwy-7→沙沟坝沟 587.9→约 569→约 568→沙沟坝沟				推测存在岩溶通道,贯穿右岸山脊。可能向沙沟坝沟排泄
右岸坝肩~松林包岩溶体系	右	1	LS03	603~592	QS11	576.21	岩溶十分发育,总体表现为向库内排泄,呈现同一进口不同出口或同一出口不同进口现象,说明地下岩溶发育且彼此贯通。岩溶通道贯穿右岸单薄山脊且低于正常蓄水位。
		2	LS03、 Rd1	经 CZK13 603~592	581 m QS110	575.32	
		3	LS01	619.6	QS12	575~576	
		4	ZK18	601~604	QS110		
		5	ZK14	600~604	QS110		
		6	BZK08	577~578	QS110		
左坝肩~王家湾岩溶体系	左	1	LS06	593.98	经 PD02-2	567.1	岩溶十分发育,地表现大量岩溶现象,PD02 探洞内岩溶规模巨大,且呈同一进口不同出口或同一出口不同进口现象,说明地下岩溶发育且彼此贯通。岩溶通道贯穿左岸王家湾~左坝肩单薄山脊且低于正常蓄水位
		2	LS07	590.8	QS07	571.41	
		3	LS13	592.04	QS04	573.32	
		4	LS12	603.35	QS04	573.32	
		5	LS12	603.35	经 PD02-1 QS57	572.31	
		6	PD01-1	587	LS56	580.27	
王家湾~丁家湾岩溶体系		1	Rwz-2 约 578(物探探测溶洞)			山脊单薄,地表未发现较大规模岩溶现象,物探发现溶洞,地下水位异常,低于溶洞底板,推测存在岩溶通道	
		2	Rwz-3 约 568(物探探测溶洞)				
花碑湾岩溶体系		1	LS37	618.5	QS86	约 590	向何家沟排泄

层岩性为钙质砾岩与泥质粉砂岩互层,强岩溶钙质砾岩,岩芯破碎,岩体呈强透水,局部严重漏水;中等岩溶钙质砾岩,岩芯呈柱状,岩体中等透水;相对隔水层主要为泥质粉砂岩,岩芯呈长柱状,岩溶不发育,岩体渗透性较弱。此外,钻孔台班记录发现在岩溶区有多处快速钻进及掉钻现象,表明地层中存在地下溶洞。地层压水试验成果对比见表 3。

施工期与前期压水试验成果比较表明:左岸库尾、1#副坝、右岸灌浆试验段同一地层中的透水率两阶段测得的成果基本相符。

左岸 4#副坝灌浆试验段,试验阶段测得的透水率普遍大于前期勘察透水率,相对隔水层透水率试验阶段为 4.13~7.16 Lu,略大于前期 1.8~3.4 Lu,但仍可满足防渗要求。分析认为试验段地层透水率与前期测得的成果出现一定变化的原因主要为,岩体岩溶发育具有随机性,钻孔若布置于岩溶发育轻微的岩体中,岩体相对较完整,测得的透水率即偏低;钻孔若布置于岩溶相对较发育处,岩体完整性差,测得的透水率将偏大。这一现象

(下转第 140 页)

状态监视(电源断路器事故跳闸、运行接触器失电、保护动作等状态变化)和过程监视(在控制台显示器上模拟显示闸门升降过程并标定闸门升降刻度,对配电系统的开关操作等过程)。操作人员可以通过人机接口控制对应闸门的提升或关闭。在对监控对象进行操作时,显示器屏幕同步显示整个操作过程中的每一个步骤和执行情况。

(3)记录、报告。

所有监控对象的操作、报警事件及实时参数报表等被记录下来、同步显示并以文件方式加以储存。打印记录分为定时打印记录、事故故障打印记录、操作打印记录及召唤打印记录等工作模式。主控级进行闸门开启次数、开启时间、开启失败次数、事故、故障情况、检修次数和时间计算及建立设备运行档案等。

(4)通信控制。

自动监控计算机具有与电站计算机监控系统、水情测报计算机系统及省调计算机系统通信的能力。

(5)系统诊断。

系统设备硬件故障诊断包括对计算机及外围

设备、通讯接口、通道等的运行情况进行在线和离线诊断,对于故障点能够诊断到模块。当诊断出外围设备故障时,能自动将其切除并发信号。

4 存在的不足之处

南瑞 MB40 型 PLC 在 DI 模块接收启闭机绝对式编码器(PEPPERL + FUCHS EAM63A4096/4096/B828TPX10S3PER)开度信号后,需经内部程序 STATUS 中分段(弧形闸门非线性关系)运算,将二进制码值转换成闸门开度;相比之下,西门子 PLC 的 SM338 高速计数模块则可直接独立接收码值对应到开度,减少了繁琐环节,降低了隐患率,也更便于工程师联机监测、调试。

5 结语

目前,紫坪铺水利枢纽闸门计算机监控系统已投入运行 8 a 时间,运行状况良好,提高了闸门操作的可靠性与稳定性,同时为实现远程监控、操作创造了条件,也为水库精确化调度和确保下游人民生活、生产提供了可靠保障。

作者简介:

崔涛(1991-),男,四川江油人,助理工程师,学士,从事水电站计算机控制技术与管理工。 (责任编辑:李燕辉)

(上接第 137 页)

表 3 施工期与前期压水成果对比表

试验段	岩溶发育程度	孔深 /m	透水性 /Lu		漏水现象	
			前期	施工期	前期	施工期
库尾段	强岩溶	0~10	14~15	12.32~94.37	局部严重漏水	局部严重漏水
	中等岩溶	10~40	7.4~18	5.96~28.77	无	无
	隔水层	40~50	3.7~9.9	6.73~12.26	无	无
1#副坝	强岩溶	0~25	23~32	23.34~72.88	局部严重漏水	局部严重漏水
	中等岩溶	25~45	7.9~22	7.21~24.8	无	无
	隔水层	45~55	6.8~8.9	6.84~9.57	无	无
4#副坝	强岩溶	0~10	-	-	严重漏水	严重漏水
	中等岩溶	10~50	1.6~4.5	2.23~18.19	无	30~35 m 段严重漏水前期物探于该部位有溶洞
	隔水层	50~60	1.6~4.5	4.13~7.16	无	无
右岸	强岩溶	0~5	4.5~73	8~110	局部严重漏水	局部严重漏水
	中等岩溶	5~20	1.6~4.5	4.3~15.12	无	无
	隔水层	20~30	1.6~4.5	4.3~8.06	无	无

象也说明了岩溶发育的复杂性。对比两次试验资料,虽然存在一定差异,但总体地质条件基本一致,进一步验证了前期勘探成果的可靠性与合理性,从而为岩溶的防治提供真实可靠的地质资料。

3 结语

前期勘察阶段,在已查明岩溶发育规律和特征的基础上,将左右岸各划分出 3 个岩溶体系,在此基础上制定了左右岸山脊防渗方案。施工期钻孔

取芯及压水检测试验表明:左右岸山脊地层岩性、分层及岩体渗透性等与前期结论基本相符,相对隔水层的分布高程及厚度等与前期资料吻合性好,从而为防渗方案的设计提供了可靠的地质资料。

作者简介:

郭建平(1978-),男,山西交城人,高级工程师,学士,从事水电工程地质工作;
吴启福(1968-),男,四川邻水人,高级工程师,学士,从事水电工程地质工作。 (责任编辑:李燕辉)