

桥巩水电站一期工程基坑渗漏封堵经验及启示

赖跃强, 吴 浩

(武汉长科工程建设监理公司, 湖北 武汉 430010)

摘要 分析桥巩水电站一期工程临时围堰开挖预留岩坎中泥质充填的溶槽、溶洞发生渗漏的主要原因, 即溶裂溶洞与河水相通、围堰帷幕灌浆没有达到防渗效果等。介绍渗漏封堵的 3 个阶段: 第 1 阶段采用灌浆堵住渗漏通道, 增加基坑抽排水能力, 但效果并不理想; 第 2 阶段采取了对渗漏点浇筑混凝土压盖的措施, 逐一封堵了各渗漏部位, 但仍然保留部分引排水管开启; 第 3 阶段封堵渗漏通道。经过长达 1 a 多的堵漏, 一期工程基坑没有出现较大的渗漏。桥巩水电站一期工程基坑渗漏封堵经验可为其他相似地质条件的水利工程提供参考。

关键词 水电站施工 基坑防渗 渗漏封堵 桥巩水电站

中图分类号 TV551.4+12

文献标识码 B

文章编号 1006-7647(2009)S2-0020-03

1 桥巩水电站一期工程基坑渗漏情况

桥巩水电站是红水河第 9 个梯级水电站, 是一座以发电为主, 兼有航运、灌溉等综合利用效益的水利枢纽, 厂房装机 8 台, 单机容量为 57 MW, 总装机容量为 456 MW。主要建筑物有接头土坝、重力坝、船闸、厂房、泄水闸等。工程分二期建设, 一期工程布置在左岸, 主要工程项目有围堰、泄水闸 11~13 号坝、厂房、船闸、重力坝、土坝等。一期围堰由泄水闸 11 号坝和上下游碾压混凝土坝组成。

在 2006 年一期工程施工过程中, 基坑先后发生 3 次较大的渗漏。特别是 2006 年 6 月 8 日发生的第 3 次渗漏, 泄水闸基坑、厂房 7 号和 8 号机组基坑多处出现涌水点, 一度淹没了泄水闸和厂房的部分基坑, 对一期工程安全度汛造成严重威胁。经过工程参建各方的艰苦努力, 采取了多种堵漏技术和施工措施, 投入了大量的人力、物力和财力, 历时 1 a 多完成了全部堵漏工作。这 3 次堵漏共投入资金约 1 100 万元, 如果考虑由于渗漏延误工期而产生的赶工费等其他费用, 总费用超过 1 500 万元。

2 工程地质条件

电站坝址为岩溶平原地貌。红水河自西向东流经坝址, 河谷宽阔, 呈 U 字形, 坝轴线附近枯水位高程为 60.00 m 时, 河床底宽为 30~40 m, 相应水面宽为 85~120 m, 河底高程为 43.00~50.00 m, 水深为

10~17 m。主河床以左为基岩滩地, 溶槽发育, 溶槽宽度一般为 0.3~2.0 m, 深约 1.0~4.0 m, 延伸长度一般为 5~20 m, 按走向分为北偏西向及北偏东向 2 组。河床右侧为侵蚀岸。桥巩水电站一期工程位于红水河左岸一级阶地, 分布于航道以左地段, 地面高程约 85.20~96.00 m。

坝址主要由灰岩、泥岩及泥质灰岩 3 种基本岩石构成, 局部夹白云岩, 燧石或硅质岩含于或夹于这 3 种岩石之中。坝址河谷主要为单斜构造, 岩层走向为 270°~285°, 倾向南西, 倾角为 10°~20°(即左岸岩层倾向河床)。坝址断层在测绘范围内共有 31 条, 主要是陡倾角断层。

节理裂隙按产状分为北东向及北西向 2 组, 北西向的 1 组按成因主要可分为顺层裂隙及卸荷裂隙。顺层裂隙的裂隙宽度为 2~20 mm, 在红水河主河槽边少量顺层裂隙张开达 10 cm, 延伸长度较大, 一般大于 5 m, 裂隙面不平, 无充填或充填方解石, 少量夹泥裂隙, 发育密度为 0.5~2 条/m。卸荷裂隙主要在红水河主河槽边发育, 大部分为陡倾角裂隙, 无充填或充填方解石, 张开 2~30 mm, 裂隙面不平, 延伸长 3~15 m, 发育密度为 1~3 条/m。

在左岸滩地上有多处裂隙发育密集带, 其宽度约为 30 m, 深度约为 20 m, 最低高程约为 45.00 m, 裂隙多溶蚀夹泥。节理裂隙面及岩层顺层裂隙结构面在水平及垂直方向的分布无明显规律性, 结构面以粗糙为主, 大部分有溶蚀现象, 有钙质或泥质充

填,部分裂隙无充填或锈染。

坝址地段出露的基岩为二迭系下统茅口阶,全为碳酸盐岩地层。在灰岩、含燧石结核或条带灰岩出露地段,受地表水、地下水等长期溶蚀影响,岩体中的裂隙不断溶蚀扩张,在表面形成强岩溶发育带。该带的特征一是溶蚀主要沿裂隙进行,形成一系列溶沟、溶槽,将岩体切割成块状,溶蚀沟槽中多有泥质或粉细砂充填;二是灰岩等易溶岩石形成凹槽,而燧石等难溶岩石突出地表。在基岩滩地强岩溶发育带厚度一般为5~6 m,在左右岸阶地上为6~8 m。

分析压水试验结果,岩体透水性总体表现为自上而下变小的趋势,但也有个别孔段表现异常,如ZK10号孔遇到裂隙发育带孔段漏水量大,孔底段的透水率增大到106 Lu。这反映了灰岩地区基岩渗透的特性。岩体主要通过溶蚀裂隙或其他岩溶管道渗漏,渗漏量与通道的大小有关。根据压水试验结果,坝址地段岩体的透水率一般在0.1~30 Lu,局部达125 Lu,透水率小于或等于3 Lu的相对隔水层上限埋深约为60~105 m,高程约为40.00~ - 15.00 m,主河槽靠右岸地段最深。

3 渗漏封堵过程及措施

在修建一期碾压混凝土围堰时,临时围堰开挖预留岩坎中泥质充填的几个溶槽、溶洞先后2次发生渗漏,采用砂石骨料压渗和灌浆封堵后在岩壁打锚筋浇筑混凝土的方法及时进行了封堵。2006年6月8日红水河水位为74 m时,11号泄水闸坝址下游(纵向围堰下游段内侧坡脚)59.00 m高程建基面(坝下0+125.0~0+150.0段,0+232.0~0+238.0段)出现多个漏水点,虽采取了灌浆、砂石骨料压渗、增加抽水机抽排等措施,但效果不佳,泄水闸基坑、厂房7~8号机组基坑多处出现涌水点,且涌水量不断增大。

渗漏封堵可分为3个阶段。在渗漏发生初期,分析渗漏发生的原因是F20断层被击穿。堵漏第1阶段(2006年6月8日~7月10日)的思路是:采用灌浆堵住渗漏通道,增加基坑抽排水能力。堵漏施工措施及效果见表1。

虽然在堵漏过程中采取了很多方法,但在持续高水位的作用下,基坑渗漏点发展为渗漏部位,每个渗漏部位包含若干个出水点。其中,较大的渗漏部位有围堰坡角1处,泄水闸3处,厂房基坑6处。许多厂房固结灌浆孔也向外渗水,渗水量不断增大。在较大的渗水流量下,灌浆材料无法全部被冲入基坑。抽水设备随渗漏量增大而不断增加,每次新增抽水机后,只能短期降低基坑渗水水位,随后基坑渗水水位又会随河水水位高低而涨落。当抽水机增加到极限,如果再出现大的洪水,基坑渗漏将无法控

表1 第1阶段堵漏措施及效果

方法	措施、目的及施工手段	效果
灌浆	在围堰上打1排灌浆孔,灌注水泥膏浆,充填人工砂和一级配碎石,以便封堵围堰坡角渗漏点。	水泥浆、砂和碎石均从渗漏点冒出,基坑渗漏点继续增多,渗水量增大。
	在13号坝处布置1排灌浆孔,灌注水泥膏浆、人工砂、一级配碎石、水泥袋、棉絮,以便封堵厂房的渗漏通道,减少厂房基坑渗水量。	水泥浆、砂和碎石均从渗漏点冒出,在其中3个灌浆孔共充填1200条水泥袋条、35床棉絮。基坑渗漏点继续增多,渗水量增大。渗水冲出的砂和碎石增加了基坑清淤工程量。
抽排	分别在围堰渗漏点附近、泄水闸基坑、厂房基坑布置抽水机排干渗水,防止淹没基坑施工面。随着渗漏点的增多,渗漏量增大,不断增加抽水设备,最高峰时期共安装18台抽水机,其中,厂房基坑9台,总功率为681 kW,总排量为3425 m³/h,泄水闸(12号坝)及围堰坡角处9台,总功率为806 kW,总排量为3369 m³/h。	无法排干渗水。抽水设备的增加将渗漏水控制在一定的高程范围内,只淹没了厂房7号、8号机组基坑施工作业面。当抽水设备增加到极限,只能保证在一定高程范围内波动,无法满足洪峰到来时基坑渗水量继续增大的抽排要求。

制,整个一期工程将有被渗漏水淹没的危险。

第2阶段总结第1阶段的堵漏经验教训,采取了对渗漏点浇筑混凝土压盖的措施,对渗漏点引钢管排水,然后浇筑混凝土,待混凝土浇筑到一定高程后关闭引水管闸阀。采取这种措施成功封堵了厂房基坑2处最大的渗漏部位,使基坑渗水控制在抽排能力以内,确保了基坑安全度过2006年7月19日(流量为9780 m³/s,洪水位为78.81 m)和2006年8月8日(流量为9830 m³/s,洪水位为78.95 m)的2次洪峰。随后采取同样措施,对基坑各处的渗漏部位进行封堵,恢复了厂房7~8号机组基坑的施工,并在厂房和泄水闸施工过程中逐一封堵了各渗漏部位。由于渗漏通道尚无法封堵,渗漏处引水管在关闭了一定数量以后,便会产生新的渗漏点,所以保留部分引排水管开后,将渗漏水抽排出围堰外。

第3阶段封堵渗漏通道。在基本完成泄水闸和厂房基岩混凝土压盖后,对围堰下游段(坝下0+108~0+150段)的基岩破碎带,浇筑宽度约为15 m、厚度为0.6 m的混凝土铺盖。2007年4月18日关闭了所有渗漏排水管的闸阀,对渗漏通道进行灌浆封堵。灌浆封堵主要通过对渗漏部位预留的灌浆管、围堰下游段内侧(坝下0+120~0+145段)布置的49个双排灌浆孔进行堵漏灌浆,同时在进行11号坝预应力锚索施工时,对锚索孔先进行堵漏灌浆,然后进行锚索施工。堵漏灌浆材料采用由水泥、膨润土、水玻璃和纤维素按一定比例拌制的速凝膏浆。对在关闭排水闸阀后堵漏灌浆过程中出现的渗漏部位进行浇筑混凝土压盖。在进行堵漏灌浆的同时,对泄水闸和厂房按照设计实施固结灌浆和帷幕灌浆。

经过长达1 a多的堵漏,2007年汛期一期工程

基坑没有出现较大的渗漏。

4 渗漏原因和特点分析

根据施工开挖揭露的地质问题,对原帷幕灌浆、基坑渗漏水及堵漏过程进行综合分析,对一期基坑渗漏原因和特点分析如下:

a. 一期工程的围堰、泄水闸 11~13 号坝、厂房 7~8 号机组从左至右依次布置在靠近主河床的基岩滩地上,建基面多处为泥夹石倾向河床的裂隙带,局部为强溶蚀带,溶蚀主要沿裂隙进行,形成一系列溶沟、溶槽,将岩体切割成块状。溶蚀沟槽中多有泥质或粉细砂充填。溶洞由顺层面裂隙发育的溶洞和沿陡倾角裂隙发育的溶洞 2 部分组成。在基础开挖过程中发现溶沟、溶槽、溶洞较发育,存在着多条与外江连通的渗漏通道。在围堰帷幕灌浆、堵漏钻孔和 11 号坝预应力锚索钻孔中均发现基础存在黄泥夹层,夹层厚度为 20~30 cm。11 号坝和围堰下游段(坝下 0+125.0~0+150.0 段,0+232.0~0+238.0 段)在施工开挖过程中出现漏水,说明溶裂、溶洞已和河水相通。

b. 渗漏的主要通道在围堰下游段(坝下 0+125.0~0+150.0 段),河水首先通过该部位的溶槽、溶洞进入基坑,然后向上游沿强透水带进入 12 号、13 号坝基(54.50~50.00 m 高程平台),再折向北沿 f25 断层流入厂房 8 号基坑。随后河水通过 11 号坝基础的裂隙进入 12 号、13 号坝基,一部分与主渗漏通道渗水相汇,另一部分在厂房基坑形成新的渗漏点,从而加大了渗漏量,增加了渗漏部位。

c. 围堰帷幕灌浆没有达到防渗效果。帷幕设计底高程为 49.00~51.00 m,帷幕孔单排布置,孔距为 2 m。在堵漏钻孔和预应力锚索施工钻孔中发现,在高程 30.00 m 以上均存在黄泥夹层,说明围堰帷幕孔深不够。根据以往工程防渗帷幕灌浆的实践经验,强溶蚀带或溶沟、溶槽、溶洞较发育部位,单排部孔是很难达到防渗帷幕的要求。因此,当基坑开挖后,渗径减小形成水头差,河水很容易击穿薄弱部位出现渗漏。

d. 第 1 次和第 2 次漏水发生在泄水闸和厂房基坑开挖过程中,渗漏主要是溶洞漏水。发生第 3 次漏水时,厂房主机段基坑已开挖完成,地下水沿发育的溶洞、溶槽及裂隙渗漏,形成多条渗漏通道,不同深度的渗漏途径之间连通性强,扩散面较广。常常出现在 1 个堵漏灌浆孔灌浆时,基坑上、中、下游多个渗漏出水点冒出水泥浆的现象。

5 经验和启示

桥巩水电站一期工程基坑渗漏对工程造成较大影响,该工程基坑渗漏封堵经验可为今后类似地质条件的水利工程避免和防范基坑渗漏起到启示作用。

桥巩水电站一期工程基坑出现渗漏的原因主要有 ①对地质条件重视不够,在对建筑物地基应力和建筑物稳定性予以重点考虑时,没有足够重视地基渗漏问题。帷幕设计深度不够,帷幕孔单排布置且孔距过大,因而无法在基础形成防渗帷幕,留下基坑漏水隐患。②没有及时对已开挖完成的建基面进行混凝土压盖。由于移民征地等原因,工程动工较原计划推迟约 3 个月,使厂房 7 号、8 号机组基础混凝土工程在 5 月份才开始施工。而在基础混凝土施工过程中,设计考虑到厂房 8 号机组右边墩和底板整体结构受力性,要求整体施工,而施工单位又没有特别加强该部位的施工力量进行重点突击施工,使得厂房 8 号机组基础面没有及时进行混凝土压盖。③对基坑渗漏的严重性和危害性认识不足。虽然已经发生了 2 次基坑渗漏,但没有引起高度重视,没有进行认真总结分析,没有制订防渗漏应急预案,所以在发生第 3 次漏水时无法果断采取有效措施进行处理。当发现 8 号机组基坑出现漏水点时,监理和施工单位仅建议但没有坚持要求对 8 号机组基岩面混凝土压盖的设计修改。

实践证明 ①对渗漏点及时进行压盖封堵,然后采用灌浆封闭是比较成功的经验。由于对发生渗漏的地质情况认识不清,以及堵漏经验的不足,在堵漏过程中采取的措施方案不尽合理,走了不少弯路。在没有对渗漏点进行压盖封堵以减小渗水流速和渗流量的前提下,灌注水泥浆、水泥黏土浆或添加速凝剂堵漏灌浆是没有意义的。增加抽排水只能在一段时间起到控制作用,对堵漏只能是辅助作用,不能根本解决问题。②由水泥、膨润土、水玻璃和纤维素按一定比例拌制的速凝水泥膏浆是一种较好的堵漏灌浆材料。速凝水泥膏浆不仅具有自堆性能,塑性黏度较高,有较好的抗冲特性,而且可控制在数分钟至数小时内凝结,早期强度高,同时在压力下具有良好的流动性。在堵漏后期采用速凝水泥膏浆对一些渗流量较大的中等开度渗透通道进行灌浆,取得了很好的封堵效果。

桥巩水电站二期工程即将开工,工期紧,施工强度大,正常河水位与基坑建基面水头差远大于一期工程。为确保工程顺利进行,建议对二期上下游围堰的防渗进行专题研究,对可能发生渗漏的部位及应对措施进行研究,制定出防渗漏应急预案。

参考文献:

- [1] 龚志超,张士平. 基坑渗漏应急治理措施[J]. 广西质量监督导报,2007(5): 59-60.
- [2] 林锦瑜. 浅谈地基工程中结构设计和施工方法[J]. 科技资讯,2008(23): 85.

(收稿日期 2009-12-01 编辑 骆超)