

抽水蓄能电站大坝渗漏分析及处理措施研究

刘泱

内蒙古呼和浩特抽水蓄能发电有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v7i12.5077

[摘要] 呼和浩特抽水蓄能电站拦河坝防渗体系完整性存在问题,且左右岸均有绕坝渗漏发生。在高水位条件下,大坝总渗漏量有明显增加趋势。初步推测可能是施工时存在疏漏,帷幕深度不足或未处理好断层和破碎带,以及未妥善处理地质勘察探洞等原因。因此,补强灌浆是必要的,在坝内廊道和左右岸坝肩进行帷幕灌浆,灌浆孔位可布设在原帷幕孔附近,帷幕灌浆完成后通过对坝基排水孔进行扫孔,同样可以降低坝基扬压力。

[关键词] 坝基; 渗漏量; 灌浆; 防渗

中图分类号: TV543+.1 文献标识码: A

Analysis and Treatment Measures for Dam Leakage of Pumped Storage Power Station

Yang Liu

Inner Mongolia Huhehot Pumped Storage Power Generation Co., LTD

[Abstract] There are issues with the integrity of the anti-seepage system of the barrage of the Hohhot pumped storage power station, and leakage around the dam has occurred on both banks. Under high water level conditions, the total leakage of the dam shows a significant increasing trend. Preliminary speculation suggests that there may have been omissions during construction, insufficient curtain depth, or inadequate handling of faults and fractured zones, as well as inadequate handling of geological exploration holes. Therefore, reinforcement grouting is necessary. Curtain grouting can be carried out in the gallery inside the dam and on the left and right bank dam shoulders. The grouting holes can be arranged near the original curtain holes. After the curtain grouting is completed, the drainage holes of the dam foundation can be scanned to reduce the uplift pressure of the dam foundation.

[Key words] Dam foundation; Leakage amount; grout; seepage prevention

引言

呼和浩特抽水蓄能电站拦河坝作为电站重要的水利枢纽工程,其防渗体系的完整性对于保障大坝的安全运行至关重要。然而,在实际施工和运行中,由于地质条件复杂、坝基处理时存在疏漏等因素的影响,拦河坝防渗体系常常面临渗漏问题。为了解决这一问题,补强灌浆被广泛应用于防渗体系的维护和修复中。通过对拦河坝的地质特征和渗漏情况的分析,采取合适的灌浆材料和施工方法,可以有效提高防渗体系的完整性,降低渗漏量,保证大坝的安全稳定运行。本文将从补强灌浆的设计方案、施工情况以及相关措施的选择等方面进行探讨,为同类抽水蓄能电站大坝防渗体系的维护和修复提供参考。

1 工程概况

呼和浩特抽水蓄能电站位于呼和浩特东北部的大青山区,距离呼和浩特市中心20km。电站总装机容量1200MW装机4台。电站枢纽建筑物主要由上水库、水道系统、地下厂房系统、下水

库组成。下水库位于哈拉沁沟与大西沟交汇处上游,由拦河坝和拦沙坝围筑形成。

2 拦河坝防渗体系目前情况及分析

2.1 防渗体系原设计情况

帷幕从距拦河坝右坝肩113m的山头开始设置,沿拦河坝坝基、左坝肩库岸、拦沙坝坝基到距拦沙坝右坝肩122m的山头,帷幕灌浆采用单排孔,孔距1.5m。坝基灌浆在灌浆廊道和坝顶进行,坝肩灌浆在灌浆平洞内进行,拦河坝两侧坝头设三排帷幕灌浆孔。帷幕的深度以透水率小于1Lu的相对隔水层作为控制标准^[1]。

2.2 大坝防渗体系当前存在的问题

呼蓄拦河坝在运行过程中发现坝体内廊道渗水量大问题和两岸坡坝段坝后出现绕坝渗流形成明流水冲刷坝基情况^[2]。

下水库蓄水后,左、右岸坝肩在高程1370m和1390m分别有2处出水量较大的点,存有明显的渗漏通道,长期水流冲刷大坝基

绕坝渗流水力坡降计算及统计成果表 2-1

日期	水位	左岸水力坡降				右岸水力坡降			
		UPhz-1 与UPhz-2	库水位与 UPhz-2	UPhz-2与 UPhz-3	UPhz-2与 UPhz-4	UPhy-1与 UPhy-2	库水位与 UPhy-3	UPhy-2与 UPhy-3	UPhy-3与 UPhy-4
2017-9-13	1398.87	/	0.51	7.39	1.46	0.01	0.66	0.70	0.32
2017-9-17	1398.78	/	0.56	7.34	1.46	0.01	0.66	0.70	0.33
2017-9-20	1398.88	/	0.63	7.33	1.45	0.01	0.66	0.70	0.33
2017-10-6	1398.51	/	1.10	6.97	1.39	0.01	0.66	0.69	0.33
2017-10-14	1396.24	/	0.66	6.78	1.36	-0.09	0.64	0.62	0.33
2017-11-2	1399.18	/	1.72	6.77	1.34	-0.09	0.75	0.62	0.33
2017-11-9	1398.22	/	2.06	6.46	1.29	-0.07	0.61	0.23	0.49
2018-5-10	1398.81	/	2.05	6.24	1.28	-0.17	0.94	0.73	0.09
2019-9-10	1398.86	/	0.10	7.05	1.51	0.03	0.65	0.68	0.36
2020-11-30	1395.55	2.65	5.02	4.07	0.93	0.62	0.62	0.04	0.53
2021-4-29	1395.45	0.33	2.12	5.64	1.19	0.03	0.57	0.10	0.51

础^[3]。右岸测得的最大渗流量为1.46L/s(2019-4-30);左岸最大值为0.93L/s(2018-5-10)。

除#3和#13坝段外,坝内廊道#4~#12坝段在坝轴线下游侧每个坝段分别布设9个Φ150坝基排水孔,孔距2m,岩石内孔深12m。监测结果显示,#4、#5、#6、#11坝段是坝基渗流量的主要来源,其中#11坝段渗流量最大3.35L/s(2020年04月20日),#4和#5坝段渗流量最大1.77L/s(2020年04月20日)。大坝总渗流量为7.06L/s(2020年04月20日)超过设计值6.38L/s,对于最大坝高73m高的碾压混凝土重力坝来说,已经比较大了。

2.3 拦河坝防渗体系完整性分析

下水库正常蓄水位1400m,本文界定1395m以上的水位为高水位。筛选2015年9月1日至2021年8月31日时段,下水库水位处于高水位期间监测数据,以此数据为基础资料进行整理。

2.3.1 绕坝渗流监测数据分析

(1)水力坡降计算。计算左岸UPhz-1(孔深49.4m,下水库蓄

水后距离孔口11.5m处测压管存在淤堵现象,因此该孔长时间处于孔状态)与UPhz-2、库水位与UPhz-2、UPhz-2与UPhz-3、UPhz-2与UPhz-4之间的水力坡降,右岸UPhy-1与UPhy-2、库水位与UPhy-3、UPhy-2与UPhy-3、UPhy-3与UPhy-4之间的水力坡降。水力坡降按下式计算:

$$J = \nabla h / L \quad 2-1$$

J-水力坡降

∇h-某点水位与另一点水位差

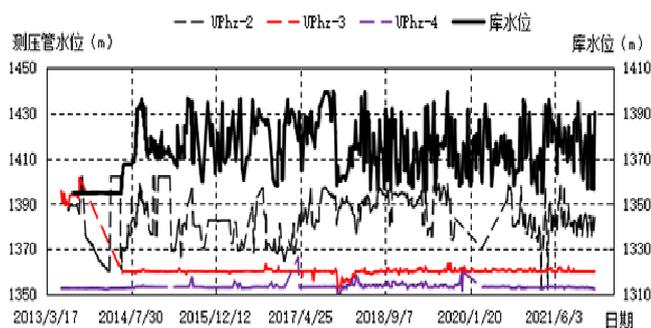
L-两点之间距离

(2)绕坝渗流水力坡降计算及统计成果见表2-1。

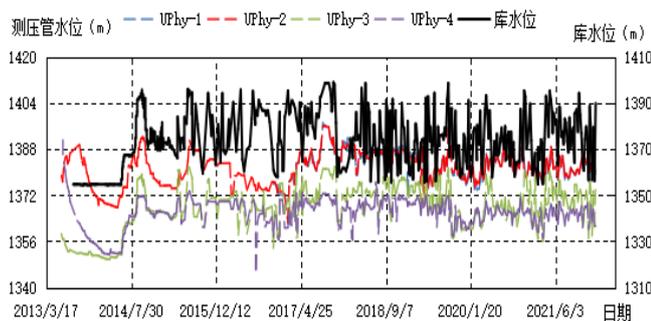
(3)绕坝渗流水力坡降计算分析。岩体渗流需要时间,帷幕后测压管因库水位变化引起的水位变化具有一定的滞后性,分析水力坡降增减情况,宜在同等库水位条件下且较稳定的时期进行对比,若测压管间的水力坡降增加,说明测压管间的渗流量增加的可能性较大,防渗体系完整性变差。2017年9月由于上水

库放空检修,下水库处于高水位稳定期,其测压管间的水力坡降可作为分析对比的基准。

左岸情况:2019年9月10日,库水位与UPhr-2之间的水力坡降有较明显的减小,该测压管在帷幕下游侧,说明该测压管与库水位的连通性较好,且渗漏状况较前期有所变差;从UPhr-2与库水位过程线看,该测压管与库水位相关性好,说明库水位与测压管之间存在渗漏通道;左岸水位则比较稳定,见下图2-1。



右岸情况:2019年9月10日,右岸测压管水力坡降较前期没有明显变化;从过程线^[4]看,右岸测压管水位与库水位均有相关性,见下图2-2。



(4)分析结果。上述分析表明,左右岸均有绕坝渗漏发生,且左岸渗漏状况有所变差。

2.3.2 大坝渗流量监测数据分析^[5]

(1)大坝渗流量计算。拦河坝在廊道排水沟内布置了10座量水堰,用于监测坝体渗漏情况,蓄水前排水沟总流量为1.78L/s(2014年5月31日)。上层廊道内布置2座三角形量水堰(WEh1和WEh2),监测坝内水库方向渗水量。下层廊道内布置量水堰8座梯形量水堰(WEh3~WEh10),廊道上、下游侧分别布置4座量水堰,上游侧量水堰监测坝内水库方向渗水量(WEh3、WEh5、WEh7、WEh9),下游侧量水堰监测主要监测坝基排水孔渗水量(WEh4、WEh6、WEh8、WEh10)。

(2)大坝总渗流量最大值统计见表2-2。

(3)大坝渗流数据分析。拦河坝上层廊道最大渗流量仅为0.1L/s(2020年12月07日),拦河坝上层廊道渗水较小。拦河坝下

层廊道WEh7和WEh9汇集拦河坝上游迎水面侧渗水,两座量水堰渗流量合计0.53L/s(2020年04月20日),占总渗流量7.5%。WEh8、WEh10汇集了坝基排水孔渗水,两座量水堰渗流量合计6.53L/s(2020年04月20日),占总渗流量92.5%,说明总渗流量中主要来自坝基,坝体渗流量占比很小。大坝总渗流量为WEh7、WEh8、WEh9、WEh10之和,从图表看,下水库较高水位时大坝总渗流量有明显增加的趋势。

表2-2 大坝总渗流量统计表

年	月	月最大总渗流量(L/s)	上游水位(m)
2016	7	1.183	1395.37
2017	9	3.400	1398.87
	10	2.783	1398.51
	11	2.913	1399.18
2018	5	3.059	1398.81
2019	9	3.798	1398.86
2020	4	7.057	1395.55
2021	4	6.953	1395.45

2.3.3 分析结论

综上所述,2014年下水库蓄水后大坝渗流情况表明坝基存在缺陷,大坝总渗流量增加,说明坝基防渗体系完整性有变差迹象;左右岸均有绕坝渗漏发生,且左岸渗漏状况有所变差,说明两岸帷幕有缺陷发生且朝不良方向发展。总体上,拦河坝防渗体系完整性不好,且表现出了变差迹象。虽然库水位变化较快,高水位稳定期较短,但短期高水位条件下,库水位和测压管之间水力坡降减小的现象需引起重视,须在暂未危及大坝安全之前采取适当的工程措施降低安全风险。

3 坝基防渗体系变差原因分析及处理方案研究

3.1 原因初步分析

本工程地质条件复杂,大坝坝基防渗处理施工时可能有些疏漏,局部帷幕深度可能不足,局部未穿透断层或挤压破碎带,或者未妥善处理好。位于左、右岸的勘察探洞未处理妥当,存在形成渗漏通道可能性。帷幕施工完成后短时间即蓄水,填充在裂隙中混凝土结石强度不足,受到上游频繁变化的水力作用可能被削弱。

3.2 处理方案研究

3.2.1 帷幕灌浆的必要性

坝基渗流量和扬压力是坝基灌浆的工程质量和安全的主要判断依据和标准。对于坝基灌浆存在缺陷导致渗漏异常的工程,为了防止坝基掏空,有针对性的对坝内廊道及左右岸坝肩进行帷幕灌浆是必需和有效的补救手段。

3.2.2 防渗帷幕补强方案

(1) 防渗帷幕补强孔布置在原帷幕孔附近, 由于#6、#8及#11坝段在下水库高水位同时存在坝基扬压力折减系数超设计值情况, 因此坝内廊道段帷幕补强灌浆主要在#6、#8及#11坝段, 补强范围适当向5#坝段延伸。帷幕深度比原来帷幕灌浆孔深5m, 具体深度可根据帷幕灌浆先导孔压水试验情况进行调整, 灌浆材料优先采用普通硅酸盐水泥, 根据灌注情况调整灌浆材料, 孔距1.5m。

(2) 帷幕灌浆完成后应对#6、#8和#11坝段排水孔进行扫孔, 对坝基扬压力折减系数仍超设计值的坝段增设坝基排水孔。

(3) #3坝段~右岸灌浆洞洞口, 也拟在原帷幕的上游增设一排帷幕, 孔距1.5m, 帷幕深度比原来帷幕灌浆孔深5m。具体灌浆方案根据先导孔压水试验情况、其它坝段的灌浆情况进行调整。

(4) #14坝段~左岸环库公路排水沟, 也拟在原帷幕的上游增设一排帷幕, 孔距1.5m, 帷幕深度比原来帷幕灌浆孔深5m。具体灌浆方案根据先导孔压水试验情况、右岸的灌浆情况进行调整。

4 结束语

大坝防渗体系的破坏可能由多种因素引起, 包括施工质量问题、地质条件变化及水力作用等。为了确保大坝的安全运行, 我们需要重视防渗体系的维护和修复工作。在施工前应仔细分

析监测数据, 明确大坝防渗体系的缺陷部位, 从而有针对性的进行坝基和坝体的补强加固。帷幕孔布置应合理并选择合适的灌浆材料, 同时要关注地质条件的变化, 及时采取相应的措施应对。此外, 加强监测预警系统的建设, 也是保障防渗体系完整性的重要措施。通过综合考虑各种因素, 采取适当的修复和加固措施, 可以提高大坝的稳定性和安全性, 确保水利工程的可持续发展。

【参考文献】

[1] 荆凯, 王延廷, 王千, 等. 太平湾大坝扬压力超限原因及抗滑稳定分析[J]. 水电能源科学, 2014, 32(11): 84-88.

[2] 王建东. 混凝土坝渗漏控制措施[J]. 河南水利与南水北调, 2020, 49(10): 55-56.

[3] 李中标. 浅谈帷幕灌浆技术在水利工程中的应用[J]. 水与水技术, 2023, (S1): 51-54.

[4] 李洪强, 魏海涛, 李峰. 永宁水库重力坝坝基扬压力监测分析[J]. 人民黄河, 2020, 42(S2): 206-209.

[5] 黄德银. 井冈山市井冈冲水库大坝防渗面板安全监测分析[J]. 湖南水利水电, 2023, (04): 110-113.

作者简介:

刘洪(1985—), 男, 汉族, 内蒙古人, 本科, 工程师, 从事抽水蓄能电站维修工作。