

Evaluation and Analysis of Seepage behind the Dam of Hongkengzi Reservoir

Jianxin Gao

Xinjiang Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi Xinjiang
Email: 630471912@qq.com

Received: Mar. 10th, 2020; accepted: Apr. 6th, 2020; published: Apr. 13th, 2020

Abstract

Hongkengzi reservoir is located in the low mountains and hills in the southeast of Dabancheng on the north slope of Tianshan Mountain in Xinjiang. It is a small-scale water diversion and perfusion reservoir that undertakes the irrigation water use task of 2300 hm² irrigation area in the downstream. Since the completion of the reservoir project and its operation for 15 years, it has played an important role in the agricultural irrigation water supply in the downstream. Based on the consideration of the normal water level of the reservoir, the seepage of the downstream dam foundation behind the dam and the seepage prevention and non seepage prevention of the downstream dam foundation surface since the operation, this paper analyzes and studies the seepage prevention of the dam foundation behind the dam with the method of on-site inspection and calculation review. The results show that the maximum escape ratio drop behind the dam is small under the seepage prevention condition. In the case of no seepage control, the maximum escape gradient is significantly greater than the allowable hydraulic gradient, and seepage damage will occur when the seepage behind the dam increases, which indicates that the impermeable membrane materials of the main dam and the auxiliary dam of the reservoir have been damaged and torn during the long-term operation of the reservoir, and the seepage behind the dam of the reservoir is unsafe. The analysis results provide support for further strengthening the management and protection of the reservoir project and strengthening the project.

Keywords

Reservoir Engineering, Seepage behind Dam, Safety Assessment Analysis

红坑子水库坝后渗流评估分析

高建新

新疆水利水电科学研究院, 新疆 乌鲁木齐
Email: 630471912@qq.com

收稿日期：2020年3月10日；录用日期：2020年4月6日；发布日期：2020年4月13日

摘要

红坑子水库坐落于新疆天山北坡达坂城东南低山丘陵，系引水灌注式小型水库承担下游0.23万 hm^2 灌区灌溉用水任务，水库工程自建成蓄水运行15年来，为下游农业灌溉供水发挥了重要作用。本文针对水库工程多年运行以来，大坝坝后下游坝基渗流处于增大趋势是否正常安全问题，基于水库正常蓄水位和坝后坝坡出逸段及下游坝基表面的防渗透与无防渗透情况考虑，采用现场检验与计算复核方法进行了分析研究，结果表明，防渗透情况下坝后最大出逸比降小于允许水力比降，不会发生渗透破坏；无防渗透情况下最大出逸比降已显著大于允许水力比降，坝后渗流增加会发生渗透破坏，这说明了水库长期运行过程水库主坝和副坝防渗透铺膜材料已发生了破损、撕裂情况，水库坝后渗流性态属于不安全运行状态。分析结果为进一步加强重视水库工程管护及工程除险加固提供了支撑。

关键词

水库工程，坝后渗流，安全评估分析

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土石坝建设过程中面临最为关键技术处理是渗漏问题[1]，水库坝后渗流状态直接影响水库安全运行管理，水库坝后渗流状态安全稳定性分析尤显重要，采用对水库大坝坝址工程地质资料现场勘察安全监测等方法，章学明[2]分析了滁州城西水库坝后局地渗流压力偏高原因及处理措施；李恩鸿[3]研究分析了桃山水库运行左坝端出现的渗流异常现象，对其分析评价后进行了灌浆处理，消除了水库坝体渗漏隐患。对于水库大坝后渗流稳定性计算设计问题，张军[4]针对水库水坝体填筑料偏细工程特性，运用 Autobank 软件对水库渗流及坝坡稳定进行计算表明，沥青心墙下游及下游坝坡出逸点最大比降均小于允许出逸比降，不会发生渗透变形破坏，沥青心墙防渗透效果较好，满足规范设计要求，为同类工程设计提供参考。本文针对红坑子水库工程多年运行坝后渗流出现增大趋势，采用现场检验与计算复核方法，对水库坝后安全状态评估，为水库管护及除险加固提供依据。

2. 材料与方法

2.1. 基本概况

红坑子水库[5]位于乌鲁木齐达坂城区西沟乡上雷家村东南低山丘陵，地处 $88^{\circ}20'19.4''\text{E}$, $43^{\circ}24'48.6''\text{N}$ ，海拔高程 1495 m，是一座引水注入式小型水库工程，由主、副坝及放水涵管等建筑物组成，水库主坝、副坝均采用塑膜防渗材料斜墙坝，水库最大坝高 25.5 m，水库总库容 300 万 m^3 ，死库容 10 万 m^3 。水库通过上游黑沟河渠首引水入库调节下游 0.23 万 hm^2 耕地灌溉用水。水库自蓄水运行以来近十五年，水库坝后渗流出现增加趋势是否处于正常状态及对水库安全运行影响，需要进行必要的分析判断，为水库工程安全鉴定分析及管理运行提供依据。

2.2. 评估分析方法

针对水库长期运行现状的工程防渗体、坝后渗流变化、防渗和反滤排水设施工作性态等进行现场观察研究。根据水工结构及渗流安全评价相关技术规范[6]-[13]要求进行技术性比较分析。坝后渗流量按拉普拉斯方程有限元分析法计算：

$$K_x \frac{\partial^2 H}{\partial X^2} + K_y \frac{\partial^2 H}{\partial Y^2} = 0 \quad (1)$$

式中： $H = Y + P/\gamma$ 为坝后渗流场的水头函数； P 为水压力， N/m^2 ； γ 为水密度， t/m^3 ； K_x 、 K_y 分别为 x 、 y 方向的渗透系数。

坝后渗透稳定及土壤的渗透变形，根据坝体、坝基所揭露土层，以细颗粒含量 P_x 值分析判断管涌型还是流土型判别式：

$$P_L \geq [1/4(1-n)]100 \quad (2)$$

$$P_G < [1/4(1-n)]100 \quad (3)$$

式中： P_L 、 P_G 分别为流土型、管涌型土壤的细粒颗粒含量以质量百分率计，%； n 为土的孔隙率，%。

3. 结果与分析

3.1. 水库地质状况

红坑子水库利用红坑子半封闭丘陵凹地地形修建(图 1)，东、南、北三面有天然丘陵台地，主坝左肩段局部利用原丘陵坡体作为坝体外，其它主坝及左右副坝均将哑口段人工填筑成为坝体。水库区岩性为第三系始新统 - 古新统紫泥泉子组地层，岩性以棕红色层状泥岩夹浅棕色砾岩为主，含钙质结核，下部可见有浅棕色含砂砾泥灰岩与砾岩互层，层厚度一般在 84~383 m。地形东北高西南低，高地形由丘陵坡地组成，低地形由冲积扇及凹洼地组成。库区紫泥岩夹浅棕色砾岩性表层 3~5 m 为强风化状况，棕红色、浅棕色土层分布较连续，节理裂隙发育，强风化层遇水一般呈软塑可塑态，受到泥岩遇水软化膨胀特性的影响，渗透性偏小，基本属相对不透水层。其中局部夹薄层的含砾石透镜体。



Figure 1. Landform of Hongkengzi reservoir

图 1. 红坑子水库地形地貌示意

3.2. 水库运行坝后观测情况

经对水库坝后现场检查可知, 水库主坝 0 + 056、1 号副坝 0 + 300 断面、2 号副坝 0 + 125 断面存在明显渗漏情况。其中: 主坝 0 + 056 和 2 号副坝 0 + 125 断面, 坝后地表有水流流出。在渗流较大的 0 + 056 断面, 距下游坡脚 60 m 左右有三角量水堰用于观测主坝渗流量。经对水库坝后渗流观测资料可知, 2014 年 5 月 10 日库水位 189 m, 主坝下游利用三角形量水堰观测渗漏水流量为 15.0 l/s; 库水位到或高于设计水位 192.3 m 时, 主坝下游渗流量明显增大一段时间后保持稳定; 1 号副坝库水位达到设计水位时, 坝后地面湿润个别位置有明显水迹浸出。主坝的左坝肩迎水面采用浆砌石护坡。护坡顶高程 195m, 坡顶路面宽 5 m, 为现浇混凝土。受边坡滑塌的影响, 路面距岸边 2~3 m 处出现平行于岸坡贯穿裂缝, 桩号 0-062 处路面裂缝最宽有 80 mm。桩号 0-116 (埡口) 是水库左坝肩的最窄处, 顶部基本与坝顶等高, 现场检查结果表明, 埡口处无库区水渗漏迹象。

3.3. 坝后渗流安全性分析

3.3.1. 渗流分析计算

根据现场调查及室内试验资料参数选用, 基于式(1)采用“北京理正软件设计研究院”理正岩土软件程序计算分析看出(表 1), 水库坝体不同部位渗流量为 0.01787~0.20445 m³/d, 平均 0.07499 m³/d。水库年蓄水时长以 11 个月计, 水库坝体总渗流量 0.8111 万 m³, 由于水库坝基年渗漏量为 0.4366 万 m³, 则水库坝体、坝基年渗漏量 1.2477 万 m³。运行期水库坝体、坝基采用三角形量水堰观测渗流 15.0 l/s, 即年渗漏量 42.77 万 m³。可以看出, 实际的渗漏水流量远大于理论计算值, 这说明坝体存在一定的非正常渗漏水。经分析原水库坝体塑膜。

Table 1. Calculation results of dam leakage

表 1. 水库坝体渗流量计算结果

水库坝体部位	渗流量 q /(m ³ /d)	总计/万 m ³
主坝 0 + 056	0.20445	
1 号副坝 0 + 300	0.03364	
2 号副坝 0 + 125	0.09104	
主坝左坝肩 0-062	0.01787	
主坝左坝肩 0-116	0.02543	
平均	0.07449	
坝体及主坝左坝肩长度/m	1189	
水库年蓄水时长/月	11	
渗漏量	24.58	0.8111

防渗层部位可能出现了破损、撕裂, 从而导致坝体局部部位渗水流量增加。为此, 需要进行对坝体在无防渗情况下渗流比较分析, 由计算结果表 2 看出, 水库日渗漏量 1513.17 m³, 年蓄水时长 11 个月的总渗流量为 49.93 万 m³, 分析结果比实际观测年渗漏量 42.77 万 m³ 高出了 16.7%, 水库坝后渗流观测结果渗漏水流量大, 表明了坝体塑膜防渗部位存在破损撕裂的情况。

3.3.2. 坝体渗流稳定性分析

根据大坝渗透稳定分析采用式(1)~(3), 对坝体、坝基土渗透变形判别和稳定性进行分析, 考虑水库

坝体渗流情况, 选定主坝 0 + 056 断面、1 号副坝 0 + 300 断面、2 号副坝 0 + 125 断面, 作为典型剖面分析, 典型部位主要水位特征情况如表 3 所示。基于表 3 选择的水库坝体部位典型断面, 考虑有防渗和无防渗两种情况下的坝体坝基渗流稳定性分析结果如表 4 所示。由结果看出, 坝后渗逸段和下游坝基表面在防渗和正常设计蓄水位情况下, 水力比降计算值 $J = 0.01 \sim 0.05$, 明显小于临界 $[J] = 0.16 \sim 0.50$ 是安全的; 对于坝后渗逸段和下游坝基表面在无防渗和正常设计蓄水位情况下, 除了 1 号和 2 号副坝的下游坝基渗流处于稳定之外, 其它坝体坝基水力比降值 $J = 0.67 \sim 3.94$, 显著性大于临界 $[J] = 0.16 \sim 0.50$, 说明坝后渗流处于不稳定不够安全状态。

Table 2. Calculation of seepage volume of reservoir dam under seepage control condition

表 2. 水库坝体在防渗条件下渗漏量计算

水库坝体部位	渗流量 $q/(m^3/d)$	总计/ $10^4 m^3$
主坝 0 + 056	14.64711	
1 号副坝 0 + 300	2.00603	
2 号副坝 0 + 125	6.23044	
主坝左坝肩 0-062	0.01787	
主坝左坝肩 0-116	0.02543	
平均	4.58538	
坝体长度/m	1189	
水库年蓄水时长/月	11	
渗漏量	1513.17	49.93

Table 3. Main water level characteristics of upstream and downstream of reservoir dam

表 3. 水库大坝上下游主要水位特征

工程部位	桩号	设计水位/m	下游水位/m
主坝	0 + 056	192.3	172.82
1 号副坝	0 + 300	192.3	188.57
2 号副坝	0 + 125	192.3	183.79

Table 4. Seepage stability analysis of dam body and foundation of reservoir

表 4. 水库坝体坝基渗流稳定性分析

坝体桩号	断面部位	坝体坝基防渗			坝体坝基没有防渗		
		水力比降 J	[J]	稳定性	水力比降 J	[J]	稳定性
主坝 0 + 056	坝后出逸段	0.05	0.16	稳定	3.94	0.16	不稳定
	下游坝基	0.03	0.50	稳定	0.67	0.50	不稳定
1 号副坝 0 + 300	坝后出逸段	0.01	0.16	稳定	0.81	0.16	不稳定
	下游坝基	0.01	0.50	稳定	0.39	0.50	稳定
2 号副坝 0 + 125	坝后出逸段	0.03	0.16	稳定	1.30	0.16	不稳定
	下游坝基	0.03	0.50	稳定	0.45	0.50	稳定

4. 结论

红坑子水库运行多年后的坝后渗流综合分析表明,主坝、副坝坝坡出逸段及下游坝基表面在防渗情况下,由于正常蓄水位的最大出逸比降均小于允许水力比降,可确定主、副坝坝坡不会发生渗透破坏;主坝、副坝坝坡出逸段及下游坝基表面在无防渗情况下,由于正常蓄水位的最大出逸比降大于允许水力比降,说明水库长期运行过程中主、副坝防渗铺膜已有破损、撕裂情况,导致了坝后坝坡出逸段渗流增加会发生渗透破坏。依照水库大坝安全评价导则[14]的分析显示,水库工程坝后渗流性态属于不安全运行状态,分析结果进一步提示,水库工程管理单位需要加强重视水库工程管护,需要根据水库坝后渗流特征情况,做好水库工程除险加固前期准备,需要在红坑子水库除险加固合理规划料场、坝体材料制备方法,以及水库大坝填筑施工方案[15]等方面提出技术思路。

参考文献

- [1] 雷艳,王智阳,张海洋.赤金峡水库土石坝稳定-非稳定渗流分析与评价[J].陕西水利,2019(10):7-8.
- [2] 章学明,李本华,卫婷.滁州城西水库坝后渗流压力分析研究[J].安徽建筑,2010(5):133-134.
- [3] 李恩鸿,谷有坤,郭丽玲.桃山水库左坝端坝后渗流异常分析及处理措施[J].黑龙江水利科技,2006(4):96.
- [4] 张军.克拉玛依绿化水库渗流及稳定计算分析[J].水科学与工程,2019(6):41-43.
- [5] 袁剑.红坑子水库坝壳料场规划探讨[J].农业科技与信息,2016(16):152-153.
- [6] 水利部.SL274 碾压式土石坝设计规范[S].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [7] 水利部.SL551 土石坝安全监测技术规范[S].北京:中国水利水电出版社,2012.
- [8] 水利电力部,国家技术质量监督局.GB/T50123-1999 土工试验方法标准[S].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [9] 水利部.SL237 土工试验规程[S].北京:中国水利水电出版社,2001.
- [10] 水利电力部,国家技术质量监督局.GB50199 水利水电工程结构可靠度设计统一标准[S].北京:中国水利水电出版社,1994.
- [11] 水利电力部.SDJ20 水工钢筋混凝土结构设计规程[S].北京:中国水利水电出版社,1987.
- [12] 水利电力部.DL/191 水工混凝土结构设计规范[S].北京:中国水利水电出版社,2008.
- [13] 水利部.SL55 中小型水利水电工程地质勘察规范[S].北京:中国水利水电出版社,2005.
- [14] 水利部.SL258 水库大坝安全评价导则[S].北京:中国水利水电出版社,2000.
- [15] 袁剑.红坑子水库大坝填筑施工方案探讨[J].农业科技与信息,2016(17):136-137.