

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2019.03-05

上游大坝溃决对窑里水库校核洪水位影响分析

康芳华¹, 简鸿福², 吕辉², 查斌³

(1. 丰城市水利水电技术服务站, 江西 丰城 331100; 2. 江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330029;
3. 新余市渝水区水利局, 江西 新余 338005)

摘要:当某河流存在上游水库比下游水库校核洪水重现期低的情况,在计算下游水库校核水位时,上游水库大多已经超过校核洪水标准,理论上来说将发生漫坝的事件,应考虑上游水库溃坝对下游水库调洪造成的影响.本文以江西省新干县窑里水库为例,在上游小型水库是否溃坝工况下分别推求入库洪水过程,通过调洪演算计算出两种工况下的校核洪水位,得出上游水库溃坝对窑里水库校核洪水位的影响.结果表明:考虑上游溃坝情况下窑里水库校核洪水位比不溃坝时要高 0.36m,在工程设计、安全鉴定复核时应注意其影响.

关键词:上游溃坝;洪水过程;调洪演算;校核洪水位

中图分类号:TV214 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2019)03-0180-05

0 引言

江西是水库大省,水库数量居全国第 2 位。截至 2017 年年底,全省已建成水库 10 819 座,其中大型水库 30 座、中型水库 263 座、小型水库 10 526 座^[1]。随着经济社会发展及水资源的开发利用,很多大中型水库建成后,上游河道又陆续兴建了一些小型水库,其防洪标准一般都比大中型水库要低很多,因此,按照相应的防洪标准在计算下游大中型水库校核洪水位时,上游小型水库已经超过其最大防洪标准运行,在此工况下,应考虑上游水库溃坝引起的洪水对下游水库调洪演算的影响,从而采取合适的措施来对其进行消除,达到大中型水库安全运行的目的。

近年来,溃坝洪水最大流量、洪水演进过程和历时等计算方法和数学物理模拟都有了较大进展。1892 年,德国里特尔首次提出溃坝流量的计算公式,经过多年发展,现行的方法及可采用的经验公式很多,如斯托克法、波额流量法、铁道部科学研究院经验公式、辽宁省

水文总站公式等^[2-4]。本文以新干县窑里水库为例,计算上游的水库在溃坝情况下对窑里水库校核洪水位的影响,为工程安全提供理论依据,以期为其他类似工程的计算提供参考。

1 工程概况

窑里水库位于赣江一级支流沂江河上游,大坝座落在江西省新干县城上乡河陂村,集水面积 74.2km²,水库总库容 3 830 万 m³,主河长 14.73km,河道平均坡降 7.87‰,流域形状成扇形。根据 SL252-2017《水利水电工程等级划分及洪水标准》及《水利枢纽工程除险加固近期非常运用洪水标准的意见》的规定,窑里水库设计洪水标准为 50 年一遇,校核洪水标准为 1000 年一遇,近期非常运用洪水标准为 500 年一遇。

坝址上游有支流左湖水发源于雷山西南部,1985 年左湖水上游兴建了灌庄和小黎山水库。灌庄水库集水面积 15.3km²,距窑里水库 6.0km,设计洪水标准 50 年一遇,校核洪水标准 500 年一遇,校核洪水位

收稿日期:2019-04-19

项目来源:江西省水利厅科技项目(KT201653);江西省水利厅水利政研项目(KT2017-005)。

作者简介:康芳华(1985-),男,大学本科,工程师。

232.45m(黄海高程,下同),总库容 $266 \times 10^4 \text{m}^3$,坝长156.00m,最大坝高38.50m。小黎山水库集水面积 8.0km^2 ,距窑里水库8.0km,设计洪水标准30年一遇,校核洪水标准300年一遇,校核洪水位329.50m,总库容 $65.3 \times 10^4 \text{m}^3$,坝长160.00m,最大坝高32.00m。河道两侧高山峻岭,森林密布,河岸为花岗岩风化区和小灌木区。

2 洪水计算

2.1 不考虑上游溃坝时洪水计算

2.1.1 洪水推求方法

根据《江西省暴雨洪水查算手册》(江西省水文局,2010年,以下简称《手册》),采用瞬时单位线法推求设计洪水过程。

2.1.2 暴雨参数选取

本流域内无水文测站,没有实测流量资料,邻近流域内也无降雨成因、产汇流条件相似的水文测站可作为参证站。因而本次通过查《手册》附图的方法来分折计算水库的降雨情况,流域各时段雨量特征值见表1。

表1 窑里水库各时段雨量特征值

| 项目 | 时段 | | | | |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| | H ₂₄ | H ₆ | H ₃ | H ₁ | |
| 暴雨均值/mm | 125 | 70 | | 46 | |
| C_v | 0.50 | 0.48 | | 0.40 | |
| C_s/C_v | 3.5 | 3.5 | | 3.5 | |
| K_p | 0.1% | 3.79 | 3.63 | 3.04 | |
| 点暴雨设计值/mm | 0.1% | 473.75 | 254.10 | 201.67 | 139.84 |
| 点面折算系数 α | | 0.991 1 | 0.977 9 | 0.975 6 | 0.972 9 |
| 面暴雨设计值/mm | 0.1% | 469.53 | 248.48 | 196.75 | 136.04 |

2.1.3 洪水过程线推求

本次采用计算时段 $\Delta t=3\text{h}$,按《手册》中提供的暴雨时段分配比例,求得 $P=0.1\%$ 的时段暴雨分配量。按《手册》中的瞬时单位线法和分折计算步骤求得校核洪水标准的设计洪水过程,成果见表2和表3。

2.2 溃坝洪水计算

2.2.1 计算方法及边界条件

表2 瞬时单位线法推求水库设计洪水流量过程

| 时段序号 | 频率0.1% | 时段序号 | 频率0.1% | 时段序号 | 频率0.1% |
|------|--------|------|--------|------|--------|
| 1 | 0 | 14 | 25.6 | 27 | 18.5 |
| 2 | 4.6 | 15 | 23.9 | 28 | 16.9 |
| 3 | 14.5 | 16 | 24.2 | 29 | 15.4 |
| 4 | 17.8 | 17 | 25.0 | 30 | 13.8 |
| 5 | 101.2 | 18 | 26.3 | 31 | 12.3 |
| 6 | 194.8 | 19 | 27.8 | 32 | 10.8 |
| 7 | 758.1 | 20 | 29.2 | 33 | 9.2 |
| 8 | 644.9 | 21 | 27.7 | 34 | 7.7 |
| 9 | 352.1 | 22 | 26.2 | 35 | 6.2 |
| 10 | 178.5 | 23 | 24.6 | 36 | 4.6 |
| 11 | 89.0 | 24 | 23.1 | 37 | 3.1 |
| 12 | 49.3 | 25 | 21.5 | 38 | 1.5 |
| 13 | 32.5 | 26 | 20.0 | 39 | 0 |

注:一段为3个小时,流量单位为 m^3/s 。

表3 校核标准设计洪水洪峰流量和洪量成果表

| 项目 | 洪峰/ (m^3/s) | 洪量/ (10^4m^3) |
|--------|-----------------------------|-------------------------|
| 频率0.1% | 758.1 | 311 3 |

据国内外资料统计,超水库防洪能力导致溃坝的约占35%;设计施工缺陷约占40%;滑坡、渗漏、沉陷、管涌等原因占25%^[5],其中土坝的溃决主要以漫顶最为常见,决口位置大多位于坝体中部。

上游小型水库为土坝,属逐渐溃坝类型,但由于溃坝水流冲击力极强,从决口开始到基本形成最终稳定断面时为止,时间很短,为安全计,可考虑按瞬时溃坝处理。

由于上游水库校核标准较低,本次计算假定水库的入库洪水超过校核标准洪水时大坝溃决,此时,坝内水位超过校核洪水位,溃坝水体采用校核洪水位以下的水体,即采用总库容来计算。上游水库集雨面积不大,边界条件简化为不考虑溃坝后的上游来水、溃坝前坝内流速及下泄流量。

2.2.2 溃坝最大流量计算

目前国内外溃坝最大流量计算的方法及经验公式

很多,如里特尔圣维南法、波流与堰流相交法、波额流量法等^[6]。根据灌庄水库、小黎山水库大坝工程情况,采用辽宁水文总站根据波流堰流曲线相交法推导出简化的公式计算:

$$Q_m=0.206B(2g)^{1/2}H_0^{3/2} \quad (1)$$

式中: Q_m 为溃坝时的最大流量, m^3/s ; B 为坝长, m ; H_0 为坝前水深, m ; g 为重力加速度, $9.8m/s^2$ 。

经计算,灌庄水库、小黎山水库的溃坝时最大流量分别为 $32\ 492m^3/s$ 和 $25\ 260m^3/s$ 。

2.2.3 溃坝最大流量演进

坝体溃决后下泄的水量在河槽调蓄及阻力作用下,溃坝洪水沿河槽向下游传播。溃坝最大流量演进计算有经验粗估法、数值计算法等^[6]。忽略溃坝前库内流速与下泄流量,本次采用辽宁省水利局改进后的公式计算溃坝最大流量向下游的演进:

$$Q_m=W/(W/Q_m+L/\zeta V) \quad (2)$$

式中: W 为可泄蓄水量,采用校核洪水位下相应的蓄水量, m^3 ; L 为溃坝距下游坝址的距离, m ; ζ 为经验系数,山区取 $1.1\sim 1.5$,半山区取 1.0 ,平原取 $0.8\sim 0.9$,本次取 1.0 ; V 为平均流速,有资料时取历史上最大值,无资料时,山区取 $3\sim 5m/s$,半山区取 $2\sim 3m/s$,平原取 $1\sim 2m/s$,本次取 $3m/s$ 。

经计算,灌庄水库、小黎山水库溃坝后最大流量到达窑里水库坝址时的流量分别为 $1\ 278m^3/s$ 和 $243m^3/s$ 。

2.2.4 溃坝洪水入库过程线

溃坝洪水的传播过程及历时受诸多因素影响,考虑不同边界条件下有多种近似解法,在集雨面积不大、洪水演进历时较短时,可简单将溃坝洪水入库过程概化为三角形,瞬溃情况下,最大流量发生在总历时的中间,即可根据水量总平衡,用公式计算出该水库溃坝洪水至下游水库的总历时,简化得出两座水库洪水过程成果见表4。

2.3 窑里水库组合入库洪水过程

上游水库溃坝后,按溃坝洪水与校核洪水最不利洪水组合考虑,忽略两水库最大流量到达坝址的时间

表4 上游水库溃坝洪水演进至窑里水库的入库洪水过程

| 时间/min | 灌庄水库 溃坝流量 | 小黎山水库 溃坝流量 | 窑里入库 流量合计 |
|--------|--------------|---------------|--------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 54 | 54 |
| 20 | 365 | 108 | 473 |
| 30 | 730 | 162 | 892 |
| 40 | 1 095 | 216 | 1 311 |
| 45 | 1 278 | 243 | 1 521 |
| 50 | 1 095 | 216 | 1 311 |
| 60 | 730 | 162 | 892 |
| 70 | 365 | 108 | 473 |
| 80 | 0 | 54 | 54 |
| 90 | | 0 | 0 |

差,两水库溃坝洪水演算至窑里水库坝址总的洪峰流量为 $1\ 521m^3/s$ 。因此窑里水库在非运用条件下的洪峰(偏安全考虑,不考虑时间差)应为水库本身的洪峰流量与两水库溃坝洪水演算至窑里水库坝址总的洪峰流量之和,详见表7和图2。

3 调洪演算

3.1 水库调洪参数

窑里水库溢洪道为开敞式实用堰,堰顶高程 $136.50m$,堰高 $1.60m$,溢流净宽 $53.00m$,水库正常蓄水位 $136.50m$ 。经计算,库水位泄量关系见表5。

3.2 水位库容曲线

窑里水库水位~库容曲线见表6。

3.3 调洪原则和方法

以水库正常蓄水位 $136.50m$ 为起调水位,分别计

表5 窑里水库库水位~泄量关系表

| 水位/m | 136.5 | 137.00 | 137.50 | 138.00 | 138.50 | 139.00 | 139.50 | 140.00 | 140.50 | 141.00 |
|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 泄量/ (m^3/s) | 0.00 | 35.62 | 100.38 | 183.70 | 288.03 | 410.89 | 551.08 | 708.17 | 881.92 | 1 072.20 |

表 6 窑里水库库水位~库容关系表

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 水位/m | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 库容/(万 m ³) | 1.6 | 3.2 | 5.5 | 9.4 | 15.8 | 25.4 | 39.9 | 61.3 | 89.7 | 125.8 | 168.3 |
| 水位/m | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 |
| 库容/(万 m ³) | 218.0 | 278.0 | 352.0 | 438.0 | 536.0 | 645.0 | 763.0 | 893.0 | 1 034.0 | 1 190.0 | 1 357.0 |
| 水位/m | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | |
| 库容/(万 m ³) | 1 538.0 | 1 736.0 | 1 952.0 | 2 188.0 | 2 442.0 | 2 710.0 | 2 994.0 | 3 295.0 | 3 610.0 | 3 939.0 | |

表 7 窑里水库设计洪水调洪成果表

| 工况 | 洪峰/(m ³ /s) | 最大泄量/(m ³ /s) | 最大水位/m | 库容/(万 m ³) |
|---------|------------------------|--------------------------|--------|------------------------|
| 不考虑上游溃坝 | 758.10 | 553.80 | 139.51 | 3 454.00 |
| 考虑上游溃坝 | 2 279.00 | 666.30 | 139.87 | 3 569.00 |

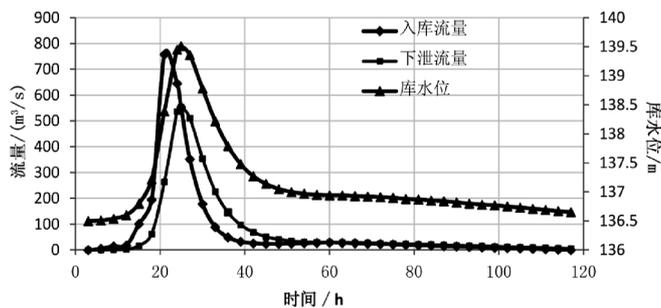


图 1 不考虑上游溃坝时的调洪演算图

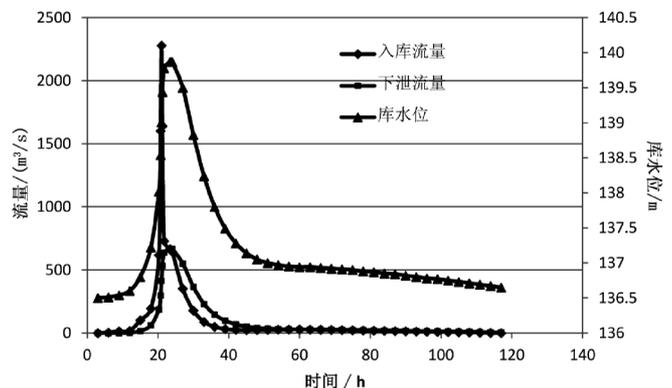


图 2 考虑上游溃坝时的调洪演算图

算校核洪水来临时上游不溃坝和溃坝两种情况，库水位高于正常蓄水位时，溢洪道自由泄洪。

3.4 调洪成果分析

运用上述方法对窑里水库进行了调洪计算，计算成果显示，在上游两座小型水库均溃坝的情况下，窑里水库校核洪水位比不溃坝情况下水位高 0.21m，对水库防洪调度产生一定的影响，计算数据详见表 7。

4 结 语

(1) 偏安全考虑，本文在计算上游两座水库溃坝

洪水演进时直接假定了最大洪峰同时到达坝前的洪水组合，在今后的研究过程中，可进一步根据地形及推进时间进行数学模拟出更精确的洪水过程。

(2) 通过计算得出，在考虑上游溃坝情况下窑里水库校核洪水位比不溃坝要高 0.36m，说明上游水库溃决对下游水库的设计水位的确定有一定的影响，上游水库越多、库容越大、坝址越近，对下游水库的影响也越大。

(3) 溃坝洪水计算的经验公式很多，实际工作过程中，应进一步比选各经验公式的适用条件，选择合理的经验公式计算。

参考文献:

- [1] 黎凤赓,周志维. 江西省水库大坝安全监测设施管理及对策[J]. 中国水利, 2018(20): 70-71+69.
- [2] 赵雪莹,王昭升,盛金保. 梯级水库溃坝风险研究[J]. 中国农村水利水电, 2017(04): 143-145.
- [3] 马喜荣. 上游小型水库溃坝对茅峯水库特征洪水位影响分析[J]. 广东水利水电, 2009(01): 18-20+35.
- [4] 叶合欣,黄锦林. 上游溃坝洪水在某水库水文计算中的影响分析[J]. 黑龙江水专学报, 2006(02): 9-12.
- [5] 孙文初,刘霞,李伦. 溃坝洪水流量计算方法浅析[J]. 广东水利水电, 1999(03): 3-6.
- [6] 李杰友,吴永强,杨树滩,等. 泉水水库溃坝洪水模拟计算[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2002, 30(6): 35-39.

编辑: 张绍付

Impact of upper dam break on check flood of Yaoli Reservoir

KANG Fanghua¹, JIAN Hongfu², LV Hui², ZHA Bin³

(1. Fengcheng Technical Service Station of Water Conservancy and Hydropower, Fengcheng 331100, China;

2. Jiangxi Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, China;

3. Water Resources Bureau of Yushui District of Xinyu City, Xinyu 338000, China)

Abstract: When the check flood recurrence period of the upstream reservoir in a river is lower than the downstream reservoir, and calculating the check water level of the downstream reservoir, most of the upstream reservoirs have exceeded the check flood standard. In theory, dam overflow will occur, the impact of dam break in the upstream reservoir on flood regulation in the downstream reservoir should be considered. Taking Yaoli Reservoir in Xingan county of Jiangxi province as an example, this paper deduces the inflow flood process under the condition of whether or not the small upstream reservoir breaks, calculates the check flood level under the two conditions through flood routing and obtains the influence of upstream reservoir breaks on the check flood level of Yaoli Reservoir. The results show that the check flood level of Yaoli Reservoir is 0.36m higher than that of non-dam-break when considering the upstream dam-break. The influence of the check flood level should be paid attention to in engineering design and safety appraisal.

Key words: Upstream dam break; Flood process; Storage routing; Check flood level

翻译: 康芳华