

前坪水库溢洪道单体水工模型 试验研究及分析

苏晓玉^{1,2} 赵雪萍^{1,2} 李磊¹

(1. 河南省水利科学研究院,河南 郑州 450003;
2. 河南省科达水利勘测设计有限公司,河南 郑州 450003)

【摘要】 为了验证前坪水库溢洪道设计布置方案的合理性和优化的可能性,本文通过正态模型试验,分析了前坪水库溢洪道原设计体形存在的主要问题,提出了溢洪道优化体形,并通过模型试验验证了优化体形的有效性和可行性。本试验确定的溢洪道导墙设计参数,可为同类工程设计提供重要参考。

【关键词】 溢洪道;水工模型;试验

中图分类号: TV131.61

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)02-030-03

Experimental study and analysis on hydraulic model of spillway monomer in Qianping Reservoir

SU Xiaoyu^{1,2}, ZHAO Xueping^{1,2}, LI Lei¹

(1. Henan Institute of Water Conservancy, Zhengzhou 450003, China;

2. Henan Keda Water Conservancy Survey Design Co., Ltd., Zhengzhou 450003, China)

Abstract: In the paper, main problems in Qianping Reservoir spillway original design shape are analyzed, and spillway optimized shape is proposed through normal model test in order to verify the rationality and optimization possibility of Qianping Reservoir spillway design layout plan. The feasibility and effectiveness of the optimized shape are verified through the model tests. Spillway guide wall design parameters determined in the test can provide important reference for designing similar projects.

Key words: spillway; hydraulic model; test

1 水库及工程概况

前坪水库位于河南省洛阳市汝阳县,水库控制流域面积 1325 km²。枢纽工程由主坝、副坝、溢洪道、泄洪洞、输水洞、电站厂房、退水闸、灌溉闸及消能防冲建筑物等组成。设计洪水标准 500 年一遇校核,库水位 418.36 m;5000 年一遇校核,库水位 422.41 m。防洪库容 2.10 亿 m³,兴利库容 2.61 亿 m³,总库容 5.90 亿 m³,为 II 等大(2)型工程。

溢洪道工程位于枢纽左岸,轴线总长 415 m,其中引水渠长度 252 m,闸室段长度 35 m,泄槽段长度 116 m。堰型采用 WES 曲线型实用堰,堰顶高程 403.00 m,共 5 孔,每孔净宽 15 m,闸室宽度 87 m,长度 35 m,下接泄槽段和消能段,消能方式采用挑流消能。溢洪道每孔设 1 扇弧形工作闸门,每扇闸门由 1 台弧门液压启闭机操作。为验证前坪水库溢洪道设计布置方案的合理性和优化的可能性,根据模型与原型的相似准则,选用比尺 1:50 的正态模型对溢洪道泄流能力、水面线位置、

水流流速流态、压力分布、消能方式、进出口体型等进行了全面系统的研究,尝试采用不同导墙形式改善进口水流流态,并给出了有利于消除不良流态的导墙形式。

2 模型设计

根据相似准则,按照重力相似设计水工模型^[1-2],该模型为几何比尺 1:50 的正态模型。模型主河槽及两岸山体设计主要是通过水泥砂浆粉面拉毛处理来满足阻力相似准则,溢洪道正态模型采用有机玻璃制作,模型长度范围取闸室进口向上游 120m 至下游挑流鼻坎下 100m,总长度 351m;模型宽度范围以不影响溢洪道进水口流态为依据,模型高度以校核洪水位情况下,上下游水位加 20cm 超高控制。为了确保试验精度,使模型能准确反映原型水流状况,在模型进水口增设多道花墙以平稳水流;加之河道的天然调整能力,该模型范围对于满足试验段流场与原型流场的相似是足够的。

3 原设计方案试验结果

3.1 泄流能力及水位流量关系

试验是在选定的溢洪道上下游河道为定床基础上进行的。试验工况依据设计单位提供的特征水位流量进行(试验数据详见表 1)。

表 1 溢洪道试验实测特征水位及流量关系

| 设计洪水标准 | 库水位/m | 设计下泄流量/(m ³ /s) | 实测下泄流量/(m ³ /s) | 超泄流量/(m ³ /s) | 超泄/% |
|------------|--------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|------|
| 50 年一遇 | 417.20 | 7687 | 7789 | 102 | 1.33 |
| 500 年一遇设计 | 418.36 | 8648 | 8800 | 152 | 1.76 |
| 5000 年一遇校核 | 422.41 | 12284 | 12867 | 583 | 4.75 |

从表 1 可以看出,在施放 50 年一遇洪水时,试验实测泄量为 7789m³/s,较设计值大 1.33%;在施放 500 年一遇(设计)洪水时,试验实测泄量为 8800m³/s,较设计值大 1.76%;在施放 5000 年一遇(校核)洪水时,试验实测泄量为 12867m³/s,较设计值大 4.75%;各工况下,泄流能力满足设计要求。

3.2 沿程水面线

试验采用固定测针和活动测针相结合来观测水位。在三种工况下,水流主体均偏向进水渠左侧,水位左高右低,由上向下,水位逐渐下降。断面最大横向水位差为 2.32m 左右。各特征工况下水流均未超过边墙,边墙高度设计合理。

3.3 动水时均压力

在三种特征水位下,溢洪道沿程所测的压力数据均为正压,无负压出现,压力分布良好。闸室控制段最大压力和最小压力均出现在校核水位时,最大压力位于 0+023.50 断面,为 20.19m 水柱,最小压力位于 0+012.00 断面,为 0.84m 水柱;泄槽段最大压力出现在校核洪水位时 0+139.00 断面,为 22.14m 水柱,泄槽段最小压力出现在 50 年一遇洪水位时 0+149.00 断面,为 0.55m 水柱。

3.4 流速流态

流速流态在三种工况下,上游库区水位平稳,溢洪道进口引渠段水流平顺,闸室进口右侧进流由于受绕流影响,沿右侧导墙内侧产生微小、连续的小涡纹和回流,导墙内外水位落差最大 8.46m。闸室进口左岸进流较为平顺,水流流态较好。水流出闸室后在墩尾形成水翅,水流经鼻坎挑射入下游河道,在尾水中发生冲击、紊动、扩散和漩涡等。实测溢洪道中轴线平均最大流速 27m/s,溢洪道的最大挑距为 121m,下游冲坑最低点高程为 316.36m。

4 溢洪道右侧导墙修改试验结果

根据试验结果发现,溢洪道闸室进口右侧进流由于受绕流影响,沿右侧导墙内侧产生大范围回流区,导墙内外水位落差较大,且溢洪道闸前水面形成较大的横向比,从左向右水面逐渐减低,使进闸水流分布不均匀,为改善溢洪道进口右侧水流流态^[3],减少对泄流能力的影响,对溢洪道进水渠右侧导墙进行一系列优化试验^[4-6]。

4.1 溢洪道右侧导墙修改方案

溢洪道右侧导墙共进行 3 个方案的比对试验(具体修改方案如下表 2)。

表2 溢洪道进口导墙修改方案

| 序号 | 方案 | 结构形式 |
|----|-----|--|
| 1 | 方案一 | 直线+三段圆弧结构体型:直线段长度40m,上圆弧半径60m,圆心角30°,中圆弧半径40m,圆心角20°,下圆弧半径20m,圆心角45° |
| 2 | 方案二 | 直线+两段圆弧结构体型:直线段长度40m,上圆弧半径50m,圆心角30°,下圆弧半径40m,圆心角30° |
| 3 | 方案三 | 直线+两段圆弧结构体型:直线段长度40m,上圆弧半径100m,圆心角31°,下圆弧半径9m,圆心角125° |

4.2 溢洪道右侧导墙修改后试验结果

选取5000年一遇校核洪水作为试验工况,在试验过程中各种方案均控制相同泄量,以便对各试验方案进行对比分析(溢洪道右侧导墙修改方案前、后在校核水位下的进水渠水流流态分别如图1~图4所示)。



图1 原方案溢洪道进口水流流态



图2 方案一溢洪道进口水流流态



图3 方案二溢洪道进口水流流态



图4 方案三溢洪道进口水流流态

根据以上试验结果,三种方案均满足溢洪道泄量要求。方案一进口处水流较平顺,右侧导墙附近没有出现强烈的旋流,水流流态较好,凹度最深处内外水位差约7.92m;方案二墩前进口水面波动、旋滚、水流紊乱,凹度最深处内外水位差约8.73m;方案三墩前进口处水面轻微波动,导流前段有小范围回流,凹度最深处内外水位差约9.27m。由此可见,方案一达到对进水渠右导墙进行优化的目的,且方案一在校核水位下泄量比原方案分别增加 $27\text{m}^3/\text{s}$,故推荐采用方案一的体型作为溢洪道进口右侧导墙的布置型式。

4 结论与建议

试验结果表明,溢洪道各工况下泄流能力均能满足设计要求。通过三种右导墙体型试验分析可知,方案一导墙体型在一定程度上削弱了导墙附近强烈的旋流,使进口水流趋于平顺、稳定,并减小了导墙内外水位差;通过本试验对溢洪道导墙结构形式进行分析和优化,确定了溢洪道导墙的设计参数,为设计提供依据,目前施工采用的是前文所述的方案一,前坪水库现为在建阶段,本试验也为同类工程提供重要的参考。◆

参考文献

- [1] SL 155—2012 水工(常规)模型试验规范[S]. 北京:中国水利电力出版社,2012.
- [2] 左东启. 模型试验的理论和方法[M]. 北京:水利电力出版社,1981.
- [3] 包明金,刘雪松,田蜜. 溢洪道引水渠进口导墙形式优化研究[J]. 中国水运,2015,1(1):145-148.
- [4] 王均星,白呈富,李译. 巴山水电站溢洪道导水墙体型优化试验研究[J]. 武汉大学学报:工学版,2005,38(4):5-8.
- [5] 王玄,王均星,崔金秀. 龙背湾溢洪道进水渠导水墙体型优化试验研究[J]. 中国农村水利水电,2009(7):100-102.
- [6] 宋永嘉,田林钢,李河. 溢洪道进水渠进口形式试验研究[J]. 人民黄河,2005,27(9):56-57.