

赤道几内亚吉布洛上游调蓄水库泄洪底孔消涡研究

王勤香, 王 宇

(黄河水利职业技术学院, 河南 开封 475004)

摘 要:赤道几内亚吉布洛上游调蓄水库底孔泄流时,进口水面出现进气漩涡。为了消除进气漩涡,改善进口流态,通过模型试验对常见的消涡措施进行分析验证。在此基础上,结合工程具体情况,从施工、运行管理及消涡效果等方面进行权衡考虑,推荐采用裹头整体加高到 620 m 的底孔泄流消涡措施。

关键词:赤道几内亚;吉布洛电站;调蓄水库;泄洪底孔;漩涡;消涡措施;模型试验

中图分类号:TV65

文献标识码:A

文章编号:1008-486X(2016)02-0001-04

1 工程概况与问题提出

1.1 基本情况

吉布洛上游调蓄水库位于赤道几内亚吉布洛电站上游 3 km 处,工程为闸坝式结构,河床坝段为混凝土挡水及泄水建筑物,两岸连接段为心墙堆石坝,坝长 518 m,坝宽约 100 m,最大坝高为 50 m。混凝土泄水建筑物长为 113 m,由 3 个泄洪底孔,3 个泄洪表孔和 1 个排漂道组成,最大泄流量为 6 206 m³/s。上游设计水位为 629.23 m,对应泄流量为 5 640 m³/s,校核水位为 630.27 m,对应泄流量为 6 206 m³/s,正常蓄水位为 629.00 m^[1]。

1.2 问题提出

为配合赤道几内亚吉布洛上游调蓄水库工程建筑物的设计工作,需要进行枢纽整体水工模型试验。模型试验需分析上、下游水流现象,量测关键断面水力要素,验证和改善各泄水建筑物的流态,验证枢纽布置的合理性、泄水建筑物的泄流能力和泄洪消能等水力学条件,为基本设计和详细设计提供设计依据。

2 模型设计及试验方案

2.1 模型设计

本水力模型试验满足主导力相似的原则,使用弗劳德(F_r)重力相似性的原理来完成。模拟河段长度为大坝上、下游各选取 300 m,河宽按照坝轴线长度选取。为了保证模型试验的准确性,在考虑场地布

置、供水能力及试验要求等方面的前提下,按赤道几内亚吉布洛上游调蓄水库工程的原地形制作了正态整体模型。模型主要由上游水库、发电站进口、表孔、底孔、排漂泄水建筑物和下游河道组成(如图 1 所示),几何比尺 $\lambda_L=40$,主要比尺如表 1 所示^[2]。

2.2 试验方案

根据模型测试程序及试验测试内容,制订了试验工况和观测内容。模型试验方案如表 2 所示。

3 设计方案底孔泄流流态分析

通过模型试验研究及优化,表孔上、下游,排漂上、下游水流流态满足要求,但底孔上游进口处水面有漩涡产生。本研究主要对底孔泄流进口流态进行分析,并提出优化方案。

3.1 底孔单体泄流流态分析

底孔在设计水位单体泄流时,右侧底孔水面处有水面凹陷涡体,偶见约 20 cm 深的漏斗漩涡。漩涡间隙挟带气泡进入进水口,如图 2 所示。校核水位的底孔单体泄流与设计水位的底孔单体泄流相比,右侧表孔水面处水面凹陷涡体更明显,漏斗漩涡深度增大。

3.2 底孔整体泄流流态分析

底孔在设计水位整体泄流时,底孔水面处右侧进气漏斗漩涡不断,多发生在右岸连接坝段,漏斗漩涡深超出 1 m。在校核水位整体泄流时,底孔右侧水面处漏斗漩涡频繁发生,漏斗漩涡深超出 1.5 m,水

收稿日期:2015-11-25

基金项目:河南省教育厅科学技术研究重点项目:基于水流特性的生态灌区水利工程安全运行技术应用研究(15B570002);黄河水利职业技术学院科研基金项目:水工建筑物进水口吸气漩涡成因及消涡措施研究(2014KXJS006)。

作者简介:王勤香(1969-),女,河南中牟人,教授,硕士,从事治河防洪及水力学教学与研究工作。

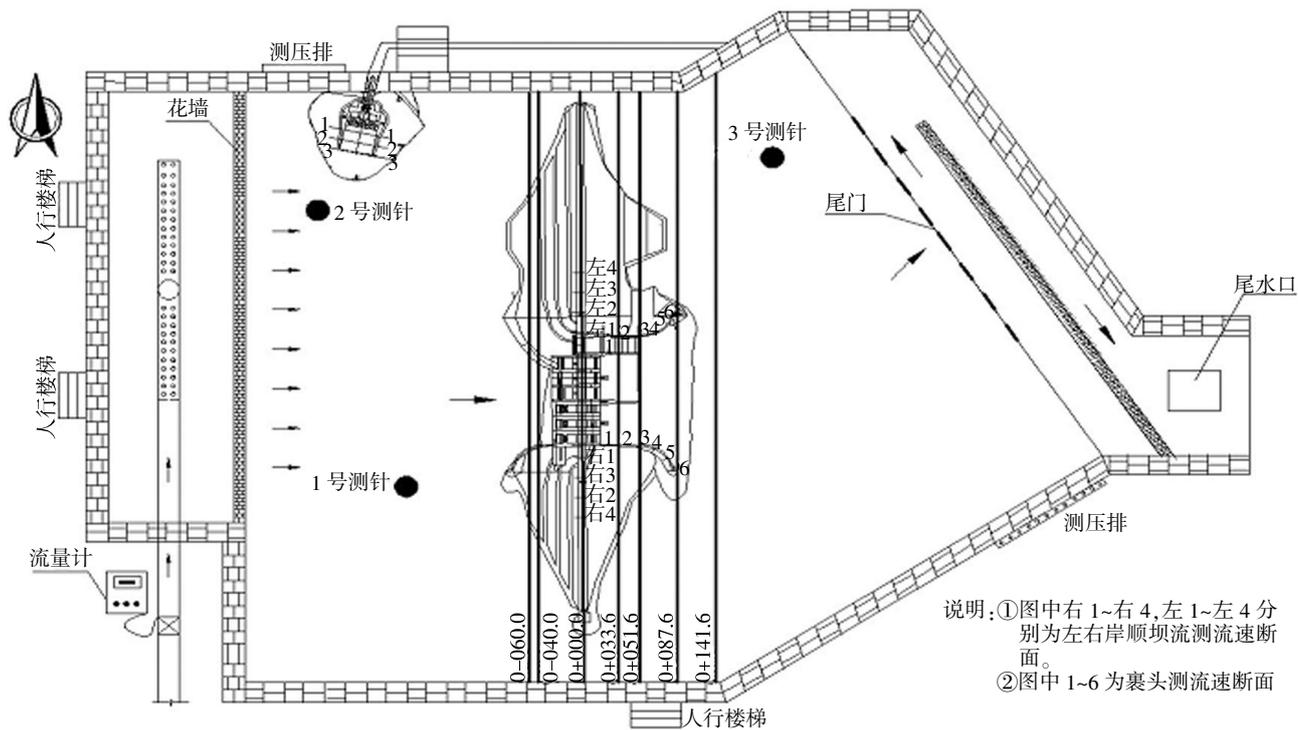


图1 模型平面布置图

Fig.1 Model layout

表1 模型主要比尺

Tab.1 Model main scales

几何比尺 λ_L	流速比尺 λ_u	流量比尺 λ_Q	糙率比尺 λ_n	时间比尺 λ_t	密度比尺 λ_p
40	6.32	10 119.29	1.85	6.32	1

表2 赤道几内亚吉布洛上游调蓄水库工程整体水工模型试验方案

Tab.2 Integral hydraulic model test scheme of Equatorial Guinea Djiploho upstream regulating reservoir

方案序号	运行工况	观测位置	观测内容
1	发电洞发电	发电洞进口	流态、水位、流速
2	表孔单体泄流	表孔上游渐变流断面、下游水位控制断面	
3	表孔单体泄流	坝上下游对应不同断面的顺坝流、裹头处	
4	底孔单体泄流	底孔上游渐变流断面、下游水位控制断面	
5	底孔单体泄流	表孔上游渐变流断面、坝上游裹头进口处、坝下游控制过水断面、坝上下游对应不同断面的顺坝流、裹头处	泄流建筑物的过流能力、上下游流态、流速、堰面压力、水位、下游水面线
6	排漂道单体泄流	上游渐变流断面、下游水位控制断面	
7	排漂道单体泄流	排漂道溢流面	
8	整体泄流	上游渐变流断面、下游水位控制断面	
9	整体泄流	上游渐变流断面、坝顶、坝上游裹头进口处、坝下游控制过水断面、坝上下游对应不同断面的顺坝流、裹头处	
10	整体泄流	下游护坦	护坦脉动压力

面深陷,漩涡涡心形成贯通气柱,空气连续进入吸水口,如图3所示。

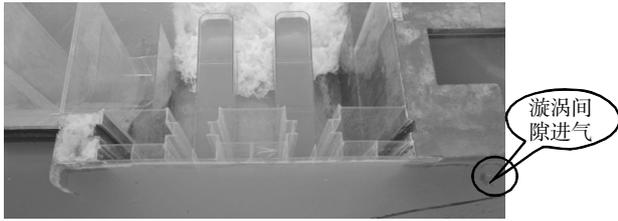


图2 设计情况底孔单体泄流时的进口流态

Fig.2 Design of intake flow pattern of bottom outlet monomer discharging



图3 校核水位底孔整体泄流时的进口流态

Fig.3 Intake flow pattern of check water level bottom outlet overall discharge

4 底孔泄流消涡措施分析

4.1 常见消涡措施^[3]

吸气漩涡对水利水电工程有很大的危害,它不仅使泄流建筑物的过流能力减小,还使其在工作时易产生振动和噪音。常见的消除漩涡的措施主要包括优化进水口、改善运行方式、修建消涡建筑物。

(1)优化进水口设计。漩涡产生的水力要素与进水口的淹没深度以及流速有关。因此,合理设计进水口能有效防止漩涡的产生,尤其是吸气漩涡的产生。为了加大淹没深度,在一定库水位情况下,必须降低进水口底板高程。而减小进水口流速,需要增大进水口面积。以上措施都会导致工程量的增加并受建筑物总体布置的制约。

(2)改善运行方式。尽量在高水位工况下运行,以保证进水口前有一定的淹没深度。

(3)修建专门的消涡建筑物。由于进水口布置与运行条件往往受其他更为重要因素的制约,故可以通过修建专门的消涡建筑物来消除进水口漩涡。

4.2 消涡措施分析

结合常见的消涡措施,针对吉布洛上游调蓄水库底孔泄流时出现的漩涡,提出了3种消涡措施,并分别进行模型试验分析验证^[4]。

4.2.1 消涡梁消涡措施模型分析

根据进水口漩涡出现的范围,在右侧底孔、门

库前加消涡梁。本研究设计了3种不同尺寸、放置范围及高程的消涡梁,通过模型试验最终确定消涡梁放置高程为620 m,自左向右布设在门库前桩号0+317.5~0+357.5处,在门库前上游桩号0-027.00~0-038.50处。消涡梁尺寸为:横梁长40 m,横梁宽40 cm,横梁间距为80 cm,如图4所示。



图4 消涡梁布置

Fig.4 Eddy-eliminating beam layout

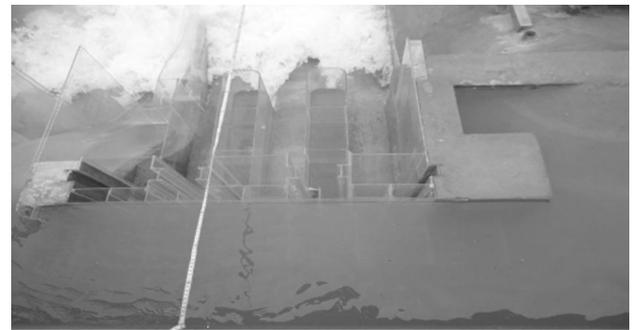


图5 放置消涡梁的底孔进口流态

Fig.5 Bottom outlet intake flow pattern of placed vortex beam

放置消涡梁后,在设计情况和校核情况下,底孔单体泄流、整体泄流时,底孔进流均衡,进口处水面平稳,水面偶见凹陷漩涡但很快消失,无漏斗漩涡,更无通气漩涡产生,消涡效果好(如图5所示)。

4.2.2 加高裹头高程模型分析

当底孔进口上游裹头的高程不同时,底孔泄流时的水面流态及涡体情况就不同。下面分析3种典型裹头高程底孔泄流进口的流态。

(1)原设计裹头高程612 m。当库水位为615 m时,水面出现小涡体。当库水位为617 m时,开始出现掺气涡体。当库水位从617 m上升到619 m时,水面涡体数量增多,水面涡体为发展阶段,形成、消失较快,位置不稳定,运动无规律。当库水位从619 m上升到624 m时,水面涡体掺气明显,涡体强度增大,出现频率稍有减少,运动位置不稳定,但运行到门库前,涡体消失。当库水位为大于625 m后,较强大涡体数量减少,出现频率降低,涡体运动位置不稳,贯通气柱大涡体多形成、运行、消失在门库前,小

涡体多发生消失在表孔的中孔及右边孔前。

(2)裹头高程加高至 620 m。当库水位为 619 m 时,开始出现掺气涡体。当库水位从 619 m 上升到 626 m 时,水面涡体数量增多,起初水面无凹陷、表面旋流不明显且非连续,随后水面有凹陷,表面层存在连续缓慢旋流水面涡体,有掺气现象,涡体位置多在门库及底孔的右边孔前形成、消失。当库水位大于 628 m 后,掺气涡体强度减小,出现频率减少,涡体多按顺时针旋转,掺气大涡体发生、消失在门库前,小涡体多发生、消失在表孔的中孔及右边孔前,涡体在坝前上游 5 m 左右范围运动。当库水位上升到设计水位后,偶见消失较快的掺气涡体,涡体出现频率明显减少,大涡体发生消失在门库前。

(3)使裹头高程超过校核水位。当库水位为 617~619 m 时,偶见坝前中孔前有小涡体。当库水位大于 619 m 时,开始出现掺气涡体。然后,随着库水位的上升,涡体掺气明显,涡体强度增大。当达到水库校核水位时,涡体由间歇性掺气变成连续性掺气,涡体按顺时针旋转,涡体形成、运行、消失在门库前 10 m 左右的裹头处。

通过对 3 种裹头高程分析可以看出,裹头高程整体加高至 620 m 时,消涡效果较好。

4.2.3 改变底孔泄流方式模型分析

在设计水位、底孔高程不变时,底孔开启一半进行泄流,相当于增加了底孔进口的淹没水深。这时,在库水位由低到高的过程中,水面平稳,基本无涡体产生,更没有掺气漩涡出现。

4.3 消涡措施推荐方案

本工程具有以下特点:(1)河流中水草树木等漂浮物很多,消涡梁运行操作日常维修管理麻烦;(2)泄流底孔主要是泄洪的,底孔开启一半达不到;(3)裹头高程整体加高至 620 m,结构简单、便于施工,且能起到消涡效果。从施工、运行管理及消涡效果等方面考虑,推荐裹头高程整体加高至 620 m 为底孔泄流消涡措施。

5 结语

水工建筑物进水口前立轴进气漩涡一直是受关注的技术问题之一,受建筑物总体布置和实际地形的约束,很多工程无法避免。在实际工程中,应分析消涡措施,建立水工模型进行试验,选择经济合理、结构简单,施工管理方便、运行稳定可靠的消涡措施。

参考文献:

- [1] 罗全胜.赤道几内亚吉布洛上游调蓄水库水工模型试验报告[R].开封:黄河水利职业技术学院,2014.
- [2] 黄河勘测规划设计有限公司.赤道几内亚吉布洛上游调蓄水库预可研报告[R].郑州:黄河勘测规划设计有限公司,2013.
- [3] 段文刚,黄国兵,张晖,等.几种典型水工建筑物进水口消涡措施试验研究[J].长江科学院院报,2011,28(2):21-27.
- [4] 陈兴亮,杨磊,罗畅,等.凯乐塔电站进水口消涡措施试验研究[J].中国农村水利水电,2012(10):129-132.

[责任编辑 杨明庆]

Research on Eddy-eliminating of Equatorial Guinea Djiploho Upstream Regulating Reservoir Bottom Outlet

WANG Qin-xiang, WANG Yu

(Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475004, Henan, China)

Abstract: When the bottom outlet of Equatorial Guinea Djiploho upstream regulating reservoir discharging, the intake water surface will appear swirl. In order to eliminate the swirl and improve the intake flow pattern, this paper analyzes and verifies the common eddy-eliminating measures through model test. Based on this, combing with the specific situation of engineering, this paper takes into account from the aspects such as construction, operation management and eddy-eliminating effect, it recommends the use of bottom outlet eddy-eliminating measure of head wrapped raised to 620 m overall.

Key Words: Guinea; Djiploho power station; regulating reservoir; bottom outlet; swirl; eddy-eliminating measure; model test