

铍尖子水库消力池修改方案试验研究

张晓飞

(辽宁西北供水有限责任公司,辽宁 朝阳 110003)

【摘要】 铍尖子水库是辽宁省本溪市的重要病险水库,除险加固刻不容缓。在借鉴相关理论研究成果的基础上,结合模型试验成果对铍尖子水库消力池设计方案进行优化设计,并提出6组优化设计方案。模型实验结果显示:消力池在2%设计洪水条件下,修改方案6能够达到比较理想的消能效果,对下游海漫和堤岸基本没有不利影响。因此,采用此方案作为消力池的最终设计方案。

【关键词】 铍尖子水库;消力池;模型试验

中图分类号: TV653+.1

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2018)04-027-03

Experimental study on modification plan of Huajianzi Reservoir stilling pool

ZHANG Xiaofei

(Liaoning Northwest Water Supply Co., Ltd., Chaoyang 110003, China)

Abstract: Huajianzi Reservoir is an important risk reservoir in Bengxi of Liaoning Province. Risk removal and reinforcement are urgent. Model test results are combined for optimizing and designing Huajianzi Reservoir stilling pool design plan on the basis of learning from related theory research result. Six groups of optimal design plans are proposed. The model experiment results show that the modification plan 6 can reach more ideal stilling effect under 2% design flood condition, and it has no adverse effect on downstream apron and embankment basically. Therefore, the plan is adopted as the final design plan of stilling pools.

Key words: Huajianzi reservoir; stilling pool; model test

1 工程背景

铍尖子水库位于辽宁省本溪市桓仁县境内,是一座以灌溉为主、兼具防洪、发电和水产养殖的综合性水利工程,同时也是桓仁县六河灌区的骨干供水工程^[1]。铍尖子水库始建于20世纪50年代,中间经过两次扩建和三次加固,1986年最后一次加固至今已有30余年。由于年代久远、建设标准低、后期维修管理不善等多种原因影响,近年来水库病险情况愈加严重,不仅不能正常运行,还对下游的华来镇和桓仁镇以及两镇境

内的本桓、沈桓等多条高速公路安全造成威胁,除险加固刻不容缓^[2]。

通过现场检查,铍尖子水库的溢洪道底板和边墙破坏较为严重,左侧的浆砌石导流墙坍塌并有明显的绕坝渗流现象,溢洪道下游的挑坎存在严重破损并伴有渗水现象,海漫破损亦十分严重。因此,在除险加固中必须要对现有溢洪道进行改建或重建,根据工程可行性研究成果,如果对旧溢洪道进行加固,不仅结构可靠性低,而且投资较高。从经济与安全性两方面考虑溢洪道需要重建。

2 消力池原设计方案试验

2.1 模型范围

溢洪道水流形态十分复杂,同时受周边地形、地质条件的影响较为明显,一直是大坝泄水建筑物设计的难点。因此,在模型试验过程中选取铧尖子水库溢洪道的全部工程作为试验的考虑范围,以获得最优试验成果,保证建筑物的流态,具体范围为上游 400m 的库区及下游 200m 的河道。

2.2 模型试验的水文数据

根据铧尖子水库除险加固设计方案,溢洪道重建方案的正常蓄水位为 138.00m;设计洪水位为 131.01m;校核洪水位为 132.01m,具体水文试验数据见下表。

试验水文数据

洪水频率 P	流量 / (m^3/s)			水位 / m	
	入库	溢洪道	排沙涵	水库	下游
0.033%	2257	1105	95	132.01	114.73
0.2%	1889	1534	91	131.01	114.30
2%	1381	1381	76	130.84	114.29
5%	1039	1039	0	129.83	114.00
10%	773	773	0	128.05	113.24
20%	523	523	0	127.12	112.44

2.3 消力池原设计方案

铧尖子水库除险加固工程的溢洪道设计方案为开敞式陡槽溢洪道,总宽 31.5m,净宽 27.5m,共分为三孔,其中左孔与中孔为净宽 10m 的泄洪溢洪道,右孔为净宽 7.5m 的排沙孔。消力池长 60m,深 3.1m,池低高程为 113.00m,消能方式为底流消能。消力池右侧边墙不改变原有形式,左侧边墙拆除进行消力池扩建。

2.4 消力池消能效果试验分析

通过模型试验,在设计与校核洪水条件下,铧尖子水库的下泻流量分别为 $1189\text{m}^3/\text{s}$ 和 $2257\text{m}^3/\text{s}$,水流呈显著的急流状态,消力池的深度和宽度难以满足水流扩散的需要,各个断面的水流流速很大,中间断面的最大流速为 $19.12\text{m}/\text{s}$;水流产生明显的远驱式水跃,且呈不稳定状态,在水头摆动过程中有部分水流冲出;消力池消能效果极不理想,完全起不到消能效果。出池

流速也很大,海漫中间断面最大流速为 $7.56\text{m}/\text{s}$,伴有明显的挑流现象,坎后有明显的跌水。

3 消力池修改方案试验

原消力池设计方案的试验结果显示,在设计与校核洪水条件下,水流在消力池内产生明显的急流,且流态不稳定,消能效果不理想,因此必须对原方案进行修改设计。

3.1 修改方案 1

该修改方案针对原方案的不足,采用如下修改思路:首先,增加消力池的深度,强化消能效果,将消力池尾坎高程由原来的 117.00m 增加到 118.00m;改变尾坎与消力池池底的连接方式,由原设计方案的 45° 倒角连接,改为 90° 角直立连接;为增强消能效果,在消力池的中部设计一道消力坎,其纵向坎长 2.5m,高 $1.5\text{m}^{[3]}$ 。

对修改方案 1 进行模型试验,结果显示:消力池中部的消力坎将原来的消力池分为前后两级,在 2% 频率洪水条件下,由于水流流速较大,高速水流受到消力池中中部消力坎的阻挡,形成不稳定的淹没水跃,相对于原始方案,水流流态并没有明显改善;海漫段最大底流速为 $6.52\text{m}/\text{s}$ 。由此可见,消力池的作用仍不能有效发挥,该方案虽然对原方案中的远驱水跃具有一定优化作用,但水流流态仍不稳定,海漫段流速仍然较大,容易造成局部冲刷。因此,修改方案的消能效果并不理想,仍需进一步修改。

3.2 修改方案 2

针对修改方案 1 的不足,提出修改方案 2,该方案的基本思路:针对水流扩散方面的不足,对消力池的扩散形式进行修改,采用右侧对称扩散形式,将海漫部位的右侧边墙修改为 90° 转角直立墙^[4],左侧边墙的坡度调整为 1:2.5,将海漫与消力池的连接部位改为 90° 转角直立墙。

对修改方案 2 进行模型试验,结果显示:在 2% 频率洪水条件下,在消力池内产生淹没水跃,且跃首前后移动极不稳定。由于消力池扩散宽度显著增大,中间断面流速较原方案有明显降低,最大底流速降为 $10.68\text{m}/\text{s}$ 。海漫部位的流速有所减缓,底部最大流速

为 4.41m/s,且呈左大右小的规律。试验结果说明:修改方案 2 比修改方案 1 有明显进步,有效改进了消力池的消能效果,但并没有达到理想状态,仍需进一步修改。

3.3 修改方案 3

针对修改方案 2 的不足,提出修改方案 3,该方案的主要思路是进一步增加消力池尾坎的高度,由原来的 117.00m 调整为 117.50m,增加 0.5m,以增加消力池的深度。

对修改方案 3 进行模型试验,结果显示:在 2% 频率洪水条件下,虽然尾坎高度的增加使池深增加 0.5m,但是水流流态的改善并不明显,消力池池首仍存在明显的水跃,且仍不稳定;消力池的出池流速相对方案 2 有所减小,并呈左大右小的形式,但是随着下游水位降低,水跃进一步下移为远驱水跃,消能作用也明显变差,海漫段的最大底流速增加到 4.51m/s。由此可见,修改方案 3 仍不符合设计要求,消力池的消能作用没有得到明显改善,仍需进一步修改。

3.4 修改方案 4

针对修改方案 3 的不足,提出修改方案 4,该方案进一步提高消力池尾坎的高程,由方案 3 的 117.50m 增加至 118.00m,使池深增加到 4.0m。

对修改方案 4 进行模型试验,结果显示:在 2% 频率洪水条件下,消力池的池首产生比较稳定的淹没水跃,整个消力池的水流流态与消能效果都得到显著改善;水流出池时的水跃消失,呈跌水状态,虽然消力坎下游的面流速有所增大,但是底流速减缓明显。在下游水位明显降低时,消力池中的水跃会变为远驱水跃,水流出池时呈现出严重的跌水状态,海漫段最大底流速显著增加,由方案 3 中的 4.01m/s 增加至 4.56m/s。与修改方案 3 相比,消能效果并没有得到根本性改善,仍需进一步调整。

3.5 修改方案 5

修改方案 1~方案 4 主要通过增加池深或池宽以增强消能作用,但均未取得良好效果,因此应考虑增设辅助消能工提高消能效果。基于上述思路,提出修改方案 5:在溢洪道陡坡段末端和消力池前段设置梯形消能墩,其中溢洪道陡坡段末端设置一排 3 个,宽

3.72m、长 14.28m、高 3.5m、间距等于墩宽的消能墩;在消力池前段设置前排 5 个,后排 6 个共两排,宽 2.25m、长 3.25m、高 3.0m、间距等于墩宽的消能墩;将消力池底板高程增加 0.9m。修改方案 5 的平面布置图如图 1 所示。



图 1 修改方案 5 平面布置

修改方案 5 进行模型试验,结果显示:在 2% 频率洪水条件下,高速水流受到梯形消能墩的阻挡作用,分流成多股水流和强迫性水跃,且形态极不稳定,特别是消力池左侧极易出现挑流;消力池出池水流呈严重跌水状态,海漫段最大底流速由方案 3 中的 4.56m/s 增加到 5.74m/s。由此可见,一排消能墩对高速水流的撞击作用并不明显,没能达到预想的效果,仍需修改。

3.6 修改方案 6

对修改方案 5 的试验情况进行分析,由于消能墩的位置和组合不合理,影响了其功能的发挥,降低了消能效果。因此,在原有布置的基础上进行消能墩的尺寸和位置调整,形成修改方案 6。修改方案 6 的平面布置图如图 2 所示。

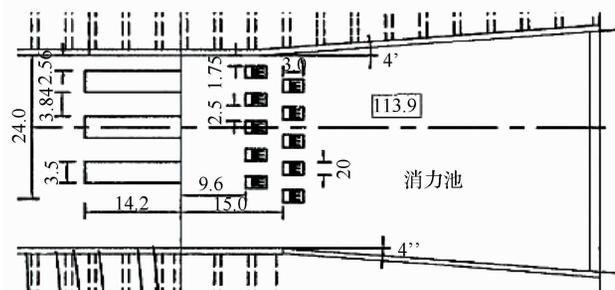


图 2 修改方案 6 平面布置

对修改方案 6 进行模型试验,结果显示:在 2% 设计标准洪水条件下,消力池的水跃稳定。流态比较平顺和均匀,海漫的水流流态也比较平稳, (下转第 21 页)