

# 曲线型消力池优化设计模型试验研究

贾洪全

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.32629/hwr.v10i1.6781

**[摘要]** 本文针对某工程泄水建筑物曲线型消力池消能效果不佳问题开展水工模型试验研究。通过模型试验探究辅助消能工对消力池消能率、水深、流速和水跃位置等的影响。结果表明:在曲线型消力池内增设辅助消能工,能成功改善消力池和退水渠的水力学性能;校核工况下,消力池水深减小1.975m,消能率提高3.21%,水跃位置前移,退水渠出口平均流速降低14.63%,水力学性能改善效果显著。研究结果可为类似曲线型消力池设计优化提供有益参考和借鉴。

**[关键词]** 模型试验; 曲线型消力池; 水力学; 设计优化

中图分类号: TV651 文献标识码: A

## Experimental Study on Optimization Design of Curved Energy Dissipation Basin

Hongquan Jia

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd.

**[Abstract]** This paper conducts a hydraulic model test to study the problem of poor energy dissipation effect of the curved energy dissipating pool of a certain engineering spillway structure. Through model experiments, the influence of auxiliary energy dissipation structures on the energy dissipation rate, water depth, flow velocity and water jump position of the energy dissipation pool was investigated. The results show that adding auxiliary energy dissipation devices in the curved energy dissipation pool can successfully improve the hydraulic performance of the energy dissipation pool and the discharge channel. Under the verification conditions, the water depth of the energy dissipating basin decreased by 1.975 meters, the energy dissipation rate increased by 3.21%, the water jump position moved forward, and the average flow velocity at the outlet of the discharge channel decreased by 14.63%. The improvement effect on the hydrological performance was remarkable. The research results can provide useful references and inspirations for the design optimization of similar curved dissipating pools.

**[Key words]** Model test; Curved energy dissipation basin; Hydraulics; Design optimization

### 前言

泄水建筑物是水利枢纽的重要组成部分之一,其下泄水流会对下游河床造成不同程度冲刷。为防止下泄水流对河床产生有害冲刷,采用合理的消能形式,是保证泄水建筑物及工程安全运行的必要措施。

近年来,学者们结合水利工程设计开展了大量研究工作。曾施雨等<sup>[1]</sup>通过模型试验验证了合理的消力墩结构和布置能成功改善消力池的水流流态。陶涛等<sup>[2]</sup>通过在消力池内增设分水墙成功改善了水力学性能。贾洪全<sup>[3]</sup>和罗昌辉<sup>[4]</sup>通过水工模型验证了消力池尾坎优化设计效果显著。前人的研究成果表明,模型试验能够成功验证消力池优化设计的效果。本文针对泄水建筑物曲线型消力池水力性能较差现象,通过水工模型试验探究辅助消能工对曲线型消力池水力性能改善效果,研究结果可

为同类工程设计提供科学参考和有益借鉴。

### 1 工程概况

某水库工程为IV等小(1)型工程,工程平面布置见图1。工程依次由非溢流坝段、溢流坝段、泄洪排沙洞、灌溉放水管等组成,均为4级建筑物。溢流坝段和泄洪排沙洞共用一个消力池。水库正常蓄水位和设计洪水位1711.00m,校核洪水位1712.20m。水库设计和校核洪水标准分别为50年和500年一遇,相应洪峰流量分别为683m<sup>3</sup>/s和1332m<sup>3</sup>/s。泄水建筑物消能防冲洪水标准为20年一遇,相应洪峰流量454m<sup>3</sup>/s。受地形限制,泄水建筑物后接消力池为异形转弯(曲线)贴坡消力池,宽25m,长75m,底板高程1670.00m,宽25~31.94m,边墙垂直高度16m,尾坎高6m,消力池末端衔接退水渠。退水渠长23.86m,底板高程1677.00m,底宽31.94~45.20m,边墙垂直高度10m,退水渠末端设置深7.5m的防冲齿墙,与下游河道衔接。



图1 工程平面布置图

2 试验设计

2.1 模型设计

模型试验设计遵循重力相似准则<sup>[5]</sup>, 模型试验比尺见表1。模型试验糙率 $n_m=0.0085$ , 模型采用有机玻璃板和树脂材料制作。模型精度控制要求: 模型高程、地形高程、平面距离和水准基点与测针零点的允许误差分别为 $\pm 0.3\text{mm}$ 、 $\pm 2\text{mm}$ 、 $\pm 10\text{mm}$ 和 $\pm 0.3\text{mm}$ 。水位量测采用水位测针、钢板尺及水准仪等, 流量量测采用毕托管, 压强量测采用测压管, 流量量测采用矩形薄壁堰。

表1 水工模型试验特征比尺

特征参数	换算关系	相似比尺
长度比尺	$\lambda_l$	40
流量比尺	$\lambda_Q = \lambda_l^{3/2}$	10119.289
流速比尺	$\lambda_v = \lambda_l^{1/2}$	6.325
压强比尺	$\lambda_p = \lambda_l$	40
时间比尺	$\lambda_t = \lambda_l^{3/2}$	6.325
糙率比尺	$\lambda_n = \lambda_l^{1/6}$	1.849
泥沙粒径比尺	$\lambda_{d_s} = \lambda_l$	40

2.2 试验设计

泄水建筑物运行工况见表2。原设计方案下消力池未设置任何辅助消能工。因为现场地形限制, 曲线消力池体型无法优化, 所以优化设计方案采用在消力池内增设辅助消能工来改善水力学性能。辅助消能工有糙条和T型墩。糙条长27m, 宽1.5m, 高1.6~3.9m。T型墩长度为3.4m, 高度为1.1m, 迎水面宽度为2.3m, 迎水面厚度为1.1m, 背水面宽度为1.1m。方案1: 联合消力池段桩号0+70m、0+80m、0+95m和0+105m处布置4根长糙条, 与消力池中心线夹角60°。方案2: 联合消力池段桩号0+70m、0+80m和0+95m处布置3根糙条, 与消力池中心线夹角60°, 消力池末端等间距2.8m布置6个T型墩。方案3: 联合消力池末端等间距2.8m布置6个T型墩。方案2平面布置图见图2, 方案1和方案3在此基础上分别取消T型墩和糙条。

表2 水工模型试验测定工况

工况	运行方式	控制水位与流量	
		水位(m)	出口流量(m <sup>3</sup> /s)
1	溢流排沙洞局开+溢流坝全关(消能防冲标准工况)	1711(正常蓄水位)	454
2	溢流坝段局开+溢流排沙洞敞泄(设计工况)	1711(设计洪水位)	/
3	溢流坝段敞泄+溢流排沙洞敞泄(校核洪水位工况)	1712.2(校核洪水位)	/

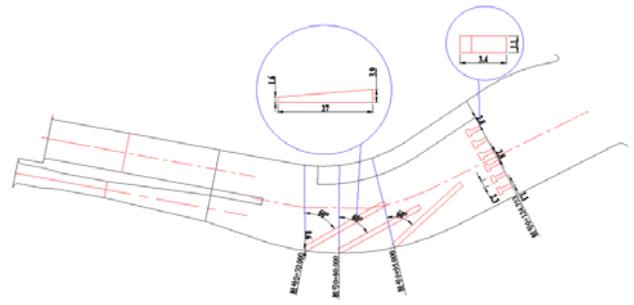


图2 方案2消力池消能工布置图

3 结果与分析

3.1 原设计方案

不同设计方案下消力池水力要素特性见表3。原设计方案校核工况下消力池水流流态见图3。由表3和图3可知, 校核工况下, 消力池内水流紊乱, 横向环流较强, 沿程左右岸水位差较大, 左右侧边墙均出现翻水现象, 最大翻水高度分别为3.415m和4.445m。消能率仅为79.82%, 消能效果较差。退水渠出口平均流速相对较大。消力池内出现水位差和横向环流现象的原因: 因为消力池受现场地形限制布置成曲线型, 下泄水流受弯道离心力和惯性力影响, 池内水流间的碰撞加剧, 所以导致大量水流聚集于右岸(凹岸), 产生水位差; 同时由于流速分布不均, 呈现右岸普遍大于流道中心和左岸, 表层普遍大于底层, 因此产生横向环流现象。根据模型试验结果, 消能防冲工况和设计工况下, 消力池内横向环流较弱, 消力池边墙沿程未出现翻水现象。

表3 不同设计方案下消力池水力要素特性表

方案	消能率(%)		翻水高度(m)		出口平均流速(m/s)		水跃位置			
	设计工况	校核工况	设计工况	校核工况	退0+147.0m		溢流坝段		泄洪排沙孔段	
					右岸	左岸	设计工况	校核工况	设计工况	校核工况
原方案	82.14	79.82	/	4.445	3.415	5.172	6.707	0+36.346~0+39.046m	0+56.946~0+63.246m	0+44.696~0+49.126~0+54.976m
1	84.54	80.8	/	3.06	1.44	4.466	6.145	0+30.436~0+31.156m	0+45.196~0+57.841m	0+39.166~0+45.871~0+49.111m
2	84.59	82.38	/	4.005	1.44	4.544	5.672	0+30.796~0+33.046m	0+49.696~0+8.246m	0+38.806~0+44.206~0+46.996m
3	84.73	82.01	/	4.275	1.62	4.85	5.259	0+31.246~0+33.946m	0+53.746~0+0.046m	0+40.696~0+48.796~0+4.646m

3.2 优化设计方案

优化设计各方案校核工况下消力池水流流态见图4-6。由表3和图4-6可知, 相较于原设计方案, 校核工况下方案1-3消力池内的横向环流现象均有所减弱, 边墙周期性翻水现象有所改善, 左右岸最大翻水高度分别由原先的3.415m和4.455m, 减小至1.44m和3.06m, 水深分别减小1.975m和1.385m。设计和校核工况下, 优化设计方案消力池的消能率分别提高至84.73%和82.38%, 较原设计方案分别提高3.15%和3.21%。退水渠出口平均流速极值分别由5.172m/s和6.707m/s降至4.466m/s和5.259m/s, 较原设计方案降低17.40%和14.63%, 均小于现浇混凝土渠道的允许流速<sup>[6]</sup>。溢流坝段和泄洪排沙孔水跃发生位置较原设计方案均有前移, 更有利于消力池消能, 提高消能率。

增设辅助消能工后, 消力池消能率、水深、水跃位置和退水渠流速均有所改善, 这是因为辅助消能工槽条和T型墩对水流有高效消能导流作用。水流在槽条和墩周围受阻后翻滚剧烈, 水流

与槽条、墩和水流与水流之间碰撞和剪切,形成漩涡,紊动能增大,水深增加,水面波动程度减小,跃后水深较低,池内水流得以重新分布,断面水流分布均匀程度增加,螺旋流强度和范围减小,使池内横向环流强度和范围减小,改善后的消力池水流对下游退水渠段水流影响减弱。综合来看,增设辅助消能工后水流流态较原设计方案更加稳定,水深降低,消能率提高。



图3 原设计方案校核工况下消力池水流流态



图4 方案1校核工况下消力池水流流态



图5 方案2校核工况下消力池水流流态



图6 方案3校核工况下消力池水流流态

#### 4 结语

(1) 通过水工模型试验,从消能率、水深、流速和水跃位置等方面,探究了不同消能工及布置形式对曲线型消力池消能效果的影响,为曲线型消力池设计优化提供了科学依据和指导。

(2) 根据模型试验结果,通过在消力池末端增设辅助消能工,成功改善了消力池和退水渠的水力学性能。校核工况下,消力池水深减小1.975m,消能率提高3.21%,水跃位置前移,退水渠出口平均流速降低14.63%,水力学改善效果显著。

#### 【参考文献】

- [1] 曾施雨,杨胜发,张帅帅,等.刘家沟水电站溢洪道泄洪消能方案试验研究[J].中国农村水利水电,2017(6):130-137.
- [2] 陶涛.基于水工模型试验的水库消能池底流消能体型设计研究[J].水利科学与寒区工程,2023,6(8):19-23.
- [3] 贾洪全.基于水工模型试验的某水库溢洪道优化设计[J].水利技术监督,2024(6):150-154.
- [4] 罗昌辉.表孔溢洪道水工模型试验研究[J].吉林水利,2024(6):11-15.
- [5] 中华人民共和国水利部.水工(常规)模型试验规程:SL155-2012[S].北京:中国水利水电出版社,2012.
- [6] 李炜.武汉大学.水力计算手册[M].北京:中国水利水电出版社,2006.

#### 作者简介:

贾洪全(1993--),男,汉族,四川南充人,硕士研究生,工程师,主要从事水利水电工程勘察设计工作。