

泽城水电站导流泄洪洞流态模拟试验及应用

许王峰

(山西泽城西安水电有限公司,山西太原 030002)

【摘要】 泽城水电站导流泄洪洞出口河道段狭窄、险峻,泄流流态异常复杂,沿河段消能防冲设计难度大。为验证泄洪洞体型及布置方式的合理性,设计、实施了流态模拟试验,结果表明:泄洪洞过流能力略大于水力学计算结果,出口水头可以满足规范要求,在汛限水位、设计水位、校核水位三种工况下,挑角在 20° 至 25° 之间均合理。据此为设计修改提出了有益的建议。工程试运行实测数据与试验数据基本匹配,效果良好。

【关键词】 水电站;泄洪洞;流态模拟试验

中图分类号: TV131.65

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)07-040-04

Flow state simulation test and application of diversion spillway tunnel in Zecheng Hydropower Station

XU Wangfeng

(Shanxi Zecheng Xi'an Hydropower Co., Ltd., Taiyuan 030002, China)

Abstract: Outlet channel section of diversion spillway tunnel in Zecheng Hydropower Station is narrow and steep, and the discharge flow state is very complicated. It is difficult to design energy dissipation and flood prevention along the channel section. Flow state simulation test is designed and implemented in the paper in order to verify its reasonableness. The test results show that flow capacity of tunnel spillway is slightly larger than the hydraulics calculation results. The outlet water head can meet the specification requirements. The jet angles from 20 to 25 degrees are all reasonable under three conditions of flood water level, design water level and check water level. thereby proposing beneficial suggestions for design and modification. The actually measured data of engineering trial operation is basically matched with the experimental data. The engineering application effect is good.

Key words: hydropower station; spillway tunnel; flow state simulation test

泽城水电站位于晋冀交界处的清漳河干流上,导流泄洪洞采用挑流鼻坎泄流方式,设计最大泄流量为 $942.74\text{m}^3/\text{s}$ 。由于泄洪洞出口河道段狭窄、陡峻,使得泄流流态异常复杂,造成沿河段消能防冲设计难度增加。为保证泄洪建筑物的安全运行,验证建筑物的体型及布置方式的合理性,考察了不同运行工况下的水流流态及造成的工程效果,检验了原设计结论,为优化

设计提出了改善建议。

1 导流泄洪洞平面布置方式

导流泄洪洞布置于面板堆石坝右岸,洞轴线穿山而过,为内径8m的有压圆形钢筋混凝土隧洞,兼有导流、泄洪及排沙作用。沿轴向由进口引渠段的梯形断面,经曲线收缩至洞身,而后出口渐变扩张,至挑流鼻

坎泄流共六部分组成,总长 641m,洞内最大流速为 19.21m/s。为满足隧洞排气或补气的运行要求,在进口侧竖井内部,检修闸门下游侧各设置一个 4m × 6m 通气孔。

2 试验目的和要求

2.1 试验目的

验证导流泄洪洞布置的合理性,研究导流泄洪洞过流时的水流特性,验证其水力计算,各部结构设计的合理性,对其水流流态、消能效果、流速分布、气蚀等情况分不同工况进行研究。

2.2 试验内容及要求

验证导流洞布置及体型合理性;验证导流洞的流态;通过试验提出不同库水位下的泄流量及洞身段沿线不同断面的测压管水头;测试不同流量下明流部位的流速;验证出口处挑流鼻坎消能能效;提出导流泄洪洞布置及体型的改进建议。

2.3 基本参数

- 汛限水位与泄量为 848.00m 与 874.02m³/s;
- 设计洪水位与泄量为 854.22m 与 942.74 m³/s;
- 校核洪水位与泄量为 859.60m 与 998.32 m³/s;
- 糙率 $n = 0.014$ 。

3 模型设计

3.1 模型比尺确定

按照模型与原型水流流态相似的原则,充分考虑原型设计状态的水力布置,比照水工(常规)模型试验规程,经实际计算论证,确定几何尺寸为 $\lambda_L = 40$ (其他尺寸见表 1)。

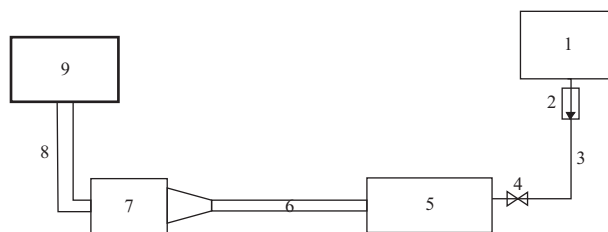
表 1 模型比尺

几何比尺 λ_L	糙率比尺 λ_n	流量比尺 λ_{q_p}	速度比尺 λ_v	压强比尺 λ_p	时间比尺 λ_t
40	1.848	10119.291	6.324	40	6.324

3.2 试验系统及模型布置

初始从地下水水库泵至高位平水箱,沿系统管路流

入低位平水箱,经流量计后,从水库进水管流入模型试验水库,然后经冲刷、退水等模拟段,回流至地下水水库(试验系统见图 1)。流量由控制阀进行调节(模型布置图详见图 2)。



1-低位平水箱; 2-涡轮流量计; 3-水库进水管; 4-调节控制阀; 5-模型水库; 6-试验段; 7-冲刷池; 8-退水渠; 9-地下水水库

图 1 试验系统平面

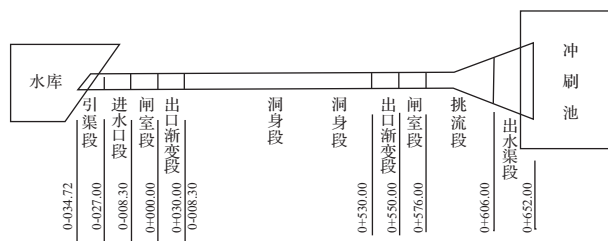


图 2 模型布置平面

3.3 测压管

为精准勾勒水力压坡线,模型系统管路沿线共布设 23 个测点。

3.4 模型材料

比照原型建筑物材料、糙率,模型试验段全部采用了比尺化、参数化的有机玻璃板和有机玻璃管材料进行模拟。冲刷池内铺装碎石模拟冲坑冲刷的分布及力学情况。

3.5 水力要素测量

模拟流量采用数字式涡轮流量计进行计量,水位计测压管水头采用钢尺测量,水深用测针感测,流速用多功能流速仪测量,水舌长度和冲坑深度用钢尺测量。

4 导流泄洪洞过流能力试验成果及分析

4.1 水电站库水位与泄流量关系试验成果

采用模型试验反馈数据,绘制库水位与泄流量关

系图(见图3)。

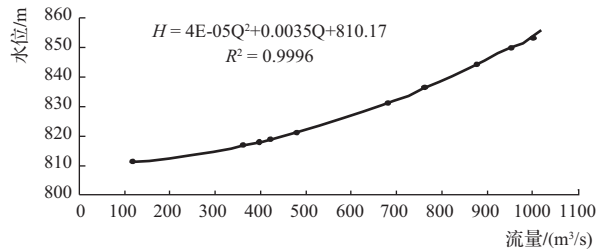


图3 模型试验测得的库水位与泄流量关系

4.2 水电站库水位与泄流量关系的水力学计算结果

绘制水电站库水位与泄流量关系的水力学计算结果曲线图(见图4)。

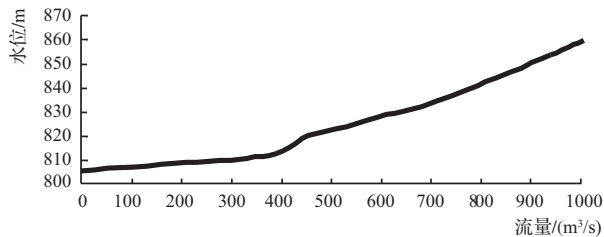


图4 水力学计算得的库水位与泄流量关系

4.3 模型试验结果与原设计报告中水力学计算结果对照

绘制模型试验结果与水力学计算结果对照曲线图(见图5)。

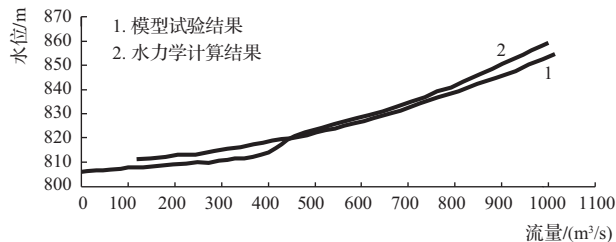


图5 库水位与泄流量关系比较

由图3、图4和图5中信息得知,在泄流量 $Q = 450\text{m}^3/\text{s}$ 左右时,模型试验结果基本与水力学计算数据结果匹配;在泄流量小于 $450\text{m}^3/\text{s}$ 时,模型试验结果趋势较水力计算结果逐渐减少;而在泄流量大于 $450\text{m}^3/\text{s}$,模型试验结果趋势较水力计算结果逐渐增大。

5 导流泄洪洞水流特征结果分析

5.1 导流泄洪洞中明流部位水流流速分布

在汛限、设计、校核三种工况下,分别计算出闸室段、挑流消能段等明流部位水流流速及水深测算结果(见表2和表3)。

表2 三种水位工况下的流速 (单位:m/s)

工况	测速位置	闸室进口	闸室出口	挑流坎底	挑流坎顶
汛限水位	底部	15.0269	15.16523	14.8545	16.5304
	中部	18.9213	18.2192	17.3930	18.7734
	顶部	19.2278	19.5376	18.4503	19.6135
设计水位	底部	18.6011	18.3052	16.2100	18.4522
	中部	19.1431	18.7609	18.4402	19.2783
	顶部	19.2505	19.5446	18.9346	19.7670
校核水位	底部	18.4523	18.4038	17.3807	19.0938
	中部	20.7574	19.9193	19.8945	21.1396
	顶部	20.8877	20.5918	20.0481	21.3494

注 表中底部流速是指底板以上0.44m处流速,顶部流速是指水面处的流速,中部流速是指一半水深处的流速。

表3 三种工况下不同部位处的水深 (单位:m)

工况	位置	水深
汛限水位	闸室进口	6.59
	闸室出口	6.56
	挑流坎底	5.20
	挑流坎顶	4.80
设计水位	闸室进口	6.59
	闸室出口	6.56
	挑流坎底	5.20
	挑流坎顶	5.00
校核水位	闸室进口	6.59
	闸室出口	6.56
	挑流坎底	5.20
	挑流坎顶	5.00

5.2 导流泄洪洞流态试验结论

导流泄洪洞在汛限水位工况下运用时,从导流泄洪洞进水口段至出口闸室段入口处区间反馈流态,皆为有压流。出口闸室段至出水渠段区间流为明流。

导流泄洪洞在设计洪水位工况下运用时,从导流泄

洪洞进水口段至出口闸室段入口区间反馈流态,皆为有压流。出口闸室段至出水渠段区间流为明流状态。

导流泄洪洞在校核水位工况下运用时,从导流泄洪洞进水口段至出口闸室段入口区间反馈流态,皆为有压流。出口闸室段至出水渠段区间流为明流。

6 挑流能效验证

原设计挑角为 20° ,以此原型为基础,模型按汛限、设计、校核三种水位工况进行验证。

6.1 挑流消能

汛限、设计、校核三种水位工况下,水舌挑距末端皆落在出水渠段范围之内(见表4)。

表4 水舌桩号及挑距测算 (单位:m)

工 况	总挑距	水舌落点中心桩号
汛限水位	32.3	0 +638.4
设计水位	33.3	0 +639.2
校核水位	38.7	0 +644.8

6.2 下游水流衔接

由于出水渠段入口大于挑坎宽度,底板又低于挑坎,故在挑坎两侧和出水渠侧墙间及水舌下面形成与大气相通的空间。水舌与下游水面连接平稳。

7 挑坎挑角调变至 25° 试验方案

挑角改变为 25° 后,在汛限流量、设计流量、校核流量三种工况下,出口闸室段后的流速、水舌挑距等均略有变化。

7.1 流速

新方案明渠部位流速见表5和表6。

表5 挑角 25° 方案的各部位流速 (单位:m/s)

工况	测速位置	闸室进口	闸室出口	挑流坎底	挑流坎顶
汛限水位	底部	16.6810	17.1712	14.5987	16.5305
	中部	18.3544	18.0587	18.7362	19.9073
	顶部	18.9741	18.5818	19.5917	20.1200
设计水位	底部	19.7341	18.1447	16.0622	20.0545
	中部	20.362	19.3157	19.6848	20.6961
	顶部	20.2417	20.6221	22.8771	20.9917

续表

工况	测速位置	闸室进口	闸室出口	挑流坎底	挑流坎顶
校核水位	底部	20.2396	21.2009	16.8876	20.1038
	中部	21.6078	21.7424	20.0799	20.7454
	顶部	22.3523	22.6320	23.8222	21.0658

注 表中底部流速是指底板以上0.44m处流速,顶部流速是指水面处的流速,中部流速是指一半水深处的流速。

表6 三种水位工况下不同部位处的水深

(单位:m)

工 况	位 置	水 深
汛限水位	闸室进口	6.51
	闸室出口	6.40
	挑流坎底	4.99
	挑流坎顶	5.61
设计水位	闸室进口	6.51
	闸室出口	6.40
	挑流坎底	4.99
	挑流坎顶	5.68
校核水位	闸室进口	6.51
	闸室出口	6.40
	挑流坎底	4.99
	挑流坎顶	5.68

7.2 挑距

经验证,三种工况下,水舌末端皆落在出水渠段范围之内(不同工况下的水舌挑距见表7)。

表7 水舌桩号及挑距测算 (单位:m)

工 况	总挑距	水舌落点中心桩号
汛限水位	34.1	0 +640.0
设计水位	40.7	0 +646.5
校核水位	44.1	0 +649.8

8 主要结论及建议

在汛限水位、设计水位和校核水位三种工况下,导流泄洪洞的过流能力略大于水力学计算结果;在三种工况下,泄洪洞出口顶板之上水头能满足设计规范要求,不会产生气蚀;在挑角 20° 和 25° 时,三种工况下,挑流水舌末端皆落在出水渠范围之内,挑角及反弧设计合理。(下转第48页)