

【水利水电工程】

乌拉泊水库溢洪道消能防冲模型试验研究

张明义, 戚印鑫, 高建新

(新疆水利水电科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830049)

摘 要: 乌拉泊水库溢洪道既有转弯段也有陡坡泄槽段, 转弯段凸岸和凹岸水深、流速相差较大, 陡坡段流速大、流态复杂, 下游消力池消能率低、流态紊乱。通过模型试验, 将转弯段改造成消力池, 有效地控制了弯道离心力的作用, 借助糙条的作用降低了陡槽内流速, 使水流能较快地在横断面上重新均匀分布, 使改建后的溢洪道水流条件得到了改善。

关 键 词: 水工模型试验; 溢洪道; 消力池; 泄槽段; 乌拉泊水库

中图分类号: TV651.1 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1000-1379.2010.03.037

1 工程概况与试验内容

乌拉泊水库是乌鲁木齐河上游的一座拦河水库, 具有防洪、灌溉和城市供水等效益。乌拉泊水库溢洪道的建筑物等级为 Ⅱ 级, 由引水渠段、控制段、泄槽段、底流消能段和泄水明渠交叉段组成, 其中泄槽段为天然冲沟, 未进行整治和衬护, 泄洪时将对天然冲沟产生严重冲刷, 使冲沟内的坡积物和部分强风化岩石被水流带到下游, 淤堵消力池、泄水明渠, 并造成水源地的水质污染。针对溢洪道泄槽未衬砌、消能设施不符合标准等问题, 迫切需要对溢洪道泄槽和消力池进行整治、改建和加固处理, 提高工程运行的安全度, 确保正常泄洪时不影响下游放水明渠的安全供水。乌拉泊水库溢洪道设计泄量为 $551.0 \text{ m}^3/\text{s}$, 校核泄量为 $878.0 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

试验目的主要是检验泄槽、消力池等各段体形设计的合理性, 测定溢洪道泄槽各部位水深及流速等情况, 对上游消力池的体形、消能效果及下游防冲措施等提出改进意见。

2 原型设计方案及模型设计

原设计方案平面布置见图 1。溢洪道全长 778.5 m, 上游泄槽段、陡坡段和平坡上游消力池段均是底宽为 54.8 m 的矩形断面; 桩号 0+158.07—0+215.492 是转角为 75° 的平坡转弯段, 过水断面宽度从 54.8 m 逐渐缩窄为 40.0 m; 下游段桩号 0+215.492—0+585.000 为矩形断面泄槽段, 0+585.000—0+778.500 分别为平坡的下游消力池及 1/500 的缓坡泄槽段。

为更好地反映原型中的水流状况, 根据试验内容, 按照《水工(常规)模型试验规程》^[1] 的要求和重力相似准则设计模型, 采用几何比尺为 1/45 的正态模型, 模型范围自驼峰堰前引渠段 90.00 m 至溢洪道出口与泄水明渠平交的消能段下游护坦末端, 总长约 880.00 m。

长度比尺 $L = 45$, 由重力相似条件(弗劳德模型相似定律)得到相应的流量比尺 $Q = (L)^{2.5} = 13\,584.11$, 流速比尺

$v = (L)^{0.5} = 6\,708$, 糙率比尺 $n = (L)^{1/6} = 1.886$ 。根据设计单位提供的资料, 次改建设计的泄槽和消力池均为全衬砌断面, 衬砌混凝土糙率为 0.015。按糙率相似条件, 模型的控制段闸室、驼峰堰、人工泄槽段、陡坡段、消力池段底板及边墙均用有机玻璃板及塑料板精制, 泄水明渠用砂浆制作并精心抹面收光。

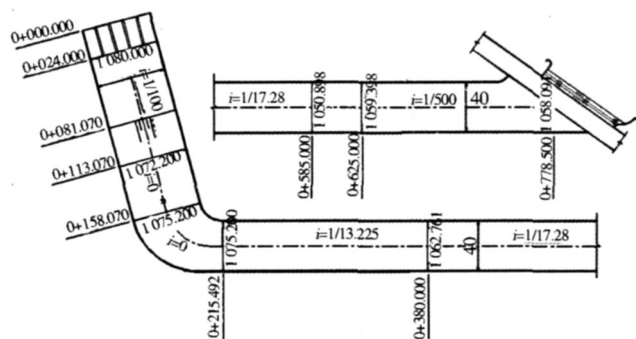


图 1 原设计方案平面布置(单位:m)

3 试验研究成果与分析

3.1 原设计方案试验

(1) 上游段。五孔闸门全部开启时, 上游段各部位的流态情况都很好: 坡比为 1/100 的泄槽段水深、流速分布都很均匀; 水跃跃头基本都很齐整地出现在陡坡段中间位置桩号 0+096.34 附近; 上游消力池内水流流态较好, 无回旋流及折冲水流现象; 特别是在设计库水位及设计泄量情况下, 上游消力池内水流流速、水深分布比较均匀, 消力池消能充分、消能效果良好。在校核库水位和校核泄量时, 跃头虽然水流更急、水流有较强烈的翻滚现象, 跃长大幅度增加, 但上游消力池内水流流

收稿日期: 2009-05-06

作者简介: 张明义(1968—), 男, 江苏邳州人, 高级工程师, 硕士, 主要研究方向为水力学及河流动力学。

E-mail: sky_zmy@163.com

加,从而使泄槽段、下游消力池段水流流态大有好转,入池流速大大降低,减轻了下游消力池的消能负荷,使水流平稳顺畅,消力池内无水流翻滚、折冲、回旋及紊动现象。经实测,泄槽段内各断面流速普遍降低了 3.0~6.0 m/s,而水深却增加了 0.6~1.1 m。与修改方案二相比,缓坡泄槽段内流态更平稳均匀。因此,这种方案各流量情况下的下游消力池及缓坡泄槽段的流态均达到较理想的状态。但缺点是泄槽段内水花飞溅、水面翻起较高,一些断面水深增加较多,必须增加原设计的宽浅式泄槽边墙高度,这样势必会增加工程量。

经计算^[2-3],这种布置方案下游消力池内跃前断面水流的弗劳德数为 1.93~2.39,属弱水跃范围,消能率低。在确保跃头位置、下游消力池及缓坡泄槽段内流态、流速、水深分布基本不变的情况下,对下游消力池池深进行了一些减少工程量的优化、改造工作,经放水试验效果较好^[4]。

4 结 论

(1)原设计方案上游消力池消能效果、流态较好,但转弯段水深、流速分布极不均匀,存在较大的水面横向超高和流速差,造成下游泄槽段内有折冲水流;下游消力池消能不充分、左右岸消能效果不一致,池内水流翻滚、脉动、回旋现象明显;缓坡泄槽段存在不稳定的折冲水流、末端出口流速偏大等现象。

(2)修改方案二将转弯段改造成上游消力池后,有效地降

低了环流强度、减弱了弯弧离心力作用,对调整转弯段流速、水深分布及下游泄槽、消力池和缓坡泄槽段内流态至关重要。

(3)在不改变上游消力池的消能率、消能效果,也不影响转弯段及其下游水流流态的情况下,上游消力池的池深、池长可以进行优化。

(4)在泄槽段上加糙,对改善泄槽段流态、流速分布及下游消力池内水流情况起决定性作用,而且大大减缓了进入下游消力池的水流流速,改善了消力池的水流流态。

(5)溢洪道设计可采用修改方案二和方案四,即将原设计的转弯段改造成上游消力池的一部分,这样上游消力池池深可减少 1.0 m,上游消力池直线段长度可缩短 15.0 m;或者泄槽段内增设交错式糙条,以减小进入下游消力池的水流流速,改善下游消力池的水流流态。

参考文献:

- [1] 南京水利科学研究院. SL155—95 水工(常规)模型试验规程[S]. 北京:中国水利水电出版社,1995.
- [2] 华东水利学院. 水力学[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [3] 武汉大学水利水电学院. 水力计算手册[M]. 2版. 北京:中国水利水电出版社,2006.
- [4] 李崇智,乔海泉,苟志恒,等. 跌水与陡坡[M]. 北京:水利电力出版社,1988.

【责任编辑 张华岩】

(上接第 82 页)优化配置模型进行求解。在计算出的非劣解集中,目标 1、目标 2、目标 3 取值区间分别为 1.472 31~1.479 98、3 505.864 5~3 648.563 7、0.749 26~0.81 95;各目标满意度取值区间范围分别为 0.929 95~0.998 14、0.949 17~0.998 08、0.738 21~0.998 11;措施 1~4 取值区间分别为 7 339~7 669、0~83、5 882~6 234、0~116、1~143,可以看出目标 1 和目标 2 满意度较高,而目标 3 满意度变化范围较大但是泥沙消减率都在 70%以上,各个目标值变化区间都较小,非劣解中各措施增加面积以措施 1、2 为主。

根据非劣解集的评价,在决策时应遵循以下原则:所选择的解应该是目标 3 满意度比较大的解;流域植被覆盖类型的多样性有助于流域内生态系统的健康发展,因此所选择的解应该是非劣解集中措施 1、2 面积之和较小的解。首先选择目标 3 满意度在 0.95 以上的解,见表 4,各个解对应的面积见表 5。

表 4 目标 3 满意度在 0.95 以上非劣解评价结果

非劣解	目标值 1	目标值 2	目标值 3	满意度 1	满意度 2	满意度 3
1	1.478 19	3 607.113 0	0.816 60	0.953 632	0.983 871	0.987 392
2	1.476 68	3 645.005 0	0.810 90	0.963 387	0.996 859	0.966 296
3	1.477 10	3 627.230 5	0.816 35	0.960 671	0.990 767	0.986 487
4	1.476 67	3 630.965 7	0.815 11	0.963 419	0.992 047	0.981 889
5	1.476 64	3 520.888 7	0.817 61	0.963 613	0.954 319	0.991 148
6	1.477 30	3 577.924 9	0.816 71	0.959 355	0.973 867	0.987 828
7	1.476 75	3 606.551 9	0.816 09	0.962 903	0.983 679	0.985 528
8	1.479 99	3 633.838 3	0.817 21	0.942 021	0.993 031	0.989 657

表 5 目标 3 满意度在 0.95 以上的非劣解 hm²

非劣解	措施 1	措施 2	措施 3	措施 4	措施 5
1	7 576	20	5 945	43	56
2	7 663	39	5 932	5	1
3	7 604	47	5 967	13	9
4	7 668	3	5 939	21	9
5	7 626	17	5 986	9	2
6	7 488	32	6 070	49	1
7	7 603	2	5 996	38	1
8	7 551	9	5 957	21	32

由表 5 可以看出,非劣解 1、3、8 各措施的面积组合相对于其他几个非劣解来说,保证了流域植被覆盖类型的多样性,更有利于生态系统的健康发展,因此比其他几组解更优。而非劣解 8 中措施 1 及非劣解 3 中措施 2 面积太小不利于实施,因此选择非劣解 1 作为最终决策方案。

由求解结果可以看出,措施实施后流域泥沙输出量消减了 81.66%,主汛期径流量与其他月份径流量比值由原状条件下的 1.82 降低到 1.478 19,说明对径流的调控能力有所增强,措施实施后年经济效益达到了 3 607.1 万元,效果十分明显。

参考文献:

- [1] 李成杰,许靖华,焦宝成. 水土保持优化配置及方法[J]. 水土保持科技情报,2004(6): 11-12.

【责任编辑 吕艳梅】