DOI:10.11705/j.issn.1672-643X.2015.03.32

消力池内双层悬栅对消能效果影响试验研究

蒋健楠, 牧振伟, 张佳祎

(新疆农业大学水利与土木工程学院,新疆乌鲁木齐 830052)

摘 要:针对在消力池内布置双层悬栅对消能效果影响鲜有研究,通过在消力池内未布置悬栅、布置单层悬栅和布置双层悬栅进行模型试验,对比分析布置悬栅前后消力池内流态、最大水深以及消能率。结果表明:在设计流量 Q为15 L/s时,布置双层悬栅后,消力池内流态更加稳定,最大水深下降更加明显,但改变悬栅布置型式和栅条数, 消能率变化不大。

关键词:消力池;双层悬栅;流态;最大水深;消能率 中图分类号:TV653.1 文献标识码:A 文章编号:1672-643X(2015)03-0157-04

Experiment on impact of double suspended grid on energy dissipation effect in stilling pool

JIANG Jiannan, MU Zhenwei, ZHANG Jiayi

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: Aimed at that research on the impact of double suspended grid on energy dissipation effects in stilling pool is few, through model test of not arranging suspended grid, arranging single suspended grid and double suspended grid, the paper comparatively analyzed the flow pattern, maximum water depth and energy dissipation rate in stilling pool before and after arranging suspended grid. The result showed that when the design flow rate Q is 15 L/s, the flow pattern in stilling pool is more stable and the maximum water depth obviously declines after arranging double suspended grid. When changing the type and number of suspended grids, the energy dissipation rate changes little.

Key words: stilling pool; double suspended grid; flow pattern; maximum water depth; energy dissipation rate

1 研究背景

消力池是底流消能中常见的消能工,在消力池 内增设消力墩^[1]、T形墩^[2]、掺气分流墩^[3-4]、尾坎 等辅助消能工,能较好地提高消力池消能效果。但 是对于一些底孔出口的消力池,不仅要考虑泄流消 能问题,还需考虑排沙问题。悬栅消能工作为一种 新型辅助消能工应用于消力池中,不但提高了消力 池消能效果,还较好地解决了排沙问题^[5]。前人对 悬栅消能工做了一定的研究,侯杰等^[6]通过陡坡弯 道试验,研究了悬栅消能工的消能机理;李风兰 等^[7]通过改变悬栅排列方式对悬栅消力池进行模 型试验,得到了悬栅消力池消能率最大提高幅度为 15.10%,最高消能率达95.14%;吴战营等^[8]借助 模型试验和数值模拟手段,得到了新疆迪那河五一 水库导流洞出口消力池内悬栅最佳体型、布置型式; 朱玲玲等^[9]通过均匀正交设计及投影寻踪回归试 验,得出了消力池内最大水深影响因子排序。此前 对悬栅消能工的研究成果,大都是通过在消力池布 置单层悬栅所得,对于在消力池内布置双层悬栅的 情况鲜有研究。本文通过改变消力池内悬栅栅条 数,对在消力池内布置悬栅前后进行模型试验,探究 以上悬栅栅条数的改变对消力池内流态、最大水深 以及消能率的影响,为今后深入研究悬栅消能工提

收稿日期:2015-02-09; 修回日期:2015-03-12

基金项目:国家自然科学基金项目(51469031);新疆优秀青年科技创新人才培养项目(2013721027);新疆农业大学大学 生创新项目

作者简介:蒋健楠(1991-),男,江苏江阴人,硕士研究生,研究方向为水力学及河流动力学。

通讯作者:牧振伟(1973-),男,河南南阳人,教授,研究方向为水力学及河流动力学。

供依据。

2 模型试验设计

2.1 模型设计

为研究消力池内布置双层悬栅后的消能效果, 试验采用 Q =15 L/s 作为设计流量,通过相关水力 计算^[10]得到消力池尺寸,其中消力池池长 120 cm、 池宽 18 cm、池深 10 cm、边墙高 39.5 cm,消力池结 构如图 1(a)所示。吴战营等^[11]通过新疆五一水库 模型试验表明矩形悬栅消能效果比较好,本次试验 采用矩形悬栅,其中悬栅尺寸长 18 cm,宽1 cm,高 2 cm,悬栅结构如图 1(b)所示。为便于观测,试验模 型均采用有机玻璃板制作。模型总体长约 9.3 m, 由水箱、进口引水段、消力池、出口泄水段以及三角 形量水堰组成。





2.2 试验设计

在设计流量 Q = 15 L/s 时,分别对消力池内未 布置悬栅(图1(a))、布置单层悬栅(图2(a))和布 置双层悬栅(图2(b))进行模型试验,观察布置悬 栅前后对消力池消能效果的影响,并测量消力池内 最大水深以及消能率。布置悬栅时,在消力池渥奇 段布置4 根悬栅,取栅高 h = 7 cm、栅距 $b_1 = 3.5$ cm;为使水流更好地进入消力池,在消力池前端布 置1 根悬栅,取栅高 h = 8.5 cm,与渥奇段悬栅之间 栅距 $b_1 = 3.5$ cm。

对布置单层和双层悬栅进行试验时(见表1), 保持渥奇段4根和消力池前端1根悬栅位置不变, 只改变消力池内悬栅栅距*b*₁、栅条数*n*以及层距*b*₂; 由于消力池内布置悬栅过多则比较浪费,过少则消 能效果不好,栅高过高会使消力池水位雍高,并保证 布置单层和双层时悬栅第1根和最后1根之间总间 距一定,布置单层时,悬栅栅距取 $b_1 = 5.5$ cm,栅条数取7、11、15 根,栅高取h = 11 cm;布置双层时,悬栅栅距取 $b_1 = 12$ cm,栅条数分别取7、11、15 根,层距取 $b_2 = 4$ cm;在消力池布置较多悬栅,即 $b_1 = 8$ cm、n = 23 根、 $b_2 = 10$ cm。



图 2 消力池内悬栅布置图(单位:cm)

表1 消力池内悬栅布置方案

试验	悬栅布	栅距	栅条数	层距	层数
序号	置情况	b_1 /cm	n/k	b_2 / cm	
1	无栅				
2	有栅	5.5	7		1
	有栅	12	7	4	2
3	有栅	5.5	11		1
	有栅	12	11	4	2
4	有栅	5.5	15		1
	有栅	12	15	4	2
5	有栅	8	23	10	2

2.3 测量手段

消力池内流态观察采用肉眼观察方式,并用高 清摄像机摄像记录;最大水深采用测针测量,测针测 量精度为0.1 mm,取断面水位最高处读数与该断面 底部读数之差为最大水深*H*。

3 试验结果及分析

3.1 悬栅层数对消力池内流态影响对比

在设计流量下,通过试验得到布置悬栅前后消 力池内流态图(见图3)。未布置悬栅时,如图3(a) 所示,可以看到消力池内流态较为紊乱,水流在消力 池内形成远驱式水跃,水面波动非常剧烈,水位较 高,水流对边墙冲击较大,消力池末端水流出流不平 稳,消力池消能效果不太理想;在消力池内布置单层 悬栅,其中栅距 b_1 =5.5 cm、栅条数n =16 根,流态 如图 3(b)所示,消力内水跃向前移至渥奇段,消力 池中后段流态稳定,水面没有剧烈波动,水流对边墙 冲击减弱;在消力池内布置双层悬栅,其中栅距 b_1 =12 cm、栅条数n =16 根、层距 b_2 =4 cm,流态如 图 3(c)所示,水流在渥奇段形成淹没式水跃,消力 池内流态更加稳定,消力池中后段水面没有剧烈波 动,出口段水流出流平稳。

在消力池布置悬栅后,悬栅通过阻挡水流,将水 流分成上下两股,使上下水流相互碰撞,增大水流掺 气量,使水流中大部分能量耗散,消力池内流态稳定; 由于布置双层悬栅后,悬栅阻水断面增大,使水跃主 要集中在渥奇段和消力池前段,进行掺气消能,消力 池中后段水跃逐渐减弱,掺气量逐渐减少,水面趋于 平稳。说明在栅条数一定时,将悬栅布置成双层型 式,消力池内流态更加稳定,较单层布置型式更优。





(b) 布置单层悬栅



(c)布置双层悬栅 图3 布置悬栅前后消力池内流态图

3.2 悬栅层数对消力池最大水深及消能率影响

通过试验得到无悬栅、布置单层悬栅以及布置 双层悬栅后,消力池内最大水深和消能率情况(见 表2)。无悬栅时,消力池内最大水深 H = 31.40cm,消能率 $\eta = 74.29\%$;布置单层悬栅时,平均消 能率 $\eta = 76.26\%$,在消力池内栅条数 n = 7根时, 水流在消力池内形成远驱式水跃,当消力池内栅条 数为11、15根时,水流在消力池内流态稳定,并形成 淹没式水跃,消力池内最大水深增大;布置双层悬栅 时,平均消能率 η = 75.24%;当栅条数为7、11 和 15 根时,消力池内流态均稳定,水流均形成淹没式 水跃,最大水深平均下降3.57 cm,下降幅度为 11.37%,消能效果相对较好;布置较多悬栅后,消力 池内流态相对稳定,消能率为75.78%,但最大水深 为29.99 cm,水深增大,水流集中在渥奇段和消力 池前段,并有水溅出。

2015 年

试验	悬栅布	栅距	栅条数	层距	巨粉	最大水深	下降水深/	消能率	圳鱼
序号	置情况	b_1 /cm	n/根	b_2 /cm	云奴	H/cm	cm	η / %	坎豕
1	无栅					31.40		74.29	远驱式水跃
2	有栅	5.5	7		1	26.40	5.00	76.07	远驱式水跃
	有栅	12	7	4	2	28.01	3.39	75.32	淹没式水跃
3	有栅	5.5	11		1	27.65	3.75	76.28	淹没式水跃
	有栅	12	11	4	2	27.55	3.85	75.62	淹没式水跃
4	有栅	5.5	15		1	28.02	3.38	76.44	淹没式水跃
	有栅	12	15	4	2	27.93	3.47	74.77	淹没式水跃
5	有栅	8	23	10	2	29.99	1.41	75.78	淹没式水跃

表 2 悬栅消力池内最大水深和消能率

布置单层悬栅时,栅距较小,悬栅较密,水跃与 悬栅充分碰撞,能量耗散较多,但阻水能力较弱,流 向下游的水流流速较大,消力池后段水面波动较大; 布置双层悬栅时,栅距较大,悬栅较疏,水跃与悬栅 碰撞相对较弱,能量耗散较少,但阻水能力强,使水 跃形成在消力池前段,流向下游的水流流速较小,消 力池后段水面波动较小,两种情况下消能率相差不 大,因此在消力池内布置悬栅,只改变悬栅布置层 数,对消能率影响不大。将单层悬栅布置改成双层 悬栅布置,不仅能保证消力池消能率满足要求,还能 在栅条数较少使消力池内流态更加稳定,消力池后 段水流更加平稳。布置单层悬栅时,最大水深下降 3.38cm,下降幅度为10.76%;布置双层悬栅时,最 大水深下降3.47cm,下降幅度为11.05%,可见当流 态趋于平稳时,栅条数一定,布置双层悬栅,消力池 内下降幅度更大。消力池内布置较多悬栅后,阳水 断面增大较多,断面过流能力减弱,最大水深升高较 多,渥奇段有水溅出:消力池前段掺气量多,后段掺 气量不明显,后段悬栅未起到有效消能作用,消能率 变化不大,说明消力池内不宜布置过多悬栅。

4 结 语

本文通过在消力池内布置悬栅前后的模型试验 研究,对比试验结果得到以下结论:

(1)在设计流量为 15 L/s 时,消力池内悬栅栅 条数相同,单层悬栅平均消能率为 76.26%,双层悬 栅消能率为 75.24%,消能率变化不大;同样流量 下,消力池布置较多悬栅即 n = 28 时消能率为 75.78%,悬栅增多消能率同样变化不大。

(2)在相同流量下, 栅条数相同或者栅条数较 少时, 布置双层悬栅, 消力池内流态更加平稳, 水面 波动较小,较布置单层悬栅方案更优。

(3)消力池内布置悬栅后,最大水深均有所下降;在消力池内流态均稳定和栅条数一定时,布置双层悬栅,消力池内最大水深下降更多。

参考文献:

- [1] 王均星,朱祖国,陈利强. 消力池内辅助消能工对水跃消 能效果的影响[J]. 武汉大学学报(工学版),2011,44
 (1):40-43.
- [2] 陆杨,刘焕芳,金瑾,等.T型墩间距对消力池效果影响 的试验研究[J].水利水电技术,2013,44(11):40-43.
- [3] 陈剑刚,张建民,许唯临.前置掺气坎式阶梯溢洪道体型 特点及工程应用试验研究[J].四川大学学报(工程科 学版),2010,42(6):6-11.
- [4] 张应亮. 桂花水电站掺气分流墩与消力池联合应用消能效果的研究[J]. 中国水能及电气化,2011,79(8):39 44+58.
- [5] 成 军. 陡坡急流悬栅消能水力特性的试验研究[D]. 乌 鲁木齐:新疆农业大学,2003.
- [6] 侯杰,赵涛,牧振伟,等. 悬栅消能工水力特性研究 [J].水力发电,2004,30(1):36-39.
- [7] 李风兰, 侯杰, 邱秀云, 等. 悬栅消力池消能特性的试验 研究[J]. 新疆农业大学学报, 2006, 29(1):63-66.
- [8] 吴战营,牧振伟,潘光磊.导流洞出口消力池内设置悬栅 消能工试验研究[J].水利与建筑工程学报,2011,9 (4):39-41+104.
- [9] 朱玲玲,牧振伟,杨力行.悬栅消能工均匀正交设计及投影寻踪回归试验研究[J].水资源与水工程学报,2014, 25(6):210-214.
- [10] 赵振兴,何建京.水力学[M].北京:清华大学出版社, 2010.
- [11] 吴战营. 消力池内辅助消能工试验研究及数值模拟 [D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.