

# 圆中环沉沙排沙池曲线型中心出水环堰试验研究

陈治锋, 侍克斌, 杨真, 李燕波

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 为了改进圆中环池内流速分布不均匀的不足,使用物理模型对中心出水环堰进行试验研究。对中心出水环堰进行结构优化:在保证中心出水环堰最优高度不变情况下,将环堰出口由平口型调整为曲线一型和曲线二型,分别在3种来流量条件下( $2\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $3\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $4\text{ m}^3/\text{s}$ )测量溢流堰行近流速。试验结果表明:曲线型中心出水环堰相比平口型可以使溢流堰行近流速整体下降且更均匀。从曲线一型和曲线二型最大、最小和平均流速的对比分析中发现,曲线二型对圆中环整体流速的下降更为明显,是优于曲线一型的一种曲线型中心出水环堰。试验对研究圆中环在不同来流量下的中心出水环堰的设计具有一定的参考价值。

**关键词:** 圆中环沉沙排沙池;中心出水环堰;流速;结构优化

中图分类号:TV673.1

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2016)01-0168-04

## Research on center outlet ring in circular – rings of desilting and sediment ejection pool

CHEN Zhifeng, SHI Kebin, YANG Zhen, LI Yanbo

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

**Abstract:** In order to improve the shortage of uneven distribution of flow velocity in circular – ring desilting and sediment ejection pool, the paper used physical model to study the center outlet ring. It also carried out structure optimization to center outlet ring. Under the condition of constant guarantee ring maximum height of weir, the paper adjusted the ring weir export from flat mouth to curve type 1 and type 2. Under three kinds of flow condition ( $2\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $3\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $4\text{ m}^3/\text{s}$ ) it measured the velocity over flow weir outlet. The results show that the type curve center weir ring can make the overflow dam line nearly velocity overall decline compared with that of flat mouth ring and is more uniform. From the analysis of curve type 1 and type 2 maximum, minimum and average flow velocity contrast, it is found that the falling of curve type 2 on circular – ring desilting and sediment ejection pool is more apparent, the fall of velocity in circular – rings weir for curve type 2 is better than that for curve type 1. The test can provide a certain reference for the design of circular – ring desilting and sediment ejection pool under different flows.

**Key words:** desilting and sediment ejection pool of circular rings; center weir ring; velocity; structure optimization

新疆地区河流泥沙含量高,普通的河水二级泥沙处理设施(如条形沉沙池,曲线型沉沙池等)难以满足喷滴灌的水质要求<sup>[1-4]</sup>。圆中环沉沙排沙池(以下简称“圆中环”)作为一种新型的二级泥沙处理建筑物,能够较大范围的处理泥沙,使处理粒径 $0.15\text{ mm}$ (甚至更小)的泥沙颗粒成为可能,尤其处理以推移质为主的泥沙优势明显<sup>[5]</sup>。圆中环工作

原理:携沙水流由进水廊道进入,从中心出水环堰溢出,在向迷宫堰形溢流堰扩散的过程中,流速锐减,溢流堰过水单宽流量骤降,泥沙通过重力作用沉积在沉沙池内,随着沉沙池内水深加大,水流速度降至控制泥沙粒径流速从迷宫型溢流堰溢出,汇集在汇流槽流出,沉沙池内泥沙淤积到一定程度,打开环流闸及冲沙闸排沙<sup>[6-7]</sup>。

收稿日期:2015-08-19; 修回日期:2015-10-07

基金项目:新疆科技支撑计划项目(201233132);新疆水利水电工程重点学科基金资助项目(xjzdxk-2010-02-12)

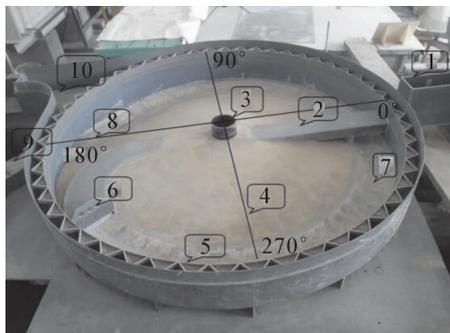
作者简介:陈治锋(1991-),男,湖北黄冈人,在读研究生,主要从事水利水电工程研究。

通讯作者:侍克斌(1957-),男,新疆石河子人,教授,博士生导师,主要从事水利工程专业教学与科研工作。

已有研究表明:圆中环溢流堰周长加大会使溢流堰的行近流速越均匀越更有利于泥沙沉积;当模型“圆中环”来流量为  $Q = 2.727 \text{ L/s}$  (原型  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 时,中心出水环加高 90 mm,沉沙池内流速分布相对最均匀,泥沙淤积形态也相对较好,这样有利于充分利用沉沙池容积,降低排沙耗水率<sup>[8]</sup>。但优化中心出水环顶部高程(中心出水环加高 90 mm)后仍然不能较好地解决  $0^\circ$  断面附近平均流速偏大的问题。因此,本文旨在改变中心出水环堰的形状,力求更好地解决上述问题。

## 1 圆中环沉沙排沙池物理模型

圆中环沉沙排沙池水工模型依据新疆呼图壁河阿苇滩引水渠首圆中环沉沙排沙池原型制作,模型根据重力相似准则,采用正态模型,水平比尺及垂直比尺  $\lambda_L = \lambda_H = 14$ 。“圆中环”模型主要由进水渠、进水廊道、倒锥底坡、中心出水环、汇流槽、冲沙槽、迷宫型溢流堰、冲沙廊道、环流闸、冲沙闸、出水渠等建筑物组成。呼图壁“圆中环”外径为 32 m,内径为 30 m,进水廊道  $2.0 \text{ m} \times 0.75 \text{ m}$ ,纵向坡度  $i = 2\%$ ;汇流槽宽 1.0 m,纵向坡度  $i = 1\%$ ;冲沙槽宽 3.0 m,纵向坡度  $i = 2.35\%$ ;倒锥底坡坡度  $12.7\% \sim 21.8\%$ ,中心出水环直径  $D = 2.0 \text{ m}$ ,溢流堰高  $2.2 \sim 3.6 \text{ m}$  (底部变高,顶部同高),环型闸孔尺寸  $3.0 \text{ m} \times 0.75 \text{ m}$ ,冲沙闸孔尺寸  $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 。前人已对原型模型的溢流堰高度、溢流堰形状和中心出水环堰高度做了优化试验,优化后的圆中环模型如图 1 所示。



1 - 进水渠; 2 - 进水廊道; 3 - 中心出水环; 4 - 倒锥底坡;  
5 - 迷宫型溢流堰; 6 - 环流闸; 7 - 冲沙槽; 8 - 冲沙廊道;  
9 - 冲沙闸; 10 - 出水渠

图 1 “圆中环”模型平面布置照片

## 2 “圆中环”中心出水环堰顶部形状优化

本文研究内容为“圆中环”中心出水环堰顶部

形状的改进试验。携沙水流在中心出水环堰出口形成较高速水流,在沉沙池内沿径向扩散开,最后从迷宫型溢流堰溢出<sup>[9]</sup>。水流在中心出水环堰出口处的流速越均匀,从迷宫型溢流堰流出的流速也就越均匀。因此在对中心出水环堰高度优化的基础上,再对其顶部形状(出口)进行优化,以使出口流速均匀,沉沙效率提高,池内泥沙淤积形态更好。

前人对模型中心出水环堰的优化为:中心出水环堰高度加高 90 mm,型状为圆筒型,出口处为平直<sup>[10]</sup>。现在前人的基础上对中心出水环堰进行进一步的优化,试验中将平直型出口改为光滑曲线型出口, $0^\circ$ 和  $180^\circ$ 方向保持加高 90 mm 不变, $90^\circ$ 和  $270^\circ$ 降低一定高度,使出口为光滑曲线型。曲线型中心出水环在  $0^\circ \sim 360^\circ$  展开图见图 2,试验对 3 种中心出水环堰进行研究,分别为平口型中心出水环堰,曲线一型中心出水环堰和曲线二型中心出水环堰,见图 3~5。

以加高中心出水环堰底部的轴线为  $x$  轴, $0^\circ$  处对应的环堰高度为  $y$  轴,展开后的三种中心出水环堰方程如下。

平口型中心出水环堰在各个方向高度均为 90 mm,方程见式(1)。

$$y = 90 \quad (1)$$

曲线一型中心出水环堰在  $0^\circ$  和  $180^\circ$  方向保持 90 mm 不变, $90^\circ$  与  $270^\circ$  方向最大高度为 80 mm,通过线性回归得到曲线一型中心出水环堰在  $0^\circ \sim 180^\circ$ 、 $180^\circ \sim 360^\circ$  之间线性回归方程,见式(2)。

$$y = -1.7 \times 10^{-7} x^4 + 6.3 \times 10^{-5} x^3 - 0.0059x^2 + 0.0476x + 89.819 \quad (2)$$

曲线二型中心出水环堰在  $0^\circ$  和  $180^\circ$  方向保持 90 mm 不变, $90^\circ$  与  $270^\circ$  方向最大高度为 85 mm,通过线性回归得到曲线二型中心出水环堰在  $0^\circ \sim 180^\circ$ 、 $180^\circ \sim 360^\circ$  之间线性回归方程,见式(3)。

$$y = -0.0036x^4 + 0.0999x^3 - 0.7901x^2 + 1.2743x + 89.348 \quad (3)$$

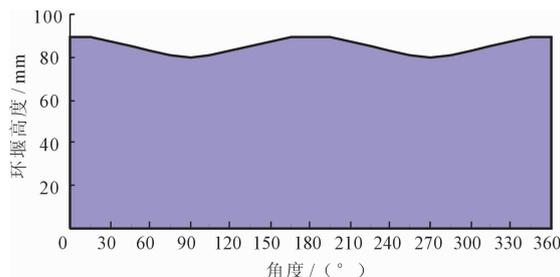


图 2 曲线型中心出水环堰展开图

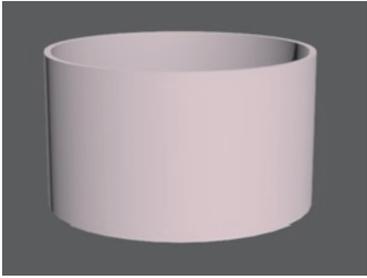


图3 平口型中心出水环堰

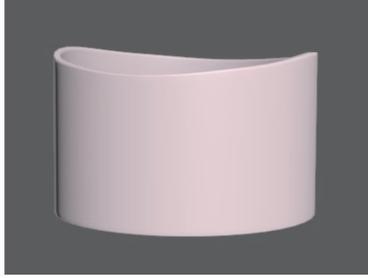


图4 曲线一型中心出水环堰

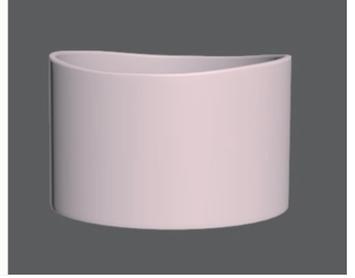


图5 曲线二型中心出水环堰

## 3 试验研究

### 3.1 测试断面及测点布置

本试验在模型试验流量  $Q = 2.727 \text{ L/s}$  (原型  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ )、 $Q = 4.09 \text{ L/s}$  (原型  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ )、 $Q = 5.45 \text{ L/s}$  (原型  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 这 3 种工况下,以每  $45^\circ$  为一测试断面,选取 8 个径向测试断面,分别为  $0^\circ$  ( $360^\circ$  与其重合)、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $225^\circ$ 、 $270^\circ$ 、 $315^\circ$  测试断面。试验主要测试断面上距中心出水环  $100 \text{ cm}$  的测点 (迷宫型溢流堰内侧),在垂向距离  $3 \text{ cm}$  水深处的溢流堰行近流速,测试断面分布见图 6。

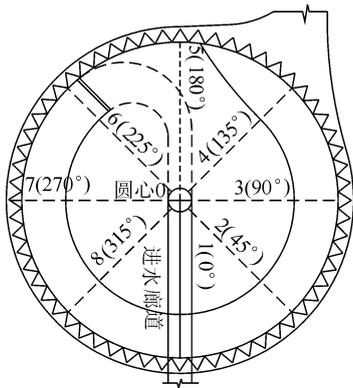


图6 模型流速径向测试断面位置图

### 3.2 测试仪器

试验流速由 LGY - III 型多功能智能流速仪测量。LGY - III 型多功能智能流速仪旋浆直径为  $\Phi 15 \text{ mm}$ ,流速旋浆传感器率定系数  $K = 2.88$ ,  $C = 1.00$ ,流速测量范围:  $1 \sim 300 \text{ cm/s}$ ,单次采样时间  $T = 15 \text{ s}$ 。为减少测量误差,流速大小测量设计为 3 次平均,及自动连续测量 3 次,并逐次显示、计算和储存各个通道的  $V_1, V_2, V_3$  和平均流速  $V$ 。

### 3.3 试验结果分析

对 3 种不同顶部形状的中心出水环堰,在进口流量分别为  $2, 3, 4 \text{ m}^3/\text{s}$  时,测得不同测量断面的溢流堰行近流速,如图 7,图 8,图 9。

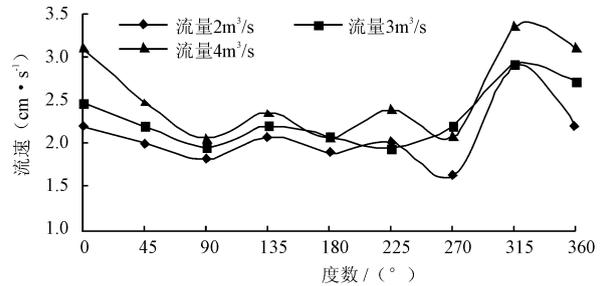


图7 平口型中心出水环堰的不同流量下溢流堰的行近流速分布图

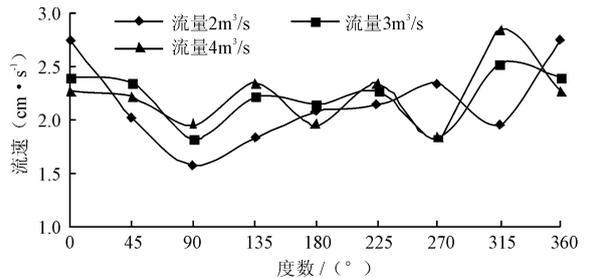


图8 曲线一型中心出水环堰不同流量下溢流堰的行近流速分布图

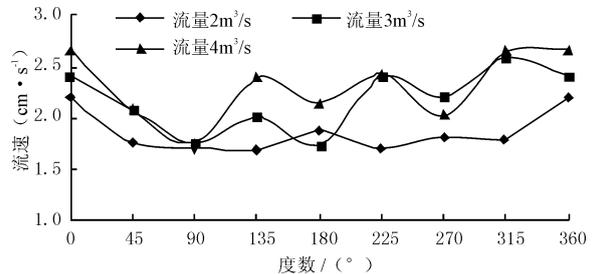


图9 曲线二型中心出水环堰不同流量下溢流堰的行近流速分布图

通过试验获得的数据分析发现,曲线一型和曲线二型中心出水环堰相比于平口型中心出水环堰在 8 个测点的平均流速更加平稳, $0^\circ$  方向流速相比其他角度没有太大偏离,整体流速也有明显下降。说明中心出水环堰改进为曲线型的确有利于改善水流流态。3 种中心出水环堰在不同流量下数据分析见表 1。

表 1 3 种中心出水环堰不同流量下数据分析表

流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	平均流速/( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )			最大流速/( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )			最小流速/( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )			方差		
	平口型	曲线 一型	曲线 二型	平口型	曲线 一型	曲线 二型	平口型	曲线 一型	曲线 二型	平口型	曲线 一型	曲线 二型
2	2.09	2.16	1.86	2.91	2.75	2.20	1.63	1.57	1.69	0.17	0.16	0.04
3	2.30	2.21	2.18	2.92	2.53	2.59	1.95	1.82	1.73	0.08	0.06	0.09
4	2.56	2.25	2.31	3.36	2.85	2.66	2.06	1.83	1.76	0.17	0.08	0.10

由表 1 可见分别在进口流量分别为 2、3、4  $\text{m}^3/\text{s}$  时,曲线型中心出水环堰在 8 个测点的溢流堰行近平均流速,最大流速,最小流速整体均小于平口型中心出水环堰,说明曲线型中心出水环堰优于平口型。对比曲线一型和曲线二型可以发现,曲线二型的平均、最大、最小流速整体要小于曲线一型,说明曲线二型更能有效的降低水流流速,使圆中环内整体流速趋于平稳。一型的方差在 2  $\text{m}^3/\text{s}$  情况下明显大于二型,说明一型无法较好的控制 2  $\text{m}^3/\text{s}$  的流速,流速波动较大,由图 7 也可看出曲线起伏较大,流速不平稳,特别是在  $0^\circ$  附近的流速与平口型中心出水环堰相比也没有明显下降。

## 4 结 论

(1)将中心出水环堰的平口结构改进成曲线型结构使溢流堰行近流速整体变得均匀,改进后的最大流速明显降低,说明曲线型中心出水环堰有利于水流流态的稳定,泥沙沉降会比较均匀,有利于沉沙,提高沉沙池空间利用率,减少排沙耗水率。

(2)曲线型中心出水环二型相对曲线型中心出水环一型溢流堰行近整体流速较稳定,不会出现某个角度流速明显偏大的情况,且能够在多种来流量情况下,均能保证流速的平稳,最大行近流速相比较小,是比较理想的一种曲线型中心出水环。

(3)本文的试验研究仅是在一种特定的圆中环沉沙排沙池模型的基础上进行的,且来流量的变化幅度有限,试验结果有一定参考价值,但并不具有代

表性。今后的试验研究将主要探讨圆中环在不同来流量情况下的尺寸设计准则,希望为圆中环在实际工程应用中提供理论依据。

## 参考文献:

- [1] 刘焕芳,张开泉. 涡管排沙式沉沙池的工程应用——以新疆金沟河渠首电站为例[J]. 水利水电科技进展, 2000, 20(4):42-44+70.
- [2] 逢焕春. 玛纳斯河曲线形沉沙池运行管理研究[J]. 水利技术监督,2013(4):18-20.
- [3] 杨晋晋. 水利水电工程沉沙池的运行设计和原型观测[J]. 水利与建筑工程学报,2004,2(3):35-38.
- [4] 华根福,刘焕芳,汤 骅,等. 微灌沉沙池在新疆兵团节水灌溉中的应用研究[J]. 节水灌溉,2010(4):44-46+51.
- [5] 李 琳,邱秀云,聂 境,等. 基于滴灌浑水水力分离装置的水沙分离试验研究[J]. 水资源与水工程学报, 2010, 21(6):37-40.
- [6] 张 军,侍克斌,高亚平,等. “圆中环”沉沙排沙池浑水沉沙特性[J]. 农业工程学报,2014,30(13):86-93.
- [7] 郭 鑫. 圆中环沉沙排沙过滤池水工模型试验与结构优化试验研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2014.
- [8] 张 军,侍克斌,高亚平,等. 圆中环沉沙排沙池流速分布规律试验[J]. 水利水电科技进展,2015, 35(3):34-36+52.
- [9] 曾 甄. 迷宫堰水力特性综合研究及其应用[D]. 南京:河海大学,2004.
- [10] 张 军,侍克斌,高亚平,等. 中心出水环高对圆中环沉沙排沙池流速分布影响研究[J]. 中国农村水利水电,2014(10):113-115+119.