

圆中环沉沙排沙池流速分布规律试验

张 军¹, 侍克斌², 高亚平¹, 王 进¹

(1. 新疆水利水电勘测设计研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000;
2. 新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:对一种新型沙水分离装置——圆中环沉沙排沙池进行模型试验研究,对 8 个径向测试断面的清水流速在径向、垂向和环向的分布进行了测试。试验结果表明:圆中环沉沙排沙池的流速及流速梯度在环向呈不均匀分布,尤以 180° 径向测试断面流速及流速梯度最大;流速及流速梯度在径向与半径成反比,表层水流流速大小垂向分布与水深成反比;在距离圆心 1/2 半径以内水流紊动较强,其余半径范围水流紊动弱;中心出水环处流速大小与溢流堰内侧最大相差 7.3 倍,溢流堰长度是中心出水环的 15 倍。认为圆中环沉沙排沙池具有较好的沉沙条件的重要原因是溢流堰长度大。

关键词:泥沙处理;圆中环沉沙排沙池;流速;流速梯度

中图分类号:TV673 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2015)03-0034-03

Experimental study on velocity distribution in the circular rings desilting and sediment ejection basin//ZHANG Jun¹, SHI Kebin², GAO Yaping¹, WANG Jin¹(1. Xinjiang Scientific Research Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi 830000, China; 2. College of Hydraulic and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: A modal experimental study has been carried out on a new water and sediment separation device-circular rings desilting and sediment ejection basin. In this study it has been tested the velocity distribution of eight radial test sections respectively in radial, vertical and circular direction. The results indicate that the distribution of velocity and velocity gradient in the ring direction of circular rings is uneven and the largest numerical value emerges in 180° radial test section. Additionally, velocity and velocity gradient are inversely proportional to the radius in the radial direction, and surface water velocity is inversely proportional to water depth in the vertical direction. Besides, flow turbulence in the distance less than 1/2 radius is strong, while in other distance is weak. Furthermore, velocity in the central outflow ring reaches the maximum value of 7.3 times that of overflow weir inside, and the overflow weir length is 15 times that of central outflow ring. Overall, the experiment shows that the circular rings have better desilting conditions for the long overflow weir length.

Key words: sediment disposal; circular rings desilting and sediment ejection basin; velocity; velocity gradient

新疆山溪性河流含沙量高,引水必须防沙。20 世纪 50 年代以来先后引入印度式、原苏联的费尔干式、底栏栅式及分层式等多种一级泥沙处理设施,同时布设冲沙闸槽、曲线沉沙池和厢型沉沙池等二级泥沙处理设施,这些形式的防沙设施早期起到了积极的防沙作用。随着社会的快速发展,河流的引水比大幅度提高,甚至达到 100%,由此造成引水不冲沙的现象,引水渠道及发电机组磨损严重。如新疆轮台县迪那河总干渠干砌卵石渠道,建成后运行仅两年渠底浆砌卵石就被磨掉 15~20 cm,设计引水量减半;新疆克孜河上的喀什一级电站,10 台机组经过一个汛期就全部更换^[1]。鉴于此,人们对二级泥沙处理设施不断改进和创新,目前已运用于实际生

产的二级泥沙处理设施有排沙涡管、复合型沉沙池、排沙漏斗、微灌用新型沉沙池、自排沉沙池等。

排沙涡管在一定水流条件下,随着夹角的增大,管内线速度增大,沿管轴线方向将会出现空腔,涡管内沿径向的纵向流速分布呈管壁大、中间小的特点,轴向流速分布呈中间大、靠近管壁小的规律^[2-3]。禹门口引黄工程复合型沉沙池的流速分布模型试验得出流速分布呈沿程减小的规律^[4]。排沙漏斗为典型的三维流场,大量学者对其清水、浑水的切向、径向、轴向时均流速进行了测试研究^[5-9],得出排沙漏斗的底部流速较大,在流场的大部分区域,切向流速均大于径向流速及轴向流速。微灌用新型沉沙池及自排沉沙池均是在普通条形沉沙池基础上增设调流

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金(2014211B001)

作者简介:张军(1981—),男,四川资中人,工程师,博士研究生,主要从事水利水电工程设计、施工工作。E-mail:zhang244183367@163.com

板、溢流槽等装置改进而得,对其流速分布进行测试研究^[10-11],结果表明增设调流板等装置,沉沙池流速分布更加均匀。

圆中环沉沙排沙池(以下简称“圆中环”)是一种治理泥沙的新型技术装置,它首次应用于新疆呼图壁阿苇滩渠首,重点解决了引水渠泥沙淤积问题,为石梯子乡阿苇滩灌区农业用水提供了保障。2006年运行至今,沉沙排沙效果良好。本文以呼图壁阿苇滩渠首“圆中环”为原型进行径向流速分布规律研究,为“圆中环”结构形式的优化及其推广应用提供理论及设计依据,进一步丰富了泥沙处理技术手段。

1 “圆中环”基本结构

“圆中环”常布置在引水渠道上,主要由进水渠、进水廊道、汇流槽、冲沙槽、倒锥底坡、中心出水环、溢流堰、冲沙廊道、环流闸、冲沙闸、出水渠等建筑物组成^[12],如图1所示。呼图壁阿苇滩渠首“圆中环”外径为32 m,内径为30 m,中心出水环直径2.0 m,进水廊道2.0 m×0.75 m;汇流槽宽1.0 m,纵坡1%;冲沙槽宽3.0 m,纵坡2.35%;倒锥底坡12.7%~21.8%,以中心出水环中心为圆心O。

2 试验概况

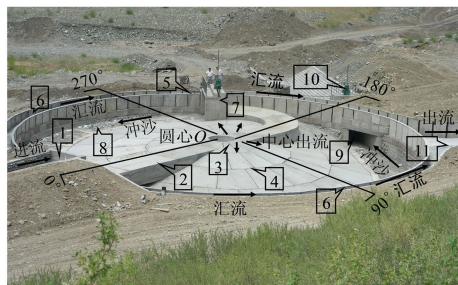
本次测试模型按弗劳德准则设计,模型几何比尺 $\lambda_L = \lambda_h = 14$,为满足糙率相似要求,模型采用聚氯乙烯塑料板制作。清水测试模型流量为2.71 L/s(原型 $2 \text{ m}^3/\text{s}$)。

根据“圆中环”原型及模型水流流态分析可知,水流主要沿径向流动,因而模型试验主要测试其径向流速。清水径向流速采用LGY-III型流速仪对8个径向测试断面进行测试^[13]。每个径向测试断面布置6个垂向测距,以中心出水环圆心O为坐标原点,模型测距10 cm、30 cm、50 cm、70 cm、90 cm、100 cm,对应原型半径2.4 m、5.2 m、8.0 m、10.8 m、13.6 m、15 m(溢流堰内侧)。

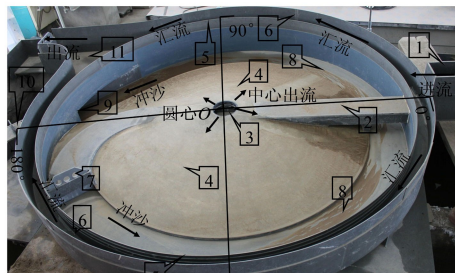
清水径向流速垂向分布各测点间距不同。根据垂向测距对应的不同水深布置2~6个水平径向测试面,Z1、Z2及Z3测试面以垂向等距离3 cm(原型为0.42 m)布置测点,Z4、Z5及Z6测试面根据各自Z3测试面距池底不同垂向水深等距布置测点。将各径向断面Z1水平测试面上同一测距对应径向流速分别汇总后得出环向分布情况。测试断面及测点布置如图2所示。

3 试验结果及分析

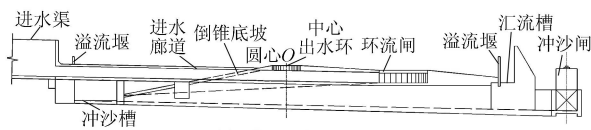
图3为不同断面清水径向流速径向、垂向分布,



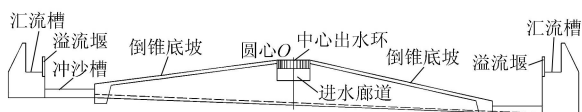
(a) 原型



(b) 模型



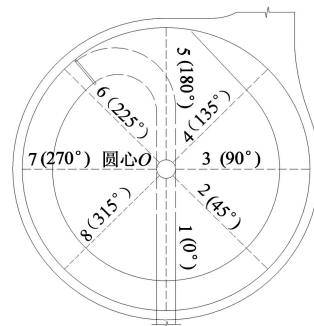
(c) 0°~180°剖面



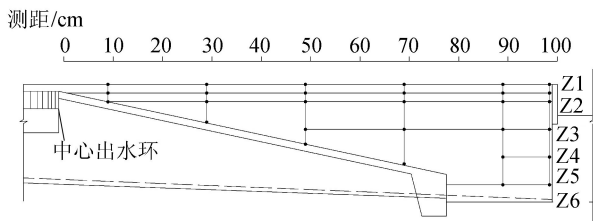
(d) 270°~90°剖面

1—进水渠;2—进水廊道;3—中心出水环;4—倒锥底坡;5—溢流堰;6—汇流槽;7—环流闸;8—冲沙槽;9—冲沙廊道;10—冲沙闸;11—出水渠

图1 “圆中环”布置示意图



(a) 径向流速测试断面



(b) 90°断面及垂向布点

图2 径向流速测试断面及测点布置示意图

图4为Z1水平径向测试面径向流速环向分布,图中数据均为模型试验数据。以下分析结果数据均还原至原型数据。

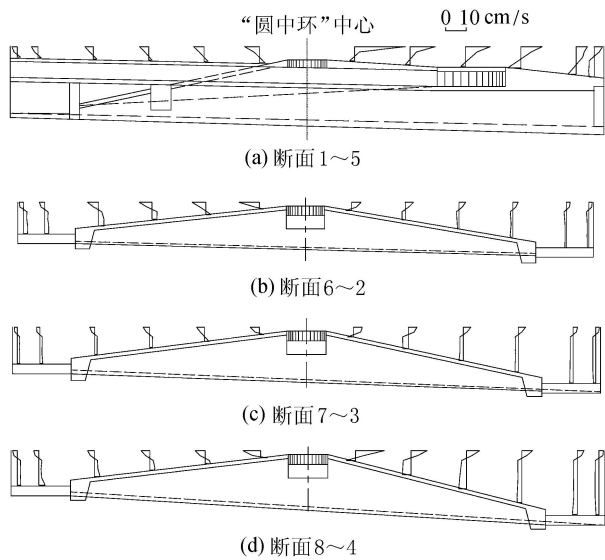


图3 不同断面径向流速径向、垂向分布

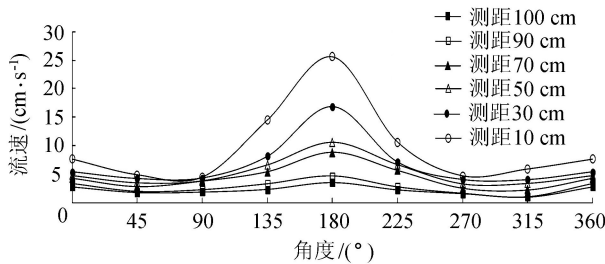


图4 Z1 测试面径向流速环向分布

图3表明,8个径向断面上径向流速垂向分布规律基本相同。在水面以下0.7 m深度范围内,测距2.4 m与15 m(溢流堰内侧)径向流速沿径向最大相差7.3倍,平均相差6倍,径向流速沿垂向最大相差10倍,平均相差3.5倍,说明随着“圆中环”半径的增加,过水断面面积迅速增加,径向流速沿程迅速减小;随着水深的增加,径向流速垂向快速减小;径向流速梯度较大,且沿径向迅速减小。在水面以下0.7~4.2 m深度范围内,测距2.4 m与15 m(溢流堰内侧)径向流速沿径向变化较小,相差1~1.5倍,表明随着“圆中环”半径的增加,径向流速沿程减小,但减小幅度不大;随着水深的增加,径向流速垂向变幅较小,径向流速梯度很小,径向流速分布相对均匀。在水面以下0.7 m深度范围与0.7~4.2 m范围内径向流速方向相反,说明“圆中环”沿径向出现回流区。

从图3还可以得出,“圆中环”在径向0~7.5 m范围内的径向流速沿垂向呈明显上大下小,分布不均匀,径向流速较大,径向流速梯度大,说明“圆中环”在该范围水流紊动较强。在径向7.5~15 m范围径向流速沿垂向基本呈均匀分布,径向流速梯度很小,说明“圆中环”在该范围水流紊动弱。

从图4可以看出,“圆中环”内径向流速呈现不均匀分布,135°~225°范围内径向流速较大,径向流

速梯度较大,水流紊动较强,尤其是180°断面径向流速最大,径向流速沿垂向也呈明显上大下小,分布不均匀,径向流速梯度及水流紊动最大;315°~15°范围内径向流速、径向流速梯度及水流紊动分布次之,15°~135°及225°~315°范围内径向流速、径向流速梯度及水流紊动较小。

水流通过进水廊道及中心出水环进入“圆中环”内,随着半径增加,水深迅速增加,过水断面面积也快速增大,径向流速、径向流速梯度及水流紊动减小,尤其是在水面以下0.7 m深度范围内径向流速沿径向最大相差7.3倍,沿垂向最大相差10倍,径向流速、径向流速梯度及水流紊动迅速减小。同时,由于溢流堰长是中心出水环周长的15倍,相同流量,溢流堰过水单宽流量迅速下降,相应径向流速迅速下降,说明“圆中环”内过水断面面积增加及溢流堰长度大是径向流速、径向流速梯度及水流紊动快速减小的关键因素,因此,“圆中环”内过水断面面积增加及溢流堰长度大是“圆中环”有利于沉沙的重要原因。

4 结论

“圆中环”的径向流速及径向流速梯度在环向呈不均匀分布,尤以180°径向断面径向流速及径向流速梯度最大;但径向流速及径向流速梯度大小在径向与半径成反比,水面以下0.7 m深度范围内径向流速大小在垂向与水深成反比;在距离圆心1/2半径以内径向流速、径向流速梯度及水流紊动较强,其余半径范围径向流速、径向流速梯度及水流紊动较弱;沿径向断面存在回流区。“圆中环”内过水断面面积增加,水面以下0.7 m深度范围内径向流速、径向流速梯度及水流紊动迅速减小;同时,“圆中环”溢流堰长是中心出水环周长的15倍,溢流堰过水单宽流量快速减小,相应径向流速迅速下降,表明“圆中环”具有较好的沉沙条件,且“圆中环”内过水断面面积增加及溢流堰长度大是“圆中环”有利于沉沙的重要原因。

参考文献:

- [1] 唐毅,吴持恭,周著.排沙漏斗水流结构及输沙过程的影响[J].水动力学研究与进展: A辑,1996,11(2):181-187. (TANG Yi, WU Chigong, ZHOU Zhu. Flow field measurements of the sand funnel and its influence on Sediment transport[J]. Journal of Hydrodynamics: Ser A, 1996,11(2):181-187. (in Chinese))

(下转第52页)

- [7] 芮孝芳,黄国如. 分布式水文模型的现状与未来[J]. 水利水电科技进展,2004,24(2):55-58. (RUI Xiaofang, HUANG Guoru. The current situation and future of the distributed hydrologic models [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources 2004,24(2):55-58. (in Chinese))
- [8] 张金存,芮孝芳. 分布式水文模型构建理论与方法述评[J]. 水科学进展,2007,18(2):286-272. (ZHANG Jincun, RUI Xiaofang. Discussion of theory and methods for building a distributed hydrologic model [J]. Advances in Water Science,2007,18(2):286-272. (in Chinese))
- [9] 郑毅,方红卫,韩冬. DWSM 模型产汇流模块的原理及应用[J]. 南水北调与水利科技,2008,6(3):28-31. (ZHENG Yi, FANG Hongwei, HAN Dong. Principle and application of runoff yield module of dynamic water simulation model (DWSM) [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology,2008,6(3):28-31. (in Chinese))
- [10] BORAH D K, XIA R J, BERA M. DWSM: a dynamic watershed simulation model [M]//SINGH V P, FREVERT D K. Mathematical Models of Small Watershed Hydrology and Applications. Highlands Ranch: Water Resources Publications,2002:113-166.
- [11] 刘通. 奥林匹克森林公园暴雨径流及泥沙流失模拟研究[D]. 北京:清华大学,2008.
- [12] 周勇. 基于并行计算的数据流处理方法研究[D]. 大连:大连理工大学,2013.
- [13] 王磊. 并行计算技术综述[J]. 信息技术,2012(10):112-115. (WANG Lei. Parallel computing technology review [J]. Information Technology,2012(10):112-115. (in Chinese))
- [14] 程开明,陈龙. 大数据时代的统计挑战与应对[J]. 中国统计,2013,8:11-13. (CHENG Kaiming, CHEN Long. The statistical challenges and countermeasures in the era of big data [J]. China statistics,2013,8:11-13. (In Chinese))
- [15] SCHUMMY S A. The fluvial system [M]. New York:John Wiley & Sons,1977:1-10.

(收稿日期:2014-06-13 编辑:熊水斌)

(上接第 36 页)

- [2] 曹民雄,龙杰. 涡管螺旋流排沙技术及其应用[J]. 水利水运科学研究,1997(4):386-395. (CAO Mingxiong, LONG Jie. Sediment escaping technique by vortex tube spiral flow and its application [J]. Hydro-Science and Engineering,1997(4):386-395. (in Chinese))
- [3] 白晓峰. 涡管水流特性及排沙性能试验研究[D]. 成都:成都科技大学,1986.
- [4] 黎运芬,冯应颜,王振平,等. 黄河禹门口提水枢纽工程复合型沉沙池的布置与模型试验[J]. 水利水电技术,1992(1):24-27. (LI Yunfen, FENG Yingyan, WANG Zhenping, et al. Layout and model experiment of composite sedimentation basin of yumenkou key project for water lifting on yellow river[J]. Journal of Water Resources and Hydropower Engineering,1992(1):24-27. (in Chinese))
- [5] 周著,唐毅,吴持恭. 带悬板排沙漏斗三维流场测试[J]. 新疆农业大学学报,1995,18(3):7-10. (ZHOU Zhu, TANG Yi, WU Chigong. 3-D flow field measurements of the funnel for sediment trapping and it's mechanism of sediment transport [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University,1995,18(3):7-10. (in Chinese))
- [6] 唐毅,杨兴俊,周著. 设导流墩排沙漏斗清水流场的测试研究[J]. 四川大学学报:工程科学版,1997,1(1):12-17. (TANG Yi, YANG Xinjun, ZHOU Zhu. An experimental investigation of 3-D flow field in the sand funnel with the adjnstring pier [J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition,1997,1(1):12-17. (in Chinese))
- [7] 邱秀云,侯杰,周著. 排沙漏斗的流场特性及输沙机理[J]. 中国农村水利水电,1999(4):3-6. (QIU Xiuyun, HOU Jie, ZHOU Zhu. Flow field characteristics of desilting funnel and its sediment-bearing mechanism [J]. China Rural Water and Hydropower, 1999 (4): 3-6. (in Chinese))
- [8] 王顺久,周著,侯杰,等. 漏斗式全沙排沙设施模型试验及原型观测[J]. 水力发电,2000(7):31-33. (WANG Shunjiu, ZHOU Zhu, HOU Jie, et al. Model test on the funnel-shaped desilting works and its prototype observation [J]. Journal of Water Power, 2000 (7): 31-33. (in Chinese))
- [9] 侯杰,王顺久,周著,等. 全沙排沙漏斗浑水流场特性及输沙规律[J]. 泥沙研究,2000(6):63-68. (HOU Jie, WANG Shunjiu, ZHOU Zhu, et al. The sediment fluid flow field characteristics of the sand funnel and its sediment transport law [J]. Journal of Sediment Research, 2000 (6):63-68. (in Chinese))
- [10] 吴均. 微灌用新型沉沙池水流结构研究[D]. 石河子:石河子大学,2008.
- [11] 张毅. 低压输水管道前池自排式沉沙池试验研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [12] 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. (ZHANG Jun, SHI Kebin, GAO Yaping, et al. Turbid water desilting characteristics in circular rings desilting and sediment ejection basin [J]. Journal of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(13): 86-93. (in Chinese))
- [13] 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. (ZHANG Jun, SHI Kebin, GAO Yaping, et al. Study on the effect of velocity distribution by heightening central outflow ring in the circular rings desilting and sediment ejection basin [J]. Journal of the China Rural Water and Hydropower, 2014 (10): 113-115. (in Chinese))

(收稿日期:2014-02-20 编辑:骆超)