

圆中环沉沙排沙过滤池结构特性试验研究

刘宝星, 侍克斌, 郝杰

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 圆中环沉沙排沙过滤池是一种新型的浑水沉沙、排沙、过滤装置,通过新疆呼图壁城镇工业供水工程圆中环沉沙排沙过滤池的物理模型试验,模拟了在 $1\text{ m}^3/\text{s}$ 工况下的运行效果。试验结果表明:采用三层不同粒径的滤料,中心溢流筒加高 0.4 m 时,能较好的起到沉沙、排沙和过滤的作用且不被击穿,同时能满足引水量的要求,汇流槽平均流速在 $0.88\sim 2.77\text{ m/s}$ 范围内。与常规水沙分离装置相比,这种新型的装置实现了节能减排,环保性处理泥沙的目标,为水沙分离提供了另一种新的思路。

关键词: 物理模型; 沉沙过滤; 淤积; 流速; 水沙分离

中图分类号:TV149

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2013)03-0090-03

Experiment on structure characteristic for desilting filter of sediment of circular ring

LIU Baoxing, SHI Kebin, HAO Jie

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

Abstract: Circular ring pond of desilting filter to sediment is a new type of desilting and filtrating equipment, the paper studied the physical model test of circular ring pond of sediment desalting filter in urban industrial water supply project of Hutu town of Xinjiang, simulated the operation effect under the condition of $1\text{ m}^3/\text{s}$. The results show that the three filter materials of different particle size can better play a role in sand filtration, drainage filter and keep from the breakdown when the center overflow tube is heightened at 0.4 m . At the same time, the equipment can meet the requirement of the amount of water diverted. The average flow velocity of busbar trunking is between 0.88 and 2.77 m/s . Compared with the common water and sediment separation device, the equipment realized the target of energy - saving, emission reduction and sediment environment - friendly dealt with, and can provide a new idea for the separation of water and sediment.

Key words: physical model; desilting filter; deposition; flow velocity; separation of water and sand

0 引言

我国很多河流都属多泥沙河流,特别是新疆的河流,由于产流区植被稀疏,水土流失严重,大量的泥沙从流域内侵蚀而下,并被输移到河流中,含沙量大且粗细不均的泥沙给工农业用水及人民生活用水带来极大危害和诸多不便^[1],在流域内修建的引水渠系,如不能解决好泥沙问题,就会使河道泥沙进入渠道,淤积渠道,影响引水,甚至废弃^[2]。用于解决引水渠内泥沙冲刷和淤积问题而采用的沉沙排沙设施种类很多,但是传统沉沙池对推移质、悬移质泥沙

的沉降或排除效率比较低,或耗排沙水耗能较多,不经济也不利于环保。本文旨在研究一种新型的圆中环沉沙排沙过滤池。它是兼顾圆中环沉沙排沙池和过滤池的优点而开发的一种新型的水工建筑物,它利用动态水流自身的能量进行水沙分离,从而达到沉沙、排沙、过滤多功效的目的^[3]。

1 工程概况

圆中环沉沙排沙过滤池位于呼图壁河青年渠首工程下游,主要为呼图壁县城区居民、大唐集团呼图壁热电厂和天山工业园重化工产业区等对象提供清

收稿日期:2013-01-08; 修回日期:2013-02-25

基金项目:新疆科技支持计划项目(201233132);国家高等学校博士点专项科研基金课题(20106504110005);新疆水利水电重点科学基金资助项目(xjzdxk-2010-02-12)

作者简介:刘宝星(1987-),男,新疆博乐人,硕士研究生,从事河流泥沙工程研究。

通讯作者:侍克斌(1957-),男,甘肃民勤人,教授,博士生导师,主要从事水工结构及施工方面研究。

洁的原水。该装置系统结构主体为圆型沉沙池,底部为螺旋状倒锥形池底,沿池底设一斜坡环形沉沙冲沙道。圆型沉沙池边墙顶部内侧设32个过滤槽,外侧为环形汇流槽,过滤槽内铺设滤料,出水口为环形溢流侧堰。汇流槽末端设有叠环出水口。出水环堰位于圆型沉沙池的中部,内设控制水位的溢流筒,前通进水廊道,后接冲沙廊道,冲沙廊道末端左侧设冲沙闸。溢流筒下接矩形排水廊道,其末端右侧设排沙闸。其模型结构示意图如图1所示。

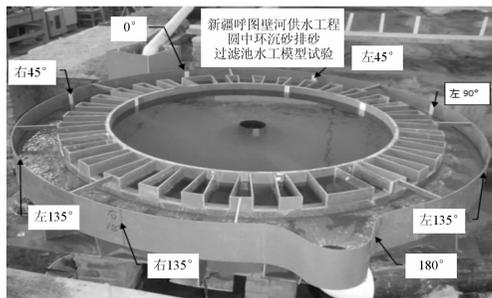


图1 圆中环沉沙排沙过滤池模型示意图

2 模型试验研究

2.1 试验设计

物理模型采用正态模型,按重力相似准则设计,即几何相似、水流运动相似和推移质泥沙运动相似。模型比尺如下^[4-6]:

几何比尺: $\lambda_L = 10$

流量比尺 $\lambda_Q = \lambda_L^{2.5} = 316.228$

流速比尺 $\lambda_v = \lambda_L^{0.5} = 3.162$

糙率比尺 $\lambda_n = \lambda_L^{1/6} = 1.468$

水流运动时间比尺 $\lambda_t = \lambda_L^{0.5} = 3.162$

输沙率比尺 $\lambda_s = \lambda_L^{2.5} = 316.228$

泥沙悬移相似条件 $\lambda_\omega = \lambda_v = 3.162$

悬沙粒径比尺 $\lambda_d = \left(\frac{\lambda_\omega \lambda_v}{\lambda_{\gamma_s - \gamma}} \right)^{0.5} = 1.16$

2.2 过滤料的选择

在圆中环沉沙排沙过滤池正常运行情况下,过滤槽出水是由于沉沙排沙池内部水位高于过滤槽水位,在一定水位差作用下,清水从过滤槽经渗透流出。若滤料过细,虽能达到滤沙效果,但需要的水位差较大,容易将滤料击穿(击穿后滤料细粒将被带出,过滤效果被破坏)或溢流筒溢流(不能保证引水要求)。为了使其达到较好的沉沙过滤效果,保证满足引水流量的要求和防止出现过滤槽内铺设的滤料被击穿出现挟沙水流现象,分别模拟了4种不同

滤料粒径组合下的出水情况。在引用清水的情况下,出水流量控制在 $1 \text{ m}^3/\text{s}$,过滤槽滤水层结构为:自下而上顺水流方向,分别是 $\phi 50$ 钢管架、20 mm 金属筛网、10 目不锈钢筛网、滤料层。滤料粒径组合(自下而上顺水流方向)为:①一层:2 ~ 5 mm,厚度 0.2 m;②三层:2 ~ 5 mm,厚度 0.2 m;5 ~ 12.5 mm,厚度 0.2 m;12.5 ~ 25 mm,厚度 0.1 m;③两层:5 ~ 12.5 mm,厚度 0.2 m;12.5 ~ 25 mm,厚度 0.2 m;④三层:5 ~ 12.5 mm,厚度 0.2 m;12.5 ~ 25 mm,厚度 0.2 m;25 ~ 50 mm,厚度 0.1 m。在前3种粒径组合中,随着沉沙池内水位升高,过滤层被滤槽与沉沙池水位差渗透压力击穿,发生流土,滤料中的细颗粒被水流带出沉积于汇流槽内,过滤层未起到滤土、排水的反滤作用,如图2。翻沙现象出现的部位以边壁为主,中部次之。在四周槽壁涂抹止水材料之后,边壁翻沙现象减少。

第4种粒径组合中,32个过滤槽均未被击穿,但中心溢流筒溢流。为满足汇流槽出流量要求,采用加高溢流筒的方式,如表1。中心溢流筒加高0.35 m时,沉沙池内水位距中心溢流筒仅有0.03 m,几乎处于溢流状态。当采用三层:5 ~ 12.5 mm, 12.5 ~ 25 mm, 25 ~ 50 mm 滤料时,中心溢流筒加高0.4 m,滤水层未被渗透力击穿,滤料中的细颗粒未被水流带出,并且汇流槽内几乎没有细沙沉淀,表明滤水层起到了滤沙、排水的作用。

表1 中心溢流筒加高高度变化 $\text{m}, \text{m}^3/\text{s}$

溢流筒加高	滤料被击穿个数	汇流槽出流量	中心溢流筒	水位距溢流筒高差
0	0	0.260	溢流	0
0.15	0	0.348	溢流	0
0.30	0	0.991	溢流	0
0.35	0	1	未溢流	0.03
0.40	3	1	未溢流	0.08

2.3 表层流速的影响

圆中环沉沙排沙过滤池内部结构决定了其流场分布,在浑水进入过滤槽前,如果沉沙池内有流速较低的稳定的沉沙区域,使推移质和颗粒较大的悬移质泥沙在沉沙池的底部沉淀,则能大大缓解过滤槽细滤时的压力和正常使用的时限。流速测量仪器选用 LGY-III 型多功能智能流速仪,它采用多点同步测量流速,既可以测试清水流场流速又可以测试浑水流场流速。在选用最优滤料并保证其他条件不变的情况下,本试验对所布置的测试断面和测点进行了流速测试。从中心溢流筒外边壁至过滤槽,选取8个断

面进行测试如下图。经换算原型测点水下深度为0.3 m,测点位置:测点1、2、3、4 离中心出水环堰边壁距离分别为0.5、2.5、4.5、6.5 m,如表2。

表2 表层流速分布 m/s

测点1	测点2	测点3	测点4	断面位置
0.16	0.19	0.11	0.03	0°
0.21	0.18	0.14	0.05	右45°
0.18	0.17	0.13	0.04	左45°
0.27	0.24	0.18	0.05	右90°
0.21	0.17	0.15	0.06	左90°
0.24	0.23	0.23	0.08	右135°
0.21	0.19	0.23	0.07	左135°
0.32	0.38	0.34	0.08	180°

可以明显看出,在同一断面上,距溢流筒边壁越远,流速越小;越靠近沉沙池内中心出水口处,流速

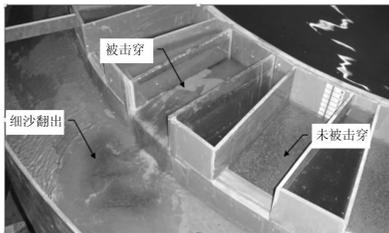


图2 过滤料击穿对比

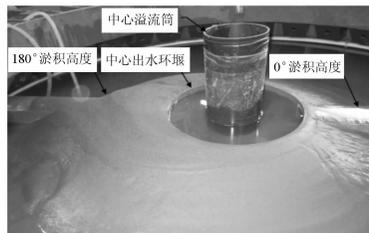


图3 沉沙池内泥沙淤积形态

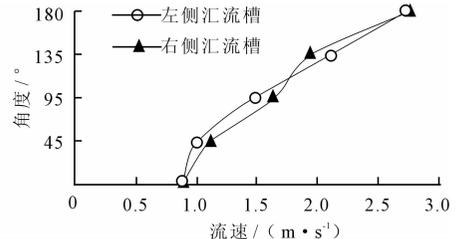


图4 汇流槽平均流速分布

汇流槽平均流速分布曲线表明,左右侧汇流槽上平均流速均在0.88~2.77 m/s 范围内,平均水深0.34 m,根据《灌溉与排水工程设计规范(GB50288-99)》,平均流速满足混凝土不冲流速。左右侧汇流槽内侧流速与轴线流速及外侧流速比较,均较小。环向水流内侧流速较小是受到溢流堰出流紊动影响的缘故。左右侧汇流槽外侧流速最大,符合一般规律。

3 结 语

(1) 自下而上顺水流方向采用三层:5~12.5 mm, 12.5~25 mm, 25~50 mm 粒径范围的滤料,中心溢流筒加高0.4 m 时,能起到滤沙、排水的过滤作用且不被击穿,同时能满足引水量的要求。

(2) 由于流速影响,泥沙颗粒在沉沙池内180°的断面位置最先开始淤积,可加高中心出水环堰,平衡内部不均匀流速。

(3) 1 m³/s 的出水流量下,汇流槽平均流速在0.88~2.77 m/s 范围内,满足混凝土不冲流速,平均水深0.34 m。

越大,流态越不稳定。在测点4 范围内,流速均已基本达到过滤槽进口流速0.04 m/s,流速趋于平缓,有利于粗颗粒悬浮质泥沙沉降。在不同断面中,右侧断面流速较左侧断面均偏大,这是由于沉沙池底部倒锥形排沙结构呈螺旋形,有利于冲沙排沙,使左右流速有所不同。180°断面位置流速较所有断面均偏大,由此可以看出,更多粗颗粒泥沙将从此断面被带出,或沉积于180°断面附近,在做浑水试验时,进一步的证明了此结论,如图3。

2.4 汇流槽流速的影响

采用三层:5~12.5 mm, 12.5~25 mm, 25~50 mm 滤料,中心溢流筒加高0.4 m 时,进水和出水流量均为1 m³/s。分别对汇流槽内左右两侧0°、45°、90°、135°、180°流速进行测试,每一个断面取侧汇流槽内侧、轴线、外侧三个测点,测得平均如图4。

(4) 试验结果表明,圆中环的直径、环内外水位差、溢流筒进口高程、滤水层几何关系、进池水流含沙量及设计出水量等因素之间存在着密切的内在关系,因此对于圆中环沉沙排沙过滤池的水流特性及其理论研究还有待进一步深入。

参考文献:

- [1] 傅文德,等. 高浊度水给水工程[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [2] 陈德亮. 水工建筑物[M]. 北京:水利水电出版社,2008.
- [3] 侍克斌,李玉建,刘宝星,等. 新疆呼图壁县城工业供水工程圆中环沉沙排沙过滤池水工模型试验报告[R]. 乌鲁木齐:新疆农业大学水利水电设计研究所,2011.
- [4] 张瑞瑾. 河流泥沙动力学[M]. 北京:水利电力出版社,1998.
- [5] 张红武,江恩惠,等. 黄河高含沙洪水模型的相似率[M]. 河南:河南科学技术出版社,1994.
- [6] 张俊华,张红武,江春波,等. 黄河水库泥沙模型相似律的初步研究[J]. 水力发电学报,2001,20(3):52-58.