

浑水条件下鱼雷网式过滤器的试验研究

阿力甫江·阿不里米提^{1,2}, 虎胆·吐马尔白^{1*}, 木拉提·玉赛音^{1,3}, 阿依古丽·艾科拜尔²

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆苏齐农业节水规划设计研究院 (有限公司), 乌鲁木齐 830049; 3. 新疆鑫水现代水利工程有限公司, 乌鲁木齐 830019)

摘要:【目的】深入研究鱼雷网式过滤器的水头损失和过滤时间。【方法】浑水条件下,对2种滤网目数的鱼雷网式过滤器分别进行定含沙量和定流量试验,分析了水头损失在不同运行条件下的变化规律。【结果】定含沙量试验中,进水流量在240~300 m³/h范围内持续增大时,水头损失发生急剧变化所需时间逐渐延长,而在300~360 m³/h范围内持续增大时,水头损失急剧变化所需时间逐渐缩短,这是鱼雷部件起到关键作用的缘故;定流量试验中,随进水含沙量增大,过滤器达到预设压差0.10 MPa的时间越短;所有试验条件下,水头损失随过滤时间的推移经历保持不变、逐渐减少和急剧增大3个不同的变化阶段。【结论】鱼雷部件在延长过滤时间方面起到重要的作用;鱼雷网式过滤器的冲洗预设压差值调节为0.04 MPa最宜。

关键词:鱼雷网式过滤器;浑水试验;定含沙量;定流量;

中图分类号:TV14

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.0654

阿力甫江·阿不里米提,虎胆·吐马尔白,木拉提·玉赛音,等.浑水条件下鱼雷网式过滤器的试验研究[J].灌溉排水学报,2018,37(9):79-83.

0 引言

随着农业高效节水技术的迅速发展,微灌系统中杂质处理设备与设施在理论研究、研制及实际应用性能方面都取得了飞跃的进步。微灌用过滤器按工作原理可分为水力旋流(离心)过滤器、砂石过滤器、网式过滤器和叠片式过滤器等^[1-3]。国内外诸多学者对砂石、离心、自清洗网式及叠片过滤器进行了较为系统深入的研究^[4-6],但针对新兴的鱼雷网式过滤器的研究甚少;国内,侧重鱼雷网式过滤器的研发^[8],内部流场的数值模拟^[7-9]以及清水条件下观测过滤器水头损失与进水流量的关系^[10-12]。清水试验是理想状态的试验,实践灌溉中用的鱼雷网式过滤器的水源为浑水,过滤过程比清水过滤过程复杂,清水试验得出的简单结论不能够反映鱼雷网式过滤器的实际功能。为此,在清水试验基础上进一步深入研究浑水条件下的鱼雷网式过滤器的水头损失和过滤时间,以期鱼雷网式过滤器优化结构参数、选择最优操作参数及今后的深入研究奠定一定的理论基础和依据。

1 材料与方法

1.1 鱼雷网式过滤器结构及工作原理

鱼雷网式过滤器结构如图1所示。与其他网式过滤器一样,鱼雷网式过滤器的工作过程包括过滤过程和自动清洗过程2个阶段。过滤过程中滤网开始堵塞,水头损失逐渐增大,当过滤器水头损失达到预设压差值时,压差传感器将信息传到冲洗控制器,控制器自动开启排污阀通向大气进行排污。排污同时过滤依然进行,不间断地向微灌系统供水。达到预设的排污时间时,排污阀自动关闭,过滤器再次进入正常过滤状态。

收稿日期:2017-10-26

基金项目:国家自然科学基金项目(51469033);新疆维吾尔自治区“十二五”重大专项基金项目(201130103-3)

作者简介:阿力甫江·阿不里米提(1966-),男,博士,主要从事高效节水与地下水土壤盐运移理论研究。E-mail: 2414655347@qq.com

通信作者:虎胆·吐马尔白(1961-),男,教授,博士生导师,主要从事地下水土壤盐运移理论及节水灌溉理论。E-mail: hudan@hotmail.com

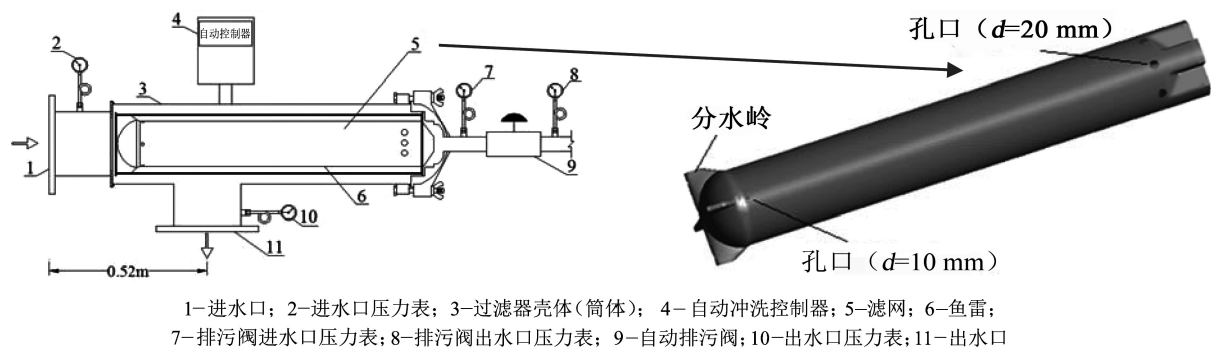


图1 鱼雷网式过滤器结构及鱼雷部件图

1.2 试验材料

浑水试验用的试验装置如图2所示。试验装置由8寸鱼雷网式过滤器(80目滤网的鱼雷网式过滤器和120目滤网的鱼雷网式过滤器2种)、蓄水池、搅拌池、离心泵、进水管和回水管等组成。为保证浑水试验过程中进水含沙量的均匀性,在蓄水池内装有直径1.5 m、高1.0 m的圆柱形搅拌池1套。搅拌均匀的浑水通过进水管流入鱼雷网式过滤器进行过滤,过滤完成后,相对清的滤水经过回水管流出,而过滤的污物通过排污管排出。

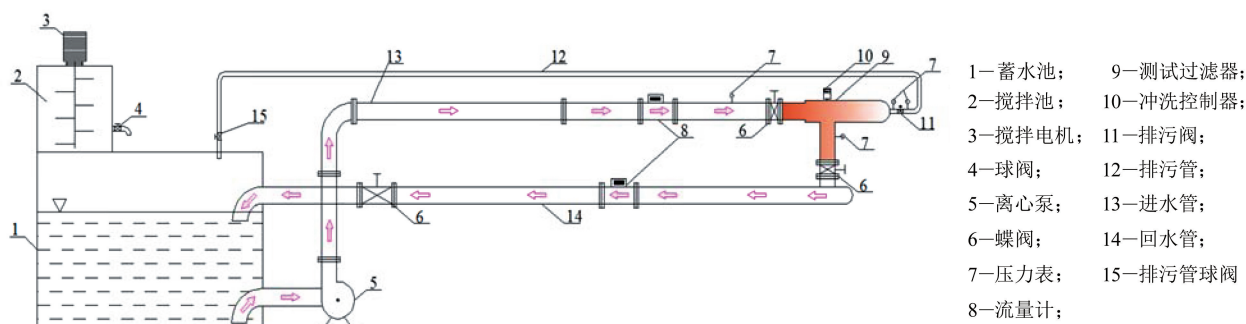


图2 鱼雷网式过滤器浑水试验装置示意图

1.3 试验设计

浑水试验中由于过滤过程中滤网发生堵塞,随着过滤时间的延长,积聚在其内侧表面的泥沙颗粒不断增多,滤网水头损失不断增大。为研究浑水进水流量和含沙量对过滤器水头损失和过滤时间的影响,浑水试验分为定流量和定含沙量2种试验,即①定含沙量试验是在保持进水含沙量基本相同条件下,测取不同进水流量对应水头损失随时间的变化关系,试验开始之前对鱼雷网式过滤器的反冲洗控制器预设一个较大压差值 $\Delta p=0.10$ MPa;②定流量试验是指保持进水流量不变条件下,观测不同进水含沙量对应的水头损失随时间变化的关系,为了与实际应用情况保持一致,所以本次定流量试验的进水流量确定为 $300\text{ m}^3/\text{h}$ (额定流量)。试验设计详见表1。

表1 试验设计

定含沙量试验			定流量($300\text{ m}^3/\text{h}$)试验	
过滤器条件	含沙量/($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	流量/($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)	过滤器条件	含沙量/($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
无鱼雷-80目滤网	0.142 0	240、270、300、330、360	80目滤网鱼雷网式过滤器	0.121 4、0.142 0、0.180 3、0.275 5、0.358 1、0.393 5
鱼雷部件-80目滤网	0.142 0	240、270、300、330、360	120目滤网鱼雷网式过滤器	0.087 4、0.121 1、0.131 1、0.151 2、0.165 8、0.193 4
无鱼雷-120目滤网	0.121 1	240、270、300、330、360	-	-
鱼雷部件-120目滤网	0.121 1	240、270、300、330、360	-	-

浑水含沙量是根据在新疆生产建设兵团第14师皮墨垦区224团和一牧场、喀什地区麦盖提县、巴州轮台县及尉犁县等环塔里木盆地微灌项目地进行的实地调研而确定的。为了选定合适的粒径级配和含沙量进行了测试试验,即从低含沙量到高含沙量对不同级配泥沙颗粒组合,在低含沙量或粒径级配较细条件下过滤时间很长(6~8 h),滤网不易堵塞。因此,考虑到实地水质含沙量,为了缩短试验时间,针对2种滤网目数的过滤器,确定了12种不同进水含沙量。80目滤网的过滤器用的浑水中,粒径大于滤网孔径的颗粒占比为51.19%左右,而120目滤网过滤器选用的浑水中,粒径大于滤网孔径颗粒占比20.63%左右。

2 结果与分析

2.1 定含沙量条件下水头损失(h_w)变化

由图3可知,①在过滤器内没装入鱼雷部件的条件下,含沙量一定时不同进水流量下达到预设压差 $\Delta p=0.10$ MPa所需的过滤时间随进水流量的逐渐增大而缩短。过滤时间延长到0.7 min后,即过滤器水头损失达到1~2 m处水头损失开始迅速增大。②滤网内装入鱼雷后,不同流量条件下水头损失随过滤时间的变化过程经历3个不同阶段:一是初始水头损失恒定不变过滤过程,二是水头损失逐渐减小过程,三是水头损失急剧上升的过程。这是因为水头损失变化与滤网轴向长度和滤网粗糙度有着密切的关系,过滤刚开始一段时间内滤网有效过滤长度几乎是与清水时的一样,所以浑水水头损失与清水水头损失基本一致,其变化幅度不明显。但随着过滤时间的推移,滤网堵塞面积越来越大,即沿滤网轴向的有效过滤长度逐渐减小,与此同时滤网粗糙度的影响逐步减小,即滤网阻力的影响减小,呈现水头损失逐渐减小的态势。滤网堵塞发展到进水口附近时,有效过滤面积较大梯度的减小,水头损失也逐步增加,尤其是进水口处的滤网开始堵塞时水头损失的增加显著,而且很短的时间内达到预设压差 $\Delta p=0.10$ MPa。

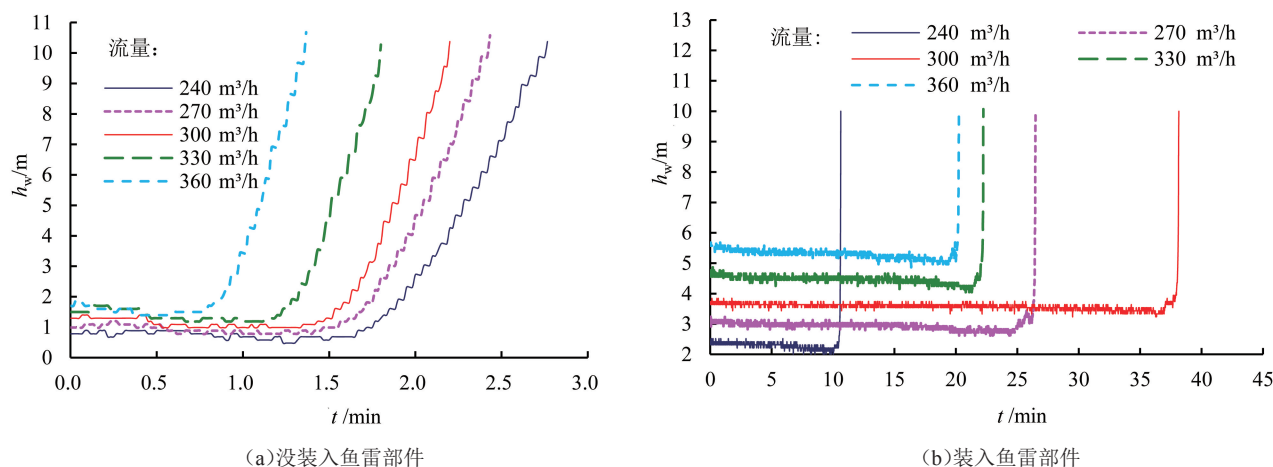


图3 80目滤网的过滤器在不同流量情况下的水头损失变化曲线(含沙量0.1420 g/L)

除了滤网规格和进水含沙量不同外,在其余试验条件完全相同的情形下,对120目滤网的鱼雷网式过滤器进行相同的试验,其水头损失随过滤时间的变化如图4所示。从图4可以看出,水头损失随过滤时间的变化与80目滤网过滤器的相似,也经历3个不同的变化阶段。

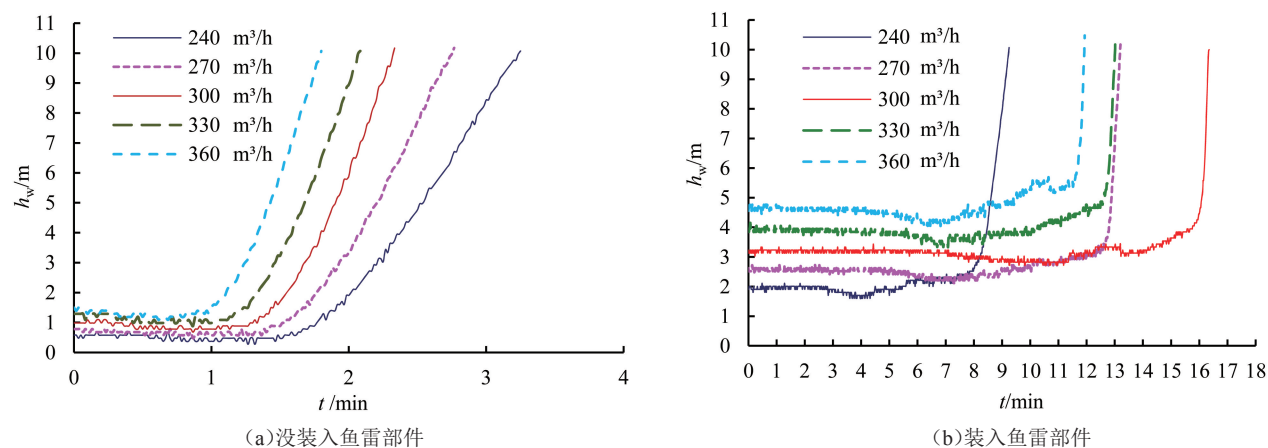


图4 120目滤网的过滤器在不同流量情况下的水头损失变化曲线(含沙量0.1211 g/L)

鱼雷部件是鱼雷网式过滤器的重要功能部位(图1)。鱼雷部件末端的聚泥区有8个直径20 mm的孔口,含有泥沙颗粒和其他杂物的水从这些孔口进入鱼雷部件内腔。因为鱼雷部件内腔容积较大,粗颗粒和杂物沉淀在其内,相对清的水从鱼雷部件头部预设的直径为10 mm的孔口流出此种水流循环随过滤时间的推移而继续进行,浑水水源的过滤过程中滤网将不会容易堵塞。

结合图3和图4可以看出,装入鱼雷部件时,进水流量从240 m³/h逐渐增加至300 m³/h的过程中,流量越大,水头损失曲线发生急剧变化转折所需时间越长。当进水流量从300 m³/h逐渐增加至360 m³/h时,情况相

反,即进水流量越大,水头损失曲线发生急剧变化转折所需时间越短。当进水流量小于 $300\text{ m}^3/\text{h}$ 时,泥沙随高速水流带到鱼雷末端的低流速区域,一方面泥沙颗粒进入鱼雷内腔(进水流量较小时,单位时间内随高速水流带到鱼雷末端的含沙量较少,泥沙颗粒进入鱼雷内腔的可能性也小),另一方面多余的粗泥沙颗粒随着过滤时间的推移由滤网末端向进水口方向开始滞留在滤网内侧表面,导致滤网容易堵塞,过滤时间也较短。但是,随进水流量逐步增加到 $300\text{ m}^3/\text{h}$,滤网始端流速相应增大,泥沙颗粒被高速水流带到鱼雷末端聚集泥沙孔处,并且聚集泥沙孔的尺寸大小能够及时吸入粗泥沙到鱼雷内腔,延长滤网堵塞时间,因而过滤时间相对于小流量明显延长。

相反的,当进水流量从 $300\text{ m}^3/\text{h}$ 稳步增加到 $360\text{ m}^3/\text{h}$ 的过程中,过滤时间随进水流量的增大而逐渐缩短。由于鱼雷末端设置的泥沙聚集孔尺寸大小正适合于进水流量为 $300\text{ m}^3/\text{h}$ 时的情形,若进水流量一旦超过此额定设计流量则粗砂颗粒来不及进入鱼雷内腔,吸附在滤网内侧表面在很短的时间内呈现滤网堵塞。故进水流量在此流量范围内逐步增大,过滤时间与其相反逐渐减小。

可见,装入鱼雷具有延长过滤时间的作用,即80目滤网内装有鱼雷时的过滤时间比没装入鱼雷的过滤时间延长了4~17倍;120目滤网内有鱼雷的过滤时间比没装入鱼雷时的过滤时间延长了2~7倍。

2.2 定流量条件下水头损失变化

为观测水源含沙量对过滤器水头损失的具体影响,在过滤器装入鱼雷后在定流量且不同进水含沙量条件下进行研究。在稳定的额定设计流量 $Q=300\text{ m}^3/\text{h}$ 和不同的6种进水含沙量情况下,分别对80目和120目滤网的鱼雷网式过滤器进行试验,观测相应含沙量条件下的过滤器水头损失变化情况,进而确定过滤器达到预设压差 $\Delta p=0.10\text{ MPa}$ 所需时间,结果见图5。

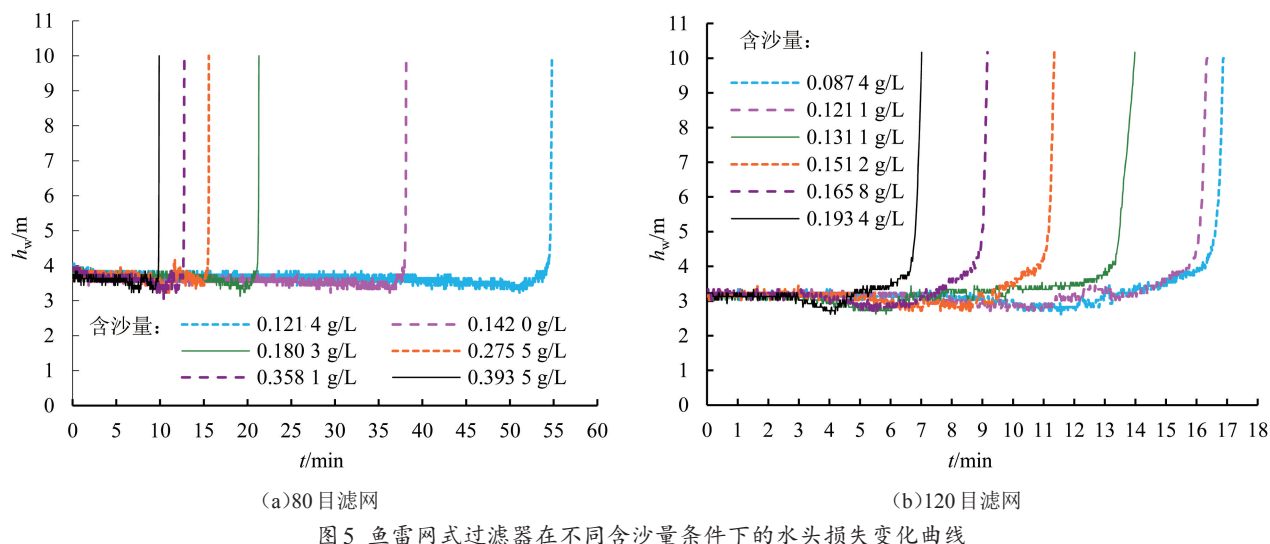


图5 鱼雷网式过滤器在不同含沙量条件下的水头损失变化曲线

从图5可以看出,进水流量为 $300\text{ m}^3/\text{h}$ 时,6种不同含沙量条件下,80目和120目滤网的过滤器水头损失随过滤时间的变化趋势基本相同。与定含沙量试验相似,水头损失随过滤时间的变化也经历初始水头损失保持不变、水头损失逐渐减少和急剧上升等3个不同阶段。2种滤网的过滤器水头损失达到预设压差 $\Delta p=0.10\text{ MPa}$ 的时间随进水含沙量的增大而缩短。

80目滤网的过滤器的含沙量在 $0.1214\sim 0.3935\text{ g/L}$ 范围内变动时,达到预设压差的过滤时间在 $5\sim 55\text{ min}$ 之内;装有120目滤网过滤器的过滤时间在 $7\sim 17\text{ min}$ 之间。过滤器滤网目数和进水流量固定不变时,进水含沙量越大,水头损失达到预设压差的时间越短,这是因为较大含沙量的浑水在单位时间内带入过滤器的颗粒较多,黏附在滤网表面的颗粒也多,易导致滤网堵塞,故过滤器水头损失较短的时间内发生变化。

无论是在一定含沙量不同进水流量或者在一定进水流量不同含沙量的浑水试验,在过滤器额定设计流量($300\text{ m}^3/\text{h}$)条件下,当水头损失达到 4.0 m 左右时开始急剧增大,表明此时鱼雷滤网开始堵塞,其有效过滤面积逐渐减小。在实际应用微灌工程中,为保证进水流量保持不变以使得大田作物正常灌溉,此时应对过滤系统进行清洗,故一般鱼雷网式过滤器的冲洗预设压差值调节为 0.04 MPa 最合理。

3 结论与展望

3.1 结 论

1)定含沙量试验中,过滤器滤网内装有鱼雷部件时的水头损失大于滤网内没装入鱼雷部件时的水头损失,鱼雷部件具有延长过滤时间的作用;浑水进水流量为 $300\text{ m}^3/\text{h}$ 时,本试验用鱼雷网式过滤器的过滤时间最长。2)定流量试验中,随进水含沙量增大,过滤器达到预设压差的时间越短;水头损失随过滤时间的推移经历保持不变、逐渐减少和急剧增大3个不同的变化阶段。3)鱼雷网式过滤器的冲洗预设压差值以 0.04 MPa 为宜。

3.2 展 望

以往试验研究基于清水水源条件分析鱼雷网式过滤器运行机理和水头损失变化规律。本试验研究了浑水条件下鱼雷网式过滤器的水头损失和过滤时间,揭示了鱼雷部件功能并推出鱼雷网式过滤器最佳冲洗预设压差值;本试验研究为一种初探,后续研究中需要进一步深入研究鱼雷网式过滤器过滤原理;鱼雷部件影响过滤时间的过程较复杂,本文未具体揭示此过程,需要对鱼雷部件进行专门的研究。今后的研究需要结合计算机数值模拟等方法,分析浑水条件下鱼雷网式过滤器内部流场和压力场变化情况,深化有关鱼雷网式过滤器的研究。

参考文献:

- [1] 秦天云,王文娥,胡笑涛.滴灌系统网式和叠片式过滤器水力性能试验研究[J].灌溉排水学报,2017,36(1):57-62.
- [2] 王新坤,许颖,涂琴.微灌系统过滤装置优化选型与配置[J].农业工程学报,2011,27(10):160-163.
- [3] 张文正,翟国亮,吕谋超,等.微灌条件下三种过滤器过滤效果试验研究[J].灌溉排水学报,2017,36(4):88-93.
- [4] YURDEM H, DEMIR V, DEĞİMCİOĞLU A. Development of a mathematical model to predict clean water head losses in hydrocyclone filters in drip irrigation systems using dimensional analysis[J]. Biosystems Engineering, 2010, 105 (4):495-506.
- [5] MARTÍ P, SHIRI J, DURAN-ROS M, et al. Artificial neural networks vs. Gene Expression Programming for estimating outlet dissolved oxygen in micro-irrigation sand filters fed with effluents[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2013, 99(7):176-185.
- [6] WU Wenyong, CHEN Wei, LIU Honglu, et al. A dimensional analysis model for the calculation of head loss due to disc filters in drip irrigation systems [J]. Irrigation and Drainage, 2014, 63(3):349-358.
- [7] 阿力甫江·阿不里米提,虎胆·吐马尔白,木拉提·玉赛音,等.微灌鱼雷网式过滤器全流场数值模拟[J].农业工程学报,2017,33(3):107-112.
- [8] 阿力甫江·阿不里米提,阿不都热合曼·尼亚孜.8寸鱼雷除砂网式全自动冲洗过滤器:CN104623957A[P]. 2015-05-20.
- [9] 阿力甫江·阿不里米提,陶洪飞,马英杰,等.不同出水口位置下全自动鱼雷网式过滤器内部流场的数值模拟[J].灌溉排水学报,2015,34(12):47-51.
- [10] 阿力甫江·阿不里米提,虎胆·吐马尔白,木拉提·玉赛音,等.清水条件下鱼雷网式过滤器水头损失试验研究[J].灌溉排水学报,2018,37(2):64-71.
- [11] 阿力甫江·阿不里米提,虎胆·吐马尔白,马合木江·艾合买提,等.直冲鱼雷网式过滤器内流场的数值模拟[J].节水灌溉,2014(10):6-10.
- [12] 宗全利,郑铁刚,刘焕芳,等.滴灌自清洗网式过滤器全流场数值模拟与分析[J].农业工程学报,2013,29(16):57-65.
- [13] 宗全利,刘飞,刘焕芳,等.大田滴灌自清洗网式过滤器水头损失试验[J].农业工程学报,2012,28(16):86-92.
- [14] 刘焕芳,王军,胡九英,等.微灌用网式过滤器局部水头损失的试验研究[J].中国农村水利水电,2006(6):57-60.

Efficacy of Torpedo Screen Filter in Removing Sediments from Muddy Water

ALIPUJIANG·Abulimiti^{1,2}, HUDAN·Tumaerbai^{1*}, MULATI·Yusaiyin^{1,3}, AYIGULI·Aikebaier²

(1. College of Water Conservancy and civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Xinjiang Su Qi Agricultural Water Saving Planning and Design Research Institute (Co., Ltd.), Urumqi 830049, China;

3. Xinjiang Xinshui Modern Water Resources Engineering Co., Ltd., Urumqi 830019, China)

Abstract:【Objective】The purpose of this paper is to study the head loss across the torpedo screen filter and the associated filtration time. 【Method】Experiments was carried out using a muddy water at constant sediment content and constant flow. 【Result】Under constant sediment content, the time it took the head loss to stabilize increased as the flow rate increased from $240\text{ m}^3/\text{h}$ to $300\text{ m}^3/\text{h}$, while decreased for flow rate between $300\sim 360\text{ m}^3/\text{h}$. Under constant flow condition, the time it took the pressure drop to reach $\Delta p=0.10\text{ MPa}$ decreased as the sediment content increased. With the change in filtration time, the head loss experienced three different stages: remaining constant, gradually decreasing followed by a sharp rise. 【Conclusion】Torpedo plays an important role in prolonging the filtration time, and the appropriate preset pressure for the torpedo screen filter was 0.04 MPa .

Key words: torpedo screen filter; muddy water experiment; constant sediment content; constant flow

责任编辑:刘春成