

# 两种不同流道结构的叠片水头损失研究

崔瑞<sup>1,2</sup>, 崔春亮<sup>1,2</sup>, 盛祥明<sup>1,2</sup>, 雷建花<sup>1,2</sup>, 陈志卿<sup>1,2</sup>

(1. 新疆水利水电科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830049; 2. 新疆农业节水工程技术中心, 新疆 乌鲁木齐 830049)

**摘要:** 叠片的性能直接影响叠片过滤器的过滤效果和使用寿命。以两种不同的流道布置形式的叠片,在不同流量的清水工况下,研究其水头损失的规律。结果表明:在清水条件下,随着流量的增加,两种叠片的水头损失与流量呈现出幂函数的关系,并且随着流量的增大,两种叠片的水头损失增加值大幅度增加;进一步分析两种叠片之间的水头损失的差值,其水头损失之差与流量呈现线性函数的关系。试验结论:复合流道叠片的水头损失小于传统流道叠片,但还需要后续试验验证其抗堵塞性能,同时本文为国内的节水市场提供了一种新的产品。

**关键词:** 滴灌; 复合流道叠片; 传统流道叠片; 叠片过滤器; 水头损失; 进出口压力

中图分类号: S277.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2019)02-0257-04

## Research of lamination head loss for two different types of channel structure

CUI Rui<sup>1,2</sup>, CUI Chunliang<sup>1,2</sup>, SHENG Xiangmin<sup>1,2</sup>, LEI Jianhua<sup>1,2</sup>, CHEN Zhiqing<sup>1,2</sup>

(1. Xinjiang Water Resources Research Institute, Urumqi 830049, China;

2. Xinjiang Agricultural Water Saving Engineering and Technology Research Center, Urumqi 830049, China)

**Abstract:** Lamination directly influences the laminated filter performance and service life. Based on the lamination of two different types of port layout, the law of its head loss was studied under different flow rate of clear water conditions. The results showed that under the condition of clear water, with the increase of flow rate, the head loss and flow of the two laminations presents a power function relationship, and the added value of the head loss of two kinds of lamination experienced a substantial increase, further analysis of the head loss between the two kinds of laminated difference, the head loss of the two kinds of laminated both present linear function relation with the difference between the flow. The test conclusion: through the experiment, the head loss of the composite flow laminated filter is superior then the traditional flow path, but also need follow-up tests verify the anti-clogging performance; in addition, this paper for the domestic water market provides a new product.

**Key words:** drip irrigation; composite flow lamination; traditional flow lamination; laminated filter; head loss; inlet and outlet pressure

## 1 研究背景

网式、叠片、介质过滤器做为常用3种过滤器广泛地应用在滴灌系统首部中,其中由于叠片过滤器中的叠片具有独特流道结构,使其具有过滤效率高、使用寿命长等特点。目前对叠片过滤器性能的研究集中在试验、研制和数值模拟等方面。阿不都·沙拉木等<sup>[1]</sup>、秦天云等<sup>[2-3]</sup>分别通过试验分析了在过滤含藻类的地表水时,叠片过滤器过滤效果上优于网式过滤

器;在浑水条件下叠片过滤器的除沙效率大于网式过滤器。杨万龙等<sup>[4]</sup>、刘广荣等<sup>[5]</sup>、王栋等<sup>[6]</sup>、王燕燕<sup>[7]</sup>、张娟娟等<sup>[8]</sup>、李楠等<sup>[9]</sup>在叠片过滤器的研制上对其结构进行了优化,使得目前国内产品的性能和过滤效果与国外同类产品相当。肖新棉等<sup>[10-11]</sup>、李浩等<sup>[12]</sup>用CFD软件对叠片过滤器的内部流场进行了数值模拟,分别得出了叠片的最优层数和过滤器进口管路与滤筒之间的最优夹角。此外新疆水科院针对自主研发的几种形式的叠片过滤器也进行了相关的试

收稿日期:2018-01-15; 修回日期:2018-06-28

基金项目:国家重点研发计划子课题(2016YFC05041405-4,2016YFC0400208);新疆水利科技专项项目(2014Y03、2014Y12,2015Y05)

作者简介:崔瑞(1986-),男,新疆塔城人,硕士,工程师,主要从事节水灌溉设备研发工作。

验研究,如申祥民等<sup>[13]</sup>对三芯和多连体组合叠片过滤器进行了水力性能试验研究,在水头损失上得出三芯叠片过滤器优于多连体组合叠片过滤器。崔春亮等<sup>[14]</sup>针对叠片过滤器与国外同类产品进行了对比试验,结果表明自主研发的高性能叠片过滤器的过流性能、抗压能力和过滤精度均达到了国外同类产品的技术水平。王君等<sup>[15]</sup>针对自主研发的叠片过滤器进行了研究,通过试验得出其水头损失与其他叠片过滤器水头损失规律相同。

新疆水科院在2010年申请了叠片生产工艺的发明专利——用电铸法生产叠片过滤器叠片模具的工艺,2012年获得专利号 ZL 2010 1 6534331.5。2015年又研发出新型复合流道叠片—多级复合流道叠片,专利号 ZL 2013 2 0094335.5,该研发成果针对传统叠片即单一的直线型流道进行了改进。

## 2 复合流道叠片结构设计

### 2.1 复合流道叠片介绍

本文采用的多级复合流道叠片见图1,将此叠片装入3"的叠片过滤器中,叠片过滤器(耐压等级为0.8 MPa)见图2。本次试验在新疆水利水电科学研究院过滤器检测试验平台测试完成。

本次试验研究所采用的新型叠片的特点是:将原有的传统直线型流道即一级过滤形式优化为两级

流道过滤,其中一级流道的过滤精度为60目,二级流道过滤精度为120目。新型叠片的过滤精度与外形尺寸均采用传统直线型流道叠片,这样使得复合流道叠片可以进行两级过滤,即60目初级过滤与120目精细过滤,同时简化了新的模具结构设计,便于批量生产,使其具有产业化的能力。

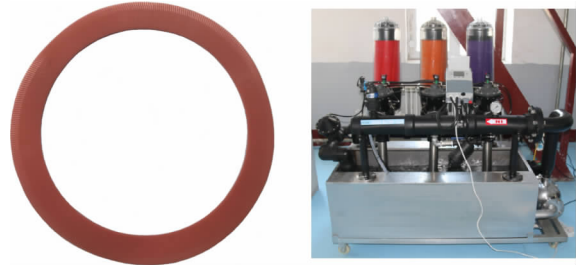


图1 复合叠片外观图 图2 手动叠片过滤器图

### 2.2 复合流道叠片的设计参数

(1)叠片形式:为圆环状结构、叠片上下表面有V型沟槽,结构如图3所示。

(2)叠片设计参数:叠片外径(一级流道外径)为57.5 mm;二级流道外径(一级流道内径)为52.5 mm;二级流道内径为42.5 mm;流道斜度为 $27^\circ$ ;沟槽深0.14 mm;一级流道流道数量(双面)480条;二级流道流道数量(双面)960条;一级流道槽宽1.5 mm,二级流道槽宽0.75 mm;叠片厚度1.2 mm。

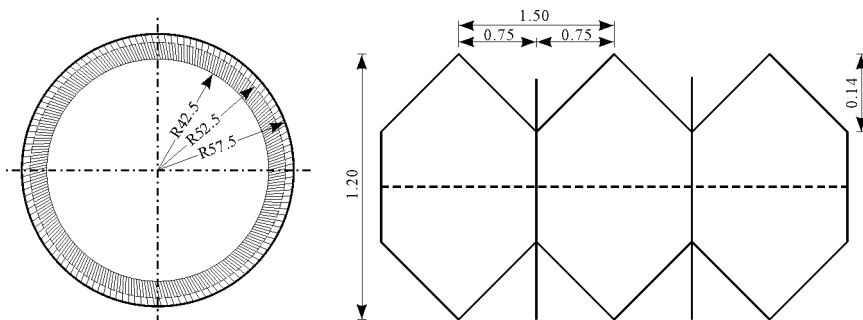


图3 复合流道叠片结构图(单位:mm)

## 3 试验装置与测试数据

(1)试验仪器设备:水泵、进水口压力表、3"三组滤芯叠片过滤器(设计过流能力为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ),出口压力表、流量控制平台、回水管道。图4为本次试验装置示意图。

(2)本次试验叠片过滤器装入的叠片为自主研发的复合流道叠片(下文简称复合叠片)和传统直线型流道叠片(下文简称传统叠片)。

(3)试验测量数据:试验共设置了7组不同流

量,测试并收集两种叠片的水头损失的数据,主要采集以下几方面的数据:水泵流量;进水口压力值;出水口压力值;进出口压差即水头损失。

## 4 结果与分析

试验对过滤器中两种不同流道结构的叠片进行了水力性能测试,两种叠片流量与水头损失关系见表1和图5。

从表1和图5分析可知,随着流量的增加,测试的两种叠片的水头损失都在逐渐增加,并且水头损

失与流量呈现幂函数的关系,相关系数  $R^2$  均达到 0.99 以上。通过表 1 中数据分析,当流量范围为 40 ~ 50  $\text{m}^3/\text{h}$  时,复合叠片的水头损失在 2.0 m 之内,而传统叠片的水头损失达到 2.22 m;当流量超过 55  $\text{m}^3/\text{h}$ ,尤其是达到设计过流能力(60  $\text{m}^3/\text{h}$ )时,两种叠片的水头损失均有较大幅度的增加,但复合叠片水头损失增加幅度明显小于传统叠片。

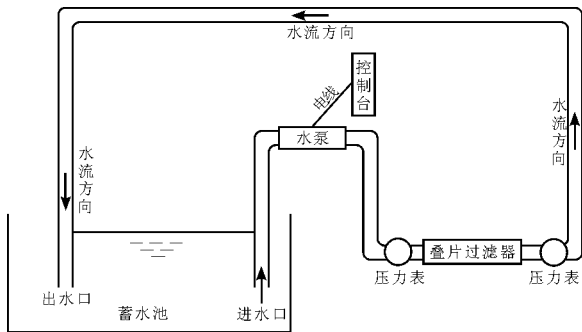


图 4 试验装置示意图

图 6 为两种叠片流量与水头损失差值关系曲线。从图 6 可以看出,随着流量的增加,传统叠片与复合叠片的水头损失差值在逐渐加大,二者的水头损失差值与流量呈现出线性关系,相关系数  $R^2$  为 0.98。从而进一步说明随着流量的增加复合叠片的水头损失要明显小于传统叠片。

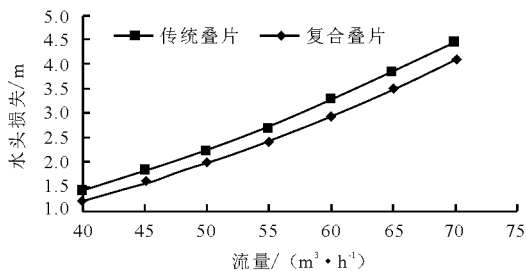


图 5 两种叠片流量 - 水头损失关系曲线

产生上述现象的原因是由于复合叠片和传统叠片的流道布置方式的差异所造成的。虽然两种叠片的流道长度均于为 15 mm,但是复合叠片的流道长度由两部分组成,其中一级流道长度为 5 mm,二级流道长度为 10 mm,由于复合叠片的一级流道过滤精度为 60 目,所对应的沟槽宽度比二级流道过滤精度为 120 目的宽。当水流经过两种叠片时,复合的水头损失是 60 目流道的水头损失与 120 目流道的水头损失之和,而传统叠片流道尺寸统一为 120 目,所以 5 mm 长度的 60 目流道水头损失要小于对应长度的 120 目流道水头损失,故而复合叠片的总水头损失小于传统叠片的水头损失。

表 1 两种叠片流量 - 水头损失关系

流量 $Q /$ ( $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )	复合叠片		传统叠片	
	水头损失 $\Delta h / \text{m}$	拟合公式	水头损失 $\Delta h / \text{m}$	拟合公式
40	1.21		1.42	
45	1.60		1.82	
50	1.97	$\Delta h =$	2.22	$\Delta h =$
55	2.39	$4 \times 10^{-4} Q^{2.168}$	2.68	$7 \times 10^{-4} Q^{2.056}$
60	2.95	$R^2 = 0.9994$	3.27	$R^2 = 0.9995$
65	3.50		3.85	
70	4.10		4.50	

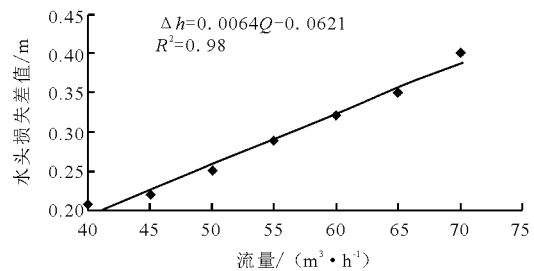


图 6 两种叠片流量 - 水头损失差值关系曲线

## 5 结 论

(1)两种流道结构叠片的水头损失与流量的关系为幂函数,且水头损失与流量高度相关,相关系数  $R^2$  达到 0.99 以上。随着流量的增加,两种叠片的水头损失都在增加。在相同的流量下,复合叠片的水头损失小于传统叠片。随着流量的增加,复合叠片和传统叠片的水头损失值变化幅度较大。

(2)两种叠片的水头损失差值与流量呈线性函数的关系,相关系数  $R^2$  为 0.98,进一步说明了在相同流量下,复合叠片能量损失较小,能耗较低。

后续将继续完善复合流道叠片的试验,首先要

对流道进行优化设计,其次重点研究复合叠片的抗堵塞性能,最终使得新型叠片能在节水灌溉中得到广泛应用。

### 参考文献:

- [1] 阿不都沙拉木, 彭立新, 崔春亮. 微灌系统中叠式和网式过滤器对含藻类地表水过滤效果的分析[C]// 中国水利学会第二届青年科技论坛, 西安:2005.
- [2] 秦天云, 王文娥, 胡笑涛, 等. 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.
- [3] 秦天云. 滴灌系统网式与叠片式过滤器工作性能及影响因素研究[D]. 杨陵:西北农林科技大学, 2017.
- [4] 杨万龙, 宋世良. 叠片式自动反冲洗过滤器的研制

- [J]. 中国农村水利水电, 2005(1):115-117.
- [5] 刘广荣, 叶春松, 邓迎春, 等. 两种叠片式过滤器的工艺性能比较试验[J]. 工业水处理, 2008, 28(7):27-29.
- [6] 王栋, 薛瑞清. 滴灌用水动活塞叠片式自动过滤装置的研制[J]. 节水灌溉, 2010(3):15-18+22.
- [7] 王燕燕. 自清洗叠片过滤器的设计与研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2010.
- [8] 张娟娟, 徐建新, 黄修桥, 等. 国内微灌用叠片过滤器研究现状综述[J]. 节水灌溉, 2015(3):59-61+65.
- [9] 李楠. 叠片过滤器过滤性能及叠片流道优化试验研究[D]. 北京: 中国农业科学研究院, 2016.
- [10] 肖新棉, 董文楚, 杨金忠, 等. 微灌用叠片式砂过滤器性能试验研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5):81-84.
- [11] 肖新棉, 董文楚, 潘林, 等. 叠片式砂过滤器水力特性模拟计算[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8):1-5.
- [12] 李浩, 李红, 黄修桥, 等. 微灌用叠片过滤器全流场数值模拟与优化分析[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(6):1-5+47.
- [13] 申祥民, 阿不都·沙拉木, 崔春亮, 等. 自主研发的大流量叠片过滤器的性能分析[J]. 中国农村水利水电, 2011(4):85-87.
- [14] 崔春亮, 阿不都·沙拉木, 申祥民, 等. 自主研发的叠片过滤器与国外同类产品的性能比较研究[J]. 节水灌溉, 2010(12):16-18.
- [15] 王君, 崔春亮, 崔瑞, 等. 自主研发的水动活塞式单体叠片过滤器水力性能研究[J]. 黑龙江水利科技, 2016, 44(9):4-6.

(上接第 251 页)

- [21] TIMLIN D J, PACHEPSKY Y, B. A. ACOCK, et al. Error analysis of soil temperature simulations using measured and estimated hourly weather data with 2DSOIL[J]. Agricultural Systems, 2002, 72(3):215-239.
- [22] GOSS K U, MICHAEL M. Estimation of water transport based on in situ measurements of relative humidity and temperature in a dry Tanzanian soil[J]. Water Resources Research, 2007, 43:160-163.
- [23] ZHANG Zaiyong, WANG Wenke, WANG Zhufeng, et al. Evaporation from bare ground with different water-table depths based on an in-situ experiment in Ordos Plateau, China[J]. Hydrogeology Journal, 2018, 26(5):1683-1691.
- [24] CHEN Li, WANG Wenke, ZHANG Zzaiyong et al. Estimation of bare soil evaporation for different depths of water table in the wind-blown sand area of the Ordos Basin, China, Hydrogeology Journal, 2018, 26(5):1-12.
- [25] ASSOULINE S, NARKIS K, TYLER S W, et al. On the diurnal soil water content dynamics during evaporation using dielectric methods[J]. Vadose Zone Journal, 2010, 9(3):709-718.
- [26] ASSOULINE S, TYLER S W, SELKER J S, et al. Evaporation from a shallow water table: Diurnal dynamics of water and heat at the surface of drying sand[J]. Water Resources Research, 2013, 49(7):4022-4034.
- [27] SHAHRAEENI E, OR D. Pore scale mechanisms for enhanced vapor transport through partially saturated porous media[J]. Water Resources Research, 2012, 48(5):5511-5527.

## 喜 讯

《水资源与水工程学报》被中国科学引文数据库(Chinese Science Citation Database, 简称 CSCD)收录为 2019-2020 年度来源期刊(核心库);2008-2019 年连续 12 年被中国科学技术信息研究所评为中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)。