

砂石过滤器过滤效果影响因素试验研究

张文正^{1,2}, 蔡九茂^{1,2}, 吕谋超^{1,2*}, 翟国亮^{1,2}

(1. 中国农业科学院 农田灌溉研究所, 河南 新乡 453002

2. 农业农村部节水灌溉工程重点试验室, 河南 新乡 453002)

摘要:【目的】研究不同因素对砂石过滤器过滤效果的影响。【方法】本文开展室内过滤模型水力学试验, 选择不同滤层厚度、原水含沙量、过滤速度, 对比过滤后水样浊度、颗粒质量浓度、水头损失。【结果】随着滤层厚度的增加, 过滤后水样浊度呈递减趋势, 原水含沙量的变化与过滤后水样浊度呈正相关, 过滤速度的变化对浊度影响较弱。滤层厚度 60 cm 条件下水样颗粒质量浓度与其滤层他厚度差异显著, 原水含沙量 0.8‰ 条件下水样颗粒质量浓度与其他原水含沙量差异显著, 而过滤速度对颗粒质量浓度影响同样较弱。过滤速度与水头损失呈正相关, 不同滤层厚度条件下水头损失差异不显著, 不同原水含沙量条件下水头损失差异显著。【结论】滤层厚度、原水含沙量对水样浊度、颗粒质量浓度影响显著, 过滤速度影响较弱; 过滤速度、原水含沙量对水头损失影响显著, 滤层厚度影响较弱。

关键词: 过滤器; 滤层厚度; 过滤速度; 浊度; 颗粒质量浓度; 水头损失

中图分类号: S275.5

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.gggs.2019354

张文正, 蔡九茂, 吕谋超, 等. 砂石过滤器过滤效果影响因素试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(7): 77-83.

ZHANG Wenzheng, CAI Jiuniao, LYU Mouchao, et al. Experimental Study on Influencing Factors of Filtration Effect of Sand Filter [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(7): 77-83.

0 引言

【研究意义】砂石过滤器在微灌工程中的使用非常广泛, 通过均质滤料形成过滤载体, 从而实现三维立体过滤, 截获污物能力强和滤料清洗方便^[1-3]。而灌水器水流通道很窄, 容易被水中泥沙颗粒、有机物等杂质堵塞, 对水质有较高的要求^[4]。过滤器是保证灌溉系统使用寿命及经济效益的核心设备, 改善过滤效果对灌溉系统健康运行意义重大^[5-7]。【研究进展】近年来, 许多学者对砂石过滤器水力性能、过滤效果、过滤机理等开展了研究。为方便观测过滤前后水样状况, 翟国亮等^[8]采用粉煤灰配置原水, 相继开展了均质滤料对粉煤灰水质的颗粒质量浓度和浊度影响的模型试验, 研究发现滤除率与过滤速度负相关, 与原水含沙量正相关, 分析了砂石过滤器过滤粉煤灰的效果。根据前者的试验方法和经验, 赵红书^[9]开展了砂石过滤器过滤黄河泥沙的研究, 采用正交试验方法分析滤料粒径、过滤速度、滤层厚度等因素对浊度、颗

粒质量浓度等影响, 建立了过滤时洁净滤床的水头损失方程。张文正等^[10]开展了砂石过滤器表层过滤研究, 分析滤料粒径越小, 泥沙颗粒越大, 容易出现表层过滤现象。周慧芳等^[11]为了更好地研究杂质在滤层中运移分布, 开展了滤层截留泥沙分布试验, 发现均质滤料泥沙更多截留在滤层上半部分, 为过滤器高效反冲洗提供了相应依据。有学者为了研究砂滤层的过滤过程, 将多孔介质模型和分形理论模型相结合, 构建了石英砂滤层过滤性能函数, 探讨了过滤速度和清洁压降计算方法^[12-13]。Soyer 等^[14]建立了浊度、颗粒截留量、固体颗粒粒子数量、过滤效率指数和水头损失等观测指标随时间的变化函数, 评价过滤效果有了更好的理论依据。【切入点】影响砂石过滤器过滤效果的因素多, 过滤过程复杂, 拟在前人研究基础上, 筛选过滤效果评价指标, 开展室内过滤器模型水力学试验。【拟解决的关键问题】通过分析过滤效果与各因素之间关系, 探究过滤性能关键影响因素, 为砂石过滤器推广应用提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验装置及配套设施

本试验在中国农业科学院农田灌溉研究所过滤实验室进行。试验装置如图 1 所示, 主过滤室采用透

收稿日期: 2019-11-05

基金项目: 中央级科研院所基本科研业务费专项 (FIRI2017-26; FIRI2017-27)

作者简介: 张文正 (1986-), 男, 助理研究员, 主要从事微灌技术研究。
E-mail: zhangntggs@163.com

通信作者: 吕谋超 (1968-), 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事灌溉理论与技术研究。E-mail: lvmouchao@aliyun.com

明有机玻璃柱，内部填充石英砂滤料，有机玻璃柱内径 160 mm、高 1 200 mm。有机玻璃柱侧面设置测压孔，用于观测过滤器内部水头损失。主过滤室顶部设置分水板，底部安装滤帽，原水在分水板作用下进入模型内部，水中泥沙被截留在滤层中，过滤后水通过滤帽流出。在原水池中配置不同质量浓度含沙水，通过搅拌机实现水沙充分混合，原水经水泵加压进入模型内部。对照电磁流量计读数，通过阀门实现过滤速度的调节。试验配套设施包括无纸记录仪、压力表、浊度计、激光粒度分析仪等。

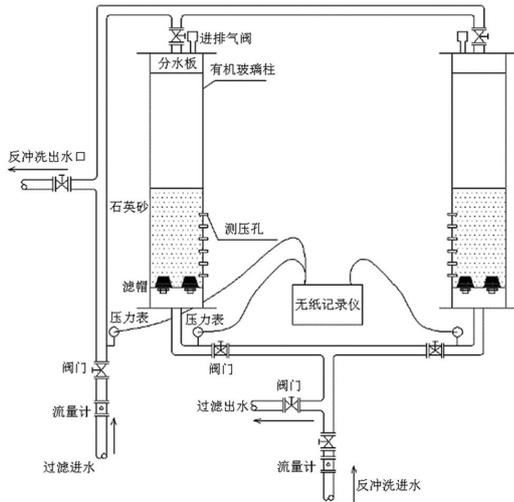


图 1 试验装置示意图

Fig.1 Test device schematic

试验配制原水的泥沙取自引黄灌区人民胜利渠（2018 年 10 月取），晾晒、烘干、筛分后以备使用，泥沙的粒度分布情况通过激光粒度分布仪测定，如表 1 所示。

表 1 不同粒径级的体积百分数

Table 1 Volume percentage of different particle sizes

粒径/ μm Particle size	占比/% Percentage	累积占比/% Grand total	粒径范围/ μm Particle size	占比/% Percentage	累积占比/% Grand total
0.1~9.98	1.56	1.56	117.1~145.10	6.50	86.69
9.99~32.41	10.16	11.72	145.1~161.50	5.26	91.95
32.4~49.74	18.76	30.48	161.5~200.06	2.40	94.35
49.7~61.62	12.70	43.18	200.0~247.83	2.86	97.21
61.6~94.56	26.08	69.26	247.8~307.00	2.44	99.65
94.0~117.13	10.93	80.19	307.0~341.69	0.35	100.00

1.2 试验设计

砂石过滤器通常作一级过滤，主要去除原水中大颗粒及有机物等，结合实际灌溉工程选择滤料粒径为 1.4 mm。过滤试验影响因素主要包括滤层厚度、过滤速度、原水含沙量，控制其中 2 个因素不变，第 3 个因素设置不同水平，具体试验处理见表 2。浊度和颗粒质量浓度直接影响灌溉系统灌水器堵塞，水头损失直接决定过滤器成本，测量过滤后水样浊度、

颗粒质量浓度，以及模型水头损失。取样频率为 2 min/次，每组处理设置 3 个重复，重复之间差异控制在 5% 以内，最后取平均值进行分析。

表 2 试验处理

Table 2 Test treatment

序号 Serial number	过滤速度/ (m s^{-1}) Filtration rate	原水含沙量/% Sand concentration of raw water	滤层厚度/cm Filter thickness
1	0.030	0.8	60
2	0.030	0.8	40
3	0.030	0.8	30
4	0.022	0.5	60
5	0.022	0.5	40
6	0.022	0.5	30
7	0.017	0.3	60
8	0.017	0.3	40
9	0.017	0.3	30
10	0.030	0.5	60
11	0.030	0.3	60
12	0.022	0.8	40
13	0.022	0.3	40
14	0.017	0.8	30
15	0.017	0.5	30
16	0.022	0.8	60
17	0.017	0.8	60
18	0.030	0.5	40
19	0.017	0.5	40
20	0.030	0.3	30
21	0.022	0.3	30

1.3 试验指标

浊度：采用浊度计测量原水和过滤后水样，综合考虑水样中泥沙随时间沉淀，从取样到测量时间控制在 30 min 以内，每个水样测量 2 次。

颗粒质量浓度：采用烘干法测量原水和过滤后水样单位体积泥沙质量，考虑清水的颗粒质量浓度，计算水样单位体积净含沙量。

水头损失：模型进出水口布置压力传感器，通过无纸记录仪观测压力，分析模型水头损失状况。

2 结果与分析

2.1 浊度变化

2.1.1 滤层厚度对浊度影响

不同滤层厚度条件下水样浊度动态变化如图 2 所示。从图 2 可以看出，过滤后水样浊度随时间呈动态变化趋势，浊度在一定范围内上下浮动。当原水含沙量和过滤速度固定，过滤后水样浊度随着滤层厚度

增加呈降低趋势，滤层厚度 60 cm 水样浊度明显低于滤层厚度 40 cm 和 30 cm，随着滤层厚度增加，过滤器模型过滤水样浊度效果更好。当滤层厚度增加时，

原水通过滤层需要接触更多的石英砂滤料，滤料孔隙截留和滤料表面吸附杂质机率增多，过滤后水样浊度较原水下降明显。

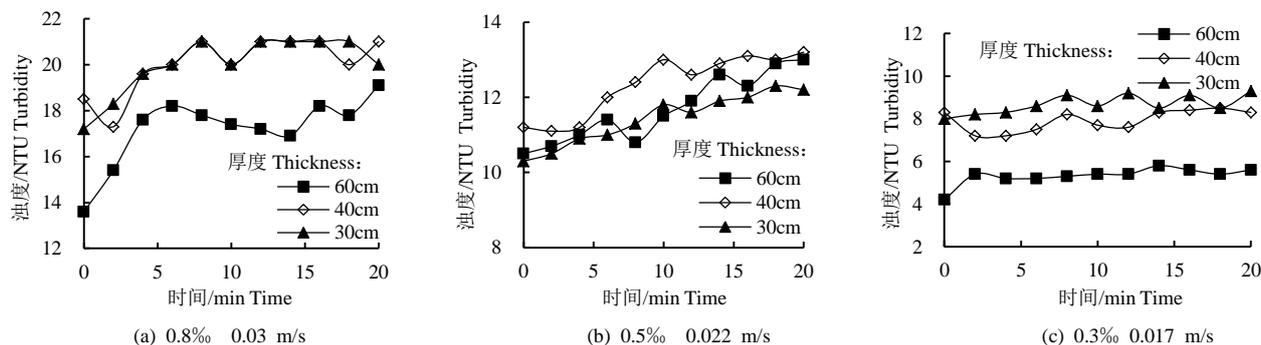


图 2 不同滤层厚度条件下浊度动态变化

Fig.2 Dynamics of turbidity with different filter thickness condition

2.1.2 原水含沙量对浊度的影响

不同原水含沙量条件下水样浊度动态变化如图 3 所示。控制过滤速度和滤层厚度不变，不同原水含沙量条件下过滤后水样浊度在某一固定值附近上下波动，呈现一个比较稳定状态。每个处理浊度离散程度较低，分析砂石过滤器的过滤过程较为稳定，进一步验证了砂石过滤器独特的三维过滤，以浊度指标判定

砂石过滤器过滤效果稳定。从图 3 看出，当原水含沙量不断增加时，过滤后水样浊度呈递增趋势，水样浊度与原水含沙量正相关。分析当原水含沙量逐渐增大时，单位体积石英砂需要过滤的更多的泥沙，其孔隙截留和表面吸附的泥沙随之增加，然而单位体积石英砂过滤能力有限，过滤后水样含沙量逐渐增大。综合判定原水含沙量对过滤后水样浊度影响明显。

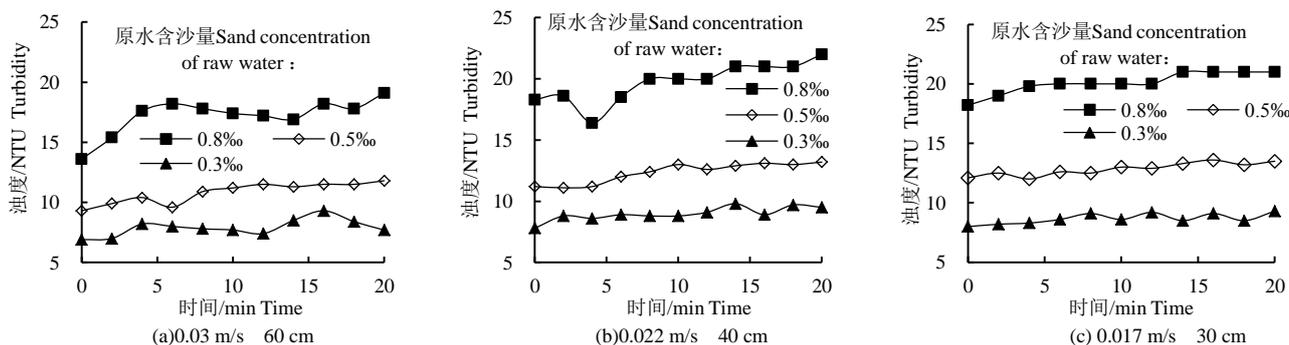


图 3 不同原水含沙量条件下浊度随时间变化

Fig.3 Dynamics of turbidity with different sand concentration of raw water

2.1.3 过滤速度对浊度的影响

不同过滤速度条件下水样浊度动态变化如图 4 所示。控制原水含沙量和滤层厚度不变，随着过滤速度变化，过滤后水样浊度动态变化趋势相似，整体呈逐渐增大趋势；随着过滤速度的增加，水样浊度变化

差异不明显。过滤速度对浊度的影响较弱。分析当原水含沙量和滤层厚度不变时，随过滤速度变化，单位时间进入到滤层中原水增加，但滤层本身过滤能力有限，过滤后水样浊度变化差异小。

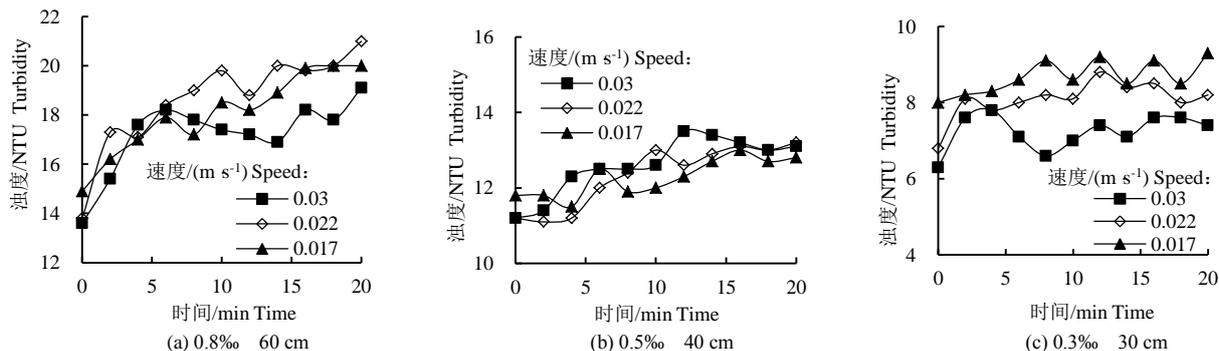


图 4 不同过滤速度下浊度动态变化

Fig.4 Dynamics of turbidity with different conditions filtration rate

2.2 颗粒质量浓度变化

2.2.1 滤层厚度对颗粒质量浓度的影响

不同滤层厚度条件下水样颗粒质量浓度动态变化如图 5 所示。从图 5 可以看出,在原水含沙量和过滤速度相同时,随着滤层厚度的增加,颗粒质量浓度随时间呈动态变化,滤层厚度 60 cm 水样颗粒质量浓度与滤层厚度 40、30 cm 差异明显,而滤层厚度 40 cm

和 30 cm 水样颗粒质量浓度之间差异不明显,分析认为当滤层厚度为 60 cm 对过滤后水样颗粒质量浓度影响作用大。对比不同处理条件下水样颗粒质量浓度值离散程度,发现随着滤层厚度的增加过滤后水样颗粒质量浓度值标准差之间差异不明显,假设过滤后水样颗粒质量浓度指标越稳定效果越好,判定随着滤层厚度增加过滤效果差异不明显。

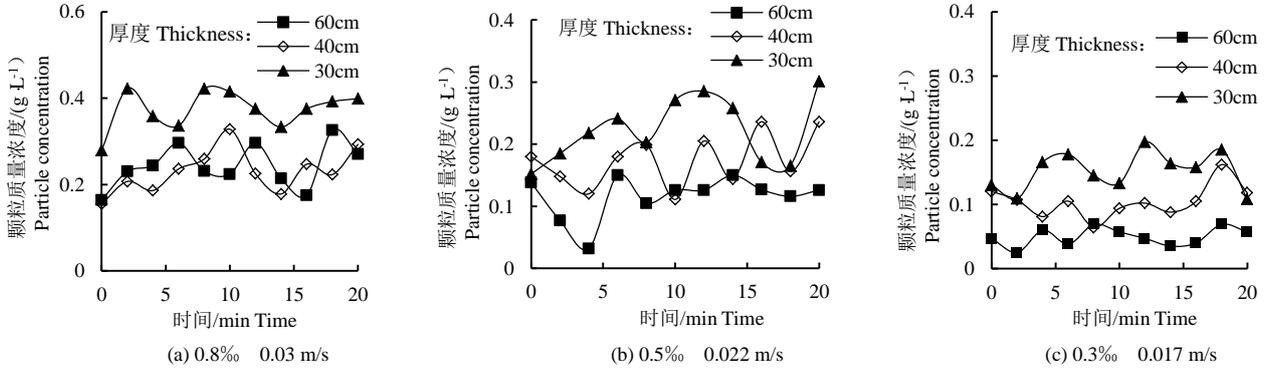


图 5 不同滤层厚度条件下颗粒质量浓度动态变化

Fig.5 Dynamics of particle concentration with different filter thickness condition

2.2.2 原水含沙量对颗粒质量浓度的影响

不同原水含沙量条件下水样颗粒质量浓度动态变化如图 6 所示。从图 6 可以看出,原水含沙量 0.8% 条件下,过滤后水样颗粒质量浓度明显高于其他 2 种原水含沙量条件下,原水含沙量 0.8% 条件下颗粒质量浓度较原水含沙量 0.5%、0.3% 存在显著差异,原水含沙量 0.5% 过滤后水样颗粒质量浓度与 0.3% 之间

差异不明显,分析认为原水含沙量为 0.08% 对过滤后水样颗粒质量浓度影响作用大。对比不同处理条件下水样颗粒质量浓度值离散程度,发现随着原水含沙量的增加过滤后水样颗粒质量浓度值标准差之间差异明显,假设过滤后水样颗粒质量浓度指标越稳定效果越好,判定随着原水含沙量增加过滤效果差异明显。

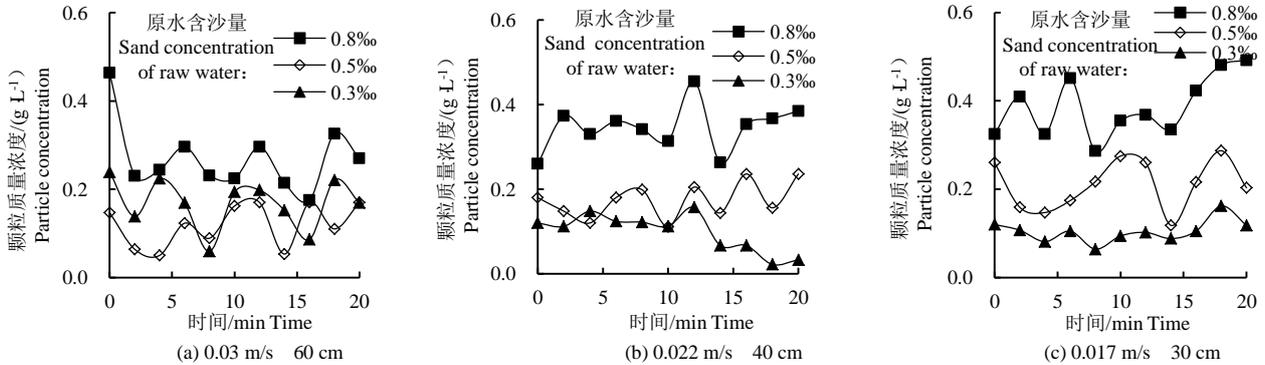


图 6 不同原水含沙量条件下颗粒质量浓度动态变化

Fig.6 Dynamics of particle concentration with different sand concentration of raw water

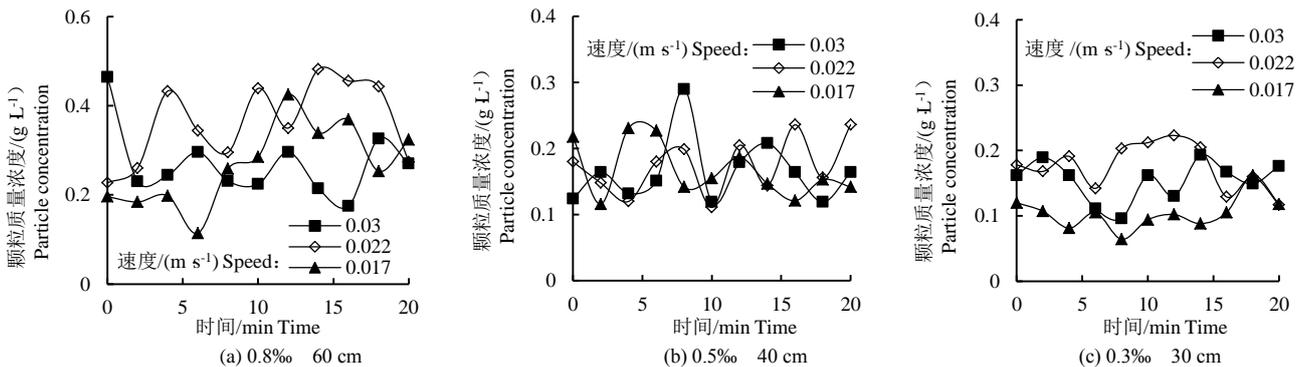


图 7 不同过滤速度条件下颗粒质量浓度动态变化

Fig.7 Dynamics of particle concentration with different filtration rate

2.2.3 过滤速度对颗粒质量浓度影响

不同过滤速度条件下水样颗粒质量浓度动态变化如图 7 所示。从图 7 可以看出，控制相同的滤层厚度和原水含沙量，随着过滤速度的增加，不同处理条件下过滤后水样颗粒质量浓度差异不显著，水样颗粒质量浓度随时间呈动态变化，颗粒质量浓度在一定范围内浮动。假设以过滤后水样颗粒质量浓度作为评价过滤效果的指标，不同的过滤速度并未明显影响过滤效果，过滤速度变化对过滤后水样颗粒质量浓度影响较弱。

2.3 水头损失变化

2.3.1 滤层厚度对水头损失的影响

不同的原水含沙量和滤层厚度条件下，随着过滤速度的增加，砂石过滤器进出口水口水头损失呈递增趋势，过滤速度与水头损失正相关（图 8）。当原水含沙量和过滤速度相同时，随着滤层厚度的逐渐增大，

水头损失相应增大，滤层厚度 60 cm 时水头损失最大，依次是 40、30 cm。分析认为砂石过滤器单位体积滤料过水能力有限，随着水流速度的增大滤层产生更大阻力，水头损失也相应增大。随着滤层厚度增大，原水通过滤层需要克服更大滤料孔隙阻力和滤料表面张力，因而会出现更大的水头损失。

2.3.2 原水含沙量对水头损失的影响

在相同的原水含沙量和滤层厚度条件下，滤层水头损失随着过滤速度的增加呈递增趋势，其递增变化的趋势显著，过滤速度 0.03 m/s 条件下水头损失较 0.017 m/s 显著提高。当滤层厚度和过滤速度相同时，随着原水含沙量的增加，相应水头损失逐渐增大，原水含沙量 0.8‰ 水头损失较原水含沙量 0.3‰ 显著提高。分析认为随着原水含沙量的增加，单位体积滤层过滤负荷增大，滤层孔隙和滤料表面截留和吸附的泥沙增大，因而会增大水头损失。

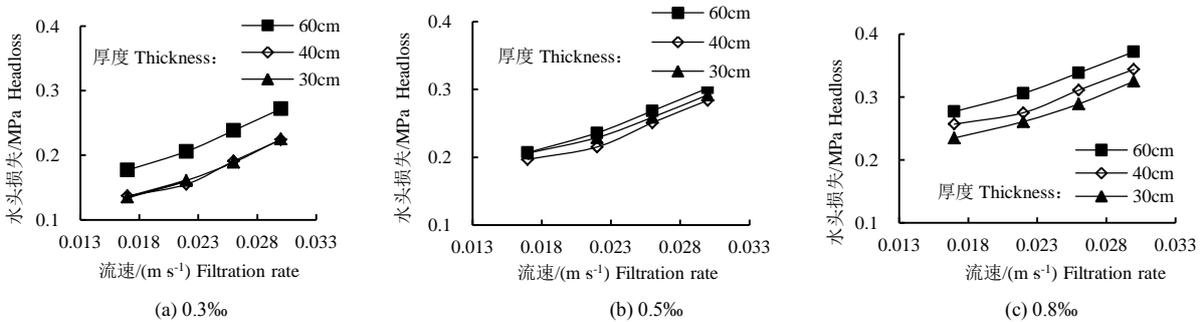


图 8 不同滤层厚度条件下水头损失动态变化

Fig.8 Dynamics of head loss with different filter thickness condition

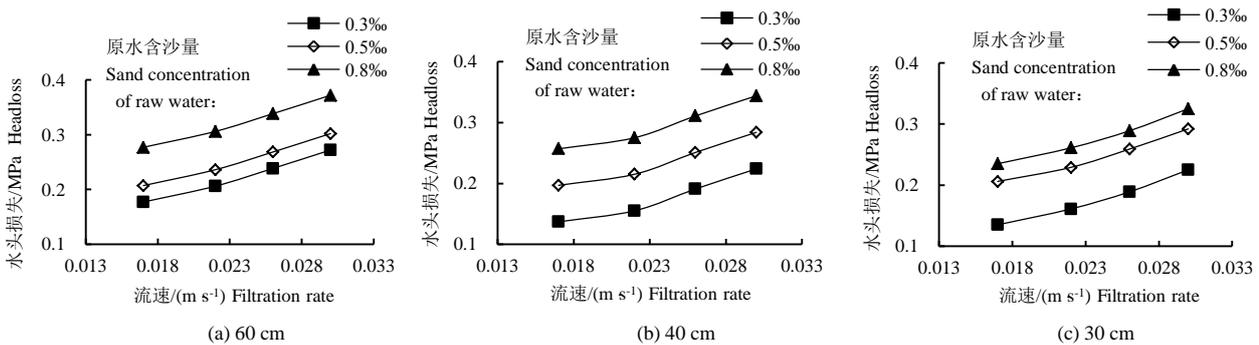


图 9 不同原水含沙量条件下水头损失动态变化

Fig.9 Dynamics of head loss with different sand concentration of raw water

3 讨论

砂石过滤器在节水灌溉工程中应用较为广泛，多被应用在引黄灌溉工程首部系统中^[15]。本文开展了砂石过滤器模型在过滤泥沙方面的水力学试验研究，基于前期研究基础^[16]选择滤层厚度、过滤速度和原水含沙量作为主要因素，设计不同的因素水平，分别选择浊度、颗粒质量浓度和水头损失作为观测指标。控制

其中 2 个因素不变，对比第 3 个因素的变化对过滤后水样指标影响。通过试验观测过滤后水样浊度和颗粒质量浓度随时间变化的离散程度，离散程度越高过滤效果越差，过滤的稳定性也越差，离散程度通过标准差计算。本文的研究主要是针对不同处理条件下，过滤水样各项指标的变化规律分析，缺乏从微观角度探析石英砂滤料对泥沙的截留和吸附过程研究，开展数值模拟研究泥沙在滤层中运移，更深层次开展滤层机

理和关键影响因素研究。

4 结论

1) 随着滤层厚度增加, 过滤后水样浊度呈递减趋势, 滤层厚度 60 cm 条件下浊度明显低于其他滤层厚度。原水含沙量的变化与过滤后水样浊度正相关, 水样浊度动态变化趋势稳定。随着过滤速度的增加, 水样浊度动态变化差异不明显。以浊度作为评价过滤效果指标, 分析过滤速度关键影响因素。

2) 滤层厚度 60 cm 条件下水样颗粒质量浓度较其他滤层厚度存在显著差异, 不同处理水样颗粒质量浓度离散程度差异不明显。原水含沙量 0.8% 条件下水样颗粒质量浓度较其他原水含沙量差异显著, 不同处理水样颗粒质量浓度离散程度差异明显。过滤速度对水样颗粒质量浓度变化影响较弱。

3) 随着过滤速度增加, 水头损失递增趋势明显。不同滤层厚度条件下水头损失差异不显著, 不同原水含沙量条件下水头损失差异显著, 以水头损失作为评价过滤效果指标, 分滤层厚度不是关键影响因素。

参考文献:

- [1] 杨培岭, 周洋, 任树梅, 等. 砂石-筛网组合过滤器结构优化与性能试验[J]. 农业机械学报, 2018, 49(10): 307-316.
YANG Peiling, ZHOU Yang, REN Shumei, et al. Structural optimization and performance test of sand-screen combination filter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(10): 307-316.
- [2] 邵伟, 侯加林, 李天华, 等. 肥水一体化滴灌系统中过滤器技术的研究与进展[J]. 中国农机化学报, 2018, 39(10): 41-45.
SHAO Wei, HOU Jialin, LI Tianhua, et al. Research and development of filter technology in fertilizer water integrated drip irrigation system[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2018, 39(10): 41-45.
- [3] 赵朋飞, 翟国亮, 邓忠, 等. 玻璃球滤料在微灌过滤装置中的应用试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(4): 65-70.
ZHAO Pengfei, ZHAI Guoliang, DENG Zhong, et al. Experimental study on the feasibility of using glass beads as micro-irrigation filter[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2018, 37(4): 65-70.
- [4] 李云开, 周博, 杨培岭. 滴灌系统灌水器堵塞机理与控制方法研究进展[J]. 水利学报, 2018, 49(1): 103-114.
LI Yunkai, ZHOU Bo, YANG Peiling. Research advances in drip irrigation emitter clogging mechanism and controlling methods[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2018, 49(1): 103-114.
- [5] 张杰武, 冯吉, 徐飞鹏, 等. 引黄滴灌砂石过滤器滤料过滤性能[J]. 排灌机械工程学报, 2016, 34(4): 357-361.
ZHANG Jiewu, FENG Ji, XU Feipeng, et al. Sand filter performance on

- drip irrigation with the Yellow River[J]. Drainage and Irrigation Machinery, 2016, 34(4): 357-361.
- [6] 李曼, 刘贞姬, 石凯. 滴灌用网式过滤器排污效果试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(10): 55-62.
LI Man, LIU Zhenji, SHI Kai. Experimental study on sewage discharge effect of drip irrigation net filter[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(10): 55-62.
- [7] 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.
QIN Tianyun, WANG Wen'e, HU Xiaotao. Hydraulic performance of screen and disc filters for drip irrigation[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2017, 36(1): 57-62.
- [8] 翟国亮, 陈刚, 赵红书, 等. 微灌用均质砂滤料过滤粉煤灰水时对颗粒质量分数与浊度的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 13-18.
ZHAI Guoliang, CHEN Gang, ZHAO Hongshu, et al. Effects of filter with uniform sandy filtration medium used in micro-irrigation on mass fraction of particles and turbidity of water with fly ash[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(12): 13-18.
- [9] 赵红书. 微灌用石英砂滤料的过滤与反冲洗性能研究[D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2010.
ZHAO Hongshu. Performance of filtration and Flushing of quartz sand media for micro-irrigation[D]. Beijing: Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010.
- [10] 张文正, 翟国亮, 邓忠, 等. 微灌砂滤料的表层过滤和汽水反冲洗试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2013, 32(1): 86-90.
ZHANG Wenzheng, ZHAI Guoliang, DENG Zhong, et al. Surface filtration and air-water backwashing for sandy filter media in micro-irrigation[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2013, 32(1): 86-90.
- [11] 周慧芳, 童祯恭, 唐朝春, 等. 单层滤料直接过滤截污特征与反冲洗效果研究[J]. 南方冶金学院学报, 2005, 26(1): 43-46.
ZHOU Huifang, TONG Zhengong, TANG Chaochun, et al. Study on intercept characteristic of direct filtration and effect of backwash for single-layer filtering medium[J]. Journal of Southern Institute of Metallurgy, 2005, 26(1): 43-46.
- [12] 刘文娟. 石英砂滤层过滤与反冲洗特性的实验研究及数值模拟[D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2014.
LIU Wenjuan. Experimental study and numerical simulation of filtration and backwashing with quartz-sand filters[D]. Beijing: Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.
- [13] 李景海, 刘清霞, 黄修桥, 等. 微灌石英砂滤层流态特性与分形阻力模型参数确定[J]. 农业工程学报, 2015, 31(13): 113-119.
LI Jinghai, LIU Qingxia, HUANG Xiuxiao, et al. Flow state characteristics and fractal model parameters determination of quartz sand filter layer used in micro-irrigation[J]. Transactions of the Chinese

- Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(13): 113-119. Agricultural University, 2017.
- [14] SOYER E. Performance comparison of granular media filter beds[J]. Desalination and Water Treatment, 2016, 57(52): 24 867-24 881. [16] 张文正. 微灌砂滤层气水反冲洗与过滤的试验研究[D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2013.
- [15] 冯吉. 引黄滴灌系统泥沙逐级调控机制及方法研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2017. ZHANG Wenzheng. Experiment research of air water backwashing and filtration of sand layer in micro-irrigation[D]. Beijing: Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013.
- FENG Ji. Step regulation mechanism and method of sediment in drip irrigation system with the Yellow River water[D]. Beijing: China

Experimental Study on Influencing Factors of Filtration Effect of Sand Filter

ZHANG Wenzheng^{1,2}, CAI Jiumao^{1,2}, LYU Mouchao^{1,2*}, ZHAI Guoliang^{1,2}

(1. Farmland Irrigation Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453002, China)

2. Key Laboratory of Water-saving Irrigation Engineering, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xinxiang 453002, China)

Abstract: **【Objective】** This paper is to study the effect of different factors on the filtration effect of sand filter. **【Method】** The indoor filtration model hydraulic test was carried out, under different filter layer thickness, the sand concentration of raw water and the filtration speed, and the turbidity, particle content and head loss of the filtered water samples were measured. **【Result】** The results showed that with the increase of the filter layer, the turbidity of the water sample after filtration showed a decreasing trend. The change of the sand concentration of raw water was positively correlated with the turbidity of the filtered water sample, and the change of the filtration rate had a weak effect on the turbidity. The particle content of water sample under the condition of filter layer thickness 60 cm was significantly different from other thicknesses. The water sample particle content was significantly different from other sand concentration of raw water under the condition of sand concentration of raw water of 0.8‰, and the filtration rate had the weak effect on the particle content. The filtration rate is positively correlated with the head loss. The difference of head loss is not significant under different filter layer thickness. The difference of head loss is significant under different sand concentration of raw water conditions. **【Conclusion】** It can be seen that the filter layer thickness and the concentration of raw water have significant effects on the turbidity and particle content of the water samples, and the effect of the filtration rate is weak. The filtration rate and the sand concentration of raw water have a significant effect on the head loss, and the effect of filter thickness is weak.

Key words: filter; filter layer thickness; filtration rate; turbidity; particle concentration; head loss

责任编辑：韩洋