

手摇清洗网式过滤器水力性能试验研究

杜思琦^{1,2}, 韩启彪¹, 兰晋慧³, 郭志新¹, 李辉¹, 黄修桥^{1*}

(1. 中国农业科学院 农田灌溉研究所/河南省节水农业重点实验室/农业农村部节水灌溉工程
重点实验室, 河南 新乡 453002; 2. 中国农业科学院 研究生院, 北京 100081;
3. 北京新华节水产品认证有限公司, 北京 100053)

摘要: 【目的】测试手摇清洗网式过滤器性能, 为微灌过滤器的选型提供技术支撑。【方法】针对 A (AZUD) 和 B (ARKA) 2 种常用型号手摇清洗网式过滤器, 通过清水试验, 获得了清洁压降曲线; 通过含沙水试验, 分析对比了 2 种过滤器在不同流量和含沙量条件下的过滤效果; 针对 B 型过滤器开展了排污效果试验, 验证了手摇清洗网式过滤器清污能力。【结果】手摇清洗网式过滤器的清洁压降曲线符合幂函数关系; 水头损失随流量和含沙量的增大逐渐增大; 流量对水头损失的影响较对堵塞程度的影响更明显, 含沙量对堵塞程度的影响与对水头损失的影响相当。清水试验时, 2 种过滤器水头损失均小于 2 m; 含沙水试验时, 过滤器在流量为 30 m³/h、含沙量为 0.08 g/L 时拦沙量较大, 对 0~200 μm 小颗粒的拦截效果更优; A 型过滤器水头损失变化更均匀、拦沙量更多, B 型过滤器水头损失和堵塞程度变化更缓慢、过滤周期更长。B 型过滤器在排污清洗后可以达到初始的滤网清洁程度, 水头损失变化规律与清洗前基本一致。【结论】手摇清洗网式过滤器水力性能和过滤性能表现优异, 实际应用时可根据不同的灌水需求和水源条件选型使用。

关键词: 微灌; 手摇清洗网式过滤器; 水力性能; 清污能力

中图分类号: S275.6

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2020615

OSID:



杜思琦, 韩启彪, 兰晋慧, 等. 手摇清洗网式过滤器水力性能试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2021, 40(4): 66-72.

DU Siqi, HAN Qibiao, LAN Jinhui, et al. Experimental Study on Hydraulic Performance of the Hand-operated Cleaning Screen Filter[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2021, 40(4): 66-72.

0 引言

【研究意义】灌水器堵塞是微灌系统工作性能变差、寿命变短的重要原因之一^[1], 而过滤器是防止灌水器堵塞、保证灌水器稳定出流的关键设备, 其中网式过滤器因结构简单、方便高效, 被广泛应用。

【研究进展】前期学者们主要通过开展过滤试验^[2]和构建理论公式^[3-4]研究网式过滤器水头损失变化规律及其影响因素, 而后自清洗网式过滤器的排污效率等得到关注^[5], 宗全利等^[6]通过浑水试验分析了含沙量和流量对自清洗网式过滤器水头损失变化的影响, 并在此基础上探讨了水头损失计算方法, 阿力甫江·阿不里米提等^[7]对 80 目和 120 目的鱼雷网式过滤器进行室内试验, 得到含沙量出现峰值和排污曲线产生拐点的时间, 认为排污时间在 40~50 s 最佳; 随着 CFD 数值模拟技术在微灌过滤器应用中的不断发展^[8-10], 许多学者运用数值模拟软件模拟网式过滤器

内部流场分布^[11-13]和沙粒运动轨迹^[14]。喻黎明等^[15]通过模拟网式过滤器不同粒径颗粒的运动, 分析流速对颗粒分布的影响, 从而深入探究入口流速、颗粒粒径及流线轨迹对滤网堵塞的共同作用; 近年来网式过滤器和其他类型过滤器的性能比较和组合的研究越来越多^[16-17]。

【切入点】为满足实际应用的需求, 市场上出现了一种新型的半自动清洗网式过滤器, 即手摇清洗网式过滤器, 其具有耗能耗水量小、清洗时不停止过滤工作等优势。随着手摇清洗网式过滤器应用的不断推广, 亟须对其水力性能进行分析研究。【拟解决的关键问题】为此, 本文设计了水力性能试验和排污效果试验, 探讨手摇清洗网式过滤器水力性能和排污能力, 以期能为过滤设备选型和改进提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 手摇清洗网式过滤器工作过程

手摇清洗网式过滤器主要依靠滤网对水中颗粒杂质的机械筛分作用净化灌溉水。如图 1 所示, 灌溉水从进水口流入滤网内部, 穿过滤网后扩散至整个过滤器筒体, 并从出水口流出。在此过程中, 水中的颗粒杂质被拦截在滤网内表面, 进而实现过滤的目的。

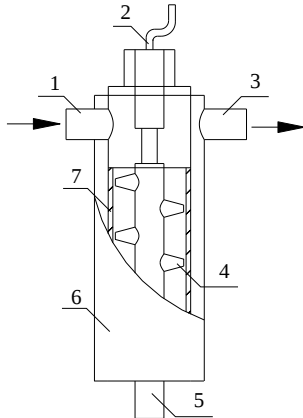
收稿日期: 2020-11-02

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目 (2016YFC400202); 中央级科研院所基本科研业务费专项资助项目 (FIRI2019-01-01); 中国农业科学院科技创新工程团队农田灌溉研究所节水高效灌溉技术与装备项目

作者简介: 杜思琦 (1996-), 女, 硕士研究生, 主要从事节水灌溉技术与设备方面的研究。E-mail: dusiqicaas@126.com

通信作者: 黄修桥 (1961-), 男, 研究员, 主要从事节水灌溉理论与技术及水资源高效利用方面的研究。E-mail: huangxq626@126.com

随着滤网内表面杂质污物的逐渐堆积,滤网内外压差不断增加,为避免滤网因受力过大被损坏,当压差增至一定程度时,需对滤网进行清洗。清洗时,打开过滤器排污口,吸嘴附近会形成强劲吸力,附着在滤网上的颗粒杂质在吸力和重力的作用下进入吸嘴,经旋转手柄向过滤器下部的排污口排出。旋转手柄带动吸嘴螺旋移动,完成上下往复运动,即可清洁整个滤网的堵塞区域。



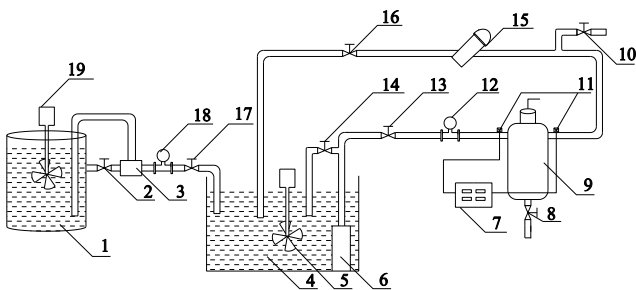
1—进水口；2—旋转手柄；3—出水口；4—吸嘴；
5—排污口；6—过滤器筒身；7—不锈钢滤网

图1 手摇清洗网式过滤器结构

Fig.1 Structural diagram of hand-operated cleaning screen filter

1.2 材料与装置

试验在中国农业科学院农田灌溉研究所的水利部节水灌溉设备质量检测中心进行。经市场调研后,购置A(AZUD)和B(ARKA)2种常用型号的手摇清洗网式过滤器,2种过滤器额定流量为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$,滤芯为120目不锈钢滤网,滤网内径为105 mm,高度为495 mm,过滤器进、出水口内径为75 mm。此外,2种过滤器内部结构相似,最大的不同在于A型过滤器有8个吸嘴,B型过滤器有9个吸嘴。



1—300L塑料桶；2,17—球阀；3—真空自吸泵；4—蓄水池；
5,19—搅拌泵；6—潜水泵；7—数字显示控制仪；8—排污阀；
9—手摇清洗网式过滤器；10,13,14,16—闸阀；
11—压力变送器；12,18—涡轮流量计；15—网式过滤器

图2 手摇清洗网式过滤器试验装置

Fig.2 Test diagram of hand-operated cleaning screen filter

试验装置如图2所示。清水试验由 $1.2 \text{ m} \times 1.3 \text{ m} \times 2.4 \text{ m}$ (长×宽×高)的蓄水池提供清水,涡轮流量计(量程: $16 \sim 100 \text{ m}^3/\text{h}$)记录瞬时流量,过滤器前后压力通过压力变送器(量程: $0 \sim 0.4 \text{ MPa}$;精度: 0.50%)记录在数字显示控制仪上。过滤试验需蓄水

池提供试验所需浓度的含沙水,真空自吸泵运输300 L塑料桶中的高浓度含沙水至蓄水池,使得进入过滤器的含沙水浓度保持稳定,蓄水池和塑料桶中均安装搅拌器,保证含沙水的均匀出流。过滤试验用沙及试验后滤网上的拦截沙粒径用激光粒度分析仪BT-9300HT测定。

根据过滤器选型要求^[18],实际微灌系统前端会配套设计初级过滤装置,与网式过滤器一起过滤粒径为 $80 \sim 500 \mu\text{m}$ 的无机物杂质。试验用沙的颗粒粒度分布如表1所示, $80 \sim 500 \mu\text{m}$ 的颗粒占90%,符合工程实际用沙。

表1 试验用沙颗粒粒度分布

Table 1 Grain size distribution of sand

粒径区间/ μm	累计分布/%	粒度分布/%
0~45	1.69	1.69
45~75	2.48	0.79
75~100	6.06	3.58
100~200	43.74	37.68
200~300	74.57	30.83
300~400	89.99	15.42
400~500	96.70	6.71
500~600	99.17	2.47
600~700	99.89	0.72
700~800	100.00	0.11

1.3 试验设计与方法

1) 清水试验

开展清水试验获取2种过滤器的清洁压降曲线。试验时,流量在 $15 \sim 50 \text{ m}^3/\text{h}$ 内以 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ 的梯度均匀分布,通过阀门开合调节流量,待流量计示数稳定后,记录流量值和滤网前后压力值,根据试验结果绘制清洁压降曲线。

2) 过滤试验

为分别探讨流量和含沙量对过滤器水头损失的影响规律,过滤试验采用控制变量法,设置定含沙量($S=0.13 \text{ g/L}$)和定流量($Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$)2组试验。其中,前者设计30、40和 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 3个流量水平,后者设计0.03、0.08和 0.13 g/L 3个含沙量水平。过滤试验开始时,开启潜水泵,调节阀门至测试所需流量,再向蓄满清水的塑料桶和蓄水池中注入提前配置好重量的沙,开启搅拌器和真空自吸泵,使得桶中混合均匀后的含沙水以 $0.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 的流量注入蓄水池中,同时蓄水池中的含沙水流经流量计和手摇清洗网式过滤器后回流至蓄水池。试验每间隔1 min记录流量和过滤器前后压力,直至水头损失达12 m结束。试验结束后,收集附着在滤网上的拦截沙和被水流冲击到过滤器筒身下部的沉积沙,烘干、称质量,并进行颗粒粒度分析。

3) 排污效果试验

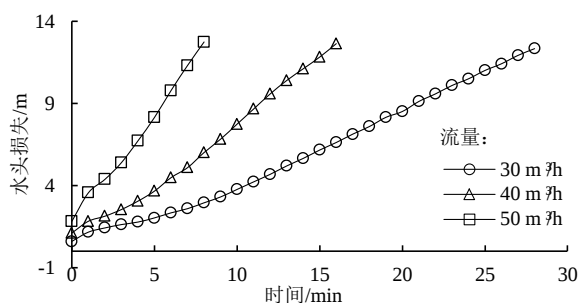
为探讨手摇清洗网式过滤器排污效果,对过滤后的滤网进行清洗排污。排污效果试验以B型过滤器为

研究对象,设计含沙量为 0.13 g/L,流量为 40 和 50 m³/h 的 2 个水平。试验是待过滤器水头损失第 1 次达 12 m,即完成第 1 个过滤周期时,打开排污阀门,转动过滤器内部旋转手柄上下往复运动 1 次,旋转手柄旋转 17 圈(约 30~40 s^[7]),使得滤网堵塞区域全部被清洁 1 次后,关闭排污阀门,接着每间隔 1 min 记录流量和过滤器前后压力值,直至水头损失第 2 次达到 12 m,完成第 2 个过滤周期后结束试验。

2 结果与分析

2.1 清洁压降曲线

清洁压降曲线能反映过滤器在不同流量下的水头损失变化情况,是评价过滤器性能好坏的重要指标。图 3 为过滤器清洁压降曲线,2 种过滤器的清洁压降曲线符合幂函数关系,其决定系数 R^2 达到了 0.96 以上。由图 3 可知,清水条件下,流量越大,水头损失越大,但 2 种过滤器在额定流量内的水头损失均小于 2 m。相比之下,流量相同时,B 型过滤器水头损失要略小于 A 型过滤器。这是因为 2 种过滤器来自不同厂家,过滤器外部壳体及内部个别结构及尺寸略有差异,如旋转手柄长度等;此外,试验时吸嘴的位置不同也可能对水头损失造成影响,使得 2 种过滤器水头损失略有差异。



(a) A 型过滤器

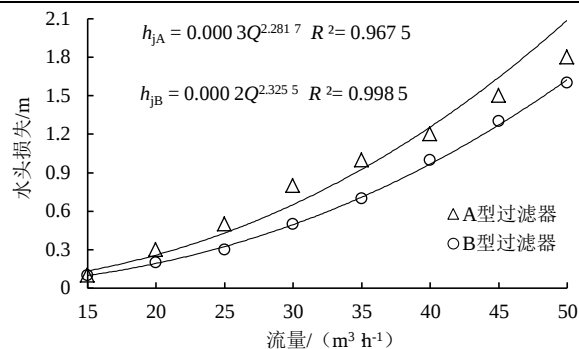


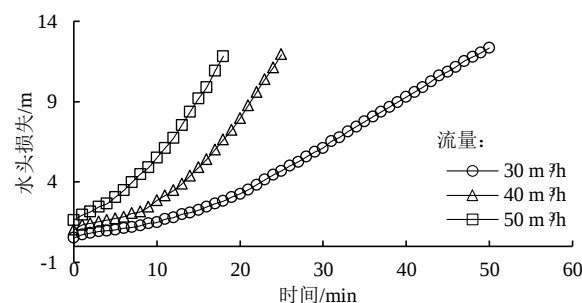
图3 手摇清洗网式过滤器清洁压降曲线

Fig.3 Head loss curves of filters for cleaning water

2.2 过滤效果分析

2.2.1 含沙水条件下水头损失变化规律

流量和含沙量是影响过滤器水头损失变化的两大重要因素。定含沙量 ($S=0.13$ g/L) 试验结果如图 4 所示,在不同流量条件下,2 种过滤器水头损失均随时间呈逐渐增大的趋势。过滤初期水头损失增长速度小,随着过滤时间的延长,滤网上的拦截沙增多,水头损失增长速度变快。比较图 4 (a) 和图 4 (b) 可知,同一流量下,A 型过滤器水头损失增速较 B 型增长更均匀,但 B 型过滤器水头损失曲线变化比 A 型更缓慢,过滤周期更长,如 B 型过滤器在流量为 50 m³/h 时过滤周期为 18 min,而 A 型过滤器为 8 min。



(b) B 型过滤器

图4 不同流量条件下水头损失变化曲线 ($S=0.13$ g/L)

Fig.4 Trend curves of head loss for sand water under different discharge ($S=0.13$ g/L)

定流量 ($Q=40$ m³/h) 试验结果如图 5 所示,在不同含沙量条件下,2 个过滤器水头损失都随时间逐渐增大。对比图 5 (a) 和图 5 (b),相同含沙量条件下,B 型过滤器水头损失曲线变化比 A 型过滤器更慢,过滤周期更长,如 B 型过滤器在含沙量为 0.13 g/L 时过滤周期为 25 min,而 A 型过滤器过滤周期为 16 min。

同一过滤器的过滤周期随着含沙量的增大逐渐变短,如 B 型过滤器在含沙量为 0.03 g/L 时的过滤周期为 67 min,而含沙量为 0.08 g/L 时过滤周期为 39 min,且含沙量小的水头损失增长速度更小。

由图 4 和图 5 可知,过滤试验在 0~1 min 时,水头损失都出现激增现象,随后变平稳,这是因为试验刚开始加沙时,进水口附近含沙量大,沙粒在水中分布不够均匀,造成误差,随着过滤的进行,沙粒在搅拌器作用下均匀混合,后期规律正常。此外,尽管是

水头损失变化较为缓慢的 B 型过滤器,在流量为 40 m³/h 和含沙量为 0.03 g/L 的工况条件下,水头损失达到 12 m 的过滤时间也只有 67 min,远小于实际微灌系统中的过滤周期。这是因为实际应用时过滤系统前端设置有沉沙池,进入过滤器中的含沙量小且大多沙颗粒粒径较小,而过滤试验进水口的含沙量较大,进入到过滤器的大粒径沙颗粒也多,这有利于过滤试验规律不受影响的同时,缩短试验时间。

2.2.2 滤网堵塞程度变化规律

某时刻滤网堵塞程度是指该时刻滤网堵塞面积占清洁时滤网有效过滤面积的百分比^[19]。

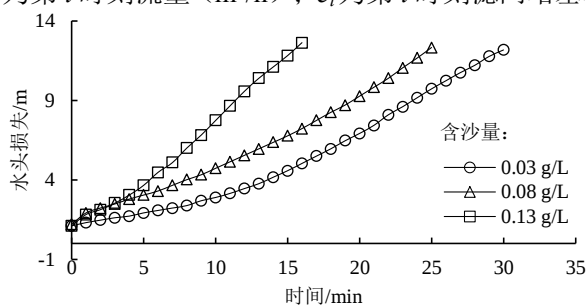
$$\text{第 } i \text{ 时刻局部水头损失: } h_i = \zeta \frac{v_i^2}{2g}, \quad (1)$$

$$\text{第 } i \text{ 时刻过滤面积: } A_i = \sqrt{\frac{\zeta}{2gh_i}} Q_i, \quad (2)$$

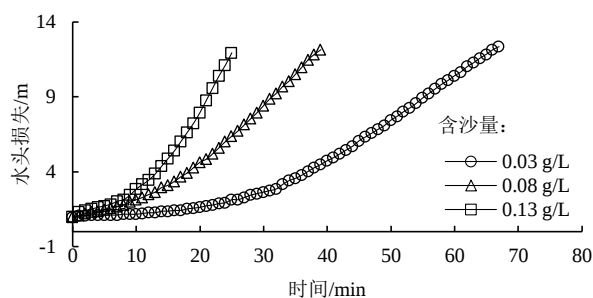
第 i 时刻滤网堵塞程度： $e_i = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \times 100\%$, (3)

式中： h_i 为第 i 时刻局部水头损失 (m)； v_i 为第 i 时刻流速 (m/s)； A_i 为第 i 时刻过滤面积 (m^2)； Q_i 为第 i 时刻流量 (m^3/h)； e_i 为第 i 时刻滤网堵塞程度

(%)； A_0 为清洁滤网有效过滤面积 (m^2)； ζ 为局部水头损失系数，因 ζ 不影响堵塞面积变化规律，为计算方便，取 $\zeta \approx 1$ ； g 为重力加速度 (m/s^2)，取 9.81。



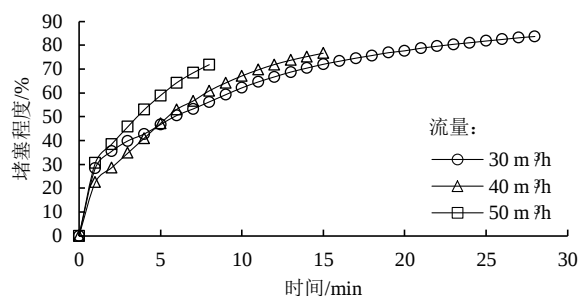
(a) A 型过滤器



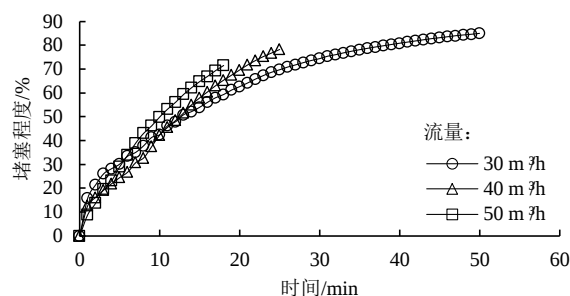
(b) B 型过滤器

图5 不同含沙量条件下水头损失变化曲线 ($Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$)

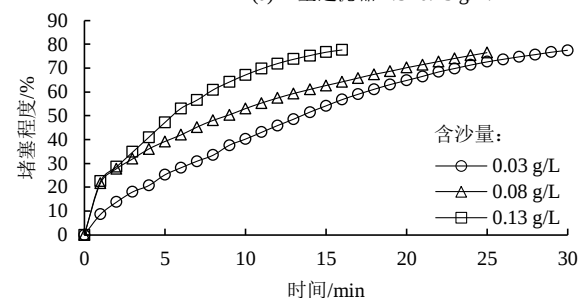
Fig.5 Trend curves of head loss for sand water under different sediment contents ($Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$)



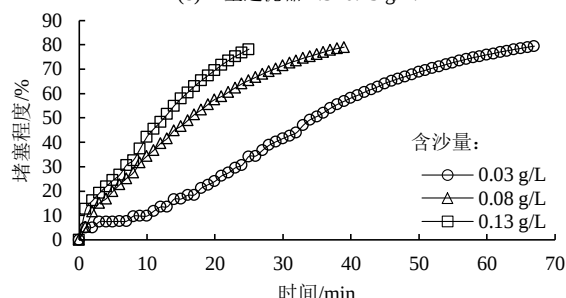
(a) A 型过滤器 ($S=0.13 \text{ g/L}$)



(b) B 型过滤器 ($S=0.13 \text{ g/L}$)



(c) A 型过滤器 ($Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$)



(d) B 型过滤器 ($Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$)

图6 不同工况条件下过滤器堵塞程度变化曲线

Fig.6 Trend curves of clogging degree under different working conditions

图6 为过滤器堵塞程度变化曲线。在过滤初期，堵塞程度增长速度很大，随后不断减小，这与水头损失变化规律相反。表明初期滤网拦截沙粒时，有效过滤面积迅速减小，但滤网内外压差不大；随着时间的推移，沙粒逐渐沉积在滤网上，但有效过滤面积减小缓慢，此现象表明过滤器在稳定运行时，沙粒均按照相同的运动轨迹沉积在滤网的同一区域，颗粒沉积厚度不断增加，使得水头损失增长速度逐渐变快。此外，由堵塞程度变化曲线可知，流量和含沙量越小，滤网堵塞速度越慢；在相同的工况条件下，B 型过滤器堵塞速度较 A 型过滤器更慢，过滤时间更长。对比图 6 (a) 和图 6 (c)，相同含沙量下，流量对堵塞程度的影响不明显，而相同流量下，不同含沙量之间堵塞程度变化曲线差别较大，说明含沙量较流量对堵塞程

度的影响更显著。

2.2.3 滤网拦沙量及拦截沙颗粒粒径分析

滤网拦沙量在一定程度上可以反映过滤器的拦沙能力。在含沙量一定时 ($S=0.13 \text{ g/L}$)，2 个过滤器拦沙量如图 7 (a)，都呈现出随流量增大而不断减小的趋势，这是因为大流量过滤周期短，使得拦沙时间短，拦沙量小。A 型过滤器拦沙量在 3 种流量下均大于 B 型过滤器，且流量越小，二者的差值越大。

在流量一定时 ($Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$)，2 种过滤器拦沙量如图 7 (b)，都呈现出随着含沙量的增大不断增大的趋势。含沙量从 0.03 g/L 提高到 0.08 g/L 时，拦沙量增加约 3 倍，而含沙量从 0.08 g/L 提高到 0.13 g/L 时，拦沙量增加不明显，这说明存在一个最佳含沙量区间，使得过滤器拦沙效果最优。

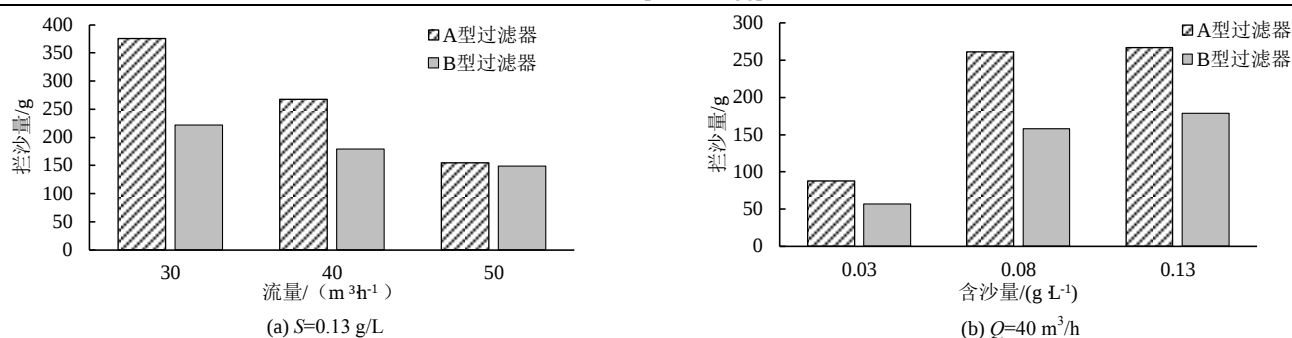


图7 不同工况条件下过滤器拦沙量

Fig.7 Weight of grain interception under different working conditions

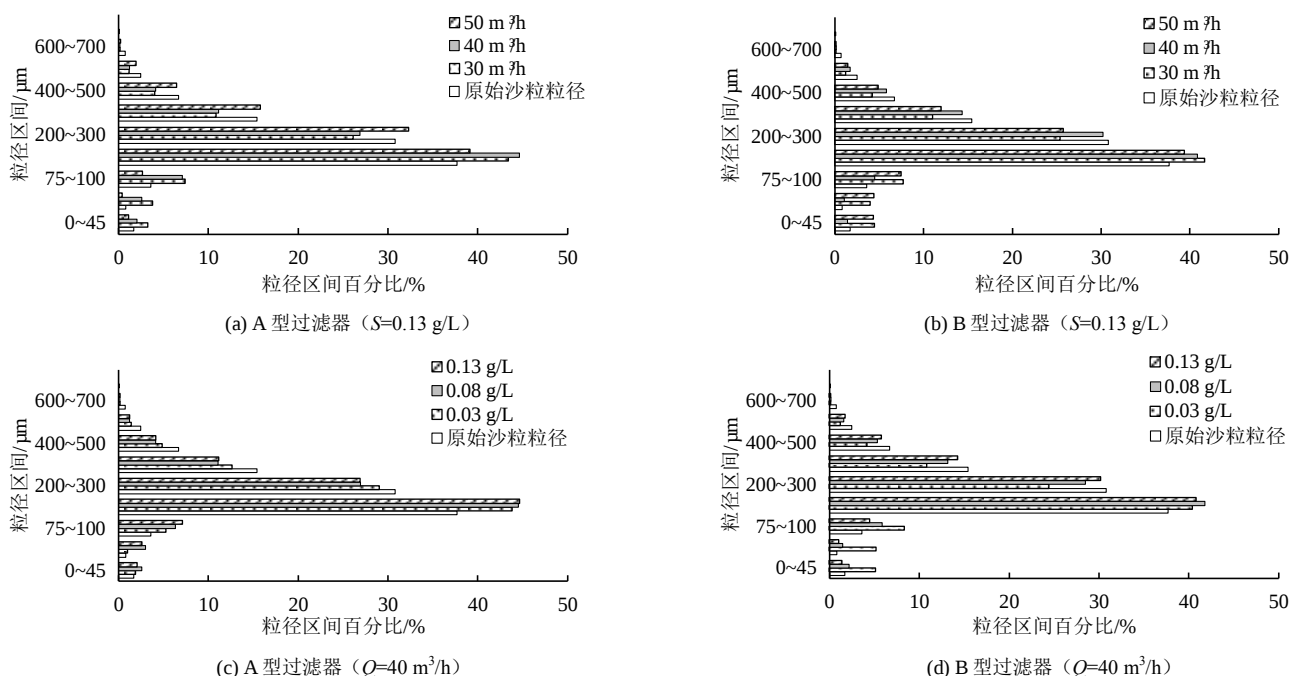


图8 不同工况条件下过滤器拦截颗粒粒径区间

Fig.8 Size range of grain interception under different working conditions

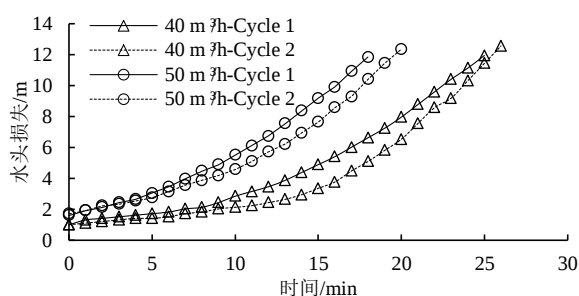
图9 清洗排污前后水头损失变化规律 ($S=0.13 g/L$)

Fig.9 Trend curves of head loss for sand water before and after cleaning

除拦沙量外,滤网拦截沙粒粒径也是判断过滤器拦沙效果的重要评价指标,小颗粒占比增加幅度越大表明过滤器拦沙效果越好。含沙量为 $0.13 g/L$ 时,对比图 8 (a) 中拦截沙与原始沙粒径可得,粒径区间为 $0\sim 100$ 、 $100\sim 200 \mu m$ 的颗粒分别在流量为 $30 m^3/h$ 和 $40 m^3/h$ 时占比最多且都大于原始沙的小颗粒占比,说明 A 型过滤器在小流量时对沙粒的拦截效果较好,这是因为在大流量条件下过滤时,水流冲击力更强,含沙水中的小颗粒会随着水流穿过滤网。同理分析图

8 (b) 发现, B 型过滤器在 $30 m^3/h$ 和 $50 m^3/h$ 的流量下拦截更多的 $0\sim 200 \mu m$ 的小颗粒。流量为 $Q=40 m^3/h$ 时, A 型过滤器拦截沙中 $0\sim 200 \mu m$ 的小颗粒在含沙量为 $0.08 g/L$ 和 $0.13 g/L$ 时占比最大(图 8(c)), B 型过滤器在 $0.03 g/L$ 时的小颗粒占比最大,拦截效果更好(图 8(d))。综合分析拦沙量和拦截 $0\sim 200 \mu m$ 的小颗粒占比 2 项指标可知, 2 种过滤器在 $30 m^3/h$ 、 $0.08 g/L$ 的工况条件下表现更好。

2.3 过滤器排污效果分析

以 B 型过滤器为研究对象开展排污试验,分析过滤器在排污清洗前后的水头损失变化规律,判断手摇清洗网式过滤器的清洗效果,结果如图 9 所示。第 2 个过滤周期 (Cycle 2) 的初始水头损失值及水头损失变化趋势与第 1 个过滤周期 (Cycle 1) 几近相同,即在 2 个周期内进行清洗工作后,滤网清洁程度基本与清洁滤网保持一致,水头损失变化趋势几近相同。这表明,具有手摇清污功能的过滤器在不停止过滤工作时,排污能力也能达到要求,在保障灌溉系统不间断工作等方面有较大优势。

3 讨论

微灌用过滤器无论型号和规格, 其水头损失变化规律均受流量和含沙量影响, 手摇清洗网式过滤器也不例外, 流量和含沙量越大, 水头损失增长越快^[3]。大多自清洗过滤器^[13]在过滤前期水头损失增长稍慢, 一定时间后出现水头损失激增的现象; 而手摇清洗网式过滤器水头损失增长较均匀, 这可能与本试验条件, 如含沙量设置有关。手摇清洗网式过滤器滤网内外压差平稳增大, 一定程度上有利于减少滤网因内外压差激增被损坏的现象发生, 能够延长过滤器的使用寿命。

为进一步探讨过滤器水头损失和堵塞程度变化规律, 对比试验数据发现, 在含沙量一定且水头损失相同时, 3 个流量分别对应着不同的堵塞程度, 如水头损失为 12 m 的堵塞程度不同, 这表明流量越大, 水头损失越大, 堵塞程度却不一定是大的, 因此流量对水头损失的影响较对堵塞程度的影响更明显; 同理, 在流量一定且堵塞程度相同时, 3 个含沙量对应着相同的水头损失, 即含沙量越大, 水头损失越大, 堵塞程度也越大, 这表明含沙量对堵塞程度的影响与对水头损失的影响相当。

本文在分析手摇清洗网式过滤器工作性能时, 只探讨了水头损失和堵塞程度 2 个方面, 未来可以发掘更多的评价指标^[20], 从而为过滤器选型提供更准确的参考依据; 此外, 本试验只设置 3 个流量和 3 个含沙量水平, 采用控制变量法, 通过分析拦截沙质量和粒径, 研究单因素对过滤器过滤效果的影响, 认为 2 个过滤器在流量为 30 m³/h 和含沙量为 0.08 g/L 时过滤效果更好, 未来还需要开展更多的过滤试验, 探讨多因素的共同作用, 从而找出过滤器工作效率最优时的流量和含沙量。

4 结论

1) 手摇清洗网式过滤器水头损失随流量和含沙量的增大逐渐增大, 堵塞程度亦与流量和含沙量密切相关。流量对水头损失的影响较对堵塞程度的影响更明显, 含沙量对堵塞程度的影响和对水头损失的影响相当。

2) 清水条件下, 2 种型号的过滤器清洁压降曲线均符合幂函数关系; 含沙水条件下, 综合不同试验条件下滤网拦截沙的质量和粒径区间分布两项指标, 认为 2 种过滤器在单因素试验条件下, 分别在流量为 30 m³/h 和含沙量为 0.08 g/L 时拦沙量较大, 对小颗粒的拦截效果更优; 在相同工况时, B 型过滤器水头损失和堵塞程度变化较 A 型过滤器更缓慢, 过滤时间相对更长, 但后者水头损失变化更均匀, 拦沙量更多。

3) B 型过滤器的滤网清洗后的水头损失变化规律与清洗前基本一致, 达到了清洁滤网水平, 验证了手摇清洗网式过滤器的清洗效果。

参考文献:

- [1] ZHOU B, LI Y K, SONG P, et al. Anti-clogging evaluation for drip irrigation emitters using reclaimed water[J]. *Irrigation Science*, 2017, 35(3): 181-192.
- [2] 刘贞姬, 石凯, 李曼, 等. 立式与卧式自清洗网式过滤器水头损失试验研究[J]. *灌溉排水学报*, 2019, 38(12): 44-50.
LIU Zhenji, SHI Kai, LI Man, et al. Experimental study on head loss of vertical and horizontal self-cleaning mesh filter[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2019, 38(12): 44-50.
- [3] ZONG Q L, ZHENG T G, LIU H F, et al. Development of head loss equations for self-cleaning screen filters in drip irrigation systems using dimensional analysis[J]. *Biosystems Engineering*, 2015, 133: 116-127.
- [4] WU W Y, CHEN W, LIU H L, et al. A new model for head loss assessment of screen filters developed with dimensional analysis in drip irrigation systems[J]. *Irrigation and Drainage*, 2014, 63(4): 523-531.
- [5] 宗全利, 刘飞, 刘焕芳, 等. 滴灌用自清洗网式过滤器排污压差计算方法[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(11): 107-112.
ZONG Quanli, LIU Fei, LIU Huanfang, et al. Calculating and experiment on drainage pressure difference of self-cleaning screen filter for drip irrigation[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(11): 107-112.
- [6] 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.
ZONG Quanli, LIU Fei, LIU Huanfang, et al. Experiments on water head losses of self-cleaning screen filter for drip irrigation in field[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(16): 86-92.
- [7] 阿力甫江·阿不里米提, 虎胆·吐马尔白, 木拉提·玉赛音, 等. 鱼雷网式过滤器排污时间优化试验研究[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(S1): 192-199.
ALIFUJIANG · Abulimiti, HUDAN · Tumaerbai, MULATI · Yusaiyin, et al. Experiment on optimization on discharge time of torpedo screen filter[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(S1): 192-199.
- [8] MESQUITA M, DE DEUS F P, TESTEZLAF R, et al. Design and hydrodynamic performance testing of a new pressure sand filter diffuser plate using numerical simulation[J]. *Biosystems Engineering*, 2019, 183: 58-69.
- [9] MESQUITA M, DE DEUS F P, TESTEZLAF R, et al. Characterization of flow lines generated by pressurized sand filter underdrains[J]. *Chemical Engineering Transactions*, 2017, 58: 715-720.
- [10] BOVÉ J, PUIG-BARGUÉS J, ARBAT G, et al. Development of a new underdrain for improving the efficiency of microirrigation sand media filters[J]. *Agricultural Water Management*, 2017, 179: 296-305.
- [11] 陶洪飞, 朱玲玲, 马英杰, 等. 滤网孔径对网式过滤器内部流场的影响[J]. *灌溉排水学报*, 2017, 36(12): 68-74.
TAO Hongfei, ZHU Lingling, MA Yingjie, et al. The effect of screen aperture on internal flow field in automatic screen filter[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2017, 36(12): 68-74.
- [12] 李浩, 韩启彪, 黄修桥, 等. 基于多孔介质模型下微灌网式过滤器 CFD 湍流模型选择及流场分析[J]. *灌溉排水学报*, 2016, 35(4): 14-19.
LI Hao, HAN Qibiao, HUANG Xiueqiao, et al. Turbulence model selection and flow field analysis of the micro irrigation screen filter based on porous medium using CFD[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2016, 35(4): 14-19.
- [13] 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.
ALIFUJIANG · Abulimiti, HUDAN · Tumaerbai, MULATI · Yusaiyin, et al. Numerical simulation on flow field of screen filter with torpedo in

- micro-irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(3): 107-112.
- [14] 喻黎明, 徐洲, 杨具瑞, 等. 基于 CFD-DEM 耦合的网式过滤器水沙运动数值模拟[J]. 农业机械学报, 2018, 49(3): 303-308.
YU Liming, XU Zhou, YANG Jurui, et al. Numerical simulation of water and sediment movement in screen filter based on coupled CFD-DEM[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(3): 303-308.
- [15] 喻黎明, 徐洲, 杨具瑞, 等. CFD-DEM 耦合模拟网式过滤器局部堵塞[J]. 农业工程学报, 2018, 34(18): 130-137.
YU Liming, XU Zhou, YANG Jurui, et al. Numerical simulation of local clogging in screen filter based on coupled DEM-CFD[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(18): 130-137.
- [16] 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.
- [17] 邱元锋, 孟戈, 罗金耀. 微灌旋流网式一体化水砂分离器试验[J]. 农业工程学报, 2016, 32(5): 77-81.
QIU Yuanfeng, MENG Ge, LUO Jinyao. Experiment of screen hydrocyclone separator for micro-irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(5): 77-81.
- [18] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 微灌工程技术规范: GB/T 50485—2009[S]. 北京: 中国计划出版社, 2009.
- [19] 叶成恒. 典型过滤器水力特性及其对泥沙处理能力研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2010.
YE Chengheng. Study on hydraulic characteristics and sediment removal capacity of typical filters[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2010.
- [20] 杨培岭, 鲁萍, 任树梅, 等. 叠片过滤器水力和过滤性能综合评价方法研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(19): 134-141.
YANG Peiling, LU Ping, REN Shumei, et al. Comprehensive evaluation method for hydraulic performance and filtering quality of laminated filter[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(19): 134-141.

Experimental Study on Hydraulic Performance of the Hand-operated Cleaning Screen Filter

DU Siqu^{1,2}, HAN Qibiao¹, LAN Jinhui³, GUO Zhixin¹, LI Hui¹, HUANG Xiuqiao^{1*}

- (1. Farmland Irrigation Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Water-saving Agriculture of Henan Province/Key Laboratory of Water-saving Irrigation Engineering, Ministry of Agriculture, Xinxiang 453002, China;
2. Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;
3. Beijing Xinhua Water Saving Products Certification Co., LTD, Beijing 100053, China)

Abstract: 【Background】 Drip irrigation has been one of the most effective irrigation technologies to improve the water use efficiency in the worldwide, however, the drippers are likely to be clogged by small particles of irrigated water. To alleviate this problem, technical filters are usually set up in the forepart of the drip irrigation system. The hand-operated cleaning screen filter is a new type of semi-automatic cleaning screen filter, which costs small energy and would not stop filtering while doing cleaning, and it is being gradually applied to the micro-irrigation engineering in China. 【Objective】 The objective is to analyze the performance of the hand-operated cleaning screen filter, including its head losses (energy consumption) and cleaning capability, and thus to provide technical support for the selection of micro-irrigation filters. 【Method】 Two types of exiting hand-operated cleaning screen filters (A and B) were taken as the subjects. The head loss tests of filters under different flow rates with clean water were conducted to obtain the head loss curves; the performance tests using sand water mixture with different flow rates and sediment concentrations were conducted to analyze the filtering efficiency; the cleaning efficiency tests were also carried out using filter B to detect the cleaning ability. 【Result】 The head loss curves for cleaning water accorded with the power function. The head loss of filters for sand water mixture climbed with increase of flow rate and sediment concentration. The influence of flow rate on the head loss was more significant than that on the clogging degree, while the influence of sediment concentration on the clogging degree was as obvious as that on the head loss. For both 2 filters, the head loss for cleaning water was less than 2 m, the condition of 30 m³/h in flow rate and 0.08 g/L in sediment concentration resulted in more interceptions and 0~200 μm small particles. Filter A had more steady change of head loss and more interceptions, while filter B had slower change of head loss and clogging degree, as well as longer filtration cycle. After cleaning, the filtering screen was as clean as before, and the change law of head loss was basically the same as before as well. 【Conclusion】 The hydraulic and filtration performance of the hand-operated cleaning screen filter is excellent, and it is suggested that filters should be selected according to different irrigation requirements and water source conditions. Besides, more experiments could be conducted to analyze the interaction of flow rate and sediment concentration, thus to find out the best working conditions of different filters.

Key words: micro-irrigation; the hand-operated cleaning screen filter; hydraulic performance; cleaning capacity

责任编辑: 陆红飞