文章编号: 1672 - 3317 (2022) 11 - 0059 - 09

手摇清洗网式过滤器内部流场的

数值模拟与性能试验验证

杜思琦^{1,2}, 黄修桥¹, 李 浩¹, 李盛宝¹, 李 瑞¹, 李 辉¹, 韩启彪^{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)

摘 要: 【目的】探讨手摇清洗网式过滤器内部流场特性。【方法】以 120 目手摇清洗网式过滤器为研究对象,借助 Solidworks 流体分析模块 Flow Simulation 模拟过滤器内部流动特征,通过不同流量下的能量性能试验验证了数值 模拟的可靠性,分析了手摇清洗网式过滤器内部水流的速度场、压强场和湍动能场,探讨了手摇清洗网式过滤器内 部结构对水流特性的影响。【结果】流量越大,过滤器内部流速、湍动能等越大,水头损失越大。滤网靠近出水口 区域的上半部分是主要的过滤区域,该区域受吸嘴的阻力影响,水流速度快、湍流剧烈、受力大。【结论】流量影 响过滤器内部水流流速和压强的大小及其变化梯度,但不影响水流方向及流速和压强的变化趋势。过滤时,将靠近 出水口一侧的最后一个吸嘴摇至滤网最下部,使得该侧的吸嘴整体位置靠下,可减少吸嘴对水流水力特性的影响。 关键词:微灌;手摇清洗网式过滤器;数值模拟 中图分类号: \$275.6 文献标志码: A doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2021343 OSID:

杜思琦, 黄修桥, 李浩, 等. 手摇清洗网式过滤器内部流场的数值模拟与性能试验验证[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(11): 59-67.

DU Siqi, HUANG Xiuqiao, LI Hao, et al. Numerical Simulation and Experimental Study of Water Flow in Manually-operated Cleaning Screen Filter[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2022, 41(11): 59-67.

0 引 言

【研究意义】过滤器是灌溉系统关键装置之一, 对灌溉系统尤其是微灌系统的安全运行有重要作 用^[1-2]。网式过滤器是目前应用最广泛的过滤装置之 一^[3-4],具有操作简单、价格低廉等优点。网式过滤 器的内部结构和内部流动特性对过滤器水头损失等 水力性能有重要影响。【研究进展】近年来,计算 流体力学(CFD)在微灌过滤器研究中的应用越来 越多^[5-7],许多学者运用该技术对网式过滤器内部流 场分布特征开展研究^[8-9]。李浩等^[10]和陶洪飞等^[11]在 分析比较 CFD 不同湍流模型的基础上,发现滤网内 外流速分布不均,出水管与过滤器简体衔接处会形成 一个紊乱区,进而增加了水头损失。喻黎明等^[12]基于 CFD-DEM 耦合技术对网式过滤器内沙粒运动轨迹进 行了研究,认为滤网内部水流流态与沙颗粒粒径影响 沙粒在滤网上的沉积位置和堵塞程度,建议增大进口 侧上端的过水面积,降低进口流速,使颗粒均匀分布, 进而提高过滤效率。周理强等^[13]对比了 Y 型网式过 滤器分别在有、无导流片时内部水流和沙粒运动,认 为导流片引起了过滤器更大的水头损失,但减少了滤 网上泥沙的沉积现象。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来实现灌溉水 净化,是一种新型的半自动清洗网式过滤器,具有能 耗小、清洗时过滤工作不停止等优点,近年来在微灌 系统上应用广泛。【切入点】目前针对该过滤器的研 究较少,其内部流动状态尚不明确。【拟解决的关键 问题】为此,基于数值模拟技术对不同流量条件下手 摇清洗过滤器的内部水流流动特性展开研究,探讨其 结构对过滤器内部流场的影响,以期进一步丰富手摇 清洗网式过滤器的研究内容,为该类型过滤器的高效 运行和结构优化提供一定的技术支撑。

1 材料与方法

1.1 三维建模与网格划分

以 AZUD Spiral Clean 2N 手摇清洗网式过滤器 为样本(AZUD 公司生产,120 目),结构示意图如 图 1 (a)所示(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),

收稿日期: 2021-08-03

基金项目:中国农业科学院农业科技创新工程项目(ASTIP202102);河 南省科技攻关项目(202102110279,202102110277);中国农业科学院基 本科研业务费专项院级统筹项目(Y2021YJ07,Y2022XK12)

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: 韩启彪(1984-), 男。副研究员, 主要从事节水灌溉技术与 设备方面的研究。E-mail: hanqibiao@caas.cn

应用 Pro/E 三维建模软件进行 1:1 建模,如图 1(b) 所示。滤网内径为 ϕ 105 mm,高度为 495 mm,过滤 器进、出水口内径为 ϕ 75 mm。将建立的模型导入 Solidworks 软件,在 Flow Simulation 模块中生成自动

(a) 手摇清洗网式过滤器结构示意图



化网格,如图1(c)所示,为避免滤网结构较薄导致 求解出现偏差,在滤网部分提高了网格等级,总网格 数量为8879101。





图1 手摇清洗网式过滤器结构模型及网格划分 Fig.1 The structure model and mesh size of hand-operated cleaning screen filter

1.2 模型参数

利用 Solidworks Flow Simulation 开展数值模拟研 究,选取标准 k-e 湍流模型和多孔介质模型,孔隙率实 测值 0.25,水流渗透特性设置为各向同性,阻力计算 式选择参考孔径大小相关性,孔径大小设为 1.25×10⁻⁴m;过滤器入口边界设置为速度进口,并设 置进口处水流方向与X轴正方向(进水口至出水口方 向)一致,流速分布均匀,流速为实测进水口流量与 进水口垂直断面面积的比值;过滤器出口设置为压力 出口边界条件,压力值由试验测得,模拟压强与实测 压强均为静压,进口流速和出口压强设置见表1;进 口、出口管道内壁及过滤器壳体设置为标准壁面边界, 默认满足无滑移条件。

表 1 手摇清洗网式过滤器不同流量下的进、出口边界条件 Table 1 The inlet and outlet boundary condition of the

工况	进口流量 Q _{in} /(m ³ h ⁻¹)	进口流速 v _{in} /(m s ⁻¹)	出口压强 Pout/Pa
1	20	1.258	210 000
2	25	1.572	201 000
3	30	1.886	188 000
4	35	2.201	164 000
5	40	2.515	146 000
6	45	2.829	155 000
7	50	3.144	157 000

本研究主要模拟进口流量 20、25、30、35、40、 45 m³/h 和 50 m³/h 共 7 种不同工况下的过滤器内部水 流流动特征。同时,设置对比试验,通过对比过滤器 水头损失模拟值与实测值的偏差来验证模型的可靠 性和精确度。若模拟值与实测值的相对误差大于10%, 则重新调整参数进行求解。

1.3 对比试验

试验在中国农业科学院农田灌溉研究所水利部 节水灌溉设备质量检测中心进行。试验装置如图 2 所 示(1.蓄水池; 2.潜水泵; 3.数字显示控制仪; 4.排污 阀门; 5.手摇清洗网式过滤器; 6、9、10、11.闸阀; 7.压力变送器; 8.涡轮流量计),以蓄水池(2.4 m×1.2 m×1.2 m)中储存的地下水为水源,使用潜水泵提供 试验所需的压力和流量,试验时,潜水泵开启,输送 蓄水池中清水进入试验管道系统,调节管道上的阀门 直至获得所需流量,待系统稳定后,使用涡轮流量计 (LWGY-80,量程 16~100 m³/h)获取管道流量,通 过压力变送器(量程 0~0.4 MPa,精度 0.50%)获取 过滤器前后的压力,进而计算水头损失。





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

2 结果与分析

2.1 模型验证

通过 CFD 模拟和对比试验,得到了手摇清洗网 式过滤器水头损失的实测值和模拟值,如表 2 所示。 从表 2 可以看出,模拟结果总体较好,与实测值相比, 不同工况下最大相对误差不到 8%,说明模型具有一 定的可靠性。

表 2 水头损失实测与模拟结果对比

Table 2 Comparison of experimental and simulation results

イロ	进口流量/	水头打	相对语美/0/	
上几	$(m^3 h^{-1})$	实测值	模拟值	一 伯刈 庆左/ %
1	20	0.306	0.330	7.843
2	25	0.510	0.506	0.784
3	30	0.816	0.771	5.515
4	35	1.020	0.948	7.059
5	40	1.224	1.220	0.327
6	45	1.530	1.528	0.131
7	50	1.836	1.868	1.743

2.2 内部流场分析

滤网是过滤器水头损失主要源项,为准确分析滤 网内部不同位置的水流特性,选取模型正剖面 44 个 点位,如图 3 所示,通过模拟计算这 44 个点位的流 速及压强并开展分析。沿进水管、出水管方向(X 轴 方向)选取 4 列,分别位于滤网左侧外部、左侧内部、 右侧内部和右侧外部附近,沿筒身方向(Y 轴方向) 选取 11 行,11 个点等距分布并从上至下命名序号 1~11。在正剖面上,右侧 4 个吸嘴将滤网右侧分成 4 个区域,从上至下分别为右 I、右 II、右III和右IV, 左侧 4 个吸嘴将滤网左侧分为 5 个区域,从上至下分 别为左 I、左 II、左III、左IV和左 V。此外,选取 3 个流量(即 $Q_1=25$ 、 $Q_2=35$ 、 $Q_3=45$ m³/h)流量分析 比较流量对过滤器内部流态的影响。

2.2.1 速度场分析

表 3 和图 4 为 44 个点位的流速计算结果,可以 看出,滤网外部的流速变化较平稳,其次是左侧内部, 右侧内部变化则较剧烈。不同流量下,不同点位流速 的变化趋势基本一致,但同一点位的流速随流量的增 大而增加,如右侧内部 1 号点在流量为 25、35、45 m³/h 时的流速分别为 0.92、1.34、1.89 m/s。可见,进口流 量的大小会影响过滤器内部水流流速及其变化梯度, 但不会过多影响水流方向及变化趋势。



图 3 模型中监测点的选取及区域的划分

Fig.3 Points and divided regions of the model

表 3 不同流量下各监测点的流速模拟值

右侧内部流速
Q_1 Q_2 Q_3 Q_1 Q_2 Q_3
48 0.916 1.341 1.885 0.000 0.000 0.000
18 0.706 1.137 1.687 0.101 0.136 0.182
07 0.423 0.771 1.205 0.088 0.113 0.138
27 0.114 0.139 0.168 0.062 0.070 0.075
07 0.182 0.289 0.418 0.061 0.092 0.104
52 0.492 0.774 1.053 0.059 0.066 0.063
04 0.104 0.178 0.243 0.076 0.088 0.101
52 0.074 0.130 0.187 0.067 0.094 0.110
33 0.078 0.076 0.089 0.079 0.096 0.110
09 0.188 0.179 0.167 0.074 0.094 0.115
5: 5: 5: 5:

图 5 为 3 个流量工况下过滤器正剖面流速分布云 图,水从进水口进入过滤器滤网内部,总体上每个方 向水流流速都在减小。但穿过滤网后,水流由过滤器 内流向出水口,由于过流断面变小,水流加速流向出 水口,越靠近出水口的流速越大。结合图4可知,滤 网外侧相同高度的点位,水流穿过滤网后流速均保持 在 0.1 m/s 左右,流速变化不大,但滤网右侧离出水 口近,因此,滤网右侧外部的流速增量梯度更大。 灌溉排水学报 http://www.ggpsxb.com





由于手摇清洗过滤器内置有旋转手柄和吸嘴等, 使得滤网内部流速变化更加复杂。在滤网右侧内部, 4个区域(右 I 一右 IV)的平均流速从上至下依次递 减,如图4中右I的2号点和3号点流速大于右II的 4号点和5号点;但不同区域内的流速变化规律与整 个滤网右侧内部有所不同,水流绕过吸嘴后的流速很 小,随后呈先增后减的趋势,如图4中右II的5号点 流速大于4号点,但右III的8号点流速小于7号点, 由图 5 可知,每个小区域的最大流速出现在中间区域。 而在滤网左侧,下部4个区域(左II—左V)的平均 流速沿筒身方向从下至上减小,这是因为这4个区域 的水流有从滤网右侧下部旋转回流而来, 左Ⅱ流速最 小; 左 I 中的水有部分来自进水口, 这部分水在旋转 手柄的阻力下以较大流速进入左 I,随后流速不断减 小。对比图 5(a) 一图 5(c) 发现, 流量越大, 每 个区域的总体流速变大,变化梯度也变大,这使得水 头损失也越大。

滤网内部 8 个吸嘴因位置不同对水流影响有差 异。总体而言,右侧上部 2 个吸嘴对水流影响更大, 这是因为右 I 和右 II 的流速大。图 6 为流量 25 m³/h 时的滤网右侧上部第 1 个吸嘴附近的流速云图,可以 看出,靠近吸嘴时,水流流速以较大的梯度增加,到 达吸嘴口上端时流速最大,水流以此速度绕过整个吸 嘴口,随后减速进入下一个区域。此外,图6中靠近 滤网的流速更小,表明水流穿过网孔时会先减速进入 到网孔,在网孔中加速,穿过网孔后流速瞬间降至最 低,随后加速流向出水管。





Fig.6 Velocity contours of the nozzle

图 7 为过滤器侧剖面的速度云图,在没有吸嘴影 响下,旋转手柄两侧的流速对称分布;过滤器上部的 流速较大,进入滤网后,流速逐渐减小;在滤网上部, 流速越靠近滤网越大,这可能是因为上部流速大,受 吸嘴影响较大。



杜思琦 等: 手摇清洗网式过滤器内部流场的数值模拟与性能试验验证



分析滤网上部的横剖面速度云图(图8),可以 看出,在滤网内部,越靠近出水口一侧的流速越大; 流量越大,大流速的区域面积越大,如图8(c)中流 速大于2m/s的区域近3/4;滤网外侧的最内圈流速接 近 0 m/s,表明水流受滤网阻力影响,穿过滤网后流 速降至最低;此外,靠近出水口一侧的流速增加更快, 这与之前分析的结论一致。



图8 不同流量下的过滤器内部横剖面速度云图



2.2.2 压强场分析

图 9 为选取点位的压强图,图中不同流量下不同 点位的变化趋势一致,但同一高度下滤网内外侧的压 差随着流量的增大逐渐增加,如滤网右侧内外部 1 号 点压差在流量为 25、35、45 m³/h 时分别为 2.2、3.9、 6.1 kPa,这说明流量会对过滤器内部某一区域的压强 大小及其变化梯度产生影响,但不影响该区域的压强 变化趋势。对比同一侧的内外部相同高度的点发现, 滤网7号点以下的两侧压差基本一致,1~6号点右侧 内外压差变化比左侧较大,总体上滤网上部压差大且 变化程度大,下部压差较稳定。

表 4 不同流量下监测点的压强模拟值

Table 4 Pressure at points under different flow rates												
点位	左侧外部压强 P/kPa		左侧内部压强 P/kPa		右侧内部压强 P/kPa		右侧外部压强 P/kPa					
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_1	Q_2	Q_3	Q_1	Q_2	Q_3	Q_1	Q_2	Q_3
1	204.510	170.890	166.415	204.808	171.064	166.354	206.368	174.071	171.202	204.153	170.154	165.132
2	204.513	170.882	166.371	205.024	171.474	166.969	205.682	172.817	169.244	204.346	170.562	165.852
3	204.527	170.907	166.409	205.248	171.898	167.655	205.516	172.479	168.676	204.461	170.791	166.237
4	204.544	170.943	166.474	205.285	171.966	167.768	205.048	171.485	166.972	204.513	170.884	166.381
5	204.570	170.987	166.547	205.321	172.024	167.854	205.353	172.106	168.009	204.554	170.959	166.499
6	204.593	171.031	166.618	205.329	172.030	167.861	205.181	171.684	167.255	204.585	171.022	166.604
7	204.612	171.074	166.686	205.390	172.125	167.997	205.409	172.172	168.077	204.610	171.068	166.676
8	204.631	171.111	166.749	205.454	172.254	168.198	205.509	172.378	168.424	204.632	171.112	166.749
9	204.646	171.142	166.802	205.529	172.420	168.491	205.539	172.436	168.506	204.647	171.144	166.805
10	204.655	171.162	166.837	205.575	172.513	168.649	205.563	172.495	168.624	204.656	171.163	166.839
11	204.659	171.169	166.848	205.609	172.570	168.730	205.597	172.557	168.713	204.659	171.170	166.851

灌溉排水学报 http://www.ggpsxb.com



Fig.9 Pressure at points under different flow rates

图 10 为不同流量下正剖面压强图。无论是滤网 内侧还是外侧,压强从上至下依次增大,整个过滤器 压强最大的区域在进水口,其次就是过滤器下部。由 吸嘴划分的小区域内部压强呈阶梯状增大,且流量越 大,压强增大的越快,但滤网右 I 区域的压强变化特 征稍有不同,此区域的压强越靠近滤网越大,与滤网



(a) $Q_1 = 25 \text{ m}^3/\text{h}$

(b) Q2=35 m³/h
图10 不同流量下的过滤器内部正剖面压强云图



图 11 为不同流量下过滤器侧剖面压强图。在没 有吸嘴的影响下,过滤器内部压强在旋转手柄两侧对 称,总体上过滤器上部的压强大,水流进入滤网时, 压强减小,随后沿筒身方向增加,滤网内部压强最大 的区域在下部,滤网外部的压强也是从上至下不断增 加。图 12 为过滤器横剖面压强图,可以看出,滤网 内部越靠近出水口压强越大,但滤网外部越靠近出水 口压强越小,因此越靠近出水口的滤网内外压差最大, 受力最大。

结合 3 个剖面的压强图,流量越大,其内部压强 变化梯度会更大,如图 12 (a) 一图 12 (c) 右 II 区 域,图 12 (c) 的压强最大且增速最快,图 11 和图 12 展示的规律也是如此。 2.2.3 湍动能分析

湍动能大表明湍流程度剧烈。图 13 为正剖面湍 动能分布图,进水口处的水流湍动能不大,这是因为 在模拟时认为水流均匀出流,但在旋转手柄阻力下, 水流特性发生改变,湍动能增大;水流进入滤网内部 后,右Ⅰ、右Ⅱ、右Ⅲ及左Ⅰ的湍流剧烈,右侧区域 湍流程度从上至下逐渐减小,前3个区域越靠近滤网 湍动能越大,这是因为滤网对水流的阻力作用引发了 强烈的湍流,而左Ⅰ则是受吸嘴的阻力影响,靠近旋 转手柄的湍动能更大;其他区域的过水量相对更小, 流速也小,没有强烈的湍流运动。水流流出滤网后, 湍动能降至最低,流至出水口,湍动能迅速增加。

右侧外部的低压形成很大的压差,因此这部分滤网受

力最大。此外,滤网右侧上部的2个吸嘴对压强的影

响非常明显,吸嘴上端附近的压强迅速减小,如图

10 中滤网右侧内部 6 号点位于吸嘴附近, 它的压强

较小,但滤网右侧最下部和左侧的吸嘴对压强的影响

168000.00

167777.78

167555.56

167333.33

167111.11

166888.89

166666.67

166444.44

166222.22

166000.00

(c) $Q_3 = 45 \text{ m}^3/\text{h}$

压强/Pa

不大,这可能是因为这些区域的过流量不大。





Fig.14 Turbulent kinetic energy contours of filter A under different flow rates (lateral section)

图 14 为侧剖面湍动能分布云图,过滤器上部的 湍动能大,进入滤网后,湍动能沿筒身方向从上至下 逐渐减小;结合图 13 可知,流量越大,过滤器内部 同一区域的湍动能越大,湍流运动更强烈。由横剖面 湍动能分布云图 15 知,在滤网同一高度上,滤网内 部最内圈的湍动能最大,滤网外侧湍动能最小,即水

流穿过滤网后,水流运动不再剧烈。

综上分析,认为滤网靠近出水口区域的上半部分, 水流速度快、湍流剧烈、受力大,同时吸嘴对过滤器 水流流体特性影响很大,是造成滤网受力不均的主要 原因。建议在过滤时,摇动旋转手柄使得靠近出水口 一侧的吸嘴尽量位于滤网下部,减少吸嘴的影响。





3 讨论

网式过滤器操作简单、价格低廉,在微灌系统中 常作为二级过滤装置使用,为克服滤网清洗不便等缺 陷,研究者们围绕过滤器的自清洗功能开展了较多研 究^[14],手摇清洗网式过滤器即是一种新型的半自动清 洗网式过滤器,近年来在小型微灌系统中应用越来越 多。本研究表明,手摇清洗网式过滤器进口流量越大, 水头损失越大,进口流量是水头损失的主要影响因素, 这与其他网式过滤器一致[10,15], 一般认为, 水头损失 与流量的二次方呈线性关系。同时,综合陶洪飞等^[8]、 李浩等^[10]研究,认为标准 k- ε 湍流模型和 Realizable *k*-ε 湍流模型可能更适合于微灌网式过滤器的数值模 拟,在本研究中,选取了标准 k-ε 湍流模型,与实测 值相比,不同工况下最大相对误差不到 8%,也说明 了这一点,但阿力甫江·阿不里米提等¹⁹¹在开展鱼雷 网式过滤器流场模拟时使用了 RNG k-ε 湍流模型, 也 有不错的效果。就流场模拟结果看,本研究认为,过 滤器滤网内部比滤网外部流速要大,且变化剧烈;过 滤器上部(前端)流速较大,下部(尾端)流速较低; 滤网上部, 尤其是靠近出水口区域的上半部分, 水流 速度快、湍流剧烈、受力大,这与前人研究结果一致, 陶洪飞等^[8]针对直冲洗网式过滤器的流场模拟也显 示,在过滤器尾部会形成低流速区。喻黎明等[16]针对 不同工况下Y型网式过滤器流场的模拟结果也显示, 在过滤器的堵头部分存在低流速区域,在靠近出口的 地方存在加速区。堵头处压力较大,而水头损失主要 集中在出口侧上端滤网。由于手摇清洗网式过滤器在 滤网内部置有吸嘴等,本研究显示吸嘴对过滤器内部 流体流动特性有影响,有可能会造成滤网受力不均, 尤其是出水口等流速较大区域。

4 结 论

 1)流量会影响过滤器内部水流流速、压强大小 及其变化梯度,但不会影响水流方向及流速和压强的 变化趋势。流量越大,过滤器内部流速、湍动能等越 大,水头损失越大。

2)手摇清洗网式过滤器的吸嘴会影响其周边区域的水流流速,总体上过滤器内部水流速度在其流动轨迹上不断减小,穿过滤网后又逐渐增大流向出水口,并以较大的速度流出过滤器。

3)滤网右侧上部的内外压差最大,受力最大。 过滤器内部湍动能较大的区域包括过滤器上部,滤网 右 I、右 II、右III、左 I 区域以及出水口等。

4)滤网靠近出水口区域的上半部分,水流速度 快、湍流剧烈、受力大,建议在过滤时,摇动旋转手 柄使得靠近出水口一侧的吸嘴尽量位于滤网下部,减 少吸嘴对水流水力特性的影响。

参考文献**:**

 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.
 ZHANG Wenzheng, ZHAI Guoliang, LYU Mouchao, et al. Experimental study on the efficacy of sand filter, screen filter and disc filter for removing silts from the Yellow River water for micro-irrigation[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2017, 36(4): 88-93.

[2] 徐茂云. 微灌系统过滤器性能的试验研究[J]. 水利学报, 1995, 26(11): 84-89.

XU Maoyun. Test on hydraulic performance of filters[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1995, 26(11): 84-89.

[3] DURAN-ROS M, PUIG-BARGUÉS J, ARBAT G, et al. Performance and backwashing efficiency of disc and screen filters in microirrigation systems[J]. Biosystems Engineering, 2009, 103(1): 35-42.

[4] 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. WANG Xinkun, XU Ying, TU Qin. Optimal selection and collocation of filter units in micro-irrigation system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(10): 160-163.

- [5] 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.
- [6] MESQUITA Marcio, DE DEUS Fabio Ponciano, TESTEZLAF Roberto, et al. Characterization of flow lines generated by pressurized sand filter underdrains[J]. Chemical Engineering Transactions, 2017, 58: 715-720.
- [7] 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.
- [8] 陶洪飞,滕晓静,马英杰,等.直冲洗网式过滤器的流场模拟及结构 优化[J]. 水电能源科学, 2017, 35(8): 98-102.
 TAO Hongfei, TENG Xiaojing, MA Yingjie, et al. Numerical simulation and structural optimization of direct-washing screen filter[J]. Water Resources and Power, 2017, 35(8): 98-102.
- [9] 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.
 [10] 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 Xiuqiao, 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.

- [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] 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.
- [13] 周理强,韩栋,喻黎明,等.导流片对 Y 型网式过滤器性能的影响[J]. 农业工程学报,2020,36(12):40-46.
 ZHOU Liqiang, HAN Dong, YU Liming, et al. Effects of guide vanes on performance of Y-screen filter[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(12): 40-46.
 [14] 宗全利,刘焕芳,郑铁刚,等. 微灌用网式新型自清洗过滤器的设计
- 与试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(1): 78-82. ZONG Quanli, LIU Huanfang, ZHENG Tiegang, et al. The design and experimental study on new net self cleaning filter for micro-irrigation[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2010, 29(1): 78-82.
- [15] 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.
- [16] 喻黎明, 刘凯硕, 韩栋, 等. 不同工况下 Y 型网式过滤器流场数值模 拟分析[J]. 农业机械学报, 2022, 53(2): 346-354.
 YU Liming, LIU Kaishuo, HAN Dong, et al. Numerical simulation analysis of flow field of Y-screen filter under different working conditions[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(2): 346-354.

Numerical Simulation and Experimental Study of Water Flow in Manually-operated Cleaning Screen Filter

DU Siqi^{1,2}, HUANG Xiuqiao¹, LI Hao¹, LI Shengbao¹, LI Rui¹, LI Hui¹, HAN Qibiao^{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)

Abstract: 【Objective】 Manually operated screen filter is a water cleaning device used in irrigation. The purpose of this paper is to propose and validate a numerical model to simulate water flow in the device. 【Method】 The 120 mesh hand-operated cleaning screen filter produced by AZUD was used in this study; water flow in the filter was simulated using the Flow Simulation of Solid works. The accuracy of the simulation was verified against measured head loss from the experiment. We also analyzed the velocity field, pressure field and turbulent kinetic energy of water flow in the device. 【Result】 Water flow velocity, turbulent kinetic energy and water head loss all increase with the flow rate. Sediments are filtered mainly in the upper part proximal to the outlet area of the screen, where water flows fast, turbulent flow is severe, stress is strong, and the influence of the nozzle resistance is great. 【Conclusion】 The flow rate affects water flow velocity and water pressure in a certain area of the filter, but not the

flow direction. The nozzles on the side near the outlet should be rolled to the bottom of the filter to reduce their influence on hydraulic characteristics of water flow.

Key words: micro-irrigation; the hand-operated cleaning screen filter; numerical simulation

责任编辑: 白芳芳