

# 农业环保节水灌溉中过滤器的研发应用情况分析

谢福海

(南陵县生态环境分局, 安徽 芜湖 241300)

**摘要** 发展高效的环保节水灌溉技术是解决我国缺水问题的重要途径之一。设置过滤系统能有效降低滴灌系统内各组成结构的堵塞程度。目前,许多国内外生产厂家生产了多种过滤产品,对过滤器的液压性能和过滤能力进行了大量的研究,但对过滤器的特点和性能还没有全面的报道。在此基础上,本文全面阐述了不同类型过滤器的结构特点、工作原理,提出了过滤器研究和产品开发的趋势,旨在为滴灌技术的广泛应用和新农村建设提供理论支持。

**关键词** 节水灌溉 水处理工程 过滤器

中图分类号:TV131

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2022)10-0013-03

水资源短缺一直是我国经济、社会和文化发展的主要障碍之一<sup>[1]</sup>。2014年,习近平总书记指出,由于中国经济和社会的不断发展,旧的“水问题”需要解决,新的“水问题”也更加紧迫。所提到的“新的水问题”是指包括水资源短缺的主要问题。我国用水总量的60%以上是农业用水,居全国各行业第一。农业缺水严重,用水效率低,严重影响农民收入,影响到农村经济增长。在农业节水方面的前景非常广阔。在农业生产方面,农田灌溉用水的利用效率远低于发达国家,中国为0.53-0.54,发达国家已达到0.70-0.80<sup>[2]</sup>。根据国内外农业灌溉情况,滴灌技术是提高现代农业的质量和效率和新农村建设的转型升级的前提和强有力的保证,也是最有效的环保节水灌溉技术之一。

我国政府一直把环保节水灌溉技术的使用放在“用水革命”的高度,特别是近年来,党中央和国务院提高了环保节水灌溉技术在滴灌中的应用和普及水平,并提出了一系列的原则和政策支持:从2006年到2019年,中共的第一个文件指出需要应用环保节水灌溉技术在许多地方,国务院的“国家农业节水计划纲要(2012-2020)”和习近平总书记提出了16字的“节水战略优先”,“振兴农村”的十九届人大报告,两部委等联合发布的《国家节水行动计划》,这些政策说明了我国环保节水灌溉的发展带来了前所未有的发展机遇<sup>[3]</sup>,微灌面积占主导地位。

## 1 过滤器的概述

过滤器是滴灌系统中一种重要的水净化处理设备。为有效减少滴灌系统中的杂质,减缓滴灌系统管网和

在线部件(如发射器、电磁阀等)的堵塞损坏,需要合理配置滴灌过滤系统。根据过滤器的原理和功能,过滤器一般可分为离心、砂、筛、层压四类。目前,国内外许多厂家如奈大(以色列)、ARKAL(以色列)、AZUD(西班牙)、托罗(美国)都生产了大量先进的优质产品。

近年来,过滤器的水力性能和过滤能力的相关研究开展较多,但对过滤器的结构、性能特点、工作原理、试验研究进展和代表性产品尚没有全面的报道。因此,本文全面阐述了不同类型过滤器的结构、性能特点、工作原理和研究进展,总结了一些具有代表性的产品,提出了过滤器研究和产品开发的趋势,为滴灌技术的广泛应用和新农村建设提供理论支持。

## 2 过滤器结构及原理

### 2.1 离心过滤器

离心式过滤器一般用于滴灌系统的一次过滤。离心过滤器主要用于分离和去除原水的重颗粒,如粗粒砂,可用于井水和河水的泥沙过滤。当灌溉水源的含沙量或含石量较高时,适合选择该过滤器。有两种常见的结构形式,圆锥形和圆柱形。混凝土结构组成,主要包括过滤器上下壳、固定锁锁销、密封圈、槽接头、集砂罐塞、冲洗管、砂罐等。

水经水泵加压后,沿切线方向通过连接管流入离心过滤罐内部,推动罐体内的流体沿轴心高速旋转,由不同的旋转半径形成差速力场,分离流体中的不同密度的组分。砂等密度较大的固体在离心力的作用下向储罐内壁移动,并沿储罐内壁向下移动至底部集砂

罐。而相对清澈的水沿着罐体的中心向上移动到出口，然后进入下一级过滤设备，完成水砂分离。离心过滤罐底部的集砂口需注意排沙。

## 2.2 砂滤过滤器

砂质过滤器，如离心式过滤器，常被用作一次过滤设备。砂过滤器是采用相同粒径或特定分级的均匀分布的石英砂对灌溉水源进行全面过滤的设备，它具有较强的拦截能力。在所有的过滤器中，砂过滤器是过滤水中多种杂质（无机或有机）的最佳方法。砂过滤器是去除水中杂质最常用和最有效的过滤器，尤其是有机过滤器。而且，它并不影响持续的供水，当有机物浓度高时选择滤砂过滤器，其具体结构，主要包括进水、布水盘、滤帽、出口、检修口、石英砂介质、填砂入口等<sup>[4]</sup>。

正常工作时，水可通过进口，通过水分配板，均匀到达介质层进行过滤。含有杂质的水体进入石英砂过滤层，并在其表面被拦截。相对较小的杂质移动到过滤层内部并被拦截，实现了水的深层过滤。水经石英砂过滤层过滤，流经水箱底部的过滤盖，通过出口和系统管进入下一个过滤设备。当过滤层截获的杂质量饱和会发生砂芯击穿，杂质外溢，过滤层需要进行反洗。反洗过程分为自动和手动两种形式。自动反洗过滤器通过 PLC 电路自动控制过滤沙池清洗过程。该过滤器配有一个控制装置，可随时感知该过滤器的内部压差。当过滤层拦截杂质引起的压差达到预设值时，压差控制装置立即发送信号，使控制过滤过程的阀门自动关闭，控制反冲洗过程和杂质排出通道的阀门自动打开。此时，通过其他砂过滤器过滤的相对干净的水通过。

## 2.3 网式过滤器

筛网过滤器用于二次过滤，其过滤介质为尼龙网或不锈钢网。由于其成本低、过滤能力高，已成为国内外微量灌溉系统中应用最广泛的过滤器。筛网过滤器有很多种类型。滤网过滤器根据安装方式可分为立式过滤器和卧式过滤器，根据制造材料可分为塑料过滤器和金属过滤器，根据手动清洗过滤器，根据清洗方式可分为自动清洗过滤器。筛网过滤器的主要结构有筛网、套管、管道等。

过滤过程是指水通过入口进入筛网过滤器，大于筛网孔径的颗粒物在筛网一侧被拦截，清水通过出口排出。在自动反洗筛网过滤器中，杂质颗粒在过滤器表面的沉积逐渐增加，导致过滤器体内部的压差增大。

当压差达到操作前设定的值时，过滤器控制装置将打开反冲洗过程，清除滤网内表面截获的所有杂质颗粒，反冲洗的过程会持续几十秒钟。手动反洗过程是指滤网运行一段时间后，将滤网从滤壳上清除，用滤刷手动清除滤网表面杂质，直至滤网清洁。

## 2.4 层压过滤器

层过滤器具有较高的杂质滤波效果。含有杂质的水流被叠加的层完全过滤；层压材料主要是高质量的工程塑料；其厚度为十几毫米，根据产品过滤精度具有特征颜色；在层压器的两侧都有很小的凹槽，凹槽的大小决定了层压过滤器的过滤精度；许多相同的层叠在一起，安装在一个独特设计的内支撑，形成一个过滤器；然后该过滤器通常安装在性能强的工程塑料过滤管中形成完整的层压过滤器；层压过滤器主要由层压过滤器、过滤器芯柱、活塞等部分组成。

层压过滤器的过滤过程如下：水流从壳体底部入口进入内壳体，叠片被弹簧的弹性和水流压力压缩，形成间隙阻挡相邻层压片接触面槽间的杂质，过滤后的水从出口流出。对于自动反洗分层过滤器，压差达到预设值，因为杂质被困在内部层压增加，或者当过滤器的运行周期达到预设值时，控制装置通过信息传输自动将系统从过滤器状态切换到反冲洗状态。过滤器内部的活塞克服了弹簧的弹性力，向壳体的顶部移动，使挤压的层压板松动。同时，反洗水沿层压的径向以较高的速度流动，层压表面捕获的杂质随着高速流动被丢弃。当叠片清洗干净时，改变流动方向，在水流压力和弹簧弹性下再次按压叠片，导致过滤器再次处于过滤状态。手动反冲洗时，应从壳体上去除过滤层膜，用刷子手动去除层膜表面截获的杂质，用水冲洗，在那之后，叠片应该重新组装到过滤器上。

## 3 各类过滤器研究现状

### 3.1 离心过滤器

近年来，一些学者对离心式过滤器的性能和过滤能力进行了研究，取得了显著的效果。柴海东总结了目前滴灌工程中过滤器的常见类型、结构、优缺点及其适用条件，离心式过滤器的优点是储存能力强，维护方便，其缺点是难以过滤密度接近或小于水密度的杂质，且内部高速湍流会造成较大的水头损失<sup>[5]</sup>。对比圆柱形水力旋流器与锥形离心过滤器的性能，两者的流速和水头损失呈指数级增长，前者由于结构简单和局部优化结构，其水头损失和除沙能力优于后者。用 fluent 15.0 模拟中心锥底角的离心过滤器，过滤器的水

砂的分离效果显著改善。

### 3.2 砂滤器

许多专家学者评价砂滤器性能的两个主要指标是  $d_e$  (有效粒度) 和  $UCs$  (均匀系数)。 $d_e$  指的是过滤屏障的孔径, 允许总过滤材料的 10% 的体积通过, 通常表示为  $d_{10}$ 。 $UCs$  指的是允许所有过滤介质的 60% 的屏障孔径大小与  $d_{10}$ ,  $d_{10}/d_{60}$  之间的比率<sup>[6]</sup>。 $d_{10}$  和  $d_{60}$  可以通过粒子梯度曲线得到。具体方法如下: 通过不同孔径的筛分, 得到不同粒径阶段的过滤材料的质量或重量。利用对数坐标系绘制粒子梯度曲线。水平坐标为过滤材料的粒径, 垂直坐标为直径小于(或大于)某一颗粒的过滤材料的累计重量的百分比, 然后通过曲线得到被测过滤材料的  $d_{10}$  和  $d_{60}$ , 然后计算  $d_e$  和  $UC$ 。过滤器材料的  $d_e$  越大建议  $UCs$  应为 1.5; Burt 和 Styles 建议, 在选择过滤介质时, 应考虑  $UCs$  较低的产品。

许多专家学者探索了砂过滤器水力性能和过滤效果<sup>[7]</sup>。

张文正等在微灌条件下研究了砂滤网、滤网和分层过滤器。

赵鹏飞等探讨了玻璃球对微灌滤器的影响, 发现玻璃球对水中杂质的过滤分为两个阶段, 去除杂质的原理因阶段而异。

Yangshuxin 等介绍了砂滤器的应用和运行, 分析了垂直和水平砂滤器在设计中存在的技术问题, 他发现水平砂过滤器更适合使用渠道水的节水灌溉系统。

ArbatGetal 研究了石英砂过滤器内各种组分对  $h$  的影响。

### 3.3 网式过滤器

不同网格和分层过滤器的水头损失和过滤能力, 发现筛滤器水力性能优于分层过滤器类型, 但过滤效果亦然。滤网的去污效果, 建议排放率设为  $180\text{m}^3/\text{h}$ , 排放时间为 50s, 可使排放清洁度达到 98%, 确保过滤器在排放用水量低的条件下达到高去污效果。李曼研究屏幕过滤器的净化效果不同网滴灌系统, 他们发现发生的峰值的净化曲线大约是 10 年代, 稳定的 20-30 年代, 和过滤器的净化效果是显著的。雷建华等阐述了自开发的液压驱动自洁系统的工作原理、结构特点和创新。

### 3.4 层压过滤器

Yang 等研究了五种常用分层过滤器在不同含沙浓度和过滤流量条件下的水力性能和过滤能力, 建立了分层过滤器过滤性能的综合评价方法。将分形理论应

用于层压的流道设计, 开发了一种新型层压滤水器。他们还分析了水头损失、截取沉积物量、截取沉积物的粒径和流道中沉积物的均匀性。

CuiRui 等研究了在两种不同流道条件下, 不同流速的变化对夹层板水头损失的影响。他们发现两种层压的水头损失和流量是特别相关的, 复合路径的损失小于传统的。

LiNan 等研究了分层过滤器水力性能和过滤能力, 发现随着填砂量的增加, 水头损失不规则地增加。

## 4 结论

本文在分析当前过滤器的研究趋势和优缺点的基础上, 提出以下研究和产品开发方向:

1. 加强对复杂水质条件下滴灌系统过滤设备的合理配置和优化运行方式的研究。
2. 基于降低水力性能和过滤能力的本质, 研究过滤器核心结构的堵塞机理。
3. 优化过滤器的结构, 如改变层压滤器通道的结构, 改变砂滤器的过滤层结构, 进而提高过滤器的性能。

## 参考文献:

- [1] 田京雷, 刘金哲, 李建新, 等. 密闭式空气冷却器应用现状和展望 [J]. 工业水处理, 2021, 41(11): 45-50.
- [2] 石晓昕, 袁重乐, 钱会, 等. 基于 DPSIR-TOPSIS 模型的河北省水资源承载力评价及障碍因素研究 [J]. 水资源与水工程学报, 2021, 32(05): 92-99.
- [3] 冯吉, 焦有权, 杨林林, 等. 滴灌系统过滤器及其性能测试研究进展 [J]. 中国农机化学报, 2020, 41(06): 74-82.
- [4] 张威, 邵景安, 刘毅, 等. 重庆市不同规模灌区农灌水有效利用系数测算与对比研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2020, 42(03): 43-52.
- [5] 李景海, 刘清霞, 翟国亮, 等. 基于颗粒流理论的微灌砂滤层反冲洗过程砂粒速度场模拟 [J]. 农业工程学报, 2018, 34(22): 78-83.
- [6] 许翠平, 刘洪禄, 郝仲勇, 等. 北京市农业综合节水技术研究回顾与展望 [J]. 北京水问题研究与实践, 2013: 20-28.
- [7] 赵建平. 化学与物理联用方法进行污水处理探索 [D]. 无锡: 江南大学, 2008.