

自吸网式过滤器过滤时间与自清洗时间变化规律分析^{*}

刘焕芳¹ 郑铁刚^{1,2} 刘飞¹ 宗全利¹

(1. 石河子大学水利建筑工程学院, 石河子 832003; 2. 河海大学水利水电学院, 南京 210098)

【摘要】 微灌用过滤器是保证整个微灌系统正常运行的核心过滤设备, 开发具有自清洗功能的过滤设备则是研究的重点。在对自吸网式过滤器进行水力性能试验的基础上, 分析了自吸网式过滤器过滤时间的变化规律, 表明过滤时间的变化并非呈线性规律; 分析了自清洗时间的影响因素, 指出自清洗时间并不是恒定不变的, 而是在其他参数固定时与进水含沙量 S_0 呈反比关系。

关键词: 微灌 过滤器 过滤时间 自清洗时间

中图分类号: S277.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)07-0080-04

Analysis of Filtering Time and Sewage Time for Automatic Suction Screen Filter

Liu Huanfang¹ Zheng Tiegang^{1,2} Liu Fei¹ Zong Quanli¹

(1. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, China

2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract

The filter in micro-irrigation is the key to guarantee normal running of the whole micro-irrigation system. It is the key to develop automatic filter. Based on the research of hydraulic performance of drain system for automatic suction screen filter, the discipline of filtering time for automatic suction screen filter was analyzed. It showed that the change of filtering time was not linear. The factors affecting sewage time were analyzed. The results showed that the cleaning-time was not the constant value, but had the inverse relation with inflow sediment concentration S_0 when other parameters were constant.

Key words Micro-irrigation, Filter, Filtering time, Cleaning-time

引言

微灌用过滤器作为保证整个微灌系统正常运行的核心过滤设备, 在我国将成为行业今后研究的热点。目前, 滴灌系统中滤网过滤器应用最为普遍^[1]。但滤网过滤器易被大量污物堵塞, 需要清洗, 通常是采用人工清洗, 费时费力, 因此开发具有自清洗功能的过滤设备是研究的主要方向^[2]。

自动清洗过滤器是将液体中颗粒在一定条件下自动过滤清除的分离过滤装置, 与传统过滤器相比具有自动化程度高、压力损失小、不必进行人工清除滤渣等特点, 并且多数自清洗过滤器在清洗时可以不间断供水。目前国内外市场上出现了很多种自动

清洗过滤器, 从清污方式上主要有吸污式、刷式、转臂式和刮盘式等^[3]。如以色列 (Amiad、Arkal 和 Filtomat 公司)、美国 (Orival、Automatic Filters、Schnoeder 和 RPA Process Technologies 公司) 等都有很多生产和研制自清洗过滤器的公司^[4~5]。对于各类自清洗过滤器, 通常以压差作为控制参数来实现自清洗过程, 即用滤网过滤产生的压差作为控制预设值, 当压差接近预设值时, 输出自清洗信号, 实现预期效果。在未来的发展趋势中, 自清洗系统将由滤网内外压差自动控制。但由于目前过滤器设备在自动化及智能化方面的应用尚未完全成熟且成本较高, 因此在实际工程中, 通常通过时间继电器设定自清洗时间来控制自清洗过程。由于自清洗时间直接

影响过滤设备的工作效率,即清洗时间过长则费用高,时间过短又会导致清洗不彻底,于是自清洗时间的确定尤为重要。

1 过滤器结构及工作原理

1.1 过滤器结构

自吸自动网式过滤器是由过滤器筒体、过滤芯、自动控制装置、排污装置等零部件组成,如图 1 所示。在过滤器筒体内设有一个由粗过滤芯构成的一级过滤室和一个由细过滤芯构成的二级过滤室,二级过滤室中装有排污装置,通过自动控制系统保证自吸自动网式过滤器的正常运转。

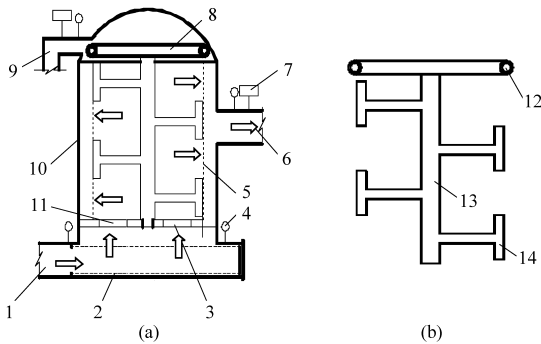


图 1 自吸自动网式过滤器结构示意图

Fig. 1 Structural diagram of automatic suction screen filter

(a) 自吸自动网式过滤器结构图 (b) 反冲洗装置结构图

1. 进水口 2. 粗过滤网 3、11. 细过滤网进口 4. 压力表 5. 细过滤网 6. 出水口 7. 电子阀门 8. 反冲洗装置 9. 排污口 10. 外壳 12. 水力旋喷管 13. 排沙管 14. 吸沙组件

1.2 工作原理

自吸自动网式过滤器的粗过滤阶段是实现大颗粒、长絮状等杂质的过滤,其要求的精度不是很高,且排污清洗等手段简单,对整个过滤器在生产工艺上影响不大,所以这里不对其进行深层次的研究。而自吸自动网式过滤器的主要过滤功能体现在细过滤阶段,滤网内嵌在滤网支撑上,滤饼形成于过滤器的内部。

过滤水从进水口 1 流入过滤器,经粗过滤网 2 初步过滤后再通过细过滤网 5 过滤流向出水口 6,杂质被截留在网面上。当杂质聚在细过滤网内时便形成压差,压差达到预定值时,由控制器关闭出水口电子阀门,打开排污口电子阀门。由于排污阀出口与大气相通,这样过滤器内部水压与外部大气之间形成的压差会使侧面开孔的吸沙组件 14 产生强劲吸力,在强劲吸力的作用下,就使黏附在滤网内表面的泥沙被有效清除。而进入吸沙组件的泥沙,通过排沙管 13 经水力旋喷管 12 由排污口排出。水流由水力旋喷管流出时会向四周喷射,在过滤器顶部壳体内形成旋流带动整个吸附系统旋转,旋转过程中

每个吸沙组件都会将该范围内滤网内表面的泥沙吸进,随水流经排沙管由旋喷管排出。当清洗时间达到继电器设计值时,自动清洗完成,控制器关闭排污阀,同时打开出水阀,水力旋喷管将不再喷射,自动吸附系统停止旋转,转入正常过滤状态。

2 试验

2.1 试验装置

试验装置如图 2 所示,采用滤网规格为 80 目、额定流量为 $150 \sim 200 \text{ m}^3/\text{h}$ 的自吸网式过滤器,试验含沙采用细河沙,粒径级配如图 3 所示。

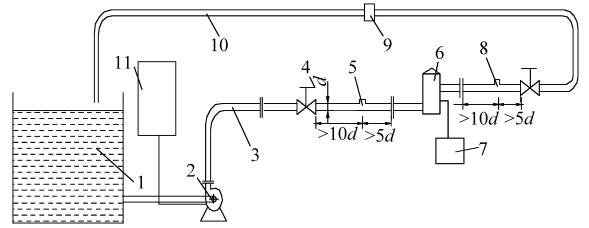


图 2 微灌用自吸自动网式过滤器试验装置示意图

Fig. 2 Tester diagram of automatic suction screen filter

in micro-irrigation

1. 蓄水池 2. 水泵 3. 进水管 4. 闸阀 5. 进口测压孔 6. 试验用过滤器 7. 自动控制装置 8. 出口测压孔 9. 超声波流量计 10. 出水管 11. 变频装置

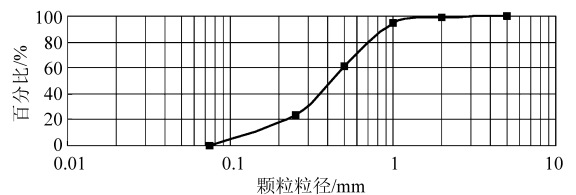


图 3 泥沙粒径级配图

Fig. 3 Grain-size distribution of sand

2.2 试验方法及步骤

试验含沙量采用人为随机调沙,在一定含沙量条件下,分别在进水口、出水口及排污口提取含沙水样。采用秒表分别记录在不同含沙量条件下的过滤时间。含沙量的测定采用滤纸过滤,将过滤后的滤纸放置于 105°C 烘箱中烘至恒重,然后计算滤纸过滤前后质量差,即为污物质量,最后根据含沙水样体积计算近似含沙量。

3 过滤器过滤时间及自清洗时间规律

过滤器的过滤时间是指过滤器开始工作到需要进行清洗的运行时间间隔。过滤器运行过程中,当进水口与出水口压强差达到一定值时进行排污,有关专家认为,从节约能源考虑,过滤器在运行时,其水头损失以不超过 3 m 为宜,即对于传统网式过滤器造成的局部水头损失达到 3 m 时,应对其进行清

洗^[6]。但对于自吸自动网式过滤器而言,前人通过模拟分析得出该类型过滤器的最大允许压降可达 0.08 MPa^[7]。

对于自清洗过滤器,自清洗时间是滤网内外压力差达到预设值时所需洗液用量与洗液流速之比,一般定义清洗 99% 的污物所需的时间为自清洗时间^[8-9]。排污系统自清洗时间一般由时间继电器来控制,因此这就需要确定一个自清洗时间来控制排污系统。

由过滤器的过滤原理可知,过滤器过滤时间的长短主要受进水含沙量的影响。因此在流量一定条件下通过调节不同的进水含沙量,得到了过滤时间与含沙量的关系曲线如图 4 所示。

从图可以看出,当含沙量较小时,过滤器滤网堵塞较缓慢,过滤时间较长。含沙量较大时,滤网很容易被堵塞,从而减小了有效过滤面积,降低了过滤时间;过滤时间并不是随含沙量的增大呈线性递减关系,而是当含沙量增大到某一值后,过滤时间变化开始缓慢。

设过滤器过滤时间内污物总量为

$$M_0 = Q_0 S_0 P_m t_0 \quad (1)$$

式中 M_0 ——污物总量,kg

Q_0 ——过滤流量, m^3/min

S_0 ——进水含沙量, kg/m^3

P_m ——大于网眼尺寸的固体颗粒在粒径级配中的百分比,%

t_0 ——达到预设压降时的过滤时间,min

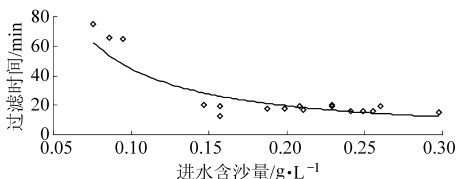


图 4 过滤时间随进水含沙量变化曲线

Fig. 4 Trend curve between filtration time and inflow sediment concentration

由式(1)可知,当 Q_0 与 P_m 为一定值时,污物总量由 S_0 与 t_0 的乘积来确定。由图 4 可以看出,由于受许多其他因素的影响, S_0 与 t_0 的乘积并非一固定常数,即污物总量 M_0 并非固定不变,而是随进水含沙量 S_0 变化的。由质量守恒定律可知排污总量随进水含沙量 S_0 变化,因此自清洗时间 t 的确定受进水含沙量 S_0 的影响。

设排污水含沙量为 S , kg/m^3 , 排污流量为 Q , m^3/min , 则 dt 时间内排出污物量为

$$dM = QSdt \quad (2)$$

积分式(2)可得

$$M = QSt \quad (3)$$

由质量守恒定律及自清洗时间定义可知, $M = 0.99M_0$, 即由式(1)及式(3)得

$$0.99Q_0S_0P_mt_0 = QSt \quad (4)$$

由于一级过滤主要过滤一些漂浮物等,因此可以假设能够造成细滤网堵塞的泥沙颗粒全部进入二级过滤室,同时忽略卡在网孔中的泥沙,即全部造成滤网堵塞,并可全部排出。

从而可以得出自清洗时间 t (min), 考虑到受到其他因素的影响,加以修正系数 α , 即

$$t = 0.99\alpha \frac{t_0 Q_0 S_0 P_m}{QS} \quad (5)$$

在过滤过程中一些泥沙颗粒受到自身重力作用下沉,并且由于受到粘性作用一部分泥沙粘滞滤网表面,因此清洗的泥沙总量小于过滤泥沙总量,这也是用户定期清洗罐体及网面的原因。于是式(5)引进自清洗时间的修正系数 α 与进水泥沙颗粒性质等因素有关, $\alpha < 1$, 根据室内试验数据分析,可将 α 初始值取为 0.85。

室内试验采用 80 目过滤网芯,孔径 0.152 mm, 由图 3 可知粒径大于 0.22 mm 的沙占到 80%。过滤时间 t_0 与进水含沙量 S_0 的关系可由图 4 确定。过滤器基本数据:排污流量 $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}$; 过滤流量 $Q_0 = 160 \text{ m}^3/\text{h}$; 由于排污含沙量 S 随预设自清洗时间在不断地变化,但通过连续取样发现 85% 的 S 在 7.8 ~ 8.4 g/L 范围内变化,因此取 $S = 7.8 \text{ g/L}$ 进行近似计算。

取不同的进水含沙量值,并将过滤器基本数据代入式(5),可以得到自清洗时间 t 随进水含沙量 S_0 的变化趋势曲线,如图 5 所示。

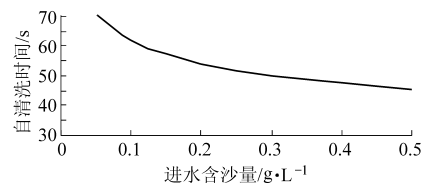


图 5 自清洗时间和进水含沙量变化曲线

Fig. 5 Trend curve between cleaning-time and inflow sediment concentration

由图 5 可以看出,自清洗时间并不是恒定不变的,而是在其他参数固定时与进水含沙量 S_0 呈反比关系。通过在新疆石河子垦区进行大量原型观测试验发现,自清洗时间与进水含沙量的关系并不能准确定义,但通过分析可以发现其变化趋势曲线与试验曲线相似。分析其原因如下:①由过滤时间 t_0 与进水含沙量 S_0 的拟合关系可知: $t_0 = 2.882S_0^{-1.1904}$, 故在其他参数一定情况下,由式(1)得 $M_0 =$

$\beta S_0^{-1.1904}$, 即过滤器过滤时间内污物总量不是恒定的, 而是随进水含沙量 S_0 增大逐渐减小的。②由质量守恒定律可知, 排污总量与进污总量相等, 因此由式(5)得自清洗时间 t 随进水含沙量 S_0 的增大而逐渐减小, 如图 5 所示。③由于不同的水质在罐体内产生的紊动作用不同, 从而导致影响参数的不断变化, 故目前不能准确地定义过滤时间及自清洗时间与进水含沙量之间的关系。

4 结论

(1) 过滤时间作为过滤设备的基本运行参数直接影响过滤装置的工作效率。通过调节不同的进水含沙量发现, 过滤时间并不是随含沙量的增大而呈线性递减关系, 而是当含沙量增大到某一值后, 过滤时间变化开始缓慢。这是由于对自吸网式过滤器而言, 其过滤介质为编织的金属丝网, 在滤饼未建立的

过滤初期, 过滤介质产生的流阻起主要作用, 而过滤一段时间后, 滤网表面形成滤饼, 滤饼对液流产生的流阻开始起主要作用。

(2) 自清洗时间为自清洗系统的关键参数, 通常由时间继电器来控制。设定清洗时间过长容易导致浪费, 时间过短将会导致清洗不彻底。通过试验发现, 自清洗时间并不是恒定不变的, 而是在其他参数固定时随进水含沙量 S_0 的增大成减小的趋势。

(3) 在自清洗时间 t 的计算中, 作者假设影响修正系数 α 取 0.85, 但由过滤原理及泥沙性质可知, 系数 α 的影响因素较复杂, 因此在实践应用过程中, 在进水含沙量一定的情况下, 过滤运行时间并不随颗粒粒径变化而呈线性变化。于是, 在今后的工作中有必要对 α 的影响因素进行进一步讨论, 并予以修正。

参 考 文 献

- 1 姚振宪, 何松林. 滴灌设备与滴灌系统规划设计[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 39 ~ 45.
- 2 Anon. Self cleaning water filter[J]. Process Engineering (Sydney), 1984, 2(1): 27 ~ 29.
- 3 王爱伟, 朱海军, 钱才富, 等. 自清洗过滤器结构特点与应用前景[J]. 石油和化工设备, 2007(8): 68 ~ 70.
- 4 Davis Scott J. Filter with reciprocating cleaner unit: US, 5198111[P]. 1993-03-30.
- 5 Olson Donald O. Filter and filter cleaning apparatus and related methods: CA2565155[P]. 2005-11-24.
- 6 徐茂云. 微灌用筛网过滤器水力性能的试验研究[J]. 水利学报, 1992, 23(3): 54 ~ 56.
- 7 王爱伟. 吸污式自清洗过滤器的开发与理论研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2008.
Wang Aiwei. Development and theoretical research of suction filter[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2008. (in Chinese)
- 8 丁启圣, 王维一. 新型实用过滤技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000.
- 9 于忠臣, 王松, 吴国忠, 等. 压力过滤器理论反冲洗时间的确定[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(8): 1 267 ~ 1 269.
Yu Zhongchen, Wang Song, Wu Guozhong, et al. Determination of theoretical backwashing time in pressure filter[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 38(8): 1 267 ~ 1 269. (in Chinese)

(上接第 89 页)

- 40 Roper M M. Use of microorganisms to reduce water repellence in sandy soils[C] // Carter D J, Howes, K M W (Eds.) Proceedings of the Second Natural Water Repellency Workshop. Perth, Western Australia, 1994: 73 ~ 81.
- 41 Dellar G A, Blackwell P S, Cater D J. Physical and nutritional aspects of adding clay to water repellent soils[C] // Carter D J, Howes K M W (Eds.). Proceedings of the Second Natural Water Repellency Workshop. Perth, Western Australia, 1994: 168 ~ 174.
- 42 崔敏, 宁召民, 张志国. 斥水性生长介质中湿润剂的使用[J]. 北方园艺, 2007(6): 72 ~ 73.
- 43 陈俊英, 张智韬, Leionid Gillerman, 等. 不同污染程度的水对土壤斥水性的影响[J]. 节水灌溉, 2009(10): 13 ~ 16.
- 44 陈俊英, 张智韬, 杨飞, 等. 土壤的斥水性和含水量变化关系的数学模型[J]. 灌溉排水学报, 2009, 28(6): 35 ~ 38.