

岳飞龙, 罗 昕, 马富裕, 等. 微灌用筒式反冲洗过滤器结构设计与研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(24): 248–251.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.068

微灌用筒式反冲洗过滤器结构设计与研究

岳飞龙, 罗 昕, 马富裕, 唐 思, 姜有忠, 李海潮

(石河子大学机械电气工程学院, 新疆石河子 832000)

摘要:过滤器是微灌系统关键设备之一,微灌系统的高效运行依赖于过滤器的自动化程度和运转的可靠性。然而目前国内网式反冲洗过滤器在工作中普遍存在因滤网内外压差导致反冲洗水流穿透力逆向减弱,从而造成反冲洗清污不彻底、滤网堵塞、供水间断等问题。针对此问题,根据流体动力学原理提出一种在滤网内外形成真空带来消除压差的方法,即利用围绕滤网同步旋转的真空发生器(滤网外表面)和负压隔离腔(滤网内表面)形成的相对密封的独立空间。在此基础上设计了一种基于筒式滤网清污带内外真空隔离技术的新型筒式反冲洗过滤器,并详细介绍了该筒式反冲洗过滤器的结构和工作原理。通过试验和理论计算,确定真空发生器的转速范围和过滤器主要零部件的尺寸参数;对影响过滤器内部压力的因素进行试验和分析,确定影响过滤器内部压力的主要因素,从而对过滤器进行优化改进。

关键词:微灌;筒式反冲洗过滤器;真空隔离;反冲洗;结构设计

中图分类号: S277.9⁺9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0248-03

新疆维吾尔自治区位于内陆干旱区,水资源短缺尤为严重,农业灌溉用水以含沙量较高的地表水为主,且地表水的污染现象日益严重,水源中混杂了沙粒、泥土、植物残枝、矿物碎屑、塑料碎片等物理性污染物及细菌、真菌等生长产生的黏性分泌物等有机物性污染物。因此,对灌溉水源进行分离过滤是发展农业节水灌溉的先决条件。

过滤器作为对水源中的泥沙等杂质进行拦截过滤的关键设备,其过滤效果、运行的可靠性和工作的持续性是整个微灌系统高效运行的保障。目前新疆地区的微灌系统中主要使用网式自清洗过滤器。依据自清洗方式的不同可将网式自清洗过滤器分为吸污式和反冲洗式 2 种^[1-2]。例如 Hermans 等研发了一种自动反冲洗过滤器和自清洗连续过滤系统^[3-4],李亚雄等利用河(渠)水作为灌溉水源,设计了一种自动清洗河(渠)水网式过滤器^[5],李强强等设计了一种卧式自清洗网式过滤器^[6],刘建华等研制了一种利用水力驱动完成自动清洗的水力驱动全自动过滤器^[7],刘飞等设计生产了一种自吸附反冲洗网式过滤器^[8],徐昭设计提出了一种移动轮流反冲洗网式过滤器^[9]。

以上研究为国内的网式自清洗过滤器的发展奠定了基础,但从现有的网式自清洗过滤器来看,都存在污水的流动方向和自清洗时的吸附力(或反冲洗水流)方向相反问题,使得自清洗时对杂质的吸附力或反冲洗效果减弱,很难将卡在滤网上的杂质去除^[10]。该研究针对这一问题,设计了一种基于筒式滤网清污带内外真空隔离技术的新型网式反冲洗过

滤器。

1 筒式反冲洗过滤器的结构原理

微灌用筒式反冲洗过滤器结果见图 1 所示,其整个工作过程中过滤和自清洗同步进行。

该筒式反冲洗过滤器安装于水泵的吸水口,置于水池、河水、池塘或水库内,且竖直悬浮在水中。过滤过程中,浑水中一些较大的杂质(主要是漂浮物)先在真空发生器 9 的旋转扰动作用下分散远离滤网,再经过圆筒滤网 5 过滤,这样比滤网 5 网孔大的有机或无机物碎片及固体颗粒状污物泥沙颗粒被拦截下来并积聚在滤网 5 的外表面,过滤后的水从滤网下端盖 7 上的出水口 8 流入水泵。通过水泵形成的高压水流经过空心轴进水管 1、连接管 6 进入喷洗管 4,从喷洗管 4 的喷口喷出,形成高穿透力的水流,对滤网 5 上吸附的杂质从网内向向外进行清洗。电机经圆柱-圆锥二级减速器减速后带动空心轴进水管 1 转动,使真空发生器 9 在连接板 2 的带动下和负压隔离腔 10 绕空心轴进水管 8 同步转动,形成相对密封的独立空间,解决了由过滤器内外压差造成的反冲洗不彻底的难点,同时真空发生器 9 的快速旋转形成的离心力可使粘附在滤网的一部分杂质从滤网上分离;在喷洗液流与真空发生器 9 分拨液流的共同作用下,粘附在滤网外壁的杂质沿着真空发生器 9 的内壁向下沉降至过滤器底部。

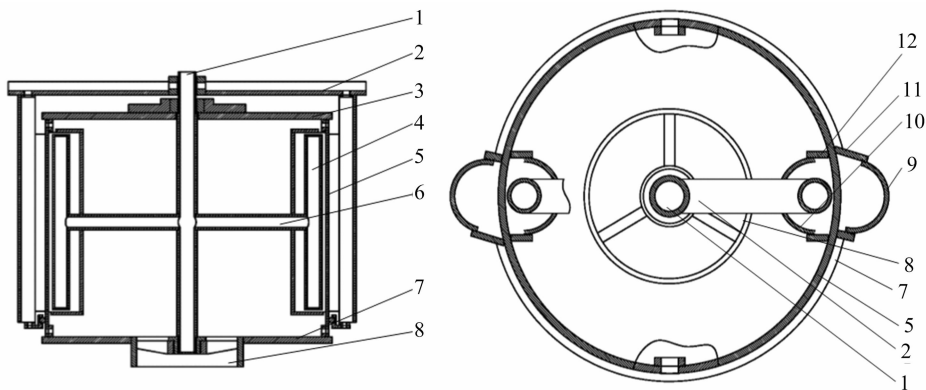
该过滤器反冲洗是否彻底的关键是基于筒式滤网清污带内外真空隔离技术,即围绕筒式滤网同步旋转的真空发生器(滤网外表面)和负压隔离腔(滤网内表面)形成的相对密封的独立空间,即在滤网内壁形成的不受水泵吸力作用产生负压效应的一个“动态无压区(负压隔离腔)”与滤网外壁“动态真空区(真空发生器)”,实现在过滤器不停止工作的情况下,滤网内外壁水流压力由原来的外部大于内部向内部大于外部的反转,使流体发生了由滤网内部向滤网外部移动的趋势,解决了反向冲洗内外压差大导致喷洗管中喷出的水流被由外向

收稿日期:2017-06-26

基金项目:新疆生产建设兵团重大科技项目(编号:2016AA002)。

作者简介:岳飞龙(1991—),男,河北邢台人,硕士研究生,主要从事农机研究。E-mail:787284343@qq.com。

通信作者:罗 昕,教授,硕士生导师,主要从事农业机械设计与装备。E-mail:1184391799@qq.com。



1—空心轴进水管; 2—连接板; 3—滤网上端盖; 4—喷洗管; 5—圆筒滤网; 6—连接管;
7—滤网下端盖; 8—出水口; 9—真空发生器; 10—负压隔离腔; 11、12—密封胶片

图1 筒式反冲洗过滤器结构示意图

内水流冲击力“逆向减弱”的难题。

2 筒式反冲洗过滤器参数的设定

2.1 过滤器滤网尺寸与设计流量的关系

过滤器的设计流量与滤网过滤速度、实际过滤面积以及滤网净面积系数的关系:

$$Q = 3.6 \times 10^3 f \cdot A \cdot v; \quad (1)$$

$$A = \pi DL。$$

式中: Q 为过滤器的设计流量, m^3/h ; A 为过滤器中滤网的实际使用面积, m^2 ; L 为筒式滤网长度, m ; D 为筒式滤网的直径, m ; f 为滤网的净面积系数, 其大小与滤网目数有关, 具体选用见表 1^[11-12]; v 为滤网过滤速度, m/s 。根据国内外常用过滤器参数规格(表 1), 滤网过滤速度 v 对于微灌用网式过滤器一般在 $0.1 \sim 0.2 \text{ m}/\text{s}$ 之间, 计算时选 $v = 0.15 \text{ m}/\text{s}$ 。

表 1 国内常规不锈钢滤网规格

目数 (目/cm)	丝号	丝径 (mm)	孔径 (mm)	净面积系数	清污能力	
					土粒类别	粒径(mm)
8	28	0.376	0.894	—	粗沙	>0.89
16	38	0.254	0.364	0.49	中沙	>0.36
32	42	0.103	0.216	0.48	细沙	>0.22
40	44	0.081	0.172	0.46	细沙	>0.18
60	46	0.061	0.108	0.40	极细沙	>0.12

$$\text{流量损失: } Q_{\text{实}} = Q - Q_{\text{损}}; \quad (2)$$

$$\text{过滤器的实际流量为 } Q_{\text{实}} = 3600 \times \lambda f \pi D^2 v \left(\frac{120-n}{120} \right)。 \quad (3)$$

式中: L 与 D 成反比, 且过滤器滤网的长细比 $\lambda = \frac{L}{D}$, 即 $L = \lambda D$ 。从受力和稳定角度考虑, 滤网的长细比一般在 $1 \sim 5$ 之间, 取 $\lambda = 2$ 。选取目数为 40 目的滤网, 滤网的净面积系数 $f = 0.46$ ^[13]。过滤器的实际流量与滤网直径和真空发生器转速的关系见图 2。

将不同直径的过滤器的实际流量控制在 $300 \text{ m}^3/\text{h}$, 测量不同真空发生器转速下过滤器的实际流量, 从而选择合适的转速范围。

从图 3 不同直径过滤器的转速 n 与流量 Q 的关系曲线得出, 当转速为 $10 \text{ r}/\text{min}$ 时, 反冲洗不及时导致滤网堵塞, 过滤器流量减小; 当转速为 $35 \text{ r}/\text{min}$ 时, 真空发生器的高速旋

转隔离了污水进入过滤器, 过滤器流量减小; 当转速为 $15 \sim 30 \text{ r}/\text{min}$ 时, 过滤器流量变化平稳, 过滤器运转正常, 反冲洗效果显著。

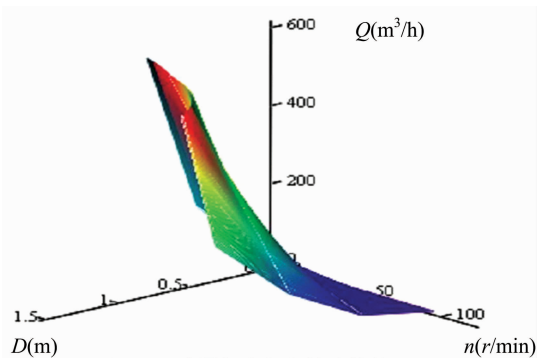


图2 流量与直径和转速的关系

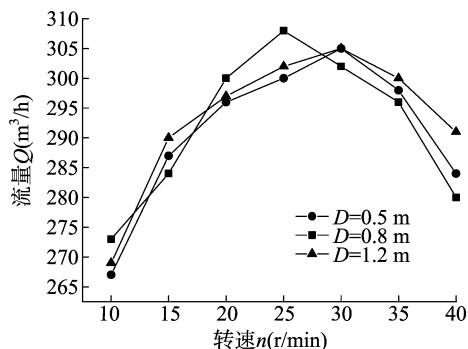


图3 转速与流量的关系曲线

国内常用过滤器的设计流量为 $200 \sim 400 \text{ m}^3/\text{h}$, 本研究过滤器的设计流量选用 $300 \text{ m}^3/\text{h}$, 真空发生器转速 $n = 25 \text{ r}/\text{min}$, 滤网直径 $D = 0.5 \text{ m}$, 滤网长度 $L = 2D$, 因此 $L = 1 \text{ m}$ 。

2.2 空心轴的直径计算

空心轴的扭转强度条件计算公式为

$$\tau_r \approx \frac{9.55 \times 10^6 \frac{P}{n}}{0.2 d^3 (1 - \beta^4)} \leq [\tau_r]。 \quad (4)$$

式中: τ_r 为扭转切应力, MPa ; n 为轴的转速, r/min ; P 为轴传递的功率, kW ; d 为空心轴的外径, mm ; d_1 为空心轴的内径; $\beta = \frac{d_1}{d}$, 即空心轴的内径 d_1 和外径 d 之比, 通常 $\beta = 0.5 \sim$

0.6,β 取值为 0.5^[14]。

根据式(4)可得轴的计算公式:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6 P}{0.2(1 - \beta^4) [\tau_T] n}} \quad (5)$$

其中 $A_0 = \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6}{0.2[\tau_T]}}$, 则 $d \geq A_0 \sqrt[3]{\frac{P}{n(1 - \beta^4)}}$ 。 (6)

由表 2 可知,空心轴的材料选用 45 钢,选取 $[\tau_T]$ 为 30 MPa, A_0 为 100。电机的额定功率 $P_0 = 2.2 \text{ k}$; 转速 $n_0 = 1\,430 \text{ r/min}$, 电机与空心轴的传动比 $i = 40$; 电机与空心轴以圆锥-圆柱齿轮减速器连接, 每级齿轮的传动效率(包括轴承效率在内) $\eta = 0.97^{[15]}$ 。

表 2 轴常用几种材料的 $[\tau_T]$ 值及 A_0 值

轴的材料	$[\tau_T]$ (MPa)	A_0
Q235	15 ~ 25	149 ~ 126
Q275	20 ~ 35	135 ~ 112
45	25 ~ 45	126 ~ 103
40Cr	35 ~ 55	112 ~ 97

$$P = P_0 \eta^2; \quad (7)$$

$$n = n_0 \frac{1}{i} \quad (8)$$

由公式(7)、(8) 可得 $P = 2.2 \times 0.97^2 \approx 2.1 \text{ kW}$; $n = 1\,430 \times \frac{1}{40} = 35.75 \text{ r/min}$ 。

将 $P = 2.1 \text{ kW}$, $n = 35.75 \text{ r/min}$, $A_0 = 100$, $\beta = 0.5$ 代入公式(6)可得空心轴外径的最小值为 $d_{\min} = 39.7 \text{ mm}$ 。

取外径 $d = 60 \text{ mm}$, 则内径 $d_1 = d \times \beta = 60 \times 0.5 = 30 \text{ mm}$ 。

3 转速对反冲洗效果的影响测试

3.1 试验方法

将筒式反冲洗过滤器安置在 $3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 的水池中, 并与水泵正常连接, 水池中注入 15 m^3 清水, 再加入泥沙和锯末各 2.5 kg 。在过滤器的电机上安装变频器, 压力计安装在过滤器的出水口上, 测量过滤器内部的压力变化, 电磁流量转换计安装在水泵的出水口, 用来测量过滤器的流量变化。通过调节变频器来改变过滤器反冲洗的频率, 即喷洗管和真空发生器的转速, 观察过滤器运行 30 min 后过滤器内部压力和流量两大性能指标的变化, 判断过滤器的反冲洗效果。试验设备及仪器见表 3。

表 3 试验设备及仪器

名称	型号	测量范围	数量
水泵	IS200 - 150 - 400B	$315 \text{ m}^3/\text{h}$	1
过滤器	ZL450 - 0.2/1.0	$300 \text{ m}^3/\text{h}$	1
三相异步电机	Y160M - 4	2.2 kW	1
变频器	EM60G2R2S2	2.2 kW	1
电磁流量计	XTG/CDN100	$424 \text{ m}^3/\text{h}$	1
压力表	Y - 60B	1 MPa	1

3.2 真空发生器转速与过滤器压力的关系

对表 4 中的数据进行方差分析, 结果见表 5。

表 4 过滤器压力的测试数据

直径 (m)	过滤器压力 (MPa)					
	10 r/min	15 r/min	20 r/min	25 r/min	30 r/min	35 r/min
0.5	0.23	0.36	0.39	0.40	0.38	0.34
0.8	0.26	0.38	0.40	0.40	0.39	0.36
1.2	0.25	0.38	0.40	0.41	0.39	0.37

表 5 方差分析结果

方差来源	离差平方和	自由度	均方差	F 值	显著性
转速	0.046 7	5	0.009 3	20.67	极显著
直径	0.001 0	2	0.000 5	1.15	不显著
误差	0.004 5	10	0.000 45		

由表 5 可知, 真空发生器的转速对过滤器内部压力变化的影响在 $\alpha = 0.05$ 水平下极显著; 滤网直径对过滤器内部压力的影响不显著。由此可知, 真空发生器的转速是影响过滤器内部压力的主要因素。

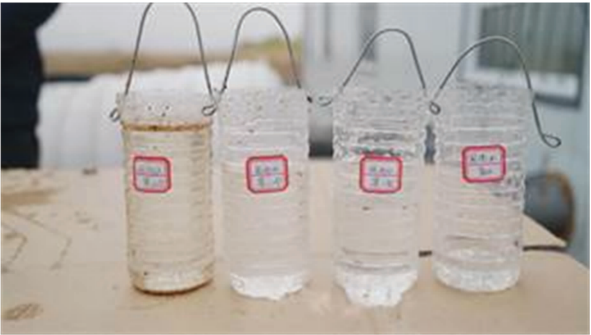
4 结束语

经过计算和验证确定了过滤器各零部件的参数, 各部件强度满足设计要求(图 4-a)。该过滤器在反冲洗环节设计上具有独创性, 采用了基于筒式滤网清污带内外真空隔离技术, 解决了反向冲洗内外压差大导致冲洗力“逆向减弱”的缺陷, 提高了过滤器的反冲洗效果。该过滤器的合理转速为 $15 \sim 30 \text{ r/min}$, 转速过低或过高, 过滤器都无法正常工作。

该过滤器能够进行持续反冲洗, 且反冲洗与过滤同步进行, 实现在反冲洗的同时不间断供水。该过滤器为半开放式过滤器, 过滤器与空气相通, 防止滤网堵塞后, 因过滤器内部压力增大而导致滤网变形。该过滤器过滤效果较好, 尤其是对含有黏性和纤维物质的河水、湖水等地表水水质, 能够有效解决传统反冲洗过滤器的滤网堵塞问题(图 4-b)。



a. 试验样机



b. 过滤水样

图4 试验样机和过滤效果

赵建敏,李 艳,李 琦,等. 基于卷积神经网络的马铃薯叶片病害识别系统[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):251-255.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.069

基于卷积神经网络的马铃薯叶片病害识别系统

赵建敏¹, 李 艳¹, 李 琦¹, 芦建文^{1,2}

(1. 内蒙古科技大学信息工程学院, 内蒙古包头 014010; 2. 包钢集团公司信息服务中心, 内蒙古包头 014010)

摘要:深度学习是图像处理领域的研究热点,为实现马铃薯叶片病害识别,达到及时防治的目的,采用深度学习理论设计病害识别系统,系统包括分层卷积神经网络识别模型、WEB 服务器和手机端 APP。基于 TensorFlow 框架,搭建 8 层 CNN + softmax 分层卷积神经网络模型,自动学习到 256 个病害图像特征,采用 softmax 分类器识别病害,简单背景单一病斑识别准确率达到 87%。在 ubuntu 上搭建 Nginx Web 服务器,应用 Flask 框架开发后台服务,基于 vue.js 开发手机端 APP,实现手机采集、上传病害图像、获取病害结果等功能,为相关应用提供完整全栈式解决方案。

关键词:深度学习;卷积神经网络;马铃薯;病害识别系统

中图分类号: S126;TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0251-05

2006 年多伦多大学 Hinton 等采用深层神经网络进行特征降维,开启了深度学习的时代^[1-2]。近年来,基于卷积神经网络的深度学习已经广泛运用于图像识别领域,2012 年, Hinton 等采用深层网络自动提取特征,在 Image Net 图像集分类问题上取得了很好的结果^[3]。深度学习应用于图像识别避免了人工特征提取的算法消耗,并且深度学习对输入样本的平移、缩放、扭曲保持高度不变性,训练时共享权值,降低了训练时间,大大提高了准确性^[3-4]。

在国内农业图像应用领域,杨国国等基于卷积神经网络在复杂自然背景下定位和识别茶园害虫,识别率达到 90% 以上,取得较好的效果^[5]。谭文学等设计了多层卷积神经网络,采用弹性动量的参数学习方法,通过识别果体病理图像,诊断常见病害,识别率高达 95% 以上^[6]。张帅等搭建了 8 层

卷积神经网络模型在 PlantNet 和自扩展叶片库上进行训练和测试,简单背景下叶片识别率均达到 90% 以上^[7]。鲁恒等在无人机影像耕地信息提取中,利用深度神经网络提取耕地特征,达到较高的识别精度^[8]。针对马铃薯早疫病识别,徐明珠等应用高谱成像技术,建立了多种特征波长的 BP 神经网络和支持向量机模型,识别率高达 98% 以上,为早疫病快速识别提供理论依据^[9]。

本研究首次将分层卷积神经网络技术应用于马铃薯病害识别中,基于 TensorFlow 平台设计了马铃薯病害特征提取和病害识别算法,并全栈式开发了病害识别系统的服务器和前端,实现了手机端采集、上传病害图片、服务器处理推送识别结果,经测试可以满足识别和访问要求。

1 材料与方法

1.1 材料

以马铃薯病害图像为识别对象,所有原始数据均采集于内蒙古中部周边马铃薯种植区。共有 4 类病害图像样本 6 000 张,代表性样本见图 1。4 类病害图像经过预处理,得到

收稿日期:2017-08-05

基金项目:内蒙古自治区高等学校科学研究项目(编号:NJZY144)。

作者简介:赵建敏(1982—),男,内蒙古土左旗人,硕士,讲师,主要从事图像处理、人工智能研究。E-mail:zhao_jm@imust.edu.cn。

参考文献:

- [1] 宗全利,刘焕芳,郑铁刚,等. 微灌用网式新型自清洗过滤器设计与试验研究[J]. 灌溉排水学报,2010,29(1):78-82.
- [2] 孟 剑,郑传祥. 微灌系统全自动反冲洗过滤器的试验与设计[J]. 农机化研究,2006(7):143-145.
- [3] Hermans J. Auto-line filter: self-cleaning, continuous filtration system[J]. Filtration & Separation,2002,39(7):28-30.
- [4] Amburgey J E. Optimization of the extended terminal sub fluidization wash (ETSW) filter backwash-ing procedure[J]. Water Research, 2005,39(2/3):314-330.
- [5] 李亚雄,陈学庚,温浩军,等. 自动清洗河(渠)水网式过滤器的研究开发[J]. 中国农机化学报,2005(4):75-76.
- [6] 李强强,宗全利,刘贞姬,等. 卧式自清洗网式过滤器排污时间试验及计算[J]. 排灌机械工程学报,2014(12):1098-1104.
- [7] 刘建华,贾焕丽,王启伦. 水力驱动全自动过滤器的设计分析

- [J]. 机械设计与研究,2012,28(2):103-105.
- [8] 刘 飞,刘焕芳,郑铁刚,等. 微灌用自吸式自动过滤器滤网内外工作压差的设置研究[J]. 中国农村水利水电,2010(4):50-53.
- [9] 徐 昭. 移动轮流反冲洗网式过滤器设计应用[J]. 塑料制造,2016(5):37-39.
- [10] 郑铁刚,刘焕芳,宗全利. 微灌用过滤器过滤性能分析及应用选型研究[J]. 水资源与水工程学报,2008,45(4):36-39.
- [11] 孙新忠. 离心筛网一体式微灌式过滤器的试验研究[J]. 排灌机械,2006,24(3):20-23.
- [12] 董文楚. 微灌用滤网过滤器设计原理与方法[J]. 喷灌技术, 1989,62(3):7-14.
- [13] 李光永,张 琼. 反冲洗网式过滤器:CN1471994[P]. 2004-02-04.
- [14] 刘 飞. 新型自清洗网式过滤器结构优化研究[J]. 中国农村水利水电,2010(10):18-21.
- [15] 刘焕芳,刘 飞,谷趁趁,等. 自清洗网式过滤器水力性能试验[J]. 排灌机械工程学报,2012,30(2):203-208.