

## 机械工程

## 全自动翻反冲洗过滤器结构优化与机械设计研究

俞玲玲

伽诺（杭州）净化系统装备有限公司 浙江杭州 310000

**【摘要】**在工业自动化和节能减排需求不断增长的背景下，全自动反冲洗过滤器是保障流体系统稳定、高效运行的关键设备，该设备的重要性越来越突出。开展现有结构的优化和创新性机械设计，是提升设备过滤精度、延长设备使用寿命、降低能耗和维护成本的必要途径，有助于推动相关行业升级和实现绿色制造的发展目标。文章研究了全自动翻反冲洗过滤器结构优化与机械设计方案，期望能为相关人员提供参考。

**【关键词】**全自动反冲洗；过滤器；结构优化；机械设计；流体系统

Research on Structural Optimization and Mechanical Design of Fully Automatic Backwashing Filters

Yu Lingling

Gano (Hangzhou) Purification System Equipment Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310000

**【Abstract】** Against the backdrop of growing demands for industrial automation and energy conservation and emissions reduction, fully automatic backwashing filters are critical equipment for ensuring stable and efficient operation of fluid systems, with their importance becoming increasingly prominent. Optimizing existing structures and developing innovative mechanical designs are essential approaches to enhance filtration accuracy, extend equipment service life, reduce energy consumption and maintenance costs, thereby facilitating industry upgrading and achieving green manufacturing objectives. This paper investigates structural optimization and mechanical design solutions for fully automatic backwashing filters, aiming to provide valuable references for relevant professionals.

**【Key words】** fully automatic backwashing; filter; structural optimization; mechanical design; fluid system

现代工业生产对流体介质的洁净度要求越来越高，传统过滤设备因为需要停机清洗、效率低下等问题，已经难以满足连续化、智能化的生产需求。全自动反冲洗过滤器凭借它的在线自清洁能力，有效解决了传统设备存在的这些问题，不过在实际应用中，该设备的结构合理性、反冲洗效率和长期运行的可靠性仍然面临不少挑战。迫切需要经过深入的机械设计和结构优化来提升整体性能，适应更加严苛的工况环境，因此亟须结合先进材料、智能控制与流体力学仿真等技术手段，对全自动反冲洗过滤器进行系统性优化，以提升其过滤精度、运行稳定性和能源利用效率，更好地服务于高端制造和绿色工业发展需求。

### （一）实际运作方式与流程步骤

全自动反冲洗过滤器是一种可以实现流体净化、同时完成滤网自清洁的机械与电子结合的设备，它的主要运行逻辑包含常态过滤、堵塞监测、反向清洗、自动复位这几个有序推进的环节。待处理流体由入口进入设备腔体中，当流体经过高精度滤网时，水中的悬浮物、固体颗粒以及其他细小杂质就会被截留在滤网的表面，当整套过滤流程完成之后，净化后的流体就会穿过细密的滤网，从设备的出口平稳流出，这是常规的过滤流程。随着滤网表面的杂质不断累积，滤网两侧的压力差会逐渐增大，设备中装设的压差传感器可以实时捕捉到这类压力变化，当压差达到 0.02 到 0.05MPa 的预设阈值，或是控制系统计时达到设定周期时，可编程逻辑控制装置会自动启动反冲洗程序。此时设备的排污阀会按照指

### 一、全自动反冲洗过滤器的核心工作原理和结构组成

令自动开启,驱动机构带动反冲洗组件开始运转,借助设备自身的流体压力形成高速反向水流,对整个滤网表面进行全面冲刷,将附着在滤网上的杂质剥离并随排污水流排出设备。整个反冲洗过程只需要15秒到60秒的时间,而且在清洗的过程中其余过滤环节依然可以正常运行,保障整个系统可以不间断地供应待处理流体。清洗完成后,所有阀门都会复位至初始状态,设备再次进入常规过滤流程,如此循环往复即可始终维持稳定的过滤效果。

## (二) 主要构造与部件作用

全自动反冲洗过滤器整体采用紧凑整合的设计布局,其中承压外壳多采用碳钢或不锈钢材质制作,具备耐压、耐腐蚀的特性,可以为内部各组件提供密封且稳定的运行空间,同时作为流体输送通道,保障水流在设备中平稳流动。精密滤网是整个设备中主要的过滤元件,常采用304或316L不锈钢楔形网或编织网制作,过滤精度可以在5微米到2000微米的范围内根据实际需求调整,通过精准孔径拦截不同粒径的杂质,且该滤网具备高强度、不易变形的特点。反冲洗执行机构由驱动电机、减速机、旋转吸嘴或反洗臂组成,接收控制系统指令后带动吸嘴旋转,实现滤网表面杂质的定向剥离与清除。智能控制系统以可编程逻辑控制装置为控制主体,搭配压差控制器、定时器及电动执行元件,可以实时监测滤网两侧的压力差,自主判断滤网堵塞状态并精准触发清洗流程,支持自动、手动等多种控制模式切换。排污装置包含电动排污阀与配套的排污管道,接收控制系统指令后快速开启,将反冲洗产生的含杂质污水及时排出,避免杂质二次附着污染整个滤网系统。

## 二、全自动翻反冲洗过滤器结构优化与机械设计

### (一) 壳体结构优化设计

全自动反冲洗过滤器的外壳作为整个设备的主要承压结构,是承受水压的主要载体和整个装置的基础支撑,这次优化设计围绕承受水压的安全程、水流通道的顺畅程度以及设备内部空间的使用效率这三个关键方向展开。之前生产设备时常用的圆筒形外壳,在实际使用过程中容易因为水流通道突然变窄或者变宽,形成局部的水流打转情况,同时带来额外的能量浪费,优化后的外壳内部做成流畅的弧形造型,

同时在通道粗细变化的地方做了平缓过渡设计,借助专业的流体流动模拟软件进行多轮测试分析后,将进水和出水位置的水流额外消耗的能量数值控制在0.3以内,比原来的圆筒形外壳减少了三成以上的能量损耗,能实实在在减少水流的能量浪费和设备的整体运行耗电。外壳的用料会根据实际使用环境的不同挑选最合适的类型,普通无腐蚀性的使用环境下用的是内部做了防腐塑料涂层的碳钢外壳,能承受最高1.6MPa的水压标准;如果使用环境存在腐蚀性物质,就更更换为316L不锈钢材质,这种材质可以在零下20°C到零上120°C的环境里稳定正常使用,用一次性整体制作成型的工艺代替原来的焊接拼接方式,就能有效防止焊接处被腐蚀后出现漏水的可能,这样外壳的整体使用寿命可以达到15年甚至更久的时间。同时设备采用立式的紧凑摆放设计,调整了内部各个功能空间的占比布局,将过滤和排污的两个独立空间整合在了一起,在确保过滤空间面积是进水出水口面积3到5倍的基础上,设备整体占据的地面空间减少了25%,可以适配各种空间比较狭小的安装场景,还设计了可以随时打开的检修口,方便后期对内部各个零件进行保养和更换。

### (二) 过滤元件性能强化

过滤用的关键零件是决定整个设备过滤干净程度和能储存多少杂质的关键部件,这次优化主要从更换更好的用料、改进结构设计、匹配不同的过滤要求这几个方面入手。原来设备上配置普通编织滤网,在这次优化过程中被直接替换掉了,现在使用的是316L不锈钢制作的V形楔形过滤芯,通过梯形截面的钢丝缠绕后焊接制成,形成朝着水流方向的V形杂质拦截区域,不仅可以准确挡住直径5微米到2000微米的各类固体杂质,还能在反向冲洗时借着V形开口的倾斜角度快速将拦住的杂质排出去,彻底解决了原来滤网容易被杂质卡住堵塞的难题。如果碰到水质比较黏稠、杂质含量较高的情况,就采用多层复合的过滤芯结构,外面一层先拦截体积较大的杂质,其中一层再拦住体积较小的细微杂质,能容纳的杂质总量比原来的单一滤网结构提升了四成,可以将两次反冲洗之间的间隔时间延长到8到24小时。过滤芯的整体结实程度通过内部骨架的加固设计得到了明显提升,在过滤芯内部增设了多棱角的支撑骨架,可以承受0.6MPa的水压差带来的冲击力,防止在高压运行情况下出现变形或者破损的问题,过滤芯的整体使用寿命可以达到

10年甚至更久的时间。同时采用模块化的滤芯组合设计,单台设备可以集成安装4到12根过滤芯,总的过滤面积能达到进水出水口面积的4到6倍,就算在水流流量较大的工况下,也能保持水流速度缓慢、能量损耗较小的稳定运行状态,整体过滤干净的比例可以稳定维持在98%以上的水平。

### (三) 反冲洗机构精密化设计

反冲洗机构的设计优化要将清洗要彻底、运行要稳、动作要准作为核心目标,实现无死角高效自清洁。传统单臂反洗结构会留下洗不到的死角,这套机构经过优化调整后,改用带旋转喷吸头的反冲洗专用部件,该部件由带减速装置的电机、定位装置和喷吸臂组成,配套的减速电机输出转速被控制在每分钟5到10圈的范围,再搭配精密定位盘和光电感应装置,整个部件的位置误差可以控制在0.5度以内,确保喷吸头和过滤元件准确对准到对应的位置。喷吸头使用了带多个小孔的设计结构,每个小孔的直径被调整到2到3mm的范围,喷口的朝向设置为15到30度的倾斜角度,形成高速旋转的水流冲击效果,将过滤元件内壁中的各个位置都覆盖到,彻底剥离粘在其中的黏性脏东西和结成块的滤渣,整体清洗效率比传统单臂结构高出50%。整套反冲洗流程按照脉冲节奏进行控制,每次冲洗的时间控制在15到60秒之间,分成3到5次断续喷水,每次喷水之间间隔2到3秒,这样既能保证清洗效果,冲洗用掉的水量仅占总流水量的10%到15%,节约水资源。这套设备的驱动部分选用了噪声较小的减速电机,运转时的声音不超过60分贝,搭配防水密封的结构设计,可以适应潮湿且灰尘较多的工作环境,连续运转8000小时以上都不出现故障。

### (四) 智能控制与机械联动适配

智能控制系统和机械执行机构的配合优化,目标是将全自动运行、精准调控和安全防护整合到一套设计当中。这套

控制系统以专用的工业控制主机作为核心部件,整合了压差感应装置、定时装置和电动操控部件,可以根据压差(0.02到0.05MPa)或者设备运行时长(1到999小时)两种模式触发清洗操作,还能根据水质变化自动调整控制方式,避免只用一种模式时出现误操作或者漏掉清洗步骤的情况。在机械联动的环节,对阀门和传动部件的配合精度进行优化调整,配套的电动排污阀响应时间不会超过0.5秒,可以承受的最大压力达到2.5MPa,和反冲洗电机实现精准配合运转,确保清洗开始时排污阀准确打开,清洗流程结束时及时关闭阀门,防止污水倒流和系统内压力出现异常波动。系统还增加了过载保护、压差超标报警和故障自动排查功能,当电机出现过载情况、过滤网上的压差出现异常或者感应装置发生故障时,系统会自动停机并发出报警提示,避免机械部件受到不必要的损坏。设备的控制界面使用触控式设计,可以实时显示设备的各项运行参数,包括流量、系统压差和设备温度,支持远程查看设备状态和调整运行参数,适配工业互联网管理要求,实现设备从投入使用到报废的全周期智能化维护管理。

## 结语

对全自动反冲洗过滤器进行系统性的结构优化和精细化机械设计,可以有效解决现有设备在运行效率、能源消耗和运行可靠性上存在的问题。未来的研究会更加重视多学科交叉配合,例如结合流体流动规律模拟、新型材料应用和智能运算程序,进一步研发出精度更高、能耗更低、使用寿命更长且能提前预判故障的新一代智能过滤设备,为工业领域的高质量发展提供可靠的技术支撑。

## 参考文献

[1]程小军,汪溪,李治舟,等.高速机械密封端面螺旋槽结构多目标优化设计研究[J].机床与液压,2025(16).

[2]鲍和辉,王梓越.奥炉喷枪缓冲座结构优化设计与性能研究[J].矿冶,2025,34(S1):82-85.

[3]褚家辉,许京荆.柔性硅太阳能电池互连材料选择与结构优化设计研究[J].计量与测试技术,2024,50(12):68-70.

作者简介:俞玲玲,出生年月:1987年11月9日,女,汉族,籍贯:安徽,学历:本科,研究方向:工业过滤器研发设计。