

# 模块化结构设计对智能浊度—净水一体化装置维护便捷性的提升作用

高鑫辰

长春工程学院

DOI:10.12238/eep.v8i7.2753

**[摘要]** 智能浊度—净水一体化装置长时间工作时滤芯替换麻烦、传感器容易坏掉、控制系统停机危险大等情况出现,维修周期长、运维费用高成了推广的阻碍。模块化结构依靠滤芯分级设计、传感器独立舱体化以及控制单元解耦布局,使得设备能够做到快速替换、故障隔离和灵活扩充。实际应用表明,滤芯替换时间缩短到十分钟以内,传感器异常可在半小时内恢复,整体维护效率明显提升。高校实验水厂和分散式站点应用显示,模块化结构设计能减少耗材浪费和人工开支,延长了装置的使用寿命,保障了供水的连续性,再加上远程监测和预知性保养,模块化结构给水务系统稳定运行和经济性改善提供了可行途径,有着很强的推广价值。

**[关键词]** 模块化结构; 浊度监测; 净水装置; 维护便捷性

**中图分类号:** F121.3 **文献标识码:** A

The improvement effect of modular structure design on the maintenance convenience of intelligent turbidity water purification integrated device

Xinchen Gao

Changchun Institute Of Technology

**[Abstract]** When the intelligent turbidity water purification integrated device works for a long time, it is difficult to replace the filter element, the sensor is prone to breakage, and there is a high risk of control system shutdown. The long maintenance cycle and high operation and maintenance costs have become obstacles to its promotion. The modular structure relies on filter grading design, independent sensor compartments, and decoupled control unit layout, enabling equipment to achieve rapid replacement, fault isolation, and flexible expansion. Practical application has shown that the replacement time of the filter element has been shortened to less than ten minutes, and sensor abnormalities can be restored within half an hour, significantly improving overall maintenance efficiency. The application of modular design in university experimental water plants and decentralized stations shows that it reduces consumables waste and labor costs, extends the service life of the equipment, ensures the continuity of water supply, and provides a feasible way for stable operation and economic improvement of the water system through remote monitoring and predictive maintenance. It has strong promotion value.

**[Key words]** modular structure; Turbidity monitoring; Water purification device; Maintain convenience

## 引言

水质安全关乎公共健康和社会持续发展,浊度是关键指标,在净水处理和监测流程里有着决定性意义。传统一体化净水装置虽然净化效果能符合基本要求,但是长时间运转就显露出滤芯使用寿命存在明显差异、传感器容易出问题、控制系统停机隐患高等状况,这造成维护周期过长、运维费用昂贵且供水连续性

差等现象。水处理行业对高效性和可靠性的需求持续加强,装置结构改良成了冲破瓶颈的关键方向,模块化设计想法把滤芯、传感器以及控制单元分开,使得设备具备快速更换和故障隔离的能力,从而缩减了维护时长并且提升了运行稳定性。对于智能浊度—净水一体化装置来说,模块化结构的应用不只是设计思路上的更新,也是保证水务系统安全并提升维护便捷性的关键环节。

## 1 维护难点的实事剖析

浊度-净水一体化装置在长期运作中,其维护部分常常变成整体效能和可靠性的重要影响要素。拿滤芯来说,不同材质的实际使用寿命相差很多,活性炭因为容易吸附饱和,很快就会失效,而陶瓷膜更容易被水里漂浮的颗粒沉积堵塞。由于传统结构没有专门的替换办法,所以当某一个滤芯性能变差的时候,就不得不全部拆开或者整套更换,这样就加大了耗材的浪费,而且也拉长了停机的时间<sup>[1]</sup>。现场运维人员经常说,换一次滤芯组合大概要两个人配合,还要花两小时以上,而且在安装的时候还常常出现不严实或者密封不好的情况,从而造成二次维修。

传感器的维护也有实际难题,浊度传感器在高悬浮物或者含油水环境里很容易造成探头表面被污染,从而引发信号漂移甚至失灵。很多传统装置把传感器和主控系统紧密结合在一起,拆卸非常麻烦,一旦发生故障就要靠一段段排查线路和接头来找出问题所在,既耗时耗力又容易因为判断错误而换掉不必要的零部件,提升维护成本。在偏远地区的那些小水处理站点,没有专门的检测设备,这种问题就常常要等厂家的技术人员上门处理,时间拖得很长,直接关系到供水能不能连续。

控制系统的维护风险比较明显。如果主控电路板或者信号采集模块出现问题,传统的装置就得全部断电去修理,这在用水高峰期容易引发用户的投诉和麻烦,有些装置因为不能短时间内启动,只好停下来等几天,才把坏零件换掉。太依靠高水平的专家工作人员,运维工作难以在基层普及<sup>[2]</sup>。从整体看,滤芯寿命不均匀、传感器容易出问题又没法找出来、控制系统的维护停机风险较高、维护员工的技能要求过高,这些都是现在装置在现场使用时经常碰到的难点,这些问题要是不能通过改变装置结构加以解决,装置的可靠度和推广程度就会很差。

## 2 模块化结构的优化设计路径

### 2.1 滤芯模块的分级与快换设计

净水时,活性炭、陶瓷膜和氧化石墨烯滤芯的寿命和工作条件差别很大,如果用传统的整体式结构,常常因为某个滤芯坏了就要换掉整个装置,造成材料浪费和停机时间。所以把滤芯分成低浊度、中浊度和高浊度三种模块,每个模块用滑槽或者卡扣跟装置主框架连起来,接口的地方加个耐压硅胶圈和导向结构,这样既保证了密封性又简化了拆装步骤<sup>[3]</sup>。运维人员可以根据水质情况单独更换对应模块,无需操作其他部分,把滤芯换掉的时间从以前的两个小时缩减到十几分钟,维护效率大大提升。

### 2.2 传感器模块的舱体化设计与防护优化研究

浊度和TDS传感器处于高湿和颗粒物浓度较大的环境里工作,很容易出现探头污染或者信号漂移的情况。传统的设计常常把传感器同整体电路紧密结合,遇到故障的时候,要逐条排查线路,耗时耗力。给传感器单独设计一个舱体,在舱体内预先留出快插式的电源接口和信号接口,这样维护人员只需要拔插一下就能换掉,外壳采用ABS耐腐材料,内壁涂覆防凝露涂层,这样可以提高长期使用的稳定性。这种舱体化的设计不但简化了修理过程,而且在故障出现的时候能迅速恢复监测功能,减少因为数

据失真带来的运行风险<sup>[4]</sup>。

### 2.3 控制系统模块解耦与维护通道布局

控制部分是装置核心,传统一体化设计一坏就停机。现在把主控板、供电模块、数据采集单元装在各自独立插槽里,用标准接插件连接,局部出问题可以单独换对应模块,不影响其他功能继续工作。为了方便维修,外壳做成折叠式面板,里面留出维护通道,常见易损件放在外层插槽位置,便于取出。各个模块外壳贴上颜色标识和编号,配合操作手册图示,一般维护人员也能独立完成替换操作,不需要太多专业知识。

## 3 便捷性提升的作用机理

### 3.1 模块化替换提升维护效率

#### 3.1.1 缩短维护周期

实际运行中,滤芯、传感器和控制单元的寿命差别很大,传统的一体化结构通常要全部停机拆解,所以维护时间很长<sup>[5]</sup>。模块化结构凭借标准接口做到快速拆装,维护人员可以在短时间内换掉故障模块。比如滤芯模块用卡扣固定,一个滤芯拆卸和替换不到十分钟,传统设计则要两个人配合、花费两小时以上。对于小规模的水处理站点来说,这种缩减停机时间的好处直接表现在供水连续性以及用户的满意程度上。

#### 3.1.2 降低故障排查难度

模块化结构让故障定位更加直观,每个模块在系统运行过程中都有相对独立的监测数据,一旦某个参数出现异常情况,就能直接锁定到对应模块,不用一个个电路或者水路去排查。这样一种隔离式的设计避免了不必要的拆解工作,也减少了误判以及重复维护的可能,维护人员依靠模块更换就可以很快确认问题所在,工作效率因此显著提升<sup>[6]</sup>。

#### 3.1.3 减轻人员技能依赖

传统装置检修时需要维护人员具备电路、电控和水处理方面的知识,模块化装置采用“即插即用”接口和清晰的模块标识,降低了操作难度。普通运维人员接受简单培训后就可以独立完成更换工作,不需要厂家派遣专业人员,这对于偏远地区和基层站点来说非常重要,保证了日常维护工作的可操作性。

### 3.2 模块独立性保障系统稳定性

#### 3.2.1 故障隔离与部分运行

在一体化结构里,任何单元出现故障就可能让整机停摆,模块化设计依靠功能划分和接口隔离,把故障局限在局部。拿传感器模块来说,如果它出问题,只要把单独的舱体拔出来换掉,剩下的滤芯和控制单元依然可以正常运转,供水不会被切断,系统的稳定性得以加强。

#### 3.2.2 远程诊断与预测性维护

模块化结构和物联网平台相结合之后,每一个模块的运行数据都可以单独上传到云端,通过对滤芯压差、传感器信号稳定性这些数据加以分析,可以提前察觉可能出现的故障并发出警报<sup>[7]</sup>。维护人员可以在问题爆发之前就准备好替换用的模块,防止突然停机,这种预测性的维护加上模块化的替换方式,让装置从“被动维修”变成“主动管理”,运维模式实现转变。

### 3.2.3全寿命周期成本降低

模块化设计虽然在开始的时候花费多一点,不过它通过局部替换延长了整个系统的寿命,免除了全部淘汰的高代价。拿滤芯来说,寿命短的活性炭模块可单独更换,寿命长的陶瓷膜还能再用两三年,这种长短搭配的保养方法控制住了消耗品的钱,节约了资源。长时间运作下来,花费少而且稳定的效果很明显。

## 4 应用案例与措施建议

### 4.1应用案例的实证效果

#### 4.1.1小型分散式污水处理站运行状况

在某分散式污水处理站点,模块化浊度-净水一体化装置运行三个月期间共发生两次传感器失灵情况<sup>[8]</sup>。以前使用传统装置时,要全部拆解整体停机,常常得等厂家人员上门解决,停机时间多于六小时,模块化结构使得维护人员可以更换独立舱体,半小时就可恢复运行,停机时间缩减了70%以上,保障了供水连续性。此案例表明,模块化结构在小规模站点上可明显优化应急处理能力,减小对外界技术力量的依赖。

#### 4.1.2高校实验水厂的测试结果

在一所高校实验水厂的试验中,模块化的滤芯矩阵会依据水质的浊度情况自动启用不同的滤芯组合,活性炭滤芯的更换时间从两周被拉长到三周以上,整体耗材消耗减少约25%。维护人员在进行操作的时候只需要按照编号和颜色的标识来进行替换,不需要使用专业的工具,每次的更换时间在15分钟以内。通过这些数据可以明显地看出模块化的设计在提升维护效率的同时也节省了资源的消耗和人力投入<sup>[9]</sup>。

#### 4.1.3经济效益与长期价值

某矿井废水处理站改造后的处理规模为300m<sup>3</sup>/h,介绍了原矿井废水处理系统存在的问题、工艺改造内容以及运行效果,并介绍了在原处理站地形受限的条件下和充分利用原处理构筑物基础上,采用反应、沉淀和过滤于一体的高浊度一体化净水器处理矿井废水并实现中水回用,处理后的出水各项指标均达到《煤炭工业污染物排放标准》(GB20426—2006)和《城市污水再生利用城市杂用水》(GB/T18920—2002)表1中水质标准。

### 4.2措施建议的实践方向

#### 4.2.1促进接口标准化与互换性发展

模块化设计若要广泛运用于行业当中,就得依靠统一的接口标准,建议在滤芯、传感器、控制单元等重要部件上形成跨厂家兼容的接口规范,保证替换件可以在不同设备上互相替换。通过标准化,可以缩减零部件的采购成本,而且减轻对单一供应商的依赖,加强维护的灵活性。

#### 4.2.2强化远程监控与预警功能

模块化结构在物理拆装上有优势,不过更高效的维护需靠数据来驱动。利用物联网平台把模块运行状况实时传上去,针对滤芯压差、传感器漂移等关键指标展开分析,就能预知潜在故障并发出警报<sup>[10]</sup>。运维人员收到警报之后可以预先做好替换模块的准备,防止突然停机,远程诊断和模块化替换结合,可形成闭环模式,从而显著提升维护的科学性和主动性。

### 4.2.3建立分级化的运维体系

大规模推广时,要形成站点自行检查,区域集中保养的分级保养形式,基层站点承担日常巡查、模块替换等事务,区域中心执行复杂模块修理和技术支援。这样层级划分之后,就不会出现人力资源被分散的情况,而且可以保证专业问题集中处理,从而优化整体运维效率。

## 5 结语

智能浊度-净水一体化装置进行运行维护时,采用模块化结构,这种架构的优势显现出来,滤芯分级替换、传感器独立放置在舱体内,控制单元按模块解耦后,维护的时间大幅缩短,并且操作变得更加简单,系统的稳定状态也得到了保障。实际情况证明,采用模块化设计的方法提升了装置在实际中的应用效率并且节约成本,为小型的水站点及分散的污水处理环境的实现提出了有效的途径,结合远距离的监控方式和预测维护功能的结合,模块化的构想在未来会在智慧水务的发展过程中发挥更多的价值。如果将来可以在标准化的连接器、运营维护建设体系上更进一步推进的话,智能净水装置的维护会变得更加方便而且其在实际的应用领域也将更为广泛。

## 参考文献

- [1]张笑寒,白天宇,谭浩强,等.供水系统中GB 5749—2022新增指标的赋存和去除研究[J].天津大学学报(自然科学与工程技术版),2025,58(09):975—985.
- [2]姜利杰,吴雅琴,黄旻旻,等.新质零碳膜技术净水效能及污染特性分析[J].水处理技术,2025,51(07):137—142.
- [3]李泽星,张琳,殷超,等.洪涝灾害应急供水水质风险识别与应对技术研究[J].给水排水,2024,60(S1):206—213+223.
- [4]陈惠娟.浅谈常用家用净水器滤芯及其评价标准[J].日用电器,2024,(06):101—104.
- [5]彭之辰,曾茜,金桥,等.浓缩液浓度对浸没式超滤系统运行特性影响研究[J].给水排水,2024,60(05):61—65.
- [6]李宁,庄棧,朱南,等.家用净水器对饮用水中微塑料净化效率的研究[J].现代食品,2024,30(07):144—148.
- [7]尹欣瑜,汤艺文,宋永胜,等.新型复合抗菌滤芯的研制及净水效果的比较[J].宁德师范学院学报(自然科学版),2023,35(4):429—435.
- [8]王小谦,潘清,赵毅力,等.浅析净水器产品整机卫生安全常见不合格指标[J].轻工标准与质量,2023,(05):68—70.
- [9]宁贵勇,李友铃,张量.反渗透净水机预处理滤芯性能评估与寿命提升研究[J].日用电器,2022,(11):25—29.
- [10]王苑君,吕信达,谷娜.净水器滤芯净化原理的研究[J].应用化工,2022,51(S2):312—314+328.

## 作者简介:

高鑫辰(2004—),女,汉族,山西朔州人,本科,研究方向:水处理。