

医疗废水处理系统工程设计与调试的技术要点

卢展图

广东亮科环保工程有限公司, 广东 佛山 528300

DOI:10.61369/ME.2025090013

摘要 : 医疗废水处理系统工程设计与调试涉及多方面技术要点。工艺选择需综合考量水质、成本等因素, 处理容量、停留时间、消毒剂投加量等要合理确定。工程施工要做好防渗防腐, 设备安装集成、调试需符合规范。此外, 还需做好生物系统驯化、消毒验证、药剂投加、污泥处置等工作, 通过智慧化运维保障系统稳定运行。

关键词 : 医疗废水处理; 处理工艺; 智慧化运维

Technical Key Points of Construction and Commissioning of Medical Wastewater Treatment System Projects

Lu Zhantu

Guangdong Liangke Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Foshan, Guangdong 528300

Abstract : The construction and commissioning of medical wastewater treatment system projects involve various technical key points. The selection of treatment processes needs to take into account factors such as water quality and cost, and the treatment capacity, retention time, and disinfectant dosage should be reasonably determined. During construction, seepage prevention and corrosion resistance should be ensured. Equipment installation and integration, as well as commissioning, must comply with standards. Additionally, it is necessary to carry out the acclimatization of biological systems, disinfection validation, chemical dosage, and sludge disposal. Intelligent operation and maintenance should be implemented to ensure the stable operation of the system.

Keywords : medical wastewater treatment; treatment processes; intelligent operation and maintenance

引言

随着《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)的颁布实施, 对医疗废水处理提出了更严格的要求。医疗废水成分复杂、危害大, 处理工艺的选择需综合考量水质、水量等多因素。处理容量、停留时间、消毒剂投加量等参数的确定, 以及主体结构施工、设备安装集成、调试运行等环节, 都直接影响处理效果。同时, 在智慧化运维、风险防控及极端工况应对方面也有诸多技术要点。只有全面把握这些内容, 才能实现医疗废水高效、稳定且经济的处理, 确保符合最新政策的排放要求, 保障环境与公共卫生安全。

一、医疗废水处理系统工程设计关键要素

(一) 处理工艺选择依据

医疗废水处理工艺的选择需基于对其水质特征与排放标准的深入分析。医疗废水含有大量细菌、病毒、寄生虫卵, 还可能存在重金属、化学药剂等污染物, 成分复杂且危害大^[1]。不同科室产生的废水水质也有所差异。排放标准对各类污染物指标有着严格限定, 达标排放是工艺选择的基本要求。MBR工艺即膜生物反应器, 能有效截留微生物和大分子污染物, 出水水质好, 适用于对出水水质要求高、空间有限的场景。高级氧化工艺可通过产生强氧化性自由基分解难降解有机物, 对于含有复杂有机污染物的医疗废水有良好处理效果。需综合考量废水具体水质、水量、处理成本、场地条件等因素, 选择最适宜的处理工艺, 以实现高

效、稳定且经济的医疗废水处理目标。

(二) 系统参数优化设计

处理容量的确定需综合考虑医院规模、科室分布、日均门诊量及住院人数等因素, 通过对不同科室废水产生量的精准统计与分析, 建立合理的水量预测模型, 以此确定合适的处理容量, 并通过实际运行数据不断验证与调整。停留时间依据废水水质、处理工艺及预期处理效果而定, 不同处理单元如沉淀、生物反应等的停留时间不同, 可通过模拟实验或参考相似工程经验初步设定, 在工程调试阶段, 利用水质监测数据, 依据污染物去除效率等指标验证其合理性并优化。消毒剂投加量取决于废水的细菌、病毒含量及消毒剂的种类与特性, 可通过实验室分析确定初始投加量, 实际运行中借助余氯监测、微生物检测等手段进行验证与调整, 确保消毒效果符合相关标准^[2]。

二、工程建设过程控制要点

(一) 主体结构施工技术

在医疗废水处理系统工程的主体结构施工中，生化池、沉淀池等关键构筑物的防渗防腐至关重要。防渗施工方面，需依据相关规范，选用适宜的防渗材料，如 HDPE 膜等，并确保材料质量达标。施工时要保证基层平整、干燥，严格按工艺要求进行铺设，控制搭接宽度与焊接质量，避免出现渗漏隐患。防腐施工则应根据废水特性选择合适的防腐涂层，如环氧树脂漆等。施工前对构筑物表面进行预处理，去除油污、铁锈等杂质，增强涂层附着力。施工过程中控制涂层厚度与均匀度，严格按照施工技术规范操作。完工后，依据验收标准，采用注水试验检测防渗效果，用涂层测厚仪等设备检验防腐涂层质量，确保各项指标符合要求^[3]。

(二) 设备安装集成方案

在医疗废水处理系统工程中，泵阀系统、在线监测仪表等设备的安装集成至关重要。对于泵阀系统，选型时需依据废水流量、扬程、腐蚀性等特性，挑选适配的泵阀类型与材质，如针对强腐蚀性废水采用耐腐蚀材质的泵阀。安装时，严格把控水平度与垂直度，确保泵体平稳运行，减少振动与噪声，连接部位密封良好，防止泄漏。在线监测仪表的选型要能精准测量关键指标，像化学需氧量、PH、总余氯、SS 等。安装位置需科学选择，确保测量数据准确反映废水实际情况，同时做好仪表的校准与维护，定期进行校验，保证测量精度。设备集成过程要注重各部分之间的衔接与协同，依据工艺流程合理布局，保障整个医疗废水处理系统高效稳定运行^[4]。

三、系统调试关键技术路径

(一) 单机调试方法论

1. 机械设备调试流程

在医疗废水处理系统的机械设备调试流程中，针对风机、泵组等设备，需建立带载试验规程与振动噪声控制指标。对于风机，在带载试验时，要关注其风量、风压是否满足设计要求，调节风机转速，观察运行状态下电机的电流、功率等参数，确保风机在额定工况下稳定运行^[5]。针对泵组，带载试验着重检测其流量、扬程，通过改变出口阀门开度模拟不同工况，查看泵的运行稳定性。振动噪声控制方面，设置专门仪器监测风机、泵组运行时的振动幅度与噪声分贝值，依据行业标准及设计要求，若振动过大或噪声超标，需及时排查原因，如检查设备安装是否牢固、零部件是否磨损，进行相应调整与维修，保证设备运行符合标准。

2. 自控系统联调策略

在医疗废水处理系统自控系统联调时，要着重制定 PLC 系统与仪器仪表的信号校准方案及联动响应测试标准。对于信号校准，需依据仪器仪表的技术规范和系统控制要求，精确设定各项参数，保证信号传输的准确性，减少误差。例如，对水质监测仪表的测量信号与 PLC 系统接收信号进行反复校准比对。联动响应测试方面，要模拟不同工况场景，观察 PLC 系统接收到仪器仪表

反馈信号后，能否及时准确地做出控制动作，像根据水质变化自动调节加药装置的投药量等。通过全面细致地制定该方案和标准并严格执行，确保各自控设备间联动顺畅、协同高效，满足医疗废水处理系统的稳定运行需求，实现精准控制^[6]。

(二) 全流程联动调试

1. 生物系统驯化技术

在医疗废水处理系统的生物系统驯化技术中，菌种培养的阶段性控制参数及处理效能提升路径至关重要。首先，需依据医疗废水的水质特点，如污染物种类、浓度等，选择合适的菌种^[7]。在菌种培养初期，精确调控温度、pH 值等环境参数，一般温度维持在 25 – 35°C，pH 值控制在 6.5 – 8.5 之间，为菌种创造适宜的生长环境。随着培养进程推进，逐步增加废水的负荷，使菌种逐渐适应医疗废水的水质条件。同时，密切监测处理效能，通过调整曝气量、营养物质添加量等，提升处理效能。例如，根据氨氮、COD 等指标的变化，优化曝气时间和强度，确保系统对医疗废水中各类污染物的高效去除，实现生物系统的良好驯化。

2. 消毒系统验证方法

在医疗废水处理系统中，消毒系统验证极为关键。对于采样投加消毒药剂的消毒方式，需严格论证其投加量和接触时间的控制，通过精确设定消毒药剂的种类、投加量、投加频率及水流速度等参数，确保达到相应的消毒效果要求，从而实现对微生物的有效灭活。同时，采用科学的微生物检测方法，如平板计数法、滤膜法等，对处理前后的水样进行检测，验证微生物的灭活效果^[8]。对于采用投加次氯酸钠、二氧化氯、单过硫酸氢钾等消毒剂的消毒方式，同样要精准控制消毒剂投加量、接触时间等以确定合适的消毒参数，通过检测水中消毒剂残留量及微生物指标，验证其消毒效果是否达标，以此保障医疗废水经消毒处理后符合排放标准，避免对环境造成污染。

四、运营管理技术体系构建

(一) 日常运行规范

1. 药剂精准投加机制

在医疗废水处理系统中，药剂精准投加对处理效果至关重要。建立基于在线监测的 PAC、次氯酸钠等药剂的动态控制模型是实现精准投加的关键^[9]。通过在线监测设备实时获取废水的水质参数，如悬浮物浓度、酸碱度、微生物含量等。这些数据被传输至控制系统，系统依据预先设定的算法和处理目标，精确计算出所需投加的 PAC、次氯酸钠等药剂的量。以 PAC 为例，当监测到废水中悬浮物浓度升高时，模型会自动增加 PAC 的投加量，以增强絮凝沉淀效果；对于次氯酸钠，若微生物含量超标，动态控制模型将提高其投加量，确保消毒效果达标。这种精准投加机制，既能保证处理效果，又能避免药剂浪费，降低处理成本。

2. 污泥处置技术路线

在医疗废水处理系统中，污泥处置技术路线至关重要。污泥脱水干化工艺参数的确定，需考虑污泥的性质、含水率等因素。一般通过离心脱水、板框压滤等设备，将污泥含水率降低至适宜

水平。例如，离心脱水机的转速、差速等参数要精准调控，以实现高效脱水。干化后的污泥，应遵循医疗废物规范化处置流程。根据《佛山市生态环境局 佛山市卫生健康局关于进一步加强医疗废物管理工作的通知》第五条规定，医疗废水污泥属于感染性医疗废物，必须严格按照医疗废物的要求进行管理。首先，依据相关标准^[10]对污泥进行分类和标识，确保其符合感染性医疗废物的管理要求。然后，将污泥交由具备相应资质的医疗废物处置单位，按照严格的程序进行无害化处理，防止污泥中的有害物质对环境造成二次污染，确保医疗废水处理系统整体的环保性与安全性。

（二）智慧化运维系统

1. 物联网监测网络构建

构建物联网监测网络是智慧化运维系统的关键环节。在医疗废水处理系统中，借助5G技术搭建水质多参数在线监测系统架构。通过合理布局各类传感器节点，精准采集如PH、化学需氧量、总余氯、SS含量等关键水质参数数据。利用5G高速、稳定、低时延的特性，实现实时高效的数据传输。设计专门的数据传输协议，保障数据在传输过程中的准确性与安全性，使监测数据能快速、可靠地从传感器端传输至中央处理平台。该网络能对医疗废水水质状况进行全方位、实时的监测，运维人员可及时获取数据，准确判断废水处理过程中的问题，以便迅速采取相应措施，保障医疗废水处理系统稳定、高效运行，确保处理后的废水达标排放。

2. 大数据预警模型开发

在医疗废水处理系统的智慧化运维中，大数据预警模型开发至关重要。通过收集处理系统的各类数据，如水质参数、设备运行状态、处理工艺指标等，运用机器学习算法对这些数据进行深度分析。利用算法挖掘数据背后隐藏的规律和潜在联系，识别出可能导致运行异常的特征模式。在此基础上，结合专家决策系统，专家凭借丰富经验对算法输出结果进行评估与修正，完善预警模型。该模型能实时监测处理系统运行情况，当出现偏离正常范围的趋势时，提前发出精准预警，以便运维人员及时采取措施，避免处理系统运行异常引发的各种问题，保障医疗废水处理系统稳定、高效运行。

（三）应急管理体系

1. 风险源识别与分级

在医疗废水处理系统工程中，风险源识别与分级至关重要。

需精准识别各类风险源，像医疗废水中含有的病原体、重金属及化学药剂等污染物，其泄漏或处理不当会引发严重后果。废水处理设备故障，如消毒装置失灵，也会造成风险。处理工艺的异常同样不可忽视，比如生化处理环节微生物活性受影响等。针对识别出的风险源，构建风险分级评价矩阵，从发生可能性和影响程度两方面评估。对于发生可能性高且影响程度大的风险源，如高致病性病原体泄漏，定为高风险级别，需重点防控；而发生可能性低且影响程度小的，如偶尔的设备小故障，归为低风险级别，采取一般性防范措施，从而实现对风险源的科学分级管理。

2. 应急处置技术方案

在医疗废水处理系统面对极端工况时，应急处理工艺切换预案至关重要。当设备突发故障或水质、水量急剧变化，常规处理工艺无法满足要求，需迅速切换至备用工艺。比如从生物处理工艺切换为化学强化处理工艺，利用高效絮凝剂、消毒剂等快速降低污染物浓度。同时，二次污染防治措施不可或缺。对于应急处理过程中产生的污泥、废气等，要进行严格收集、处理与监测。污泥及时脱水、消毒后安全处置，废气经净化达标后排放，防止病毒、细菌等随污泥、废气扩散，从而保障环境安全，确保医疗废水处理系统在极端工况下稳定运行，有效降低对周边环境和人群健康的潜在威胁。

五、总结

医疗废水处理系统工程的建设与调试涉及诸多技术要点。从设计阶段明确水质水量、合理规划工艺，到建设时确保设备材料质量与安装规范，再到调试过程精准把控参数，每一步都至关重要。在运营阶段，持续监测与优化也不可或缺。基于全生命周期管理，优化建议涵盖提高设备维护水平、加强人员专业培训等，以保障系统稳定运行。未来，智慧化发展方向如引入大数据分析、远程监控技术，将进一步提升处理效率与管理水平。通过对这些技术要点的把握，不仅能使医疗废水达标排放，还能为环境保护与公共卫生安全提供坚实保障。

参考文献

- [1] 夏子翔.生物制品废水处理扩改工程的技术方案与调试运行 [D].苏州科技大学, 2021.
- [2] 邵婷婷.氯乙酸生产废水处理工艺的研究 [D].扬州大学, 2023.
- [3] 孙浩.乳品废水处理工程设计、调试与运行研究 [D].扬州大学, 2022.
- [4] 刘显龙.HFRC装置的建设与初步调试 [D].华中科技大学, 2022.
- [5] 曾波.高速公路服务区污水处理设备碳排放核算与降碳技术研究 [D].南昌大学, 2023.
- [6] 李宁, 甘增丽.高级氧化技术在处理医疗废水方面的应用 [J].资源节约与环保, 2021(12):108-110.
- [7] 张通.冶金工业焦化废水处理技术研究 [J].四川有色金属, 2022(2):55-57, 65.
- [8] 张丹阳.化工废水处理工艺及技术进展 [J].化纤与纺织技术, 2021, 50(5):45-46.
- [9] 许宝建, 李保震, 李志强, 等.机械加工厂酸洗废水处理技术 [J].当代化工研究, 2022(15):69-71.
- [10] 文展.洗浴废水处理技术研究进展 [J].山西化工, 2022, 42(8):32-33.