

[电控系统]

移动床生物膜反应器 (MBBR) 一体化设备电控系统设计及应用

文/何淼¹ 常昂^{1,2} 刘彰¹ 李晓星¹ 石珍贵¹ 童坤¹ 周相¹

1. 航天凯天环保科技股份有限公司; 2. 长沙工研院环保有限公司

对移动床生物膜反应器 (MBBR) 一体化设备的电控系统软硬件设计进行全面、深入的研究。采用模块化的设计理念, 便于现场设备调试与后期服务, 仪表硬件选型根据现场信号传输远近与采集数据量大小的实际情况, 考虑仪表信号采集的稳定性。在程序设计方面, 主令开关量的信号采集, 采用信号防抖加信号灯闪烁的方式设计, RS 485通信方面采用FOR循环的设计理念。

当前农村生活污水治理设施和管网建设不完善、治理水平低下, 污水直接排入河道, 污染水体。已有管网的农村多数也是雨污合流管网, 雨污分流不彻底, 对污水收集、处理工作带来很大困难。农村污水处理过分强调并片面理解“因地制宜”, 技术应用五花八门, 导致生产制造、工程建设和运行管理均形不成规模效应, 不利于降低投资与运行费用。农村污水处理技术主要包括生物处理技术、高级氧化技术和人工湿地技术等。生物处理技术主要包括活性污泥法和生物膜法。高级氧化技术具有较高的处理效率, 且对环境友好。人工湿地技术具有投资和运行成本低、易于维护、景观效果好等优点, 但其处理效率受气候条件和植物生长状况的影响较大。

针对存在的问题, 全面加强配套管网建设, 使用一体化污水处理设备, 是处理农村污水处理的一种适宜方法。本文对移动床生物膜反应器 (MBBR) 一体化设备电控系统设计及应用进行了较为系统的研究。

工艺流程介绍

移动床生物膜反应器 (MBBR) 一体化设备是

一种农村生活污水处理设备, 设备由调节池、厌氧池、缺氧池、好氧池、沉淀池和深度过滤池组成。生活污水首先经过管网统一收集之后由原水泵抽入设备调节池, 污水在调节池经过粗效过滤之后进入厌氧池; 厌氧池的主要作用是降低COD, 除去污水中的氨氮等物质, 经厌氧池处理之后的污水进入缺氧池; 缺氧池的主要作用是通过加药系统加入碳源, 为微生物的生存提供条件, 经缺氧池处理之后的污水进入好氧池; 好氧池的主要作用是通过高压曝气风机加入适量氧气, 为微生物生存提供条件, 含氧量需大于2 mg/L, 经好氧池处理之后的污水进入沉淀池; 最后通过深度过滤池处理之后达标排放, 出水效果满足污水处理一级A排放标准。具体工艺流程如图1所示。

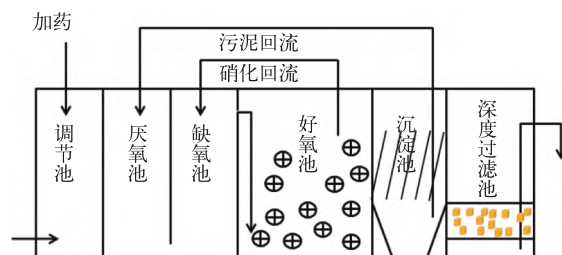


图1 移动床生物膜反应器 (MBBR) 一体化设备工艺流程

电控系统设计

1. 电控系统总体方案设计

考虑到设备稳定运行及维护和使用的方便，电控系统整体采用模块化的设计，控制架构由设备主控柜和现场仪表控制系统组成，系统通过现场仪表与主控柜核心控制器PLC之间的信号交互实现自动控制。具体电控系统总体设计如图2所示。

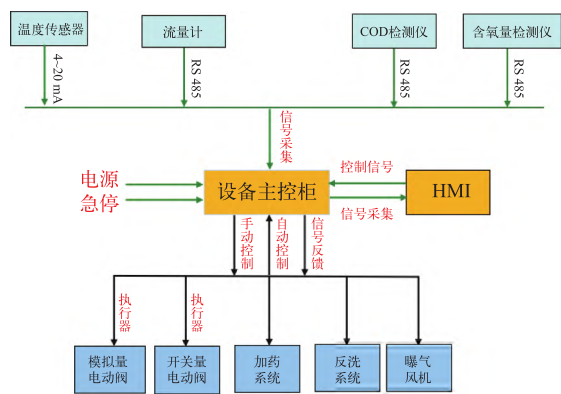


图2 电控系统总体设计

2. 电控系统的主要硬件设计

此设备主要用于污水处理等领域，设备与现场仪表数据交互较多且还需要与厂区生产管理系统联动，因此系统在硬件设计时应多从强大的数据交互，灵活的通信方式和控制的稳定性等方面考虑，故设备主要控制器PLC选用西门子S7-1200CPU，其本体除了有数字量输入输出功能外，还集成了2路模拟量输入和强大的PN以太网通信接口，并且还具有灵活方便的扩展功能，可根据项目实际需求快速方便的配置。在人机交互方面，水厂需要将进水量、出水流量和出水水质等关键参数以历史数据的形式进行保存，方便运维人员查询。因此现场触摸屏HMI应选择具有强大数据保存及处理功能的设备，综合考量本系统触摸屏选用昆仑通态带有物联网功能的10寸屏。系统控制的稳定性除了有高性能的控制器外还需要考虑现场仪表数据采集的稳定性和真实性，由于水处理系统一般管网路线较远且通信数据量大，因此在仪表选型时多选用带有RS 485接口的仪表设备。电控系统主要硬件设计选型见表1。

3. 电控系统的电气设计

移动床生物膜反应器（MBBR）一体化设备，主要由原水进水提升泵、曝气风机、加药系统和在线检测仪表系统组成。进水提升泵功率为1.5 kW，考

表1 电控系统主要硬件设备选型

序号	硬件名称	主要技术参数及规格型号
1	控制器	西门子CPU 1214C DC/DC/RLY
2	HMI人机界面	TPC1021NT 10寸（带4G物联网功能）
3	流量计	HFM 100, 带RS485接口，支持MODBUS RTU 通信协议和4~20 mA模拟量信号
4	COD检测仪	DH310C1, 带RS485接口，支持MODBUS RTU 通信协议和4~20 mA模拟量信号
5	溶解氧仪	LOD9500荧光法，带RS485接口，支持MODBUS RTU 通信协议和4~20mA模拟量信号

虑电气元件布置空间等问题，进水提升泵配电的保护选用施耐德公司GV2ME系列马达保护器，具体型号为GV2-ME08C，曝气风机选用高压风机，功率为4 kW，由于曝气风机的主要作用是根据在线溶解氧仪的检测数据来调节曝气风量，所以在电气设计时采用变频器控制调节的方式，变频器选用英威腾公司GD200A系列，具体型号为GD200A-4 KW。

主回路电气原理如图3所示。

整体采用模块化设计，在回路线号及接线端子命名设计方面采用控制设备母体编号进行功能设计，这样既方便现场设备调节及售后维护，也方便后期图样修改。具体见表2。

表2 回路线号及接线端子设计

序号	设备命名	回路线号及接线端子命名
1	曝气风机（M1）	出线回路命名（01U、01V、01W），接线端子命名：XT1（1、2、3、4）
2	进水提升泵（M2）	出线回路命名（02U、02V、02W），接线端子命名：XT2（1、2、3、4）
3	1#加药计量泵（M3）	出线回路命名（03U、03V、03W），接线端子命名：XT3（1、2、3、4）
4	1#搅拌机（M4）	出线回路命名（04U、04V、04W），接线端子命名：XT4（1、2、3、4）

4. 电控系统的软件设计

软件控制系统设计由信号采集、信号分析、信号执行和信号报警四大模块组成，四大模块都采用标准化设计，各自独立运行，在需要进行数据交互时由统一的数据接口进行。软件系统整体框架逻辑设计如图4所示。

（1）信号采集

设备现场信号采集分为开关量、模拟量、RS 485通信三种采集方式。设备启动信号、停止信号等主令开关量信号采集，在程序设计方面采用信

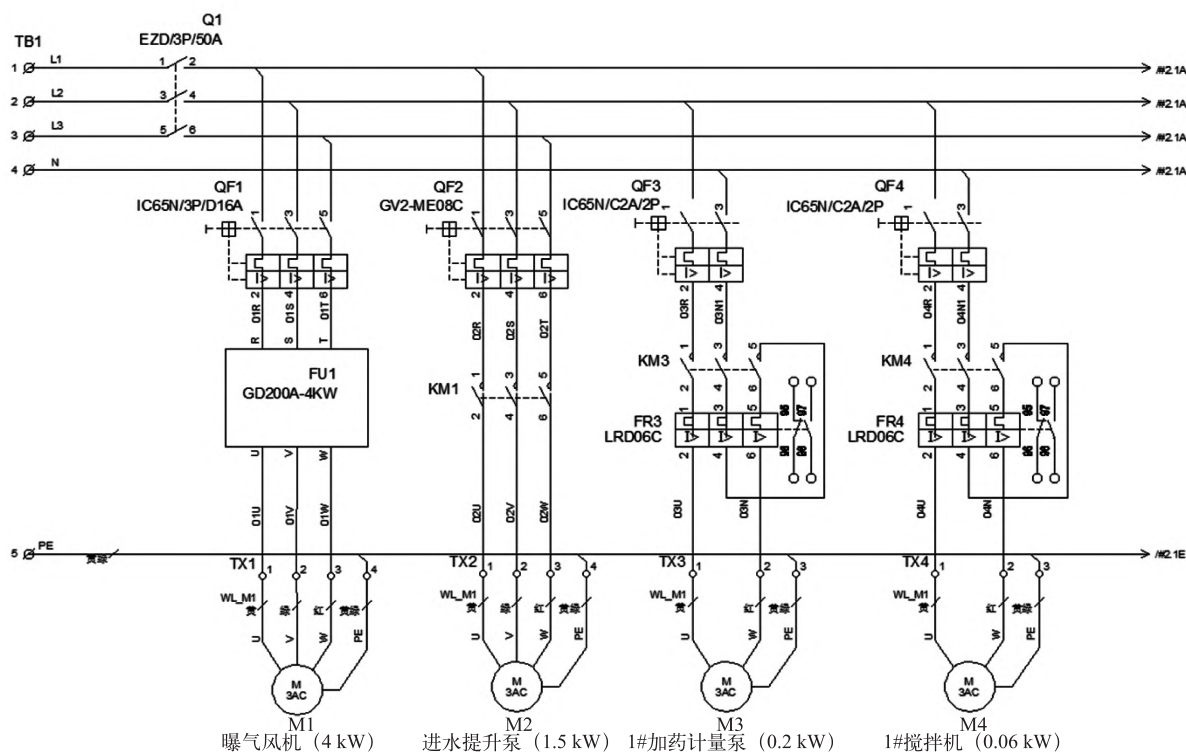


图3 主回路电气原理图

号防抖加信号灯闪烁的方式设计，与传统的开关量信号采集程序设计相比，具有防止误动作的优势，如按设备启动按钮时需要按2 s以上，启动信号灯闪烁时此信号才会被有效采集，低于2 s则视为无效信号。具体逻辑关系如图5所示。

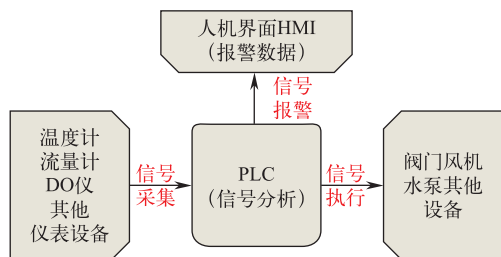


图4 软件系统整体框架逻辑设计

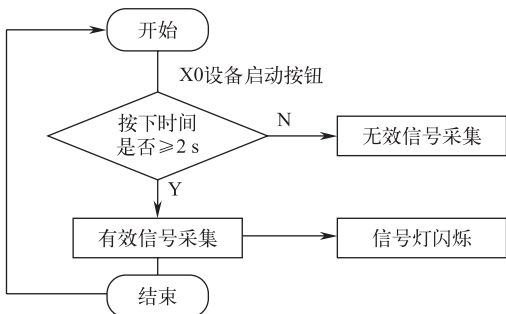


图5 主令开关量信号采集逻辑关系图

由于现场RS 485通信仪表较多且通信数据量大，为了增加程序运行的稳定性，减少程序代码的设计量，在RS 485通信方面采用FOR循环的设计理念，将RS 485仪表的通信站地址和数据的读写存储区用FOR循环来轮流读取和写入相应仪表，无需重复调用客户端程序块。具体逻辑关系如图6所示。

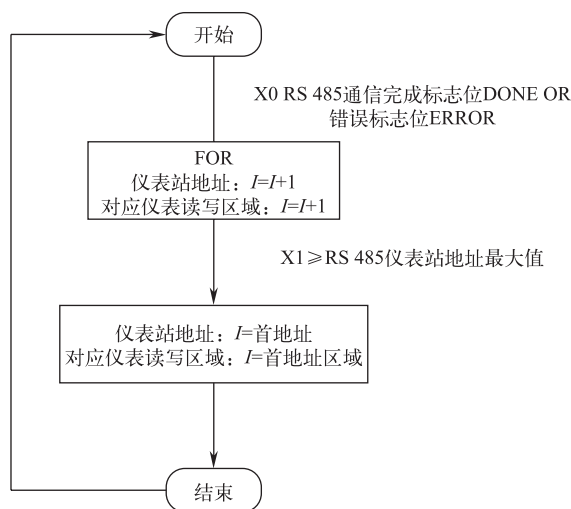


图6 RS485通信设计逻辑关系图

(2) 信号执行

系统经过信号采集，信号分析之后将相应输出

指令传输到信号执行模块，信号执行模块收到相应信号后，根据控制逻辑程序来进行相应动作输出。信号执行模块在程序设计方面采用标准化模块设计，信号统一进行处理之后，会首先将处理好的数据放入执行信号数据缓存区DB块，再由数据缓存区DB块统一刷新至控制器的物理接点进行相应动作输出，这样既方便现场设备调试也便于售后服务，如控制器物理接点出现故障时只需要将相应接口进行插拔更换，不需要重新编程或接线，可快速完成故障处理。具体逻辑关系如图7所示。

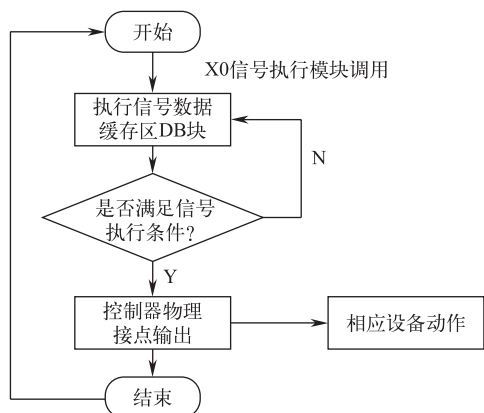


图7 信号执行输出逻辑关系图

示范应用及推广

移动床生物膜反应器（MBBR）一体化设备电控系统应用于江西某污水处理厂、山东某农污综合治

理项目，设备自动化水平高，能安全、高效运行，达到无人值守的目的，项目设备现场运行如图8所示。经过移动床生物膜反应器（MBBR）一体化设备处理后的废水能达标排放，出水水质远优于当地排放标准，废水排放关键指标如图9所示。



图8 移动床生物膜反应器（MBBR）一体化设备项目现场运行图

结束语

移动床生物膜反应器（MBBR）一体化设备处理高效、运行稳定，在农村污水处理中得到广泛的应用与推广，效果良好。设备自动化水平高，系统会根据现场仪表数据与控制器之间的信息交互，进行提前预警，提前控制达到无人值守的目的。在仪表RS485通信方面，程序设计采用FOR循环的设计理念，减少程序代码的设计量，无需重复调用客户端程序块。主令开关量信号采集，在程序设计方面采用信号防抖加信号灯闪烁的方式设计，具有防止误操作的优势。电气图纸采用模块化系统设计，便于现场设备调试与后期售后服务。EA

（收稿日期：2025-01-02）

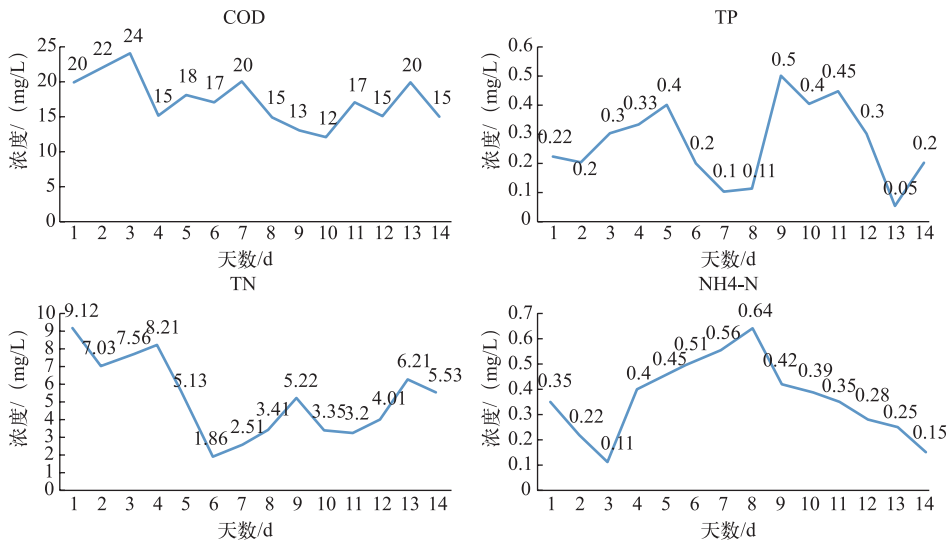


图9 污水排放关键指标曲线图