

智慧污水处理厂控制系统设计

Design of Control System for Smart Sewage Treatment Plant

张长强

Changqiang Zhang

广东省广业装备制造集团有限公司 中国·广东广州 510700

Guangdong Guangye Equipment Manufacturing Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510700, China

摘要: 随着计算机监控技术、现代智能算法、大数据、云平台等技术的不断发展和进化,污水处理厂自动化水平得到不断提高,现代智慧加药预测设计,大幅提升了污水处理厂在系统加药方面的预决策效率,物联网技术设计应用使得边缘区域重要数据实现实时的采集和分析,同时随着 MBR 膜工艺的发展,分组策略下联合控制的技术在设计中得到了应用。

Abstract: With the continuous development and evolution of computer monitoring technology, modern intelligent algorithms, big data, cloud platforms and other technologies, the automation level of sewage treatment plants has been continuously improved. Modern intelligent dosing prediction design has greatly improved the decision-making efficiency of sewage treatment plants in system dosing. The design and application of Internet of things technology enables real-time collection and analysis of important data in edge areas. At the same time, with the development of MBR membrane technology, the technology of joint control under grouping strategy has been applied in the design.

关键词: 智能决策; 智慧加药; 污水处理; 智能算法

Keywords: intelligent decision-making; intelligent dosing; sewage treatment; intelligent algorithms

DOI: 10.12346/etr.v5i4.7879

1 引言

随着现代计算机水平的不断提高,大数据、物联网、云平台等技术不断地应用在计算机监控系统,为污水处理智能化发展提供了一个崭新的解决方案,智能污水处理厂的发展向智慧调度和决策方向演变,实现部分人脑的决策替代,是现代智能污水处理厂计算机监控设计的重要发展方向。对比传统污水处理控制系统所控制的则包括对提升泵、生化系统以及 MBR 膜中水处理装置,大多优化后控制方式还是在膜产水设备系统的控制,如恒压、恒流等控制方式设计,在节能方面则通过优化生化风机和膜池风机的运行,来提升节能情况,对工业污水处理厂而言,还有大量的臭氧发生装置控制,底层设备控制大多已满足工艺上的需求即可,传统控制设计上主要控制流程也包括满足膜池内的清洗系统、吹扫系统、排空系统将污染物与污染物进行分离处理,由此可以获得排放合格的水^[1],随着科技、智能算法、发展,此控制方式也不能满足人们对节能、调度、决策的追求,论文以日处

理量 4 万吨印染污水为例,展开整个污水处理厂的智慧处理等方面的相关设计和研究,为城市综合污水处理和统筹调度提供工程应用参考。

2 污水处理厂工艺流程

工业印染污水处理相较于市政污水,其特点是印染污水的 COD、氨氮、总磷、总氮等水质指标数值较高。一般 COD 进水水质可以达到 1500 左右,未经初处理和通过合同等方式约束后允许企业排放在 1000 以内,按目前国家污水排放标准一级 A 水质的要求,在处理过程中往往根据不同的工艺,加药、水解酸化、生化处理等工艺处理过程运营成本中占据重要的一环,随着 MBR 膜术的广泛应用,现阶段污水处理厂工艺设计大多会选择 MBR 膜技术或者陶瓷膜等,最近在新兴污染物处理方面,提出的陶瓷膜+臭氧等处理工艺,在未来的一段时间可以看出新的控制和技术方向,整个污水处理工艺在控制方面主要以加药控制、水量调节、膜

【作者简介】张长强(1982-),男,中国广东广州人,在职工程硕士,工程师,从事电气工程、机电工程领域研究,新兴污染物处理,新能源应用等研究。

组件产水、反冲洗、污泥压榨等控制流程设计为主, 目的以满足污水处理工艺、提升运行效率、少人值守等, 现代智慧污水处理厂还包括全厂能耗综合分析, 远程数据监控传输, 区域调水和污水处理平衡等方面的综合考量与设计。

印染工业污水的工艺设计流程主要包括提升泵站恒液位控制流程、综合池加药污水调理流程、厌氧和好氧工艺流程设计、膜产水工艺流程设计(包括恒流产水、反洗、加药反洗等)、臭氧接触工艺设计、污泥脱水工艺流程设计(包括污泥浓缩、污泥加药调理、污泥压榨等)以及全厂水量平衡、液位平衡设计、智慧加药、智慧调度等设计。

为满足各个工艺段污水处理和加药流程, 底层设备逻辑控制包括水泵、电机、阀门等常规的手动及远程操作, 主要通过 PLC 等输出继电器接点来实现, 对于液位、流量、溶解氧、浊度等仪表多通过模拟量上传至 PLC, 进行转换后给上位机控制中心, 在传统控制领域我们多采用如进水泵房的恒液位、恒流量控制, 通过 PID 方式来调整泵组的频率, 我们通过西门子 PLC 中的 PID 模块, 进行频率控制调整, 并在逻辑设计中加入死区, 使得泵组在工作中减少了波动, 水泵运行更加稳定, 从而实现稳定运行, 在膜产水系统, 多考虑模组之间的轮巡运行, 反洗和加药流程之间的切换与等待, 在 PLC 内部程序我们多采用冒泡逻辑, 来确保每个模组均可以排队完成加药和反洗, 来保证膜组件的产水效率, 同时在产水过程中多以恒频、恒流及恒跨膜压差等条件限制产水泵的运行以及综合根据膜池生化污泥的浓度, 进行产水等综合流程控制。

3 污水处理厂工艺设备设计

4 万吨印染污水工艺设备主要包括: 进水泵房工艺设备设计包括粗格栅 2 台、提升泵 4 台、螺旋输送机; 综合池工艺设备包括精细格栅 2 台、提升泵 4 台、搅拌机 6 台、推流器 8 台、污泥回流泵 8 台、刮泥机 2 台、液位计和流量计等; 厌氧水解酸化池断包括布水器、溢流堰槽、污泥回流泵; 好氧生化池包括推流器、爆气管、回流泵 4 台、推流泵 4 台; 膜池设备包括 MBR 膜 8 套; 设备间设备包括 8 台产水、2 台反洗泵、真空系统 1 套、加药泵 6 台, 风机房包括膜风机 3 台、生化爆气风机 4 台; 污泥脱水设备包括浓缩机 2 台、PAM 加药机 1 套、PAC 加药机 1 套、板框压榨机 3 台套等; 以上是印染污水处理主要的工艺设备。

电气自控系统设计采用 DCS 控制系统设计, 现地控制层设备主要包括进水提升泵房 LCU 柜、综合池 LCU 柜、膜池 LCU 柜、脱水机房 LCU 柜等, 主要的设备采用西门子 1500 系列 PLC, 配置相对应的输入和输出模块以及模拟量模块, 采集数据和控制包括水泵的启停, 各个设备的电量参数, 工艺流程中的污泥浓度、溶解氧等参数, 其中膜设备间控制系统采用 1 个主站及 8 个子站的控制方式, 分别控制产水泵变频器、加药泵、反洗泵、真空系统等; 中控层设备采用 2 台 DELL 工作站、1 台 24 口交换机、1 套视频工作站, 1 台通信服务器, 配置 1 套 4×4 的大屏幕

显示系统。

智慧系统算法和软件设计, 采用与 DCS 兼容的软件系统, 将 DCS 控制系统实时采集的数据进行分析和处理, 在经过相应的数据库技术和组态软件完成人机相互交互, 实现智能故障判断和智慧决策系统, 将 DCS 系统实时采集的数据上传到云平台, 远程调度中心通过云平台将水厂控制数据显示在调度中心, 对城市总体污水处理量进行全区协调和统筹。其中, 组态软件主要的功能包括各个现地 LCU 柜数据的读取和显示, 各个泵组、风机的工作及负荷曲线显示, 在集控中心完成对各提升泵组、产水泵组、加药系统的操作和控制, 实时液位、水质数据、流量数据的采集和存储。

4 污水处理厂智慧设计

常规污水处理厂配置上位机软件主要由组态软件来实现监控系统的整个功能, 基于组态软件的特点主要可以实现功能包括数据采集和存储、设备控制、趋势分析等, 该配置已经无法满足人们对现代智慧污水处理厂的需求, 现代智能污水处理厂采用物联网技术、云平台技术、智能算法、数据库技术等相互融合, 实现控制中心大脑化并实现对现地设备的智能控制和决策, 并根据历史数据和相应的智能算法对整个污水处理厂进行智能分析和智慧调度, 实现加药量智能控制、电能损耗智能优化控制、臭氧智慧加投、与以及污水处理量智能控制等。

物联网技术在污水处理厂内的应用设计, 包括远程设备数无线传送, 智能安全帽、智能工具箱等, 通过智能安全帽可以实时将操作人员的地理位置和行走路线、环境温度、工作场景、周边有毒气体等实时情况数据上传至云平台, 后台软件根据实时数据对正在进行检修、巡视的工作人员进行跟踪和安全性进行判断分析, 并根据智能判断的结果来提示工作人员可能的风险, 及时进行规避。智能工具箱则对检修人员工具进行及时管理, 对工具的存放位置, 使用位置等进行跟踪, 并对工具的借出进行记录, 保证工具不丢失。

对于污水处理厂或者工业园区, 现有的数据传输主要还是各种模拟量、通信的方式进行采集, 对于较大系统, 为了调度、趋势分析、优化调度等方面需要获得更多数据量的情况下, 显然已经不能满足需要, 对较偏远地区水量、水质等数据的传输尤其重要。如图 1 所示, 基于物联网技术的水厂、园区、企业末端数据采集设计。可以提前 1~3 个小时预判企业所排放的污水总量, 为调度和决策争取了时间。

智能电力损耗算法模型, 根据历史数据进行分析, 记录在处理一定水量时需要的阶段电量的大小, 通过智能算法, 来优化电量损耗, 寻求在最低损耗下各个设备的运行状态数, 如进水水量、进水水质、不同区域加药量、提升泵频率、推流器工作状态、产水状态、生化系统溶解氧和污泥浓度状态、臭氧发生量及系统状态、污泥产生量等, 对电能损耗模型进行优化分析, 并在优化的基础上对未来的发生趋势进行判断, 结合夜间电费较低等运行方式, 达到调节污水处理量的最优能耗控制技术。

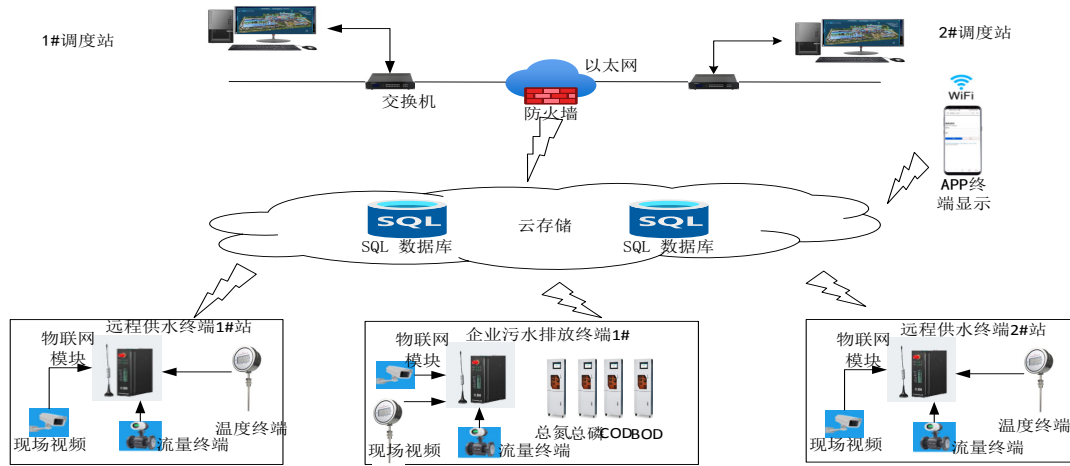


图 1 物联网数据传输系统图

智能收费计价系统，目前智慧水务的计价系统，大多还是以水量来进行综合收费，部分水厂运营公司通过对不同水质区间，来确定阶段性收费，而且主要是以 COD 为定价参数，而对其他水质参数情况，并未进行综合分析。进行综合定价，以现代智能算法对数据进行整合和分析，根据不同水质处理的综合成本来进行定价分析，从而进行精准的定价和收付费，对企业的收费则更公平、合理。

现代智能算法和模型，是智能污水处理厂计算的核心，也是污水处理厂智能化的体现，基于智能算法的模型主要包括加药控制模型、电能损耗分析模型、污水处理量综合模型，并通过现代智能算法包括粒子群优化算法和遗传算法等对水厂中长期运行数据进行跟踪和分析，通过优化计算来为污水处理厂处理水量进行趋势判断，并对加药等损耗进行 PID 式的控制，从而使水厂运营更具智能化。

基于现代智能算法的工业印染污水处理厂设计，以粒子群优化算法和遗传算法为基础进行模型优化，并最终确定最优的运行组合方式，实现不同水量处理过程成本最优求解，智能指导现场运行人员，计算和求解步骤主要包括如下

在工业印染污水模型的基础上，基于遗传算法进行优化加药趋势判断和优化计算，遗传算法具有较好的计算性能和收敛性，Oliveira 利用遗传算法对比动态规划算法，遗传算法应用效果优化动态规划算法^[2]。王小安等应用遗传算法对短时洪水和流量波动时进行了算法优化^[3]，尤其在解决城市区域内多水厂加药统计和协同上面，具有更好的应用价值，通过智能算法来解决各个水厂水池流量模型复杂多变的问题，主要步骤如下：

第一步，首先污水场内各个水池的水质、水量、液位等因素不同，回流流量情况也不同，在此基础上我们归类模型参数的问题集。

第二步，对影响模型计算的各个参数进行编码， $i=0, 1, 2 \dots 16$ 。

第三步，初始化污水处理厂加药模型问题参数集的遗传群体。

第四步，开始对模型的各个影响因子进行编码计算，并计算出各个问题参数在模型中的适应情况，结合历史记录数据分析各个参数的适应度。

第五步，若各个参数在不同时段加药预测计算中有着较好的适应性，则输出结果；反之，我们引入遗传变量因子，对相关编码因子进行交叉，重新进入计算，寻找适合不同时段水质变化的参数变量，并再次结合历史数据，得出污水处理加药最优解。

遗传算法在城市多样污水处理的协同计算中有着较好的应用价值，可以优化城市供水和工业污水处理过程中加药的综合控制及用量，在工业印染污水处理过程中应用案例分析可以看出，通过最优加药方案的求解，可以使整个污水处理厂的药剂加投成本降低 10%~20%，节省效果明显。

5 系统设计总结

现代污水处理厂向一体化、智能化方向发展，以 DCS 系统为架构基础，多点传感器设备、无线物联网技术、云平台技术、现代智能算法作为智能污水处理厂的核心智慧水厂将逐步替代传统污水处理，实现以计算机为基础的智能学习、智能总结、智能判断等功能为一体的现代智慧污水处理厂，设计和推广上有着良好的工程价值，在运营、值守、检修上面都可以大幅减少人为干预因素，提高水厂的运行可靠性，降低水厂加药和电能损耗，城市联合调度算法也为解决城市污水整合处理，污水区域调配等提供解决方案，有着较好的应用前景。

参考文献

- [1] 谢明洁. 电动汽车发展现状及前景[J]. 中国科技信息, 2013(22):120-122.
- [2] Oliveira R, Haurert D. Operating rules for multi-reservoir systems[J]. Water Resources Research, 1997, 33(4):832-845.
- [3] 王小安, 李承军. 遗传算法在短期发电优化调度中的研究与应用[J]. 长江科学院院报, 2003(4):8-12.