



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117985847 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 20

(21) 申请号 202310744254.3

G05B 13/04 (2006.01)

(22) 申请日 2023.06.21

C02F 101/16 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117985847 A

(56) 对比文件

CN 114275876 A, 2022.04.05

(43) 申请公布日 2024.05.07

审查员 殷实

(73) 专利权人 浙江数翰科技有限公司

地址 314599 浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街
道环城北路518号1幢118室

(72) 发明人 李超 邹德扬 郭慧 王娇

顾象天

(74) 专利代理机构 浙江杭知桥律师事务所

33256

专利代理师 夏彩云

(51) Int. Cl.

C02F 3/28 (2023.01)

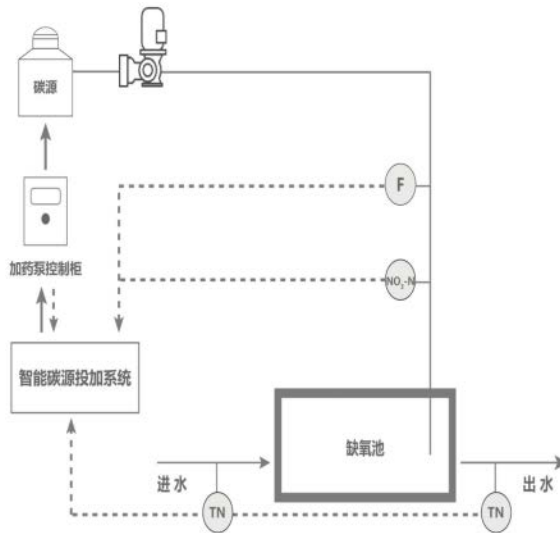
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种智能碳源投加方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及污水处理技术,公开了一种智能碳源投加方法及系统,其包括缺氧池、碳源加药泵单元、碳源加药泵智能控制柜和智能碳源投加系统;其方法包括,碳源的投加,通过碳源加药泵单元加投碳源至缺氧池内;碳源投加频率的控制,通过碳源加药泵控制柜对于控制碳源加药泵单元的碳源投加频率进行控制;并将碳源投加量传递至碳源加药泵控制柜;碳源投加量的确定,通过智能碳源投加系统对控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量。本发明根据输入的运行指标和设备调控值之间的变化规律和趋势来实时得出所需的碳源投加量,然后根据碳源的投加量调整碳源投加的控制策略。实时的检测碳源投加量,其安全性好,成本低,操作简便。



1. 一种智能碳源投加方法,包括缺氧池、碳源加药泵单元、碳源加药泵智能控制柜和智能碳源投加系统;其方法包括,

碳源的投加,通过碳源加药泵单元加投碳源至缺氧池内;

碳源投加频率的控制,通过碳源加药泵控制柜对于控制碳源加药泵单元的碳源投加频率进行控制;并将碳源投加量传递至碳源加药泵控制柜;

碳源投加量的确定,通过智能碳源投加系统对控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量;智能碳源投加系统用于控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量的方法包括:

碳源投加数据集的准备,通过对输入的原始时间序列数据集进行预处理得到碳源投加数据集;输入的原始时间序列数据集包括总进水TN浓度时间序列数据 $Total1_{TN}$ 、排放池TN浓度时间序列数据 $P1_{TN}$ 、总进水流量时间序列数据 $flow1_{TN}$ 、历史的总进水TN浓度时间序列数据 $Total2_{TN}$ 、历史的排放池TN浓度时间序列数据 $P2_{TN}$ 、历史总进水流量时间序列数据 $flow2_{TN}$ 和实时硝态氮浓度数值 P_{NO3_now} ;

智能碳源投加算法的控制,对于输入的数据集通过进水端控制算法确定进水端碳源投加量 C_input_1 和出水端控制算法确定出水端碳源投加量 C_input_2 ,结合进水端碳源投加量 C_input_1 及出水端碳源投加量 C_input_2 控制最终碳源的投加;

碳源投加量 F_C_input 的获取,通过决策函数获得最终碳源投加量 F_C_input ;

智能碳源投加进水端控制算法包括:

碳源均值数据 C_{avg} 的获取,通过周期 T 获取碳源均值数据 C_{avg} ,

$$C_{avg} = AVG(\sum_{i=0}^T C_i);$$

其中, C_i 为一个周期内的所有碳源加药泵的浓度值的碳源量, T 为周期长度;

硝态氮浓度修正参数 μ 的获取,通过实时硝态氮浓度数值 P_{NO3_now} 与硝态氮目标值 P_{NO3_Target} 之间的差确定硝态氮浓度修正参数 μ ;

$$\mu = 1 + [\rho * (P_{NO3_now} - P_{NO3_Target})];$$

其中, ρ 为量纲参数;

总氮去除量 L 的函数计算,通过历史总进水TN浓度时间序列数据 $Total2_{TN}$ 、历史排放池TN浓度时间序列数据 $P2_{TN}$ 以及历史总进水流量 $flow2_{TN}$ 从而得到总氮去除量序列 L ;

$$L(Total2_{TN}, P2_{TN}, flow2_{TN}) = (Total2_{TN} - P2_{TN}) * flow2_{TN};$$

第一预测模型 $Model_1$ 的获取,根据总氮去除量序列 L 和碳源均值数据 C_{avg} 组成一组供机器学习模型训练的序列数组,得到第一预测模型 $Model_1$;

$$Output_1 = Model_EN(L(Total2_{TN}, P2_{TN}, flow2_{TN}), C_{avg})$$

$$Output_2 = Model_BP(L(Total2_{TN}, P2_{TN}, flow2_{TN}), C_{avg})$$

$$Model_1 = \mu_1 * Output_1 + \mu_2 * Output_2$$

其中, C_{avg} 为碳源均值数据, $L(Total2_{TN}, P2_{TN}, flow2_{TN})$ 为总氮去除量序列 L ; $Model_EN$ 为集成模型; $Model_BP$ 为BP神经网络模型, μ_1 为集成模型预测值的权重, μ_2 为BP神经网络模型预测值的权重;

第二总氮去除量序列函数的构建 L^* ,通过实时总进水TN浓度时间序列数据 $Total1_{TN}$ 、排放池TN目标值 $Target1_{TN}$ 及实时进水流量 $flow1_{TN}$ 构建第二总氮去除量序列函数 L^* ;

$$L(\text{Total1}_{\text{TN}}, \text{Target1}_{\text{TN}}, \text{flow1}_{\text{TN}}) \\ = (\text{Total1}_{\text{TN}} - \text{Target1}_{\text{TN}}) * \text{flow1}_{\text{TN}};$$

进水端控制算法的碳源投加量 C_{input_1} 的计算,通过第二总氮去除量序列函数 L^* 、经过训练得到的第一预测模型 Model_1 并结合硝态氮浓度计算得到的参数 μ ,得到进水端控制算法的碳源投加量 C_{input_1} ;

$$C_{\text{input}_1} = \mu * \text{Model}_1(L^*(\text{Total1}_{\text{TN}}, \text{Target1}_{\text{TN}}, \text{flow1}_{\text{TN}})).$$

2. 根据权利要求1所述的一种智能碳源投加方法,其特征在于,智能碳源投加算法的出水端算法控制包括:

第二数学模型 Model_2 的获取,根据历史的排放TN浓度 $P2_{\text{TN}}$ 、最新排放TN浓度 $P2_{\text{TN}_{\text{new}}}$ 以及TN浓度的目标值 $\text{Target1}_{\text{TN}}$ 之间的关系获得第二数学模型 Model_2 :

$$\text{error} = \text{Target1}_{\text{TN}} - P2_{\text{TN}}; \\ \text{Integral} = \sum (P2_{\text{TN}} - \text{Target1}_{\text{TN}}); \\ \text{Model}_2 = k1 * \text{error} + k2 * \text{Integral};$$

其中, $P2_{\text{TN}_{\text{new}}}$ 为最新的排放TN浓度数值, $P2_{\text{TN}}$ 为一个历史排放TN的一个序列, error 为TN浓度目标值与最新的排放TN浓度数值的差值, Integral 为历史误差的积分值;

碳源投加的变化量 ΔC 的计算,依据第二数学模型 Model_2 获得碳源投加的变化量 ΔC ;

$$\Delta C = \text{Model}_2(L(P2_{\text{TN}}, P2_{\text{TN}_{\text{new}}}, \text{Target1}_{\text{TN}}));$$

将进水端控制得到的碳源投加量 C_{input_1} 与 Model_2 模型计算得出的碳源变化量进行相加得出出水端控制的碳源投加量 C_{input_2} :

$$C_{\text{input}_2} = C_{\text{input}_1} + \Delta C.$$

3. 根据权利要求1所述的一种智能碳源投加方法,其特征在于,决策函数的获取通过将进水端算法控制的进水端碳源投加量 C_{input_1} 与出水端算法控制的出水端碳源投加量 C_{input_2} 得做加权平均获得决策函数,并依据决策函数获得最终碳源投加量 $F_{\text{C}_{\text{input}}}$;

$$F_{\text{C}_{\text{input}}} = \varphi * C_{\text{input}_1} + (1 - \varphi) * C_{\text{input}_2};$$

其中, φ 为权重参数。

4. 根据权利要求1所述的一种智能碳源投加方法,其特征在于,还包括碳源投加量的调整,通过动态学习的策略进行碳源投加量的调整。

5. 一种智能碳源投加系统,包括缺氧池、碳源加药泵单元、碳源加药泵智能控制柜和智能碳源投加系统;其特征在于,通过权利要求1-4任一所述的智能碳源投加方法实现的碳源投加系统;

碳源加药泵单元用于加投碳源至缺氧池内;

智能碳源投加系统用于对控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量,并将碳源投加量传递至碳源加药泵控制柜;

碳源加药泵控制柜用于控制碳源加药泵单元的碳源投加频率。

一种智能碳源投加方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及污水处理技术,尤其涉及了一种智能碳源投加方法及系统。

背景技术

[0002] 污水厂中常见的工艺,通过利用微生物运用碳源达到除去总氮的目的。在整个污水处理的过程中,除去TN需要消耗碳源,若想维持排放总氮(TN)浓度稳定,必须通过持续投加来补充碳源,使排放TN浓度维持在一个安全合理的水平。由于来水的TN浓度不同,因此碳源投加量也要实时变化,以此保证安全性的前提下提升经济性。

[0003] 污水厂运行中碳源投加工工艺常用的运行指标,一般由传感器检测出来,例如排放TN浓度、碳源投加量、硝态氮浓度、总进水TN浓度等;检测某种指标所对应的的仪器或仪表(比如说TN仪能检测TN浓度值,流量计能检测流量等),并且能将检测值转变成信号(一般为电信号,按某种成熟的通信协议,通过电线传输)输出给自控单元(PLC或DCS;在自动控制中的一种服务器,专门负责接受来自设备的信号输入、执行简单的自动控制程序(所谓简单,指的是不具有人工智能的复杂程序)、以及将自动控制程序的指令输出转变成指令信号发送给控制设备,一般为PLC或DCS这两类。

[0004] 如现有技术1:CN202010300668.3碳源药剂投加设备与投加方法;公开了其进水水量监测模块、前置硝氮监测模块和后置硝氮反馈模块各自的输出接口分别与该计算控制模块的输入接口电连接,其计算控制模块的输出接口与该加药控制模块的输入接口电连接;

[0005] 现有技术2:CN202211568406.0用于碳源投加的填料、碳源投加装置和应用;包括中心管和设置在中心管上的载体;所述中心管一端封闭,内部中空,管侧壁设置缓释孔,用于碳源的缓释;中心管另一端开口,用于碳源的流入;所述载体用于微生物的附着和生长。该填料在保证微生物附着生长,实现对污水反硝化处理的同时,其中心管上的缓释孔能够将生物脱氮需要补加的碳源缓释到生物膜反硝化细菌表面,使得碳源第一时间被硝化细菌利用脱氮,少数未能及时利用的碳源进入水体或活性污泥中被微生物二次利用,不造成多余碳源流失,确保碳源投加量更接近于理论计算值,减少污水处理设施运行过程中的碳源投加。

发明内容

[0006] 本发明针对现有技术中不能实时监控碳源加投量,而且对于碳源加投量控制成本高,操作复杂的问题,提供了一种智能碳源投加方法及系统。

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明通过下述技术方案得以解决:

[0008] 一种智能碳源投加方法,包括缺氧池、碳源加药泵单元、碳源加药泵智能控制柜和智能碳源投加系统;其方法包括,

[0009] 碳源的投加,通过碳源加药泵单元加投碳源至缺氧池内;

[0010] 碳源投加频率的控制,通过碳源加药泵控制柜对于控制碳源加药泵单元的碳源投加频率进行控制;并将碳源投加量传递至碳源加药泵控制柜;

[0011] 碳源投加量的确定,通过智能碳源投加系统对控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量。

[0012] 作为优选,智能碳源投加系统用于控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量的方法包括:

[0013] 碳源投加数据集的准备,通过对输入的原始时间序列数据集进行预处理得到碳源投加数据集;输入的原始时间序列数据集包括总进水TN浓度时间序列数据Total1_{TN}、排放池TN浓度时间序列数据P1_{TN}、总进水流量时间序列数据flow1_{TN}、历史的总进水TN浓度时间序列数据Total2_{TN}、历史的排放池TN浓度时间序列数据P2_{TN}、历史总进水流量时间序列数据flow2_{TN}和实时硝态氮浓度数值P_{N03_now};

[0014] 智能碳源投加算法的控制,对于输入的数据集通过进水端控制算法确定进水端碳源投加量C_input_1和出水端控制算法确定出水端碳源投加量C_input_2,结合进水端碳源投加量C_input_1及出水端碳源投加量C_input_2控制最终碳源的投加;

[0015] 碳源投加量F_C_input的获取,通过决策函数获得最终碳源投加量F_C_input。

[0016] 作为优选,智能碳源投加进水端控制算法包括:

[0017] 碳源均值数据C_{avg}的获取,通过周期T获取碳源均值数据C_{avg},

$$[0018] \quad C_{avg} = \text{AVG}(\sum_{i=0}^T C_i);$$

[0019] 其中,C_i为一个周期内的所有碳源加药泵的频率值的碳源量,T为周期长度;

[0020] 硝态氮浓度修正参数μ的获取,通过实时硝态氮浓度数值P_{N03_now}与硝态氮目标值P_{N03_Target}之间的差确定硝态氮浓度修正参数μ;

$$[0021] \quad \mu = 1 + [\rho * (P_{N03_now} - P_{N03_Target})];$$

[0022] 其中,ρ为量纲参数;

[0023] 总氮去除量L的函数计算,通过历史总进水TN浓度时间序列数据Total2_{TN}、历史排放池TN浓度时间序列数据P2_{TN}以及历史总进水流量flow2_{TN}从而得到总氮去除量序列L;

$$[0024] \quad L(\text{Total2}_{TN}, P2_{TN}, \text{flow2}_{TN}) = (\text{Total2}_{TN} - P2_{TN}) * \text{flow2}_{TN};;$$

[0025] 第一预测模型Model_1的获取,根据总氮去除量序列L和碳源均值数据C_{avg}组成一组供机器学习模型训练的序列数组,得到第一预测模型Model_1;

$$[0026] \quad \text{Output}_1 = \text{Model_EN}(L(\text{Total2}_{TN}, P2_{TN}, \text{flow2}_{TN}), C_{avg})$$

$$[0027] \quad \text{Output}_2 = \text{Model_BP}(L(\text{Total2}_{TN}, P2_{TN}, \text{flow2}_{TN}), C_{avg})$$

$$[0028] \quad \text{Model}_1 = \mu_1 * \text{Output}_1 + \mu_2 * \text{Output}_2$$

[0029] 其中,C_{avg}为碳源均值数据,L(Total2_{TN},P2_{TN},flow2_{TN})为总氮去除量序列L;Model_EN为集成模型;Model_BP为BP神经网络模型,μ₁为集成模型预测值的权重,μ₂为BP神经网络模型预测值的权重;

[0030] 第二总氮去除量序列函数的构建L*,通过实时总进水TN浓度时间序列数据Total1_{TN}、排放池TN目标值Target1_{TN}及实时进水流量flow1_{TN}构建第二总氮去除量序列函数L*;

$$[0031] \quad L(\text{Total1}_{TN}, \text{Target1}_{TN}, \text{flow1}_{TN})$$

$$[0032] \quad = (\text{Total1}_{TN} - \text{Target1}_{TN}) * \text{flow1}_{TN};$$

[0033] 进水端控制算法的碳源投加量C_input_1的计算,通过第二总氮去除量序列函数

L*、经过训练得到的第一预测模型Model_1并结合硝态氮浓度计算得到的参数 μ ,得到进水端控制算法的碳源投加量 C_{input_1} ;

[0034] $C_{input_1} = \mu * Model_1(L*(Total1_{TN}, Target1_{TN}, flow1_{TN}))$ 。

[0035] 作为优选,智能碳源投加算法的出水端算法控制包括:

[0036] 第二数学模型Model_2的获取,根据历史的排放TN浓度 $P2_{TN}$ 、最新排放TN浓度 $P2_{TN_new}$ 以及TN浓度的目标值 $Target1_{TN}$ 之间的关系获得第二数学模型Model_2:

[0037] $error = Target1_{TN} - P2_{TN}$;

[0038] $Integral = \sum (P2_{TN} - Target1_{TN})$;

[0039] $Model_2 = k1 * error + k2 * Integral$;

[0040] 其中, $P2_{TN_new}$ 为最新的排放TN浓度数值, $P2_{TN}$ 为一个历史排放TN的一个序列,error为TN浓度目标值与最新的排放TN浓度数值的差值,Integral为历史误差的积分值;;

[0041] 碳源投加的变化量 ΔC 的计算,依据第二数学模型Model_2获得碳源投加的变化量 ΔC ;

[0042] $\Delta C = Model_2(L(P2_{TN}, P2_{TN_new}, Target1_{TN}))$;

[0043] 将进水端控制得到的碳源投加量 C_{input_1} 与Model_2模型计算得出的碳源变化量进行相加得出出水端控制的碳源投加量 C_{input_2} :

[0044] $C_{input_2} = C_{input_1} + \Delta C$ 。

[0045] 作为优选,决策函数的获取通过将进水端算法控制的进水端碳源投加量 C_{input_1} 与出水端算法控制的出水端碳源投加量 C_{input_2} 得做加权平均获得决策函数,并依据决策函数获得最终碳源投加量 F_{C_input} ;

[0046] $F_{C_input} = \varphi * C_{input_1} + (1 - \varphi) * C_{input_2}$;

[0047] 其中, φ 为权重参数。

[0048] 作为优选,还包括碳源投加量的调整,通过动态学习的策略进行碳源投加量的调整。

[0049] 为了解决上述技术问题,本发明还提供了一种智能碳源投加系统,包括缺氧池、碳源加药泵单元、碳源加药泵智能控制柜和智能碳源投加系统;其所述的智能碳源投加方法实现的碳源投加系统;

[0050] 碳源加药泵单元用于加投碳源至缺氧池内;

[0051] 智能碳源投加系统用于对控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量,并将碳源投加量传递至碳源加药泵控制柜;

[0052] 碳源加药泵控制柜用于控制碳源加药泵单元的碳源投加频率。

[0053] 本发明由于采用了以上技术方案,具有显著的技术效果:

[0054] 本发明针对污水运行中碳源投加工工艺的自动控制算法,将所输入的多个运行指标和控制设备调控值形成的多维度时间序列,根据控制设定值来配置决策模型,算法加载决策模型后进行计算,然后输出控制设备的目标调控值。

[0055] 本发明能根据输入的运行指标和设备调控值之间的变化规律和趋势来实时得出所需的碳源投加量,然后根据碳源的投加量调整碳源投加的控制策略。

[0056] 本发明能够实时的检测碳源投加量,其安全性好,成本低,操作简便。

附图说明

- [0057] 图1是本发明的系统框图。
 [0058] 图2是本发明的算法流程图。
 [0059] 图3是本发明的动态学习的策略模型图。
 [0060] 图4是本发明的原始碳源数据处理波形图。
 [0061] 图5是本发明的处理后用于模型计算的碳源波形图。
 [0062] 图6是本发明的碳源加投效果对比图。

具体实施方式

[0063] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步详细描述。

[0064] 实施例1

[0065] 一种智能碳源投加方法,图1中其包括缺氧池、碳源加药泵单元、碳源加药泵智能控制柜和智能碳源投加系统;其方法包括,

[0066] 碳源的投加,通过碳源加药泵单元加投碳源至缺氧池内;

[0067] 碳源投加频率的控制,通过碳源加药泵控制柜对于控制碳源加药泵单元的碳源投加频率进行控制;并将碳源投加量传递至碳源加药泵控制柜;

[0068] 碳源投加量的确定,通过智能碳源投加系统对控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量。

[0069] 智能碳源投加系统用于控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量的方法包括:

[0070] 碳源投加数据集的准备,通过对输入的原始时间序列数据集进行预处理得到碳源投加数据集;输入的原始时间序列数据集包括总进水TN浓度时间序列数据Total1_{TN}、排放池TN浓度时间序列数据P1_{TN}、总进水流量时间序列数据flow1_{TN}、历史的总进水TN浓度时间序列数据Total2_{TN}、历史的排放池TN浓度时间序列数据P2_{TN}、历史总进水流量时间序列数据flow2_{TN}和实时硝态氮浓度数值P_{NO3_now};

[0071] 对于数据的准备其还包括数据的预处理及有效数据的排序,数据的预处理包括,数据的清洗,对输入的原始时间序列数据进行清洗,即将无效的数据输入至进行删除,从而获得有效的数据;无效的数据包括负数、None、异常过大值、空值、非数值;

[0072] 有效数据的顺序排序,通过对有效数据进行时间的排序,从而获取可训练的时间序列数据;排序后的时间序列为 $[(t_1, x_1), (t_2, x_2), (t_3, x_3), \dots]$ 中,第i个元素 (t_i, x_i) 代表第i个时间段 t_i 和其对应的当时指标值 x_i ,其中,i为时间顺序。

[0073] 智能碳源投加算法的控制,对于输入的数据集通过进水端控制算法确定进水端碳源投加量C_input_1和出水端控制算法确定出水端碳源投加量C_input_2,结合进水端碳源投加量C_input_1及出水端碳源投加量C_input_2控制最终碳源的投加;

[0074] 碳源投加量F_C_input的获取,通过决策函数获得最终碳源投加量F_C_input。

[0075] 智能碳源投加进水端控制算法包括:

[0076] 碳源均值数据C_{avg}的获取,通过周期T获取碳源均值数据C_{avg},

[0077] $C_{avg} = \text{AVG}(\sum_{i=0}^T C_i)$;

[0078] 其中, C_i 为一个周期内的所有碳源加药泵的频率值的碳源量, T 为周期长度;

[0079] 硝态氮浓度修正参数 μ 的获取, 通过实时硝态氮浓度数值 P_{N03_now} 与硝态氮目标值 P_{N03_Target} 之间的差确定硝态氮浓度修正参数 μ ;

[0080] $\mu = 1 + [\rho * (P_{N03_now} - P_{N03_Target})]$;

[0081] 其中, ρ 为量纲参数;

[0082] 总氮去除量 L 的函数计算, 通过历史总进水 TN 浓度时间序列数据 $Total2_{TN}$ 、历史排放池 TN 浓度时间序列数据 $P2_{TN}$ 以及历史总进水流量 $flow2_{TN}$ 从而得到总氮去除量序列 L ;

[0083] $L(Total2_{TN}, P2_{TN}, flow2_{TN}) = (Total2_{TN} - P2_{TN}) * flow2_{TN}$;

[0084] 第一预测模型 $Model_1$ 的获取, 根据总氮去除量序列 L 和碳源均值数据 C_{avg} 组成一组供机器学习模型训练的序列数组, 得到第一预测模型 $Model_1$;

[0085] $Output_1 = Model_EN(L(Total2_{TN}, P2_{TN}, flow2_{TN}), C_{avg})$

[0086] $Output_2 = Model_BP(L(Total2_{TN}, P2_{TN}, flow2_{TN}), C_{avg})$

[0087] $Model_1 = \mu_1 * Output_1 + \mu_2 * Output_2$

[0088] 其中, C_{avg} 为碳源均值数据, $L(Total2_{TN}, P2_{TN}, flow2_{TN})$ 为总氮去除量序列序列 L ; $Model_EN$ 为集成模型; $Model_BP$ 为 BP 神经网络模型, μ_1 为集成模型预测值的权重, μ_2 为 BP 神经网络模型预测值的权重;

[0089] 第二总氮去除量序列函数的构建 L^* , 通过实时总进水 TN 浓度时间序列数据 $Total1_{TN}$ 、排放池 TN 目标值 $Target1_{TN}$ 及实时进水流量 $flow1_{TN}$ 构建第二总氮去除量序列函数 L^* ;

[0090] $L(Total1_{TN}, Target1_{TN}, flow1_{TN})$

[0091] $= (Total1_{TN} - Target1_{TN}) * flow1_{TN}$;

[0092] 进水端控制算法的碳源投加量 C_input_1 的计算, 通过第二总氮去除量序列函数 L^* 、经过训练得到的第一预测模型 $Model_1$ 并结合硝态氮浓度计算得到的参数 μ , 得到进水端控制算法的碳源投加量 C_input_1 ;

[0093] $C_input_1 = \mu * Model_1(L^*(Total1_{TN}, Target1_{TN}, flow1_{TN}))$ 。

[0094] 智能碳源投加算法的出水端算法控制包括:

[0095] 第二数学模型 $Model_2$ 的获取, 根据历史的排放 TN 浓度 $P2_{TN}$ 、最新排放 TN 浓度 $P2_{TN_new}$ 以及 TN 浓度的目标值 $Target1_{TN}$ 之间的关系获得第二数学模型 $Model_2$:

[0096] $error = Target1_{TN} - P2_{TN}$;

[0097] $Integral = \sum (P2_{TN} - Target1_{TN})$;

[0098] $Model_2 = k1 * error + k2 * Integral$;

[0099] 其中, $P2_{TN_new}$ 为最新的排放 TN 浓度数值, $P2_{TN}$ 为一个历史排放 TN 的一个序列, $error$ 为 TN 浓度目标值与最新的排放 TN 浓度数值的差值, $Integral$ 为历史误差的积分值;;

[0100] 碳源投加的变化量 ΔC 的计算, 依据第二数学模型 $Model_2$ 获得碳源投加的变化量 ΔC ;

[0101] $\Delta C = Model_29L(P2_{TN}, P2_{TN_new}, Target1_{TN})$;

[0102] 将进水端控制得到的碳源投加量 C_input_1 与 $Model_2$ 模型计算得出的碳源变化量进行相加得出出水端控制的碳源投加量 C_input_2 :

[0103] $C_input_2 = C_input_1 + \Delta C$ 。

[0104] 决策函数的获取通过将进水端算法控制的进水端碳源投加量 C_{input_1} 与出水端算法控制的出水端碳源投加量 C_{input_2} 得做加权平均获得决策函数,并依据决策函数获得最终碳源投加量 F_{C_input} ;

$$[0105] \quad F_{C_input} = \varphi * C_{input_1} + (1 - \varphi) * C_{input_2};$$

[0106] 其中, φ 为权重参数。

[0107] 图2为进水端控制算法确定进水端碳源投加量 C_{input_1} 和出水端控制算法确定出水端碳源投加量 C_{input_2} ,该算法首先对数据进行数据清理得到预处理数据(主要针对的是缺失值和异常值),然后将数据进行分离,分别为硝态氮数据,历史数据,实时数据。其中硝态氮数据会转换成一个参数,历史数据会构建训练数据集得到两个模型,在实际应用过程中,将实时数据导入到两个模型内,结合前面的参数分别计算出碳源投加量,对两个模型计算得到的碳源投加量进行加权处理,得到最终的碳源投加量。

[0108] 实施例2

[0109] 在实施例1基础上,本实施例还包括碳源投加量的调整,通过动态学习的策略进行碳源投加量的调整。伴随着模型的训练和控制。模型不断根据最新的数据实时学习,不断更新模型:

$$[0110] \quad Model_i = Train_Model(New_Data_i);$$

[0111] 其中, New_Data_i 代表检测仪器获取的最新的数据,数据其包括总进总氮,硝态氮,出水总氮,流量,碳源投加量, $Model_i$ 是根据最新数据训练得到的模型。

[0112] 碳源投加受环境影响较大,如季节变化导致温度、微生物活性等都会导致脱氮效果变差。基于此模型采用动态学习的策略进行控制。选择一周前的时间积累的数据作为训练集做过数据预处理后的),训练后得到模型,利用此模型来控制最新一天的碳源投加量,上述策略每隔一天执行一次。

[0113] 图3中,虚线框内的数据为一周的数据($Train_data$),用这一周的数据进行训练得到模型 $Model$,实线框内为新的一天的数据($data$,经过处理过后为 $Real_data$),将最新的 $Real_data$ 输入训练得到的模型进行计算,得到最终的碳源投加量。

[0114] 上述过程每隔一天训练一次,模型根据前一周的数据变化进行实时更新。动态学习可以有效应对季节变化导致的脱氮效果不佳的情况。

[0115] 通过对比采用只能碳源投加方法及人工控制的碳源投加,其稳定性进行评估如表1中,通过表1可知得出人工控制与算法控制的均值差别不大,但算法控制更加稳定,超过95%以上的出水TN浓度值在合理范围内。

[0116] 通过对其经济型进行评估如表2,通过表2可知碳源投加量减少了14.57%,整体效果算法控制更优。其中,目标值为11mg/h。

[0117] 表1稳定性评估表

[0118]

	均值	标准差	中位数
人工控制	9.48	0.446	9.55
AI控制	10.85	0.532	10.71

[0119] 表2经济型评估表

[0120]

	平均碳源投加量/L
人工控制	62.2

AI控制	53.1
------	------

[0121] 实施例3

[0122] 在上述实施例基础上,本实施例为一种智能碳源投加系统,包括缺氧池、碳源加药泵单元、碳源加药泵智能控制柜和智能碳源投加系统;其所述的智能碳源投加方法实现的碳源投加系统;

[0123] 碳源加药泵单元用于加投碳源至缺氧池内;

[0124] 智能碳源投加系统用于对控制碳源加药泵单元的频率来控制碳源投加量,并将碳源投加量传递至碳源加药泵控制柜;

[0125] 碳源加药泵控制柜用于控制碳源加药泵单元的碳源投加频率。

[0126] 图4为实际运行过程中的碳源投加频率变化图,从图中可以看到,碳源投加频率呈现周期性的脉冲式投加,投加时碳源频率恒定,投加时间长短不同。为了满足算法模型对数据的需求,将脉冲式频率数据转换为连续式频率数据,如图5所示。转换方式如下介绍:碳源数据预处理:根据现实情况的需要,当碳源加药泵频率过低时,加药泵会出现碳源断流的情况,针对这种情况,控制逻辑改为加药泵频率固定,改为控制时间长短。在碳源数据获取时,碳源数据为脉冲式数据,因此要按周期进行预处理。

$$[0127] \quad C = \text{AVG} \left(\sum_{i=0}^T C_i \right)$$

[0128] 其中, C_i 为一个周期内的所有碳源加药泵的频率值, T 为一个周期的长度。

[0129] 图6中,目标值为最希望得到的出水TN浓度,在实际的运行过程中,出水浓度稳定在目标值附近。从上图可以看出在AI控制下的出水总氮稳定在目标值附近,并且都在合理区间内,整体波动较小。人工控制的出水总氮整体在目标值以下,原因为碳源投加量过多,并且整体波动性较大。

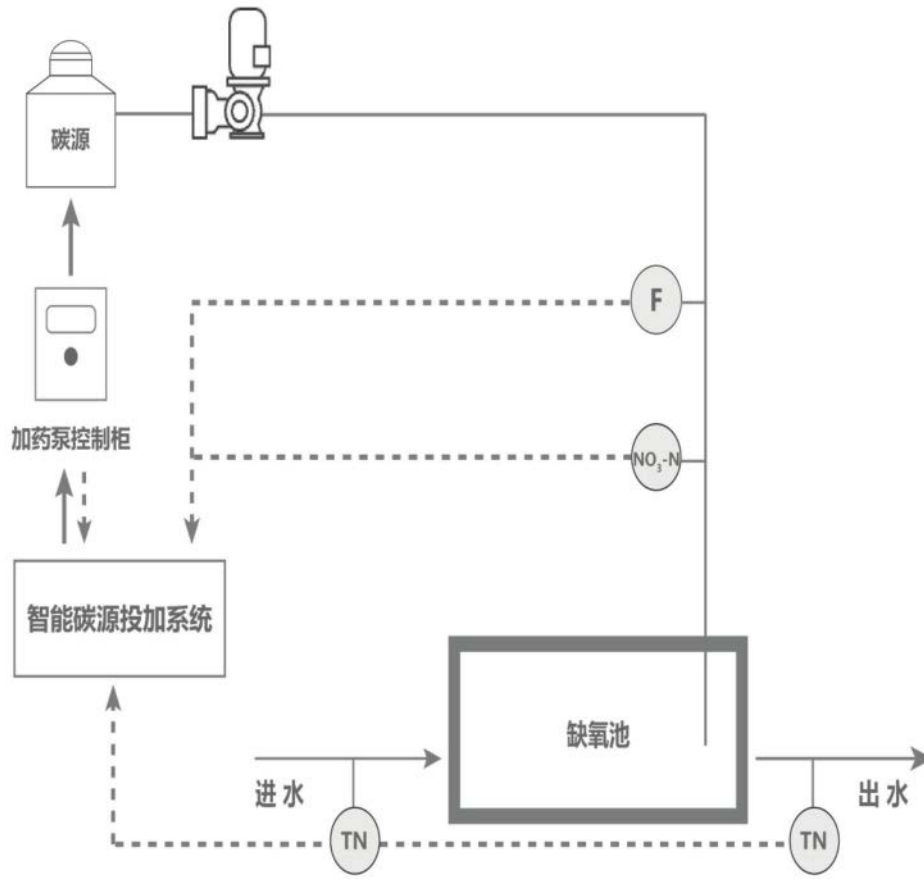


图1

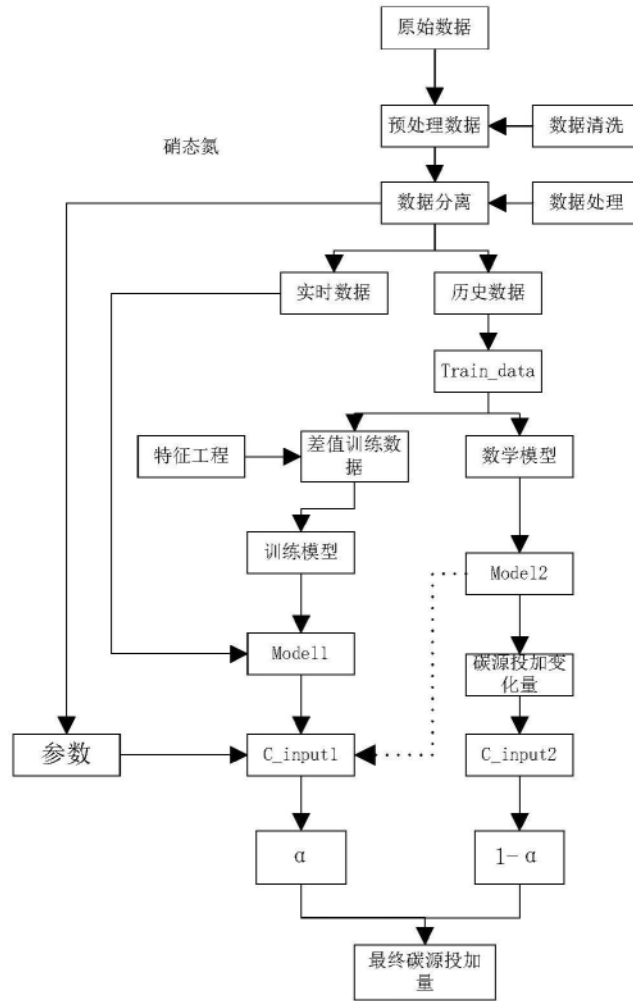


图2

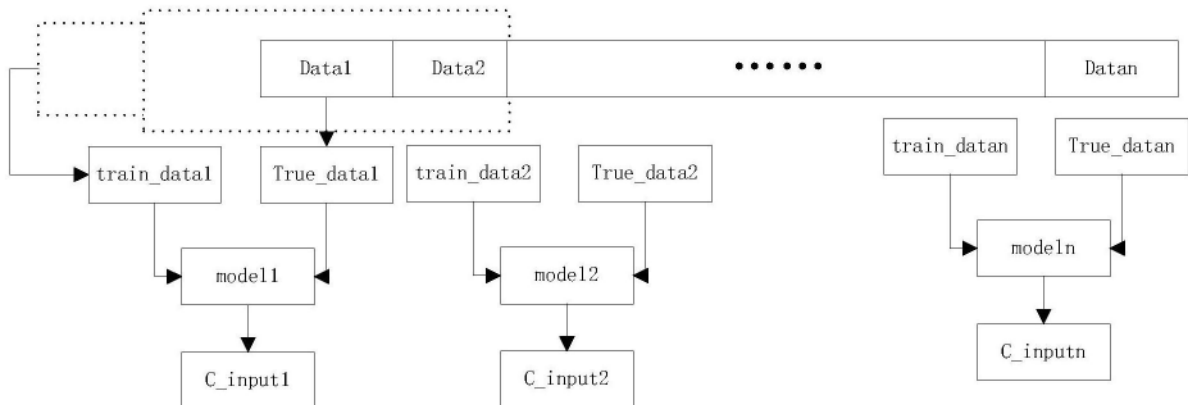


图3

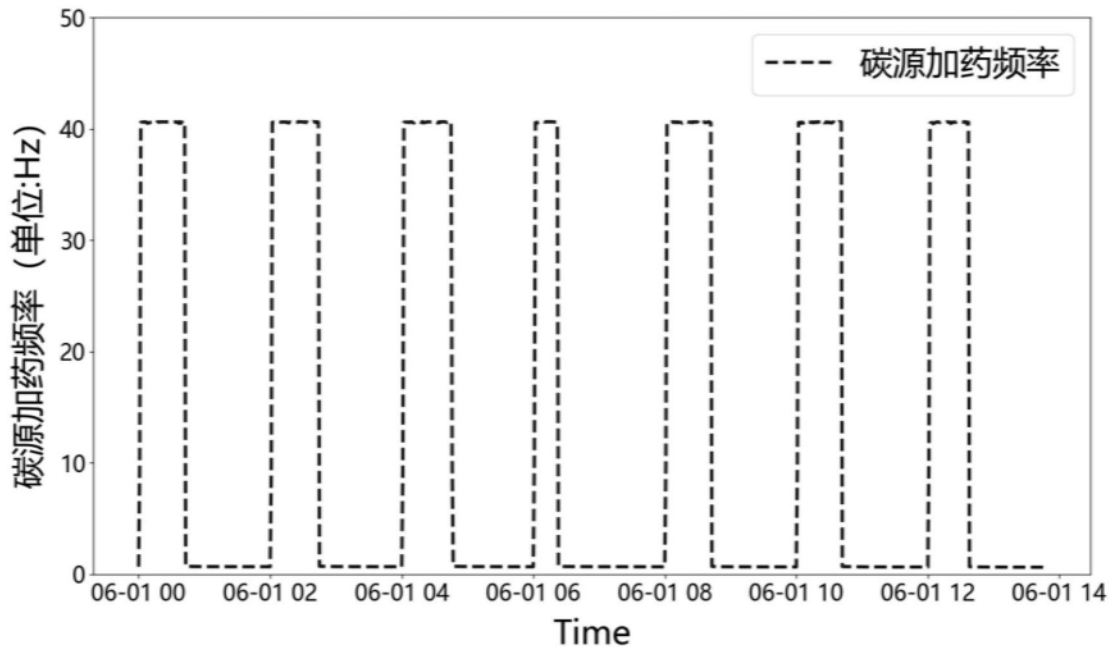


图4

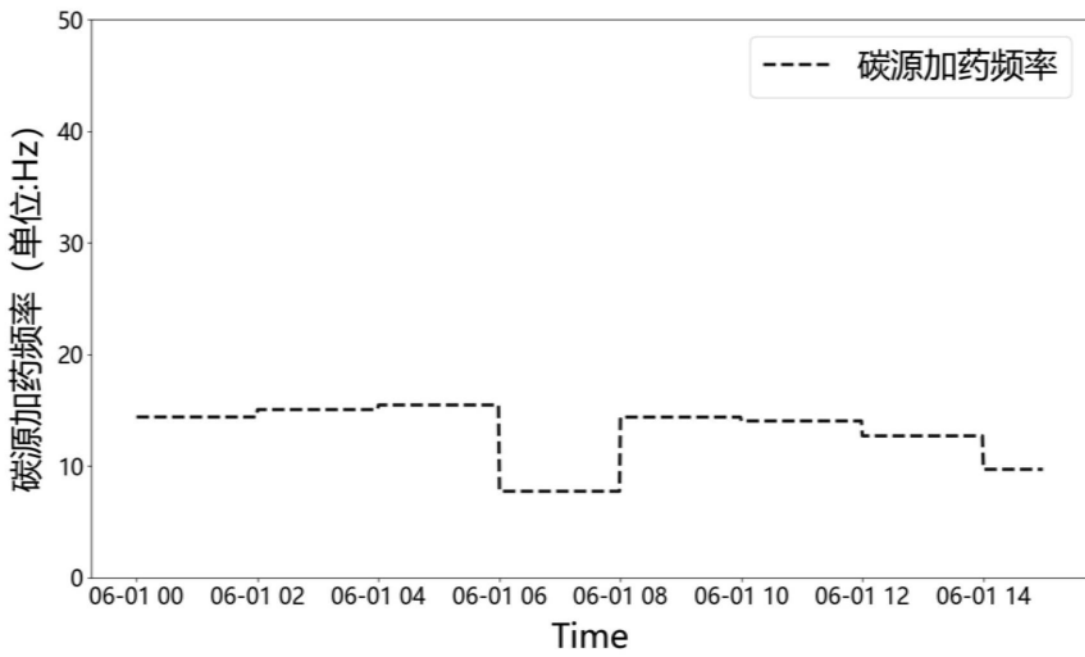


图5

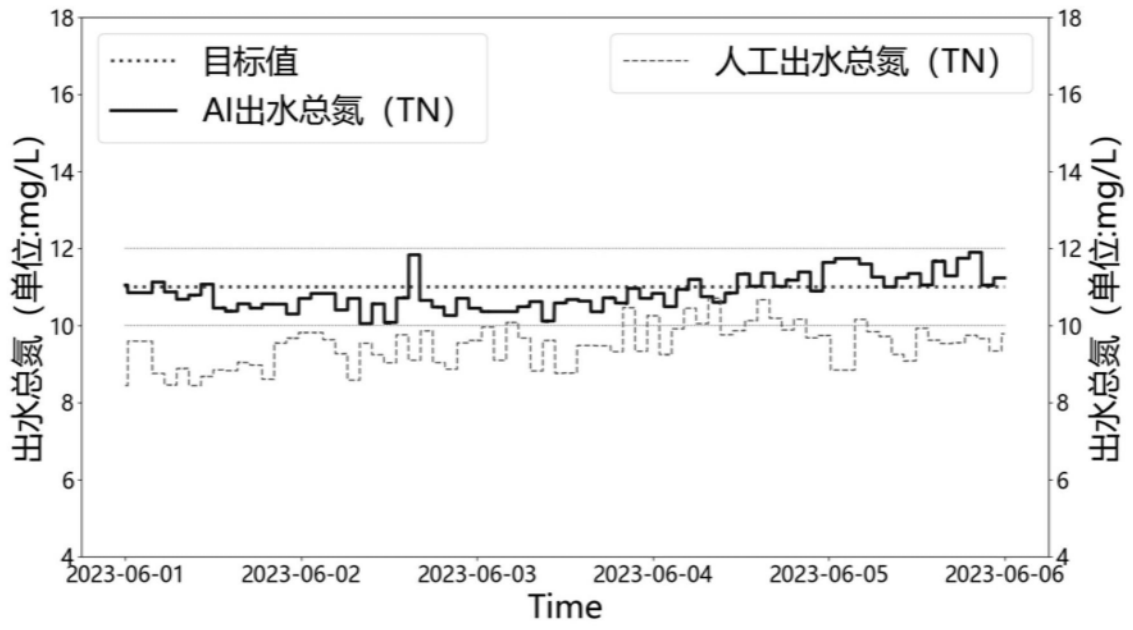


图6