



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112919599 A

(43) 申请公布日 2021.06.08

(21) 申请号 202010972508.3

(22) 申请日 2020.09.16

(71) 申请人 金风环保有限公司

地址 100176 北京市大兴区北京经济技术  
开发区博兴一路8号4幢218室

(72) 发明人 张帅 周俊强 宋守洋

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限  
公司 11286

代理人 史泉 王兆庚

(51) Int. Cl.

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 101/10 (2006.01)

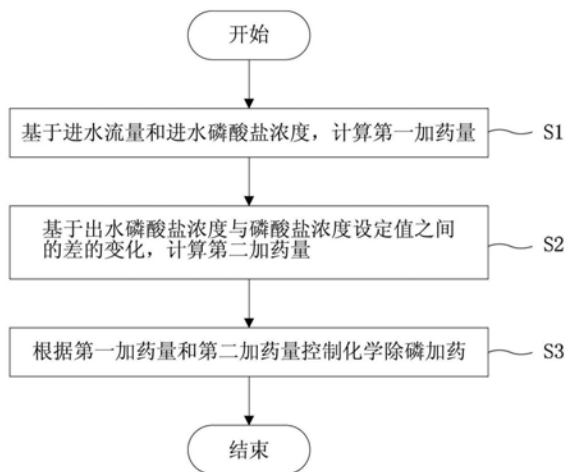
权利要求书3页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

化学除磷加药的控制方法和设备

(57) 摘要

提供一种化学除磷加药的控制方法和设备。所述控制方法包括：基于进水流量和进水磷酸盐浓度，计算第一加药量；基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化，计算第二加药量；根据第一加药量和第二加药量控制化学除磷加药。本发明采用进水负荷前馈与出水磷酸盐浓度反馈相结合的化学除磷手段，以进水负荷前馈为主、出水磷酸盐浓度反馈为辅来控制除磷加药，能够减少化学除磷药物消耗、提高化学除磷药物利用率并改善化学除磷滞后性。



1. 一种化学除磷加药的控制方法,所述控制方法包括:  
基于进水流量和进水磷酸盐浓度,计算第一加药量;  
基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化,计算第二加药量;  
根据第一加药量和第二加药量控制化学除磷加药。
2. 如权利要求1所述的控制方法,其特征在于,基于进水流量和进水磷酸盐浓度,计算第一加药量的步骤包括:  
基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第一偏差;  
基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量。
3. 如权利要求2所述的控制方法,其特征在于,基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第一偏差的步骤包括:  
基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差与出水磷酸盐安全系数之和,计算第一偏差。
4. 如权利要求2所述的控制方法,其特征在于,基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量的步骤包括:  
基于进水流量、第一偏差和第一系数三者的乘积,计算第一加药量,  
其中,第一系数与序批式试验相关联。
5. 如权利要求4所述的控制方法,其特征在于,基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量的步骤还包括:  
通过考虑化学除磷的过量投加系数和加药量的理论除磷质量,计算第一系数。
6. 如权利要求5所述的控制方法,其特征在于,化学除磷的过量投加系数由序批式试验确定。
7. 如权利要求1所述的控制方法,其特征在于,所述控制方法还包括:  
基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第二偏差;  
当第二偏差小于阈值时,将第二加药量计算为0,  
其中,当第二偏差大于或等于所述阈值时,基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化计算第二加药量。
8. 如权利要求7所述的控制方法,其特征在于,当第二偏差大于或等于所述阈值时,基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化计算第二加药量的步骤包括:  
确定第二偏差随时间的变化;  
使用比例-积分-微分控制算法基于第二偏差随时间的变化计算第二加药量。
9. 如权利要求8所述的控制方法,其特征在于,使用比例-积分-微分控制算法基于第二偏差随时间的变化计算第二加药量的步骤包括:  
计算第一差与比例系数的乘积,作为比例项;  
计算当前时刻的第二偏差与积分系数的乘积,作为积分项;  
计算第一差与第二差之间的差与微分系数的乘积,作为微分项;  
基于比例项、积分项和微分项三者之和,计算第二加药量,  
其中,第一差是当前时刻的第二偏差与第一先前时刻的第二偏差之间的差,第二差是第一先前时刻的第二偏差与第二先前时刻的第二偏差之间的差。
10. 如权利要求9所述的控制方法,其特征在于,第一先前时刻是当前时刻的前一采样

时刻,第二先前时刻是第一先前时刻的前一采样时刻。

11.如权利要求9所述的控制方法,其特征在于,基于比例项、积分项和微分项三者之和,计算第二加药量的步骤包括:

通过将所述和作为自变量的线性函数,计算第二加药量。

12.一种化学除磷加药的控制设备,所述控制设备包括:

第一加药量计算模块,被配置为基于进水流量和进水磷酸盐浓度,计算第一加药量;

第二加药量计算模块,被配置为基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化,计算第二加药量;

控制模块,被配置为根据第一加药量和第二加药量控制化学除磷加药。

13.如权利要求12所述的控制设备,其特征在于,第一加药量计算模块被配置为:

基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第一偏差;

基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量。

14.如权利要求13所述的控制设备,其特征在于,第一加药量计算模块被配置为:

基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差与出水磷酸盐安全系数之和,计算第一偏差。

15.如权利要求13所述的控制设备,其特征在于,第一加药量计算模块被配置为:

基于进水流量、第一偏差和第一系数三者的乘积,计算第一加药量,

其中,第一系数与序批式试验相关联。

16.如权利要求15所述的控制设备,其特征在于,第一加药量计算模块被配置为:

通过考虑化学除磷的过量投加系数和加药量的理论除磷质量,计算第一系数。

17.如权利要求16所述的控制设备,其特征在于,化学除磷的过量投加系数由序批式试验确定。

18.如权利要求12所述的控制设备,其特征在于,第二加药量计算模块还被配置为:

基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第二偏差;

当第二偏差小于阈值时,将第二加药量计算为0,

其中,当第二偏差大于或等于所述阈值时,第二加药量计算模块被配置为基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化计算第二加药量。

19.如权利要求18所述的控制设备,其特征在于,第二加药量计算模块被配置为:

确定第二偏差随时间的变化;

使用比例-积分-微分控制算法基于第二偏差随时间的变化计算第二加药量。

20.如权利要求19所述的控制设备,其特征在于,第二加药量计算模块被配置为:

计算第一差与比例系数的乘积,作为比例项;

计算当前时刻的第二偏差与积分系数的乘积,作为积分项;

计算第一差与第二差之间的差与微分系数的乘积,作为微分项;

基于比例项、积分项和微分项三者之和,计算第二加药量,

其中,第一差是当前时刻的第二偏差与第一先前时刻的第二偏差之间的差,第二差是第一先前时刻的第二偏差与第二先前时刻的第二偏差之间的差。

21.如权利要求20所述的控制设备,其特征在于,第一先前时刻是当前时刻的前一采样时刻,第二先前时刻是第一先前时刻的前一采样时刻。

22. 如权利要求20所述的控制设备,其特征在于,第二加药量计算模块被配置为:  
通过将所述和作为自变量的线性函数,计算第二加药量。

23. 一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质,其特征在于,当所述计算机程序被处理器执行时,实现如权利要求1至11中任意一项所述的化学除磷加药的控制方法。

24. 一种控制装置,包括:

处理器;

存储器,存储有计算机程序,当所述计算机程序被处理器执行时,实现如权利要求1至11中任意一项所述的化学除磷加药的控制方法。

## 化学除磷加药的控制方法和设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种化学除磷加药的控制方法和设备,更具体地讲,涉及一种能够实现低成本并且改善除磷工艺的处理效果的化学除磷加药的控制方法和设备。

### 背景技术

[0002] 自动化学除磷加药控制是实现智慧污水厂智能加药的重要技术载体。通过自动控制,向污水中投加金属盐类形成不溶性的磷酸盐沉淀产物,然后再进行泥水分离从出水中去除,从而实现化学除磷。因此,自动化学除磷加药控制已经成为近年来国内外水污染控制技术的主要研究热点之一。

[0003] 然而,在现有的技术方案中,由于控制方式单一,导致化学除磷具有明显滞后性和不确定性,并且抵御水量水质冲击能力较差。因此,需要一种能够减少化学除磷药物消耗、提高化学除磷药物利用率并改善化学除磷滞后性的化学除磷加药的控制方法和设备。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种能够实现低成本并且改善除磷工艺的处理效果的化学除磷加药的控制方法和设备。

[0005] 根据本发明构思的一个实施例,提供一种化学除磷加药的控制方法,所述控制方法包括:基于进水流量和进水磷酸盐浓度,计算第一加药量;基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化,计算第二加药量;根据第一加药量和第二加药量控制化学除磷加药。

[0006] 可选地,基于进水流量和进水磷酸盐浓度,计算第一加药量的步骤包括:基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第一偏差;基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量。

[0007] 可选地,基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第一偏差的步骤包括:基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差与出水磷酸盐安全系数之和,计算第一偏差。

[0008] 可选地,基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量的步骤包括:基于进水流量、第一偏差和第一系数三者的乘积,计算第一加药量,其中,第一系数与序批式试验相关联。

[0009] 可选地,基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量的步骤还包括:通过考虑化学除磷的过量投加系数和加药量的理论除磷质量,计算第一系数。

[0010] 可选地,化学除磷的过量投加系数由序批式试验确定。

[0011] 可选地,所述控制方法还包括:基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第二偏差;当第二偏差小于阈值时,将第二加药量计算为0,其中,当第二偏差大于或等于所述阈值时,基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化计算第二加药量。

[0012] 可选地,当第二偏差大于或等于所述阈值时,基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化计算第二加药量的步骤包括:确定第二偏差随时间的变化;使用比例-积分-微分控制算法基于第二偏差随时间的变化计算第二加药量。

[0013] 可选地,使用比例-积分-微分控制算法基于第二偏差随时间的变化计算第二加药量的步骤包括:计算第一差与比例系数的乘积,作为比例项;计算当前时刻的第二偏差与积分系数的乘积,作为积分项;计算第一差与第二差之间的差与微分系数的乘积,作为微分项;基于比例项、积分项和微分项三者之和,计算第二加药量,其中,第一差是当前时刻的第二偏差与第一先前时刻的第二偏差之间的差,第二差是第一先前时刻的第二偏差与第二先前时刻的第二偏差之间的差。

[0014] 可选地,第一先前时刻是当前时刻的前一采样时刻,第二先前时刻是第一先前时刻的前一采样时刻。

[0015] 可选地,基于比例项、积分项和微分项三者之和,计算第二加药量的步骤包括:通过将所述和作为自变量的线性函数,计算第二加药量。

[0016] 根据本发明构思的一个实施例,提供一种化学除磷加药的控制设备,所述控制设备包括:第一加药量计算模块,被配置为基于进水流量和进水磷酸盐浓度,计算第一加药量;第二加药量计算模块,被配置为基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化,计算第二加药量;控制模块,被配置为根据第一加药量和第二加药量控制化学除磷加药。

[0017] 可选地,第一加药量计算模块被配置为:基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第一偏差;基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量。

[0018] 可选地,第一加药量计算模块被配置为:基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差与出水磷酸盐安全系数之和,计算第一偏差。

[0019] 可选地,第一加药量计算模块被配置为:基于进水流量、第一偏差和第一系数三者的乘积,计算第一加药量,其中,第一系数与序批式试验相关联。

[0020] 可选地,第一加药量计算模块被配置为:通过考虑化学除磷的过量投加系数和加药量的理论除磷质量,计算第一系数。

[0021] 可选地,化学除磷的过量投加系数由序批式试验确定。

[0022] 可选地,第二加药量计算模块还被配置为:基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第二偏差;当第二偏差小于阈值时,将第二加药量计算为0,其中,当第二偏差大于或等于所述阈值时,第二加药量计算模块被配置为基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化计算第二加药量。

[0023] 可选地,第二加药量计算模块被配置为:确定第二偏差随时间的变化;使用比例-积分-微分控制算法基于第二偏差随时间的变化计算第二加药量。

[0024] 可选地,第二加药量计算模块被配置为:计算第一差与比例系数的乘积,作为比例项;计算当前时刻的第二偏差与积分系数的乘积,作为积分项;计算第一差与第二差之间的差与微分系数的乘积,作为微分项;基于比例项、积分项和微分项三者之和,计算第二加药量,其中,第一差是当前时刻的第二偏差与第一先前时刻的第二偏差之间的差,第二差是第一先前时刻的第二偏差与第二先前时刻的第二偏差之间的差。

[0025] 可选地,第一先前时刻是当前时刻的前一采样时刻,第二先前时刻是第一先前时

刻的前一采样时刻。

[0026] 可选地,第二加药量计算模块被配置为:通过将所述和作为自变量的线性函数,计算第二加药量。

[0027] 根据本发明构思的一个实施例,提供一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质,其特征在于,当所述计算机程序被处理器执行时,实现如上所述的化学除磷加药的控制方法。

[0028] 根据本发明构思的一个实施例,提供一种控制装置,包括:处理器;存储器,存储有计算机程序,当所述计算机程序被处理器执行时,实现如上所述的化学除磷加药的控制方法。

[0029] 本发明采用进水负荷前馈与出水磷酸盐浓度反馈相结合的化学除磷手段,以进水负荷前馈为主、出水磷酸盐浓度反馈为辅来控制除磷加药,能够减少化学除磷药物消耗、提高化学除磷药物利用率并改善化学除磷滞后性。

## 附图说明

[0030] 通过下面结合附图进行的详细描述,本公开的以上和/或其他方面将变得清楚和更容易理解,其中:

[0031] 图1是示出根据本发明构思的实施例的化学除磷加药的控制方法的流程图;

[0032] 图2是示出根据本发明构思的实施例的计算第一加药量的步骤的流程图;

[0033] 图3是示出根据本发明构思的实施例的计算第二加药量的步骤的流程图;

[0034] 图4是示出根据本发明构思的实施例的计算第二加药量的详细步骤的流程图;

[0035] 图5是示出根据本发明构思的实施例的化学除磷加药的控制设备的框图;

[0036] 图6是示出根据本发明构思的实施例的化学除磷加药的控制装置的框图。

## 具体实施方式

[0037] 下面将参照附图详细描述本发明构思的实施例。

[0038] 图1是示出根据本发明构思的实施例的化学除磷加药的控制方法的流程图。

[0039] 参照图1,根据本发明构思的实施例的化学除磷加药的控制方法包括步骤S1至S3。

[0040] 在步骤S1中,基于进水流量和进水磷酸盐浓度,计算第一加药量。

[0041] 步骤S1可由下面的公式1表示,其中, $A_1$ 表示第一加药量,单位可以为L/h, $Q_{\text{进水}}(t)$ 表示t时刻的进水流量,单位可以为 $\text{m}^3/\text{h}$ , $C_{\text{进水}}(t)$ 表示t时刻的进水磷酸盐浓度,单位可以为mg/L, $f_1(Q_{\text{进水}}(t), C_{\text{进水}}(t))$ 表示第一加药量 $A_1$ 是 $Q_{\text{进水}}(t)$ 和 $C_{\text{进水}}(t)$ 的函数。

[0042]  $A_1(t) = f_1(Q_{\text{进水}}(t), C_{\text{进水}}(t))$  公式1

[0043] 具体地讲,进水流量指的是化学除磷加药之前的待处理的水的流量,进水磷酸盐浓度指的是化学除磷加药之前的待处理的水中的磷酸盐浓度。在化学除磷加药在水处理系统中的高密池中进行的情况下,进水流量和进水磷酸盐浓度分别表示待处理的水进入高密池之前的流量和磷酸盐浓度。然而,本发明构思不限于此,化学除磷加药还可以在水处理系统中的其他池中进行。

[0044] 例如,当进水流量较大和/或进水磷酸盐浓度较高时,加药量也需要相应地增加。因此,用于化学除磷的加药量直接与进水流量和进水磷酸盐浓度相关联,并且基于进水流

量和进水磷酸盐浓度计算的第一加药量在化学除磷中起到主要作用。由于步骤S1中计算的第一加药量取决于化学除磷之前的待处理的水的相关参数,因此步骤S1也可被称为化学除磷加药的控制方法的前馈步骤,进水流量和进水磷酸盐浓度也可被称为前馈负荷,第一加药量也可被称为前馈加药量。

[0045] 在下文中,将参照图2详细描述在步骤S1中计算第一加药量的步骤。

[0046] 在步骤S2中,基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化,计算第二加药量。

[0047] 步骤S2可由下面的公式2表示,其中, $A_2(t)$ 表示t时刻的第二加药量,单位可以为L/h, $C_{出水}(t)$ 表示t时刻的出水磷酸盐浓度,单位可以为mg/L, $C_{设置}$ 表示磷酸盐浓度设定值并且可以是例如0.3mg/L, $\Delta(C_{出水}(t)-C_{设置})$ 表示t时刻的出水磷酸盐浓度 $C_{出水}(t)$ 与磷酸盐浓度设定值 $C_{设置}$ 之间的差的变化, $f_2(\Delta(C_{出水}(t)-C_{设置}))$ 表示第二加药量 $A_2$ 是t时刻的出水磷酸盐浓度 $C_{出水}(t)$ 与磷酸盐浓度设定值 $C_{设置}$ 之间的差的变化 $\Delta(C_{出水}(t)-C_{设置})$ 的函数。

[0048]  $A_2(t) = f_2(\Delta(C_{出水}(t)-C_{设置}))$  公式2

[0049] 具体地讲,出水磷酸盐浓度指的是化学除磷加药处理后的水的实际的磷酸盐浓度。在化学除磷加药在水处理系统中的高密池中进行的情况下,出水磷酸盐浓度表示从高密池流出的处理后的水的实际的磷酸盐浓度。磷酸盐浓度设定值指的是化学除磷加药处理后的水的期望的磷酸盐浓度。

[0050] 在理想的或期望的情况下,化学除磷加药处理后的水的实际的磷酸盐浓度应当等于和/或小于磷酸盐浓度设定值。然而,在实际情况下,在使用相应的仪器测量进水流量和进水磷酸盐浓度的采样间隔期间,进水流量和进水磷酸盐浓度可能存在一定的波动,因而使用第一加药量进行化学除磷加药处理后的水的实际的磷酸盐浓度可能大于磷酸盐浓度设定值,从而导致处理后的水的磷酸盐浓度超标。

[0051] 在这种情况下,根据本发明构思的实施例,可通过执行上述步骤S2计算额外的加药量(即,第二加药量)来提高化学除磷的能力,从而降低出水磷酸盐浓度,并使处理后的水的实际的磷酸盐浓度达标(即,使出水磷酸盐浓度降低到等于小于磷酸盐浓度设定值)。因此在步骤S2中计算的第二加药量在化学除磷中起到辅助作用。此外,由于步骤S2中计算的第二加药量取决于使用第一加药量进行化学除磷处理后的水的相关参数,因此步骤S2也可被称为化学除磷加药的控制方法的反馈步骤,出水磷酸盐浓度也可被称为反馈负荷,第二加药量也可被称为反馈加药量。由于使用出水磷酸盐浓度作为反馈,因此能够减少化学除磷药物消耗、提高化学除磷药物利用率并改善化学除磷滞后性。

[0052] 在一个优选示例中,根据本发明构思的实施例的化学除磷加药的控制方法还可包括步骤S4(未示出)和S5(未示出)。

[0053] 在步骤S4中,基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第二偏差。

[0054] 步骤S4可由下面的公式3表示,其中, $D_2(t)$ 表示在t时刻的第二偏差。

[0055]  $D_2(t) = C_{出水}(t) - C_{设置}$  公式3

[0056] 在步骤S5中,当第二偏差小于阈值时,将第二加药量计算为0。此外,当第二偏差大于或等于所述阈值时,可执行步骤S2来计算第二加药量。

[0057] 可通过下面的公式4来计算第二加药量,其中, $C_{th}$ 表示阈值。例如,阈值 $C_{th}$ 可等于0.1mg/L。

$$[0058] \quad A_2(t) = \begin{cases} 0 & , D_2(t) < C_{th} \\ f_2(\Delta(D_2(t))) & , D_2(t) \geq C_{th} \end{cases} \quad \text{公式 4}$$

[0059] 通过以上步骤S4和S5,可通过设置合适的阈值,来快速判断是否需要第二加药量,并且在不需要第二加药量时使第二加药量等于0,从而节省计算资源,提高计算速度。

[0060] 在下文中,将参照图3和图4详细描述在步骤S2中计算第二加药量的步骤。

[0061] 在步骤S3中,根据第一加药量和第二加药量控制化学除磷加药。

[0062] 在一个具体示例中,可使用第一加药量与第二加药量之和作为最终加药量,并基于与最终加药量对应的控制信号使用变频器控制加药泵按最终加药量进行加药。可通过下面的公式5计算最终加药量,其中,A(t)表示t时刻的最终加药量,单位可以为L/h。

$$[0063] \quad A(t) = A_1(t) + A_2(t) \quad \text{公式 5}$$

[0064] 根据本发明构思的实施例,在使用一个高密池进行化学除磷加药的情况下,可将投药点设置为一个,并且将最终加药量分配给唯一的一个加药点进行化学除磷加药;或者可将投药点设置为多个,在维持最终加药量不变的情况下,将总共第一加药量分配给在多个加药点之中的至少一个进行化学除磷加药,并且将总共第二加药量分配给多个加药点之中的至少一个进行化学除磷加药。此外,在使用多个高密池进行化学除磷加药的情况下,可将最终加药量分配给多个高密池之中的一个高密池进行化学除磷加药;或者在维持最终加药量不变的情况下,可将总共第一加药量分配给在多个高密池之中的至少一个进行化学除磷加药,并且将总共第二加药量分配给多个高密池之中的至少一个进行化学除磷加药。然而,本发明构思不限于此,本申请不对如何将第一加药量和第二加药量分配给高密池和/或投药点进行具体限制。

[0065] 图2是示出根据本发明构思的实施例的计算第一加药量的步骤的流程图。

[0066] 参照图2,根据本发明构思的实施例的计算第一加药量的步骤包括步骤S11和S12。

[0067] 在步骤S11中,基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第一偏差。

[0068] 步骤S11可由下面的公式6表示,其中, $D_1(t)$ 表示t时刻的第一偏差,符号 $\propto$ 表示正相关。

$$[0069] \quad D_1(t) \propto C_{\text{进水}}(t) - C_{\text{设置}} \quad \text{公式 6}$$

[0070] 根据本发明构思的实施例,步骤S11具体可包括:基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差与出水磷酸盐安全系数之和,计算第一偏差。也就是说,公式6可具体由下面的公式7表示,其中, $C_0$ 表示出水磷酸盐安全系数,无量纲,并且出水磷酸盐安全系数 $C_0$ 可以根据现有技术来确定。

$$[0071] \quad D_1(t) = C_{\text{进水}}(t) - C_{\text{设置}} + C_0 \quad \text{公式 7}$$

[0072] 在步骤S12中,基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量。

[0073] 步骤S12可由下面的公式8表示。

$$[0074] \quad A_1(t) \propto Q_{\text{进水}}(t) \times D_1(t) \quad \text{公式 8}$$

[0075] 通常,进水流量和进水磷酸盐浓度均会随时间而发生波动,并且进水流量的波动经常大于进水磷酸盐浓度的波动,因此,如公式8所示,可以根据进水流量和进水磷酸盐浓度的乘积实时计算进水负荷,进而控制第一药量。

[0076] 根据本发明构思的实施例,步骤S12具体可包括:基于进水流量、第一偏差和第一系数三者的乘积,计算第一加药量。也就是说,公式8可具体由下面的公式9表示,其中,K表示第一系数并且与序批式试验相关联。

[0077]  $A_1(t) = Q_{\text{进水}}(t) \times D_1(t) \times K$  公式9

[0078] 在一个示例中,可通过考虑化学除磷的过量投加系数和加药量的理论除磷质量,计算第一系数K。可通过下面的公式10来计算第一系数K,其中, $K_1$ 表示化学除磷的过量投加系数,过量投加系数可以是金属元素的投加量与待处理的水中的磷元素的摩尔比,并且可以由序批式试验确定, $K_2$ 表示单位加药量的理论除磷质量,单位可以为g/L,并且可由序批式试验确定。

[0079]  $K \propto K_1/K_2$  公式10

[0080] 在一个具体示例中,如下面的公式11所示,可通过化学除磷的过量投加系数 $K_1$ 、加药量的理论除磷质量 $K_2$ 以及前馈系数,计算第一系数K,其中, $K_{\text{前馈}}$ 表示前馈系数,无量纲,并且前馈系数 $K_{\text{前馈}}$ 可以根据现有技术来确定。

[0081]  $K = K_{\text{前馈}} \times K_1/K_2$  公式11

[0082] 图3是示出根据本发明构思的实施例的计算第二加药量的步骤的流程图。

[0083] 参照图3,根据本发明构思的实施例的计算第二加药量的步骤包括布置S21和S22。

[0084] 在步骤S21中,确定第二偏差随时间的变化。

[0085] 例如,可根据公式3来计算第二偏差,并且可基于在不同时间点计算的多个第二偏差来确定第二偏差随时间的变化。

[0086] 在步骤S22中,使用比例-积分-微分(PID)控制算法基于第二偏差随时间的变化计算第二加药量。

[0087] 例如,可根据公式2来计算第二加药量。在下文中,将参照图4详细描述在步骤S22中计算第二加药量的步骤。

[0088] 图4是示出根据本发明构思的实施例的计算第二加药量的详细步骤的流程图。

[0089] 参照图4,根据本发明构思的实施例的步骤S22包括步骤S221至S224。

[0090] 在步骤S221中,计算第一差与比例系数的乘积,作为比例项。

[0091] 根据本发明构思的实施例,第一差可以是当前时刻的第二偏差与第一先前时刻的第二偏差之间的差,并且第一先前时刻可以是当前时刻的前一采样时刻。

[0092] 因此,步骤S221可由下面的公式12来表示,其中, $A_p(t)$ 表示比例项, $K_p$ 表示比例系数, $D_2(t)$ 即为当前时刻t的第二偏差, $D_2(t-1)$ 表示第一先前时刻的第二偏差, $(D_2(t) - D_2(t-1))$ 即为第一差。

[0093]  $A_p(t) = K_p \times (D_2(t) - D_2(t-1))$  公式12

[0094] 在步骤S222中,计算当前时刻的第二偏差与积分系数的乘积,作为积分项。

[0095] 步骤S222可由下面的公式13来表示,其中, $A_i(t)$ 表示积分项, $K_i$ 表示积分系数。

[0096]  $A_i(t) = K_i \times D_2(t)$  公式13

[0097] 在步骤S223中,计算第一差与第二差之间的差与微分系数d的乘积,作为微分项。

[0098] 根据本发明构思的实施例,第二差是第一先前时刻的第二偏差与第二先前时刻的第二偏差之间的差,并且第二先前时刻是第一先前时刻的前一采样时刻。

[0099] 因此,步骤S223可由下面的公式14来表示,其中, $A_d(t)$ 表示微分项, $K_d$ 表示微分系

数,  $D_2(t-2)$  表示第二先前时刻的第二偏差,  $(D_2(t-1) - D_2(t-2))$  即为第二差。

[0100]  $A_d(t) = K_d \times [(D_2(t) - D_2(t-1)) - (D_2(t-1) - D_2(t-2))]$  公式14

[0101] 在以上步骤S221至S223中的比例系数、积分系数和微分系数可以采用工程试凑法确定。例如,可以根据当前的出水磷酸盐浓度,首先确定采样时间间隔,然后优化比例系数,最后确定积分系数和微分系数。

[0102] 在步骤S224中,基于比例项、积分项和微分项三者之和,计算第二加药量。

[0103] 步骤S224可由下面的公式15来表示,其中,  $S(t)$  表示比例项、积分项和微分项三者之和。

[0104]  $A_2(t) \propto S(t) = A_p(t) + A_i(t) + A_d(t)$  公式15

[0105] 在一个具体示例中,通过将所述和作为自变量的线性函数,计算第二加药量。因此,公式15可具体由下面的公式16表示,其中,  $a$  和  $b$  分别为线性函数的系数,无量纲,并且  $a$  和  $b$  可分别根据现有技术来确定。此外,线性函数的系数  $a$  还可以被称为反馈系数。

[0106]  $A_2(t) = a \times S(t) + b$  公式16

[0107] 因此,根据以上公式1至16,可以计算最终加药量,从而可以根据最终加药量进行化学除磷加药。

[0108] 图5是示出根据本发明构思的实施例的化学除磷加药的控制设备的框图。

[0109] 参照图5,根据本发明构思的实施例的化学除磷加药的控制设备100包括第一加药量计算模块110、第二加药量模块120和控制模块130。

[0110] 第一加药量计算模块110被配置为基于进水流量和进水磷酸盐浓度,计算第一加药量。例如,第一加药量计算模块110可根据公式1进行计算。

[0111] 具体地讲,进水流量指的是化学除磷加药之前的待处理的水的流量,进水磷酸盐浓度指的是化学除磷加药之前的待处理的水中的磷酸盐浓度。在化学除磷加药在水处理系统中的高密池中进行的情况下,进水流量和进水磷酸盐浓度分别表示待处理的水进入高密池之前的流量和磷酸盐浓度。然而,本发明构思不限于此,化学除磷加药还可以在水处理系统中的其他池中进行。

[0112] 例如,当进水流量较大和/或进水磷酸盐浓度较高时,加药量也需要相应地增加。因此,用于化学除磷的加药量直接与进水流量和进水磷酸盐浓度相关联,并且基于进水流量和进水磷酸盐浓度计算的第一加药量在化学除磷中起到主要作用。由于在第一加药量计算模块110的以上处理中计算的第一加药量取决于化学除磷之前的待处理的水的相关参数,因此第一加药量计算模块110的以上处理也可被称为化学除磷加药的控制设备的前馈处理,进水流量和进水磷酸盐浓度也可被称为前馈负荷,第一加药量也可被称为前馈加药量。

[0113] 在下文中,将详细描述第一加药量计算模块110计算第一加药量的处理。

[0114] 根据本发明构思的实施例,第一加药量计算模块110可被配置为:基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第一偏差。例如,第一加药量计算模块110可根据公式6进行计算。

[0115] 根据本发明构思的实施例,第一加药量计算模块110可被配置为:基于进水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差与出水磷酸盐安全系数之和,计算第一偏差。例如,第一加药量计算模块110可根据公式7进行计算。

[0116] 根据本发明构思的实施例,第一加药量计算模块110可被配置为:基于进水流量和第一偏差的乘积,计算第一加药量。例如,第一加药量计算模块110可根据公式8进行计算。

[0117] 通常,进水流量和进水磷酸盐浓度均会随时间而发生波动,并且进水流量的波动经常大于进水磷酸盐浓度的波动,因此,如公式8所示,可以根据进水流量和进水磷酸盐浓度的乘积实时计算进水负荷,进而控制第一药量。

[0118] 根据本发明构思的实施例,第一加药量计算模块110可被配置为:基于进水流量、第一偏差和第一系数三者的乘积,计算第一加药量。例如,第一加药量计算模块110可根据公式9进行计算。

[0119] 根据本发明构思的实施例,第一加药量计算模块110可被配置为:通过考虑化学除磷的过量投加系数和加药量的理论除磷质量,计算第一系数K。例如,第一加药量计算模块110可根据公式10进行计算。

[0120] 根据本发明构思的实施例,第一加药量计算模块110可被配置为:通过化学除磷的过量投加系数 $K_1$ 、加药量的理论除磷质量 $K_2$ 以及前馈系数,计算第一系数K。例如,第一加药量计算模块110可根据公式11进行计算。

[0121] 第二加药量计算模块120被配置为基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化,计算第二加药量。例如,第二加药量计算模块120可根据公式2进行计算。

[0122] 具体地讲,出水磷酸盐浓度指的是化学除磷加药处理后的水的实际的磷酸盐浓度。在化学除磷加药在水处理系统中的高密池中进行的情况下,出水磷酸盐浓度表示从高密池流出的处理后的水的实际的磷酸盐浓度。磷酸盐浓度设定值指的是化学除磷加药处理后的水的期望的磷酸盐浓度。

[0123] 在理想的或期望的情况下,化学除磷加药处理后的水的实际的磷酸盐浓度应当等于和/或小于磷酸盐浓度设定值。然而,在实际情况下,在使用相应的仪器测量进水流量和进水磷酸盐浓度的采样间隔期间,进水流量和进水磷酸盐浓度可能存在一定的波动,因而使用第一加药量进行化学除磷加药处理后的水的实际的磷酸盐浓度可能大于磷酸盐浓度设定值,从而导致处理后的水的磷酸盐浓度超标。

[0124] 在这种情况下,根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120可通过执行上述处理计算额外的加药量(即,第二加药量)来提高化学除磷的能力,从而降低出水磷酸盐浓度,并使处理后的水的实际的磷酸盐浓度达标(即,使出水磷酸盐浓度降低到等于小于磷酸盐浓度设定值)。因此在以上处理中计算的第二加药量在化学除磷中起到辅助作用。此外,由于在以上处理中计算的第二加药量取决于使用第一加药量进行化学除磷处理后的水的相关参数,因此以上处理也可被称为化学除磷加药的控制设备的反馈处理,出水磷酸盐浓度也可被称为反馈负荷,第二加药量也可被称为反馈加药量。由于使用出水磷酸盐浓度作为反馈,因此能够减少化学除磷药物消耗、提高化学除磷药物利用率并改善化学除磷滞后性。

[0125] 根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120还可被配置为:基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差,计算第二偏差。例如,第二加药量计算模块120可根据公式3进行计算。

[0126] 根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120还可被配置为当第二偏差小于阈值时,将第二加药量计算为0。此外,根据本发明构思的实施例,当第二偏差大于或等于

所述阈值时,第二加药量计算模块120可被配置为基于出水磷酸盐浓度与磷酸盐浓度设定值之间的差的变化,计算第二加药量。例如,第二加药量计算模块120可根据公式4进行计算。

[0127] 通过以上处理,可通过设置合适的阈值来快速判断是否需要第二加药量,并且在不需要第二加药量时使第二加药量等于0,从而节省计算资源,提高计算速度。

[0128] 在下文中,将详细描述第二加药量计算模块120计算第二加药量的处理。

[0129] 根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120可被配置为:确定第二偏差随时间的变化。例如,第二加药量计算模块120可根据公式3进行计算。

[0130] 根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120可被配置为:使用PID控制算法基于第二偏差随时间的变化计算第二加药量。例如,第二加药量计算模块120可根据公式2进行计算第二加药量。

[0131] 在下文中,将详细描述第二加药量计算模块120使用PID控制算法基于第二偏差随时间的变化计算第二加药量的处理。

[0132] 根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120可被配置为:计算第一差与比例系数的乘积,作为比例项。根据本发明构思的实施例,第一差可以是当前时刻的第二偏差与第一先前时刻的第二偏差之间的差,并且第一先前时刻可以是当前时刻的前一采样时刻。例如,第二加药量计算模块120可根据公式12进行计算。

[0133] 根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120可被配置为:计算当前时刻的第二偏差与积分系数的乘积,作为积分项。例如,第二加药量计算模块120可根据公式13进行计算。

[0134] 根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120可被配置为:计算第一差与第二差之间的差与微分系数d的乘积,作为微分项。根据本发明构思的实施例,第二差是第一先前时刻的第二偏差与第二先前时刻的第二偏差之间的差,并且第二先前时刻是第一先前时刻的前一采样时刻。例如,第二加药量计算模块120可根据公式14进行计算。

[0135] 在以上处理中的比例系数、积分系数和微分系数可以采用工程试凑法确定。例如,可以根据当前的出水磷酸盐浓度,首先确定采样时间间隔,然后优化比例系数,最后确定积分系数和微分系数。

[0136] 根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120可被配置为:基于比例项、积分项和微分项三者之和,计算第二加药量。例如,第二加药量计算模块120可根据公式15进行计算。

[0137] 根据本发明构思的实施例,第二加药量计算模块120可被配置为:通过将所述和作为自变量的线性函数,计算第二加药量。例如,第二加药量计算模块120可根据公式16进行计算。

[0138] 控制模块130被配置为:根据第一加药量和第二加药量控制化学除磷加药。

[0139] 在一个具体示例中,可使用第一加药量与第二加药量之和作为最终加药量,并基于与最终加药量对应的控制信号使用变频器控制加药泵按最终加药量进行加药。例如,控制模块130可根据以上公式5进行计算。

[0140] 在一个具体示例中,在使用一个高密池进行化学除磷加药的情况下,可将投药点设置为一个,并且将最终加药量分配给唯一的一个加药点进行化学除磷加药;或者可将投

药点设置为多个,在维持最终加药量不变的情况下,将总共第一加药量分配给在多个加药点之中的至少一个进行化学除磷加药,并且将总共第二加药量分配给多个加药点之中的至少一个进行化学除磷加药。此外,在使用多个高密池进行化学除磷加药的情况下,可将最终加药量分配给多个高密池之中的一个高密池进行化学除磷加药;或者在维持最终加药量不变的情况下,可将总共第一加药量分配给在多个高密池之中的至少一个进行化学除磷加药,并且将总共第二加药量分配给多个高密池之中的至少一个进行化学除磷加药。然而,本发明构思不限于此,本申请不对如何将第一加药量和第二加药量分配给高密池和/或投药点进行具体限制。

[0141] 图6是示出根据本发明构思的实施例的化学除磷加药的控制装置的框图。

[0142] 参照图6,根据本公开的实施例的化学除磷加药的控制装置200可以是(但不限于)PLC工控机。根据本公开的实施例的化学除磷加药的控制装置200可包括处理器210和存储器220。处理器210可包括(但不限于)中央处理器(CPU)、数字信号处理器(DSP)、微型计算机、现场可编程门阵列(FPGA)、片上系统(SoC)、微处理器、专用集成电路(ASIC)等。存储器220存储将由处理器210执行的计算机程序。存储器220包括高速随机存取存储器和/或非易失性计算机可读存储介质。当处理器210执行存储器220中存储的计算机程序时,可实现如上所述的化学除磷加药的控制方法。

[0143] 可选择地,控制装置200可以以有线/无线通信方式与水处理系统中的其他组件进行通信,还可以以有线/无线通信方式与水处理系统中的其他装置进行通信。此外,控制装置200可以以有线/无线通信方式与水处理系统外部的装置进行通信。此外,控制装置200可具有计时器和编码器功能。

[0144] 根据本公开的实施例的化学除磷加药的控制方法可被编写为计算机程序并被存储在计算机可读存储介质上。当所述计算机程序被处理器执行时,可实现如上所述的化学除磷加药的控制方法。计算机可读存储介质的示例包括:只读存储器(ROM)、随机存取可编程只读存储器(PROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、随机存取存储器(RAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、闪存、非易失性存储器、CD-ROM、CD-R、CD+R、CD-RW、CD+RW、DVD-ROM、DVD-R、DVD+R、DVD-RW、DVD+RW、DVD-RAM、BD-ROM、BD-R、BD-R LTH、BD-RE、蓝光或光盘存储器、硬盘驱动器(HDD)、固态硬盘(SSD)、卡式存储器(诸如,多媒体卡、安全数字(SD)卡或极速数字(XD)卡)、磁带、软盘、磁光数据存储装置、光学数据存储装置、硬盘、固态盘以及任何其他装置,所述任何其他装置被配置为以非暂时性方式存储计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构并将所述计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构提供给处理器或计算机使得处理器或计算机能执行所述计算机程序。在一个示例中,计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构分布在联网的计算机系统上,使得计算机程序以及任何相关联的数据、数据文件和数据结构通过一个或多个处理器或计算机以分布式方式存储、访问和执行。

[0145] 本发明采用进水负荷前馈与出水磷酸盐浓度反馈相结合的化学除磷手段,以进水负荷前馈为主、出水磷酸盐浓度反馈为辅来控制除磷加药,能够减少化学除磷药物消耗、提高化学除磷药物利用率并改善化学除磷滞后性。

[0146] 尽管已经参照其示例性实施例具体显示和描述了本发明,但是本领域的技术人员应该理解,在不脱离权利要求所限定的本发明的精神和范围的情况下,可以对其进行形式

和细节上的各种改变。

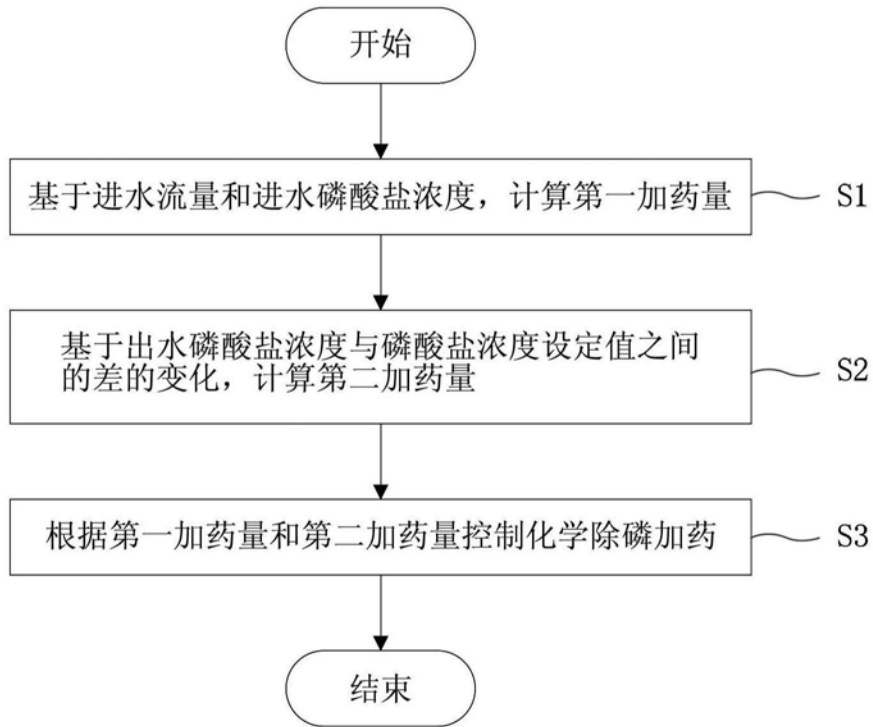


图1

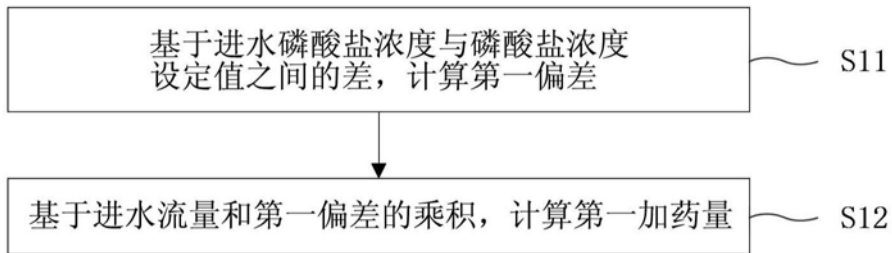


图2

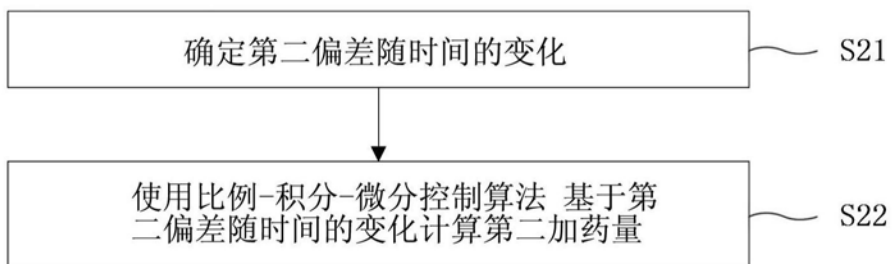


图3

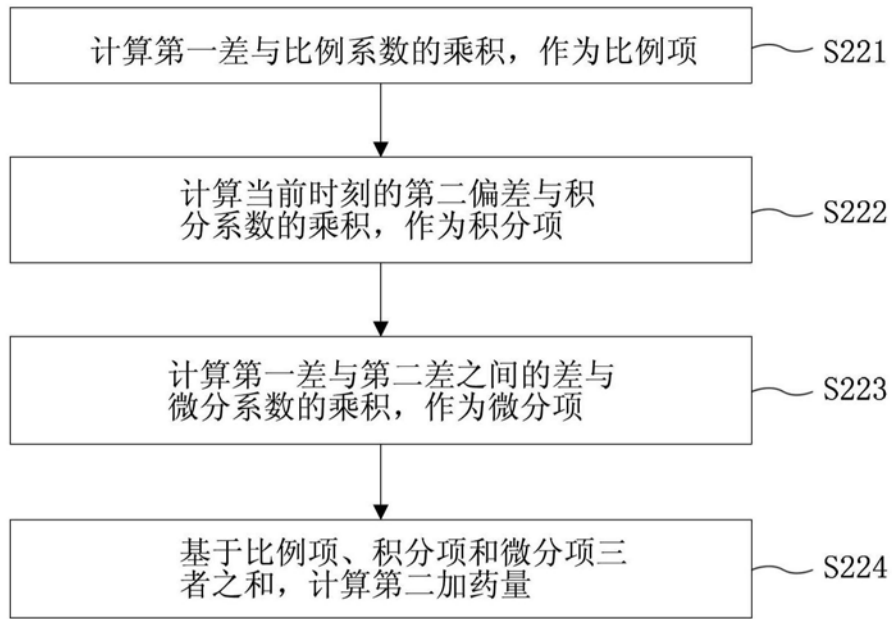


图4

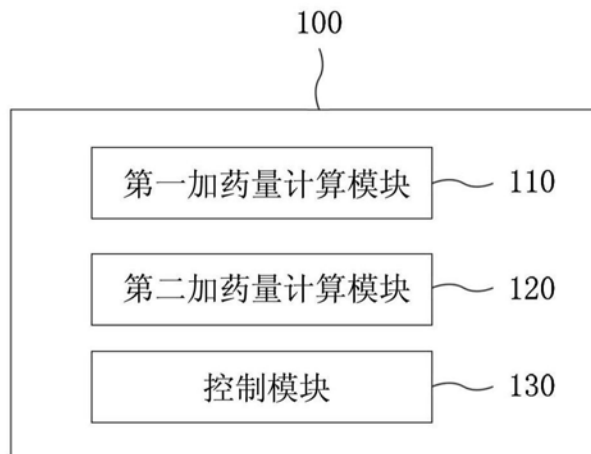


图5

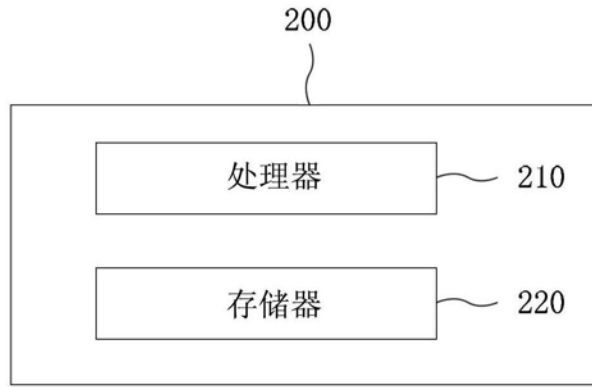


图6