



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102681496 B

(45) 授权公告日 2014. 01. 08

(21) 申请号 201110061636. 3

CN 1730409 A, 2006. 02. 08, 全文.

(22) 申请日 2011. 03. 15

于广平等. 污水处理数学模型的研究与应用. 《节能环保和谐发展——2007 中国科协年会论文集(一)》. 2007, 1-6.

(73) 专利权人 中国科学院沈阳自动化研究所  
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街  
114 号

于广平等. 基于简化活性污泥数学模型的污水处理仿真研究. 《系统仿真学报》. 2007, 第 19 卷(第 23 期), 5366-5369.

专利权人 沈阳中科博微自动化技术有限公司  
海城渤海环境工程有限公司

于广平等. 污水生化处理过程仿真及在 A2/O 工艺改进中的应用. 《系统仿真学报》. 2009, 第 21 卷(第 22 期), 7355-7358.

(72) 发明人 苑明哲 孙阳 于广平 王宏  
于海斌 滕琳琳 王景扬

审查员 马兵

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 李晓光

(51) Int. Cl.

G05B 19/418(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2001-252691 A, 2001. 09. 18, 全文.

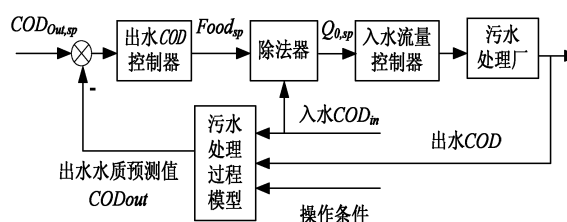
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法,包括以下步骤:选定污水处理厂最优工况下的入水流量和入水化学需氧量值;在选定最优工况基础上,计算当前工况的入水流量设定值;建立入水流量设定值控制回路,对上述当前工况的入水流量设定值进行修正,得到修正后的入水流量设定值;在上述修正后的入水流量设定值基础上,建立使入水流量跟随设定值变化的入水流量控制回路。本发明通过入水流量单位负荷等停留时间优化控制,综合考虑处理能力和出水稳定性指标、入水负荷和水力停留时间对出水水质的影响,提高了污水处理系统出水水质指标的稳定性和污水处理系统的处理能力,从而提高了污水处理企业的利润。



1. 一种污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法,其特征在于包括以下步骤:

选定污水处理厂最优工况下的入水流量和入水化学需氧量值;

在选定最优工况基础上,计算当前工况的入水流量设定值;

建立入水流量设定值控制回路,对上述当前工况的入水流量设定值进行修正,得到修正后的入水流量设定值;

在上述修正后的入水流量设定值基础上,建立使入水流量跟随设定值变化的入水流量控制回路;

所述最优工况下的入水流量和入水化学需氧量值为:选用污水处理厂入水流量和入水化学需氧量的设计值,或者污水处理厂入水流量和入水化学需氧量的统计平均值;

所述计算当前工况的入水流量设定值公式为:

$$Q = Q_0 \sqrt{\frac{COD_0}{COD}}$$

式中  $Q_0$  为最优工况下的入水流量,  $COD_0$  为最优工况下的入水 COD,  $Q$  为当前工况的入水流量设定值;

所述建立入水流量设定值控制回路的过程为:通过建立污水处理过程模型实现对污水处理过程的出水水质预测,以该出水水质预测值作为反馈值,结合污水处理系统的工艺操作参数,形成入水流量设定值控制回路;

所述入水流量控制回路是由设于现场的测量变送仪表采集提升泵流量信号,经过计算处理后,发送控制指令,调节变频器的输出频率,实现对提升泵转速的控制,进而实现对入水流量的控制,跟随上述修正后的入水流量设定值的变化;

所述入水流量设定值通过以下公式进行修正:

$$Q_{sp} = \lambda Q_0 \sqrt{\frac{COD_0}{COD}} + (1 - \lambda) \frac{Food_{sp}}{COD_{in}}$$

式中  $\lambda$  为调节因子,  $\lambda = 0-1.0$ ,  $COD_{in}$  表示入水 COD 浓度,  $Q_0$  为最优工况下的入水流量,  $COD_0$  为最优工况下的入水 COD,  $Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值,  $Q_{sp}$  表示入水流量设定值。

2. 按权利要求 1 所述的污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法,其特征在于:所述入水流量设定值控制回路中采用出水 COD 的 PI 控制器,通过以下公式实现:

$$Food_{sp}(k) = \begin{cases} Food_{sp}^{\max}, & Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k) > Food_{sp}^{\max} \\ Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}, & Food_{sp}^{\min} \leq Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k) \leq Food_{sp}^{\max} \\ Food_{sp}^{\min}, & Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k) < Food_{sp}^{\min} \end{cases}$$

其中:

$$\Delta Food_{sp}(k) = K_{P\_Food} \cdot \Delta e_{COD}(k) + K_{I\_Food} \cdot e_{COD}(k)$$

$$e_{COD}(k) = COD_{out,sp}(k) - COD_{out}(k)$$

$$\Delta e_{COD}(k) = e_{COD}(k) - e_{COD}(k-1)$$

式中  $Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值,  $Food_{sp}^{\max}$  与  $Food_{sp}^{\min}$  分别表示污水处理厂入水有

机负荷的最大值与最小值,  $\Delta Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值的修正值;  $e_{COD}$  表示出水 COD 浓度设定值与预测值的误差,  $\Delta e_{COD}$  表示采样时刻  $e_{COD}$  与前一采样时刻的差值,  $K_{P\_Food}$  和  $K_{I\_Food}$  分别表示 PI 控制器比例与积分参数,  $k, k-1$  表示离散采样时间, 带有  $k, k-1$  后缀的符号表示在离散采样时刻的采样值,  $COD_{out, sp}$  表示出水 COD 浓度设定值,  $COD_{out}$  表示出水 COD 浓度预测值。

3. 按权利要求 1 所述的污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法, 其特征在于: 所述入水流量控制回路采用 PI 控制, 通过以下公式实现:

$$f_Q(k) = \begin{cases} f_Q^{\max}, & f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k) > f_Q^{\max} \\ f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k), & f_Q^{\min} \leq f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k) \leq f_Q^{\max} \\ f_Q^{\min}, & f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k) < f_Q^{\min} \end{cases}$$

其中:

$$\Delta f_Q(k) = K_{P\_Q_0} \cdot \Delta e_{Q_0}(k) + K_{I\_Q_0} \cdot e_{Q_0}(k)$$

$$e_{Q_0}(k) = Q_{0, sp} - Q_0(k)$$

$$\Delta e_{Q_0}(k) = e_{Q_0}(k) - e_{Q_0}(k-1)$$

其中  $f_Q$  表示变频器频率,  $f_Q^{\max}$  与  $f_Q^{\min}$  分别表示变频器的最大与最小输出频率,  $Q_{0, sp}$  表示入水流量的设定值,  $Q_0$  为最优工况下的入水流量,  $K_{P\_Q_0}$  和  $K_{I\_Q_0}$  分别表示 PI 控制器比例与积分参数,  $\Delta f_Q$  表示变频器输出频率修正值,  $e_{Q_0}$  表示最优工况下的入水流量与入水流量的设定值的误差,  $\Delta e_{Q_0}$  表示采样时刻  $e_{Q_0}$  与前一采样时刻的差值,  $k, k-1$  表示离散采样时间, 带有  $k, k-1$  后缀的符号表示在离散采样时刻的采样值。

## 污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种污水处理优化技术,具体的说是一种污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法。

### 背景技术

[0002] 如何在保证污水处理厂处理能力的前提下提高污水处理系统出水稳定性是一个需要解决的重要的问题。

[0003] 目前对于入水流量的常用控制方法主要有三种：

[0004] 一是对流量无控制,即在设计范围内污水来多少进多少,不人为改变污水处理厂的入水流量,这是一种为了处理能力而牺牲出水稳定性的方法,目前很多BOT(Build-Operate-Transfer,建设-经营-转让)经营者为了单纯的追求效益均采用该方法。该方法能够保证入水流量最大化,但由于没有考虑入水水质和水量对系统的影响,因此出水水质波动较大,容易导致出水水质超标。

[0005] 二是入水流量定值控制,即控制入水流量恒定,这是一种为了提高出水稳定性而牺牲处理能力的方法。这种控制方法实施简单,但是这种控制方法在当入水COD(Chemical Oxygen Demanded,生化需氧量)发生波动时,由于入水负荷也随之发生波动,因此出水水质的稳定性较差。

[0006] 三是入水负荷定值控制,即控制(入水流量 $\times$ 入水化学需氧量浓度)恒定,这种方法兼顾了处理能力和出水稳定性,但是实际应用时由于未考虑负荷停留时间,因此出水稳定性较差。

[0007] 由于入水COD由入水水质决定,污水处理厂无法控制,因此对于入水有机负荷的控制实质上就是对于入水流量的控制。

[0008] 入水负荷定值控制就是通过调节流量保持入水负荷稳定不变。这种控制方式的缺点是当入水COD变化时,入水流量也发生变化,水力停留时间也会发生变化,这样相同的入水负荷的处理时间是变化的,必然导致出水水质的不稳定。以上三种常见的入水流量控制方法均存在出水水质不稳定的不足。

### 发明内容

[0009] 针对现有技术中污水处理过程存在的出水水质不稳定的不足之处,本发明综合考虑处理能力和出水稳定性指标、入水负荷和水力停留时间对出水水质的影响,提供一种提高出水水质稳定性的污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法。

[0010] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是：

[0011] 本发明污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法包括以下步骤：

[0012] 选定污水处理厂最优工况下的入水流量和入水化学需氧量值；

[0013] 在选定最优工况基础上,计算当前工况的入水流量设定值；

[0014] 建立入水流量设定值控制回路,对上述当前工况的入水流量设定值进行修正,得到修正后的入水流量设定值;

[0015] 在上述修正后的入水流量设定值基础上,建立使入水流量跟随设定值变化的入水流量控制回路。

[0016] 所述最优工况下的入水流量和入水化学需氧量值为:选用污水处理厂入水流量和入水化学需氧量的设计值,或者污水处理厂入水流量和入水化学需氧量的统计平均值。

[0017] 所述计算当前工况的入水流量设定值公式为:

$$[0018] \quad Q = Q_0 \sqrt{\frac{COD_0}{COD}}$$

[0019] 式中  $Q_0$  为最优工况下的入水流量,  $COD_0$  为最优工况下的入水 COD,  $Q$  为当前工况的入水流量设定值。

[0020] 所述建立入水流量设定值控制回路的过程为:通过建立污水处理过程模型实现对污水处理过程的出水水质预测,以该出水水质预测值作为反馈值,结合污水处理系统的工艺操作参数,形成入水流量设定值控制回路。

[0021] 所述入水流量控制回路是由设于现场的测量变送仪表采集提升泵流量信号,经过计算处理后,发送控制指令,调节变频器的输出频率,实现对提升泵转速的控制,进而实现对入水流量的控制,跟随上述修正后的入水流量设定值的变化。

[0022] 所述入水流量设定值控制回路中采用出水 COD 的 PI 控制器,通过以下公式实现:

$$[0023] \quad Food_{sp}(k) = \begin{cases} Food_{sp}^{max}, & Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k) > Food_{sp}^{max} \\ Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k), & Food_{sp}^{min} \leq Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k) \leq Food_{sp}^{max} \\ Food_{sp}^{min}, & Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k) < Food_{sp}^{min} \end{cases}$$

[0024] 其中:

$$[0025] \quad \Delta Food_{sp}(k) = K_{P\_Food} \cdot \Delta e_{COD}(k) + K_{I\_Food} \cdot e_{COD}(k)$$

$$[0026] \quad e_{COD}(k) = COD_{out, sp}(k) - COD_{out}(k)$$

$$[0027] \quad \Delta e_{COD}(k) = e_{COD}(k) - e_{COD}(k-1)$$

[0028] 式中  $Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值,  $Food_{sp}^{max}$  与  $Food_{sp}^{min}$  分别表示污水处理厂入水有机负荷的最大值与最小值,  $\Delta Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值的修正值;  $e_{COD}$  表示出水 COD 浓度设定值与预测值的误差,  $\Delta e_{COD}$  表示采样时刻  $e_{COD}$  与前一采样时刻的差值,  $K_{P\_Food}$  和  $K_{I\_Food}$  分别表示 PI 控制器比例与积分参数,  $k, k-1$  表示离散采样时间,带有  $k, k-1$  后缀的符号表示在离散采样时刻的采样值,  $COD_{out, sp}$  表示出水 COD 浓度设定值,  $COD_{out}$  表示出水 COD 浓度预测值。

[0029] 所述入水流量设定值通过以下公式进行修正:

$$[0030] \quad Q_{sp} = \lambda Q_0 \sqrt{\frac{COD_0}{COD}} + (1 - \lambda) \frac{Food_{sp}}{COD_{in}}$$

[0031] 式中  $\lambda$  为调节因子,  $\lambda = 0-1.0$ ,  $COD_{in}$  表示入水 COD 浓度,  $Q_0$  为最优工况下的入水流量,  $COD_0$  为最优工况下的入水 COD,  $Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值,  $Q_{sp}$  表示入水流量设定值。

[0032] 所述入水流量控制回路采用 PI 控制,通过以下公式实现:

$$[0033] \quad f_Q(k) = \begin{cases} f_Q^{\max}, & f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k) > f_Q^{\max} \\ f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k), & f_Q^{\min} \leq f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k) \leq f_Q^{\max} \\ f_Q^{\min}, & f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k) < f_Q^{\min} \end{cases}$$

[0034] 其中：

$$[0035] \quad \Delta f_Q(k) = K_{P\_Q0} \cdot \Delta e_{Q_0}(k) + K_{I\_Q0} \cdot e_{Q_0}(k)$$

$$[0036] \quad e_{Q_0}(k) = Q_{0,sp} - Q_0(k)$$

$$[0037] \quad \Delta e_{Q_0}(k) = e_{Q_0}(k) - e_{Q_0}(k-1)$$

[0038] 其中  $f_Q$  表示变频器频率,  $f_Q^{\max}$  与  $f_Q^{\min}$  分别表示变频器的最大与最小输出频率,  $Q_{0,sp}$  表示入水流量的设定值,  $Q_0$  为最优工况下的入水流量,  $K_{P\_Q0}$  和  $K_{I\_Q0}$  分别表示 PI 控制器比例与积分参数,  $\Delta f_Q$  表示变频器输出频率修正值,  $e_{Q_0}$  表示最优工况下的入水流量与入水流量的设定值的误差,  $\Delta e_{Q_0}$  表示采样时刻  $e_{Q_0}$  与前一采样时刻的差值,  $k, k-1$  表示离散采样时间, 带有  $k, k-1$  后缀的符号表示在离散采样时刻的采样值。

[0039] 本发明具有以下有益效果及优点：

[0040] 1. 本发明通过入水流量单位负荷等停留时间优化控制, 综合考虑处理能力和出水稳定性指标、入水负荷和水力停留时间对出水水质的影响, 提高了污水处理系统出水水质指标的稳定性 and 污水处理系统的处理能力, 从而提高了污水处理企业的利润。

## 附图说明

[0041] 图 1 为本发明基于污水处理过程模型的入水流量优化控制原理图；

[0042] 图 2 为本发明入水流量回路控制原理图；

[0043] 图 3 为本发明方法应用前后的出水 COD 对比图；

[0044] 图 4 为本发明应用前后污水处理量对比图。

## 具体实施方式

[0045] 本发明污水处理过程入水流量单位负荷等停留时间优化控制方法包括以下步骤：

[0046] 步骤 1：选定污水处理厂最优工况下的入水流量和入水化学需氧量值；

[0047] 步骤 2：在选定最优工况基础上, 计算当前工况的入水流量设定值；

[0048] 步骤 3：建立入水流量设定值控制回路, 对上述当前工况的入水流量设定值进行修正, 得到修正后的入水流量设定值；

[0049] 步骤 4：在上述修正后的入水流量设定值基础上, 建立使入水流量跟随设定值变化的入水流量控制回路。

[0050] 步骤 1 中, 所述选定污水处理厂最优工况下的入水流量和入水化学需氧量过程为：工业生产过程中, 通常选用污水处理厂入水流量和入水化学需氧量的设计值, 或者污水处理厂入水流量和入水化学需氧量的统计平均值。

[0051] 步骤 2 中, 计算当前工况的入水流量设定值是根据单位负荷等停留时间公式进行计算, 过程为：在假设溶解氧浓度、污泥浓度和水温不变的前提下, 通过保持单位有机负荷停留时间（即处理时间）不变, 从而保证出水水质指标的的稳定, 根据这一原理计算入水流量

设定值。

[0052] 设某最优工况,入水流量为  $Q_0$ ,入水 COD 为  $COD_0$ ,水力停留时间为  $SRT_0$ ,则单位负荷停留时间  $SRT_{COD}^0$  可定义为:

$$[0053] \quad SRT_{COD}^0 = \frac{SRT_0}{COD_0 Q_0} = \frac{V / Q_0}{COD_0 Q_0} = \frac{V}{COD_0 Q_0^2} \quad (1)$$

[0054] 式中,  $V$  为污水处理厂各水池的总容积,此处将污水处理厂各处理单元看作一个整体考虑,计算水力停留时间时不考虑回流污泥的影响。

[0055] 当前入水流量为  $Q$ ,入水 COD 为  $COD$ ,对应的水力停留时间为  $SRT$ ,则单位负荷停留时间  $SRT_{COD}$  可用下式计算:

$$[0056] \quad SRT_{COD} = \frac{SRT}{COD \times Q} = \frac{V / Q}{COD \times Q} = \frac{V}{COD \times Q^2} \quad (2)$$

[0057] 为保持单位负荷停留时间不变,则应有  $SRT_{COD}^0 = SRT_{COD}$ ,即:

$$[0058] \quad \frac{V}{COD_0 Q_0^2} = \frac{V}{COD \times Q^2} \quad (3)$$

[0059] 化简后得到此时的入水流量设定值为:

$$[0060] \quad Q = Q_0 \sqrt{\frac{COD_0}{COD}} \quad (4)$$

[0061] 根据对该污水处理厂入水流量和入水 COD 的统计值,得到最优工况下的入水流量为  $Q_0 = 375\text{m}^3/\text{h}$ ,入水 COD 为  $COD_0 = 575\text{mg}/\text{L}$ 。

[0062] 根据现场 COD 分析仪的测量数据读取当前工况的入水 COD,根据上述公式 (4),得到此时的入水流量设定值。

[0063] 步骤 3 中,建立入水流量设定值控制回路的过程为:通过建立污水处理过程模型实现对污水处理过程的出水水质预测,以该出水水质预测值作为反馈值,结合污水处理系统的工艺操作参数,形成入水流量设定值控制回路。

[0064] 本实施例中,如图 1 所示,建立污水处理过程模型,输入当前工况的输入条件、入水和出水的 COD 得到出水水质预测值,以该预测值为反馈值,建立出水 COD 控制器,实现入水有机负荷设定值的控制,根据入水有机负荷设定值通过除法器得到入水流量的设定值。图中  $COD_{out,sp}$  表示出水 COD 浓度设定值; $Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值,该送入入水流量控制器; $COD_{out}$  表示出水 COD 浓度预测值, $COD_{in}$  为入水 COD 浓度。

[0065] 图 1 中的污水处理过程模型采用《A/O 工艺城市污水生化处理过程建模与优化控制研究》(中国科学院沈阳自动化研究所博士论文.2009:36-47) 中的污水处理过程模型,出水 COD 控制器采用 PI 控制,如式 (5) 所示。

[0066]

$$Food_{sp}(k) = \begin{cases} Food_{sp}^{\max}, & Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k) > Food_{sp}^{\max} \\ Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}, & Food_{sp}^{\min} \leq Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k) \leq Food_{sp}^{\max} \\ Food_{sp}^{\min}, & Food_{sp}(k-1) + \Delta Food_{sp}(k) < Food_{sp}^{\min} \end{cases} \quad (5)$$

[0067] 其中:

$$[0068] \quad \Delta Food_{sp}(k) = K_{P\_Food} \cdot \Delta e_{COD}(k) + K_{I\_Food} \cdot e_{COD}(k) \quad (6)$$

$$[0069] \quad e_{COD}(k) = COD_{out,sp}(k) - COD_{out}(k) \quad (7)$$

$$[0070] \quad \Delta e_{COD}(k) = e_{COD}(k) - e_{COD}(k-1) \quad (8)$$

[0071] 式中  $Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值,  $Food_{sp}^{max}$  与  $Food_{sp}^{min}$  分别表示污水处理厂入水有机负荷的最大值与最小值,  $\Delta Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值的修正值;  $e_{COD}$  表示出水 COD 浓度设定值与预测值的误差,  $\Delta e_{COD}$  表示采样时刻  $e_{COD}$  与前一采样时刻的差值,  $K_{P\_Food}$  和  $K_{I\_Food}$  分别表示 PI 控制器比例与积分参数,  $k, k-1$  表示离散采样时间, 带有  $k, k-1$  后缀的符号表示在离散采样时刻的采样值,  $COD_{out, sp}$  表示出水 COD 浓度设定值,  $COD_{out}$  表示出水 COD 浓度预测值。根据上述公式 (5)、(6)、(7)、(8) 计算得到入水有机负荷的设定值, 式中, 污水处理厂入水有机负荷设计的最大值  $Food_{sp}^{max} = 6 \times 10^7 \text{ kg/d}$ , 污水处理厂入水有机负荷设计的最大值最小值  $Food_{sp}^{min} = 2 \times 10^7 \text{ kg/d}$ , PI 控制器比例参数  $K_{P\_Food} = 15000$ , PI 控制器积分参数  $K_{I\_Food} = 23000$ 。

[0072] 得到入水有机负荷的设定值后, 通过除法器就可以得到入水流量的设定值, 如式 (9) 所示。

$$[0073] \quad Q_{0,sp} = \frac{Food_{sp}}{COD_{in}} \quad (9)$$

[0074] 所述入水流量给定值修正的过程为:

[0075] 综合考虑 (4) 和 (9) 两个公式, 式 (4) 给出的是一个理想化的入水流量计算公式, 式 (9) 是以出水水质为反馈值通过控制回路得到, 二者相互修正, 在工程应用时用式 (11) 计算入水流量设定值。

$$[0076] \quad Q_{sp} = \lambda Q_0 \sqrt{\frac{COD_0}{COD}} + (1-\lambda) \frac{Food_{sp}}{COD_{in}} \quad (10)$$

[0077] 式中  $\lambda$  为调节因子,  $\lambda = 0-1.0$ ,  $COD_{in}$  表示入水 COD 浓度,  $Q_0$  为最优工况下的入水流量,  $COD_0$  为最优工况下的入水 COD,  $Food_{sp}$  表示入水有机负荷设定值,  $Q_{sp}$  表示入水流量设定值。

[0078] 根据上述公式 (10), 修正计算入水流量设定值, 式中调节因子  $\lambda = 0.5$ , 其值与入水特性、水温、微生物活性和出水水质等许多因素有关。

[0079] 步骤 4 中, 如图 2 所示, 入水流量控制回路是由设于现场的测量变送仪表采集提升泵流量信号, 经过控制器 (本实施例为 PLC) 计算处理后, 发送控制指令至提升泵的变频器, 调节变频器的输出频率, 实现对提升泵转速的控制, 进而实现对入水流量的控制, 跟随上述修正后的入水流量设定值的变化。

[0080] 入水流量控制器采用 PI 控制, 如式 (11) 所示。

$$[0081] \quad f_Q(k) = \begin{cases} f_Q^{max}, & f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k) > f_Q^{max} \\ f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k), & f_Q^{min} \leq f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k) \leq f_Q^{max} \\ f_Q^{min}, & f_Q(k-1) + \Delta f_Q(k) < f_Q^{min} \end{cases} \quad (11)$$

[0082] 其中:

$$[0083] \quad \Delta f_Q(k) = K_{P\_Q0} \cdot \Delta e_{Q0}(k) + K_{I\_Q0} \cdot e_{Q0}(k) \quad (12)$$

$$[0084] \quad e_{Q0}(k) = Q_{0,sp} - Q_0(k) \quad (13)$$

$$[0085] \quad \Delta e_{Q0}(k) = e_{Q0}(k) - e_{Q0}(k-1) \quad (14)$$

[0086] 其中  $f_Q$  表示变频器频率,  $f_Q^{max}$  与  $f_Q^{min}$  分别表示变频器的最大与最小输出频率,  $Q_{0,sp}$



表示入水流量的设定值,  $Q_0$  为最优工况下的入水流量,  $K_{P\_Q0}$  和  $K_{I\_Q0}$  分别表示 PI 控制器比例与积分参数,  $\Delta f_q$  表示变频器输出频率修正值,  $e_{Q_0}$  表示最优工况下的入水流量与入水流量的设定值的误差,  $\Delta e_{Q_0}$  表示采样时刻  $e_{Q_0}$  与前一采样时刻的差值,  $k, k-1$  表示离散采样时间, 带有  $k, k-1$  后缀的符号表示在离散采样时刻的采样值。

[0087] 根据上述公式 (11)、(12)、(13) 和 (14), 计算得到提升泵变频器频率, 其中变频器的最大输出功率  $f_Q^{\max} = 50 \text{ Hz}$ , 变频器的最小输出功率  $f_Q^{\min} = 30 \text{ Hz}$ , PI 控制器比例参数  $K_{P\_Q0} = 0.15$ , PI 控制器积分参数  $K_{I\_Q0} = 0.20$ 。

[0088] 本发明方法在辽宁某污水处理厂得到应用, 取得理想的应用效果, 如图 3 和图 4 所示, 由图可以看到, 自 2010 年 6 月投运以来, 污水处理系统出水水质稳定达标, 在大大提高了运营稳定性的同时, 还提高了系统的处理能力。

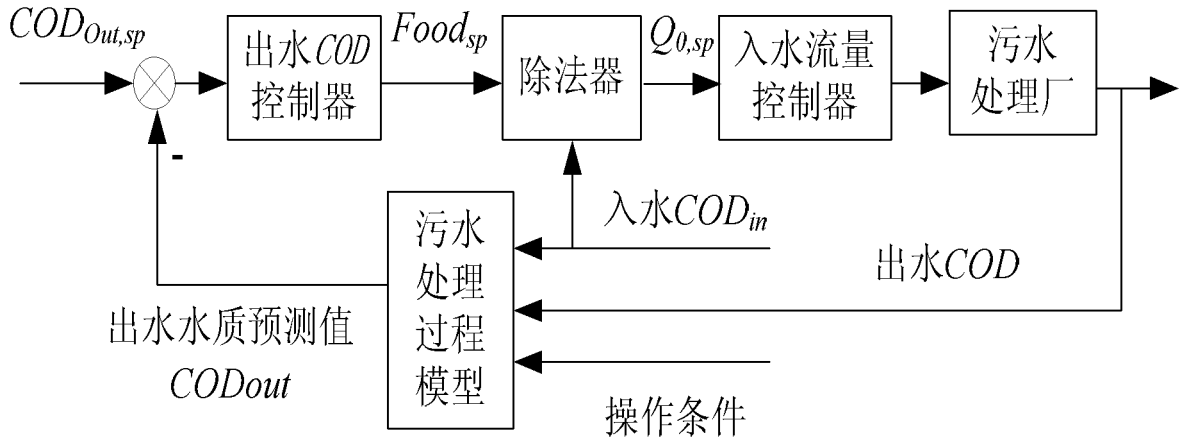


图 1

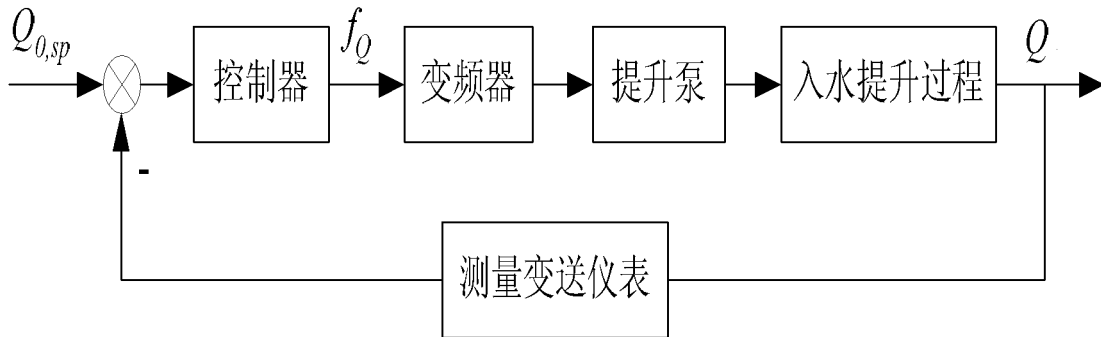


图 2

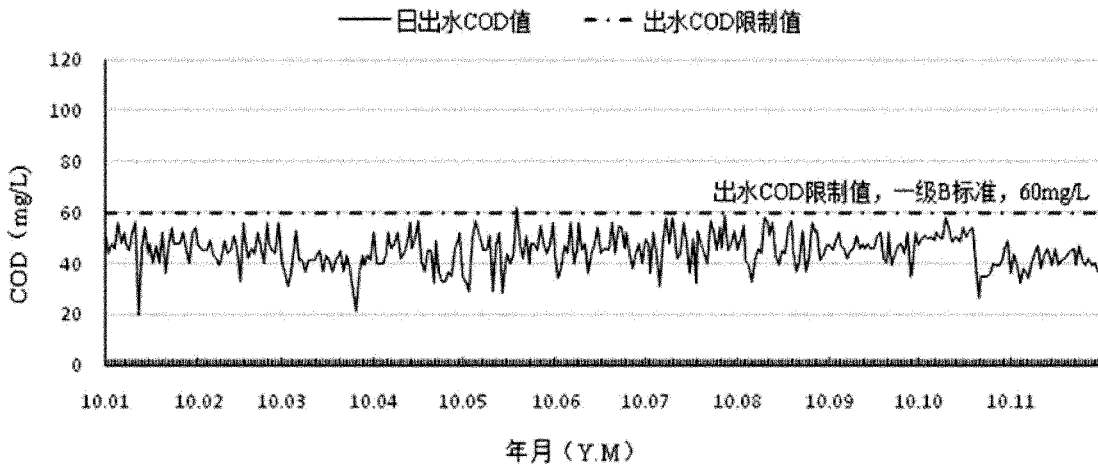


图 3

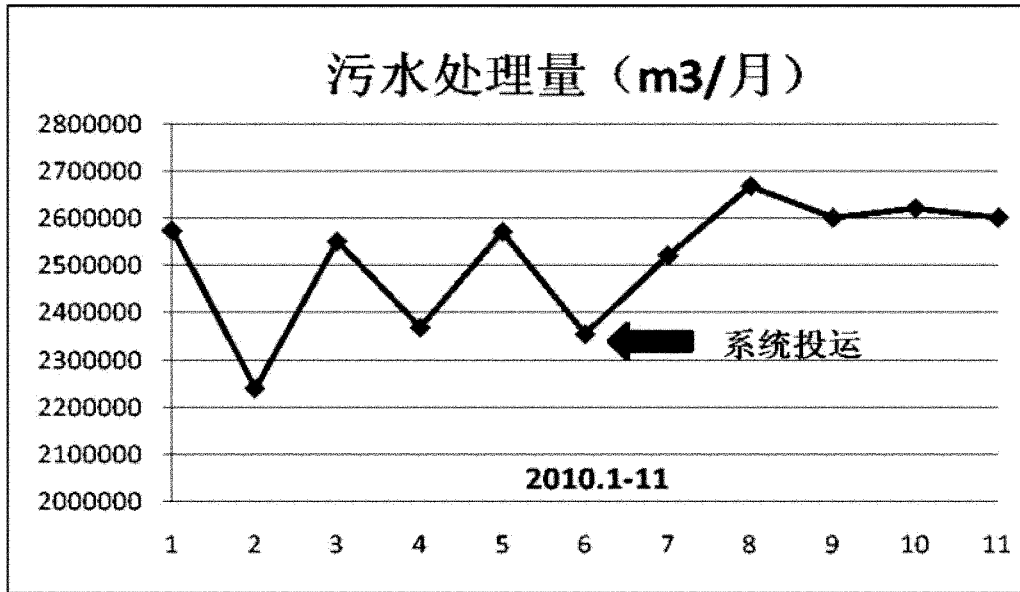


图 4