



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106932553 A

(43)申请公布日 2017.07.07

(21)申请号 201710236066.4

(22)申请日 2017.04.12

(71)申请人 中国科学院生态环境研究中心
地址 100085 北京市海淀区双清路18号

(72)发明人 饶凯锋 马梅 刘勇 唐亮
王子健

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 关畅 张立娜

(51)Int.Cl.

G01N 33/18(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种水质在线生物安全预警监测方法

(57)摘要

本发明公开了一种水质在线生物安全预警监测方法。该方法可实现符合毒理学机制的连续实时的在线预警水质综合毒性,包括如下步骤:生物行为传感器在线实时监测待测水体中受试水生生物在达到胁迫阈值前的绝对运动行为变化过程,与无污染标准水体中同种受试水生生物的运动行为变化过程进行对照比较,滤除正常的运动行为变化,得到所述待测水体中受试水生生物的相对运动行为变化过程,据此对所述待测水体的生物安全性进行定性和/或定量评价。本发明方法特别适用于天然水体或饮用水水源地突发性污染事故的生物安全早期预警,具有预警更加精准、可对被监测水体进行污染物浓度预警、方法简单且不对被监测水环境形成二次污染的优点。

1. 一种水质在线生物安全预警监测方法,包括如下步骤:

(1) 采用生物行为传感器在线实时监测待测水体内受试水生生物在达到胁迫阈值2前的绝对运动行为变化过程;

(2) 步骤(1)所得到的所述待测水体内受试水生生物的绝对运动行为变化过程与无污染标准水体内同种受试水生生物的运动行为变化过程进行对照比较,滤除正常的运动行为变化,得到所述待测水体内受试水生生物的相对运动行为变化过程;

(3) 根据步骤(2)所得到的所述待测水体内受试水生生物的相对运动行为变化过程,对所述待测水体的生物安全性进行评价。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:步骤(3)中,所述“根据步骤(2)所得到的所述待测水体内受试水生生物的相对运动行为变化过程,对所述待测水体的生物安全性进行评价”为如下(A)或(B):

(A) 定性预警:若所述待测水体内所述受试水生生物的相对运动行为变化过程符合所述受试水生生物从无污染标准水体内到被污染水体内所发生的运动行为的规律性变化趋势,则对所述待测水体做出生物安全预警。

(B) 定量预警:当所述待测水体内所述受试水生生物的相对运动行为变化过程符合所述受试水生生物从无污染标准水体内到被污染水体内所发生的运动行为的规律性变化趋势时,通过所述受试水生生物的“逃避行为”反应时间与污染物浓度之间的计量效应关系对所述待测水体进行污染物浓度预警。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于:所述生物行为传感器为多通道生物行为传感器,对所述受体水生生物进行监测时为多样本平行监测。

4. 根据权利要求1-3中任一所述的方法,其特征在于:所述生物行为传感器为将电信号技术与视频图像技术相结合的生物行为传感器,对所述受体水生生物进行监测时同时采集电信号数据和视频图像信号数据。

5. 根据权利要求1-4中任一所述的方法,其特征在于:所述方法中,采用所述生物传感器对所述受试水生生物进行监测的运动行为选自如下中任一种或多种:生物综合行为强度、游动速率,身体摆动频率,呼吸频率、身体翻转频率、“C”型运动频率。

6. 根据权利要求1-5中任一所述的方法,其特征在于:所述受试水生生物为符合毒理学规范、具有运动行为典型特征的水生标准模式生物成熟体,或被监测水源原生种在实验室内使用常规的标准水培养进化至少三代以上的成熟体。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于:所述水生标准模式生物为青鳉、稀有鮎鲫、斑马鱼、沼虾、大型蚤;

所述被监测水源原生种为水生脊椎动物或水生无脊椎动物;所述水生脊椎动物具体为成体体长为2-3厘米的鱼类;所述水生无脊椎动物具体为虾或溞类。

8. 根据权利要求1-7中任一所述的方法,其特征在于:所述方法在如下条件下实施:被监测水体的流速为30L/小时,浊度小于10.0NTU,监测环境噪音低于50分贝,光照周期与自然光照一致。

9. 根据权利要求1-7中任一所述的方法,其特征在于:所述方法中的水源污染物选自如下中的任一种或任几种:2,4,6-三氯酚、灭多威、铜、克百威、杀线威、马拉硫磷、镉、对硫磷。

一种水质在线生物安全预警监测方法

技术领域

[0001] 本发明属于水环境监测技术领域,涉及一种水质在线生物安全预警监测方法,具体涉及一种基于电信号技术、视频图像技术等模式识别监测水生生物行为变化的水质在线生物安全预警监测方法。

背景技术

[0002] 污染源事故性排放、工业化学品运输泄漏、人为投放有毒物质、有毒水华和藻毒素等水体突发性污染事故频发严重影响了社会发展稳定和人民安全健康。因此,对水质连续有效预警是水质监测的发展的目标和方向。我国现有地表水水质标准106项,但其中水生物标准基本是空白。国内水质在线监测设备广泛的应用了理化传感器,生物传感器也等到初步应用。通常的理化指标监测使用理化分析方法,即采用各种在线分析仪器,通过定量或定性的分析方法,测定水体污染物及其浓度是水质在线检测的主要方法。以反应水质中相关参数的实时变化,但不能判断此变化对人和生物是否产生影响。这类在线的化学监测仪器可以快速分析出的水质参数十分有限,监测结果并不能够直接反映水体内含有化学物质的毒性大小,尤其是未知化学物质及其毒性。如源水中的溶解氧含量较低、浊度含量较高时,并不影响饮用水的水质安全,常规指标如COD等对人体没有毒性。当源水中COD、pH、电导率发生显著变化时,理化指标指示可能发生了污染事故,但是并不足以判断污染事故的性质。而且在线水质理化分析产品存在恶劣环境下适应能力弱、长期稳定性差、试剂消耗量大、二次污染、器件故障率高、维护工作量大、运行成本高、平台通用型差等问题。

[0003] 为实现污染物快速准确监测的目的,获取水质突发污染事故发生发展过程的关键信息,我们需要符合管理需求的水质预警监测技术和方法。由于常规的水质在线理化检测技术在水体突发性污染事故在线监测方面的具有局限性,而生物监测技术是通过生物传感器监测水体内受试水生生物不同水平上的生物学指标变化,可以进行连续实时监测,是在线理化监测技术的有益补充,所以监测水体中生物学指标变化的生物预警方法得以推广应用。

[0004] 《行为生态学》指出行为是指生物对外界环境和内部环境变化的外在反应,它不仅仅局限于生物的跑、游、爬、以及其他方式的位置移动,也包括进食、求偶甚至呼吸时的运动。刺激是动物行为产生的必要条件。在大多数情况下,外界环境条件的变化都可以成为刺激,作为行为产生的原因,刺激既有内部的,也由外界的。但是,无论哪一种行为的产生都有相似地基本过程,当环境刺激作用于感受器,会引起神经冲动,神经冲动沿着传入神经传达到神经中枢,通过中枢内的神经联系,再经传出神经传达到效应器,引起行为反应,这就是行为反应产生的简单模式。因此,行为反应是生物各种生理现象在外部出现的综合结果。

[0005] 水生生物暴露于受污染水环境以后,通过自身行为机制的调节,短期内保持体内环境的稳定,并逐步适应环境,在很大程度上避免污染水环境对身体造成急性损伤。逃避行为是指生物通过增加运动行为强度,试图主动避开受污染水环境的行为。逃避行为作为水生生物对水环境污染所产生的第一层次行为变化,是对环境污染的第一反应,对于研究环

境污染,尤其是突发性、剧烈的事态性变化具有非常重要的作用。另外,生物游动的速率,身体摆动频率,一定时间内呼吸、身体翻转以及“C”型运动(若存在)的次数等都会因为环境污染胁迫的存在而发生变化。

[0006] 如图1的水生生物的环境胁迫阈值模型中所示,水生生物在各类的污染物内暴露时间与行为生态变化的关系、行为生态变化的规律以及水生生物的行为方式,可以把水生生物行为变换根据暴露阶段划分为 t_0-t_7 的7个行为阶段。其中, t_0-t_1 是无污染水环境中水生生物行为阶段, t_1-t_4 时间段是水生生物从无污染水环境进入污染环境以后的一段运动行为强度逐渐增强的过程(t_1-t_2 是生物接触有毒物质,但未有明确行为反应时间段),在 t_1-t_4 阶段内,生物的运动行为是一种努力逃避污染水环境的过程,并不断适应的适应性行为变化; t_4 是生物运动行为改变后,强度达到最高值,此时段生物行为表现为强度最大的“逃避行为”; t_1-t_4 阶段出现环境内污染物给生物生存造成的“胁迫阈值1(Threshold One)”,经历过 t_1-t_4 阶段的暴露以后,生物会经历“胁迫阈值2(Threshold Two)”。如果在生物体内积累的污染物质浓度达到了致死浓度(Lethal Concentration,LC),会逐渐进入 t_4-t_6 阶段,直至死亡;未达到LC,进入 t_6-t_7 行为恢复阶段。由环境胁迫阈值模型可以看出: t_1-t_4 阶段为水生生物适应新环境的“适应期”,在这段时间内表现的生物运动强度逐渐增强的过程是生物通过行为机制和生理机能的调整来逐渐适应新环境而导致的行生态的变化。

发明内容

[0007] 为有效应对水体突发污染事故和人为投毒等威胁,克服传统理化指标水质在线监测方法只能单一表征理化参数,且不能连续实时预警监测的现状,本发明提供了一种基于电信号技术、视频图像技术等模式识别监测水生生物行为变化的符合毒理学机制的水质在线生物安全预警监测方法。

[0008] 本发明提供的水质在线安全预警方法的原理是:水环境内受试水生生物行为生态学变化可以通过电信号技术、视频图像技术的生物行为传感器进行监测。在水环境污染或其它水环境因子变化时,受试水生生物的行为生态学变化具有明显规律性。因此,通过将在一定环境污染胁迫下受试水生生物行为生态学变化与正常水体内受试水生生物行为生态学变化进行解析,就会得到一定环境胁迫下受试水生生物运动行为的规律性变化。如在水环境受污染后,受试水生生物的生物综合行为强度会在短时间内增强,然后急剧降低(图1)。

[0009] 本发明所提供的水质在线生物安全预警监测方法,可概括为:以筛选符合毒理学规范、具有运动行为典型特征的受试水生生物为指示生物,在线监测受试水生生物在达到“胁迫阈值2”之前(即 t_0 至 t_6)的行为变化(图1),从而对水质综合毒性的生物安全程度预警,实现对水环境生态系统质量进行综合性的毒理学评价,即通过这些水生生物的行为变化趋势或生理反应状态来表征水质综合毒性的程度状况。本发明方法中水生生物行为数据监测分析过程示意图如图2所示。

[0010] 本发明方法具体可包括如下步骤:

[0011] (1) 采用生物行为传感器在线实时监测待测水体内受试水生生物在达到胁迫阈值2前(即图1中的 t_0 至 t_6)的绝对运动行为变化过程;

[0012] (2) 步骤(1)所得到的所述待测水体内受试水生生物的运动行为变化过程与

无污染标准水体内同种受试水生生物的运动行为变化过程进行对照比较,滤除正常的运动行为变化,得到所述待测水体内受试水生生物的相对运动行为变化过程;

[0013] (3) 根据步骤(2)所得到的所述待测水体内受试水生生物的相对运动行为变化过程,对所述待测水体的生物安全性进行评价。

[0014] 步骤(2)中,所述无污染标准水体最好是与所述待测水体相比仅是有无污染物的差别。所述无污染标准水体内同种受试水生生物的运动行为变化过程的监测方法同步骤(1)中所述待测水体内受试水生生物的绝对运动行为变化过程的监测方法。被滤除的所述正常的运动行为变化是指所述无污染标准水体内受试水生生物的绝对运动行为变化。

[0015] 在本发明的步骤(3)中,所述“根据步骤(2)所得到的所述待测水体内受试水生生物的相对运动行为变化过程,对所述待测水体的生物安全性进行评价”可为如下(A)或(B):

[0016] (A) 定性预警:若所述待测水体内所述受试水生生物的相对运动行为变化过程符合所述受试水生生物从无污染标准水体内到被污染水体内所发生的运动行为的规律性变化趋势,则对所述待测水体做出生物安全预警(即预警所述待测水体为被污染水源)。

[0017] 进一步,所述受试水生生物从无污染标准水体内到被污染水体内所发生的运动行为的规律性变化趋势可按照包括如下步骤的方法获得:(a1)采用所述生物行为传感器在线实时监测被污染水体内所述受试水生生物达到胁迫阈值2前(即图1中的 t_0 至 t_6)的绝对运动行为变化过程;(a2)将步骤(a1)所得到的所述被污染水体内所述受试水生生物的绝对运动行为变化过程与无污染标准水体内同种受试水生生物的运动行为变化过程进行对照比较,滤除正常的运动行为变化,即得到所述受试水生生物从无污染标准水体内到被污染水体内所发生的运动行为的规律性变化趋势。

[0018] 其中,所述无污染标准水体最好是与所述被污染水体相比仅是有无污染物的差别。所述无污染标准水体内以及所述被污染水体内所述受试水生生物的运动行为变化过程的监测方法均同步骤(1)中所述待测水体内受试水生生物的绝对运动行为变化过程的监测方法。被滤除的所述正常的运动行为变化是指所述无污染标准水体内受试水生生物的绝对运动行为变化。

[0019] (B) 定量预警:当所述待测水体内所述受试水生生物的相对运动行为变化过程符合所述受试水生生物从无污染标准水体内到被污染的水体内所发生的运动行为的规律性变化趋势时,通过所述受试水生生物的“逃避行为”(即图1中的 t_2 至 t_4)反应时间与污染物浓度之间的计量效应关系对所述待测水体进行污染物浓度预警。

[0020] 进一步,所述受试水生生物的行为反应时间与污染物浓度之间的计量效应关系具体可按照包括如下步骤的方法获得:(b1)采用所述生物行为传感器在线实时监测含有不同浓度污染物的水体内所述受试水生生物的绝对运动行为变化过程;(b2)将步骤(b1)所得到的含有不同浓度污染物的水体内所述受试水生生物的绝对运动行为变化过程分别与无污染标准水体内同种受试水生生物的运动行为变化过程进行对照比较,滤除正常的运动行为变化,获得含有不同浓度污染物的水体内所述受试水生生物的相对运动行为变化过程;(b3)从步骤(b2)获得的所述受试水生生物的相对运动行为变化过程中,分别确定所述受试水生生物在含有不同浓度污染物的水体内做出“逃避行为”(即图1中的 t_2 至 t_4)的反应时间(T),进而建立所述受试水生生物的“逃避行为”反应时间(T)与污染物浓度(TU,以毒性单位表示)之间的计量效应关系。

[0021] 其中,所述无污染标准水体最好是与所述含有不同浓度污染物的水体相比仅是有无污染物的差别。所述无污染标准水体内以及所述含有不同浓度污染物的水体内所述受试水生生物的运动行为变化过程的监测方法均同步骤(1)中所述待测水体内受试水生生物的绝对运动行为变化过程的监测方法。被滤除的所述正常的运动行为变化是指所述无污染标准水体内受试水生生物的绝对运动行为变化。

[0022] 在所述方法中,所述生物行为传感器具体为多通道生物行为传感器,对所述受体水生生物进行监测时为多样本平行监测。所述生物行为传感器具体为将电信号技术与视频图像技术相结合的生物行为传感器,对所述受体水生生物进行监测时同时采集电信号数据和视频图像信号数据。

[0023] 在本发明的一个实施例中,所述生物行为传感器具体为双层生物行为传感器,由中国科学院生态环境研究中心和无锡中科水质环境技术有限公司联合研制,型号为BDTS-02。

[0024] 在所述方法中,采用所述生物传感器对所述受试水生生物进行监测的运动行为可选自如下中任一种或多种:生物综合行为强度、游动速率,身体摆动频率,呼吸频率、身体翻转频率、“C”型运动频率等。

[0025] 在本发明的一个实施例中,采用所述生物传感器对所述受试水生生物进行监测的运动行为具体为生物综合行为强度。相应的,所述受试水生生物从无污染标准水体内到被污染水体内所发生的运动行为的规律性变化趋势为:所述受试水生生物的生物综合行为强度在短时间内增强,然后急剧降低(如图1中的 t_2 至 t_6)。

[0026] 其中,所述生物综合行为强度为水生生物游动、摆鳍运动、呼吸运行等各种模式运动的综合行为强度,水生生物运动幅度越大,生物综合行为强度越大。

[0027] 在所述方法中,所述受试水生生物为符合毒理学规范、具有运动行为典型特征的水生标准模式生物成熟体,或被监测水源原生种在实验室内使用常规的标准水培养进化至少三代以上的成熟体。

[0028] 其中,所述水生标准模式生物可为青鳉、稀有鮎鲫、斑马鱼、沼虾、大型蚤等。所述被监测水源原生种为水生脊椎动物或水生无脊椎动物;所述水生脊椎动物具体可为成体体长为2-3cm的鱼类;所述水生无脊椎动物具体可为虾或溞类。

[0029] 本发明提供的水质在线安全预警方法选用受试水生生物时,无论是进化三代以后的原生种还是标准种,都需要选择3-4月龄性成熟的个体(即刚刚性成熟个体)。因为未性成熟个体对外界变化极其敏感,而性成熟后个体对环境的敏感性又有所下降。试验证明,作为受试水生生物最为合适的是3-4月龄性成熟的个体(即刚刚性成熟个体)。

[0030] 本发明中,所述方法具体可在如下条件下实施:被监测水体的流速为30L/小时,浊度小于10.0NTU,监测环境噪音低于50分贝,光照周期与自然光照一致。

[0031] 本发明中,所述方法中的水源污染物具体可选自如下中的任一种或任几种:2,4,6-三氯酚、灭多威、铜、克百威、杀线威、马拉硫磷、镉、对硫磷等。

[0032] 本发明提供的水质在线安全预警方法适用于连续实时在线监测预警,特别适用于天然水体或饮用水水源地突发性污染事故的生物安全预警。本发明对水体的综合毒性进行实时、在线、在位监测,可以实现对水质突发性变化的早期预警。

[0033] 本发明提供的水质在线生物安全预警方法具有如下优点:

[0034] 1、本发明方法提出的胁迫阈值模型优化为 t_1 至 t_7 七个阶段,利用胁迫阈值1与胁迫阈值2作用时生物行为上升阶段与下降阶段的双重机制进行生物行为阈值监测预警判断,因此,预警更加精准。

[0035] 2、本发明方法可通过受试水生生物的“逃避行为”反应时间(T)与污染物浓度(TU,以毒性单位表示)之间的计量效应关系对被监测水体进行污染物浓度预警。

[0036] 3、本发明方法采用多通道在线监测预警,增加监测生物样本数量,避免个体因素导致的监测预警误报警。

[0037] 4、本发明方法采用电信号技术与视频图像技术结合的生物行为传感器提取生物行为信号,两种行为数据可进行相互验证比对,增加预警准确度。

[0038] 5、本发明方法简单,在实现水质监测预警的同时不对被监测水环境形成二次污染。

附图说明

[0039] 图1为水生生物环境胁迫阈值模型。

[0040] 图2为本发明方法中水生生物行为数据监测分析过程示意图。

[0041] 图3为在2.5ppm 2,4,6-三氯酚胁迫下,青鲮鱼48小时的运动行为变化;图中横坐标为暴露时间,纵坐标为8个平行通道青鲮鱼的行为强度变化。

[0042] 图4为以正常无污染水体青鲮鱼行为变化为对照,青鲮鱼48小时的运动行为变化;图中横坐标为暴露时间,8个平行通道青鲮鱼的行为强度变化。

[0043] 图5为污染物浓度与水生生物行为变化的剂量效应关系。

[0044] 图6为氨基甲酸酯类污染物-灭多威不同浓度暴露下水生生物行为变化。

具体实施方式

[0045] 下述实施例中所使用的实验方法如无特殊说明,均为常规方法。

[0046] 下述实施例中所用的材料、试剂等,如无特殊说明,均可从商业途径得到。

[0047] 实施例1、使用本发明提供的方法对有机污染物污染的源水进行在线生物安全预警

[0048] 本发明方法中水生生物行为数据监测分析过程示意图如图2所示。

[0049] 选用3-4月龄性成熟的个体青鲮鱼作为受试水生生物,监测其生物行为变化。采用8通道双层生物行为传感器(由中国科学院生态环境研究中心和无锡中科水质环境技术有限公司联合研制,型号为BDTS-02)通过电信号以及高清摄像头提取水生生物行为信号,采用生物综合行为强度(生物综合行为:水生生物游动、摆鳍运动、呼吸运行等各种模式运动的综合,水生生物运动幅度越大,生物综合行为强度越大)反应其行为变化。水体的监测条件为:被监测水体的流速为30L/小时,浊度小于10.0NTU,监测环境噪音低于50分贝,光照周期与自然光照一致。使用标准无污染水配置2.5ppm的2,4,6-三氯酚作为突发性的污染源。

[0050] 图3为48小时内8通道内青鲮鱼的生物综合行为强度变化图,在2.5ppm的2,4,6-三氯酚胁迫下,青鲮鱼在经历初期的生物综合行为强度剧烈上升的过程以后,又经历了强度的剧烈下降。

[0051] 图4为青鲮鱼在标准无污染水体(实验用水未投加有毒污染物)内的生物综合行为

强度变化图。

[0052] 图3和图4中,横坐标为暴露时间,单位是小时(h),纵坐标为8通道青鲮鱼的生物综合行为强度。青鲮鱼在标准无污染水体内的生物综合行为强度基本保持不变,与被监测水体中青鲮鱼的生物综合行为强度进行综合解析:刚刚暴露于一定浓度的有毒环境时,青鲮鱼的生物综合行为强度明显的高于在标准无污染水体内的正常运动行为强度,主要为生物的逃避行为(对应图1中 t_2-t_4 时间段),随后生物综合行为强度又明显降低(对应图1中 t_4-t_6 时间段)。青鲮鱼的主要行为学指标的变化趋势完全符合图1所示的环境胁迫阈值模型。即在水环境受污染后,受试水生生物的生物综合行为强度会在短时间内增强然后急剧降低(对应图1中的 t_2-t_6 时间段)。表明可通过受试水生生物的生物综合行为强度的变化情况来实现对水质突发性变化的早期预警。

[0053] 另外,本发明的发明人采用重金属、农药等多种污染物(具体污染物见图5中的图例)做了同样的试验。并且对实验数据进行了拟合,建立了受试水生生物的逃避行为(图1中 t_2-t_4 时间段)反应时间(T)与污染物浓度(TU,以毒性单位表示)的指数函数关系,即 $T=a \times TU^b$ 。结果如图5和图6所示。表明生物综合行为强度变化与暴露时间、环境污染物浓度直接相关,可通过受试水生生物的“逃避行为”反应时间(T)与污染物浓度(TU,以毒性单位表示)之间的计量效应关系对被监测水体进行污染物浓度预警。

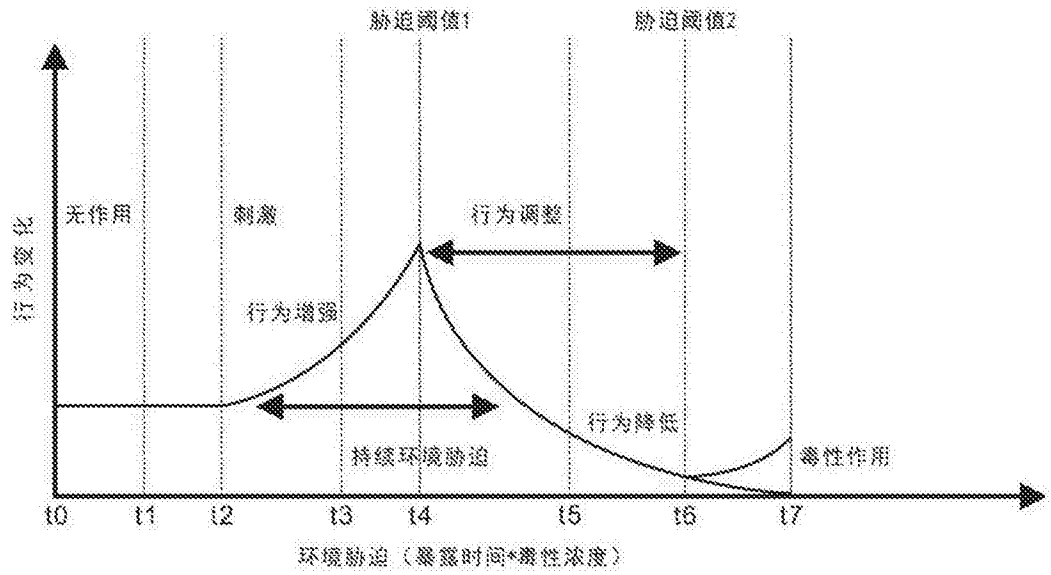


图1

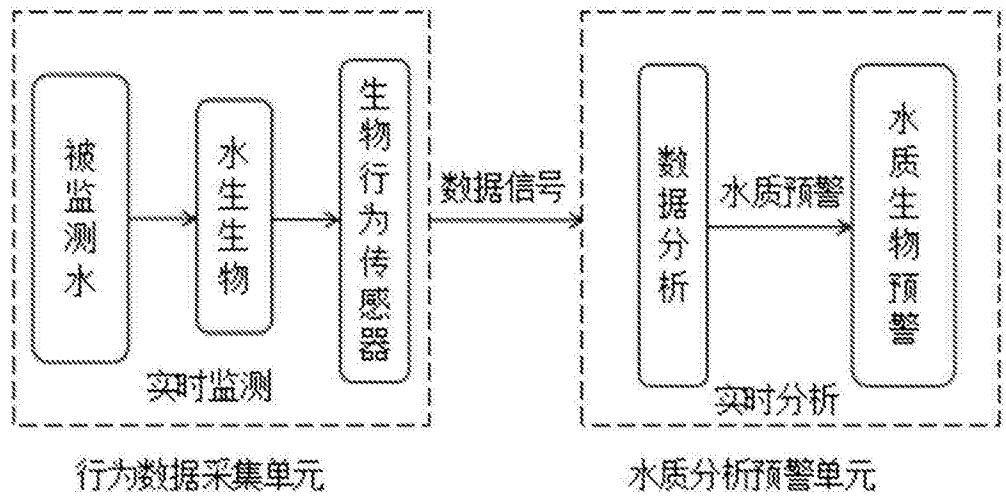


图2

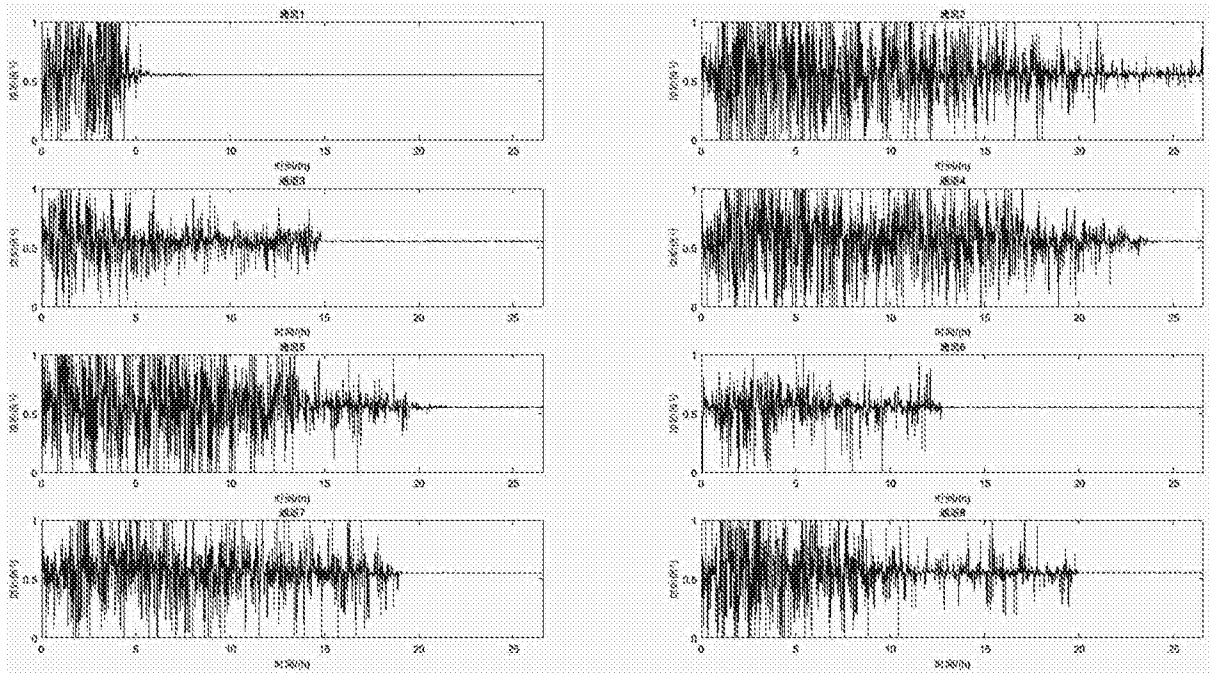


图3

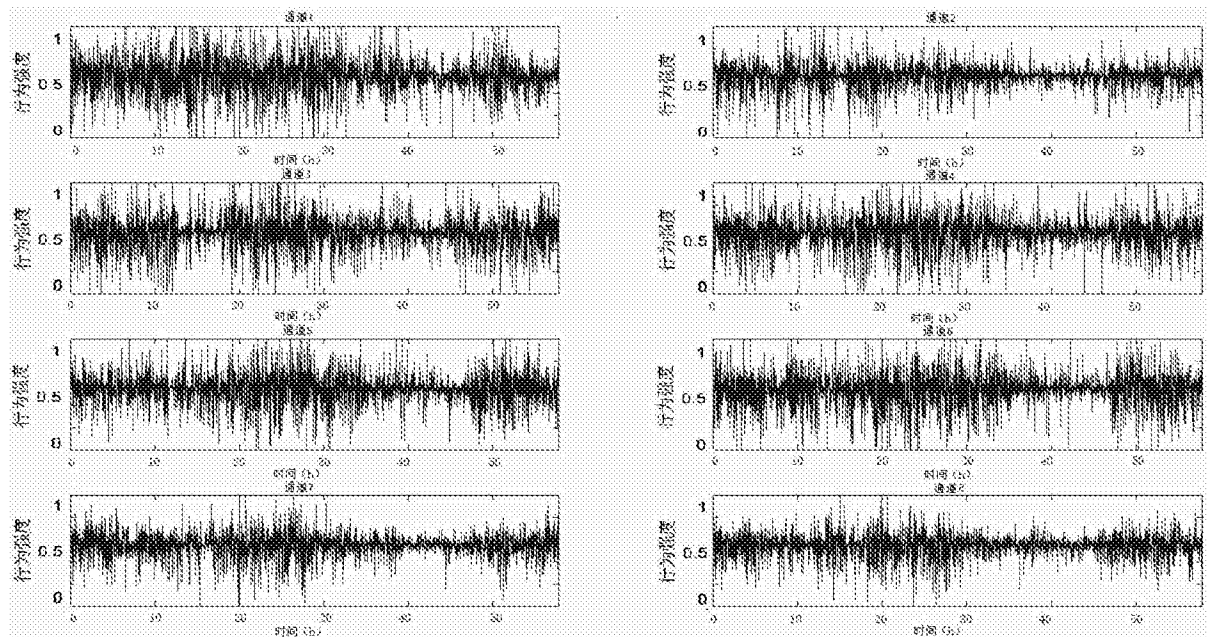


图4

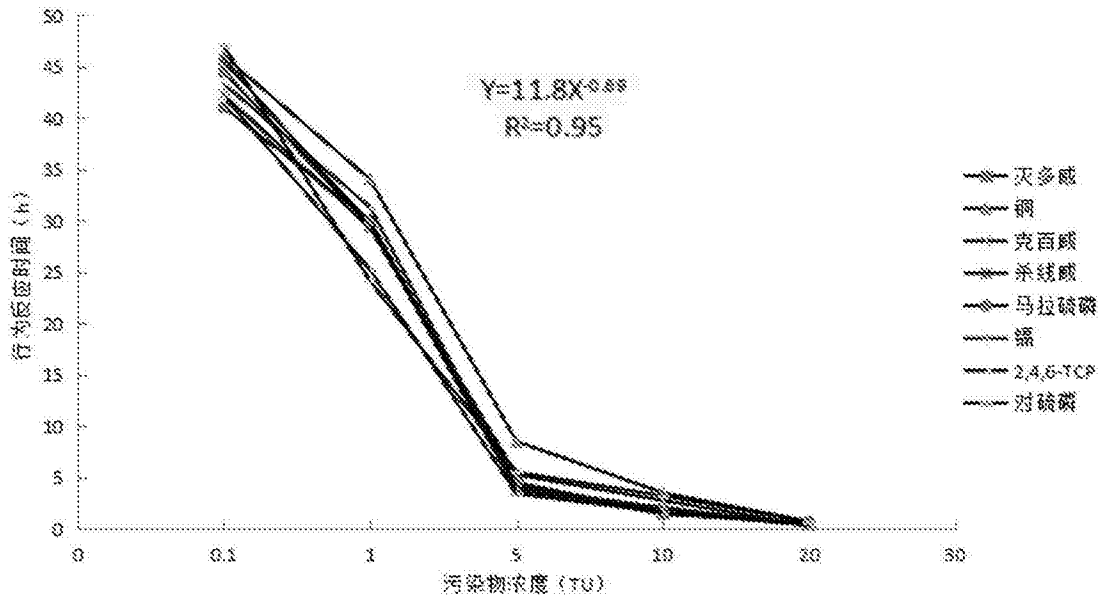


图5

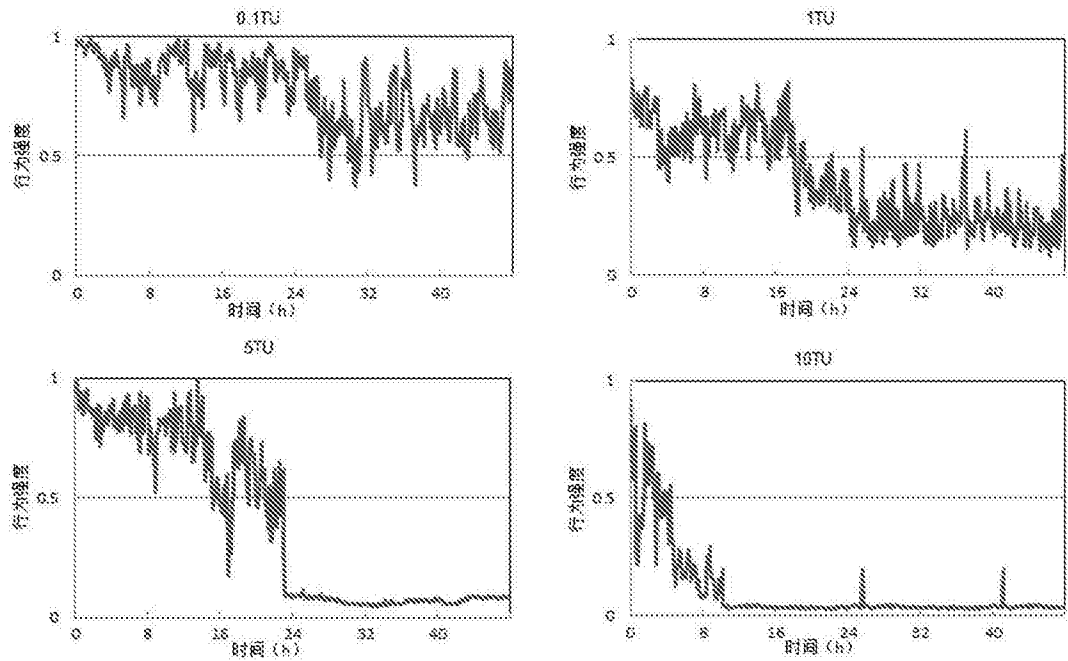


图6