



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101522579 B

(45) 授权公告日 2011. 10. 19

(21) 申请号 200780036542. 2

代理人 万雪松 韦欣华

(22) 申请日 2007. 09. 28

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

C02F 3/12 (2006. 01)

60/848, 151 2006. 09. 29 US

C02F 1/78 (2006. 01)

11/591, 894 2006. 11. 02 US

11/880, 694 2007. 07. 24 US

审查员 刘悦

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 03. 30

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/079885 2007. 09. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02008/042769 EN 2008. 04. 10

(73) 专利权人 普莱克斯技术有限公司

地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 M·费比伊 R·诺瓦克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

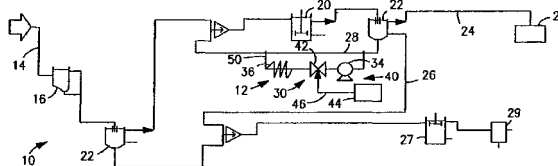
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 5 页

(54) 发明名称

废水臭氧化用于污泥减量或泡沫和膨胀的控制

(57) 摘要

公开了废水的臭氧处理系统和方法。所公开的废水处理系统 (10) 包括与活化污泥处理池 (20) 连接的高选择性反应器 (30)。该高选择性反应器 (30) 适于接收直接或间接转移自活化污泥处理池 (20) 的包含污泥的物流。所公开的废水处理系统和方法适于将化学试剂 (例如富含臭氧的气体) 注射到该转移的物流中以便在该高选择性反应器内进行处理, 以减少污泥、控制泡沫或控制膨胀。然后将经过处理的物流返回到活化污泥处理池中。



1. 在废水处理装置中处理废水的方法,包括以下步骤:
将废水流入液接收到废水处理池或反应器中;
在该废水处理池或反应器中氧化生物固体;
从该废水处理池或反应器中排出物流;
将从该废水处理池或反应器中排出的该物流的一部分转移到活塞流反应器中;
将臭氧引入该活塞流反应器中用该臭氧引起该活塞流反应器中的生物固体或丝状细菌的胞溶;和
将被转移的物流返回到该废水处理池或反应器中;
其中将该臭氧以 0.1 ~ 10.0g 臭氧 / 天 /kg 该废水处理池或反应器中的污泥的量引入该转移的物流中,用于污泥减少或泡沫减少,且其中该臭氧与该转移的物流在活塞流反应器中的接触时间为 10-60 秒。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中将该臭氧以 1.0 ~ 10.0g 臭氧 / 天 /kg 该废水处理池或反应器中的污泥的量引入该转移的物流中以用该臭氧引起该活塞流反应器中的生物固体的胞溶,用于污泥减少。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中将该臭氧以 0.1 ~ 1.5g 臭氧 / 天 /kg 该废水处理池或反应器中的污泥的量引入该转移的物流中以用该臭氧引起该活塞流反应器中的丝状细菌的胞溶,用于泡沫减少。

废水臭氧化用于污泥减量或泡沫和膨胀的控制

发明领域

[0001] 本发明涉及废水处理的方法和系统,更特别地涉及为了污泥减少和泡沫控制而用臭氧在高选择性反应器中对污泥的处理。

背景技术

[0002] 常规的废水处理方法包括在称为活化污泥处理的过程中,在需氧或厌氧类型过程中使废水物流与细菌接触。这些细菌消耗废水中所含的部分底物材料或废物,所述底物材料或废物通常为包含碳、氮、磷、硫等等的有机化合物。通常,部分废物被消耗来推动细菌细胞的新陈代谢,或者维持细菌细胞的生理机能。此外,部分废物也被消耗作为新细菌细胞合成过程的一部分。活化污泥处理过程产生一定量的污泥和附带的固体,必须从处理池中不断去除这种固体以维持稳态污泥平衡,这对活化污泥处理系统的高效运行是至关重要的。

[0003] 为了将处理设备的废物去除能力保持在稳定状态,控制活化污泥处理过程中新细菌细胞的生成是很重要的。新细菌细胞合成过多超过了稳态或接近稳态的废物处理所需的量会导致形成过量的生物固体,原因是这类新合成的但不是必需的细菌细胞的积聚。在活化污泥处理过程中,这种过量的生物固体必须被不断去除。

[0004] 实现污泥去除的现有方法包括将污泥运送到堆填区,将污泥用于土地应用或农业目的,以及污泥焚化。大多数污泥处置操作都需要对污泥做一定的预加工;一种本领域公知的方法是固相处理。固相处理方法通常运行成本高且耗时长,并且通常包括一个或多个以下步骤:(a) 在浓缩器中浓缩所述污泥,通常需要使用聚合物;(b) 消化所述污泥以稳定细菌并进一步减少污泥的体积和病原体含量;(c) 将污泥脱水至达到约 15-25% 固体含量;这包括使污泥通过离心机或其他固-液分离型装置;(d) 贮存所述污泥;以及 (e) 运送到目的地用于堆填、由农夫进行土地应用或其他最终用途。

[0005] 据估计,与固相处理和处置过程相关的费用可占整个废水处理过程相关总操作费用的 20-60%。由于与固相处理和处置相关的成本和时间,使废水处理过程中产生的过量污泥的量最小化是有利的。

[0006] 在常规活化污泥处理系统和方法中,需要氧气来进行底物材料(即废物)的化学氧化,以及新细胞的合成和细菌细胞的代谢过程。在氧气外还使用臭氧来处理污泥也有报导。更具体地,已经报导了污泥的臭氧处理结合机械搅拌器和/或提供动态混合的泵。污泥-臭氧接触通常以连续搅拌釜式反应(CSTR)模式进行,并且由于臭氧对细胞壁的强氧化作用发生胞溶(细胞壁的完整性被破坏)。胞溶导致释放出细菌细胞中底物富集的细胞内成分。通过这种方式,在其它情况作为过量污泥排放的固体细胞被胞溶,并且通过如此处理它们被转化为底物,其随后可被处理池中的细菌所消耗。

[0007] 所述细胞内成分是由蛋白质、脂质、多糖和其他糖类、DNA、RNA 和有机离子组成的液体基质。由于以连续搅拌反应器方式进行污泥臭氧接触时选择性较低,使用现有的污泥臭氧化方法消耗了过量的臭氧。此外,某些在先报导的臭氧应用需要特定的污泥预加工或改性。这类预加工和改性可包括调节污泥的 pH 值、提高污泥的温度、提高臭氧处理容器的

压力或者使污泥通过厌氧预消化步骤。因而,臭氧在污泥处理中的在先应用包括了额外的复杂性、材料、设备和更高的相关成本。

[0008] 有三种主要的用于反应器系统的方法是公知的,分别是连续搅拌釜式反应器系统(CSTR)、更高选择性的活塞流反应器(PFR)和间歇式反应器系统(BRS)。不同反应器方式之间的主要差别基本上在于:(i)分子停留在反应空间内的平均时间量,也称为停留时间;(ii)反应“包(parcel)”之间的相互作用,例如在CSTR中有明显的返混,而PFR的特征是非常有限的(如果有)返混;以及(iii)所得收率。

[0009] 除了与污泥减少相关的困难,在很多废水处理操作中的其它难以克服的挑战之一就是废水中起泡和膨胀的控制。起泡和膨胀问题通常是由废水中存在的大量丝状细菌(例如诺卡菌属(*Nocardia*)和*Parvicella*细菌)造成的。这种丝状生物体容易在废水中繁衍兴旺,在所述废水中有低含量的溶解氧或者在废水中缺乏营养物,其特征为低养分与微生物比。

[0010] 起泡问题通常特征在于存在覆盖至多25%的活化污泥池表面的淡棕褐色泡沫,其通常有助于在废水装置内产生操作问题,包括不适宜的臭味、固体冲蚀和通常有害的工作条件。另一方面,膨胀的特征在于存在丝状生物体,其从絮凝物中伸出,由此造成对污泥的沉降和压实性质的影响。这样对澄清器性能造成不利影响,并通常导致较差的排水质量。

[0011] 废水处理操作中对膨胀和起泡问题的控制需要消除或控制废水中的丝状生物体。通常,对废水中丝状生物体的控制是通过在该活化污泥池中添加氧化剂(例如氯、过氧化物和臭氧)而实现的。控制丝状生物体的替代方式包括提高营养素载荷或改进污泥的含氧状态或两者。

[0012] 发明概述

[0013] 本发明可以宽泛地表征为用臭氧或其它氧化剂处理废水用于去除污泥或控制起泡和膨胀的方法。所公开的方法包括以下步骤:(a)将废水流入液接收到废水处理反应器中;(b)在该废水处理反应器中氧化生物固体;(cx)从该废水处理反应器中排出物流;(d)将从该废水处理反应器中排出的该物流的一部分转移到高选择性处理反应器中;(e)将氧化剂引入该高选择性处理反应器中用于对该转移的物流作进一步处理;和(e)将经过进一步处理的物流返回到该废水处理反应器中。在该高选择性反应器中对物流的处理可包括例如用臭氧对物流的处理用于污泥减少、用臭氧对物流的处理用于起泡控制,或者对液体物流的处理用于控制。

[0014] 本发明也可以表征为降低活化污泥池中废水的起泡或膨胀的方法。该优选的降低废水的起泡或膨胀的方法包括以下步骤:(a)在该活化污泥池中氧化生物固体;(b)将活化污泥物流从该活化污泥池中排出;(c)将从该活化污泥池中排出的该活化污泥物流的一部分转移到臭氧处理反应器中;(d)将臭氧引入该臭氧处理反应器中的转移的物流,以引起丝状细菌的胞溶;和(e)将该经过臭氧化的液体物流返回到活化污泥池中。

[0015] 附图简述

[0016] 从以下结合附图呈现的本发明的更详细的描述中,其以上和其它方面、特征和优点将更加显而易见,其中:

[0017] 图1是包括本发明的系统和方法的实施方式的活化废水处理系统的示意图;

[0018] 图2是显示依照本发明所公开的实施方式的过量污泥处理方法的操作性能的图

表；

[0019] 图 3 是本发明的系统和方法的替代实施方式的示意图，其中将富含臭氧的气体在多个位置引入该高选择性反应器中；

[0020] 图 4 是本发明的系统的另一替代实施方式的示意图，其中该反应器的排出管线连接该反应器下游的一些其它污泥后处理工艺；

[0021] 图 5 是本发明的系统的另一替代实施方式的示意图，其中该富含臭氧的气体注射系统在与该反应器相连的泵处或其附近注射该富含臭氧的气体；

[0022] 图 6 是本发明的系统和方法的另一实施方式，其中在该高选择性反应器之前对污泥进行预处理；

[0023] 图 7 是本发明的系统的另一替代实施方式，其中该富含臭氧的气体和液体物流之间的气液接触发生在该反应器的上游；

[0024] 图 8 是本发明的系统的另一实施方式，其中该经过处理的液体物流是来自活化污泥池的混合液体物流；

[0025] 图 9 是本发明的系统的另一实施方式，其中该经过处理的物流是另一 RAS 物流；和

[0026] 图 10 是描述在臭氧化之前的几周内和在依照本发明的臭氧化过程中的几周内活化污泥处理池中选定的丝状细菌的存在的图表。

[0027] 在整个几幅附图中相应的附图标记表示相应的组件。

[0028] 发明详述

[0029] 在常规活化污泥处理系统和方法中，需要氧气来进行底物材料的化学氧化，以及新细胞的合成和细菌细胞的代谢过程。处理过程中底物材料的化学氧化的需氧量通常称为化学需氧量 (COD)，而用于通过消耗底物进行新细胞合成和维持细菌细胞代谢过程来去除所述底物的需氧量称为生物需氧量 (BOD)。

[0030] 图 1 显示了包括本发明的污泥臭氧化系统 (12) 的活化污泥处理系统 (10) 的示意图。其中可见，典型的活化污泥处理系统 (10) 包括适于接收废水流入液的入口管道 (14)、各种预处理装置 (16) 和废水处理反应器 (20) (其可以是曝气池、膜生物反应器或其它用于使用微生物生命实现从水中除去废物的系统)。所示的系统还包括一个或多个适于将净化液体与聚集的污泥相分离的澄清器或过滤模件 (22)、用于将流出液或净化液体输送到排放器 (23) 的出口管道 (24)、废物活化污泥管线 (26) 和适于将经过处理的物流输送并返回到活化污泥池 (20) 或其它高选择性反应器的返回活化污泥 (RAS) 管线 (28)。还示出了消化池 (25) 和脱水装置 (27)。

[0031] 在该示出的实施方式中，包括一些生物固体或污泥作为该废物活化污泥 (WAS) 的一部分，该生物固体或污泥的一部分沿该 RAS 管线 (28) 从该澄清器 (22) 输送到该活化污泥池 (20)。这样将规定量的包括该污泥和生物固体的液体转移到该污泥臭氧化反应器 (30) 用于臭氧化。然而，该转移的物流在进入该反应器 (30) 之前无需进行处理或改性。本发明的废水处理系统 (12) 和方法包括使用经设计以有效处理转移的物流的高选择性处理反应器 (30)。该高选择性处理反应器优选为活塞流反应器 (30)，其接收转移的物流 (32)，该转移的物流与该 RAS 管线 (28) 平行流动或是该 RAS 管线 (28) 的侧流。

[0032] 污泥减少

[0033] 为了污泥减少的目的，通过活塞流反应器 (30) 的总体积流率优选为废物活化污

泥 (WAS) 的当量体积流率的约 1 倍到废物活化污泥 (WAS) 的当量体积流率的约 40 倍。废物活化污泥 (WAS) 的当量体积流率的约 1-40 倍这一范围部分确立了活塞流反应器 (30) 内的最佳气液比。优选地,所述气液比应小于或等于 1.0。总污泥体积流率是可调的,并且优选结合富含臭氧的气体流量和该活塞流反应器中富含臭氧的气流中的臭氧浓度来控制,以实现所需水平的污泥或生物固体减少,同时使所需臭氧剂量最小。

[0034] 如图 1 所示,使转移的污泥流 (32) 通过泵 (34) 到显示为活塞流反应器 (30) 的污泥臭氧化反应器。活塞流反应器 (30) 包括足够长度的管路 (36),其与所述流率一起确保污泥在活塞流反应器 (30) 中停留时间,该停留时间足够确保臭氧的有效溶解和臭氧与生物固体的反应。所示实施方式还包括一个或多个气体注射系统 (40),富含臭氧的气体通过该系统引入活塞流反应器 (30)。优选的气体注射系统 (40) 包括富含臭氧的气体的供应源,和一个或多个用于将富含臭氧的气体注射到污泥中的喷嘴或文丘里类型装置 (42)。优选地,所述富含臭氧的气体的供应源是连接氧气来源或供应 (未示出) 的臭氧发生器 (44)。可选择地,富含臭氧的气体物流 (46) 可由专门的现场臭氧储存系统供应。优选地,所需臭氧浓度大于或等于 6%。臭氧的较高浓度是优选的,因为该较高浓度帮助确保污泥接触器中的气液比保持在最佳范围内。

[0035] 优选将富含臭氧的气体以额定压力供应给所示实施方式,并且通常压力低于活塞流反应器 (30) 中临近注射装置 (42) 的部分内的操作压力。以这种方式,通过由跨越注射装置 (42) 的压降产生的真空抽吸将富含臭氧的气体摄入并穿过注射装置 (42)。然而,本领域技术人员可以想到以高于活塞流反应器 (30) 或其他气液接触密封装置 (enclosure) 内压力的压力来供应所述富含臭氧的气体的实施方式。

[0036] 气体注射系统 (40) 还包括适合的控制装置或机构 (未示出),使得能可操作地控制注射速率、计时 (timing) 和富含臭氧的气体的体积。控制气体注射速率、注射计时和富含臭氧的气体体积的目的是提供有效的气液接触,并促进臭氧最适宜地溶解入流过活塞流反应器 (30) 的液体物流中。更具体地,气体注射系统的控制优选调节至预定的气体流量对液体流量的比例范围内,其中由通过注射装置 (42) 的注射速率、计时和气体体积来确保气体流量,而所述液体流量代表通过活塞流反应器 (30) 的污泥流量。气液比的优选范围是小于或等于约 1.0。该气液比确保所述气体或臭氧适宜地分散在所述液体中,并进一步确保在流体混合物中没有过量的气体。使过度的返混和搅动最小化。更重要地,上述气液比与其他相关流动特性实现了过度返混和搅动的最小化,并避免了各物流的分层 (stratification)。

[0037] 通过活塞流反应器 (30) 之后,臭氧化的污泥通过返回管 (50) 返回设备 RAS 管线 (28)。可选择地,离开活塞流反应器 (30) 的臭氧化的污泥或液体物流可通过与 RAS 流的剩余部分分开的管线返回活化污泥池 (20),或者可返回到废水处理设备的不同部分。通常,如果主 RAS 流流向缺氧或厌氧池,那么可能优选臭氧化的污泥 (现在也已高度氧饱和) 流向氧或需氧池。否则,所述臭氧化污泥的氧含量会扰乱缺氧或厌氧段中所需的条件。

[0038] 在 RAS 管线 (28) 或返回管 (50) 的末端是可选的喷射机构、喷射器或出口喷嘴设置 (未示出),其适用于在活化污泥池 (20) 的表面或足够深度处返回所述臭氧化的污泥,并确保臭氧化污泥与活化污泥池 (20) 中的主体液体混合良好。喷射机构或出口喷嘴设置 (未示出) 还用来促进上述过程中的氧回收。

[0039] 所公开的污泥臭氧化处理系统背后的工作原理包括所述生物固体与溶解的臭氧在活塞流反应器内的接触,在该反应器内发生氧化剂(溶解的臭氧)和生物固体之间的初步(primary)接触和反应。本发明方法需要污泥的液体物流或混合液与富含臭氧的气体之间的有效的气液接触,以促使臭氧有效地溶解在所述液体物流中。通过适当设计的活塞流反应器和富含臭氧的气体注射技术来实现有效的气液接触。

[0040] 在富含臭氧的气体与生物固体在活塞流反应器内的反应中,由于臭氧诱导的细菌细胞壁的化学氧化,细菌细胞的细胞壁被破坏或削弱。细菌细胞壁的这种破坏被称为胞溶(lysis),并且其导致细菌细胞的细胞内成分释放出来。所述细胞内成分通常是由蛋白质、脂质、多糖和其他糖类、DNA、RNA 和有机离子组成的液体基质。由于所述胞溶,原本会形成堆积并在固相处理过程中排放的生物固体的固体细胞被转化为底物(COD)组分,随后被活化污泥处理池中的细菌所消耗。

[0041] 使用活塞流反应器,通过提供过量细菌细胞或生物固体与溶解的臭氧之间的窄范围的接触时间,从而臭氧仅用于或者主要用于导致细菌细胞胞溶(“初级反应”)的氧化过程,从而实现高选择性的胞溶反应。理想地,臭氧剂量和液气接触时间受到限制,从而不会进一步氧化细胞成分(“次级反应”)。这提供了最有效的臭氧利用,以最少的臭氧剂量取得了最大的污泥减少。优选的接触时间为约 10-60 秒。

[0042] 摄入污泥中的臭氧剂量也可以通过调整气流中的臭氧浓度或者调整注射到污泥中的富含臭氧的气体的流率或者两者同时调整来进行控制。臭氧剂量控制的目的是以最小的臭氧用量实现所需的细胞胞溶活性。

[0043] 现在参见图 2,举例说明了描述根据所公开实施方式的在活塞流反应器中对污泥进行臭氧化的活化污泥处理方法与现有技术教导的污泥减少方法的工作性能比较的图表,其中现有技术的污泥减少方法包括以连续搅拌反应方式对 RAS 的一部分进行臭氧化,随后将其直接返回活化污泥池的活化污泥处理方法。在两个实施例中均使用了相同的臭氧流率。如图所示,本发明臭氧化方法相关曲线(60)的较陡峭分布图表明胞溶过程以更快的速度进行,并且每单位所用臭氧的总固体减少或消除量提高。在两种情况下使用相同的总臭氧剂量,使用曲线(60)描述的本发明臭氧化方法在最初的 40 分钟内去除了约 1600mg/L 的固体,相比之下使用曲线(62)描述的常规臭氧化方法去除了约 400mg/L 的固体。

[0044] 表 1 显示了使用上述臭氧化方法在废水处理设备中的生物固体生成与不使用本发明污泥臭氧化反应器及相关方法时在相同废水处理设备中的生物固体生成的另一对比结果。

[0045] 同样,表 2 显示了本文公开的污泥臭氧化系统及方法与各种其他报导的污泥臭氧化实例之间的污泥减少性能的比较。如表中所示,本文公开的污泥臭氧化系统的去除因子(即每 kg 所用臭氧的总污泥去除量 kg)远超过现有技术文献中公开系统的表观去除因子。

[0046] 表 1 生物固体减少

[0047]

	w/o 臭氧化系统	w/ 臭氧化系统
去除的 COD(每天)	10000kg	10000kg

臭氧消耗量 (每天)	0kg	70kg
生物固体 (SS) 产生速率	35kg SS/kg COD	21kg SS/kg COD
产生的生物固体 (SS)	3500kg	2100kg
臭氧剂量 (kg 臭氧 /kg 减少的 SS)	0	.05
减少的生物固体 %	0%	40%
比值 -kg 减少的生物固体 /kg 臭氧	0	20

[0048] 表 2 污泥减少系统比较

[0049]

参考文献	臭氧剂量 (kg 臭氧 /kg 处理的污泥)	臭氧消耗 (kg 臭氧 /kg 污泥减少量)	去除因子 (kg 污泥减少 量 /kg 臭氧)
Yasui 等 (1996) Wat. Sci. Tech(3-4)pp 395-404	0.05	0.165	6.06
Sakai 等 (1997) Wat. Sci. Tech 36-(11)pp 163-170	NR	0.133	7.52
Sakai 等 (1997) Wat. Sci. Tech 36-(11)pp 163-170	NR	0.148	6.76
Sakai 等 (1997) Wat. Sci. Tech 36-(11)pp 163-170	0.034	0.178	5.62
Kobayashi 等 (2001) Proceedings of the 15th Ozone World Conference, London	NR	0.250	4.00
Sievers 等 (2003) Proc. of the 3 rd Conf for Water and Wastewater Treatment, Goslar	0.05	0.395	2.53
本发明污泥臭氧化系统	0.003-0.01	0.050	20.00

[0050] 图 3-9 举例说明了本发明污泥处理方法的替代实施方式。具体地,图 3 举例说明了一污泥处理方法的实施方式,其中在活塞流反应器 (30) 处或其附近将富含臭氧的气体注射或者以其它方式在多个位置引入。多点注射可有利于更精确地控制或实现需要在活塞流反应器 (30) 中进行的改进的气液接触。

[0051] 图 4 还举例说明了本发明的废水处理系统和方法的另一实施方式,其中从高选择性反应器 (30) 的返回管道 (50) 并不直接返回该连续搅拌罐反应器或活化污泥池 (20),而是返回到该活塞流反应器 (30) 下游的一些其它后处理工艺,例如消化池、污泥稳定单元或二级处理池 (70)。在这种实施方式中,可以预料到将非臭氧的化学试剂(例如氯、杀生物剂、聚合物、除臭剂或甚至其它适于进行所需处理工艺的气体混合物)注射到该高选择性处理反应器中。

[0052] 图 5 举例说明了本发明污泥处理系统和方法的一种实施方式,其中活塞流反应器 (30) 包括泵 (34) 和适用于在泵 (34) 处或其附近注射富含臭氧的气体的富含臭氧的气体注射系统 (40)。

[0053] 图 6 举例说明了污泥臭氧化系统 (12) 的另一实施方式,其中通过污泥浓缩器或其他用于固体浓缩的装置 (80) 对用于在活塞流反应器 (30) 中处理的污泥进行预加工。可选择地,可用水对待转移至活塞流反应器 (30) 的污泥进行稀释(未示出),以产生具有较低固体浓度的液体物流进入活塞流反应器 (30)。

[0054] 可用于本发明公开的实施方式的其他预加工或预处理技术包括在转移至活塞流反应器之前,使污泥通过消化池或其他用于污泥稳定化或固相处理的装置。其他与本发明污泥臭氧化系统和方法相兼容的污泥预处理技术包括向污泥中加入增溶剂、应用超声波、均质化和其他混合或搅拌装置。同样,也可使用能帮助细菌细胞的胞溶或者增强污泥消化能力的化学试剂。

[0055] 图 7 举例说明了本发明污泥臭氧化系统 (12) 和方法的实施方式,其中所述臭氧富集气体和液体物流之间的初次气液接触在活塞流反应器 (30) 的上游和 / 或 RAS 管线 (28) 中出现。在所举例说明的实施方式中,在活塞流反应器 (30) 的上游设置有诸如喷雾器、扩散器、文丘里装置或者高速混合喷嘴的气体-污泥接触器装置 (82)。气体-污泥接触器装置 (82) 将混合物排入活塞流反应器 (30) 中,在其中出现细菌细胞胞溶和其他反应。

[0056] 在 RAS 管线 (28) 或活塞流反应器 (30) 上游出现初次气液接触的本发明污泥臭氧化系统和方法的那些实施方式中,可将富含臭氧的气体供应到液体物流上部的顶部空间,或者可在压力下相对于液体物流以预定方向供应到预定的混合区域(例如,机械搅拌的气体-污泥接触器装置的叶轮区,或者定向为相对于液体表面有预定角度和距离的诸如喷嘴、喷雾器和扩散器的注射装置)。

[0057] 图 8 显示了另一替代实施方式,其中经过处理的液体物流并不是澄清器底流或以其它方式转移自 RAS,而是通过管道 39 取自曝气池 29 的“混合液”流体。再次,在该实施方式中,可以预料到将非臭氧的化学试剂(例如氯、pH 调节剂、杀生物剂、除臭剂或甚至其它适于进行所需处理工艺的气体混合物,例如二氧化碳、氮气、氧气、臭氧及其混合物)注射到该高选择性处理反应器的污泥物流中。

[0058] 对于使用膜生物反应器构造的活化污泥处理系统,该替代实施方式将可能与图 8 中所示的相似,但将不包括对澄清器的使用,作为替代将使用在曝气池内的聚合或陶瓷膜单元(未示出)。转移的液体物流将是通向活塞流反应器或其它高选择性处理反应器的混合液。

[0059] 图 9 显示了另一替代实施方式,其中该经过处理的液体物流并不来自主 RAS (28),而是称作替代 RAS (32) 的独立平行流。该实施方式用于将主 RAS (28) 从澄清器 (22) 供给

缺氧池 (19) 而不是直接供给活化污泥池 (20) 的废水处理装置。因为废水处理装置日益需要实现特定的反硝化需求, 因此主 RAS 流 (28) 通常通向或通过缺氧池 (19)。在一些操作中, 该缺氧池 (19) 仅是主曝气池 (20) 顶部或其附近的无氧区域。在其它废水设备操作中, 该缺氧池 (19) 是与主活化污泥池 (20) 分开的罐或池。在任一情况下, 本发明的污泥臭氧化系统工艺将满足在缺氧池中反硝化的目的。因此, 将分开的 RAS 管线 (32) (称作替代 RAS 管线) 与活塞流反应器 (30)、臭氧注射系统 (40) 相结合, 直接与活化污泥池 (20) 的曝气部分相连接。主 RAS 管线 (28) 中的流量通常大于替代 RAS 管线 (32) 中的流量。对处理系统 (12) 中的其它部件 (包括以下项目, 例如澄清池 (22)、WAS 管线 (26)、臭氧注射器 (42)、臭氧发生器 (44)、泵 (34)、流入液管线 (14) 和流出液管线 (24)) 的描述和关系与参照上述实施方式描述的那些相类似, 此处将不再重复。

[0060] 在上述实施方式中, 对污泥进行有效且成本高效的臭氧化需要存在三个工艺条件: (i) 所用的臭氧主要用于细胞的胞溶或破坏, 即实现胞溶反应的高选择性; (ii) 限制全部或部分胞溶的细胞暴露于反应器内的额外的臭氧, 因为这会导致细胞内成分在反应器内完全释放, 以及后续高成本的由所述额外的臭氧对所释放底物的化学氧化, 而非廉价得多的由活化污泥池中的细菌细胞对所释放底物进行的生物氧化; 以及 (iii) 实现细菌细胞在反应器内的非常窄的停留时间分布范围。

[0061] 通过使用活塞流反应方法, 可在所述反应器或接触器内实现所有这些优选的工艺条件。具体通过设计使污泥 - 臭氧流具有最小的返混, 且所述接触主要在大致管状的结构内进行来实现所述活塞流反应方法。具体地, 所举例说明的实施方式具有预定的或受控的停留时间, 并且实现胞溶反应的高选择性。在上述实施方式中, 使用活塞流反应通过在细胞与溶解的臭氧之间提供窄范围的接触时间 (即窄的停留时间分布) 来实现胞溶反应的高选择性, 从而使臭氧仅用于导致胞溶的反应 (“初级反应”), 并且臭氧化不会继续进行以致进一步氧化细胞成分 (“次级反应”) 或者氧化次级反应的产物 (“三级反应”)。这提供了最有效的臭氧利用, 以最小的臭氧剂量实现了最大的污泥减少。

[0062] 如针对所举例说明的实施方式所述的, 可使用一个或多个气体注射点, 以使用于溶解的臭氧供应速率和生物固体与所溶解臭氧沿着活塞流反应器的预定长度的反应速率相匹配。这避免了臭氧供应过度或不足, 促进了臭氧有效地用于细胞胞溶同时避免了使用臭氧来氧化细胞成分。

[0063] 如上所示, 在该高选择性反应器中可以将非臭氧的化学试剂或气体直接应用到 RAS 中或应用到活化污泥的侧流。其它化学试剂 (例如氯、pH 调节剂、杀生物剂、除臭剂或甚至其它气体混合物, 例如二氧化碳、氮气、氧气、臭氧及其混合物) 可以适于对高选择性处理反应器中的污泥流进行所需的处理方法。

[0064] 泡沫和膨胀控制

[0065] 如上所示, 废水处理操作中的起泡和膨胀问题通常是由废水中大量存在的丝状细菌 (例如诺卡菌属 (*Nocardia*) 和 *Parvicella*) 所造成的。本发明的在高选择性反应器中的污泥臭氧化方法可以经调整以减少丝状细菌种群, 其又导致活化污泥池中泡沫的减少或消除和膨胀的减少。

[0066] 如图 10 中所示, 在上述臭氧化处理之前的几周内监控丝状细菌 (即诺卡菌属 (*Nocardia*) 和 *Parvicella* 菌株) 的存在。在几周内, 诺卡菌属 (*Nocardia*) 细菌基本上被

除去,而*Microthrix Parvicella*细菌显著减少。大表面积的丝状细菌转变为与臭氧反应的高度脆弱性,对其它生物质生物体(例如纤毛虫、异养生物等)几乎没有或没有不利影响。在高选择性反应器中的臭氧化处理最初几周内,诺卡菌属、*Parvicella*和其它丝状细菌的这种减少和起泡和膨胀的相应减少无疑是显著的。

[0067] 为了控制起泡和膨胀,将臭氧引入到高选择性反应器内的转移的物流中优选是密切控制的过程。特别地,在这种臭氧化方法过程中所用的臭氧优选保持在约0.04~约5.0g臭氧/天/kg活化污泥池中的污泥的范围内,更优选地在约0.1~约1.5g臭氧/天/kg活化污泥池中的污泥的范围内。通过使用这种最优化的小剂量的臭氧,本发明的方法确保在高选择性反应器中的臭氧反应集中在丝状生物体上,而对其它微生物种群的影响最小化。过量剂量的臭氧将影响除了丝状生物体之外的非丝状生物体。相反,在臭氧化的目的是使污泥减少最大化的情况下,臭氧剂量优选在约0.04~约20.0g臭氧/天/kg池或废水处理反应器中的污泥的范围内,更优选地在约1.0~约10.0g臭氧/天/kg污泥的范围内以确保丝状生物体和非丝状生物体的臭氧化,更优选地在约2.0~约6.0g臭氧/天/kg污泥的范围内。

[0068] 本发明的臭氧化系统和方法还操作以将伴随该臭氧的任何氧气溶解在返回到活化污泥处理池的污泥中。如前所示,丝状生物体容易在具有低含量的溶解氧的废水中繁衍,因为这种大表面积的生物体与其它细菌细胞相比具有获得废水内有限氧的固有优点。因此,除了通过细胞的溶胞过程进行丝状细菌控制之外,本发明的臭氧化系统便于改进污泥的总体含氧状态,这样使得丝状生物体相对于其它细菌由于在污泥中低含量的溶解氧的增殖最小化。

[0069] 在应用本文公开的本发明污泥处理方法的实施方式时,需要通过系统设计或者在系统运行中控制所选的参数。优选地,用于溶解的臭氧供应速率和生物固体或丝状生物体与所溶解臭氧沿着活塞流反应器长度的反应速率相关联。臭氧供应与活塞流反应器内的生物固体或丝状生物体反应速率之间的关联避免了臭氧的过度供应或供应不足,从而促进了臭氧有效地用于细胞胞溶,同时避免了使用臭氧来进行次级反应。

[0070] 具有臭氧注入的活塞流反应器以特定方式设计和操作,从而使得污泥单次通过该活塞流反应器即可实现:(i)过量的细菌细胞或(ii)丝状细菌细胞或(iii)其组合的接近完全且基本均一的胞溶。优选地,通过改变转移且加工通过活塞流反应器的污泥的体积,精密控制停留时间分布,或者改变臭氧剂量,可以控制所减少的污泥量以及泡沫量。可选择地,所述高选择性反应器可以特定方式设计和操作,使得需要多次流动通过所述反应器以实现所需的污泥和/或泡沫去除。

[0071] 根据所用活化污泥处理的类型,养料-对-微生物(F/M)比,即每天进入活化污泥池中的底物材料的克数与活化污泥池中的细菌细胞的克数数量之间的比值,的典型数值为约0.04-2.0克底物材料每天/克细菌细胞。类似地,细菌消耗底物材料之后新合成的细菌细胞的收率为约0.2-0.6kg生物固体/kg消耗的底物材料。因此,使用本发明的污泥臭氧化且由此减少污泥的方法,可以通过建模或者经验性地确定减少约0.2-0.6kg污泥乘以每天引入活化污泥池的新底物材料的平均质量(以kg表示)所需的待转移至活塞流反应器的污泥量、停留时间和待注入反应器中的臭氧量。从经济的角度看,可以计算消除与生物固体积相关的固相处理相对于在该过程中消耗的臭氧成本的成本节约。

[0072] 上述使用臭氧来处理污泥的方法和系统可单独使用,或者与其他污泥减少技术结合使用。此外,本文所述的优选方法中所用的每一具体步骤,和所述优选系统中的每一组件均易于改造或调整来满足使用该步骤和组件的特定活化污泥处理系统,以及对于给定活化污泥处理方法所期望的运行环境的特殊设计和操作要求。

[0073] 例如,与臭氧发生系统结合使用的气源可包括空气、富氧空气、纯氧气或基本纯的氧气。然而,由于核心的活化污泥处理过程还具有基础的氧气需求,优选使用基本纯或纯的氧气作为气源。此外,可以特定方式控制纯或基本纯的氧气源的使用,以及富含臭氧的气体在活塞流反应器内或其附近的注入,从而使得活化污泥池的活化污泥加工中生物处理的全部氧气需求的全部或者大部分由所述污泥臭氧化系统提供。

[0074] 根据前述内容可知,本发明由此提供了使用富含臭氧的气体来处理污泥的方法以及在废水处理操作中的泡沫或膨胀控制的方法。虽然,在本文中通过具体实施方式及其相关过程对本发明进行了描述,本领域技术人员在不脱离权利要求中限定的本发明范围或者牺牲其所有材料优势的条件下,可对它们作出各种改造和变换。

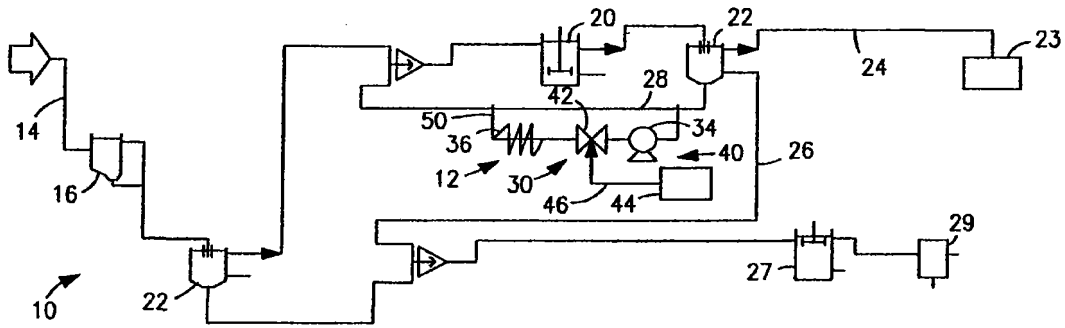


图 1

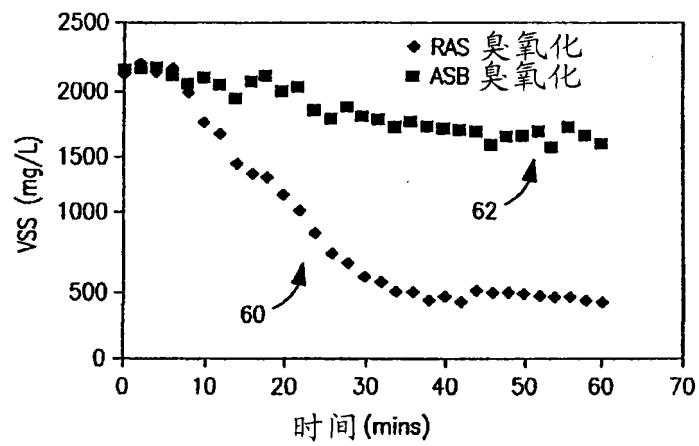


图 2

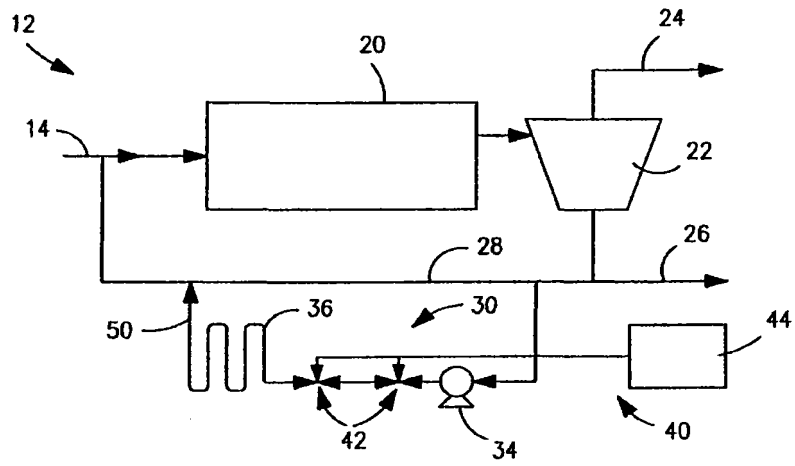


图 3

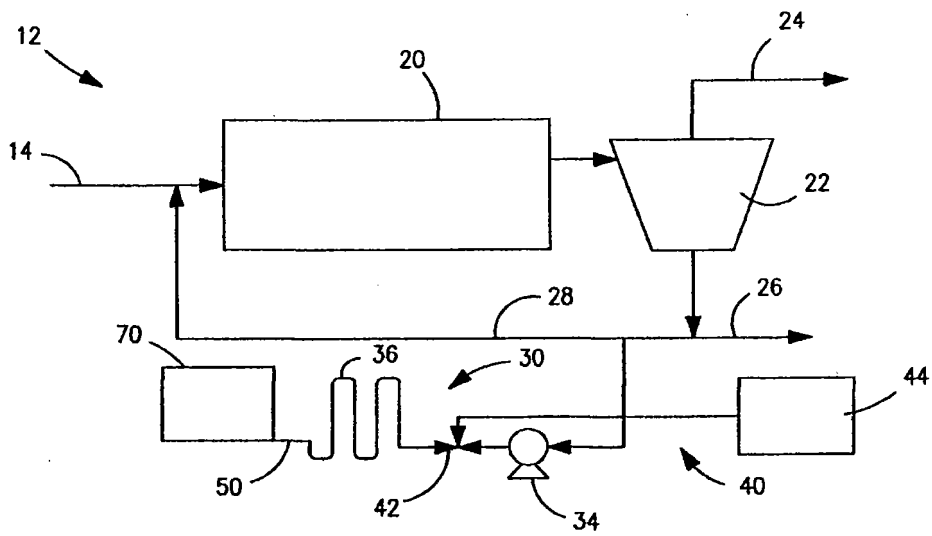


图 4

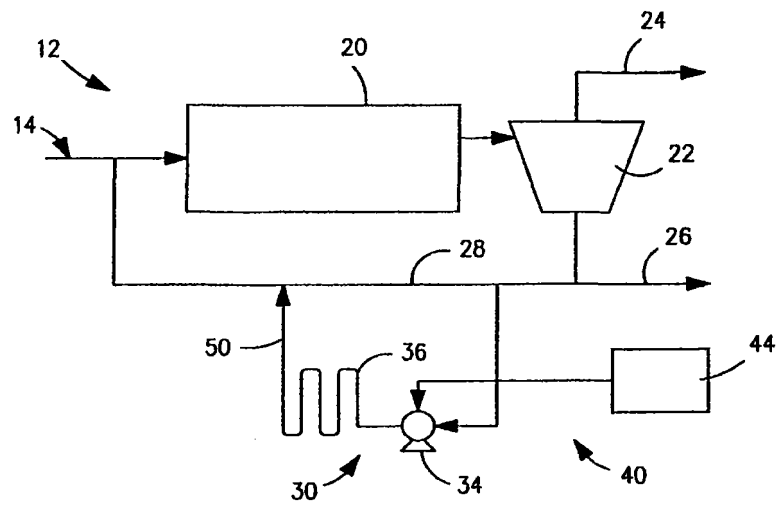


图 5

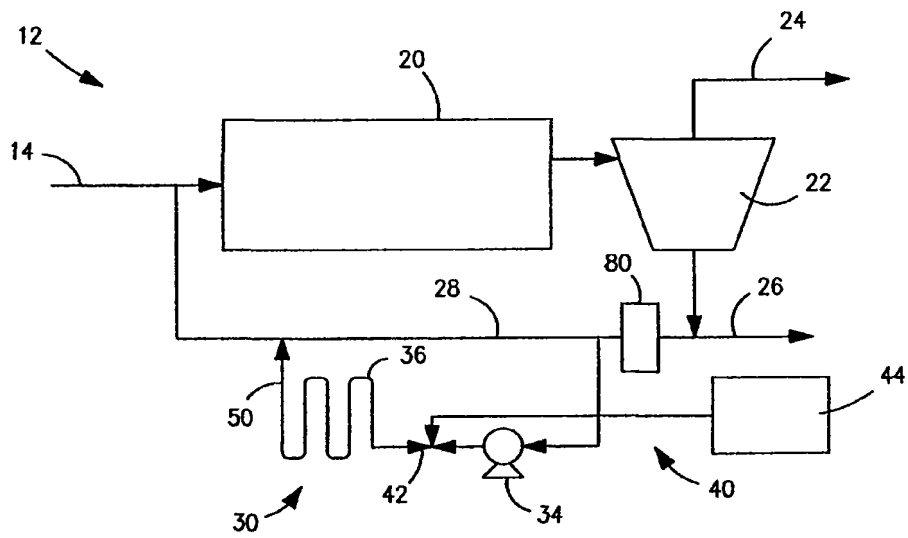


图 6

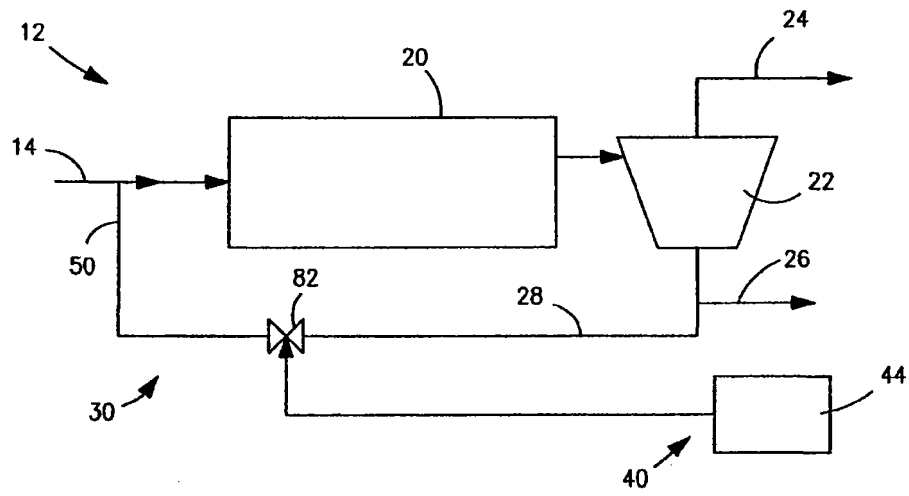


图 7

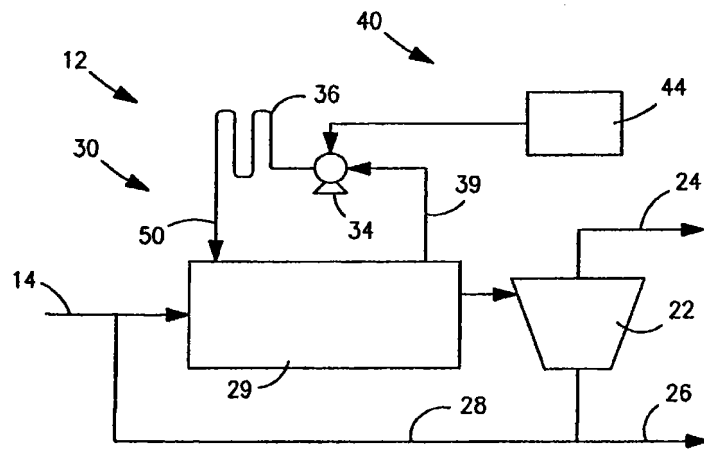


图 8

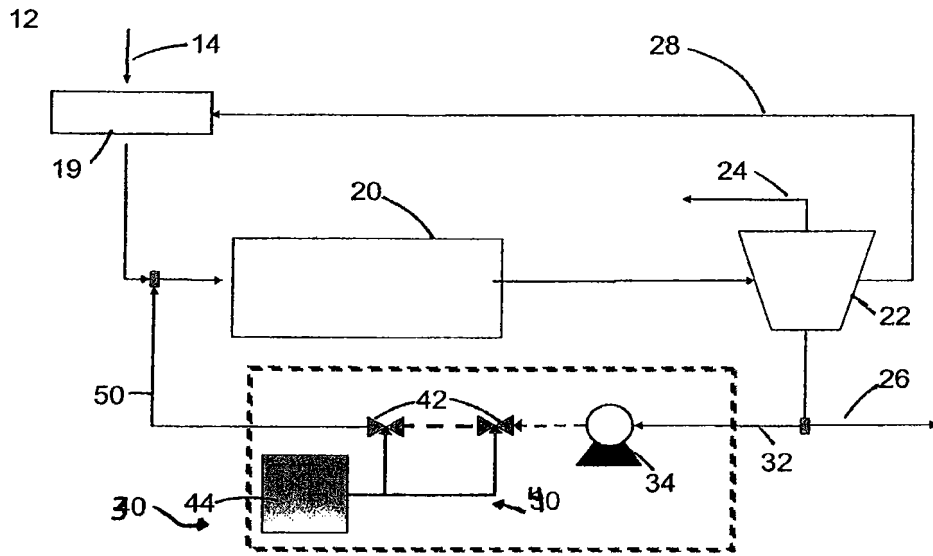


图 9

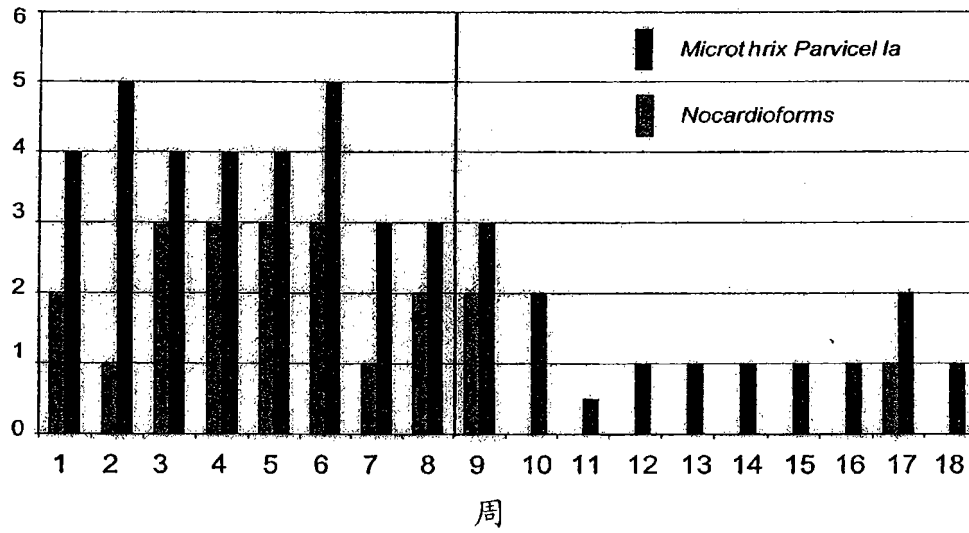


图 10