

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102149645 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 16

(21) 申请号 201080001468. 2

(22) 申请日 2010. 05. 28

(66) 本国优先权数据

200910249722. X 2009. 12. 01 CN

201010000737. 5 2010. 01. 15 CN

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 10. 29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CN2010/073333 2010. 05. 28

(87) PCT申请的公布数据

W02011/066736 ZH 2011. 06. 09

(73) 专利权人 李进民

地址 276036 山东省临沂市兰山区半程镇金  
锣科技园

专利权人 周连奎

李大勇

(72) 发明人 李进民 周连奎 李大勇

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 顾晋伟 赵中璋

(51) Int. Cl.

C02F 11/02(2006. 01)

C02F 3/30(2006. 01)

C02F 3/12(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1935708 A, 2007. 03. 28, 全文.

JP 2004041953 A, 2004. 02. 12, 全文.

EP 1302446 A1, 2003. 04. 16, 全文.

JP 2008114161 A, 2008. 05. 22, 全文.

CN 101428939 A, 2009. 05. 13, 全文.

CN 1101628 A, 1995. 04. 19, 全文.

审查员 刘长青

权利要求书 3 页 说明书 30 页 附图 4 页

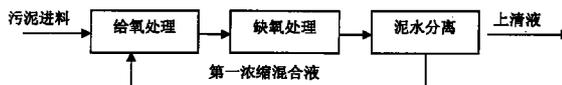
(54) 发明名称

污泥处理方法和装置及其在污水生物处理中的应用

(57) 摘要

提供了一种污泥处理方法及其装置, 所述污泥处理方法包括以下步骤: (1) 将来自污水生物处理过程的污泥进料与污泥和水的第一混合液混合得到第二混合液; (2) 将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液; (3) 将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液; (4) 将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液; (5) 将上清液排出; 将至少部分第一浓缩混合液返回步骤 (1) 用作第一混合液, 其中未返回步骤 (1) 的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量。还提供了所述污泥处理方法在污水生物处理中的应用。所述污泥处理方法可以实现长期稳定运行而无需排泥。

CN 102149645 B



1. 一种污水生物处理方法,包括:

- (1) 将来自污水生物处理过程的污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液;
- (2) 将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液;
- (3) 将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液;
- (4) 将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液;
- (5) 将上清液排出,并且将至少部分第一浓缩混合液返回步骤(1)用作第一混合液,其中未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量;
- (6) 将至少部分步骤(5)的上清液和任选的部分污水进料进行污水生物处理得到第二浓缩混合液和净化出水;
- (7) 将净化出水排出,并且任选地将至少部分步骤(6)的第二浓缩混合液返回步骤(1)用作污泥进料;

其中将污水进料在步骤(1)中与污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液和/或在步骤(6)中与所述至少部分步骤(5)的上清液一起进行污水生物处理,步骤(2)的给氧处理时间为0.1~4小时,步骤(3)的缺氧处理时间为0.8~6小时。

2. 根据权利要求1的污水生物处理方法,其中将至少部分污水进料在步骤(1)中与污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液。

3. 根据权利要求1的污水生物处理方法,其中将全部污水进料在步骤(1)中与污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液。

4. 根据权利要求1的污水生物处理方法,在步骤(5)中,将至少60%的第一浓缩混合液返回步骤(1)用作第一混合液,并且任选地将未返回步骤(1)的第一浓缩混合液排出。

5. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中步骤(2)的给氧处理时间为0.5~2小时。

6. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中步骤(2)的给氧处理时间为0.5~1.5小时。

7. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中步骤(3)的缺氧处理时间为1~4小时。

8. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中步骤(3)的缺氧处理时间为1~3小时。

9. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中给氧处理时间与缺氧处理时间的比为1:0.5~1:6。

10. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中给氧处理时间与缺氧处理时间的比为1:1~1:3。

11. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中给氧处理时间与缺氧处理时间的比为1:1.5~1:2。

12. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中给氧处理时间与缺氧处理时间的比为1:2。

13. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中步骤(2)的给氧处理以间歇曝气或连续曝气的方式进行。

14. 根据上述权利要求1-4中任何一项的污水生物处理方法,其中在步骤(2)中,第三

混合液的溶解氧浓度为 0.1 ~ 4mg/L。

15. 根据上述权利要求 1-4 中任何一项的污水生物处理方法,其中步骤 (3) 和步骤 (4) 以沉淀方式进行。

16. 根据上述权利要求 1-4 中任何一项的污水生物处理方法,其中在步骤 (1) 中,第二混合液的污泥浓度为 3000 ~ 30000mg/L。

17. 根据上述权利要求 1-4 中任何一项的污水生物处理方法,还包括回收步骤 (2) 和 / 或 (3) 中产生的气态含磷化合物的回收步骤。

18. 根据权利要求 1-4 中任何一项的污水生物处理方法,其中步骤 (7) 中返回步骤 (1) 用作污泥进料的第二浓缩混合液占第二浓缩混合液的比例为 1 ~ 100%。

19. 根据权利要求 1-4 中任何一项的污水生物处理方法,其中步骤 (6) 是选自根据 Wuhrmann 工艺、A/O 工艺、Bardenpho 工艺、Phoredox 工艺、A<sup>2</sup>/O 工艺、倒置 A<sup>2</sup>/O 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺、VIP 工艺、OWASA 工艺、JHB 工艺、TNCU 工艺、Dephanox 工艺、BCFS 工艺、MSBR 工艺、SBR 工艺、AB 工艺、氧化沟工艺、生物膜工艺、流动床工艺或其组合的污水生物处理步骤。

20. 一种用于根据权利要求 1 的污水生物处理方法的污水生物处理装置,包括:能够将污泥进料与第一混合液混合得到第二混合液的第一设备;能够将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液的第二设备;能够将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液的第三设备;能够将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液的第四设备;能够将上清液排出的第五设备;能够将至少部分第一浓缩混合液作为第一混合液引入第一设备并且使未返回第一设备的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量的第六设备;能够将至少部分第五设备排出的上清液进行污水生物处理得到第二浓缩混合液和净化出水的第七设备;能够将净化出水排出的第八设备;能够将污水进料引入第一设备和 / 或第七设备的第九设备;以及任选的能够将至少部分第二浓缩混合液引入第一设备的第十设备,其中第二设备经设置使得给氧处理时间为 0.1 ~ 4 小时,第三设备经设置使得缺氧处理时间为 0.8 ~ 6 小时。

21. 根据权利要求 20 的污水生物处理装置,其中第二设备经设置使得给氧处理时间为 0.5 ~ 2 小时。

22. 根据权利要求 20 的污水生物处理装置,其中第二设备经设置使得给氧处理时间为 0.5 ~ 1.5 小时。

23. 根据权利要求 20 的污水生物处理装置,其中第三设备经设置使得缺氧处理时间为 1 ~ 4 小时。

24. 根据权利要求 20 的污水生物处理装置,其中第三设备经设置使得缺氧处理时间为 1 ~ 3 小时。

25. 根据权利要求 20 的污水生物处理装置,其中第二设备和第三设备经设置使得给氧处理时间与缺氧处理时间的比为 1 : 0.5 ~ 1 : 6。

26. 根据权利要求 20 的污水生物处理装置,其中第二设备和第三设备经设置使得给氧处理时间与缺氧处理时间的比为优选 1 : 1 ~ 1 : 3

27. 根据权利要求 20 的污水生物处理装置,其中第二设备和第三设备经设置使得给氧处理时间与缺氧处理时间的比为 1 : 1.5 ~ 1 : 2。

28. 根据权利要求 20 的污水生物处理装置,其中第二设备和第三设备经设置使得给氧处理时间与缺氧处理时间的比为 1 : 2。

29. 根据权利要求 20-28 中任何一项的污水生物处理装置,其中第二设备是曝气池。

30. 根据权利要求 20-28 中任何一项的污泥处理装置,其中第三设备和第四设备是沉淀池。

31. 根据权利要求 20-28 中任何一项的污泥处理装置,其中所述污泥处理装置还包括能够收集并回收气态含磷化合物的回收设备。

32. 根据权利要求 20-28 中任何一项的污水生物处理装置,其中第七设备是能够根据 Wuhrmann 工艺、A/O 工艺、Bardenpho 工艺、Phoredox 工艺、A<sup>2</sup>/O 工艺、倒置 A<sup>2</sup>/O 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺、VI P 工艺、OWASA 工艺、JHB 工艺、TNCU 工艺、Dephanox 工艺、BCFS 工艺、MSBR 工艺、SBR 工艺、AB 工艺、氧化沟工艺、生物膜工艺、流动床工艺或其组合的进行污水生物处理的设备。

33. 一种降低污水中碳、氮和磷含量的方法,包括将污水作为污水进料通过根据权利要求 1-4 中任何一项的污水生物处理方法来降低其中碳、氮和磷的含量。

34. 一种回收污水中磷的方法,包括 (i) 将污水作为污水进料通过根据权利要求 1-4 中任何一项的污水生物处理方法将其中的含磷化合物,特别是以溶液形式存在的含磷化合物,转化为气态含磷化合物而逸出,和 (ii) 回收步骤 (i) 中逸出的气态含磷化合物。

## 污泥处理方法和装置及其在污水生物处理中的应用

[0001] 本申请要求以下专利申请的优先权：(1) 中国专利申请 200910249722. X, 申请日为 2009 年 12 月 1 日；和 (2) 中国专利申请 201010000737. 5, 申请日为 2010 年 1 月 15 日。这些专利申请的内容都通过引用并入本申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种污泥处理方法和装置及其在污水生物处理中的应用，特别是一种污泥减量化处理方法及其装置和一种包括所述污泥减量化处理方法的污泥减量化污水生物处理方法及其装置。

### 背景技术

[0003] 随着水污染的日益严重，对各种污水进行经济有效的处理势在必行。目前全球范围内已有数以万计的污水处理厂正在运行，且随着环境意识与环保要求的提高必将有更多的污水厂行将建设。

[0004] 污水生物处理以高效低耗的突出优点被广泛用于污水处理，以活性污泥和生物膜为代表的污水生物处理工艺在水污染治理方面已取得了巨大成功。然而，现有的污水生物处理工艺并不完善。

[0005] 在实际运行过程中，多数污水生物处理厂面临以下问题：(1) 进水水量不足，主要由超前规划和污水排放系统故障导致，影响污水处理装置的运行；(2) 进水水质不稳定，主要原因是工业废水排入管网以及节假日和季节变化等导致的生活习惯改变等，可造成冲击负荷影响污水处理效果；(3) 碳源不足，这是各污水处理厂所共同面临的问题，主要由现代生活习惯所致，可导致生物的营养物失衡影响氮和磷的去除效果。在面对这些问题时，传统活性污泥法日益暴露出以下缺陷：(1) 曝气池中生物浓度低；(2) 耐水质、水量冲击负荷能力差，运行不够稳定；(3) 易产生污泥膨胀；(4) 污泥产量大；(5) 基建和运行费用高，占地面积大等。

[0006] 特别地，现有污水生物处理工艺最引人注目的问题就是大量剩余污泥的产生。污泥处理的费用异常之高，大约占到污水处理厂建设和运行总费用的 50%~60% 左右。剩余污泥需要进行必要的处置因而增加了污水处理的运行费用，同时也限制了污泥处理方法的选择。常见的污泥减量方法有消化法（包括厌氧消化和好氧消化）、污泥热处理法例如湿式氧化法、污泥浓缩法例如重力浓缩法和气浮浓缩法、污泥脱水法例如机械脱水和化学混凝法、污泥干化法例如自然干化法和烘干法。然而，这些污泥减量方法并未完全解决污泥排放的问题。

[0007] 中国专利申请公开 CN101481191A 公开了一种污泥回流消化减量的污水处理方法，其中将剩余污泥返回厌氧沉淀池中在厌氧沉淀池下部的沉淀污泥区长期积累以便将污泥消化减量，污水进料通过厌氧沉淀池后进行污水处理得到净化水和剩余污泥，未消化的污泥需要定期清掏。

[0008] 美国专利申请公开 US2002/0030003A1 公开了一种活性污泥污水处理系统和方

法,其中在接触罐中用污泥处理污水,然后在固液分离器中分离污泥和水,分离的污泥与部分污水在消化罐中混合并曝气以使污泥消化减量,经曝气的泥水混合液部分返回接触罐,部分排出。

[0009] 再者,现有污水生物处理工艺中对磷的去除效果普遍不佳。磷是造成水体富营养化的主要限制因子,并且是人类可持续发展的重要元素,因此目前对水体中磷含量的控制日益严格,并且逐渐从单一“去除”转向“回收”。目前的脱磷工艺大都基于聚磷菌在厌氧释磷后在好氧状态下超量摄磷现象,因此必须排出一定量的污泥来最终除磷,这对污泥减量也构成了巨大挑战。

[0010] 综上所述,仍然需要发展新的污泥处理方法和污水生物处理方法以解决上述问题,特别是污泥减量的问题。

## 发明内容

[0011] 在一个方面,本发明提供一种污泥处理方法,包括以下步骤:

[0012] (1) 将来自污水生物处理过程的污泥进料与第一混合液混合得到第二混合液;

[0013] (2) 将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液;

[0014] (3) 将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液;

[0015] (4) 将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液;

[0016] (5) 将上清液排出,并且将至少部分第一浓缩混合液返回步骤(1)用作第一混合液,其中未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量。

[0017] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,在步骤(5)中,将任意合适的比例,例如至少60%、优选至少65%、更优选至少70%、更优选至少75%、更优选至少80%、更优选至少85%、更优选至少90%、更优选至少93%、更优选至少95%、更优选至少98%、最优选基本上100%的第一浓缩混合液返回步骤(1)用作第一混合液,并且任选地将未返回步骤(1)的第一浓缩混合液排出。换句话说,在步骤(5)中,未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量与污泥进料的污泥量的比例可以为任意合适的值,例如选自小于约40%,小于约35%、小于约30%、小于约25%,小于约20%、小于约15%,小于约13%、小于约10%、小于约8%,小于约5%、小于约3%,小于约1%和约0%。根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,在步骤(5)中将基本上全部第一浓缩混合液返回步骤(1)用作第一混合液。

[0018] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,在步骤(1)中,将有机营养物(优选污水进料)、污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液。也就是说,步骤(1)还包括将污水进料引入第一混合液。

[0019] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,步骤(1)中污泥进料与污水进料的流量比为1:0.01~1:100,优选1:0.1~1:10,更优选为1:0.5~1:5。具体而言,污泥进料与污水进料的流量比可以为任何合适的值,例如选自1:100~1:50、1:50~1:20、1:20~1:10、1:10~1:5、1:5~1:2、1:2~1:1.5、1:1.5~1:1、1:1~1:0.8、1:0.8~1:0.5、1:0.5~1:0.2、1:0.2~1:0.1、1:0.1~1:0.05、1:0.05~1:0.02和1:0.02~1:0.01。

[0020] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,步骤(2)的给氧处理时间为0.1~4小时,优选0.5~2小时,更优选0.5~1.5小时。

[0021] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,步骤(3)的缺氧处理时间为0.8~6小时,优选1~4小时,更优选1~3小时。

[0022] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,其中给氧处理时间与缺氧处理时间的比为1:0.5~1:6,优选1:1~1:3,更优选1:1.5~1:2,最优选1:2。

[0023] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,步骤(2)的给氧处理以间歇曝气或连续曝气的方式进行。

[0024] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,在步骤(2)中,第三混合液的溶解氧浓度为0.1~4mg/L,优选1.5~3mg/L,更优选2~3mg/L。

[0025] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,步骤(3)和步骤(4)以沉淀方式进行。

[0026] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,在步骤(1)中,第二混合液的污泥浓度为3000~30000mg/L,优选3000~20000mg/L,更优选4000~15000mg/L。

[0027] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,其中兼性微生物为第一、第二、第三和第四混合液的污泥中的优势群类。

[0028] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,还包括回收步骤(2)和/或(3)中产生的气态含磷化合物的回收步骤。

[0029] 在另一方面,本发明还提供一种污水生物处理方法,包括:

[0030] (1) 将来自污水生物处理过程的污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液;

[0031] (2) 将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液;

[0032] (3) 将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液;

[0033] (4) 将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液;

[0034] (5) 将上清液排出,并且将至少部分第一浓缩混合液返回步骤(1)用作第一混合液,其中未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量;

[0035] (6) 将至少部分步骤(5)的上清液和任选的部分污水进料进行污水生物处理得到第二浓缩混合液和净化出水;

[0036] (7) 将净化出水排出,并且任选地将至少部分步骤(6)的第二浓缩混合液返回步骤(1)用作污泥进料;

[0037] 其中将污水进料引入步骤(1)与污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液和/或在步骤(6)中与所述至少部分步骤(5)的上清液一起进行污水生物处理,优选将至少部分污水进料在步骤(1)中与污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液,更优选将全部污水进料在步骤(1)中与污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液。

[0038] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,在步骤(5)中,将至少60%、优选至少65%、更优选至少70%、更优选至少75%、更优选至少80%、更优选至少85%、更优选至少90%、更优选至少93%、更优选至少95%、更优选至少98%、最优选基本上100%的第一浓缩混合液返回步骤(1)用作第一混合液,并且任选地将未返回步骤(1)的第一浓缩混合液排出。

[0039] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,在步骤(6)中,将至少20%、优选至少35%、更优选至少50%、更优选至少65%、更优选至少80%、更优选至少85%、更优选至少90%、更优选至少93%、更优选至少95%、更优选至少98%、最优选基本上100%的

步骤 (5) 的上清液进行污水生物处理。

[0040] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,在步骤 (1) 中引入至少 20%、优选至少 35%、更优选至少 50%、更优选至少 65%、更优选至少 80%、更优选至少 85%、更优选至少 90%、更优选至少 93%、更优选至少 95%、更优选至少 98%、最优选基本上 100% 的污水进料,并且在步骤 (6) 中引入剩余部分的污水进料。在一些优选的实施方案中,在步骤 (1) 中引入全部的污水进料,并且在步骤 (6) 中不引入污水进料。

[0041] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,步骤 (2) 的给氧处理时间为 0.1 ~ 4 小时,优选 0.5 ~ 2 小时,更优选 0.5 ~ 1.5 小时。

[0042] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,步骤 (3) 的缺氧处理时间为 0.8 ~ 6 小时,优选 1 ~ 4 小时,更优选 1 ~ 3 小时。

[0043] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,给氧处理时间与缺氧处理时间的比为 1 : 0.5 ~ 1 : 6,优选 1 : 1 ~ 1 : 3,更优选 1 : 1.5 ~ 1 : 2,最优选 1 : 2。

[0044] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,步骤 (2) 的给氧处理以间歇曝气或连续曝气的方式进行。

[0045] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,在步骤 (2) 中,第三混合液的溶解氧浓度为 0.1 ~ 4mg/L,优选 1.5 ~ 3mg/L,更优选 2 ~ 3mg/L。

[0046] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,步骤 (3) 和步骤 (4) 以沉淀方式进行,也就是说缺氧处理和分离可通过沉淀(优选在沉淀池中沉淀)完成。

[0047] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,在步骤 (1) 中,第二混合液的污泥浓度为 3000 ~ 30000mg/L,优选 3000 ~ 20000mg/L,更优选 4000 ~ 15000mg/L。

[0048] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,还包括回收步骤 (2) 和/或 (3) 中产生的气态含磷化合物的回收步骤。

[0049] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,步骤 (7) 中返回步骤 (1) 用作污泥进料的第二浓缩混合液占第二浓缩混合液的比例为 1 ~ 100%,优选约 80 ~ 100%,更优选约 100%。

[0050] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,步骤 (7) 中返回步骤 (1) 的第二浓缩混合液占步骤 (1) 的污泥进料的比例为 1 ~ 100%,优选约 80 ~ 100%,更优选约 100%。

[0051] 根据本发明的污水生物处理方法的一些实施方案,步骤 (6) 是选自根据 Wuhrmann 工艺、A/0 工艺、Bardenpho 工艺、Phoredox 工艺、A<sup>2</sup>/0 工艺、倒置 A<sup>2</sup>/0 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺、VIP 工艺、OWASA 工艺、JHB 工艺、TNCU 工艺、Dephanox 工艺、BCFS 工艺、MSBR 工艺、SBR 工艺、AB 工艺、氧化沟工艺、生物膜工艺、流动床工艺或其组合的污水生物处理步骤。

[0052] 在另一方面,本发明还提供一种用于上述污泥处理方法的污泥处理装置,包括:能够将污水进料、污泥进料与第一混合液混合得到第二混合液的第一设备;能够将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液的第二设备;能够将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液的第三设备;能够将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液的第四设备;能够将上清液排出的第五设备;能够将至少部分第一浓缩混合液作为第一混合液引入第一设备并且使未返回第一设备的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量的第六设备。

[0053] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案,第二设备经设置使得给氧处理时间

为 0.1 ~ 4 小时, 优选 0.5 ~ 2 小时, 更优选 0.5 ~ 1.5 小时。

[0054] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案, 第三设备经设置使得缺氧处理时间为 0.8 ~ 6 小时, 优选 1 ~ 4 小时, 更优选 1 ~ 3 小时。

[0055] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案, 第二设备和第三设备经设置使得给氧处理时间与缺氧处理时间的比为 1 : 0.5 ~ 1 : 6, 优选 1 : 1 ~ 1 : 3, 更优选 1 : 1.5 ~ 1 : 2, 最优选 1 : 2。

[0056] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案, 第二设备是曝气池。

[0057] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案, 第三设备和第四设备是沉淀池, 也就是说将沉淀池同时作为第三设备和第四设备。。

[0058] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案, 所述污泥处理装置还包括能够收集并回收气态含磷化合物的回收设备。

[0059] 在另一方面, 本发明还提供一种用于上述污水生物处理方法的污水生物处理装置, 包括: 能够将污泥进料与第一混合液混合得到第二混合液的第一设备; 能够将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液的第二设备; 能够将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液的第三设备; 能够将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液的第四设备; 能够将上清液排出的第五设备; 能够将至少部分第一浓缩混合液作为第一混合液引入第一设备并且使未返回第一设备的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量的第六设备; 能够将至少部分第五设备排出的上清液进行污水生物处理得到第二浓缩混合液和净化出水的第七设备; 能够将净化出水排出的第八设备; 能够将污水进料引入第一设备与污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液和 / 或引入第七设备与上清液一起进行污水生物处理的第九设备; 以及任选的能够将至少部分第二浓缩混合液引入第一设备的第十设备。

[0060] 根据本发明的污水生物处理装置的一些实施方案, 第二设备经设置使得给氧处理时间为 0.1 ~ 4 小时, 优选 0.5 ~ 2 小时, 更优选 0.5 ~ 1.5 小时。

[0061] 根据本发明的污水生物处理装置的一些实施方案, 第三设备经设置使得缺氧处理时间为 0.8 ~ 6 小时, 优选 1 ~ 4 小时, 更优选 1 ~ 3 小时。

[0062] 根据本发明的污水生物处理装置的一些实施方案, 第二设备和第三设备经设置使得给氧处理时间与缺氧处理时间的比为 1 : 0.5 ~ 1 : 6, 优选 1 : 1 ~ 1 : 3, 更优选 1 : 1.5 ~ 1 : 2, 最优选 1 : 2。

[0063] 根据本发明的污水生物处理装置的一些实施方案, 第二设备是曝气池。

[0064] 根据本发明的污水生物处理装置的一些实施方案, 第三设备和第四设备是沉淀池, 也就是说将沉淀池同时作为第三设备和第四设备。

[0065] 根据本发明的污水生物处理装置的一些实施方案, 所述污泥处理装置还包括能够收集并回收气态含磷化合物的回收设备。

[0066] 根据本发明的污水生物处理装置的一些实施方案, 第七设备是选自能够根据 Wuhrmann 工艺、A/O 工艺、Bardenpho 工艺、Phoredox 工艺、A<sup>2</sup>/O 工艺、倒置 A<sup>2</sup>/O 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺、VIP 工艺、OWASA 工艺、JHB 工艺、TNCU 工艺、Dephanox 工艺、BCFS 工艺、MSBR 工艺、SBR 工艺、AB 工艺、氧化沟工艺、生物膜工艺、流动床工艺或其组合的进行污水生物处理的设备。

[0067] 在另一方面, 本发明还提供一种降低来自污水生物处理过程的污泥中碳、氮和磷

含量的方法,包括将污泥作为污泥进料通过上述污泥处理方法来降低其中碳、氮和磷的含量。

[0068] 在另一方面,本发明还提供一种降低污水中碳、氮和磷含量的方法,包括将污水作为污水进料通过上述污水生物处理方法来降低其中碳、氮和磷的含量。

[0069] 在另一方面,本发明还提供一种回收来自污水生物处理过程的污泥中磷的方法,包括 (i) 将污泥作为污泥进料通过上述污泥处理方法将其中的含磷化合物,特别是以溶液形式存在的含磷化合物,转化为气态含磷化合物而逸出,和 (ii) 回收步骤 (i) 中逸出的气态含磷化合物。

[0070] 在另一方面,本发明还提供一种回收污水中磷的方法,包括 (i) 将污水作为污水进料通过上述污水生物处理方法将其中的含磷化合物,特别是以溶液形式存在的含磷化合物,转化为气态含磷化合物而逸出,和 (ii) 回收步骤 (i) 中逸出的气态含磷化合物。

[0071] 在另一方面,本发明还提供一种污泥减量化处理方法,所述方法包括以下步骤:

[0072] (a) 将任选的污水进料和来自污水生物处理过程的第一污泥引入给氧处理区(优选曝气池)中;

[0073] (b) 对给氧处理区中的混合液进行给氧处理;

[0074] (c) 将经给氧处理的混合液引入缺氧处理区(优选沉淀池)中进行处理,得到第二污泥和上清液;和

[0075] (d) 将第二污泥的至少部分循环回给氧处理区,以及任选地将第二污泥的剩余部分排出;

[0076] 其中排出的第二污泥的剩余部分的 MLSS 总量小于第一污泥的 MLSS 总量;所述给氧处理可以以间歇曝气或连续曝气的方式进行。MLSS 是混合液悬浮固体浓度 (mixed liquor suspended solids) 的简写,它又称为混合液污泥浓度,它表示的是在曝气池单位容积混合液内所含有的活性污泥固体物的总重量 (mg/L)。

[0077] 根据本发明的污泥减量化处理方法的一些实施方案,在步骤 (d) 中,将至少 60%、优选至少 65%、优选至少 70%、更优选至少 75%、更优选至少 80%、更优选至少 85%、更优选至少 90%、更优选至少 93%、更优选至少 95%、更优选至少 98%、最优选基本上 100% 的第二污泥循环回给氧处理区。

[0078] 根据本发明的污泥减量化处理方法的一些实施方案,步骤 (b) 的给氧处理时间为 0.1 ~ 4 小时,优选 0.5 ~ 2 小时,更优选 0.5 ~ 1.5 小时。

[0079] 根据本发明的污泥减量化处理方法的一些实施方案,给氧处理区中经给氧处理的混合液的出口溶解氧浓度为 0.1 ~ 4mg/L,优选 1.5 ~ 3mg/L,更优选 2 ~ 3mg/L。

[0080] 根据本发明的污泥减量化处理方法的一些实施方案,给氧处理区的污泥浓度为 3000 ~ 30000mg/L,优选 3000 ~ 20000mg/L,更优选 4000 ~ 15000mg/L。

[0081] 根据本发明的污泥减量化处理方法的一些实施方案,还包括回收步骤 (b) 和 / 或 (c) 中产生的气态含磷化合物的步骤。

[0082] 在另一方面,本发明还提供一种污泥减量化处理装置,包括:

[0083] 给氧处理区,其具有接收第一污泥的第一入口、接收至少部分第二污泥的第二入口和任选的接收污水进料的第三入口;其中所述第一污泥来自污水生物处理过程;所述给氧处理区用于对接收的第一污泥、第二污泥和污水进料进行给氧处理;所述给氧处理可以

以间歇曝气或连续曝气的方式进行；

[0084] 缺氧处理区,用于将给氧处理区得到的混合液进行处理,形成上清液和第二污泥；和

[0085] 循环装置,用于将至少部分第二污泥循环回给氧处理区。

[0086] 根据本发明的污泥减量化处理装置的一些实施方案,循环装置将至少 60%、优选至少 65%、优选至少 70%、更优选至少 75%、更优选至少 80%、更优选至少 85%、更优选至少 90%、更优选至少 93%、更优选至少 95%、更优选至少 98%、最优选基本上 100%的第二污泥循环回给氧处理区。

[0087] 根据本发明的污泥减量化处理装置的一些实施方案,给氧处理区经设置使得给氧处理时间为 0.1 ~ 4 小时,优选 0.5 ~ 2 小时,更优选 0.5 ~ 1.5 小时。

[0088] 根据本发明的污泥减量化处理装置的一些实施方案,还包括磷回收装置,用于回收给氧处理区和缺氧处理区中产生的气态含磷化合物。

[0089] 在另一方面,本发明还提供一种污泥减量化污水处理方法,包括使污水进料在包括例如曝气池的给氧处理区、例如沉淀池的缺氧处理区和生物处理区的污水生物处理设备中顺序经历给氧处理、缺氧和 / 或沉淀处理和污水生物处理；

[0090] 其特征在于将分别在生物处理区和缺氧处理区中存在和 / 或形成的第一污泥的至少一部分和第二污泥的至少一部分循环回给氧处理区,从而在对污水进料进行生物处理的同时使污泥得以消减。

[0091] 在另一方面,本发明还提供一种污泥减量化污水处理方法,包括以下步骤：

[0092] (a) 将污水进料和来自步骤 (d) 的至少一部分第二污泥和来自步骤 (g) 的至少一部分第一污泥引入给氧处理区,优选曝气池,中；

[0093] (b) 对给氧处理区中的混合液进行给氧处理；

[0094] (c) 将经给氧处理的混合液引入例如沉淀池的缺氧处理区,优选沉淀池,中进行处理,得到第二污泥和上清液；

[0095] (d) 将至少一部分第二污泥循环回给氧处理区,以及任选地将第二污泥的剩余部分排出,其中第二污泥的剩余部分的 MLSS 总量小于步骤 (a) 引入给氧处理区的所述至少一部分第一污泥的 MLSS 总量；

[0096] (e) 将从缺氧处理区分离出的上清液和任选的其它污水进料引入污水生物处理区；

[0097] (f) 在污水生物处理区中对上清液和所述任选的其它污水进料进行生物处理得到第一污泥和出水；

[0098] (g) 将至少一部分第一污泥循环回给氧处理区,任选地将第一污泥的另一部分循环回污水生物处理区,以及任选地将第一污泥的剩余部分排出；

[0099] 所述给氧处理可以以间歇曝气或连续曝气的方式进行。

[0100] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,在步骤 (d) 中,将至少 60%、优选至少 65%、优选至少 70%、更优选至少 75%、更优选至少 80%、更优选至少 85%、更优选至少 90%、更优选至少 93%、更优选至少 95%、更优选至少 98%、最优选基本上 100%的第二污泥循环回给氧处理区。

[0101] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,在步骤 (g) 中,将至少

60%、优选至少 65%、优选至少 70%、更优选至少 75%、更优选至少 80%、更优选至少 85%、更优选至少 90%、更优选至少 93%、更优选至少 95%、更优选至少 98%、最优选基本上 100% 的第二污泥循环回给氧处理区。

[0102] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,步骤 (b) 的给氧处理时间为 0.1 ~ 4 小时,优选 0.5 ~ 2 小时,更优选 0.5 ~ 1.5 小时。

[0103] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,给氧处理区中经给氧处理的混合液的出口溶解氧浓度为 0.1 ~ 4mg/L,优选 1.5 ~ 3mg/L,更优选 2 ~ 3mg/L。

[0104] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,给氧处理区的污泥浓度为 3000 ~ 30000mg/L,优选 3000 ~ 20000mg/L,更优选 4000 ~ 15000mg/L。

[0105] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,还包括回收产生的气态含磷化合物的步骤。

[0106] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,步骤 (f) 的生物处理是根据 Wuhrmann 工艺、A/O 工艺、Bardenpho 工艺、Phoredox 工艺、A<sup>2</sup>/O 工艺、倒置 A<sup>2</sup>/O 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺、VIP 工艺、OWASA 工艺、JHB 工艺、TNCU 工艺、Dephanox 工艺、BCFS 工艺、MSBR 工艺、SBR 工艺、AB 工艺、氧化沟工艺、生物膜工艺、流动床工艺或其组合的污水生物处理步骤。

[0107] 在另一方面,本发明还提供一种污泥减量化污水处理装置,所述设备包括顺序连通的例如曝气池的给氧处理区、例如沉淀池的缺氧处理区和污水生物处理区,其特征在于给氧处理区具有污水进料入口、与缺氧处理区连通的第二污泥回流管线和与污水生物处理区连通的第一污泥回流管线,并且所述污水生物处理的设置使得排出缺氧处理区的第二污泥的 MLSS 总量小于从污水生物处理区循环回给氧处理区的第一污泥的 MLSS 总量。

[0108] 在另一方面,本发明还提供一种污泥减量化污水处理装置,包括:

[0109] - 给氧处理区,优选曝气池,其具有接收至少部分第一污泥的第一入口、接收至少部分第二污泥的第二入口和接收污水进料的第三入口;所述给氧处理区用于对接收的第一污泥、第二污泥和污水进料进行给氧处理;所述给氧处理可以以间歇曝气或连续曝气的方式进行;

[0110] - 缺氧处理区,优选沉淀池,用于将给氧处理区得到的混合液进行缺氧处理,形成上清液和第二污泥;

[0111] - 污水生物处理区,任选具有其它污水进料入口,用于对所述上清液和任选的其它污水进料进行生物处理,形成第一污泥和出水;

[0112] - 第一循环装置,用于将至少部分第一污泥循环回给氧处理区;

[0113] - 第二循环装置,用于将至少部分第二污泥循环回给氧处理区;

[0114] - 任选的第一污泥排出装置,用于将第一污泥的剩余部分排出;

[0115] - 任选的第二污泥排出装置,用于将第二污泥的剩余部分排出。

[0116] 根据本发明的污泥减量化污水处理装置的一些实施方案,第二循环装置将至少 60%、优选至少 65%、优选至少 70%、更优选至少 75%、更优选至少 80%、更优选至少 85%、更优选至少 90%、更优选至少 93%、更优选至少 95%、更优选至少 98%、最优选基本上 100% 的第二污泥循环回给氧处理区。

[0117] 根据本发明的污泥减量化污水处理装置的一些实施方案,第一循环装置将至少

60%、优选至少 65%、优选至少 70%、更优选至少 75%、更优选至少 80%、更优选至少 85%、更优选至少 90%、更优选至少 93%、更优选至少 95%、更优选至少 98%、最优选基本上 100% 的第二污泥循环回给氧处理区。

[0118] 根据本发明的污泥减量化污水处理装置的一些实施方案,给氧处理区经设置使得给氧处理时间为 0.1 ~ 4 小时,优选 0.5 ~ 2 小时,更优选 0.5 ~ 1.5 小时。

[0119] 根据本发明的污泥减量化污水处理装置的一些实施方案,还包括磷回收装置,用于回收污水处理装置中产生的气态含磷化合物。

[0120] 根据本发明的污泥减量化污水处理装置的一些实施方案,生物处理区是能够根据 Wuhrmann 工艺、A/O 工艺、Bardenpho 工艺、Phoredox 工艺、A<sup>2</sup>/O 工艺、倒置 A<sup>2</sup>/O 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺、VIP 工艺、OWASA 工艺、JHB 工艺、TNCU 工艺、Dephanox 工艺、BCFS 工艺、MSBR 工艺、SBR 工艺、AB 工艺、氧化沟工艺、生物膜工艺、流动床工艺或其组合进行污水生物处理的设备。

[0121] 本发明的发明人惊奇地发现,采用上述污泥处理方法或污泥减量化处理方法可以实现长期稳定运行而无需排泥并且无污泥积累。因此,本发明的污泥处理方法或污泥减量化处理方法能够基本上消除污泥排放,彻底解决了污泥排放问题,具有巨大的社会和经济意义。

[0122] 本发明的上述污泥处理方法或污泥减量化处理方法可以方便地与各种合适的污水生物处理方法结合从而形成的新的污水生物处理方法。特别地,所述污水生物处理方法产生的剩余污泥可以由本发明的污泥处理方法处理而消解。此外,由本发明的污泥处理方法产生的出水(上清液)通常呈中性(即 pH 值在 6 ~ 8 之间,尤其在 6.5 ~ 7.5 之间),因此无需调节 pH 值即可通过进一步的污水生物处理得到符合排放标准的净化出水。尤其特别地,本发明的污水生物处理方法可在基本不排泥的情况下仍然取得良好的除磷效果。

[0123] 与传统污水生物处理方法相比,新的污水生物处理方法能够显著减少甚至完全消除污泥排放,并且还具有良好的污水处理效果和出水水质、更小的设备占地面积、更少的建设成本和运行成本以及更高的抗冲击负荷能力和运行稳定性。本发明的上述污泥处理方法或污泥减量化处理方法还特别适合用于改造各种现有的污水生物处理装置以便显著减少甚至完全消除污泥排放。

## 附图说明

[0124] 图 1 为现有技术中传统活性污泥法的工艺流程示意图。

[0125] 图 2 为根据本发明污泥处理方法的一种实施方式的工艺流程示意图。

[0126] 图 3 为根据本发明污水生物处理方法或污泥减量化污水(生物)处理方法的一种实施方式的工艺流程示意图。

[0127] 图 4 示出根据本发明污水生物处理方法或污泥减量化污水生物处理方法的另一种实施方式的工艺流程的示意图。

[0128] 图 5 为可用于本发明污水生物处理方法的氧化沟污水处理工艺的流程图。

[0129] 图 6 为可用于本发明污水生物处理方法的 SBR 污水处理工艺的流程图。

[0130] 图 7 为可用于本发明污水生物处理方法的 AB 法污水处理工艺的流程图。

[0131] 图 8 为可用于本发明污水生物处理方法的 A/O 法污水处理工艺的流程图。

- [0132] 图 9 为可用于本发明污水生物处理方法的 A<sup>2</sup>O 法污水处理工艺的流程图。
- [0133] 图 10 为可用于本发明污水生物处理方法的 MSBR 污水处理工艺的流程图。
- [0134] 图 11 示出根据本发明污水生物处理方法的一种实施方式的工艺流程的示意图。
- [0135] 图 12 示出根据本发明污水生物处理方法的一种实施方式的工艺流程的示意图。
- [0136] 图 13 示出根据本发明污水生物处理方法的一种实施方式的工艺流程的示意图。

## 具体实施方式

[0137] 为了进一步了解本发明,下面结合附图对本发明的一些优选实施方案进行描述。应当理解,这些描述只是为了进一步说明本发明的特征和优点,而不是对本发明权利要求保护范围的限制。

[0138] 在本发明中,术语“污水”是指任何可用生物处理方法处理的主要含有有机污染物的污水,包括任何合适的工业废水、生活污水及其任意组合,特别是城市生活污水。污水可以从产生污水的地点直接得到污水、通过管网搜集得到污水、将污水贮存一定时间后得到的污水、或者是将污水经过发酵、酸碱调节、成分调节、浓度调节以及沉淀、过滤、离心等生物、化学和 / 或物理处理之后得到的污水。

[0139] 在本发明中,术语“污水生物处理”是指利用微生物的代谢作用使污水中的有机污染物转化为稳定的无害物质的过程。根据微生物对氧的需求,可以分为好氧生物处理、厌氧生物处理等。

[0140] 好氧生物处理根据微生物在水中存在的状态,可分为活性污泥法和生物膜法。活性污泥法是目前最广泛应用的污水生物处理方法,其中将空气鼓入含有大量有机物质的污水中,经过一定时间后,水中即形成生物絮凝体——活性污泥,在活性污泥上栖息、生活着大量的微生物,这些微生物以水中的有机物质为食料,获得能量并不断增长繁殖,从而使污水得到净化。活性污泥法的基本流程如图 1 所示。生物膜法是通过污水流经固体填料,在填料上生成污泥状的生物膜,生物膜上繁殖着大量的微生物起到与活性污泥同样的净化污水的作用。生物膜法的设施包括生物滤池、生物转盘、生物接触氧化和生物流化床等。

[0141] 厌氧生物处理是利用兼性厌氧菌和专性厌氧菌在无氧条件下降解有机污染物的处理技术。厌氧生物处理的设施包括普通消化池、厌氧滤池、厌氧污泥床、厌氧转盘、挡板式厌氧反应器等。

[0142] 由于污水中的污染物质多种多样,往往需要几种处理方法结合才能达到净化目的。常见的污水生物处理法的例子包括活性污泥法、OSA (Oxic-Settling-Anaerobic) 工艺、厌氧生物处理工艺 (例如厌氧生物滤池、厌氧生物转盘、厌氧接触法、上流式厌氧污泥床和分段厌氧消化法等)、Wuhrmann 工艺、A/O 工艺、Bardenpho 工艺、Phoredox 工艺、A<sup>2</sup>/O 工艺、倒置 A<sup>2</sup>/O 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺、VIP 工艺、OWASA 工艺、JHB 工艺、TNCU 工艺、Dephanox 工艺、BCFS 工艺、SBR (Sequencing Batch Reactor Activaten Sludge Process) 工艺、MSBR 工艺、AB 工艺、生物膜工艺例如生物滤池、生物转盘、生物接触氧化法、生物流化床和曝气生物滤池等、以及上述各种工艺的任意合适的组合。

[0143] 在本发明中,术语“污泥”是指污水生物处理过程中产生的任何含有活性污泥的污泥。活性污泥是污水中的生物形成的絮凝体,主要含有水和各种微生物,例如好氧菌、厌氧菌和兼性菌,还有真菌、藻类、原生动物等。随着污泥的驯化和所处环境的改变,污泥中各种

微生物类群也会发生例如数量和比例的变化甚至基因突变等以适应生存环境。按污水的来源来分,污泥的例子可以包括:生活污水污泥和工业废水污泥。按污泥的来源来分,污泥的例子通常可以包括:来自活性污泥法二次沉淀池的排泥(也成为剩余污泥或剩余活性污泥,其主要成分为微生物和水)、来自生物膜法二次沉淀的排泥(也称为腐殖污泥,主要成分为脱落的生物膜)、来自污水处理厂初次沉淀池的排泥(也称为初次沉淀污泥,主要成分为固体有机物和微生物等)、废水经厌氧处理后排出的污泥(也称为厌氧污泥)、将上述污泥经消化后的污泥(也称消化污泥或熟污泥)、以及来自化学沉淀池的污泥(也称为化学污泥)等。按污泥的不同阶段来分,污泥的例子可以包括:生污泥或新鲜污泥(即,未经任何处理的污泥)、浓缩污泥、消化污泥、脱水污泥、干化污泥等。本发明的污泥可以是上述任何污泥及其组合,特别是含水量为90%以上、95%以上、优选97%以上的剩余污泥,优选新鲜污泥。

[0144] 在本发明中,术语“混合液”是指上述污泥与水形成的混合物,也称为泥水混合物或泥水混合液。合适的混合液中的污泥具有良好的沉降性能,特别是在曝气和沉淀过程中不发生污泥膨胀或污泥上浮。通常,混合液的污泥体积指数(SVI,常用 $SVI_{30}$ 表示,指混合液在1000mL量筒中静置30分钟以后,1克活性污泥悬浮固体所占的体积,单位为mL/g)有利地为小于给氧处理时发生污泥膨胀的最小值,例如 $SVI_{30}$ 可以小于200mL/g,小于150mL/g,小于100mL/g,或小于50mL/g。

[0145] 在本发明中,术语“浓缩混合液”是指将上述混合液经分离除去至少部分水后得到的污泥浓度提高的混合液,在一些情况中也称为污泥,例如第一浓缩混合液也可以称为第一污泥。所述分离可以是沉淀分离、离心分离、过滤分离等。在沉淀分离的情形中,混合液中的污泥逐渐下沉形成处于混合液上部的上清液和处于混合液下部的污泥浓度增加的浓缩混合液。在一些情况中,可以将占整个混合液体积5~85%(例如:5~10%、10~15%、15~20%、20~25%、25~30%、30~35%、35~40%、40~45%、45~50%、50~55%、55~60%、65~70%、70~75%、75~80%、80~85%)的下部混合液作为浓缩混合液。

[0146] 在本发明中,术语“给氧处理”是指使氧与混合液接触,尤其是含氧气体(例如空气)与混合液接触。在本发明中,“给氧处理”可以通过任何能够使含氧气体与混合液接触的方法来实现,例如通过将含氧气体通入流动的或非流动的混合液中进行,特别是用含氧气体对混合液曝气来实现。好氧处理即是典型的给氧处理。给氧处理可以在任何合适的条件下以任何合适的方式进行,例如在常压、加压、常温、低温和/或升温条件下以鼓风曝气、机械曝气、射流曝气等方式在合适的设备例如曝气池、氧化沟、流化床、移动床或膜设备等进行。优选使用曝气池曝气。任何合适的含有氧气的气体都可用于曝气,优选使用空气曝气。在给氧处理中,混合液的溶解氧浓度可以逐渐升高到期望值。给氧处理的时间一般由混合液在给氧处理装置中的停留时间(或混合液与氧接触的时间)以及通入的含氧气体的量来确定。通常,在给氧处理中,好氧生物和兼性生物得到增长,而厌氧生物受到抑制。

[0147] 在本发明中,术语“缺氧处理”是指基本上避免含氧气体与混合液接触。缺氧处理可以通过任何能够基本避免含氧气体与混合液接触的方法来实现。例如,通过停止曝气和任选的脱气过程来实现。在本发明中,无论是否存在硝态氮,只要基本上不存在溶解氧,例如溶解氧水平低于0.1mg/L时,即可认为是处于缺氧处理状态。也就是说,在一些文献中所述的缺氧条件(有硝态氮无溶解氧)和厌氧条件(无硝态氮无溶解氧)下都可以进行本发

明的缺氧处理。在一些情形中,随着含氧气体的逸出和溶解氧的消耗,溶解氧浓度可以逐渐降低到期望值,例如约等于 0mg/L 的水平。特别地,缺氧处理可以通过在停止曝气的情况下使混合液在沉淀池中缓慢流动的方式实现。合适的沉淀池可以是平流式、竖流式和辐流式沉淀池。缺氧处理的时间一般由混合液在缺氧处理装置中的停留时间确定。通常,在缺氧处理中,厌氧生物和兼性生物得到增长,而好氧生物受到抑制。

[0148] 在本发明中,术语“污泥量”也称污泥含量,通常是指污泥或污水或混合液或浓缩混合液中的固体含量或悬浮物含量。固体或悬浮物通常主要包括生物体和有机固体物质(包括可生物降解的和难生物降解的有机物质)。在一些情况下,污泥量也可以用 MLSS 总量表示。MLSS 是混合液悬浮固体浓度(mixed liquor suspended solids)的简写,它又称为混合液污泥浓度,它表示的是在曝气池单位容积混合液内所含有的活性污泥固体物的总重量(mg/L)。

[0149] 在一个方面,本发明提供一种污泥处理方法,其中所述污泥产生于污水生物处理过程,所述方法包括:(1)将污泥进料与第一混合液混合得到第二混合液;(2)将第一混合液进行给氧处理得到第三混合液;(3)将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液;(4)将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液;(5)将上清液排出;将至少部分第一浓缩混合液返回步骤(1)用作第一混合液,其中未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量。

[0150] 根据本发明的污泥处理方法,未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量,也即是说存在污泥量的净输入。特别是在第一浓缩混合液全部返回步骤(1)的情况下,污泥量的净输入就是污泥进料的污泥量(如图2所示)。

[0151] 本发明的发明人惊奇地发现,在长期运行时,尽管存在污泥量的净输入,混合液中的污泥量仍然保持在相对稳定的水平而不会无限制地增长,该水平受污泥进料的成分和流量以及其他操作条件的影响,例如在存在污水进料时,也受污水进料的流量的影响。因此,本发明的污泥处理方法是一种污泥减量化处理方法。也就是说,本发明的污泥处理方法能够消解污泥进料中的污泥,使污泥减量。在优选的实施方案中,本发明的污泥处理方法可以在污泥进料连续加入的情况下,长期稳定地运行而无需排泥,从而消除了污泥的排放。此外,本发明的发明人还惊奇地发现,即便污泥进料具有较高含量的碳、氮和磷,并且不排出任何第一浓缩混合液,上清液中碳、氮的磷含量也能保持在较低水平,也就是说,本发明的污泥处理方法具有显著的去碳、氮和磷的效果。

[0152] 不受任何理论的约束,本发明的发明人认为本发明的污泥处理方法能够长期稳定地运行而无需排泥的部分可能原因如下。

[0153] 首先,由于排出的污泥量小于外加的污泥量,混合液中的污泥量本应持续增长,然而在稳定运行中混合液的污泥浓度尽管很高但并未持续增加而是在高水平下保持稳定(也就是说在稳定运行中,系统中混合液的污泥量基本保持不变),因此可以认为混合液中的生物类群处于消长平衡的状态,即新增的污泥量(包括污泥进料的污泥量和混合液中生物繁殖而增加的污泥量)和死亡并消解的污泥量达到了动态平衡,因而没有污泥量的净增长。

[0154] 在已知的各种污水生物处理方法中,由于生物的增殖,无论二沉池的污泥是否回流返回工艺的上游,都有剩余污泥排出。就整个工艺而言,由于通常只有污水原水进料而没

有污泥的净输入,因此排出的污泥量总是大于外加的污泥量。此外,由于二沉池出水中溶解性有机物浓度必须处于很低的水平以便满足出水排放要求,曝气池必须采用足够高的曝气量和足够长的曝气时间以降低水中溶解性有机物的浓度。然而,在好氧条件下,低有机物浓度通常有利于丝状菌的增殖而导致污泥膨胀。同时,高曝气量和长曝气时间也进一步增加了含较高浓度污泥的混合液发生污泥膨胀的可能性。因此,在已知的各种活性污泥工艺中,曝气池中的污泥浓度通常难以达到较高水平,也就是说无法实现生物类群的消长平衡状态。另外,由于生物对恶劣环境(例如较低的营养物浓度)的抵抗,已知的污泥好氧处理方法和污泥厌氧处理方法通常仅能消解不足 60%的污泥(也即无法将污泥完全消解),因此采用这些方法的工艺也仍然需要排出一定量的剩余污泥。

[0155] 在本发明的污泥处理方法中,由于主要目的是消解污泥,排出的上清液中溶解性有机物的浓度可不受限制而处于较高水平,因此有利地限制了丝状菌的增殖,降低了需氧量(例如曝气量),从而减小了给氧处理例如曝气时发生污泥膨胀的可能性。此外,较高水平的溶解性有机物为生物体提供了足够的营养,形成了有利于生物的代谢、繁殖和程序死亡的环境,使得污泥中的生物体在大量繁殖的同时也大量地消解。

[0156] 此外,在本发明的污泥处理方法中,污泥交替、反复地经历了给氧处理和缺氧处理,有利于菌胶团细菌的增殖,污泥的沉降速度和澄清效果得到提高。因此,本发明的污泥处理方法可以实现高污泥浓度而不发生污泥膨胀。

[0157] 另外,由于第一浓缩混合液通常大量甚至全部回流返回步骤(1)使得污泥龄相对较长(例如数月、数年甚至更长),因此繁殖速率较慢的能分解难降解物质的微生物得以正常生长,增强了污泥的分解作用。同时,在高污泥浓度条件下,依次经过给氧处理和缺氧处理,混合液中的可生物降解物质和难生物降解物质(包括死亡生物体)都得到了快速有效的消解,使得含碳、氮、磷等的化合物成为溶解性有机物随上清液排出或成为挥发性物质而逸出。

[0158] 综上所述,在本发明的污泥处理方法中,混合液中的污泥具有优异的沉降性能和较低的需氧量(例如曝气量)并且能够降解各种有机物质(包括死亡生物体)使之成为水溶性物质或气态物质,因此混合液可以具有相当高的污泥浓度使生物类群处于消长平衡状态而不发生污泥膨胀,从而使得本发明的污泥处理方法能够长期稳定地运行以减少甚至完全消除污泥排放。

[0159] 在一些实施方案中,步骤(2)的给氧处理和步骤(3)的缺氧处理可以在同一构筑物或容器中以续批的方式进行。例如,步骤(1)至(4)可以在同一构筑物或容器中进行,其中在步骤(1)中将一批污泥进料与前批污泥进料处理后得到第一浓缩混合液(作为第一混合液)混合得到第二混合液,在步骤(2)中将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液,在步骤(3)中将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液,在步骤(4)中将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液,在步骤(5)中将上清液排出并且将至少部分(优选全部)第一浓缩混合液留在所述构筑物或容器中并用作步骤(1)的第一混合液,然后将下一批污泥进料引入所述构筑物或容器并重复上述步骤。步骤(5)中,上清液可以通过能够将上清液排出的设备例如排液管来排出。采用续批的方式可以节约用地和建设投资。在一些实施方案中,步骤(2)的给氧处理和步骤(3)的缺氧处理可以在步骤(4)的分离前反复地进行一次或多次。

[0160] 在另一些实施方案中,在本发明的污泥处理方法中,步骤(2)的给氧处理和步骤(3)的缺氧处理可以在不同的构筑物或容器中以半连续或连续的方式进行。例如,步骤(1)至(6)可以在不同的构筑物中半连续(即一些步骤以连续方式运行而另一些步骤以间歇方式运行的情形)或连续地进行,其中在步骤(1)中将污泥进料间歇或连续地引入第一构筑物并与第一混合液混合得到第二混合液,将第二混合液间歇或连续地引入第二构筑物以间歇或连续地进行步骤(2)的给氧处理得到第三混合液,将第三混合液间歇或连续地引入第三构筑物以间歇或连续地进行步骤(3)的缺氧处理得到第四混合液,将第四混合液通过分离设备间歇或连续地进行步骤(4)的分离以得到上清液和第一浓缩混合液,在步骤(5)中将上清液间歇或连续地排出,将至少部分第一浓缩混合液间歇或连续地引入第一区,并任选地将第一浓缩混合液的剩余部分间歇或连续地排出,其中未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量。第一、第二和第三构筑物可以是各自独立的不同的构筑物或者是同一构筑物的不同区域。如果步骤(3)的缺氧处理以沉淀方式进行,那么步骤(4)的分离可以与步骤(3)在同一构筑物中同时进行(也就是说第三构筑物也用作分离设备)。在步骤(5)中,上清液可以通过能够将上清液排出的设备例如排液管排出,第一浓缩混合液可以通过例如污泥回流管引入第一构筑物。采用半连续或连续的方式可以有利地改善污泥处理的效率。各步骤是否以间歇或连续方式进行主要根据污泥进料的流量和成分以及各设备的操作条件来确定,以便有利地优化和稳定运行从而获得最佳的处理效果。

[0161] 在本发明的污泥处理方法中,在步骤(5)中未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量。在一些情形中,在步骤(5)中基本上全部第一浓缩混合液都返回步骤(1)用作第一混合液,因此基本上没有排出第一浓缩混合液。然而,也不排除在连续操作的某些情况下,瞬时排出的第一浓缩混合液的污泥量大于污泥进料的污泥量,只要在长期运行中排出的第一浓缩混合液的剩余部分的污泥量的平均值小于污泥进料的污泥量的平均值从而存在污泥量的净输入即可。根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,在步骤(5)中未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量至多为污泥进料的污泥量的下列任意比例之一,例如约95%、约85%、约70%、约50%、约30%、约25%、约20%、约15%、约10%、约5%、约3%、约1%、约0%。该比例有利地为约0%,也就是说将步骤(5)的第一浓缩混合液基本上全部返回步骤(1)用作第一混合液。此外,该比例特别有利地小于约30%、约25%、约20%、约15%、约10%、约5%、约3%、约1%,尤其是约0%,以便获得较长的泥龄。不受任何理论约束,较长的泥龄使得繁殖速率较慢的能分解难降解物质的微生物得以正常生长,增强了污泥的分解作用。同时,该比例小于约30%、约25%、约20%、约15%、约10%、约5%、约3%、约1%,尤其是约0%,这样也有利于提高第一、第二、第三和第四混合液的污泥浓度。

[0162] 在一些方案中,第一浓缩混合液的流量可以为污泥进料流量(在存在污水进料的情况下,为污水进料和污泥进料的总流量)的10%~1000%,例如10~20%、20~30%、30~40%、40~60%、60~80%、80~100%、100~150%、150~200%、200~400%、400~600%、600~800%、800~1000%。该比例也称为第一浓缩混合液的回流比。合适的回流比有利地使给氧处理时间和/或缺氧处理时间为期望值。在一些情况下,合适的回流比可以较小,例如为10~20%、20~30%、30~40%、40~60%,以有利地节约动力消耗。在另一些情况下,合适的回流比可以较大,例如为60~80%、80~100%、100~150%、

150 ~ 200%、200 ~ 400%、400 ~ 600%、600 ~ 800%、800 ~ 1000%以获得较短的给氧处理时间和 / 或缺氧处理时间。优选的回流比为 50 ~ 150%。

[0163] 在本发明的污泥处理方法的一些实施方案中,步骤(2)的给氧处理时间小于好氧微生物成为优势群类的时间(例如小于好氧微生物的世代周期,例如小于约5小时),并且步骤(3)的缺氧处理时间小于厌氧微生物成为优势群类的时间(例如小于厌氧微生物的世代周期,例如小于约40小时),从而使得兼性微生物成为优势群类。不受任何理论约束,可以认为,由于常温下兼性微生物的世代周期约为0.2~0.5小时,以兼性微生物为优势群类的污泥在经历交替的给氧处理(好氧条件)和缺氧处理(缺氧条件和 / 或厌氧条件)时将会发生大量的生物增殖和生物程序死亡,从而大量消化和降解(主要包括代谢和水解)各种有机物质(包括死亡生物)使其成为溶解性化合物而随上清液排出或成为气态化合物而逸出,这在高污泥浓度条件下尤其明显。

[0164] 在一些实施方案中,步骤(2)的给氧处理时间可以小于例如5小时以免好氧微生物成为优势群类,同时还可以大于例如0.1小时以使兼性微生物得到足够的增殖并充分抑制厌氧微生物的增殖,从而有利地使兼性微生物成为优势群类。在一些情形中,给氧处理时间可以为0.1~4小时,优选0.5~2小时,更优选0.5~1.5小时,例如选自0.1~0.2小时、0.2~0.3小时、0.3~0.4小时、0.4~0.5小时、0.5~0.6小时、0.6~0.8小时、0.8~1小时、1~1.2小时、1.2~1.5小时、1.5~1.8小时、1.8~2小时、2~2.2小时、2.2~2.5小时、2.5~3小时和3.5~4小时。在一些实施方案中,步骤(2)的给氧处理以间歇或连续方式进行,例如以间歇曝气或连续曝气的方式进行。

[0165] 在一些实施方案中,步骤(3)的缺氧处理时间可以小于例如6小时以免厌氧微生物成为优势群类并有利于减小装置尺寸,同时还可以大于例如0.1小时以使兼性微生物得到足够的增殖并充分抑制好氧微生物的增殖,从而使兼性微生物成为优势群类。缺氧处理时间可以为0.8~6小时,优选1~4小时,更优选1~3小时,例如选自0.8~1小时、1~1.2小时、1.2~1.4小时、1.4~1.6小时、1.6~1.8小时、1.8~2小时、2~2.5小时、2.5~3小时、3~3.5小时、3.5~4小时、4~4.5小时、4.5~5小时、5~5.5小时和5.5~6小时。在一些实施方案中,步骤(3)的缺氧处理可以沉淀方式进行。在缺氧处理以沉淀方式进行时,缺氧处理时间有利地大于0.5小时,特别有利地大于1小时以使沉淀充分完成,同时有利地小于4小时以减小装置尺寸。

[0166] 在一些实施方案中,给氧处理时间与缺氧处理时间的比为1:0.5~1:6,优选1:1~1:3,更优选1:1.5~1:2,最优选1:2,例如选自1:0.5~1:0.6、1:0.6~1:0.7、1:0.7~1:0.8、1:0.8~1:0.9、1:0.9~1:1、1:1~1:1.1、1:1.1~1:1.2、1:1.2~1:1.3、1:1.3~1:1.4、1:1.4~1:1.5、1:1.5~1:1.6、1:1.6~1:1.7、1:1.7~1:1.8、1:1.8~1:1.9、1:1.9~1:2、1:2~1:2.1、1:2.1~1:2.2、1:2.3~1:2.4、1:2.4~1:2.5、1:2.5~1:2.6、1:2.6~1:2.8、1:2.8~1:3、1:3~1:3.2、1:3.2~1:3.4、1:3.4~1:3.6、1:3.6~1:3.8、1:3.8~1:4、1:4~1:4.5、1:4.5~1:5、1:5~1:5.5和1:5.5~1:6,以有利地使兼性微生物成为优势群类。

[0167] 在一些实施方案中,为使污泥经历足够的给氧处理以便有利地使兼性微生物成为

优势群类并促进污泥的消化和水解,步骤(2)的第三混合液的溶解氧浓度可以为0.1~4mg/L,优选1.5~3mg/L,更优选2~3mg/L,例如选自0.1~0.3mg/L、0.3~0.5mg/L、0.5~0.7mg/L、0.7~0.9mg/L、0.9~1.1mg/L、1.1~1.3mg/L、1.3~1.5mg/L、1.5~1.7mg/L、1.7~1.9mg/L、1.9~2.1mg/L、2.1~2.3mg/L、2.3~2.5mg/L、2.5~2.7mg/L、2.7~2.9mg/L、2.9~3.1mg/L、3.1~3.3mg/L、3.3~3.5mg/L、3.5~3.7mg/L和3.7~3.9mg/L。

[0168] 在一些实施方案中,在步骤(1)之前将污泥进料进行给氧处理。不受任何理论的限制,可以认为这样更有利于使兼性微生物成为优势群类。此外,当污泥进料来自活性污泥工艺的二沉池时,由于污泥进料中的有机物含量相当低,污泥进料中的生物在给氧处理时将主要发生内源消化从而减小了污泥量。同时,这样的给氧处理也可以减轻步骤(2)的给氧处理的需氧量(例如曝气量),进一步减少第一区发生污泥膨胀的可能性。在一些实施方案中,污泥进料给氧处理的时间可以为0.1~0.5小时、0.5~1小时、1~1.5小时、1.5~2小时和2~2.5小时,处理后污泥进料的溶解氧浓度选自0.1~0.5mg/L、0.5~1mg/L、1~1.5mg/L、1.5~2mg/L、2~2.5mg/L、2.5~3mg/L、3~3.5mg/L和3.5~4mg/L。在一些实施方案中,这样的给氧处理以间歇或连续方式进行,例如以间歇或连续曝气的方式进行。

[0169] 在一些实施方案中,为使污泥经历充分的缺氧处理以便有利地使兼性微生物成为优势群类并促进污泥的消化和水解,在步骤(2)和(3)之间可以对第三混合液进行脱氧处理。例如,可用脱气池进行脱氧处理,其中混合液中的含氧气泡上浮,从而使混合液的溶解氧含量不再增长,为随后的缺氧处理做好准备。在根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案中,脱氧处理的时间可以为0.1~0.2小时、0.2~0.3小时、0.3~0.5小时、0.5~0.8小时和0.8~1小时,处理后的第三混合液的溶解氧浓度选自小于0.1mg/L,小于0.05mg/L和约0mg/L。

[0170] 在一些实施方案中,给氧处理时间:脱氧处理时间:缺氧处理时间的比例可以为1:(0.1~0.5):(0.5~4),优选1:(0.1~0.3):(1~3),更优选为1:(0.1~0.2):(1.5~2.5),例如优选为1:0.1:1或1:0.15:2。

[0171] 在一些实施方案中,在本发明的污泥处理方法中,污泥进料可以是一股或多股污泥进料,优选新鲜污泥进料,各股污泥进料可以相同或不同。通常,污泥进料的含水率例如为至少40%,至少60%,至少80%,至少90%,至少95%,至少98%或更高,优选97%或更高。在一些情况下,污泥进料也可以是干污泥等低含水量污泥及其与水、污水、有机营养物或其它污泥进料的混合物。

[0172] 根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,步骤(1)还包括将污水进料引入第一混合液。在存在污水进料的情形中,步骤(1)中污泥进料与污水进料的流量比可以选自1:100~1:50、1:50~1:20、1:20~1:10、1:10~1:5、1:5~1:2、1:2~1:1.5、1:1.5~1:1、1:1~1:0.8、1:0.8~1:0.5、1:0.5~1:0.2、1:0.2~1:0.1、1:0.1~1:0.05、1:0.05~1:0.02和1:0.02~1:0.01。

[0173] 在一些实施方案中,步骤(2)中第二混合液的污泥体积指数(SVI,常用SVI<sub>30</sub>表示,指混合液在1000mL量筒中静置30分钟以后,1克活性污泥悬浮固体所占的体积,单位

为 mL/g) 应当小于给氧处理时发生污泥膨胀的最小值。根据本发明的污泥处理方法的一些实施方案,污泥体积指数例如  $SVI_{30}$  可以小于 300ml/g, 小于 200ml/g, 小于 150ml/g, 小于 100ml/g, 或小于 50ml/g。

[0174] 在一些实施方案中,步骤(1)中第二混合液的污泥浓度可以为使生物处于消长平衡状态时的浓度。根据一些实施方案,在步骤(1)中第二混合液的污泥浓度为至少约 2500 ~ 3000mg/L、3000 ~ 3500mg/L、3500 ~ 4000mg/L、4000 ~ 4500mg/L、4500 ~ 5000mg/L、5000 ~ 5500mg/L、5500 ~ 6000mg/L、6000 ~ 6500mg/L、6500 ~ 7000mg/L、7000 ~ 7500mg/L、7500 ~ 8000mg/L、8000 ~ 8500mg/L、8500 ~ 9000mg/L、9000 ~ 9500mg/L、9500 ~ 10000mg/L、10000 ~ 12000mg/L、12000 ~ 14000mg/L、14000 ~ 16000mg/L、16000 ~ 18000mg/L、18000 ~ 20000mg/L 和至少约 20000mg/L, 优选 3000 ~ 20000mg/L, 更优选 4000 ~ 15000mg/L。

[0175] 在一些实施方案中,上述污泥处理方法还包括回收气态含磷化合物的回收步骤。气态含磷化合物包括步骤(2)和/或步骤(3)中产生的磷化氢等。例如,该回收步骤可以与步骤(2)和/或步骤(3)同时进行以回收步骤(2)和/或步骤(3)中产生的气态含磷化合物。该回收步骤可以是任何合适的回收气态含磷混合物的方法,例如可以是能够将气态含磷物质转化为液态或固态物质的方法,例如可以通过冷冻或者通过用能够物理和/或化学吸附气态含磷物质的吸收剂的吸收、冲洗或吸附来进行该回收步骤。所述吸收剂可以是能够溶解该气态含磷化合物的物质或能够与该气态含磷化合物反应的物质。例如,能够吸收磷化氢气体的物质包括例如高锰酸钾溶液、高锰酸钾和苛性碱的混合溶液、氯化铁溶液、次溴酸钠溶液等。对于磷化氢,还可用活性碳等吸附剂吸附,或用臭氧氧化成低毒物或者在严格控制下燃烧等方式进行回收。

[0176] 在另一方面,本发明还提供一种污水生物处理方法,包括

[0177] (1) 将污泥进料与第一混合液混合得到第二混合液;

[0178] (2) 将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液;

[0179] (3) 将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液;

[0180] (4) 将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液;

[0181] (5) 将上清液排出;将至少部分第一浓缩混合液返回步骤(1)用作第一混合液,其中未返回步骤(1)的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量;

[0182] (6) 将至少部分步骤(5)的上清液进行污水生物处理得到第二浓缩混合液和净化出水;

[0183] (7) 将净化出水排出;以及任选地将至少部分步骤(6)的第二浓缩混合液返回步骤(1)用作污泥进料;

[0184] 其中将污水进料引入步骤(1)与污泥进料和第一混合液混合得到第二混合液和/或引入步骤(6)中与所述至少部分步骤(5)的上清液一起进行污水生物处理。

[0185] 可见步骤(1)至(5)组成了前述本发明的污泥处理方法。因此,本发明的污水生物处理方法实际上是前述本发明的污泥处理方法在污水生物处理中的应用。由于本发明的污泥处理方法中排出的上清液通常仍含有较高浓度的可溶性有机污染物,该上清液通常需要进一步处理才能达到环境安全的排放标准。因此,在一些实施方案中,污水进料引入步骤(1),由此步骤(1)至(5)形成的本发明的污泥处理方法可以作为一级生物处理步骤置于作

为二级生物处理的步骤 (6) 的污水生物处理之前, 污水进料先经过该一级生物处理得到上清液, 然后上清液作为进料经二级生物处理得到净化出水。优选该净化出水是环境安全的, 符合通常的排放标准。同时, 二级生物处理中产生的剩余污泥 (即: 第二浓缩混合液) 可以作为污泥进料在一级生物处理中得到消解, 从而有利地减少甚至避免整个污水生物处理中的污泥排放。在另一些实施方案中, 污水进料由步骤 (6) 引入, 由此从污水进料的角度来看, 步骤 (1) 至 (5) 形成的本发明的污泥处理方法置于步骤 (6) 的污水生物处理之后, 主要用于消解步骤 (6) 的污水生物处理中产生的剩余污泥 (即: 第二浓缩混合液)。同时, 步骤 (5) 的上清液也可以作为污水进料引入步骤 (6)。在再另一些实施方案中, 污水进料也可以同时引入步骤 (1) 和步骤 (6)。

[0186] 在一些实施方案中, 可以将步骤 (6) 的第二浓缩混合液的 1 ~ 10%、10 ~ 20%、20 ~ 30%、30 ~ 40%、40 ~ 50%、50 ~ 60%、60 ~ 70%、70 ~ 80%、80 ~ 85%、85 ~ 90%、90 ~ 95% 或 95 ~ 100%, 特别有利地是基本上 100% 用作步骤 (1) 的污泥进料, 以便有利地利用上述污泥处理方法将第二浓缩混合液部分地甚至基本上完全消解, 从而使整个污水生物处理方法排出的污泥减少甚至基本上完全消除。在一些实施方案中, 来自步骤 (6) 的第二浓缩混合液占步骤 (1) 的污泥进料的比例为 1 ~ 10%、10 ~ 20%、20 ~ 30%、30 ~ 40%、40 ~ 50%、50 ~ 60%、60 ~ 70%、70 ~ 80%、80 ~ 85%、85 ~ 90%、90 ~ 95% 或 95 ~ 100%。

[0187] 根据本发明的污水生物处理方法, 前述本发明的污泥处理方法作为第一生物处理步骤可以与任何适合作为第二生物处理步骤的污水生物处理方法结合。与单独采用作为第二生物处理步骤的污水生物处理方法时相比, 本发明的污水生物处理方法显著减少甚至完全消除了剩余污泥的排放, 同时获得了良好的处理效果。

[0188] 在本发明的污水生物处理方法中, 如果污水进料在步骤 (1) 和步骤 (6) 中同时引入, 引入步骤 (1) 的污水进料与引入步骤 (6) 的污水进料的比例可以根据需要任意选择, 以有利地平衡系统的负荷, 优化整个污水生物处理方法的效果。

[0189] 在一些实施方案中, 特别有利地在步骤 (1) 中将污水进料引入。由于步骤 (1) 的混合液具有很高的污泥浓度, 可以有利地对抗污水进料的水量和污染物等方面的冲击负荷, 同时高浓度的污泥也可以加快反应速度使污水进料中的污染物在高浓度污泥作用下高效、快速消解, 一些难降解物质也可在第一生物处理步骤中逐渐降解为易降解物质, 从而有利于改善污水处理效果、缩小整个污水处理装置的体积、节约用地、减少设备投资和运转费用。这一点对 COD 通常较低的污水, 例如城市生活污水的处理尤其有利, 因为步骤 (1) 至 (5) 组成的污泥处理过程实际上将部分污泥进料转化为易降解的物质从而适当增加了上清液中的 COD 浓度, 使得后续针对上清液进行生物处理的过程能够更加有效地去除水中的磷和氮, 从而提高净化出水的品质。因此, 本发明特别适合于 COD 值低于 500mg/L, 低于 350mg/L, 低于 300mg/L, 低于 250mg/L, 低于 200mg/L, 低于 150mg/L 或低于 100mg/L 的污水进行污水生物处理。当然, 在污水进料中各种污染物的比例不平衡而导致碳源缺乏时, 也可以在在污水进料中补充合适的碳源, 例如醇类例如甲醇和其它有机营养物例如淀粉、糖蜜等。

[0190] 根据本发明的污水生物处理方法可以特别有利地将任何排出剩余污泥的污水生物处理方法 (例如各种常规的好氧污水生物处理方法和厌氧污水生物处理方法) 作为步骤 (6) 的污水生物处理步骤。在一些实施方案中, 步骤 (6) 的污水生物处理步骤可以是根据

Wuhrmann 工艺、A/O 工艺、Bardenpho 工艺、Phoredox 工艺、A<sup>2</sup>/O 工艺、倒置 A<sup>2</sup>/O 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺、VIP 工艺、OWASA 工艺、JHB 工艺、TNCU 工艺、Dephanox 工艺、BCFS 工艺、MSBR 工艺、SBR 工艺、AB 工艺、氧化沟工艺、生物膜工艺、流动床工艺或其组合的污水生物处理步骤。

[0191] 图 3 示出根据本发明污水生物处理方法的一些实施方案的工艺流程的示意图,其中“进水”代表污水进料,“污泥消解装置”代表能够进行根据本发明的污泥处理方法(即步骤(1)至(5))的装置,“常规污水处理装置”代表能够进行步骤(6)的污水生物生物处理步骤的任意合适的污水处理装置,“出水”代表净化出水,“剩余污泥回流”代表用作步骤(1)的污泥进料的第二浓缩混合液。

[0192] 图 4 示出根据本发明污水生物处理方法的另一些实施方案的工艺流程的示意图,其中各个术语与图 3 中术语的意思相同,而“污泥”代表另一来源的污泥进料。

[0193] 图 5 为传统氧化沟污水处理工艺流程图。该工艺可以作为本发明污水生物处理方法的步骤(6)的污水生物处理步骤,其中“进水”可以是步骤(5)的上清液和/或污水进水,“出水”意指净化出水,“剩余污泥”可以作为步骤(1)的污泥进料。

[0194] 图 6 为传统 SBR 污水处理工艺流程图。该工艺可以作为本发明污水生物处理方法的步骤(6)的污水生物处理步骤,其中各个术语的意思同图 5。SBR(Sequencing Batch Reactor Activaten Sludge Process)是序批式活性污泥法,好氧池的入水紧贴池底由过水洞进入 SBR 池,污水透过 SBR 池中的污泥层出水时,污泥层能够起到过滤和截留的作用,降低了出水中悬浮物的含量,使得出水水质优于普通二沉池的出水。本发明还采用空气堰控制出水,防止曝气期间的悬浮物进入出水堰从而可有效地控制出水悬浮物。

[0195] 图 7 为传统 AB 法污水处理工艺流程图。该工艺可以作为本发明污水生物处理方法的步骤(6)的污水生物处理步骤,其中各个术语的意思同图 5。

[0196] 图 8 为 A/O 法污水处理工艺流程图。该工艺可以作为本发明污水生物处理方法的步骤(6)污水处理步骤,其中各个术语的意思同图 5。

[0197] 图 9 为 A<sup>2</sup>O 法污水处理工艺流程图。该工艺可以作为本发明污水生物处理方法的步骤(6)的污水生物处理步骤,其中各个术语的意思同图 5。

[0198] 图 10 为 MSBR 污水处理工艺流程图。该工艺可以作为本发明污水生物处理方法的步骤(6)的污水生物处理步骤,其中各个术语的意思同图 5。

[0199] 在另一方面,本发明还提供一种用于上述污泥处理方法的污泥处理装置,包括:能够将污泥进料与第一混合液混合得到第二混合液的第一设备;能够将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液的第二设备;能够将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液的第三设备;能够将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液的第四设备;能够将上清液排出的第五设备;能够将至少部分第一浓缩混合液引入第一设备并且使未返回第一设备的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量的第六设备。

[0200] 在一些实施方案中,第一设备可以是任意合适的能够混合污泥进料与混合液的构筑物或容器。第二设备可以与第一设备是同一设备,或者是不同的设备,例如与第一设备水利学连通的能够使含氧气体例如空气与混合液接触的设备,例如带有曝气设备的曝气池。第三设备可以与第一设备和第二设备是同一设备,其在例如停止曝气的情况下实现缺氧处理(以序批方式运行);或者第三设备与第二设备可以是不同的设备,例如与第二设备水利

学连通的能够基本上避免含氧气体与混合物接触的构筑物或容器（例如沉淀池）（以连续或半连续方式运行）。第四设备可以与第一设备、第二设备和第三设备为同一设备，或者仅与第三设备为同一设备，其在例如停止曝气和 / 或搅拌的情况下通过例如沉淀来实现上清液与第一浓缩混合液的分离（以序批方式运行）；或者第四设备可以为独立的与第三设备连通的能够将混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液的设备，例如独立的沉淀池、离心分离设备或过滤分离设备（以连续或半连续方式运行）。第五设备可以是任意合适的能够从第四设备中取出上清液的设备，例如排水口、排水管、汲水器等。第六设备可以与第一设备、第二设备、第三设备和第四设备为同一设备（以序批方式运行）；或者为独立的能够将至少部分第一浓缩混合液从第四设备输送到第一设备的设备，例如与第一设备和第四设备水利学连通的任选具有输送泵和控制阀的回流管（以连续或半连续方式运行）。第六设备还任选地具有能够让第一浓缩混合液的剩余部分排出的设备，例如具有控制阀的排液口或排液管，以控制未返回第一设备的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量。

[0201] 在一些实施方案中，第二设备可以是曝气池、氧化沟、流化床、移动床或膜设备等，优选为曝气池，更优选为推流式矩形曝气池。第三设备优选为沉淀池，更优选为推流式矩形沉淀池。

[0202] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案，所述污泥处理装置还包括与第一设备连通的能够对污泥进料进行给氧处理的设备，例如污泥预曝气设备。

[0203] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案，所述污泥处理装置还包括设置在第二设备和第三设备之间并分别与其水利学连通的能够进行脱氧处理的脱氧设备，例如脱气池。

[0204] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案，其中第二设备经设计使得给氧处理时间能够选自 0.1 ~ 0.2 小时、0.2 ~ 0.3 小时、0.3 ~ 0.4 小时、0.4 ~ 0.5 小时、0.5 ~ 0.6 小时、0.6 ~ 0.8 小时、0.8 ~ 1 小时、1 ~ 1.2 小时、1.2 ~ 1.5 小时、1.5 ~ 1.8 小时、1.8 ~ 2 小时、2 ~ 2.2 小时、2.2 ~ 2.5 小时、2.5 ~ 3 小时和 3.5 ~ 4 小时，优选 1.5 ~ 3 小时。例如，当以连续方式运行时，可以根据第二设备中第二混合液的流量，将期望的给氧处理时间作为第二混合液的停留时间来确定第二设备的体积。

[0205] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案，其中第三设备经设计使得缺氧处理时间能够选自 0.8 ~ 1 小时、1 ~ 1.2 小时、1.2 ~ 1.4 小时、1.4 ~ 1.6 小时、1.6 ~ 1.8 小时、1.8 ~ 2 小时、2 ~ 2.5 小时、2.5 ~ 3 小时、3 ~ 3.5 小时、3.5 ~ 4 小时、4 ~ 4.5 小时、4.5 ~ 5 小时、5 ~ 5.5 小时和 5.5 ~ 6 小时，优选 3 ~ 4 小时。例如，当以连续方式运行时，可以根据第三设备中第三混合液的流量，将期望的缺氧处理时间作为第三混合液的停留时间来确定第二设备的体积。

[0206] 在一些情况下，第二设备和第三设备经设计使得给氧处理时间与缺氧处理时间的比能够选自 1 : 0.5 ~ 1 : 1、1 : 1 ~ 1 : 1.5、1 : 1.5 ~ 1 : 2、1 : 2 ~ 1 : 2.5、1 : 2.5 ~ 1 : 3、1 : 3 ~ 1 : 3.6、1 : 3.6 ~ 1 : 4、1 : 4 ~ 1 : 4.5、1 : 4.5 ~ 1 : 5、1 : 5 ~ 1 : 5.5 和 1 : 5.5 ~ 1 : 6，优选 1 : 1 ~ 1 : 3。例如，当以连续方式运行时，可以根据期望的给氧处理时间与缺氧处理时间的比来确定第二设备与第三设备的体积比。

[0207] 根据本发明的污泥处理装置的一些实施方案，所述污泥处理装置还包括能够收集并回收气态含磷化合物的回收设备。例如，该回收设备可以与第二设备和 / 或第三设备连

通以将第二设备和 / 或第三设备中产生的气态含磷化合物回收。在一些实施方案中,该回收设备可以是冷冻设备、燃烧设备、或者具有固体或液体吸附剂的吸附塔、吸收罐等。

[0208] 在另一方面,本发明还提供一种用于上述污水生物处理方法的污水生物处理装置,包括:能够将污泥进料与第一混合液混合得到第二混合液的第一设备;能够将第二混合液进行给氧处理得到第三混合液的第二设备;能够将第三混合液进行缺氧处理得到第四混合液的第三设备;能够将第四混合液分离得到上清液和第一浓缩混合液的第四设备;能够将上清液排出的第五设备;能够将至少部分第一浓缩混合液引入第一设备并且使未返回第一设备的第一浓缩混合液的污泥量小于污泥进料的污泥量的第六设备;能够将至少部分第五设备排出的上清液进行污水生物处理得到第二浓缩混合液和净化出水的第七设备;能够将净化出水排出的第八设备;能够将污水进料引入第一设备和 / 或第七设备的第九设备,以及任选的能够将至少部分第二浓缩混合液引入第一设备的第十设备。

[0209] 根据本发明的污水生物处理装置的一些实施方案,第七设备是能够根据 Wuhrmann 工艺、A/O 工艺、Bardenpho 工艺、Phoredox 工艺、A2/O 工艺、倒置 A2/O 工艺、UCT 工艺、MUCT 工艺、VIP 工艺、OWASA 工艺、JHB 工艺、TNCU 工艺、Dephanox 工艺、BCFS 工艺、MSBR 工艺、SBR 工艺、AB 工艺、氧化沟工艺、生物膜工艺、流动床工艺或其组合进行污水生物处理的设备。

[0210] 在另一方面,本发明还提供一种污泥减量化污水处理系统,包括:

[0211] 常规污水处理装置和与其进水口连接的污泥消解装置,所述常规污水处理装置的剩余污泥管连接至污泥消解装置。

[0212] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述污泥消解装置包括高浓度污泥反应装置。

[0213] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述污泥消解装置包括厌氧沉淀装置,所述高浓度污泥反应装置的出水口与厌氧沉淀装置的入水口连接,所述厌氧沉淀装置包括第一污泥回流管,所述第一污泥回流管连接至高浓度污泥反应装置。

[0214] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述剩余污泥回流管将全部剩余污泥回流至污泥消解装置。

[0215] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述污泥消解装置包括厌氧沉淀装置,所述高浓度污泥反应装置的出水口与厌氧沉淀装置的入水口连接,所述厌氧沉淀装置包括第一污泥回流管,所述第一污泥回流管连接至高浓度污泥反应装置,所述剩余污泥回流管将全部剩余污泥回流至污泥消解装置。

[0216] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,其特征在于,高浓度污泥反应装置的污泥浓度为 4000mg/L ~ 20000mg/L;例如 6000mg/L、8000mg/L、10000mg/L、12000mg/L、14000mg/L、15000mg/L、16000mg/L 或者 18000mg/L。

[0217] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述高浓度污泥反应装置的水力停留时间为 1.5h ~ 3.0h,出口溶解氧为 1mg/L ~ 1.5mg/L、1.5mg/L ~ 2mg/L、2mg/L ~ 2.5mg/L 或 2.5mg/L ~ 3mg/L。

[0218] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述污泥回流管将 0.4Q ~ 0.7Q 的污泥回流至高浓度污泥反应装置。

[0219] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述高浓度污泥反应装置与厌氧沉淀装置之间设置脱氧装置。

[0220] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,还包括剩余污泥曝气池,所述常规污水处理装置的剩余污泥管先连接至剩余污泥曝气池,剩余污泥曝气池再与高浓度污泥反应装置连接。

[0221] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述污泥消解装置的进水口处设置预处理装置,所述预处理装置为至少一级格栅。

[0222] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述预处理装置为两级格栅。

[0223] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述常规污水处理装置包括依次串联的厌氧反应装置、好氧反应装置和沉淀装置,沉淀装置包括第二污泥回流管和剩余污泥管,所述第二污泥回流管连接至厌氧反应装置。

[0224] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述好氧反应装置为好氧池或氧化沟。

[0225] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述常规污水处理装置包括依次串联的厌氧反应装置、缺氧反应装置、好氧反应装置和沉淀装置,沉淀装置包括第三污泥回流管和剩余污泥管,所述第三污泥回流管连接至缺氧反应装置。

[0226] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述沉淀装置为 SBR 池或沉淀池。

[0227] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述 SBR 池的污泥浓度为 2000mg/L ~ 4000mg/L,溶解氧含量为 2mg/L ~ 4mg/L,在一周期内静沉时间为 1h ~ 1.5h,恒水位排水时间为 1.5h ~ 2.5h。

[0228] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述第二污泥回流管连接至厌氧反应装置,将 0.5Q ~ 1Q 的污泥回流至厌氧反应装置。

[0229] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,所述第三污泥回流管连接至厌氧反应装置,将 0.5Q ~ 1Q 的污泥回流至厌氧反应装置。

[0230] 在另一方面,本发明还提供一种污泥减量化污水处理方法,其特征在于,包括:

[0231] 步骤 a) 使污水与污泥的混合液进行污泥消解反应;

[0232] 步骤 b) 将污泥消解反应后的污水进行常规污水处理;

[0233] 步骤 c) 将处理后的污水排出,使常规污水处理产生的剩余污泥回流参与污泥消解反应。

[0234] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,其特征在于,所述步骤 a) 中污泥消解反应包括对污水和污泥的混合液进行高浓度污泥反应。

[0235] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述步骤 a) 中污泥消解反应包括对高浓度污泥反应后的污水与污泥的混合液进行厌氧沉淀,经厌氧沉淀的污泥回流参与高浓度污泥反应。

[0236] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述剩余污泥回流为全部回流。

[0237] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述步骤 a) 中污泥消解反应包括对高浓度污泥反应后的污水与污泥的混合液进行厌氧沉淀,经厌氧沉淀的污泥回流参与高浓度污泥反应,所述剩余污泥回流为全部回流。

[0238] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述高浓度污泥反应时,污泥浓度为 4000mg/L ~ 20000mg/L;例如 6000mg/L、8000mg/L、10000mg/L、12000mg/L、14000mg/L、15000mg/L、16000mg/L 或者 18000mg/L。

[0239] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述高浓度污泥反应的水力停留时间为 1.5h ~ 3.0h,出口溶解氧为 1mg/L ~ 1.5mg/L、1.5mg/L ~ 2mg/L、2mg/L ~ 2.5mg/L 或 2.5mg/L ~ 3mg/L。

[0240] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述厌氧沉淀的污泥回流参与高浓度污泥反应的回流比为 0.4Q ~ 0.7Q。

[0241] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述高浓度污泥反应后的污水和污泥的混合液先进行脱氧再进行厌氧沉淀。

[0242] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述剩余污泥先进行污泥曝气再进行高浓度污泥反应。

[0243] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述污泥曝气的溶解氧含量为 0.2mg/L ~ 0.9mg/L。

[0244] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,污水进行污泥消解反应前进行预处理,清除杂物。

[0245] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述步骤 b) 中常规污水处理包括厌氧反应、好氧反应和沉淀,好氧反应后的污水经过沉淀后排出,产生的污泥回流参与厌氧反应。

[0246] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述步骤 b) 中常规污水处理包括厌氧反应、缺氧反应、好氧反应和沉淀,好氧反应后的污水经过沉淀后排出,产生的污泥回流参与厌氧反应。

[0247] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述产生的污泥回流参与厌氧反应的回流比为 0.5Q ~ 1Q。

[0248] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述沉淀采用 SBR 工艺。

[0249] 根据本发明的污泥减量化污水处理方法的一些实施方案,所述 SBR 工艺采用的污泥浓度为 2000mg/L ~ 4000mg/L,溶解氧含量为 2mg/L ~ 4mg/L,在一周期内静沉时间为 1h ~ 1.5h,恒水位排水时间为 1.5h ~ 2.5h。

[0250] 在另一方面,本发明还提供一种污泥减量化污水处理系统,其特征在于,包括:依次串联的高浓度污泥反应装置、厌氧沉淀装置和常规污水处理装置,所述厌氧沉淀装置的污泥回流管连接至高浓度污泥反应装置,所述常规污水处理装置的剩余污泥管与高浓度污泥反应装置连接。

[0251] 根据本发明的污泥减量化污水处理系统的一些实施方案,高浓度污泥反应装置的污泥浓度为 4000mg/L ~ 20000mg/L;例如至少 6000mg/L、至少 8000mg/L、至少 10000mg/L、至少 12000mg/L、至少 14000mg/L、至少 15000mg/L、至少 16000mg/L 或者至少 18000mg/L。

[0252] 在一些实施方案中,本发明的污水生物处理装置可以是如图 11、12 或 13 所示流程的装置,其中污泥消解装置包括依次串联的高浓度污泥反应池、脱氧池和厌氧沉淀池。

[0253] 污泥消解池前优选设置预处理装置,预处理装置为至少一级格栅,格栅是污水处

理厂的第一道处理设施,具体可设置两级格栅,首先通过第一级格栅将污水中较大的悬浮物去除,然后污水再通过第二级格栅进一步去除较小的悬浮物,第一级格栅的栅条净距大于第二级格栅的栅条净距,如:第一级格栅为粗格栅,栅条净距 20mm,安装角度 60 度,第二级格栅为细格栅,栅条净距 6mm,安装角度 60 度。

[0254] 高浓度污泥反应装置具体为高浓度污泥反应池,在高浓度污泥反应池中对预处理后的污水、厌氧沉淀装置回流的污泥和由系统末端的沉淀装置回流的剩余污泥进行曝气混合,采用推流式矩形池型。在沉淀装置与高浓度污泥反应装置之间设置剩余污泥曝气池,剩余污泥曝气池与沉淀装置和高浓度污泥反应装置之间分别通过剩余污泥管连接,回流的剩余污泥流入剩余污泥曝气池中,污水和厌氧沉淀装置回流的污泥直接流入高浓度污泥反应池,然后经过曝气后的剩余污泥再流入高浓度污泥反应池与污水和污泥的混合液充分混合。

[0255] 高浓度污泥反应池在较高的污泥浓度下运行,水力停留时间短,以兼氧、好氧的方式运行,高浓度污泥反应池与后续的厌氧沉淀装置之间还存在污泥循环,本发明中来自厌氧沉淀装置的污泥向高浓度污泥反应池回流。由于来自各时段的污水水质水量不均匀且波动性较大,高浓度污泥反应池还可以起到缓冲的作用,避免冲击负荷对生化处理的影响。

[0256] 厌氧沉淀装置具体为厌氧沉淀池,厌氧沉淀池中的污泥回流入高浓度污泥反应池与污水和剩余污泥共同参与反应,可采用无堵塞污泥泵实现污泥循环。作为优选,高浓度污泥反应装置与厌氧沉淀装置之间还包括脱氧装置,污水和污泥的混合液进行脱氧后再进入厌氧沉淀池,避免将溶解氧带入厌氧沉淀池中,对厌氧反应造成影响。

[0257] 常规污水处理装置包括依次串联的厌氧反应装置、好氧反应装置和沉淀装置。厌氧池优选采用推流式,池内设置折流板,也可以采用完全混合式,来自系统末端的沉淀装置的污泥回流入厌氧池与污水混合。好氧反应装置为好氧池,也可以是其它常规的好氧反应装置如氧化沟,串联在厌氧池之后。好氧池中设置曝气装置,如采用三叶罗茨鼓风机和 He280 型动力扩散旋混曝气装置。

[0258] 沉淀装置具有沉淀功能,沉淀装置设置污泥回流管和剩余污泥管,可以为 SBR(Sequencing Batch Reactor Activaten Sludge Process) 池,也可以为沉淀池。SBR 是序批式活性污泥法,好氧池的入水紧贴池底由过水洞进入 SBR 池,污水透过 SBR 池中的污泥层出水时,污泥层能够起到过滤和截留的作用,降低了出水中悬浮物的含量,使得出水水质优于普通二沉池的出水。本发明还采用空气堰控制出水,防止曝气期间的悬浮物进入出水堰从而可有效地控制出水悬浮物。

[0259] SBR 池与厌氧池之间连接有污泥回流管路,厌氧池、好氧池和 SBR 池组成 OSA(Oxic-Settling-Anaerobic) 工艺,即好氧-沉淀-厌氧法,是在常规的活性污泥法中设置一个厌氧段,使微生物交替进入好氧和厌氧环境,细菌在好氧阶段所获 ATP 不能立即用于合成新的细胞,而是在厌氧段作为维持细胞生命活动的能量被消耗,微生物分解和合成代谢相对分离,而不像通常条件下紧密偶联,从而达到污泥减量的效果。OSA 工艺能够使污泥产生量下降,改善污泥的沉降性能,增加脱除氨氮的能力。

[0260] SBR 池与高浓度污泥反应池之间连接有剩余污泥管,产生的剩余污泥不外排,而是回流至前端的高浓度污泥反应池。

[0261] 为了 SBR 池恒水位运行和循环连续排水,SBR 池设为两组并联运行。从高污泥负

荷池到 SBR 池按照由高到低的位置依次串联布置,使得污水能够依靠重力自流,减少污水提升次数,节约电能;且各个处理单元采用组合式连体结构,多池串联推流,省去各处理单元之间大量的管路和仪表,还使污水在反应装置中的流动呈现出整体推流而在不同区域内为完全混合的复杂流态,保证了处理效果。

[0262] 作为优选,污泥消解反应包括污水和污泥的混合液进行高浓度污泥反应,高浓度污泥反应的水力停留时间为 1.5h ~ 3.0h,例如 2h 或 2.5h,出口溶解氧为 1mg/L ~ 1.5mg/L、1.5mg/L ~ 2mg/L、2mg/L ~ 2.5mg/L 或 2.5mg/L ~ 3mg/L,污泥浓度为 4000mg/L ~ 20000mg/L,可具体为至少 4000mg/L、至少 6000mg/L、至少 8000mg/L、至少 10000mg/L、至少 12000mg/L、至少 14000mg/L、至少 15000mg/L、至少 16000mg/L、至少 18000mg/L 或至少 20000mg/L。

[0263] 污泥消解反应还优选包括厌氧沉淀,对高浓度污泥反应后的污水与污泥的混合液进行厌氧沉淀,经厌氧沉淀的污泥回流参与高浓度污泥反应,回流比为 0.4Q ~ 0.7Q,例如 0.5Q 或 0.6Q。

[0264] 污泥和预处理后的污水的混合液进行污泥消解反应,具体为:先进入高浓度污泥反应池进行曝气,同时将污水与由 SBR 池回流的剩余污泥以及厌氧沉淀池回流的污泥充分混合。作为优选,剩余污泥先在剩余污泥曝气池中进行曝气后再进入高浓度污泥反应池。剩余污泥也可不曝气直接进入高浓度污泥反应池。厌氧沉淀池回流的污泥直接进入高浓度污泥反应池。剩余污泥优选全部回流至高浓度污泥反应池,这样可以达到零排放的效果。在剩余污泥曝气池中溶解氧含量为 0.2mg/L ~ 0.9mg/L,如 0.3mg/L、0.4mg/L、0.5mg/L、0.6mg/L、0.7mg/L、0.8mg/L。污泥与污水混合后,污水中的有机物得到降解并发生硝化反应,高浓度污泥反应池中水力停留时间为 1.5h ~ 3.0h,如 2h 或 2.5h,污泥浓度为 4000mg/L ~ 20000mg/L,可具体为至少 4000mg/L、至少 6000mg/L、至少 8000mg/L、至少 10000mg/L、至少 12000mg/L、至少 14000mg/L、至少 15000mg/L、至少 16000mg/L、至少 18000mg/L 或至少 20000mg/L。有独立的污泥回流,厌氧沉淀池向高浓度污泥反应池回流污泥的回流比为 0.4Q ~ 0.7Q,例如 0.5Q 或 0.6Q,污泥浓度较高,为普通活性污泥处理工艺的 3 ~ 5 倍或更多倍,有效增强了该系统的抗冲击负荷能力。高浓度的活性污泥能有效分解有机物,对水质、水量、pH 值和有毒物质的冲击有极好的缓冲作用,同时也为后段稳定的处理效果提供了更为可靠的保障。采用鼓风曝气,出口溶解氧为 1mg/L ~ 1.5mg/L、1.5mg/L ~ 2mg/L、2mg/L ~ 2.5mg/L 或 2.5mg/L ~ 3mg/L。

[0265] 由高浓度污泥反应池流出经脱氧后污水进入厌氧沉淀池,同时厌氧沉淀池中沉淀的污泥与常规污水处理产生的剩余污泥回流至高浓度污泥反应池,且厌氧沉淀池的回流污泥为连续循环回流。高浓度污泥反应池中的混合污泥始终经历好氧、厌氧交替过程,好氧、厌氧微生物都不能获得优势,最大程度的完成了剩余污泥的水解过程。

[0266] 水解可将大分子有机物转化为可生物降解的小分子有机物,而在严格的厌氧条件下,将水解产生的小分子有机物 (rdcod 生物降解) 进一步转化为 VFAs (挥发性脂肪酸),这些都是污泥水解产生出来“潜在”内碳源 - 有机碳。有机碳可大幅度提高污水脱除氨氮效率,节省了外加碳源。城市污水处理厂由于碳源不足脱除氨氮效果较差,这是城市污水处理厂的普遍现象。在碳源丰富的状态下会产生能量泄露,即所谓的解偶联现象,底物利用率低。由于剩余污泥回流,污泥停留时间无穷大,在解偶联的作用下能够完成惰性物质的分解,化能自养菌完成了剩余污泥无机物消解,化能异养菌完成了剩余污泥有机物消解,系统

不会出现惰性物质的积累,从而实现城市污水处理厂剩余污泥零排放。经试验,厌氧沉淀池回流的污泥和常规污水处理产生的剩余污泥被大量消化,能够达到消长平衡,厌氧沉淀池和 SBR 池都不向外排泥,且反应稳定,达到了污泥的零排放。

[0267] 污水由厌氧沉淀池流出后进入厌氧池。厌氧沉淀池、厌氧池和好氧池构成 A<sup>2</sup>/O 工艺,污水在厌氧池中与经过常规污水处理产生的回流污泥混合,充分脱除氨氮,然后污泥与污水的混合液一起进入好氧池中,通过好氧菌的代谢作用将污水中的有机物进一步吸附、氧化和降解,并发生硝化反应。

[0268] 最后污水经沉淀装置沉淀后出水,沉淀装置优选为 SBR 池,SBR 池中污泥回流至厌氧池的回流比为 0.5Q ~ 1Q,剩余污泥回流至高浓度污泥反应池中。由于进入 SBR 池的污水已经有效地降解了水中的有机物,水质比较稳定,通过 SBR 池的曝气作用后,污水中有机物的降解更加彻底,且 SBR 池在周期静止沉淀时会产生一个清晰的、高密度的污泥层,该污泥层可以起到污泥过滤器的作用,对改善出水质量和反硝化具有重要作用。SBR 池中的污泥浓度为 2000mg/L ~ 4000mg/L,溶解氧含量为 2mg/L ~ 4mg/L,在一周期内 SBR 池中静沉时间为 1h ~ 1.5h,优选 1h,静沉时,污水在池内进行反硝化和沉淀作用,恒水位排水时间为 1.5h ~ 2.5h,优选 2h。

[0269] 厌氧池、好氧池和 SBR 池组成 OSA 工艺,回流污泥回流到厌氧池,有效地抑制丝状菌,防止出现污泥膨胀,改善了污泥沉降性能,能够减少污泥产生量。对于好氧微生物,ATP 形成所需的能量来源于外部有机物基质的氧化过程,当好氧微生物处于厌氧条件时,由于有机物质的降解情况与好氧降解的情况完全不同,所释放的能量大幅度减少,污泥本身没有足够的能量用于自身的增长,而不得利用其体内储存的 ATP 作为能源来供其正常的生理活动需要。因此,处于此阶段的微生物细胞内储存的 ATP 将被大量消耗,使污泥量呈减少的趋势。这时若要进行生物合成,微生物必须进行必要的能量储存,如果细胞内没有足量的 ATP 储存,细胞自身的合成将不能继续进行,因此已经消耗了大量 ATP 的微生物再进入到营养丰富的好氧池时,微生物只能通过细胞的异化作用进行内源消化来满足自身对能量的需求,这种厌氧、好氧的交替增强了这一异化作用,使得能量解耦更大,污泥产生量减少。厌氧池同时也起到了水解酸化作用,增加了污水的可生化性。

[0270] 因此,根据本发明的污泥处理装置可以特别有利地用于改造已有的各种活性污泥法污水处理装置。例如在已有污水处理装置附近增建根据本发明的污泥处理装置,将已有污水处理装置的剩余污泥作为污泥进料引入该污泥处理装置,并且将该污泥处理装置排出的上清液作为污水进水的一部分引入已有污水处理装置。这样,利用本发明的污泥处理装置可以将已有污水处理装置的剩余污泥基本上完全消解使得改造后的污水处理装置基本不排泥,同时含有大量可生物降解有机物的上清液也特别有利于已有污水处理装置对氮和磷的去除从而解决碳源不足的问题,这对 COD 较低的城市生物污水尤为有利。如果将污水进料改为从本发明的污泥处理装置引入,还可以利用新建污泥处理装置中高浓度的污泥来快速高效地消解污水进料中的污染物,进一步提高污水处理效率和效果。

[0271] 实施例 1:

[0272] 在本文实施例中,符号 t 代表吨;DS 代表干污泥;m<sup>3</sup> 代表立方米;d 代表天;COD 代表化学耗氧量。

[0273] 装置和设计参数:

[0274] 根据本发明的污泥处理方法和污水生物处理方法,建设了污水处理能力为20000m<sup>3</sup>/d的污水处理厂,其工艺流程如图11所示,其中高浓度污泥反应池(用于给氧处理)、脱气池和厌氧沉淀池(用于缺氧处理)构成了污泥消解装置(即根据本发明的污泥处理装置),而厌氧池、好氧池和SBR池构成了常规污水处理装置(即根据本发明污水处理装置中的污水生物处理设备)。来自污泥消解装置中厌氧沉淀池的污泥(即第一浓缩混合液,全部用作第一混合液)、来自常规污水处理装置中SBR池的剩余污泥(即第二浓缩混合液,全部用作污泥进料)和经格栅处理后的污水进水(即污水进料)混合得到第二混合液。第二混合液在高浓度污泥反应池中经曝气处理后得到第三混合液。第三混合液进入脱气池经脱氧后进入厌氧沉淀池,在厌氧沉淀池中经过沉淀处理(缺氧处理)后得到的第四混合液已同时分离为处于上层的上清液和处于下层的第一浓缩混合液。第一浓缩混合液作为污泥回流经污泥回流管返回高浓度污泥反应池。上清液进入常规污水处理装置,经厌氧池、好氧池和SBR池处理后得到出水(即净化出水)和剩余污泥(即第二浓缩混合液)。剩余污泥经过剩余污泥曝气池曝气后返回高浓度污泥反应池。

[0275] 该污水处理厂自2008年7月至今的运行情况表明,污泥产率一直保持着基本为0tDS/(万m<sup>3</sup>污水·d)的水平,实现了污泥的零排放。作为对比,处理类似污水的相邻城市污水处理厂的产泥率通常为(1.04~1.64)tDS/(万m<sup>3</sup>污水·天),平均为1.25tDS/(万m<sup>3</sup>污水·d)。

[0276] 排放的净化出水的水质可以参考从2008年9月到2009年5月试验得到的净化出水的总量、COD、氨氮监测数据(见表1),其中高浓度污泥反应池的平均曝气时间控制在0.25~3.5小时,厌氧沉淀池的沉淀时间控制在1~5小时,曝气时间与沉淀时间的比值控制在1:0.8~1:5之间。在整个试验期间,污水处理装置没有排出任何污泥。

[0277] 表1:2008年9月到2009年5月期间每月净化出水的总量、平均COD和平均氨氮数据

[0278]

时间 (年/月)	净化出水总量 (m <sup>3</sup> /月)	平均COD浓度 (mg/L)	平均氨氮浓度 (mg/L)
2008/9	453043	40.10	3.31

[0279]

<b>2008/10</b>	<b>321173</b>	<b>41.06</b>	<b>3.03</b>
<b>2008/11</b>	<b>375003</b>	<b>37.16</b>	<b>5.24</b>
<b>2008/12</b>	<b>384116</b>	<b>37.39</b>	<b>6.38</b>
<b>2009/1</b>	<b>331662</b>	<b>37.48</b>	<b>6.49</b>
<b>2009/2</b>	<b>377502</b>	<b>38.13</b>	<b>7.16</b>
<b>2009/3</b>	<b>301817</b>	<b>42.21</b>	<b>5.49</b>
<b>2009/4</b>	<b>288624</b>	<b>38.67</b>	<b>1.94</b>
<b>2009/5</b>	<b>72594</b>	<b>40.01</b>	<b>0.38</b>

[0280] 《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 中规定 COD 的最高允许排放浓度的一级 B 标准 :60mg/L, 氨氮的最高允许排放浓度的一级 B 标准 :水温 > 12℃ 时为 8mg/L, 水温 ≤ 12℃ 时为 15mg/L。

[0281] 由表 1 的监测数据可以看出, 应用了本发明提供的城市污水处理系统, 排放水中的 COD 和氨氮无论是气温低还是气温高均达到了 GB18918-2002 一级 B 标准。

[0282] 在 2008 年 9 月到 2009 年 5 月试验中, 还观察到高浓度污泥反应池中的污泥浓度始终处于相当高的水平, 见表 2。

[0283] 表 2 :2008 年 9 月到 2009 年 5 月期间高浓度污泥反应池中第二混合液的污泥浓度的月平均值

[0284]

时间 (年/月)	高浓度污泥反应池中污泥浓度的月平均值 (mg/L)
2008/9	6890
2008/10	8120
2008/11	14080
2008/12	17230
2009/1	18230
2009/2	15980
2009/3	13060
2009/4	12240

2009/5	7850
--------	------

[0285] 为了进一步考察污泥消解装置（即污泥处理装置）的运行情况，测定了污水进料、第二混合液水相和上清液的 COD、氨氮以及总磷含量，见表 3。

[0286] 表 3：在不同时间分别测定的污水进料、第二混合液水相和上清液的 COD、氨氮以及总磷含量值 (mg/L)

[0287]

时间 (月/日)	污水进料			第二混合液水相			上清液		
	COD	氨氮	总磷	COD	氨氮	总磷	COD	氨氮	总磷
2010/4/11	618.30	89.93	13.20	509.97	128.31	23.89	350.02	126.99	15.57
2010/4/12	688	70.22	10.21	391	85.96	13.65	348	85.07	8.56
2010/4/13	254	38.6	4.2	275	78.9	12.5	86	52.9	5.02
2010/4/14	314.82	66.25	3.41	154.48	94.78	6.22	109.50	78.31	3.54
2010/4/18	361.34	57.87	18.95	346.11	42.87	18.95	113.29	48.90	11.12

[0288] 由表 3 可见，从污泥消解装置排出的上清液中的 COD、氨氮和总磷显著地比第二混合液水相的相应值低。对于本实施例的污泥消解装置而言，污水进料和污泥进料是其净输入，除了上清液之外没有污泥或其它的固体或液体输出，并且污泥消解装置中也没有发现污泥的积累，因此污水进料和污泥进料所带来的生物体和固体物除了部分转化为可随上清液排出的形式外，其余部分都在污泥消解装置中得到了消解，由此实现了剩余污泥的减量化。不受任何理论约束，可以认为消解的生物体和固体物在污泥消解装置中转化为气体形式而逸出。就整个污水处理装置而言，污水进料中的污染物质（主要以 COD、氨氮和总磷表示）在污水处理装置中转化为气态物质而逸出，因此在得到净化出水的同时没有污泥和其它固体或液体物质排出。

[0289] 实施例 2：

[0290] 根据本发明的污泥处理方法和污水生物处理方法，改造了一座以 MSBR（即 A<sup>2</sup>/O 后接 SBR）工艺运行的现有污水处理厂。改造后的污水处理厂的污水处理能力为 20000m<sup>3</sup>/d，其工艺流程也可以用图 11 表示，其中各项参数与实施例 1 的相同。

[0291] 改造后的污水处理厂已经运行了一年多，污泥产率基本为 0tDS/(万 m<sup>3</sup>污水·d)，同样基本实现了污泥的零排放，且 COD 冬季平均排放浓度为 24.3mg/L，夏季平均排放浓度为 27.56mg/L，氨氮冬季平均排放浓度为 8.85mg/L，夏季平均排放浓度为 4.07mg/L，达到了 GB18918-2002 一级 B 标准。

[0292] 使用本发明提供的污泥处理方法，新建污水处理系统或是通过对现有的常规污水处理装置进行改造，将高浓度污泥反应、厌氧沉淀和常规污水处理工艺结合来处理污水，均能够改善污泥的沉降性能，抑制污泥膨胀，实现剩余污泥的消解，使得整个污水处理系统产

生的剩余污泥减量甚至达到污泥零排放。

[0293] 以上对本发明所提供的污泥减量化污水处理系统及方法进行了详细介绍。说明书和权利要求中描述方法时用于指代各个步骤的编号,除非特别指明或经上下文能够唯一确定之外,并不代表各个步骤的顺序。本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

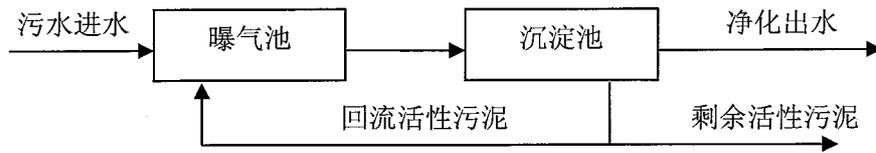


图 1

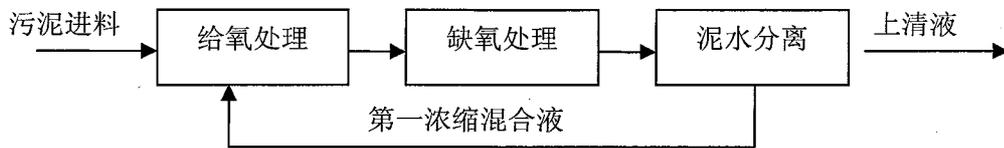


图 2

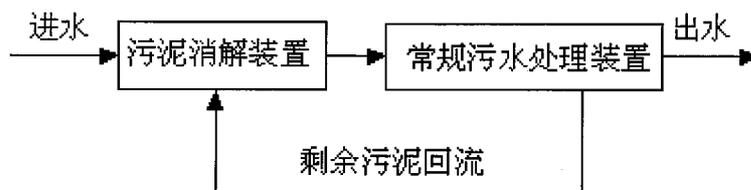


图 3

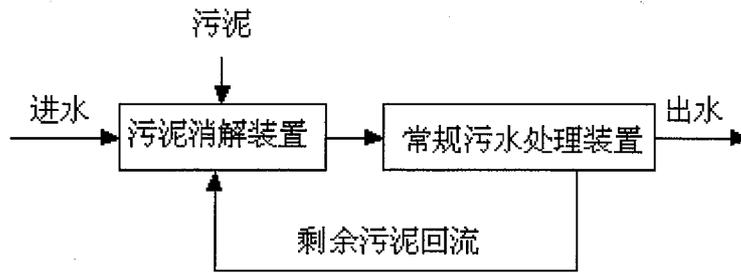


图 4

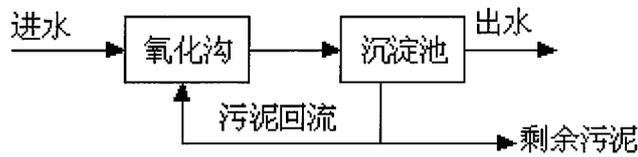


图 5

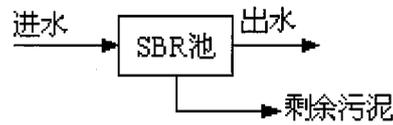


图 6

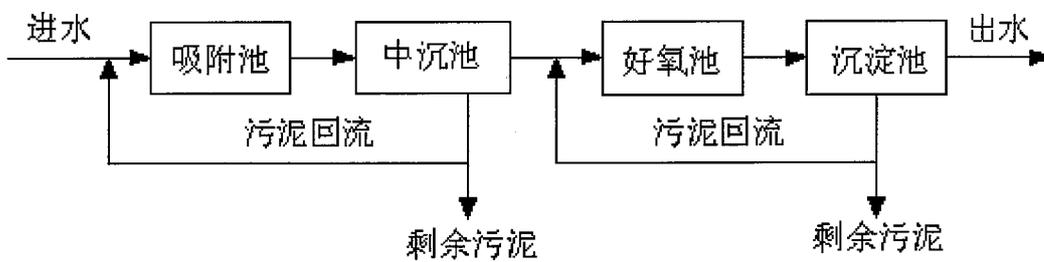


图 7

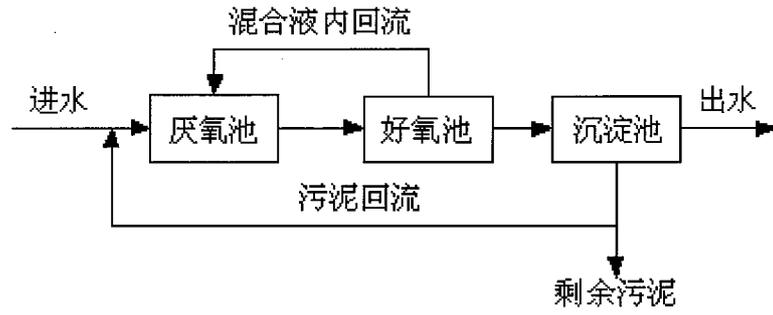


图 8

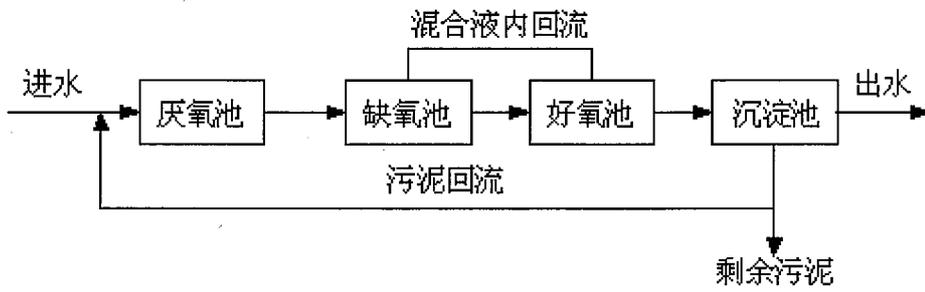


图 9

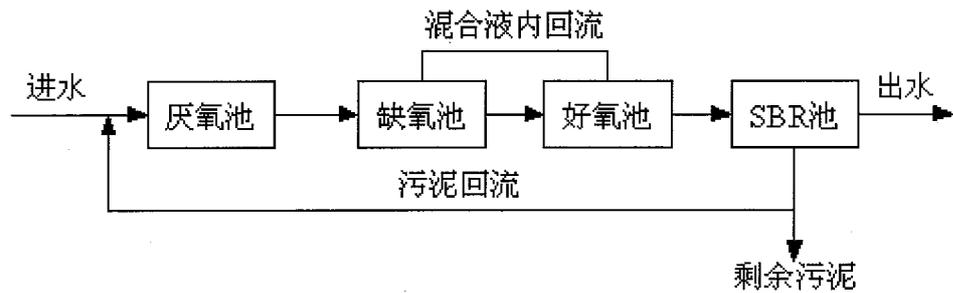


图 10

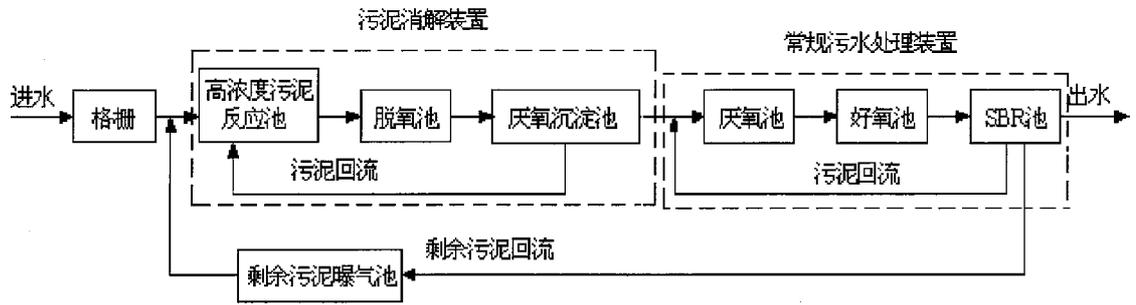


图 11

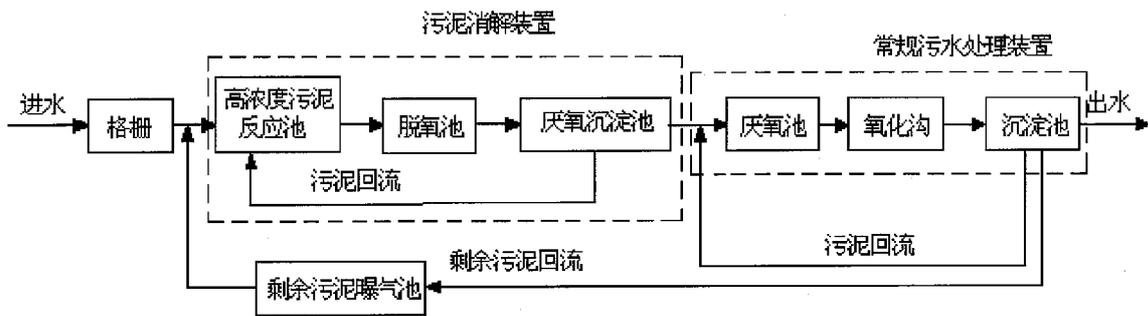


图 12

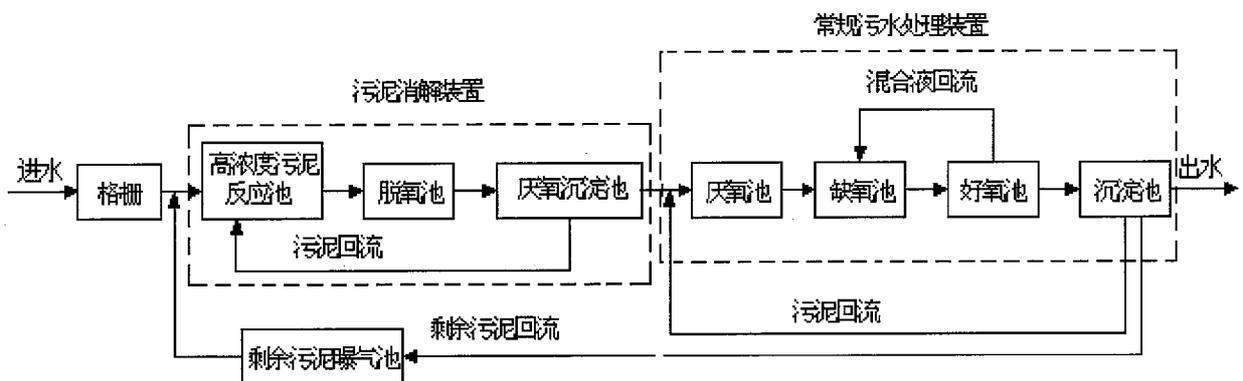


图 13