

废水预处理方法及应用该预处理方法的污水处理方法

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

本发明涉及一种废水预处理方法及其在污水处理中的应用，特别是一种污泥进料化废水预处理方法及其在污水处理中的应用。

背景技术

在我国，城市污水处理厂作为废水间接排放源的处置场所，其接纳的各种废水，特别是工业废水，成分日益复杂。2007 年浙江省环境状况公报显示，省内 50 家已投入正常运行的城市污水处理厂排放达标率为 58.8%，主要超标污染因子为氨氮和总磷。未经预处理的工业污水氮磷负荷超出了污水处理厂的处理能力，影响了污水处理设施的正常运行，导致部分集中污水处理厂的出水氨氮和总磷超标排放，使污水处理厂的成为水体氮磷重要来源。因此，经常需要对各种来源的废水进行预处理以满足污水处理厂，特别是污水生物处理厂的进水要求。

目前，常见的废水预处理法主要是稀释法：当废水中污染物浓度超过生物处理的极限允许浓度时，为保证生物处理的正常进行，可采用简单的稀释法，将废水中污染物浓度降低到极限浓度以下。最简单、经济的方法是废水稀释法，即将不同的废水和/或污水混合起来，彼此稀释，可将污染物浓度降低到极限允许浓度以下。在一些情况下，

也可采用处理过程中的出水稀释或用清水稀释。然而，废水和/或污水中的污染物浓度经常很高，即使混合也难以将污染物浓度降低到极限允许浓度以下。另外，使用处理过程中的出水稀释或用清水稀释会造成处理成本的大幅度上升。

此外，许多污水生物处理厂在实际运行过程中还面临以下问题：

(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。

因此，仍然需要发展新的废水预处理方法以使预处理后的废水更加适合采用污水生物处理方法进行处理。

发明内容

在一个方面，本发明提供一种废水预处理方法，包括以下步骤：

(1) 将废水进料引入第一曝气池的第一端与第一浓缩混合液混合得到第一混合液；

(2) 将第一混合液在第一曝气池的曝气段进行曝气处理从而在第一曝气池的第二端得到第二混合液；

(3) 将第二混合液引入第一沉淀池进行沉淀处理从而得到

上清液和第一浓缩混合液;

(4) 将上清液排出,并且将至少部分第一浓缩混合液回流返回第一曝气池的第一端使得污泥龄大于 50 天,优选大于 100 天,更优选大于 300 天,更优选大于 1000 天,更优选大于 2000 天,更优选大于 5000 天。

通常,随着污泥泥龄的延长,整个系统排放的剩余污泥将减少,从而有利于改善环境保护和减少运行成本。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案,其中在将废水进料引入第一曝气池的第一端之前,对废水进料进行沉砂处理使得每吨废水的沉砂量不大于 0.1 升,优选不大于 0.05 升,更优选不大于 0.03 升。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案,其中第一混合液的污泥浓度为 2000~30000mg/L,优选 2500~20000mg/L,更优选 3000~10000mg/L,更优选 3000~7000mg/L。在一些情况下,第一混合液的混合液挥发性悬浮固体 (MLVSS) 和混合液悬浮固体 (MLSS) 的比值小于 0.8,优选小于 0.7,更优选小于 0.5。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案,其中第一曝气池的曝气处理时间为 0.1~4 小时,优选 0.5~2 小时,更优选 0.5~1.5 小时。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案,其中第一沉淀池沉淀处理时间为 0.8~6 小时,优选 1~4 小时,更优选 1~3 小时。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案,其中第一曝气池的曝气处理时间与第一沉淀池的沉淀处理时间的比为 1:0.5~1:6,

优选 1:1 ~ 1:3, 更优选 1:1.5 ~ 1:2, 最优选 1:2;

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案, 其中上清液的化学耗氧量(COD)为 30-500mg/L, 优选 50-250mg/L, 更优选 80-150mg/L。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案, 还可以将有机营养物和/或污泥进料与废水进料一起在第一曝气池的第一端和第一浓缩混合液混合得到第一混合液。所述有机营养物可以是含有可生物降解有机物的生活污水、来自以农牧产品为原料的工业废水或合适的碳源例如甲醇、淀粉、糖蜜等, 所述污泥进料可以是污水生物处理过程中产生的任何含有活性污泥的污泥。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案, 步骤(2)的曝气处理以间歇曝气或连续曝气的方式进行。通过控制曝气和曝气率时间, 能够有效地将上清液的 COD 值控制在期望的范围内, 例如符合污水排入城市下水道水质标准。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案, 在步骤(2)中, 第二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。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案, 其中兼性微生物为第一混合液、第二混合液和第一浓缩混合液中的优势群类。

根据本发明的废水预处理方法的一些实施方案, 其中第一曝气池和第一沉淀池按照推流方式运行。

在另一方面, 本发明还提供一种污水处理方法, 其中将上述废水预处理方法中的上清液作为污水进料。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案, 其中将上清液作为

污水进料依次通过生物调整区、第二曝气区和第二沉淀区得到第一出水和第二浓缩混合液,第二浓缩混合液的第一部分回流返回生物调整区。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中第二沉淀区以SBR方式工作。在一些情况下,SBR池中的混合液挥发性悬浮固体(MLVSS)和混合液悬浮固体(MLSS)的比值小于0.8,优选小于0.7,更优选小于0.5。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中生物调整区的流体停留时间是0.2~2小时,优选0.5~1.5小时,更优选0.5~1小时。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中第二曝气区的曝气处理时间是0.5~4小时,优选0.5~2小时,更优选1~2小时。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中第二沉淀区的沉淀处理时间是0.8~6小时,优选1~4小时,更优选1.5~3小时。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中生物调整区包括厌氧段和缺氧段,上清液与第二浓缩混合液的第一部分混合后通过厌氧段得到第三混合液,第三混合液与第五混合液的第一部分混合后通过缺氧段得到第四混合液,第四混合液进入第二曝气区进行曝气处理得到第五混合液,第五混合液的第一部分回流返回缺氧段,第五混合液的剩余部分进入第二沉淀区中分离得到第一出水和第二浓缩混合液,第二浓缩混合液的第一部分回流返回厌氧段。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中生物调整区的厌氧段的流体停留时间是0.1~1.5小时,优选0.5~1小时。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中生物调整区的缺氧段的流体停留时间是 0.1~1.8 小时,优选 0.5~1.5 小时。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中生物调整区的厌氧段的流体停留时间与缺氧段的流体停留时间的比为 1:0.5~1:6,优选 1:1~1:3,更优选 1:1.5~1:2,最优选 1:2。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中第四混合液的污泥浓度为 2000~6000mg/L,优选 2500~5000mg/L,更优选 3000~4000mg/L。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中第五混合液的第一部分的流量为污水进料的流量的 10%至 150%,优选 50%至 100%。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中第二浓缩混合液的第一部分的流量为污水进料的流量的 10%至 150%,优选 50%至 100%。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,将至少部分第二浓缩混合液的剩余部分回流返回上述废水处理方法中第一曝气池的第一端。在一些实施方案中,将第二浓缩混合液的第一部分之外的全部第二浓缩混合液作为第二浓缩混合液的第二部分回流返回上述废水处理方法中第一曝气池的第一端。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中将上清液也可以作为污水进料根据 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生物处理得到第一出水和任选的剩余污泥。在一些情况下,所述任选的剩余污泥基本全部回流返回上述废水处理方法中第一曝气池的第一端。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,其中将第一出水引入絮凝澄清池经絮凝澄清处理后得到第二出水和絮凝污泥。在絮凝澄清处理中常用的混凝剂有金属盐类和高分子两类混凝剂。前者如硫酸铝、三氯化铁和硫酸亚铁;后者如聚合氯化铝和聚丙烯酰胺等。经过絮凝澄清处理得到的第二出水的水质将进一步提高。

根据本发明的污水处理方法的一些实施方案,将至少部分,优选全部絮凝污泥回流返回上述废水处理方法中第一曝气池的第一端。

本发明的发明人惊奇地发现,采用上述废水预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,并且经预处理后的废水(即上述上清液)适合于污水生物处理方法处理。

本发明的上述废水预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废水预处理方法处理而消解。此外,由本发明的废水预处理方法产生的出水(即上述上清液)通常呈中性(即 pH 值在 6~8 之间,尤其在 6.5~7.5 之间),COD 值为 30-200mg/L,因此无需调节 pH 值和碳源浓度即可通过进一步的污水生物处理以确保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。

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。本发明的上述废水预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。

在本发明中，术语“废水”和“污水”是指任何可用生物处理方法处理的主要含有机污染物的污水，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。污水可以是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。根据《室外排水设计规范》(GB50014-2006)第6.4节第6.4.5款的规定，“污水的沉砂量，可按每立方米污水0.03升计算”。在本发明中，每立方米污水的沉砂量通常不大于0.1升，优选不大于0.05升，更优选不大于0.03升。

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。

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。

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。

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、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、SBR (Sequencing Batch Reactor Activated 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。

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（也称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。

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。

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。

在本发明中, 术语“污泥量”、“污泥含量”或“污泥浓度”是指污泥或污水或混合液或浓缩混合液中的悬浮固体含量。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, 污泥浓度可以用 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)。

在本发明中, “污泥龄”是指活性污泥的平均停留时间, 一般用 SRT 表示。SRT 的计算公式是: (曝气池有效容积*曝气池中混合液的污泥浓度) / (单位时间内排出污泥的体积*排出污泥的污泥浓度)。通常, 控制污泥龄是选择活性污泥系统中微生物种类的一种方法。如果某种微生物的世代期比活性污泥系统长, 则该类微生物在繁殖出下一代微生物之前, 就被以剩余活性污泥的方式排走, 该类微生物就永远不会在系统内繁殖起来。反之如果某种微生物的世代期比活性污泥系统的泥龄短, 则该种微生物在被以剩余活性污泥的形式排走之前, 可繁殖出下一代, 因此该种微生物就能在活性污泥系统内存活下来, 并得以繁殖, 用于处理污水。SRT 直接决定着活性污泥系统中微生物的年龄大小, 一般年轻的活性污泥, 分解代谢有机污染物的能力强, 但凝聚沉降性差, 年长的活性污泥分解代谢能力差, 但凝聚性较好。

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、移动床或膜设备等中进行。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。

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。

本发明的发明人惊奇地发现,在长期运行时,尽管基本上全部第一浓缩混合液回流返回第一曝气池的第一端,第一混合液中的污泥量仍然能够保持在相对稳定的水平而不会无限制地增长。在优选的实施方案中,本发明的废水预处理方法可以在废水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。因此,本发明的废水预处理方法是一种污泥减量化处理方法。此外,本发明的发明人还惊奇地发现,即便废水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,本发明的废水预处理方法具有显著的去碳、氮和磷的效果。

不受任何理论的约束,本发明的发明人认为本发明的废水预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。

首先,由于废水中含有营养物并且上清液中的营养物浓度下降,并且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,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(包括废水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,并且高浓度的活性污泥快速有效地消耗了大量的营养物,因而没有污泥量的净增长。

在本发明的废水预处理方法中,排出的上清液中溶解性有机物的浓度处于较高水平,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。

此外，在本发明的废水预处理方法中，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，本发明的废水预处理方法可以实现高污泥浓度而不发生污泥膨胀。

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。

综上所述，在本发明的废水预处理方法中，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，从而使得本发明的废水预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。

在一些方案中，第一浓缩混合液的流量可以为废水进料流量（在存在其它营养物和/或污泥进料的情况下，为其总流量）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%。

在本发明的废水预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。

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。

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。

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。

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)的第二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。

在一些实施方案中,在步骤(1)之前将废水进料进行给氧处理。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。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,处理后废水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。

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)之间可以对第二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。在根据本发明的废水预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

理后的第二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。

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。

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_{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) 应当小于给氧处理时发生污泥膨胀的最小值。根据本发明的废水预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, 或小于 100mL/g。

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 2000 ~ 2500mg/L、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 或至少约 20000mg/L, 优选 2000 ~ 10000mg/L, 更优选 2500 ~ 6000mg/L。

根据本发明的废水预处理方法可以特别有利地用于在废水产生地就地进行废水预处理, 从而使预处理后的废水适合于通常的污水处理。

理厂处理。另外，本发明的废水预处理方法也适合于改造已有的各种活性污泥法污水处理装置，将废水进行预处理后得到的上清液引入已有的污水处理装置进行处理。同时，还可以将已有污水处理装置的剩余污泥与废水进料混合后再根据本发明的废水预处理方法进行处理。这样，利用本发明的废水预处理方法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。

附图说明

图 1 为根据本发明的废水预处理方法的废水预处理装置的结构示意图。

图 2 为根据本发明的污水处理方法的污水预处理装置的结构示意图。

发明的具体实施方式

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。

图 1 是根据本发明的废水预处理方法的废水预处理装置的结构示意图，其中废水进料作为进水被引入中心曝气池 A1 与来自沉淀池（S1 和 S2）的回流污泥（即第一浓缩混合液）混合得到第一混合液，然后第一混合液在中心曝气池 A1、A2、A3 和 A4 中依次曝气得到第二混合液，第二混合液进入沉淀池 S1 和 S2 后被分离成回流污泥和出水（即上清液）。图 1 中的虚线箭头表示污泥流动方向，实线箭头表示混合液流通方向。图 1 所示的废水预处理装置尤其适合于在废水（有机废水）产生地进行废水预处理以经济有效地将废水中的污染物降低

至适合排入城市下水道的标准，以便利用污水处理厂进行处理。图 1 给出的同心圆形式的废水预处理装置还可以用于改造已有的污水处理装置或用于新建污水处理装置。

图 2 是根据本发明的污水处理方法的污水处理装置的结构示意图，其中废水进料作为进水被引入 A 段曝气池进行曝气处理，然后在 A 段沉淀池中分离得到第一上清液和污泥回流 1，并且污泥回流 1 返回 A 段曝气池，由此实现根据本发明的废水预处理方法；离开 A 段沉淀池的第一上清液（即 A 段出水）依次通过由厌氧段、缺氧段 1 和缺氧段 2 构成的生物调整区，进入曝气池 1 和 2 进行曝气处理，曝气池 1 和 2 中的部分混合液回流进入生物调整区的缺氧段 1，曝气池 1 和 2 中的其余混合液分别进入 SBR 池 1 和 2 分离得到第二上清液（即二级出水）和 SBR 剩余污泥，部分 SBR 剩余污泥作为污泥回流 2 返回生物调整区的厌氧段，第二上清液进入絮凝澄清池进行化学脱磷得到出水（即三级出水）和絮凝澄清剩余污泥，絮凝澄清剩余污泥和其余的 SBR 剩余污泥作为剩余污泥返回 A 段曝气池。

在本文实施例中，符号 t 代表吨；DS 代表干污泥； m^3 代表立方米；d 代表天；COD 代表化学耗氧量。

实施例 1:

根据图 2 所示的污水处理装置建设了处理能力为 $20000m^3/d$ 的污水处理厂，已经成功进行了 1845 天的连续运行，运行条件如下：平均处理水量约 $9000m^3/d$ ，进水 COD 波动范围为 $647.7 \pm 195.9mg/L$ ，进水氨氮波动范围为 $25.45 \pm 6.07mg/L$ ，进水总氮波动范围为 $44.12 \pm 11.43mg/L$ ，进水总磷波动范围为 $1.85 \pm 0.85mg/L$ ，进水悬浮固体（SS）的波动范围为 $291.8 \pm 129.8mg/L$ ，进水挥发性悬浮固体（VSS）

的波动范围为 $159.0 \pm 76.1\text{mg/L}$ ，絮凝澄清池中混凝剂的投加量是 30mg 硫酸亚铁/升，整个装置在运行期间基本不排出任何污泥。

在运行过程中，A 段曝气池的混合液挥发性悬浮固体 (MLVSS) 和混合液悬浮固体 (MLSS) 的范围分别为 $2844 \pm 681\text{mg/L}$ 和 $6623 \pm 1593\text{mg/L}$ ；SBR 池的 MLVSS 和 MLSS 的范围分别为 $2148 \pm 334\text{mg/L}$ 和 $5372 \pm 891\text{mg/L}$ 。

结果表明，第一上清液的 COD 波动范围为 $102 \pm 19.9\text{mg/L}$ ；第二上清液的 COD 范围为 $43.6 \pm 14.0\text{mg/L}$ ；出水的 COD 范围为 $29.3 \pm 9.3\text{mg/L}$ ；第二上清液的氨氮范围为 $0.67 \pm 0.52\text{mg/L}$ ；出水的氨氮范围为 $0.26 \pm 0.29\text{mg/L}$ ；第二上清液的总氮范围为 $11.84 \pm 2.32\text{mg/L}$ ；出水的总氮范围为 $116.1 \pm 1.68\text{mg/L}$ ；第二上清液的总磷范围为 $0.14 \pm 0.10\text{mg/L}$ ；出水的总磷范围为 $0.04 \pm 0.03\text{mg/L}$ ；第二上清液的悬浮固体为 $16.7 \pm 4.5\text{mg/L}$ ；出水的悬浮固体为 $2.1 \pm 1.0\text{mg/L}$ ；第二上清液的挥发性悬浮固体为 $10.1 \pm 4.7\text{mg/L}$ ；出水的挥发性悬浮固体为 $1.5 \pm 0.8\text{mg/L}$ ；整个装置中未见明显的沉积物形成。

可见，使用本发明提供的废水预处理方法，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，能够改善污泥的沉降性能，抑制污泥膨胀从而能够在高污泥浓度下工作，降低废水中污染物的含量以便满足污泥生物处理的要求；同时，还实现了剩余污泥的消解，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。

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。

权 利 要 求

1、一种废水预处理方法，包括以下步骤：

(1) 将废水进料引入第一曝气池的第一端与第一浓缩混合液混合得到第一混合液；

(2) 将第一混合液在第一曝气池的曝气段进行曝气处理从而在第一曝气池的第二端得到第二混合液；

(3) 将第二混合液引入第一沉淀池进行沉淀处理从而得到上清液和第一浓缩混合液；

(4) 将上清液排出，并且将至少部分第一浓缩混合液回流返回第一曝气池的第一端使得污泥龄大于 50 天，优选大于 100 天，更优选大于 300 天，更优选大于 1000 天，更优选大于 2000 天，更优选大于 5000 天。

2、根据权利要求 1 的废水预处理方法，其中第一混合液的污泥浓度为 2000~30000mg/L，优选 2500~20000mg/L，更优选 3000~10000mg/L，更优选 3000~7000mg/L。

3、根据权利要求 1 或 2 的废水预处理方法，其中第一曝气池的曝气处理时间为 0.1~4 小时，优选 0.5~2 小时，更优选 0.5~1.5 小时，并且第一沉淀池沉淀处理时间为 0.8~6 小时，优选 1~4 小时，更优选 1~3 小时。

4、根据权利要求 1-3 中任一项的废水预处理方法，其中第一曝气池的曝气处理时间与第一沉淀池的沉淀处理时间的比为 1:0.5~1:6，优选 1:1~1:3，更优选 1:1.5~1:2，最优选 1:2；

5、根据权利要求 1-4 中任一项的废水预处理方法，其中上清液的化学耗氧量（COD）为 30-500mg/L，优选 50-250mg/L，更优选 80-150mg/L。

6、根据权利要求 1-5 中任一项的废水预处理方法，其中还可以将有机营养物和/或污泥进料与废水进料一起在第一曝气池的第一端和第一浓缩混合液混合得到第一混合液，优选所述有机营养物是含有可生物降解有机物的生活污水、来自以农牧产品为原料的工业废水或合适的碳源例如甲醇、淀粉、糖蜜等，优选所述污泥进料是污水生物处理过程中产生的任何含有活性污泥的污泥。

7、根据权利要求 1-6 中任一项的废水预处理方法，步骤（2）的曝气处理以间歇曝气或连续曝气的方式进行。

8、根据权利要求 1-7 中任一项的废水预处理方法，在步骤（2）中，第二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。

9、根据权利要求 1-8 中任一项的废水预处理方法，其中兼性微生物为第一混合液、第二混合液和第一浓缩混合液中的优势群类。

10、根据权利要求 1-9 中任一项的废水预处理方法，其中第一曝气池和第一沉淀池按照推流方式运行。

11、一种污水处理方法，其中将根据上述权利要求 1-10 中任一项的废水预处理方法得到的上清液作为该污水处理方法的污水进料。

12、根据权利要求 11 的污水处理方法，其中将上清液作为污水进料依次通过生物调整区、第二曝气区和第二沉淀区得到第一出水和第二浓缩混合液，第二浓缩混合液的第一部分回流返回生物调整区。

13、根据权利要求 12 的污水处理方法，其中第二沉淀区以 SBR 方式工作。

14、根据权利要求 12 或 13 的污水处理方法，其中生物调整区的流体停留时间是 0.2 ~ 2 小时，优选 0.5 ~ 1.5 小时，更优选 0.5 ~ 1 小时。

15、根据权利要求 12-14 中任一项的污水处理方法，其中第二曝气区的曝气处理时间是 0.5 ~ 4 小时，优选 0.5 ~ 2 小时，更优选 1 ~ 2 小时。

16、根据权利要求 12 - 15 中任一项的污水处理方法，其中第二沉淀区的沉淀处理时间是 0.8 ~ 6 小时，优选 1 ~ 4 小时，更优选 1.5 ~ 3 小时。

17、根据权利要求 12-16 中任一项的污水处理方法，其中生物调整区包括厌氧段和缺氧段，上清液与第二浓缩混合液的第一部分混合后通过厌氧段得到第三混合液，第三混合液与第五混合液的第一部分混合后通过缺氧段得到第四混合液，第四混合液进入第二曝气区进行曝气处理得到第五混合液，第五混合液的第一部分回流返回缺氧段，第五混合液的剩余部分进入第二沉淀区中分离得到第一出水和第二浓缩混合液，第二浓缩混合液的第一部分回流返回厌氧段。

18、根据权利要求 17 的污水处理方法，其中生物调整区的厌氧段的流体停留时间是 0.1 ~ 1.5 小时，优选 0.5 ~ 1 小时。

19、根据权利要求 17 或 18 的污水处理方法，其中生物调整区的缺氧段的流体停留时间是 0.1 ~ 1.8 小时，优选 0.5 ~ 1.5 小时。

20、根据权利要求 17-19 中任一项的污水处理方法，其中生物调

整区的厌氧段的流体停留时间与缺氧段的流体停留时间的比为 1: 0.5 ~ 1: 6, 优选 1: 1 ~ 1: 3, 更优选 1: 1.5 ~ 1: 2, 最优选 1: 2。

21、根据权利要求 17-20 中任一项的污水处理方法, 其中第四混合液的污泥浓度为 2000 ~ 6000mg/L, 优选 2500 ~ 5000mg/L, 更优选 3000 ~ 4000mg/L。

22、根据权利要求 17-21 中任一项的污水处理方法, 其中第五混合液的第一部分的流量为污水进料的流量的 10%至 150%, 优选 50%至 100%。

23、根据权利要求 17-22 中任一项的污水处理方法, 其中第二浓缩混合液的第一部分的流量为污水进料的流量的 10%至 150%, 优选 50%至 100%。

24、根据权利要求 17-23 中任一项的污水处理方法, 将至少部分第二浓缩混合液的剩余部分回流返回上述废水处理方法中第一曝气池的第一端, 优选将第二浓缩混合液的第一部分之外的全部第二浓缩混合液作为第二浓缩混合液的第二部分回流返回上述废水处理方法中第一曝气池的第一端。

25、根据权利要求 11 的污水处理方法, 其中将上清液作为污水进料根据 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生物处理以得到第一出水。

26、根据权利要求 12-25 中任一项的污水处理方法, 其中将第一

出水引入絮凝澄清池经絮凝澄清处理后得到第二出水和絮凝污泥。

27、根据权利要求 26 的污水处理方法，将至少部分，优选全部絮凝污泥回流返回上述废水处理方法中第一曝气池的第一端。