

A²O 污水处理工艺详解

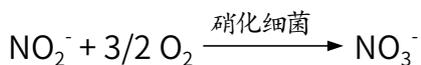
一、定义

A²O 污水处理工艺(AAO 工艺、AAO 法),是英文 Anaerobic-Anoxic-Oxic 第一个字母的简称(厌氧-缺氧-好氧),是一种常用的二级污水处理工艺,具有同步脱氮除磷的作用,可用于二级污水处理或三级污水处理,后续增加深度处理后,可作为中水回用,具有良好的脱氮除磷效果。

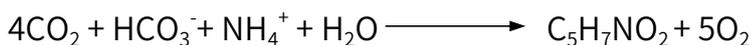
1、生物脱氮机理分析

在污水好氧生物处理过程中,均有一定比例的自养类型硝化菌参与生物化学反应,使污水中的部分 NH₃-N 被氧化为 NO₃⁻,这一过程成为硝化。自养菌

从硝化的放能反应中获得能量,其反应为两步:



在上述生物反应过程中,硝化菌在获得能量的同时,部分 NH₄⁺被同化为细胞组织,其合成反应为



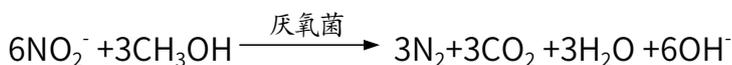
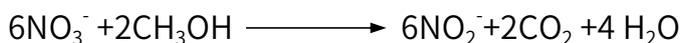
归纳实验和理论计算结果,得到如下硝化反应综合反应式:



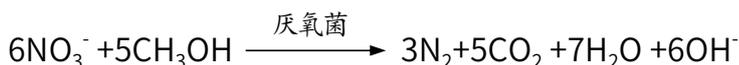
可见好氧生物硝化过程是消耗污水的碱度、降低 pH 值,只要使 NH₃-N 发生化学形态的转化,不能最终脱氧。欲最终脱氧,还必须进一步将 NO₃⁻转化为气态 N₂,使其逸入大气,通常将这一生物再转化过程成为反硝化(或脱硝)。

NO₃⁻的反硝化过程在生物学过程中是还原反应,NO₃⁻作为电子受体,在兼性异养性菌(主要为假单胞菌属、细球菌属、杆菌于胞芽菌属)的作用下被还原,该反应必须具备两个条件:一是污水中应

含有充足的电子受体；二是厌氧或亏氧条件。电子供体包括与氧结合的氢源和异氧菌所需的碳源。若污水中含有充足的可生物降解的有机物，其可以作为内源电子供体；若此类有机物不足，则必须额外投加适量营养物，成为外源电子供体。目前常用甲醇作为外源电子供体。反硝化反应亦为两步：



总能量反应为：



由于细胞合成消耗一定量的甲醇，McCarty 依据实验结果，提出了如下经验反应方程式：



若废水中的氮化物全部是 NO_3^- ，则可由反应式计算甲醇总投加量。若污水中含有 NO_2^- 与溶解氧，用下式计算脱氮需要的甲醇量：

$$C_m = 2.47N_0 + 1.53N_1 + 0.87D_0$$

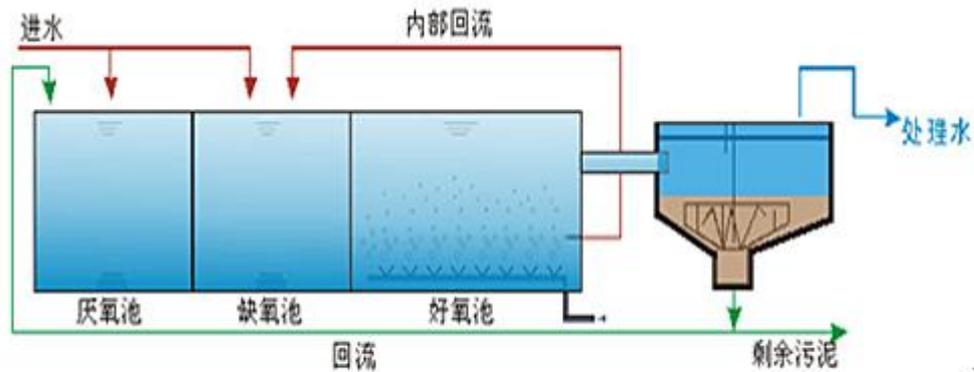
式中： C_m 为要求的甲醇浓度，mg/L； N_0 为 NO_3^- 的初始浓度，mg/L； N_1 为 NO_2^- 的初始浓度，mg/L； D_0 为溶解氧的初始浓度，mg/L。

2、生物脱磷原理

磷化合物是地表水富营养化的主要因素。水中的磷以正磷酸盐、聚磷酸盐与有机磷三种形态存在，其中有 10% 左右为固相存在于水中。在好氧生物处理过程中，污水中的部分磷作为微生物的营养物被细胞同化吸收，转化为固态而被去除。多余部分则以磷酸盐的形式释放。是否能从有机磷化物的分解中释放磷元素，取决于它的 C/P 比。C/P 比小于 200 时，有磷元素释放；C/P 比为 200-300 时，有机物质中的磷元素全部被微生物同化，既没有磷元素的释放，也不需要从环境中吸收磷元素；C/P 比大于 300 时，微生物耗尽有机物质中的磷元素，还需从环境中补充磷元素。

二、A²O 污水处理工艺工作原理

其工艺流程图如下图，生物池通过曝气装置、推进器(厌氧段和缺氧段)及回流渠道的布置分成厌氧段、缺氧段、好氧段。



A₂O 工艺流程图

在该工艺流程内，BOD₅、SS 和以各种形式存在的氮和磷将一一被去除。A²O 生物脱氮除磷系统的活性污泥中，菌群主要由硝化菌和反硝化菌、聚磷菌组成。在好氧段，硝化细菌将入流中的氨氮及有机氮氧化成的氨氮，通过生物硝化作用，转化成硝酸盐；在缺氧段，反硝化细菌将内回流带入的硝酸盐通过生物反硝化作用，转化成氮气逸入到大气中，从而达到脱氮的目的；在厌氧段，聚磷菌释放磷，并吸收低级脂肪酸等易降解的有机物；而在好氧段，聚磷菌超量吸收磷，并通过剩余污泥的排放，将磷除去。

1、工艺特点

(1) 厌氧、缺氧、好氧三种不同的环境条件和种类微生物菌群的有机配合，能同时具有去除有机物、脱氮除磷的功能。

(2) 在同时脱氮除磷去除有机物的工艺中，该工艺流程最为简单，总的水力停留时间也少于同类其他工艺。

(3) 在厌氧—缺氧—好氧交替运行下，丝状菌不会大量繁殖，SVI 一般小于 100，不会发生污泥膨胀。

(4) 污泥中磷含量高，一般为 2.5%以上。

2、A²O 污水处理工艺各反应池的单元功能及其存在的问题

各反应器的功能

厌氧反应器，原污水与从沉淀池排出的含磷回流污泥同步进入，本反应器主要功能是释放磷，同时部分有机物进行氨化；

缺氧反应器，首要功能是脱氮，硝态氮是通过内循环由好氧反应器送来的，循环的混合液量较大，一般为 2Q（Q 为原污水流量）；

好氧反应器——曝气池，这一反应单元是多功能的，去除 BOD，硝化和吸收磷等均在此处进行。流量为 2Q 的混合液从这里回流到缺氧反应器。

沉淀池，功能是泥水分离，污泥一部分回流至厌氧反应器，上清液作为处理水排放。

亟待解决的问题

除磷效果难再提高，污泥增长有一定限度，不易提高，特别是 P/BOD 值高时更甚；

脱氮效果也难再进一步提高，内循环量一般以 2Q 为限，不宜太高；

进入沉淀池的处理水要保持一定浓度的溶解氧，减少停留时间，防止产生厌氧状态和污泥释放磷的现象出现，但溶解氧浓度也不宜过高，以防循环混合液对缺氧反应器的干扰。

三、A²O 工艺调试运行

1、生物反应池运行的注意事项

(1) 水温：水温控制在 15-35℃之间。温度过高或过低都会对污泥活性产生影响。

(2) 溶解氧：培养初期，供氧不宜过高，否则有机物氧化太快，培养出的活性污泥质轻，容易膨胀，要随污泥增长逐步加大供氧量，一般溶解氧控制在 2-4mg/L。

(3) 营养：要满足废水中的 BOD：N：P=100：5：1。

(4) 污泥浓度：污泥浓度保持在 2000-6000mg/L。

2、生物脱氮工艺的运行控制要点

(1) 溶解氧的控制：脱氮过程中的硝化反应必须在好氧条件下运行，其混合液中的 D_0 浓度一般应维持在 2-3mg/L，当 D_0 浓度低于 0.5-0.7mg/L 时，硝化过程将受到抑制。在缺氧区反硝化过程中混合液的溶解氧应控制在 0.5 mg/L 以下，才能保持正常的反硝化速度。

(2) 污泥负荷：污泥负荷是影响系统去氮效果的重要因子。当污泥负荷过高时，系统硝化作用不全，出水硝态氮浓度及硝态氮所占比例不断下降，从而影响到总氮的去除效果。

(3) 碳源(C/N)的控制：污水的 C/N 是影响系统去氮效果的另一重要因子。一般认为，当污水中的 BOD_5 与 TKN 之比在 5-8 时，可认为废水中的碳源是足够的，此时不必考虑外加碳源的补充。

3、生物除磷工艺的运行控制要点

(1) 注意废水的碳磷比(BOD_5/TP)：废水的碳磷比(BOD_5/TP)是影响生物除磷系统去磷效果的重要因数之一， BOD_5/TP 的比值过低，使得污泥中的积磷微生物在好氧池中吸磷不足，从而使得出水磷含量升高。一般的废水的 BOD_5/TP 应大于 20，才可保证有较高的去除率。

(2) 控制溶解氧：从生物除磷系统的原理中可知，整个系统中各段吸磷、放磷控制主要是由于 DO 值决定的，因此，DO 值的控制是影响去磷效果最重要的一个因子。经试验，好氧池中 DO 应大于 2mg/L，以保证积磷微生物利用好氧代谢、氧化磷酸化中释放出的大量能量充分的吸磷。厌氧放磷池中的 DO 应小于 0.2mg/L。为了防止污泥停留时的厌氧放磷作用，以致影响去磷效果，出水池底部污泥应控制的低一些，以防止污泥因累积厌氧而放磷。

(3) 控制合适的泥龄：系统的泥龄短，可使污泥产率提高，从而通过排放剩余污泥而达到去除更多的磷。

(4) 降低 NO_3^- -N 浓度：生物除磷系统中的 NO_3^- -N 存在会抑制积磷微生物放磷作用，故应提高系统中 N 的去除率，降低出水 NO_3^- -N 浓度。

四、风险分析及应对办法

活性污泥性状异常及解决对策

活性污泥在运行过程中，有时会出现几种异常情况，处理效果降低，污泥流失。下面将污泥运行中可能出现的几种异常情况和相应的采取措施加以简要的阐述。

1、污泥膨胀

正常活性污泥沉降性能良好，含水率在 90%以上。当污泥变质时，污泥不易沉淀，SVI 值较高，污泥结构松散和体积膨胀，含水率稀少。颜色也有异变，这就是污泥膨胀。污泥膨胀主要是丝状菌大量繁殖所引起的，也由于污泥中结合水异常的增多而导致污泥膨胀。一般污水中碳水化合物较多，缺乏氮、磷、铁等养料，溶解氧不足，水温高或 pH 值较低都容易引起大量丝状菌繁殖。导致污泥膨胀，此外，超负荷、污泥泥龄过长或有机物浓度梯度过小等，也会引起污泥膨胀。排泥不畅则易引起结合水性污泥膨胀。

由此可知，为了防止污泥膨胀，首先应加强操作管理，经常检测污水水质、曝气池溶解氧、污泥沉降比、污泥指数和进行显微镜观察等，如发现不正常现象，就需要采取预防措施。一般可调整、加大空气量，及时排泥，有可能时采取分段进水，以减轻边池沉淀的负荷。

当污泥膨胀发生后，解决的办法可针对引起污泥膨胀的原因采取措施，如

缺氧或水温高等可加大曝气量或降低进水量以减轻污泥负荷率，或适当降低污泥浓度，使需氧量降低等，如污泥负荷率过高，可适当提高污泥浓度，以调整负荷。必要时，还要停止进水，闷曝一段时间。如缺氮、磷、铁等养料，和投加消化污泥或氮、磷、铁等养料成分，如 pH 值过低，可投加石灰等调节 pH 值，若污泥流失量大，可投加氯化铁，帮助凝聚，刺激菌胶团生长，也可投加漂白粉或液氯，抑制丝状菌生长，特别能控制结合水性污泥膨胀。也可投加石棉粉末、硅藻土、黏土等惰性物质，降低污泥指数。

2、污泥解体

处理水质浑浊，污泥絮体微细化，处理效果变坏等则是污泥解体的现象。导致这种异常现象的原因有运行中的问题，也有污水中混入了有毒物质。

运行不当，如曝气过量，会使污泥生物营养的平衡遭破坏，使微生物量减少而失去活性，吸附能力下降，絮凝体缩小质密，一部分则成为不易沉淀的羽毛状污泥，处理水质浑浊，SVI 指数降低等。

当鉴别出是运行的原因时，应对污水量、回流污泥量、空气量和排泥状况以及 SVI，污泥浓度、DO、污泥负荷等多项指标进行检查，加以调整。

当污水中存在有毒物质时，微生物会受到抑制或伤害，净化功能下降或完全停止，从而使污泥失去活性。一般可通过显微镜来观察并判别产生的原因。当确定污水中混入了有毒物质时，应考虑到这是新的工业废水混入的结果，需查明来源，进行处理。

3、污泥腐化

由于污泥长期停滞而产生厌氧发酵生成气体，从而使大块污泥上浮的现象，它与污泥脱氮上浮不同，污泥腐败变黑，产生恶臭。此时也不是全部上浮。大部分污泥也是通过正常的排出或回流。只有沉积在死角长期停滞的污泥才腐化上浮。防止的措施是：

安设不使污泥外溢的浮渣清除设备；消除沉淀池的死角；

加大池底坡度或改善刮泥设施，不使污泥停滞于池底。

4、污泥脱氮

污泥成块状上浮现象，并不是由于腐败所造成的，而是在于在曝气池内污泥泥龄过长，硝化进程较高，在沉淀池内产生反硝化，硝酸盐的氧被利用，氮呈气体托出附着的污泥，从而使污泥比重降低。整块上浮。解决的办法是：

减少曝气量或缩短曝气时间，以减弱硝化作用；

增加污泥回流量或剩余污泥排放量，以减少二沉池中的污泥停留时间；

混合液 DO 不能太低。

5、泡沫问题

曝气池中产生泡沫，主要原因是，污水中存在着大量洗涤剂或其他起泡沫物质。泡沫可给生产运行带来一定的困难，如影响操作环境，带走大量的污泥。当采用机械曝气时，还能影响叶轮的充氧能力。

消除泡沫的措施有：分段注水以提高混合液的浓度，进行喷水或投加消泡剂。

6、污泥不增长或减少

主要发生在活性污泥培养和驯化阶段，污泥量长期不增加或增加后又很快减少了，主要原因如下。

污泥所需养料不足或严重不平衡；

污泥絮凝性差随水流失；

过度曝气使污泥自身氧化。

解决的办法如下：

提高沉淀效率，防止污泥流失。如污泥直接在曝气池中静止沉淀，或投加少量絮凝剂；

投入足够的营养量，或提高进水量，或外加营养(补充 C、N 或 P)，或高浓度易代谢废水；

合理控制曝气量，应根据污泥量，曝气池溶解氧浓度来调整。

7、溶解氧过高或过低

曝气池 DO 过高，可能是因为污泥中毒，或培训初期污泥浓度和污泥负荷过低；曝气池 DO 过低

可能是因为排泥量少曝气池污泥浓度过高，或污泥负荷过高需氧量大。遇以上情况，应根据实际予以调整，如调整进水水质、排泥量、曝气量等。