第26卷 第9期 Vol. 26 No. 9
2009年9月 海洋开发与管理 September 2009

排海污水中氮、磷及有机污染物处理技术进展

王美娟

（青岛科技大学 青岛 266061）

摘 要 排海污水处理直接关系到近海的污染，而氮、磷及有机污染物是近海的重要污染物。文章综述了几种对氮、磷及有机污染物处理的新工艺技术和各工艺的进展状况并提出应尽快推广应用。

关键词 脱氮除磷；有机污染物；处理

近年来我国近海污染严重，其危害严重的污染物是氮、磷及有机污染物。氮磷的过度排放近海，造成海水的富营养化，造成赤潮频发，据统计我国水域富营养化污染严重，赤潮发生率和污染面积一直呈上升趋势，仅2008年我国海域共发生赤潮82次。赤潮发生的海域给海洋生物带来的是灭顶之灾，被称为是“海上赤魔”。2008年夏季青岛近海涌入大量叫做浒苔的藻类植物，影响面积2万 km^2 余，实际覆盖面积一度达400 km^2 余；农药残留、印染等有机污染物中间体污染水域环境。这些污染物化学性质稳定，难于生化分解。人若是食用了被污染的鱼和贝类等，将严重危害人们的健康。为防止近海污染，排海污水的处理技术是重要的环节。

1 脱氮除磷工艺

19世纪70年代中后期，我国开始建设城市污水处理厂，这些污水处理厂均采用了传统推流曝气二级生物处理，主要处理目标是有机污染物和悬浮物，对于氮磷的去除率非常低。进入20世纪90年代，水体中各种污染物尤其是氮磷的标准更为严格，新建城市污水处理厂必须考虑对氮磷及有机污染物的控制，老水厂进行了脱氮除磷技术改造。近年来随着科技的发展，新研制的污水处理技术被不断的推广应用。目前，国内外城市污水处理厂污水二级处理工艺是采用生化方法，主要通过微生物的生命运动等手段来去除废水中的悬浮性，溶解性有机物以及氮和磷等营养盐；双污泥脱氮除磷工艺和SHARON工艺和SHARON-ANAMMOX联合工艺是比较先进的污水处理工艺，正在推广应用中。

1.1 双污泥脱氮除磷工艺

双污泥脱氮除磷工艺分前后两段，前段采用活性污泥法，主要由厌氧池、缺氧池、短泥龄好氧池和沉淀池等组成；后段主要采用曝气生物滤池。系统回流包括污水回流和污泥回流，污水回流是将部分生物滤池出水回流至缺氧池，以保证脱氮效果；污泥回流则是将沉淀池污泥部分回流到厌氧池，其余富含磷的剩余污泥被排掉。厌氧池内有机物被活性污泥快速吸附或降解用于厌氧释磷，同时以回流污水中的硝酸根为电子受体进行吸磷，实现了“一碳两用”，提高了易降解有机物的利用率。短泥龄好氧池通过采用较高污泥负荷和较短泥龄，使

好氧池内的硝化反应不完全，创造适合聚磷菌生长的环境。曝气生物滤池提高了滤池内硝化细菌的浓度，硝化细菌因处于专性好氧状态而大大增强了硝化效果。结果表明，该工艺对 COD、总磷和总氮的去除率分别高达 85%、95% 和 90%，处理效果稳定。另外，将活性污泥法与生物膜法相结合，开发出一种新型脱氮除磷处理工艺，成功地解决了传统工艺中硝化细菌与除磷菌之间的泥龄矛盾问题。不但可达到双污泥脱氮除磷工艺，同时处理效果稳定，对水质的适应能力也较强。

双污泥脱氮除磷工艺是一种概念上完全不同于一般脱氮除磷工艺的全新工艺，对于目前解决脱氮除磷这一难点和热点问题，提供了一种新的思路，这种工艺可以大幅度减少 COD 和氧气的消耗量，被誉为适合可持续发展的绿色工艺。

1.2 SHARON 工艺和 SHARON-ANAMMOX 联合工艺

SHARON 工艺是指“短程硝化”工艺；SHARON-ANAMMOX 联合工艺是指“短程硝化－厌氧氨氧化联合工艺”，短程硝化－厌氧氨氧化处理高氨氮有机废水。

SHARON 工艺基本原理是将氨氮氧化控制在亚硝化阶段，然后进行反硝化。用 SHARON 工艺来处理城市污水二级处理系统中污泥硝化上清液和垃圾滤出液等高氨氮废水，可使硝化系统中亚硝酸积累达 100%。该工艺核心是应用硝酸菌和亚硝酸菌的不同生长速率，即在高温（30℃～35℃）下，亚硝酸菌的生长速率明显高于硝酸菌的生长速率，亚硝酸菌的最小停留时间小于硝酸菌这一固有特性，通过控制系统的水力停留时间，使其介于硝酸菌和亚硝酸菌最小停留时间之间，从而使亚硝酸菌具有较高的浓度而硝酸菌被自然淘汰，维持稳定的亚硝酸积累。工艺中温度和 HRT 值应严格控制。SHARON 工艺由于在反硝化中需要消耗有机碳源，并且出水浓度相对较高，因此可以 SHARON 工艺作为硝化反应器，而 ANMMOX（厌氧氨氧化）工艺作为反硝化反应器进行组合工艺。SHARON 工艺可能控制部分硝化，使出水中 NH^{4+} 与 NO^{2-} 比例为 1∶1，从而作为 ANAMMOX 工艺的进水，组成一个新型的生物脱氮工艺。SHARON-ANAMMOX，联合工艺具有耗氧少、污泥产量少、不需外加碳源等优点[1]。

短程硝化和厌氧氨氧化作为处理高氨氮废水的新兴工艺，已从小规模试验开始走向工业应用。

2 有机污染物处理技术

2.1 树脂吸附法

吸附法以其能选择性富集某些化合物而受到广泛关注，采用吸附剂有活性炭、改性纤维素、黏土矿物和硅胶等，国内已有数十套工业装置投入运行。采用树脂吸附法不仅可处理废水，还可回收有用的化工原料，实现环境效益与经济效益的统一。

树脂吸附法的主要特点是适用范围宽，吸附效果不受所含无机盐的影响；吸附效率高，脱附容易，不产生二次污染；可以回收废水中的有用的有机物；工艺简单，操作方便。近年来该技术在我国发展很快，工业化应用较多，可用于吸附回收酚类、胺类、有机酸、硝基物和卤代烃等，如用于难以处理的 1－萘胺、1－萘酚、2－萘酚、周位酸和氨基 J 酸等萘系中间体废水，硝基苯、硝基氯苯、苯胺、对氨基二苯胺、邻苯二胺、苯酚和对硝基酚等有机中间体的废水处理。

2.2 反渗透技术

反渗透技术是利用半渗透膜进行分子过滤来处理废水的一种新的方法，又称膜分离技术。液膜主要由膜溶剂、乳化剂和添加剂组成，按其构型和操作方式的不同，又可分为乳状液膜和支持液膜。因在较高压力作用下，这种膜可使水分子通过，而不能使水中溶质通过，可除去水中比水分子大的溶解固体、溶解性有机物和胶状物质。近年来多用于海水淡化、高纯水制造及苦咸水淡化等方面。反渗透技术是膜技术的重要体现，具有膜薄、比表面积大、分离效率高、速度快、过程简单、成本低和用

途广泛等优点，但是膜的制备技术要求高。在国外该技术已应用于多种有机废水的处理。

近年来，我国利用液膜技术处理有机中间体生产废水的研究工作进展很快，并取得很大突破，很多技术有望实现工业化，如该技术用于处理以下废水：含酚废水、苯胺、氨基J酸、J酸、4－硝基甲苯－2－磺酸、邻苯二胺、乙酸和萘磺酸钠等。

液膜分离技术作为一种新型膜分离技术，具有较好的发展前景。目前该技术要解决的关键问题是液膜的稳定性，寻找快速节能的破乳方法以及开发连续运行的配套专用设备及高性能支撑液膜组件；同时，应继续探索新的液膜材料、研究液膜法与其他分离技术的有机结构等。

2.3 氧化法

氧化法是一种有效处理高浓度难降解有机废水的方法。通常氧化法主要用于处理高浓度有机废水，处理后废水再结合生化废水处理。主要氧化技术有化学氧化法、湿式氧化技术和催化氧化法等。

（1）化学氧化法，采用化学氧化剂如臭氧、过氧化氢、二氧化氯和氧气等，存在氧化剂消耗高导致治理成本运转费用高的问题。目前该法在国内主要的研究与应用领域在硝基氯苯、酚类和有机磺酸等废水处理方面。

（2）湿式氧化技术，简称WAO，特别适合处理高浓度、重污染和高毒性废水，如传统染料、农药及其中间体生产废水。氧化反应后可以大幅度降低COD、BOD值。WAO采用封闭的反应器，是一种无二次污染、高效和极具发展前途的水处理方法。目前国外已在含氰废水等处理中广泛应用。

（3）催化氧化法，催化氧化法是近年来发展起来的有机废水处理新技术，尤其是光催化氧化技术成为当前有机废水处理技术的研究热点。研究证明，众多难以降解有机废水在光催化氧化作用下可以有效去除或降解。光催化氧化技术主要采用光敏半导体为催化剂，以TiO_2为主。目前国内已展开大量研究，如氯化乙烯、吐氏酸和萘乙酸，以及多种染料和农药中间体的废水处理，研究主要集中在纳米光催化剂的研制、固定化技术研究、复合光催化材料的研制及高效光催化反应器的研究等方面。另外，常温常压催化氧化处理技术和高温高压催化氧化处理技术也在研究和开发之中，催化氧化处理废水技术已成为极具发展潜力的有机废水处理技术[2]。

2.4 萃取技术

萃取法是处理有机废水的一种非常有效的方法，基于可逆络合反应的萃取分离方法被称为络合萃取。目前国内有多套工业化处理装置运行。

萃取法是利用与水不相溶解或极少溶解的特定溶剂同废水充分混合接触，使溶于废水中的某些污染物质量重新进行分配而转入溶剂，然后将溶剂与除去污染物质后的废水分离，从而达到废水净化和回收有用物质的目的。采用的溶剂称为萃取剂，被萃取的物质称为溶质，萃取后的萃取荆称萃取液（萃取相），残液称为萃余液（萃取相）。在有机磺酸、有机羧酸、有机胺、酚类及带有两性官能团等有机物废水的治理方面显示出良好的发展前景，处理了以前传统方法无法解决的难题，萃取法具有处理水量大，设备简单，便于自动控制，操作安全、快速且成本低等优点，因而该法具有广阔的应用前景。

3 结束语

中国城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918—2002）对污水处理厂的出水越来越严，特别提高了氮磷的标准。随着我国对水环境质量要求的提高，上述污水新型脱氮除磷及有机污染物工艺处理技术已多数投入工业化运行中，有的尚处于研究开发阶段，代表了废水处理的发展趋势。