

复合工艺在城市污水处理厂改造中的应用

Application of Hybrid Biological Treatment System in Wastewater Treatment Plants ' Reconstruction

张绪强 季 民

(天津大学环境科学与工程学院 天津 300072)

摘要 水污染控制的主要任务是有机物的降解和氮磷的去除。我国现有污水处理厂大多采用传统活性污泥法,对于氮、磷的去除往往不能达到新实施的《城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918 - 2002)》的要求。而生物膜、活性污泥复合工艺为我国城市污水处理厂的扩建和改造提供了一条经济、高效的途径。

关键词 生物膜 活性污泥法 复合工艺 城市污水处理厂改造

Abstract The aim of wastewater control engineering is organic degradation ,nitrogen and phosphorus removal. But many wastewater treatment plants use activated sludge process ,which has limited capability of nitrogen and phosphorus removal rate. Hybrid biological treatment system is an economical and efficient choice for WTPs ' reconstruction.

Key words Biofilm Activated Sludge Process Hybrid Biological Treatment System Reconstruction of WTP

复合式生物处理系统的研究在国外已有 20 多年的历史,该工艺将生物膜工艺与活性污泥工艺有机地融合于同一池中,达到省地和延长污泥龄的目的。根据投加载体填料的种类、大小,以及填料与曝气池结合的方式,可以分为以下三种:(1) 浸没填料系统;(2) 生物转盘与曝气池相结合的系统;(3) 多孔悬浮载体系统^[1]。其典型方式是向活性污泥曝气池中投加悬浮型填料作为微生物附着生长载体的浮动填料活性污泥法。由于填料的加入,使污水处理的机理和效能都大为改变。在这种系统中,微生物生存的基础环境由原来的气、液两相转变为气、液、固三相,这种转变为微生物创造了更丰富的存在形式,形成了一个更复杂的复合式生态系统。载体表面的生物膜与液相中的悬浮污泥共同发挥作用,各自发挥自己的降解优势^[2]。大量吸附生长在生物填料上的生物膜使生物池中的活性生物量大大增加,在提高系统抗冲击负荷能力的同时,使系统具有脱氮除磷的能力。

随着人口的增长和生产规模的扩大,许多采用活性污泥法的城市污水处理厂都面临着污泥负荷超过设计水平以及出水氮磷不能达标两大问题。这是由于单纯活性污泥法生物硝化脱氮虽然较成熟,但占地面积大,停留时间长,处理效果稳定性较差,污泥龄难以控制,且需回流大量污泥。尤其低温时,处理效果更差。生物膜法的生物量大,污泥龄长,抗冲击负荷,具有良好的硝化功能,尤其在低温季节,生物膜法的脱氮效果明显比活性污泥法要好,并且污泥回流量少。但整体来说,传统单一技术脱氮除磷效果不是很好,很难适应社会发展的需要。生物膜 - 活性污泥复合工艺综合了两者的优点,特别适合脱氮。其原因是长泥龄的生物膜为生长缓慢的硝化菌提供了非常有利的生存环境,达到有效的硝化效果,而活性污泥的泥龄相对较短,主要起去除有机物的作用。这样就避免了普通活性污泥工艺中为了达到硝化目的而不得不延长泥龄,极可能导致污泥膨胀的困境。因此,这种共池工艺的污泥负荷比单纯的活

收稿日期:2004 - 08 - 18

作者简介:张绪强(1979 -),男,山东省平邑人,硕士研究生。

性污泥工艺要低许多,处理效率高,而系统更稳定。在相同污泥负荷下,该工艺则更紧凑省地而且高效。在复合系统内由于曝气的作用,悬浮状态和填料表面附着状态的微生物处于好氧状态,主要由去除有机物的异养菌和硝化、亚硝化菌组成,这部分细菌起去除有机物、将氨氮氧化为亚硝酸型氮和硝酸型氮的作用。从填料表面的好氧区到填料的内部,由于受到氧转移的影响,形成中间兼氧区、内部厌氧区,存在兼性反硝化细菌,将硝酸盐氮转化成氮气,起到去除总氮的作用。

由以上的分析可知,用复合式生物处理系统改造传统活性污泥法,是一种经济高效的途径。

1 国内外研究情况

Wang Jianlong 曾用小于 1mm 的泡沫塑料等多孔材料投加到曝气池中,当体积投配率为 15~30% 时,复合生物反应器总的生物量可以达到 4.30~5.75g/L。随着 OL_R (Organic Loading Rate) 的提高,附着生长的生物膜量也提高。而且结果显示,生物膜微生物在 COD 的去除中占主导地位。系统表现出在高负荷下能去除更多的基质^[3]。所以运用该工艺在高负荷下改造系统有更大的优势。孙华等也曾采用将悬浮填料投加到曝气池中的方法改善曝气池的处理效能,结果较传统活性污泥法有更高的脱氮效果^[4]。

Lee, Hyung Sool 等曾用沸石、云母、粘土粉来代替活性炭以降低造价投加到城市污水处理厂中,投加量为 4000mg/L。由于微生物载体的表面积很大,生物量提高了一倍以上,硝化能力也提高了 30%。当 C/N 比从 6.5 升到 25 时,虽然 TKN 去除率和硝化率降低,但该工艺比投加填料前受到的影响要小许多。通过研究发现,有机物处理能力的提高归功于附在载体上的生物膜。而硝化能力的提高可以从以下两个方面来考虑:第一,加入的粉末载体吸附了一部分对硝化菌有抑制的组分,因此硝化能力得到提升;第二,硝化菌数量的提高^[5]。

美国 BROOMFIELD 市政污水处理厂采用生物膜-活性污泥共池 (HYBRID) 工艺去除有机物和脱氮。原有活性污泥处理工艺仅能去除 BOD。除了处理规模需扩大一倍外,出水还需要

达到 TP 小于 1mg/L,氨氮小于 2mg/L,硝酸盐氮低于 10mg/L,以及 BOD 不大于 10mg/L。该工艺利用流动床生物膜填料的有效表面积促使生长缓慢的硝化菌生长,而活性污泥则主要用于有机物的氧化。通过改变填料的填充率,可有效地调整硝化部分的生物量。运用该工艺,在没有新建生物池的前提下,达到了既扩大规模,又提高处理效率,达到脱氮除磷的目的。利用原有活性污泥池小部分容积改建为前置反硝化池,其余大部份容积改建为 BOD 氧化池以及硝化池 (HYBRID 工艺)。设计负荷:流量 1262m³/h、BOD 4411kg/d、TSS 2950kg/d、TN 1394kg/d、TKN 1235kg/d、NH₃-N 1125kg/d、NO₃-N 159kg/d、PO₄-P 227kg/d。该厂自 2002 年 11 月投产以来,完全满足设计要求。在设计水温 13℃,HRT 4.5h 情况下,平均 SRT 小于 4.5d,处理效率为: BOD91%、COD89%、TN80%、NH₃-N (<1mg/L) 96%、TSS93%。

2 国内外城市污水处理厂改造

利用复合工艺改造曝气池的方式主要有两种。一是在挪威等国家成功应用的多级移动床生物膜法,另一种是使用弹性立体生物填料的悬浮和附着生物相结合的 A/O 处理工艺 (如果需要除磷则需要 A/A/O 工艺)。它们都不用改变原有工艺的主体构造。

国外采用的活性污泥法和生物膜法复合工艺,其典型技术是移动床生物膜反应器 (MBBR)。MBBR 技术是通过向曝气池内投加悬浮载体的方法,形成生物移动床,充分发挥活性污泥和生物膜的各自优势,达到高效节能的目的。国外已有许多专家、学者对 MBBR 工艺进行了深入的研究。在过去的 10 年中,移动床生物膜技术在挪威等西方国家得到了较快发展。由于 MBBR 可减小现有污水处理系统的体积,易于对现有污水处理厂进行技术改造,且处理效果良好,现在有 100 多个基于此技术的污水处理厂在世界上的 17 个国家投入使用或在建造之中,它们主要用于去除市政污水或工业废水中的有机物质及氨氮。MBBR 工艺虽然效率高,但由于移动填料价格昂贵,所以其在国内的应用受到很大的限制。

而弹性立体生物填料由于其相对低廉的价格,更适合于我国国情。实际应用中,一种安装方式是按框架形式固定填料,做成单元框架,吊装入池后固定。不需要增加新的池容,只需适当改造现有曝气池的曝气系统,即可利用 A/O 工艺达到高效脱氮除磷的目的。

大连春柳河污水处理厂改造工程中采用德国林德公司研究开发的 LINPOIR 工艺,在不增加池容的条件下,提高了原有处理能力。

3 研究重点及注意事项

目前的研究重点是进一步开发适合该工艺的生物载体。目前报道采用的载体有粉末活性炭、无烟煤、大理石、沸石、云母、粘土粉、活性炭、无纺布、多孔泡沫塑料、球型塑料、钢丝球、海棉、橡胶、聚乙烯聚丙烯制成得浮动填料、聚氨酯泡沫塑料等填料。不同的填料形式影响复合系统内气、固、液三相接触状态及系统内总生物量,同时影响系统脱氮效果,因此必须根据实际情况,选择具有大的比表面积、吸附容量,不易造成堵塞,易于传送氧气和营养物质,同时又价廉、耐磨、易装卸的填料。

进一步优化硝化(保护硝化菌免受毒性的冲击和低温条件下的硝化)、反硝化、生物除磷(生物除磷菌所需的有机物)、污泥的水解以及利用水中的硝酸根离子代替氧气以及防止生物膜中刚毛虫的过量增殖也是研究的热点。

近年来,同时硝化反硝化现象、反硝化除磷现象、短程硝化反硝化脱氮工艺、厌氧氨氧化工艺等的发现和研究,为复合生物处理系统脱氮除磷提供了另一条可选途径。

4 结论

我国城市污水处理率仅为 10%,需要建设大量的城市污水处理厂,但我国城市建设资金远不能满足这方面的要求。复合式生物处理系统的运行稳定可靠,具有极强的抗冲击负荷的能力,同时可有效的脱除氮磷等营养物质,是一种高效的污水处理工艺,配合新型的载体技术,该工艺在除磷和脱氮能力方面仍有潜力可挖,在当今水体富营养化形势日益紧迫的情况下,可以预计,该工艺将会与活性污泥法一样成为城市污水处理厂的主要工艺。运用该工艺,可在现有污水处理厂构筑物基础上,综合考虑各方面因素,投加价格适宜、效果显著的生物载体,收到不增加现有污水处理厂建设规模,却显著提高系统处理能力、稳定性的效果,而且解决了二沉池的问题,以最小的投资升级现有的系统。在我国未来城市污水处理厂的扩建和改造中,复合式生物处理技术将具有极为广阔的应用前景。

参 考 文 献

1. 刘晋旭,刘振鸿. 复合式生物处理系统的研究与应用. 工业水处理, 2003, 23 (1): 8~11.
2. 张宝杰,王宝贞. 复合式生物处理系统效能与机理研究. 哈尔滨建筑大学学报, 1999, 32 (6): 100~104.
3. Wang Jianlong, Shi Hanchang and Qian Yi. Wastewater treatment in a hybrid biological reactor (HBR): effect of organic loading rates. Process biochemistry, 2000, 36: 297~303.
4. 孙华,张菊萍等. 投加悬浮填料改善活性污泥法处理性能的试验研究. 重庆环境科学, 2001, 23 (5): 37~40.
5. Lee, Hyung Sool; Park, Se Jin; Yoon, Tai Il. Wastewater treatment in a hybrid biological reactor using powdered minerals: effects of organic loading rates on COD removal and nitrification. Process Biochemistry, 2002, 38 (1): 81~88.