

环境保护

污水处理中曝气设备的研究进展

张塞, 张有忱, 阎华, 杨卫民
(北京化工大学 机电工程学院, 北京 100029)

[摘 要] 污水处理中的曝气设备是随着污水处理技术的深入研究和广泛应用逐渐发展起来的。近年来, 在国内外污水处理领域得到广泛应用的新型曝气设备种类有很多, 并简要介绍了其中几种常用曝气设备的特性。指出了曝气设备作为污水处理工艺中的核心设备, 对水处理过程起着重要作用, 也日益受到世界各国水处理领域的高度重视。

[关键词] 曝气设备; 污水处理; 新型设备

[中图分类号] X703.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-1865(2015)05-0083-02

The Latest Progress of Aeration Equipment in Wastewater Treatment

Zhang Sai, Zhang Youchen, Yan Hua, Yang Weimin

(Beijing University of Chemical Technology, College of Electromechanical Engineering, Beijing 100029, China)

Abstract: Aeration equipment in wastewater treatment along with in-depth research and extensive application of sewage treatment technology developed gradually, many kinds of aeration equipment have found broad application in the wastewater treatment filed at home and abroad. Characteristics of several commonly used aeration equipment are briefly described for reference in this paper. As the key equipment of wastewater treatment process, the aeration equipment is important for water treatment engineering, and gets attention by Water treatment field all over the world.

Keywords: aeration equipment; wastewater treatment; new type equipment

随着工业化进程的加快, 污染排放量的不断增加, 水污染问题日益严重, 工业废水的处理问题一直是受人关注的问题, 随着水资源的短缺, 水体污染问题越来越严重, 废水的处理更加受到世界各国的重视, 因此保护水资源和防治水污染, 是水资源可持续发展必须解决的问题^[1]。

水污染防治和水处理的方法主要有三种: 化学法、物理法、生物法^[2]。不同的方法对污水处理有不同的优势和相对局限性。其中污水生化处理方法具有效率高、成本低、投资省、操作简单等优点, 是处理污水中应用最广和最有效的一种方法。污水生化处理方法主要包括好氧法、厌氧法以及两者的组合工艺。污水好氧法生化处理法在各种工业废水和城市污水净化处理中应用广泛, 而曝气设备作为污水生化处理工艺中的核心设备已日益受到国内外水处理和企业界的高度重视。

1 曝气增氧简介

1.1 氧传质原理

在一个含有两种或两种以上组分的体系中, 如果存在浓度梯度, 则每一种组分都有向着低浓度方向转移的趋势。物质有向高浓度方向向低浓度方向转移的过程称为质量传递过程, 简称为传质^[3]。

1.2 增强曝气效果的途径

在废水的需氧生物处理方法中, 曝气工艺应该具有的功能是首先产生并维持有效的气、水接触作用, 并且在水中由于生物氧化作用不断消耗氧气的情况下, 所提供的氧足以保持水中的溶解氧量; 其次是在曝气区内产生足够的混合作用和水的循环流型; 最后能维持液体的足够的速度以使水中固体处于悬浮状态。在污水处理系统中, 曝气工艺效率的高低主要体现在氧利用率和氧转移速率两个方面。

从氧的利用率方面来看, 主要与污水处理系统中具体的运行条件和曝气设备等工艺设备有关, 具体可以采用以下措施^[4]:

(1) 改善曝气设备布置方式, 合理的选用曝气设备, 提高氧利用率。

(2) 研究开发新型的曝气设备, 改善曝气工艺, 提高曝气效果。

(3) 采用纯氧曝气。

从氧的传递率方面来看, 主要途径有两种, 一是通过提高氧转移系数 K_{La} ; 二是增加氧转移的推动力, 即增加浓度的梯度来实现。

2 国内外常见曝气设备简介

2.1 鼓风曝气设备

鼓风曝气设备(如图 1 所示)又称“压缩空气曝气设备”, 利用鼓风机通过风管以及扩散设备向水中增氧, 该设备能够使池内液体与空气充分接触。鼓风曝气设备系统是由曝气装置、鼓风机

以及连贯的管道组成的。其中通过一系列管道将空气输送到安装在生化池底部的曝气装置就是鼓风机, 空气经过曝气装置时会形成不同尺寸的气泡, 气泡经过上升与流动最后在液面处破裂, 从而实现曝气效果^[5]。

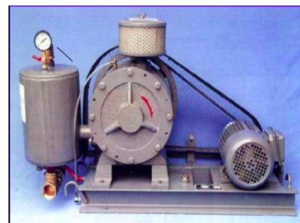


图 1 回转式鼓风曝气机

Fig.1 Rotary aeration machine

鼓风曝气设备结构简单, 易于操作管理, 机械消耗低, 操作维护容易实现自动化, 但是大孔扩散设备气体利用率较低, 微孔扩散设备易堵塞。

2.2 表面曝气设备

表面曝气设备又称“机械搅拌曝气设备”, 利用马达来直接带动轴流式叶轮运作, 同时由导管经导水板将废水向四周喷出, 喷出的过程会形成一片薄薄的水幕, 在空气会与空气接触并形成水滴, 水滴在落下撞击液面时产生的乱流以及大量气泡会使水中的含氧量增加^[6]。

根据搅拌机械不同分为竖轴、卧轴或者低速、高速等不同分类, 常见的有倒伞曝气机、叶轮曝气机(如图 2 所示)、转轮曝气机、喷泉曝气机等。



图 2 表面曝气机

Fig.2 Surface aerator

表面曝气设备结构简单, 管理方便, 效率较高; 但是只用于规模较小工程。

[收稿日期] 2015-01-04

[基金项目] 国家科技支撑计划重大项目(2011BAA04B02)

[作者简介] 张塞(1989-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为流体机械及流场分析的研究。

2.3 射流曝气设备

射流曝气设备是通过潜水泵产生的水量经过喷嘴形成高速水流,在喷嘴周围形成负压吸入空气,经混合室与水流混合,在喇叭形成的扩散管内产生混合流,高速喷射而出,夹带许多气泡的水流在较大面积和深度的水域内涡旋搅拌,完成曝气过程。



图 3 射流曝气机
Fig.3 Jet aerator

射流曝气机具有结构紧凑,占地面积小,安装方便的特点,曝气效能高,应用范围广,曝气机系统简单,可靠性高。但是射流曝气机(如图 3 所示)喷嘴易堵塞,需要对水、气加压,系统设备机构比较复杂,施工和维护不方便^[7]。

3 国内外曝气设备简介

3.1 国外曝气设备的研究现状

国外曝气设备的生产已经形成系统、成规模的进行,早期 50 年代前多用小孔径曝气器。如扩散板,中期 50~70 年代多用中、大气泡曝气设备,如爪形、塑料盆形、固定螺旋等,近期 70 年代末至今,由于能源危机,又开始研制小孔微气泡曝气设备,目前常用的有钟罩式微孔曝气器、橡皮板式微孔曝气器。各种类型的曝气设备规格齐全、品种繁多,目前研究的重点为如何使曝气设备最优运行和一些基础研究^[8]。

衡量曝气设备的曝气性能的一个指标就是溶氧效率, Ogenan^[9]研究了曝气设备的各种几何参数和运行参数对溶氧效率的影响,认为对一个高效率的曝气机,转速和溶氧体积都是唯一确定的。

Michael^[10]研究了不同桨轮直径、桨轮长度、深度和桨轮转速下小型桨轮曝气机溶氧量与能耗的关系,这些数据为设计不同动力的桨轮曝气机提供了最优设计准则;20 世纪 80 年代以来德国两家化学公司 Bayer 和 Hoechs^[11]先后采用获得专利的“狭缝射流器”和“径向射流喷嘴”进行曝气,这种射流曝气设备强化了氧的分布、溶解和利用,减轻了气泡并聚,提高了氧的利用率。

近 10 年来,国外曝气设备得到飞速发展,针对不同方式的曝气,研究人员对曝气效果做了深入的研究^[12],美国 AEROMIX 公司^[13]生产的微风微细曝气器(如图 4 所示),该曝气器避免了泡沫盒浮渣的外溢,可适应不同粒径悬浮物的去除。



图 4 微风微细曝气器
Fig.4 The micro aerator

Claude E. Boyd^[14]对大量养殖池塘增氧曝气设备进行了改进,提出了一种新型的螺旋吸气曝气泵(图 5、6 所示),此曝气设备主要部分包括一个马达,空心轴和中空壳体以及扩散器,应用在养殖池塘曝气效果很好,这对保持池塘中大量鱼类和无脊椎动物的生物量有重大意义。



图 5 螺旋桨抽气曝气机
Fig.5 Propeller pumping aerator

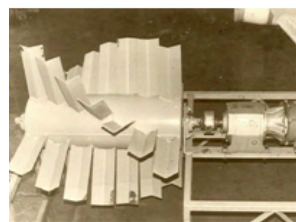


图 6 桨轮曝气机
Fig.6 The paddle wheel aerator

3.2 国内曝气设备的研究现状

国内目前的好氧曝气方法普遍存在效率低、成本和能耗高的问题。减小气泡粒径,增大气相与液相的接触面积是提高氧气在水中传质效率的一种有效方法。清华大学吕奉祥^[15]自主研发了一种新型微米气泡曝气器-旋流分散器(如图 7 所示)。该曝气系统能够用于较大的气体流量范围,产生的微米气泡粒径小,传质系数和充氧能力高,重庆大学康勇峰等^[16]于 2006 年设计出一种新型自吸式自激励振荡脉冲射流曝气器(如图 8 所示),克服现有射流曝气器的弊端,达到节约能耗的目的,并发表了一系列研究成果。



图 7 旋流分散器
Fig.7 The cyclone dispersing device

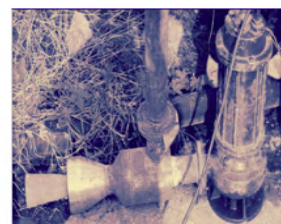


图 8 自吸式自激励振荡脉冲射流曝气器
Fig.8 The self-suction self-excited oscillation pulsed jet aerator

离式螺旋曝气设备是在迷宫螺旋泵的基础上研制开发的,北京化工大学杨春玲^[17]在对迷宫螺旋泵进行性能试验时发现,迷宫螺旋泵体同时具有气液混输性能,且出口处流体夹带气泡均匀、气泡小,具有良好的曝气效果。北京化工大学程旭等^[18]为研究设备参数对曝气性能的影响,设计了一种新型螺旋曝气设备(如图 9 所示),该曝气设备可以更换吸入管路,可更换不同形状、不同尺寸螺纹的转子、定子及其气液混合流场可视化等。该离式螺旋曝气设备成本较低,安装使用简单,为石油化工行业处理过程提供了新的曝气技术,值得推广。



图 9 离式螺旋曝气设备
Fig.9 The screw aeration equipment

4 结语

污水处理是环境工程中的重要环节,而曝气是水处理中的关键设备。提高曝气设备充氧能力,减少能耗是当前研究新型曝气设备、改善环境的当务之急,研究污水处理曝气设备是促进我国污水处理事业发展的重大课题。

(下转第 86 页)

低。在逐步提升进水流量的过程中,同 COD 去除情况相似,图 2 上的第 19、28、37 天,氨氮的去除率都有明显的下降,这是因为随着进水流量的加大,对原本已附着在填料上的生物膜有一定程度的冲刷,将老化的生物膜冲走直至新的生物膜生成的过程中,厌氧滤池中的生物量不够丰富,对氨氮的吸收相对来说就会下降。随着滤池中的微生物逐渐适应慢慢增大的进水流量,滤池中的氨

氮去除率有一定程度的提高。其原因可能有:(1)厌氧滤池中逐渐培养出一种厌氧氨氮化^[2]污泥,颗粒污泥的形成实现了厌氧氨氮化菌的富集。(2)进水过程中污水有一定的溶解氧的存在,厌氧滤池中一定程度上的短程硝化过程也能够对污水中的氨氮有一定的去除效果。当对氨氮的去除率达到目标 20 % 后,可认为厌氧滤池挂膜启动实验基本完成。

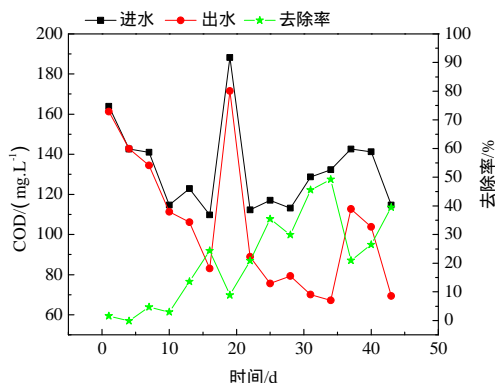


图 1 COD 去除变化曲线
Fig.1 The curve of COD removal rate

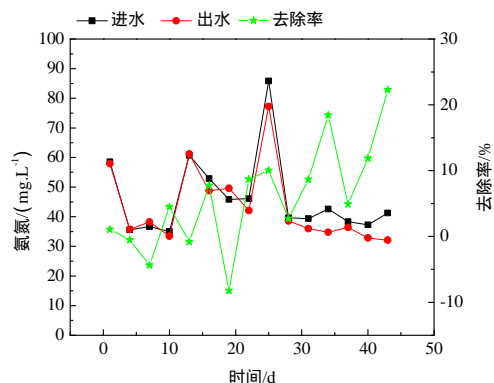


图 2 氨氮去除变化曲线
Fig.2 The curve of $\text{NH}_3\text{-N}$ removal rate

4 结论

(1)在实验启动阶段,厌氧滤池滤料对于污水中的有机物具有一定吸附性能,对于 COD 具有一定的去除效果,对于氨氮的去除效果甚微。

(2)封闭静置阶段对于厌氧滤池中的微生物的培养是个很重要的过程,在封闭静置过程中,微生物逐渐适应了进水水质,能够得到较快繁殖,对于后来 COD 有较显著的作用效果,而逐步富集的微生物,其同化作用也能够对氨氮有一定的去除。

(3)逐渐加大进水流量的过程中,每次流量变化开始,COD 和氨氮的去除率都有一定程度的下降,这是因为进水流量的增大冲刷了老化的生物膜,待新的生物膜生长出来后,COD 和氨氮的去除效果都有明显回升。

(4)通过小流量连续进水—封闭静置—逐步增大进水流量这种挂膜启动方式能够实现厌氧生物滤池的挂膜启动过程。

参考文献

- [1] 方芳, 龙腾锐. 厌氧生物滤池的研究及应用现状[J]. 中国给水排水, 1999, 15(4): 24-27.
 - [2] 周少奇. 氨氮厌氧氧化的微生物反应机理[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2000, 28(11): 16-19.
- (本文文献格式: 陈洋, 曾立云. 厌氧生物滤池启动与挂膜实验研究[J]. 广东化工, 2015, 42(5): 85-86)

(上接第 84 页)

根据国家政策要求, 节能降耗, 治污减排是今后国民经济和社会持续发展的一个重点, 研发和应用更加高效、节能、先进的污水处理技术和曝气设备仍是环保产业不懈努力的一个方向。

参考文献

- [1] 余英姿, 况明杰. 污水资源化是缓解水资源危机的一条重要途径[J]. 新疆环境保护, 2001, 23(3): 34-36.
- [2] 冯敏. 现代水处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [3] 谢冰. 废水生物处理原理和方法[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [4] 刘星. 曝气技术中氧传质影响因素的实验研究[D]. 大连: 大连理工大学硕士学位论文, 2008.
- [5] 石瑞贵, 马思乐. 污水处理厂的鼓风机系统的研究[D]. 山东大学硕士学位论文, 2012.
- [6] 杨春玲, 张有忱. 新型离式螺旋曝气设备气液两相流数值模拟及实验研究[D]. 北京化工大学硕士学位论文, 2011.
- [7] 陈福泰, 胡德智, 栾兆坤. 射流曝气器研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(2): 76-80.
- [8] Torres J J, Soler A, Saez J, et al. Hydraulic performance of a deep wastewater stabilization pond[J]. Water Research, 1997, 31(4): 679-688.
- [9] OGNEAN T. Relationship between oxygen mass transfer rate and power consumption by vertical shaft aerators[J]. Water Research, 1997, 36(5): 1325-1332.

- [10] MICHAEL M J, BOYD C. Design of small paddle wheel aerators[J]. 1992, 36(5): 55-69.
- [11] Zlokarnik M. Tower-shaped reactor for aerobic biological wastewater treatment[J]. Biotechnology, 1985, 23(2): 136-152.
- [12] PANDIT A B, NIRAJAN K, DAIDSON J F. Pump-stirred aerator[J]. Chemical Engineering Science, 1991, 46(9): 2293-2301.
- [13] 吴敏, 姚念民. 关于微孔曝气器比较与选择的探讨[J]. 环境保护, 2002, (5): 16-18.
- [14] Claude E Boyd. Pond water aeration systems. Aquacultural Engineering, 1998, 18: 9-40.
- [15] 吕奉祥, 初里冰, 周军, 等. 新型微米曝气设备的研制及其性能[J]. 化工学报, 2011, 62(6): 1537-1542.
- [16] 康勇峰, 廖振方. 自吸式自激振荡脉冲射流曝气器的实验研究[D]. 重庆大学硕士学位论文, 2006.
- [17] 杨春玲, 张有忱, 黎镜中. 新型气液混输型曝气增氧设备性能[J]. 化工进展, 2011, 30(3): 483-487.
- [18] 程旭, 刘进立, 马润梅, 等. 污水处理用螺旋曝气多功能实验装置的设计[J]. 石油矿场机械, 2012, 41(2): 29-32.

(本文文献格式: 张塞, 张有忱, 阎华, 等. 污水处理中曝气设备的研究进展[J]. 广东化工, 2015, 42(5): 83-84)