

磁活性污泥法在污水处理中的应用

王昌稳^{1,2}, 李 军^{1,2}, 陈 瑜^{1,2}, 李 艺³, 方先金³, 张 韵³

(1. 北京工业大学, 北京 100124 2. 北京市水质科学与水环境恢复工程重点实验室, 北京 100124 3. 北京市市政工程设计研究总院, 北京 100035)

摘 要 磁活性污泥法是对传统活性污泥法的一种改良。相对于传统活性污泥法,磁活性污泥法减小了生物反应器占地面积、提高了处理负荷、改善了脱氮除磷效果、有效控制丝状菌污泥膨胀、降低剩余污泥产量。该文介绍了磁活性污泥法的技术原理及研究与应用进展,对磁活性污泥法存在的问题进行了初步探讨并对该技术的应用前景进行了展望。

关键词 磁技术 磁活性污泥法 污水处理

中图分类号 :TU992

文献标识码 :A

文章编号 :1009-0177 (2011) 03-0047-04

Application of Magnetic Activated Sludge Process (MAS) in Wastewater Treatment

Wang Changwen^{1,2}, Li Jun^{1,2}, Chen Yu^{1,2}, Li Yi³, Fang Xianjin³, Zhang Yun³

(1. Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. Key Laboratory of Beijing for Water Quality Science and Water Environment Recovery Engineering, Beijing 100124, China;

3. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute, Beijing 100035, China)

Abstract Magnetic activated sludge process (MAS) is a kind of modification for conventional activated sludge process. Compared to conventional activated sludge process, the magnetic activated sludge (MAS) process can reduce the site area of bio-reactor, increase treatment load, improve removal effect of nitrogen and phosphorus, control the filamentous sludge bulking effectively, decrease amount of excess sludge. The research and application process of the magnetic activated sludge process was introduced in the paper. Problems in the magnetic activated sludge process were discussed and the future prospects of this technology were outlooked.

Key words magnetic technology magnetic activated sludge process (MAS) wastewater treatment

目前,活性污泥法仍是污水处理的主要方法,并在世界各国得到了广泛的应用。但活性污泥法存在着对水质变化和冲击负荷适应性较弱、易发生污泥膨胀、基建和运行费用较高、占地面积大、剩余污泥产量大等缺点。针对活性污泥法的这些缺点和不足,国内外很多学者和工程技术人员对活性污泥法进行了很多改良,比如生物反应池内投加填料提高抗冲击负荷能力、设置生物选择器控制污泥膨胀、采用膜生物反应器提高污泥浓度从而提高反应器容积负荷等^[1-3]。

早在 20 世纪 70 年代,磁技术就开始用于水处理领域^[4-6]。经过 20 多年的发展,磁技术已囊括磁分离、磁回收、磁生物等多个技术分支。磁技术的处理

对象已从处理磁性污染物废水扩大到处理非磁性污染物废水,并逐步扩展到水环境污染治理的各个领域,形成了较完整的工艺技术及磁技术理论体系^[7]。在电镀废水、含酚废水、地表水、印染废水、含油废水、钢铁废水和城市污水处理厂二级出水处理方面^[8-13]取得相当的成果。其中磁活性污泥法是一种新型的污水生物处理技术,具有广阔的应用前景。

1 磁活性污泥法技术原理

磁活性污泥法 (the magnetic activated sludge process, MAS) 是传统活性污泥工艺的一种改良。通过在活性污泥污水处理工艺中投加磁粉 (主要是 Fe_3O_4) 和少量混凝剂,混凝剂的吸附架桥作用使活性污泥絮体吸附结合到磁粉表面,使絮体结构更加密实,污泥沉降性能大大提高,提高反应池内生物量,提高污染物去除效果。磁种通过磁鼓分离器回收循环使用 (图 1)。磁种的引入大大减小了生物反应器占地面积、提高了处理负荷、改善了脱氮除磷效

[收稿日期] 2011-01-27

[作者简介] 王昌稳 (1987-),男,博士研究生。研究方向为污水处理及资源化理论与技术研究。电话 :13401025374 ;

E-mail :wchwh434934032@126.com。

[通讯作者] 李 军,电话 :13611249208 E-mail :jglijun@bjut.edu.cn。

果、有效控制丝状菌污泥膨胀、降低剩余污泥产量。

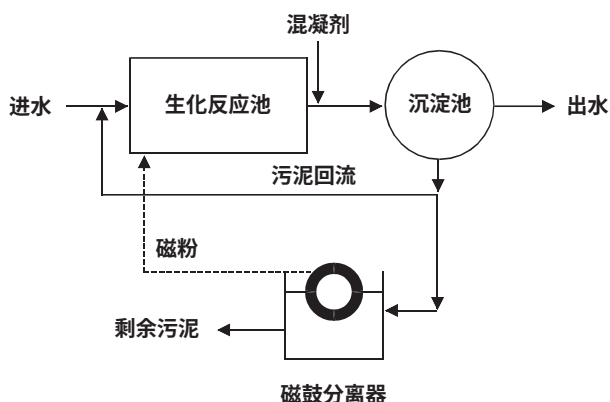


图1 磁活性污泥法工艺示意图

Fig1 Diagram of the Magnetic Activated Sludge Process

投加的磁粉有两个作用:(1) 作为载体,提供微生物附着生长的场所,因而可以提高反应器内污泥浓度,提高系统的容积负荷,减少反应器占地面积;(2) 作为活性污泥絮体的核心,混凝剂的吸附架桥作用使活性污泥絮体粘附到磁粉颗粒上,絮体结构更加密实,同时磁粉的密度大($5.2\sim 5.6\text{ g/cm}^3$),使得污泥沉降性能大大提高,能够缩短沉淀时间,减小沉淀池体积。投加的混凝剂同时具有吸附结合活性污泥和化学除磷的作用。

传统活性污泥法受二沉池污泥沉降分离能力的限制,曝气池污泥浓度低(一般在 $3\,000\sim 4\,000\text{ mg/L}$)反应器容积负荷低,系统占地面积大^[14]。而磁活性污泥法由于磁粉的引入,大大提高了反应器内生物量,混合液悬浮固体浓度(MLSS)可达 $8\,000\sim 10\,000\text{ mg/L}$,可以大大提高反应器容积负荷,相应减少反应器占地面积,提高处理效率。

活性污泥法会产生大量剩余污泥,且污泥处理处置的投资约占污水处理厂总投资的 $20\%\sim 50\%$ ^[15],已成为活性污泥法的固有缺陷。Suwa 等^[16]、Arnot 和 Howell^[17]研究认为,在生物处理工艺中保持高污泥浓度,会影响细胞代谢机理和细菌生长,从而降低污泥产量。污泥浓度的提高会导致混合液沉淀性能变差,泥水分离效果不好。膜生物反应器(MBR)通过膜分离作用实现泥水分离,不受沉淀池沉淀性能的限制,因而可以在系统内保持高污泥浓度,实现了高污泥浓度低负荷条件下污泥产率的降低^[18]。磁活性污泥法由于磁粉的引入,大大提高了污泥的沉降性能,在沉淀时间较短的情况下,仍然实现了很好的泥水分离效果。因此能在系统内保持较高污泥浓度,从而减少剩余污泥产量,相应的降低了污泥

处理与处置的费用,实现了与膜生物反应器类似的效果。

污泥膨胀问题是传统活性污泥法的另一主要缺陷。磁活性污泥法中投加的磁粉大大提高了菌胶团的密度,使其沉降性得到很好的改善,且抑制了丝状菌的生长繁殖,从而有效地控制污泥膨胀。

2 磁活性污泥法工艺技术的研究进展

日本学者 Yasuzo Sakai 等^[19-21]对磁活性污泥法进行了一些深入研究:通过补充磁粉(磁性污泥)而获得的高浓度活性污泥用来处理模拟废水,通过磁分离与重力沉降的联合处理来防止磁性污泥的流失。30 d 后, COD_{Cr} 去除率和出水悬浮固体分别保持在 $85\%\sim 94\%$ 和 $5\sim 24\text{ mg/L}$ 。与此同时,曝气池混合液悬浮固体浓度表现不变,没有剩余污泥的产生;在一个间歇曝气(非曝气/曝气为 $40\text{ min}/20\text{ min}$)的SBR小试反应器中加入磁粉,处理模拟废水,在 COD_{Cr} 负荷和TKN负荷分别为 $0.92\text{ g COD}_{\text{Cr}}/(\text{L}\cdot\text{d})$ 、 $0.10\text{ g TKN}/(\text{L}\cdot\text{d})$ 条件下,对 COD_{Cr} 和TKN的去除率分别达到了 92% 和 89% 。在一个间歇曝气(非曝气/曝气为 $90\text{ min}/30\text{ min}$)的SBR小试反应器中加入磁粉,处理挤奶厅废水,COD和 NH_4^+-N 去除率分别达到 91% 和 99% ,曝气/非曝气循环周期为 $30\text{ min}/90\text{ min}$ 时,出水 NO_3^--N 浓度接近零,几乎实现完全反硝化,同时没有剩余污泥的排放。

美国剑桥水技术(Cambridge Water Technology)应用磁活性污泥技术,研究开发了新型污水处理工艺——Biomag™工艺(图3)。Biomag™工艺所需的占地面积相对常规生化系统较小,经BioMag工艺处理过的水,其悬浮物、生化需氧量、氮和磷的浓度都较低。在抗冲击负荷、控制污泥膨胀、提高有机负荷方面,较传统活性污泥法有较大优势。美国剑桥水技术在美国麻省Sturbridge市进行了BioMag工艺全规模试验。实验表明,Biomag™工艺能显著提高处理能力〔从 0.155 MGD (百万加仑每天)提高到 0.336 MGD 〕,MLSS高达 $12\,000\text{ mg/L}$ (同时 $\text{SVI}=40$),出水TSS小于 10 mg/L 、BOD接近 0 mg/L 、NTU小于 1 mg/L 、氨氮接近 0 mg/L 、TN小于 10 mg/L 、TP小于 0.1 mg/L 。实验认为,与膜生物反应器技术相比,BioMag工艺是成本更低且处理效果较好的优化升级工艺。BioMag工艺有着更为简易的控制系統;且在施工安装和运行期间,分期扩建更为简易。

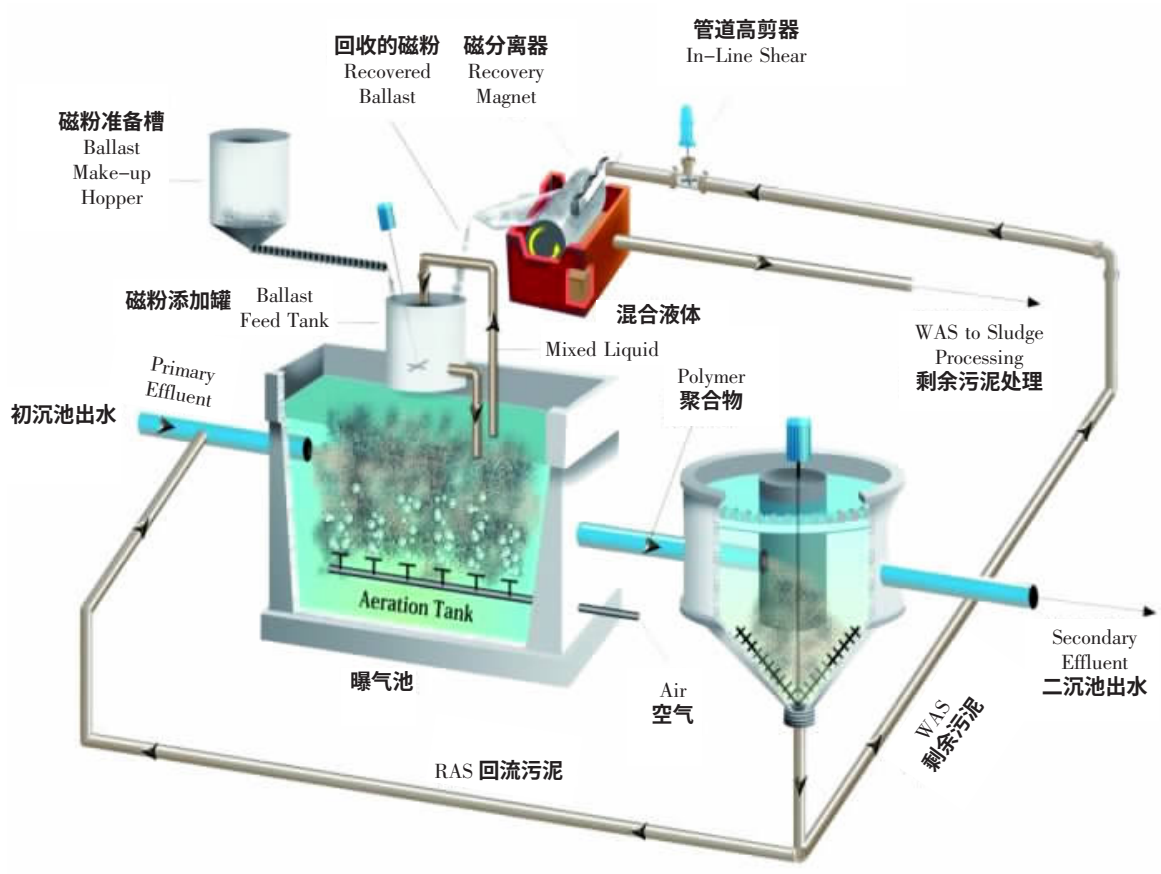


图2 美国剑桥水技术 Biomag™ 工艺示意图

Fig.2 Diagram of Cambridge Water Technology's Biomag™ Process

国内一些学者和工程技术人员也开展了一些磁活性污泥法的研究。陆光立等^[22]在活性污泥中投加适量磁性粉末 (Fe_3O_4), 通过与普通活性污泥法平行试验比较。试验结果表明投加磁粉活性污泥法, COD 去除能力提高 15 %, 脱氮效果更优, 承受毒物的能力更强, 处理后的流出液透光率明显优于普通活性污泥法。污泥絮体结构紧密, 沉降分离效果好, 可大幅度提高曝气池污泥浓度和难降解污染物降解菌和硝化细菌的比例。刘爱萍等^[23]以人工合成模拟废水为处理对象, 在膜生物反应器 (MBR) 中培养磁种好氧颗粒污泥, 并考察其对膜污染的影响。试验结果表明, 在磁种好氧颗粒污泥和反应器流态的共同作用下, 磁种好氧颗粒污泥 MBR 的膜通量下降速度低于普通絮状活性污泥 MBR 的膜通量下降速度, 同时磁种好氧颗粒污泥粒径平均为 1.7 mm, 沉降速度为 30~91 m/h (沉降速度随粒径的增大而增大)。

3 磁活性污泥法存在的问题与优化策略

目前, 磁活性污泥法还存在一些问题, 主要有一下几个方面: (1) 磁粉密度较大, 因而需要较大的搅拌速度和曝气量, 运行能耗会相应增加; (2) 对于具有脱氮除磷的活性污泥工艺, 曝气量的增加会提高曝气池 DO 值, 过高的曝气池混合液 DO 值通过污泥回流和混合液回流回流到缺氧池与厌氧池, 会破坏厌氧与缺氧环境, 影响脱氮除磷效果; (3) 若磁粉分离效果不好, 会增加磁粉的流失率, 从而增加运行费用; (4) 磁粉的投加会加速机械设备的磨损, 因此需要通过长期运行来评价磨损程度。

针对以上问题的一些优化策略: (1) 曝气池增加搅拌或水下推进器等设备实现磁粉的悬浮, 可以降低曝气量, 从而降低曝气池混合液 DO 值, 从而降低回流对厌氧缺氧环境的影响, 同时降低部分曝气能耗; (2) 选用分离效果较好的设备, 提高磁粉的回收率; (3) 对磁粉进行一些改性处理, 或选用粒径较小的磁粉颗粒, 降低机械设备的磨损速率。

4 结论与展望

结合磁活性污泥法的特点, 可以认为该技术适

用于需要更大处理能力或者需要提高有机污染物去除能力的传统活性污泥法处理厂的升级改造。磁活性污泥法是成本较低且处理效果较好的优化升级工艺,并且不需要额外增加构筑物。另外,也可以做成一体化设备,用于季节性废水的处理,具有机动灵活的特点。然而,作为一种新型污水处理技术,也存在着需要加大曝气量而增加运行费用、如何提高磁粉回收率、设法降低机械磨损程度等问题。开展磁活性污泥法技术研究无疑具有重要的意义,磁活性污泥法必将在我国的污水处理领域发挥重要作用。

参考文献

- [1] Sheng Chen, Dezhi Sun, Jong-Shik Chung. Simultaneous removal of COD and ammonium from landfill leachate using an anaerobic-aerobic moving-bed biofilm reactor system[J]. Waste Management, 2008, 28(2): 339-346.
- [2] Antonio M.P. Martins, Krishna Pagilla, Joseph J. Heijnen, et al. Filamentous bulking sludge—a critical review[J]. Water Research, 2004, 38: 793-817.
- [3] Stephenson T, Judd S, Brindle K. Membrane bioreactors for wastewater treatment[M]. London: IWA Publishing, 2007.
- [4] Delatour H., Kolm H. Magnetic separation in water-pollution control[J]. IEEE Transactions on Magnetics MAG, 1973, 9(3): 314-316.
- [5] Delatour H., Kolm H. Magnetic separation in water-pollution control 2[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 1973, 11(5): 1570-1572.
- [6] 赵旭, 王茹静, 曹瑞钰, 等. 高强磁技术在景观水体中灭藻的应用研究[J]. 净水技术, 2006, 25(1): 55-57, 71.
- [7] N. Karapinar. Magnetic separation: an alternative method to the treatment of wastewater[J]. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection, 2003, 3(2): 215-223.
- [8] 马秀玲, 陈盛, 黄丽梅, 等. 磁性固定化酶处理含酚废水的研究[J]. 广州化学, 2003, 28(1): 22-25.
- [9] Prenger F.C., Stewart W.F., Hill D.D., et al. High gradient magnetic separation applied to environmental remediation[J]. Advances in Cryogenic Engineering, 1994, 39: 485-491.
- [10] 赵静, 刘勇健. 磁流体在印染废水处理中的应用研究[J]. 环境科学与管理, 2008, 35(5): 11-15.
- [11] 朱又春, 罗爱武, 林美强, 等. 磁分离法处理含油废水研究[J]. 广州工业大学学报, 1998, 33(2): 89-93.
- [12] Obertueffer J.A., Wechsler I., Marston P.G., et al. High gradient magnetic filtration of steel mill process and wastewater[J]. IEEE Transaction on Magnetics, 1975, 11(5): 1591-1593.
- [13] 张雅玲, 李 艺, 方先金, 等. 水污染控制磁技术试验研究与应用前景分析[J]. 给水排水, 2010, 36(增刊): 123-127.
- [14] 杭世琨, 刘旭东, 梁鹏. 污泥处理处置的认识误区与控制对策[J]. 中国给水排水, 2004, 20(12): 89-92.
- [15] 杨顺生, 叶 梅. 活性污泥法废水处理技术的困境以及可能的出路[J]. 西南交通大学学报, 2001, 36(1): 1-4.
- [16] Suwa Y., Suzuki T., Toyohara H., et al. Single-stage, single sludge nitrogen removal by an activated sludge process with cross-flow filtration[J]. Water Research, 1992, 26(9): 1149-1157.
- [17] Arnot T., Howell J., Manipulation of cell physiology in membrane bioreactors[D]. MBR-3 Granfield University, 44-55.
- [18] G. Laera, A. Pollice, D. Saturno, et al. Zero net growth in a membrane bioreactor with complete sludge retention[J]. Water Research, 2005, 39: 5241-5249.
- [19] Yasuzo Sakai, Kazuaki Tani, Fujio Takahashi. Sewage treatment under conditions of balancing microbial growth and cell decay with a high concentration of activated sludge supplemented with ferromagnetic powder[J]. Journal of Fermentation and Bioengineering, 1992, 74(6): 413-415.
- [20] Yasuzo Sakai, Takahiro Miama, Fujio Takahashi. Simultaneous removal of organic and nitrogen compounds in intermittently aeration activated sludge process using magnetic separation[J]. Water Resources, 1997, 31(8): 2113-2116.
- [21] Chun Ying, Kazutaka Umetsu, Ikko Ihara, et al. Simultaneous removal of organic matter and nitrogen from milking parlor wastewater by a magnetic activated sludge (MAS) process[J]. Bioresource Technology, 2010, 101: 4349-4353.
- [22] 陆光立, 赵庆祥. 磁粉活性污泥法工艺技术研究[J]. 城市环境与城市生态, 1998, 11(2): 10-12.
- [23] 刘爱萍, 陈中颖, 李开明, 等. MBR 中磁种好氧颗粒污泥的培养及对[J]. 中国给水排水, 2010, 26(19): 1-4.

“全国城市节约用水宣传周”上海宣传周开幕

5月15日从“全国城市节约用水宣传周”上海宣传周开幕式上获悉,“十一五”本市日最高节水量达到40.64万立方米,相当于一个中型水厂日制水量。截至2010年,万元GDP用水量为75立方米,比2005年下降40%。目前,本市开展节水型社会试点示范建设已有第四年,在市文明办、市教委和市经信委的大力配合下,今年又新增28家节约用水示范小区、4所节约用水示范学校、4家节水型工业园区和4家节约用水示范单位(企业)。

今年5月15日至5月21日,是国家住房和城乡建设部确定的第20个“全国城市节约用水宣传周”。今年上海宣传周主题是“严格水资源管理,建设节水型社会”。节水宣传周期间,市水务部门分别针对工业企业、学生和居民开展了园区水资源梯级利用课题研究、节水科普讲座和居民小区设摊宣传等形式丰富多样的节水宣传活动。据了解,“十二五”期间,上海将突出计划用水、试点示范、节水技改、雨水利用四大亮点,以实现水资源的可持续利用。

(来源:市长之窗)