

强化吸附作用在生物除磷工艺中的应用^{*}

张国照 汪慧贞

提要 为了提高生物除磷的效果和稳定性,将强化吸附作用应用于生物除磷工艺,即在传统的厌氧-好氧除磷法(A/O法)前加一停留时间约15min的吸附池。经对比试验,证实强化吸附法比传统A/O法有更高的磷去除率。

关键词 生物除磷 强化吸附 厌氧-好氧生物除磷法

1 强化吸附作用生物除磷可行性分析

1.1 生物除磷技术的发展

为控制水体富营养化,污水厂出水中的氮、磷含量必须达到一定标准,而且无论在国内还是在国外,此标准日趋严格。我国最新颁布的污水排放标准GB8978-1996要求污水厂出水中磷的含量据接纳水体的等级分别为0.5mg/L和1.0mg/L以下,因此无论是新建污水厂还是已有污水厂都面临着污水除磷脱氮的要求。

化学除磷是一种最古老的方法,其处理效果稳定可靠,但由于消耗一定量药品及产生大量化学污泥,在使用方面受到限制。近30年来,它已逐渐被成本较低的生物除磷技术所替代。生物除磷实际上是将活性污泥法与厌氧生物选择器相结合,通过选择器筛选出能在好氧条件下超量吸收磷的细菌——聚磷菌。普通细菌结构需要的含磷量约为其重量的2.3%,而聚磷菌体内磷的含量可达8%,甚至更多,因此通过剩余污泥的排放可达到污水除磷的目的。最简单也是最基本的生物除磷工艺为厌氧-好氧

法(anaerobic-oxic),简称为A/O法。图1为A/O工艺中厌氧和好氧阶段聚磷菌体内外物质交换和变化简图。虽然至今对于生物除磷机理仍不甚清楚,但被普遍接受的概念是:在厌氧区,聚磷菌打开体内贮藏的高能磷酸键释放出磷及能量,利用此能量,聚磷菌将污水中的易生物降解有机物摄入体内以PHB(聚合羟基——丁酸)形式贮藏。到了好氧区,聚磷菌通过所贮藏的PHB的代谢产生能量,用之超量摄取污水中的磷,并产生新的细胞物质,即所谓的“超量吸磷”(luxury phosphorus uptake),使其体内的含磷量大大超过2.3%。这样的聚磷菌一部分回流到厌氧区,再次发生上述的磷和能量的释放,并摄取有机物质,另一部分则以剩余污泥的形式排放出系统。最终结果是降低了出水中的含磷量。

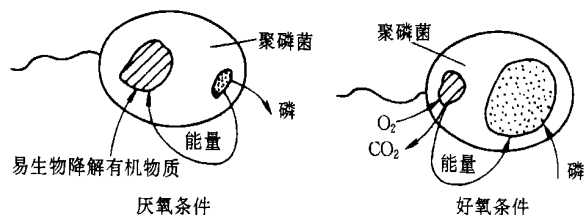


图1 聚磷菌体内外物质交换简图

^{*}本研究由教委科技发展计划项目资助。

可以应用于非凸优化问题的求解:

(3)该算法具有以概率1保证收敛到优化问题的全局最优解的特点。

仿真结果表明,该算法具有良好的收敛性,能够得到全局最优解。但也还存在着一定的误差,主要是由于初始温度及一些系数的选取存在着凭经验取值的问题,这方面的研究还需今后继续探讨。

参考文献

- 1 仲伟俊. 城市供水系统的计算机调度与设计. 南京:东南大学出版社,1995:91~126
- 2 赵振宇,徐用懋. 模糊理论和神经网络的基础与应用. 北京:清华大学出版社,1996:107

作者通讯处:510090 广州东风东路广东工业大学电工系
电话:(020)87606448(H)

收稿日期:1999-3-12

为了提高除磷效率,在 A/O 法基础上发展出许多工艺,如 A²/O、Bardenpho、Phoredox、UCT、改良 UCT、VIP 等。这些工艺的发展不外乎从两个角度出发,一是保证厌氧区真正处于厌氧状态,即既不存在游离态的溶解氧,也不存在硝酸根等结合态氧,如通过改变污泥回流方式和路径以避免硝酸根进入厌氧区;二是保证厌氧区进水中易生物降解有机物(如短链脂肪酸等)的含量,以使聚磷菌能在与其它细菌对食料的争夺中占优势,如在进水中加入初沉污泥酸性发酵液等。

国内外学者在微生物学方面对于生物除磷的生物化学反应机理也作了一些研究,如以三羧酸循环(TCA)为基础的 Comeau/Wentzel 模型和以糖酵解途径(EMP)为基础的 Mino 模型等,虽然在这个领域内还没有一个明确的结论,但生物除磷技术在工程使用方面已比较成熟。

1.2 使用强化吸附作用以提高生物除磷效率的可能性

聚磷菌在厌氧条件下摄入易生物降解有机物,将它以 PHB 形式贮存,为在后面的好氧区中超量吸收磷提供能量来源。每吸收 1mol 乙酸并将之转化为 PHB 需消耗 1mol ATP,而到了好氧区,由 1mol 乙酸转化的 PHB 完全分解能产生 11mol ATP,此能量用于超量磷吸收。因此推断,若为聚磷菌在厌氧区创造吸收有机物的良好条件,使之在体内贮存更多的 PHB,将有利于好氧区中的超量磷吸收。

营养物质通过单纯扩散、促进扩散、主动运输及基团移位 4 种方式进入微生物体内。提高微生物周围环境中的营养物浓度,对于 4 种方式中的任何一种均是有利的,亦即提高有机物的浓度梯度能加快营养物质进入微生物体内的速度。因此设想在厌氧段进水端隔出一停留时间少于 30min 的小区,称之为吸附池,回流污泥与进水在吸附池中迅速混合,混合液中基质的浓度很高,因此局部地提高了 F/M 值和基质的浓度梯度,这样聚磷菌对有机物的摄取可得到强化。实际上,这种强化吸附作用已在许多工艺中被运用,如好氧生物选择器工艺,在选择器中保持了较高的有机物浓度梯度,使得高浓度基质条件下具有较大 K_S 和 μ_{max} 值的菌胶团菌占优势而得到顺利生长, (K_S 和 μ_{max} 各为 Monod 方程中的饱和

常数和最大比生长速率),具有较小 K_S 和 μ_{max} 值的丝状菌则受到抑制。同济大学的学者也曾使用强化吸附活性污泥法脱氮,提高了有机物和氨氮的去除率,并有效地控制了污泥膨胀。

2 试验方法及结果

2.1 试验方法

试验采用对比法,即设置常规 A/O 法系统及强化吸附法 A/O 系统,使它们在相同的条件下运行,比较它们的除磷效果。图 2 为装置简图。为保证可比性,常规 A/O 系统中厌氧区停留时间与强化吸附系统中吸附池及厌氧池停留时间的总和相等。

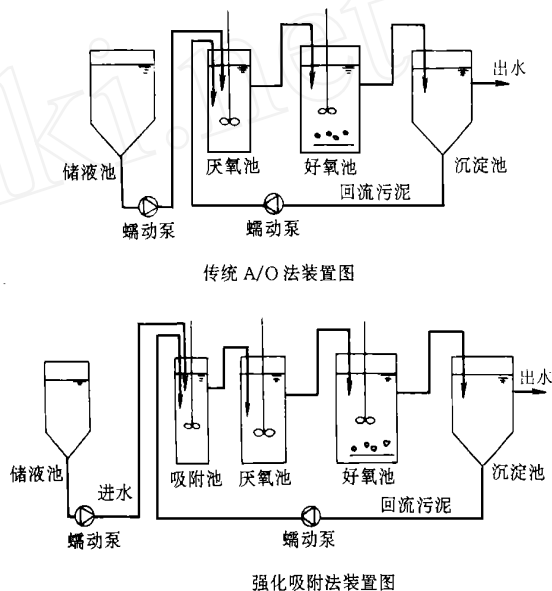


图 2 传统 A/O 法和强化吸附法装置图

试验所用污水由人工配制。由于本试验主要考察除磷效果,因此使用对聚磷菌生长最有利的短链脂肪酸乙酸钠 (NaAC) 作为基质。原水 COD 按 200mg/L 配制,但因原水在贮水池中停留约 12h,其 COD 值随停留时间的增加而降低。特别是在气温较高时,COD 下降更多。因此原水实际 COD 值要小于 200mg/L。使用氯化氨及磷酸二氢钾以供氮和磷。

两系统的泥龄均控制为 5 天,每日两次从曝气池排泥,污泥回流比为 100%。

用钼蓝比色法测磷,用重铬酸钾法测进出水及厌氧区的 COD,据 MLSS 和进出水的含磷量计算污泥的含磷率。

2.2 试验结果

试验历时 6 个月,数据如表 1 所示。表 1 中为平均数据值,因试验数据很多,无法一一列举,取其平均值有一定代表性。

表 1 常规 A/O 法与强化吸附法试验数据

试验阶段 系统		1		2		3	
		A/O	强化吸附	A/O	强化吸附	A/O	强化吸附
进水水质	COD	194	194	161	161	154	154
	TP	20	20	20	20	20	20
停留时间 / h	厌氧区	1.33	1.33 (其中吸 附 0.33)	1.33	1.33 (其中吸 附 0.33)	1.17	1.17 (其中吸 附 0.17)
	好氧区	3	3	4	4	4	4
MLSS/ mg/L		1 428	1 736	2 047	2 344	2 138	2 418
出水水质 / mg/L	COD	34	47	39	15	31	33
	TP	13.5	12.5	11.2	9.5	11.8	8.7
除磷率/ %		31.3	36.4	41.6	50.3	45.8	56.4
污泥含磷量/ %		15.1	15.8	11.6	11.8	13.9	14.9
厌氧阶段出水 COD/ mg/L		30.5	19.0	43.9	38.9	74.7	67.5

3 试验结果分析

总的来讲,强化吸附系统的除磷效率略高于常规 A/O 法。

3.1 停留时间的影响

从表 1 可以看出,在第一试验阶段,即厌氧区停留时间为 1.33h(其中吸附池停留时间为 0.33h),好氧区停留时间为 3h,强化吸附法的除磷效率比 A/O 法高约 5 %。当将好氧区停留时间增至 4h,两系统的除磷效率均有所提高,且强化吸附法提高得更多,两系统除磷率的差值增至约 9 %。保持好氧区停留时间为 4h,减少厌氧区停留时间至 1.17h(其中吸附区为 0.17h),两系统的除磷率也各自有所提高,同样,强化吸附法除磷率提高的幅度稍大,两系统的除磷率差值进一步增至约 11 %。因此推论,当曝气区的停留时间稍长,以便污泥充分恢复吸附活性,而吸附区的停留时间稍短,以保证较高的 F/M 时,除磷效果较好。

3.2 污泥含磷量

从表 1 也可看出,强化吸附法污泥的含磷量均

略高于 A/O 法,这正是其除磷率高的原因。此处要说明的是,表中含磷量是据物料平衡计算而得,也取污泥做过直接测试,其结果与计算结果相符。

3.3 厌氧区中对有机物的摄取

从表 1 还可看出强化吸附法厌氧区出水 COD 值均低于 A/O 法,亦即在强化吸附法的厌氧区中微生物吸收了更多的有机物。这有利于其在好氧阶段进行超量磷吸收。吸附池所创造的有机物高浓度梯度对聚磷菌的生长提供了优势条件,这也是强化吸附法除磷效率较高的原因。

3.4 厌氧区放磷量与好氧区吸磷量之间的关系

在试验过程中试图寻找厌氧区放磷量与好氧区吸磷量之间的关系,但发现厌氧区放磷量的多少不直接影响好氧区吸磷量,即两者之间没有明显的数量关系。

4 结论

经过试验结果分析,认为强化吸附法——在厌氧区进水端设一停留时间约为 15min 的吸附池,为聚磷菌提供有机物高浓度梯度,即高 F/M 值的有利竞争条件,使它能在厌氧区将更多易生物降解有机物贮于体内,到好氧区依靠贮藏有机物的代谢释放能量以超量吸收磷,从而可以提高常规 A/O 处理系统的除磷效果。

此处要强调的是,本试验只是对强化吸附作用在生物除磷工艺中应用的探索。为便于观察除磷效果,所配原水含磷浓度较高,且未考虑 C/P 值、配制原水时使用的自来水中较高的 NO_3^- 含量(约为 12mg/L)等因素的影响。下一步研究准备使用城市污水作为试验原水以探索强化吸附作用对于城市污水 A/O 生物除磷工艺的影响。

参考文献

1 许亚同. 废水中氮磷的处理. 上海:华东师范大学出版社,1996
2 Anoop Kapoor, Pradeep Kumar, T. Riraragharan. Nutrient Removal by Modified Sludge Processes. Journal of Environmental Systems, 1995 ~ 1996, 24(3): 311 ~ 343
3 I P Siebritz, G A Ekama and G V R Marais. A Parametric Model for Biological Excess Phosphorus Removal. Water Science and Technology, 1983, 15: 127 ~ 152

作者通讯处:100044 北京建筑工程学院给排水教研室
电话:(010)68322128(O)
收稿日期:1999-3-29

Simulated Annealing Algorithm Method for the Optimal Dispatch Problem of Water Supply System..... *Liang Huibing et al* (30)

Abstract : Based on discussion of simulated annealing algorithm for global optimization to continuous variation , and combined with the characters of the pipe-network analysis and calculation , we can find the solving method for the optimal dispatch problem of water supply system. The simulation results show that the method described here can obtain global approximate optimal values of the volume and pressure of water supply.

The Application of Strengthened Absorption in Biological Phosphorus Removal Process *Zhang Guozhao et al* (33)

Abstract : In order to improve efficiency and stability of biological phosphorus removal process , the strengthened absorption function is applied , that is an absorption tank in which settlement time is about 15 minutes is added in front of the traditional anaerobic-aerobic phosphorus removal process. Through the compared test , it is verified that the strengthened absorption system has higher phosphorus removal efficiency than that of traditional anaerobic-aerobic system.

Anaerobic-Aerobic-Air Floatation Process to Treat Wastewater of Antibiotic Production *Zheng Jinsheng et al* (36)

Abstract : The wastewater treatment facility with Anaerobic-Aerobic-Air Floatation (AAAF) process to treat antibiotic wastewater of Haimen Pharmaceutical Factory in Zhejiang Province has operated continuously with fair and stable performance over one and half years. The inlet COD_{Cr} is around 10000 mg/L , and that for the effluent is lower than 300 mg/L. Also the experience and misplays in design and construction stages are summarized.

Two Phase Anaerobic-Aerobic Treatment of Pharmaceutical Wastewater *Chen Manman et al* (39)

Abstract : The design feature and operating results of a two phase anaerobic-aerobic treatment process to treat pharmaceutical wastewater are presented and a concept of industrial wastewater treatment based on combination of point treatment and comprehensive control is proposed. Some patented techniques have been applied in engineering design to improve the efficient of unit operation and get more social and economic benefits.

On Application of Ultra-Violet Disinfection for Oil Field Refilling *Luo Lixin et al* (41)

Abstract : The feasibility to apply Ultra-Violet process for oil field refilling water treatment has been confirmed by experiment and research in laboratory and field. Best removal of sulfate reduction bacteria was observed although the exposure dosage increased extensively due to the strong absorption of ultra violet by the wastewater.

On Recycle Using of Boiler Dust-Trench Wastewater *Liu Jingjin et al* (45)

Abstract : Various existing methods to treat the dust-trench wastewater of boilers with medium and small capacity for recycle using are presented technically. According to the quality requirement for the recycle water a treatment scheme combining the purification of circulating wastewater and the desulfurization process of stack gas treatment is proposed.

CO₂ Fire System for Multi-floor Car Parking Tower in Shanghai *Tian Ruyi* (48)

Abstract : Multi-floor car parking tower (PT) is convenient and attractive in downtown area with high population density and jam-packed traffic. The design feature of the CO₂-based fire system and the composition of the alarm system of Jiujianglu PT are presented. The main engineering parameters and design data of the pipeline system are given.

On Replace to Water-based Fire System for Residential Building *Shi Lei et al* (51)

Abstract : According to the overall consideration on the feature of fire extinguishing agents and the desirability of