

改良型A²/O工艺处理城市污水的中试研究

任洁 顾国维 杨海真

提要 介绍了A²/O脱氮除磷工艺的机理、特点及存在的问题,对A²/O工艺进行了取消混合液回流的改良型试验研究。试验结果表明,取消混合液回流后,有机物和氮的去除效果同传统型的相当,而在同样条件下除磷效果较优。这表明将A²/O工艺污泥回流系统和内循环系统合并为一个回流系统是可行的。

关键词 改良型A²/O工艺 脱氮除磷 混合液回流

A²/O脱氮除磷工艺是从Bardenpho生物脱氮工艺发展而来,增加了前置厌氧段,使聚磷菌在厌氧条件下进行磷的释放。在传统的A²/O工艺中,污水首先进入厌氧池与回流污泥混合,在兼性厌氧发酵菌的作用下部分易生物降解大分子有机物被转化为小分子的挥发性脂肪酸(VFA),聚磷菌吸收这些小分子有机物合成PHB并储存在细胞内,同时将细胞内的聚磷水解成正磷酸盐,释放到水中,释放的能量可供专性好氧的聚磷菌在厌氧的压抑环境下维持生存;随后污水进入缺氧池,反硝化菌利用污水中的有机物和回流混合液中的硝酸盐进行反硝化,可同时去碳脱氮;当污水进入好氧池时,有机物浓度已很低,聚磷菌主要是靠分解体内储存的PHB来获得能量供自身生长繁殖,同时超量吸收水中的溶解性磷以聚磷酸盐的形式储存在体内,经过沉淀,将含磷高的污泥从水中分离出来,达到除磷的效果。由于在好氧池中有有机物浓度很低,十分有利于自养型硝化细菌的生长繁殖。此工艺具有较好的除磷效果,但它的脱氮能力是依靠回流比来保证的,为了达到较高的总氮去除率,就必须要有较高的污泥及混合液回流比(一般为3~4),这主要是基于对反硝化作用这样的一种认识:只有在缺氧条件下,反硝化作用才可以进行,也就是说只有将尽可能多的硝酸盐态氮回流到前置缺氧区,才能够得到较高的氮去除率。人们由此计算出脱氮率同回流比的关系: $\eta = R / (1 + R)$,式中 η 为脱氮率, R 为内外回流比总和。日本学者也提出了类似的计算公式: $\eta = 0.2 + 0.8R / (1 + R)$ 。但人们在生产实际运行中发现,提高回流比不仅大大增加动力消耗和运行成本,而且根据污

水水质的不同,并不一定能够提高总氮的去除能力。特别是在COD/TKN值较低时,提高回流比却会使出水中的NO₃⁻-N增加。而有些情况下,回流比很低,甚至取消回流,仍能得到较好的反硝化效果。据此,我们有理由假定:人们对反硝化所需要的缺氧条件的传统认识存在着一定的误区,实际上在曝气池好氧状态下,也可进行一定程度的反硝化。如果这一假定成立,而且其机理和反应条件被人们充分认识,将不仅使反硝化工艺更加经济合理,并且由于没有了硝酸盐态氮的影响,在厌氧区对活性污泥中聚磷菌磷的释放非常有利,这将会对污水生物脱氮除磷工艺带来巨大的推动作用。本试验研究在此方面进行了一定探索。

1 试验流程与装置

中试流程如图1所示。试验装置为钢结构。A/A池总容积为4.00m×2.70m×3.00m=32.40m³,将其等分为6格,每格容积为1.35m×1.33m×3.00m=5.39m³,每格有效容积为1.35m×1.33m×2.70m=4.85m³。取消传统型A²/O工艺中曝气池至缺氧区的混合液回流,沉淀污泥回流至厌氧区,相邻的每格之间设有闸门和孔洞,以方便灵活地调整混合液在缺氧区或厌氧区的停留时间。缺氧区和厌氧区每格都设有搅拌器,以防污泥沉淀。曝气池总容

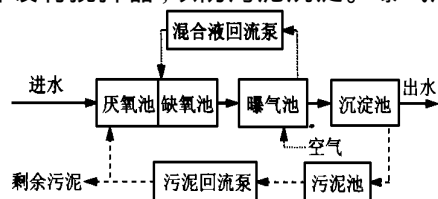


图1 试验流程

积为 $8.60\text{m} \times 2.70\text{m} \times 3.00\text{m} = 69.66\text{m}^3$, 有效容积为 $8.60\text{m} \times 2.70\text{m} \times 2.60\text{m} = 60.37\text{m}^3$ 。池中间用钢板隔开, 使之更接近理想推流式曝气池。沉淀池为竖流式, 设中心导流筒, 沉淀区容积为 $2.70\text{m} \times 2.70\text{m} \times 1.70\text{m} = 12.39\text{m}^3$, 有效容积约为 9m^3 , 池内设一台潜水泵, 用以提升回流污泥, 剩余污泥亦通过该泵排至储泥池。

用于试验的活性污泥取自现场正在运行的 MSBR 系统的剩余污泥, 由于该系统同样具有脱氮除磷的功能, 活性污泥无需驯化, 经过 20d 左右的培养, 系统 MLSS 达到 3000mg/L 左右, 从 1998 年 8 月底开始进行连续测试分析。

2 运行条件和试验结果

试验采用上海合流污水一期工程预处理厂经过粗、细格栅后的污水, 水质情况见表 1。

为了考察改良型 A^2/O 工艺的特点, 作为对比参照, 首先进行了短期传统型 A^2/O 工艺的运行试验(1998 年 8 月 ~ 9 月)。然后进行改良型 A^2/O 工艺的试验运行。采用原用于传统型 A^2/O 运行的同一装置, 取消原来从曝气池到缺氧池的混合液回流。回流污泥首先同原污水混合, 这就自然形成一个缺氧区, 污泥中的反硝化细菌利用原污水中的有机物作为碳源进行反硝化反应, 很快将回流污泥中的硝酸盐氮消耗殆尽, 因此在 A/A 池的大部分区段中, 将处于厌氧状态, 整个工艺流程相当于以缺氧-厌氧-好氧方式运行。此试验分三个阶段进行, 共进行了 8 个半月。第一阶段试验(工况 1)从 1998 年 9 月 15 日至 1999 年 1 月 13 日, 由于试验紧接着传统型 A^2/O 工艺的试验进行, 只是取消混合液回流, 而其它条件并没有改变, 所以对活性污泥系统没有明显影响。第二阶段试验(工况 2)从 1 月 13 日至 3 月 6 日, 将原 6 格运行的缺/厌氧池改为 3 格, 即容积减少一半。从 3 月 7 日至 6 月 1 日, 进行了第三阶段的试验(工况 3), 由于试验现场提供的原污水浓度较低(见表 1), 在原污水中投加淀粉和磷酸二氢钾以提高进水的 COD 和 TP, 投加量分别为 100mgCOD/L 和 $1\text{mgPO}_4^{3-}/\text{L}$ 。试验运行参数及试验结果分别见表 2 和表 3。

3 试验结果分析及讨论

3.1 各运行工况对污染物的去除效果比较

各运行工况对污染物的去除效果(平均值)如图 2 所示。从图 2 中看出, 取消混合液回流, 对 COD、BOD 和 SS 的去除效果没有负面影响, 而氮、磷的去除效果有所下降。但试验中, 传统型工艺的运行是在温度较高的季节, 而改良型工艺的运行则包括冬季低温期, 显然其平均处理效果受温度的影响。实际上, 在相同温度下改良型工艺对各污染物的处理效果要优于传统型工艺。

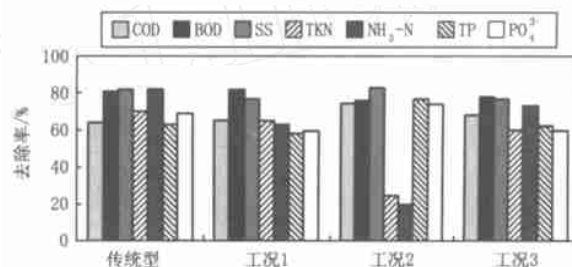


图2 各运行工况污染物去除率的比较

3.2 温度对脱氮除磷的影响

由试验结果可以看到, 改良型 A^2/O 工艺对氮、磷有良好的去除效果, 但受温度等因素的影响较明显。根据工况 1 试验的数据, 温度对氮、磷去除率的影响分别如图 3 和图 4 所示。

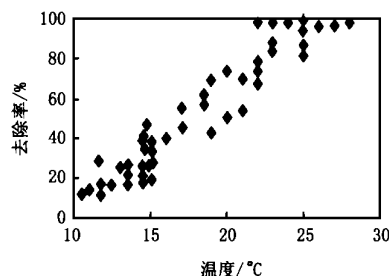


图3 温度与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率的关系

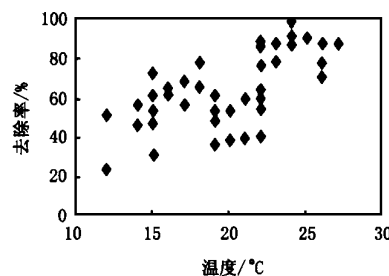


图4 温度与 PO_4^{3-} 去除率的关系

当温度在 20°C 以上时, 硝化作用十分良好并且稳定, 当温度低于 20°C 时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率明显随

表 1 试 验 污 水 水 质

项目	COD/ mg/L	BOD ₅ / mg/L	TP/ mg/L	PO ₄ ³⁻ / mg/L	NH ₃ - N/ mg/L	TKN/ mg/L	SS/ mg/L	pH
变化范围	130 ~ 272	42 ~ 114	1.0 ~ 6.8	0.6 ~ 2.4	13 ~ 24	18 ~ 65	52 ~ 320	6.8 ~ 7.8
平均值	180	70.4	2.4	1.2	17.7	28.6	112	7.3

表 2 试 验 运 行 参 数

项目		参 数			
		传统运行	改良型工况 1	改良型工况 2	改良型工况 3
流量/ m ³ / d		150	250	250	250
污泥回流比		2.0 + 3.0	1.5	1.5	1.5
水力停留时间 / h	缺氧/ 厌氧	4.8	2.83	1.42	2.83
	好氧	9.7	5.80	5.80	5.80
	合计	14.5	8.63	7.22	8.63
污泥浓度 / mg/L	缺氧/ 厌氧		2 000 ~ 3 760	2 010 ~ 3 020	2 170 ~ 4 306
	好氧		2 000 ~ 4 060	1 990 ~ 3 730	1 600 ~ 4 090
V _{缺氧/厌氧} V _{好氧}		1 2.1	1 2.1	1 4.1	1 4.1
COD/ TKN		4.7 ~ 9.0	2.8 ~ 6.9	6.2 ~ 7.1	5.2 ~ 19.5
COD/ TP		41 ~ 52	30 ~ 117	90 ~ 108	29 ~ 113
污泥龄/ d		25 ~ 30	25 ~ 30	25 ~ 30	25 ~ 30
温度/		27 ~ 29	11 ~ 28	11 ~ 13	11 ~ 25

表 3 各 试 验 工 况 运 行 结 果

项 目		COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TKN	NH ₃ - N	TP	PO ₄ ³⁻
传统型运行	进水/ mg/L	90 ~ 169(130)	50 ~ 78(60)	68 ~ 112(98)	15 ~ 28(22)	11 ~ 18(15)	1.4 ~ 3.4(2.7)	1.0 ~ 2.2(1.3)
	出水/ mg/L	32 ~ 51(46)	9 ~ 17(11)	10 ~ 50(18)	2.5 ~ 12(6.5)	0.4 ~ 3.2(2.6)	0.4 ~ 1.8(0.9)	0.1 ~ 0.8(0.4)
	去除率/ %	52 ~ 78(64)	74 ~ 85(81)	40 ~ 90(82)	48 ~ 86(70)	70 ~ 98(82)	46 ~ 74(63)	44 ~ 88(69)
改良型工况 1	进水/ mg/L	98 ~ 245(142)	40 ~ 112(58)	50 ~ 182(90)	15 ~ 48(29)	11 ~ 26(20)	1.9 ~ 6.6(2.7)	0.8 ~ 3.2(1.4)
	出水/ mg/L	31 ~ 68(47)	7 ~ 17(12)	14 ~ 38(20)	4 ~ 38(13)	0.2 ~ 21(7.4)	0.2 ~ 2.7(1.2)	0.1 ~ 1.4(0.66)
	去除率/ %	53 ~ 83(65)	74 ~ 85(82)	46 ~ 96(77)	18 ~ 86(55)	11 ~ 99(63)	32 ~ 90(58)	29 ~ 98(59)
改良型工况 2	进水/ mg/L	98 ~ 210(178)	53 ~ 82(68)	86 ~ 154(113)	16 ~ 53(30)	15 ~ 34(22)	1.8 ~ 2.6(2.1)	0.8 ~ 1.4(1.1)
	出水/ mg/L	32 ~ 66(46)	8 ~ 25(15)	11 ~ 27(20)	13 ~ 35(23)	12 ~ 26(18)	0.3 ~ 1.0(0.5)	0.1 ~ 0.7(0.3)
	去除率/ %	71 ~ 76(74)	73 ~ 77(76)	76 ~ 92(83)	14 ~ 29(24)	12 ~ 29(19)	71 ~ 88(77)	67 ~ 85(74)
改良型工况 3	进水/ mg/L	127 ~ 481(233)	58 ~ 150(98)	74 ~ 442(161)	14 ~ 53(26)	12 ~ 25(18)	2 ~ 7.6(4.2)	1.0 ~ 4.9(2.4)
	出水/ mg/L	29 ~ 103(67)	7 ~ 44(25)	10 ~ 66(36)	3 ~ 32(10)	0 ~ 19(3)	0.4 ~ 2.6(1.9)	0.2 ~ 2.1(1.1)
	去除率/ %	44 ~ 86(71)	54 ~ 95(78)	56 ~ 96(77)	14 ~ 87(62)	16 ~ 99(73)	28 ~ 94(62)	31 ~ 96(59)

注:括号内为平均值。

温度下降而降低,当温度达到 13℃ 以下时,NH₃ - N 去除率只有 18% 左右,可以认为,这时硝化作用已不明显,NH₃ - N 的去除主要是通过微生物的生长代谢来完成的。除磷效果不是十分稳定,温度对除磷有一定的影响,但不如对脱氮的影响那样明显。

3.3 对脱氮除磷的分析

在改良型 A²/O 工艺中,所有参与回流的污泥

都完整地经历了厌氧、好氧的过程,聚磷菌释磷和过量吸磷比较充分,使其排放的剩余污泥含磷更高。同时,由于没有混合液回流,也就避免了硝酸盐氮对磷释放的影响。除了聚磷菌在好氧条件下过量吸磷外,活性污泥的生物吸附、絮凝作用也是除磷的重要途径,在低温条件下,后者是除磷的主要途径。出水中 NO₃⁻ - N 的浓度也很低,大部分在 1mg/L 以下,

表明系统有较强的脱氮能力。对于回流的部分污泥而言,前端的缺氧段可以优先得到碳源,故其脱氮能力得到增强。由于没有混合液回流,曝气池中必然有反硝化作用发生,这种反硝化作用一部分是通过分解细胞本身为碳源的内源反硝化,另一部分是利用回流污泥在前置端从原水中吸附蓄积的有机碳进行的反硝化。

4 结论

(1) 试验证明,在曝气池中确有反硝化作用发生,此现象在各种文献中也多有报道。但对反硝化细菌在曝气条件下的作用机理及影响因素尚需进一步研究探讨。

(2) 取消混合液回流是一种对 A^2/O 的改良工艺,它可以利用曝气池进行反硝化,也包括利用微生物絮体中蓄积有机碳的反硝化过程,较好地对污水进行脱氮处理,这既包括内源反硝化,也包括活性污泥在前置端从原水中吸附蓄积的有机碳进行的反硝化。这种反硝化同样明显地受温度影响,在 13℃ 以下,几乎完全停止。

(3) 取消混合液回流后,限制了 $NO_3^- - N$ 对磷释

放的影响,使聚磷菌在绝对厌氧条件下释磷更加充分,在好氧条件下吸磷更加有效,提高了磷去除率。

(4) 试验结果表明,取消混合液回流对有机污染物的去除没有任何不利影响。

参考文献

- 1 秦麟源. 废水生物处理. 上海:同济大学出版社,1989
- 2 赵旭涛. 缺氧生物吸附活性污泥法生物脱氮工艺研究. 同济大学工学博士学位论文,1995
- 3 Nazih K H Shamas. Interaction of Temperature, pH and Biomass on the Nitrification Process. J WPCF, 1989, 58(1): 52 ~ 59
- 4 R Sorn, G Bortone, J Wanner and A Tilche. Behavior of Activated Sludge from A System with Anoxic Phosphate Uptake. Wat Sci Tech, 1998, 37(4 ~ 5): 563 ~ 566
- 5 严煦世主编. 水和废水技术研究. 北京:中国建筑工业出版社, 1992
- 6 M Henze. Capabilities of Biological and Nitrogen Removal Processes from Wastewater. Wat Sci Tech, 1991, 23, 669 ~ 679
- 7 徐亚同. 废水中氮磷的处理. 上海:华东师范大学出版社, 1996

作者通讯处:200092 上海同济大学环境工程学院

电话:(021) 65984829

修回日期:2000-3-10

中日合资

山西新联友滤材有限公司

SHANXI NEW FRIENDS UNION CO., LTD.

本公司新建于我国优质无烟煤产地——山西省阳城县,由日本联友企业株式会社与山西省阳城县东辰滤料公司合资创立。总投资 400 万元人民币,占地 12 000 m² 的无烟煤滤料生产工厂,由日本山菱工业株式会社和联友企业株式会社联合设计,由铁道部第十五工程局承建,并于 1995 年 10 月试产运行。主要生产设备包括:大型锤式破碎机、日本进口回转式筛机、密闭式管道输送及提升设备、除尘装置、全自动水洗、脱水流水线、精制无烟煤提取装置,存贮容量为 200t 的滤料库房。设计年生产能力为 20 000t,其中 50 % 出口国外,是迄今我国给水材料行业为数不多的出口企业之一。

本公司投产以来,已有大量产品出口日本,普通煤滤料以及我公司独创的精洗无烟煤滤料,都得到了用户的好评。经建设部水处理滤料质量监督检测中心检验,各项指标均符合 CJ24-2 标准的要求,同时由日本水道协会鉴定,质量符合该国 JWWA-A-103 标准,证明是理想的水处理滤料。

地址:山西省阳城县北留镇

电话:(0356) 4851019

传真:(0356) 4851090

董事长:圆城 均(日本)

副董事长:王东虎 总经理:王坚强

国内业务部:(0356) 2059739

国际业务部:(0356) 2055722

E-mail: nfu @public. jc. sx. cn

Http: // www. friendsunion. com.

邮政编码:048102 电报挂号:0645

海外总代理:日本联友株式会社

ADD: 日本国东京都港区新桥

5-23-10 片山 BLDG

TEL: 81-3-3433-67314

FAX: 81-3-3433-6735

CONTENTS

Sludge Discharge in Biological Treatment of Slightly Polluted Raw Water Mei Xiang et al (1)

Abstract : By a pilot plant research on the sludge discharge pattern of biological contact oxidation process treating high capacity of slightly polluted raw water in canal , it has been confirmed that under where the velocity near the bottom of the biological tank is over 0.2m/ s , no sediment will be accumulated at the bottom and the sludge discharge devices are not necessary. Engineering practice also shows that when the tank without sludge funnel is operating in high average sectional velocity , no sediment accumulation at the bottom and under normal aeration condition , no evident effects on N removal caused by the un-uniform distribution of velocity through the section of the tank have been observed.

Kinetic Mechanism and Design on Pipeline Coagulation of High Turbidity Water Wu Daqin et al (4)

Abstract : The pipeline coagulation process (PCP) is suitable to the high turbidity water purification. The kinetic mechanism of PCP was researched experimentally and discussed deeply , finally the optimal indicators on comprehensive control of PCP are recommended.

Pilot Plant Research on Improved A^2/O Process Treating Urban Wastewater Ren Jie et al (7)

Abstract : The mechanism , feature and existing problems of A^2/O process for P and N removal are presented and an improved process for which the recycling of mixed liquid was left out was researched experimentally. The results show that the removal of N and organic substances of the improved process are same as the former and the P removal of the new process is better under same operating circumstance. These mean that incorporation of the sludge circulation and the inner recycling of the A^2/O process into one exclusive recycling system will be feasible.

Research on Biological CHC Process for P Removal Feng Shenghua et al (11)

Abstract : It was confirmed experimentally that under anaerobic condition the microorganisms trend to survive on the energy sustained by endotrophic degradation of the carbon hydrates (CH) . Also the influence of the CH content on the biological P removal was discussed and so a biological P removal technology called CH control process (CHC) proposed. The feature and suitable condition of the process are presented in this paper.

New Aerated Biofilter : Biostyr Zhang Zhongbo et al (15)

Abstract : The aim of this review was to introduce a new kind of biological aerated filter—Biostyr . The fundamental structure and working principle of this process were emphasized. Its technological characters as well as practice application were also covered.

Study on the Velocity of Silt Movement in Urban Drainage Ditches Deng Peide (19)

Abstract : The minimum design velocity of drainage ditch and corresponding self-cleaning target including the concept of velocity and practical value are demonstrated by the velocity rule of silt sediment movement in this paper.

Operational Comparison of Two Water Purification Processes with Same Raw Water Wang Qi et al (22)**Research on Coagulation and Sedimentation of Raw Water with High Turbidity in Yellow River** Dai Zhihe et al (25)

Abstract : Three coagulant dosage experiments including the one shot dosage of hydrolytic polyacrylamide (HPAM) , the split dosage of HPAM and the combined dosage of HPAM and PAC to treat high turbidity raw water were conducted. The results show that the combined HPAM + PAC dosage is more effective to remove the organic substances in raw water , the turbidity of the treated water will be 1.15 to 9.27 times lower than that of one shot dosage. In case to get post sedimentation water with same level of turbidity , about 40 % to 60 % of HPAM will be saved . This will be helpful to reduce the residual content of PAM