

An/O 生物除磷中两个主要控制因素的研究

李捷¹, 熊必永², 张杰^{1,2}

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 北京工业大学 水质科学与水环境恢复工程实验室, 北京 100022)

摘要: 在 An/O 生物除磷工艺的影响因子中, 进水 COD/TP 与生化反应系统的 BOD 负荷是关键。试验结果表明: COD/TP 越大, 厌氧释磷越多, 越有利于除磷, 厌氧释磷量是吸收 COD 量的函数; 并且, 进水 COD/TP 的变化对系统 COD 的去除不会产生明显的影响。试验中还发现, 厌氧条件下 PHB 的产生并不完全依赖于高能磷酸键水解提供的能量, COD 浓度越高则越有利于 PHB 的贮存。若要达到好的除磷效果, 系统的 BOD 负荷必须控制在 $0.21 \sim 0.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 之间, 且 BOD 负荷越高, 除磷效果越佳。

关键词: 生物除磷; An/O 工艺; COD/TP; BOD 负荷

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2004)12-0009-03

Study on Two Main Factors Influencing Anaerobic/Oxic Biological Phosphorus Removal Process

LI Jie¹, XIONG Bi-yong², ZHANG Jie^{1,2}

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. Key Lab of Water Quality Science and Water Environment Recovery Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: Among the influencing factors of anaerobic / oxic (An/O) biological phosphorus removal process, both the influent COD/TP and BOD loading are the key factors. The test indicates that the more the COD/TP, the more the anaerobic phosphorus release is, which is in favor of phosphorus removal. Phosphorus release is the function of COD uptake under anaerobic condition. The variation in influent COD/TP has no significant influence on COD removal. It is observed in the test that PHB production at anaerobic condition does not totally depend on the utilization of energy from hydrolysis of poly-phosphorus bond. The higher concentration of COD will result in more advantageous to the PHB storing. If a good phosphorus removal effect is desired, BOD loading must be controlled at $0.21 - 0.5 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, and the higher BOD₅ loading will lead to better phosphorus removal effect.

Key words: biological phosphorus removal; An/O process; COD/TP; BOD loading

自从聚磷菌 (PAOs) 的摄/释磷原理被提出以来, 生物除磷新工艺层出不穷, 如 An/O 工艺、Phostrip 工艺、VIP 工艺、A²/O 工艺、Bardenpho 工艺、

UCT 工艺、SBR 工艺等。无论何种形式的处理工艺, 都会受到诸多因素的影响, 如厌氧与好氧段的 DO 比、泥龄、厌氧段的 NO₃⁻ 浓度、进水营养比等。其

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (863) 项目 (2003AA601010); 国家自然科学基金资助项目 (20377003)

中,进水 COD/TP 和处理系统的 BOD 负荷是生物除磷系统的主要影响因素。

1 材料与方法

1.1 试验装置

An/O 工艺以其流程短、运行简单、易于操作控制等优点在生物除磷处理系统中得到广泛应用。因此,以 An/O 生物除磷工艺为基础进行了试验,原水为北京市某小区生活污水,COD 为 300 ~ 500 mg/L, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 为 60 ~ 80 mg/L,TP 为 4 ~ 6 mg/L。此外,通过向污水中投加 KH_2PO_4 而配制不同 COD/TP 的原水。

试验装置见图 1。

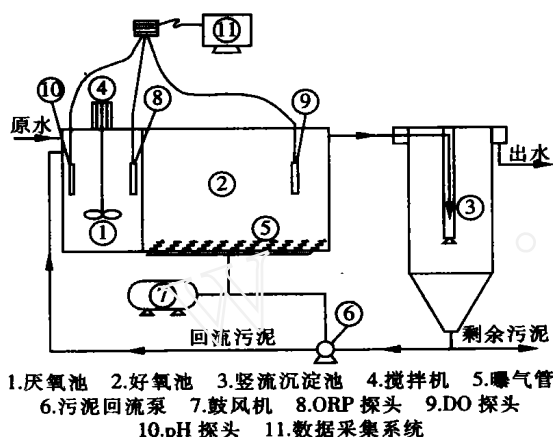


图 1 试验装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of experimental set-up

厌氧、好氧反应池由不锈钢板焊接而成,长 × 宽 × 高 = 2 m × 0.6 m × 1 m,好氧段采用穿孔管曝气,沉淀池为竖流式,中心进水周边出水,材质为有机玻璃,其余管材均为 PVC。

1.2 运行参数

根据在大连经济技术开发区水质净化厂十多年的生产性运行结果^[1,2],确定运行参数如下:厌氧段与好氧段的体积比 12.3,总水力停留时间为 5.2 h,污泥回流比为 60%,MLSS 为 2 500 ~ 3 500 mg/L,厌氧段 DO 为零、 $\text{NO}_3^- - \text{N} < 1.5 \text{ mg/L}$,好氧段出水 DO 为 2 ~ 3 mg/L。

1.3 分析方法

COD:重铬酸钾法;氨氮:纳氏试剂分光光度法;TP:过硫酸钾消解—钼锑抗分光光度法;MLSS:总悬浮物分析仪;DO、ORP、温度、pH:模块化多参数测试系统。

2 结果与讨论

2.1 COD/TP 与厌氧释磷

所取小区生活污水的 COD/TP = 50 ~ 125,远远满足了生物除磷对碳源的需求,故向生活污水中投加 KH_2PO_4 ,控制 COD/TP 值在 20 ~ 100 的范围,以考察其对除磷的影响。试验结果见图 2。

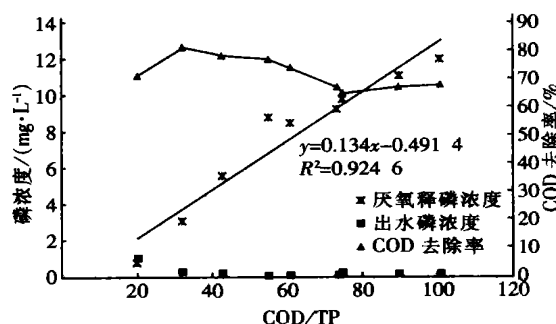


图 2 不同 COD/TP 值的厌氧释磷情况

Fig. 2 Phosphate release in anaerobic reactor at different COD/TP

结果显示,当 COD/TP > 20 时,反应器出水磷浓度 < 0.5 mg/L;当 COD/TP ≈ 20 时,出水磷浓度略高(约为 1.0 mg/L)。

由图 2 可以看出,随着原水 COD/TP 的升高,厌氧释磷量增加。可以推断:厌氧段 COD 的消耗是被聚磷菌吸收并且以 PHB 的形式贮存在体内,以备后期好氧过量吸磷使用。回归分析结果显示,厌氧段的释磷量与进水 COD/TP 存在很好的相关性,高浓度 COD 有利于厌氧释磷。

试验中尽量保持生物量不变(MLSS 为 2.65 ~ 2.95 g/L),可以发现在聚磷菌量相同时,COD 的消耗量随 COD/TP 比值的增高而增加。这说明,厌氧段 PHB 的贮存量并不完全取决于聚磷菌的多寡,还与混合液中 COD 含量有关,COD 含量越高,越有利于 PHB 的贮存,其贮存量也越大,即厌氧条件下 PHB 的产生并不完全依赖于高能磷酸键水解所提供的能量。

试验过程中 COD/TP 的变化对整个系统 COD 的去除率不会产生很大的影响,系统 COD 的去除率约 90%,其中 65% ~ 85% 的 COD 在厌氧段得以去除。这进一步证明,对 COD 的高去除率源于充分的厌氧释磷,即厌氧释磷量是吸收 COD 量的函数。值得注意的是:COD/TP 过高将导致出水 COD 超标,为降低出水 COD 势必会延长好氧停留时间,但是长时

曝气对除磷不利,有可能会导导致好氧二次释磷,而这种释磷是不可逆的。

2.2 BOD 负荷对除磷的影响

有机物(尤其是低分子有机物)是激发 PAOs 同化作用的必备条件,所以 BOD 负荷直接影响厌氧区磷的释放和好氧区磷的过量吸收。通过调整进水 BOD₅、好氧段容积及 MLSS,考察了不同 BOD 负荷下的除磷效果,结果见图 3。

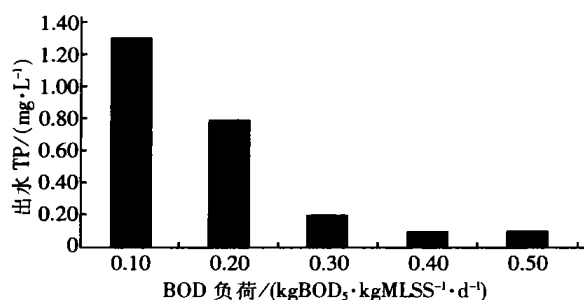


图3 不同 BOD 负荷时的除磷效果

Fig. 3 Phosphorus removal effect at different BOD loading

从图 3 看出,BOD 负荷为 0.21 ~ 0.5 kgBOD₅/(kgMLSS · d) 时,达到了较好的除磷效果;BOD 负荷 < 0.2 kgBOD₅/(kgMLSS · d) 时除磷效果有所下降,而当 BOD 负荷降至 0.1 kgBOD₅/(kgMLSS · d) 时,除磷效果极差。这是因为,磷的去除是通过排放剩余富磷污泥而实现的,而 BOD 负荷直接与剩余污泥量有关,因此在一定程度上高 BOD 负荷将有利于磷的去除;在提高 BOD 负荷的同时还要考虑污泥的沉淀性能。Fukase 等认为,BOD 负荷高有时并不会获得好的除磷效果,这可能是由于负荷过高导致污泥沉淀性能变差,部分污泥絮体随出水流失,从而引起出水磷升高的缘故。

根据试验结果,当 BOD 负荷 < 0.18 kgBOD₅/(kgMLSS · d) 时,好氧区就会产生较好的硝化作用。回流污泥将把大量的(NO_n - N)带至厌氧区,破坏了厌氧条件,严重地影响了磷的释放;同时 BOD 负荷较低[< 0.25 kgBOD₅/(kgMLSS · d)],生化反应

池系统中的基质不足以维持微生物的生长(微生物趋于内源呼吸),会在好氧区内严重地影响 PAOs 对过剩磷的摄取,使除磷效果下降。

实际运行中为提高 BOD 负荷,将大连经济技术开发区水质净化厂的生化反应池好氧区的 2 个廊道切掉,既减少了好氧池体积、节省了曝气量,又提高了出水磷的处理效果^[3]。此外,当进水 BOD₅ 浓度过低和生化反应池中 MLSS 过高时都会大幅度降低 BOD 负荷,可通过超越一沉池和控制污泥回流量及时加以解决。

3 结论

在实际运行中,如何调节处理系统的运行状态,使微生物发挥其最大的潜力,提高出水水质,这是生物除磷工艺运行成败的关键所在。在诸多影响因子中,进水 COD/TP 与生化反应系统的 BOD 负荷是 An/O 除磷工艺控制的关键。进水 COD/TP 越高,越有利于除磷,但同时要兼顾出水 COD 的升高;BOD 负荷为 0.21 ~ 0.5 kgBOD₅/(kgMLSS · d) 时,取得了较好的除磷效果,且在此范围内 BOD 负荷的升高有利于除磷。

参考文献:

- [1] 丛广治. AO 法除磷工艺中污水停留时间的控制[J]. 中国给水排水,1999,15(12):45-46.
- [2] 丛广治,白羽,陈立学,等. 大连开发区污水厂生物除磷实践[J]. 中国给水排水,2004,20(1):74-77.
- [3] Warangkana Punrattanasin. Investigation of the effects of COD/TP ration on the performance of a biological nutrient removal system[D]. Blacksburg Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University,1997.

作者简介:李捷(1972 -),女,安徽省淮北市人,博士研究生,研究方向为水环境恢复工程。
电话:(010)67391648 ×4
E-mail:chinawater@emails.bjut.edu.cn
收稿日期:2004-07-15

本期责任编辑:江荣 编辑:衣春敏 孔红春 王领全