硝酸盐与亚硝酸盐对反硝化除磷过程的影响

费西洋

(吉林建龙钢铁有限责任公司 焦化项目作业规划室, 吉林 吉林 132104)

摘要:反硝化除磷能够实现以相同的基质同时脱氮和除磷,具有节约碳源和曝气量的优点。讨论了硝酸盐在厌氧段对反硝化释磷过程和缺氧段对反硝化吸磷过程的几个影响因素,分析了亚硝酸盐对反硝化聚磷菌的抑制作用与作为电子受体参与反硝化聚磷的条件,并比较了不同电子受体的反硝化除磷效果,为反硝化除磷过程的试验研究和实际应用提供了参考和依据。

关键词:反硝化除磷;硝酸盐;亚硝酸盐;影响

中图分类号:X703 文献标识码:A 文章编号:1008-9500(2010)12-0048-03

The Influences of Nitrate and Nitrite for Denitrifying Phosphorus Removal

Fei Xiyang

(Jilin Jianlong Iron & Steel Co., Ltd. Coking Factory, Jilin 132104, China)

Abstract:In the denitrifying phosphorus removal process, simultaneous removal of nitrogen and phosphorus can be achieved by using the same substrate and has the virtues of saving carbon source and aeration rate. In order to provide reference and basis for experimental research and practical application, the paper had discussed the factors of nitrate in the course of denitrifying phosphorus removal in the anaerobic zone and denitrifying phosphorus absorption in the hypoxia zone, analysed the inhibiting effects of nitrite on DPB and the conditions when use nitrite as electron acceptors, compared the phosphorus removal effect when use different electron acceptors.

Keywords:denitrifying phosphorus removal; nitrate; nitrite; influence

在厌氧/缺氧交替运行的条件下,易富集一类兼有反硝化及除磷作用的兼性厌氧微生物,该微生物能利用 O_2 或者 NO_3^- 作为电子受体,其对胞内聚- β -羟丁酸(PHB)和糖原质上的生物代谢作用与传统 A/O 法中的聚磷菌相似,此类微生物被称为反硝化聚磷菌(DPB)。通过 DPB 的新陈代谢作用可同步实现反硝化脱氮和除磷的双重目的,从而节省曝气量、碳源以及避免反硝化菌和聚磷菌之间对有机物的竞争,为改良现有污水生物脱氮除磷工艺提供了一个新的思路,该技术也被称之为可持续污水处理工艺。为了更好地研究和应用反硝化除磷工艺,有必要分析和探讨硝酸盐和亚硝酸盐对反硝化除磷过程的影响。

1 NO_3^- -N 对反硝化吸磷过程的影响

1.1 NO_3^- -N 在厌氧段对反硝化释磷过程的影响

根据除磷理论,厌氧区中的 NO_3^- -N 会以 3 种方式影响生物除磷:(1)产酸菌可利用 NO_3^- -N 作为最终电子受体氧化有机基质, NO_3^- -N 的存在会抑制产酸菌的厌氧发酵并产生挥发性脂肪酸;(2)反硝化菌利用 NO_3^- -N 进行反硝化,同时消耗易生物降解的有机基质,抑制了聚磷菌的厌氧放磷;(3)一些聚磷菌能以 NO_3^- -N 为最终电子受体消耗体内存储的碳源或糖原进行内源反硝化,使用于吸磷的能源物质不足。当 NO_3^- -N 存在于厌氧段时,会抑制磷的释放,无法为后续的反硝化除磷提供充足的 PHB。

NO_3^- -N 对厌氧释磷的影响与其浓度有着密切的关系。目前,对于 NO_3^- -N 的浓度应该控制在什么范围内,研究者们对此看法不一,有人认为为了保证厌氧段的高效释磷作用,应该将 NO_3^- -N 浓度控制在 0.5 mL 以下,还有研究表明,当进水 NO_3^- -N

收稿日期:2010-09-12

作者简介:费西洋(1984-),男,吉林吉林人,环保工程师,工学学士,从事污水处理及环境除尘管理工作。

浓度小于 1.5 mg/L 时, NO_3^- -N 对释磷量和释磷速率的影响不大, 而当 NO_3^- -N 浓度大于 2.5 mg/L 时, 释磷量和释磷速率均明显下降^[1,2]。造成这种浓度要求各不相同的主要原因是相关研究所采用的系统、微生物种类和含量以及进水水质有一定的差异所致。

1.2 NO_3^- -N 在缺氧段对反硝化吸磷过程的影响

缺氧环境下的反硝化吸磷速率与作为电子受体的硝酸盐浓度有很大的关系, 硝酸盐浓度越高吸磷速率越快^[3]。当硝酸盐浓度较低、不足以氧化反硝化聚磷菌细胞内的 PHB 时, 将会导致体系反硝化除磷效率的下降。赵庆等^[4]的研究表明, 在硝酸盐浓度 < 30 mg/L 时, 硝酸盐浓度越高, 缺氧段除磷速率也就越高。

还有研究表明, 碳源浓度一定时, 缺氧段硝酸盐消耗量与聚磷量呈线性关系, 且与厌氧释磷量之比等于该线性关系式的斜率。在反硝化聚磷菌诱导过程中, 按此比例调整缺氧段的硝酸盐浓度可很快达到良好的脱氮除磷效果^[5]。

硝酸盐氮浓度浓度的投加方式对反硝化吸磷效果也有较大的影响。在缺氧段投加硝酸盐的方法有瞬间投加和持续投加两种方式, 其中以持续投加效果较好^[6,7], 这种方法可避免亚硝酸盐的积累。对于持续投加时间对吸磷率的影响, 邹华等^[8]的研究表明, 持续投加时间为 2 h 时比 3.5 h 时的吸磷率要大, 但目前还没有关于投加速度和吸磷率之间具体关系的研究报道。

2 NO_2^- -N 对反硝化除磷过程的影响

2.1 NO_2^- -N 对吸磷的抑制作用

亚硝酸盐通常被认为对吸磷有抑制作用, 但是国内外学者所得到的对缺氧吸磷产生抑制作用的亚硝态氮浓度上限值各不相同。Meinhold^[9]在经过大量实验之后得出, 当 NO_2^- -N 浓度较低时 (低于 4 mg/L~5 mg/L), NO_2^- -N 可作为电子受体参与反硝化聚磷, 并且聚磷速率与以 NO_3^- -N 作为电子受体时一样快; 当 NO_2^- -N 浓度较高时 (高于 8 mg/L), 反而对反硝化聚磷产生抑制作用; 当 NO_2^- -N 过高时 (高于 10 mg/L), 抑制作用加剧, 反硝化速率下降, 导致磷的释放, 影响 DPB 的活性, 甚至杀死 DPB, 而且在短时间内 (4 h~5 h) 得不到恢复。王亚宜等^[10]的研究表明, 当亚硝酸盐浓度较低 (5.5~9.5 mg/L) 时, 聚

磷污泥可以亚硝酸盐作为电子受体进行反硝化和吸磷反应; 当亚硝酸盐浓度达到 15 mg/L 时, 未发现有吸磷现象的发生, 说明吸磷反应已受到抑制。还有人认为 DPB 在较低亚硝酸盐浓度 (NO_2^- -N 在 5~20 mg/L 范围) 下的缺氧吸磷速率高于以硝酸盐为电子受体时的缺氧吸磷速率, 并且缺氧吸磷速率在这个范围内随 NO_2^- -N 浓度的升高而降低; 亚硝酸盐对 DPB 缺氧吸磷的抑制程度随其浓度的增加而增强, 当 NO_2^- -N $\geq$ 35 mg/L 时, DPB 的缺氧吸磷反应几乎完全停止^[11]。此外, 黄荣新等^[12]进行的实验结果表明, 在 NO_2^- -N 浓度大于 30 mg/L 时, 确实存在严重的抑制作用, 而且该临界抑制浓度与污泥的特性和运行操作条件等因素有关; 但是在亚硝酸氮浓度低于 25 mg/L 的情况下不但不会对反硝化条件下磷的吸收产生毒害作用, 反而它可以取代氧气、硝酸氮作为良好的电子受体用来进行缺氧段磷的生物摄取, 在反硝化除磷中表现一定的积极作用。

以上研究结果说明, 究竟 NO_2^- -N 浓度为多高时, 反硝化聚磷才会受到纯粹的抑制作用并没有很清晰的结论, 但大部分学者都认为该上限值主要依赖于聚磷污泥的自身特性, 而且表明 NO_2^- -N 的抑制作用或许可以被驯化。

2.2 可以利用亚硝酸根做电子受体吸磷的第三族聚磷菌

Hu J.Y. 认为除了被广泛认可的聚磷菌和 DPB 以外还存在第三族聚磷菌, 它可以利用亚硝酸根做电子受体吸磷, 亚硝酸盐在反硝化聚磷过程中并不是一种抑制因素, 对第三族聚磷菌是一种良好的电子受体, 亚硝酸盐作为电子受体的第三族聚磷菌有着和好氧聚磷菌同样高的生物除磷性能。

在连续流和非连续流工艺中, 第三族聚磷菌对 C/N 和 PH 的要求有所不同。刘晖等^[13]的实验表明, 传统 A_2/O 工艺缺氧段污泥确实存在利用亚硝酸盐的反硝化聚磷菌, 其最佳进水 C/N 为 4:1 (COD < 200 mg/L), pH 值为 7~7.5。聚磷菌在 ORP < -80 mV 开始释磷, 当 ORP 值为 -150 mV 左右时能较好地释磷; 当投加亚硝酸盐使 ORP > -80 mV 时, 则开始进行反硝化聚磷。杨莎莎等^[14]的实验表明, 在 SBR 反应器中亚硝酸型反硝化适宜的 pH 值范围在 7.7~8.6, 最佳 pH 值在 8.2 左右; 碳氮比 (C/N) 大于 1.94 时, 可实现连续稳定的脱氮效果。

3 不同电子受体的反硝化除磷效果对比

荆肇乾等^[15]对 NO_3^- -N、 NO_2^- -N 以及二者的混合液作为电子受体的反硝化除磷效果进行了对比,结果表明,3种电子受体的除磷完善程度由高到低为 NO_3^- -N、二者混合物、 NO_2^- -N; NO_2^- -N 能参与反硝化除磷过程,尽管与 NO_3^- -N 相比除磷率稍低,但差别不大;反硝化过程中 NO_2^- -N 的消耗量比 NO_3^- -N 大,主要是由于 NO_3^- -N 中 N 为正 5 价, NO_2^- -N 中 N 为正 3 价,反硝化过程中充当电子受体时对 NO_2^- -N 需求量大于对 NO_3^- -N 需求量所致。 NO_3^- -N 和 NO_2^- -N 共存的情况下,反硝化过程优先利用 NO_3^- -N 作为电子受体,部分 NO_3^- -N 转化为中间产物 NO_2^- -N。

4 结论与展望

目前,人们对污水生物处理过程中的反硝化除磷机理已经有了一定的认识,国内外很多学者对影响反硝化除磷过程的硝酸盐和亚硝酸盐进行了研究,但是所得到的结果有所不同,这主要是因为影响反硝化除磷的因素很多,而且各影响因素之间相互作用,加之实验环境与条件均不相同,所以目前的研究并没有取得系统深入的结果,针对硝酸盐与亚硝酸盐对反硝化除磷过程的影响因素还需要进行进一步的全面深入研究。

在实际污水生物处理过程中,为了充分考虑硝酸盐和亚硝酸盐对反硝化除磷过程的影响可以通过调整工艺运行方式,如厌氧/缺氧的运行控制、硝化液和混合液的回流位置与比例、搅拌器的搅拌位置和转速、容积交换比等强化反硝化除磷作用来节约碳源和曝气量,减少污泥产生量,使反硝化除磷技术成为一种低费高效的水处理技术。

参 考 文 献

- 1 王春丽,马放,米海蓉,等.反硝化除磷系统的启动其稳定性研究[J].给水排水,2006,32(增刊):126-129.
- 2 刘慧,米海蓉.硝氮对反硝化除磷系统效率的影响[J].大庆石油学院学报,2006,30(4):43-45.
- 3 李勇智,彭永臻,张艳萍,等.硝酸盐浓度及投加方式对反硝化除磷的影响[J].环境污染与防治,2003,25(6):323-325.
- 4 赵庆,袁林江,王志盈,等.反硝化除磷的影响特性试验[J].环境污染治理技术与设备,2005,6(9):20-24.
- 5 张小玲,张立卿,袁林江,等.硝酸盐浓度对反硝化聚磷菌诱导的影响[J].中国给水排水,2006,22(13):105-108.
- 6 郭海娟,马放,沈耀良.CN 比对反硝化除磷效果的影响[J].环境科学学报,2005,25(3):367-371.
- 7 李勇智,彭永臻,张艳萍,等.硝酸盐浓度及投加方式对反硝化除磷的影响[J].环境污染与防治,2003,25(6):323-325.
- 8 邹华,阮文权,陈坚.硝酸盐作为生物除磷电子受体的研究[J].环境科学研究,2002,15(3):38-41.
- 9 Meinhold J, Arnold E, Issacs S. Effect of nitrite on anoxic phosphate uptake in biological phosphorus removal activated sludge[J]. Water Res. 1999, 33(8): 1 871-1 883.
- 10 王亚宜,王淑莹,彭永臻.MLSS、pH 及 NO_2^- -N 对反硝化除磷的影响[J].中国给水排水,2005,21(7):47-51.
- 11 刘建广,付昆明,杨义飞,等.不同电子受体对反硝化除磷菌缺氧吸磷的影响[J].环境科学,2007,28(7):1 472-1 76.
- 12 黄荣新,李冬,张杰,等.电子受体亚硝酸氮在反硝化除磷过程中的作用[J].环境科学学报,2007,27(7):1 141.
- 13 刘晖,周康群,刘开启,等.利用亚硝酸盐的反硝化除磷菌及影响因素[J].环境科学与技术,2006,29(7):14-17.
- 14 杨莎莎,宋英豪,赵宗升,等.pH 值和碳氮比对亚硝酸型反硝化影响的研究[J].环境工程学报,2007,1(12):15-19.
- 15 荆肇乾,吕锡武.不同电子受体的反硝化除磷效果对比研究[J].给水排水,2008,34(6):41-43.

(责任编辑/赵建国)

简 讯

湖北省废品拆解处理中心落户汉川市

近日,负责全省废品拆解的湖北省再生资源集散加工工业园落户汉川市。

据悉,湖北省再生资源集散加工工业园,由湖北省农资集团投资 6 亿元。该项目建成后,可年经营废钢达 100 万吨、拆解处理废旧家电达 100 万

台、处理其他废旧物资达 100 万吨,将成为全省规模最大、设施最全、效益最佳的废钢经营、废旧家电和报废汽车拆解处理基地。

(资 讯)