# 城镇污水处理厂外加商业碳源的选择

孙永利[1], 许光明[2], 游 佳[1], 郑兴灿[1], 陈 轶[1]
(1. 国家城市给水排水工程技术研究中心, 天津 300074; 2. 常州市排水管理处, 江苏 常州 213017)

摘 要: 分别以乙酸钠、葡萄糖和白砂糖作为外加碳源,考察了其对生物处理系统反硝化脱氮效果的强化作用。结果表明,在一定条件下,三种物质对系统的反硝化能力均具有明显的强化效果,但其有效作用时间和反硝化速率有所不同,以乙酸钠为碳源时的反硝化速率约为以葡萄糖和白砂糖为碳源时的 2倍,而在同等 COD投加当量下的有效作用时间约为葡萄糖和白砂糖的一半。

关键词: 污水处理厂; 外加碳源; 强化反硝化
中图分类号: X703 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2010)19-0084-03

# Selection of External Carbon Source for Municipal Wastewater Treatment Plant

SUN Yong-li[1], XU Guang-ming[2], YOU Jia[1], ZHENG Xing-can[1], CHEN Yi[1]
(1. National Engineering Research Center for Urban Water and Wastewater, Tianjin 300074, China; 2. Changzhou Drainage Management Office, Changzhou 213017, China)

**Abstract** The effect of biological nitrogen removal enhanced by external carbon source, such as sodium acetate, glucose and white granulated sugar was investigated. The results indicate that all the three kinds of carbon sources have obvious enhancing effect on the biological nitrogen removal capacity, but with different reaction time and reaction velocity in given conditions. The denitrification rate with sodium acetate as carbon source is about twice that with glucose and white granulated sugar, with only half of reaction time with equivalent COD dosage.

**Key words:** wastewater treatment plant; external carbon source; enhanced denitrification

生物脱氮除磷所需的碳源不足是我国城镇污水处理厂的共性问题,根据 2008年对 785座城镇污水处理厂的统计,进水 $BOD_5/TKN<4$的污水处理厂高达 515座,低于 3的达 337座,绝大多数城镇污水处理厂的进水碳源不能满足生物脱氮除磷所需。与此同时,随着污水排放标准的进一步提高,碳源不足对生物系统稳定去除氮、磷的影响更加突出,大量污水处理厂存在出水氮、磷不达标或不能同时达标的问题,如何在充分挖掘内部碳源的同时,合理选择外部碳源,成为众多污水处理厂需要面对的问题。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验用碳源

污水处理厂选择外加碳源时,不仅要考虑其经济成本和效益,同时需要兼顾碳源本身的安全性,以及在生物池内的实际有效停留时间等因素。污水处理厂对碳源的选择应遵循以下原则: ①外加碳源易被微生物降解,易被反硝化菌利用,不存在残留物对后续出水达标造成不利影响的问题; ②反应速度足

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAC19B05)



© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

够快,确保所投加的碳源尽量在厌、缺氧功能区内耗尽,避免增加后续曝气系统的负担和运行成本;③不会对系统内的微生物种群类型和含量造成影响,避免投加碳源前后出现微生物的短暂适应性问题;④价格便宜,安全性好,且易于投加、保存和运输,可就近获得;⑤如周边有啤酒生产、食品加工等工业废水时,也可适当放宽上述要求,考虑将其作为碳源使用,但前提是所投加工业废水具有较高的碳、氮、磷比例,不能额外增加生物系统的脱氮除磷负担。

结合以上原则,甲醇和乙醇等液态物质存在储存、运输及安全性等方面的问题,未列入研究范围内。最终笔者选择乙酸钠、葡萄糖(单糖)和白砂糖(二糖)作为外加碳源进行试验研究。

1.2 试验用泥样

试验用活性污泥取自江苏省某采用 $A^2/O$ 工艺的城镇污水处理厂的回流污泥。该厂近三年来的进水水质分析结果表明,原水存在严重的碳源不足问题,其 $BOD_5/TKN$ 值在大部分时间低于 3,且季节性变化明显,冬季的 $BOD_5/TKN$ 值高于夏季的。越来越高的污水排放标准使投加碳源成为该厂的必然选择。考虑到回流污泥中存在的溶解氧可能会对所投碳源的使用情况造成不利影响,先对回流污泥进行搅拌,使其 DO < 0.5 mg/L后再开始试验。

1.3 试验方法

采用笔者所在课题组自行研制的可调速螺旋桨式四联搅拌器进行碳源投加试验,搅拌器的最大容积为 10 L。将一定量的碳源与回流污泥同步置于搅拌器中,连续搅拌,按一定时间间隔取样,并测定上清液中硝酸盐氮浓度的变化,计算反硝化速率,同时以回流污泥自身的反硝化能力作为对照。试验在温度为 26 ℃、MLSS为 3 033 g/L、MLVSS为 2 123 g/L的条件下进行。

## 2 试验结果与讨论

2.1 乙酸钠作为外加碳源时的反硝化作用

取 6 L回流污泥,加入 0.3 g乙酸钠(50 mg/L,折合 COD当量为 30 mg/L),搅拌并定时取样测定 $NO_3^--N$的浓度,结果见图 1。

由图 1可以看出,投加乙酸钠后,可明显强化系统的脱氮功能;与无任何外加碳源的单纯内源反硝化相比,不仅在外加碳源有效作用时间内的反硝化速率明显提高,同时也进一步提高了后续的内源反硝化速率。在试验条件下,不投加碳源时的反硝化速率为 1.36 mg$NO_3^--N$/(gVSS·h),而投加乙酸钠时的反硝化速率达到 5.15 mg$NO_3^--N$/(gVSS·h),约是不投加碳源时的 4倍;而且投加乙酸钠后,可能是由于污泥表面吸附了部分碳源,后续的内源反硝化速率也有所提升,达到了 2.16 mg$NO_3^--N$/(gVSS·h),总体上强化了系统的生物脱氮效果。

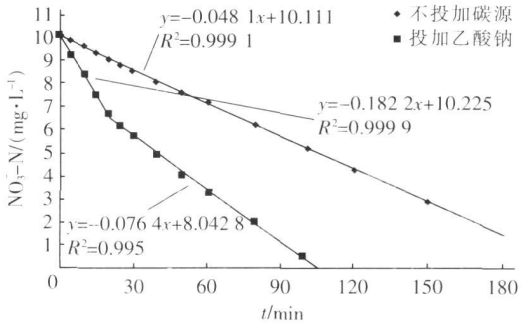


图 1 乙酸钠作为外加碳源时 $NO_3^--N$浓度的变化

Fig.1 Variation of $NO_3^--N$ concentration when adding sodium acetate as external carbon source

2.2 葡萄糖作为外加碳源时的反硝化作用

取 6 L回流污泥,加入 0.2 g葡萄糖(33 mg/L,折合 COD当量为 30 mg/L),搅拌并定时取样,测定 $NO_3^--N$的浓度,结果见图 2。

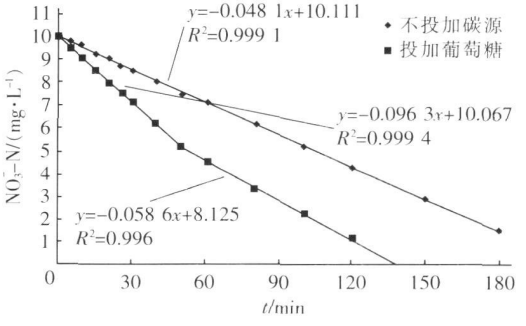


图 2 葡萄糖作为外加碳源时 $NO_3^--N$浓度的变化

Fig.2 Variation of $NO_3^--N$ concentration when adding glucose as external carbon source

由图 2可以看出,投加葡萄糖后,也表现出了与投加乙酸钠时类似的强化生物反硝化脱氮功能,只是葡萄糖强化生物脱氮的反硝化速率仅为 2.72 mg$NO_3^--N$/(gVSS·h),低于投加乙酸钠时的,而其第二段的反硝化速率[1.66 mg$NO_3^--N$/(gVSS·h)]也低于投加乙酸钠时的。但是,葡萄糖的有效作用时间约为 50 min,远高于乙酸钠的。

2.3 白砂糖作为外加碳源时的反硝化作用

取 6 L回流污泥,加入 0.2 g白砂糖(33 mg/L,



© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

折合 COD当量为 30 mg/L),连续搅拌并定时取样,测定 $NO_3^-$ - N浓度的变化,结果见图 3。

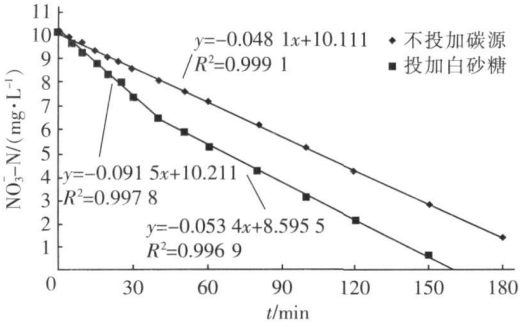


图 3 白砂糖作为外加碳源时 $NO_3^-$ - N浓度的变化

Fig 3 Variation of $NO_3^-$ - N concentration when adding white granulated sugar as external carbon source

由图 3可知,投加白砂糖后,系统的反硝化能力同样有所提高,其中第一阶段和第二阶段的反硝化速率分别为 2.45和 1.48 mgNO$_3^-$ - N/(gVSS· h),均低于投加葡萄糖时的;白砂糖的有效作用时间为 40 min,低于葡萄糖的但高于乙酸钠的。

2.4 三种外加碳源的对比

为进一步验证试验结论,课题组又进行了多次对比试验,选择其中两次试验结果来分析三种外加碳源对系统反硝化性能的强化效果,结果见表 1。

由表 1可知:①内源反硝化速率越高,第一阶段(强化段)单位碳源投量的 $NO_3^-$ - N去除量和单位 COD投量的 $NO_3^-$ - N去除量越低,即污泥自身的内源反硝化能力越强,外加碳源对反硝化作用的强化效果越不明显,这对碳源投加点的选择具有一定的指导意义;②在相同的 COD投加当量下,乙酸钠的强化反硝化速率明显高于葡萄糖和白砂糖,而葡萄糖则略高于白砂糖,即小分子链碳源强化的反硝化速率明显高于大分子链碳源的,但葡萄糖和白砂糖的强化作用时间比乙酸钠的要长,这可以作为碳源选择和投量确定的重要依据;③由于具有相对较长的强化作用时间,葡萄糖和白砂糖在强化反硝化阶段表现出的单位 COD投量的 $NO_3^-$ - N去除增量与乙酸钠基本相当;但由于乙酸钠的 COD当量相对较低,单位乙酸钠投量的 $NO_3^-$ - N去除增量则明显低于葡萄糖和白砂糖;④投加三种碳源后,第二阶段的反硝化速率均高于不投加碳源时的反硝化速率,这可能与污泥对外加碳源的吸附 - 释放作用有关。

表 1 三种外加碳源对系统反硝化性能的强化效果

Tab. 1 Denitrification enhanced by three external carbon sources

| 项 目 | 无外加碳源 | | 乙酸钠 | | 葡萄糖 | | 白砂糖 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 碳源投量/(mg· L$^{-1}$) | | | 50 | 50 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| COD当量/(mg· L$^{-1}$) | | | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 第一阶段反硝化速率/(mgNO$_3^-$ - N· g$^{-1}$VSS· h$^{-1}$) | 1.36 | 1.53 | 5.15 | 5.55 | 2.72 | 2.58 | 2.45 | 2.82 |
| 有效作用时间/min | | | 20 | 20 | 50 | 50 | 50 | 40 |
| 第二阶段反硝化速率/(mgNO$_3^-$ - N· g$^{-1}$VSS· h$^{-1}$) | | | 2.16 | 2.77 | 1.66 | 1.98 | 1.48 | 1.98 |
| 单位碳源投量的 $NO_3^-$ - N去除增量/(mg· mg$^{-1}$) | | | 0.05 | 0.03 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 单位 COD投量的 $NO_3^-$ - N去除增量/(mg· mg$^{-1}$) | | | 0.08 | 0.04 | 0.08 | 0.05 | 0.06 | 0.05 |

3 结论

在一定条件下,乙酸钠、葡萄糖和白砂糖均可作为外加碳源,用于提高污水处理厂生物处理系统的反硝化能力;乙酸钠的强化反硝化速率通常为葡萄糖和白砂糖的 2倍,但其有效作用时间通常仅为葡萄糖和白砂糖的一半;在反硝化区停留时间充足的情况下,乙酸钠、葡萄糖和白砂糖表现出基本相当的强化反硝化功能,每投加 1 mg/L的碳源,通常可以增加 0.05 mg/L左右的 $NO_3^-$ - N去除量。

参考文献:

[1] Constantin H, Fick M. Influence of C-sources on the denitrification rate of a high-nitrate concentrated industrial wastewater[J]. Water Res, 1997, 31(3): 583-589.

[2] 杨跃,张金松,黄文章,等. CBAF对污水厂二级出水的脱氮性能研究[J]. 中国给水排水, 2007, 23(23): 63-66.

[3] 邵留,徐祖信,尹海龙. 污染水体脱氮工艺中外加碳源的研究进展[J]. 工业水处理, 2007, 27(12): 10-14

E-mail: tjsunyongl@163.com

收稿日期: 2010-03-31



© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net