

影响三沟式氧化沟脱氮效果的2个重要参数

周 律 钱 易

(清华大学环境工程系环境模拟与水污染控制国家联合重点实验室, 北京 100084)

摘要 运行周期中反硝化运行和硝化运行的时间比 t_{DN}/t_N 是平衡处理系统反硝化、硝化能力的重要参数. 实验室条件下分别比较了 t_{DN}/t_N 为 0.27、0.40、0.47、0.75 和 1.0 的 5 种不同组合的运行效果(运行周期均为 8h). 结果表明, 当 t_{DN}/t_N 为 0.40 时, 即硝化能力略大于反硝化潜能时, 脱氮效果最好. 将三沟式氧化沟的运行周期由目前的 8h 提到高 12h, 系统的脱氮效果提高, 并且增加了三沟式氧化沟参与工艺反应的体积.

关键词 三沟式氧化沟, 硝化运行, 时间比, 运行周期, 脱氮.

Influence of Two Process Parameters on Nitrogen Removal in Triple Oxidation Ditch System Treating Municipal Wastewater

Zhou Lu Qian Yi

(State Key Lab. of Environ. Simulation and Water Pollution Control, Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084)

Abstract In Triple Oxidation Ditch system, the time ratio of denitrification phase and nitrification phase, t_{DN}/t_N , is an important parameter to balance denitrification potential and nitrification capability. By comparing five different t_{DN}/t_N , 0.27, 0.40, 0.47, 0.75, 1.0 in lab equipment (the cycle time was equal to 8h), the best nitrogen removal efficiency can be achieved while t_{DN}/t_N being 0.40. Changing operating cycle from the current 8h to 12h, the T-ditch system gets a better treatment efficiency in nitrogen removal, and the volume available to denitrification and nitrification in the system increases.

Keywords Triple Oxidation Ditch, time ratio, denitrification phase, nitrification phase, cycle time, nitrogen removal.

三沟式氧化沟处理系统由若干个彼此联系而又单独运行的沟组成, 每条沟的功能随时间而发生变化. 如三沟式氧化沟的边沟在不同的时间段内要分别完成硝化、反硝化和沉淀操作. 因此每条沟的处理功能在实际操作中是以不连续的方式顺序完成的, 将几条这样运行的氧化沟组成一体便构成了交替式氧化沟特有的工艺特征. 另外, 工艺操作以一固定循环时间为运行周期(一般为 8h)进行工作. 虽然这种运行模式及工艺组合有一定的应用经验和较好的处理效果, 但从国内已有的三沟式氧化沟的运行情况来看这种运行操作模式并非最佳. 所以有必要针对国内城市污水的实际情况, 研究最佳的三

沟式氧化沟操作组合, 以利于现有设备的优化运行. 邯郸市东污水处理厂三沟式氧化沟是本研究的主要试验对象. 该厂是国内建厂最早的三沟式氧化沟工艺城市污水处理厂, 目前国内选择应用该类型的氧化沟较多. 其流程和构造都相对简单, 是较先进的氧化沟工艺.

1 三沟交替式氧化沟不同 t_{DN}/t_N 的脱氮效果

1.1 试验的设计和安排

(1) 试验装置和试验条件 由于生产性设备的运行程序已先被设定, 若要调整工艺各时

间段的组合受影响的因素较多. 所以, 试验研究以小型试验为主. 小型试验的装置采用自控系统进行工艺的转换*. 试验装置和生产性装置在工艺参数相同的条件下同步运行. 比较的结果表明, 试验装置和生产性装置的处理效果基本相同, 能比较好地反映生产性装置的实际运行情况.

试验采用污水厂24h平均水样作为进水, 进水前用切碎机将水样中的大块颗粒切碎. 如未加说明, 试验系统的平均HRT为14.5h, 平均SRT为30d(泥龄的控制是通过计算每日出水排放的悬浮物及从系统中适当的排泥来完成). MLSS平均浓度为4000mg/L. 试验期间温度14-16.

(2) 试验研究的组合安排 根据硝化、反硝化运行时间的不同, 试验中共安排了5种工艺组合. 在一个运行周期中反硝化运行和硝化运行的时间比 t_{DN}/t_N (这里的 t_{DN} 、 t_N 分别为反硝化、硝化的操作时间在一个运行周期的总和, t_{DN}/t_N 相当于时间体积的加权平均值.) 分别为0.27、0.40、0.47、0.75、1.0, 其中 $t_{DN}/t_N = 0.47$ 为邯郸三沟式氧化沟所采用的时间比. 图1是这5种组合半个周期的运行模式. 其共同特点是: 一个运行周期为8h; 反硝化阶段同时进水, 以提供碳源; 每条模拟边沟连续工作(硝化、反硝化)3h后澄清1h再出水; 沉淀出水阶段该边沟不进水.

1.2 试验结果及其分析

从试验结果可以看出在不同的 t_{DN}/t_N 比时, 脱氮效果有明显差异, 图2表示了 t_{DN}/t_N 为0.27、0.40、0.47、0.75、1.0的5种组合的平均脱氮效果. 试验表明 t_{DN}/t_N 比值过高或过低, 脱氮效率都会降低, 当 $t_{DN}/t_N = 0.40$ 时有最佳的脱氮效果. 将 t_{DN}/t_N 比由0.47减少到0.40, 脱氮效率提高4.4%.

邯郸污水厂进水的碳氮比较低, 出水含氮量常超过设计值. 因此, 实际运行中需要较长的硝化时间来转化有机氮. 所以, 针对特定的水质保持合适的 t_{DN}/t_N 比是提高脱氮效率的重要操作因素. 从几种组合出水的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$

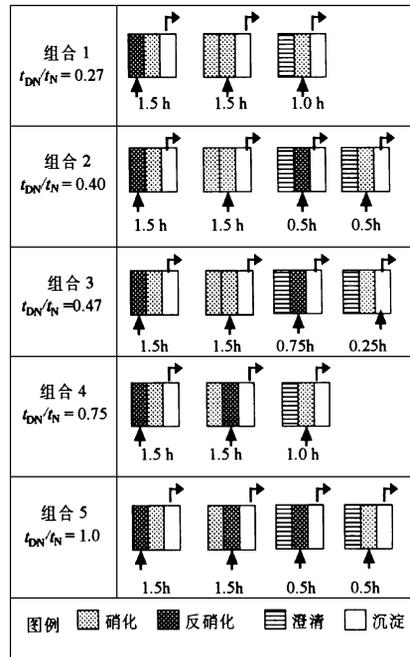


图1 5种不同硝化、反硝化运行时间比的工艺组合

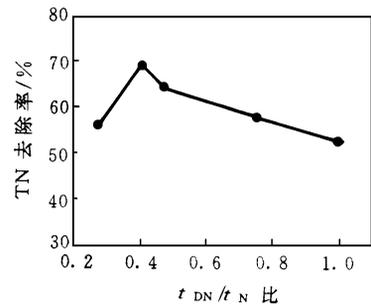


图2 t_{DN}/t_N 与脱氮效果的关系

浓度变化可进一步理解 t_{DN}/t_N 比在运行中的作用. 由图3可以看出在运行周期不变时, 减小 t_{DN}/t_N , 处理系统的硝化能力也得到提高. 出水的 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 浓度随 t_{DN}/t_N 的减小而下降, 呈明显的线性关系. 出水的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 浓度与出水的 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 浓度的变化呈相反的趋势.

减小 t_{DN}/t_N 比即缩短了反硝化的操作时间, 出水 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 浓度提高. Ekama 曾就脱氮系统硝化、反硝化的过程提出了处理系统的反硝

* 周律. 三沟式氧化沟工艺性能的评价与改进研究. 清华大学工学博士论文集, 1997

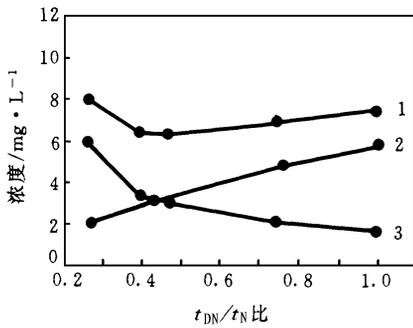


图3 不同 t_{DN}/t_N 时出水的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 浓度变化

1. $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 2. $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 3. $\text{NO}_3^- \text{-N} + \text{NH}_4^+ \text{-N}$

化潜力(denitrification potential)和硝化能力(nitrification capability) 2个概念^[1]。要达到最大的反硝化效果, 缺氧阶段的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 负荷应等于或大于反硝化潜力 D_p 值, 即: $N_n \geq D_p$ 。这里, N_n 为系统的硝化能力。根据试验数据, 不同 t_{DN}/t_N 组合下的 D_p 、 N_n 计算如表1。

表1 不同 t_{DN}/t_N 比的 D_p 、 N_n 计算/ $\text{mg} \cdot (\text{L} \cdot \text{d})^{-1}$

t_{DN}/t_N	0.27	0.40	0.47	0.75	1.0
D_p	21.3	24.0	25.5	29.8	32.6
N_n	28.0	26.1	23.1	16.8	10.0
$N_n - D_p$	6.7	2.1	-2.4	-13.0	-22.6

从表1中可以看出, t_{DN}/t_N 大于0.4时, D_p 、 N_n , 表明系统提供的 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 量低于系统的脱氮能力, 此时系统虽然具有较高的反硝化潜能, 但并不能达到好的脱氮效果。当 N_n 比 D_p 大很多时, 系统的硝化能力强, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 供给超过系统的转化能力, 系统也不能达到较好的脱氮效果。只有当 N_n 大于 D_p 且相差不多时, 处理系统才能达到最好的脱氮效果, $t_{DN}/t_N = 0.40$ 时比其它几组 t_{DN}/t_N 的组合有更大的脱氮效果就是这个原因。

随着 t_{DN}/t_N 比减小, 有机物处理效果提高, 试验中观察到当 t_{DN}/t_N 为1.0时, 出水有机物的去除仍有比较好的处理效果。当仅考虑去除有机物时, 可适当提高 t_{DN}/t_N 比以降低能耗。但如果 t_{DN}/t_N 比值较高, 污泥沉降性能有所降低, 出水的SS浓度增加, 虽然在试验的几组 t_{DN}/t_N 比

的条件下出水SS都未超过 30mg/L , 但在工艺调整时建议采用的 t_{DN}/t_N 比应小于1.0, 以确保出水有较低的SS浓度。

2 运行周期对脱氮的影响

2.1 试验安排

在一些设计资料中常提及三沟式氧化沟运行周期可以根据情况在6-8h变化^[2], 为考察运行周期对脱氮效果的影响, 试验对比了运行周期为6.0、8.0、12.0h, t_{DN}/t_N 比为0.4情况下的脱氮效果, 图4为运行周期为6.0、12.0h半个运行周期的操作模式。周期为8.0h的操作模式见图1。试验条件同前。

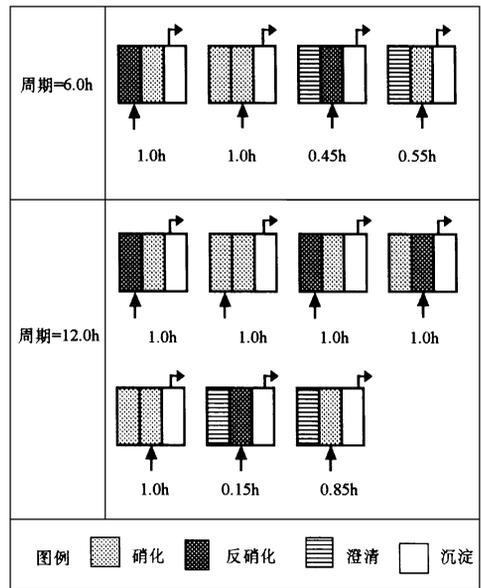


图4 运行周期为6.0、12.0h的操作模式

2.2 结果与讨论

试验结果见表2。

从试验数据可以看出, 运行周期为12.0h的COD、TN的去除效果均优于运行周期为6.0、8.0h的去除效果, 与现有周期为8h的相比脱氮效率提高了2.8%。

由于三沟式氧化沟工艺中每一周期内的澄清时间均为2h, 延长运行周期, 则相应减小了澄清所占的比例。表3列出了6.0、8.0和12.0h 3种模式澄清时间所占的比例。从表3

表2 变换运行周期的处理效果/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

运行周期 ¹⁾		6.0h(5)	8.0h(7)	12.0h(4)
COD	进水	189.5	214.4	232.6
	出水	18.9	16.0	16.2
	去除率/%	90.0	92.5	93.0
TN	进水	29.4	28.3	32.2
	出水	10.4	8.8	9.1
	去除率/%	64.6	68.9	71.7
$\text{NH}_4^- \text{N}$	进水	15.4	13.4	18.5
	出水	2.3	3.1	3.7
$\text{NO}_3^- \text{N}$	进水	4.3	3.1	3.4
	出水	3.0	3.3	4.8

1) 括号内的数据分别表示稳定运行后分析数据的个数

中可以看出, 12.0h 模式所占的时间比最低。因此, 延长运行周期就相应增加了硝化、反硝化所占的时间。

表3 不同周期中澄清时间所占的比例

运行周期/h	6.0	8.0	12.0
澄清时间占的比例/%	11.1	8.3	5.0

三沟式氧化沟的运行周期对实际的运行有较大的影响, 是一个关键的参数。它的取值首先应以氧化沟每日的工作时间24h 为基础, 周期的长短应为24的公约数, 即1、2、3、4、6、8、12、24, 之所以这样取值主要考虑运行管理上的方便。考虑到三沟式氧化沟实际运行的特点(如沉淀前需有一段时间的澄清不出水的过程), 过小的周期不宜采用。因此, 6h、8h、12h、24h 为可供选择的周期。从前面的试验分析来看, 周期为6h、8h 的处理效果、容积利用情况都较周期为12h 的差。当周期为24h 时, 由于边沟要进行反硝化, 必然要求边沟有较长的进水时间, 从而导致大量的边沟污泥随水流入其它2条沟, 造成参与反应的污泥量的减小, 影响正常的反应过程。同时, 硝化、反硝化完成后, 边沟有12h 的沉淀时间, 这段时间另外2条沟的污泥要进入沉淀的边沟, 会引起出水悬浮物的增加。因此, 周期为24h 时的运行方式不宜采用。综合以上的讨论, 周期为12h 的运行方式是三沟式氧化沟值得推

荐运行方式。当然, 周期内的硝化、反硝化时间比 $t_{\text{DN}}/t_{\text{N}}$, 要求设计和管理人员结合进出水水质进行安排。

3 小结

反硝化运行和硝化运行的时间比($t_{\text{DN}}/t_{\text{N}}$)和运行周期是提高脱氮效果的2个重要运行参数。 $t_{\text{DN}}/t_{\text{N}}$ 在脱氮过程中起着调节处理系统硝化能力和反硝化潜能的作用。这一比值过高或过低脱氮效率都会降低。经过计算, 邯郸厂的 D_{P} (反硝化潜能) $> N_{\text{n}}$ (硝化能力), 使系统不能达到较好的脱氮效果。对比了运行周期为6h、8h、12h, $t_{\text{DN}}/t_{\text{N}}$ 比为0.4 情况下的脱氮效果, 试验结果表明, 运行周期为12h 时 COD、TN 的去除效果均优于运行周期为6h、8h 的去除效果。另外, 周期为12h 模式澄清时间所占的比例最低, 相应增加了硝化、反硝化的时间。

致谢 对丹麦 Kruger 公司和邯郸污水处理厂的支持及帮助谨表谢意。

参 考 文 献

- 1 Ekama G A. Considerations in the Process Design of Nutrient Removal Activated Sludge Processes. Wat. Sci. Tech., 1983, 15: 283- 318
- 2 Bundgaard E Pedersen, J. Bio-Denitro and Bio-Denitro Systems—Experiences and Advanced Model Development: The Danish Systems for Biological N and P Removal. Wat. Sci. Tech., 1989, 21: 1727- 1733