

文章编号: 1673- 9469(2010) 04- 0036- 04

O/A 两级生物砂滤池的二次启动及其脱氮除碳效果

李思敏¹, 赵南南¹, 付民², 赵博¹

(1. 河北工程大学 城市建设学院, 河北 邯郸 056038; 2. 邯郸市市政污水处理有限责任公司, 河北 邯郸 056002)

摘要:以城市二级处理出水为试验原水,通过逐渐提高滤速的方式,对停止运行近5个月的O/A两级生物砂滤池进行重新启动。重点研究了反应器的二次启动速度和启动后的脱氮除碳效果,以及C/N比对该工艺脱氮除碳效果的影响。试验结果表明,石英砂表面的生物膜并未死亡,通水运行后能在很短的时间内恢复正常。稳定运行期间,系统对COD_{Cr}和NH₄⁺-N的平均去除率分别为45.53%和65.50%,出水COD_{Cr}和NH₄⁺-N的平均浓度分别为48.50mg/L和4.12mg/L。当C/N比为5.0时,O/A两级生物砂滤池具有较高的TN脱除效果,TN去除率可达到30%以上,滤池出水TN含量低于15mg/L,均能达到一级A标准的要求。

关键词: O/A 两级生物砂滤池; 二次启动; 脱氮除碳; 碳氮比

中图分类号: X552

文献标识码: A

Secondary start-up of O/A biological sand filters and its removal effect of nitrogen and carbon

LI Si-min¹, ZHAO Nan-nan¹, FU Min², ZHAO Bo¹

(1. College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2. Handan Municipal Sewage Treatment Co., LTD., Hebei Handan 056002, China)

Abstract: Effluent of municipal secondary treatment was chosen as raw water to re-start up the O/A biological sand filters which stopped running nearly five months, in the way of increasing hydraulic load gradually. The secondary start-up speed, the removal effect of nitrogen and carbon, the influence of C/N ratio on removal effect of nitrogen and carbon were mainly studied. The results showed that the membrane attached on the surface of quartz sand is not dead, the O/A biological sand filters can back to normal run in a very short time. During stable operation, the average removal of COD_{Cr} and NH₄⁺-N were 45.53% and 65.50% respectively, and the average concentration of COD_{Cr} and NH₄⁺-N in effluent were 48.50mg/L and 4.12mg/L respectively. The removal efficiency of O/A biological sand filters is high for total nitrogen when the C/N ratio is 5.0; the removal rate of total nitrogen reaches above 30%, the average concentration of TN in effluent is lower than 15 mg/L. The effluent quality met the first A class standard of "urban sewage treatment plant pollutant discharge standard" (GB18918- 2002).

Key words: aerobic/ anoxic biological sand filters; secondary start-up; nitrogen and carbon removal; C/N ratio

O/A 两级生物砂滤工艺是一种后置反硝化工艺,能够在有效去除 COD_{Cr}和 NH₄⁺-N 的同时,达到反硝化脱氮的目的。然而要充分发挥该工艺良

好的反硝化脱氮效果,缺氧柱的挂膜启动至关重要。傅金祥等^[1]采用复合式接种挂膜对 O/A 式曝气生物滤池进行启动,取得了良好的效果。周碧

收稿日期: 2010- 06- 20

基金项目: 中韩国际合作项目; 河北省科技支撑项目(07276713D)

作者简介: 李思敏(1968-),男,陕西乾县人,教授,从事水处理技术方面的研究。

波等^[2]研究了反硝化生物滤池的挂膜与启动,以反硝化生物滤池对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除负荷作为是否挂膜成功的标志,为反硝化生物滤池的启动提供了理论依据。陆宇骏^[3]采用逐步提高负荷的方式,对 A/O 生物滤池的快速启动进行了试验研究,结果表明,反应器经历了短暂闲置之后能够在短时间内恢复正常。

本试验通过逐渐提高滤速,对关闭近 5 个月的 O/A 两级生物砂滤池进行重新启动,并对 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除效果进行了试验分析。

1 试验装置和试验方法

1.1 试验装置

采用 O/A 两级生物砂滤柱串联,设 O 为一级好氧滤柱,A 为二级缺氧滤柱,原水由一级好氧滤柱顶部进入,好氧滤柱的出水进入中间水箱,通过提升泵送往高位水箱,然后自流进入二级缺氧滤柱。滤柱采用有机玻璃制成,内径均为 120mm,柱高均为 2 000mm,承托层高 300mm;柱内填装石英砂滤料,滤料高度 1 200mm,滤料粒径分布为 0.6~1.2mm,不均匀系数 $K_{80} < 2.0$;滤料以上保护高度 500mm,在滤料深 200mm、400mm、600mm、800mm、1 000mm 处设置取样口,每个滤柱底部设有反冲洗水管和气管。采用穿孔管进行曝气,用转子气体流量计控制气量。整个装置通过 PLC 实行自动控制连续运行。

1.2 原水水质

试验采用某城市二级处理出水作为原水,原水水质情况和检测方法如表 1 所示。

1.3 试验方法

试验设计的正常运行水力负荷为 3.0m/h,分为两个阶段。第一个阶段运行 10d,采用逐渐提高滤速的方式使生物砂滤柱先在常负荷 3.0m/h 以下启动,控制好氧柱的 DO 浓度在 2.0 mg/L 左右;缺氧柱不曝气,控制其 DO 浓度在 0.5~1.0mg/L 之间,通过投加外碳源甲醇控制 C/N 比为 5.0 左右。第二个阶段运行 25d,使生物砂滤柱在常负荷 3.0m/h 条件下运行,控制好氧柱的 DO 浓度在 2.0mg/L 左右。缺氧柱不曝气,控制其 DO 浓度在 0.5~1.0mg/L 之间,通过投加外碳源甲醇改变缺氧柱进水的 C/N 比,使缺氧柱分别在 C/N 比为 3.0, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 条件下运行,每个工况下稳定运行 5d。

2 试验结果与分析

2.1 好氧柱对 COD 及氨氮的去除

O/A 两级生物砂滤池启动阶段原水 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量浓度变化情况以及好氧柱对其去除情况如图 1、图 2 所示。

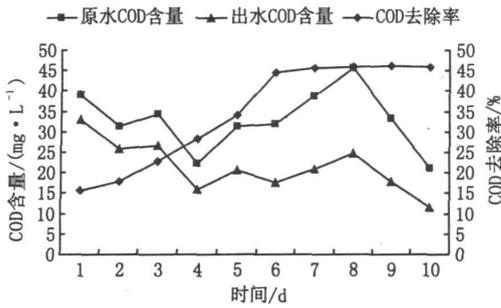
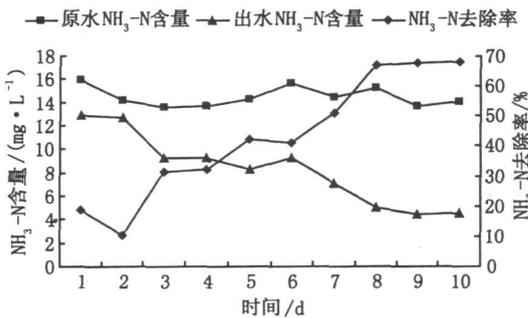
启动期间进水 COD_{Cr} 的变化范围在 21.12~45.73mg/L 之间, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的变化范围在 13.27~16.05mg/L 之间,水温在 15.8~24.3℃ 之间,好氧柱的 DO 浓度控制在 2.0mg/L 左右,滤速由 1.0m/h 逐渐提高到 3.0m/h。由图 1 和图 2 可以看出,在启动初始阶段好氧柱对 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率相对较低,随着运行时间的延长,好氧柱对二者的去除率均逐渐提高并逐渐趋于稳定,好氧柱对 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的去除率分别稳定在 45% 和 65% 以上。

表 1 原水水质及检测方法

Tab. 1 Raw water quality and monitoring methods

测试指标	均值或范围	测试方法	仪器
$\text{COD}_{\text{Cr}} / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	21.12~45.73	重铬酸钾法	加热回流装置
$\text{NH}_4^+ - \text{N} / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	13.27~16.05	纳氏比色法	分光光度计
$\text{NO}_3^- - \text{N} / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	9.67	紫外分光光度法	紫外分光光度计
TN / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	20.79	过硫酸钾氧化-紫外分光光度法	紫外分光光度计
DO / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.5~2.5	快速溶氧仪法	溶氧仪
水温 / °C	15.8~24.3	水温计法	温度计
pH 值	6.5~7.6	玻璃电极法	pH 计

注:测试的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度取自缺氧柱进水水质。

图1 二次启动期间好氧柱对COD_{Cr}的去除率Fig.1 Removal effect of aerobic filter for COD_{Cr} during secondary start-up图2 二次启动期间好氧柱对NH₄⁺-N的去除率Fig.2 Removal effect of aerobic filter for NH₄⁺-N during secondary start-up

但是好氧柱对 COD_{Cr}和 NH₄⁺-N 达到稳定去除效果所经历的时间不同。从图 1 中可以看出,好氧柱对 COD_{Cr} 的去除效果趋于稳定所经历的时间为 6d,从图 2 中可以看出,好氧柱对 NH₄⁺-N 的去除效果趋于稳定所经历的时间为 8d。这主要是由于硝化菌属于自养菌,增殖速度缓慢且世代周期较长。

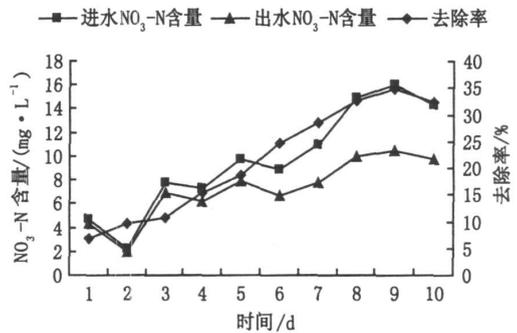
本试验以好氧柱对 NH₄⁺-N 的去除效果趋于稳定作为启动成功的标志。和普通的挂膜方式相比,启动时间提前了 20d 左右,这说明经历了短暂闲置以后,滤料表面的生物膜并未死亡,而是以孢子的形式存在,一旦通水运行,在短时间内即可恢复正常。

2.2 缺氧柱对氨氮的去除

目前,对于缺氧柱挂膜启动的研究较少。异养反硝化是以有机碳源为供体及营养源,因此有机碳源对反硝化的影响很大,不同的有机碳源将导致反硝化速率的差异。由于缺氧柱的进水是经过好氧生物砂滤柱处理的城市二级处理出水,可

生化性较差,能被微生物利用的有机物量极少。为保证反硝化正常进行,需向反硝化柱中投加外加碳源,试验中选取甲醇作为外加碳源。外加碳源的投加量必须严格控制,如果外加碳源量过少,反硝化不彻底,总氮排放不能达标,如果外加碳源过多,有可能引起出水 COD_{Cr} 超标^[4-5]。启动期间,通过投加外加碳源甲醇控制 C/N 比在 5.0 左右。

O/A 两级生物砂滤池启动阶段缺氧柱进水 NO₃⁻-N 质量浓度变化情况及其去除情况如图 3 所示。

图3 二次启动期间缺氧柱对NO₃⁻-N的去除率Fig.3 Removal effect of anoxic filter for NO₃⁻-N during secondary start-up

从图 3 中可以看出,缺氧柱在初期对硝酸盐氮并没有明显的去除作用,这是因为在缺氧反应器启动的初始阶段,兼性细菌的反硝化能力有一定的滞后性,因为此时缺氧柱进水的 NO₃⁻-N 浓度很低。这主要是由于缺氧柱的进水 NO₃⁻-N 浓度受制于好氧柱的硝化性能。因此在好氧柱硝化性能提高的同时,缺氧柱进水的 NO₃⁻-N 负荷也在不断增大。由图 3 可以看出,在第 6d,缺氧柱的反硝化能力进入了一个快速提高的过程,这说明在第 6d 后反硝化菌增殖较快,随即在第 8d,缺氧柱对 NO₃⁻-N 的去除效果趋于稳定,NO₃⁻-N 去除率达到 30% 以上。同时此后进水硝酸盐浓度与出水硝酸盐浓度表现出了良好的相关性,对 NO₃⁻-N 的去除率受浓度变化影响较小,这说明缺氧柱内反硝化菌数量的净增殖已基本停滞,反硝化微生态结构已较为稳定,可认定此时启动成功。

3 C/N 比对脱氮除碳效果的影响

3.1 C/N 比对脱氮效果的影响

本试验通过改变甲醇投加量,使缺氧柱分别在 C/N 比为 3.0, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 的条件下运行,

每个工况下稳定运行 5d。缺氧柱在不同 C/N 比条件下对 TN 的去除效果如图 4 所示。

由图 4 可以看出,当缺氧柱进水的 C/N 比从 3.0 增加到 5.0 时, TN 的去除率从 10% 左右提高到 30% 以上,这说明碳源不足是缺氧柱反硝化脱氮效果较差的主要原因。一般来说,理论上达到完全反硝化所需的 C/N 比为 3~4,但在实际工程中该值会受到多种因素的影响,如原水水质、生物膜的生长状态及操作条件(温度、水力负荷、溶解氧浓度)等^[6-7]。本试验中由于缺氧柱进水是经过好氧生物砂滤柱处理的城市二级处理出水,可生化性较差,能被微生物利用的有机物量极少,因此,为达到较好的反硝化效果需要投加外碳源以提高 C/N 比。

当 C/N 比从 5.0 继续增加时, TN 去除率提高缓慢。这可能是由于此时缺氧柱进水中的碳源充足,有机碳源已经不是生物反硝化脱氮的限制性因素。同时,过高的 C/N 比会导致系统出水的 COD_{Cr} 超标。因此,综合考虑确定 O/A 两级生物砂滤工艺的最佳 C/N 比为 5.0。

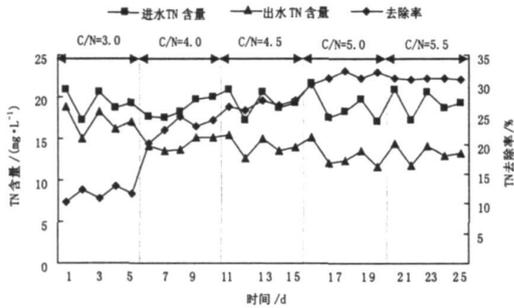


图4 缺氧柱在不同C/N比条件下对TN的去除率

Fig.4 Removal effect of anoxic filter for TN with different C/N ratio

3.2 C/N 比对 O/A 生物砂滤工艺除碳效果的影响

本试验也考察了 C/N 比生物砂滤柱除碳效果的影响,缺氧柱在不同 C/N 比条件下对 COD_{Cr} 的去除效果如图 5 所示。

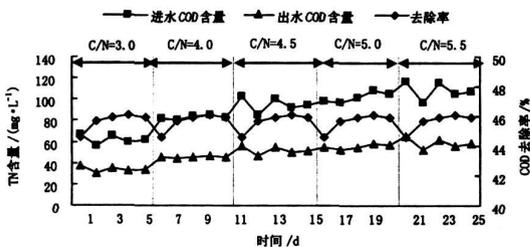


图5 缺氧柱在不同碳氮比下对COD_{Cr}的去除率

Fig.5 Removal effect of anoxic filter for COD_{Cr} with different C/N ratio

由图 5 可知,当 C/N 比在 3.0~5.5 之间变化时,尽管进水 COD_{Cr} 浓度变化较大,但 O/A 两级生物砂滤工艺对 COD_{Cr} 的处理效果良好,且保持稳定,对 COD_{Cr} 的去除率稳定在 45% 左右,出水 COD_{Cr} 平均浓度为 48.5mg/L。可见 C/N 比对 O/A 两级生物砂滤工艺的除碳效果无明显影响,说明该处理系统具有一定的耐有机负荷冲击能力和水质适应能力。

4 结论

1) O/A 两级生物砂滤工艺可间断运行,该工艺的二次启动迅速,通水运行后,经过 8 d 的时间即可恢复正常。

2) C/N 比对该工艺的后置反硝化效果影响明显,当 C/N 比为 5.0 时,系统的脱氮效果最好, TN 平均去除率稳定在 30% 以上。同时,该工艺对 COD_{Cr} 和 NH₄⁺-N 也具有较好的去除效果,平均去除率分别达到 45% 和 65% 以上,出水 TN、COD_{Cr} 和 NH₄⁺-N 均能满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级 A 标准的要求。

3) C/N 比对该工艺的除碳效果无明显影响,这说明该工艺具有一定的耐有机负荷冲击能力和水质适应能力。

参考文献:

- [1] 傅金祥,李微,刘首永,等. O/A 式曝气生物滤池挂膜启动试验[J]. 沈阳建筑大学学报, 2008, 24 (5): 828- 831.
- [2] 周碧波,操家顺,徐哲明. 反硝化生物滤池的挂膜与启动[J]. 环境科技, 2009, 22 (3): 5- 7.
- [3] 陆宇骏. A/O 生物滤池快速启动的试验研究[J]. 山西建筑, 2009, 35 (22): 188- 189.
- [4] 李思敏,唐锋兵,杨旭东. 生物砂滤池对城市二级出水中氨氮的去除效果研究[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2008, 25 (4): 45- 49.
- [5] 董平,矫健,张鑫. 碱性过硫酸钾-水扬酸法测定脱水污泥总氮[J]. 黑龙江科技学院学报, 2009, 19(4): 258- 261.
- [6] AESOY A, QDEGAARD H. Denitrification in a packed bed biofilm reactor (biofor) - experiments with different carbon sources [J]. Water Res, 1998, 32 (5): 1463- 1470.
- [7] 李思敏,王俊,宋晓娟. 不同混凝剂除磷效果的研究[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2010, 27 (1): 32- 35.