

优化污水厂工艺参数强化处理阿特拉津的研究

马文成^{1,2} 陈志强^{1,*} 王晶慧^{1,2} 吕炳南^{1,2} 王 鹏^{1,2}

(1. 哈尔滨工业大学城市水资源与水环境国家重点实验室, 哈尔滨 150090)

2. 哈尔滨工业大学城市水资源开发利用(北方)国家工程研究中心, 哈尔滨 150090)

摘 要 研究了低浓度阿特拉津冲击对 A/O 工艺运行稳定性的影响, 并探索了通过优化工艺参数强化处理低浓度阿特拉津的可行性。结果表明, 和碳氧化活性相比, 阿特拉津对活性污泥系统硝化活性的抑制作用更强, 同时其代谢产生的氨氮又增加了系统负荷, 最终导致氨氮去除率维持在较低水平上。采用调整 A/O 工艺参数的方式, 可实现低浓度阿特拉津的强化处理, 最优运行参数为硝化液回流比 = 200%, 缺氧区/好氧区停留时间比 = 1:3。在该运行工况下, 目标污染物被高效去除, 系统运行稳定。

关键词 城市污水厂 A/O 工艺 强化处理 阿特拉津

中图分类号 X703 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2010)12-2745-05

Research on enhanced treatment of atrazine through optimizing technological parameters of sewage plant

Ma Wencheng^{1,2} Chen Zhiqiang^{1,2} Wang Jinghui^{1,2} Lv Bingnan^{1,2} Wang Peng^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

2. National Engineering Research Center of Urban Water Resources, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract The effect of low concentration atrazine impact on the running stability of A/O process was discussed in this paper. And the feasibility of enhancing the treatment of low concentration atrazine through optimizing operation parameters was also analyzed. Results showed that compared with the activity of carbon oxidation, atrazine showed much more strong inhibition to nitrification activity of activated sludge. Meanwhile, ammonia nitrogen produced by the metabolites of atrazine also increased system loading which leads to a low level of ammonia nitrogen removal rate. Treatment of low concentration atrazine could be enhanced through optimizing A/O operation parameters. The optimized reflux ratio of nitrate solution was 200%, and volumetric ratio of anaerobic section/aerobic section was 1:3. Under this running condition, the pollutants were efficiently removed and the system can steadily run.

Key words municipal wastewater treatment plant; A/O process; enhanced treatment; atrazine

近年来,随着工业经济的飞速发展,工业企业发生污染事故增多^[1-4],当污染发生在沿江区域时,因事故泄漏的化工原料或由火灾产生的污染物流入水体,将严重影响水体生态功能及下游城市取水安全。

为最大程度削减沿江污染事故带来的环境风险,针对以上问题,本文考虑利用易发生污染事故河流下游城市污水厂充分接纳泄漏的有毒污染物,并通过调整城市污水厂设计运行参数强化事故状态下污染物质的去除,使污染物得到截留和无害化。

本文以在我国城市污水处理厂中大量采用的 A/O 工艺为研究对象,以在世界范围内广泛应用的选择型除草剂阿特拉津为目标污染物^[5-6],研究了该污染物进入污水厂造成冲击时对 A/O 工艺中污泥

活性的影响,并提出低浓度冲击配合工艺优化的应急方式,探索了最优抗冲击负荷工艺参数。以期为城市污水处理厂应对突发污染事件提供决策参考和科学依据。

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(SQ2007AA06K141146); 国家水专项项目(2008ZX07207-005-03); 国家重点实验室课题(2008dk-05); 黑龙江省博士后经费资助(LHB-Z09201)

收稿日期: 2009-10-22 修订日期: 2009-11-11

作者简介: 马文成(1980~),男,讲师,主要从事污水处理理论与技术研究。E-mail: damah@163.com

* 通讯联系人, E-mail: czq0521@163.com

1 实验材料与方法

1.1 实验装置

实验室 A/O 工艺小试装置如图 1 所示。

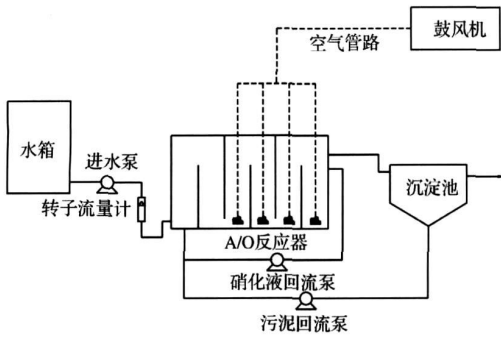


图 1 A/O 反应器装置图

Fig. 1 Schematic diagram of A/O reactor

反应器前 2 个隔室为缺氧段, 采用搅拌机搅拌; 后 4 个隔室为好氧段, 曝气量由转子流量计控制; A/O 工艺出水混合液进入沉淀池进行泥水分离后外排; 工艺同时设置污泥回流和硝化液回流系统; 运行条件控制在好氧区 $DO = 3.0\text{ mg/L}$, 缺氧区 $DO < 0.5\text{ mg/L}$, 缺氧区/好氧区水力停留时间比为 1:2, 硝化液回流比 120%。

1.2 分析项目及方法

实验中水质指标测定均按照国家环境保护局发布的标准方法进行^[7]。其中阿特拉津采用对氨基苯乙酮分光光度法进行测定。

2 结果与分析

A/O 工艺进水量 0.5 L/h 启动 30 d 后达到运行稳定的状态, 此时的水质情况为: 进水 $COD = 350\text{ mg/L}$ 左右, 氨氮 35 mg/L 左右; 出水 $COD = 20\text{ mg/L}$ 左右, 氨氮在 3 mg/L 以下, COD 去除率在 90% ~ 95% 之间, 氨氮去除率在 90% 左右。而后, 分别考察低浓度阿特拉津对系统的冲击作用。

2.1 阿特拉津冲击对系统稳定运行造成的影响分析

由图 2 图 3 和图 4 可以看出, 当浓度为 5 mg/L 阿特拉津冲击 A/O 系统时, COD 去除率由原来的 95% 迅速下降到 70%, 氨氮去除率由 90% 降到 49%。

同时, 从图 3 和图 4 中可以看出, 活性污泥系统对不同污染物去除的恢复速度存在一定差异, 在冲击的 2 d 后活性污泥的碳氧化活性有所恢复, 并在

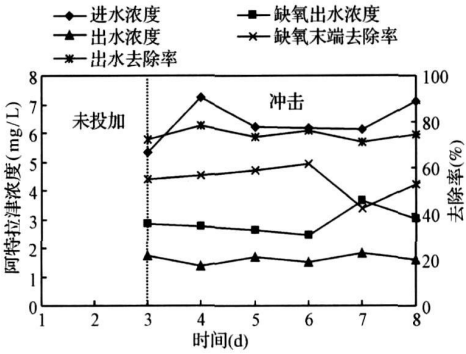


图 2 阿特拉津浓度为 5 mg/L 时工艺对阿特拉津的去除效果

Fig. 2 Removal effect of atrazine under atrazine concentration of 5 mg/L

短时间内上升至 89% 左右; 但硝化活性仍处于被抑制状态, 氨氮去除率为 74% 左右, 并持续维持在较低水平, 此时的各项出水指标仍可以达到一级排放标准。

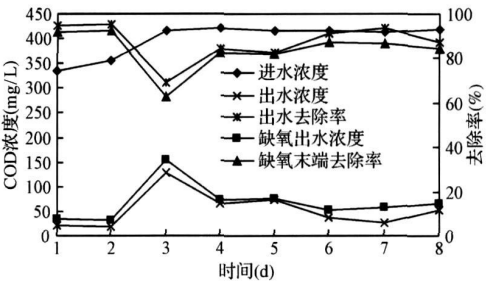


图 3 阿拉津浓度为 5 mg/L 时工艺 COD 去除率变化

Fig. 3 Changes of COD removal rate under atrazine concentration of 5 mg/L

分析原因认为, 尽管阿特拉津冲击会对系统的碳氧化活性有一定抑制作用, 但在短时间内即可恢复; 然而对硝化作用的抑制是长期持久的, 此外, 系

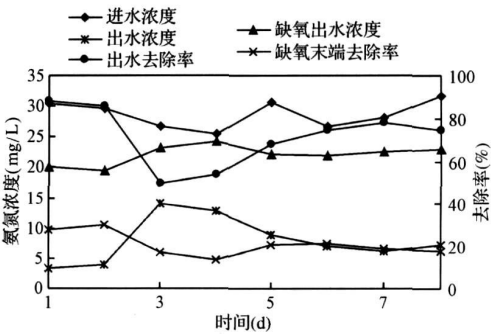


图 4 阿特拉津浓度为 5 mg/L 时工艺氨氮去除率变化

Fig. 4 Changes of NH_3-N removal rate under atrazine concentration of 5 mg/L

统对阿特拉津的高效降解(去除率 76% 左右), 也造成了水中氨氮浓度升高, 进而增加了系统氨氮负荷, 最终导致氨氮去除率维持在较低水平上。

图 5~ 图 7 表示了当浓度为 10 mg/L 阿特拉津冲击 A/O 系统时, 目标污染物的去除率变化情况。

从图中可以看出, 随着阿特拉津浓度的增高, 冲击对活性污泥系统的抑制作用明显增加, COD 去除率迅速下降至 66%, 氨氮去除率降至 45%。而后, 随着运行时间延长, 目标污染物去除率逐渐恢复, 稳定后 COD 的去除率维持在 86% 左右, 氨氮去除率维持在 69% 左右, 阿特拉津去除率维持在 70% 左右。但此时, 工艺的各项出水指标已经不能达到一级排放标准, 由此可见在不改变工艺运行参数条件下, 10 mg/L 阿特拉津的对系统的冲击抑制作用仅依靠系统自身的缓冲能力是远远不够的。

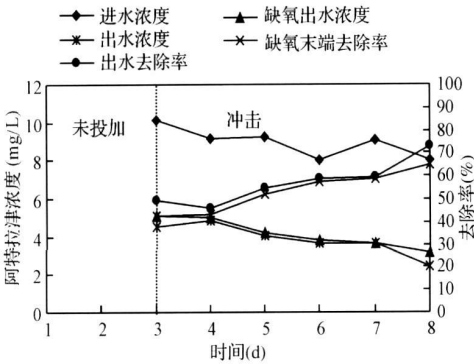


图 5 阿特拉津浓度为 10 mg/L 时工艺对阿特拉津的去除效果

Fig. 5 Removal effect of atrazine under atrazine concentration of 10 mg/L

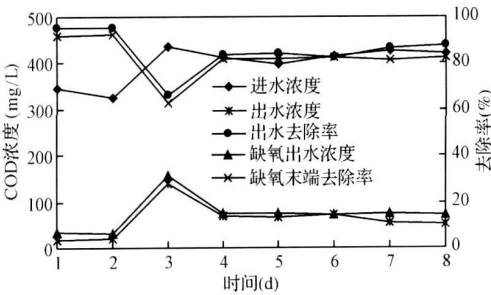


图 6 阿特拉津浓度为 10 mg/L 时工艺 COD 去除率变化

Fig. 6 Changes of COD removal rate under atrazine concentration of 10 mg/L

2.2 不同硝化液回流比条件下系统抗冲击能力分析

该实验阶段进水 COD = 400 ~ 450 mg/L 之间,

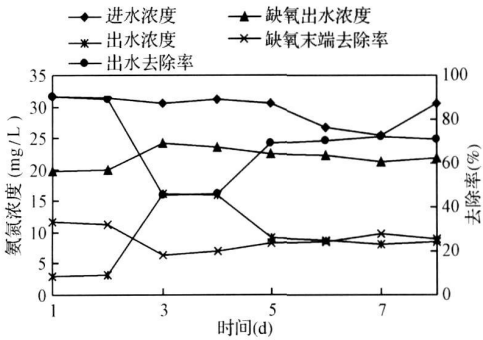


图 7 阿特拉津浓度为 10 mg/L 时工艺氨氮去除率变化

Fig. 7 Changes of $\text{NH}_3\text{-N}$ removal rate under atrazine concentration of 10 mg/L

氨氮在 30~ 40 mg/L 之间, pH 值 6.5~ 7.5 考察硝化液回流比分别为 150%、200% 和 250% 时, 系统中目标污染物的去除效果。实验结果如图 8 ~ 10 所示。

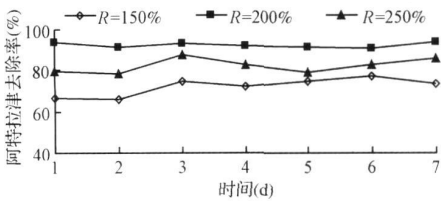


图 8 不同回流比条件下工艺阿特拉津去除率变化

Fig. 8 Changes of atrazine removal rate under different reflux ratios

由图 8 可知, 硝化液回流比为 150% 时, 阿特拉津去除率在 74% 左右, 此时出水浓度 1.3 mg/L 左右; 当回流比调整至 200% 时, 阿特拉津去除率迅速上升至 90% 以上, 出水浓度稳定在 0.68 mg/L 以下; 当回流比调增至 250% 时, 去除率略有下降, 维持在 86% 左右, 阿特拉津出水浓度在 1.3 mg/L 左右。

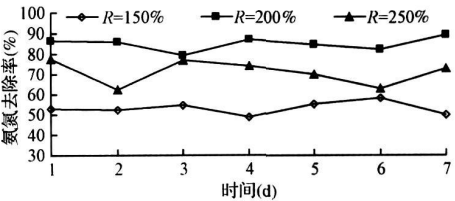


图 9 不同回流比条件下工艺氨氮去除率变化

Fig. 9 Changes of $\text{NH}_3\text{-N}$ removal rate under different reflux ratios

由图 9 可知, 硝化液回流比为 150% 时, 氨氮去

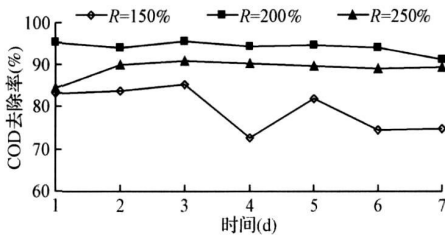


图 10 不同回流比条件下工艺 COD 去除率变化
Fig. 10 Changes of COD removal rate under different reflux ratios

除率在 50% ~ 60% 之间, 其出水浓度 15 mg/L 左右; 当回流比调整至 200% 时, 氨氮去除率在 55% ~ 70% 之间, 其出水浓度稳定在 10 mg/L 以下; 当回流比调整至 250% 时, 氨氮去除率没有显著增加, 维持在 62% ~ 75% 左右, 氨氮出水浓度在 7 mg/L 到 11 mg/L 之间。

由图 10 可知, 当硝化液回流比为 150% 时, COD 出水浓度在 70 ~ 110 mg/L 之间, COD 去除率在 75% ~ 85% 之间; 回流比为 200% 时, COD 出水在 30 mg/L 左右, COD 去除率稳定在 91% ~ 96% 之间; 回流比增大到 250% 时, COD 出水在 50 mg/L 左右, 去除率在 90% 附近。

分析原因认为, 阿特拉津的生物降解最终产物为 H_2O 和 $NH_3^{[8]}$, 且阿特拉津的生物降解于污水处理过程中的脱氮过程息息相关, 因此氨氮去除率的升高有利于阿特拉津的降解。同时, 根据 A/O 生物脱氮工艺系统的理论脱氮率公式可知, 硝化液回流比对系统脱氮率有着明显的影响。当增大硝化液回流比时, 系统的脱氮率将增大, 水中氨氮的去除效果明显增强。而根据上述阿特拉津的生物降解与氨氮的去除的正相关性可知, 氨氮被高效去除时, 阿特拉津的生物降解效果也会更好。因此, 增大硝化液回流比可有效强化系统阿特拉津生物降解作用, 提高其去除效率。

另一方面, 尽管缺氧条件对于阿特拉津的水解是有促进作用, 可将其水解为小分子易降解有机物。但过度增大系统硝化液回流比, 会导致缺氧段溶解氧值增加, 破坏缺氧环境, 不利于阿特拉津的生物降解。以上两方面的共同作用, 使得回流比在 $R = 200\%$ 时目标污染物的去除效果最佳。

2.3 不同缺氧区/好氧区停留时间比条件下系统抗冲击能力分析

该实验阶段进水 COD = 400 ~ 450 mg/L 之间,

氨氮在 20 ~ 30 mg/L 之间, pH 值 6.5 ~ 7.5 硝化液回流比为 200%, 考察缺氧区/好氧区停留时间比分别为 1:2 1:3 时, 系统中目标污染物的去除效果。实验结果如图 11 ~ 图 13 所示。

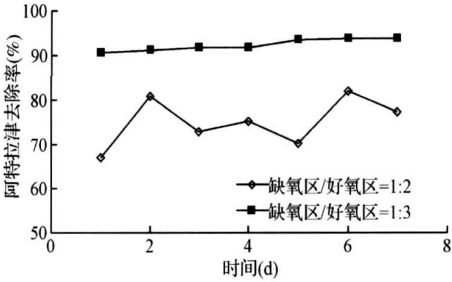


图 11 缺氧/好氧比例对阿特拉津去除影响
Fig. 11 Impact of anoxic/aerobic ratio on atrazine removal rate

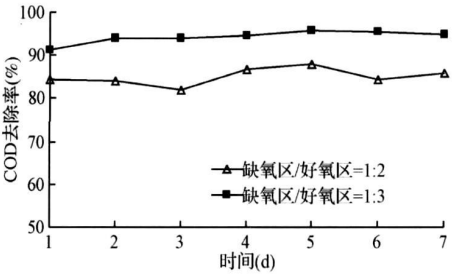


图 12 缺氧/好氧比例对 COD 去除影响
Fig. 12 Impact of anoxic/aerobic ratio on COD removal rate

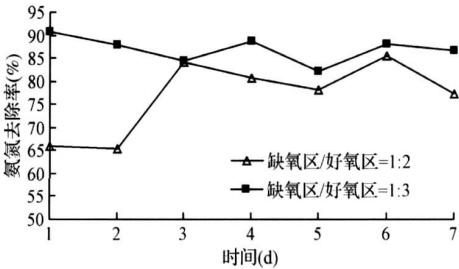


图 13 缺氧/好氧比例对氨氮去除影响
Fig. 13 Impact of anoxic/aerobic ratio on NH_3 -N removal rate

由图 11 ~ 图 13 可以看出, 缺氧区/好氧区停留时间比为 1:2 时 COD 去除率为 80% ~ 90%, 氨氮去除率为 65% ~ 85%, 阿特拉津去除率为 70% ~ 85%; 缺氧区/好氧区停留时间比为 1:3 时 COD 去除率为 90% ~ 95%, 氨氮去除率为 82% ~ 90%, 阿特拉津去除率为 90% ~ 95%。分析原因认为, 适宜的缺氧停留时间有利于难降解物质的分解代谢, 因

此增加缺氧停留时间可在一定程度上使缺氧末端阿特拉津浓度有效降低, 进而减轻其对于活性污泥的碳氧化活性和硝化活性得抑制作用。而较长的好氧停留时间, 则更有利于易降解有机物的去除, 降低出水 COD 浓度, 同时也有利于 A /O 系统脱氮作用, 使系统中氨氮浓度降低。综上, 缺氧区 /好氧区停留时间比为 1: 3 时目标污染物的去除效果最佳。

2. 4 最优运行参数条件下物料平衡分析

由上述实验结果可知, A /O 工艺在回流比 $R = 200\%$, 缺氧区 /好氧区停留时间比为 1: 3 时处理效果最好, 出水阿特拉津浓度最小, 且其他去除作用也在可接受范围。下面对目标污染物去除效果进行分析。

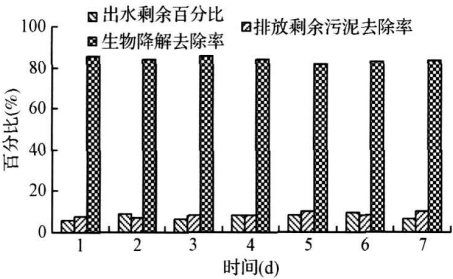


图 14 物料平衡图
Fig. 14 Diagram of material balance

在最优运行参数条件下, 即 $R = 200\%$, 缺氧区 /好氧区停留时间比为 1: 3 通过物料平衡确定阿特拉津降解过程中的各部分去除率, 如图 14 所示。阿特拉津平均进水浓度为 6.35 mg/L, 缺氧末端阿特拉津去除率为 66% ~ 86% 之间, 阿特拉津总去除率为 90.5% ~ 93.7%, 其中 82% ~ 85% 阿特拉津为微生物降解去除; 7% ~ 10% 是由排放剩余污泥去除; 出水阿特拉津浓度在 0.4~ 0.7 mg/L 之间, 其比例约为 6% ~ 8% 左右。由此可见, 采用调整 A /O 工艺参数的方式, 可实现低浓度阿拉特津的强化处理, 进而为应对该污染物突发污染事件提供决策参考和科学依据。

3 结 论

(1) 发生低浓度冲击时, 阿特拉津会对系统的碳氧化活性有一定抑制作用, 但在短时间内即可恢复; 然而对硝化作用的抑制是长期持久的。系统对阿特拉津的降解造成了水中氨氮浓度升高, 进而增加了系统氨氮负荷, 最终导致氨氮去除率维持在较低水平上, 使出水指标难以达到排放标准。

(2) 采用调整 A /O 工艺参数的方式, 可实现低浓度阿拉特津的强化处理, 实验测定的最优运行参数为 $R = 200\%$, 缺氧区 /好氧区停留时间比 = 1: 3, 在该运行工况下, 目标污染物被高效去除, 系统运行稳定, 这为应对该污染物突发污染事件提供一条新的思路。

参 考 文 献

[1] 国家环保总局. 全国环境统计公报. [http // www. mep gov. cn / zwgk / hj bj /](http://www.mep.gov.cn/zwgk/hjbj/), 2005

[2] 肖勇泉, 齐燕红. 突发环境事件应急处置中的监测支持. 环境监测管理与技术, 2005, 17(2): 20-22

[3] 国务院. 国家安全生产事故灾难应急预案. [http // www. gov. cn / yjgl / 2006-01 / 23 / content_21262. htm](http://www.gov.cn/yjgl/2006-01/23/content_21262.htm). 2006

[4] OECD. OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention Preparedness and Response Paris OECD Publication, 2003

[5] UNEP. APPELL-A Process for Responding to Technological Accidents United Nations Publication, 1998

[6] 赵立军, 马放, 刘俊良, 等. 环境事故对污水处理厂运行的影响及对策. 中国给水排水 2006, 22(14): 96-99

[7] 刘爱菊, 朱鲁生, 王军, 等. 除草剂阿特拉津的环境毒理研究进展. 土壤与环境, 2002, 11(4): 405-408

[8] 蔡宝立, 黄今勇. 除草剂阿特拉津生物降解研究进展. 生物工程进展, 1999, 19(3): 7-11