



推荐阅读:

[广西城市污水处理厂污泥产生及处置现状分析](#)

[平顶山市煤矿区土壤重金属污染程度评价](#)

[基于灰色关联分析法的宜昌市空气质量影响因素分析](#)

[废旧锂离子电池流向及管理现状调研](#)

[生物法处理气态污染物的研究现状与应用前景](#)

[环境敏感区农村生活污水处理工艺设计案例分析](#)

[氨法脱硫+低温 SCR 脱硝工艺在焦炉烟气净化中的应用](#)

[反渗透双膜工艺处理印染废水研究进展](#)

[重金属污染土壤修复技术研究进展](#)

[基于 SARIMA 模型的二氧化氮时间序列预测研究](#)

[碳基功能材料在土壤修复中的应用](#)

[虾蟹壳对水中刚果红吸附性能的研究](#)

[农村生活垃圾生物质热解和燃烧气相数值模拟](#)

[基于灰色 GM\(1, 1\)模型的成都市大气污染物浓度预测](#)

[江苏省非道路移动源大气污染排放清单研究](#)

[欧盟 15 国污水污泥产生量与处理处置方法对比](#)

[基于 Hydrus-1D 的粉煤灰堆场 Cr\(VI\) 在包气带中迁移规律的研究](#)

[工业废水活性炭深度处理的研究](#)



移动扫码阅读

刘伟,贾洪,张树奎. 鲁岗污水处理厂脱氮效果及氮素污染物转化特征分析[J]. 能源环境保护, 2020, 34(4): 33-38.

LIU Wei, JIA Hong, ZHANG Shukui. Analysis on denitrification effect and nitrogen pollutant conversion characteristics in the Lugang sewage treatment plant[J]. Energy Environmental Protection, 2020, 34(4): 33-38.

鲁岗污水处理厂脱氮效果及氮素污染物转化特征分析

刘伟, 贾洪, 张树奎

(保定市排水总公司鲁岗污水处理厂, 河北保定 071000)

摘要:以鲁岗污水处理厂为例,分析了城镇污水处理厂主要处理单元的脱氮效果及氮素污染物转化特征。结果表明:在 A^2/O 工艺中,厌氧段、缺氧段的总氮去除率分别为21%和38%,好氧段对氨氮的平均去除率为92%,厌氧段对硝酸盐氮的平均去除率为63%; A^2/O 工艺出水总氮、氨氮、硝酸盐氮浓度可分别降至13.6 mg/L、0.4 mg/L和12.6 mg/L,氨氮和总氮去除率高达99%和82%。

关键词: A^2/O ; 污水处理厂; 氮形态

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2020)04-0033-06

Analysis on denitrification effect and nitrogen pollutant conversion characteristics in the Lugang sewage treatment plant

LIU Wei, JIA Hong, ZHANG Shukui

(Baoding Municipal Drainage Company Lu Gang Sewage Treatment Plant, Baoding 071000, China)

Abstract: Taking the Lugang sewage treatment plant as an example, the nitrogen removal efficiency and nitrogen pollutant conversion characteristics of main treatment units in an urban sewage treatment plant were analyzed. The results show that for the A^2/O process, the total nitrogen removal rates in the anaerobic and anoxic units are 21% and 38%, respectively. The average removal rate of ammonia nitrogen in the aerobic unit is 92%. The average removal rate of nitrate nitrogen in the anaerobic unit is 63%. The concentration of total nitrogen, ammonia nitrogen and nitrate nitrogen in the effluent treated by A^2/O process can be reduced to 13.6 mg/L, 0.4 mg/L and 12.6 mg/L, respectively. The removal rates of ammonia nitrogen and total nitrogen are as high as 99% and 82%, respectively.

Key Words: A^2/O ; Sewage wastewater; Nitrogen forms

0 引言

目前,随着我国环保政策日趋严格,大部分城镇污水处理厂出水总氮排放标准提高,我国污水处理厂常采用 A^2/O 工艺及倒置 A^2/O 工艺、改良 A^2/O 工艺等进行污水生物处理,但 A^2/O 工艺受碳源竞争、硝酸盐以及泥龄等因素制约,在实际运行中很难达到高效的同步脱氮除磷效果^[1-6]。研究人员针对污水处理工艺和系统操作参数进行大

量的研究并进行了改进与优化,研究发现污泥回流比、混合液回流比、进水水质、温度等因素对脱氮效果产生重要影响^[7-8],但脱氮效率低、效果不稳定等仍是很多污水处理厂面临的难题。

因此,本文以鲁岗污水处理厂实际运行过程为研究对象,针对不同形态氮类营养物在城市污水处理系统中迁移转化规律,采用实际运行与理论分析相结合的方式,通过现场监测研究不同工艺段氮素污染物含量以及不同形态氮素污染物在

污水处理各系统中的转换规律,总结污水厂运行控制条件和影响因素,为污水处理厂运行关键参数运行提供理论指导。

1 研究对象及检测方法

1.1 污水处理厂概况

试验选取鲁岗污水处理厂作为研究对象,水厂处理水量为 1 500 m³/h,污水处理厂工艺图如图 1 所示,主体生物处理工艺采用 A²/O 工艺,出水水质执行 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。本研究开展为期 2 个月,研究分析总氮在 A²/O 工艺各部位变化规律,寻找运行关键因素。

鲁岗污水处理厂设计进水水质及实际进

水质如表 1 中所示,实际进水水质远高于设计进水水质,其中 COD_{Cr} 在 500~1 500 mg/L、BOD₅ 在 170~500 mg/L 之间, TN 在 50~100 mg/L 之间。污水厂初沉池出水 C/N 年均值为 2.84,需投加醋酸钠等补充碳源不足。此外初沉池、厌氧池、缺氧池、好氧池、以及二沉池的 HRT 分别为 6.6、3.0、7.6、14.0 和 10.4 h,生化段水力停留时间约为 24.8 h。回流污泥混合进入厌氧池,将污泥中硝酸盐进行反硝化,另外部分硝化液混合液从好氧池末端廊道回流至缺氧池。好氧池采用鼓风曝气方式,水温在 15 ℃ 左右,末端 DO 可维持在 4 mg/L 左右,缺氧池 DO 维持在 0.5 mg/L 以下,厌氧池 DO 维持在 0.2 mg/L 以下,污水处理厂运行时正常添加醋酸钠和 PAC 等药剂。

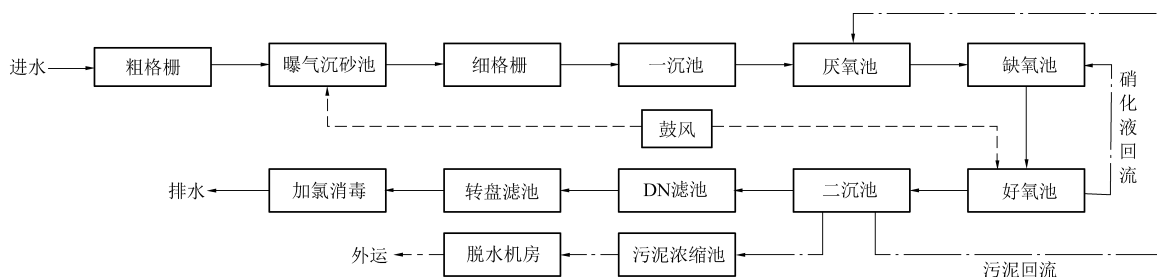


图 1 鲁岗污水处理厂工艺流程图

表 1 鲁岗污水处理厂进出水水质指标

项 目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	TP
设计进水水质	500	170	160	50	6
设计出水水质	<50	<10	<10	<15	<0.5
实际进水水质	500~1 500	170~500	200~500	50~100	6~18

1.2 检测方法

主要水质检测指标与方法如下:氨氮(NH₄⁺-N):纳氏试剂光度法(HJ 535—2009);总氮(TN):过硫酸钾氧化紫外分光光度法(GB11894—89);硝酸盐氮(NO₃⁻-N):紫外分光光度法(HJ-T346—2007);亚硝酸盐氮(NO₂⁻-N):N-(1-萘基)-乙二胺光度法(GB7493—87);COD:重铬酸钾法(GB11914—89);溶解氧:在线检测溶解氧仪(HACH)。

2 结果与讨论

2.1 进水、出水及初沉池出水氮素污染物分析

2.1.1 进水氮素污染物分析

污水处理厂进水中的氮污染物主要由有机氮、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮组成。如图 2 所示,由于进水中亚硝酸盐氮平均值为 0.16 mg/L,亚硝酸盐氮一般可以忽略不计,故进水中的氮污

染物主要是有机氮、氨氮、硝酸盐氮。其中总氮平均浓度为 62 mg/L,氨氮平均浓度为 34 mg/L,硝酸盐氮含量平均值为 5.2 mg/L,总氮远远大于硝酸盐氮、氨氮之和,这是由于进水中含有大量有机氮(包括颗粒态有机氮和溶解态有机氮),当进水含有大量悬浮物时,污水中颗粒态有机氮含量较高的缘故。

2.1.2 初沉池出水氮素污染物分析

由于污水厂一级处理对氮类污染物是有一定的去除作用的,在曝气沉砂池及初沉池运行良好时,初沉池出水中悬浮物较少,大部分颗粒态有机氮可以在中被去除,剩余部分溶解态有机氮。如图 3 中所示,初沉池出水中总氮平均浓度为 37.2 mg/L,氨氮平均浓度为 31.5 mg/L,硝酸盐氮平均浓度为 4.0 mg/L,亚硝酸盐氮含量很低,平均浓度约为 0.2 mg/L 左右。

2.1.3 总排口出水氮素污染物分析

由于氮类污染物在经过初沉池及生物池处理,颗粒态有机氮被有效去除,溶解态有机氮的去除主要发生在 A^2/O 生物处理工艺中,首先大分子结构的有机氮被厌氧微生物降解小分子结构,然后通过氨化作用转化为氨氮,最终通过硝化与反

硝化作用被去除。如图4所示,出水中亚硝酸盐氮和有机氮含量极低;出水由于经过二沉池沉淀、滤池以及加氯消毒等工序再处理,氨氮浓度在 0.4 mg/L 左右,硝酸盐氮浓度在 12.6 mg/L 左右,出水TN平均值为 13.6 mg/L ,硝酸盐氮含量占总氮的93%左右,出水中总氮以硝酸盐氮为主。

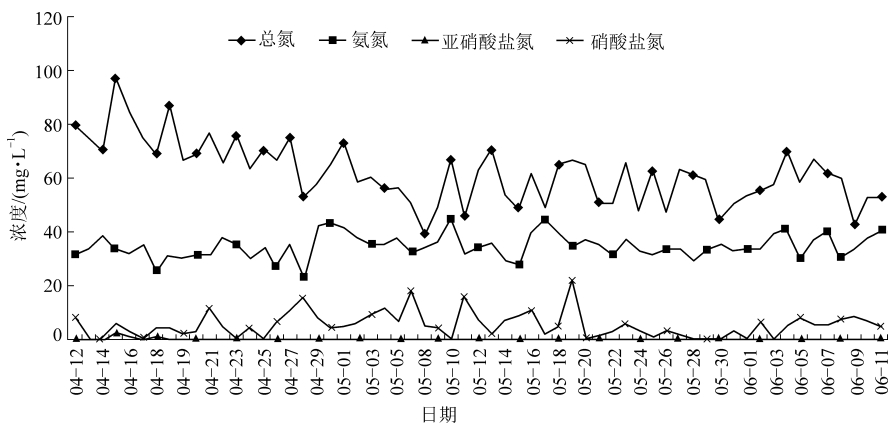


图2 进水氮素污染物浓度分析

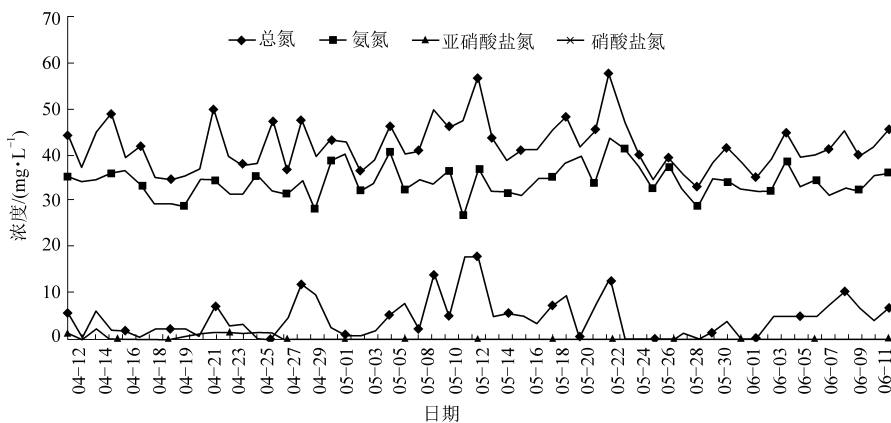


图3 初沉池出水氮素污染物浓度分析

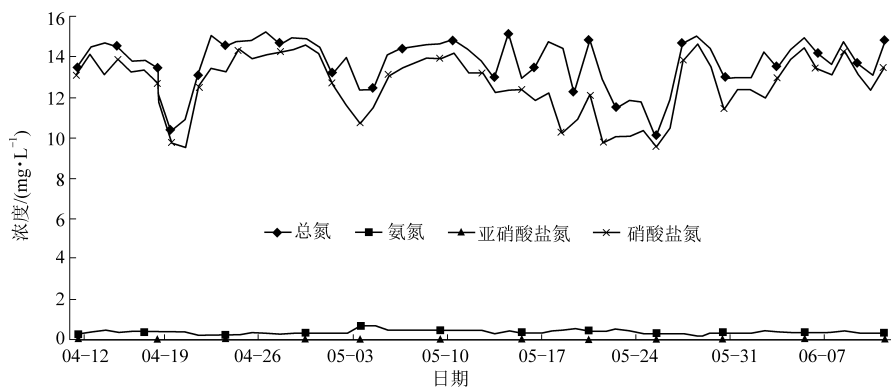


图4 出水氮素污染物浓度分析

2.2 氮类污染物变化情况

2.2.1 总氮变化情况

进水中总氮浓度在 $50\sim 120\text{ mg/L}$ 之间波动,进水TN浓度约为 75 mg/L ;初次沉淀池可以去除一定氮类污染物,该污水处理厂初沉池出水TN平

均浓度为 43 mg/L ,总氮平均去除率可达到49%,因此初沉池运行良好时,可以减少氮类污染物对后续生物处理负荷的波动影响;同时,在不考虑污泥区来水的影响时,污水处理厂进水和生物系统进水中的氮负荷不同,一般鲁岗污水处理厂进水

的总氮浓度是生物系统进水总氮浓度的 1.5 ~ 2.0 倍,与其它城市污水处理厂氮类污染物分析结果基本一致^[9-10];总氮在厌氧段和缺氧段由于反硝化和回流稀释而减少,厌氧段出水和缺氧段出水中 TN 平均浓度分别为 21.8 mg/L、13.5 mg/L,各段总氮去除率分别为 21% 及 38%;但总氮在缺氧段出水、好氧段出水、二沉池出水中含量基本不发生变化,说明总氮的去除由厌氧段和缺氧段的反硝化反应来完成,出水 TN 一般平均值在 13.2 mg/L, TN 总去除率为 82%。

2.2.2 氨氮变化情况

如图 6 所示,该段污水处理厂进水中氨氮平均浓度为 36.7 mg/L,初沉池出水中氨氮平均浓度为 36.5 mg/L,经过一级处理工艺后,氨氮浓度仅减少了 0.2 mg/L,几乎没有发生变化。这是由于污水经过曝气沉砂池和初沉池处理后,污水中溶解性有机氮(DON)通过氨化作用产生新的氨氮,

略微提升了氨氮浓度,同时氨氮浓度也可能由于硝化作用、氨挥发作用或者吸附在颗粒物表面随着颗粒物去除而减小^[11-12]。在二级生物处理中影响氨氮含量变化的因素有氨化作用、回流液稀释作用、同化作用、活性污泥解吸和硝化作用^[12-13]。在厌氧池和缺氧池引起氨氮减小的主要原因是回流液稀释作用,污水中氨氮在经过厌氧池后由 36.5 mg/L 降至 23.6 mg/L,去除量为 12.9 mg/L,平均去除率为 35%,同时污水中的 DON 进一步氨化作用转化为氨氮。在经过缺氧池后,氨氮平均浓度由 12.9 mg/L 降至 7.1 mg/L,氨氮去除量为 5.8 mg/L,平均去除率为 45%。在好氧池中氨氮则被硝化细菌转化为硝酸盐氮,由于硝化作用使氨氮平均浓度由 7.1 mg/L 降至 0.6 mg/L,平均去除率为 92%。经过过滤及消毒处理后最终出水中氨氮含量为 0.3 mg/L 左右,则氨氮总去除率为 99% 以上。

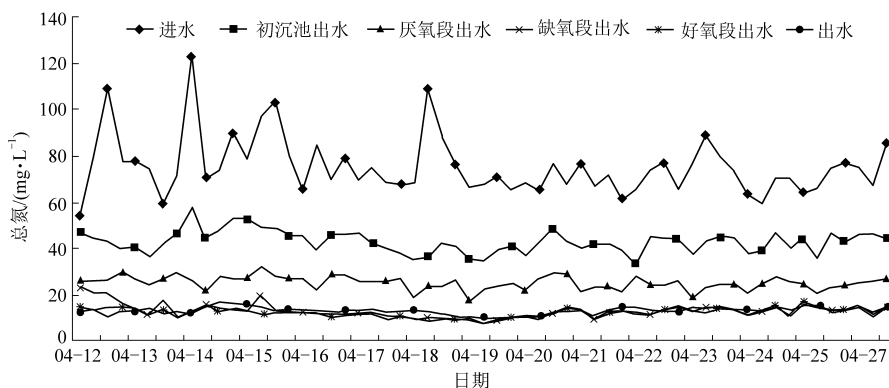


图 5 各工艺段出水总氮变化情况

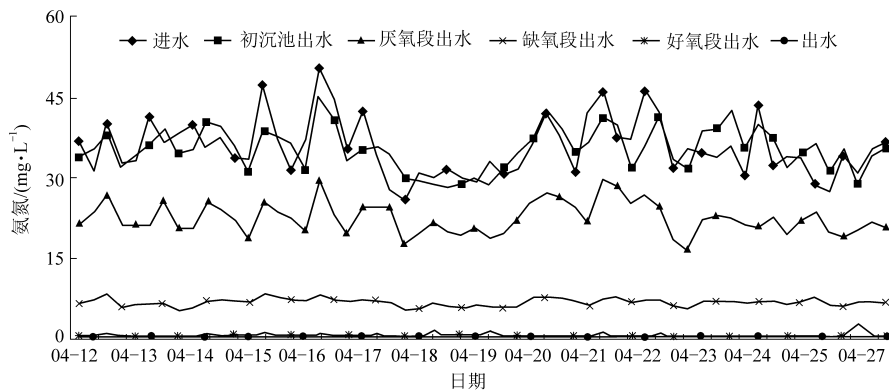


图 6 各工艺段出水氨氮变化情况

2.2.3 硝酸盐氮变化情况

一般生活污水基本不含硝酸盐氮,但由于外部企业排放因素,具备混合城市污水高氨氮、低有机物特点,污水厂进水有硝酸盐氮升高的可能^[13]。如图 7 所示,受本地区工业水排放的影响,该厂进水中硝酸盐氮平均浓度为 4.2 mg/L,初

沉池出水中硝酸盐氮平均浓度为 2.3 mg/L,与进水相比 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度降低了 1.9 mg/L,这是由于污水在经过一级处理后,污水中硝酸盐氮通过吸附在固态颗粒表面被去除,同时初沉池有回流厌氧段的活性污泥,初沉池底部 $\text{DO} < 0.2 \text{ mg/L}$,存在反硝化反应进行,因此硝酸盐氮浓度降低;在厌氧池

内由于反硝化细菌将混合液中的硝酸盐氮转化为氮气,厌氧池出水中硝酸盐氮含量很低,平均浓度仅为0.86 mg/L,较初沉池出水降低了1.44 mg/L,平均去除率为63%,可能由于碳源不足,使反硝化进行不彻底所致,需要提高外加碳源量;缺氧池出水中硝酸盐氮浓度为4.6 mg/L,由于外回流溶液中含有大量的硝酸盐氮,导致混合液硝酸盐氮浓度升高,增加了3.74 mg/L。在经过缺氧池后,好氧池出水中硝酸盐氮值大幅度增加,平均浓度为11.4 mg/L,增加了6.8 mg/L,这主要是由于好氧池内的硝化细菌将氨氮转化为 NO_3^- 而使硝酸盐氮浓度大幅增加;出水中硝酸盐氮平均浓度为13.1 mg/L左右,略高于好氧段出水,可能在二沉

池仍有硝化反应进行。

2.2.4 亚硝酸盐氮变化情况

如图8所示,亚硝酸盐氮变化趋势波动较大,由于 NO_2^- 极其不稳定,亚硝酸盐氮在正常生活污水中含量较少。在进水和初沉池出水中有硝酸盐氮时,亚硝酸盐氮也有出现,经过初沉池后出水中亚硝酸盐氮略有降低;由于回流硝化液的稀释作用及池内微生物的反硝化作用,在厌氧池和缺氧池出水中亚硝酸盐氮出现大幅降低的情况,亚硝酸盐浓度均低于0.2 mg/L;经过好氧池处理后, NO_2^- 基本全部转化为 NO_3^- ,亚硝酸盐存在极微量,好氧池出水浓度低于0.05 mg/L,出水中亚硝酸盐含量基本可忽略不计。

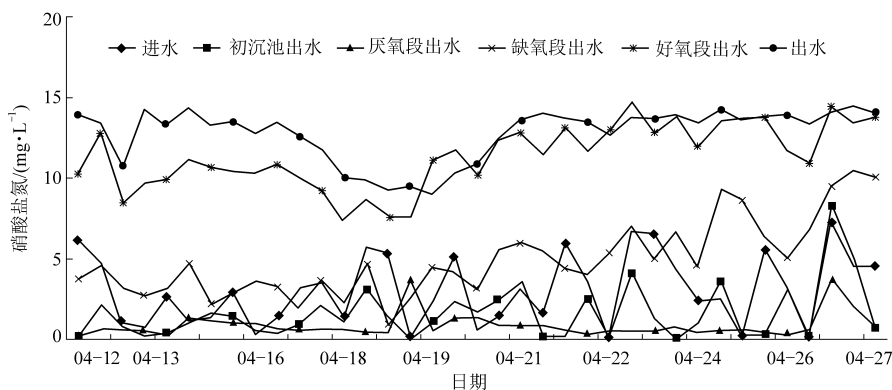


图7 各工艺段出水硝酸盐氮变化情况

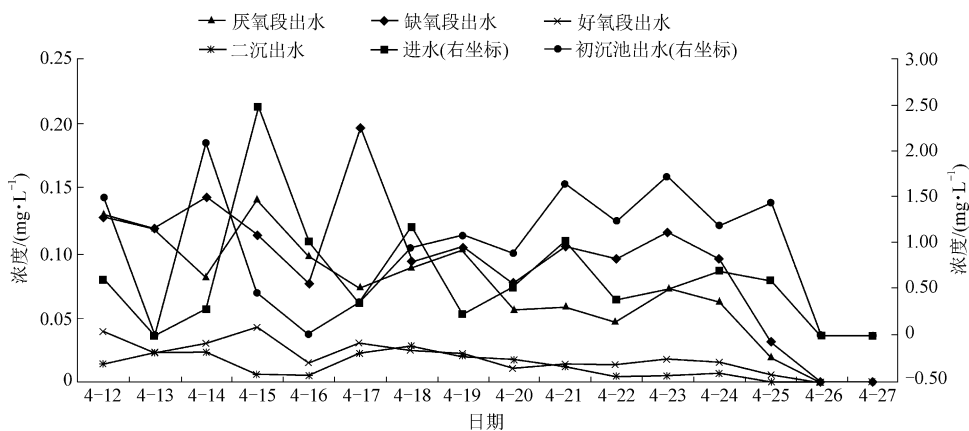


图8 各工艺段出水亚硝酸盐氮变化情况

3 结论

(1) 该污水处理厂在一级处理运行良好时,初沉池出水总氮平均浓度为43 mg/L,氨氮平均浓度为31.5 mg/L,硝酸盐氮平均浓度为4.0 mg/L,亚硝酸盐氮平均浓度约为0.2 mg/L左右(可忽略不计)。该过程中溶解态氮浓度含量变化很小,总氮平均去除率可达到49%。

(2) 在二级处理工艺中,总氮的去除主要由反

硝化反应在厌氧段、缺氧段去除,总氮去除率分别为21%及38%,后续工艺总氮含量基本不发生变化;氨氮的去除主要由硝化反应在好氧段去除,好氧段氨氮平均去除率为92%;一沉出水中的硝酸盐氮由厌氧段反硝化反应去除,平均去除率为63%;亚硝酸盐氮不稳定,在进水含量较少,在好氧段中由于硝化作用基本全部转化为硝酸盐氮,好氧段亚硝酸盐浓度低于0.05 mg/L。

(3) A^2/O 生物处理工艺处理下,出水总氮平

均值为 13.6 mg/L, 氨氮浓度在 0.4 mg/L 左右, 硝酸盐氮浓度在 12.6 mg/L 左右, 硝酸盐氮含量占总氮的 93% 左右, 亚硝酸盐氮和有机氮含量极低, 可忽略不计, 出水中总氮以硝酸盐氮为主, 氨氮总去除率为 99% 以上, 总氮总去除率为 82%。

参考文献

- [1] 聂海伦. 城市污水处理厂总氮处理效能的提升 [J]. 中国资源综合利用, 2019, 37 (11): 47-49.
- [2] 艾胜书, 张焕楠, 王帆, 等. 城镇污水厂提标改造中生物处理工艺的研究与应用 [J]. 环境生态学, 2019, 1 (8): 53-55+59.
- [3] 尚菊红, 宋美芹. 基于 MBBR 工艺的污水处理厂生物脱氮除磷特征 [J]. 中国给水排水, 2019, 35 (15): 100-105.
- [4] 徐宇峰, 王让, 唐锋兵, 等. 分配比对分段进水 A₂/O 工艺脱氮除磷的影响 [J]. 浙江大学学报 (工学版), 2018, 52 (4): 761-768.
- [5] 陈晨, 马根, 李艳. 北方地区污水厂改良 A²/O 工艺生化段提升总氮去除率的研究 [J]. 工业安全与环保, 2018, 44 (12): 91-93.
- [6] 刘秀红. SBR 法短程硝化过程的氮平衡分析 [J]. 中国给水排水, 2010, 26 (1): 83-86.
- [7] 高大文, 彭永臻, 潘威. SBR 法短程硝化-反硝化生物脱氮工艺的研究 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4 (6): 1-4.
- [8] 刘航航, 高健磊, 张肖静. A²/O² 工艺中的碳氮平衡分析 [J]. 河南科技, 2011 (3): 60-61.
- [9] 王中, 陈恒宝, 许立群, 等. 镇江市新区第二污水厂水质水量平衡分析研究 [J]. 四川环境, 2013, 32 (1): 16-20.
- [10] Hasti Farrokhzadeh, J. Patrick A. Hettiaratch, Poornima Jayasinghe, et al. Aerated biofilters with multiple-level air injection configurations to enhance biological treatment of methane emissions [J]. Bioresource Technology, 2017 (239): 219-225.
- [11] 蔡健明, 操家顺, 周碧波. 高效脱氮除磷耦合技术物料平衡系统的构建 [J]. 环境工程学报, 2013, 7 (10): 3844-3848.
- [12] 金鹏康, 宋利, 任武昂. 城市污水处理过程中不同形态氮类营养物的转化特性 [J]. 环境工程学报, 2015, 9 (9): 4193-4198.
- [13] 王晓玲, 宋铁红, 殷宝勇, 等. 利用主要缺氧段 ORP 作为连续流单污泥污水脱氮除磷系统调控参数 [J]. 环境科学, 2015, 36 (7): 2617-2625.