

杨大川, 黄治平, 郑宏艳, 等. CAST一体化设备处理农村生活污水工况研究[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(5): 575-583.

YANG Da-chuan, HUANG Zhi-ping, ZHENG Hong-yan, et al. Study on the operating condition of CAST integrated equipment for the treatment of rural domestic sewage[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2019, 36(5): 575-583.

CAST一体化设备处理农村生活污水工况研究

杨大川^{1,2}, 黄治平^{*}, 郑宏艳¹, 米长虹¹, 丁健¹

(1. 农业农村部环境保护科研监测所, 天津 300191; 2. 沈阳农业大学, 沈阳 110866)

摘要:为获取CAST(循环式活性污泥法)一体化设备处理农村生活污水的适宜运行参数,分别在5种工况下研究CAST一体化设备处理农村生活污水的色度、浊度、COD、TN、氨氮、TP和磷酸盐的去除效果。结果表明,该CAST一体化设备在以下运行工况参数:(1)温度25℃、容积负荷 $0.20\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $2.00\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、曝气2h;(2)温度25℃、容积负荷 $0.40\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、曝气2h,出水COD、TN和TP能达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准。在温度25℃、容积负荷 $0.60\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,延长曝气时间至2.5h,出水COD和TN可达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准,同时出水TP也可得到极大改善。5种工况下,浊度和色度均能被很好去除,但氨氮均不能达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准。根据农村污水处理对COD、TN和TP的排放要求,通过试验取得的运行参数能对小型CAST一体化设备在农村的应用提供指导。

关键词:CAST一体化设备;农村生活污水;运行参数;氮;磷;水质

中图分类号:X505

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2019)05-0575-09

doi: 10.13254/j.jare.2018.0142

Study on the operating condition of CAST integrated equipment for the treatment of rural domestic sewage

YANG Da-chuan^{1,2}, HUANG Zhi-ping^{1*}, ZHENG Hong-yan¹, MI Chang-hong¹, DING Jian¹

(1. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianjin 300191, China; 2. Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: To study the operating parameters of small CAST integrated equipment, which are suitable for the treatment of rural domestic sewage, the experiments were conducted and the treatment effect of chromaticity, turbidity, COD, TN, ammonia nitrogen, TP, and phosphate were studied under five test conditions, respectively. The following results were obtained: The COD, total nitrogen and total phosphorus in effluent could reach the criteria B of Grade I of Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant (GB 18918—2002) if the following operating conditions of the CAST integrated equipment were followed: (1) The temperature was 25℃, the volume load was $0.20\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$, the dissolved oxygen concentration was $2.00\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, and the aeration time was 2h; (2) The temperature was 25℃, the volume load was $0.40\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$, the dissolved oxygen concentration was $4.00\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, and the aeration time was 2h. At a temperature of 25℃, volume load of $0.60\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$, dissolved oxygen content of $4.00\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, and aeration time of 2.5h, the COD and TN of the effluent could reach the criteria B of Grade I of Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant (GB 18918—2002), and the TP of the effluent could be improved at the same time. In all the five experiments, chromaticity and turbidity were removed, but the ammonia nitrogen could not reach the criteria B of Grade I of Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant (GB 18918—2002). The operating parameters could provide guidance for the application of small CAST integrated equipment in rural areas.

Keywords: CAST integrated equipment; rural domestic sewage; operation parameters; nitrogen; phosphorus; water quality

收稿日期:2018-05-30 录用日期:2018-11-06

作者简介:杨大川(1990—),男,硕士研究生,主要从事农村污水处理与资源化研究。E-mail:1181619578@qq.com

*通信作者:黄治平 E-mail:bjhuangzp@126.com

基金项目:国家水专项巢湖课题(2013ZX07103-06)

Project supported: Project of National Water Issues Chaohu Special(2013ZX07103-06)

我国农村面源污染覆盖面积广、污染源分散,其中大部分农村的生活污水具有日变化系数大、氮磷含量高的特点^[1]。农村生活污水主要污染物为COD(化学需氧量)、SS(悬浮固体)、氮、磷以及致病微生物^[2]。污水总COD含量较高,可生化性较强。由于衣物洗涤水在农村污水中占比高,因此,农村污水氮磷浓度高于一般城镇污水^[3]。农村生活污水处理技术主要围绕这几种污染物的去除和再利用进行组合和创新。

农村生活污水根据污水收集方式分为集中处理和分散处理。由于村庄之间距离比较远,生活方式、经济水平以及村庄规模都有一定差别,各村庄生活污水污染物含量及排放规律也不尽相同。对于经济较落后的农村适宜采用污水分散式处理,大型村镇和经济实力较强的村庄可以考虑污水集中处理。我国农村生活污水受到地形地貌、水文、气候以及经济发展的影响,南北区域之间差异尤为明显,所以不同地区应该因地制宜地采用适合的污水处理技术,在污水处理方法上,分为自然处理系统和人工处理系统。当前比较成熟的农村生活污水自然处理技术包括埋地式污水处理、人工湿地、生物塘、沼气净化池等^[4]。我国南方一些农村多采用不同类型的农村分散式污水处理模式,通过生物、生态组合处理技术,对污染物实现生物降解,生态去除污水中的氮和磷^[5]。

在众多处理系统中,以活性污泥处理污水为核心的污水处理工艺具有TN(总氮)、TP(总磷)、COD去除率高的优点,加上格栅装置也可以有效去除SS,唯一的缺点是污泥产量低。污泥产量低的原因一是在培养污泥过程中存在很多影响因素导致污泥量不达标;二是在污泥驯化过程中,会发生污泥膨胀,导致可进行污水处理的絮状污泥减少。CAST(循环式活性污泥法)工艺在前段加入厌氧式生物选择器,可以有效地控制污泥膨胀,同时提高除磷效果。CAST一体化设备对生活污水进行分散式收集处理,分散式生活污水处理技术以及小型生活污水处理设备在设计时需要考虑便于标准化、产业化和就地安装,并降低成本^[6]。而CAST一体化设备利用活性污泥的结构特点缩小了占地面积,降低了运营成本,本研究通过试验研究其适合处理农村生活污水的运行参数,评估其长期处理农村生活污水的可行性,得出适合CAST工艺的运行参数,旨在为今后的小型CAST一体化设备应用提供参考和指导。

1 材料与方法

1.1 试验污泥和污水

试验地点在安徽省合肥市农科院棉花所生态试验基地内,试验污水使用试验站生活污水,从各污染物组分与含量来看可以代表农村生活污水的水质特征。试验取水地点为露天化粪池,进水指标受温度、降水影响,污染物指标浮动较大,试验使用污泥为污水厂排放新鲜污泥,使用新鲜污泥可以提高污泥驯化的成功率^[7]。

试验用水水质状况如表1所示,污水碳氮比范围是3.06~4.90,生活污水的可生化性在0.6左右,试验用水的碳氮比较低,TN中大部分为氨氮,主要因为污水取自于厌氧池,有机氮在长时间厌氧环境下被分解成氨氮。

表1 试验用水水质

Table 1 Test water quality

指标 Index	化学需氧量 (COD) Chemical oxygen demand	总氮 (TN) Total nitrogen	氨氮 Ammonia nitrogen	总磷(TP) Total phosphorus	磷酸盐 Phosphate
样本数	31	31	31	31	31
最小值/mg·L ⁻¹	110.80	30.40	23.30	1.11	0.46
最大值/mg·L ⁻¹	273.70	72.40	64.50	3.82	2.12
平均值/mg·L ⁻¹	230.90	57.50	52.60	2.47	1.32

1.2 试验装置运行方式

CAST工艺操作过程包括进水期、曝气反应期、沉淀期、排水排泥期、闲置期五个阶段,试验装置示意图见图1。

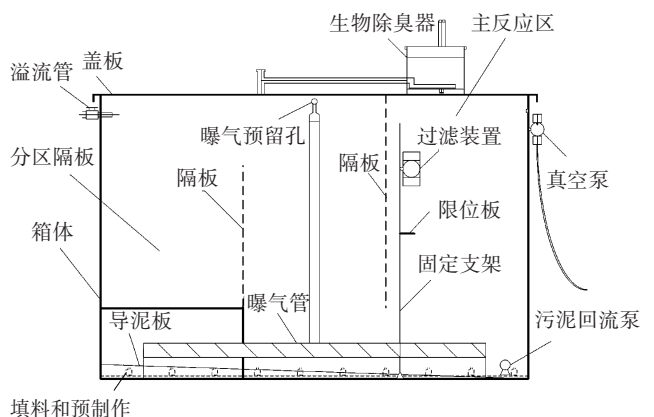


图1 CAST一体化设备示意图

Figure 1 Sketch map of CAST integrated equipment

(1)进水阶段。污水首先进入生物选择器,有机负荷持续增加可以使生物选择器维持厌氧环境,主要作用是防止污泥膨胀,本试验中,进水时间在2 min左右,根据进水量的要求有少量变动;

(2)曝气反应阶段。在反应阶段,使用空气泵连接曝气管对污水进行曝气反应,使污泥充分接触空气,形成好氧环境,本试验中曝气时间为2 h或2.5 h。

(3)沉淀阶段。污泥絮体靠重力沉降和上清液分离。污泥自然沉降可避免机械沉淀造成污泥解絮、扰乱体系的问题,同时在沉淀阶段可完成厌氧缺氧反应。本试验中,沉淀时间为1 h。

(4)排水阶段。使用一种小型漂浮式的排水装置。反应器将处理后的污水排出去,排水装置可以满足排出上清液、阻挡固体颗粒的要求。本试验中,排水速度为100 L·h⁻¹,

(5)闲置阶段。通过曝气、搅拌或者静止使反应器中的微生物恢复较好活性,并起反硝化作用而进行脱水。

1.3 检验分析项目

活性污泥SV30(30 min 活性污泥沉降比)的测量,采用100 mL量筒一只,取反应器内泥水混合物倒入量筒至100 mL刻度处,静置30 min,记录污泥沉降

的刻度。

水质测量方法如表2所示,主要测试项目参考《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B排放标准中要求的基本控制项目,针对本试验测量指标要求的排放标准见表3,COD、氨氮、TN、磷酸盐和TP测定时有标样控制。

1.4 试验设计

研究CAST一体化设备运行参数的试验分别在5种工况下开展,见表4。

2 结果与讨论

2.1 pH值

活性污泥法中pH值主要在厌氧及缺氧过程中影响污泥生物的代谢途径,还会对反硝化过程中某些物质的存在产生影响^[8],在好氧阶段对有机质降解的影

表3 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级B排放标准

Table 3 Criteria B of Grade I of Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant (GB 18918—2002)

基本控制指标 Index	COD/ mg·L ⁻¹	氨氮 Ammonia nitrogen/mg·L ⁻¹	TN/ mg·L ⁻¹	TP/ mg·L ⁻¹	pH	色度 Chromaticity
一级B标准	60	8	20	1	6~9	30

表2 水质测量方法

Table 2 Measurement method of water quality

测试项目 Test items	分析方法 Analysis methods	测试频率 Test frequency	所用仪器 Instruments
COD	重铬酸钾氧化法	每3 d 1次	COD氨氮总氮总磷测定仪
氨氮	纳氏试剂分光光度法	每3 d 1次	COD氨氮总氮总磷测定仪
TN	过硫酸钾氧化-紫外分光光度法	每3 d 1次	总氮测定仪
磷酸盐	磷钼蓝分光光度法	每3 d 1次	多参数水质测量仪
TP	钼酸铵分光光度法	每3 d 1次	COD氨氮总氮总磷测定仪
pH	pH计法	每3 d 1次	pH计
温度	温度计法	每3 d 1次	电子温度计
电导率	电导率电极法	每3 d 1次	电导率仪
浊度	分光光度法	每3 d 1次	多参数水质测量仪
色度	分光光度法	每3 d 1次	多参数水质测量仪
溶解氧	溶解氧仪法	每月1次	溶解氧仪

表4 5种试验工况参数

Table 4 The parameters of five test conditions

工况 Test conditions	温度 Temperature/℃	溶解氧 Dissolved oxygen/mg·L ⁻¹	进水量 Influent amount/L	容积负荷 Volume load/kg·m ⁻³ ·d ⁻¹	曝气时间 Aeration time/h
条件1	25	2.00	50	0.20	2
条件2	25	2.00	100	0.40	2
条件3	25	4.00	100	0.40	2
条件4	25	4.00	150	0.60	2
条件5	25	4.00	150	0.60	2.5

响不大^[9]。试验期间主反应区 pH 值如图 2 所示。试验过程中 pH 值变化在 7.50~8.20 之间,处于适合污泥微生物正常生长的区间内,且反应区中无污泥膨胀和污泥中毒的现象。初期试验季节在 7 月至 8 月,反应池内温度稳定在 25 ℃,满足污泥生长需求。

2.2 浊度、色度去除效果

浊度、色度去除效果分别见图 3 和图 4。浊度去除率平均值为 85%,最高可达 90%,色度去除率平均值为 78%,出水显淡黄色,主要原因可能是污水污泥

混合物在曝气过程中溶入可溶性色素。由图 3 和图 4 可以看出,出水浊度和色度比较稳定,处理能力较好。由于污水进水取自露天的化粪池,受降水影响较大,在条件 5 中,第 3 组监测数据进水浊度和色度都明显低于其他处理,主要由于该试验期内有降水,原水被稀释,进水较清澈,几乎不含大颗粒杂质。

2.3 COD 去除效果

COD 去除效果如图 5 所示。曝气时间 2 h,在溶解氧为 $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、容积负荷为 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 时,出水 COD 基本可以满足一级 B 排放标准;增加容积负荷至 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 时,出水水质明显变差,出水 COD 值高于一级 B 标准,出水水质稳定性也受到一定影响;增加溶解氧量至 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 后,出水 COD 值可满足一级 B 标准,而且出水指标较稳定;在溶解氧量为 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、增加容积负荷至 $0.60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 后,出水平均值是 $59.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,出水水质再次变差,出水 COD 不能稳定达一级 B 排放标准;在溶解氧为 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、容积负荷 $0.60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 时,延长曝气时间至 2.5 h 后,出水 COD 平均值为 $55.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,出水水质 COD 满足一级 B 排放标准。综上,CAST 一体化设备在曝气时间 2 h、容积负荷 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 2.00

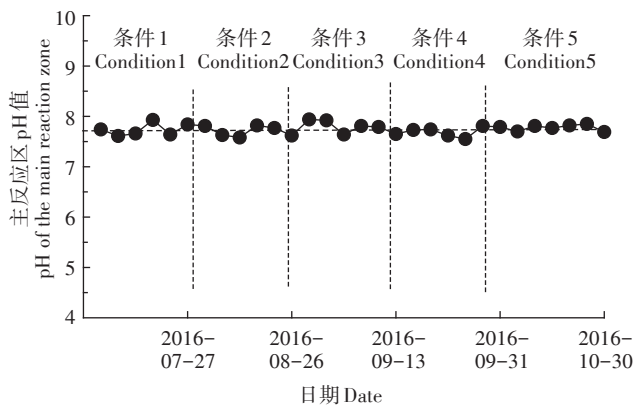


图2 各条件下主反应区 pH 值

Figure 2 pH of the main reaction zone under different condition

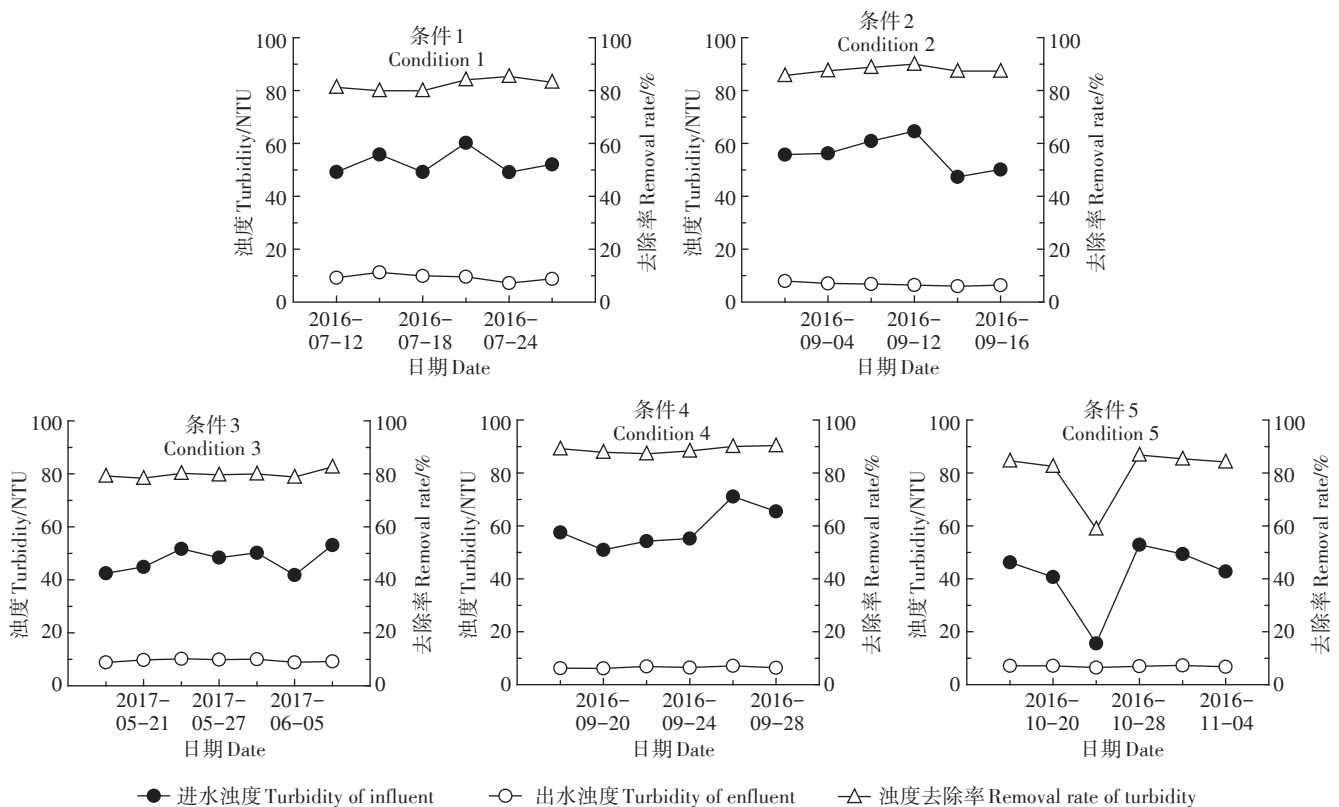


图3 浊度处理效果

Figure 3 Effect of turbidity treatment

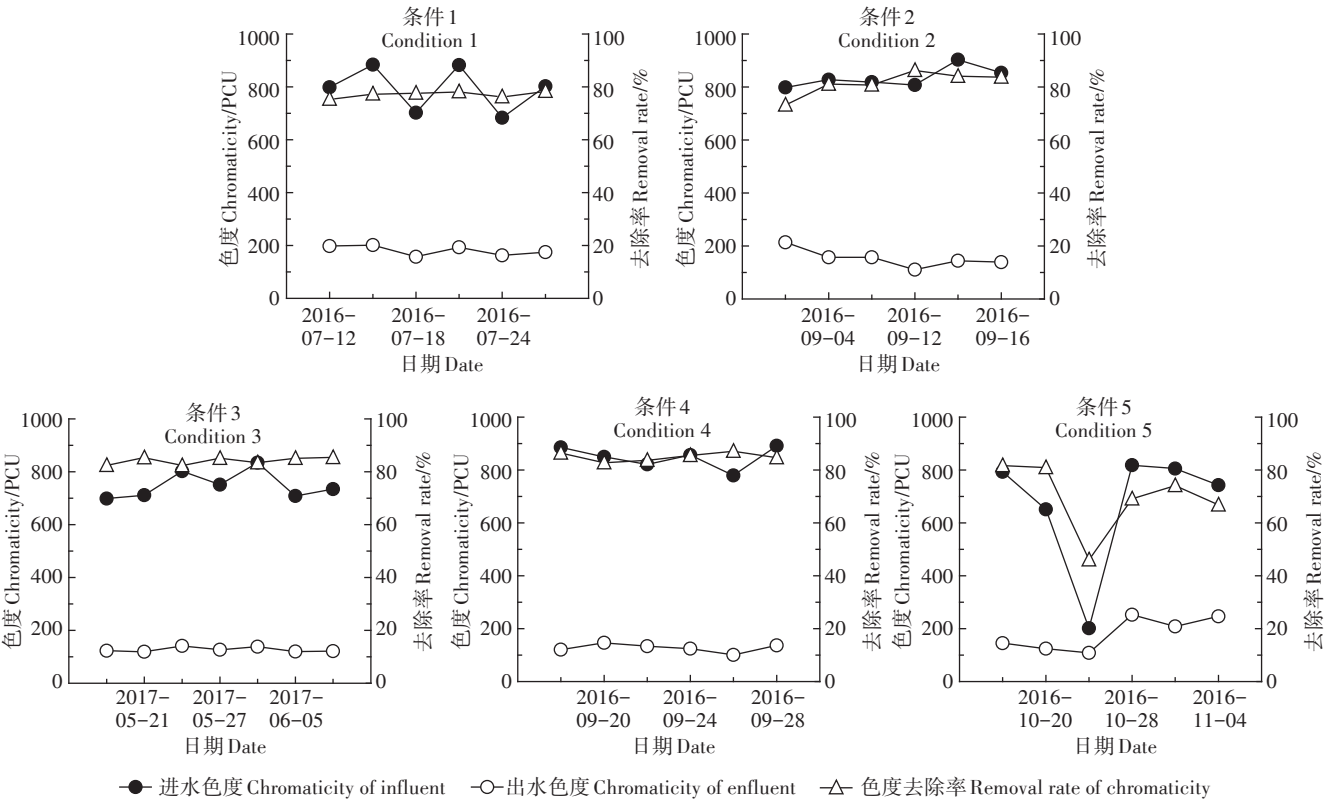


图4 色度处理效果

Figure 4 Effect of chromaticity treatment

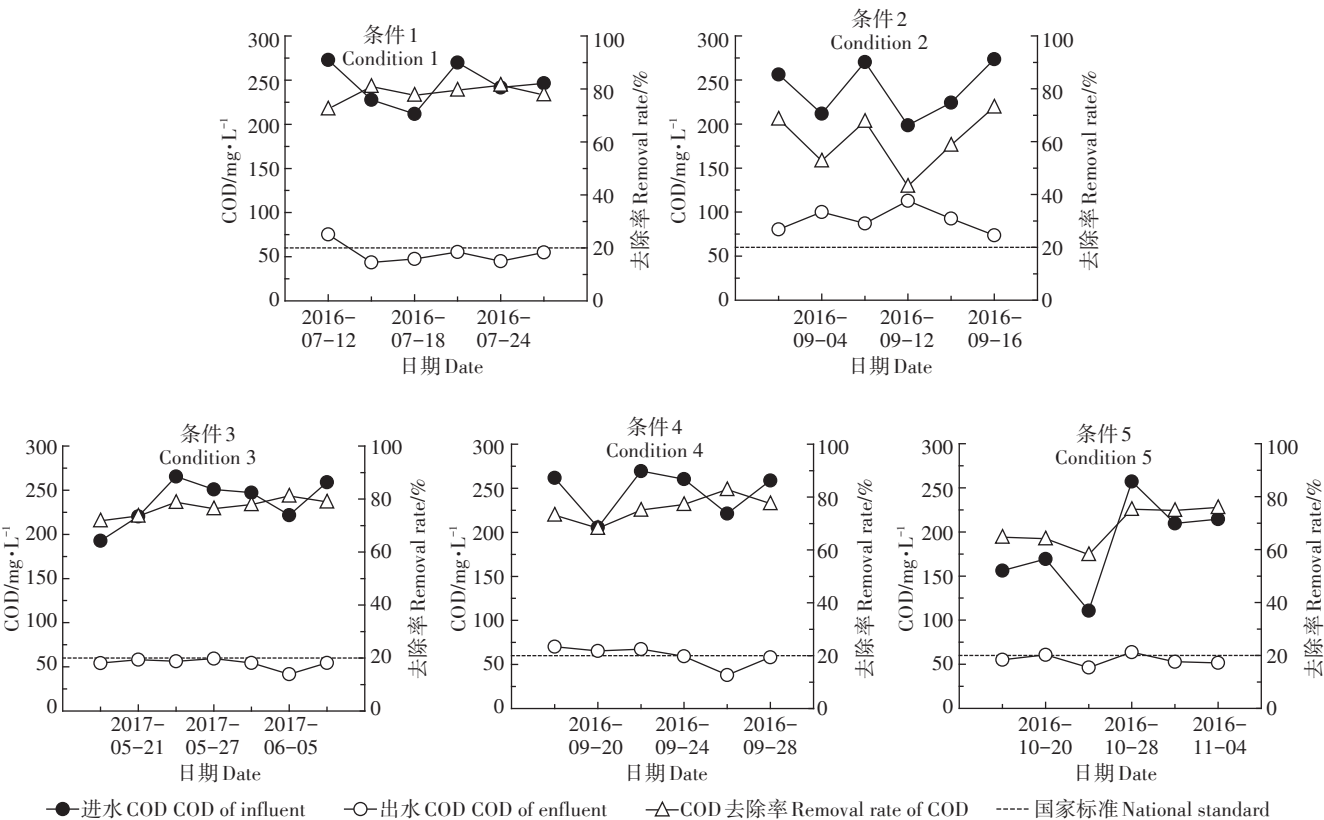


图5 COD处理效果

Figure 5 Effect of COD treatment

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时或曝气时间 2 h、容积负荷 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,出水 COD 满足一级 B 标准且可稳定运行,在容积负荷 $0.60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、曝气时间 2.5 h 时,出水 COD 基本可以满足一级 B 排放标准。CAST 工艺对有机物去除率较高,抗冲击负荷能力较强,从处理效果来看,本设备符合这一工艺特点^[10]。

2.4 氮的去除效果

处理前和处理后的污水总氮中都以氨氮为主,其余为少量有机氮,硝态氮和亚硝态氮未检出,原因主要为:进水由试验站厌氧池取出,由于在厌氧池停留时间较长,在厌氧环境下,有机氮大部分被酸化为氨氮,氨氮除在挥发作用下有少量损失外,在厌氧池内形成了大量积累。出水中未检测到硝态氮和亚硝态氮的主要原因是 CAST 一体化设备在沉降阶段反硝化能力较好。

总氮处理效果如图 6 所示。容积负荷分别由 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 增加至 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、由 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 增加至 $0.60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 后,随着容积负荷提高,出水水质变差;溶解氧由 $2.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加至 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 后,出水总氮平均值由 $27.80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 降低至 17.80

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,出水 TN 满足一级 B 排放标准;溶解氧在 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,曝气时间由 2 h 增加到 2.5 h 后,出水总氮平均值由 $21.60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 降低至 $16.70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,出水满足一级 B 排放标准。增加溶解氧可以提高总氮去除率,主要是因为污水中总氮主要以氨氮形式存在,可被污水中的溶解氢氧化生成硝态氮及亚硝态氮,增加溶解氧即可增强氨氮的氧化效果。综上,CAST 一体化设备对容积负荷 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $2.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、容积负荷 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和容积负荷 $0.60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 并延长曝气时间至 2.5 h 的条件下,出水总氮满足一级 B 标准。

氨氮处理效果如图 7 所示,CAST 一体化设备对氨氮处理效果与总氮类似,虽然 5 种工况条件下出水氨氮均未满足一级 B 排放标准,但是氨氮的去除量十分可观。主要原因是试验中进水氨氮值高于农村生活污水平均水平,且活性污泥法在长时间运行后,污泥的硝化能力下降,需要采取对污泥进行补充等措施恢复活性污泥的硝化能力^[11],且高水力负荷对氨氮的去除影响较大^[12]。在容积负荷分别由 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 增加至 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、由 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 增加至 $0.60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 后,出水水质变差,研究表明,

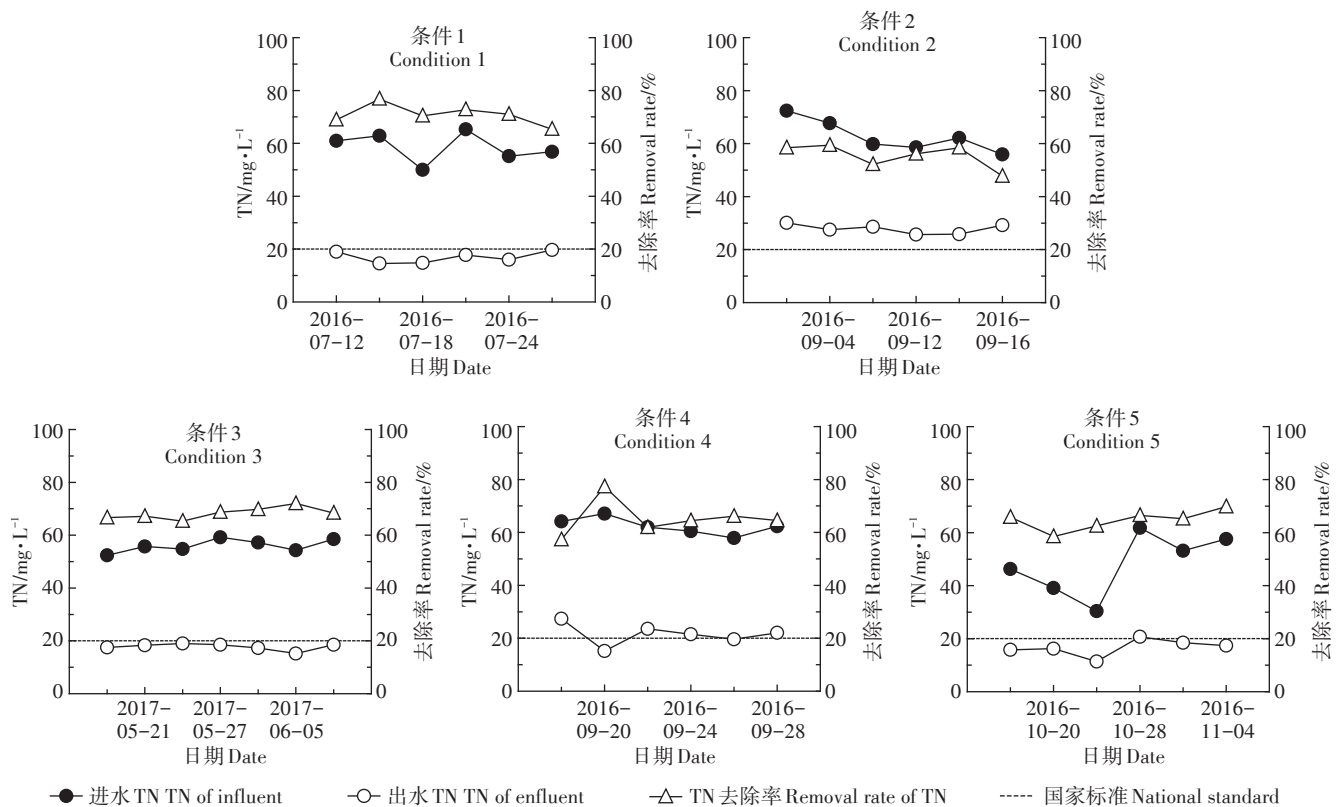


图6 总氮处理效果

Figure 6 Effect of total nitrogen treatment

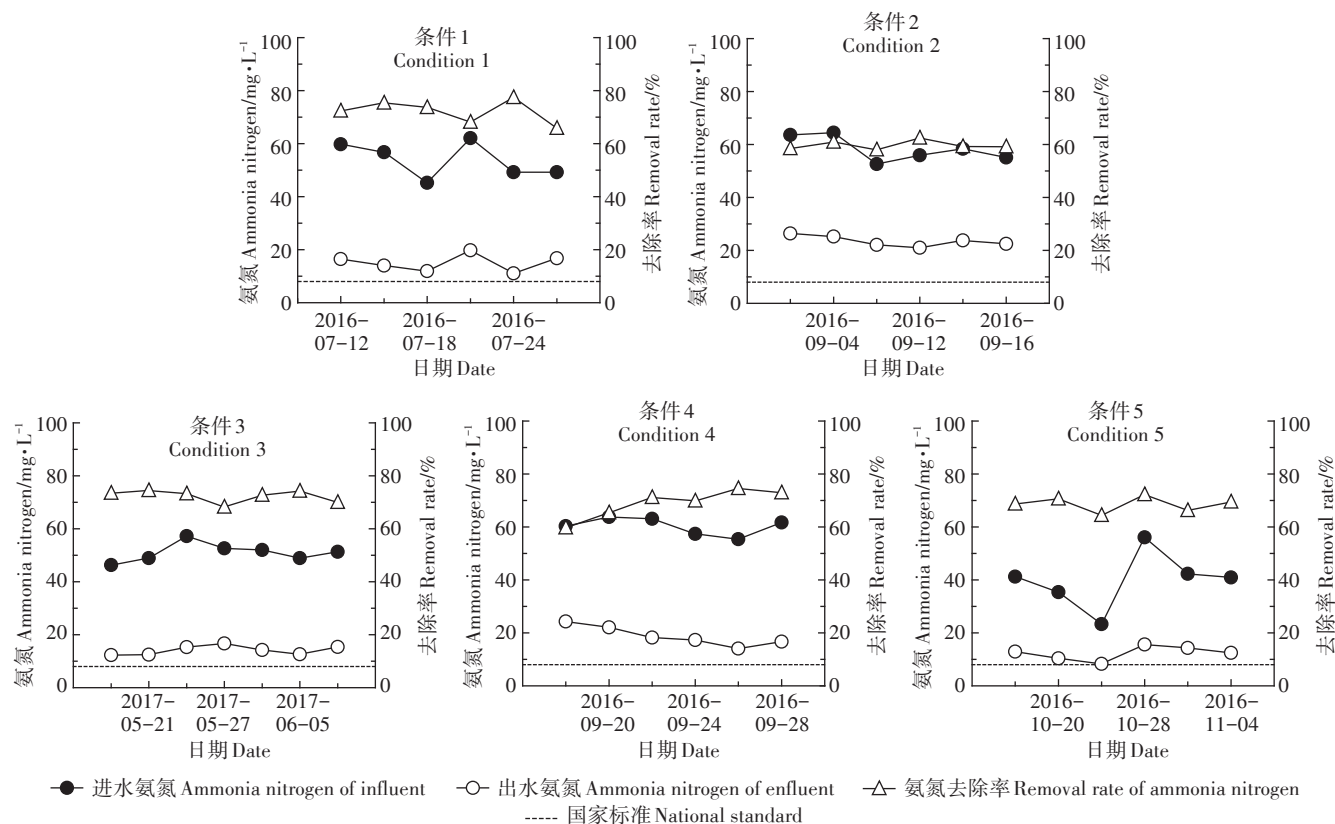


图7 氨氮处理效果

Figure 7 Effect of ammonia nitrogen treatment

增加溶解氧和延长曝气时间后,氨氮的处理效果可显著改善。

2.5 磷的去除效果

总磷处理效果如图8所示,容积负荷分别由 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 增加至 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、由 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 增加至 $0.60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 后,出水水质变差,主要原因是进水总磷平均值较高,污水碳氮比较低,在好氧过程中,碳源过低会导致吸磷量降低^[13];溶解氧由 $2.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加至 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 后,出水总磷平均值由 $1.69 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 降低至 $0.63 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,出水总磷满足一级B排放标准;曝气量在 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,曝气时间由2 h增加到2.5 h后,出水总磷平均值由 $1.56 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 降低至 $0.84 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,出水总磷满足一级B排放标准。根据除磷原理,聚磷菌对磷的吸附作用取决于释磷量和溶解氧,增加溶解氧可以提高对磷的去除效果,研究表明,增加污泥的回流量可以增加在厌氧区的释磷量,进而增加好氧区的吸磷量^[14],对于出水总磷未满足一级B排放标准的工况,可以同时采取增加污泥回流比的方式提高磷的去除能力。CAST一体化设备对容积负荷 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $2.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和容积负荷 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的条件下对总磷的处

理效果满足一级B排放标准。

磷酸盐处理效果如图9所示,城镇污水一级B排放标准中没有对磷酸盐的排放要求,试验中根据进水磷酸盐占总磷比例自定义出水磷酸盐标准为 $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,容积负荷分别由 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 增加至 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、由 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 增加至 $0.60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 后,出水水质变差,增加溶解氧和延长曝气时间后,磷酸盐处理效果变化较小;CAST一体化设备对容积负荷 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $2.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和容积负荷 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的条件下对磷酸盐的处理效果满足一级B排放标准。

3 结论

(1)该CAST一体化设备在以下运行工况参数:温度 25°C 、容积负荷 $0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $2.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、曝气2 h和温度 25°C 、容积负荷 $0.40 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、曝气2 h,出水COD、TN和TP能达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级B标准。

(2)在温度 25°C 、容积负荷 $0.60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ 、溶解氧 $4.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,延长曝气时间至2.5 h,出水COD和

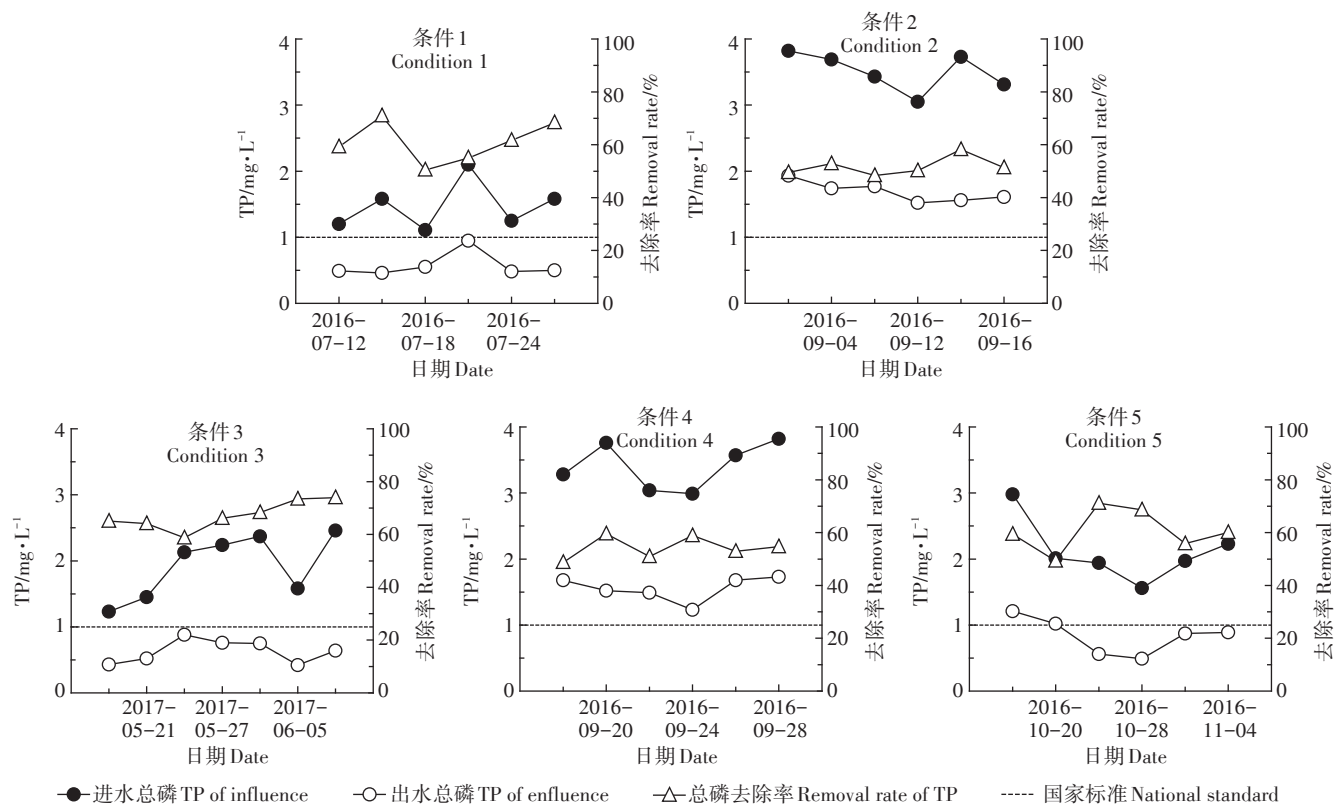


图8 总磷处理效果

Figure 8 Effect of total phosphorus treatment

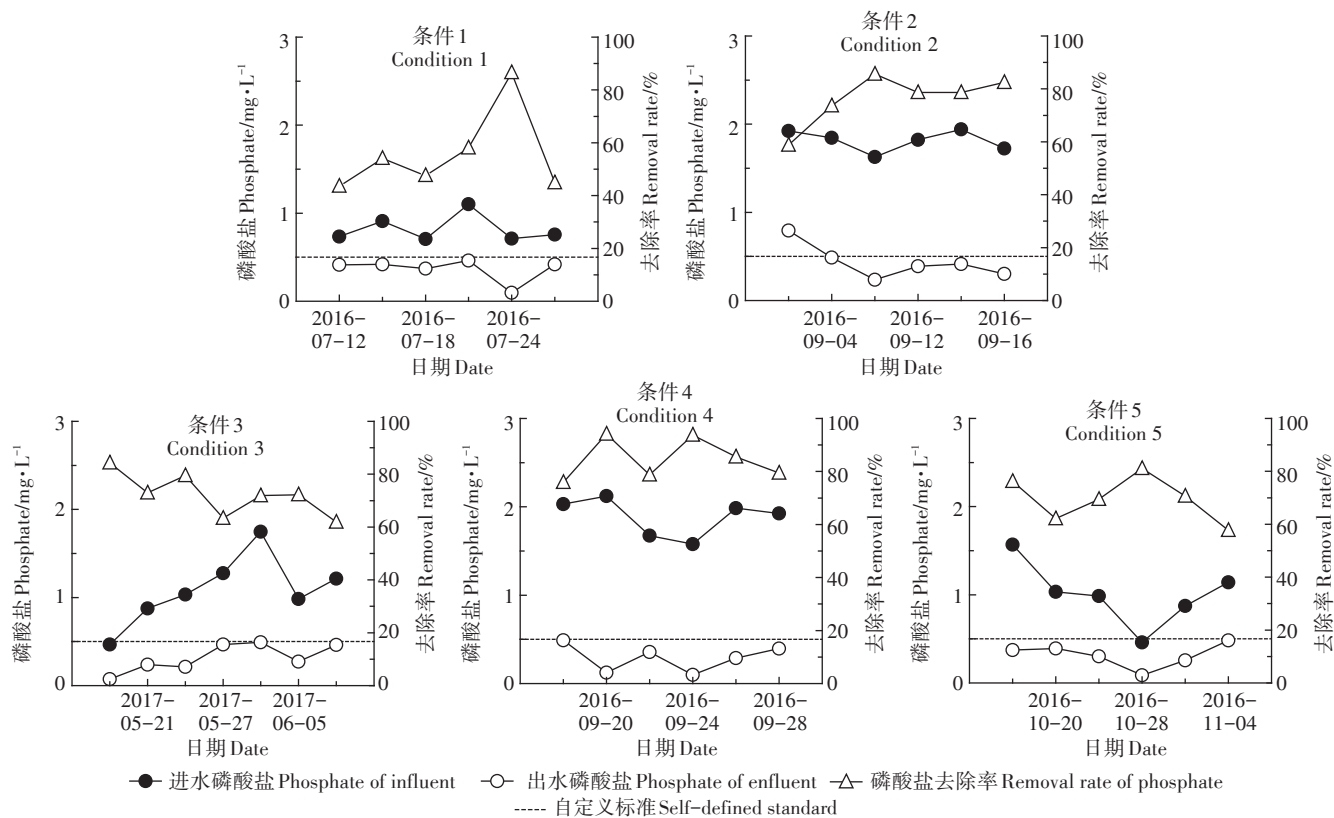


图9 磷酸盐处理效果

Figure 9 Effect of phosphate treatment

TN 可达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准,同时出水 TP 也可得到极大改善。

(3)在所试验的 5 种工况下,浊度和色度能被很好地去除,但氨氮均不能达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准。

(4)根据农村污水处理对 COD、TN 和 TP 的排放要求,通过试验取得的运行参数能对小型 CAST 一体化设备在农村的应用提供指导。

参考文献:

- [1] 龚园园, 张照韩, 于艳玲, 等. 我国南北农村生活污水处理模式研究[J]. 现代生物医学进展, 2012, 12(1): 132-136.
GONG Yuan-yuan, ZHANG Zhao-han, YU Yan-ling, et al. Research on the model of sewage treatment in China's north and south rural areas[J]. *Progress in Modern Biomedicine*, 2012, 12(1): 132-136.
- [2] Wang M, Webber M, Finlayson B, et al. Rural industries and water pollution in China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2008, 86(4): 648-659.
- [3] 王云龙, 张微晟, 陶琪, 等. 四种农村生活污水处理工艺比较[J]. 水处理技术, 2011, 37(7): 133-136.
WANG Yun-long, ZHANG Zhi-sheng, TAO Qi, et al. Comparison of four kinds of rural domestic wastewater treatment in Nanhui District Shanghai[J]. *Technology of Water Treatment*, 2011, 37(7): 133-136.
- [4] 王君丽, 刘春光, 斯东林, 等. 我国农村污水处理与资源化存在问题及对策[C]//农村污水处理及资源化利用学术研讨会论文集. 中国农业生态环境保护协会, 2008: 123-128.
WANG Jun-li, LIU Chun-guang, SI Dong-lin, et al. Sewage treatment, reclamation and reuse in rural areas of China[C]//Proceedings of the symposium on rural sewage treatment and resource utilization. Association for the Protection of Agricultural Ecological Environment of China, 2008: 123-128.
- [5] 林亲铁, 潘建新, 潘汉平, 等. 南方农村生活污水处理工艺的技术经济评价[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(5): 2186-2188, 2192.
LIN Qin-tie, PAN Jian-xin, PAN Han-ping, et al. Technical and economic evaluation on southern rural domestic sewage processing technique[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(5): 2186-2188, 2192.
- [6] 王晶. 农村生活污水处理问题探析[J]. 现代农业科技, 2016, 9: 191-192, 194.
WANG Jing. Analysis of problems of rural wastewater treatment[J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2016, 9: 191-192, 194.
- [7] Ning Z G, Liang M C, Wang Z H, et al. Nitrogen and phosphate adsorption on biofilms in reclaimed water[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2015, 74(1): 451-461.
- [8] 李鹏章, 王淑莹, 彭永臻, 等. COD/N 与 pH 值对短程硝化反硝化过程中 N_2O 产生的影响[J]. 中国环境科学, 2014, 34(8): 2003-2009.
LI Peng-zhang, WANG Shu-ying, PENG Yong-zhen, et al. Effect of COD/N ratios and pH on N_2O production during nitrite denitrification process[J]. *China Environmental Science*, 2014, 34(8): 2003-2009.
- [9] 郭瑾, 彭永臻. pH 值对 SBR 生物反应器出水溶解态有机质含量与构成的影响[J]. 环境科学, 2008, 29(6): 1538-1543.
GUO Jin, PENG Yong-zhen. Constituent analysis of the dissolved organic carbon from sewage effluent of SBR; The impact of pH value[J]. *Environmental Science*, 2008, 29(6): 1538-1543.
- [10] 周爱玲, 牛永杰. CAST 污水处理工艺[J]. 河北化工, 2010, 33(1): 52-53.
ZHOU Ai-ling, NIU Yong-jie. CAST sewage treatment process[J]. *Hebei Chemical Engineering and Industry*, 2010, 33(1): 52-53.
- [11] 孙艺齐, 卞伟, 王盟, 等. 活性污泥法和生物膜法 SBR 工艺亚硝化启动和稳定运行性能对比[J]. 环境科学, 2017, 38(12): 1-11.
SUN Yi-qi, BIAN Wei, WANG Meng, et al. Comparison of start-up and stable performance of nitrification in activated sludge and biofilm processes in a SBR[J]. *Environmental Science*, 2017, 38(12): 1-11.
- [12] 官晨, 沈翼军, 杨殿海. 高负荷活性污泥法对生活污水的处理效果[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(35): 96-99.
GONG Chen, SHEN Yi-jun, YANG Dian-hai. Treatment of domestic sewage with high load activated sludge process[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2016, 44(35): 96-99.
- [13] 权悦. 活性污泥法除磷影响因素的研究[J]. 中国石化, 2017, 10: 54-55.
QUAN Yue. Study on influencing factors of phosphorus removal by activated sludge process[J]. *China Petrochem*, 2017, 10: 54-55.
- [14] 殷成强, 潘杨, 章双双, 等. 新型序批式活性污泥法工艺释磷影响因素研究[J]. 水处理技术, 2017, 43(5): 92-95, 99.
YIN Cheng-qiang, PAN Yang, ZHANG Shuang-shuang, et al. Research on influence factors of phosphorus release in new SBR process[J]. *Technology of Water Treatment*, 2017, 43(5): 92-95, 99.