

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.23.015

速分生化技术处理热带离岸海岛低 C/N 值生活污水

李 莉¹, 沈 彤², 赵志伟¹, 张 平³, 李梓晨¹, 曾宪鹏¹, 耿 聪¹,
梁志杰¹

(1. 重庆大学 环境与生态学院, 重庆 400045; 2. 海军后勤部专项工程建设办公室, 北京 100841; 3. 中国人民解放军 91053 部队, 北京 100070)

摘 要: 热带离岸海岛生活污水水质及排放特点与城市的差异性较大,其氮磷含量高、C/N 值低,为了进一步提升速分生化技术在处理热带离岸海岛高浓度污水中的效能,结合工程实例分析了该工艺的运行效果,解析了实际运行中存在的问题,并提出了相应的改进措施。研究表明,在平均进水 C/N 值、C/P 值分别为 6.1、58 的条件下,当平均进水 COD、氨氮、TN、TP 浓度分别为 441、62.65、72.56 和 7.80 mg/L 时,相应的平均去除率分别为 87.9%、90.9%、54.8% 和 14.9%,速分生化技术对 COD 和氨氮保持了较高的去除率,具有一定的 TN 去除能力,而对 TP 的去除效果较差,可见速分生化技术的脱氮除磷效果不理想。为了保障生化系统的脱氮除磷效果,建议停止调节池曝气,采取多点进水、分级控制曝气、增加强制排泥反冲洗系统和增加化学除磷等措施。

关键词: 速分生化技术; 低 C/N 值; 脱氮除磷; 海岛; 生活污水

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2021)23-0088-07

Treatment of Domestic Sewage with Low C/N Ratio in Tropical Offshore Islands by Flow-separated Biochemical Technology

LI Li¹, SHEN Tong², ZHAO Zhi-wei¹, ZHANG Ping³, LI Zi-chen¹, ZENG Xian-peng¹,
GENG Cong¹, LIANG Zhi-jie¹

(1. College of Environment and Ecology, Chongqing University, Chongqing 400045, China; 2. Special Engineering Construction Office of Naval Logistics Department, Beijing 100841, China; 3. 91053 PLA Troops, Beijing 100070, China)

Abstract: Quality and discharge characteristics of domestic sewage in tropical offshore islands differ greatly from those in cities, as it has higher contents of nitrogen and phosphorus and a lower C/N ratio. To further improve the efficiency of flow-separated biochemical technology in the treatment of high concentration domestic sewage in tropical offshore islands, the operational performance of the process was analyzed combined with an engineering project, the problems existing in the actual operation were analyzed, and the corresponding improvement measures were proposed. When the average C/N ratio and C/P ratio of the influent were 6.1 and 58, and the average COD, ammonia nitrogen, TN and TP in the influent were 441 mg/L, 62.65 mg/L, 72.56 mg/L and 7.80 mg/L, respectively, the average removal efficiencies were 87.9%, 90.9%, 54.8% and 14.9%, respectively. The flow-separated biochemical

technology maintained high removal efficiencies of COD and ammonia nitrogen, and had certain TN removal efficiency and a poor TP removal efficiency, indicating that the removal efficiency of nitrogen and phosphorus by the flow-separated biochemical technology was poor. To ensure the nitrogen and phosphorus removal efficiency of the biochemical system, it is recommended to stop regulating tank aeration, adopt multi-point feeding and stage controlled aeration, set backwashing systems for forced sludge discharge and adopt chemical dephosphorization.

Key words: flow-separated biochemical technology; low C/N ratio; nitrogen and phosphorus removal; island; domestic sewage

海岛是我国领土的重要组成部分,占有重要的地理位置和军事战略意义,作为开发海洋的远涉基地和前进支点,对建设海洋强国意义重大^[1-3]。我国十分重视海洋生态文明建设,提出应持续加强海洋环境污染防治。在此背景下,加强海岛污水的有效处理、减少对海洋的污染意义重大。海岛污水具有单个处理规模较小、距离陆地远且分散、污水水质及排放特点与城市差异性较大等特点。

速分工艺是将流体力学中的“流离”原理与微生物固定化的生物膜技术相结合形成的一种新型污水处理技术^[4-5],具有有机物处理效果好、无需排泥、操作维护简单等优点,近年来得到较多关注并在海岛污水处理领域得到应用。向速分生化池中装填速分球,污水中的颗粒有机物和胶体在流速慢的地方(球体内部)集聚,被球内部填料上附着生长的微生物吸附截留并代谢去除,速分反应器中形成了富氧、缺氧的状态,形成好氧、兼氧、厌氧的微环境,除了具有较好的有机物去除能力之外,还具有一定的脱氮除磷作用;同时速分生化池内污泥龄更长、食物链更发达^[6],污泥连续不断地被速分,进行分解和消化过程。速分工艺在小区生活污水、溢流污水等中低污染程度污水处理领域应用的报道较多^[7-9],

吴小苏等^[10]采用速分生化工艺 + NAR 交换技术处理农村生活污水,邓妍等^[7]采用速分生化工艺 + 多介质过滤处理城市生活污水,最终的出水水质均较好,其中速分生化工艺对有机物的去除效果较好,产泥较少,并且具有一定的脱氮除磷能力。

针对现有海岛污水的水质特征对实例工程中的速分生化处理技术进行分析,与传统污水处理技术相比,从工艺原理角度来看,该工艺适宜处理中低浓度的污水,而面对海岛生活污水中高浓度的 SS、有机物、氮、磷等污染物,抗冲击能力不足。此外,关于速分生化工艺无排泥系统造成的堵塞和总磷去除效能的影响研究较少。因此,笔者通过研究海岛实例工程对有机物、氮、磷等污染物的去除效能,解析存在的问题,旨在为速分生化技术处理高浓度污水提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点与工程概况

研究区域位于南海某海岛,属于热带海洋性季风气候,年平均气温为 25 ~ 28 ℃,雨量充沛(多年平均降雨量为 2 000 mm),聚集点集中,污水管网短,设计的污水处理设施位于分区最低点,工艺流程如图 1 所示。

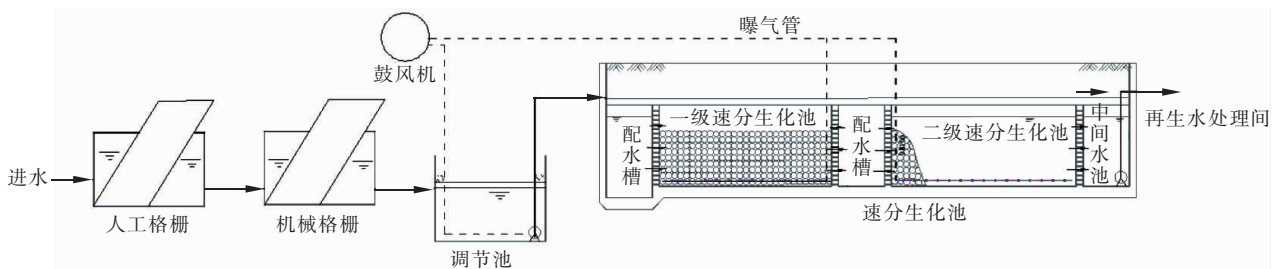


图 1 海岛生活污水处理工艺流程示意

Fig. 1 Flow chart of island domestic sewage treatment process

该工艺流程较简单,污水经过人工格栅与机械格栅去除大颗粒的悬浮物和漂浮物后,依靠重力流

进入预曝气调节池,经均质调节后由泵提升至速分生化池,速分球排列在池内,底部采用曝气充氧一方

面进行污水扰动避免污泥沉积,另一方面曝气充氧可以维持微生物的代谢活动。速分生化池出水进入再生水处理间,通过进一步过滤处理后进行资源化利用。

速分生化池是工艺的核心,具体内部构造如图 2 所示,速分生化池为地埋式,设置两级,每级中间设配水槽,采用穿孔墙进行水流分配。生化池的尺寸为长×宽×高=25.8 m×9.6 m×3.5 m,有效容

积为 594 m³,包括两级生化池、配水槽、中间水池,填料高度为 2.5 m,体积为 400 m³。为了提高布水的均匀性,每级进、出口设置配水槽进行多孔配水(直径为 40 mm,孔洞间距为 200 mm)。填料为速分球,该速分球采用直径为 120~125 mm 的塑料球壳,其中装填平均粒径为 30~40 mm 的陶粒。鼓风机 2 台(1 用 1 备), $Q=8.13\text{ m}^3/\text{min}$, $P=53.9\text{ kPa}$, $N=15\text{ kW}$,设计气水比为 14:1。

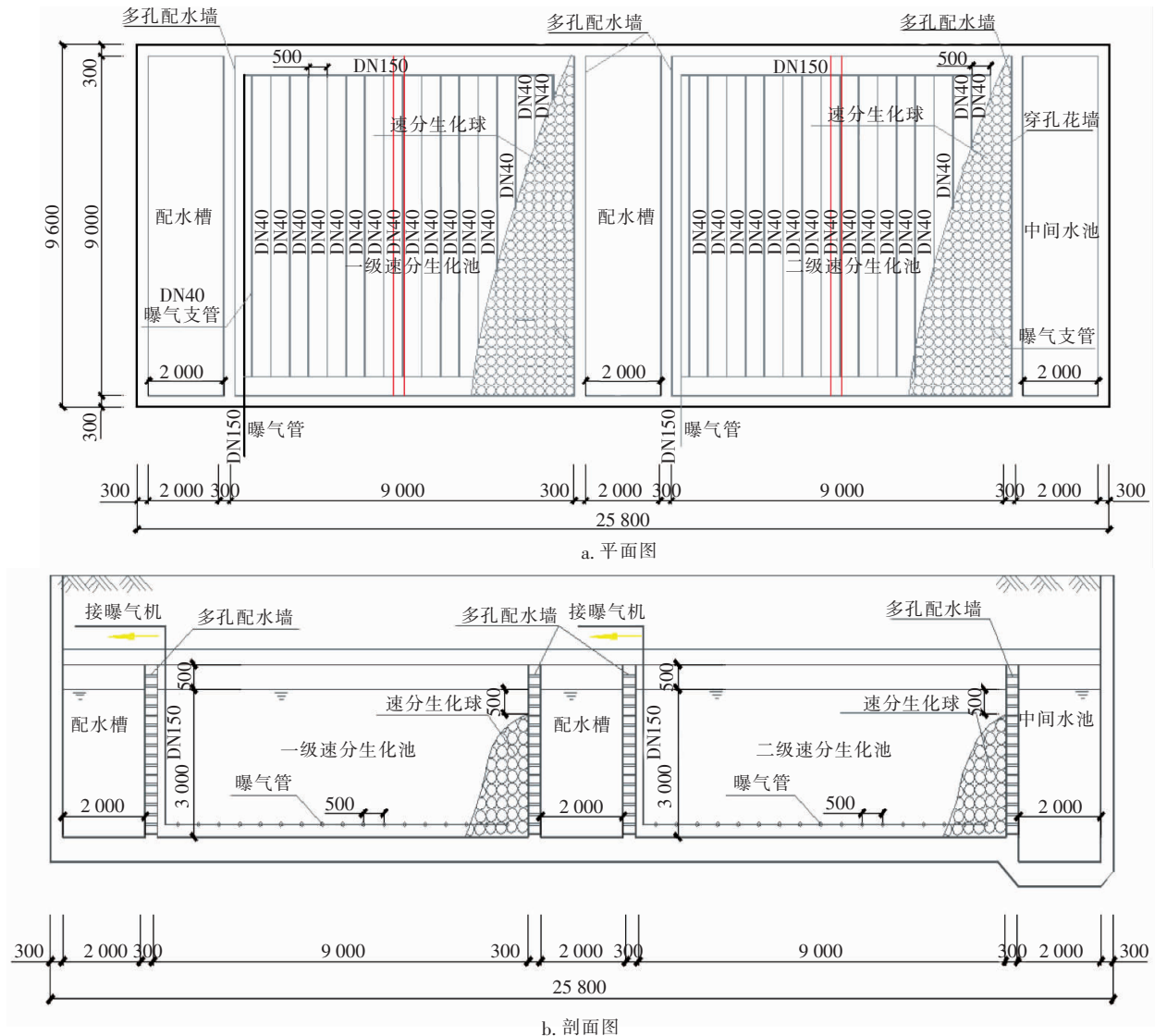


图 2 速分生化池平面图和剖面图

Fig. 2 Plane and section view drawings of flow-separated biochemical tank

1.2 试验方法

分别对速分生化池的进水(一级速分生化池前配水槽的进水处)和出水(二级速分生化池后中间水池的出水处)进行取样,并检测相关污染物指标。污染物指标包括 COD、NH₃-N、TN、TP,采用国家标

准方法进行测定。pH 值采用便携式 pH 计测定;DO 采用便携式溶解氧仪进行测定;生物相采用生物显微镜进行观测。

2019 年 8 月 19 日速分生化池停止进水,并清理沉积物和更换部分填料。8 月 25 日重新启动,采

用间歇进水闷曝方式挂膜。速分生化池内注满污水,进行闷曝(即只曝气而不进污水),2 d 后停止曝气,静置沉淀 1 h,然后排出池内约 1/5 的上层污水,并注入相同体积的新鲜污水。反复进行闷曝、静沉和进水三次,但每次的进水量要比上次有所增加,而闷曝时间要比上次缩短。原留存速分球上的生物膜在重新启动时可以作为接种污泥,并且研究区水温较高,第 3 天新换的速分球上出现生物膜,通过镜检发现大量微生物。进入第二阶段,采用 25%、50%、75% 及 90% 的变负荷连续进水和曝气的方式进行调试。待调试处理效果稳定后,于 9 月 3 日即系统启动第 10 天,速分生化工艺在正常水力负荷下运行,检测系统脱氮除磷的情况,期间水温为 26 ~ 28 ℃,速分生化池平均水力停留时间为 24 h,曝气未实行分级控制,统一气水比为 14 : 1,研究过程中一级速分生化池 DO 浓度维持在 1.0 ~ 2.0 mg/L,二级速分生化池 DO 浓度维持在 2.5 ~ 3.5 mg/L。

1.3 进水水质特征

速分生化池的进水水质:COD 为 244 ~ 711 mg/L,平均值为 441 mg/L;NH₃ - N 为 46.64 ~ 79.43 mg/L,平均值为 62.65 mg/L;TN 为 56.21 ~ 92.34 mg/L,平均值为 72.56 mg/L;TP 为 6.45 ~ 10.47 mg/L,平均值为 7.80 mg/L;pH 值为 7.10 ~ 7.50,平均值为 7.30。海岛污水呈现典型的高氨氮、低 C/N 值(均值为 6.1)、低 C/P 值(均值为 58)特征。分析原因,一方面是因为海岛人员居住相对集中、管网停留时间短,且饮食中多高蛋白和高油物质;另一方面,污水是经格栅和曝气调节池停留后提升进入速分生化池的,一部分易被生物利用的碳源在调节池中消耗,使得进入速分生化池的污水碳源相对较少。

2 结果与分析

生化池闷曝挂膜后,经过运行调试污染物浓度呈先下降后逐步稳定的趋势。连续进水初期,捞取速分球可见陶粒表面有明显的灰褐滑腻的生物膜附着。9 月 3 日对生化池速分球中陶粒表面生物膜进行镜检,发现有菌胶团、钟虫、轮虫等。

2.1 对 COD 的去除效果

稳定运行阶段,速分生化池中 COD 浓度的变化如图 3 所示。可以看出,进水 COD 在 244 ~ 711 mg/L 之间,波动较大,出水 COD 为 8 ~ 96 mg/L,平均浓度约为 52 mg/L,平均去除率为 87.9%,去除率较高,说明生活污水中大量有机物被物理吸附截留和

微生物利用而去除。为了探究有机物被降解的原理,分别对一级和二级速分生化池中 COD 的降解情况进行分析,发现一级速分生化池对 COD 降解的贡献率达到 80% 以上(见表 1)。

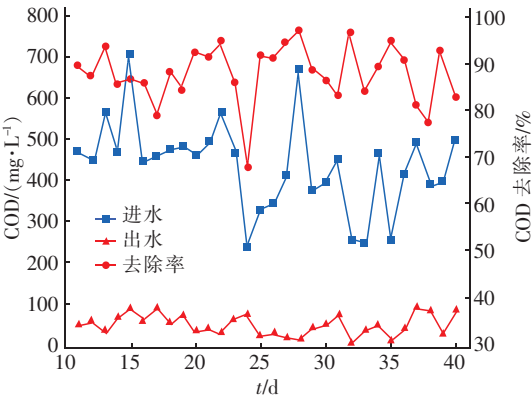


图 3 速分生化池中 COD 浓度的变化

Fig. 3 Change of COD concentration in flow-separated biochemical tank

表 1 速分生化池分级 COD 浓度的变化及贡献率

Tab. 1 Change of COD concentration and contribution rate in each stage of flow-separated biochemical tank

时间/ d	进水 COD/ (mg · L ⁻¹)	一级速分 生化池出 水 COD/ (mg · L ⁻¹)	二级速分 生化池出 水 COD/ (mg · L ⁻¹)	COD 总去除 率/%	一级速分 生化池贡 献率/%
28	673	125	18	97.29	83.69
29	377	104	42	88.76	81.59
30	399	128	54	86.50	78.56
31	452	142	77	83.06	82.59
32	259	68	8	96.84	76.13
33	246	81	38	84.44	79.46
34	471	143	51	89.17	78.08
35	259	74	13	94.83	75.30
36	415	116	38	90.95	79.22
37	497	156	92	81.43	84.25
38	390	143	88	77.39	81.81
39	399	123	28	93.01	74.35
40	503	146	85	83.19	85.30

由此可知,一级速分生化池中的速分球利用流速分离作用,通过物理吸附截留了原水中大量的悬浮物和胶体,进而被速分球上的微生物代谢去除。综合来看,一级速分生化池中有机物被高效去除的主要原因是吸附截留和微生物代谢作用,因此进入二级生化池的有机物浓度大幅度降低,同时也导致二级生化池的碳源更加不足,反而限制了整个系统脱氮除磷的效果。因此,如何有效分配利用碳源,成

为多级速分生化工艺需要重视的一个问题。

2.2 对 NH_3-N 的去除效果

稳定运行阶段,速分生化池中 NH_3-N 浓度的变化如图4所示。可以看出,系统进水氨氮浓度较高,在46.64~79.43 mg/L之间,平均出水氨氮浓度约为5.57 mg/L,平均去除率为90.9%,去除效果较好。保持充足的溶解氧浓度,可以提高硝化细菌的活性,研究表明好氧硝化反应过程中,合适的溶解氧浓度为2.0~3.0 mg/L^[11-12],说明本系统较好地满足了好氧硝化所需的溶解氧。此外,在相对较低的C/N值条件下,反应池内留存的有机碳源相对较少,因而被有机物消耗的溶解氧较少,可被氨氮硝化利用的溶解氧增加,硝化效果增强,表现出较好的氨氮去除率。随着时间的增加,氨氮去除率出现持续下降的趋势(降低了约10%),可能是因为随着污水进入的SS逐渐在速分球之间的间隙聚集,出现的缺氧厌氧微环境面积增大,细菌可利用的氧降低,导致硝化能力逐渐下降。

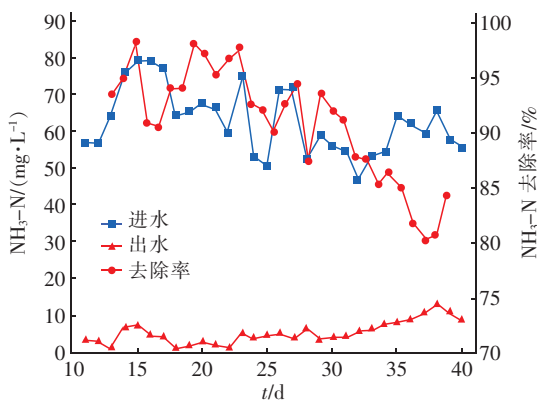


图4 速分生化池中 NH_3-N 浓度的变化

Fig. 4 Change of NH_3-N concentration in flow-separated biochemical tank

2.3 对TN的去除效果

稳定运行阶段,速分生化池中TN浓度的变化如图5所示。可知,进水TN浓度较高,在56.21~92.34 mg/L之间,平均出水TN浓度为32.61 mg/L,平均去除率为54.8%,去除效能较低,结合较高的氨氮去除率,TN去除率较低说明系统具有较好的硝化作用,但是反硝化将TN转化为氮气从系统去除的效能较差。分析原因,一方面反应池在空间上没有严格的缺氧和好氧分区,硝化和反硝化反应在空间和时间上同步进行的生物脱氮过程称为同步硝化反硝化(SND),戴娴等^[13]的研究结果表明,当C/N

值达到8时,平均SND效率高达50.8%,相应的TN去除率较高,随着C/N值的减小,SND效率逐渐降低。本系统中,进水C/N值基本维持在6.1,相对碳源不足的条件,反应器中好氧环境下降解COD消耗的溶解氧少,氨氮进行硝化作用可利用的溶解氧增加,硝化效果变好(与氨氮去除率高的现象一致),但同时由于反硝化可利用的碳源减少,使得反硝化反应受到抑制^[14],SND效率降低,TN去除率较低。

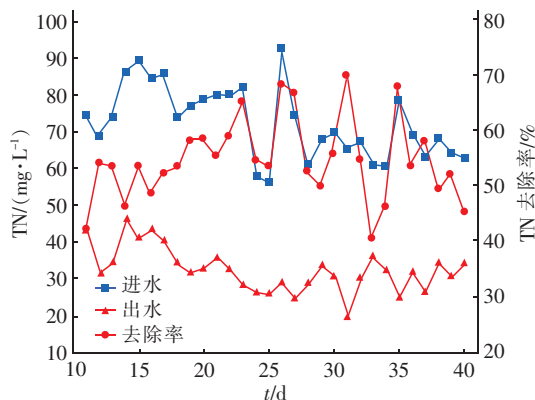


图5 速分生化池中TN浓度的变化

Fig. 5 Change of TN concentration in flow-separated biochemical tank

2.4 对TP的去除效果

稳定运行阶段,速分生化池中TP浓度的变化如图6所示。可以看出,进水TP浓度处于较高水平,在6.45~10.47 mg/L之间,平均出水TP浓度约为6.63 mg/L,平均去除率为14.9%,处于较低的水平,除磷效果明显低于脱氮效果。分析原因,一方面有研究表明,污水处理中 BOD_5/TP 大于20则符合生物除磷要求,比值越大,处理效果越好^[15],按照生活污水 BOD_5/COD 一般为0.5计算,C/P应大于40才能保障基本的生物除磷效能。本系统中平均进水C/P值为58,大于40的基本保障值,但反硝化脱氮消耗掉大部分碳源,而聚磷菌需要利用水中的碳源转化为可吸收的挥发酸,并在体内以聚 β -羟基丁酸酯(PHB)的形式贮存能量^[16]。此外,反应池无厌氧段,不利于聚磷菌在释磷阶段积累PHB,直接影响好氧条件下自身的生长代谢和吸收磷酸盐,无法达到除磷目的。另一方面,生化池内微生物絮凝对磷的去除量非常有限,同时无排泥和反冲洗装置,随着有机质的不足,富含磷的聚磷菌死亡后而发生“自溶”^[17],部分磷又以可溶性磷酸盐的形式返回水中,导致磷在反应池内部死循环,从而得不到去除。

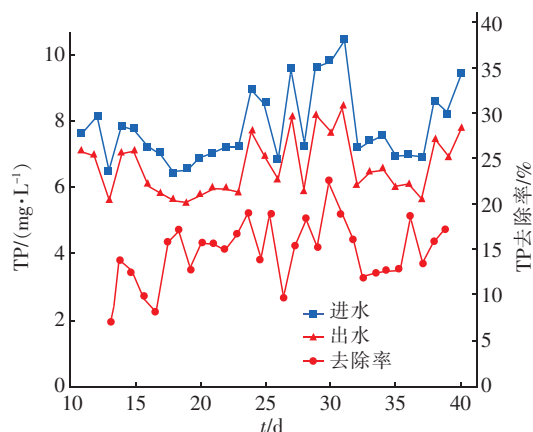


图6 速分生化池中TP浓度的变化

Fig. 6 Change of TP concentration in flow-separated biochemical tank

综上所述,在溶解氧充足的条件下,对于低C/N和C/P污水,速分生化池中硝化细菌的活性较强,硝化效果较好,表现出较好的氨氮去除率,但SND效率不高,与其他单污泥工艺类似,在同时脱氮除磷方面存在诸多限制因素。与具有厌氧区、缺氧区的单污泥工艺相比,除磷效率不具有优势;与具有生物膜法和活性污泥法结合的双污泥系统相比,单一系统内难以避免不同功能种群微生物间的相互抑制作用;此外,对于生物除磷而言,排除衰亡的富磷微生物仍然是核心问题,在工艺设计中应得到保障。

3 结论

① 热带离岸海岛污水为典型的高氨氮、低C/N、低C/P型污水,在平均进水C/N值和C/P值分别为6.1、58,平均进水COD、氨氮、TN、TP分别为441、62.65、72.56和7.80 mg/L条件下,相应的平均去除率分别为87.9%、90.9%、54.8%和14.9%。速分生化法作为一种新型高效生物膜处理技术,其工艺流程简单,对热带离岸海岛污水的COD和氨氮具有较好的去除效果,且有一定的总氮去除效果,但对TP的去除效果较差。

② 一级速分生化池具有较强的有机物吸附、降解能力,导致进入二级生化池的碳源不足;缺乏厌氧和缺氧分区、单一污泥工艺限制性、生物除磷的剩余污泥排放等问题都限制了系统总的脱氮除磷效果。再者,悬浮物容易在速分球空隙中聚集,长期的聚集容易导致生化池污泥淤积,因而缺氧和厌氧微环境占比增大,致使氨氮去除率持续下降。针对海岛污水高氨氮、低C/N、低C/P特征,结合曝气调节

池、速分生化池的运行现状,一是建议停止调节池曝气系统以强化沉砂或污泥的预处理,一方面降低进入速分生化池的悬浮物浓度,另一方面保留易被生物利用的碳源进入生化处理系统,提升脱氮除磷效果;二是建议采用多点进水(50%~70%分流进入二级速分生化池),以保证第二段生化反应的碳源;三是建议进行曝气系统的分级控制,营造硝化与反硝化所需的反应环境,提升脱氮能力;四是建议增设速分生化池的强制排泥反冲洗系统,保证生化系统对磷的去除效果;五是由于进水总磷浓度较高,建议增加化学除磷等后续深度处理单元,以保障工艺最终的出水水质。

参考文献:

- [1] 张荷霞. 南沙群岛岛礁战略价值评价研究[D]. 南京:南京大学,2014.
ZHANG Hexia. Research on Strategic Value Evaluation of the Islands and Reefs in the Nansha Islands [D]. Nanjing: Nanjing University, 2014 (in Chinese).
- [2] 周继豪,沈小东,张平,等. 珊瑚砂改良为目的的离岸岛礁有机固废处理策略研究[J]. 生态科学,2016,35(6):176-181.
ZHOU Jihao, SHEN Xiaodong, ZHANG Ping, et al. Disposal strategies of organic solid waste in the offshore islands with the purpose of coral sand improvement [J]. Ecological Science, 2016, 35 (6): 176 - 181 (in Chinese).
- [3] KUWAHARA S. The development of small islands in Japan: an historical perspective [J]. Journal of Marine and Island Cultures, 2012, 1(1): 38-45.
- [4] 王帆,李军,边德军,等. 流离球填料强化低温脱氮及填充率优化[J]. 中国给水排水,2019,35(11):9-14.
WANG Fan, LI Jun, BIAN Dejun, et al. Flow-separated ball filler for enhanced nitrogen removal under low temperature and its internal filling rate optimization [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35 (11): 9 - 14 (in Chinese).
- [5] 吴主光. 基于流离处理技术的一体化生活污水处理工艺探究[D]. 杭州:浙江大学,2018.
WU Zhuguang. Research on Intergrated Domestic Wastewater Treatment Process Based on Discharge Processing Technology [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018 (in Chinese).
- [6] 时玉龙,王三反,陈霞. 速分球生物滤柱处理低C/N

- 比废水脱氮除磷研究[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(11): 131-134.
- SHI Yulong, WANG Sanfan, CHEN Xia. Biological phosphorus and nitrogen removal in low C/N ratio domestic sewage treatment by velocity discrete biofilter [J]. Environmental Science & Technology, 2012, 35(11): 131-134 (in Chinese).
- [7] 邓妍, 刘兴静, 杨迪, 等. 速分生化技术处理城市生活污水工程实例[J]. 中国给水排水, 2019, 35(2): 92-96.
- DENG Yan, LIU Xingjing, YANG Di, *et al.* Case study on urban domestic sewage treatment project by rapid separation biochemical technology [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(2): 92-96 (in Chinese).
- [8] 黄谦, 孔刚. 流离生化法在污水处理中的应用[J]. 市政技术, 2011, 29(4): 100-104.
- HUANG Qian, KONG Gang. Application of flow-separation biological treatment technology in sewage treatment [J]. Municipal Technology, 2011, 29(4): 100-104 (in Chinese).
- [9] 孙杰. 厌氧水解/流离球生化/高密度沉淀池工艺处理工业园废水[J]. 中国给水排水, 2018, 34(24): 75-78.
- SUN Jie. Industrial park wastewater treatment by combination process of anaerobic hydrolysis/flow-separated ball biochemical/high density sedimentation tank [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(24): 75-78 (in Chinese).
- [10] 吴小苏, 廖日红, 何刚. 速分生化 + NAR 交换集成技术处理京郊新农村污水[J]. 中国给水排水, 2014, 30(2): 69-71.
- WU Xiaosu, LIAO Rihong, HE Gang. Integration of rapid separation biochemistry process and NAR exchange for treatment of rural sewage in suburbs of Beijing [J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(2): 69-71 (in Chinese).
- [11] FITZGERALD C M, CAMEJO P C, OSHLAG J Z, *et al.* Ammonia-oxidizing microbial communities in reactors with efficient nitrification at low-dissolved oxygen [J]. Water Research, 2015, 70: 38-51.
- [12] LI Y F, YANG J Y, ZHANG G C. Effects of aeration on nitrogen and phosphate removal with A²O process [J]. Advanced Materials Research, 2012, 622/623: 1738-1741.
- [13] 戴娴, 王晓霞, 彭永臻, 等. 进水 C/N 对富集聚磷菌的 SNDPR 系统脱氮除磷的影响[J]. 中国环境科学, 2015, 35(9): 2636-2643.
- DAI Xian, WANG Xiaoxia, PENG Yongzhen, *et al.* Effect of influent C/N ratio on simultaneous nitrification-denitrification and phosphorus removal (SNDPR) enriched with phosphorus accumulating organisms (PAOs) [J]. China Environmental Science, 2015, 35(9): 2636-2643 (in Chinese).
- [14] 何理, 高大文. 基于反硝化聚磷菌的颗粒污泥的培养[J]. 中国环境科学, 2014, 34(2): 383-389.
- HE Li, GAO Dawen. Cultivate of granular sludge based on denitrifying phosphate accumulating bacteria [J]. China Environmental Science, 2014, 34(2): 383-389 (in Chinese).
- [15] 邹吕熙, 李怀波, 郑凯凯, 等. 太湖流域城镇污水处理厂进水水质特征分析[J]. 给水排水, 2019, 45(7): 39-45.
- ZOU Lüxi, LI Huaibo, ZHENG Kaikai, *et al.* Analysis on the characteristics of influent water quality from wastewater treatment plants in Taihu Basin [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(7): 39-45 (in Chinese).
- [16] 李斯亮. A²O 工艺处理东北小城镇污水的优化运行及效能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015.
- LI Siliang. Study on Optimized Operation and Performance of A²O Wastewater Treatment Processes in Northeast Small Towns [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2015 (in Chinese).
- [17] WANG X X, WANG S Y, XUE T H, *et al.* Corrigendum to "Treating low carbon/nitrogen (C/N) wastewater in simultaneous nitrification-endogenous denitrification and phosphorous removal (SNDPR) systems by strengthening anaerobic intracellular carbon storage" [J]. Water Research, 2015, 77(6): 191-200.
- 作者简介: 李莉 (1984-), 女, 湖北武汉人, 博士, 高级实验师, 博士生导师, 主要从事污水处理理论及工程应用研究.
- E-mail: freelin729@cqu.edu.cn
- 收稿日期: 2020-06-16
- 修回日期: 2020-09-18

(编辑: 任莹莹)