

不同基质与水生植物对污水物理指标的改善效果分析

杨小蛟,刘玉春,张芳园,潘秋艳,郭彬

(河北农业大学城乡建设学院,河北保定 071000)

摘要:为探明水体生态净化技术中最优的基质-水生植物组合,采用盆栽试验,选择6种不同基质和5种水生植物作为水生态处理系统,研究不同基质和水生植物条件下水生态系统对污水理化指标的改善效果。结果表明:pH去除率为5%,浊度去除率为89.5%,DO提升率为455%;荷花和砂子组合对pH处理效果最好,香蒲和炉灰渣组合对浊度处理效果最好,芦苇和砂子组合对DO处理效果最好。

关键词:植物;基质;污水;DO;浊度;pH

中图分类号:TU991.2

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2017)S1-0117-04

近年以来,水体生态净化技术因其安全高效、成本低廉、管理方便的特点在我国得到越来越多的应用。有许多实践^[1-3]证明,以人工湿地、滨岸缓冲带、生物浮床等为代表的生态净化技术在湖泊富营养化防治、农村生活污水和污水处理厂出水深度处理等方面取得了良好的效果。人工湿地一般是由植物、基质和微生物组成,主要通过物理、化学和生物协同作用来净化污染物^[4]。植物和基质是影响人工湿地净化效率的两个重要介质,植物有利于系统溶解氧的增加^[5-6];基质可为水生植物生长提供载体和营养物质,为微生物的生长提供稳定的依附表面,同时为植物、微生物生长及氧气的传输提供必要条件。当生活污水流经人工湿地时,基质和微生物会与污水发生一些物理或化学反应,如吸收、吸附、过滤、离子交换、络合反应等,将水体中的污染物有效去除^[7]。

由于浊度、DO等水质理化指标未列入水质标准考量范围,人们往往更关注水体有机物及营养盐指标,而忽视水体理化指标的重要性。事实上,作为水生生态系统环境因素的重要组成部分,水体理化指标的优劣程度能够对水生生物产生直接影响,进而左右生态技术对水体有机物及营养盐等污染指标的净化效果。在人工湿地系统中,有机污染物及营养盐的去除效率受湿地中DO水平的影响^[8],若水体中DO过低,会造成水生生物窒息,降低微生物硝化反应速率和总脱氮率,出现亚硝酸盐的积累^[9],

并导致水体黑臭现象的发生。自然水体的DO环境的改善主要是通过植物输氧、大气复氧和水体更新复氧3种途径进行。pH值也是反映水质情况的一项重要指标。pH值影响着湿地水质净化的化学、生物过程,会对水质处理效果、水中溶解物能否生成沉淀物、水生生物生长繁殖等方面产生影响^[10]。研究表明,只有在适宜的pH条件下,硝化菌和反硝化菌才能活跃于污水中,充分起到同步硝化与反硝化作用,其中亚硝酸细菌适宜的pH值是7~9;硝酸细菌适宜pH值是5~8,最适宜值为7.0^[11]

1 试验材料与方法

试验布置在河北省某大学校区。根据试验区条件,试验考虑水生植物、基质两种因素。5种水生植物为千屈菜(P1)、黄菖蒲(P2)、芦苇(P3)、香蒲(P4)、荷花(P5);6种基质为砂子(S1)、石子(S2)、炉灰渣(S3)、砂子+土(S4)、石子+土(S5)、炉灰渣+土(S6)。采用塑料水桶(桶高34cm,上口直径34cm,下底直径27cm)模拟人工湿地。在试验装置内建立砂子、石子、炉灰渣、砂子+土、石子+土、炉灰渣+土6种基质系统,每桶基质体积为塑料水桶体积的1/2,每种基质系统分别栽种千屈菜、黄菖蒲、芦苇、香蒲、荷花;其中,千屈菜2棵/桶,黄菖蒲2棵/桶,芦苇5棵/桶,香蒲4棵/桶,荷花1棵/桶。每种湿地系统5个重复,总计150个。将修剪后的水生植物(千

基金项目:河北省科技计划项目(15227003D)

作者简介:杨小蛟(1992—),男,硕士研究生,主要从事水环境治理及水资源保护的研究。E-mail:534003908@qq.com

屈菜 8 ~ 10 cm, 黄菖蒲 20 ~ 30 cm, 芦苇: 20 ~ 30 cm, 香蒲: 20 ~ 30 cm) 同时移栽到人工湿地系统内, 注入污水预培养 1 周后开始试验。试验分析指标为 pH、DO 以及浊度。其中, pH 值测定采用 GB 6920—1986 玻璃电极法, DO 测定采用 GB 11913—1989 电化学探头法, 浊度测定采用 GB13200—1991 分光光度法。

2 结果与分析

2.1 不同基质和水生植物对农村生活污水 pH 值的影响

图 1 给出了试验期间各试验处理条件 pH 变化曲线, 不同水生植物和基质处理条件下农村生活污水 pH 值均值和方差分析结果见表 1。由图 1 可知, 不同水生植物对农村生活污水 pH 值的影响在水生植物生育期内表现为不规则的多峰变化曲线, pH 值变化范围为 6.0 ~ 12.0, 各试验处理条件下 pH 均值为 7.52。浇灌生活污水后, pH 值增大, 最后在腾发

作用和植物净水作用下, pH 值逐渐减小。5 种植物条件下 pH 均值分别为 7.86 (黄菖蒲)、7.74 (千屈菜)、7.47 (芦苇)、7.37 (香蒲)、7.15 (荷花), 表明荷花对农村生活污水的处理效果最好; 6 种基质条件下 pH 均值分别为 7.63 (石子)、7.62 (砂)、7.56 (砂加土)、7.49 (石子加土)、7.45 (炉灰渣加土) 和 7.35 (炉灰渣), 表明单独使用炉灰渣对降低污水 pH 值效果最好, 综合分析可知 S1P5 处理对生活污水 pH 值处理效果最佳。方差分析结果表明水生植物和基质对农村生活污水 pH 值的处理效果在 $\alpha = 0.05$ 水平下均存在显著性影响, 且在相同基质下水生植物对 pH 值的影响均存在极显著影响。

2.2 不同基质和水生植物对农村生活污水浊度影响

图 2 给出了试验期间各试验处理条件浊度变化曲线, 不同水生植物和基质处理条件下农村生活污水浊度值均值和方差分析结果见表 2。由图 2 可知, 不同水生植物对农村生活污水浊度值的影响在

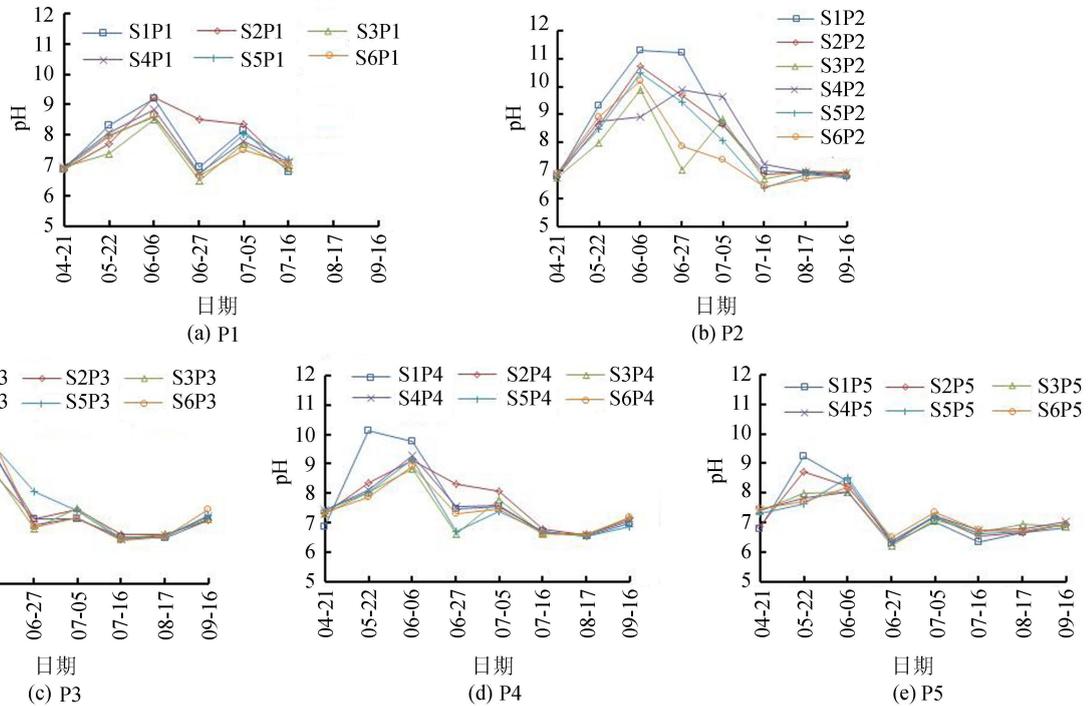


图 1 各试验处理下 pH 随时间的变化曲线

表 1 各试验处理下污水 pH 均值和方差分析结果

试验处理	pH 值					均值	方差分析(P 值)
	P1	P2	P3	P4	P5		
S1	7.84abB	8.20aA	7.50abC	7.49aC	7.08bD	7.62	0.000 *
S2	8.10aA	7.86abcAB	7.49abBC	7.54aBC	7.14abC	7.63	0.005 *
S3	7.50bcAB	7.54cA	7.38cB	7.21bC	7.12abC	7.35	0.000 *
S4	7.69bcB	8.07abA	7.43bcBC	7.40abBC	7.23aC	7.56	0.001 *
S5	7.72abAB	7.81bcA	7.55aB	7.20bC	7.19abC	7.49	0.000 *
S6	7.61bAB	7.66cA	7.45bcBC	7.39abC	7.15abD	7.45	0.002 *
均值	7.74	7.86	7.47	7.37	7.15	7.52	
方差分析(P 值)	0.016 *	0.012 *	0.021 *	0.031 *	0.289		

注: 数值后 a、b、c 表示同种植物条件下不同基质间的显著性, A、B、C、D 表示同种基质条件下不同植物间的显著性, * 表示分析参数在 $\alpha = 0.05$ 水平下存在显著性影响, 下同。

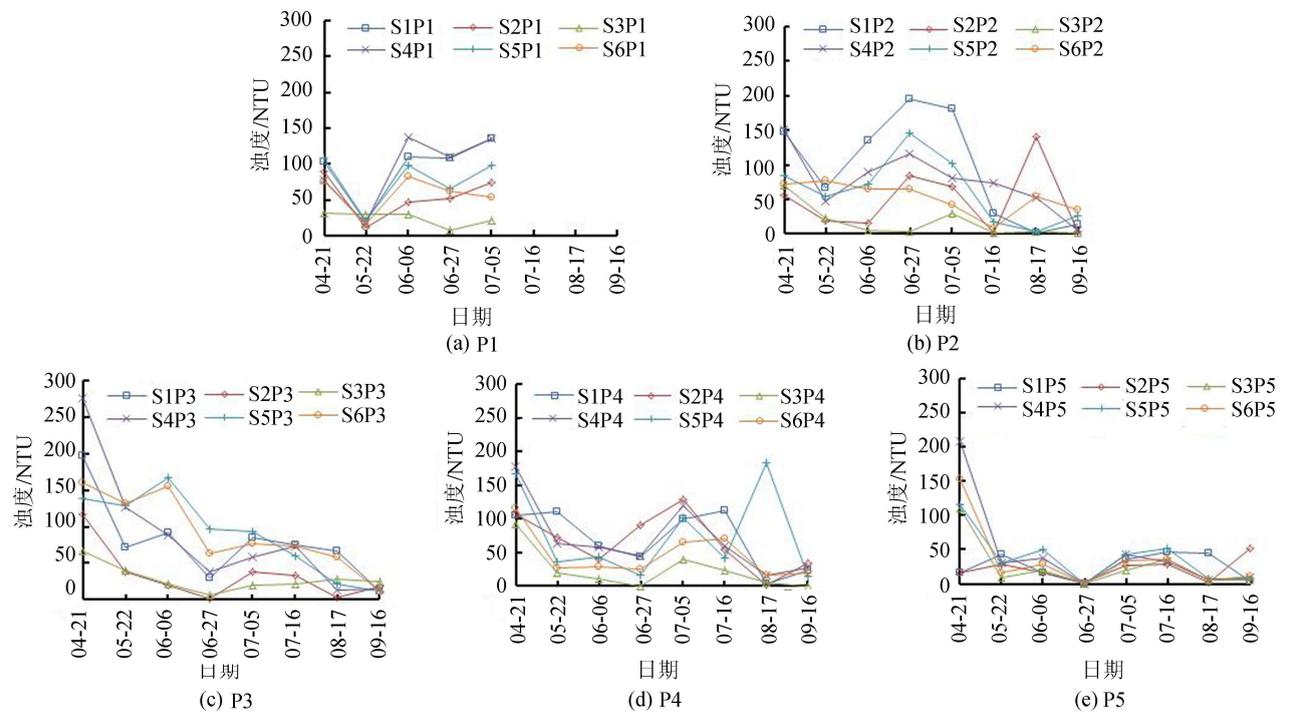


图2 各试验处理下浊度随时间的变化曲线

表2 不同基质和水生植物对农村生活污水浊度的影响

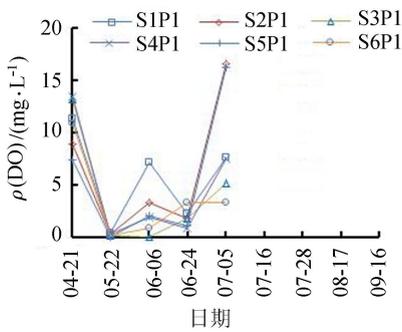
试验处理	浊度/NTU					均值	方差分析(P值)
	P1	P2	P3	P4	P5		
S1	18.87abA	14.30abAB	11.7aAB	23.63abA	3.17aB	14.33	0.085
S2	10.43bB	2.2bB	18.57aAB	34.2aA	13.5aB	15.78	0.028 *
S3	30.53aA	1.97bB	25.27aA	0.73cB	5.77aB	12.85	0.015 *
S4	17.87abAB	4.17bC	15.1aABC	27.17abA	9.53aBC	14.77	0.027 *
S5	21.07abA	26.43aA	11.83aA	13.60bcA	7.2aA	16.03	0.308
S6	15.77abA	21.5abA	10.63aA	20.43abA	11.5aA	15.97	0.534
均值	19.09	11.76	15.52	19.96	8.44	14.95	
方差分析(P值)	0.205	0.085	0.391	0.007 *	0.632		

水生植物生育期内表现为不规则的多峰变化曲线,浊度值变化范围为0~300 NTU,各试验处理条件下浊度均值为14.95 NTU。浇灌生活污水后,浊度值增大,最后在腾发作用和植物净水作用下,浊度值下降幅度明显。5种植物条件下浊度均值分别为19.09 NTU(千屈菜)、11.76 NTU(黄菖蒲)、15.52 NTU(芦苇)、19.96 NTU(香蒲)、8.44 NTU(荷花),表明荷花对农村生活污水的处理效果最好;6种基质条件下浊度均值分别为16.03 NTU(石子加土)、15.97 NTU(炉灰渣加土)、15.78 NTU(石子)、14.77 NTU(砂加土)、14.33 NTU(砂)、12.85 NTU(炉灰渣),表明单独使用炉灰渣对降低污水浊度值效果最好,综合分析可知,P4S3处理对生活污水浊度值处理效果最佳。方差分析结果表明,水生植物和基质对农村生活污水浊度值的处理效果在 $\alpha=0.05$ 水平下基本存在显著性影响。

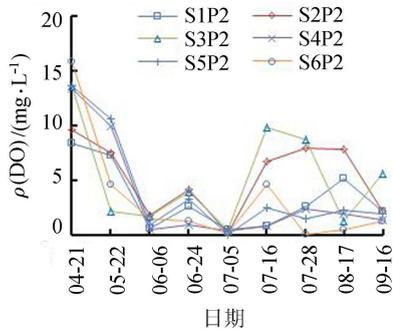
2.3 不同基质和水生植物对农村生活污水溶解氧影响

图3给出了试验期间各试验处理条件溶解氧变化曲线,不同水生植物和基质处理条件下农村生活

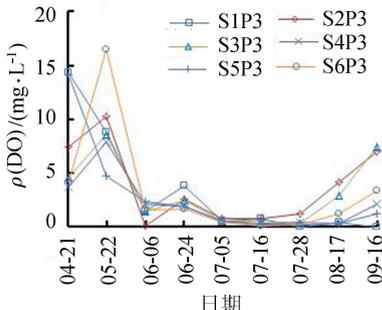
污溶解氧均值和方差分析结果见表3。由图3可知,不同水生植物对农村生活污水DO的影响在水生植物生育期内表现为不规则的多峰变化曲线,DO值变化范围为0~19 mg/L,各试验处理条件下DO均值为8.88 mg/L。浇灌生活污水后,DO值减小,最后在植物输氧和大气复氧作用下,DO值增加幅度明显。5种植物条件下溶解氧均值分别为9.61 mg/L(千屈菜)、7.12 mg/L(黄菖蒲)、11.47 mg/L(芦苇)、12.36 mg/L(香蒲)、3.84 mg/L(荷花),表明芦苇和香蒲对农村生活污水的处理效果最好,这是因为芦苇和香蒲根系发达、泌氧能力强;6种基质条件下DO均值分别为11.38 mg/L(砂)、8.89 mg/L(石子)、7.02 mg/L(炉灰渣)、8.13 mg/L(砂加土)、7.88 mg/L(石子加土)、9.99 mg/L(炉灰渣加土),表明单独使用砂子对增加水体溶解氧效果最好,综合分析可知S1P3处理对生活污水DO值处理效果最佳。方差分析结果表明水生植物和基质对农村生活污水DO值的处理效果在 $\alpha=0.05$ 水平下均存在显著性影响。



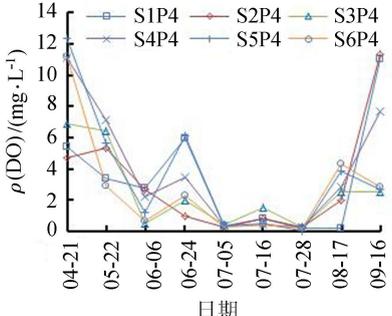
(a) P1



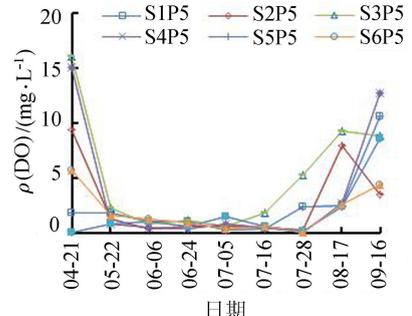
(b) P2



(c) P3



(d) P4



(e) P5

图3 各试验处理下 DO 质量浓度随时间的变化曲线

表3 不同基质和水生植物对农村生活污水 DO 的影响

试验处理	pH 值					均值	方差分析(P 值)
	P1	P2	P3	P4	P5		
S1	9.52bB	8.77aB	15.8aA	14.95bA	7.87aB	11.38	0*
S2	4.9dBC	3.92cC	15.48aA	14.27bA	6.1bB	8.89	0*
S3	8.5bcAB	7.72abB	8.12cdAB	8.95cA	1.8dC	7.02	0*
S4	13.44aA	7.71abB	13.28bA	4.23dC	1.99cdD	8.13	0*
S5	8.01cB	6.75bB	7.00dB	14.44bA	3.19cC	7.88	0*
S6	13.3aB	7.84abC	9.26cC	17.34aA	2.31cdD	9.99	0*
均值	9.61	7.12	11.47	12.36	3.84	8.88	
方差分析(P 值)	0*	0*	0*	0*	0*		

3 结论

a. 原水 pH 指标在 6.03 ~ 11.88 范围间波动, 平均值为 7.93, 经过处理后, pH 平均值为 7.52, 去除率为 5%; 原水浊度指标在 97.2 ~ 265.8 NTU 范围间波动, 平均值为 142.9 NTU, 经过处理后, 浊度平均值为 14.95 NTU, 去除率为 89.5%; 原水 DO 指标在 0 ~ 5.97 mg/L 范围间波动, 平均值为 1.6 mg/L, 经过处理后, DO 平均值为 8.88 mg/L, 提升率为 455%。

b. 各试验处理条件下 pH 均值为 7.52。浇灌生活污水后, pH 值增大, 最后在蒸发作用和植物净水作用下, pH 值逐渐减小; 荷花单独使用对 pH 的处理效果最好, 炉灰渣单独使用对 pH 处理效果最好, 荷花和砂子组合对 pH 处理效果最好。

c. 各试验处理条件下浊度均值为 14.95 NTU。浇灌生活污水后, 浊度值增大, 最后在蒸发作用和植物净水作用下, 浊度值下降幅度明显; 荷花单独使用对浊度的处理效果最好, 炉灰渣单独使用对浊度处理

效果最好, 香蒲和炉灰渣组合对浊度处理效果最好。

d. 各试验处理条件下 DO 均值为 8.88 mg/L。浇灌生活污水后, DO 值减小, 最后在植物输氧和大气复氧作用下, DO 值增加幅度明显; 香蒲单独使用对 DO 的处理效果最好, 砂子单独使用对 DO 处理效果最好, 芦苇和砂子组合对 DO 处理效果最好。

参考文献:

- [1] 张萌, 李雄清, 李中强, 等. 两种多裂叶型沉水植物组合净化富营养水体氮磷的对比实验研究[J]. 长江流域资源与环境, 2015(增刊1):182-190.
- [2] 李龙山, 倪细炉, 李志刚, 等. 5种湿地植物对生活污水净化效果研究[J]. 西北植物学报, 2013, 33(11): 2292-2300.
- [3] 管策, 郁达伟, 郑祥, 等. 我国人工湿地在城市污水处理厂尾水脱氮除磷中的研究与应用进展[J]. 农业环境科学学报, 2012, 1(12):2309-2320.

(下转第 123 页)

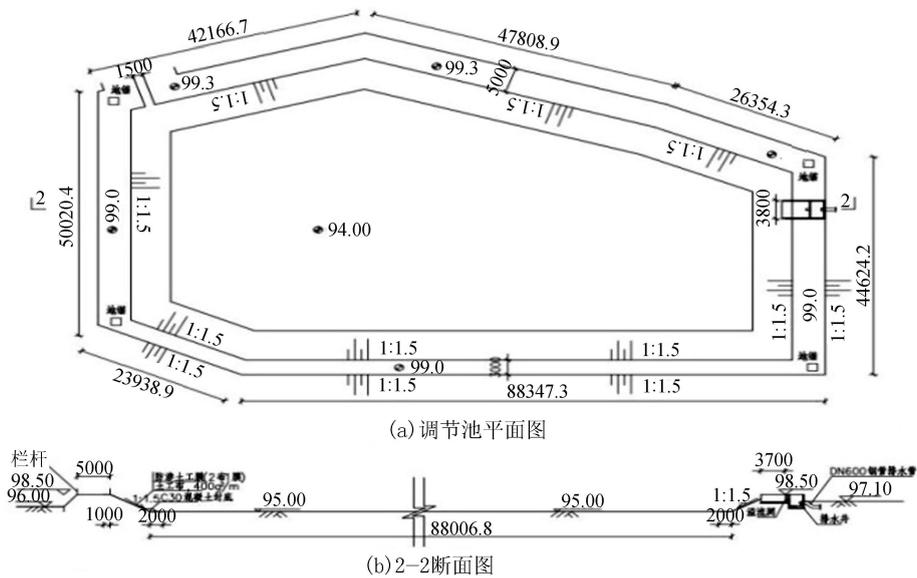


图5 调节池结构(单位:mm)

中,相比于常规的工艺,具有以下几个优点:①泥浆从进入到流出基本完全依靠自流,电能消耗和设备投入费用小;②噪声小、沉渣外运、泥浆无外流,对环境的影响小;③调节池兼具污泥浓缩、提高泥浆浓度、保障整套工艺连续作业的功能,能缓冲泥浆的流量,减小水力负荷,使各工艺单元协同起来更加灵活;④溢流闸的设置不仅大幅度减小了小绞吸船的工作量,具有调整调节池水位、库容量的功能,还提高了调节池的泥浆浓度,降低了后续处理的难度和费用投入。

4 结 语

在福建省泉州市山美水库库区环保疏浚工程中,针对疏浚底泥杂质多、泥浆浓度不高的特点,采用分级沉淀池加调节池的处理工艺对疏浚底泥进行预调理。工程实践表明,该工艺可有效去除大颗粒杂质、提高泥浆浓度、节能降耗,应用效果良好。

参 考 文 献:

[1] 张锡辉. 水环境修复工程学原理与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2002:56-60.

[2] 林莉,李青云,吴敏. 河湖疏浚底泥无害化处理和资源化利用研究进展[J]. 长江科学院院报,2014,31(10):80-88.

[3] 王江滨. 山美水库流域面源污染物调查及分析[D]. 福州:福建农林大学,2015.

[4] 许劲,孙俊贻,周幸儒,等. 不设初沉池时沉砂池的选型分析[J]. 重庆建筑大学学报,2005,27(2):61-64.

[5] 李慧斌. 回转式格栅除污机在城市排涝泵站中的选用[J]. 科技信息,2011(27):133.

[6] 屈萍红. 浅谈板框压滤机运行中常见问题及解决措施[J]. 铜业工程,2015(5):33-37.

[7] 朱安定. 绞吸式挖泥船生产效率及应用工况分析[J]. 长沙铁道学院学报(社会科学版),2009(2):216-217.

(收稿日期:2017-04-10 编辑:王 芳)

(上接第120页)

[4] 宋志文,毕学军,曹军. 人工湿地及其在我国小城市污水处理中的应用[J]. 生态学杂志,2003,22(3):74-78.

[5] KANTAWANICHKUL S, PILAILA S, TAN-APIYAWANICH W, et al. Wastewater treatment by tropical plants in vertical-flow constructed wetlands[J]. Water Science & Technology, 1999, 40(3):173-178.

[6] LUND L J, HORNE A J, WILLIAMS A E. Estimating denitrification in a large constructed wetland using stable nitrogen isotope ratios[J]. Ecological Engineering, 2000, 14(1/2):67-76.

[7] REDDY K R. Fate of nitrogen and phosphorus in a wastewater retention reservoir containing aquatic macrophytes[J]. Journal of Environmental Quality, 1983, 12(12):

137-141.

[8] ARMSTRONG W, COUSINS D, ARMSTRONG J, et al. Oxygen distribution in wetland plant roots and permeability barriers to gas-exchange with the rhizosphere: a micro-electrode and modelling study with phragmites australis[J]. Annals of Botany, 2000, 86(3):687-703.

[9] 徐伟锋,孙力平,古建国,等. DO对同步硝化反硝化影响及动力学[J]. 城市环境与城市生态,2003(1):8-10.

[10] 胡绵好,奥岩松,朱建坤,等. pH和曝气对水生植物去除富营养化水体中氮磷等物质的影响[J]. 水土保持学报,2008,22(4):168-173.

[11] 吴建强,黄沈发,丁玲,等. 人工湿地中的SND机理以及DO、pH对其的影响[J]. 环境污染与防治,2005,27(6):476-478.

(收稿日期:2017-07-20 编辑:彭桃英)