

# 人工湿地处理生活污水研究 ——以深圳石岩河人工湿地为例

刘春常<sup>1</sup>, 夏汉平<sup>1</sup>, 简曙光<sup>1</sup>, 任海<sup>1\*</sup>, 张倩媚<sup>1</sup>, 刘家宝<sup>2</sup>, 郁向东<sup>2</sup>

1. 中国科学院华南植物园, 广东 广州 510650; 2. 深圳宝安环境保护局, 广东 深圳 518101

摘要: 对深圳石岩河人工湿地运行以来的污水净化效果、植物生长状况和处理系统存在的问题等进行了分析和研究。结果表明, 湿地运行 7 个月, 污水处理量达  $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ , 对污水中  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、SS、TP、TN 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  的去除率分别为 87.1%、94.1%、57.5%、91.4%、47.8% 和 74.8%。对植物氮磷的分析表明, 植物氮质量分数在 1.31%~2.25% 之间, 磷质量分数在 0.40%~1.15% 之间, 植物氮积累量为  $116.2 \sim 417.1 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 磷积累量为  $70.7 \sim 178.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。与工程总处理量相比, 植物吸收的氮磷量仍占很小部分, 平均分别为 4.90% 和 3.78%。此外, 对工程运行状况的观测发现, 人工湿地存在工程表面板结、内部堵塞及植物管理等问题, 板结程度与植物覆盖度成反比。

关键词: 人工湿地; 污水处理; 植物吸收; 运行问题

中图分类号: X522

文献标识码: A

文章编号: 1672-2175 (2005) 04-0536-04

人工湿地是通过模拟自然湿地的结构和功能, 选择一定的地理位置与地形, 根据人们的需要人为设计与建造的湿地<sup>[1]</sup>。用作污水处理的人工湿地是一种新兴的废水处理技术, 它主要由耐污染的植物与不同粒径的砂砾组成的基质所共同构成的人工生态系统, 系统内还含有大量微生物、藻类和微小动物。进入系统的污染物在微生物作用下, 发生厌氧或好氧反应, 从而消除或降低污染物毒性。同时, 水生植物还可吸收部分 N、P 和重金属物质<sup>[2, 3]</sup>, 很多微小动物也能协助植物与微生物去除水体中的污染物<sup>[4, 5]</sup>。

生活污水含有大量的氮、磷化合物和含碳有机物,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、TN、TP 等的质量浓度分别可达到  $250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $130 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $18 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  左右<sup>[6-8]</sup>, 而同时重金属和毒性化合物含量很小。当污水流经人工湿地处理系统后, 其各主要污染物的质量浓度大大降低<sup>[6-8]</sup>。人工湿地良好的除污效果, 以及操作简单方便、运行成本低等特点, 使它在全世界得到了广泛运用。我国深圳、成都、武汉、茂名等地也陆续新建了一批示范工程<sup>[9-11]</sup>。

目前, 国内外对人工湿地的研究很多, 但大量的工作局限在较小时空尺度上, 对大型实地工程的跟踪研究则非常缺乏。本文试图对深圳石岩河人工湿地运行 7 个月以来污水净化效果和植物生长状况进行跟踪观测, 以期了解大型人工湿地工程在污水处理上的有效性与持续性, 发现其中存在的问题并加以解决, 以便为加快人工湿地工程在我国的推广应用提供一些科学依据。

## 1 材料及方法

### 1.1 工程构建和运行

石岩河人工湿地位于深圳市宝安区石岩水库旁, 占地面积达  $35\,000 \text{ m}^2$ , 湿地面积  $24\,000 \text{ m}^2$ , 日处理设计量为  $15\,000 \text{ m}^3$ , 实际处理量平均为  $9\,000 \text{ m}^3$ 。工程主要用来处理石岩河附近居民生活污水, 2003 年 7 月建成并开始运行。该工程共有 8 个污水处理池, 每个池面积  $3\,000 \text{ m}^2$  左右, 均为垂直下行流方式。各池填料从上到下依次是 10 cm 粒径 4~8 mm 的碎石、70 cm 粒径 0~4 mm 的细砂、20 cm 粒径 4~8 mm 的碎石、20 cm 粒径 16~32 mm 的碎石和 30 cm 压实黏土防渗层, 在第 1 层和第 4 层填料里分别铺设了配水和集水管道。各个池里分别混种了风车草 (*Cyperus alternifolius*)、纸莎草 (*Cyperus papyrus*)、美人蕉 (*Canna spp.*)、水竹芋 (*Thalia dealbata*)、香根草 (*Vetiveria zizanioides*) 和芦苇 (*Phragmites australis*) 等植物。工程进水和配水均采用自动控制系统。植物于 2003 年 7 月种下, 2004 年 2 月第 1 次收割。

### 1.2 材料

实验用植物为“2.1”所述的 6 种植物, 用于水质测定的水样均取自工程总进水口和总出水口, 每月测定 1 次, 时间从 2003 年 8 月到 2004 年 2 月。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 污水水质测定

主要测试指标包括  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、SS、TN、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、CN (氰化物) 等化合物和  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Cr}^{6+}$ 、

基金项目: 广东省科技项目 (2003C32201); 广州市科技项目 (2003J1-C0341)

作者简介: 刘春常 (1980-), 男, 硕士, 研究方向为生态工程。E-mail: liucc3505@scbg.ac.cn

\*通讯联系人

收稿日期: 2005-01-27

Zn<sup>2+</sup>、Ni<sup>+</sup>等 4 种常见的金属离子。其中，COD<sub>Cr</sub>的测定方法为快速密闭催化消解法，氰化物测定方法为异烟酸-巴比妥酸光度法，其它的 BOD<sub>5</sub>、SS、TN、TP、NH<sub>3</sub>-N、Cu<sup>2+</sup>、Cr<sup>6+</sup>、Zn<sup>2+</sup>、Ni<sup>+</sup>等均采用国标方法<sup>[12]</sup>。

1.3.2 植物生物量及 N、P 含量测定

在石岩河人工湿地上对上述 6 种植物各取 3 个 1 m×1 m 的样方，对各植物的鲜质量、根系长度、植株平均高度及覆盖度等指标进行观测，另外还对工程表面板结度（板结面积与样方面积的百分比）作了调查，取 3 个样方的平均值。从新鲜植物中取出少许样品，干燥处理，计算植物组织干湿比，最后分别用靛酚蓝比色法和钼锑抗比色法进行样品 N、P 的测定。

1.3.3 工程氮磷去除总量和植物氮磷吸收量计算

工程氮磷处理总量是污水处理前后总氮、总磷的质量浓度差与污水总处理量的乘积，其公式是

$$T = (C_1 - C_2) \times 1.8 \times 10^6 / 2.4 \times 1000 \quad (1)$$

(1) 式中  $T$  为工程氮磷处理总量，单位是  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ； $C_1$  为进水总氮、总磷质量浓度， $C_2$  为出水总氮、总磷质量浓度， $C_1$ 、 $C_2$  单位是  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ； $1.8 \times 10^6$  为研究期间污水总处理量，单位是  $\text{m}^3$ ，2.4 指工程面积  $2.4 \text{ hm}^2$ ；1000 为  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$  与  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  之间的换算值。

植物氮磷吸收量是指单位面积内植物组织中氮磷总量，是植物生物量与含氮（磷）的乘积。其公式是

$$U = c \times P \times R \times 10000 \quad (2)$$

(2) 式中  $U$  为单位面积的植物氮（磷）吸收量，单位是  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ； $c$  为植物含氮（磷）的质量分数，以“%”表示； $P$  为单位面积的植物鲜质量，单位为  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ； $R$  为干质量与鲜质量的比例（%）；10000 为  $\text{hm}^2$  与  $\text{m}^2$  的换算值。

植物氮、磷吸收量与工程去除总量的比例用  $r$  表示，计算公式为

$$r = U / T \times 100\% \quad (3)$$

2 结果与分析

2.1 污水净化效果

水质检测结果如表 1 所示，COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、SS、TP、TN 和 NH<sub>3</sub>-N 经过工程处理后，去除率分别达到 87.1%、94.1%、57.5%、91.4%、47.8% 和 74.8%。研究期间，自动控制系统显示污水实际处理量为  $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，按公式 (1) 计算，TN、TP 的去除量分别达到  $6450 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $2745 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。另外，氰化物及 4 种金属离子的测定结果显示，只有 Ni<sup>+</sup> 进出水的质量浓度有轻微超标，其它几项均在饮用水规定范围内<sup>[13]</sup>。

表 1 水质分析结果  
Table 1 The analysis of water quality

指标	进水/(mg·L <sup>-1</sup> )	出水/(mg·L <sup>-1</sup> )	去除率/%
COD <sub>Cr</sub>	214.9 ± 56.9	25.2 ± 6.8	87.1
BOD <sub>5</sub>	122.3 ± 38.8	6.7 ± 4.3	94.1
SS	32.8 ± 6.9	14.1 ± 5.6	57.5
TP	3.88 ± 1.31	0.22 ± 0.23	91.4
TN	18.4 ± 1.5	9.8 ± 4.6	47.8
NH <sub>3</sub> -N	15.2 ± 3.3	3.6 ± 2.4	74.8
CN	0.0043 ± 0.0005	0.065 ± 0.033	-
Cu <sup>2+</sup>	0.106 ± 0.126	-	-
Cr <sup>6+</sup>	0.0231 ± 0.0186	0.0058 ± 0.0030	-
Zn <sup>2+</sup>	0.748 ± 0.467	0.040 ± 0.038	-
Ni <sup>+</sup>	0.136 ± 0.127	0.066 ± 0.027	-

表中数据为平均值±标准差，n = 7

2.2 植物生态观测结果

表 2 显示植物观测和分析的结果。结果显示，不同植物的鲜质量和干湿比差异较大，但生物量变化不大。植物地上部分高度（以花穗高度为准）都在 100~200 cm 之间（芦苇匍匐蔓延生长，因此未

表 2 植物观测及分析结果  
Table 2 The results of the investigation and analysis of the plants

植物	美人蕉	风车草	水竹芋	纸莎草	香根草	芦苇
单位面积鲜质量/(kg·m <sup>-2</sup> )	18.870	9.036	13.184	9.566	7.202	6.247
生物量/(kg·m <sup>-2</sup> )	1.694	1.593	2.350	0.930	1.933	1.723
干湿比/%	9.0	17.5	17.8	9.0	26.9	27.5
株高/cm	165.55	130.25	110.46	135.20	194.80	-
根系长/cm	24.78	20.35	25.86	30.08	28.32	18.74
氮质量分数/%	1.85	1.77	2.25	1.93	1.31	2.23
磷质量分数/%	0.64	0.52	1.05	0.88	0.40	0.41
氮积累量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	293.4	417.1	381.1	166.2	253.0	166.2
磷积累量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	101.4	122.7	178.3	75.7	77.0	75.7

测量其高度），地下部分（根系）则分布较浅，在 18~30 cm 的空间里，但芦苇、水竹芋、美人蕉和纸莎草地下茎长而粗壮的，直径最大可达 3 cm 左右。另外，对各样方覆盖度和板结物覆盖度调查发现，美人蕉、水竹芋、风车草和芦苇 4 种植物覆盖度在 90% 以上，香根草和纸莎草则要低些，分别为 75% 和 60%；相应的，工程板结在前 4 种植物样方中均在 20% 以下，而在后两种植物的样方中则分别达到了 60% 和 80% 以上。对植物覆盖度与工程表面板结度分析表明二者呈高度负相关（ $r^2 = -0.9887$ ）。

2.3 植物氮磷含量及其积累量

根据植物氮磷质量分数和各植物生物量数据

(表2),按“1.3.3”公式(2)计算出单位面积里植物的氮磷积累量,结果列于表2。结合3.1计算的工程氮磷去除总量,根据“1.3.3”公式(3),得出植物通过生物量积累去除氮磷的量与工程氮磷去除总量的比例(分别用 $r_N$ 和 $r_P$ 表示)(表3)。结果表明,植物吸收的氮磷的量占工程总去除量的比例平均分别只有4.41%和3.78%。

表3 植物氮、磷吸收量与工程去除总量的比例  
Table 3 The ratio of the plant uptake amount to the total removal amount of N and P

项目	美人蕉	风车草	水竹芋	纸莎草	香根草	芦苇	平均
$r_N/\%$	4.55	6.47	5.92	2.58	3.93	5.98	4.41
$r_P/\%$	3.70	4.47	6.50	2.75	2.80	4.25	3.78

### 3 讨论

#### 3.1 人工湿地污染物高效去除机理

污染物较高的去除效果与人工湿地结构、污染物的去除途径及污水特征密切相关。Sakadevan 与 Bavor 的研究表明人工湿地中磷主要由基质吸附去除<sup>[14]</sup>。COD、BOD 则主要吸附在基质表面和根系表面<sup>[15, 16]</sup>,被根系周围大量的好氧微生物降解。COD、BOD 分解消耗大量氧后,人工湿地表层以下很快成为厌氧空间,从而整个系统成为一个好氧-厌氧处理器<sup>[4, 5]</sup>,这硝化-反硝化作用相耦合,有利于氮的去除。最后,研究中生活污水各指标的比例也比较合适,其中,COD 与 TN 的比例略大于10,BOD<sub>5</sub>与 TP 比例在30左右(参见表1),该结果基本达到了污水生物处理的最适比例<sup>[17]</sup>,有利于污染物的去除。此外,表1数据亦表明,人工湿地也能去除一些重金属,但重金属本身在生活污水中含量较低,尚未构成严重污染。

#### 3.2 植物吸收在人工湿地中的作用

植物对污染物的直接吸收是人工湿地除污的途径之一,但去除量比例相对总去除量较小,一般都低于10%。而且,由于植物能力有限,这一比例会随污水质量浓度的增大而降低。这表明,通过植物吸收去除污染物不是人工湿地除污的主要途径。尽管如此,在人工湿地上种植植物仍然是不可缺少的,除了通过吸收之外,它还可以输送氧气到根区,提供根区微生物生长、繁殖和降解对氧的需求及维持和加强人工湿地系统内的水力学传输等<sup>[18]</sup>,为污染物的其它去除途径提供条件。

#### 3.3 人工湿地运行中亟待解决的问题

在石岩河人工湿地正常运行的同时,也出现了一些难以解决的问题。概括起来主要有以下两方面。

(1) 工程表面板结和工程堵塞。运行期间,各处理池表面均出现了不同程度的板结。板结度与植

物覆盖度呈高度负相关,其原因可能是高植物覆盖率减少了光线的透过,使得藻类以及以藻类为生的微小生物等的生长繁殖受到影响,而进一步使得基质表面残存生物量也减少,板结物减少;覆盖率低则效果相反。此外,污水中一些油污和头发等不溶性杂质也可促使表面板结。工程表面板结直接导致了工程堵塞,但这不是堵塞的唯一原因。与其它废水生物处理工艺一样,人工湿地处理污水过程中,其中众多生物新陈代谢过程(包括植物根系腐烂),产生大量有机质并积累起来,使基质通透性降低<sup>[19]</sup>;此外,基质的水力特征也可能导致工程堵塞。目前,工程上采取翻动表面基质来解决板结和堵塞问题,但这只是将表面板结物转移到了基质内部,可能会产生新的负作用。

(2) 植物选择和管理。人工湿地植物筛选在国内外已经开展了大量工作,基本上以植物适应性、耐污能力、净化能力、根系、经济和观赏价值等作为评价指标进行筛选和搭配<sup>[20]</sup>。本研究中,纸莎草的生物量比较大,而且景观效果也很好,但其茎秆柔软,老叶常与基质表面接触并腐烂,加上它覆盖度较差,在其周围形成大面积的板结。相比而言,其它5种植物则比较理想的人工湿地植物。因此,在进行物种筛选和管理时,还应结合工艺和工程运行环境对植物进行综合考查。

致谢:余清发和储国伟两位老师在实验过程中给予了精心指导和热情帮助,在此表示感谢。

#### 参考文献:

- [1] 夏汉平. 人工湿地处理污水的机理与效率[J]. 生态学杂志, 2002, 24(4): 51 - 59.  
XIA H P Mechanisms and efficiencies on wastewater treatment with constructed wetlands: A review[J]. Chinese Journal of Ecology, 2002, 21(4): 51 - 59.
- [2] 王凡路, 吴瑞琴, 杨兵, 等. 凡口铅锌矿湿地系统沉积物中重金属的分布[J]. 生态环境, 2003, 12(3): 292 - 295.  
WANG F L, WU R Q, YANG B, et al. Distribution of heavy metals in sediment of Fankou Pb/Zn wetland[J]. Ecology and Environment, 2003, 12(3): 292 - 295.
- [3] 张军, 周琪, 何蓉. 表面流人工湿地中氮磷的去除机理[J]. 生态环境, 2004, 13(1): 98 - 101.  
ZHANG J, ZHOU Q, HE R. Nitrogen and phosphorus removal mechanism in surface constructed wetland[J]. Ecology and Environment, 2004, 13(1): 98 - 101.
- [4] REDDY K R, PATRICK JR W H, LINDAU C W. Nitrification denitrification at the plant root sediment interface in wetlands[J]. Limnology & Oceanography, 1989, 34(6): 1 004 - 1 013.
- [5] MOORHEAD K K, REDDY K R. Carbon and nitrogen in transformations in wastewater during treatment with *Hydrocotyle umbellata* L [J]. Aquatic Botany, 1990, 37(1): 153 - 161.
- [6] 段志勇, 刘超翔, 施汉昌, 等. 复合植物床式人工湿地研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(8): 4 - 7.

- DUAN Z Y, LIU C X, SHI H C, *et al.* Research on constructed wetland with composite plant bed[J]. *Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control*, 2002, 3(8): 4-7.
- [7] 靖元孝, 陈兆平, 杨丹菁. 风车草对生活污水的净化效果及其在人工湿地的应用[J]. *应用与环境生物学报*, 2002, 8(6): 614 - 617.  
JING Y X, CHEN Z P, YANG D J. Purifying efficiency of *Cyperus alternifolius* to domestic sewage and its application in constructed wetland[J]. *Chinese Journal of Application and Environment Biology*, 2002, 8(6): 614 - 617.
- [8] 靖元孝, 杨丹菁, 陈章和, 等. 两栖榕在人工湿地的生长特性及其对污水的净化效果[J]. *生态学报*, 2003, 23(3): 614 - 619.  
JING Y X, YANG D J, CHEN Z H, *et al.* Growth characteristics and sewage purifying effect of amphibious banyan in constructed wetland[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(3): 614 - 619.
- [9] 张毅敏, 张永春. 利用人工湿地治理太湖流域小城镇生活污水可行性探讨[J]. *农业环境保护*, 1998, 17(5): 232 - 247.  
ZHANG Y M, ZHANG Y C. Preliminary study on sewage treatment of small towns in Taihu Basin[J]. *Agro-environmental Protection*, 1998, 17(5): 232 - 247.
- [10] 王庆安, 任勇, 钱骏, 等. 人工湿地系统植物床内 COD<sub>Cr</sub> 动态变化规律探讨[J]. *四川环境*, 1999, 18(3): 58 - 62.  
WANG Q A, REN Y, QIAN J, *et al.* Dynamic examination in the variation of COD<sub>Cr</sub> in wetland bed[J]. *Sichuan Environment*, 1999, 18(3): 58 - 62.
- [11] XIA H P, KE H H, DENG Z P, *et al.* Ecological effectiveness of constructed wetlands in treating oil refined wastewater[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(7): 1 344 - 1 355.
- [12] 王心芳. 水和废水监测分析方法[A]. 北京: 中国环境出版社, 2002: 216 - 219.  
WANG X F. Methods of the water and wastewater inspection and analysis. Beijing: China Environmental Press: 2002: 216 - 219.
- [13] 孙成. 环境监测实验[M]. 北京: 科学出版社, 2003.  
SUN C. Environment Inspection and Experiment[M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [14] SAKADEVAN, BAVOR H J. Phosphate adsorption characteristics of soils slags and zeolite to be used as substrates in constructed wetland systems[J]. *Water Research*, 1998, 32(2): 393 - 399.
- [15] NGUYEN M. Organic matter composition, microbial biomass and microbial activity in gravel-bed constructed wetlands treating farm dairy wastewaters[J]. *Ecological Engineering*, 2000, 16(2): 199 - 221.
- [16] TANNER C C, SUKIAS J P. Accumulation of organic solids in gravel-bed constructed wetlands[J]. *Water Science and Technology*, 1995, 32(3): 229 - 240.
- [17] 薛玉, 张旭, 李旭东, 等. 复合沸石吸氮系统控制暴雨径流污染[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2003, 43(6): 854 - 857.  
XUE Y, ZHANG X, LI X D. Storm-water pollution control using zeolite nitrogen absorption system[J]. *Journal of Tsinghua Univ (Sci & Tech Edition)*, 2003, 43(6): 854 - 857.
- [18] 成水平, 吴振斌, 况琪军. 人工湿地植物研究[J]. *湖泊科学*, 2002, 14(2): 179 - 184.  
CHENG S P, WU Z B, KUANG Q J. Macrophytes in artificial wetland[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2002, 14 (2): 179 - 184.
- [19] 崔理华, 朱夕珍, 骆世明. 污水渗滤湿地处理系统技术的研究进展[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(4): 623 - 626.  
CUI L H, ZHU X Z, LUO S M. Advances in the research of infiltration wetland wastewater treatment systems[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(4): 623 - 626.
- [20] 王圣瑞, 年跃刚, 侯文华, 等. 人工湿地植物的选择[J]. *湖泊科学*, 2004, 16(1): 91 - 96.  
WANG S R, NIAN Y G, HOU W H, *et al.* Microphyte selection in artificial wetlands[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2004, 16(1): 91 - 96.

## A case study on domestic wastewater treatment in Shiyanhe constructed wetland in Shenzhen

LIU Chun-chang<sup>1</sup>, XIA Han-ping<sup>1</sup>, JIAN Shu-guang<sup>1</sup>, REN Hai<sup>1</sup>,  
ZHANG Qian-mei<sup>1</sup>, LIU Jia-bao<sup>2</sup>, YU Xiang-dong<sup>2</sup>

1. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. Shenzhen Bao'an Environmental Protection Bureau, Shenzhen 518101, China

**Abstract:** Shiyanhe Constructed Wetland of Shenzhen, locating in Shiyan town of Shenzhen city, has been under operation since July 2003. After 7 months' treatment ( from July, 2003 to Feb, 2004 ), over  $1.8 \times 10^6 \text{ m}^3$  wastewater had been treated, and the main pollutants COD<sub>Cr</sub>, BOD<sub>5</sub>, SS, TP, TN and NH<sub>3</sub>-N decreased by 87.1%, 94.1%, 57.5%, 91.4%, 47.8% and 74.8%, respectively. The research on the nutrients in the plant tissues suggests that the content of N reached 1.31% ~ 2.25% and content of P reached 0.40% ~ 1.15%, and the uptake amount got to 116.2 ~ 417.1 kg·hm<sup>-2</sup> and 70.7 ~ 178.3 kg·hm<sup>-2</sup> accordingly. However, the plants only consumed a small amount of the total pollutants removed by the wetland, with an average of 4.90% for N and 3.78% for P. Furthermore, the investigation also detected some problems in the wetland system such as surface hardening, jamming and plant management, and surface hardening is opposite to plant coverage.

**Key words:** constructed wetland; wastewater treatment; plant uptake; practical trouble