

滇池治理人工湿地植物的筛选与应用研究^{*}

邓辅唐¹, 徐颂军², 徐祥浩³, 邓辅商¹, 吴 广¹, 李 强¹, 傅 兵¹, 张林英⁴

- (1. 云南今业生态建设集团有限公司, 云南 昆明 650200;
2. 华南师范大学地理学院, 广东 广州 510631;
3. 华南农业大学生命科学学院, 广东 广州 510642;
4. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 对适用于滇池水体污染治理的水生植物进行引种、筛选、配置及应用研究, 结果表明依据引种筛选获得 46 种适用水生植物配置的人工湿地示范工程系统, 对处理滇池入湖河道污水具有良好的适应性, 对污水中主要污染物的去除率达 64.9%~83.4%。文中还对香蒲、茭草、旱伞竹等 6 种主要湿地植物的生长情况跟踪观察结果。

关键词: 水生植物; 筛选与应用研究; 人工湿地; 滇池

中图分类号: Q142.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) S1-0299-05

近年来, 人工湿地技术已发展成为进行湖泊水库等大型水体水质改善的一个有效方法, 也已在许多工业废水和生活污水的深度处理中得到了较多的应用^[1~3]。在人工湿地技术的应用中, 其选择使用的水生植物的筛选和合理配置是关系到这一技术能否正常发挥污染治理效能的关键^[4~9]。

针对昆明滇池污染治理工作的技术需求, 本研究于 2003 年 10 月至 2004 年 8 月期间, 结合采用小型复合型人工湿地净化处理滇池入湖河道污水的示范工程项目工作, 进行了适用于滇池入湖河道污水净化的水生植物的筛选与合理配置实验研究, 研究成果为相关示范工程的顺利实施奠定了良好的基础。

1 研究方法与条件

本研究依托的小型复合型人工湿地示范工程建

设在位于滇池主要入湖河流宝象河边, 占地面积为 1400 m²。该湿地示范工程试验运行期间均直接取用宝象河中的污水, 其主要汇集了上游的农村生活污水和少量乡镇企业排放的废水, 主要水质指标为: BOD₅ 28~57 mg/L、COD_{Mn} 7.0~20 mg/L、TN 0.2~1.6 mg/L、TP 0.5~8.0 mg/L、DO 0.4~1.0 mg/L。实验研究期间, 该人工湿地运行的水力负荷为 0.275~0.32 t/(m²·d), 污水的湿地系统中的停留时间为 48~72 h。

本研究将该湿地示范工程作为一个水生植物苗圃, 进行人工湿地适用植物的筛选与合理配置实验研究。该复合型人工湿地采用包含氧化塘、表面流湿地、潜流湿地等技术单元的组合工艺流程, 其整体工艺流程如图 1 所示。

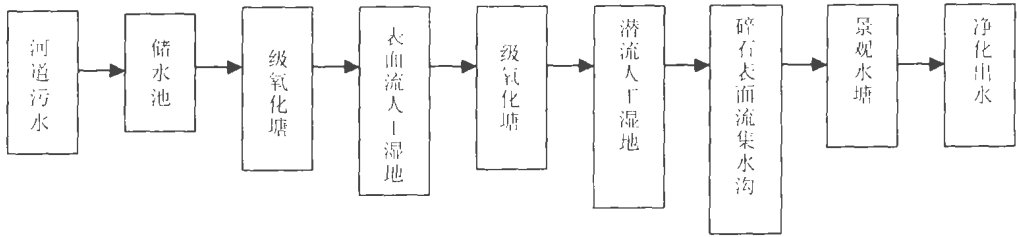


图 1 复合型人工湿地示范工程的工艺流程示意图

Fig 1 Flow chart for model project of constructed composite wetland

^{*} 收稿日期: 2005-01-21

基金项目: 昆明市科技计划项目 (编号 03S43126)

作者简介: 邓辅唐 (1967 年生), 男, 高级工程师; 通讯联系人: 徐颂军; E-mail: xusj@scnu.edu.cn

2 人工湿地植物的引种筛选与配置

2.1 人工湿地植物的选用原则

参考国内外相关研究经验^[5-9]和滇池污染治理的工作实际，本研究依据下列原则进行湿地植物的引种筛选工作：①选用当地或本地区天然湿地中尚存的且对水体污染物有较强净化能力的植物；②选用具有较强的抗冻、抗热、抗病虫害能力的植物；③选用对周围环境有较强适应能力的植物；④选用

运行管理方便的植物；⑤选用综合利用价值高的植物；⑥选用具有美化景观作用的植物。

2.2 湿地植物的引种

为了筛选出更多、更适宜于目前滇池流域水体污染环境的湿地植物，项目组组织专门力量，对滇池流域及周围地区的水生、湿生植物（包括湿生景观植物）进行了调查，先后共收集引种并筛选培育了 46 种适宜于滇池流域水体环境生存的水生、湿生植物，具体如表 1 所示。

表 1 适用于污染水体净化的水生和湿生植物

Tah 1 Aquatic and wetland plant candidates for purification of polluted waters

编号	植物名	学名	科属	引种地	生境
1	香蒲	<i>Typha angustifolia</i> L.	香蒲科	滇池	湖泊、湿地
2	芦苇	<i>Phragmites communis</i> Trin.	禾本科	滇池	湖泊、湿地
3	薹草	<i>Coixlanchryma-jobi</i> L. var. ma-yuen (Roman) Stapf	禾本科	呈贡	湿地
4	茭草	<i>Zizania caduciflora</i> Hand.	禾本科	呈贡	湿地、淤泥塘
5	皇竹草	<i>Oplismenus compositus</i>	禾本科	呈贡、滇池	湿地
6	灯心草	<i>Juncus effuses</i> L.	灯心草科	滇池、呈贡	湿地
7	水葱	<i>Scirpus validus</i>	莎草科	滇池	湿地、湖泊
8	针蔺	<i>Eriocharis valleculosa</i>	莎草科	滇池	湿地
9	美人蕉	<i>Canna generalis</i> Bailey.	美人蕉科	昆明	湿地
10	菖蒲	<i>Acorus calamus</i>	天南星科	蓝龙潭	湿地、水塘
11	水生鸢尾	<i>Iris kaempferi</i>	鸢尾科	大理	水塘、湿地
12	鸢尾	<i>Iris tectorum</i>	鸢尾科	昆明	湿地
13	水芹菜	<i>Oenanthe stolonifera</i> (Blume)	伞型花科	澄江	水面
14	水苦买	<i>Veronica anagallis</i>	玄参科	昆明	水面、湿地
15	毛茛	<i>Ranunculus japonicus</i>	毛茛科	昆明、滇池	湿地
16	海芋	<i>Alocasia macrarrhiza</i> (L.) Schott	天南星科	昆明	湿地
17	狼毒	<i>Alocasia macrarrhiza</i>	天南星科	蓝龙潭	湿地
18	慈姑	<i>Sagittaria sagittifolia</i> .	泽泻科	呈贡	沼泽、湿地
19	泽泻	<i>Alisma orientale</i> (Sam.) Juzep.	泽泻科	六甲	沼泽、湿地
20	薄荷	<i>M. arvensis</i> L var <i>pipevauscens</i>	唇形花科	昆明	湿地
21	藜蒿	<i>Artemisia xelengensis</i>	菊科	昆明	湿地
22	大黄	<i>Rheum palmatum</i> L. ,	蓼科	小板桥	湿地
23	截菜	<i>Houttuynia cordata</i> Thunb.	三白草科	宜良	湿地
24	旱伞竹	<i>Cyperus alternifolius</i>	莎草科	江川	湿地
25	鬻草	<i>Scirpus triquetar</i>	莎草科	呈贡	湖泊、湿地
26	黑莎草	<i>Cyperus nigrofuscua</i>	莎草科	呈贡	湿地、淤泥塘
27	芋	<i>Colocasia esculenta</i>	天南星科	呈贡、昆明	湿地
28	睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i>	睡莲科	石屏	湖泊
29	荷花	<i>Nelumbo nucifera</i>	睡莲科	呈贡	湖泊
30	木贼	<i>Equisetum ramosissimum</i> Desf. dubile (Roxb.) Hauke.	木贼科	昆明	湿地、水塘
31	紫菀	<i>Aster tataricus</i> If.	菊科	昆明	湿地
32	柳叶菜	<i>Epilobium hirsutum</i>	柳叶菜科	昆明	湿地
33	车前草	<i>Plantago asiatica</i> .	车前草科	昆明	湿地、水边
34	水蓼	<i>Polygonum hydrpiper</i>	蓼科	滇池	水中
35	水金凤	<i>Impatiens . noli-tangere</i> L.	凤仙科	福保	水边、湿地
36	垂柳	<i>Salix babylonica</i>	杨柳科	昆明	湿地
37	水葫芦	<i>Eichhornia crassipes</i>	雨久花科	滇池	水中
38	大鬻	<i>Pistia stratiotes</i> L.	天南星科	深圳	水面
39	马蹄莲	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	天南星科	昆明	湿地
40	眼子菜	<i>Potamogeton distintus</i>	眼子菜科	抚仙湖	水中
41	苦草	<i>Vallisneria spiralis</i>	苦草科	抚仙湖	水中
42	红线草	<i>Potamogeton filiformi</i>	眼子菜科	抚仙湖	水中
43	金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻科	抚仙湖	水中
44	狐尾藻	<i>Myriophyllum</i>	小二仙草科	抚仙湖	水中
45	水鳖	<i>Hydrocharis dubia</i>	水鳖科	呈贡	水面
46	荇菜	<i>Nymphoides peltatum</i>	睡莲科科	晋宁	水面

2.3 湿地植物的配置及生物量实验研究

经充分考虑了各类水生植物的生态习性以及今后的应用前景, 本研究于 2003 年 11 月开始将所筛选的湿地植物配置到了复合型人工湿地示范工程系统中进行适应性实验研究, 植物配置情况详见表 2。冬季过后, 随着气温的升高, 湿地系统内的植物迅速恢复生长。截至 2004 年 6 月 30 日, 湿地系统内的植物总量达到了湿生植物 13 200 株、浮水植物 540 m² 的水平, 植物总量情况详见表 3。

表 2 湿地系统植物配置情况
Tab 2 Allocation of wetland plants

工艺单元	植物类型	植物配置
一级氧化塘	浮水植物	水葫芦、水芹菜、大蓴、浮萍等
表流湿地	湿地植物	茭草、香蒲、芦苇、水芹菜等
二级强化塘	浮水植物	水芹菜、李氏禾等
潜流湿地	湿生植物	香蒲、旱伞竹、菖蒲、芦苇、美人蕉等
景观塘	景观植物	睡莲、菖蒲等

表 3 不同时间段内的植物总量的变化¹⁾
Tab 3 Total plants in different periods

观察时间	植物类型	植物数量
2003.12.31	浮水植物	900
	湿生植物	80
2004.02.29	湿生植物	1550
	浮水植物	120
2004.04.30	湿生植物	10900
	浮水植物	465
2004.06.30	湿生植物	15200
	浮水植物	540

1) 单位: 湿生植物: 株, 浮水植物: m²; 2004 年 3 月栽种了 5400 株菖蒲

从表 3 中的数据可知, 水生植物的生长高峰主要集中在 3—6 月份这一时间段。截至 2004 年 6 月, 湿地示范工程系统中的湿生植物总量已增长为栽种初期的约 9.9 倍, 浮水植物总量也已增长为栽种时的约 6.8 倍。这表明本研究选用的水生和湿生植物种是适应湿地示范工程水质环境生长的。

3 几种主要湿地植物的生长情况观察

实验研究期间, 本研究对香蒲、茭草、水葱、旱伞竹、草和芦苇等 6 种主要湿地植物的生长情况进行了跟踪观察, 其结果如图 2 (a—f) 所示。

从图 2 中曲线可以看出, 各水生植物在实验研究期间均呈现良好的生长态势, 而且均有随温度升高生长速率加快的变化规律, 生长旺盛期也多集中在 6—8 月之间。其间还观察到, 所使用的河道污

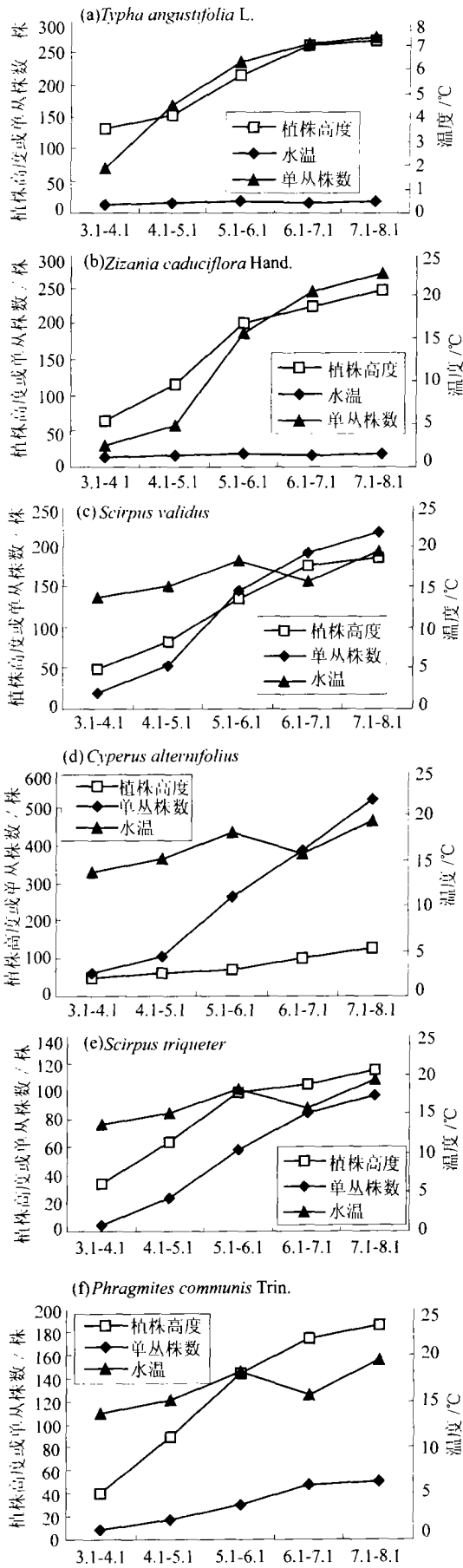


图 2 各种植物生长情况曲线图

Fig. 2 Growth curves of several plants

水中污染物浓度的变化并没有对各水生植物的生长产生明显的不良影响。这表明选用这些水生植物用于污染净化人工湿地是适宜的。

4 人工湿地系统的处理运行效果

本研究依托的人工湿地示范工程系统总占地面积为 1 400 m²，其中配置有水生植物的各处理单元的面积分别为：一级氧化塘 238 m²，表流湿地 206 m²，二级强化塘 140 m²，潜流湿地 238 m²，景观塘 145 m²。该湿地系统设计灌水周期为 3 d，每次灌水时间为 3 h。污水处理量为 100 m³/d，水力负荷为 0.1 217 m³/（d·m²）。污水在系统内的停留时间可控范围是 48～72 h。

该示范工程系统于 2003 年 12 月 14 日开始进水调试，之后分别 3 次对系统的污染物净化性能指标进行了分析测定，其结果如表 4 所示。

表 4 中的水质指标监测结果显示，该湿地示范工程对所处理河道污水中 COD_{Mn}、BOD₅、TN 和 TP 的去除率分别最高可达 66.8%、73.8%、83.4%和 64.9%，同期处理出水较进口污水 DO 值最大增加 8.12 mg/L，总体上达到了污染净化人工湿地示范工程的水平要求。这也体现出本研究对湿地水生湿生植物的引种、筛选与合理配置应用研究是成功的，达到了预期的目的。

5 结 论

本研究结合采用小型人工湿地净化处理滇池入湖河道污水的示范工程项目，对适用于昆明滇池入湖河道污水净化的水生植物进行了筛选与配置实验研究，研究表明通过科学引种、筛选与合理配置，可以利用滇池流域及周围地区的水生、湿生植物进行污染水体净化用人工湿地的建设，并可以获得较好的水体污染物净化效果。本研究成果为相关示范工程的顺利实施奠定了良好的基础。

表 4 不同时期测定的人工湿地系统
进出水水质 对比表

Tah 4 Parameters of inflow and outflow water for
constructed wetlands in different periods

指 标	测定时间		
	2004. 03. 29	2004. 05. 15	2004. 06. 14
总进水/(mg·L ⁻¹)	29. 2	57. 2	28. 35
BOD ₅ 总出水/(mg·L ⁻¹)	26. 3	15. 1	7. 43
净化效率/%	9. 9	73. 6	73. 8
总进水/(mg·L ⁻¹)	7. 5	18. 7	16. 21
COD _{Mn} 总出水/(mg·L ⁻¹)	5. 3	6. 2	6. 70
净化效率/%	29. 3	66. 8	58. 7
总进水/(mg·L ⁻¹)	0. 249	15. 260	13. 740
TN 总出水/(mg·L ⁻¹)	0. 230	2. 780	2. 274
净化效率/%	7. 6	81. 8	83. 5
总进水/(mg·L ⁻¹)	8. 060	0. 730	0. 528
TP 总出水/(mg·L ⁻¹)	7. 100	0. 256	0. 310
净化效率/%	11. 9	64. 9	40. 9
DO 总进水/(mg·L ⁻¹)	0. 43	0. 83	0. 86
总出水/(mg·L ⁻¹)	4. 79	8. 95	8. 23

本研究成果对采用人工湿地技术净化处理滇池水体污染具有现实意义和良好的示范作用，同时也为其它湖泊污染治理的相关湿地建设提供了技术参考。

参考文献:

[1] 于少鹏. 培育人工湿地净化污水研究[J]. 哈尔滨学院学报, 2003, 24(7): 54~ 59.

[2] 刘雯. 人工湿地在处理污水中的应用研究进展[J]. 嘉应大学学报, 2002, 20(3): 29~ 32.

[3] 文乐元, 谢可军. 人工湿地—新型污水处理技术[J]. 西南林学院学报, 2002, 22(2): 77~ 80.

[4] 成水平, 吴振斌, 况其军. 人工湿地植物研究[J]. 湖泊科学, 2002, 14(2): 179~ 182.

[5] GERSBERG R M, ELKINS B V, LYON S R, et al. Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetland plants[J]. Water Research, 1985, 20(3): 363~ 368.

[6] 陈长太, 阮晓红, 王雪. 人工湿地植物的选择原则[J]. 中国给水排水, 2003, 19(3): 65~ 66.

Selection and Application of Plants in Constructed Wetlands for Pollution Treatment of Dianchi Lake

DENG Fu-tang¹, XU Song-jun², XU Xiang-hao³, DENG Fu-shang¹,
WU Guang¹, LI Qiang¹ FU Bing¹, ZHANG Lin ying⁴

(1. Jinye Ecological Construction Company, Kunming 650200, China;

2. Geographical science, South China Normal University ,Guangzhou 510642, China;

3. College of Life Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

4. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Suitable aquatic plants for treating polluted waters of Dianchi Lake were tested on their introduction, selection, disposition and application. The results showed that 46 demonstration project systems of constructed wetlands based on plant introduction and selection were adaptable to the treatment of channel wastewater in Dianchi Lake, and the removal rate of predominating pollutants could reach 64.9%~83.4%. Growing situations of 6 wetland dominant plants such as *Phragmites Australis*, *Zizania Caduciflora* and *Cyperus alternifolius* were also shown in the article.

Key words: aquatic plant; plant selection and application; constructed wetland; Dianchi Lake