

doi:103969/j. issn. 0490-6756. 2016. 01. 037

成都白鹭湾生态湿地公园水生植物应用研究

喻来¹, 陈舒静¹, 林葳¹, 罗言云²

(1. 四川大学生命科学学院生物资源与生态环境教育部重点实验室, 成都 610064;

2. 四川大学建筑与环境学院, 成都 610065)

摘要: 在对成都白鹭湾生态湿地公园实地考察和数据分析的基础上, 对其水生植物的应用现状如水生植物种类选择、配置方式、景观效果和生态功能方面进行了研究, 并且结合对园区的环境空气和地表水质量的监测分析, 为进一步加强白鹭湾生态湿地公园中水生植物应用及种植管理方面提出了建议, 为之后的成都环城生态区建设中合理应用水生植物提供参考。

关键词: 水生植物; 生态功能; 景观; 白鹭湾生态湿地公园

中图分类号: S682.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 0490-6756(2016)01-0221-07

Study on the application of aquatic plants in Chengdu Egret Wetland Park

YU Lai¹, CHEN Shu-Jing¹, LIN Wei¹, LUO Yan-Yun²

(1. Key Laboratory of Bio-resource and Eco-environment of Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China;

2. College of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 610065)

Abstract: Based on field survey and analysis of data, the application status of aquatic plants in Chengdu Egret Wetland Park was studied, including the contents of species selection, planting modes, landscape effects and ecological functions, the monitoring and analysis of ambient air quality and surface water quality were also conducted. And then the advices were put forward for the further strengthening of application and growing management about aquatic plants in Chengdu Egret Wetland Park. The study provided a reference for the construction of ecological zones around the city of Chengdu in the future about the rational use of aquatic plants.

Key words: Aquatic plants; Ecological function; Landscape; Egret Wetland Park

1 引言

随着我国新型城镇化进程的推进, 人们对于精神文明的追求和生态文明的重视也日益提升, 园林景观绿化在基础设施建设中的比重越来越大. 湿地被誉为地球之肾, 在环境净化、水分调节、物质生产和调节小气候等方面有着重要的作用^[1]. 园林水体作为传统园林要素, 在各类绿地中都占据着不可或缺的位置, 更由于人们对水亲近的天性使然, 城市

人工湿地公园成为了广大民众乐于游憩的公共场所之一. 水生植物的种类选择和应用配置在人工湿地公园的建设中担任着重要角色^[2], 结合场地地形和水体动静形态合理运用水生植物, 可以更好的提升绿地的观赏性和功能性.

广义上把能在水中生长的植物都统称为水生植物, 根据植物生活习性和生态环境, 可进一步细分为挺水植物、浮叶植物、漂浮植物和沉水植物, 在有些文献资料中, 也把喜湿耐阴或者临水生长的植

收稿日期: 2014-11-23

作者简介: 喻来(1989-), 男, 湖南长沙人, 硕士研究生, 研究方向为风景园林设计与工程, E-mail: lambjung@gmail.com.

通讯作者: 罗言云, E-mail: luoyanyun3966@163.com.

2.2 方法

2.2.1 水生植物应用调查方法 将园区水域分为四个部分进行实地调查,对水生植物进行拍照记录,之后在文献查阅的基础上,对白鹭湾生态湿地公园水域的水生植物种类进行统计,确认种名、拉丁名、科属、生活类型和生活习性,最后进行制表。

2.2.2 空气质量监测方法 环境空气质量监测方面选择了可吸入颗粒(PM₁₀)和细颗粒物(PM_{2.5})这两个参与评价空气质量的指数作为监测对象,监测地点则在园区之外另选了成都市三个地点作为参照比较,在避开污染源及障碍物的情况下使用诺方微手持式激光 PM 检测仪(型号 SDL301)分时段对监测地点进行监测,之后进行日平均状况以及月平均状况计算。

2.2.3 地表水质量监测方法 环地表水质量监测方面选择了 pH 值、氨氮、高锰酸盐指数、石油类四个参与评价地表水环境质量的指数作为监测对象,

水体采样地点在园区水源陡沟河和园内最大水体白鹭湖两处,每隔 20 m 采样四处,在水样自然沉降 30min 后取上层非沉降部分进行检测,之后计算其平均值。pH 值采用 LXHES 测试笔(型号 LX-1002)测量,氨氮采用水杨酸分光光度法(GB7481-87)测量,高锰酸指数采用水质高锰酸盐指数测定方法(GB11892-89)酸性法测量,石油类采用红外分光光度法(GB/T16488-1996)测量。

3 结果与分析

3.1 水生植物在白鹭湾生态湿地公园中的应用调查结果

3.1.1 白鹭湾生态湿地公园水生植物种类统计

对整个园区四个区域(I:白鹭洲和白鹭湖;II:白鹭溪;III:荷塘月色;IV:湿地水质净化区)的水生植物种类进行了初步统计(见表 1),共有 16 科 26 种水生植物,其中挺水类应用频度最大,有 23 种。

表 1 白鹭湾生态湿地公园水生植物种类统计表

Tab.1 The statistical table of aquatic plants species in Egret Wetland Park

种名	拉丁名	科属	类型	生态习性
千屈菜	<i>Lythrum salicaria</i>	千屈菜科千屈菜属	挺水	喜温暖光照湿润,通风良好
浮萍	<i>Lemna minor</i>	浮萍科浮萍属	漂浮	喜温暖潮湿,不耐寒
水竹	<i>Phyllostachys heteroclada</i>	禾本科刚竹属	挺水	喜温暖湿润,耐阴忌暴晒
香根草	<i>Vetiveria zizanioides</i>	禾本科香根草属	挺水	喜温暖湿润
菰	<i>Zizania latifolia</i>	禾本科菰属	挺水	强适应性,宜背风
芦苇	<i>Phragmites australis</i>	禾本科芦苇属	挺水	适应性广,抗逆性强
芦竹	<i>Arundo donax</i>	禾本科芦竹属	挺水	温暖潮湿,不耐寒
艳山姜	<i>Alpinia zerumbet</i>	姜科山姜属	挺水	喜高温高湿,喜光照
金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻科金鱼藻属	沉水	喜光照,不耐寒
美人蕉	<i>Canna indica</i>	美人蕉科美人蕉属	挺水	喜温暖光照,不耐寒
风车草	<i>Cyperus alternifolius</i>	莎草科莎草属	挺水	喜温暖湿润,耐阴不耐寒
水葱	<i>Scirpus tabernaemontani</i>	莎草科蘆草属	挺水	喜光喜湿润,耐低温
莎草	<i>Cyperus rotundus</i>	莎草科莎草属	挺水	喜湿
水杉	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	杉科水杉属	挺水	喜光温暖湿润,不耐贫瘠干旱
莲	<i>Nelumbo nucifera</i>	睡莲科莲属	挺水	喜光,不耐阴
睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i>	睡莲科睡莲属	浮叶	喜光,通风良好
石菖蒲	<i>Acorus tatarinowii</i>	天南星科菖蒲属	挺水	喜阴湿,不耐强光干旱稍耐寒
野芋	<i>Colocasia antiquorum</i>	天南星科芋属	挺水	喜温暖湿润,耐荫蔽寒冷干旱
喜旱莲子草	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	苋科莲子草属	挺水	生长力强,外来入侵物种
香蒲	<i>Typha orientalis</i>	香蒲科香蒲属	挺水	喜湿润,对温度敏感
垂柳	<i>Salix babylonica</i>	杨柳科柳属	挺水	喜光喜湿润耐寒
梭鱼草	<i>Pontederia cordata</i>	雨久花科梭鱼草属	挺水	喜温暖湿润光照,怕风不耐寒
西伯利亚鸢尾	<i>Iris sibirica</i>	鸢尾科鸢尾属	挺水	喜光照湿润,不耐高温
燕子花	<i>Iris laevigata</i>	鸢尾科鸢尾属	挺水	喜光照,耐寒不耐干旱
鸢尾	<i>Iris tectorum</i>	鸢尾科鸢尾属	挺水	喜光照湿润,较耐寒
再力花	<i>Thalia dealbata</i>	竹芋科再力花属	挺水	喜光照温暖湿润,不耐寒

3.1.2 水生植物在白鹭洲和白鹭湖中的应用 白鹭洲和白鹭湖中水生植物种类组成及生态功能 根据实地调查,白鹭洲和白鹭湖中有水生植物 16 种,分属 12 个科,其中漂浮类 1 种,沉水类 1 种,浮叶类 1 种,挺水类 13 种(见表 1)。此区域水体面积大、跨度宽、岸线长,选择的水生植物种类较多,常见的园林植物有鸢尾、水竹、香蒲、荷花、睡莲等,较为少见的选择了在浅水区栽种大乔木水杉。白鹭洲和白鹭湖的驳岸上和浅水区种植有大量香根草和芦苇,水体中种植有沉水植物金鱼藻和漂浮植物浮萍。香根草可用来保持水土、改良土壤,而且能够有效地调节园区小气候,有利于周边其他植物的生长^[4]。白鹭洲和白鹭湖都属于水流相对平缓的水体,适宜漂浮植物和沉水植物如浮萍和金鱼藻的生长,二者配合种植对水体的营养状态有良好的改善,降低水体中总氮(Total Nitrogen, TN)和总磷(Total Phosphorus, TP)的含量,提升水体透明度,增加浮游植物多样性^[5],降低水体富营养化,生成的生物量还可以进行适当的资源利用^[6]。芦苇的根系对水体中的 Pb 等重金属有着吸收作用,在芦苇的拔节期作用尤为明显,对于进水负荷较低的人工湿地,定期收割芦苇可以显著改善湿地低效率时期的处理效率^[7]。

白鹭洲和白鹭湖中水生植物配置及景观 白鹭洲和白鹭湖水面广阔,除了在浅水区域片植和丛植有菖蒲、荷花、水葱和风车草等挺水植物,小范围种植了浮叶植物睡莲外,对水面作了大片的留白处理,搭配岸上的花卉景观,着重应用了水面的镜面效果。在稍远处远离游览路线的区域片植水杉树阵,为白鹭提供栖息场所的同时,也将青翠树影倒映在留白的湖面之上,给游人以宁静祥和的景观感受。植物叶形多样、色彩丰富,有条形叶的水葱、伞状叶的风车草、亭亭玉立的荷花、随波荡漾的睡莲,在环绕游客服务中心的小溪流中更是放养有锦鲤等鱼类,与植物景观动静结合,生机勃勃的自然景观跃然于游人眼前。零散种植在水下白色卵石之间的香蒲、再力花和香根草,搭配周边的木栈道、茅草顶的小亭,自然的野趣令游人流连忘返。

3.1.3 水生植物在白鹭溪(陡沟河)中的应用 白鹭溪中水生植物种类组成及生态功能 白鹭溪中有水生植物 13 种,分属 10 个科,其中浮叶类 1 种,挺水类 12 种(见表 1)。白鹭溪东西贯穿整个园区,水面不宽但是岸线极长,选择的植物以挺水类为主,如芦苇、菖、水葱、再力花、野芋等,主要作为岸

线绿化。白鹭溪两岸驳岸的浅水区和水体中的种植池种植有水葱、芦竹、再力花、菖等挺水类水生植物。水葱的地下部分对于 Pb^{2+} 有着较强的富集能力,尤其对 Ni、Mn、Cd 的去除率达到了 80% 以上,对污水中的有机物、氨氮和磷酸盐等也有着较高的去除率^[8]。芦竹耐受性强,虽然对 Cr、Cu、Ni 富集量达不到超富集标准,但芦竹生物量大,对多种重金属污染物都有较好的富集能力和耐受性,绝对富集量较高^[9]。再力花作为近年来湿地造景中应用广泛的外来水生植物,能够改善净化水质,有效促进 TN、化学需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)和 TP 的降低,降低水体 NH_4^+ 并引起还原态氮发生硝化和亚硝化^[10]。菖对水体中的氮、磷有着吸收作用,地下部分生长迅速,进行定期收割菖会对氮、磷有较好的直接去除效果,对恢复河道植被和生物多样性有着积极作用^[11]。

白鹭溪中水生植物配置及景观 白鹭溪水生植物种植分为两种形式,一种是岸线两边常水位以上的驳岸处理,一种是水体中间的水体绿化。驳岸上种植有香蒲、艳山姜、美人蕉、燕子花等挺水类水生植物,交错配置,丰富了植物叶形、花色、层次的景观结构。为了在立面上打破景观韵律和节奏的单调,在河岸上疏密有致地种植了高大的垂柳,在白鹭溪两岸园路适当的位置留有景观窗口,使得岸线与水面的植物景观有了相互交流。水面中间水生植物如再力花和睡莲,以丛植的方式栽植并成线性排列,对水面起到了一定的分割作用,也为游船上的游人提供亲近植物的机会。

3.1.4 水生植物在荷塘月色中的应用 荷塘月色中水生植物种类组成及生态功能 荷塘月色中有水生植物 10 种,分属 9 个科,其中浮叶类 1 种,挺水类 9 种(见表 1)。荷塘月色水面广阔,种植了大量的睡莲和荷花,在木栈道周边主要以挺水类植物为主,如美人蕉、水葱、梭鱼草和再力花等。荷塘月色在驳岸和木栈道两边浅水区种植有梭鱼草、石菖蒲、美人蕉等,水面中央以荷花和睡莲搭配片植。梭鱼草因为生长迅速、花期长,能够迅速构建较好的植物景观,根部对氮磷有良好的吸收能力,在生物量最大的 10 月份收割可以去除水体中最大量的 TN、TP^[6]。荷花和睡莲分别对于静态水中的 TN 和氨氮有着显著的去效果,而二者混植时对于硝酸氮、TP 和 COD 的净化效果都要比二者单植更为明显^[12]。石菖蒲能够在污染水域正常生长发育,有较强的生存能力且对 TN、TP 和氯化物有显著

的去除效果,对生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand, BOD)的降低率更是高达 90%以上^[13]。

荷塘月色中水生植物配置及景观 荷塘月色位于园区东端,广阔的水面由水生植物和栈道分割开来,游人能够通过木栈道和木平台与植物、水体接触。水生植物种植方式主要是片植和丛植,不同叶形的水生植物如美人蕉、再力花、梭鱼草、香根草和水葱搭配种植在栈道两侧和荷塘沿岸,不同的叶色重叠掩映但又相互衬托,结合暖色调的栈道和水面的倒影,构成了丰富多彩的植物景观。在稍离栈道的水面则是片植的荷花,周边以睡莲为辅,大约占据了三分之一到一半的水面,留下了适当的空白水面,不会给游人拥挤、喧闹的感受,展现莲荷在传统文化中静雅有致、亭亭玉立的形象,水面上不时有野鸭和白鹭的掠影,更增野趣。

3.1.5 水生植物在湿地水质净化区中的应用 湿地水质净化区中水生植物种类组成及生态功能 湿地水质净化区中有水生植物 7 种,分属 7 个科,均为挺水类品种(见表 1)。湿地水质净化区以多种种植床和水渠组成,植物以根系发达的挺水植物为主,如风车草、美人蕉、千屈菜、再力花和西伯利亚鸢尾等。风车草的存在对于硝化细菌和反硝化细菌数量以及相关的硝化作用和反硝化作用都有增幅,在净化区片植风车草能够有针对性的去除水体中的 TN^[14]。千屈菜耐寒、耐瘠薄且抗性强,对于污染环境有着较强的生存能力,并且对 TP 有良好的去除能力,片植千屈菜能够有效控制水体中的 TP,防止水体富营养化^[15]。香蒲对于 COD 和 TP 有较强去除能力,植株大小对其影响不大,西伯利亚鸢尾则对 TN 去除效果较好,并且二者在冬季都有较好的生长态势,二者结合可以在其它水生植物冬季净化水体能力下降的时候作为补充,维持水体水质,降低水中营养盐^[16]。而美人蕉对于多项污染物都有较好的去除效果, TN、TP 的去除率都达到了 80%以上, COD 降低率高达 90%,但是水流速度对于美人蕉净化水体效果有较明显的影响,比较适合栽种在水流舒缓的下游区域^[17]。

湿地水质净化区中水生植物配置及景观 湿地水质净化区的水生植物以人工湿地为基质,种植池都以单种植物片植为主,有较为明显的界线区分,一方面能够形成较为大气的植物景观,一方面也方便对水生植物进行养护管理。整个人工湿地地形呈小幅度坡状,种植池高度沿着水渠逐级下降,木质栈道贯穿其中,游人可以在其中游憩,水渠和

栈道两边是较为低矮的西伯利亚鸢尾和香蒲,也不会遮挡游人的景观视线。选用的水生植物除了考虑在水质净化上的综合能力,在叶形和花色上也有其特色,伞状叶的风车草、条状叶的香蒲和倒卵形叶的再力花,花色丰富有黄色的西伯利亚鸢尾、粉红色的美人蕉以及蓝紫色的千屈菜和再力花。因为都是宿根类植物和常绿植物,能够保证湿地水质净化区一年四季都能有较好的植物景观。

3.2 环境空气和地表水监测结果及分析

3.2.1 环境空气质量监测结果及分析 三个环境空气质量监测地点都位于成都市南部二环和三环之间,和园区在地理位置上有一定的可比性,从表 2 中的数据可以较为明显的发现白鹭湾空气质量明显优于其他三个监测区域,表 3 则反映了在国庆黄金周假期期间,虽然来往游客车辆频繁,但是园区依然保持了良好的空气质量。虽然在整体数据上都反映出白鹭湾湿地公园对于区域空气质量起着积极良好的作用,但是也可以从数据的走向看出从 7 月到 9 月 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 都在上升,甚至在 9 月的数据中白鹭湾相比于其它三个监测点并没有非常明显的优势。这一方面是大环境和园区开放游客增多造成的影响,另一方面也是大部分水生植物在 9 月已经过了最佳生长季节,对于小环境调节能力下降的原因。

3.2.2 地表水质量监测结果及分析 陡沟河是整个园区的主要水源,从东往西贯穿整个园区,在园区东部进入湿地水质净化区处理后作为景观供水分入各个水域,园内部分被称为白鹭溪。地表水质量监测方面选择了 pH、氨氮、COD 和石油类四个指数作为监测对象,监测地点则选择了园区最大的水体白鹭湾和园区主要水源陡沟河两个点,通过比照可以较为明确地表明水体在经过湿地水质净化区处理的前后差异,从而反映白鹭湾生态湿地公园对于地表水质量的影响。对于水质采用了地表水环境质量标准衡量,即按照功能高低依次分为 I 至 V 五类, I 类主要适用于源头水, II、III 类主要适用于集中式生活饮用水, IV 类适用于一般工业用水及人体非直接接触的娱乐用水, V 类主要适用于农业用水区及景观用水。通过表 4 的数据能够发现生态湿地公园对于水体的 pH 影响较小,对于氨氮和 COD 都有比较明显的降低作用,尤其是氨氮水平从 V 类上升到 II 类,而对于石油类物质虽然有一定的去除效果,但是对于水质的类别没有影响,仍然是 IV 类。

表 2 白鹭湾生态湿地公园 2013 年 7~9 月环境空气质量状况

Tab. 2 The ambient air quality status in Egret Wetland Park from July to September in 2013

区域	时间	PM2.5 单位($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			PM10 单位($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		7月	8月	9月	7月	8月	9月
白鹭湾(锦江区)		22.8	24.7	55.5	46.1	49.4	91.3
沙河堡(锦江区)		43.2	58.6	55.8	90.3	103.3	95.4
三瓦窑(高新区)		40.2	54.2	55.8	90.3	115.4	94.2
十里店(成华区)		68.7	66.4	66.8	105.1	123.6	85.3

表 3 白鹭湾生态湿地公园 2013 年 10 月 3 日即时环境空气质量状况

Tab. 3 The instant ambient air quality status in Egret Wetland Park on October 3, 2013

项目	监测值	标准值	评价
PM2.5	38.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	优
PM10	78.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$	优

表 4 白鹭湾生态湿地公园 2013 年 10 月 3 日地表水环境质量状况

Tab. 4 The surface water quality status in Egret Wetland Park on October 3, 2013

检测项目	陡沟河入境	环境功能区类别	白鹭湖湖区	环境功能区类别
pH	6.97	I类	6.94	I类
氨氮	2.020 mg/L	V类	0.436 mg/L	II类
高锰酸盐指数	8.0 mg/L	IV类	5.2 mg/L	III类
石油类	0.27 mg/L	IV类	0.10 mg/L	IV类

4 讨 论

白鹭湾生态湿地公园是成都市规划建设的环境城生态区“六湖八湿地”中第一个建成的湿地公园,也是目前成都市最大的人工生态湿地公园和第一个申请成为国家级城市湿地公园的项目,在自然生态、园林景观、教育示范和经济建设等方面都有很大的综合效益,给成都城市总体规划的环境生态区建设起到了带头示范作用。

白鹭湾生态湿地公园在水生植物种类配置上,一方面充分考虑了成都地区的气候环境,参考了成都现有建成公园中水生植物生长现状,科学合理的对水生植物进行了搭配组合,形成较美观的水生植物景观;另一方面也采用了在其它公园较为少见的浅水区片植水杉的种植方式,形成了独特的动植物综合景观。在选择的水生植物中主要为挺水类,因此在其它种类水生植物选择上可进一步提高比重,广泛采用漂浮植物、沉水植物和浮叶植物,形成更为丰富多变的植物景观,创造多样化的人工湿地生态^[18]。在生态安全方面则是有国家明确认定为外

来入侵物种的空心莲子草出现在园区最大的水体白鹭洲和白鹭湾中,需要及时处理以防园区生态平衡遭到破坏;其次对于目前存在争议的入侵物种如再力花^[19]和千屈菜^[20],在实际的应用中应该注意管理和控制,充分利用其对水体的净化作用同时又不会对其它物种的生存空间造成侵害。

湿地公园对于小环境的水体和空气质量都具有积极的影响,水生植物在其中起到较为重要的作用。在人工生态湿地水生植物的选择配置上需要考虑到具体的地域环境,对园区环境进行动态监测,以此为依据进一步调整园区水生植物的种类组成结构,使之与所在地的环境相协调,更好地发挥湿地公园改善水体和空气质量的作用。同时也要根据各水生植物的习性和特质,进行诸如疏苗、收割、补种等苗木管理措施,既是为了形成空间和时间层面上连贯延续的植物景观,也是为了高效地发挥水生植物在吸收污染物质和改善水体质量上的作用。具体到成都白鹭湾生态湿地公园,一方面在水生植物的组成结构上做出相应的调整,尽量平衡园区各个季节生长旺盛的水生植物的生物量,从而保证湿地

公园调节区域小环境的能力;另一方面则是在处理石油类物质方面进行加强,无论是提升硝化生物滤池处理石油类物质能力,还是调整垂直流人工湿地水生植物种类,都能够进一步加强湿地公园对于水体中石油类物质的去除能力,整体提升园区地表水质量。

总而言之,白鹭湾生态湿地公园在水生植物方面的应用为后期成都市环城生态区建设提供了实践参考价值,对于项目所在地的小环境有比较明显的改善,同时也有继续改进加强的空间。独木不成林,相信在白鹭湾生态湿地的先遣示范下,环城生态区“六湖八湿地”其它项目在水生植物的应用配置上会获得相应的经验和启发,为建设成都美好宜居环境创造更好的条件。

参考文献:

- [1] Wang L, Luo S J. The Ecological Design of Wetland in Urban Landscapes[J]. *Journal of Chinese Landscape Architecture*, 2004, (1): 39.
- [2] Gersberg R M, Elkins B V, Lyons S R, *et al.* Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands[J]. *Water Research*, 1986, (20): 363.
- [3] Liu H, Xia Y P. Aquatic Plants in Landscape Design[J]. *Journal of Chinese Landscape Architecture*, 2003, (3): 59.
- [4] 徐礼煜. 香根草系统在我国的应用与发展 20 年历程回顾[J]. *生态学杂志*, 2009, (7): 1406.
- [5] 王丹, 张银龙, 庞博. 金鱼藻对不同程度污染水体的水质净化效果[J]. *南京林业大学学报:自然科学版*, 2010, (4): 83.
- [6] 辛静, 张震, 钱晓晴, 等. 浮萍去除污水处理厂出水中氮磷的比较研究[J]. *环境科学与技术*, 2011, (11): 100.
- [7] 韦菊阳, 陈章和. 梭鱼草和芦苇人工湿地对重金属和营养的去除率比较[J]. *应用与环境生物学报*, 2013, (1): 179.
- [8] 黄振东, 靖德兵, 王东, 等. 水葱对矿山排水中重金属的去除研究[J]. *首都师范大学学报:自然科学版*, 2012, (5): 31.
- [9] 韩志萍. 铬铜镍在芦竹中的富集与分布[J]. *环境科学与技术*, 2006, (5): 106.
- [10] 谢丹平, 李开明, 金中, 等. 再力花处理河涌和湖泊水样有机污染物及离子的特性[J]. *生态科学*, 2012, (2): 127.
- [11] 卢少勇, 张彭义, 余刚, 等. 茭草、芦苇与水葫芦的污染物释放规律[J]. *中国环境科学*, 2005, (5): 554.
- [12] 章志琴, 方弟安, 徐卫红, 等. 荷花和睡莲对景观水净化的效果研究[J]. *江苏农业科学*, 2009, (5): 320.
- [13] 洪瑞川, 段小兰, 陈欣虹, 等. 石菖蒲对富营养化水体的净化效应[J]. *环境与开发*, 1997, (1): 1.
- [14] 靖元孝, 杨丹菁. 风车草(*Cyperus alternifolius*)人工湿地系统氮去除及氮转化细菌研究[J]. *生态科学*, 2004, 23(1): 89.
- [15] 柳骅, 杨霞. 千屈菜在富营养化水体中生长及磷去除效果试验初报[J]. *浙江林业科技*, 2005, (1): 42.
- [16] 高松峰, 杨倩琪. 前置库净化系统中水生植物的选择[J]. *水土保持研究*, 2013, (6): 182.
- [17] 曹优明. 美人蕉人工湿地对城市生活污水的净化研究[J]. *环境科学与技术*, 2009, (7): 120.
- [18] 唐婧, 罗言云. 成都活水公园野生植物引种与生态景观多样性研究[J]. *四川大学学报:自然科学版*, 2010(1): 167.
- [19] Miao L H, Chen Y C, Shi F, *et al.* Preliminary Study on the Invasion Risk of *Thalia dealbata* as an Alien Species in Wetlands [J]. *Wetland Science*, 2010, (4): 016.
- [20] Blossey B, Skinner L C, Taylor J. Impact and management of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) in North America[J]. *Biodiversity & Conservation*, 2001, (10): 1787.