

杭州雨水花园植物应用现状研究

武文婷¹, 周婷婷^{1,2}, 任 彝¹, 梅 歆¹, 李智兴¹

(1.浙江工业大学设计与建筑学院,浙江 杭州 310023;2.杭州爱田网络科技有限公司,浙江 杭州 310051)

摘要:【目的】运用实地调研法,针对已建成的城市雨水花园项目,从植物资源应用的角度进行多指标调查评价,分析存在的问题,为相关研究提供参考。【方法】依据杭州市雨水花园分布情况,选取17个代表性雨水花园,从植物资源的总体应用现状、植物观赏特性、不同场地植物种数及结构模式、不同雨水处理区植物生态特性和种类等方面进行研究。【结果】①雨水花园灌木和草本的种类较多,草本植物数量最多,乔木应用较少;②在蓄水处以耐干旱、耐水湿、抗污染能力及净化能力强的植物为主,在缓冲区以较耐干旱、耐短期水湿及抗雨水冲刷能力强的植物为主,在边缘区以较耐干旱、较耐水湿的植物为主;③植物有66种,隶属于36科51属,被子植物种类最多,占比在90%以上;④应用较多的主要有禾本科、蔷薇科、莎草科、杉科、豆科植物;⑤草本植物以多年生为主,灌木的常绿和落叶比例相差不大,乔木以落叶植物为主;⑥观花植物占比最大(53.03%),色系较丰富,其中紫色系和白色系植物最多。【结论】杭州市雨水花园植物资源总体应用现状良好,但也存在部分问题有待改进。本研究将为雨水花园植物资源的应用和优化提供启示和借鉴。

关键词:城市绿地;雨水花园;植物资源;应用现状;优化策略;杭州市

中图分类号:S68;TU984

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1000-2006(2022)04-0239-08



Research on the application status of plants in rain gardens in Hangzhou

WU Wenting¹, ZHOU Tingting^{1,2}, REN Yi¹, MEI Yi¹, LI Zhixing¹

(1.College of Design and Architecture, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China;

2.Hangzhou Aitian Network Technology Co., Ltd., Hangzhou 310051, China)

Abstract: 【Objective】Using the field research method, this research is aiming at the constructed urban rain garden projects, from the perspective of the plant resource application, multiindex investigation and evaluation was carried out, the existing problems and optimization strategies were analyzed, in order to provide the inspiration for rain garden. 【Method】According to the distribution of rain gardens in Hangzhou urban area, 17 representative rain gardens were selected to be researched on them from the overall application status of plants, plant ornamental characteristics, plant species and structural patterns in different sites and plant ecological characteristics and types in different rainwater treatment areas. 【Result】(1) There are various types of shrubs and herbs in the rain gardens, where the number of herbs is dominant, while the application of trees is relative less; (2) In the water storage area, the plants that are more drought resistance, water resistance, pollution resistance and purification ability are mainly planted. In the buffer area, plants that are more resistant to drought, short-term moisture and rain erosion are mainly planted. In the marginal area, plants that are more drought-tolerant and more moisture-resistant are mainly planted; (3) There are 66 kinds of plants, which belong to 36 families and 51 genera, with the most species of angiosperms, accounting for more than 90%; (4) The most widely used plants are in Gramineae, Rosaceae, Cyperaceae, Cedaraceae and Leguminosae; (5) Herbaceous plants are mainly perennial, the proportion of evergreen and deciduous shrubs is not much different, and trees are mainly deciduous plants; (6) The proportion of ornamental plants is the largest, accounting for 53.03%, and the colors are rich, among which the purple and white plants are accounting for the most. 【Conclusion】The overall application

收稿日期 Received: 2021-10-19

修回日期: 2022-03-22

基金项目: 浙江省自然科学基金项目(LQ19C160004); 浙江省社会科学规划课题(18NDJC214YB); 教育部人文社会科学研究规划基金项目(18YJAZH103)。

第一作者: 武文婷(173899650@qq.com), 教授, 博士。

引文格式: 武文婷, 周婷婷, 任彝, 等. 杭州雨水花园植物应用现状研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2022, 46(4): 239-246. WU W T, ZHOU T T, REN Y, et al. Research on the application status of plants in rain garden sin Hangzhou[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2022, 46(4): 239-246. DOI: 10.12302/j.issn.1000-2006.202110039.

status of plant resources is good, but there are also some rain gardens that need to be expanded and enriched in species diversity, such as a lack of plant landscape hues and seasonal richness, a single plant hierarchy, unreasonable plant configuration in some places, and poor plant maintenance in some sites and other issues to be optimized.

Keywords: urban green space; rain garden; plant resources; application status; optimization strategy; Hangzhou City

现代城市在高速发展背景下,自然水循环运行乏力,水生态平衡被打破,由此带来的一系列负面影响引起了国家高层领导的重视,“海绵城市”应运而生。海绵城市建设依托低影响开发理念构建雨水系统。雨水花园是一种将景观与场地结合的具有代表性的低影响开发措施之一,不仅被视为“海绵城市”落地的细胞体,还是雨水资源化的主要载体、城市雨洪管理的有效控制手段^[1-6]。植物作为雨水花园的主体,其种类、选择与配置结构对雨水花园景观效果起重要作用。

国外在雨水花园土壤渗透力、植物对其土壤的影响、雨水花园对污染物削减程度等方面的研究较多^[3-8],国内在雨水花园起源与发展、雨水花园典型案例分析、雨水花园设计实践、雨水花园场地模型构建等方面的研究有较大的进展^[8-12],在雨水花园植物研究上主要集中在雨水花园植物养护、植物选择、去污能力等方面^[12-15],但在城市雨水花园植物资源应用现状的系统调查研究方面较为匮乏^[16-18]。杭州成功入选全国首批系统化全域推进海绵城市建设示范城市。相关资料显示杭州雨水花园主要应用在海绵城市建设改善区和建设示范

区。因此,笔者以杭州市雨水花园为例,对其植物资源应用现状展开系统调查研究,分析存在的问题并探讨优化策略,以期雨水花园建设提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

雨水花园作为主要的低影响开发设施,其空间形态多样,如点状、带状、面状,而城市不同功能区的雨水污染程度均以控制径流量和控制径流污染2种不同的类型,嵌入到杭州海绵城市建设中。杭州雨水花园主要分布在公园绿地、居住区绿地、道路绿地等3种不同类型的绿地中。

1.2 研究方法

1.2.1 调研范围和调研对象选取依据

通过文献查阅和向相关部门咨询,了解杭州海绵城市建设具体情况及已建成的城市雨水花园在主城区的分布情况,依据分布情况、建成时间、建设规模,选取杭州主城区内的17个典型雨水花园(表1)作为调研对象,对其植物应用现状进行实地调查,其中公园绿地类6个,居住区绿地类6个,道路绿地类5个。调研时间集中在2019年12月—2021年6月。

表1 杭州市雨水花园概况
Table 1 An overview of the investigated rain gardens in Hangzhou

所属场地名称 site name	建成年份 built year	雨水花园 面积/hm ² area of rainwater garden	绿地面积/ hm ² area of green space	绿地类型 type of green space
古苑公园 Guyuan Park	2016	1.53	8.50	公园
东湖路市民公园 Donghu Road Civic Park	2017	2.29	5.81	公园
春华公园 Chunhua Park	2019	1.38	4.71	公园
钱塘生态公园 Qiantang Ecological Park	2019	4.77	10.67	公园
方家埭郊野公园 Fong Kadai Country Park	2018	2.63	3.26	公园
之江水泥厂工业遗址公园 Zhijiang Cement Factory Industrial Heritage Park	2018	2.04	3.10	公园
美政花苑 Meizheng Garden	2018	0.85	6.70	居住区
南班巷社区 Nanban Lane Community	2019	0.76	4.60	居住区
春森俪湾小区 Chunsenliwan Community	2017	0.71	4.70	居住区
山水人家 Shanshui Family	2004	1.86	14.80	居住区
德信早城 Dexin Morning City	2012	0.73	4.20	居住区
名城湖左岸 left bank of Mingcheng Lake	2012	0.64	4.60	居住区
保俶路体育场路口和西溪路口 Baochu Road Stadium intersection and Xixi intersection	2016	0.02	0.02	道路
横街社区街旁绿化带 green belt beside the street in Hengjie Community	2016	0.08	0.08	道路
智慧新天地段 Wisdom Xintiandi road section	2016	1.06	1.06	道路
丁群街生态截污工程 Dingqun street ecological pollution interception project	2018	0.05	0.05	道路
宣杭铁路南侧绿化带 the green belt on the south side of Xuanhang railway	2017	1.01	1.01	道路

1.2.2 调研方法

本研究运用实地调研方法,拍摄 17 个采样点的雨水花园植物现状照片,并采集部分植物标本供后期鉴定,对雨水花园的植物种类构成、裸子植物和被子植物科属种及乔灌木的应用比例、植物科属种组成、植物的种类及其应用模式、不同雨水处理区植物种类及生活型、植物观赏特性等指标进行记录。采用 SPSS 软件和 Excel 软件对调研数据进行分析处理。

1.2.3 面积确定

雨水花园面积的数据获得有以下两种方式:
①官方公布的面积;②官方只公布所属绿地,根据官方公布的控制蓄水量的目标与蓄水层深度等数据,结合雨水花园概念范畴和现场观测情况确定。

由控制蓄水量的目标与蓄水层深度等估算面积的方法如下: $S_f = 1\ 000W_y/h_m$ 。式中: S_f 为雨水花园面积, m^2 ; W_y 为控制蓄水量, m^3 ; h_m 为蓄水层深度, mm 。

2 结果与分析

2.1 植物资源的总体应用现状分析

对杭州市 17 个雨水花园植物应用状况进行调查,结果表明绿地类雨水花园植物科属种数排名前 3 的为钱塘生态公园(20 科 24 属 49 种)、东湖路市民公园(18 科 27 属 39 种)、方家埭郊野公园(20 科 31 属 46 种);居住区类雨水花园植物科属种排名前 3 的为山水人家(10 科 15 属 72 种)、德信早城(7 科 12 属 20 种)、春森俪湾小区(11 科 17 属 25 种);道路绿地类雨水花园物科属种排名前 3 的为宣杭铁路南侧绿化带(17 科 12 属 21 种)、横街社区街旁绿化带(11 科 16 属 24 种)、智慧新天地段(9 科 14 属 22 种)。各雨水花园灌木和草本的种类较多,乔木应用较少。观花、观果植物种类的应用相对较均匀,观叶植物种类相比较而言较少。

表 3 裸子植物和被子植物科属种及乔灌木应用比例

Table 3 Application ratios of gymnosperms and angiosperms family, genus to species and arbor, shrub grass												
植物类别 plant type	科数 family number	占比/% proportion	属数 genus number	占比/% proportion	种数 species number	占比/% proportion	乔木种数 arbor species number	占比/% proportion	灌木种数 shrub species number	占比/% proportion	草本数 herb	占比/% proportion
裸子植物 gymnosperms	2	6.06	3	6.12	5	7.58	5	45.45	0	0	0	0
被子植物 angiosperms	31	93.94	46	93.88	61	92.42	6	54.55	22	100.00	33	100.00
合计 total	33	100.00	49	100.00	66	100.00	11	100.00	22	100.00	33	100.00

2.1.1 乔灌木和常绿落叶植物应用比例分析

通过对杭州主城区 17 个雨水花园样地中的植物进行调查,结果(表 2)显示雨水花园植物共有 66 种,隶属于 36 科 51 属,其中种数最多的为草本,共有 33 种,占雨水花园植物总数的 50.0%;灌木次之,有 22 种,占雨水花园植物总数的 33.4%;乔木、灌木、草本种数的比例为 1:2:3。绿地中落叶植物的运用多于常绿植物,落叶植物共 19 种,占雨水花园植物总数的 28.8%,其中乔、灌木种数比例约为 1:1;常绿植物共 14 种,占雨水花园植物总数的 21.2%,乔、灌木种数比例为 1:6。

表 2 乔灌木和常绿、落叶植物应用比例统计
Table 2 Application ratios of arbor, shrub, grass and evergreen to deciduous plants

项目 item	乔木 arbor		灌木 shrub		草本 herb	
	常绿 evergreen	落叶 deciduous	常绿 evergreen	落叶 deciduous	多年生 perennial	其他 other
科数 family number	2	6	9	6	12	1
属数 genus number	2	7	10	9	22	1
种数 species number	2	9	12	10	32	1
种类占比/% species proportion	3.0	13.6	18.2	15.2	48.5	1.5

2.1.2 科属种组成分析

从科属种组成来看,杭州主城区内雨水花园植物主要集中在禾本科(Poaceae)(占总数的 33.3%)、蔷薇科(Rosaceae)(占总数的 15.2%)、莎草科(Cyperaceae)(占总数的 18.2%)、杉科(Taxodiaceae)(占总数的 12.1%)、豆科(Fabaceae)(占总数的 6.1%)等少数大科中。优势属主要有鸢尾属(Iris)4 种、柳属(Salix)与落羽杉属(Taxodium)均为 3 种,蔗草属(Scirpus)、菖蒲属(Acorus)、芦竹属(Arundo)、芒属(Miscanthus)、美人蕉属(Canna)、木槿属(Hibiscus)、莎草属(Cyperus)、桃叶珊瑚属(Aucuba)、卫矛属(Euonymus)等均为 2 种。

2.1.3 裸子植物和被子植物应用情况分析

由裸子植物和被子植物应用情况见表 3。

表 3 可知,雨水花园植物中裸子植物有 2 科 3 属 5 种,科数、属数、种数分别占比 6.06%、6.12%、7.58%,所占比例虽然均在 10% 以下,但是裸子植物全部以乔木的形式运用于雨水花园,占乔木总数的 45.45%,表明裸子植物的景观效益、生态效益、美学效益具有不可替代性。被子植物有 31 科 46 属 61 种,科数、属数、种数所占比例均在 90.00% 以上,且灌木和草本在被子植物中占主导位置,两者的种数运用也相对较平均,一方面考虑到雨水花园需要定期养护的特殊性,另一方面在保证生物多样性的前提下,灌木和草本营造的垂直景观有助于提升游憩体验乐趣。

表 4 雨水花园植物观赏特性分类统计

Table 4 Classification statistics of ornamental characteristics of plants in rain gardens

观赏特性 ornamental characteristic	乔木种类 arbor type		灌木种类 shrub type		草本种类 herb type		种数 species number
	常绿 evergreen	落叶 deciduous	常绿 evergreen	落叶 deciduous	多年生 perennial	其他 other	
观花 ornamental flower	—	—	5	9	20	1	35
观果 ornamental fruit	1	7	3	3	—	1	15
观叶 ornamental foliage	—	4	7	3	9	—	23

2.2.1 观花植物特性分析

由观花植物花期情况(图 1A)可知,灌木观花植物与草本观花植物均集中在春季、夏季、秋季 3 个季节,其中夏季观花植物种数最多,共有 19 种,以多年生观花草本为主;春季观花植物种数次之,有 12 种,以落叶观花灌木和多年生观花草本为主,但多年生草本观花植物种数相较夏季大幅减少;秋季观花植物种数则与春季观花植物种数相近,为 11 种,以多年生观花草本为主,辅以常绿观花灌木和落叶观花灌木。总体来说花期能持续两季及以上的多季开花植物种数仍较少,仅占观花植物总数的 14.29%。

由观花植物色系(图 1B)可知,观花植物以白色系和紫色系为主,粉色系、红色系、黄色系次之。其中白色系和紫色系的观花植物均集中在常绿观花灌木、落叶观花灌木、多年生观花草本中,且白色系和紫色系的观花植物种数近乎一致;粉色系的观花植物则集中在落叶观花灌木中、极少数分布在常绿观花灌木中;红色系和黄色系的观花植物则集中在多年生观花草本植物中,且黄色系观花植物种类略多于红色系。

2.2.2 观果植物特性分析

由观果植物果期(图 1C)可知,常绿观果乔木、落叶观果乔木、常绿观果灌木的果期主要集中在秋季,其中落叶观果乔木种数最多,共有 6 种;常绿观

2.2 植物观赏特性分析

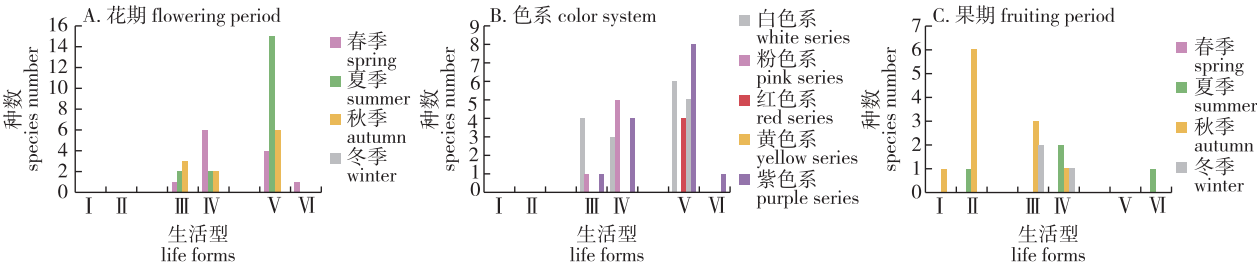
杭州主城区雨水花园植物观赏特性主要以观花和观叶植物为主,观果植物为辅(表 4),其中观花植物种数最多,占雨水花园植物总数的 53.03%,且以多年生草本观花植物为主,达 20 种;观叶植物种数次之,共有 23 种,占雨水花园植物总数的 34.85%,虽然灌木观叶植物以常绿为主,草本观叶植物以多年生为主,但灌木和草本观叶植物种数呈持平趋势;观果植物种数最少,仅有 15 种,以落叶观果乔木为主。综上所述,观花与观叶植物虽然在灌木、草本中分布较均衡,但是乔木种类普遍偏少,导致植物群落垂直结构景观在某些季节观赏特性不佳。

果灌木的种数虽然不及落叶观果乔木,但常绿观果灌木的果实多为醒目的鲜红色或橘红色,且均能挂果至翌年 3 月,对于营造植物群落垂直景观的效果显著;夏季观果植物则以落叶乔木、落叶灌木、1~2 年生草本为主,且三者植物种数相近。

2.2.3 观叶植物特性分析

调研的 17 个雨水花园的观叶植物主要分为单色叶类、斑叶类和彩脉类。就单色叶类植物而言,包含秋季变为彩色的秋色叶和全年叶片保持为彩色(除绿色)的彩色叶,其中乔木有 5 种,为墨西哥落羽杉(*Taxodium mucronatum*)、东方杉(*Taxodium mucronatum* × *Cryptomeria fortunei*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、黄山栎树(*Koelreuteria integrifoliola*);灌木有 4 种,为南天竹(*Nandina domestica*)、红花继木(*Loropetalum chinense* var. *rubrum*)、海滨木槿(*Hibiscus hamabo*)、木芙蓉(*Hibiscus mutabilis*);草本有 6 种,为香菇草(*Hydrocotyle vulgaris*)、旱伞草(*Cyperus alternifolius*)、花菖蒲(*Iris ensata* var. *hortensis*)、黄菖蒲(*Iris pseudacorus*)、美人蕉(*Canna indica*)、芦竹(*Arundo donax*)。斑叶类包含灌木 1 种,为花叶杞柳(*Salix integra* ‘Hakuro Nishiki’);草本 1 种,为花叶芦竹(*Arundo donax* var. *versicolor*)。彩脉类仅有草本 1 种,为花叶美人蕉(*Cannaceae generalis* cv. *Striatus*)。其中单色叶和斑叶类植物种数较为接近,彩

脉类植物种数相对很少。总体来看,色叶植物的运用比例不大,植物季相变化不够突出。



I.常绿乔木 erergreen arbor; II.落叶乔木 deciduous arbor; III.常绿灌木 evergreen shrub; IV.落叶灌木 deciduous arbor; V.多年生草本 peren-nial herb; VI.1~2 年草本 1-2-year old herb。

图 1 观花植物花期与色系以及观果植物果期树种数量与生活型分析

Fig.1 The analysis on species number and life form of flowering periods and the color system of flower plants and fruiting period of fruit plants

2.3 不同场地植物种数及结构模式分析

调研的雨水花园所应用的植物种数、种类、种植模式均有不同(表 5)。杭州政府近几年大力打造的生态主题鲜明的公园绿地雨水花园在植物种数、种类上均高于居住区绿地雨水花园及道路绿地雨水花园,尤其是东湖路市民公园、钱塘生态公园、方家埭郊野公园,植物种数均在 39 种以上,占调查

植物总数的 59.1%~74.2%。除此之外,公园绿地雨水花园在种植模式上也更丰富,构建了乔木、乔灌、乔灌草、灌丛、灌草、草丛等多种复层结构。17 个不同类型的雨水花园绿地植物种类多样性从大到小表现为公园绿地雨水花园>完成改造提升的老旧居住区绿地雨水花园>道路绿地雨水花园>未改造提升的居住区绿地雨水花园。

表 5 杭州不同场地雨水花园的植物种数及结构模式

Table 5 The analysis of plant species in 17 rainwater garden green areas in Hangzhou city

场地名称 site name	乔木 arbor		灌木 shrub		草本 herb		种数 species number	种植模式 cultivation model
	常绿	落叶	常绿	落叶	多年生	1~2 年生		
古苑公园 Guyuan Park	1	3	—	4	12	—	20	乔木、灌丛、草丛
东湖路市民公园 Donghu Road Civic Park	2	6	3	7	20	1	39	乔木、乔灌草、灌丛、灌草、草丛
春华公园 Chunhua Park	—	4	2	4	13	—	23	乔草、灌丛、草丛
钱塘生态公园 Qiantang Ecological Park	2	8	5	9	25	—	49	乔灌、乔灌草、灌丛、灌草、草丛
方家埭郊野公园 Fong Kadai Country Park	2	7	4	9	23	1	46	乔木、乔草、灌丛、灌草、草丛
之江水泥厂工业遗址公园 Zhijiang Cement Factory Industrial Heritage Park	1	6	3	7	18	—	35	乔木、乔灌、灌丛、灌草、草丛
美政花苑 Meizheng Garden	—	2	1	3	17	—	23	乔木、灌丛、灌草、草丛
南班巷社区 Nanban Lane Community	—	2	1	4	15	1	22	乔木、乔灌、灌草、草丛
春森湾小区 Chunsenliwan Community	1	2	1	3	18	—	25	乔木、灌丛、灌草、草丛
山水人家 Shanshui Family	2	4	—	6	9	1	22	乔灌、灌丛、灌草
德信早城 Dexin Morning City	1	2	1	4	11	—	20	乔灌、灌草、草丛
名城湖左岸 left bank of Mingcheng Lake	—	2	1	3	12	—	18	乔灌、灌草、草丛
保俶路体育场路口和西溪路口 Baochu Road Stadium intersection and Xixi intersection	—	—	—	2	13	1	16	灌丛、灌草、草丛
横街社区街旁绿化带 green belt beside the street in Hengjie Community	1	2	3	6	12	—	24	乔灌、灌丛、灌草、草丛
智慧新天地段 Wisdom Xintiandi Road section	—	2	1	5	14	—	22	乔灌、乔木、灌草、草丛
丁群街生态截污工程 Dingqun Street Ecological Pollution Interception Project	—	1	1	3	10	—	15	乔木、灌草、草丛
宣杭铁路南侧绿化带 the green belt on the south side of Xuanhang railway	1	2	2	4	11	1	21	乔草、乔灌、灌丛、草丛

2.4 不同雨水处理功能区植物生态特性和种类分析

根据雨水花园不同雨水处理功能区的水淹情况及植物耐受性的差异度,将其分为蓄水区、缓冲区、边缘区(图 2)。在蓄水容积大、蓄水时间较长的蓄水区以耐干旱、耐水湿、抗污染能力及净化能力强的植物为主;在有一定蓄水容积的缓冲区以较耐干旱、耐短期水湿及抗雨水冲刷能力强的植物为主;无蓄水能力的边缘区则以较耐干旱较耐水湿的植物为主(表 6)。

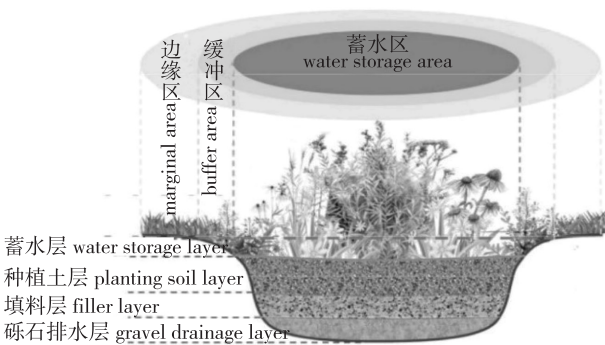


图 2 雨水花园雨水处理区分区功能示意图
Fig.2 The schematic diagram of the function zoning of the rainwater treatment area

表 6 不同雨水处理功能区的植物种类和生态特性统计
Table 6 Species and ecological characteristics in different function zoning of rainwater treatment areas

雨水处理 功能分区 function zoning of rainwater treatment area	植物生活型 plant life form	植物名称 species	生态特性 ecological characteristics	雨水处理 功能分区 function zoning of rainwater treatment area	植物生活型 plant life form	植物名称 species	生态特性 ecological characteristics		
蓄水区 water storage area	多年生草本	花叶芦竹 <i>Arundo donax</i>	旱湿两栖	蓄水区、缓冲区 water storage area and buffer area	多年生草本	香根草 <i>Vetiveria zizanioides</i>	旱湿两栖		
		香菇草 <i>Hydrocotyle vulgaris</i>	旱湿两栖			矮蒲苇 <i>Cortaderia selloana</i> var. <i>pumila</i>	旱湿两栖		
		<i>Lythrum salicaria</i>	旱湿两栖			再力花 <i>Thalia dealbata</i>	喜湿润		
		旱伞草 <i>Cyperus alternifolius</i>	旱湿两栖			细叶莎草 <i>Cyperus papyrus</i>	旱湿两栖		
		花菖蒲 <i>Iris ensata</i> var. <i>hortensis</i>	旱湿两栖			花叶燕麦草 <i>Arrhenatherum elatius</i> cv. <i>Variegatum</i>	旱湿两栖、耐贫瘠		
		黄菖蒲 <i>Iris pseudacorus</i>	旱湿两栖			美人蕉 <i>Canna indica</i>	喜湿润		
		鸢尾 <i>Iris tectorum</i>	旱湿两栖			花叶水葱 <i>Scirpus validus</i>	喜湿润		
		菖蒲 <i>Acorus calamus</i>	旱湿两栖			水葱 <i>Scirpus validus</i>	喜湿润		
		德国鸢尾 <i>Iris germanica</i>	旱湿两栖			茭白 <i>Zizania latifolia</i>	喜湿润		
		芦苇 <i>Phragmites australis</i>	旱湿两栖			香蒲 <i>Typha angustifolia</i>	喜湿润		
	常绿乔木	湿地松 <i>Pinus eliottii</i>	耐涝、耐贫瘠、较耐干旱	缓冲区 buffer area	常绿灌木	花叶美人蕉 <i>Cannaceae generalis</i> cv. <i>striatus</i>	喜湿润		
		东方杉 <i>Taxodium mucronatum</i> × <i>Cryptomeria fortunei</i>	耐干旱、耐水湿			细叶针茅 <i>Stipa lessingiana</i>	喜湿润		
						灯心草 <i>Juncus effusus</i>	喜湿润		
		乌桕 <i>Sapium sebiferum</i>	耐短期水涝			洒金桃叶珊瑚 * <i>Aucuba japonica</i> var. <i>variegata</i>	耐水湿		
		落羽杉 <i>Taxodium distichum</i>	耐干旱、极耐水湿			桃叶珊瑚 * <i>Aucuba japonica</i>	耐水湿		
		枫杨 * <i>Pterocarya stenoptera</i>	耐水湿			八角金盘 * <i>Fatsia japonica</i>	较耐湿、忌干旱		
		垂柳 <i>Salix babylonica</i>	耐短期水涝			多年生草本 紫花地丁 <i>Viola philippica</i>	喜湿润、耐干旱		
		水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	耐干旱、耐瘠薄、耐水湿			常绿灌木	凤尾兰 <i>Yucca gloriosa</i>	耐干旱、耐瘠薄、较耐水湿	
		池杉 <i>Taxodium ascendens</i>	较耐干旱、耐涝				红花檵木 <i>Loropetalum chinense</i> var. <i>rubrum</i>	耐干旱、较耐水湿	
		蓄水区、缓冲区 water storage area and buffer area	常绿灌木			旱柳 <i>Salix matsudana</i>	耐短期水涝	缓冲区、边缘区 buffer area and marginal area	落叶灌木
大叶黄杨(冬青卫) * <i>Euonymus japonicus</i>	耐干旱、耐瘠薄、耐水湿			多年生草本 玉带草 <i>Phalaris arundinacea</i>	喜湿润				
银边大叶黄杨 * <i>Euonymus japonicus</i> cv. <i>Albo-marginatus</i>	耐干旱、耐瘠薄、耐水湿			萱草 <i>Hemerocallis fulva</i>	喜湿润、耐干旱				
夹竹桃 <i>Nerium oleander</i>	耐干旱、耐瘠薄、耐水湿			1~2 年生草本	诸葛菜 <i>Orychophragmus violaceus</i>	喜湿润			
南天竹 <i>Nandina domestica</i>	耐干旱、耐瘠薄、耐水湿				常绿乔木	枸树 <i>Broussonetia papyrifera</i>	耐干旱、耐瘠薄		
落叶灌木	彩叶杞柳 <i>Salix integra</i> ‘Hakuro Nishiki’			耐干旱、耐水湿		栾树 * <i>Koelreuteria paniculata</i>	耐干旱、耐瘠薄		
	雪柳 <i>ontanesia fortunei</i>			耐干旱、耐水湿		火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	耐干旱		
	木芙蓉 <i>Hibiscus mutabilis</i>			耐干旱、耐瘠薄、喜水湿		常绿灌木	红叶石楠 * <i>Photinia</i> × <i>fraseri</i> ‘Red robin’		耐干旱、耐瘠薄、忌水湿
	木槿 <i>Hibiscus syriacus</i>			耐干旱、耐贫瘠、耐水湿			无刺枸骨 <i>Ilex cornuta</i>		耐干旱、耐瘠薄
	紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>			耐干旱、耐水湿	边缘区 marginal area	落叶灌木	鸡爪槭 <i>Acer palmatum</i>		较耐旱、不耐水涝
多年生草本	多年生草本	斑叶芒 <i>Miscanthus sinensis</i> ‘Zebrinus’	旱湿两栖	紫荆 <i>Cercis chinensis</i>	耐干旱、不耐水湿				
		细叶芒 <i>Miscanthus sinensis</i> ‘Gracillimus’	旱湿两栖	垂丝海棠 * <i>Malus halliana</i>	较耐旱、忌过湿				
				贴梗海棠 * <i>Chaenomeles speciosa</i>	耐干旱、忌水湿				
				多年生草本	金叶苔草 <i>Carex</i> ‘Evergold’	喜湿润、不耐水涝			
					棕红苔草 <i>Carex buchananii</i>	喜湿润、不耐水涝			

注:带 * 者为生长状况不良的植物,不带 * 者为生长状况良好的植物。Species with * are plants in poor growth condition, which without * are plants in good growth condition.

调研结果显示,乔木与草本的生长情况总体趋于良好,仅个别落叶乔木的生长情况略有不佳,出现了叶片萎缩的现象;灌木的生长情况与乔木、草本相比相对较差,植物出现的问题主要集中在叶片萎缩、叶尖或叶缘变褐、叶片出现斑点或斑块等。对调研的雨水花园植物资源进行总结发现,耐受性较强、净化能力佳、养护管理方便是雨水花园植物的首选条件。调查表明,杭州雨水花园除了使用造景所需的常规绿化树种外,主要以湿生植物和水生植物为主,其中以水生草本居多。

3 讨 论

雨水花园的建设有助于实现城市雨水资源化,缓解城市水污染、水资源紧缺等棘手问题。植物对于雨水花园而言至关重要,是雨水花园各项功能运行的重要载体。根据实地调查结果发现,杭州市雨水花园植物资源总体应用现状良好,但也存在部分问题。

1)物种多样性与景观特色性有待提升。杭州市部分雨水花园存在植物多样性单调,景观特色不突出的问题,特别是早期建设的老旧小区雨水花园种植种类和模式较单一,植物种类区分度不大,植物群落物种过于单一,多样性和特色性不足的问题比较严重。在城市雨水花园植物景观的营造过程中,不仅要注重雨水花园植物的生态学特性,还应注重景观的物种多样性和特色性配置^[18-19]。雨水花园植物景观多样化能更好地发挥景观及生态功能^[20-21],景观独特性、生物多样性均依靠植物种类的变换搭配来体现,所以在物种配置上应多下功夫。

2)丰富植物景观层次结构。调研发现,一方面,观花、观果与观叶植物在灌木、草本中分布较均衡,但是乔木种类普遍偏少,特色观赏树种的运用比例不大,导致植物群落垂直结构景观在某些季节观赏特性不佳;另一方面,雨水花园植物景观往往缺少中间层植物的衔接,很多局部植物群落均处在同一高度,缺少高低层次的变化。因此,雨水花园植物配置既要注重中间层的衔接,在平面构图上注意种植的疏密程度,尽量避免植物大量地单株零散种植和混乱地密植,群落中植物个体间应有序地形成“线”乃至“片”的形式^[21],力求做到植物高度错落有致,且植物林缘线层次变化丰富,同时要选观赏特性高的乔木,多角度综合提升植物景观层次结构。

3)丰富植物季相景观。不少雨水花园植物景

观总体季相变化不突出,导致雨水花园植物景观缺乏季节特色,因此需注重雨水花园植物景观的季相变化。但考虑到雨水花园下凹绿地这一特性,植物枯落物堆积可能导致雨水渗透率降低,而秋色叶植物在秋季会大面积落叶,因此不宜大量运用。同时根据植物种类物候期的不同特性,适当加大耐周期性短期水淹、耐干旱的常绿开花灌木的运用,与草本植物搭配形成错落空间,营造季候演替现象丰富的四季景观。

4)拓展竹类植物的应用广度和应用形式。根据调研结果发现,目前杭州雨水花园竹类植物的应用极少,绝大部分雨水花园的三大区域内没有竹类植物,种植方式也以丛生为主,形式非常单一。竹类植物因其色彩美、形态美、光影美、意境美突出,极富人文内涵和景观意境,是园林绿地中常用的特色观赏植物,但是在雨水花园中的应用几乎空白,很有必要对竹类植物的应用广度和应用形式进行拓展研究。建议根据不同区域的特征和竹类植物的生物学、生态学特性,对竹类植物在雨水花园中的应用进行探索。降雨过后的蓄水区内有一定的雨水蓄积,直接种植竹类植物可能存活率较低,可以通过湿式浮岛和干式浮岛的应用形式种植相对耐水湿的美竹(*Phyllostachys nidularia*)、河竹(*Phyllostachys rivalis*)、篌竹(*Phyllostachys nidularia*)、青皮竹(*Bambusa textilis*)等竹种,使雨水花园的蓄水景观层次更加丰富;在缓冲区中有一定的坡度,下雨时受雨水冲刷的影响,需要选择根系发达固土能力强的竹种,例如小型的菲白竹(*Sasa Fortunei*)、凤尾竹(*Bambusa multiplex*)、箬竹(*Indosasa tessellatus*)、白哺鸡竹(*Phyllostachys dulcis*)、小佛肚竹(*Bambusa ventricosa*)等,应用形式有竹石式、植物混合式等;在边缘区受降水和坡度的影响较小,可种植搭配的竹类植物较多,例如茶杆竹(*Pseudosasa amabilis*)、小琴丝竹(*Bambusa multiplex*)、早园竹(*Phyllostachys propinqua*)、金镶玉竹(*Phyllostachys aureosulcata*)等,应用形式有竹林式、竹径式、竹丛式、设施组合式等。

5)加强科学配置和维护力度。部分雨水花园由于配置不当或场地维护不力,植物出现了生长差的情况(蓄水、缓冲区、边缘区均有分布),部分植物出现了枯萎和斑点,有的植物生长过于杂乱和茂密,有的场地植物枯落物堆积较为明显,出现雨水渗透率降低、蚊蝇滋生等负面问题,方家埭郊野公园、横街社区街旁绿化带、山水人家的场地以上问题尤为突出。雨水花园植物的生长情况关乎雨

水花园是否能够长期运行并发挥作用^[18]。因此需要加强雨水花园植物的合理配置和维护工作^[22],相关部门应制定适合雨水花园植物景观的维护管理制度,特别是在雨季之前和期中。同时对于某些环境适应性强、长势良好的观赏草和湿生植物应定期对其生长状况进行观测,防止植株的蔓延扩散与株形失控,平时注意枝叶修剪、花絮、果实的维护管理,生长季末的一次性收割等措施。

参考文献(reference):

- [1] 郭福建,卢漫,朱宇晗,等.大型城市生态景观绿带雨水花园设计研究[J].市政技术,2021,39(8):202-206.GUO F J, LU M, ZHU Y H, et al. Study on design of rain garden in large urban ecological landscape green belt[J]. Munic Eng Technol, 2021, 39(8):202-206.DOI:10.19922/j.1009-7767.2021.08.202.
- [2] 马晓菲,石龙宇.基于景观学的景感营造研究:以雨水花园为例[J].生态学报,2020,40(22):8167-8175.MA X F, SHI L Y. Study on the landsense creation based on landsenseology: taking rain garden as an example[J]. Acta Ecol Sin, 2020, 40(22):8167-8175.DOI:10.5846/stxb202003200614.
- [3] ISHIMATSU K, ITO K, MITANI Y, et al. Use of rain gardens for stormwater management in urban design and planning[J]. Landsc Ecol Eng, 2017, 13(1):205-212.DOI:10.1007/s11355-016-0309-3.
- [4] VINEYARD D, INGWERSEN W W, HAWKINS T R, et al. Comparing green and grey infrastructure using life cycle cost and environmental impact: a rain garden case study in Cincinnati, OH[J]. J Am Water Resour Assoc, 2015, 51(5):1342-1360.DOI:10.1111/1752-1688.12320.
- [5] NOCCO M A, ROUSE S E, BALSTER N J. Vegetation type alters water and nitrogen budgets in a controlled, replicated experiment on residential-sized rain gardens planted with prairie, shrub, and turfgrass[J]. Urban Ecosyst, 2016, 19(4):1665-1691.DOI:10.1007/s11252-016-0568-7.
- [6] WOLTERS DORF L, JOKISCH A, KLUGE T. Benefits of rainwater harvesting for gardening and implications for future policy in Namibia[J]. Water Policy, 2014, 16(1):124-143.DOI:10.2166/wp.2013.061.
- [7] DUSSAILLANT A R, WU C H, POTTER K W. Richards equation model of a rain garden[J]. J Hydrol Eng, 2004, 9(3):219-225.DOI:10.1061/(asce)1084-0699(2004)9:3(219).
- [8] 赵寒雪,殷利华.2005—2015 中国十年来雨水花园研究进展[J].中国园林,2016,32(10):60-64.ZHAO H X, YIN L H. Research progress of rain garden in China in the ten years from 2005 to 2015[J]. Chin Landsc Archit, 2016, 32(10):60-64.
- [9] 刘俊峰,方凌,马赛君,等.杭州市雨水花园调查与分析[J].福建林业科技,2015,42(1):210-214,241.LIU J F, FANG L, MA S J, et al. Investigation and analysis of rain garden in Hangzhou City[J]. J Fujian For Sci Technol, 2015, 42(1):210-214, 241.DOI:10.13428/j.cnki.fjlk.2015.01.044.
- [10] 赵岩,吴雄,黄栩.苏南乡村水系景观绩效评价研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2018,42(6):174-178.ZHAO Y, WU X, HUANG X. Performance assessment of the rural water landscape south of Jiangsu[J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2018, 42(6):174-178.DOI:10.3969/j.issn.1000-2006.201707038.
- [11] 王淑芬,杨乐,白伟岚.技术与艺术的完美统一:雨水花园建造探析[J].中国园林,2009,25(6):54-57.WANG S F, YANG L, BAI W L. Perfect combination of art and technology: study on the construction of rain garden[J]. Chin Landsc Archit, 2009, 25(6):54-57.DOI:10.3969/j.issn.1000-6664.2009.06.013.
- [12] 杨阳,谌多.西北半干旱地区雨水花园植物应用及适宜性评价[J].中国农学通报,2021,37(2):54-60.YANG Y, CHEN D. Rain garden plants in the semi-arid and semi-humid region of northwest China: application and suitability evaluation[J]. Chin Agric Sci Bull, 2021, 37(2):54-60.
- [13] 陈嘉欣,黄容容,林嘉蓓,等.广州市黄埔古村植物景观资源特征与评价[J].林业与环境科学,2021,37(3):47-53.CHEN J X, HUANG R R, LIN J B, et al. Characteristics and evaluation of plant landscape resources in Huangpu ancient village of Guangzhou City[J]. Guangdong For Sci Technol, 2021, 37(3):47-53.DOI:10.3969/j.issn.1006-4427.2021.03.008.
- [14] 许诺.湘湖景区一期植物景观调查研究[D].杭州:浙江农林大学,2019.XU N. Investigation on the plant landscape of the first phase of Xianghu Lake[D]. Hangzhou: Zhejiang A & F University, 2019. DOI:10.27756/d.cnki.gzjlx.2019.000070.
- [15] 苏诗涵.杭州半山国家森林公园植物景观调查研究[D].杭州:浙江农林大学,2019.SU S H. The plants landscape research of national forest park of Hangzhou Banshan[D]. Hangzhou: Zhejiang A & F University, 2019.
- [16] 史可,左国良,胡海辉.基于公众审美的哈尔滨城市公园植物色彩评价[J].南京林业大学学报(自然科学版),2022,46(1):233-240.SHI K, ZUO G L, HU H H. Evaluation on aesthetic quality of plant color landscape in urban parks of Harbin based on public aesthetic[J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2022, 46(1):233-240.DOI:10.12302/j.issn.1000-2006.202008004.
- [17] 宋佳妮,杨秀莲.南京梅花山植物景观营造调查分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2014,38(S1):125-128.SONG J N, YANG X L. Survey and analysis of plant landscape of Nanjing Plum Blossom Hill[J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2014, 38(S1):125-128.
- [18] 李聪.西咸新区海绵城市植物选择与配置研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2018.LI C. Study on plant selection and arrangement of sponge city in Xi-Xian New Area[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2018.
- [19] 胡帆.低影响开发设施在公园绿地规划设计中的应用:以杭州市东湖路市民公园为例[D].杭州:浙江大学,2019.HU F. The application of low impact development facilities in the planning and design of park green space: a case study of Donghu Road citizen Park in Hangzhou[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2019.
- [20] 付宝春,李志娟,刘琛彬,等.太原市城区园林植物应用现状调查与分析[J].山西农业科学,2013,41(6):594-598,649.FU B C, LI Z J, LIU C B, et al. Investigate of current situation of landscape plants applied in Taiyuan City[J]. J Shanxi Agric Sci, 2013, 41(6):594-598, 649.DOI:10.3969/j.issn.1002-2481.2013.06.19.
- [21] 王海超.哈尔滨市高校绿地植物群落景观评价及优化设计[D].哈尔滨:东北农业大学,2017.WANG H C. Landscape evaluation and optimization design of green plant community in universities of Harbin[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2017.
- [22] 李璐.采煤塌陷湿地公园景观绩效评价及优化策略研究:以潘安湖国家湿地公园为例[D].徐州:中国矿业大学,2020.LI L. Research on landscape performance evaluation and optimization strategy of coal mining subsidence wetland park: take Pan'an Lake National Wetland Park as an example[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2020.

(责任编辑 吴祝华)