

# 基于低维护营造的水生草本植物筛选评价\*

## Selection and Evaluation of Aquatic Herbs Based on Low-maintenance Construction

林尹影 陈康琪 刘小冬

LIN Yin-ying, CHEN Kang-qi, LIU Xiao-dong

**摘要:** 水生植物是城市水景营造的重要组成部分,复层结构的水景植物配置具有较好低维护特点,需要匹配适应的水生草本植物种类。以珠三角地区为研究区域范围,选取了32种城市水景广泛应用的水生草本植物,运用层次分析法,建立了包括观赏价值、适应性以及生长特性3个准则层和10个评价因子指标的评价模型,对水生草本植物的筛选与运用进行讨论研究。结果表明,32种水生草本植物可分为3个等级,其中I等级6种,II等级11种,III等级15种,优选推荐翠芦莉 *Ruellia simplex*、风车草 *Cyperus involucratus*、柳叶箬 *Isachne globosa* 和菖蒲 *Acorus calamus* 等作为低维护城市水景植物景观营造种类。

**关键词:** 低维护;水景营造;水生草本植物;评价

**中图分类号:** S688

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2641(2021)06-0086-04

**收稿日期:** 2021-04-11

**修回日期:** 2021-06-09

**Abstract:** Aquatic plants are an important part of the construction of urban waterscapes. The multi-layered waterscape plant configuration has good low-maintenance characteristics and needs to match the types of aquatic herbs. Taking the Pearl River Delta region as the research area, 32 kinds of aquatic herbs widely used in urban waterscapes are selected. Using the Analytic Hierarchy Process, an evaluation model including three criterion layers of ornamental value, adaptability and growth characteristics and 10 evaluation factors is established to discuss and research on the selection and application of aquatic herbs. The results show that 32 aquatic herbs can be divided into three grades, of which 6 species are grade I, 11 species are grade II, and 15 species are grade III. *Ruellia simplex*, *Cyperus involucratus*, *Isachne globosa* and *Acorus calamus* are recommended as low-maintenance urban waterscapes plants.

**Key words:** Low-maintenance; Waterscape construction; Aquatic herbs; Evaluation

城市水体景观是城市生态系统的重要组成部分,具有水体净化、维护生态多样性、游憩等综合功能<sup>[1-2]</sup>。随着低碳节约型社会建设和“碳中和”行动的不断深入,低维护、高效益的水体景观营造越发重要。当前,城市公园、居住区等的水体植物景观营造常通过大量投入高密度的草本植物,结合工程措施,达到造景与水体净化的目的,但每年植物的冬枯收割与更换,容易造成管理、维护费用上升和废弃物处理难等问题。因此,有必要引入低维护景观营造举措,建构以乔木、灌木、草本植物复层群落结构为主的水景植物配置方法,兼顾植物景观效果的同时,在养护管理上实现“低成本、低能耗、低人工、低环境影响”的生态型建造措施<sup>[3]</sup>。

纵观国内外对低维护景观营造植物筛选的研究,发现国外的研究起步

早,时间跨度大,涉及领域范围广,包含从19世纪开始的根据实际情况筛选合适的外来植物,到如今的低维护草坪草种研究<sup>[4-5]</sup>、“新长青植物运动”等内容<sup>[6]</sup>。而国内对低维护景观营造植物筛选的研究尚处于起步阶段,缺乏系统的理论方法,且研究内容集中在对陆地造景的植物筛选上,较少对水景营造植物筛选的研究。在低维护城市水体景观营造的理念下,复层结构的水生植物配置需要兼顾木本植物和草本植物的搭配,对水生草本植物的功能特性和生物特性亦提出新的要求。低维护的水生植物需要具备一定水土净化能力,以及刈割量较小、管理粗放、生长周期长、观赏价值较高、抗逆性强、病虫害少等特点。因此本文从低维护城市水景营造理念出发,运用层次分析法,在水生草本植物的观赏价值、适应性以及生长特

性的基础上构建评价模型,对32种水生草本植物进行综合评价分析,以期能为低维护的城市水景营造提供适宜的水生草本植物种类。

### 1 评价对象

选取珠三角地区具有代表性的公园水景为研究区域,通过对广州上涌果树公园湿地、广州海珠国家湿地公园、广州南沙湿地公园和深圳洪湖公园的水生草本植物的调查,结合相关文献的研究结果<sup>[7-8]</sup>,综合考虑应用广泛、景观适用和不同生活类型等因素,选取32种水生草本植物为评价对象,涵盖本土种和外来种。考虑到外来物种的生态适应性问题,本研究选取的绝大多数外来物种已经过长期的引种驯化,对本土环境有了较好的适应性。此外,浮水植物生长速度和

\* 基金项目: 基于自净化生态循环的城市水体景观系统构建研究(编号: 201804010303)

范围难以控制,故其不作为本次评价的对象。

## 2 评价方法

评价采用层次分析法,针对低维护城市水景营造的筛选目标,结合现有文献研究结果<sup>[9-10]</sup>,建立低维护景观的水生草本植物筛选评价指标体系,采用定性与定量相结合方式确定评价指标评分标准。评价指标权重通过专家咨询法,构建两两评价指标判断矩阵,并计算相关权重。

### 2.1 评价模型的构建

基于低维护城市水景营造的水生草本植物特点,以现有相关植物评价指标<sup>[11-13]</sup>为基础,考虑植物对环境的适应性、养护管理要求,同时兼顾植物的观赏特性,建立水生草本植物的评价模型(表1)。模型分为评价目标层(A)、准则层(B)、指标层(C),准则层设定观赏价值、适应性和生长特性3个因子,指标层体现准则层的具体选择标准,共选出10个因素。观赏性从3个方面综合评判,其一是花色、大小与形状,二是叶色变化及叶形等,再有花叶观赏期的长短。适应性选取抗病虫害能力、抗污染能力、耐高温性及耐荫性来反映植物的综合生态适应能力。植物在水生潮湿环境生长,容易受到各种病虫害的侵害,影响其生长发育,降低观赏效果;其次大多数城市水景存在一定程度的污染,水生植物需要具备较强的生长、存活能力;此外珠三角地区夏季气温高,而复层结构植物配置中底层光照较弱,因此植物能耐高温和耐荫也是生态适应性重要维度。在植物的生长特性方面,高大植物通常生物量和刈割量较大,且冬枯后易倒伏在水中腐烂,造成水体二次污染,影响水体水质环境;同时具备良好净化能力的水生植物可以改善水质,也符合了构建低养护持久水景的理念。

### 2.2 指标权重的确定

在建立评价指标体系基础上,采用专家咨询法,以1-9比例标度对评

价指标重要性程度进行赋值,构建准则层判断矩阵A-B及因子层判断矩阵B-C。利用yahhp10.3软件对判断矩阵进行一致性检验,确定指标的权重值 $W_i$ 。结合评价模型和专家意见进行层次判断矩阵计算,一致性比例CR均小于0.10,判断矩阵具有良好的一致性。其后,利用加权法进行C层对A层的权重计算,最终得出水生植物评价各指标因子的权重(表1)。其中,得分较高的指标为养护管理要求(C8)、刈割量(C9)及抗污能力(C4)。

### 2.3 指标评分标准的确定

本评价体系指标采用定量与定性相结合的方式评分赋值,分三级对各项指标进行评价。通过专业文献<sup>[14-19]</sup>、植物志、苗木网站等渠道查询收集,按程度差异性划分标准,各指标的赋值标准如表1。

## 3 评价结果与分析

通过相应权重与对各指标因子的评分,运用公式 $S = \sum_{i=1}^n C_i * W_i$ 计算得出32种水生草本植物的综合得分,并运用spss26.0软件进行聚类分析,将水生草本植物分成3个等级,其中3.80分以上为I级,3.40~3.80分为II级,3.40分以下为III级(表2)。

处在I级的植物有6种,其相对于其他等级的植物具有较大优势,不仅后期养护管理成本较低、植株强健,还具有较高的景观价值,应优先选择利用。例如综合得分排名第一的翠芦莉,在受污水体中适应性良好,具备较强的净水能力<sup>[20]</sup>,同时生性强健、适应性强<sup>[21]</sup>,并且花叶鲜艳、花期长,观赏价值较高。在城市水景营造中可以选择沉水植物搭配翠芦莉,既可对水体进行生态净化处理,还能营造良好的景观效果<sup>[22]</sup>。排名第二的风车草在抗污<sup>[23]</sup>、抗病虫害<sup>[24]</sup>能力上均有较好的表现,且叶形优美、四季常绿,耐粗放管理。

处在II级的植物有11种,其在评价指标得分方面虽然表现出不均衡性,但都存在一定的优势。例如紫芋,

耐粗放管理,净水能力较强<sup>[20]</sup>,同时还具备良好的抗污<sup>[25]</sup>、抗病虫害能力<sup>[26]</sup>,但由于缺少一定的观赏性,需搭配其他植物来丰富景观效果。水竹芋花型优美、花期长,观赏价值较高,且具备良好的净水能力<sup>[27]</sup>,环境适应性良好,但其生物量和刈割量较大,因此综合得分排名中等。

处在III级的植物有15种,此等级植物的优势具有偏向性,在评价过程中表现出明显的不均衡,造成指标得分差距较大,综合得分相对较低,因此在城市水景营造过程中可按实际需求择优利用。例如,纸莎草耐高温,具备较强的净水能力<sup>[28]</sup>,环境适应性好,但由于其刈割量较大,且景观效果逊色,常与其他水生植物搭配栽植,综合评价受到较大影响,得分较低。而鸢尾虽抗污能力强,环境适应性良好<sup>[20]</sup>,形态优美,观赏期长,观赏价值高,但养护管理要求精细,产生的凋落物较多,刈割废弃物处理成本较高,因此综合得分排名靠后。

## 4 结论与讨论

在城市水景营造的过程中,水生植物的配置运用是其中非常重要的部分。本文构建水生草本植物综合评价体系,运用AHP法对其进行评价,其中养护管理要求、刈割量及抗污能力等指标所占权重较高,这与本研究注重低维护的目标相一致。从评价结果看,32种植物划分为3个等级,其中I级6种,II级11种,III级15种。I级的植物在水环境中不仅表现出较强的适应性,且具有一定的观赏价值;II级的植物可搭配I级植物综合利用;III级的植物可按需求择优选用。水竹芋、美人蕉、风车草、梭鱼草等湿地植物在广州公园水景应用频率高达50%以上<sup>[7]</sup>,基本处于综合评价结果的I、II级,表明本次评价结果具有较好的普遍性。

本次水生草本植物的评价结果,可作为珠三角地区低维护城市水景营造的重要参考,但在实际水景营造时,

表 1 水生草本植物筛选评价标准

目标层 (A)	准则层 (B)	准则层权重	指标层 (C)	指标层权重 W	指标评价标准
A 水生草本植物 筛选评价	B1 观赏 价值	0.139 7	C1 叶观 赏性	0.022 8	5分: 叶色季相变化明显, 且颜色艳丽有光泽, 具彩色叶
					3分: 叶色无季相变化, 但叶色鲜亮翠绿
					1分: 无季相变化且叶色暗沉, 表面粗糙
	C2 花观 赏性	0.075 4	5分: 花色鲜艳, 颜色较多, 两种或以上, 花形奇特		
			3分: 花色较鲜艳, 蓝、紫、黄或红色, 形态较为奇特		
			1分: 花色不鲜艳, 白色或其他淡色, 无形态观赏性		
	C3 观赏 天数	0.041 5	5分: 植物花叶观赏期大于 6 个月		
			3分: 植物花叶观赏期大于 3 个月		
			1分: 植物花叶观赏期小于 3 个月		
	C4 抗污 能力	0.139 0	5分: 强, 在受污染水体中存活率达到 70% 以上		
3分: 中, 在受污染水体中存活率 30%~70%					
1分: 弱, 在受污染水体中存活率低于 30%					
C5 抗病 虫害能力	0.090 0	5分: 植物抗病虫害能力优良, 几乎不会发生病虫害			
		3分: 植物抗病虫害能力较好, 偶尔发生病虫害			
		1分: 植物抗病虫害能力较差, 经常发生病虫害			
B2 适 应性	0.332 5	C6 耐高 温性	0.040 1	5分: 植物喜光照, 耐高温能力强	
				3分: 植物喜光照, 但耐高温能力一般	
				1分: 植物耐高温能力较差	
C7 耐 荫性	0.063 4	5分: 植物在弱光下生存能力强			
		3分: 植物在弱光下生存能力一般			
		1分: 植物在弱光下生存能力弱			
C8 养护 管理要求	0.278 6	5分: 养护管理粗放, 产生的凋落物量极少			
		3分: 养护管理要求一般, 产生的凋落物量稍多			
		1分: 养护管理要求精细, 产生的凋落物量很多			
B3 生长 特性	0.527 8	C9 刈 割量	0.175 5	5分: 植物凋谢后收割量少	
				3分: 植物凋谢后收割量较多	
				1分: 植物凋谢后收割量多	
C10 净化 能力	0.073 7	5分: 植物水处理效果 (综合 COD、NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N、TN、TP) 好			
		3分: 植物水处理效果 (综合 COD、NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N、TN、TP) 中等			
		1分: 植物水处理效果 (综合 COD、NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N、TN、TP) 弱			

注: 净化能力指标评价综合考虑植物在污水中对化学需氧量 (COD)、总氮 (TN)、氨氮 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) 和总磷 (TP) 的去除率高低, 植物水处理效果由黄丽等<sup>[14-19]</sup>的实验结论所得。

植物的选择需结合水景类型, 综合考虑本土种和外来种的关系。如大型湿地水景应考虑本土种或经过长期驯化的外来种, 营造自然的景观效果, 提高适应性, 降低物种入侵风险<sup>[29]</sup>。城市中如综合公园、居住区等的水景受到的人工干预较大, 可对植物进行观察和管护, 因此更多考虑景观性强、易管理、低维护性等的水生植物。同时在植物应用上, 还应考虑层次结构的搭配, 兼顾色彩、季相变化等, 建构以复层群落结构为主的水体植物景观配置: 1) 草本植物高矮有序搭配, 如以高大的风车草、花叶芦竹等搭配翠芦莉和菖蒲等, 或以风车草与竹叶眼子菜形成挺水+沉水植物群落, 易管理、具备净水能力且景观效果好; 2) 木本植物结合草本植物的搭配, 比如水松 *Glyptostrobus pensilis*+ 对叶榕 *Ficus hispida*+ 菖蒲+梭鱼草的配置, 菖蒲与梭鱼草季节性景观互补, 花色鲜艳, 且均有一定的水土净化能力, 而木本植物树形奇特, 空间塑造感强, 景观持久, 且耐粗放管理, 仅需对草本植物进行简单维护。

本文评价对象涵盖本土种和外来种, 外来水生植物通常需要较长的生态适应期, 不同外来种的性状存在差异, 环境耐受性状存在潜在变化<sup>[30]</sup>。列入评价对象的绝大部分外来种经过长期驯化, 适应性、生态习性表现稳定, 但其中如翠芦莉引入我国时间相对较短, 适应性指标评分主要依据目前性状表现。由于其未经过长期归化检验, 某些指标判断可能会随着时间发生变化, 可在未来进一步观察、修订。此外, 水生草本植物抗寒性、固土性、抗风浪性也是生长适应性的影响因素, 但本文参考了珠三角其他地区植物筛选评价指标体系, 少有将抗寒性纳入, 且考虑到该地区少有冻害发生, 故没有将此指标纳入讨论; 同时, 由于本文仅基于文献资料作为评价基础, 未能将固土性、抗风浪性等纳入指标体系。未来可通过实验收集相关数据, 进一步完善评价指标体系。

表2 水生草本植物综合评价表

总排序	植物学名	科	生活类型	综合得分	等级
1	翠芦莉 <i>Ruellia simplex</i>	爵床科	挺水植物	4.3258	I
2	风车草 <i>Cyperus involucratus</i>	莎草科	挺水植物	4.2592	
3	柳叶箬 <i>Isachne globosa</i>	禾本科	挺水植物	4.2376	
4	竹叶眼子菜 <i>Potamogeton wrightii</i>	眼子菜科	沉水植物	4.0464	
5	菖蒲 <i>Acorus calamus</i>	天南星科	挺水植物	3.8578	
6	水蓼衣 <i>Hydrophila ringens</i>	爵床科	挺水植物	3.8360	
7	紫芋 <i>Colocasia esculenta</i> 'Black Magic'	天南星科	挺水植物	3.7234	II
8	梭鱼草 <i>Pontederia cordata</i>	雨久花科	挺水植物	3.6578	
9	水葱 <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	莎草科	挺水植物	3.6124	
10	星毛蕨 <i>Ampelopteris prolifera</i>	金星蕨科	挺水植物	3.5976	
11	水竹芋 <i>Thalia dealbata</i>	竹芋科	挺水植物	3.5934	
12	蒙特登慈姑 <i>Sagittaria montevidensis</i>	泽泻科	挺水植物	3.5070	
13	菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	眼子菜科	沉水植物	3.4984	
14	干屈菜 <i>Lythrum salicaria</i>	干屈菜科	挺水植物	3.4802	
15	花叶芦竹 <i>Arundo donax</i> 'Versicolor'	禾本科	挺水植物	3.4434	
16	美人蕉 <i>Canna indica</i>	美人蕉科	挺水植物	3.4340	
17	蕹菜 <i>Houttuynia cordata</i>	三白草科	挺水植物	3.4268	
18	东方香蒲 <i>Typha orientalis</i>	香蒲科	挺水植物	3.3680	
19	泽泻 <i>Alisma plantago-aquatica</i>	泽泻科	挺水植物	3.3544	
20	纸莎草 <i>Cyperus papyrus</i>	莎草科	挺水植物	3.3138	
21	小泽泻 <i>Alisma nanum</i>	泽泻科	挺水植物	3.1946	
22	姜花 <i>Hedychium coronarium</i>	姜科	挺水植物	3.0836	
23	苦草 <i>Vallisneria natans</i>	水鳖科	沉水植物	3.0404	
24	中华天胡荽 <i>Hydrocotyle hookeri</i> subsp. <i>chinensis</i>	伞形科	挺水植物	2.9870	
25	芦苇 <i>Phragmites australis</i>	禾本科	挺水植物	2.9832	
26	黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	水鳖科	沉水植物	2.9570	
27	水芹 <i>Oenanthe javanica</i>	伞形科	挺水植物	2.8114	
28	鸢尾 <i>Iris tectorum</i>	鸢尾科	挺水植物	2.6552	
29	金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻科	沉水植物	2.6260	
30	白喙刺子莞 <i>Rhynchospora rugosa</i> subsp. <i>brownii</i>	莎草科	挺水植物	2.5974	
31	菰 <i>Zizania latifolia</i>	禾本科	挺水植物	2.5862	
32	水鬼蕉 <i>Hymenocallis littoralis</i>	石蒜科	挺水植物	2.4626	

注：本文采用恩格勒植物分类系统。

参考文献：

[1] 王立亚, 赵彩, 曹加杰. 基于植物多样性的城市水体景观营造方法探讨[J]. 设计, 2019, 32(3): 48-50.

[2] 孙威, 吴言, 李雪艳. 从生态修复与人文意蕴——浅谈城市水体景观设计[J]. 美术教育研究, 2019(17): 86-87.

[3] 李峰平, 魏红阳, 马喆, 等. 人工湿地植物的选择及植物净化污水作用研究进展[J]. 湿地科学, 2017, 15(6): 849-854.

[4] BOOZE-DANIELS J N, DANIELS W L, SCHMIDT R E, et al. Establishment of Low Maintenance Vegetation in Highway Corridors[J]. Reclamation of drastically disturbed lands, 2000, 41: 887-920.

[5] WOLFE J E, ZAJICEK J M. Are Ornamental Grasses Acceptable Alternatives for Low Maintenance Landscapes?[J]. Journal of environmental horticulture, 1998, 16(1): 8-11.

[6] 贾晓宇. 低维护植物景观营造方法与技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2020.

[7] 郭亚男, 苏凡, 王瑞江. 广州市湿地公园植物调查与分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2020, 28(6): 607-614.

[8] 管暖怡. 广州市湿地公园水生植物应用的研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2017.

[9] 苏萼怀, 周俊辉, 陆艳芳. 珠三角地区有花草本水生植物配置的调查与评价[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(32): 16102-16104.

[10] 王竟红. 园林植物景观评价指标体系研究初探[J]. 林业科技, 2007, 32(3): 61-62.

[11] 唐东芹, 张思平, 高本年. 用AHP法对桂花品种应用的综合评价[J]. 江苏林业科技, 1998, 25(1): 11-16.

[12] 赵焕臣. 层次分析法——一种简易的新决策方法[M]. 北京: 科学出版社, 1986.

[13] 黄清平. 利用层次分析法评价三明市野生观赏植物的引种驯化效果[J]. 中国园林, 2009, 25(12): 93-96.

[14] 黄丽, 王晓雯, 许铭宇, 等. 湿地草本植物对水质的影响[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(5): 821-825.

[15] 杨鑫鑫, 易佳宇, 刘旺香, 等. 10种水生植物水质净化效果及生态设计应用研究[J]. 现代园艺, 2019(19): 8-10.

[16] 陈巧玲, 林晓葱, 官本涛, 等. 12种水生植物对氨氮和总磷的净化效果研究[J]. 福建农业科技, 2019(1): 44-49.

[17] 李斌, 李慧, 吴基昌, 等. 12种水生植物对茅洲河污染水体的净化研究[J]. 环境科学与技术, 2020, 43(S1): 151-158.

[18] 段田莉. 人工湿地+生态塘耦合深度处理污水处理厂尾水[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2016.

[19] 许铭宇. 水生动植物及其组合对富营养化园林水体净化效应研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2017.

[20] 谢琳. 广州海珠湖湿地湖滨带湿地植物群落与水环境质量关系研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2017.

[21] 曾凤, 邢景景, 谭广文. 广州地区适合雨水花园应用的植物综合评价[J]. 热带农业科学, 2021, 41(1): 52-58.

[22] 满栋. 城市公园湖泊型滨水植物景观审美评价研究[D]. 重庆: 西南大学, 2013.

[23] 张云潇, 徐佳敏, 卢少勇, 等. 风车草对低污染水体氮磷的净化效能[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(5): 735-745.

[24] 陈彩霞. 景天科多肉植物在园林景观中的应用研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2018.

[25] 吴隽宇. 棕水变绿水——广州市东濠涌水环境及景观改造综合整治工程研究[J]. 华中建筑, 2012, 30(12): 126-130+133.

[26] 李成, 袁苗, 陈强, 等. 济南园林水生花卉综合评价及分级[J]. 中国农学通报, 2018, 34(34): 66-73.

[27] 冯承婷, 赵强民, 甘美娜. 关于景观水体生态修复沉水植物生物量配置探讨[J]. 中国园林, 2019, 35(5): 117-121.

[28] 李世颖, 袁霖, 杨学成. 广州城市公园中水生植物景观群落的特征和营造[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(2): 112-121.

[29] 朱慧芬, 张长芹, 龚洵. 植物引种驯化研究概述[J]. 广西植物, 2003(1): 52-60.

[30] HUSSNER A, HEIDBÜCHEL P, COETZEE J, et al. From Introduction to Nuisance Growth: a Review of Traits of Alien Aquatic Plants which Contribute to Their Invasiveness[J]. Hydrobiologia, 2021, 848: 2119-2151.

作者简介：

林尹影/1996年生/女/广东汕头人/仲恺农业工程学院(广州510225)/在读硕士研究生/专业方向为风景园林规划设计

陈康琪/1997年生/女/广东肇庆人/仲恺农业工程学院(广州510225)/在读硕士研究生/专业方向为风景园林规划设计

刘小冬/1982年生/男/四川乐山人/在读博士研究生/仲恺农业工程学院(广州510225)/副教授/研究方向为城乡绿地规划、生态园林