

基于水体形态与环境定量分析的湖泊公园保护研究 ——以武汉中心城区为例

Study on the Lake Park Protection Based on Water Body Morphology and Environment Quantitative Analysis

—Taking the Central Urban Area of Wuhan as an Example

欧阳海龙¹ 高素娟²
OUYANG Hailong¹ GAO Sujuan²

(1.武汉市社会科学院, 武汉 430019; 2.中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)
(1.Wuhan Academy of Social Science, Wuhan, Hubei, China, 430019; 2.Institute of Hydrobiology Chinese Academy of Science, Wuhan, Hubei, China, 430072)

摘要

通江湖泊发挥着调节长江水文的重要作用, 围绕湖泊修建的湖泊公园又是市民和游客游憩休闲的重要场所。以武汉市中心城区已建成的12个湖泊公园为研究对象, 统计各湖泊水体的水质、营养状况等环境指标, 利用岸线发育指数、形状率、近圆率等指标对水体形态进行分析, 并建立各指标之间关系的数学模型。在此基础上, 从生态和湖滨带修复、湖泊指标控制、景观营造、生物多样性保护、雨水调蓄、公众参与保护治理等方面, 提出未来湖泊公园建设和保护修复的建议。

关键词

湖泊型公园; 生态环境; 水体形态; 定量分析

Abstract

The lakes connecting the Yangtze River play a role in regulating the hydrology of the Yangtze River. The lake parks built around the lakes are important places for citizens and tourists to enjoy leisure. Taking 12 lake parks built in central area of Wuhan as the research objects, the author has counted the water quality, nutrition and other environmental indicators of each lake, analyzed the water morphology by utilizing the lake shoreline development index, shape ratio, nearly circular rate and so on, and established the mathematical model of the relationship among the indicators. On this basis, from the ecological and lakeshore restoration, lake index control, landscape construction, biodiversity protection, rainwater regulation and storage, public participation in protection and governance, the future of the lake park construction and protection and restoration suggestions are put forward.

Keywords

lake parks; ecological environment; water morphology; quantitative analysis

城市中的湖泊公园是依托城市中的湖泊, 经过人工设计而建立的以水景欣赏、水上游览活动为主题的综合性城市公园, 其往往位于城市中心而担负着重要的城市公园职

能。在公园范围上, 公园将整个湖泊包括在内; 管理权属上, 整个湖泊都属于公园管理范畴^[1]。城市公园与居民游憩休闲关联极为紧密, 湖泊公园则因其广阔的水域、类型丰

文章编号: 1000-0283(2022)01-0082-08
DOI: 10.12193/j.laing.2022.01.0082.011
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2021-05-06
修回日期: 2021-11-29

欧阳海龙

1989年生/男/河南南阳人/博士/助理研究员/研究方向为城市生态环境保护与管理

高素娟

1988年生/女/湖北武汉人/硕士/助理实验师/研究方向为环境修复与治理

基金项目:

武汉市社会科学院2020年青年攻关团队项目“武汉市中心城区湖泊型公园湖滨带现状调查与保护研究”(编号: TS2020013); 武汉市社会科学院2021年度特色学科课题“武汉长江新区生态网络构建与优化研究”(编号: TS2021026)

富的水岸景观,是最接近于自然、最具景观吸引力的^[2]。另一方面,长江流域的湖泊与长江具有紧密的联系,发挥着调节水流、孕育湿地等功能作用,且这种江湖关系始终同自然演变和人类开发建设等活动密切相关,这些也反过来影响了湖泊公园中湖泊的水体形态和生态环境状况。

文章全面系统地调查了武汉市中心城区已建成的12个湖泊公园现状,在多项数据指标基础上,重点借助统计学的手段方法,对湖泊公园中的水体形态与环境状况进行定量分析与评价,总结城市湖泊公园建设与维护的经验教训,为武汉在建和规划中的其他湖泊公园提出前瞻性建议,为巩固武汉国家中心城市、长江经济带核心城市的地位提供智力支持,这对保护长江中下游城市湖泊的生态环境,进一步推动长江经济带高质量发展也具有重要意义。

1 武汉湖泊公园现状

武汉素有“百湖之市”的美誉,《武汉湖泊志》显示全市现有湖泊166个,其中39个位于中心城区^[3]。武汉近现代湖泊公园的形成始于清末民初任桐所筑沙湖琴园和20世纪二三十年代周苍柏所建的东湖海光农圃。建国后,武汉最早修建的湖泊公园是武昌区的紫阳湖公园,其于1959年开始修建,1962年建成开放。此后近半个多世纪内,武汉在中心城区规划建设了多个湖泊公园,如鲩子湖宝岛公园、四美塘公园、小南湖公园、菱角湖公园、内沙湖公园、沙湖公园等,大多是从天然湖泊变身为湖泊公园。

除东湖早已成为风景名胜区和国家湿地公园外,中心城区其他39个湖泊,根据2012年《武汉市中心城区湖泊“三线一路”保护规划》^[4],16个定位为景观公园型湖泊,16个

定位为城市公园型湖泊,7个定位为生态公园型湖泊(表1,根据《武汉市中心城区湖泊“三线一路”保护规划》编制)。规划还将湖泊水域“蓝线”拓展到环湖绿化“绿线”、环湖开发控制“灰线”,并同步规划环湖道路,从根本上锁定湖泊岸线,固定湖泊形态。同时正式启动新城区126个湖泊“三线一路”保护规划编制工作^[5]。

经过近10年的发展,湖泊公园犹如明珠散布在武汉三镇。伴随着城市发展,城镇化、地表硬化、工农业生产、休闲娱乐、居民生活等人类活动,常常对城市湖泊产生直接或间接的影响,因此时常需要采取措施,开展湖泊治理。在2009年第十三届世界湖泊大会上,众多国际顶级湖泊治理专家均认为武汉的城市湖泊是全球难得的样本,其治理的经验和教训都极具研究价值。甚至有学者认为,城市化进程中湖泊能够面对的所有问题都能在武汉找到相关实例^[6]。因此,武汉毫无疑问是研究湖泊公园的绝佳环境和城市样本。

2 研究方法

2.1 研究样点

截至2020年12月,武汉中心城区有12个完全建成的湖泊公园,4个部分建成的湖泊公园;远城区湖泊公园在规划后,均处于部分建成或尚未建设的状态。因此,研究选取了武汉中心城区已建成的12个湖泊型公园作为研究对象(图1)。按照“两江三镇”的传统划分方法,选取的12个湖泊随机均匀分布,5个位于武昌(紫阳湖、内沙湖、外沙湖、四美塘、杨春湖),5个位于汉口(鲩子湖、小南湖、菱角湖、后襄河、机器荡子),另外2个位于汉阳(月湖、莲花湖)。

2.2 基础数据的获取

2.2.1 水质与营养状态数据

通过查询武汉市生态环境局官网公开信息,获得12个湖泊在2020年度单月(1、3、5、7、9、11月)的水质和营养状态数据,该数据为单月测量和公布。为便于后期进行统计分

表1 武汉市中心城区39个湖泊分布与功能定位
Tab.1 Distribution and functional orientation of 39 lakes in central urban area of Wuhan

行政区划 Administrative region	景观公园型 Landscape park type	城市公园型 Urban park type	生态公园型 Ecological park type
江岸区	鲩子湖、塔子湖		
江汉区	后襄河、西湖、北湖、菱角湖、小南湖		
硚口区	竹叶海	张毕湖	
汉阳区	莲花湖	月湖、墨水湖、龙阳湖	
武昌区	紫阳湖、水果湖、内沙湖、晒湖、四美塘	沙湖	
青山区	北湖		
洪山区	杨春湖、野芷湖		
东西湖区	金湖、银湖		
东湖新技术开发区	五加湖	严东湖、车墩湖	
武汉经济技术开发区	三角湖、北太子湖、南太子湖		
化工区	竹子湖、青潭湖		
跨不同区域	南湖、黄家湖、汤逊湖		青菱湖、野湖、严西湖

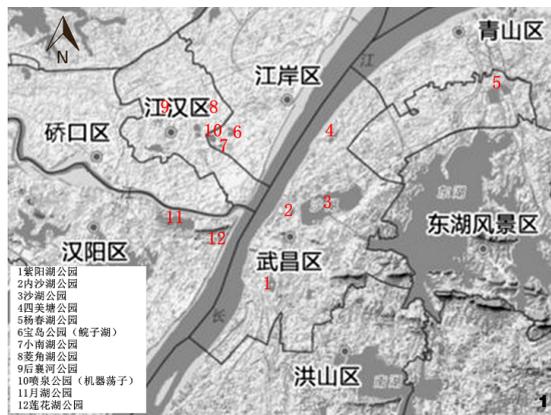


图1 武汉中心城区已建成的12个湖泊公园分布图
Fig. 1 Distribution map of 12 lake parks in central Wuhan

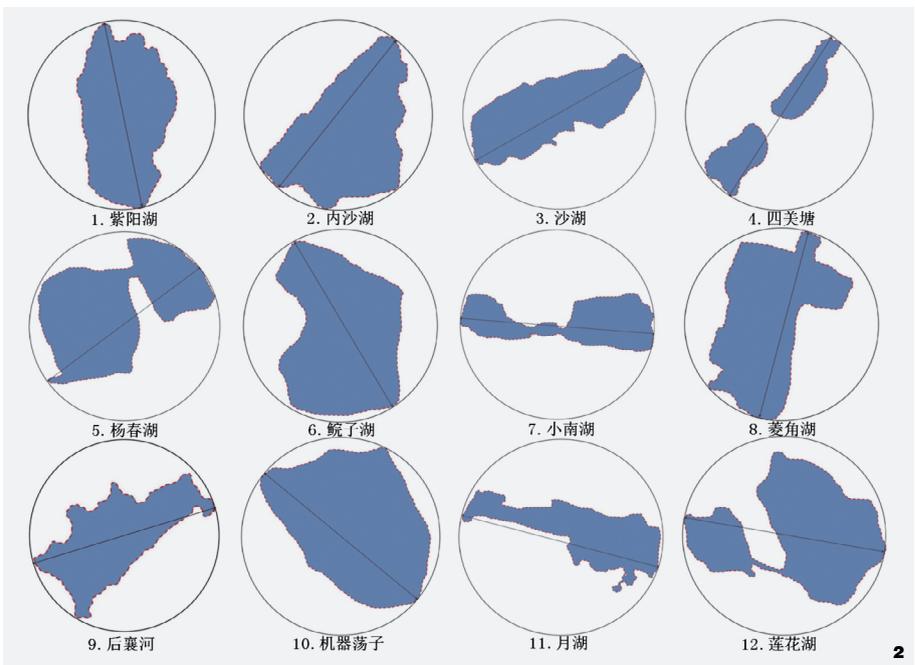


图2 根据12个湖泊的卫星影像分别提取的水体形态图
Fig. 2 Water body morphology extracted from satellite images of 12 lakes

析,对湖泊水质和营养状态进行了赋值处理。具体来说,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和劣Ⅴ类水质分别赋予6、5、4、3、2和1分;营养状态根据贫营养、中营养、轻度富营养、中度富营养和重度富营养分别赋予5、4、3、2和1分。并在进行后续其他统计分析前取其年度各月的均值。

2.2.2 水体形态的几何指标

湖泊的水体形状是由岸线围成的几何图形。在湖泊学研究中,湖泊形态度量是指用数值来表征湖泊平面与立体的几何形状^[7]。在本研究中,通过卫星影像图提取水体形态(图2)、现场测量、查找《武汉湖泊志》记载的地理数据、公式计算等方式,共得到面积(A)、周长(P)、最长轴(L)、岸线发育指数(SDI)、形状率(F_R)、近圆率(C_R)、水体空间包容面积(ΔA)、环湖开敞空间面积比(r_1)、绿化面积比(r_2)、生态坡岸比(r_3)等10个指

标。其中生态坡岸包括纯天然坡岸以及后来改造的人工草地、湿地等生态坡岸,人工坡岸则指各种人工硬质驳岸。部分指标的表征含义如表2所示^[7]。

2.3 统计分析

水质与其他指标之间的相关分析用Bivariate Correlations进行,分析在SPSS19.0软件上完成。为研究各指标对水质和营养状态的影响,使用结构方程模型(SEM)进行分析,数据建模在Amos17.0软件上完成。

3 结果分析

3.1 湖泊的水质与营养状态

经查询获取信息、整理数据、作图分析,对12个湖泊的水质和营养状态作可视化处理,结果如图3所示。12个湖泊公园中,仅有4个湖泊的水质长期维持在Ⅲ类以上,营养状

况长期维持在中营养以下水平,分别是内沙湖、四美塘、皖子湖、后襄河,其水质和营养状态均较好。小南湖、菱角湖、机器荡子、莲花湖4个湖泊有时水质可达Ⅲ类,营养状态可降到中营养水平,在12个湖泊中处于中等水平。紫阳湖、外沙湖、杨春湖、月湖4个湖泊的水质长期在Ⅳ类以下,营养状态长期在轻度富营养或更差水平,整体较差,其中尤其以外沙湖、紫阳湖为甚,水质时常为Ⅴ类甚至劣Ⅴ类,且外沙湖的营养状况长期在中等富营养水平。紫阳湖9月之后和外沙湖7月之后的水质和营养状态数据缺失,是因有关部门正在对这两个湖泊开展综合修复治理,未监测相关指标。综合来看,水体整体状况好、中、差的湖泊,占比均为三分之一。

3.2 各湖泊定量指标数据

所选12个湖泊样本中,有9个水域面

表2 湖泊水体形态定量评价指标
Tab.2 Quantitative evaluation indexes of lake water body morphology

指标名称 Name of index	计算方法 Computing method	表征含义 Characterization of meaning
面积 (A)	测量所得	以水体与陆地的交界线为边界, 水体表面范围内的面积, 用于描述水体的大小
周长 (P)	测量所得	水体岸线的总长度
最长轴 (L)	测量所得	水体岸线相距最远两点间的距离
岸线发育指数 (SDI)	$SDI = P / \sqrt{\pi A}$	岸线越不规则, 其湖泊岸线越曲折多变, 岸线的发育系数越大
形状率 (F_R)	$F_R = A / L^2$	反映湖面开阔程度和湖泊水平环流的发育。形状率等指标值较小的湖泊, 表现为水面宽窄变化大、岸线曲率大、局部形状相对封闭等特点
近圆率 (C_R)	$C_R = 4\pi A / P^2$	反映空间离散程度, 近圆率越小, 水面岸线曲率越大, 形状周长就越长
水体空间包容面积 (ΔA)	$\Delta A = \pi(L/2)^2 - A$	最大外接圆面积与水体表面积之差。反映在水面积指标一定的条件下, 水面空间结构变化而引起陆面扩大的效应。水面积相等而形状各异的湖泊所控制的陆地范围不同
环湖开敞空间面积比 (r_1)	引自《武汉湖泊志》	环湖开敞空间面积与湖泊水面面积的比值, 反映湖泊生态保护总体量度的重要指标
绿化面积比 (r_2)	引自《武汉湖泊志》	湖泊环湖绿地面积与湖泊水面面积的比值, 反映滨湖区绿化程度的一个重要指标
生态坡岸比 (r_3)	$r_3 = P_n / P$, 测量所得	生态坡岸占有所有坡岸的比例, 可以反映湖岸线的自然状态

积在0.2 km²以下; 湖岸线长度普遍在2 km以下(表3)。其中8个公园具有社区公园的典型特点, 处于居民住宅区包围之中, 游客以附近居民为主; 后襄河公园总体面积虽小但绿化面积比远超其他湖泊公园; 沙湖公园、杨春湖公园和月湖公园明显具有城市公园的特质; 杨春湖和月湖两个湖泊的水域面积在0.5 ~ 1 km²之间, 外沙湖的水域面积则超过3 km², 这三个湖泊的周长均在5 ~ 10 km之间。调研中还发现, 杨春湖公园位置相对偏远, 月湖公园受交通干道切割严重而与周边居民区连通性较差, 这两个湖泊公园的可达性和使用率均较低。

样本中有9个湖泊的最长轴在0 ~ 1 km, 其他3个在1 ~ 4 km, 所有湖泊公园在通视的情况下均位于可视范围以内。样本中所有湖泊的岸线发育系数都在2 ~ 6之间, 但只有2个湖泊岸线发育系数在4以上; 12个湖泊虽然整体上都具有流畅、连续的岸线形态, 但多数缺乏曲折变化。

7个湖泊的形状率在0.3以上, 2个湖泊在0.2 ~ 0.3之间, 只有四美塘、小南湖和月湖的形状率在0.1 ~ 0.2之间。有7个湖泊的近

圆率在0.3以上, 4个在0.2 ~ 0.3之间, 仅有月湖低于0.2。反映出已建成的湖泊公园中, 多数湖泊的水体形态整体曲率较小, 宽窄变

图3 12个湖泊2020年的水质和营养状态(注: 红色表示水质长期较差, 蓝色表示水质不稳定, 绿色表示水质长期较好)
Fig.3 Water quality and nutrition status of 12 lakes in 2020

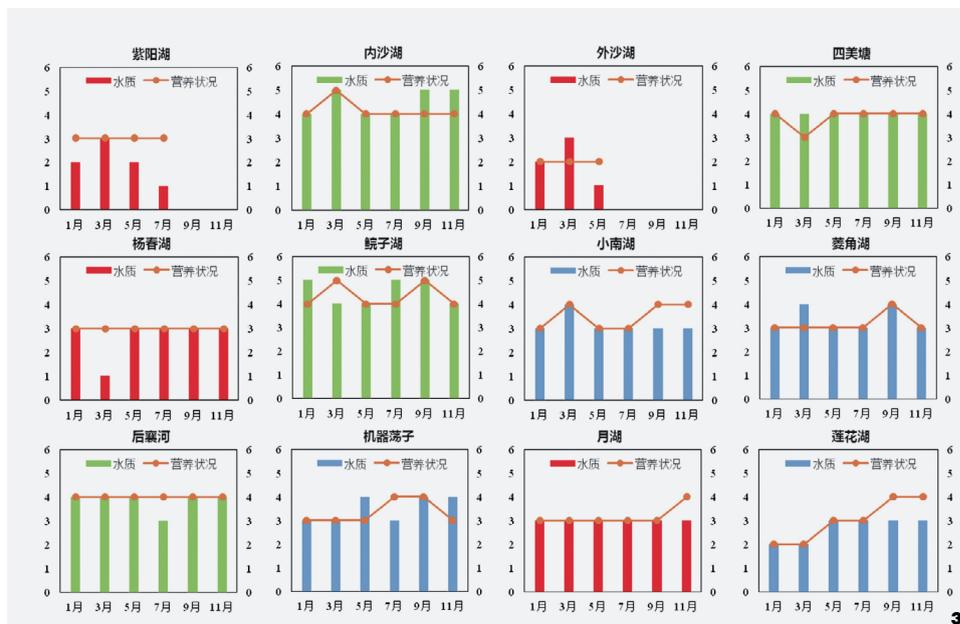


表3 12个湖泊的定量指标数据
Tab.3 Quantitative index data of 12 lakes

湖泊名称 Lake name	公园名称 Park name	水质 Water quality	营养状态 Nutrient status	面积 Area/km ²	周长 Perimeter /km	最长轴 Longest axis/km	岸线发育指数 Shoreline development index	形状率 Shape ratio	近圆率 Nearly circular rate	水体空间包容面积 Water space containment area/km ²	环湖开敞空间面积比 Area ratio of open space around the lake/%	绿化面积比 Green area ratio/%	生态坡岸比 Ecological slope ratio/%
紫阳湖	紫阳湖公园	V	轻度富营养	0.143	1.87	0.68	2.790	0.309	0.514	0.220	132.0	113.0	86.1
内沙湖	内沙湖公园	III	中营养	0.056	1.27	0.42	3.028	0.317	0.436	0.083	81.6	36.0	76.4
外沙湖	沙湖公园	V	中度富营养	3.078	9.06	3.40	2.912	0.266	0.471	6.001	40.7	29.2	94.9
四美塘	四美塘公园	III	中营养	0.077	2.10	0.80	4.270	0.120	0.219	0.426	110.0	110.0	0.0
杨春湖	杨春湖公园	IV	轻度富营养	0.576	5.04	1.30	3.747	0.341	0.285	0.751	42.0	42.0	97.2
皖子湖	宝岛公园	II	中营养	0.094	1.44	0.51	2.650	0.361	0.570	0.110	65.7	50.0	59.7
小南湖	小南湖公园	IV	轻度富营养	0.035	1.31	0.49	3.951	0.146	0.256	0.154	132.0	129.0	61.8
菱角湖	菱角湖公园	IV	轻度富营养	0.092	1.40	0.53	2.604	0.328	0.590	0.129	99.8	84.5	39.3
后襄河	后襄河公园	III	中营养	0.043	1.41	0.42	3.836	0.244	0.272	0.096	230.0	230.0	53.9
机器荡子	喷泉公园	IV	中营养	0.104	1.30	0.49	2.274	0.433	0.773	0.085	29.0	29.0	0.0
月湖	月湖公园	IV	轻度富营养	0.708	8.20	2.01	5.498	0.175	0.132	2.465	93.0	85.0	32.0
莲花湖	莲花湖公园	IV	轻度富营养	0.076	1.70	0.46	3.479	0.359	0.330	0.090	118.0	118.0	0.0

化并不丰富。也有的是受人工修建影响，岸线较为平直。相对而言，四美塘、小南湖、月湖和后襄河的岸线变化更为丰富，景观较为狭长。

有10个湖泊的水体包容面积在1 km²以下，另外2个湖泊中，月湖为2.465 km²，沙湖超过6 km²。至于环湖开敞面积比和绿化面积比，有4个湖泊的这两项指标在100%~140%之间，7个湖泊低于100%，唯有后襄河超过了200%。有7个湖泊的生态坡岸比超过50%，2个湖泊低于50%，四美塘、机器荡子和莲花湖岸线则100%完全为石砌硬质人工驳岸(图4)。

3.3 湖泊定量指标数据相关性分析

根据相关性分析结果(表4)，水质与营养状态呈正的极显著相关。营养状态与面积和最长轴呈负的极显著相关，与周长和水体空间包容面积呈负的显著相关。面积与周长、最长轴呈正的极显著相关。形状率、近圆率二者呈正的极显著相关，岸线发育系数与二者均呈负的极显著相关。水体空间包容面积与面积、周长、最长轴呈正的极显著相关。环湖开敞空间面积比与绿化面积比呈正的极显著相关。

3.4 影响水质和营养状态的结构方程模型

根据相关性分析结果，构建了影响水质

与营养状态的结构方程模型(SEM, 图5)。SEM显示，面积、周长、最长轴和水体空间包容面积4个指标为基础参数，其中周长会直接消极影响水质，而路径系数高达0.98的原因最主要是沙湖的周长远超其他湖泊，其水质又是现有湖泊公园中最差的。周长也会通过水体空间包容面积影响水体营养状态而间接消极影响水质，两者能够解释营养状态的50%。

水体空间包容面积对水质具有积极的影响。营养状态对水质具有直接的影响。最长轴对环湖开敞空间面积比具有消极影响，但仅能解释后者的16%。环湖开敞空间面积比对

绿化面积比具有非常强烈的积极影响, 路径系数高达0.97, 对后者的解释度也高达95%。

形状率对岸线发育系数具有轻微的消极影响, 但会通过影响近圆率而间接影响岸线发育系数, 影响近圆率的路径系数达到0.77, 解释度达到60%。近圆率则对SDI有较强的消极影响, 路径系数为0.85。形状率和近圆率对SDI具有86%的解释度。

对水质来说, SDI和水体空间包容面积对水质有较程度的积极影响, 路径系数分别为0.53和0.61。绿化面积比、生态与人工坡岸比两项指标对水质有相当程度的积极影响, 路径系数分别为0.28和0.24。环湖开敞空间面积比则对水质有较程度的消极影响, 路径系数为0.53。这5个参数与周长、营养状态一起, 能够共同解释水质的90%。

3.5 已建湖泊公园共性问题总结

通过前述分析可以发现, 武汉中心城区已建成的12个湖泊公园存在一些普遍的、值得关注的问题: (1) 湖泊水质和营养状态不容乐观, 维持较好的湖泊仅占三成。多数湖泊公园被居民住宅区和商业区包围较严重, 进一步增加了水体被直接或间接污染的风险。(2) 湖泊公园中湖泊岸线受人为干扰严重。多数湖泊岸线发育状况不佳, 缺乏曲折变化, 水体形态变化欠丰富。(3) 湖滨带退化问题突出。湖滨植被生态系统完整性较为欠缺, 过度建设石砌硬质人工驳岸, 环湖开敞面积比和绿化面积比等指标均不甚理想。在未来建设其他湖泊型公园时, 这些问题都应当受到足够重视。

4 未来湖泊型公园建设和保护修复建议

基于以上的调查数据和事实, 应该对现有湖泊型公园进一步采取必要的保护和修复



图4 12个湖泊公园典型湖泊岸线现状
Fig.4 Typical shoreline status of lakes in 12 parks

措施。针对在建和规划中的湖泊型公园, 应提前谋划、提前设计、提前预防, 避免前述问题的重复发生。

4.1 进一步加大对湖泊型公园退化生态和湖滨带的修复力度

目前沙湖、紫阳湖、月湖等湖泊公园中均开展有湖泊水环境综合整治项目, 其中沙湖水环境综合整治工程总投资高达4.3亿元, 其中一项重要内容就是利用人工湿地修复湖滨带; 紫阳湖公园则暂时闭园专门进行修复改造。可见先破坏后修复的代价是十分惊人的。在生态受损的湖泊公园中, 应当遵循水资源管理、水污染治理和生态修复以及水景观建设“三位一体”的生态综合治理理念^[9], 采取相应措施系统化、科学化、生态化地解决城市湖泊公园各项问题。通过污水截流、湖底清淤、生态护坡以及水下森林打造等方式, 解决湖水的外源和污染源问题。在水质尚可但植物相对缺乏的公园中, 可结合湖泊基底状况提高岸线植被覆盖率、收获量和

利用率等, 同时拦截净化入湖径流, 抑制湖岸侵蚀和底泥再悬浮, 以控制输入、施用除磷剂等方式去营养, 从而抑制蓝藻, 提高湖水透明度^[9]。这些措施在一些湖泊公园已有应用, 应当进一步扩大推广和使用范围。

4.2 合理把握湖泊指标控制与公园建设的关系

根据以往学者的研究, 湖泊形状、湖滨带与岸线会通过周长效应、空间包容效应、空间分隔效应等, 间接影响湖泊的游览环境容量、水质和营养状态、湖滨水生植被群落以及大气质量等城市生态环境状况^[10-12]。本研究建立的结构方程模型也发现, 周长、岸线发育系数、水体空间包容面积、环湖开敞空间面积比、绿化面积比、生态坡岸比等因素都会对湖泊水质造成不同程度直接或间接的影响。这就要求城市在进行湖泊公园的规划、建设和管理过程中, 充分考虑湖泊形状、湖滨带与岸线等因素, 做到同时注重湖泊公园的生态环境质量和周边人居环境质量。

表4 各定量指标之间的相关性
Tab. 4 Correlation among various quantitative indicators

	水质 Water quality	营养状态 Nutrient status	面积 Area	周长 Perimeter	最长轴 Longest axis	岸线发育指数 Shoreline development index	形状率 Shape ratio	近圆率 Nearly circular rate	水体空间包容面积 Water space containment area	环湖开敞空间面积比 Area ratio of open space around the lake	绿化面积比 Green area ratio
营养状态 Nutrient status	0.734**										
面积 Area	-0.535	-0.710**									
周长 Perimeter	-0.507	-0.670*	0.835**								
最长轴 Longest axis	-0.542	-0.712**	0.952**	0.957**							
岸线发育指数 Shoreline development index	0.114	-0.082	-0.020	0.421	0.227						
形状率 Shape ratio	-0.170	0.111	-0.085	-0.250	-0.224	-0.756**					
近圆率 Nearly circular rate	-0.153	0.137	0.002	-0.326	-0.179	-0.926**	0.775**				
水体空间包容面积 Water space containment area	-0.515	-0.698*	0.979**	0.898**	0.982**	0.135	-0.206	-0.105			
环湖开敞空间面积比 Area ratio of open space around the lake	0.227	0.216	-0.401	-0.375	-0.402	0.317	-0.426	-0.439	-0.357		
绿化面积比 Green area ratio	0.196	0.178	-0.376	-0.328	-0.364	0.371	-0.441	-0.473	-0.332	0.974**	
生态与人工坡岸比 Ecological slope ratio	-0.198	-0.406	0.425	0.319	0.366	-0.158	0.029	-0.014	0.347	-0.087	-0.180

注：**在0.01水平上显著相关，*在0.05水平上显著相关。

4.3 湖泊公园景观营造以保护生态环境为首要原则

植物景观带与生态坡岸带，是湖泊公园中连接水体与陆地的重要生态廊道，也是二者进行物质与能量交换不可或缺的重要通道。湖泊公园湖滨植物景观营造需要确保植被生态系统的完整性，应当在原有湖泊湿地基础上恢复湿地植物，优化植物配置，构建从水生植物到陆地植物完整的植被生态系统，丰富物种及层次，保证绿地系统的连贯性，同时维持尽可能大的缓冲带和过渡带规模^[13]。营造生态湖岸带也要建立在自然驳岸的基础上，减少人工硬质驳岸，提高自然与

生态坡岸的比例，以保障水陆区域连续性。此外，公园中滨湖人工设施包括标示牌、桌椅等，也应采取生态环保材料。

4.4 以扩大绿化面积提高生物多样性，同时严防物种入侵

沿湖岸分布的水生植被、陆生植被及其生境是湖滨带乃至整个湖泊生态系统的重要组成部分，也能够为其他物种提供必要的栖息地和生境，对维持局部生态系统的结构和功能完整性具有十分重要的意义。过往多数湖泊公园的建设过程中，驳岸硬化、填湖、旅游开发等人为活动都会直接破坏湖泊公园

的植被和绿化，使其面积缩减。调研中发现，绿化面积比远超其他湖泊公园的后襄河公园中生物多样性显著要高，甚至出现一些在其他湖泊公园难以见到的两栖类、鸟类等动物。同时也要严防物种入侵，实地调研中在杨春湖和月湖人工湿地的植被中均发现福寿螺及其卵的存在。

4.5 兼顾雨水调蓄，进行湖泊公园的布局调控

湖泊公园重要功能之一是作为湖泊水系与绿地系统对雨洪调蓄协同作用的载体，是调蓄城市雨洪的重要途径^[14]。(1) 在宏观层

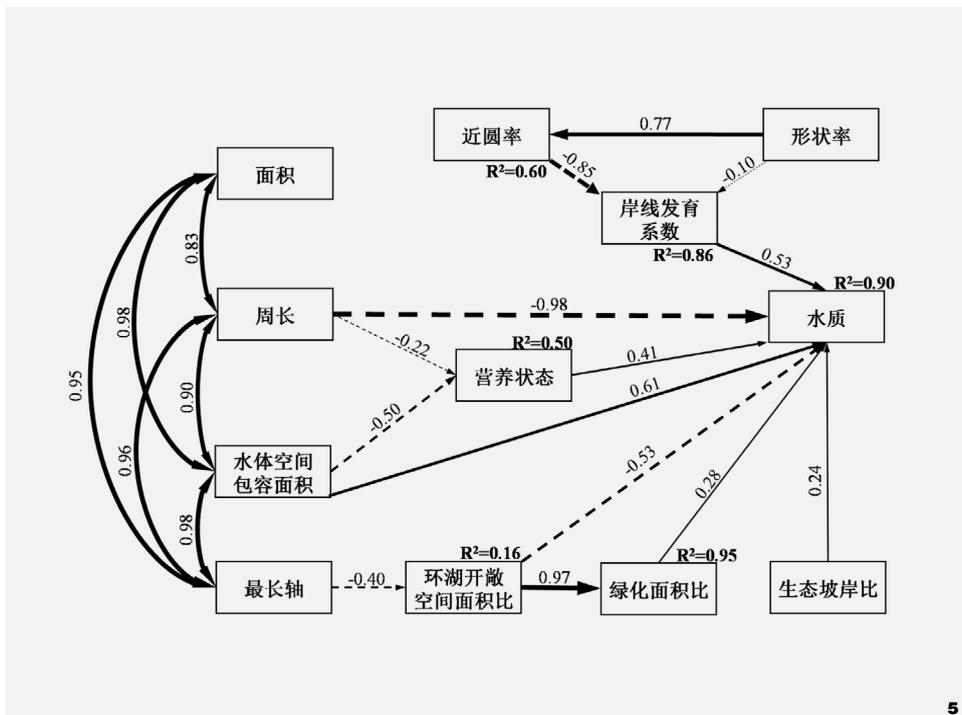


图5 湖泊各指标影响水质和营养状态的结构方程模型
Fig.5 Structural equation model of lake water quality and nutrient status affected by each index

面上，应当通过绿地建设恢复湖泊水系的生态连通性，完善湖泊水系与城市绿地系统交融的雨水汇流途径，建立城市雨洪安全格局。(2) 在中观层面上，实现湖泊公园与周边用地的雨水管网对接，填补湖泊调蓄漏洞，但同时也要严防严控雨水管网混入污水。在调查中发现杨春湖北侧的雨水入湖口附近，水质明显变差。(3) 在微观层面上，要实行湖泊景观与雨水基础设施的协同设计，合理设计湖泊水体、道路铺装、植被、设施4个方面构景要素的空间布局，以疏导净化径流雨水。

4.6 分类分区采取公众参与湖泊保护治理的不同空间策略

公众参与湖泊保护治理应当由内向外发

展，采取不同的空间策略^[15]。(1) 中心城区公众参与的重心要转向共治共享。充分认识滨湖开发建设已基本饱和、湖泊水质提升和生态修复成为湖泊保护治理主要方面的现状，将公众参与的重点从保护湖岸转向保护湖泊水体以及利生态、利民众。(2) 新城公众参与重点仍在湖泊共建共治。武汉的新城包括长江新城、中法武汉生态示范城等，新城建设必然涉及湖泊公园建设，应当优先保护规划区内的湖泊。公众参与新城湖泊的保护治理应该同时加强保护湖岸和水体，在未来较长时间内共建仍将是重点，同时也要加强预防和治理。(3) 远城区公众参与的重点在于以点带面宣传发动。需要重点增强公众参与保护的意识，形成以点带面的公众参与局势。

参考文献

- [1] 黄小金. 我国城市湿地公园与湖泊型城市公园比较研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [2] 杨戈. 基于行为观察的湖泊型公园游憩行为研究[J]. 建筑与文化, 2018(05): 171-172.
- [3] 武汉市水务局. 武汉湖泊志[M]. 武汉: 湖北美术出版社, 2014.
- [4] 武汉市人民政府. 武汉市中心城区湖泊“三线一路”保护规划[EB/OL]. <http://www.wpl.gov.cn/pc-73-44214.html>, 2020-05-06.
- [5] 刘伟毅. 武汉城市河湖水系空间专题系列调查之一——湖泊公园[J]. 华中建筑, 2013, 31(07): 93-97.
- [6] 袁丰, 彭艳平. 城市化进程中有关城中湖角色的新思考——以武汉市为例[J]. 华中建筑, 2013, 31(12): 93-98.
- [7] 袁昶洋, 朱辰昊, 成玉宁. 城市湖泊景观水体形态定量研究[J]. 风景园林, 2018, 25(08): 80-85.
- [8] 赵洪喜, 赵晓兰, 周影烈, 等. “三位一体”理念在城市湖泊综合治理中的应用[J]. 人民珠江, 2016, 37(11): 74-78.
- [9] 蒋丽佳, 胡小贞, 许秋瑾, 等. 湖滨带生态退化现状、原因分析及对策[J]. 生物学杂志, 2011, 28(05): 65-69.
- [10] 叶岱夫. 城市风景湖形状对生态环境的影响[J]. 城市环境与城市生态, 1988(04): 28-32.
- [11] 叶岱夫. 城市风景湖形状的空间效应与景观设计[J]. 中国园林, 1999(05): 41-43.
- [12] 李娜, 杨磊, 邓绪伟, 等. 湖泊形态与水生植物多样性关系——以长江中下游湖群典型湖泊为例[J]. 植物科学学报, 2018, 36(01): 65-72.
- [13] 颜昌宙, 金相灿, 赵景柱, 等. 湖滨带退化生态系统的恢复与重建[J]. 应用生态学报, 2005(02): 360-364.
- [14] 张嫣, 袁鸿菲. 基于雨水调蓄的武汉中心城区湖泊公园布局调控策略研究[J]. 中国园林, 2017, 33(09): 104-109.
- [15] 韩忠. 武汉湖泊的时代变化与公众参与治理的空间策略[J]. 中国名城, 2019(02): 57-64.