

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.027

基于数字信息模型的城市湿地公园生态分析与评价

——以白鹭湾国家城市湿地公园为例

马文娟¹, 王训迪², 张萌³

(1. 西安明德理工学院, 陕西 西安 710124; 2. 浙江省国土空间规划研究院, 浙江 杭州 311121;
3. 呼伦贝尔市住房与城乡建设事业发展中心, 内蒙古 呼伦贝尔 021000)

摘要:为增强城市湿地公园生态分析与评价体系的准确性和科学性,以白鹭湾湿地公园为研究对象,运用卫星影像解译、采样点预选、调查记录等方法,现场采集获取了大量数据及模型,通过综合信息平台整合形成公园地表信息模型、专题分析模型、叠加评价模型、各项专题图、生态评价报告、数据统计等现阶段重要信息。在定性、定量、定位研究基础上,对地理高程、坡向、坡度、汇水通道、湿地及水域、动物主要活动分布、湿地植物分布、景点分布、建筑与人工设施分布等具体因子进行量化评价及特征总结,并进行综合因子叠加分析,提出量化模型参考,有针对性地提出公园生态建设与管理建议。

关键词:城市湿地公园;数字信息模型;生态分析与评价;白鹭湾国家城市湿地公园

中图分类号:Q178.5;TU986.51;S718.557;S711 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)06-0159-07

引文格式:马文娟,王训迪,张萌. 基于数字信息模型的城市湿地公园生态分析与评价——以白鹭湾国家城市湿地公园为例[J]. 林业调查规划, 2023, 48(6): 159-165. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.027

MA Wenjuan, WANG Xundi, ZHANG Meng. Ecological Analysis and Evaluation of Urban Wetland Park Based on Digital Information Model——A Case Study of Bailuwan National Urban Wetland Park[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6): 159-165. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.027

Ecological Analysis and Evaluation of Urban Wetland Park Based on Digital Information Model

——A Case Study of Bailuwan National Urban Wetland Park

MA Wenjuan¹, WANG Xundi², ZHANG Meng³

(1. Xi'an Mingde Institute of Technology, Xi'an 710124, China;
2. Zhejiang Institute of Land and Space Planning, Hangzhou 311121, China;
3. Hulunbuir Housing and Urban-Rural Development Center, Hulunbeir, Inner Mongolia 021000, China)

Abstract: In order to enhance the accuracy and scientificity of the ecological analysis and evaluation system for urban wetland parks, a large amount of data and models of Bailuwan Wetland Park were collected on-site using methods such as satellite image interpretation, pre-selection of sampling points, and survey records. Through the integration of comprehensive information platforms, information of surface information model, thematic analysis model, overlay evaluation model, various thematic maps, ecological evaluation

收稿日期:2022-10-18;修回日期:2022-10-27.

基金项目:陕西本科和高等继续教育教学改革研究项目(21BY191).

第一作者:马文娟(1982-),女,陕西铜川人,硕士,副教授.研究方向为风景园林规划设计. Email:31344702@qq.com

责任作者:王训迪(1992-),女,浙江杭州人,硕士,工程师.研究方向为风景园林规划设计. Email:383776177@qq.com

report and data statistics of the park at this stage were formed. On the basis of qualitative, quantitative, and positioning research, specific factors such as geographical elevation, slope direction, slope, catchment channels, wetlands and water bodies, distribution of main animal activities, distribution of wetland plants, distribution of scenic spots, and distribution of buildings and artificial facilities were quantitatively evaluated and summarized. A comprehensive factor superposition analysis was conducted to propose a quantitative model reference and targeted suggestions for park ecological construction and management.

Key words: urban wetland park; digital information model; ecological analysis and evaluation; Bailuwan National Urban Wetland Park

城市湿地公园的主要组成要素分为自然要素和人工要素,这些要素相互依赖又相互影响,其建设的重要内容是平衡人与自然的相互关系^[1]。通过数字信息模型模拟、数据信息专项管理等方式,研究提升城市湿地公园的分析评价与技术手段,促进评价更加合理、客观、准确、科学,使规划设计或优化建议的效率更高,并能达到保护生态系统安全与稳定等目标^[2]。以成都白鹭湾国家湿地公园为研究对象,采用定性、定量、定位的研究方法,对公园资源与生态环境各项因子进行量化分析及特征总结,并进行综合因子叠加评价^[3],提出量化模型与规划建设意见。

1 湿地公园概况

白鹭湾国家城市湿地公园(以下简称“湿地公园”)位于成都市东南近郊,区域范围为东经 104°6′41.04″~104°9′14.32″,北纬 30°34′19.34″~30°33′54.87″,处于川西北高原至四川盆地的交接过渡区域,属于典型的人工湿地类型。一期开发含湿地缓冲区分面积约 412 hm²,湿地核心建设区约 199 hm²。公园充分发挥了水系保护与净化、城市生态防护、动植物生境营造、区域经济增长、游憩、科普宣教等作用^[4],于 2017 年获批成为成都首个“国家城市湿地公园”。

2 研究方法 with 数据处理

外业前已做好公园的卫星影像解译、采样点预选、调查记录表设计等准备工作。现场数据采集了地形地貌、水系水文、植被与其他生物、生境条件、人工要素等现状专题内容,并强调了公园生境条件及生物多样性的分析^[5]。过程中产生了大量数据、模型、图纸等,通过综合信息平台整合形成现阶段信息模型,包括公园地表信息模型、专题分析模型、叠加评价模型、各项专题图、生态评价报告、数据统计表等信息。

湿地的保护与修复是公园建设重点之一,需要对相关因子做重点分析并进行综合因子叠加评价。评价因子及权重以保持生态地理完整性、保护生物多样性、保障景观多样性与公园服务性为基准,最终选择了地理高程、坡向、坡度、汇水通道、湿地及水域、动物主要活动分布、湿地植物分布、景点分布、建筑与铺装人工设施分布 10 项内容作为评价叠加因子;因子权重通过 AHP(analytic hierarchy process)层次分析法计算确定,其中主要目标层是公园生态敏感性,基准层是地理空间完整性、生物资源多样性、景观多样性、人工设施低影响性,方案层是 10 项具体评价因子^[6]。通过矩阵判断、权重计算的一致性检验,并征询专家建议,最终获得白鹭湾湿地公园评价指标叠加权重(表 1)。

表 1 白鹭湾国家城市湿地公园综合评价权重

Tab. 1 Comprehensive evaluation weight of Bailuwan National Urban Wetland Park

评价因子	湿地与水系	湿地植物	汇水通道	动物分布	坡度	坡向	景点分布	铺装道路	高程	建筑物
权重	0.192	0.129	0.086	0.069	0.058	0.048	0.041	0.039	0.036	0.033

3 生态分析与评价结果

3.1 地形地貌特点

白鹭湾国家城市湿地公园核心区的生境特征主

要由山(地形、坡度、坡向等地理因子)与水(河、湖、池等水系因子)等自然属性的内在联系分析所得,通过对整体生境分层、分阶段的分析过程,进一步得出公园生境多样性与生物多样性等特征(图 1)。

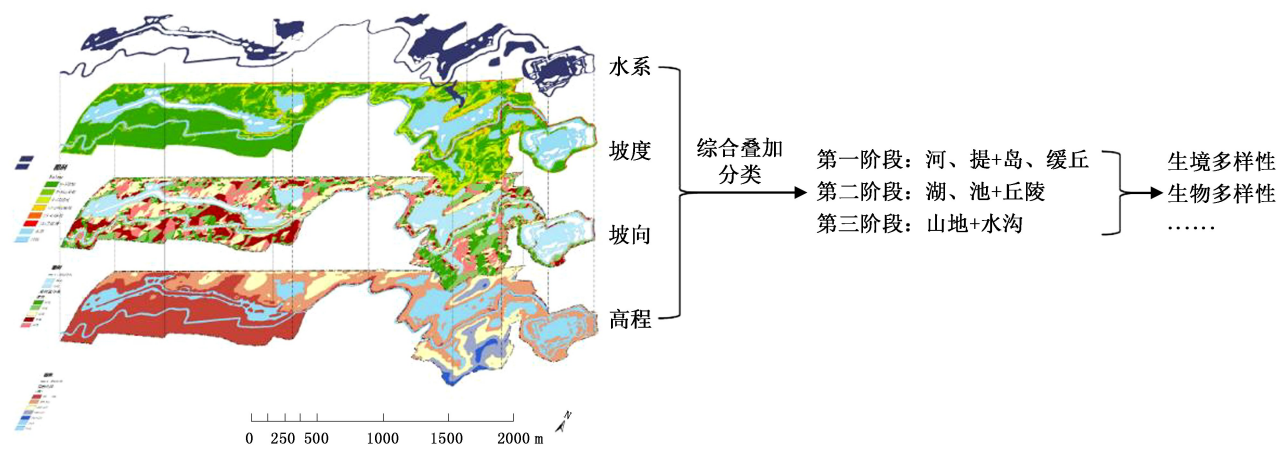


图 1 白鹭湾国家城市湿地公园核心区地理条件分析过程

Fig. 1 Analysis process of geographical conditions in the core area of Bailuwan National Urban Wetland Park

3.1.1 整体地形地貌特点

1) 高程坡降特点

公园核心区海拔 490~540 m,但地表走势呈东高西低状态,相对高差 20~50 m;公园东西向坡降约 0.1%,整体地形不利于地表排水,但利于湿地土壤的水分涵养;白鹭溪河堤段最大坡降约 5.7%,人工湖部分最大坡降约 3%,湿地水体区坡降 3%~5%,整体坡降有利于园内水系的流动更新,提高湿地净化水的效率。

2) 坡度特点

园内陆地大面积坡度在 0°~8°区域,占总面积的 76.0%。整体平缓坡区域约占总面积的 92.0%,坡度大于 15°的区域仅占 8.0%。公园西区陆地有大量平缓地分布,地表排水较缓慢、土壤含水量增大,营造了陆地栖居动物和陆生植物的生境条件;公园东区坡度变化丰富,塑造了多样的地形,丰富了林地生境和游览体验^[7]。

3) 坡向特点

公园总体地形结构为阴坡较陡、阳坡较缓结构,为湿地植物生长提供了更适宜的光照和水湿条件。据统计,公园内 0°~15°平缓坡阳坡占 57.5%,比阴坡多 15%;15°以上较陡坡的阳坡与阴坡相近。地表坡度越陡,受光面所占表面积占比越小,土壤水分蒸发量小;反之亦然。但平缓坡地表排水不快,水分补充大,这种互补关系共同营造了适合湿地公园动植物生长栖息的自然环境,同时地表水的自我补充也有利于公园节水浇灌等维护管理。

3.1.2 生境分级特点

根据公园地形地貌、坡度坡向的整体特点,结合水陆基底与生境的营造氛围,以及园内河流、湖、池

与其他因子的空间分布,公园自西向东整体分为静态水体水生生境、动态水体湿生生境、陆生林地生境三级阶地^[8],三级阶地特征差异明显(表 2)。

表 2 白鹭湾国家城市湿地公园三级阶地基本信息

Tab. 2 Basic information of third terrace in Bailuwan National Urban Wetland Park

类型	高程范围 /m	陆地面积 (含岛屿) /hm ²	水面面积 /hm ²	总面积 /hm ²	陆地占比 /%	水面占比 /%	全园占比 /%
第一阶地	≥486~490	59.9	11.1	71.0	84.4	15.6	35.8
第二阶地	≥490~495	53.2	35.6	88.8	59.9	40.1	44.8
第三阶地	≥495	38.5	-	38.5	100.0	-	19.4

白鹭湾湿地公园三级阶地不同坡度占比见图 2。

由图 2 可知,一级至三级阶地的地表特征由单一类型向多样类型均衡分布变化^[9]。第一阶地中不同坡型占比差异波动最大,平地微坡占绝对优势,其余类型占比小且差异不大,地形条件较单一,适合耐积水的湿地植物生长;第二阶地坡型差异波动较小,微坡仍处于优势地位,其余坡度类型占比增大,15°以上坡型占比依然很小,整体比第一阶地丰富;第三阶地坡型占比差异波动最小,较陡坡、陡坡占比增大,地表类型最丰富。此外,坡向决定的受光强度,由一级到三级阶地阳坡减少、阴坡增加,坡向变化丰富,受光照更均匀,提供了多样的光照、湿度环境。

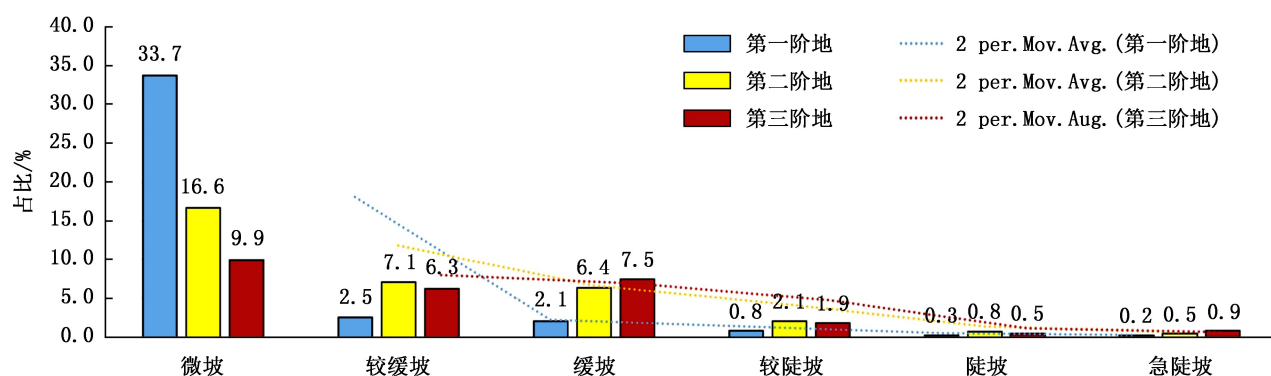


图 2 白鹭湾国家城市湿地公园三级阶地不同坡度占比

Fig. 2 Proportion of different slopes of third terrace in Bailuwan National Urban Wetland Park

3.2 水系与水文特点

3.2.1 水系分布特点

水体是湿地公园建设的核心^[10],白鹭湾湿地公园的水体占公园总面积比重较大,且水体类型丰富、空间分布均匀,提供了良好的水资源基础。公园内水体总面积约 55.5 hm²(含岛屿),占全园面积的 1/3,包括陡坎河 7.7 hm²、湖面 39.0 hm²,水体内有岛屿、堤岸约 8.8 hm²。

公园内静态水体在空间分布的高程面差异不大,依地势分层分布的格局保证了地表水体循环正常运作,补充了每一台层内土壤的含水量,外加不同小区域就近取水,节约了植物浇灌成本,也有利于提升土壤对污染物的吸附与净化能力。

公园水体水面植物长势较好,覆盖率高 39.8%(不包括沉水植物),且不同水面类型的植被覆盖率不同,水生生境类型多样。湿地净化展示池的覆盖率高 91.5%;荷塘覆盖率次之,达 65.0%,集聚生态功能与景观效果;动态水体在 30%~38% 范围,可保证水体自我更新及植被的净水作用;其余水体覆盖率约 25%,形成了较完整的湿地水体景观。

3.2.2 驳岸与缓冲区特点

公园水体驳岸线曲折悠长,类型以自然式驳岸为主。与公园地形相结合,静态水体驳岸坡度较缓和,动态水体驳岸坡度较陡、长度较长,水岸的缓冲区对全园的覆盖性较高且均匀,创造了连续性强的水陆过渡地带,增强了园内水体联系。

水岸线由不同尺度规模的湖、池、岛屿、堤岸等构成,总长度约 43.5 km,是全园周长的 3.7 倍,水岸线在空间分布密度达 143 m/hm²,形成超长的水生植物生境带,保障了湿地植物与动物的多样性。东部荷塘与白鹭溪内的堤岸、岛屿使区域水体驳岸线密度增加。

根据湿地水体的敏感性做半径 30、80、200 m 的缓冲带,敏感度由强到弱。河岸缓冲带作为“生态廊道”,区内耐水湿的植被能过滤地表及土壤径流中的杂质、净化水质、消减地表径流流速、保护水岸、提升水生生物生存的环境质量^[11]。

3.2.3 地表水文特点

水文特征主要由地表水位变化与地表汇水特征组成,水文变化起到搬运湿地内的营养物质与动植物生存生长的必需物的作用,影响其他自然因子的存在状态^[12]。公园经人工地表建设后,子汇流单元保持连续且具有一定规模,汇流单元随地形完整地分布在山脊两侧,形成连续的子流域空间。整体改建地形对公园地表自然汇水影响较小,能保障游人使用且几乎无需补充人工排水。地表径流汇入水体的重点区域中近 86% 的区域被乔木覆被保护,同时植被减缓地表径流流速,增强了地表径流的净化能力^[13]。

3.3 植被特点

3.3.1 植物种类

1) 植物种类丰富且数量较大

公园植物整体绿化率达 65%,陆地绿化率达 90% 以上。按植物质地分类,园内有木本植物 105 种、草本植物 116 种,草本植物种类占总数的 52.5%,为园内昆虫、鸟类创造了栖息地与食物来源,并保证了湿地生态系统的稳定发展^[14];按栽培类型分类,园内有野生植物 96 种,占总数的 43.4%;栽培植物 125 种,占 56.6%,种的数量比例相差不大,粗放管理下优胜劣汰可促进植物群落自然演替以及更稳定地发展^[15]。

2) 湿地植物种类丰富且分布面积大

公园内的湿地植物种类丰富,分布面积广且规模较大,创造了良好的湿地环境及湿地生态功

能^[16]。据统计,园内湿地植物种的数量占总种数的48%,其中湿生植物82种,水生植物25种。不同类型在不同规模、深度的水体边缘生长,创造了公园多样的湿地植物景观。

3.3.2 草本植物群落

草本植物群落最常见的有草坪和草甸两种。公园内总体草本地被种植面积约59.71 hm²。草坪面积0.56 hm²、草甸面积40.21 hm²,其余林下地被约18.94 hm²,草甸与草坪占比约70:1,草甸占绝对优势。公园草本植物群落多样性丰富,受自然因素影响较大,群落演替速度较快、程度较高。采样群落的内部种类均不是单一品种生长,目前群内的优势种仍为人工播种品种,其余大量伴生种多为自然繁衍,有利于生物多样性的培育^[17],并促进湿地公园从人工体向自然复合体演变,但过度的自然演替也会对正常生态平衡造成威胁^[18],需进行人工干预控制。

3.4 动物特点

3.4.1 动物多样性

公园动物类型多样,分布较密,种群数量较大,

繁衍与栖息条件好,食性较稳定。核心区内包括两栖类、爬行类、鸟类、昆虫类、鱼类、哺乳类等,且比例分布合理。园内鸟类占动物总数的52%,其中冬候鸟种类超30种,次之留鸟28种,公园生态环境非常适宜鸟类繁衍、栖息。

3.4.2 湿地生物链结构

湿地生物链结构分为链状、梳状、网状3种结构^[19]。据调查发现,食物链多为网状结构,园内生物链较稳定,动物多样性强,动物生存繁衍的保障较好。园内主要存在的食物链为水体中藻类→浮游动物→小鱼→大鱼→鸟类的食物链;陆地上从生产者开始为植物→草食动物→肉食动物。

3.4.3 动物活动生境分析

园内分布的开阔水面、浅滩水塘及混交林等不同生境适合各种鸟类及其他动物觅食、栖居。重点关注鸟类活动特点,结合调研总结,园内需重点保护的区域占全园的43.8%(图3),主要是鸟类适合栖居的陆地混交林及水体边缘沼生的植物区。

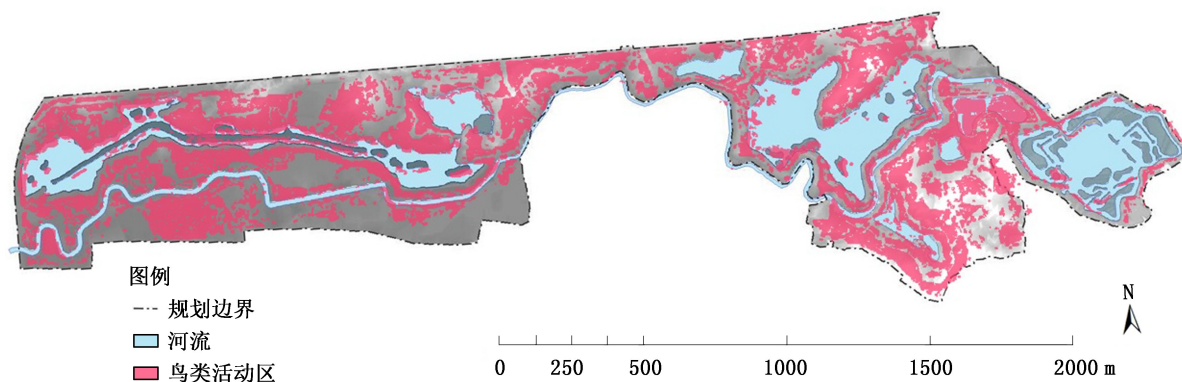


图3 白鹭湾国家城市湿地公园需重点保护的鸟类活动范围

Fig. 3 Key protected areas of bird activity in Bailuwan National Urban Wetland Park

3.5 人工要素特点分析

综合人工要素在湿地公园的建设是以最小限度影响湿地自然生态为目标,最大限度地发挥其服务功能^[20]。公园内建筑物面积占全园的2%,低于公园规范3%~5%的建筑面积,对湿地造成的环境影响小。园内建筑类型为茶室、游客服务中心、水利配套建筑及其他小型服务建筑,材料为当地石材与木材,对湿地环境的阻隔、干扰较小;公园内道路铺装建设密度低,面积占3%,低于公园规范的5%~15%,园内除游客中心等配套建筑室外场地,几乎未设置活动广场,避开生态敏感区的同时使游人接近自然。

据计算,公园游人容量为1万人,远低于按城市

公园标准计算的4.5万人,人均游览面积为317 m²/人,是规范人均占有面积的5倍多。根据游人容量与游览质量的关联关系分析,公园的游人密度较低,游人游园感受为较大空间,游览品质较高。

3.6 综合叠加评价

对白鹭湾湿地公园各项因子的最终分析成果综合叠加评价,完成了公园内生态保护结构专题图,并获得了湿地生态最敏感区与需重点保护区域(图4)。

通过对白鹭湾湿地公园的专项分析与综合评价,结合其他公园信息,得到白鹭湾湿地公园的自然、人工要素等建设因子的特点(表3)。

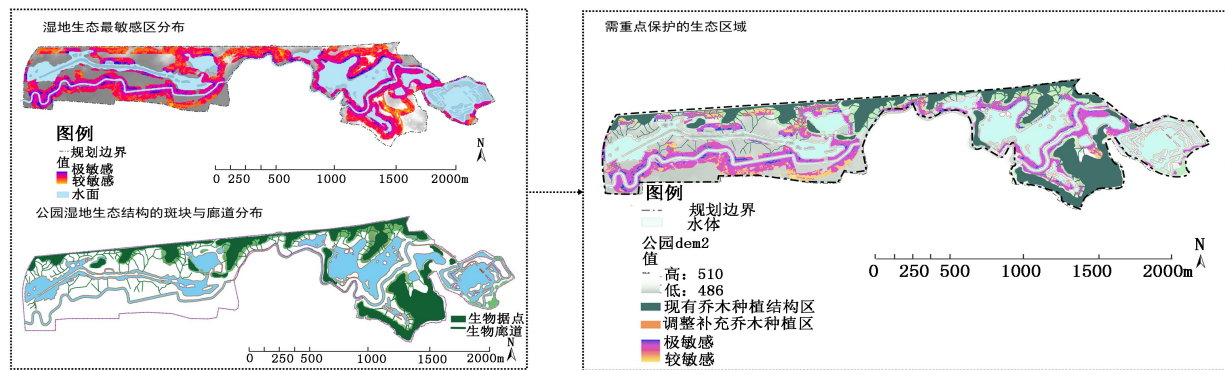


图 4 白鹭湾国家城市湿地公园重点保护区域的斑块分布

Fig. 4 Patch distribution of key protected areas in Bailuwan National Urban Wetland Park

表 3 白鹭湾国家城市湿地公园各项因子的建设特点

Tab. 3 Construction characteristics of various factors in Bailuwan Wetland Park

类别			白鹭湾城市湿地公园
公园层面	建设目标与服务对象		坚持“自然优先”,重点关注动物(鸟类与昆虫)、植物与人共存的环境
	公园区位		位于城市近郊区,周围自然资源丰富且有利于公园建设,公园服务区域半径更大
	管理边界		公园管理边界由资源而定,核心区-缓冲区分级调控,同心圆式分级管理
	公园功能与分区		公园强调生态性,注重湿地的养护,功能分区有:湿地重点保护养育区、展示区、游览活动区与管理服务区等
自然要素	自然地理	地形地貌	强调地理完整性,受大地形限制,顺应自然地形走势,人工干预少
		气候气象	受区域气候影响,气象能源资源条件良好,适宜湿地生物生存
		土壤	整体水陆过渡带土层深厚,土壤含水量较大,保水性好,陆地部分种植与城市公园相同
	水系水文	空间分布与形态	基于现有水体建设,自然边界具有可变性与不确定性,水体形态自然
		水文过程与净化	水文过程多样,水位随季节变动,促进驳岸植物群落的更替,且水体植被覆盖率高,净化水质功能强
		园内汇水与排水	保持流域完整性,园内排水顺应水文过程,上游林地,汇水通道顺畅,保障枯枝落叶积累,保留低处湖池汇水,实现自然汇水,地表无积水
	植被	驳岸与缓冲区	自然式驳岸长度较长,丰富驳岸生境,增大缓冲区面积,更适合鸟类生存
		植被类型比重	注重湿地植物景观的塑造,草本植物种类、数量、生长条件占优势,湿地植物所占比重较大
		植物养护与群落演替	粗放式管理,植物养护成本小,植物群落演替程度大,随自然条件变化存在自我更新现象,群落稳定性抗风险性强
		其他生物	关注鸟类、昆虫的生存情况,保证动物生存的环境条件、食物链的完整,控制人类干扰
人工要素	建筑		服务型建筑为主,满足基本服务需求,所占比例小,材料选择对自然影响较小的类型
	铺装		铺装比例较小,除了指引、连接功能,铺装路线选择更多考虑降低生态影响,避开敏感区,优选对自然影响较小的材料
	构筑物		基础服务设施还需考虑动物栖息庇护所、动植物观察设施等构筑物

4 结论与建议

4.1 结论

1) 公园所处区域自然资源丰富,气候气象资源适宜,水资源充沛,地表水网密集、水量充足,能充分养育湿地、灌溉植被,给公园建设发展提供了良好的物质环境基础,有利于公园湿地的保护养育与开发利用。

2) 公园湿地生态结构稳定,林地与湿地的生境类型多样且保护较好,有利于各种生物生存繁衍。

公园湿地基底较好,水岸线悠长,创造了大范围的优势湿地生境。此外,湿地敏感区的高植被覆盖,提高了湿地的养育功能及生物多样性。

3) 公园生态功能发挥较好。公园自东向西的引水顺应了公园内三级梯度的地形结构,引入水推动土壤内水体流动并促进园内水体的整体净化程度,水质改善效果显著。

4) 公园的景观资源类型多样,包含自然湿地水

景、湿地植物景观、动物景观、山林景观等,整体休闲娱乐价值高,游览品质好。

5) 公园人工建设强度低,集中服务设施少,人工活动对自然的负面影响小。核心区以自然保护为主,缓冲区配套游客服务的发展模式有利于公园自身的可持续发展,同时也利于区域经济发展。

6) 园内生物群落自然演替水平和可持续发展性均较高。由于园内地形、水系、植被等元素分布合理,植物群落人工配植与自然选择相融合的特点突出,降低了人工养护的要求和成本。

4.2 建议

4.2.1 顺应自然过程,保障湿地稳定

顺应地形地貌、水文过程,保持地表汇流通道通畅,高处种树、低处蓄水,使地表径流充分汇入湖中、补充水源,用以园内其他生物生长所需,实现公园水资源利用最大化。

4.2.2 加强植被养护,提升生态效益

加强生态结构重点区域的植被保护,保障园内生态结构安全。重点保护湿地植物,适当增加水生植物对水体的覆盖,提升水体净化能力,同时提供园内动物(尤其是鸟类)的食物储备与栖息地,保障园内生物多样性。

4.2.3 允许自然演替,丰富物种多样性

园内建设时减少草坪的使用,且允许草坪向草甸自然演变,形成更稳定的草本植物群落。公园建设酌情粗放,适量增加野生种,但对园内演替出现的入侵种需及时清理控制,以防生态、经济损失。

4.2.4 积累枯枝落叶,增加土壤营养

控制园内枯枝落叶的清扫强度,在保障游人活动安全的前提下,允许园内(尤其林地)地表枯枝落叶的积累,增加腐殖质层厚度,丰富土壤营养物及土壤生物,保持自然生态能量的流动循环。

4.2.5 减少人工要素,控制人为影响

在满足游人基本游览需求下,降低人工建筑面积占比,减少铺装、道路、建筑、构筑物等集中使用。注意人工建设区需避让生态极敏感区,降低人为活动对湿地环境的负面影响。

参考文献:

- [1] 马广仁. 中国湿地公园建设研究[M]. 北京:中国林业出版社,2016.
- [2] 崔国发. 自然保护区建设与管理关键技术[M]. 北京:中国林业出版社,2018.

- [3] 宋爽,许大为,石梦溪,等. 基于集对分析的国家湿地公园生态旅游资源评价——以白渔泡国家湿地公园为例[J]. 西北林学院学报,2021(2):1-7.
- [4] 陈炜,张雨珂,炊雯,等. 黄土高原湿地生态系统服务功能价值评估——以陕西省千湖国家湿地公园为例[J]. 水土保持通报,2019,39(4):270-274,280.
- [5] 张艳春,毛旭锋,魏晓燕,等. 湟水国家湿地公园湿地价值及其辐射格局研究[J]. 生态学报,2022,42(2):569-580.
- [6] 苏辉东,贾仰文,牛存稳. 河流健康评价指标与权重分配的统计分析[J]. 水资源保护,2019,35(6):138-144.
- [7] 王立帅,徐诗文,林浩文,等. 城市湿地公园建成后综合绩效评估——以广州大观湿地为例[J]. 生态学报,2019(16):6001-6016.
- [8] 傅伯杰. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [9] 毛旭锋,魏晓燕,陈琼,等. 基于 ECPS 模型的青海湟水国家湿地公园湿地恢复评估[J]. 地理研究,2019,38(4):760-771.
- [10] 陈云浩. 基于多源信息的北京城市湿地价值评价与功能分区[M]. 北京:科学出版社,2012.
- [11] 徐国荣,马维伟,李广,等. 基于 PSR 模型的甘南尕斯湖湿地生态系统健康评价[J]. 水土保持通报,2019,39(6):275-280.
- [12] 雷茵茹,崔丽娟. 《北京市湿地保护条例》解读[M]. 北京:中国林业出版社,2019.
- [13] 秦趣,黄艳,崔小平. 基于 PSR 模型的云贵高原湿地生态系统健康评价[J]. 水生态学杂志,2019,40(5):26-31.
- [14] 崔丽娟,雷茵茹,张曼胤,等. 小微湿地研究综述:定义、类型及生态系统服务[J]. 生态学报,2021,41(5):2077-2085.
- [15] 曹子楨,柴硕,孙浩. 官厅水库国家湿地公园维管植物多样性[J]. 湿地科学,2020,18(1):101-109.
- [16] 杨利,杨静涵,石道良. 神农架大九湖国家湿地公园景观健康变化研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报,2021(4):1-8.
- [17] 张益红,铁军. 漳泽湖国家城市湿地公园维管植物区系分析[J]. 湿地科学,2021,19(6):702-714.
- [18] 谢勇,徐永福,游健荣. 黄金河国家湿地公园外来植物种类组成、区系与入侵危害[J]. 生态学杂志,2020,39(11):3613-3622.
- [19] 李相逸,曹磊. 基于景观环境综合评价的七里海湿地恢复研究[J]. 天津大学学报(社会科学版),2017(3):241-247.
- [20] 易阿岚,孙清,王钧. 基于 SD 模型的上海市湿地生态系统服务变化过程与情景研究[J]. 生态学报,2020,40(16):5513-5524.

责任编辑:许易琦