

太湖西山岛景观格局演变及风景开发趋向研究

潘 峰^{1,2},唐晓岚^{1*},黄 滢¹,顾哲衍³,杨传清³

(1.南京林业大学 风景园林学院,江苏 南京 210037;2.合肥学院 艺术设计系,安徽 合肥 230601;
3.江苏省水利勘测设计研究院有限公司 环境移民处,江苏 扬州 225127)

摘 要:以国内最大的内湖岛屿——太湖西山岛为研究对象。基于2005年、2015年的TM影像数据,利用GIS和RS的景观指数分析法对研究区域10a来景观格局的演变规律和驱动力进行了研究。结果表明,持续的风景开发导致其整体景观类型丰富化、土地利用集约化;景观要素的斑块密度、最大板块指数、连通度指数发生规律和均衡化转变,各类景观斑块边缘趋向平顺;斑块数量、分离度指数、分形维数、香农多样性和均匀度指标发生正向变化,景观异质情况明显,景观格局趋于破碎化、复杂化。在演变分析的基础上采用目标反推,根据土地类型、景观板块规律和景观规划特点等确定分类土地范围,预判风景开发红线并绘制成图,明确西山岛风景开发趋向在于优化三产比重、调整景源分级、凸显整体印象,开发重点在于严控人为干扰、开发过程管理和生态持续优化。

关键词:景观格局;风景开发;趋向研究;太湖西山岛

中图分类号:S731.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2017)05-0276-06

Landscape Pattern Evolution and Developmental Trend of Xishan Island in Taihu Lake

PAN Feng^{1,2},TANG Xiao-lan^{1*},HUANG Ying¹,GU Zhe-yan³,YANG Chuan-qing³

(1. College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China;
2. Art Design Department, Hefei University, Hefei, Anhui 230601, China; 3. Environmental Immigration Department,
Jiangsu Surveying and Design Institute of Water Resources Co. Ltd. Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

Abstract: Taking Xishan Island, the largest lake-island in China in Taihu Lake as the study object, the evolution rules and driving forces of landscape structure were examined based on TM images of the island in 2005 and 2015. The landscape pattern index analysis method in remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) was adopted. The results showed that the continuous development of scenic spots in the past decade lead to the posture of abundant overall landscape types and intensive use of land. During this course, the patch density, largest patch index and connectivity index of the landscape elements changed in a regular and balanced way with various types of landscape patch edge tending to smoothness. Positive changes occurred in number of patches, splitting index, fractal dimension, Shannon's diversity index and Shannon's evenness index. Landscape heterogeneity was significant. The landscape pattern tended to be fragmented and complicated. The method of target matrix was adopted to study the landscape development trends and directions based on the evolution analysis. The classification control index was determined according to the types of land use, the rule of landscape plate formation and the characteristics of landscape planning, then the development red line of the landscape was pre-evaluated and graphed. The landscape development trend of the Xishan Island was proposed to optimize the proportion of the industries, to adjust

收稿日期:2016-12-30 修回日期:2017-02-10
基金项目:国家自然科学基金(31270746);国家自然科学基金青年项目(51408310);江苏省“六大人才高峰”第十批高层次人才选拔培养资助项目(2013-JZ-014);安徽高校人文社科重点项目(SK2016A0777)。
作者简介:潘 峰,男,在读博士,副教授,研究方向:景观生态与设计。E-mail:lifefengfeng@163.com
*通信作者:唐晓岚,女,在读博士后,教授,博士生导师,研究方向:城市规划和生态等。E-mail:xiaolant@163.com

the scenic spots classification and to highlight the overall impression. The key development of the studied area was to include the strict control of human disturbance, the development process management and the sustainable ecological optimization.

Key words: landscape pattern; landscape development; trend study; Taihu Xishan Island

随着内湖岛屿休旅热度的持续提升,作为一种珍贵的自然资源^[1-2],尤其是风景资源较为独特、位于城市附近的内湖岛屿,陆续成为开发热点。针对此类区域生态系统的脆弱性和敏感性,基于景观格局演变进行开发趋向分析,在生态安全框架内探索风景开发的趋势方向,可有效协调风景开发和生态平衡的矛盾。

目前,景观格局研究大多通过空间和时间两方面的异质性展开,涉及城市、乡村、湿地等众多区域。肖笃宁通过设计测量指标研究了沈阳西郊 30 a 间景观格局变化^[3],王思远^[4]等研究了 10 a 间中国土地利用格局及其演变,张荣群^[5]等以银川平原为例研究了湿地景观的演变与土地利用强度变化响应的关系。但是,运用生态学视角研究风景开发尚处于起步阶段,仅有少数学者进行了探索。梁太芹^[6]发起了针对风景区开发及其生态环境保护战略的研究,汤晓敏^[7]利用景观视觉环境评价(LVEA)法建立了长江三峡(重庆段)沿江景观视觉资源信息库。但迄今为止尚未发现针对内湖岛屿区域的景观格局和风景开发研究。

以太湖西山岛为例,借助 2005—2015 年影像分析和经济数据,结合景观指数分析景观格局的演变和内驱因素,通过定性和定量的方法,探究内湖岛屿的景观组成、斑块形态、空间调节等方面的规律,研究景观单元的布局和功能。风景概念下内湖岛屿的景观差异取决于自然环境变化和人类行为活动两大方面,其综合作用导致了景观的多样性和差异性^[8]。景观格局随着时间推移而变化,外界干扰作用产生的直接反应表现为景观系统内单体元素的运动趋于稳定、景观空间同步调节^[9]。继而利用生态框架下的综合预判指导开发行为,探寻自然和人为活动影响下的内湖岛屿景观格局演变规律和风景开发趋向。

1 研究区概况

西山岛隐在万顷太湖之中,31°03′18″—31°11′43″N,120°09′32″—120°22′48″E,是我国淡水湖泊中最大的岛屿。其陆地面积 79.81 km²,南北宽 11 km,东西长 15 km,湖岸线逶迤曲折,长达 50 km。西山岛森林覆盖率达 80%,土壤类型以母质层、坡积层、粘质和砂质湖积物为主^[10]。西山岛是江苏

省历史文化名镇金庭镇所辖主要区域,隶属于太湖国家级风景名胜区,主峰缥缈峰为太湖七十二峰中第一高峰,海拔 336.6 m。随着风景开发与相关基础设施建设力度的逐年加大,近年来此休旅的人数呈几何级数上升,旅游业成为西山岛的支柱和龙头产业,已建成对外开放的一级景源 2 个、二级景源 5 个、三级景源 5 个。

2 数据与方法

2.1 数据来源和预处理

本研究采用的 2005 年 10 月的 Landsat7 TM 遥感影像和 2015 年 10 月的 Landsat8 OLI 遥感影像由 USGS 提供 (<http://www.usgs.gov>),已经过系统辐射校正和几何校正。参考高清谷歌卫星影像和谷歌 DEM,运用 ArcGIS 10.2 软件对 2 期遥感影像的主干道路、风景名胜区等地表要素进行矢量化处理。

2.2 景观类型和景观指数选取

内湖岛屿景观类型通常比较丰富,一般以林地、园地为主,还包括耕地、公共绿地、道路、建筑、居民点、河流、公园等类型^[11]。依据中科院资源环境分类标准,结合目标区域自身特点及遥感影像精度,本文将西山岛景观类型分为园地、林地、鱼塘、耕地、公共绿地、道路、建筑、居民点、河流、公园十大景观类型。根据卫图修正提取绘制太湖西山 2005 年、2015 年景观格局图(图 1)。

结合空间尺度和地理环境特点,以及研究对象是风景开发与景观格局的关系,本文选取了景观类型水平上的斑块密度(PD)、斑块数量(NP)、最大斑块指数(LPI)及景观水平上的连通度指数(CONNECT)、分离度指数(SPLIT)、香农多样性指数(SHDI)、香农均度指数(SHEI)等景观指数进行分析^[12](相关公式和说明见参考文献),景观指数采用 Fragstats4.2 软件运算。

3 结果与分析

3.1 景观类型演变状况

通过分析西山岛景观类型的数量变化研究其趋势。2005 年和 2015 年的园地和林地之和分别为 60.89%和 59.59%,构成生态环境的主导因素,成为西山岛的景观本底。期间,由于产业结构调整减

少了 1.59 km² 的园地种植面积,导致山麓地区成为林缘线变化的集中区域,而更高海拔的针叶林、阔叶林和草山变化甚微。景观基础设施用地增速明显,其中建成道路增幅 278%、公共绿地增幅 70%、公园增幅 61%。由于旅游业成为龙头产业,古村落景观

改造提速显著,居民住宅呈现集约化、竖向生长的趋势,聚落迁徙喜好地势平坦、交通方便、社会基础良好区域。10 a 间全岛居民点面积减少 27%,公共建筑面积增加 12%。此外,耕地和鱼塘的叠加面积略有下降、比重微调(表 1)。

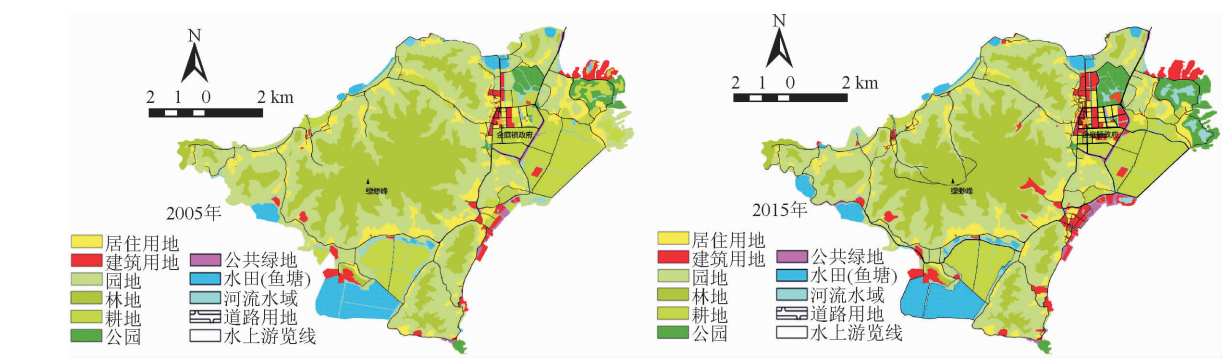


图 1 西山岛 2005 年、2015 年景观类型分布

Fig. 1 Landscape types distribution of Xishan Island in Taihu Lake in 2005 and 2015

表 1 西山岛 2005 年、2015 年景观类型面积构成对比

Table 1 Comparative study on landscape types area of Xishan Island in 2005 and 2015

景观类型	2005 年		2015 年		C/%
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	
园地	29.42	36.86	27.83	34.87	−5
林地	19.18	24.03	19.73	24.72	3
道路	0.81	1.01	3.06	3.83	278
公共绿地	0.66	0.83	1.13	1.42	71
公园	1.99	2.49	3.21	4.02	61
耕地	12.63	15.83	8.75	10.96	−31
鱼塘	1.04	1.30	3.56	4.46	242
公共建筑	3.38	4.24	3.77	4.72	12
居民点	8.57	10.74	6.28	7.87	−27
河流	2.13	2.67	2.49	3.12	17

注:C为2005、2015年景观类型的变化比例。

3.2 景观类型演变特色

3.2.1 景观类型水平上的景观格局变化

3.2.1.1 景观演变异质性分析 西山岛景观类型水平上的异质性程度可以通过 PD、LPI 和 CONNECT 指数体现^[13](表 2)。2005 年的 PD 指数中,河流水域最高为 33.91,与水网密集的自然地理特征符合;公园绿地指数最低为 1.79,与长期关注一产二产、忽视景观基础配置符合。LPI 指数中,园地最高为 32.91,符合一产中果业绝对优势的比例关系;公共绿地最低为 0.08,与道路建设滞后、旅游业尚不发达相符。CONNECT 指数中,园地、林地、耕地、鱼塘的数值都高于 93,说明西山岛景观本底要素之间连接度好、生态水平较高;河流水域、公共绿地和道路的数值偏低、河流水域最低为 41,说明景区斑块连通度偏低,断裂不成系统。2015 年的 PD 指数中,河流水域较 2005 年提高 50%,说明河

流疏通与河道拓宽工程的建设收效显著;鱼塘指数 2.17 低于公园绿地 2.66 成为新低,说明退塘还湖、添绿工程等生态改善活动取得实效。LPI 指数中,园地较 2005 年降低了 22%,说明退耕还林、产业调整等发挥了作用;公共绿地 0.18 为最低,但较 2005 年提升 125%,说明公共绿地扩容明显。CONNECT 指数中的园地、林地、耕地、鱼塘数值均提高至 94 以上,说明生态廊道建设取得成效,生境态优。

表 2 西山岛 2005 年、2015 年斑块密度、最大斑块比例、连通度指数对比

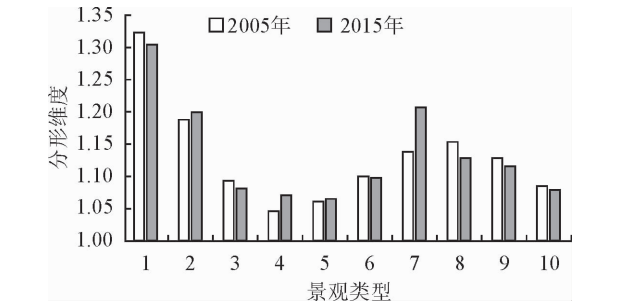
Table 2 Comparative study on PD,LPI,CONNECT of Xishan Island in 2005 and 2015

景观类型	PD		LPI		CONNECT	
	2005 年	2015 年	2005 年	2015 年	2005 年	2015 年
园地	8.27	9.22	32.91	25.67	99.43	99.17
林地	8.87	11.88	17.72	18.10	98.26	98.24
鱼塘	4.35	2.17	3.56	3.39	93.73	94.19
河流水域	33.91	50.78	0.17	0.41	41.00	56.94
公共绿地	4.19	10.20	0.08	0.18	53.87	54.64
公共建筑	3.05	4.89	0.54	0.67	86.06	85.87
公园绿地	1.79	2.66	0.90	2.32	90.64	95.92
耕地	4.08	4.50	5.61	4.30	96.43	95.77
居民点	7.13	7.43	0.54	0.54	87.96	86.18
道路	11.21	12.04	0.19	0.26	62.52	67.72

总体来说,2005—2015 年间的风景开发活动主导了景观格局改变,整体开发有序、岛内生境趋于良好。其中,PD 指数中的公共绿地增幅达到 143%、公共建筑增幅达到 60%、公园绿地增幅达到 48%。LPI 指数中的公园绿地增幅达到 157%,道路增幅达到 37%,河流水域增幅达到 141%,而园地降幅为 22%。矿山遗址的风景改造使河流水域连通度提升

39%，环岛道路贯通使道路的连通度提升 8%。

3.2.1.2 景观格局形状及空间关系动态分析 针对分形维数综合分析,观察如图 2 所示面积加权分形维数(FRAC_AM)变化,均值>1.1 说明西山岛的各类景观边界复杂交错、景观类型丰富、斑块形状多样。2005—2015 年风景开发导致道路和河流网络优化,加上公园和耕地的隔断作用,促使分形维度整体上升。其中,产业结构调整促使园地、鱼塘、耕地的指数下降,土地利用集约化促进公共建筑和居民点的分形指数下降。林地、河流水域、公共绿地、公园绿地指数上升,得益于基础建设、河流疏通等工程导致的环境改善,提高了景观类型丰富度和景观斑块破碎度^[14]。西山岛景观结构在破碎中重建、在演变中规律,有利于生态层面的能量循环。



注:1 园地、2 林地、3 鱼塘、4 河流水域、5 公共绿地、6 建筑、7 公园绿地、8 耕地、9 居民点、10 道路。

图 2 西山岛 2005 年、2015 年面积加权分形维数对比
Fig. 2 Comparative study on FRAC_AM of Xishan Island in 2005 and 2015

3.2.2 景观水平上的景观格局变化 西山岛以果蔬渔业为核心的一产源远流长,改革开放后二、三产业渐有起色,轮渡通航和太湖大桥通车后人流激增,2000 年开始游客以年均 30%的速度递增。2005 年游客达到 114 万人次,三产占全岛 GDP 首次突破 50%,标志着西山景区由自发零散进入系统开发阶段,先后成立了西山风景管理所、西山旅游发展公司、太湖金庭碧螺公司等加强监管,并于 2013 年成

立苏州金庭旅游集团统筹规划和系统开发。由于长期以来岛内地理气候环境等自然干扰未发生显著变化,人为干扰方面的经济发展水平和产业结构调整构成驱动力主因。通过对 NP、SPLIT、SHEI 的综合分析,研究区域生物种群的能量传播规律和分布特点,寻找生态层面的景观格局趋势和生态平衡途径。由表 3 可见,2015 西山岛景观斑块的数量明显增加,表明土地利用方式从粗放式转向精细化。同时,景观镶嵌体承受外来干扰力量变强,规模投资效应导致景观破碎化趋势加强,区域景观分离度提高了 38%;持续开发影响了香农多样性指数和香农均度指数小幅增加 7%。这一时期景观异质性程度略有提高,但整体格局演变可控。

表 3 西山岛 2005、2015 年景观格局指数对比
Table 3 Comparative study on NP, SPLIT, SHEI of Xishan Island in 2005 and 2015

年份	NP	SPLIT	SHEI
2005	1 596	6.78	0.76
2015	2 134	9.33	0.81

3.3 开发趋向分析

风景开发的基础是生态持续,鉴于区域发展力和环境承受力的紧密关联,过度保守会导致发展受限、过度开发会导致生态灾难,需要设置开发红线进行预警以保证区域生态高水平^[15-16]。目前,关于内湖岛屿风景开发红线的划定国内外尚无统一标准,本文尝试在西山岛 10 a 来景观格局演变规律研究的基础上,按照建筑用地(居住点、公共建筑)、道路用地、一产用地(园地、林地、耕地)、岛内水域、景源用地、绿化用地(公园、公共绿地)等分类,结合地形坡地、居民点分布、水网分布、土壤情况、植被情况、景源分布与景点开发等情况,以及建筑规划标准预判风景开发红线、分析开发趋向。采用目标反推的方法,通过提取演变规律、参考经济指标、预设框架下限等措施,研究土地利用和风景开发的分类控制指标和边界,如图 3 所示。

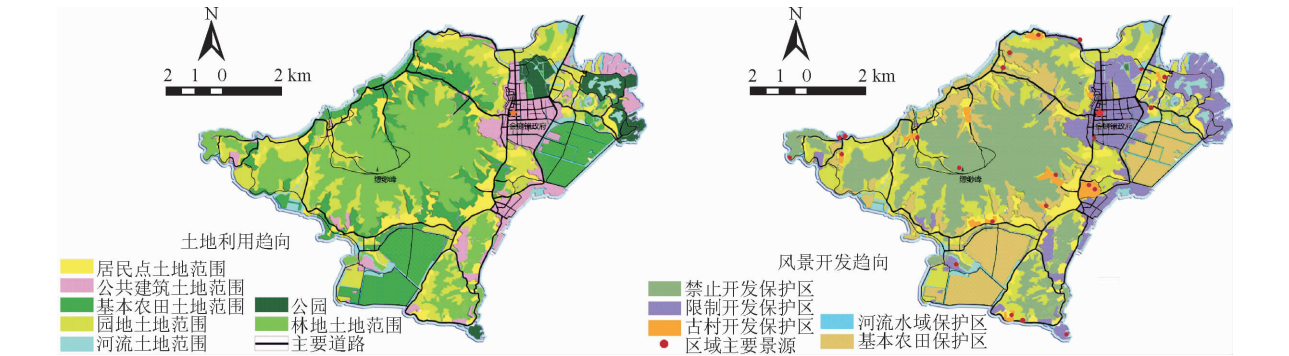


图 3 西山岛土地利用 & 风景开发趋向分析
Fig. 3 Forecast research on Land use and landscape development trend in Xishan Island

首先,在目标区域景观演变基础上结合产业发展规律和经济社会指标预判用地范围。1)根据西山岛 10 a 来户籍人口变迁情况,依据人口年增长率递推法($P_{2025} = P_{2015} \times (1 + \text{年自然增长率 } 2\% + \text{年机械增长率 } 2\%)^{10}$)预计未来 10 a 当地居民大致维持在 5.7 万人规模。结合建筑规划标准中关于建筑高度要求和风景区容积率规定^[17],以提高此类景观要素的斑块密度和连通度指数为目的,筛选海拔较低、坡度平坦、坡向合理的适宜居住区域,预判居民点土地范围。2)根据西山岛 2015 年 386.77 万游客和年均 6% 增长率预计未来十年旅游人口数量,结合岛内旅游结构 70% 为观光商务型,以及旅游接待和交通运输的扩充潜力,控制日接待游客上限为 2.5 万人、年接待游客上限为 500 万人(按照年旅游天数 200 d 计算),预判公共建筑和主要道路的土地范围。其中,公共建筑采用集约化和网络化的用地模式以提高最大板块指数和分区集中程度,严控新建规模度假村和商业地产审批,用地比率宜控制在 15% 以内。道路用地参考游客增长率和自驾游特点,采取环行流通、多用风景道路,鼓励非硬化道路等做法继续完善路网体系、提高路网密度,多改良少新建、鼓励公交出行,用地比率宜控制在 5% 以内。3)根据现有产业比重及演变规律,预计未来 10 a 三产比重将保持一产、二产稳中有降、三产持续上升的局面,其中三产比重占 GDP 总量的 70% 以上。根据退耕还林、退耕还湖政策,结合耕地红线预判基本农田和林地、园地等土地范围。其中基本农田增加连通度以引入现代农渔技术提高亩产,用地总量精简至 15% 以内。林地用地方面着重考察森林覆盖率指标,用地范围小幅提升。最后,根据岛内水系连网成片的思路,加大河道疏浚力度,拓展断头河、打通岛内河道,设定用地下限为 3.5%。水网四周多植水生植物、修建亲水平台,重塑渔歌唱晚之景。

其次,在土地利用趋向基础上根据旅游发展力和环境承受力预测风景开发趋向。参考各类风景资源敏感度级别设置禁止开发、限制开发和古村开发等保护区^[18]。禁止开发区包括林地和景观特色明显的小幅园地,保护宗旨为依据保育方针将零星林地连通成片形成规模森林景观,并与太湖水景交相呼应构成区域风景基底。在保持园地和林地用地总量相当的前提下适度提高林地比率,确保全岛森林覆盖率的高水准。坚持次生林培育,通过林冠线、林缘线的连贯美化提升森林景观品质。对区内古树名木造册登记、动态监控,注重植物群落丰富化和动物种群多样化。加强花果示范基地建设,将梨花梅海等观赏植物园做大做强形成旅游特色品牌。同时,

通过区内机动车道设置野生动物步道、景观小品采用环保材料并控制体量、沿湖主干道间隔设置自驾游观景平台等具体措施切实提高生境水准。限制开发区包括公共建筑用地和公园用地,保护宗旨为保障经济发展目标得以实现的空间载体进行低影响度开发。区内继续优化建筑空间布局、提升基础设施效率、营造特色乡镇风貌。公园多引入乡土树种形成立体植物群落,加强人文体旅体验。古村开发区包括现有八个古村落和尚未纳入景点保护规划的零星聚落,从村落边缘向外拓展,参考临近的自然边界如河道、道路、景石等划定保护范围。保护宗旨为强化“吴文化”元素营造村落特色,逐步恢复历史建筑立面形态,注重聚落整体布局的完整性,以及古村新镇间的缓冲过渡。此外,另设河流和基本农田开发区作为区域生态持续的基础加以保护。

总体来说,西山岛风景开发要在扩大板块数量、提升景观多样性的同时注意集约化、网络化用地,继续保持景观指数中分形维数、香农多样性和均匀度指标的正向变化趋势。开发过程中的景观格局破碎化和复杂化情况要分区对待、差异策略,保护区内重点考察板块连通度指数,塑造区域整体形象。

4 结论与讨论

2005 年以前,西山岛风景开发主观零散、缺乏规划,岛内相关基础设施建设的滞后与旅游人口增加的矛盾初显,产业结构调整对环境优化的需求强烈。总体来说,此阶段景观斑块数量较少、连通度指数偏低,景观类型呈现破碎化端倪。

2005—2015 年,西山岛风景开发逐步进入政府统筹、市场调节的系统化阶段,成为区域发展和生境优化的首要驱动。风景开发初见成效,岛内景观类型丰富化、土地利用集约化。总体来说,此阶段景观斑块边缘呈现平顺化、景观类型呈现复杂多样化,景观格局趋向集约、均衡和秩序化。

未来 10 a,西山岛风景开发趋向为进一步提高土地利用效率、丰富区域景观类型、促进能量供给平衡,进一步优化三产比重和景源分级、凝练和突出区域景观形象。宏观层面上注重过程管理、坚守开发红线、减少人为干扰,微观层面上通过强化规划审批、优化景观视觉、恢复村镇风貌等措施突出风景特色,同时通过旅游行为监控、错峰旅游营销等措施降低单位碳排放、提倡绿色旅游,最终实现自然和人文景观同步提升的可持续型风景开发。

太湖西山岛这一内湖岛屿作为一种不可多得的自然馈赠蕴藏着巨大的景观价值,但天生生态羸弱,此类区域景观格局的演变与风景开发关系紧密,必

须坚持保育前提下的有序开发。旅游业崛起产生的人为干扰已成为困扰内湖岛屿发展的共性问题,科学确立区域生境持续基础上的发展目标和实现途径意义重大。针对此领域的研究还可引入地理学、社会学、经济学等学科进一步揭示人类活动干扰下风景开发的科学方法,确保内湖岛屿和谐发展。

参考文献:

[1] 约翰·O·西蒙兹,俞孔坚等(译)景观设计学——场地规划与设计手册[M]. 3 版. 北京:中国建筑工业出版社,2008:217-221.

[2] NAVEH Z, LIEBERMAN A S. Landscape ecology: theory and application[M]. New York:Spring-Verlay,1984:121-128.

[3] 肖笃宁,赵羿,等. 沈阳西郊景观格局变化的研究[J]. 应用生态学报,1990,1(1):75-84.

XIAO D N, ZHAO Y, *et al.* Study on the variation of landscape pattern in the west suburbs of Shenyang[J]. Journal of Applied Ecology, March 1990,1(1):75-84. (in Chinese)

[4] 王思远,张增祥,等. 中国土地利用格局及其影响因子分析[J]. 生态学报,2003(4):649-656.

WANG S Y, ZHANG Z X, *et al.* Analysis of landscape patterns and driving factors of land use in China[J]. Acta Ecologica Sinica,2003(4):649-656. (in Chinese)

[5] 张荣群,乔月霞,刘欢. 湿地景观演变与土地利用强度变化的响应关系——以银川平原为例[J]. 测绘科学,2015(10):54-59.

ZHANG R Q, QIAO Y X, LIU H. The map analysis of wetland landscape evolution with land use intensity change response in Yinchuan plain[J]. Science of Surveying and Mapping, 2015(10):54-59. (in Chinese)

[6] 梁太芹. 论黄山风景区的开发及其生态环境的保护战略[J]. 自然资源,1993(4):66-73.

LIANG T Q. On the development of Huangshan Mountain scenic areas and the conservation strategies of eco-environment [J]. Resources Science,1993(4):66-73. (in Chinese)

[7] 汤晓敏. 景观视觉环境评价的理论、方法与应用研究——以长江三峡(重庆段)为例[D]. 上海:复旦大学,2007:16-35.

[8] 傅伯杰,陈利项,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2002:21-47.

[9] KAMUSOKO C, ANIYA M, ADI B, *et al.* Rural sustainability under threat in zimbabwe-simulation of future land use/cover changes in the bindura district based on the markov-cellular automata-to model[J]. Applied Geography, 2009, 29(3):435-447.

[10] 王军围,唐晓岚. 基于聚落适宜性分析的西山国家森林公园古村落空间布局[J]. 浙江农林大学学报,2015(6):919-926.

WANG J W, TANG X L. Spatial patterns of ancient villages in Xishan National Forest Park based on a settlement suitability

analysis[J]. Journal of Zhejiang A&F University, 2015(6):919-926. (in Chinese)

[11] 李梦颖,邢艳秋,王铮,等. 基于 Landsat 影像的土地利用/覆盖变化研究——以吉林省汪清县为例[J]. 西北林学院学报, 2016,31(6):257-263.

LI M Y, XING Y Q, WANG Z, *et al.* Changes of land cover-age and land use in the Wangqing county based on RS and GIS[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016,31(6):257-263. (in Chinese)

[12] 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. 应用生态学报,2002,13(1):121-125.

CHEN W B, XIAO D N, LI X Z. Classification, application, and creation of landscape indices[J]. Journal of Applied Ecology,2002,13(1):121-125. (in Chinese)

[13] 吴连喜. 巢湖流域 30 年土地利用变化及其驱动力研究[J]. 土壤通报,2011,42(6):1293-1298.

WU L X. Study of LUCC and its driving forces in chaoahu lake basin during the past 30 years[J]. Chinese Journal of Soil Science,2011,42(6):1293-1298. (in Chinese)

[14] 王娟,卓静,何慧娟,等. 2000—2013 年秦岭林区植被净初级生产力时空分布特征及其驱动因素[J]. 西北林学院学报, 2016,31(5):238-245.

WANG J, ZHUO J, HE H J, *et al.* Changes of vegetation net primary productivity and its driving factors from 2000 to 2013 in Qinling Mountainous area[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016,31(5):238-245. (in Chinese)

[15] 林勇,樊景凤,温泉,等. 生态红线划分的理论和技术[J]. 生态学报,2016,36(5):31244-1252.

LIN Y, FAN J F, WEN Q, *et al.* Primary exploration of ecological theories and technologies for delineation of ecological redline zones[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(5):31244-1252. (in Chinese)

[16] 王云才,吕东,彭震伟,等. 基于生态网络规划的生态红线划定研究:以安徽省宣城市南漪湖地区为例[J]. 城市规划学刊, 2015(3):28-35.

WANG Y C, LV D, PENG Z W, *et al.* The demarcation of ecological red line based on ecological network plan-ning: a case study of Nanyi Lake region in Anhui Province[J]. Urban Planning Forum,2015(3):28-35. (in Chinese)

[17] 付军. 风景区规划[M]. 修订版. 北京:气象出版社出版,2013:79-91.

[18] 李德旺,李红清. 基于 GIs 技术及层次分析法的长江上游生态敏感性研究[J]. 长江流域资源与环境,2013(5):633-639.

LI D W, LI H Q. Ecological sensitivity in the upper Changjiang River with GIs technology and hierarchy analysis method[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,2013(5):633-639. (in Chinese)