

基于 RS & GIS 的内湖岛屿湖域视景资源开发分析

潘峰^{1,2}, 唐晓岚¹, 吴雷³, 顾哲衍⁴

(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. 南京大学 地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210023; 4. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225127)

摘要: [目的] 通过量化研究探索内湖岛屿湖域视景资源开发过程中的可持续发展途径, 为此类区域风景规划、低影响开发和湖域景观保护等提供依据。[方法] 以太湖西山岛及周围湖域为典型研究范围, 基于 RS&GIS 的空间分析技术及方法, 从路域视景、湖岸视景、视域开广度、视景丰富度、地形因子等方面进行量化研究, 并提取适宜的观景平台选址作为成果展现。[结果] 首先通过最佳坡度坡向、平台地基尺寸、洪水淹没、低影响开发、路域可达度等指标初步筛选出 30 处拟选址。其次通过视域、水景开广度和视景资源丰富度进行分析, 确定最终选址。[结论] 建立在量化数据基础上的视景资源开发属于源头控制, 观景平台的选址科学有效, 有利于视景资源的永续利用和区域生态。

关键词: RS & GIS; 内湖岛屿; 太湖西山; 视景资源; 观景平台

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)02-0279-05

中图分类号: P941.78, TP79

文献参数: 潘峰, 唐晓岚, 吴雷, 等. 基于 RS & GIS 的内湖岛屿湖域视景资源开发分析[J]. 水土保持通报, 2017, 37(3): 279-283. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20170309.001; Pan Feng, Tang Xiaolan, Wu Lei, et al. Analysis for visual landscape resources development of lake region of inner islands based on RS & GIS [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(3): 279-283. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20170309.001

Analysis for Visual Landscape Resources Development of Lake Region of Inner Islands Based on RS & GIS

PAN Feng^{1,2}, TANG Xiaolan¹, WU Lei³, GU Zheyang⁴

(1. College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu

210037, China; 2. Art Design Department, Hefei University, Hefei, Anhui 230601, China;

3. College of Geographic and Oceanographic Sciences, NanJing University, Nanjing, Jiangsu 210023, China;

4. Jiangsu Surveying and Design Institute of Water Resources Co., Ltd, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

Abstract: [Objective] This paper aimed to provide some bases for inner lake landscape planning, low impact development and the protection of such regional landscape through quantitative research of sustainable development way in the process of landscape resource development. [Methods] We chose the Xishan Island and the surrounding lake areas in Taihu Lake as the typical research area. RS & GIS spatial analysis technology and method was used to provide quantitative analysis referring to road landscape, lake view, visual opening degree, visual richness and terrain factors. [Results] Firstly, 30 proposed locations were screened out with respect to indicators as slope gradient, the size of the platform foundation, flood, low impact development and the limited reach of the road landscape. Secondly, the final locations were identified through the analysis of viewing area, waterscape openness and visual richness. [Conclusion] Visual resources development based on quantitative data is a measure of source control. The location of viewing platform is reasonable and valid for visual resources sustainable utilization and regional ecology.

Keywords: RS & GIS; inner islands; Taihu Xishan; visual landscape resources; view platform

收稿日期: 2016-09-23

修回日期: 2016-10-21

资助项目: 国家自然科学基金项目“基于 3S 技术的太湖风景名胜区中村落景观特色研究”(31270746); 江苏省“六大人才高峰”第十批高层次人才选拔培养项目(2013-JZ-014); 安徽高校人文社科重点项目(SK2016A0777)

第一作者: 潘峰(1979—), 男(汉族), 安徽省芜湖市人, 博士研究生, 副教授, 主要从事景观生态与设计研究。E-mail: lifefengfeng@163.com。

通讯作者: 唐晓岚(1968—), 女(汉族), 湖南省辰溪县人, 博士后, 教授, 主要从事城市规划和生态等方面研究。E-mail: Xiaolantang@163.com。

视觉景观资源(简称视景资源)指的是某一区域具有视觉价值的景观总量,是区域自然资源的重要组成部分^[1]。作为最直接、最容易被感知的对象,视景资源的品质、特色和体量决定了观者直接的观赏印象和资源价值程度。在人口居住高度城市化的今天,良好的视景资源成为提升区域吸引力的重要因素,城市近郊的内湖岛屿由于其良好的资源特性成为休闲游憩的重要载体。中国湖泊数量众多、分布广泛,其中仅面积大于 1.0 km² 的湖泊约有 2 693 个、总面积 91 019.6 km²^[2],其中相当数量的湖泊分布在城市内部和周边。湖泊区具有生态脆弱敏感的特性,针对内湖岛屿湖域视景资源的开发需要采取持续可控的方法实现科学永续利用。

西方 20 世纪 60 年代萌发了视觉分析与评价学说,主要从视觉资源评价体系^[3]、视觉感知心理^[4]、多维风景评价^[5]等角度在视觉美学领域内研究景观构成的内在规律。中国从 70 年代“旷奥对比”风景空间序列分析^[6]开始,多位学者从不同的学科角度,如风景景观工程体系^[7]、景观敏感度和景观阈值^[8]等分别对视景资源开展了系统研究。

随着计算机多维度数字模拟与卫星对地观测技术的发展,近年来中国在此领域的研究不断深入。研究方法的主观性减弱,趋向于依托综合定量的方法提高视景资源分析的科学与景观开发利用的可行性。张双^[9]利用数学模型和 GIS 技术对巫山小三峡夹江景观的视觉效果进行了分析,并对实际的峡谷地貌进行了理论性评估;张巧等^[10]运用相关因子加减法对惠州西湖风景名胜区景观视觉廊道的整体性进行了综合评价;汤晓敏^[11]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;裘亦书等^[12]利用 3S 技术对从山地视觉景观度假村选址的角度展开了量化研究。依托数字化技术平台实现视景资源的综合量化研究已成趋势。

太湖西山岛作为中国第一大内湖岛屿,是拥有此类资源的典型代表。本文拟针对其独特内湖岛屿范围的视景资源系统,立足岛屿建成区旅游行为的实际,运用三维数字高程模型修正并模拟背景环境和拟建工程作用下的“地形”高程变化,对湖域视景资源开发进行量化研究,以期为指导基础设施规划、低影响度开发、适宜地形选择以及湖域景观保护等提供科学依据。

1 研究区概况

西山岛位于江苏省苏州古城西南 45 km 的太湖之中,东西长 15 km,南北宽 11 km,面积约 85 km²,是中国淡水湖泊中最大的岛屿,横山、阴山等 12 个岛

屿坐落于其北部、西部和南部。西山地势较为复杂,平均海拔 154.6 m,最高峰缥缈峰约 311 m,亚热带季风气候,四季分明,雨量充沛,年均降水量 1 100 mm,年均气温 15.7 ℃。西山属棕色土壤,夹杂个别红壤和潜育性水稻土的发育,植被垂直分布明显,森林覆盖率达到 80%^[13]。西山隶属太湖风景名胜区,以群岛风光、花果丛林和吴越以来古迹著称,有石公山、林屋洞、古罗汉寺、明月湾村等 20 处景点,现存历史文化古迹 100 余处,拥有典型的内湖岛屿视景资源。

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

2016 年 3 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。运用 ArcGIS 10.2 软件对主干道路、风景名胜区等地表要素进行矢量化;数字高程模型 ASTER GDEM DEM 数据下载自地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>),该数据是由日本 METI 和美国 NASA 联合研制,空间平面分辨率为 30 m,遥感影像预处理过程如图 1 所示。

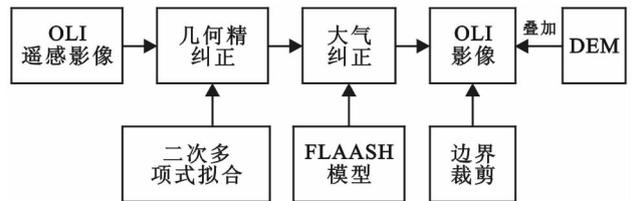


图 1 遥感影像预处理流程

2.2 研究方法

针对湖域视景资源,以西山岛和临岛湖水为研究对象,基于 RS & GIS 的空间分析技术,建立逐层筛查标准,通过对环岛道路沿线观景平台的适宜位置提取体现湖域视觉景观分析。依据风景区规划规范^[14]、旅游心理学、人眼视知觉习惯等,结合西山湖域景观特征和景区开发现状,研究其理想的观景平台选取位置应具有的特征,如表 1 所示。

2.2.1 地形因子分析

(1) 坡度分析。通过地形图、立体光学像对和激光雷达等多种方式获取高程点集,构建数字高程模型(digital elevation model, DEM)对地形进行模拟,应用解析几何计算地形坡度^[15]。国际地理学会地貌调查与制图委员会将坡度划分为 7 个级别,平原至微倾斜平原、缓斜坡、斜坡、陡坡、急坡、急陡坡和垂直坡^[16],如表 2 所示。地形坡度对营造观景平台的影响,主要体现在环境生态适宜性与工程复杂度 2 个方面。观景平台适宜布置在坡度平缓的区域,以便于空

间的自由布局,避免受到地形过多约束。综合考虑坡地与自然灾害和建筑区布局特征的关系,本文以坡度

小于 15°的坡地为建造观景平台构筑物的候选区,适宜区域总面积为 1383.94 hm²。

表 1 理想观景平台应具备的特征

特征序号	特征描述
1	距离湖岸线的距离适宜,视域宽广、景色优美、景深悠远,且视域范围内水域面积广阔、水景比例较大,典型水景观符号与特异景观(如湖中岛、桥)数量较多
2	受洪涝淹没的影响程度较低,有一定面积的地基范围(100 m ² 以上)
3	沿主干道(环岛一级公路)两侧分布,对现有建成区的地面构筑物不产生负面的影响,适合私家车短时间停放(可沿路设置停车位或建立小型停车场)
4	距离环岛主干道步行距离控制在 5 分钟以内,步行距离不超过 100 m,符合西山“停走走停”自驾游的节奏
5	选址位置光照充分、风向风速与坡度适宜,土壤和植被情况良好,制约性因素较少,符合进行低影响度开发的景观构筑物建设前提

表 2 坡地与建筑(构筑)物布局特征

坡地类型	坡度/(°)	建筑区布置特征
平原至微倾斜平原	<2	房屋及道路可自由布置,但须注意排水
缓斜坡	2~5	房屋及道路布置不受地形约束
斜坡	5~15	建筑区内需设置阶地,道路不宜垂直于等高线分布
陡坡	15~25	建筑区的空间布局与设计受到地形限制,道路需与等高线成较小锐角布置
急坡	25~35	建筑区的空间布局与设计需作特殊处理,道路以曲折盘旋为主
急陡坡	35~55	房屋及道路建造难度大,工程费用高
垂直坡	>55	房屋布置在梯级阶地或以洞穴形式存在

(2) 坡向分析。坡向是地表面上一点切平面的法线矢量在水平面的投影与过该点正北方向的夹角,以正北方向为 0°,按顺时针方向计算,取值范围为 0~360°^[17]。日照时长是营造观景平台时要考虑的重要问题,它主要与坡地的太阳赤纬、纬度、坡度和坡向有关^[18]。由于地形坡度和坡向的不同,西山的日照时长有较大的差异。一般坡度越缓,日照时长相对较长,坡度越陡,日照时长相对较短;南坡、东南(西南)坡的日照时长相对较长,东坡和西坡次之,北坡和东北(西北)坡的日照时长相对较短。因此,为了获得尽可能多的日照时长,观景平台宜布置在南坡、东南(西南)坡,避免北向的背阳坡。西山属于亚热带季风气候,夏季受海陆热力差异的影响,盛行东南风(西南风相对较弱),冬季受西伯利亚寒流的影响,盛行西北风。为避免正对盛行风向,抵御冬季寒冷的偏北风,同时满足较好的通风条件,观景平台宜布置在南南西—南南东方向上。综合考虑坡向后,以 157.5°~202.5°为营造观景平台的最佳坡向,适宜区域总面积为 966.72 hm²(如图 2 所示)。

2.2.2 洪水淹没趋势性分析 西山位于太湖流域腹部的太湖之中,兴建观景平台需要进行洪水淹没趋势分析。基于 DEM 模拟给定水位下的淹没区,包括“无源淹没”和“有源淹没”2 种模式。“无源淹没”假定研究区均匀降水,所有低洼处都可能积水成灾,如漫堤式淹没;“有源淹没”则需考虑流通淹没的情形,

水流受到地形起伏的影响,即使某一低洼处高程低于给定水位,也可能由于地形阻挡而不被淹没,如决堤式淹没^[19]。本文应用 ArcGIS 空间分析模块,对洞庭西山站建站以来最高水位(1999 年 7 月 8 日 4.948 m)进行“无源淹没”模拟,未被淹没的区域总面积为 359.8 hm²,即为候选区。

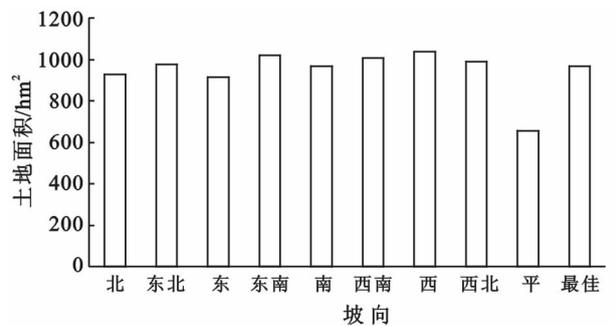


图 2 西山地区坡向分布

2.2.3 低影响开发和路域可达度分析 西山开发历史悠久,岛上居民十几万,现已开发景点 20 个。针对低影响开发和路域可达度的研究,根据短期旅游的时间分布规律和以自驾游为主的方式,围绕环岛公路主干道进行。通过空间分析,选择距离 100 m,步行 5 min 以内可达,并在洪水淹没范围外(亲水性观景平台除外)进行选址,同时选址要规避现有建成建筑和各类构筑物。

2.2.4 土壤和植被制约性分析 西山森林覆盖率高

达 80%，森林保水固土作用明显，发生地质灾害的可能性极小。土壤包括 4 大类。其中，山坡顶部母质层厚薄不一，山坡低区有较厚坡积层，临湖部分为灰棕色黏质湖积物、黏质或砂质湖积物，本研究主要针对的湖湾地区较适合景观构筑物建造。

2.2.5 视域和水景开阔度分析 湖中岛的视域开阔度，主要受到湖岸线曲线和观景平台高程的影响，如图 3 所示。湖岸线外凸处的视域较开阔，如图 3 中 A, C 点；湖岸线内凹处视域较闭塞，如图 3 中 B, D 点。当湖岸内凹到一定程度，可以形成峡谷景观。同时，观景平台的高程也是一个重要的影响因素，如图 3a 中，观景平台与湖面之间如果有较高的视觉遮挡物（土堆、山坡、植物、建筑等），会遮挡视线，影响视域开阔度；如图 3b 中，如果观景平台无任何遮挡，且处于湖岸线外突出，故视域开阔。视域和水景开阔度还受到最远可视范围的影响，一般认为距离 330 m 以上的景深可以形成深邃感，研究发现西山周边所有湖中岛均处于此范围之外。

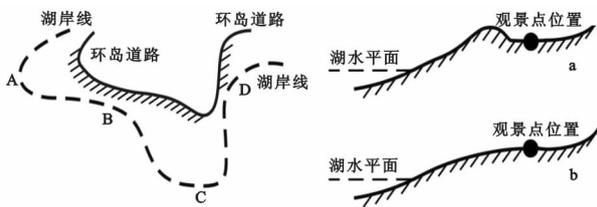


图 3 视域和水景开阔度示意图

2.2.6 视景丰富度分析 景观视觉层次有 2 层含义，第 1 层是指在相对静止的固定观景平台观赏时，景物本身由于远近距离的差别形成视觉层次，图底关系良好而吸引人；第 2 层是指在相对移动的移动观景区间，由于视角的频繁转换与观赏者移动速度形成一定的韵律和节奏，产生了比较好的视觉层次。本研究着重针对第一层含义展开，研究区域处于太湖腹地，因此西山北侧、东侧由于与陆地的距离低于此距离，远景即“底”为太湖沿岸陆地的山丘；而西侧、南侧由于与陆地的距离大于次距离，远景即“底”为天际线。

中景层为岛屿，其中东侧东山半岛体型巨大，北侧与东南侧的湖中岛屿分布较多；近景均为湖水。其中中景层、近景层构成“图”。关于第二层含义，研究区域环岛公路设计因为历史原因，有部分路段形成比较高频的视角转换，其中岛南侧明月湾、西北侧等比较明显。

3 结果与分析

结合实地考察、拍照取样和 RS & GIS 技术，通过最佳坡度坡向、平台地基尺寸、洪水淹没、低影响开发、路域可达度筛选出拟建观景平台选址 30 处样本，如图 4 所示。再通过 30 个样本的视域和水景开阔度、视景资源丰富度进行比对分析，确定最终选址。

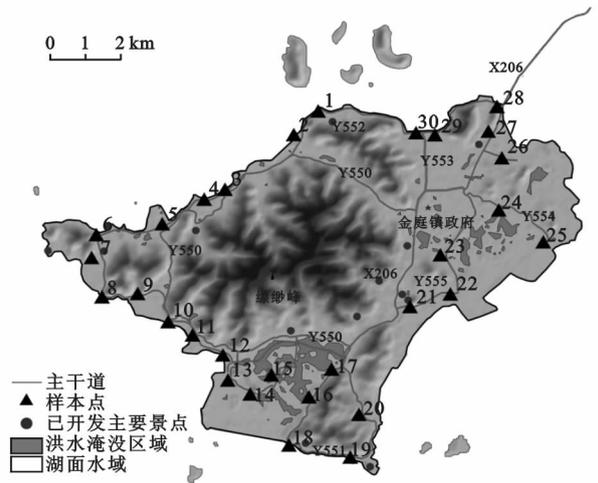


图 4 初步筛选获得 30 处观景平台拟选址位置示意图

针对视域和水景开阔度分析，根据样本区可视景观面积、可视水景面积，以及可视水景面积占可视景观面积的比例，采用 5 级制评价体系对样本进行筛选分类。

可视景观面积越大等级越高，说明采样位置视野越开阔、没有临湖遮挡物；可视景观面积越小等级越低，说明采样位置视野较狭窄、可能有山体、建筑等构筑物的明显遮挡，如表 3 所示。经研究，样本 2, 8, 9, 10, 11, 14, 21 位置可视景观面积最大，样本 1, 12, 15, 26, 27, 28 位置可视景观面积较小。

表 3 景观平台拟选址样本的视域开阔度分级

视景面积/hm ²	视觉景观特点	等级	样地序号
≥2 000	视野开阔，临湖无遮挡	5	2, 8, 9, 10, 11, 14, 21
1 500~2 000	视野较开阔，临湖近景有水塘等遮挡	4	13
1 000~1 500	视野一般，一般处于道路内弯区	3	5, 7, 16, 18, 25, 30
500~1 000	视野一般，与湖边缘距离较大，遮挡物明显	2	3, 4, 6, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 29
500	视野较狭窄，有山体、建筑等显著遮挡物	1	1, 12, 15, 26, 27, 28

样本区可视水景面积越大，占可视景观面积的比例越高，说明采样位置观湖视野越好、更加适合品湖

观水的游憩行为；样本区可视水景面积越小、占可视景观面积的比例越低，说明采样位置视觉景观的干扰

因素较多,不适合观水游憩,如图 5 所示。经研究,可视水景面积在 1 000/hm² 以上的样本包括 2,5,7,8,9,10,11,13,14,16,18,21,25;水景面积比例在 70% 以上的样本包括 2,5,7,8,9,10,11,12,13,18,19,20,21,28。

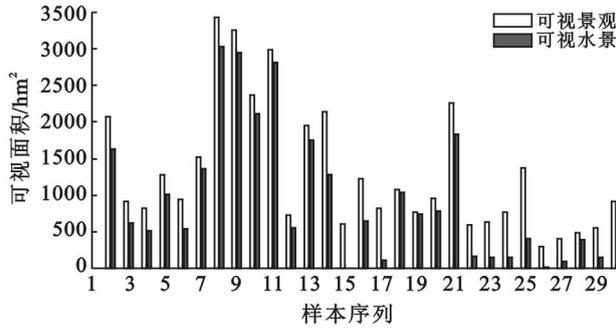


图 5 景观平台拟选址样本的视域、水景面积与水景比例

针对视景丰富度分析,以观景平台可见湖中岛(湖岸线)为标准,建立视觉景观分析模型。由于站在岸边(DEM=1.5 m)人类肉眼最远可以观测到水面距离为 25.32 km,较清晰辨别出轮廓的距离为 10 km^[20],所以选此范围内的岛屿和太湖湖岸线。西山北侧区域可以看到太湖湖岸线,故将其视为 1 个岛屿纳入计算,获得图 6 数据。其中,可以观察到 3 个及以上湖中岛的样本视为视景资源较丰富,包括 4,8,9,10,11,14,18,19,20,21,22,23,24,25,28,29,30;样本 7,17 无法观看到湖中岛,视为视景资源匮乏。

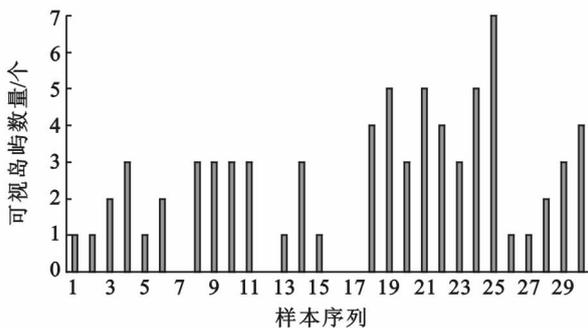


图 6 景观平台拟选址样本的视景资源丰富度分析

4 结论

(1) 西山岛作为中国淡水湖泊中最大的内湖岛屿,深入太湖腹地、周边小岛众多,具有湖中群岛、湖湾山水、水天一色的景观资源,其最具局域特色的景观感受莫过于临湖休憩、观水品岛。本文提取临湖休憩类观景平台的选址作为研究媒介,通过最佳坡度坡

向、洪水淹没、低影响开发、路域可达度、土壤植被情况、平台地基尺寸等制约因素,以及视域和水景开广度、视景丰富度等条件逐层筛选,获得拟建观景平台的最佳位置信息。

(2) 结合自驾游为主的西山旅游行为特点,根据景区控制车速 30 km/h,以及“停走走停”的车行游览节奏,综合观景平台逐层筛选的分析结果,获得西山观景平台最佳位置为样本 2,5,8,10,14,18,19,21,25,30。此 10 个拟建位置分布在西山东西北各方位,相互之间道路距离不低于 1 km,汇聚西山最具代表性的湖光山色视景资源;同时与已开发 15 个主要景点位置错落有序,其中 5,18,19,21 位置分别可远观堂里古村、明月湾古村、石公山、林屋梅园景点,将自然景观和人文景观尽收眼底,成为城市边缘区旅游的点睛之笔。

(3) 依托数字化技术平台实现视景资源的综合量化,有利于区域规划和建设。在绿色休憩自助游成为旅游新趋向的时代,建立在视景资源充分研究基础上的规划设计属于源头控制,有利于视景资源的科学永续利用和区域生态,进而提升区域吸引力和综合竞争力。

[参 考 文 献]

- [1] Bourassa S C. The Aesthetics of Landscape[M]. London: Belhaven Press,1991.
- [2] 马荣华,杨桂山,段洪涛,等. 中国湖泊的数量、面积与空间分布[J]. 中国科学:地球科学,2011,41(3):394-401.
- [3] Theobald D M, Gosneli H, Riebsame W E. Land use and landscape change in the Colorado Mountains(II): A case study of the east river valley[J]. Mountain Research & Development,1996,16(4):407-418.
- [4] Zube E H. Environmental Evaluation: Perception and Public Policy[M]. New York: Cambridge University Press, 1984.
- [5] Hartig T, Evans G W, Jamner L D, et al. Tracking restoration in natural and urban field settings[J]. Journal of Environmental Psychology, 2003,23(2):109-123.
- [6] 冯纪忠. 组景论议[J]. 同济大学学报:自然科学版,1979(2):1-5.
- [7] 刘滨谊. 景观环境视觉质量评估[J]. 城市规划汇刊, 1990(4): 24-29.
- [8] 俞孔坚. 景观敏感度与阈值评价研究[J]. 地理研究, 1991,10(2):38-51.
- [9] 张双. 峡江景观视觉分析的 GIS 方法研究[D]. 重庆:重庆大学,2004.
- [10] 张巧,刘洪杰,郑韵怡,等. 景观视觉廊道评价初探:以惠州西湖风景名胜为例[J]. 广东园林,2010,32(1): 5-9.

[参 考 文 献]

- [1] 马海良,黄德春,张继国.考虑非合意产出的水资源利用效率及影响因素研究[J].中国人口·资源与环境,2012,22(10):35-42.
- [2] 孙才志,王妍,李红新.辽宁省用水效率影响因素分析[J].水利经济,2009,27(2):1-5.
- [3] 佟金萍,马剑锋,刘高峰.基于完全分解模型的中国万元 GDP 用水量变动及因素分析[J].资源科学,2011,33(10):1870-1876.
- [4] 姜蓓蕾,耿雷华,卞锦宇,等.中国工业用水效率水平驱动因素分析及区划研究[J].资源科学,2014,36(11):2231-2239.
- [5] 耿献辉,张晓恒,宋玉兰.农业灌溉用水效率及其影响因素实证分析:基于随机前沿生产函数和新疆棉农调研数据[J].自然资源学报,2014,29(6):934-943.
- [6] 张陈俊,章恒全,龚雅云.中国结构升级、技术进步与水资源消耗:基于改进的 LMDI 方法[J].资源科学,2014,36(10):1993-2002.
- [7] 李静,马潇璨.资源与环境双重约束下的工业用水效率:基于 SBM-Undesirable 和 Meta-frontier 模型的实证研究[J].自然资源学报,2014,29(6):920-933.
- [8] 佟金萍,马剑锋,王圣,等.长江流域农业用水效率研究:基于超效率 DEA 和 Tobit 模型[J].长江流域资源与环境,2015,24(4):603-608.
- [9] 中国科学院可持续发展战略研究组.2007 年中国可持续发展战略报告:水治理与创新[M].北京:科学出版社,2007.
- [10] Sun J W. Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model[J]. Energy Economics, 1998,20(1):85-100.
- [11] 梅志雄.基于半变异函数的住宅价格空间异质性分析:以东莞市为例[J].华南师范大学学报:自然科学版,2008(4):123-128.
- [12] 葛森,薛然尹,何进伟,等.中国男性儿童呼气高峰流量参考值地理分布[J].地理研究,2014,33(3):451-466.
- [13] 栾福明,张小雷,杨兆萍,等.1990—2011 年山东省旅游节庆的时空变异特征及机理[J].地理科学进展,2013,32(6):940-949.
- [14] 杨晓明,戴小杰,田思泉,等.中西太平洋鳀鱼围网渔业资源的热点分析和空间异质性[J].生态学报,2014,34(13):3771-3778.
- [15] 蒋海兵,徐建刚.江苏淮河流域工业点源负荷空间分布特征研究[J].长江流域资源与环境,2013,22(6):742-749.
- [16] 张丽,杨国范,刘吉平.1986—2012 年抚顺市土地利用动态变化及热点分析[J].地理科学,2014,34(2):185-191.
- [17] 盖美,郝慧娟,柯丽娜,等.辽宁沿海经济带水资源边际效益测度及影响因素分析[J].自然资源学报,2015,30(1):78-91.
- [18] 李凤英,何小武,周春火.坡度影响土壤侵蚀研究进展[J].水土保持研究,2008,15(6):229-231.
- [19] 汤国安,刘学军,房亮,等. DEM 及数字地形分析中尺度问题研究综述[J].武汉大学学报:信息科学版,2006,31(12):1059-1066.
- [20] 傅抱璞.坡地对于日照和太阳辐射的影响[J].南京大学学报:自然科学版,1958(2):25-48.
- [21] 杨军,贾鹏,周廷刚,等.基于 DEM 的洪水淹没模拟分析及虚拟现实表达[J].西南大学学报:自然科学版,2011,33(10):143-148.
- [22] 包蓓蓓.基于人类行为心理的景观空间感受尺度研究[D].上海:同济大学,2009.

(上接第 283 页)

- [11] 汤晓敏.景观视觉环境评价的理论、方法与应用研究[D].上海:复旦大学,2007.
- [12] 裘亦书,高峻,詹起林.山地视觉景观的 GIS 评价:以广东南昆山国家森林公园为例[J].生态学报,2011,31(4):1009-1020.
- [13] 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,2015,32(6):919-926.
- [14] 中华人民共和国建设部.风景名胜区规划规范[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.
- [15] 刘学军,王叶飞,曹志东,等.基于 DEM 的坡度坡向误差空间分布特征研究[J].测绘通报,2004(12):11-13.