

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2016.04.017

# 生态绿心景观多功能调控研究进展

陈洁笛, 傅丽华, 王慧明, 莫振淳

(湖南工业大学 建筑与城乡规划学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 综述生态绿心与景观功能的内涵, 系统梳理当前国内外绿心景观的多功能研究内容及方法, 重点关注多功能调控技术手段及方法的应用, 明确生态绿心景观多功能调控未来的发展方向。提出生态绿心景观多功能调控应加强景观结构变化和空间格局差异对景观功能变化的影响研究, 从区域多空间尺度探讨景观多功能响应, 构建多情景模拟模型下的景观功能调控决策体系; 完善景观的多功能评价方法, 采用大数据技术, 开发能反映景观功能在区域上变化差异的多功能景观指数; 优化景观多功能调控决策, 模拟多重景观功能调控措施, 建立景观功能的动态监测机制; 将景观功能调控研究与实践应用相结合, 加强景观功能的实践研究。

**关键词:** 生态绿心; 景观功能; 多功能调控

**中图分类号:** TU984

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2016)04-0089-08

## Research Progress of the Multi-Functional Regulation of the Landscape in Ecological Green Cores

CHEN Jiedi, FU Lihua, WANG Huiming, MO Zhenchun

(School of Architecture and Urban Planning, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** A survey has been conducted on the connotations of ecological green cores and landscape functions, and a systematic review has been provided for the research contents and approaches concerning ecological green cores at home and abroad, with the approaches of the multi-functional regulation and its application being the research focus, thus pointing out a clear direction for the future multi-functional regulation of the landscape in ecological green cores. Such a goal can be achieved by an emphasis laid on the effects upon changes of landscape functions exerted by changes in landscape structures and variations of spatial patterns, followed by an exploration of landscape multi-functional responses from the perspective of regional multi-spatial scales, so as to build a landscape function regulation system under the scenario simulation model, improve the landscape multi-functional evaluation methods, update the data-based multi-functional landscape indexes to landscape function changes, optimize the multi-functional regulation and decision-making process of the landscape, simulate controlling measures, establish a dynamic monitoring mechanism, and strengthen the feasibility studies on landscape functions and their applications.

**Keywords:** ecological green cores; landscape function; multi-functional regulation

收稿日期: 2016-04-22

基金项目: 湖南省教育厅基金资助重点项目(14A039), 湖南省研究生科研创新基金资助项目(CX2015B568)

作者简介: 陈洁笛(1992-), 女, 湖南长沙人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为低碳城乡规划与环境,

E-mail: 453494075@qq.com

通信作者: 傅丽华(1971-), 女, 湖南永州人, 湖南工业大学教授, 博士, 主要从事景观生态与土地利用研究,

E-mail: lihuaf88@163.com

## 0 引言

随着我国城镇化进程的加快,城市发展与生态环境保护的矛盾日益突出。生态绿心有助于从城市与区域环境的空间协调发展方面来引导城市合理发展以及控制城市发展规模,以更好地解决区域生态系统的环境问题。同时,将对城市具有重要生态价值及社会价值的自然山体、湿地公园、风景林地等划归为城市绿心,并对其自然资源进行保护和利用,能够营造出富有地域特色的景观环境,彰显城市景观特色风貌。

近年来,关于城市景观方面的研究较多,众多学者对城市景观的类型、变化特征、格局演变、功能区划、规划设计以及生态建设等方面展开了多视角的分析研究。随着城市景观空间格局及演变分析研究逐渐成熟,针对城市景观功能与过程研究尤其是功能协调研究备受关注。结合城市景观空间结构规划而进行的城市景观功能规划及功能调控将成为现代城市生态建设重点关注的内容。

## 1 绿心内涵及功能研究

### 1.1 绿心概念溯源及其内涵

城市绿心概念主要源于霍华德的“田园城市”理论和沙里宁的有机疏散理论。其以荷兰兰斯塔德地区城市群规划实践为代表,将多中心聚合城市与作为农业景观的“绿心”中央开放空间的结构形态用“绿心大都市”来描述,此后,“绿心”一词逐渐被人们广泛运用<sup>[1]</sup>。

至今,相关学者对城市绿心的概念尚未达成统一认定。城市绿心概念主要有以下几种代表性观点:荷兰兰斯塔德规划纲要将“绿心”定义为由不同职能分工的城市所围合并作为农业景观的中央开放空间<sup>[2]</sup>;刘滨谊等人认为“绿心”以其相对独立的城市分工区别于中心城区建设中大面积开放空间绿地<sup>[3]</sup>;张清华则将“绿心”界定为镶嵌在城市内部几何中心位置或多个城市间作为重要生态空间的大面积绿地<sup>[4]</sup>;而郭巍等人认为“绿心”是位于城市中央或由多个城市组团所围合且包括多种土地利用类型的绿色空间<sup>[5]</sup>。

从区位看,城市生态绿心是镶嵌于整个地区中心、由区域内多个城市或城市内不同职能分工的组团而形成的大面积绿地;从形态看,“绿心”属于城市空间形态和城市结构组成,由城市发展及功能定位所决定,与“绿肺”“绿带”“城市绿色空间”及“大型公共绿地”等相区别;从功能看,生态绿心景

观包含多种土地利用类型,拥有丰富的自然及人文景观资源,具有生产、生态、旅游、社会生活等多方面的功能。

### 1.2 城市生态绿心功能研究

作为城市生态系统的重要组成部分,城市生态绿心具有生态效益、社会效益与经济效益,能为人们提供多种服务。目前,国内外学者的研究主要集中在城市绿心生态服务功能及生态效益等方面<sup>[5-7]</sup>。刘思华等人认为绿心具有提高城市景观异质性、调节生态环境质量、保护生物多样性和实现生态经济与旅游价值<sup>[8]</sup>;张利华等人完善了城市绿地生态系统功能综合评价体系<sup>[9]</sup>。还有部分学者对城市绿心所具有的社会、经济、美学等功能展开了研究,如绿心的防灾减灾功能<sup>[10]</sup>、文化功能<sup>[11]</sup>、美学价值<sup>[4]</sup>、社会功效<sup>[12]</sup>、绿心与城市空间拓展<sup>[13-14]</sup>等。较有代表性的有唐常春等人以土地利用分类为基础划分功能空间及识别主导功能,研究各类功能空间的协调性<sup>[15]</sup>;王发曾等人提出优化生态调控、经济社会与文化景观等系统功能的方案<sup>[16]</sup>。

国内外相关学者对城市绿心功能评价的研究已逐渐从定性分析走向定量化研究。赵运林等人在分析绿心地区生态系统服务功能重要性的基础上,建立城市绿心的评价指标体系和定量评价模型<sup>[17]</sup>;张利华等人结合生存环境的优良性、绿地自身的健康发展和居民的感知认识等因素,构建城市绿地生态系统功能评价体系<sup>[9]</sup>;徐剑波等人运用遥感技术、神经网络技术、模糊聚类法等方法评价城市绿地生态服务功能<sup>[18]</sup>。

现有评价指标研究主要集中于生态功能,社会功能及经济功能评价指标的研究较少,尚未建立一套成熟的评价指标体系。今后需进一步完善定量评价方法与模型,充分利用遥感技术和地理信息系统(geographic information system, GIS)技术,对生态绿心功能进行评价研究。由于城市绿心具有多功能景观,包括生态、服务、经济、社会、美学等多种功能,为维持生态绿心景观多功能的正常发挥,应重点关注优化城市绿心的空间布局和结构及发挥城市绿心的综合功能,研究不同尺度景观结构变化带来的景观功能变化以及进行多尺度情景模拟景观多功能调控等。

## 2 景观功能及功能调控研究

### 2.1 景观功能内涵界定

景观功能的概念产生于景观生态学和空间规划,

是景观生态学的重要研究内容。Rudolf de Groot 认为景观功能分为调节功能、栖息地功能、生产功能、信息功能和承载功能 5 类<sup>[19]</sup>；鄢建国认为景观功能是指景观结构与生态学过程或景观结构单元间的相互作用<sup>[20]</sup>；L. Willemen 等人认为景观功能指景观能为人类社会提供产品与服务的能力，具有生态、社会、文化和经济价值<sup>[21]</sup>；F. Kienast 等人提出景观功能通过景观结构及镶嵌在景观结构中的生态系统过程及功能所体现，主要包括生产功能、调节功能、生境功能和信息功能，且各景观功能可以被进一步划分并与景观过程和特性相联系，人类能从中获取相应的服务与产品<sup>[22]</sup>。

景观功能是景观为人类提供相关产品与服务的能力<sup>[23-25]</sup>，体现出生态、社会、文化、经济等多种价值。景观的结构及其生态过程决定了景观具有多功能性。

## 2.2 景观格局、结构与功能的关系研究

景观的格局、过程、功能、尺度及其之间的相互关系是景观综合研究的基本问题<sup>[26]</sup>，其中，景观格局与功能关联研究是景观生态学关注的重点。S. Lautenbach 等人根据土地利用/土地覆盖的景观变化数据，推测研究区区域尺度上的景观生态系统功能变化<sup>[27]</sup>；J. Skalos 等人研究了景观格局变化对景观内各类生态系统的含水量影响，并验证景观格局变化是反映景观功能变化的指示者<sup>[28]</sup>；李玉凤等人在景观分类的基础上，通过分析景观格局变化了解景观功能的特征<sup>[29]</sup>；冯喆等人统计了研究区的空间数据并划分不同的景观功能强度<sup>[30]</sup>；林佳等人定量分析了研究区不同尺度的景观格局变化特征，以划分景观生态功能区<sup>[31]</sup>。景观格局影响着景观功能的使用和发挥，景观功能的空间结构特征可以通过分析景观格局变化特征得到，今后在景观功能及其与空间格局的研究中，应加强对景观功能与生态过程互馈的认识研究。

国内外关于景观结构和功能的分析研究较多，特别是针对某个景观结构特征对某一功能的影响研究。M. S. Tveit 研究了空间开敞度对挪威乡村景观美化功能的影响<sup>[32]</sup>；G. L. Holloway 等人研究了森林植被的层次以及下层植被的覆盖度对动物生存和繁衍的影响<sup>[33]</sup>；Yao Y. 等人研究了植被多样性、色彩对比度、景观建筑数量以及地形起伏变化对中国乡村聚落美化功能的影响<sup>[34]</sup>；陈永林等人通过调整空间结构的布局进行景观要素重建，以实现研究区功能的重塑<sup>[35]</sup>。

分析景观结构是进行景观功能和动态研究的基

础<sup>[20]</sup>，结构与功能既相互适应，又相互矛盾，其相互作用过程推动着景观的变化。生态绿心处于城郊区或多个城市结合部，具有复杂的结构及功能，今后需关注多个景观结构与多景观功能关系的研究，以及不同尺度下景观结构、功能的变化特征及其生态过程的动态研究。

景观格局及景观结构特征研究是景观功能评价的前提。可以通过空间制图、运用相关模型以及指标体系核算来实现对景观功能的评价<sup>[36-37]</sup>。将地理信息系统技术与景观生态学相结合，基于 ArcGIS 软件，对景观功能进行空间叠置分析成为目前主要的研究方法。

张静等人利用地理信息系统建立转移矩阵，计算景观格局指标来表征景观生态功能<sup>[38]</sup>；赵运林等人利用 GIS 软件对生态服务的多个功能进行加权叠加，绘制生态系统服务重要性空间分布图，构建评价模型<sup>[39]</sup>；李玉凤等人利用景观格局指数对景观功能的结构特征进行分析评价<sup>[29]</sup>；P. Laterra 等人运用生态服务系统 (ecosystem services, ES) 评价框架，评价乡村景观的生态多样性及生态功能<sup>[40]</sup>；冯喆等人基于自组织特征映射模型 (self-organizing feature map, SOFM)，对研究区景观生产功能、碳汇功能、土壤保持功能、生境维持功能及居住功能进行定量化评价<sup>[30]</sup>；苗李莉等人构建了基于遥感与 GIS 的城市湿地生态服务功能评价指标体系<sup>[41]</sup>。

利用 GIS 及遥感技术可实现对区域景观分布格局、景观优势度等内容的研究，但是这一方法仅适用于最多 2 种功能，易忽略景观多功能组合的差异，无法揭示不同地域空间的景观功能相互关联作用，而且空间制图和指数选取易受到数据可获取程度的制约。定量化研究方法不适用于无法获取空间信息或无法被定量化评价的景观功能。

利用专家赋值法、受访者评分法等定性分析方法对景观功能的研究也较为普遍。潘影等人运用野外调查及专家系统赋值法，评价研究区景观生态与美学功能价值<sup>[42]</sup>；郭先华等人采用评分法对研究区景观美学价值进行评价<sup>[43]</sup>。通过定性方法获得的评价结果容易受到评价者主观感受的影响。对于景观功能的评价研究需将定性方法与定量两种方法相结合，在定性分析的基础上构建评价模型和指标体系，对定性评价指标进行量化，以确保评价结果的科学性和准确性。

## 2.3 多功能景观研究

景观功能的空间作用受自然、社会经济及景观格局等因素的影响，需要基于不同景观功能对其空

间差异性进行分析,多功能景观已经成为今后景观功能研究的重要发展方向和景观生态学新的学科生长点。王紫雯将多功能景观概念融入景观规划与管理之中,以实现可持续景观发展<sup>[44]</sup>; A. Stockdale 等人以苏格兰国家公园为研究案例,探讨了规划和管理对多功能景观的影响<sup>[45]</sup>; E. G. Steingröver 等人在农业景观中构建“蓝绿网络系统”,以恢复和构建若干布甲的栖息地,实现自然控制农田害虫的目标<sup>[46]</sup>;冯喆等人对北京及其周边地区的景观功能强度进行划分,表征了多功能景观的功能分异和空间分异<sup>[30]</sup>;汤茜等人提出多功能景观研究的主要发展方向及研究方法<sup>[47]</sup>。

多功能景观是在优化景观结构的基础上提升景观功能,以有效的景观管理和景观调控促进区域社会与环境的可持续发展。如何将生态绿心地区景观的生态、经济、社会等多种功能有效整合,促进景观结构的优化和区域可持续发展,这是今后需要重点关注的问题。

#### 2.4 景观功能调控研究

景观功能调控主要是通过景观结构和景观生态空间格局来表现,涉及景观调控<sup>[48-49]</sup>、生态功能调控<sup>[50]</sup>、土地利用调控<sup>[51]</sup>的研究成果较多。韦薇等人应用“源-汇”景观调控理论,通过优化景观空间配置控制面源污染<sup>[52]</sup>;许月卿等人通过划分张家口市土地生态功能区,提出各功能区土地利用优化调控方向<sup>[53]</sup>。景观功能调控需要完整的生态系统格局,其建立一般基于宏观、中观和微观3个尺度。姚晓洁等人分别从宏观、中观、微观3个尺度对聚落绿色空间景观格局和绿色景观调控措施以及对策进行了探讨<sup>[54]</sup>;毕海洋等人研究了县域以下尺度主体功能区土地功能调控<sup>[51]</sup>。分析景观结构和景观功能的特征是进行景观功能调控的基础,一般通过构建多尺度、多情景模拟提出具体的调控措施。D. B. van Berkel 等人运用智能体模型与情景模拟方法,预测荷兰郊区景观格局变化并对景观功能进行调控研究<sup>[55]</sup>;张晓彤等人对乡村多功能景观进行模拟,以了解不同功能景观的特征<sup>[56]</sup>。景观功能具有时空差异性,基于多尺度、多目标、多利益主体开展景观多功能模拟,为区域景观功能调控和规划管理奠定了研究基础。

遥感技术和地理信息系统的运用在景观功能调控中占据着重要地位。利用遥感技术,可对景观类型和土地利用进行分类,对生态系统和景观特征进行定量分析,对景观格局动态变化进行监测。借助地理信息系统技术,可分析景观格局及其变化,进行图像输出以及模型模拟。李卫国等人利用GIS/RS

技术对城市生态功能区进行划分,提出各功能分区的调控对策<sup>[57]</sup>;毕海洋等人基于遥感解译、地理信息系统技术,分析土地利用功能空间转移情况,探索土地利用功能调控<sup>[51]</sup>。利用地理信息系统技术分析生态绿心地区景观格局变化,是评价景观功能、进行功能调控的重要手段,有利于判断多尺度下景观功能的变化,从而综合考虑景观的多功能对城市生态系统的影响。

### 3 研究展望

有效整合及调控生态绿心地区景观多功能对指导景观规划与设计、引导产业发展与推动生态环境建设有着积极的作用。因此,构建景观功能评价指标体系对各功能进行合理评价,揭示城市生态绿心景观功能变化带来的生态效应变化,构建多情景模拟模型下的景观功能调控决策体系,这是解决现有城市景观中存在问题并确定区域未来发展方向的关键所在。

1) 推进景观功能特征研究。景观是由多种不同类型的生态系统所组成的,结合景观的特征构建景观功能评价体系,这有利于明确生态绿心景观的多功能特点及基本特征。可从区域多空间尺度来分析景观功能问题,探讨不同评价尺度的功能响应。加强城市化背景下景观结构变化和空间格局差异对景观功能变化的影响研究,能够更准确地衡量生态绿心景观现状的优势与不足,以指导功能调控与规划管理。

2) 完善景观的多功能评价方法。在利用传统遥感影像数据以及相关调研数据的基础上,可以采用大数据技术,分析长时间序列上景观多功能的动态变化和相互作用机理。加强景观功能评价指标的筛选,开发能反映景观功能在区域上的变化差异的多功能景观指数。研究区域尺度的空间分析和动态变化,充分考虑多个景观功能在不同时空尺度的整体提升和协同发展,建立合理的指标体系或模型,以揭示景观格局对景观功能的影响以及景观功能的动态变化。

3) 优化景观多功能调控决策。景观格局、功能和过程研究须考虑尺度问题,空间粒度或幅度变化会对景观空间特征、景观多功能的驱动因素及景观多功能评价造成影响。同时,生态绿心景观的多功能情景模拟应考虑社会、经济、自然多维度的驱动力因素,合理设定土地利用/土地覆被变化及景观功能动态情景,模拟多重景观功能调控措施。建立景

观功能的动态监测机制, 分析景观格局对景观功能的影响及功能的动态变化, 有效调控景观发展变化方向。

4) 加强景观功能的实践研究。将景观功能调控研究与实践应用相结合, 应考虑多主体需求, 避免脱离研究区实际情况和不遵从利益相关者发展意愿的景观功能调控和管理。

#### 参考文献:

- [1] 王晓俊, 王建国. 兰斯塔德与“绿心”: 荷兰西部城市群开放空间的保护与利用[J]. 规划师, 2006, 22(3): 90-93.  
WANG Xiaojun, WANG Jianguo. Randstad and “Green Core”: Protection and Utilization of Open Space of City Ring Region in Western Holland[J]. Planners, 2006, 22(3): 90-93.
- [2] 刘利, 王法成. “绿心环形城市”的源流、发展与演变[C]//生态文明视角下的城乡规划: 2008中国城市规划年会论文集. 大连: 中国城市规划学会, 2008: 12.  
LIU Li, WANG Facheng. The Origin, Development and Evolution of Ecological Green-Core Cities[C]//Urban and Rural Planning from the Perspective of Ecological Civilization: Annual Conference of Chinese Urban Planning, 2008. Dalian: Urban Planning Society of China (UPSC), 2008: 12.
- [3] 刘滨谊, 姜允芳. 论中国城市绿地系统规划的误区与对策[J]. 城市规划, 2002, 26(2): 76-80.  
LIU Binyi, JIANG Yunfang. On the Mistake and the Policy in the Urban Greenspace System Planning[J]. City Planning Review, 2002, 26(2): 76-80.
- [4] 张清华. 城市绿心地区的保护与利用模式初探: 以长株潭城市群绿心规划为例[C]//城市发展研究: 2009城市发展与规划国际论坛论文集. 哈尔滨: 中国城市科学研究会中国城市规划学会, 2009: 16-18, 45.  
ZHANG Qinghua. Conservation and Utilization Models of Urban Green Cores: A Case Study of the Planning of Green Cores in Chang-Zhu-Tan Urban Agglomeration[C]//Urban Development Research: International Forum on Chinese Urban Development and Planning, 2009. Harbin: Urban Planning Society of China(UPSC), 2009: 16-18, 45.
- [5] 郭巍, 侯晓蕾. 城市绿心发展及其空间结构模式策略研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(5): 165-168.  
GUO Wei, HOU Xiaolei. Research on Development and Spatial Structure Pattern of Urban Green Heart[J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(5): 165-168.
- [6] 叶祖达. 建立低碳城市规划工具: 城乡生态绿地空间碳汇功能评估模型[J]. 城市规划, 2011, 35(2): 32-38.  
YE Zuda. Low Carbon City Planning: Carbon Sink Assessment Model for Urban-Rural Ecological Green Space System[J]. City Planning Review, 2011, 35(2): 32-38.
- [7] 王发曾, 王胜男, 李猛. 洛阳市区绿色开放空间系统的动态演变与功能优化[J]. 地理研究, 2012, 31(7): 1209-1223.  
WANG Faceng, WANG Shengnan, LI Meng. Dynamic Evolution and Optimization of Green Open Space in Luoyang[J]. Geographical Research, 2012, 31(7): 1209-1223.
- [8] 刘思华, 罗杨, 肖英. 长株潭“绿心”的生态价值研究[J]. 湖南社会科学, 2011, 23(5): 125-127.  
LIU Sihua, LUO Yang, XIAO Ying. Study on the Ecological Value of Chang-Zhu-Tan Green Core[J]. Social Sciences in Hunan, 2011, 23(5): 125-127.
- [9] 张利华, 邹波, 黄宝荣. 城市绿地生态功能综合评价体系研究的新视角[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(4): 67-71.  
ZHANG Lihua, ZOU Bo, HUANG Baorong. New Perspective of Comprehensive Evaluation Research on Urban Green Space Ecosystem[J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(4): 67-71.
- [10] 徐波, 郭竹梅. 城市绿地的避灾功能及其规划设计研究[J]. 中国园林, 2008, 23(12): 56-59.  
XU Bo, GUO Zhumei. Study on Disaster Shelter Function of Urban Green Space and Its Design[J]. Chinese Landscape Architecture, 2008, 23(12): 56-59.
- [11] 李颖怡, 何昉. 自然与人文共演城市“绿心”: 以深圳光明中央公园为例[J]. 中国园林, 2010, 26(10): 13-17.  
LI Yingyi, HE Fang. Urban Green Heart: The Interaction of Nature and Humanity: A Case Study of Guangming Central Park[J]. Chinese Landscape Architecture, 2010, 26(10): 13-17.
- [12] 李辰琦, 张伶俐. 在更新中激活城市的特色生命力: 以湛江“绿心”城市设计方案为例[J]. 建筑学报, 2005, 51(2): 15-17.  
LI Chenqi, ZHANG Lingling. Activate the Vitality of Urban Features in Renewal Practice for Zhanjiang City[J]. Architectural Journal, 2005, 51(2): 15-17.
- [13] 吕贤军, 李锐, 李志学. 城市群地区城乡生态空间保护与利用研究: 以长株潭生态绿心地区为例[J]. 城市发展研究, 2013, 20(12): 82-87.  
LÜ Xianjun, LI Ni, LI Zhixue. Urban Agglomeration Region of Urban and Rural Ecological Space Protection and Utilization of Research: In Changzhutan Green Ecological Region, for Example[J]. Urban Development Studies,

- 2013, 20(12) : 82-87.
- [14] 欧阳婕, 许乙青. 绿色城市中心概念在南方丘陵地区的研究与应用: 以湖南省安仁县行政中心区规划设计为例[J]. 中外建筑, 2012, 17(9) : 95-97.  
OUYANG Jie, XU Yiqing. Research and Application of the Green Concept of Urban Centers in the Southern Hills: Take the Planning and Design of Anren County Administrative Center for Example[J]. Chinese and Overseas Architecture, 2012, 17(9) : 95-97.
- [15] 唐常春, 樊杰, 陈小良. 基于地域功能的土地利用协调研究: 以长株潭生态绿心暮云镇为例[J]. 自然资源学报, 2012, 27(10) : 1645-1655.  
TANG Changchun, FAN Jie, CHEN Xiaoliang. Analysis of Land Utilization Coordination Based on Territorial Function: A Case Study of Muyun Town of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Ecological Green Heart[J]. Journal of Natural Resources, 2012, 27(10) : 1645-1655.
- [16] 王发曾, 邱磊. 城市绿色开放空间系统功能认知研究: 以连云港市区为例[J]. 地理科学, 2015, 35(5) : 583-592.  
WANG Faceng, QIU Lei. The Cognitive Research on Functions of Urban Green Open Space System: A Case Study of Lianyungang Urban District[J]. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(5) : 583-592.
- [17] 赵运林, 黄田, 李黎武, 等. 基于GIS空间分析的生态服务功能重要性评价: 以长株潭城市群生态绿心地区为例[J]. 城市发展研究, 2010, 17(11) : 125-128.  
ZHAO Yunlin, HUANG Tian, LI Liwu, et al. The Importance Evaluation of the Ecological Service Function Based on GIS Spatial Analysis: Take the Ecological "Green Core" Area of Changzhutan Urban Agglomeration as an Example[J]. Urban Studies, 2010, 17(11) : 125-128.
- [18] 徐剑波, 刘振华, 宋立生, 等. 基于遥感的广州市城市绿地生态服务功能评价[J]. 生态学杂志, 2012, 31(2) : 440-445.  
XU Jianbo, LIU Zhenhua, SONG Lisheng, et al. Evaluation on Ecological Services of Urban Green Space in Guangzhou City of South China Based on Remote Sensing[J]. Chinese Journal of Ecology, 2012, 31(2) : 440-445.
- [19] DE GROOT Rudolf. Function-Analysis and Valuation as a Tool to Assess Land Use Conflicts in Planning for Sustainable, Multi-Functional Landscapes[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 75(3/4) : 175-186.
- [20] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2007: 32.  
WU Jianguo. Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy[M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press (HEP), 2007: 32.
- [21] WILLEMEN L, VERBURG P H, HEIN L, et al. Spatial Characterization of Landscape Functions[J]. Landscape and Urban Planning, 2008, 88(1) : 34-43.
- [22] KIENAST F, BOLLIGER J, POTSCHIN M, et al. Assessing Landscape Functions with Broad-Scale Environmental Data: Insights Gained from a Prototype Development for Europe[J]. Environ Manage, 2009, 44(6) : 1099-1120.
- [23] WILLEMEN L. Space for People, Plants, and Livestock Quantifying Interactions Among Multiple Landscape Functions in a Dutch Rural Region[J]. Ecological Indicators, 2010, 10(1) : 62-73.
- [24] 傅伯杰, 吕一河, 陈利顶, 等. 国际景观生态学研究新进展[J]. 生态学报, 2008, 28(2) : 798-804.  
FU Bojie, LÜ Yihe, CHEN Liding, et al. The Latest Progress Ecology in the World[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(2) : 798-804.
- [25] WILLEMEN L, VELDKAMP A, VERBURG P H, et al. A Multi-Scale Modelling Approach for Analysing Landscape Service Dynamics[J]. Journal of Environmental Management, 2012, 100: 86-95.
- [26] WU Jianguo, RICHARD Hobbs. Key Issues and Research Priorities in Landscape Ecology: An Idiosyncratic Synthesis[J]. Landscape Ecology, 2002, 17(4) : 355-365.
- [27] LAUTENBACH S, KUGEL C, LAUSCH A, et al. Analysis of Historic Changes in Regional Ecosystem Service Provisioning Using Land Use Data[J]. Ecological Indicators, 2011, 11(2) : 676-687.
- [28] SKALOS J, BERCHOVA K, POKORNY J, et al. Landscape Water Potential as a New Indicator for Monitoring Macrostructural Landscape Changes[J]. Ecological Indicators, 2014, 36: 80-93.
- [29] 李玉凤, 刘红玉, 郑囡, 等. 基于功能分类的城市湿地公园景观格局: 以西溪湿地公园为例[J]. 生态学报, 2011, 31(4) : 1021-1028.  
LI Yufeng, LIU Hongyu, ZHENG Nan, et al. A Functional Classification Method for Examining Landscape Pattern of Urban Wetland Park: A Case Study on Xixi Wetland Park, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(4) : 1021-1028.
- [30] 冯喆, 吴健生, 高阳, 等. 基于SOFM网络的景观功能分类: 以北京及周边地区为例[J]. 地球信息科学学报, 2012, 14(6) : 800-806.  
FENG Zhe, WU Jiansheng, GAO Yang, et al. Classification of Landscape Functions Using SOFM Neural Network: A Case Study from Beijing and Its Peripheral Area[J]. Journal of Geo-Information Science, 2012, 14(6) : 800-806.

- [31] 林 佳, 张弘强, 窦银银. 基于景观格局动态变化的景观生态功能区规划研究: 以大庆市市区为例[C]//绿色生态与低碳规划: 2013 中国城市规划年会论文集. 青岛: 中国城市规划学会, 2013: 13.  
LIN Jia, ZHANG Hongqiang, DOU Yinyin. Landscape Ecological Function Areas Planning Based on Dynamic Changes of Landscape Patterns: A Case Study of the Urban District in Daqing City[C]//Green Ecology and Low-Carbon City Planning: Annual Conference of Chinese Urban Planning, 2013. Qingdao: Urban Planning Society of China (UPSC), 2013: 13.
- [32] TVEIT M S. Indicators of Visual Scale as Predictors of Landscape Preference: A Comparison Between Groups[J]. Journal of Environmental Management, 2009, 90(9) : 2882-2888.
- [33] HOLLOWAY G L, SMITH W P. A Meta-Analysis of Forest Age and Structure Effects on Northern Flying Squirrel Densities[J]. The Journal of Wildlife Management, 2011, 75(3) : 668-674.
- [34] YAO Y, ZHU X, XU Y, et al. Assessing the Visual Quality of Green Landscaping in Rural Residential Areas: The Case of Changzhou, China[J]. Environmental Monitoring & Assessment, 2012, 184(2) : 951-967.
- [35] 陈永林, 谢炳庚. 江南丘陵区乡村聚落空间演化及重构: 以赣南地区为例[J]. 地理研究, 2016, 35(1) : 184-194.  
CHEN Yonglin, XIE Bingeng. The Spatial Evolution and Restructuring of Rural Settlements in Jiangnan Hilly Region: A Case Study in South Jiangxi[J]. Geographical Research, 2016, 35(1) : 184-194.
- [36] GIMONA A, HORST D. Mapping Hotspots of Multiple Landscape Functions: A Case Study on Farmland Afforestation in Scotland[J]. Landscape Ecology, 2007, 22(8) : 1255-1264.
- [37] JOSE S. Agroforestry for Ecosystem Services and Environmental Benefits: An Overview[J]. Agroforestry Systems, 2009, 76(1) : 1-10.
- [38] 张 静, 钱 瑜, 张玉超. 基于 GIS 的景观生态功能指标分析[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(3) : 299-304.  
ZHANG Jing, QIAN Yu, ZHANG Yuchao. Analysis on the Indicators of the Landscape Ecological Function Based on GIS[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(3) : 299-304.
- [39] 赵运林, 黄 田, 李黎武, 等. 基于 GIS 空间分析的生态服务功能重要性评价: 以长株潭城市群生态绿心地区为例[J]. 城市发展研究, 2010, 17(11) : 125-128.  
ZHAO Yunlin, HUANG Tian, LI Liwui, et al. The Importance Evaluation of the Ecological Service Function Based on GIS Spatial Analysis : Take the Ecological "Green Core" Area of Changzhutan Urban Agglomeration as an Example[J]. Urban Studies, 2010, 17(11) : 125-128.
- [40] LATERRA P, ORÚE M E, BOOMAN G C. Spatial Complexity and Ecosystem Services in Rural Landscapes [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2012, 154 : 56-67.
- [41] 苗李莉, 蒋卫国, 王世东, 等. 基于遥感和 GIS 的北京湿地生态服务功能评价与分区[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(3) : 102-108.  
MIAO Lili, JIANG Weigu, WANG Shidong, et al. Comprehensive Assessments and Zoning of Ecological Service Functions for Beijing Wetland Based on RS and GIS [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2013, 25 (3) : 102-108.
- [42] 潘 影, 肖 禾, 宇振荣. 北京市农业景观生态与美学质量空间评价[J]. 应用生态学报, 2009, 20(10) : 2455-2460.  
PAN Ying, XIAO He, YU Zhenrong. Spatial Evaluation on Ecological and Aesthetic Quality of Beijing Agricultural Landscape[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(10) : 2455-2460.
- [43] 郭先华, 赵千钧, 崔胜辉, 等. 丽江城市不同区域景观美学[J]. 生态学报, 2014, 34(7) : 1794-1799.  
GUO Xianhua, ZHAO Qianjun, CUI Shenghui, et al. Landscape Aesthetics in Different Areas of Lijiang City[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(7) : 1794-1799.
- [44] 王紫雯. 多功能景观概念在可持续景观规划中的运用[J]. 城市规划, 2008, 32(2) : 27-33.  
WANG Ziwen. Application of Multifunctional Landscape Concept in Sustainable Landscape Planning[J]. City Planning Review, 2008, 32(2) : 27-33.
- [45] STOCKDALE A, BARKER A. Sustainability and the Multifunctional Landscape: An Assessment of Approaches to Planning and Management in the Cairngorms National Park [J]. Land Use Policy, 2009, 26(2) : 479-492.
- [46] STEINGRÖVER Eveliene G, WILLEMIEN Geertsema, WALTER K R E van Wingerden. Designing Agricultural Landscapes for Natural Pest Control: A Transdisciplinary Approach in the Hoeksche Waard(The Netherlands)[J]. Landscape Ecology, 2010, 25(6) : 825-838.
- [47] 汤 茜, 丁圣彦. 多功能景观研究进展[J]. 生态学报, 2014, 34(12) : 3151-3157.  
TANG Qian, DING Shengyan. A Review of Multifunctional Landscape[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34 (12) : 3151-3157.

- [48] 赵华甫, 张凤荣. 北京市农业景观格局变化及功能区划[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊1): 78-84.  
ZHAO Huafu, ZHANG Fengrong. Analysis of Agricultural Landscape and the Zoning Layout of Agricultural Function in Beijing[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(S1): 78-84.
- [49] 彭建, 王仰麟, 景娟, 等. 城市景观功能的区域协调规划: 以深圳市为例[J]. 生态学报, 2005, 25(7): 1714-1719.  
PENG Jian, WANG Yanglin, JING Juan, et al. Research on Integrated Regional Planning of Urban Landscape Functions: A Case Study in Shenzhen City[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(7): 1714-1719.
- [50] 李新琪, 朱海涌, 仲嘉亮. 艾比湖流域核心区景观生态功能区划及生态调控措施研究[J]. 干旱环境监测, 2008, 22(1): 1-6.  
LI Xinqi, ZHU Haiyong, ZHONG Jialiang. Study on Landscape Ecological Function Regionalization and Ecological Control Countermeasures in Nodal Region of Ebinur Lake Basin[J]. Arid Environmental Monitoring, 2008, 22(1): 1-6.
- [51] 毕海洋, 李波, 南箔, 等. 土地功能调控与生态政绩考核研究: 以华阳河湖群地区为例[J]. 水土保持研究, 2015, 22(2): 171-177.  
BI Haiyang, LI Bo, NAN Bo, et al. Study on Land Function Regulation and Ecological Performance Evaluation System of Huayang Lake Group[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(2): 171-177.
- [52] 韦薇, 张银龙. 基于“源-汇”景观调控理论的水源地地面源污染控制途径: 以天津市蓟县于桥水库水源区保护规划为例[J]. 中国园林, 2011, 26(2): 71-77.  
WEI Wei, ZHANG Yinlong. Water Source Surface Source Pollution Control Approaches: A Case Study on Water Source Conservation Planning of Based on Source-Sink Landscape Control Theory Yuqiao Reservoir in Ji County in Tianjin City[J]. Chinese Landscape Architecture, 2011, 26(2): 71-77.
- [53] 许月卿, 赵菲菲, 孙丕苓. 基于GIS的张家口市土地生态功能分区与调控研究[J]. 资源开发与市场, 2015, 31(12): 1480-1483.  
XU Yueqing, ZHAO Feifei, SUN Piling. Study on Land Ecological Function Regionalization and Adjustment in Zhangjiakou City[J]. Resource Development and Market, 2015, 31(12): 1480-1483.
- [54] 姚晓洁, 冀凤全, 徐德培. 徽州传统聚落绿色空间景观调控探讨[J]. 安徽建筑工业学院学报(自然科学版), 2013, 21(5): 29-31.  
YAO Xiaojie, JI Fengquan, XU Depei. Research on the Regulation of the Green Space Landscape of the Traditional Settlement in Huizhou[J]. Journal of Anhui Institute of Architecture & Industry(Natural Science), 2013, 21(5): 29-31.
- [55] VAN BERKEL D B, VERBURG P H. Combining Exploratory Scenarios and Participatory Backcasting: Using an Agent-Based Model in Participatory Policy Design for a Multi-Functional Landscape[J]. Landscape Ecology, 2012, 27(5): 641-658.
- [56] 张晓彤, 宇振荣, 王晓军, 等. 场景可视化在乡村景观评价中的应用[J]. 生态学报, 2010, 30(7): 1699-1705.  
ZHANG Xiaotong, YU Zhenrong, WANG Xiaojun, et al. Scenario Visualization for Rural Landscape Assessment[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(7): 1699-1705.
- [57] 李卫国, 赵彦伟, 盛连喜. 长春市生态功能区划及其调控对策研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(1): 160-165.  
LI Weiguo, ZHAO Yanwei, SHENG Lianxi. Typical Urban Ecological Function Zoning and Their Countermeasures in Changchun of China[J]. China Population, Resources and Environment, 2008, 18(1): 160-165.

(责任编辑: 徐海燕)