

DOI: 10.5846/stxb202003120505

唐立娜, 李竞, 邱全毅, 石龙宇, 王豪伟, 郑拴宁. 景感生态学方法与实践综述. 生态学报, 2020, 40(22): 8015-8021.

Tang L N, Li J, Qiu Q Y, Shi L Y, Wang H W, Zheng S N. Review of methods and practices of landsenses ecology. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(22): 8015-8021.

景感生态学方法与实践综述

唐立娜^{1,*}, 李 竞^{1,2}, 邱全毅¹, 石龙宇¹, 王豪伟¹, 郑拴宁¹

1 中国科学院城市环境研究所城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021

2 中国科学院大学, 北京 100049

摘要:当前生态学研究前沿正在走向城市,更加关注城市中人类福祉的多元化。而我们在工作中也深刻体会到,对于以人为核心的城市复合生态系统,有一些问题用已有学科是难以解决的。在这一情况下,提出了景感生态学这一研究方向。系统阐述了景感生态学的概念与内涵、学科框架、研究框架,从国家重大开发建设中的生态环境保障系统方案和景感生态规划与设计等方面总结了景感生态学的研究进展,并就景感生态学发展方向和重点提出展望。

关键词:景感生态学;景感学;景感营造;景感生态规划;景感规划

Review of methods and practices of landsenses ecology

TANG Lina^{1,*}, LI Jing^{1,2}, QIU Quanyi¹, SHI Longyu¹, WANG Haowei¹, ZHENG Shuanning¹

1 Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: The current frontier of ecology research is moving towards the city, with paying more attention to the diversity of human well-being in the city. We also realize that there are some difficult to solve with the existing subject when we face human-centered urban ecosystem. In this background, the research of landsenses ecology is proposed. This paper aimed to (1) explain the concept, connotation, subject frame, and research framework of the landsenses ecology; (2) summarize the research progress of landsenses ecology from the aspects of the national major development and construction of ecological and environmental security system solutions, landscape ecological planning and design and so on; and (3) propose the directions and emphases for the development of landsenses ecology.

Key Words: landsenses ecology; landsenseology; landsense creation; landsense ecological planning; landsense planning

生态学经历了几十年的发展,其分支在时间进程上包括个体生态学、种群生态学、系统生态学、以及景观生态学。几乎针对所有研究对象,生态学也相应产生大量分支学科。不同于通过尺度变换或对象改变而直接衍生的生态学分支学科,景感生态学是以土地利用规划与设计为切入点、以生态系统服务为核心内容、以可持续发展为目标的综合性生态学分支学科。景感生态学参考了现代生态学原理,突出了中国传统生态学理念,是对中国传统文化和科学的高度概括和发扬。在过去四年里,景感生态学以解决实际问题为导向,在实践中不断发展成熟。本文目的是通过介绍景感生态学的理论发展和应用案例总结该学科的研究方法与实践,为其进一步发展和广泛应用提供参考。

基金项目:国家自然科学基金重点项目(71533003)

收稿日期:2020-03-12; 修订日期:2020-07-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lntang@iue.ac.cn

1 景感生态学方法体系

1.1 景感生态学的概念与内涵

景感生态学(Landsenses Ecology)是指以可持续发展为目标,基于生态学的基本原理,从自然要素、物理感知、心理认知、社会经济、过程与风险等方面,研究土地利用规划、建设与管理的科学。自然要素包括光、热、水、大气、土壤、磁场、放射性和地形地貌等;物理感知是人们通过视觉、听觉、触觉、嗅觉等感官对景感的感知;心理认知是人们通过物理感知进而形成的心理反应,包括安全、文化、伦理等维度。其中一些要素具备自然要素、物理感知或心理感知等多重属性。这些要素出现与否和不同组合会导致不同的土地利用效果^[1]。

在实践中,人们通过适当的表现形式将其某一或某些愿景赋予或融入某种载体(Carrier),使其他人(包括他们自己)能够从这一载体及其相关的表现形式领悟这一或这些愿景。这些愿景可以引导或规范人们的言行,以增进人与生态系统的互动和联系,引导人们保持、改善和增加生态系统服务,进而促进和保障可持续发展的实现。我们把具有这种属性的载体称为景感(Landsense),把构思和构筑景感的整个过程称为景感营造(Landsense Creation),把关于景感营造理论和方法的研究称为广义景感生态学(General Landsenses Ecology),或简称为景感学(Landsenseology)^[2]。

1.2 景感生态学的学科框架

景感生态学主要从属于自然科学,是生态学与规划学的交叉学科,也涉及建筑学和环境科学等学科领域,主要服务于土地利用规划管理,归属于生态规划方法的一种。同时,景感生态学深度借鉴和融合中国传统文化,以及心理学、美学和社会经济学等人文科学。自然科学层面着重探索广泛适用的一般性规律,人文科学层面着重探索个性化的局地特征及其形成的人文背景,两个层面相辅相成。景感生态学的产生和发展得益于物联网、人工智能等数字技术的发展。这些技术的广泛和深度应用不仅为景感生态学提供了用于感知的传感器,也为海量信息的处理、分析和应用提供了技术上的可能性。景感生态学关注的核心是居民福利,即通过景感营造进行土地规划和设计,提高居民对生态系统服务的满意度,进而实现可持续发展(图1)^[3]。

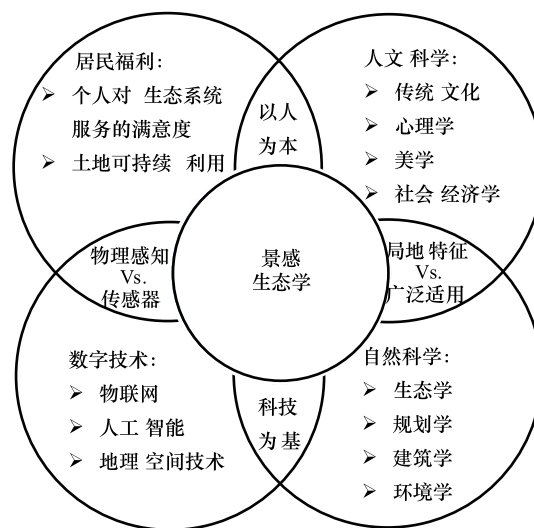


图1 景感生态学的学科框架

Fig.1 Subject frame of landsenses ecology

1.3 景感生态学的研究框架与范式

1.3.1 景感生态学的核心思想

(1) 生态系统服务和可持续发展

景感生态学是研究生态系统服务和可持续发展的有效途径,也是联系生态系统服务和可持续发展的桥梁^[2]。从生态系统服务的视角分析,我们认为可持续发展是保持、改善和增加生态系统服务并能对人类当代和后代提供可持续福利的发展^[4]。可持续生态系统和景观能够提供连续的生态系统服务,以确保人类社会达到它的目标和愿望^[5]。

(2) 景感营造

景感营造是广义景感生态学的核心,可以把人和生态系统服务及可持续发展紧密地联系起来。景感营造及景感生态学研究目的是在保持、改善和增加“通常意义”的生态系统服务的同时,更加注重增加有关“可持续发展意识及其相关理念”的生态系统服务。可持续发展的实现不仅需要科学技术的“硬”支撑,更需要相应的文化和伦理道德等方面的“软”支撑。“可持续发展意识及其相关理念”可以促使人们遵守可持续发展的共

同行为规范,使其在享用生态系统服务的同时,自觉地共同行动,进而推动保持、改善和增加生态系统服务,确保可持续发展目标的实现。景感营造的原则主要包括①愿景呈现的双向性,一方面是设计者将其愿景融入景感,另一方面是其他人能够通过这一景感领悟这一愿景并对其产生共鸣;②方位的脉势顺应性,景感营造中,可以根据载体及关联生态系统的特点和山水脉势、愿景展现脉势(心理脉势)以及景感空间要素布局的需要,人为主观设定景感要素的位置和方向;③时空组合的多尺度性,景感营造中可以把人们在不同时间和地点的感知和认知融入同一景感中;④物理感知的系统性,人们的视觉、听觉、嗅觉、味觉和触觉等物理感知功能作为一个系统是无法拆分的,而且常常相互影响。生态系统作为一个整体也是不可拆分的;⑤心理认知的整体性,物理感知的系统性和人们的文化素养、社会经济层次、知识水平等要素决定了人们心理认知的整体性;⑥物理感知与心理认知的交互性,人们的物理感知和心理认知是相互关联、相互作用且密不可分的;⑦不同文化之间的差异性,景感营造中应优先考虑不同地区和不同群体的传统、偏好及文化的差异性;⑧营造过程的渐进性,景感营造很难一次完成,需要逐步地改进或完善^[2]。

(3) 趋善化模型

由于土地利用规划、建设与管理涉及多方面因素,是一个长时期、连续的、协调、反馈和完善的过程,而且在这一过程中会出现意想不到的情况和变化,尤其是基于景感生态学的土地利用规划与建设。一次规划不可能完整至善,只能沿着既定的方向不断推进和完善,即趋善化的过程^[1]。因此,景感认知和营造过程具有趋善化的特点,其研究中应当采用趋善化模型。

趋善化模型的核心思想是“没有最好的结果,只有更好的途径”^[4]。趋善化模型运用优化模型思想的精髓,它强调和体现过程及过程运行中的调控和趋善,追求的目标不是单一或某一阶段的优化,而是强调目标与约束条件的同步交叉、相互协同与调控,进而推动目标的不断完善^[1]。

1.3.2 景感生态学的研究框架

景感生态学的一般性研究方法主要可以概括为3个步骤。一是物联网监测,即采用物联网等技术手段获取多途径、多源、多尺度、动态更新的数据,并与其他来源的数据进行耦合共同形成谜码数据(包括混合数据和行进数据)。二是趋善化分析,即采用趋善化模型对景感营造过程进行分析,基于模型运行过程中的模拟预测和风险分析,在目标与约束条件之间的同步交叉、相互协同过程(即实现途径和目标不断优化调整)中,使得结果不断趋向“最优”。三是景感营造,即实施针对性的规划、设计、建设、管理方法,并构建它们之间的有机组织营造景感,研究通过景感营造推动生态系统服务的保持、改善和提升的方法,最终实现可持续发展。

景感生态学思想主要来源于土地利用规划与建设,傅伯杰等利用景观生态学原理指导土地可持续利用评价^[6],它也将自然地服务于土地利用规划与建设。土地利用规划、建设与管理是一个长时期、连续的、协调、反馈和完善的过程^[1]。同理,景感营造通常是一个长时间持续不断的过程,需要在实施过程中根据情况的变化加以调整、改进和完善。景感营造过程中对生态系统服务内涵、人类与生态系统的关系、及人与人之间的关系等变化和趋势的预判将成为景感营造面临的一个挑战^[2]。

景感营造的渐进性就是相对于这种不断变化的过程而言的。为了适应这一不断变化的过程,关于景感营造的研究需要采用趋善化模型及其相关总体分析框架^[1]。而涉及过程的研究通常要考虑过程风险的问题,即要进行风险分析并制定相应的应对方案。同时,景感营造的过程特征决定了相应数据的过程特征。部分景感营造需要的数据很难通过传统办法获取,新方法获取数据的质量与传统办法相比往往不一致,所以景感营造研究更需要采用行进数据和混合数据,即谜码数据^[1]。也就是说,景感学研究采用的趋善化模型需要谜码数据作为支撑^[2]。

1.3.3 景感的表征

景感主要通过物理感知和心理认知两类指标进行表征(表1)。由于受感官敏感性、教育背景、个人偏好、情绪波动等多种因素影响,不同人对同一景感会形成不同的物理感知和心理认知,其中心理认知的差异较物

理感知更大。例如,安全 and 安全感是两个不同的概念。安全是客观状态,安全感是安全主体对自身安全状态的自我意识。自我意识与客观的安全状态有时比较一致,有时则相差甚远。

景感的表征在公园品质提升、城市生态规划等方面具有应用价值和推广意义。针对北京市典型城市公园生态系统文化服务与人们感知之间的关联关系的研究表明,景感要素的重要性存在差异,不仅与要素的感知难易程度有关,也与居民感官的感知尺度有关,这从提升人们对城市公园景感满意度的角度,为城市公园的规划和管理提供了依据和建议^[7]。在京津冀生态关键区域的典型城乡交错带的规划中,研究者基于景感特征指标将生态信息融入城市规划过程,阐明了生态规划融入居民感觉信息的挑战性和重要性^[8]。

表 1 景感的表征指标
Table 1 Characterization indicators of landsense

	维度 Dimension	景感指标 Indicators of landsense	指标说明 Definition of indicator
物理感知 Physical senses	视觉维度	景观可识别	景观适宜观赏
		人类景观	人的数量适中、无干扰
		动物景观	观赏动物(如野鸭)
		植被景观	观赏树、草、花等植物
		水体景观	观赏水景
		道路景观	观赏道路的线形、色彩等
	听觉维度	风声	风吹植物的声音
		水声	水声
		人声	适度的人声
		动物声	动物的声音
		播报声	广播的声音
		噪声	交通、施工等噪音
	触觉维度	阳光接触	对光环境的感受
		风的接触	对风环境的感受
		温度接触	对温度、湿度的感受
		材料接触	对各种材料质地的感受
		水的接触	触摸水
		道路接触	道路触感舒适
	嗅觉维度	植物气息	闻到植物的气息
		无异味	没有污水、垃圾等异味
心理认知 Psychological perceptions	安全维度	安全感	主观认为自身安全
	文化维度	审美能力	通过感知、理解、想像、情感等活动形成的主观审美认知
		文学艺术	借助语言、表演、造型等手段塑造的意识形式
	伦理维度	风俗习惯	人际交往中的礼俗、民俗和风俗
		行为规范	人与人、人与社会和人与自然关系中的行为规范
		道德准则	人与人相处的道德标准

引自^[7-9]

2 景感生态学研究进展

2.1 基于景感生态学的生态环境保障系统方案

景感生态学可以把人类福祉与生态系统服务及可持续发展紧密联系起来,进而为开发建设活动提供生态环境保障系统方案。赵景柱等人基于景感生态学,提出城市“生态基础设施建设、生态系统修复、环境协同治理、资源循环利用”四位一体的景感生态保障系统方案,即(1)在生态基础设施核心区和廊道辨识的基础上,分析城市生态建设过程中的薄弱环节;(2)采用近自然的方法,从生态系统整体的角度开展生态修复;(3)统

筹考虑水、土、气、声、风等各种环境要素,实现环境协同治理;(4)针对开放性的城市复合生态系统,开发资源循环利用技术,实现废弃物减量化和无害化。

景感生态保障系统方案在雄安新区、粤港澳大湾区等国家重要示范区开展了应用示范。粤港澳大湾区生态保障系统方案以城市可持续发展为目标,注重不同时空尺度的耦合,遵循时空组合的多尺度性、不同文化间的差异性等原则,整合了宏观—中观—微观尺度生态基础设施体系,基于 GIS 空间分析技术,分别以粤港澳大湾区、惠州市、沐沥河流域为研究对象,构建了不同尺度的“生态核心区—生态廊道”基础设施体系。景感生态规划技术在雄安新区生态基础设施的规划、设计、建设、管理等方面均发挥了指导作用。规划过程中,在大清河流域、雄安新区全域、雄安新区起步区 3 个尺度下,辨识并分析生态环境脆弱问题及薄弱环节,制定近期、中期、远期规划目标,以可持续发展的眼光谋划城市生态基础设施建设大方向;设计过程中,紧扣规划目标,在保持、改善和增加生态系统服务的同时,将可持续发展理念进一步细化并融入适当载体,拉近民众与可持续发展理念的距离;通过生态基础设施的建设将愿景具象化,切实改善人居环境,并充分发挥教育、引导作用,增强民众可持续发展意识,使得人们在享用生态系统服务的同时,自觉地共同行动,推进保持、改善和增加生态系统服务,确保可持续发展目标的实现。

2.2 景感生态规划与设计

景感生态规划是指以景感生态学为主要理论基础,将生态措施作为修复与建设的主要途径,综合考虑当地自然条件和人们的生活、生产和文化等内容,促进和保障区域可持续发展的规划,简称为“景感规划”^[1]。

景感生态规划是景感生态学最早发展的分支。2016 年出版的 SCI 专辑《景感生态学与面向可持续发展的生态规划》中,不仅在国际上首次提出了景感生态学和景感生态规划的概念,也形成了较为完善的景感规划框架,明确了景感规划的基本原则^[1],强调规划人员需要充分了解人类的感官反应,包括美感、听觉、品味、嗅觉、触觉、风、方向和心理反应八种感官类型,认为从人类感官信息中获取的各种数据在规划生态与可持续城市方面具有巨大潜力^[10]。其他学者分别从景观格局优化^[11]、微气候空间规划^[12]、水环境规划^[13]、湿地恢复^[14]、河岸带生态修复与护岸建设^[15]、声景规划^[16]、废弃物处置^[17]、生态系统服务提升^[18]和环境物联网设计^[19]等方面,在世界文化遗产京杭大运河香河段开展了一系列基于景感规划框架的专项规划工作。

石龙宇等以北京市城市副中心通州区西集镇为研究对象,提出了城乡交错带景感生态规划的基本思路,强调将生态信息融入城市规划过程的重要性,认为景感生态学方法有助于生态规划师理解居民的感受、想法和意见。将感知数据融入规划过程,既不会降低设计的艺术性,也不会影响企业的经济效益^[8]。Zheng 等基于景感规划框架和环境物联网技术,开展崇明岛景感生态工业园规划与设计研究,涉及光伏发电,淡水养殖,观光农业等内容,为传统工业园区的生态资产和产业整合提供增值服务,并研究为其他工业园区提供产业规划和景感营造的理论和技術示范,也为产业生态化、生态产业化和景感特色化创建了示范园^[20]。

2.3 其他主要方向

在文化维度方面,Zhao 等指出景感生态学或景感学强调将人的物理感知、心理认知和可持续发展概念整合到区域生态环境研究和规划建设管理中,这是对古代朴素的生态思想与可持续发展意识的继承和发展。中国传统的诗书画蕴含着人们对美好生活的向往,展现了创作者对生态系统和朴素生态概念的感知。景感生态学反映出一种愿景,即当代人可以在高度城市化的空间中获得理想的生活环境并实现可持续发展。受中国古代传统艺术创作的启发,景观规划师能够突破特定空间尺度的局限性,在有限的规划空间内展示生态系统元素的相对尺度和方向,展现了生态系统的完整性^[21]。

在视觉维度方面,Shao 等研究了土地利用规划中视觉感知的最优空间尺度,将人眼的双眼视角和距离与手机相机的视场相结合,以确定最佳的视觉感受,并总结提出了基于光学理论和可视化技术的最佳视觉感知概念,最终为土地使用规划者、建筑师和可持续性学者提供最佳视觉建议^[9]。Xu 等研究了居民景观偏好的影响因素,结果表明,人们对城市化景观的偏好比自然景观更高。人们居住地区的城市化水平越高,对自然景观的喜爱度越高。此外,人口越年轻,对自然景观的偏好越明显^[22]。

在听觉维度方面,Dong 等从声景设计的角度出发,基于 EIoT 的噪声监测数据,分析了京杭大运河香河段的声环境类型和特征,并提出了一种交通噪声控制模型,以改善敏感区域的声环境^[10]。

在触觉维度方面,平潭综合实验区的风环境舒适感及其生态效应研究,针对高密度住宅区面临的局地大风及其引起的细沙漫城、海滩利用率底等问题提出了系统化解方案,有效防止了风沙对沿海防护林带的吞噬^[23-24]。

2.4 进展评述

景感生态学的产生一方面得益于生态学的发展和中國传统文化的积淀,另一方面也来源于城市可持续发展实践的需求牵引。自 2016 年首次提出至今,景感生态学已形成了较为明晰的概念、学科框架和核心思想,研究方法已初具雏形,在研究实践方面也进行了有益探索。

景感生态规划是最先提出发展得相对迅速的研究方向,当前关注重点是基于景感表征指标实现对人们满意度的度量。从景感表征维度看,声景的研究历史较长,是听觉维度中较为成熟的研究方向;关于风环境舒适度和温湿度舒适度的研究是触觉维度研究的主要切入点;心理认知的研究相对较薄弱,在中国古代传统艺术创作中探究当代景观规划的启示是开拓性的尝试。国家重要示范区开展的景感生态保障系统方案是景感生态学的重要实践,项目预计可实现流域年径流总量控制率达 75%,消除黑臭水体且水质稳定达到功能区标准,河流周边居民环境满意度达到 90% 以上,有效降低区域生态风险。

3 景感生态学研究展望

3.1 景感表征指标体系的发展与完善

景感指标至少应当包括物理感知和心理认知两个层面。目前针对物理感知指标有一定研究,而心理认知的研究较为薄弱,其系统指标体系还未建立。指标体系是对系统认识景感的重要抓手,是评价景感营造优劣的工具,是景感生态学急需发展和完善的方面。

3.2 物联网、迷码数据和人工智能的融合发展

景感生态学的理论研究和实际应用需要对生态及相关动态过程进行长期、实时、原位的观测,物联网对于此类观测不可或缺。通过物联网及其他手段获取的数据是迷码数据^[1],也就是说这些数据是多源、异构且不断改进的。当前人工智能技术快速发展,为数据处理和分析提供了有效的技术方法。利用物联网、迷码数据、人工智能的深度融合,促进数据高效快捷的获取、处理、分析和应用,是推动景感生态学发展的重要动力。

3.3 城市规划与设计中的景感营造

景感生态学是受各种传统规划与建筑思想的启发而在理论研究和实践过程中自然形成的^[1]。景感营造是城市规划与设计践行景感生态学最重要的手段,也是城市管理者保持、改善和增加生态系统服务,实现可持续发展的有效途径。

参考文献(References):

- [1] Zhao J Z, Liu X, Dong R C, Shao G F. Landsenses ecology and ecological planning toward sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 293-297.
- [2] Zhao J Z, Yan Y, Deng H B, Liu G H, Dai L M, Tang L N, Shi L Y, Shao G F. Remarks about landsenses ecology and ecosystem services. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, 27(3): 196-201, doi: 10.1080/13504509.2020.1718795.
- [3] Shao G, Wu G. Progress in landsenses ecology research and applications: an introduction. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, 27(3): 193-195, doi: 10.1080/13504509.2020.1731723.
- [4] 赵景柱. 关于生态文明建设与评价的理论思考. *生态学报*, 2013, 33(15): 4552-4555.
- [5] 傅伯杰, 刘世梁, 马克明. 生态系统综合评价的内容与方法. *生态学报*, 2001, 21(11): 1885-1892.
- [6] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001: 269-279.
- [7] Zheng T, Yan Y, Lu H, Pan Q, Zhu J, Wang C, Zhang W, Rong Y, Zhan Y. Visitors' perception based on five physical senses on ecosystem services of urban parks from the perspective of landsenses ecology. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, 27

- (3): 214-223, doi: 10.1080/13504509.2020.1729272.
- [8] 石龙宇, 赵会兵, 郑拴宁, 于天舒, 董仁才. 城乡交错带景感生态规划的基本思路与实现. 生态学报, 2017, 37(6): 2126-2133.
- [9] Shao J, Qiu Q, Qian Y, Tang L. Optimal visual perception in land-use planning and design based on landsenses ecology. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, 27(3): 233-239, doi: 10.1080/13504509.2020.1727990.
- [10] Dong R C, Liu X, Liu M L, Feng Q Y, Su X D, Wu G. Landsenses ecological planning for the Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 298-304.
- [11] Tang L N, Wang H, Wang L Y, Qiu Q Y. Landscape pattern optimization for Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 305-311.
- [12] Li C M, Pan L, Zheng S N, Shao G F. Microclimatic spatial planning for Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 312-318.
- [13] Wu J, Pan S Q, Lin X Y, Chen S H, Ye Z L. Water environment planning for the Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 319-325.
- [14] Wu G, Tan L B, Yan Y, Tian Y, Shen Y, Cao H M, Dong M T. Measures and planning for wetland restoration of Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 326-332.
- [15] Tian Y, Guo Z Q, Zhong W, Qiao Y C, Qin J X. A design of ecological restoration and eco-revetment construction for the riparian zone of Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 333-342.
- [16] Dong R C, Yu T S, Ma H, Ren Y. Soundscape planning for the Xianghe Segment of China's Grand Canal based on landsenses ecology. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 343-350.
- [17] Ye Z L, Lin X Y, Xu Y, Pan S Q, Wu J. Domestic waste disposal planning for the Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 351-357.
- [18] Guo Q H, Wu J J, Xiao L S. Promoting ecosystem services through ecological planning in the Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 365-371.
- [19] Zheng R B, Zhang T H, Liu Z F, Wang H W. An EIoT system designed for ecological and environmental management of the Xianghe Segment of China's Grand Canal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2016, 23(4): 372-380.
- [20] Zheng S, Cui K, Sun S, Wu J, Qiu Q, Tian, Y. Planning and design based on landsenses ecology: the case study of Chongming Island Landsenses Ecol-industrial Park. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, doi: 10.1080/13504509.2020.1725918.
- [21] Zhao Y, Xiao L. Analysis on the landsense creation of Chinese classical poetry and mountains-and-waters painting based on landsenses ecology. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, 27(3): 292-296, doi: 10.1080/13504509.2020.1726835.
- [22] Xu M, Luo T, Wang Z. Urbanization diverges residents' landscape preferences but towards a more natural landscape: case to complement landsenses ecology from the lens of landscape perception. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2020, 27(3): 250-260, doi: 10.1080/13504509.2020.1727989.
- [23] Zheng S N, Yu B. Landsenses pattern design to mitigate gale conditions in the coastal city-a case study of Pingtan, China. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2017, 24(4): 352-361.
- [24] 江源通, 田野, 郑拴宁. 海岛型城市生态安全格局研究——以平潭岛为例. 生态学报, 2018, 38(3): 769-777.