

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

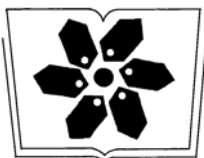
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第1期 Vol.34 No.1 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 1 期 2014 年 1 月 (半月刊)

目次

卷首语: 复杂与永续..... (I)

前沿理论与学科综述

城市复合生态及生态空间管理 王如松, 李 锋, 韩宝龙, 等 (1)

海洋生态系统固碳能力估算方法研究进展 石洪华, 王晓丽, 郑 伟, 等 (12)

城市生态系统灵敏度模型评述 姚 亮, 王如松, 尹 科, 等 (23)

城市生活垃圾代谢的研究进展..... 周传斌, 徐琬莹, 曹爱新 (33)

个体与基础生态

胶州湾生物-物理耦合模型参数灵敏度分析 石洪华, 沈程程, 李 芬, 等 (41)

渤海湾大型底栖动物调查及与环境因子的相关性 周 然, 覃雪波, 彭士涛, 等 (50)

生物扰动对沉积物中污染物环境行为的影响研究进展 覃雪波, 孙红文, 彭士涛, 等 (59)

种群、群落和生态系统

密云水库上游流域生态系统服务功能空间特征及其与居民福祉的关系 ... 王大尚, 李屹峰, 郑 华, 等 (70)

长岛自然保护区生态系统维护的条件价值评估 郑 伟, 沈程程, 乔明阳, 等 (82)

海岛陆地生态系统固碳估算方法 王晓丽, 王 媛, 石洪华, 等 (88)

景观、区域和全球生态

区域生态文明建设水平综合评估指标 刘某承, 苏 宁, 伦 飞, 等 (97)

基于生境质量和生态响应的莱州湾生态环境质量评价 杨建强, 朱永贵, 宋文鹏, 等 (105)

1985 年以来黄河三角洲孤东海岸演变与生态损益分析 刘大海, 陈小英, 徐 伟, 等 (115)

基于复合生态系统理论的海洋生态监控区区划指标框架研究 徐惠民, 丁德文, 石洪华, 等 (122)

我国环境功能评价与区划方案 王金南, 许开鹏, 迟妍妍, 等 (129)

资源与产业生态

生态产业园的复合生态效率及评价指标体系 刘晶茹, 吕 彬, 张 娜, 等 (136)

我国农业生态效率的时空差异..... 程翠云, 任景明, 王如松 (142)

内蒙古半干旱生态脆弱矿区生态修复耦合机理与产业模式 陈玉碧, 黄锦楼, 徐华清, 等 (149)

基于物质流分析方法的生态海岛建设研究——以长海县为例 陈东景, 郑 伟, 郭惠丽, 等 (154)

再生(污)水灌溉生态风险与可持续利用 陈卫平, 吕斯丹, 张炜铃, 等 (163)

基于流域单元的海湾农业非点源污染负荷估算——以莱州湾为例..... 麻德明, 石洪华, 丰爱平 (173)

集约用海对海洋生态环境影响的评价方法 罗先香,朱永贵,张龙军,等 (182)

城乡与社会生态

基于生态系统服务的城市生态基础设施:现状、问题与展望..... 李 锋,王如松,赵 丹 (190)

北京城区道路系统路网空间特征及其与 LST 和 NDVI 的相关性 郭 振,胡 聃,李元征,等 (201)

基于复合生态功能的城市土地共轭生态管理 尹 科,王如松,姚 亮,等 (210)

重庆市森林生态系统服务功能价值评估 肖 强,肖 洋,欧阳志云,等 (216)

渤海湾港口生态风险评估 彭士涛,覃雪波,周 然,等 (224)

达标污水离岸排海末端处置技术研究综述 彭士涛,王心海 (231)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 238 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 28 * 2014-01



封面图说: 北京奥林匹克公园——在高楼林立的大城市中,办公楼、居民区、学校、路网系统、公园以及各种水泥、沥青硬路面和树木、绿草地、土面、水面等等组成了复杂多样的城市生态景观,居住着密集的人口并由于人们不断的、强烈的干预,使这个城市生态系统显得尤其复杂而又多变。因此,系统复杂性及灵敏度是困扰城市生态系统研究和管理的重要因素,建立灵敏度模型是致力于解决城市规划管理中的复杂性问题的有效方法,网状思维与生物控制论观是其核心,也是灵敏度模型的思想基础。图为北京中轴线北端被高楼簇拥着的奥林匹克公园的仰山和龙型水系。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201312102920

王如松, 李锋, 韩宝龙, 黄和平, 尹科. 城市复合生态及生态空间管理. 生态学报, 2014, 34(1): 1-11.

Wang R S, Li F, Han B L, Huang H P, Yin K. Urban eco-complex and eco-space management. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(1): 1-11.

城市复合生态及生态空间管理

王如松^{1,*}, 李 锋¹, 韩宝龙¹, 黄和平^{1,2}, 尹 科¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085;

2. 江西财经大学鄱阳湖生态经济研究院, 南昌 330032)

摘要:城市是一类基于区域水-土-气-生-矿五类生态因子, 生产-流通-消费-还原-调控五类生态过程, 以及经济-政治-文化-社会-环境五类生态功能, 在时间-空间-数量-结构-功序范畴耦合的复合生态系统。阐述了城市复合生态的整合机制、体制、结构、功能的内涵, 提出以净化、绿化、活化、美化、进化型安全生态保障目标, 生物链-矿物链-服务链-静脉链-智慧链五链合一的循环经济耦合构架, 以及污染防治、清洁生产、产业生态、生态社区和生态文明五位一体的和谐社会建设模式为城市生态管理的 3 个支柱。城市生态管理是对城市涵养、调节、流通、供给和支持五类生态服务功能的调节、修复和建设而不只是保护城市生物。城市生态空间是指城市生态系统结构所占据的物理空间、其代谢所依赖的区域腹地空间, 以及其功能所涉及的多维关系空间。通过天津、扬州、淮北、合肥等市复合生态规划与建设的案例, 阐述了区域、市域、城域和社区/园区 4 尺度城市生态空间的管理方略。最后以延庆和北京主城关系的演变探讨了复合生态位势在城市生态管理中的应用。

关键词:城市; 复合生态; 生态管理; 生态空间; 城市生态位势

Urban eco-complex and eco-space management

WANG Rusong^{1,*}, LI Feng¹, HAN Baolong¹, HUANG Heping^{1,2}, YIN Ke¹

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 Institute of Poyang Lake Eco-economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330032, China

Abstract: City is a kind of social-economic-natural complex ecosystem (SENCE), supported by 5 kinds of eco-factors (water, soil, fire, biome and minerals), 5 eco-processes (production, transportation, consumption, recycling and regulation), 5 kinds of function (economy, politics, culture, society and environment), and coupled in time, space, quantity, structure and function). This paper explained its integrative dynamics, cybernetics and systematics, three supporters of its development: eco-security (cleaning, greening, vitalizing, beautification and forward evolution), circular economy (coupling five chains of biological, mineral, service, recycling and wisdom), and harmonious society (with a integrative management model of pollution control, cleaner production, eco-industry, eco-polis and eco-civilization). Urban ecological management is rather a kind of regulation, restoration and creation process to enforce the urban ecological service of cultivation, regulation, circulation, supply and supporting than just nature conservation. Urban eco-space includes the physical space the city occupied, the hinterland ecosystem for city metabolism using, and the super eco niche for the city function. Through case studies of Tianjin, Yangzhou, Huaipei and Hefei, the paper has shown the approaches for urban eco-space planning and management. Finally, the application of integrative eco-niche and eco-potentials are discussed with a case of Yanqing County for its development relationship with its mother city of Beijing.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71033005, 71273254, 71033005)

收稿日期: 2013-12-10; 修订日期: 2013-12-20

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangrs@rcees.ac.cn

Key Words: city; eco-complex; eco-management; eco-space; urban eco-niche and eco-potentials

城市与文明同源。城市化过程就是人类文明的演化过程。文明的英文单词“civilization”的词根“civil”表示人的行为文明礼貌,以及对他人的关心,与拉丁文“civitas(城市)”属于同一词源^[1]。因此,城市复合生态管理的实质就是生态文明管理。

“管理”一词中的“管”是约束、控制的意思,“理”是疏导、调谐的意思。传统管理是通过计划、组织、领导和控制,协调以人为中心的资源组织与职能活动,以有效实现目标的社会活动^[2]。而城市生态管理则是运用系统工程的手段和复合生态学原理去协调人与自然、经济与环境、局部与整体间在时间、空间、数量、结构、次序上复杂的系统耦合关系,对人的资源环境开发、利用、破坏和保育活动的系统管制、诱导、协调和监理,促进物质、能量、信息的高效利用,技术和自然的充分融合,人和自然的生命活力得到最大限度的发挥,生态服务功能和居民身心健康得到最大限度的自我保护,经济、自然和社会得以持续、健康的发展^[3]。

“十八届三中全会”号召“紧紧围绕建设美丽中国,深化生态文明体制改革,加快建立生态文明制度,健全国土空间开发、资源节约利用、生态环境保护的体制机制。完善城镇化健康发展体制机制,优化城市空间结构和管理格局,增强城市综合承载能力”^[4]。勾绘出了新时期城市生态管理与能力建设的蓝图。

1 城市复合生态管理

1.1 城市复合生态管理的内涵与演变

城市是地球表层一种具有高强度社会、经济、自然集聚效应和大尺度人口、资源、环境影响的微缩生态景观^[5]。城即城池,指一类密集的人工景观格局和适宜的自然基础设施,是安全、权利、财富、吸引力、标识和文明的象征,本文用水、土、气、生、矿等自然生态因子来描述城市赖以生存、繁衍的自然生态子系统;市即集市,指一定区域范围内物质、能量、信息、资金、人口的集散地,是人类交易、交流、交通等经济、社会活动场所,本文用生产、流通、消费、还原和调控等物质代谢和信息交流等经济生态过程来表征城市兴衰的经济生态子系统;城与市的融合,形成

一类特殊的人类群落,具有世间任何生物群落都没有的开拓和扩张资源、改造和破坏环境、整合与繁衍自身的非凡能力,本文用人口、人治、人文等社会生态网链来表征城市的社会生态子系统,它们是城市生存与发展的核心控制系统。这3个子系统之间相生相克、相辅相成,形成城市社会-经济-自然复合生态系统^[6]。城市生态包括人类行为的社会生态、物质代谢的经济生态和环境演变的自然生态3个层次,是绿韵(蓝天、绿野、沃土、碧水)和红脉(产业、交通、城镇、文脉)的融和^[7]。

当今城市管理是一类条块分割的还原论管理,如经济流通的是资金、政治运筹的是权法、自然演化的是物能、社会关注的是功利、人文归宿的是精神(图1)。甚至环境管理也只是对极少数关键环境因子的还原论管控。这种管理方式对城市综合评价或考核有时会带来假象或矛盾,如尹科等^[8]对全国76个环保模范城市以及全国30个省会城市的数据分析中发现处在沿海的经济发达的城市整体评价表现突出,其生态效率与所在地区的经济发展水平呈正相关关系,人均GDP越高,地方政府治理SO₂、COD等主要环境的投入就越大,环境绩效就越好,居民的生态意识也越高。国家环保部命名的55个生态示范市(区)中,52个都是在沿海经济发达地区、特大省会城市或石油城市等经济极发达的直辖市、市。这似乎证实了流行地方政府数十年的“先污染、后治理”以及“GDP越高、环境绩效就越好”悖论的合理性。该悖论成立之假象的背后是生态经济监管的缺失:经济绩效没有扣除资源破坏、环境污染、生态服务退化与人群健康下降的负效益,环境绩效也只抓了几项关键环境因子的“达标”,而非生态服务的达标和进化。如北京一旦把包括PM_{2.5}大气环境质量纳入考核,其环境绩效就会明显下降。

现代城市生态管理始于20世纪六七十年代以来末端治理为特征的对环境污染和生态破坏的应急环境管理和联合国教科文组织(UNESCO)人与生物圈计划倡导的城市生态系统研究,如法兰克福城市生态规划研究的灵敏度模型和生物控制论方法^[9]。70年代末到80年代兴起的清洁生产促进了环境污染管理向工艺流程管理过渡,通过对污染物最小排放

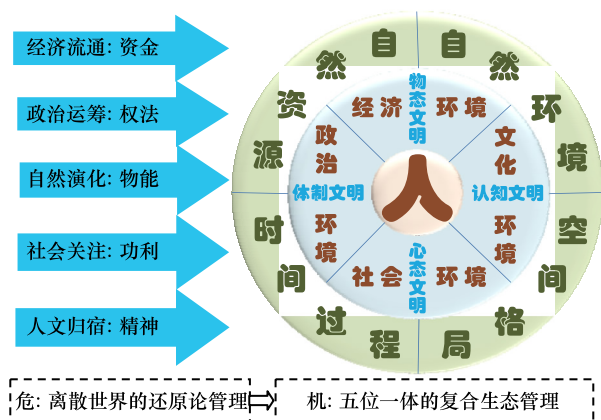


图1 从单目标还原论管理到多目标复合生态管理

Fig.1 From reductionism management for single-object to eco-complex management for multi-object

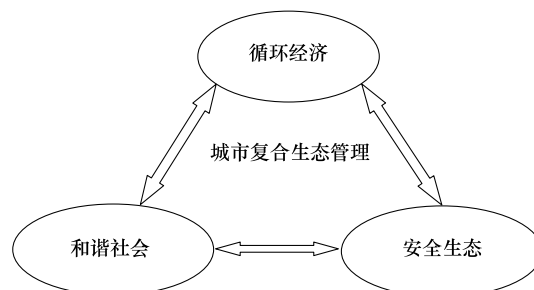
的环境管理减轻环境的源头压力。90年代发展起来的产品生命周期分析(LCA)和产业链管理将不同部门和地区之间的资源开发、加工、流通、消费和废弃物再生过程进行系统组合,优化系统结构和资源利用的生态效率。90年代末至本世纪初兴起的人与自然耦合系统或复合生态系统管理^[10-11],旨在动员全社会的力量优化系统功能,变企业产品价值导向为社会服务功能导向,化环境行为为企业、政府、科研和民众的联合行为,将内部的技术、体制、文化与外部的资源、环境、政策融为一体,使资源得以高效利用,人与自然高度和谐、社会经济持续发展。

因此,基于五位一体建设生态文明的城市复合生态管理,是集农耕文明的再生、工业文明的竞生、社会主义的共生和自然生态的自生机制于一体,将经济管理、环境管理和社会管理三重职能齐抓共管,旨在破除以上悖论成立的基础,推进被分割的经济与环境、政治与生态、文化与进化、社会与自然向生态经济、生态制度、生态文化和生态社会合二为一的回归,将发散的资金-权法-物能-功利-精神整合到五位一体的资源-环境-时间-空间的自然生态建设、物态文明的经济环境建设、体制文明的政治环境建设、认知文明的文化环境建设和心态文明的社会环境建设中去(图1)。这正是“十八大”“五位一体”总体布局的精髓。

1.2 城市复合生态管理的目标与手段

城市复合生态管理的实质是人类生态关系的管理,其三大目标或支柱是生态安全(饮水、食物、空气、交通、住宿、防灾的安全),循环经济(资源节约、

环境友好、经济高效的生 产、消费、流通、还原、调控活动),与和谐社会(社会公平、景观和谐、政治稳定、民心安定、文化传承)(图2)^[5]。其手段是净化、绿化、活化、美化与进化。

图2 城市复合生态管理的三角支柱^[5]Fig.2 Triangle-mainstay of urban eco-complex management^[5]

循环经济的核心是产业的复合与活力的振兴,它涉及四个方面的创新,一是生态效率的创新,就是怎样改革生产工艺使得在生产更多更好产品的同时资源消耗和环境影响降到最低,以生态和经济上最合理的方式发展生产;二是生态效用的创新,是怎样设计一类生态和经济上更合理的产品,以最大限度地满足市场的需求;三是社会和自然生态服务的创新,将企业经营目标从产品导向变为服务导向,为社会和区域自然环境提供持续的功能性服务^[12];四是生态智慧的创新,企业经营目标进一步从物、事转向人,从硬件、软件转向心件,聚焦于标准、技术、队伍、网络和管理体制,培育一类新型的企业和社区文化。这几个类型中工艺改革、产品创新、服务创新、智慧创新都可能提高效益数倍或数十倍。关键在于物资、能量、信息、人口、资金的时空组合、生产-流通-消费-还原-调控一体化的生命周期管理,以及生物链-矿物链-服务链-静脉链-智慧链整合的生态链网设计。

和谐社会的测度是对人类改造环境的观念、意识、道德、行为、体制、法规的文明程度的测度。“和”即整合与和谐,社会生态关系、结构、过程、功能要整合,物态、事态、心态、世态要和谐。要处理好城市发展 中人居生态建设和自然生态服务、经济生态效率和社会生态服务,人群身心健康和环境健康的系统关系,调理好人与环境关系的功利、道德、信仰和天地境界,传承和创新中国传统文化的儒-释-道包容和科学社会主义的真-善-美共荣,推进社会的殷实、健康、诚信发展。

水华、灰霾、热岛、疾病是城市生态安全的四大瓶颈。灰霾不只是城市 SO_2 、 NO_x 、TSP、 PM_{10} 、POPs 等污染物的排放问题,更是区域气候条件、景观格局、城市下垫面、城乡工业、农业、建筑、交通活动相互作用的复合生态系统问题,除了污染防治外,还需要从产业生态格局、区域生态服务和生态文明建设入手,改变传统经济增长方式和消费模式,调整产业结构和布局,强化生态服务功能建设,改进和完善城

市生态基础设施、生态交通、生态代谢和生态健康技术,减少人类活动对地球表层三维流场和生命系统的搅动。20 世纪 80 年代以来,笔者运用复合生态系统方法开展了中国第一批生态县、市、省的生态规划与建设的长期示范跟踪研究,探索了以发展生态产业、保育生态环境和建设生态文化为特征,融污染防治、清洁生产、产业生态、生态社区和生态文明于一体的生态政区建设模式(表 1)^[13-14]。

表 1 城市环境问题的复合生态调控技术与对策

Table 1 Technologies and countermeasures of eco-complex regulation for urban environmental problems

管理方略 Management strategies	调控目标 Regulative aims	调控方式 Regulative methods	核心生态技术 Nucleus eco- technologies	发展趋势 Developmental trends
环境污染治理	污染治理	化废为宝	总量控制和工程治理	从环境工程走向生态工程
清洁生产工艺	过程控制	节能减排	产品和工艺的生态设计	从末端治理走向过程减排
产业生态整合	产业共生	合纵连横	产业生态转型与孵化	从链环、网络到园区
生态政区管理	区域统筹	功能复合	政区生态规划与管理	从产业、社区到区域
生态文明建设	观念行为文化	天人合一	行为规范与激励	从硬件、软件到心件

1.3 城市复合生态规划与管理案例

1.3.1 天津市生态规划

利用泛目标生态规划方法,从时间、空间、阈值、结构和功能序五方面对不同尺度、不同时段的天津城市复合生态系统的结构、功能、过程进行了辨识、模拟和政策实验,提出了包括机理学习、过程模拟、政策调控、发展管理组成的复合生态系统组合模型。所提出的生态经济区划、城市经济重心东移、塘-汉-大滨海区统筹开发、哑铃状城市格局、水生态建设、老租界区改造、海河滨岸改造等研究建议都得到了实施并取得显著效益。利用复合生态管理方法,天津连续 11 年荣获全国城市环境综合定量考核十佳城市,全国唯一省级环保模范城市,为滨海区开发战略确立、天津城市发展和生态城市建设奠定了科学基础。

1.3.2 扬州市生态规划

1999 年以来,在扬州生态市规划与管理研究中,从区域水生态保育、乡村面源污染防治、城镇人居环境的生态改造和循环经济建设切入,形成生态绿地与河网湿地有机交融、疏密有致的组团式城市生态格局,构建规划区地表和下垫面的冷桥体系。创建了以生态基础设施和生态文化建设为突破口,通过能力建设去净化、绿化、活化、美化城乡生态环境,推进产业、自然和人文生态的渐进协调发展的扬州地

级生态市建设模式。扬州古城的生态改造不是大拆大建,而是一个细、活、慢、适、俭的生态设计过程,注重以生态基础设施的配套与生态活力、历史街区文脉肌理的生态整合性、旧厂坊的转型开发与混合街区职能,住宅外风貌修复和内生态品质改造,便利安全、外畅内幽的生态交通,净化活化、谨慎节俭的生态复兴,得到各界的好评,2006 年扬州市获联合国人居奖,在全省综合实力排名从第七跃升第二,所辖区县全部建成国家级生态示范区,成为我国地级生态市建设的典范^[15]。

2 科学保护和建设城市生态空间

2.1 城市生态空间的内涵、分类与建设目标

城市生态空间是指城市生态系统结构所占据的物理空间、其代谢所依赖的区域腹地空间,以及其功能所涉及的多维关系空间。城市生态空间不只是植物、动物、微生物栖息、代谢的自然生境空间,它包括生物栖息、代谢的自然生态和人类生产、生活的社会生态两类空间,两类空间是相互重叠、相生相克、相反相成的。任何一个可持续的人类生产、生活空间都必须是有生物共存、具有一定生态服务功能的生物生态空间;任何一个自然生态空间都有为人类生产与生活活动提供服务的潜能,任何人类活动空间都应有一定的生态服务功能,因而都是生态空间。

虽然任何生态空间都具有一定的生产生活支持功能,但只有具备综合生态服务功能的空间才能成为生活空间。而只有在一定的资源承载力和环境容量支持条件下的生态空间才能成为生产空间,生产和生活空间一般不重叠,但有时也可以立体交叉,相辅相成(图3)。

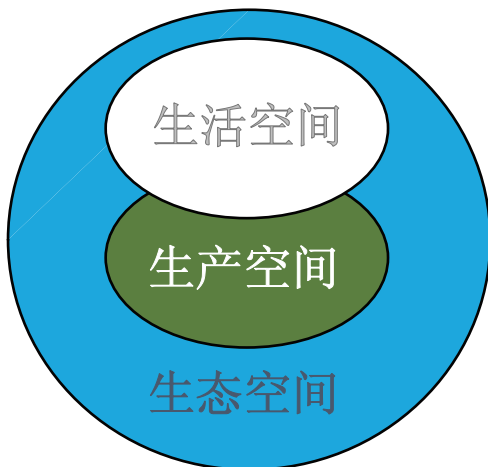


图3 城市生态空间示意图

Fig.3 Urban eco-space

在依法保护水流、森林、山岭、草原、荒地、滩涂等自然生态空间,维持自然保护区、生态脆弱带等结构、功能与生态过程的同时,更要强化生产、生活空间的生态服务功能。比如去年以来徘徊我国华北和华东地区旷日持久的大气灰霾,一个重要原因就是人类生态空间与退化的自然生态空间耦合关系的失调(地表硬化、水体“绿化”、大气霾化、生物退化、废弃物滞留),而华南、西南地区特别是珠江三角洲地区虽然人类活动同样密集,但其生态系统活力较强,单位生态空间所提供的自然生态服务要比北方高,未形成持久的灰霾现象。因此,我们在管制好自然生态空间的同时,也要管制好人类生态空间中绿韵与红脉的耦合关系 增强生态服务功能,搞好城镇、工矿和农村生态空间的基础设施建设。如果华北地区在自然生态保护和修复的同时能将其密集的交通、能源、基础工业、城乡生活和基础设施等进行高强度的生态改造和修复,提高单位生态空间的自然生态服务能力,灰霾现象会自然减轻。

城市生态空间的基础设施集成体系包括城市河流、湖泊、池塘、沼泽等湿地(简称肾)的净化与活化;城市自然、园林、道路植被,城市动物、微生物及农林业的多样性、丰富度及均匀度(简称肺);山形、水系、

路脉、风道等水、气、物、人流通、聚散脉道(简称脉);城市地表、建筑物、构筑物及道路、沟渠等工程的活性表面(简称皮);以及城市污染排放、处置口及其生态净化、缓冲、循环、再生设施(简称口)在生态系统尺度上的有机整合。应建立和完善国家和地区生态资产和生态服务的管理机制和体制,对生态空间实施统筹管理,把自然生态服务放在与社会经济服务同等甚至更重要的地位来抓。

城市生态空间管理可以从四个尺度研究:

(1)区域腹地和流域生命支持空间,其核心科学问题是资源承载力、环境容纳量以及区域城镇化的空间格局;

(2)市域城郊结合部的生态缓冲空间,其核心科学问题是边缘生态效应和城乡一体化管理;

(3)城域生产、生活和交通生态空间,其核心科学问题是绿韵(蓝天、绿野、沃土、碧水)和红脉(产业、交通、城镇、文脉)的生态格局与生态基础设施建设;

(4)社区园区建筑与工程生态空间,其核心科学问题是局地生态服务功能恢复和地表、建筑物表面的生态改造与修复。

城市尺度复合生态空间的功能可以通过以下五类指标来测度^[11]:

(1)自然需水占用率 指目标区域内城市生产、生活活动取用的原本用于维持本土和其他地区(包括上、下游和调水区)自然生态系统基本功能的水资源量(包括地下水、上游来水的占用量)占该区水资源量的比例;

(2)生态服务用地率 指目标区域内(或建成区,或小区)为城市生产、生活和自然保护提供土壤孕育、水文循环、气候调节、环境净化、生物多样性保育、生境涵养等综合生态服务功能的开敞空间和建筑物表面的面积与该区占地总面积之比,其理想值应接近或超过100%;

(3)生态能源利用率 目标区域内可开发利用的废热、地热、太阳能、风能及生物质能等在可再生能源中被实际利用的比率;

(4)生物多样性 本地动物、植物、微生物的多样性、丰富度、绿地均匀度及景观品质;

(5)生态代谢循环率 城市可循环再生废弃物中实际被利用部分的比率,企业及园区全生命周

期设计、管理率等。

2.2 城市生态空间的红线管理

国家主体功能区划就是有关区域和城乡生态空间区划、保障国家自然生态和社会生态安全的重要空间战略部署,旨在界定城市工矿发展的主体功能区、自然保护和生态敏感的主体功能区、以及粮食生态安全的主体功能区。划定生态保护红线是《十八届三中全会决定》中改革生态文明体制、强化生态空间功能的一项重要内容。鉴于生产、生活、生态空间是相互重叠、相生相克、相辅相成的,生态红线的实质应是生态系统管理落实到空间、时间、数量、结构、次序范畴的风险线,而不是简单的空间自然保护红线,其控制对象应是每一个生态系统服务的占用单位,而不只是政府。其主要内容应包括:

(1)自然生态保护的空间红线,给人类开发活动限定一定的空间范围,将有负面环境影响的开发活动从自然保护区、生态脆弱带等急需保护的地带分开;

(2)自然资源利用的时间红线,给人类开发活动限定一定的时间范围,如禁渔、禁猎、禁牧、禁行以及封山育林等资源可持续利用红线,给后人留点储备资源和生存空间;

(3)区域资源承载力与环境容量超载的阈值红线,给人类生态足迹限以一定的门槛,将环境崩溃和生态破坏勒缰于悬崖之边;

(4)生态结构耦合的中庸红线。任何生态因子过多或过少、生态过程过激或过缓、生态结构过单或过多、生态机制过强或过弱都是不可持续的。要处理好产业结构、景观格局、区域发展中眼前和长远、局部和整体、保护与开发、环境和经济的矛盾,科学辨识、设计、监管和修复各类生态耦合关系,给社会经济发展培育一定的自稳机制,将人类开发的节律调节在生态适宜区;

(5)生态功能进化的次序红线,给生产与生活空间品质限定一定的功能底线,使红脉与绿韵有机融合,生态系统正向演化。

以上红线中,前三条是控制性约束红线,后两条是功能性诱导红线。要逐渐把生态红线管理从单一的空间或数量测度发展为系统的次序和过程测度,从自然生态空间的离散保护发展到社会-经济-自然复合生态空间的整体涵养,从生态系统的形态保

护到功能机制的生态活力培育,从条块分割的部门管理到五位一体的生态文明诱导。

生态红线管理的难点是人类活动密集的生产与生活空间。要在观念更新、体制革新、技术创新和文化维新的基础上,通过五位一体的科学管理来规范和诱导城乡居民的生产、消费和环境行为。要引进市场机制,在政府和水、土、气、生物、矿物等生态资产使用和环境污染排放单位中间孵化一层生态资产与生态服务管理产业,按生态功能分区负责业主所占用生态空间的结构功能变化动态的常规监测、定期审计和综合管理,将政府对环境和土地的行政管理从对污染排放和生态破坏的直接管理转到对区域环境质量与生态品质的间接管理;各企、事业单位对环境的占用、影响、破坏和建设行为;由各生态资产占用单位按其对生态资产、环境容量和生态服务的实际占用或增值程度缴纳生态占用费或获取生态建设奖励;政府与生态物业管理企业签订生态管理合同,并从收缴的生态占用费中支付其监测、监管和审计费用,作为该产业发展的市场基础。

各级城市新开发的建设用地大多占用的是肥沃的农田菜地,而建筑物的屋顶、工程设施及道路的表面却是水泥柏油硬化的“荒蛮之地”,如何通过屋顶绿化、地表软化、下沉式绿地、湿地生态工程等途径修复被占土地原有的生态服务功能,以保障其生物生产、生态服务和原住民的生存和工作权益等功能的正向进化,是城市生态补偿的重要内容。城市生态补偿不仅要有生态损益的异地补偿,还需要生态服务功能退化和占用的就地补偿。包括对其水文循环、声光热和辐射环境、生物多样性、土壤营养物质循环、水文循环、气候调节、生物生产、环境净化功能退化的经济赔偿、环境修复和生态建设,最终落实到受损生态系统本身的就地和即时修复、建设与管理。

2.3 环巢湖地区大合肥生态空间规划与管理研究

巢湖是安徽合肥市的内湖,环巢湖生态空间的规划与建设是城市生态建设、改造与修复的一大挑战。中科院生态环境研究中心等国内外 8 个单位联合开展了环巢湖生态空间的规划与建设,其具体目标和战略如下:环巢湖发展但不污染河湖水体(新巢湖条例:绿韵红珠、生态缓冲)、紧凑布局但不降低生态品质(新生态格局 老城:严格控制土地扩张、切

红楔绿、疏解职能、强化生态基础设施,保障生态用地;新城:以业带城、功能混合、轻轨拉动、有机集中、珠链拓展)、生态交通但不增加建运成本(糖葫芦串、低碳轻轨复合交通)、以城带乡但污染不上山下(农工商复合,生物链-矿物链-服务链-静脉链-智慧链一体)、招商引智但不盲目同构竞争(高端服务错位共生)、休闲生态但不降低土地产值(生态修闲业)、严格管地但不影响用地供给(生态地管业)、经营城市但不弱化生态服务(开拓性保护)、立体用地但不占用基本农田(基本农田零占用、污染对外零排放、农民民生零侵犯、城市交通零拥堵的新农村建设)。

其四个尺度的生态空间规划策略为:

(1) 中心城区切红楔绿流水活土花瓣型高密度格局

中心城区人口密度为 100 人/hm²,总人口为 600 万人,沿南淝河、十五里河呈花瓣型高密度、高容积率、高活性城市社区或园区。

(2) 新干线绿肥红瘦有机生长糖葫芦串型紧凑格局

沿南北生态物流带和东西生态科智带轻轨糖葫芦型布局,按 New Vistas 生态新镇标准建设布局的农业型新市镇,每 5km 一个,之间用 1km 高效绿带隔离(都市农林业或湿地),不占用耕地做建设用地,污染零排放,25 人/hm²,两条藤 约容纳 172 万人。

(3) 环巢湖绿带红星滨湖水乡小镇低碳交通格局

沿湖布局小体量的风情小镇和游艇码头,每镇人口 1 万人,游客 3 万人,常驻人口 28 万,游客 84 万,生活垃圾、污水、粪便实现向区外的污染零排放。

(4) 新农村绿茵红花生态庄园葡萄串型疏松格局

农村地区人口逐步向两条新城带自愿集中,到 2030 年约剩 100 万人留在农村,1 人/hm²,但在原有基础上改造为具有现代生态农业规模并能接待观光和体验游客的生态旅游新村。基本接近或达到发达国家 90%的城市化水平。

2.4 淮北市生态用地空间规划与管理

安徽淮北市是一座资源枯竭型能源城市,总面积 2741km²,总人口 199 万人。过去 55 年中,煤城在为国民经济建设输送大量化石能源的同时,给自然

生态系统造成了严重破坏,矿区总的地表沉陷面积为 172 km²,在主城区也形成和即将形成近 56 km²的湿地,为城市生态提供着重要的生态服务功能。淮北市生态用地建设规划,从蓝色、绿色、红色和灰色空间的生态控制指标确定、蓝线和绿线划定、重要生态斑块与生态廊道规划、生物多样性与树种规划、以及生态规划的情景分析入手。其生态用地主要由绿色空间、蓝色空间、裸地以及生态廊道等组成,其中绿色空间包括建成区的园林绿地、市区的农地、林地和牧草地等。1987—2007 年间淮北市生态用地空间结构发生剧烈变化,生态用地占市区面积的比例由 91% 降低至 72%,市区正逐渐由生态用地为主的景观格局转变为以建设用地为主导的城市景观格局^[15]。该规划通过立体生态建设(山、水、矿、城、居);绿韵红脉融通(湖、林、路、园、文);快速近自然生态修复(塌陷地、水域、石塘、荒山);产业生态转型(能源、修闲、教育、农业);生态文明建设(文明地图、培训、网络、管理、信息系统)等手段开展复合生态空间的建设与修复。

2.4.1 城市蓝色空间建设

淮北市规划研究区范围约 578km²,蓝色空间占 12.1%,包括市域范围内的塌陷湖泊及其相互连通的河流、湿地,主要有北湖、中湖、南湖、东湖、化家湖及乾隆湖等湖泊及其外围具有生态缓冲功能的区域。在蓝色空间建设中需重点考虑自然需水占用率。在规划管理上一方面强调湿地景观的丰富与多样性,强化湿地的生态、文化与教育功能,另一方面,通过缓冲区划设,保障湿地功能,限制土地开发,为城市未来发展保留生态用地,维护蓝色空间生态完整性与服务功能。

2.4.2 城市绿色空间建设

淮北市绿色空间占 46.0%,包括具有水源涵养及休闲游憩功能的森林,及植被覆盖度相对良好的果园、集中成片的农田。在绿色空间建设中,需重点考虑生态服务用地率和生物多样性。龙脊山、相山顶的地下水补给口及化家湖水库为研究区重要的水资源涵养功能区,区内任何开发项目均需进行可行性研究和环境影响评价。强化不同生态空间的功能联系,提高城市生态服务功能。

2.4.3 城市红色空间建设

淮北市红色空间占 24.7%,指建成区内的人工

建筑物、构筑物所占用的非开阔空间。在红色空间建设中,需重点考虑生态能源利用率和生态代谢循环率。未来淮北市红色空间发展应在保障自然与人居环境的前提下,利用自然优势与资源条件,引导城市向高质量、多元化的方式发展,以目前主城区和东部新城为主要节点呈“O”型发展格局。

2.4.4 城市灰色空间建设

淮北市灰色空间占 17.1%,包括交通用地、矿山、无植被覆盖的开阔工程用地和废弃物弃置地等。规划要结合塌陷区地形增加水资源储备量,强化研究区生态服务功能。交通发展以公共交通为主并加以提升,推广绿色交通降低大气污染排放。灰色空间在一定条件下可以转化成蓝色、绿色和红色空间。如煤矿塌陷区经过生态修复可以改造为农田、绿地、湿地和建设用地等。高速公路在繁忙时段是污染线,而在车辆稀少且气候条件有利时又是污染物扩散稀释和环境净化的生态廊道。

3 城市生态位势与因势利导的复合生态管理

3.1 城市生态位势

生态位是生态学中的一个重要概念,表示生物与环境间双向耦合的结构、功能关系;环境对生物主体的支撑服务能力和生物主体对环境的影响和作用。Grinnell 定义一个物种或有机体的生态位为适于该物种或有机体生存的所有场所的集合(可称为地理生态位)^[16];而 Hutchinson 则定义一个物种或有机体的生态位为影响该物种或有机体生存繁衍的各种环境因子组成的多维空间(可称为生存生态位),并称物种可栖息的理论上最大空间为基础生态位,把有竞争者存在而实际上占有的空间称为实际生态位^[17]。Elton 则定义一个物种的生态位为其在群落中扮演的功能地位和作用。生态位有双重性,一是生物赖以生存的环境因子的集合,包括其栖息地的理化、水文、地理、气象条件等物理栖境,食物和能量等代谢环境,以及它与天敌和盟友的生物环境;二是生物对周边环境的潜在影响和功能作用,包括物质的滞留、能量的耗散、生境的改造、信息的反馈,以及竞争、共生、捕食、寄生等链网关系^[18]。Odum E P. 给生态位下定义为“一个生物在群落和生态系统中的位置和状况,而这种位置和状况决定于该生物的形态适应、生理反应和特有行为”^[19]。

城市生态位是群落尺度上的人类生态位,是城市赖以生存、发展、繁衍、进化的各种生态因子(如水、土、气、生物、能源、矿物等)、生态关系(如竞生、共生、再生、自生)和生态功能(如生产、流通、消费、还原和服务等)的总和,包括现实生态位和基础生态位^[20]。现实生态位是城市在各类生态因子组成的多维生态空间梯度上的实际位置,以及在区域社会经济和环境保护中的实际功能地位。基础生态位反映该城市在一定时空范围内各类生态因子相对稳定条件下的固有优劣势,以及利导因子充分发挥、限制性因子尽可能克服条件下的最大发展潜力。基础生态位与现实生态位的差距构成该市未来发展的生态势,即生态因子、生态关系和生态功能调整的潜力^[21-22]。不同城市之间生态位的差距构成城市间发展的生态势。生态位是动态的,随着外部环境的变化和内禀生长力的兴衰而浮动。条件生态位是多维生态位空间中某些内外条件变化下的假设生态位,该城市如能创造条件改善这些生态条件,有可能使其发展潜力大大改观,将条件生态位变为现实生态位。

3.2 北京-延庆生态位势研究

3.2.1 延庆县概况

北京延庆县位于北京市区西北 74km,北、东、南三面环山,是连接华北、西北的重要交通枢纽,东西近邻密云、官厅两水库,境内有四级以上河流 18 条,水资源丰富、生态环境优良,是首都西北重要的生态屏障和水源涵养谷地,也是著名的休闲避暑胜地,还拥有自然保护区松山森林公园,国家级湿地保护区野鸭湖等丰富的生物多样性资源^[23-24]。生态资产和生态服务功能在北京 16 个区县中首屈一指,但经济发展水平却排名最末。由于经济实力有限,其涵养流域生态资产、保障首都生态安全和满足京城生态服务功能需求方面也还有很大差距。

3.2.2 延庆城市生态位的指标选取和生态位的变化

基于数据的可获得性,延庆的城市复合生态位主要包括产业发展、社会建设、自然环境三个子生态位,每个子生态位包含 2—3 个指标。产业经济发展子生态位包括:建设用地面积、第二产业产值、第三产业产值;社会文化子生态位通过中学入学人数、医疗机构人员数、人口机械增加数、总人口数等表示;自然环境子生态位由 2 年内平均年优良空气天数、林地覆盖率体现。通过主成分分析确定每个指标在

各生态位因子中的权重。在进行主成分分析前需对各指标数据进行归一化。最后由三个子生态位主成分得分采用等权加和的方法确定综合生态位。2005年到2011年延庆的产业经济处于退化水平,而自然环境生态位增长迅猛和社会文化生态位相对缓慢。延庆的城市发展短板在于产业经济发展(图4),城市复合生态位的提升应围绕如果通过协调生态、生产、生活关系在保障自然生态和文化生态品质不下降的前提下实现产业经济发展。

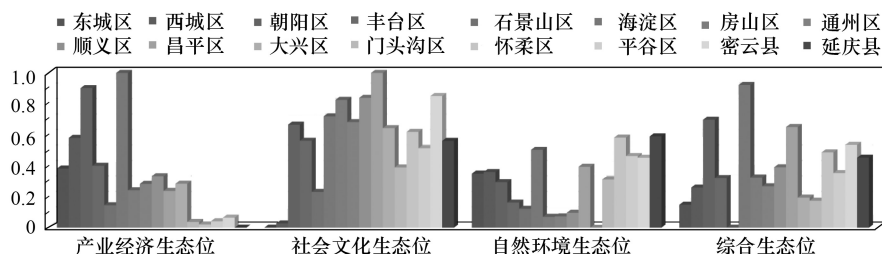


图4 2011年北京各城区复合生态位主要因子比较

Fig.4 Comparison among the sub-eco-niches of each district in Beijing for 2011

产业经济生态位 Eco-niche of industry and economy; 社会文化生态位 Eco-niche of society and culture; 自然环境生态位 Eco-niche of natural environment; 综合生态位 Comprehensive eco-niche

3.2.4 延庆与北京主城关系的条件生态位和潜在生态势

延庆的潜在复合生态位主要由两方面的因素决定:

(1) 延庆本身所具有但未充分开发利用的潜力

自然景观优势、文化遗产资源、水资源优势、土地资源优势、可再生能源优势、交通优势、生物多样性优势、地质资源优势、欠发达地区接受外援的优势;

(2) 北京主城区的支撑潜力

市场依托优势(休闲旅游市场、生态食品供给市场、苗木花卉市场、咨询产业市场)、资源供给优势(人才资源、信息资源、管理资源、文化资源、有机肥资源、科技资源)、环境优势(交通环境、基础设施建设、生态修复与环境治理投资、生态林建设投资)、政策优势(生态补偿政策、生产-生活-生态复合空间发展示范政策、新型城镇化及新农村建设政策)。

以延庆土地利用条件因子为例,如何实现延庆建设用地由2011年的148km²上升至2020年的250km²,在现有土地利用机制约束下,这个目标很难实现。但是,如果通过空间的复合利用,实现生产、生活、生态空间的重叠综合利用,则在保障生态服务

3.2.3 延庆及各区县在北京的现实生态位势

通过计算2011年延庆在北京16个区县中的复合生态位水平见下图4,延庆县2011年产业生态位居北京地区倒数第一,社会生态位居北京地区16区县中第10名,自然生态位居第1名。因此,延庆县除了自然子生态位占优外,其余均处于中低水平。此节生态位分析数据为了便于比较均采用归一化数据,数值1代表北京16区县2011年及延庆2020年(预估)中的最高水平,数值0代表最低水平。

功能持续上升的前提下,可以增加100 km²的生产、生活空间,发展花卉、苗木和休闲、体验产业,利用自然生态位优势改善经济生态位的短板。这100 km²中有40—50 km²的多功能用地分布在妫河两侧和官厅水库淹没预留区,及松山、千家店等生态资源和生态景观丰富的区域,因地制宜设置合理的产业和生活空间,将带来各子生态位的加速提升,预期这40—50 km²的邻水入林区域将在10a内提升延庆旅游收入150%左右,同时带来其他经济收入约20亿元。

在计算潜在生态位的过程中,条件生态位的实现是具有一定潜力与概率的,通过2011年延庆的各指标发展水平确定其2020年发展的马太效应潜力^[13],将考虑了实现概率的生态位称之为潜在生态位。潜在生态位(2020)与现实生态位(2011)的对比见图5。此外,在不考虑马太效应潜力概率,假设所有生态位提升条件都100%实现的情况下有延庆可获得的最佳生态位,图5至图7反映了延庆现实生态位(2005、2011)、潜在生态位(2020),最佳生态位(2020)在经济、自然、社会生态位及综合生态位4个方面的变化,2020年延庆潜在产业经济生态位较2011年提升98.9%,社会文化生态位提升74.8%,自然环境生态位提升69.5%,综合生态位将提升

79.8%。从图7可以看出,短短10a间,虽然2020年延庆产业生态位依旧没有到达高位水平,但在实现条件生态位后,延庆产业经济发展由退化变为进化

发展,并且,如果延庆各项生态位提升条件能够落地实施,其生态位水平将更加接近2020年最佳生态位水平,较2011年实现综合生态位提升119%。

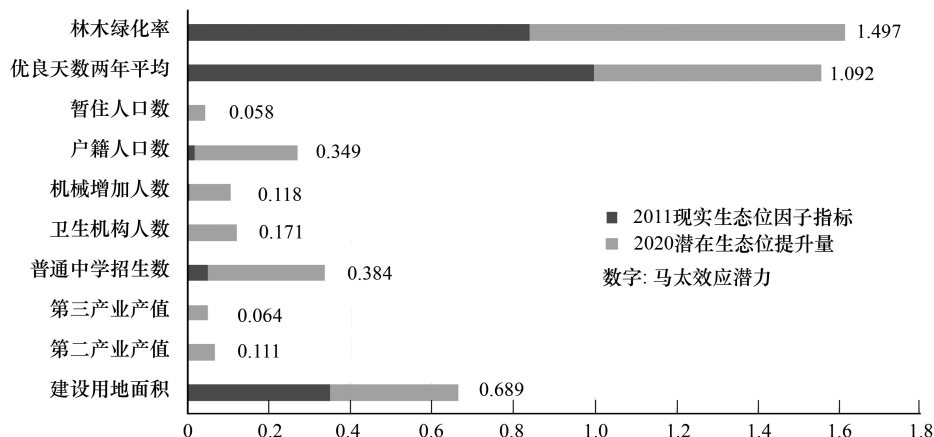


图5 延庆现实生态因子(2011)与潜在生态因子(2020)主要指标对比

Fig.5 Comparison between Yanqing's real eco-niche factors (2011) and its potential eco-niche factors (2020)

林木绿化率:Green rate;空气优良天数两年平均: Number of average air quantified days in recent 2 years;暂住人口数: Temporary resident population;户籍人口数: Census register population;人口机械增长量: mechanical growth of population;卫生机构人数: Health agency staff number;普通中学招生人员数: Number of students in middle school;第三产业产值: Tertiary industry output value;第二产业产值: Second industry output value;建设用地面积: Construction land area;

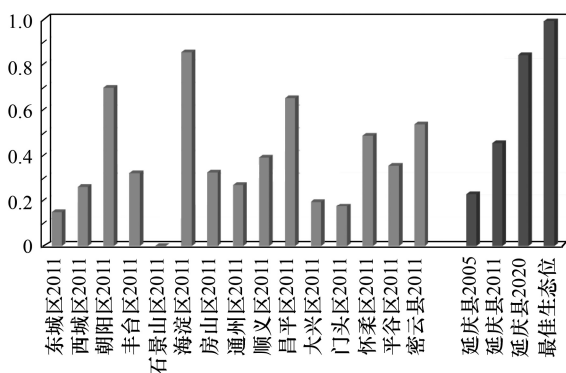


图6 延庆县2020年潜在城市复合生态位与北京各区县现实生态位比较

Fig.6 Comparison between each district's real eco-niche factors (2011) and Yanqing's potential eco-niche factors (2020)

4 结语

人类社会的发展史是一个人与自然关系从必然王国向自然王国过渡的生态进化史,这里的“自然”包括自由和必然两层含义,人类对其赖以生存和发展的生态环境和生态关系的认识是逐步深化又不可能穷尽的,永远达不到自由王国的国度。城市复合生态管理旨在倡导一种将决策方式从线性思维转向系统思维,生产方式从链式产业转向生态产业,生活

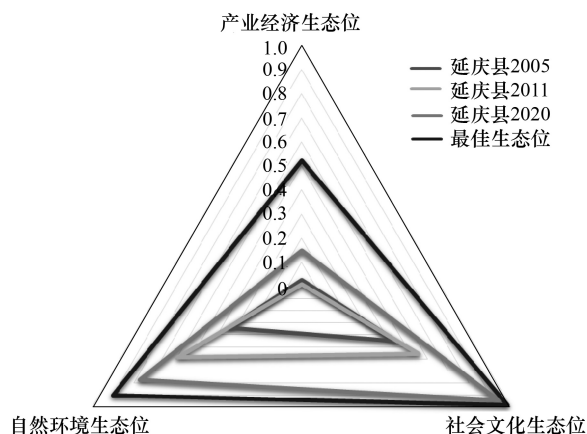


图7 延庆县2005至2020年城市子生态位变化

Fig.7 Changes of Yanqing's sub-eco-niches from 2005 to 2020

方式从物质文明转向生态文明,思维方式从个体人转向生态人的方法论转型。通过复合生态管理将城市单一的生物环节、物理环节、经济环节和社会环节组装成一个有强生命力的生命系统,从观念更新、体制改革、技术创新和行为诱导入手,调节系统的主导性与多样性,开放性与自主性,灵活性与稳定性,使生态学的竞争、共生、再生和自生原理得到充分的体现,生命支持系统功能和居民的身心健康得到最大限度的保护,促进资源的综合利用,环境的综合整治及人的综合发展。

References:

- [1] He P. Notion and edification of civilization: China & Europe. *Historiography Quarterly*, 2007, (4): 22-33.
- [2] <http://baike.baidu.com/link?url=xghaVUnuzJlCljrKLrz7VnCKxok3qI6fobC5NWF5UKYiLGDeITqLGpnaJ4pRYCnwSGCkIebHPX938b6GD5uuda>
- [3] Wang R S, Li F. Urban ecological management. *Journal of Chinese Urban Forestry*, 2006, 4(2): 8-13.
- [4] http://news.xinhuanet.com/house/suzhou/2013-11-12/c_1118113773.htm
- [5] Wang R S, Hu D. Urban Eco-Management: Integration & Adaption//Institute of International Strategy of the Central Party School of CCP, ed. *Chinese Environment & Development: Century Challenge & Strategic Choice*. International Cooperation Committee of Chinese Environment & Development, 2007: 220-260.
- [6] Ma S J, Wang R S. The social-economic-natural complex ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 1984, 4(1): 1-9.
- [7] Wang R S. Urban conjugate ecological planning and its application in Beijing. *Urban Planning Forum*, 2008, (1): 8-17.
- [8] Yin K, Wang R S, Yao L, Liang J. The eco-efficiency evaluation of the model city for environmental protection in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(19): 5588-5598.
- [9] Vester F, Hesler A V. Sensitivitätsmodell, Regionale Planungsge Mein Wchaft Untermain, 1980.
- [10] Liu J G, Dietz T, Carpenter S R, Alberti M, Folke C, Moran E, Pell A N, Deadman P, Kratz T, Lubchenco J, Ostrom E, Ouyang Z Y, Provencher W, Redman C L, Schneider S H, Taylor W W. Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science*, 2007, 317(5844): 1513-1516.
- [11] Wang R S, Hu D, Li F, Liu J R, Ye Y P. *Eco-Complex Management of Regional Development*. Beijing: China Meteorological Press, 2010.
- [12] Wang R S, Hu D, Wang X R, Tang L J. *Urban Eco-Service*. Beijing: China Meteorological Press, 2007.
- [13] Wang R S, Xu H X. *Planning Method of Eco-City Construction for Yangzhou*. Beijing: China Science and Technology Press, 2005.
- [14] Wang R S, Lin S K, Ouyang Z Y. *Theory and Practice for the Construction of Hainan Eco-Province*. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [15] Zhao D, Li F, Wang R S. Effects of land use change on ecosystem service value: a case study in Huaibei City, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(8): 2343-2349.
- [16] Grinnell J. The Niche-Relationships of the California Thrasher, *The Auk*. 1917, 427-433.
- [17] Hutchinson G E. Concluding remarks in *Population Studies: Animal Ecology and Demography*. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 1957, 22: 415-427.
- [18] Elton C. *Animal Ecology*. London: Sidgwick & Jackson. 1927.
- [19] Odum EP. *Fundamentals of Ecology*, W. B. Saunders Co., Philadelphia, PA. 1971, 574
- [20] Wang R S, Discussion about urban ecological niche, *Urban environment and urban ecology*, 1988, (01): 20-24.
- [21] Chen L, Wang R S, Wang Z L, Niche assessment of China provincial social economic-natural complex ecosystems in 2003, *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(08): 1794-1800.
- [22] Ouyang Z Y, Wang R S, Fu G N, Ecological niche suitability model and its application in land suitability assessment, *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(2): 113-120.
- [23] Yu Y J, Liu H L, Gao L A, Thinking and Suggestions for the sustainable development of tourism in Yanqing county. *Journal Beijing Second Foreign language Institute*, 2005, 12, 35-40.
- [24] Song K Y, Risk-return relationship and Matthew effect, Shanghai: Fudan University (Master degree paper), 2012: 37.

参考文献:

- [1] 何平. 文明的观念与教化: 中国与欧洲. *史学理论与研究*, 2007, (4): 22-33.
- [3] 王如松, 李锋. 论城市生态管理. *中国城市林业*, 2006, 4(2): 8-13.
- [5] 王如松, 胡聘. 城市生态管理: 整合与适应//中共中央党校国际战略研究所主编, *中国环境与发展: 世纪挑战与战略抉择*. 中国环境与发展国际合作委员会, 2007: 220-260.
- [6] 马世骏, 王如松. 社会-经济-自然复合生态系统. *生态学报*, 1984, 4(1): 1-9.
- [7] 王如松. 绿韵红脉的交响曲: 城市共轭生态规划方法探讨. *城市规划学刊*, 2008, (1): 8-17.
- [8] 尹科, 王如松, 姚亮, 梁菁. 中国环保模范城市生态效率评价. *生态学报*, 2011, 31(19): 5588-5598.
- [11] 王如松, 胡聘, 李锋, 刘晶茹, 叶亚平. *区域城市发展的复合生态管理*. 北京: 气象出版社, 2010.
- [12] 王如松, 胡聘, 王祥荣, 唐礼俊. *城市生态服务*. 北京: 气象出版社, 2007.
- [13] 王如松, 徐洪喜. *扬州生态市建设规划方法研究*. 北京: 中国科学技术出版社, 2005.
- [14] 王如松, 林顺坤, 欧阳志云. *海南生态省建设的理论与实践*. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [15] 赵丹, 李锋, 王如松. 城市土地利用变化对生态系统服务的影响——以淮北市为例. *生态学报*, 2013, 33(8): 2343-2349.
- [20] 王如松. 城市生态位势探讨. *城市环境与城市生态*, 1988, (01): 20-24.
- [21] 陈亮, 王如松, 王志理. 2003年中国省域社会-经济-自然复合生态系统生态位评价. *应用生态学报*, 2007, 18(08): 1794-1800.
- [22] 欧阳志云, 王如松, 符贵南, 生态位适宜度模型及其在土地利用适宜性评价中的应用. *生态学报*, 1996, 16(2): 113-120.
- [23] 于迎军, 刘洪利, 高利昂, 延庆县旅游业可持续发展的思考与建议. *北京第二外国语学院学报*, 2005, 12, 35-40.
- [24] 宋坤钰, 风险收益关系和马太效应研究(硕士学位论文). 上海: 复旦大学, 2012: 37.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.1 Jan., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Foreword: Complexity and Sustainability	(I)
Frontiers and Comprehensive Review	
Urban eco-complex and eco-space management	WANG Rusong, LI Feng, HAN Baolong, et al (1)
Review of carbon sequestration assessment method in the marine ecosystem	SHI Honghua, WANG Xiaoli, ZHENG Wei, et al (12)
A review of sensitivity model for urban ecosystems	YAO Liang, WANG Rusong, YIN Ke, et al (23)
Urban ecological metabolism of municipal solid waste: a review	ZHOU Chuanbin, XU Wanying, CAO Aixin (33)
Autecology & Fundamentals	
Parameter sensitivity analysis of a coupled biological-physical model in Jiaozhou Bay	SHI Honghua, SHEN Chengcheng, LI Fen, et al (41)
Macroinvertebrate investigation and their relation to environmental factors in Bohai Bay	ZHOU Ran, QIN Xuebo, PENG Shitao, et al (50)
Review of the impacts of bioturbation on the environmental behavior of contaminant in sediment	QIN Xuebo, SUN Hongwen, PENG Shitao, et al (59)
Population, Community and Ecosystem	
Ecosystem services' spatial characteristics and their relationships with residents' well-being in Miyun Reservoir watershed	WANG Dashang, LI Yifeng, ZHENG Hua, et al (70)
Contingent valuation of preserving ecosystem of Changdao Island Nature Reserve	ZHENG Wei, SHEN Chengcheng, QIAO Mingyang, et al (82)
Discussion of carbon sequestration estimates in the island terrestrial ecosystems	WANG Xiaoli, WANG Ai, SHI Honghua, et al (88)
Landscape, Regional and Global Ecology	
An integrated indicator on regional ecological civilization construction	LIU Moucheng, SU Ning, LUN Fei, et al (97)
The eco-environmental evaluation based on habitat quality and ecological response of Laizhou Bay	YANG Jianqiang, ZHU Yonggui, SONG Wenpeng, et al (105)
Analysis of the evolution and value of coastal ecosystem services at Gudong Coast in the Yellow River Delta since 1985	LIU Dahai, CHEN Xiaoying, XU Wei, et al (115)
Research of index system framework in marine ecology monitoring & regulation areas division based on complex ecosystem of nature-human-society	XU Huimin, DING Dewen, SHI Honghua, et al (122)
The environmental function assessment and zoning scheme in China	WANG Jinnan, XU Kaipeng, CHI Yanyan, et al (129)
Resource and Industrial Ecology	
Definition and evaluation indicators of ecological industrial park's complex eco-efficiency	LIU Jingru, LÜ Bin, ZHANG Na, et al (136)
Spatial-temporal distribution of agricultural eco-efficiency in China	CHENG Cuiyun, REN Jingming, WANG Rusong (142)
The coupling mechanism and industrialization mode of ecological restoration in the weak semi arid mining area of Inner Mongolia	CHEN Yubi, HUANG Jinlou, XU Huaqing, et al (149)
Evaluation of ecological marine islands construction based on material flow analysis: a case study of Changhai County	CHEN Dongjing, ZHENG Wei, GUO Huili, et al (154)
Ecological risks and sustainable utilization of reclaimed water and wastewater irrigation	CHEN Weiping, LÜ Sidan, ZHANG Weiling, et al (163)

Estimation of agricultural non-point source pollution based on watershed unit: a case study of Laizhou Bay	MA Deming, SHI Honghua, FENG Aiping (173)
The evaluation method in the impact of intensive sea use on the marine ecological environment	LUO Xianxiang, ZHU Yonggui, ZHANG Longjun, et al (182)
Urban, Rural and Social Ecology	
Urban ecological infrastructure based on ecosystem services;status,problems and perspectives	LI Feng, WANG Rusong, ZHAO Dan (190)
Spatial features of road network in Beijing built up area and its relations with LST and NDVI	GUO Zhen,HU Dan,LI Yuanzheng,et al (201)
The conjugate ecological management model for urban land administration based on the land complex ecological function	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (210)
Value assessment of the function of the forest ecosystem services in Chongqing	XIAO Qiang, XIAO Yang,OUYANG Zhiyun, et al (216)
Ecological risk evaluation of port in Bohai Bay	PENG Shitao, QIN Xuebo, ZHOU Ran, et al (224)
Research review of the tail disposal technology of the standard sewage offshore outfall	PENG Shitao,WANG Xinhai (231)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 34 卷 第 1 期 (2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34 No. 1 (January, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@ cspg. net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元