

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第4期 Vol.33 No.4 **2013**

中国生态学会
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 33 卷 第 4 期 2013 年 2 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 森林水源涵养功能的多尺度内涵、过程及计量方法 王晓学,沈会涛,李叙勇,等 (1019)
- 植物叶片水稳定同位素研究进展 罗伦,余武生,万诗敏,等 (1031)
- 城市景观格局演变的生态环境效应研究进展 陈利顶,孙然好,刘海莲 (1042)
- 城市生物多样性分布格局研究进展 毛齐正,马克明,邬建国,等 (1051)
- 基于福祉视角的生态补偿研究 李惠梅,张安录 (1065)

个体与基础生态

- 土著菌根真菌和混生植物对羊草生长和磷营养的影响 雷垚,郝志鹏,陈保冬 (1071)
- 干旱条件下 AM 真菌对植物生长和土壤水稳定性团聚体的影响 叶佳舒,李涛,胡亚军,等 (1080)
- 转 *mapk* 双链 RNA 干扰表达载体黄瓜对根际土壤细菌多样性的影响 ... 陈国华,弭宝彬,李莹,等 (1091)
- 北京远郊区臭氧污染及其对敏感植物叶片的伤害 万五星,夏亚军,张红星,等 (1098)
- 茅苍术叶片可培养内生细菌多样性及其促生潜力 周佳宇,贾永,王宏伟,等 (1106)
- 低温对蝶蛹金小蜂卵成熟及其数量动态的影响 夏诗洋,孟玲,李保平 (1118)
- 六星黑点豹蠹蛾求偶行为与性信息素产生和释放的时辰节律 刘金龙,荆小院,杨美红,等 (1126)
- 氟化物对家蚕血液羧酸酯酶及全酯酶活性的影响 米智,阮成龙,李姣蓉,等 (1134)
- 不同温度对脊尾白虾胚胎发育与幼体变态存活的影响 梁俊平,李健,李吉涛,等 (1142)

种群、群落和生态系统

- 生态系统服务多样性与景观多功能性——从科学理念到综合评估 吕一河,马志敏,傅伯杰,等 (1153)
- 不同端元模型下湿地植被覆盖度的提取方法——以北京市野鸭湖湿地自然保护区为例 崔天翔,官兆宁,赵文吉,等 (1160)
- 基于光谱特征变量的湿地典型植物生态类型识别方法——以北京野鸭湖湿地为例 林川,官兆宁,赵文吉,等 (1172)
- 浮游植物群落对海南小水电建设的响应 林彰文,林生,顾继光,等 (1186)
- 菹草种群内外水质日变化 王锦旗,郑有飞,王国祥 (1195)
- 南方红壤区 3 种典型森林恢复方式对植物群落多样性的影响 王芸,欧阳志云,郑华,等 (1204)
- 人工油松林恢复过程中土壤理化性质及有机碳含量的变化特征 胡会峰,刘国华 (1212)
- 不同区域森林火灾对生态因子的响应及其概率模型 李晓炜,赵刚,于秀波,等 (1219)

景观、区域和全球生态

- 快速城市化地区景观生态安全时空演化过程分析——以东莞市为例 杨青生,乔纪纲,艾彬 (1230)
- 海岸带生态系统健康评价中能质和生物多样性的差异——以江苏海岸带为例 唐得昊,邹欣庆,刘兴健 (1240)
- 干湿交替频率对不同土壤 CO₂ 和 N₂O 释放的影响 欧阳扬,李叙勇 (1251)

西部地区低碳竞争力评价..... 金小琴,杜受祜 (1260)

基于 HEC-HMS 模型的八一水库流域洪水重现期研究 郑 鹏,林 韵,潘文斌,等 (1268)

基于修正的 Gash 模型模拟小兴安岭原始红松林降雨截留过程 柴汝杉,蔡体久,满秀玲,等 (1276)

长白山北坡不同林型内红松年表特征及其与气候因子的关系..... 陈 列,高露双,张 赞,等 (1285)

资源与产业生态

河西走廊绿洲灌区循环模式“农田-食用菌”生产系统氮素流动特征 李瑞琴,于安芬,赵有彪,等 (1292)

施肥对旱地花生主要土壤肥力指标及产量的影响..... 王才斌,郑亚萍,梁晓艳,等 (1300)

耕作措施对土壤水热特性和微生物生物量碳的影响..... 庞 绪,何文清,严昌荣,等 (1308)

基于改进 SPA 法的耕地占补平衡生态安全评价 施开放,刁承泰,孙秀锋,等 (1317)

学术争鸣

基于生态-产业共生关系的林业生态安全测度方法构想 张智光 (1326)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿须知 (I)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 318 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-02



封面图说: 石羊河——石羊河流域属大陆性温带干旱气候,气候特点是:日照充足、温差大、降水少、蒸发强、空气干燥。石羊河源出祁连山东段,河系以雨水补给为主,兼有冰雪融水成分。上游的祁连山区降水丰富,有雪山冰川和残留林木,是河流的水源补给地。中游流经河西走廊平地,形成武威和永昌等绿洲,下游是民勤,石羊河最后消失在腾格里沙漠中。随着石羊河流域人水矛盾的不断加剧,水资源开发利用严重过度,荒漠化日趋严重,民勤县的生态环境已经相当恶化,继续下去将有可能变成第二个“罗布泊”。

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/stxb201204130533

吕一河, 马志敏, 傅伯杰, 高光耀. 生态系统服务多样性与景观多功能性——从科学理念到综合评估. 生态学报, 2013, 33(4): 1153-1159.

Lü Y H, Ma Z M, Fu B J, Gao G Y. Diversity of ecosystem services and landscape multi-functionality: from scientific concepts to integrative assessment. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(4): 1153-1159.

生态系统服务多样性与景观多功能性 ——从科学理念到综合评估

吕一河*, 马志敏, 傅伯杰, 高光耀

(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)

摘要: 生态系统和景观是构成地球表层系统的基本功能单元。从对人类生存和发展支撑作用以及人类对环境合理利用和保护的角度, 逐渐形成了生态系统服务和多功能景观的科学概念, 相关的理论和应用研究也很快成为学术热点。但是从国内外主要进展上看, 生态系统服务和景观多功能性的量化研究都还比较薄弱。生态系统与景观具有等级关联性, 前者是构成后者的基本要素, 生态系统服务和景观功能具有同源性。因此, 将生态系统服务与景观多功能性研究紧密结合既有现实基础又能够深化彼此研究的量化水平, 并进一步提出了生态系统服务与景观多功能性综合定量研究的整体性框架。从当前国内外研究文献看, 该框架具有可行性, 可以作为进一步深化生态系统服务和景观多功能性研究的现实途径。

关键词: 生态系统服务; 景观多功能性; 交互作用; 尺度; 综合

Diversity of ecosystem services and landscape multi-functionality: from scientific concepts to integrative assessment

LÜ Yihe*, MA Zhimin, FU Bojie, GAO Guangyao

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

Abstract: Ecosystem and landscape are basic functional units of the Earth surface systems. The scientific concepts have come into being from the perspectives of the supports provided by ecosystems and landscapes for human survival and development as well as sustainable use and environmental conservation. Recently, researches on ecosystem service and multifunctional landscapes have grown into hotspots in the fields of eco-environmental sciences. However, quantitative analyses regarding ecosystem services and landscape multi-functionality are still weak and premature as revealed by the international research progress on these themes. Ecosystem and landscape are organized hierarchically, where the former acts as building blocks for the latter. Therefore, ecosystem service and landscape function may have the same origin. The present paper advocates that the close integration of ecosystem service and landscape multi-functionality researches has both real world basis and advantage of advancing the quality of quantitative analysis on ecosystem service and landscape multi-functionality. An integrative framework for this task has been formulated accordingly. Scales and scaling, methodological integration, the interactions among ecosystem services and landscape functions as well as management intervention are the core themes under this framework. From the contemporary literature, we can see that this framework is operational and can be treated as a viable choice to advance the researches of both ecosystem services and landscape multi-functionality.

Key Words: ecosystem service; landscape multi-functionality; interactions; scale; integration

基金项目: 中国科学院青年人才资助项目 (KZCX2-YW-QN408); 国家自然科学基金资助项目 (41171156)

收稿日期: 2012-04-13; 修订日期: 2012-09-11

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

景观是由自然、半自然和人工生态系统的部分或全部空间镶嵌所构成的地表综合体^[1]。景观综合研究的基本科学问题是格局、过程、功能、尺度及其相互关系^[2-3]。景观中格局与过程相互作用表现出一定的景观功能,而这种相互作用和功能表现又随时空尺度的不同产生变异。景观功能是景观评价、规划和设计的关键指标;景观具有多功能性,多种景观功能的协调和优化是景观管理所寻求的基本目标^[4-6]。因此,景观多功能性和多功能景观的研究成为国际上景观综合研究的重要学科生长点之一^[7]。

景观功能通过景观的结构以及镶嵌在景观结构之中的生态系统过程和功能进行体现^[8],所以,景观多功能性的物质基础是生态系统服务的多样性。相应地,景观功能也被分别归纳为四大类^[9]:即生产功能、调节功能、维持生态结构/过程的生境功能,以及信息功能。

对景观多功能性的认知和科学应用很大程度上依赖于生态系统服务研究的深化。尽管生态系统服务的概念已广为接受,成为地球表层综合研究的热点方向^[10-13],并被列为中国自然地理学研究的优先领域之一^[14]。但是,生态系统服务从分类到定量评估仍缺乏系统与规范性的方法论、以及应用中的任意性等^[15],导致研究成果的不确定性高、可靠性不足,限制了研究成果的实践运用^[16-18]。

因此,把生态系统服务综合研究这一学术热点和优先领域与景观多功能性研究的学科生长点紧密结合,就显得非常必要和迫切:一方面可以为景观功能评估和优化等提供科学基础;另一方面能够为生态系统服务的综合研究提供合适的尺度和时空整合的有效框架。这两方面的结合对于深化生态系统服务和景观功能的综合研究,推动地理学与生态学等相关学科交叉性方向的发展具有重要科学意义。本文将基于对生态系统服务、多功能景观主要研究进展的简要分析,重点探讨将两方面研究相结合、深化综合性研究的问题,以为为生态系统服务和景观功能评价研究提供参考和借鉴。

1 景观多功能性与多功能景观

2000年10月在丹麦罗斯基勒召开的多功能景观国际会议首次提出了“多功能景观”的研究议题^[19]。在之后的十余年里,景观多功能性与多功能景观的研究已经发展为国际上景观多学科综合研究的一个重要领域^[20],研究内容包括多功能景观的概念、评估、制图及规划设计^[21-29]。

相关研究进展表明,尽管GIS作为空间分析技术平台得到了广泛应用,但景观多种功能的表达多以定性或半定量的方式处理,专家经验和定性权重等发挥了重要作用^[8,30],导致景观功能的评估或制图结果更多地表现为相对比较意义(如功能多样性的相对高低及其空间分布特征)^[28],精确定量不够,而且,景观的多功能性多关注静态的存量性信息,对多种功能的动态变化关注不足,因此,还不能很好地支持对景观多种功能的动态评估和定量优化。

2 生态系统服务

千年生态系统评估将生态系统服务分为四大类^[31],包括供给服务、调节服务、文化服务和支持服务。

生态系统服务的概念在国际学术界的提出可追溯到20世纪70年代^[32],而生态系统服务研究的蓬勃发展与多功能景观研究的发展大体同步,不过十余年的时间。生态系统服务研究的重要性被广泛认可,研究的进展也很迅速,但现有生态系统服务的量化过程中仍主要局限于静态的分析、对生态系统服务多样性的度量,而对不同服务间的相互作用、系统动态与反馈、以及不确定性考虑不足^[33]。Seppelt等^[15]对近年来在国际学术期刊上正式发表的题目中包含“生态系统服务”关键词的460篇研究论文,从研究的框架、机理过程、指标和不确定性四大方面进行了综合分析,认为进一步深化生态系统服务综合研究应从以下4个方面着手:(1)可靠的生态系统数据和模型;(2)考虑小尺度生态系统服务之间的相互关系和权衡;(3)生态系统服务的空间异质性和相互作用;(4)生态系统服务评估中的利益相关方参与。

中国的生态系统服务研究近年来也取得了重要进展,提高了对生态价值的公众认知,推动了生态补偿机制的研究及其在政策、机制方面的应用。中国的生态系统服务研究也同样面临着重要挑战,Zhang等在国际生态经济领域的核心杂志《Ecological Economics》上撰文^[34],对中国生态系统服务研究的进展、存在的争论和面临的挑战进行了系统分析,提出未来研究中需要聚焦的4个方面:(1)生态系统及其服务的系统分类;(2)

生态系统结构、功能关系的观测与研究;(3)生态系统服务价值化方法的系统化、标准化发展;(4)生态系统服务的时空变异。

3 生态系统服务及景观功能的评估

从国内外关于多功能景观和生态系统服务研究的现状和发展趋势上看,景观功能的动态评估、定量模拟和优化,多种生态系统服务之间的相互关系分析、生态系统服务的空间异质性和时间动态、生态系统服务与生态系统结构和功能的关系等方面,仍然是未来研究的主要突破方向。特别是,在生态系统服务与多功能景观研究的结合上还非常薄弱,实质性的定量研究未见报道。这也是景观多功能性和多功能景观研究中,景观功能的评估和制图理论与方法不足,以及生态系统服务研究中权衡关系、时空变异、系统动态等缺乏充分考量的重要根源之一。例如,在景观多功能性评估方面,Willemsen 等^[35]对荷兰总面积为 750 km² 的 Gelderse Vallei 区 8 种景观功能,包括居住地、高强度养殖、饮用水、文化遗产、旅游、植物生境、种植业生产和休闲进行了评估和制图,每种功能采用的都是静态存量性信息,而景观多功能性的评估和制图仅通过景观单元功能数量的简单叠置和加权求和来表达^[28],对景观功能动态和景观多功能性的定量评估明显不足。在生态系统服务研究方面,多种生态系统服务之间相互作用和权衡关系不清,经常导致重复计算,从而引入很大不确定性,降低结果的可靠性^[18];基于土地覆盖和参数借用的评估方法,由于基本忽略了类型之内的空间变异性和空间相互作用,也是不确定性的重要来源,从而导致生态系统服务评估的结果在数量和空间分布上出现偏颇^[36]。

实际上,生态系统服务和景观功能可以作为生态恢复成效、生态环境质量和土地利用/覆被变化生态环境效应的重要指标^[37-41],因此,开展生态系统服务与景观多功能性的综合定量研究,也能够为区域生态环境质量评价、生态恢复和重建工程的生态效益及有效性评估、土地利用变化生态环境效应评价提供科学依据。

4 一种可能的综合评估框架

4.1 评估框架的概要分析

要实现生态系统服务和景观功能评估的有机结合,就需要一种综合性的方法框架。土地覆盖作为景观的一个重要组分,能够反映生态系统的空间镶嵌和人类活动特征。因此,土地覆盖成为在景观和区域尺度评估生态系统服务的基本信息源。但是,直接基于土地覆盖数据及其生态系统服务参数获取生态系统服务定量结果的方法被认为存在很大的不确定性,通常与基于生态监测的分析结果难以达成一致^[36]。因此,需要更为系统科学的方法将生态系统服务和景观功能的评估有机结合起来。本文尝试提出一种综合性的评估框架(图 1),为生态系统服务和景观多功能性的综合研究探索可行的路径。

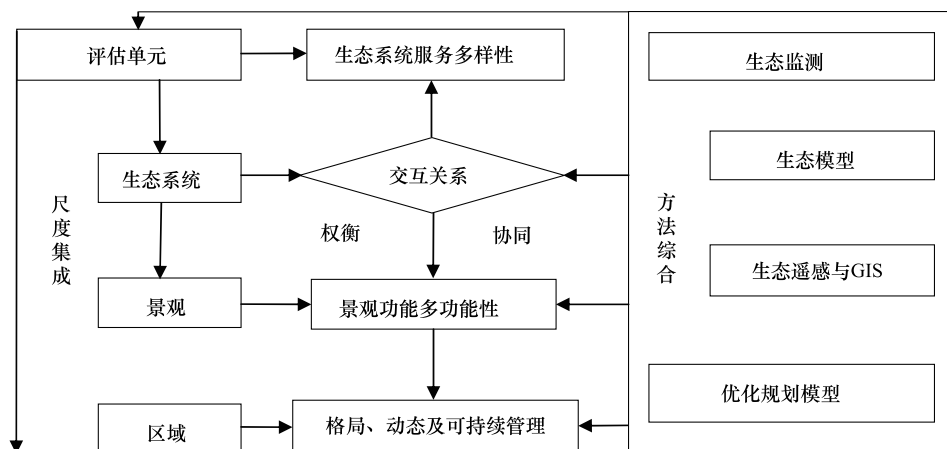


图 1 生态系统服务与景观多功能性评估的整体性框架

Fig. 1 An integrative assessment framework for ecosystem services (ES) and landscape multi-functionality (MF)

景观是由植被、土壤、地形、水文等多要素构成的地表综合体。生态系统是构成景观的重要功能单元,然而,同类生态系统由于地形、人类活动影响等的差异也会引起其在土壤保持、碳固定等服务能力和过程的差

异。因此,生态系统服务评估单元的空间划分以及生态系统服务评估目标类型的确定就成为生态系统服务与景观多功能性评估的首要环节。

其次,基于综合性方法对各评估单元的多种目标生态系统服务进行定量评估。在评估单元尺度上,可以将生态过程模型与定位调查和观测资料相结合,确定各种目标生态系统服务的存量和流量过程。例如:李士美等基于千烟洲红壤丘陵区综合开发试验站的生态定位观测资料结合物理模型和价值化方法定量评估了人工林生态系统服务价值的流量过程^[42];Yapp 等探讨了基于植被资产、状态和变化[Vegetation Assets, States and Transition(VAST)]框架的生态系统服务评估方法^[43];Beier 等提出了一个集生态系统服务供给、利用和人为驱动反馈关系的概念框架,以实现生态系统服务理念向管理实践的融合,并比较了基于流域和栅格的两种生态系统服务定量评估途径^[44]。

明确了各评价单元多种生态系统服务以后,就面临着对生态系统服务进行集成的任务,从而实现景观功能的定量评估。这一步骤包含着评估单元上多种目标生态系统服务之间相互关系(主要表现为权衡和协同)的分析、评估单元和景观尺度生态系统服务的定量集成。其中的关键是定量辨识各种生态系统服务之间的相互关系,例如森林生态系统木材提供与固碳释氧服务之间表现为明显的权衡性,随着林木采伐,固碳释氧服务会减弱,固碳释氧可能是采伐强度的一个动态非线性函数。生态系统服务之间这种函数关系的确定将为避免定量评估中的重复计算问题奠定基础^[18]。基于这种函数关系,在评估单元尺度,完成多种目标生态系统服务的综合定量分析,并进一步考虑各评估单元及其所构成的生态系统之间空间邻接和作用关系,发展景观功能的评估方法。

景观是构成区域的地表综合体,景观功能的完整性是区域生态安全和可持续发展的基本保障。区域尺度土地利用/覆被变化是影响景观及其多功能性的关键驱动力。通过景观功能的定量评估和区域制图,明确景观多功能性的富集区、脆弱区和敏感区,为区域尺度土地利用的优化配置和景观的保护、恢复与可持续利用提供决策依据。例如,Seppelt 和 Voinov 将生态系统服务作为综合性的控制变量引入到空间显示的景观格局优化模型,并结合情景模拟,探讨复合农林业发展背景下的多尺度土地利用优化配置问题^[45];van Jaarsveld 等采用多尺度嵌套设计的工作框架,评估了南非生态系统服务(淡水、食物、薪柴、文化和生物多样性)与人类福祉之间从局地到次大陆尺度的关系,通过供需趋势面分析、生态系统服务“源-汇”格局分析等方法,辨识出了流域和区域生态系统服务和人类福祉相互关系的热点地区^[46];Chan 等将几种重要生态系统服务(包括碳存储、木材供给和游憩)融入景观系统保护规划研究当中,通过把几种生态系统服务作为“目标效益”或者生物多样性维持的“附属效益/机会成本”两种策略下规划结果的比较发现,后者在达到同样保护目标的前提下能够得到成本更低的保护景观体系(成本可以降低 15%)^[47]。

4.2 支撑框架的生态监测、模型及尺度集成问题

生态监测是生态系统服务及景观功能综合评估的基础。生态系统服务的多样性和景观的多功能性对生态监测也必然地提出了多维性的要求。组成、结构和过程是生态系统服务和景观功能的物质基础。因此,将传统的小尺度生态系统组成、结构和过程的地面监测与相对宏观尺度的景观结构和过程的遥感监测相结合,定量刻画生态系统和景观的时间变化趋势、相对于周边区域或者一定目标导向的生态系统服务和景观功能状况,成为综合评估框架下生态监测的基本运作模式^[48]。与人类行为、感知、意愿等相关社会生态信息需要通过经济社会调查途径获取^[49]。互联网和信息技术的发展,使得基于互联网的广域生态监测与信息共享成为可能,将会对弥补传统生态监测的不足发挥重要作用^[50]。

单项生态系统服务或景观功能的定量评估还是基于相关传统学科的方法,例如对有关水量的服务或功能要基于气象气候、水文与生态水文等方法 and 模型进行估算。而多种生态系统服务或景观功能的评估通常需要搭建模块化的集成模型系统来完成,不同的模块实现不同服务或功能的定量化、然后通过综合分析模块进行集成。例如,当前正在开发并已经有广泛应用的 InVEST(生态系统服务及其权衡综合评估)模型所采用的就是这种集成化模式^[51],评估景观多功能性的 ITE²M 模型系统也是类似的组织形式^[52]。生态系统服务或景观

功能的集成可以采用情景分析和多准则决策与优化方法^[53-54]。与生态监测的网络化发展相类似^[50],也已经有学者开始探索生态系统服务模型的网络化开发与共享问题,可能成为未来模型发展的一个创新性方向^[55]。

尺度集成在综合模型系统中发挥着重要作用,通过一系列规则和算法的建立,将小尺度结果上推到相对宏观的尺度,从而能够实现区域生态系统服务和景观功能时空变异的表达和综合分析。例如,澳大利亚的一项研究,通过气象气候数据、航空航天遥感地表数据驱动下的地表及其生态系统模型和中尺度大气模型相耦合,实现 1 km 分辨率的日碳、水收支模拟,并尺度上推到区域,借助航空遥感方法验证模型输出,并尺度下推,与叶片到样地尺度的生态监测和地气通量数据相关联,实现耦合模型参数化和校验^[56];而 Willemen 等在景观功能动态的模拟研究中,采用多尺度的分析框架,考虑了局地尺度、管理单元尺度和区域尺度,前两个尺度的结果能够实现空间显性表达,景观功能的供给基于可加性假设进行尺度上推和定量集成^[57]。

5 结语

不论是生态系统服务还是景观多功能性,都为生态系统和景观管理中搭建自然与社会的桥梁提供了非常好的科学理念。景观多功能性的概念能够帮助搭建集成或分析多种环境胁迫因子对景观影响的适宜平台,促进对景观功能之间权衡、协同和冲突关系的分析,从而推动研究成果向决策者和社会公众的有效传播^[9]。甚至有学者也提出了景观服务的概念,并将其作为建立景观生态学与可持续发展联系的知识库基础,向行为者导向的、多功能景观开发与管理研究整合^[58]。

本文通过对生态系统服务和景观多功能性的主要研究进展和需求的角度分析认为,将二者的研究紧密结合起来,对于深化生态系统服务和景观功能的综合定量研究,以及推进区域生态环境质量评价、生态恢复和重建工程的生态效益及有效性评估、土地利用变化生态环境效应评价都具有非常重要的现实意义。为此,本文提出了一个集生态系统服务和景观多功能性评估为一体的综合性框架,以探讨将二者紧密结合的可能途径。框架的主要特点是关注时空尺度、交互作用和方法综合。

References:

- [1] Jiao Y M, Xiao D N, Guo M. Landscape and the holistic research in landscape ecology. *Geography and Territorial Research*, 2003, 19(1): 91-95.
- [2] Wu J G, Hobbs R. Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology*, 2002, 17(4): 355-365.
- [3] Lü Y H, Chen L D, Fu B J. Analysis of the integrating approach on landscape pattern and ecological processes. *Progress in Geography*, 2007, 26(3): 1-10.
- [4] Carey A B. Restoration of landscape function: reserves or active management? *Forestry*, 2003, 76(2): 221-230.
- [5] Şahin S, Bekişoğlu U. Landscape planning and management strategies for the Zir Valley, near Ankara, Turkey. *Environmental Geology*, 2009, 57(2): 297-305.
- [6] Lovell S T, DeSantis S, Nathan C A, Olson M B, Méndez V E, Kominami H C, Erickson D L, Morris K S, Morris W B. Integrating agroecology and landscape multifunctionality in Vermont: an evolving framework to evaluate the design of agroecosystems. *Agricultural Systems*, 2010, 103(5): 327-341.
- [7] Fu B J, Lü Y H, Chen L D, Su C H, Yao X L, Liu Y. The latest progress of landscape ecology in the world. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 798-804.
- [8] Kienast F, Bolliger J, Potschin M, de Groot R S, Verburg P H, Heller I, Wascher D, Haines-Young R. Assessing landscape functions with broad-scale environmental data: insights gained from a prototype development for Europe. *Environmental Management*, 2009, 44(6): 1099-1120.
- [9] Bolliger J, Bättig M, Gallati J, Kläy A, Stauffacher M, Kienast F. Landscape multifunctionality: a powerful concept to identify effects of environmental change. *Regional Environmental Change*, 2011, 11(1): 203-206.
- [10] Farber S, Costanza R, Childers D L, Erickson J, Gross K, Grove M, Hopkinson C S, Kahn J, Pincet S, Troy A, Warren P, Wilson M. Linking ecology and economics for ecosystem management. *Bioscience*, 2006, 56(2): 121-133.
- [11] Kareiva P, Watts S, McDonald R, Boucher T. Domesticated nature: shaping landscapes and ecosystems for human welfare. *Science*, 2007, 316(5833): 1866-1869.
- [12] Le Maitre D C, O'Farrell P J, Reyers B. Ecosystems services in South Africa: a research theme that can engage environmental, economic and social scientists in the development of sustainability science? *South African Journal of Science*, 2007, 103(9/10): 367-376.
- [13] Fisher B, Turner R K, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 2009, 68(3): 643-653.

- [14] Cai Y L, Song C Q, Leng S Y. Future development trends and priority areas of physical geography in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(5): 619-626.
- [15] Seppelt R, Dormann C F, Eppink F V, Lautenbach S, Schmidt S. A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology*, 2011, 48(3): 630-636.
- [16] Xie G D, Xiao Y, Lu C X. Study on ecosystem services: progress, limitation and basic paradigm. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(2): 191-199.
- [17] Yang G M, Li W H, Min Q W, Zhen L, Lucas M. Reflection on the limitation of ecological service studies in China and suggestion for future research. *China Population Resources and Environment*, 2007, 17(1): 85-91.
- [18] Fu B J, Su C H, Wei Y P, Willett I R, Lü Y H, Liu G H. Double counting in ecosystem services valuation: causes and countermeasures. *Ecological Research*, 2011, 26(1): 1-14.
- [19] Zhou H R. Prospect on multifunctional landscapes of marshes in arid areas. *Arid Land Geography*, 2005, 28(1): 16-20.
- [20] Zhang P P, Hu Y M. Research progress on multifunctional landscape. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36(28): 12454-12457.
- [21] Naveh Z. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 57(3/4): 269-284.
- [22] Brandt J. Multifunctional landscapes: perspectives for the future. *Journal of Environmental Sciences*, 2003, 15(2): 187-192.
- [23] Gimona A, van der Horst D. Mapping hotspots of multiple landscape functions: a case study on farmland afforestation in Scotland. *Landscape Ecology*, 2007, 22(8): 1255-1264.
- [24] Jiao Y M. Synthetic assessment on the multifunction of terrace landscape in Ailao mountains. *Yunnan Geographic Environment Research*, 2008, 20(6): 7-10.
- [25] Lovell S T, Johnston D M. Designing landscapes for performance based on emerging principles in landscape ecology. *Ecology and Society*, 2009, 14(1): 44. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art44/>.
- [26] He L, Min Q W, Zhang D. Evaluation models for multifunctionality of agriculture and their applications: a case study on Qingtian County in Zhejiang Province, China. *Resources Science*, 2010, 32(6): 1057-1064.
- [27] Teng M J, Zhou Z X, Wang C G, Wu C G, Xu Y R. The function types of green corridor and the key issues in its planning based upon structure design and management. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(6): 1604-1614.
- [28] Willemen L, Hein L, van Mensvoort M E F, Verburg P H. Space for people, plants, and livestock? Quantifying interactions among multiple landscape functions in a Dutch rural region. *Ecological Indicators*, 2010, 10(1): 62-73.
- [29] Xu M H, Lu L L, Gan B C, Meng J. Ideas and ways of designing multi-functional garden landscapes-with the Eco-function planning of South Chinese Herb Garden in Hainan as an example. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010, 38(13): 7081-7083.
- [30] Zhang B, Zhang J J, Zheng F, Li Y T, Yang Y F. A comprehensive evaluation method of landscape function for different land-use types in Loess region. *Science of Soil and Water Conservation*, 2010, 8(6): 75-79.
- [31] MA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, DC: Island Press, 2003.
- [32] Vihervaara P, Rönkä M, Walls M. Trends in ecosystem service research: early steps and current drivers. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2010, 39(4): 314-324.
- [33] Nicholson E, Mace G M, Armsworth P R, Atkinson G, Buckle S, Clements T, Ewers R M, Fa J E, Gardner T A, Gibbons J, Grenyer R, Metcalfe R, Mourato S, Muûls M, Osborn D, Reuman D C, Watson C, Milner-Gulland E J. Priority research areas for ecosystem services in a changing world. *Journal of Applied Ecology*, 2009, 46(6): 1139-1144.
- [34] Zhang B, Li W H, Xie G D. Ecosystem services research in China: progress and perspective. *Ecological Economics*, 2010, 69(7): 1389-1395.
- [35] Willemen L, Verburg P H, Hein L, van Mensvoort M E F. Spatial characterization of landscape functions. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 88(1): 34-43.
- [36] Eigenbrod F, Armsworth P R, Anderson B J, Heinemeyer A, Gillings S, Roy D B, Thomas C D, Gaston K J. The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 2010, 47(2): 377-385.
- [37] Collard S J, Zammit C. Effects of land-use intensification on soil carbon and ecosystem services in Brigalow (*Acacia harpophylla*) landscapes of southeast Queensland, Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 117(2/3): 185-194.
- [38] Benayas J M R, Newton A C, Diaz A, Bullock J M. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*, 2009, 325(5944): 1121-1124.
- [39] Musacchio L R. The scientific basis for the design of landscape sustainability: a conceptual framework for translational landscape research and practice of designed landscapes and the six Es of landscape sustainability. *Landscape Ecology*, 2009, 24(8): 993-1013.
- [40] Birch J C, Newton A C, Aquino C A, Cantarello E, Echeverria C, Kitzberger T, Schiappacasse I, Garavito N T. Cost-effectiveness of dryland forest restoration evaluated by spatial analysis of ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2010, 107(50): 21925-21930.
- [41] Paetzold A, Warren P H, Maltby L L. A framework for assessing ecological quality based on ecosystem services. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 273-281.
- [42] Li S M, Xie G D, Zhang C X, Gai L Q. Flow processes of forest ecosystem services: a case study on Qianyanzhou Plantation, Jiangxi Province. *Resources Science*, 2010, 32(5): 831-837.
- [43] Yapp G, Walker J, Thackway R. Linking vegetation type and condition to ecosystem goods and services. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3):

292-301.

- [44] Beier C M, Patterson T M, Chapin F S III. Ecosystem services and emergent vulnerability in managed ecosystems: a geospatial decision-support tool. *Ecosystems*, 2008, 11(6): 923-938.
- [45] Seppelt R, Voinov A. Optimization methodology for land use patterns—evaluation based on multiscale habitat pattern comparison. *Ecological Modelling*, 2003, 168(3): 217-231.
- [46] van Jaarsveld A S, Biggs R, Scholes R J, Bohensky E, Reyers B, Lynam T, Musvoto C, Fabricius C. Measuring conditions and trends in ecosystem services at multiple scales: the Southern African Millennium Ecosystem Assessment (SAfMA) experience. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2005, 360(1454): 425-441.
- [47] Chan K M A, Hoshizaki L, Klinkenberg B. Ecosystem services in conservation planning: targeted benefits vs. co-benefits or costs? *PLoS ONE*, 2011, 6(9): e24378. doi: 10.1371/journal.pone.0024378.
- [48] Sommerville M M, Milner-Gulland E J, Jones J P G. The challenge of monitoring biodiversity in payment for environmental service interventions. *Biological Conservation*, 2011, 144(12): 2832-2841.
- [49] Scullion J, Thomas C W, Vogt K A, Pérez-Maqueo O, Logsdon M G. Evaluating the environmental impact of payments for ecosystem services in Coatepec (Mexico) using remote sensing and on-site interviews. *Environmental Conservation*, 2011, 38(4): 426-434.
- [50] Tierney G L, Faber-Langendoen D, Mitchell B R, Shriver W G, Gibbs J P. Monitoring and evaluating the ecological integrity of forest ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2010, 7(6): 308-316.
- [51] Tallis H, Polasky S. Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009, 1162(1): 265-283.
- [52] Waldhardt R, Bach M, Borresch R, Breuer L, Diekötter T, Frede H G, Gäth S, Ginzler O, Gottschalk T, Julich S, Krumpholz M, Kuhlmann F, Otte A, Reger B, Reiher W, Schmitz K, Schmitz P M, Sheridan P, Simmering D, Weist C, Wolters V, Zörner D. Evaluating today's landscape multifunctionality and providing an alternative future: a normative scenario approach. *Ecology and Society*, 2010, 15(3): 30. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art30/>.
- [53] Fürst C, Volk M, Pietzsch K, Makeschin F. Pimp Your Landscape: a tool for qualitative evaluation of the effects of regional planning measures on ecosystem services. *Environmental Management*, 2010, 46(6): 953-968.
- [54] Wainger L A, King D M, Mack R N, Price E W, Maslin T. Can the concept of ecosystem services be practically applied to improve natural resource management decisions? *Ecological Economics*, 2010, 69(5): 978-987.
- [55] Feng M, Liu S G, Euliss N H Jr, Young C, Mushet D M. Prototyping an online wetland ecosystem services model using open model sharing standards. *Environmental Modelling and Software*, 2011, 26(4): 458-468.
- [56] Beringer J, Hutley L B, Hacker J M, Neiminger B, Kyaw T P U. Patterns and processes of carbon, water and energy cycles across northern Australian landscapes: from point to region. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2011, 151(11): 1409-1416.
- [57] Willemen L, Veldkamp A, Verburg P H, Hein L, Leemans R. A multi-scale modelling approach for analysing landscape service dynamics. *Journal of Environmental Management*, 2012, 100: 86-95.
- [58] Termorshuizen J W, Opdam P. Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. *Landscape Ecology*, 2009, 24(8): 1037-1052.

参考文献:

- [1] 角媛梅,肖笃宁,郭明. 景观与景观生态学的综合研究. *地理与地理信息科学*, 2003, 19(1): 91-95.
- [3] 吕一河,陈利顶,傅伯杰. 景观格局与生态过程的耦合途径分析. *地理科学进展*, 2007, 26(3): 1-10.
- [7] 傅伯杰,吕一河,陈利顶,苏常红,姚雪玲,刘宇. 国际景观生态学研究新进展. *生态学报*, 2008, 28(2): 798-804.
- [14] 蔡运龙,宋长青,冷疏影. 中国自然地理学的发展趋势与优先领域. *地理科学*, 2009, 29(5): 619-626.
- [16] 谢高地,肖玉,鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式. *植物生态学报*, 2006, 30(2): 191-199.
- [17] 杨光梅,李文华,闵庆文,甄霖, Lucas M. 对我国生态系统服务研究局限性的思考及建议. *中国人口·资源与环境*, 2007, 17(1): 85-91.
- [19] 周华荣. 干旱区湿地多功能景观研究的意义与前景分析. *干旱区地理*, 2005, 28(1): 16-20.
- [20] 张盼盼,胡远满. 多功能景观研究进展. *安徽农业科学*, 2008, 36(28): 12454-12457.
- [24] 角媛梅. 哀牢山区梯田景观多功能的综合评价. *云南地理环境研究*, 2008, 20(6): 7-10.
- [26] 何露,闵庆文,张丹. 农业多功能性多维评价模型及其应用研究: 以浙江省青田县为例. *资源科学*, 2010, 32(6): 1057-1064.
- [27] 滕明君,周志翔,王鹏程,吴昌广,徐永荣. 基于结构设计与管理绿色廊道功能类型及其规划设计重点. *生态学报*, 2010, 30(6): 1604-1614.
- [29] 许明会,卢丽兰,甘炳春,孟杰. 多功能园林景观设计思想和方法: 以海南南药园园林生态功能规划为例. *安徽农业科学*, 2010, 38(13): 7081-7083.
- [30] 张波,张建军,郑芳,李轶涛,杨云凤. 黄土区不同地类景观功能的综合评价方法. *中国水土保持科学*, 2010, 8(6): 75-79.
- [42] 李士美,谢高地,张彩霞,盖力强. 森林生态系统服务流量过程研究——以江西省千烟洲人工林为例. *资源科学*, 2010, 32(5): 831-837.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 4 February, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Concepts, processes and quantification methods of the forest water conservation at the multiple scales WANG Xiaoxue, SHEN Huitao, LI Xuyong, et al (1019)
- Advances in the study of stable isotope composition of leaf water in plants LUO Lun, YU Wusheng, WAN Shimin, et al (1031)
- Eco-environmental effects of urban landscape pattern changes: progresses, problems, and perspectives CHEN Liding, SUN Ranhao, LIU Hailian (1042)
- An overview of advances in distributional pattern of urban biodiversity MAO Qizheng, MA Keming, WU Jianguo, et al (1051)
- Ecological compensation boosted ecological protection and human well-being improvement LI Huimei, ZHANG Anlu (1065)

Autecology & Fundamentals

- Effects of indigenous AM fungi and neighboring plants on the growth and phosphorus nutrition of *Leymus chinensis* LEI Yao, HAO Zhipeng, CHEN Baodong (1071)
- Influences of AM fungi on plant growth and water-stable soil aggregates under drought stresses YE Jiashu, LI Tao, HU Yajun, et al (1080)
- The effect of transgenic cucumber with double strands RNA of *mapk* on diversity of rhizosphere bacteria CHEN Guohua, MI Baobin, LI Ying, et al (1091)
- The ambient ozone pollution and foliar injury of the sensitive woody plants in Beijing exurban region WAN Wuxing, XIA Yajun, ZHANG Hongxing, et al (1098)
- Diversity and plant growth-promoting potential of culturable endophytic bacteria isolated from the leaves of *Atractylodes lancea* ZHOU Jiayu, JIA Yong, WANG Hongwei, et al (1106)
- Effects of the low temperature treatment on egg maturation and its numerical dynamics in the parasitoid *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae) XIA Shiyang, MENG Ling, LI Baoping (1118)
- Circadian rhythm of calling behavior and sexual pheromone production and release of the female *Zeuzera leuconotum* Butler (Lepidoptera: Cossidae) LIU Jinlong, JING Xiaoyuan, YANG Meihong, et al (1126)
- Influence of fluoride on activity of carboxylesterase and esterase in hemolymph of *Bombyx mori* MI Zhi, RUAN Chenglong, LI Jiaorong, et al (1134)
- Effects of water temperature on the embryonic development, survival and development period of larvae of ridgetail white prawn (*Exopalaemon carinicauda*) reared in the laboratory LIANG Junping, LI Jian, LI Jitao, et al (1142)

Population, Community and Ecosystem

- Diversity of ecosystem services and landscape multi-functionality: from scientific concepts to integrative assessment LÜ Yihe, MA Zhimin, FU Bojie, et al (1153)
- Research on estimating wetland vegetation abundance based on spectral mixture analysis with different endmember model: a case study in Wild Duck Lake wetland, Beijing CUI Tianxiang, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji, et al (1160)
- Identifying typical plant ecological types based on spectral characteristic variables: a case study in Wild Duck Lake wetland, Beijing LIN Chuan, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji, et al (1172)
- Responses of phytoplankton community to the construction of small hydropower stations in Hainan Province LIN Zhangwen, LIN Sheng, GU Jiguang, et al (1186)
- Diurnal variation of water quality around *Potamogeton crispus* population WANG Jinqi, ZHENG Youfei, WANG Guoxiang (1195)
- Effects of three forest restoration approaches on plant diversity in red soil region, southern China WANG Yun, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1204)
- Dynamics of soil physical-chemical properties and organic carbon content along a restoration chronosequence in *Pinus tabulaeformis* plantations HU Huifeng, LIU Guohua (1212)
- Probability models of forest fire risk based on ecology factors in different vegetation regions over China LI Xiaowei, ZHAO Gang, YU Xiubo, et al (1219)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Landscape ecological security dynamics in a fast growing urban district: the case of Dongguan City YANG Qingsheng, QIAO Jigang, AI Bin (1230)
- The difference between exergy and biodiversity in ecosystem health assessment: a case study of Jiangsu coastal zone TANG Dehao, ZOU Xinqing, LIU Xingjian (1240)
- Impacts of drying-wetting cycles on CO₂ and N₂O emissions from soils in different ecosystems OUYANG Yang, LI Xuyong (1251)
- Evaluation of low-carbon competitiveness in Western China JIN Xiaoqin, DU Shouhu (1260)
- Flood return period analysis of the Bayi Reservoir Watershed based on HEC-HMS Model ZHENG Peng, LIN Yun, PAN Wenbin, et al (1268)
- Simulation of rainfall interception process of primary korean pine forest in Xiaoxing'an Mountains by using the modified Gash model CHAI Rushan, CAI Tiju, MAN Xiuling, et al (1276)
- Characteristics of tree-ring chronology of *Pinus koraiensis* and its relationship with climate factors on the northern slope of Changbai Mountain CHEN Lie, GAO Lushuang, ZHANG Yun, et al (1285)

Resource and Industrial Ecology

- Nitrogen flows in "crop -edible mushroom" production systems in Hexi Corridor Oasis Irrigation Area LI Ruiqin, YU Anfen, ZHAO Youbiao, et al (1292)
- Effects of fertilization on soil fertility indices and yield of dry-land peanut WANG Caibin, ZHENG Yaping, LIANG Xiaoyan, et al (1300)
- Effect of tillage and residue management on dynamic of soil microbial biomass carbon PANG Xu, HE Wenqing, YAN Changrong, et al (1308)
- Evaluation of eco-security of cultivated land requisition-compensation balance based on improved set pair analysis SHI Kaifang, DIAO Chengtai, SUN Xiufeng, et al (1317)

Opinions

- Methodology for measuring forestry ecological security based on ecology-industry symbiosis: a research framework ZHANG Zhiguang (1326)

《生态学报》2013 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,探索自然奥秘,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,300 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 33 卷 第 4 期 (2013 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 4 (February, 2013)

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