

自然保护地生态系统服务价值评估研究进展

杜金鸿, 刘方正, 周越, 张立博, 冯春婷, 王伟*

中国环境科学研究院, 国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室, 北京 100012

摘要: 自然保护地具有重大的生态效益和经济效益, 近年来自然保护地生态系统服务价值评估已成为当前生态学和环境经济学的研究热点. 通过系统地回顾自然保护地生态系统服务价值评估的历史沿革, 从空间尺度、研究对象、评估方法、评估指标等方面综述了相关的研究进展. 总体来看, 国内外相关案例已基本覆盖了国家、行政区域、自然地理单元和单个自然保护地等不同空间尺度; 分别以森林、湿地、草地和荒漠等代表性生态系统类型自然保护地开展了研究; 多采用价值系数与物质质量评估两种方法; 同时, 不同自然保护地在供给、支持、调节、文化等四大类服务的指标选择上各有不同. 自然保护地生态系统服务价值评估工作仍存在标准体系不完善、时空动态研究不足、未充分考虑利益相关方等问题, 建议未来我国自然保护地生态系统服务价值评估从以下几个方面加强研究: ①加强基础性研究, 探索自然保护地生态系统服务的生态学机制; ②开展各指标的长期动态监测, 建立健全不同类型自然保护地生态系统服务价值评估指标体系和技术方法; ③加强时空动态分析及影响因素分析, 运用动态模拟模型预测价值的变化; ④充分考虑不同利益相关方之间的权衡, 使其在生态补偿研究中发挥重要作用; ⑤加强评估结果在自然保护地规划、建设、管理、保护等各方面的应用研究.

关键词: 自然保护地; 生态系统服务; 利益相关方; 生态补偿

中图分类号: X36

文章编号: 1001-6929(2019)09-1475-08

文献标志码: A

DOI: 10.13198/j.issn.1001-6929.2019.03.22

A Review of Ecosystem Services Assessment and Valuation of Protected Areas

DU Jinhong, LIU Fangzheng, ZHOU Yue, ZHANG Libo, FENG Chunting, WANG Wei*

State Environmental Protection Key Laboratory of Regional Eco-Process and Function Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Abstract: Protected areas reserves provide significant ecologic and economic benefits. In recent years, the ecosystem services assessment and valuation of protected areas have become hot issues in current ecology and environmental economics studies. Through systematic review of the historical progress of the ecosystem services assessment and valuation of protected areas, we reviewed research advances from the aspects of spatial scale, research objects, evaluation methods and indicators. In general, relevant cases of domestic and foreign studies basically covered different spatial scales such as national, administrative regional, natural geographic units and individual protected area. Researches were carried out on different protected areas of representative ecosystems such as forests, wetlands, grasslands and deserts, respectively. There were two mainly valuation methods adopted, the coefficient valuation method and the material quality valuation method. Meanwhile, different protected areas used different indicators in the four categories of ecosystem services such as supply, support, regulation and culture. However, there are still insufficient researches on assessment and valuation standard systems, time and space dynamics, and stakeholder relationship. Therefore, we suggest that further studies on the ecosystem services assessment and valuation of protected areas focus on: (1) Strengthen basic research and explore the ecological mechanism of ecosystem services. (2) Establish indicator system and improve technical methods for different types of protected areas, and carry out long-term dynamic monitoring of each indicator. (3) Strengthen the analysis of spatiotemporal dynamics and impact factors of ecosystem services, and use dynamic simulation models to predict value changes. (4) Fully consider the trade-offs between different stakeholders to make them play an important role in ecological compensation research. (5) Strengthen the application research of valuation results in the planning, construction, management and protection of protected areas.

Keywords: protected areas; ecosystem service; stakeholder; ecological compensation

收稿日期: 2018-09-21 修订日期: 2019-03-18

作者简介: 杜金鸿(1988-), 女, 山东高唐人, 工程师, 硕士, 主要从事自然保护区和生物多样性研究, dujinhong88@sina.com.

* 责任作者, 王伟(1980-), 男, 河北邢台人, 副研究员, 博士, 主要从事生态学与自然保护地研究, wang.wei@craes.org.cn

基金项目: 国家重点研发计划项目(No.2016YFC0503304)

Supported by National Key Research and Development Program of China (No.2016YFC0503304)

建立自然保护区是保护自然资源和生态环境最有效的方式之一。自然保护区不仅能为人类提供大量的原材料,并且在生物多样性保护、科研教育、娱乐游憩、涵养水源、净化大气等方面起着重要的作用,具有巨大的生态效益和经济效益^[1]。随着生态系统服务价值评估手段及方法的运用和普及,自然保护区生态系统服务价值评估已日益受到人们的重视,成为生态学和环经学研究的前沿课题^[2]。

世界保护地数据库(World Database on Protected Area, WDPA)发布的2016年世界保护地报告^[3-4]显示,目前全球已有202 467个陆地和内陆水域保护地和14 688个海洋保护地,分别覆盖了全球14.7%的陆地面积和4.12%的海洋面积,已基本形成类型比较齐全、布局基本合理、功能相对完善的自然保护区体系,但仍存在生态补偿制度缺失、网络布局不完善、生态效益无法评估等问题。自然保护区生态系统服务价值评估为以上问题的解决提供了有效途径。

该研究从空间尺度、研究对象、评估方法、评估指标等方面,通过综述国内外自然保护区生态系统服务价值评估的研究进展,提出目前评估中存在的问题,并结合我国自然保护区发展历程与现状,对我国自然保护区生态系统服务价值评估工作提出展望。

1 自然保护区生态系统服务价值研究历史沿革

自19世纪后期生态系统服务概念提出以来,经过多年的研究和探索,其理论和方法已较为成熟和完善^[5-6]。生态系统服务价值评估丰富了生态学的内涵,被称为生态学发展到一个新阶段的里程碑。通过开展生态系统服务价值评估,生态无价、环境无价的观念正在逐渐形成,公众的生态环境保护意识明显提高,同时也为生态系统保育政策的制订与决策提供了理论依据^[7]。

自然保护区是世界各国为有效保护生物多样性而划定并实施管理的区域,同时也多是生态系统服务价值较高的区域^[8]。与一般以行政区域为单元开展的生态系统服务价值评估相比,自然保护区生态系统服务价值评估多侧重于调节、文化、支持等与保护管理目标直接相关的服务价值。考虑到生态系统服务价值变化是生态系统变化最直观的表现,通过对自然保护区生态系统服务价值的动态评估,掌握其变化趋势与影响因素,可以为自然保护区保护成效提供量化依据^[9];尤其是在自然保护区内某项管理措施实施前后,生态系统服务价值评估能够反映该项措施的成本效益比,更能直观地为自然保护区决策者和管理者提供参考。在自然保护区生态系统服务研究的早期,

学者主要从保护、科研和历史的角进行探讨和研究^[10]。如研究者为客观评价其保护价值制定了一系列的指标体系,包括物种多样性指数、稀有性、代表性、典型性等^[11]。进入20世纪90年代,尤其是在《生物多样性公约》“爱知目标”提出“加强生物多样性价值评估和主流化”^[12]的要求后,深入认识自然保护区生态系统服务并量化为经济价值的需求和要求不断提升。在国内,张更生等^[13]首次论述了自然保护区经济价值的表现形式、类型及作用等,并对价值估算方式、方法进行了探讨;薛达元^[14]对长白山自然保护区经济价值进行了评估。至此,自然保护区经济价值定量评估受到关注,以中国知网学术期刊网络出版总库和Web of Science中2000—2017年的期刊论文为数据源,以自然保护区(protected area)、自然保护区(nature reserve)、生态系统服务(ecosystem service)为关键词进行检索,发现自21世纪初以来自然保护区生态系统服务价值的相关研究文献数量呈逐年增加趋势(见图1)。

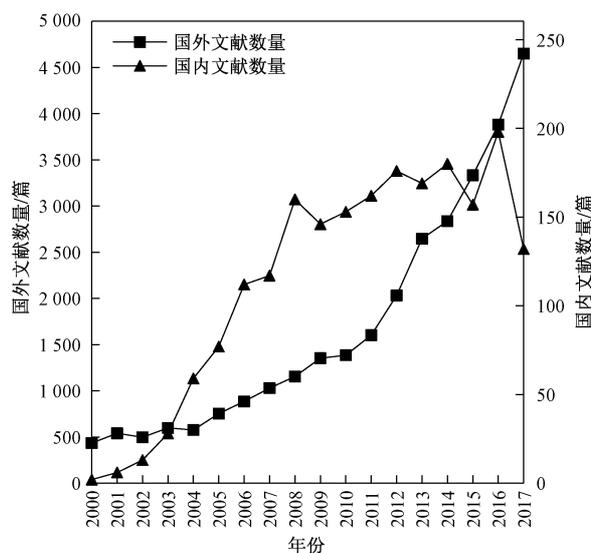


图1 2000年后国内外自然保护区生态系统服务价值相关研究文献数量对比

Fig.1 Number of domestic and foreign literatures on ecosystem services assessment and valuation of protected areas since 2000

2 自然保护区生态系统服务价值研究进展

2.1 自然保护区生态系统服务价值评估的空间尺度

生态系统服务取决于一定空间上的生态系统结构。自然保护区生态系统服务可在国家、行政区域、自然地理单元和单个自然保护区等不同尺度开展评估。国家、行政区域、自然地理单元尺度的评估,展现了大尺度下所有自然保护区的生态系统服务状况,可

为自然保护地的布局规划提供科学依据^[15-16];单个自然保护地尺度的评估,更多关注自然保护地在维持生物多样性和保障生态系统服务等方面的作用,体现了生态系统的变化趋势、影响因素、保护成效等,可为自然保护地具体管理措施与政策制定提供理论支撑^[9,17]。

目前来看,单个自然保护地生态系统服务价值评估在现阶段占据主导地位,虽评估案例涉及的评估指标、技术和方法各有不同,但最终的评估结果都为自然保护地的科学管理和可持续发展提供了对策建议。如 Gross-Camp 等^[18]以卢旺达的 Nyungwe 国家公园为例,发现对自然保护地进行生态补偿能够有效减少自然保护地内的人类活动;胡世辉等^[19]对西藏工布自然保护地生态系统服务价值进行了评估,分析了保护区管理现状及问题,提出了相关建议;张东水等^[20]通过对比3个时期漳江口红树林保护区及其周边生态系统服务价值的变化,发现建设用地和养殖用地的扩张是导致该区生态系统服务价值下降的主要原因。

除单个自然保护地尺度的评估外,基于国家、行政区域、自然地理单元尺度的评估也逐步开展和完善,为自然保护地网络布局的优化提供了科学依据。如在国家尺度上,OUYANG 等^[21]评估了中国自然保护区对生物多样性和生态系统服务的保护现状,提出了完善国家自然保护网络体系、优化自然保护区格局的建议;在行政区域尺度上,Spano 等^[22]对意大利南部 Bari 市的生态系统服务价值进行评估,发现23.7%的生态系统服务价值热点区域位于自然保护地内;在自然地理单元尺度上,Garcianieto 等^[23]通过绘制西班牙东南部 Sierra Nevada 山脉的生态系统服务价值分布图,直观显示了生态系统服务供应方和需求方的关系,提出在自然保护地等重点领域加强管理的建议。

2.2 自然保护地生态系统服务价值评估的研究对象

自然保护地体系要保护全球各类代表性生态系统,包括森林、湿地、草地和荒漠等^[24]。从自然保护地生态系统服务价值评估案例来看,不同类型自然保护地生态系统服务价值研究还处在不同发展阶段,初期主要以森林为研究对象,之后逐渐拓宽研究范畴,开始对湿地、草地、荒漠等涉足研究。

目前,国内外森林类型自然保护地生态系统服务价值的研究案例较多,评估方法和体系较为成熟。如 Ninan 等^[25]研究发现,印度 Nagarhole 国家公园产生的价值远大于其他土地类型,对其开展评估能在一定程度上遏制了因经济发展导致的热带森林的减少;

Hein^[26]研究发现,荷兰 Hoge Veluwe 森林公园每年提供的木材生产、娱乐游憩、水源供给等服务大约在2000欧元/hm²,比农用地的价值高出3倍多。在国内,学者们分别对神农架^[27]、庐山^[28]、南昆山^[29]等自然保护区的森林生态系统服务价值进行了评估。从已检索的文献来看,多数森林类型自然保护地生态系统服务价值评估案例利用森林资源调查及长期监测数据,参考森林生态系统服务价值评估的手段和方法(如《森林生态系统服务功能评估规范》),对水源涵养、固碳释氧等最主要的森林生态系统服务进行评估。因评估数据多是实测数据且评估手段和方法较为成熟和完善,故评估结果可信度较高,并且不同自然保护地的评估结果具有一定的可比性。不过,由于自然保护地内森林生态系统结构-功能和生态过程及其机理等生态学基础研究尚不完善,森林类型自然保护地生态系统服务价值的准确定量计算仍有待进一步研究。

近年来,湿地类型自然保护地生态系统服务价值的研究逐渐增多。如 Ghermandi 等^[30]基于全世界167个湿地价值研究案例发现,娱乐游憩、防洪控水、缓冲风暴和改善水质是湿地生态系统提供的最重要的4类服务。郝运等^[31]对吉林省向海湿地自然保护区进行了评估,得出该保护区的总价值为47.84×10⁸元/a。此外,学者们分别对扎龙^[32]、闽江河口^[33]湿地等自然保护区的生态系统服务价值进行了测算。相对来说,多数湿地类型自然保护地在生态系统服务方面往往缺乏长期监测数据,评估案例多采用遥感数据和统一的价值参数,导致评估结果不能完全反映自然保护地的自然资源空间异质性和区域社会经济特征。与森林、湿地类型自然保护地相比,针对草原和荒漠类型自然保护地生态系统服务价值的研究较少,并且还处于认识和摸索阶段,缺乏理论方法的创新及个案的研究。

以中国知网学术期刊网络出版总库为数据源,以国家级、自然保护区、生态系统服务为关键词进行检索,发现我国仅有69个国家级自然保护区开展过生态系统服务价值评估,占全国国家级自然保护区总数的14.56%,其中,53.62%(37个)是森林类型自然保护区,40.58%(28个)是湿地类型自然保护区,仅有4个草原和荒漠类型自然保护区。

2.3 自然保护地生态系统服务价值评估的方法

目前,国内外常用的自然保护地生态系统服务价值评估方法主要包括价值系数评估与物质量评估两种类型。价值系数评估是基于土地利用类型进行评估,适合较大空间尺度上的评估。如 Costanza 等^[34]在

Nature 上公布的生态系统服务价值系数(简称“Costanza 价值系数”)和谢高地等^[35]修正的中国生态系统服务价值系数(简称“谢高地修正的价值系数”)是最常用的两种价值系数。李哲等^[36]采用 Costanza 价值系数测算了艾比湖湿地自然保护区的生态系统服务价值。王敏等^[37]采用谢高地修正的价值系数测算了锡林郭勒草原自然保护区的生态系统服务价值。价值系数评估简单易操作、方法统一、结果便于比较,但自然保护区不同于一般的生态区域,某些生态系统服务价值更高,在评估中直接套用价值系数容易忽视其复杂性,因此在实际应用中受到了许多质疑。

物质量评估主要是根据自然保护区生态系统结构-功能及生态过程,通过定点观测得到的监测数据,再结合相关生态学模型,客观反映生态系统服务的形成机理,是评估小尺度下生态系统服务的常用手段。国际上通用的物质量评估有市场价值法、揭示偏好法、陈述偏好法及协商参与法等 4 类^[38]。如 Zambrano-Monserrate 等^[39]利用揭示偏好法评估得出,厄瓜多尔 Villamil 海滩国家休闲公园的人均参观价值为 16.95 美元;Wattage 等^[40]采用陈述偏好法衡量了斯里兰卡自然保护区利益相关方在保护鱼类、红树林和水源的支付意愿;王昌海^[41]利用市场价值等方法计算了秦岭自然保护区群的生态系统服务价值。此外,一些国家和组织针对生态系统服务价值评估研发了一系列的工具,如 TESS (toolkit for ecosystem service site-based assessment)、PA-BAT (protected areas benefits assessment tool)、EST (ecosystem services toolkit)、InVEST (integrated valuation of ecosystem services and tradeoffs)、MIMES (multiscale integrated model of ecosystem services)等^[42]。

无论是价值系数评估、物质量评估还是利用工具评估,评估中通常将生态系统服务当作常量计算,而自然保护区生态系统服务价值高于一般生态系统,并且存在时空异质性,将这些方法直接应用于自然保护区的评估还存在一定的局限性。

2.4 自然保护区生态系统服务价值评估的评估指标

国内外学者基于不同目的和研究尺度提出了生态系统服务的各种分类方法,整体上以 Costanza、De Groot 及千年生态系统评估的分类体系最具代表性^[43],尤其是千年生态系统评估系统的供给、调节、文化和支持四大类服务被广为利用和传播。自然保护区生态系统服务的识别和测算受到相关理论、方法和基础数据的局限,不同研究案例所涉及的具体指标

也各有不同。如 Hugues^[44]评估刚果盆地自然保护区的生态系统服务价值时采用了提供产品、休闲游憩、水源涵养、固碳释氧和气候调节等指标;王洪翠等^[45]评估武夷山风景名胜区时采用了调节气候、调节水分、土壤形成等 15 项指标;宁潇等^[46]评估了杭州湾国家湿地公园的水质净化、物质资源、生物多样性保护等 10 项服务的价值。

研究^[47]表明,不同的自然保护区生态系统服务价值评估在选择上述四大类服务类型的指标时各有不同,其中,调节服务(如水源涵养和大气调节等)和文化服务(如教育科研和休闲游憩等)是当前评估时的必选指标,供给服务(如提供食物、木材及燃料等)和支持服务(如养分循环和土壤形成等)则会被选择性地采用。主要原因是:①一般情况下自然保护区限制人类对自然资源的获取,供给服务不是其主要的生态系统服务;②支持服务是其他 3 项服务的基础,其价值已经反映在了其他 3 种类型的服务上,若再测算支持服务容易造成重复计算,致使评估结果不准确^[48]。综上,针对不同类型自然保护区的生态系统服务价值评估尚未形成完备的指标体系,并且赋值标准也不一致,导致评估结果难以直接比较和应用。

3 存在的问题

a) 尚未形成完整的指标体系和技术规范。价值构成是生态系统服务价值评估的关键^[49],由于对不同类型自然保护区生态系统服务价值构成及其可计算性的认识不一致,导致目前多数评估案例在选取价值指标时存在很大的人为主观性,容易造成重复计算或漏算的可能;而且多套用一般生态系统服务的价值当量和评估方法,忽略了自然保护区的现状、空间异质性和区域经济差异,评估精度较低,评估结果对决策者和管理者的指导性差。同时,针对混合类型的自然保护区(指同时存在森林、草原、湿地、荒漠等多种生态系统类型的自然保护区),在判断、识别和评估最主要的生态系统服务类型等方面存在不足。

b) 时空动态变化研究不足。生态系统服务价值评估不仅需要考察生态系统的现状和构成,还要评估其时空变化与对外来压力的敏感性,以及运用动态模拟模型预测价值的变化,从而准确计量人类行为对生态系统服务影响的成本、效益和损失^[50]。而目前的自然保护区评估,在时间尺度上多以瞬时价值评估为主,缺乏对自然保护区划定前后或一段时间内价值的动态变化分析,评估结果只具有即时效力或短暂效力,对未来生态系统管理的指导重要性因而受到削弱。在空间尺度上多侧重于自然保护区范围内价值

的测算,未能考虑资源与价值的空间流转及其异地实现过程,无法体现自然保护区内外价值的空间异质性。

c) 对不同利益相关方的研究不充分。利益相关方分析是评估结果能否合理应用于环境经济决策(如生态补偿)实践的根本保障,自然保护区的利益相关方可以界定为生态保护和受益者两类。因自然资源开发的限制,当地居民承担了保护的成本并丧失了部分的发展机会,是最主要的生态保护者,而净化空气、涵养水源等服务具有辐射及溢出效应,区域外、全国甚至世界各地都享受了其生态价值,是主要的生态受益者,这就造成了不同利益相关方之间的冲突及保护与发展之间的矛盾^[51]。通过评估和测算自然保护区生态系统服务价值,可促使决策者和管理者了解不同利益相关方的诉求,合理解决保护与发展之间的矛盾。但目前评估案例很少,考虑到不同利益相关方之间的权衡,无论是国家、行政区域、自然地理单元等大尺度的评估还是单个自然保护区的评估,评估出的服务价值仅是一个数值,无法体现保护者的保护成本和受益者的生态收益及二者之间价值流向,因此,基于自然保护区生态系统服务价值评估的生态系统补偿案例尚不多见。

4 对我国相关工作的展望

近年来,我国自然保护区生态系统服务价值评估案例逐渐增多,但也普遍存在标准体系不统一、时空动态分析不足、未充分考虑利益相关方等问题。为推动我国自然保护区生态系统服务的全面系统评估,从以下几个方面作出展望:

a) 加强自然保护区生态系统服务评估的基础研究。生态系统服务研究理论和方法的发展与完善,有赖于人类对生态系统结构与过程及其功能机理的深入了解^[52]。考虑到我国生态系统研究站和长期监测样地多数设立在自然保护区内^[53],因此建议在自然保护区内开展生态系统服务定位观测和试验,对生态系统服务的形成、变化及影响机理进行研究,深入揭示其与生态系统机构和功能的关系,为生态系统服务研究提供翔实可靠的基础资料支撑。在不断丰富森林生态系统类型自然保护区相关研究的基础上,侧重于对湿地、草原和荒漠类型自然保护区的生态系统结构-功能和生态过程及其机理等生态学基础研究,逐步形成完善的各类自然保护区生态系统服务评估理论基础。

b) 规范自然保护区生态系统服务价值评估的标准体系和技术方法。相比于一般生态系统,自然保护

地生态系统更为复杂、多样和稀有,不同类型自然保护区的生态系统服务价值也相当悬殊^[54]。因此,开展自然保护区生态系统服务价值评估时,首先应针对自然保护区内主要生态系统类型识别该自然保护区的生态系统主导服务;在此基础上,建立健全评估指标体系和技术方法,并结合各项指标长期监测数据的动态变化分析,发展基于生态系统结构、过程与服务功能的机理模型,同时对价值构成的线性可加性进行研究,避免漏算和重复计算的现象,实现全面系统评估。

c) 加强自然保护区生态系统服务价值的时空异质性分析。生态系统服务决定于一定时间和空间上的生态过程^[55]。目前我国自然保护区生态系统服务价值评估多停留在静态和边界范围内的研究,忽视了动态性和复杂性。建议在空间上基于遥感和地理信息系统的技术集成,逐步实现对自然保护区内外生态系统服务价值的空间分析和可视化表达;在时间上健全自然保护区生态系统长期定位观测和情景模拟研究,将生态系统服务价值存量的计算转向其数量和质量边际变化,提高生态系统服务价值评估的客观性、可信性和评价结果的实用性。

d) 综合考虑利益相关方,完善生态补偿制度。目前自然保护区生态补偿标准尚未确定,补偿机制尚不完善。生态补偿标准是补偿机制建立的重点和难点,通常有两个参照线,即生态系统服务价值和利益相关方之间的博弈。而自然保护区周边居民往往不具备博弈能力,这种情况下建立的生态补偿标准往往违背了公平正义的原则^[56]。从公平性原则上讲,根据生态系统服务价值进行补偿具有一定合理性。因此,建议在未来的自然保护区生态系统服务价值评估中,加强对不同利益相关方供求关系及相关诉求的研究,探索生态系统服务价值构成的流动和空间实现机制,使其在生态补偿研究中发挥重要作用。

e) 加强评估结果的应用研究。生态系统服务价值评估对政策、计划和规划的各层次均有重要指导意义,同时能够对传统的观点、工作方法及人类行为产生深远的影响。如何科学合理地将自然保护区生态系统服务价值评估结果运用到自然保护区的制度完善、布局优化、成效提升、综合核算与政绩考核等方面,真正使之制度化、规范化和主流化,是未来自然保护区生态系统服务应用研究的重要内容。

5 结论

a) 国内外学者基于国家、行政区域、自然地理单元和单个自然保护区等不同空间尺度,针对森林、湿地、草地、荒漠等不同类型的自然保护区生态系统服

务价值开展了研究和探索,在相关理论、方法和应用的广度与深度上取得了前所未有的进展,对加强人类环保意识、政府决策起到了很大作用。

b) 现有的自然保护地生态系统服务价值评估中仍存在亟待解决的问题:①评估指标的选取存在很大的人为主观性,尚未形成完整的指标体系和技术规范;②多停留在静态和自然保护地边界范围内的研究,时空动态分析不足;③对不同利益相关方的研究不充分,对生态补偿政策的制定指导性不强等。

c) 未来我国自然保护地的生态系统服务价值还需在以下几个方面加强研究:①加强自然保护地生态系统服务与生态系统结构、功能的关系,探索其生态学机制;②针对不同类型及管理水平,建立健全自然保护地生态系统服务评估指标体系和技术方法,开展各指标的长期动态监测;③加强自然保护地生态系统服务价值的时空动态分析及影响因素分析,运用动态模拟模型预测价值的变化;④充分考虑不同利益相关方之间的权衡,使其在生态补偿研究中发挥重要作用;⑤加强评估结果在自然保护地规划、建设、管理、保护等各方面的应用研究。

参考文献(References):

- [1] MULONGOY K J, BADU G S. The value of nature: ecological, economic, cultural and social benefits of protected areas [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2008, 73(4) : 31-47.
- [2] FIGGIS P, MACKEY B, FITZSIMONS J, *et al.* Valuing nature: protected areas and ecosystem services [R]. Sydney: Australian Committee for IUCN, 2015: 54-68.
- [3] BHOLA N, JUFFE-BIGNOLI D, BURGESS N, *et al.* Protected planet report 2016 [R]. Gland, Switzerland: UNEP-WCMC and IUCN, 2016: 1-11.
- [4] WATSON J E, DUDLEY N, SEGAN D B, *et al.* The performance and potential of protected areas [J]. *Nature*, 2014, 515(7525) : 67-73.
- [5] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展 [J]. *资源科学*, 2001, 23(6) : 2-9.
XIE Gaodi, LU Chunxia, CHENG Shengkui. Progress in evaluating the global ecosystem service [J]. *Resources Science*, 2001, 23(6) : 2-9.
- [6] 赵士洞, 张永民, 赖鹏飞. 千年生态系统评估报告集 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 35-58.
- [7] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望 [J]. *自然资源学报*, 2009, 24(1) : 1-10.
LI Wenhua, ZHANG Biao, XIE Gaodi. Research on ecosystem services in China: progress and perspectives [J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(1) : 1-10.
- [8] BORRINI-FEYERABEND G, DUDLEY N, JAEGER T, *et al.* Governance of protected areas: from understanding to action [R]. Gland, Switzerland: IUCN, 2013: 10-29.
- [9] SCHIRPKKE U, MARION D, MARUCCI A, *et al.* Operationalising ecosystem services for effective management of protected areas: experiences and challenges [J]. *Ecosystem Services*, 2017, 28(1) : 105-114.
- [10] 唐忠荣. 对建立自然保护区的意义和价值的初步探讨 [J]. *玉溪师范学院学报*, 1990(6) : 17-20.
- [11] 魏永久, 郭子良, 崔国发. 国内外保护区生物多样性保护价值评价方法研究进展 [J]. *世界林业研究*, 2014, 27(5) : 37-43.
WEI Yongjiu, GUO Ziliang, CUI Guofa. Assessment methods on biodiversity conservation value in nature reserves: research progress [J]. *World Forest Research*, 2014, 27(5) : 37-43.
- [12] 徐海根, 丁晖, 吴军, 等. 2020 年全球生物多样性目标解读及其评估指标探讨 [J]. *生态与农村环境学报*, 2012, 28(1) : 1-9.
XU Haigen, DING Hui, WU Jun, *et al.* Interpretation of the 2020 global biodiversity targets and its assessment indicators [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2012, 28(1) : 1-9.
- [13] 张更生, 郑允文, 薛达元. 自然保护区经济价值评价探讨 [J]. *生态与农村环境学报*, 1995(1) : 52-55.
ZHANG Gengsheng, ZHENG Yunwen, XUE Dayuan. Study on the evaluation of socio-economic value of natural reserves [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 1995(1) : 52-55.
- [14] 薛达元. 生物多样性经济价值评估: 长白山自然保护区案例研究 [D]. 南京: 南京大学, 1997: 10-21.
- [15] MACE G M. Whose conservation? [J]. *Science*, 2014, 345(6204) : 1558-1560.
- [16] TURNER W R, BRANDON K, BROOKS T M, *et al.* Global conservation of biodiversity and ecosystem services [J]. *Bioscience*, 2007, 57(10) : 868-873.
- [17] MARIA C. The economic approach of ecosystem services provided by protected areas [J]. *Annals of Faculty of Economics*, 2015, 1(25) : 422-430.
- [18] GROSS-CAMP N D, ADRIAN M, SHAWN M G, *et al.* Payments for ecosystem services in an African protected area: exploring issues of legitimacy, fairness, equity and effectiveness [J]. *Oryx*, 2012, 46(1) : 24-33.
- [19] 胡世辉, 章力建. 西藏工布自然保护区生态系统服务价值评估与管理 [J]. *地理科学进展*, 2010, 29(2) : 217-224.
HU Shihui, ZHANG Lijian. Study on the management of the nature reserves based on evaluation of ecosystem service value in Tibet: a case of Gongbu Nature Reserve [J]. *Progress in Geography*, 2010, 29(2) : 217-224.
- [20] 张东水, 王钦敏, 汪小钦, 等. 漳江口红树林国家级保护区及其周边生态系统服务价值变化遥感分析 [J]. *湿地科学*, 2009, 7(3) : 250-254.
ZHANG Dongshui, WANG Qinmin, WANG Xiaoqin, *et al.* The analysis of service value change of the ecosystem in Zhangjiangkou Mangrove Forestry National Nature Reserve based on remote sensing [J]. *Wetland Science*, 2009, 7(3) : 250-254.
- [21] OUYANG Z Y, ZHENG H, XIAO Y, *et al.* Improvements in ecosystem services from investments in natural capital [J]. *Science*, 2016, 352(6292) : 1455-1459.
- [22] SPANO M, LERONNI V, LAFORTEZZA R, *et al.* Are ecosystem

- service hotspots located in protected areas? results from a study in southern Italy [J]. *Environmental Science & Policy*, 2017, 73: 52-60.
- [23] GARCIANIETO A P, GARCIALLORENTE M, INIESTAARANDIA I, *et al.* Mapping forest ecosystem services: from providing units to beneficiaries [J]. *Ecosystem Services*, 2013, 4: 126-138.
- [24] DAVEY A G. National system planning for protected areas [R]. Gland, Switzerland: IUCN, 1998: 15-20.
- [25] NINAN K N, KONTOLEON A. Valuing forest ecosystem services and disservices—case study of a protected area in India [J]. *Ecosystem Services*, 2016, 20: 1-14.
- [26] HEIN L. Economic benefits generated by protected areas: the case of the Hoge Veluwe forest, the Netherlands [J]. *Ecology & Society*, 2011, 16(2): 85-99.
- [27] 刘永杰, 王世畅, 彭皓, 等. 神农架自然保护区森林生态系统服务价值评估 [J]. *应用生态学报*, 2014, 25(5): 1431-1438.
LIU Yongjie, WANG Shichang, PENG Hao, *et al.* Evaluation of ecosystem service values of the forests of Shennongjia Nature Reserve [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(5): 1431-1438.
- [28] 胡海胜. 庐山自然保护区森林生态系统服务价值评估 [J]. *资源科学*, 2007, 29(5): 28-36.
HU Haisheng. Evaluation of the service value of the forest ecosystem in Lushan Mountain Nature Reserve [J]. *Resources Science*, 2007, 29(5): 28-36.
- [29] 许志晖, 丁登山. 南昆山国家自然保护区生态系统服务功能价值评估 [J]. *经济地理*, 2006, 26(4): 677-680.
XU Zhihui, DING Dengshan. Evaluation of the eco-economy benefit in Nankun Mountain Nature Reserve [J]. *Economic Geography*, 2006, 26(4): 677-680.
- [30] GHERMANDI A, BERHF J C J M, BRANDER L M, *et al.* Values of natural and human-made wetlands: a meta-analysis [J]. *Water Resources Research*, 2010, 46(12): 137-139.
- [31] 郝运, 赵妍, 刘颖, 等. 向海湿地自然保护区生态系统服务效益价值估算 [J]. *吉林林业科技*, 2004, 33(4): 25-26.
HAO Yun, ZHAO Yan, LIU Ying, *et al.* Estimating efficiency and functional value of ecosystem of Xianghai Wetlands Nature Reserve [J]. *Jilin Forestry Science and Technology*, 2004, 33(4): 25-26.
- [32] 张淑花, 张雪萍. 扎龙自然保护区生态系统服务价值变化研究 [J]. *水土保持研究*, 2010, 17(4): 73-77.
ZHANG Shuhua, ZHANG Xueping. Analysis on the change of ecosystem service value in Zhalong Natural Protection Area [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2010, 17(4): 73-77.
- [33] 傅娇艳. 闽江河口湿地自然保护区生态系统服务价值评价 [J]. *湿地科学与管理*, 2012, 8(4): 17-19.
FU Jiaoyan. Evaluation of ecosystem services of Min River Estuary Wetland Nature Reserve [J]. *Wetland Science & Management*, 2012, 8(4): 17-19.
- [34] COSTANZA R, D'ARCE R, GROOT R D, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *World Environment*, 1997, 387(1): 3-15.
- [35] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法 [J]. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919.
XIE Gaodi, ZHEN Lin, LU Chunxia, *et al.* Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(5): 911-919.
- [36] 李哲, 张飞, KUNG H, 等. 1998—2014年艾比湖湿地自然保护区生态系统服务价值及其时空变异 [J]. *生态学报*, 2017, 37(15): 4984-4997.
LI Zhe, ZHANG Fei, KUNG H, *et al.* Spatial and temporal ecosystem changes in the Ebinur Wetland Nature Reserve from 1998 to 2014 [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(15): 4984-4997.
- [37] 王敏, 冯相昭, 吴良, 等. 气候变化背景下典型草原自然保护区生态系统服务价值评估 [J]. *中国沙漠*, 2015, 35(6): 1700-1707.
WANG Min, FENG Xiangzhao, WU Liang, *et al.* The evaluation of ecological service value in a typical grassland nature reserve under the context of global climate changes [J]. *Journal of Desert Research*, 2015, 35(6): 1700-1707.
- [38] 杜乐山, 李俊生, 刘高慧, 等. 生态系统与生物多样性经济学 (TEEB) 研究进展 [J]. *生物多样性*, 2016, 24(6): 686-693.
DU Leshan, LI Junsheng, LIU Gaohui, *et al.* Progress in the researches on the economics of ecosystems and biodiversity (TEEB) [J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(6): 686-693.
- [39] ZAMBRANO-MONSERRATE M A, SILVA-ZAMBRANO C A, RUANO M A. The economic value of natural protected areas in Ecuador: a case of Villamil beach national recreation area [J]. *Ocean & Coastal Management*, 2018, 157(7): 193-202.
- [40] WATTAGE P, MARDLE S. Total economic value of wetland conservation in Sri Lanka identifying use and non-use values [J]. *Wetlands Ecology & Management*, 2008, 16(5): 359-369.
- [41] 王昌海. 秦岭自然保护区生物多样性保护的效益研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2011: 23-42.
- [42] NEUGARTEN R A, LANGHAMMER P F, OSIPOVA E, *et al.* Tools for measuring, modelling, and valuing ecosystem services: guidance for key biodiversity areas, natural world heritage sites, and protected areas [R]. Gland, Switzerland: IUCN, 2018: 35-46.
- [43] 陈能汪, 李焕承, 王莉红. 生态系统服务内涵、价值评估与GIS表达 [J]. *生态环境学报*, 2009, 18(5): 1987-1994.
CHEN Nengwang, LI Huancheng, WANG Lihong. Reviews on ecosystem services: connotation, valuation and GIS-based mapping [J]. *Ecology and Environment*, 2009, 18(5): 1987-1994.
- [44] HUGUES N J. The economic value of Congo basin protected areas goods and services [J]. *Journal of Sustainable Development*, 2011, 4(1): 130-142.
- [45] 王洪翠, 吴承祯, 洪伟, 等. 武夷山风景名胜区生态系统服务价值评价 [J]. *安全与环境学报*, 2006, 6(2): 53-56.
WANG Hongcui, WU Chengzhen, HONG Wei, *et al.* Estimation for value of ecosystem services in Wuyishan scenery district [J]. *Journal of Safety and Environment*, 2006, 6(2): 53-56.
- [46] 宁潇, 邵学新, 胡咪咪, 等. 杭州湾国家湿地公园湿地生态系统服务价值评估 [J]. *湿地科学*, 2016, 14(5): 677-686.
NING Xiao, SHAO Xuexin, HU Mimi, *et al.* Value assessment of

- wetland ecosystem services of Hangzhou bay national wetland park [J]. *Wetland Science*, 2016, 14(5): 677-686.
- [47] PHILLIPS A, EDITOR S. Economic values of protected areas [R]. Gland, Switzerland: IUCN, 2007: 25-30.
- [48] 戴君虎, 王焕炯, 王红丽, 等. 生态系统服务价值评估理论框架与生态补偿实践 [J]. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 963-969.
DAI Junhu, WANG Huanjiong, WANG Hongli, *et al.* An introduction to framework of assessment of the value of ecosystem services [J]. *Progress in Geography*, 2012, 31(7): 963-969.
- [49] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展 [J]. *生态学报*, 2007, 27(1): 346-356.
ZHAO Jun, YANG Kai. Valuation of ecosystem services: characteristics, issues and prospects [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 346-356.
- [50] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望 [J]. *自然资源学报*, 2009, 24(1): 1-10.
LI Wenhua, ZHANG Biao, XIE Gaodi. Research on ecosystem services in China: progress and perspectives [J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(1): 1-10.
- [51] SCHIRPKE U, MARION D, MARUCCI A, *et al.* Operationalising ecosystem services for effective management of protected areas: experiences and challenges [J]. *Ecosystem Services*, 2017, 28(1): 105-114.
- [52] 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务的生态学机制研究进展 [J]. *生态学报*, 2009, 29(11): 6183-6188.
OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua. Ecological mechanisms of ecosystem services [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(11): 6183-6188.
- [53] 米湘成, 郭静, 郝占庆, 等. 中国森林生物多样性监测: 科学基础与执行计划 [J]. *生物多样性*, 2016, 24(11): 1203-1219.
MI Xiangcheng, GUO Jing, HAO Zhanqing, *et al.* Chinese forest biodiversity monitoring: scientific foundations and strategic planning [J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(11): 1203-1219.
- [54] 彭杨靖, 樊简, 邢韶华, 等. 中国大陆自然保护地概况及分类体系构想 [J]. *生物多样性*, 2018, 26(3): 315-325.
PENG Yangjing, FAN Jian, XING Shaohua, *et al.* Overview and classification outlook of natural protected areas in mainland China [J]. *Biodiversity Science*, 2018, 26(3): 315-325.
- [55] 张宏锋, 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务功能的尺度特征 [J]. *生态学杂志*, 2007, 1(9): 1432-1437.
ZHANG Hongfeng, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua. Spatial scale characteristics of ecosystem services [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 1(9): 1432-1437.
- [56] JOUNI P, KLAUS H. Ecosystem services, governance and stakeholder participation: an introduction [J]. *Ecology & Society*, 2013, 18(4): 1373-1392.

(责任编辑: 刘 方)