

# 自然保护区森林生态系统服务功能评价研究

王军强

陕西牛背梁国家级自然保护区管理局

DOI:10.32629/eep.v8i11.2957

**[摘要]** 自然保护区是生物多样性保护和提供生态服务的关键区域,对保护区内的森林生态系统服务功能做科学的评价,对于保护区管理决策有重要的指导意义。本文选择典型自然保护区作为研究对象,综合利用森林资源清查、遥感影像、长期定位监测等数据,用物质量与价值量相结合的方法,对涵养水源、固碳释氧、保育土壤、净化大气、生物多样性保护等生态服务功能进行了系统的评价。结果表明,保护区森林生态系统服务功能总值很高,各个服务功能的价值贡献也存在较大差别,生物多样性保护和涵养水源功能尤其明显。空间分布上表现出很强的异质性,核心区的的服务价值最高。可以给自然保护区生态补偿标准的制定、效益监测和可持续管理提供科学依据。

**[关键词]** 自然保护区; 森林生态系统; 服务功能; 价值评价

**中图分类号:** Q146 **文献标识码:** A

## Forest ecosystem services function evaluation in reserves

Junqiang Wang

Shaanxi Niubeiliang National Nature Reserve Management Bureau

**[Abstract]** Nature reserves play a crucial role in maintaining biodiversity and providing ecological services. Scientific assessment of the service functions of forest ecosystems within such reserves is essential for informing management decisions. This study focuses on a representative nature reserve, integrating forest inventory data, remote sensing imagery, and long-term monitoring data to evaluate key ecosystem services—including water conservation, carbon sequestration and oxygen release, soil retention, atmospheric purification, and biodiversity protection—using a combined physical quantity and value quantity approach. The results show significant total value of the forest ecosystem services, with notable variations among different service types, where biodiversity conservation and water conservation contributed most prominently. Spatially, service values demonstrated clear heterogeneity, with the core area exhibiting the highest value. This study provides a scientific basis for establishing ecological compensation standards, monitoring ecological benefits, and supporting sustainable management of nature reserves.

**[Key words]** natural reserve; forest; service function; value assessment

森林生态系统是陆地上生态系统的主体,对于维持生态平衡、保护生态环境起着重要的作用。自然保护区集中了区域内最好的森林资源,属于生物多样性的富集区和生态服务功能高的价值区。近些年来,伴随着生态文明建设的不断深入,森林生态系统服务功能评价成为生态学、环境经济学等多学科交叉研究的重要课题。对自然保护区森林生态系统服务功能进行科学评价,可以体现出森林生态系统的重要作用,进而改善自然保护区的管理方式以及完善生态补偿体系。目前的评价体系越来越完善,但是对于自然保护区特殊性的研究还存在着不足。本文目的在于建立适合于自然保护区的森林生态服务功能评价体系,为保护区科学管理、可持续发展提供决策依据。

## 1 研究森林生态系统服务功能评价的理论基础

### 1.1 生态系统服务功能的内涵与分类

森林生态系统的服务功能就是指森林系统依靠其结构、过程和功能来直接或者间接地为人类提供各种利益。根据千年生态系统评价框架,可以将它分为供给服务、调节服务、支持服务和文化服务这四种类型。供给服务是木材生产、林下产品提供等物质产出功能,调节服务为气候调节、水文调节、空气净化等环境调控功能,支持服务包含土壤形成、养分循环、初级生产等基础过程,文化服务体现景观美学、科研教育、游憩康养等精神价值<sup>[1]</sup>。对自然保护区来说,调节服务和支持服务属于它的主要功能,体现出了保护区在保护区域生态安全方面所处的战略位

置。这些服务功能互相联系、互相配合,一起形成了森林生态系统综合效益体系。准确的认识到、衡量和量化的各项服务功能,为开展价值评价打下基础。

### 1.2 价值分析的分析方法

森林生态系统服务功能价值评价包含生态学和经济学这两大学科的知识体系。从方法论的角度来说,物质量评价是价值量核算的基础,用定量的方式来测定各项服务功能的实物指标,比如年涵养水量、固碳量、减蚀量等,体现生态系统的服务能力。价值量评价是把实物指标变成货币价值的,用到市场价值法、替代成本法、影子工程法这些经济学的方法上<sup>[2]</sup>。目前国内外普遍使用的是由GB/T 38582—2020编写的《森林生态系统服务功能评价规范》,给价值核算提供了一个标准化的技术途径。该规范创建起包含涵养水源、保育土壤、固碳释氧、净化大气环境、生物多样性保护等各方面的指标体系,每一个功能对应着具体的计算公式与参数设定。涵养水源功能是利用林分调节水量、净化水质两个方面来量化,固碳释氧功能则是根据林木生物量和光合作用过程来估算的。方法体系的标准化使得各个区域、各个时期的评价结果可以互相比较,给生态效益横向对比以及动态监测打下了基础。

### 1.3 自然保护区评价的独特之处

自然保护区森林生态系统服务功能的评价,是从地域范围、服务对象(人)、服务内容三个方面来评价其生态效能的。从功能结构上看,保护区对人的干预非常小,森林生态系统处在一种自然或者接近自然的状态下,它的调节服务和支撑服务功能远远超过一般的林区,生物多样性价值也最为突出。从空间格局上讲,保护区实行分区管理,核心区、缓冲区和实验区的管理强度以及人类活动程度不同,从而造成各个区域的服务功能价值有明显差别。从评价尺度上讲,保护区多位于偏远地带、地形复杂地区,传统的地面调查很难全面反映其状况,因此必须利用遥感技术以及地理信息系统对它的空间特征进行分析。从价值属性来看,保护区的生态服务价值主要是由间接使用价值和非使用价值所组成的,存在价值、遗产价值等是这样的直接利用价值与间接利用价值的结合,这类价值的货币化评价具有很大的不确定性,需要用更加审慎的方法来进行。

## 2 自然保护区森林生态系统服务功能的评价技术方法

### 2.1 数据获取和处理

高质量的数据为评价森林生态系统服务功能提供保证。数据获取要依靠多源信息,即森林资源清查数据、遥感影像数据、气象数据、土壤数据、地形数据和长期定位监测数据。森林资源清查数据给林分类型、林龄、郁闭度、蓄积量等提供基础的信息,是评价的重要依据。遥感影像数据(Landsat系列、Sentinel系列卫星影像)可以得到保护区森林覆盖、植被指数、叶面积指数等宏观参数,弥补地面调查的空间覆盖不足。气象数据有降水量、温度、蒸发量这些要素,是涵养水源、气候调节功能评价的重要来源。土壤数据包含土壤类型、质地、有机质含量等指标,

给土壤保育功能的量化分析提供支持。长期定位监测的监测数据源主要是保护区内设置的样地和观测站点,可获得林分生长、水文过程、养分循环等变化情况<sup>[3]</sup>。数据处理阶段要对来自不同来源、不同格式的数据,按照标准化要求统一空间参照系和时间基准。对遥感影像要进行辐射校正、大气校正以及几何精校正,提取出归一化植被指数、增强型植被指数等生态参数。采用地理信息系统平台对各种数据进行综合整理,创建起保护区内森林生态系统服务功能评价三维数据库。

### 2.2 物质量评价模型及参数

物质量评价用分项功能逐一量化的办法,对每项服务功能建立相应的计算模型。涵养水源功能可以分为调节水量和净化水质这两个方面。调节水量用差值法来计算,即降水量减去蒸散量加上地表径流量,再根据林分面积算出年调节水量;蒸散量可用Penman-Monteith模型或者经验公式进行估计,地表径流量可根据地形、植被和土壤条件确定径流系数来计算得到。净化水质功能用林分对氮、磷等污染物的削减能力来衡量。固碳释氧功能评价以森林生物量和光合作用原理为基础,固碳量核算取决于年净生物量增加量、二氧化碳和碳的质量比以及干物质含碳率;释氧量根据光合作用化学方程式,按照固碳量的固定比例来计算。保育土壤的功能有固土和保肥两方面,固土量用通用土壤流失方程计算,保肥量根据土壤侵蚀量、土壤养分含量推算。净化大气功能是吸收污染物、释放负离子、滞尘等过程,各项指标都有对应的计量方法及参数标准。生物多样性的保护功能用物种-面积法或者栖息地质量评价法来定量。模型参数的选择要依据保护区的植被种类、气候状况、土壤性质等实际情况来选择,可以参照国家标准推荐值或者根据本地观测数据做率定<sup>[4]</sup>。

### 2.3 质量量化价值量核算法

在物质量评价的基础上,价值量核算是把各项服务功能转化为货币价值的中间环节。涵养水源功能价值用影子工程法,把水库建设单位的库容投资当作替代成本,调节水量价值计算为: $V=Q \times C_1$ ,其中V为调节水量价值(元),Q为调节水量( $m^3$ ), $C_1$ 为水库建设单位的库容投资(元/ $m^3$ )。净化水质的价值取决于污水处理的成本,根据减少污染量来计算单位处理费用的价值。固碳释氧功能的价值来源于碳税法以及工业制氧的成本法,固碳价值是固碳量与碳税价格的乘积,释氧价值是释氧量与制氧成本的乘积。保育土壤功能价值分别核算固土价值和保肥价值,固土价值用挖填土方工程费用来代替,保肥价值按氮、磷、钾养分流失量及相应的化肥价格计算。

## 3 评价结果的应用及政策建议

### 3.1 生态补偿标准的确定

森林生态系统服务功能价值评价给生态补偿标准的制定赋予了定量支撑。自然保护区对于保护生物多样性、维持生态平衡起着至关重要的作用,但是它也限制了当地社区的资源利用以及经济发展,建立合理的生态补偿机制是实现保护与发展双赢的有效途径。评价结果表明了保护区森林生态系统内部的资

源价值,这些价值也应该被当作补偿标准来确定。补偿额度可以按照单位面积的服务功能价值乘以保护面积来计算总的补偿需求,然后根据财政能力以及支付意愿来决定实际的补偿水平。分区差异化补偿属于提高补偿效率的一种办法,核心区由于严格保护而造成的机会成本最高,应该给它最高的补偿额;缓冲区和实验区根据限制强度和服务功能贡献程度适当降低补偿额度。补偿的方式可以有财政转移支付、生态产业扶持、公益性岗位设立等来加强补偿的针对性和有效性。动态调整机制就是保证补偿公正性,在保证补偿效率的基础上,每隔一段时间就对服务的功能做一次评价,根据实际状况适时地做出相应的调节,进而达到补偿公平的目的<sup>[5]</sup>。

### 3.2 保护效果的检测和评价

森林生态系统服务功能评价是判定保护区管理成效的客观标准体系。通过定期对保护区进行评价,可以了解保护区的生态状况是否在不断的变化中,从而判断保护措施的效果如何。连续多年来的评价数据可以形成时间序列,分析服务功能的增加或者减少情况,发现管理中的问题。如果某项服务功能变得非常衰弱的话,那么就证明该领域内对于这项工作的保护工作应该进行整改,相关部门必须及时做出相应的调整,采取针对性的恢复措施。空间分布的变化说明了保护区内不同的区域生态演替的方向以及速度,可以改进巡护路线并提高管理的重点。可以用来评价保护区的服务功能价值的增长情况,把服务功能的价值增长加入到管理者考评的系统中,从而激发管理者改善保护质量的积极性。

### 3.3 材料和设备的采购优化

评价结果给保护区资源管理与发展规划提供科学依据,使保护区的发展方向更加清晰。根据识别出的服务功能高值区来确定重点保护区域以及关键的生境,在空间布局上采取差异化管理的方式。对服务功能突出但是受到威胁的地方,要加大监管的力度,控制人为的因素,防止生态退化。对于服务功能差的地方可进行生态修复工程,封山育林、人工造林、退化林改等办法来提升森林的质量和生态能力。功能权衡分析可以达到协调保护目标的目的,防止单一的功能提高造成其它功能的下降。发展生态

旅游可以提高文化服务的价值,但是如果管理不善会对其生物多样性的保护造成不利影响,就需要在规划中找到一个平衡点。评价结果可以给保护区总体规划、专项规划的编制提供数据支持,合理划分功能区,确定保护重点和建设项目。

## 4 结束语

自然保护区森林生态系统服务功能的评价属于生态文明建设的主要工作内容之一,具有深远的理论价值与现实意义。本文从理论出发、技术路径入手,对评价进行了系统的阐述,并给出了可以操作的技术线路。评价工作把隐性的生态价值转变为显性的价值,使保护区的生态贡献得到量化的认可,有力地支持起生态补偿、绩效考核、规划决策等管理环节。从以上三个方面进行深入探究将会获得更多的启示:一是要加大基础理论的研究力度,充实生态系统服务功能的分类标准以及计量方法的工作内容;二是要加强技术手段的提升,融合遥感、物联网、大数据等现代技术,加快评价速度及精度;三是扩展使用范围,把评价结果融入到自然资源资产核算、生态产品价值实现等诸多方面的制度创新中。依靠持续不断的评价实践以及方法创新,自然保护区森林生态系统服务功能评价会越来越科学、规范、高效,也为打造美丽中国、达成人与自然和谐共处做出更大的努力。

## [参考文献]

- [1]王兵,任晓旭,胡文.中国森林生态系统服务功能及其价值评估[J].林业科学,2011,47(2):145-153.
- [2]余新晓,鲁绍伟,靳芳,等.中国森林生态系统服务功能价值评估[J].生态学报,2005,25(8):2096-2102.
- [3]欧阳志云,王如松,赵景柱.生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].应用生态学报,1999,10(5):635-640.
- [4]孟祥江,侯元兆.森林生态系统服务价值核算理论与评估方法研究进展[J].世界林业研究,2010,23(6):8-12.
- [5]森林生态系统服务功能评估规范:GB/T38582-2020[S].北京:中国标准出版社,2020.

## 作者简介:

王军强(1974--),男,汉族,陕西咸阳人,大专,研究方向:自然保护区生态环境。