

DOI: 10.5846/stxb201402240316

徐建英, 刘新新, 冯琳, 桓玉婷. 生态补偿中权衡关系研究进展. 生态学报, 2015, 35(20): - .

Xu J Y, Liu X X, Feng L, Huan Y T. Research advances in understanding the trade-offs involved in payment for ecosystem services. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(20): - .

## 生态补偿中权衡关系研究进展

徐建英<sup>1,\*</sup>, 刘新新<sup>1</sup>, 冯琳<sup>2</sup>, 桓玉婷<sup>1</sup>

1 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048

2 中国人民大学环境学院, 北京 100872

**摘要:**生态补偿是以市场机制解决环境外部性问题的方法, 该方法的典型特征是通过经济激励而实现生态系统保护和减贫的双赢, 因此在世界范围内得到了广泛实施。权衡关系是生态补偿理论和实践中面临的问题和困境之一。本文具体分析了生态补偿中存在的四种权衡关系: 生态系统服务之间的权衡、监测成本与交易成本之间的权衡、公平与效率之间的权衡以及生态系统服务供应与减贫之间的权衡。文章分析认为上述权衡关系的产生源于生态系统服务生产过程的不确定性、自然和社会经济系统的耦合性以及生态补偿实施背景的异质性, 并提出应该在理论基础、实践模式和评估系统三个方面加强权衡关系的研究。

**关键词:**生态补偿; 权衡; 生态系统服务; 公平与效率; 减贫

## Research advances in understanding the trade-offs involved in payment for ecosystem services

XU Jianying<sup>1,\*</sup>, LIU Xinxin<sup>1</sup>, FENG Lin<sup>2</sup>, HUAN Yuting<sup>1</sup>

1 College of Resource, Environmental and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China

2 School of Environmental and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China

**Abstract:** The idea of payment for ecosystem or environmental services (PES) stems from societal awareness of the importance of these services for human well-being. The PES philosophy argues for the internalization of environmental externalities through the creation of ecosystem service markets, in which these services are commoditized and tradable and flow between sellers and providers. PES is lauded for its potential to both reverse ecosystem degradation and alleviate poverty. Despite this potential, PES faces dilemmas in both theory and practice; trade-off is a typical one. This paper analyzed four trade-offs confronted by PES programs. The first trade-off arises from the complex interdependencies among different ecosystem services. Current ecological knowledge is insufficient to characterize accurately the ecosystem services that underpin most PES schemes. In particular, incentives that encourage production of one service may have adverse effects on others. The second trade-off, between transaction costs and monitoring costs, is due to uncertainty about non-marginal changes in the provision of ecosystem services. Uncertainty can be reduced only by gathering further information, which in turn raises transaction costs and leads to an unworkable market mechanism. The third trade-off occurs between equity and efficiency. Equity means that income from PES is distributed evenly while efficiency demands that income be distributed in favor of those better able to provide ecosystem services, via analysis of benefits and costs. The latter is better adapted to market mechanisms, but may result in unfeasibility or unsustainability in scheme implementation. The last trade-off, between the provision of ecosystem services and poverty alleviation, occurs because allocation of more budgets on poverty

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271552); 国务院三峡办项目(0001792013CB7100001, 001792013CB7300001)

收稿日期: 2014-02-22; 网络出版日期: 2014-12-18

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xu-jianying@163.com

alleviation reduces budget on ecosystem service, thus reduces the effectiveness and efficiency of PES programs. In the long term, poverty may remain a serious trap for ecological degradation, making it difficult for PES schemes to realize their objectives. Consequently, we conclude that trade-offs in PES are rooted in uncertainty about ecosystem service provision and their process mechanisms, the complex relationships in coupled socio-ecological systems, and heterogeneous implementation contexts. Our analysis suggests that PES should improve both in theory and in practice. More knowledge is needed about the relationships between specific variables and whole systems, and the design of PES schemes should be adapted to local conditions. Furthermore, a comprehensive evaluation system is indispensable for dynamically adjusting PES schemes during their design and implementation.

**Key Words:** payment for ecosystem services; trade-off; ecosystem service; equity and efficiency; poverty alleviation

生态补偿是以市场机制和经济激励改善生态环境、协调环境保护与经济发展的重要手段,目前尚无统一的定义<sup>[1]</sup>,引用较为广泛的是 Wunder 提出的关于生态补偿的定义:生态补偿是一种自愿的交易,即(至少一个)生态服务购买方向(至少一个)生态系统服务的提供方“购买”某种生态系统服务(或能够实现该服务的土地利用),而生态系统服务的提供方须保证生态系统服务的供应(即条件性)<sup>[2]</sup>。由此可见,生态补偿的核心目标与关键是实现生态系统服务的供应。生态系统服务是指人类从自然生态系统获取惠益的总称,根据千年生态系统评估,将生态系统服务分为四大类,包括供给服务(如食物、淡水、木材和纤维,燃料等)、调节服务(调节气候,调节洪水,净化水质等)、文化服务(如美学、精神、教育、消遣等方面)和支持服务(如养分循环,土壤形成、初级生产等)<sup>[3]</sup>。从经济学的角度讲,生态系统服务是一种重要的资本类型:自然资本,尽管这种自然资本对于巩固和支持人类的生存和福利必不可少,但是在传统的市场中并没有得到完全的反映,生态系统服务的稀缺性难以体现。另一方面,由于人类活动的加强,生态系统正在不断退化。根据新古典主义经济学,生态系统的不断退化有两个原因:一是市场的失败,即没有将环境问题的外部性内部化,二是生态系统的公共商品性质导致的免费搭车现象。基于上述认识,生态补偿将市场机制引入到生态系统的保护中,其理论基础包括:一是生态系统服务作为一种自然资本,任何公司、个人及经济体应该为使用生态服务支付费用,而保护、生产和恢复生态服务应该受到奖励;二是引进市场或准市场的方法以实现环境问题外部性的内部化,三是通过直接的经济激励实现有限的保护资金的有效分配和生态系统的保护<sup>[4]</sup>。而在具体的实践上,生态补偿有三个典型特征,一是生态系统服务商品化和可交易性,并将其价值作为生态服务的购买方和提供方交易的基础和标准;其次,以提供生态系统服务为条件,以经济激励的方式鼓励生态服务的提供方改变/放弃对生态系统不利的行为,实现生态系统的保护,三是生态补偿作为投资,实现当地的经济发展和减贫。这种引入市场机制并同时实现生态保护和经济发展的双赢模式是生态补偿获得关注和欢迎的主要原因。

生态补偿自提出后在世界范围得到了广泛的应用,诸如南美的 REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation scheme) 项目,美国的 CRP (Conservation Reserve Program), 墨西哥的 PSA-CABSA (Programme of Payments for Carbon, Biodiversity and Agro-forestry Services) 目,我国的退耕还林还草工程等,在理论和实践上得到了实施和验证。研究表明,在理论和实践上,生态补偿项目面临许多问题和困境,权衡关系是其中之一<sup>[5-7]</sup>。权衡关系在自然科学和社会科学中皆有广泛的应用,生态学上的权衡关系来自关于生物与资源的定义,指生物将资源(物质和能量)在繁殖、生长、维持等三方面进行分配。生物可利用的资源是有限的,投入到某一功能或性状上的量多,必然会减少投入到另一项上的量。经济学上认为权衡关系是人类做出决策时在一个目标与另一个目标之间的取舍,是经济学上解释人们如何做出决策的第一原理<sup>[8]</sup>。从表面上看,权衡关系是一种度量和平衡,是做出理想选择状态的方式和方法,而在实践中往往使人面临两难困境,导致结果的失衡甚至失败。权衡关系也是目前困扰生态补偿实施的重要因素,不仅关乎生态补偿的理论适用性,而且关乎生态补偿的实施结果。生态补偿中面临的权衡关系包括:不同生态系统服务之间的权衡、监测成本与交易成本之间的权衡、效率与公平之间的权衡、社会目标与生态目标之间的权衡。

## 1 生态补偿中的权衡关系

### 1.1 不同生态系统服务之间的权衡

千年生态系统评估将四类生态系统服务进一步分为直接使用价值(供给服务)和间接使用价值(调节服务、文化服务及支持服务)<sup>[3]</sup>。生态系统服务的供应是一个复杂的生态过程,与自然过程、生态特征和生态系统类型密切相关,不同的生态系统服务需要不同的生态多样性和生态系统类型,如支持气候调节的物种可能与粮食生产的物种不同,因此需要在气候调节与粮食生产之间做出权衡<sup>[9]</sup>。以我国黄土高原区退耕还林为例,权衡关系不仅存在于直接使用价值(粮食生产)和间接使用价值(水土保持、调节洪水)之间,而且在间接使用价值之间也存在权衡关系,如土壤有机碳储量、土壤总氮储量、土壤储水量和植被多样性之间关系的存在明显的相关性,其中土壤有机碳与地上生物量和植被多样性之间存在明显的权衡关系,且生态系统服务之间的权衡关系并非固定不变的,而是具有空间异质性和时间动态性<sup>[10]</sup>。由于生态系统服务的供给与需求具有空间异质性和尺度效应<sup>[11]</sup>,即生态系统服务被不同空间尺度的群体认识和强调:当地居民更加关注生态系统的直接生产价值,而区域、国家甚至国际尺度的人们更加关注间接使用价值,因此,在生态补偿项目的实施过程中,生态系统服务之间的权衡关系已经超过了特定区域的空间范畴。在实践中,极少有生态补偿项目可以同时解决多个生态系统服务类型,由于生态系统服务之间的相互依赖和相互联系,生态补偿项目基于某一种生态系统服务类型的激励机制可能对其他生态系统服务类型产生负面影响<sup>[12]</sup>,如在巴西、东南亚和美国实施的生物燃料项目,对生物燃料生产的激励导致大量的森林、稀疏草原和草原转变为生产生物燃料的耕地,使得碳排放的数量反而增加<sup>[13]</sup>。为了扩大生境面积的而实施的在保护区之间建立廊道的经济激励,使得野生动物与家畜之间的联系增加,提高了疾病传染的风险。考虑到某一生态系统可以同时实现多种生态系统服务,以实现生态系统服务为目标的生态补偿工程须在多个目标之间进行权衡<sup>[14]</sup>。

### 1.2 监测成本与交易成本之间的权衡

生态补偿的理论基础来自经济学中的科斯定理<sup>[15]</sup>。科斯定理认为可以通过私人市场有效解决环境的外部性问题,但是应该具备两个基本条件:一是财产权是明确的,二是交易成本为零或者很小。所谓交易成本是指各方在达成协议与遵守协议过程中所发生的成本,在生态补偿项目之所以产生交易成本,是因为实施生态补偿需要一些信息,例如评估土地利用与生态系统服务之间的联系,建立底线情景、监测合同遵守情况都需要相关信息,而获取这些信息往往既耗时又费钱;另外,进行生态补偿交易也需要支付一定的物流成本,包括项目运行前需要成本的启动成本(包括信息采购、项目设计和协调成本)和项目运行中的经常性成本(监测、制裁、管理成本等)<sup>[16]</sup>。由此可见,降低交易成本需要对生态补偿中生态系统服务预期、合同执行、项目运行等情况了解彻底,信息充分。而在实践中,上述信息极其有限,面临着高度的不确定性。以生态系统服务预期为例,当前我们对于支持生态系统服务的生态系统知识尚很有限,对支持生态系统服务的生态过程并不明晰,目前通常利用土地利用类型作为替代指标,而土地利用与生态系统服务之间的关系并不确定<sup>[17]</sup>。而且不同类型的生态系统服务在商品特征、时空、服务范围和权限上存在明显区别<sup>[12]</sup>。此外,条件性(conditionality,即生态系统服务的提供者须保证生态系统服务的供给)和额外性(additionality,生态补偿项目实施后新增加的生态系统服务量)分别是生态补偿的基本特征和影响生态补偿效率的主要因素,而在实践中二者很难得到量化的、科学的监测和证明。因此明确土地利用类型与生态系统服务供应之间的关系和建立与生态补偿项目相关的监测系统是设计一个“真正”生态补偿项目所需的必要条件<sup>[18]</sup>。而在实践中,建立相应的监测系统,获取和收集生态和社会信息需要投入大量的资金进行科学研究,生态补偿的交易成本也会相应大幅提高。在补偿资金有限的情况下,生态补偿的实践者面临另一个权衡关系:监测成本与交易成本之间的权衡,即确定生态补偿机制中实际成本与收益的必要性与高昂的交易成本之间的关系。由于该权衡关系的存在,大多数生态补偿项目必须在信息不完善,不确定性较高的条件下做出决策,这是目前生态补偿项目实施条件的典型特征,在发展中国家尤其如此。

### 1.3 公平与效率之间的权衡

公平和效率不仅是不同学派对生态补偿项目实施目的和机制的理解,即环境经济学更加强调效率,而生态经济学更强调公平,而且在实践中也始终困扰政策的实施者。生态补偿的效率是指项目中费用和收益的比较情况,通常用费用-效益分析来评估,而公平则是指费用和收益的分配情况,即以相同的原则或标准对社会经济因子或物品进行分配。在理论上,生态补偿作为一种基于市场的政策工具,遵循效率优先的原则,关注的是总体收益和费用的比较而不是收益和费用的分配情况,即只关注效率而与公平无关。而在实践中,项目参与者对于费用和效益的分配以及对于公平的认识是决定项目可行性的关键因子,如果生态补偿项目在不同群体之间费用和效益分配不公很难实施下去,其合理性也会受到质疑<sup>[19]</sup>。因此单纯关注效率问题会导致理论和实践之间的失衡,项目的实施者通常将公平性作为项目实施和设计的一个重要方面。但是由于不同生态补偿项目实施的背景和条件的差异,且不同社会群体在社会成员之间资源分配的原则不同,导致公平性的原则和标准往往和具体的项目和实施条件相关,并不存在关于公平的统一的评价手段和方法。目前常见的有平等分配原则(与生态系统服务无关,通常根据单位土地进行分配,如我国的退耕还林还草工程)、根据收益(即实际/期望的生态系统服务量)进行分配、根据成本(维护/实现生态系统服务的所需的成本)进行分配等,项目采用的公平原则或标准不同,公平与效率之间的权衡关系有所差异,如平等分配的原则更偏向于公平性,而根据成本和收益进行分配则更偏向于效率。除此之外,公平性原则和标准的选择以及公平和效率之间的权衡关系还受到生态补偿项目中的管理机构、社会认知和不同利益群体之间关系的影响<sup>[20]</sup>,因此,效率和公平之间的权衡关系不仅与生态系统相关,而且与社会经济系统和管理体制紧密相连,由此可以认为公平与效率之间的关系使得生态补偿项目必须置身于具体的自然-社会经济系统中方能进行分析和确定。不仅如此,旨在提高效率的生态补偿项目往往会改变/加强现存的社会和权力关系,导致新的不平等性<sup>[21]</sup>,项目参与者对于公平的认识也会随着时间发生变化,因此效率和公平的权衡关系也会随着时间的发展而发生动态的变化。但是在任何时间和空间背景中,公平和效率之间的相互依存和相互影响关系不会改变,也不会出现效率或公平中任何一方应该优先于另一方的问题<sup>[22]</sup>。

### 1.4 生态系统服务供应与减贫之间的权衡

尽管减贫是生态补偿项目在国际范围内,特别是发展中国家颇受欢迎的一个重要原因,但是生态补偿项目设计之初并不是为了实现减贫<sup>[23]</sup>,而是实现生态系统服务的流动、供应和市场化。然而在理论和实践上,生态补偿与减贫之间存在密不可分的联系。从生态补偿的定义和性质来看,生态补偿遵循的原则是“受益者付费”而不是“污染者付费”,因此当生态系统服务的提供者/出售者为穷人且面临边缘化时往往具有很大的吸引力<sup>[18]</sup>,其次生态系统的退化多与贫穷有关,贫穷与生态退化之间往往形成恶性循环和“贫穷陷阱”<sup>[24]</sup>,因此减贫不仅会影响项目中居民的参与,特别是生态系统服务提供者/出售者的参与,而且会影响项目的长期可持续性。如果减贫和生态系统服务供应同时可以实现,则是理想的“双赢”状态,这是包括生态补偿在内的许多生态工程(如综合保护和发展项目(ICDP)、生态旅游等)的共同目标,可是在实践中极少可以实现<sup>[25]</sup>。在具体的实践中,由于生态补偿项目经费和实施时间的限制、保护和发展之间相互影响以及项目中双方(生态系统服务的提供方/购买方)期望的生态系统服务类型的差异,生态系统服务供应与减贫之间的权衡关系非常常见<sup>[5][26]</sup>,以致目前项目实践中过多关注减贫而忽略了生态系统服务的稀缺性,降低了生态补偿项目的效率和效用,因此有学者建议不要将减贫作为生态补偿的目标<sup>[12]</sup>。需要注意的是,生态系统服务提出的意义在于其构建起自然、社会和经济系统之间联系的桥梁<sup>[27]</sup>,只关注生态系统服务的稀缺性而忽视其背后的社会经济驱动和干扰有悖于生态系统系统服务概念提出的初衷和生态保护实践的可持续性。

其实从市场的角度讲,生态系统服务的价值巨大,生态补偿的减贫潜力也非常突出<sup>[28]</sup>。目前的二者之间权衡关系出现的根源主要是生态系统服务与减贫之间关系的脱节,因此至少要在两个尺度上分析生态系统服务与减贫之间的关系:一是宏观尺度上生态系统服务、人类福利与减贫之间的关系,二是微观尺度上生态系统服务、机会成本与减贫之间的关系<sup>[29][30]</sup>。由于区域差异性的存在,微观层面的分析对于局域生态补偿实践

有意义重大,其具体内容包括:生态系统服务类型及其相互之间的关系、不同生态系统服务类型与贫穷之间的关系、目标减贫群体的社会异质性及其与生态系统服务的关系、造成贫穷的内外动力等<sup>[30]</sup>。从长远来看,贫穷始终是生态保护和恢复的桎梏,据估计,到 2030 年,约有 1.5 亿的低收入家庭参加生态补偿项目<sup>[28]</sup>,因此,减贫不仅不应该摒弃,而且应该作为生态补偿研究的一个重要方向<sup>[31]</sup>。

## 2 权衡关系的根源探析

### 2.1 生态系统服务的不确定性

生态系统服务是人类需求为导向而赋予生态系统的功能与意义,尽管在自然系统与社会经济系统之间搭建了联系的桥梁,其维持、恢复和重建依赖于生态系统自身复杂的生产过程与机制,生态系统服务之间的权衡关系使得生态补偿的目标——即保护/恢复生态系统,实现生态系统服务——有可能因人类对某一生态系统服务类型的过分关注和强调而导致结果的不确定性,甚至与期望目标相反的结果。另一方面,建立基于生态系统类型和过程机制的生态系统服务监测与评估需要高昂的实施成本,这是以市场理论为基础的生态补偿机制难以面对的,监测成本与交易成本之间的权衡关系也由此而生。不难看出,这两种权衡关系与目前人类关于生态系统服务知识的相对缺乏有关,不仅在生态系统服务的价值评估和核算方面尚未取得一致的认识<sup>[32]</sup>,而且生态系统服务的产生过程和机制尚不明确<sup>[17]</sup>,而生态补偿工程获取上述知识受到时间和成本的限制。其实生态系统服务是全球范围内重要的研究热点,在理论和实践上成果丰富,如以结构-过程-功能研究为特征的景观生态学<sup>[33]</sup>、如我国在黄土高原丘陵沟壑区的生态水文监测、国际上关于森林碳沉降功能等<sup>[34]</sup>,因此,生态补偿方法应该吸纳相应学科的研究成果,避免或减少实施中存在的关于生态系统供应的不确定性,同时又降低了监测成本和交易成本。

### 2.2 实施系统的耦合性

生态补偿是一桥梁,如果说生态系统服务从生态功能和自然资本的角度建立了自然和社会经济系统之间的桥梁<sup>[26]</sup>,那么生态补偿则是从市场交换和经济公平的角度建立了自然和社会经济系统之间的桥梁,因此生态补偿实践影响的范围已经超出了概念中所强调的生态系统服务及市场交易双方等参与群体。在生态补偿中不仅要关注其作为市场方法的效率问题而且要关注其作为收入分配方法而带来的社会经济问题,后者看似间接,而对生态补偿可持续性的影响深刻而持久<sup>[35]</sup>。公平与效率之间以及生态系统服务与减贫之间的权衡关系要求生态补偿机制须耦合自然和社会经济两大系统,建立综合的分析和评估体制。在具体实践中,二者之间的耦合需要遵循自下而上的生态-社会经济系统分析框架<sup>[36]</sup>,将生态补偿作为当地管理体制的补充或可选择生计活动的替代<sup>[37]</sup>。

### 2.3 实施背景的异质性

生态补偿本质上是保护/恢复生态系统,实现生态系统服务的工具或方法,其实施条件和结果与局域的生态系统服务特征、居民异质性、管理体制及社会福利等密切相关,实施条件不同,权衡关系的表现和特征也会随之发生变化,因此并不存在适用于所有区域的标准方法<sup>[18]</sup>,而应该根据不同生态系统服务类型的外部性表现,选用不同的补偿机制<sup>[12]</sup>,补偿资金的来源、补偿对象、补偿模式和数量以及评估方法等方面也应与局域条件相适应<sup>[19]</sup>。不仅如此,随着权衡关系的变化,生态补偿也需进行适应性调整<sup>[38]</sup>。

## 3 小结

传统生态学上以资源/环境限制而产生的物种适应策略来解释权衡结果,传统经济学则以成本-收益分析作为权衡关系存在时的决策参考。显然,单纯的生态学和经济学策略用在生态补偿中存在一定的局限和不足。本文认为,生态补偿中权衡关系的分析需要在理论基础、实践模式以及评估系统三方面进行综合研究。在理论上,明确目标生态系统服务产生机制、生态系统服务之间的相互影响和作用以及土地利用与生态系统服务之间的关系。在实践模式上,生态补偿作为一种工具和方法,涉及自然、社会经济等多个系统并面临

复杂的实施背景, 权衡关系的表现因地而异, 因此应当建立基于生态区域, 特别是生态敏感区和生态脆弱区的生态补偿模式, 避免因采用均一补偿模式而降低生态补偿的效率和适用性。三是建立综合的评估系统, 对任一区域补偿模式而言, 应该建立综合的评估系统, 贯穿生态补偿工程实施的前期、中期和后期, 适时评估, 明确其中权衡双方的形势和特征, 逐步调整, 实现双赢。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] 赖力, 黄贤金, 刘伟良. 生态补偿理论、方法研究进展. 生态学报, 2008, 28(6): 2870-2877.
- [ 2 ] Wunder S. Payments for environmental services: some nuts and bolts. CIFOR Occasional Paper, 2005, 42: 3-8.
- [ 3 ] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: a Framework for Assessment. Washington, DC: Island Press, 2003.
- [ 4 ] Hecken G V, Bastiaansen J. Payments for ecosystem services: justified or not? a political view. Environmental Science & Policy, 2010, 13(8): 785-792.
- [ 5 ] Rodríguez J P, Beard T D Jr, Bennett E M, Cumming G S, Cork S J, Agard J, Dobson A P, Peterson G D. Trade-offs across space, time, and ecosystem services. Ecology and Society, 2006, 11(1): 28-41.
- [ 6 ] Sandker M, Ruiz-Perez M, Campbell B M. Trade-offs between biodiversity conservation and economic development in five tropical forest landscapes. Environmental Management, 2012, 50(4): 633-644.
- [ 7 ] Zander K K, Garnett S T, Straton A. Trade-offs between development, culture and conservation: willingness to pay for tropical river management among urban Australians. Journal of Environmental Management, 2010, 91(12): 2519-2528.
- [ 8 ] Gregory Mankiw N. Principles of Economics. Beijing: Tsinghua University Press, 2009: 4-5.
- [ 9 ] Perrings C, Naeem S, Ahrestani F, Bunker D E, Burkill P, Canziani G, Elmqvist T, Ferrati R, Fuhrman J, Jaksic F, Kawabata Z, Kinzig A, Mace G M, Milano F, Mooney H, Prieur-Richard A H, Tschirhart J, Weisser W. Ecosystem services for 2020. Science, 2010, 330(6002): 323-324.
- [ 10 ] Lü Y H, Fu B J, Feng X M, Zeng Y, Liu Y, Chang R Y, Sun G, Wu B F. A policy-driven large scale ecological restoration: quantifying ecosystem services changes in the Loess Plateau of China. PLoS ONE, 2012, 7(2): e31782.
- [ 11 ] Potschin M, Haines-Young R. Landscape, sustainability and the place-based analysis of ecosystem service. Landscape Ecology, 2013, 28(6): 1053-1065.
- [ 12 ] Kinzig A P, Perrings C, Chapin F S, Polasky S, Smith V K, Tilman D, Turner B L II. Sustainability. Paying for ecosystem services: promise and peril. Science, 2011, 334(6056): 603-604.
- [ 13 ] Fargione J, Hill J, Tilman D, Polasky S, Hawthorne P. Land clearing and the biofuel carbon debt. Science 2008, 319(5867): 1235-1238.
- [ 14 ] Bradford J B, D'Amato A W. Recognizing trade-offs in multi-objective land management. Frontiers in Ecology and the Environment, 2012, 10(4): 210-216.
- [ 15 ] Turner R K, Pearce D, Bateman I. Environmental Economics: An Elementary Introduction. United Kingdom: Prentice Hall Press, 1994.
- [ 16 ] 赵雪雁. 生态补偿效率研究综述. 生态学报, 2012, 32(6): 1960-1969.
- [ 17 ] Margaret P, Solange F. Restoration of ecosystem service for environmental markets. Science, 2009, 325(5940): 575-576.
- [ 18 ] Engel S, Pagiola S, Wunder S. Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues. Ecological Economics, 2008, 65(4): 663-674.
- [ 19 ] Muradian R, Corbera E, Pascual U, Kosoy N, May P H. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. Ecological Economics, 2010, 69(6): 1202-1208.
- [ 20 ] Pascual U, Muradian R, Rodríguez L C, Duraipappah A. Exploring the links between equity and efficiency in payments for environmental services: a conceptual approach. Ecological Economics, 2010, 69(6): 1237-1244.
- [ 21 ] Corbera E, Kosoy N, Martínez-Tuna M. Equity implications of marketing ecosystem services in protected areas and rural communities: case studies from Meso-America. Global Environmental Change, 2007, 17(3-4): 365-380.
- [ 22 ] Norgaard R B. Ecosystem services: from eye-opening metaphor to complexity blinder. Ecological Economics, 2010, 69(6): 1219-1227.
- [ 23 ] Pagiola S, Arcenas A, Platatis G. Can payment for environmental services help reduce poverty? An exploration of the issues and the evidence to date from Latin America. World Development, 2005, 33(2): 237-253.
- [ 24 ] Barrett C B, Travis A J, Dasgupta P. On biodiversity conservation and poverty traps. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2011, 108(34): 13907-13912.
- [ 25 ] Adams W M, Aveling R, Brockington D, Dickson B, Elliott J, Hutton J, Roe D, Vira B, Wolmer W. Biodiversity conservation and the eradication of poverty. Science, 2004, 306(5699): 1146-1149.

- [26] Persha L, Agrawal A, Chhatre A. Social and ecological synergy: local rulemaking, forest livelihoods, and biodiversity conservation. *Science*, 2011, 331(6024): 1606-1608.
- [27] Burkhard B, Petrosillo I, Costanza R. Ecosystem services-Bridging ecology, economy and social sciences. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 257-259.
- [28] Milder J C, Scherr, S J, Bracer C. Trends and future potential of payment for ecosystem services to alleviate rural poverty in developing countries. *Ecology and Society*, 2010, 15(2): 4.
- [29] Gauvin C, Uchida E, Rozelle S, Xu J T, Zhan J Y. Cost-effectiveness of payments for ecosystem services with dual goals of environment and poverty alleviation. *Environmental Management*, 2010, 45(3): 488-501.
- [30] Fisher J A, Patenaude G, Giri K, Lewis K, Meir P, Pinho P, Rounsevell M D A, Williams M. Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: A conceptual framework. *Ecosystem Services*, 2014, 7: 34-45.
- [31] Adhikari B, Boag G. Designing payments for ecosystem services schemes: some considerations. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(1): 72-77.
- [32] Spangenberg J H, Settele J. Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services. *Ecological Complexity*, 2010, 7(3): 327-337.
- [33] Fu B J, Wang S, Su C H, Forsius M. Linking ecosystem processes and ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(1): 4-10.
- [34] Lü Y H, Liu S G, Fu B J. Ecosystem service: from virtual reality to ground truth. *Environmental Science and Technology*, 2012, 46: 2492-2493.
- [35] Corbera E, Pascual U. Ecosystem services: heed social goals. *Nature*, 2013, 335(6069): 655-666.
- [36] Elinor O. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 2009, 325(5939): 419-422.
- [37] Ferraro P J. The future of payments for environmental services. *Conservation Biology*, 2011, 25(6): 1134-1138.
- [38] Hayes T M. Payment for ecosystem services, sustained behavioural change, and adaptive management: peasant perspectives in the Colombian Andes. *Environmental Conservation*, 2012, 39(2): 144-153.