

# 流量型污染的生态补偿:实施主体、 条件与经济绩效

乔晓楠 王丹\*

**摘要:**本文针对诸如PM<sub>10</sub>等流量型污染的生态补偿问题,通过建模并结合数值模拟,比较分析了三种实施主体主导的生态补偿,即由中央政府、生态系统服务受益区域政府以及所在区域企业主导的生态补偿。研究结果表明:以宽松的税收政策作为条件配合生态补偿的实施,能够在改善环境质量的前提下,充分兼顾社会福利、居民福利、生态系统服务供给区域与受益区域的地方福利与企业福利,进而实现“共赢”,且由中央政府主导实施的生态补偿更有利于实现经济绩效的整体提升。为了提高实施主体和社会的总福利水平,本文建议在可以搭配低水平生产税率或财政允许的情况下由中央政府实施生态补偿。

**关键词:**生态补偿;流量型污染;经济绩效

## 一、引言

党的十九大报告指出:“我们要建设的现代化是人与自然和谐共生的现代化,既要创造更多物质财富和精神财富以满足人民日益增长的美好生活需要,也要提供更多优质生态产品以满足人民日益增长的优美生态环境需要。”为此,必须加快生态文明体制改革,加大生态系统保护力度。特别是要“建立市场化、多元化生态补偿机制”。因此,实施生态保护补偿是调动各方积极性、保护好生态环境的重要手段,是生态文明制度建设的重要内容,是贯彻落实绿色发展理念的具体体现,对于新时代中国特色社会主义现代化建设具有重要的意义。国务院于

---

\*乔晓楠(通讯作者),南开大学经济学院,中国特色社会主义经济建设协同创新中心,邮政编码:300071,电子信箱:xiaonan\_qiao@163.com;王丹,南开大学经济学院,邮政编码:300071,电子信箱:nkwangdan0503@163.com。

本文系国家自然科学基金一般项目“国际分工体系重塑与中国产业转型升级战略的政治经济学研究”(14BJL048),中国特色社会主义经济建设协同创新中心项目“巴黎协议下国际分工格局调整与中国绿色低碳产业体系的发展路径研究”,南开大学亚洲研究中心项目“巴黎协议与中日韩碳减排合作研究”(AS1620)的阶段性成果。感谢匿名审稿专家的宝贵意见,当然文责自负。

2016年4月出台的《关于健全生态保护补偿机制的意见》中明确提出了具体的工作目标,即“到2020年,实现森林、草原、湿地、荒漠、海洋、水流、耕地等重点领域和禁止开发区域、重点生态功能区等重要区域生态保护补偿全覆盖,补偿水平与经济社会发展状况相适应,跨地区、跨流域补偿试点示范取得明显进展,多元化补偿机制初步建立,基本建立符合我国国情的生态保护补偿制度体系,促进形成绿色生产方式和生活方式”。

国内学者对于“生态补偿”的理解有广义和狭义之分(王金南等,2006)。狭义的理解是指依据“受益者补偿原则”(Beneficiary Pays Principle, BPP),对生态系统服务的提供者进行补偿,以增加生态系统服务供给,即生态系统服务付费。广义的生态补偿则指在前者的基础上增加依据“污染者付费原则”(Polluter Pays Principle, PPP)对造成环境污染者进行收费的行为。其实,“受益者补偿”与“污染者付费”的经济运行机制存在着较大的差别。前者强调以激励的方式调动补偿对象的积极性以增加生态系统服务供给量(刘倩等,2016),后者则主要是通过出台相关环境政策引导造成环境损害的主体将其负外部性内部化。因此,就有必要清晰区分二者,分别进行研究。此外,也有研究指出生态补偿制度的本质就是一种根据生态系统服务价值、生态保护成本、发展机会成本,运用市场与政府手段,调节生态保护利益相关者之间关系的制度安排(中国生态补偿机制与政策研究课题组,2007)。结合已有研究以及相关政策中的论述,本文主张将生态补偿理解为生态受益者对生态改善者提供的成本补偿。

Wunder(2005)以及Pagiola和Platais(2007)针对生态补偿实行的基本条件进行了讨论,认为其机制是生态系统服务的提供者,通常从环境保护活动中获得的收益要小于其他可替代的经济生产方式中获得的收益。但是如果采用了可替代的经济生产方式将会减少生态系统服务的供给,其他人口(例如下游人口)享受不到清洁的环境或生物的多样性。于是,对生态系统服务提供者进行适当的补偿,使其从环境保护中获得的收益和接受的补偿之和大于可替代经济生产方式的收益,则其会有动机增加生态系统服务的供给,实现共赢。因此,确立合理补偿标准的思路即让补偿标准介于生态系统服务提供者的机会成本与服务使用者从中获得的价值之间。

针对上述生态补偿实行的条件与机制,本文认为还有必要进一步深入研究。第一,不同生态系统服务购买者,其自身的行为动机、目标函数以及补偿资金来源均不相同,所以由它们所主导制定的补偿标准必然也存在着差别。第二,如果补偿标准不同,那么对于生态系统服务的提供者所构成的激励也自然不同,这将导致生态系统服务的供给量产生差异。第三,如果生态系统服务供给量存在差异,那么生态补偿带来的系统性影响也将不同。于是,如果以实现“共赢”作为目标,那么这种不同又必然会决定生态补偿有效实施的条件不同。第四,不同主体所主导的生态补偿在满足其实施条件的基础上,带来的经济绩效显然也存在差异。因

此,本文提出“实施主体—补偿标准—实施条件—经济绩效”的分析框架,进而对生态补偿制度进行拓展研究。

此外,生态补偿的研究还需要对涉及的污染物进行区分,原因在于不同类型的污染物将导致建模方法的差异。Weitzman(2003)曾指出环境经济学的建模需要区分存量型污染与流量型污染,前者如二氧化碳等温室气体,后者如PM<sub>10</sub>等颗粒物。二者的差异在于污染带来的环境危害是按照多期的累积存量计算,还是仅考虑当期的流量即可,而二者在模型方面的差异则在文献评述部分详细说明。鉴于篇幅所限,本文将聚焦于流量型污染进行研究。

基于上述分析框架,针对流量型污染,本文考虑一个包括两个地区及一个完整生态系统的封闭经济体,研究不同情况下(即不同主体所主导)的生态补偿机制。本文构造模型并利用数值模拟的方法尝试回答以下三个问题:市场规模、不同区域人口分布情况、税收水平以及中央和地方的分税比例等经济系统参数对于不同情况下的生态补偿标准有何影响;不同情况下的生态补偿是否存在着“共赢”的可能性,换言之,如何确定不同情况下生态补偿的实施条件,以使其能够实现最大限度的“共赢”;不同情况下所进行的生态补偿对于社会总福利、区域福利、环境改善程度、消费者福利、生产者福利、中央政府与地方政府净税收等不同层次的经济绩效产生何种影响。

本文余下部分安排如下:第二部分通过文献评述指出本文在内容与方法层面的创新点;第三部分给出基本模型的相关假设;第四部分求解不同情况下的生态补偿标准,并分析各个经济系统参数对补偿标准产生的影响;第五部分计算不同情况下实现“共赢”的生态补偿实施条件;第六部分比较不同情况下实施生态补偿前后经济系统整体与局部经济绩效的变化;最后总结全文并提出政策建议。

## 二、文献评述

### (一)研究内容评述

从研究内容上来看,生态补偿领域已有的文献主要包括以下四类:相关主体研究、补偿标准研究、补偿方式研究、经济绩效及其影响因素研究。

#### 1.生态补偿的相关主体研究

生态补偿相关主体的研究涉及到补偿主体与补偿对象两个方面。对于补偿主体而言,通常从“决策”与“付费”两个维度来加以确定。所谓“决策”是指由哪个主体决定是否进行生态补偿,对谁进行生态补偿以及确定什么样的补偿标准,而“付费”则关注“决策”之后具体由哪个主体来承担生态补偿的费用。在实际的生态补偿项目中,“决策”与“付费”通常是由同一个主体完成,例如政府、非政府组织以及企业等。但需要注意的是有时也存在“决策”主体与“付费”主体不同的情况,例如由政府决策但由生态系统服务的真正使用者付费。此时,显然应该

更为关注谁能够决定谁来付费,并且这种决定会让实际付费者无法拒绝,因此在决策者与付费者分离的情况下,决策者被视为补偿主体(Engel et al., 2008)。对于补偿对象而言,已有研究的主要思路是在众多潜在的生态系统服务提供者中,基于生态环境的区域非均质性,综合考虑区域生态系统所处的地位、承担的生态服务功能以及生态系统服务在量或质上可能存在的差异,确定高效补偿区域或服务提供者的方法(戴其文等, 2009)。这类研究的出发点是在补偿资金有限的情况下,合理确定补偿对象以最大化补偿效果,因此其本质是目标(空间)定位研究,而空间定位的依据体现出从单一标准到复合标准的研究轨迹。Taff和Runge(1986)较早地利用“成本—效益”标准探索补偿对象的筛选方法,具体而言,他们将补偿对象区分为高效益低成本、高效益高成本、低效益低成本与低效益高成本四类。Babcock等(1997)则在此基础上进一步发展为效益标准、成本标准以及效益成本比标准三种,并进行定量研究。之后,一些学者主张在“成本—效益”标准的基础上,从生物多样性等角度出发,将生态系统受损风险也纳入目标(空间)定位标准体系,并且在定位方法也出现了利用距离函数或微分方程等方法进行的定量研究(Powell et al., 2000; Pfaff & Sanchez-Azofeifa, 2004; Ferraro, 2004; Alix-Garcia et al., 2005; Chomitz et al., 2006; Classen et al., 2008; Wünscher et al., 2008)。

## 2.生态补偿标准研究

生态补偿标准的研究涉及到补偿标准范围的确立以及具体获得补偿标准的方法两个方面。补偿标准范围通常由以下边界给出,即高于生态系统服务提供者的机会成本,否则他们将不会改变其供给行为,且低于生态系统服务使用者从环境改善中获得的的价值,否则使用者将不会购买,进而实现生态补偿交易中的买者与卖者共同的激励相容(Pagiola & Platais, 2007; Engel et al., 2008)。确定补偿标准的方法包括核算法与协商法两大类,前者是以生态环境治理成本或生态系统服务功能价值评估为基础来确定补偿标准的方法,后者则是依靠利益相关方在补偿标准范围内协商确定补偿标准的方法,二者通常在实际项目中组合运用,即在价值成本核算的基础上,通过协商达成一致(王金南等, 2007; 李晓光等, 2009)。由此可见,核算法是确定补偿标准的关键,而协商法更多地取决于利益相关方的议价能力。目前,解决生态系统服务价值评估的核算法主要包括两大类:第一类是直接市场价值法,即直接通过补偿交易体现价值评估结果。该方法一般用在类似于产品生产的生态系统服务供给价值评估时,但由于需要评价的生态系统服务价值及其与可市场化的商品之间的具体联系难以准确测度,也受到一定的质疑。第二类是间接市场价值法,即对于一些无法由市场价值表现的生态系统服务借助一些间接措施加以评估,具体而言又包括可避免成本法、替代成本法、旅行费用法、生产要素法和享乐价值法。间接市场价值法在进行评估时通常利用条件价值法或集体评价法获得一手数据以便实现估值测算。其中,前者主要通过社会问卷调查,描述不同的情境,对假想市场体现的生态系统服务进行评估,后者则是将不同利益相关方聚集到一起对具有公共

物品性质的环境价值进行评估(Bingham et al., 1995; Wilson & Howarth, 2002)。已有文献针对不同类型核算法的优劣与使用范围进行了深入的讨论(Ellis & Fisher, 1987; Bingham et al., 1995; Daily et al., 2000; De Groot et al., 2002; Chee, 2004), 此处不再赘述。

### 3.生态补偿方式研究

从政策实务的角度来看,生态补偿的方式主要包括资金补偿、实物补偿、技术补偿、政策补偿与产业补偿。资金补偿由于简便易行,因此是最为常见的一种补偿方式,具体包括财政转移支付、补贴、补偿金、税收减免、担保或贷款等形式。实物补偿是以生产要素或生活要素对生态系统服务供给者进行补偿的方式。技术补偿强调智力服务,目的是提高生态系统服务供给者的生产技能与减排效率,包括技术咨询、指导和培训等。政策补偿指上级政府对下级政府给予政策倾斜。产业补偿则指促进生态系统服务供给区域替代性相关产业发展的补偿措施。Wunder等(2008)认为补偿方式的选择主要取决于补偿主体的动机。赵雪雁等(2010)则指出补偿方式作为生态补偿运行机制的关键环节,影响着生态系统服务供给者的参与意愿以及生态补偿项目的可持续性,如果补偿方式与供给者的需求错位,或者不利于供给者的能力提升,都将导致生态补偿项目整体运行的低效。此类文献从实际操作的维度,关注了实施生态补偿的不同方式,这对于具体政策措施的制定具有重要的参考价值。

### 4.生态补偿绩效研究

Pagiola(2005)较早给出生态补偿效率分析的完整框架。他指出生态补偿效率取决于社会福利情况(即生态环境的改善)与参与人的私人福利情况,因此,生态补偿效率分析就是对参与者个人福利以及项目实施导致的社会福利之间的关系进行损益比较与权衡。有效率的生态补偿可以实现双赢,而无效率的生态补偿则包括三种可能。第一是无需补偿激励生态系统服务供给者就有动力改善环境。第二是提供的补偿不足以弥补改善环境所付出的成本,即无法对生态系统服务供给者构成足够的激励。第三是虽然弥补了生态系统服务提供者付出的成本但却不能使得社会福利提升。此外,还有一些学者对各种会影响生态补偿效率的因素进行了分析,涉及生态系统服务供给者的偏好、泄露<sup>①</sup>、环境效益显现的滞后性、补偿主体与补偿对象之间的信息不对称程度、交易成本、社会资本、法律制度框架以及中介效率等因素(Morris et al., 2000; Robertson & Wunder, 2005; Sierra & Russman, 2006; Gong et al., 2010; Vatn, 2010; Kosoy & Corbera, 2010; 赵雪雁, 2012)。

## (二)研究方法评述

从研究方法上来看,已有文献多基于案例分析进行定性研究,部分文献在生态补偿对象

---

<sup>①</sup>如果生态补偿项目实施区域的生态系统服务供给增加是以其他区域的环境损害增加为代价,这种情境就被称为“泄露”。显然,泄露将导致项目实施区域的生态系统服务价值被高估,进而降低社会总福利水平。

的空间定位领域出现数学化方法,仅有较少文献构造博弈论模型进行研究。在针对生态补偿问题研究并构建博弈论模型的文献中,主要包括两类,即传统的动态博弈模型与微分博弈模型(Pascaux et al., 2011; Calvo & Rubio, 2012)。传统的动态博弈模型指博弈可以划分为不同的阶段,不同的参与人按照一定的时序,进行序贯决策,可以运用逆向求解法解得均衡。严格来讲,微分博弈也属于动态博弈的一种,其与传统动态博弈相比,区别在于将离散的博弈时序进行连续化处理,同时也使得博弈策略无限化。之所以发展微分博弈的研究,原因在于微分博弈的均衡解将具有时间一致性,即影响博弈过程中策略选择的某些参数如果随着时间发生了变化,那么微分博弈求解的均衡策略可以在各个时间点上确保最优,进而使得均衡策略不会随着时间的推移而改变。因此,虽然在数学方法层面“连续分析”较之于“离散分析”要更为“高级”,但是在经济学层面,传统动态博弈模型与微分博弈模型却各有不同的适用范围。环境经济学的建模需要区分存量型污染与流量型污染(Weitzman, 2003),如温室气体,其存量随着新增量的不断累积而改变温室效应的强度,因此针对这类污染物排放的生态补偿更加适合应用微分博弈模型。如果污染物的类型为流量型,即污染的危害只受当期流量的影响,而与过往的存量无关,则在建模时就无需考虑时间一致性,于是传统的动态博弈模型就具有足够的解释力。由于本文将研究对象限定于流量型污染,因此将采用传统动态博弈模型进行研究。

### (三)本文创新点

本文将在继承已有文献研究成果的基础上,突出以下三点新的变化:第一,已有文献对于生态补偿主体、标准以及绩效的研究基本都是割裂开来的,彼此独立,而本文提出一种“补偿主体—补偿标准—实施条件—经济绩效”的研究思路,以目标函数、策略选择、经济绩效的标准经济学分析框架来对生态补偿问题进行“一体化”的贯通研究;第二,已有文献对于经济绩效的评估仅考虑社会福利与参与者福利,而本文将关注不同区域(例如上游或下游)与不同层级(例如中央与地方),包括企业、消费者、政府等多个主体的福利变化,进而系统评估生态补偿的经济绩效,全面探寻“共赢”之道;第三,已有文献尚未关注生态补偿与其他经济政策(例如税收政策)的协调配合,因此也就不会涉及到生态补偿实施的政策条件问题,而本文则在这一点上作出开创性的尝试。

## 三、模型设定

### (一)模型架构

考虑一个包括两个区域的国家,其中两个区域分别用1和2来表示。假设该国为不存在对外经济关系的封闭国家。两个区域各自存在一家企业,分别记为企业1和2,生产同质商品来满足国内市场需求。假设产品在国家内部的不同区域之间可以自由流通,不存在区域市场

分割的现象。从行政管理体制的方面来看,该国存在着中央与地方两级政府<sup>①</sup>,来负责征税与制定相关政策。为了简化分析,本文假设不存在信息不对称分布的情况。

### (二)消费者偏好与需求

本文将该国的总人口数量标准化为1,并且假设区域1和2的人口数量分别为 $z$ 和 $(1-z)$ ,其中 $0 < z < 1$ 。进一步假设该国代表性消费者的偏好是拟线性的,并且不同区域的消费者效用函数无差异。

$$U(q_1, q_2; e) = u(q_1, q_2) + e \quad (1)$$

其中,

$$u(q_1, q_2) = a(q_1 + q_2) - \frac{b(q_1 + q_2)^2}{2} \quad (2)$$

公式(1)和公式(2)中的 $q_1$ 和 $q_2$ 分别表示企业1和2的产量。 $a$ 为市场容量, $b$ 为决定价格变动对需求量影响的参数,且 $a, b > 0$ 。 $e$ 为对计数商品的消费,其价格被标准化为1。如果用 $p$ 来表示产品的价格,则可以得到间接需求系统:

$$p = a - b(q_1 + q_2) \quad (3)$$

并且,还可以进一步获得代表性消费者的消费者剩余为:

$$CS = u(q_1, q_2) - p(q_1 + q_2) = \frac{b(q_1 + q_2)^2}{2} \quad (4)$$

上述假设出于简化分析的目的,忽略了产品差异,并且本文令 $b=1$ 。

### (三)企业的生产技术与减排技术

用 $c_1$ 和 $c_2$ 分别表示企业1和2生产的边际成本, $c_i \geq 0, i=1, 2$ 。 $c_i$ 反映了企业的生产技术水平。显然,当 $c_1 = c_2$ 时说明两地企业的技术水平相当,而当 $c_1 \neq c_2$ 时边际成本更低的企业将具有技术优势。但是,本文假设无论是否进行生态补偿,两地企业的技术差距都不足以导致劣势企业被挤出市场,不会出现优势企业独占市场的局面。

在环保减排技术方面,假设两个区域企业的排污量 $d_i$ 均与其产量 $q_i$ 成线性关系,即 $d_i = k_i q_i$ 为两地企业的生产过程中的排污量,其中 $k_i > 0, i=1, 2$ 。 $k_i$ 反映了企业的减排技术水平,显然 $k_i$ 越小,则说明减排技术越先进<sup>②</sup>。

### (四)生态系统与环境损失

假设该国的两个区域构成一个完整的生态系统,并且排污量与环境质量之间的关系如下:(1)区域1的排污量不仅影响本区域的环境质量,而且也影响区域2的环境质量;(2)区域2

<sup>①</sup>本文所讲的中央与地方两级政府,也可以拓展理解为上下两级政府。例如,研究省内实施的生态补偿问题时,就可以将其理解为省市两级政府。

<sup>②</sup>针对生产成本或者排污技术设定不同取值,并不影响本文结论。

的排污量仅影响本区域的环境质量,却不影响区域1的环境质量;(3)国家整体的环境质量则受到两个区域的总排污量影响。举例而言,我们可以将该国的生态系统视为一个水系,其中区域1处于上游,而区域2处于下游。或者从风向的角度考虑,区域1可以理解为位于上风口的城市,而区域2则是位于下风口的城市。

借鉴马捷和段颀(2009)与Ulph(1996)等国内外文献,本文假设环境损失函数为 $D(\cdot)$ ,并且 $D' > 0$ ,  $D'' > 0$ 。此处假设 $D(d) = \frac{m \cdot d^2}{2}$ 。其中, $m$ 反映了人们对于环境质量的关注程度,即环境的重要性评价,此处令 $m = 1$ 。

### (五) 税收体系

该国的税收政策为针对企业的产量征收从量税<sup>①</sup>,全国统一的税率为 $t$ <sup>②</sup>,并且总税收以分税制的模式在中央和地方两级政府间按照 $(1-r):r$ 的比例进行分配。因此,中央政府和两个地方政府各自的税收收入分别为 $(1-r)t(d_1+d_2)$ 、 $rt d_1$ 和 $rt d_2$ 。

### (六) 生态补偿

前文对于生态系统的设定意味着企业1的减排行为具有正的外部性,有利于区域2与国家整体环境质量的提升。此处,隐含的假设是企业1为明确的生态系统服务供给者,无需进行空间定位,同时企业1的减排行为不会造成泄漏。由于排污量取决于产量,所以企业1的减排行为将影响到自身的利润以及区域1的经济发展水平。因此,为了推动环境质量的改善,弥补因减排所遭受的损失,企业1将成为接受生态补偿的对象<sup>③</sup>。

本文假设对企业1进行现金补偿,补偿的标准为 $x$ 且 $x > 0$ ,即企业1在当期的排污量与基期相比,每下降一个单位就能够获得 $x$ 的补偿。于是,企业1能够获得的总补偿金额将为 $x(d_1^0 - d_1^1)$ ,其中 $d_1^0$ 与 $d_1^1$ 分别表示企业1在基期和当期的排放量<sup>④</sup>。需要说明的是本文假设基期与当期的区别仅在于基期尚未实施生态补偿政策,而经济系统的所有参数取值均不发生变化。当 $d_1^0 > d_1^1$ 时, $x(d_1^0 - d_1^1)$ 是对企业1减排的补偿, $x$ 构成一种激励。然而,理论上也有可能 $d_1^0 < d_1^1$ 。此时, $x(d_1^0 - d_1^1)$ 将表示对企业1由于增加排污量而缴纳的罚款, $x$ 则成为惩罚的标准。因此,在假设中本文并未限定 $d_1^0$ 与 $d_1^1$ 之间的大小关系。

①当然某些具有环保功能的资源税也通常采用从价税的方式进行征收。对此,在本文的模型框架中也可以进行分析。如果资源价格外生于资源需求量,则分析结果与本文类似。如果资源价格随资源需求量的增加而提高,则需要另行讨论。本文仅聚焦于从量税的讨论。

②此处所讲的税收也可以理解为环境税,基于本文的假设,如果 $k_1 = k_2$ ,环境税的税率即为 $t/k_1$ 。

③此处假设区域1政府在接收到生态补偿之后,没有任何截留,全部转移支付给企业1。因此,企业1将获得全额的生态补偿款,并成为接受生态补偿的对象。

④在后文中,将沿用这一标注方法,即用上标0表示基期的变量,用上标1表示当期的变量。



本文将研究三种情况下生态补偿的实施条件与经济绩效。情况1为由中央政府基于最优化国家整体福利确定  $x_1$ , 并利用中央财政对企业1进行生态补偿。情况2为由区域2地方政府基于最优化本地区福利确定  $x_2$ , 并利用地方财政对企业1进行生态补偿。情况3为由企业2基于最优化本企业利润确定  $x_3$ , 并自己出资进行生态补偿。其中, 情况1与2为政府主导的生态补偿, 情况3则为市场化的生态补偿。

特别是针对情况3, 还有必要进行一些补充说明。情况1中的中央政府与情况2中的区域2地方政府, 均具有通过生态补偿提升国家整体或本区域福利的动机。情况3中的企业2则比较特殊, 它原则上并没有为国家或所在区域环境质量改善而通过补偿使企业1削减排污量的义务。由于模型假设两家企业彼此之间进行产量竞争, 一方面双方都希望可以限制总产量, 以便推高产品价格, 获得更高的利润; 另一方面在给定对方产量的前提下, 又都希望可以增加产量来提升本企业的利润。由于排放量是产量的函数, 如果由企业2补偿企业1, 使其减排, 进而压缩产量, 那么必然有利于提高企业2的利润。而在这种机制下利润的提高如果大于其付出的补偿代价, 则企业2就有将生态补偿内生化的动机。这在理论上是存在可能的, 但是, 企业2对企业1进行补偿的目的不是为了改善生态环境, 而是为了自身可以获得更高的利润。这一点与政府进行的生态补偿是截然不同的。虽然在理论上具有可能性, 但是为什么现实中这样的情况非常少见呢? 其原因主要是企业2向企业1支付对价, 而使得企业1减少产量的方式绝不仅有生态补偿一种。例如, 两家企业达成某种战略联盟来限制产量, 同样可以实现上述目的。并且, 根据产量与排放量关系的不同设定, 生态补偿也未必是实现此目的的最优方式。因此, 这种情况在现实中就非常罕见了。为了保证理论分析的完整性, 本文还是在论文中保留了对该种情境的讨论。特别是由于本文当  $k_i=1$  时, 排放量等于产量, 于是对于排放量降低的补偿, 就可以直接理解为对于减产的补偿, 进而这种情况本身就等同于对两家企业达成战略联盟关系的分析。因此, 这种生态补偿也可以理解为一种市场化的补偿, 而非由政府主导的补偿。

### (七) 社会福利

结合研究的需要, 本文将界定国家层面的社会总福利与区域层面的社会福利, 并以此作为中央政府与地方政府决策的目标函数。如果用  $\pi$  来表示企业利润, 用  $T$  来表示政府净税收, 那么国家 ( $W$ )、区域1 ( $W_1$ ) 与区域2 ( $W_2$ ) 的社会福利分别如公式(5)-(7)所示。

$$W = CS + \pi_1 + \pi_2 + T - D(d_1 + d_2) \quad (5)$$

$$W_1 = CS_1 + \pi_1 + T_1 - D(d_1) \quad (6)$$

$$W_2 = CS_2 + \pi_2 + T_2 - D(d_1 + d_2) \quad (7)$$

其中,  $CS_1 = z \times CS$ ,  $CS_2 = (1 - z) \times CS$ , 且  $0 < z < 1$ 。

### (八) 博弈的时序

基期由于尚未实施生态补偿政策,因此博弈只包括一个阶段,即两家企业进行产量竞争。当期的博弈则分两个阶段进行,第一阶段由进行生态补偿的主体确定补偿标准,第二阶段在区域1(企业1)接受生态补偿的条件下两家企业进行产量竞争。

## 四、生态补偿的补偿标准分析

### (一) 基期的排污量

基期未施行生态补偿政策,企业的利润等于企业出售商品的数量与单位商品净收益的乘积。具体而言,企业1和2的利润函数分别如下:

$$\pi_1^0 = (p^0 - c_1 - t)q_1^0, \pi_2^0 = (p^0 - c_2 - t)q_2^0 \quad (8)$$

通过利润最大化求解可以得到均衡产量  $q_1^{0*}$  和  $q_2^{0*}$ , 并且基于假设可知  $d_1^0 = q_1^{0*}$ 。

### (二) 当期三种情况下的生态补偿标准

当期施行了生态补偿政策,博弈分两阶段进行,本文采用逆向求解法计算不同情况下的生态补偿标准。

在博弈的第二阶段,情况1与情况2下,由于生态补偿的支出无需企业承担,所以企业1和2的利润函数在两种情况下是相同的。企业2的利润还是由出售商品的数量与单位商品净收益的乘积所决定,而企业1的利润则还需要进一步加上生态补偿带来的额外减排收入。具体而言,企业1和2的利润函数分别如下:

$$\pi_1^1 = (p^1 - c_1 - t)q_1^1 + x_i(d_1^0 - d_1^1), \pi_2^1 = (p^1 - c_2 - t)q_2^1, i = 1, 2 \quad (9)$$

因为情况3下企业2将承担补偿费用,所以两家企业的利润函数参见公式(10)。

$$\pi_1^1 = (p^1 - c_1 - t)q_1^1 + x_i(d_1^0 - d_1^1), \pi_2^1 = (p^1 - c_2 - t)q_2^1 - x_i(d_1^0 - d_1^1), i = 3 \quad (10)$$

针对三种情况下的企业利润函数,通过求解利润最大化问题,计算出均衡产量  $q_1^{1*}$  和  $q_2^{1*}$ 。

在博弈的第一阶段,三种情况下的生态补偿标准分别根据以下公式最优化问题求解得出。

$$x_1^* = \arg \max_{x_1} W^1(q_1^{1*}, q_2^{1*}; x_1^*) \quad s.t. x_1^* > 0 \quad (11)$$

$$x_2^* = \arg \max_{x_2} W_2^1(q_1^{1*}, q_2^{1*}; x_2^*) \quad s.t. x_2^* > 0 \quad (12)$$

$$x_3^* = \arg \max_{x_3} \pi_2^1(q_1^{1*}, q_2^{1*}; x_3^*) \quad s.t. x_3^* > 0 \quad (13)$$

当令  $c_1 = c_2 = 0$  且  $k_1 = k_2 = 1$  时,具体的解析解如下:

$$x_1^* = \frac{a - 4t}{2} \quad (14)$$

$$x_2^* = \frac{2(1+z)a - [2(1+z) - 3r]t}{10+z} \quad (15)$$

$$x_3^* = \frac{a-t}{5} \tag{16}$$

针对上述解析解,可以确认,为满足  $x_1^* > 0$ , 要求  $t < \frac{a}{4}$ , 而只要  $t < a$  即可以实现  $x_2^* > 0$  和  $x_3^* > 0$ 。

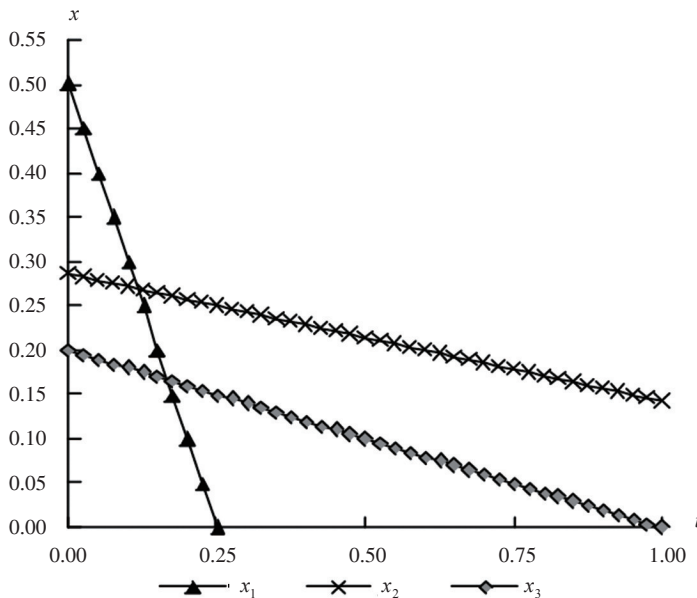
### (三)经济系统参数对生态补偿标准的影响分析

#### 1. 税率的影响分析

上文已经确定了三种情况下的生态补偿标准。这里涉及到的经济系统参数包括市场规模  $a$ 、区域人口分布比例  $z$ 、政府税收的央地分税比例  $r$  以及税率  $t$ , 并且暂时令  $c_1 = c_2 = 0$  且  $k_1 = k_2 = 1$ 。由公式(14)-(16)可以获得命题1。

命题1: 随  $a$  的增加, 情况1、2和3的补偿标准均提高; 随  $t$  的增加, 情况1、2和3的补偿标准均降低;  $z$  和  $r$  对情况1和3的补偿标准没有影响, 对情况2的补偿标准有影响。具体的影响方式为当  $t < \frac{6a}{6+r}$  时, 随  $z$  的增加, 情况2的补偿标准提升, 当  $t > \frac{6a}{6+r}$  时, 随  $z$  的增加, 情况2的补偿标准降低; 随  $r$  的增加, 情况2的补偿标准提升。

自我国分税制改革之后, 中央财政收入占总财政收入的比重基本在50%至60%的区间浮动, 因此可以简单地将  $r$  设定为0.5。于是可知, 一般而言随  $z$  的增加情况2的补偿标准将提升。如果进一步令  $a=1$ , 并且进一步假设人口在不同区域相对均匀分布, 即  $z=0.5$ , 则利用数值模拟, 可以获得图1以及命题2。



注: 图标  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  分别表示三种情况下的补偿标准。

图1 税率对生态补偿标准的影响

命题 2: 当  $t < 0.115$  时, 补偿标准有  $x_1 > x_2 > x_3$ ; 当  $0.115 < t < 0.167$  时, 补偿标准有  $x_2 > x_1 > x_3$ ; 当  $t > 0.167$  时, 补偿标准有  $x_2 > x_3 > x_1$ 。

不同补偿主体的目标函数主要由消费者剩余、企业利润、净税收与环境损失这四项构成。其中, 消费者剩余与环境损失都随总产量的增加而上升, 但是二者对于社会福利水平的影响正好相反, 消费者剩余的增加将提升社会福利水平, 环境损失的增加则降低社会福利水平。企业利润总和主要取决于两家企业的竞争关系, 竞争性越强则产量越高、总利润水平越低, 竞争性越弱则产量越低、总利润水平越高。净税收为税收减去生态补偿支出, 其中税收在税率一定的前提下随产量的增加而上升。

区域 2 政府主导的生态补偿在确定补偿标准的过程中, 仅需要考虑本区域居民的消费者剩余, 由于处于下游所以两个区域的排污都将降低其社会福利水平, 这样就更加凸显了环境质量在其目标函数中的地位。此外, 区域 2 政府为了提升企业 2 的利润水平, 也有更强的动机通过生态补偿激励企业 1 压低产量。对于企业 2 而言, 虽然压低企业 1 的产量有利于提升自身的利润, 但是如果让其自身负担生态补偿的激励支出, 则会降低上述动机。因此, 企业 2 主导生态补偿的标准要低于由区域 2 政府所主导的情况。中央政府在考虑国家所有消费者福利与环境损失的基础上, 还要兼顾两个区域企业的利润总量, 并且由自身负担生态补偿支出, 所以其所主导的生态补偿将随税率而发生变化。在税率较低时, 企业生产意愿强烈, 导致排污量增加, 因此需要提高补偿标准, 抑制排放。反之税率较高时则会相应降低补偿标准。

## 2. 生产技术差异的影响分析

根据模型设定, 生产技术反映在  $c_1$  和  $c_2$  之上。为了讨论生产技术差异的影响, 本文分别给出以下两种设定: 一是令“ $c_1 = 0, c_2 = c$ ”, 二是令“ $c_1 = c, c_2 = 0$ ”。前者可以讨论企业 1 生产技术领先于企业 2 的情况, 后者则可以讨论企业 2 生产技术领先于企业 1 的情况。并且,  $c$  越大, 意味着两家企业之间的技术差距越大。基于以上设定, 结合公式(8)至(13)计算并模拟可以获得以下命题:

命题 3: 当企业 2 的生产技术落后于企业 1 时, 随着企业 2 生产成本的增加, 三种情境下生态补偿的标准均随之降低; 当企业 1 的生产技术落后于企业 2 时, 随着企业 1 成本的增加, 三种情境下生态补偿的标准均随之升高。

## 3. 环保减排技术差异的影响分析

根据模型设定, 环保减排技术反映在  $k_1$  和  $k_2$  之上。本文令“ $k_1 = 1, k_2 = k$ ”, 当  $k > 1$  时, 可以讨论企业 1 环保减排技术领先于企业 2 的情况, 反之, 当  $k < 1$  时, 则可以讨论企业 2 环保减排技术领先于企业 1 的情况。基于以上设定, 通过模拟可以获得以下命题:

命题4:随着企业2环保减排技术的变化,即由企业2领先于企业1,逐渐缩小领先优势,被企业1追上,直至落后于企业1,三种情境下的生态补偿标准均随  $k$  的增加而降低。

### 五、生态补偿的实施条件分析

为了寻求能够带来“共赢”效果的生态补偿实施条件,本文将“共赢”的范围界定为除了可以有效减少污染物排放,降低环境损失之外,还能够同时实现社会总福利、区域1总福利、区域2总福利、企业1利润、企业2利润以及居民福利均得到改善的状态。其中,需要说明的是本文将居民福利界定为消费者剩余减去环境损失。由于总产量对于消费者剩余与环境损失的影响正好相反,因此让二者相减则意味着居民为了能够享受到更加清洁的环境则愿意减少一定数量商品的消费,即二者之间存在着一定的替代关系。当然,人们对环境质量的关注程度  $m$  的大小则反映了这种替代性的强弱,  $m$  越大说明清洁环境对居民福利提升的影响越大。

本文按以下思路对生态补偿的实施条件加以研究。第一,在可能对生态补偿经济绩效产生影响的全部参数中,由技术、偏好或者其他客观现实(如人口分布)所决定的参数包括  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $k$ 、 $z$  和  $m$ ,而  $r$  和  $t$  则可以由中央政府决策确定。其中,  $r$  作为央地分税比例虽然可以调整,但是却不可能经常更改。因此,本文重点将税率  $t$  作为研究生态补偿实施条件的核心变量加以探讨,即给定其他参数,利用数值模拟的方式分析能够实现“共赢”的  $t$  的取值范围。第二,针对不同情况的不同主体,用实施生态补偿之后的福利水平减去实施之前的福利水平,进而观察是否存在使其为正,即得到福利改善的可能,同时确定相应的  $t$  取值范围。数值模拟结果见图2(a-j)。

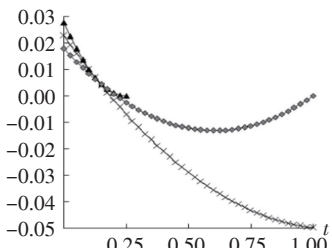


图2a: 社会总福利的变化情况

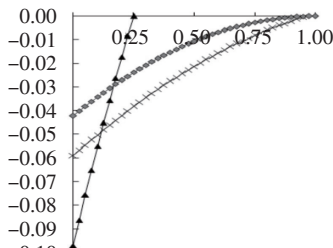


图2b: 环境损失的变化情况

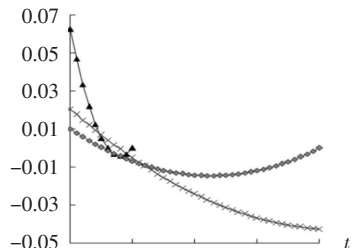


图2c: 区域1总福利的变化情况

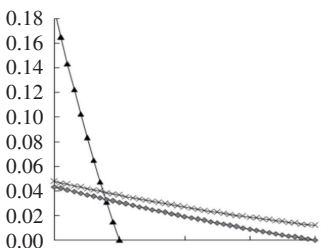


图2d: 区域2总福利的变化情况

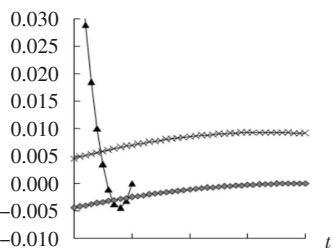


图2e: 企业1利润变化情况

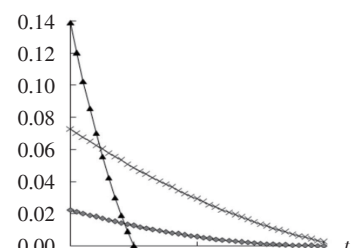
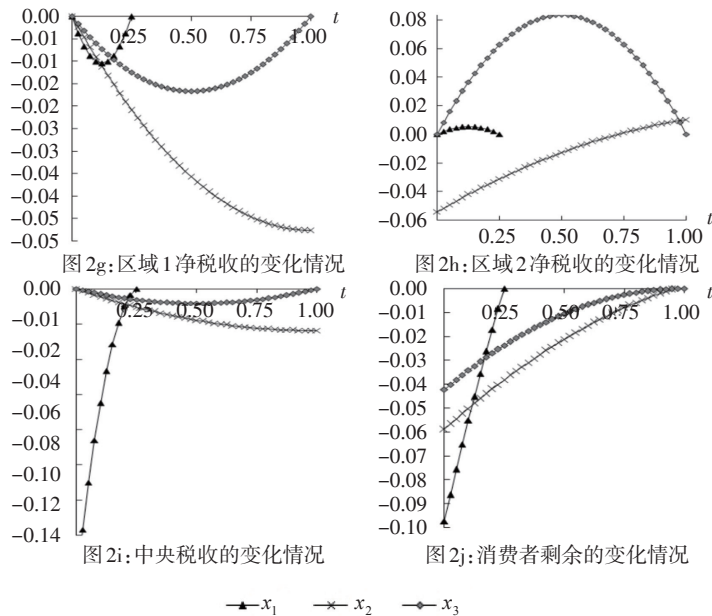


图2f: 企业2利润的变化情况



注:图标  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  分别表示三种情况下的经济绩效。

图2(a-j) 实施生态补偿前后的经济绩效变化情况

图2(a-j)中的横轴为  $t$  的取值,纵轴为福利水平的变化情况。显然  $t \in [0, 1]$ , 并且同时满足  $x_i^* > 0, i=1, 2, 3$ 。对于情况1而言,为了满足  $x_i^* > 0$ , 需要  $t < 0.25$ 。综合分析图2(a-j)显示的经济绩效,可以获得表1。其中,情况1与2均存在着“共赢”可能,这样  $t$  取值的交集自然就构成了生态补偿的最优实施条件。情况3中的企业1利润无法通过生态补偿得到改善,但是需要注意的是区域1的福利水平却能够变好。因此,对于生态补偿的实施主体企业2而言,它虽然无法直接通过有效的激励,让企业1满足参与约束,但是却可以通过说服区域1政府,再由地方政府通过行政方式要求企业1接受补偿,进行减排,并且区域1政府出于本辖区整体福利的考虑,也存在接受补偿的动机。这种间接的生态补偿,忽略掉企业1利润改进,进而获得的取值交集构成生态补偿的次优实施条件。

表1 三种情况生态补偿的实施条件

三种情况	社会总福利	环境损失	区域1总福利	区域2总福利	企业1利润	企业2利润	消费者总福利	最优实施条件	次优实施条件
1	(0,0.25)	(0,0.25)	(0,0.15)	(0, 0.25)	(0,0.143)	(0,0.25)	(0,0.25)	(0,0.143)	——
2	(0,0.185)	(0,0.963)	(0,0.194)	(0, 1)	(0, 1)	(0, 1)	(0, 1)	(0,0.185)	——
3	(0,0.211)	(0, 1)	(0,0.13)	(0, 1)	$\Phi$	(0, 1)	(0, 1)	$\Phi$	(0,0.13)

基于表1,可以获得以下命题:

命题5:为了实现“共赢”的效果,生态补偿的实施,需要与较低的税率搭配。

## 六、生态补偿的实施主体及经济绩效分析

在三种情况生态补偿的实施条件下,全面比较分析经济绩效,基于图2(a-j)可以获得表2。

表2 实施条件内不同情况下经济绩效比较

经济 绩效	实施 条件	情况2实施条件(0,0.185)					
		情况1实施条件(0,0.143)			(0.143,0.185)		
		情况3实施条件(0,0.13)		(0.13,0.143)		(0.143,0.185)	
		(0,0.115)	(0.115,0.13)	(0.13,0.141)	(0.141,0.143)	(0.143,0.167)	(0.167,0.185)
社会总福利	1>2>3		1>2>3	1>3>2	1>3>2		
环境损失	1>2>3	2>1>3	2>1>3		2>1>3	2>3>1	
区域1总福利	1>2>3	2>1>3	2>1>3		2>1>3	2>3>1	
区域2总福利	1>2>3		1>2>3		1>2>3		
企业1利润	1>2>3	2>1>3	2>1>3		2>1>3	2>3>1	
企业2利润	1>2>3	2>1>3	2>1>3		2>1>3		
区域1净税收	3>2>1	3>1>2	3>1>2		3>1>2	1>3>2	
区域2净税收	3>1>2		3>1>2		3>1>2		
中央税收	3>2>1		3>2>1		3>2>1		
消费者剩余	3>2>1	3>1>2	3>1>2		3>1>2	1>3>2	

注:表中的“1”“2”“3”分别表示三种情况。

通过表2,可以获得以下命题:

命题6:在满足生态补偿得以有效实施的条件下,由政府主导的生态补偿在促进环境质量、社会总福利、区域福利以及企业福利方面效果更好。特别是由中央政府主导的生态补偿可以实现社会总福利最大化。而由区域2企业主导的生态补偿有利于提高区域2税收并且最大限度降低中央政府与区域1政府的税收损失。

## 七、结论与政策启示

本文借助一个包含两个区域、两家企业以及统一生态系统的产量竞争模型,针对流量型污染,讨论了生态补偿的实施主体、实施条件与经济绩效。研究表明:(1)通过最优化生态补偿实施主体的目标可以确定生态补偿的实施标准。其中,市场规模、区域1人口比例以及地方政府分税比例的增加,有利于促进补偿标准的提高,而税率增加,则会导致补偿标准降低。(2)企业的生产技术和减排技术也会对生态补偿标准产生影响。三种情境下的生态补偿标准,在被补偿地区企业的生产技术领先时,随生产成本差距的增加而降低。此外,在给定被补偿区域企业减排技术的条件下,随着提供补偿地区企业减排技术的提高,三种情境下的生态补偿标准均会提高。(3)通常受益区域地方政府主导的生态补偿标准要高于该区域企业主导的生态补偿标准,中央政府所主导的生态补偿标准则在税率较低的情况下较高。(4)较低的税率可以在最大程度上确保不同主体获得帕累托改进,实现“共赢”。(5)虽然由被补偿地区企业

进行补偿有利于净税收提升,但是由中央政府主导的生态补偿却能够在“共赢”的基础上带来最大的社会总福利。基于以上结论,本文提出四点政策建议:

第一,为了获得“共赢”的效果,降低政策落实的阻力,需要尽量以低水平的生产税率进行搭配。这里所讲的“税收”不仅局限于生产领域的税收,也可以拓展为环境税。

第二,对于中央政府而言,如果财力能够有保障,那么由其主导并出资的生态补偿政策,最有利于总体经济绩效改善。

第三,在低水平税率的条件下,如果中央政府无法出资进行生态补偿,那么应该由收益区域地方政府出资进行生态补偿,进而实现社会总福利的次优状态。

第四,由企业所主导的生态补偿其本质是一种企业联盟行为。在相对较高的税率水平下,对于企业以联盟形式压缩产量的行为,需要重新认识。更低的产量当然会降低消费者福利,但同时也能够通过减少生产实现污染物减排。当这种减排的福利改善足够大时,允许企业联盟所实现的社会总福利水平将优于收益区域地方政府主导的生态补偿。

本文的研究还可以进行以下拓展:从博弈主体的角度进行拓展,进一步对“决策”与“付费”分别由不同主体决定的情况进行研究;从博弈时序与阶段的角度进行拓展,可以将模型由两阶段博弈拓展为三阶段博弈,讨论地方政府基于本区域福利考虑而内生选择环保执行力度或者企业预见到即将实施生态补偿而选择扩大产量以提高基准排放量的情况;从博弈信息结构的角度进行拓展,基于异质品模型考虑信息不对称条件下的空间定位与泄露问题;从博弈内容与策略的角度进行拓展,比较从价税与从量税的差异,并对存量型污染加以研究。

## 参考文献:

- [1] 戴其文,赵雪雁,徐伟,董霞,白如山. 生态补偿对象空间选择的研究进展及展望[J]. 自然资源学报, 2009, (10): 1772-1784.
- [2] 李晓光,苗鸿,郑华,欧阳志云. 生态补偿标准确定的主要方法及其应用[J]. 生态学报, 2009, (8): 4431-4440.
- [3] 刘倩,董子源,许寅硕. 基于资本资产框架的生态系统服务付费研究述评[J]. 环境经济研究, 2016, (2): 23-25.
- [4] 马捷,段硕. 受工会影响的国际寡头竞争与环境倾销[J]. 经济研究, 2009, (5): 79-91.
- [5] 王金南,万军,张惠远. 关于我国生态补偿机制与政策的几点认识[J]. 环境保护, 2006, (19): 24-28.
- [6] 王金南,邹首民,洪亚雄. 中国环境政策(第三卷)[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2007.
- [7] 赵雪雁. 生态补偿效率研究综述[J]. 生态学报, 2012, (6): 1960-1969.
- [8] 赵雪雁,董霞,范君君,戴其文. 甘南黄河水源补给区生态补偿方式的选择[J]. 冰川冻土, 2010, (1): 204-210.
- [9] 中国生态补偿机制与政策研究课题组. 中国生态补偿机制与政策研究[M]. 北京:科学出版社, 2007.
- [10] Alix-Garcia, J., A. De Janvry, and E. Sadoulet. The Role of Risk in Targeting Payments for Environmental Services[R]. 2005.
- [11] Babcock, B. A., P. G. Lakshminarayan, J. J. Wu, and Z. David. Targeting Tools for the Purchase of Environ-



mental Amenities[J]. *Land Economics*, 1997, 73(3): 325–339.

[12] Bingham, G., R. Bishop, M. Brody, D. Bromley, E. Clark, W. Cooper, R. Costanza, T. Hale, G. Hayden, S. Kellert, R. Norgaard, B. Norton, J. Payne, C. Russell, and G. Suter. Issues in Ecosystem Valuation: Improving Information for Decision Making[J]. *Ecological Economics*, 1995, 14: 73–90.

[13] Calvo, E. and S. J. Rubio. Dynamic Models of International Environmental Agreements: A Differential Game Approach[J]. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 2012, 6(4): 289–339.

[14] Chee, Y. E. An Ecological Perspective on the Valuation of Ecosystem Services[J]. *Biological Conservation*, 2004, 120: 549–565.

[15] Chomitz, K. M., G. A. B. Da Fonseca, K. Alger, D. M. Stoms, M. Honz ú k, E. C. Landau, T. S. Thomas, W. W. Thomas, and F. Davis. Viable Reserve Networks Arise From Individual Landholder Responses to Conservation Incentives[J]. *Ecology and Society*, 2006, 11(2): 40.

[16] Claassen, R., A. Cattaneo, and R. Johansson. Cost-effective Design of Agri-environmental Payment Programs: US Experience in Theory and Practice[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65: 737–752.

[17] Daily, G. C., T. Söderqvist, S. Aniyar, K. Arrow, P. Dasgupta, P. R. Ehrlich, C. Folke, A. Jansson, B. Jansson, N. Kautsky, S. Levin, J. Lubchenco, K. Mäler, D. Simpson, D. Starrett, D. Tilman, B. Walker. The Value of Nature and the Nature of Value[J]. *Science*, 2000, 289: 395–396.

[18] De Groot, R. S., M. A. Wilson, and R. M. J. Boumans. A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services[J]. *Ecological Economics*, 2002, 41: 393–408.

[19] Ellis, G. M. and A. C. Fisher. Valuing the Environment as Input[J]. *Journal of Environmental Management*, 1987, 35(1): 47–61.

[20] Engel, S., S. Pagiola, and S. Wunder. Designing Payments for Environmental Services in Theory and Practice: An Overview of the Issues[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65: 663–674.

[21] Ferraro, P. J. Targeting Conservation Investments in Heterogeneous Landscapes: A Distance Function Approach and Application to Watershed Management[R]. 2004.

[22] Gong, Y., G. Bull, and K. Baylis. Participation in the World's First Clean Development Mechanism Forest Project: The Role of Property Rights, Social Capital and Contractual Rules[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69: 1292–1302.

[23] Kosoy, N. and E. Corbera. Payments for Ecosystem Services as Commodity Fetishism[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69: 1228–1236.

[24] Morris, J., D. J. G. Gowing, J. Mills, and J. A. L. Dunderdale. Reconciling Agricultural Economic and Environmental Objectives: The Case of Recreating Wetlands in the Fenland Area of Eastern England[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 79: 245–257.

[25] Pagiola, S. Assessing the Efficiency of Payments for Environmental Services Programs: A Framework for Analysis[R]. 2005.

[26] Pagiola, S. and G. Platais. Payments for Environmental Services From Theory to Practice: Introduction to Payments for Environmental Services[R]. 2007.

[27] Pascaux, S. F., T. Issam, and Z. Georges. Buying Cooperation in an Asymmetric Environmental Differential Game[J]. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2011, 35(6): 935–946.

[28] Pfaff, A. S. P. and G. A. Sanchez-Azofeifa. Deforestation Pressure and Biological Reserve Planning: A Conceptual Approach and An Illustrative Application for Costa Rica[J]. *Resource and Energy Economics*, 2004, 26: 237–254.

[29] Powell, G. V. N., J. Barborak, and S. M. Rodriguez. Assessing Representativeness of Protected Natural Areas in Costa Rica for Conserving Biodiversity: A Preliminary Gap Analysis[J]. *Biological Conservation*, 2000, 93: 35–41.

- [30] Robertson, N. and S. Wunder. Fresh Tracks in the Forest: Assessing Incipient Payments for Environmental Services Initiatives in Bolivia[R]. 2005.
- [31] Sierra, R. and E. Russman. On the Efficiency of Environmental Service Payments: A Forest Conservation Assessment in the Osa Peninsula, Costa Rica[J]. *Ecological Economics*, 2006, 59: 131–141.
- [32] Taff, S. and C. F. Runge. Supply Control, Conservation and Budget Restraint: Conflicting Instruments in the 1985 Farm Bill[R]. 1986.
- [33] Ulph, A. Environmental Policy and International Trade When Governments and Producers Act Strategically [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1996, 30: 265–281.
- [34] Vatn, A. An Institutional Analysis of Payments for Environmental Services[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69: 1245–1252.
- [35] Weitzman, M. L. *Income, Wealth, and the Maximum Principle*[M]. Cambridge: Harvard University Press, 2003.
- [36] Wilson, M. A. and R. B. Howarth. Discourse-based Valuation of Ecosystem Services: Establishing Fair Outcomes through Group Deliberation[J]. *Ecological Economics*, 2002, 41: 431–443.
- [37] Wunder, S. Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts[R]. 2005.
- [38] Wunder, S., S. Engel, and S. Pagiola. Taking Stock: A Comparative Analysis of Payments for Environmental Services Programs in Developed and Developing Countries[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65: 834–852.
- [39] Wünscher, T., S. Engel, and S. Wunder. Spatial Targeting of Payments for Environmental Services: A Tool for Boosting Conservation Benefits[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65: 822–833.

## Ecological Compensation of Environmental Problem Caused by Flow Pollutant: Implementing Entity and Conditions and its Economic Performance

Qiao Xiaonan<sup>a,b</sup> and Wang Dan<sup>a</sup>

(a: School of Economics, Nankai University; b: Collaborative Innovation Center for China Economy)

**Abstract:** This paper focus on ecological compensation of environmental problems that are caused by flow pollutant such as PM<sub>10</sub>. By constructing the model and combining with numerical simulation, this paper use a comparative analysis on three conditions of the ecological compensation. The results show that, under the premise of improving the quality of the environment, implementing the ecological compensation with looser tax policy will be able to maximize the total social welfare, residents welfare, the welfare of ecosystem service supply area and benefit area as well as the welfare of corporate in both area, and thus achieve “win-win” situation. This is especially the case with the ecological compensation leading by the central government, which will promote the economic performance in general. Accordingly, this paper suggests reducing the production tax rate or implementing the ecological compensation by the central government in the case of financial permissible, so as to improve the different entities’ and the general welfare level.

**Keywords:** Ecological Compensation; Flow Pollutant; Economic Performance

**JEL Classification:** Q58, Q56, L13

(责任编辑:朱静静)