

绿色补贴、技术溢出与生态倾销^①

姚洪心, 吴伊婷

(东华大学旭日工商管理学院, 上海 200051)

摘要: 在传统战略贸易政策工具受到 WTO 限制的条件下, 绿色补贴作为具备环境政策效果的策略手段正在被很多国家所采用. 文章在多阶段双寡头竞争模型中研究了绿色补贴及其溢出效应对政府和企业行为的作用机制. 结论表明, 如果政府分别按照 EOS 和 SOS 准则为本国企业提供单边绿色补贴, 则仅 SOS 准则下的补贴可通过改变古诺产出水平和环境排污标准改善本国的福利水平. 但是, 较之 EOS 准则, 绿色补贴在 SOS 准则下使本国政府具有更强的生态倾销动机, 从而使得本国环境存在恶化的可能性. 此外, 本国绿色技术溢出会提高本国及外国的排污标准, 降低(提高) 本国(外国) 企业利润, 进而减少(增加) 本国(外国) 福利水平. 在模型一般推广的条件下, 本国政府最优的环境政策是为企业提供最优化非合作绿色补贴或征收最优合作税收.

关键词: 绿色补贴; 古诺竞争; 溢出效应; EOS 准则; SOS 准则

中图分类号: F741.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-9807(2018)10-0047-14

0 引言

与传统贸易政策不同, 环境贸易政策的实施既能使本国产业在贸易竞争中获得优势, 又需要兼顾环境质量的改善, 因此, 在其导致的策略反应过程中伴随着环境标准相应的放松或增强. 在当前国际贸易领域中, 提升国内产业竞争力的传统政策工具受到全球贸易体制及地区贸易协定的严格限制, 比如 WTO 明确禁止各成员国使用出口补贴、进口替代补贴并限制 R&D 补贴力度, 而绿色补贴作为常见的不可诉补贴形式则是被 WTO 所允许的^②, 因此, 绿色补贴政策被当今国际社会

广泛采用. 例如, 拥有全球最发达农业经济体的美国在 2002 年实施了农业绿色补贴政策, 它在保护环境质量的同时亦可实现为出口企业提供生产性补贴的效果^③; 德国作为世界领先的制造业国家, 其联邦环保部于 1979 年开始推行环境创新项目 (UIP), 对具有示范作用的环保技术创新进行激励. 近 40 年的经验显示, 这些被政策工具支持的技术在气候环境保护、资源利用以及扶持中小企业发展上均取得了显著的成效^④. 有鉴于此, 绿色补贴如何通过改变各国的环境标准及企业产出水平而对生态倾销行为产生影响? 绿色补贴的技术溢出效应如何通过提升外国的环保技术实力来修

① 收稿日期: 2015-11-29; 修订日期: 2018-04-21.

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(09BJL041); 教育部人文社会科学规划基金资助项目(15YJA790077).

作者简介: 姚洪心(1969—), 男, 四川成都人, 博士, 教授. Email: yaohx@dhu.edu.cn

② WTO 框架下的《补贴和反补贴措施协议》(SCM 协定) 全面规范了补贴与反补贴行为, 是 WTO 规则的重要组成部分, SCM 协定中明确将出口补贴和进口替代补贴作为“红色补贴”, R&D 补贴视为“黄色补贴”, 属于可起诉补贴, 具体与相应补贴力度有关, 而“绿色补贴”是不可起诉补贴.

③ 美国 2002 年颁布的新农业法案中提出环境质量激励计划 (EQIP), 为生产者的环境保护行为提供补贴, 10 年金额高达 90 亿美元. 详见美国农业部网站 <https://www.usda.gov>.

④ 德国 UIP 项目的具体资料可见项目网站 <https://www.umweltinnovationsprogramm.de>.

正本国补贴政策力度? 技术溢出效应又是如何通过改变政府及企业的决策行为来改善各国的社会福利及环境质量? 对上述运行机理的探讨正是国际贸易领域中亟待解决的热点问题。

在环境政策的研究分支中,绿色补贴是指政府通过激励出口企业环保技术创新以实现改善环境质量宗旨而提供的专项财政资助,它既能促进产业升级和节能降耗,又能应对各种绿色贸易壁垒并增强本国企业的竞争力^⑤。由于各贸易国的环境政策具有多样性且环境税、排污标准等政策工具的实施对本国产业的国际竞争力具有弱化作用^[1-3],因此绿色补贴逐渐成为政府制定环境政策时的首选。在此背景下,部分学者开始研究绿色补贴相对其他政策工具的优越性,并考虑各种政策工具组合使用的效率。Carraro 和 Soubeyran^[4]将绿色补贴与环境税进行了对比,认为绿色补贴能在减少污染排放的同时保持产出水平和消费者剩余不变,是比环境税更好的策略手段。Stranlund^[5]的研究发现在污染监控困难的情况下,较之设置排污标准,政府提供绿色技术补贴既可减少监控费用亦能促进企业绿色技术的创新。另一方面,很多学者认为绿色补贴能促进其他环境政策意图的有效贯彻。Carraro 和 Siniscalco^[6]研究结果表明,政府设置排污标准会降低企业的利润,此时提供补贴则可避免企业退出市场。Krass 等^[7]研究发现,环境税的增加对企业绿色技术的使用呈先刺激后抑制的特点,而对绿色技术的固定成本进行补贴则可避免这种抑制作用。徐晓亮等^[8]在研究我国煤炭资源税收改革时发现提高煤炭资源税可以降低环境损失,而在税收基础上增加资源价值补贴则可提高环境福利。

综上,绿色补贴可激发企业环保技术的创新与改进,但新技术存在被他国企业模拟学习的情况,事实上形成了该技术的溢出效应,因此绿色补贴政策的制定需考虑技术溢出水平的影响。根据 Schneider 和 Goulder^[9]的研究,政府补贴能够刺激具有正向溢出效应的减污技术的投资,但技术

溢出导致一国企业的技术创新被“搭便车”而促使别国企业竞争力提升。Gil-Moltó 等^[10]研究发现在混合寡头市场上,R&D 补贴可以解决技术溢出造成的私营企业 R&D 投入减少的问题,因此最优补贴量随着技术溢出效应的增加而提升。Hattori^[11]认为,随着技术溢出效应的增加,创新者对绿色技术研发投入逐步减少,使得政府需提供更高的补贴来强化研发动机。

基于对补贴工具及其溢出效应机理的认知,愈发激烈的国际竞争使得各国政府为了避免直接使用贸易协议所禁止的政策工具而倾向于制定宽松的环境政策来提升本国企业的国际竞争力,这种行为被定义为生态倾销 (eco-dumping)^[12-14]。Barrett^[12]、Althammer 和 Buchholz^[15]、Rauscher^[16]等学者认为,当企业进行古诺竞争且政府与企业同时决定排污标准与产出水平时,生态倾销策略是最优的政策选择。然而,Porter 假说提出严格的环境政策会刺激国内企业技术革新,从而降低生产成本并提高产品质量^[17-18]。Greaker^[19]、Costantini 和 Mazzanti^[20]等学者分别从理论模型与实证检验两个角度验证了 Porter 假说的合理性。因此,涉及生态倾销政策选择的研究仍存在结论上的分歧。由于国际贸易中环境政策诱发的生态倾销具有多样性和复杂性,因此各国环境政策的制定必须考虑多方面的因素,包括政策类型、合作情况、绿色技术外部性等。

对上述研究分支的梳理可得,在各类环境政策中,绿色补贴更具优越性,但其政策效果会受到技术溢出的影响,同时,其对生态倾销行为的作用亦有待验证,因此本文设定一个创新的模型来探讨三者之间的逻辑关系。现有此类模型多以 Brander 和 Spencer 研究补贴效应时构建的两国三地模型为范式^[21-22],并进行了多种维度的拓展。其中,Conrad^[13]研究了非合作及合作情形下对污染性投入品进行多种类型的补贴和征税时的最优政策水平。Barrett^[12]以排污标准作为研究对象,

⑤ 绿色补贴的研究类型可分为成本分摊补贴 (cost-share subsidy) 和一次性补贴 (lump-sum subsidy),成本分摊补贴的例子如 Isik^[23],一次性补贴的例子如 Arguedas 和 Soest^[24]。

对比了 EOS 和 SOS 两种准则下环境政策的强度。Ulph^[14]根据政府和企业是否进行策略反应研究了 4 种均衡状态下的最优排污标准和最优环

境税。前期研究中模型的特点以及主要的结论列入表 1。

表 1 政府环境贸易政策的模型框架研究(基于两国三地模型)
Table 1 Researches on model framework of government environmental trade policy
(Based on models about two firms from two countries compete in a third market)

作者	战略变量及博弈顺序	研究结论
Spencer 和 Brander ^[21]	政府 R&D 补贴政策→企业确定 R&D 投入→企业确定产出	古诺竞争时,为获取更大的市场份额,政府有单方面提供补贴的动机;本国企业属于 Stackelberg 领导者时,政府不存在单方面提供补贴的动机
Brander 和 Spencer ^[22]	进口国确定进口税→出口国政府确定出口补贴比例→企业确定产出	非合作情况下,政府为扩大企业市场份额存在单方面提供出口补贴的动机,但补贴可能导致整个社会福利降低
Carraro 和 Siniscalco ^[6]	政府补贴政策→企业确定 R&D 投入、减排投入→企业确定产出	完全信息市场条件下,政府最优策略是补贴政策,其他政策工具可能导致企业退出市场
Conrad ^[13]	政府设定税收/补贴→企业根据污染成本最小化设定污染治理比例→企业确定产出(跨境污染)	非合作情况下,两国政府都有选择补贴的动机,此时存在生态倾销;合作情况下,两国政府均选择征收产出税
Ulph ^[25]	政府设定污染税/补贴→企业确定 R&D 投入→企业确定产出(跨境污染)	政府政策影响企业 R&D 投入,企业绿色 R&D 投入与绿色技术性质有关,技术具有排他性时(非排他性)企业 R&D 过度投资(投资不足)
Barrett ^[12]	政府设定排污标准→企业确定产出	在数量(价格)竞争条件下,政府环境政策宽松(严格)
Ulph ^[14]	1、政府征收环境税→企业设定排污水平→企业确定产出 2、政府设定排污标准→企业确定产出	政府和企业战略贸易反应时,政府设置排污标准比征收环境税时的社会福利水平更高,即战略贸易条件下政府的最优政策是设置污染排放标准
Simpson 和 Bradford ^[26]	政府税收政策→企业利润最大化确定 R&D 投入→企业利润最大化确定产出	严格的环境政策会使得本国企业利润向外国转移,但在特殊情况下,严格的环境政策会激励本国企业技术创新从而增加本国企业利润
Greaker ^[19]	政府确定税收政策→企业确定产出	当污染被看作正常商品时,政府合作(非合作)条件下选择生态倾销政策(绿色政策);低档商品情况正好相反
Hamilton 和 Requate ^[27]	政府对污染性生产原料征税→上下游企业约定原料价格→下游企业利润最大化确定产出	在价格和数量竞争条件下,政府最优非合作环境政策均为征收庇古税,且无需向企业进行出口补贴
Antoniou 等 ^[28]	政府征税/设置排污标准→企业确定产出	当需求不确定性较低时,政府倾向于设置排污标准;当需求不确定性较高时,政府倾向于征收排污税

注: 1. 表中 R&D 主要减少生产成本而非排污水平,除特殊说明; 2. 两国三地模型特指两个国家分别有一个企业,生产的商品供第三国市场使用。

本文通过借鉴前期的研究方法,在 Brander-Spencer 的模型框架下构建多阶段双寡头竞争模型,并引入绿色补贴因子以及技术溢出因子。相对于前期研究,本文的创新点主要体现在以下 3 个方面: 第一,本文设定的绿色补贴通过技术创新的形式降低企业的治污成本; 第二,考虑了技术溢出和无技术溢出、合作和非合作条件下环境政策的对比; 第三,采用二次型的环境损害成本函数,

使其更符合环境损害的边际特征。此外,参照 Barrett^[12]的做法,先后按照最优环境准则(environmentally optimal standard, EOS 准则) 和战略最优环境准则(strategically optimal standard, SOS 准则) 来确定不同策略反应下的最优绿色补贴^⑥。其中 EOS 准则是指企业产量不是排污标准的函数,且不同国家决策者的策略相互独立; 而 SOS 准则是指除 EOS 准则以外的情形,即企业产量是

⑥ Barrett^[12]在计算最优排污标准时提出了 EOS 和 SOS 准则,本文在此基础上进行延伸,讨论 EOS 和 SOS 准则下的最优绿色补贴。

排污标准的函数,或不同国家决策者的策略相互影响. 研究表明,尽管绿色补贴可以通过增加古诺产出来提高本国福利水平,但是绿色补贴的存在同时会导致本国环境标准的放松即生态倾销现象的出现,反而使得本国环境有可能恶化. 即使在技术溢出的条件下(本文假设绿色补贴带来的技术溢出效应不能超过它自身的效应),这个结论的属性也依然保持. 此外,虽然最优绿色补贴随着溢出效应的提高相应地增加,但各国排污水平却随着溢出效应的增强而降低,因此技术溢出在提高竞争国福利水平和环境质量的同时,亦可改善本国环境质量. 在模型一般推广的条件下,本国政府最优的政策选择是为企业提供最优化非合作绿色补贴或征收最优合作环境税.

1 模型

考虑国际双寡头垄断行业,两个企业分别位于本国和外国,并分别向第三国市场提供同质产品;产品的反需求函数被设置为线性函数

$$p(Q) = A - Q$$

其中 $Q = x + y$, x, y 分别表示本国和外国企业的产量; A 为常量且 $A > 0$. 与 Ulph^[14] 的模型设定类似,本文假定两国企业选择的污染治理程度 (environmental pollution abatement) 分别为 a_h 和 a_f (下标 h, f 分别表示本国和外国),若两国企业在生产过程中的污染排放水平分别为 τ 和 φ ,且每单位产品带来相应单位的污染^⑦,则始终存在 $a_h \equiv x - \tau$ 和 $a_f \equiv y - \varphi$ ^⑧. 由于研究不涉及生产的边际成本,所以总成本简化为仅由环境污染治理成本构成,考虑到治污投资的边际效益递减,分别令其为 $a_h^2/2$ 和 $a_f^2/2$. 假定企业生产中产生的污染仅对本地环境造成损害,即不存在跨边界污染,则两国的环境损害成本分别为 $D_h = d\tau^2/2$ 和 $D_f = d\varphi^2/2$; d 表示污染对环境的损害程度 ($d > 0$), d 越大表示污染对环境损害越严重^⑨. 令 γ

表示政府对绿色技术的单位补贴,且 $\gamma \in [0, 1]$, γ 越大则政府给企业提供的绿色补贴越高. 同时,令 η 表示绿色补贴的技术外溢形式,且 $\eta \in [0, 1]$,即 η 值越大,技术溢出的比重就越高. 考虑到新技术的溢出不能超过绿色补贴本身的效果,故存在 $\gamma \geq \eta$ ^⑩. 在给定上述变量的条件下,两国企业的利润函数分别由下两式给出

$$\begin{aligned} \pi_h &= \pi_h(x, y, \tau, \gamma) \\ &= (A - x - y)x - \frac{(1 - \gamma)(x - \tau)^2}{2} \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pi_f &= \pi_f(x, y, \varphi, \eta) \\ &= (A - x - y)y - \frac{(1 - \eta)(y - \varphi)^2}{2} \quad (2) \end{aligned}$$

本文博弈分为 3 个阶段进行: 第一阶段,本国政府设定向企业提供绿色补贴的额度,以实现改善本国环境及利润转移的策略意图. 第二阶段,本国及外国政府在给定绿色补贴的条件下,根据福利最大化原则确定各自的污染排放标准. 第三阶段,两国企业在政府策略变量给定的情况下在第三国市场上进行古诺竞争,根据利润最大化原则确定各自的产出水平. 基于逆推归纳法,首先求解两国企业的产出水平. 由于企业被假设为古诺双寡头,根据利润函数的一阶条件,即 $\partial\pi_h/\partial x = 0, \partial\pi_f/\partial y = 0$,可知两国企业在第三国市场的古诺纳什均衡为

$$\begin{aligned} x &= x(\tau, \varphi, \gamma, \eta) \\ &= \frac{A(2 - \eta) + (3 - \eta)\tau(1 - \gamma) - (1 - \eta)\varphi}{8 - 3\eta - 3\gamma + \eta\gamma} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= y(\tau, \varphi, \gamma, \eta) \\ &= \frac{A(2 - \gamma) - \tau(1 - \gamma) + (3 - \gamma)(1 - \eta)\varphi}{8 - 3\eta - 3\gamma + \eta\gamma} \quad (4) \end{aligned}$$

两国企业产出水平对各自环境标准的策略反应函数为

$$\begin{aligned} \frac{\partial x}{\partial \tau} &= \frac{(3 - \eta)(1 - \gamma)}{8 - 3\eta - 3\gamma + \eta\gamma} \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi} &= \frac{(3 - \gamma)(1 - \eta)}{8 - 3\eta - 3\gamma + \eta\gamma} \end{aligned}$$

⑦ 杨仕辉等^[29]在研究碳减排政策时假设企业生产单位产品会产生单位碳排放.

⑧ 污染治理程度 (environmental pollution abatement) 在本文中指企业自身治理污染的程度,值越大表明污染排放越少. Ulph^[14] 在研究环境政策和国际贸易的过程中使用了这一定义,并首次将环境污染减轻程度表示为这样的形式.

⑨ Ulph^[14] 在研究国际贸易中的环境政策时使用的参数 d 具有相同含义.

⑩ D'Aspremont 和 Jacquemin^[30] 在研究 R&D 投入时的假设,即溢出效应低于本身效果.

由 $\partial x/\partial \tau > 0$ 且 $\partial y/\partial \varphi > 0$ 可知, 一国较严格的环境标准会削减该国产品的市场份额, 从而导致利润向他国企业转移。

两国企业产出水平对本国绿色补贴的策略反应函数为

$$\frac{\partial x}{\partial \gamma} = \frac{(3-\eta) [A(2-\eta) - (5-2\eta)\tau - (1-\eta)\varphi]}{[8-3\eta-3\gamma+\eta\gamma]^2}$$

$$\frac{\partial y}{\partial \gamma} = \frac{-A(2-\eta) + (5-2\gamma)\tau + (1-\eta)\varphi}{[8-3\eta-3\gamma+\eta\gamma]^2}$$

当 $A \in \left[\frac{(5-2\eta)\tau + (1-\eta)\varphi}{2-\eta}, +\infty \right)$, 即常量

A 足够大的条件下, 存在 $\partial x/\partial \gamma > 0$ 且 $\partial y/\partial \gamma < 0$, 这说明: 不同于环境污染排放标准, 绿色补贴可以使本国企业产量提高, 外国企业产量降低。其原因在于绿色补贴削减了本国企业污染治理成本, 进而提升了本国企业的竞争力, 使得本国市场份额增加, 外国市场份额减少。

两国企业产出水平对本国绿色技术溢出的策略反应函数为

$$\frac{\partial x}{\partial \eta} = \frac{-[(2-\gamma)A - \tau(1-\gamma) - (5-2\gamma)\varphi]}{[8-3\eta-3\gamma+\eta\gamma]^2}$$

$$\frac{\partial y}{\partial \eta} = \frac{(3-\gamma) [(2-\gamma)A - \tau(1-\gamma) - (5-2\gamma)\varphi]}{[8-3\eta-3\gamma+\eta\gamma]^2}$$

当 $A \in \left[\frac{(5-2\gamma)\varphi + \tau(1-\gamma)}{2-\gamma}, +\infty \right)$, 即常量

A 足够大的情况下, 存在 $\partial x/\partial \eta < 0$ 且 $\partial y/\partial \eta > 0$, 这表明绿色环保技术的溢出降低了技术模拟企业的污染治理成本, 从而刺激其产出扩张; 但是, 对于绿色技术创新企业而言, 由于考虑到竞争者产出水平的提升已成事实, 其策略反应的结果必然是削减自身的产量。

在给定企业古诺产出的条件下, 接着考虑两国政府如何设定各自的环境标准。由于产品的消费发生在第三国市场上, 因此两国的社会福利由企业利润、绿色补贴支出和环境损害成本构成, 具体可由下两式表示

$$\begin{aligned} w_h &= w_h(x, y, \tau) \\ &= (A-x-y)x - \frac{(x-\tau)^2}{2} - \frac{d\tau^2}{2} \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_f &= w_f(x, y, \varphi, \eta) \\ &= (A-x-y)y - \frac{(1-\eta)(y-\varphi)^2}{2} - \frac{d\varphi^2}{2} \quad (6) \end{aligned}$$

参照 Barrett^[12] 的模型, 首先假设两国政府按照最

优环境标准 (EOS) 来设定各自的环境排污标准, 则由 $\partial w_h/\partial \tau = 0$ 、 $\partial w_f/\partial \varphi = 0$ 可知, $\varphi = \frac{(1-\eta)y}{1+d-\eta}$ 、 $\tau = \frac{x}{1+d}$ 。为简化计算且不失一般性, 令 $d = 2$, 同时将式 (3) 和式 (4) 代入, 可得两国的污染排放标准分别为

$$\tau = \tau(\gamma, \eta) = \frac{A(5-3\eta)}{55-16\gamma-29\eta+8\eta\gamma} \quad (7)$$

$$\varphi = \varphi(\gamma, \eta) = \frac{A(5-2\gamma)(1-\eta)}{55-16\gamma-29\eta+8\eta\gamma} \quad (8)$$

由式 (7) 和式 (8) 可知 $\partial \tau/\partial \gamma > 0$ 且 $\partial \varphi/\partial \gamma < 0$ 。可见, 本国政府给予的绿色补贴使得本国污染排放标准有所放松, 却刺激外国政府选择更为严格的排污标准。即绿色补贴增加 (降低) 了本国 (外国) 政府进行生态倾销的动机, 具有损害 (改善) 本国 (外国) 生态环境的可能性。

综上, 绿色补贴的政策效果体现为增加本国产量, 降低外国产量, 但技术溢出的存在会削弱其实施效果。依据 Brander 和 Spencer^[21-22] 的前期研究, 出口补贴和 R&D 补贴有利于本国企业产出及利润增加, 同时促使外国市场份额降低; Ulph^[14] 的研究则表明严格的环境标准与税收均导致本国产出水平下降, 而竞争国产出水平上升。可见, 绿色补贴政策效果与出口补贴及 R&D 补贴相似, 与税收政策及严格的环境标准相反。

2 无技术溢出条件下绿色补贴的策略效应

在经济现实中, 如果存在严格的知识产权保护制度和较大的技术实现能力差异, 则需要分析无技术溢出条件下经济均衡的实现路径。在无技术溢出的条件下, 即 $\eta = 0$, 则式 (3)、式 (4)、式 (7) 和式 (8) 可简化为

$$x = \frac{2A + 3\tau(1-\gamma) - \varphi}{8-3\gamma} \quad (9)$$

$$y = \frac{A(2-\gamma) + (3-\gamma)\varphi - \tau(1-\gamma)}{8-3\gamma} \quad (10)$$

$$\tau = \frac{5A}{55-16\gamma} \quad (11)$$

$$\varphi = \frac{(5-2\gamma)A}{55-16\gamma} \quad (12)$$

在博弈的第一阶段, 即本国政府根据社会福

利最大化原则设定最优绿色补贴标准。本节将分别求解在 EOS 准则和 SOS 准则下政府的最优绿色补贴政策,其中 EOS 准则情形下,仅有本国决策者对绿色补贴产生策略反应;而在 SOS 准则下,外国决策者亦对绿色补贴产生策略反应,并进一步分析了当企业产量同时对排污标准产生策略反应时政府的最优绿色补贴水平。

首先,讨论 EOS 准则的情况。社会福利函数主要由企业利润以及环境损害成本两部分构成,此时两国企业的利润函数分别为 $\pi_h(\tau)$ 、 $\pi_f(\varphi)$ 。根据链式法则,本国企业利润函数的一阶条件为

$$\frac{d\pi_h}{d\gamma} = \frac{d\pi_h}{d\tau} \frac{d\tau}{d\gamma} = (1 - \gamma)(x - \tau) \frac{d\tau}{d\gamma} \quad (13)$$

已知 $\frac{d\tau}{d\gamma} = 80 \frac{A}{55 - 16\gamma} > 0$ 恒成立,则当满足 $\gamma \neq 1$ 时, $d\pi_h/d\gamma > 0$ 恒成立,说明随着绿色补贴的上升,环境规制愈加宽松,本国企业产出水平增加且生产利润相应增长。其内含的经济逻辑在于绿色补贴通过降低治污成本提升了本国企业的竞争力,使得本国企业市场份额变大,进而增加了企业利润。此外,本国的环境损害成本为 $D_h = d\tau^2/2 (d > 0)$, $d\tau/d\gamma > 0$ 则 $dD_h/d\gamma > 0$,说明绿色补贴促使本国环境标准放松,从而导致了更高的环境损害成本。

由此可见,最优绿色补贴的设定取决于这两种对立的影响机理谁占据了主导作用。此时,两国福利函数分别为 $w_h = w_h(x, \tau)$ 、 $w_f = w_f(y, \varphi)$,其中本国社会福利函数的一阶条件为

$$\begin{aligned} \frac{dw_h}{d\gamma} &= \frac{\partial w_h}{\partial \tau} \frac{d\tau}{d\gamma} + \frac{\partial w_h}{\partial x} \frac{dx}{d\gamma} \\ &= (x - \tau - d\tau) \frac{d\tau}{d\gamma} + (A - 3x - y + \tau) \frac{dx}{d\gamma} \end{aligned} \quad (14)$$

仍然令 $d = 2$ 将式(9) ~ 式(12)代入式(14)可得 $\frac{\partial w_h}{\partial \tau} = 0$ 、 $\frac{\partial w_h}{\partial x} = -10 \frac{\gamma A}{55 - 16\gamma} < 0$,文中第二部分已证明在 A 足够大的情况下有 $\partial x/\partial \gamma > 0$,因此 $dw_h/d\gamma < 0$,从而容易推断出此时本国政府提供的最优绿色补贴为 $\gamma^{eos} = 0$ 。这意味着在政府不考虑绿色补贴对竞争国产生的各种策略效应的条件下,政府不存在单方面提供绿色补贴的动机,

因为绿色补贴必然会导致政府偏离边际污染治理成本等于边际环境损害成本的最优环境标准,损害在此准则下的福利水平。

由于战略性贸易目的会使政策产生扭曲,通过比较 EOS 和 SOS 准则下策略反应的结果,可以确定政府是否具有生态倾销的动机^①。同时,在经济现实中,绿色补贴不仅会直接导致双边产出水平的改变,而且会通过影响环境排污标准间接作用于企业生产决策。因此,本节接下来探讨 SOS 准则下企业产出水平对绿色补贴的策略反应,并首先求解绿色补贴直接影响双边产出时的最优补贴量。在这种情况下,两国福利函数分别为 $w_h = w_h(x, y, \tau)$ 和 $w_f = w_f(x, y, \varphi)$;两国企业的产出函数分别为 $x = x(\gamma)$ 和 $y = y(\gamma)$ 。此时,本国企业利润函数和环境损害成本的一阶条件仍然同前,而本国福利函数的一阶条件则为

$$\begin{aligned} \frac{dw_h}{d\gamma} &= \frac{\partial w_h}{\partial x} \frac{dx}{d\gamma} + \frac{\partial w_h}{\partial y} \frac{dy}{d\gamma} + \frac{\partial w_h}{\partial \tau} \frac{d\tau}{d\gamma} \\ &= (A - 3x - y + \tau) \frac{dx}{d\gamma} - x \frac{dy}{d\gamma} + \\ &\quad (x - \tau - d\tau) \frac{d\tau}{d\gamma} \end{aligned} \quad (15)$$

同样令 $d = 2$ 将式(9) ~ 式(12)代入式(15),可以解出此条件下政府愿意提供的最优绿色补贴为 $\gamma^{sos} = 0.5$ 。将 $\gamma^{eos} = 0$ 和 $\gamma^{sos} = 0.5$ 分别代入式(9) ~ 式(12)及本国(外国)企业利润、环境损害成本和社会福利函数后得

$$\begin{aligned} &\text{当 } \gamma^{eos} = 0 \text{ 时} \\ &\begin{cases} y = x = 3A/11 \\ \tau = \varphi = A/11 \\ w_h = w_f = 12A^2/121 \\ D_h = D_f = A^2/121 \\ \pi_h = \pi_f = 13A^2/121 \end{cases} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} &\text{当 } \gamma^{sos} = 0.5 \text{ 时} \\ &\begin{cases} x = 15A/47, y = 12A/47 \\ \tau = 5A/47, \varphi = 4A/47 \\ w_h = 225A^2/47^2, w_f = 192A^2/47^2 \\ D_h = 25A^2/47^2, D_f = 16A^2/47^2 \\ \pi_h = 275A^2/47^2, \pi_f = 208A^2/47^2 \end{cases} \end{aligned} \quad (17)$$

① Ulph^[14] 在研究环境标准和环境税的过程中,使用了 EOS 和 SOS 两种准则。在使用 EOS 准则的时候,结论与本文类似。

由式(16)和式(17)可知,在本国存在

$$w_h^{sos} > w_h^{eos}, D_h^{sos} > D_h^{eos}, \pi_h^{sos} > \pi_h^{eos}, \tau^{sos} > \tau^{eos}$$

同理,在外国存在

$$w_f^{sos} < w_f^{eos}, D_f^{sos} < D_f^{eos}, \pi_f^{sos} < \pi_f^{eos}, \varphi^{sos} < \varphi^{eos}$$

可见,如果政府向企业提供适量的绿色补贴,则会降低本国企业的减污成本,促使企业拓展市场份额和提高生产利润。但是,过高的绿色补贴也会导致产出的过度膨胀,伴随着环境标准的相应放松,存在生态倾销的可能性,可能导致环境损害成本的大幅上扬,从而使得本国社会总福利水平下降。另一方面,绿色补贴对外国企业形成了策略上的压力,它需要在给定本国企业产出扩张的条件下进行策略反应,导致其部分利润转移到了本国企业。而对整个外国的福利水平而言,绿色补贴在产出策略反应方面形成的负面效应超过了其在环境改善方面产生的积极作用,最终造成外国福利水平的下降。

从经济现实的角度出发,绿色补贴事实上会影响贸易双方的污染排放标准,而两国企业会因为污染排放标准的改变而相应地调整自身的古诺产出,形成绿色补贴对两国福利水平的间接作用。此时,两国的社会福利函数保持不变,分别为 $w_h = w_h(x, y, \tau)$, $w_f = w_f(x, y, \varphi)$; 但由于考虑了产出水平对环境标准的策略反应,两国企业的产出函数分别为 $x = x(\tau, \varphi, \gamma)$, $y = y(\tau, \varphi, \gamma)$ 。因此,在同时考虑绿色补贴直接和间接效应的条件下,由链式法则可知本国福利函数的一阶条件如下式

$$\begin{aligned} \frac{dw_h}{d\gamma} &= \frac{\partial w_h}{\partial x} \frac{dx}{d\gamma} + \frac{\partial w_h}{\partial y} \frac{dy}{d\gamma} + \frac{\partial w_h}{\partial \tau} \frac{d\tau}{d\gamma} \\ &= \left(\frac{\partial w_h}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \tau} + \frac{\partial w_h}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \tau} \right) \frac{d\tau}{d\gamma} + \\ &\quad \left(\frac{\partial w_h}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \varphi} + \frac{\partial w_h}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \varphi} \right) \frac{d\varphi}{d\gamma} + \\ &\quad \frac{\partial w_h}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \gamma} + \frac{\partial w_h}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \gamma} + \frac{\partial w_h}{\partial \tau} \frac{d\tau}{d\gamma} \end{aligned} \quad (18)$$

将式(9)~式(12)的结果代入式(18),可以解出此条件下政府愿意提供的最优绿色补贴为 $\hat{\gamma}^{sos} = 9/16$ 。将这个涉及间接影响的最优补贴 $\hat{\gamma}^{sos} = 9/16$ 代入式(9)~式(12)及本国(外国)企业利润、环境损害成本和社会福利函数后得

$$\begin{cases} x = 15A/46, y = 93A/368 \\ \tau = 5A/46, \varphi = 31A/368 \\ D_h = 25A^2/46^2, D_f = 961A^2/368^2 \\ \pi_h = 1075A^2/92^2, \pi_f = 12493A^2/368^2 \\ w_h = 75A^2/736, w_f = 2883A^2/184^2 \end{cases} \quad (19)$$

由式(17)和式(19)可知,在本国存在

$$\hat{w}_h^{sos} > w_h^{sos}, \hat{D}_h^{sos} > D_h^{sos}, \hat{\pi}_h^{sos} > \pi_h^{sos}, \hat{\tau}^{sos} > \tau^{sos}$$

同理,在外国存在

$$\hat{w}_f^{sos} < w_f^{sos}, \hat{D}_f^{sos} < D_f^{sos}, \hat{\pi}_f^{sos} < \pi_f^{sos}, \hat{\varphi}^{sos} < \varphi^{sos}$$

可见,增加绿色补贴使得本国环境标准放松而外国环境标准趋严,本国政府存在生态倾销的可能性变大;在这种给定的政策设置下,本国企业会进一步拓展产出水平(绿色补贴的直接效用是通过改善企业的成本结构而影响到产出变化),而外国企业只能继续削减其出口量,因而导致利润和福利水平同时下降。这说明 SOS 准则下绿色补贴通过影响两国环境污染排放标准来间接作用于两国企业的古诺产出,能够进一步强化其作为策略反应手段的效果,使得本国企业在市场中获得更强的利润转移能力。但是,绿色补贴改善本国环境的战略初衷却没能有效地实现。

推论 1 在考虑策略反应的前提下,本国政府单方面提供绿色补贴可以使外国企业利润向本国企业转移,进而使得本国福利水平上升而外国福利水平下降。但是,实施绿色补贴使得本国的最优环境标准放松,即政府存在生态倾销的动机,将导致本国环境在一定程度上的恶化。

将本文的研究结论与 Barrett^[12]研究成果进行比较,虽然两者研究的政策工具不同,即本文同时使用了绿色补贴和排污标准,而 Barrett 仅使用了排污标准,但均得到了外国决策者的策略反应导致本国产出水平上升且环境政策放松的结论,即策略反应加大了生态倾销的可能性。

推论 1 由下面的数据仿真来进行例解。令 $A = 2$ (A 和 γ 相互独立),绿色补贴 γ 对两国的总福利水平、企业利润和环境损害成本的影响可由图 1、图 2 和图 3 来反映。仿真结果显示,随着本国绿色补贴的上升,本国福利水平先升后降,并在 $\hat{\gamma}^{sos} = 9/16$ 达到最高点,而外国福利水平则单调下降;两国企业利润在 $\gamma^{eos} = 0$ 时相等,但随着

绿色补贴的增加,本国企业利润单调增加而外国企业利润单调下降;两国环境损害成本与企业利润表现一致,即本国绿色补贴造成本国环境标准降低,客观上形成生态倾销行为.

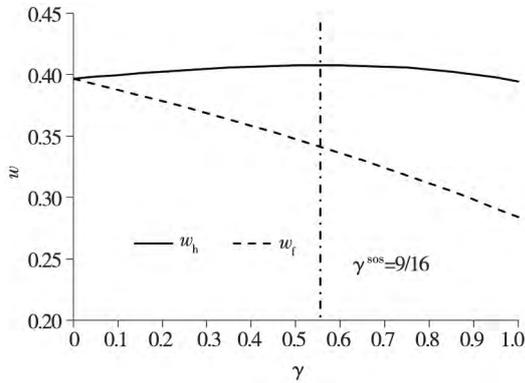


图 1 绿色补贴对两国福利水平的影响

Fig. 1 Influence of green subsidies on the welfare of domestic and foreign countries

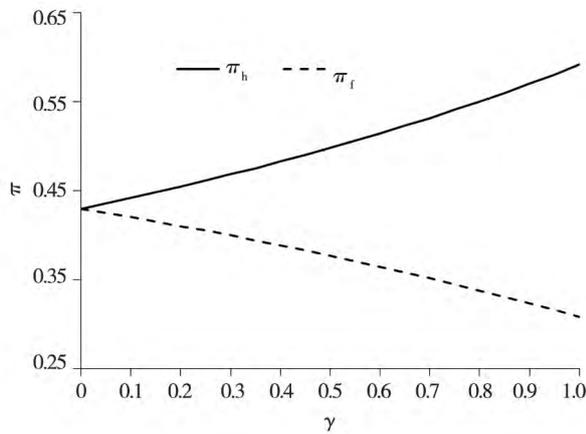


图 2 绿色补贴对两国企业利润的影响

Fig. 2 Influence of green subsidies on the profits of domestic and foreign firms

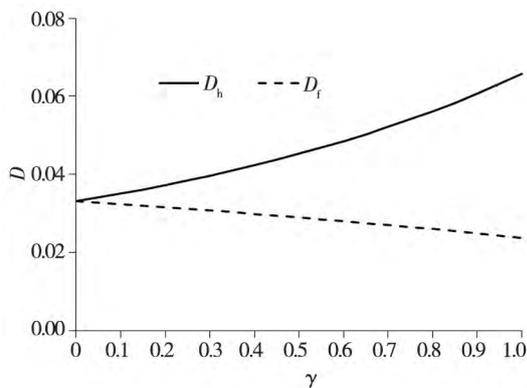


图 3 绿色补贴对两国环境损害成本的影响

Fig. 3 Influence of green subsidies on domestic and foreign environmental damage costs

3 技术溢出条件下绿色补贴的策略效应

根据本文的假设,在考虑技术溢出的条件下,技术模拟者可以部分或者全部从市场中无成本地获取绿色技术.客观上,当一国政府通过绿色补贴促进本国企业进行环保技术革新时,也会提高产品进出口的检测标准;如果政府不进行绿色补贴,则企业没有进行绿色技术研发的动机,但由于受国际市场的影响,其竞争力会降低.所以,为了达到相应的进出口检测标准,未进行技术革新的企业有动机模拟已进行技术革新的企业,以提升产品的国际市场份额.考虑到企业进行技术模拟之后,由模拟获得的技术水平应低于技术创新企业的技术水平,所以技术溢出效应会小于最初的绿色补贴效应,即 $\eta \leq \gamma$.

下面分析市场存在技术溢出的情况,同时假设政府设定绿色补贴时将溢出因素作为给定条件考虑在内,故保持式(3)、式(4)、式(7)和式(8)中的系数 η ,并代入式(18),且令 $dw_h/d\gamma = 0$,可得存在技术溢出条件下的最优绿色补贴 γ^{sp} 为

$$\gamma^{sp} = \frac{9 - 3\eta}{16 - 8\eta} \tag{20}$$

由 $\eta \leq \gamma$ 且 $\eta \in [0, 1]$ 可得 $\eta \in [0, 0.6535]$.由式(20)可知,随着溢出因子 η 的增加,本国政府最优绿色补贴也随之增加(与 Gil-Moltó 等^[10]关于 R&D 补贴与技术溢出的结论一致).这主要是因为外国企业通过绿色技术的溢出降低了其治污成本,扩大了外国企业的古诺产出,这在市场上导致了类似双边补贴的情形;为了保护本国企业的市场份额不被竞争者摄取,本国政府从策略意义上会为本国企业提供更多的绿色补贴.考虑到技术溢出可以通过影响绿色补贴而改变环境标准,则其对两国环境标准的作用机制可由下两式给定

$$\frac{d\tau}{d\eta} = \frac{\partial \tau}{\partial \gamma} \frac{d\gamma}{d\eta} + \frac{\partial \tau}{\partial \eta} \tag{21}$$

$$\frac{d\varphi}{d\eta} = \frac{\partial \varphi}{\partial \gamma} \frac{d\gamma}{d\eta} + \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} \tag{22}$$

将式(7)、式(8)和式(20)代入式(21)和式(22)后可得

$$\frac{d\tau}{d\eta} = \frac{-8A}{(55 - 16\gamma - 29\eta + 8\eta\gamma)^2} < 0$$

$$\frac{d\varphi}{d\eta} = \frac{-3(1 - \eta)(5 - 3\eta)A}{(4 - 2\eta)^2(55 - 16\gamma - 29\eta + 8\eta\gamma)^2} < 0$$

其中 $\partial\tau/\partial\gamma > 0$ $\partial\tau/\partial\eta < 0$ $\partial\varphi/\partial\gamma < 0$ $\partial\varphi/\partial\eta < 0$. 可见, 虽然绿色补贴促使本国环境污染排放标准放松, 但技术溢出的直接效应与绿色补贴对于本国环境标准的影响恰好相反, 即溢出因子可以部分抵消由绿色补贴给本国环境带来的损害; 而在考虑策略反应的条件下, 技术溢出的直接效应与绿色补贴对于外国环境标准的影响相同, 即均有利于外国环境的改善. 因此, 随着技术溢出的增加, 本国和外国环境污染排放标准均趋于严格, 两国生态倾销的动机均被削弱. 这是因为技术溢出导致本国企业竞争优势减弱, 使本国企业市场份额降低, 所以政府提高环境标准以改善社会福利水平. 相反, 技术溢出降低了外国企业的污染治理成本, 提高了外国企业的竞争力而使其市场份额增加, 同时技术水平进步导致污染处理能力的提高, 且技术提高效应大于产量增加效应, 最终使得外国的环境标准亦趋于严格. 由于 $D_h = d\tau^2/2$ 且 $D_f = d\varphi^2/2$, 则本国和外国的环境损害成本均会随着技术溢出效应的增长而下降.

当最优绿色补贴 $r^{sp} = \frac{9 - 3\eta}{16 - 8\eta}$ 时, 可得

$$\begin{cases} \tau = \frac{5 - 3\eta}{46 - 26\eta}A \\ \varphi = \frac{(31 - 17\eta)(1 - \eta)}{(46 - 26\eta)(8 - 4\eta)}A \\ x = \frac{15 - 9\eta}{46 - 26\eta}A \\ y = \frac{(31 - 17\eta)(3 - \eta)}{(46 - 26\eta)(8 - 4\eta)}A \end{cases} \quad (23)$$

此时满足最优绿色补贴情况下的两国福利函数和企业利润函数为

$$\pi_h^{sp} = \pi_h(x, y, \tau, \gamma) = \pi_h(\eta) \quad (24)$$

$$\pi_f^{sp} = \pi_f(x, y, \varphi, \eta) = \pi_f(\eta) \quad (25)$$

$$w_h^{sp} = w_h(x, y, \tau) = w_h(\eta) \quad (26)$$

$$w_f^{sp} = w_f(x, y, \varphi) = w_f(\eta) \quad (27)$$

将式(23)代入式(24)和式(25)后可得

$$\pi_h^{sp} = \frac{(43 - 23\eta)(5 - 3\eta)^2 A^2}{(46 - 26\eta)^2(4 - 2\eta)}$$

$$\pi_f^{sp} = \frac{(31 - 17\eta)^2(3\eta^2 - 12\eta + 13)A^2}{(46 - 26\eta)^2(8 - 4\eta)^2}$$

由上式发现 $d\pi_h^{sp}/d\eta < 0$, $d\pi_f^{sp}/d\eta > 0$, 即随着技术溢出的增加, 本国企业利润降低, 外国企业利润提高. 其内含的经济逻辑在于技术溢出不仅导致本国企业市场份额减少, 同时又刺激政府提高环境标准, 故本国生产者的利益受到了双重负面影响. 相反, 技术溢出促使外国企业产量上升, 虽然外国环境标准也提高了, 但前者对于企业利润的积极作用大于后者的消极影响, 故最终外国企业利润随着技术溢出的增加而增加.

将式(23)代入式(26)和式(27)后可得

$$w_h^{sp} = \frac{3(5 - 3\eta)^2 A^2}{(46 - 26\eta)(16 - 8\eta)}$$

$$w_f^{sp} = \frac{(31 - 17\eta)^2(3 - \eta)A^2}{(46 - 26\eta)^2(16 - 8\eta)}$$

由上式发现 $dw_h^{sp}/d\eta < 0$, $dw_f^{sp}/d\eta > 0$, 即随着技术溢出的增加, 本国福利水平下降, 而外国福利水平上升. 其背后的经济学直觉是: 社会福利主要由企业利润和环境损害成本两部分构成, 本国绿色补贴形成的技术溢出使本国企业利润下降的同时本国环境标准提高, 且前者效应更大, 故其产生的策略反应导致本国总体福利水平降低. 然而, 本国绿色补贴形成的技术溢出不仅使得外国环境标准提高且使其企业利润增加, 故其产生的策略反应促使外国总体福利水平得到改善.

推论 2 在绿色技术溢出条件下, 本国环境标准提高使得环境损害成本降低, 但产出水平下降使得企业利润减少, 最终导致本国福利水平下降; 外国环境标准亦随技术溢出增加而提高, 同时企业产出水平也随之增加, 最终导致外国福利水平得到改善.

D'Aspremont 和 Jacquemin^[30] 研究企业间不同合作程度的 R&D 投入时发现, 在技术溢出足够大的情况下, 会导致合作 R&D 投入的增加并实现环境改善的预期. 本文关于技术溢出对两国环境质量的影响有异曲同工之处, 即技术溢出能促进两国政府贯彻改善环境质量的政策意图.

推论 2 也可由数据仿真来进行例解. 同样令 $A = 2$ (A 和 η 相互独立), 技术溢出 η 对两国的社会福利水平、企业利润和环境损害成本的影响可由图 4、图 5 和图 6 来阐释. 仿真结果显示, 随着本国绿色技术溢出水平的增加, 本国福利水平

单调递减,外国福利水平则单调递增,并在 $\eta = 0.425$ 后超越本国水平;两国企业利润的变化走势与福利水平一致,但本国企业利润始终高于外国企业利润;两国环境损害成本均单调下降,但外国环境损害下降更快. 从相互策略反应的视角考虑,技术溢出同时改善了竞争国的贸易和环境条件,但仅对本国的环境质量产生有益影响.

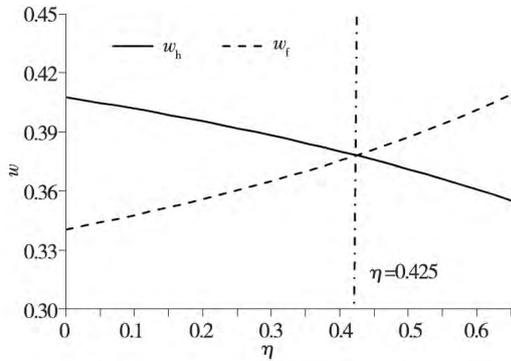


图4 技术溢出对两国福利水平的影响

Fig.4 Influence of technology spillover on the welfare of domestic and foreign countries

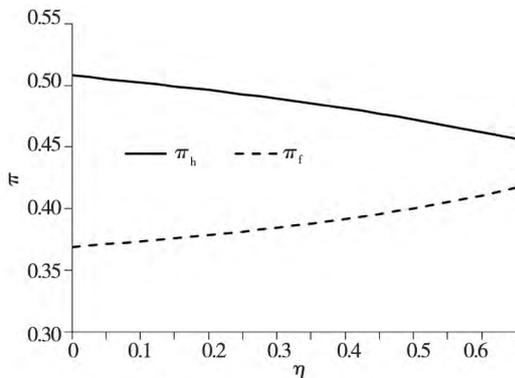


图5 技术溢出对两国企业利润的影响

Fig.5 Influence of technology spillover on the profits of domestic and foreign firms

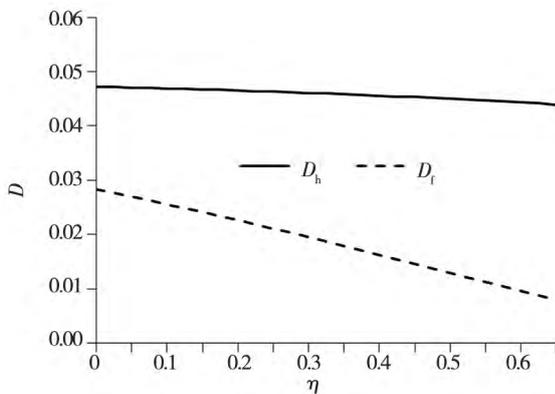


图6 技术溢出对两国环境损害成本的影响

Fig.6 Influence of technology spillover on domestic and foreign environmental damage costs

4 技术溢出条件下模型一般性推广

本文前三部分的模型推导是建立在部分参数简化的基础上,本节把模型推广至一般情况,模型设定如下

基本假设和第二节相同,主要不同点为:环境污染治理成本一般化为 $d_1 a_h^2/2$ 和 $d_1 a_f^2/2$;环境损害成本一般化为 $D_h = d_2 \tau^2/2$ 和 $D_f = d_2 \varphi^2/2$. 考虑到企业治理污染给企业带来的利润损失与污染造成的环境损害对社会福利的影响存在差异,故将其系数分别设置为 $d_1, d_2 (d_1, d_2 > 0)$ 两个参数,即 d_1, d_2 分别表示企业污染治理成本和环境损害成本对于国家社会福利的影响因子. 在给定上述模型设定条件下,两国企业污染治理成本分别表示为

$$d_1(1-\gamma)(x-\tau)^2/2, d_1(1-\eta)(y-\varphi)^2/2$$

保持博弈时序不变,则根据利润函数的一阶条件可知两国企业在第三国市场的古诺纳什均衡为

$$x = \frac{A(1+d_1-d_1\eta)}{(2+d_1-d_1\gamma)(2+d_1-d_1\eta)-1} + \frac{d_1(2+d_1-d_1\eta)(1-\gamma)\tau - d_1(1-\eta)\varphi}{(2+d_1-d_1\gamma)(2+d_1-d_1\eta)-1} \quad (28)$$

$$y = \frac{A(1+d_1-d_1\gamma)}{(2+d_1-d_1\gamma)(2+d_1-d_1\eta)-1} + \frac{-d_1(1-\gamma)\tau + d_1(2+d_1-d_1\gamma)(1-\eta)\varphi}{(2+d_1-d_1\gamma)(2+d_1-d_1\eta)-1} \quad (29)$$

此时仍然满足 $\partial x/\partial \tau > 0, \partial y/\partial \tau < 0, \partial x/\partial \varphi < 0, \partial y/\partial \varphi > 0$, 即一国严格的环境标准对本国产出水平不利而对外国产出水平有利.

基于逆推归纳法,在给定企业古诺产出后,求解政府如何设定环境污染排放标准. 此时两国的社会福利函数分别为 $w_h = w_h(x, y, \tau)$, $w_f = w_f(x, y, \varphi, \eta)$, 具体可由下式表示

$$\begin{cases} w_h = (A-x-y)x - \frac{d_1(x-\tau)^2}{2} - \frac{d_2\tau^2}{2} \\ w_f = (A-x-y)y - \frac{d_1(1-\eta)(y-\varphi)^2}{2} - \frac{d_2\varphi^2}{2} \end{cases}$$

假设两国政府在设定各自的污染排放标准时不考虑产出的策略反应,则由 $\partial w_h/\partial \tau = 0$ 和

$\partial w_f / \partial \varphi = 0$ 可知

$$\tau = \frac{d_1}{d_1 + d_2} x \varphi = \frac{d_1(1-\eta)}{d_1(1-\eta) + d_2} y$$

将式(28)和式(29)代入可得两国的污染排放水平分别为

$$\tau = \frac{d_1 [d_1(1-\eta) + d_2 + d_1 d_2(1-\eta)] A}{\Omega [d_1(1-\eta) + d_2]} \quad (30)$$

$$\varphi = \frac{d_1 [d_1 + d_2 + d_1 d_2(1-\gamma)] [1-\eta] A}{\Omega [d_1(1-\eta) + d_2]} \quad (31)$$

其中

$$\Omega = d_1 d_2 (1-\eta) [2(d_1 + d_2) + d_1 d_2 (1-\gamma)] + [3(d_1 + d_2) + 2d_1 d_2 (1-\gamma)]$$

此时仍满足 $\partial \tau / \partial \gamma > 0$, $\partial \varphi / \partial \gamma < 0$, 即本国绿色补贴政策使本国环境标准放松, 外国环境标准趋严。

本节讨论市场存在绿色技术溢出的情况, 同时假设政府选择绿色补贴时将技术溢出因素作为给定条件考虑在内, 将式(28)~式(31)代入式(18)后求解本国福利函数的一阶条件 $dw_h / dy = 0$, 可得非合作博弈情况下的最优绿色补贴 γ^*

$$\gamma^* = \frac{(d_1 + d_2)(d_1 + d_2 - d_1 \eta)}{d_1 d_2 [d_1(1-\eta)(2+d_2) + 2d_2]} > 0 \quad (32)$$

将式(32)代入式(21)和式(22)后可得

$$\frac{d\varphi}{d\eta} = -\frac{(1-\eta)^2 \Lambda_1 + (1-\eta) \Lambda_2 + \Lambda_3 + \Lambda_4}{\Lambda^2} < 0,$$

$$\frac{d\tau}{d\eta} = -\frac{d_1^3 d_2^3 A}{\Lambda_5} < 0$$

其中

$$\Lambda = [d_1(1-\eta)(d_1 d_2^2 + 4d_1 d_2 + 2d_2^2 + 2d_1 + 2d_2) + 2(d_1 d_2^2 + d_1 d_2 + d_2^2)] [(1-\eta)(2d_1 + d_1 d_2) + 2d_2] > 0$$

$$\Lambda_1 = d_1^5 (2d_2^5 + 13d_2^4 + 28d_2^3 + 20d_2^2 + 4d_2) > 0$$

$$\Lambda_2 = d_1^4 [d_2^5 (13 - 5\eta) + 8d_2^4 (7 - 3\eta) + 4d_2^3 (15 - 7\eta) + 8d_2^2 (2 - \eta)] > 0$$

$$\Lambda_3 = 4d_1^3 d_2^3 [d_2^2 (\eta^2 - 6\eta + 7) + d_2 (2\eta^2 - 14\eta + 15) + (\eta^2 - 6\eta + 6)] > 0$$

$$\Lambda_4 = 4d_1^2 d_2^4 [d_2 (5 - 2\eta) + (4 - 2\eta)] + 4d_1 d_2^5 > 0$$

$$\Lambda_5 = [d_1(1-\eta)(d_1 d_2^2 + 4d_1 d_2 + 2d_2^2 + 2d_1 + 2d_2) + 2(d_1 d_2^2 + d_1 d_2 + d_2^2)]^2 > 0$$

可见, 在模型一般性推广后, 技术溢出仍将导致本国及外国环境排污标准趋于严格, 有利于两国环

境质量的改善。此外, 由式(32)可知在非合作博弈情况下, 对于任意的技术溢出水平 η , 一定存在最优绿色补贴 $\gamma^* = \gamma(\eta) > 0$, 即非合作博弈情况下, 本国政府为使得社会福利最大化存在绿色补贴的动机。

在合作博弈情况下, 本国政府通过设置最优绿色补贴来优化联合福利水平。两国的联合福利函数为 $w = w_h + w_f$, 一阶条件可表示为

$$\frac{dw}{d\gamma} = \frac{dw_h}{d\gamma} + \frac{dw_f}{d\gamma} \quad (33)$$

其中 dw_h / dy 同式(18), $w_f = w_f(x, y, \varphi)$, 故

$$\begin{aligned} \frac{dw_f}{d\gamma} &= \frac{\partial w_f}{\partial x} \frac{dx}{d\gamma} + \frac{\partial w_f}{\partial y} \frac{dy}{d\gamma} + \frac{\partial w_f}{\partial \varphi} \frac{d\varphi}{d\gamma} \\ &= \left(\frac{\partial w_f}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \tau} + \frac{\partial w_f}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \tau} \right) \frac{d\tau}{d\gamma} + \\ &\quad \left(\frac{\partial w_f}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \varphi} + \frac{\partial w_f}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \varphi} \right) \frac{d\varphi}{d\gamma} + \\ &\quad \frac{\partial w_f}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \gamma} + \frac{\partial w_f}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial \gamma} + \frac{\partial w_f}{\partial \varphi} \frac{d\varphi}{d\gamma} \end{aligned}$$

将式(28)~式(31)代入式(33), 且令 $dw/d\gamma = 0$, 可得合作博弈情况下的最优绿色补贴 γ^{**}

$$\gamma^{**} = -\frac{(d_1 + d_2 - d_1 \eta) [\Delta_1(1-\eta) + \Delta_2]}{\Delta_3(1-\eta)^2 + \Delta_4(1-\eta)} < 0$$

其中

$$\Delta_1 = d_1^2 + d_1^2 d_2^2 + 2d_1^2 d_2 + d_1 d_2 > 0$$

$$\Delta_2 = 2d_1 d_2^2 + 2d_1 d_2 + d_2^2 > 0$$

$$\Delta_3 = d_1^2 d_2^2 (d_1 d_2 + 2d_2) > 0$$

$$\Delta_4 = 2d_2 (d_1 d_2 + 2d_2) > 0$$

将 γ^{**} 代入式(21)和式(22)后可得 $d\tau / d\eta < 0$, $d\varphi / d\eta < 0$ 。可见, 在合作博弈情况下, 对于任意的技术溢出水平 η , 政府不存在绿色补贴的动机, 却存在征税的动机。同时, 技术溢出效应仍将有损于本国和外国环境质量的改善。

推论 3 在污染治理因子和污染损害因子一般推广的条件下, 本国政府最优的环境政策是为企业提供最优非合作绿色补贴或征收最优合作环境税。

本文关于两国非合作和合作情况下最优环境政策的结论与 Spencer 和 Brander^[21]、Carraro 和 Siniscalco^[6]、Conrad^[13] 等学者类似, 即合作条件

下的环境政策更为严格。

5 结束语

在当前国际贸易领域中,绿色补贴作为新兴的补贴方式正受到越来越多的关注。本文在两国三地的模型范式下创新性地引入绿色补贴因子以及技术溢出因子,构建了非对称政策框架下的多阶段双寡头竞争模型,并从 EOS 准则和 SOS 准则两个角度探讨了政府的政策选择。由于模型设定的改进,本文得到了一些新的结论:如果本国政府提供绿色补贴的目的是改善本国环境,则绿色补贴引起的单方生态倾销的结果可能无法实现其改善环境的初衷。但是,绿色补贴的产出策略效应可以补偿其在环境方面给社会福利水平造成的损失,故政府又始终存在提供绿色补贴的动机。如果不考虑技术溢出效应,绿色补贴会导致贸易竞

争国产出水平下降且提高环境排污标准,即可能事实上对贸易竞争国形成了新的贸易壁垒,为了避免贸易竞争国采取其他报复措施,本国绿色技术的适度外溢可能是解决问题的最佳途径;因为技术溢出不但可以提高贸易竞争国的环境标准,还能提高其产出水平,改善其总体的社会福利水平。此外,在本国政府充分重视环境因素的条件下,绿色技术外溢也可实现本国环境质量的改善,而这个结论证明了发达国家绿色技术输出的合理性。本文在讨论非合作和合作情况下的最优政策时则得到了为企业提供最优非合作绿色补贴或征收最优合作环境税的结论。当然,本文的研究建立在国际双寡头竞争市场格局、古诺竞争等严格假设下,如果市场结构类型或竞争模式发生改变,可能会产生与本文不同的结论,同时本文推论的有效性还有待实证数据的验证,这些都可以作为本文未来的研究方向。

参 考 文 献:

- [1]Choi J K ,Bakshi B R ,Hubacek K ,et al. A sequential input-output framework to analyze the economic and environmental implications of energy policies: Gas taxes and fuel subsidies[J]. *Applied Energy* ,2016 ,184(12) : 830 - 839.
- [2]Liu Y , Lu Y. The economic impact of different carbon tax revenue recycling schemes in China: A model-based scenario analysis[J]. *Applied Energy* ,2015 ,141(3) : 96 - 105.
- [3]姚洪心,海 闻. 相关市场、生态倾销与最优战略环境政策[J]. *经济学季刊* ,2012 ,11(4) : 1389 - 1402.
Yao Hongxin , Hai Wen. Correlated demand ,eco-dumping and optimal environmental policy[J]. *China Economic Quarterly* ,2012 ,11(4) : 1389 - 1402. (in Chinese)
- [4]Carraro C ,Soubeyran A. Environmental Policy and The Choice of Production Technology[M]// Carraro C , et al (Eds) . *Environmental Policy and Market Structure* ,Dordrecht: Kluwer Academic Publisher ,1996: 151 - 180.
- [5]Stranlund J K. Public technological aid to support compliance to environmental standards[J]. *Journal of Environmental Economics & Management* ,1997 ,34(3) : 228 - 239.
- [6]Carraro C , Siniscalco D. Environmental innovation policy and international competition[J]. *Environmental and Resource Economics* ,1992 ,2(2) : 183 - 200.
- [7]Krass D ,Nedorezov T ,Ovchinnikov A. Environmental taxes and the choice of green technology[J]. *Production & Operations Management* ,2013 ,22(5) : 1035 - 1055.
- [8]徐晓亮,程 倩,车 莹,等. 资源政策调整对减排和环境福利影响——以煤炭资源税改革为例[J]. *管理科学学报* ,2017 ,20(2) : 18 - 31.
Xu Xiaoliang , Cheng Qian , Che Ying , et al. The impacts of resource policy adjustment on CO₂ emission reduction and environment welfare: Based on coal resource tax reform[J]. *Journal of Management Sciences in China* ,2017 ,20(2) : 18 - 31. (in Chinese)
- [9]Schneider S H ,Goulder L H. Achieving low-cost emissions targets[J]. *Nature* ,1997 ,(389) : 13 - 14.

- [10] Gil-Moltó M J, Poyago-Theotoky J, Zikos V. R&D subsidies, spillovers, and privatization in mixed markets [J]. *Southern Economic Journal*, 2011, 78(1): 233–255.
- [11] Hattori K. Optimal combination of innovation and environmental policies under technology licensing [J]. *Economic Modelling*, 2017, 64(8): 601–609.
- [12] Barrett S. Strategic environmental policy and international trade [J]. *Journal of Public Economics*, 1994, 54(3): 325–338.
- [13] Conrad K. Taxes and subsidies for pollution-intensive industries as trade policy [J]. *Journal of Environmental Economics & Management*, 1993, 25(2): 121–135.
- [14] Ulph A. Environmental policy and international trade when governments and producers act strategically [J]. *Journal of Environmental Economics & Management*, 1996, 30(3): 265–281.
- [15] Althammer W, Buchholz W. Strategic trade incentives in environmental policy [J]. *Finanzarchiv*, 1995, 52(3): 293–305.
- [16] Rauscher M. On ecological dumping [J]. *Oxford Economic Papers*, 1994, 46(0): 822–840.
- [17] Porter M E. America's green strategy [J]. *Scientific American*, 1991, 264(4): 168.
- [18] Porter M E, van der Linde C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 1995, 9(4): 97–118.
- [19] Greaker M. Strategic environmental policy: Eco-dumping or a green strategy? [J]. *Journal of Environmental Economics & Management*, 2003, 45(3): 692–707.
- [20] Costantini V, Mazzanti M. On the green and innovative side of trade competitiveness? The impact of environmental policies and innovation on EU exports [J]. *Research Policy*, 2012, 41(1): 132–153.
- [21] Spencer B J, Brander J A. International R&D rivalry and industrial strategy [J]. *Review of Economic Studies*, 1983, 50(4): 707–722.
- [22] Brander J A, Spencer B J. Export subsidies and international market share rivalry [J]. *Journal of International Economics*, 1985, 18(1/2): 83–100.
- [23] Isik M. Incentives for technology adoption under environmental policy uncertainty: Implications for green payment programs [J]. *Environmental and Resource Economics*, 2004, 27(3): 247–263.
- [24] Arguedas C, van Soest D P. On reducing the windfall profits in environmental subsidy programs [J]. *Journal of Environmental Economics & Management*, 2009, 58(2): 192–205.
- [25] Ulph D. Strategic Innovation and Strategic Environmental Policy [M] // Carraro C. (Eds). *Trade, Innovation, Environment*, Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1994: 205–228.
- [26] Simpson R D, Bradford R L. Taxing variable cost: Environmental regulation as industrial policy [J]. *Journal of Environmental Economics & Management*, 1996, 30(3): 282–300.
- [27] Hamilton S F, Requate T. Vertical structure and strategic environmental trade policy [J]. *Journal of Environmental Economics & Management*, 2004, 47(2): 260–269.
- [28] Antoniou F, Hatzipanayotou P, Koundouri P. Second best environmental policies under uncertainty [J]. *Southern Economic Journal*, 2012, 78(3): 1019–1040.
- [29] 杨仕辉, 魏守道, 翁蔚哲. 南北碳排放配额政策博弈分析与策略选择 [J]. *管理科学学报*, 2016, 19(1): 12–23. Yang Shihui, Wei Shoudao, Weng Weizhe. Game analysis and strategy choices of north-south carbon emission quota policies [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2016, 19(1): 12–23. (in Chinese)
- [30] d'Aspremont C, Jacquemin A. Cooperative and noncooperative R&D in duopoly with spillovers [J]. *American Economic Review*, 1988, 78(5): 1133–1137.

Green subsidy , technology spillover and eco-dumping

YAO Hong-xin , WU Yi-ting

Glorious Sun School of Business and Management , Donghua University , Shanghai 200051 , China

Abstract: As the traditional strategic trade policies are restricted by WTO , green subsidy , as a strategy with environmental policy effect , is adopted by many countries. In a multi-stage duopoly competition model , this paper investigates the mechanism of green subsidy and its spillover effect on government and firm behaviors. The results show that if the government provides unilateral green subsidies to domestic firms in accordance with the EOS and SOS respectively , only the subsidy under SOS can improve domestic social welfare by changing firms' Cournot output and environmental emission standard. However , compared with EOS , the green subsidy under SOS may give the government a stronger incentive for ecological dumping , which makes the domestic environment more likely to deteriorate. In addition , owing to technology spillover , the domestic welfare declines as its emission standard raises and firms profit reduces , while the foreign welfare improves as both their emission standards and firms' profits increase. In a generalized model , it is found that the government's rational environmental policy is to offer the optimal green subsidies in non-cooperative cases or levy the optimal taxes in cooperative cases.

Key words: green subsidy; Cournot competition; spillover effect; EOS; SOS