再生能源生产和消费中的外部性与最优政策——以生物质能为例

高建刚

(聊城大学商学院，山东聊城252059)

摘要：再生能源具有较好的环保效果但是却有较高的成本。实践中政府普遍依据再生能源产业的总产量进行补贴。然而，再生能源的消费虽具有环境友善性，但其生产过程，一般要消耗传统能源，仍然会对环境产生一定污染。仅有补贴未免失之偏颇。且对总产量补贴也有不当之处。若将再生能源生产过程中的环境污染纳入考虑时，政府应当如何应对？研究发现：第一，无论厂商是否具有污染治理技术，也无论市场结构如何，最优污染治理税率均应等于污染边际损害，即最优污染治理税为庇古税。第二，在完全竞争市场结构下。最优补贴率等于再生能源的边际收益，即最优补贴率为庇古补贴：在寡占市场结构下，最优补贴率应大于再生能源的边际收益，且厂商市场势力越大，最优补贴率越高。

一、问题的提出及文献综述

生物质能(biomassenergy)，是太阳能以化学能形式贮存在生物质中的能量形式。即以生物质为载体的能量它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用。是一种可再生能源。同时也是唯一的一种可再生的碳源，包括能源作物、沼气等多种形式。围绕生物质能产业的发展。中国推行了一系列的相关政策规划。例如：在《十二五国家战略性新兴产业发展规划(2012)》中，将生物质能产业列为战略性新兴产业。同时，还发布了《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录(2013)》，其中多项涉及到生物质能产业此外。《国家十二五科学和技术发展规划(2011)》《国家能源科技十二五规划(2011)》《全国现代农业发展规划(2012)))等。也对生物质能产业的发展提出了相关的鼓励政策在上述政策的推动下，近年来，中国生物质能产业获得了快速发展。根据2014年底国务院出台的《能源发展战略行动计划(2014-2020年)》，在未来“十三五”规划期间，生物质能等再生能源产业在中国将继续获得较快发展。并在能源构成中占据越来越重要的地位，这些必将有利于推动中国经济的可持续发展和经济结构调整。

然而，在政府大力推广生物质能等再生能源产业的过程中，往往仅重视其对环境的友善性、能源供应的可持续性而对其进行补贴或者给予优惠措施，但常常忽略再生能源的生产过程对环境造成的污染问题。例如，生物酒精的生产过程，必须投入原油、天然气等对环境有污染的能源。因此，若仅就再生能源对环境的正外部性给予补贴或税收优惠，却未考虑其可能对环境带来的污染负外部性，可能会因为补贴过度而导致资源无效配置和环境损害。特别是，若再生能源的使用对环境带来的收益低于其生产过程中带来的环境损害，则政府补贴再生能源企业不但于环境改善无补，还将加剧环境质量恶化。

因此。政府在制定再生能源政策时，除了运用政策工具促进再生能源的生产与使用外，也应针对其污染损害进行限制与课税，以矫正其负外部性所引发的市场失灵。诱使企业有自行进行污染治理的动机，进而达到社会资源的最优配置。目前，国际上推动再生能源发展所采取的政策工具大致上可以分为数量政策与价格政策，其中尤以价格政策如税收政策、补贴政策等种类多，使用广泛。尤其是补贴政策应用最广，如保证价格、投资补贴、贷款贴息、消费者补助等。环境政策方面，针对污染治理和损害。则有行政管制、课征污染税等措施。

对再生能源政策实施的经济效果。国内外已有若干文献探讨。Tetsuo等(2002)[11]指出，增加对光伏发电项目的补贴。将会减少CO2排放量Birur等(2007)[2]、Banse(2008)[3]翻指出，美国的能源法案和欧盟的生物能源指令。会造成其国内对能源作物需求量的增加。导致能源作物价格上升和农民收入增加Hutchinson等(2010)[4]研究了非化石能源补贴对碳排放的影响。发现由于反弹效应的存在。非化石能源补贴使得总碳排放增加Ku等(2011)[5]运用选择性实验(choice experiment)和多元选择模型分析了韩国居民对再生能源投资的支付意愿Lin和Jiang(2011)[6]同运用可计算一般均衡模型(CGE)估计了中国能源补贴和减少补贴的直接效果Gong和Tian(2011)[7]则使用期权理论研究能源补贴策略。并对影响政府补贴策略的相关因素进行了分析国内方面。林伯强和蒋竺均(2010)[8]应用CGE模型模拟分析了取消化石能源补贴对能源消费、温室气体减排等的影响刘伟和李虹(2012)[9]对化石能源补贴和环境利用效率的关系进行了文献综述史丹和杨帅(2012)[10]对可再生能源的价格补贴政策和补贴效果进行了较为详细的梳理和回顾。认为需要加强对再生能源补贴效果的实证研究武文静(2012)[11]认为。需进一步完善新能源专向性补贴的法律法规。

制定合理有效的可再生能源价格补贴政策姚昕等(2011)[12]、蒋竺均和邵帅(2013)[13]、李虹和谢明华(2010)[14]、李虹(2011)[15]分别运用CGE模型、投入产出模型模拟化石能源补贴取消对城镇居民收入、能源消费等产生的影响。曹新(2014)[16]认为，中国需依据再生能源电力各类技术特性和不同发展阶段。建立可再生能源电力价格补贴政策的逐步推出机制严静和张群洪(2014)[17]运用CGE模型研究了再生能源电价补贴的宏观经济效果。发现再生能源补贴对宏

观经济有显著的正影响。陈艳和朱雅丽(2014)[18]研运用一个简单的博弈模型分析再生能源产业的补贴标准与再生能源产品和常规能源产品成本之间的关系，研究发现：再生能源产品成本越小，越值得补贴；常规能源产品成本越大。再生能源产品越值得补贴。

综上所述。以往关注再生能源产业政策的文献或者侧重定性描述。或者侧重实证分析，较少从理论上探讨再生能源的最优补贴政策，尤其是对再生能源生产过程中存在的负外部性关注不够本文的主要目的，即建立一个理论分析模型，研究在兼顾再生能源替代化石能源使用对环境带来的正外部性和再生能源的生产过程对环境带来的污染负外部性的条件下。追求社会福利最大化的政府应当如何制定最优的再生能源补贴与课税政策。为此。本文延伸Requate(2005)[19]的模型设定。特别是关于厂商成本函数的设定，但与其模型不同之处在于。在Requate(2005)[19]一文中。主要是探讨不完全市场竞争结构下一般产业因环境污染而出现的税收政策。而本文则同时考察针对再生能源这一特殊产业的补贴和税收政策此外。对一般文献中提及的总产出补贴。本文则改为对净再生能源产出(即再生能源总产量减去其中消耗的化石能源产量)进行补贴。在此基础上。本文建立一个两阶段动态博弈模型求解政府以及厂商的最优决策假定厂商进行Cournot竞争：第一阶段。政府从社会福利最大化出发，制定最优排放税率和再生能源补贴率；第二阶段，厂商在政府给定的污染排放税率和补贴率的条件下，由利润最大化出发制定自己的最优产量和污染排放量决策。对上述模型。采用逆向归纳法求解。

研究发现，若综合考虑能源生产和使用过程中的正、负两种外部性，则有：第一，无论厂商是否具有污染治理技术，也无论市场结构如何，最优污染治理税率应等于污染边际损害，即最优污染治理税为庇古税。这一结论与Buchanan(1969)[20]、Barnett(1980)[21]、Hahn(1989)[22]、Requate(2005)等认为，寡占结构下，污染税率应低于污染边际损害的结论不同。第二，在完全竞争市场结构下。最优再生能源补贴率应等于再生能源的边际收益，即最优补贴为庇古补贴；在寡占市场结构下，最优再生能源补贴率大于再生能源的边际收益，且厂商市场势力越大，最优补贴率越高。这些结论，以往文献较少论及。

二、基本模型设定和说明

假定再生能源市场上有n家厂商，各厂商生产的再生能源产品可以完全替代化石能源。且各厂商再生能源产品之间也可以完全相互替代由于再生能源的使用可以减少化石能源的投入，间接减少污染排放，因此能够产生正的消费外部性；但厂商在生产再生能源产品的过程中必须投入化石燃料。会有污染排放问题。带来负的生产外部性。若不进行治理则会造成环境损害和资源配置无效率为便于分析，以厂商是否具备污染治理技术进行讨论。

(一)若厂商无污染治理技术

假设厂商的成本函数为 $C^i(q_i,e_i)$，其中，q_i、e_i 分别表示厂商的再生能源产量与污染排放量。整个市场的总产出 $Q=\sum_{i=1}^{n} q_i$，总排放 $E=\sum_{i=1}^{n} e_i$。假设1单位

化石能源投入伴随 1 单位污染排放。此外，假设厂商生产 1 单位再生能源需要 γ_i 单位化石能源，$0<\gamma_i<1$。因此厂商净能源产出为 $(1-\gamma_i)q_i$。由以上假设有 $e_i=\gamma_i q_i$，从而有 $E=\sum_{i=1}^{n}\gamma_i q_i$。厂商生产成本满足边际生产成本为正且递增，即 $C_q>0, C_{qq}>0$。

假设再生能源的使用不会产生污染排放，并因替代化石能源而降低污染排放。设 $B(Q)$ 为再生能源使用的外部性收益函数，且 $B_Q>0, B_{QQ}<0$。$D(E)$ 为投入化石燃料产生的污染损害函数，满足 $D_E>0, D''(E)>0$。$P=P(Q)$ 为反需求函数，$P'(Q)<0$。

据此，社会福利函数为

$$Q(q_1,\cdots,q_n)=\int_0^Q P(x)\mathrm{d}x-\sum_{i=1}^{n}C^i(q_i)+B(Q)-D(E) \quad (1)$$

(二)若厂商具有污染治理技术

若厂商具有污染治理技术，厂商将进行污染治理。此时厂商成本包含生产成本与治理成本。厂商生产成本设定同上。假定边际排放成本为负即 $C_e<0$（意味着边际污染治理成本为 $-C_e>0$），且满足递增即 $C_{ee}>0$。再假定边际污染治理成本递减即 $C_{qe}<0$，且 $C_{qq}C_{ee}-(C_{qe})^2>0$，表示再生能源产量与污染排放量互补，且成本函数严格凸。此时，社会福利函数为

$$W(q_1,\cdots,q_n,e_1,\cdots,e_n)=\int_0^Q P(x)\mathrm{d}x-\sum_{i=1}^{n}C^i(q_i,e_i)+B(Q)-D(E) \quad (2)$$

对政府的最优决策，分两种市场结构讨论：一是完全竞争市场，厂商是市场价格接受者：二是寡占市场。厂商具有市场势力，可以影响产品价格对每一市场结构。均构建一个两阶段动态博弈第一阶段。政府制定最优税率和补贴率；第二阶段，厂商在既定税率和补贴率下。制定产量和污染排放量决策。对上述博弈，用逆向归纳法求解厂商与政府最优决策。

三、完全竞争市场结构下的模型求解与分析

(一)无污染治理技术

在完全竞争条件下，进一步假定厂商同质，厂商化石能源投入比例均为 γ。若市场无污染治理技术，则厂商成本仅包括再生能源生产成本，政府将对厂商污染排放量 γq_i 征收污染排放税，假设税率为 t；同时对厂商净再生能源产量 $(1-\gamma)q_i$ 给予补贴，补贴率为 s。则厂商利润函数为

$$\pi_i(q_i)=Pq_i-C^i(q_i)-t\gamma q_i+s(1-\gamma)q_i \qquad (3)$$

1.先求第二阶段厂商的最优决策

对式(3)求关于产量的一阶偏导数并令其等于

零，有

$$\partial\pi_i/\partial q_i=P-C^i_{q_i}(q_i)-t\gamma+s(1-\gamma)=0 \quad (4)$$

整理得到

$$P+s(1-\gamma)=C^i_{q_i}(q_i)+t\gamma \quad (5)$$

由式(5)可知，厂商再生能源产量受消费者愿付价格、厂商生产成本、再生能源补贴率、污染排放税率以及化石能源投入比例的影响。并且厂商的最优产量应当使再生能源产品的价格水平加上净补贴等于边际生产成本加上边际污染排放成本。根据式(4)，对污染排放税率与补贴率进行偏微分，有

$$\frac{dq_i}{dt}=-\frac{\partial^2\pi_i/\partial q_i\partial t}{\partial^2\pi_i/\partial q_i^2}=-\frac{\gamma}{C^i_{qq}}<0 \quad (6)$$

$$\frac{dq_i}{ds}=-\frac{\partial^2\pi_i/\partial q_i\partial s}{\partial^2\pi_i/\partial q_i^2}=\frac{1-\gamma}{C^i_{qq}}>0 \quad (7)$$

由式(6)、式(7)可知，污染排放税对再生能源产量有负面影响，税率提高将导致产量下降。再生能源补贴对再生能源生产有正面影响，补贴率提高则其产量上升。

2.后求第一阶段政府的最优污染排放税率和补贴率

由式(1)，福利最大化的一阶条件为

$$P(Q)+B'(Q)=C^i_{q_i}(q_i)+\gamma_i D'(E) \quad (8)$$

$$P+s(1-\gamma)=C^i_{q_i}(q_i)+t\gamma \quad (9)$$

联立式(8)、式(9)可得

$$t=D'(E) \quad (10)$$

$$s(1-\gamma)=B'(Q) \quad (11)$$

由式(10)、式(11)可以看出，当市场无污染治理技术时，政府最优污染排放税率等于边际污染排放损害，即最优排放税为庇古税(Pigouvian tax)；最优的净再生能源补贴率等于再生能源的边际收益，即最优的净再生能源补贴为庇古补贴(Pigouvian subsidy)。

(二)厂商拥有污染治理技术

若厂商具有污染治理技术，则厂商成本包括再生能源生产成本与治理成本。政府将对污染排放课征污染排放税率 t，对净再生能源产出 $(1-\gamma)q_i$ 给予补贴率 s。厂商利润函数为

$$\pi_i(q_i,e_i)=Pq_i-C^i(q_i,e_i)+te_i+s(1-\gamma)q_i \quad (12)$$

1.先求第二阶段厂商最优决策

对上式求关于污染排放和再生能源产量的偏导数，可得

$$\partial\pi_i/\partial q_i=P-C^i_{q_i}(q_i)+s(1-\gamma)=0 \quad (13)$$

$$\partial\pi_i/\partial e_i=-C^i_{e_i}(q_i,e_i)-t=0 \tag{14}$$

整理式(13)、式(14)有

$$P+s(1-\gamma)=C^i_{q_i}(q_i) \tag{15}$$

$$t=-C^i_{e_i}(q_i,e_i) \tag{16}$$

由式(15)、式(16)可以看出，厂商再生能源生产受消费者愿付价格、生产成本与再生能源补贴率的影响；厂商污染治理则受到污染治理成本与污染排放税率的影响。且厂商的最优再生能源生产量为消费者愿付价格加边际净再生能源补贴等于边际生产成本，最优的污染治理投入为边际排放税率等于污染的边际治理成本。

为考察厂商在污染治理下，污染排放税率与再生能源补贴率对厂商再生能源生产与污染排放量的影响，对式(13)、式(14)进行偏微分有

$$\frac{dq_i}{dt}=-\frac{\partial^2\pi_i/\partial q_i\partial t}{\partial^2\pi_i/\partial q_i^2}=-\frac{C^i_{qe}}{C^i_{qq}C^i_{ee}-(C^i_{qe})^2}<0 \tag{17}$$

$$\frac{dq_i}{ds}=-\frac{\partial^2\pi_i/\partial q_i\partial s}{\partial^2\pi_i/\partial q_i^2}=-\frac{C^i_{ee}(1-\gamma)}{C^i_{qq}C^i_{ee}-(C^i_{qe})^2}>0 \tag{18}$$

$$\frac{de_i}{dt}=-\frac{\partial^2\pi_i/\partial e_i\partial t}{\partial^2\pi_i/\partial e_i^2}=-\frac{C^i_{qq}}{C^i_{qq}C^i_{ee}-(C^i_{qe})^2}<0 \tag{19}$$

$$\frac{de_i}{ds}=-\frac{\partial^2\pi_i/\partial e_i\partial s}{\partial^2\pi_i/\partial e_i^2}=-\frac{C^i_{qe}(1-\gamma)}{C^i_{qq}C^i_{ee}-(C^i_{qe})^2}>0 \tag{20}$$

式(17)、式(18)表明，提高污染排放税率，间接增加厂商成本，会导致厂商再生能源生产量下降；政府对厂商的净能源补贴将使厂商生产成本降低，进而提高厂商产量，即个别厂商产量随政府补贴率提高而上升。式(19)、式(20)表明，政府提高污染排放税率，会导致污染排放减少。厂商的污染排放水平，随着政府补贴率上升而增加。

2.再求第一阶段政府的污染排放税率和补贴率

对式(2)求关于 q、e 的偏导数，并整理有

$$P(Q)+B'(Q)=C^i_{q_i}(q_i) \tag{21}$$

$$D'(E)=-C^i_{e_i}(q_i,e_i) \tag{22}$$

将式(21)、式(22)联立可得

$$t=D'(E) \tag{23}$$

$$s(1-\gamma)=B'(Q) \tag{24}$$

由式(23)、式(24)可知，政府最优的污染排放税率等于边际污染损害，即最优污染排放税率为庇古税；最优再生能源补贴率等于净再生能源生产的边际收益，即最优净再生能源补贴为庇古补贴。

四、寡占市场结构下政府最优再生能源政策

(一)无污染治理技术

现在假设市场为寡占市场结构。厂商数量 m，$m<n$。厂商个别产量为 q_i，市场总产量为 $Q=\sum_{i=1}^{m} q_i$。其他假设同完全竞争市场的假定。若厂商无污染治理技术，则厂商仅有生产成本，政府对厂商污染排放征收 $\gamma_i q_i$ 征税，对净能源产出 $(1-\gamma_i)q_i$ 给予补贴。寡占厂商利润函数如下

$$\pi_i(q_i,q_{-i})=P(Q)q-C^i(q_i)-t\gamma_i q_i+s(1-\gamma_i)q_i,\quad i=1,\cdots,m \tag{25}$$

其中，$q_{-i}=(q_1,\cdots,q_{i-1},q_{i+1},\cdots,q_m)$，表示除厂商 i 之外的其他 $m-1$ 个竞争者。

1.先求第二阶段厂商的最优决策

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i}=P(Q)+\frac{P(Q)}{\varepsilon_i}-C^i_{q_i}(q_i)-t\gamma_i+s(1-\gamma_i)=0 \tag{26}$$

其中，$\varepsilon_i=(\mathrm{d}q_i/\mathrm{d}P)/(q_i/P)$ 为厂商面临的需求价格弹性。整理上式得到

$$P(Q)+\frac{P(Q)}{\varepsilon_i}+s(1-\gamma_i)=C^i_{q_i}(q_i)+t\gamma_i \tag{27}$$

式(27)表明，寡占厂商再生能源生产受消费者愿付价格、厂商生产成本、再生能源补贴率、污染排放税率、厂商化石能源投入比例与寡占厂商的需求价格弹性的影响。且厂商的最优产量应在厂商边际收益加上边际补贴等于边际生产成本加上边际污染排放成本时达到。

为了解污染排放税率和再生能源补贴率对再生能源产量的影响，对式(26)进行偏微分，得到

$$\frac{\mathrm{d}q_i}{\mathrm{d}t}=q_i^{(1)}=-\frac{[P'(Q)+P''(Q)q_i]\mathrm{d}Q/\mathrm{d}t-\gamma_i}{P'(Q)-C^i_{qq}(q_i)} \tag{28}$$

$$\frac{\mathrm{d}q_i}{\mathrm{d}s}=q_i^{(2)}=-\frac{[P'(Q)+P''(Q)q_i]\mathrm{d}Q/\mathrm{d}s+(1-\gamma_i)}{P'(Q)-C^i_{qq}(q_i)} \tag{29}$$

在式(28)、式(29)中，$\mathrm{d}Q/\mathrm{d}t$ 和 $\mathrm{d}Q/\mathrm{d}s$ 正负号以及大小难以判断。因此政府课税与补贴对寡占厂商产量的影响不明确。将上两式结果累计加总得到

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t}=-\sum_{i=1}^{m}\frac{[P'(Q)+P''(Q)q_i]\mathrm{d}Q/\mathrm{d}t-\gamma_i}{P'(Q)-C^i_{qq}(q_i)} \tag{30}$$

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}s}=-\sum_{i=1}^{m}\frac{[P'(Q)+P''(Q)q_i]\mathrm{d}Q/\mathrm{d}s+1-\gamma_i}{P'(Q)-C^i_{qq}(q_i)} \tag{31}$$

对式(30)、式(31)进行整理得到

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t}=\sum_{i=1}^{m}\frac{\gamma_i}{P'(Q)-C^i_{qq}(q_i)}\left[1+\sum_{i=1}^{m}\frac{P'(Q)+P''(Q)q_i}{P'(Q)-C^i_{qq}(q_i)}\right]^{-1}<0 \tag{32}$$

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}s}=-\sum_{i=1}^{m}\frac{1-\gamma_i}{P'(Q)-C_{qq}^{i}(q_i)}\left[1+\sum_{i=1}^{m}\frac{P'(Q)+P''(Q)q_i}{P'(Q)-C_{qq}^{i}(q_i)}\right]^{-1}$$
$$>0 \quad (33)$$

由式(32)、式(33)可知，政府课征污染排放税对市场总产量有负面影响，提高税率，则再生能源总产量下降。政府补贴对再生能源市场总产量有正向影响，提高补贴率，则再生能源总产量上升。

2.再求第一阶段政府的最优决策

在第一阶段，政府制定最优的再生能源补贴率与污染税率以使得社会福利最大化。社会福利函数为

$$W(q_1,\cdots,q_n)=\int_0^Q P(x)\mathrm{d}x-\sum_{i=1}^{m}C^i(q_i)+B(Q)-D(E) \quad (34)$$

对式(34)求关于补贴率和污染排放税率的偏导数，并令其等于零得到

$$\frac{\partial W}{\partial t}=\sum_{i=1}^{m}[P(Q)-C_{q_i}^{i}(q_i)+B'(Q)-\gamma_i D'(E)]\frac{\mathrm{d}q_i}{\mathrm{d}t}=0 \quad (35)$$

$$\frac{\partial W}{\partial s}=\sum_{i=1}^{m}[P(Q)-C_{q_i}^{i}(q_i)+B'(Q)-\gamma_i D'(E)]\frac{\mathrm{d}q_i}{\mathrm{d}s}=0 \quad (36)$$

式(35)、式(36)整理后得到

$$P(Q)-C_{q_i}^{i}(q_i)+B'(Q)-\gamma_i D'(E)=0 \quad (37)$$

将式(37)带入到式(27)中，有

$$-\frac{P(Q)}{\varepsilon_i}+t\gamma_i-s(1-\gamma_i)+B'(Q)-\gamma_i D'(E)=0 \quad (38)$$

令最优污染排放税率和最优再生能源补贴率分别为

$$t=D'(E) \quad (39)$$

$$s(1-\gamma_i)=-\frac{P(Q)}{\varepsilon_i}+B'(Q) \quad (40)$$

由式(40)可知，在寡占市场下，政府最优再生能源补贴率大于再生能源的边际收益，此与完全竞争市场不同。主要是因为在寡占市场中，个别厂商具有市场势力，可以影响再生能源的价格，基于利润最大化的考虑，厂商产量低于社会最优产量。在制定再生能源补贴率时，为激励厂商增加产量，政府应制定较高的补贴率。但由式(39)可知，污染排放税率应等于边际污染损害，即政府的污染排放税仍应为庇古税。

(二)厂商具有污染治理技术

若厂商具有污染治理技术时，厂商的成本既包含生产成本，也包含污染治理成本。政府对厂商同时课征污染排放税和进行补贴，厂商的利润函数如下

$$\pi_i(q_i,e_i,q_{-i})=P(Q)q_i-C^i(q_i,e_i)-te_i+s(1-\gamma_i)q_i \quad (41)$$

1.先求第二阶段厂商的最优决策

对式(41)求一阶偏导数有

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i}=P'(Q)q_i+P(Q)-C^i_{q_i}(q_i,e_i)+s(1-\gamma_i)=0 \quad (42)$$

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial e_i}=-C^i_{e_i}(q_i,e_i)-t=0 \quad (43)$$

整理式(42)、式(43)得到

$$P(Q)+\frac{P(Q)}{\varepsilon_i}+s(1-\gamma_i)=C^i_{q_i}(q_i,e_i) \quad (44)$$

$$t=-C^i_{e_i}(q_i,e_i) \quad (45)$$

由式(44)、式(45)可知，厂商再生能源生产与消费者愿付价格、生产成本、再生能源补贴率、污染排放税率、化石能源投入比例以及厂商的需求弹性有关；而厂商的污染排放治理与污染排放税率有关。基于利润最大化的追求，厂商的再生能源产量会选择在生产的边际收益加上净边际补贴等于边际生产成本时，而最优污染治理投入会选择在边际污染治理成本与边际排放税率相等时。

2.再求第一阶段厂商的决策

追求社会福利最大化的政府面临的社会福利函数为

$$W=\int_0^Q P(x)\mathrm{d}x-\sum_{i=1}^m C^i(q_i,e_i)+B(Q)-D(E) \quad (46)$$

对式(46)求关于税率和补贴率的一阶偏导数有

$$\frac{\partial W}{\partial t}=\sum_{i=1}^m[P(Q)-C^i_{q_i}(q_i,e_i)+B'(Q)]\frac{\mathrm{d}q_i}{\mathrm{d}t}-\sum_{i=1}^m[C^i_{e_i}(q_i,e_i)+D'(E)]\frac{\mathrm{d}e_i}{\mathrm{d}t}=0 \quad (47)$$

$$\frac{\partial W}{\partial s}=\sum_{i=1}^m[P(Q)-C^i_{q_i}(q_i,e_i)+B'(Q)]\frac{\mathrm{d}q_i}{\mathrm{d}s}-\sum_{i=1}^m[C^i_{e_i}(q_i,e_i)+D'(E)]\frac{\mathrm{d}e_i}{\mathrm{d}s}=0 \quad (48)$$

由式(47)、式(48)可得

$$P(Q)-C^i_q+B'(Q)=0 \quad (49)$$

$$C_{e_i}+D'(E)=0 \quad (50)$$

将式(44)、式(45)带入到式(49)、式(50)中，并整理后得到

$$s(1-\gamma_i)=-P(Q)/\varepsilon_i+B'(Q) \quad (51)$$

$$t^c=D'(E) \quad (52)$$

由式(51)可知，寡占市场结构下，若厂商具有污染治理技术，政府最优补贴率应大于再生能源的边际收益。主要原因在于厂商所具有的市场势力足以影响再生能源的产量和价格，厂商追求利润最大化的行为将导致产量低于社会最优产量。为了矫正扭曲，政府须对再生能源补贴率制定较高的水平以诱导厂商生产更高产量。同时，由式(52)可知，污染排放税率等于边际污染损害，最优污染排放税仍为庇古税。

五、研究结论和建议

再生能源的生产与使用。既有正外部性。也有负外部性。因此最优的政策应是既有补贴也有课税然而各国政府制定政策时往往仅对再生能源进行补贴。如此会使再生能源过度生产，不仅于环境改善无补，甚至导致环境污染加剧。为此，本文以生物质能源为例。探讨若将再生能源生产过程中的环境污染纳入考虑时。政府应当如何应对。主要结论如下：

第一，当厂商不具有污染治理技术时，无论市场结构如何。最优污染治理税率均应等于污染边际损害，即政府最优污染治理税为庇古税。当厂商不具有污染治理技术时，由于污染排放与再生能源产量有正向关系。又因为完全竞争市场的产量高于寡占市场的产量，可知完全竞争市场下污染排放的边际损害高于寡占市场。因此，完全竞争时的污染排放税率高于寡占市场的污染排放税率，并且污染排放税率随着厂商市场势力越强而越低。

第二，当市场具有污染治理技术时。无论是完全竞争市场，还是寡占市场，最优的污染排放税率均等于其边际污染损害，最优污染治理税仍为庇古税。此结论与以往文献认为寡占市场结构下污染税低于边际损害的结论不同但最优税率的大小，与厂商污染治理技术有关。污染治理技术越高，则污染治理量越高，污染排放越少，污染边际损害越低，最优的污染排放税率也越低与厂商不具有污染治理技术相比。厂商具有污染治理技术会降低污染排放量，因此污染损害降低，最优税率会降低。

第三，在完全竞争市场结构下，最优再生能源补贴率等于再生能源的边际收益，即政府补贴为庇古补贴在寡占市场结构下，最优补贴率大于再生能源的边际收益，且厂商市场势力越大，最优补贴越高。要原因是寡占市场结构下，厂商具有市场势力，为追求利润最大化，再生能源产量低于最优水平。为此，政府会制定高于再生能源边际收益的补贴率以诱导厂商提高产量，并且市场势力越大情况下，厂商的产量越低于最优产量，需要政府制定更高的补贴率以实现社会福利最大化。由于本文的补贴率水平是针对净再生能源产出(即再生能源产量减去为之消耗的化石能源量)进行补贴，因此，在再生能源总产量和厂商的需求弹性相同时，本文的补贴率一般要高于传统文献的补贴率，这与以往文献不同。

在中国，随着相关政策举措的推进和技术的完善，在可预见的时期内，生物质能源等再生能源产业在中国将继续获得较快发展，并在能源构成中占据越来越重要的地位，这必将有利于推动中国经济的可持续发展和经济结构调整。但由本文分析结论可知，政府在鼓励再生能源产业发展时，应当未雨绸缪，趋利避害，使用较为审慎而灵活的政策手段：对再生能源产业不仅应有补贴也应征税，且补贴和税率应当随市场竞争情况和厂商污染治理技术进步而变化，以推动经济结构更好转型升级，实现中国经济的可持续发展。

再生能源发展政策包含多种工具可以使用。为简单起见。本文仅选择课税与补贴两种工具进行探讨。未来进行政策分析时，可以将厂商的研发创新等行为纳入模型中。此时政府政策的制定也许与本文有所不同。

参考文献：

[1] Tezuka T, Okushima K, Sawa T. Carbon tax for subsidizing photovoltaic power generation systems and its effect on carbon dioxide emissions[J]. Applied Energy, 2002, 72(3/4): 677-688.

[2] Birur D K, Herrel T W, Tyner W E. The biofuel boom Implications for world food markets[C]. The Hague, The Netherlands: The Food Economy Conference, 2007.

[3] Banse M, van Meijl H, Tabeau A, Woltjer G. Will EU biofuel polices affect global agricultural markets? [J]. European Review of Agricultural Ecollomics, 2008, 35(2): 117-141.

[4] Hutchinson E, Kennedy P W, Martinez C. Subsidies for the production of cleaner energy: when do they cause emissions to rise? [J]. The BE Journal of Economic Analysis & Policy, 2010, 10(1): 1-9.

[5] Ku S J, Yoo S H. Willingness to pay for renewable energy investment in Korea: a choice experiment study[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010, 14(8): 2196-2201.

[6] Lin B,Jiang Z. Estimates of energy subsidies in China and impact of energy subsidy reform[J]. Energy Economics,2011,33(2):273-283.
[7] Gong L,Tian J. Modeling the impact of environmental subsidies on entry and exit infrastructure projects[J]. Advanced Materials Research,2011,281:74-77.
[8] 林伯强,蒋竺均,林静. 有目标的电价补贴有助于能源公平和效率[J]. 金融研究,2009(11):1-18.
[9] 刘伟,李虹. 能源补贴与环境资源利用效率的相互关系——化石能源补贴改革理论研究的考察[J]. 经济学动态,2012(2):94-98.
[10] 史丹,杨帅. 完善可再生能源价格的政策研究——基于发电价格补贴政策与实践效果的评述[J]. 价格理论与实践,2012(6):24-28.
[11] 武文静. 我国新能源产业政府补贴的专向性研究——基于 WTO 的"SCM 协议"[J]. 西安财经学院学报,2012(6):21-25.
[12] 姚昕,蒋竺均,刘江华. 改革化石能源补贴可以支持清洁能源发展[J]. 金融研究,2011(3):184-197.
[13] 蒋竺均,邵帅. 取消化石能源补贴对我国居民收入分配的影响——基于投入产出价格模型的模拟分析[J]. 财经研究,2013(8):17-27.
[14] 李虹,谢明华. 化石能源补贴改革对城镇居民生活影响的区域差异性研究[J]. 中国工业经济,2010(9):37-46.
[15] 李虹. 低碳经济背景下化石能源补贴改革对中国城乡居民生活的影响与对策[J]. 农业经济问题,2011(2):89-93.
[16] 曹新. 完善我国可再生能源电价补贴政策[J]. 中国国情国力,2014(11):18-20.
[17] 严静,张群洪. 中国可再生能源电价补贴及对宏观经济的影响[J]. 统计与信息论坛,2014(10):46-51.
[18] 陈艳,朱雅丽. 基于博弈模型的可再生能源产业补贴标准设计[J]. 统计与决策,2014(20):49-51.
[19] Requate Till. Environmental policy under imperfect competition:a survey[EB/OL].(2005-12-01)[2015-03-20].https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/22000/1/EWP-2005-12.pdf .
[20] Buchanan J M. External diseconomies,corrective taxes and market structure[J]. American Economic Review,1969,59(1):174-177.
[21] Barnett A H. The pigouvian tax rule under monopoly[J]. American Economic Review,1980,70(5):1037-1041.
[22] Hahn R. Economic prescriptions for environmental problems:how the patient followed the doctor's orders [J]. The Journal of Economic Perspectives,1989,3(2):95-114.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/191927.html