

基于自愿协议减排的企业演化博弈分析

王志强^{1,2}, 周 隽², 沈月琴²

(1. 东北财经大学 管理与工程学院, 辽宁 大连 116022; 2. 浙江农林大学 经济管理学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 全球碳减排事业的成败很大程度上取决于中国的减排效果, 作为中国碳排放重要主体的企业, 其减排成效是中国减排目标能否实现的根本保障。自愿减排模式应是当前企业等多方主体可以接受的符合中国国情的理想过渡模式, 基于自愿协议减排业已被实践证明是一种行之有效的减排新机制。本研究对企业自愿协议减排的选择情境进行演化博弈分析, 得出从加大政府扶持、降低企业减排成本、增强公众宣传等方面入手可以提升企业自愿减排的既得利益, 使企业更倾向于选择自愿减排。据此提出了相应的政策建议: ①进一步加大政府资金与政策激励, 推动企业自动减排; ②构建多种减排途径, 有效降低减排成本; ③重视低碳理念宣传, 提高企业低碳经营的社会认同度。图 2 表 1 参 14

关键词: 自愿协议; 碳排放; 企业减排; 演化博弈; 政策启示

中图分类号: E326.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2014)05-0785-06

Evolutionary game analysis of enterprises' emission reduction based on voluntary agreement

WANG Zhiqiang^{1,2}, ZHOU Jun², SHEN Yueqin²

(1. School of Management Science and Engineering, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 160022, Liaoning, China; 2. School of Economics and Management, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: The success of the cause of global carbon emission reductions depends largely on China's reduction effects. As an important subject of China's carbon emissions, the enterprises' emission reductions are the fundamental guarantee of the realization of reduction target. According with the current situation of China, voluntary emission reduction should be the ideal transition mode for enterprises to adopt, and voluntary agreement has been proved to be an effective mechanism to reduce emissions. This paper studies the enterprises' emission reduction choices based on voluntary agreement with the evolutionary game theory method, and then gets the results that increasing government supports, reducing the enterprises' reduction costs, enhancing the publicity and other aspects can improve enterprises' vested interests, and as a result enterprises are more inclined to choose voluntary agreement mode. Finally this paper raises some countermeasures: (1) further increasing government funds and policy incentives to promote enterprises' voluntary reduction; (2) building a variety of reduction ways to lower enterprises' abatement costs effectively; (3) paying more attention to publicity of low-carbon idea to raise social identity of the low-carbon enterprises.[Ch, 2 fig. 1 tab. 14 ref.]

Key words: voluntary agreement; carbon emissions; enterprises' emission reductions; evolutionary game

收稿日期: 2014-01-09; 修回日期: 2014-04-09

基金项目: 教育部人文社科青年基金资助项目(11YJC790198); 浙江省自然科学基金资助项目(Q12G030048); 浙江省教育厅资助项目(y201120822); 杭州市哲学社科规划课题(A09YJ04, C10GL35)

作者简介: 王志强, 讲师, 博士研究生, 从事电子商务与低碳经济研究。E-mail: zqwang777801@qq.com。通信作者: 周隽, 讲师, 从事资源与环境经济研究。E-mail: zhoujun0814@163.com

theory; policy suggestions

以二氧化碳为主的大量温室气体排入大气,加剧了以变暖为主要表现的全球气候变化,该问题已严重威胁到人类的生存与发展,成为当今世界面临的最重大挑战之一^[1]。为尽早破解全球气候变化这个“吉登斯悖论”,世界各国积极采取各种应对措施减缓碳排放,包括联合国气候变化框架公约(UNFCCC)成立,第1个具有法律约束力的碳减排协议《京都议定书》的签署与正式生效,以及其他一系列与气候变化相关的政治协议。依据“共同但有区别的责任”原则,《京都议定书》要求附件1国家承担强制碳减排义务,尽管中国是非附件1国家,至少在2020年前尚不需要承担强制减排义务,但中国经济总量大,尽早实施碳减排是必然选择和明智之举。2007年《中国应对气候变化国家方案》的通过显示了中国政府应对气候变化的坚定决心和信心。在2009年召开的哥本哈根会议上,中国政府首次以约束性指标的方式作出承诺,2020年碳排放强度比2005年下降40%~45%，“十二五”规划中明确了减碳路径,2013年9月发布的《大气污染防治行动计划》等一系列行动表明中国政府正在稳序推进应对气候变化这项系统工程。与附件1国家不同,这些国家的碳排放主要属于消费排放,而中国的碳排放更多属于生产排放,这就意味着企业碳减排成效直接决定了中国碳减排目标能否实现,而中国能否有效控制碳排放直接关系到全球碳减排目标的顺利实现。考虑到中国尚处于工业化城市化发展的关键阶段,为避免对国民经济发展造成过高的负面影响,现阶段中国政府不太可能设置碳排放总量上限指标,但2020年以后中国或许也要承担强制减排义务,自愿减排应该是当前企业等多方主体可以接受的符合中国国情的理想过渡模式。此外,由于企业与政府之间存在信息不对称,强制减排手段往往难以达到理想的治理效果。但纯粹的企业自愿减排模式因缺乏必要的约束力,可能流于形式,达不到应有的减排效果。基于自愿协议减排是一种业已被实践证明行之有效的减排新机制,因此,研究中国企业自愿减排的动机,进而提出相应激励措施显得至关重要。本研究运用演化博弈工具分析企业在何种情境下选择签订自愿协议实现碳减排,以及如何增加企业作出该选择的比例。

1 文献回顾

自愿协议是继命令控制型手段、经济手段后出现的一种环境政策新手段,本质上是政府与行业企业之间和(或)第3方的合同,是各参与主体关于减排承诺和时间表的目标协商。这些自愿协议通常有一个明确的中长期预期,分别覆盖3~5 a和8~10 a的时期,因此,战略减排投资可以计划和实施。自愿协议的一个关键要素是所有参与者把注意力放在减排目标上^[2]。自愿协议最早出现于20世纪60年代的日本,后被经济合作与发展组织(OECD)成员国广泛应用于能源、工业、气候变化等领域。基于自愿协议的减排自20世纪90年代以来一直是发达国家很受欢迎的提高能源利用效率和减少温室气体排放的政策工具,同时也是一些新兴工业化国家和发展中国家正在采用的政策工具,以增加他们的节能减排。

自愿协议的实施大致可分为3类:①完全自愿实施;②以未来的能源/温室气体排放的严格规定或税收的威胁刺激企业参与自愿减排;③结合现有的能源/温室气体排放税收政策或有严格的规定实施自愿协议减排。政府提供的各种激励以及处罚措施与自愿减排密切相关。这样的自愿协议项目,促使企业加大他们的能源使用效率和减少温室气体排放,以满足具体的减排目标,也是实施温室气体排放交易计划之前必要的第1步^[3]。实践表明:许多完全自愿协议减排,由于缺乏相关的监控和激励,最终并不能达到他们的减排目标或者无法衡量他们的减排量是否达到预期效果。例如,在瑞典、芬兰、法国的自愿减排并不能完全达到预期效果^[4-6]。而第2种和第3种自愿协议减排方式相对比较成功地达到预期目标,如在英国,实际碳储蓄几乎是2002年目标值的3倍以上^[7]。爱尔兰的漫长的18个月的试点项目被认为是成功的,达到64万t·a⁻¹的二氧化碳减排量^[8]。

从发达国家实施自愿协议经验来看,许多国家已经践行自愿协议减排并取得了良好的成效。国际经验表明:作为一种非强制性举措,自愿协议减排方式比较灵活,在政府激励下往往能够实现减排目标,同时还能避免政府出台更为严厉的强制性环境政策手段,受到了企业界的普遍欢迎。同时节能减排是中国当前控制碳排放、发展低碳经济的一个最为现实的路径之一^[9]。从目前各国自愿协议实施的情况看,自愿协议模式对于协议各方都具有较强的约束性,实施效果明显^[10]。落实到企业层面,企业自愿减排、

自愿达成环境管理目标已经成为今天环境管理的重要工具之一，市场经济、生产经济、社会以及道德的共同作用是企业为什么会选择参与自愿协议的重要原因^[11]。

2 企业自愿协议减排博弈的基本前提与假设

西蒙认为：现实生活中决策者的理性是介于理性和非理性之间的有限理性，他们的价值取向和目标是多元性的。由于每项决策的制定，都要受到决策者主观条件和特定的客观条件的影响与限制，因此经常处于变动状态而且表现出冲突特征，决策研究不应仅注重结果，更应注重过程。该过程体现在决策过程中决策者将根据阶段环境多次反复改变策略。由于博弈双方的有限理性和信息的不对称性^[12]，企业在做出策略选择时，首先要确定自己可能的最大化收益，在不改变问题本质的前提下。本研究做如下假设：假设一，企业在参与自愿协议低碳减排经营的博弈过程中追求“收益最大化”。由于企业经营活动的复杂性，整个经营活动的经济效益和社会效益在实际研究中都很难衡量，为了简化处理，只考虑了和企业减排活动有关的收益和成本，在博弈过程中企业只考虑减排策略对企业收益变化的影响。假设二，这种博弈类似于鹰鸽博弈模型，鹰鸽博弈是博弈中的一个经典模型。为了争夺资源(比如土地、食物、政权、配偶等)，群体中的成员之间要进行斗争，设每个成员为博弈中的局中人，局中人可以采取 2 种策略(冲突，和平共处)。这种博弈方组成的大群体成员进行位置无差异的对称博弈。这里研究的企业就类似这样的一个群体，所有企业的策略集(自愿协议减排，不减排)，企业每一轮都会根据其他企业选择的策略来调整自身策略，进行多轮的反复博弈。假设三，真实世界中，不同企业的减排成本是不一样的，为了简化博弈模型，同时也不失一般性，假设所有企业的减排成本是相同的，企业采取减排自愿协议时获得的政府补贴是相同的，企业获得的社会效益也是相同的。当企业遵循减排自愿协议，实施减排管理策略时，为了获得更好的减排实施效果，根据国际经验，政府会给予奖励性财政补贴或转移支付 F 。设企业选择实施节能减排管理策略所付出的成本为 C ，包括采购节能设备，改善原有装备，对员工的减排培训、清洁生产以及为环境保护所承担的费用。 V 是社会认同度，社会认同度是政府和公众对自愿减排企业富有社会责任感形象的一种认可，这种认同度有助于提升其企业形象，帮助企业强化其品牌价值，成为企业的一种有价值的无形资产。同时较高的社会认同度可以使消费者对该企业产品产生更高的购买倾向，影响消费者的支付意愿，这也是社会认同度市场价值化的体现。

根据上述假设，可以设计出表 1 的收益矩阵，当博弈双方企业都采用自愿协议减排策略时，减排行为给博弈双方带来的收益为政府补贴和减排成本之差；当博弈双方都不采取自愿协议减排策略时，博弈双方收益都为 0；当博弈双方有一方采取自愿协议减排策略，另一方不减排时，采取自愿协议减排策略的企业除会获得政府补贴和减排成本之差的收益外，还会额外获得社会认同的收益，不减排企业的收益则为 0。

3 企业基于自愿协议减排的演化博弈分析

在演化博弈中，认为参与人的选择行为可以依据前人的经验、学习与模仿他人行为、受遗传因素的影响等。这个领域的开创性工作是由英国生物学家 Smith 等^[13]进行的，正逐渐被应用于社会经济学领域。

表 1 是 2×2 对称博弈，如果不给出收益的具体数值，该博弈有哪些纳什均衡(NE)并不清楚。对于有限理性的博弈方来说，能否知道纳什均衡并不重要，不管是否纳什均衡策略，任何策略都可能有一部分博弈方会采用。在这种博弈中通常会假设这个群体中有比例为 x 的人采用策略 1， $(1-x)$ 的人采用策略 2，并进一步分别计算出采用 2 种策略的博弈方的期望收益和群体平均收益。设参与自愿减排企业的比例是 x ，根据收益矩阵自愿减排企业的期望收益 R_1 为：

表 1 企业基于自愿协议减排的博弈收益矩阵

Table 1 Game pay-off matrix of enterprise's emission reductions based on voluntary agreement

策略	企业	
	策略 1	策略 2
策略 1	$F-C, F-C$	$F+V-C, 0$
策略 2	$0, F+V-C$	$0, 0$

说明：C：企业选择自愿协议减排时的减排成本；
F：政府对自愿协议减排企业的补贴；V：自愿协议减排企业获取的社会效益；策略 1：自愿协议减排；策略 2：不减排。

$$R_1 = x(F-C) + (1-x)(F+V-C) \quad (1)$$

不参与自愿减排企业的期望收益 R_2 为:

$$R_2 = x \times 0 + (1-x) \times 0 = 0 \quad (2)$$

企业总体混合平均收益 R 为:

$$R = xR_1 + (1-x)R_2 = x^2(F-C) + x(1-x)(F+V-C) \quad (3)$$

设 $F(x) = dx/dt$, $F(x)$ 为 x 的单元函数, 根据上述收益得到复制动态方程, 所谓复制动态是指随着时间推移, 博弈方通过学习模仿, 根据学习模仿的对象不断调整自己的策略, 从而达到进化稳定策略, 这里指采取 2 种策略企业的比例不再发生变化:

$$\begin{aligned} F(x) &= dx/dt = x(R_1 - R) \\ &= x[x(F-C) + (1-x)(F+V-C) - x^2(F-C) - x(1-x)(F+V-C)] \\ &= x(1-x)(F+V-C-xV) \end{aligned} \quad (4)$$

因为 $F(x) = x(1-x)(F+V-C-xV)$, 该复制动态最多有 3 个稳定状态, 分别为 $x^* = 0$, $x^* = 1$, $x^* = 1 + (F-C)/V$, 一个稳定状态必须对微小扰动具有稳健性才能称为进化稳定策略。这相当于要求当干扰使 x 出现高于 x^* 时, $F(x)$ 必须小于 0, 即 $F'(x^*) < 0$, 这就是微分方程的稳定性定理。为了进一步讨论, 这里需要求出 $F'(x)$:

$$F'(x) = (1-2x)(F+V-C-xV) - x(1-x)V \quad (5)$$

可以求解出:

$$F'(1) = C - F \quad (6)$$

$$F'(0) = F - C + V \quad (7)$$

$$F'(1 + (F-C)/V) = (F-C)[1 + (F-C)/V] \quad (8)$$

$F-C$ 的含义是指政府对自愿协议减排企业的补贴和企业减排的成本之差, 如果 $F-C > 0$, 表示企业通过减排获得的补贴能完全补足企业的减排成本, 甚至有盈余, 意味着所有的企业都会选择减排, 在现实世界中是不可能发生这种情况的, 那么 $F-C$ 必然小于 0, 则 $F'(1) = C - F > 0$ 。下面讨论 $F-C+V$ 正负值情况:

①当 $F-C+V > 0$ 时, 具体含义是指政府补贴和企业获得社会认同度价值之和大于企业的减排成本。由于 $F-C+V > 0$, 则 $F'(0) > 0$ 。同时可以推导出 $F-C+V > 0 \Leftrightarrow F-C+V < 1 - (F-C)/V < 0 \Leftrightarrow 0 < 1 + (F-C)/V < 1 \Leftrightarrow (F-C)[1 + (F-C)/V] < 0 \Leftrightarrow F'(1 + (F-C)/V) < 0$ 。此时 $x^* = 0$, $x^* = 1$, $x^* = 1 + (F-C)/V$ 这 3 个稳定状态都是合理的, 因为都处于 $0 \leq x \leq 1$ 的有效范围。但只有 $x^* = 1 + (F-C)/V$ 是演化稳定策略 (ESS), 相位图如图 1 所示。这意味着如果上述由环境条件等决定的企业利益关系是稳定的, 那么一旦发生少数企业从不减排到减排的变异, 那么这种自愿减排企业的数量会不断增加, 直到占整个企业数量的 $1 + (F-C)/V$ 。如果超过这个水平, 那么少量不减排的企业又会增加, 因为此时由于减排企业数量过多, 企业减排获得社会认同度所带来的价值将会减少, 最终仍会回到上述比例。②当 $F-C+V < 0$ 时, 具体含义是指政府补贴和企业获得社会认同度价值之和小于企业的减排成本。由于 $F-C+V < 0$, 则 $F'(0) < 0$, 则只有 2 个不动点 $x^* = 0$, $x^* = 1$, 符合要求, 其中 $x^* = 0$ 为演化稳定策略 (ESS), 相位图如图 2 所示。由于所有企业自愿减排所获得收益不抵减排成本, 此时参与自愿减排的企业比例为 0, 没有企业愿意签订自愿减排协议。③当 $F-C+V = 0$ 时, 具体含义是指政府补贴和企业获得社会认同度价值之和等于企业的减排

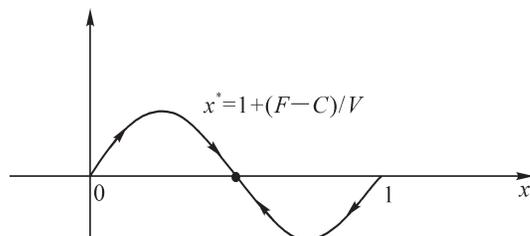


图 1 $F-C+V > 0$ 相位图
Figure 1 $F-C+V > 0$ phase diagram

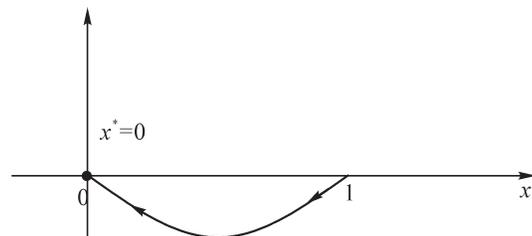


图 2 $F-C+V < 0$ 相位图
Figure 2 $F-C+V < 0$ phase diagram

成本。原 $F(x)=-Vx^2(1-x)$ ，此时该复制动态最多有 2 个稳定状态，分别为 $x^*=0$ ， $x^*=1$ ，可以求得 $F'(x)=-2Vx+3Vx^2$ ，则 $F'(0)=0$ ， $F'(1)=V$ ，2 点的 $F'(x)$ 均不小于 0，因此该情况下不存在演化稳定策略。

4 政策启示

从上述博弈分析可以知道，只有当 $F-C+V>0$ 时才有企业愿意签订自愿协议减排。同时可以进一步分析此时演化稳定策略(ESS)点 $x^*=1+(F-C)/V$ ，如增加 x^* 的值，即可提升参与自愿协议减排企业的比例。从表达式中可以看出：① F 越大， x^* 值越大；② C 越小， x^* 值越大；③ V 越大， x^* 值越大。因此激励企业通过自愿协议减排主要可从以下 3 个途径实现：① 进一步加大政府资金与政策激励，推动企业自愿减排。《全球环境竞争力报告(2013)》称，中国环境竞争力在全球排名第 87 位，但中国环境管理竞争力 63.6 分，全球排位第 6 名^[14]，表明中国政府在全球气候变化、环境保护、绿色转型等方面已经展开诸多积极卓有成效的工作。进一步理顺政府和企业两者之间的关系，对于进一步提升环境管理竞争力显得尤为关键，要进一步激发企业减排的潜力，应把对企业外部监管转化为内部激励机制，降低企业与政府之间环境管理交易成本，向合作型管理模式转变。当企业依据自愿协议实现减排目标时，政府相应地也必须兑现承诺的各种激励措施，主要包括资金和政策 2 方面的激励。一般激励幅度直接和减排目标挂钩。按期完成设定目标的企业，通常可以获得一定额度的资金奖励，超额完成目标的企业，按照超额比例相应可以获得更高额度的资金奖励，政府应加大节能减排的财政投入力度，建立完善的财政扶持体系。此外，政府也可灵活运用各种倾斜政策给予激励，自愿减排先进企业申请贷款时，可由政府担保，提供优先或低息贷款，优先批准自愿减排企业申报的符合国家政策的项目，优先提供技术、信息支持，承诺其减排指标可以在未来用于抵消强制减排额度，授予自愿减排先进企业荣誉称号或环保标志，实行差额税收激励企业自愿减排等。对存在严重能源浪费和超标排放的企业实行高额征税的惩罚性措施反向激励企业自愿减排。鼓励产业转换，提供节能投资补贴，通过碳基金、保障制度等各种方式来为企业提供一些可见的、具有可操作性的配套服务。② 构建多种减排途径，有效降低减排成本。对于企业而言，减排成本往往是其不可避免的根本问题，能否有效降低减排成本是企业是否自愿减排的决定性因素。从政府层面来看，构建多种减排途径，可以给企业更多的选择，比如可以自主减排，可以购买碳汇，乃至缴纳碳税等，企业可以根据自身情况选择上述任意一种或多种组合的减排途径。当前减排技术不够先进是减排成本居高不下的症结所在，先进高效的减排技术可以显著降低企业的减排成本，政府和企业均应做好减排技术外引内研，即从外部引进和内部研发两方面着手。全球气候大会上，发达国家承诺以优惠的条件向发展中国家转让先进的减排技术，中国要抓住该契机，加大力度引进国外先进高效减碳技术，同时要引导企业自主研发，可以借鉴日本领跑者制度，对行业中开发研制出高效减碳技术的企业给予重奖，由国家承担部分甚至全部研发费用，对行业中减排技术落后的企业采取比通常更为严厉的制裁措施，通过一段时间的实施，企业减排成本必将大幅降低。除此之外，企业内部还必须通过加强环境管理手段，才能达到节能减排的目的，通过制定、执行先进的能源消耗定额和污染排放指标，实现能源消耗的节约和污染排放的减少。同时，通过管理手段和技术手段的结合，发展循环经济，实行清洁生产，为节能减排开辟新的空间。③ 重视低碳理念宣传，提高企业低碳经营的社会认同度。企业自愿协议减排往往是由于感受到外部压力和生存危机，没有公众、媒体、各类社会组织的督促，企业自愿减排就缺乏动力。同时，提高自愿减排企业的社会效益也可以促使企业自愿减排，如何使企业获得更高的社会效益，必须要增强公众、行业协会、环保组织、投资者等群体对低碳减排事业的社会认同感。在传播主体上，政府和企业要肩负起相应的责任。政府在资源支持和政策制定方面是践行者，针对不同的行业产业实行不同的政策引导。低碳理念的有效落实，需要企业处理好社会责任与盈利目标之间的关系。企业需要追求利润，更需要肩负起社会责任。一方面，企业应倡导低碳文化、加强自我宣传和参加社会公益宣传，努力营造低碳企业的形象；另一方面，企业应不断挖掘消费者的低碳需求，培养消费者的低碳消费文化。可由政府牵头，企业配合，全方位不遗余力地宣传，逐渐形成全社会了解、接受、支持减排的良好氛围，潜移默化地改变公众的消费偏好，逐渐青睐低碳环保的产品，提高公众对节能减排产品的支付意愿，打上低碳环保标签的产品具有更高的附加值，更大的市场竞争力和品牌号召力。如此，自愿协议减排企业就可获得更高的社会效益，通过“市场选票”促使企业更倾向于选择自愿协议减排。

参考文献:

- [1] 新浪财经. 哥本哈根协议文件[EB/OL]. 2009-12-20[2014-01-01]. <http://finance.sina.com.cn/j/20091220/08217128048.shtml qq-pf-to=pcqq.c2c>.
- [2] PFEFFER J. *New Directions for Organization Theory: Problems and Prospects* [M]. New York: Oxford University Press, 1997.
- [3] PRICE L. Voluntary agreements for energy efficiency or GHG emissions reduction in industry: an assessment of programs around the world[DB/OL]. [2014-01-01]. <http://escho.larship.org/uc/item/67c4x06hpage-1>.
- [4] LINDÉN A L, CARLSSON-KANYAMA A. Voluntary agreements a measure for energy-efficiency in industry? lessons from a Swedish programme [J]. *Energy Polic*, 2002, **30**(10): 897 – 905.
- [5] CHIDIAC M. Lessons from the French experience with voluntary agreements for greenhouse gas reduction [J]. *J Clean Prod*, 2002, **10**(2): 121 – 128.
- [6] HANSEN K, LARSEN A. Voluntary agreements in industry: A comparative description of the process and a normative analysis [C]//*Proceedings of the 1999 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry*. Washington D C: American Council for an Energy-Efficient Economy Summer Study on Energy Efficiency in Industry. 1999: 311 – 324.
- [7] Department for Environment, Food, and Rural Affairs (DEFRA). Big CO₂ cuts beat industry climate change targets [DB/OL]. [2003-04-07]. <http://www.defra.gov.uk/news/2003/030407a.htm>.
- [8] BRABAZON P, PARISH A, GREER H, et al. *Negotiated Energy Agreements Pilot Project-Final Report* [M]. Dublin: Sustainable Energy Ireland. 2003.
- [9] 蒋芸, 杜文伟. 节能自愿协议在国外的应用[J]. 国际石油经济, 2005, **13**(2): 21 – 24.
JIANG Yun, DU Wenwei. Application of voluntary energy conservation agreements in foreign countries [J]. *Int Pet Econ*, 2005, **13**(2): 21 – 24.
- [10] 龙凤, 葛察忠, 高树婷. 用自愿协议制度促进工业环境管理[J]. 环境保护, 2010(20): 35 – 38.
LONG Feng, CAI Chazhong, GAO Shuting. Promote environmental management by industrial voluntary agreement system [J]. *Environ Prot*, 2010(20): 35 – 38.
- [11] 秦颖, 王红春. 企业参与自愿环境协议的驱动力探析[J]. 生态经济, 2013(4): 164 – 169.
QIN Ying, WANG Hongchun. The exploration of motivation of firm participates VEAs [J]. *Ecol Econ*, 2013(4): 164 – 169.
- [12] 吕荣胜, 马广蔚, 闫越. 低碳经济背景下节能减排管理政企博弈分析[J]. 武汉理工大学学报: 社会科学版, 2013, **26**(2): 214 – 218.
LÜ Rongsheng, MA Guangwei, YAN Yue. Game analysis between governments and enterprises on energy saving and emission reduction management in the context of low carbon economy [J]. *J Wuhan Univ Technol Soc Sci Ed*, 2013, **26**(2): 214 – 218.
- [13] SMITH J M, PRICE B R. The logic of animal conflict [J]. *Nature*, 1973, **246**: 15 – 18.
- [14] 李建平, 李闽榕, 王金南. 全球环境竞争力绿皮书: 全球环境竞争力报告(2013)[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2013: 73 – 83