

公众参与治理与中国二氧化碳减排行动*

——基于省级面板数据的经验分析

张 翼 卢现祥

【摘 要】文章分析了公众和企业在中国二氧化碳减排中的集体行动困境及减碳治理中的“政府失灵”问题。计算整理了 1997~2008 年中国二氧化碳排放量的省级面板数据,运用可行的广义最小二乘估计法进行了实证分析。结果表明,公众以信访的形式参与环保对于降低中国碳排放强度和人均碳排放量起到了积极作用,但政府与公众参与的联合治理机制对于碳减排的作用比较有限;另外,中国公众受教育程度与碳排放强度、人均碳排放量之间均体现了倒 U 形关系;在东部和中部地区,居民家庭平均规模的扩大也有利于降低碳排放强度和人均碳排放量。

【关键词】公众参与治理 集体行动困境 二氧化碳减排

【作 者】张 翼 中南财经政法大学经济学院,博士研究生;卢现祥 中南财经政法大学经济学院,教授。

一、引 言

1996~2008 年,中国居民生活消费在直接能源消费量中保持了平均 10.8%的比例,而对于居民生活中的间接能源消费,则要计算居民使用的商品在生产过程中或服务在被使用之前发生的能源消耗(Weber 等,2000)。Wei 等(2007)对 1999~2002 年中国城乡居民的直接和间接能源消费及相应的碳排放进行了估算,发现中国 26%的能源消费总量和相应的 30%的碳排放量是由居民的生活方式和经济活动引起,城市居民的间接能源消费是直接能源消费的 2.44 倍,农村居民的直接能源消费是间接份额的 1.86 倍。对居民生活中能源的直接消费和间接消费的计算实质上是对产品的“生产—消费”循环体系中“能源消耗足迹”和“碳足迹”的描述。居民对“碳足迹”少的产品和生活方式的选择能够使消费领域的减碳行动波及生产领域,激励企业一方面加大对产品使用过程中节能技术的研发投入,另一方面加强产品生产过程中的节能减排。因此,有学者认为公众是推进碳减排活动的核心驱动力,没有公众的积极参与,应对气候危机的任务是难以实现的(Mulugetta 等,2010)。

* 本文受国家社会科学基金重点项目“发展低碳经济的制度安排和政策工具研究”(编号:10AJL007)资助。

一些学者围绕公众个体和社会组织在推动低碳经济发展方面进行了深入研究:Parag 等(2009)认为政府与企业在减排政策的实施中存在委托—代理问题,因此政府与公众之间的关系显得十分重要,而公众对低碳创新、技术和行为的追求会推动企业的减碳行动。Middlemiss 等(2010)介绍了在欧洲和北美地区,草根(公众)领导的环境保护运动(诸如城镇转型运动、碳中和地区运动及低碳建筑项目等)在应对气候变化中起到了较大的作用,“草根运动”促进了低碳社团的建设,又能利用社团的资源开展自己的活动,打破社会的传统,为社会的变革创造新的能力。Seyfang(2010)认为社区组织或民间团体可以为低碳技术的创新和扩散提供“缝隙空间”,从而有利于社区或社团组织自下而上地开展减碳运动,这为整个社会的低碳建设奠定了基础。Peters 等(2010)讨论了针对低碳生活方式的社团组织的教育活动,认为社团组织有利于发挥社会资本、社会学习和社会规范的作用,将低碳生活方式引向主流。Heiskanen 等(2010)分析了不同类型的低碳社团,认为低碳社团有利于解决社会困境,传统惯例,技术基础和个人的无助对个人原有行为的约束,促使个人碳减排行为的形成。Moloney 等(2010)通过对澳大利亚围绕碳中和的行为转变项目的分析,构建了一个综合的“社会—技术”框架,认为低碳社会的建设是一个从个人行为改变到系统改变的过程,针对可持续消费的社会学习对于个人行为和生活方式的改变十分重要。Whitmarsh 等(2010)的研究显示个人碳减排能力的影响因素包括个人的碳排放意识、生活行为方式及公民社团对减碳行动的组织,认为有关碳排放的教育对于培育个人减碳意识,改变生活行为方式以及提高参与减碳活动的积极性十分重要。

现有文献十分强调个人行为转变和社会组织在引导有利于低碳经济发展的制度变迁中的作用,再次说明了低碳经济不能只局限于技术层面,低碳经济建设应与社会变革联系起来,培育推动低碳经济发展的利益集团,建立政府、市场与公民社会之间有效合作的新机制(洪大用,2010)。那么,中国的公众、企业与政府在推进减碳行动中存在怎样的困境,公众对于环保运动的参与程度如何,对全社会的减碳行动产生了多大的促进作用,又存在哪些不足呢?

二、二氧化碳减排行动的困境与化解

2010 年的中国公众环保指数^①显示,73.2%的公众认为相对于经济发展,环境保护更为重要,86.8%的公众意识到中国当前环境问题的紧迫性。这表明中国公众的整体环保意识已初步形成,但这一意识更多地投向家庭生活层面,而在公共场所和社会参与方面环保意识的强度相对不足;调查中所涉及的 1/2 的环保行为的采取率都在 30%以下,可见公众还未形成将环保意识转化为环保行动的习惯,但对于全球变暖问题,有 46.1%的公众表示关注且将减碳行动付诸节约水电、购买节能电器等家庭生活中,体现了中国发展低碳经济的公

^① 具体参看零点研究咨询集团与新浪环保联合发布的“2010 中国公众环保指数”(<http://green.sina.com.cn/2010-10-12/144521259694.shtml>)。

众基础;另外,72.3%的公众认为环保问题的责任应由政府承担,公众对于环境改善的期望更多地依赖于政府环保部门的公共管理。

(一) 公众和企业 在减碳中的集体行动困境

从以上的调查结果可以看出,当前中国公众的环保行为仅仅作用于那些容易界定为私有利益的领域,而对处于公共领域的环保利益则鲜有作为,即使大家意识到了环保公共利益的重要性。在发展低碳经济的过程中,公众的节俭行为和对低碳产品的选择所带来的利益界定为私有。虽然这种自利行为既有利于降低消费领域的 CO₂ 排放,也有利于激励企业的减排行为,但这样形成的减碳效应是十分有限的。因为个人或企业主动的减碳行为所形成的绝大多数利益会进入归属难以界定的公共领域,主动的减碳行为也即成为提供环境公共物品的行为。在此情况下,无论是个人还是企业都存在“搭便车”的动机。如图 1 所示,MC 表示个人或企业加入减碳行动的边际成本曲线,D₁ 表示为实现低碳经济对减碳行动的社会需求曲线,D₂ 表示个人或企业基于自利原则的减碳需求曲线,MC 与 D₁、D₂ 分别交于 A(P₁, Q₁)和 B(P₂, Q₂)两点。Q₁ 是实现低碳经济的个人和企业所应采取的减碳行动量;Q₂ 是个人和企业能够界定为私有利益的减碳行动量;而(Q₁-Q₂)则是产生的公共利益的减碳行动量。显然,对于公共领域的(Q₁-Q₂)部分,个人或企业无法根据自己的努力程度来分配减排利益,造成该部分成为减碳行动的“供给盲区”。

在社会公众形成的减碳集团中,任何一个成员的减碳行动都不会对整体的减碳效果产生很大的影响,也不会对其他成员的减碳成本或利益产生很大影响,如果气候变化问题得以改善,各成员可以均等地获得利益,因此,公众个体的减碳动力是有限的。然而,公众个体又是气候恶化的直接受害者,此时,公众集体的减碳行动需要外部引导和激励才能形成。由企业组成的减碳集团,其成员的数量虽然庞大但不同产业排放量的差异巨大,同一产业

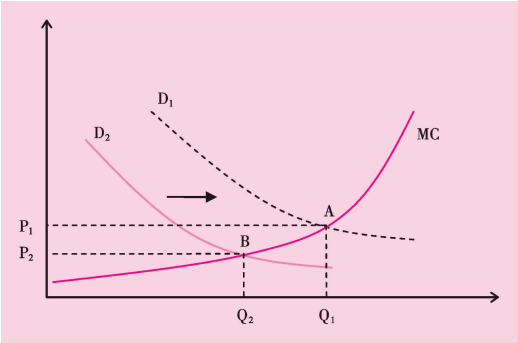


图 1 减碳行动的“供给盲区”

的不同企业也存在差异,因此各成员承担的减排量是不同的^①。那些占据较大减排份额的成员的行动对整体的减碳效果会产生较大影响,但这些成员却要与减排份额小的成员均等地分享利益,另外,企业对于气候恶化的受害性体验没有公众敏感。这些说明了企业减碳集团的形成首先需要大成员的加入和先行,而减碳的强制命令、外部的监督和激励机制是不可或缺的。

① 中科院 2010 年公布的 42 个行业二氧化碳排放量占总量的比例,排名前五位的是:电力、热力生产和供应业,占 40.1%;石油加工、炼焦及核燃料加工业,占 15.7%;黑色金属冶炼及压延加工业,占 7.3%;非金属矿物制品业,占 6.7%;化学原料及化学制品制造业,占 6%(中国气候变化信息网,2010)。

（二）政府对减碳治理的失灵

分析表明,公众减碳集团和企业减碳集团的形成都需要外部力量的推动,因此政府的减碳管制行动对于公众的引导和教育,以及对企业的强制命令、监督和激励是必不可少的,然而“政府失灵”是随之产生的另外一个问题。从治理动力来看,首先对于中国的地方政府官员,以GDP为核心的绩效考核指标更能在短期内实现且考核成本更低,而以公众对政府服务满意度为核心的官员考核体系尚未建立,当“减碳治理”与“经济增长”发生矛盾时,政府更偏向于“经济增长”先行;其次,分税制改革后,地方政府拥有更少的财权却承担更多的事权,为了增加地方财政收入,政府会较多地干预微观经济活动,放松对利税来源较高的企业或项目的能源消耗量或CO₂排放量的约束;第三,由于减碳行动产生的环境改善具有区间溢出效应,在“为增长而竞争”的格局下,各地方政府在减碳行动中也存在“搭便车”的动机;第四,政府对CO₂排放量的规制为被规制的产业集团提供了寻租机会,同时也为政府官员提供了抽租机会,减碳的管制措施面临被俘获的危险(李郁芳、李项峰,2007)。从管制方式来看,中国对于碳减排主要采取“命令—控制”型管制方式,实行“中央—地方—重点企业”的目标责任制(宋德勇、卢忠宝,2009),政府限于对企业减排成本详细信息的掌握,制定的政策难以避免滞后性,而制定统一的标准则忽略了不同企业的减排成本差异,不利于激励企业在改进生产方式、发展低碳技术方面的创新投入,由于各级之间的信息不对称,政策的执行成本和监督成本十分高昂。另外,CO₂减排政策涉及能源价格、财税激励、产业政策、监管考核、法律制度等。这些政策的制定和执行需要各级政府和政府各部门的合作与协调。政府的规模越大,代理层级越多,部门间职能交叉、权责不明和利益冲突的问题就越严重,当各级政府或各部门的目标不一致时,政策执行的协调难度就会加大。

（三）公众参与政府的减碳治理

如何克服“政府失灵”呢?解决这一问题的关键是要充分发挥CO₂减排行动的利益归属方——社会公众的作用。那么,公众参与政府减排治理的实现机制应包括哪些,且是如何化解减排行动困境的呢?其一,公众参与意识的觉醒。CO₂减排行动有利于应对气候变化危机,符合环境保护和个人健康的利益,公众应将健康利益意识转化为对个人环境权^①的维护,并进一步根据环境正义^②的原则,意识到要实现CO₂减排利益或者个人健康利益在代内和代际的公平分配,必须依靠公众的普遍参与。其二,公众减碳组织的建立与发展。公众参与可以是个人行为,也可以是组织行为。但个人行为无论是在CO₂减排行动还是在减碳治理的参与中都会产生集体行动困境,因此,有必要鼓励公众减碳小团体的建立。这类小团体可以是以地理位置为基础的减碳社区,也可以是基于减碳利益、兴趣与爱好而自愿组成的社会

① 具体包括环境知情权、环境参与权和环境请求权。

② 环境正义是指在环境法律、法规、政策的制定、遵守和执行等方面,全体人民,不论其种族、民族、收入、原始国籍和教育程度,应得到公平对待并卓有成效地参与。而其中的公平含义既要求代际公平,也要求代内公平。

组织。小型减碳团体一方面降低了各方达成协议的组织成本,另一方面也降低了测度个人努力程度的成本,以利于减碳激励措施的实施。其三,政府强化治理职能。建立以公众对政府服务的满意度为核心的政绩考核体制,使政府官员将其工作重心从干预微观经济活动向为公众提供公共服务转移,切断其与企业间的经济利益链条,转而与公众形成利益共容,当政府尊重公众的环境权时,会形成内在的减排治理动力。其四,政府转变治理方式。在减碳管制中政府应转变命令型的治理方式,构建公众参与的渠道,加强与公众的沟通及合作。公众参与减碳管制的治理既有利于公众在消费端形成主动的减碳行为,又有利于增强政府的减排治理动力。公众一方面监督地方政府的治理行为,另一方面监督企业的减碳行为,使中央政府与公众形成联盟,共同约束地方政府和企业的行为,减少地方官员与企业合谋俘获减排管制的可能,而公众的积极参与在一定程度上也分担了地方政府的治理成本。

三、公众参与下减排动力增强的实证分析

(一) 研究设计

1. 计量模型与指标选择

为了验证公众参与政府减排治理机制对于增强企业、个人 CO₂ 减排动力的有效性,我们初步设计以下回归模型:

$$c_{it} = \alpha_1 cy_{it} + \alpha_2 reg_{it} \times cy_{it} + \beta_1 jycd_{it} + \beta_2 jtgm_{it} + \gamma controls_{it} + \eta_i + \varepsilon_{it}$$

其中, i 和 t 分别代表第 i 个省份和第 t 年; η_i 是未能观测的各省区特质效应,它不随时间而变化; ε_{it} 是随机扰动项。 c 是各省 CO₂ 排放的相关信息,包括单位产值的 CO₂ 排放量($qdCO_2$)和人均 CO₂ 排放量($rjCO_2$),在模型中分别经过取对数处理。 cy 表示公众参与环境保护的程度,由于没有较系统的关于公众参与减碳治理的统计数据,这里使用各地区公众因环境污染上访的批数来间接反映参与减碳行动的程度。 reg 表示政府对污染的管制强度,以此间接反映政府治理 CO₂ 排放的力度。本文选择各地区工业企业废水排放达标率来衡量^①。用政府管制与公众参与的交互项来表示政府与公众参与的联合治理机制。 $jycd$ 是地区公众的受教育水平,用抽样调查样本数据中各地区受大专以上教育人口数占6岁以上人口总数的比重表示。我们推测,随着受教育程度不断提高并达到一定水平,个人的环境保护知识以及环境权意识会加强,从而能够主动地加入碳减排行动,因此在模型中加入此变量的二次项,以检验其非线性特征。 $jtgm$ 是家庭规模,用抽样调查样本数据中的各地区平均家庭户规模表示。陈佳瑛等(2009)的研究显示家庭规模对于碳排放具有较大影响,家庭规模小型化促进了碳排放量的增长。 $controls$ 包含以下控制变量:用人均 GDP 的对数值来表示地区经济的发展阶段,加入其二次项来检验 CO₂ 的环境库兹涅茨曲线规律。能源供应企业和其他工业企业是 CO₂ 减排治理的重点对象,用工业在经济中的占比来描述地区的产业结构特点,而且这一比重越大,该地区也越容易形成以工业为核心的利益集团。

① 本来选择二氧化硫排放达标率更好,但我们没有找到 2001 年以前该指标的数据。

考虑到中国各地区在资源禀赋、技术水平、能源结构、环境政策等方面的巨大差异,以及围绕产业链的区域间经济关联性,在参数估计时应克服截面间的异方差和相关性。对于面板数据模型,在系统方程的框架下运用可行的广义最小二乘估计(FGLS)来解决以上问题。

2.数据来源说明

工业化过程中对化石燃料的燃烧是 CO₂ 排放增加的最主要来源,参考 IPCC 介绍的估算与化石燃料燃烧相关的 CO₂ 排放量的方法,根据燃烧的燃料数量、缺省的排放因子和各燃料的平均净发热值来估算某种燃料的 CO₂ 排放量^①,然后相加获得排放总量。缺省的排放因子来源于《IPCC 国家温室气体清单指南(2006)》。各地区能源消费量和各能源平均净发热值来自 1998~2009 年的《中国能源统计年鉴》,由于没有西藏的统计数据,因此本研究中不包含该地区样本。各省能源消费量选取“地区能源平衡表”中各种能源^②的终端消费量加上用于火力发电和供热的煤的使用量。各地区有关环境污染信访的数据及工业企业废水排放达标率来自 1998~2009 年《中国环境年鉴》,其他指标的相关数据均来自各年份的《中国统计年鉴》。

(二)整体回归结果

表 1 给出了中国 1997~2008 年 30 个省份全样本回归结果。从模型 1 的估计结果看,公众参与环保有助于降低中国 CO₂ 排放强度,其作用在 1%的水平上显著;地区公众受教育程度的系数在 1%的水平上显著为正,其二次项系数为负,且在 10%的水平上显著,基本验证了受教育水平与 CO₂ 排放强度呈倒 U 形关系。这说明随着公众受教育水平的上升,其收入也随之上升从而带动个人能源消费的增加,但当受教育水平达到一定程度后,个人环保意识会加强从而主动加入碳减排行动;家庭规模的系数在 1%的水平上显著为负,说明每户家庭的人口数越多,越有利于降低居民生活中的人均碳排放强度;另外,地区人均收入的系数为正,其二次项为负,且均在 1%的水平上显著,样本范围内支持了 CO₂ 排放强度的环境库兹涅茨曲线的存在;而各地区工业在产业结构中占比的增加则不利于 CO₂ 排放强度的降低。模型 2 在模型 1 中加入了政府管制与公众参与的交互项,该项的估计系数为负,但在统计上不显著,说明了政府减碳治理与公众参与的联合作用机制尚未建立。模型 3、模型 4 是针对人均 CO₂ 排放量的回归结果,所得到的结论与模型 1、模型 2 基本一致,只是针对 CO₂ 人均排放量的环境库兹涅茨曲线在统计上并不显著。

(三)分区域回归结果

将总样本划分为东、中、西三大区域^③后分别进行回归以考察地区间的差异,估计结果

① 某种燃料的 CO₂ 排放量 = 燃料使用量 × 缺省的 CO₂ 排放因子 × 平均净发热值 × 碳氧化因子 × (44/12)

② 具体包括:各种煤、焦炭、焦炉煤气、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、炼厂干气、天然气和其他石油制品。

③ 东部包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南;中部包括山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南;西部包括广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆。

的联合减碳效应在 1% 的水平上显著,但这一联合减碳机制在东部和西部并不显著;公众受教育程度与地区 CO₂ 排放强度之间的倒 U 形关系在三大地区均得以体现,且在 1% 的水平上显著;CO₂ 排放强度的环境库兹涅茨曲线规律对于 3 个地区也都适用;对于东部和中部地区,家庭平均人口数的增加有利于降低居民生活的人均碳排放强度,但在西部地区却存在相反的规律,这说明了在经济较发达地区,家庭能源消费中的规模效应能够发挥作用,而经济较为落后的地区面临更多的经济增长问题,如何提高单位碳排放量基础上生产总值则更为重要。模型 8 至模型 10 是分别对 3 个地区人均 CO₂ 排放量的回归结果,从中反映的规律与针对地区 CO₂ 排放强度的回归结果基本一致,只是人均 CO₂ 排放量的环境库兹涅茨曲线规律仅在东部地区有所体现,而在中西部地区这一规律并未体现。

四、结论与政策含义

实证分析结果显示,中国公众以信访的形式参与环保治理对于降低中国碳排放强度和人均碳排放量起到了促进作用,显然这样一种参与活动还处于政府环境治理行动的外围,公众参与减碳行动的加深有赖于与政府的治理行动形成互动。实证结果显示,中国政府与公众参与的联合治理机制对于碳减排的作用还比较有限,在分地区检验中,这一机制在中部地区的碳减排中体现得比较明显。另外,中国公众受教育程度与碳排放强度、人均碳排放量之间均体现了倒 U 形关系,随着公众受教育水平的上升,其收入和消费也随之上升,在初期会导致间接碳排放量的增加,但当地区公众受教育水平进一步提高后,主动加入碳减排行动的人数会逐步增加。在东部和中部地区,居民家庭平均规模的扩大也有利于降低地区碳排放强度和人均碳排放量,但在西部却存在相反的规律。

在 CO₂ 减排行动中,实现深层次公众参与是未来政策制定的一个重要方向。第一,培育减碳利益集团。一是地方政府应支持各种非政府的草根低碳环保组织的建立和发展,比如以公众居住地为单位的低碳社区,以产业为单位的企业减碳合作组织,以盈利为目的的低碳环保服务咨询机构,以节俭文化为基础的消费者组织等。地方政府应增强对其政治信任,设立专项资金对这些组织所开展的活动提供必要资助,政府也通过绩效评估机制对低碳组织在减碳行动中的效率进行评估和管理。企业,特别是大型能耗企业应加入到政府的专项资助,积极配合这些组织开展的公益宣传、科研活动和社会调查等。二是支持以新能源、新技术研发为主的中小企业的发展,为低碳技术的发明和扩散营造生存空间。三是在各地区开展低碳试验区的建设,总结“政府—企业—公众”在减碳行动中形成互动关系的模式和经验。第二,构建公众参与政府碳减排治理的机制,具体包括:(1)建立地区和企业对于减排行动相关信息的披露机制;(2)通过听证会、民意调查建立公众对企业或项目减排情况的评价和建议机制;(3)通过媒体、信访建立公众对政府管制和企业、项目减排情况的监督机制;(4)通过论证会、咨询会建立环保部门、专家、公众和企业间减排技术和经验的交流机制;

(5)建立对公众评价、建议和监督的反馈机制。第三,保障公众参与碳减排的相关权益。加强围绕低碳社会建设的立法和执法,保障低碳环保组织和社会公众在碳减排行动中的知情权、参与权和司法救助的权利,完善公众参与低碳立法的听证制度及参与听证决议的执行和验收制度。建立和完善减碳公益诉讼制度,鼓励社会团体、草根低碳环保组织及公众个人参与诉讼,设立减碳公益诉讼费基金和公益诉讼民间组织来协助公众的诉讼行为。第四,要依靠地方政府、低碳环保组织以及媒体等加强对环境保护、节能减排方面的宣传和教育,普及环保知识,使公众树立环境权和健康权意识,深入了解环保的意义、途径和方式。通过地方法规的形式将环保知识和权利意识编入义务教育的内容,在中小学设置环保课程,支持和利用高校环保社团推动青少年的减碳行动。

参考文献:

1. 洪大用(2010):《中国低碳社会建设初论》,《中国人民大学学报》,第2期。
2. 李郁芳、李项峰(2007):《地方政府环境规制的外部性分析——基于公共选择视角》,《财贸经济》,第3期。
3. 宋德勇、卢忠宝(2009):《我国发展低碳经济的政策工具创新》,《华中科技大学学报(社会科学版)》,第3期。
4. 陈佳瑛等(2009):《家庭模式对碳排放影响的宏观实证分析》,《中国人口科学》,第5期。
5. Heiskanen E., Johnson M., Robinson S., Vadovics E., Saastamoinen M. (2010), Low-carbon Communities as a Context for Individual Behavioral Change. *Energy Policy*. 38, 7586-7595.
6. Middlemiss L., Parrish B. (2010), Building Capacity for Low-carbon Communities: The Role of Grassroots Initiatives. *Energy Policy*. 38, 7559-7566.
7. Moloney S., Horne R., Fien J. (2010), Transitioning to Low Carbon Communities—from Behavior Change to Systemic Change: Lessons from Australia. *Energy Policy*. 38, 7614-7623.
8. Mulugetta Y., and Urban F. (2010), Deliberation on Low Carbon Development. *Energy Policy*. 38, 7546-7549.
9. Parag Y., Darby S. (2009), Consumer-supplier-government Triangular Relations: Rethinking the UK Policy for Carbon Emissions Reduction from the UK Residential Sector. *Energy Policy*. 37, 3984-3992.
10. Peters M., Fudge S., Sinclair P. (2010), Mobilizing Community Action Towards a Low-carbon Future: Opportunities and Challenges for Local Government in the UK. *Energy Policy*. 38, 7596-7603.
11. Seyfang G. (2010), Community Action for Sustainable Housing: Building a Low-carbon Future. *Energy Policy*. 38, 7624-7633.
12. Weber C. and Perrels, A. (2000), Modeling Lifestyle Effects on Energy Demand and Related Emissions. *Energy Policy*. 28, 549-566.
13. Wei, Y.-M., Liu, L.-C., Fan, Y., and Wu, G. (2007), The Impact of Lifestyle on Energy Use and CO₂ Emission: An Empirical Analysis of China's Residents. *Energy Policy*. 35, 247-257.
14. Whitmarsh L., Seyfang G., O'Neill S. (2010), Public Engagement with Carbon and Climate Change: To What Extent is the Public "Carbon Capable"? *Global Environment Change*. doi:10.1016/j.gloenvcha.

(责任编辑:朱犁)