

碳户籍理论框架及减排效果研究

——基于私家车管控的比较

赵立祥 吴松岭

内容提要:本文基于个人碳交易概念构建了碳户籍理论框架,设计了私家车管控的碳户籍制度,并运用 Cobb-Douglas 函数建立了管控大城市私家车碳户籍和碳税的比较经济模型,立足调研数据分析两者的减排效果。结果表明:碳户籍与碳税制度都可以使消费者减少实际行车里程并保证总效用的增加;减排量对消费者刚性需求的影响决定着碳户籍制度的接受程度,合理设定的碳户籍制度比碳税更容易为消费者接受并能够达到碳减排的效果;在消费领域碳减排初期、社会减排任务量不大时,碳户籍制度优于碳税,当减排任务很大时,碳税政策更为有效。

关键词:个人碳交易;碳税;消费领域;效用函数

DOI:10.19365/j.issn1000-4181.2017.02.09

一、引言

在消费领域进行碳减排对人类社会发展低碳经济具有重要意义。据统计美国超过 80% 的能源利用和 CO₂ 排放来自居民消费及与之相关的经济活动,中国来自居民消费的碳排放量占全国碳排放总量的 42.17% ~ 49.21% (王勤花等,2013)。以市场经济方法减少消费领域碳排放的研究主要集中在个人碳交易和碳税两种方法的讨论上。Fleming (2005)、Abigail & Bristow (2010)、王锋和冯根福 (2011)、范进等 (2012) 以及 Webb & Hendry (2014) 等学者从理论上做了大量研究,核心观点是个人碳交易明确了碳排放权的产权并提供有效的市场交易机制,将会比碳税更为有效。在实验研究上,Harwatt et al. (2011) 和 Transport Studies Group & Institute for Transport Studies (2013) 通过实验方法研究了消费者的交通行为和能源选择,结果表明个人碳交易的效率明显高于碳税。

现有文献虽然论证了个人碳交易方法在消费领域实现碳减排的可行性,但仍有三个方面的问题没有解决:(1) 在消费领域设计具有可操作性个人碳交易制度的实践研究仍然少见;(2) 在消费领域到底实施个人碳交易好? 还是实施碳税好? 或者是两者同时实施? 哪个更有利? 二者是否有各自的适用范围? 到现在为止仍然没有定论,特别是没有经济学证明性质的二者的比较研究;(3) 现有研究都是针对消费领域的整体,而在所有消费领域立即推行个人碳交易政策的成本很大,这使得各国政府很难下决心全面推行之 (McNamara & Caulfield, 2013)。因此,如何针对一个具体消费领域或部门开展用个人碳交易控制碳排放的实践研究就显得很有必要。

收稿日期:2016-03-23

基金项目:本文获北京市自然科学基金项目(9142001);北京市哲学社会科学规划项目(13JGA008);教育部博导项目(20131103110004)的资助。

作者简介:赵立祥,北京工业大学经济与管理学院,博士,教授,博士生导师;吴松岭,北京工业大学经济与管理学院,博士研究生。

有鉴于此,本文基于个人碳交易概念提出了管控大城市私家车碳户籍和碳税的比较经济模型,并以调研数据为基础定量研究以下三个问题:(1)基于个人碳交易概念的碳户籍制度是否能和碳税一样起到减排的作用;(2)在实际工作中碳户籍和碳税作用有何异同;(3)二者在减排过程中各自的适用范围是什么。

二、碳户籍理论框架

个人碳交易的实施前提是建立碳账户、确定和分配每个账户一定时期的碳额、建立碳额交易平台、监督碳额交易和碳额使用(消费)情况等。本文认为将个人碳交易以户籍制度的形式加以落实将能保证更好地实施。如何落实?本文初步设计了一套方法,称之为碳户籍制度理论。

1. 碳户籍理论的内涵

碳户籍理论是以控制和减少人类活动造成的二氧化碳排放量为目标,为个人和家庭建立碳使用账户,在此基础上对碳账户分配碳额、核算碳额消费、提供碳额交易平台、制止和处罚超碳额排碳行为的系统方法。碳户籍理论主要由碳户籍概念、碳户籍管理制度和管理系统、碳户籍制度实施办法及效果检验系统等组成。

2. 碳户籍概念

碳户籍是以控制和减少人类活动造成的二氧化碳排放量为目标,通过各级权力机构对其所辖范围内的个人和家庭消费领域碳排放活动进行调查、登记、申报,并按一定的原则进行立户、分类、规划和编制的碳额使用情况册籍。

3. 碳户籍管理制度

碳户籍管理制度是指在需要控制碳排放的行政区域内的个人和家庭建立碳户籍,实施碳户籍管理办法,它包括管理者、管理对象、管理内容、各级管理者之间以及管理者与管理对象之间的信息流、信息流动平台、以及硬件设备等的相关规则。

4. 碳户籍管理系统

碳户籍管理系统是实施碳户籍管理制度的主要软硬件设备。碳户籍管理系统中的管理者是政府各级碳管理部门;管理对象是个人和家庭;管理内容是个人和家庭消费活动所造成的二氧化碳排放量。个人活动的二氧化碳排放是指以生活和消费为目的交通(移动)和居住等活动排出的二氧化碳量。

碳户籍管理系统工具主要是指交易平台、交易媒介、网络、碳额载体、以及接收、识别碳额使用工具碳消费情况的仪器等。其中,碳额载体是碳排放者使用、记录和存储碳额的工具,现实来看可以用“碳储蓄卡”,“碳储蓄卡”就是记录和显示碳额变化结果的载体,这个载体随着科技进步、特别是随着电子技术的进步可以变化。交易平台是指消费者中碳额不足者与出售碳额者买卖碳额的平台,它是涵盖全国、至少是一个涵盖较大行政区域的网络,类似于银行系统。碳户籍制度中的网络是指碳户籍管理者和管理对象以及碳消费者之间信息传递和信息存储以及碳额交易用的网络。交易媒介是指碳额买卖双方之间的碳额转移和流动所需要的工具,可以将其看成类似于 ATM 机的机器和设备,将碳额买卖双方的电子信息来回传递,不需要有其他功能,显然这比 ATM 机要简单得多。接收、识别碳额使用工具碳消费情况的仪器是指保证碳额使用工具工作的碳额接收和识别设备,可以将其看成与当前的电表和天然气表具有同样功能的设备。碳户籍制度建设内容和运转示意图如图 1:

5. 碳户籍管理制度实施和运转的基本原则

(1)碳额分配的人均原则,亦称公平、公正原则。从 White & Thumim(2008)和 Wadud(2011)的讨论中可以知道,在一个行政区域内的消费者不应因性别、收入和生活水平的不同,在初始碳额分配时分配不同的碳额,即如果是相同行政区域的相同年龄的人,其碳额分配标准应该是相同的,这里的行

政区域是指相同自然条件的行政区域。

(2)个人碳交易与企业碳交易应分别实施,两者不应混淆。因为相对企业,每一个人分配的碳额是很少的,两者混在一起对个人碳减排将起不到应有的效果,特别是容易造成碳额的囤积居奇,影响社会安定。

(3)碳额分配应该是逐渐趋紧的原则。为了避免大多数人生活水平因采用碳额分配方法突然下降,所分配的碳额应根据大多数人生活水平不突然改变的原则制定碳额分配标准。显然一旦当大多数人形成了高碳排放的生活方式,碳减排的难度可想而知。

下文将主要探讨基于碳户籍理论下的大城市私家车管控的制度设计,比较碳户籍与碳税管控的效果,即碳户籍理论中的碳户籍制度实施办法及效果检验内容。

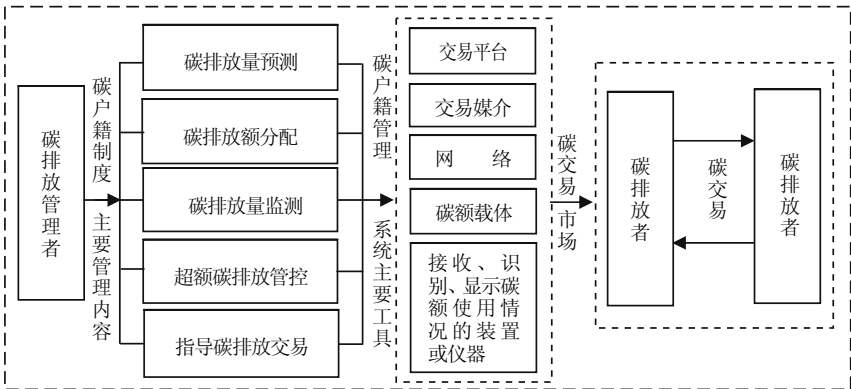


图1 碳户籍管理制度的主要内容和管理系统运转示意图

资料来源:作者绘制。

三、碳户籍理论控制大城市私家车使用的制度设计

交通工具碳排放是世界各国碳减排最急需解决的问题。近些年来,由于私家车数量的爆发式增长,私家车使用带来的碳排放量快速增加。本文提出的碳户籍管理办法控制大城市私家车使用方案的主要内容如下:(1)一个城市的居民每人每年有一个小轿车驾车用的碳配额,每个人驾车的碳排放量在限额内可以自由行使,超过额度就必须购买他人的碳额,否则就不能驾车上路;每个人的碳额可以自己用,节约的碳额也可以任意出售给他人从而得到一定的收入,出售碳额的人没有了碳额就不能驾车出行,如果还想驾车出行就必须购买其他人的碳额;碳额的价格随行就市;每个人最多的碳额购买量有上限;政府可以指定代理机构以基本价格收购居民出售的碳额,企业也可以从事碳额交易;政府可以利用碳额的数量、碳额收购基本价格的高低、碳额发放的时间和频率等手段控制私人小轿车的使用;居民若不想被碳额束缚可以购买电动车和清洁能源车;(2)碳户籍理论在实际应用中,碳额的分配应考虑不同地区和行业的特点做到简单、清晰,降低据此而产生的交易成本。就管控私家车使用来说,本文认为碳额的分配与行驶里程相结合是比较合理的方法,以给定行车里程方式分配碳额,超过给定行车里程即认为碳额用完,从而以减少私家车总行车里程达到碳减排的目的;(3)委托银行从事碳额发放和碳交易工作,银行利用已有的网络系统、特别是对ATM机稍加改造就可以担当碳额发放和碳额交易的工作。他们可以从碳额发放工作中获得一定的政府补助,还可以从每笔碳额交易中获得碳额买卖的差价。

四、碳户籍制度控制大城市私家车使用减排效果的经济学分析

1. 模型的建立

本文把开车消费和其他所有商品消费看作两种商品。设 U_1 、 Q_1 是没有采用政策措施下的消费者效用和碳排放量(将其设为比较基准); U_2 、 Q_2 是碳户籍制度作用下消费者效用和碳排放量; U_3 、 Q_3 是碳税政策作用下消费者效用和碳排放量, p_c 是单位排放量的碳价。

碳户籍制度和碳税政策的有效性需要满足:

$$U_2 - Q_2 \times P_c > U_1 - Q_1 \times P_c; U_3 - Q_3 \times P_c > U_1 - Q_1 \times P_c$$

需要注意的是无论碳税还是碳户籍制度的实施都需要交易成本,因此边界状态即二者相等,不能支持政策的有效性,进一步本文假定交易成本为零。同样,碳户籍和碳税政策的有效性比较也依赖于 $U_2 - Q_2 \times P_c$ 和 $U_3 - Q_3 \times P_c$ 之间大小。

对于两种商品的效用, Cobb-Douglas 效用函数在经济学中有着广泛的应用。本文采用 Cobb-Douglas 效用函数建立消费者效用模型,同时假定消费者收入和商品价格水平相对固定。

(1) 比较基准:消费者效用模型。没有采用政策措施下的消费者效用(比较基准)可由下式给出:

$$\max [U_1(x_1, x_2)] = \max (x_1^{\alpha_1} x_2^{1-\alpha_1})$$

$$s. t. y = x_1 p_1 + x_2 p_2$$

设 $U_1(x_1, x_2) = x_1^{\alpha_1} x_2^{1-\alpha_1}$ 为个人效用函数, x_1 是实际行车里程, p_1 是实际行车单位里程价格(总收入中用于驾车出行的费用与总行车里程之比), x_2 是其他商品消费量, p_2 是其他商品单位价格, α_1 是收入中用于驾车出行的份额, y 是个人收入。

上述问题实际上是一个求极值问题,可构造拉格朗日函数,由于上式为 Cobb-Douglas 效用函数,故可微,求得:

$$U_1^* = \left(\frac{\alpha_1 y}{p_1} \right)^{\alpha_1} * \left[\frac{(1 - \alpha_1) y}{p_2} \right]^{1-\alpha_1} \quad (1)$$

(2) 碳户籍制度下的消费者效用模型。碳户籍制度改变了消费者的效用函数及预算约束。在建模过程中,给予消费者的碳排放额度,可以理解为给定的行驶历程:

碳排放额(钱额) = 给定里程(社会平均里程) × 单位公里的碳排放量 × 单位碳排放的价格

由于单位公里碳排放量是一个固定的系数,它是由车辆油耗及汽油碳排放系数构成,为了计算方便本文不再考虑,故碳额可以用给定历程表示。显然根据计算结果再乘以一个固定系数并不影响本文的结论。

碳户籍制度下的效用函数和约束条件变为:

$$\max [U_2(x_1, x_2)] = \max (x_1^{\alpha_2} x_2^{1-\alpha_2})$$

$$s. t. y = x_1 p_1 + (x_1 - x_0) p_c + x_2 p_2$$

$U_2(x_1, x_2) = x_1^{\alpha_2} x_2^{1-\alpha_2}$ 为个人效用函数, x_1 是实际行车里程, p_1 是实际行车单位里程价格, x_2 是其他商品消费量, p_2 是其他商品单位价格, y 是个人收入, α_2 表示实行碳户籍制度后收入中用于驾车出行的份额, x_0 表示给定行车里程, p_c 表示单位碳排放价格,则 $x_0 p_c$ 为真实的给定碳排放额度。进一步 $\alpha_2 \leq \alpha_1$, 这是因为实行碳户籍制度后,消费者在实际驾车出行中,不仅会考虑实际开车成本,而且会考虑碳交易额损失的机会成本,也就是说消费者开车的偏好会下降。

模型 II 中,效用函数的指数发生变化由 α_1 变为 α_2 ,表明消费者偏好发生了一定的变化。

而约束条件变为: $y = x_1 p_1 + (x_1 - x_0) p_c + x_2 p_2$

当实际行车里程 $x_1 = 0$ 时,表明消费者不开车,约束条件变为 $y + x_0 p_c = x_2 p_2$,说明消费者不仅把全部收入用于消费商品 2,同时把分配的全部碳排放额度也用于消费商品 2。

当实际行车里程 $x_1 < x_0$ 时, 则 $(x_1 - x_0)p_c$ 为负数, 则预算约束变为: $y + (x_0 - x_1)p_c = x_1p_1 + x_2p_2$, 等式右边其经济含义是消费者收入在一定程度上变相地增加了, 等于实际收入加上节约的碳排放额度, 右边依然为商品 1 和 2 的约束条件。

当 $x_1 = x_0$ 时, 表明消费者刚好把分配的碳额用完, 则预算约束变为 $y = x_1p_1 + x_2p_2$, 这和模型 I 的预算约束是一样的, 需要注意的是这时候的效用函数与模型 I 并不相同, 因为 $\alpha_2 \leq \alpha_1$ 。

当 $x_1 > x_0$ 时, 预算约束变为 $y - (x_1 - x_0)p_c = x_1p_1 + x_2p_2$, 等式右边其经济含义是消费者收入变相地减少了, 也就是说当消费者实际行车里程超过给定行车里程, 则消费者必须购买超额的碳排放额度。

基于以上分析, 对模型 II 求解得:

$$U_2^* = \left[\frac{\alpha_2(y + x_0p_c)}{p_1 + p_c} \right]^{\alpha_2} \left[\frac{(1 - \alpha_2)(y + x_0p_c)}{p_2} \right]^{1-\alpha_2} \quad (2)$$

(3) 征收碳税后的消费者效用模型。从经济学角度, 征收碳税实际上改变了消费者的效用函数和预算约束:

$$\max [U_3(x_1, x_2)] = \max (x_1^{\alpha_3} x_2^{1-\alpha_3})$$

$$s. t. y = x_1p_1(1 + t) + x_2p_2$$

$U_3(x_1, x_2) = x_1^{\alpha_3} x_2^{1-\alpha_3}$ 为个人效用函数, x_1 是实际行车里程, p_1 是实际行车单位里程价格, x_2 是其他商品消费量, p_2 是其他商品单位价格, y 是个人收入, α_3 表示实行征收碳税后收入中用于驾车出行的份额, t 是征税的税率, 需要注意的是征收碳税后, 消费者开车的偏好发生了一定的变化, 一般来说征收碳税意味着消费者开车的成本提高, 因此 $\alpha_3 \leq \alpha_1$ 。

对模型 III 求解得:

$$U_3^* = \left(\frac{\alpha_3 y}{p_1(1 + t)} \right)^{\alpha_3} * \left[\frac{(1 - \alpha_3)y}{p_2} \right]^{1-\alpha_3} \quad (3)$$

2. 模型的求解与比较

(1) 碳户籍和比较基准的比较。根据产权交易理论, 在实行碳户籍制度之后, 必须满足以下条件才能说明碳户籍制度在经济上是可行的: 第一, 实际行驶里程不变, 同时效用增加; 第二, 实际行驶里程减少, 同时效用不变; 第三, 实际行驶里程减少, 同时效用增加。为此, 要求出满足上述条件的制度设计方案。

考虑到交易成本的存在, 本文以最强的条件 3, 即实际行驶里程减少, 同时效用增加加以说明。考虑 n 个消费者, 只要同时满足 (4) 和 (5) 式即能说明碳户籍制度的有效性:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0p_c)}{p_{1i} + p_c} \right]}{\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_{1i}y_i}{p_{1i}}} < 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \left[\frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0p_c)}{p_{1i} + p_c} \right]^{\alpha_{2i}} \left[\frac{(1 - \alpha_{2i})(y_i + x_0p_c)}{p_{2i}} \right]^{1-\alpha_{2i}} + \left[\frac{\alpha_{1i}y_i}{p_{1i}} - \frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0p_c)}{p_{1i} + p_c} \right] * p_c \right\}}{\sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{\alpha_{1i}y_i}{p_{1i}} \right)^{\alpha_{1i}} * \left[\frac{(1 - \alpha_{1i})y_i}{p_{2i}} \right]^{1-\alpha_{1i}} \right\}} > 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$\text{其中, } \sum_{i=1}^n \left[\frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0p_c)}{p_{1i} + p_c} \right] \text{ 和 } \sum_{i=1}^n \left\{ \left[\frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0p_c)}{p_{1i} + p_c} \right]^{\alpha_{2i}} \left[\frac{(1 - \alpha_{2i})(y_i + x_0p_c)}{p_{2i}} \right]^{1-\alpha_{2i}} + \left[\frac{\alpha_{1i}y_i}{p_{1i}} - \frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0p_c)}{p_{1i} + p_c} \right] * p_c \right\}$$

是实施碳户籍制度后, n 个消费者的实际行驶里程总和及总效用之和, $\sum_{i=1}^n \frac{\alpha_{1i} y_i}{p_{1i}}$ 和 $\sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{\alpha_{1i} y_i}{p_{1i}} \right)^{\alpha_{1i}} * \left[\frac{(1 - \alpha_{1i}) y_i}{p_{2i}} \right]^{1 - \alpha_{1i}} \right\}$ 是比较基准的 n 个消费者的实际行驶里程总和及总效用。 α_{2i} 表示在实施碳户籍制度后第 i 个消费者收入中用于驾车出行的份额, y_i 表示第 i 个消费者的收入, p_{1i} 表示第 i 个消费者实际行驶单位里程价格, p_{2i} 表示第 i 个消费者消费其他商品的单位价格, α_{1i} 表示在实施碳户籍制度之前第 i 个消费者收入中用于驾车出行的份额。

如果 $\alpha_{1i}, \alpha_{2i}, p_{2i}, p_{1i}, y_i$ 已知, 实际的变量只有 x_0, p_c 。因此, 只要参数 x_0, p_c 设置合适, 容易证明 (4)、(5) 式均可成立且不矛盾。

(2) 碳税与比较基准的比较。

根据已有研究结果, 碳税政策的实施一般会抑制消费者的开车行为即实际行驶里程减少, 同时消费者效用也将减少。将征收碳税后的第 i 个消费者实际行驶里程与比较基准进行比较 $\frac{\alpha_{3i} y_i}{p_{1i}(1 + t)} < \frac{\alpha_{1i} y_i}{p_{1i}}$, 易证征收碳税后的实际行驶里程小于比较基准。一般的 $\alpha_{3i} \leq \alpha_{1i}$, 即征收碳税后消费者驾车出行的偏好会降低, 但根据本文调研这种变化并不明显, 即 $\alpha_{3i} \approx \alpha_{1i}$ 。

从社会角度来说, 如果满足节约的社会碳排放额度大于消费者减少的效用, 即总效用增加, 碳税政策是有效的, 也就是满足:

比较基准的效用 - 征收碳税后的效用 $<$ (比较基准的实际行驶里程 - 征收碳税后的实际行驶里程) \times 单位碳排放价格, 具体由 (8) 式给出:

$$\left(\frac{\alpha_1 y}{p_1} \right)^{\alpha_1} * \left[\frac{(1 - \alpha_1) y}{p_2} \right]^{1 - \alpha_1} - \left(\frac{\alpha_3 y}{p_1(1 + t)} \right)^{\alpha_3} * \left[\frac{(1 - \alpha_3) y}{p_2} \right]^{1 - \alpha_3} < \left[\frac{\alpha_1 y}{p_1} - \frac{\alpha_3 y}{p_1(1 + t)} \right] p_c \quad (6)$$

上式中 p_c 为单位碳排放价格, 在这里本文认为这一价格和前本设定的 p_c 是一致的, 都用 p_c 来表示。

碳税政策并不要求每一个消费者的总效用增加, 只要是全社会是帕累托改进即可。考虑 n 个消费者, 容易证明对 n 个消费者征收碳税后他们的实际行驶里程总和小于比较基准的实际行驶里程总和:

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{\alpha_{3i}}{(1 + t)} \right] < \sum_{i=1}^n \alpha_{1i} \quad (7)$$

α_{3i} 表示实施征收碳税政策之后第 i 个消费者收入中用于驾车出行的份额。

对于 n 个消费者效用的比较, 只要满足 (8) 式即可

$$\sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{\alpha_{1i} y_i}{p_{1i}} \right)^{\alpha_{1i}} * \left[\frac{(1 - \alpha_{1i}) y_i}{p_{2i}} \right]^{1 - \alpha_{1i}} - \left(\frac{\alpha_{3i} y_i}{p_{1i}(1 + t)} \right)^{\alpha_{3i}} * \left[\frac{(1 - \alpha_{3i}) y_i}{p_{2i}} \right]^{1 - \alpha_{3i}} \right\} < \sum_{i=1}^n \left[\frac{\alpha_{1i} y_i}{p_{1i}} - \frac{\alpha_{3i} y_i}{p_{1i}(1 + t)} \right] p_c \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

如果 (7) 和 (8) 式同时成立, 则表明实施碳税政策后, 可以使消费者的实际行驶里程减少, 同时可以保证社会总效用增加。显然, (7) 和 (8) 式并不矛盾, 只要 p_c 足够大 (8) 式完全可以成立。随着全球环境的持续恶化, 对碳减排量的要求也不断增加, p_c 在事实上也在不断增加, 因此征收碳税确实能够起到减少实际行驶里程和增加社会总效用的效果。

本文分析了碳户籍制度的有效性, 下面本文比较碳户籍制度与征收碳税政策哪一个更优。通常来说, 作为个人消费者, 碳户籍制度更容易接受, 因为相对于征税来说碳户籍制度能保证一部分消费者个人效用增加, 即实际行驶里程小于给定行驶里程的那部分消费者效用是增加的, 而征税会使所有的消费者个人效用减少。

(3)碳户籍制度与碳税政策的比较。从经济学角度来说,市场行为的效率一般高于政府对资源的分配效率(Coase,1960)¹⁻⁴⁴。因此,如果碳户籍制度下的实际行车里程能够小于征收碳税后的行车里程,同时总效用大于征收碳税后的总效用,则说明碳户籍制度比征收碳税更有效。

实际行车里程的比较。考虑 n 个消费者,如果满足(9)式,则说明碳户籍政策的总实际行车里程小于征收碳税后的总行车里程:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0 p_c)}{p_{1i} + p_c} \right]}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\alpha_{3i} y_i}{p_{1i}(1+t)} \right]} < 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

针对(9)式,如果 $y_i, p_{1i}, \alpha_{3i}, \alpha_{2i}, t$ 已知,合理设定的参数 x_0, p_c , 完全可以保证(9)式的成立。

效用的比较。考虑 n 个消费者的社会总效用,根据前面的计算效用比较如下:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \left\{ \left[\frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0 p_c)}{p_{1i} + p_c} \right]^{\alpha_{2i}} \left[\frac{(1 - \alpha_{2i})(y_i + x_0 p_c)}{p_{2i}} \right]^{1-\alpha_{2i}} + \left[\frac{\alpha_{1i} y_i}{p_{1i}} - \frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0 p_c)}{p_{1i} + p_c} \right] p_c \right\}}{\sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{\alpha_{3i} y_i}{p_{1i}(1+t)} \right)^{\alpha_{3i}} \left[\frac{(1 - \alpha_{3i}) y_i}{p_{2i}} \right]^{1-\alpha_{3i}} + \left[\frac{\alpha_{1i} y_i}{p_{1i}} - \frac{\alpha_{3i} y_i}{p_{1i}(1+t)} \right] p_c \right\}} > 1 \quad (10)$$

$i = 1, 2, \dots, n$

其中, $\left[\frac{\alpha_{1i} y_i}{p_{1i}} - \frac{\alpha_{2i}(y_i + x_0 p_c)}{p_{1i} + p_c} \right] p_c$ 是实行碳户籍政策后第 i 个消费者社会碳排放额节约部分,

$\left[\frac{\alpha_{1i} y_i}{p_{1i}} - \frac{\alpha_{3i} y_i}{p_{1i}(1+t)} \right] p_c$ 是征收碳税后第 i 个消费者社会碳排放额节约部分。

(10)式中如果 $y_i, p_{1i}, p_{2i}, t, \alpha_{1i}, \alpha_{2i}, \alpha_{3i}$ 已知,则只需设置出合理的参数 x_0, p_c , 完全能够保证(9)式成立的基础上,(10)式的同时成立。

3. 实证模拟

由于碳户籍制度较复杂,本调查采用目的性抽样的方法,即主要选择有一定文化程度(高中及高中以上)的北京市常住人口(含非京籍人员)及亲戚朋友、MBA 学员、教师、公务员等拥有私家车的固定收入阶层作为被调查对象。调查过程中,调查者先向被调查者详细介绍了碳户籍制度和碳税控制北京私家车使用方案的基本内容,然后再请被调查者填写问卷。经过半年多的调查最终发放调查问卷 500 份,经过人工排查,对于填答不完整、答案前后有明显逻辑矛盾、做题态度不认真的问卷进行了剔除后,最终获得有效问卷 476 份,问卷有效率为 95.2%。被调查者涉及了各类特征人群,以 20 到 50 岁人群、高中及以上学历、北京户籍为主,被调查者在北京各环线均有居住分布,样本具备了代表性。

本文的调查取样建立在理性经济人的基础之上,即每一个理性经济人都会以自己最小经济代价去获得自己最大经济利益,并基于此安排自己的经济行为,调查群体关于学历和地域的设定是为了调查取样的方便,不影响其理性经济人的行为。当然,样本的广泛性仍有待加强,认为针对不同地域和人员进行调查,数据可能会略有区别,但每个经济人的决策和行为不会有实质性差别。具体数据如表 1:

表 1 实际调研数据

序号	家庭 人均收入 (元/月)	实际行车单 位里程价格 (元/公里)	其他商品 单位价格 (元/每单位)	收入中用于 驾车出行的份额 (%)	碳户籍实施后 收入中用于驾车 出行的份额(%)	征收碳税后 收入中用于驾车 出行的份额(%)
1	3600	1.0000	1.6120	15	12	15
2	4400	1.0000	1.9101	16	15	16
3	5000	1.2001	1.8124	17	16	17

续表

序号	家庭 人均收入 (元/月)	实际行车单 位里程价格 (元/公里)	其他商品 单位价格 (元/每单位)	收入中用于 驾车出行的份额 (%)	碳户籍实施后 收入中用于驾车 出行的份额(%)	征收碳税后 收入中用于驾车 出行的份额(%)
4	5200	1.2510	1.6021	16	15	16
5	5400	1.1001	1.8101	17	16	17
6	5500	1.0010	1.9021	15	14	15
7	5800	1.1001	1.9101	16	15	16
8	6500	1.3002	1.7201	16	15	16
9	8000	1.3030	1.9014	16	16	16
10	12000	1.4004	1.7012	14	14	14

注:本文将数据按照被调查者职业、年龄分为十组,每组包含 47~48 个样本,然后采用最大组中值法进行处理,上表为处理后十组数据;收入中用于驾车出行的份额包括汽油、维修及其他用于车辆的费用三者总和;对于其他商品单位价格,统计了消费者用于生活的日常开支,排除了购买耐用消费品、奢侈品、不动产等大件商品的费用,为计算方便进行了标准化处理;收入为消费者家庭平均每人月收入,另国际上对碳税税率的设置都是以二氧化碳排放量为基础,在这里假设碳税为在现油价的基础上增加 10% 的费用。

资料来源:根据调研数据,作者整理所得。

(1)碳户籍制度与比较基准的比较。考虑(4)和(5)式,将上述数据代入,并用 Matlab 软件编程模拟做出图像。在实际模拟过程中,为了使图像更加清楚说明问题,对表 1 中的数据量纲进行了处理,即将每月收入按千元为单位来计算,模拟结果如图 2(a)。

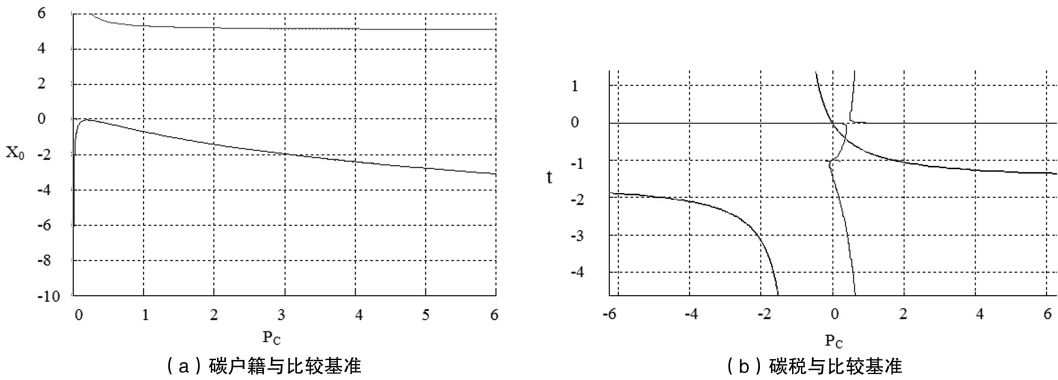


图 2 碳户籍、碳税与比较基准的比较

注:图 2(a)中纵坐标为给定行车里程,横坐标为单位碳排放量价格;图 2(b)中纵坐标为碳税税率,横坐标、为单位碳排放量价格。

资料来源:作者绘制。

图 2(a)中上部曲线表示的是(4)式,其下方区域为符合要求的区域,下部曲线为(5)式,其上方区域为符合要求的区域。从图 2(a)中可以看到,二条曲线中间的区域为符合要求的 x_0, p_c 参数设置,由于在实际工作中给定开车里程和碳价即 x_0, p_c 不可能为负,因此(4)式图像即上部曲线与横坐标之间区域的 x_0, p_c 参数值都能保证碳户籍制度的有效性,这就证明了合理的 x_0, p_c 设置可以满足实际开车里程减少和社会总效用增加,因此碳户籍制度是有效的。

进一步考虑边界情况,图 2(a)中上部曲线为符合(4)等式的曲线,给定里程 x_0 与碳价 p_c 的关系为负相关关系,也就是说为了保证碳户籍制度有效性, x_0 越大, p_c 可以越小,反之亦然。但是 x_0 的下降随着 p_c 的增加,越来越慢,最后趋于直线,这说明当 x_0 下降到一定程度,不管碳价如何增加, x_0 将不

会再下降,从实证上看,每个人对车辆的使用都包含两个部分,一是刚性需求,二是奢侈需求,而刚性需求对价格并不敏感,碳户籍政策的制定应当是减少奢侈需求,因此,调研消费者的刚性需求并合理给定 x_0 是碳户籍制度设计的关键。

(2)碳税与比较基准的比较。图 2(b)是将表 1 数据代入(7)式和(8)式运用 Matlab 软件绘出图像。图 2(b)中平滑双曲线右上方是满足(7)式的区域,不规则曲线右上方为满足(8)式的区域。在实际工作中碳税和碳交易价格不可能为负,因此,仅仅考虑横轴 0 以上的区域。从图 2(b)可以清楚看到,这样的区域是存在的,即(7)式上部曲线的以上区域均满足(7)式和(8)式。由此可知,只要满足(7)式的碳税和碳交易价格设置,自然会满足(8)式的要求。这就说明合理的碳税和碳价格设置完全可以达到实际行车里程减少,而社会总效用增加。

(3)碳户籍制度与碳税的比较。考虑(9)式与(10)式,由于碳税已经在多个国家推行,在这里将碳税税率看作已知变量,将碳税税率看作提高驾车出行价格的组成部分,设置为 10%。运用 Matlab 软件对(9)式和(10)式作出图 3(a)。

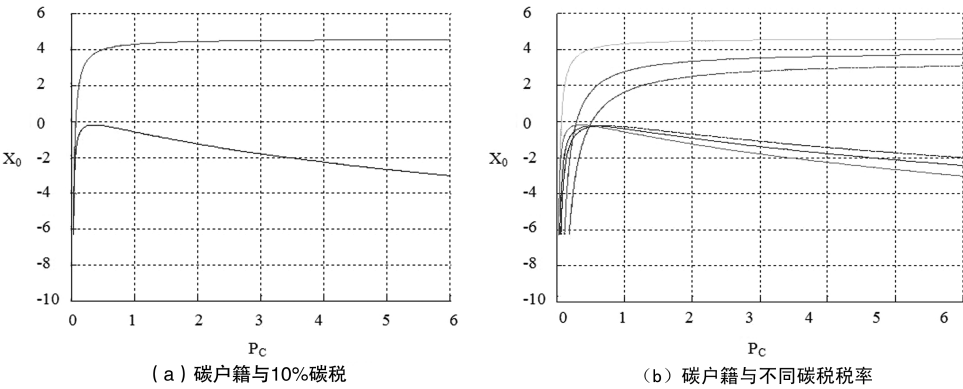


图 3 碳户籍制度与碳税的比较

注:图 3 中纵坐标为给定行车里程,横坐标为单位碳排放量价格。
资料来源:作者绘制。

图 3(a)中上部曲线下为满足(9)式的区域,即满足实施碳户籍制度后行车里程小于碳税的区域;下部曲线上方为满足(10)式的区域。在实际工作中,给定行车里程和碳交易价格不可能为负,因此本文仅考虑横轴为 0 以上的区域,从图 3(a)可以清楚看到,(9)式下部曲线和横坐标轴 0 以上区域,均满足(9)式和(10)式,即上部曲线下和 0 轴上方区域。这就证明了合理设定的 x_0, p_c 的碳户籍制度能够达到比 10% 的碳税实现实际行车里程减少,总体社会效用增加的目的。因此,从消费者角度合理设定的碳户籍制度优于碳税政策。

在实际工作中,由于碳税税率是可以调整的。如果税率发生变化,则满足碳户籍制度优于碳税的参数 x_0, p_c 取值范围也将会发生变化。对碳税税率取不同的值作出图 3(b)。

图 3(b)中上部三条曲线下区域分别代表满足(9)式,即碳户籍制度比碳税实际开车里程小的区域,三条曲线由上向下的碳税税率取值分别为 10%、30% 和 50%,而下部三条曲线以上区域分别代表满足(10)式,即碳户籍制度比碳税效用大的区域,三条曲线由下向上碳税税率取值分别为 10%、30% 和 50%。从图 3(b)中可以看到随着碳税税率的增加,满足(9)和(10)式的参数 x_0, p_c 的取值范围不断变小。

图 3(b)说明碳户籍制度也是有适用范围的,如果全社会减排任务量过大,必须通过制定很高的碳税政策才能实现减排任务,则满足条件的给定里程和碳价 x_0, p_c 范围很小。而在对图 2(a)的分析中知道,消费者的开车分为刚性需求和奢侈需求,而碳户籍制度仅仅对减少奢侈需求有效,而对刚性需求效果不明显,如果社会减排任务量过大,满足图 3(b)的 x_0 取值范围有可能小于消费者的刚性需

求,则碳户籍制度将失效。

五、结论与建议

本文得到如下结论:碳税和碳户籍制度可以使消费者减少实际开车里程,并保证社会总体效用的增加;在减排任务初期和一定量内,碳户籍制度比碳税更容易为消费者接受,并完全能够达到社会减排的作用;当只有制定很高的碳税才能完成减排任务时,碳户籍制度的给定行车里程小于消费者行车的刚性需求时,碳户籍制度将失效,这就意味着社会碳减排任务较小时,碳户籍制度优于碳税,当减排任务量很大时,碳税政策更为有效。

由上述研究,本文提出如下政策建议:

1. 以北京、上海等大城市或其他城市的拥堵区域率先试行碳户籍管控私家车出行的制度。

目前在北京、上海等大城市实施管控私家车过多出行的方法主要有尾号限行、摇号购车、拍卖牌照、提高停车收费标准、收取拥堵费等措施,其最大的弊端就是最终形成“谁有钱,谁驾车”的结果,显然这与公平、公正、效率地使用公共资源的原则是不相符的,同时这种办法也未能使居民个人减少机动车购置和使用的行为与个人利益建立起关联关系。根据本文研究结论,碳户籍制度在减排初期或任务量不是很大时优于碳税,因此将大城市或其他城市的拥堵区域作为碳减排的突破口并且设计一套新的制度内容,以实现公平、公正、效率的碳减排是碳户籍理论研究的当前重点。碳户籍管控大城市私家车出行的方法作为一项新制度,首先试点推行其缓解交通拥堵的功能更为适当。

2. 构建碳户籍管控大城市私家车出行的实施机制。

在碳户籍制度管控大城市交通拥堵积累一定的经验后,构建碳户籍管控大城市私家车出行的实施机制,全面推行,发挥其碳减排功能。以北京为例具体说明如下:(1)测算机制。碳户籍制度的实施是以碳排放总量控制为基础,因此国家应设立相关部门科学测算每个地区下一年度的碳排放量,合理分配各区域的碳减排量,特别是应有交通部门承担的碳减排额度;(2)分配机制。政府部门根据测算的交通部门承担的碳减排任务量,科学合理地对私家车碳额进行分配。私家车在拥堵区域给予较小的给定行车里程,在非拥堵区域给予较多的给定行车里程,使碳减排与消费者个人利益挂钩;根据车辆发动机碳排放量差别,分别给予车辆不同的给定行车里程;(3)监测及管控机制。建立碳排放额监测体系,监控消费者碳额使用情况。当给定行车里程不足时,消费者必须购买给定行车里程,采用经济及行政处罚手段,严格管控超碳额使用情况的发生;(4)交易机制。通过政府指定的机构,如碳交易所或银行,建立碳额买卖交易的场所,根据碳额市场实际状况,适时开展消费者之间网上直接交易方式;(5)定价机制。政府每年规定给定行车里程(碳额)的基准价格,对于指定机构回收的碳额可以通过网络竞拍或买卖双方自由洽谈方式进行定价,为防止市场供求变动引起的碳额价格剧烈波动,导致碳额售出者无法获得应有的利益,政府可以给予相关碳交易公司一定财政补贴;(6)技术支持机制。鼓励企业投资适用碳户籍制度推行的项目和技术,例如具有ETC扫描功能的碳额识别装置、车辆碳消费测量仪器、给定行车里程碳卡、碳交易系统和碳户籍管理信息系统等,为企业提供财政、贷款等优惠政策。

3. 进一步完善对碳户籍制度实施细则的研究。

为控制大城市私家车过度使用提供了新的思路,但仍有几个问题亟待解决:(1)调研数据的地域性及广泛性仍需要加强;(2)这些优势能否被公众接受,在实际工作中如何减少交易成本,确定消费者的刚性需求;(3)当碳额相对价格及消费者收入等方面发生变动时这些措施是否有效;(4)碳户籍控制私家车的制度设计是否存在比本文更加高效、简便、合理的方案。

参考文献:

- [1] Abigail L. and T. Bristow, 2010, "Public Acceptability of Personal Carbon Trading and Carbon Tax," *Ecological Economics*, 69 (5):1824-1837.

- [2] Bohringer C. and A. Lange, 2005, “Economic Implications of Alternative Allocation Schemes for Emission Allowances,” *The Scandinavian Journal of Economics*, 107(3):563–581.
- [3] Coase R., 1960, “The problem of social cost,” *Journal of Law and Economics*, 3(10):1–44.
- [4] Fleming D., 2005, *Energy and the Common Purpose: Descending the Energy Staircase with Tradable Energy Quotas (TEQs)*, London: The Lean Economy Connection.
- [5] Harwatt T, M. Tight, L. Abigail and G. Astrid, 2011, “Personal Carbon Trading and Fuel Price Increases in The Transport Sector: An Exploratory Study of Public Response in The UK,” *European Transport*, 47(3):47–70.
- [6] McNamara D., and B. Caulfield, 2013, “Examining the Impact of Carbon Price Changes under a Personalized Carbon Trading Scheme for Transport,” *Transport Policy*, 30(11):238–253.
- [7] Transport Studies Group, Loughborough University, Institute for Transport Studies, University of Leeds, 2013, “The Potential Behavioural Effect of Personal Carbon Trading: Results from an Experimental Survey,” *Journal of Natural Resource Policy Research*, 14 (7):112–145.
- [8] Webb A. and F. Hendry, 2014, “Exploring the Effects of Personal Carbon Trading (PCT) System on Carbon Emission and Health Issues: a Preliminary Study on the Norfolk Island,” *The International Technology Management Review*, 6 (4):1–11.
- [9] White V., and J. Thumim, 2008, “Moderating the Distributional Impacts of Personal Carbon Trading,” *Unite Kingdom-Working Paper*.
- [10] Wadud Z., 2011, “Personal Tradable Carbon Permits for Road Transport: Why, Why Not and Who Wins?,” *Transportation Research*, 45(9):1052–1065.
- [11] 范进、赵定涛、洪进, 2012, “消费排放权交易对消费者选择行为的影响”, 《中国工业经济》, 第 3 期, 第 30–42 页。
- [12] 王锋、冯根福, 2011, “中国经济低碳发展的影响因素及其对碳减排的作用”, 《中国经济问题》, 第 3 期, 第 62–69 页。
- [13] 王勤花、张志强、曲建升, 2013, “家庭生活碳排放研究进展分析”, 《地球科学进展》, 第 12 期, 第 1305–1312 页。

Research on The Theory Framework And Effects of Carbon Emission Reduction of Carbon Household Registration: Based on The Comparative Analysis of Private Cars Control

ZHAO Lixiang, WU Songling
Beijing University of Technology, Beijing, 100124

Abstract: This paper has built the theory framework of Carbon Household Registration basing on the concept of Personal Carbon Trading. The paper has designed the Carbon Household Registration system, established the comparative economic models of Household Registration and carbon tax by using Cobb– Douglas utility function to control private cars of metropolis and then analyses the both effects of carbon emission reduction, which based on survey data. The results show that: Both reasonable carbon household registration system and carbon tax can reduce the actual driving mileage, and pledged to increase total utility; The acceptance of carbon household registration is determined by the emission reduction influence on the customer’s rigid demand. The carbon household registration is much easier accepted by consumers than a carbon tax, and it can completely meet the social function of carbon emission reduction; The carbon emission reduction initial stage in the consumer sector, when the emission reduction task is smaller, the carbon household registration works well than carbon tax. On the contrary, the carbon tax policy is more effective.

Key Words: personal carbon trading; carbon tax; consumption sector; utility function

[责任编辑: 靳 涛][校对: 张相伟]