

【国民经济】

征收碳税和发展可再生能源研究

——基于 OLG-CGE 模型的增长及福利效应分析

张晓娣, 刘学悦

(复旦大学经济学院, 上海 200433)

[摘要] 本文基于 OLG-CGE 情景模拟, 比较征收碳税与发展可再生能源在未来 35 年对经济增长及居民福利的动态影响。研究发现: 两类政策都将抬高平均能源价格, 但其宏观经济效应恰恰相反。如果中国逐步提升可再生能源份额至 35%, 短期内, 能源推动型价格上涨将抑制消费、投资及产出增长; 长期内, 可再生能源的发展将加速资本与劳动供给、推动能源节约型技术进步, 最终带动增长回升。碳税影响取决于其收入循环方式, 如果用于扩大公共转移支付, 将提高当前收入和消费, 但不利于长期资本深化与技术进步作用; 如果用于降低所得税, 不仅能够改善短期收入, 还将通过要素积累与能源效率改善产生持久增长效应, 但却对能源结构提升作用有限。在福利再分配上, 发展可再生能源对老年世代损害较小; 碳税则具有对年轻世代有利的再分配特征。两类政策在宏观效果上都有两面性, 中国应当依据其短期和长期的动态影响演变, 建立多种手段并用且重点突出的灵活低碳发展战略, 以应对未来气候变化的挑战。

[关键词] 碳税; 可再生能源; 经济增长; 代际福利

[中图分类号]F205 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2015)03-0018-13

一、问题提出

中国的碳税从理论、政策到技术层面一直处于不断酝酿之中, 而部分发达国家却对碳税产生质疑, 转而倡导可再生能源建设。澳大利亚认为碳税对减少碳排放的作用微乎其微, 已将其废除, 转向 100% 可再生能源发电目标; 法国用碳税所得来补贴可再生能源, 并计划将气候政策重点从环境税转向能源结构转型; 美国则一直对碳税持保留态度, 却广泛支持太阳能、风能等可再生能源。那么, 从经济增长和居民福利角度评判, 碳税和发展可再生能源影响如何? 碳税的优势在于其既能控制污染, 又能提高居民生活和产出水平的“双重红利”^[1]。该效应能否实现还取决于其他具体条件, 如当地经济发展水平^[2], 劳动、资本与能源间的替代弹性^[3]等。若干针对中国的模拟研究指出, 实施碳税将对增长和就业造成负面影响^[4,5], 但这些研究并未考虑碳税的收入返还。如果将碳税收入投入合理用途, 能够降低宏观经济受损程度, 甚至实现福利改善^[6]。关于可再生能源的发展, Knopf et al.^[7]认为其

[收稿日期] 2014-12-13

[基金项目] 国家社会科学基金重大项目“中国特色公共经济理论与政策研究”(批准号 11&ZD073); 中国博士后基金面上项目“公共财政结构、居民收入与经济增长质量”(批准号 2012M520788); 国家自然科学基金青年项目“中国碳排放水平与要素总成本关系探讨”(批准号 71203070)。

[作者简介] 张晓娣(1986—), 女, 河南信阳人, 复旦大学经济学院博士后; 刘学悦(1991—), 男, 江西宜春人, 复旦大学经济学院博士研究生。

长期经济成本随消费比重上升而呈现降低的趋势;Blazejczak^[9]运用 Meta 分析指出可再生能源设备升级能为企业创造更多利润空间而不损害经济增长和就业;Omri^[10]认为可再生能源与经济增长的因果关系仅存在于资本深化度高的国家和部分能源部门,因而不能一概而论;John et al.^[10]预测可再生能源扩张将通过改变资本密度而引发居民间的效用再分配。但是,鲜有研究对两种减排政策的经济和福利影响进行量化比较,而这对于仍挣扎于碳税可行性、并处于能源结构转型中的中国显得尤为重要。鉴此,本文将包含能源与公共财政模块的 CGE 模型架构与跨度 60 期的世代交叠 OLG 模型相结合,预测并对比征收碳税和提升可再生能源消费比重的动态影响。需要强调的是,本文并非将两者对立起来进行二选一。可再生能源的推广是国家能源乃至产业结构升级的要求,问题是中国应该效仿发达国家人为设定可再生能源目标^①,在中短期内迅速提升可再生能源份额吗?

二、碳税与可再生能源影响经济的机理分析

征收碳税与能源结构改革将通过以下渠道作用于各经济主体:

对能源行业。一方面影响以一次能源作为初始投入的电力热能等二次能源的生产成本与价格,另一方面改变包括一、二次能源在内的平均能源价格。如果将平均能源价格看做各类能源价格 p_i 的加权平均数 $p_{e,i} = \sum_i d_{i,i} p_{i,i}$ (权重 d_i 为各类能源消费量占比),则两类政策的作用区别在于:碳税通过 p_i 影响平均价格,可再生能源推广通过权重 d_i 影响平均价格。碳税提高了化石能源对可再生能源的相对价格,可能引发后者对前者的替代,这种替代效应是经济主体自发性地调整最优决策的行为结果;而可再生能源量化目标则人为地改变不同能源的投入比例,强制性地推动可再生能源对化石能源的替代,并规定了替代水平。

对非能源行业企业。征收碳税与提高可再生能源比重都将影响能源产品,尤其是电力的生产成本、产量与定价,并通过产业间投入产出技术联系直接或间接地作用于其他相关行业产值,最终带来 GDP 及其增长率的变动。直接影响是通过能源价格改变企业生产对能源的需求量。间接影响包括:①能源价格变化影响资本—能源—劳动力合成品价格,进而影响生产者成本和企业利润,促使其在新的成本约束下调整生产规模,即产出效应;②可能引发资本和劳动力部分替代能源、可再生能源部分替代化石能源,即替代效应,促使企业调整生产的投入结构,进而影响资本和劳动的总需求;③能源价格变动通过 Leontief 逆矩阵所描述的价格传递机制影响最终产品价格,其中投资品价格变化将移动企业成本约束曲线,使其调整下期最优产出规模,影响经济增长;④企业产出与收入的变化影响其向政府缴纳直接税费,引起政府收入及对居民转移支付的变动,反过来改变居民的收入与决策。在碳税情景下,政府对碳税收入的循环利用作为一种财政政策将与上述渠道相融合,强化或缓和能源要素价格变动的影响。例如,碳税征收后适度下调收入所得税率,相当于降低企业的资本品使用价格,投资成本下降的企业得以调整产出规模及资本需求,表现为支出效应;同时,由于资本相对于劳动价格降低,企业有可能用资本替代劳动投入,表现为替代效应。

对居民。能源及其他产业的生产者价格波动经过征税与中间使用过程,传导至最终消费品价格,改变居民实际收入与购买力,使其在新预算约束下重新确定消费与储蓄、工作与闲暇的最优动态比率,进而决定下一期资本与劳动力供给。根据新古典增长理论,人均资本决定人均产出水平,因而资本和劳动力的积累直接作用于经济增长路径。随着企业调整要素投入结构,资本和劳动力需求也将发生改变,要素市场供求方同时波动而后实现新的均衡利率和工资率,而碳税收入循环机制也将强化或削弱以上影响。转移支付将部分抵消居民实际收入所受损害;足够大的转移支付规模甚至将提高居民收入水平,既诱导居民减少工作量以维持当前消费水平,又吸引居民延长工作时间以换

① 不少发达国家政府已为可再生能源发展拟定量化目标,例如,澳大利亚将于 2020 年提升可再生能源消费比重至 25%,丹麦与德国的目标分别为 75%和 80%;截至 2050 年,丹麦、苏格兰和德国均保证实现 100%可再生能源发电。

取未来更多的消费,因此,碳税转移支付对居民决策及要素供给的实际影响取决于两方综合效应。收入所得税削减相当于增加消费者可支配收入,居民将重新安排消费及劳动计划,影响未来的资本与劳动力供给。

可再生能源行业。政府制定可再生能源量化目标,并给予大量前期投资,相当于对可再生能源部门进行外生性最终需求注入,将带动相关产业乃至经济系统总产出增长,产生“外生注入效应”;同时,可再生能源的扩张意味着传统能源部门的压缩,并通过关联带动抑制其他产品产出。两方面综合作用决定了“外生注入效应”对经济增长的影响方向。

居民福利取决于生命周期内消费与闲暇的动态路径。减排政策主要通过“经济增长→实际收入→生命周期预算约束→效用最大化的消费与闲暇”这一途径作用于福利,且对不同世代产生不同影响。以能源涨价为例,一方面,能源支出比重随年龄增长,因而老年世代将承受大部分能源成本负担,收入降幅较大,这种“能源消费效应”对老年世代损害较大;另一方面,老年世代余下寿命短,工资收入已基本实现,能源价格诱发的经济增长波动对其养老金收入及生命周期预算约束影响较小,因而不需要大幅度调整消费行为、改变消费水平;但是,对于年轻世代,能源价格上涨的直接和间接影响将极大地作用于未来的工资收入,因而必须根据预算约束的改变而调整消费路径,这种“终生收入效应”对年轻世代影响较大。

三、OLG-CGE 模型框架

本文在静态 CGE 模型的基础上加入时间属性使其动态化,即将目标函数变为跨期最优化目标函数,使行为主体基于当期及未来各期的经济变量决定自身行为。关注对象不是新、旧稳态间的比较静态,而是旧稳态被外生政策打破后,经济系统向新均衡过渡的变化路径。实现跨期动态的途径来自 OLG 模型。“世代”意为同一时期出生的居民,任一给定年份中不同世代的居民共同生存,并存在新世代不断出生、老世代不断消亡的新老交替变化,因而这种动态机制被称为“世代交叠”。本文模型的基本结构借鉴了 Auerbach and Kotlikoff^[11],假定居民在工作期(20—60岁)获得收入,缴纳税收并储蓄,退休后(60—80岁)依靠利息收入与养老金消费。为突出能源影响,将主要化石能源与可再生能源加入要素部门,借鉴 Böhringer et al.^[12],建立独立的电力部门生产价格决定机制。Auerbach-Kotlikoff 模型多用于研究动态财政政策,尤其是社会保障、养老保险相关。本文除在其基本结构上加入碳税和能源模块外,还做了如下扩展:①考虑各世代劳动生产率及年龄差异对其实际工资率的影响;②考虑能源支出倾向随世代年龄而变化的特征,将能源消费与人口结构变动挂钩;③包含两个退休世代,将容易被忽略的老年福利分析具体化和结构化。此外,允许发生定向技术变迁(Directed Technical Change),即减排措施将对技术进步过程产生新的约束和激励,直接影响能源效率方向上的技术进步速度,并反过来作用于减排政策的动态效果。本文通过资本动态将这种技术转变内生化的。

1. 生产函数

生产函数采取两层嵌套式 CES。第一层连接资本 K 与劳动力 L ,得到复合生产要素 F :

$$F_t = \left[\gamma^1 K_t^{1-1/\eta} + (1-\gamma^1) (A_t \zeta_{t,T} H_t L_t)^{1-1/\eta} \right]^{1/(1-1/\eta)} \quad (1)$$

其中, γ^1 为要素权重参数, η 为资本与劳动的替代弹性, A_t 为 t 期总体劳动生产率水平, $\zeta_{t,T}$ 为联系总体劳动力生产率 A_t 与劳动者平均年龄 T 的参数, H 为平均劳动时间。

第二层引入能源总需求 D_t ,得到最终生产函数:

$$Y_t = \left[\gamma^2 (A_t^e D_t)^{1-1/\eta_e} + (1-\gamma^2) (F_t)^{1-1/\eta_e} \right]^{1/(1-1/\eta_e)} \quad (2)$$

其中, η_e 为 F 与能源的替代弹性, A^e 为能源效率。生产要素根据其边际产品获取报酬:

$$\begin{cases} W_t/P_t = A_t \zeta_{t,T} MPL(K_t/L_t) \\ R_t/P_t = A_t MPK(K_t/L_t) \end{cases} \quad (3)$$

其中, W 为名义人均工资, R 为名义利率, P 为生产者价格。考虑到定向技术变迁, 假定资本有改善生产技术能源效率的附加隐性价值属性 $e_{i,j}$ 。

$$K_{i,j} e_{i,j} = (1-d_j) K_{i-1,j} e_{i-1,j} + I_{i,j} A_{i-1}^e Z_{i,j} \quad (4)$$

其中, j 为产业 j 的代表企业, d 为资本折旧率。企业通过调整 $Z_{i,j}$ 使新增投资 $I_{i,j}$ 满足其改变能源效率方面的需求, 因此, $Z_{i,j}$ 可理解为用于能效革新研发的额外资本支出。通过在利润最大化目标下选择 $Z_{i,j}$ 的规模, 企业得以决定其未来技术的能源效率是高于 ($Z_{i,j} > 1$) 还是低于 ($Z_{i,j} < 1$) 当前效率前沿 A_{i-1}^e ; 如果企业选择投资于原有的落后技术, 将会导致资本属性 $e_{i,j}$ 价值的降低; 如果企业愿意将更多资金投入内部研发, 则能够提高资本属性 $e_{i,j}$ 价值。此外, 新技术研发活动的边际生产率越高, 企业越有兴趣投资于能源效率更高的资本。当企业增加投资以改善资本属性 $e_{i,j}$ 时, 将对整个经济系统技术的能源效率产生正的外部效应, 即 $A_i^e = (1-d_A) A_{i-1}^e + d_A A_{i-1}^e (e_{i,j})^{\alpha_j}$, 其中, d_A 为技术折旧率 (可以理解为新旧技术更新换代的平均速率), α_j 为 j 产业占总产出的比重。

2. 能源部门

能源价格是天然气 ($i=1$)、石油 ($i=2$)、煤 ($i=3$)、电力 ($i=4$) 和可再生能源 ($i=5$) 价格 p_i 的加权平均 $p_{e,t} = \sum_{i=1}^5 d_{i,t} p_{i,t}$, 权重 d_i 为能源需求量占比。电力使用价格 $p_{4,t} = \sum_{m=1}^2 a_{4,m,t} p_{4,m,t}$ ($m=1$ 代表居民, $m=2$ 代表工业企业; $a_{4,m,t}$ 为根据需求观测数据计算的权重系数); $p_{4,m,t}$ 为电力生产价格、电力分销传输网络成本与各种税收之和。

电力既是生产要素和一次能源的产出, 又是其他产品部门的投入。电力生产价格为各种技术发电成本的加权 $q_{el,t} = (\sum_{x=1}^8 a_{el,x,t} \kappa_{el,x,t}) / \sum_{x=1}^8 a_{el,x,t}$, 其中, x 代表发电技术: 1 代表煤, 2 代表天然气, 3 代表石油, 4 代表核电, 5 代表水电, 6 代表风力, 7 代表太阳能光伏, 8 代表生物质能; $\kappa_{el,x}$ 为发电技术 x 成本, $a_{el,x}$ 为技术 x 的边际份额。发电成本为可变成本与固定成本之和 $\kappa_{el,x,t} = (\kappa_{el,x,t,fuel} + \tau_{co2,t} \cdot \kappa_{co2,t,em}) / \kappa_{el,x,t,therm} + \kappa_{el,x,t,ops} + \kappa_{el,x,t,fix}$, 其中, $\kappa_{el,x,t,fuel}$ 为发电技术 x 的燃料成本, $\tau_{co2,t}$ 为碳税率, $\kappa_{co2,t,em}$ 为发电技术 x 的碳排放强度, $\kappa_{el,x,t,therm}$ 为热效率 (%), $\kappa_{el,x,t,ops}$ 为电站运营维护成本, 以上均为可变成本。固定成本为 $\kappa_{el,x,t,fix} = [\kappa_{el,x,t,inv} \cdot \kappa_{el,x,t,cap} / (1 + \kappa_{el,x,t,learning})] [1 - (1 + \kappa_{el,x,t,cap})^{-\kappa_{el,x,t,life}}] \kappa_{el,x,t,utilization}$, 其中, $\kappa_{el,x,t,inv}$ 为投资隔夜利息, $\kappa_{el,x,t,cap}$ 为资本成本, $\kappa_{el,x,t,life}$ 为发电设备 x 平均生命周期, $\kappa_{el,x,t,utilization}$ 为设备利用率, $\kappa_{el,x,t,learning}$ 为可再生能源发电“干中学”技术进步率。

碳税征收发生在能源使用环节, 计税依据为 CO_2 排放量 (税率为 τ_c^1), 实际征收则是在化石能源使用环节 (税率为 τ_c^2), 两种税率的关联如下:

$$CT_{i,t}^I = \tau_c^1 \sum_j E_i D_{i,j,t} \quad (5) \quad CT_{i,t}^F = \tau_c^1 E_i H D_i \quad (6)$$

$$TCT_t = \sum_i (CT_{i,t}^I + CT_{i,t}^F) \quad (7) \quad \tau_{c,i,t}^2 = (CT_{i,t}^I + CT_{i,t}^F) / (p_{i,t} D_{i,t}) \quad (8)$$

其中, $CT_{i,t}^I$ 为 t 期能源 i 中间投入部分缴纳的碳税, $CT_{i,t}^F$ 为 t 期能源 i 最终需求部分缴纳的碳税, TCT_t 为 t 期经济系统总碳税收入, E_i 为能源 i 的碳排放系数, $D_{i,j}$ 为产业 j 对能源 i 的需求, HD_i 为居民对能源 i 的消费量, p_i 为能源 i 的价格, D_i 为能源 i 的总需求量。以上过程将以 CO_2 排放量为税基的从量税转化为能源 i 所面对的从价碳税税率。

3. 居民决策

假设居民 20 岁开始工作, 80 岁死亡。年龄为 T 的居民 (下文称为 T 世代) 终生效用为:

$$U_T = \frac{1}{1-\theta} \sum_T \left\{ \frac{1}{(1+\rho)^T} \left[c_{i,T}^{1-1/\varepsilon} + \mu (A_i \zeta_{i,T} (1-l_{i,T})^{1-1/\varepsilon})^{1/(1-1/\varepsilon)} \right]^{1-\theta} \right\} \quad (9)$$

CRRA 为即时效用函数,包含消费和闲暇。 l 为平均劳动时间占比, c 为人均消费, ρ 为主观贴现因子, θ 为相对风险厌恶系数, μ 为(与消费相比)居民对闲暇的偏好, $1/\varepsilon$ 为消费—闲暇替代弹性。

工龄居民的跨期预算约束为:

$$l_i w_i + \sum_T \left[l_{i,T} w_{i,T} \prod_{j=1}^T 1/(1+r_{i+j}) \right] = c_i + \sum_{j=1}^T \left[c_{i,T} \prod_{j=1}^T 1/(1+r_{i+j}) \right] \quad (10)$$

其中,税后人均工资为 $w_{i,T} = w_i \zeta_{i,T} (1-\tau_{i,ps} - \tau_{i,l} - \tau_{i,g}) + g_i - exp_{i,e}$ 。 w_i 为市场平均工资, $\tau_{i,ps}$ 为养老保险缴费率, $\tau_{i,l}$ 为劳动收入所得税, g_i 为养老保险以外的公共服务支出, $\tau_{i,g}$ 为 g_i 提供资金的比例税率, $exp_{i,e}$ 为人均能源支出。令消费和闲暇的边际效用之比等于二者价格之比,可得期内一阶条件(Intra-temporal F.O.C.),即 $(1-l_{i,T}^*) A_i = (\mu/w_{i,T})^\varepsilon c_{i,T}^*$ 。闲暇的价格(机会成本)等于净有效人均工资 $w_{i,T}$;税后工资率 $w_{i,T}$ 越高,闲暇 $1-l_{i,T}^*$ 越少。

在约束式(10)下最大化式(9),可得跨期一阶条件(Inter-temporal F.O.C.)。Euler 方程为:

$$c_{i,T}^* / c_{i-1,T}^* = [(1+r_i)/(1+\rho)]^{1/\theta} [(1+\mu^\varepsilon w_{i,T}^{1-\varepsilon}) / (1+\mu^\varepsilon w_{i-1,T}^{1-\varepsilon})]^{(1-\varepsilon\theta)/(\varepsilon-1)} \quad (11)$$

如果税后工资率 $w_{i,T}$ 保持上升, r_i 保持稳定且不低于贴现率 ρ , $c_{i,T}$ 将不断增加。居民消费随时间变动越大,其风险偏好越强,说明 θ 较小,跨期消费替代弹性较大。

在人均消费的最优发展路径 $c_{i,T}^*$ 基础上,利用期内一阶条件,求得最优劳动供给路径 $l_{i,T}^*$ 。居民人均能源支出 $exp_e = C_{age} (p_{e,i} HD_i / A_i^\varepsilon) \{ \sum_T [w_i \zeta_{i,T} f_{i,T} + p_{s,i,T} (1-f_{i,T})] L_{i,T} \} / \sum_T L_{i,T}$, $L_{i,T}$ 为 t 年 T 世代的人口总数, $f_{i,T}$ 为 t 年 T 世代中工龄人口的比重, $p_{s,i,T}$ 为 T 世代养老金收入, $p_{e,i} HD_i / A_i^\varepsilon$ 反映能源支出随能源效率变化的动态, C_{age} 是反映能源支出占收入比重随年龄增长的常数。

4. 公共财政

公共财政包括养老保险、其他公共服务和公共债务。养老保险资金由社会缴费提供,与劳动收入成正比 $\tau_{i,ps} \cdot w_i \zeta_{i,T}$ 。养老金发放额 $p_{s,i,T}$ 与退休前工资成正比。假设缴费率自 2013 年后保持在 $\bar{\tau}_{i,ps}$ 不变,如果碳税收入被用于增加转移支付,将提高养老金发放额 $p_{s,i}$ 。

其他公共支出的资金来自对居民收入课征比例税 $\tau_{i,g}$,居民不论年龄与健康状况如何,都能获得现金转移支付 $g_i = \tau_{i,g} \sum_T [l_{i,T} w_i \zeta_{i,T} f_{i,T} + p_{s,i,T} (1-f_{i,T})] L_{i,T} / \sum_T L_{i,T}$ 。

假设政府从 2013 年开始偿还之前累积的公共债务存量 B_{2012} ,公共债务利率等于生产性资本的长期利率 r_i 减去通货膨胀率 π_{i0} 。债务偿还使政府减少其他公共服务支出, g_i 变为:

$$g_i = \{ \tau_{i,g} \sum_T [l_{i,T} w_i \zeta_{i,T} f_{i,T} + p_{s,i,T} (1-f_{i,T})] L_{i,T} - B_{2012} / 38 - (r_{i-1} - \pi_{i-1}) B_{i-1} \} / \sum_T L_{i,T} \quad (12)$$

四、情景预测与结果分析

根据 Hotelling 法则,假设化石能源生产者价格以每年 2% 的速率上涨:2050 年原油从 2013 年 660.8 元/桶升至 1144.2 元/桶,天然气从 1.1 元/ m^3 升至 3.2 元/ m^3 ,煤从 495.6 元/吨升至 862.7 元/吨。中国可再生能源发电“干中学”技术每年改善 1.5%。设立 4 个模拟情景。情景 0:能源部门不存在变革,未来可再生能源在“干中学”效应的推动下自然发展,国家不征收碳税。情景 1:根据 2009 年 9 月中国在联合国气候变化峰会上的承诺,可再生能源份额从 2013 年的 9% 逐步上升,达到 2015 年 11%、2020 年 15%,直至 2050 年 35%。情景 2:2014 年引入碳税,初始税率为 10 元/吨,2020 年升至 15 元/吨,到 2040 年达到上限值 20 元/吨^[13]且不再变动。从 2015 年开始,碳税收入每年一次性等量

返还给居民。情景3:保持公共支出不变,在征收碳税的同时,降低个人及企业收入所得税税率。将情景1—3分别与情景0进行对比,可分辨各类减排政策的效果差异。模型基本数据来自GTAP 8 Database,并用2010年中国投入产出延长表进行更新;GDP、投资、消费、财政等宏观经济数据主要是来自IMF World Economic Outlook Database、《中国财政统计年鉴》和《国际收支平衡表》;能源数据来自《中国能源统计年鉴》、《中国环境年鉴》和World Bank WDI Database;电力生产与价格函数的外生参数来自IEA和中国NEA数据库。

1. 对能源部门的影响

表1展示了模型主要输出结果。为突出政策影响,主要给出情景预测与政策变动前一年(2013年)的比较。情景0中,可再生能源虽然没有特殊的政策支持,但其电力生产成本在“干中学”效应的推动下自然下降,到2050年可再生能源含税上网电价由当前的0.6427元/Kwh降低到0.5536元/Kwh。化石能源价格根据假设以年均2%的速度提升,引发平均能源价格的总体上扬(2050年比2013年提高28.10%)。由于能源总需求基本保持稳定而传统能源价格持续走高,可再生能源消费比重由2013年的8.5984%上升到2050年的17.3913%。

情景1中,在可再生能源量化目标的驱动下,2020年太阳能光伏与风能发电总量达到0.3085Twh。随着供给量提高,2050年可再生能源电力生产价格比2013年降低0.2723元/Kwh;而电网建设成本上涨0.5148元/Kwh,再加上各种税金和运营,上网电价最终从2013年的0.6427元/Kwh提高到1.0391元/Kwh。结果到2050年工业用电的平均实际零售价格比2013年增长65.89%,名义价格提升179.53%;平均能源价格激增67.28%,导致能源总需求降低2.407%。

表1 主要变量计算结果

	情景0		情景1		情景2		情景3	
	2013	2050	2013	2050	2013	2050	2013	2050
碳税总收入(亿元)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	164.0149	0.0000	164.0149
电力生产价格(元/Kwh)	0.4166	0.4166	0.4166	0.6097	0.4166	0.6097	0.4166	0.6097
可再生能源占电力需求比重(%)	18.2215	33.3878	18.2215	69.0163	18.2215	41.2191	18.2215	41.4073
可再生能源上网电价(元/Kwh)	0.6427	0.5536	0.6427	1.0391	0.6427	0.7673	0.6427	0.7673
可再生能源占能源结构比重(%)	8.5984	17.3913	8.5984	35.1679	8.5984	19.5358	8.5984	19.5274
电价-居民(元/Kwh)	0.4021	0.5236	0.4021	0.8030	0.4021	0.9357	0.4021	0.9357
电价-工业企业(元/Kwh)	0.6732	0.8570	0.6732	1.1168	0.6732	1.2196	0.6732	1.2196
平均能源价格(2013=1)	1.0000	1.2810	1.0000	1.6728	1.0000	1.7749	1.0000	1.7749
能源需求(2013=1)	1.0000	1.0219	1.0000	0.9759	1.0000	0.9483	1.0000	0.9582
有效人均资本(2013=1)	1.0000	1.3618	1.0000	1.9223	1.0000	1.5114	1.0000	2.2657
生产性资本平均成本(2013=1)	1.0000	0.6981	1.0000	0.4253	1.0000	0.6054	1.0000	0.3786
平均能源效率	0.6591		0.8143		0.7299		0.9574	
储蓄率(情景0=1)	1.0000		1.1255		1.0581		1.3168	
实物资本存量(情景0=1)	1.0000		1.2663		1.1423		1.3954	
私人主体收入(情景0=1)	1.0000		0.9762		1.0389		1.2895	
实际GDP增长率(情景0=1)	1.0000		0.8085		1.1256		1.3453	

注:能源效率由有效能源投入与实际能源投入之比衡量。

资料来源:作者根据GEMPack软件测算。

情景2中,碳税对能源价格的提升作用更加明显。与2013年相比,2050年工业用电实际零售价格上升81.16%,平均能源价格提高77.49%,而能源总需求更是减少5.171%。2050年可再生能源比重为19.5358%,与不采取任何能源结构优化措施的情景0基本相同。这说明在化石能源价格持续走高的未来35年间,碳税征收将极大地影响能源需求(包括价格和实际消费量),但在改善能源结构、推动可再生能源发展方面作用有限。因此,强征碳税未必有既节能减排又鼓励新能源的“一石

二鸟”之效。2015 年和 2020 年的碳税总收入预计为 112.4705 亿元和 138.3722 亿元,通过返还,未来 35 年间情景 2 年均公共支出水平比情景 0 和情景 1 提高约 1.7019%。情景 3 私人主体年均收入所得税比前 3 个情景下降 1.3264%,能源价格变动则与情景 2 类似。

2. 对经济增长的影响

图 1 描绘了不同情景下的经济增长动态。情景 1 中,在能源结构调整初期,工业用电及平均能源价格上涨使得产业的生产成本普遍上升,尤其是能源密集型产业。产值下降最严重的是化石能源开采加工业和电热水气等能源供应业,其次是纺织、金属制品、机械电器制造以及运输业。尽管可再生

能源生产建设通过增加基础设施投资从而带动了一部分最终需求和生产,但由于其 SAM 乘数(1.3495)低于天然气生产(2.4330)、煤炭加工(2.2571)和火力发电(2.2518)等化石能源部门,仅比石油开采精炼(1.2066)略高,所以,可再生能源投资对短期生产活动的带动作用低于传统能源行业紧缩的负面影响。因此,在改革初年(2014 年),GDP 增长率比情景 0 下降 0.03%。随后,可再生能源消费比重继续在政策推动下扩大,能源价格也以平均高出情景 0 约 0.8% 的速度上升,迫使企业和居民为这种无可替代的生产生活必需品支付更高的价格,挤压私人投资与消费需求。2025 年能源实际需求比 2013 年减少 0.67%,总产出降低 1.31%。由于生产规模受到抑制,投资水平比情景 0 低 1.94%。在能源涨价的压力之下,为了提高未来预期利润,企业重新分配投资,加大能源节约型资本设备研发,同时,付出牺牲当前的部分生产能力的短期代价。加之居民消费也较情景 0 减少 3.52%,导致 GDP 增长率与情景 0 的差距扩大到 0.25%。

在能源价格上涨的带动下,2014 年以 CPI 衡量的平均消费价格水平提升 2.46%。2015 年在总产出降低、GDP 减速的影响下,政府削减转移支付 1.29%,导致居民可支配收入降低 1.58%。根据(3)式, $W/P=A\zeta \times MPL(K/L)$,假定名义工资 W 短期内由于价格粘性保持不变,价格 P 上涨导致实际工资率下降;劳动边际产出 MPL 降低, K/L 上升,使得资本边际产出 MPK 下降,资本回报率的迅速降低带动投资降低。所以,2028 年以前经济系统的就业与投资一直呈下降趋势,进一步加剧了价格对增长的负面冲击。面对增长减速与收入减少,居民将对生命周期的储蓄与劳动行为决策进行重新优化。一方面,根据跨期一阶条件 $c_{i,T}^*/c_{i-1,T}^*$ 与 $(1+\mu^e w_{i,T}^{1-\epsilon})/(1+\mu^e w_{i-1,T}^{1-\epsilon})$ 成正比,实际工资率降低将促使居民减少消费、提高储蓄以应对经济继续下行的风险;另一方面,根据期内一阶条件 $1-l_{i,T}^*=c_{i,T}^* \mu^e A_i^{-1}/[w_{i,T} \zeta_{i,T}(1-\tau_{i,D}-\tau_{i,ps}-\tau_{i,l}-\tau_{i,g})+g_i-exp_{i,e}]^{\epsilon}$,能源价格的提高增加了能源支出 exp ,因而居民将减少闲暇 $1-l$,延长工作时间。这两种调整为未来要素增长路径的提升打下基础。2029 年以后资本和劳动力存量开始随时间推移而缓缓上升,但要素深化在初期仍难以抵消能源价格冲击的增长阻碍效应;2035 年增长率降至最低点,低于情景 0 约 0.34%,但储蓄率与实物资本存量已经较 2013 年提高 7.18%与 11.9%。此后,在社会资本与劳动力继续深化的推动下,企业得以用相对富余的资本和劳动力替代价格上涨的能源。除去要素之间的替代效应,由企业自主适应能源价格变化而产生的定向技术进步也在不断降低资本品的能源强度,进一步削减生产成本。所以,在长期,除化石能源采掘加工业外,其他产业产出都有不同程度的恢复。先前遭受负面冲击的经济增长逐渐回升,2050 年情景 1 与

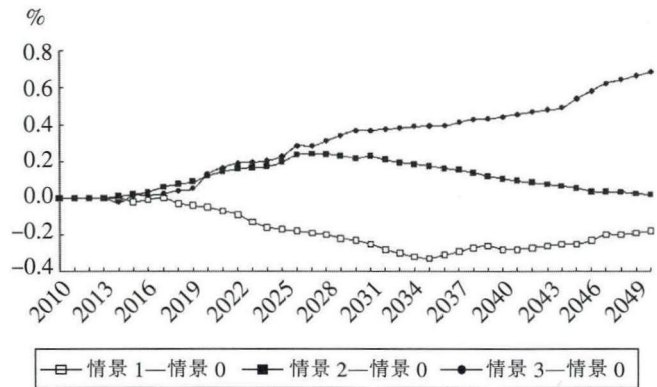


图 1 各情景下 GDP 增长率之差

资料来源:作者计算绘制。

2029 年以后资本和劳动力存量开始随时间推移而缓缓上升,但要素深化在初期仍难以抵消能源价格冲击的增长阻碍效应;2035 年增长率降至最低点,低于情景 0 约 0.34%,但储蓄率与实物资本存量已经较 2013 年提高 7.18%与 11.9%。此后,在社会资本与劳动力继续深化的推动下,企业得以用相对富余的资本和劳动力替代价格上涨的能源。除去要素之间的替代效应,由企业自主适应能源价格变化而产生的定向技术进步也在不断降低资本品的能源强度,进一步削减生产成本。所以,在长期,除化石能源采掘加工业外,其他产业产出都有不同程度的恢复。先前遭受负面冲击的经济增长逐渐回升,2050 年情景 1 与

情景 0 的 GDP 增长率之差缩小至 0.17% 左右。

至于资本与劳动深化效应何时显现,增长下滑何时停止,则取决于人口结构。由于老年世代的能源消费支出和储蓄倾向较高,更多地承担了能源价格上涨的收入负担,因而在加速储蓄中扮演着关键角色;而年长劳动者相较于年轻劳动者,更倾向于根据能源支出变动而调整工作时间。因此,人口老龄化程度越高,可再生能源发展的资本与劳动积累效应越强,能源结构调整对经济的负面冲击作用时间越短。中国的拐点大约出现在 2035 年。据此,提出:

结论 1:政府强制推广可再生能源将推动能源价格上涨,挤压产出规模,削减居民可支配收入,因而短期增长效应为负。理性居民应对负面冲击,将调整自身的跨期决策,提高储蓄率与劳动力供给;逐利企业将加大能源节约型技术研发投入力度。随着这种要素深化效应渐成规模,经济增长得以回升。

情景 2 中,征收碳税直接导致化石能源价格上涨,税率越高,价格涨幅越大。一方面,中国能源需求的价格弹性较高,征税后化石能源需求立即减少,2014 年煤炭和石油消费量分别下降 1.58% 和 0.71%;另一方面,能源供给系统生产能力和生产规模无法迅速调整,供给总量相对稳定,因而化石能源暂时供过于求,价格将在碳税提升的基础上略有回落。所以,碳税开征初年,平均能源价格与以 CPI 衡量的平均消费价格水平分别上涨 2.32% 和 2.46% (低于情景 1 的 2.61% 和 2.57%)。因此,私人能源支出的增长与居民实际工资的下降低于情景 1。换言之,虽然均为负面价格冲击,但短期内碳税对私人主体收入的损害程度弱于可再生能源扩张。加之来自政府的额外转移支付收入,2015 年居民实际收入反倒增加 1.12%,相应地,消费提高 1.17%,闲暇增长 1.01%,储蓄下降 1.42%。此后消费刺激弥补了能源涨价对总需求与总产出的负面影响,对经济增长产生带动作用。2026 年农业及食品加工、家具制造、批发零售贸易等能源依赖性低、生产成本受能源价格冲击弱的轻工业和服务业从居民收入增长中获益,产出较 2013 年分别提高 0.11%、0.63%、0.37% 和 0.49%;2015—2026 年 GDP 增长率相对于情景 0 不断提高,增长最快时高于情景 0 约 0.3 个百分点。而此后,碳税转移支付的增长提升作用开始减弱,原因如下:①征税在长期推动各产业供给曲线左移,迫使企业减少能源和非能源中间产品投入,调整生产决策,降低产出规模,使回落的能源价格再次抬升。②转移支付的缺陷在未来逐渐显现,居民在转移支付的支持下收入不降反升,因而没有积极性提高储蓄率和延长劳动时间;2035 年资本存量仅比 2013 年增长 7.3%,远低于情景 1 的资本积累速度。③在长期,个人消费品市场扩张空间有限,随着消费品市场饱和而资本深化又没有及时跟上(日用消费品多为劳动密集产业,对投资带动作用有限),转移支付通过消费驱动对经济增长的促进效应终将减弱。此外,初期能源价格上涨略低于情景 1,因而能源偏向型技术进步对碳税的政策响应较晚;中后期,企业在成本激励下推行能源节约型技术转变时,却又受到资本供给量不足的制约,所以,情景 2 的平均能源效率比情景 1 要低。2040 年以后碳税的增长促进效应消失,GDP 逐渐回归到与情景 0 相同的常态增长路径。

碳税与可再生能源量化目标的主要作用区别在于:①在推动价格上涨方面,推广可再生能源的影响是不断减弱,而碳税则是不断加强的。因为可再生能源产品的生产价格随供给增长而下降,厂房设备、传输网络等建设成本则是一次性固定投资,而碳税税率在不断提高,因此,碳税开征初期对能源价格的提升效果低于可再生能源,而 35 年后则显著高于后者(表 1)。后期能源成本不断攀升也是情景 2 经济增长难以维系的原因之一。②在产业方面,情景 1 强制实施可再生能源对化石能源的替代,短时间内大量挤压传统能源以及能源密集型行业,导致经济增长急速下降,此后在能源价格涨幅放缓与资本劳动力替代效应的共同推动下有所回升。在碳税政策下,传统能源产业收缩则是一个缓慢渐进的过程,因而造成的短期产出波动有限。例如,2015 年情景 1 中煤炭采选业和天然气开采业产出分别下降 8.59% 和 4.29%,电热供应减少 1.3%;而情景 2 几乎没有变化,直到 2017 年才减少 4.67%、2.45% 和 0.99%。此后,碳税驱动能源价格继续抬升,化石能源行业根据需求变动继续

削减产量规模,但是,2050年煤炭仍占能源总消费的49%(高于情景1的31%)。由于情景2中一次能源产业遭受的负面冲击较为平缓,因而与其密切相关的电热水气、机械及器材制造、运输业和其他制造业产出下降也较低,这也是碳税实施前期经济增长没有下滑的主要原因。

将碳税收入用于转移支付抑制了居民储蓄的积极性,而老年世代的存在能够在一定程度上缓解这种负面效应。人口结构越老化,经济的能源消费刚性越强,即使存在公共服务支出扩张,居民仍将留足储蓄以防风险。如图2实心方块曲线所示,2040年与2030年相比,由于老龄化程度较高,资本深化作用较强,因而增长下降速度相对放缓,2040年以后并没有出现经济迅速下滑的局面。据此,提出:

结论2:征收碳税并增加公共转移支付时,居民将获得额外收入以弥补能源价格提高带来的损失,增加当前消费与闲暇,推动短期的国民收入改善;但长期内,资本和劳动力增长有限,碳税的增长加速效应将逐渐消失。

情景3中,2014年能源价格及CPI涨幅与情景2相同,减税初年(2015年)居民收入增长1.38%,带动消费、闲暇和储蓄分别增长1.14%、0.86%和0.82%;由于消费提升比情景2低,所以,最初4年经济增长率略低于情景2。但是,2020年以后减税政策开始发挥出更强的增长刺激效应,这主要得益于降低扭曲性税收的投资与就业推动作用。对于居民部门,根据期内一阶条件 $(1-l_{i,T}^*)A_i = (\mu/w_{i,T})^{\epsilon} c_{i,T}^*$,税后工资率越高,劳动投入时间 $l_{i,T}^*$ 越长;而且与情景2将碳税所得平均分配不同,情景3通过降低比例税,将更多收入返还给高薪世代,其积极影响包括:①税后工资率为 $w_{i,T} = w_i \zeta_{i,T} (1 - \tau_{i,ps} - \tau_{i,l} - \tau_{i,g})$,市场平均工资率 w_i 一定时,年龄为 T 的劳动者工资率还受其劳动生产率 $\zeta_T = e^{-aT^2 + bT}$ 影响,即劳动者生产率水平与年龄成“倒U型”二次函数关系(峰值对应的年龄约为42岁),年长劳动者的税收返还收益较高,延长劳动时间的意愿较强;这不仅带动劳动力绝对数量 L_i 增长,更提高了有效劳动供给 $A_i \zeta_T H_i L_i$ 。②年长劳动者不仅生产效率与技术经验较高,而且依据生命周期理论有更高的储蓄倾向;随着其税后收入增加,将提供更多的储蓄,推动社会资本存量增长。2035年储蓄率与实物资本存量比2013年提高12.2%与19.5%(高于情景1和2)。对于企业部门,尽管能源成本上涨,但资本和劳动力均变得相对便宜,并且减少所得税相当于进一步降低资本使用价格,企业将扩大就业与投资以替代能源品,避免产出大幅下滑。资本和劳动供给的相对上升引致能源节约型的技术进步,反过来提高非能源要素回报率,同时降低生产的能源强度。情景3与情景2若干指标对比如下:2035年就业提高1.69%,投资提高0.82%,企业支付工资下降0.04%,税后实际工资上升0.01%,GDP增长率提高0.12%;2050年就业、投资与GDP增长率进一步高出3.75%、2.93%和0.60%。这表明情景3抬高了有效劳动力和资本供给长期路径,不会如情景2导致要素积累不足,阻碍经济长期增长。

在产业方面,由于受到投资的积极拉动,多数产业产出相比情景0都有所上升。尽管化石能源开采与加工行业受碳税制约有所紧缩,但产值仍高于情景1和2。据此,提出:

结论3:降低要素所得税与扩大公共转移支出相比,对经济增长率的提升幅度更大、作用时间更长,即减轻税制扭曲能够提升劳动积极性,扩大投资和生产规模,实现环境税收的“第二红利”。

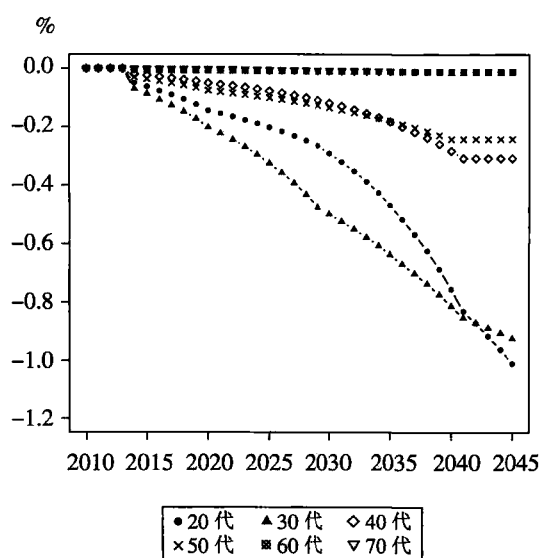


图2 情景1对情景0的即时效用变化率

资料来源:作者计算绘制。

3. 福利在各世代间的再分配

图2—4展示了情景1—3下各世代未来各年相对于情景0的即时效用变动率,其中,20代指代预测初年(2014年)处于20—30岁之间的世代,以此类推。

图2计算了情景1下各年份各世代的效用变动率($u_{情景1}/u_{情景0}-1$),结果表明,随着可再生能源比重的上升,所有世代在未来几乎都将遭受福利损失,而老年世代损失较低。根据(9)式,居民当年效用取决于最优消费 c_t^* 和闲暇 $1-l_t^*$ 。随着能源推动型价格上涨,经济增长减速导致各世代收入及消费下降,与基准情景相比,各世代在各年份的效用变动方向均为负,福利水平降低,但福利损失并非在世代间均匀分配。对于老年世代,终生收入效应对其消费的积极贡献抵消了能源消费效应带来的负担,因而效用水平下降有限。对于年轻世代,面对未来35年的经济衰退期,需要大幅度削减当前消费,增加储蓄以应对预期风险,并延长劳动时间,减少闲暇以降低收入损失,所以,终生收入效应的负面影响占据主导, c 与 $1-l$ 同时降低导致其效用剧减。对于几乎完成终生财富积累的60代和70代,能源涨价带来的福利损失几乎可以忽略(不超过-0.01%);年轻世代在特定年份的效用降幅显著,例如,2030年20代和30代效用分别比基准情景降低-0.3%和-0.5%;到2050年损失增至-1.01%和-0.92%。2040年后,随着增长回升,工资收入与消费改善,即时效用下降的速度逐渐放缓。

由于情景2在整个预测期内都具有增长促进效果,因而与基准情景相比,各世代的效用均有上升,且50代以下年轻世代的整体福利涨幅明显高于老年(图3)。转移支付通过两种渠道使年轻世代受益:终生收入效应方面,年轻世代余下寿命较长,将在未来较长时期内持续接受碳税转移支付收入,生命周期预期收入提升较高,因而愿意顺应终生收入增长而大幅度调整决策,增加当前的消费以适应未来更高的转移支付水平。能源消费效应方面,年轻世代的能源支出占日常消费比重低于老年世代,所以,不承担能源价格上涨的主要负担。由于劳动者生产率与年龄之间呈“倒U型”关系,而生产率决定劳动边际报酬,所以,在2020—2035年经济加速增长期,福利改善最明显的是工资提升最大的40代。此外,多数世代的效用曲线增速呈现先增后减的趋势。根据前文分析,情景2的加速增长在2030年左右到达顶峰,而后不断下降并消失,相应地,福利提升作用在2035年以后放缓。

情景3中,作为降低比例性收入所得税的主要受益者,50代以下的福利水平得以改善,而50代以上受损(图4)。原因在于:一方面,老年世代退休后几乎无法从减税政策中获益;另一方面,根据结论3,情景3的资本深化水平最高,而完全竞争市场中资本回报率接近其边际产品,资本存量越高,有效利率越低,所以,储蓄倾向高、资本持有量大的老年世代的资本收入下降。在减税实施的

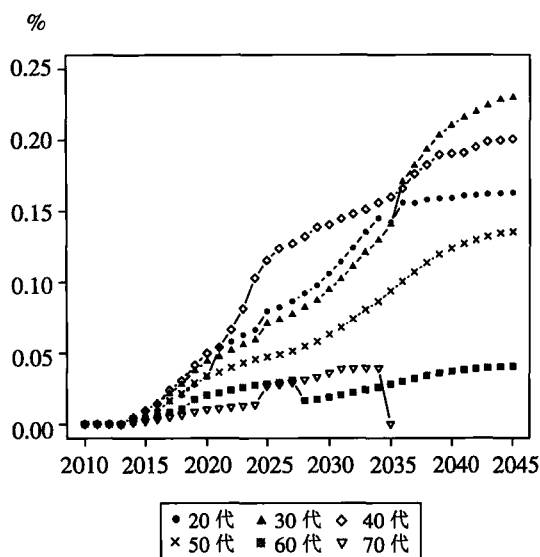


图3 情景2对情景0的即时效用变化率

资料来源:作者计算绘制。

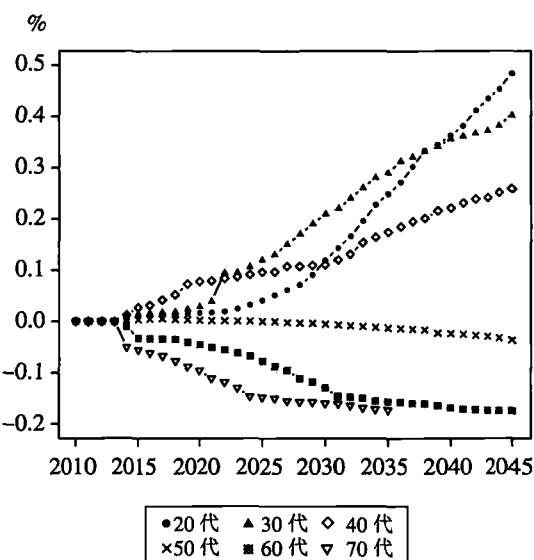


图4 情景3对情景0的即时效用变化率

资料来源:作者计算绘制。

前 20—30 年,受益最大的是 40 代,其次是 30 代,这两个世代正处于能力和技术高峰期,劳动生产率较高,因而工资报酬相对较高;此后,20 代将迎头赶上。由于减税对增长的加速作用比扩大转移支付更为持久,各世代的福利提升速度不会随时间推移而放缓。因此,情景 3 实质上是将效用从老年转移到年轻世代,进行了对后者有利的代际福利再分配。

4. 居民的跨期福利动态

这里以各世代的完整生命周期为对象,计算其一生所得总效用,以考察不同减排政策对各世代跨期福利的影响。结果见图 5,纵轴是不同情景下各代终生效用贴现值相对于情景 0 的变动率,横轴代表出生年份,这里将 20 世纪 30 年代出生世代叫做 30 后,以此类推。

代表情景 1 的空心方形曲线显示,当提高可再生能源比重时,所有世代都将在能源平均价格上涨的冲击下遭受一定效用损失,而这种价格上涨是永久性的,所以,年轻世代将在余下较长的生存时期内持续承担高能源价格的负担,终生福利损失普遍高于老年。在可再生能源负面价格冲击下,经济增长从 2015 年开始减速,此时 60 后及以前世代已经退休,其养老金及利息收入受经济下滑的影响较小,因而终生福利成本较低。其中,30 后和 40 后的超高龄世代由于能源依赖度过高,受能源成本冲击较大,福利损失略高于其他老年世代。之后的各世代都将在生命周期内遭遇经济下行而遭受福利损失,损失程度由其工龄期与增长减速期的重合时间长短决定,70 后、80 后和 90 后在工龄期间完整经历了 20 年的经济衰退与工资率下降,收入受经济减速的影响时间最长,为了预防性储蓄而牺牲的消费总量最高,因而损失最严重。2035 年以后,负面经济影响开始减弱,2015 年以后的世代恰好在经济回升期步入劳动市场,因而福利损失开始降低。

代表情景 2 的实心方形曲线表明,利用碳税收入扩大公共转移支付对 60 后及以后世代的福利水平均有一定改进。其中,由于公共转移支付明显地提升了 2020—2040 年间的经济增长率,80 后、90 后与 00 后在工龄期间完整地享受了碳税带来的增长加速,成为福利改善最显著的世代;而之后各代将经历 2040 年以后的增长回落,福利提升下降。70 后至 90 后从情景 1 的受损者变为情景 2 的获益者,无疑更容易接受碳税而非可再生能源政策;而这一群体作为当前社会生产的中坚力量,将会在很大程度上影响政府的决策和政策选择。

如果利用碳税收入降低所得税,将产生更大规模的福利改善效应(见代表情景 3 的圆形曲线)。50 后及以前世代由于不受税收优惠政策的影响,将被迫将福利让渡给其他世代,而这之后的所有世代将普遍获益。在资本不断深化的推动下,经济增速随时间而加快,世代越年轻,越能长久地享受增长加速带来的经济繁荣。所以,与增加公共支出相比,降低比例所得税更有益于年轻世代福利。根据图 5 描述的作用规模,情景 3 超过情景 0 的幅度高于情景 1 低于情景 0 的幅度;换言之,通过减税返还碳税收入的福利提升效果大于推广可再生能源的福利损失。

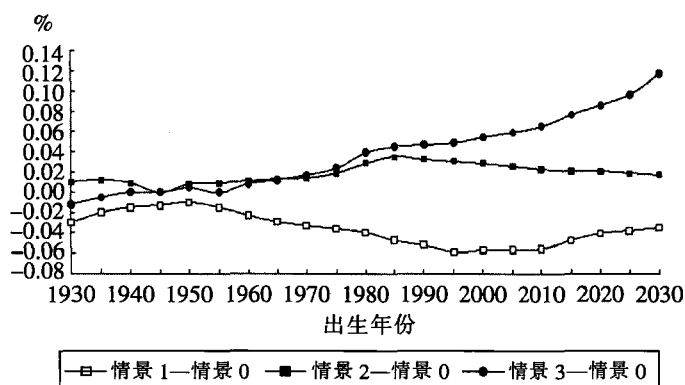


图 5 居民终生效用的情景间比较

资料来源:作者计算绘制。

五、结论及政策启示

作为重要的常用减排政策,推广可再生能源能够促进资本积累,而碳税一般遵循中性原则,通过减税或补贴的方式进行收入返还。OLG 框架下的 CGE 情景模拟表明,提高可再生能源消费比重将抬高能源价格,增加私人主体要素使用成本,不利于短期经济增长;但同时也刺激居民积极储蓄

和工作,逐渐抬高未来资本和劳动力存量。用于扩大公共转移支付的碳税拉动了短期 GDP 和收入,却挤压了长期储蓄及人均资本,其增长效应无法持久。征收碳税同时降低所得税率可通过减轻非环境税收对高收入、高技术劳动力的“剥削”,鼓励高水平劳动者进行更有效率的生产活动和资本积累,因而对经济增长的积极贡献更强。然而,碳税和可再生能源目标对 GDP 增长率的影响规模范围在-0.4%—0.7%之间。这基本符合“象兔寓言”^①(Fable of the Elephant and the Rabbit),即由于能源部门通常在整个大国经济中的绝对比重较低,能源产品对其他要素和中间投入产品的替代效应较低,所以,其变动调整难以对宏观经济施加大规模影响^[4]。以上结论对中国的政策启示在于:

(1)碳税的征收应当伴随设计合理的收入循环机制,以保证碳税对经济和福利积极影响的有效发挥。在中国经济进入“新常态”的大背景下,碳税对资本深化的长期推动作用无疑是一种新的经济增长动力。通过改善税制扭曲,减少政府对微观经济活动的干预;在保证市场作为资源配置主导的同时,更好地发挥政府作用,消除环境外部不经济性,实现私人主体的外部成本内部化。此外,降低所得税率的碳税有利于推动年轻及未来世代的持续福利改善。

(2)建立动态化的低碳发展战略,使可再生能源政策与碳税合理衔接,将开发和推广可再生能源作为长期战略而非应急手段。可再生能源政策的消极影响主要发生在前 20 年,这段时间以碳税为主导、可再生能源为辅,适当提高碳税率及收入返还规模,充分利用其资本深化效应以抵消新能源扩张对增长的束缚。因此,不能强制生产部门在短时间内淘汰所谓“落后产能”,仓促替换化石能源动力设施(如火力发电站),应当遵循能源类基础设施的自然折旧规律,以其折旧率为基准协调风电、水电和光电等可再生能源的建设投资增长率,逐步实现对煤炭为主的能源消费替代,提高能源结构升级与传统经济发展方式的兼容性。

(3)将碳税与制定可再生能源发展量化目标相结合,在改善能源结构的同时,兼顾增长、福利和代际公平。根据本文计算,20 元/吨的碳税对可再生能源比重的提升率不足 3%;已有研究显示,税率低于 100 欧元/吨的碳税几乎无法引发能源结构的明显变动。所以,单纯依靠碳税无法自发地提高可再生能源比重,实现能源结构升级;而推广可再生能源是未来低碳经济发展的必然趋势,尽早适应能源过渡才是明智选择。因此,可以在征收碳税并减征个人和企业扭曲性税收的同时,将部分碳税收入用于支持可再生能源,推动国家能源转型。要实现两种政策相得益彰,需要精确推算碳税收入在两种用途之间分配的最优比例,既满足可再生能源行业的投资需求,又不至于造成其对财政的依赖性,阻碍行业技术进步。由于中国当前可再生能源产业规模相对于常规化石能源较低,因此,使用碳税收入适度补贴可能带来其开发和利用的指数式增长。根据初步估算,如果将碳税所得的 5%—10%用于补贴,其余用于减轻扭曲税负,将推动可再生能源价格降低 70%左右,成本降到当前化石能源的 50%,可再生能源的产出和消费水平可能翻倍。

(4)对福利损失较大的世代优先进行收入返还。碳税对年轻及未来世代的福利改善较高,所以,当碳税作为重点减排政策时,政府可采取“阶梯制”的公共服务支出政策。例如,在医疗和养老保险方面,将居民划分为不同年龄组,使缴费率随平均年龄升高而递减;在基础教育业已普及的今天,政府教育支出重点可从义务教育转向精英教育,更多投入到高等教育及科研领域,改善大学师生与专业科研人员的学习、生活与工作条件。发展可再生能源带给年轻世代的损失较大,所以,重点发展可再生能源时,政府则更应当增加公共财政对养老和医疗保障体系的支持,一方面降低年轻世代对未来风险的预期,减少预防性储蓄,提高当前消费和效用水平;另一方面缓解老龄化带给年轻世代的负担,做到真正意义上的世代公平与公正。

① Hogan and Manne 用“大象和兔子炖汤”类比宏观经济与能源部门的关系:如果用一只大象和一只兔子做炖肉汤,由于兔子在整个原料成分中所占比重很小,因而基本不会影响汤的味道。其中,“大象”隐喻非能源部门,“兔子”隐喻能源部门。将能源作为投入要素纳入 CES 型生产函数,研究发现,能源与其他所有投入品总和的替代弹性为 0.1-0.2,因而能源供应波动对经济没有太大影响。

[参考文献]

- [1]Bovenberg, L., and B. Heijdra. Environmental Tax Policy and Intergenerational Distribution[J]. *Journal of Public Economics*, 2008,67(3):1-24.
- [2]Ciaschini, M. Regional Double Dividend from Environmental Tax Reform[R]. DISSE Working Paper, 2012.
- [3]Orlov, A. Carbon Taxation and Market Structure: A CGE Analysis[J]. *Energy Policy*, 2012,51(4):696-707.
- [4]王灿,陈吉宁,邹骥. 基于 TEDCGE 模型的减排对中国经济的影响[J]. *清华大学学报*, 2005,(12):1620-1626.
- [5]杨翱,刘纪显,吴兴奔. 基于 DSGE 模型的碳减排目标和碳排放政策效应研究[J]. *资源科学*, 2014,(7):1452-1461.
- [6]梁伟,张慧颖,姜威. 环境税“双重红利”假说的再检验[J]. *财贸研究*, 2013,(4):109-120.
- [7]Knopf, B., O. Edenhofer, C. Flachsland, T. Kok, H. Lotze-Campen, and D. Van Vuuren. Managing the Low-Carbon Transition: From Model Results to Policies[J]. *The Energy Journal*, 2010,31(1):169-194 .
- [8]Blazejczak, J. Economic Effects of Renewable Energy Expansion: A Model-based Analysis for Germany[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014,40(3):1070-1080.
- [9]Omri, A. Modeling the Causal Linkages between Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015,42(1):1012-1022.
- [10]John, A., R. Pecchenino, D. Schimmelpfennig, and S. Schreft. Short-lived Agents and the Long-lived Environment[J]. *Journal of Public Economics*, 2005,58(11):127-141.
- [11]Auerbach, J., and J. Kotlikoff. *Dynamic Fiscal Policy*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [12]Böhringer, C., T. Rutherford, and M. Springmann. Clean-Development Investments: An Incentive Compatible CGE Modelling Framework[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2014,22(3):56-84.
- [13]财政部财政科学研究所课题组. 中国开征碳税问题研究[J]. *经济研究参考*, 2009,(9):21-36.
- [14]Hogan, W., and A. Manne. *Energy Economy Interactions: The Fable of the Elephant and the Rabbit*[R]. Stanford EMF Working Paper, 1979.

Study on Carbon Taxation and Developing Renewable Energy——Growth and Welfare Effects Analyses Based on OLG-CGE Model

ZHANG Xiao-di, LIU Xue-yue

(School of Economics of Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: Based on OLG-CGE scenario simulations, this article compares the dynamic impacts on economic growth and households' welfare of carbon taxation and developing renewable energy in the future 35 years. While both raising average price level of energy, the two policies have opposite macroeconomic influences. If China increases renewables' share to 35% gradually, energy-induced higher price depresses consumption, investment and output growth in the short run, but in the long run expanding renewables expedites capital and labor supplies, promotes energy-saving technological progress, and eventually leads to a pick-up of growth. The impacts of carbon taxation depends on how its revenue is recycled. Increasing public transfer expenditure improves current income and consumption, while is unfavourable for long-run capital deepening and technical advances. Lowering income taxes not only improves short-run income, but also has sustainable growth effects through factor accumulation and energy efficiency improvement, however, it plays a limited role in updating energy structure. With regard to welfare redistribution, fostering renewables is relatively less detrimental for old generations, carbon taxation has a pro-youth redistributive feature. Both policies have two-sided macro effects, hence in response to future challenges of climate changes, China need to establish a flexible low-carbon development strategy combining both measures with explicit emphases, based on the evolutionary dynamics of their short and long run effects.

Key Words: carbon taxation; renewable energy; economic growth; inter-generational welfare

JEL Classification: Q58 D91 E62

[责任编辑:覃毅]