

DOI:10.15918/j.jbitss1009-3370.2017.2101

如何实现绿色城镇化发展? ——基于内生经济增长理论分析

汪泽波¹, 陆军¹, 王鸿雁²

(1.北京大学 政府管理学院, 北京 100871; 2.中国石油大学(北京) 工商管理学院, 北京 102249)

摘要: 基于内生经济增长理论框架,将能源消费、环境污染引入生产函数,把环境质量引入消费函数,建立城镇化发展与经济增长之间的联系,构建一个在城镇化发展过程中讨论能源消费结构优化与环境污染治理的内生增长模型,以此探讨分析实现绿色城市化发展的路径。在此基础上,利用中国内地30个省份2005—2014年的面板数据构建计量模型分析了城镇化发展与物质资本、人力资本、能源消费、环境污染以及能源消费结构的相互作用关系。基于上述分析,认为:加大新能源、环境治理人力资本创新研发投入,促进生产技术革新、生产方式绿色化,是绿色城镇化的必由之路;鼓励多元参与,构建多中心治理体系,培育居民节能环保生活方式,是绿色城镇化的必要条件。

关键词: 绿色城镇化; 能源消费结构; 环境治理; 人力资本; 研发创新

中图分类号: F291.1; F061.3

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2017)03-0043-14

一、问题的提出

2015年12月,中央城市工作会议指出,要全面建成小康社会、加快实现现代化,就必须抓好城市这个“火车头”。改革开放以来,中国经历了世界历史上规模最大、速度最快的城镇化进程。1978年,中国城镇常住人口约为1.7亿,城镇化率只有17.9%,到2015年,中国城镇常住人口占总人口比重达到56.1%,有超过7.7亿人生活在城镇^①。按照《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》(以下简称《规划》)部署,到2020年中国常住人口城镇化率达到60%左右,户籍人口城镇化率达到45%左右,将实现1亿左右农业转移人口和其他常住人口在城镇落户。

快速的经济增长和城市化发展,消耗了大量能源,带来严重环境问题^②,尤其是大城市及其周边地区,环境污染问题日益影响到公众的身心健康,传统高投入、高消耗、高排放的工业化、城镇化发展模式难以为继^③,城镇化发展需要走绿色发展道路^④。为此,中国共产党第十八届五中全会强调,实现“十三五”时期发展目标必须树立并切实贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念。《规划》提出,要“把生态文明理念全面融入城镇化进程,着力推进绿色发展、循环发展、低碳发展,节约集约利用土地、水、能源等资源,强化环境保护和生态修复,减少对自然的干扰和损害,推动形成绿色低碳的生产生活方式和城市建设运营模式。”“严格控制高耗能、高排放行业发展,促进资源循环利用,控制总量,提高效率。加快建设可再生能源体系,推动分布式太阳能、风能、生物质能、地热能多元化、规模化应用,提高新能源和可再生能源利用比例。”《能源发展战略行动计划(2014—2020年)》(以下简称《计划》)要求,在未来5年内需要加快清洁能源供应,控制重点地区、重点领域煤炭消费总量,推进减量替代,压减煤炭消费。到2020年,非化石能源占一次能源消费比重达到15%,天然气比重达到10%以上,煤炭消费比重控制在62%以内。以此,从消费、供给、技术、体制上,多角度、全方位推动能源结构革命^⑤。

城市发展如何走绿色、低碳、清洁和循环发展的道路?在此过程中,受制于能源和环境约束,绿色城市化如何突破这样的约束,优化能源消费结构,有效治理环境污染?政府现有的治理措施从长期看是否有效?居

收稿日期: 2016-10-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“企业隐性环境知识管理及其对环境绩效和经济绩效关系的作用机理研究”(71272188)

作者简介: 汪泽波(1986—),男,博士研究生,E-mail:zb.wang@pku.edu.cn;陆军(1971—),男,教授,博导,E-mail:lujun@pku.edu.cn;王鸿雁(1973—),女,讲师,中国科学院大学管理学博士,E-mail:wanghongyan@cup.edu.cn

①2015年国民经济和社会发展统计公报. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201602/t20160229_1323991.html.

②根据《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》(2015年6月)要求,“大力推进绿色城镇化”。

③习近平. 推动能源生产和消费革命. http://news.xinhuanet.com/politics/2014-06/13/c_1111139161.htm.

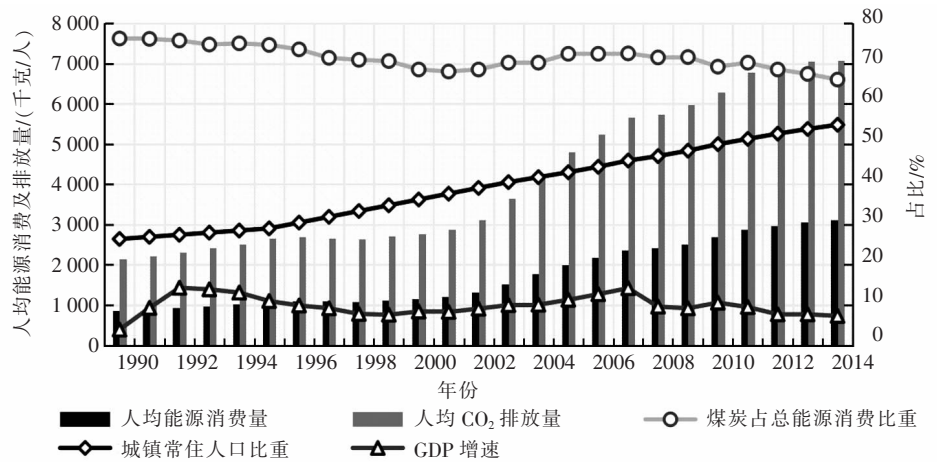
民的环境保护意识、节能消费的道德观念会起到怎样的作用?技术创新、知识积累对反解能源与环境约束,促进城市绿色化发展重要作用如何?本文基于内生经济增长理论,建立人力资本内生模型,尝试着回答上述问题。1990—2014年中国城镇化过程中人均能源消费、CO₂排放变化趋势如图1所示。

二、文献回顾

D'Arge (1971)^[5]、Forster (1972, 1973)^[6-7]比较早地在新古典增长模型框架下分析不可再生资源 and 环境污染问题。综合 Solow (1974a, 1974b)^[8-9]、Stiglitz (1974)^[10]、Dasgupta 和 Heal (1974)^[11]研究的 DHSS 模型 (Dasgupta-Heal-Solow-Stiglitz Model), 即基于新古典增长理论, 用新古典 Ramsey 增长模型对可耗竭资源最优开采与利用路径问题进行分析。随着 20 世纪 80 年代中期以 Romer (1986, 1990)^{[12][1371-102]}和 Lucas (1988)^[143-42]将技术进步作为经济增长的原动力展开研究开始, 在内生增长理论分析框架下 (潘士远等, 2002)^[15]、Bovenberg 和 Smulders (1995)^[16]基于 Romer (1986) 模型, Stokey (1998)^[17]基于 AK 模型, Scholz 和 Ziemes (1999)^[18]、Schou (2000, 2002)^[19-20]基于中间产品多样化即水平创新, 及 Aghion 和 Howitt (1998)^[2158-59]、Grimaud 和 Rouge (2003)^[22]以“创造性毁灭”的垂直创新为基础, 讨论资源消耗、环境与污染问题。Acemoglu (2012)^[23]在环境约束和有限资源条件下将内生的、偏向技术进步引入到增长模型中, 研究分析不同偏向型技术 (清洁技术和污染技术) 对环境污染治理的影响, 偏向于清洁技术的创新研发投入会引导企业创新, 最终实现可持续增长。

国内在经济增长理论范式下对不可再生资源的研究, 主要开始于 21 世纪初 [彭水军、包群 (2007)^[24]、陶磊等 (2008)^[25]、许士春等 (2010)^[26]、邵帅、杨莉莉 (2011)^[27]、闫晓霞等 (2015)^[28]]; 一些学者在不可再生资源中重点关注于能源消费问题 [于渤等 (2006)^[29]、张彬、左晖 (2007)^[30]、王庆晓等 (2009)^[31]、左文鼎 (2014)^[32]、张华、魏晓平 (2014)^[33]。有更多的学者在内生经济增长理论框架下考虑能源消耗与经济发展之间的关系, 以及就能源效率提升、结构优化展开研究 [周明磊、任荣明 (2011)^[34]、肖文、唐兆希 (2012)^{[35][143-159]}、公维凤等 (2013)^[36]]; 也有学者针对绿色能源技术开发对经济长期发展重要性展开分析 [杨万平、袁晓玲 (2011)^[37]、肖文、唐兆希 (2011)^[38]、蔡海霞 (2014)^[39]、张华、魏晓平 (2015)^[40]、何小钢 (2015)^[41]。在考虑非可再生资源制约经济发展同时, 学者同样关注环境污染对经济发展的负向约束作用 [彭水军、包群 (2006)^[42]、何正霞、许士春 (2011)^[43]、黄菁、陈霜华 (2011)^{[44][142-152]}、贺俊等 (2012)^[45]、黄茂兴、林寿富 (2013)^[46]、朱函葳 (2014)^[47]]; 并侧重于碳排放影响的分析 [申萌等 (2012)^[48]、王锋 (2012)^[49]、贺俊、范琳琳 (2014)^[50]。即, 在综合考虑不可再生资源 (能源) 消费和环境污染 (碳排放) 对经济可持续发展制约影响, 并引入公众对经济发展与环境保护偏好 (如, 身体健康指数) 来衡量环境的质量, 研究如何通过人力资本研发、技术革新来推动能源变革, 促进经济绿色持续健康发展。

在经济快速发展的背景下, 资源环境对城市化进程的影响越来越明显。从经济增长理论角度研究资源环境对城市城市化发展文献相对较少。刘耀彬、杨新梅 (2011)^[51]、许冬兰、李琰 (2012)^[52]、朱丽曼 (2013)^[53]在内生增长理论框架下通过对资源环境与经济增长的关系分析, 再利用实证结果将经济增长与城市化水平建立数理关系从而分析资源环境对经济增长和城市化进程的影响, 并以我国地方城市发展实际实证分析了城市化进程中资源环境“尾效”问题, 并认为能源过度使用造成环境污染对城市化进程的阻尼作用比较明显提高能源等资源的利用率对城市绿色化发展十分必要。汪泽波 (2016)^[54]将城市化直接引入生产函数比较牵强, 而且主要参数未纳入最后的结果, 使得模型缺少足够的解释力。但主要结论比较符合实际, 即新能源的研发对城市化持续稳定增长具有重要的



注: 人均能源消费单位是“千克标准煤/人”, 人均 CO₂ 仅根据能源消费结构中的煤炭、石油、天然气三者的排放量计算得到, 以分析能源消费结构 1990—2014 年 20 余年间的变化趋势; 数据来源于历年统计年鉴, CO₂ 数据参照《IPCC 国家温室气体清单指南 (2006)》统计方法计算得到。

图 1 1990—2014 年中国城镇化过程中人均能源消费、CO₂ 排放趋势图

推动作用,有利于消除城乡二元结构差异。本文在此研究基础上,换个角度对该问题作深入分析。

三、城镇化过程中能源消费结构优化、环境污染治理内生经济增长模型

基本假设:(1)所分析的经济体是封闭环境,存在技术进步和知识积累规模报酬递增。(2)全社会的福利不仅应包括居民对物质消费的需求,也应包括对良好的环境、休闲等精神享受方面的需求。每个理性的经济个体在物质消费效应最大化的需求得到满足时,希望追求“绿水青山”的生存环境和高品质、宜居的生活条件(不仅追求生活物质消费品数量,而且追求生活环境质量,“绿水青山”就是“金山银山”)。(3)能源与物质资本、人力资本、劳动力是生产基本投入要素,环境污染影响经济产出。(4)经济发展促进了城镇化的发展,同时城镇化发展也有利于经济发展。(5)人力资本研发是能源消费结构变革、环境污染治理的主要推动力量和技术源泉。

(6)初始条件下,预期政府的环境治理措施能够改善环境。(7)人均能源消费量的提高,促进了交易效率的提高,降低了城乡交易成本,推动了城市化发展的步伐。本文模型理论如图2所示。

本文参照经典文献作法,在生产函数中引入能源要素投入。将整个经济系统分为人力资本研发部门(一般部门、能源部门、环境部门)、人力资本开发部门、最终产品部门(中间产品部门)。

根据 Romer(1990)^{[13]71-102}、Lucas(1988)^{[14]3-42} 模型,将人力资本分为3个主要部分:(1)一部分(u_1)投入研发部门用于技术革新、知识创新;(2)一部分(u_2)投入最终产品部门用于生产最终的物质产品;(3)其余部分(u_3)投入人力资本开发部门用于自身人力资本开发积累,并且, $u_1+u_2+u_3=1$ 。其中,技术研发部门包括3个部分:(1)一部分(h_1)用于投入到新能源研发部门进行清洁低碳、环境友好、高效利用的新能源开发;(2)一部分(h_2)用于投入到环境保护部门从事环境治理的创新产品技术性研发;(3)一部分(h_3)用于其他生产最终产品的技术知识创新活动。 $h_1+h_2+h_3=u_1$ 。为了使问题简化,本文假定劳动力为常数,并标准化为1。

人力资本用于自身积累开发的方程为

$$\dot{H}=B_H u_3 H \quad (1)$$

其中, B_H 表示人力资本积累率; u_3 为进行人力资本自身开发的人力资本投入量。

人力资本用于研发产出 A 的积累方程为

$$\dot{A}=B_A h_3 H A \quad (2)$$

其中, B_A 为人力资本进行技术革新、知识创新的效率; $h_3 H$ 为人力资本用于研发部门(除能源、环境)投入量, A 为现有的技术存量。

(一)能源部门

基于已有的资源禀赋考虑,假设自然界中的能源储量总量为 S ,利用 Stiglitz(1974)^{[9]23} 不可再生资源利用存量模型 $\dot{S}=-E$,总的能源的存量变化方程为

$$\dot{S}=-E \quad (3)$$

(二)环境部门

假设环境主要污染物排放量和消费的化石类燃料量之间成正比例关系。类似于 Aghion 和 Howitt(1998)^{[21]58-59} 假设环境质量存在一个上限值阈值 Q_{\max} 。同时,考虑环境具有一定的再生能力,对排放的污染物有一定的自我净化作用,假设其再生能力与现有的环境污染存量呈正相关(qQ)。如果没有环境治理,过度污染必然会导致整个生态系统的崩溃,所以单位时间里 $P < qQ$ 。因此,环境质量恶化的动态方程可以表示为, $g_{(-Q)} = \frac{\dot{Q}}{Q}$ 。

$$\dot{Q} - P(B_P h_2 H)^{-m} + qQ = -fdE(B_P h_2 H)^{-m} + qQ \quad (4)$$

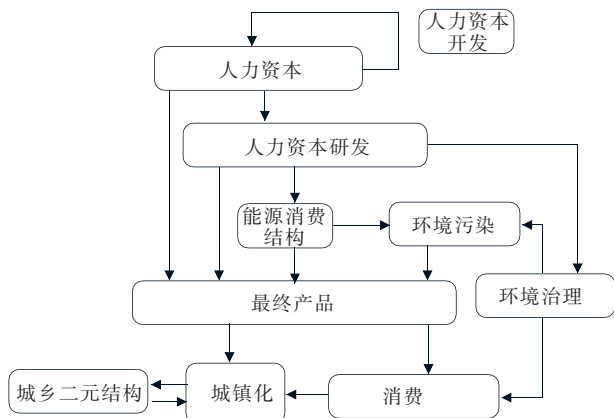


图2 模型理论示意图

这里污染物排放主要指 CO_2 排放, $P=fdE$ 。其中, $d(d>0)$ 表示化石类能源(煤、石油、天然气等)占总能源消耗化石能源占总能源投入中的比重, 是衡量能源消费结构优化的指标, $f(f>0)$ 是消耗化石类能源排放污染物系数(根据 IPCC 提供的公式, CO_2 排放量与能源消费量存在直接线性关系)。

其中, $q(q>0)$ 表示环境自净化速度。在没有环境治理的情况下, 污染物完全排放到环境中, 对环境的破坏作用(环境恶化动态方程)为 $\dot{Q}=-P+qQ$; 经过环境治理后, 能源用于生产后排放污染物经环境治理后对环境的负面影响有弱化作用, $\dot{Q}=P(B_p h_2 H)^{-m}-qQ$ 。其中, $h_2 H$ 为人力资本用于环境治理的投入量; B_p 为人力资本投入到环境治理效率; $m(m>0)$ 为衡量政府环境行政性治理措施(如, 以户籍限制、控制大城市的人口规模, 建立包含资源税、环境税的绿色税收及相关的财政配套措施、搭建跨区域排污权交易市场等)的治理效果。地方政府由于资源禀赋和发展基础不同, 有绿色发展和非绿色发展的偏好差异, 这里 m 在一定意义上也可以衡量地方政府实施绿色发展模式的决心和努力程度。

(三) 最终产品部门

物质产品部门的投入与产出

$$Y=A^\tau K^\alpha (u_2 H)^\beta (h_1 H E)^\gamma P^{-\eta}=A^\tau K^\alpha (u_2 H)^\beta (h_1 H E)^\gamma (fdE)^{-\eta} \quad (5)$$

其中, Y 表示产出; A 、 K 、 H 、 E 、 P 分别为生产中使用的技术、物质资本、人力资本、生产过程能源要素投入和环境恶化程度(污染物排放量); α 、 β 、 γ 、 η 和 τ 对应为各自变量的产出弹性, 且 $\alpha+\beta+\gamma=1$, $\tau>0$, $\eta>0$ 。参照 Schou(2000)^[55]的做法, 将污染引入生产函数, 污染来自能源消费中的化石能源部门。厂商产出相对于物质资本、人力资本、能源要素投入规模报酬不变, 则物质资本 K 积累方程为

$$\dot{K}=Y-C-\delta K \quad (6)$$

其中, δ 为资本折旧率。

(四) 城镇化与经济发展关系

城市经济活动中存在物质、能量和信息流动。由薪柴转向煤炭的能源变革, 推动了工业革命的发展^[56], 而工业革命形成了明确的地区分工, 提高了交易效率, 生产率大幅度提高, 经济快速发展, 从而带动了现代城市化发展^[57]。城市作为人类群居之地^[58], 是人类获取生产生活所需能量的主要有效载体。因城市便利生活条件的驱使, 农村人口向城镇聚集, 城市化水平不断提高, 出现了城乡二元结构差异, 从而又阻碍了城市的发展。赵红军、尹伯成(2006a, 2006b)^[59-60]从交易效率解释城乡差异, 交易效率的动态演进推动了工业化和城市化。人类从使用火开始利用能源, 随着能源结构不断演化, 从薪柴、木炭到煤炭、石油等化石能源的使用, 人类从自然界获取的能量不断增多。人均能源消费量不断提高, 促进了交易效率的提高, 降低了城乡交易成本, 推动了城市化发展的步伐。能源至少从以下几个方面增加了交易效率: 一是石油为汽车广泛使用奠定了基础, 改善了交通条件, 降低了区域之间的交易通勤成本; 二是电的使用, 催生了电信、互联网的发展, 使得远距离通讯更加便捷, 减少了区域之间的交易信息成本。能源推动了现代城市的发展, 但化石能源的消耗影响到人们赖以生存的环境, 从而又制约了城市的发展。

一般认为, 经济增长带来城市化水平的提高, 城市化又加速经济增长^[61]。城市化与经济发展之间具有极为密切的关系。基于大量的模型建模和计量实证发现, 国家或地区的城市化水平与经济增长之间的关系是一种十分明显的半对数曲线关系[周一星(1995)^[62]、梁进社(1999)^[63]、陈彦光(2011)^[64]、程开明(2008)^[65]。

参照刘耀彬、杨新梅(2011)^[66]模型推导方法, 城市化发展与经济增长之间的关系可以表示为

$$U=a+b\ln Y+\xi \quad (a<0, b>0)$$

其中, ξ 为随机扰动项。由于本文中人口 L 单位化为 1, 则 Y 即表示人均产出。

令 $a=-\varepsilon\ln\omega$, $b=\varepsilon(\omega>0, \varepsilon>0)$, 则有 $Y=\omega e^{U/\varepsilon} e^{-\xi/\varepsilon}$, $U=\varepsilon\ln Y+\psi$ 。其中, $\psi=-\varepsilon\ln\omega+\xi$ 为常数。对式子两边取对数、求导, 有

$$\dot{U}=\varepsilon \frac{\dot{Y}}{Y}=\varepsilon g_Y \quad (7)$$

其中, \dot{U} 为单位时间里的城市化率的变化量, 也可以理解为城镇人口的增长速度与农村人口增长速度之差, 衡量了农村人口往城市流动的长期动态关系, 是总体人口结构变化量的度量值, 这样就避免了城镇化率有 100% 理论上限制; g_Y 为单位时间里经济发展的增速; ε 为经济的增速对城市化增量的影响。若这里时间假

定为1年,则 \dot{U} 为城市化率的年增加量; g_Y 为国内生产总值(GDP)的增速。

(五)代表性消费者的效用

公众个体之间对经济发展和环境保护存在偏好差异,消费者不是仅仅满足于简单的物质产品需求,而是追求高质量的生活品质。当前的环境污染,尤其是雾霾(PM2.5)污染对公众人身体和心理造成负面的影响^[67]。综合参照 Grimaud 和 Rougé(2005)^[68]、黄茂兴等(2013)^{[46]30-41}、王庆晓等(2009)^{[31]52-55}、于渤等(2006)^{[29]12-17}、彭水军和包群(2006)^{[42]114-126}等作法,将个体健康环境意识引入 Ramsey(1928)的效用函数,以个体对环境污染适应性系数 $\theta(\theta>0)$ 来表示,反映消费者对环境的偏好敏感程度。环境污染带给人们的效应为负, $U(P)=-\frac{(-Q)^{1+\theta}-1}{1+\theta}$ 。假定代表性消费者在无限时域上对消费 C 和环境存量 P 产生效用,并且是一个标准的固定弹性、加性可分效用函数。考虑消费与环境污染的可分瞬时效用函数为

$$U(C, P) = \frac{C^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} - \frac{(-Q)^{1+\theta}-1}{1+\theta} \tag{8}$$

其中, $\sigma(\sigma>0)$ 为相对风险厌恶系数,是跨期替代弹性的倒数。

四、最优增长路径分析

在模型中,假设在经济系统中存在一个社会计划者(政府)在人力和物质资本、能源和环境约束下,通过选取适当的路径来实现无限时域上消费者的跨期效用最大化,那么上述模型动态优化求解过程可以表示为

$$\begin{aligned} \max_{C,d,E} \int_0^{\infty} & \left(\frac{C^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} - \frac{(-Q)^{1+\theta}-1}{1+\theta} \right) e^{-\rho t} dt \\ \text{s.t.} & \begin{cases} \dot{K} = Y - C - \delta K \\ \dot{A} = B_A h_3 H A \\ \dot{H} = B_H \mu_3 H \\ \dot{S} = -E \\ \dot{Q} = -fdE(B_P h_2 H)^{-m} + qQ \\ U = \varepsilon \ln Y + \psi \end{cases} \end{aligned}$$

$$Y = A^\tau K^\alpha (u_2 H)^\beta (h_1 H E)^\gamma P^{-\eta} = A^\tau K^\alpha (u_2 H)^\beta (h_1 H E)^\gamma (fdE)^{-\eta}$$

其中, ρ 为时间贴现率,表示消费者对当前消费的偏好程度。

定义 Hamilton 函数为

$$J = \frac{C^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} - \frac{(-Q)^{1+\theta}-1}{1+\theta} + \lambda_1 (A^\tau K^\alpha (u_2 H)^\beta (h_1 H E)^\gamma (fdE)^{-\eta} - C - \delta K) + \lambda_2 (B_A h_3 H A) + \lambda_3 (B_H \mu_3 H) + \lambda_4 (-E) + \lambda_5 (-fdE(B_P h_2 H)^{-m} + qQ) + \lambda_6 (U - \varepsilon \ln Y - \psi)$$

其中, $\lambda_i(i=1,2,3,4,5)$ 为哈密尔顿乘子, λ_6 为拉格朗日乘子,分别为对应变量的影子价格; C,d,E 为控制变量; K,A,H,S 和 Q 为状态变量; K_0,A_0,H_0,S_0 和 Q_0 为初始条件。分别对控制变量求导得到最大化 J 的一阶条件为

$$\begin{cases} \frac{\partial J}{\partial C} = C^{-\sigma} - \lambda_1 = 0 \\ \frac{\partial J}{\partial d} = -\lambda_1 \eta \frac{Y}{d} - \lambda_5 fdE(B_P h_2 H)^{-m} = 0 \\ \frac{\partial J}{\partial E} = \lambda_1 (\gamma - \eta) \frac{Y}{E} - \lambda_4 - \lambda_5 fd(B_P h_2 H)^{-m} = 0 \end{cases}$$

欧拉方程为

$$\begin{cases} \dot{\lambda}_1 = \rho \lambda_1 - \frac{\partial J}{\partial K} = \rho \lambda_1 - \lambda_1 (\alpha \frac{Y}{K} - \delta) \\ \dot{\lambda}_2 = \rho \lambda_2 - \frac{\partial J}{\partial A} = \rho \lambda_2 - \lambda_1 \tau \frac{Y}{A} - \lambda_2 B_A h_3 H \\ \dot{\lambda}_3 = \rho \lambda_3 - \frac{\partial J}{\partial H} = \rho \lambda_3 - \lambda_1 (\beta + \gamma) \frac{Y}{H} - \lambda_2 B_A h_3 A - \lambda_3 B_H \mu_3 + \lambda_5 fdEB_P h_2 (B_P h_2 H)^{-m-1} \\ \dot{\lambda}_4 = \rho \lambda_4 - \frac{\partial J}{\partial S} = \rho \lambda_4 \\ \dot{\lambda}_5 = \rho \lambda_5 - \frac{\partial J}{\partial Q} = \rho \lambda_5 + (-Q)^{\theta} - \lambda_5 q \end{cases}$$

横截面条件为

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_1 K e^{-\rho t} = 0 \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_2 A e^{-\rho t} = 0 \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_3 H e^{-\rho t} = 0 \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_4 S e^{-\rho t} = 0 \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_5 Q e^{-\rho t} = 0$$

以 $g_x = \frac{\dot{X}}{X}$ 表示任意变量 X 的增长率, 结合上述一阶条件、欧拉方程和截面条件, 分析经济系统的各变量动态过程。在最优增长路径上各经济变量的稳态增长率, 由于篇幅限制, 具体计算过程从略。

所以

$$g_Y = \frac{\tau g_A + (\beta + \gamma - \eta m) g_H - \gamma \rho}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} = \frac{\tau B_A h_3 H + (\beta + \gamma - \eta m) B_H u_3 - \gamma \rho}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} \\ g_Q = \frac{1 - \sigma}{1 + \theta} g_Y = g_A + g_E - m g_H$$

综上, 在城镇化过程中能源消费结构优化、环境污染治理内生增长模型平衡增长路径上, 城镇化发展过程中的能源消费结构优化和环境污染治理问题就可以转换为

$$\dot{U} = \varepsilon \frac{\tau g_A + (\beta + \gamma - \eta m) g_H - \gamma \rho}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} = \varepsilon \frac{\tau B_A h_3 H + (\beta + \gamma - \eta m) B_H u_3 - \gamma \rho}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} \\ g_Q = \frac{1 - \sigma}{1 + \theta} \frac{\dot{U}}{\varepsilon} = g_A + g_E - m g_H$$

城镇化发展过程中环境质量恶化的速度, 取决于能源结构升级的速度、能源消费总量增长的速度、人力资本开发速度以及地方政府环境治理的行政措施(法律法规、绿色税收、排污权交易市场等)效果。因此, 城市绿色化发展的关键在于能源消费结构的优化升级, 人力资本开发、研发的投入带来的技术进步和知识的“外溢效应”影响。

(一)居民的环境保护意识对城镇化发展影响

$$\frac{\partial \dot{U}}{\partial \theta} = \varepsilon \frac{-[\tau B_A h_3 H + (\beta + \gamma - \eta m) B_H u_3 - \gamma \rho] [-\eta \frac{1 - \sigma}{(1 + \theta)^2}]}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]^2} = \dot{U} \frac{\eta \frac{1 - \sigma}{(1 + \theta)^2}}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} \quad (9)$$

若要保障平衡路径上具有稳定的增长速度, 即 $g_Y > 0$, 则 $\dot{U} > 0$ 。首先分析 $(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}$ 是否大于 0。若要 $(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta} > 0$, $(1 + \theta) > \eta > \frac{(\sigma - 1)}{(\beta + \gamma \sigma)}$, 只要 $\theta > \frac{\eta}{\gamma}$ 即可满足上述条件, 居民的环境保护意识足够强, 并且超过了环境、能源对生产的产出弹性比值。基于这样的假设, 继续做其他变量的比较静态关系分析。

只要城镇化率继续提高 ($U > 0$), $\frac{\partial \dot{U}}{\partial \theta} > 0$, 意味着和未来比较, 消费者更加珍惜现在的环境, 并且消费者对高质量环境的需求更加强烈, 环境保护意识越强, 越有利于绿色城镇化可持续发展。

并且, 对于相对风险厌恶系数 σ , 有

$$\frac{\partial \dot{U}}{\partial \sigma} = \frac{-\varepsilon [\tau B_A h_3 H + (\beta + \gamma - \eta m) B_H u_3 - \gamma \rho] \frac{(1 - \theta) \gamma - \eta}{1 + \theta}}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]^2} = -\dot{U} \frac{(1 - \theta) \gamma - \eta}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} \quad (10)$$

σ 对城镇化发展的影响受限于 θ 、 γ 与 η 。只要 $1 + \theta > \frac{\eta}{\gamma}$, 就有 $\frac{\partial \dot{U}}{\partial \sigma} < 0$, 只有消费者的环保意识足够强, 或者说, 生产的污染物排放引起了人们的足够重视时, 当 σ 越小, 消费者越愿意接受跨期消费模式, 消费者不会过于追求当前物质产品的消费, 而会选择合适的消费方式。譬如, 放弃带有高排放的生产的衣食住行的生活用品, 选择环境绿色的出行方式等。足见, 对于消费者来说, 尤其是城市居民是绿色发展的最终受益者, 也是主要参与者, 其环境保护的意识对于绿色城市建设作用十分重要。所以, 《计划》中要求“开展全民节能行动。实施全民节能行动计划, 加强宣传教育, 普及节能知识, 推广节能新技术、新产品, 大力提倡绿色生活方式, 引导居民科学合理用能, 使节约用能成为全社会的自觉行动。”在《规划》中强调倡导“绿色新生活行动。在衣食住行游等方面, 加快向简约适度、绿色低碳、文明节约方式转变。培育生态文化, 引导绿色消费, 推广节能环保型汽车、节能省地型住宅。健全城市废旧商品回收体系和餐厨废弃物资源化利用体系, 减少使用一次性产品, 抑制商品过度包装。”在全社会范围内, 绿色生产、绿色消费应该成为城市经济生活的主流。

(二) 消费者的主观时间偏好对城镇化发展的影响

$$\frac{\partial \dot{U}}{\partial \rho} = \frac{-\varepsilon \gamma}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} < 0 \quad (11)$$

说明主观时间偏好率 ρ 越小,未来贴现越少,消费者更愿意追求未来消费。对经济发展和环境保护偏好选择上,理性消费者会选择均衡现在和将来消费需求,在环境需求和物质产品需求间做权衡,减少现期物质产品消费,从而减少生产物质产品当期环境污染物排,从长远看有利于环境的保护、经济的可持续增长以及城市绿色化发展。

(三) 能源消费对城镇化发展的影响

$$\frac{\partial \dot{U}}{\partial \gamma} = \varepsilon \frac{(B_H u_3 - \rho)[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}] - [\tau B_A h_3 H + (\beta + \gamma - \eta m) B_H u_3 - \gamma \rho] \sigma}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]^2} = \frac{\varepsilon [(B_H u_3 - \rho) \dot{U} \sigma]}{(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}} \quad (12)$$

能源消费对城镇化发展的影响受到城镇化发展速度影响。如果城镇化发展速度过快 ($\dot{U} > \frac{B_H u_3 - \rho}{\sigma}$), 能源消费会阻碍绿色城镇化发展。原因在于,城镇化发展过快,城市内部结构的调整优化则不会被重视,过多的外来移民人口集中于城市中心,消耗大量的能源,造成能源短缺,环境恶化,最终影响到城镇化发展,抑制了绿色城市化发展的步伐。

只有当 $B_H u_3 > \rho + \dot{U} \sigma$, 才有 $\frac{\partial \dot{U}}{\partial \gamma} > 0$, 即人力资本用于自身的积累占比足够大, 积累效率足够高, 沿着最优增长路径上, 能源消费才能正向促进绿色城镇化发展。在城镇化发展过程中, 新能源使用对绿色城镇化发展十分重要。无论是最终产品生产能源使用, 还是用于中间产品生产的能源研发, 都需要人力资本开发投入足够充裕, 使其成为带动能源技术革新、知识创新的“工作母机”。如果人力资本开发不足, 则必然导致新能源研发力度不足, 生产中将消耗大量的化石等不可再生能源, 排放大量污染物, 城市绿色化发展将无从谈起。

(四) 污染物排对城镇化发展的影响

$$\frac{\partial \dot{U}}{\partial \eta} = \varepsilon \frac{-m B_H u_3 [(\beta + \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}] - [\tau B_A h_3 H + (\beta + \gamma - \eta m) B_H u_3 - \gamma \rho] \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]^2} = -\varepsilon \frac{(m B_H u_3 + \frac{1 - \sigma}{1 + \theta} \dot{U})}{(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}} \quad (13)$$

只要城镇化率在逐年增长, $\dot{U} > 0$, 则 $\frac{\partial \dot{U}}{\partial \eta} < 0$ 必然成立, 即污染物排放对城镇化发展有绝对负面的影响。集中在城市生活的居民, 无论日常生活中的照明取暖直接消耗的能源, 还是消费物质产品间接消耗的能源, 相比较于农村都要便利很多。在城市的发展初期, 为了获取能源便利性, 不断有农村居民涌向城市, 但当城市发展到一定阶段, 获取能源带来雾霾天气、温室效应等负面产物增多, 势必影响到农村人口往城市迁移的速度, 从而制约着城市化发展的步伐。或者说要保持城镇化发展的有序推进, 现有城市内部的环境结构必须得到有效的治理, 对污染物排放做到有效规制和防控, 对环境的约束采取的“解约束”措施必须落实到位。

(五) 地方政府环境治理措施对城镇化发展影响

$$\frac{\partial \dot{U}}{\partial m} = \frac{-\varepsilon \eta B_H u_3}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} < 0$$

由上说明, 环境治理必然需要采取一些强制性治理措施, 如限制城区人口规模等, 虽然这些措施是环境治理必须做的工作, 在环境治理过程中会取得一些效果, 但也限制了城市长远发展。如北京市在《国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》中^①明确提到“十三五”期间生态环境质量显著提升, PM2.5 年均浓度比 2015 年下降 15% 左右。为此, 全市常住人口总量控制在 2 300 万人以内, 城六区常住人口比 2014 年下降 15% 左右。并且要适时出台拥堵费政策等环境治理措施。这些限制性措施从预期看, 能够对城市环境综合治理起到一定的效果, 但势必在一定程度上影响到外地人员来北京居住、生活和工作的积极性。

若要环境污染得到有效治理、绿色城市化发展持续推进, 其根本行之有效的举措在于能源消费结构的

^①北京“十三五”规划建议发布, 期间住人口控制在 2300 万 [EB/OL]. (2015-12-08). http://news.xinhuanet.com/fortune/2015-12/08/c_128509333.htm.

调整。然而,能源消费结构并非一朝可以完成,需要经历较长的嬗替过程,在此过程中,必要的行政性环境治理措施仍然不可缺少。

(六)人力资本对城镇化发展的影响

$$\frac{\partial \dot{U}}{\partial g_A} = \frac{\varepsilon \tau}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} > 0 \tag{14}$$

知识积累、技术进步对城镇化发展具有显著的促进作用。中央城市工作会议指出,“要加强创新合作机制建设,构建开放高效的创新资源共享网络,以协同创新牵引城市协同发展。”“优化创新创业生态链,让创新成为城市发展的主动力,释放城市发展新动能。”创新的发展理念在中国新型城镇化,尤其对绿色可持续的城镇化发展的影响作用举足轻重。在全国“大众创业、万众创新”的氛围中,需要培育更多创新型人才,并更加注重培育原始创新意识、多元化、多样化创新,把蕴藏在亿万民众中的创造力发挥出来,为城市的绿色化发展培育原生动力。

数值模拟结果如图3所示。

$$\frac{\partial \dot{U}}{\partial H} = \frac{\varepsilon \tau B_A h_3}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]} > 0$$

加大人力资本的投入,教育优先发展,发展世界一流的高等教育,加大教育科研投资,拓宽产学研渠道,助推人力资本形成,使之成为推动经济发展和城镇化发展的重要力量。一方面,加大新能源研发和教育科研投入,建立专业化、高精尖的人才发展体系,在关键领域取得突破进展;另一方面,加大环境污染治理技术创新科研投入。环境治理是一个复杂的系统性工程,需要新技术支撑。

$$\frac{\partial^2 \dot{U}}{\partial H \partial \eta} = \frac{-(\varepsilon \tau B_A h_3) \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]^2} < 0$$

若 η 越大,即生产过程中的污染物排放对经济发展的负面作用越大,则会削弱人力资本对城镇化发展的影响。因此,控制生产中污染排放,减少对环境的破坏,可以促进人力资本积累对绿色城市化发展正向影响。

$$\frac{\partial \dot{U}}{\partial g_H} = \frac{(\beta + \gamma - \eta m)}{[(\beta + \gamma \sigma) + \eta \frac{1 - \sigma}{1 + \theta}]}$$

若 $\beta + \gamma > \eta m$, 则 $\frac{\partial \dot{U}}{\partial g_H} > 0$, 即人力资本和能源消费对最终生产的综合影响大于经过环境治理后的污染对最终生产的影响时,人力资本的自身积累才会对城镇化发展有正向的促进作用。

基于上述分析,用 Matlab 软件作数值模拟分析; ε 综合 Henderson (2003)^[69] 研究取 0.8; 参照肖文、唐兆希 (2012)^[35]^[143-159] τ 取 0.5, 将人力资本存量单位标准化为 1; B_A 取 0.2; h_3 取 0.3; β 取 0.4; γ 取 0.3; B_H 取 0.2; u_3 取 0.2 分别考察 η 、 ρ 、 m 和 θ 对 \dot{U} 的影响。

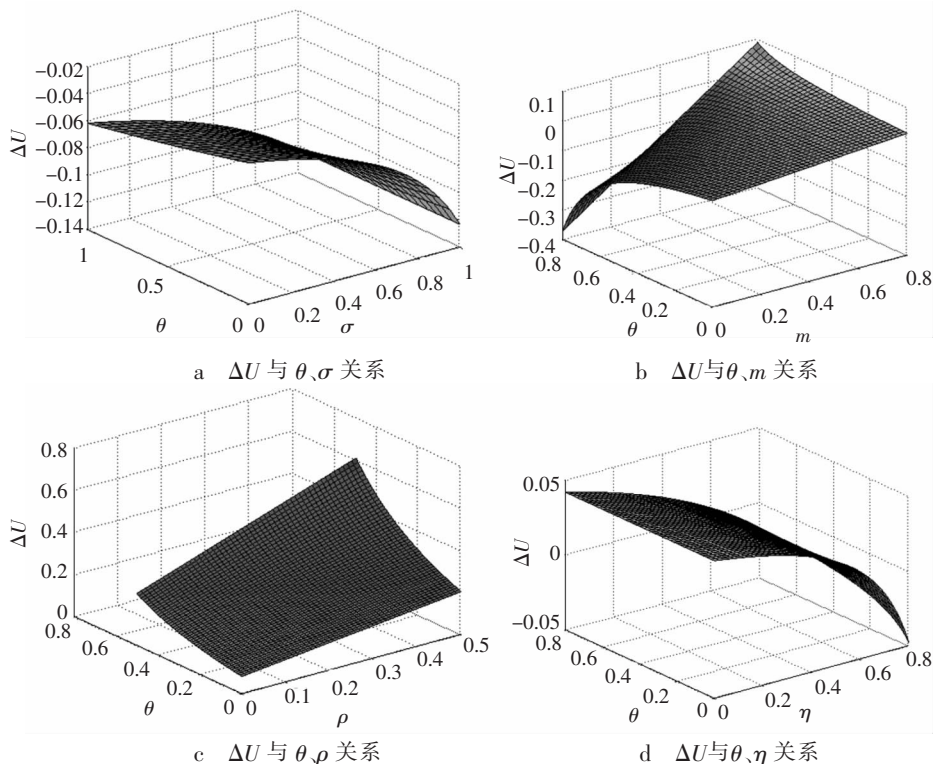


图3 数值分析结果

五、基于面板数据实证检验分析

为更加清晰地分析中国城镇化过程中能源消费结构优化与环境污染治理问题,本文在前文论述基础上,建立如下模型。

综合 $Y=A\tau K^\alpha(u_2H)^\beta(h_1HE)^\gamma(fDE)^{-\eta}$, $U=\varepsilon\ln Y+\Psi$, 有

$$U=\varepsilon[\tau\ln A+\alpha\ln K+(\beta+\gamma)\ln H+(\gamma-\eta)\ln E-\eta\ln d]+\varepsilon(\ln u_2+\ln h_1+\ln f)+\Psi \quad (15)$$

参照黄菁、陈霜华(2011)^{[44]142-152}做法,建立计量模型做实证检验

$$U_{it}=\alpha_1\ln A_{it}+\alpha_2\ln K_{it}+\alpha_3\ln H_{it}+\alpha_4\ln E_{it}-\alpha_5\ln d_{it}+\varepsilon_{it} \quad (16)$$

由于本文将劳动力 L 单位化为 1, 这里模型中的各个变量均为人均变量。其中, Y 为第 i 个省份在第 t 年的经济总量, 用各地区人均 GDP 度量; U_{it} 为第 i 个省份在第 t 年的常住人口城镇化率; K_{it} 为第 i 个省份在第 t 年的人均物质资本存量; H_{it} 为第 i 个省份在第 t 年的人均人力资本存量; E_{it} 为第 i 个省份在第 t 年的人均能源消费量; d_{it} 为第 i 个省份在第 t 年的能源消费总量中煤炭的比重; ε_{it} 为方程的残差项, 表示各省份相关的特定截面效应。

考虑中国 2005 年起各地区人口统计数据改为常住人口, 为较为准确地衡量中国城镇化发展水平, 本文选择中国 2005—2014 年 30 个省份(西藏自治区除外)组成面板数据。文中所有原始数据主要来源于历年《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》以及各省统计年鉴。各项指标数值统计如表 1 所示。

表 1 样本变量的描述统计量

| 变量 | 名称 | 单位 | 观察值 | 平均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 | 数据处理方法说明 |
|------|----------|---------|-----|-----------|-----------|----------|------------|---|
| y | 人均国内生产总值 | 元/人 | 300 | 29 448.83 | 21 214.19 | 5 376.46 | 129 233.90 | 将 2005 年作为基年, 利用各地区地区生产总值指数数据进行平减换算而成 |
| u | 常住人口城镇化率 | % | 300 | 0.51 | 0.14 | 0.27 | 0.90 | 2005 年起各地区人口数据为常住人口口径 |
| k | 人均物质资本存量 | 万元/人 | 300 | 6.67 | 4.28 | 1.07 | 24.54 | 用手盘存法, 折旧率选为 9%。选取 2000 年为初始年份, 其物质资本存量采用霍尔和琼斯 (Hall and Jones, 1999) 方法, 用 2000 年的投资除以 2000 年至 2014 年投资增长的几何平均数与折旧率之和; $K_t=I_t+(1-\delta_t)K_{t-1}$, $K_{2005}=I_{2005}/(\delta+g)$ 其中, g 为 2005—2014 年固定投资增长率的几何平均数。并利用各地区固定资产投资价格指数转换为 2005 年的基期价格 |
| h | 接受教育年限 | 人·年 | 300 | 8.11 | 0.97 | 5.82 | 18.27 | 就业人口受教育年限按照小学 6 年, 初中 9 年, 高中 12 年, 大学 16 年, 研究生 20 年计算 |
| e | 人均能源消费量 | 千克标准煤/人 | 300 | 3 179.51 | 1 610.70 | 993.01 | 9 978.51 | 总能源消费量与当年年末人口之比 |
| d | 能源消费结构 | % | 300 | 69.12 | 24.28 | 18.47 | 87.33 | 煤炭占一次能源消费总量中的比重 |
| cx | 城乡居民消费差异 | — | 300 | 2.96 | 0.60 | 1.83 | 5.21 | 城镇居民消费水平与农村居民消费水平的比值 |

注: 对缺省数据做了必要的插值处理。

采用面板数据进行估计时, 主要使用了随机效应和固定效应模型, 同时列出两种效应的结果, 并使用 Hausman 检验来判断估计结果的准确性。在实际的计量过程中, 开始用最小二乘法作为对照比较, 然后估计出不包括城乡差距的基本模型, 最后在基本模型的基础上加入城乡居民消费水平差距作为控制变量。各方程实证检验的估计结果如表 2 所示。

由于 Hausman 检验都在 1% 的水平上显著, 这里主要关注固定效应模型的结果。计量模型估计的检验结构和预期完全一致, $\ln k$ 、 $\ln h$ 、 $\ln e$ 系数显著为正, 并且 $\ln h$ 系数显著大于 $\ln k$ 系数, $\ln d$ 系数显著为负。前者表明人均物质资本、人力资本、能源投入对城镇化有正向的促进作用, 并且人力资本对城镇化发展的影响大于物质资本的影响。后者可以说明两点: 一是化石能源(煤炭)比重越大, 对城镇化发展负向作用越明显; 二

表2 计量模型的估计结果

| 解释变量 | 模型(1) OLS (稳健标准误) | 模型(2) 面板回归模型 (固定效应) | 模型(3) 面板回归模型 (随机效应) | 模型(4) OLS (稳健标准误) | 模型(5) 面板回归模型 (固定效应) | 模型(6) 面板回归模型 (随机效应) |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| lnk | 0.0587*** (0.0168) | 0.0471*** (0.0038) | 0.0456*** (0.0042) | 0.0364*** (0.0138) | 0.0441*** (0.0040) | 0.0419*** (0.0043) |
| lnh | 0.4590*** (0.1520) | 0.0506*** (0.0128) | 0.0559*** (0.0148) | 0.3940*** (0.1470) | 0.0448*** (0.0129) | 0.0482*** (0.0147) |
| lne | 0.0594*** (0.0124) | 0.0399*** (0.0106) | 0.0439*** (0.0115) | 0.0671*** (0.0125) | 0.0394*** (0.0105) | 0.0434*** (0.0113) |
| lnd | -0.1440*** (0.0175) | -0.0164** (0.0074) | -0.0273*** (0.0083) | -0.1360*** (0.0166) | -0.0180** (0.0073) | -0.0284*** (0.0082) |
| cx | | | | -0.0433*** (0.0124) | -0.0076** (0.0030) | -0.0093*** (0.0034) |
| _cons | -1.0840*** (0.3260) | 0.0025 (0.0770) | -0.0433 (0.0848) | -0.8400** (0.3310) | 0.0454 (0.0780) | 0.0104 (0.0854) |
| adj. R ² | 0.7040 | 0.9130 | | 0.7190 | 0.9140 | |
| Hausman 检验 | | 80.7300** | | | 76.6100*** | |
| N | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |

注:括号中表示标准误差;*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01。

是污染物排放($P=fdE$)对城镇化发展的抑制作用明显。在控制了城乡差异后,这个结果显著性没有变化。这说明,在城市绿色化发展过程中增加人力资本的开发研发力度,优化能源消费结构,降低化石能源在能源消费中的比重,综合采取环境污染治理措施十分必要。lne 的系数的符号显著为正,即 $\gamma-\eta>0$,由于前文假定 $1>\gamma>0, \eta>0$,则 $\gamma>\eta>0$ 。一方面可以说明能源消费对城镇化发展的正向影响大于污染物排放对城镇化发展的负向影响;另一方面表明前文中假定 $\theta>\frac{\eta}{\gamma}$,即居民环境保护意识增强,对当前大气污染带来的负面影响反应比较强烈的假设比较合理,也符合实际。实证部分是对文中繁杂的理论推导的有益补充,使得文中的模型的假定和推导具有了现实基础,佐证了其合理性,并且实证分析得到了具有合乎事实的结果。

六、主要结论与政策建议

城镇化发展是破除中国城乡二元结构必然选择,是保持经济持续健康发展的强大引擎。优化能源消费结构,提升环境污染治理能力是推动城市绿色化发展内在要求,其根本动力在于人力资本开发和研发,促使技术革新和知识创新。本文基于内生增长模型理论,在 Romer(1990)、Lucas(1988)模型基础上,将能源消费、环境污染引入生产函数,把环境质量引入消费函数,建立了城镇化发展与经济增长之间的联系,构建了一个在城镇化发展过程中讨论能源消费结构优化与环境污染治理的内生增长模型,以此探讨分析实现绿色城市化发展的路径。在此基础上,利用中国内地 30 个省份 2005—2014 年的面板数据构建计量模型分析了城镇化发展与物质资本、人力资本、能源消费、环境污染以及能源消费结构的相互作用关系。通过研究发现:

1. 增加人力资本开发和研发投入能够有效促进城镇化持续稳定发展,能够从根本上破解能源、环境对城市绿色化发展的约束

加大对新能源的人力资本研发投入,提高人力资本研发与人力资本开发效率,有利于新能源研发利用以及环境的综合治理,有利于城镇化有序推进和城市绿色化发展。为了保持城镇化长期健康发展,政府应该注重人力资本和技术的积累以及生产研发效率的提升^{[54]58}。在新一轮工业革命推动力作用下,生产方式将发生革命性变革,绿色清洁技术终将代替高耗能、高排放的污染技术,区际间、行业内部技术壁垒逐渐被破除,技术异质性差异逐步同化,直至全面实现绿色化发展。按照《中国制造 2025》(2015 年 5 月)、《国家创新驱动发展战略纲要》(2016 年 5 月)推进产业绿色创新升级,发展绿色制造技术,对传统制造业全面进行绿色改造。按照《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》,发展“绿色低碳”新兴产业,形成经济转型发展的新动能。另外,根据《规划》要求,推动城市创新能力建设,加大人力资本开发研发力度,提升要素集聚和辐射带动

能力,将绿色低碳理念融入城市规划全过程。企业是能源技术变革的主体。如何利用财税政策(对使用传统污染技术生产产品征收绿色税收,对使用绿色清洁环保的技术生产产品给予一定补贴)鼓励引导企业偏向绿色能源技术创新投入,并且鼓励公众参与监督企业绿色能源技术变革,是政府需要重点考虑的问题。

2. 能源获取的便利性及其利用效率的提升促进了城市化发展,过快的城镇化消耗过多的能源,而不合理的能源结构(化石能源比重过高)会阻碍绿色城市化发展

增加新能源研发的创新人力资本投入,从供给侧改革优化升级能源消费结构是绿色城市化发展的必由之路。在2016年11月生效的《巴黎协定》的框架之下,到2030年,中国单位GDP的CO₂排放比2005年下降60%~65%,非化石能源在总能源比重提升到20%左右,中国的CO₂排放要达到峰值。中国新能源的研发利用才刚刚起步,化石能源在能源消费中仍占据主要位置^①。在中国,2015年全年能源消费总量43.0亿吨标准煤,煤炭消费量占能源消费总量的64.0%,水电、风电、核电、天然气等清洁能源消费量占能源消费总量的17.9%^②。新能源发展任重道远,需要大量人力物力投入,推动能源技术革命,带动产业升级,把能源技术及其关联产业培育成带动中国产业升级的新增长点。按照《计划》要求,抓住能源绿色、低碳、智能发展的战略方向,推进能源科技创新。一方面,着力绿色清洁、循环以及可再生资源(页岩气、光伏、太阳能热、风电、生物燃料、地热能,等)研发投入,推进分布式能源、智能电网、新能源汽车等领域基础科研投入,从而推动能源生产利用方式变革,优化能源供给结构,提高能源利用效率,建设清洁低碳、安全高效的多元的现代能源体系和能源储运网络,智慧能源系统;另一方面,绿色城镇化发展需要在能源创新体制上进行变革,加快基于科研院校、企业等多元参与,以市场为导向,“政产学研用”相结合的能源科技创新和人才培育体系建设。

3. 环境污染不利于城镇化发展

只有环境得到有效治理,污染物排放维持在合理的范围内,城市绿色化发展才有保障。环境治理中的行政措施在短期来看有积极的效果,从长期经济均衡增长来看,对城镇化发展的影响却是负面的。环境治理需要从根本上优化能源消费结构,降低化石能源消费比重,转变生产方式。但这是一个渐进过程需要地方政府采取积极的环境治理措施,提高环境准入门槛,加大环境治理产品研发技术创新人力资本投入。在产业发展方面,需要分阶段制定并实施逐渐严苛的环保标准,推动传统产业升级改造,打造绿色低碳循环产业体系^[70]。在城市建设方面,需要注重城市科学规划,按照中央城市工作会议要求,统筹生产、生活、生态三大布局,提高城市发展的宜居性。即,“生产空间集约高效,生活空间宜居适度,生态空间山清水秀,将环境容量和城市综合承载能力作为确定城市定位和规模的基本依据”。“城市交通、能源、给排水、供热、污水、垃圾处理等基础设施,要按照绿色循环低碳的理念进行规划建设”。总之,要将绿色生产、绿色消费理念贯穿于城市规划设计每个环节。

4. 城乡二元结构阻碍了城镇化发展

大力推进城镇化建设是实现我国经济社会均衡发展、破解城乡二元结构的根本途径。为了加快城镇发展步伐,首要在于破除城乡二元结构,减少城乡之间存在的差异,并将差距降到最低。打破户籍限制,促进地区间、城乡间人员流动,优化能源结构,增加能源消费供给,建立跨区域能源互联网,提高交易效率,有利于削弱区域、城乡间的差异,使得全国城镇化发展更加均衡、协调。因此,在当前全面建设小康社会进程中,地方政府尤其要重视对发展落后地区实施“精准扶贫、精准脱贫”,加大基础设施、教育、医疗等社会公共服务在农村地区覆盖面广度和深度,缩小城镇之间、城市和农村地区之间的差距,实现共享发展^{[54][58]}。今后一个时期,将有约1亿农业转移人口落户城镇,约1亿人居住的城镇棚户区和城中村需要改造,约1亿人在中西部地区就近城镇化,这是中国拉动内需、促进经济持续稳定发展的强劲内生动力所在,对现有的能源消费结构带来巨大变革压力,对能源清洁化、低碳化发展必将产生积极的正向冲击激化效应^[71]。

5. 居民的生态意识、环境道德观念和节约使用能源的自觉性对城镇化有序推进和城市绿色化发展至关重要

绿色生产、绿色消费、勤俭节约用能的消费观成为城市经济生活的主流,依靠有为政府、有效市场^[72]、居民环境道德自觉等多元力量参与,构建多中心治理机制,是绿色城市化发展的重要且行之有效的必要条件。

①巴黎协定正式生效中国贡献世界瞩目。 <http://tv.cctv.com/2016/11/04/VIDEVIK0XzDBw80K0sWCyhFE161104.shtm>。

②2015年国民经济和社会发展统计公报。 http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201602/t20160229_1323991.html。

政府有必要在全社会范围营造节能环保新风尚,使城市居民养成绿色消费习惯和生活方式,构建能源节约型社会^{[21]58-59}。“推动全民在衣、食、住、行、游等方面加快向勤俭节约、绿色低碳、文明健康的方式转变。”(《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》,2015年6月)

总之,能源结构的优化升级、环境污染治理是个复杂的系统性工程,需要有一个漫长的过程,短期内化石能源的使用比重依然比较高。在追求城镇化绿色发展过程中,为了将环境污染控制在经济发展和居民生活可承受的范围内,需要凝聚全社会力量,鼓励多元参与,多中心协同治理,创新环境治理的机制,以促进地方政府城市绿色治理能力现代化。过去靠政府主导“从上而下”以控制和命令方式推动的环境治理效果并不十分理想,也遇到很大的挑战,而基于排污权交易和绿色财税的市场工具在中国又还没有建立完整的体系。因此,绿色城镇化发展需要借助于政府和市场之外的“第三种力量”——道德^[73]。要求与环境利益相关者都应该积极参与到环境治理过程中,以“主人翁”态度履行自己的责任,以此调动政府、企业、民众、科研院校和非政府环保组织参与环境治理的积极性^[74],明确政府、企业、公众的责任,建立以政府为主导、企业为主体、全社会共同推进的工作格局,形成环境治理的命运共同体,真正做到“环保工作都来抓,环保责任共同担”^①。

参考文献:

- [1] 林伯强,邹楚沅. 发展阶段变迁与中国环境政策选择[J]. 中国社会科学,2014(5):81-95.
- [2] 杨开忠. 促进河北省绿色崛起:实现京津冀协同发展的关键支撑[J]. 经济社会体制比较,2016(3):10-13.
- [3] 汪泽波. 城镇化过程中能源消费空间格局异质性[J]. 首都经济贸易大学学报,2015(6):3-11.
- [4] 汪泽波. 京津冀地区城镇化对能源消费的动态冲击效应——基于SVAR模型的分析[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(9):7-13.
- [5] D'ARCE R C. Essay on economic growth and environmental quality[J]. The Swedish Journal of Economics,1971,73(1):25-41.
- [6] FORDTER B A. A note on economic growth and environmental quality[J]. The Swedish Journal of Economics,1972,74(2):281-285.
- [7] FORDTER B A. Optimal capital accumulation in a polluted environment[J]. Southern Economic Journal,1973,39(4):544-547.
- [8] SOLOW R M. Intergenerational equity and exhaustible resources[J]. The Review of Economic Studies,1974,41:29-45.
- [9] SOLOW R. The economics of resources or the resources of economics[J]. American Economic Review,1974,64(2):1-14.
- [10] STIGLITZ. Growth with exhaustible natural resources:efficient and optimal growth paths[J]. Review of Economic Studies,1974,41(5):123.
- [11] DASGUPTA P,Heal G. The optimal depletion of exhaustible resources[J]. The Review of Economic Studies,1974,41(5):3-28.
- [12] ROMER P M. Increasing returns and long-run growth[J]. The Journal of Political Economy,1986,94(5):1002-37.
- [13] ROMER P M. Endogenous technical change[J]. Journal of Political Economy,1990,98(5):71-102.
- [14] LUCAS R E. On the mechanics of economic development[J]. Journal of Monetary Economics,1988,22(1):3-42.
- [15] 潘士远,史晋川. 内生经济增长理论:一个文献综述[J]. 经济学(季刊),2002,1(4):753-786.
- [16] BOVENBERG A L,SMULDERS S. Environmental quality and pollution-augmenting technological change in a two-sector endogenous growth model[J]. Journal of Public Economics,1995,57(3):369-391.
- [17] STOKEY N L. Are there limits to growth?[J]. International Economic Review,1998,39(1):1-31.
- [18] SCHOLZ C M,Ziemes G. Exhaustible resources,monopolistic competition,and endogenous growth[J]. Environmental and Resource Economics,1999,13(2):169-185.
- [19] SCHOU P. Polluting non-renewable resources and growth[J]. Environmental and Resource Economics,2000,16(2):211-227.
- [20] SCHOU P. When environmental policy is superfluous:growth and polluting resources[J]. The Scandinavian Journal of Economics,2002,104(4):605-620.
- [21] AGHION P,HOWITT P,BRANT-COLLRTT M,et al. Endogenous growth theory[M]. Massachusetts:MIT Press,1998.
- [22] GRIMAUD A,ROUGÉ L. Non-renewable resources and growth with vertical innovations:optimum,equilibrium and economic policies[J]. Journal of Environmental Economics and Management,2003,45(2):433-453.
- [23] ACEMOGLU D,AGHION P,BURSZYNN L,et al. The environment and directed technical change[J]. The American Economic Review,2012,102(1):131.
- [24] 彭水军,包群. 资源约束条件下长期经济增长的动力机制——基于内生增长理论模型的研究[J]. 财经研究,2007,32(6):110-119.

①环保部部长现身河北省环保大会. http://news.ifeng.com/a/20160510/48740744_0.shtml.

- [25] 陶磊,刘朝明,陈燕. 再生资源约束下的内生增长模型研究[J]. 中南财经政法大学学报,2008(1):16-19.
- [26] 许士春,何正霞,魏晓平. 资源消耗、污染控制下经济可持续最优增长路径[J]. 管理科学学报,2010,13(1):20-30.
- [27] 邵帅,杨莉莉. 自然资源开发、内生技术进步与区域经济增长[J]. 经济研究,2011(S2):112-123.
- [28] 闫晓霞,张金锁,邹绍辉. 污染约束下可耗竭资源最优消费模型研究[J]. 系统工程理论与实践,2015(2):291-299.
- [29] 于渤,黎永亮,迟春洁. 考虑能源耗竭、污染治理的经济持续增长内生模型[J]. 管理科学学报,2006,9(4):12-17.
- [30] 张彬,左晖. 能源持续利用、环境治理和内生经济增长[J]. 中国人口·资源与环境,2007,17(05):27-32.
- [31] 王庆晓,崔玉泉,张延港. 环境和能源约束下的内生经济增长模型[J]. 山东大学学报(理学版),2009,44(2):52-55.
- [32] 左文鼎. 基于能源约束的内生经济增长理论研究[J]. 经济问题,2014(3):32-36.
- [33] 张华,魏晓平. 能源替代与内生经济增长路径研究[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2014,16(4):42-49.
- [34] 周明磊,任荣明. 能源效率提高对经济结构变动的影响研究——基于内生经济增长理论的探讨[J]. 软科学,2011,25(12):52-58.
- [35] 肖文,唐兆希. 可再生能源、中间产品质量与可持续发展[J]. 世界经济,2012(2):143-159.
- [36] 公维凤,王传会,周德群,等. 能耗强度与能源结构优化对内生经济增长影响研究[J]. 运筹与管理,2013,22(3):115-121.
- [37] 杨万平,袁晓玲. 能源持续利用、污染治理下的经济可持续增长模型[J]. 西安交通大学学报(社会科学版),2011,31(5):80-85.
- [38] 肖文,唐兆希. 能源约束、技术进步与可持续发展——一个基于中间产品质量进步的分析框架[J]. 经济理论与经济管理,2011(1):87-94.
- [39] 蔡海霞. 能源约束、技术进步与中国经济增长可持续性[J]. 资源科学,2014,36(5):946-953.
- [40] 张华,魏晓平. “能源—经济—环境”系统的约束与解约束:理论与实证[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2015,17(3):53-59.
- [41] 何小钢. 能源约束、绿色技术创新与可持续增长——理论模型与经验证据[J]. 中南财经政法大学学报,2015(4):30-38.
- [42] 彭水军,包群. 环境污染、内生增长与经济可持续发展[J]. 数量经济技术经济研究,2006,23(9):114-126.
- [43] 何正霞,许士春. 考虑污染控制、技术进步和人力资本积累下的经济可持续增长[J]. 数学的实践与认识,2011,41(18).
- [44] 黄菁,陈霜华. 环境污染治理与经济增长:模型与中国的经验研究[J]. 南开经济研究,2011(1):142-152.
- [45] 贺俊,胡家连,袁祖怀. 基于内生增长模型的环境污染与经济增长之间关系研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2012,35(10):1422-1427.
- [46] 黄茂兴,林寿富. 污染损害、环境管理与经济可持续增长——基于五部门内生经济增长模型的分析[J]. 经济研究,2013(12):30-41.
- [47] 朱函葳. 对引入资源环境因素后经济长期增长路径的探究[J]. 暨南学报(哲学社会科学版),2014(5):90-100.
- [48] 申萌,李凯杰,曲如晓. 技术进步、经济增长与二氧化碳排放:理论和经验研究[J]. 世界经济,2012(7):83-100.
- [49] 王锋. 化石能源耗竭与气候变化约束下的经济低碳转型[J]. 当代经济科学,2012(3):1-11.
- [50] 贺俊,范琳琳. 不可再生资源、碳排放与可持续发展[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版)2014,27(6):56-62.
- [51] 刘耀彬,杨新梅. 基于内生经济增长理论的城市化进程中资源环境“尾效”分析[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(2):24-30.
- [52] 许冬兰,李琰. 能源约束对经济增长和城市化影响的实证研究——以山东省为例[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2012,14(4):74-79+88.
- [53] 朱丽曼. 基于内生增长理论的煤炭资源对城市化的尾效模型[J]. 科技和产业,2013,13(4):47-50.
- [54] 汪泽波. 城镇化过程中能源消费、环境治理与绿色税收——一个绿色内生经济增长模型[J]. 云南财经大学学报,2016(2):49-61.
- [55] SCHOU P. Polluting non-renewable resources and growth[J]. Environmental and Resource Economics,2000,16(2):211-227.
- [56] EREN E,GARCIA-MACIA D. From wood to coal may well be from malthus to solow[J]. Ssm Electronic Journal,2013.
- [57] 刘景华. 工业革命时期英国的地区分工与城市发展[J]. 经济社会史评论,2014(1):118-133.
- [58] 葛剑雄. 城市的品性[J]. 环球人文地理,2015(9):8.
- [59] 赵红军,尹伯成. 论交易效率与中国的城乡差距[J]. 复旦学报(社会科学版),2006(1):90-97.
- [60] 赵红军,尹伯成,孙楚仁. 交易效率、工业化与城市化——一个理解中国经济内生发展的理论模型与经验证据[J]. 经济学(季刊),2006(4):1041-1066.
- [61] 程开明. 城市化与经济增长的互动机制及理论模型述评[J]. 经济评论,2007(4):143-150.
- [62] 周一星. 城市地理学[M]. 北京:商务印书馆,1995.
- [63] 梁进社. 城市化与国民经济发展之关系的理论分析[J]. 自然资源学报,1999,14(4):351-354.
- [64] 陈彦光. 城市化与经济发展水平关系的三种模型及其动力学分析[J]. 地理科学,2011(1):1-6.
- [65] 程开明. 中国城市化与经济增长的统计研究[D]. 杭州:浙江工商大学,2008.

- [66] 刘耀彬,杨新梅. 基于内生经济增长理论的城市化进程中资源环境“尾效”分析[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(2): 24-30.
- [67] 郭新彪,邓芙蓉. 大气 PM_{2.5} 与健康:针对复杂系统的复杂科学研究[J]. 北京大学学报(医学版),2014,46(3):341-342.
- [68] GRIMAUD A,ROUGÉ L. Polluting non-renewable resources,innovation and growth:welfare and environmental policy[J]. Resource and Energy Economics,2005,27(2):109-129.
- [69] HENDERSON J V. Urbanization and economic development[J]. Annals of Economics & Finance,2003,4(2):275-341.
- [70] 王震. 网络时代与开放条件下的能源革命[J]. 国家电网,2015(3):43-43.
- [71] 林毅夫. 转型国家需要有效市场和有为政府[J]. 中国经济周刊,2014(6):78-79.
- [72] 陆军. 中国城镇集群的空间演化逻辑与制度保障体系[J]. 经济社会体制比较,2010(2):15-22.
- [73] 厉以宁. 亟须重视道德对市场经济的调节作用[J]. IT时代周刊,2011(15):18-18.
- [74] 汪泽波,王鸿雁. 多中心治理理论视角下京津冀区域环境协同治理探析[J]. 生态经济,2016,32(6):157-163.

How to Realize Green Urbanization?

—Ananalysis based on Endogenous Economic Growth Theory

WANG Zebo¹, LU Jun¹, WANG Hongyan²

(1.School of Government, Peking University, Beijing 100871, China;

2.School of Business Administration, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China)

Abstract: Based on the theory of endogenous economic growth model, this paper introduces the energy consumption, environmental pollution into the production function, and the environmental quality into the consumption function, and establishes the link between the urbanization development and the economic growth, and constructs an endogenous growth model of energy consumption structure optimization and environmental pollution control, which are discussed in the process of urbanization, in order to discuss the realization path of Green City. On this basis, the interaction relationship between the urbanization development and physical capital, human capital, energy consumption, environmental pollution and energy consumption structure is analyzed by econometric model using the panel data of 30 provinces in mainland of China in 2005—2014. Based on the above analysis, the policy recommendations are given. Increasing investment in human capital for the development of new energy, environmental abatement, using green production technology, and changing the traditional mode of production to make it green, is the only way to green urbanization; Encouraging everyone to participate in, building polycentric system of governance, and cultivating energy saving lifestyle for the residents, is a necessary condition to green urbanization.

Key words: green urbanization; energy consumption structure; environmental abatement; human capital; R & D Innovation

[责任编辑:孟青]