

城市化进程对能源消费的影响： 我们离世界水平还有多远？ ——基于国内和国际数据的比较考察

刘江华,邵 帅,姜 欣

(上海财经大学 财经研究所,上海 200433)

摘 要:加速推进城市化和实现能源总量控制是中国未来经济发展的两大重要任务,但两者之间可能存在矛盾。文章试图通过国际比较的视角来揭示城市化发展对能源消费产生的影响及中国现实。基于62个国家和中国30个省份的混合面板数据,在STIRPAT模型框架下,就国际和国内的城市化对能源消费的影响情况进行了系统的比较考察,并根据实证分析结果对我国2020年的能源消费情况进行了情景分析。研究表明:无论是从国际经验还是从国内现实来看,城市化与能源消费之间均呈现出显著的倒U形关系,这意味着城市化对能源消费的影响随着不同的城市化发展阶段而有所不同;而且,中国的能源消费对城市化的弹性系数要远大于国际水平。情景分析结果表明,中国无法同时实现城市化与能源消费总量控制的双重目标,只能通过调整能源结构的方式来协调这一“两难选择”。

关键词:城市化;能源消费;STIRPAT模型;比较考察

中图分类号:F062.2;F113.3;F206 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2015)02-0111-12

一、引 言

加速推进城市化和有效实现节能减排是现阶段及未来一段时期中国经济发展必须完成的两大任务,同时也是中国经济实现转型调整的必由之路。在城市化进程中,中国面临着发达国家未曾面临的能源约束;那么,反过来,城市化的发展又会对能源消费产生什么样的影响呢?《国家城镇化发展规划(2014—2020)》对我国城市化发展的现状进行了如下总结:我国常住人口的城市化率为53.7%,不仅远低于发达国家80%的平均水平,也低于人均收入与我国相近的发展中国家60%的平均水平。但是,与发达国家相比,中国的城市化发展面临一个新的约束,即能源约束。2009年,中国承诺到2020年碳强度相比下降40%—45%。为了完成这个任务,一方面中国政府采取了一系列措施实现能源强度的下降,“十一五”期间能源强度下降了19%，“十二五”期间能源强度下降了16%，“十三五”期间预计能源强度还要下降16%；另一方面,中国的“十二五”能源规划提出,到2015年将全国能源消费总量控制在40亿吨标准煤左右。《国家应对气候变化规划(2014—2020)》也明确强调了要实行能

收稿日期:2014-11-06

基金项目:福建省社会科学规划项目(2013C75);国家自然科学基金项目(71003068,71373153);教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-13-0890);上海市哲学社会科学规划课题(2014BJB001);浙江省统计研究重点课题(201416)

作者简介:刘江华(1981—),女,山西晋中人,上海财经大学财经研究所助理研究员,硕士生导师;

邵 帅(1981—),男,黑龙江七台河人,上海财经大学财经研究所副研究员,博士生导师;

姜 欣(1990—),女,江苏镇江人,上海财经大学财经研究所硕士研究生。

源消费总量控制。这标志着我国的能源战略已经从以保障供给为主转向以控制能源消费总量为主。2014 年 11 月中美就气候问题发布联合声明,中国计划到 2030 年左右使二氧化碳排放量达到峰值,并计划到 2030 年使非化石能源占一次能源消费比重提高到 20% 左右。那么,城市化进程的加速是否会进一步推高我国经济对能源消费的刚性需求呢?如果城市化进程对能源消费的影响是负向的,那么能源约束对于城市化目标来讲就不是有效约束;但是,如果城市化进程对能源消费的影响是正向的,那么能源约束就会成为中国城市化进程中的一个有效约束,节能减排就会限制城市化的推进。另外,诺瑟姆将城市化阶段划分为城市化初期、城市化中期和城市化后期,那么不同的城市化阶段对能源消费的影响是否相同呢?不同的城市化阶段是否体现出不同的能源消费特点呢?

现有文献已经就城市化对能源消费的影响开展了研究。国外学者关于城市化对能源消费影响的实证研究比较丰富。从研究结果来看,国外文献主要得到了三类不同的结论:一类认为城市化会拉动能源消费(Jones, 1991; Halicioglu, 2007; Liddle 和 Lung, 2010; O'Neil 等, 2012);另一类认为城市化会导致产业结构更加优化,从而减少能源消费(Liddle, 2004; Pachauri, 2004;);还有一类认为城市化对能源消费的影响方向不确定,需要根据城市化水平和城市规模的因素分情况讨论(Breheny, 1995; Mishra, 2009; Poumanyvong 等, 2012)。另外,还有一些文献从城市密度、城市特点和反弹效应等方面间接地讨论了城市化对能源消费的影响(Clancy, 2008; Ewing 和 Rong, 2008; Madlener 和 Alcott, 2009; Wei, 2010)。

国内学者主要采用三种方法就城市化对能源消费的影响进行了研究。第一种是定性分析,张晓平(2005)、林伯强(2009)以及林伯强和刘希颖(2010)都认为城市化是影响中国能源消费总量的主要因素;第二种是采用时间序列模型开展的实证分析,如刘耀彬(2007)、梁朝晖(2010)、周国富和藏超(2011)以及范晓莉(2014);第三种是采用面板数据模型开展的实证考察,这也是现在应用最广泛的方法,这方面的文献包括何晓萍等(2009)以及张欢和成金华(2011)。

从现有研究的总结中不难看出,城市化背景下的能源消费问题,已经引起了诸多学者的关注,但鲜见有研究将国际经验与中国情况进行对比分析。本文尝试在统一框架下对国际和国内的样本分不同的城市化阶段来进行城市化水平影响能源消费的对比研究。研究发现:在城市化进程中,国际和国内的城市化水平对能源消费的影响均呈现倒 U 形关系;在不同的城市化发展阶段,城市化水平对能源消费的影响是有差异的,且无论在哪个阶段中国的能源消费弹性都高于国际的能源消费弹性。

本文余下内容的结构安排如下:第二部分选择典型的发达国家和发展中国家在城市化和能源消费方面的数据与中国的数据进行对比分析,总结出基本的经验性事实;第三部分基于 STIRPAT 模型,通过 62 个国家和中国 30 个省份的混合面板数据样本,将城市化进程对能源消费的影响进行国际和国内的比较考察,并根据实证结果对 2020 年我国的能源消费情况进行情景分析;第四部分总结主要研究结论,提出相应的政策建议。

二、国内外城市化进程与能源消费的经验性事实

首先,将我国的城市化与能源消费水平分别同发达国家与发展中国家的进行比较。其中,发达国家选取美国、日本和韩国作为比较对象;发展中国家选取泰国、马来西亚、印度尼西亚、越南和菲律宾作为比较对象。美国和日本的历史数据较为全面,其时间跨度分别为 1900—2011 年和 1950—2011 年;其余国家数据的时间跨度均为 1971—2011 年。当然,上

述时间跨度都保证了我们考察的时间范围涵盖了每个国家的城市化发展中期，从而使其与中国数据具有可比性。

表 1 中国与其他国家在相同城市化率范围内的比较结果

国家		对照组						中国						相同的城市化率范围(%)
		时间(年)	$\triangle EC$ (tce)	dEC/dt (tce/年)	年均人口增长率(%)	年均人均 GDP 增长率(%)	年均第三产业比重增长率(%)	时间(年)	$\triangle EC$ (tce)	dEC/dt (tce/年)	年均人口增长率(%)	年均人均 GDP 增长率(%)	年均第三产业比重增长率(%)	
发达国家	美国	1900—1919	1.17	0.062	1.70	1.70	0.30	2003—2011	1.31	0.164	0.50	10.30	0.60	39.6—50.5
	日本	1950—1958	0.39	0.048	1.22	7.00	1.00	2000—2011	1.59	0.144	0.60	9.80	0.90	35.5—50.5
	韩国	1971—1977	0.5	0.083	1.80	8.40	—0.60	2005—2011	0.96	0.16	0.50	10.40	0.90	42.2—50.5
发展中国家	泰国	1971—2011	2.04	0.051	1.40	4.30	—0.20	1983—1999	0.37	0.023	1.30	9.00	3.30	21.5—34.5
	马来西亚	1971—1991	1.23	0.061	4.80	8.30	0.40	1999—2011	1.64	0.059	0.60	9.60	1.10	34.3—50.5
	印度尼西亚	1971—2011	0.83	0.021	1.80	3.60	0.20	1971—2011	2.23	0.056	1.20	8.00	1.50	17.5—50.5
	越南	1971—2011	0.61	0.015	1.80	3.80	1.30	1977—1995	0.41	0.023	2.00	9.50	1.80	18.3—31.0
	菲律宾	1971—2011	0.13	0.003	2.20	1.40	1.10	1998—2010	1.66	0.138	0.60	9.40	1.50	33.5—48.9

数据来源：城市化率用城镇人口占总人口百分比来衡量，数据来自于世界银行数据库；人均能源消费量用吨标准煤(ton of coal equivalent, tce)来衡量，数据来自于世界银行数据库和《BP 世界能源统计年鉴》；人均 GDP 用 1990 年的不变价格购买力平价美元来衡量，数据来源为《世界经济千年统计》和美国经济咨询局(the Conference Board)经济数据库；年均人口增长率、年均人均 GDP 增长率和年均第三产业比重增长率的数据来自于世界银行、Ecastats 网站和美国经济分析局。

为便于比较，表 1 列出了中国 and 每个对比国家经历相同城市化变化阶段的人均能源消费、人口变化、人均 GDP 变化以及第三产业比重变化的情况。后发展国家在城市化进程中体现出了如下特点：

1. 后发展国家以更快的速度完成了同样的城市化水平的提高，即实现同样的城市化水平的提高，后发展国家历时更短。

以中国和美国为例，在原始数据范围内，两国的相同城市化率范围是 39.6%—50.5%；美国达到 39.6%的城市化率是在 1900 年，达到 50.5%的城市化率是在 1919 年。这一城市化水平的提高，美国历时 19 年，而中国仅历时 8 年。与发展中国家相比，实现同样的城市化水平的提高，泰国用了 40 年，中国仅用了 16 年；马来西亚用了 20 年，中国用了 12 年；印度尼西亚、越南、菲律宾用了 40 年才实现的城市化率水平的提高，中国分别用了 40 年、18 年和 12 年。

2. 后发展国家在完成同样的城市化水平提高时可以实现更高的人均 GDP 增长率，即实现同样的城市化水平的提高，后发展国家变得富裕的速度更快。

从表 1 可以看出，美国和中国在处于同样的城市化水平范围内(39.6%—50.5%)时，中国的年人均 GDP 增长率为 10.3%，而美国的仅为 1.7%；中国和日本同样完成从 35.5%到 50.5%的城市化水平的提高，中国的年人均 GDP 增速为 9.8%，而日本的仅为 7%；中国和韩国相比，经历城市化率从 42.2%增加到 50.5%，中国的年人均 GDP 增长率为 10.4%，而韩国的则为 8.4%。但是，同时期的发展中国家之间则不存在这样的规律，因为中国与泰国、马来西亚、印度尼西亚、越南和菲律宾相比，城市化进程比较接近，且年人均 GDP 的增长率差异较大。

3. 在城市化发展的中后期，后发展国家完成同样的城市化水平的提高所需要消费的能源更多。

从表 1 还可以看到，与发达国家相比，在达到同样的城市化水平提高的过程中，中国的人均能源消费的增量与增速均要更大。美国从 1900 年至 1919 年的 20 年间，人均能源消费变化量为 1.17tce，变化速度为 0.062tce/年。再来看中国，中国达到 39.6%的城市化率是在

2003 年,达到 50.5%的城市化率是在 2011 年。从 2003 年至 2011 年这 9 年间,中国的人均能源消费变化量为 1.31tce,变化速度为 0.164tce/年。由此可见,在达到相同的城市化水平的过程中,中国产生的能源消费增量和增速均大于美国。

与泰国和越南等发展中国家相比,实现相同的城市化水平的提高,中国的人均能源消费增量较少。但需要注意的是,在这两组比较中,城市化率的重叠部分大多在 30%以下,按照诺瑟姆关于城市化阶段的划分标准,仍处于城市化发展的第一阶段。然而,与马来西亚、印度尼西亚和菲律宾相比,在实现相同的城市化水平的提高过程中,中国的人均能源消费增量和增速均大于这些发展中国家,从而也表明中国目前的城市化是相对高能耗的。由上述对比分析可知,要想实现相同的城市化水平的提高,发展中国家所消费的能源通常要高于发达国家。因此,城市化进程的确伴随着高能耗,并且城市化进程越晚的国家其人均能源消费可能越高。

但是,就年均人口增长率和第三产业比重的变化情况来讲,并不存在类似的规律;也就是说,伴随着城市化进程,可能出现高或者低的人口增长率,第三产业的比重也可能增长或者下降,这两个变量与城市化水平之间并不存在必然的联系。

目前,关于城市化进程如何对能源消费产生影响并没有形成一套完整的理论。从城市化的定义来看,城市化是人口从农村向城市迁移的过程,因此城市化一定会对能源消费模式和能源消费总量产生影响。Poumanyong 和 Kaneko(2010)以及 Clement 和 Schultz(2011)认为有以下三种理论可以用来解释城市化对能源和环境的影响:生态现代化理论、城市环境转换理论和政治经济学。

Mol(1997,2002)提出的生态现代化理论认为现代化对环境的影响不仅是体现在经济现代化的影响上,而更重要的是体现在社会和制度的转型对环境造成的影响上。该理论认为城市化是一个社会转型过程,是现代化的一个重要指标;在城市化发展初期到中期,环境问题会随之增加,但是随着城市化的进一步发展,人们会意识到环境可持续性的重要性,从而在经济活动中减少对环境的影响。城市环境转换理论主要研究的是城市所面临的主要环境问题的种类和影响会随着发展程度的变化而变化。比如,在城市化发展的初期,人们面临的主要是与贫困有关的环境问题,如缺乏安全的饮用水和没有足够的卫生条件;城市的进一步发展一般会伴随着工业制成品的增加,从而造成工业污染问题,比如水污染和空气污染;城市再进一步发展,人们意识到环境是一种稀缺资源,就会开始通过市场手段进行环境治理。生态现代化理论和城市环境转换理论的观点一致认为,人类的能源消费和环境影响会随着城市化进程呈现先增加后减少的趋势,即倒 U 形关系(Clement 和 Schultz,2011)。环境库兹涅茨曲线就是以上两种理论的经验证据。Ehrhardt-Martinez 等(2002)认为城市集聚使得经济效率提高,从而降低了单位产出的物质消耗。

政治经济学的代表人物马克思和恩格斯都认为能源对于资本主义的发展是不可或缺的。Anderson(1976)认为在一个社会的经济发展中能源消费的增长最快。Schnaiberger(1980)认为只要存在增长,无论社会的产业结构如何,能源消费都是增加的;早期的城市化进程是高能耗的,因为要人为地建设居住点和其他的基础设施;而随着城市化进程的推进,经历了商业能源对传统可再生能源的替换,城市供暖和制冷的需要增加了对商业能源的需求。总之,政治经济学理论认为经济增长和城市化一定会导致能源消费的增加。

当然,以上两类观点并不相悖,生态现代化理论和城市环境转换理论主要是从人类活动尤其是人类消费化石燃料的活动会产生环境危害的角度来讨论城市化与能源消费的关系,认为

二者的关系会呈现倒U形,这里的能源主要指可能会产生环境破坏的化石能源;而政治经济学理论所认为的经济增长和城市化一定会导致能源消费的增加,这里的能源是一个更宽泛的概念,指的是一切可以提供能量的来源,因此,这里的能源不仅仅局限于化石能源,而是包括所有的能源形式。在目前以化石能源为一次能源主体的背景下,本文不对二者加以区分。基于以上理论基础,本文一方面认为能源是经济增长和城市化进程中不可或缺的因素,另一方面试图通过经验性事实和对比性数据来验证国际和中国的城市化与能源消费总量之间的关系是否符合理论预期。在前面的经验性事实的分析中,我们已经看到:无论这个国家是先发展还是后发展,其城市化进程一定伴随着能源消费的增长,而且越是后发展的国家,实现同样的城市化水平的提高,历时更短,人均GDP增速更快,能耗更高,这也就验证了政治经济学理论的观点。需要说明的是,上面的经验性事实分析所选取的国家样本的城市化率只覆盖了17.5%—50.5%的部分,而城市化中期和城市化后期则没有完全覆盖。下面将通过计量分析来进一步比较考察城市化进程中国际和中国各省份的能源消费变化情况。

三、城市化对能源消费影响的实证分析

(一)模型、数据及方法

1. 计量模型

在现有研究中,人口和经济等因素对环境的影响通常采用Ehrlich和Holden(1971)提出的IPAT方程加以量化考察;但IPAT方程因为形式不够灵活而存在无法进行计量分析的缺陷。York等(2003)为了弥补这一缺陷,提出了更加灵活的STIRPAT模型,也即:

$$Imp = a Pop^b Afl^c Tec^d e \quad (1)$$

其中, Imp 、 Pop 、 Afl 和 Tec 分别表示环境影响、人口规模、人均富裕程度和技术进步; a 、 b 、 c 和 d 为待估参数, e 为随机干扰因素。为了便于进行参数估计,可将式(1)等号两边同时取自然对数,得到如下方程:

$$\ln Imp = \ln a + b \ln Pop + c \ln Afl + d \ln Tec + \ln e \quad (2)$$

STIRPAT模型既允许将各系数作为参数来进行估计,也允许对各影响因素进行适当的改进;根据不同的研究目的,相关文献往往在式(2)的基础上进行相应的改进以便开展各种实证研究。许多学者都将城市化率作为技术进步变量 Tec 的一个代表变量,如York等(2003)、York(2007)、Liddle和Lung(2010)、Poumanyong和Kaneko(2010)以及Poumanyong等(2012)。为了研究城市化对能源消费的影响,本文参照Poumanyong等(2012)的做法,将城市人口占总人口比重所反映的城市化水平和第三产业增加值占GDP的比重作为 Tec 的代表变量引入STIRPAT模型,得到式(3):

$$\ln Imp = \ln a + b \ln Pop + c \ln Afl + d \ln Sev + f \ln Urb + \ln e \quad (3)$$

这样,经过改进和对数化处理的面板数据模型形式为:

$$\ln Imp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 (\ln Urb_{it}) + \alpha_2 (\ln Afl_{it}) + \alpha_3 (\ln Pop_{it}) + \alpha_4 (\ln Sev_{it}) + \epsilon_{it} \quad (4)$$

其中,下标 i 代表国家或省份截面单位, t 表示年份, ϵ 为随机扰动项。式(4)即为本文所采用的计量回归模型,我们用能源消费作为环境影响变量来考察包括城市化在内的四个因素的影响。其中,能源消费(Imp)是以吨标准煤计量的各国家(或地区)的一次能源消费总量;人口规模(Pop)用人口总量来衡量;富裕程度(Afl)用人均GDP来衡量;城市化率(Urb)用城市人口占总人口的比重来衡量;第三产业结构(Sev)用第三产业增加值占GDP的比重来衡量。

2. 数据样本

鉴于数据的可得性,我们以 1981—2011 年 62 个国家及 1990—2012 年中国的 30 个省(直辖市、自治区)的面板数据作为研究样本。在考察过程中,我们首先将每个数据视作相对独立的样本,然后将其按照城市化率进行分组;这一做法保证了每个城市化阶段都有一定数量的样本可供实证考察。我们试图通过这些分组样本总结出不同城市化发展阶段的能源消费特点。

在对样本国家(地区)城市化水平进行分组时,参考了诺瑟姆关于城市化三大阶段的标准;但是,考虑到该划分标准将城市化中期阶段的城市化率设定为 30%—70%,跨度较大,不便于开展更加细致的比较分析。因此,我们将中期阶段进一步划分为 30%—50%的中前期阶段和 50%—70%的中后期阶段。这样,我们将样本数据共划分为 4 个组别:城市化初期、城市化中前期、城市化中后期和城市化后期。需要注意的是,由于我们考察的是不同城市化阶段的能源消费的特点,因此同一个国家会有可能被分在不同的组别中。以印度为例,印度在 2008 年以前的城市化率都低于 30%,所以我们将印度 1981—2007 年的数据划分在城市化初期,而 2008 年后,印度的城市化率上升到 30%以上,则将印度 2007—2011 年的数据划分在城市化中前期。同样,将国内样本数据也划分为城市化初期、城市化中前期、城市化中后期和城市化后期。表 2 报告了主要变量的描述统计结果。

表 2 各变量分城市化阶段的描述性统计

类别	变量符号	变量含义	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
城市化初期	<i>Imp</i>	一次能源消费总量(千吨标准煤)	571	41 039	83 665	727	604 659
	<i>Urb</i>	城市化率(%)	571	21.66	5.85	4.13	31.20
	<i>Pop</i>	总人口(亿人)	571	0.92	2.09	0.02	11.6
	<i>Afl</i>	人均 GDP(美元)	571	515.6	283.8	118.6	1 945.0
	<i>Sev</i>	第三产业结构(%)	571	40.47	8.67	19.40	59.73
城市化中前期	<i>Imp</i>	一次能源消费总量(千吨标准煤)	893	38 080	63 314	87	749 447
	<i>Urb</i>	城市化率(%)	893	39.95	5.795	28.98	53.50
	<i>Pop</i>	总人口(亿人)	893	0.408	0.88	0.006	12.21
	<i>Afl</i>	人均 GDP(美元)	893	1 864	2 097	133.1	14 545
	<i>Sev</i>	第三产业结构(%)	893	43.22	8.169	10.79	66.98
城市化中后期	<i>Imp</i>	一次能源消费总量(千吨标准煤)	802	45 151	52 264	176	295 110
	<i>Urb</i>	城市化率(%)	802	61.03	5.964	41.57	69.96
	<i>Pop</i>	总人口(亿人)	802	0.261	0.263	0.0013	1.362
	<i>Afl</i>	人均 GDP(美元)	802	9 085	9 886	387.8	47 650
	<i>Sev</i>	第三产业结构(%)	802	50.78	13.06	8.149	78.82
城市化后期	<i>Imp</i>	一次能源消费总量(千吨标准煤)	1 089	164 666	378 698	209	2 337 000
	<i>Urb</i>	城市化率(%)	1 089	80.49	6.731	70.07	97.49
	<i>Pop</i>	总人口(亿人)	1 089	0.39	0.57	0.002	3.116
	<i>Afl</i>	人均 GDP(美元)	1 089	21 682	15 994	933.7	87 717
	<i>Sev</i>	第三产业结构(%)	1 089	60.31	11.03	25.25	86.51

注:在国际样本方面,各国人均 GDP 和第三产业增加值占 GDP 比重的数据来自世界银行,人口数据和城市化数据来自《世界城市化展望(2011)》和世界银行,能源消费数据来自于《BP 世界能源统计(2013)》;在国内样本方面,能源消费数据来自历年的《中国能源统计年鉴》,人口、人均 GDP 和第三产业增加值占 GDP 比重数据来自《新中国 60 年统计资料汇编》、历年的《中国统计年鉴》和各省历年的统计年鉴。所用数据为国际面板数据和国内省级面板数据按照城市化阶段分开以后的混合面板数据;需要特别指出的是,城市化前期和城市化中期的人口最大值为印度的数据,城市化中后期的人口最大值为巴西的数据,城市化后期的人口最大值为美国的数据。

(二)结果及讨论

1. 参数估计结果及讨论:我们站在哪里?

为便于就城市化对能源消费的影响进行国内外比较考察,我们通过设置虚拟变量 *dum*

来区分国内外样本的特质差异：当样本为国际数据时， $dum = 1$ ；当样本为国内数据时， $dum = 0$ 。另外，还通过设置交叉项的方法来判断国内外样本在城市化率对能源消费的影响方面是否存在显著差异，用 Urb_dum 、 Pop_dum 、 Afl_dum 和 Sev_dum 分别表示城市化与虚拟变量的交叉项、人口规模与虚拟变量的交叉项、人均 GDP 与虚拟变量的交叉项以及第三产业比重与虚拟变量的交叉项。因此，人口规模 ($\ln Pop$)、人均 GDP ($\ln Afl$)、城市化率 (Urb) 和第三产业比重 ($\ln Sev$) 的系数实际上反映的是国内样本的影响情况，而国内外样本的差异则通过四个变量的交叉项予以体现。

由于采用的数据来自 1981—2011 年 62 个国家及 1990 年—2012 年中国的 30 个省（直辖市、自治区）的面板数据，将面板数据根据城市化率分成四个阶段以后，每个阶段的面板数据都是非平衡面板数据。因此，本文的核心在于通过非平衡面板数据分城市化阶段来研究城市化对能源消费的影响。根据 Wooldridge (2012) 以及 Bell 和 Jones (2014) 的做法，本文不对非平衡面板数据进行特殊的处理，并用随机效应模型来进行参数估计（见表 3）。

首先，中国的城市化率对能源消费的影响均为正，除了城市化率在 70% 以上阶段不显著以外，其他三个阶段的影响都非常显著，在城市化率处于 50%—70% 的阶段弹性最大，达到 0.0328。与国际样本比较，城市化率的交叉项 (Urb_dum) 的系数均为负，说明国际样本中城市化率对能源消费的弹性要小于中国的城市化能源弹性，甚至在 30% 以下的阶段城市化率对能源消费表现出显著的负效应（-0.00529）。

其次，目前中国的人口规模 ($\ln Pop$) 对能源消费的影响在城市化的前三个阶段都是显著为正的。与国际样本比较，人口变量交叉项 (Pop_dum) 的系数都为正，而且在城市化率为 0—30% 和 30%—50% 这两个阶段，该交叉项系数显著为正，这说明国际样本的人口规模能源消费弹性要大于中国的弹性。

表 3 国际和国内省份面板数据模型的参数估计结果

变量 \ 城市化率	0—30%	30%—50%	50%—70%	70%以上
Urb	0.00831** (3.20)	0.0136** (2.70)	0.0328*** (4.80)	0.0172 (1.93)
$\ln Pop$	0.891*** (10.24)	0.836*** (8.61)	0.920*** (5.77)	0.251 (0.56)
$\ln Afl$	0.359*** (14.02)	0.421*** (11.68)	0.262*** (5.76)	0.342*** (3.92)
$\ln Sev$	-0.00168 (-0.60)	-0.00728* (-2.10)	-0.0134* (-2.09)	-0.00939* (-2.27)
Urb_dum	-0.0136*** (-3.73)	-0.00662 (-1.22)	-0.0215** (-3.00)	-0.00929 (-1.02)
Pop_dum	0.306*** (3.32)	0.262* (2.56)	0.275 (1.66)	0.805 (1.78)
Afl_dum	0.0580 (1.53)	0.210*** (4.34)	0.275*** (4.73)	0.191* (2.10)
Sev_dum	-0.00710* (-2.20)	0.00973** (2.62)	0.0149* (2.29)	0.00233 (0.55)
dum	-5.451*** (-3.44)	-6.958*** (-4.00)	-6.999* (-2.49)	-14.83* (-2.31)
常数项	-7.771*** (-5.18)	-7.065*** (-4.27)	-8.196** (-3.02)	2.738 (0.43)
样本量	571	893	802	1 089

注：括号内数值为 t 检验值，*、** 和 *** 分别代表 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

再次，目前中国的人均 GDP 水平 ($\ln Afl$) 对能源消费的影响也是显著为正的，而且处

于城市化率为 50%—70% 的阶段和城市化率为 70% 以上的阶段的人均 GDP 弹性要小于前面两个阶段,最高弹性出现在城市化率为 30%—50% 的中前期阶段,系数为 0.421。从国际数据来看,除城市化初级阶段之外,人均 GDP 交叉项(*Afl_dum*)的系数均显著为正,这说明国际人均 GDP 能源消费弹性要高于国内的。

最后,在后三个城市化发展阶段,中国第三产业比重(*lnSev*)对能源消费的影响是显著为负的,而且在城市化率为 50%—70% 的阶段弹性最大。与国际样本比较,第三产业比重交叉项(*Sev_dum*)的系数除城市化初期之外都为正,而且除了城市化后期的系数不显著外,其他三个时期的系数均显著,这说明在国际样本中第三产业比重对能源消费的抑制效应不如中国的明显。

从每个城市化阶段来看,四个变量对能源消费的影响贡献程度不一。在城市化初期阶段、城市化中前期阶段以及城市化后期阶段,人口规模是能源消费最重要的推动力量,其次是城市化率,最后是人均收入水平。但是,在城市化中后期阶段,城市化率成为了能源消费最重要的推动因素,其次是人口规模。

根据表 3 计算出的系数,将国际和国内的城市化对能源消费的弹性系数用折线图表示,如图 1 所示。从中可以看出,国际和国内样本的城市化对能源消费的弹性系数都呈现出倒 U 形的变化趋势;而且国内系数都要大于国际系数,尤其在 50%—70% 的城市化发展阶段。

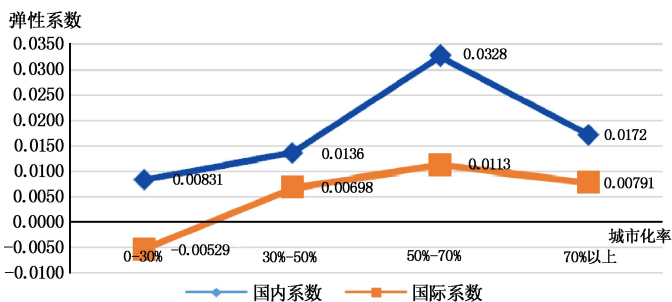


图 1 城市化对能源消费的弹性的国内和国际比较

2. 情景分析:我们将向哪里去?

根据参数估计结果和相关机构对中国人口规模、人均 GDP、城市化率和第三产业比重的预测数据,我们可以对中国 2020 年的能源消费量进行情景分析。

(1) 情景设定

首先根据 STIRPAT 模型对影响一次能源消费四个重要因素,即城市化率、人口规模、人均 GDP 和第三产业比重进行情景设定。

第一,城市化率的情景设定。根据《国家城镇化发展规划(2014—2020)》的预测,到 2020 年,中国要实现常住人口城市化率达到 60% 左右。第二,人口规模的情景设定。根据联合国的预测,中国人口到 2020 年将达到 143 286.8 万人,这就意味着中国的人口将比 2011 年增长 7%。第三,人均 GDP 的情景设定。根据党的十八大报告,到 2020 年中国的人均收入要比 2010 年翻一番。第四,第三产业比重的情景设定。根据《国家城镇化发展规划(2014—2020)》,目前中国第三产业增加值占国内生产总值比重仅为 46.1%,与发达国家 74% 的平均水平相差甚远,与中等收入国家 53% 的平均水平也有差距;为此,假设到城市化中后期即城市化率在 50%—70% 的阶段,中国的第三产业比重可以提高到 53%。

(2) 情景模拟

在 IPAT 模型的假设下,根据 STIRPAT 模型的实证结果可以预测,到 2020 年中国的城市化率达到 60% 的背景下,随着人口规模、人均 GDP、城市化率和第三产业比重的变化,中国的能源消费将在 2011 年 34.8 亿 tce 的基础上增加 19 亿 tce,总量达到 54 亿 tce。具体

计算过程如表 4 所示。

表 4 中国 2020 年一次能源消费随四个重要因素变动的情况

	城市化率(%)	人口规模(人)	人均 GDP(美元)	第三产业比重(%)
2011 年	50	1 344 130 000	3 121	46
2020 年	60	1 432 868 000	5 738	53
系数	0.03	0.92	0.26	-0.01
一次能源消费变动 (亿吨标准煤)	12	2	8	-3

需要注意的是，真实的能源消费量还可能更高，因为在四个因素同时变化的情况下，其相互作用可能会加强，如人口规模、城市化率和人均 GDP 同时增加，会使得三者对能源消费的总体影响增大。因此，上述估计值可以视为按目前情况发展至 2020 年的我国能源消费量的保守估计值。党的十八大报告明确提出要“控制能源消费总量”，我国的“十二五”能源规划也提出，到 2015 年中国能源消费总量控制在 40 亿 tce 左右。然而，按照目前的能源消费模式是很难完成是上述能源总量控制目标的。可是，如果我国的第三产业比重在 2020 年可以达到 74%的水平，那么能源消费水平就可以控制在 44 亿 tce 左右；这样就有可能完成能源总量控制目标。下面通过情景对比，把提高第三产业比重作为一种协调城市化发展与能源消费总量控制的政策选择进行讨论。

(3)情景对比

通过对美国、日本和韩国在 50%—60%的城市化进程中所呈现出来的人口、人均 GDP、第三产业比重以及能源消费的变动情况来对比分析中国的情景预测。从表 5 可以看出，美国从 1920 年至 1940 年经历了城市化率从 50%提高到 60%的过程，期间年均人口增长率为 1%，年均人均 GDP 增长率为 1.1%，第三产业比重从 46%提高到 53%，年均能源消费增长率为 1%。相较于美国、日本和韩国的城市化进程中的变化情况，我们可以看到：在能源约束相对较弱的背景下，这三个国家的变化规律符合更快、更富裕和更高耗能的规律，即美国完成这个城市化进程历时 20 年，日本用了 14 年，而韩国仅用了 6 年；在年均人均 GDP 增长率方面，韩国大于日本，日本大于美国；最终的年均能源消费增长率则是韩国最大，日本次之，美国最小。

表 5 50%—60%的城市化进程中典型发达国家和中国的主要控制变量的情况对比

国家		时间	历时(年)	年均人口 增长率(%)	年均人均 GDP 增长率(%)	第三产业 比重变化(%)	年均能源 消费增长率(%)
发达国家	美国	1920—1940 年	20	1.00	1.10	46—53	1.00
	日本	1968—1982 年	14	1.00	2.00	47—56	5.00
	韩国	1976—1982 年	6	1.50	4.70	43—47	8.00
对比国家	中国	2011—2020 年	9	0.7	7.00	46—53	5.00

数据来源：Econstats 网站和美国经济分析局(Bureau of Economic Analysis)。

由于中国至今仍实施人口计划生育政策，在 2020 年之前人口规模不会发生大的变化；另外，由于以人均 GDP 衡量的人民生活水平的提高是中国宏观经济政策的首要目标，人均 GDP 的增长率也会比较稳定。因此，在人口规模、人均 GDP 和第三产业比重中可能发生变化的就只有第三产业的比重了。当中国的第三产业比重可以增加到 74%时，中国的一次能源消费总量就能控制在 44 亿吨标准煤以内，可以实现推进城市化进程和能源总量控制的双重目标。但是，从美国、日本和韩国的历史经验来看，在 50%—60%城市化阶段，第三产业比重最高也不超过 56%(日本)，没有哪个国家在这个阶段就达到了 74%；而且中国对

2020年第三产业比重的规划也只是53%。由此观之,推进城市化进程和能源消费总量控制的双重目标无法同时实现,因为城市化进程内在地要求能源消费总量的增长,尤其是在目前城市化发展的中期,城市化进程一定伴随着能源消费的增长。如果到城市化后期,即城市化率到70%以后,城市化带来的能源消费增量才会减少。

四、结论和政策含义

本文将中国城市化进程对能源消费的影响与国际经验进行经验性事实对比考察、实证分析和情景分析,得到如下主要结论:

第一,通过比较分析中国与典型发达国家以及发展中国家的经验性事实后发现,后发展国家在实现同样的城市化水平的过程中表现出更快、更富裕和更高耗能特征,这也印证了政治经济学理论关于城市化与能源消费之间关系的观点。

第二,通过实证研究发现,在每个城市化发展阶段,中国的城市化水平对能源消费的影响均是正的;在城市化进程中,中国和国际的数据都表明城市化率对能源消费的影响呈倒U形关系,而且国内样本的影响系数要远大于国际样本的影响系数;这印证了生态现代化理论和城市环境转换理论的观点。

第三,无论对国际样本还是国内样本而言,人口规模和人均GDP对能源消费均具有显著的促进效应,第三产业比重则表现出显著的抑制效应,且国内样本的抑制作用更为明显,这对于我国的节能减排策略选择具有重要的政策启示。

第四,情景分析结果显示,到2020年,中国的能源消费总量将达到54亿吨标准煤,这远远超出了能源总量控制目标;再结合国际经验可以看出,中国无法同时实现推进城市化进程和能源总量控制的双重目标。

综上所述,虽然中国无法同时实现推进城市化进程和能源总量控制的双重目标,但可以通过调整能源消费结构来缓解能源和环境压力。政治经济学理论认为伴随着经济增长和城市化进程的一定是能源消费总量的增长;而生态现代化理论和城市环境转换理论则认为随着城市化的发展,能源消费(化石能源)会呈现倒U形变化。因此,通过增加可再生能源的比重,降低化石能源的比重,降低化石能源对环境的损害,而保持能源总量的增长,从而促进城市化的发展。

参考文献:

- [1]范晓莉. 城市化、能源消费与中国经济增长——基于新经济地理视角的动态关系研究[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2014, (1): 120—127.
- [2]何晓萍, 刘希颖, 林艳苹. 中国城市化进程中的电力需求预测[J]. 经济研究, 2009, (1): 118—130.
- [3]林伯强, 刘希颖. 中国城市化阶段的碳排放: 影响因素和减排策略[J]. 经济研究, 2010, (8): 66—78.
- [4]林伯强. 中国能源政策思考[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2009.
- [5]梁朝晖. 城市化不同阶段能源消费的影响因素研究[J]. 上海财经大学学报, 2010, (5): 89—96.
- [6]刘耀彬. 中国城市化与能源消费关系的动态计量分析[J]. 财经研究, 2007, (11): 72—81.
- [7]张晓平. 20世纪90年代以来中国能源消费的时空格局及其影响因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, (2): 38—41.
- [8]张欢, 成金华. 中国能源价格变动与居民消费水平的动态效应——基于VAR模型和SVAR模型的检验[J]. 资源科学, 2011, (5): 806—813.
- [9]周国富, 藏超. 城市化与能源消费的动态相关性及其传导机制——基于1978年~2008年的实证研究[J].

- 经济经纬,2011,(3):62—66.
- [10]麦迪森. 世界经济千年统计[M]. 北京:北京大学出版社,2009.
- [11]Anderson C H. The sociology of survival:Social problems of growth[M]. Homewood IL: Dorsey Press, 1976.
- [12]Bell A, Jones K. Explaining fixed effects:Random effects modeling of time-series cross-sectional and panel data[J]. Political Science Research and Methods, 2014, 3(1): 133—153.
- [13]Breheny M. The compact city and transport energy consumption[J]. Transactions of the Institute of British Geographers,1995, 20(1): 81—101.
- [14]Clancy J,Maduka O, Lumampoa F. Sustainable energy systems and the urban poor:Nigeria, Brazil, and the Philippines[A]. Hunt T. Urban energy transition:From fossil fuels to renewable power[C]. Amsterdam/Oxford University Press, 2008.
- [15]Clement M T, Schultz J. Political economy, ecological modernization, and energy use: A panel analysis of state-level energy use in the United States, 1960—1990[J]. Sociological Forum, 2011, 26(3): 581—600.
- [16]Ehrhardt-Martinez K, Crenshaw E M,Jenkins J C. Deforestation and the environmental Kuznets curve: A cross-national investigation of intervening mechanisms[J]. Social Science Quarterly, 2002, 83(1): 226—243.
- [17]Ehrlich P R, Holdren J P. Impact of population growth[J]. Science, 1971, 171(3977): 1212—1217.
- [18]Ewing R,Rong F. The impact of urban form on U.S. residential energy use[J]. Housing Policy Debate, 2008, 19(1): 1—30.
- [19]Halicioglu F. The J-Curve dynamics of Turkish bilateral trade: A cointegration approach[J]. Journal of Economic Studies, 2007, 34(2): 103—119.
- [20]Jones D W. How urbanization affects energy-use in developing countries[J]. Energy Policy, 1991, 19(7): 621—630.
- [21]Liddle B. Demographic dynamics and per capita environmental impact: Using panel regressions and household decompositions to examine population and transport[J]. Population and Environment, 2004, 26(1): 23—39.
- [22]Liddle B, Lung S. Age-structure, urbanization, and climate change in developed countries: revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related environmental impacts[J]. Population and Environment, 2010, 31(5): 317—343.
- [23]Madlener R, Alcott B. Energy rebound and economic growth:A review of the main issues and research needs[J]. Energy, 2009, 34(3): 370—376.
- [24]Mishra V, Smyth R, Sharma S. The energy-GDP nexus:Evidence from a panel of pacific island countries [J]. Resource and Energy Economics, 2009, 31(3): 210—220.
- [25]Mol A P J. Ecological modernization: Industrial transformations and environmental reform[A]. Redclift M, Woodgate G. International Handbook of Environmental Sociology[C]. London: Edward Elgar, 1997.
- [26]Mol A P J. Ecological modernization and the global economy[J]. Global Environmental Politics, 2002, 2(2): 92—115.
- [27]O'Neill B, Ren X, Jiang L, et al. The effect of urbanization on energy use in India and China in the iPETS model[J]. Energy Economics, 2012, 34(S3):339—345.
- [28]Pachauri S. An analysis of cross-sectional variations in total household energy requirements in India using micro survey data[J]. Energy Policy, 2004, 32(15): 1723—1735.
- [29]Poumanyong P, Kaneko S. Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis[J]. Ecological Economics, 2010, 70(2): 434—444.

- [30]Poumanyvong P, Kaneko S, Dhakal S. Impacts of urbanization on national transport and road energy use: Evidence from low, middle and high income countries[J]. *Energy Policy*, 2012, 46(C): 268—277.
- [31]Schnaiberg A. *The environment: From surplus to scarcity*[M]. New York: Oxford University Press, 1980.
- [32]Wei T. A General equilibrium view of global rebound effects[J]. *Energy Economics*, 2010, 32(3): 661—672.
- [33]Wooldridge J M. *Introductory econometrics: A modern approach*[M]. South-Western College Publishing, 2012.
- [34]York R, Rosa E A, Dietz T. STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytical tools for unpacking the driving forces of environmental impacts[J]. *Ecological Economics*, 2003, 46(3): 351—365.
- [35]York R. Demographic trends and energy consumption in European Union Nations, 1960—2025[J]. *Social Science Research*, 2007, 36(3): 855—872.

Effect of Urbanization on Energy Consumption: How Far Are We from the World Level? Comparative Analysis Based on International and Domestic Data

Liu Jianghua, Shao Shuai, Jiang Xin

*(Institute of Finance and Economics, Shanghai University
of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)*

Abstract: The accelerated advancement of urbanization and the realization of total energy consumption amount control are two important tasks of future development in China, but there may be a contradiction between the two tasks. This paper tries to reveal the effect of urbanization development on energy consumption and Chinese reality from a perspective of international comparison. Based on the mixed panel data of 62 countries and 30 provinces in China, it makes a systematic comparison of the effects of international and domestic urbanization on energy consumption under the STIRPAT model framework, and makes a scenario analysis of energy consumption in 2020 in China according to the results of empirical analysis. It comes to the conclusions that the relation between urbanization and energy consumption is featured by a significant inverted-U curve whether from a perspective of international evidence or from a perspective of domestic reality, meaning that the effects of urbanization on energy consumption vary with the stages of urbanization development; however, the coefficient of urbanization elasticity of energy consumption is greater than the international level. The results of scenario analysis show that China cannot simultaneously achieve the dual targets of urbanization and total energy consumption amount control and coordinate the dilemma only through the adjustment to energy structure.

Key words: urbanization; energy consumption; STIRPAT model; comparative analysis

(责任编辑 景 行)