

中国城市化与碳排放关系的动态计量分析

谢守红 徐西原

The Empirical Analysis of the Relationship between China's Urbanization and the Carbon Emissions

XIE Shouhong XU Xiyuan

(School of business, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract Cities are concentrated regions of carbon emission, and urbanization is important factor of carbon emission growth in China. This paper utilizes China's urbanization level data from 1985 to 2009 and calculation result of China's carbon emission over the same period and applies correlation analysis, cointegration analysis, Stewart Granger causality analysis and error correction model for the data inspection. The result shows that there exists strong correlation and long-term cointegration relationship between Chinese urbanization and carbon emission, the increasing level of urbanization is an important cause of carbon emission growth, but the carbon emission can not interpret the level of urbanization. Then the authors apply the impulse response function and forecast error variance decomposition for dynamic simulation and analyze the interaction mechanism and the degree of influence between Chinese urbanization and carbon emission. Finally, some recommendations and measures of low-carbon urbanization in China are put forward.

Keywords urbanization; carbon emission; energy consumption; low-carbon economy

摘要 城市是碳排放的密集区域, 城市化是我国碳排放量增长的重要因素。采用1985-2009年的中国城市化水平数据和同期中国碳排放量的测算数据, 运用相关分析、协整检验、格兰杰因果分析和误差修正模型对中国城市化与碳排放的关系进行检验, 结果显示中国城市化水平与碳排放量具有很高的正相关性, 两者之间存在着长期的协整关系, 城市化水平的提高是碳排放量增加的重要原因, 但碳排放量不能解释城市化水平的

作者简介: 谢守红、徐西原, 江南大学商学院。

提高。城市化水平对碳排放的影响具有滞后性, 短期影响较小, 长期影响显著。接着, 利用脉冲响应函数和预测误差方差分解模型对中国城市化水平与碳排放量进行动态模拟, 分析其在长期和短期均衡关系的相互作用机制和影响程度。最后, 提出中国实现低碳城市化的建议和对策。

关键词 城市化; 碳排放; 能源消费; 低碳经济

改革开放以来, 我国社会经济快速发展, 城市化进程迅速推进, 城市建设日新月异, 城市人口在总人口中的比重不断增加, 城市在国民经济中的主导作用日益显著。1985年, 我国城市人口占总人口的比重为 23.71%, 2009 年达到 46.59%, 提高了约 1 倍, 平均每年提高 0.95 个百分点。与此同时, 由于城市用地规模不断扩大, 城市人口和产业不断积聚, 城市发展对能源的消费不断增多, 在全国能源消费总量中的比重不断上升。1985年, 我国能源消费总量为 76682 万吨标准煤, 2009 年我国能源消费总量达到 306674 万吨标准煤, 是 1985 年的 4 倍, 平均年增长率为 5.94%。在我国能源消费结构中, 煤炭占 70% 左右, 而水电、核电、风能等清洁能源在能源消费总量中所占的比例不到 10%。我国能源消费的不断增长以及能源结构的不合理导致了我国碳排放量不断增加, 成为世界碳排放最多的国家之一, 由此导致的环境问题成为困扰我国经济发展的一个重大问题。全球变暖是当今人类社会面临的最主要的环境问题, 也是全球化形势下国际社会面临的挑战之一。中国作为世界经济大国, 人口总数、经济规模、经济增长速度位居世界前列, 由此导致中国温室气体的排放量与排放速度也高于世界平均水平。根据世界银行 WDI 数据库资料, 1990-2006 年, 世界二氧化碳排放量平均增长速度为 1.7%, 同期中国碳排放量平均增速为 5.1%, 高于世界平均增速。2009 年 12 月的哥本哈根气候变化峰会上, 全世界的目光再次聚焦到温室气体排放的环境问题上, 围绕二氧化碳减排分担义务的国际谈判日趋激烈, 各国分歧巨大。国际社会不断向中国施压, 要求中国承担更多的减排义务, 这给中国的节能减排工作造成了巨大的压力。目前, 中国的二氧化碳排放总量已超过美国, 跃居世界第一。随着经济规模的迅速扩张、城市化水平的不断提高, 中国必将面临高碳排放所带来的城市发展困境。

目前, 国内学术界对碳排放与经济增长关系的研究十分关注, 但对城市化与碳排放关系的研究还很少。胡初枝、黄贤金等 (2008) 采用平均分配余量的方法, 构建碳排放

的因素分解模型,定量分析了碳排放的规模效应、结构效应和技术效应。王中英、王礼茂(2006)分析了中国经济增长与碳排放量的关系,指出以第二产业为主的经济结构在很大程度上导致温室气体的排放。袁晓玲、方莹、张宝山(2011)对关中城市群时间序列数据进行分析,对城市群能源消费与城市化水平建立动态因果关系,认为城市化水平与能源消费存在长期协整关系。陈利顺、孙岩等(2009)构建了包括城市能源结构优化、减量化、再循环水平3个维度的指标体系,并利用模糊综合评判方法,对大连市能源生态化进行分析研究。孙天晴、郑一、王昊(2010)对北京市能源数据进行分析,加大评价对象的差异性,放大评价对象间的对比程度,为城市能源系统规划提供依据。马军、周琳等(2010)以东部沿海六省市为研究对象,采用经济发展、科技发展、产业发展、社会支撑和环境支撑5个指标,构建城市低碳经济评价指标体系。佟新华、孙猛(2010)对中国城市化水平与碳排放量做相关性分析,发现二者存在着较强的相关性,并指出了中国城市化进程中低碳经济的路径选择。

1 中国城市化水平与碳排放量的变化趋势

1.1 中国城市化水平的变化

城市化是一个地区的人口在城镇集聚的过程,城市化意味着城市人口的增多,用地规模的扩大,城市经济总量的增加以及城市生活方式的扩散。由于城市化涉及到人口、土地、产业、社会等多方面的因素,因此学术界对城市化的测度没有统一的标准。台兵、李怀组(2006)采用复合指标法,综合人口、经济、社会因素,建立综合城市化水平测度法反映中国城市化进程。李晋玲、刘人境(2007)利用统计分析的方法构建城市化测度因子模型,应用结构方程进行参数估计,得到了测度城市化发展水平的数学模型,并对各个地区的城市化发展水平进行测度与对比。在国际上,大部分国家和地区都用单一指标法,即用城镇人口占总人口的比重来衡量城市化水平。该方法具有数据易得、计算方便、简单明确的优点。还有部分国家使用非农业人口占总人口的比重或城市用地比重来反映城市化水平,但是由于非农业人口属于产业范畴,而城市用地比重量比较困难,因此使用不广泛(王宏喜、闫观渭,2008)。本文采用单一指标法即城镇人口占总人口的比重来衡量城市化水平。

改革开放以后,随着中国经济体制的改革和市场经济的发展,大量农村富余劳动力

开始向城镇转移，城镇人口持续快速增长，城市化进入加速发展时期。1985年，中国拥有城镇人口 25094 万人，城市化水平为 23.71%。到 2009 年，拥有城镇人口 62186 万人，城市化水平上升到 46.59%，期间城镇人口增长了 147.8%，年均增长 3.85 %；城市化水平提高了约 1 倍，平均每年提高 0.95 个百分点（表 1）。在此期间，又可以分为以下 2 个阶段：①1985-1996 年，中国城市化水平从 23.71% 上升到 30.48%，平均每年提高 0.62 个百分点，城市化速度相对较慢；②1996-2009 年，城市化水平从 30.48% 上升到 46.59%，平均每年提高 1.24 个百分点，城市化速度加快。

表 1 中国城市化水平的变化

年份	城镇人口 (万人)	城镇人口 比重 (%)	年份	城镇人口 (万人)	城镇人口 比重 (%)
1985	25094	23.71	1998	41608	33.35
1986	26366	24.52	1999	43748	34.78
1987	27674	25.32	2000	45906	36.22
1988	28661	25.81	2001	48064	37.66
1989	29540	26.21	2002	50212	39.09
1990	30195	26.41	2003	52376	40.53
1991	31203	26.94	2004	54283	41.76
1992	32175	27.46	2005	56212	42.99
1993	33173	27.99	2006	57706	43.90
1994	34169	28.51	2007	59379	44.94
1995	35174	29.04	2008	60667	45.68
1996	37304	30.48	2009	62186	46.59
1997	39449	31.91			

资料来源：中国统计年鉴（2010）。

2.2 中国碳排放量的变化

CO₂ 的来源主要是化石燃料能源，化石燃料能源主要有煤炭、石油和天然气。目前学术界对于碳排放量的测度主要是用各种能源的消费量乘以各种能源的碳排放系数，然后加总求和。本文按照 IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change）的国家温室气体清单指南的碳排放量计算方法来计算，其公式如下：

$$C = \sum C_i = \sum E_i * K_i$$

其中，C 表示碳排放总量，C_i 表示每种能源的碳排放总量，E_i 表示每种能源的消费总量，K_i 表示碳排放系数。对于碳排放系数，也按照 IPCC 规定中的各类能源碳排放系

数缺省值计算,其中煤炭的碳排放系数为 0.7559,石油的碳排放系数为 0.6185,天然气的碳排放系数为 0.4483。这样,根据历年的能源消费数据,就可以计算出 1985-2009 年中国的碳排放量及增长率(表 2)。

从表 2 可以看出,中国的碳排放量在过去 24 年中增长迅速,1985 年碳排放量为 52803.1 万吨,2009 年碳排放量达到 202494 万吨,是 1985 年的 3.84 倍,年均增长 5.76%。从历年碳排放量的变化曲线来看,表现出明显的波动性,可以分为以下 3 个时期:① 1985-2002 年,中国碳排放量处于缓慢增长时期,每年的增长率都在 8% 以下,1997 年还出现负增长;② 2003-2007 年,处于快速增长时期,每年的增长率均在 8% 以上,2003、2004 年分别达到 16.54% 和 15.85%;③ 2008-2009 年,再次进入缓慢增长时期,年增长率分别为 2.76% 和 5.08%,这一方面反映了这一时期受全球金融危机的影响,中国经济增长速度迅速下滑;另一方面,也表明我国实行的节能减排政策发挥了明显作用。总之,随着社会经济的发展,城市化的推进以及能源消费的增加,中国碳排放量呈现快速增加的趋势,持续增加的碳排放量给中国的节能减排任务带来了巨大的压力。

表 2 中国碳排放量的变化

年份	碳排放量 (万吨)	增长率 (%)	年份	碳排放量 (万吨)	增长率 (%)
1985	52803.1	-	1998	91604.2	0.01
1986	55759.4	5.60	1999	94969.7	3.67
1987	59824.2	7.29	2000	97542.5	2.71
1988	64219.6	7.35	2001	99549.5	2.06
1989	66808.2	4.03	2002	105654.4	6.13
1990	67915.7	1.66	2003	123131.0	16.54
1991	71607.1	5.44	2004	142652.3	15.85
1992	75215.0	5.04	2005	157951.8	10.73
1993	79541.3	5.75	2006	173265.3	9.70
1994	83836.9	5.40	2007	187524.3	8.23
1995	89227.0	6.43	2008	192696.8	2.76
1996	91838.0	2.93	2009	202494.0	5.08
1997	91596.7	-0.26			

资料来源:根据《中国能源统计年鉴 2010》有关数据计算而来。

2 中国城市化水平与碳排放关系的检验

2.1 相关分析

城市是全球碳排放的高度密集区, 其温室气体排放量占全球的 80%。目前, 我国正处于经济快速增长、城市化进程加速的时期, 城市化成为我国碳排放增长的重要因素, 其中工业、交通、居民生活是碳排放的主要组成部分。根据 1985-2009 年中国的城市化水平与碳排放量的数据制作散点图, 发现它们之间具有相同的变化趋势 (图 1)。为了定量反映城市化与碳排放的关系, 利用 Eviews5.0 对城市化水平(u)与碳排放量(c)进行相关分析, 两者相关系数 R2 为 0.9004, F 统计量为 207.88, 且系数通过了 t 检验, 说明中国城市化水平与碳排放量之间具有很高的正相关性。

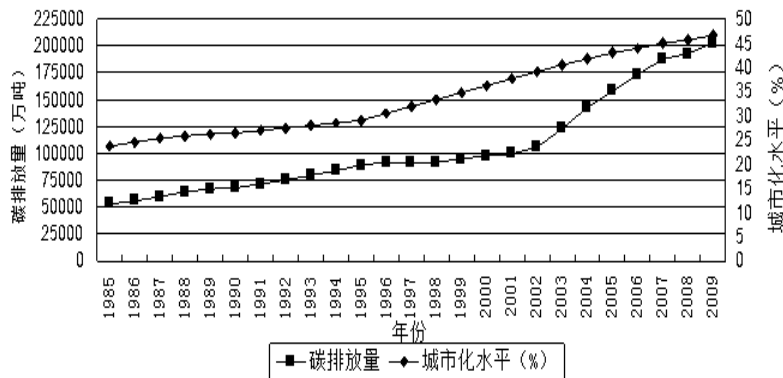


图 1 中国碳排放量与城市化水平的变化

2.2 平稳性检验

利用时间序列进行回归分析时, 应首先判断序列是否平稳。计量经济模型要求时间序列是平稳的, 即时间序列的统计规律不随时间的推移而发生变化, 否则计量模型可能会得出与实际不相符合的结果。分别对城市化水平 u 与碳排放量 c 取对数 Lnu、Lnc, 以消除时间序列可能存在的异方差性, 在对城市化与碳排放量的杜宾-瓦森检验中发现 DW=0.186, 说明时间序列具有正自相关性。令 Lnu 的一阶和二阶差分分别为 DLnu 和 D2Lnu, Lnc 的一阶和二阶差分分别为 DLnc 和 D2Lnc, 采用 ADF 单位根检验法对 Lnu 和 Lnc 进行平稳性检验 (表 3)。

表 3 Lnu 和 Lnc 的平稳性检验

变量	检验类型 (c, t, p)	ADF 值	1%临界值	结论
Lnu	(c,t,1)	-2.450781	-4.416345	非平稳
DLnu	(c,t,1)	-2.969767	-4.440739	非平稳
D ² Lnu	(0,0,1)	-4.328941	-2.679735	平稳
Lnc	(c,t,1)	-3.047532	-4.416345	非平稳
DLnc	(c,t,1)	-1.655845	-4.416365	非平稳
D ² Lnc	(c,t,1)	-4.703188	-4.440739	平稳

注: c, t 表示常数项, p 表示滞后期。

结果显示,原序列 ADF 值均大于 1% 临界值,说明原序列是非平稳的。对序列作一阶差分后仍为非平稳序列,而二阶差分的 ADF 值均大于 1% 临界值,说明二阶差分序列为平稳序列,中国城市化水平序列和碳排放量序列是二阶单整的,而且两者可能存在着长期的协整关系。

2.3 协整检验

如果不平稳的时间序列具有平稳的线性组合,则说明序列存在着长期稳定的关系即协整关系。本文采用 Engle-Granger 两步法进行协整检验。首先利用 OLS 法建立中国城市化水平与碳排放量的回归方程,得到残差序列 e_i ,然后对 e_i 做 ADF 检验,若残差序列是平稳的,则说明变量之间存在协整关系,否则,不存在协整关系。令 Lnm 为因变量, Lnu 为自变量,则回归方程为:

$$Lnc=13.39289+1.719426Lnu \quad R^2=0.9331, \quad F=321.05$$

相关性系数为 0.9331, F 统计量为 321.05,自变量系数的 t 值通过了检验,说明回归方程具有很高的显著性。对方程的残差序列 e_i 做 ADF 检验,在不存在截距项和常数项、滞后期为 1 情况下,ADF 值为-3.14483,其 1%、5%、10% 临界值分别为-2.6693、-1.9564、-1.6084,残差的 ADF 值均小于各水平临界值,说明残差序列是平稳的,则中国城市化水平和碳排放量存在着长期的协整关系,从回归方程看,城市化水平对碳排放量具有正向作用,城市化水平的提高导致碳排放量的增加,城市化水平每提高 1%,碳排放量增加 1.719%。

2.4 误差修正模型

协整检验表明中国城市化水平与碳排放量之间存在长期协整关系,但不能确定两者短期的动态变动关系。本文采用向量误差修正模型(Vector error correction model, VECM)反映城市化水平与碳排放量间的短期变化特征。在协整约束条件下,选取 1-2 的滞后期,向量自回归模型方程为:

$$(1) D(Lnc)=0.70395D(Lnc)_{t-1}-0.211607D(Lnc)_{t-2}-1.155021D(Lnu)_{t-1}-0.357703D(Lnu)_{t-2} \\ +0.070994-0.217331VECM_{t-1}$$

$$(2) D(Lnu)=0.749153D(Lnu)_{t-1}+0.039156D(Lnu)_{t-2}-0.0087D(Lnc)_{t-1}-0.049915D(Lnc)_{t-2} \\ +0.008759+0.012227VECM_{t-1}$$

$$\text{其中, } VECM_{t-1}=(Lnc)_{t-1}-1.934971(Lnu)_{t-1}-13.62791$$

从回归方程可以看出, 碳排放量的误差修正系数对短期碳排放量具负向调节作用, 城市化水平的误差修正系数对城市化具有正向推动作用; 碳排放量受滞后 1 期的碳排放量和城市化水平影响显著, 而受滞后 2 期碳排放量和城市化水平影响较弱; 城市化水平受滞后 1 期的城市化水平影响显著, 而受碳排放量影响不显著。

2.5 格兰杰因果分析

对中国城市化水平与碳排放量的协整检验表明, 两者存在着长期的协整关系, 然而这并不表示城市化水平的提高和碳排放量的增长存在着必然的因果关系。本文通过 Granger 检验分析变量间的因果关系。Granger 检验的原理是判断一个变量 X 对其他变量 Y 的回归时, 把 X 的滞后期值 X_{t-1} 包括进去能否显著改善对 Y 的预测。如果可以显著改进对 Y 的预测, 则称 X 为 Y 的格兰杰原因, 否则 X 不是 Y 的格兰杰原因。为了分析中国城市化水平与碳排放量的因果关系, 对 Lnu 和 Lnc 作 1-5 期的格兰杰因果检验。检验结果表明, 在滞后期 1-5 期内, 中国碳排放量的增长不是中国城市化水平提高的原因; 在第 3 期和第 5 期, 城市化水平和碳排放量不存在格兰杰因果关系; 在第 1、2、4 期, 城市化水平是碳排放的格兰杰原因, 碳排放量的增长对城市化水平影响不显著。因此, 可以判断碳排放量对城市化水平不具有因果关系, 而城市化水平对碳排放量存在因果关系。

表 4 格兰杰因果检验

原假设	滞后期	F 统计值	P 值	结论
①Lnc 不是 Lnu 的 格兰杰原因	1	3.8219	0.0640	接受①
		4.6890	0.0420	拒绝②
	2	0.7037	0.5078	接受①
		6.8832	0.0060	拒绝②
		0.8934	0.4672	接受①
②Lnu 不是 Lnc 的 格兰杰原因	3	2.9800	0.0648	接受②
		0.3304	0.8522	接受①
	4	3.8124	0.0317	拒绝②
		0.5026	0.7678	接受①
		5	2.9594	0.0749

3 中国城市化水平与碳排放关系的动态模拟分析

为了进一步分析中国城市化水平与碳排放量在长期和短期均衡关系的相互作用机制

和影响程度，下面利用脉冲响应函数和预测误差方差分解进行动态模拟分析。

3.1 脉冲响应冲击效应

脉冲响应冲击效应刻画了内生变量对误差变化大小的反应，即在误差项上加一个标准差大小的冲击对内生变量的当期值和未来值所带来的影响。首先，作 Lnc 对自身和 Lnu 的脉冲响应函数（图 2）。可以看出，在 1-6 滞后期内，碳排放量对自身一个标准差扰动的脉冲响应产生正向冲击效应，在滞后 2 期正向冲击效应最大达到 0.035；滞后 6-7 期内，碳排放量对自身脉冲响应产生负向冲击，在滞后 9 期达到最低-0.013。在 1-5 滞后期内，碳排放量对城市化水平一个标准差扰动的脉冲响应产生负向冲击效应，最低值为-0.01；在 5-10 滞后期产生正向冲击效应，滞后 10 期达到最大值 0.056。

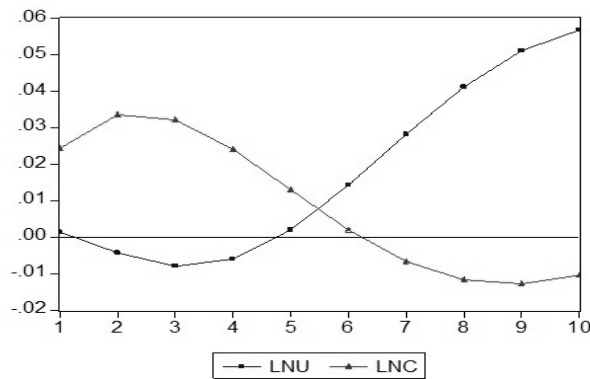


图 2 Lnc 对自身和 Lnu 的脉冲响应函数

接着，作 Lnu 对自身和 Lnc 的脉冲响应函数（图 3）。从图中可以看出，在滞后 1-10 期内，城市化水平对自身一个标准差扰动的脉冲响应都产生正向冲击效应，在滞后 6 期达到最大值 0.026。而在滞后 1-6 期内，城市化水平对碳排放脉冲响应产生负向冲击效应，在滞后 4 期达到最低值-0.0025，由此可见负向效应比较小。在滞后 6-10 期内，城市化水平对碳排放产生正向冲击效应，在滞后 10 期达到最大值 0.005。由此可见，城市化水平的提升是一个渐进的过程，当期的城市化发展有利于下一期的城市化水平的提高，城市化的冲击对短期和长期城市化水平提高表现出较强的持续性；短期内人口、工业在城市的集聚对碳排放量的冲击不显著，城市化对碳排放的影响具有滞后性；从长期来看，随着时间的推移，城市人口数量的增多、工业规模的扩大、道路交通工具的增多等因素必然会导致城市碳排放量的增加。

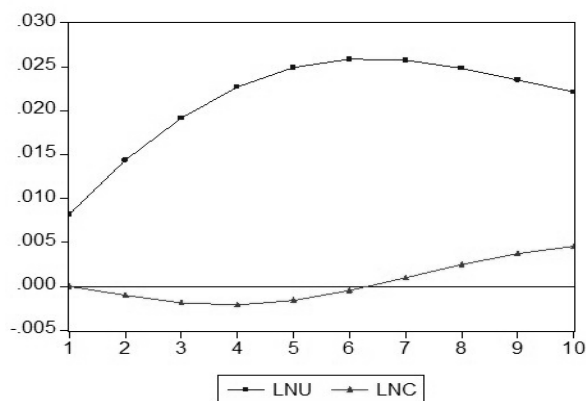


图3 Lnu 对自身和 Lnc 的脉冲响应函数

3.2 预测误差方差分解

预测误差方差分解不仅可以测定变量在不同时期对自身方差或其它变量方差的贡献大小, 还可以量化变量对冲击的反应程度, 从而可以显示不同变量之间的相互影响程度。

Lnu 和 Lnc 在 1-10 期的预测误差方差分解如下:

表 5 Lnu 的预测误差方差分解

时期	方差	Lnu	Lnc
1	0.0081	100	0
2	0.0165	99.643	0.3567
3	0.0254	99.3132	0.6867
4	0.0341	99.2435	0.7564
5	0.0422	99.3677	0.7564
6	0.0495	99.5315	0.4684
7	0.0558	99.5987	0.4012
8	0.0611	99.4992	0.5007
9	0.0656	99.2396	0.7604
10	0.0694	99.8856	1.1143

从表 5 可以看出, 在 1-10 期内, 城市化水平的方差来自自身的贡献有所下降, 但下降幅度非常小, 每一期的贡献率都在 99% 以上; 城市化水平的方差来自碳排放量的贡献率虽然不断上升, 但碳排放对城市化水平方差的贡献非常低, 最大也只有 1.1143%。由此可见, 在短期和长期内, 城市化水平的提高主要来自于内部持续性的增长, 碳排放对城市化水平的影响很小。

从表 6 可以看出, 在 1-10 期内, 碳排放的方差来自城市化水平的贡献率是不断增加的, 在第 10 期达到最大值 68.62%, 而来自自身方差的贡献率是逐步下降的。在 1-4 期内碳排放的方差来自城市化水平的贡献比较低, 贡献率不足 10%, 受自身方差贡献率比较高在 90% 以上。而第 7 期后预测误差方差受城市化水平的影响显著, 而受自身方差贡献不断下降, 这说明短期内城市化水平的提高对碳排放影响作用还不会显现, 碳排放对

城市化水平的提高反应比较慢，但长期内随着城市化水平的提高，碳排放量增长迅速。

表 6 Lnc 的预测误差方差分解

时期	方差	Lnu	Lnc
1	0.0244	0.3545	99.6454
2	0.0417	1.1495	98.8504
3	0.0532	2.9252	97.0747
4	0.0587	3.4268	96.5731
5	0.0602	3.3767	96.6232
6	0.0619	8.5237	91.4762
7	0.0684	24.0327	75.9672
8	0.0806	43.3285	56.6714
9	0.0963	58.5099	41.4900
10	0.1123	68.6188	31.3811

4 结论和建议

4.1 结论

(1) 城市是碳排放来源的集中区域，城市化水平和碳排放量具有很高的正相关性，两者之间存在着长期的协整关系。城市化水平的提高导致碳排放量的增加，但碳排放量不能解释城市化水平的提高，不是城市化水平的格兰杰原因。

(2) 城市化水平对碳排放的影响具有滞后性，短期内城市化水平的提高对碳排放的影响作用不太明显，但长期内随着城市化水平的提高，碳排放量增长迅速。从长期来看，随着城市化进程的不断推进，人口、产业不断向城市集聚，城市用地规模不断扩大，城市能源消费量逐年上升，中国会面临更严峻的温室气体排放所带来的挑战。

(3) 城市化水平在短期和长期对自身具有正向调节效应，在长期内对碳排放存在着正向调节效应。城市化水平的提升是一个渐进的过程，主要来自于内部持续性的增长，碳排放对城市化水平的影响很小。

4.2 建议

目前，我国城市化水平仍然不到 50%，离城市化成熟阶段（城市化水平 70%）还有相当长的距离，未来 20 年我国城市化还将处于快速发展阶段。同时，我国能源结构仍以煤炭为主，传统的高耗能、高污染企业生产模式尚未根本改变，这些给节能减排工作带来了很大困难。但是，我国政府已经把减少碳排放、应对气候变化作为重要的战略任务来抓，承诺到 2020 年单位 GDP 二氧化碳排放要比 2005 年下降 40%—45%。因此，抓好城市节能减排工作是减少碳排放量的重中之重。

发展城市低碳产业。优化城市产业结构, 转变传统粗放式生产模式, 大力发展低碳产业群, 包括火电减排、工业节能与减排、节能建筑、资源回收利用、环保设备、节能材料等; 大力推进科技进步, 增强企业技术装备能力, 采用低碳技术, 提高能源利用效率, 为建立新的高效、清洁、低碳型工业体系提供技术支持; 努力发展和利用新型清洁能源, 如太阳能、风能、核能, 逐步改变传统的能源结构。

发展绿色交通。构建低碳城市化网络系统, 促进各种交通方式如铁路、公路、航空的协调运行, 提高通车速度, 避免交通工具不必要的绕行。提倡绿色出行, 鼓励乘坐公交车和地铁等公共交通工具, 控制城市私家车的数量。

提倡低碳生活方式。加大对低碳环保的宣传力度, 培养市民低碳意识, 倡导低碳生活方式。动员广大市民参与低碳城市建设, 营造全民关注低碳生活方式的良好社会氛围, 从身边做起, 从小事做起, 积极减少能源的消耗和温室气体的排放。

致谢

教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET100460)、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(JUSRP311A07)资助。

参考文献

- [1] 陈利顺、孙岩、万鹏举等:“城市能源生态化利用水平的评价方法研究”,《科技管理研究》,2009年第3期。
- [2] 胡初枝、黄贤金、钟太洋等:“中国碳排放特征及其动态演进分析”,《中国人口、资源与环境》,2008年第3期。
- [3] 李晋玲、刘人境:“城市化测度方法研究”,《西北大学学报》,2007年第3期。
- [4] 马军、周琳、李薇:“城市低碳经济评价指标体系构建”,《科技进步与对策》,2010年第22期。
- [5] 孙天晴、郑一、王昊等:“中国城市能源系统可持续性评价体系实证研究”,《中国人口、资源与环境》,2010年第11期。
- [6] 佟新华、孙猛:“中国城市化进程中的低碳经济发展路径选择”,《人口学刊》,2010年第6期。
- [7] 台冰、李怀祖:“综合城市化水平测度研究”,《学术界》,2006年第5期。
- [8] 王中英、王礼茂:“中国经济增长对碳排放的影响分析”,《安全与环境学报》,2006年第5期。
- [9] 王宏喜、闫观渭:“城市化水平的测度标准探析”,《河北农业科技》,2008年第24期。

- [10] 袁晓玲、方莹、张宝山：“能源消费与城市化水平关系的动态计量分析——以关中城市群为例”，《城市发展研究》，2011年第3期。