

城市低碳发展水平的区域分异及其影响因素

——基于中国 GDP 前 110 强地级以上城市的实证研究

张 旺^{1,2}, 周跃云^{1,2}, 邹 毓²

(1. 湖南工业大学 全球低碳城市联合研究中心, 湖南 株洲 412007;

2. 湖南工业大学 建筑与城乡规划学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要:利用《中国城市智慧低碳发展报告》中我国 GDP 前 110 强地级以上城市的低碳发展数据,运用加权变异系数法和 Theil 指数分解法分析了大样本城市低碳发展水平的空间分异,并运用多元线性逐步回归模型定量分析了各层次低碳发展综合水平的影响因素及其差异。结果表明:样本城市的整体低碳发展水平不高,高值城市以东部地区的轻工业城市或综合型城市为主,低值城市则以中、西部的资源型城市或重化工业城市为主;城市整体的低碳发展水平的空间差异较大,低值城市的空间差异最大、高值城市的空间差异最小、中值城市的空间差异居中;城市低碳发展的区域分异主要由层次间的差异引起;碳排放系数、能源效率、人均 GDP 是影响城市低碳发展的主要因素;城市整体和中、低值城市影响因素的显著性的排序结果为碳排放系数>能源效率>人均 GDP,而高值城市的排序结果是能源效率>碳排放系数>人均 GDP。提出:可参考“共同但有区别的责任”原则分解各城市的碳减排量,对各层次城市宜采取差别化的低碳发展政策。

关键词:低碳城市;低碳发展;区域差异

中图分类号:X506 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-980X(2014)03-0068-07

1 研究背景

到 2015 年单位 GDP 的 CO₂ 排放强度比 2010 年降低 17% 已成为我国“十二五”规划中的约束性硬指标,将与节能减排等指标一起被分解到各个地区。世界能源机构(International Energy Agency, IEA)的研究表明:未来与能源有关的 CO₂ 排放量的增长将主要来自于城市的二氧化碳排放。自 2008 年起,我国国内就掀起了一股建设低碳城市的热潮。国家发展和改革委员会于 2010 年 8 月下发通知,将广东、辽宁、湖北、陕西和云南五省以及天津、重庆、深圳、厦门、杭州、南昌、贵阳和保定八市列为低碳试点省市,于 2012 年 11 月 26 日又将北京、上海和海南等 29 个省、市、区确定为我国第二批低碳省区和低碳城市的试点。据不完全统计,国内共有 200 多个地级以上城市提出建设低碳城市。由于我国不同城市的自然条件、资源禀赋、能源结构、产业结构和

经济社会发展水平等存在很大的区域差异、具有不平衡性,因此分解减排指标不宜“一刀切”,建设低碳城市也要避免“千城一面”,应按照“因城而异、分类指导”的原则进行。因此,在计算城市基础碳排放量的基础上,测度各城市低碳发展指标的空间分异并分析其影响因素,为我国城市低碳发展提供科学基础和路径参考,是一个现实而紧迫的课题。

国内外学者陆续对城市低碳发展的区域分异进行了研究。例如,有学者利用 Theil 指数的分解形式度量人均 CO₂ 排放的区域不平等^[1-2]。具有广泛影响力的欧洲绿色城市指数是西门子公司委托欧洲经济学人智库开发的。由于 CO₂ 和能源是该指数的首要评价对象,因此该指数具有明显的低碳评价导向。2009 年欧洲经济学人智库采用该指数对欧洲的 30 个主要城市进行了绿色城市指数评价排名,在此基础上于 2010 年继续对亚洲约 20 个主要商业城市的绿色城市指数进行了比较^[3]。我国多数研究者

收稿日期:2013-12-26

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划项目“城镇污水处理系统碳排放检测技术与统计系统研究”(2011BAJ07B03-06);教育部哲学社会科学重大经济社会问题发展报告培育项目《中国城市低碳发展报告》

作者简介:张旺(1974—),男,湖南汨罗人,湖南工业大学全球低碳城市联合研究中心助理研究员,博士,研究方向:低碳城市、资源环境与可持续发展研究;周跃云(1961—),男,湖南益阳人,湖南工业大学建筑与城乡规划学院院长、教授,研究方向:低碳城乡规划;邹毓(1977—),男,湖南衡阳人,湖南工业大学建筑与城乡规划学院讲师,研究方向:环境规划与评估、环境经济学。

按传统的东、中、西三大地带划分各省区,对碳排放的区域差异进行了分析^[4-6];也有学者根据各省区的碳排放量,将全国划分为高、中、低三类区域进行比较^[7-9];还有学者直接分析各省区碳排放的区域差异及其影响因素^[10]。由牛文元领衔的“中国科学院可持续发展战略研究组”探讨了2006年GDP排名前100强城市的经济与碳排放脱钩状态,并分析了三类城市的脱钩类别^[11]。分析低碳发展影响因素的研究文献基本上都考虑了人口总量、人均GDP、城市化率和人类消费行为等经济类、技术类人文驱动因子^[12-17]。综观相关文献,学者们一般利用国家、区域、各省(区、市)等的截面数据或单个城市的时序数据,主要围绕碳排放量、碳排放强度和人均碳排放等单项指标展开分析。我国不同省区城市的自然禀赋、人文条件存在显著差异,而碳排放又主要来自城市,因此从这一角度而言应缩小研究尺度以开展更深入、细致的研究。从目前已有的研究文献来看,测算和比较大样本城市的低碳发展水平、分析其差异和影响因素的研究尚不多见。鉴于此,本文考虑城市低碳发展水平的区域差异,运用加权变异系数法和Theil指数分解法,测度大样本城市低碳发展指数的空间分异,并运用多元线性逐步回归模型定量分析各层次低碳发展综合水平的影响因素及其差异,以期为差异化地推动我国各地区低碳城市建设提供理论依据和定量信息。

2 研究对象、数据来源及研究方法

2.1 研究对象

考虑到基础数据的口径统一性和稳定可靠性等,本文选择2009年中国GDP排名前110强的地级以上城市(包括市辖区和下辖县市)作为研究样本。本文以城市作为研究样本的主要原因是:工业碳排放与森林碳汇两者中的大部分来自城市的建成区以及市辖区以外、位于城市边缘的乡村地区,而我国城市的碳排放主要来自于工业、碳汇主要来自于林业,因此,要客观地评价、比较城市的低碳发展水平,以建成区和市辖区为研究范围显得较窄;另外,为体现城乡统筹协调发展的要求,研究以生态文明建设为导向的城市低碳发展问题,在选定研究区域范围时取大口径的市域范围也较好。

2.2 数据来源与处理

本文所用数据全部来源于中国社会科学院城市发展与环境研究所与湖南工业大学合作成立的全球低碳城市联合研究中心编著的《中国城市智慧低碳发展报告》^[18]。该报告提供了一套较为权威、可靠的衡量中国城市低碳发展水平的指标体系(见表1)。原始数据的标准化处理公式为:

$$Z = (\text{实际值} - \text{最小值}) / (\text{最大值} - \text{最小值})。$$

本研究主要采用专家调查法确定指标权重。具体说明如下:首先向来自中国社会科学院、清华大学、中国人民大学和湖南工业大学等单位的12位低碳城市、低碳经济领域的专家发放权重打分表;然后计算各指标权重的平均值,再经过3个轮回的征求意见,最后确定具体权重。基于上述评价方法和评价指标体系,计算出2009年110座城市的低碳发展综合水平得分(I)。

表1 中国城市低碳发展水平评价指标体系

一级指标	比重(%)	二级指标	成分指标	比重(%)
1. 经济低碳指标	50	(1)碳经济强度指标	单位GDP碳排放强度	45
		(2)消费结构指标	城市居民低碳消费支出比重	5
2. 社会低碳指标	20	(3)人均碳排放指标	人均碳排放水平	15
		(4)就业贡献指标	单位碳排放提供的就业贡献数	5
3. 设施低碳指标	15	(5)低碳建筑指标	建筑物能耗密度	8
		(6)低碳交通指标	出行公交偏好与公交效率	7
4. 资源低碳指标	10	(7)低碳能源指标	非化石能源比例	6
		(8)森林碳汇指标	森林覆盖率	4
5. 环境低碳指标	5	(9)水体环境指标	COD的排放强度	3
		(10)大气环境指标	SO ₂ 的排放指标	2

2.3 研究方法

2.3.1 区域分异测度

首先,根据110座城市的低碳发展综合水平得分 I ,将这些城市分为3个层次,即高值($I \geq 60$)城市、中值($40 \leq I < 60$)城市和低值($I < 40$)城市(见表2)。然后,分别运用加权变异系数和Theil指数测

度这些城市的整体差异,并通过分解区域间(T_B)和区域内(T_w)将整体差异解释为3个层次之间和各个层次内部的城市局部差异,以揭示3个层次之间差异和各个层次内部各城市之间的差异对低碳发展综合水平整体差异的贡献。

1) 加权变异系数。

加权变异系数于 1965 年由美国经济学家 Williamson 提出,因此也称 Williamson 系数,一般采用各地区的人口数量进行加权。考虑到本文中的碳排放主要是由经济增长消耗能源引起的,因此在考虑城市 GDP 差异的情况下用 GDP 进行加权。加权变异系数 CV_s 的计算公式为:

$$CV_s = \frac{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 (G_i/G)}}{\bar{x}} \quad (1)$$

式(1)中: x_i 为城市 i 的低碳发展综合水平值; \bar{x} 为 110 座城市低碳发展综合水平均值; G_i/G 为城市 i 的 GDP 占 110 座城市 GDP 总量的比例。 CV_s 的值越大,表示低碳发展综合水平的区域相对差异越大。

2) Theil 指数。

通过对 Theil 指数进行一阶分解,可实现将 110 座城市的低碳发展水平总体差异分解为 3 个层次

(高值、中值和低值)之间的差异和各个层次内部各城市之间的差异。Theil 指数的计算公式为:

$$T(I) = T_B(I) + T_W(I) = \sum_{i=1}^3 p_i \times \ln(\bar{I}/\bar{I}_i) + \sum_{i=1}^3 p_i \times [\sum_{j=1}^j p_{ij} \times \ln(\bar{I}_i/I_{ij})] \quad (2)$$

式(2)中: $T(I)$ 为 Theil 指数; $T_B(I)$ 为 3 个层次之间的低碳发展水平值的差异; $T_W(I)$ 为各个层次内部各城市之间的低碳发展水平值差距; p_i 为第 i 个层次的 GDP 占 3 个层次的总 GDP 的比重; p_{ij} 为第 i 个层次中城市 j 的 GDP 占该层次 GDP 总量的比重; \bar{I} 为 110 座城市的低碳发展综合水平均值; \bar{I}_i 为第 i 个层次的低碳发展综合水平均值; I_{ij} 为第 i 个层次中城市 j 的低碳发展综合水平值; $T_B(I)$ 与 $T_W(I)$ 之和即总差异 $T(I)$ 。 $T(I)$ 的值越大,表示各层次之间或各城市之间的低碳发展综合水平差异越大。

表 2 城市低碳发展综合水平得分及其分层

城市分层	高值城市(21座)	中值城市(61座)	低值城市(28座)
I_{ij}	台州(80.53)、珠海(74.47)、深圳(74.29)、厦门(73.82)、北京(73.45)、温州(71.80)、海口(70.62)、湛江(70.38)、延安(69.79)、福州(69.21)、三亚(67.44)、汕头(67.21)、杭州(66.05)、上海(65.88)、中山(65.54)、广州(65.23)、泉州(64.48)、成都(63.54)、长春(61.78)、南宁(60.43)、西安(60.15)	宁波(59.77)、青岛(59.64)、南通(59.45)、长沙(58.56)、扬州(57.90)、佛山(57.49)、张家界(57.35)、威海(57.34)、昆明(57.32)、烟台(56.92)、天津(56.78)、绍兴(56.25)、连云港(56.08)、桂林(55.41)、九江(55.06)、常德(54.97)、宜昌(54.66)、无锡(53.99)、潮州(53.91)、嘉兴(53.67)、南昌(53.29)、大连(52.92)、武汉(52.27)、合肥(51.42)、北海(51.22)、苏州(50.73)、保定(49.95)、宝鸡(49.72)、常州(49.70)、济南(48.63)、宜宾(47.71)、重庆(47.67)、沈阳(47.56)、潍坊(47.54)、株洲(47.36)、开封(47.06)、绵阳(47.01)、徐州(46.62)、韶关(46.47)、泰安(46.31)、哈尔滨(46.31)、南京(46.04)、芜湖(45.76)、牡丹江(45.66)、泸州(45.50)、郑州(45.19)、岳阳(45.01)、秦皇岛(44.82)、柳州(44.76)、咸阳(44.46)、洛阳(43.45)、贵阳(43.43)、遵义(42.97)、吉林(42.88)、荆州(42.70)、曲靖(42.41)、济宁(42.12)、齐齐哈尔(41.95)、铜川(40.42)、湘潭(40.31)、大庆(40.14)	赤峰(39.50)、西宁(39.41)、石家庄(39.14)、日照(39.13)、兰州(38.87)、枣庄(38.31)、呼和浩特(36.61)、平顶山(36.53)、金昌(36.46)、大同(36.09)、淄博(35.78)、攀枝花(34.85)、鞍山(34.72)、银川(34.37)、阳泉(33.88)、太原(33.62)、抚顺(33.46)、焦作(33.37)、长治(33.34)、邯郸(32.95)、安阳(31.48)、临汾(30.52)、乌鲁木齐(28.35)、唐山(26.95)、马鞍山(26.12)、包头(24.51)、克拉玛依(24.22)、石嘴山(14.37)
\bar{I}_i	68.39	49.67	33.10
\bar{I}		49.03	

2.3.2 城市低碳发展水平的影响因素分析

通过文献回顾可知,学者们一般认为城市的低碳发展水平与其人口规模、城市化率、经济发展水平、产业结构、消费结构、能源效率和能源结构等因素有关。为使拟合曲线平稳,本文首先对各原始数据进行自然对数处理,然后利用截面数据构建如下多元线性回归模型:

$$\ln I_i = a + b \ln P_i + c \ln U_i + d \ln A_i + e \ln D_i + f \ln C_i + g \ln T_i + h \ln E_i \quad (3)$$

式(3)中: I 表示低碳发展综合水平;下标 i 表

示城市或区域; P 表示常住人口数; U 表示非农人口比重; A 表示经济发展水平,用人均 GDP 值反映; D 表示产业结构多元化演进水平, $D = \sum (P/P + S/P + T/P)$, 其中 P 、 S 和 T 分别为第一产业产值、第二产业产值和第三产业产值; C 表示消费结构,用城市居民低碳消费支出比重反映; T 表示能源效率,用单位 GDP 能耗反映; E 表示能源结构,用单位能耗(标煤)的 CO_2 排放量即碳排放系数反映。由于因变量和自变量都是自然对数形式,因此模型中变量系数的含义为百分比变化。

3 结果与分析

3.1 城市低碳发展水平的区域分异特征

3.1.1 城市低碳发展水平的层次差异分析

从表 2 可知:110 座城市整体的低碳发展综合水平不高,均值仅为 49.03;3 个层次的城市低碳发展综合水平均值依次为 68.39、49.67 和 33.10,初步表明城市低碳发展综合水平的区域差异较为显著。

1)对高值城市的分析。

高值城市的个数最少,仅有 21 座。从区位来看,除延安、成都和西安 3 座城市位于西部地区外,其余 18 座城市均位于东部地区;从职能类型来看,除延安和三亚属于旅游城市以及台州、珠海、厦门、温州、汕头、中山和泉州属于轻工业城市外,其余 12 座城市均属于综合型城市;从城市低碳发展综合水平的 5 个构成维度来看,高值城市的经济低碳和社会低碳的水平高于 110 座城市的整体水平,而设施低碳、资源低碳和环境低碳的水平与其他层次城市的相应水平相差不大。

2)对低值城市的分析。

低值城市有 28 座。从区位来看,除石家庄、日照、枣庄、淄博、鞍山和抚顺位于东部地区外,其余 22 座城市均位于中、西部城市;从职能类型来看,枣庄、平顶山、金昌、大同、攀枝花、阳泉、焦作、长治、邯郸、临汾、唐山、马鞍山、克拉玛依和石嘴山 14 座城市为资源型城市,日照、淄博、鞍山、抚顺、安阳和包头 6 座城市属于重化工业城市;从城市低碳发展综合水平的 5 个构成维度来看,低值城市的经济低碳、

社会低碳和资源低碳的水平明显低于中、高值城市,而设施低碳和环境低碳的水平则与其他层次城市的差别不大。

3)对中值城市的分析。

中值城市有 61 座,它们分别位于东、中、西部地区,属于综合、工业、商业、旅游等职能类型城市。从城市低碳发展综合水平的 5 个构成维度来看,中值城市的设施低碳、资源低碳和环境低碳的水平与其他层次城市的差别不甚明显,但经济低碳和社会低碳的水平均居于高值城市与低值城市之间。

总之,高值城市以东部地区的轻工业城市或综合型城市为主,低值城市以中、西部地区的资源型城市或重化工业城市为主。导致上述城市低碳发展综合水平的区域分异的理论解释是:东部地区的轻工业城市或综合型城市的经济社会发展水平较高、技术水平相对先进、能源强度较小、产业结构和能源结构较为合理,因此这些城市的单位 GDP 的碳排放强度和主要污染物排放强度都较低,城市低碳发展水平相应较高;中、西部地区的资源型城市或重化工业城市的经济社会发展水平落后、技术水平低下、能源效率偏低、产业结构偏重于资源开采和简单加工业及重化工业、能源消费以煤为主,因此这些城市的单位 GDP 的碳排放强度和主要污染物排放强度都相对偏高,城市低碳发展水平相应偏低。

3.1.2 城市低碳发展水平的区域差异测度

本文分别用式(1)和式(2)测度这些城市的低碳发展综合水平得分的空间差异,并运用 Theil 指数对 3 个层次的总体指数值进行一阶分解,结果见表 3。

表 3 城市低碳发展综合水平的区域分异

城市低碳发展分异指标	总体	$T_B(I)$	$T_W(I)$	高值城市	中值城市	低值城市	
加权变异系数	0.2784			0.0699	0.1161	0.1471	
Theil 指数	指数值	-0.0755	-0.0628	-0.0127	0.0008	-0.0143	0.0008
	贡献度(%)	100.00	83.21	16.82	-1.01	18.87	-1.05

从加权变异系数来看:110 座城市总体的系数值为 0.2784,说明这些城市的低碳发展综合水平总体上存在较大的区域分异;3 个层次的系数值分别为 0.0699、0.1161 和 0.1471,说明低值城市的区域差异最大,高值城市的区域差异最小,中值城市的区域差异居中。低值城市的低碳发展综合水平得分均值为 33.10;石嘴山的得分(14.37)最低——不到平均水平的一半,而赤峰的得分(39.50)最高——比平均水平高 6.40,最高分与最低分的极差高达 25.13,两极分化严重造成低值城市的低碳发展综合水平不均衡。

从 Theil 指数来看:其值为负的原因是,在进行一阶分解时底数为自然对数,较之真数偏大;110 座城市总体的指数值为 -0.0755,说明这些城市的低碳发展综合水平总体上存在一定的区域分异; $T_B(I)$ 的贡献度为 83.21%,而 $T_W(I)$ 的贡献度为 16.82%,说明这种区域差异主要是由层次间差异引起的,这从前文关于三个层次城市主要区位和职能类型的分析中可以找到其中的原因;从 $T_W(I)$ 的贡献度来看,中值城市内部差异的贡献度最大,而高值城市内部差异于低值城市内部差异的贡献度相当。

3.2 城市低碳发展水平分异的影响因素

为消除自变量间多重共线性和冗余性,运用 SPSS19.0 软件对式(3)进行多元线性回归,分别对样本城市整体及 3 个层次城市进行逐步回归拟合,

具体拟合结果如表 4 所示。根据拟合结果,剔除常住人口数(P)、非农人口比重(U)、产业结构多元化演进水平(D)和消费结构(C)4 个自变量。

表 4 多元线性逐步回归方程的拟合结果

城市层次		a	d	g	h	R^2	F
样本整体	B	6.048	-0.110	-0.571	-1.077	0.917	387.945
	t	25.495	-7.204	-30.454	-5.941		Sig=0.0000
高值城市	B	4.357	-0.014	-0.444	-0.203	0.671	11.574
	t	12.321	-0.607	-5.482	-0.701		Sig=0.0000
中值城市	B	5.363	-0.060	-0.445	-0.905	0.813	82.561
	t	21.420	-4.113	-14.065	-5.001		Sig=0.0000
低值城市	B	7.441	-0.243	-0.551	-1.126	0.724	21.023
	t	10.404	-4.809	-7.295	-2.624		Sig=0.0000

注:表中 B 表示方程自变量的非标准化系数,t 表示方程自变量系数的 t 检验值,Sig 表示整个方程 F 检验值的显著性水平。

非标准化系数值即 B 值反映了某自变量的系数每发生 1% 的变化所引起的城市低碳发展综合水平得分值的百分比变化。

3.2.1 样本城市整体情况

由表 4 可知,影响样本城市整体的低碳发展综合水平的主要因素按显著程度从大到小排序,依次为碳排放系数、能源效率和人均 GDP。它们各增加 1%,分别导致城市低碳发展综合水平得分下降 1.077%、0.571% 和 0.110%,因此这 3 个因素均是对城市低碳发展水平起决定性负向影响的因素。其原因解释如下:城市的碳排放系数越大,说明煤炭消费比重越高,这意味着排放的 CO₂ 更多,对城市低碳发展综合水平造成的负面影响越大,这是我国以煤为主的能源消费结构造成的;以能源效率为代表的技术进步即能源强度的降低在一定程度上抑制了碳排放过快增长,有利于城市低碳发展综合水平的提高;以人均 GDP 为代表的财富增长引致生产能力提高、生活水平进步,均增加了资源环境的负荷,使得城市的低碳发展综合水平降低——这与我国广大城市仍处于工业化中期的发展阶段相对应,我国大多数城市采取的仍是“三高—低”(高投入、高消耗、高污染、低效益)的粗放式发展模式。

3.2.2 三个层次城市的差异

从 3 个层次的城市低碳发展综合水平来看,各自变量对因变量的影响存在一定差异:影响高值城市的低碳发展综合水平的主要因素按估计系数从大到小排序,依次为能源效率、碳排放系数、人均 GDP 值,它们各增加 1% 将分别引起城市低碳发展综合水平得分降低 0.444%、0.203% 和 0.014%;中值城市的相应排序为碳排放系数 > 能源效率 > 人均 GDP,它们各增加 1% 将分别引起城市低碳发展综

合水平得分降低 0.905%、0.445% 和 0.060%;低值城市的该顺序与中值城市一样,它们各增加 1% 将分别引起城市低碳发展综合水平得分降低 1.126%、0.551% 和 0.243%。以上说明,碳排放系数、能源效率和人均 GDP 对低值城市的低碳发展综合水平的影响最显著,而对高值城市低碳发展综合水平的敏感性最低,对中值城市低碳发展综合水平的影响显著性居中。这主要是它们所处的经济社会发展阶段不同造成的。低值城市和高值城市的碳排放系数、能源效率和财富水平刚好出于高低两个极端,因此这些因素对其低碳发展综合水平的影响也处于两个极端。另外,高值城市的碳排放系数对低碳发展综合水平的影响居中,不如能源效率的影响显著。样本城市总体和中、低值城市的低碳发展综合水平主要影响因素排序均为碳排放系数 > 能源效率 > 人均 GDP,主要原因在于高值城市多位于东部地区,且以轻工业城市或综合型城市为主,其能源结构优化、煤炭消费比重较低,因此碳排放系数对低碳发展综合水平的敏感性不如能源效率大。

4 结论、启示与讨论

本文在计算 2009 年我国 GDP 排名前 110 强的地级以上城市的低碳发展综合水平的基础上,首先运用加权变异系数、Theil 指数测度了其区域差异,然后运用多元线性逐步回归模型分析了城市低碳发展综合水平的影响因素。得到如下主要结论:

首先,样本城市整体的低碳发展综合水平不高、区域分异较为明显。根据低碳发展综合水平得分值将 110 座城市分为高值、中值和低值 3 个层次。其中高值城市以东部地区的轻工业城市或综合型城市为主,低值城市以中、西部地区的资源型城市或重化

工业城市为主,中值城市分别位于东、中、西部各区位,为综合、工业、商业和旅游等职能类型的城市。

其次,城市低碳发展综合水平的加权变异系数的计算结果表明,110座城市低碳发展综合水平的区域分异较大,低值城市的区域差异最大、高值城市的区域差异最小、中值城市居中;根据对城市低碳发展综合水平的 Theil 指数进行一阶分解的结果,这种区域差异主要是由层次间差异引起的,其贡献度达到 83.21%。

最后,碳排放系数、能源效率和人均 GDP 是影响城市低碳发展综合水平的主要因素。样本城市整体以及中值和低值城市的低碳发展综合水平的影响因素的显著性按“碳排放系数>能源效率>人均 GDP”的顺序递减,而高值城市的该排序为“能源效率>碳排放系数>人均 GDP”。各因素对低值城市低碳发展综合水平的显著性影响最大,对高值城市的显著性影响最小,对中值城市的影响居中,这也导致城市低碳发展综合水平存在较大的区域分异。

基于上述研究结论,本文总结出以下政策启示:

第一,正视我国城市低碳发展存在显著的区域差异的事实,综合统筹考虑高、中、低值城市的碳排放现状、历史累计排放量以及能源禀赋、地域分工和发展阶段等情况,仿照《联合国气候变化框架公约》中的“共同但有区别的责任”原则,科学分解碳减排量,走差异化的低碳发展道路。经济社会发达的高值城市应率先减排,承担更多的减排责任,并在向欠发达的中低值城市进行产业转移时制定有关政策,促进节能环保资金和技术的同步转移和外溢扩散,提高承接产业转移城市的技术水平和资源环境绩效。中、低值城市在理应获得相对宽裕的碳排放空间的同时,要积极引进国内外资金和技术以积极节能减碳,在承接产业转移时要适当限制高碳产业的进入。

第二,改善能源结构、降低碳排放系数,优化产业结构、提高能源效率,倡导低碳生活等均是提高城市低碳发展综合水平的主要路径。根据低碳发展的影响因素,对高、中、低值城市的低碳发展宜采取差别化的区域政策。高值城市首先利用严格限制高碳产业外移的倒逼机制,促进其低碳转型、提高能效,其次将重点放在促进低碳消费、加大建筑节能力度、发展公共交通等方面。中、低值城市应将降低煤炭消费比重、改善能源结构放在首位,其次是提高技术水平、优化产业结构、降低能源强度。

本研究的不足之处在于:首先,由于收集全部城市在较长时期的较多指标的基础数据存在较大困难,因此本文只利用 2009 年 110 座城市的截面数据

展开分析,而城市低碳发展还受路径依赖的影响,后续研究应加强分析各城市的时序动态变化;第二,对样本城市整体只按高、中、低值进行分层,未能更细致、深入研究各种职能类型城市的低碳发展差异以及各城市的交通和建筑等部门、三次产业各细分行业以及生活消费等的碳排放量的差异。

参考文献

- [1] DRUO J A, PADILLA E. International inequalities in per capita CO₂ e-mission: a decomposition methodology by Kaya factors[J]. Energy Economics, 2006, 28: 170-187.
- [2] 查冬兰,周德群. 地区能源效率与二氧化碳排放的差异性——基于 Kaya 因素分解[J]. 系统工程, 2007, 25(11): 65-72.
- [3] SIEMENS A G. Economist Intelligence Unit European Green City Index: assessing the environmental impact of Europe's major cities [EB/OL] [2009-12-15]. <http://www.siemens.com/press/pool/de/events/corporate/European-Green-City-Index.pdf>
- [4] 徐大丰. 我国碳排放结构的区域差异分析[J]. 江西社会科学, 2010(4): 79-82.
- [5] 岳超,胡雪洋,贺灿飞,等. 1995—2007年中国省区碳排放及碳强度的分析[J]. 北京大学学报:自然科学版, 2010, 46(4): 510-516.
- [6] 刘占成,王安建,于汶加,等. 中国区域碳排放研究[J]. 地球学报, 2010(5): 728-732.
- [7] 李国志,李宗植. 中国二氧化碳排放的区域差异和影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(5): 22-27.
- [8] 宋德勇,徐安. 中国城镇碳排放的区域差异和影响因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(11): 8-14.
- [9] 张珍花,方勇,侯青. 我国碳排放水平的区域差异及影响因素分析[J]. 经济问题探索, 2011(11): 90-97.
- [10] 彭觅,吕斌,张纯,等. 中国能源碳排放的区域差异及其影响因素分析[J]. 城市发展研究, 2010, 17(7): 8-14.
- [11] 牛文元. 中国新型城市化报告 2010[M]. 北京:科学出版社, 2010: 21-24.
- [12] SHI A. The impact of population pressure on global carbon dioxide emissions, 1975-1996: evidence from pooled cross country data[J]. Ecological Economics, 2003(44): 29-42.
- [13] YORK R, ROSA E A, DIETZ T. STRIPAT, IPAT and IMPATC: analytic tools for unpacking the driving of forces of environmental impacts [J]. Ecological Economics, 2003(46): 351-365.
- [14] SCHIPPER L, BARTLETT S, HAWK D, et al. Linking life-styles and energy use: a matter of time? [J]. Annual Review of Energy, 1989(14): 271-320.
- [15] 刘兰翠. 我国二氧化碳减排问题的政策建模与实证研究[D]. 合肥:中国科技大学, 2006.
- [16] 燕华,郭运功,林逢春. 基于 STIRPAT 模型分析 CO₂ 控制下上海城市发展模式[J]. 地理学报, 2010, 65(8): 983-990.
- [17] 吴殿廷,吴昊,姜晔. 碳排放强度及其变化——基于截面

数据定量分析的初步推断[J]. 地理研究, 2011, 30(4): 579-589.

[18] 潘家华, 王汉青, 梁本凡, 等. 中国城市智慧低碳发展报告[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2013: 52-56.

Regional Difference in Low Carbon Development Level of City and Its Influencing Factor: Empirical Study Based on Top 110 Cities in GDP of China

Zhang Wang^{1,2}, Zhou Yueyun^{1,2}, Zou Yu²

(1. Global Joint Research Centre for Low Carbon City, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;
2. College of Architecture, Urban and Rural Planning, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Using the data of low carbon development of top 110 cities in GDP from "Smart Low Carbon Development of Cities in China", this paper uses the method of weighted coefficient of variation and the first-order decomposition of Theil index to analyze the regional difference in low carbon development levels of large sample cities. Then it uses the multiple linear stepwise regressions to analyze quantitatively the influence factors of different low carbon development levels and their regional difference. The conclusions are as follows: the whole low carbon development level is not high, and the cities with high value consist of light industry cities or comprehensive cities in eastern region, while the cities with low value are mainly resource-based or heavy industry cities in mid-west region; the whole difference is very large, and the regional difference of cities with low value is the biggest, and that of cities with high value is the least, and that of cities with medium ones is in the middle; the regional difference mostly results from the differences among stratifications; CO₂ emission coefficient, energy efficiency and per capita GDP are the main influencing factors of low carbon development of city; the significance of influencing factor for whole, medium and low value cities in descending order are all CO₂ emission coefficient > energy efficiency > per capita GDP, but for high value cities, it is energy efficiency > CO₂ emission coefficient > per capita GDP. Therefore, government should refer to the principle of "common but differentiated" to distribute the reduction of carbon emission, and adopt the differentiated policies of low-carbon development for cities with high, medium and low value.

Key words: low carbon city; low carbon development; regional difference

(上接第 53 页)

- [16] HALL R, HANNA P. The Impact of web page text-background color combinations on readability, retention aesthetics and behavioral intention[J]. Behavior & Information Technology, 2004, 23(3): 183-195.
- [17] CHAN S, FANG X, BRZEZINSKI J. Usability for mobile commerce across multiple from factors[J]. Journal of Electronic Commerce Research, 2002, 3(3): 187-199.
- [18] HASSENZAHL M, TRACTINSKY N. User experience—a research agenda[J]. Behavior & Information Technology, 2006, 25(2): 91-97.
- [19] HENRI S, MARKO S. Effects of emotions and self-effi-

cacy on technology usage behavior [C]. Technology Management in the Energy Smart World (PICMET), 2011 Proceedings of PICMET '11, Portland, 2011.

- [20] IRIS J, CHON A, RICHARD T W. Task-technology fit for mobile locatable information systems [J]. Decision Support Systems, 2008, 4(2): 1046-1057.
- [21] BENBASAT I, BARKI H, QUO V. TAM? [J]. Journal of the AIS, 2007, 8(4): 211-218.
- [22] 闵庆飞, 王菊, 刘振华. 移动系统可用性的综合研究框架[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(2): 421-426.

Influencing Factor of Task-technology Fit of Mobile Micro-blog and Its Impact on User's Adoption Behavior: Empirical Study Based on Perspective of Usability

Min Qingfei, Zhang Keliang

(Faculty of Management and Economics, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

Abstract: Based on the usability study and the task technology fit(TTF) theory, this paper takes the usability of mobile micro-blog as the technology character in normal TTF model, and proposes an adoption model revealing the impact of task-technology fit on user's intention. Then it tests the factors affecting TTF and the influence of TTF on user's intention. The results indicate that the usability of mobile micro-blog and individual characteristics positively impact TTF, and TTF positively impacts user's intention.

Key words: usability; mobile micro-blog; task-technology fit; adoption behavior