

国内城市低碳建设程度的实证分析

陆玲玲 倪权生

(上海交通大学,上海 200030)

摘要 在理论分析的基础上,通过大量实证数据,利用 TOPSIS 模型对国内生产总值排名前 30 的城市的低碳建设程度进行综合评价,并解析低碳建设程度存在差异的主要原因。结果显示,我国低碳建设程度排名前五的城市是深圳、南京、东莞、广州、成都,而各城市在低碳建设方面都有较大的改进空间。对 GDP 大城市来说,主要应该关注人均能源消费、环境绿化与废物处理的改善。

关键词 低碳城市建设 评价指标 TOPSIS 模型

中图法分类号 X823; **文献标志码** A

气候变化是当今全球面临的重大挑战,一个越来越热的地球会让海平面上涨,冰山融化,人类将失去赖以生存的家园。2009 年的哥本哈根虽然未建立正式的全球碳减排框架,但低碳理念已经成为全球共识^[1]。根据蓝庆新和曾向东(2010)的说法^[2],中国是世界上碳排放量最大的国家。若不能控制好未来碳排放的增长速度,将面临经济增长受到遏制、出口受阻、中国气候威胁论的压力。

温总理在 2009 年的哥本哈根会议上承诺到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40% 至 45%。在如此长时间内这样大规模降低二氧化碳排放,需要付出艰苦卓绝的努力。城市是二氧化碳排放的集中区域,建设低碳城市是实现我国减排目标的关键政策领域。

要对低碳城市建设进行监测和规划,就需要对国内目前各大城市的低碳程度进行现状评估,了解差距和产生差距的原因所在。本文希望在低碳城市发展路径理论的基础上,通过综合评价模型来分析国内各大城市的低碳建设程度,使得人们对各大城市的低碳程度有个清晰的认识,为低碳城市的建设规划提供借鉴。

1 对国内低碳城市建设程度的实证分析

为了能够将一个多维的低碳城市建设程度能够形象地刻画出来,本文采用了 TOPSIS 综合评价方法。综合评价方法是针对样本有多个属性的一种排序方法,它能够将原本不可比的多种属性结合一定的权重,综合成一个数字结果,从而实现多属性样本之间的直观比较。而 TOPSIS 模型即是综合评价方法中一种常用的方法。

1.1 TOPSIS 模型^[3]

TOPSIS 是综合评价方法中常用的一种。其一般过程如下:

设评价对象个数为 n ,评价指标个数为 p ,每个对象的指标值为

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})'; i = 1, 2, \dots, n。$$

记

$$X = \begin{pmatrix} x_1' \\ x_2' \\ \vdots \\ x_n' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix}。$$

记为初始决策阵,对 X 阵中元按下式进行无量纲化处理

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}。$$

得到规范化决策阵

$$Y = (y_{ij})_{n \times p}。$$

再对 Y 阵中元按下式加权。

$$u_{ij} = w_j y_{ij}, 0 \leq w_j \leq 1, \sum w_j = 1。$$

变得加权规范化决策阵

$$U = \begin{pmatrix} u_{11}' \\ u_{21}' \\ \vdots \\ u_{n1}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1p} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & u_{np} \end{pmatrix}。$$

我们把加权规范化决策阵中的行向量

$$u_i = (u_{i1}, u_{i2}, \cdots, u_{ip})'; i = 1, 2, \cdots, n$$

看成 p 维线性空间中 n 个向量或 n 个点。在空间中定义正理想点 u^+ 和负理想点 u^- 如下, 加权规范化决策阵中由每列取最大元组成的向量, 叫做正理想点 u^+ , 而由每列取最小的元组成的向量, 叫做负理想点 u^- , 即

$$u^+ = (u_1^+, u_2^+, \cdots, u_p^+), u_j^+ = \max_i \{u_{ij}\}, j = 1, 2, \cdots, p;$$

$$u^- = (u_1^-, u_2^-, \cdots, u_p^-), u_j^- = \min_i \{u_{ij}\}, j = 1, 2, \cdots, p。$$

记 $\Delta u = u^+ - u^-$, $\Delta u_i = u_i^+ - u_i^-$, $i = 1, 2, \cdots, n。$

定义 u_i 对负理想点 u^- 的相对接近度为

$$d_i = \frac{\langle \Delta u_i, \Delta u \rangle}{\|\Delta u\|^2}, i = 1, 2, \cdots, n。$$

其中 $\langle \Delta u_i, \Delta u \rangle$ 表示两个向量的内积, $\|\Delta u\|^2$ 为向量的欧式范数。由此可知 $d_i \in [0, 1]$ 。

可见 TOPSIS 模型是一种按照相对近解度 d_i 大小来权衡评价对象综合成绩的方法, d_i 值越大, 对象的综合评价效果越好。

1.2 指标选取和数据来源

结合国际上低碳城市的发展路径和我国实际情况, 我国低碳城市建设重点应该放在经济、建筑、交通、消费、环境、废物处理及循环使用等方面。由于建筑节能方面尚无统计数据, 而且我国对节能

建筑的发展刚刚起步, 因此本文未将其纳入综合评价的体系。在对城市的低碳程度进行综合评价时, 本文选取国内市辖区 GDP 排名前三十的城市, 对每个城市的产业、交通、消费、环境、废物处理等方面都选取对应指标, 对数据进行归一化后作为指标值。考虑到城市排序的年度变化不会太大, 且目前对城市最新最全的统计数据是 2008 年的数据, 故选取 2008 年的数据位样本。在结合牛桂敏 (2010)^[4]、付允 (2010)^[5]、倪外 (2010)^[6] 等人的研究结果上, 我们总结了如下变量作为衡量城市低碳程度的指标, 并给予每个指标相同的权重。

表 1 国内低碳城市建设程度参考指标的选取

低碳产业	第三产业占 GDP 的比重
低碳交通	每万人拥有公共汽车 (辆) 全年公共汽 (电) 车客运总量 (万人次)/总人口
低碳消费	人均煤气用量 人均液化石油气用量 居民人均生活用电量
低碳环境	建成区绿地覆盖率 人均公共绿地面积
低碳循环	工业固体废物综合利用率 生活垃圾无害化处理率

上述各项指标的数据来自中国城市统计年鉴 (2009)。由于低碳消费指标是值越大表示越不好, 与其它指标的表达式相反, 故将指标进行标准化和归一化处理后, 用 $(1 - \text{原值})$ 作为指标值。

2 实证结果

2008 年的市辖区 GDP 排序, 选取排名前三十的城市, 这些城市和其市辖区 GDP 如图 1 所示。

对这些城市, 根据表 1 中的指标使用 TOPSIS 模型进行综合评价。根据前面的 TOPSIS 模型介绍我们知道, 输出的结果为 $[0, 1]$ 内的数字, 数字越大说明综合值越高, 为了使结果显示更直观, 我们将每个城市的评价结果用柱状图形表示, 如图 1 所示。

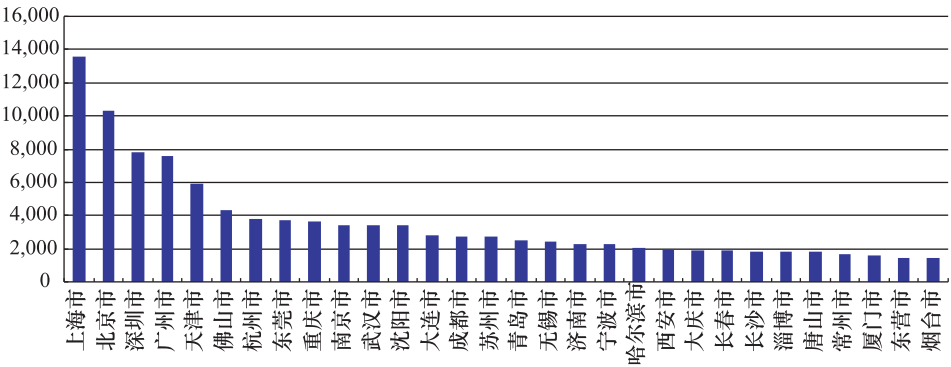


图1 国内市辖区 GDP 排名前三十的城市

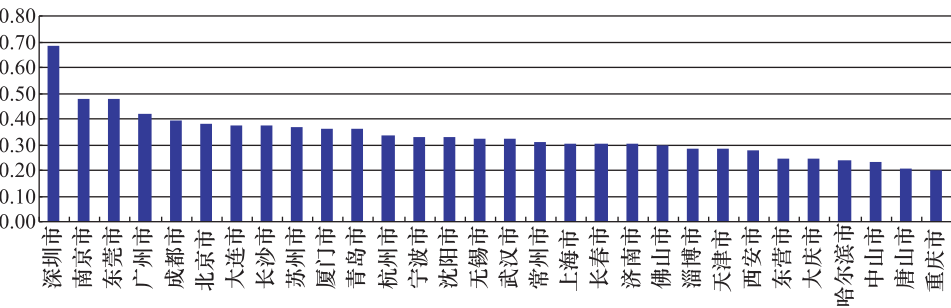


图2 国内各城市低碳建设程度衡量

可以看到,低碳建设程度排序与 GDP 排序的差别是比较大的。从 GDP 来说,排名前五的城市依次是上海、北京、深圳、广州、天津,它们市辖区 GDP 占了所有城市市辖区 GDP 总和的 25%。然而低碳建设程度排名前五的是深圳、南京、东莞、广州、成都。上海、天津的低碳程度仅排于中间靠后的位置。

3 城市低碳建设程度差异的原因及未来发展方向探讨

我们将模型中各指标的排序情况一一分析,可以找到城市间低碳建设程度存在差异的主要方面。各指标的具体排序情况如表 2 所示。

可以看到,各指标在城市间的差异都相当大,城市的低碳建设仍然有很多地方可以努力。就 GDP 排名前五的大城市来说,在人均能源消费方面都排名靠后;在绿化方面,深圳做得很好,而其他城市都有待加强;在第三产业占 GDP 比重方面,重庆

还有很大的进步空间;在废物处理方面都仍需改善。能够帮助我国城市实现低碳的重点领域在于: 1) 风能、太阳能等新能源的开发使用以及大力推动节能建筑的发展;2) 政府指导居民低碳消费,加强全民低碳消费的意识;2) 经济结构低碳化;3) 城市绿化推进;4) 公共交通的继续推广。

参 考 文 献

1 Kei Gomi, Koji Shimada. Scenario study for a regional low-carbon society. Sustainability Science, 2007; (3) :121—131

2 蓝庆新,曾向东. 后哥本哈根时代经济趋势和中国对策. 南京社会科学, 2010; (8) :23—37

3 付巧峰. 关于 TOPSIS 法的研究. 西安科技大学学报, 2008; 28 (1) :190—193

4 牛桂敏. 低碳城市的发展路径思考, 城市环境与城市心态, 2010; 23(4) :9—11

5 付 允, 刘怡君, 汪云林. 低碳城市的评价方法与支撑体系研究. 中国人口、资源与环境, 2010; 20(8) :44—47

6 倪 外, 曾 刚. 低碳经济视角下的城市发展新路径研究—以上海为例. 经济问题探索, 2010; (5) :38—42

表 2 各评价指标排序情况

全年公共汽 (电)车客运总量 (万人次)/总人口		第三产业占 GDP 的比重		人均煤气用量		人均液化 石油气用量		居民人均生活 用电量(千瓦时)	
深圳市	856.90	北京市	73.60	沈阳市	55.79	佛山市	36.44	唐山市	223.10
长沙市	443.96	广州市	61.32	厦门市	95.33	唐山市	45.65	东营市	296.56
北京市	406.35	济南市	56.81	深圳市	100.77	厦门市	46.58	成都市	402.21
广州市	381.06	长沙市	54.77	宁波市	103.81	东营市	49.17	哈尔滨市	412.94
大连市	345.25	上海市	53.82	哈尔滨市	130.86	南京市	51.69	重庆市	470.84
厦门市	338.57	武汉市	53.55	大连市	132.95	长沙市	55.97	淄博市	515.16
青岛市	298.50	西安市	53.34	济南市	143.23	大庆市	56.60	西安市	515.29
武汉市	273.21	哈尔滨市	52.99	武汉市	146.91	杭州市	58.92	大庆市	532.39
杭州市	268.91	南京市	51.78	青岛市	165.32	沈阳市	63.00	长春市	559.12
西安市	252.24	成都市	51.58	长春市	168.58	重庆市	66.51	沈阳市	637.01
哈尔滨市	222.68	深圳市	51.04	天津市	188.15	无锡市	67.62	天津市	674.06
沈阳市	218.01	杭州市	50.55	杭州市	204.48	上海市	68.75	济南市	674.06
济南市	215.57	青岛市	48.88	无锡市	230.25	常州市	74.52	常州市	726.24
成都市	212.23	沈阳市	48.41	广州市	230.49	武汉市	75.62	南京市	732.92
长春市	209.47	东莞市	46.89	大庆市	231.85	深圳市	81.15	武汉市	759.95
南京市	208.25	大连市	46.62	重庆市	269.96	北京市	87.48	大连市	765.17
宁波市	202.76	厦门市	46.18	长沙市	292.74	青岛市	89.18	无锡市	866.34
苏州市	202.06	无锡市	45.23	苏州市	318.71	西安市	90.60	宁波市	882.34
上海市	201.26	宁波市	44.92	西安市	344.09	哈尔滨市	104.17	青岛市	899.58
常州市	146.77	重庆市	43.46	唐山市	374.80	济南市	108.37	杭州市	969.93
东莞市	141.80	苏州市	42.65	常州市	381.03	长春市	146.72	北京市	979.93
天津市	141.26	长春市	40.48	佛山市	412.22	广州市	159.18	苏州市	1 020.22
大庆市	140.40	天津市	38.15	上海市	419.32	天津市	160.91	佛山市	1 031.45
无锡市	126.58	常州市	37.87	东营市	526.76	大连市	184.77	上海市	1 108.80
重庆市	101.14	唐山市	36.50	北京市	563.03	淄博市	242.82	长沙市	1 148.70
唐山市	81.64	淄博市	33.36	淄博市	606.29	宁波市	254.85	厦门市	1 423.73
淄博市	67.30	佛山市	32.20	成都市	850.81	苏州市	286.52	广州市	1 528.27
东营市	66.67	东营市	20.09	东莞市	2285.21	东莞市	450.24	东莞市	2 803.40
佛山市	35.80	大庆市	12.76	南京市	7317.17	成都市	531.26	深圳市	3 078.80

表 2 各评价指标排序情况(续)

工业固体废物 综合利用率(%)		生活垃圾 无害化处理率(%)		城市绿化 覆盖率(%)		人均公共绿地 面积(平方米)		每万人拥有 公共汽车(辆)	
广州市	100.00	杭州市	100.00	东莞市	363.53	深圳市	422.59	北京市	18.56
长春市	99.40	沈阳市	100.00	重庆市	68.94	广州市	180.41	济南市	15.99
无锡市	98.73	苏州市	100.00	南京市	46.13	东莞市	159.76	无锡市	15.44
佛山市	98.61	青岛市	100.00	深圳市	45.01	南京市	141.00	深圳市	12.17
常州市	98.55	无锡市	100.00	唐山市	44.31	厦门市	76.28	南京市	12.17
青岛市	98.30	宁波市	100.00	大连市	44.00	无锡市	66.33	沈阳市	12.17
成都市	98.26	长沙市	100.00	大庆市	43.17	东营市	63.34	苏州市	12.17
天津市	98.21	常州市	100.00	无锡市	43.00	青岛市	56.58	青岛市	12.17
西安市	97.80	厦门市	100.00	苏州市	41.95	苏州市	52.37	宁波市	12.17
苏州市	97.34	北京市	97.71	常州市	41.95	淄博市	51.37	武汉市	10.77
大连市	95.73	南京市	96.90	沈阳市	41.81	大庆市	48.97	西安市	10.77
上海市	95.53	成都市	96.51	青岛市	41.52	沈阳市	45.11	淄博市	10.77
杭州市	95.06	佛山市	94.54	淄博市	41.01	重庆市	44.53	厦门市	10.77
济南市	94.41	深圳市	94.17	上海市	40.62	北京市	40.55	杭州市	10.20
东莞市	94.19	大连市	93.73	西安市	40.29	大连市	40.22	哈尔滨市	10.20
南京市	92.40	天津市	93.50	东营市	38.85	宁波市	37.34	天津市	9.93
沈阳市	92.29	东营市	91.99	杭州市	38.60	长春市	32.97	重庆市	9.93
东营市	91.98	唐山市	86.86	成都市	38.55	长沙市	32.28	上海市	8.49
厦门市	91.20	淄博市	86.62	厦门市	38.40	杭州市	30.57	广州市	8.49
武汉市	89.56	济南市	86.10	长春市	37.88	成都市	30.28	佛山市	8.49
长沙市	88.50	武汉市	85.99	宁波市	37.45	济南市	29.34	东莞市	8.49
大庆市	88.47	大庆市	85.16	武汉市	37.40	武汉市	28.86	大连市	8.49
深圳市	87.99	哈尔滨市	85.00	北京市	37.15	常州市	28.64	成都市	8.49
淄博市	87.10	广州市	82.35	济南市	36.43	唐山市	26.80	大庆市	8.49
宁波市	85.70	重庆市	79.10	长沙市	36.29	上海市	25.92	长春市	8.49
重庆市	80.10	长春市	78.01	广州市	35.01	哈尔滨市	21.32	长沙市	8.49
哈尔滨市	74.76	上海市	77.00	天津市	34.93	西安市	20.94	常州市	8.49
唐山市	73.27	西安市	74.90	哈尔滨市	33.71	天津市	19.91	东营市	8.49
北京市	66.43	东莞市	27.00	佛山市	21.90	佛山市	14.05	唐山市	6.66

Empirical Analysis on Low-carbon Status of Domestic Cities

LU Ling-ling, NI Quan-sheng

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030 ,P. R. China)

[Abstract] Based on theoretical analysis, the low-carbon status of domestic cities is assessed and find out the main reasons for the gaps between them. The result turns out that Shenzhen, Nanjing, Dongguan, Guangzhou, Chengdu are doing the best in low-carbon city construction. However, there’s great space for them to improve their low-carbon status for all cities. As for cities with high GDP, main aspects should be concerned are energy consumption, afforestation and waste treatment.

[Key words] low-carbon city construction assessment index TOPSIS model