

基于熵值-主成分分析法的天津市低碳经济发展水平评价

史学飞¹, 孙 钰^{1, 2}, 崔 寅²

(1. 天津商业大学公共管理学院, 天津 300134;

2. 天津大学管理与经济学部, 天津 300072)

摘要: 针对低碳经济发展水平评价中存在的问题, 将主成分分析法与熵值法结合, 建立低碳经济评价模型, 分析天津市 2000—2015 年低碳经济的发展状况。实证结果表明, 低碳环境水平、低碳产业水平和居民生活水平是天津市低碳经济发展水平的主要影响因素。依据实证分析结果, 从优化低碳市场环境、调整产业结构、倡导低碳生活、鼓励低碳出行四方面提出有利于天津市发展低碳经济的对策和建议。

关键词: 低碳经济; 主成分分析法; 熵值法

中图分类号: F205; F062.2; F224.0

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695 (2018) 03-0247-06

Evaluation of Low Carbon Economic Development Level in Tianjin Based on Entropy Principal Component Analysis

Shi Xuefei¹, Sun Yu^{1,2}, Cui Yin²

(1. School of Public Management, Tianjin University Of Commerce, Tianjin 300134, China;

2. School of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In view of the problems existing in the evaluation of low carbon economic development level, this paper combines the principal component analysis and entropy method to establish the evaluation model of low-carbon economy, and analyzes the development of low-carbon economy in Tianjin during 2000–2015. The empirical results show that the low carbon environmental level, the low carbon industry level and the living standard of the residents are the main factors affecting the development of low carbon economy in Tianjin. According to the empirical analysis, this article from the four aspects of optimizing the low carbon market environment, adjusting the industrial structure, promoting low-carbon life and encouraging low-carbon transportation, put forward countermeasures and suggestions for the development of low-carbon economy in Tianjin.

Key Words: low-carbon economy; principal component analysis; entropy value method

1 研究综述

2003 年, 英国政府在《我们未来的能源: 创建低碳经济》白皮书中首次提出了低碳经济的概念^[1]。低碳经济的核心理念是发展低能耗、低污染、低排放的新型经济, 在全球气候变暖、环境污染压力日益严重的背景下, 通过创新能源技术与减排技术, 开发清洁能源, 提高化石能源的利用效率, 调整产业结构, 推动经济发展由高碳模式向低碳模式转变的理念得到国际社会的广泛认可。

自改革开放以来, 我国经济飞速发展, 工业化进程不断推进, 化石能源尤其是煤炭的消费量快速增长, 碳排放量一直居世界前列, 节能减排面临着

巨大的压力^[2]。如何负责任地采取积极有效的措施, 降低高速经济发展过程中的碳排放, 是现阶段人类社会经济发展面临的巨大挑战之一。Johnston 等^[3]分析英国降低碳排放量的技术难度, 针对英国到 2050 年 CO₂ 排放量降低 60% 的可行性进行研究。Wang 等^[4]分析影响中国能源消耗和环境保护的阻碍因素, 认为产业发展不平衡、能源环境政策不健全是造成碳排放量多的主要影响因素。林姚宇等^[5]提出低碳城市发展的 5 种模式, 分别是基底低碳、结构低碳、形态低碳、支撑低碳和行为低碳。孙钰等^[6]从社会经济、能源和环境 3 个角度剖析天津市发展现状, 估算不同情景下天津市 2010—2050 年的

收稿日期: 2017-04-05, 修回日期: 2017-06-12

基金项目: 国家自然科学基金项目“城市公共基础设施利用效益研究”(NSF71273186)

碳排放量。周泽炯等^[7]以 2008—2011 年我国中原经济区 15 个地市的面板数据为基础,运用考虑非期望产出 Super-SBM 模型对其低碳经济发展现状进行实证研究。进入 21 世纪,我国政府开始高度重视能源与环境的问题,加快了低碳城市的建设。2010—2012 年,我国先后确定了广东省、天津市、北京市等 41 个试点地区,其中包括 6 个省(区、市)35 个城市,基本涵盖了东北、华北、华东、华南、中西部及西南地区,承诺到 2020 年,单位地区生产总值的 CO₂ 排放比 2005 年降低 40% ~ 45%^[8]。因此,我国在建设低碳城市的过程中,要减少城市的碳排放,改善居住地的生态环境,实现城市的稳定发展,避免因片面地建设低碳城市而忽略经济发展。

如何科学地对城市低碳经济发展水平进行综合评价,有效地反映城市低碳经济的发展现状,是建设低碳城市、发展低碳经济的难点问题。任福兵等^[9]构建了包含能源利用结构、产业经济发展、农业发展支撑、科学技术支持、交通智慧支撑等 8 个准则层和 52 个指标层的评价体系。冯碧梅^[10]以自然生态系统、产业生态系统、人文生态系统为一级指标构建湖北省低碳经济评价指标体系,运用层次分析法研究各生态系统对经济发展的隶属度。侯卫星等^[11]选取了居民生活水平、经济发展水平、环境污染程度、市政公共基础设施 4 个一级指标和 20 个二级指标,运用因子分析法对太原市低碳经济发展状况进行了评价。吕学都等^[12]从经济、能源、社会、环境和科技出发建立了河北省低碳经济评价指标体系。张巍等^[13]构建了包含低碳效率、低碳环境、低碳科技 3 个二级指标和 20 个三级指标的低碳竞争力评价指标体系,运用熵值法对省域低碳竞争力进行了评价。白璐等^[14]通过 4 个一级指标和 17 个二级指标构建低碳经济评价体系,运用变异系数法评价京津冀地区的低碳经济发展水平,并分析该区域的低碳经济发展趋势。

目前,国内关于低碳经济评价的研究还存在一定的局限性:第一,国内多数地方开始转变经济发展方式,发展低碳经济,但低碳经济发展成功的标准和评价指标体系建设的标准不统一。第二,国内学者主要采用层次分析法、因子分析法、变异系数法、熵值法等单一的评价方法,难以在避免赋权主观随意性的同时有效地反映指标的重要性。因此,本文将主成分分析与熵值法结合,运用组合法构建低碳经济评价模型,以求合理地评价城市低碳经济的发展成效。天津市是我国 4 个直辖市之一,是中国的经济大省,京津冀一体化方案将天津确定为环渤海地区的经济中心,天津市是我国首批沿海开放城市,

将天津市建设成为低碳城市,减少城市的碳排放、改善居住环境、提高居民的生活水平和幸福感至关重要,因此,本文以天津市为例进行实证分析,对其经济发展水平进行评价,提出有利于天津市低碳经济发展的对策和建议。

2 评价指标体系及方法

2.1 低碳经济评价指标体系的构建

依据低碳经济核心理念,根据评价指标体系构建的科学性、可操作性、效益性等原则,本文运用文献综述法,参照环保部发布的《生态县、生态市、生态省建设指标》以及有关学者研究提出的指标选取方案^[9-14],结合天津市经济现状和指标数据的可获得性,构建了包含 19 个具体评价目标的低碳经济发展水平评价指标体系,如表 1 所示。

表 1 天津市低碳经济评价指标体系

目标层	指标层	单位	指标类别
城市 低碳 经济 发展 水平	人均地区生产总值 (X_1)	元	正
	地区生产总值增长率 (X_2)	%	正
	第二产业占地区生产总值的比重 (X_3)	%	负
	第三产业占地区生产总值的比重 (X_4)	%	正
	城镇居民人均可支配收入 (X_5)	元	正
	农村居民人均纯收入 (X_6)	元	正
	建成区绿化覆盖率 (X_7)	%	正
	人均绿地面积 (X_8)	m ²	正
	森林覆盖率 (X_9)	%	正
	每万人拥有公共交通工具数 (X_{10})	台	正
	生活污水处理率 (X_{11})	%	正
	生活垃圾无害化处理率 (X_{12})	%	正
	工业固体废物综合利用率 (X_{13})	%	正
	工业废水排放达标量 (X_{14})	万 t	正
	工业 SO ₂ 去除量 (X_{15})	万 t	正
	工业烟尘去除量 (X_{16})	万 t	正
	人均碳排放量 (X_{17})	t/人	负
	碳排放强度 (X_{18})	t/元	负
	碳排放总量 (X_{19})	万 t	负

2.2 熵值 - 主成分分析法

通过将主成分分析与熵值法结合,运用组合法构建低碳经济评价模型^[15-18]。主成分分析能从选定的指标体系中归纳出主要信息,利用各指标数据间的相关关系,运用 SPSS 软件,对低碳经济评价指标体系进行降维,得到新的综合评价指标及得分;利用熵值法为主成分确定的新指标赋权,并计算低碳经济评价指标体系的综合得分。两种方法相互补充,有效地避免人为判断中所带来的主观性和片面性,使评价结果更加客观,从而提高低碳经济评价结果的合理性和科学性。

2.2.1 指标数据的正向化及标准化

(1) 指标的正向化。负指标需要转换成正指标才能进行测度和比较,本文采用取倒数的方法将负

指标正向化, 公式为 $X' = 1/X$, 其中, X 为负指标, X' 为正向化之后的负指标。

(2) 主成分分析中采用 Z-score 标准化。由于各项指标的性质不完全相同, 需要对原始数据进行标准化处理, 消除量纲使其具有可比性。假设有 m 个样本和 n 个指标, 可得数据矩阵 $X = (X_{ij})_{n \times m}$, 其中 $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 。通过 Z-score 将数据进行标准化变换, 公式为 $Z = (X_{ij} - X_j)/S_j$, 其中 Z 为标准化后的变量值, X_{ij} 为原变量值, X_j 为第 j 项指标的算术平均值, S_j 为第 j 项指标的标准差。

(3) 熵值法分析过程中利用极差法进行数据趋同化处理和无量纲化处理, 公式如下:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (1)$$

2.2.2 主成分分析降维

利用 SPSS 软件对标准化后所有指标数据 ($X_1 \sim X_{19}$) 进行主成分分析, 得到特征根和方差贡献率, 运用公式特征向量值 = 成分值 / SQR (初始特征根值) 进行计算, 可得主成分的特征向量矩阵, 从而得到各主成分的计算公式如下:

$$F_{ip} = \sum_{j=1}^p \lambda'_{pj} Z X_{ij} \quad (2)$$

式 (2) 中: F_{ip} 为第 i 年第 p 个主成分的得分; λ'_{pj} 为第 p 个主成分的第 j 个指标的特征向量; $Z X_{ij}$ 为第 i 年第 j 项指标的标准化数据。

2.2.3 熵值法确定指标权重

熵值法根据各指标所含信息的有序程度来确定各指标层权重, 信息熵越大, 指标权重就越小; 信息熵越小, 指标权重就越大。主成分分析法在确定指标权重的过程中需要方差贡献率作为系数, 包含主观成分; 而熵值法运用信息效用值确定指标权重, 是一种客观的赋权方法, 可以避免人为因素的干扰, 使评价结果更加客观。

(1) 定义的标准化。公式如下:

$$f_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}} \quad (3)$$

(2) 计算各主成分的熵值与信息效用值。第 j 项指标的熵值 e 为:

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \quad (4)$$

第 j 项指标的信息效用值 d 为:

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

(3) 各主成分熵权的确定。信息效用值越大, 熵权越大, 表示该项指标越重要。第 j 项指标的权重 W_j 为:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^p d_j} = \frac{1 - e_j}{p - \sum_{i=1}^p e_j} \quad (6)$$

其中 p 为新指标的个数。

2.2.4 熵值-主成分分析法评价得分

通过对样本数据的分析, 运用 SPSS 软件进行主成分分析, 并计算各主成分得分; 运用 Excel 进行熵值运算, 得出各主成分的熵权, 从而运用如下公式计算天津市低碳经济评价指标体系的综合得分。第 i 个样本的综合得分为:

$$S_i = \sum_{j=1}^m W_j X_{ip} = W_1 X_{i1} + W_2 X_{i2} + \dots + W_j X_{ip} \quad (7)$$

式 (7) 中: S_i 为第 i 个样本的综合得分; X_{ij} 为第 i 个样本在第 p 个主成分上的得分, 综合得分越高, 表明低碳竞争力越强, 低碳经济发展水平越好。

3 天津市低碳经济实证分析

近年来, 天津市低碳经济发展取得了一定的成果。第一, 建立低碳经济发展研究中心。2011 年 7 月, 天津市发改委依托天津环境科学研究院成立了天津市低碳发展研究中心, 加大了 R&D 人员和经费的投入。第二, 产业结构不断优化升级, 第二产业占地区生产总值的比重不断降低, 第三产业占地区生产总值比重不断增加。截至 2016 年年底, 天津市第三产业占比为 54%, 超过第二产业。第三, 工业增加值耗能不断降低。2015 年, 与“十一五”规划末相比, 天津市工业增加值耗能累计下降 42.1%, 超过天津市“十二五”规划目标的 24.1%, 煤炭在能源消费总量中比重下降 5%^[19]。2016 年, 天津市规模以上工业综合能耗下降 6.6%, 万元工业增加值能耗下降 13.9%。

3.1 数据来源与指标计算

本文选取的样本数据主要来源于 2001—2016 年《中国统计年鉴》《天津市统计年鉴》《天津市国民经济和社会发展统计公报》《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》和《中国循环经济统计年鉴》等, 部分数据通过公式计算得出, 如人均碳排放量 (X_{17})、碳排放强度 (X_{18})、碳排放总量 (X_{19})。

人均碳排放量是指单位、区域内人均分摊的碳排放量。人均碳排放量 = 碳排放总量 / 总人口数。

碳排放强度是指单位能源消费量的碳排放量，即碳强度。碳强度 = 碳排放总量 / 能源消费总量。不同种类的能源，碳强度不同^[10]。

碳排放总量是指某地区在某一时期内所排放 CO₂ 的总和。根据 Kaya 公式，影响碳排放总量的影响因素包括人口、人均地区生产总值、能源强度、碳强度。目前，碳排放研究的相关文献数据主要来源于美国能源部 CO₂ 信息分析中心、政府间气候变化专门委员会 (IPCC)、美国能源情报署和我国国家发展改革委能源研究所等公布的数据。通过研究发现，不同的数据来源不存在显著性差异，因此本文采用如下公式对天津市碳排放总量进行估算：

$C = \sum M_i \times \delta_i$ ，其中： C 为碳排放总量； M_i 为第 i 种能源的消费量（单位折算为标准煤）； δ_i 为第 i 类能源的碳排放系数。由于影响我国碳排放总量的主要能源包括煤炭、原油和天然气，因此本文在进行碳排放总量的计算过程中，主要采用这三类能源的数据^[14]。碳排放系数取各能源研究所公布的各类能源碳排放系数的算术平均值，其中：煤炭为 0.732 9 t(C)/t，原油为 0.557 4 t(C)/t，天然气为 0.442 6 t(C)/t。因此，碳排放总量的计算公式为：

$$C=0.7329\times M_{\text{煤炭}}+0.5574\times M_{\text{原油}}+0.4426\times M_{\text{天然气}}$$

3.2 天津市低碳经济实证研究

本文利用熵值 - 主成分分析法对天津市 2000—2015 年的低碳经济发展水平进行实证分析。

3.2.1 利用主成分进行降维

进行主成分分析，提取主成分。利用 SPSS 软件对标准化后所有指标数据 ($X_1 \sim X_{19}$) 进行主成分分析。特征值大于 1 的共有 3 个特征根值 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ，其值分别为 12.340、3.941、1.002，与 3 个特征根对应的方差贡献率分别为 64.946%、20.743%、5.272%，累计方差贡献率为 90.962% ($\geq 90\%$)。这 3 个主成分反映了原始变量提供的 90.962% 的信息，满足综合评价的要求，所以确定 3 个主成分，其中，第一主成分和第二主成分包含的信息较多，对城市低碳经济综合评价结果影响较大。

通过主成分的特征向量矩阵可知， X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{11} 、 X_{12} 、 X_{13} 、 X_{14} 、 X_{15} 、 X_{16} 在第一主成分中拥有较高的载荷，说明第一主成分包含了这 10 个指标的信息，主要反映的是自然环境保护和污染控制的低碳环境方面的问题； X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_{19} 在第二主成分中有较高的载荷，说明第二主成分包含了这 4 个指标的信息，主要反映低碳产业问题；第三

主成分上 X_1 、 X_5 、 X_6 、 X_{17} 、 X_{18} 有较高载荷，主要反映居民生活水平。因此，将提取的 3 个主成分分别命名为低碳环境水平 (F_1)、低碳产业结构 (F_2)、居民生活水平 (F_3)。

根据特征向量矩阵得到各主成分的计算公式，并计算各主成分的得分，如表 2 所示。根据公式 (2) 可知，低碳环境水平 (F_1) 的表达式为：

$$F_1=-0.016ZX_1-0.011ZX_2-0.041ZX_3+0.089ZX_4-0.009ZX_5-0.093ZX_6+0.183ZX_7+0.255ZX_8+0.265ZX_9+0.265ZX_{10}+0.278ZX_{11}+0.265ZX_{12}+0.251ZX_{13}+0.344ZX_{14}+0.276ZX_{15}+0.211ZX_{16}+0.223ZX_{17}-0.241ZX_{18}-0.272ZX_{19}$$

同理可得低碳产业结构 (F_2) 和居民生活水平 (F_3) 的主成分得分。

表 2 2000—2015 年天津市低碳经济主成分得分矩阵 分

年份	F_1 得分	F_2 得分	F_3 得分
2000	-4.249 7	-0.921 9	0.151 7
2001	-3.330 2	-0.669 0	-0.133 6
2002	-3.192 6	-0.119 5	0.346 5
2003	-1.935 3	-0.836 0	-0.052 2
2004	-0.602 0	-1.344 8	-0.644 7
2005	0.942 6	-1.154 3	-0.812 4
2006	1.093 1	-1.265 2	-0.742 1
2007	0.642 0	-0.496 6	-0.105 5
2008	0.891 7	-1.433 5	-1.155 9
2009	0.198 4	0.475 4	-0.673 1
2010	1.789 1	0.818 3	0.236 9
2011	2.058 8	1.074 3	0.448 7
2012	1.805 6	1.391 1	0.461 8
2013	1.917 2	1.384 9	0.889 1
2014	1.208 6	1.365 7	0.905 3
2015	0.762 9	1.731 3	0.879 4

3.2.2 熵值法确定指标权重

根据式 (3) ~ (6) 计算可得天津市低碳经济评价指标体系 4 个主成分的熵值、信息效用值和权重，如表 3 所示。

表 3 2000—2015 年天津市低碳经济各主成分的熵值和信息效用值

指标	F_1	F_2	F_3
熵值 e_j	0.944 1	0.873 3	0.933 0
信息效用值 d_j	0.055 9	0.126 7	0.067 0
熵权 W_j	0.223 9	0.507 6	0.268 5

3.2.3 熵值 - 主成分分析法评价得分

根据表 2、表 3 及公式 (7)，运用 Excel 计算天津市低碳经济评价指标体系的综合得分，如表 4 所示。

表 4 2000—2015 年天津市低碳经济综合评价价值

分

指标	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
综合得分	-1.378 8	-1.121 1	-0.682 5	-0.871 7	-0.990 5	-0.593 0	-0.596 7	-0.136 7
指标	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
综合得分	-0.838 4	0.105 0	0.879 5	1.126 7	1.234 4	1.371 0	1.206 9	1.285 7

3.3 天津市低碳经济评价结果分析

本文利用主成分分析法与熵值法相结合,对2000—2015年天津市低碳经济发展水平进行了评价,从表3、表4可以看出:

通过主成分分析法与熵值法的结合,提取的3个主成分所占权重分别为0.223 9、0.507 6、0.268 5,由此得出以下结论:第一,产业结构调整对于低碳经济的发展影响较大,提升第二产业的效益、大力发展第三产业和高新技术产业,转变经济发展模式,降低单位地区生产总值能耗,有利于碳排强度的降低。第二,提高工业污染物和生活垃圾的处理水平,不断增加公共绿地建设的投入,有利于增强天津市整体的碳汇基础。第三,城市居民人均可支配收入和农村居民人均纯收入不断增加,居民的生活水平不断提高,由传统的“重视量”向“重视质”转变,因此,提高公众的低碳经济意识和环保意识有利于增强公众对低碳文化的认可度。

天津市低碳经济发展水平以2008年为分界点:2008年之前呈波浪式发展,并且综合评价价值为负,表明2000—2008年天津市低碳经济发展水平欠佳。究其原因如下:第一,绿地建设具有投入大、回报周期长、见效慢的特点,效益的投入与产出之间存在时间差;第二,产业结构调整的过程中,如何有效地引导企业发展低碳经济和提高R&D投入的机制尚不健全;第三,低碳文化的塑造和普及尚未全面推行,居民对于低碳生活的认可度较低。因此,2008年之前天津市低碳经济发展水平整体欠佳。2008年之后呈稳步增长趋势,其评价价值从-0.838 4增长到1.285 7,尤其在2009年之后增长速度显著。主要包括以下3个方面原因:第一,天津市政府对于低碳经济的高度重视,针对环境治理和公共绿地建设的投入增加且低碳经济发展水平不断提高;第二,不断鼓励、支持和引导企业发展绿色经济,降低碳排放量,使发展低碳经济的直接社会效益逐年稳步增长;第三,当低碳经济发展运行一段时间之后,相关方面的法律和政策不断出台,有关法律法规保障对低碳经济发展产生较大的合力,推动了城市进步,从而推动低碳经济发展。

4 结论与对策

经济发展水平对于地区经济地位的稳定、社会

的发展以及人民生活水平的提高起着重要的作用,发展低碳经济已经不仅仅是环境保护的需要,也在提升城市地位和居民的全面发展中扮演更加重要的角色。本文基于熵值-主成分分析法构建了城市低碳经济发展水平评价模型,通过对天津市2000—2015年实证分析发现,低碳环境水平、低碳产业结构、居民生活水平对城市低碳经济的发展有重要影响。根据实证分析结果,为提高天津市低碳经济发展水平,本文从优化低碳市场环境、调整产业结构、倡导低碳生活、鼓励低碳出行4个方面提出对策和建议。

4.1 完善低碳政策,优化低碳环境

完善低碳经济发展的政策法规体系,优化低碳经济发展的市场环境。(1)完善低碳补贴政策。根据加快建立我国可再生能源发展机制,政府进一步推进能源体制改革,推动新能源市场的稳步建立与发展,改变过去利用压低能源价格进行补贴的办法,完善政府财政补贴政策。(2)完善投融资管理机制。通过政府对新能源产业的引导,鼓励市场主体投资新能源产业,引导企业走低碳发展道路;拓宽现有的新能源投融资渠道,完善新能源发展的政策体系,建立符合低碳经济发展要求的市场环境。(3)增加公共绿地面积。政府优化公共基础设施提供方式,加强公共绿地建设,加大政府资金在环境生态建设中的投入,提高建成区绿地覆盖率以及森林覆盖率,提高人均绿地面积;实施绿地面积个人责任制,提升公众保护生态绿地的意识,逐步增强天津市的碳汇基础。

4.2 优化升级产业结构,转变经济发展方式

(1)调整产业结构。引导现有企业进行产业结构的升级和调整,大力发展低碳产业、高新技术产业以及现代服务业;逐步建立产业分工引导机制、转移补偿机制和激励机制,引入碳交易机制,规范企业间的碳交易市场,避免寻租腐败。(2)发展低排放、高效能的低碳产业,实现产业结构的低碳化。调整高碳产业结构,逐渐降低高碳产业特别是以化石能源为主的第二产业在地区生产总值中所占的比例,避免重工业迅速发展带来的碳排放高的问题;提高以服务业为主的第三产业的比重,发展循环经济,提高高新技术企业的核心竞争力,开发和利用低污染、低物耗、低能耗、低排放、可循环利用的

新型产品,使产业结构符合低碳经济的标准。(3)提升工业固体废弃物的综合利用率。在天津市选择合理的地理位置建立工业固体废物综合利用基地,建成工业固体废物综合利用率较高的示范园区,实现高碳产业的低碳化转型,减缩能源、交通、建材等高碳产业所延伸的产业链,逐步实现低碳化。

4.3 倡导低碳生活方式,引导公众参与低碳活动

(1)开展低碳生活公益活动,普及低碳生活文化。政府通过电视、网络等多种途径宣传低碳经济的重要性,举行低碳经济的相关知识讲座,加大低碳生活的教育宣传力度,引导人们从意识上自觉地建立起低碳消费的生活理念,使公众明白在生活中如何进行低碳生活、学会如何进行节能减排。(2)规范生活垃圾处理机制。建立生活垃圾回收处理厂,改变传统的填埋、堆放等生活垃圾处理方式,引导居民对生活垃圾进行分类投放,加强生活废物回收再利用,以减少资源浪费和环境污染,减少对不可再生能源制品和不可回收制品的使用。

4.4 完善智能公共交通系统,鼓励低碳出行

(1)构建智能公交系统。加快城市地铁轨道建设,扩大公交线路覆盖面积,合理安排公交线路,优化公共交通的网络结构,逐步实现公交与地铁的有效衔接;完善公共交通体系的一体化,发挥公共交通的最大利用率,提高公共交通的吸引力和服务水平,方便居民出行,提高居民出行的满意度,引导居民形成低碳出行的意识与习惯。(2)发展公共慢交通系统,提高公共自行车的使用率。大力推行ofo共享单车、摩拜单车等公共出行方式,缓解短距离公共交通系统压力,减少公共交通的碳排放。(3)大力支持发展低碳新能源汽车,更新公共交通工具。政府鼓励新能源汽车的研发与使用,加大新能源汽车的宣传,加快淘汰落后的高碳能源公共交通,拓宽新能源汽车的投融资渠道,完善新能源汽车的相关配套公共基础设施。(4)宣传低碳出行文化。政府通过电视、网络等新媒体工具宣传、普及低碳文化,向公民传达低碳知识,规范居民的低碳出行,对于参与低碳出行活动的居民给予出行补贴。

参考文献:

- [1] DT I. Energy white paper: our energy future—create a low carbon economy [R]. London: TSO, 2003.
- [2] 徐惟. 江苏省低碳经济评价指标体系的构建 [J]. 南通大学学报(社会科学版), 2014, 30(4): 18–23.
- [3] JOHNSTON D, LOWE R, BELL M. An exploration of the technical feasibility of achieving CO₂ emission reductions in excess of 60% within the UK housing stock by the year 2050 [J]. Energy Policy, 2005(83): 1643–1659.
- [4] WANG G H, WANG Y X, ZHAO T. Analysis of interactions among the barriers to energy saving in China [J]. Energy Policy, 2008(36): 1879–1889.
- [5] 林姚宇, 吴佳明. 低碳城市的国际实践解析 [J]. 国际城市规划, 2010(1): 121–124.
- [6] 孙钰, 李泽涛, 姚晓东. 天津市构建低碳城市的策略研究: 基于碳排放的情景分析 [J]. 地域研究与开发, 2012, 31(6): 115–118.
- [7] 周泽炯, 胡建辉. 基于 Super-SBM 模型的低碳经济发展绩效评价研究 [J]. 资源科学, 2013, 35(12): 2457–2466.
- [8] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化国家方案 [EB/OL]. (2006-06-04) [2017-04-01]. http://www.ndrc.gov.cn/xfwb/t20070604_139486.htm.
- [9] 任福兵, 吴青芳, 郭强. 低碳社会的评价指标体系构建 [J]. 科技与经济, 2010, 23(2): 68–72.
- [10] 冯碧梅. 湖北省低碳经济评价指标体系构建研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(3): 54–58.
- [11] 侯卫星, 高建中. 基于因子分析法的城市低碳经济实证评价: 以太原市为例 [J]. 企业经济, 2012(6): 15–19.
- [12] 吕学都, 王艳萍, 黄超, 等. 低碳经济指标体系的评价方法研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(7): 27–33.
- [13] 张巍, 尚丽. 基于熵值法的省域低碳竞争力评价: 以陕西省为例 [J]. 开发研究, 2014(5): 157–160.
- [14] 白璐, 赵增锋. 我国低碳经济发展的制约因素及策略研究 [J]. 环渤海经济瞭望, 2015, 43(1): 17–19.
- [15] 王晴晴, 陈星, 常进. 主成分分析法与熵值法结合在水质评价中的应用 [J]. 人民长江, 2015, 46(8): 10–13, 18.
- [16] 孙东升. 基于主成分分析法和熵值法结合的开发区土地集约利用评价: 以大连市国家级开发区为例 [J]. 绵阳师范学院学报, 2015, 34(8): 105–110.
- [17] 马文明. 基于主成分分析法和熵值法的我国指数基金综合评价 [D]. 长沙: 中南大学, 2007.
- [18] 赵丽, 朱永明, 付梅臣, 等. 主成分分析法和熵值法在农村居民点集约利用评价中的比较 [J]. 农业工程学报, 2012, 28(7): 235–242.
- [19] 国际煤炭网. 天津: 2015 年燃煤占比在能源消费中下降 5% [EB/OL]. (2016-03-09) [2017-04-01]. <http://coal.in-en.com/html/coal-2335640.shtml>.

作者简介: 史学飞 (1992—), 女, 山西阳泉人, 硕士研究生, 主要研究方向为公共设施运营与管理; 孙钰 (1965—), 女, 天津人, 院长, 教授, 博士研究生导师, 博士, 主要研究方向为公共设施运营与管理; 崔寅 (1986—), 男, 天津人, 博士研究生, 主要研究方向为城市基础设施利用效益。