

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第4期 Vol.33 No.4 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 4 期 2013 年 2 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 森林水源涵养功能的多尺度内涵、过程及计量方法 王晓学,沈会涛,李叙勇,等 (1019)
- 植物叶片水稳定同位素研究进展 罗伦,余武生,万诗敏,等 (1031)
- 城市景观格局演变的生态环境效应研究进展 陈利顶,孙然好,刘海莲 (1042)
- 城市生物多样性分布格局研究进展 毛齐正,马克明,邬建国,等 (1051)
- 基于福祉视角的生态补偿研究 李惠梅,张安录 (1065)

个体与基础生态

- 土著菌根真菌和混生植物对羊草生长和磷营养的影响 雷垚,郝志鹏,陈保冬 (1071)
- 干旱条件下 AM 真菌对植物生长和土壤水稳定性团聚体的影响 叶佳舒,李涛,胡亚军,等 (1080)
- 转 *mapk* 双链 RNA 干扰表达载体黄瓜对根际土壤细菌多样性的影响 ... 陈国华,弭宝彬,李莹,等 (1091)
- 北京远郊区臭氧污染及其对敏感植物叶片的伤害 万五星,夏亚军,张红星,等 (1098)
- 茅苍术叶片可培养内生细菌多样性及其促生潜力 周佳宇,贾永,王宏伟,等 (1106)
- 低温对蝶蛹金小蜂卵成熟及其数量动态的影响 夏诗洋,孟玲,李保平 (1118)
- 六星黑点豹蠹蛾求偶行为与性信息素产生和释放的时辰节律 刘金龙,荆小院,杨美红,等 (1126)
- 氟化物对家蚕血液羧酸酯酶及全酯酶活性的影响 米智,阮成龙,李姣蓉,等 (1134)
- 不同温度对脊尾白虾胚胎发育与幼体变态存活的影响 梁俊平,李健,李吉涛,等 (1142)

种群、群落和生态系统

- 生态系统服务多样性与景观多功能性——从科学理念到综合评估 吕一河,马志敏,傅伯杰,等 (1153)
- 不同端元模型下湿地植被覆盖度的提取方法——以北京市野鸭湖湿地自然保护区为例 崔天翔,官兆宁,赵文吉,等 (1160)
- 基于光谱特征变量的湿地典型植物生态类型识别方法——以北京野鸭湖湿地为例 林川,官兆宁,赵文吉,等 (1172)
- 浮游植物群落对海南小水电建设的响应 林彰文,林生,顾继光,等 (1186)
- 菹草种群内外水质日变化 王锦旗,郑有飞,王国祥 (1195)
- 南方红壤区 3 种典型森林恢复方式对植物群落多样性的影响 王芸,欧阳志云,郑华,等 (1204)
- 人工油松林恢复过程中土壤理化性质及有机碳含量的变化特征 胡会峰,刘国华 (1212)
- 不同区域森林火灾对生态因子的响应及其概率模型 李晓炜,赵刚,于秀波,等 (1219)

景观、区域和全球生态

- 快速城市化地区景观生态安全时空演化过程分析——以东莞市为例 杨青生,乔纪纲,艾彬 (1230)
- 海岸带生态系统健康评价中能质和生物多样性的差异——以江苏海岸带为例 唐得昊,邹欣庆,刘兴健 (1240)
- 干湿交替频率对不同土壤 CO₂ 和 N₂O 释放的影响 欧阳扬,李叙勇 (1251)

西部地区低碳竞争力评价..... 金小琴,杜受祜 (1260)

基于 HEC-HMS 模型的八一水库流域洪水重现期研究 郑 鹏,林 韵,潘文斌,等 (1268)

基于修正的 Gash 模型模拟小兴安岭原始红松林降雨截留过程 柴汝杉,蔡体久,满秀玲,等 (1276)

长白山北坡不同林型内红松年表特征及其与气候因子的关系..... 陈 列,高露双,张 赞,等 (1285)

资源与产业生态

河西走廊绿洲灌区循环模式“农田-食用菌”生产系统氮素流动特征 李瑞琴,于安芬,赵有彪,等 (1292)

施肥对旱地花生主要土壤肥力指标及产量的影响..... 王才斌,郑亚萍,梁晓艳,等 (1300)

耕作措施对土壤水热特性和微生物生物量碳的影响..... 庞 绪,何文清,严昌荣,等 (1308)

基于改进 SPA 法的耕地占补平衡生态安全评价 施开放,刁承泰,孙秀锋,等 (1317)

学术争鸣

基于生态-产业共生关系的林业生态安全测度方法构想 张智光 (1326)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿须知 (I)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 318 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-02



封面图说: 石羊河——石羊河流域属大陆性温带干旱气候,气候特点是:日照充足、温差大、降水少、蒸发强、空气干燥。石羊河源出祁连山东段,河系以雨水补给为主,兼有冰雪融水成分。上游的祁连山区降水丰富,有雪山冰川和残留林木,是河流的水源补给地。中游流经河西走廊平地,形成武威和永昌等绿洲,下游是民勤,石羊河最后消失在腾格里沙漠中。随着石羊河流域人水矛盾的不断加剧,水资源开发利用严重过度,荒漠化日趋严重,民勤县的生态环境已经相当恶化,继续下去将有可能变成第二个“罗布泊”。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201207020923

金小琴, 杜受祜. 西部地区低碳竞争力评价. 生态学报, 2013, 33(4): 1260-1267.

Jin X Q, Du S H. Evaluation of low-carbon competitiveness in Western China. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(4): 1260-1267.

西部地区低碳竞争力评价

金小琴¹, 杜受祜^{2,*}

(1. 四川农业大学经济管理学院, 成都 611130; 2. 四川省社会科学院, 成都 610071)

摘要: 低碳竞争力是一个国家或地区所反映出来的在低碳效率、低碳环境、低碳科技等方面的综合水平的一种竞争优势或能力。中国西部地区正面临着跨越式发展和可持续发展两大任务, 面对新一轮西部大开发的战略机遇, 在全球向低碳转型背景下西部地区必须转变发展方式, 走低碳发展路径, 充分发挥后发优势以提升其低碳竞争力, 才能实现资源节约型、环境友好型以及气候安全型社会建设目标。在构建低碳竞争力评价指标体系基础上, 采用 PCA、熵值法和聚类分析法对西部 12 个省(区、市)低碳竞争力进行评价。研究表明: (1) 西部地区的低碳经济发展水平可以划分为 3 个层次: 重庆、陕西、广西、四川属于相对低碳地区; 云南、新疆、宁夏、贵州、内蒙、西藏属于中碳地区; 青海、甘肃属于相对高碳地区。 (2) 重庆、陕西、云南等作为国家发改委批准的首批全国低碳试点省市, 其低碳竞争力排位明显比较靠前, 说明低碳试点工作成效显著。 (3) 单位 GDP 综合能耗低的省区, 综合排名也比较高, 因而降低单位 GDP 综合能耗是提升低碳竞争力的必然选择。 (4) 低碳竞争力的影响因素复杂。尤其是第一主成分中的 X_1 (单位 GDP 综合能耗)、 X_8 (森林覆盖率) 载荷系数相对较大, 进一步说明要实现低碳发展, 除了通过节能减排以减少“碳源”外, 还要大力增加“碳汇”。 (5) 低碳竞争力是一个相对的概念, 西部地区应发挥协同竞争优势, 加强在低碳领域的合作与交流, 实现在竞争中合作、在合作中发展。

关键词: 低碳竞争力; 西部地区; PCA; 熵值法

Evaluation of low-carbon competitiveness in Western China

JIN Xiaojin¹, DU Shouhu^{2,*}

1 Department of Economic Management, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130, China

2 Sichuan Academy of Social Sciences, Chengdu, Sichuan 610071, China

Abstract: Low-carbon competitiveness reflects a country or region's level of competitive advantage or ability in low-carbon efficiency, low-carbon environment, and low-carbon technology. Regions in western China are currently engaged in two major undertakings: leapfrog development and sustainable development. Under a background of western development and global transformation, western China must transform its mode of development and switch to a low-carbon development path. In addition, it must make full use of its backwardness advantage to enhance its low-carbon competitiveness to become a society characterized as resource saving, environmentally friendly, and climate-safe. By building an evaluation system for low-carbon competitiveness, this article adopts a principal component analysis (PCA) model, entropy method, and clustering analysis method to analyze low-carbon competitiveness in China's western regions. The results show the following. (1) Western China's low-carbon economy can be divided into three levels: Chongqing, Shanxi, Guangxi, and Sichuan belong to a relatively low-carbon region; Yunnan, Xinjiang, Ningxia, Guizhou, Inner Mongolia, and Tibet represent a mid-carbon area; and Qinghai and Gansu can be classified as a relatively high-carbon area. (2) The top five areas in terms of low-carbon competitiveness are Chongqing, Shanxi, Guangxi, Sichuan, and Yunnan; the evaluation results are essentially in accord with the areas' actual level of low-carbon development. As the first batch of pilot provinces approved by the

基金项目: 国家社科基金重大招标资助项目 (09&ZD049)

收稿日期: 2012-07-02; 修订日期: 2012-12-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 524260616@qq.com

National Development and Reform Commission, Chongqing, Shaanxi, and Yunnan rank high, further proving the effectiveness of the pilot programs. At present, China's low-carbon economy development via the demonstration pilot is being gradually pushed forward, from area to area and stage by stage. To obtain state support, western regions should seek further national low-carbon demonstration pilot projects. (3) The results show that energy consumption per unit of GDP is lower and the ranking of low-carbon competitiveness is higher. Thus, it is clear that energy consumption per unit of GDP must be reduced to enhance low-carbon competitiveness. The current industrial structure in western China, characterized as being highly dependent on resources and energy, is unacceptable; the western region has become an industrial transfer base of high-energy consumption for China's central and eastern regions. Therefore, western regions should follow the "Twelfth Five-Year Plan" requirements to reduce energy consumption per unit of GDP, plan an appropriate development direction, and make efforts to successfully save energy and reduce emissions in industrial, construction and transportation industries, among others. In addition, Xinjiang, Ningxia, Inner Mongolia, and Gansu, as the key national energy bases in the "Twelfth Five-Year Plan", should fully explore and utilize the local energy and resource advantages, vigorously develop strategic emerging industries, and rebuild a low-carbon industrial system. (4) Factors that influence low-carbon competitiveness are very complex, especially X1 (energy consumption per unit of GDP) and X8 (forest coverage rate), which further illustrates that to realize low-carbon development, in addition to energy saving and emission reduction, regions need to reduce "carbon" and "to increase carbon sink". (5) As low-carbon competitiveness is a relative concept, western regions should strengthen their exchanges and cooperation in the field of low-carbon economy development and use their synergy competitive advantages to achieve competition in cooperation and cooperation in development.

Key Words: low-carbon competitiveness; western China; PCA; entropy method

低碳经济是人类应对气候变化而催生出来的一种经济形态,是以低能耗、低污染、低排放为特征的新的经济模式,是在工业文明和应对气候变化之间找到的一条绿色发展之路。低碳经济以其独特的优势和巨大的市场已经成为世界经济热点。在低碳经济背景下,低碳竞争力成为衡量一个国家或地区可持续发展的能力。澳大利亚气候研究机构(The Climate Institute)与英国三代环境主义组织(E3G)联合发布的研究报告《20国集团(G20)低碳竞争力》中,将低碳竞争力定义为“未来低碳发展方式下,各国其人民创造物质繁荣的能力”^[1]。李军军认为低碳经济竞争力是一个国家或地区国际综合竞争力重要组成部分,低碳经济竞争已经成为覆盖政策、技术、资本和产业发展的全方位竞争,并且上升为国家战略利益的竞争^[2]。

当前,中国西部地区正处于工业化、城镇化高速发展的关键时期,正经历着国际国内产业大转移考验,面临着跨越式发展和可持续发展两大任务。面对新一轮西部大开发的战略机遇,在全球向低碳转型背景下西部地区要实现资源节约型、环境友好型以及气候安全型社会建设目标,必须转变发展方式,走低碳发展路径,充分发挥后发优势以提升其低碳竞争力,才能缩小与发达地区差距,缓解经济增长与资源环境之间的矛盾,从而实现区域协调发展。因此,探讨西部地区低碳竞争力具有重大意义。

以往学者们从不同角度对低碳竞争力的评价做了比较广泛的探讨,也建立了一批指标体系及评价模型,对低碳竞争力研究从理论到实践起到了积极的推动作用^[3-5]。现有研究主要集中在如何构建指标体系上,有的指标体系构建仅限于理论探讨,没能考虑数据可获得性,因而缺乏可操作性;在评价方法上也比较单一;在研究对象及地域选择上偏向于城市低碳竞争力以及发达地区研究,相对于西部地区实证研究还比较薄弱。本文拟在前人基础上采用多种评价方法对西部地区低碳竞争力进行实证分析。

1 低碳竞争力指标体系的构建

1.1 指标选取

依托低碳经济和区域竞争力相关理论,在参考众多学者关于低碳竞争力研究成果的基础上^[6-9],本文认为低碳竞争力是指在低碳经济背景下,一个国家或地区所反映出来的在低碳效率、低碳环境、低碳科技等方面

的综合水平的一种竞争优势或能力。因此,结合西部地区的实际,本文采用理论分析法、专家咨询法和频次统计法等对有关评价指标进行筛选,最终选择了 19 个指标(表 1)。

表 1 低碳竞争力指标体系

Table 1 Low-carbon competitiveness index system

一级指标 First grade index	二级指标 Second grade index	三级指标 Third grade index	单位 Unit	序号 Serial number	方向 Direction
低碳竞争力 Low-carbon cometitiveness	低碳效率 Low-carbon efficiency	单位 GDP 综合能耗	t 标准煤/万元	X_1	-
		SO ₂ 排放量	万 t	X_2	-
		单位 GDP 电力消费	万 kWh/万元	X_3	-
		人均电力消费	万 kWh/(人·a)	X_4	-
		建成区面积电力消费	万 kWh/km ²	X_5	-
		化肥施用量占有效灌溉面积比	t/hm ²	X_6	-
	低碳环境 Low-carbon environment	城镇天然气气化率	%	X_7	+
		森林覆盖率	%	X_8	+
		建成区绿化覆盖率	%	X_9	+
		湿地面积占国土面积比重	%	X_{10}	+
		城市人口密度	人/km ²	X_{11}	-
		第三产业比重	%	X_{12}	+
		每万人拥有公交车数	辆	X_{13}	+
		城市空气质量优于二级天数占全年的比重	%	X_{14}	+
		突发环境事件次数	次	X_{15}	-
		城市工业固体废物综合利用率	%	X_{16}	+
	低碳科技 Low-carbon science and technology	城市生活垃圾无害化处理率	%	X_{17}	+
		城市工业废水排放达标率	%	X_{18}	+
		R&D 占 GDP 比重	%	X_{19}	+

2.2 数据来源及预处理

本文所使用的数据来源于《中国统计年鉴》(2011)、国家统计局网站以及西部各省区政府统计网站的相关统计。对原始数据的预处理首先是指标数据的正向化处理。本文所涉及的逆指标共计 8 个,分别是单位 GDP 综合能耗(X_1)、SO₂ 排放量(X_2)、单位 GDP 电力消费(X_3)、人均电力消费(X_4)、建成区面积电力消费(X_5)、化肥施用量占有效灌溉面积比(X_6)、城市人口密度(X_{11})、突发环境事件次数(X_{15}),这里均采用求倒数方法进行正向化处理。其次,进行指标数据无量纲化处理。为了消除由于量纲的不同可能带来的不合理影响,需要对数据进行标准化处理,以使每一个变量的平均值为零,方差为 1。标准化公式如下:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$$

式中, $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ 为样本数据的均值; $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ 为均方差。

2 西部地区低碳竞争力评价

目前对竞争力的评价主要有两类方法:一类是主观赋值法,如层次分析法(AHP)、德尔非法(Delphi)、模糊综合评价法等;另一类是客观赋值法,如主成分分析(PCA)、因子分析等^[10]。客观赋值法相对由专家根据主观经验确定权重的主观赋值法,由于人为因素干扰小,近年来在竞争力研究中更受到国内学者的欢迎。因此,本文采用客观赋值法中的主成分分析方法,并引入热力学动力中的熵值法进行改进,最后结合聚类拟对西部 12 个省(区、市)市低碳经济竞争力水平进行评价,以便客观而准确地衡量西部地区低碳经济的发展水平。

2.1 PCA 分析

本文运用 SPSS17.0 统计分析软件进行主成分分析,并遵循主成分个数提取原则,即主成分对应的特征值大于 1 的前 P 个主成分,一般要求累计贡献率达到 85% 以上。从表 2 可以看出,低碳竞争力指标中提取的前 6 个因子就已提供了原数据 92.673% 的信息,可以对大多数数据给出充分概括,较好地解释了原始数据所包含的信息。

表 2 低碳竞争力公因子的特征值和贡献率

Table 2 Eigenvalue of low-carbon competitiveness factor and cumulative ratio

公因子 Component	初始特征值 Initial eigenvalues			提取因子平方和 Extraction sums of squared loadings		
	特征值 Total	方差解释率/% % of variance	累积解释率/% Cumulative %	特征值 Total	方差解释率/% % of variance	累积解释率/% Cumulative %
1	7.28	38.30	38.30	7.28	38.30	38.30
2	3.69	19.40	57.69	3.69	19.40	57.69
3	2.41	12.71	70.40	2.41	12.71	70.40
4	1.79	9.40	79.80	1.79	9.40	79.80
5	1.37	7.23	87.03	1.37	7.23	87.03
6	1.07	5.64	92.67	1.07	5.64	92.67
7	0.61	3.22	95.90			
8	0.44	2.31	98.21			
9	0.23	1.19	99.40			
10	0.11	0.60	100.00			
11	0.00	0.00	100.00			
12	0.00	0.00	100.00			
13	0.00	0.00	100.00			
14	0.00	0.00	100.00			
15	0.00	0.00	100.00			
16	0.00	0.00	100.00			
17	0.00	0.00	100.00			
18	0.00	0.00	100.00			
19	0.00	0.00	100.00			

表 3 评价指标主成分旋转载荷矩阵

Table 3 Rotated Component Matrix

指标 Index	主成分 1 Principal component 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6
X_1	0.82 *	-0.16	0.41	0.09	0.25	0.15
X_2	-0.41	0.85 *	0.04	-0.06	-0.15	-0.02
X_3	0.59 *	-0.38	0.48	0.22	0.30	0.26
X_4	0.66 *	-0.28	0.08	0.09	0.64	0.03
X_5	0.16	-0.61 *	0.60	0.16	0.39	0.21
X_6	-0.75 *	0.38	0.10	-0.34	-0.15	-0.15
X_7	-0.12	0.27	0.83 *	0.31	-0.02	0.29
X_8	0.88 *	-0.12	-0.08	0.34	0.18	-0.15
X_9	0.22	-0.20	0.48	0.74 *	0.12	0.07
X_{10}	-0.21	0.56 *	0.07	-0.26	-0.75	0.05
X_{11}	-0.07	-0.19	-0.01	0.39	-0.92 *	0.01
X_{12}	-0.04	-0.09	-0.94 *	0.28	0.10	-0.01
X_{13}	-0.33	0.89 *	0.18	-0.04	0.13	0.03
X_{14}	0.34	0.11	-0.26	0.72 *	-0.29	-0.38
X_{15}	0.26	0.08	-0.14	0.18	0.29	-0.80 *
X_{16}	0.30	0.36	0.39	-0.12	0.14	0.68 *
X_{17}	0.26	-0.12	-0.05	0.94 *	-0.07	0.01
X_{18}	0.82 *	-0.39	-0.07	0.14	-0.19	0.08
X_{19}	0.23	-0.10	0.02	0.11	0.12	0.83

* 数值为各指标在 6 个主因子上的最大因子载荷

用表3中主成分旋转载荷矩阵中的数据除以其对应的特征值开平方根便得到各主成分中每个指标所对应的系数^[11], 计算结果见表4。由于篇幅限制, 本文列出主成分1的计算公式:

$$Y_1 = 0.82X_1 - 0.41X_2 + 0.59X_3 + 0.66X_4 + 0.16X_5 - 0.75X_6 - 0.12X_7 + 0.88X_8 + 0.22X_9 - 0.21X_{10} - 0.07X_{11} - 0.04X_{12} - 0.33X_{13} + 0.34X_{14} + 0.26X_{15} + 0.30X_{16} + 0.26X_{17} + 0.82X_{18} + 0.23X_{19}$$

表4 PCA评价所提取的主成分系数
Table 4 Extracted principal components factor

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
重庆	2.18	-1.73	1.50	1.95	1.11	2.10
四川	1.56	-0.70	0.94	0.63	0.69	1.02
贵州	-0.04	-0.74	-2.76	0.12	0.33	-0.74
云南	1.64	-0.96	-1.32	1.57	1.04	-2.67
西藏	-1.58	1.55	-0.25	0.35	0.25	-3.03
陕西	1.80	-0.45	1.37	0.62	1.29	1.89
甘肃	-1.30	0.05	-0.75	-3.85	0.14	0.76
青海	-2.98	3.04	0.14	-2.27	-1.74	0.26
宁夏	-1.37	0.63	-0.60	0.63	-1.86	0.12
新疆	-1.73	0.41	1.58	-1.22	0.77	0.42
内蒙	-0.34	-0.50	-0.91	0.11	-2.01	-0.70
广西	2.17	-0.61	1.05	1.36	-0.02	0.58

3.2 熵值法评价

鉴于有学者提出用各主成分方差贡献率作为权重计算综合得分带有主观性, 因此本文拟采用熵值法对传统主成分分析法进行改进^[12]。具体步骤如下: 设有 m 个待评方案, n 项评价指标, 形成原始指标数据矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$ 。

(1) 对数据进行标准化变换:

$$x_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / s_j$$

式中, $\bar{x}_j$ 为第 j 项指标的均值, s_j 为第 j 项指标的标准差。转换后的数据, 为消除负值, 可将坐标平移, 令

$$z_{ij} = a + x'_{ij}$$

式中, a 为平移幅度。一般来讲, 可以将所有数据加上一个最小负数的绝对值, 这样平移不会改变结果。

(2) 计算第 j 项指标下第 i 个方案指标值的比重 p_{ij} , 公式如下:

$$p_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sum_{i=1}^m z_{ij}}$$

(3) 计算第 j 项指标的熵值 e_j , 公式为:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}$$

其中, 令 $k = 1/\ln m$, 其中 m 为待评价方案个数。

(4) 计算第 j 项指标的差异性系数 g_j

对于给定的 j , z_{ij} 的差异性越小, 则 e_j 越大; 当 z_{ij} 全部相等时, $e_j = 1$, 此时对于确定权重, 指标 z_{ij} 毫无作用; z_{ij} 相差越大, e_j 越小, 则该指标所起的作用不大。

由此, 定义差异性系数:

$$g_j = 1 - e_j$$

则当 g_j 越大时, 指标越重要。

(5) 定义权数 w_j , 令:

$$w_j \frac{g_i}{\sum_{j=1}^n g_j} \quad (6) \text{ 进行综合评价。}$$

由以上 z_{ij} 和 w_j , 得出综合评价分值。计算公式为:

$$s_i = \sum_{j=1}^n w_j Z_{ij}$$

通过上述主成分分析,总共提取了 6 个主成分,经过计算各个样本在这 6 个主成分上的系数,则可得到一个具有 12 个样本、6 项指标的主成分矩阵。由于主成分分析法实现降维后有负数,因此需要对数据进行非负化处理,这里采用将所有数据加上一个最小负数的绝对值方法来进行平移,接着采用上述公式计算熵值 e_j 、信息效用值 g_j 和熵权 w_j ,由此可计算西部地区低碳竞争力综合评价值及排名,计算结果见表 5。

表 5 西部地区低碳竞争力评价结果

Table 5 The results of low-carbon competitiveness in underdeveloped western regions

	得分 1 Score 1	得分 2	得分 3	得分 4	得分 5	得分 6	综合得分 Multiple score	排名 Ranking
重庆	1.34	0.2	0.68	1.53	0.5	1.13	5.38	1
四川	1.2	0.3	0.61	1.18	0.46	0.93	4.68	4
贵州	0.85	0.3	0.14	1.04	0.42	0.59	3.34	8
云南	1.22	0.27	0.32	1.43	0.49	0.22	3.96	5
西藏	0.51	0.51	0.46	1.11	0.41	0.16	3.15	10
陕西	1.26	0.32	0.66	1.18	0.52	1.09	5.03	2
甘肃	0.57	0.37	0.39	0	0.4	0.88	2.61	12
青海	0.19	0.66	0.51	0.42	0.21	0.78	2.77	11
宁夏	0.55	0.43	0.41	1.18	0.2	0.76	3.53	7
新疆	0.47	0.41	0.69	0.69	0.47	0.81	3.54	6
内蒙	0.78	0.32	0.37	1.04	0.18	0.6	3.3	9
广西	1.34	0.31	0.62	1.37	0.39	0.84	4.87	3

3.3 聚类分析

利用表 5 中西部地区低碳竞争力的综合得分,最终可以得到的聚类图,结果如图一所示。由此可以看出,西部 12 个省(区、市)市的低碳竞争力水平大体可以划分为 3 个层次。

4 结论与讨论

(1)从总体上看,西部地区的低碳经济发展水平差异比较大。通过聚类分析,可以将西部 12 个省(区、市)区划分为三类:重庆、陕西、广西、四川属于相对低碳地区;云南、新疆、宁夏、贵州、内蒙、西藏属于中碳地区;青海、甘肃属于相对高碳地区。近年来,西部地区通过产业结构的转型,尤其是在“碳锁定”效应约束下,积极探索高碳产业低碳化发展路径;同时利用资源能源优势进行生物质能源的开发,发展以沼气等为纽带的现代农业;充分发挥试点示范的辐射带动效应,在发展经济的同时兼顾资源节约、环境友好型社会的构建,从而推动西部地区由高碳向低碳的逐步演进。

(2)低碳竞争力排名前五位的地区分别是重庆、陕西、广西、四川和云南,排名情况与各地低碳经济发展水平基本吻合。重庆、陕西、云南等作为国家发改委批准

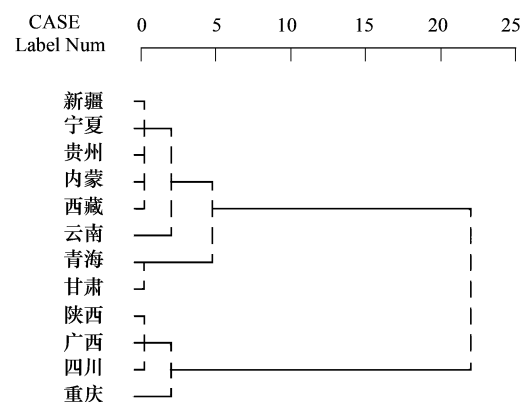


图 1 西部地区低碳竞争力聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of low-carbon competitiveness in underdeveloped western regions

的首批全国低碳试点省市,其低碳竞争力排位明显比较靠前,说明这些地区近几年的低碳工作开展取得了一定成效。目前,我国低碳经济发展正通过试点示范方式,以点带面,逐步推进。西部地区应积极争取更多项目列入国家低碳经济试点示范,以获得国家层面的支持。

(3)由综合排名结果可以看出,单位 GDP 综合能耗低的省区,综合排名比较高。由此可知,降低单位 GDP 综合能耗是提升低碳竞争力的必然选择。目前,西部各省区单位 GDP 综合能耗都在全国平均水平以上,西部低碳经济发展水平与全国相比还处于较低水平。西部地区以高度依赖资源能源为特征的产业结构的不合理,导致西部成为了东、中部部分高能耗产业转移的基地。因此,西部各省区应按照我国“十二五”单位 GDP 能耗降低目标分解方案要求,合理规划其发展方向,努力抓好在工业、建筑业、交通运输等行业的节能减排工作。此外,新疆、宁夏、内蒙、甘肃等作为“十二五”确定的国家重点能源基地,应充分挖掘和利用当地能源与资源优势,大力发展战略性新兴产业,重新构建低碳产业体系。

(4)低碳竞争力的影响因素复杂。从表 2、表 3 可以看出,第一主成分的方差贡献率最高,达到 38.296%,而第一主成分中的 X_1 (单位 GDP 综合能耗)、 X_3 (单位 GDP 电力消费)、 X_4 (人均电力消费)、 X_6 (化肥施用量占有效灌溉面积比)、 X_8 (森林覆盖率)、 X_{18} (城市工业废水排放达标率)等指标的载荷系数相对较大,这表明 X_1 、 X_3 、 X_4 、 X_6 、 X_8 、 X_{18} 指标具有相对较高的解释性,尤其是排在前两位的 X_1 (单位 GDP 综合能耗)、 X_8 (森林覆盖率),进一步说明要实现低碳发展,除了通过节能减排以减少“碳源”外,还要大力增加“碳汇”。

(5)低碳竞争力是一个相对的概念,应该辩证地看待。一方面,从省际看,率先进入全国低碳示范城市的省市具有先动优势,为了抢占制高点,其他各省市也在积极谋划,未来低碳竞争将日趋激烈,尤其表现在产业结构转型上,地方政府从过去的“招商引资”转为“招商选资”,具备低碳特征的行业及企业成为各地竞相争夺的焦点;从区际看,西部地区应发挥协同竞争优势,加强在低碳领域的合作与交流,比如低碳服务业、低碳技术、碳交易平台建设等,实现竞争中合作、合作中发展。

(6)现有低碳竞争力评价中,主成分分析法和聚类分析法也得到了运用,但一般都是单纯地采用某一种。本文的不同之处在于首先采用 PCA 实现了指标体系的简化,并引入热力学动力中的熵值法对其进行改进,然后结合聚类法对西部 12 个省(区、市)低碳经济竞争力水平进行评价,从而克服了主观因素的干扰,评价结果更为客观合理。

References:

- [1] The Climate Institute and E3G. G20 low carbon competitiveness, *vivideconomics*, 2009;2-10.
- [2] Li J J. Study on low-carbon economy competitiveness in China. Fujian Normal University, 2011.
- [3] Li X Y, Deng L. City low-carbon comprehensive evaluation-take municipality directly under the central government as an example. *Modern Economic Exploration*, 2010(2):82-85.
- [4] Chen X Ch, Chen S G. Evaluation and the promotion way about low carbon competitiveness in China. *Journal of Xiangtan University*, 2010(5):50-54.
- [5] Zhu D J, Chen J. Low carbon city competitiveness evaluation model and empirical research in Shanghai. *Modern City Study*, 2011(11):10-15.
- [6] Li X. Research on low carbon economy in western region of China: an empirical study. Yunnan University of Finance and Economics, 2011.
- [7] Zhang X J. Construction of low-carbon economy competitiveness evaluation system. *Commercial Age*, 2011(34):16-17.
- [8] Li J J, Zhou L M. Low carbon economy competitiveness evaluation and promotion in Fujian province. *Comprehensive Competitiveness*, 2011(3):75-80.
- [9] Climate Change and Low carbon Economy Research Institute of People University of China: Annual low-carbon economy development report in China. Petroleum Industry Press, 2011.
- [10] Qu S H, Li H, Li G. Several improved methods based on principal component analysis. *Statistics and Decision*, 2011, (5):155-156.
- [11] Zhang Y C, Rural ecological environmental evaluation based on PCA-DEA model. *Agricultural Science Technology*, 2011(6):53-61.
- [12] Li C X, Ma Y F, Tourism competitiveness model and clustering analysis based on the improved entropy method. *Soft Science*, 2007(6):28-33.

参考文献:

- [1] 气候研究所和欧洲 E3G 公司. 20 国集团低碳竞争力报告, 2009.
- [2] 李军军. 中国低碳经济竞争力研究[D]. 福建师范大学, 2011.
- [3] 李晓燕, 邓玲. 城市低碳经济综合评价探索——以直辖市为例. 现代经济探讨, 2010, (2): 82-85.
- [4] 陈晓春, 陈思果. 中国低碳竞争力评析与提升途径. 湘潭大学学报, 2010, (5): 50-54.
- [5] 诸大建, 陈静. 城市低碳竞争力评价模型和上海市实证研究. 现代城市研究, 2011, (11): 10-15.
- [6] 李鑫. 西部地区低碳经济发展水平实证研究[D]. 云南财经大学, 2011.
- [7] 张小军. 关于低碳经济竞争力评价体系构建的研究. 商业时代, 2011, (34): 16-17.
- [8] 李军军, 周利梅. 福建省低碳经济竞争力评价及提升对策. 综合竞争力, 2011, (3): 75-80.
- [9] 中国人民大学气候变化与低碳经济研究所: 中国低碳经济年度发展报告. 北京: 石油工业出版社, 2011.
- [10] 曲双红, 李华, 李刚. 基于主成分分析的几种常用改进方法. 统计与决策, 2011, (5): 155-156.
- [11] 张颖聪. 基于 PCA-DEA 模型的农村生态环境评价研究. 农业技术经济, 2011, (6): 53-61.
- [12] 李创新, 马耀峰. 基于改进熵值法的旅游竞争力模型与聚类分析. 软科学, 2007, (6): 28-33.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 4 February, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Concepts, processes and quantification methods of the forest water conservation at the multiple scales WANG Xiaoxue, SHEN Huitao, LI Xuyong, et al (1019)
- Advances in the study of stable isotope composition of leaf water in plants LUO Lun, YU Wusheng, WAN Shimin, et al (1031)
- Eco-environmental effects of urban landscape pattern changes: progresses, problems, and perspectives CHEN Liding, SUN Ranhao, LIU Hailian (1042)
- An overview of advances in distributional pattern of urban biodiversity MAO Qizheng, MA Keming, WU Jianguo, et al (1051)
- Ecological compensation boosted ecological protection and human well-being improvement LI Huimei, ZHANG Anlu (1065)

Autecology & Fundamentals

- Effects of indigenous AM fungi and neighboring plants on the growth and phosphorus nutrition of *Leymus chinensis* LEI Yao, HAO Zhipeng, CHEN Baodong (1071)
- Influences of AM fungi on plant growth and water-stable soil aggregates under drought stresses YE Jiashu, LI Tao, HU Yajun, et al (1080)
- The effect of transgenic cucumber with double strands RNA of *mapk* on diversity of rhizosphere bacteria CHEN Guohua, MI Baobin, LI Ying, et al (1091)
- The ambient ozone pollution and foliar injury of the sensitive woody plants in Beijing exurban region WAN Wuxing, XIA Yajun, ZHANG Hongxing, et al (1098)
- Diversity and plant growth-promoting potential of culturable endophytic bacteria isolated from the leaves of *Atractylodes lancea* ZHOU Jiayu, JIA Yong, WANG Hongwei, et al (1106)
- Effects of the low temperature treatment on egg maturation and its numerical dynamics in the parasitoid *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae) XIA Shiyang, MENG Ling, LI Baoping (1118)
- Circadian rhythm of calling behavior and sexual pheromone production and release of the female *Zeuzera leuconotum* Butler (Lepidoptera: Cossidae) LIU Jinlong, JING Xiaoyuan, YANG Meihong, et al (1126)
- Influence of fluoride on activity of carboxylesterase and esterase in hemolymph of *Bombyx mori* MI Zhi, RUAN Chenglong, LI Jiaorong, et al (1134)
- Effects of water temperature on the embryonic development, survival and development period of larvae of ridgetail white prawn (*Exopalaemon carinicauda*) reared in the laboratory LIANG Junping, LI Jian, LI Jitao, et al (1142)

Population, Community and Ecosystem

- Diversity of ecosystem services and landscape multi-functionality: from scientific concepts to integrative assessment LÜ Yihe, MA Zhimin, FU Bojie, et al (1153)
- Research on estimating wetland vegetation abundance based on spectral mixture analysis with different endmember model: a case study in Wild Duck Lake wetland, Beijing CUI Tianxiang, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji, et al (1160)
- Identifying typical plant ecological types based on spectral characteristic variables: a case study in Wild Duck Lake wetland, Beijing LIN Chuan, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji, et al (1172)
- Responses of phytoplankton community to the construction of small hydropower stations in Hainan Province LIN Zhangwen, LIN Sheng, GU Jiguang, et al (1186)
- Diurnal variation of water quality around *Potamogeton crispus* population WANG Jinqi, ZHENG Youfei, WANG Guoxiang (1195)
- Effects of three forest restoration approaches on plant diversity in red soil region, southern China WANG Yun, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1204)
- Dynamics of soil physical-chemical properties and organic carbon content along a restoration chronosequence in *Pinus tabulaeformis* plantations HU Huifeng, LIU Guohua (1212)
- Probability models of forest fire risk based on ecology factors in different vegetation regions over China LI Xiaowei, ZHAO Gang, YU Xiubo, et al (1219)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Landscape ecological security dynamics in a fast growing urban district: the case of Dongguan City YANG Qingsheng, QIAO Jigang, AI Bin (1230)
- The difference between exergy and biodiversity in ecosystem health assessment: a case study of Jiangsu coastal zone TANG Dehao, ZOU Xinqing, LIU Xingjian (1240)
- Impacts of drying-wetting cycles on CO₂ and N₂O emissions from soils in different ecosystems OUYANG Yang, LI Xuyong (1251)
- Evaluation of low-carbon competitiveness in Western China JIN Xiaoqin, DU Shouhu (1260)
- Flood return period analysis of the Bayi Reservoir Watershed based on HEC-HMS Model ZHENG Peng, LIN Yun, PAN Wenbin, et al (1268)
- Simulation of rainfall interception process of primary korean pine forest in Xiaoxing'an Mountains by using the modified Gash model CHAI Rushan, CAI Tiju, MAN Xiuling, et al (1276)
- Characteristics of tree-ring chronology of *Pinus koraiensis* and its relationship with climate factors on the northern slope of Changbai Mountain CHEN Lie, GAO Lushuang, ZHANG Yun, et al (1285)

Resource and Industrial Ecology

- Nitrogen flows in "crop -edible mushroom" production systems in Hexi Corridor Oasis Irrigation Area LI Ruiqin, YU Anfen, ZHAO Youbiao, et al (1292)
- Effects of fertilization on soil fertility indices and yield of dry-land peanut WANG Caibin, ZHENG Yaping, LIANG Xiaoyan, et al (1300)
- Effect of tillage and residue management on dynamic of soil microbial biomass carbon PANG Xu, HE Wenqing, YAN Changrong, et al (1308)
- Evaluation of eco-security of cultivated land requisition-compensation balance based on improved set pair analysis SHI Kaifang, DIAO Chengtai, SUN Xiufeng, et al (1317)

Opinions

- Methodology for measuring forestry ecological security based on ecology-industry symbiosis: a research framework ZHANG Zhiguang (1326)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 4 期 (2013 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 4 (February, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元