

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

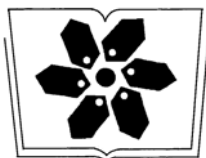
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 20 期 Vol.33 No.20 **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 20 期 2013 年 10 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 中小尺度下西北太平洋柔鱼资源丰度的空间变异..... 杨铭霞,陈新军,冯永玖,等 (6427)
- 水分和温度对若尔盖湿地和草甸土壤碳矿化的影响..... 王 丹,吕瑜良,徐 丽,等 (6436)
- 荒漠啮齿动物群落对开垦干扰的响应及其种群生态对策..... 袁 帅,付和平,武晓东,等 (6444)
- 转 Bt 基因棉花对烟粉虱天敌昆虫龟纹瓢虫的影响 周福才,顾爱祥,杨益众,等 (6455)
- 微地形改造的生态环境效应研究进展..... 卫 伟,余 韵,贾福岩,等 (6462)

个体与基础生态

- 丹顶鹤春迁期觅食栖息地多尺度选择——以双台河口保护区为例..... 吴庆明,邹红菲,金洪阳,等 (6470)
- 新疆石河子南山地区表土花粉研究..... 张 卉,张 芸,杨振京,等 (6478)
- 鄱阳湖湿地两种优势植物叶片 C、N、P 动态特征 郑艳明,尧 波,吴 琴,等 (6488)
- 基于高分辨率遥感影像的森林地上生物量估算..... 黄金龙,居为民,郑 光,等 (6497)
- 异质性光照下匍匐茎草本狗牙根克隆整合的耗益..... 陶应时,洪胜春,廖咏梅,等 (6509)
- 湘潭锰矿废弃地栎树人工林微量元素生物循环..... 罗赵慧,田大伦,田红灯,等 (6517)
- 接种彩色豆马勃对模拟酸沉降下马尾松幼苗生物量的影响 陈 展,王 琳,尚 鹤 (6526)
- 生物炭对不同土壤化学性质、小麦和糜子产量的影响 陈心想,何绪生,耿增超,等 (6534)
- 延河流域植物功能性状变异来源分析 张 莉,温仲明,苗连朋 (6543)
- 榆紫叶甲赤眼蜂基础生物学特性及其实验种群生命表..... 王秀梅,臧连生,林宝庆,等 (6553)
- 几种生态因子对拟目乌贼胚胎发育的影响 彭瑞冰,蒋霞敏,于曙光,等 (6560)

种群、群落和生态系统

- 海南铜鼓岭灌木林稀疏规律..... 周 威,龙 成,杨小波,等 (6569)
- 青海三江源区果洛藏族自治州草地退化成因分析..... 赵志平,吴晓蕾,李 果,等 (6577)
- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物基质质量的影响..... 肖银龙,涂利华,胡庭兴,等 (6587)
- 基于光合色素的钦州湾平水期浮游植物群落结构研究 蓝文陆,黎明民,李天深 (6595)
- 基于功能性状的常绿阔叶植物防火性能评价..... 李修鹏,杨晓东,余树全,等 (6604)
- 北京西山地区大山雀与其它鸟类种群间联结分析..... 董大颖,范宗骥,李扎西姐,等 (6614)
- 被动式电子标签用于花鼠种群动态研究的可行性 杨 慧,马建章,戎 可 (6634)

景观、区域和全球生态

- 华北冬小麦降水亏缺变化特征及气候影响因素分析..... 刘 勤,梅旭荣,严昌荣,等 (6643)
- 基于 FAHP-TOPSIS 法的我国省域低碳发展水平评价 胡林林,贾俊松,毛端谦,等 (6652)
- 河漫滩湿地生态阈值——以二卡自然保护区为例..... 胡春明,刘 平,张利田,等 (6662)
- 应用 Le Bissonnais 法研究黄土丘陵区植被类型对土壤团聚体稳定性的影响 刘 雷,安韶山,黄华伟 (6670)
- 不同人为干扰下纳帕海湖滨湿地植被及土壤退化特征..... 唐明艳,杨永兴 (6681)

资源与产业生态

近 10 年北京极端高温天气条件下的地表温度变化及其对城市化的响应 李晓萌,孙永华,孟 丹,等 (6694)

三峡库区小江库湾鱼类食物网的稳定 C、N 同位素分析 李 斌,徐丹丹,王志坚,等 (6704)

研究简报

北京奥林匹克森林公园绿地碳交换动态及其环境控制因子..... 陈文婧,李春义,何桂梅,等 (6712)

植被恢复对洪雅县近 15 年景观格局的影响 王 鹏,李贤伟,赵安玖,等 (6721)

高盐下条斑紫菜光合特性和 S-腺苷甲硫氨酸合成酶基因表达的变化 ... 周向红,易乐飞,徐军田,等 (6730)

学术信息与动态

生态系统服务研究进展——2013 年第 11 届国际生态学大会 (INTECOL Congress) 会议述评 房学宁,赵文武 (6736)

生态系统服务评估——2013 年第 6 届生态系统服务伙伴国际学术年会述评 巩 杰,岳天祥 (6741)

回顾过去,引领未来——2013 年第 5 届国际生态恢复学会大会 (SER 2013) 简介..... 彭少麟,陈宝明,周 婷 (6744)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-10



封面图说: 荒漠旱獭——旱獭属啮齿目、松鼠科、旱獭属,是松鼠科中体型最大的一种。旱獭多栖息于平原、山地和荒漠草原地带,集群穴居,挖掘能力甚强,洞道深而复杂,多挖在岩石坡和沟谷灌丛下,从洞中推出的大量沙石堆在洞口附近,形成旱獭丘。荒漠啮齿动物是荒漠生态系统的重要成分,农业开垦对功能相对脆弱的荒漠生态系统的干扰极大,往往导致栖息地破碎化,对动植物种产生强烈影响,啮齿动物受到开垦干扰后对环境的响应及其群落的生态对策,是荒漠生态系统生物多样性及其功能维持稳定的重要基础。

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/stxb201305121027

胡林林, 贾俊松, 毛端谦, 刘春燕. 基于 FAHP-TOPSIS 法的我国省域低碳发展水平评价. 生态学报, 2013, 33(20): 6652-6661.

Hu L L, Jia J S, Mao D Q, Liu C Y. Study on the levels' evaluation of provincial low-carbon development in China based on the FAHP-TOPSIS method. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(20): 6652-6661.

基于 FAHP-TOPSIS 法的我国省域低碳发展水平评价

胡林林^{1,2,3}, 贾俊松^{1,2,*}, 毛端谦^{1,3}, 刘春燕^{1,2}

(1. 江西师范大学 地理与环境学院, 南昌 330022;

2. 江西师范大学 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 南昌 330022; 3. 江西师范大学 研究生院, 南昌 330022)

摘要:在区分低碳经济与低碳发展的基础上,构建了一套低碳发展指标体系,并采用整合的 FAHP-TOPSIS 法对我国 30 个省区进行评价研究。结果表明:(1)该指标体系是实用且有效的,可以成功的用来评价一个区域的低碳发展水平。(2)整合的 FAHP-TOPSIS 法引入了模糊数集,能有效处理专家评估过程中的模糊性,评估结果也符合实际。(3)2003 年到 2008 年,上海低碳发展水平有所下降,下降率为 1.91%;其余各省区均在增长,浙江增长最大,北京增长最小,两者增长率分别为 29.73% 和 0.38%。(4)北京一直拥有相对最高的低碳发展水平,而辽宁和江西一直分别处于第 6 和 10 位。宁夏、青海、甘肃、贵州及河南则一直依次处于低碳发展水平的倒数前 5 位,且位次不变。最后,分析了评估结果的合理性及不确定性并提出了一些提高省域低碳发展水平的可行途径及未来可进一步研究的方向。

关键词:FAHP-TOPSIS; 低碳发展水平; 省域; 评价

Study on the levels' evaluation of provincial low-carbon development in China based on the FAHP-TOPSIS method

HU Linlin^{1,2,3}, JIA Junsong^{1,2,*}, MAO Duanqian^{1,3}, LIU Chunyan^{1,2}

1 School of geography and environment, Jiangxi normal university, Nanchang 330022, China

2 Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education, Jiangxi normal university, Nanchang 330022, China

3 School of graduate, Jiangxi normal university, Nanchang 330022, China

Abstract: Since the low-carbon economy (LCE) was, firstly, brought out by the Department of Trade and Industry (DTI) in UK in 2003, the issues related to the concept of low carbon (LC) have attracted more and more attentions at home and abroad. The low-carbon development (LCD) is one of the hottest issues in the academic circles. However, people remain to have some controversial viewpoints on this topic of LCD up to now. For example, some people think the LCD should guarantee the growth of Gross Domestic Product (GDP), but some others think the LCD could leave it out. Therefore, in this paper, the two concepts of LCE and LCD were, at the first step, distinguished based on some published literature. Then, according to the distinguished result above, the indicators' system for evaluating the LCD levels of different regions was constructed, which contains 5 second-layer's indicators and 10 third-layer's indicators. As the unavailability of data, some provinces were omitted, and there were 30 provinces altogether were taken into the numerical case. In the empirical research process, a two-step methodology of combining the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) with the Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method is proposed. The FAHP was, firstly, used to compute the indicators' weights of the 30 provinces' LCD levels, and then the TOPSIS method used these weights as its own input weights to complete the whole calculation process. The results show that: (1) the index system is a very practical and

基金项目:国家自然科学基金项目(41001383)、江西师范大学博士启动基金项目(4581)、中国博士后科学基金特别项目(201003158)

收稿日期:2013-05-12; **修订日期:**2013-08-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiaaniu@126.com

effective evaluation tool. It can successfully help people to evaluate the LCD level of a region. (2) The integrated FAHP-TOPSIS method can effectively deal with the fuzziness, which was coming from the process of expert's assessment, because the fuzzy number' set was drawn into it. The results acquired are reasonable and consistent with the reality, which further prove the reliability of the method itself. (3) From 2003 to 2008, the LCD level of Shanghai has a slightly decreasing change. The percentage of the decline is 1.91%. All the rest 29 provinces have the increasing trend. Among them, Zhejiang has the largest growth, and Beijing has the least growth. The increasing percentages of the two regions are 29.73% and 0.38%, respectively. (4) Overall, the top 10 provinces of the LCD level in 2003 are still in the top 10 positions in 2008. Among the ten, Beijing has always had the highest LCD level relatively, while Liaoning and Jiangxi have kept at the 6th and 10th positions, respectively, but the rankings of the other seven provinces are changed from 2003 to 2008. However, the LCD levels of Ningxia, Qinghai, Gansu, Guizhou and Henan have been successively in the reciprocal five positions, and their rankings are unchanged. Finally, the rationality and uncertainty of the results by using the FAHP-TOPSIS method were analyzed. Some feasible directions for future studies are put forward, and some preferable policy suggestions to improve the provincial LCD level were proposed. These advices contain: strengthen the transformation of energy-saving technology; increase the proportion of renewable-energy consumption; accelerate the construction of the new urbanization and the compact city; implement the system of carbon emissions' total amount control, quota allocation and trading; extend an existing reforestation program, and so on.

Key Words: FAHP-TOPSIS; LCD level; provinces; evaluation

自 2003 年英国首次提出低碳经济(LCE)概念以来^[1],与低碳有关的研究开始大量出现,并形成了诸多不同的方向,低碳发展(LCD)就是其中之一。LCE 是一种低消耗、低排放而高 GDP 输出的经济形态^[1],而 LCD 目前还没有国际统一的明确定义^[2-3]。另一方面,对 LCD 的研究多以某一单个省、市区为例,评价方法多为传统的方法^[4]。

据此,本文先深入分析 LCD 内涵,构建其指标体系,再以我国 30 个省区为例,采用整合的 FAHP-TOPSIS 法对其进行评价研究具有一定的创新意义,结果可供有关决策者参考。

1 数据与方法

1.1 数据来源

包括:1)终端能源消费量数据来自对应年份的《中国能源统计年鉴》,单位全部转化为标准煤。2)人口、城市化率及 GDP 数据则分别来自《中国人口统计年鉴》及《中国统计年鉴》。GDP 数据统一采用 2000 年不变价折算。3)人文发展指数数据来自联合国发展规划署的《中国人类发展报告 2009/10》及《中国人类发展报告 2005—追求公平的人类发展》。4)森林覆盖率数据来自《中国林业统计年鉴》。5)指标权重原始数据来自问卷调查表。6)CO₂排放数据来自文献^[5]。香港、澳门、台湾及西藏因数据缺乏被省略。

1.2 指标体系构建

Yuan 等^[6]认为 LCD 是在保证经济增长的前提下不断降低温室气体(如 CO₂)排放的一种发展模式。戴星翼^[7]认为 LCD 的最大阻力来自于对经济增长的过度追求,应摒弃 GDP 主义。Mulugetta 等^[2]认为 LCD 源于可持续发展,民众参与也极其重要。Guan 等^[3]认为有必要明确 LCD 概念并仔细解构它。综上,本文认为 LCD 不过于强调 GDP 增长,而是依据碳排放现状,分别从碳源、碳捕获及人文发展等角度对其进行调控,以促使其不断降低的一种可持续发展模式。

(1) 碳排放现状(CES)是反映一个区域是否处于 LCD 状态的最直观指标。用碳排放总量(TAM)、人均碳排放量(QPC)、能源强度(EIN)和碳排放强度(CIN)来表示它,人均碳排放量为碳排放总量的人均值,能源强度指单位 GDP 产出所消耗的能源量,碳排放强度指单位 GDP 产出所放出的 CO₂^[8]。上述 4 个指标值越大,越不符合 LCD 模式,即它们与 LCD 关系均为负。早在朱守先等^[9-10]研究国内 LCD 水平时,就选择 QPC、

碳生产率及碳能源排放系数这 3 指标,而碳生产率即为本文 CIN 倒数,碳能源排放系数是本文 EIN 与 CIN 两指标相比而得的一个指标,可见,朱的 3 个指标与本文这 4 个指标本质是一致的。之后,李福军^[11]、赵先超等^[12]及朱臻等^[13]延用了朱的指标,吴彼爱等^[4]则在朱的指标上加了一个地均碳排放量指标。

(2) 碳源控制水平 (CSCL) 指标组用非化石能源消耗占比 (PNF)、非煤炭能源消耗占比 (PNC) 以及可再生能源消耗占比 (PRE) 来表示。将 PNC 从 PNF 中分离出来作为一单独指标,是因为相对于等量单位的石油和天然气,煤炭有着最高的二氧化碳排放量^[8]。将 PRE 从 PNF 中分离出来是因为非化石能源与可再生能源不能完全等同。该组指标值越高,越符合 LCD 模式,即它们与 LCD 关系为正。

(3) 碳捕获能力 (CCC) 指吸收 CO₂ 的能力。碳捕获与存储 (CCS) 技术是 CCC 的一个方面。然而,目前 CCS 数据获取困难,故只采用森林覆盖率 (PFC) 反映该能力。区域 PFC 越高,其通过光合作用吸收 CO₂ 量就越多,就越符合 LCD 模式,即 PFC 与 LCD 关系为正。

(4) 人文发展水平用人文发展指数 (HDI) 表示,该指数由联合国开发计划署 (UNDP) 于 1990 年开始逐年发布^[14]。它由长寿水平 (预期寿命)、教育水平 (成人识字率) 和生活水平 (人均 GDP 对数) 三方面指标综合而成,该指标能揭示一个国家或区域社会整体的人文发展状况^[14]。范定祥等^[15]采用协整与格兰杰因果检验发现,从长期看,降低我国碳排放强度能够促进其人文发展,而我国人文发展反过来也能推动其碳排放强度的降低。而碳排放强度越低,低碳发展水平越高。可见,提高我国人文发展水平,最终能促进我国低碳发展水平的提高,即两者关系为正。

(5) 城市化水平 (UL) 用城市化率 (PUR) 来表示,它是指非农业人口占总人口的比例。Lehmann 认为一个紧凑的、交通便利的城市对于下降总体上的温室气体排放量有更大的潜力^[16]。这说明城市化率越高,越有潜力实现 LCD,即两者关系为正。赵红等^[17]用协整模型,刘华军等^[18]用面板模型分析了我国城市化对二氧化碳排放的影响,结果也均证明了两者的关系为正。值得说明的是,有学者将 LCE 与 LCD 混合起来,构建低碳经济 (发展) 指标体系^[19],这与本文有着本质区别。考虑到有学者主张 LCD 应摒弃 GDP 主义^[5],故本文未对该 GDP 指标及其结构做深入分析。综上所述,具体构建的 LCD 水平指标体系如表 1 所示。

表 1 低碳发展水平指标体系

Table 1 Indicators' system of the LCD level

二级 Second \layer	三级 Third-layer	关系 Relation
碳排放现状	碳排放总量 (TAM)	-
Carbon emission status (CES)	人均碳排放量 (QPC)	-
	能源强度 (EIN)	-
	碳排放强度 (CIN)	-
	非化石能源消耗占比 (PNF)	+
碳源控制水平	非煤炭能源消耗占比 (PNC)	+
	可再生能源消耗占比 (PRE)	+
	碳捕获能力指标 (PFC)	+
Carbon source's control level (CSCL)	碳捕获能力指标 (PFC)	+
碳捕获能力 Carbon capture capacity (CCC)	碳捕获能力指标 (PFC)	+
人文发展水平 Human development index (HDI)	人文发展指数 (HDI)	+
城市化水平 Urbanization level (UL)	城市化率 (PUR)	+

1.3 评价方法说明

本文 FAHP-TOPSIS 法是先在传统层次分析法 (AHP) 的基础上,引入模糊集理论 (Fuzzy set),形成模糊层次分析法 (FAHP),用 FAHP 法去综合不同专家的经验观点,从而形成指标体系的一个最终权重。然后,将该权重代入理想点模型 (TOPSIS) 中计算区域最终的 LCD 水平值。

1.3.1 FAHP

AHP 是一种可将不同来源的知识连接起来综合成一个有用的信息,并可根据该信息作决策的定量与定性相结合的方法^[20]。知识的来源可以是经验或工程信息等^[21]。当专家的经验知识综合成一个信息且该信

息通过一致性检验^[21]时,该信息可用。然而该方法不能完全反映人类思维方式^[22]。人类思维的模糊性是决策制定过程中普遍存在的一种特征。如果制定决策不考虑这些模糊性的话,那么所得结果可能会是错误的^[23]。

模糊数集理论能很好的考虑这些模糊性,因而可在一定程度上解决该问题^[24]。本文采用 1983 年由 Van Laarhoven 和 Pedrycz 所创立的三角模糊数,该模糊数的数学表达式如式(1)所示,对应的图形意义如图 1 所示^[25]。

$$\tilde{M} = \begin{cases} 0 & x < l \\ (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u \\ 0 & x > u \end{cases} \quad (1)$$

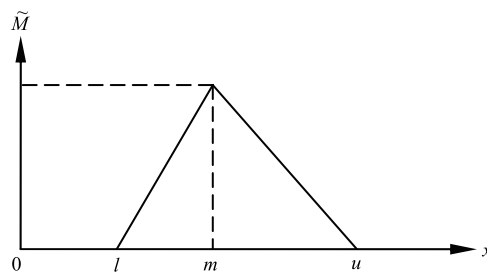


图 1 三角模糊数 $\tilde{M} = (l, m, u)$

Fig.1 Triangular fuzzy number $\tilde{M} = (l, m, u)$

用下列 4 种方法来求解三角模糊数集获得指标权重:(1)传统模糊程度值分析法,具体计算过程见文献^[23]。(2)乐观指数法,其通过式(2)获得模糊数程度值权重向量为:

$$I(\tilde{M}_i) = \frac{1}{2}\alpha(m_i + u_i) + \frac{1}{2}(1-\alpha)(l_i + m_i) = \frac{1}{2}[\alpha u_i + m_i + (1-\alpha)l_i] \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式(2)中, i 为评价指标编号, α 是一个乐观指数,变化区间在 $[0, 1]$ 。 α 值接近于 0, 表示决策制定者悲观,反之,近于 1 表决策者乐观。本文按一般做法^[26]将其值定为 0.5。最终,通过式(3),获得标准化权重向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_3)^T$:

$$w_i = I(\tilde{M}_i) / \sum_{k=1}^m I(\tilde{M}_k) \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

式(3)中, k 为专家数编号,后两种方法标准化向量的过程与之类似,故不再赘述。

(3)面心去模糊化法。对于一个凸模糊数 $\tilde{C}$, 按式(4)可以找出一个相应的实数 x^* 与该凸模糊数 $\tilde{C}$ 的面心相一致,据此可得权重向量为^[27]:

$$x_i^* = (\int \mu_{\tilde{C}}(x_i) x_i dx) / (\int \mu_{\tilde{C}}(x_i) dx) \quad (4)$$

(4) α 截角法。其计算公式为:

$$\alpha_{\text{Left}} = \alpha \times (m - l) + l \quad (5)$$

$$\alpha_{\text{Right}} = u - \alpha \times (u - m) \quad (6)$$

$$C_i = \lambda \times (\alpha_{\text{Right}})_i + (1-\lambda) \times (\alpha_{\text{Left}})_i \quad (7)$$

式中,这里 α 与上文 α 不同。根据 Pan 建议^[28], 这里 α 固定取值为 0.7, λ 固定取值为 0.8。 C_i 即为权重向量。上述 4 种方法计算得到的结果根据实际情况进行取舍,明显不符合实际的结果需舍弃。

1.3.2 TOPSIS

TOPSIS 由 Hwang 和 Yoon 于 1981 年首次提出^[29]。该方法认为一个函数的最优解应在最接近于正理想点并且最远离负理想点的那个点,其计算所得标准化决策矩阵 r_{ij} 与 FAHP 计算所得 LCD 水平指标权重 w_i 相乘,使得加权标准化决策矩阵 v_{ij} ^[30]:

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, l \quad (8)$$

式中, j 为评价对象编号。由 v_{ij} 计算正负理想点及每个评价对象离正负理想点之间的距离 D_j^+ 和 D_j^- , 根据这两个距离可计算相对联接度 CC_j^* ^[30], 该值即表示最终的 LCD 水平值,且介于 $[0, 1]$ 之间,该值越大,表示越符合 LCD 模式,具体公式为:

$$CC_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-}$$

(9)

2 结果与分析

2.1 指标权重

专家评估的口语化答案可分为极端、强烈、明显、稍微及同等重要几个级别以及它们中间的一些级别,如表 2 所示。首先把这些专家返回的口语化答卷,按照表 2 所示的模糊数转化规则转化为三角模糊数矩阵,再对这些三角模糊数矩阵逐一进行一致性检验^[31]。RI 为平均随机一致性指标,当 $n=1,2,\cdots,9$ 时,RI 分别为 0,0.058,0.090,1.12,1.24,1.32,1.41,1.45。CI 为检测出来的一致性值,CR 表示 CI 与 RI 的比值。只有 CR 小于 0.1 时,评价结果才可接受,即通过。通过了检验的答卷才被认为是有效答卷,否则是无效答卷,需舍弃^[31]。具体发放的问卷调查表有 103 份,被调查专家来自一些著名高校和科研院所,如北京大学、清华大学及中国科学院等,其中,收回的完整答卷有 81 份,而最后通过一致性检验并被认为是有效答卷的有 17 份。

表 2 口语化变量及其对应的三角模糊数
Table 2 Triangular fuzzy number of linguistic variables

口语化答案 Linguistic variables	三角模糊数 Triangular fuzzy numbers	三角模糊数倒数 Reciprocal triangular fuzzy numbers
极端重要 Absolutely more important	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)
强烈重要 Strongly more important	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
明显重要 Obviously more important	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
稍微重要 Slightly more important	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
同等重要 Equally important	(1,1,2)	(1/2,1,1)
中间答案 Intermediate	(7,8,9),(5,6,7), (3,4,5),(1,2,3)	(1/9,1/8,1/7),(1/7,1/6,1/5), (1/5,1/4,1/3),(1/3,1/2,1)

然后,对有效答卷的专家观点进行综合,综合后的结果需再次进行模糊一致性检验。以二级评价层为例,综合后的专家观点三角模糊数矩阵如表 3 所示,从该矩阵模糊一致性检验的结果可以看出,其 CR 值为 0.0034,小于 0.1,说明其通过了检验^[31],可用其继续进行下一步运算。

表 3 综合的专家观点三角模糊数矩阵(二级评价层)
Table 3 Integrated triangular fuzzy number' matrix of experts' opinion (second-layer)

	CES	CSCL	CCC	HDI	UL
CES	(1,1,1)	(0.125, 1.766, 8.000)	(0.125, 1.521, 8.000)	(0.125, 1.191, 8.000)	(0.125, 0.666, 6.000)
CSCL	(0.125, 0.566, 8.000)	(1,1,1)	(0.167, 0.730, 6.000)	(0.125, 0.599, 6.000)	(0.125, 0.364, 6.000)
CCC	(0.125, 0.657, 8.000)	(0.167, 1.370, 6.000)	(1,1,1)	(0.125, 0.643, 4.000)	(0.125, 0.411, 4.000)
HDI	(0.125, 0.840, 8.000)	(0.167, 1.670, 8.000)	(0.250, 1.555, 8.000)	(1,1,1)	(0.111, 0.471, 4.000)
UL	(0.167, 1.501, 8.000)	(0.167, 2.750, 8.000)	(0.250, 2.433, 8.000)	(0.250, 2.125, 9.000)	(1,1,1)

模糊一致性检验: CI=0.0038, RI=1.119, CR=0.0034<0.1

层次指标权重确定。采用 4 种方法计算指标体系各层级权重,第二层级权重结果如表 4 所示。从中可看出,传统程度值分析法的 CSCL 和 CCC 权重均为 0,这表明:碳源控制水平指标及碳捕获能力指标与 LCD 水平指标之间不存在关系,这是不符合事实的,故应舍弃。其余 3 种方法所得结果均可接受,取这 3 种结果的平均值,作为二级评价指标的最终权重,即表 4 第 6 列。

全局指标权重确定。以上过程所得的层次指标权重需要全部转化为全局权重。以 TAM 指标为例,它所在的三级层次权重为 0.309,而其所在的二级指标层 CES 所对应的层次权重为 0.233,因而,TAM 指标的全局权重可按以下方法计算得出:0.309×0.233=0.072。表 5 为所得全局指标权重结果。

2.2 低碳发展水平时间动态

将上述指标的全局权重结果代入 TOPSIS 模型,可获得各省市区的 LCD 水平结果(表 6)。从表 6 可以看

表 4 二级指标体系权重的 4 种结果比较与选择

Table 4 Comparison and selection to four kinds of the second-layer indicators' weights

	传统程度值分析法 Extent analysis method	乐观指数法 Index of optimism	面心去模糊化法 Defuzzification of area's center	α 截角法 α -cut method	均值 Mean value
CES	0.274	0.232	0.233	0.233	0.233
CSCL	0.000	0.123	0.121	0.120	0.121
CCC	0.000	0.144	0.142	0.141	0.142
HDI	0.165	0.202	0.202	0.201	0.202
UL	0.561	0.298	0.302	0.305	0.302

出,宁夏、青海、甘肃、贵州及河南 5 个省区一直处于 LCD 水平的倒数前 5 名。宁夏在最末位,2003 年的 LCD 水平值只有 0.226,2008 年增长到 0.236,增长量为 0.01,增长率为 4.38%(表 6)。河南、贵州、甘肃及青海在 2003 年的 LCD 水平值分别为 0.482、0.468、0.445 及 0.440,2008 年分别增长到 0.556、0.553、0.509 及 0.487,增长量分别为 0.074、0.085、0.065 及 0.047,增长率分别为 15.35%、18.13%、14.58% 及 10.78%(表 6),但仍然处于倒数第 5、4、3 及 2 位。

2003 年 LCD 水平前 10 名内省区在 2008 年排名仍处在前 10 名内,如北京、辽宁与江西在 2003 年及 2008 年的 LCD 水平排名均保持在顺数第 1、6 及 10 位(表 6),但其他 7 个省区(浙江、广东、福建、黑龙江、吉林、上海及天津)位次有所变化(表 6)。此外,其余 15 个省区的 LCD 水平的位次变化规律不明显(表 6)。

表 5 指标系统权重

Table 5 The weights of the indicators' system

指标缩写 Abbr. of indicators	层次权重 Layer's Weights	全局权重 Overall Weights
CES	0.233	
TAM	0.309	0.072
QPC	0.257	0.060
EIN	0.234	0.055
CIN	0.200	0.047
CSCL	0.121	
PNF	0.372	0.045
PNC	0.419	0.051
PRE	0.209	0.025
CCC	0.142	0.142
HDI	0.202	0.202
UL	0.302	0.302

表 6 各省区低碳发展水平结果和变化

Table 6 The LCD level's results and changes of the 30 Provinces

省市区 Provinces	2003	2008	增长量 Growth	增长率/% Growth rate	省市区 Provinces	2003	2008	增长量 Growth	增长率/% Growth rate
北京	0.743(1)	0.746(1)	0.003	0.38	陕西	0.524(19)	0.624(16)	0.100	19.03
浙江	0.575(9)	0.745(2)	0.171	29.73	云南	0.517(20)	0.622(17)	0.105	20.35
广东	0.689(2)	0.744(3)	0.055	7.91	四川	0.513(21)	0.612(18)	0.099	19.26
福建	0.603(8)	0.711(4)	0.109	18.01	安徽	0.505(24)	0.612(19)	0.107	21.14
黑龙江	0.679(4)	0.707(5)	0.029	4.22	江苏	0.549(11)	0.591(20)	0.042	7.64
辽宁	0.650(6)	0.696(6)	0.046	7.13	山东	0.529(17)	0.575(21)	0.046	8.67
吉林	0.662(5)	0.691(7)	0.029	4.35	内蒙古	0.542(13)	0.573(22)	0.031	5.80
上海	0.679(3)	0.666(8)	-0.013	-1.91	山西	0.496(25)	0.570(23)	0.074	14.99
天津	0.649(7)	0.666(9)	0.017	2.60	河北	0.508(23)	0.569(24)	0.061	12.07
江西	0.569(10)	0.664(10)	0.094	16.60	新疆	0.536(15)	0.556(25)	0.021	3.86
海南	0.529(18)	0.660(11)	0.131	24.78	河南	0.482(26)	0.556(26)	0.074	15.35
湖南	0.541(14)	0.654(12)	0.114	20.98	贵州	0.468(27)	0.553(27)	0.085	18.13
重庆	0.530(16)	0.641(13)	0.111	21.02	甘肃	0.445(28)	0.509(28)	0.065	14.58
广西	0.510(22)	0.633(14)	0.123	24.14	青海	0.440(29)	0.487(29)	0.047	10.78
湖北	0.546(12)	0.629(15)	0.083	15.11	宁夏	0.226(30)	0.236(30)	0.010	4.38

括号内的数字表示它们的 LCD 水平排序,黑体表示排序无变化,黑斜体表示它们的增长量和增长率表现极端

变化趋势与幅度方面:大体上,只有上海呈现稍微下降的趋势,下降约 0.013,下降率为 1.91%(表 6)。其余各省区的 LCD 水平都在增长,浙江增长量和增长率均最大,分别为 0.17 和 29.73%,因而浙江的 LCD 水平位次迅速从第 9 名上升到第 2 名(表 6)。北京的 LCD 水平增长量和增长率均最小,分别为 0.003 和 0.38%,几乎可以忽略,但由于北京在 2003 年的 LCD 水平本身就最高,因而其仍可在 2008 年保持第 1 名的位置(表 6)。

2.3 低碳发展水平空间动态

为分析方便,将 LCD 水平值小于 0.5 的阶段称为极低阶段,大于等于 0.5 并小于 0.6 的阶段称为低阶段,大于等于 0.6 并小于 0.7 的阶段称为中阶段,LCD 水平值大于等于 0.7 的阶段称为较高阶段,按此方法可将各省区 LCD 水平划分为 4 类,具体结果如图 2 所示。

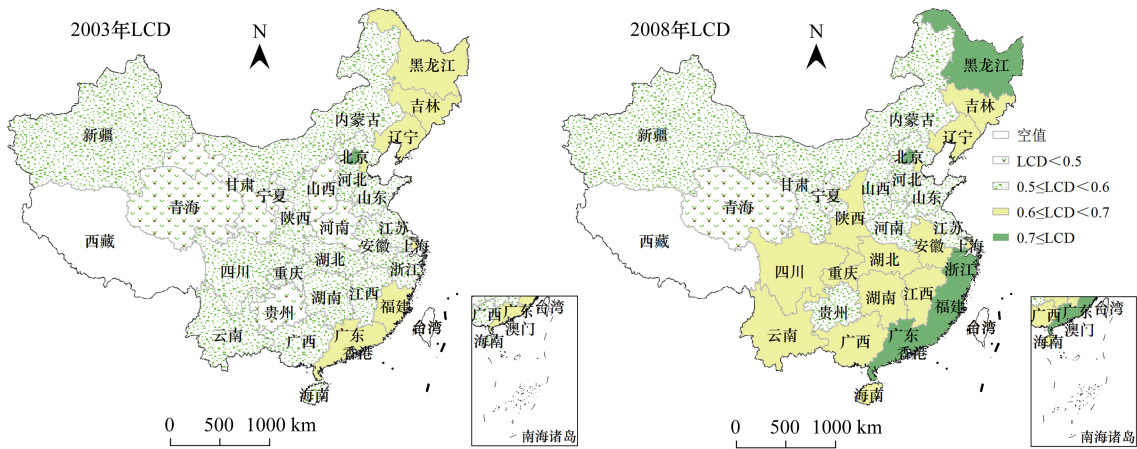


图 2 低碳发展水平空间动态变化(此图引自 <http://www.webmap.cn/mapDir.php>)
Fig.2 The spatial change of the LCD

从图 2 可看出,宁夏和青海的 LCD 水平值总是处于极低阶段,新疆、河北、内蒙古、山东与江苏总是处于低阶段,天津、上海、吉林与辽宁总是处于中阶段,而北京 LCD 水平总处于较高阶段。甘肃、山西、河南与贵州的 LCD 水平在 2003 年处于极低阶段,但到 2008 年有所增长而进入了低阶段。同样地,江西、海南、湖南、重庆、广西、湖北、陕西、云南、四川与安徽在 2003 年处于 LCD 水平的低阶段,但在 2008 年有所增长进入了中阶段;黑龙江、福建与广东在 2003 年处于 LCD 水平的中阶段,但在 2008 年有所增长进入了较高阶段;浙江由于增长量最大,由 2003 年的低阶段越过中级段直接进入 LCD 水平的较高阶段。

对比其中极其典型的几个区域(北京、青海、宁夏、浙江和上海,它们原始数据见表 7),可发现:本文评价结果是符合客观事实情况的,因而是合理的。如,北京 LCD 水平总最大,宁夏和青海 LCD 水平总是倒数第 1 和 2 位(表 6)。而从它们原始指标数据表 7 也可看出:北京 EIN 及 CIN 极低,在 0.5—1.4 之间;而宁夏和青海的 EIN 及 CIN 则很高,分别在 3—10 及 7—33 之间(表 7)。这表明北京能源消费效率较高,能源利用技术水平相对更节能,因而更符合 LCD 模式。其次,北京森林覆盖率(PFC)及城市化率(PUR)分别在 18%—22%及 72%—85%之间,远高于宁夏和青海的 PFC 及 PUR(表 7),而这两个指标值越高,表明区域越符合 LCD 模式。还有,北京可再生能源占比(PRE)及人文发展水平(HDI)也比宁夏和青海的值更高(表 7),这进一步表明北京更符合 LCD 模式。可见,指标原始数据反映出的实际结果与本文评价结果一致,不同的是评价结果更精确。

再如,浙江的 LCD 水平增长最快而北京最慢。而从原始数据表 7 也可很容易地看出他们增长的快慢:浙江的碳排放总量(TAM)及人均碳排放量(QPC)虽然从 2003 年到 2008 年有所增长,但由于其经济增速更快,使得其能源强度(EIN)和碳强度(CIN)反而有所下降,这前 4 个指标对提升浙江的 LCD 水平具有相互抵消的

作用。这一点,北京与浙江类似(表 7)。而后 6 个指标两区增长程度则不同,浙江可再生能源占比(PRE)及城市化率(PUR)分别从 2003 年的 0.015 及 25.43%增长到 2008 年的 0.034 及 57.60%,增长达 2.267 与 2.265 倍;而北京后 6 个指标的增长均不大。

表 7 典型省区原始指标数据

Table 7 The original indicators' data of representative Provinces

省市区年份 Provinces Years		TAM/ ($\times 10^{12}$ t CO ₂)	QPC/ (万 t/人)	EIN/ (t 标煤/ 万元)	CIN/ (tCO ₂ / 元)	PNF/ (100%)	PNC/ (100%)	PRE/ (100%)	CCC (PFC)/%	HDI	UL/% (PUR)
北京	2003	0.698	6.050	0.675	1.390	0.440	0.729	0.090	18.930	0.882	72.230
	2008	0.830	4.895	0.532	0.791	0.449	0.697	0.082	21.260	0.891	84.900
青海	2003	0.182	3.705	9.907	4.672	0.465	0.621	0.065	0.430	0.684	29.220
	2008	0.331	5.975	7.341	3.445	0.464	0.614	0.056	4.400	0.720	40.860
宁夏	2003	0.595	10.262	32.077	13.369	0.530	0.821	0.013	2.200	0.712	34.210
	2008	0.802	12.992	22.727	7.305	0.544	0.837	0.010	6.080	0.766	44.980
浙江	2003	1.540	3.384	0.288	1.587	0.321	0.467	0.015	50.800	0.817	25.430
	2008	2.922	5.707	0.151	1.360	0.560	0.683	0.034	54.410	0.841	57.600
上海	2003	1.245	9.281	0.776	1.860	0.410	0.477	0.0003	3.660	0.909	77.610
	2008	1.672	8.854	0.475	1.221	0.415	0.521	0.022	3.170	0.908	88.600

上述这些对结果的分析表明,采用本文方法进行 LCD 评价所得的结果是符合实际且合理的。表 7 最后显示上海碳排放总量有所增加且森林覆盖率有所降低,而其也是唯一 LCD 水平有所下降的区域,这也是符合实际情况的,因为一个区域的碳排放总量增加必然导致其 LCD 水平下降的,同样,森林覆盖率降低,吸收 CO₂ 的能力变弱,也必然导致其 LCD 水平下降。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1) 本文构建的 LCD 水平评价指标系统,其中,包含 5 个二级指标和 10 个三级指标,是一套非常实用有效且可靠的分析工具,可以成功地帮助人们分析区域 LCD 状态。

(2) 整合的 FAHP-TOPSIS 法是在 AHP 的基础上,引入模糊数集理论,形成 FAHP 法,再将 FAHP 法与 TOPSIS 法连接起来使用而形成,该方法能有效处理专家评估时的模糊性,因而具有一定的优越性和更强的适用性。对结果的分析也证明了该方法评估结果的合理性。因而该方法值得推广。

(3) 2003 年到 2008 年,上海 LCD 水平有所下降,下降率为 1.91%;其余各省区均在增长,浙江增长最大,北京增长最小,两者增长率分别为 29.73% 和 0.38%。

(4) 北京一直拥有相对最高的 LCD 水平,而辽宁和江西一直分别处于第 6 和 10 位。总体上来讲,2003 年 LCD 水平排在前 10 位的省区在 2008 年也在前 10 位,只是除上述的北京、辽宁和江西 3 省区位次保持不变外,其余 7 省区(浙江、广东、福建、黑龙江、吉林、上海及天津)的位次有所变动。而宁夏、青海、甘肃、贵州及河南的 LCD 水平一直处于倒数第 1、2、3、4 及 5 位,且位次不变。剩余 15 省区的 LCD 水平的变化规律不明显。

3.2 讨论

“北京 LCD 水平高而宁夏低”与“北京能源消费效率、森林覆盖率、城市化率及可再生能源占比等指标高于宁夏的事实”是一致的,表明要提高区域的 LCD 水平,有必要:第一、制定相关节能技术改造的机制和措施,加强措施的执行力度,从而提高区域能耗效率;第二、继续加强植树造林,提高区域森林覆盖率;第三、积极响应国家“十二五”相关规划的号召,建设紧凑型城市及布局科学合理新型城镇,进而提高城镇化率;第四、充分开发利用区域的可再生能源,如风能、太阳能、地热能、小水电能、生物质能及垃圾利用发电,等。“上海 LCD 水平有所下降”与“上海碳排放总量有所增加的事实”也是一致的,表明:要提高区域 LCD 水平,还需实

行碳排放总量控制及各省区配额分配与交易等制度,以从市场经济角度减少能耗的浪费,降低碳排放。

值得说明的是,按 0.5、0.6 及 0.7 划分的各省区 LCD 水平所处的阶段是相对的,如,北京 LCD 水平处于较高阶段,并不表明北京发展模式已属于 LCD 模式,而是仅仅表明相对其他省区来讲,其更符合 LCD 模式。事实上,我国各省区发展均需积极向 LCD 模式转型。其次,尽管有研究表明城市化水平与 LCD 水平关系为正^[12-13],但它们之间也可能存在非线性关系或因阶段变化而出现正负交替变化的关系;尽管有研究认为 LCD 应摒弃 GDP 主义^[5],但 GDP 结构也可能在一定程度上反映 LCD 状况,而本文未对其考虑;尽管有研究认为我国人文发展水平与 LCD 水平关系为正^[15],但两者关系可能会因发展阶段变化而变化。所有这些都会对本文结论带来不确定性(偏差),这需要在以后的研究中加以改进,如引入 GDP 结构指标,考虑指标间的非线性关系、指标关系的阶段变化性等。第三,碳捕获能力(CCC)指标中,只考虑了森林覆盖率(PFC)指标,而忽视了灌木林、草地等植被的碳捕集能力及区域 CCS 等技术应用情况;其他因素(如工业技术等)也可能影响碳排放及 LCD,而本文未对其进行考虑。所有这些也都会对本文结论带来不确定性(偏差),因而,在未来的研究中应选择合适的指标反映它们,只要这些指标的数据可获得,就可把它们引入进来完善本研究。第四,问卷调查时,经检验有效答卷 17 份,数量有些偏少,这一定程度上会增加本文结果的不确定性(偏差),削减结论的合理性,因而,将来应从更大范围内选择更多的专家,获取更多的有效答卷来弥补该不足。

References:

- [1] Department of Trade and Industry (DTI). Energy White Paper: Our Energy Future-Creating a Low Carbon Economy. London: DTI, 2003.
- [2] Mulugetta Y, Urban F. Deliberating on low carbon development. *Energy Policy*, 2010, 38(12): 7546-7549.
- [3] Guan D, Barker T. Low-carbon development in the least developed region: a case study of Guangyuan, Sichuan province, southwest China. *Natural Hazards*, 2012, 62(2): 243-254.
- [4] Wu B A, Gao J H. On levels of low-carbon development and potentials of six provinces of central China. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2010, 19(2): 14-19.
- [5] Lei M, Guo J, Chai J, Zhang Z K. China's regional CO₂ emissions: Characteristics, inter-regional transfer and emission reduction policies. *Energy Policy*, 2011, 39: 6136-6144.
- [6] Yuan H, Zhou P, Zhou D Q. What is low-carbon development? A conceptual analysis. *Energy Procedia*, 2011, 5: 1706-1712.
- [7] Dai X J. Low-carbon development: position of international metropolis: a case study of Shanghai. *Exploration and Free Views*, 2011, (6): 57-60.
- [8] Fu J F, Zhuang G Y, Gao Q X. Conceptual identification and evaluation index system for low carbon economy. *China Population Resources and Environment*, 2010, 20(8): 38-43.
- [9] Zhu S X. On levels of urban low carbon economy and analysis of the potentials. *China Opening Herald*, 2009, (4): 10-13.
- [10] Zhu S X. A comparison of the low carbon growth amongst countries. *China Opening Herald*, 2010, (6): 44-47.
- [11] Li F J, Zhong C C. Analysis of low carbon development (LCD) level and the potential in Heilongjiang, China. *Heilongjiang Finance*, 2010, (5): 23-25.
- [12] Zhao X C, Zhou Y Y, Lu P. An empirical research on urban low-carbon development and carbon emissions of key areas—Tianjin-based case analysis. *Journal of Hunan University of Technology*, 2011, 25(4): 81-85.
- [13] Zhu Z, Huang M, Shen Y Q. Analysis on measure and comparison of low carbon level in Zhejiang. *Ecological Economy*, 2011, (2): 29-33.
- [14] Pan J H. A conceptual framework for understanding Human Development potential-With empirical analysis of global demand for carbon emissions. *Social Sciences in China*, 2002, 10(6): 15-26.
- [15] Fan D X, OU S H. Carbon Intensity Control and Human Development: Based on an Empirical Analysis of China. *Ecological Economy*, 2012, (2): 63-66.
- [16] Lehmann S. Low-to-no carbon city: Lessons from western urban projects for the rapid transformation of Shanghai. *Habitat International*, 2013, 37: 61-69.
- [17] Zhao H, Chen Y M. Research on relationship between urbanization process and carbon emission reduction in China. *China Soft Science*, 2013, 27(3): 184-192.
- [18] Liu H J. The influence of urbanization on carbon dioxide emissions: An empirical evidence from China. *Shanghai Journal of Economics*, 2012, (5): 24-35.
- [19] Zhu Y Z, Zhou S H, Yuan N Y. To develop low carbon economy for slowing down climate change-Low carbon economy and its evaluation index.

China's National Conditions and Strength, 2009, (12):4-6.

- [20] Saaty T L. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill, 1980.
- [21] Saaty T L, Vargas L G. The analytic hierarchy process series. University of Pittsburgh, 1990.
- [22] Kahraman C, Cebeci U, Ulukan Z. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. Logistics Information Management, 2003, 16(6): 382-394.
- [23] Naghadehi M Z, Mikaeil R, Ataei M. The application of fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to selection of optimum underground mining method for Jajarm Bauxite Mine, Iran. Expert Systems with Applications, 2009, 36(5): 8218-8226.
- [24] Ertugrul I, Tus A. Interactive fuzzy linear programming and an application sample at a textile firm. Fuzzy Optimization and Decision Making, 2007, 6: 29-49.
- [25] van Laarhoven P J M, Pedrcyz W. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy Sets and Systems, 1983, 11: 229-241.
- [26] Sen C G, Cinar G. Evaluation and pre-allocation of operators with multiple skills: A combined fuzzy AHP and max-min approach. Expert Systems with Applications, 2010, 37(3): 2043-2053.
- [27] Vahidnia M H, Alesheikh A A, Alimohammadi A. Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. Journal of Environmental Management, 2009, 90: 3048-3056.
- [28] Pan N F. Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method. Automation in Construction, 2008, 17: 958-965.
- [29] Hwang C L, Yoon K. Multiple attribute decision making—Methods and applications. Heidelberg: Springer-Verlag, 1981.
- [30] Gumus A T. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. Expert Systems with Applications, 2009, 36(2): 4067-4074.
- [31] Lin H F. An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality. Computers & Education, 2010, 54(4): 877-888.

参考文献:

- [4] 吴彼爱, 高建华. 中部六省低碳发展水平测度及发展潜力分析. 长江流域资源与环境, 2010, 19(2): 14-19.
- [7] 戴星翼. 低碳发展: 国际大都市的定位——以上海为例. 探索与争鸣, 2011, (6): 57-60.
- [8] 付加锋, 庄贵阳, 高庆先. 低碳经济的概念辨识及评价指标体系构建. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(8): 38-43.
- [9] 朱守先. 城市低碳发展水平及潜力比较分析. 开放导报, 2009, (4): 10-13.
- [10] 朱守先. 世界各国低碳发展水平比较分析. 开放导报, 2010, (6): 44-47.
- [11] 李福军, 钟成春. 黑龙江省低碳发展水平及潜力分析. 黑龙江金融, 2010, (5): 23-25.
- [12] 赵先超, 周跃云, 芦鹏. 城市低碳发展水平及关键领域碳排放实证研究——基于天津市的案例分析. 湖南工业大学学报, 2011, 25(4): 81-85.
- [13] 朱臻, 黄敏, 沈月琴. 浙江省低碳发展水平测度和比较分析. 生态经济, 2011, (2): 29-33.
- [14] 潘家华. 人文发展分析的概念构架与经验数据——以对碳排放空间的需求为例. 中国社会科学, 2002, 18(6): 15-26.
- [15] 范定祥, 欧绍华. 碳排放强度控制与人文发展: 基于中国的实证分析. 生态经济, 2012, (2): 63-66.
- [17] 赵红, 陈雨蒙. 我国城市化进程与减少碳排放的关系研究. 中国软科学, 2013, 27(3): 184-192.
- [18] 刘华军. 城市化对二氧化碳排放的影响. 上海经济研究, 2012, (5): 24-35.
- [19] 朱有志, 周少华, 袁男优. 发展低碳经济, 应对气候变化——低碳经济及其评价指标. 中国国情国力, 2009, (12): 4-6.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.20 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Spatial variability of small and medium scales' resource abundance of *Ommastrephes bartramii* in Northwest Pacific YANG Mingxia, CHEN Xinjun, FENG Yongjiu, et al (6427)
- The effect of moisture and temperature on soil C mineralization in wetland and steppe of the Zoige region, China WANG Dan, LV Yuliang, XU Li, et al (6436)
- Response and population bionomic strategies of desert rodent communities towards disturbance of cultivation YUAN Shuai, FU Heping, WU Xiaodong, et al (6444)
- Effects of Bt-cotton on *Propylea japonica*, an Enemy Insect of *Bemisia tabaci* (Gennadius) ZHOU Fucui, GU Aixiang, YANG Yizhong, et al (6455)
- Research progress in the ecological effects of micro-landform modification WEI Wei, YU Yun, JIA Fuyan, et al (6462)

Autecology & Fundamentals

- A multi-scale feeding habitat selection of Red-crowned crane during spring migration at the Shuangtaihekou Nature Reserve, Liaoning Province, China WU Qingming, ZOU Hongfei, JIN Hongyang, et al (6470)
- Surface pollen research of Nanshan region, Shihezi City in Xinjiang ZHANG Hui, ZHANG Yun, YANG Zhenjing, et al (6478)
- Dynamics of leaf carbon, nitrogen and phosphorus of two dominant species in a Poyang Lake wetland ZHENG Yanming, YAO Bo, WU Qin, et al (6488)
- Estimation of forest aboveground biomass using high spatial resolution remote sensing imagery HUANG Jinlong, JU Weimin, ZHENG Guang, et al (6497)
- Cost-benefits of the clonal integration of *Cynodon dactylon*, a stolon herbaceous plant, under heterogeneous lighting condition TAO Yingshi, HONG Shengchun, LIAO Yongmei, et al (6509)
- Biological cycling of *Koeleria paniculata* plantation microelements in Xiangtan Manganese Mine wasteland LUO Zhaohui, TIAN Dalun, TIAN Hongdeng, et al (6517)
- Effects of ectomycorrhizal fungi (*tinctorius* (Pers.) Coker & Couch) on the biomass of masson pine (*Pinus massoniana*) seedlings under simulated acid rain CHEN Zhan, WANG Lin, SHANG He (6526)
- Effects of biochar on selected soil chemical properties and on wheat and millet yield CHEN Xinxiang, HE Xusheng, GENG Zengchao, et al (6534)
- Source of variation of plant functional traits in the Yanhe river watershed: the influence of environment and phylogenetic background ZHANG Li, WEN Zhongming, MIAO Lianpeng (6543)
- The general biology and experimental population life table about *Asynacta ambrostomae* WANG Xiumei, ZANG Liansheng, LIN Baoqing, et al (6553)
- Effect of several ecological factors on embryonic development of *Sepia lycidas* PENG Ruibing, JIANG Xiamin, YU Shuguang, et al (6560)

Population, Community and Ecosystem

- The thinning regular of the the shrubbery at Tongguling National Nature Reserve on Hainan Island, China ZHOU Wei, LONG Cheng, YANG Xiaobo, et al (6569)
- The cause of grassland degradation in Golog Tibetan Autonomous Prefecture in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai Province ZHAO Zhiping, WU Xiaopu, LI Guo, et al (6577)
- Effects of simulated nitrogen deposition on substrate quality of litterfall in a *Pleioblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (6587)
- Phytoplankton community structure based on pigment composition in Qinzhou bay during average water period LAN Wenlu, LI Mingmin, LI Tianshen (6595)
- Functional trait-based evaluation of plant fireproofing capability for subtropical evergreen broad-leaved woody plants LI Xiupeng, YANG Xiaodong, YU Shuquan, et al (6604)
- Interspecific associations between *Parus major* and other bird communities in Beijing Xishan region DONG Daying, FAN Zhongji, LI Zhaxijie, et al (6614)

- Feasibility analysis of passive integrated transponders in population ecology studies of Siberian chipmunk
..... YANG Hui, MA Jianzhang, RONG Ke (6634)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Dynamic variation of water deficit of winter wheat and its possible climatic factors in Northern China
..... LIU Qin, MEI Xurong, YAN Changrong, et al (6643)
- Study on the levels' evaluation of provincial low-carbon development in China based on the FAHP-TOPSIS method
..... HU Linlin, JIA Junsong, MAO Duanqian, et al (6652)
- An investigation of the safety threshold of a floodplain wetland: a case study of the Er-Ka Nature Reserve, China
..... HU Chunming, LIU Ping, ZHANG Litian, et al (6662)
- Application of le bissonnais method to study soil aggregate stability under different vegetaion on the loess plateau
..... LIU Lei, AN Shaoshan, Huang Huawei (6670)
- Analysis of vegetation and soil degradation characteristics under different human disturbance in lakeside wetland, Napahai
..... TANG Mingyan, YANG Yongxing (6681)

Resource and Industrial Ecology

- Changes of land surface temperature and its response to urbanization under the extreme high-temperature background in recent
ten years of Beijing LI Xiaomeng, SUN Yonghua, MENG Dan, et al (6694)
- Stable isotope (^{13}C and ^{15}N) analysis of fish food web of the Xiaojiang Bay in Three Gorges Reservoir
..... LI Bin, XU Dandan, WANG Zhijian, et al (6704)

Research Notes

- Dynamics of CO_2 exchange and its environmental controls in an urban green-land ecosystem in Beijing Olympic Forest Park
..... CHEN Wenjing, LI Chunyi, HE Guimei, et al (6712)
- Effects of vegetation restoration on landscape pattern of Hongya Country in recent 15 years
..... WANG Peng, LI Xianwei, ZHAO Anjiu, et al (6721)
- Photosynthetic characteristics and SAMS gene expression in the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda under high salinity
..... ZHOU Xianghong, YI Lefei, XU Juntian, et al (6730)

《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,探索生态学奥秘,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

本期责任副主编 宋金明

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 20 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 20 (October, 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

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元