

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

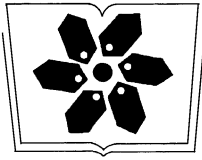
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第14期 Vol.33 No.14 **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 14 期 2013 年 7 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

石鸡属鸟类研究现状..... 宋 森,刘迺发 (4215)

个体与基础生态

不同降水及氮添加对浙江古田山 4 种树木幼苗光合生理生态特征与生物量的影响.....
..... 闫 慧,吴 茜,丁 佳,等 (4226)

低温胁迫时间对 4 种幼苗生理生化及光合特性的影响..... 邵怡若,许建新,薛 立,等 (4237)

不同施氮处理玉米根茬在土壤中矿化分解特性..... 蔡 苗,董燕婕,李佰军,等 (4248)

不同生育期花生渗透调节物质含量和抗氧化酶活性对土壤水分的响应.....
..... 张智猛,宋文武,丁 红,等 (4257)

天山中部天山云杉林土壤种子库年际变化..... 李华东,潘存德,王 兵,等 (4266)

不同作物两苗同穴互作育苗的生理生态效应..... 李伶俐,郭红霞,黄耿华,等 (4278)

镁、锰、活性炭和石灰及其交互作用对小麦镉吸收的影响..... 周相玉,冯文强,秦鱼生,等 (4289)

CO₂ 浓度升高对毛竹器官矿质离子吸收、运输和分配的影响 庄明浩,陈双林,李迎春,等 (4297)

pH 值和 Fe、Cd 处理对水稻根际及根表 Fe、Cd 吸附行为的影响 刘丹青,陈 雪,杨亚洲,等 (4306)

弱光胁迫对不同耐荫型玉米果穗发育及内源激素含量的影响..... 周卫霞,李潮海,刘天学,等 (4315)

玉米花生间作对玉米光合特性及产量形成的影响..... 焦念元,宁堂原,杨萌珂,等 (4324)

不同林龄胡杨克隆繁殖根系分布特征及其构型..... 黄晶晶,井家林,曹德昌,等 (4331)

植被年际变化对蒸散发影响的模拟研究..... 陈 浩,曾晓东 (4343)

蝇蛹金小蜂的交配行为及雄蜂交配次数对雌蜂繁殖的影响..... 孙 芳,陈中正,段毕升,等 (4354)

西藏飞蝗虫粪粗提物的成分分析及其活性测定..... 王海建,李彝利,李 庆,等 (4361)

不同水稻品种对稻纵卷叶螟生长发育、存活、生殖及飞行能力的影响..... 李 霞,徐秀秀,韩兰芝,等 (4370)

种群、群落和生态系统

基于 *mtCOII* 基因对山东省越冬代亚洲玉米螟不同种群的遗传结构分析
..... 李丽莉,于 毅,国 栋,等 (4377)

太湖湿地昆虫群落结构及多样性..... 韩争伟,马 玲,曹传旺,等 (4387)

西江下游浮游植物群落周年变化模式..... 王 超,赖子尼,李新辉,等 (4398)

环境和扩散对草地群落构建的影响..... 王 丹,王孝安,郭 华,等 (4409)

黄土高原不同侵蚀类型区生物结皮中蓝藻的多样性..... 杨丽娜,赵允格,明 姣,等 (4416)

景观、区域和全球生态

基于景观安全格局的建设用地管制分区..... 王思易,欧名豪 (4425)

黑河中游湿地景观破碎化过程及其驱动力分析..... 赵锐锋,姜朋辉,赵海莉,等 (4436)

2000—2010 年青海湖流域草地退化状况时空分析 骆成凤,许长军,游浩妍,等 (4450)

基于“源”“汇”景观指数的定西关川河流域土壤水蚀研究 李海防,卫 伟,陈 瑾,等 (4460)

农业景观格局与麦蚜密度对其初寄生蜂与重寄生蜂种群及寄生率的影响 ... 关晓庆,刘军和,赵紫华 (4468)

CO₂ 浓度和降水协同作用对短花针茅生长的影响..... 石耀辉,周广胜,蒋延玲,等 (4478)

资源与产业生态

城市土地利用的生态服务功效评价方法——以常州市为例..... 阳文锐,李 锋,王如松,等 (4486)

城市居民食物磷素消费变化及其环境负荷——以厦门市为例..... 王慧娜,赵小锋,唐立娜,等 (4495)

研究简报

间套作种植提升农田生态系统服务功能..... 苏本营,陈圣宾,李永庚,等 (4505)

矿区生态产业评价指标体系 王广成,王欢欢,谭玲玲 (4515)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 308 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-07



封面图说: 古田山常绿阔叶林景观——亚热带常绿阔叶林是我国独特的植被类型,生物多样性仅次于热带雨林。古田山地处中亚热带东部,浙、赣、皖三省交界处,由于其特殊复杂的地理环境位置,分布着典型的中亚热带常绿阔叶林,是生物繁衍栖息的理想场所,生物多样性十分突出。中国科学院在这里建立了古田山森林生物多样性与气候变化研究站,主要定位于研究和探索中国亚热带森林植物群落物种共存机制,阐释生物多样性对森林生态系统功能的影响,以及监测气候变化对于亚热带森林及其碳库和碳通量的影响。

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/stxb201204170550

王广成,王欢欢,谭玲玲. 矿区生态产业评价指标体系. 生态学报, 2013, 33(14): 4515-4521.

Wang G C, Wang H H, Tan L L. Assessment indicator system of eco-industry in mining area. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(14): 4515-4521.

矿区生态产业评价指标体系

王广成^{1,*}, 王欢欢^{2,3}, 谭玲玲⁴

(1. 山东工商学院研究生处, 烟台 264005; 2. 山东师范大学管理科学与工程学院, 济南 250014;

3. 山东工商学院管理科学与工程学院, 烟台 264005; 4. 山东工商学院经济学院, 烟台 264005)

摘要: 论述了煤炭矿区生态产业评价指标体系设置的理论依据, 针对煤炭矿区生态产业链的特点和发展模式, 从自然资源、经济效益、环境效益和社会效益四个角度出发选择筛选指标, 构建了煤炭矿区生态产业评价指标体系。建立了模糊综合评价模型, 探讨了运用层次分析法并通过熵值法修正的确定评价指标权重的新方法, 构建了各因素指标的模糊隶属度函数。应用龙口矿区 2010 年的指标数据对所建模型和方法进行检验, 对龙口矿区生态产业发展及生态产业链延伸提出了具体建议。

关键词: 煤炭矿区; 生态产业链; 评价指标; 评价模型

Assessment indicator system of eco-industry in mining area

WANG Guangcheng^{1,*}, WANG Huanhuan^{2,3}, TAN Lingling⁴

1 Branch of Graduate student., Shandong Institute of Business and Technology, Yantai, Shandong 264005, China

2 College of Management Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250014, China

3 College of Management Science and Engineering, Shandong Institute of Business and Technology, Yantai, Shandong 264005, China

4 College of Economic, Shandong Institute of Business and Technology, Yantai, Shandong 264005, China

Abstract: This paper discusses the theoretical basis for the assessment indicator system of eco-industry in coal mining area. Based on characteristics and development model of eco-industrial chain, the indicators from natural resources, economic, and environmental benefits and social benefits are investigated, and the assessment indicator system of eco-industry in coal mining area is described. The fuzzy synthetic judgment model for eco-industry assessment is given, and new methods of determining indicator weight by Analytical Hierarchy Process (AHP) and modified by Entropy technology is studied. In addition, fuzzy membership functions of indicators are presented. These models and methods are tested using 2010 indicator data from the Longkou Mining Area. Consequently, specific suggestions to the development of eco-industry in the Longkou Mining Area and the extension of eco-industrial chain are achieved.

Key Words: coal mining area; ecological industry chain; assessment indicator; assessment model

矿区在形成和发展过程中,存在着大量尖锐复杂的资源、生态环境、经济和社会问题。传统的矿区产业结构单一,产业发展对资源具有过大的依赖性,采掘业和原材料工业比重大,加工工业和第三产业比重低。如何充分综合利用矿产资源、减少生态环境污染与破坏、延长资源开发的产业链,从而构建矿区开发的生态产业链,是矿区生态产业发展有待解决的核心问题。全面客观评价矿区生态产业的状态,为生态产业链的延伸与发展提供决策参考与智力支持,对我国矿产资源的合理开发利用乃至全国的经济和社会发展都具有重要

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70973069); 山东省自然科学基金项目(ZR2009HL008)

收稿日期: 2012-04-17; **修订日期:** 2012-11-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gcwang658@yahoo.com.cn

意义。

近几年,生态产业发展与生态产业园区建设已成为国内外学者探讨的热点问题,取得了相关成果^[1-4]。文献^[5]提出了生态工业园区评价指标体系框架,包括经济指标、生态环境指标、生态网络指标和管理指标。袁增伟等从产业经济、社会和环境效益最大化的角度建立了基于层次分析法的生态产业评价指标体系,一级评价因子包括经济效益指标、环境效益指标、社会效益指标^[6]。国内学者对矿区生态系统健康、环境质量评价指标体系也进行了研究^[7-8]。目前针对煤炭矿区生态产业评价相关研究成果尚未见发表,上述研究成果为此项研究奠定了基础。

煤炭矿区主要产业链模式可概括为三种:煤-电产业链模式、煤-焦产业链模式和煤-化工产业链模式;煤系伴生资源高岭土、煤矸石、矿井水、煤层气、泥煤、粉煤灰等综合利用有多种模式;这些是进行矿区生态产业评价体系研究的现实基础。本文运用产业生态学、循环经济理论、生态与环境管理学等基本理论,构建了矿区生态产业链评价指标体系;建立了生态产业评价模型与方法,选择山东龙口矿区为研究对象进行了实证研究,提出了矿区生态产业发展的相关建议。

1 矿区生态产业评价指标体系的构建

1.1 评价指标体系的建立

构建生态产业评价指标体系,遵循科学性和可比性、可操作性、定性指标和定量指标相结合及“3R”即减量化、再利用、再循环等原则。本文将矿区生态产业发展水平作为评价体系的目标层,分别从自然资源、经济效益、环境效益、社会效益四个方面,通过理论分析法和专家咨询法来设置和筛选指标,构建了包括目标层、准则层、指标层和子指标层的评价指标体系框架。如图1所示。

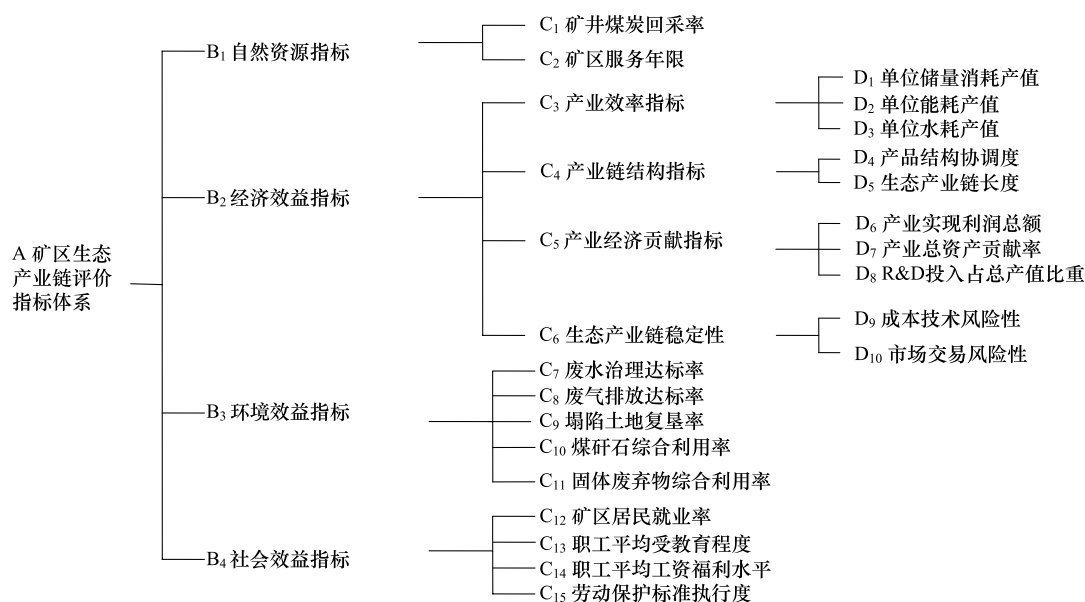


图1 矿区生态产业评价指标体系

Fig. 1 Assessment indicator system of eco-industries

1.2 具体指标的选取

遵循指标选取的理论依据和指标体系建立的原则,结合煤炭矿区生态产业链的特征、结构和发展模式,从资源、环境、经济、社会四个方面考虑,选取指标。

1.2.1 自然资源指标

煤炭是不可再生资源,煤炭矿区的建立是以煤炭资源的开发利用为主要目的的,煤炭资源储量大小反映了矿区服务年限的长短。在煤炭的开发过程中,对资源的合理利用和保护,是矿区可持续发展的重要条件。根据科学性原则,设立煤炭资源储量指标,用来反映矿区煤炭资源的保有状况以及矿区的自我供给能力;煤炭

储量越大,服务年限越长,有利于生态产业的健康持续发展,因而设置矿区服务年限作为评价指标之一。储量和产量一定时,矿井煤炭回采率越高,矿区服务年限越长,越有利于生态产业发展。因此,选择矿井回采率作为资源利用效率的评价指标之一。

1.2.2 经济效益指标

矿区生态产业链的稳定性,对煤炭矿区能否在一定的资源约束下合理组织生产诸要素,顺利进行经济生产,实现煤炭矿区的经济效益具有重要的影响。产业效率指标反映了一定单位的资源消耗所产出的产品价值,本文设立单位储量消耗产值、单位能耗产值和单位水耗产值借以反映消耗一单位的储量、能源和水所产出的经济价值。产业链结构指标反映了生态产业链各企业的构成及各企业之间的联系和比例关系,设立产品结构协调度和生态产业链长度指标来反映煤炭矿区的产业结构状况,产品结构协调度越高其产业结构越优化,生态产业链的长度用链上企业的个数来表达,生态产业链的长度越长说明其循环利用程度越高,反之亦然。设立产业实现利润总额、产业总资产贡献率等产业经济贡献指标反映了产业的获利能力,借以反映了煤炭矿区的经济效益;研究与试验发展经费投入占总产值比重指标反映产业的研发能力,一定程度上反映产业未来的发展潜力。生态产业链稳定性属于定性指标,采用成本技术风险性和市场交易风险性指标,通过成本技术风险、市场交易风险的大小来反映煤炭矿区生态产业链的稳定状况。

1.2.3 环境效益指标

煤炭矿区在开采过程中,大量物质和能量的输入、输出、排废等活动,造成了环境污染和生态破坏。环境问题主要体现在地表塌陷、固体废弃物、水体和大气污染等方面。构建生态产业链的目的就是为了降低资源消耗,减少废物排放,消除对自然生态环境的破坏。本文根据“3R”原则,采用废水治理达标率、废气排放达标率、固体废弃物综合利用率指标来反映煤炭矿区的废水、废气、固体废弃物的排放及综合利用情况。设立塌陷土地复垦率和煤矸石综合利用率指标,来反映矿区塌陷土地的治理和煤矸石的利用情况。

1.2.4 社会效益指标

煤炭矿区是以在煤炭资源开发的基础上满足人类的需求为目的的。矿区居民的就业情况和居民生活质量间接反映了矿区生态产业的发展状况。本文选择矿区居民就业率、职工平均受教育程度、职工平均工资福利水平等3个指标来反映矿区居民生活质量和发展水平。选取劳动保护标准执行度来反应矿区职工劳动保护的优与劣。

2 模糊综合评价模型的建立

2.1 模糊综合评价模型

矿区生态产业链的评价指标体系分4个层次,因此采用四层次模糊综合评价方法进行评价,其步骤为^[9]:

(1)对评价系统进行层次分析,建立目标层、准则层、指标层和子指标层

将总目标 A 分为 m 个准则 $B_i, i=1, 2, \dots, m$ 。即:

$$A = \{B_1, B_2, \dots, B_m\} \quad (1)$$

式中, B_i 又包含 n_i 个指标:

$$B_i = \{C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}\} \quad (2)$$

式中, C_{ij} 为第 i 个准则的第 j 个指标。

式中, C_{ij} 又包含 k_j 个指标, $j=1, 2, \dots, n$ 。即:

$$C_{ij} = \{D_{j1}, D_{j2}, \dots, D_{jk}\} \quad (3)$$

式中, D_{jk} 为第 j 个指标的第 k 个子指标。

(2) 采用层次分析法确定各层次的权重值

权重集包括准则层相对于总目标层的权重集 W_{1B} 、指标层相对于准则层的权重集 W_{1C} 和子指标层相对于指标层的权重集 W_{1D} 。即:

$$W_{1B} = (b_1, b_2, \dots, b_m) \quad (4)$$

$$W_{1C} = (c_1, c_2, \dots, c_n) \quad (5)$$

$$W_{1D} = (d_1, d_2, \dots, d_k) \quad (6)$$

式中, $c_i = (c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{im_i})$, $d_j = (d_{j1}, d_{j2}, \dots, d_{jn_j})$; m_i 为第 i 个准则所含的指标数, n_j 为第 j 个指标所含的子指标数。

(3) 将总目标根据评价需要划分为几个等级, 建立评价标准集

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{m1} & s_{m2} & \cdots & s_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

式中, s_{ij} 为第 i 个指标 j 个等级的评价标准值; m 为评级等级数; n 为评价指标数。

(4) 建立模糊隶属函数

(5) 根据模糊隶属函数和各指标的原始值建立模糊关系矩阵 R

$$R = (R_1, R_2, \dots, R_m) \setminus T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

式中, R_i 为第 i 个准则的模糊关系矩阵。

(6) 分层模糊评价

矿区生态产业链评价指标体系共有 4 层, 因此可进行三级模糊评价, 即子指标层对指标层、指标层对准则层和准则层对目标层的评价。

子指标层对指标层的模糊评价, 第 i 准则的模糊评价为:

$$E_i = W_{1D} \circ R_i = (D_{i1}, D_{i2}, \dots, D_{im_i}) \circ \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i1n} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{im_i1} & r_{im_i2} & \cdots & r_{im_i n} \end{bmatrix} = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in}) \quad (9)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, m$ 。

指标层对准则层的模糊评价为:

$$D = W_{1C} \circ E = W_{1C} \circ \begin{bmatrix} D_1 & \circ & R_1 \\ D_2 & \circ & R_2 \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ D_m & \circ & R_m \end{bmatrix} = (d_1, d_2, \dots, d_n) \quad (10)$$

准则层对目标层的模糊评价为:

$$V_1 = W_{1B} \circ D = W_{1B} \circ \begin{bmatrix} C_1 & \circ & R_1 \\ C_2 & \circ & R_2 \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ C_m & \circ & R_m \end{bmatrix} = (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (11)$$

式中, a_i 为第 i 个等级的隶属度; $\circ$ 为模糊矩阵的复合运算, 一般取算子“ $\wedge$ ”或“ $\vee$ ”。

2.2 评价指标权重的确定方法

(1) 用层次分析法 (AHP) 确定权系数

通过比较调查, 对 20 位专家进行咨询, 对咨询结果进行整理后得出判断矩阵, 然后计算其特征根和特征

向量,并检验判断矩阵的一致性,确定权系数,如表 1。

(2) 应用熵值法修正权系数

尽管 AHP 技术识别问题的系统性强,可靠性相对较高,但当采用专家咨询方式时,容易产生循环而不能满足传递性公理,导致标度把握不准和丢失信息等问题出现,解决这些问题的有效途径就是用熵值法对用 AHP 法确定的权系数进行修正,其结果见表 2。

表 1 专家赋值判断矩阵综合指标权重详表

Table 1 Synthetic indicator weights by expert judgment matrix

目标层 Object level	准则层(权重) Criterion level (weight)	指标层(权重) Indicator level (weight)	子指标层(权重) Sub-indicator level(weight)	组合权系数 Combined weight coefficient
A	$B_1(0.239)$	$C_1(0.25)$		0.060
		$C_2(0.75)$		0.179
	$B_2(0.413)$	$C_3(0.263)$	$D_1(0.334)$	0.036
			$D_2(0.333)$	0.036
			$D_3(0.333)$	0.036
		$C_4(0.173)$	$D_4(0.667)$	0.048
			$D_5(0.333)$	0.024
		$C_5(0.412)$	$D_6(0.443)$	0.075
			$D_7(0.387)$	0.066
			$D_8(0.170)$	0.029
		$C_6(0.152)$	$D_9(0.500)$	0.031
			$D_{10}(0.500)$	0.031
	$B_3(0.277)$	$C_7(0.115)$		0.032
		$C_8(0.319)$		0.088
		$C_9(0.087)$		0.024
		$C_{10}(0.223)$		0.062
		$C_{11}(0.256)$		0.071
	$B_4(0.071)$	$C_{12}(0.216)$		0.015
		$C_{13}(0.238)$		0.017
		$C_{14}(0.454)$		0.032
		$C_{15}(0.092)$		0.007

表 2 熵值法对评价指标权系数的修正值

Table 2 Amend value of weight coefficient about assessment indicator by Entropy method

层次 Levels	指标代号 Index code	e	g	μ	λ	修正后组合权系数 Revised combination weight coefficient
A-B	B_1	0.777	0.223	0.429	0.448	0.448
	B_2	0.905	0.095	0.183	0.330	0.330
	B_3	0.940	0.060	0.115	0.139	0.139
	B_4	0.858	0.142	0.273	0.083	0.083
B_1-C	C_1	0.812	0.188	0.500	0.25	0.112
	C_2	0.812	0.188	0.500	0.75	0.336
B_2-C	C_3	0.843	0.157	0.371	0.397	0.131
	C_4	0.918	0.082	0.194	0.324	0.107
	C_5	0.946	0.054	0.128	0.089	0.029
	C_6	0.870	0.130	0.307	0.191	0.063
B_3-C	C_7	0.901	0.099	0.182	0.098	0.014
	C_8	0.929	0.071	0.130	0.192	0.027
	C_9	0.962	0.038	0.070	0.028	0.004

续表

层次 Levels	指标代号 Index code	e	g	μ	λ	修正后组合权系数 Revised combination weight coefficient
B ₄ -C	C ₁₀	0.798	0.202	0.371	0.388	0.054
	C ₁₁	0.865	0.135	0.248	0.294	0.041
	C ₁₂	0.888	0.112	0.282	0.248	0.021
	C ₁₃	0.918	0.082	0.207	0.199	0.017
	C ₁₄	0.902	0.098	0.247	0.455	0.038
C ₃ -D	C ₁₅	0.895	0.105	0.264	0.098	0.008
	D ₁	0.999	0.001	0.334	0.334	0.044
	D ₂	0.999	0.001	0.333	0.333	0.044
C ₄ -D	D ₃	0.999	0.001	0.333	0.333	0.044
	D ₄	0.918	0.082	0.500	0.667	0.071
C ₅ -D	D ₅	0.918	0.082	0.500	0.333	0.036
	D ₆	0.914	0.086	0.422	0.570	0.017
	D ₇	0.960	0.040	0.196	0.232	0.007
C ₆ -D	D ₈	0.922	0.078	0.382	0.198	0.006
	D ₉	0.918	0.082	0.500	0.500	0.032
	D ₁₀	0.918	0.082	0.500	0.500	0.032

e 为熵向量 Entropy vector; g 为差异系数向量 Differences coefficient vector; μ 为权系数向量 Weight coefficient vector; λ 为修正后的指标权系数向量 Revised index weight coefficient vector

2.3 模糊隶属度函数的构建

矿区生态产业链评价指标各不相同,各指标值之间无法做统一的比较,因此需要将各指标的评估值转化为 $[0,1]$ 之间的无量纲数值,即 $x_i(i=1,2,\cdots,n)\in[0,1]$ 。建立了 21 个因素指标的模糊隶属函数,把各指标的隶属度作为样本参数值。

2.4 确定评价标准

煤炭矿区生态产业的发展是以改善矿区生态环境,发展循环经济,实现资源的低投入、低消耗、高产出为目标,其生态产业链的发展水平也相应地反映出此目标的实现程度。鉴于对矿区生态产业发展标准的理解,结合煤炭矿区的特点,将矿区生态产业链评价标准分为 5 个等级,即较好、好、一般、差、较差,如表 3 所示。

表 3 指标的评价标准
Table 3 The assessment standards of indicator

等级 Grade	较好 Better	好 Good	一般 General	差 Sent	较差 Poor
评价价值 Assessment value	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

3 实例研究

以山东龙口矿区为研究对象。龙口矿区地处山东半岛西北部的龙口市境内,始建于 1968 年,经过 40 多年的开发建设,已经发展成以煤炭生产、热电联产、油页岩综合利用、煤炭物流为核心主业,集合机械加工、建工建材等为一体的大型区域企业,构建了较为完善的“煤-电-油-运”循环经济产业链。

通过现场调研、收集资料,根据评价指标体系及模型,将收集到的原始数据整理,得到各项指标的基础数据。依据各因素指标的模糊隶属函数,把各指标的实际值作为样本参数值,得到评价指标的模糊隶属度,进而确定模糊关系矩阵,依据上述模型对矿区生态产业进行评价,则评价结果为:

$$V_1=V_{1B}\circ D=(0.1322,0.4397,0.1843,0.1927,0.0512)$$
 (12)

可以看出,龙口矿区生态产业链发展现状相对于好的隶属度为 0.4397,根据最大隶属度原则,其发展水平处于良好状态。其中,环境效益指标对发展较好的隶属度最高为 0.2834,其次为社会效益指标,隶属度为

0.178;这说明龙口矿区生态产业发展的环境效益和社会效益比较好。自然资源指标的评价值属于较好等级的隶属度为0.05,而经济效益指标评价值属于较好等级的隶属度为0.0705,这表明,煤炭资源储量及煤炭资源回采率是制约矿区生态产业发展的重要因素之一,部分经济效益指标一般,生态产业的整体经济效益有待于进一步提高。

龙口矿区在其主导产业链的基础上,还可以发展和延伸多条产业链:掘进矸石可经煤矸石砖厂加工成矸石砖,粉煤灰可经建材厂处理加工成陶粒和砌块,发展建材业;掘进矸石也可用于塌陷土地的回填复垦变成耕地,发展种植业;矿井水经净化处理后还可用于耕地灌溉,发展养殖业等。

4 结论

论述了评价指标体系构建的依据和原则,体现了矿区生态产业发展的内涵和特征。经实证研究,这一指标体系较全面系统地反映了矿区生态产业发展的状态,具有可操作性。建立了矿区生态产业发展的模糊综合评价模型,应用层次分析法确定各指标的权系数,然后通过熵技术对权系数进行修正,较好地保证了权系数的客观性和准确性。应用龙口矿区的实际数据对其进行评价,结果表明,所建模型是正确的;并对龙口矿区生态产业发展及生态产业链延伸提出了具体建议。

References:

- [1] Fang Y P, Côté R P, Qin R. Industrial sustainability in China: practice and prospects for eco-industrial development. *Journal of Environmental Management*, 2007, 83(3): 315-328.
- [2] Arun J. Basu, van Zyl D J A. Industrial ecology framework for achieving cleaner production in the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 2006, 14(3/4): 299-304.
- [3] Zhang Y. The Research on Construction and Stability of Industrial Symbiosis System in Eco-Industry Parks [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2006.
- [4] Xing D H, Zhang K R. Construction of eco-industrial chain in ecology perspective. *Chinese Economy And Management Science*, 2008, (3): 11-13.
- [5] Yuan J L. Study on assessment indicator system of eco-industrial park. *Environmental Protection*, 2003, (3): 38-40.
- [6] Yuan Z W, Bi J, Huang Z S, Zhang B, Wang X Y. Research and application on ecological industrial assessment system. *Productivity Research*, 2004, (12): 152-153, 177-177.
- [7] Wang G C, Yan X Q. Study on indicator system of ecosystem health assessment in a typical mine area. *Journal of China Coal Society*, 2005, 30(4): 534-538.
- [8] Sun J Q, Zhu W S. Construction of ecological environmental quality evaluation index system in modern mining area. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2010, (3): 45-47.
- [9] Xie J J, Liu C P. The Method and Application of Fuzzy Mathematics. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2001.

参考文献:

- [3] 张艳. 生态工业园工业共生系统的构建与稳定性研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- [4] 邢丹华, 张克让. 生态学视野下生态产业链及其建构. *中国经济与管理科学*, 2008, (3): 11-13.
- [5] 元炯亮. 生态工业园区评价指标体系研究. *环境保护*, 2003, (3): 38-40.
- [6] 袁增伟, 毕军, 黄珠赛, 张炳, 王习元. 生态产业评价指标体系研究及应用. *生产力研究*, 2004, (12): 152-153, 177-177.
- [7] 王广成, 闫旭骞. 矿区生态系统健康评价指标体系研究. *煤炭学报*, 2005, 30(4): 534-538.
- [8] 孙静芹, 朱文双. 现代矿区生态环境质量评价指标体系的构建. *矿产保护与利用*, 2010, (3): 45-47.
- [9] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 14 Jul. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

A review of the researches on *Alectoris* partridge SONG Sen, LIU Naifa (4215)

Autecology & Fundamentals

Effects of precipitation and nitrogen addition on photosynthetically eco-physiological characteristics and biomass of four tree seedlings in Gutian Mountain, Zhejiang Province, China YAN Hui, WU Qian, DING Jia, et al (4226)

Effects of low temperature stress on physiological-biochemical indexes and photosynthetic characteristics of seedlings of four plant species SHAO Yiruo, XU Jianxin, XUE Li, et al (4237)

Decomposition characteristics of maize roots derived from different nitrogen fertilization fields under laboratory soil incubation conditions CAI Miao, DONG Yanjie, LI Baijun, et al (4248)

The responses of leaf osmoregulation substance and protective enzyme activity of different peanut cultivars to non-sufficient irrigation ZHANG Zhimeng, SONG Wenwu, DING Hong, et al (4257)

Interannual variation of soil seed bank in *Picea schrenkiana* forest in the central part of the Tianshan Mountains LI Huadong, PAN Cunde, WANG Bing, et al (4266)

Physiological & ecological effects of companion-planted grow seedlings of two crops in the same hole LI Lingli, GUO Hongxia, HUANG Genghua, et al (4278)

Effects of magnesium, manganese, activated carbon and lime and their interactions on cadmium uptake by wheat ZHOU Xiangyu, FENG Wenqiang, QIN Yusheng, et al (4289)

Effects of increased concentrations of gas CO₂ on mineral ion uptake, transportation and distribution in *Phyllostachys edulis* ZHUANG Minghao, CHEN Shuanglin, LI Yingchun, et al (4297)

Effects of pH, Fe and Cd concentrations on the Fe and Cd adsorption in the rhizosphere and on the root surfaces of rice LIU Danqing, CHEN Xue, YANG Yazhou, et al (4306)

Effects of low-light stress on maize ear development and endogenous hormones content of two maize hybrids (*Zea mays* L.) with different shade-tolerance ZHOU Weixia, LI Chaohai, LIU Tianxue, et al (4315)

Effects of maize || peanut intercropping on photosynthetic characters and yield forming of intercropped maize JIAO Nianyuan, NING Tangyuan, YANG Mengke, et al (4324)

Cloning root system distribution and architecture of different forest age *Populus euphratica* in Ejina Oasis HUANG Jingjing, JING Jialin, CAO Dechang, et al (4331)

Impact of vegetation interannual variability on evapotranspiration CHEN Hao, ZENG Xiaodong (4343)

Mating behavior of *Pachycrepoides vindemmiae* and the effects of male mating times on the production of females SUN Fang, CHEN Zhongzheng, DUAN Bisheng, et al (4354)

Component analysis and bioactivity determination of fecal extract of *Locusta migratoria tibetensis* (Chen) WANG Haijian, LI Yili, LI Qing, et al (4361)

Effects of different rice varieties on larval development, survival, adult reproduction, and flight capacity of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) LI Xia, XU Xiuxiu, HAN Lanzhi, et al (4370)

Population, Community and Ecosystem

Genetic structure of the overwintering Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) collections in Shandong of China based on *mtCOII* gene sequences LI Lili, YU Yi, GUO Dong, TAO Yunli, et al (4377)

The structure and diversity of insect community in Taihu Wetland HAN Zhengwei, MA Ling, CAO Chuanwang, et al (4387)

Annual variation pattern of phytoplankton community at the downstream of Xijiang River WANG Chao, LAI Zini, LI Xinhui, et al (4398)

Effect of species dispersal and environmental factors on species assemblages in grassland communities WANG Dan, WANG Xiao'an, GUO Hua, et al (4409)

- Cyanobacteria diversity in biological soil crusts from different erosion regions on the Loess Plateau: a preliminary result YANG Lina, ZHAO Yunge, MING Jiao, et al (4416)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Zoning for regulating of construction land based on landscape security pattern WANG Siyi, OU Minghao (4425)
- Fragmentation process of wetlands landscape in the middle reaches of the Heihe River and its driving forces analysis ZHAO Ruifeng, JIANG Penghui, ZHAO Haili, et al (4436)
- Analysis on grassland degradation in Qinghai Lake Basin during 2000—2010 LUO Chengfeng, XU Changjun, YOU Haoyan, et al (4450)
- Research on soil erosion based on Location-weighted landscape index (LWLI) in Guanchuanhe River basin, Dingxi, Gansu Province LI Haifang, WEI Wei, CHEN Jin, et al (4460)
- Effects of host density on parasitoids and hyper-parasitoids of cereal aphids in different agricultural landscapes GUAN Xiaoqing, LIU Junhe, ZHAO Zihua (4468)
- Effects of interactive CO₂ concentration and precipitation on growth characteristics of *Stipa breviflora* SHI Yaohui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (4478)
- Resource and Industrial Ecology**
- Eco-service efficiency assessment method of urban land use: a case study of Changzhou City, China YANG Wenrui, LI Feng, WANG Rusong, et al (4486)
- Changes in phosphorus consumption and its environmental loads from food by residents in Xiamen City WANG Huina, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (4495)
- Research Notes**
- Intercropping enhances the farmland ecosystem services SU Benying, CHEN Shengbin, LI Yonggeng, et al (4505)
- Assessment indicator system of eco-industry in mining area WANG Guangcheng, WANG Huanhuan, TAN Lingling (4515)

《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 骆世明

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 14 期 (2013 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 14 (July, 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