

煤炭企业循环经济综合评价指标体系构建及评价 ——以西山公司为例

刘传庚, 王发明

(山东工商学院经济学院, 山东烟台 264005)

摘要: 发展循环经济是构建和谐矿区, 实现矿区可持续发展的必然选择, 建立循环经济评价指标体系是评判循环经济发展质量的主要依据。依据西山公司企业循环经济发展水平评价指标体系构建的 4 个基本原则, 构建了一套西山公司循环经济发展水平的评价指标体系, 该指标体系由目标层、准则层、指标层 3 个等级, 管理、环境、经济 3 个系统共 25 个具体指标组成, 并提出了西山公司循环经济发展水平的评价模型。

关键词: 循环经济; 指标体系; 可持续发展

文章编号: 1000-0933(2009)12-6748-06 中图分类号: F062. 45 文献标识码: A

The constitution of a comprehensive evaluation system of cyclic economy indexes for coal enterprises and an experimental case analysis of Xishan Coal Corporation

LIU Chuan-Geng, WANG Fa-Ming

School of Economics, Shandong Institute of Business and Technology, Yantai 264005, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(12): 6748 ~ 6753.

Abstract: Cyclic economy is a necessary choice both in building harmonious communities and in obtaining sustainable development for mining areas. And a starting basis to evaluate circular economy is to constitute a comprehensive evaluation system of indexes. According to four basic principles, a comprehensive evaluation system of cyclic economy indexes is constructed for Xishan Coal Corporation, which consists of firstly, three theoretical layers, objective, criteria, and indexes, and then twenty five specific indexes in three systems, management, environment and economy. Finally, an evaluation model for circular economy is proposed for Xishan Coal Corporation.

Key Words: cyclic economy; index system; sustainable development

煤炭是我国的基础能源, 是支撑国民经济正常运行的重要支柱, 在国民经济体系中占有重要的战略地位。长期以来, 受传统经济发展思维方式的影响, 煤炭企业发展所走的都是粗放型增长道路, 片面追求产量和经济效益, 忽视资源的综合高效利用和生态环境保护, 而其引发的一系列环境、社会问题已成为严重制约煤炭企业可持续发展的“瓶颈”。因此, 发展循环经济是煤炭企业转变经济增长方式, 实现矿区社会、企业与环境和谐发展的根本出路, 在这个过程中, 如何合理地确定适合煤炭企业特点的循环经济发展模式就成为当务之急, 而如何科学地评价企业循环经济发展水平也成为找出差距、实施有针对性的举措、促进循环经济发展的先决条件。

目前关于循环经济评价体系的研究分别是社会、区域和企业 3 个层次上进行的。社会层面循环经济评

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70772027)

收稿日期: 2009-02-18; 修订日期: 2009-10-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liucg100@163.com

价国际上通常采用物质流分析的方法,建立相应的指标评价体系评析经济活动的效率、资源和环境的压力等^[1]。在我国,国家环保总局政研中心周国梅博士和清华大学刘滨副教授在对物质流分析和物质流管理的国家经验方法上进行研究的,两位专家从物质利用总量和强度两个方面分析了物质流分析和物质流管理与循环经济的密切关系,设置评价指标体系分为总体层、系统层、状态层、变量层 4 个等级^[2]。冯之浚^[3]等人,把循环经济分为经济、社会和生态环境 3 个子系统的循环分别进行评价。通过经济、社会、生态环境系统 3 个方面本身数量和质量变化以及相互影响和制约的分析研究来揭示、评价和监测循环经济发展变化的趋势和规律。天津社会科学院的牛桂敏^[4]依据循环经济的内涵和目标,遵循循环经济评价指标体系的构建原则,对循环经济评价指标体系的构建进行了研究,该循环经济评价指标体系包括 3 个层次(目标层、准则层、指标层)、6 个子模(经济增长指数、科技进步指数、资源消耗指数、废弃物排放指数、资源利用效率指数和资源环境循环利用)、36 个指标。

区域层面上,近年来,国内外主要侧重于对生态工业园区的基本理论与方法的研究和建设工业生态园的理念思路和生态园区的生态规划研究,对于生态工业园区的评价指标体系研究得不多。在我国,国家清洁生产中心元炯亮^[5]对生态工业园区的评价指标体系进行了研究,提出了生态工业园区评价指标体系的框架,包括经济指标、生态环境指标、生态网络指标和管理指标。对于经济指标由反映当前经济发展水平和反映经济发展潜力的指标组成;生态环境指标包括环境保护、生态建设和生态环境改善潜力等方面;生态网络指标是工业生态园区的特征指标,反映物质集成、能量集成、水资源集成、信息共享和基础设施共享的效果;管理指标包括政策法规制度、管理与意识等。

关于企业循环经济评价指标体系的研究目前还没有报道。只是李健^[6]对面向循环经济的企业绩效评价指标体系的结构及其评价方法进行了研究。他认为在评价企业绩效的时候,应综合考虑经营效果、绿色效果、能源属性、生产过程属性、销售和消费属性、环境效果和发展潜力 7 个方面对企业的影响,并分别为每个方面设定对应的评价指标,从而构成了一个多目标评价指标体系。并采用模糊理论与层次分析法相结合,建立模糊综合评价数学模型,并且运用这种评价方法对某酒厂进行了量化考评。

目前国内外对于循环经济评价指标体系的构建尚处在探索阶段,只是对其理论如构建的原则、评价指标的类型等进行了一定的研究,还没有一套完善、公认的评价指标体系,因此,对于循环经济评价指标体系的实践还尚需时日。本文尝试基于层次分析法与模糊综合评价法相结合的评价方法,建立模糊综合评价数学模型,运用这种评价方法对西山公司的循环经济发展进行量化评价。

1 煤炭企业循环经济发展水平评价指标设计

循环经济发展综合评价问题是建立循环经济评价指标体系,把其中描述被评价区域或企业中经济、社会、资源利用和环境保护的量纲不同的指标,转化成为无量纲的相对评价价值,并综合这些评价价值以得出对该评价区域或企业关于循环经济发展的一个总体评价。该问题的核心是指标体系的建立和如何从量纲各异的统计指标得出相对评价价值进而得到综合评价的结论。

建立循环经济评价指标体系,一是要以现有的各项统计制度和资料为基础,二是循环经济评价指标不是传统的经济、社会和环境等领域统计指标的简单照搬、相加和堆砌,而是原有指标的有机结合和创新。本文设计的循环经济评价指标体系分为 3 个层次,第一层次为指标体系的目标层,即循环经济发展水平 X ;第二层为准则层,因为循环经济的核心思想是经济持续发展、社会不断进步、资源循环利用和环境良性转化,所以建立了 4 个准则:经济发展水平 X_1 、社会进步情况 X_2 、资源利用情况 X_3 和环境保护情况 X_4 ;第三层为指标层,分别针对上一层的 4 个准则建立指标,共 25 个指标,其中:表征经济发展的指标为 $X_{11} \sim X_{18}$,表征社会进步的指标为 $X_{21} \sim X_{25}$,表征资源减量和再利用的指标为 $X_{31} \sim X_{35}$,表征环境保护情况的指标为 $X_{41} \sim X_{45}$ 。这样就构成由 3 个层次 25 个指标组成的指标体系。循环经济评价指标体系结构见图 1。

2 煤炭企业循环经济发展水平评价研究

对于企业循环经济发展的评价问题,国内外研究还处于起步阶段,本文基于层次分析法与模糊综合评价

法相结合的评价方法,建立模糊综合评价数学模型,运用这种评价方法对西山公司的循环经济发展进行量化评价。西山公司以煤炭资源开发为基础,以“煤炭-电力-建材”和“煤炭-焦化-化工”两条产业链为支撑,按照“减量化、再利用、资源化”的理念,以国家工业园区标准为参照系,确立高效开发、清洁生产、产业延伸、综合利用、可持续的发展思路,根据各矿区主导产业基础和发展规划,形成各具特色的循环经济发展模式。

本研究的各指标原始数据是 2004 年度的,主要来源于西山公司提供的各项数据,个别指标数值根据统计数据测算得到。同时,采用了西山公司提出的发展循环经济的阶段性目标数据,如 2008 年和 2010 年的目标数据,有助于对未来西山公司发展循环经济达到的效果作出状态评价。

本文根据以往统计评价的理论和实践经验,决定采用正态分位数方法划分指标评语集的等级标准(分别取 25%、40%、55%、70% 和 85% 分位数)。另外,由于不同指标的量纲和正负值不同,不能进行相互比较,必须对指标进行标准化处理,本文采用的标准化方法是将所有指标正规化到(0-1)的单位区间中。

原始数据规范化方法:假设准则 $i(i=1,2,3,4)$ 的原始数据矩阵为 $X_{n \times m}$ (其中 n 为评价对象及样本个数, m 为指标个数),为避免数据量纲对评价的影响,使用下面的公式对数据进行归一化处理:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i \{ |x_{ij}| \}}$$

此外,对正指标和逆指标进行了相应的区别,并对逆指标数据进行了取负值处理。

在运用层次分析法确定指标体系的权重时,对于相对重要性的判断由西山公司法人和相关领域专家提出意见后综合评判确定。本研究应用 MATLAB7.0 软件编写了相应的程序进行模糊综合评价。

2.1 运用层次分析法确定评价指标体系权重

目标层与准则层的判断矩阵分别为 $X \sim X_i$,矩阵元素的值反映了人们对各因素相对重要程度的认识,一般采用数字 1~9 及其倒数的标度方法,数字越大表明两个元素相比,前者的重要性越强。

根据上述建立的评价指标体系,确定 4 个准则经济发展水平 X_1 、社会进步情况 X_2 、资源利用情况 X_3 、环保实现情况 X_4 对于总目标循环经济发展水平 X 的相对重要性。在 Export Choice 软件中,建立了 AHP 结构。

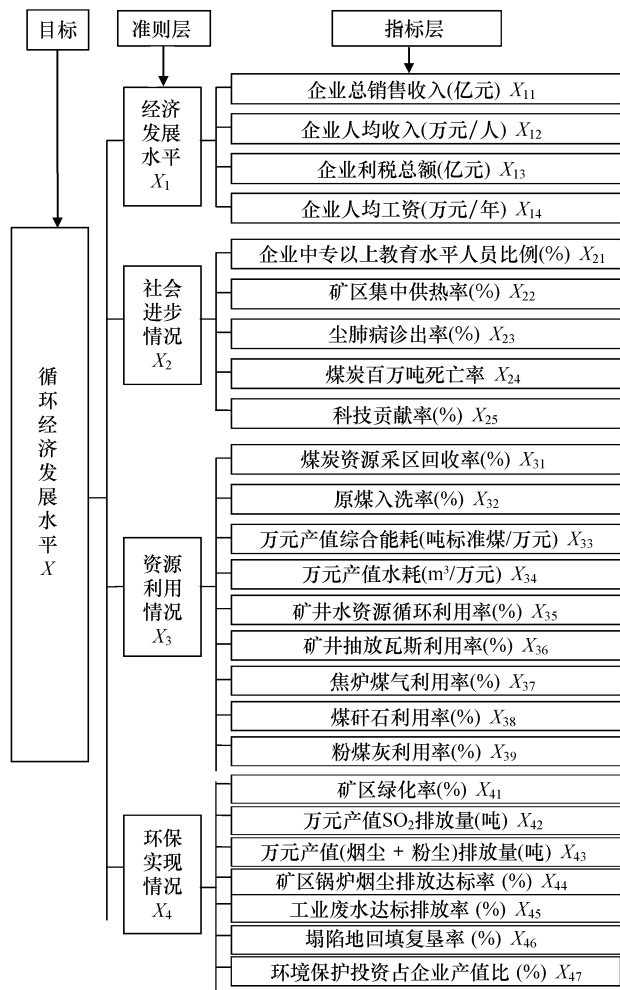


图1 循环经济评价指标体系结构框架

Fig. 1 The index systems of circular economy

目标层 Objective; 准则层 Criteria; 指标层 Indexes. X Development Levels of Cyclic Economy; X_1 Levels of Economic Development; X_2 Situation of Social Progress; X_3 Situation of Resources Utilization; X_4 Situation of Environment Protection; X_{11} Total Sales Revenue of Corp. (100 million ¥); X_{12} Average Income of Corp. per person (10 thousand ¥); X_{13} Total Taxes of Corp. (100 million ¥); X_{14} Average of Corp. per person (10 thousand ¥); X_{21} Education Levels: Percentage of Technical Secondary School graduates and Higher in Staff (%); X_{22} Percentage of Central Heating in Mining Area (%); X_{23} Percentage of Diagnostic Pneumoconiosis (%); X_{24} Death Rate per million ton Coal; X_{25} Rate of Scientific and Technical Contribution (%); X_{31} Rate of Coal Recovery in Mining Area (%); X_{32} Washing Rate of Raw Coal (%); X_{33} Comprehensive Energy Consumption against Output (ton Standard Coal / 10000 ¥); X_{34} Water Consumption against Output (m³/10000 ¥); X_{35} Ratio of Water Reutilization in Mines (%); X_{36} Ratio of Drainage Coal Gas Utilization in Mines (%); X_{37} Ratio of Coal Gas Utilization from Coke Ovens (%); X_{38} Ratio of Coal Gangue Utilization (%); X_{39} Ratio of Coal Ash Utilization (%); X_{41} Green Ratio of Mine Areas (%); X_{42} Output of SO₂ against Output (ton/ 10 thousand ¥); X_{43} Output of Coal Ash & Bug Dust against Output (ton/ 10 thousand ¥); X_{44} Standard Fly Ash Release Ratio of Coal Areas Ovens (%); X_{45} Standard Industrial Waste Water Drainage Ratio of Coal Areas (%); X_{46} Backfilling and Rehabilitation Ratio of sunk areas (%); X_{47} Percentage of Investment in Environment Protection against the Output of Corp. (%)

判断矩阵 $X \sim X_i$ 如表 1 所示,一致性指标为: $CR=0.05<0.1$ 。

通过专家评判确定了判断矩阵的赋值之后,计算得到 4 个准则对目标的权重为: $B=(0.132,0.501,0.271,0.097)$ 。一致性指标为: $CR=0.04<0.1$,表明判断矩阵的层次排序结果满足一致性检验,说明 4 个准则的权重可以接受。专家分别给指标层的判断矩阵赋值,赋值情况如表 2,表 3,表 4 和表 5 所示。

表 1 循环经济评价体系准则层专家赋值判断矩阵

Table 1 Evaluation and judgment matrix in criterion level of circular economy systems

X	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	1	4	3	1/2
X_2	1/4	1	1/2	1/5
X_3	1/3	2	1	1/2
X_4	2	5	2	1

表 2 循环经济评价体系指标层专家赋值判断矩阵(总)

Table 2 Evaluation and judgment matrix in index level of circular economy systems(total)

X	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
X_{11}	1	2	1/4	2
X_{12}	1/2	1	1/5	3
X_{13}	4	5	1	4
X_{14}	1/2	1/3	1/4	1

$CR=0.07<0.1$

表 3 循环经济评价体系指标层专家赋值判断矩阵(分 1)

Table 3 Evaluation and judgment matrix in index level of circular economy systems(level 1)

X_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	X_{27}	X_{28}	X_{29}
X_{21}	1	3	2	2	2	1	1/3	2	1
X_{22}	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1/3	1/5	1	1
X_{23}	1/2	2	1	2	2	1/2	1/4	2	1/2
X_{24}	1/2	2	1/2	1	1	1/3	1/4	2	2
X_{25}	1/2	2	1/2	1	1	1/4	1/5	2	2
X_{26}	1	3	2	3	4	1	1/2	4	3
X_{27}	3	5	4	4	5	2	1	3	5
X_{28}	1/2	1	1/2	1/2	1/2	1/4	1/3	1	2
X_{29}	1	1	2	1/2	1/2	1/3	1/5	1/2	1

表 4 循环经济评价体系指标层专家赋值判断矩阵(分 2)

Table 4 Evaluation and judgment matrix in index level of circular economy systems(level 2)

X_3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{35}	X_{36}	X_{37}
X_{31}	1	2	1/4	1/2	1/2	1/4	1/3
X_{32}	1/2	1	1/3	1/2	1/2	1/4	1/3
X_{33}	4	3	1	3	2	1/2	2
X_{34}	2	2	1/3	1	2	1/3	2
X_{35}	2	2	1/2	1/2	1	1/3	1/2
X_{36}	4	4	2	3	3	1	3
X_{37}	3	3	1/2	1/2	2	1/3	1

$CR=0.04<0.1$

由此得到指标层($X_{i1},X_{i2},\cdots,X_{in_i}$)对准则层($X_1,\cdots,X_4$)的各指标的权重如下:25 个指标对各自准则的权重为: $W_1=(0.187,0.143,0.588,0.081)$; $W_2=(0.124,0.047,0.089,0.076,0.073,0.178,0.289,0.058,0.066)$; $W_3=(0.062,0.053,0.222,0.134,0.091,0.310,0.128)$; $W_4=(0.154,0.109,0.087,0.225,0.425)$ 。

上述专家赋权判断矩阵的层次排序结果满足一致性检验,说明各层次和各指标权重可以接受。

表 5 循环经济评价体系指标层专家赋值判断矩阵(分 3)

Table 5 Evaluation and judgment matrix in index level of circular economy systems(level 3)

X_4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}	X_{45}
X_{41}	1	3	2	1/3	1/4
X_{42}	1/3	1	2	1/2	1/3
X_{43}	1/2	1/2	1	1/2	1/3
X_{44}	3	2	2	1	1/3
X_{45}	4	3	3	3	1

$CR=0.09<0.1$

2.2 应用模糊综合评价法进行评价

首先,确定评价的评语集 D 。

根据循环经济发展的内涵特征,将西山公司的循环经济发展情况划分为优、良、中、较差和差 5 个等级,即 $D = (\text{差}, \text{较差}, \text{中}, \text{良}, \text{优})$, $d = (0.3, 0.45, 0.6, 0.75, 0.9)$

其次,确定模糊隶属度矩阵。

由前面讨论的隶属度函数计算方法,得到西山公司指标的模糊隶属度矩阵。

第三,确定模糊评价矩阵。

对准则层各评价指标 $(X_1, \dots, X_4)$ 建立模糊评价矩阵 $(\tilde{A}_i (i = 1, 2, \dots, 4))$, 通过指标层 $(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in_i})$ 评价准则层各分类因素指标。由 $\tilde{A}_i = W_{ij} \circ R_{ij}$ 可以得到准则层各指标的模糊综合评判, 见表 6 所示。

最后,对目标层 X 进行模糊综合评价。

计算目标层的模糊评价矩阵 $\tilde{A} = B \circ (\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_4)$ 。其中, B 为准则层对目标层的权重。对计算结果进行归一化处理, 见表 7 所示。

由表 6 中各年度的模糊评语矩阵的结果, 根据最大隶属度原则, 可以得出以下结论: 2004 年, 西山公司循环经济发展为良; 2008 年将达到优的水平 (把握程度为 45.39%); 2010 年将保持优的水平 (把握程度为 62.53%)。

结果分析: 根据准则层模糊评价结果, 就经济效益来看, 西山公司在 2010 年以绝对的把握 (100%) 能够达到优的水平; 就生态效益来看, 尽管到 2010 年达到优的把握有所提高 (30.24%), 但应该关注其恶化的可能性也在提高 (69.98%); 就生态环境来看, 生态环境逐步改善, 到 2010 年以绝对的把握 (100%) 达到优的水平; 就社会效益来看, 社会效益的状态也逐步改善, 2004 年处于良的层次上, 而 2008 年将达到优的水平, 到 2010 年将以更大的把握 (65.39%) 保持在优的水平上。

表 6 区域循环经济评价准则层模糊评价结果

Table 6 Blurry appraisal result in criterion level of regional circulation economy systems

年份 Year					年份 Year				
评语 Conclusion		2004	2008	2010	评语 conclusion		2004	2008	2010
$\bar{A}_1$	优 Vey good	0	0.087735	1	$\bar{A}_1$	优 Vey good	0.37626	0.83333	1
	良 Good	0	0.63689	0		良 Good	0.26945	0.16667	0
	中 Middle	0.078781	0.27538	0		中 Middle	0.19164	0	0
	较差 Poor	0.5719	0	0		较差 Poor	0.16264	0	0
	差 Very poor	0.34932	0	0		差 Very poor	0	0	0
$\bar{A}_2$	优 Vey good	0	0.20981	0.30024	$\bar{A}_4$	优 Vey good	0.29308	0.52861	0.65385
	良 Good	0.20228	0.15059	0		良 Good	0.37368	0.19154	0
	中 Middle	0.20228	0.15059	0		中 Middle	0.1354	0	0
	较差 Poor	0.12398	0	0		较差 Poor	0	0	0
	差 Very poor	0.47145	0.489	0.69976		差 Very poor	0.19783	0.27985	0.34615

表 7 区域循环经济评价模糊评价结果

Table 7 Blurry appraisal result of regional circulation economy systems

年份 Year	模糊评语矩阵 Fuzzy reviews matrix					评价结论 Conclusion
	优 Vey good	良 Good	中 Middle	较差 Poor	差 Very poor	
2004	0.14242	0.31813	0.14692	0.1957	0.19683	良 Good
2008	0.45393	0	0.13979	0.15471	0.25156	优 Very good
2010	0.62528	0	0	0	0.37472	优 Very good

3 结语

循环经济评价指标体系是一个复杂的系统工程, 它的构建不仅仅需要理论的支持, 更需要技术和政策上

的扶持。只有在强大的政策法律支撑下,循环经济评价指标体系的建设才能有的放矢,才能在实践中找到切实可行的技术手段,从而有利于可持续发展的实现。本文只是对循环经济评价指标体系进行了初步的设计,但该评价体系还需要在实践中进行应用,不断完善和补充。同时,循环经济的核心内容是资源的减量化和再循环,在构建循环经济评价指标体系时应对此格外重视,但是由于目前统计资料的局限性,考虑到数据的可获得性原则,不得不舍弃一些对循环经济评价有用但却无法获得数据的指标,这就造成了评价指标体系的不完整性、不充分性,通过对西山公司 3 个时点发展循环经济的指标体系进行量化综合评价,2004 年西山公司的循环经济处于良好状态,2008 年基本达到优的水平,到 2010 年达到优的水平,验证了循环经济发展模式适合西山公司的实际。

References:

- [1] Rotter Vera Susanne, Kost Winkler Joerg, Bilitewski Bernd. Material flow analysis of RDF-production process. *Waste Management*, 2004, 24 (10):1005—1021.
- [2] Zhou G M, Pen H, Cao F Z. Circular Economy and Industrial Eco-efficiency Indicator System. *Urban Environment & Urban Ecology*, 2003, 6 (6):201—203
- [3] Fen Z J. Introduction to circular economy. Beijing: People's Publishing House,2006.253—259
- [4] Liu G M. Establishment of the Recycling Economic Assessment Indicator system. *Urban Environment & Urban Ecology*, 2005, 4(18):4—7.
- [5] Yuan J L. The Study on Eco-Industrial Park Evaluation Index System. *Environmental protection*, 2003,(3):38—40.
- [6] Li J, Qou L C, An X H. The Study on Recycling-oriented economy, business performance evaluation system. *China's Population Resources and Environment*, 2004,(14):121—125.

参考文献:

- [2] 周国梅,彭昊,曹风中. 循环经济和工业生态效率指标体系. *城市环境与城市生态*,2003, 6(6), 201~203.
- [3] 冯之浚. 循环经济导论网. 北京:人民出版社, 2006. 253~259.
- [4] 牛桂敏. 循环经济评价体系的构建. *城市环境与城市生态*,2005, 4(18):4~7.
- [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] 李健,邱立成,安小会. 面向循环经济的企业绩效评价指标体系研究. *中国人口·资源与环境*,2004,(14):121~125.