在这样报 Acta Ecologica Sinica



第34卷 第3期 Vol.34 No.3 2014

中国生态学学会中国科学院生态环境研究中心



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第34卷第3期 2014年2月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述
灾后生态恢复评价研究进展
基于生态能量视角的我国小水电可持续性分析 庞明月,张力小,王长波 (537)
个体与基础生态
北部湾北部海域夏季微型浮游动物对浮游植物的摄食压力 马 璐,曹文清,张文静,等 (546)
鲶鱼和胡子鲶的两性异形与雌性个体生育力 樊晓丽,林植华,丁先龙,等 (555)
环境温度对白头鹎代谢产热和蒸发失水的影响 林 琳,曹梦婷,胡益林,等 (564)
灌溉对沙拐枣幼苗生长及氮素利用的影响 黄彩变,曾凡江,雷加强,等 (572)
PAHs 污染土壤植物修复对酶活性的影响 朱 凡,洪湘琦,闫文德,等 (581)
基于修正 RISKE 模型的重庆岩溶地区地下水脆弱性评价 魏兴萍,蒲俊兵,赵纯勇 (589)
排水沟蓄水条件下农田与排水沟水盐监测
种群、群落和生态系统
高寒退化草地不同海拔梯度狼毒种群分布格局及空间关联性 高福元,赵成章,卓马兰草 (605)
捕食者对空心莲子草叶甲种群的生物胁迫
夏、冬季南海北部浮游植物群落特征 马 威,孙 军 (621)
磨盘山天然次生林凋落物数量及动态 范春楠,郭忠玲,郑金萍,等 (633)
持续干旱对樱桃根际土壤细菌数量及结构多样性影响 刘方春,邢尚军,马海林,等 (642)
随机森林算法基本思想及其在生态学中的应用——以云南松分布模拟为例
张 雷,王琳琳,张旭东,等 (650)
基于水文平衡的湿地退化驱动因子定量研究 侯 鹏,申文明,王 桥,等 (660)
华北低丘山地人工林蒸散的控制因子 黄辉,孟平,张劲松,等(667)
新疆天山高寒草原不同放牧管理下的 CO_2 , CH_4 和 N_2O 通量特征 贺桂香,李凯辉,宋 韦,等 (674)
景观、区域和全球生态
宁夏生态足迹影响因子的偏最小二乘回归分析 马明德,马学娟,谢应忠,等 (682)
引黄灌区土壤有机碳密度剖面特征及固碳速率 董林林,杨 浩,于东升,等 (690)
自养微生物同化 CO_2 的分子生态研究及同化碳在土壤中的转化 \dots 吴小红,简 燕,陈晓娟,等 (701)
资源与产业生态
基于能值分析法的矿区循环经济系统生态效率分析 孙玉峰,郭全营 (710)

封面图说:云南松树冠——云南松为松科松属裸子植物,多生长在海拔 1000—3500m 的高山,喜光、耐干旱、耐瘠薄,适应酸性的红壤、黄壤,在其他树种不能生长的贫瘠石砾地或冲刷严重的荒山坡分布,易于天然更新。主要分布于四川西南部、云南、西藏东南部、贵州西部、广西西部,常形成大面积纯林,尤以云南分布最广,故有云南松之称。云南松树高可达 30m,胸径达 1m,树皮呈灰褐色,叶通常 3 针一束,鲜有两针,球果圆锥状卵圆形,种子近卵圆形或倒卵形。树干通直,木质轻软细密,是优质造纸、人造板原料,富含松脂是云南松的重要特点之一。

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/stxb201306101566

孙玉峰,郭全营.基于能值分析法的矿区循环经济系统生态效率分析.生态学报,2014,34(3):710-717.

Sun Y F, Guo Q Y. Ecological efficiency analysis of the circular economy system in mining area based on emergy analytic approach. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(3):710-717.

基于能值分析法的矿区循环经济系统生态效率分析

孙玉峰1,3、郭全营1,2

(1. 山东工商学院,烟台 264005; 2. 山东师范大学 管理科学与工程学院,济南 250014; 3. 山东能源经济协同创新中心,烟台 264005)

摘要:从系统的角度界定了循环经济和矿区循环经济的内涵,提出了煤炭矿区循环经济系统的基本框架,并以能值分析法为基础构建了矿区循环经济系统生态效率评价指标体系与方法。运用所构建的评价指标体系与方法对山东某矿区进行了研究,得出该矿区循环经济系统 2007—2011 年 5 年间的能值效率变化趋势图和生态效率指数趋势图,研究结果与该矿区的实际发展趋势基本一致。表明运用能值分析法所建立的评价指标体系具有较强的有效性,并且对煤炭矿区发展循环经济、提高生态效率具有重要指导意义和参考价值。

关键词:矿区循环经济;能值方法;生态效率

Ecological efficiency analysis of the circular economy system in mining area based on emergy analytic approach

SUN Yufeng^{1,3}, GUO Quanying^{1,2}

- 1 Shandong Institute of Business and Technology, Yantai 264005, China
- 2 School of Management and Economics, Shandong Normal University, Jinan 250014, China
- 3 Energy Economy Collaborative Innovation Center of Shandong, Yantai 264005, China

Abstract: This paper takes the recycling economy as a theoretical basis and systematically defines the recycling economy and recycling economy of coal mining areas. A basic framework for the recycling economy system in coal mining areas is put forward and a brief analysis of its systematic features is carried out. The author proposes that this is a complex interrelated system involving elements such as the environment, economy, resources, population, science, technology and culture. This paper starts with current problems faced by coal mining areas in China. By looking into the results of research and related references in this field from home and abroad, this paper briefly describes the basic rules and steps of Emergy Analysis and constructs an evaluation system for the eco-efficiency of the recycling economy in coal mining areas. It first sets up an emergy flow evaluation criterion which entails emergy efficiency evaluation criteria, sustainable development index and eco-efficiency index making it possible to analyze and study the sustainability and eco-efficiency of the recycling economy system in coal mining areas. By adoping this evaluation system, the paper carries out empirical research on a coal mine in Shandong province. By looking up statistical yearbooks, coal mine data and empirical surveys, an emergy data chart for the recycling economy system of this mine and an emergy evaluation chart will be presented. On this basis, the author drafted graphs of the variation tendency in emergy efficiency and eco-efficiency index in the five years from 2007 to 2011. Two tables have been devised and the predicted result is basically consistent with the real trends developing in the coal mining area. Finally,

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71273158);山东省自然科学基金资助项目(ZR2012GL02);山东能源经济协同创新中心资助项目(山东省 2011 计划);山东高校煤炭产业发展与创新研究基地资助

收稿日期:2013-06-10; 修订日期:2013-10-30

^{*}通讯作者 Corresponding author.E-mail: sunyufeng1966@ hotmail.com

the author proposes that for future development, the proportion of investment in the environment should be increased while improving its overall investment so as to realize a coordinated development between the economy and environment, prolonging the useful years of the coal mine and improving the sustainability of the recycling economy system of this coal mine. The results also show that the established evaluation system, based on Emergy Analysis, has a high level of reliability and effectiveness. It will play an important role in advancing the recycling economy, promoting energy conservation and emission reduction and realizing sustainable development of the recycling economy system.

Key Words: recycling economy in coal mining areas; emergy analysis; eco-efficiency

1 矿区循环经济概述

循环经济是由美国经济学家 K·波尔丁在 20 世纪 60 年代提出,是指在人、自然资源和科学技术的大系统内,在资源投入、企业生产、产品消费及其废弃的全过程中,把传统的依赖资源消耗的线形增长的经济,转变为依靠生态型资源循环来发展的经济。近年来国内外学者对循环经济做了大量研究,从不同的角度对循环经济概念做出了不同的解释[1-2]。本文结合以往的研究和对循环经济的理解,从系统的角度认为:循环经济是指在实现经济发展的同时达到资源节约和废弃物高效资源化的目标,进而实现资源系统内循环利用的生态经济形态。

矿区循环经济是以矿区产品清洁生产、矿产资源综合利用、废弃物高效资源化为特征的煤炭矿区生态经济发展形态。煤炭矿区循环经济遵循煤炭矿区能量流动规律,是以资源物质循环为目标,以资源开采—资源利用—资源再生为资源反馈式流程的经济发展模式;同时,矿区循环经济是以减量化、资源化和无害化,即3R原则为基础,以发展矿区生态经济、技术经济为核心,以矿区经济可持续发展为目标的一种全新的经济增长方式。

矿区循环经济系统是典型的复杂巨系统^[3]。此系统由环境、经济、资源、人口、科技、文化等要素组成一个有机整体。矿区循环经济系统作为一种特殊的复合生态系统,是由自然子系统、经济子系统和社会子系统耦合而成,并且三大子系统两两相关,系统内外不断进行物质、能量和信息的交换,其框架结构图如图 1 所示。本文以能值分析方法为基础,以生态效率为主线,通过对经济循环型矿区系统的分析,构建矿区循环经济生态效率指标体系,并对其生态效率进行分析。

通过文献阅读和文献检索可知,国内外对矿区

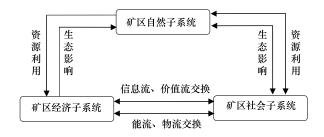


图 1 循环经济型矿区系统结构图

Fig.1 The system structure diagram for circular economy in mining area

循环经济的研究已经深入到各个方面。其中国外矿 区循环经济的发展成果主要体现在煤炭开采、运输、 加工和利用等技术方面,以及与此相关的环境污染 问题、废物再利用问题和洁净煤技术问题的处理等, 侧重于矿区循环经济发展的技术与实践,对于其学 术研究成果较少。国内学者对矿区循环经济的研究 较为广泛,主要有矿区循环经济运行机制、发展模式 及规律、静脉产业、指标体系评价与仿真、生态效率 评价等,在生态效率评价方面多使用熵权法、数据包 络分析法、非期望产出理论等方法[4],但运用能值分 析法进行生态效率评价的研究成果较少。综上两方 面所述,关于将能值分析法运用于矿区循环经济系 统生态效率评价的研究成果极少,本文旨在构建其 评价体系与方法,验证该方法对矿区循环经济系统 生态效率评价的有效性,对矿区循环经济发展趋势 作出有效分析与评价。

2 能值分析法

2.1 能值分析法的基本原理

能量是自然生态系统和复合生态系统存在和发展的基础,能量的存在表达了生命和环境、自然和社会的内在联系。美国著名生态学家 H.T.Odum 在 20 世纪 50 年代提出了能值的概念,并开始对生态系统

的能量流动进行了深入而细致的研究,于80年代后期创立了能值理论和方法,使得能值成为普遍使用的重要科学概念和度量标准^[5]。H.T.odum将能值定义为:一种流动或储存的能量所包含另一种类别能量的数量,称为该能量的能值。他又将能值进一步解释为:产品或劳务形成过程中直接和间接投入应用的一种有效能总量,就是其所具有的能值。

为了对不同类别与各种类型的能量进行比较研究,需要将其转换为统一标准的能值,因而提出了能值转换率的概念。能值转换率就是每单位某种类别的能量或物质所含能值之值。各种不同形式的能量均来源于太阳能,因此可以以太阳能为基准通过太阳能值转换率来衡量不同能量的能值。任何流动或存储的能量所包含的太阳能的量,就是该能量所具有的太阳能值,单位为太阳能焦耳,即 sej,以太阳能值为基准,可以衡量和比较生态系统中各种不同能量的真实价值。太阳能值转换率的单位为太阳能焦耳/焦耳,即 sej/J,几种主要能量类型的太阳能值转换率如表 1 所示。

表 1 几种主要能量类型的太阳能值转换率

Table 1 The solar transformity of the main types of emergy

·	太阳能值转换率/(sej/J)
Types of energy	Solar emergy transformity
太阳光 Sunlight	1
风动能 Kinetic energy of wind	623
有机物质 Organic matter	4420
雨水势能 Potential energy of rainwater	8888
雨水化学能 Chemical energy of rainwater	15423
河流势能 Potential energy of rivers	23564
河流化学能 Chemical energy of rivers	41000
波浪、海潮机械能 Mechanical energy of wave and tide	17 000—29 000
燃料 Fuel	18 000—58 000
食物、果菜、粮食、土产品 Food, vegetable and native products	24 000—20 000
高蛋白食物 High protein diet	1000 000—4000 000
人类劳务 Human labour	80 000—5 000 000 000
资料信息 Information	10 000—10 000 000 000 000

能值分析的基本方法就是将各种形式的含能物质通过能值转换率全部转化为以太阳能值表达的形式,其基本表达式为^[6]:

$Em = \mu P$

式中, Em 为太阳能值,单位为 sej; μ 为太阳能值转换率; P 为其他可用能。

运用能值分析方法,以物质流动为基础,将生态系统中不同等级、不同种类、不可比较的物质所含能量转化成统一标准的能值进行分析、比较和研究,从而评价不同的物质流在生态系统中的贡献及地位;结合建立的评价指标体系,综合评价生态系统的生态效率和经济效益。

2.2 能值分析法的基本步骤

对不同类型和尺度进行能值分析研究时,方法有所差别,但若以分析手段与步骤而言,主要包括能量系统图的绘制、能值分析表的制定、能值计算与评估、能值转换率和其他能值指标的计算、系统分析等^[7]。本文研究矿区循环经济的能值分析法基本步骤如下^[8]:

- (1)资料收集 通过查询统计年鉴和实际调查, 获取所需原始数据;
- (2)能量系统图绘制 以 H.T.Odum 的"能量系统语言"图例,组织上一步骤收集的资料,绘制详细的能量系统图;
- (3)能值分析、评价表编制 列出拟研究系统的主要能源(其中小于系统应用能值 5%的项目可不列入),根据各种相应的能值转换率,将不同的度量单位(J,g 或 \$)转换为统一能值单位(sej),编制成能值系统评价表;
- (4)能值综合系统图构建 简化第二步骤中的 能量系统图,构建体现系统资源能值结构的综合系 统图,以利整体分析评价;
- (5)能值指标体系建立 依据能值分析表和能量系统图,建立一系列反映系统生态效率和经济效率的能值指标体系;
- (6)系统发展评价 通过对各能值指标进行分析,对系统的可持续发展进行评价。

3 矿区循环经济系统生态效率能值评价指标体系

从能值流量、能值效率的角度构建矿区循环经济系统生态效率能值评价指标体系,并根据建立的指标体系计算系统的生态效率评价指数^[9]。

(1)能值流量评价指标

能值流量评价指标主要是指矿区循环经济系统 自身具有的能值流以及系统购买和输出的资源与服 务的能值流,分别由可更新资源能值(R)、不可更新资源能值(N)、购买资源与服务能值即输入能值(IMP)、输出能值(EXP)、废弃物能值(W)5项指标构成^[10](表 2)。

表 2 矿区循环经济系统能值流量评价指标

Table 2 The evaluating indicator of emergy flux on circular economy system in mining areas

conomy system in	8	
能值流量 Emergy flux	能值流量指标 Emergy flux index	所含项目 Items of the index
能值流量	可更新资源	天阳能
Emergy flux	能值(R)	风能
		雨水势能
		雨水化学能
		地球旋转能
	不可更新资源	水
	能值(N)	煤炭
		钢材
		电力
	购买资源与	固定资产投资
	服务能值(IMP)	实际利用外资
		进口
		劳务输入
	输出能值(EXP)	工业总产值
	废弃物能值(W)	废水
		废气
		废物

(2)能值效率评价指标

矿区循环经济系统发展以经济活动为核心,以自然生态环境为支撑,因此能值效率评价指标应包括反映污染物排放效率、资源利用效率和经济效率的相关指标。评价指标分别由能值自给率(ESR)、能值产出率(EYR)、能值废弃率(EWR)、环境负荷

率(ELR)、可更新资源能值比(r)、不可更新资源能值比(n)和废弃物能值比(w)7项指标构成[11],具体的指标计算和指标意义如表 3 所示。

能值自给率评价系统对自有资源的利用情况及 系统自我支持能力。矿区循环经济系统能值自给率 越大,说明对系统内部资源开发和利用程度越高,系 统的自我支持能力、自足能力较强。能值产出率评 价系统的经济发展效益,是衡量系统运行效率的一 种标准。系统的产出能值越大,运行效率就越高。 能值废弃率是系统对排放废弃物的可利用程度和系 统循环能力的评价指标。能值废弃率越大,表明系 统废弃物排放量越大,系统排放的废弃物可利用程 度越大,表明废弃物资源化水平比较低,系统资源利 用的效率越低;反之,能值废弃率越小,表明废弃物 排放量小,表明系统资源利用的水平越高,系统废弃 物资源再生水平越高。环境负荷率对经济系统起到 警示作用,环境负荷率值较小,表明经济系统中能值 利用强度相对比较低,对系统环境产生的压力也比 较小,因此系统环境所承受的压力一般用环境负荷 率来表示。如果系统在较长一段时期内具有较高的 环境负荷率,系统平衡就很容易遭到破坏。依据以 往众多学者的研究,可以总结出一般结论:当 ELR<3 时, 表明环境承受压力很小; 当 3<ELR<10 时, 表明 环境承受压力处于中等水平;当 ELR>10 时,表明环 境承受压力已经相对过大。可更新资源能值比率是 系统环境可利用潜力的评价指标。若可更新资源能 值比率越大,系统环境可利用潜力就越大。废弃物 能值比率、不可更新资源能值比率分别从废弃物排 放、资源利用的角度对系统运行效率进行评价,是矿 区循环经济系统生态效率评价的重要指标。

表 3 矿区循环经济系统能值效率评价指标

Table 3 The evaluation index of emergy efficiency on circular economy system in mining areas

			* *
	能值效率指标 Index of emergy efficiency	计算表达式 Calculation expression	代表意义 The meaning of the index
能值效率	能值自给率(ESR)	(R+N)/(R+N+IMP)	矿区系统自我支持、支撑能力
Emergy efficiency	能值产出率(EYR)	(R+N+IMP)/IMP	矿区系统的经济发展效益
	能值废弃率(EWR)	W/R	矿区系统的循环能力
	环境负荷率(ELR)	(N+IMP)/R	矿区系统经济活动对环境的压力
	可更新资源能值比(r)	R/(R+N+IMP)	矿区系统的自然环境潜力
	不可更新资源能值比(n)	N/(R+N+IMP)	矿区系统资源利用对环境的压力
	废弃物能值比(w)	W/(R+N+IMP)	矿区系统废弃物排放对环境的压力

(3)根据以上步骤建立的指标体系,计算矿区循环经济系统的可持续发展指数(SDI)^[12]、改进的可持续发展指数(ISDI)^[13]和生态效率指数(EEI)^[14],具体的计算公式和指数意义如表 4 所示。

4 典型矿区循环经济系统生态效率评价

本文以山东某矿区为例,通过查阅统计年鉴、矿区内部数据和实地调研,绘制出该矿区 2011 年循环经济系统能值数据表(表 5)。

表 4 矿区循环经济系统生态效率评价指数

Table 4 The evaluation indices of energy efficiency on circular economy system in mining areas

	指数名称 The name of the index	计算表达式 Calculation expression	代表意义 The meaning of the index
效率指数	可持续发展指数(SDI)	EYR/ELR	系统可持续发展
Efficiency index	改进的可持续发展指(ISDI)	EYR×EER/ELR	考虑能值交换率的系统可持续发展
	生态效率指数(EEI)	$\mathrm{EYR} \times (1-w) \times (1-n)$	评价系统资源效率、环境效率以及经济 效率的可持续发展指数

表 5 2011 年某矿区循环经济系统能值数据表

Table 5 The table for emergy data in a mining area circular economy system (2011)

能值流量	基础数据	能值转换率	太阳能值
Emergy flux	Date base	Emergy transformity	Solar emergy
可更新资源能值(R)Renewable i	resources emergy		224 000 000 000 000 000 000
太阳能 Solar energy	4 160 000 000 000 000 000	1	4 160 000 000 000 000 000
风能 Wind energy	7 620 000 000 000 000	663	5 050 000 000 000 000 000
雨水势能 Potential energy of rainwater	67 300 000 000 000	8 890	598 000 000 000 000 000
雨水化学能 Chemical energy of rainwater	3 820 000 000 000 000	15 400	58 900 000 000 000 000 000
也球旋转能 The energy of the rotation of the earth	2 670 000 000 000 000	58 000	155 000 000 000 000 000 000 000
不可更新资源能值(N) Non-rene	ewable resource emergy		228 000 000 000 000 000 000
K Vater	8 600 000 000 000	41 000	353 000 000 000 000 000
某炭 Coal	76 800 000 000	39 800	3 060 000 000 000 000
函材 Steel	52 700 000 000	4 130 000 000	218 000 000 000 000 000 000
电力 Electric power	35 600 000 000 000	269 000	9 580 000 000 000 000 000
购买资源与服务能值即输入能值	(IMP) Import emergy		1 260 000 000 000 000 000 000
固定资产投资 nvestment in the fixed assets	123 000 000	8 670 000 000 000	1 070 000 000 000 000 000 000
实际利用外资 fhe actual utilization of oreign investment	328 000	8 670 000 000 000	2 840 000 000 000 000 000
进口 Enter port	676 000	2 500 000 000 000	1 690 000 000 000 000 000
劳务输入 Labor migration	1 200	155 000 000 000 000 000	186 000 000 000 000 000 000
渝出能值(EXP) Export emergy			46 300 000 000 000 000 000 000
工业总产值 Value of gross output	5 340 000 000	8 670 000 000 000	46 300 000 000 000 000 000 000
要弃物能值(W) Waste emergy			98 200 000 000 000 000 000

续表			
能值流量	基础数据	能值转换率	太阳能值
Emergy flux	Date base	Emergy transformity	Solar emergy
废水 Waste water	435 000 000 000	660 000	287 000 000 000 000 000
废气 Exhaust gas	17 800 000 000	660 000	11 700 000 000 000 000
废物 Waste material	653 000 000 000	150 000 000	98 000 000 000 000 000 000

将表 5 的能值数据带入能值效率评价指标公式和生态效率评价指数公式,即可得出 ESR、SDI 等2011年该矿区循环经济系统生态效率评价指标值。

以上述同样的方式可以得出 2007—2011 年该矿区 循环经济系统生态效率评价指标值,如表 6 所示。

表 6 某矿区循环经济系统能值评价表

Table 6 The table for emergy evaluation in a mining area circular economy system

	Table 6 The table for em	iergy evaluation in a mi	ning area circular econom	y system
年份		打	f标 Index	
平切 Year	可更新资源能值(R)	不可更新资源		购买资源与服务能值(IMP)
1 eai	Renewable resources emergy	Non-renewable	resource emergy I	mport emergy
2007	236 000 000 000 000 000 000	164 000 000 00	0 000 000 000 3	77 000 000 000 000 000 000
2008	244 000 000 000 000 000 000	152 000 000 00	0 000 000 000 4	28 000 000 000 000 000 000
2009	217 000 000 000 000 000 000	159 000 000 00	0 000 000 000 6	662 000 000 000 000 000 000
2010	198 000 000 000 000 000 000	176 000 000 00	0 000 000 000 7	71 000 000 000 000 000 000
2011	224 000 000 000 000 000 000	228 000 000 00	0 000 000 000 1	260 000 000 000 000 000 000
平均值 Average value	223 800 000 000 000 000 000	175 800 000 00	0 000 000 000 6	599 600 000 000 000 000 000
 年份		打	f标 Index	
Year	输出能值(EXP)	废弃物能值(W	í) í	能值自给率(ESR)
1001	Export emergy	Waste emergy	F	Emergy self-sufficiency rate
2007	19 800 000 000 000 000 000 000	86 700 000 000	000 000 000 0	0.5148
2008	25 300 000 000 000 000 000 000	95 400 000 000	000 000 000 0	0.4806
2009	30 400 000 000 000 000 000 000	88 600 000 000	000 000 000 0	0.3622
2010	38 500 000 000 000 000 000 000	80 700 000 000	000 000 000 0	0.3266
2011	46 300 000 000 000 000 000 000	98 200 000 000	000 000 000 0	0.264
平均值 Average value	32 060 000 000 000 000 000 000	0 000 89 920 000 000 000 000 000 0.3897		0.3897
			f标 Index	
年份 Year	能值产出率(EYR) Emergy yield ratio	能值废弃率(EWR) Emergy waste rate	环境负荷率(ELR) Environmental loading	Renewable resources
2007	2.061	0.3674	2.2924	0.3037
2008	1.9252	0.391	2.377	0.2961
2009	1.568	0.4083	3.7834	0.2091
2010	1.4851	0.4076	4.7828	0.1729
2011	1.3587	0.4384	6.6429	0.1308
平均值 Average value	1.6796	0.4025	3.9757	0.2225
		打	f标 Index	
年份 Year	Sustainable	至弃物能值比(w)	不可更新资源能值比(Non-renewable reso	(ISDI)
	development index	aste emergy ratio	emergy ratio	Sustainable development index improved
2007	0.8991	0.1116	0.2111	2.5715

续表				
			指标 Index	
年份 Year	可持续发展指数(SDI) Sustainable development index	废弃物能值比(w) Waste emergy ratio	不可更新资源能值比(n) Non-renewable resource emergy ratio	改进的可持续发展指数 (ISDI) Sustainable development index improved
2008	0.8099	0.1158	0.1845	1.9002
2009	0.4144	0.0854	0.1532	0.9051
2010	0.3105	0.0705	0.1537	0.6807
2011	0.2045	0.0574	0.1332	0.409
平均值 Average value	0.5277	0.0881	0.1671	1.2933

依据表 6 绘制该矿区循环经济系统能值效率变 化趋势图和生态效率指数变化趋势图分别如图 2、图 3 所示。

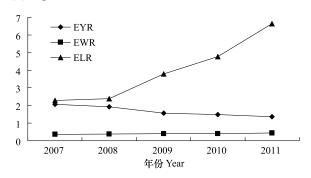


图 2 某矿区循环经济系统能值效率变化趋势

Fig.2 The variation tendency of emergy efficiency in a mining area circular economy system

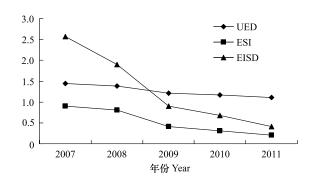


图 3 某矿区循环经济系统生态效率指数趋势 Fig. 3 The tend of ecological efficiency in a mining area circular economy system

依据图 2、图 3 得出该矿区能值效率和生态效率 指数变化趋势表如表 7 所示。

表 7 某矿区能值效率和生态效率指数变化趋势表

Table 7 The table for variation tendency of emergy efficiency and ecological efficiency in a mining area circular economy system

能值效率 Emergy efficiency	变化趋势 Variation trend	生态效率指数 Ecological efficiency index	变化趋势 Variation trend
能值产出率(EYR) Emergy yield ratio	下降趋势	可持续发展指数(SDI)	逐年下降
能值废弃率(EWR) Emergy waste rate	小幅波动,整体呈上升趋势	改进的可持续发展指(ISDI)	逐年下降
环境负荷率(ELR) Environmental loading ratio	上升趋势	生态效率指数(EEI)	逐年下降

由图 2 和表 7 可以看出,2007—2011 年该矿区循环经济系统能值产出率 EYR 呈现下降趋势,能值废弃率 EWR 除了在 2010 年出现小幅波动外,整体仍然呈现上升趋势,能值负荷率 ELR 也呈现上升趋势,并且能值负荷率近年来上升幅度较大。能值产出率下降表明该矿区循环经济系统的投入与产出效率值呈现下降趋势,该矿区循环经济系统的经济发展效益在相对降低;能值废弃率上升表明该矿区在资源开发利用过程中资源利用率低,该矿区经济系

统的循环能力不断减弱;能值负荷率上升表明该矿区的经济活动对矿区环境造成的压力在逐年增加。同时由表 6 中 ELR 值还可以看出在 2007、2008 年 ELR<3,该矿区环境承受压力处于较低水平,之后环境承受的压力水平逐年增加;ELR 平均值亦表明该矿区 2007—2011 年环境承受的压力处于中等水平。

由图 3 和表 7 所示 2007—2011 年该矿区循环经济系统的可持续发展指数、改进的可持续发展指数和生态效率指数均呈现下降趋势,表明该矿区循环

经济系统的可持续性减弱。

综合上述图示结论表明,该矿区环境承受压力较大,矿区系统可持续发展形式严峻。此结论和该矿区当前发展状况较为吻合,该矿区当前正处在快速发展阶段,矿区总投资逐年增加。在矿产资源开采过程中,矿产利用率低,废弃物排放量大,从而降低了矿区循环经济系统的可持续性。因此,该矿区在今后的发展过程中,在加大矿区总投资的同时要提高矿区环境投资的比例,实现矿区经济、环境的协调发展,延长矿区的使用年限。

5 结论

矿区循环经济系统是一个典型的复杂系统,运用能值分析方法,构建矿区循环经济系统生态效率评价指标体系,计算其可持续发展指数(SDI)、改进的可持续发展指数(ISDI)和生态效率指数(EEI),能够反映系统的生态效率水平。文章通过对山东某矿区的实证研究,得出该矿区循环经济系统能值效率和生态效率指数变化趋势,有效地拟合了该矿区的实际发展趋势,验证了矿区循环经济系统生态效率评价指标体系与方法的有效性,对矿区进一步深化循环经济,推进节能减排,实现可持续发展都具有重要意义。

References:

- [1] Li J G. Appraisal on the Mining Area Circular Economy and Research on Development Mode[D]. Hebei: Hebei University of Engineering, 2008.
- [2] Zhou H C, Liu Y H. Circulation Economics. Beijing: China Development Press, 2005:163-169
- [3] Sun Y F, Yan H M.Research on sustainable development of coal mining area from the perspective of recycling economy. Coal Economic Research, 2005, 4:24-25.
- [4] Niu M M. Research on the Eco-efficiency of Coal Industry in China[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2012.
- [5] Bian L L. Development Mechanism and Emergy Evaluation of Circular-type Coal Mining Area [D]. Beijing: China University of Mining and Technology, 2011.
- [6] Lan S F, Qin P. Energy analysis of ecosystems. Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(1):129-131.
- [7] Li J P, Chen P F, Wang Z S. The emergy synthSDIs and sustainability analysis of city's environment and economy. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(2):439-447.
- [8] Yao CS, Zhu HJ. Energy analysis and assessment of sustain ability

- on the eco-economic system of Fujian province. Journal of Fujian Normal University: Natural Science Edition, 2007, 23(3):92-97.
- [9] Shen S R, Lu H F, Zhao X F, Lan S F. Some frontier points of energy study. Journal of Tropical and Sub tropical Botany, 2004, 12(3):268-272.
- [10] Xu Z M, Zhang Z Q, Chen G D. Theory and Method of economic. He' nan: Yellow River Conservancy Publishing House, 2003: 64-66
- [11] Yan M C. On the new ecological economics the theory, methods and applications. Beijing; Chinese Publishing House Addressed to the Public, 2001; 2-15.
- [12] Brownm T, Ulgiatis. Energy evaluations and environmental loading of electricity production systems. Journal of Cleaner_Production, 2002,5(10)321-334.
- [13] Lan S F, Qin P, Lu H F. Emergy Analysis of Eco-economic System. Beijing Chemical Industry Press, 2002; 107-121.
- [14] Zhang Y, Yang Z F.Energy analysis of urban material metabolism and evaluation of eco-efficiency in Beijing. Acta Scientiae Circumstantiae, 2007, 27(11);1892-1899.

参考文献:

- [1] 李建光. 矿区循环经济效益评价与发展模式研究[D]. 河北: 河北工程大学,2008.
- [2] 周宏春, 刘燕华. 循环经济学. 北京: 中国发展出版社, 2005: 163-169.
- [3] 孙玉峰, 闫慧敏. 从循环经济角度谈矿区的可持续发展. 煤炭经济研究, 2005, 9(4):24-25
- [4] 牛苗苗. 中国煤炭产业的生态效率研究[D]. 北京: 中国地质大学,2012.
- [5] 卞丽丽. 循环型煤炭矿区发展机制及能值评估[D]. 北京:中国矿业大学,2011.
- [6] 蓝盛芳, 钦佩. 生态系统的能值分析. 应用生态学报,2001,12 (1);129-131.
- [7] 李金平, 陈飞鹏, 王志石. 城市环境经济能值综合和可持续性分析. 生态学报, 2006, 26(2): 439-447.
- [8] 姚成胜,朱鹤健. 福建生态经济系统的能值分析及可持续发展评估. 福建师范大学学报:自然科学版,2007,23(3):92-97.
- [9] 沈善瑞,陆宏芳,赵新锋,蓝盛芳.能值研究的几个前沿命题.热带亚热带植物学报,2004,12(3);268-272.
- [10] 徐中民,张志强,程国栋.生态经济学理论方法与应用.河南:黄河水利出版社,2003:64-66.
- [11] 严茂超. 生态经济学新论——理论、方法与应用. 北京: 中国 致公出版社, 2001: 2-15.
- [13] 蓝盛芳, 钦佩, 陆宏芳. 生态经济系统能值分析. 北京: 化学工业出版社,2002: 107-121.
- [14] 张妍, 杨志峰. 北京城市物质代谢的能值分析与生态效率评估. 环境科学学报, 2007, 16(11): 1892-1899.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.3 Feb., 2014 (Semimonthly) CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review
Research advances and prospects of post-disaster ecological restoration assessment
LIU Xiaofu, WANG Wenjie, LI Jing, et al (527
The sustainability analysis of small hydropower plants in China based on ecological energetic accounting
PANG Mingyue, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (537
Autecology & Fundamentals
An ecological study on zooplankton in the northern Beibu Gulf V: the effects of microzooplankton grazing on phytoplankton in
summer
Sexual size dimorphism and female individual fecundity of Silurus asotus and Clarias fuscus ······
Effect of environmental temperature on thermogenesis and evaporative water loss in Chinese bulbuls (Pycnonotus sinensis)
LIN Lin, CAO Mengting, HU Yilin, et al (564
Effects of irrigation on plant growth and nitrogen use characteristics of Calligonum caput-medusae Schrenk seedlings
Enzymatic activity during phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon impacted soil
Assessment of karst groundwater vulnerability in Chongqing based on revised RISKE model · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
WEI Xingping, PU Junbing, ZHAO Chunyong (589
Monitoring salt and water dynamics in farmland and drainage ditch in a saline environment under reduced drainage intensity
PAN Yanxin, LUO Wan, JIA Zhonghua, et al (597
Population, Community and Ecosystem
Spatial distribution and spatial association of Stellera chamaejasme population in the different altitude in in degraded alpine grassland
GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang, ZHUO MA Lancao (605
Biotic stress of predators on population of alligator weed flea beetle, Agasicles hygrophila (Col.: Chrysomelidae)
LIU Yufang,LI Fei,GUI Fangyan, et al (613
Characteristics of phytoplankton community in the northern South China Sea in summer and winter MA Wei, SUN Jun (621
The amount and dynamics of litterfall in the natural secondary forest in Mopan Mountain
FAN Chunnan, GUO Zhongling, ZHENG Jinping, et al (633
Effects of continuous drought on soil bacteria populations and community diversity in sweet cherry rhizosphere
LIU Fangchun, XING Shangjun, MA Hailin, et al (642
The basic principle of random forest and its applications in ecology: a case study of Pinus yunnanensis
Quantitative analysis of driving factors for wetland degradation based on hydrology balance
Stomatal and environmental control on evapotranspiration in a plantation in the lower mountain areas of North China
The fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in alpine grassland of the Tianshan Mountains, Xinjiang
HE Consistent LLV-that COMC West at all (67)

Landscape, Regional and Global Ecology
Analysis the relationship between ecological footprint (EF) of ningxia and influencing factors; Partial Least-Squares Regression (PLS
Profile distribution patterns of soil organic carbon and the rate of carbon sequestration in Ningxia Irrigation Zone
Molecular mechanism on carbon dioxide assimilation of autotrophic microorganism and carbon translocation in agricultural soils
WU Xiaohong, JIAN Yan, CHEN Xiaojuan, et al (701
Resource and Industrial Ecology
Ecological efficiency analysis of the circular economy system in mining area based on emergy analytic approach
SUN Yufeng, GUO Quanying (710
Assessing synthetic carrying capacity based on AD-AS model: a case study in Coastal Zone, Zhoushan
Urban, Rural and Social Ecology
Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression
LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (727
Research Notes
Spatial-temporal variability of dry and wet deposition of atmospheric nitrogen in different ecological regions of Shaanxi
LIANG Ting, TONG Yan'an, LIN Wen, et al (738
The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area
LIU Xiaoyong, LI Hongxun,LI Jianming, et al (746
Structure and diversity of soil fauna communities in the tundra of the Changbai Mountains, China
Modeling the total allowable area for coastal reclamation: a case study of Xiamen, China
LIN Chenchen, RAO Huanhuan, LIU Yan, et al (766

《生态学报》2014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研工作者,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研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,280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34卷 第3期 (2014年2月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

 $(\,Semimonthly\,,Started\,\,in\,\,1981\,)$

Vol. 34 No. 3 (February, 2014)

编	辑	(20.3.40)	Edited	by	Editorial board of
		地址:北京海淀区双清路 18 号			ACTA ECOLOGICA SINICA
		邮政编码:100085			Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
		电话:(010)62941099			Tel:(010)62941099
		www.ecologica.cn			www.ecologica.cn
÷	编	shengtaixuebao@ rcees.ac.cn 王如松			shengtaixuebao@ rcees.ac.cn
主	管	中国科学技术协会	Editor-in-ch	ief	WANG Rusong
主 主 主	办	中国生态学学会	Supervised	by	China Association for Science and Technology
_	,,		Sponsored	by	Ecological Society of China
		地址:北京海淀区双清路 18 号			Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
		邮政编码:100085			Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出	版	斜华出版社]	Published	by	Science Press
		地址:北京东黄城根北街 16 号			Add:16 Donghuangchenggen North Street,
		邮政编码:100717			Beijing 100717, China
印	刷	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House,
发	行	斜华出版 社			Beijing 100083, China
			Distributed	by	Science Press
		邮政编码:100717			Add:16 Donghuangchenggen North
		电话:(010)64034563			Street, Beijing 100717, China
ìΤ	购	E-mail:journal@cspg.net 全国各地邮局			Tel: (010) 64034563
国外名	• • •	中国国际图书贸易总公司			E-mail: journal@ cspg.net
白八次门		地址:北京 399 信箱	Domestic		All Local Post Offices in China
		邮政编码:100044	Foreign		China International Book Trading
广告经营					Corporation
许 可	证	京海工商广字第 8013 号			Add: P.O. Box 399 Beijing 100044, China

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