

生态矿业发展评价体系研究：以江苏省为例

刘金平¹，华建伟²，聂志强³，杨贺¹

(1. 中国矿业大学管理学院，江苏徐州 221116；2. 江苏省地质调查研究院，江苏南京 210018；
3. 江苏省国土资源厅，江苏南京 210029)

摘要：为定量地评价生态矿业的现状以及合理规划生态矿业的发展目标，本文以江苏省为例，采用生态矿业发展度概念，建立了生态矿业发展度评价指标体系，并对江苏省生态矿业发展水平(或发展程度)的现状以及生态矿业发展的规划目标进行了实证研究，为矿山开发中的环境保护和灾害治理提供了一种新的有效依据。

关键词：生态矿业；发展度；评价体系；江苏省

中图分类号：F407.1 **文献标识码：**A **文章编号：**1004-4051(2013)06-0037-05

Study on evaluation system of ecological mining development: The case of Jiangsu province

LIU Jin-ping¹, HUA Jian-wei², NIE Zhi-qiang³, YANG He¹

(1. School of Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;
2. Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China; 3. Department of Land
and Resources of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China)

Abstract: In order to evaluate the status of the ecological mining quantitatively and program the ecological mining development goals reasonably, with the example of Jiangsu province, we have proposed the concept of development degree on ecological mining and established the ecological evaluation index system of mineral development degree. In this paper we have carried on a positive research on the current development level (development degree) and the goals program of the ecological mining development in Jiangsu province, and provided a new valid basis for the environmental protection and disaster management in mine development.

Key words: ecological mining; development degree; evaluation system; Jiangsu province

1 概述

资源、人口及环境已经成为当今世界面临的三大突出问题。矿产资源不合理的开发利用，不仅造成了资源的浪费，而且对区域环境产生了严重的破坏或导致地质灾害。为了合理地 and 有效地开发利用矿产资源、保护生态环境以及避免或减少地质灾害，人们提出了生态矿业的概念。就生态矿业的内涵，不同学者从不同角度给予了定义。朱俊士认为：“生态矿业就是在矿业开发的全过程，都要以生态学为

依据，自始至终在矿区内进行全面规划，使之成为矿业为主体的多种生产综合体，进行无损害生态环境的生产和改善人类生活条件”^[1]。就生态矿业评价问题，国内学者开展了一些有益研究：如高吉喜等以支持指标与压力指标为评价因子的矿业生态承载力研究^[2]；顾康康、刘景双等建立了矿业脆弱性评价指标体系，提出生态系统协调度，并设定了其脆弱性和协调性分级标准^[3]；卢育红等以矿业城市复合生态系统健康内涵为基础，运用指数综合评价模型和方法，构建了矿业城市生态系统健康评价指标体系^[4]；汤少伟等基于生态足迹的矿业城市可持续发展测度研究^[5]等。这些研究均没有涉及生态矿业的发展水平(或发展程度)及定量评价问题。

本文提出生态矿业发展度的概念，并建立生态矿业发展度评价指标体系。所谓生态矿业发展度，

收稿日期：2012-11-17

基金项目：江苏省国土资源厅《江苏省矿业发展与生态省建设协调研究》项目资助(编号：苏国土资发[2007]129号)

作者简介：刘金平(1962-)，男，陕西凤翔人，教授，博士，博士生导师，中国矿业大学国土资源规划与评价研究所所长，研究方向：资源经济与管理。

是指生态矿业的发展水平(或发展程度)。生态矿业发展度指标是对生态矿业发展水平(或发展程度)的动态和定量的度量。

2 基于生态矿业发展度的评价方法

生态矿业发展度评价的本质是多指标综合评价。多指标综合评价方法,通常有模糊综合评价法、灰色综合评价法、层次分析法、积合法及加和法等。不同的方法适用于不同的评价要求和目标^[6]。这里选用加和法作为生态矿业发展度评价的方法,有效地兼顾所有评价指标的效用。具体可分为采用逐级汇总法或直接计算法两种方法测算。

2.1 逐级汇总法

逐级汇总法的基本思路,是以矿区(山)为基本评价单位,计算具体矿区(山)生态矿业发展度,在此基础上计算市(县)生态矿业发展度,最后依市(县)生态矿业发展度来计算获取省生态矿业发展度。即:生态矿区发展度→市(县)生态矿业发展度→省生态矿业发展度,由下而上计算省矿业发展度。

2.2 直接计算法

直接计算法是基于江苏省获取或汇总的评价指标值,采用效用加权求和法直接计算省级生态矿业发展度。具体方法为

$$R = \frac{1}{Q} \sum_{j=1}^Q K_j M_j$$

式中, R 为省生态矿业发展度; K_j 为 J 评价指标效用值; M_j 为 J 评价因素的权重; Q 为评价因素数。

评价指标效用值一般采用以下方法求取。

1) 对于越大越好的指标(矿业产值、矿业利润、回采率等): $K_j = \text{实际值}/\text{最好(大)值}$;归一化时: $K_j = [\text{实际值} - \text{最好(小)值}]/[\text{最好(大)值} - \text{最好(小)值}]$ 。

2) 对于越小越好的指标(塌陷率等): $K_j = \text{最好(小)值}/\text{实际值}$;归一化时: $K_j = [\text{最好(大)值} - \text{实际值}]/[\text{最好(大)值} - \text{最好(小)值}]$ 。

3) 对于适中性指标(合理的采矿规模等): $K_j = \text{理想值}/(|\text{实际值} - \text{理想值}| + \text{理想值})$ 。

对于以百分数表示的指标,如“三废”物处理利用率、废弃地复垦率及城镇化进程、工业化进程、满意度等,可以直接将百分数作为效用值。

对于无法量化的指标,如技术进步、国家安全及生态文明建设等,则采用赋值法。

3 江苏省生态矿业发展度评价指标体系的建立

江苏省目前已发现的矿产品种有 133 种,已探明储量的 65 种,其中建材、黏土等 34 种单矿储量列

全国前十位,钨钼矿、方解石、泥灰石、凹凸棒石黏土、二氧化碳气等 8 种矿产保有储量列全国第一位。文献^[7]对江苏省生态矿业进行了比较系统的分析和研究。矿业在江苏省具有比较重要的地位和作用,对江苏省生态省建设具体重要的影响。江苏省已将发展生态矿业作为生态省建设的重要任务和目标之一,江苏省生态矿业建设取得了显著的成效。立项开展了《江苏省矿业发展与生态省建设协调研究》,建立了江苏省生态矿业发展度评价指标体系,评价江苏省生态矿业发展水平,是该项研究的重要内容之一。

评价指标体系构建应遵循科学性与实用性、整体性与层次性、动态性与政策友好性以及技术性与可比性等一般原则^[6]的基础上,根据生态省建设监测指标要求以及生态矿业的定义、基本内涵和设计原则,我们从矿业经济系统、资源系统、环境系统和社会系统四个方面,选取反映生态矿业特征的指标,分别按目标层、准则层、指标层 3 个层次构建了生态矿业发展度评价指标体系(表 1),试图全面和系统地反映生态矿业发展的水平。

矿业经济系统主要分为矿业经济规模、矿业经济效能及矿区经济发展潜力子系统;资源系统主要分为矿产资源基础及资源开发利用效率子系统;矿山环境系统主要分为矿山生态环境破坏程度及矿山生态环境治理程度子系统;矿业社会系统主要分为满意度及其他子系统。

4 江苏省生态矿业发展度评价及评价等级

按照以上步骤和指标数据,进行评价。具体的赋值见江苏省生态矿业(矿区)评价指标赋值(表 2)。

生态矿业发展度其取值在 $[0, 1]$,该值越大生态矿业发展水平(或程度)就越高。依据矿业发展度指标我们将江苏省生态矿业发展水平(或程度)分为非生态矿业、差生态矿业、一般生态矿业、生态矿业及完全(或绿色)生态矿业五个等级,见表 3。

本次采用直接计算法测算了江苏省生态矿业发展度。考虑到目前评价指标测量、统计及量化的难易程度和可操作性,这里选取和采用的具体评价指标、评价指标现状、2010 年、2015 年及 2020 年的目标值见表 4;评价指标权重、效用及生态矿业发展度见表 5。

效用值计算采用前述方法。另外:对于有理论最大值的以理论最大值 100%为效率指数“1”,其他对于有 2020 年定量指标的,以 2020 年为基准最优,即效率值为“1”。

表 1 江苏省生态矿业发展度评价指标体系

目标层	准则层	指标层	
矿业经济	矿业经济规模	矿业工业产值占 GDP 的比例/%	
		矿业工业产值/亿元	
	矿业经济效能	矿业利润/亿元	
		开采量/亿 t	
		矿业从业人员/万人	
		矿业投资总额/万元	
		矿业投资额占总投资的比例/%	
		人均矿业产值/(万元/人)	
		人均矿业利润/(万元/人)	
		人均年开采量/(t/人)	
人均可支配收入/万元			
矿区经济发展潜力		单位矿业产值能耗/(t 标煤/万元 m ³)	
		单位矿业产值水耗/(万元/人)	
		科技投入占矿业产值的比例/%	
		科技进步对矿业产值的贡献率/%	
矿产资源	矿产资源基础	矿山企业科技水平	
		固体矿产保有资源储量/万 t	
		保有基础储量占资源储量比例/%	
		保有资源储量潜在价值/亿元	
	资源开发利用效率		地勘投入/万元
			人均保有资源储量潜在价值/(元/人)
			人均年地勘投入/(元/人)
			矿产资源回采率/%
			矿产资源回收率/%
			矿产资源综合利用率/%
矿山生态环境	矿山生态环境破坏程度	矿区面积占国土面积比例/%	
		矿山废弃地(露采和井采)占国土总面积比例/%	
		地质灾害发生模数/(次/10 ⁴ km ²)	
		井采塌陷(采空)地数量/km ²	
		矿井水数量/万 m ³	
		固体废物排放量/万 t	
		万吨塌陷率/(亩/万 t)	
		万吨固体废物排放量/(t/万 t)	
		单位矿业工业产值 SO ₂ /(kg/万元)	
		单位矿业工业产值 COD/(kg/万元)	
	矿山生态环境治理程度		露采矿山废弃地(宕口)治理量/km ²
			塌陷地(压占)复垦数量/km ²
			矿井水处理利用量/万 m ³
			固体废物处理利用量/万 t
			露采矿山废弃地治理率/%
			塌陷地复垦利用率/%
			矿井水处理利用率/%
矿区水排放达标率/%			
矿业社会	满意度	固体废物处理利用率/%	
		矿山环境整治投资额/万元	
		矿山环境整治投资额占矿业产值的比例/%	
		矿区森林覆盖率/%	
		矿区工业广场绿化率/%	
	其他		职工满意度/%
			农民满意度/%
			政府满意度/%
			国家安全/%
			城镇化水平/%
		工业化进程/%	
		人口自然增长率/%	
		生态文明建设程度/%	

表2 江苏省生态矿业(矿区)评价指标赋值

发展等级	一般	省内先进	国内先进	国际先进
K _j 值	0.2	0.4	0.6	0.8

表3 江苏省生态矿业(矿区)发展水平等级

发展水平等级	矿业发展度(R)
非生态矿业	≤0.2
差生态矿业	≤0.4
一般生态矿业	≤0.6
生态矿业	≤0.8
完全生态矿业	≤1

通过计算得出以下内容。

1) 2007年(基期)江苏省生态矿业发展度 $R = 0.553$, 为属一般生态矿业水平。

2) 2010年江苏省生态矿业发展度为 $R =$

0.767, 属生态矿业水平。

3) 2015年江苏省生态矿业发展度为 $R = 0.890$, 属完全生态矿业水平。

4) 2020年江苏省生态矿业发展度为 $R = 0.989$, 属完全生态矿业水平。

经计算得出, 2007年江苏省生态矿业发展水平为一般生态矿业水平, 与实际矿产资源规划评判相符。究其原因, 主要是矿业效能偏低, 矿山生态环境治理程度不够造成的。通过规划具体指标, 为了提高江苏省生态矿业发展度, 在2015年全省达到完全生态矿业的水平, 且在2020年使生态矿业发展水平进一步提高。

可见江苏省生态矿业发展度能客观、有效的揭示和度量江苏省生态矿业发展的水平。

表4 生态矿业发展度评价原始值

指标层	现状值	2010目标	2015目标	2020目标
矿业工业产值占GDP的比例/%	0.98	1.000	1.000	1.000
矿业工业产值/亿元	249.19	410.000	450.000	518.000
开采量/亿t	2.36	2.200	2.200	2.200
矿业从业人员/万人	27.71	29.000	29.000	29.000
人均矿业产值/(万元/人)	8.99	12.400	14.000	17.860
矿业利润/亿元	43.64	65.000	85.000	105.000
人均年开采量/(t/人)	852	752.000	755.000	759.000
人均可支配收入/万元	1.700	2.000	3.000	3.000
单位矿业产值能耗/(t标煤/万元)	1.500	1.180	1.000	0.960
单位矿业产值水耗/(m ³ /万元)	213.000	200.000	190.000	180.000
矿产资源回采率	0.700	0.720	0.740	0.750
矿产资源回收率	0.700	0.720	0.740	0.750
矿产资源综合利用率资源/%	43.000	55.000	63.000	70.000
矿山废弃地(露采和井采)占国土总面积比例占	26.000	13.000	12.000	10.000
省生态建设水土流失1%控制目标的比率/%	26.000	13.000	12.000	10.000
单位矿业工业产值塌陷量(或万吨塌陷率)/(亩/万元)	140.000	120.000	110.000	100.000
单位矿业工业产值SO ₂ /(kg/万元)	10.530	4.850	3.640	2.430
单位矿业工业产值COD/(kg/万元)	14.760	6.800	5.000	3.230
露采矿山废弃地治理率/%	6.000	25.000	33.000	40.000
塌陷地复垦利用率/%	20.000	75.000	83.000	90.000
矿井水处理利用率/%	50.000	75.000	85.000	95.000
矿区水排放达标率/%	50.000	80.000	90.000	100.000
固体废物处理利用率/%	50.000	80.000	90.000	100.000
矿山环境整治投资额占矿业产值的比例/%	2.000	3.000	4.000	4.000
矿区森林覆盖率/%	13.000	20.000	23.000	26.000
城镇化水平/%	42.000	50.000	55.000	60.000
人口自然增长率/‰	2.300	4.500	4.500	4.500
职工满意度/%	75.000	80.000	90.000	95.000
农民满意度/%	50.000	80.000	90.000	95.000
政府满意度/%	60.000	80.000	90.000	95.000
生态文明建设程度/%	75.000	85.000	90.000	95.000

表5 生态矿业发展度评价效用及权重表

指标层	权数	2007 效用	2010 效用	2015 效用	2020 效用	2007 加权	2010 加权	2015 加权	2020 加权
矿业工业产值占 GDP 的比例	0.020	0.980	1.000	1.00	1.000	0.02	0.02	0.02	0.02
矿业工业产值	0.019	0.481	0.792	0.87	1.000	0.02	0.019	0.02	0.019
开采量	0.020	1.073	1.000	1.00	1.000	0.02	0.02	0.02	0.02
矿业从业人员	0.018	0.956	1.000	1.00	1.000	0.02	0.018	0.02	0.018
人均矿业产值	0.018	0.503	0.694	0.78	1.000	0.01	0.018	0.01	0.018
矿业利润	0.018	0.416	0.619	0.81	1.000	0.01	0.018	0.01	0.018
人均年开采量	0.020	1.123	0.991	0.99	1.000	0.02	0.02	0.02	0.02
人均可支配收入	0.018	0.567	0.533	1.00	1.000	0.02	0.018	0.02	0.018
单位矿业产值能耗	0.022	1.563	0.771	0.96	1.000	0.02	0.022	0.02	0.022
单位矿业产值水耗	0.023	1.183	0.611	0.95	1.000	0.02	0.023	0.02	0.023
矿产资源回采率	0.021	0.933	0.960	0.99	1.000	0.02	0.021	0.02	0.021
矿产资源回收率	0.025	0.933	0.960	0.99	1.000	0.02	0.025	0.02	0.025
矿产资源综合利用率资源	0.021	0.614	0.786	0.90	1.000	0.02	0.021	0.02	0.021
矿山废弃地占国土总面积比例占省生态建设水土流失1%控制目标的比率	0.040	0.400	0.700	0.83	1.000	0.03	0.04	0.03	0.04
单位矿业工业产值塌陷量	0.060	0.600	0.800	0.91	1.000	0.05	0.06	0.05	0.06
单位矿业工业产值 SO ₂	0.060		0.600	0.67	1.000	0.04	0.06	0.04	0.06
单位矿业工业产值 COD	0.060	0.300	0.600	0.65	1.000	0.04	0.06	0.04	0.06
露采矿山废弃地治理率	0.050	0.300	0.625	0.83	1.000	0.04	0.05	0.04	0.05
塌陷地复垦利用率	0.055	0.150	0.750	0.92	0.900	0.05	0.05	0.05	0.05
矿井水处理利用率	0.050	0.222	0.750	0.89	0.950	0.04	0.048	0.04	0.048
矿区水排放达标率	0.060	0.526	0.800	0.90	1.000	0.05	0.06	0.05	0.06
固体废物处理利用率	0.051	0.500	0.800	0.90	1.000	0.05	0.051	0.05	0.051
矿山环境整治投资额占矿业产值的比例	0.060	0.500	0.750	1.00	1.000	0.06	0.06	0.06	0.06
矿区森林覆盖率	0.060	0.500	0.769	0.88	1.000	0.05	0.06	0.05	0.06
城镇化水平	0.025	0.500	0.833	0.92	1.000	0.02	0.025	0.02	0.025
人口自然增长率	0.021	0.700	1.000	1.00	1.000	0.02	0.021	0.02	0.021
职工满意度	0.021	0.511	0.800	0.95	0.950	0.02	0.02	0.02	0.02
农民满意度	0.021	0.789	0.800	0.95	0.950	0.02	0.02	0.02	0.02
政府满意度	0.021	0.526	0.800	0.95	0.950	0.02	0.02	0.02	0.02
生态文明建设程度	0.022	0.632	0.850	0.95	0.950	0.02	0.021	0.02	0.021
权数	1.000		生态矿业发展水平(R)			0.553	0.767	0.890	0.989

5 结论

首先提出了生态矿业发展度概念,对生态矿业发展水平进行动态和定量的评价,不仅充实和丰富了生态矿业的理论和方法,而且具有重要的实际意义。本文建立的生态矿业发展度评价指标体系,不仅揭示生态矿业发展度的影响因素,对江苏省生态矿业发展水平进行了客观和定量的评价,为江苏省生态矿业规划和建设以及矿山环境保护、治理和地质灾害防治提供了决策依据,而且对其他省生态矿业建设具有参考和借鉴价值。由于生态矿业的动态性及内涵和外延认识的差异性,又不同的矿业活动其生态矿业的特征不仅相同,故建立更客观、更全面、更具有代表性及更具有可操作性的评价指标体系是进一步工作的方向。

参考文献

- [1] 朱俊士.生态矿业[J].中国矿业,2000,9(6):1-3.
- [2] 高吉喜.可持续发展理论探索——生态承载力理论、方法与应用[M].北京:中国环境科学出版社,2001.
- [3] 顾康康,刘景双,陈昕,等.矿业城市生态承载力动态分析[J].自然资源学报,2008,23(5):841-848.
- [4] 卢育红,田桂娥,谷峰.矿业城市生态系统健康综合评价[J].中国矿业,2009,18(4):38-42.
- [5] 汤少伟,付梅臣.基于生态足迹的矿业城市可持续发展测度研究——以武安市为例[J].资源与产业,2009,11(1):5-9.
- [6] 刘金平.多目标效用并合法[J].地质技术经济管理,1996(6):19-21.
- [7] 赵剑畏,华建伟,高德云,等.关于江苏省实施生态矿业的思考[J].江苏地质,2001,25(4):215-217.