

基于灰色关联分析法的江西省矿山环境质量评价*

黄永泉,危超,何景媛

(江西省地质环境监测总站,江西 南昌 330012)

摘要:矿山环境质量评价是环境保护领域中带有方向性并颇具实践意义的工作。科学客观的评价结果可指导矿山环境保护与治理决策,促进矿业资源合理开发。不同矿山所处的开发阶段不同,其存在的环境问题也复杂多样。对数量庞大的多个矿山进行环境质量评价,灰色关联分析法具有较强的实用性。EXCEL 数据处理功能的运用,弥补了灰色关联分析法中样本数量不足的缺陷。本文以江西省矿山环境质量评价为例,进行了矿山环境问题成因分析,系统阐述了采用灰色关联分析的评价方法与模型。选取了矿山环境背景和危害两大类共12个评价指标,以全省总矿山为样本评定了各指标作用权重和质量分级,结合综合指数法确定各矿山环境质量等级,为矿山环境保护与治理规划提供了可参考的科学依据。

关键词:矿山环境;质量评价;灰色关联分析法;江西

中图分类号:X14

文献标识码:A

江西省矿产资源丰富,矿山数量众多,长期的矿业活动造成了一定程度的环境污染和生态破坏。为保护矿山环境,促进矿业持续健康发展,急待查明当前全省的矿山环境质量。由于矿山环境质量评价问题是一个多因数、多方面耦合作用的复杂系统^[1],本文拟采用灰色关联分析法对江西省矿山环境质量进行评价,为合理制定矿山环境保护与治理对策,进行科学管理提供参考依据。

江西省矿山环境问题主要有:采矿破坏植被及占用土地和次生水土流失,废渣废水废气不达标排放造成水土污染,地下采矿造成采空区塌陷及地裂缝,矿山抽排地下水造成地下水均衡破坏及疏干区岩溶塌陷,废渣不合理堆放及露天开采造成的崩塌、滑坡、泥石流及次生污染等。

1 江西省矿山环境问题现状

1.1 矿山环境危害

至2005年底,江西省共有各类矿山7 362个,遭矿山破坏的土地总面积407.76 km²,破坏形式主要为采矿场开采,另有次生水土流失面积303.83 km²。赣州、上饶、萍乡和宜春等地土地破坏面积居前。全省废渣累计存放量近22.58亿吨,其中废石14.57亿

吨、尾砂8亿吨。废渣主要来源于铜、稀土、钨、煤、铁及岩金矿山。矿山废渣场环境问题突出,废渣堆置不仅占用了大量的土地,废渣淋滤水还使土壤和水环境受到污染,对堆置场原有生态系统、地貌景观造成了破坏。江西省矿业废水年产出3.6亿吨,包括选矿和矿坑废水,矿业废水未处理直接外排近亿吨,水土污染总面积778 km²,主要为非煤矿山选矿及煤矿矿坑排水造成的地表水污染。矿山次生地质灾害发育,包括采空和疏干塌陷及其伴生的地裂缝、泥石流、滑坡、崩塌、地下水均衡破坏等。1949~2005年间,共256个矿山发生的各类次生地质灾害380处,造成严重的人员伤亡和经济损失^[2]。

1.2 矿山环境问题成因分析

通过对江西省矿山环境现状调查发现,由于地表剥离、地下采空、废石堆积、尾砂排放、地下水疏干等矿业活动,破坏了地面稳定而产生一系列形式多样、危害程度不一的矿山环境问题。矿山环境质量与矿业活动强度、所造成的环境危害大小、危害形式等因素密切相关。

能源类矿产以硃采煤矿为主,地下采空、废渣压占和次生灾害等造成的土地破坏面积约171 km²,废渣积存约1.6亿吨,外围多无拦挡且堆放坡角陡,废

* 收稿日期:2011-12-31

第一作者简介:黄永泉(1972~)男,江西进贤人,工程师,主要从事水工环地质的调查、评价和研究工作。

水年产近亿吨,多直接外排,造成水土污染面积约366 km²,主要污染物为S、P等。由于煤矿区地质环境条件复杂,采空及岩溶塌陷数量众多,矸石堆滑坡现象时有发生,矿山环境问题突出。黑色金属以露采铁矿为主,废渣积存量约1.2亿吨,存在一定的水土流失现象,矿山环境问题相对较轻。有色金属以露采铜铅锌、钨采钨矿为主,土地破坏面积近100 km²,主要是采坑破坏。废渣年产约1亿吨,废渣积存量达39.2亿吨。废水年产约2亿吨,水土污染面积约215 km²。主要污染物为S、Cu、Cd、Pb、As、Cr、Zn、SS等。水土流失面积约20 km²。次生灾害以崩滑流为主,矿山环境问题严重。贵金属以钨采岩金为主,废渣积存量约0.5亿吨,矿山环境问题相对较轻。稀有稀土以露采稀土矿为主,表土剥离造成的土地破坏面积大,伴随大范围的水土流失。废渣积存量约2.8亿吨,外围多无有效拦挡设施。选矿废水经简易沉淀后外排,主要污染物为S、NH₄、N等。由于原地堆浸,导致废渣堆积松散,采场边坡高陡,崩塌滑坡现象时有发生,河道及农田淤积严重,矿山环境问题突出。冶金辅助原料以钨采普通萤石矿为主,开采规模较小。矿坑废水多直接外排,主要污染物为F等,矿山环境问题轻微。化工原料以水溶法开采岩盐矿为主,由于矿体埋深多在千米以下,矿山环境问题较轻;建材类及其他非金属以露采建筑砂石粘土为主,采场破坏面积约63 km²,由于开采深度小,矿山环境问题总体轻微。

2 评价方法与模型

灰色关联分析法是对多因素发展态势的量化比

较分析。通过建立参考数列和被比较数列,初值化处理各数列,可得二者在某时刻的关联系数,均值化处理两数列间的多个关联系数,求得两数列间的关联度,是一种衡量多因素间关联程度大小的量化方法,适用于多因素、非线性的系统分析。前人多采用线性叠加法对矿山环境质量进行评价,虽简单明了但结果较为粗糙,而采用灰色关联分析法有较好的适宜性,各因素间权重的确定更为科学,结果更加合理、准确。

矿山环境问题涉及面广,矿山环境质量的影响因素众多,是一个难以准确量化的复杂系统^[3]。综合现有调查及收集的矿山环境相关数据和资料,归纳为矿山环境背景和矿山环境危害两类矿山环境主要问题,评价时采用灰色关联分析法确定各因子作用权重和质量分级,结合综合指数法确定各矿山环境质量等级。为减少人为主观因素干扰,选取评价因子时,优先考虑能反映矿山环境问题的、可量化的指标,尽可能合理地将定性与定量的决策结合起来。

2.1 指标体系构成

考虑因子量化及取得的可行性及科学性,合并及舍去处理部分评价指标,最终确定12项评价指标。矿山环境背景选取矿山土地破坏面积、废石积存量、尾砂积存量、废水年排放量、矿山规模、采深与采高、采空区面积、次生地质灾害等8个指标,矿山环境危害选取威胁人口、潜在经济损失、水系污染面积、已有灾情等4个指标。上述两类因子基本囊括了江西省内单个矿山的主要环境问题及危害状况,矿山环境质量评价指标构成见图1。

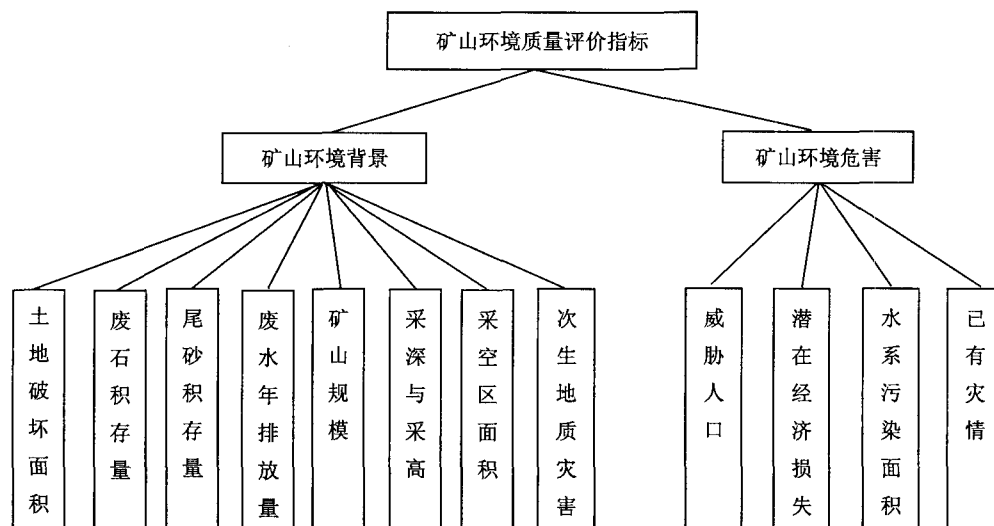


图1 矿山环境质量评价指标体系

Fig. 1 Evaluation index system of mine environmental qualities

2.2 指标因子量化及取值标准

结合调查掌握的江西省矿山环境现状及危害,采用专家打分法,初步量化全省矿山环境质量主要评价因子。其中采深与采高分别指地采矿山的采空区顶板的最小埋深和露采矿山的采坑高度,联合开

采取高值。次生地质灾害采用崩滑流灾害总体积和塌陷总面积,若两类灾害兼有取高值。已有灾情包括死亡人员和财产损失,二者兼有取高值。潜在经济损失根据矿山危害对象的不同采用相关价格折算方法估算给定。各相应因子的取值标准见表1。

表1 江西省矿山环境质量评价因子及量化标准

Table 1 Evaluation factors and quantitative standard of mine environmental qualities in Jiangxi Province

影响因子		差	分值 Z_i	较差	分值 Z_i	一般	分值 Z_i
背景因子 (A)	A ₁ 土地破坏面积(hm ²)	>1	3	0.1~1	2	<0.1	1
	A ₂ 废石积存量(万吨)	>1	3	0.1~1	2	<0.1	1
	A ₃ 尾砂积存量(万吨)	>1	3	0.1~1	2	<0.1	1
	A ₄ 废水年排放量(万吨)	>1	3	0.1~1	2	<0.1	1
	A ₅ 矿山规模	大型	3	中型	2	小型	1
	A ₆ 采深与采高(m)	A6-1、A6-2 中有 3	3	A6-1、A6-2 中最高值有 2	2	A6-1、A6-2 均为 1	1
	A ₆₋₁ 露采高度(m)	>50	3	20~50	2	<20	1
	A ₆₋₂ 地采深度(m)	<30	3	30~60	2	>60	1
	A ₇ 采空区面积(hm ²)	>10	3	1~10	2	<1	1
	A ₈ 矿山次生地质灾害	A8-1、A8-2 中有 3	3	A8-1、A8-2 中最高值有 2	2	A8-1、A8-2 均为 1	1
危害因子 (B)	A ₈₋₁ 崩滑流总体积(万 m ³)	>0.1	3	0.01~0.1	2	<0.01	1
	A ₈₋₂ 地面塌陷总面积(hm ²)	>0.1	3	0.01~0.1	2	<0.01	1
	B ₁ 威胁人口(人)	>100	3	10~100	2	<10	1
	B ₂ 潜在经济损失(万元)	>100	3	10~100	2	<10	1
	B ₃ 水系污染面积(hm ²)	>10	3	1~10	2	<1	1
	B ₄ 已有灾情	B4-1、B4-2 中有 3	3	B4-1、B4-2 中最高值有 2	2	B4-1、B4-2 均为 1	1
	B ₄₋₁ 死亡人员(人)	>3	3	1~3	2	<1	1
	B ₄₋₂ 直接经济损失(万元)	>10	3	1~10	2	<1	1

2.3 危害性指数计算

矿山环境危害性指数的确定方法步骤如下:

利用 EXCEL 统计功能,分别对各矿山的 12 项环境影响评价因子量化取值(Z_i)。采用灰色关联分析法确定各影响因子的权重(W_i)。

现以江西省现有 7 362 个矿山作为计算样本,建立参考数列和比较数列。分别读取每个样本中的 12 个评价指标的量化数值,使数列无量纲化。以 2005 年的土地破坏面积因子量化量构成参考数列,记为 $x_0(k)$,表示为:

$$x_0(k)=[x_0(1)、x_0(2)、x_0(3)、\cdots\cdots x_0(7\ 362)],$$

其余 11 个评价指标的量化数值构成比较数列,分别记作:

$$x_i(k)=\{x_1=[x_1(1)、x_1(2)、x_1(3)、\cdots\cdots x_1(7\ 362)],x_2=[x_2(1)、x_2(2)、x_2(3)、\cdots\cdots x_2(7\ 362)],\cdots\cdots x_{11}=[x_{11}(1)、x_{11}(2)、x_{11}(3)、\cdots\cdots x_{11}(7\ 362)]\}.$$

初值化各数列可得关联系数 $\xi_i(k)$,计算公式如下:

$$\xi_i(k)=$$

$$\frac{\min_i \min_k |x_0(k)-x_i(k)| + 0.5 \max_i \max_k |x_0(k)-x_i(k)|}{|x_0(k)-x_i(k)| + 0.5 \max_i \max_k |x_0(k)-x_i(k)|}$$

计算关联度并确定权重。由于关联系数 $\xi_i(k)$ 数目很多,信息不集中,不便于比较,须对各影响因子的关联系数均值化处理,集中为各影响因子的关联度,然后对所有影响因子的关联度规一化处理可得各因子权重。关联度计算公式:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k)$$

式中: $n=7362, i=0\sim 11$

权重计算公式:

$$W_i = r_i / \sum_{i=0}^{11} r_i$$

2.4 计算矿山环境危害性指数

利用 EXCEL 统计功能,对各因子指数进行线性叠加,求得矿山环境危害性指数,计算公式为: Z

$$= \sum_{i=0}^{11} Z_i \cdot W_i.$$

式中: Z 为矿山环境危害性指数; i 为某类环境影响因子; Z_i 为某类环境影响因子量化取值; W_i 为某类环境影响因子的权重。

3 矿山环境质量评价

3.1 矿山环境危害性指数计算结果

采用灰色关联分析法,对 2005 年江西省矿山环境各类影响因子的关联度及权重进行计算,结果见表 2。并求得 7362 个矿山的环境危害性指数。

3.2 确定矿山环境质量等级标准

将江西省矿山环境危害性指数由高至低排序,用 EXCEL 图表功能生成曲线,据曲线分布规律选

定阈值,确定矿山环境质量等级标准见表 3。

3.3 评定各矿山环境质量等级

经评定,结果见表 4~表 7。江西省矿山质量差的矿山 357 个,占总数的 4.85%,主要是赣州、上饶、宜春等地区的煤矿、稀土矿及铜、钨金属矿等;环境质量较差的矿山 1989 个,占总数的 27.02%,主要是萍-乐拗陷带和赣州地区的煤矿、瓷土矿和饰面用石料等;环境质量一般的矿山 5016 个,占总数的 68.13%,主要是全省各地的建筑用砂石粘土矿等。总体上江西省矿山数量虽较多,但环境质量差的矿山数量较少。

表 2 江西省矿山环境影响因子关联度及权重

Table 2 Correlation degrees and weights of mine environmental influence factors in Jiangxi Province

影响因子	土地破坏面积	废石积存量	尾砂积存量	废水年排放量	矿山规模	采深与采高	采空区面积	次生地地质灾害	威胁人口	潜在经济损失	水系污染面积	已有灾情
关联度 r_i	1	0.66	0.57	0.6	0.53	0.63	0.56	0.54	0.57	0.59	0.59	0.53
权重 W_i	0.14	0.09	0.08	0.08	0.07	0.09	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07

表 3 江西省矿山环境质量等级标准

Table 3 Standard of quality grades for mine environment in Jiangxi Province

质量等级	差	较差	一般
危害性指数 Z	$Z \geq 2.13$	$2.13 > Z \geq 1.33$	$Z < 1.33$

表 4 江西省矿山环境质量评价结果统计

Table 4 Evaluation results of mine environmental qualities in Jiangxi Province

质量等级	抚州	赣州	吉安	景德镇	九江	南昌	萍乡	上饶	新余	宜春	鹰潭	总计	百分比
差	9	126	38	17	21		29	53	19	42	3	357	4.85
较差	106	383	142	94	186	8	278	339	161	278	14	1989	27.02
一般	210	1023	547	111	788	348	442	389	239	841	78	5016	68.13
总计	325	1532	727	222	995	356	749	781	419	1161	95	7 362	100

表 5 江西省矿山环境质量差的矿山情况统计

Table 5 Statistics of mines with bad environmental qualities in Jiangxi Province

矿类	抚州	赣州	吉安	景德镇	九江	南昌	萍乡	上饶	新余	宜春	鹰潭	总计
能源	3	24	17	12	4		28	21	5	36		150
黑色金属	1	2	11		2		1		13			30
有色金属	3	44	4		11			12	1	5		80
贵金属		2	1	2	3			11			2	21
稀有稀土及分散元素		49						1		1		51
冶金辅助原料	1	4	3		1			1				10
化工原料	1							7				8
建材类非金属		1	2	3							1	7
总计	9	126	38	17	21	0	29	53	19	42	3	357

表6 江西省矿山环境质量较差的矿山情况统计

Table 6 Statistics of mines with poor environmental qualities in Jiangxi Province

矿类	抚州	赣州	吉安	景德镇	九江	南昌	萍乡	上饶	新余	宜春	鹰潭	总计
能源	12	71	37	23	35		142	150	91	193		754
黑色金属	3	8	7		1		3	4	15	2	1	44
有色金属	5	57	6	2	11			14	3	2	1	101
贵金属	6	6	1	2	5			12	1	1		34
稀有稀土及分散元素	1	54	1							1		57
冶金辅助原料	5	74	12	1	14		2	37	12	6	1	164
化工原料	1	3	1					8		4		17
建材类非金属	40	58	48	64	78		36	61	11	63	9	468
建筑用砂石粘土	33	52	29	2	42	8	95	53	28	6	2	350
总计	106	383	142	94	186	8	278	339	161	278	14	1 989

表7 江西省矿山环境质量一般的矿山情况统计

Table 7 Statistics of mines with normal environmental qualities in Jiangxi Province

矿类	抚州	赣州	吉安	景德镇	九江	南昌	萍乡	上饶	新余	宜春	鹰潭	总计
能源		3						1		14		18
黑色金属		2	2		1		5	1				11
有色金属		7			2			1		2		12
贵金属	1			1								2
稀有稀土及分散元素		6										6
冶金辅助原料		8	10	1	1			10	1	6	6	43
化工原料		1						3	1			5
建材类非金属	10	58	40	29	86	4	34	45	7	39	4	356
建筑用砂石粘土	199	938	495	80	698	344	403	328	230	780	68	4 563
总计	210	1 023	547	111	788	348	442	389	239	841	78	5 016

4 结论

通过江西省矿山环境现状的深入调查,结合近年来发生的矿山环境问题及危害,采用灰色关联分析法评定各矿山环境质量等级。首先归纳出矿山环境质量关键评价指标,包括矿山环境背景和矿山环境危害二方面共12个评价因子,建立理想环境序列。通过计算各数列间的关联系数,求得各数列间的关联度,进而确定各因子作用权重和环境危害性指数,结合综合指数法确定各矿山环境质量等级。矿山环境质量评价涉及多因素、非线性的系统分析,故采用灰色关联分析法有较好的适宜性,运用EXCEL数据处理功能,简化了计算工作量,使各因素间权重的确定更科学、全面。与传统的线性叠加分析法相比,该方法具有正确处理各评价指标间的相互联系、

相互制约、整体协调和动态发展的特点^[4],评价结果更加合理、准确,同时具有较强的操作性,为矿山环境质量评价体系的完善提供了较好的借鉴。

参考文献

- [1] 宋光齐,葛文彬,徐志文,等. 矿山地质环境调查与评价[R]. 1998:245.
- [2] 边晓庚,黄永泉,等. 江西省矿山环境保护与治理规划专题研究报告[R]. 2007.
- [3] 张梁,张业成,罗元华. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京:地质出版社,1998:75.
- [4] 刘德成,靳小平,周自梁. 灰色关联度分析法在北京通州区地裂缝灾害危险性评价中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报,2010,21(3):74.

Mine environmental quality evaluation by grey relational analysis method in Jiangxi Province

HUANG Yong-quan, WEI Chao, HE Jing-yuan

(*Jiangxi Geological Environment Monitoring Station, Nanchang, 330012, China*)

Abstract

Mine environmental quality evaluation is a work that has orientation and practical significance in the field of environmental protection. A scientific and objective evaluation result not only can guide the mine environmental protection and treatment policy, but also can promote the rational exploitation of mineral resources. Because different mines are in different stages of exploitation, their environment problems are complicated and various. The grey relational analysis method is very practical in environmental quality evaluation for a huge amount of mines. In this paper, the authors use EXCEL data processing to remedy the defect of limited samples in the grey relational analysis method. Taking mine environmental quality evaluation in Jiangxi Province as an example, this paper analyzes the cause of mine environment problems and makes a systematic discussion on the method and model of evaluation based on the grey relational analysis. 12 evaluation indexes related to environmental background and environmental damage of the single mine are selected to evaluate the weights of indexes and quality grading taking all the mines in Jiangxi Province as examples, and in combination with the comprehensive index method, the mine environmental quality grades are determined for various mines, respectively, thus providing a scientific basis for mine environmental protection and control.

Key words: mine environment; quality evaluation; grey correlation analysis; Jiangxi Province