

文章编号:1671-4814(2012)02-124-06

层次分析法(AHP)在江西省废弃矿井危害评价中的应用*

黄永泉,何景媛,危超

(江西省地质环境监测总站,南昌 330012)

摘要:江西省废弃矿井数量众多,为消除废弃矿井存在的安全与环境隐患,急需全面掌握现有废弃矿井危害情况。本文介绍了AHP法在废弃矿井危害评价中的应用,系统阐述了采用AHP法的评价方法与模型,为废弃矿井治理规划和防灾减灾提供科学依据。并以江西省废弃矿井为例,简述了江西省废弃矿井危害现状,进行了危害成因分析。选取了废弃矿井类型、矿井周边1 km²范围内的常住居民人数、井口稳定状态和井内安全因素等4个评价指标,对评价指标及危害等级划分进行了权重计算,评定了全省废弃矿井危害等级,有利于全面部署和推进废弃矿井安全隐患治理工作决策。

关键词:废弃矿井;危害评价;层次分析法(AHP);层次权重计算;江西省

中图分类号:X14

文献标识码:A

江西省矿产资源丰富,矿山开发历史悠久,遗留的废弃矿井数量众多,人畜坠落事件时有发生,矿井安全与环境问题突出。近年来,随着综合国力和以人为本的治国理念的加强,国家对矿山环境治理工作日益重视,历史遗留的废弃矿井治理已纳入十二五发展规划,但废弃矿井危害情况的全面调查,在江西省尚属首次,目前尚无成熟的危害评价体系。本文采用AHP法对江西省废弃矿井危害情况进行评价,为全面部署和推进江西省废弃矿井安全隐患治理工作提供科学依据,对今后废弃矿井危害评价体系的完善提供了一定的借鉴。

江西省现有废弃矿井近万口,包括废弃的立井、斜井、平硐和其他类型的矿山采掘深坑,主要为稀土矿、煤矿和钨、铜、金等开采后形成,分布在省内赣南稀土矿区及萍乡—乐平煤系地层分布区。废弃矿井类型有立井、斜井和平硐,废弃矿井安全与环境问题,主要有废弃后井口人畜坠落事故和井内地质环境破坏造成的老窿积水、地下水资源失衡等。

1 江西省废弃矿井危害现状

1.1 废弃矿井地质环境背景

江西省地处环太平洋成矿带,各时代地层发育

较完整,岩浆活动频繁,地质构造复杂。省内废弃矿井多位于赣北铜及多金属矿区、萍—乐拗陷带煤矿区、赣南稀土矿区。

赣北铜及多金属矿区是低山丘陵地貌。地层主要为中元古界双桥山群变质岩。成矿岩体主要为燕山期花岗闪长斑岩。围岩主要为较坚硬—坚硬的变质岩岩组及坚硬的块状侵入岩岩组。水文地质条件较简单,废弃矿井塌陷现象较少。

萍—乐拗陷带煤矿区以丘陵—岗地地貌为主,地层为泥盆—第三系安源煤系及乐平煤系地层。安源煤系地层以陆相为主的海陆交互相含煤碎屑岩建造,上覆地层一般以碎屑岩为主,下伏为碳酸盐岩。乐平煤系地层则以海陆交互相的含煤碎屑建造为主,上覆地层为碳酸盐岩、碎屑岩,下伏以碳酸盐岩为主,围岩有坚硬的中—厚层状、中—强岩溶化灰岩、白云岩岩组,以及软硬相间的薄—厚层状含煤砂岩、页岩、泥岩岩组。矿区水文地质条件总体复杂,废弃矿井口稳定性较差,井内多充有老窿水,充水源多为岩溶水,对下部开采常带来较大的威胁。

赣南稀土矿区为剥蚀低山丘陵区,地层有侏罗系火山岩和燕山期侵入岩,矿体主要赋存于花岗岩、

* 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。

花岗斑岩、流纹质凝灰熔岩风化壳中,探矿遗留的废弃立井井口易坍塌。

1.2 废弃矿井隐患现状

江西省现有废弃矿井 9782 口,均存在不同程度的井口安全隐患和井内环境隐患,以稀土矿探矿立井和煤矿废弃井为主,多分布在赣州、景德镇、新余、宜春和萍乡等地^[1]。现有废弃矿井均存在不同程度的井口安全隐患,井口安全隐患类型有井口未封闭和封闭不牢固等。其中井口未封闭的矿井 9016 口,封闭不牢固的矿井 766 口,威胁对象主要为附近居民、过往人员及牲畜。井内存在环境隐患的废弃矿井 588 口,隐患类型有矿井充水和充有害气体,其中即充水又充有害气的矿井 102 口、充有害气体矿井 2 口、充水矿井 484 口,威胁对象主要为过往人员、邻近采矿人员及牲畜。

1.3 废弃矿井危害成因分析

通过对江西省废弃矿井存在的安全和环境隐患深入调查,造成人员伤亡与财产损失较大的废弃矿井,主要为人类活动强烈的、未封闭的、充有害气体的立井或斜井。江西省废弃矿井危害的大小,与矿井类型、矿井附近一定范围内的人类活动、井内环境隐患和井口稳定性关系密切。井口稳定性取决于井口现有防治措施和矿井地质环境条件。

2 评价方法与模型

废弃矿井危害评价包括多方面因子,各因子在废弃矿井危害中的作用既有确定性,又有模糊性^[2],是一个难以准确量化的复杂系统^[3]。因此评价时采用 AHP 法确定各因子作用权重和危害等级权重,结合综合指数法确定废弃矿井危害程度级别,合理

地将定性与定量的决策结合起来,把决策过程层次化、数量化,正确处理了各评价因子、评价指标间的相互联系、相互隶属关系。

2.1 建立层次结构模型

废弃矿井危害以井口隐患为主、井内隐患为辅,依据废弃矿井类型、矿井周边 1km² 范围内的常住人口人数、井口稳定状态和井内安全因素等因子,构成废弃矿井危害评价指标体系(图 1)。

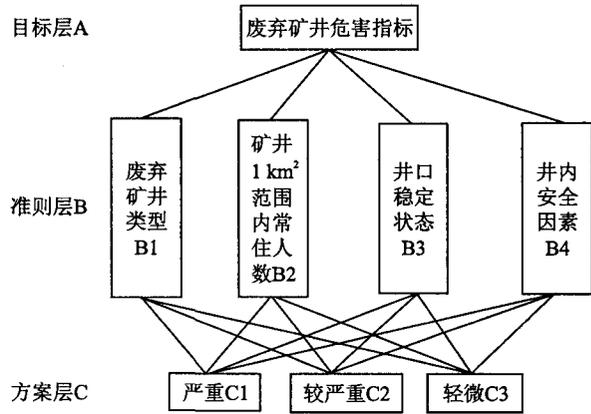


图 1 废弃矿井危害评价指标体系

Fig.1 System of injury assessment index for abandoned mining shafts

2.2 指标因子量化及取值标准

结合调查掌握的现有废弃矿井安全与环境事故,采用专家打分法,初步量化全省废弃矿井主要评价因子,各相应因子的取值标准见表 1。

2.3 构造判断矩阵

在 AHP 法中,采用矩阵判断标度(1~9 标度法),矩阵中的各因子重要性两两比较,定量显示排列成判断矩阵见表 2。

表 1 江西省废弃矿井评价因子及量化标准

Table 1 Assessment factor and their standized quantified values for abandoned mining shafts in Jiangxi Province

评价因子	特征	分值 Z_i	特征	分值 Z_i	特征	分值 Z_i
矿井类型	竖井	12	斜井	8	平硐	4
人口密度(人/km ²)	>500	12	100~500	8	<100	4
井口稳定状态	未封闭	3	封闭不牢	2	充填后砵封闭	1
井内安全因素	充水或充有害气体	3	可能充水或充有害气体	2	无	1

表 2 层次分析法(AHP)中判断矩阵

Table 2 Discrimination matrix in analytic hierarchical process (AHP) method

A	B1	B2	B3	B4	B1	P1	P2	P3	B2	P1	P2	P3	B3	P1	P2	P3	B4	P1	P2	P3
B1	1	1/2	4	7	P1	1	2	3	P1	1	2	4	P1	1	3	7	P1	1	2	5
B2	2	1	3	9	P2	1/2	1	4	P2	1/2	1	3	P2	1/3	1	5	P2	1/2	1	2
B3	1/4	1/3	1	5	P3	1/3	1/4	1	P3	1/4	1/3	1	P3	1/7	1/5	1	P3	1/5	1/2	1
B4	1/7	1/9	1/5	1																

2.4 层次单排序及一致性检验

计算权向量采用特征根法,对于判断矩阵 A , 计算满足 $AW = \lambda_{\max}W$ 的特征根与特征向量, 式中 λ_{\max} 为 A 的最大特征根, W 为对应于 λ_{\max} 的正规化的特征向量, W 的分量 W_i 即是相应元素单排序的权值。

(1) 将 A 的每一列向量归一化得: $\bar{W}_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij}$, 对 \bar{W}_{ij} 按行求和得: $\bar{W}_i = \sum_{j=1}^n \bar{W}_{ij}$, 将 \bar{W}_i 归一化 $W_i = \bar{W}_i / \sum_{i=1}^n \bar{W}_i$, $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 即为

近似特征根(权向量), 计算 $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i}$, 作为最大特征根的近似值。

(2) 根据一致性指标 $CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$ 及随机一致性指标 $RI (n=3, 4, RI=0.58, 0.90)$, 求出一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI}$, 当 $CR < 0.1$ 时, A 的不一致性程度在容许范围内, 此时可用 A 的特征向量作为权向量, 见表 3。

表 3 层次计算权向量及检验结果

Table 3 Weight vectors and test figures of hierarchial calculation

A	W_i	B1	W_i	B2	W_i	B3	W_i	B4	W_i
B1	0.3394	P1	0.5120	P1	0.5572	P1	0.6434	P1	0.5949
B2	0.4697	P2	0.3601	P2	0.3202	P2	0.2828	P2	0.2766
B3	0.1486	P3	0.1279	P3	0.1226	P3	0.0738	P3	0.1285
B4	0.0423	CR	0.0937	CR	0.0158	CR	0.0565	CR	0.0048
CR	0.0603								

2.5 层次总排序

各判断矩阵的正规化特征向量分别为:

$$W^{(2)} = (0.3394, 0.4697, 0.1486, 0.0423)^T$$

$$W_1^{(3)} = (0.5120, 0.3601, 0.1279)^T$$

$$W_2^{(3)} = (0.5572, 0.3202, 0.1226)^T$$

$$W_3^{(3)} = (0.6434, 0.2828, 0.0738)^T$$

$$W_4^{(3)} = (0.5949, 0.2766, 0.1285)^T$$

$$W^{(3)} = (W_1^{(3)}, W_2^{(3)}, W_3^{(3)}, W_4^{(3)}) =$$

$$\begin{bmatrix} 0.5120 & 0.5572 & 0.6434 & 0.5949 \\ 0.3601 & 0.3202 & 0.2828 & 0.2766 \\ 0.1279 & 0.1226 & 0.0738 & 0.1285 \end{bmatrix}$$

$$W = W^{(3)}W^{(2)} =$$

$$\begin{bmatrix} 0.5120 & 0.5572 & 0.6434 & 0.5949 \\ 0.3601 & 0.3202 & 0.2828 & 0.2766 \\ 0.1279 & 0.1226 & 0.0738 & 0.1285 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.3394 \\ 0.4697 \\ 0.1486 \\ 0.0423 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 0.5563 \\ 0.3263 \\ 0.1174 \end{bmatrix}$$

决策结果 $W^{(2)}$ 用于废弃矿井危害评价指数计算, 优先程度排序向量 W 用于确定危害等级划分。

3 危害程度评价

3.1 确定各废弃矿井危害综合指数及危害等级标准

据 AHP 法确定的准则层权向量 $W^{(2)}$ 确定的各

评价因子权重 W_i , 和表 1 确定的各评价因子特征量化分值 Z_i , 利用 EXCEL 统计功能, 对废弃矿井危害评价各因子指数进行线性叠加, 求得废弃矿井危害综合指数 Z , 计算公式为 $Z = \sum Z_i \cdot W_i$ 。

以 AHP 法确定的排序向量 W 确定的危害等级权重 W_i , 与表 1 中评价因子最大总分与最小总分之差相乘, 确定废弃矿井危害等级标准见表 4。

表 4 江西省废弃矿井危害等级标准

Table 4 Standard of injury grades for abandoned mining shafts in Jiangxi Province

危害等级	严重 C1	较严重 C2	轻微 C3
综合指数 Z	$Z \geq 18.9$	$18.9 > Z \geq 12.4$	$Z < 12.4$

3.2 评定各废弃矿井危害等级

评定结果见表 5、表 6、表 7、表 8。江西省潜在危害严重的废弃矿井 2911 口, 占总井数的 29.76%, 均为立井, 主要在赣州和景德镇地区, 以稀土矿和煤矿废井为主。潜在危害较严重的废弃矿井 6612 口, 占总井数的 67.59%, 主要在赣州和景德镇地区, 以稀土矿和煤矿立井为主。潜在危害轻微废弃矿井 259 口, 占总井数的 2.65%, 矿井类型为斜井和平洞, 多在萍乡地区, 以煤矿废井为主。总体上看, 江西省安全与环境隐患较大、危害较严重的废弃矿井主要是赣州的稀土矿立井和萍一乐拗陷带的煤矿立井。

表 5 江西省不同井型的废弃矿井危害数量统计

Table 5 Statistics of injury grades for various abandoned mining shafts in Jiangxi Province

矿井类型	危害等级	抚州市	赣州市	吉安市	景德镇	九江市	萍乡市	上饶市	新余市	宜春市	总计	百分比
立井	严重	5	2612	66	95	12	1	9	64	47	2911	29.76
	较严重	6	5029	33	579		63	4	28	106	5848	59.78
	小计	11	7641	99	674	12	64	13	92	153	8759	89.54
斜井	较严重	9	35	33	93	30	42	40	210	83	575	5.88
	轻微	12	8	21	1		92	1	1	6	142	1.45
	小计	21	43	54	94	30	134	41	211	89	717	7.33
平硐	较严重	9	101	10	1	19	41		3	5	189	1.93
	轻微	14	16	18	15		32	9		13	117	1.2
	小计	23	117	28	16	19	73	9	3	18	306	3.13
矿井数量总计(口)		55	7801	181	784	61	271	63	306	260	9782	100

表 6 江西省危害严重的废弃矿井情况统计

Table 6 Statistics of seriously injurious abandoned mining shafts in Jiangxi Province

矿井类型	开采矿种	抚州市	赣州市	吉安市	景德镇	九江市	萍乡市	上饶市	新余市	宜春市	井数
立井	煤	1	107	64	95	8	1	7	64	47	394
	普通萤石							2			2
	石灰用灰岩	1									1
	水泥用灰岩	3	3	2							8
	铋						3				3
	钨		1								1
	稀土		2501								2501
	岩金						1				1
总计		5	2612	66	95	12	1	9	64	47	2911

表 7 江西省危害较严重的废弃矿井情况统计

Table 7 Statistics of relatively injurious abandoned mining shafts in Jiangxi Province

矿井类型	开采矿种	抚州市	赣州市	吉安市	景德镇	九江市	萍乡市	上饶市	新余市	宜春市	井数
立井	瓷土									17	17
	钾长石		1								1
	煤	4	2	30	579		61	3	28	89	796
	普通萤石		3								3
	石膏			2							2
	水泥用灰岩	2					2				4
	稀土		5016								5016
	锡		7								7
	岩金			1				1			2
	瓷石				4						4
	煤	7	13	30	89	29	42	37	210	83	540
斜井	普通萤石							1			1
	石膏			3							3
	水泥用灰岩	2	18								20
	铋						1				1
	铜							1			1
	钨		2								2
	锡		1								1
	岩金		1					1			2
	建筑用石料							2			2
	煤	2		4	1	3	36		3	5	54
	水泥用灰岩		5					3			8

矿井类型	开采矿种	抚州市	赣州市	吉安市	景德镇	九江市	萍乡市	上饶市	新余市	宜春市	井数
平硐	锑					1					1
	钨	3	96	4		1					104
	岩金			1		9					10
	银	4									4
	铀			1		5					6
总计		24	5165	76	673	49	146	44	241	194	6612

表8 江西省危害轻微的废弃矿井情况统计表

Table 8 Statistics of slightly injurious abandoned mining shafts in Jiangxi Province

矿井类型	开采矿种	抚州市	赣州市	吉安市	景德镇	九江市	萍乡市	上饶市	新余市	宜春市	井数
斜井	煤	12	8	19	1		92	1	1	4	138
	石膏			2							2
	钨									2	2
	高岭土		1								1
	建筑用石料						5				5
平硐	煤	1			14		26	6		13	60
	普通萤石	1						1			2
	水泥用灰岩	1					1				2
	铜		4		1			1			6
	钨	10	9	17							36
	锡		2								2
	岩金	1		1							2
	砚石							1			1
总计		26	24	39	16	0	124	10	1	19	259

4 结论

通过江西省废弃矿井存在的安全和环境隐患深入调查,结合近年来已发生的废弃矿井安全与环境事故,得出其危害程度关键评价因子,包括矿井类型、矿井附近一定范围内的人类活动、井内环境隐患和井口稳定性等,评价方法采用 AHP 法确定单因子权重和危害等级权重,结合综合指数法确定危害程度级别,评价方法减少了确定评价因子权重的人为因素干扰,提高了废弃矿井危害评价的科学性及准确度^[4]。

参考文献

- [1] 黄永泉,等.江西省废弃矿井调查报告[R].2010.
- [2] 付雁鹏,高嘉瑞.模糊数学在水质评价中的应用[M].武汉:华中工学院出版社,1986:46.
- [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] 任凯珍,冒建,陈国游.关于地质灾害孕灾因子权重确定的探讨[J].中国地质灾害与防治学报,2011,22(1):86.

Application of analytic hierarchical process (AHP) method in injury assessment of abandoned mining shafts in Jiangxi Province

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

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

Abstract

As a great number of abandoned mining shafts are existing in Jiangxi Province, an all-round keeping

abreast of injury situation of existing abandoned mining shafts is anxiously in need to eliminate the hidden safety and environment changers existing in the abandoned mining shafts. This paper introduces the application of analytic hierarchial procee(AHP) method in the injury assessment of abandoned mining shafts, and systematically explains assessment method and model by using of AHP method, providing scientific basis for harnessing of abandoned mining shafts, and prevention and reduction of disasters. Taking the abandoned mining shafts in Jiangxi Province as an example, the paper briefly describes the current situation of abandoned mining shafts in Jiangxi Province, and analyses the origin of injury. Choosing the types, resident populations in the peripheral area of 1 Km², wellhead stable states and within-well safety factors of abandoned mining shafts as 4 assessment indexes, a division of injury assessment indexes and injury grades is made by using of hierarchical weighted calculation and injury grades of abandoned mining shafts in the whole Province are assessed, being helpful for decision of all-round arrangement and advance for the harnessing of hidden safety dangers.

Key words: abandoned mining shafts; injury assessment; analytic hierarchical process (AHP); hierarchical weighted calculation; JiangxiProvince