维普资讯 http://www.cqvip.com

矿山环境地质问题综合评价指标体系

徐友宁[1]，袁汉春[2]，何 芳[1]，陈社斌[1]，张江华[1]

(1.中国地质调查局西安地质矿产研究所,陕西 西安 710054;
2.西安科技大学,陕西 西安 710054)

摘要:本指标体系把矿山环境地质问题归为三大类23项指标,提出以指标指数作为划分环境地质问题危害程度等级的依据,给出2类指标评价指数的计算方法,以及各指标相应的权重。在此基础上,用模糊数学综合评判法评定矿山环境地质问题的历史、现状及其发展趋势的影响程度。在考虑矿山区位条件和恢复治理难度的基础上,最终给出矿山环境地质问题的综合评价等级,该等级也同时反映了矿山地质环境恢复治理的优先顺序。

关键词:矿山地质环境;综合评价;指标体系

中图分类号:X141 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-2552(2003)12-0829-04

矿产资源开发导致了一系列矿山环境地质问题,不断恶化的矿山地质环境成为制约矿业可持续发展的主要因素之一。矿业开发诱发的负面影响已引起了党和政府的高度重视。矿山地质环境调查与评价是为政府制定合理利用矿产资源与地质环境保护及恢复治理的规划提供科学依据。目前,中国矿山地质环境调查工作尚处于起步阶段,未建立一个较为系统的评价体系。在调查和评价矿山环境地质问题时,主要采用专家评判法和类比法,主观因素太强,不可避免会出现同一矿山环境地质问题因人而异的评价结果,降低了调查成果的可靠性及可利用程度。矿山环境地质问题综合评价是划分矿山环境地质问题严重程度等级和规划恢复治理工程的基础性工作,已完成的《西北地区不同类型矿产开发环境地质研究》项目所建立的矿山环境地质问题综合评价指标体系具有科学实用的特点。

1 评价的目标对象

矿山环境地质问题综合评价指标体系,以单个矿山或多个矿山构成的矿区为基本评价单元,将矿业开发诱发和加剧的环境地质问题的严重程度、灾害损失及直接经济损失作为矿山环境地质问题评价分级依据。

2 评价指标体系

2.1 制定原则

(1)制定矿山环境地质问题评价指标体系时,首要考虑了评价体系的科学性和实用性。

(2)在评价体系中,如某一指标包含若干分指标时,则以分指标中对环境影响最严重者作为评定等级依据。

(3)该体系由2类指标构成,即定量指标和定性指标。但二者均以指标指数作为划分等级的标准。

在计算定量指标$Z_{d.l}$时,我们引入各指标的基准值Z_0^i和指标商Q两个概念。Z_0^i是指该指标规定值(或全国或某地区或某特定范围内的平均值)。指标商$Q=Z_{ki}/Z_0^i$,Z_{ki}为所评价矿山该项指标的具体数值,Q值越大表明矿山环境地质问题越轻,矿山地质环境质量较好者,称之为正指标,正指标的定量评价指数$Z_{d\cdot l}=1/Q\times100$;反之,$Q$值越大环境质量越差者,称为逆指标,逆指标的定量评价指数$Z_{d\cdot l}=Q\times100$。

定性指标是只能以危害程度或灾害损失量定性描述来划分等级者,确定定性指标危害程度时,不同评定等级的评价指数Z_i按表1所示取值(i=1,2,3,4)。表1给出2类指标不同等级指数值。

收稿日期:2003-06-24;**修订日期**:2003-07-15

地调项目:中国地质调查局地质调查项目(编号200112300003)资助。

作者简介:徐友宁(1963-),男,在读博士,高级工程师,从事矿山地质环境调查研究。E-mail:shechenn@sina.com

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 两类不同指标的不同等级指数值

Table 1 Values of different grades of two types of indexes

指数种类	极严重 Z_1	严重 Z_2	中等 Z_3	轻度 Z_4	注
定量指标指数 $Z_{d\cdot l}$	> 139	139 ~ 119	118 ~ 98	< 98	实际算出值 > 140 者按 140 计；< 80 者按 80 计
定性指标指数 $Z_{d\cdot x}$	140	120	100	80	按评价矿山具体情况确定

2.2 评价体系构成

影响矿山环境地质问题的因素众多，关系复杂，矿山环境地质问题的种类、表现形式及其数量、严重程度与矿产资源开发类型、开采加工方式以及环境地质背景区有密切关系。但是，我们总可以将矿业开发诱发的环境地质问题归纳为矿区资源毁损(6项指标)、地质灾害(12项指标)和环境污染(5项指标)三要素共23项指标(图1)。矿山环境地质问题历史及现状、矿山环境地质问题发展趋势预测分级指标及相应的权系数已由《西北地区不同类型矿产开发环境地质研究》项目给出❶。

应该指出，在实际评价某个矿山环境地质问题时，若用本体系指标和权系数表时，指标体系表中所给出的指标及设定的权系数与所评价的矿山环境地质问题对照，可能缺失某些指标，或需增加某些指标。在前一种情况下，可将其相应的权系数值按比例分摊到其他指标的权系数中；后一种情况，可先对其增添指标赋权系数值后，再将1.00减去此值的差由其余项目按比例分摊后即得到减小后的权系数值。

矿山地质环境调查评价的关注点是矿山环境地质问题的现状及潜在环境地质问题的危害性，调查评价分级的目的在于为矿山地质环境恢复与治理提供科学依据。由于矿山环境地质问题综合评价是由历史、现状和潜在矿山发展环境地质问题所构成的，显然不同阶段的矿山环境地质问题在总体评价中所处权重不等，本评价体系采用设定矿山环境地质问题历史、现状和潜在环境地质问题权重系数为0.2:0.5:0.3的办法予以处理。

考虑到矿山的区位条件不同，恢复治理的难易程度不同，其矿山环境地质问题对当今社会环境的

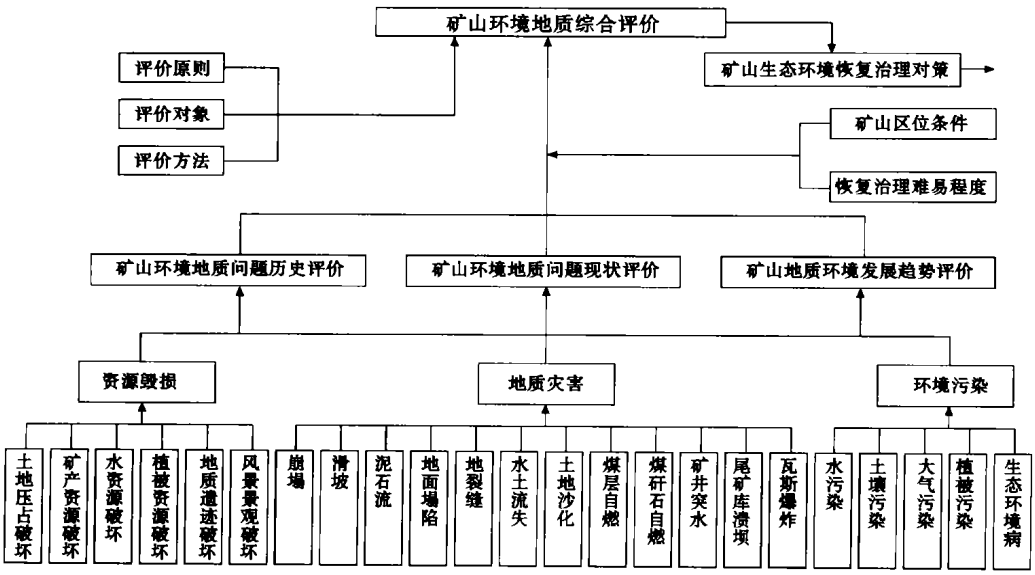

图1 矿山环境地质问题综合评价体系流程

Fig. 1 Flow chart of the comprehensive evaluation system for the environmental geological problems in mines

❶ 徐友宁，何芳，袁汉春，等.《西北地区不同类型矿产开发环境地质研究》报告第五章表5-1、表5-2.

维普资讯 http://www.cqvip.com

危害性也不同,因此,将其作为影响矿山环境地质问题的重要因子予以考虑。本体系按矿山区位条件重要性递减、矿山生态环境恢复治理难易程度顺序分别给出权重系数为1.2,1.1,1.0,0.9四级❶。

3 评价流程及方法

3.1 评价流程

逐层分解建立矿山地质环境评价系统。第一层将其分解为资源毁损、地质灾害和环境污染3个要素层;第二层再把各要素分解为若干指标层(图1)。对各要素的评价可由隶属于它的各指标项的评价得出。如此自下而上进行2个层次的综合评价,进而得出矿山环境地质问题的历史、现状及矿山地质环境发展趋势结果。在上述评价结果基础上,连乘矿山区位条件重要性指数和恢复治理难易程度权重系数,即得出矿山环境地质问题综合评价的4个等级:极严重、严重、中等及轻度。由此获得的矿山环境地质问题综合评价等级可作为规划矿山地质环境恢复治理工程的依据之一。

3.2 评价方法

影响矿山环境地质问题因素众多,指标等级及其矿山环境地质问题严重程度等级之间的界线不够清楚,各种因素之间存在着错综复杂的交互关系,很难用经典的数学模型进行描述,故选用模糊数学综合评判作为对矿山环境地质问题综合评价的主要方法。模糊综合评判就是应用模糊变换原理和最大隶属度原则,考虑与被评价事物相关的各个因素,对其所作的综合评价,其着眼点是要考虑各个相关因素。

以全体单因素评价集的隶属度rij为行组成单因素评价矩阵$\underset{\sim}{R}=[r_{ij}]$,即被评判对象的评判因素模糊矩阵。显然,$\underset{\sim}{R}$的第一行表示第一个因素(资源破坏)影响评价对象(矿山开发环境地质问题)取各个评价因素(极严重、严重、中等、轻度)的程度;第一列则表示"资源破坏"、"地质灾害"和"环境污染"影响评价对象(矿山开发环境地质问题)取第一个评价元素(极严重)的程度。单因素模糊矩阵$\underset{\sim}{R}$为

$$\underset{\sim}{R}=\begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \end{vmatrix}$$

专家对影响矿山地质环境质量的资源毁损、地质灾害和环境污染3个要素的权系数模糊子集$\underset{\sim}{A}$为

$$\underset{\sim}{A}=(a_1,a_2,a_3)$$

当模糊子集$\underset{\sim}{A}$和模糊关系矩阵$\underset{\sim}{R}$已知时,作模糊变换来进行综合评判

$$\underset{\sim}{B}=\underset{\sim}{A}\circ\underset{\sim}{R}=(b_1,b_2,b_3,b_4)=(a_1,a_2,a_3)\circ\begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \end{vmatrix}$$

$\underset{\sim}{B}$中的各元素b_j是在广义模糊合成运算下得出的运算结果。$b_j(j=1,2,3,4)$相应于评价等级(极严重、严重、中等和轻度),b_j是对综合评判所得等级模糊子集$\underset{\sim}{B}$的隶属度。如果要选择一个决策,则可按照最大隶属度原则以最大的b_j所对应的等级作为综合评判结果。模糊数学综合评判的4种模型运算过程及评价等级见《西北地区不同类型矿产开发环境地质研究》报告第五章相关部分。

4 计算机运算编程

由于模糊数学运算过程较复杂,为使复杂运算过程简单化,提高评价体系的可操作性,建立了计算机人机对话的智能运算程序。人工智能编程系统采用Visual Basic可视化语言编程,对于系统中的原始数据采用数据库进行管理,以方便用户对数据进行修改、查询。有了人工智能的计算机运算程序,只需将要评价的矿山环境地质问题的等级在人机对话框中"点"出相应的等级,就可以分别实现矿山环境地质问题的历史、现状和潜在问题以及矿山环境地质问题的综合评价结果(图2),完成储存、打印。通过人机对话,运算效率和准确性大大提高。

5 结　语

建立矿山环境地质问题综合评价指标体系是本项目的一项创新性工作。但是,由于矿山地质环境评价涉及多个领域问题,影响因素众多,本指标体系有待进一步补充完善。本次工作将为矿山地质环境调查与评估提供一个新的技术平台,希望能促进调查成果规范化和统一化,使这一重要工作更有效地为政府制定与完善矿产资源开发地质环境保护的法律法规、矿山生态环境恢复治理提供科学依据。

❶ 徐友宁,何芳,袁汉春,等.《西北地区不同类型矿产开发环境地质研究》报告第五章表5-1、表5-2.

维普资讯 http://www.cqvip.com

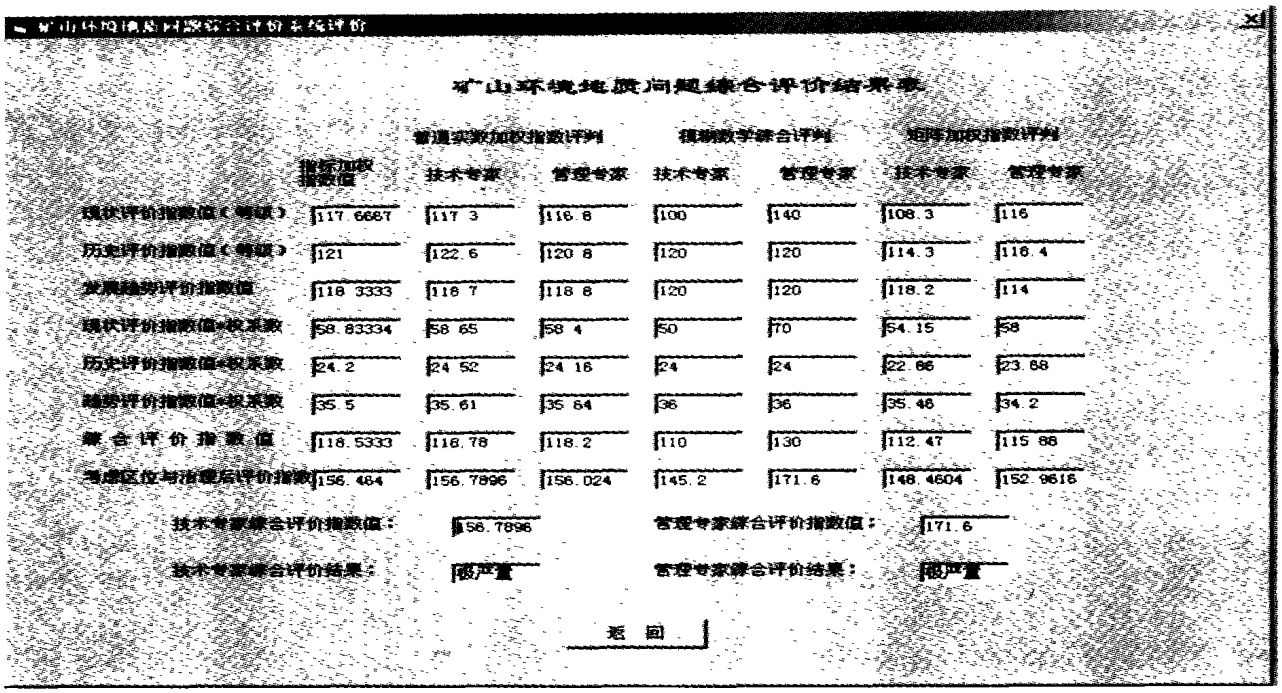

图2 矿山环境地质问题综合评价计算机运算结果

Fig. 2 Computer calculation of comprehensive evaluation of mine environmental geological problems

参考文献：

[1] 徐友宁，何芳，张江华，等. 西北地区矿山环境地质问题及动态数据库建设[J]. 西北地质，2002，35(4).

[2] 董兆祥，王彦祺，等. 矿区环境地质问题的预测与防治[M]. 北京：地质出版社，1997.

[3] 李洪兴，汪群，段钦治，等. 工程模糊数学方法及应用[M]. 天津：天津科学技术出版社，1993.

[4] 甄涛，邱成龙. 软毁伤[M]. 北京：北京国防工业出版社，2002.

Comprehensive evaluation index system of the environmental geological problems of mines

XU Youning[1], YUAN Hanchun[2], HE Fang[1], CHEN Shebin[1], ZHANG Jianghua[1]

(1. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an* 710054, *Shaanxi, China*;

2. *Xi'an College of Science and Technology, Xi'an* 710054, *Shaanxi, China*)

Abstract: In this index system the mine environmental geological problems are grouped into three major categories and 23 indices. The authors propose to use these indices as the criteria for the determination of the grades of harm extent for the environmental geological problems. Two calculation methods for the evaluation of two categories of indices and related weights of various indices are given. On that basis, the impact degrees of the history, present state and development trend of the mine environmental geological problems are evaluated using the fuzzy evaluation method. On the basis of considering the location conditions of the mine and the difficulty of rehabilitation and control of the mine environment, the grade of the comprehensive evaluation of the mine environmental geological problems is given and the grade also reflects the order of priority of the rehabilitation and control of the mine geological environment.

Key words: environmental geological problems of mines; comprehensive evaluation; index system