

# 基于层次分析法和 GIS 的煤矿可采性风险评价

王艳伟, 陈鲁, 童珏, 王亚军 (中国地质大学(北京), 北京 100083)

**摘要** 以宁夏宁东矿区为研究区, 将层次分析法与 GIS 相衔接, 首先利用层次分析法建立层次结构模型, 确定影响煤层可采性各指标的权重, 然后利用 GIS 建立各影响指标空间结构模型, 提取各影响指标并进行权重赋值, 确定各影响指标的空间拓扑关系, 然后根据各影响指标的空间拓扑关系对权重值进行组合分析, 最后得到研究区煤层可采性安全评价综合分区图, 以满足宁夏规划的火电基地和煤化工项目对优质环保型煤炭资源的需求, 做好煤炭开发过程中灾害预测和防治工作, 为资源开发和环境保护提供依据。

**关键词** GIS; 层次分析法; 煤矿; 环境; 风险评价

中图分类号 S127 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)35-13682-02

## Workability Risk Assessment based on AHP and GIS in Coal Mine

WANG Yan-wei et al (China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083)

**Abstract** Taking East Ningxia Mine for example, AHP was used to establish the hierarchical structural model and define weights of indexes that influencing workability of coal bed; then GIS was used to build the spatial structural model of all influence indexes, extract and weight the indexes, define the spatial topological relationship of all influence indexes, combine and analyze the weighted value according to the spatial topological relationship, and finally get the security evaluation comprehensive zoning of the coal bed workability in the study area. This study provided the basis for meeting the need of thermal power base and coal-to-chemicals projects projected in Ningxia for high-quality and environment-friendly coal, and for the disaster forecast and prevention during coal exploitation, and for the resource exploitation and environment protection.

**Key words** GIS; AHP; Coal mine; Environment; Risk assessment

我国是煤炭资源最大的生产国和消费国, 煤炭资源的开采总是伴随着一定的生态破坏和环境污染问题<sup>[1-2]</sup>。采矿可以引起地面塌陷, 对生态环境的影响主要包括植被生态退化(进而导致水土流失、土地荒漠化)、湖淖和湿地面积萎缩、泉流量减小或干涸、河流断流等。矿产资源开发不以牺牲环境为代价, 为了避免走“先污染后治理”的老路, 对煤炭进行合理的开发和利用是当前煤炭工业的重要课题<sup>[3-5]</sup>。对煤矿的可采性进行风险评价, 将煤炭开发对环境的影响降至最低, 对于资源的合理开发具有重要的指导意义, 也有利于区域社会经济稳定健康持续发展。

## 1 研究区概况

研究区域位于宁夏回族自治区中东部地区, 行政区划隶属灵武市宁东镇(磁窑堡镇)和马家滩镇管辖。距银川市约 55 km, 在灵武市以东约 35 km 处, 地理极值坐标为 106°40'22"~106°49'18" E、37°47'49"~38°12'48" N。矿区呈南~北条带状展布, 北起宁蒙边界(长城), 南止马家滩镇驻地, 西部以各煤层露头风氧化带下限和鸳鸯湖背斜轴为界, 东部为广袤的毛乌素沙漠。南北走向长约 31 km, 东西走向宽约 8 km, 面积约 251.8 km<sup>2</sup>。研究区呈西北高东南低的低缓丘陵地貌, 区内大部分地区为沙丘掩盖, 多系风成垄状及新月形流动沙丘, 间有被植被固定、半固定沙丘, 地形低缓平坦, 地面起伏不大。

## 2 层次分析法的应用

**2.1 层次分析法简介** 层次分析法是美国著名运筹学家、匹兹堡大学教授 T. L. Saaty 于 20 世纪 70 年代中期提出的一种系统分析方法, 它把人的决策过程层次化、数量化、模型

化, 并用数学手段为分析、决策提供定量的依据, 是种定性定量分析结合的多目标决策方法<sup>[6-7]</sup>。

**2.2 层次结构模型的建立** 层次分析法的关键是选取合理的评价指标, 建立评价指标的层次结构。煤炭作为一种资源, 其开采利用既取决于煤层的地下赋存条件, 也受地表地貌地物的制约。

煤层地下赋存条件主要取决于煤层顶面埋深。据以往研究资料表明, 研究区煤层顶煤冒落带与冒落裂隙带高度分别为 70、115 m, 把煤层顶面埋深大于 230 m(即冒落裂隙带高度的 2 倍)的区域确定为相对安全采煤区。这样对煤层可采性产生影响的区域可产生 3 个层次的指标: 冒落区, < 70 m 的区域; 冒落裂隙区, 70~115 m 的区域; 不安全区, 115~230 m 的区域。

综合研究区实际情况, 地表环境的影响主要确定为 4 个指标: 道路、村庄、林耕地、河流。地下煤层此次评价的目的层为煤层的可采性, 指标层 7 个, 层次结构模型见图 1 所示。

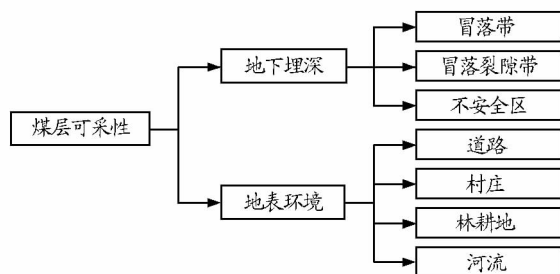


图1 层次结构模型

**2.3 结构判断矩阵的构建** 构建判断矩阵主要是对同一层次各指标的相对重要性做出一定的判断。根据 1~9 标度法(标度值 1、3、5、7、9 分别代表同等重要、稍微重要、明显重要、重要得多、极其重要, 2、4、6、8 分别代表上述相邻判断标度值的中值), 逐项就任意两个评价指标进行比较, 得到判断

基金项目 宁东重点矿区环境地质问题调查评价项目(NDSH201107)。  
作者简介 王艳伟(1981-), 男, 山东邹城人, 博士研究生, 从事地下水方面的研究。  
收稿日期 2012-06-12

矩阵  $B$  见表 1。

表 1 判断矩阵

判断矩阵 $B$	冒落带	冒落 裂隙带	不安 全区	道路	村庄	林耕地	河流 水库
冒落带	1.00	2.00	3.00	3.00	4.00	4.00	4.00
冒落裂隙带	0.50	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00
不全区	0.33	0.50	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00
道路	0.33	0.50	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00
村庄	0.25	0.33	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00
林耕地	0.25	0.33	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00
河流水库	0.25	0.33	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00

**2.4 特征向量与最大特征值的计算** 对于判断矩阵  $B$ , 计算满足  $BW = \lambda_{\max} W^{[8]}$ 。其中  $\lambda_{\max}$  是判断矩阵的最大特征根, 为一常数;  $W$  是  $\lambda_{\max}$  对应的特征向量, 为  $i$  维列向量, 此次计算  $i=7$ 。根据上述判断矩阵计算的特征向量  $W = [0.329\ 4, 0.212\ 1, 0.125\ 5, 0.125\ 5, 0.069\ 2, 0.069\ 2, 0.069\ 2]$ , 最大特征值  $\lambda_{\max} = 7.043\ 83$ 。

**2.5 一致性检验** 以上得到的特征向量为所求权数, 权数的分配是否合理, 需要对判断矩阵进行一致性检验, 检验使用公式:  $CR = CI/RI$ , 当  $CR < 0.1$  时, 矩阵符合要求。  $CI$  称为判断矩阵的一般一致性指标, 计算公式为:

$$CI = \frac{1}{m-1}(\lambda_{\max} - m)$$

此次模型计算  $CI = (7.043\ 83 - 7)/(7 - 1) = 0.007\ 3$ 。

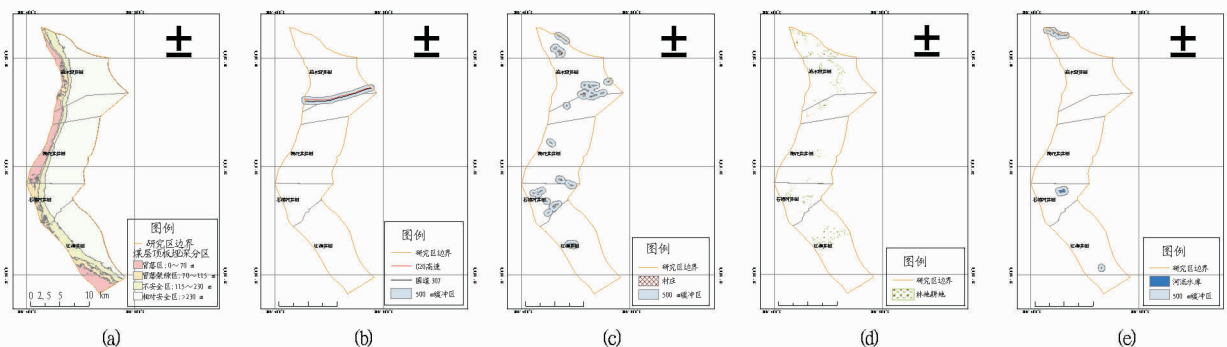


图 2 煤层可采性影响指标提取图

**3.2 空间结构模型的建立与分析** 煤层可采性受地下煤层顶板埋深与地表环境的共同影响, 各影响指标的空间组合需要考虑各影响指标的空间拓扑关系, 如图 3 所示。

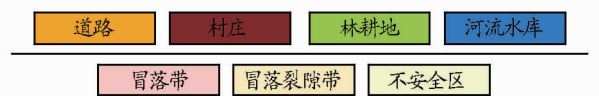


图 3 影响指标空间结构

地下煤层顶板埋深与地表环境影响指标空间上是覆盖叠加关系, 因此处理权重采用权重加和的方式。地表环境影响指标包括道路、村庄、林耕地与河流水库, 其在空间关系上是相邻关系, 但由于缓冲区的存在会产生区域覆盖, 处理这类权重组合的方式时, 采用覆盖层权重最大的值进行赋值。各指标层权重组合后得到宁东矿区煤层可采性安全评价结果如图 4 所示。

$RI$  称为判断矩阵的平均随机一致性指标, 由大量试验给出。此次计算  $RI = 1.32$ 。

所以计算得到的  $CR = 0.007\ 3/1.32 = 0.005\ 5 < 0.1$ , 判断矩阵符合要求。

### 3 GIS 空间结构模型的建立

#### 3.1 指标层的 GIS 提取

**3.1.1 煤层顶板埋深的提取。** 用到的数据为钻孔数据和 30 m 分辨率 DEM 数据。首先整理钻孔数据, 根据各钻孔煤层顶板标高, 插值出全区的煤层顶板标高, 然后利用 DEM 数据相减即可得到全区煤层顶板埋深图, 最后根据冒落带和冒落裂隙带高度对煤层顶板埋深进行分级区划, 把埋深分区转化为矢量面文件, 即可提出研究区的冒落区、冒落裂隙区和不安全开采区, 并在属性表里对其进行权重赋值, 见图 2a 所示。

**3.1.2 地表环境指标的提取。** 以 Arcgis 为工具, 在地理底图上, 分别对道路、村庄、林耕地和河流水库进行矢量化, 并在矢量化数据属性表里进行权重赋值。通过研究区的重要公路主要为 G20 高速和国道 309, 由于道路是线性文件, 需要对其进行缓冲区处理而转为面文件, 缓冲区距离设为 500 m。许大为等对寒区高等级公路景观评价时公路的缓冲区也设为 500 m<sup>[9]</sup>。村庄与河流两个指标由于煤矿开采会影响人的生命财产和生活安全, 也选取了 500 m 作为缓冲安全区。各环境指标提取结果如图 2b、c、d、e 所示。

根据权重计算结果将研究区分为 3 个大区域: ①重点保护区: 权重值  $> 0.30$ ; ②一般保护区: 权重值为  $0.15 \sim 0.30$ ; ③非保护区: 权重值  $< 0.15$ 。

从权重组合计算结果来看, 煤层可采性的重点保护区主要分布在研究区的西部边界, 由于煤层顶板埋深深, 开采煤层会产生顶煤冒落, 此区域煤层不建议开采, 这也与冒落带影响权重最高相符。东部大部分地区, 虽然地表有村庄、农田等环境影响指标影响, 但由于底部煤层顶板埋深较大, 煤层开采后不会引起顶板冒落, 对地表的影响微弱, 不作为宁东矿区煤层开采的保护区。

### 4 结论

宁东矿区地处鄂尔多斯台地与银川平原的过渡带, 干旱少雨, 生态环境脆弱。矿产资源的开发不应以牺牲环境为代

设计的供电控制工作方式一定程度上证明了供电控制模块对延长电源供电有效时间的作用。经过采集试验数据分析发现,由于电源定时通断控制模块稳定性较差,导致所设计两种太阳能供电系统在稳定工作 5~6 d 以后电源定时通断控制模块失去作用而使电源连续为 TDR-3 土壤水分传感器供电,进而导致电源能量在短时间内消耗殆尽,如果供电控制模块稳定性增强,将使供电系统更加稳定长时间供电。因此,太阳能供电系统在工作方式转变和系统稳定性增强的情况下,其有效供电时间必然提高,初步估计能够有效供电时间能达到 20 d 至几个月。

(2) 该研究中的系统简单有效,能够较长期稳定地为传感器节点进行供电。该系统的研制将解决无线传感器网络野外无稳定电源供电情况下进行土壤水分所需解决的能量供给问题。把该节能供电系统应用于无线传感器网络的土壤水分监测中将会给土壤水分长时间稳定监测提供多技术手段,带来更大的方便。由于它可以使系统在恶劣的环境下实现低功耗的长时间监测,其应用具有广阔的应用前景。由

于该节能系统具有体积小、携带方便和放置位置灵活等优点,此项技术还可以方便地扩展应用于污水监测、水文检测以及环境卫生等领域。

### 参考文献

- [1] 卢启福,吴慕春,胡月明,等.基于 TDR-3 的土壤水分传感器标定模型研究[J].传感技术学报,2009,107(7):83-84.
- [2] 陈强,卢启福,李亭,等.基于 WSNs 的城市污水监测系统研究[J].湖南科技学院学报,2011,32(4):83-86.
- [3] 冯显争,李训铭.智能型太阳能充电电路设计[J].东南大学学报,2008,38(2):194-197.
- [4] 高歌.高效率太阳能充电装置主电路的设计和分析[J].电力建设,2007,28(2):53-54.
- [5] 胡建东,赵向阳,李振峰,等.参数调制探针式电容土壤水分传感技术研究[J].传感技术学报,2007,20(7):1057-1060.
- [6] 黄谭友,杨启洪,廖继海.太阳能升压与电池充电控制电路的研究[J].实验技术与管理,2007,24(12):35-36.
- [7] 李连骏,孙宇瑞,林剑辉.一种太阳能供电的土壤水分无线传感器[J].江苏大学学报,2009,30(6):541-544.
- [8] 刘卉,汪懋华,王跃宣,等.基于无线传感器网络的农田土壤温湿度监测系统的设计与开发[J].吉林大学学报,2008,38(3):604-608.

(上接第 13683 页)

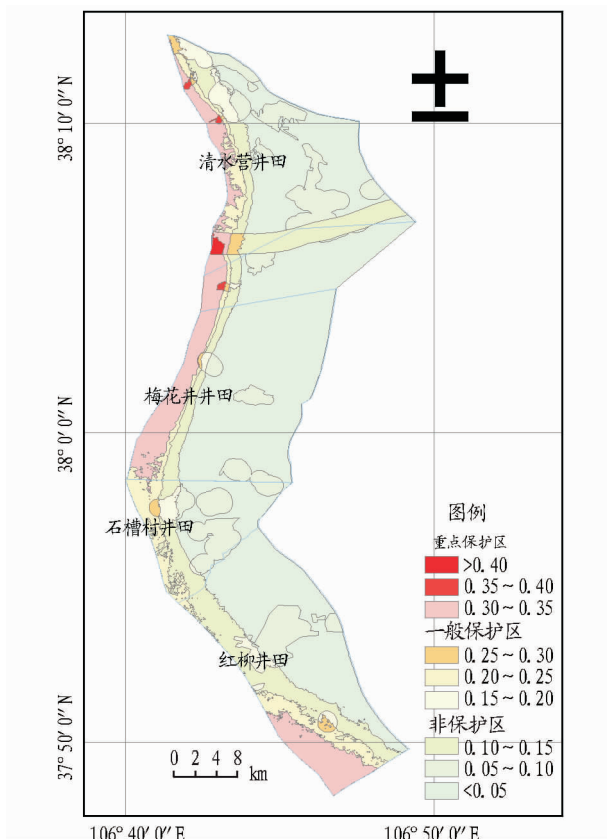


图 4 煤层可采性综合分区

价,煤矿可采性评价的目的在于结合区域生态环境各要素特征,揭示矿产开发过程中产生的安全隐患,有针对地制定出合理的施工方案和生态环境监管、保护措施,为区域经济的健康持续发展提供强有力的保障。该研究将层次分析法与 GIS 相结合,既利用了层次分析法多因素分析能力,也利用了 GIS 强大的空间分析能力,将数字与图像有机地统一起来,提高了评价的效果与质量,该方法在处理多因素评价等有关问题时值得进一步深入研究。

### 参考文献

- [1] 杨静,王立芹.矿区生态安全评价指标体系的研究[J].山东科技大学学报:自然科学版,2005,3(24):36-39.
- [2] 范小杉,韩永伟.宁东矿区生态安全评估[J].中国水土保持 SWCC,2011(11):56-58.
- [3] 郑福涛.层次分析法在煤炭资源储量评价中的应用[J].煤炭技术,2011,30(5):142-143.
- [4] 袁梅,张义平,王作强.基于层次分析法的非煤矿山安全标准化评价体系[J].矿业研究与开发,2010,30(3):99-102.
- [5] 王胜君,韩金炎.地质统计学在煤炭储量评价中的应用[J].煤田地质与勘探,1999,5(24):28-31.
- [6] 邢媛媛,冯忻.基于层次分析法的煤矿安全成本构成分析[J].煤炭经济研究,2010,30(1):73-78.
- [7] 刘玉龙,丁德馨,李广悦,等.层次分析法在铀矿山采矿方法优化选择中的应用[J].矿业研究与开发,2011,31(6):8-10,112.
- [8] 张晓伟,刘人和.层次分析法在油页岩选区评价中的应用[J].非常规油气,2011(4):82-86.
- [9] 许大为,刘铁冬,龚文峰,等.基于 GIS 和层次分析法的寒区高等级公路景观评价[J].东北林业大学学报,2009,37(11):108-110,117.