

文章编号:1001-1986(2005)03-0012-03

# 煤炭资源洁净等级评价系统设计及应用

徐艳杰<sup>1</sup>, 杨永国<sup>1</sup>, 唐书恒<sup>2</sup> (1. 中国矿业大学资源与地球科学学院,  
江苏徐州 221008; 2. 中国地质大学能源地质系, 北京 100083)

**摘要:**采用统计分析方法、层次分析方法和模糊数学方法, 对煤炭资源洁净等级评价进行了研究, 并基于 Visual C++ 6.0, 建立了中国煤炭资源洁净等级评价系统。本文介绍了系统的设计原则、功能模块及其构成, 最后以实例验证了该系统是实用和有效的。

**关键词:**煤炭资源; 洁净等级; 评价系统

**中图分类号:**P618.11; TP399 **文献标识码:**A

## Design and complication of coal resource lustration class evaluation system

XU Yan-jie<sup>1</sup>, YANG Yong-guo<sup>1</sup>, TANG Shu-heng<sup>2</sup> (1. China University of Mining and Technology,  
Xuzhou 221008, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Using the methods of statistical analysis, analytic hierarchy process and fuzzy mathematics, as well as the Visual C++ 6.0, a system of coal resource lustration class evaluation is established. The paper introduces the design principle, function module and structure of the system. Finally, an example shows that the system is applied and valid.

**Key words:** coal resource; lustration class; evaluation system.

## 1 引言

煤炭是我国主要的一次能源, 在国民经济中占有重要的战略地位。鉴于煤炭资源具有不可再生性和引发生态环境恶性的可能性, 目前, 国家和地区颁布了一系列的环境保护法规, 限制开采和使用不洁净的煤炭资源。我们在参考、总结已有的煤炭资源洁净等级评价指标体系的基础上, 建立了适应我国煤炭工业的洁净等级评价系统, 开发出简易、可

靠的辅助评价系统, 来评价煤炭资源的洁净等级具有重要的理论和现实意义。

## 2 系统设计原则

我们开发的中国煤炭资源洁净等级评价系统, 设计原则可概括为“实用性、科学性、易操作性和通用性”。实用性, 是指本系统针对我国煤炭资源的实际特点, 在前人构建的中国煤炭资源洁净等级评价指标体系基础上, 建立适应我国煤炭工业的洁净等

收稿日期: 2004-07-09

作者简介: 徐艳杰(1980—), 女, 河南商丘人, 中国矿业大学硕士研究生, 从事地图学与地理信息系统研究。

情况就是经典湖(海)底扇模式中的主沟道沉积。而史南地区的沙二<sup>9</sup>砂层组除最下部的 11 小层以外, 原始的水下沉积坡度应该是很小的, 这在研究区各小层底部均无明显强烈的冲刷侵蚀就可以反映出来。另外在研究区北部的河 150 井取心段(处于扇中亚相的边缘), 与沙二<sup>9</sup>沙层相伴生的泥岩中发育大量的浅水沉积构造, 如大量的螺和双壳化石、植物根迹等。(图 1) 扇中亚相的砂体能在较浅水地带沉积, 也说明水下地形应该是坡度很小、较平坦的。

## 参考文献

- [1] 朱筱敏, 查明, 张卫海等. 陆西凹陷上侏罗统近岸水下扇沉积特征[J]. 石油大学学报, 1995, 19(1), 1-6.
- [2] 王良忱, 张金亮. 沉积环境和沉积相[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 55 58
- [3] 丘东洲, 何治亮. 陆盆扇体沉积的形成机制及其油气意义[A]. 中国石油学会石油地质委员会·碎屑岩沉积相研究[C]. 北京: 石油工业出版社, 1988, 148-154.
- [4] 刘家铎, 田景春, 何建军等. 近岸水下扇沉积微相及储层的控制因素研究[J]. 成都理工学院学报, 1999, 26(4): 365-369.
- [5] 信荃麟, 刘泽容, 金强. 含油气盆地构造岩相分析[M]. 北京: 地质出版社, 1992, 67-75.
- [6] 冯增昭. 沉积岩石学(下)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993, 185-189.
- [7] 李道轩, 蒲玉国, 徐新丽. 梁家楼浊积油藏剩余油研究模式及开发实践[J]. 石油学报, 2003, 24(2): 69-75.
- [8] 孙龙德. 东营凹陷中央隆起带沉积体系及隐蔽油气藏[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(2): 123-127.
- [9] 袁静, 徐根旺. 东营凹陷永 554 古近系沙四段沟道浊积岩相模式[J]. 煤田地质与勘探, 2003, 31(6): 11-14.
- [10] 刘景彦, 林畅松, 肖建新. 库车坳陷古近系层序和沉积体系发育特征[J]. 煤田地质与勘探, 2003, 31(6): 8-10.

级评价系统。科学性,是说明这一评价系统具有功能全面、数据保持一致性、完整性、独立性、安全性等特点,体现出中国煤炭资源洁净等级评价系统的科学优势。易操作性,表明本评价系统操作简单、灵活、方便、不易出错、界面友好,便于不同层次计算机水平的工作人员使用。通用性,是本系统的数据来源于分布在全国各地的近500个煤矿区,具有很大的通用性和普遍性,而且为用户提供了更新系统数据的接口,从内容到应用具有推广的价值。

### 3 功能模块设计

中国煤炭资源洁净等级评价系统,是为合理、客观地评价我国煤炭资源的洁净等级服务。其内容包括:分级方案的确定、权重方案的确定、综合评价和评价报表的输出等。其功能模块主要包括:

**a. 文件:**包括新样品、导入样品和保存样品。主要用于输入或导入样品的宏量元素及各微量元素含量。

**b. 分级方案:**该部分分为默认分级方案、更新分级方案和专家分级方案,分述如下:

**默认分级方案** 在启动软件后,系统会自动加载一个默认的分级方案。一般情况下,用户可以直接使用该分级方案进行煤样评价。默认方案的制定是对系统数据利用统计方法计算获取的。

**更新分级方案** 用户可以通过更新系统数据来更新分级方案,方法有两种:一是更新现有系统数据库;另一个是指定另一个全新的系统数据库,这时需要指定新数据库中与我们所需的各数据源的对应关系,因此需要用户对新数据库的各字段含义有准确的了解。

**专家分级方案** 软件提供了制定专家方案的接口,由使用该软件的有关专家根据具体情况和自身的专业知识,通过输入分级界限值制定新的分级方案。在实际使用中也可以将这两类方法按照一定的权重进行综合,从而获得新的分级方案,它可以同时反映统计数据的规律和专家的意见,这样得到的评判等级更符合预期的结果。

**c. 权重方案:**其包括默认权重方案、导入方案和专家方案。

**默认权重方案** 在启动软件后,系统会自动加载一个默认的权重方案。一般情况下,用户可以直接使用该权重方案进行煤样评价。该权重方案是在煤中有害元素洁净等级指标体系的基础上,利用层次分析方法计算获取的。

**导入权重方案** 用户可以通过导入一个已建立

的权重矩阵来更新权重方案。

**专家权重方案** 软件为专家用户提供了制定权重方案的接口,专家用户可以使用此接口结合自身专业知识,制定满意的权重方案。

**d. 样品评价模块:**根据已建立的分级方案及权重方案,利用模糊数学方法进行煤炭资源洁净等级的综合评判。

### 4 系统构成

煤炭资源洁净等级评价,实际就是对煤中有害成分的含量级别和毒害强度进行综合评价。综合前人对煤中有毒有害微量元素的研究成果,及建立的中国煤炭资源洁净等级评价的指标体系,本系统采用煤中2种宏量组分(灰分和硫分)和17种煤中微量元素,即As、Pb、Hg、Cd、Cr、Se、Co、Ni、Mn、Be、Sb、U、F、Cl、Mo、Th、Br作为煤炭资源洁净等级评价的指标。

#### 4.1 煤炭资源洁净等级评价系统数据库

本系统采用DBMS进行系统数据库的维护与管理,并用ADO技术访问操作该系统数据库。该系统数据库包括收集到的全国近500个煤矿区的2种宏量元素和17种煤中微量元素含量。

#### 4.2 系统数据处理数学模型

##### 4.2.1 确定分级方案的统计数学方法

通过对系统数据库中的数据统计计算确定2种宏量元素和17中微量元素分级方案。

**统计方法问题抽象** 有离散数据集合 $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,求该集合的一个划分覆盖,使得该划分中的每个子集中的元素数目占原集合的总元素达到某个百分比。

**算法总体思想** 自由分割,其实现步骤为:

**a.** 求取原集合中的最大元素 $x_{\max}$ 、最小元素 $x_{\min}$ ,将区间 $[x_{\min}, x_{\max}]$ 进行等区间划分,区间数目的确定应该根据原集合中元素的数目来进行,这样获得每一个小区间的增量 $\delta$ ;

**b.**  $i=0, x_s = x_{\min} + i^* \delta$  (或 $x_e = x_{\max} - i^* \delta$ )。

**c.** 对区间 $[x_s, x_{s+(i+1)}^* \delta]$  (或 $[x_{e-(i+1)}^* \delta, x_e]$ )扫描原集合中所有数据,统计落在该区间中的元素的数目,计算占原集合中元素数目百分比,如果小于给定的百分比, $i=i+1$ ,重复执行**c**;否则转**b**计算下一个区间。

由此,在对系统数据库中的基础数据进行统计的基础上,计算获得相关有害微量元素的分级方案,例如,As分为高砷煤、较高砷煤、中砷煤、低砷煤和

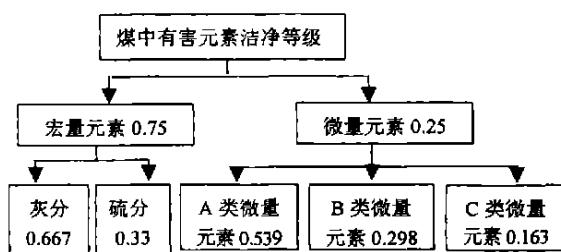


图 1 煤中有害元素洁净等级指标体系及权重

Fig. 1 The system and the weights of the harmful elements in coal  
特低砷煤。其他微量元素依此类推。

与分级方案对应,洁净等级也分为 5 级,分别为:I 级:洁净潜势好;II 级:洁净潜势较好;III 级:洁净潜势中等;IV 级:洁净潜势较差;V 级:洁净潜势差。

#### 4.2.2 确定权重方案的层次分析数学方法

根据煤中含量及有害性的不同,将 17 种微量元素分为 A、B、C 3 种不同的层次。

- A. As、Pb、Hg、Cd、Cr、Se;
- B. Co、Ni、Mn、Be、Sb、U;
- C. F、Cl、Mo、Th、Br。

采用层次分析法确定灰分、硫分及 A、B、C 3 类微量元素对洁净等级影响的权重。

层次分析法的思想是首先把实际问题分解为若干因素,然后按属性的不同把这些因素分为若干组,划分递阶层次结构,这样上下层次之间元素的隶属关系就确定了,然后构造两两比较判断的矩阵并经过一致性检验后,从判断矩阵中计算出的最大特征根所对应的特征向量,经过标准化后,就可以作为层次排序的排序权值,即各影响因子的权重。图 1 是经过计算得到的权重方案。

#### 4.2.3 煤炭洁净等级评判的模糊数学方法

由煤炭资源洁净等级评价的指标可知,煤炭洁净等级与多种因素有关,且各因素的属性又分为不同的类别和层次,如果仅用简单的综合评价模型,很难比较系统中各因素之间的优劣次序,因此,笔者采用多层次模糊综合评判模型确定煤炭资源洁净等级。数学原理如下:

设  $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}$  构成第一层次评价因素集合,第二层次评价指标分别用  $u_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ;  $j=1, 2, \dots, n$ ) 表示,则将因素集  $U$  中的每一个元素  $u_i$  按其属性划分为若干个子因素集合:

$u_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ij}, \dots, u_{im}\}$ , ( $i=1, 2, \dots, m$ ;  $j=1, 2, \dots, n$ )。这样,得到抉择评语集,然后构造评价矩阵,由前述方法确定的评价因素的权重,就可以得到模糊综合评判结果。

表 1 各类有害元素含量

 $/10^6$ 

Table 1 content of various harmful element

元素	$S_d/\%A_{ad}/\%$	As	Pb	Hg	Cd	Cr	Se	Ni	Mn
含量	1.5	2	0.59	10.65	2	0.24	13.9	7.85	16.22
元素	Co	Be	Sb	U	F	Mo	Cl	Th	Br
含量	1.05	0	0.22	2.82	0	4.91	2.82	1.5	4.23

表 2 综合评价结果

Table 2 Result of synthetic evaluation

洁净潜势	洁净潜势	洁净潜势	洁净潜势	洁净潜势
好	较好	中等	较差	差
0.434	0.512	0.053	0.000	0.000

按照这个原则,可给定灰分、硫分及 A、B、C 类微量元素的隶属度,得到灰分、硫分及 A、B、C 类微量元素的各因子评价矩阵。得到了各因子评价矩阵以后,就可对煤炭资源洁净等级进行模糊综合评判。假定实际问题中,灰分、硫分及 A、B、C 类微量元素对煤炭洁净等级影响的权重分别为  $w_g$ ,  $w_h$ ,  $w_f$  ( $w_g + w_h + w_f = 1$ ), 则当已知灰分、硫分及 A、B、C 类微量元素的级别时,利用模糊综合评判法就可得到相应的洁净等级。

#### 4.3 数据报表

数据库中所有的数据,包括原始数据及结果数据(任一层次任一指标的评价结果及评语)都可以形成随时更新的报表,数据报表可以文档形式保存,或根据需要进行编辑和打印。

#### 5 应用实例

给定一个煤样,各类有害元素含量如表 1。采用系统默认分级方案和权重方案,利用洁净煤等级评价软件对该样本进行评价,结果如表 2。

因为,  $M = \max\{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5\} = 0.512$ , 故根据模糊数学最大隶属原则,判定此煤样为洁净潜势较好煤。

#### 6 结语

该系统已投入正式运行。系统运行状况稳定,功能全面,使用方便,用户界面美观,用户反映良好,基本上满足了对中国煤炭资源洁净等级计算机辅助评价的功能。下一步将根据新技术、新理论的发展,更进一步完善这个系统,为计算机辅助评价提供一个强有力的工具。

#### 参考文献

- [1] 杜刚,杨文彬,邵先杰.从我国洁净煤技术展望煤田地质勘探[J].中国煤田地质,2002,14 (4):12-14.
- [2] 周诚林.煤中硫的地质特征和洁净煤技术的发展[J].地学边缘,1999,6,23-27.
- [3] 杨永国,秦勇, . . . . . ~, 2001. ❸ || (七) [M]. 「ボ バ // 」 ~, 2001.