

文章编号: 1001-1986(2007)03-0018-04

# 基于瓦斯涌出异常的煤与瓦斯突出预报软件开发

陈清华, 张国枢, 秦汝祥, 杨应迪, 关维娟  
(安徽理工大学, 安徽 淮南 232001)

**摘要:**介绍了瓦斯突出孕育过程中瓦斯涌出异常特征, 结合计算机软件进行瓦斯突出预报。利用软件实现了对瓦斯浓度数据中异常信息的提取, 并通过图形形式实时显示突出前夕瓦斯浓度变化趋势、幅度等异常征兆, 可直观、明了地反映突出早期信号, 对防治突出, 减少事故, 确保煤矿安全生产有重要的指导意义。

**关键词:**瓦斯涌出异常; 煤与瓦斯突出; 预报软件  
**中图分类号:**TD713 **文献标识码:**A

## Software development for coal and gas outburst prediction based on gas abnormal effusing

CHEN Qing-hua, ZHANG Guo-shu, QIN Ru-xiang, YANG Ying-di, GUAN Wei-juan  
(Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

**Abstract:** Introduce the gas outburst prediction technique by using gas abnormal effusing when gas outburst is gestating. The software realize the exceptional messages extract of gas concentration data, and display abnormal symptom of gas concentration change trend and scope by real-time graphics before gas outburst, can reflect the forepart signal of the gas outburst, give a significant guide for reduce the loss and ensure safe production of coal mine.

**Key words:** gas abnormal effusing; coal gas outburst; prediction software

煤与瓦斯突出(简称突出)是煤矿中一种极其复杂的动力现象, 也是威胁煤矿井下安全生产最严重的灾害之一。国内外学者对煤与瓦斯突出的发生机理, 预测、预报方法, 以及防治措施等展开了深入的研究<sup>[1-3]</sup>, 并取得了可喜的成果。但对其机理的研究一直未能形成令科研工作者完全信服的理论。

经过大量观测研究发现, 在煤与瓦斯突出的孕育时期, 掘进工作面瓦斯浓度往往发生一些规律性的变化。通过对这些规律的考察, 利用掘进工作面瓦斯浓度的变化, 结合计算机技术, 是能够实现瓦斯突出预报的。

## 1 理论基础

### 1.1 预报方法

根据我国《煤矿安全规程》规定, 高瓦斯矿井、煤(岩)与瓦斯突出矿井, 都装备了矿井安全监控系统。但目前矿井安全监控系统对瓦斯的主要功能仅是监测, 当被测点瓦斯浓度超过规定浓度时, 强行断电、报警, 而缺乏对监测的瓦斯浓度数据进行进一步的分析。

实践证明, 掘进工作面迎头的瓦斯浓度变化与

突出发生之间有着一定的联系。由于没有完全清楚突出发生的机理, 因此, 可以将掘进面前方煤体看作是一个“灰色系统”, 工作面迎头瓦斯则是这一“灰色系统”的输出信号。在对掘进工作面瓦斯浓度信号的连续监测中, 瓦斯浓度信号构成了时间序列, 但各序列值之间并不是互不相关的, 而是有着较强的顺序依赖性和前后继承性。因为, 工作面迎头瓦斯的涌出受煤壁内部煤体中应力、瓦斯压力以及煤体力学性质等因素的控制, 而这些因素对瓦斯的控制又是连续的。这样, 在序列先前状态的信号特征中, 必然包含后续状态的特征信息<sup>[4]</sup>。也就是说, 看似毫不相关的瓦斯浓度序列, 其中蕴涵了煤体内部各因素的变化, 以及其相互关系的信息。

### 1.2 预报模型

为了全面反映突出前夕瓦斯涌出的变化异常情况, 可利用瓦斯浓度序列的移动平均线、振幅、频次和方差来分析瓦斯浓度变化的趋势、变化幅度和一定时间内瓦斯浓度变化次数。

#### 1.2.1 移动平均线

移动平均线能反映序列的趋势<sup>[5]</sup>, 表明事物发展的动态, 及瓦斯浓度在一定时期内的变化状态(上

收稿日期: 2006-10-17

作者简介: 陈清华(1978—), 男, 安徽砀山人, 讲师, 博士研究生, 研究方向为安全技术与工程。

升、水平走向、下降)。其趋势具有稳定的特点,即趋势一旦确立,就会延续一段时间,直到外力迫使其改变这一状况,否则趋势一直延续。瓦斯浓度平均值可表示为:

$$C_t = \frac{1}{t-1} \sum_{i=1}^{t-1} C_i, \quad (1)$$

式中  $C_t$  ——  $t$  个瓦斯浓度数据平均值;

$C_i$  —— 序列中第  $i$  个记录的瓦斯浓度;

$t$  —— 某时间段内序列记录数。

### 1.2.2 变动率

变动率的描述包含两个方面:一是序列的振动幅度,可通过振幅变化率  $ROSC$  (Rate of Swaying Change)来表示,即在一定的时间间隔内,初始时刻瓦斯涌出量与末端时刻瓦斯涌出量之间的相对变化率;另一方面是序列的变化次数,可通过频次变化率  $ROFC$  (Rate of Frequency Change)来表示,即在一定的时间间隔内瓦斯浓度变化的次数。这两个方面的综合,描述了瓦斯浓度变化的实际情况。

振幅变化率可通过下式计算:

$$ROSC(n) = \frac{C_{Tmax} - C_{Tmin}}{C_{Tmax}} \times 100\%, \quad (2)$$

式中  $ROSC(n)$  ——  $n$  时间段内振幅变化率;

$C_{Tmax}$  —— 时间间隔内瓦斯浓度最大值;

$C_{Tmin}$  —— 时间间隔内瓦斯浓度最小值。

频次变化率  $ROFC$  可用下列表达式说明:

$$ROFC = f(C_{(t-n)-t}), \quad (3)$$

式中  $ROFC$  —— 频次变化率;

$C_{(t-n)-t}$  —— 从  $t-n$  时刻起到  $t$  时刻的瓦斯浓度;

$f()$  —— 表示取变化次数。

### 1.2.3 方差

$$\mu = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t C_i,$$

$$s^2 = \frac{1}{t-1} \sum_{i=1}^t (C_i - \mu)^2, \quad (4)$$

式中  $\mu$  —— 序列的样本均值;

$s^2$  —— 序列的样本方差。

方差反映了序列的离散程度,也即各值偏离均值的程度<sup>[6]</sup>。方差越大,瓦斯浓度变化幅度越大;方差越小,瓦斯浓度变化幅度越小。当监控系统采用变值变态的读数方式时,对于一定的时间间隔内,瓦斯涌出变化频繁,表现在序列中就是这段时间内读数值数量较多;而对同一时间间隔内,瓦斯涌出稳定,则读值数量较少。以正常和异常两种情况的同时期的均值相等为前提,不难理解,异常时的方差要

远大于正常时的方差。由此可见,一定时间步长的瓦斯浓度值的方差,表明了瓦斯涌出的变化程度。

## 2 软件设计

### 2.1 软件功能特点

系统软件开发围绕用户对目标软件系统在功能、行为、性能、设计约束等方面的期望,突出方便性、稳定性。功能特点有:

a. 可完成瓦斯涌出量数据的自动导入,或与矿井现有监控系统数据的传输;

b. 根据需要选择历史数据进行预报,或在线实时预报;

c. 自动完成对样本数据的规范化处理;

d. 可进行多种预报方法及其预报参数的选择;

e. 在有突出危险的情况下实时报警;

f. 生成预报曲线,查看突出危险性;

g. 存储预报结果,生成运算结果报表;

h. 系统能够在 Windows 环境下运行,有比较友好的图形界面(GUI)。

### 2.2 系统软件开发工具

系统软件是整个测试系统的控制中心,是以 Windows 视窗操作系统为平台开发的。这是因为跟其它操作系统(如 UNIX)相比,Windows 仍是目前最流行和最容易上手的操作系统,比较适合煤矿企业使用。

系统软件采用 Visual Basic 编程,数据库管理工具为 Access2003,模块化设计,各个模块相互独立,又有一定的联系,具体包括有:数据维护模块、预报模块和预报结果显示模块。

### 2.3 功能模块构成

#### a. 数据维护模块

该模块主要是对预报基本数据进行处理。选择预报基本参数,包括选择的预报数据的初始位置的确定及其运算中的保存处理,预报时间间隔等;预报趋势图坐标设定,使用户既能够从全局上查看预报结果,也能够查看预报的细节内容;运行结果保存,可以将预报运算的结果保存为趋势图的形式以便后期查询,也可保存为预报数据文本格式,以便导出,或作为历史记录保存。

#### b. 预报模块

预报模块是整个煤与瓦斯突出系统的核心部分,可选择在线预报(预报数据序列逐时从监测系统获得)或离线预报(预报数据一次性从监测系统获得)。预报模型选择子模块是对所选择的数据从不

同的模型方法上进行突出的研判,其主要目的是从多方面验证预报结果的准确性和可靠性。

c. 结果显示模块

该模块目的是将系统结果展示给用户。为了显示的直观和使用的方便,可以将结果以趋势图的形式显示在用户面前,同时还可以显示预报结果数据。

各模块构成如图 1 所示:

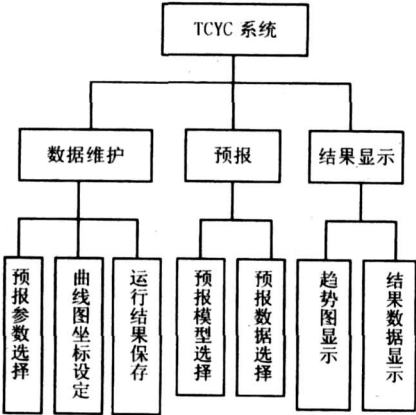


图 1 功能模块构成

Fig.1 Configuration of functional module

2.4 系统流程与数据流程

瓦斯突出预报系统(TCYC 系统)主要是为了完善矿井监控系统的功能,实现煤与瓦斯突出的趋势性预报而设计的,可实现在线预报和离线预报。预报数据的获得,是利用现有监控系统采集的数据,直接实现监控系统与 TCYC 系统的数据传输,进行实时预报。预报系统顶层数据流程如图 2 所示。

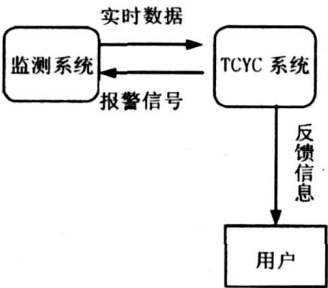


图 2 突出预报系统顶层数据流

Fig.2 Top data flow of prediction system for coal and gas outburst

TCYC 预报系统对监控系统传输过来的数据,经预报运算后,其结果主要以趋势图的形式向用户反馈预报信息,同时用户可以查看预报运算结果文件。当结果数据包含突出危险信息时,TCYC 系统将向警报系统返回报警信息,由警报系统向指定的执行机构发送命令,指示报警设备动作。与此同时,TCYC 系统记录报警信息,以备检索。其预报信息流程如图 3 所示。

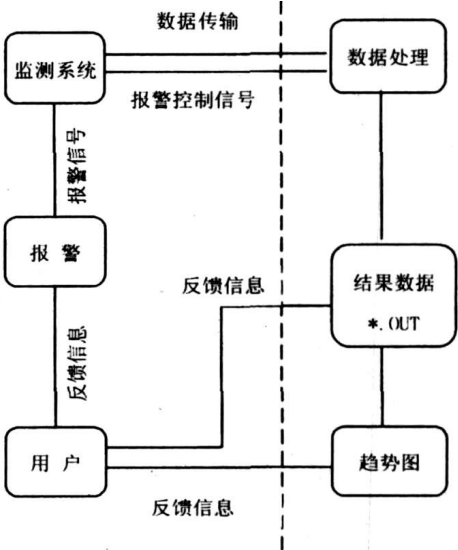
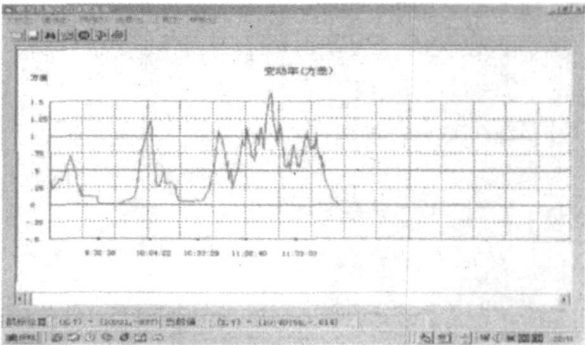


图 3 预报信息流程图

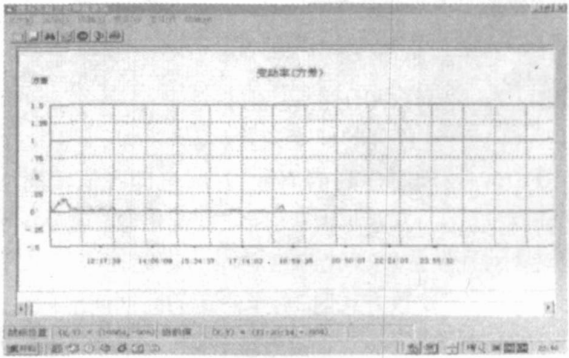
Fig.3 Flow chart of predictive information

2.5 预测分析实例

图 4 为利用该软件对淮南地区某矿的瓦斯涌出数据进行的变动率(方差)分析实例。可见,方差在突出发生的早期,具有明显的警告信号,一方面变化量陡增,另一方面变化具有增长的趋势。一般认为,当方差超过 0.5 时,有突出的倾向;根据变动率(方差)分析结果,结合频次分析和均值线分析,能对瓦斯突出进行初步预报。



(a)



(b)

图 4 淮南某矿掘进工作面瓦斯涌出分析实例

Fig.4 A case study on gas emission from working face of a mine, Huainan  
a——突出前夕;b——正常时期

3 结语

监测系统的瓦斯与煤突出实时预报研究是一个崭新的课题,其初衷是撇开煤与瓦斯突出的内部因素错综复杂的相互影响、作用,而另辟蹊径,从瓦斯涌出的变化上预报煤与瓦斯突出的发生。就这一点来说,无论是思想上还是方法上都是一种全新的尝试。

将瓦斯突出预报软件应用于矿井安全生产监控系统中,实现了煤与瓦斯突出的实时、连续预报,并得到广泛应用,还需在瓦斯涌出机理、报警功能等方面,进一步完善。

(上接第 17 页)

3.3 构造综合分析

各种构造分析方法所作的构造解释在位置上不一定完全相同,为了确定一个能够反映实际情况的构造位置,就必须进行综合构造分析。图 3 是冯记沟南部 B 区四煤层趋势面、样条曲面、克立格曲面分析的构造综合分析解释成果。

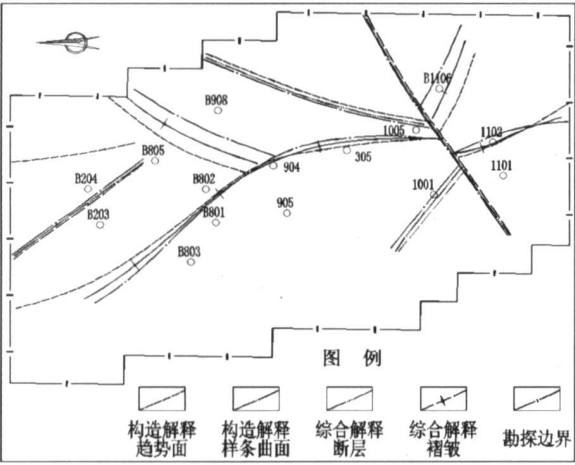


图 3 数字曲面构造分析综合解释成果图

Fig. 3 The composite explain chart for tectonic analysis of digital curved surface modeling

需要说明的是,各种构造分析方法均有边界效应,边界附近的构造解释可靠性较差。解决的办法是扩大研究区的范围。本研究不仅采用了研究区的钻孔资料,同时也利用了研究区周围的钻孔资料,对于有井巷工程揭露的区域也采用了部分井下见煤点资料。

参考文献

[1] 曾庆阳. 矿井通风监测技术预报煤与瓦斯突出初探[J]. 煤炭工程师, 1994(4): 28—30.

[2] 苏文叔. 利用瓦斯涌出动态指标预测煤与瓦斯突出[J]. 煤炭工程师, 1996(5): 1—7.

[3] 王凯, 俞启香, 郭立稳. 钻孔瓦斯动态涌出特征及其与突出危险的关系[J]. 中国矿业大学学报, 1998, 27(3): 257—260.

[4] 杨叔子, 吴雅. 时间序列分析的工程应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003.

[5] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999.

[6] 申玉兰, 徐之温. 经济预测[M]. 兰州: 甘肃教育出版社, 1990.

4 结语

数字曲面构造分析技术是利用勘探揭示的有限离散信息对较大范围进行构造分析行之有效的方法之一。应用数字曲面模拟技术进行构造分析时,应了解其方法适应性。研究总体构造时采用趋势,而研究局部构造时则必须用偏差。趋势面构造分析法所研究构造的大小与样品点最小间距和分布的均匀性有关。一般情况下,仅采用钻探数据的趋势面分析只能研究幅度较大的构造。

单值曲面和差值曲面构造分析方法均能从不同的侧面反映实际的构造特征。在应用时,应通过对已揭露区的研究,选择一种或几种最有效的方法来进行未揭露区的构造分析。在勘探初期,可选择多种方法进行构造分析,然后加以综合。

通过构造综合分析,可以达到“去伪存真”的目的,使所解释的构造更接近实际情况。

参考文献

[1] 王学仁. 地质数据的多变量统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 1982.

[2] 於崇文. 数学地质的方法与应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1980.

[3] JOHN W. H. Computer simulation in geology[M]. FLORIDA: Robert E. Krieger Publishing Company, 1981.

[4] 上海计算技术研究所. 电子计算机算法手册[M]. 上海: 上海教育出版社, 1982.

[5] 侯景儒. 实用地质统计学[M]. 北京: 地质出版社, 1998.

[6] 李鸿吉, 张菊明. 电子计算机制图方法及应用[M]. 北京: 地质出版社, 1981.