

## ·计算机应用·

## 岩体声发射技术在矿山中的应用

张拥军

(湖南省计量检测研究院,湖南长沙 410004)

**摘要:**吸收灰色系统的科学理论和方法,运用灰色理论GM(1,1)模型建立岩体失稳声发射预测预报模型并实现预测预报,将整个预测预报系统采用Visual C++语言进行计算机可视化开发,实现了可视操作,保证了对现场监测数据快速、准确处理,提高了监测预报效率。

**关键词:**声发射技术;矿山;监测预报

**中图分类号:**TP277 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5540(2004)01-0046-03

我国采矿业经过几十年的发展,各个矿山大多存在不少的安全隐患,尤其近年来,由于部分矿山盲目追求经济利益,忽视安全工作,引发频频矿难。因此,国家各级政府都对矿山安全工作予以高度关注,如何对矿山已形成的或正在形成的安全隐患进行监测预报就显得尤为重要。针对上述问题,我们利用便携声发射仪监测到的现场数据,利用灰色理论,建立预测预报模型,实现对岩体失稳灾害预测预报。对声发射参数时间序列的发展趋势做出通过预测值应用预报理论做出预报,实现灾害发生前岩体稳定性趋势的预测。在对时间序列的预测上,灰色理论有其独到之处,在岩体失稳声发射预测模型中,将利用灰色理论来预测,之后对灾害发生趋势用分形理论来实现预报。

## 1 声发射数据序列预测

## 1.1 灰色理论

灰色系统理论是我国学者华中理工大学邓聚龙教授于上世纪八十年代初创立的,所谓灰色系统即是指部分信息已知、部分信息未知的系统。灰色系统理论把一般系统论、信息论和控制论的观点和方法延伸到抽象系统,结合运用数学方法,发展了一套解决信息不完备系统的理论和方法。根据灰色理论所建立的灰色模型简称GM模型,可表示为 $(n, h)$ ,其中 $n$ 为阶数, $h$ 为变量,GM(1,1)是应用最有效的模型。

## 1.2 岩体失稳声发射预测预报模型

首先应该指出:(1)在无多通道声发射源进行空

间定位情况下,可以通过便携式声发射仪记录的每一次声发射事件的振幅系列求得声发射事件强度分维,还可以通过手工记录声发射累积数时间系列等来求其关联维;(2)虽然地压灾害的中长期预报存在一定的困难,但相对灾害中长期预报而言,灾害的短期预测预报是可能的。

基于上述原因,通过大量的现场监测,积累了大量的监测数据之后,如何对数据进行方便、快捷的处理,迅速得出结果以指导现场施工尤为重要。我们通过建立预测预报模型,编制计算程序实现可视化来进行计算,最后根据计算结果作出综合判断,实现预报,预测预报模型图如图1所示。

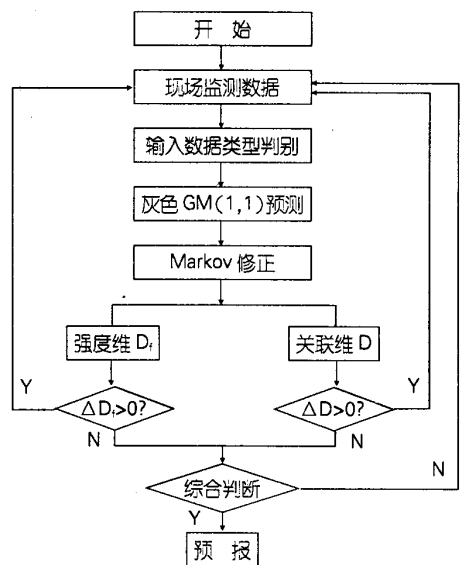


图1 岩体失稳声发射预测预报模型图

## 2 预测预报模型的计算机可视化开发

### 2.1 系统功能模块划分

本预测预报系统主要包含以下几个功能模块:数据输入输出模块、灰色预测模块、强度维分析模块、关联维分析模块、Markov 修正模块、计算结果分析预测模块。它们之间的联系与结合依靠一系列的数据文件(包括 AE 监测数据文件、中间结果文件、结果数据文件等)

### 2.2 软件设计及编码

#### 2.2.1 界面及 Splash Screen 设计

本系统采用 Visual C++ 开发,主要是进行数值运算,运算对象是数据量较大的数据序列、向量和矩阵,也就是一维数组和二维数组,从运行效率、内存管理等方面考虑 C/C++ 语言都优于其它类型的高级语言。因为基本不涉及到其类型的操作,而且数据的存储也没有必要采用较复杂的文档-视图框架,因此系统的应用类型选择基于对话框型。

#### 2.2.2 大数据量运算的内存存储空间管理

由于系统运算涉及数据量比较大的数据系列、向量和矩阵,因此用一维数组和二维数组来表示它们时必须考虑内存存储空间管理,主要考虑两个问题:一是堆栈(Stack)与堆(Heap)及 new 与 delete 运算符,二是系统内存泄露问题,程序员在编程时一定要及时使用 delete 运算符进行内存空间的释放。

### 2.3 系统数据输入、输出

当数据量比较大时在运算过程中采用手工进行数据输入和记录运算结果是不合理也是不明智的,本系统大部分数据输入、输出采用“读”、“写”文件的形式来进行数据输入的运算结果的记录。对于运算过程用户给出运算参数则采取弹出-输入对话框的形式让用户设置参数。

### 2.4 结果处理

灰色模型对振幅序列与事件序列进行向前预测,其预测结果保存于预测结果文件中。Markov 修正模块是对灰色预测结果进行 Markov 修正,然后将修正结果保存于修正结果文件中。分形分析计算结果存储在其对应的分析结果文件中,系统的预报分析功能就是依结果文件中的数据规律来进行岩体失稳预测、预报分析。为了方便进行图形报表分析,系统在设置分形分析结果文件时将文件设计成方便、正确地由“记事本”、“Excel”等软件打开的格式。

### 2.5 软件测试

软件测试一般分黑盒测试与白盒测试两种,黑盒测试与白盒测试各有其优点和缺陷,所以本系统的测试工作是二者都使用,在单元与集成测试阶段采取白盒测试方式,而在确认测试阶段则采取黑盒测试方式。

## 3 岩体失稳声发射预测预报实例

实际监测中,首先要选择监测点以及进行测点布置,监测点一般选在生产施工中需要监测之处,选好之后调查岩性及断层、裂隙分布,在安全条件下于靠近监测段的完整岩体上打监测孔,孔径一般为 $\varnothing 42$  mm,孔深 1.5 m 左右。

采用的监测仪器 DYF-2 有效范围一般 $\varnothing 40$  m 左右,为排除噪音干扰,监测工作选在无人作业的交接班时进行,每个测点连续监测 30 min,对稳定期岩体,每三天监测一次,活动期岩体每天一次或最少每两天一次,前兆期应一天。每天监测结束后,进行数据处理后应用上述模型计算分维值,根据分维值变化的情况对现场岩体稳定性做出预报,同时还可以结合其他手段进行预报。

按照上述方法,对西北某矿和山东三山岛金矿这两个矿山的部分坑道进行了监测,西北某矿测点一部分监测数据列于表 1、二部分监测数据列于表 2。

表 1 西北某矿测点一部分监测数据

日期	事件率	能率	日期	事件率	能率
10.11	1.6	171.88	11.05	0.2	19.03
10.14	1	121.55	11.07	5.2	750.66
10.17	1.4	160	11.09	0.8	90.95
10.20	3.8	395.09	11.11	2.4	262.58
10.23	1.2	120.71	11.13	0.8	91.05
10.26	1.2	123.83	11.15	7.8	1019.34
11.01	0.8	80	11.17	1.6	179.61
11.03	1.2	120	11.19	0.8	95.36

表 2 西北某矿测点二部分监测数据

日期	事件率	能率	日期	事件率	能率
8.31	1.6	158.74	9.12	0.8	83.2
9.2	1.4	252.18	9.14	1.6	247.99
9.5	0.4	39.55	9.16	2	255.22
9.7	3.4	480	9.19	0.8	111.26
9.9	3.2	465			

根据当天的监测数据,按照前面建立预测预报系统,用灰色理论对次日声发射参数发生情况做出预测并修正,据修正后的结果计算维值变化情况并和前日维值情况进行比较,于维值减小幅度较大、特别是维值持续减少时做出预报,提醒矿方引起注意,采取安全措施。测点一将于自 11 月 4 日维值减小

增大,实际上 11 月 4 日顶板岩体有零星的小规模掉落,其后分别据监测数据预报 11 月 6~9 日和 14~19 日将发生冒顶,实际情况是分别于 11 月 8 日和 11 月 18 日发生大冒落;测点二也根据预报将于 9 月 6~9 日发生冒落,实际情况是 9 月 6 日和 9 月 10 日分别发生了较大规模的冒落,这与预报结果比较相符。山东三山岛金矿测点一和测点二部分监测数据列于表 3。

表 3 三山岛金矿测点一和测点二部分监测数据

日期	事件率	能率	日期	事件率	能率
6.11	5.2	303	8.8	15.2	486
6.12	2.3	133	8.10	20.1	398
6.14	2	392	8.12	13.2	512
6.16	1.9	303	8.14	10.3	303
6.18	2.1	178	8.16	14.6	651
6.20	4.8	303	8.18	16.9	409
6.22	2.3	239	8.21	10.4	412

对山东三山岛金矿测点一和测点二部分监测数据通过计算,预测维值变化结果表明,这两个测点维值变化不大,而且维值保持在一个较高的水平,因此岩体比较稳定,不会发生冒落,实际上现场顶板岩体在监测期间一直处于稳定状态,没有发生冒落,这与监测预报情况相符。

## 4 结 语

1. 介绍了用于声发射数据系列预测预报灰色理

论方法。

2. 吸收灰色系统的科学理论和方法,运用灰色理论 GM(1,1)模型建立声发射时间系列预测模型。经过马尔科夫链对声发射时间系列 GM(1,1)预测结果进一步修正,可以提高模型预测精度。

3. 建立岩体失稳声发射预测预报模型并实现预测预报。吸收灰色系统的科学理论和方法,运用分形理论来计算带有预测并修正结果的时间系列的分形维值,根据分形维值的变化从而实现对岩体失稳灾害的预测预报。

4. 将整个预测预报系统采用 Visual C++ 语言进行计算机可视化开发,实现了可视操作,保证了对现场监测数据快速、准确处理,提高了监测预报效率。经过对现场监测数据的处理以及对灾害的预测预报,初步证实了该系统的有效。

## 参考文献:

- [1] 傅立. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1992.
- [2] 官章全,刘加明. Visual C++6.0 类库大全[M]. 北京:电子工业出版社,1999.

收稿日期:2003-12-18

## Application Research on Rock Sound Emission Techniques in Mine

ZHANG Yong-jun

(Hunan Research Institute of Measure Check, Changsha 410004, China)

**Abstract:** This article abstracted scientific theory and method of grey system, The rock missteady sound emission prediction model were made in computer exploitation by Visual C++ and grey theory GM(1,1), it insured local data accurated and celerity and efficiency.

**Key words:** rock sound emission technique; mine; prediction

# 岩体声发射技术在矿山中的应用

作者: [张拥军](#), [ZHANG Yong-jun](#)  
 作者单位: [湖南省计量检测研究院, 湖南, 长沙, 410004](#)  
 刊名: [湖南有色金属](#)  
 英文刊名: [HUNAN NONFERROUS METALS](#)  
 年, 卷(期): 2004, 20(1)  
 引用次数: 1次

## 参考文献(2条)

- 傅立. [灰色系统理论及其应用](#) 1992
- 官章全, [刘加明](#) [Visual C++6.0类库大全](#) 1999

## 相似文献(10条)

- 会议论文 [尹贤刚, 李庶林, 陈黎明, 王小鹏](#) [采场安全监测管理中岩体声发射技术应用研究](#) 2006

岩体声发射技术是矿山采场地压管理的重要手段之一, 本文在声发射实验的基础上, 介绍了岩体声发射技术在厂坝铅锌矿的应用, 即岩体分级指标结合声发射指标对采场安全等级的划分和采场稳定性声发射动态监测预报, 说明岩体声发射技术在矿山地压管理可以有广泛的应用及很大的优越性, 同时指出了人们对于岩体声发射技术在采场稳定性监测方面存在的一些误区, 最后还指明了岩体声发射技术有待进一步研究和发展的方向。

- 学位论文 [陈宏](#) [地下工程岩体稳定性及地应力测量的计算机系统及其应用](#) 1999

地下矿山巷道、采场中个别结构体的冒顶、片帮, 其特点是没有明显的先兆, 发生的范围较小, 偶然性、随机性强, 且不易为人们所察觉, 但其危害性极大, 道、采场中这种结构体的冒顶、片帮将直接威胁作业人员的安全, 给矿山的安全生产带来隐患, 是矿山安全生产中不容忽视的重要问题。因此如何对地下矿山巷道、采场中结构体的稳定性进行分析, 实现其稳定性的预测、预报工作就成为矿山安全生产亟待解决的问题。80年代以来, 声发射技术在地下工程中的成功应用, 特别是将其用于岩爆的预报以及大面积冒顶的预报成功, 使作者们坚信对个别岩体的冒顶、片帮, 用声发射技术预报也是可以成功的。针对巷道、采场结构体冒顶、片帮的特点, 作者以岩体结构分析方法和岩体声发射技术为手段, 使结构体的稳定性预测有了实质性的进展, 从某种意义上说, 用岩体结构分析与岩体声发射技术相结合的研究方法使地下矿山巷道、采场中结构体稳定性的预测可以达到定量的程度。此外, 在利用声发射的Kaiser效应测定原岩应力方面, 两种技术的有机结合更是独具特色。因此, 岩体结构分析方法和岩体声发射技术虽各有其自身的特点, 但岩体结构分析与岩体声发射技术两种手段、方法的有机结合使用, 一方面可以让两种技术充分发挥各自的特点, 另一方面还可以真正做到优势互补。出于这样的基本思想, 作者在国家“八·五”科技攻关课题《大厂铜坑矿细脉带地压及充填体稳定性监测》和《云锡老厂14-5#采场结构尺寸及回采顺序的优化研究》课题研究的基础上, 结合科研和生产工作中的实际需要, 用Microsoft/C++7.0设计、开发和完成了“岩体结构分析计算机系统”, 此系统不仅能够对地下矿山的巷道、采场顶板和帮壁上结构体的稳定性进行判别分析, 从而确定顶板、帮壁上结构体的冒落、滑移状态, 对冒落、滑移结构体求出其体积、重量, 并对滑移结构体确定其滑动面及滑动的方向, 而且还能够对节理面按层面方位进行旋转以确定共轭X型节理, 并利用共轭X型节理或断层对主应力场方位进行分析, 以确定主应力场的方位。该系统可直接用于地下矿山巷道、采场围岩稳定性的分析和矿区主应力场方位的分析, 一方面为矿山的生产提供安全保障, 另一方面主应力场方位的分析结果可为矿山现代化科学生产设计与施工提供依据。

- 会议论文 [王永前](#) [声发射技术在金川二矿区采场冒顶预报的应用研究](#) 1996

- 期刊论文 [杨国春, 徐兵](#) [应用声发射技术预测采场稳定性](#) -[铜业工程](#)2004, ""(3)

针对地下矿山存在的问题及声发射技术的发展现状, 本文从现场调查、数据获取、数据分析等方面介绍了声发射技术在地下矿山冒落预测预报中的应用。通过理论上的分析及现场的应用, 说明声发射技术在井下矿山安全管理中能发挥重要作用。

- 会议论文 [李俊平, 田显高, 李富宝](#) [三鑫金铜股份有限公司采区稳定性评价](#) 2004

湖北三鑫金铜股份有限公司应用嗣后分段充填采矿方法采矿、深孔落矿工艺, 未及充填的采空区常发生大面积失稳, 从而诱发冲击地压, 导致地表大面积塌陷, 经过对鸡冠咀矿区进行地质分段和地压显现的调查, 提出应用声发射技术评价未充填的大规模采空区的稳定性, 经过3个多月的长期监测, 认为深部水平的431~434采空区尽管有地压活动, 但是短期内不会发生大面积失稳, 建议尽早充填已采空的空区, 避免残留空区的大量积累。

- 学位论文 [尹贤刚](#) [岩石声发射技术理论、实验与应用研究](#) 2003

该论文讲述了声发射技术国内外的发展状况, 采用MTS液压伺服刚性压力机和DYF-2便携式声发射仪等技术手段, 对取自厂坝铅锌矿和三山岛金矿的岩石进行受力破坏过程的声发射特征室内实验和声发射Kaiser效应实验研究, 通过实验揭示岩石破裂过程中应力、应变、声发射参数与时间参数之间的关系, 进一步探讨岩石破坏的机理, 提出岩石破坏的前兆判据。在室内实验研究的基础上, 吸取非线性科学理论的思想与方法, 运用分形理论建立声发射事件振幅和声发射累积数时间序列的数学计算模型, 对试件破坏的声发射前兆特征进行分析, 通过计算岩石破坏各阶段声发射强度维和关联维的分形维数的变化来描述岩石破坏过程的特征, 寻找岩石破坏的判据, 运用灰色GM(1, 1)预测模型和分形理论相结合, 建立现场岩体失稳声发射灰色一分形耦合预测预报的数学力学模型。同时, 借助于Visual C++语言开发基于Windows操作系统的岩体失稳声发射灰色一分形耦合预测预报这一模型的可视化处理软件, 采用该软件来处理现场声发射监测数据, 计算分形维数, 对岩体稳定性进行综合评判, 并使这一套系统在矿山的实际声发射监测预报中得到应用。

- 期刊论文 [尹贤刚, 李庶林](#) [声发射技术在岩土工程中的应用](#) -[采矿技术](#)2002, 2(4)

通过声发射技术的发展以及用于采场稳定性监测、边坡稳定性监测、量测地应力的几个例子, 说明声发射技术在岩土工程中的应用及其优越性和发展前景, 指出在岩石声发射机理、波形识别技术、试验标准的制定、凯塞效应的机理等方面还有待进一步研究。

- 期刊论文 [陆富龙](#) [岩体声发射技术在露天采空区管理中的应用](#) -[采矿技术](#)2004, 4(4)

通过岩体声发射仪对采空区上覆岩体进行的稳定性监测, 可以为地采裸露采空区处理提供安全保障, 实践证明了声发射技术在该工程中的可行性及优越性。

- 学位论文 [王鹏人](#) [基于多Agent的岩体声发射信号检测定位系统应用研究](#) 2009

声发射是固体材料受力变形或破坏过程中迅速释放能量而产生瞬态弹性波的一种物理现象, 声发射技术是一种动态检测方法, 可以对静态的结构任何部位进行检测, 也可以对受力的岩体进行实时地检测。目前, 随着计算机技术、人工智能技术和信息论的迅速发展, 为矿业安全生产的控制理论和技术进行变革性发展提供了条件。本文阐述了声发射技术的发展、特点、以及声发射信号检测在矿山安全生产中的重要作用, 介绍了将Agent技术应用于声发射检测定位系统中的优势, 并从经济和技术的角度分析了系统的必要性和可行性。

本文介绍了声发射技术和Agent技术的相关理论基础, 在小波分析和频谱分析的基础上, 提出了一种改进的基于小波阈值去噪的岩体声发射信号去噪算法, 并且通过与传统的小波阈值去噪结果的信噪比之间的比较, 证明了算法的有效性和可行性。接下来通过对声发射传感器阵列的建立和声发射信号

的声达时差的计算建立起线性模型,提出了一种针对三维声源的声源定位算法,根据在实际工程中定位声源点的跟踪和与实际声源位置之间的比较证明了算法的准确与稳定。将多Agent技术加入到系统中,分析了下位机Agent的功能,阐述了下位机Agent的个体控制,并且在此基础上建立了基于管理Agent的多Agent协作模型,从而有效的解决了下位机Agent之间的协调作业问题,是实现声发射检测定位系统的一种有效和可行的方案。在以上研究的基础上,提出了整个系统的物理架构和完整的系统结构,阐述并分析了系统各个模块的功能和在工程实践中的运行结果。

10. 期刊论文 [陈颂文 广西某矿特大采空区稳定性的监测 -采矿技术2009, 9\(2\)](#)

介绍了岩体声发射技术及应力、位移观测在广西某矿山特大采空区稳定性监测中的应用情况,分析了岩体失稳前后声发射信号的一些变化,对矿山采空区稳定性监测预报作了初步的探讨。

## 引证文献(1条)

1. [栾鸣 声发射技术在岩石破坏过程中的基础研究\[学位论文\]硕士 2007](#)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hnysjs200401016.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hnysjs200401016.aspx)

下载时间: 2010年5月31日