

煤与瓦斯突出预测预报研究现状

张元*, 鲁海峰

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南
Email: *2197346502@qq.com

收稿日期: 2021年5月22日; 录用日期: 2021年6月23日; 发布日期: 2021年7月2日

摘要

煤与瓦斯突出是一种较为严重的矿井地质灾害, 随着我国对煤资源需求量的逐渐增大, 浅部煤资源不足以满足发展需要, 煤资源主要来源逐渐转向深部。深部开采往往伴随着更加严重的煤与瓦斯突出问题, 准确的做出突出预测预报尤为重要。目前煤与瓦斯突出预测预报方法大致可归类为局部预测和区域预测两大类。本文综合近些年矿井生产常用的煤与瓦斯突出预测预报方法, 阐述其发展现状并推测未来发展趋势。

关键词

煤与瓦斯突出, 预测预报方法, 发展趋势

Research Status of Coal and Gas Outburst Prediction

Yuan Zhang*, Haifeng Lu

School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui
Email: *2197346502@qq.com

Received: May 22nd, 2021; accepted: Jun. 23rd, 2021; published: Jul. 2nd, 2021

Abstract

Coal and gas outburst is a more serious mine geological disaster. With the increasing demand for coal resources in China, shallow coal resources are not enough to meet the needs of development, and the main source of coal resources gradually turns to the deep. Deep mining is often accompanied by more serious coal and gas outburst, so it is particularly important to make accurate outburst pre-

*通讯作者。

diction. At present, the prediction methods of coal and gas outburst can be roughly classified into two categories: local prediction and regional prediction. In this paper, based on the prediction methods of coal and gas outburst commonly used in mine production in recent years, the present situation of its development is described and the future development trend is speculated.

Keywords

Coal and Gas Outburst, Forecasting Methods, Development Trend

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

煤与瓦斯突出是一种较为常见且十分严重的矿井地质灾害, 其对矿井安全生产以及工作人员的生命安全具有巨大的威胁, 我国的矿井煤与瓦斯突出发生总次数占据全球总次数的 30%, 故而建立完善的突出预测预报系统对我国的矿井安全生产具有深刻的意义。现如今我国采用的“四位一体”综合防突措施, 首先就是进行突出危险性预测, 再实施相应的防突措施, 最大可能的降低煤与瓦斯突出的概率, 确保工作人员的生命安全以及采煤施工的正常进度, 提高开采效益。

2. 煤与瓦斯突出预测预报方法概述

煤与瓦斯突出的预测预报, 从本质上讲就是根据各种突出因素对突出目标区域的分类预测。如图 1 所示, 国内突出预测预报方法系统化的归类可分为局部预测和区域预测, 其中区域预测趋向于长期预测, 用于明确矿井、煤层的危险程度[1]。而局部预测是建立在区域预测的基础之上, 其预测范围较小, 仅仅

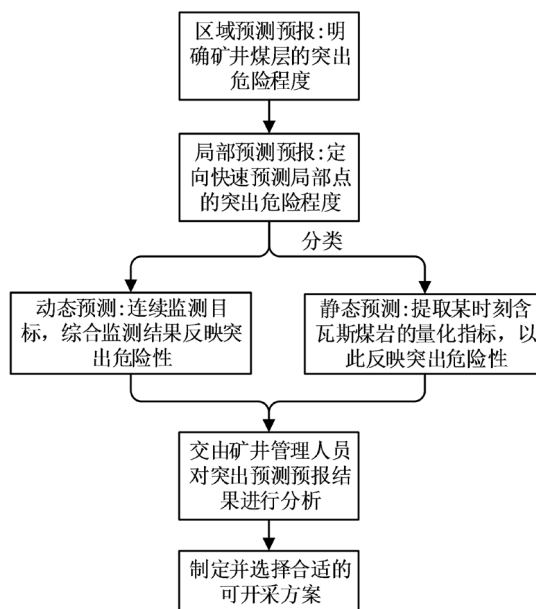


Figure 1. Flow chart of forecasting coal and gas outburst

图 1. 煤与瓦斯突出预测预报流程图

是对采掘煤矿井的突出地点进行危险性预测, 局部预测方法又称日常预测或短期预测。其根据预测预报方法的不同又可以细分为静态预测法和动态预测法。静态预测法是指在某一时刻从含瓦斯煤岩中提取出的一种量化指标, 通过量化指标反映开采突出危险性。而动态预测法则是连续的对一目标进行监测, 然后综合各种监测结果来反映开采突出危险性[2] [3] [4] [5]。最后交由矿井管理人员对突出危险性进行分析, 选择合适的开采方案。

3. 预测预报技术分类

随着矿井开采技术的不断发展, 国内煤与瓦斯突出预测预报技术种类逐渐增加, 但大致可将这些技术分为指标预测法、地球物理预测法以及数学模型预测法三类[6]。

3.1. 指标预测法

指标预测法属于静态预测法中应用最为广泛的一类, 其主要通过提取含瓦斯煤岩体的量化指标来对预测目标点进行突出危险性预测, 按照指标类型可将其分为单指标法、综合指标法、钻孔瓦斯涌出初速度法、R 指标法、钻屑指标法, 各指标的类型以及适用范围如表 1 所示。

Table 1. Classification table of index prediction method

表 1. 指标预测法分类表

预测方法	指标类型	适用范围
单指标法	煤的破坏类型、瓦斯放散初速度 Δp 、煤的普氏系数 f 和煤层瓦斯压力 p	区域预测
综合指标法	$D = (0.0075H/f - 3)(p - 0.74)$; $K = \Delta p/f$ 煤层突出危险性综合指标 D , K ; 开采深度 H ; 煤的普氏系数 f ; 煤层瓦斯压力 p ; 煤层瓦斯放散初速度 Δp	石门揭煤工作面或区域预测
钻孔瓦斯涌出初速度法	钻孔中单位时间内涌出瓦斯的最大流量	煤巷掘进和采煤工作面
R 指标法	$R = (S_{\max} - S_0)(q_{\max} - q_0)$ S_{\max} 、 q_{\max} 为钻孔沿孔长最大钻屑量和最大瓦斯涌出初速度; S_0 、 q_0 为某段时间内钻屑量和瓦斯涌出初速度的预测数据平均值	煤巷掘进和采煤工作面
钻屑指标法	最大钻屑量 S_{\max} 和最大钻屑解吸指标 $K1_{\max}$	煤巷掘进和采煤工作面

指标预测法使用简单易掌握, 但指标界限值难以界定, 预测结果准确度较低, 且多数指标是基于钻孔测试获取的, 对煤岩体产生了一定的破坏。

3.2. 地球物理预测法

地球物理预测法属于动态连续非接触性的预测类型, 其主要的预测方法有声发射预测法和电磁辐射预测法。

1) 声发射预测法

煤岩体破裂释放时的应力波产生声发射现象, 声发射预测法利用这一现象对煤岩体的声发射频率、事件持续时间和能量进行分析, 综合以往突出前声发射的变化规律以及特性, 判断预测点的发生突出的概率[7] [8]。该项技术一般用于煤巷掘进工作面, 相较于传统的指标预测法, 其具备准确度高、无需钻孔、工作量小的优点, 但在处理噪声时仍存在难以解决的问题, 且同时该项技术的监测系统与其他安全监测系统的兼容性较差。

2) 电磁辐射预测法

电磁辐射预测法是基于煤岩体受力发生变形破坏时产生的电磁辐射, 其强度和脉冲数可用于分析媒体前方的应力集中程度, 瓦斯压力和突出危险性[9] [10] [11] [12]。在使用该项技术时应提前确定响应电磁辐射最为敏感的指标以及其发生突出时的临界值, 再将所测电磁辐射数据与临界值对比, 判断预测点的突出危险性。该项技术与声发射方法具备相同的优点, 但也存在一些缺陷, 其敏感指标确定方法不统一, 以及电磁辐射频率特征与煤岩体破坏阶段的联系不明确[13]。

3.3. 数学模型预测法

数学模型预测法是基于建立数学模型, 将各种煤与瓦斯突出的影响因素进行定量化分析, 以探究各突出因子的所占权重, 常用的预测方法有集对理论、突变理论、可拓聚类法、模糊分析法、BP 神经网络法、支持向量机法等多种方法, 但就目前来说 BP 神经网络法与支持向量机法是较为新兴的预测技术。就这两种技术而言, BP 神经网络法可用于突出区域预测[14], 该项技术属于神经网络法中应用最为广泛的一种, 已有实例验证出 BP 神经网络预测模型的预测结果精度较高[15]。

支持向量机法一般用于采煤工作面的突出风险性预测, 其预测流程如流程图 2, 该项技术分类识别多种诱突因素的效果较好, 针对小样本、非线性等问题也能运行良好[16] [17], 方法的智能程度较高。

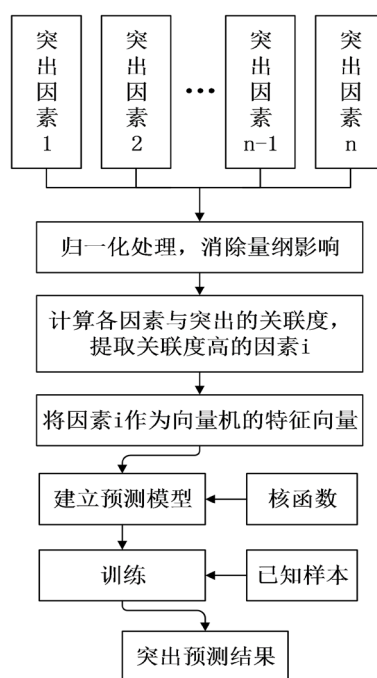


Figure 2. Flowchart of support vector machine method for predicting outstanding risk
图 2. 支持向量机法预测突出风险性流程图

4. 突出预测预报的未来发展趋势

通过上文所述, 可知传统的指标预测法属于静态预测, 其具有简单易学, 但其依赖于钻孔施工, 且突出界限值划分易出错, 预测结果精度不高。地球物理预测法属于动态预测, 其具备准确度高、无需钻孔、工作量小的优点, 但仍然存在信号处理以及测定指标不统一等问题。数学模型预测法是基于建立数学模型解决突出预测问题, 预测过程趋于定量化, 具有容错能力强, 预测速度快, 预测结果精度高, 但其仍然存在一些缺陷, 例如 BP 神经网络预测法的收敛速度慢和支持向量机预测法的核函数选择等问题。

上述三种类型的预测预报方法中, 发展潜力最高的两种是地球物理预测法和数学模型法, 故而未来煤与瓦斯突出预测的发展方向将逐渐趋于动态化与智能化。

5. 结论

通过对煤与瓦斯突出预测预报研究技术的分类与方法的适用性进行分析后得出:

1) 传统指标法突出预测预报技术具有简单易学的特点, 但其依赖于钻孔施工, 且突出界限值划分易出错, 预测结果精度不高。

2) 地球物理预测法具备准确度高、无需钻孔、工作量小的优点, 但仍然存在信号处理以及测定指标不统一等问题。

3) 数学模型预测法的预测过程趋于量化, 具有容错能力强, 预测速度快, 预测结果精度高, 但其仍然存在一些缺陷, 例如 BP 神经网络预测法的收敛速度慢和支持向量机预测法的核函数选择等问题。

4) 通过分析传统指标预测法、地球物理预测法和数学模型预测法等三类煤与瓦斯突出预测预报技术的优劣, 可以分析出未来煤与瓦斯突出预测的发展方向将逐渐趋于动态化与智能化。

基金项目

中国矿业大学(北京)煤炭资源与安全开采国家重点实验室开放基金(SKLCRSM20KFA06)。

参考文献

- [1] 李海军, 王忠奎. 地质条件诱发煤与瓦斯突出的可能性分析[J]. 现代矿业, 2012(10): 128-130.
- [2] 钱月林, 徐后如. 煤与瓦斯突出预测预报技术研究及拓展[J]. 科技创新与应用, 2016(10): 127.
- [3] 刘纯. 煤与瓦斯突出预警技术研究现状及发展趋势分析[J]. 无线互联科技, 2020, 17(9): 133-134.
- [4] 刘军. 煤与瓦斯突出预测技术研究现状及发展趋势[J]. 科技经济导刊, 2017(29): 55.
- [5] 韩云春, 任波, 杨理强, 陈本良, 段昌瑞, 邓东生, 李志兵. 我国煤与瓦斯突出预测指标及技术研究现状浅析[J]. 陕西煤炭, 2020, 39(1): 51-53+12.
- [6] 卢承博. 我国煤与瓦斯突出危险性预测技术研究现状[J]. 煤, 2015, 24(1): 57-60.
- [7] 黄胜全, 赵成军. 声发射技术在预测预报煤与瓦斯突出方面的研究[J]. 矿山机械, 2006, 34(3): 28-29.
- [8] 邹银辉, 赵旭生, 刘胜. 声发射连续预测煤与瓦斯突出技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2005, 33(6): 61-65.
- [9] 李洋, 刘晓悦. 基于 FOA-BP 的电磁辐射法预测煤与瓦斯突出[J]. 华北理工大学学报(自然科学版), 2018, 40(1): 56-63.
- [10] 王恩元, 李忠辉, 李德行, 刘晓斐, 李金铎. 电磁辐射监测技术装备在煤与瓦斯突出监测预警中的应用[J]. 煤矿安全, 2020, 51(10): 46-51.
- [11] 刘芳彬, 聂百胜, 邢云峰, 王萍, 颜爱华. 电磁辐射法预测煤与瓦斯突出敏感指标及临界值的确定研究[J]. 矿业研究与开发, 2008, 28(6): 58-60.
- [12] 白慧敏, 李忠辉, 沈荣喜, 朱栋, 张振国, 冯占文. 电磁辐射技术在煤与瓦斯突出预测中的应用[J]. 煤矿安全, 2010, 41(6): 26-28.
- [13] 刘明举, 刘彦伟, 何学秋, 王恩元. 用电磁辐射法预测煤与瓦斯突出的实验理论基础[J]. 安全与环境学报, 2003, 3(4): 7-10.
- [14] 郝吉生. BP 算法及其在煤与瓦斯突出预测中的应用[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2004, 23(1): 9-11.
- [15] 曲方, 张龙, 李迎业, 李忠群. 基于 BP 神经网络的煤与瓦斯突出预测系统开发[J]. 中国安全科学学报, 2012, 22(1): 11-16.
- [16] 夏树威, 王云飞. 基于改进支持向量机的煤与瓦斯突出预测模型[J]. 河南科学, 2020, 38(9): 1414-1418.
- [17] 朱宝合, 郑邦友, 戴亦军, 刘灿. 基于非线性支持向量机的隧道煤与瓦斯突出危险性预测[J]. 现代隧道技术, 2020, 57(2): 20-25.