

瓦斯治理与利用信息化技术

我国煤矿煤与瓦斯突出现状及预警技术的研究

黄旭超^{1,2}, 孙东玲^{1,2}

(1. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400037; 2. 中国煤炭科工集团有限公司 重庆研究院, 重庆 400037)

摘要: 针对我国煤矿煤与瓦斯突出的现状, 系统地分析了煤与瓦斯突出发生的八大主要规律。为满足矿井安全生产的需要, 介绍了一套集地质测量、生产、技术、调度、通风、防突、监控等各实体部门的安全生产信息于一体的煤与瓦斯突出综合预警技术。研究认为: 煤与瓦斯突出综合预警技术能相对准确地分析、预测、警报防突工作面所处的危险隐患与前方突出危险程度的发展趋势, 有助于矿井煤与瓦斯突出危险性预测更加精确化、防突工作更有针对性。

关键词: 煤与瓦斯突出; 预警; 防突; 信息化

中图分类号: TD67 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2011)07-0061-03

Study on Coal and Gas Outburst Status and Early Warning Technology in China Coal Mine

HUANG Xu-chao^{1,2}, SUN Dong-ling^{1,2}

(1. State Key Lab of Gas Disaster Monitoring and Control as well as Emergency Technology, Chongqing 400037, China;

2. Chongqing Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group Corporation, Chongqing 400037, China)

Abstract: According to the coal and gas outburst status in China coal mine, the paper systematically analyzed the main eight laws of the coal and gas outburst occurred. In order to meet the requirements of the mine safety production, the paper introduced the coal and gas outburst comprehensive early warning technology integrated with the geological survey, production, technology, dispatching, ventilation, outburst prevention, monitoring and control and the safety production information of each department. The study held the coal and gas outburst comprehensive early warning technology could be accurate to analyze, predict and early warn the dangerous hidden dangers of the outburst prevention working face and the development tendency of the outburst danger degree at the front places. Thus the coal and gas outburst comprehensive early warning technology could be more accurate to predict the mine coal gas outburst danger and could be more accordance to the outburst prevention work.

Key words: coal and gas outburst; early warning; outburst prevention; informationization

1 国内煤与瓦斯突出现状及规律

截至2010年底, 我国已累计发生煤与瓦斯突出20 000余次^[1]。通过对我国主要突出矿区大量突出事例的统计分析, 煤与瓦斯突出具有以下规律^[2-7]。

1) 开采深度增加, 突出危险性增大。随着开采深度增加, 高瓦斯矿井甚至低瓦斯矿井可能成为突出矿井, 突出危害较轻的矿井, 可能转变为严重突出矿井; 同一矿区、同一矿井、同一煤层, 在始突深度以下随开采深度增加, 突出次数增多, 突出

强度增大, 突出危险区域扩大。

2) 煤巷掘进工作面突出次数最多, 石门揭煤工作面突出强度最大。统计表明: 煤巷掘进工作面发生突出的次数最多, 回采工作面次之, 石门揭煤工作面最少。石门揭煤突出次数不多, 并不代表石门揭煤突出危险性小, 主要原因是矿井石门揭煤工作量远比煤巷少。其实石门揭煤发生突出的概率最高, 平均强度也最大, 80%以上的特大型突出均发生在石门揭煤工作面。

3) 煤与瓦斯突出事故的发生具有分区、分带特征。大多数突出发生在地质构造带, 特别是向斜轴部、帚状构造收敛端、煤层扭转区、煤层产状变化区、压性和扭性断层带、煤层分叉带、煤厚变

化带、岩浆侵入带等。

4) 突出受巷道布置、开采集中应力影响。在巷道密集布置区、采场周边的支撑压力区、邻近层的应力集中区、相向采掘邻近区等采掘活动时，易发生瓦斯突出。此外，由于支护欠佳、顶板冒落、采面初次来压、冒落及突出孔洞充填支护不及时等造成的应力集中也是导致突出发生的重要原因。

5) 突出煤层大都具有软煤分层存在，而且突出危险性随软分层的增厚而增加。根据大量突出点的调查统计，突出地点及附近的煤层都具有层理紊乱、煤质松软的软煤存在，且突出通常发生于软煤分层突然变厚的地点。统计也显示，在软煤分层厚度小于0.3 m时一般不会发生突出。

6) 突出前大多有预兆。统计资料显示，90%以上的煤与瓦斯突出事故发生前，都出现程度不同的预兆。突出预兆可以分为5个方面：①地压显现方面的预兆有支架来压、煤壁外鼓、掉渣、片帮、巷道底鼓、打钻时顶(夹)钻、钻孔严重变形以及炮眼装不进炸药等；②声音方面的预兆有煤炮声、劈裂声、闷雷声等；③煤体结构方面的预兆有煤层层理紊乱、软分层增厚、煤壁暗淡、煤层产状急剧变化(煤层波状隆起，层理逆转等)等；④钻孔施工方面的预兆包括打钻时顶钻、夹钻、喷孔等；⑤瓦斯涌出方面的预兆有瓦斯涌出异常、瓦斯浓度忽大忽小、打钻喷孔及出现哨叫声、蜂鸣声等。除此之外，还有煤壁发冷、气味异常等预兆。上述预兆，有时同时出现，有时单独出现。

7) 突出危险性随突出煤层厚度增加而增大。同一矿井，较厚突出煤层突出次数多，突出强度大，始突深度浅。同一煤层，煤层由薄变厚，突出危险性也增大。许多突出发生在煤层突然增厚带。

8) 突出多发生在石炭—二叠系煤层。石炭—二叠系煤炭总量212万亿t，占全国总资源量35%以上；瓦斯资源量大于17万亿m³，占全国资源量52%以上。突出矿井993对，占全国突出矿井总数的90%以上；突出8 000余次，占全国突出总数70%左右；19个高瓦斯带，占全国总数51%以上。

煤与瓦斯突出事故的发生已成为影响矿井安全生产，制约产量稳定持续增长的主要因素，煤与瓦斯突出的防治已成为矿井生产过程中一项长期而重要的工作。随着矿井开采规模和强度的逐渐加大，矿井煤层瓦斯涌出量也将大幅增加，煤与瓦斯突出

灾害也将愈发严重，在这种状况下如果只依靠传统的瓦斯灾害防治技术和手段已不能完全满足矿井安全生产的需要，必须针对矿井的生产技术、瓦斯灾害规律及地质条件等特点，实施成套切实可行的煤与瓦斯突出防治技术和手段。根据我国煤与瓦斯突出的规律及目前的相关行业法规，笔者认为煤与瓦斯突出综合预警技术将是我国煤矿防治煤与瓦斯突出的主要研究方向。

2 煤与瓦斯突出综合预警技术

煤与瓦斯突出是一种复杂的动力现象，其发生机理复杂、影响因素繁多。目前的一些突出预警技术或思路，大多是从单方面单因素出发(比如电磁辐射、瓦斯涌出、地质等因素)预警，而从多方面、多因素综合预警的较少，一般都是从反应灾害客观危险性的单一方面的某一因素出发进行预警，而很少从导致事故的各方面(如客观危险性、防范措施、装备和安全管理等方面)综合考虑，系统性和科学性还有待增强^[8]。

随着对煤与瓦斯突出规律的全面认识和计算机信息化技术的发展，煤与瓦斯突出综合预警技术将成为煤矿预防煤与瓦斯突出的重要措施。

2.1 煤与瓦斯突出综合预警技术原理

煤与瓦斯突出综合预警技术就是对煤矿各职能部门监测和随时掌握的安全信息进行有效辨识和监测，在此基础上进行综合分析和计算，对每个工作面突出危险状态和发展趋势进行整体评价，并根据评价结果发出预警信号和响应对策的技术。通过突出危险状态和发展趋势这2个方面的预警分析，不仅能了解到工作面前所处的突出危险性状态，而且还能得知其未来发展趋势，并将预警结果实现集中显示，起到超前提醒和实时预警的作用，从而为矿井进行煤与瓦斯突出灾害的防治提供决策依据。矿井煤与瓦斯突出预警技术是以矿井瓦斯突出灾害特征和规律为基础支撑、以预警计算机系统为载体、以综合监控系统和局域网络为环境、以系列预警管理制度为保障的成套技术体系。煤与瓦斯突出综合预警实现流程如图1所示。

煤与瓦斯突出综合预警技术是在事故理论和灾害防治理论指导下，分别从工作面客观危险性、防突措施重大缺陷、安全管理重大隐患3个方面系统分析日常预测指标值及发展规律、瓦斯地质赋存规

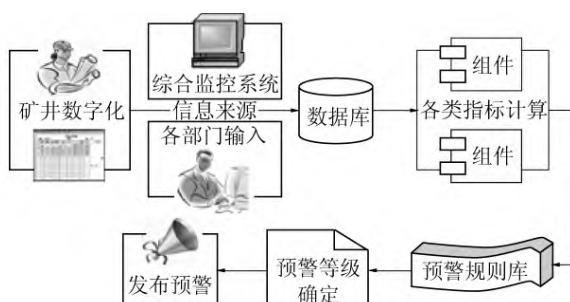


图1 煤与瓦斯突出综合预警实现流程

律、邻近空间采掘作业影响、瓦斯涌出特性、重大措施缺陷和管理隐患等影响突出的因素，形成多因素、多指标的预警规则库，建立综合预警指标体系（图2）。预警系统综合分析现场安全信息后，根据预警规则，系统评价工作面当前的危险状态和发展趋势，从状态预警和趋势预警2个方面给出并发布预警结果。

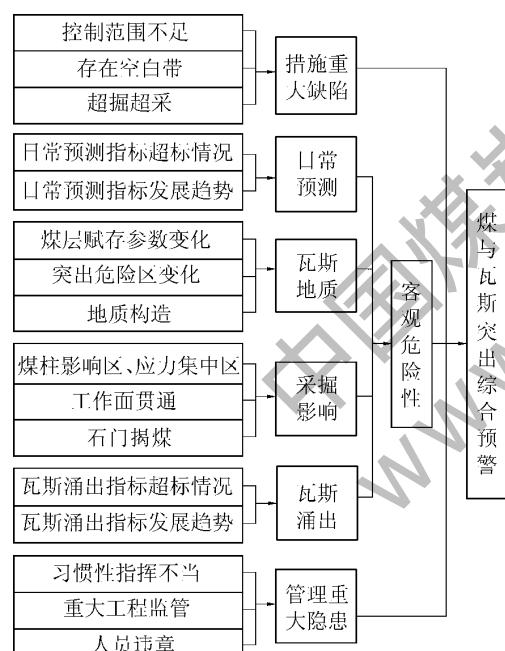


图2 煤与瓦斯突出综合预警体系

2.2 煤与瓦斯突出综合预警系统组成

煤与瓦斯突出综合预警系统是基于GIS的、C/S和B/S相结合的大型计算机程序，主要包括瓦斯预警信息平台、地质测量信息管理子系统、瓦斯地质动态分析技术子系统、动态防突管理及分析子系统、瓦斯涌出分析技术子系统等。煤与瓦斯突出综合预警系统的逻辑结构是在软件系统运行时所表现出来的逻辑操作结构，它是以预警系统空间数据库为中心，以预警处理模块为核心，在地质测量管

理、瓦斯涌出、防突信息动态、瓦斯地质分析和预警信息平台的基础上共同构成的计算机软件系统。

利用上述子系统提供的相关信息数据，实现工作面突出危险性的实时、动态、智能及超前性的综合预警，进行预警信息的管理与发布。预警结果包括状态预警（安全、威胁和危险三级预警）和趋势预警（绿色、橙色和红色三类预警）。煤与瓦斯突出预警指标信息流程结构如图3所示。

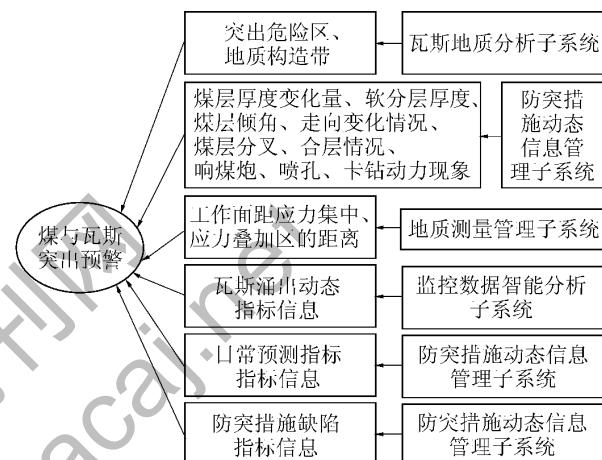


图3 煤与瓦斯突出综合预警指标信息流程结构

2.3 应用情况

通过“十一五”国家科技支撑计划项目的现场试验，单项预警指标准确率都在93%以上，有些巷道的预警指标准确率达到100%。各工作面的综合预警准确率都在92%以上，巷道的预警准确率要比采煤工作面的预警准确率高，综合预警系统分析的预警结果准确地反映了工作面的危险信息。煤与瓦斯突出综合预警技术能使矿井的防突工作做到有的放矢，并有效地减少防突工作量达60%~70%，在保障安全的前提下，增大了矿井产量。

3 结语

我国煤矿煤与瓦斯突出灾害严重、地质条件及突出规律复杂，为满足矿井的安全生产需要，煤与瓦斯突出综合预警技术将是煤矿预防煤与瓦斯突出的主要研究方向。通过综合研究瓦斯地质规律、瓦斯涌出特性、采掘作业对突出的影响、日常预测指标及发展规律、防突措施及有效性，煤与瓦斯突出综合预警技术能够实时对工作面的危险状态与发展趋势进行评价和预警。煤与瓦斯突出综合预警技术

(下转第69页)

参考文献：

- [1] 张申, 丁恩杰, 徐钊, 等. 物联网与感知矿山专题讲座之二: 感知矿山与数字矿山、矿山综合自动化 [J]. 工矿自动化, 2010(11): 129–132.
- [2] 杨维, 王彬. 矿井巷道层次型无线监测无线传感器网络的实现 [J]. 煤炭学报, 2008, 33(1): 94–98.
- [3] 谢东亮, 王羽. 物联网与泛在智能 [J]. 中兴通讯技术, 2010, 16(4): 52–56.
- [4] 张申, 丁恩杰, 徐钊, 等. 物联网与感知矿山专题讲座之一: 物联网基本概念及典型应用 [J]. 工矿自动化, 2010(10): 104–108.
- [5] 刘强, 崔莉, 陈海明. 物联网关键技术与应用 [J]. 计算机科学, 2010, 37(6): 1–5.
- [6] GUAN Guan, CHAO Hu, BIN Shen-xiao, et al. Remote Life Monitoring System Base on Internet of Things [C] //Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation, Jinan, 2010.
- [7] LI Lei-jun, PENG Hong. Gas Disaster Decision-level Infor

(上接第63页)

相对准确地分析、预测、警报防突工作面所处的危险隐患与前方突出危险程度的发展趋势,使煤与瓦斯突出危险性的预测更加精确化、防突工作更有针对性。

参考文献:

- [1] 淮南矿业集团有限责任公司, 煤炭科学研究院重庆研究院. 采掘工作面(包括石门揭煤)突出预测预报敏感指标体系及其临界值的确定 [R]. 重庆: 煤炭科学研究院重庆研究院, 2009.
- [2] 黄旭超, 孟贤正. 深井地质构造复杂区域防治煤与瓦斯突出 [J]. 矿业安全与环保, 2008, 35(2): 17–19.
- [3] 于不凡. 煤和瓦斯突出机理 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1985.
- [4] 于不凡. 煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册 [M]. 修订

mation Fusion Method Based on Fuzzy Logic [C] //2010 International Conference on Computer Design and Applications, Qinhuangdao, 2010.

- [8] 周中良, 付海峰, 隋永华, 等. 基于模糊理论的多传感器数据融合系统 [J]. 电光与控制, 2007, 14(2): 23–25.
- [9] 邵良杉, 付贵祥. 基于数据融合理论的煤矿瓦斯动态预测技术 [J]. 煤炭学报, 2008, 33(5): 551–555.
- [10] 何友, 王国宏, 陆大金, 等. 多传感器信息融合及其应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [11] 肖新平, 宋中民, 李峰. 灰技术基础及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [12] 孙继平. 矿井通信技术与系统 [J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(12): 1–3.

作者简介: 王军号(1970—), 男, 江苏赣榆人, 博士研究生, 研究方向为信号与信息处理、计算机网络与通信。Tel: 13625623389, E-mail: wjh123–123@163.com

收稿日期: 2011-02-17; 责任编辑: 赵瑞

版. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.

- [5] 胡千庭. 煤与瓦斯突出的力学作用机理及应用研究 [D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2007.
- [6] 重庆市煤炭学会. 重庆地区煤与瓦斯突出防治技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [7] 蔡成功, 张建国. 煤与瓦斯突出规律的分析与探讨 [J]. 煤矿安全, 2003, 34(12): 3–6.
- [8] 刘程, 赵旭生, 李明建, 等. 瓦斯灾害预警技术及计算机系统建设综合解决方案 [J]. 矿业安全与环保, 2009, 36(S): 23–25.

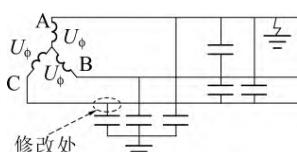
作者简介: 黄旭超(1981—), 男, 四川德阳人, 工程师, 从事煤矿瓦斯灾害防治技术研究工作。Tel: 13657622324, E-mail: hxc2001@163.com

收稿日期: 2011-03-26; 责任编辑: 赵瑞

稿件勘误更正

《煤炭科学技术》2011年第5期郭春平的稿件《人为接地实现开盖断电方法存在重大隐患分析》勘误更正如下:

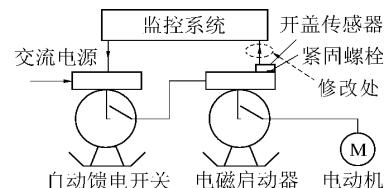
1) 第96页图2a的接线有误, 正确的图应为



2) 第97页第4节标题“开关断电隐患”应改为“开

盖断电隐患”。

3) 第97页图5箭头方向有误, 正确的图应为



谨向本文作者及广大读者致歉!

(本刊编辑部)