

矿井大数据分析及其职工不安全行为预控研究

贾红果,曹庆贵,王树立,张寿明

(山东科技大学 矿业与安全工程学院,山东 青岛 266590)

摘要:针对现代化矿井生产过程中产生的各类数据,从大数据的理念出发,定义了矿井大数据的概念;对矿井大数据的来源与分类进行了概述和归纳。提出矿井大数据的两个重要潜在价值:以大量历史数据为支撑总结形成的规律与经验,以实时数据信息为基础进行危险的预判预控。以职工不安全行为控制为目标,通过分析挖掘矿井实时监测数据信息的潜在价值,尤其是数据内部隐含信息所表征出的危险程度,构建基于大数据处理的职工不安全行为预判控制模式。提出以数据吻合度和突变点为基础的数据处理模式和流程,并设计职工不安全行为预控的三种作业模式。

关键词:矿井;大数据;潜在价值;数据处理;不安全行为

中图分类号: X936; TP311.13

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2015)02-0014-05

Analysis of Big Data in Coal Mine and Pre-control of Workers' Unsafe Behaviors

Jia Hongguo, Cao Qinggui, Wang Shuli, Zhang Shouming

(College of Mining and Safety Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: Based on varieties of data produced in the manufacturing process of modern coal mine and the idea of big data, this paper defines the concept of big data in coal mine and summarizes its sources and classifications. Two important potential values of big data in coal mine were put forward: to find regularity and experience based on large quantities of historical data and to predict and pre-control hazards based on real-time big data. With pre-control of coal mine workers' unsafe behaviors as target, prediction and pre-control models of unsafe behaviors based on big data processing were constructed by analyzing the real-time monitoring data in coal mine, especially the degree of hazard implied by the hidden information within the data. Data processing model and procedures based on goodness of fit to data and catastrophe point were proposed and three pre-control work patterns of coal mine workers' unsafe behaviors were designed.

Key words: coal mine; big data; potential values; data processing; unsafe behaviors

伴随着新一代信息技术的兴起及其在工程技术领域的应用,工程信息数据量迅速膨胀,大数据的理念和技术手段在工程技术方面的应用已成为新的发展机遇和挑战。众多学者就大数据在某些工程技术领域的应用已进行了一定程度的研究和实践,尤其是在矿产资源勘探、地震监控监测等方面。王志亮等^[1]通过分析挖掘油气勘探大数据的价值,提高了油气勘探的精度;李虹等^[2]应用大数据的处理方法和技术提高了地震监测数据的质量和精度;一些学者^[3]基于无线监测技术收集的海量数据,构建了地质灾害监测监控系统。同时大数据在其他方面如个人隐私、情报、物联网、经济、环境等方面都取得了一定的突破和应用^[4-5],但大数据在煤矿工程技术及管理方面的应用目前仍处于空白阶段。

当下国内煤炭产能过剩的态势不断加剧,为降低生产成本及实现安全高效开采,小煤窑及小型矿井不断被整合成大型的矿业集团公司,煤炭采掘向机械化、信息化、数字化发展。在煤炭采掘技术的不断更新发展过程中,矿井必然产生大量的数据,如何对数据进行整理分析,寻找有价值数据信息用于指导矿井生产,在未

收稿日期: 2014-12-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(51474138)

作者简介: 贾红果(1982—),男,山东汶上人,博士研究生,主要从事安全技术及工程、资源经济与管理等方面的工作。

E-mail: jiahongguo@163.com

来相当长的时期内将是矿井的主流发展方向。本文从煤矿大数据的产生、数据分类、潜在价值挖掘等方面阐述了矿井大数据的定义和应用价值,研究了大数据应用于煤矿职工不安全行为预控方面的理念和方法。

1 矿井大数据及其来源

1.1 矿井大数据的定义

目前关于大数据的定义众说纷纭,但专家学者比较认同的定义是指无法在一定时间内用传统数据库工具对其内容进行抓取、管理和处理的数据集合。大数据有四个显著特征:数据量巨大、数据类型多、数据流动快、数据潜在价值大^[6]。

煤矿井下是一个复杂多变的环境,在人为活动的干扰下,复杂多变的的生产环境变得更加难以预测和琢磨。机械化及信息技术的发展,使得井下各种各样的环境变化能以数据的形式定量表征,传输到地面形成庞大的数据流。煤炭开采利用以来,无数专家学者掌握了大量的采矿理论、规律和经验,将这些理论、经验和规律以数据的形式表征出来,挖掘表征数据内部的潜在价值用于指导采矿活动,是矿井大数据发展的方向。

由此矿井大数据可定义为:矿井的原始环境及由于采矿活动而引起的环境改变,将不断变化的环境以数据的形式定量的显现出来,通过对数据分析、归纳、整理,挖掘数据的潜在应用价值以指导矿井安全生产。

1.2 矿井大数据来源

矿井大数据产生的源头众多,大到矿区所处地理位置的气候、气象条件,当地的社会环境、经济发展情况等;小到矿井下一个微小的改变。总体而言,矿井大数据的来源可归纳为两类:原始的自然环境数据以及由于采矿活动引起的人因环境数据。

1) 自然环境数据

任何事物都处在不断的发展变化当中,但矿井所处的自然大环境在宏观上的变化相对较小,可认为处于一种相对静止状态;从微观上而言,矿井所处的自然环境将实时变化,在变化的过程中某些因素便以数据的形式表现出来。因此,将宏观上不变和微观上实时变化的自然环境所表征出来的数据信息称为自然环境数据。

2) 人因环境数据

煤炭开采过程中,人为活动必将对煤炭所处的原始自然环境造成破坏,导致矿井大环境的改变,尤其是采动空间周围的应力、水体赋存等,将直接影响到矿井的正常生产。由于人为原因引起的原始环境的变化对于设计合理的煤矿开采方法至关重要,必须以数据量化的方法对其定量表征,便于指导矿井开采设计。随着数字化矿井建设理念的提出和应用,煤炭开采过程中各种机械设备、设施的工作性能和指标实时变化,汇集形成大量的数据信息。人因环境数据是指由于人为活动的干扰造成矿井环境变化所表征出的数据信息,人因环境数据涵盖面较广,既有矿井自然环境的改变,机械等硬件设施的指标变化,也有软科学方面的指标变化,如矿井的科技水平、职工学历组成结构等都是变化的数据流。

2 矿井大数据分类

矿井生产过程中产生的数据繁杂无序,对其进行合理的分类整理,从中提取有价值的信息,挖掘数据的潜在价值用于指导矿井安全生产,是研究矿井大数据的根本目的。依据矿井数据实时变化的程度,可将矿井数据分为相对静态数据和绝对动态数据。

2.1 相对静态数据

相对静态数据是指在矿井所处自然环境未受人为扰动情况下的地质力学环境、周边社会概况,在一定程度上可认为其处于相对静态,变化波动范围较小。以目前常用的长壁开采方式为例,依据其煤炭开采的布局及生产系统,具体可分为三个层次。

1) 矿井层次

矿井开采前,通过地质调查、矿井初步设计、经济技术条件分析等,确定矿井整体范围内的地层情况、地质构造、地貌、气候条件等原始参数;以及矿井周边的经济情况、交通情况、人口分布等参数所形成的数据。

2) 采区层次

长壁式开采一般是以采区为一个大的单位进行煤炭的开采,采区内的地质条件、周围水体、煤层赋存等组成的数据,以及装备一个采区机械设备的固有参数,型号等一旦确定基本上处于静态。

3) 工作面层次

煤炭开采活动是以工作面为基本单位进行煤炭开采利用,工作面周围的采动情况、应力变化、瓦斯赋存变化等直接影响工作面生产,为煤炭开采直接服务的工作面液压支架、采煤机等设备的固有参数等所组成的数据信息。

2.2 绝对动态数据

煤炭开采之所以区别于其他岩土工程,难度较大的根本原因是煤炭开采活动不断发展变化,是一个动态、开放的大系统,处于不断变化状态,一旦这种状态超过了环境能承受的临界值,将对生产造成危害。不断加大的煤炭开采力度加剧了环境变化的不确定性,具体包括自然环境数据变化和人因数据变化两个方面。

1) 自然环境变化数据

煤炭开采活动不可避免地对自然环境产生扰动,包括地应力场、地下水活动、瓦斯含量、岩石性质等变化。所产生的动态数据是设计合理的开采技术条件的基本依据。

2) 人因变化数据

通过各种机械设备进行煤炭开采时,设备的运行情况、职工的自身条件、周边环境的变化情况等形成人因变化数据,数据是决定煤炭开采活动是否能够安全高效进行的重要参数。

3 矿井大数据的潜在价值

矿井大数据的潜在价值是巨大的,主要体现在以下两个方面:以大量历史数据为支撑总结形成的规律与经验;以实时数据信息为基础进行危险的预判预控。

3.1 规律与经验

众多专家学者就煤炭开采过程中的各种规律进行了研究和总结,但受制于当时的技术水平和设施,尤其是计算机数据处理水平,尚不能对这些规律形成数据化的描述。随着井下各种电气监测设备的发展,各种规律被以数据的形式定量表征成曲线和图表,形成了庞大的规律数据信息库。根据矿井生产系统及发生的事故和相应的监测方法手段,具体规律可分为以下几类。

1) 顶底板运动规律

通过监测手段和技术对顶板的运动规律已经有了较完整的认识^[7],尤其是针对突发性的事故,如大面积顶板垮落及冲击地压等,通过微矿震监测等技术能够确定事故发生前的数据活动规律;具体来讲,冲击事故发生前,能量级别低的微矿震活动发生频次相对较低,能量级别高的微矿震活动相对较多。

2) 瓦斯突出爆炸规律

瓦斯突出爆炸是威胁高瓦斯矿井生产的头号难题,针对瓦斯突出爆炸的机理,国内外学者进行了大量的理论研究;同时,在实验室或现场就瓦斯爆炸的浓度变化及其变化规律、需氧量、温度等进行试验,积累了大量的数据及其规律^[8]。瓦斯突出前,必然存在着相关的数据变化和征兆,如煤岩体内应力升高,瓦斯涌出量加大等相关数据变化。

3) 突水规律

随着采深的加大,水害成为深部开采的又一难题,尤其是深部高应力承压水突出,在国内已发生多次。在底板破坏突水机理、突水危险性影响因素、突水宏观征兆和应力变化等方面取得了一系列的研究成果^[9],尤其是突水与采动空间围岩应力之间必然存在着本质联系。突水前必然存在底板应力显著升高,围岩体含水量增加,空气湿度增大等显著的数据变化。

4) 机械作业规律

井下各种作业机械,其工作参数是多少,如何调节对于开采有利,通过几十年的总结,已经形成了一定的客观规律^[10],如对工作面软弱顶板,应加大液压支架支护阻力;对于坚硬顶板,以防止顶板的突然断裂为主,

可适当降低液压支架的支护阻力等,这些规律针对不同的地质条件都形成了一定的规范性数据。

5)其他规律

通过现场人为观察及仪器反映等手段,也形成了大量的客观规律,如通过对巷道支护情况的观察,能够预计巷道后期变形量的大小;根据现场观察采煤工作面液压支架的支护阻力变化情况,能够预测顶板运动破断步距的大小等。

从矿井生产活动变化产生的各种数据中,寻找其内部隐含的各种事故发生的前兆信息和规律,对于开采活动至关重要,这也是分析处理矿井大数据的根本意义。

3.2 危险实时预控预判

随着信息技术及计算机云处理技术的发展,针对井下各种变化的数据参数,研发了相应的自动化监测设备和处理软件。在煤炭开采过程中,以实时监测监控的矿井数据为基础,以形成的规律和经验为指导,对可能存在的危险提前预判和预控,将危险控制在源头,保证安全生产。

4 基于大数据处理的职工不安全行为预控

将矿井下由于开采活动引起的环境变化实时产生的大量数据进行整理和分析,用于指导职工作业行为,对职工的不安全行为进行预控制,具有重要意义。由此必须设计矿井下环境变化数据实时处理的作业流程和行为控制模式。

4.1 数据处理流程

1)宏观预处理

对井下实时传输数据进行粗略筛选和整理分类,并与相关的经验规律进行对比,对于吻合度极高的数据,要单独重点处理分析。

2)比对分析

数据分类整理后,根据经验规律设计的数据比对分析软件,将分类数据与已有经验规律详细对比分析,寻找各监测数据间的规律及其与已有经验规律间的相似程度,确定危险性数据。

3)专家判定

对于计算机不能判定的数据和开采过程中的突变数据,由工作人员及时报送相关部门及专家判定。

进行以上三步数据处理流程,排除无用及无危险性的数据,对危险数据信息的危险程度进行分级,便于针对不同的危险等级采取不同的应对措施。

4.2 职工不安全行为预控

1)不安全行为活动控制分类

针对矿井大数据处理结果所表征出的不同危险等级程度,设置合理的作业行为和控制模式,在保证绝对安全的前提下提高生产效率,是矿井高产高效的要求。就人为活动控制而言,可分为停工、撤员,现场确认,注意、继续施工三类行为控制模式以应对数据表征的危险等级^[11-12]。

2)不安全行为活动预控流程

地面监控中心实时收集井下的各类生产数据,对数据进行宏观预处理,粗略比对相关经验和规律,当某数据与原有经验和规律吻合度达到90%以上、且该经验和规律发生危险及事故的概率较高时,应及时停工、撤员,寻找原因并处理;进一步对数据进行详细的比对分析,提取数据隐含规律,同时结合现场实际,确定危险程度;对不能处理判定的数据和突变点,应由专门人员进行分析,以确定危险性和行为控制模式,具体行为活动控制流程如图1所示。

5 结论

对矿井大数据的定义、来源、分类、潜在价值进行分析,并就大数据在职工不安全行为预控方面的应用进行探讨,主要研究结论如下:

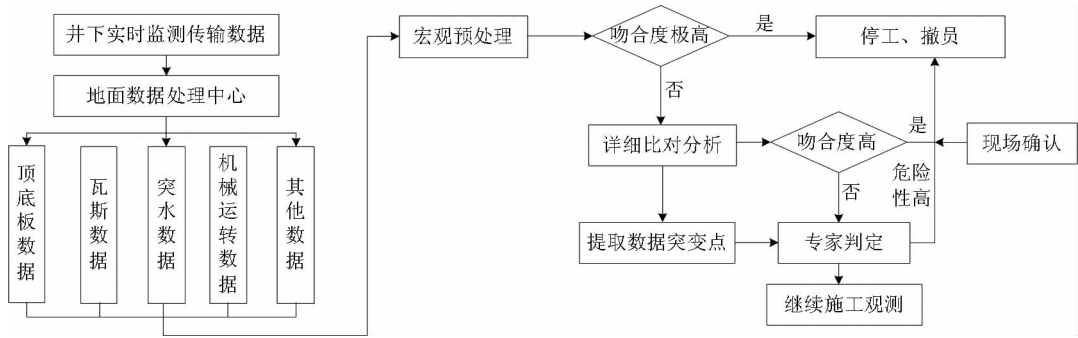


图1 职工不安全行为预控流程图

Fig. 1 Process of pre-controlling miners' unsafe behaviors

1) 矿井大数据是指矿井的原始环境及由于采矿活动引起的环境改变,将变化的环境以数据的形式定量显现出来,挖掘数据的潜在价值以指导矿井安全生产;根据数据的波动变化程度分为相对静态数据和绝对动态数据。

2) 矿井大数据的潜在价值主要体现在以大量历史数据为支撑总结形成的规律与经验,以实时数据信息为基础进行危险的预判预控。

3) 基于矿井数据信息实时监控系统,对监控数据进行宏观预处理、比对分析和专家判定三级处理,确定数据的潜在信息价值及危险等级,针对不同的危险等级采取相应的职工不安全行为控制模式。

参考文献:

[1] 王志亮,周滨,龚旭东,等. 高密度高分辨地震勘探技术在渤海PL地区的应用[J]. 中国石油勘探,2013,18(2):37-44.
Wang Zhiliang,Zhou Bin,Gong Xudong,et al. Application of high-density and high-resolution seismic exploration for PL zone in Bohai Sea[J]. China Petroleum Exploration,2013,18(2):37-44.

[2] 李虹,蔡希玲,王学军,等. 海量地震数据处理方案与技术发展趋势[J]. 中国石油勘探,2014,19(4):48-55.
Li Hong,Cai Xiling,Wang Xuejun,et al. Massive seismic data processing scheme and technology development trend[J]. China Petroleum Exploration,2014,19(4):48-55.

[3] 何朝阳,巨能攀,黄健. 地质灾害海量监测数据处理方法研究[J]. 安全与环境工程,2014,21(5):115-120.
He Chaoyang,Ju Nengpan,Huang Jian. Research on the processing method of big data from geo-hazard monitoring[J]. Safety and Environmental Engineering,2014,21(5):115-120.

[4] 冯登国,张敏,李昊. 大数据安全与隐私保护[J]. 计算机学报,2014,37(1):247-258.
Feng Dengguo,Zhang Min,Li Hao. Big data security and privacy protection[J]. Chinese Journal of Computers,2014,37(1):247-258.

[5] 王琮,荆兆晖. 用大数据构建工程质量监管大平台[J]. 工程质量,2013,31(9):18-20.
Wang Cong,Jing Zhaohui. Configure big platform of engineering quality supervision and management by mass data[J]. Construction Quality,2013,31(9):18-20.

[6] 赵刚. 大数据技术与应用实践指南[M]. 北京:电子工业出版社,2013:4-6.

[7] 谭云亮,吴士良,尹增德,等. 矿山压力与岩层控制[M]. 北京:煤炭工业出版社,2007:5-16.

[8] 程卫民,辛嵩,刘伟韬. 矿井通风与安全[M]. 北京:煤炭工业出版社,2009:242-252.

[9] 宋元文. 煤矿灾害防治技术[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,2007:115-133.

[10] 吴立新. 数字矿山技术[M]. 长沙:中南大学出版社,2009:81-93.

[11] 马跃,傅贵,杨卓明. 矿工不安全行为分类及控制对策研究[J]. 煤矿安全,2014,45(9):235-241.
Ma Yue,Fu Gui,Yang Zhuoming. Classification and control countermeasure of miner unsafe behavior[J]. Safety in Coal Mines,2014,45(9):235-241.

[12] 张江石,傅贵,郭启明,等. 不安全行为的预控方法[J]. 煤炭学报,2012,37(S2):373-377.
Zhang Jiangshi,Fu Gui,Guo Qiming,et al. The pre-controlling measures on unsafe behavior[J]. Journal of China Coal Society,2012,37(S2):373-377.