

煤矿智能化顶板矿压预警技术分析

白伟杰

山西锦兴能源有限公司 山西吕梁 033600

摘要: 煤矿资源是工业化建设的核心能源,在煤矿开采作业过程中,由于其有着复杂化的地质条件,进行开采作业时易引发顶板灾害,本文以煤矿顶板灾害产生原因为切入点,探讨了顶板矿压会被地质因素、开采技术因素以及生产管理因素所影响重点分析了煤矿智能化顶板矿压预警技术要点,加大对此技术的研究力度对于保障煤矿安全生产需求具有突出意义。

关键词: 煤矿;智能化;顶板灾害;矿压预警

前言

当前时期,我国煤矿开采作业时面临着较多的高强度回采工作面,若顶板稳定性较差,则会出现安全事故,影响安全管理成效。煤矿智能化是时代发展的必然趋势,是推动煤矿行业稳定高质量发展的技术支撑,以往对于顶板矿压监测采取人工模式,存在着一定的不足之处,分析与应用煤矿智能化顶板矿压预警技术,掌握支架增阻规律,以此有效规避灾害事故。

一、煤矿顶板灾害产生原因

进行煤矿开采作业因为会面临着十分复杂的地下开采环境,使得出现顶板灾害的几率较高,其产生原因主要为以下几方面。

(一) 地质因素

地质因素是造成煤矿顶板灾害的主要自然因素,当顶板围岩结构不同时,则物理性质也会有所差异,顶板围岩强度越高,开采挖掘作业时不易变形,出现顶板事故的几率较低。当煤矿开采工作量和开采深度继续加大,会造成开采作业面上覆岩层重量随之增大,进而使得支架支护承载较大压力负荷,并且还会破坏沿空留巷与开采工作面顶板,使其出现变形情况。煤层倾角与顶板安全性有着密切关系,倾角角度不同所导致的顶板事故有着相应特点^[1]。

(二) 开采技术因素

开采技术因素是导致煤矿顶板灾害频发的核心因素,在煤矿开采挖掘作业时,巷道顶板长期处于扰动状态下,顶板聚集应力会被扰动程度与时间所影响。巷道支护是煤层挖掘开采的关键环节,若掘进工作面与采煤工作面

呈破碎状态,所采取的支护方式、支护类型与支护材料不够合理化,则容易引发顶板灾害。巷道的开采掘进方式对顶板受力有着较大影响,正式应用开采掘进方式前,需全面评估所采取的开采技术,确保其合理化,以免由于开采技术使用不当而造成顶板矿压加大,出现安全事故。

(三) 生产管理因素

生产管理因素同样是引起煤矿顶板灾害的又一重要原因,安全生产是煤矿行业的基本准则,顶板灾害则是煤矿安全生产管理的突出内容,因为在进行开采掘进作业时会产生周期来压状况,若周期来压规律掌握不够全面化,使得矿山顶板压力处于较大值,再加上没有预先妥善处理以及支护易冒顶工作面,当应力高于原本支护方式承载负荷,会造成十分严重的顶板冒顶事故。

开采挖掘工作面进度和开采作业计划是否能够顺利完成有着十分密切关系,当采掘工作呈滞后状态,无法合乎正常开采工作面循环需要,使得工作面上方顶板有着较长的悬顶时间,工作面支架承载负荷过高,一旦其超出合理区间范围,使得顶板变形与下沉被破坏。而且煤矿开采有着较为复杂的现场环境条件,相关施工人员可能会被多种因素所干扰而出现不规范操作情况,开采挖掘工作未合乎设计标准要求。若施工人员不具备良好的安全认识,不能及时发现与报告潜在的安全隐患问题,同时未正确执行敲帮问顶,造成出现顶板灾害。

二、煤矿智能化顶板矿压预警技术要点

(一) 明确监测预警系统功能架构

为了能够降低煤矿开采挖掘作业时出现顶板灾害事故的几率,依托于煤矿智能化来监测顶板状况,全面化分析工作面矿压预警指标与参数,建立煤矿顶板灾害预

警系统,将顶板矿压预警技术落实到位,此技术的首要要点为明确监测预警系统功能架构。做到顶板灾害监测预警是确保能够全方位采集、整合、存储多源异构且海量化的矿压监测数据,开发矿压监测预警算法与可视化界面呈现,所以此系统由4个层次所组成。其一,数据采集层,此层次负责收集煤矿顶板所涉及到的实时监测数据,具体为支架压力数据与采高数据等。其二,数据处理和储存层,负责处理与储存之前所收集的数据,先对数据初步清理,再格式转换之后储存,此层次具备数据同步、备份管理与整合等多元化功能,并且还为用户应用层予以了统一化访问的数据接口^[2]。其三,分析预测层,在机器学习与统计分析等技术手段的有力支持下,分析顶板矿压监测数据,以此为基础对顶板灾害预警指标加以明确,同时更加深层次地开发预警指标自动算法,进而能够准确评估预测顶板灾害风险。此层次所涵盖的具体流程为训练模型、优化参数、提取数据关键特征以及验证模型等。其四,数据应用层,通过可视化的方式向用户呈现数据分析结果,而且具备预警报警功能,可对数据做到实时化监控管理。

(二) 综合采取工作面矿压分析算法

保证煤矿智能化顶板矿压预警技术能够最大化发挥其良好成效,则最为关键的要点是系统采用作业面矿压分析算法,并通过对矿压安全检测分析和电液系统的反馈结果,总结概括出对煤炭开采工作面支架工况安全产生影响的重要参数,具体涉及通过液压支架初撑压力和末阻力、安全阀的启动频率、不保压度和基本顶板周期来压,而这些每一参数均须采用一定的自动分析算法。其一,初撑压力和末阻力自动分析算法。由于工作面液压支架压力监测数据量大,数据分析可以考虑采用具有合理时间间隔和压力变化阈值的双标准冗余数据处理算法。通过该算法,可以消除80%的冗余数据,准确提取有效的监测数据。以往在这方面使用的手动计算模式工作量大,难以保证准确性。然而,通过捕捉支架运动过程的关键点,可以从大量监测数据中分析锁定顶板的初始支撑力和循环端阻力。其二,安全阀开启自动分析算法。设计开采工作面液压支架时,若其实际的工作阻力等同于限定工作阻力,会同步开启立柱安全阀,安全阀开启与闭合所形成的特征曲线为锯齿型,分析安全阀开启曲线的形态特征就可掌握其开启时的具体压力、时间与持续时间,以此构建相应的分析算法流程^[3]。其三,不保压率自动分析算法。初撑力形成指标为支架移架与

升架操作后因立柱所产生的泵站压力,当顶板下沉时,立柱的承载负荷则会和其保持负相关关系,开始上涨,而支架立柱或密封元件受损或出现漏液情况时,其工作阻力会不升反降,也就是不保压情况的具体表现。通过针对此方面设计自动分析算法,负责对支架立柱受力不保压状态全面化与准确化捕捉,统计其不保压率。其四,开发周期来压步距预测算法。对于顶板周期来压步距预测是借由聚类分析法来完成,它能够整合聚集具有相似性的周期来压步距为同一区域下,落实挖掘规律性模式,不用先验知识与假设数据分布,规律性与趋势发现更加高效化。同时使用多种聚类方法来准确分类液压支架循环末阻力曲线,并以此为基础建立相应的模板曲线与动态化的数据延伸窗口,在此窗口内匹配对比实时监测数据和全部的模板曲线,从中选择有着最高相似度的模板曲线进行预测。

(三) 测试应用矿压预警技术

判定煤矿智能化顶板矿压预警技术的合理性,需对其进行实际测试与应用,以陕西省榆林市曹家滩煤矿为例,应用由此技术所构建的煤矿顶板灾害可视化分析预警系统,由此明确顶板矿压各个要素分析结果。其一,初撑力与末阻力分析结果,统计支架初撑力与末阻力的目的是为了掌握在某一时间段下的具体割模循环数量与初撑力合格率,此系统可完成自动识别,得到相应数值,判断初撑力的具体的合格率。其二,安全阀开启分析结果,支架总共包含2个立柱,其安全阀开启状况关乎顶板灾害出现几率,以割煤循环为时间段,分析安全阀开启数据,明确安全阀开启率与特征曲线。通过分析可得知此煤矿在指定时间段内总结包含8个割煤循环,左柱安全阀开启次数为2次,所以其开启率是25%。其三,不保压率分析结果,不保压分析曹家滩煤矿的支架立柱与各个割煤循环间数据,统计得到支架立柱的具体不保压次数与割煤循环实际数量,计算出不保压率,明确支架立柱的具体承载负荷,通过分析结果反馈可得知在某一时间段下,支架右立柱为正常状态,而左立柱则是不保压状态。其四,基本顶板周期来压分析结果应同时考虑循环端阻力和循环加权工作阻力的双重数据,以上述数据平均值和均方差的计算结果应作为判断依据。当两种数据都高于相应的判断基准范围时,表明存在周期性压力,具体参数包括压力步长和动载荷系数。对曹家滩煤矿开采作业中所使用的液压支架进行分析,发现在一定时间内共有6个压力循环,平均来压步距与动载系数

分别是13.5米和1.3。

(四) 绘制工作面支架工作阻力云图

绘制工作面支架工作阻力云图有助于更加清晰准确地判断煤矿智能化顶板矿压预警技术应用成效,借助于支架工作阻力历史等值线云图来掌握支架工作阻力分布状况,合理划分相应区域,为之后采取妥善的支护手段打下坚实基础,为煤矿安全生产保驾护航。煤矿顶板矿压智能化监测预警系统在Surfer程序动态链接库支持下实现二次开发,借助于内置程序中所含有的克里金、反距离加权插值法与最小曲率法等适合处理离散数据的插值方法,由此准确插值分析矿压数据,绘制等值线云图。云图中采取的支架工作阻力数据是工作面支架中其中一个立柱的原始数据,将监测数据时间设定为横坐标,纵坐标则是相应支架号,处理完成原始数据后才可进行云图绘制,所以要保证所使用的插值算法得当,为了进一步提高云图绘制精确性,可对比分析运用各种插值法所得到的数据测试结果,以此绘制得到的具体效果,其中克里金插值法对比于其他插值方法来说表现更加优越。根据工作面支架阻力云图反馈可得知,曹家滩煤矿开采掘进工作面周期来压步距区间为18.5-20.3米,平均步距是19.8米,来压持续长度则是5.4-6.6米,平均值为6.2米,由此可以看出此煤矿工作面有着较长的来压持续时间,压力峰值为45MPa,表现出强烈矿压^[4]。

(五) 预测分析液压支架荷载

完成工作面支架工作阻力云图绘制后,分析煤矿顶板矿压预警技术在曹家滩煤矿的实施效果,还需预测分析液压支架的实时承载负荷与周期来压步距。针对于液压支架承载负荷所运用的预测算法需拟合多数量函数,以拟合精度作为判断依据,挑选出有着最佳表现的拟合函数,函数具体涵盖支架初撑力点与当压力值点之间的实时监测数据的相关对数函数、指数函数与组合函数。以曹家滩煤矿在某一时间段下的采煤循环来演示分阶段预测过程,循序积累数据点,掌握拐点数值,承载负荷实时监测数据的累积过程中,应用恰当的拟合曲线来完成匹配,对比多个函数拟合表现来说,对数函数有着最佳的拟合匹配度,拟合精度是0.97,而拐点之后的实时数据拟合则应用指数函数会有着更高的准确率。从周期来压步距层面来说,其与顶板灾害出现几率的关系较为密切,所以需围绕此方面的预测分析结果来判断监测预

警技术的作用发挥情况。以时间顺序来排序工作面支架末阻力分析结果,同样将时间设置为水平轴,将垂直轴设置为循环末端阻力对应时间的具体支撑数,绘制折线图,清晰显示工作面采煤轨迹,消除支架临时操作引起的循环末阻力,确保采矿作业能够获得循环真实末阻力点,提取精度处于较高值。线底部的谷值圆表示采煤轨迹的头部,而上方的峰值点位于机器的尾部。提取每个采煤循环的端阻力,绘制相应的曲线图,提取相邻的峰值点数据,将其设置为模板曲线,并保存。预测周期来压步距则可选定最近周期的峰值点,将其对应时刻的实时数据匹配模板曲线,有着最高匹配度的曲线可作为步距预测依据。采取此方法的预测准确率高于90%。

煤矿智能化顶板矿压预警技术是以可视化技术和大数据分析技术为基础,将预警指数确定在液压支架初撑力与末阻力、安全阀开启度、不保压率、基本顶板期来压力、支架的承载负荷以及期来压步距几方面,并由此形成了相应的顶板灾害预警算法,以确保预测预警的准确系数处于较高,能有效预警顶板灾害,并及时采取相应得当的预防措施,从而实现煤炭开发挖掘安全化。

结论

综上所述,对于煤矿顶板矿压的分析研究,是通过机器学习技术中的大数据分析技术和可视化技术等手段,综合考虑多方元素指标,以此建立智能化顶板灾害预警算法,由此对灾害进行实时化与准确化预警,此技术要点围绕在明确监测预警系统功能架构、综合采取工作面矿压分析算法、测试应用矿压预警技术、绘制工作面支架工作阻力云图以及预测分析液压支架荷载几方面。

参考文献

- [1]王昊,李杰,郑闯凯,等.煤矿采场顶板灾害预警技术研究进展及展望[J].矿业安全与环保,2024,51(02):46-52.
- [2]卢振龙,徐刚,尹希文,等.煤矿智能化顶板矿压预警技术研究[J].煤炭工程,2023,55(12):22-27.
- [3]林旭杰.煤矿顶板压力预测方法及系统实现[D].安徽理工大学,2022.
- [4]杨奇峰.煤矿顶板事故风险因素耦合机理及防控策略研究[D].中国矿业大学,2022.