

煤矿深部开采中的冲击地压预测与防治

连东东

彬长大佛寺矿业有限公司 陕西 咸阳 713500

摘要: 伴随煤炭资源持续开采,浅部资源渐趋枯竭,煤矿开采深度不断加大,冲击地压灾害愈发严重,给煤矿安全生产带来巨大挑战。本文深入剖析煤矿深部开采中冲击地压的成因,详细阐述多种预测方法的原理、技术细节与实际应用数据,并全面介绍多种防治冲击地压的技术手段、具体参数及管理策略。旨在为煤矿深部开采中冲击地压的有效预测与防治提供坚实的理论支撑与实践指导,保障煤矿安全高效生产。

关键词: 煤矿深部开采;冲击地压;预测方法;防治措施

1 引言

煤炭作为我国能源体系的关键支柱,在国民经济中占据着举足轻重的地位。随着浅部煤炭资源的日益减少,煤矿开采不断向深部延伸。然而,深部开采面临着诸多复杂且严峻的工程地质问题,其中冲击地压灾害尤为突出。冲击地压是煤矿开采过程中,煤岩体突然破坏并释放大量能量,造成巷道严重变形、设备损毁、人员伤亡等严重后果的动力灾害。近年来,我国深部煤矿冲击地压事故频发,给煤矿安全生产带来了巨大威胁。因此,深入研究煤矿深部开采中冲击地压的预测与防治技术,对于保障煤矿安全生产、提高煤炭资源开采效率具有至关重要的意义。

2 煤矿深部开采冲击地压的成因

煤矿深部开采冲击地压的成因复杂,主要涉及高地应力、开采技术因素、煤岩体物理力学性质及地质构造。随着开采深度增加,地应力水平显著提高,深部煤岩体处于三向高应力状态,开采活动破坏应力平衡时,积聚的弹性应变能会突然释放引发冲击地压。地应力与开采深度大致呈线性关系,深度每增100m,垂直应力增约2.5-3.0MPa,高地应力为冲击地压提供强大能量基础。开采技术方面,不合理的采煤工作面推进速度、开采顺序和巷道布置都会诱发冲击地压^[1]。推进速度过快会使煤岩体来不及适应应力变化,开采顺序不当如孤岛开采、跳采易形成高应力集中区,巷道布置不合理如与最大主应力方向夹角过大,都会增加冲击地压风险。煤岩体的物理力学性质也至关重要,强度高、弹性模量大、脆性强的煤岩体更易积聚和释放能量,节理、裂隙发育程度也会影响其力学性质。此外,地质构造如褶曲、断层会改变煤岩体应力分布,形成应力集中区,增加冲击地压发生的可能性。

3 煤矿深部开采冲击地压的预测方法

3.1 钻屑法

钻屑法是一种通过在煤层中打钻,根据钻出的煤粉量及其变化规律以及钻进过程中的动力效应来预测冲击地压危险的方法。在煤层中施工直径为42-50mm的钻孔,钻孔深度一般为10-15m,每隔1m测定一次钻粉量。同时,观察钻进过程中的动力效应,如卡钻、吸钻、顶钻等现象。正常情况下,每米钻粉量与煤层的坚固性系数和钻孔直径有关。一般来说,在中等坚固煤层中,每米钻粉量在2-4kg左右。当某一段钻孔的钻粉量超过正常值的1.5-2倍时,说明该区域煤岩体应力集中程度较高,存在冲击地压危险。例如,某矿在正常区域每米钻粉量为3kg左右,当钻进到某一区域时,钻粉量突然增加到6-8kg/m,且出现卡钻现象,随后在该区域附近发生了冲击地压事故。

3.2 微震监测法

微震监测法是利用安装在井下的微震传感器,实时监测煤岩体破裂产生的微震信号,通过对微震信号的分析处理,确定微震事件的位置、能量和发生时间等信息,从而预测冲击地压危险。在矿井关键位置布置多个微震传感器,传感器间距一般为300-500m。传感器将采集到的微震信号传输到地面监测中心,通过专业的软件对信号进行处理和分析,确定微震事件的三维坐标、能量大小等参数^[2]。微震事件的能量和频次与冲击地压危险程度密切相关。一般来说,当微震事件能量超过10⁴J且频次明显增加时,说明煤岩体破裂活动加剧,存在冲击地压危险。例如,某矿在正常生产期间,微震事件能量大多在10³J以下,频次较为稳定;当监测到微震事件能量突然增大到10⁵J以上,且频次在短时间内增加了数倍时,及时发布了冲击地压预警,并采取了相应的防治措施,避免了事故的发生。

3.3 电磁辐射监测法

电磁辐射监测法是基于煤岩体受载变形破裂过程中

会产生电磁辐射的原理,通过监测电磁辐射信号的强度、脉冲数等参数来预测冲击地压危险。将电磁辐射传感器安装在煤壁或巷道帮部,传感器与煤岩体表面紧密接触。传感器实时采集电磁辐射信号,并将信号传输到监测主机进行分析处理。电磁辐射强度和脉冲数与煤岩体的应力状态和破裂程度密切相关。当电磁辐射强度超过一定阈值(一般为50-100mV)且脉冲数明显增加时,说明煤岩体应力集中程度较高,可能发生冲击地压。例如,某矿在正常区域电磁辐射强度为20-30mV,脉冲数为50-100个/min;当监测到电磁辐射强度突然增大到80-100mV,脉冲数增加到200-300个/min时,及时采取了卸压措施,有效降低了冲击地压危险。

3.4 地音监测法

地音监测法是通过监测煤岩体破裂时产生的弹性波(地音)来预测冲击地压危险。在巷道内安装地音传感器,传感器间距一般为50-100m。传感器采集地音信号,并通过电缆传输到地面监测系统进行分析处理,提取地音信号的频率、能量等参数。地音活动的频率和能量与煤岩体的应力状态和破裂程度有关。当地音活动频率突然增加、能量显著增大时,说明煤岩体应力集中程度较高,可能发生冲击地压。例如,某矿在正常生产期间,地音活动频率为10-20次/min,能量在 10^2 - 10^3 J之间;当监测到地音活动频率增加到50-80次/min,能量增大到 10^4 - 10^5 J时,及时发布了冲击地压预警,并采取了相应的防范措施。

4 煤矿深部开采冲击地压的防治措施

4.1 合理开采布局与开采顺序

优化开采布局:合理规划采区和工作面的布置,避免形成孤岛工作面、不规则工作面等高应力集中区域。尽量使巷道布置与最大主应力方向一致,减少巷道所受的剪切应力。例如,某矿通过对区域应力场的监测和分析,将采区和工作面的走向调整为与最大主应力方向夹角小于 15° ,有效降低了巷道的变形和冲击地压发生的可能性。在调整前,巷道变形严重,月变形量可达200-300mm;调整后,巷道月变形量控制在50-100mm以内。

合理安排开采顺序:采用合理的开采顺序,如先开采解放层,降低被解放层的应力,减少冲击地压危险。在多煤层开采时,应按照自上而下的顺序进行开采,避免下层煤开采对上层煤造成应力叠加。例如,某矿在开采下层煤之前,先开采了上层解放层,使下层煤的应力降低了30%-40%,有效减少了冲击地压的发生。

4.2 煤层注水

煤层注水是通过向煤层中注入高压水,使煤体湿

润,降低煤的强度和弹性模量,增加煤的塑性,从而减少煤岩体中积聚的弹性应变能,降低冲击地压发生的可能性。同时,煤层注水还可以软化煤层中的硬夹矸,改善煤层的物理力学性质^[3]。注水钻孔一般采用扇形布置,钻孔间距为5-10m,钻孔深度根据煤层厚度和注水效果确定,一般为煤层厚度的1/2-2/3。注水压力应根据煤层的透气性和坚固性系数确定,一般控制在5-15MPa之间;注水量应根据煤层的含水率变化和注水效果进行调整,一般每吨煤注水量为0.03-0.05m³。通过煤层注水,煤的含水率可提高2%-5%,煤的强度可降低10%-20%,弹性模量可降低15%-25%。例如,某矿在注水前,煤的抗压强度为40MPa,弹性模量为8GPa;注水后,煤的抗压强度降低到32MPa,弹性模量降低到6GPa,冲击地压发生的频率明显降低。

4.3 卸压爆破

卸压爆破是在煤岩体中实施爆破作业,使煤岩体产生裂隙,释放积聚的弹性应变能,降低应力集中程度。卸压爆破可以分为煤体爆破和顶板爆破。煤体爆破一般采用深孔爆破,炮眼间距坚硬煤体间距可放宽至8m,破碎煤体需加密至5m,炮眼深度为10-15m,装药量为1.5-2.5kg/m。顶板爆破则是通过爆破顶板,使顶板断裂、下沉,改变顶板的应力状态,减少对煤体的压力。顶板爆破的炮眼间距和深度根据顶板岩性和厚度确定,坚硬顶板间距可放宽至12m,破碎顶板需加密至8m,装药量为2.5-3.5kg/m。卸压爆破后,煤岩体中的应力可降低20%-30%,微震事件频次可减少30%-50%。例如,某矿在实施卸压爆破前,工作面前方煤体应力集中系数为2.8,微震事件频次为80次/d;实施卸压爆破后,应力集中系数降低到2.0,微震事件频次减少到40次/d,冲击地压危险得到有效缓解。

4.4 大直径钻孔卸压

大直径钻孔卸压是在煤岩体中施工大直径钻孔,使煤岩体中的应力向钻孔周围转移,形成卸压区,从而降低原岩应力区的应力集中程度。钻孔的直径一般不小于150mm,钻孔间距根据煤层冲击地压评价报告及冲击倾向性等级来确定,在煤层中,钻孔间距一般为1-3m,深度为15-25m;在顶板或底板中,钻孔间距可适当增大到5-8m,深度为15-20m。大直径钻孔卸压后,钻孔周围1-2m范围内的应力可降低40%-50%,卸压区半径可达3-5m。

4.5 支护技术

采用合理的支护技术可以增强巷道和采煤工作面的稳定性,减少冲击地压造成的破坏。采用高强度、高

预紧力的锚杆、锚索支护系统,能够及时控制围岩的变形,提高围岩的自身承载能力。锚杆直径一般为20-22mm,长度为2.0-2.5m,预紧力不小于100kN;锚索直径为17.8-21.8mm,长度为6-8m,预紧力不小于200kN。在一些深部巷道中,采用锚杆、锚索、钢带、金属网联合支护方式,钢带宽度为200-300mm,厚度为3-5mm,金属网规格为6-8mm的钢筋焊接而成,网格尺寸为100×100mm^[4]。通过合理的支护技术,巷道的变形量可减少50%-70%,围岩的稳定性得到显著提高。此外,采用可缩性支架,如U型钢可缩性支架,当巷道受到冲击地压作用时,支架能够通过缩动释放能量,避免支架被破坏。U型钢可缩性支架的缩动量一般为200-300mm,能够承受较大的冲击载荷。

4.6 加强监测与预警

建立健全冲击地压监测预警系统,综合运用多种监测方法,实时掌握煤岩体的应力变化、微破裂活动等情况。通过对监测数据的分析处理,及时发布冲击地压预警信息,为采取防治措施提供依据。将微震监测、电磁辐射监测、地音监测等多参数监测数据进行集成分析,建立冲击地压预警模型。设定不同等级的预警阈值,当监测数据超过相应阈值时,及时发布预警信息。同时,加强对监测设备的维护和管理,定期对传感器进行校准和检查,确保监测数据的准确性和可靠性。通过实时监测和预警,能够提前1-3天发现冲击地压的前兆信息,为采取防治措施争取宝贵的时间。

4.7 人员培训与管理

加强对煤矿从业人员的冲击地压防治知识培训,提高员工的安全意识和应急处置能力。制定详细的培训计

划,定期组织员工进行冲击地压防治知识培训,培训内容包括冲击地压的成因、预测方法、防治措施、应急预案等。采用理论教学与实际操作相结合的方式,让员工熟悉冲击地压监测设备的操作和维护方法,掌握应急处置流程和方法。通过培训,员工的安全意识和应急处置能力得到显著提高。

结语

煤矿深部开采中,冲击地压灾害威胁安全生产,其发生是多因素共同作用的结果。通过钻屑法等多种预测方法可有效预测,合理开采布局、煤层注水等综合防治措施能显著降低其发生可能性,综合运用多种方法措施可保障开采安全。未来,随着开采深度增加,防治工作挑战更大。需加强冲击地压形成机理研究,为预测防治提供理论基础;研发改进预测与防治技术,提高监测设备精度可靠性、优化防治效果,如研发新型传感器、开发有效卸压技术和支护材料;还应加强智能化技术应用,实现实时精准预测和自动化防治,保障煤矿深部开采安全高效。

参考文献

- [1]王林日.关于煤矿深部开采冲击地压监测解危关键技术研究[J].当代化工研究,2021,(13):107-108.
- [2]王波.深部开采煤矿巷道冲击地压灾害治理技术[J].内蒙古煤炭经济,2024,(09):37-39.
- [3]李明钦.关于煤矿深部开采冲击地压监测解危关键技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(09):192-193.
- [4]张俊文,宋治祥,刘金亮,等.煤矿深部开采冲击地压灾害结构调控技术架构[J].煤炭科学技术,2022,50(02):27-36.