

巷道冲击地压成因与防治技术研究

Research on Causes of Rock Burst in Roadways and Prevention Techniques

窦世文¹ 赵文琪² 贾伟东² 张满仓² 吴忠杰²

Shiwen Dou¹ Wenqi Zhao² Weidong Jia² Mancang Zhang² Zhongjie Wu²

1. 新疆煤炭设计研究院有限责任公司 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

2. 辽宁工程技术大学矿业学院 中国·辽宁 阜新 123000

1.Xinjiang Coal Design Research Institute Ltd.Company, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

2.School of Mining, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning, 123000, China

摘要: 冲击地压是煤矿最严重的动力灾害之一, 因此对于冲击地压的机理和理论研究从未间断。论文简单归类了冲击地压的成因, 运用 Flac3D 软件模拟了巷道开挖时应力以及位移的变化情况, 直观展现了采动对于冲击地压的诱发影响, 并从煤岩层的物理力学性质等角度分析指出了易发生冲击地压的结构层。此外, 在冲击倾向性鉴定板块, 以六家煤矿 6-9 煤层为例, 说明了各项指数所对应的冲击倾向性的强弱。结合实例给出了针对不同煤矿适用的防治方法, 由于技术限制和经济周期等原因, 煤矿开采要兼顾时间局限性和经济效益, 更要注重理论与实际的结合以及主观能动性对现实的改造。煤层具有冲击倾向性且采深达到冲击地压频发的临界深度、水平构造应力增加冲击危险性、覆岩存在厚硬岩层, 是冲击地压形成的地质因素和内在因素。因此在考虑冲击地压的形成机理时, 需要综合考虑内因与外因的影响, 将地质动力环境作为冲击地压发生的必要条件, 开采扰动作为冲击地压发生的充分条件。

Abstract: Impact ground pressure is one of the most serious power disasters in coal mines, so the mechanism and theory of impact ground pressure are never stopped. This paper simply classifies the causes of impact ground pressure, use Flac3D software simulates the change of stress and displacement during roadway excavation, directly shows the induced impact of mining, and points out the structure layer prone to impact ground pressure from the physical and mechanical properties of coal seam. In addition, in the section of impact tendency identification, taking 6-9 coal seams of Liujia Coal Mine as an example, this paper explains the strength of impact tendency corresponding to each index. Combined with examples, the prevention and control methods applicable to different coal mines are given. Due to technical constraints and economic cycle, coal mining should take into account time limitations and economic benefits, pay more attention to the combination of theory and practice, and the transformation of subjective initiative to reality. The geological and internal factors for the formation of rockburst are that the coal seam has the tendency of rockburst, the mining depth reaches the critical depth of frequent rockburst, the horizontal tectonic stress increases the risk of rockburst, and the overburden has thick and hard rock strata. Therefore, when considering the formation mechanism of rockburst, it is necessary to comprehensively consider the influence of internal and external factors, take the geological dynamic environment as the necessary condition for the occurrence of rockburst, and the mining disturbance is the sufficient condition for the occurrence of rockburst.

关键词: 冲击地压; 数值模拟; 冲击倾向性

Keywords: impact ground pressure; numerical simulation; impact tendency

DOI: 10.12346/etr.v3i5.3608

1 引言

的瞬时释放而产生突然剧烈破坏的动力现象, 常伴有煤岩体

冲击地压是指井巷或工作面周围岩体, 由于弹性变形能 抛出、巨响以及气浪等现象。目前很多理论解释这种现象,

【作者简介】窦世文(1982-), 硕士, 任职新疆煤炭设计研究院有限责任公司部门经理, 从事矿山压力与岩层控制研究。

关于力学判据以及能量判据。这些理论都是从不同的侧面同一个综合的现象的投影。简单而言,冲击地压就是地下岩层或煤层受力不均匀。地下的岩层通常处于高压的环境,并且随着深度越深,压力越大。这种压力的分布由于种种原因不均匀,某些地方没有受力,而某些地区的应力过于集中;同时,岩石的弹性特点较为突出,这些多余的应力转化为弹性势能而不是发生塑性形变。这样,该部分岩体储存了大量“过载的”弹性势能。此时由于周围岩体没有开放空间,所以危险并不显露。一旦隧道开掘到该岩体附近,过载的弹性势能就会以动能形式转化出来并释放到该开放空间中,导致巨大的震动、岩石喷射、巷道垮塌,造成人员设备损失。

2 绪论

2.1 研究背景及意义

造成局部应力过载的原因是多种多样的。可能的原因有岩体本身地质结构,或者是巷道开掘导致的工作面前缘应力分布不均,或者是长壁采煤中顶板过于坚硬导致的。凡此种种,都是地质体受力不均,存在较多的应力集中点,弹性势能的突然释放导致的。同时,地质条件的复杂性又会让在正常掘进的过程中应力集中现象加剧。

2.2 研究现状

2.2.1 其他国家研究现状

目前波兰采用的冲击地压预测方法主要包括钻屑法、地球物理方法及综合预测法,包括合理开采设计、顶板断裂爆破和顶板岩层定向水力压裂等方法。

冲击地压监测设备有微震监测系统 AREMIS/M 系统、AREMIS/SA 系统,地音监测系统 ARES/5 系统和用于工作面准确定位的局部微震定位系统。回采工作面应力层析监测系统 GEOTOMO 系统、回采工作面液压支架支柱压力测量系统 MONSTER 系统、锚杆受力状态检测仪 KOTEW 仪和地面危险监控系统 ARP2000 系统。

2.2.2 中国研究现状

谭云亮等人^[1]根据回采工作面开采所引起的支承分布压力变化,基于开采扰动原理,推导了因采动导致煤体内产生动能计算方法,得到了不同深度、不同塑性区宽度、不同推进度与所产生动能之间关系,提出了冲击危险性动能评估指标。研究指出:工作面超前支承压力集中区产生的高变形能的释放是煤体破坏的必要条件,而支承压力变化促使变形能释放转化形成的动能是驱动煤体动力破坏失稳的充分条件。宋大钊^[2]分析了煤岩破坏过程中的能量类型及转化规律,研究了煤岩单轴压缩破坏能量耗散的时域特征,并探讨了能量耗散的影响因素。刘少虹^[3]通过区分载荷的来源与加载形式,对于动载冲击地压的解释为:动载冲击地压是在动、静载荷叠加作用下发生的突然失稳现象。并且基于此理论,首次提出并设计了改进的霍普金森杆实验,与多理论进行交叉融合,分析了动静载荷下煤及煤岩体结构的破坏特性、机

制以及应力波传播规律,探讨了煤及煤岩体结构特性在动静加载下发生显著改变而导致动载冲击地压发生的机理;建立了动载冲击地压的分源防治体系。杜学领^[4]对煤系地层地质赋予条件进行了调研,分析了煤系地层地质赋予条件与冲击地压的相关性;基于实验条件下,分析了真实地层厚度比的坚硬组合煤岩破坏特性;采用理论分析、现场观测、现场调研等方法研究了厚层坚硬煤系地层中的冲击地压机理;并在后文模拟了在采动条件下的冲击危险性评价以及给出了防治方法的研究。鞠文君^[5]以中国甘肃华亭煤矿回采工作面冲击地压回采巷道为研究背景,通过现场原岩应力场测量以及上覆围岩结构的力学分析,确定冲击地压发生的力源主要是向斜构造应力场与多分层同采导致的叠加应力场形成的复合应力场,上覆岩层“悬臂梁”结构失稳导致的冲击载荷是诱发冲击地压发生的结构性动力因素;基于此,提出以“错峰调压+爆破切顶+强力支护”为核心的急倾斜特厚煤层分层同采巷道冲击地压控制技术,通过错峰调压来降低回采巷道围岩煤岩体受超强采动影响造成的应力集中程度。

3 冲击地压成因

引起冲击地压现象的原因有很多,其机理十分复杂,这种现象受多因素控制,包括地质构造、构造应力、煤岩特性、开采深度、宇宙应力、工程开采扰动、煤岩体冲击倾向性、顶底板岩层结构等。

3.1 地质的构造因素

地质构造是地壳运动的作用发生变形与变位而遗留下来的形态,不同的地质构造不仅出现在不同的井田中,而且在同一井田、同一煤层或者煤层的一个区域内也会发生变化。地质构造对冲击地压现象具有重要影响。

地层的多次运动形成了各种各样的地质构造,如断层、褶曲、背向斜、煤层厚度变化带以及岩性变化带等。在这些地质构造区附近,由于存在地质构造应力场,通常使煤岩体的构造应力,尤其是水平构造应力增加,而直接导致冲击地压的发生。

3.2 煤岩特性

中国冲击地层矿井煤层的单轴抗压强度高,自然含水率低,最大不超过4%;冲击地压矿井的煤层顶板一般都坚硬、难冒。

硬顶—硬煤—硬底结构,从冲击地压机理上分析,这是煤岩体内存储大量弹性变形能的前提条件。硬顶—薄软层—煤层结构,即在煤层与顶板岩层之间存在薄软层结构,并且冲击地压多在煤层结构变化、煤岩层在一定倾角条件下发生。

3.3 开采深度

大量冲击地压现象统计结果表明,冲击地压现象发生的次数和强度会随着开采深度的增加而增加,这已经成为一个普遍的规律,即存在一个冲击地压发生的临界开采深度,但

是对于不同的地区不同的生产矿井,由于地质环境、岩石的力学性质以及开采条件等内因外因的综合,导致临界深度也会不同。

3.4 煤岩体冲击倾向性

冲击倾向性是指煤岩体是否能够发生冲击地压的自然属性,在井下取得试样后加工成标准尺寸试件,可通过实验室测试鉴定煤岩的物理力学性质,结合测定出的数值,对照已有的数值指标,能够判断出煤岩是否具有冲击倾向性,而煤块和岩块的物理力学性质在一定程度上能反映煤层岩层的冲击倾向性。煤岩冲击倾向性是评价煤矿冲击地压发生危险的重要依据。

4 防治技术研究

4.1 冲击地压的预测工作

做好冲击地压的预测工作,主要根据地应力测试,冲击地压预测预报,提前预测冲击地压可能发生的概率和强度等级。开挖后,根据表现特征,判定冲击地压的强度等级,对后续段落采取针对性措施,如采取调整爆破方案,提高爆破效果,超前应力释放与爆破后等待相结合,应力有限释放与约束限爆相结合,人员与机械相结合等措施,改善施工环境,保障井下作业人员及机械设备安全,以满足施工进度和施工质量的要求。

4.2 处理措施

沿拱墙开挖轮廓周边线施作 76 超前应力孔,提前释放应力,降低岩体能量,超前应力释放孔环向间距 1.5m,纵向间距 20m,单孔长度 25m,孔内注入高压水劈裂释放应力,或在应力释放孔底弱爆破松动岩体提前释放应力。

开挖每循环应控制在 2m,尽可能全断面开挖,一次成型,减小对围岩的扰动。每循环掌子面和洞壁喷洒高压水,降低围岩应力。施作 25 超前锚杆,环向间距 0.5m,纵向间距 2m,单根长 3.5m。

清理岩面危石,拱墙初喷 5cm 厚 CF25 钢纤维混凝土;钢纤维掺量 25kg/m³,或 C25 合成纤维混凝土,合成纤维掺量 25kg/m³;拱墙挂设 6 钢筋网,网格间距 25×25cm;拱墙设置 4.0m 长 YE25-5 涨壳式预应力中空锚杆间距 1.0×1.0m,交错布置;架设拱墙 I14 型钢拱架,纵向间距 1m,复喷 C25 混凝土。

4.3 采矿优化设计

进行科学而详细的勘探以及地下巷道设计,完全规避开天然的高应力区域并且完全避免人为造成应力集中的现象,以避免冲击地压的发生,包括优化开拓布置、解放层开采、无煤柱开采、预掘卸压巷、宽巷掘进、宽巷留柱法。

通过理论计算、模型推演、电磁探测法等方法,预估应力集中点和冲击地压发生概率和强度,用科学的方法改变岩体力学性质和应力分布,预先释放煤岩层中的弹性势能,缓解应力集中现象,避免高应力集中,改善煤岩体介质性质以减弱积聚弹性能的能力,包括顶板深孔爆破、煤层卸压爆破、煤层高压注水、大孔卸压法、定向水力压裂法、高压水射流切槽、断底爆破法、煤层高压水力压裂、底板切槽法。

通过增大支护强度或者改善支护方式以提高支护体抵抗冲击的能力,这是一种被动防护方法。根据巷道断面、围岩地质力学测试结果及冲击危险性等综合因素选择合适的支护方式、支护材料和参数,既要有效控制巷道静载下的变形,又能控制巷道的冲击载荷。采用锚杆支护设计时可选用动态信息设计法、工程类比法及能量校核法等。

5 结语

由于技术限制和经济周期等原因,煤矿开采要兼顾时间局限性和经济效益,各方面不可能面面俱到,单纯靠支护来防止冲击地压自然不妥。除了将理论与实际结合起来,还要把主观能动性对现实的改造作为最后一道保险。

参考文献

- [1] 顾士坦,黄瑞峰,谭云亮,等.背斜构造成因机制及冲击地压灾变机理研究[J].采矿与安全工程学报,2015(1):59-64.
- [2] 宋大钊.冲击地压演化过程及能量耗散特征研究[D].徐州:中国矿业大学,2012.
- [3] 刘少虹.动载冲击地压机理分析与防治实践[D].北京:煤炭科学研究总院,2014.
- [4] 杜学领.厚层坚硬煤系地层冲击地压机理及防治研究[D].北京:中国矿业大学,2016.
- [5] 鞠文君,郑建伟,魏东,等.急倾斜特厚煤层多分层同采巷道冲击地压成因及控制技术研究[J].采矿与安全工程学报,2019(2):280-289.