

# Analysis and Prevention of Fault Type Rockburst under Complex Geological Conditions

Xuelin Zhang

Shanghai Datun Energy Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

## Abstract

In order to ensure the safe production of coal mines and the life safety of employees, avoid greater property losses of coal mining enterprises, and maximize the effective recovery of coal resources, it is necessary to explore the fault type rockburst under complex geological conditions. Taking X Coal Mine 7214 coal face as an example, in view of the complex influencing factors such as multiple fault structures and irregular turning of the working face, the analysis and practice are carried out from the aspects of the regular distribution of numerical simulation analysis, impact risk assessment, division of impact risk areas, and comprehensive prevention and control. The example shows that although there are many influencing factors of fault type rockburst under complex geological conditions, if the analysis is accurate and the measures are appropriate, the danger to the coal face can be completely prevented and controlled.

## Keywords

complex geological conditions; fault type; rockburst; numerical simulation; integrated control

# 复杂地质条件下断层型冲击地压分析与防治

张学林

上海大屯能源股份有限公司, 中国·江苏 徐州 221000

## 摘要

为了保障煤矿安全生产及从业人员生命安全, 避免煤矿企业蒙受更大的财产损失, 并最大限度地有效回收煤炭资源, 对复杂地质条件下的断层型冲击地压有必要进行探究。以某煤矿7214采煤工作面为例, 针对工作面断层构造多、工作面转弯不规则等复杂影响因素, 从数值模拟分析、冲击危险性评价、冲击危险区域划分、综合防治等方面进行分析、实践。通过该实例表明, 复杂地质条件下断层型冲击地压虽然影响因素众多, 但若分析准确、措施得当, 其对工作面的危险性是完全可以预防、控制的。

## 关键词

复杂地质条件; 断层型; 冲击地压; 数值模拟; 综合防治

## 1 引言

在煤矿采掘活动过程中, 冲击地压是一种灾难性的事故, 对煤矿生产安全的影响是巨大的、毁灭性的。冲击地压对于煤矿来说, 必须根据影响因素和条件对断层附近的冲击地压做好提前分析、预防工作, 采取行之有效的方法和措施来防止冲击地压的发生。已经有很多学者对冲击地压进行了大量研究, 齐庆新、窦林名总结修编了冲击地压基础理论和技术, 贺虎、窦林名、巩思园等工作面冲击地压的声发射监测技术进行了研究等。

冲击地压诱因较多, 一般可以分为三类, 即自然的、技术的和组织管理方面的因素。自然因素中最基本的因素是

原岩应力, 主要由岩体的重力和构造残余应力组成。井巷周围岩体的应力主要由采深决定, 而构造残余应力一般出现在褶曲和断层附近。煤岩的冲击倾向性和岩层结构也是冲击危险的主要因素。一般情况下, 煤岩的冲击倾向性越大, 发生冲击地压的可能性就越大; 煤的强度越大, 弹性越好, 冲击倾向性就越高; 顶板岩层越坚硬, 越容易诱发强烈的冲击地压。

某煤矿7214采煤工作面冲击地压风险除受上述因素影响外, 还存在工作面沿断层布置、大煤柱护巷、大转弯布置等因素, 冲击地压形式判定为断层型为主。

## 2 工作面冲击地压分析

### 2.1 7214采煤工作面概况

该工作面采用综采放顶煤工艺、走向长壁后退式开采方法, 受多种因素影响, 工作面不规则布置, 两道拐弯点较多, 且为大煤柱护巷。工作面走向长805.4~824.9m, 倾向长度

【作者简介】张学林(1982-), 男, 中国河北昌黎人, 本科, 高级工程师, 从事煤矿行业工程技术与应用研究。

68.15~133.90m, 煤层倾角  $8^{\circ} \sim 27^{\circ} / 17^{\circ}$ 。它布置在 LF19 断层及 LF18 断层之间, 为探明工作面周围的地质构造情况, 先后施工了 LF19 断层探巷 IV、LF18 断层探巷 I、LF18 断层探巷 II 及 LF18 断层探巷 III, 为确保可采储量最大化, 将其设计为不规则工作面, 工作面长度先逐渐减小, 后再逐步加大。材料道与溜子道回采开始平行布置, 当材料道推进 83m 时两道呈  $18^{\circ}$  夹角布置, 当材料道推进 325m 时两道平行布置, 当材料道推进 645m 时, 工作面大小对接。该工作面地质构造复杂, 已查明的断裂构造 42 条, 落差为 0.40~6.50m, 均为正断层, 其中落差大于 1.0m 的正断层 17 条。

## 2.2 工作面 FLAC 数值模拟

根据工作面周边区域地质条件为背景, 建立 FLAC 三维计算模型进行数值模拟。图 1 是 7214 采煤工作面模型三维视图, 模型沿走向长 1120m, 沿倾斜宽 610m, 模型高度为 110m, 对于模型计算边界条件, 首先将模型的四周各边界各施加水平约束, 即四周边界的水平位移为 0; 然后再将模型的底部边界固定, 即底部的边界水平、垂直位移都为 0; 最后将模型的顶部设为自由边界。

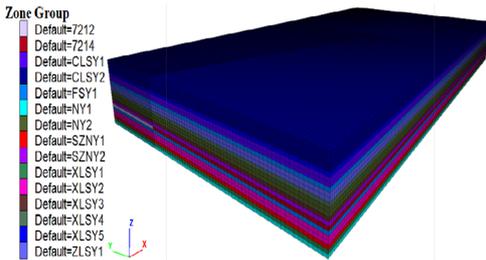


图 1 7214 采煤工作面模型示意图

为了正确模拟该工作面煤层开采引起的周围应力分布情况, 本模拟过程分以下步骤进行:

- ①计算在给定边界力学与位移条件下模型的初始状态。
- ②依据开采的实际顺序, 模拟开采工作面周围采空区的应力状态。
- ③分步模拟开采工作面煤层。

## 2.3 7214 工作面初采阶段等应力分析

受 7212 采空区的影响, 造成 7214 工作面应力集中程度较高, 加之 LF19 断层构造应力的影响, 使得煤柱区的应力集中程度较高, 在此期间有一定的冲击危险。工作面初采阶段应力图和应力曲线分别如图 2、图 3 所示。

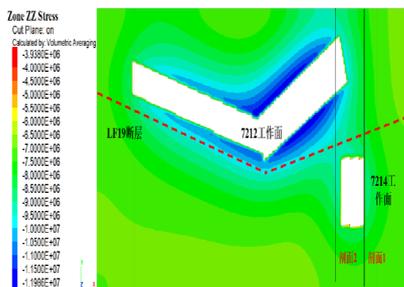


图 2 7214 工作面初采阶段等应力分布平面图

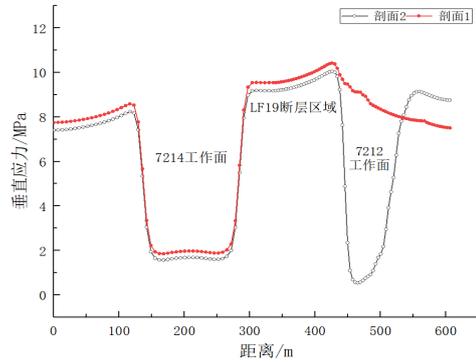


图 3 7214 工作面初采阶段等倾向方向支承压力曲线图

由以上应力图和应力曲线图可知:

- ①在初采阶段等, 在工作面侧向 25~30m 区域内倾向支承应力峰值显现, 工作面断层一侧煤柱和工作面非断层一侧 50m 区域内为主要应力增加区域, 说明回采过程中受 LF19 断层构造应力的影响较大;
- ②在初采阶段等将经历一次“见方”时期, “见方”期间工作面局部区域煤岩体处于不稳定状态, 覆岩运动较为剧烈, 顶底板应力集中程度较高, 能量聚集较大, 导致工作面回采冲击危险性上升。

综合 7214 采煤工作面 FLAC 数值模拟结果得到以下主要结论:

该工作面回采过程中主要受“见方”应力及 LF19 断层构造应力的影响较大, 其中 LF19 断层构造应力的影响时间最长。

## 3 工作面冲击危险性评价及冲击危险区域划分

依据综合指数法, 综合各种因素的影响权重后, 最终确定该工作面冲击危险综合指数为 0.381, 具有弱冲击危险性。依据多因素耦合分析法, 分析多个冲击地压影响因素的叠加影响作用, 对工作面冲击危险区域进行划分, 详细确定不同开采地段所具有的不同冲击地压危险等级。根据工作面冲击危险因素分析及 FLAC 数值模拟结果, 将断层影响区域、工作面不规则布置区域(巷道拐弯点)、岔门影响区域、初次来压影响区域及采空区“见方”影响区域划分为中等冲击危险区域, 其他区域为弱冲击危险区域。基于上述多因素叠加法的划分结果, 将该工作面回采期间划分中等冲击危险区域 13 处, 弱冲击危险区域 12 处。

划定的弱冲击危险区域在工作面回采过程中若出现微震、应力在线或钻屑法监测超标、动力显现明显等现象, 按照中等冲击危险区域进行管理。

## 4 冲击地压综合防治

为全面降低冲击地压威胁, 应坚持“区域先行、局部跟进、分区管理、分类防治”原则, 大力推广冲击地压“五强”理论, 牢固树立“冲击地压是可防可控可治”的安全理念, 做到“有危险不冲击、有冲击不破坏、有破坏不伤人”。

#### 4.1 强监测

区域监测方面,安装微震监测系统,可实现对矿井包括冲击地压在内的矿震信号进行远距离、实时、动态、自动监测,给出冲击地压等矿震信号的完全波形。通过分析研究,可准确计算出能量大于100J的震动及冲击地压发生的时间、能量及空间三维坐标等。局部监测方面,安装应力在线监测系统,实时监测工作面两道实体煤侧超前300m范围;定期利用钻屑法对两道超前100m范围实体煤侧进行煤粉监测,结合巷道表面位移观测(“十”字布点法)及顶板离层观测,综合判断工作面冲击危险状态。

#### 4.2 强卸压

##### 4.2.1 煤层注水

在两巷煤体中进行高压及静压注水,以软化煤层顶板岩体及改变煤体物理性质,煤的冲击倾向性指数也随煤的湿度的增加而降低。回采前,对工作面两道煤层进行煤层注水,弱化煤体强度,降低冲击倾向性,限制诱发冲击的应力条件。在7214材料道沿煤层倾向施工单巷注水孔,注水孔间距20m,直径75mm,深度比面长短20~40m。采用水泥砂浆、合成树脂或专用封孔器封孔,封孔长度不小于10m。建议采取高压注水措施,注水压力不小于8MPa。在实际注水中,如果煤帮在预定的湿润范围内有“出汗”现象即可结束注水。

##### 4.2.2 大直径钻孔卸压

回采前,对工作面两道实体煤侧实施大直径钻孔卸压,通过排出钻孔周围破坏区煤体变形或钻孔冲击所产生的大量煤粉,使钻孔周围煤体破坏区扩大,从而使钻孔周围一定应力区域煤岩体的应力集中程度下降或者高应力转移到煤岩体的深处或远离高应力区,起到预卸压的作用。

##### 4.2.3 底板预卸压

当巷道留底煤超过0.5m时,在巷道底板布置底板卸压孔,缓解底板应力集中。

##### 4.2.4 煤体松动爆破

当煤层注水或大直径钻孔卸压效果不佳时,可采取煤体松动爆破的方式对煤层进行爆破卸压。通过松动爆破,爆破松散煤岩体,改变其物理力学性质,在冲击危险区域降低煤岩体的强度与冲击倾向性;通过爆破对煤岩体的强度进行弱化,降低煤岩体内部应力集中程度,起到降低冲击危险的作用。

##### 4.2.5 顶板预裂卸压

当煤层上方存在坚硬厚层岩层且岩层距离煤层较近时,可采取顶板水力致裂或顶板深孔爆破的方式对关键层进行致裂卸压。实现坚硬顶板的定向分层或切断,破坏厚硬岩层的整体性,降低其强度,使局部应力得到有效释放,提高煤岩传递介质的能量衰减系数。

#### 4.3 强支护

在冲击地压巷道实施三级加强支护,降低巷道破坏。一级支护:巷道支护选用 $\Phi 22\text{mm}$ 高强度螺纹钢锚杆,采用加长或全长锚固方式,配以 $\Phi 21.6\text{mm}$ 钢绞线锚索;二级支

护:在巷道上帮沿巷道走向施工2排锚索配合钢板钢带进行加固,当出现动压显现明显或巷道局部变形、锚杆(索)断裂、托盘变形、撕网等现象时,及时对受影响区域采取补强支护措施;三级支护:加强回采工作面两道超前支护,两道单体超前支护双排架设,长排不少于120m,短排不少于70m,巷道压力显现明显时,采用增加支护单体密度(长排超前范围内一梁两柱)、延长单体支护长度方式加强支护,具备条件的采煤工作面优先选用超前液压支架进行超前支护。

#### 4.4 强防护

冲击地压对巷道的破坏以及人身的伤害主要从巷道变形破坏、煤岩弹射、支柱崩倒等方面体现,可以从系统防护、环境防护、人员防护、制度防护等方面加强现场安全防护措施,降低冲击地压危害,保障现场施工人员的生命安全。

#### 4.5 强管理

加强现场安全管理,落实综合防冲措施,降低工作面冲击危险程度,确保冲击地压风险处于可控状态。一是严格落实冲击地压专项措施,工作面初次来压、周期来压、采空区“见方”、过断层、过老硐等特殊区域编制防冲专项措施并严格落实;二是加强现场安全监管力度,定期对作业现场安全条件、规程措施落实情况、标准化建设等进行监督检查;三是加强防冲工程的验收管理,防冲监测、卸压工程采用“三方验收”方式,有施工方、管理部门、安监部门共同验收防冲工程施工质量。

### 5 结语

通过综合分析前期监测数据,为7214采煤工作面冲击地压初步分析提供数据支撑。使用FLAC数值模拟7214采煤工作面初采等阶段的采场围岩的力学变化过程,分析出工作面回采期间受采空区“见方”、断层、不规则布置等因素影响时的应力分布情况。工程实践表明,针对复杂地质条件下的采煤工作面,落实综合防冲措施后,回采过程中的应力集中程度有明显降低,可有效的防治断层型冲击地压危险性。

#### 参考文献

- [1] 齐庆新, 袁林名. 冲击地压理论和技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.
- [2] 白宗荣, 金双林, 孟建兵, 等. 深部矿井复杂地质条件下冲击矿压防治分析[J]. 能源技术与管理, 2016(41): 151-153.
- [3] 袁林名. 煤矿开采冲击矿压灾害防治[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2006.
- [4] 于正兴. 深井复杂条件下冲击地压主动防治技术[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(3): 27-29.
- [5] 贺虎, 袁林名, 巩思园, 等. 冲击地压的声发射监测技术研究[J]. 岩土力学, 2011, 32(4): 1262-1268.
- [6] 姜红兵. 复杂地质条件下冲击地压综合防治[G]. // 中国煤炭学会. 煤炭开采与安全国际学术研讨会论文集. 北京: 煤炭工业出版社, 2013: 245-248.