

doi: 10.11799/ce201811013

# 乌东煤矿坚硬岩层注水软化与效果评价研究

杨长德<sup>1,2</sup>, 李金波<sup>1</sup>, 张伟光<sup>1</sup>, 李春阁<sup>1</sup>, 王 鹏<sup>1</sup>

(1. 新疆工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830023;

2. 中国矿业大学 资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221008)

**摘 要:** 为解决急倾斜煤层开采过程近直立顶底板岩层破坏导致冲击地压现象, 针对急倾斜岩层的危险性, 在其内部开凿工艺巷, 采用高压注水方法对岩层进行弱化处理, 并采用微震监测和 PASAT-M 探测手段进行弱化效果的观测和统计。结果表明: 高压注水改变了岩体的内部结构, 使岩体初始强度降低; 微震监测发现注水后岩柱高能事件减少, 低能事件增加, 能量积累程度降低, 减小冲击危险性; PASAT-M 探测显示在高压注水的作用下岩体内部高应力区峰值降低, 低应力区峰值上升, 但总体应力集中系数减小。注水软化对降低直立岩层应力集中具有明显效果, 能够有效地缓解或防治直立岩层冲击地压的发生。

**关键词:** 坚硬岩层; 注水软化; 急倾斜特厚煤层; 应力集中; 岩层弱化; 微震

**中图分类号:** TD324<sup>+</sup>.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2018)11-0051-03

## Research on water injection softening of hard rock and its effect evaluation in Wudong Coal Mine

YANG Chang-de<sup>1,2</sup>, LI Jin-bo<sup>1</sup>, ZHANG Wei-guang<sup>1</sup>, LI Chun-ge<sup>1</sup>, WANG Peng<sup>1</sup>

(1. Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi 830023, China;

2. School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

**Abstract:** In order to solve and reduce the impact pressure phenomenon caused by the failure of near-vertical roof rock in the mining process of the coal seam, in view of the danger of the slope rock, the craft lane has been constructed inside the rock, and the high pressure water injection method was used to weaken the rock layer. In the engineering, the microseismic monitoring and the PASAT-M detection method were used to observe and statistics the weakening effect. The results show that high-pressure water injection changes the internal structure of rock mass and reduces the initial strength of rock mass. Microseismic monitoring revealed that the number of high-energy events decreased, the low energy events increased, the energy accumulation decreased and the impact risk decreased. The PASAT-M detections show that the peak of high stress zone in rock mass decreases and the peak of low stress zone increases, but the overall stress concentration coefficient decreases. Water injection softening engineering has obvious effect on reducing stress concentration of vertical rock layers, and can effectively mitigate or prevent the impact of vertical rock formations.

**Keywords:** hard stratum; water injection softening; steep and extra thick coal seam; stress concentration; rock layer weakening; microseismic monitoring

冲击地压是指在高地应力条件下, 坚硬围岩开挖过程中周围岩体由于卸荷中形成二次应力场, 表现为工作面周围岩体形成应力集中现象, 当应力超过围岩强度时, 积聚在巷道围岩体内弹性应变能将瞬间释放, 造成剧烈的动力破坏, 造成工作面强烈震动、煤岩体抛出、巨响及气浪等现象, 是煤矿生产重大灾害之一, 可直接造成人员伤亡、

设备损坏, 易诱发链生灾害, 导致煤与瓦斯突出、突水、煤与瓦斯爆炸等次生灾害, 扩大灾害的破坏性<sup>[1-4]</sup>。采用注水软化改变围岩力学性能, 防止冲击地压的发生, 具有成本低、卸荷效果明显等优点, 是在矿山采用较早和较易实施的一种方法<sup>[5-10]</sup>。牛锡焯、谷铁耕等<sup>[11]</sup>解释了砂岩和砾岩浸水弱化的主要原因, 1979—1981年先后在3个厚砂

收稿日期: 2017-12-18

基金项目: 自治区高校科研计划项目(XJEDU2016S089); 新疆工程学院科研基金项目(2017xgy071910)

作者简介: 杨长德(1984—), 男, 吉林白城人, 硕士研究生, 讲师, 从事矿山压力与岩层控制方向研究工作, E-mail: 525837411@qq.com。

引用格式: 杨长德, 李金波, 张伟光, 等. 乌东煤矿坚硬岩层注水软化与效果评价研究 [J]. 煤炭工程, 2018, 50(11): 51-53.



共监测 12d, 微震事件合计 385 次; 注水期后(爆破前)共监测 12d, 微震事件合计 427 次。

在不同能量等级分布进行统计, 统计结果见表 1。由表 1 可以看出: 岩柱能量释放降低。注水前岩柱能量释放高

于注水后, 注水前的高能量事件是注水后的数倍; 岩柱活动剧烈程度降低。注水后, 低能量等级微震事件上升, 高能量等级微震事件降低, 反映注水改变了岩柱活动的剧烈程度。

表 1 岩柱注水前中后微震监测事件统计

项目	等级 I	等级 II	等级 III	等级 IV	等级 V	等级 VI	等级 VII
能量区间/J	0~10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> ~10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> ~10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> ~10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> ~10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup> 以上
注水前/次	84	120	96	44	16	2	0
注水期间/次	108	162	88	24	3	0	0
注水后/次	189	140	73	23	2	0	0

2.2.2 PASAT-M 探测

通过 PASAT-M 应力扫描设备获得岩层注水前后岩柱应力分布云图与应力集中区分布图, 分别如图 2、图 3 所示。由图 2、3 可以看出: 注水后, 岩柱应力集中区域分布范围明显减小, 应力集中程度明显减弱; 在高能区域减弱同时, 部分低能区域能量有所增强; 注水有效的改变了岩柱应力分布。A<sub>0</sub> 区域应力明显转移到 A<sub>1</sub>、B<sub>0</sub> 区域应力集中中明显前移、C<sub>0</sub> 区域应力降低, C<sub>1</sub> 区域应力升高。

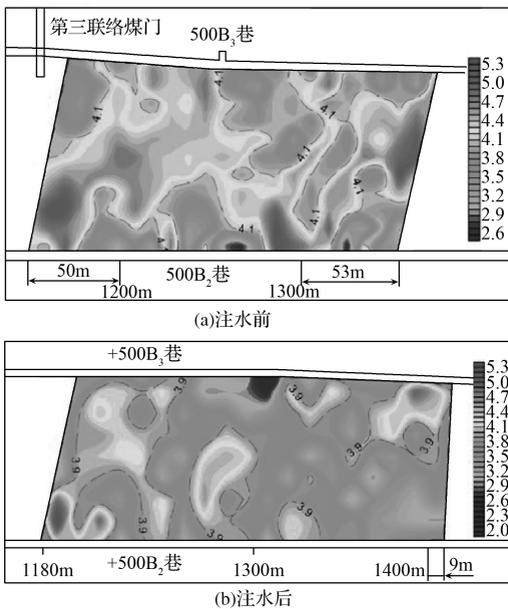


图 2 注水前后岩柱应力分布云图

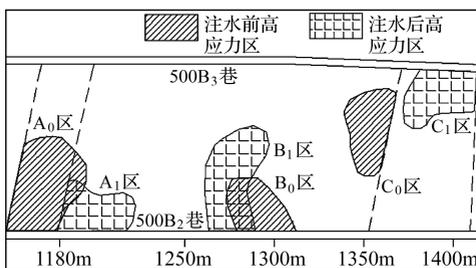


图 3 注水前后岩柱应力集中区分布图

3 结 论

1) 在分析注水机理基础上, 结合乌东煤矿地质条件,

提出了岩层注水软化方案并予以实施, 对微震监测和 PASAT-M 探测结果进行了分析, 得到: ①注水后岩柱能量释放降低, 改变了岩柱活动的剧烈程度; ②注水有效的改变了岩柱应力分布, 改变了应力集中程度, 高能区域减弱。

2) 注水可以降低岩柱的有效应力强度, 提高了对岩层的控制, 从而降低了冲击地压发生的风险。但是在注水前要根据地质资料和监测结果合理制订注水方案, 防止注水出现不均匀性, 产生新的应力集中区。

参考文献:

- [1] 钱鸣高, 缪协兴, 许家林. 岩层控制中的关键层理论研究 [J]. 煤炭学报, 1996(3): 225-230.
- [2] 姚永明, 石红军. 虎台煤矿二分层综放面注水软化顶煤试验研究 [J]. 煤炭工程, 2002, 34(6): 29-31.
- [3] 潘俊锋, 毛德兵, 蓝航, 等. 我国煤矿冲击地压防治技术研究现状及展望 [J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(6): 21-25.
- [4] 窦林名, 陆菜平, 牟宗龙, 等. 冲击矿压的强度弱化减冲理论及其应用 [J]. 煤炭学报, 2005, 30(6): 1156-1161.
- [5] 姜耀东, 潘一山, 姜福兴, 等. 我国煤炭开采中的冲击地压机理和防治 [J]. 煤炭学报, 2014, 39(2): 205-213.
- [6] 齐庆新, 彭永伟, 李宏艳, 等. 煤岩冲击倾向性研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2011(S1): 2736-2742.
- [7] 刘洪伟, 李君利. 坚硬顶板弱化技术综述 [J]. 煤炭技术, 2009, 28(2): 50-51.
- [8] 杜涛涛, 窦林名, 陆菜平, 等. 定向水力致裂坚硬顶板的现场试验研究 [J]. 煤炭工程, 2009, 41(12): 73-75.
- [9] 孙秉成, 李春阁. 急倾斜特厚煤层复杂结构条件冲击地压防治研究 [J]. 煤炭工程, 2017, 49(6): 75-77.
- [10] 王建, 杜涛涛, 刘旭东, 等. 急倾斜特厚煤层冲击地压防治技术实践研究 [J]. 煤矿开采, 2015(4): 101-103.
- [11] 牛锡倬, 谷铁耕. 用注水软化法控制特硬顶板 [J]. 煤炭学报, 1983(1): 3-12.
- [12] 王斌, 赵伏军. 水防治岩爆的静力学机制研究 [J]. 矿业研究与开发, 2010(5): 26-28.
- [13] 张镜剑, 傅冰骏. 岩爆及其判据和防治 [J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(10): 2034-2042.
- [14] 尚彦军, 张镜剑, 傅冰骏. 应变型岩爆三要素分析及岩爆势表达 [J]. 岩石力学与工程学报, 2013, 32(8): 1520-1527.
- [15] 黄炳香, 邓广哲, 刘长友. 煤岩体水力致裂弱化技术及其进展 [J]. 中国工程科学, 2007, 9(4): 83-88.

(责任编辑 张宝优)