

近直立特厚煤层水平分层冲击地压治理效果分析

刘旭东

(神华新疆能源有限责任公司 乌东煤矿, 新疆 乌鲁木齐 830002)

[摘要] 乌东煤矿南区近直立特厚煤层随分层延伸冲击地压越来越频繁, 在+500m 水平和+475m 水平分层开展了大量冲击地压治理工程, 为分析上分层治理工程对下分层的影响及分层治理效果, 采用微震监测两分层开采过程围岩活动产生的微震事件能量和频次, 开展了同煤层同区域不同分层和同煤层不同分层同区域细化统计分析。研究表明, 同煤层同区域+475m 水平总的能量释放低于+500m 水平, 且+475m 水平各能量等级的能量及频次亦低于+500m 水平; 同煤层同区域按 50m 单元细分的+475m 水平各区域的微震事件能量和频次均低于+500m 水平, 且具有区域性特点。对比分析得到乌东煤矿实施冲击地压治理工程是有效的, 降低了围岩活动的强度, 且上分层的治理工程对下分层有卸压作用。

[关键词] 近直立特厚煤层; 冲击地压; 微震监测; 治理效果

[中图分类号] TD324 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225 (2017) 01-0088-03

Analysis of Rock burst Control Effect in Horizontal Slice of Extra Thick Coal Seam Nearly Vertical

1 矿井概况

乌东矿区处于乌鲁木齐山前拗陷次级褶皱八道湾向斜南北两翼。受七道湾背斜、八道湾向斜、清水河子断层、碗窑沟断层、白杨南沟断层等较大型构造影响。八道湾向斜轴向 30~65°, 轴面南倾。向斜南翼为一向北北东倾斜的陡倾斜单斜, 倾角 83~89°, 东部倾角略缓于西部。向斜北翼为一向南东倾斜的单斜构造, 倾角东缓西陡, 倾角 43~51°。断层构造走向主要为北北东和北北西向为主, 在挤压构造应力作用下表现为逆冲运动断层, 落差 50m 左右。

乌东煤矿南区位于八道湾向斜南翼, 含煤 32 层, 编号 B₁~B₃₂, 主要开采 B₁₊₂ 和 B₃₊₆ 煤层, B₁₊₂ 组合煤层平均厚度 37.45m, B₃₊₆ 组合煤层平均厚度 48.87m。顶底板以粉砂岩为主。煤层倾角 87°, 属近直立特厚煤层。根据煤层赋存特点, 两巷沿顶底板布置, 采用水平分层综采放顶煤采煤方法, 全部垮落法处理顶板。

B₃₊₆ 煤层综放面轨道巷沿 B₃ 煤层底板布置, 胶带巷沿 B₆ 顶板煤层布置, 见图 1。巷道采用锚网索支护形式, 局部区域采用“U”型钢支架加强支护。工作面走向长度 2520m, 工作面长度 43m, 阶段高度为 25m, 机采高度 3.0m, 放顶煤厚度 22m,

采放比为 1 : 7.33。

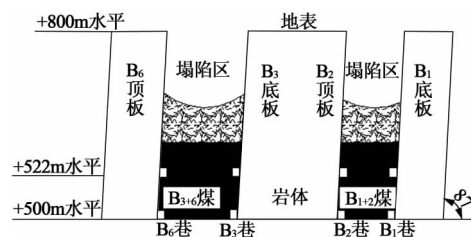


图1 乌东煤矿南区采掘巷道布置立面示意

在+522m 水平开采过程开始出现强烈矿压显现, 2013 年 7 月 2 日, +500m 水平 B₃₊₆ 综放工作面发生一起冲击地压显现, 造成+500m 水平 B₃ 巷巷道变形严重, 顶板下沉并出现底鼓, 巷道帮鼓量达到 500mm; 串车掉道, 悬挂的电缆掉落, 锚杆托盘崩脱, “U”型钢棚收缩, 收缩量 400mm; 造成+500m 水平 B₆ 巷帮鼓量 500~900mm, 高压电缆接线盒掉落, 胶带 H 架轻微变形, B₆ 巷 20m 范围胶带被掀翻, 巷道内管路被破坏。由此, +500m 水平 B₃₊₆ 综放工作面随水平分层延伸冲击地压^[1-4]显现频发。

2 近直立特厚煤层水平分层冲击地压治理工程

2.1 近直立特厚煤层冲击地压治理思想

乌东煤矿南区近直立特厚煤层具有较高的水平

[收稿日期] 2016-05-09

[DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2017.01.021

[作者简介] 刘旭东 (1980-), 男, 新疆乌鲁木齐人, 工程师, 现任乌东煤矿副总工程师, 主要从事煤矿开采技术研究与管理工作。

[引用格式] 刘旭东. 近直立特厚煤层水平分层冲击地压治理效果分析 [J]. 煤矿开采, 2017, 22 (1): 88-90, 64.

应力，同时 B_{1+2} 和 B_{3+6} 两组煤层中间有 100m 左右岩柱，随着煤层向下开采，岩柱两侧形成采空区，岩柱弯曲到一定程度对煤体产生作用力。如图 2 所示，将这种产生冲击地压的力源称为“撬杆效应”^[5]，即岩柱在自重和水平地应力作用下产生弯曲后对开采水平及以下的煤体产生撬动作用，煤体产生应力集中及能量积聚。

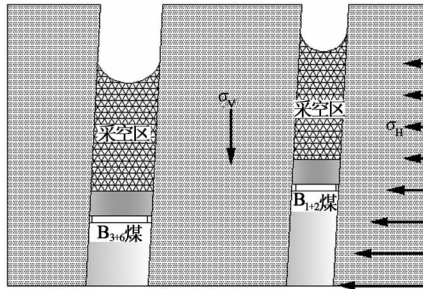


图 2 乌东煤矿南区急倾斜煤层岩柱应力源分析

根据乌东煤矿急倾斜特厚煤层冲击地压以水平应力为主，重力为辅，煤层间的岩柱易失稳的显现特点，采取“岩体卸压为主，煤体卸压为辅”的解危方式。治理工程采取“三同时”，即冲击地压防治与采掘同时设计、同步实施、同期见效。

2.2 近直立煤层特厚煤层冲击地压治理工程

现场以 PASAT-M 便携微震仪进行煤体应力异常探测，采用以微震监测系统对顶底板岩层活动实时监测；针对应力异常区域采用煤体卸压爆破和煤层注水方式进行煤层冲击倾向性弱化和降低应力集中程度；针对围岩活动微震监测异常区域，实施多水平分层联合岩层爆破和注水方法进行处理。

岩体采用注水和爆破方式，岩石中人为构建缓冲隔离层，切断水平应力向采面传递途径。煤体主要采取高压注水方式，通过高压注水可破坏煤体的层理、节理，使其产生较大裂隙，破坏煤体的整体性，使煤体脆性减弱，塑性增强，从而改变了煤体的物理力学性质，有效降低煤体冲击倾向性。

根据+500m 水平石门揭露岩性及岩层结构情况，以及现场微震监测岩层活动情况，确定本分层顶底板需弱化的深度和空间高度，如表 1 所示。

表 1 需弱化的顶底板深度

位置	B_6 顶板	B_3 底板	B_2 顶板	B_1 底板
需弱化的深度/m	34	20	50	30
层位空间高度/m	475~500	425~575	425~575	475~500

现场工程实践过程中，根据解危效果，对岩层处理方法、参数、工艺、层位和弱化区域进行优化调整。根据确定的围岩弱化参数，煤体采取卸压爆破和注水治理，围岩采取超前深孔预裂爆破、硐室

预裂爆破+注水进行治理。

图 3 所示为+500m 水平冲击地压治理工程对该水平围岩弱化效果示意。

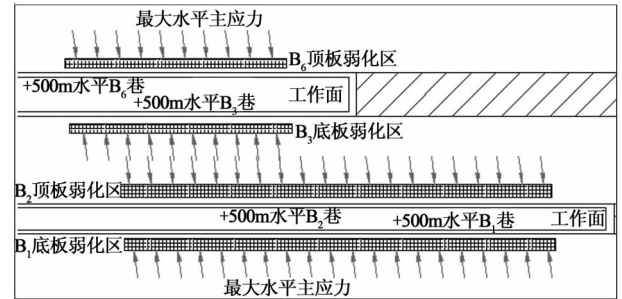


图 3 冲击地压治理工程弱化顶底板

目前已完成+500m 水平和+475m 水平的冲击地压治理工程。通过不同开采水平治理效果分析，为矿井随水平分层延伸冲击地压治理与分层治理对后续冲击地压影响分析提供依据。

3 近直立特厚煤层水平分层冲击地压治理效果

3.1 近直立特厚煤层微震监测台站布置

ARAMIS M/E 微震监测系统由 5 部分组成：SP/DTSS 地面中心站、井下分站、ARAMIS_REJ 系统记录服务器、数据处理计算机和 UPS 备用电源，系统结构如图 4 所示。ARAMIS M/E 微震监测系统实现了矿山震动定位、震动能量计算及震动的危险评价。系统可以监测震动能量大于 100J、频率范围在 0~150Hz 及低于 100dB 的震动事件。传感器监测震动事件并将其处理为数字信号，然后由数字信号传输系统 DTSS 传送到地面，完成连续、实时的震动监测。

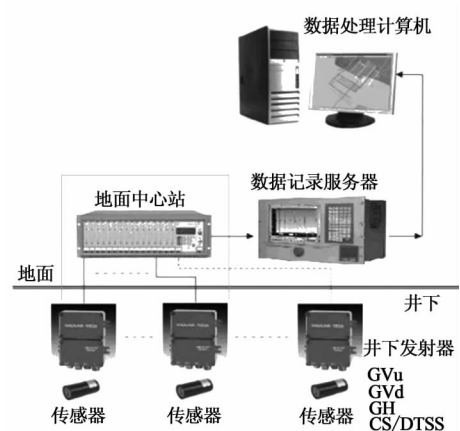


图 4 ARAMIS M/E 系统结构

微震监测台站的布置如图 5 所示。

地表测点 1 号、2 号台站，+660m 水平布置 3 号台站，+500m 水平布置 4 号、5 号、6 号、7 号、

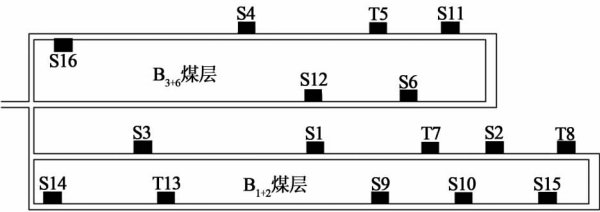


图 5 微震监测台站器布置

8 号、9 号、10 号台站，+475m 水平布置 11 号、12 号、13 号、14 号、15 号台站，+400m 水平布置 16 号台站。

微震事件是煤岩体破裂、发展、贯通等过程产生的，微震事件的强度和频率在一定程度上反映了煤岩体的应力状态和释放变形能的速率，微震事件发生的位置和强度与冲击地压发生关系比较复杂，现场实践过程表明高能事件对冲击地压影响比较大，高能事件经过传播衰减后剩余能量较大，对冲击地压发生的作用则较大，即高能量微震事件更容易诱发冲击地压；而且，围岩在能量急剧积聚过程或者急剧释放过程中也可能诱发冲击地压。因此，开采过程中围岩活动产生的微震事件的能量与频次规律是衡量冲击地压危险的重要依据，也是评价冲击地压解危效果的重要指标。

3.2 不同水平围岩活动强度变化分析

选取+500m 水平和+475m 水平 B₃₊₆煤层综放面走向 1200~800m 范围内微震事件能量和频次进行分析。该区域冲击地压频发，进行了大量治理工程。根据微震事件能量划分为 4 个等级，分别是低能量级事件、中等能量级事件、高能量级事件和各能量级总和，如表 2 所示。

表 2 不同能量级别划分

分类	低能量级事件	中等能量级事件	高能量级事件	总和
能级/J	10 ¹ ~10 ⁴	10 ⁴ ~10 ⁶	>10 ⁶	
等级	I	II	III	IV

不同水平围岩活动微震事件能量变化规律：+500m 水平总能量 2.94×10⁸J，+475m 水平总能量 4.17×10⁷J，+475m 水平围岩活动能量释放比+500m 水平降低 2.52×10⁸J，表明在+500m 水平治理工程基础上，+475m 水平冲击地压工程有效地降低了围岩活动强度；+500m 水平各等级能量分别为 4.38×10⁶J，5.14×10⁷J，9.92×10⁷J，+475m 水平各等级能量为 2.92×10⁶J，1.16×10⁷J，2.56×10⁷J，+500m 水平各能量级的能量均高于+475m 水平。

不同水平围岩活动微震事件频次变化规律：+

500m 水平总频次 4253 次，+475m 水平总频次 1610 次，+475m 水平围岩活动总频次比+500m 水平总频次少 2643 次，降低了围岩活动频繁程度；+500m 水平各等级能量频次分别为 3712 次、530 次、11 次，+475m 水平各等级能量频次为 1311 次、296 次、3 次，+500m 水平各能量级别发生频次均高于+475m 水平。

各水平微震事件不同能量和频次等级统计结果见图 6。

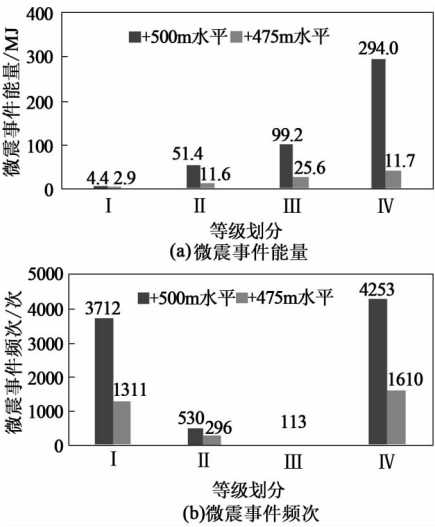


图 6 各水平微震事件不同能量和频次等级统计结果

通过对比现场实际情况和微震监测结果，在+500m 水平区域开采过程中，工作面矿压显现强烈，巷道变形底鼓明显，在+475m 水平区域开采时，矿压显现强度明显低于+500m 水平。当上水平采取治理工程后，下水平分层回采过程，可有效降低围岩活动强度，同时减少下水平分层的治理工程。

3.3 不同水平不同区域围岩活动强度变化分析

把+500m 水平和+475m 水平 B₃₊₆煤层综放面走向 1200~800m 区域，按照间隔 50m 划定 1 个单元区域，共划分 8 个区域，统计分析每个区域上下水平分层开采过程围岩活动产生的微震事件能量和频次，得到的统计结果如图 7 所示。

通过对比现场危险区域和微震监测结果，在+500m 水平区域开采过程，划定的冲击地压危险区域（1200~900m）与微震监测结果比较吻合；同时在 900~1200m 区域开展了大量治理工程，不仅保证了该水平在该区域的安全回采，而且在+475m 水平开采该区域时，围岩活动的微震事件能量和频次低于+500m 水平，围岩活动仍具有区域性特征，工程治理效果明显。

（下转 64 页）

地质条件,采用集约化设计,有效地减少了复杂立体交叉巷道硐室群的应力集中,降低了施工难度和造价,提高了泵房吸水井硐室群系统整体稳定性。

(2) 利用数值模拟手段比较了不同施工过程对泵房吸水井硐室群稳定性的影响,确定了最优的巷道开挖施工顺序方案。

(3) 针对深部软岩塑性大变形特点,采用预留空间桁架+锚网索耦合支护技术,有效地控制了巷道围岩变形,实现了复杂立体交叉硐室群的稳定。

(4) 深部泵房吸水井稳定性一体化控制技术在孔庄煤矿-1015m 水平泵房吸水井工程应用中取得了较好效果,对深部矿井、软岩矿井、水文地质条件复杂矿井有较好的推广应用前景。

[参考文献]

- [1] 何满潮. 深部的概念体系及工程评价指标 [J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24 (16): 2854-2858.
- [2] Sellers E J, Klerck P. Modeling of the effect of discontinuities on the extent of the fracture zone surrounding deep tunnels [J]. Tunneling and Underground Space Technology, 2000, 15 (4): 463-469.

- [3] Kidybinski A, Dubinski J. Strata Control in Deep Mines [M]. Rotterdam: A. A. Balkema, 1990.
- [4] RUSSO-BELLO F, MURPHY S K. Longwalling at great depth in a geologically disturbed environment—the way forward [J]. The Journal of South African Institute of Mining And Metallurgy, March/April, 2000: 91-100.
- [5] SCHWEITZER J K, JOHNSON R A. Geotechnical classification of deep and ultra-deep Witwatersrand mining areas [J]. South Africa, Mineralium Deposita, 1997, 32 (4): 335-348.
- [6] 何满潮, 景海河, 孙晓明. 软岩工程力学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [7] 何满潮, 孙晓明. 中国煤矿软岩巷道工程支护设计与施工指南 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [8] 何满潮, 谢和平, 彭苏萍, 等. 深部开采岩体力学研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24 (16): 2803-2813.
- [9] 钱七虎. 深部岩体工程响应的特征科学现象及“深部”的界定 [J]. 东华理工学院学报, 2004, 3 (1): 1-5.
- [10] 朱维申, 何满潮. 复杂条件下围岩稳定性与岩体动态施工力学 [M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [11] 朱维申, 李术才, 白世伟, 等. 施工过程力学原理的若干发展和工程实例分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22 (10): 1586-1591.
- [12] 赵彦, 赵光明, 梁东旭. 软岩巷道二次合理支护时间的确定 [J]. 煤矿开采, 2016, 21 (4): 66-69.
- [13] 王文江, 孙颜顶. 软岩水仓变形破坏机理与支护技术 [J]. 煤矿开采, 2016, 21 (3): 75-77. [责任编辑: 周景林]

(上接 90 页)

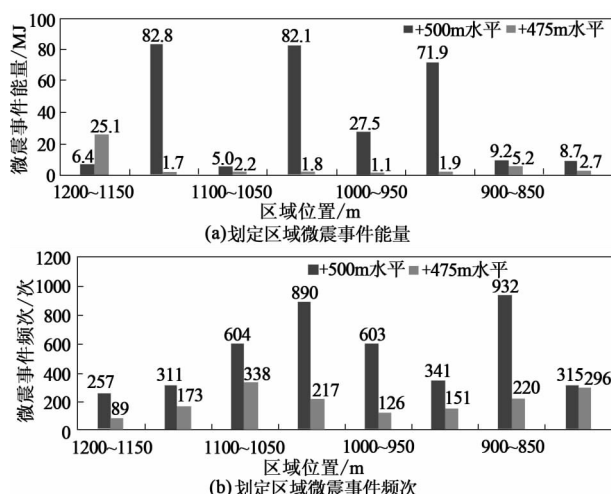


图 7 各水平不同区域微震事件统计结果

4 结 论

乌东煤矿南区近直立特厚煤层已在 2 个水平分层开展了大量冲击地压治理工程,通过微震监测分析了两分层治理效果,得到如下主要结论:

(1) 通过同煤层 2 个水平同区域围岩活动微震事件能量和频次统计分析,得到了+475m 水平

总的能量释放低于+500m 水平,且+475m 水平各能量等级的能量及频次亦低于+500m 水平,表明乌东煤矿实施矿压治理工程是有效的,降低了围岩活动的强度,且上分层的治理工程对下分层有卸压作用。

(2) 通过同煤层 2 个水平同区域按 50m 单元划分的围岩活动微震事件能量和频次统计分析,得到现场划定的冲击地压危险区域与微震监测结果比较吻合;+475m 水平各单元的微震事件能量和频次均低于+500m 水平,且具有区域性特征,较好地验证了工程治理效果和分层卸压作用。

[参考文献]

- [1] 龚林名, 何学秋. 冲击矿压防治理论与技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001.
- [2] 齐庆新, 龚林名. 冲击地压理论与技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.
- [3] 蓝航. 浅埋煤层冲击地压发生类型及防治对策 [J]. 煤炭科学技术, 2014, 42 (1): 9-13.
- [4] 蓝航, 齐庆新, 潘俊锋, 等. 我国煤矿冲击地压特点及防治技术分析 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (1): 11-15.
- [5] 蓝航. 近直立特厚两煤层同采冲击地压机理及防治 [J]. 煤炭学报, 2014, 39 (S2): 308-315.

[责任编辑: 潘俊锋]