

基于高精度微震监测的特厚煤层综放面支架围岩关系

孔令海¹, 姜福兴¹, 刘杰², 王存文¹

(1. 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083; 2. 大同煤矿集团大唐塔山煤矿, 山西 大同 037003)

摘要: 基于高精度微地震监测技术, 结合岩石力学理论、矿山压力理论和现场宏观现象, 对特厚煤层综放工作面的岩层运动与支架载荷关系进行了研究。研究结果表明, 正常情况下, 特厚煤层综放工作面的基本载荷来源于厚度大于10 m的顶煤、厚度约30 m的下位直接顶和部分厚度为20 m左右的上位直接顶; 冲击载荷来源于老顶的断裂冲击, 老顶在工作面前方断裂并强迫其下位岩层断裂, 从而在支架上形成冲击载荷, 这也是特厚煤层综放工作面设计支架支撑能力13000 kN/架但被压死的主要原因。指出了特厚煤层综放工作面支架选型的方向是: 支架的基本支撑能力能够承担顶煤和部分直接顶的作用力, 通过缩小支架控顶距、加大支架可缩量等措施, 可减小冲击对支架的影响。

关键词: 高精度微地震监测技术; 特厚煤层; 综放开采; 顶板结构; 支架围岩关系

中图分类号: TD324 文献标识码: A 文章编号: 1000-4548(2010)03-0401-07

作者简介: 孔令海(1979-), 男, 山东济宁人, 博士研究生, 从事微震监测与煤矿开采研究。E-mail: konglh01@163.com。

Relationship between support and strata in extra-thick coal seam fully-mechanized sublevel caving mining based on high precision microseismic monitoring technology

KONG Ling-hai¹, JIANG Fu-xing¹, LIU Jie², WANG Cun-wen¹

(1. School of Civil and Environmental Engineering, University of Science and Technology of Beijing, Beijing 100083, China; 2.

Datangtashan Colliery of Datong Mine Group, Datong 037003, China)

Abstract: Based on the high-precision micro-seismic monitoring technology, the theories of rock mechanics pressure and the field macro scenes, and the relations between stratum movement and support on the extra-thick fully mechanized top-coal caving face are studied. The results show that the basic load of the support includes such forces as the top coal more than 10 meters thick, the lower immediate roof about 30 meters thick and the upper immediate roof about 20 meters thick under normal circumstances. The main roof in front of the work face is forced to break the lower strata after its fracture and causes impact load on the support. It is the main reason that the design support capacity of 13000 kN / frame is crushed. Accordingly, the selection of the support of the fully mechanized top-coal caving face should consider the basic ability of the support, which can bear the forces from the top coal and the direct uplift. Some measures such as decrease of distance of support roof and increase of support extension should be taken so as to reduce the impact on the support.

Key words: high precision microseismic monitoring technology; extra-thick coal seam; fully mechanized sublevel caving mining; roof structure; relationship between support and strata

0 引言

特厚煤层综放开采技术是近年来厚煤层矿区发展起来的一项新技术, 近年来取得了较大进步^[1-7]。塔山煤矿开采平均厚度15 m煤层, 首采面开采实践表明, 支架被压死、顶板动压、支架跳架和“闷墩”异常响声等现象的存在, 说明对岩层运动规律及支围关系不清和压架原因不明等问题。综放工作面支架与围岩相互作用关系的研究, 对解释综放工作面矿压显现规律和确定支架阻力并进行支架选型具有重要意义。

许多学者研究了厚煤层综放采场不同顶板结构下

支架力源与支架载荷的定量关系^[6]、采场支架载荷力学机理^[8-9]、采场支架与围岩耦合作用关系^[10], 还解释了国内综放开采支架阻力时大时小的特点^[6]及其不唯一性原因^[11]。但这些研究成果大都是煤层厚度小于10 m综放采场的“支架-围岩”关系, 对于一次采出厚

基金项目: 国家重大基础研究计划(973)项目(2010CB226803); 国家自然科学基金项目(40674017, 50774012); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAK24B04)

收稿日期: 2009-03-17

度 15 m 以上特厚煤层综放工作面支架围岩关系, 理论和实践方面的文献很少, 类似大同矿区塔山煤矿综放工作面支架的支护强度也只是凭经验和理论得出, 没有经过实践的检验。

对于塔山煤矿 15 m 以上特厚煤层一次采全高综放工作面, 选用的支架阻力达 13 MN/架, 是国内支架阻力最高的架型。但在开采过程中, 多次发生顶板下沉压架事故, 支架安全阀开启频繁, 开启率达到支架总数的 50% 以上。由于现场生产条件变化复杂, 需要采取先进的手段对覆岩运动规律进行实验室模拟和现场观测, 进一步研究特厚煤层大采放条件下支架选型与围岩作用关系, 科学指导生产实践, 保证采场的安全。

微地震监测技术是一项跨学科的新技术, 国内外很多学者在微地震监测技术研究方面取得了许多成果, 在多个领域得到了应用^[12-21]。微地震监测技术分为普通用于冲击地压的微地震监测技术和用于岩层破裂的高精度微地震监测技术。本文采用高精度微地震监测技术对 15 m 以上特厚煤层综放工作面岩层运动规律进行了现场监测, 结合矿山压力与岩层运动等理论对支架围岩关系进行了研究。

1 工程概况及微地震监测方案

塔山煤矿主采平均厚度达 15 m 的#3~#5 煤层, 平均倾角小于 5°, 属特厚近水平煤层, 割煤高度 3.5 m, 低位综放开采方法。工作面支架最大支护阻力 13000 kN/架, 开采过程中却仍然遇到了压死支架等许多问题, 对特厚煤层综放工作面的支架围岩关系进行深入研究是非常必要的。

采用具有自主知识产权的高精度微地震监测系统, 通过井下监测主机、光缆和井上监控中心, 实现对采集信号的连续、动态、实时高精度定位处理。

微震监测系统包括硬件系统和软件系统两大部分见图 1, 检波器参数布置见表 1。微地震监测系统硬件主要由以下部分组成: 工业防爆计算机、前置放大器、数据采集板(卡)、三分量微地震传感器与电缆、数据通讯光电交换机、通讯电缆等。微震监测系统属于自动记录仪器, 所有数据记录均自动完成, 并存储于微震仪指定的位置内。监测结果为二进制文件, 通过开发完成的“微地震解释”软件打开, 拾取到时, 经“微地震定位软件”处理; 最后, 通过“微地震监测结果显示”软件将微地震事件投影到平面图、剖面图上分析处理。

三分量检波器分别安装在顶板钻孔和底板钻孔中, 检波器采用区域内集中式布置, 见表 1。顶板钻

孔分为深 60 m 钻孔和深 30 m 钻孔, 顶板钻孔口部位于巷道上肩角, 与水平面成 60° 夹角; 底板钻孔深 15 m, 位于巷道下帮脚, 与水平面成 45° 夹角, 检波器布置如图 1 所示。可以监测工作面前方和正常推进期间的岩层断裂规律。经现场放炮标定检验, 定位精度达到 10 m 以内, 适合采掘工程尺度。

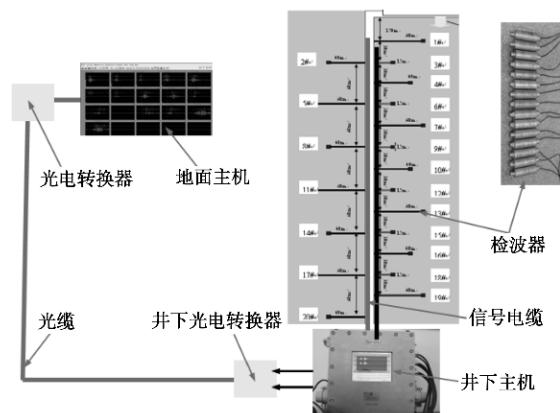


图 1 高精度微地震监测系统及检波器布置

Fig. 1 High precision microseismic system and layout of detectors

表 1 检波器布置参数

Table 1 Layout parameters of detectors

钻孔 编号	检波器 编号	在工作面 前方/m	与水平面 夹角/(°)	钻孔深 度/m	钻孔 位置
1	#1	150	60	60	顶板
2	#2	180	60	40	顶板
3	#3	180	-45	15	底板
4	#4	210	60	40	顶板
5	#5	240	60	60	顶板
6	#6	240	-45	15	底板
7	#7	270	60	60	顶板
8	#8	300	60	40	顶板
9	#9	300	-45	15	底板
10	#10	330	60	40	顶板
11	#11	360	60	60	顶板
12	#12	360	-45	15	底板
13	#13	390	60	60	顶板
14	#14	420	60	40	顶板
15	#15	420	-45	15	底板
16	#16	450	60	40	顶板
17	#17	480	60	60	顶板
18	#18	480	-45	15	底板
19	#19	510	60	60	顶板
20	#20	540	60	40	顶板

2 微地震监测揭示的特厚煤层综放工作面顶板岩层运动规律

2.1 高精度微地震监测结果研究

将高精度微地震监测结果结合矿山压力与岩层运动理论, 对照工作面地质柱状图, 可得到四周实体煤特厚煤层综放工作面顶板岩层运动规律和顶板结构形式。

选取2007年11月2日至11月29日的微地震监测结果作为研究分析的基础数据。研究发现, 特厚煤层综放工作面老顶运动与一般长壁采场一样具有周期性断裂现象, 期间, 工作面共推进了181.18 m, 共有6次周期性来压现象, 反映了工作面推进时的正常压力和冲击载荷, 如表2、图2随工作面推进岩层断裂范围走向剖面图和图3随工作面推进岩层断裂范围倾向剖面映射图, 图中红色圆点表示岩层的一次断裂事件。

表2 11月2日至11月29日高位岩层微震事件显现规律

Table 2 Occurrence regularity of microseismic events in high strata from November 2 to November 29

高位岩层 MS事件的 周期性显现	低位岩层 50~75 m 层位	高位岩层 75~150 m 层位	工作面 进尺/m
周期1	4日	6日	21.40
周期2	10, 11日	12日	39.25
周期3	16日	17日	37.40
周期4	18, 20日	21日	26.15
周期5	24日	24日	23.58
周期6	25, 26, 28日	29日	33.40

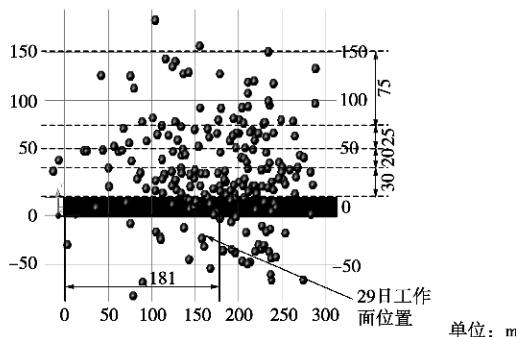


图2 随工作面推进岩层断裂范围走向剖面图

Fig. 2 Scope of fracture of strata with mining along strike

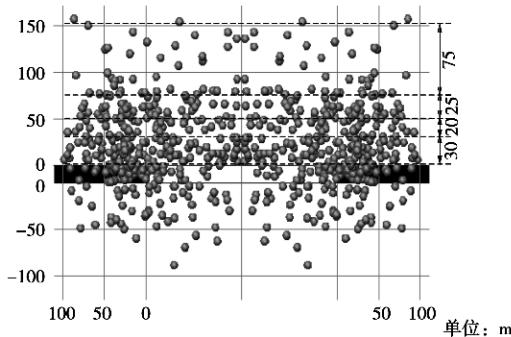


图3 随工作面推进岩层断裂范围倾向剖面映射图

Fig. 3 Scope of fracture of strata with mining along dip

由矿山压力与岩层运动理论, 从图2和图3中可以知道, 自煤层顶部向上, 直接顶岩层为上位直接顶(厚20 m)和下位直接顶(厚30 m), 老顶为低位老顶(厚25 m)和高位老顶(厚75 m)。

由矿山压力与岩层运动理论可知, 综放工作面顶板岩层可以分为直接顶(包括上位直接顶和下位直接顶)岩层和老顶岩层, 随工作面推进, 老顶岩层的运动为周期性断裂运动, 并对工作面支架形成周期性来压。

根据微震事件揭示的岩层运动规律, 结合矿山压力理论, 对照工作面地质柱状图, 得到四周实体煤特厚煤层综放工作面上覆岩层的运动规律为:

自11月2日至29日, 工作面共推进181.18 m。在高度方向上, 低位岩层(50~75 m高度层位)的微震事件和高位岩层(75~150 m层位)的微震事件周期性发生。在水平方向上, 75~150 m层位高位老顶断裂6次, 因此可以推断高位岩层的平均断裂步距为30 m, 见表2所示。

根据矿山压力与岩层运动理论, 结合上述微地震监测结果(推断过程将另文撰述), 可以推断50~75 m低位岩层的周期性断裂步距为15~25 m, 厚度为25 m; 75~150 m高位岩层的周期性断裂步距为20~40 m, 厚度为75 m, 如表2所示。

根据微地震揭示的顶板岩层的运动规律, 结合矿山压力理论, 可以得到特厚煤层综放工作面形成的顶板结构, 见图4。从图4中可以看到, 高位老顶的平均断裂步距为30 m左右, 低位老顶的平均断裂步距为20 m左右。

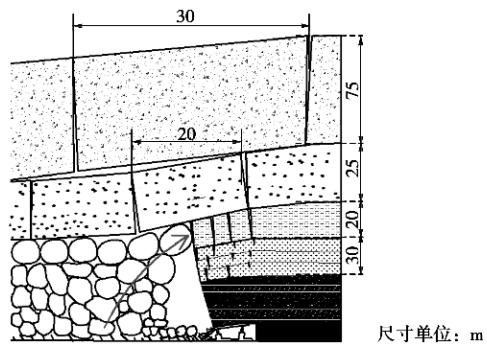


图4 特厚煤层综放工作面的顶板结构

Fig. 4 Roof structure

从表2可知, 高位岩层断裂后1~2 d的时间内, 低位岩层持续断裂, 而后微震事件再由低位岩层发展至高位岩层。由岩层运动理论可知, 高位岩层的断裂下沉强迫低位岩层的断裂下沉, 并伴随一系列断裂微地震事件的发生, 即高位岩层的断裂下沉将引起低位岩层的强迫性断裂下沉, 在工作面内表现为持续的来压显现。

2.2 数值模拟与微震监测结果的对比研究

数值计算模型为四周实体煤开采, 水平方向长1030 m, 垂直方向高度为820 m。其中, 煤层厚度为

15 m, 倾角为 0°, 煤层上方顶板岩层厚度为 510 m, 煤层底板岩层为 292 m。对关键区域进行了加密处理, 加密区域的网格尺寸为 1 m×1 m, 数值模型网格总数为 $630 \times 440 = 277200$ 个。

数值模拟所得低位老顶与高位老顶的厚度和为 103 m 左右, 微地震监测所得老顶的厚度和为 100 m, 见图 5。根据模拟结果可知, 顶板厚度和运动高度与微地震监测结果推论基本一致。

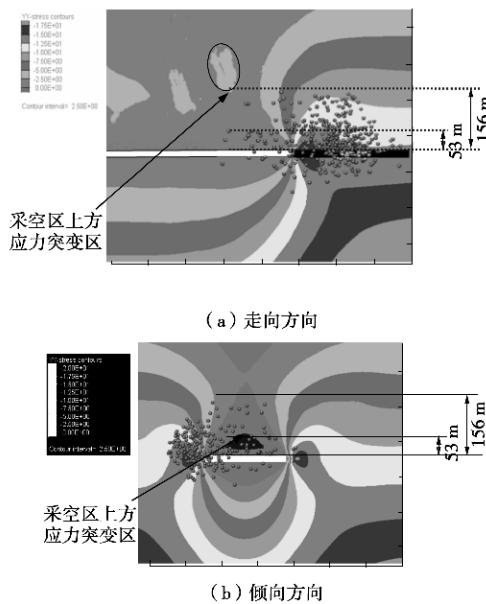


图 5 微震监测结果与数值计算得到岩层运动规律对比

Fig. 5 Comparison between observed and calculated results

3 特厚煤层综放工作面支架围岩关系

在塔山煤矿特厚煤层综放采场, 支架围岩关系问题主要是支架载荷大小问题, 即支架力源问题。由于煤层一次采出厚度大, 工作面开采影响范围和顶板岩层的运动高度也不同于一般综放采场, 因此确定支架力源问题的关键是确定直接顶等顶板岩层的运动厚度和高度, 然后便可根据矿山压力与岩层运动理论和微地震监测研究成果就可得到顶板岩层运动规律和支架载荷的关系。

3.1 正常情况时的顶板压力计算

正常情况下, 顶板作用力为厚 11.5 m 的顶煤、厚 30 m 的下位直接顶和部分上位直接顶的作用力, 见图 4。

工作面支架合理支护阻力 P 为

$$P = P_t + P_{z1} + aP_{z2} = Tg_t + M_{z1}g_z + aM_{z2}g_z, \quad (1)$$

取支架支撑面积 $S=9.45 \text{ m}^2$, 则支架的压力为

$$Q = P \times S. \quad (2)$$

式中 g 为顶煤的重度; P_t 为顶煤作用力; P_{z1} 为下位直接顶作用力; P_{z2} 为上位直接顶作用力; M_{z1} 为下位

直接顶厚度, 取 30 m; M_{z2} 为上位直接顶厚度, 取 20 m; $a < 1$, a 为上位直接顶作用力系数; S 为支架的有效支撑面积, 取 9.45 m^2 (一个支架的有效控顶距离与其宽度的乘积)。

根据式 (1) 和式 (2), 带入数值得

$$\begin{aligned} Q &= (Tg_t + M_{z1}g_z)S \\ &= [(15 - 3.5) \times 1.4 + 30 \times 2.5] \times 10 \times 9.45 \\ &= 8608.95 \text{ kN/架}, \quad (a=0 \text{ 时}), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} Q' &= (Tg_t + M_{z1}g_z + M_{z2}g_z)S \\ &= [(15 - 3.5) \times 1.4 + 30 \times 2.5 + 20 \times 2.5] \times 10 \times 9.45 \\ &= 13333.95 \text{ kN/架} \quad (a=1 \text{ 时}) . \end{aligned} \quad (4)$$

则支架的平均压力为 10971.45 kN/架, 与正常情况下现场实测压力 9000~12000 kN/架, 二者结果基本一致, 证明了计算结果是合理的。

3.2 顶板异常压力时的计算

老顶断裂时将产生动压, 工作面支架承受顶煤、直接顶和部分老顶岩梁作用力之和, 见图 4。此时顶板的压力为

$$\begin{aligned} P' &= P_t + P_{z1} + P_{z2} + P_c \\ &= Tg_t + M_{z1}g_z + M_{z2}g_z + a'M_c g_c \\ &= [(15 - 3.5) \times 1.4 + 50 \times 2.5] \times 10 \times 9.45 \\ &= 13333.95 + P_c \text{ kN/架} . \end{aligned} \quad (5)$$

式中 P_c 为老顶作用力, a' 为老顶作用力系数 (老顶断裂下沉时将产生动压, $a' > 1$); M_c 为断裂老顶厚度, g_c 为断裂老顶重度。

异常压力时, 支架压力 $Q' > 13333.97 \text{ kN/架}$, 大于支架的额定工作阻力 13000 kN/架。这与工作面现场宏观现象相一致。

此外, 当工作面顶煤超前抽冒或片帮抽顶时, 工作面也将产生异常压力。

需要说明的是, 式 (1) 至式 (5) 中 a , a' 为顶板作用力系数, 反映了顶板作用力大小程度, 取值为 0~1 范围。

4 工作面支架围岩关系原理与支架压力载荷宏观观测

4.1 特厚煤层综放工作面支架围岩关系原理

工作面正常推进过程中, 支架需承担顶煤的全部重量、下位直接顶的全部厚度和部分上位直接顶的厚度。工作面支护需采取“给定载荷”的支护方案, 即支架承担全部厚度的顶煤作用力和全部厚度下位直接顶岩层的作用力和部分上位直接顶“岩—矸”结构的部分作用力, 岩层作用力与上覆岩层下沉量的关系如图 6 所示, 岩层作用力与上覆岩层下沉量成双曲线关系, 当上覆岩层下沉量较大时, 工作面煤壁易形成片

帮区; 上覆岩层下沉量较小时, 虽然有利于控制片帮, 但需要的支架阻力增大。

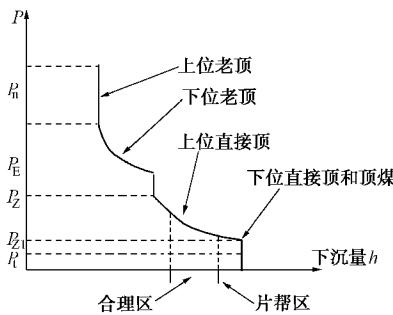


图 6 特厚煤层综放工作面支架围岩关系曲线

Fig. 6 Relationship between support and strata in extra-thick coal seam fully mechanized top-coal caving mining

当老顶岩层端部断裂和回转下沉时, 将压迫直接顶、顶煤在短时间内几乎同时断裂并以动压的形式共同作用于支架上, 形成较大动压。根据前面顶板结构形式的研究, 支架对老顶岩梁采取“给定变形”的“让压”支护方案, 即支架不承受老顶岩梁的作用力。

根据矿山压力理论和前面的分析可以得知特厚煤层综放工作面上覆岩层结构与支架的相互作用关系(如图 6 所示), 进而计算支架合理支护强度(支架具有合理的载荷和承受变形的能力)。图 6 中, 横轴为竖直方向顶板结构各部分的厚度(层位)范围, 纵轴为各种顶板压力的数值。

4.2 支架压力载荷矿压宏观观测

根据对工作面支架压力的观测, 当工作面出现动压时, 支架载荷接近 13000 kN/架(13333.95 kN/架, $a=1$ 时)左右, 即图 7 所示的合理支护区域的上限, 此时支架承担了全部直接顶和顶煤的作用力。正常情况下的支架载荷接近 9000~12000 kN/架左右, 支架只承担了全部顶煤和部分直接顶的作用力。

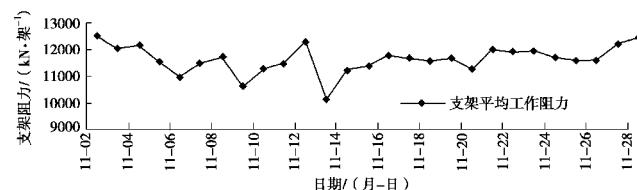


图 7 11月2日至11月29日工作面支架平均工作阻力曲线

Fig. 7 Average working resistance curve of support from Nov. 2 to Nov. 29

正常情况时, 8103 工作面支架压力在 9000~12000 kN/架, 见图 7。根据前面的分析, 此时工作面支架力来源于厚 11.5 m 的顶煤、30 m 的下位直接顶和部分上位直接顶的作用力。

工作面老顶异常来压时, 常伴随有支架安全阀开启、支架跳架或被压死、巨大声响(工人称为“闷墩”)、

工作面巷道粉尘被扬起等现象。此时支架的力源来源于老顶断裂产生的动压, 包括厚 11.5 m 的顶煤作用力、50 m 的直接顶作用力和老顶(包括低位和高位老顶)动压作用力。

4.3 工作面支架支护建议

在特厚煤层综放工作面的顶板支护中, “支”的对象重点是顶煤和直接顶, “护”的对象主要是工作面上方一定范围内的顶煤。因此, 合理的支护设计应既能保证“支”住正常情况时的顶板压力, 又能保证“护”住机道周围的破碎顶煤和煤壁。

当低位老顶断裂或回转下沉时, 将在工作面支架上产生动压, 因此, 支架应采取“让压”的工作方案。这样可以避免支架被压死或压爆油缸。“让压”工作方案可以通过适当加大采高后减小初撑力、增加支架可缩量的措施实现。

5 结 论

(1) 根据高精度微地震监测结果, 研究得到了特厚煤层综放工作面岩层在高度和厚度上的破裂规律; 结合矿山压力与岩层运动理论, 推断得到了特厚煤层综放工作面岩层运动的过程及其顶板结构形式。

(2) 特厚煤层综放工作面的支架围岩关系存在正常情况和异常压力情况两种。

(3) 正常情况时, 支架压力来源于全部厚度的顶煤和下位直接顶、部分上位直接顶作用力; 异常压力时, 支架压力来源于老顶断裂产生的动压。

(4) 通过支架及工作面参数优化, 特厚煤层综放工作面在开采过程中, 液压支架等支护应尽可能避开冲击载荷的影响。

(5) 研究结果为特厚煤层综放工作面的支架选型提供了依据。

致 谢: 在同煤集团大唐塔山煤矿现场监测期间, 得到了同煤集团于斌副总工程师、周建峰高工以及塔山煤矿宋金旺总工程师、徐振茂副总经理、高润平副总工程师和技术部胡岗、崔俊峰副局长的全力协助, 还得到了同煤集团及塔山煤矿多个部门的关心和帮助, 在此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 钱鸣高, 缪协兴. 采场上覆岩层结构的形态与受力分析[J]. 岩石力学与工程学报, 1995, 14(2): 97~106. (QIAN Ming-gao, MIAO Xie-xing. Theoretical analysis on the structure form and stability of overlying strata in longwall mining[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 1995, 14(2): 97~106. (in Chinese))

- [2] 王家臣. 关于综放开采技术安全问题的几点认识[J]. 中国安全生产科学技术, 2005, 5(1): 21 - 25. (WANG Jia-chen. Some opinions on the safety production of the longwall top-coal caving[J]. China Occupational Safety and Health Management System Certification, 2005, 5(1): 21 - 25. (in Chinese))
- [3] 姜福兴, 宋振祺, 宋 扬. 老顶的基本结构形式[J]. 岩石力学与工程学报, 1993, 12(4): 366 - 379. (JIANG Fu-xing, SONG Zhen-qi, SONG Yang. Basic structure forms of main roof[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 1993, 12(4): 366 - 379. (in Chinese))
- [4] 吴 健, 张 勇. 综放采场支架——围岩关系的新概念[J]. 煤炭学报, 2001, 26(4): 350 - 355. (WU Jian, ZHANG Yong. The new concept of relationship between support and surrounding rock in longwall top coal caving faces[J]. Journal of Chinese Coal Society, 1993, 12(4): 366 - 379. (in Chinese))
- [5] 曹胜根, 钱鸣高, 刘长友, 等. 采场支架——围岩关系新研究[J]. 煤炭学报, 1998, 23(6): 575 - 579. (CAO Sheng-gen, QIAN Ming-gao, LIU Chang-you, et al. New research about support and surrounding rock relationship in working face[J]. Journal of China Coal Society, 1998, 23(6): 575 - 579. (in Chinese))
- [6] 姜福兴. 放顶煤采场的顶板结构及其支架围岩关系探讨[J]. 世界煤炭技术, 1994, 12: 32 - 34. (JIANG Fu-xing. A study on microseismic monitoring of rock burst in coal mine[J]. Chinese Journal of World Coal Technology, 1994, 12: 32 - 34. (in Chinese))
- [7] 杨淑华, 姜福兴. 综采放顶煤支架受力与顶板结构的关系探讨[J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18(3): 287 - 290. (YANG Shu-hua, JIANG Fu-xing. Research on the relationship between sublevel caving support load and roof structure[J]. Chinese Journal of Geophysics, 1999, 18(3): 287 - 290. (in Chinese))
- [8] 史 红, 姜福兴. 综放采场初压阶段顶板稳定性与顶煤放出率关系探讨[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(4): 414 - 417. (SHI Hong, JIANG Fu-xing. Study on relationship between roof stability and recovery ratio of top coal at first weight period in fully-mechanized sublevel caving face[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2005, 27(4): 414 - 417. (in Chinese))
- [9] 史 红, 姜福兴, 汪华君. 综放采场周期来压阶段顶板稳定性与顶煤放出率关系探讨[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(23): 4233 - 4238. (SHI Hong, JIANG Fu-xing. Study on relationship between roof stability ratio during cyclic weighting in fully-mechanized sublevel caving face[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(23): 4233 - 4238. (in Chinese))
- [10] 缪协兴, 钱鸣高. 综放采场围岩——支架整体力学模型及分析[J]. 煤, 1998, 7(6): 1 - 13. (MIAO Xie-xing, QIAN Ming-gao. The interger mechanical model of support and strata in fully-mechanized sublevel caving face[J]. China Journal of Coal, 1998, 7(6): 1 - 13. (in Chinese))
- [11] 毛德兵, 康立军. 综放开采支架阻力不唯一性原因分析[J]. 煤炭科学技术, 2003, 31(11): 29 - 31. (MAO De-bing, KANG Li-jun. Reasons analysis of different working resistances of top coal caving power supports in the same seam[J]. Coal Science and Technology, 2003, 31(11): 29 - 31. (in Chinese))
- [12] 高明仕, 窦林名, 张 农, 等. 岩土介质中冲击震动波传播规律的微震试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(7): 1365 - 1371. (GAO Ming-shi, DOU Lin-ming, ZHANG Nong, et al. Experiment study on earthquake tremor for transmitting law of rockburst in geomaterials[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007, 26(7): 1365 - 1371. (in Chinese))
- [13] 潘一山, 赵扬锋, 官福海, 等. 矿震监测定位系统的研究及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(5): 1002 - 1011. (PAN Yi-shen, ZHAO Yang-feng, GUAN Fu-hai, et al. Study on rockburst monitoring and orientation system and its application[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007, 26(5): 1002 - 1011. (in Chinese))
- [14] 唐礼忠, 杨承祥, 潘长良. 大规模深井开采微震监测系统站网布置优化[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(10): 2036 - 2042. (TANG Li-zhong, YANG Cheng-xiang, PAN Chang-liang. Optimization of microseismic monitoring network for large-scale deep well mining[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2006, 25(10): 2036 - 2042. (in Chinese))
- [15] 李庶林, 尹贤刚, 郑文达, 等. 凡口铅锌矿多通道微震监测系统及其应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(12): 2048 - 2053. (LI Shu-lin, YIN Xian-gang, ZHENG Wen-da, et al. Research on multi-channel microseismic monitoring system and its application to Fankou lead-zinc mine[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(12): 2048 - 2053. (in Chinese))
- [16] 杨天鸿, 唐春安, 谭志宏, 等. 岩体破坏突水模型研究现状及突水预测预报研究发展趋势[J]. 岩石力学与工程学报,

- 2007, **26**(2): 268 – 277. (YANG Tian-hong, TANG Chun-an, TAN Zhi-hong, et al. State of the art of inrush models in rock mass failure and developing trend for prediction and forecast of ground water inrush[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007, **26**(2): 268 – 277. (in Chinese))
- [17] CALVEZ Le, TANNER J H. Using induced microseismicity to monitor hydraulic fracture treatment: A tool to improve completion techniques and reservoir management[C]// SPE Eastern Regional Meeting 2006: Revitalizing Appalachia, 2006: 234 – 242.
- [18] KAISER P, FORTIER. Contribution to the valuation micro-seismic monitoring data recorded from treatment well results based on 20 hydro-fracturing jobs recorded from treatment well[C]// 11th ADIPEC: Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference-Conference Proceedings, 2004: 343 – 349.
- [19] 姜福兴, 杨淑华, 成云海, 等. 煤矿冲击地压的微地震监测研究[J]. 地球物理学报, 2006, **49**(5): 1511 – 1516. (JIANG Fu-xing, YANG Shu-hua, CHENG Yun-hai, et al. A study on microseismic monitoring of rock burst in coal mine[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2006, **49**(5): 1511 – 1516. (in Chinese))
- [20] 姜福兴, XUN Luo, 杨淑华. 采场覆岩空间破裂与采动应力场的微震探测研究[J]. 岩土工程学报, 2003, **25**(1): 23 – 25. (JIANG Fu-xing, XUN Luo, YANG Shu-hua. Microseismic monitoring study on spatial structure of overlying strata and mining pressure field in longwall face[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2003, **25**(1): 23 – 25. (in Chinese))
- [21] LUO X, HATHERLY P. Understanding of high gas emissions at Appin Colliery through microseismic monitoring[C]// Proc Int Mining Tech' 98 Symp Chingqing China, 1998: 74 – 79.

3rd International Conference on Problematic Soils

(7~9 April 2010, Adelaide, Australia)

INTRODUCTION

The conference aims to provide an opportunity for dissemination of current practice on recent research and industry developments in the geotechnical engineering of problematic soils. Specific objectives are:

To highlight the importance of understanding the geology and geomorphology of sites; To identify and address the difficult ground conditions encountered; To present methods (through case studies) of in-situ treatment of problematic soils, and to develop a more sound engineering approach for problematic soils.

CONFERENCE THEME

Topics:

Peat and organic soils; Volcanic soils; Expansive soils; Collapsible soils; Carbonate rich soils; Lateritic soils; Residual soils; Tailings; Deep fills; Dispersive soils; Unsaturated soils.

Technical papers should deal with: Identification of problem soils; Test methods; Engineering geological aspects; Avoiding distress to infrastructure; Case studies.

CALL FOR PAPERS

Submissions are now invited and abstracts (of about 400

words, within one A4 page) may be sent to the Conference Director, Er John S Y Tan at cipremin@singnet.com.sg.

Please note that it is part of the requirements of submission of abstract that the Author or one of his/her co-authors will present the paper at the conference; and that all papers to be included in the conference documentation must be registered.

All papers are peer reviewed before acceptance

IMPORTANT DATES

Abstract received by 1 September 2009.

Text for review by 20 November 2009.

Final text deadline by 26 February 2010.

OTHER AREAS OF PARTICIPATION

Parties interested in the areas of

▷Co-sponsorship ▷Desktop exhibition ▷Advertising

▷Accompanying persons programme

May contact the Conference Secretariat, Cl-premier Pte Ltd. 150 Orchard Road #07-14, Orchard Plaza, Singapore 238841; Tel: +65 6733 2922; Fax: +65 6235 3530; E-mail: cipremie@singnet.com.sg; Website: www.cipremier.com.