

# 深部巨厚砾岩层下高应力煤柱冲击地压防治技术

冀贞文, 白光超

(山东能源新汶矿业集团有限责任公司 生产技术部 山东 泰安 271233)

**摘要:**为解决深部巨厚砾岩层下高应力煤柱附近工作面冲击地压防治问题,以华丰煤矿2410工作面和2409工作面遗留煤柱为研究对象,从采掘布置、原岩应力和采动应力等方面分析其对诱发冲击地压的影响。结果表明:2410工作面过2409煤柱期间冲击危险性较高,局部具有高冲击危险性,该条件下的冲击地压主因以遗留煤柱或区段煤柱周围形成的高应力冲击地压为主,同时伴随着煤柱失稳或采动引发巨厚砾岩层运动产生矿震诱发冲击地压。据此提出在掘进期间采用煤层大直径钻孔卸压为主的边卸压边掘进的防冲措施和工作面回采期间煤柱多轮大幅度卸压的防冲措施,与此同时采用煤粉监测、微震监测等方法进行冲击地压综合监测,从而降低了冲击地压危险性。

**关键词:**深部矿井;巨厚砾岩;冲击地压;高应力煤柱

**中图分类号:**TD324 **文献标志码:**A **文章编号:**0253-2336(2014)11-0005-03

## Technology of Bump Prevention to High Stress Coal Pillar Under Deep Ultra Thick Conglomerate Stratum

Ji Zhen-wen, Bai Guang-chao

(Production and Technology Department, Shandong Energy Xiwen Mining Group Corporation Limited, Taian 271233, China)

**Abstract:** In order to solve the mine pressure bump problem occurred in the coal mining face near the high stress coal pillar under deep ultra thick conglomerate stratum, based on the coal pillars left by No. 2410 Coal Mining Face and No. 2409 Coal Mining Face in Huafeng Mine as a study object, by view of a mining and excavation layout, in-situ stress and mining stress, the paper analyzed the influences of the mine pressure bump caused. The results showed that No. 2410 Coal Mining Face had a high mine pressure bump danger when the coal mining face passed through coal pillars of No. 2409 Coal Mining Face and some area would have high mine pressure bump danger. The mine pressure bump under the such condition was the high stress pressure bump formed in the left coal pillar or area around the sectional coal pillar and meanwhile with the stability lost in the coal pillar or the movement of the ultra thick conglomerate caused by the mining operation, the danger of the mine pressure bump would be occurred by a mine seismic. The bump prevention measures of a mine pressure releasing and driving simultaneously and mainly with a large diameter borehole for the pressure releasing during the gateway driving period and the bump prevention measures with several high density pressure releasing in the coal pillars during the mining period of the coal mining face were provided. The coal dust monitoring and measuring, micro-seismic monitoring and other methods were applied to comprehensively monitor the mine pressure bump in order to reduce the danger of the mine pressure bump.

**Key words:** deep mine; ultra thick conglomerate; pressure bump; high stress coal pillar

## 0 引 言

冲击地压是指井巷或工作面周围岩体,由于弹性变形能的瞬时释放而产生突然剧烈破坏的动力现象,常伴有煤岩体抛出、巨响及气浪等现象。具有很大的破坏性,是煤矿重大灾害之一<sup>[1]</sup>。随着煤矿开采深度增加,冲击地压呈现出发生频度、强度快速增加特点<sup>[2]</sup>,已严重危害我国煤矿的安全生产。因而,

象,常伴有煤岩体抛出、巨响及气浪等现象。具有很大的破坏性,是煤矿重大灾害之一<sup>[1]</sup>。随着煤矿开采深度增加,冲击地压呈现出发生频度、强度快速增加特点<sup>[2]</sup>,已严重危害我国煤矿的安全生产。因而,

收稿日期:2014-05-29;责任编辑:杨正凯 DOI:10.13199/j.cnki.cst.2014.11.002

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)资助项目(2010CB226806)

作者简介:冀贞文(1973—),男,山东新泰人,研究员,现任山东能源新汶矿业集团有限责任公司生产技术部部长

引用格式:冀贞文,白光超.深部巨厚砾岩层下高应力煤柱冲击地压防治技术[J].煤炭科学技术,2014,42(11):5-7,25.

Ji Zhen-wen, Bai Guang-chao. Technology of Bump Prevention to High Stress Coal Pillar Under Deep Ultra Thick Conglomerate Stratum[J].

Coal Science and Technology, 2014, 42(11): 5-7, 25.

许多学者围绕冲击地压的发生机理和防治技术,从监测、预警、治理等多角度开展了大量工作<sup>[3-9]</sup>。但由于冲击地压机理复杂,影响因素较多,开采过程中还需根据煤矿的实际特点制定科学合理的防冲方案。随煤矿采深增加,采掘环境更加复杂,深部巨厚砾岩层下高应力煤柱附近工作面掘进和回采期间的冲击地压防治问题日益突出。以华丰煤矿为例,华丰煤矿是国内冲击地压灾害最严重的煤矿之一,矿井目前开采深度已超过1 200 m,主采的4层煤为强烈冲击倾向性煤层,直接顶为中等冲击倾向性岩层,且煤系岩层内还存在着厚500~800 m的第三系巨厚砾岩层,其完整性系数达0.92,整体性强,采后不易冒落下沉。随着采空面积的加大,巨厚砾岩层形成板状悬空岩梁。当板状砾岩层暴露面积达到一定程度后,开始缓慢下沉并周期性断裂垮落。砾岩层的断裂垮落对下部的煤岩体产生冲击载荷,尤其在煤柱中极易形成高应力集中区域,从而影响其周围多个工作面的应力分布状况,导致这些工作面的防冲工作极为复杂。虽然我国已有学者围绕巨厚砾岩层对冲击地压的影响<sup>[10-13]</sup>及煤柱与冲击地压的关系<sup>[14-17]</sup>,开展了大量的研究,但针对深部开采、巨厚砾岩层与煤柱共同作用影响的冲击地压的防治研究还较少。基于此,笔者以华丰煤矿2410工作面及2409工作面遗留煤柱为研究对象,针对开采深度大、上覆巨厚砾岩层、存在高应力煤柱,且煤岩层具有冲击倾向性等综合特征的工作面开展冲击危险性分析和防冲措施的研究,以期实现煤矿安全高效开采,并为同类煤矿的冲击地压防治提供借鉴。

## 1 工程概况

华丰煤矿2410工作面位于矿井五水平二采区,最大埋深1 020 m,工作面以北及以东4号煤层已开采完毕,下部6号煤层作为解放层开采。2410工作面4号煤层厚6.5 m,因煤层夹矸影响,拟采用分层综合机械化开采,采高3.2 m。工作面南部2409工作面采空区与1409工作面采空区之间遗留约9 000 m<sup>2</sup>的煤柱,在特深井巨厚砾岩层的作用下,处于高应力状态,成为预开采的2410工作面的重大安全隐患。为确保2409工作面遗留煤柱对开采2410工作面的防冲安全,2410工作面开切眼布置可采用沿2409工作面开切眼向下布置的方案,则2410与1410工作面间仍遗留煤柱,虽减轻了煤柱的集中应力对2410工作面开采的影响,但会造成煤炭资源的

大量浪费,且随采空面积的增大,巨厚砾岩层将导致煤柱内集中应力持续增加,对周边采掘活动的影响会越来越严重。因此,将2410工作面切眼沿1409工作面采空区布置,切断遗留煤柱对后续工作面的影响,是安全经济开采的最优方案。

## 2 冲击危险性分析

1) 采掘布置的影响。当6号煤层作为解放层开采后,2410工作面的冲击危险有所降低,但受2409、1409、1410采空区及2409煤柱、1610、1611工作面区段煤柱影响,区域冲击危险程度较高(图1)。煤柱区应力集中系数3,应力76.5 MPa,远大于煤体单向抗压强度20 MPa。

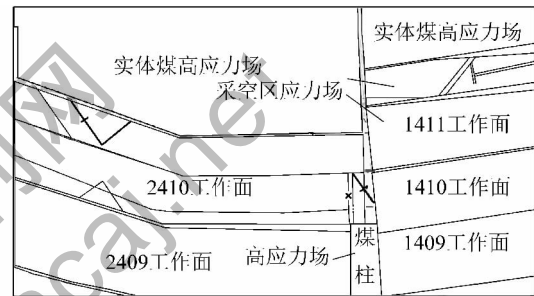


图1 2410工作面周边宏观应力场分布

2) 原岩应力的影响。该工作面的最大采深为1 020 m,岩体自重应力25.5 MPa,大于煤体单向抗压强度20 MPa,是导致冲击地压发生的不利因素。

3) 采动应力的影响。2410工作面回采后将引起上覆岩层的激烈运动,造成周边煤体与围岩的应力集中,与2409和1409采空区之间的9 000 m<sup>2</sup>的煤柱形成应力叠加。采用模糊数学方法,根据诱导冲击地压发生的“应力”和“煤层冲击倾向性”2个主要因素对该工作面发生冲击地压的可能性指数进行综合预测,计算出可能性指数为0.97,即极可能发生冲击地压。因此,2410工作面工作面冲击危险性较高,局部具有高冲击危险性。采掘布置、原岩应力和采动应力是深部巨厚砾岩层下高应力煤柱发生冲击地压的主要影响因素。冲击类型以遗留煤柱或区段煤柱周围形成的高应力区发生冲击地压为主,同时伴随着煤柱失稳或工作面采动引起上覆岩层大范围的运动产生矿震诱发的冲击地压。由于冲击地压机理复杂,影响因素较多,开采过程中需制定科学合理的防冲方案。

## 3 冲击地压防治措施

为防治冲击地压的发生,2410工作面掘进及开

采期间,将 2409 煤柱划分为高冲击危险区,以煤层大直径钻孔卸压为主要卸压措施进行高强度卸压,同时采用煤粉监测、微震监测、地音监测、宏观矿压显现观测等方法进行冲击地压综合监测。

### 3.1 掘进期间防冲卸压措施

2410 工作面上平巷掘进过 2409 煤柱期间,采取了边卸压边掘进的防冲措施。每掘进 5 m 后停止掘进,在掘进工作面后部上下帮煤体按 1.6 m 间距各布置 6 个 150 mm 大直径煤层卸压钻孔,掘进工作面煤体按扇形布置 6 个。掘进期间共停止掘进卸压 10 次,累计施工煤层卸压孔 280 个,卸压进尺 6 180 m,其中掘进工作面施工 60 个煤层卸压孔,煤柱上帮施工 66 个煤层卸压孔,掘进工作面后下帮施工 154 组煤层卸压孔。

钻孔卸压后,采用钻屑法对卸压情况进行校验,产生的煤粉量低于临界指标时,视为卸压合格。华丰煤矿钻屑法监测临界指标:钻孔深度为 1、2、3、4、5、6、7、8、9 m 时,临界指标分别为 2.6、2.6、2.6、3.5、3.5、3.5、5.2、5.2、5.2 kg/m。

通过采取卸压防冲措施,实现了掘进过煤柱的巷道安全掘进。在此期间,微震发生次数及释放能量均有不同程度增加,特别是靠近采区,受固定支承压力和采掘、打钻扰动影响,微震事件发生次数有所增加,分布区域较大,能量有所上升,过煤柱期间共发生微震事件 745 次,释放能量  $2.7 \times 10^7$  J。多数事件集中分布在掘进工作面前方 129 m,掘进工作面后 125 m,上平巷以上 35 m 及以下 60 m 区域内。共发生 0.5 级以上矿震 17 次,其中 5 次 0.5 级、4 次 0.6 级、2 次 0.7 级、2 次 0.8 级、1 次 1.1 级、1 次 1.2 级、1 次 1.4 级、1 次 2.0 级,最大震级 2.0 级。钻车、放炮诱发占总事件的 83% 以上,其他 17% 为自然事件。

通过现场严格落实各项防冲措施和管理制度,有效地降低了 2410 上平巷及 2409 煤柱附近的高应力集中,保证了 2410 上平巷掘进施工安全。

### 3.2 工作面回采期间防冲卸压措施

为确保 2410 工作面初采期间安全,开采前在 2410 上平巷上帮布置 3 个钻场对 2409 煤柱进行多轮高密度卸压治理,降低了煤柱集中应力,削弱了由于煤柱应力参与造成的工作面生产期间的冲击危险,实现了 2410 工作面初采安全。

2409 煤柱区 1 号钻场共施工 20 个钻孔,累计排出煤粉量 299 t,平均每孔 15 t。第一轮平均孔深

16.7 m,第二轮平均孔深 42.5 m。2409 煤柱区 2 号钻场共施工 24 个钻孔,累计排出煤粉量 372 t,平均每孔 15 t。第一轮平均孔深 30.6 m,第二轮平均孔深 42.9 m。2409 煤柱区 3 号钻场共施工 20 个钻孔,累计排出煤粉量 266 t,平均每孔 13 t。第一轮平均孔深 30.6 m,第二轮平均孔深 42.1 m。

通过对 2409 煤柱多轮重复实施大直径 150 mm 的钻孔卸压治理,钻孔排出约 937 t 煤粉,有效削弱了煤柱煤体集中应力,降低了由于煤柱集中应力参与诱发冲击地压事件的发生,为 2410 工作面初采期间安全奠定了基础。2410 工作面自 2013 年 7 月 27 日开采以来,至 9 月 1 日推采至 2409 煤柱西帮 2410 工作面共发生微震事件 199 次,释放能量  $1.9 \times 10^7$  J,其中 1.0 级以下的 14 次,1.0—1.5 级的 4 次。

随着 2410 工作面过 2409 煤柱西帮后继续开采,微震发生次数及释放能量趋于平稳,没有发生较大能量微震事件,目前工作面已安全采过 2409 煤柱影响区。2410 工作面掘进及回采期间,在坚持“监测→落实防冲措施→效果检验→再治理”的日常防冲措施的同时,在煤粉超限或出现 1.5 级以上微震事件时,立即停止作业,加大卸压强度,上平巷掘进期间停头卸压 10 次,回采期间停采卸压 4 次,保证了采掘活动周边的低应力状态,确保了安全开采。

## 4 结 论

采掘布置、原岩应力和采动应力是深部巨厚砾岩层下高应力煤柱发生冲击地压的主要影响因素。深部巨厚砾岩层下高应力煤柱冲击地压以遗留煤柱或区段煤柱周围形成的高应力冲击地压为主,同时伴随着煤柱失稳或采动引发巨厚砾岩层运动产生矿震诱发冲击地压的危险。采取煤层多轮高密度的大直径钻孔卸压的防冲措施,并配合煤粉监测、微震监测等冲击地压综合监测措施,可降低冲击地压危险性,保证工作面安全开采。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 齐庆新,李晓璐,赵善坤.煤矿冲击地压应力控制理论与实践[J].煤炭科学技术,2013,41(6):1-5.
- [4] 姜福兴,魏全德,姚顺利,等.冲击地压防治关键理论与技术分析[J].煤炭科学技术,2013,41(6):6-9.

(下转第 25 页)

块水平井部署和井网方向的设计中应特别注意煤岩平行面割理方向的渗透率远大于垂直面割理方向的渗透率,考虑在井网部署中使井网长轴方向平行于面割理方向,充分利用平行面割理方向渗透率优势,将有利于煤层气产出,从而获得更好的开发效果。

## 5 结 论

1) 应力敏感效应对鄂尔多斯盆地老坑口矿井煤岩垂直面割理方向造成的渗透率损害最严重,对垂直层理面和平行面割理方向渗透率损害依次减弱;研究区不同割理方向渗透率与有效应力的耦合方程符合典型岩石流固耦合关系中的幂律模型。

2) 研究区不同割理方向煤岩在增压和降压过程中渗透率变化幅度及应力敏感强弱阶段分界点有所差异,主要表现为低有效应力下煤岩强敏感,高有效应力下煤岩弱敏感,因而在实际煤层气井排采生产中,动液面下降到接近煤层中深 200 m 左右时,要谨慎排采,尽量避免造成煤岩强应力敏感效应。

3) 鉴于应力敏感性测试周期中平行面割理方向煤岩渗透率的主导优势,可考虑在井网部署中使井网长轴平行于面割理方向,发挥面割理方向裂隙渗透率优势,提高井组产量。

致谢:感谢杨小松博士、王传刚博士及西南石油大学李相臣博士在试验过程中的帮助。

### 参考文献:

- [1] Boit M A. General Theory of Three - dimensional Consolidation [J]. Journal of Applied Physics, 1941, 12(2): 155 - 164.
- [2] 龚宏恩,白喜俊. 低渗透和高渗透储层都存在应力敏感性[J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(2): 121 - 124.
- [3] 李传亮. 储层岩石的应力敏感问题——答罗瑞兰女士[J]. 石油钻采工艺, 2006, 28(6): 86 - 88.
- [4] 薛永超,程林松. 不同级别渗透率岩心应力敏感实验对比研究[J]. 石油钻采工艺, 2011, 33(3): 38 - 41.
- [5] FARQUHAR R A, SMART B G D, TODD A C *et al.* Stress Sensitivity of Low - Permeability Sandstones From the Rotliegendes Sandstones[R]. SPE 26501, 1993: 851 - 861.
- [6] 申宝宏,雷 毅. 我国煤矿区非常规能源开发战略思考[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(1): 16 - 20.
- [7] SEIDLE J P, JEANSONNE M W, ERICKSON D J. Application of Matchstick Geometry to Stress Dependent Permeability in Coals [R]. SPE 24361, 1992: 433 - 444.
- [8] 孙培德,凌志仪. 三轴应力作用下煤渗透率变化规律实验[J]. 重庆大学学报:自然科学版, 2000, 23(S0): 28 - 31.
- [9] 孙立东,赵永军,蔡东梅. 应力场、地温场、压力场对煤层气储层渗透率影响研究:以山西沁水盆地为例[J]. 山东科技大学学报:自然科学版, 2007, 26(3): 12 - 14.
- [10] 接铭训. 鄂尔多斯盆地东缘煤层气勘探开发前景[J]. 天然气工业, 2010, 30(6): 1 - 6.
- [11] 王洪艳,陈一健,游利军,等. 高温高压岩芯多参数测量仪器的研制[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(2): 138 - 141.
- [12] 孙琳钧,彭 超,白 杨,等. 应力敏感对裂缝性高温高压气藏产能的影响[J]. 重庆科技学院学报:自然科学版, 2013, 15(1): 64 - 67.
- [13] 张乔良,孙军昌,熊生春,等. 特低渗透储层岩石渗透率应力敏感新机制[J]. 科技导报, 2012, 30(35): 44 - 47.
- [14] 毛 慧,韩国庆,吴晓东,等. 确定煤层气井合理生产压差的新思路[J]. 天然气工业, 2011, 31(3): 52 - 55.
- [15] 刘爱华,傅雪海,梁文庆,等. 不同煤阶煤孔隙分布特征及其对煤层气开发的影响[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(4): 104 - 108.

(上接第 7 页)

- [5] 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.
- [6] 蓝 航,杜涛涛,彭永伟,等. 浅埋深回采工作面冲击地压发生机理及防治[J]. 煤炭学报, 2012, 37(10): 1618 - 1623.
- [7] 何满潮,王 炯,孙晓明,等. 负泊松比效应锚索的力学特性及其在冲击地压防治中的应用研究[J]. 煤炭学报, 2014, 39(2): 214 - 221.
- [8] 潘一山,肖永惠,李忠华,等. 冲击地压矿井巷道支护理论及应用[J]. 煤炭学报, 2014, 39(2): 222 - 228.
- [9] 李宏艳,康立军,徐子杰,等. 不同冲击倾向对煤体失稳破坏声发射先兆信息分析[J]. 煤炭学报, 2014, 39(2): 384 - 388.
- [10] 李浩荡,蓝 航,杜涛涛,等. 宽沟煤矿坚硬厚层顶板下冲击地压危险时期的微震特征及解危措施[J]. 煤炭学报, 2013, 38(S0): 6 - 11.
- [11] 姜海强,李 猛,吴晓刚,等. 巨厚砾岩层工作面覆岩移动规律数值模拟研究[J]. 中国矿业, 2012, 21(12): 108 - 111.
- [12] 谭辅清,詹东峰,周 楠,等. 巨厚砾岩层下工作面过断层覆岩运动规律研究及应用[J]. 中国煤炭, 2011, 37(9): 48 - 50.
- [13] 齐利伟,李宝富,梁向辉,等. 上覆巨厚砾岩层失稳诱发重力型冲击地压研究[J]. 煤, 2012, 21(6): 1 - 3, 15.
- [14] 高晓东,张青山,王海川,等. 冲击倾向性煤层 Z 形煤柱诱发冲击地压机理研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(11): 50 - 52.
- [15] 鲍永生. 复杂特厚煤层综放工作面煤柱应力分布规律研究[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(3): 21 - 24.
- [16] 安润东,杨占秋. 赵各庄矿深部冲击地压区域内煤柱安全开采[J]. 煤炭科学技术, 2008, 36(11): 21 - 22.
- [17] 汤 力. 浅埋深中厚煤层综采工作面煤柱宽度优化研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(10): 17 - 21.