

高深矿井冲击矿压综合防治技术

郑江波¹, 莫 技², 杜计平¹, 展勤建¹

(1. 中国矿业大学 矿业工程学院, 江苏 徐州 221008; 2. 新汶矿业(集团)有限责任公司 孙村煤矿, 山东 新泰 271219)

摘 要: 为分析孙村矿深部 2 号和 4 号煤层及其顶板岩层的冲击倾向性, 采用了冲击倾向试验和岩体浸水力学试验, 对煤岩样的各冲击倾向性指数及其浸水后的强度变化进行了试验研究。结果表明: 煤岩均具有中等冲击倾向性, 且浸水 7 d 后强度降低明显。为了确保安全开采该煤层, 提出了防治、预测预报、解危和防护等综合方法来防治冲击地压, 在 2423 工作面回采过程中, 2423 回风巷煤岩钻孔 0~7 m 深内的煤粉量在 0.7~7.3 kg/m 变化且均小于危险指标, 4422 运输巷钻孔煤粉量在距孔口 3 m 范围内变化不大, 且都处于危险值以下, 实现了安全掘进和回采。

关键词: 高深矿井; 冲击矿压; 电磁辐射; 冲击倾向

中图分类号: TD324.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2011)12-0009-04

Comprehensive Prevention and Control Technology of Mine Pressure Bumping in Deep Mine

ZHENG Jiang-bo¹, MO Ji², DU Ji-ping¹, ZHAN Qin-jian¹

(1. School of Mining Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China;

2. Suncun Mine, Xinwen Mining Group Corporation Ltd., Xintai 271219, China)

Abstract: In order to get the outburst proneness of No. 2 and No. 4 coal seams and their roofs rock seams of Suncun colliery, outburst proneness experiments and soaking mechanical experiments were taken to analyze the every outburst proneness index of coal and rock samples and the strength change after soaking. The results show that they belong to medium bump proneness. And the strength of coal and rock samples could decrease obviously after seven days. In order to ensure safety mining, comprehensive control techniques of basic measures, prediction measures, precaution measures and protection measures were taken and the result of rockburst control in the process of mining in 2423 coal mining face and driving in 4422 headentry make clear that in 2423 tailentry the coal fines quantities of drillholes in the deep of 0~7 m vary in the range 0.7~7.3 kg/m and those all are less than the unsafe value. The coal fines quantities of the drillholes in 4422 headentry in the range of 3 m where is from the entrance vary a little and the values are less than the unsafe value.

Key words: deep mine; mine pressure bumping; electromagnetic radiation; pressure bumping tendency

冲击矿压是矿山井巷或采场周围矿体或围岩由于变形能的释放而产生的突然、急剧、猛烈的破坏为特征的矿山压力动力现象^[1]。近年来, 随着采深的逐年增加, 深部开采中冲击矿压对安全开采构成了严重的威胁, 并成为重点防治的对象^[2]。新汶矿业集团孙村煤矿目前正在-1 100 m 水平开采, 2010 年 10 月正在掘进的工作面垂深已达 1 400 m, 正在生产的 2423 综采工作面运输巷的垂深已达

1 336 m, 属高深矿井。自 1994 年 5 月以来, 该矿在-800 m 水平前组一、二采区的 4 个采掘工作面相继发生了较强烈的冲击矿压, 2001 年在向-1 100 m 开采水平延深暗斜井掘进时引发了冲击矿压, 这些严重影响了该矿的安全生产。

1 煤岩层冲击倾向性

2009 年, 孙村煤矿再次取深部煤岩样进行了冲

收稿日期: 2011-07-13; 责任编辑: 曾康生

基金项目: 江苏省高校优势学科建设工程资助项目 (SZBF2011-6-B35)

作者简介: 郑江波 (1988—), 男, 湖北枝江人, 硕士研究生。Tel: 18952238287, E-mail: cumt.edu.com@163.com

网络出版时间: 2011-12-19 17:15; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20111219.1715.019.html>

引用格式: 郑江波, 莫 技, 杜计平, 等. 高深矿井冲击矿压综合防治技术 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (12): 9-12.

击倾向性试验,煤岩样分别取自深部 2 号和 4 号煤层及顶板,共加工煤试件 87 件、岩石试件 106 件。试件尺寸分别为 $\phi 50\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 、 $\phi 50\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ 和 $\phi 50\text{ mm} \times 120\text{ mm}$ 。试验结果见表 1 和表 2。

表 1 煤层冲击倾向性测定

项 目	2 号煤层	4 号煤层
弹性模量指数	4.00	3.44
动态破坏时间/ms	23 ~ 325	46 ~ 848
冲击能量指数/kJ	1.58	2.25
冲击倾向综合评判类别	中等	中等

表 2 顶板冲击倾向性测定

煤层	弹性模量/GPa	抗弯强度/MPa	弯曲能量指数/kJ	冲击倾向鉴定类别
2 号	26.4	11.24	19.0	中等
4 号	31.8	18.99	11.3	中等

试验表明,2 号煤层、4 号煤层及其顶板岩层均属中等冲击倾向^[3]。2 号和 4 号煤层及顶底板岩样浸水力学试验结果如图 1 所示。试验表明,煤岩样浸水后强度都有不同程度的降低,7 d 后强度降低明显,冲击倾向性降低。

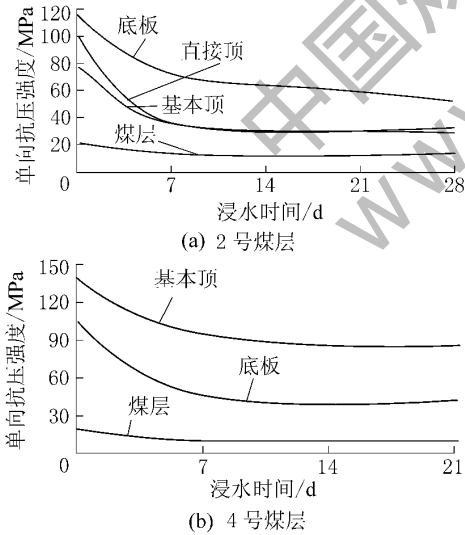


图 1 2 号和 4 号煤层及顶底板岩样浸水力学试验

2 高深矿井防治冲击矿压的综合技术措施

在深部长期防治冲击矿压实践中,孙村煤矿采取的综合防治措施有:①根本措施为合理开采部署和煤层注水;②监测措施为危险区域动态划分、钻屑法煤粉量监测和电磁辐射监测;③解危措施为卸压爆破;④防护措施为宽巷掘进、高强让压锚杆锚

网索支护、严格避炮半径和严格两巷超前支护。

2.1 根本防治措施

煤层开采过程中破坏了原岩应力平衡状态,引起应力重新分布,在工作面前方形成移动支承压力。孙村煤矿深部已发生的冲击矿压多与支承压力及应力集中程度直接相关^[4-5]。

1) 合理开采部署。合理开采部署旨在尽量避免形成高的应力集中程度。生产过程中采取的措施是:加大采区走向长度,尽可能布置成单翼采区;实施工作面开切眼先跨采上下山开采;加大工作面倾斜长度;尽量使用综掘掘巷;回采巷道全部单巷掘进,沿空掘巷,区段间只保留 3 ~ 5 m 宽度的煤柱;在未进行有效的卸压处理前,避免在固定支承压力峰值区中开掘本煤层的巷道和同组底部煤层中开掘巷道;杜绝采用房柱式采煤法回收残留的煤柱;相对 4 号煤层工作面始采线和终采线,上部 2 号煤层工作面始采线和终采线均内缩一个层间距。

2) 煤层注水。采煤工作面前方巷帮附近和回采巷道掘进工作面前方煤体中应力集中程度较高,是冲击易发区域。由于水为湿润流体,加之吸渗作用,在该区域实行煤层注水,能增加煤层的含水率,从而软化煤体,降低强度,使采掘工作面的支承压力峰值降低,峰值点位置向煤体深处转移,降低煤层的冲击倾向性,从而达到防冲的目的^[6-7]。

采煤工作面煤层注水的钻孔布置在工作面回风巷和运输巷内,如图 2 所示,距离采煤工作面煤壁 50 m 范围内,沿煤层中部、平行煤层布置钻孔,孔距 5 m,孔深 5 m,直径 42 mm,共 10 个孔。

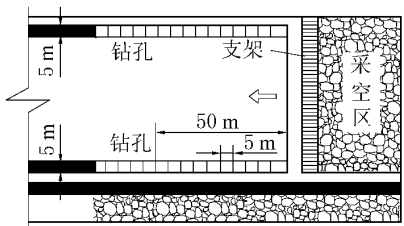


图 2 工作面回风平巷内注水钻孔布置

注水孔采用 $\phi 38\text{ mm} \times 600\text{ mm}$ 的封孔器封孔,所注的水来自 -400 m 水平水仓,水压在 5 MPa 以上。工作面配备 6 台封孔器,5 台使用,1 台备用,采用四孔联注方式同时注水,每班注水 2 次,注水时间在 2 h 以上,直至孔口溢水为止。

回采巷道掘进工作面 4 个注水钻孔布置在煤层中,距离煤层底板不小于 0.5 m,间距 0.5 m,深

度不低于循环进尺。所注水源、水压和方式同采煤工作面。每班注水时间必须大于 40 min，安排在交接班时间内。

2.2 预测预报监测措施

1) 冲击矿压危险区域及程度动态划分。根据长期实践，孙村矿深部采掘工作面的冲击矿压危险区域划分为 3 级。① I 级——严重危险区。主要区域有：遗留煤柱及附近；应力集中区及附近；断层或大型地质构造带及附近；石门揭露 2 号或 4 号煤层；较多巷道切割的煤层中。② II 级——中等危险区。主要指原岩应力区。③ III 级——无危险区。采空区上方；采空区下方；地质条件无较大变化区。每月由总工程师组织相关科室对采掘工作面的冲击矿压危险进行动态划分，监测人员根据采掘工作面区域的危险等级进行不同的监测。

2) 钻屑法煤粉量监测。作为主要监测方法，采煤工作面煤粉监测钻孔布置在工作面两巷距煤壁 60 m 的范围内，钻孔直径 42 mm，孔深 7 ~ 8 m，孔距 10 m，钻孔布置在煤层中部，平行于顶底板，垂直巷帮。每班至少在上下平巷内打 5 个煤粉监测钻孔。煤巷掘进工作面的监测钻孔布置在工作面中心位置，平行于巷道中线，布置 1 个监测孔，孔径和孔深同回采工作面钻孔一致。由弹簧秤确定每米钻孔实际煤粉量，每钻进 1 m 测定 1 次。如果监测钻孔的煤粉量超过表 3 中的危险指标值，或在打钻过程中出现卡钎、吸钎、震动、孔内冲击而造成夹钎或钻不进去、煤粉颗粒增大或声响等动力现象，就可确定监测孔附近煤岩有冲击危险性，应立即采取解危措施。

表 3 煤粉量危险指标

孔深/m	煤粉量/ (kg · m ⁻¹)	
	2 号煤层	4 号煤层
1—3	3.48	3.45
4—6	6.00	5.80
7	9.30	9.20

3) 电磁辐射监测。作为辅助监测手段，采用 KBD5 型电磁辐射监测仪对工作面及回采巷道的电磁辐射进行监测。监测点布置在回风巷上帮、运输巷下帮和工作面煤壁，测点间距 10 m，每测点监测 2 min，每天监测 1 次。选取正常强度值的 1.3 倍作为临界值^[8-9]，当测试点的电磁辐射数据在一

定时间内异常，且超过临界值时，表明该点附近区域已有冲击危险性^[10]，在 16 h 内采用钻屑法进行复查与对比。

2.3 解危措施

钻屑法和电磁辐射法监测到具有冲击危险时，必须进行爆破解危，并采取必要的防护措施。回采巷道掘进工作面卸压爆破炮眼眼深不小于 0.6 m，每眼装药量不得超过眼深的 1/2，剩余空间用 2 块水炮泥和炮泥封满填实，每次放 1 炮。采煤工作面两巷或煤壁卸压爆破孔深 7 ~ 10 m，孔距不大于 5 m，每 4 卷水胶炸药 ($\phi 27$ mm) 定 1 个雷管，各雷管的脚线按串联方式连接，眼内总装药量不超过炮眼深度的 1/2，装好药后依次用一段炮泥，2 ~ 4 块水炮泥封孔，每次放 4 ~ 5 炮。放完卸压炮后要继续在卸压孔附近重新钻眼进行卸压效果检查，如未彻底消除冲击危险，要继续进行卸压爆破，直到消除冲击危险为止。

2.4 防护措施

1) 2 号、4 号煤层中的回采巷道采用较宽的巷道断面掘进，净宽不小于 3.6 m，在距工作面 60 m 范围内，上下平巷的宽度不得小于 2.4 m，高度不低于 1.8 m。设备及电缆等存放地点处人行道宽度不得小于 1.8 m。

2) 回采巷道成巷时顶板全部采用高强让压锚杆锚网索支护，以使巷道围岩的能量在让压过程中耗散，不急剧释放，从而达到抵御冲击地压，保持巷道稳定性的目的。

3) 2 号、4 号煤层采煤工作面上下两巷超前支护距离大于 50 m，采用单体液压支柱配双排金属铰接顶梁沿走向支设，支柱必须穿铁鞋，初撑力不得小于 50 kN。

4) 采掘工作面爆破及爆破卸压时，躲炮半径要大于 150 m，躲炮时间大于 30 min。掘进工作面及采煤工作面上下出口外 100 m 范围内严禁站人。

2.5 冲击矿压防治效果

1) 采煤工作面防治效果。2010 年 5 月在 2423 综采工作面回风巷内监测的钻孔煤粉量结果如图 3 所示。钻孔 0 ~ 7 m 处的煤粉量在 0.7 ~ 7.3 kg/m 变化；各段均小于危险标准指标，冲击矿压危险程度降低，说明煤层注水后防冲效果明显。

2) 回采巷道掘进防治效果。4422 运输巷掘进期间钻孔煤粉量监测数据如图 4 所示。

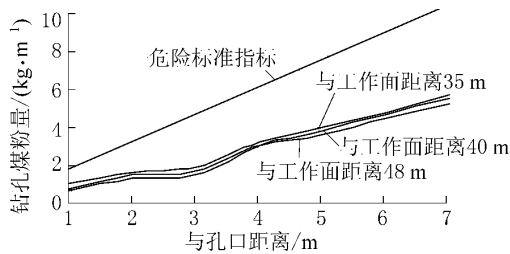


图3 2423工作面回风巷内煤粉量监测结果

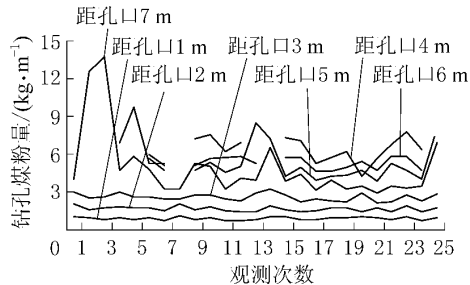


图4 4422运输巷掘进期间钻孔煤粉量监测

分析图4可知,煤粉量随与孔口的距离增大而增大,煤粉量在距孔口3 m范围内变化不大,折线较为平稳,且都处于危险值以下。表明巷道掘进工作面注水防冲效果明显。距孔口较深的钻孔里段的煤粉量超过危险指标多次,但经爆破卸压解危后,再对卸压效果进行检测,又能恢复到危险指标值以下,说明爆破卸压有效控制了冲击矿压的发生,进而实现了安全掘进。自2002年以来,在特深及构造复杂条件下没有再发生较明显的冲击矿压现象,保证了安全生产。

3 结 论

由于地质条件、开采技术及冲击矿压本身的复杂性,在特深条件下采取根本措施、监测措施、解危措施和防护措施是必要的,并且是有效的。高应力,特别是深部开采引起的支承压力是引起冲击矿压的应力条件,通过合理开采部署,可以减少应力高度集中程度,削弱冲击矿压发生的应力条件。煤层注水可以软化煤体,使之强度降低,使应力峰值向深处转移,从根本上降低了煤层的冲击倾向性。在冲击矿压危险区域动态划分的基础上,煤粉量监测方法方便,客观地反映了应力条件,应作为深部主要的监测方法。目前,孙村矿采用的综合防治技术相关措施属高劳动强度的人工作业,在今后的防治中应考虑使用先进的微地震监测和冲击地压在线监测预警系统。

参考文献:

- [1] 钱鸣高,石平五. 矿山压力与岩层控制 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [2] 郑玉友,郭启彬. 星村煤矿深部冲击矿压防治技术 [J]. 煤矿开采, 2008, 13 (2): 77-80.
- [3] 窦林名,何学秋. 冲击地压防治理论与技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001.
- [4] 周晓军. 煤矿冲击地压发生条件及其控制的理论与应用研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 1997.
- [5] 杜计平,苏景春. 煤矿深井开采的矿压显现及控制 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2000.
- [6] 宋维源,潘一山. 煤层注水防治冲击地压的机理及应用 [M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2009.
- [7] 张小涛,窦林名. 冲击矿压工作面卸压巷卸压法探讨 [J]. 煤炭科学技术, 2005, 33 (10): 72-74.
- [8] 何学秋,聂百胜,王恩元,等. 矿井煤岩动力灾害电磁辐射预警技术 [J]. 煤炭学报, 2007, 32 (1): 56-59.
- [9] 陈国祥,窦林名,曹安业,等. 电磁辐射法评定冲击矿压危险等级及应用 [J]. 煤炭学报, 2008, 33 (8): 866-870.
- [10] 窦林名,何学秋,王恩元,等. 由煤岩变化破坏引起的电磁辐射 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2001, 41 (12): 86-88.

(上接第8页)

- [4] 王星华. 粘土固化浆液在地下工程中的应用 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998: 22.
- [5] 李子东. 实用粘结手册 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1987: 238-244.
- [6] 邹斌,沈如,齐琳琳. 改性脲醛树脂加固基床土质的研究 [J]. 西南交通大学学报, 2001, 36 (1): 33-34.
- [7] 宋雪飞,王正胜,陈振国,等. 钻井废弃泥浆注浆利用技术研究 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (1): 37-39, 43.
- [8] 王杰,杜嘉鸿,陈守庸. 注浆技术的发展与展望 [J]. 沈阳建筑工程学院学报, 1997, 13 (1): 59-62.
- [9] 葛家良. 化学灌浆技术的发展与展望 [J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25 (S1): 3388.
- [10] 殷金虎,贺子奇. 地下工程注浆材料与注浆技术的应用现状 [J]. 建材技术与应用, 2007 (9): 13.
- [11] 崔云龙,曹静,虞咸祥. 建井工程手册 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2003: 1307.
- [12] 姚普,肖为国,沈秋华. 脲醛树脂化学浆液与水泥浆液可注性对比试验研究 [J]. 能源技术与管理, 2009 (1): 61-62.
- [13] 李振民,魏福敬,翟武. 有机注浆材料在刘庄副井工作面注浆中的应用 [C] // 矿山建设工程新进展: 2005 全国矿山建设学术会议文集. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2005: 411-412.
- [14] 王档良,童培国,武善元. 化学注浆治理巨厚表土层井壁漏水 [J]. 水文地质工程地质, 2007 (3): 107-108.