

新汶矿区深部冲击地压防治技术研究*

任勇杰

(新汶矿业集团公司, 山东 新泰 271219)

摘要:冲击地压是世界范围内煤矿生产中最严重的自然灾害之一。新汶矿区的开采深度较深,冲击地压是矿井安全生产的一个严重威胁。该文针对孙村矿二、四层煤层及其围岩,建模分析了在不同采动条件下地应力分布规律和发生冲击地压的危险程度,并根据分析结论,提出了在实际采矿作业中应采取的解危方案和综合防治措施。

关键词:煤矿;深部冲击地压;建模分析;开采对策;新汶煤矿

中图分类号:TD324⁺. 2

文献标识码:A

0 引言

新汶矿业集团公司所属的矿井平均采深 900 m,为典型的深部开采矿区。在深井重力应力场约束下保存的构造应力场以及采动造成的集中应力已使煤(岩)体产生“强烈”的破坏,发生严重的、频繁的冲击地压,给矿井的安全和生产带来巨大的影响。

受构造应力场和重力应力场双重作用而发生冲击地压的矿井近几年来逐渐增多,冲击地压的强度和频率呈递增趋势发展,以孙村煤矿和协庄煤矿为代表的新汶矿区以及以潘西煤矿为代表的莱芜矿区都已发生过不同类型和不同级别的冲击地压,更为严重的是在原始应力区内掘巷也发生强烈的冲击现象。可见冲击地压问题是新汶矿区的一个普遍的重大技术性难题。

1 冲击地压机理发展和诱发因素研究

冲击地压,是采矿诱发的矿井地震,是矿井的一大自然灾害。冲击地压发生时,围岩迅速释放能量,煤岩突然被破坏,造成暴风、冒顶片帮、支架折断、巷道堵塞、地面震动、房屋损坏和人员伤亡。我国的煤矿大多数建于 20 世纪五六十年代,目前已进入深部开采阶段,冲击地压灾害日趋严重。

1.1 冲击地压机理发展状况

对冲击地压机理的研究,国内外曾提出了多种理论。按现代力学理论观点来看,主要有强度、能量、刚度、冲击倾向、煤岩失稳和三因素理论等。实际上,上述这些理论都是相互关联的,因其关联而存在的“三准则”理论是对强度、刚度和能量理论的综合;变形系统失稳理论是对强度、刚度和能量理论的更深入总结和发展,用这 2 种理论可以对冲击地压发生的条件进行数值模拟,但“三准则”理论不具备可操作性,变形系统失稳理论在必要条件上还不够具体;突变理论本质上也是对能量、强度和刚度理论的进一步发展,但对冲击地压发生的充要条件还解释不够;分形理论只是一种可预测性和相关性的研究尚未上升到机理上的认识;“三因素”理论是对冲击倾向理论和能量理论的综合与发展。总之,在目前的各种理论当中,强度、能量和冲击倾向理论是最根本性的理论,其余的均是这 3 种理论的总结和发展^[1]。

1.2 诱发冲击地压的因素

(1)煤(岩)层的冲击倾向。冲击地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动力现象,孙村煤矿二、四层煤冲击倾向试验结果表明:矿井二层煤属强烈冲击倾向煤层,四层煤属中等冲击倾向煤层,二层煤顶板属中等倾向,四层煤顶板无冲击倾向,二、四层煤均为冲击地压煤层,四层煤的冲击倾向比

* 收稿日期:2007-06-26;修订日期:2007-07-30;编辑:王秀元

作者简介:任勇杰(1975-),男,山东牟平人,工程师,主要从事生产技术掘进管理工作。

二层煤弱。二、四层煤及顶板冲击倾向性测定结果见表 1,表 2。

表 1 二、四层煤冲击倾向性测定结果

| 工作面名称 | 1218 工作面 | 1417 工作面 |
|---------------|----------|----------|
| 抗拉强度 (MPa) | 1.02 | 1.27 |
| 抗压强度 (MPa) | 29.3 | 17.6 |
| 弹性能量指数 (WZT) | 2.54 | 2.0 |
| 动态破坏时间 DT(ms) | 33 | 51 |
| 冲击倾向综合评判结果 | 强烈 | 中等 |

表 2 二、四层煤顶板冲击倾向性测定结果

| 工作面名称 | 1218 工作面 | 1417 工作面 |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| 采样深度 (m) | 838 ~ 839 | 825 ~ 841 |
| 抗弯强度 (MPa) | 11.8 | 13.0 |
| 视密度 (kg/m^3) | 25.98 | 26.12 |
| 弹性模量 (10^4MPa) | 3.5 | 2.1 |
| 弯曲能量指数 (kJ) | 17.29 | 4.97 |
| 冲击倾向鉴定类别 | 中等冲击倾向 | 无冲击倾向 |

(2)开采深度。地下岩(煤)体中积聚的弹性能与开采深度的平方成正比,开采深度的增加使采场内煤岩体的弹性能量增大,当采掘活动破坏了煤岩体的能量平衡时,极易发生冲击地压^[2]。

(3)地质构造。孙村煤矿地质构造复杂,断层多,当工作面前方存在较大断层时,由于断层的阻隔,煤体内积聚的弹性能不能向前传递,因而在断层附近积聚形成较高的聚能区,当采掘工作面接近聚能区时,其力学平衡遭到破坏,促使能量释放产生冲击地压。

(4)煤柱。开采过程中由于不合理的设计和开采顺序,留有煤柱或孤岛工作面,受到多侧采空区支撑压力的影响产生压力叠加,形成煤柱集中应力,煤柱上的集中应力不但对所在层煤的开采影响极大,而且向下层煤传递对下层煤形成冲击条件^[2]。

(5)煤层的顶底强度。二、四层煤顶底板均为砂岩,强度高,可变形小,对煤体的夹持作用强,煤体中积聚能量不易被顶底板吸收掉,容易发生冲击地压。

(6)采掘程序。深部煤层开采后形成较高的集中压力,应力系数大,使煤层中积聚的弹性能成倍增加,采掘作业在支撑压力区内进行时,就有了发生冲击地压的可能^[2]。

(7)放炮。放炮产生的振动和冲击波,在煤体内产生动态应力,打破煤体的应力平衡,改变煤体的受力状态,降低其强度,诱发冲击地压^[3]。

2 冲击煤层防冲安全技术研究应用

新汶矿业集团孙村煤矿目前主要开采煤层为二层煤和四层煤。经煤炭科学研究总院北京开采研究所岩石力学试验室测定,二层煤和四层煤及其顶底板均为中等以上冲击倾向煤层或岩层。在实际生产中,二层煤和四层煤均发生过程度不一的冲击地压事故。为减弱二层煤和四层煤冲击地压事故发生强度和频率,极有必要对二层煤和四层煤开采应力分布和相关的煤柱的破坏状态有所认识。针对新汶矿区孙村煤矿四层煤冲击地压危险程度进行了评价和分析,并制定出相应的解危方案。

2.1 数值分析模型

模拟分析了四层煤的开采情况。在模拟分析四层煤开采情况时,主要模拟分析了在不同倾斜长度条件下四层煤工作面超前支承压力的分布规律;不同宽度的四层煤区段煤柱破坏状态;四层煤工作面开采对二层煤应力影响;四层煤煤柱留设对二层煤应力影响。为达到上述目的,应用大型专业数值模拟软件 FLAC^{3D}建立了相关的数值模拟模型(图 1,图 2)。

2.2 四层煤数值模拟结论

(1)通过模拟分析四层煤工作面开采超前支承压力的分布规律,可以得知:目前,四层煤生产工作面采深大,煤层应力绝对值大,原岩垂直应力约在 24.0 ~ 25.0 MPa 之间。因此超前支承压力的峰值也处在一个较高值,约在 28.3 ~ 28.5 MPa 之间。不过,应力集中系数并不大,一般只有 1.15 ~ 1.17。集中程度较小,冲击地压发生机率也要小些,但应力峰值与煤壁距离很小,一般为 3 m,因此又使得冲击地压发生机率增大。

孙村煤矿煤岩倾角较大,平均为 27°;超前支承压力的峰值和集中程度在靠近下帮的位置较小,而在靠近上帮的位置则要较大。在工作面基本稳定后,工作面回采对上帮的超前影响范围较大,约为 29 m,而对下帮的超前影响范围较小,约为 24 m。

通过模拟分析,还可以得知,上述结论与工作面倾斜长度没有明显关系。

(2)通过模拟分析不同宽度煤柱的破坏形态,可以得知,煤柱剪切破坏深度与煤柱宽度没有明显关系。虽然煤柱宽度不同,但煤柱上下端剪切破坏

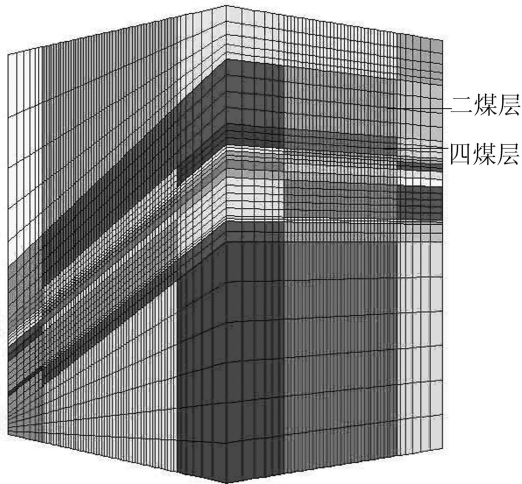


图 1 四层煤工作面模拟模型

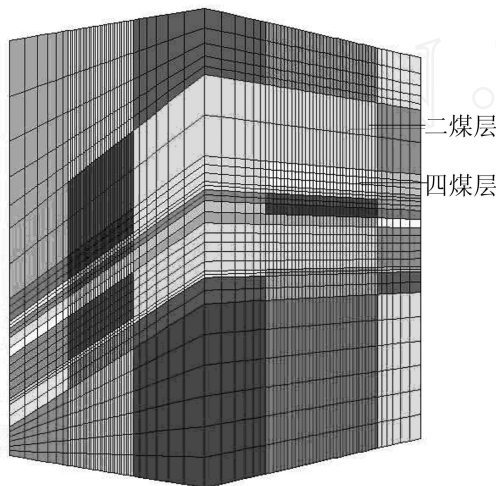


图 2 四层煤煤柱模拟模型

深度均约为 2 m。

煤柱宽度不等,煤柱内垂直应力分布规律有所不同。就四层煤而言,煤柱宽度 > 12 m 时,煤柱内垂直应力分布呈现出明显的马鞍形,煤柱内存在两个应力峰值,分别与下端和上端相距 4.5 m 和 3.5 m。而当煤柱宽度 < 12 m 时,煤柱内垂直应力分布呈现出抛物线形状,煤柱内应力峰值只有一个。

煤柱宽度 > 12 m 的煤柱内应力峰值均要小于煤柱宽度为 12 m 的煤柱内应力峰值;煤柱宽度 < 12 m 的煤柱内应力峰值也小于宽度为 12 m 的煤柱应力峰值。就应力集中程度而言,12 m 的煤柱最强,导致工作面或顺槽发生冲击地压的机率要大于其他宽度的煤柱,这是必须避免的。

对于不同宽度的煤柱,煤柱内应力在工作面初采期均要小一些,而当工作面基本顶初次来压前后

将达到一个较大值,而后随着工作面进入正常回采期,煤柱内应力分布也逐渐稳定,应力值不再增大。

(3)通过模拟分析倾斜长度对四层煤工作面开采卸压效果的影响规律,可以得知,当工作面推进距离 < 42 m 时,无论工作面倾斜长度多少,工作面卸压高度没有明显变化。对于 4221 工作面,基本顶初次垮落步距即约在 30 ~ 40 m 之间,工作面推进 42 m 时,基本顶刚刚经历初次垮落,由此可以推断,在工作面基本顶初次垮落之前,工作面倾斜长度对四层煤开采卸压高度基本没有影响。

当工作面推进距离 > 42 m 时,工作面倾斜长度对卸压高度影响渐渐显现出来。根据 4221 工作面实际开采情况,当工作面推进距离达到 54 m 时,基本顶已经经历过初次周期垮落,此时工作面已经进入正常回采时期,工作面来压显现趋于稳定,对二层煤及其顶底板卸压影响也趋于稳定,卸压高度及卸压角基本保持不变。由此推断,当工作面推进距离为 54 m 时,工作面开采达到的卸压高度为最大值。当工作面倾斜长度为 52 m 时,最大卸压高度为 43.7 m,而工作面倾斜长度为 100 m 时,最大卸压高度为 52.1 m,由此可见,工作面倾斜长度对卸压高度影响较大。但同时也得知,当工作面倾斜长度 > 84 m 时,最大卸压高度将基本保持不变。

另外,通过模拟分析还得知,工作面倾斜长度对下卸压角和上卸压角的影响不明显,不同长度下的下、上卸压角分别在 $50^\circ \sim 55^\circ$ 和 $75^\circ \sim 80^\circ$ 之间。

(4)通过模拟分析四层煤煤柱宽度对二层煤应力集中影响规律,可以得知,随着煤柱宽度的逐渐减小,煤柱对二层煤的应力集中影响逐渐减小,反而由于上、下区段工作面的开采,二层煤内存在普遍的应力释放。当煤柱宽度为 12 m 时,二层煤内应力与原岩应力基本相同,由此判断,四层煤煤柱宽度最大不应该超过 12 m, < 6 m 时则不会影响卸压效果。

3 开采对策与方案

根据以上数值模拟结果和冲击地压发生机理分析,孙村煤矿二层煤属强烈冲击倾向,二层煤顶板属中等冲击倾向,四层煤属中等冲击倾向,四层煤顶板无冲击倾向,采掘过程中二层煤的冲击地压危险程度远远大于四层煤,尤其是下行开采时二层煤的危险性更大。四层煤的开采对上覆二层煤的卸压有明显的效果,决定采用上行开采方案。

二、四层煤上行开采的可行性包括 2 个方面：
层间距及层间岩性是否满足上行开采的基本条件；
下位四层煤采动影响后，二层煤煤层复合顶板结构能够适应工作面托顶煤开采。

根据以上分析模拟结果，上行开采后，会出现二层煤工作面集中应力与四层工作面采空区边缘煤柱集中应力的叠加。以往二、四层煤所发生的冲击地压基本上都是在应力叠加区内，表明同一煤层两侧采空区形成的应力叠加区或者上下煤层采动应力叠加区内，具有发生冲击地压的应力条件，极易发生冲击地压。因此，在二层煤工作面应力叠加区必须采取冲击地压防治措施，以提高开采的安全性。另外要采取矿压观测，监测上行开采工作面支护质量，评价上行开采顶板维护效果，监测巷道围岩变形，评价上行开采巷道维护效果。

根据计算模拟研究成果，四层煤采空区内侧 10 m 至外侧 70 m 范围为叠加应力作用区，两层煤采动应力叠加比较明显，是二层煤工作面冲击地压的重点防治区域。为此，提出采用煤层预注水及提高注水效果的措施、钻屑法监测措施、必要时的局部卸压爆破解危措施等实用有效、经济简便的方法^[3]。

参考文献：

- [1] 王淑坤. 冲击地压机理 [J]. 岩石力学与工程学报, 1996, 15 (4): 500 - 503.
- [2] 布霍依诺. 矿山压力与冲击地压 [M]. 李玉生译. 北京: 煤炭工业出版社, 1985, 14 - 15.
- [3] 陈文波. 冲击矿压产生原因及防治措施 [J]. 煤炭技术, 2005, 24 (4): 112 - 113.

Study on Bump Protection Technology in Deep Part of Xinwen Mine Area

REN Yong - jie

(Xinwen Mineralogy Limited Corporation, Shandong Xintai 271219, China)

Abstract: Bump is a dangerous hazard in coal mine production all over the world. Mining depth in Xinwen mine is very deep and bump is a great threaten to safe production. Pointing to No. 2 and No. 4 coal strata and country rocks in Suncun mine, distribution rule of earth stress in different mining conditions and damage degrees of bump happening are analyzed. According to analysis conclusion, protection countermeasures which will be used in exploration are put forward in this paper.

Key words: Coal mine; bump in deep part; model establishment analysis; mining countermeasures; Xinwen city

(上接第 23 页)

Demand and Protection Countermeasures of Fam land in Lanshan Area of Rizhao City

MENG Yan - li, BAI Yang, DING Xi - lian

(Shandong Institute and Laboratory of Geological Science, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Fam land is the foundation of agriculture, and agriculture is the foundation of the national economy. Existing fam land can meet the demand for agricultural products, but could not guarantee the building demand. By the end of 2020, construction - using land will reach 1,400 hm². Unused land in this area has bad quality and is difficult to explore. Fam land is very lack. Countermeasures for protecting fam land is to control population growth, non - agriculture construction occupying fam land, carry out land consolidation and reclamation, improve low - yielding fields and improve fam land productivity.

Key words: Demand for fam land; fam land protection; Lanshan area; Rizhao city