

Analysis and Research on Comprehensive Factors of Deformation and Failure in Dynamic Coal-Pressing Lane

Haijun Zou

Xiaojiawa Coal Mine, Shanxi Jinxing Energy Co., Ltd., Lvliang, Shanxi, 033600, China

Abstract

Aiming at the support problem of dynamic pressure coal roadway in Xiaojiawa Coal Mine, China, taking 211304 auxiliary transportation level roadway as an engineering example, this paper comprehensively analyzes the deformation and failure of mining roadway in complex surrounding rock environment from the roadway layout, roof lithology, coal seam inclination, and support method. It is concluded that the combined effect of suspended roof, roof mudstone, coal seam inclination and roadway support parameters of adjacent fully mechanized caving working face is the main reason for the bottom heave, roof subsidence, two-side shrinkage and ultimately the failure of support in the mining roadway. Through comprehensive analysis and research on the causes of deformation and failure of the 211304 auxiliary roadway, it provides a basis for the surrounding rock control of the 211305 and 211306 auxiliary roadway under similar conditions.

Keywords

dynamic pressure; coal lane; stress; deformation of surrounding rock; supporting

动压煤巷变形破坏综合因素分析研究

邹海军

山西锦兴能源有限公司肖家洼煤矿, 中国 · 山西 吕梁 033600

摘 要

针对中国肖家洼煤矿动压煤巷支护难题, 以 211304 辅运平巷为工程实例, 论文从巷道布置、顶板岩性、煤层倾角、支护方式等方面综合分析复杂围岩环境下回采巷道变形破坏因素。得出相邻综放工作面悬顶、顶板泥岩、煤层倾角以及巷道支护参数综合作用是回采巷道出现底鼓、顶板下沉、两帮收缩并最终导致支护失效的主要原因。通过对 211304 辅运平巷变形破坏原因综合分析研究, 为相似条件下的 211305、211306 辅运平巷围岩控制提供依据。

关键词

动压; 煤巷; 应力; 围岩变形; 支护

1 引言

大跨度全煤巷道围岩稳定性是留煤柱放顶煤回采工艺中关键技术问题之一。对于单翼采区而言, 一次全断面开挖, 除自身围岩变形外, 还要经历相邻工作面及本工作面两次采动影响, 都可能导致巷道顶板大面积冒落、两帮破碎、底鼓等剧烈矿压显现, 给回采巷道的维护带来困难。针对 211304 辅运平巷支护难题, 通过对巷道变形破坏因素综合分析, 基于一体化综合控制思路, 确定巷道修复支护优化方案。

2 地质生产条件

肖家洼煤矿位于山西省吕梁市兴县境内, 矿井设计生产能力 8.0Mt/a, 井田面积 60.4km², 可采储量 753Mt, 服务年限 69.8a。目前矿井正在回采 8[#] 煤 11 采区和 13[#] 煤 21 采区。

回采巷道出现较为严重的矿压显现问题始于 21 采区 211304 辅运平巷。巷道净高 3.5m, 净宽 5.4m, 净断面积 18.9m², 设计长度 3155.5m。地面标高 +1152.2~+1291.8m, 井下标高 +854~+907m。211304 辅运平巷东邻 211303 综放工作面; 西邻 13[#] 煤层未开采区域; 南邻井田边界; 北邻 21 采区辅运上山。211304 辅运平巷布置如图 1 所示。

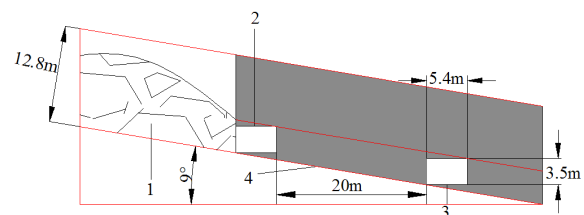


图 1 211304 辅运平巷布置示意图 (1: 211303 综放工作面; 2: 211303 胶运平巷; 3: 211304 辅运平巷; 4: 保护煤柱)

从现场实际观测情况来看,简单地采取加强支护并不能从根本上解决巷道围岩变形问题,必须对巷道动压成因及传递规律进行分析,并采取针对性措施,这样才能从根本上解决问题^[1]。

3 动压煤巷变形破坏因素分析

3.1 相邻工作面侧向悬顶因素

211303 综放工作面进行大面积回采以后,采空区上覆岩层重量将向周围支承区转移,形成支承压力带。在工作面前方形成移动性支承压力,在工作面倾斜方向形成侧向支承压力,在工作面后方形成残余支承压力。211303 综放工作面后方顶板能够及时垮落,而胶运平巷上方顶板却保持长距离悬顶,形成工作面与保护煤柱侧向支承压力的传输通道,211303 胶运平巷与 211304 辅运平巷之间 20m 保护煤柱赋存较大的支承压力,使得 211304 辅运平巷出现了底鼓、顶板坠包、两帮严重收缩等动压现象。

工作面回采后,采空区侧上覆岩体垂直于工作面推进方向的断裂剖面如图 2 所示。随着煤层采出,直接顶随之发生不规则的垮落下沉,与其上方的基本顶发生离层。基本顶在直接顶垮落后,发生断裂、回转或弯曲下沉,在采空区侧形成由断裂块体组成的相互铰接结构^[2]。

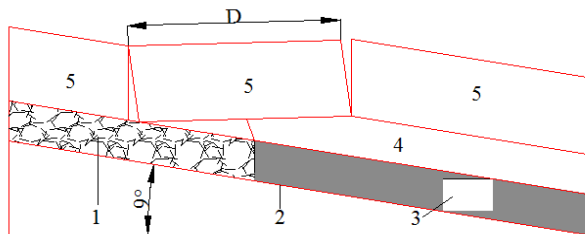


图 2 回采巷道侧向顶板破断规律 (1: 211303 采空区; 2: 20m 保护煤柱; 3: 211304 辅运平巷; 4: 直接顶; 5: 基本顶)

保护煤柱处于悬臂下方,随着工作面不断向前推进,巷道悬顶长度不断加大,较长的厚层悬臂使煤柱承担过大的附加载荷,在应力传递转移作用下相邻回采工作面巷道围岩变形失稳,可见悬臂块体对于相邻回采工作面巷道围岩稳定至关重要。块体主要包括 3 个基本尺寸:侧向断裂跨度 D ,沿工作面推进方向的悬顶长度 L 和块体的厚度 h 。可用式 (1) 进行计算:

$$D = \frac{2L}{17} \left[\sqrt{\left(10 \frac{L}{S}\right)^2 + 102} - 10 \frac{L}{S} \right] \quad (1)$$

侧向悬顶长度 L 与侧向断裂跨度 D ,工作面长度 S 有关。

采用控制变量法,在工作面长度 S 一定的条件下,侧向悬顶长度 L 与侧向断裂跨度 D 的关系如图 3 所示。

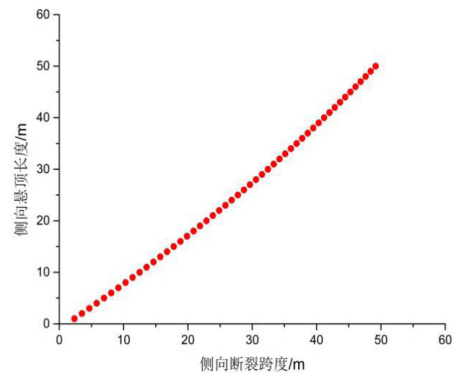


图 3 侧向悬顶长度与侧向断裂跨度关系

如图 4 所示,依据 211303 综放工作面与 211304 回采巷道相对位置关系和生产地质条件,采用 FLAC3D 数值模拟软件建立计算模型。计算模型总体尺寸为 $300 \times 100 \times 106\text{m}$,模型底面固定,4 个侧面限制水平运动。模型以煤柱沿走向方向中点为原点布置测点,超前工作面范围为 $0 \sim 50\text{m}$,滞后工作面范围为 $-50 \sim 0\text{m}$,工作面每推进 5m 记录一次测点塑性区、垂直应力、水平应力变化情况。

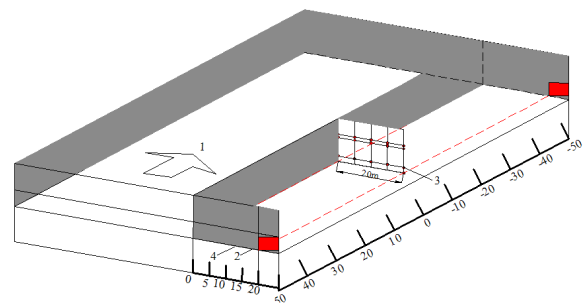
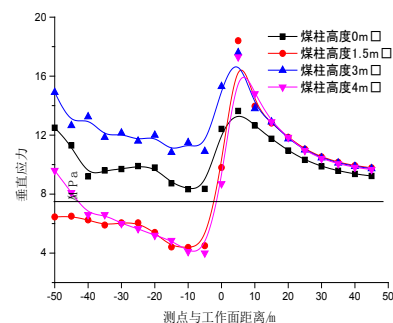
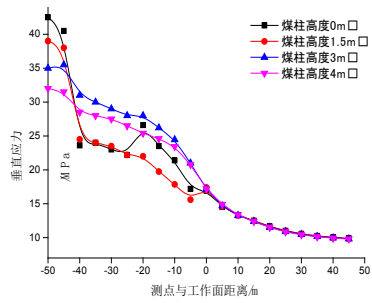


图 4 数值模拟模型 (1: 211303 综放工作面; 2: 211304 辅运平巷; 3: 测点; 4: 20m 保护煤柱)

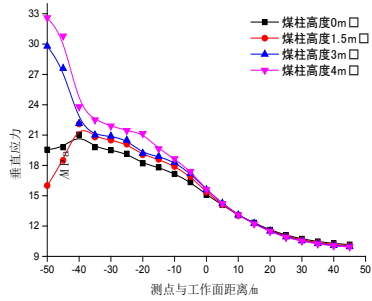
20m 保护煤柱不同宽度范围及 211304 辅运平巷采煤帮应力分布规律数值模拟分析结果如图 5 所示。



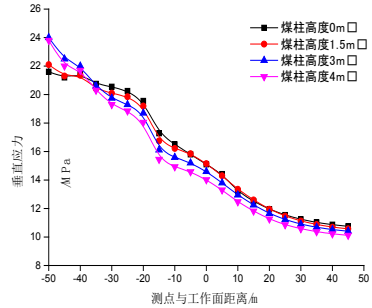
a. 煤柱宽度 0m 处



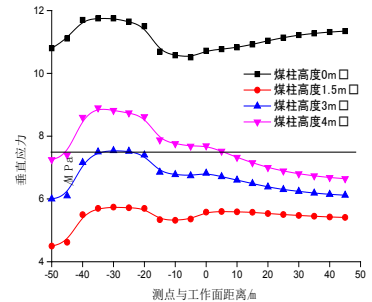
b. 煤柱宽度 5m 处



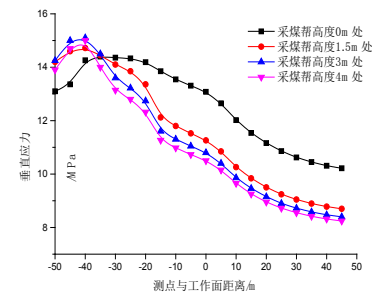
c. 煤柱宽度 10m 处



d. 煤柱宽度 15m 处

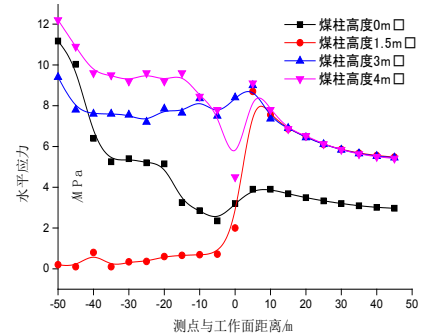


e. 煤柱宽度 20m 处

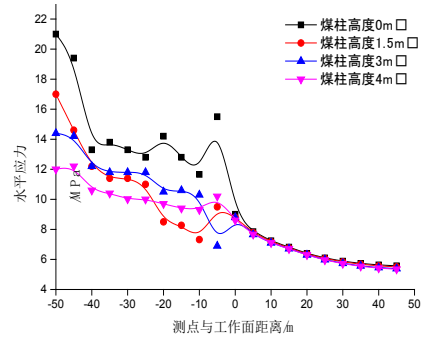


f. 巷道采煤帮

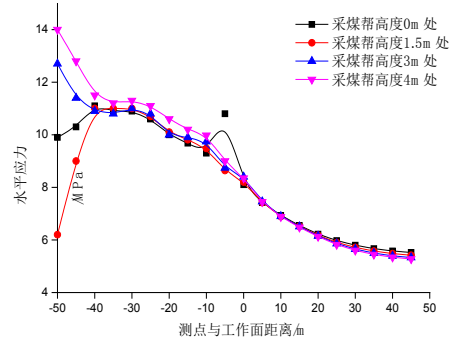
由图 5 所示, 测点位于工作面前方 50m 范围内时, 煤柱垂直应力随工作面的推进呈动态非线性上升趋势。从图中可见, 工作面位于测点前方 40m 处时, 煤柱宽度 10~20m 范围垂直应力出现拐点下降, 表明煤柱已卸压, 巷道煤柱帮开始出现变形。



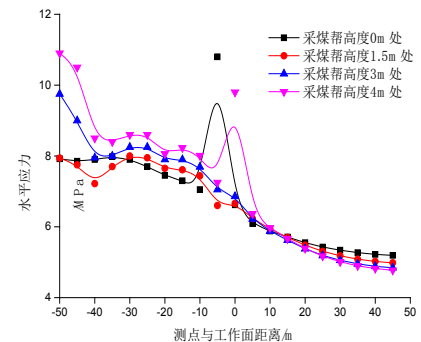
a. 煤柱宽度 0m 处



b. 煤柱宽度 5m 处



c. 煤柱宽度 10m 处



d. 煤柱宽度 15m 处

图 5 放顶煤条件下 20m 煤柱及巷道采煤帮不同高度垂直应力分布

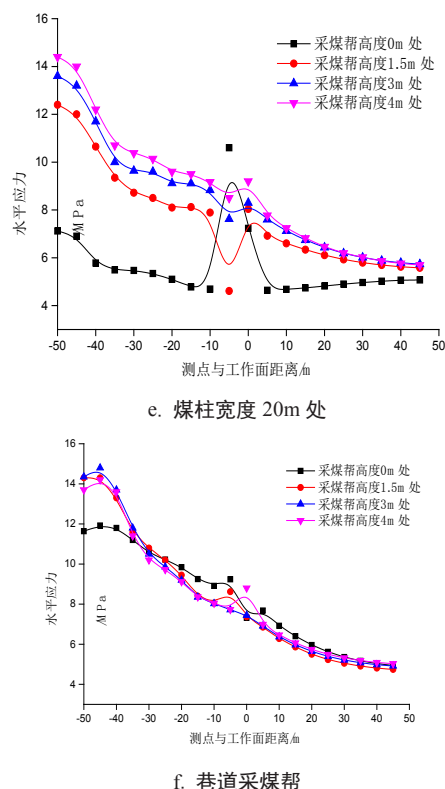


图 6 放顶煤条件下 20m 煤柱及巷道采煤帮不同高度水平应力分布

如图 6 所示,煤柱内水平应力随工作面的推进呈现出由慢到快、总体上升的非线性趋势。总体来看,巷道煤柱水平应力在工作面推过测点 40m 后,水平应力增长速率加大,并将保持长距离高应力范围,表明相邻工作面推进后方 40m 开始,巷道围岩将在高水平应力作用下开始发生变形,直至破坏。

综上分析,相邻工作面悬顶距离过长对回采巷道维护是极为不利的,必须在悬顶造成回采巷道围岩变形之前,及时采取强制放顶措施,切断应力传递^[3]。

3.2 顶板岩性因素

表 1 211304 工作面顶底板岩性

名称	岩石名称	普氏系数	厚度 (m)	特性
基本顶	粉砂岩	6.23	6.6 ~ 27.0	灰黄色及灰白色,厚层状粗粒砂状结构成分。
直接顶	砂质泥岩	6.74	3.1 ~ 3.50	层状构造,局部层理不明显,中粗粒结构,主要以石英为主,含长石及岩屑,泥质胶结,致密坚硬。
伪顶	灰黑色、深灰色泥岩	—	0 ~ 4.34	层状构造,泥质结构,断口平坦,固结性较好,较硬,遇水膨胀变松软。
直接底	泥岩	8.88	4.5 ~ 5.4	灰黑色,层状构造顶部含较多的植物根化石,成块状,粉砂泥质结构。

3.3 煤层倾角因素

3.3.1 上帮重力沿层面的分力导致上帮墙体挤入

如图 7 所示,受煤层倾角影响,在巷道上帮重力沿层面的分力作用下,巷道上帮煤体始终存在向巷内移动和垮落趋势,在不支护的条件下上帮煤体必然要向巷道内抽冒直至一定范围。

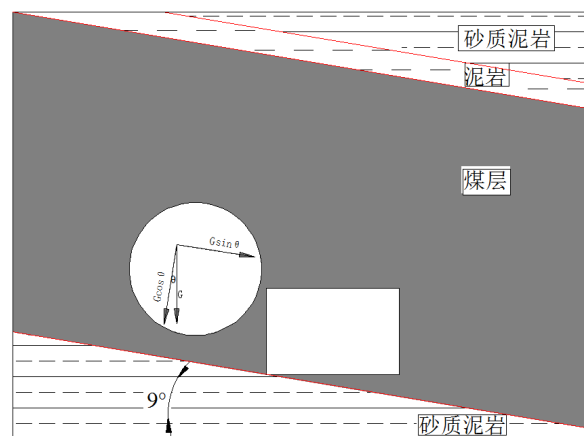


图 7 回采巷道上帮受力

在支护构件对巷道顶部煤体控制较好的条件下,巷道上帮容易出现如图 9 所示的墙体挤入巷内的破坏形式,特别是在巷道顶部布置多根锚索而上帮煤体附近有弱面的条件下。在回采巷道存在弱面且支护不到位的情况下,巷道上帮也会出现煤体挤入的变形破坏。

3.3.2 全煤巷道四周来压变形破坏

如图 8 所示,在特厚煤层条件下,所掘巷道的顶板方向保留一定厚度的顶煤,由于煤层倾角问题,巷道底板可能留有一定的底煤,这样布置的回采巷道在采动影响是四周来压,有可能锚杆支护系统没有失效而巷道失效,断面不能满足使用要求。由于底板一般不支护,四周来压底鼓更为突出。

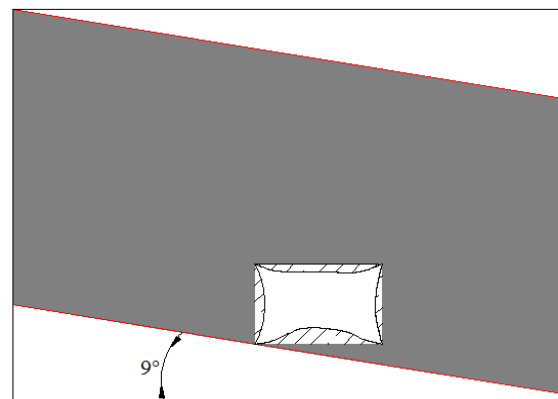


图 8 沿煤层底板掘进巷道四周全面来压

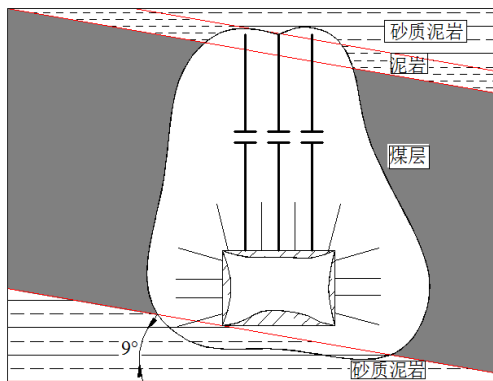


图 9 巷道上帮受力挤入巷内的破坏形式

对于 211304 辅运平巷,在上区段工作面回采动压影响下,要承受比其它回采巷道更大的压力,如图 9 所示。采用与其它回采巷道相同的掘进方式与锚杆支护参数,巷道维护效果会大打折扣,因此可以考虑采用破底板掘进,使巷道上帮锚杆能够锚入到底板岩层中^[4]。

4 结语

(1) 21 采区为单翼下行开采,相邻采掘工作面存在对采掘问题,巷道从开掘到投入使用要经历掘巷蠕变,同时相邻 211303 综放工作面采用全部垮落法管理采空区顶板,12.8m 厚的煤层采出后,在碎胀系数 1.35 的条件下将影响顶板 36.6m 厚的岩层,211303 工作面直接顶和基本顶分别为致密坚硬的厚层砂质泥岩、粉砂岩,在保护煤柱的支承作用下,211303 胶运平巷采空区形成了厚度大、跨度长的侧向悬臂梁结构,在应力的转移传递作用下,间接对 211304 辅运平巷形成侧向动压影响,使得 211304 辅运平巷在滞后相邻 211303

综放工作面 40m 开始出现巷道变形破坏现象。这是 211304 辅运平巷变形破坏的采掘接替、巷道布置因素。

(2) 211304 辅运平巷顶煤上方存在 0~4.34m 厚的泥岩伪顶,遇水膨胀使得锚索失效,同时使得巷道上方顶煤形不成支撑结构,而成为支护结构的载荷,出现顶板离层、下沉、变形、锚索拉断现象,这是 211304 辅运平巷变形破坏的岩性因素。

(3) 受煤层倾角影响,在巷道上帮重力沿层面的分力作用下,巷道上帮煤体始终存在向巷内移动和垮落的趋势,尤其在有弱面存在的情况下,巷道变形更加突出,因此考虑巷道破底掘进,将锚杆锚固到底板岩层中,这是 211304 辅运平巷变形破坏的地质因素。

(4) 211304 辅运平巷动压影响期间,采用常规支护参数不能有效控制围岩变形,锚索拉断现象十分普遍,需要重新对动压巷道支护参数进行分析研究,优化支护参数,这是 211304 辅运平巷变形破坏的支护合理性因素。

参考文献

- [1] 杨万斌,蔡美峰,郭廷华.大跨度全煤巷道开挖顺序数值模拟研究[J].采矿与安全工程学报,2006(04):437-441.
- [2] 康红普,王金华.煤巷锚杆支护理论与成套技术[M].北京:煤炭工业出版社,2007.
- [3] 杨永刚,张海燕,解盘石.复杂围岩环境下大断面巷道支护系统研究与实践[J].采矿与安全工程学报,2009(03):354-359.
- [4] 曾佑富,伍永平,来兴平,等.复杂条件下大断面巷道顶板冒落失稳分析[J].采矿与安全工程学报,2009(04):423-427.