

Research on the Dynamic Evolution Law of Supporting Pressure in Adjacent Mining Roadway of Huaye Coal Mine

Qin Xue

Shanxi Linxian County Huaye Coal Industry Co., Ltd., Lvliang, Shanxi, 033200, China

Abstract

Taking the 5202 adjacent mining face of Huaye Coal Mine as the engineering background, based on the understanding of the evolution law of static load stress of coal pillars in adjacent mining tunnels, a corresponding numerical model is established to study the dynamic evolution law of surrounding rock support pressure in mining tunnels. The conclusion shows that the distribution of support pressure in the process of adjacent mining along the groove can be divided into three stages: initial, rapid increase, and stable, that is, the initial stage where the vertical stress growth rate does not significantly increase; The rapid rise stage in which the vertical stress sustained by the surrounding rock of the tunnel continues to increase; The stable stage where the vertical stress level of the coal pillar remains within a constant range. This study has important practical significance for ensuring the safe construction of tunnels.

Keywords

adjacent mining and excavation; support pressure; mining influence; numerical simulation

华烨煤矿邻采邻掘巷道支承压力动态演化规律研究

薛勤

山西临县华烨煤业有限公司, 中国·山西 吕梁 033200

摘要

以华烨煤矿5202邻采邻掘工作面为工程背景, 在弄清邻采邻掘巷道煤柱静载荷应力演化规律的基础上, 建立相对应的数值模型, 研究采动巷道围岩支承压力动态演化规律, 结论表明顺槽邻采过程中支承压力分布在走向上分为起始、快速升高、稳定三个阶段, 即垂直应力增长速度未显著增长的起始阶段; 巷道围岩承受的垂直应力持续升高的快速升高阶段; 煤柱的垂直应力水平保持在一个恒定的范围的稳定阶段。该项研究对保障巷道安全施工具有重要现实意义。

关键词

邻采邻掘; 支承压力; 采动影响; 数值模拟

1 引言

5号煤在邻采邻掘开采技术中, 随着工作面的推进, 煤岩重力发生重分布, 大部分覆岩重力集中至煤柱^[1]。煤柱尺寸决定经济效益和安全性, 在规划煤柱尺寸时, 必须综合考虑以确保其合理性, 这在巷道设计的过程中至关重要。

综采过程中, 由于采场空间大, 覆岩影响区域远, 来压规律性弱, 各因素交叉干涉。从掘进开始至服务期满, 综采的邻采巷道会依次经历实体煤掘进、相邻工作面回采扰动、采空区掘进影响及本工作面回采扰动等多个阶段, 服务期长且应力环境多变, 致使围岩控制难度增加^[2]。所以, 继续探究在邻近开采过程中矿体压力的变化与巷道围岩的破坏机制对于实际生产具有重要意义。

2 工作面概况

5号煤层平均厚度3.6m, 顶板为泥岩, 底板为砂质泥岩。5202回风顺槽上方4号煤层(与5号煤层层间距约2.2m)有2个工作面回采, 分别为4201工作面和4202工作面, 并且5202工作面正上方为4号煤层4201采空区, 4号煤层工作面采用长壁后退式采煤法, 全部垮落法管理顶板的综合机械化采煤工作面。工作面平均采高为2m, 循环进度为0.6m。

二采区的5号煤层与4号煤层之间距离介于2.03~5.17m, 平均间距为2.23m。5号煤层的厚度变化在2.22~4.64m, 平均厚度为3.48m。其单轴抗压强度范围在1.5~5.3MPa, 平均值为3.2MPa。5号煤层的顶板, 主要由泥岩和砂质泥岩构成, 岩性较软, 易于风化。顶板的单轴抗压强度在10.1~45.8MPa, 平均值为22.4MPa。抗拉强度为0.93MPa, 单向抗压强度为41.60MPa。5号煤层的底板主要成分为泥岩, 并含有部分砂质泥岩, 岩性较软, 易风化破碎。底板的单轴抗压强度在16.2~44.5MPa, 平均值为30.5MPa。

【作者简介】薛勤(1987-), 男, 中国山西临县人, 本科, 工程师, 从事采矿工程研究。

砂岩胶结紧密坚固。

3 5202 回风顺槽围岩支承压力动态演化过程研究

3.1 迎采对掘巷道煤柱静态负荷应力演变特征

砌体梁与悬臂梁在断裂时释放的震动能量与产生的冲击力都将对煤柱施加影响。在工作面后方,煤柱受到此影响导致侧面受到的荷载逐渐升高,并且随着工作面的持续推进这种影响逐步加剧,顶板动载荷逐渐集中于煤柱。在这种多重荷载的叠加影响下,煤柱的稳定性将受到严重影响,最终可能导致煤柱失稳破坏,并进一步引发上方岩层的断裂和下沉^[9]。

3.2 迎采动巷道围岩垂直应力动态分布规律研究

模拟 5202 回风顺槽在 5201 工作面回采时的采动影响。模拟过程为:原岩应力计算—5202 回采巷道—5201 工作面与 5202 回风顺槽相向同时推进—计算平衡。

煤层掘动前,围岩未经扰动处于原岩应力状态。随着采掘活动的进行,煤层的力学特征将发生显著变动。在此进程中,巷道后方顶板垮落导致围岩应力重分布进而在采空区周围形成应力集中区域。同时,迎采动巷道与回采工作面之间的距离逐渐缩短也会使巷道经历不同程度的应力叠加效应。这种应力叠加可能会对煤柱和巷道的稳定性造成一定影响,需要采取相应的支护和监测措施来确保工作面的安全

回采。

在 FLAC3D 模拟软件中创建了 5202 回风顺槽巷道的腰部 X—Y 水平剖面,利用编写的 Fish 脚本语言对表面单元进行迭代遍历,并收集到各个单元的坐标和对应的力学参数。利用这些数据可绘制迎采动过程中不同阶段的垂直应力三维分布图,如图 1 所示。该图描绘了迎采对掘巷道与回采工作面处于不同距离时支撑压力的动态变化情况。

由图 1 所示,5201 工作面与 5202 回风顺槽相互靠近的进程中,5202 回风顺槽的两侧都明显出现应力集中区。巷道的垂直应力分布特征在时间与空间维度上呈现出不同的力学特征。基于此受力特征将煤柱和 5202 回风顺槽的力学特征按照其走向划分为以下三个阶段。

3.2.1 阶段 1: 起始阶段

阶段 1 即为距离超前工作面 50m 以外的区域,在此区域内煤柱受采动影响相对较小。因此,煤柱的支承压力保持在较低水平,应力的增长速度也相对缓慢。此阶段的应力分布曲线图呈现出对称双峰的特点,其中煤柱中部的支承应力大约在 8~8.5MPa。煤柱靠近工作面的一侧应力峰值约为 9.7MPa,而靠近巷道的一侧应力峰值则为 9.5MPa。值得注意的是,在此阶段回采工作面与迎采巷道的相对位置变化对煤柱垂直应力的影响较小。这表明在阶段 1,煤柱及其周围环境仍处于相对稳定的状态。

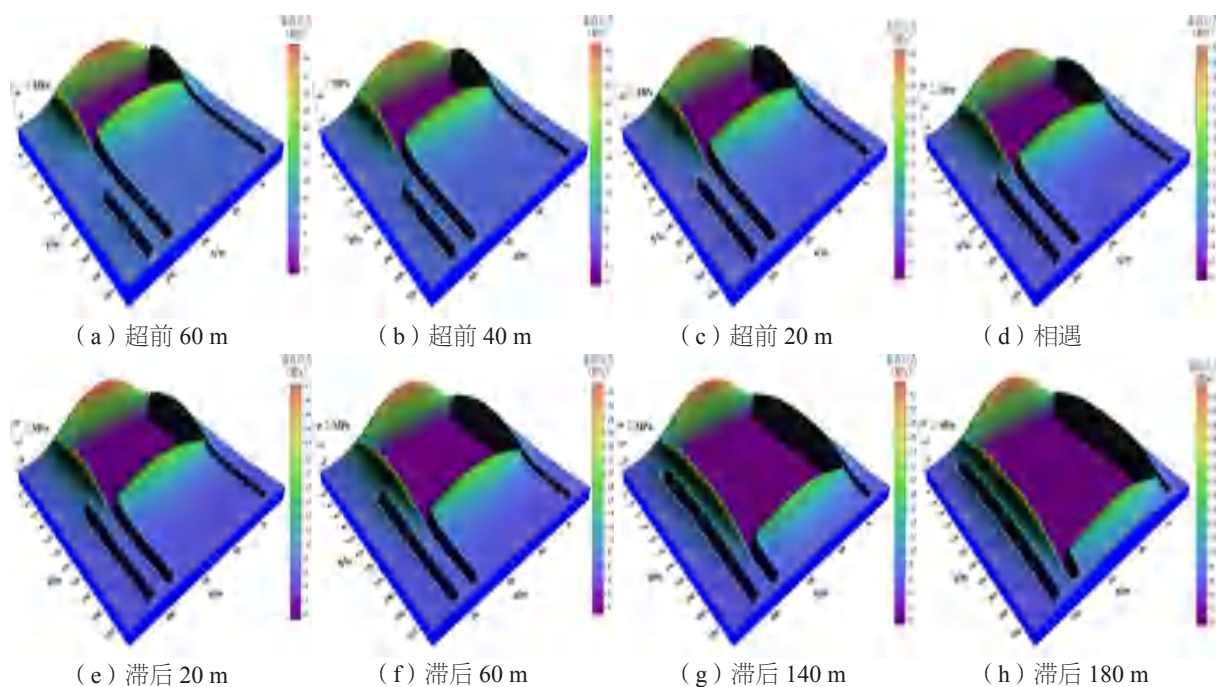


图 1 不同阶段三维垂直应力场分布形态

3.2.2 阶段 2: 快速升高阶段

在阶段 2 区域,即距离超前工作面 50m 至滞后 150m 的范围内,煤柱受到相邻工作面采动活动的显著影响。这一区域内,煤柱所承受的垂直应力迅速升高,呈现出明显的应力集中现象。在到达工作面前方 30m 时,工作面煤柱侧应

力峰值到达 12.5MPa,巷道侧为 12MPa;后方 30m 时,煤柱侧应力峰值升至 20MPa,相较于前者升高 60%,巷道侧升至 18MPa,高出 50%。

3.2.3 阶段 3: 稳定阶段

从滞后工作面 150m 至 200m 的区域称为阶段 3,随着

开采区域的逐步推进,顶板对后方煤柱的影响开始变弱。煤柱的垂直应力在稳定阶段不再随开采范围扩大出现快速增长,而是趋于稳定。工作面近侧,煤柱应力分布达到了一种稳态,峰值保持在18MPa,而巷道一侧的应力峰值也稳定在12.5MPa。这表明煤柱及其周围环境进入了相对稳定的阶段。

3.3 迎采对掘巷道支承压力动态变化规律数值模拟

3.3.1 数值计算模型

根据实际工程情况建立5202回风顺槽沿空掘巷数值模拟模型,模型的长×宽×高=240m×245m×100m。模拟计算过程为:原岩应力计算—5201工作面顺槽开挖—5201工作面与5202回风顺槽相向同时推进—计算平衡。

3.3.2 迎采巷道侧向支承压力分布特征

在工作面回采过程中,端头超前60米区域出现了显著的应力叠加现象。在煤柱后方形成了一个应力集中区,形状似“椭圆”。相邻采空区两帮煤体的应力明显上升。图2详细展示了5202回风顺槽在不同距离下相对于5201回采工作面的煤柱走向垂直应力峰值分布数据。依据图中数据可总结出煤柱应力变化的规律,由此把煤柱和5202回风顺槽实体煤帮的受力特征沿着其走向细分为以下四个阶段:

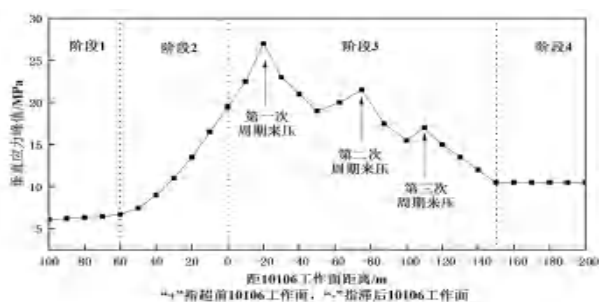


图2 煤柱走向垂直应力峰值分布曲线

①第一阶段：支承压力起始阶段。

第一阶段是位于超前工作面60m以外的区域。在这一阶段,煤柱受到工作面回采活动的影响相对较小,因此支承压力的峰值增长速度也相对较慢。

②第二阶段：支承压力快速升高阶段。

第二阶段为超前工作面60m以内的区域。此阶段煤柱

明显受到临近工作面的影响,煤柱压力显著增加。在工作面周边,煤柱所承受的最大应力高达18MPa,应力集中系数为3.6。

③第三阶段：支承压力的峰值波动阶段。

第三阶段覆盖了工作面后方150m内的区域。随着开采的进行,后方的采空区顶板开始频繁出现断裂和坍塌等现象。这些现象导致煤柱的侧向应力显著增加,侧向应力的峰值达20.6MPa,应力集中系数为4.12。5202号回风顺槽两侧的应力表现出不对称的高位振荡情况,在采空区顶板的持续高应力循环作用下,煤柱的塑性变形区域持续向周围延伸。

④第四阶段：支承压力稳定阶段。

第四阶段为工作面150m以外的区域,随着采掘活动的继续,采空区的基本顶发生大面积沉降,与坠落的石块充分接触并逐步压实达到稳定状态,该区域的煤柱支撑压力逐步降低至原始的岩石应力水平。

4 结论

第一,5202回风顺槽迎采动活动中垂直应力分布特征可按走向划为以下三个阶段:①垂直应力增长速度未显著增长的起始阶段;②巷道围岩承受的垂直应力持续升高的快速升高阶段;③煤柱的垂直应力水平保持在一个恒定的范围的稳定阶段。

第二,5202回风顺槽围岩垂直应力走向上呈现出4个阶段性特征:①工作面前方60m外,受回采作用小,没有出现显著的应力集中或增长现象;②工作面前方60m范围,受超前支承压力与侧向支承压力交叉影响,煤柱支承压力迅速升高;③工作面后方150m范围,两帮应力处于非对称高位波动状态;④工作面后方150m外,支承压力逐渐降低。

参考文献

- [1] 马其华,王宜泰.深井沿空巷道小煤柱护巷机理及支护技术[J].采矿与安全工程学报,2009,26(4):520-523.
- [2] 石平五,许少东,陈治中.综放沿空掘巷矿压显现规律研究[J].矿山压力与顶板管理,2004(1):32-33+31-118.
- [3] 白志强.对采掘工作面围岩应力分布规律研究[J].山东煤炭科技,2018(10):24-25+28.