

近距离煤层群下位煤层开采顶板来压规律与稳定性控制

Mining Pressure Monitoring Analysis and Roof Management of Lower Coal Seam in Close Distance Coal Seam Group

张国江(煤炭工业石家庄设计院有限公司贵州分公司, 贵州 贵阳 550000)

摘要:针对近距离煤层群下位煤层在开采过程中,综采工作面与回采巷道容易出现的顶板冒落、煤壁片帮等动力灾害事故。本文以近距离煤层群 14101 综采工作面为工程背景,利用 UDEC 数值模拟软件对近距离煤层群下位煤层开采顶板垮落特征与来压规律进行研究,获得下位煤层开采顶板的来压规律。模拟结果表明来压强度低,但是来压频繁,导致顶板灾害事故容易发生。提出了工作面正常时期与特殊时期的顶板控制措施,通过对现场顶板矿压的监测,验证了顶板来压规律,采取相应的稳定性控制措施控制顶板,该研究对类似工作面开采顶板稳定性控制具有一定的参考价值。

关键词:近距离煤层开采;综采工作面;顶板管理;矿压监测

中图分类号: TD823 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2023)02-0059-05

Abstract: In view of the dynamic disaster accidents such as roof caving and coal wall spalling in fully mechanized mining face and mining roadway during the mining process of lower coal seam in close distance coal seam. Based on the engineering background of 14101 fully mechanized mining face in close distance coal seam group, this paper studies the roof caving characteristics and weighting law of lower coal seam mining in close distance coal seam group by using UDEC numerical simulation software, and obtains the weighting law of lower coal seam mining roof. The simulation results show that the weighting intensity is low, but the weighting is frequent, which leads to the occurrence of roof disaster accidents. The roof control measures in normal and special periods of working face are put forward. Through the monitoring of roof pressure on site, the roof weighting law is verified, and the corresponding stability control measures are beneficial to the stability control of roof. The research has certain reference value for the roof stability control of similar working face mining.

Key words: close distance coal seam mining; fully mechanized working face; roof management; mine pressure monitoring

1 前言

近距离煤层是指井田开采范围内相邻两煤层的层间距离很近,且开采相互间能具有显著影响的煤层,具有这种地质条件的矿区在我国分布比较广泛^[1-3]。在近距离煤层开采过程中,上位煤层开采之后,下位煤层开采区域的顶板强度和应力分布发生变化,顶板有效控制是影响下层煤开采的关键。因此,近距离煤层群安全高效开采是我国当今矿山开采技术攻关的主要方向之一,掌握近距离煤层群开采矿压显现规律,提出近距离煤层群顶板稳定性控制措施,从而实现近距离煤层下位煤层安全、高

效、绿色开采已经成为煤炭工业发展的一个重要问题^[4-8]。近距离煤层下位煤层在开采过程中,由于顶板受到上位煤层开采的损伤破坏,容易发生顶板事故。因此,本文以近距离煤层 14101 综采工作面开采为研究背景,利用 UDEC 数值模拟软件对近距离煤层群下位煤层开采顶板垮落特征与来压规律进行研究,提出工作面正常时期与特殊时期的顶板控制措施,以矿压监测系统在现场的实际监测数据为依据,为工作面顶板控制与支护设计提供重要参考,该研究对近距离煤层群下位煤层开采过程中顶板稳定性控制具有一定的参考价值。

2 工程概况

14101 综采工作面是 14 号煤层开采的首采工作面,工作面运输巷道走向长 1 580 m,回风巷道走向长 1 608 m,工作面斜长 200 m,工作面地质构造简单,煤层倾角 3°~5°,为近水平煤层。14101 工作面

[作者简介] 张国江(1983—),男,汉,工程师,从事煤矿瓦斯治理及通风管理工作。

[引用格式] 张国江. 近距离煤层群下位煤层开采顶板来压规律与稳定性控制[J]. 中国矿山工程,2023,52(2):59-63.

上临近12号煤层已回采完毕,12号煤层平均厚度为4.00 m,12号和14号煤层之间的垂直距离为11.00 m,依据煤矿安全规程,该矿井属于典型的近距离煤层开采。本次开采煤层为14号煤层,通过地质资料分析,该煤层结构简单,为稳定煤层,平均开采高度为2.50 m。煤层顶底板条件见表1。

表1 煤层顶底板条件

顶底板名称	岩石名称	厚度/m	岩性特征
基本顶	粗砂岩	7.68	成分以石英长石为主,胶结坚实
直接顶	细砂岩	5.5	成分以石英长石为主,钙质胶结
煤层	12#煤层	4.00	半暗型煤,黑~褐黑色条痕
底板	细砂岩	7.50	深灰色,与下伏层明显接触
下位煤层顶板	粉砂岩	3.50	浅灰白色,成份以石英为主
煤层	14#煤层	2.50	黑色粉末,煤质好
下位煤层底板	砂岩	4.50	深灰~灰色,团块状,吸水性强,易风化

3 下位煤层矿压规律数值模拟研究

本文以14101工作面的地质条件和开采技术为背景,利用UDEC软件模拟12#煤层开采后对14#煤层的影响情况及顶板破断特征^[9-11]。

3.1 初始模型的建立

模型中以煤层走向为x轴,沿铅垂向上方向为y轴,取计算模型长度为200 m,高度为100 m,其中12#煤层厚度为4.00 m,14#煤层厚度为2.50 m,模拟工作面采深300 m,施加9 MPa铅垂应力,为降低边界影响,模型两侧边界各预留40 m的过渡区,模型的左右边界限制水平位移,下部边界限制垂直位移,两边为固定边界条件,速率为零;底部同样为固定边界,速度为零,重力加速度取 9.8 m/s^2 。初始模型与岩性关系如图1所示。

3.2 上位煤层开采后塑性区发育情况

12#煤层开采塑性区域发育情况如图2所示,从图可以看出,下位煤层直接顶已经受到剪切破坏,塑性破坏主要在在工作面两端与中部位置。由于12#煤层与14#煤层之间的层间距为11.0 m,超过了塑性发育的最大深度,14#煤层直接顶板已经受到的损伤破坏。因此,在14#煤层开采过程中,需要注意顶

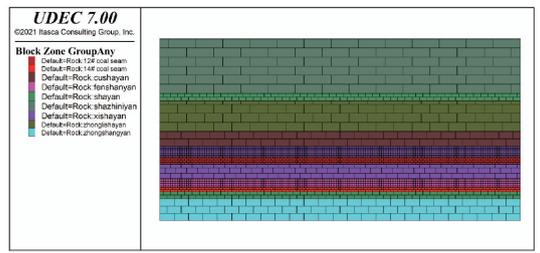


图1 初始模型

板的支护,防止顶板动力灾害事故影响工作面正常开采。

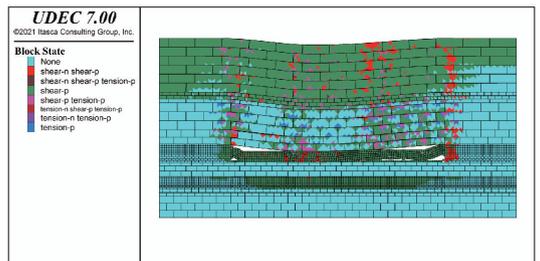


图2 12#煤层开采塑性区域发育情况

3.3 下位煤层开采过程中顶板破断特征

图3所示为不同推进距离下工作面顶板破断结构与垂直应力分布。由图可知:当工作面推进至20 m时,随着煤层采出后,顶板受到拉应力影响,但并未出现垮落,随着工作面的继续推进,在工作面推进至30 m时出现直接顶初次垮落,顶板应力得到释放,直接顶初步垮落步距约为20~30 mm;当工作面推进至40 m时,顶板大面积垮落,基本顶出现铰接结构,出现初次来压,上层采空区开始下沉;随推进距离的增加,当工作面推进至50 m时,上位煤层采空区弯曲下沉,下位煤层形成块体的铰接结构,极易出现失稳现象,造成上位煤层采空区研石向下充填,从而导致上位煤层的顶板结构发生变化,进行造成顶板二次垮落,严重影响到下位煤层的开采,垮落形成的动静载荷,使得下位煤层工作面及回采巷道围岩失稳,造成顶板变形失稳的灾害,导致无法正常生产。

因此,需要在下位煤层开采过程中,加强液压支架系统与其他支护手段的配合,采取了一定的支护措施,同时加强了组织管理,使得生产过程中顶板灾害的发生,从而提高生产效率。

4 近距离煤层开采工作面顶板控制

4.1 工作面正常时期的顶板支护方式

14101工作面为综采工作面,利用液压支架对

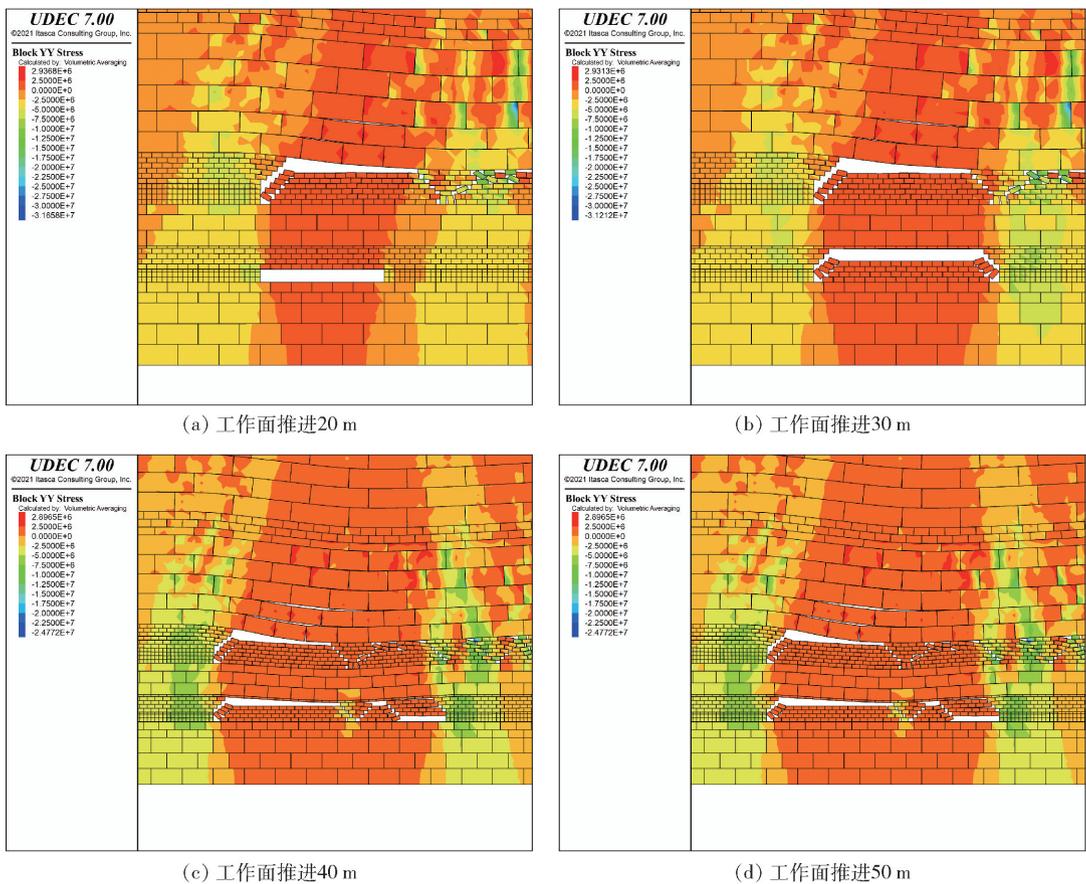


图3 不同推进距离下工作面顶板破断结构

采场顶板进行稳定性控制,工作面布置 89 架液压支架支护采场顶板。支架中心距 1.5 m,最大控顶距 5.24 m,最小控顶距 4.74 m,端面距不大于 0.34 m。要求初撑力不小于 24 MPa,并采用压力记录仪和双针压力表监测支架的工作阻力。超前及端头支护,要保证支护数量和质量,工作面顶、底平直,移架后支架高低前后一致。

4.2 工作面正常时期的特殊支护方式

(1)工作面在正常回采过程中,遇硐室时应提前加强支护。在硐室内支设单体支柱,配 0.6 m 钢梁,间排距均为 1 m。

(2)受上位煤层开采的影响,局部顶板较为破碎,开采前应对破碎顶板进行特殊支护处理,在开采过程中,要根据具体情况提前加强支护。

4.3 工作面特殊时期顶板控制

根据地质资料分析可知,在工作面回采期间,回采巷道掘进在过上位煤层工作面保护煤柱时,压力必然增大,需要加强对巷道支护。在回采时必须及时制定专项措施,加强超前支护,在煤柱影响区域,可以合理控制推进速度,减小在煤柱影响下的开采

时间,重点对煤层顶板进行加强管理,加强采场顶板的支护能力,防止发生煤壁片帮、端面冒顶等动力灾害事故。

4.4 工作面来压及停采前的顶板管理

(1)由技术科及时下达来压预报,生产队组提前搞好来压预防工作。

(2)割煤后及时带压擦顶移架且支架要接顶良好,工作面支架要求达到最小控顶距,支架达到规定的初撑力。

(3)提高工作面支架的工作阻力,消灭支架“跑、冒、滴、漏、串”液现象,保证液压支架的完好状态及卸载能力。

(4)端头回柱前,首先要检查好顶板,清理好退路,当顶板破碎时要支设替柱。

(5)割煤司机不得超过机头操作,机组在两头进刀时,端头作业人员必须躲进支架内。

(6)严格控制采高,保证最有利的开采高度,严禁超高开采。保证支架的支护强度和稳定,要求在正常开采时,每天按 10 刀煤组织生产,匀速推进。

(7)确保超前支护数量和质量。

(8)保证采空区顶板充分冒落。当采空区悬板超规定(工作面局部悬板面积超过 $2 \times 5 \text{ m}^2$)或塌落高度达不到采高的 1.5 倍时,必须停止生产,根据实际情况另编专项强制放顶措施进行处理。

(9)工作面要采直、采平,严禁出现台阶开采,防止采空区的煤体突出产生应力集中现象,工作面的顶板控制采取全部冒落法或人工强制放顶的措施管理顶板。进行强制放顶时,操作人员应在支护完好的安全地点区域内作业。

(10)清理巷道中的杂物,保持巷道畅通。

(11)设置顶板检查的安全员,对加固后的顶板进行检查,以防工作人员进行不规范作业,导致支护失效。

4.5 采空区顶板管理

1)初次放顶

根据上述矿压监测可知,采空区顶板初次跨落步距为 26 m 左右,垮落高度满足要求,不需进行人工放顶。

2)循环放顶

根据上述矿压监测可知,采空区顶板随采随落,周期来压频繁,但来压强度不明显。

5 近距离煤层顶板矿压监测分析

5.1 矿压监测

为了深入研究近距离煤层群采动影响下顶板破坏特征与矿压显现规律,结合近距离煤层群工作面具体开采工程技术条件,开展现场实测与矿压控制技术研究。通过对工作面液压支架的阻力变化进行观测,从而得到宏观顶板来压规律,由此可确定顶板来压步距和来压强度,掌握近距离煤层群下位煤层综采工作面的矿压显现规律^[12-16]。

本矿井采用 KJ216 综采支架工作阻力监测系统对液压支架工作阻力进行在线监测,支架是一组由前立柱和一组后立柱组成的四立柱支撑掩护式液压支架,每一个矿用支架数字压力计可以同时采集两通道即前后两立柱的工作阻力。液压支架工作阻力随工作面推进距离间的实测结果如图 4 所示。随工作面推进距离的支架工作阻力峰值统计情况见表 2。

5.2 矿压分析

由图 4 和表 2 可知,在工作面推进到 20 ~ 30 m 时,液压支架工作阻力出现了突然升高现象,依据矿压理论,可以判断直接顶初次垮落。随着工作面的

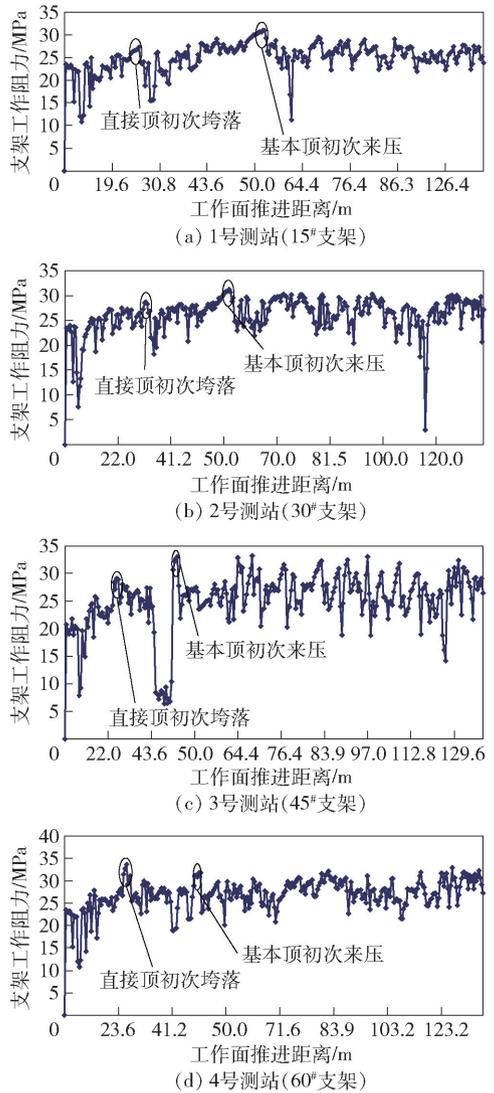


图 4 液压支架工作阻力实测结果

表 2 支架工作阻力峰值统计情况

测站 (支架)	工作阻力 峰值/ MPa	对应推进 距离/ m	工作阻力 峰值/ MPa	对应推进 距离/ m
No. 1 (15#)	27.3	23.6	30.0	45.2
No. 2 (30#)	28.7	30.2	31.2	51.0
No. 3 (45#)	28.9	24.6	33.0	46.2
No. 4 (60#)	33.6	25.6	31.8	43.3
平均值	29.6	26.0	31.5	46.4

继续推进,在工作面 40 ~ 50 m, 液压支架工作阻力再次发生较大变化,此时的支架工作阻力变化较大,依据矿压理论分析可知,此时基本顶发生破断,造成较强的来压显现。通过分析可得工作面来压步距为 45 m 左右,周期来压步距在 15 m 左右,与上述模拟结果一致。

通过上述分析可知,14101 工作面的直接顶初次垮落步距为 26 m,基本顶初次来压步距为 45 m 左右。受到 12 号煤层开采的影响,14 号煤层在开采过程中顶板来压强度降低,但是来压频繁,导致工作面生产过程中需要重点关注顶板的稳定性控制。

5.3 支架对工作面顶板的适应性

根据支架工作阻力实测结果可以看出,由于受到采动影响,除了初次来压期间支架工作阻力明显上升外,在周期来压期间支架工作阻力没有明显的周期性峰值变化,矿压显现不明显。表 3 为来压期间工作面内不同位置支架工作阻力分布情况。

表 3 来压期间工作面支架工作阻力分布情况

支架 压力/MPa	4# 支架		32# 支架		60# 支架	
	前	后	前	后	前	后
最大	29.4	26.8	30.6	29.1	31.2	25.2
最小	22.2	21.6	22.0	21.9	21.4	24.4
平均	25.8	24.2	26.3	25.5	26.3	24.8
发挥水平/%	68.3	64.0	69.6	67.5	69.6	65.6

根据工作阻力分布状况,基本顶来压期间所测支架工作阻力的平均值是前柱 26.1 MPa、后柱 24.8 MPa,分别是其支架额定工作阻力(37.8 MPa)的 69.2%、65.7%,同时可以看出所选支架前柱、后柱的支撑能力发挥具有不平衡性,前柱支撑能力相对较高,后柱支撑能力相对较低。

总体上来看,每组支架相邻的两架支架读数趋势相似,能够相互印证直接顶的垮落步距及基本顶初次来压步距。沿工作面倾斜方向,由于受工作面两端实体煤支撑作用,工作面上、下端头附近液压支架的工作阻力较小,工作面中部液压支架的工作阻力相对较大。

6 结论

(1) 利用 UDEC 数值模拟,得到直接顶初步垮落步距为 20 ~ 30 m,基本顶初次来压为 40 ~ 50 m,基本顶断裂导致上位煤层的顶板结构发生变化,进行造成顶板二次垮落,严重影响到下位煤层的开采,垮落形成的动静载荷,使得下位煤层工作面及回采巷道围岩失稳,造成顶板变形失稳的灾害,导致无法正常生产。需要在下位煤层开采过程中,加强液压支架系统与其他支护手段的配合,采取了一定的支护措施,同时加强了组织管理,使得生产过程中顶板灾害的发生,从而提高生产效率。

(2) 由于顶板受到上位煤层开采的影响,要加强对工作面顶板控制,对采空区、运输平巷、回风平巷及端头顶板进行管理。通过对 14101 综采工作面支架工作阻力进行监测,验证了上述分析的来压规律,为类似工作面开采的顶板稳定性控制提供了参考依据。

[参考文献]

- [1] 黄庆享,曹健,贺雁鹏,等. 浅埋近距离煤层群分类及其采场支护阻力确定[J]. 采矿与安全工程学报, 2018, 35(6): 1177 - 1184.
- [2] 程蓬,张剑,刘爱卿. 近距离煤层定量判定方法探讨[J]. 煤炭工程, 2017, 49(9): 118 - 121.
- [3] 彭高友,高明忠,吕有厂,等. 深部近距离煤层群采动力学行为探索[J]. 煤炭学报, 2019, 44(7): 1971 - 1980.
- [4] 李志海. 近距离煤层采空区下工作面顶板压力的控制[J]. 煤矿现代化, 2019(4): 131 - 133.
- [5] 刘锋,王新丰,邱辰,等. 综采工作面压力在线监测系统的应用[J]. 煤炭技术, 2014, 33(6): 248 - 250.
- [6] 杨瑞东. 口泉煤矿 8208 综放工作面开采顶板支护设计及控制措施研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40(5): 164 - 165.
- [7] 张伟. 近距离煤层采空区下综采工作面矿压显现规律[J]. 煤矿开采, 2011, 16(6): 84 - 86.
- [8] 董兴迎. 近距离煤层群下煤层开采矿压显现规律研究[J]. 煤矿现代化, 2020, No. 158(5): 143 - 145 + 148.
- [9] 杨国枢,王建树. 近距离煤层群二次采动覆岩结构演化与矿压规律[J]. 煤炭学报, 2018, 43(S2): 353 - 358.
- [10] 李强,吴桂义,孔德中. 近距离煤层群重复采动下端面冒顶影响因素分析及防治[J]. 工矿自动化, 2021, 47(8): 41 - 49.
- [11] 黄庆享,王小军,贺雁鹏,等. 浅埋近距离煤层开采顶板活化结构及支架动载研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2022, 39(5): 857 - 866.
- [12] 徐宏庆,冯芷胥,邓飞. 浅埋强矿压下工作面动载矿压显现规律及控制技术[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(4): 41 - 46.
- [13] 孙辉. 复合顶板巷道快速掘进技术实践分析[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(1): 65 - 67.
- [14] 王清亮. 近距离煤层下层煤开采采空区顶板控制技术[J]. 机械管理开发, 2018, 33(2): 81 - 85.
- [15] 郑英建. 极近距离煤层开采下煤层采场顶板破断规律[J]. 煤炭技术, 2021, 40(6): 59 - 63.
- [16] 孔德中,郑上上,韩承红,等. 近距离煤层群重复采动下端面稳定性分析[J]. 煤矿安全, 2019, 50(11): 220 - 223.