

高应力区卸压巷道合理位置及卸压效果试验分析

沈志平

上海大屯能源股份有限公司姚桥煤矿, 江苏 沛县
Email: shenzhiping022@163.com

收稿日期: 2021年2月24日; 录用日期: 2021年3月17日; 发布日期: 2021年3月24日

摘要

针对姚桥煤矿中央采区集中下山巷道受矿压影响变形严重的问题, 设计专用卸压巷道, 并通过相似材料模拟分析卸压巷道的卸压效果。结果表明: 7011采空区上部岩层裂缝形成一条基本连贯的抛物线, 并且与卸压巷上方的岩层相贯通, 卸压巷顶板和两帮都有较大的变形, 但对集中下山的影响较小, 卸压巷有效释放了采区压力; 卸压巷设在距离7011停采工作面40 m处是比较合理的, 可以有效地保护轨道下山; 此外, 让压煤柱所承受的地应力较大, 应留设足够的宽度的煤柱。

关键词

高应力, 卸压巷道, 相似材料, 矿山压力

Reasonable Position of Pressure Relief Roadway in High Stress Area and Test Analysis of Pressure Relief Effect

Zhiping Shen

Yaoqiao Coal Mine, Shanghai Datun Energy Co. Ltd., Peixian Jiangsu
Email: shenzhiping022@163.com

Received: Feb. 24th, 2021; accepted: Mar. 17th, 2021; published: Mar. 24th, 2021

Abstract

In view of the serious deformation of the centralized downhill roadway in the central mining area

of Yaoqiao Coal Mine affected by the mine pressure, a special relief roadway is designed and the relief effect of the relief roadway is analyzed through the simulation of similar materials. The results show that the fractures in the upper part of the 7011 goaf form a parabola which is basically continuous and connected with the strata above the relief roadway. The roof and two sides of the relief roadway have large deformation, but the impact on the concentrated downhill is small, and the relief roadway effectively releases the pressure of the mining area. The relief roadway is located at a distance of 40 m from the stope face of 7011, which is reasonable and can effectively protect the track. In addition, enough width of coal pillar should be reserved to make the coal pillar bear larger ground stress.

Keywords

High Stress, Relief Tunnel, Similar Material, Mine Pressure

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在深部高应力区域开采中, 由于采掘活动造成应力集中, 使得周边巷道变形严重, 对于采动影响下巷道围岩的稳定性控制, 往往采取加强巷道支护强度的方法, 但是在深部开采中, 仅进行巷道支护加固难以有效控制采动影响的巷道。因此, 除加强支护外, 深部高应力区域需结合工作面及巷道相互作用关系, 采用预裂或爆破卸压方法对深部围岩进行卸压, 保证巷道围岩的稳定性。在高应力岩体卸压研究方面, 王志强等[1]分析了错层位巷道布置的卸压效果; 薛俊国等[2]研究了近距煤层群底板岩石大巷层位和施工顺序; 焦建康等[3]提出了动载冲击地压巷道围岩卸压 - 支护控制技术; 鲁健等[4]分析卸压范围与巷道底鼓量之间的关系, 提出巷道帮部钻孔卸压的方法; 葛志会等[5]分析并确定了断层构造区为动压巷道的支护参数和卸压参数; 程蓬等[6]提出了强烈动压条件下巷道水力压裂切顶卸压控顶技术; 郭校飞等[7]给出了围岩处于高应力条件下的爆破卸压治理方案; 苏振国等[8]确定出深孔爆破技术治理煤柱侧坚硬顶板的爆破参数; 郭文喜等[9]针对采掘接续紧张情况下的工作面轨道巷进行了切顶卸压无巷旁充填沿空留巷试验。上述成果为高应力区域工作面、巷道围岩的卸压研究提供了参考, 但对开采深度较深的矿井, 加之地质构造的影响, 亟需针对具体工作面进行高应力区域岩体卸压分析。

姚桥煤矿中央采区(-650 m~-850 m)集中下山巷道, 由于邻近工作面开采与采深的加大, 巷道变形严重, 随着采掘深度的增加, 深部高应力场的形成, 使得工作面的矿压显现愈加剧烈和复杂, 需控制采场矿压对集中上下山巷道的影。基于此, 论文在矿压分析的基础上设计专用卸压巷道, 并通过相似材料模拟分析卸压巷道的卸压效果。

2. 集中下山巷道矿压显现特征分析

由于中央采区深部在高应力控制下, 原岩应力与采动应力叠加的次生应力波及面广, 根据矿压观测, 回风顺槽受采动影响一般影响距离约 100 m 左右, 巷道开挖后, 整个煤柱应力增高区往煤壁深部转移, 但应力峰值仍保持不变, 为 57 MPa, 窄煤柱上方也承载着部分载荷, 最大值为 44 MPa。煤柱塑性区宽度约 1.5 m, 应力增高区宽度为 32 m, 原岩应力值为 20.5 MPa 左右, 支撑应力峰值是原岩应力的 2.78 倍。

根据矿压显现规律可知,工作面超前支承压力将会对集中下山巷道产生不利影响。针对姚桥矿中央采区的具体生产情况,选择中央采区 7002 工作面停采线和集中下山之间掘进运煤通道(卸压巷),并在对应的中央回风下山区域实施老顶深部爆破,以阻断采场矿压对集中下山的影响。

中央采区下山巷道工程地质构造较为复杂,回风下山沿煤层掘进,轨道下山与皮带下山在 7 煤底板掘进。由于煤层底板岩层存赋不稳定,下山巷道掘进穿层煤、泥岩、砂质泥岩、细砂岩等岩层,部分巷道受多条断层影响,巷道顶底板起伏较大,部分顶板破碎;几条巷道多年受工作面采动影响,由于区段保护煤柱宽窄不一,造成下山巷道多段多次维修,巷道围岩松动范围大,因此,中央采区实施卸压措施十分必要,即有利于深部巷道的维护,并可减少冲击地压的可能发生。

3. 试验模型制作及方法

3.1. 模型制作

模拟原型为姚桥矿 7011 工作面,煤层为 7#煤,煤层厚度最大 5.53 m,最小 4.66 m,平均 4.7 m。煤层倾角 11~13°,平均 12°,工作面埋深-702 m~-893 m,平均采深 800 m。

本次模拟试验研究的主要问题是建立相似模拟模型来验证数值模拟所确定的卸压巷位置是否合理,因此,根据相似准则,要求在以下几个方面保持相似关系,取几何相似相似系数为 1/100,容重相似系数为 1:1.6,时间相似为 1:10,弹性相似系数为 1:160,强度相似强度相似系数为 1:160,泊松比相似为 1,应力相似系数为 1:160。

根据 7011 工作面的煤层及顶底板条件,模型铺设材料主要有砂石、碳酸钙、石膏及少量的锯末和煤粉。模型几何尺寸为(长 × 宽 × 高)5 × 0.3 × 2.4 m。相当于模拟了 67.5 m 厚的岩层,其上部岩层的重力按均布载荷处理,并按配重方式加载。

模型岩层受力监测采用 XL2118A 型力和应变综合测试仪(图 1),通过数据采集线与预置在模型中的微型压力传感器(0.5 MPa)连接,监测各关键岩层或煤柱的应力情况。模型巷道断面变形和岩层位移监测采用 YDH-50 电子位移计,巷道断面和岩层设置监测点,并通过数据采集仪与计算机连接获取数据;裂隙发育情况由试验拍照记录。



Figure 1. Stress monitoring of model rock. (a) Comprehensive tester; (b) Micro force sensor

图 1. 模型岩层受力监测。(a) 综合测试仪; (b) 微型力传感器

3.2. 模型开采

模型成型并干燥 7 天后进行开采。开采时在模型一端留设 40 cm 的煤柱,开切眼 7 cm 工作面每次开挖 10 cm,模拟机采高度 2.5 cm,顶煤高度 2.2 cm。见图 2。



Figure 2. Location of centralized downhill of 7011 mining area. (a) Similar material model; (b) Roadway location
图 2. 7011 采区集中下山位置图。(a)相似材料模型；(b)巷道位置

4. 卸压巷围岩变形分析

在模拟试验台左侧留设 40 cm 的边界煤柱，有效试验长度为 500 cm。试验首先从留设边界煤柱处做切眼，沿底板开掘。采高 2.5 cm，切眼 7.0 cm，每次向前推进 10 cm，放顶煤厚度为 2.2 cm。切眼开出后煤壁上方即出现细微裂隙，工作面开切眼推进 15 m 后，顶煤初次垮落。此后，随着工作面的推进和顶煤的放出，顶煤基本上是随采随垮，如图 3。



Figure 3. Caving of top coal
图 3. 顶煤垮落

当工作面推进到 30 m 时，直接顶 6 m 厚砂泥岩已经开始出现离层的现象。随着工作面的推进，直接顶泥岩分层直接垮落(图 4)。由于原岩应力，采动应力和构造应力的叠加影响，采空区上覆岩层出现大面积垮落现象(图 5)。



Figure 4. Collapse of roof rock
图 4. 顶板岩石垮落

当工作面推进到停采工作面时，如图 6，此时，停采工作面距离轨道下山的距离是 80 m，由于顶部原岩应力的持续作用、采动地压以及 7011 工作面北侧 7009 采空区的影响，使得卸压巷顶部 25 m~30 m

处岩层逐渐出现裂缝(图 7)。随着叠加的高地应力持续的作用, 7011 工作面采空区顶板岩层已全部塌陷, 卸压巷周围的裂缝也不断发育, 在卸压巷上方 6 m~10 m 的岩层已经出现较大的裂缝。但这些都对集中下山影响很小, 如图 8。

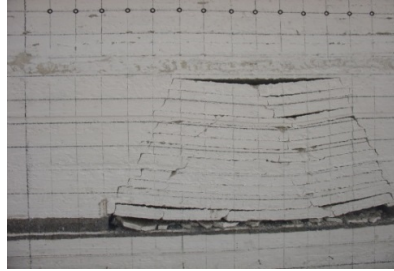


Figure 5. Large area collapse of overlying strata

图 5. 上覆岩层大面积垮落



Figure 6. Specific location of pressure relief roadway

图 6. 卸压巷具体位置



Figure 7. Crack at the top of pressure relief roadway

图 7. 卸压巷顶部裂缝



Figure 8. Cracks on top of goaf

图 8. 采空区顶部裂隙发育

经过三天的模型试验，最终相似模拟得到的卸压巷周围岩层破坏情况如图 9，图 10 为岩层破坏裂隙的模拟图。



Figure 9. Rock failure around pressure relief roadway

图 9. 卸压巷周围岩层破坏



Figure 10. Main fissures of rock strata around pressure relief roadway

图 10. 卸压巷周围岩层主要裂隙

若将停采工作面处继续向前推进，直到紧邻轨道下山，会发现随着所留设煤柱宽度的减小轨道下山会受到高地应力的影响，巷道上部已经开始出现较明显的裂缝，如图 11。



Figure 11. Upper crack of pressure relief roadway

图 11. 卸压巷上部裂缝

随着工作面的推进,上覆岩层在采动应力的作用下垮落。通过相似模型试验可得,当工作面掘进到停采工作面时,随着采场来压的作用,最初,卸压巷上方 25~30 m 的岩层处出现明显的裂缝,而且裂缝不断发育,最后延伸到卸压巷上方 6 m 处。但卸压巷裂缝的发育,并没有影响到轨道下山周围岩层。说明卸压巷设在距离 7011 停采工作面 40 m 处是比较合理的,可以有效地保护轨道下山。

7011 采空区上部岩层裂缝形成一条基本连贯的抛物线,并且与卸压巷上方的岩层相贯通,卸压巷顶板和两帮都有较大的变形,但对集中下山的影响较小,卸压巷有效释放了采区压力,集中下山得到有效保护。

如果将工作面继续向前推进,承压煤柱逐渐减小,让压煤柱所承受的地应力逐渐增大,高地应力对轨道下山的影响也不断增大,当停采工作面临近轨道下山时,轨道下山的巷道顶板已经出现明显的裂缝。可见,减少煤柱的宽度会影响到轨道下山的稳定性,甚至能够破坏巷道。所以,煤柱必须留设足够的宽度。

5. 结论

卸压巷设在距离工作面停采线 40 m 处是合理的,可以有效地保护轨道下山;

卸压巷顶板和两帮都有较大的变形,但对集中下山的影响较小,卸压巷有效释放了采区压力,集中下山得到有效保护;

让压煤柱所承受的地应力较大,应留设足够的宽度的煤柱。

参考文献

- [1] 王志强,高健勋,武超,苏泽华. 近距离煤层上行开采巷道优化布置及煤层卸压效果试验分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(3): 61-67.
- [2] 薛俊国,杨拓,李准,耿清友,刘建庄. 近距煤层群底板大巷掘前卸压开采技术研究[J]. 中国矿业, 2020, 29(3): 135-139.
- [3] 焦建康,鞠文君,吴拥政,何杰. 动载冲击地压巷道围岩稳定性多层次控制技术[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(12): 10-17.
- [4] 鲁健,弓培林,李鹏. 深井软岩巷道底鼓机理与钻孔卸压技术研究[J]. 矿业安全与环保, 2019, 46(6): 35-41.
- [5] 葛志会,李海鹏,成西娟. 冲击地压矿井断层构造区巷道掘进施工技术研究[J]. 现代矿业, 2019, 35(11): 94-97.
- [6] 程蓬. 特厚煤层动压巷道水力致裂卸压护巷技术研究[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(11): 50-55.
- [7] 郭校飞,刘宇,陈大广. 爆破卸压在高河矿高应力巷道的研究应用[J]. 煤炭技术, 2019, 38(11): 40-43.
- [8] 苏振国,邓志刚,李国营,马斌文,李少刚. 顶板深孔爆破防治小煤柱冲击地压研究[J]. 矿业安全与环保, 2019, 46(4): 21-25+29.
- [9] 郭文喜. 切顶卸压无巷旁充填沿空留巷采空区侧巷帮形成规律[J]. 现代矿业, 2019, 35(6): 97-99.