

孤岛面工作面大断面巷道围岩支护技术研究

Study on surrounding rock support

technology of large section Roadway in isolated face

余晓宇 (晋能控股煤业集团工程质量监督站, 山西 大同 037000)

She XiaoYu (Jineng Coal Group Engineering Quality Supervision Station, Shanxi Datong 037000)

摘要: 针对 33010 孤岛工作面大断面回采巷道围岩变形量大、控制难度高等问题, 在分析围岩受力的基础上, 提出从改善回采巷道围岩受力、提高围岩支护强度并强化回采巷道超前支护等方面出发, 对大断面巷道围岩进行支护。具体方式是通过水力切顶卸压避免巷道围岩应力集中, 采用锚网索梁提高围岩支护强度, 采用单体、 π 梁架进行超前支护, 并且将超前支护的距离设计为 30m。经过现场应用后, 33010 孤岛工作面大断面回采巷道围岩变形量大问题得以有效解决, 巷道顶底板、两帮变形量分别控制在 120mm、90mm, 取得了较好围岩控制效果。研究成果可以为其他矿井类似情况下回采巷道支护, 提供相关经验参考。

关键词: 孤岛工作面; 回采巷道; 大断面巷道; 围岩支护; 应力集中; 补强支护

Abstract: In view of the problems of large deformation and high difficulty in control of large section roadway surrounding rock in 33010 Gudao working face, based on the analysis of surrounding rock stress, the paper proposes to support the surrounding rock of large section roadway from the aspects of improving the surrounding rock stress of mining roadway, enhancing the supporting strength of surrounding rock and strengthening the advanced supporting of mining roadway. The concrete way is to avoid the stress concentration of surrounding rock by hydraulic roof cutting pressure relief, to improve the supporting strength of surrounding rock by anchor mesh cable beam, to carry out advance support by single and π beam frame, and to design the advance support distance of 30m. After field application, the problem of large deformation of surrounding rock in large section mining roadway of 33010 island working face can be effectively solved, and the deformation of roof and floor and two sides of roadway is controlled at 120mm and 90mm respectively, achieving good control effect of surrounding rock. The research results can provide relevant experience reference for other mining roadway support under similar circumstances.

Key words: Isolated working face; Mining roadway; Large section roadway; Surrounding rock support; Stress concentration; Reinforcing supporting

0 引言

孤岛工作面开采时围岩存在不同程度的应力集中问题, 从而回采巷道围岩控制带来一定制约, 若回采巷道采用的支护参数不合理, 甚至会出现支护体系失效的问题^[1-3]。为此, 众多的研究学者对孤岛工作面围岩支护展开研究, 其中赵建峰等^[4]依据平煤一矿 23010 工作面现场情况, 有针对性提出采用锚网索喷+U 型钢支架组合支护方式, 确保了回采巷道围岩稳定; 苏红伟^[5]对常村矿孤岛工作面回采期间支承压力的影响因素进行分析, 并通过分析回采巷道围岩应力分布情况对采用的锚网索支护参数进行优化, 为采面高效回采创造良好条件; 曾庆科等^[6]对许楼矿孤岛工作面围岩变形原因进行分析, 并提出锚网索+注浆加固方式解决孤岛工作面回采巷道围岩变形量较大问题。上述研究成果为孤岛工作面回采巷道围岩支护工作开展提供了经验借鉴。山西某矿 3#

煤层孤岛工作面回采期间, 回采巷道存在变形严重、围岩控制困难等问题, 为此, 文中提出采用回采巷道围岩卸压+补强支护措施控制围岩变形, 现场取得比较好的成果。

1 工程概况

33010 工作面位于一区域向斜构造背面, 采面开采的 3# 煤层倾角平均 5° , 煤层厚度 3.1m, 埋深平均 450m。采面除去北面为采区集中巷道外, 其余 3 侧均为采空区。33010 工作面圈定斜长 296m、走向长 1189m, 开采范围内煤层赋存稳定。根据邻近采面回采揭露以及本工作面回采巷道掘进揭露资料显示, 采面回采范围内会揭露有 DF13 ($H=1.3\text{m}$, $263^\circ \angle 50^\circ$)、DF17 (2.1m , $115^\circ \angle 39^\circ$) 断层, 在断层影响范围内煤层及顶底板岩层破碎, 3# 煤层顶底板岩性以泥岩、砂岩为主, 具体顶底板岩性参数见表 1 所示。

表 1 3# 煤层顶底板岩性

项目	厚度 /m	岩性	特征
基本顶	15.3	粗砂岩	浅灰色、泥质胶结、坚硬
直接顶	5.58	细砂岩	致密坚硬、灰黑色
伪顶	1.02	泥岩、炭质泥岩	灰黑色、强度低、遇水膨胀
直接底	1.56	泥岩	灰黑色、强度低、遇水膨胀
基本底	4.57	细砂岩	致密坚硬、灰黑色

33010 工作面回采巷道断面均为矩形（净高 3.1m、净宽 5.0m），回采巷道与邻近采面采空区间预留有 10m 保护煤柱，受到回采巷道断面大、顶板岩层坚硬以及地应力大等因素综合影响，回采巷道围岩变形较大，并有失稳征兆，为此需要针对采面回采巷道现场实际条件提出针对性围岩支护技术。

2 回采巷道围岩受力分析及支护思路

2.1 巷道围岩受埋分析

33010 孤岛工作面除北侧为采区集中巷道外，其余 3 侧均为采空区，采面回采期间顶板垮落状态与普通采面存在明显差异，具体孤岛工作面回采期间顶板运动的过程，详见图 1 所示。在 33010 孤岛工作面两侧工作面回采完毕后，采空区上覆岩层会形成关键块 C，在孤岛工作面回采期间上覆岩层破断会形成关键块 B，关键块 B 弯曲下沉，从而会导致孤岛工作面矿压显现剧烈。确保关键块 B 稳定是保证孤岛工作面高效回采以及回采巷道围岩稳定的关键。

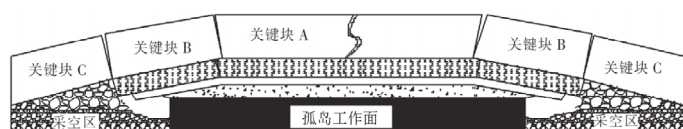


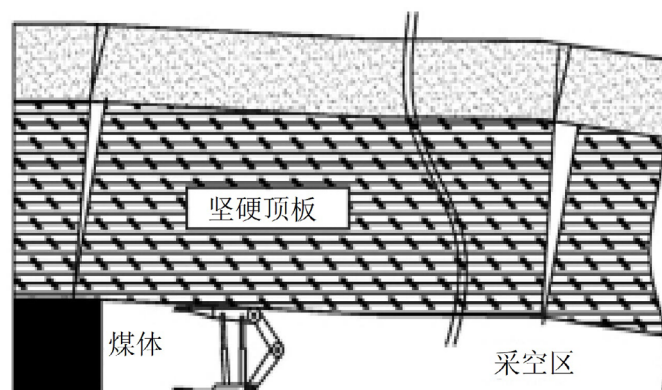
图 1 孤岛工作面回采期间顶板运动过程示意图

2.2 回采巷道围岩控制思路

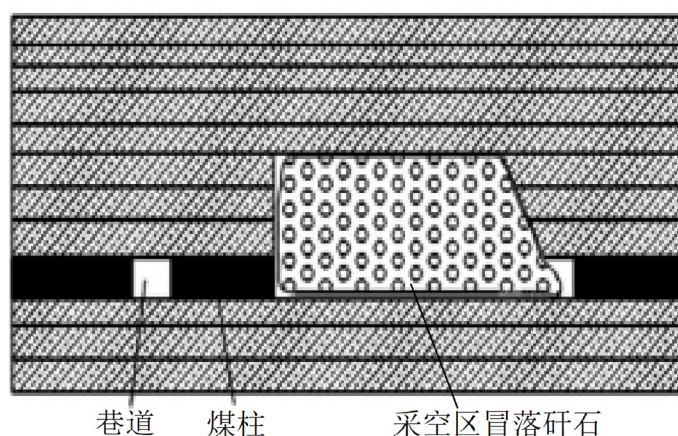
33010 孤岛工作面开采的 3# 煤层上覆岩层为坚硬的砂岩，在正常回采期间直接顶以及基本顶无法及时垮落，或者弯曲下沉后无法破断，具体见图 2 所示。无法充分垮落的顶板就会导致回采巷道保护煤柱或者采场支架上出现一定程度应力集中，给巷道围岩控制以及采动压力控制带来影响。

33010 孤岛工作面回采巷道若想保持稳定，关键在于改善巷道围岩受力环境，并且要提高围岩的支护强度。在改善围岩受力环境方面，重点是确保开采的 3# 密层顶板岩层可以及时垮落，将应力向采空区侧进行转移，具体覆岩状态见图 2 (b) 所示，为此，提出采用切顶卸

压技术；提高围岩支护强度是通过提高支护使用的锚杆、锚索强度以及强化采面超前支护实现^[7]。



(a) 坚硬顶板工作面覆岩状态示意图



(b) 采空区顶板垮落后覆岩状态

图 2 顶板覆岩状态示意图

3 围岩支护技术

3.1 水力切顶卸压

水力压裂技术可以降低顶板坚硬岩层稳定性，同时能够避免深孔预裂爆破给回采巷道、采面回采等带来的各种不利影响，因此在 33010 孤岛工作面采面水力切顶卸压技术改善回采巷道受力环境。具体以 33010 运输巷为工程实例，对采用的切顶卸压留巷技术进行分析。

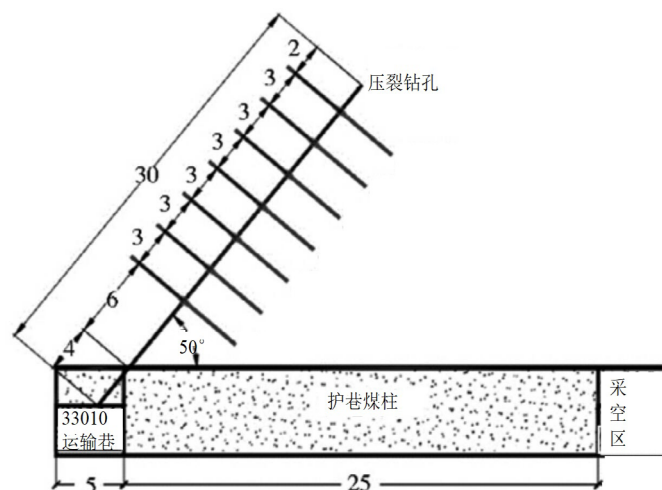


图 3 采面回采巷道水力压裂钻孔布置示意图

在 33010 运输巷内布置的水力切顶卸压钻孔孔深均为 30m、钻孔孔径 75mm，钻孔倾向采面回采方向 75°、仰角为 50°，水力切顶钻孔间隔为 10m，具体布置见图 3 所示。单个水力切顶卸压钻孔共压裂 7 次，从距离孔底 2m 处开始第一次压裂、后均按照 3m 间隔进行压裂。

水力切顶钻孔施工采用 KZ54 钻头，钻孔施工完毕后及时布置封口器以及压力表，待钻孔试压合格后进行水力压裂。压裂使用的高压水泵为 80L/min、水压 60MPa，并使用倒退式压裂法进行压裂（即先开始压裂孔底段、孔口段最后压裂）。在水力压裂时，应按照规定布置警戒线。

3.2 回采巷道支护

33010 孤岛工作面运输巷以及回风巷断面规格一致，巷道围岩支护均采用锚网索梁支护方式，具体巷道支护断面见图 4 所示。巷道顶板采用 6 根高强锚杆（ $\phi 20\text{mm} \times 2500\text{mm}$ ）、按照 920mm $\times$ 800mm 间排距布置，顶板最外侧两根锚杆均外插 15°；顶板布置 3 根锚索（ $\phi 18.9\text{mm} \times 7000\text{mm}$ ），锚索均垂直顶板，按照 1500mm $\times$ 1600mm 间排距布置。巷道巷帮采用 3 根锚杆（ $\phi 16\text{mm} \times 1500\text{mm}$ ），按照 1200mm $\times$ 800mm 间排距布置，其中煤柱侧最上部锚杆外插 15°。巷道顶板采用的梯子梁使用 14# 钢筋加工制作而成，巷帮及顶板金属网用 12# 铅丝编制而成。

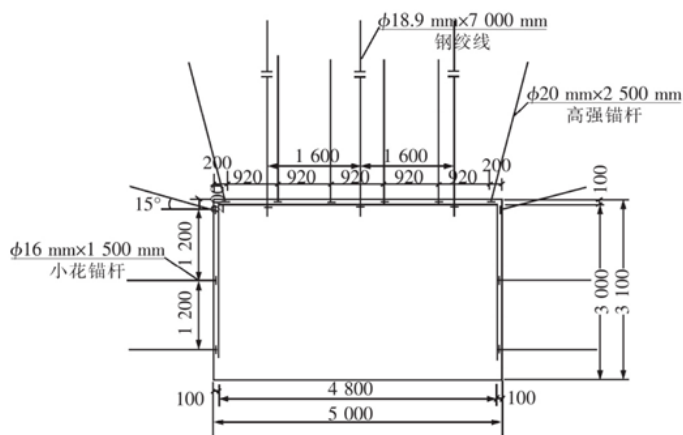


图 4 巷道支护断面

3.3 超前支护

33010 孤岛工作面回采期间超前支护距离为 30m，超前支护采用单体支柱（DW-28）配合 π 梁架（长度 1.0m）对顶板进行支护。单体支护间隔为 1.0m，行人侧、非行人侧单体支柱距离巷帮间隔分别为 1.0m、0.5m。超前支护使用的单体初撑力应确保在 11.5MPa 以上，同时 π 梁架、单体均应通过铁链连接顶板金属网。

超前支护使用的单体均应直线布置，单体间直线度偏差控制在 10mm 以内，单体应悬挂好防倒链，避免单体出现倾倒情况；在单体支柱上穿柱靴，避免单体下陷

进入底板内；单体注液口均应面向采空区方向布置^[8]。

4 现场应用效果分析

为考察 33010 孤岛工作面大断面回采巷道围岩支护效果，在巷道内布置测站，对巷道顶底板以及帮帮变形进行监测。通过监测发现回采巷道内顶底板、巷帮最大变形量分别稳定在 120mm、90mm 以内，围岩变形量整体较小，不会给回采巷道正常使用带来影响。现场应用实践表明，文中所提到的孤岛工作面大断面回采巷道支护技术措施，可以满足巷道围岩的控制需要。

5 总结

33010 孤岛工作面在回采期间面临应力集中、地应力高以及回采巷道围岩变形量大等一系列的问题，给采面回采安全带来较大的制约。通过对孤岛工作面围岩应力环境分析的基础上，提出采用降低孤岛工作面回采巷道应力集中、提高围岩支护强度以及强化回采巷道超前支护等措施，对孤岛工作面大断面回采巷道围岩变形进行控制。

根据 33010 孤岛工作面现场的实际情况，对水力切顶卸压布置方案、巷道围岩支护方案以及回采巷道超前支护方案等进行设计。经过现场应用以后，33010 孤岛工作面顶底板以及巷帮变形量分别控制在 120mm、90mm 以内，围岩变形量整体较小，能够为采面安全和高效回采创造良好条件。

参考文献：

- [1] 刘伟伟. 王坡煤业大断面巷道支护方式优化 [J]. 江西煤炭科技, 2021(04):66-69.
- [2] 王晓宙. 水峪煤业深部大断面巷道 10219 材料巷锚杆支护研究应用 [J]. 山西化工, 2021,41(05):213-214+217.
- [3] 高磊. 潞宁煤业孤岛面大断面巷道控制技术研究 [J]. 煤矿现代化, 2021,30(03):29-31.
- [4] 赵建峰, 王卫军, 彭文庆, 袁超, 王金, 彭刚. 采动条件下孤岛工作面回采巷道围岩变形特征及其支护技术 [J]. 矿业工程研究, 2016,31(02):15-20.
- [5] 苏红伟, 李松强, 卢旭, 周少华, 滕海明. 孤岛工作面回采巷道支护参数优化研究 [J]. 能源技术与管理, 2005(02):18-19.
- [6] 曾庆科, 尹英文, 付佩河. 孤岛工作面回采巷道支护技术研究 [J]. 山东煤炭科技, 2013(02):100+102.
- [7] 郭忠平, 巩现桥. 孤岛工作面厚泥岩软弱顶板围岩变形及支护研究 [J]. 煤炭技术, 2016,35(11):78-80.
- [8] 邓俊禹. 深埋藏孤岛工作面护巷煤柱宽度及顺槽支护技术优化研究 [D]. 抚顺: 辽宁石油化工大学, 2019.

作者简介：

余晓宇 (1988-), 男, 汉族, 山西大同人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 采矿工程。