

沿空留巷技术的研究与应用

赵磊, 苗路凡

河南能源焦煤公司赵固一矿, 河南 焦作 454000

摘 要 : 沿空留巷作为采煤工作面回采后沿采煤工作面边沿将原巷道保留下的巷道, 减少了掘进工作面量, 缓解了矿井接替紧张的局面, 提高了矿井的回采率, 但沿空留巷应力集中巷道收缩变形量大, 管理困难。通过研究改进工作面超前预裂技术, 优化留巷支护工艺, 经过现场实际效果观测, 沿空留巷顶板得到了有效的控制, 帮部挡矸柱基本未变形, 有力的促进了工作面的安全高效生产。

关 键 词 : 悬臂梁; 切顶泄压

Research and Application of the Technique Of Retaining Lanes Along the Goaf

Zhao Lei, Miao Lufan

Zhao Guyi Mine, Henan Energy Coking Coal Company, Jiaozuo, Henan 454000

Abstract : As a roadway that retains the original roadway along the edge of the coal mining face after backfilling, leaving a roadway along the goaf reduces the amount of excavation work, alleviates the tight situation of mine succession, and improves the recovery rate of the mine. However, the stress concentration of the roadway along the goaf is high, and the shrinkage deformation of the roadway is large, making management difficult. By studying and improving the advanced pre splitting technology of the working face, optimizing the roadway support process, and observing the actual effect on site, the roof of the roadway along the goaf has been effectively controlled, and the retaining pillar of the support has not been deformed, effectively promoting the safe and efficient production of the working face.

Keywords : cantilever beam, top cutting pressure relief

引言

工作面回采后, 随着直接顶的垮落, 沿空留巷形成悬臂梁结构, 采空区直接顶滑落的过程中会带动沿空留巷顶板失稳。因此沿空留巷的切顶技术是控制顶板稳定性的关键。针对赵固一矿 16131 工作面留设的沿空留巷, 在工作面超前采用顶板预裂切顶泄压技术, 将沿空留巷顶板关键词切断, 让采空区顶板在沿空留巷边沿进行滑落, 采空区直接顶垮落后, 直接顶上方会出现新的关键层, 在新关键词层上方形成大结构圈保持围岩稳定。在沿空留巷帮部的垮落的岩块在自身重力的和摩擦力的作用下, 形成砌体梁结构, 在小结构圈内维持围岩的平衡。帮部采用“金属菱形网(柔性网)+钢丝绳+U 钢柱”方式对帮部进行支护, 对沿空留巷采空区侧进行有效的防护^[1]。16131 工作面沿空留巷的工艺的实施, 为今后沿空留巷的施工, 提供了很好借鉴案例。

一、工作面概况

16131 工作面属于矿井的 -525m 水平, 所属盘区为西六盘区, 开采二₁煤层, 煤层顶板标高为 -432.0 ~ -465.1m。该工作面长 1390.87m, 宽 169.5m, 面积为 235752.47m²。井下位置及四邻采掘情况: 16131 工作面东为 16151 工作面, 南为北翼三条大巷和 F₁₆ 断层隔水煤(岩)柱, 西为已回采结束的 16111 工作面, 北为 F₁₅ 和 DF₁₀₂ 断层隔水煤(岩)柱。煤层平均倾角为 4°。工作面采高平均 3.5m。

作者简介: 赵磊(1984-), 男, 河南新乡人, 工程师, 2010 年毕业于华北科技学院, 现从事煤矿安全管理的工作。

(一) 16131 工作面煤层顶底板情况见表 1

表 1 煤层顶底板情况表

煤层顶底板情况	顶底板名称	岩石名称	厚度 (m)	岩性特征
	老顶	中粒砂岩	4.77 ~ 19.11	灰色, 成分以石英为主, 次为长石, 钙质胶结, 夹泥质条带, 裂隙发育, 充填方解石脉。
			13.64	
	直接顶	砂质泥岩	0.39 ~ 7.40	灰黑色, 富含植物化石, 局部夹细粒砂岩条带及煤线, 具滑面。
			3.63	

煤层顶底板情况	伪顶	泥岩	0 ~ 0.93	灰黑色，含炭质，富含植物颈部位化石。
			0.2	
	直接底	砂质泥岩	6.66 ~ 10.80	砂质泥岩：深灰色，富含植物根部化石，具水平层理，夹砂岩条带，含云母片。
			10.27	
		泥岩	2.70 ~ 5.40	泥岩：黑色，致密、块状，含少量植物化石碎片，含黄铁矿晶体。
			3.13	
	老底	L ₉	1.14 ~ 1.36	灰色，隐晶质，遇稀酸起泡，含动物化石，含黄铁矿晶体，具不规则方解石脉。
		灰岩	1.26	

二、顶板预裂爆破施工

根据切顶卸压沿空留巷技术原理，切顶目标层为基本顶，即下位关键层。根据顶板岩层岩性和厚度分别确定基本顶位置，确定工作面切顶高度为15m。^[2]

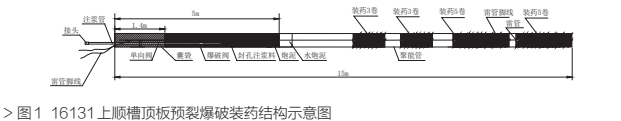
炸药选用三级煤矿许用乳化炸药，直直径32mm，长335mm，重量300g。

装药量Q和药卷数量N单孔装药量根据以下公式计算：
 $Q = \eta \cdot H \cdot q \cdot (7-54)$

式中：Q——爆破钻孔单孔装药量，kg；
η——炮孔装药系数，0.4 ~ 0.75，取0.6；
H——爆破钻孔深度m，取15m；
q——线装药密度，kg/m，0.4 ~ 1.0kg/m，根据顶板岩层情况，取0.55kg/m；代入计算得：Q ≈ 4.95kg 换算成药卷数量N为：N=16 卷

(一) 爆破孔设计
预裂孔位置：顶板预裂孔布置在巷道西帮，西偏中线2.25 ± 0.1m 布置一排预裂孔。
预裂孔孔参数：孔径50mm，孔深为15m，孔口间距（中 ~ 中）600mm，允许偏差 -50 ~ +50mm，爆破孔与巷道中线垂直，向西偏5°，偏差0 ~ 3°。^[3]

(二) 爆破施工
装药方式：使用聚能管辅助预裂孔装药，聚能管上打设一排孔，孔的方向与巷道中心平行。
装药结构：每孔4节聚能管，从上向下装药结构为5-5-3-3，具体见装药结构图。^[4]
封孔：封孔长度5.0m，使用矿用封孔器（囊袋）、FKL-1型封孔注浆料配合 ZBQ-30/1.0煤矿用气动注浆泵进行注浆封孔。
每循环爆破眼数不大于15个。
装药结构示意图如图1所示。



三、帮部支护

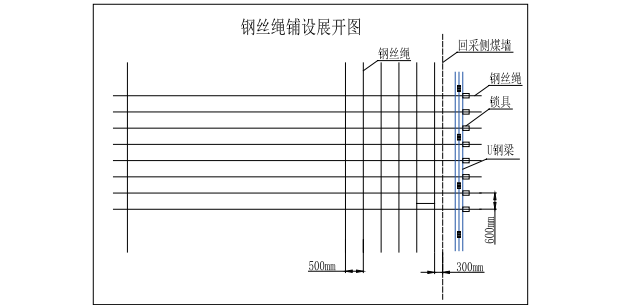
沿空留巷留巷帮部防护使用挡矸柱 + 钢丝绳 + 柔性网进行防

护，顶板采用4排槽钢梁锚索补强支护。
(一) 沿空留巷施工工艺
在工作面超前段顶板平行巷道中线方向打设2排U钢梁锚索，用于固定挡矸柱和钢丝绳。U钢梁锚索西偏巷道中心线1350mm打设一排，西偏巷道中心线1850mm打设一排，锚索规格：φ21.6×10300mm，允许偏差 ±100mm。U钢梁采用U36型钢梁加工，西侧U钢梁锚索眼间距1000mm，钢丝绳眼间距600mm。
沿空留巷采空区巷帮防护：挡矸支护留巷第一架支架侧施工，具体施工步骤如下：

- (1) 柔性网在前5架支架前新巷进行上网，相邻网片间搭接不小于200mm，网片搭接处使用扎丝进行连接、加固，使用扎丝扎结处呈三花形布置，间距不超过200mm。^[5]
- (2) 在工作面前5架支架前柔性网下每隔600mm上1根钢丝绳（平行于工作面布置），使用扎丝对其进行固定，扎丝间距不超过200mm，钢丝绳的一端固定在沿空留巷顶板的U钢梁上，另一端固定固定一个托盘，托盘预埋在采空区，待采空区压实后可将托盘固定在采空区。
- (3) 垂直与工作面方向在工作面铺设7道钢丝绳，第一道距沿空留巷回采侧煤墙300mm，排距500mm，共铺设6道，使用双股铁丝将其进行捆扎，扎丝间距不超过200mm，钢丝绳十字交叉处用绳卡进行固定。在5#支架处平行巷道中线方向固定第7道钢丝绳。续接钢丝绳时，钢丝绳搭接长度不得小于500mm，使用不少于2个绳卡进行固定。^[6]

(二) 金属菱形网（柔性网）施工步骤
将控制金属菱形网（柔性网）手动绞盘安装在工作面1# ~ 5# 液压支架的前立柱上，定滑轮固定在液压支架顶梁的起重环上，手动绞盘上缠绕钢丝绳直径不小于6mm，长度不少于10m。^[7]
将绞盘钢丝绳与金属菱形网（柔性网）连接，煤机过机头期间，使用绞盘将金属菱形网（柔性网）吊起。
正常生产期间，在架前随工作面推进逐步续接金属菱形网（柔性网）。

(三) 挡矸柱打设方式
回采期间，在挡矸柱里侧裱槽风筒布，以防止从巷道的帮部向采空区漏风。风筒布要求上接顶板下接底板且严密，搭接不小于100mm，使用扎丝进行捆扎，间距不超过300mm。
可伸缩U型钢选用2段长度分别为2500mm和2000mm的U36型钢进行挡矸（根据巷道高度可对U型钢长度进行调整，短的在上长的在下），两根U钢柱搭接处使用三福卡缆进行固定，



> 图2 16131上顺槽钢丝绳铺设展开图

搭接长度不低于500mm。上部U型钢打设在顶板U钢梁里侧，下部U钢梁插入底板深度不低于200mm，挡矸柱间距1000mm，与顶板呈 5° ~ 10° 打设（柱根扎向采空区）。

挡矸柱必须上接顶下接底，卡缆螺丝扭矩 $100\text{N}\cdot\text{m}$ ，不得超过 $150\text{N}\cdot\text{m}$ 。^[8]

相邻挡矸柱间使用连接板进行连接固定，连接板固定在俩卡缆之间，增加挡矸柱的整体稳定性。

巷道变形无法使用顶板U钢梁固定U钢柱时，需在巷道顶板掏柱窝，插入顶板深度（顶板柱窝深度）不低于200mm，局部地点U钢梁间隙宽无法固定挡矸柱时，在U钢梁间使用锁具固定一根短槽钢梁，涨拉紧固后用于固定挡矸柱。

为控制沿空留巷巷道采空区侧帮部变形，在 $1^{\#}$ ~ $4^{\#}$ 架后预埋槽钢梁锚索，待巷道返修落底后再进行张拉。^[9]具体操作如下：在 $1^{\#}$ ~ $4^{\#}$ 架后每间隔1.4m预留1根 $\phi 21.6\times 6300\text{mm}$ 锚索，锚索一头外露在巷道内，一头留在采空区内，锚索两头上槽钢梁进行连接。槽钢梁采用 $14^{\#}$ 槽钢加工而成，锚索孔中心距1400mm，里侧锚索梁垫板为 $200\times 200\times 16\text{mm}$ 钢垫板，锚索外露长度 $150\sim 250\text{mm}$ ，外侧锚索梁垫板为 $200\times 100\times 16\text{mm}$ 钢垫板，锚索外露长度 $250\sim 350\text{mm}$ 。

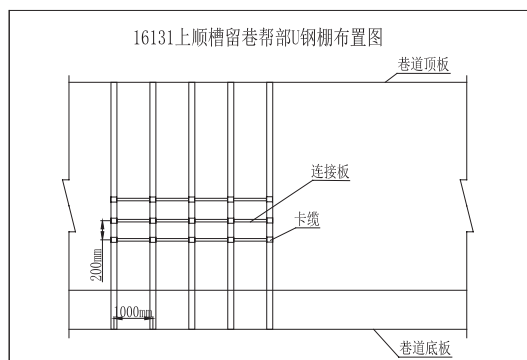


图3 16131上顺槽留巷帮部U钢棚布置图

通过现场观测顶板离层变化与巷道围岩变形具有类似的阶段性：超前工作面范围顶板离层仅有少量增加；滞滞后工作面0~100m时，巷道顶板离层量不大，巷道底鼓量大，帮部U钢未出现明显变形，滞后工作面超前100m，沿空留巷围岩基本趋于稳定，底鼓量仍在增加，但增速明显变缓。当沿空留巷滞后工作面200m时，围岩基本不再变化。

四、切顶卸压沿空留巷效果评价

16131上顺槽宽5.5m，高3.8m，经返修后，巷道净宽3.5m，净高3m，能够满足回采工作面巷道使用要求。目前沿空留巷已作为16151工作面下顺槽投入使用，回采期间，沿空留巷巷道变形不大，效果良好。^[10]

五、结语

（1）减少矿井掘进工作量，16151工作面下顺槽长1356m，不到1个半月落底完成，缓解了矿井采掘接替紧张局面。

（2）取消工作面保护煤柱，消除了煤柱失稳隐患，提高矿井采出率，保障了矿井安全高效生产。

（3）同时采取实现了无煤柱开采，避免了采取出现应力集中区，有利于工作面的合理布置。

参考文献

- [1] 何志龙. 切顶卸压沿空留巷围岩控制技术及应用[J]. 煤炭与化工, 2023, 46(06): 19-22+26.
- [2] 黄志远, 王优, 常征征. 浅谈采煤工作面沿空留巷的施工工艺[J]. 技术与市场, 2021, 28(03): 115-116.
- [3] 王明涛. 厚松散层薄基岩条件下厚煤层上分层开采技术探析[J]. 技术与市场, 2022, 29(02): 114-115.
- [4] 何志龙. 切顶卸压沿空留巷围岩控制技术及应用[J]. 煤炭与化工, 2023, 46(06): 19-22+26.
- [5] 白正平. 综采工作面采用高聚酯柔性网挂网技术实践[J]. 陕西煤炭, 2017, 36(06): 74-79.
- [6] 王晋勇, 李政, 沈玉旭, 等. 深孔预裂爆破弱化综放孤岛工作面坚硬顶板技术[J]. 煤矿安全, 2014, 45(09): 79-81+85.
- [7] 贺奇奇. 综采工作面中深孔震动爆破强制放顶技术的应用[J]. 煤, 2017, 26(09): 28+65.
- [8] 刘温哲. 煤矿井下多源震波信号特征实验模拟研究[D]. 中国矿业大学, 2023.
- [9] 李瑞群. 7m大采高综采工作面末采期间挂柔性网工艺优化[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(S2): 43-47.
- [10] 王鹏. 18060综放工作面切顶卸压沿空留巷的维护技术应用[J]. 山东煤炭科技, 2023, 41(06): 35-37.