

综采工作面坚硬顶板弱化技术研究

Study on weakening technology of hard fixed plate in fully mechanized mining face

鲁蒙, 舒梅, 周横全(煤炭工业石家庄设计研究院贵州分院, 贵州 贵阳 550001)

摘要:为避免坚硬顶板综采工作面回采期间采空区覆岩大面积垮落带来的安全问题,以1501综采工作面回采为工程背景,在对5号煤层顶板岩层进行分析基础上,结合矿井生产实际,提出采用深孔预裂爆破技术方法对顶板坚硬中粒砂岩进行弱化处理,并详细对顶板弱化技术选择、弱化技术方案以及现场应用效果进行分析与研究。现场应用后,工作面开采时顶板初次来压步距缩短至19.5 m,采空区不会出现大面积悬空问题,为工作面生产创造了良好条件。

关键词:坚硬顶板;综采工作面;大采高;采空区;顶板弱化

Abstract:In order to avoid the safety problems caused by the large area collapse of the overlying rock in the goaf during the mining period of the fully mechanized working face with hard roof, taking 1501 fully mechanized working face as engineering background, based on the analysis of No.5 coal seam roof strata,combined with the practical application, the paper puts forward the technology of weakening hard roof by deep hole blasting. After field application, the first weighting step of the roof is shortened to 19.5 m, and there will be no large area hanging in the goaf, which creates good conditions for the production of the working face.

Key words:hard roof; comprehensive working face; big mining height; goaf; roof weakening

1 前言

随着煤炭开采深度的不断增加,坚硬顶板煤层开采占比呈增加趋势。坚硬顶板煤层回采时顶板来压强度大、影响范围广,如何降低来压强度以及来压影响是此类煤层回采时需要重点解决的问题^[1]。因此,众多的研究学者对坚硬顶板弱化技术展开研究,其中梁龙龙^[2]针对长平矿18403综放工作面顶板坚硬问题,提出采用深孔预裂爆破技术对顶板进行弱化,并依据现场情况对爆破技术方案进行设计,现场取得较好的顶板弱化效果;张宪军^[3]提出采用在开切眼以及回采巷道内布置预裂爆破孔对12108综采工作面坚硬顶板进行处理,现场应用后工作面初次来压步距降至26.2 m,有效降低了坚硬顶板来压强度;张功^[4]、段奥东^[5]、张旭^[6]等提出采用水力压裂、CO₂致裂等技术对顶板进行弱化,并进行了工程应用。上述研究成果为煤层坚硬顶板弱化提供了宝贵的借鉴参考。由于水力压裂、CO₂致裂等技术对设备、作业人员技术水平等有较高要求,在煤矿井下顶板弱化中使用并不广泛;预裂爆破使用煤矿乳化炸药,矿井有现成的材料以及技术人员,因而是井下作为常用的顶板弱化技术。由于不同矿井开采煤层赋存条件有明显差异,因此采取的坚硬顶板弱化技术方案应针对性制定。因此,文中以贵州某矿1501

文章编号:

1672-609X(2021)02-0051-04

中图分类号: TD235

文献标志码: A

作者简介: 鲁蒙(1991-),男,土家族,贵州省沿河土家族自治县人,本科,中级工程师,从事煤矿开采工作。

综采工作面为工程实例,根据矿井及工作面情况提出对顶板弱化技术进行优选,并对使用的顶板弱化技术方案进行详细阐述,以期为其他矿井类似情况下的顶板弱化工作开展提供借鉴。

2 工程概况

1501 为南翼 1 采区首采工作面,开采的 5 号煤层赋存稳定,厚度 4.85 m,采用综合机械化开采工艺,全部垮落法控制顶板。1501 综采工作面回采巷道平均长度为 820 m、设计推进长度 790 m、切眼斜长 250 m。煤层顶板岩性以坚硬的砂岩为主,具体岩性参数见表 1。

表 1 5 号煤层顶底岩层力学参数

岩性	厚度/ m	容重/ kN·m ⁻³	泊松 比	抗压 强度/MPa	抗拉 强度/MPa
细粒砂岩	3.18	26.7	0.24	98	9.9
中粒砂岩	7.94	26.4	0.21	72	7.6
砂质泥岩	2.65	25.9	0.17	51	2.5
5 煤层	4.85	14.2	0.39	14.1	0.58
泥岩	0.31	24.1	0.17	35	2.3
细粒砂岩	1.86	26.6	0.26	94	9.2

22104 综采工作面为 22 煤一盘区靠近井田边界的回采工作面,工作面埋深 160 ~ 240 m。22104 综采工作面设计推进距离、切眼斜长分别为 1 380 m、330 m,开采范围内煤层赋存稳定,厚度平均 2.8 m,采用综合机械化开采工艺,采高 3.0 m。22 煤层顶板岩层以坚硬的砂岩为主。

表 2 顶板分级指标表

单位:kN/m²

分级程度	不明显	明显	强烈	非常强烈	
				IV ₁	IV ₂
指标	$P \leq 895$	$895 < P \leq 975$	$975 < P \leq 1075$	$1075 < P \leq 1145$	$P > 1145$

4 顶板弱化技术应用

4.1 技术选择

煤矿井下常用的坚硬顶板弱化技术对比表情况见表 3。

根据矿井实际情况以及 1501 综采工作面顶板岩性(中等厚度、裂隙发育),决定采用深孔爆破技术对 5 号煤层坚硬顶板进行处理。

根据相似采区 22104 工作面开采情况,预测 1501 工作面回采时顶板初次来压步距为 35 ~ 55 m,为了较为精准的掌握工作面初次来压步距,采用理论计算方法^[7-8]对来压步距进行计算,判定工作面顶板初次来压步距为 38.88 m。

3 5 号煤层顶板岩层来压分级

一般认为工作面顶板初次来压步距在 25 m 以上、强度指标在 120 以上的顶板均为坚硬顶板。顶板坚硬程度基本顶垮落来压当量 P 可通过下述公式求得:

$$P = 241.3 \ln L_c - 15.5N + 52.6h_i \quad (1)$$

$$N = \frac{h_i}{h_m} \quad (2)$$

式中: L_c ——初次垮落步距,取 38.88 m;

N ——覆岩充填系数,取 1.5;

h_i ——直接顶厚度,取 1.65 m;

h_m ——采高,取值 4.85 m。

依据 1501 综采工作面实际情况并结合式(1)、式(2),计算得到 $P = 1133.7 \text{ kN/m}^2$ 。依据表 2(顶板分级指标),确定 1501 工作面顶板为 IV₁类,开采时顶板来压十分强烈。工作面在初采期间若不采取适当的顶板弱化措施,则采空区内空顶悬空面积为 9720 m²(工作面斜长 250 m × 初次来压步距 38.88 m)。在回采过程中顶板若突然大面积垮落势必会给工作面回采安全带来严重威胁。因此,在 1501 综采工作面回采时应采取合适的顶板弱化技术对顶板进行处理。

4.2 顶板弱化钻孔施工参数

在 1501 综采工作面回采范围内 5 号煤层基本顶厚度平均为 7.94 m 中粒砂岩,基本顶直接控制上覆岩层垮落。为了使得工作面回采后顶板岩层及时垮落,应将该中粒砂岩作为弱化目标岩层。5 号煤层直接顶为 2.65 m 砂质泥岩,因此布置的顶板弱化钻孔弱化范围应在 10.59 m(直接顶厚度 2.65 m + 基本顶厚度 7.94 m)。为便于弱化钻孔现场施工并

提高弱化效果,将顶板弱化处理高度统一设计为 11.0 m。具体弱化钻孔施工参数见表4。

表3 顶板弱化技术对比表

技术方法	适用条件	技术缺点	技术优点
深孔爆破	中厚坚硬顶板、裂隙不发育	一次爆破影响范围小	周期短、成本低、见效快
水力压裂	中厚坚硬顶板、裂隙较发育	压裂耗时长	影响范围大
CO ₂ 致裂	中厚坚硬顶板、裂隙发育	操作难度大、要求高、耗时长、成本高	影响范围大
联合弱化	厚顶板	操作复杂、难度高、耗时长	顶板弱化效果好

表4 顶板弱化钻孔施工参数

处理高度/m	爆破孔孔径/mm	炸药爆速/m·s ⁻¹	炸药密度/kg·m ⁻³	不耦合系数	裂隙(破碎)区半径/m	孔距/m	封孔深度/m
11	75	2 800	1 194.3	1.25	3.1(0.6)	5.0	7.5

4.3 顶板弱化钻孔布置方案

顶板弱化钻孔主要布置在工作面切眼内,具体布置如图1所示。切眼内共计布置5组顶板弱化钻孔,每组爆破孔有4个爆破孔,钻孔倾角在28°~32°。

采用煤矿许用三级乳化炸药进行顶板弱化,并使用矿井自制的装药装置装药,装药长度控制在6 m,采用水泥浆(浆液中按照水泥量1%添加花千素)封孔,封孔深度在5 m以上。具体钻孔装药结构如图2所示。

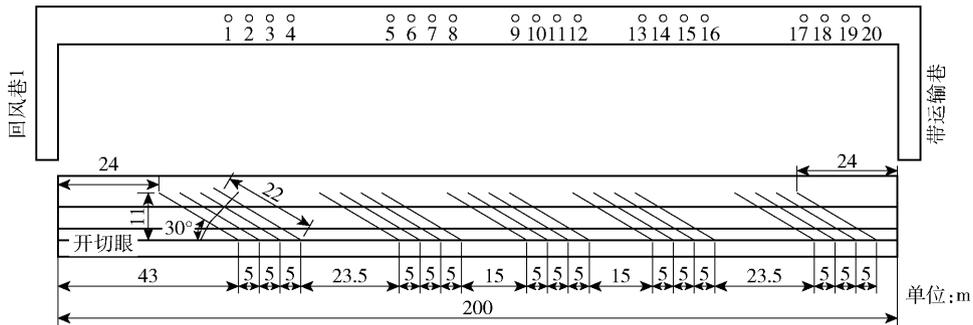


图1 爆破孔布置示意图

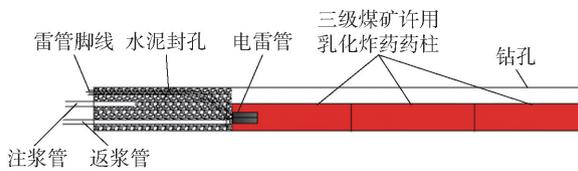


图2 钻孔装药结构

顶板岩层弱化按照弱化钻孔施工→装入乳化炸药→钻孔封孔→连线→爆破顺序展开。爆破孔连线采用局部并联、总体串联方式连接。切眼内布置5组顶板弱化钻孔,每组钻孔中有3个钻孔装药、1个钻孔为备用孔(当有钻孔塌孔无法装药时备用孔装药)。

5 顶板岩层弱化效果分析

顶板岩层裂隙扩展情况以及顶板来压情况是顶板弱化效果的主要指标。采用YTJ20探测窥视

仪对顶板岩层裂隙扩展情况进行窥视,具体弱化前后直接顶窥视钻孔孔壁裂隙扩展情况如图3所示。从图中看出,弱化前窥视钻孔孔壁平滑、未见到裂隙发育;弱化后孔壁周边出现贯通的裂隙,表明采取的弱化技术可有效降低顶板岩层完整及强度。

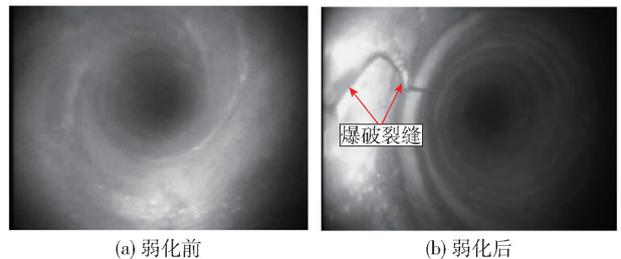


图3 弱化前后直接顶裂隙扩展窥视情况

对工作面回采期间顶板来压情况进行监测,具

体结果见表5。从顶板来压监测结果得知,工作面回采期间初次来压步距平均为19.5 m、来压动载系数为1.35,顶板初次来压步距较弱化前降至19.3 m。同时在工作面顶板来压期间液压支架工作阻力变化不明显、仅有局部位置出现小范围片帮,不会给工作面煤炭回采安全带来威胁,表明顶板弱化技术在现场应用取得较好的效果。

表5 初次来压监测结果

位置	支架 编号	来压 步距/m	动载 系统	来压步距 均值/m	动载系数 均值
上部	10	18.5	1.33	19.1	1.32
	13	19.6	1.32		
	16	19.3	1.24		
中部	45	18.5	1.45	19.3	1.37
	50	20.5	1.44		
	55	18.9	1.35		
下部	95	19.8	1.43	20.0	1.35
	98	20.2	1.34		

6 结论

(1) 1501综采工作面回采的5#煤层顶板为坚硬的中粒砂岩,工作面回采后顶板来压强烈,若不采取顶板弱化措施则在采空区会出现大面积悬空,给煤炭生产安全带来较大威胁。为了给工作面煤炭回采创造良好条件,依据工作面、矿井实际情况,提出

采用深孔爆破方式对顶板进行弱化。

(2) 沿着工作面切眼布置5组顶板弱化钻孔,并以及现场实际情况对弱化钻孔布置参数、装药结构进行设计。现场应用后,5号煤层上覆坚硬顶板内形成贯通裂缝,工作面回采后顶板来压步距降至19.3 m、动载系数仅为1.3,取得显著的顶板弱化效果。

[参考文献]

- [1] 吕庆国. 近距离煤层下层煤顶板水力压裂超前弱化技术应用[J]. 山东煤炭科技,2020(9):182-184.
- [2] 梁龙龙. 坚硬顶板深孔预裂爆破技术研究及应用[J]. 能源与节能,2020(11):176-177.
- [3] 张宪军. 薄煤层综采工作面坚硬顶板弱化技术研究[J]. 中国矿山工程,2021,50(1):36-38.
- [4] 张功. 水力压裂弱化技术在坚硬顶板采煤工作面的应用[J]. 山东煤炭科技,2020(6):21-23.
- [5] 段奥东. 水力压裂技术在22116工作面坚硬顶板弱化中的应用[J]. 山东煤炭科技,2020,38(12):9-11+14.
- [6] 张旭. CO₂气相致裂技术在综放工作面提前放顶中的应用[J]. 煤矿开采,2017,22(3):75-77.
- [7] 韩敏. 坚硬顶板弱化技术在22118工作面中的应用[J]. 山东煤炭科技,2019(4):36-38.
- [8] 樊杰. 采场坚硬顶板预裂弱化技术应用分析[J]. 煤矿现代化,2019(2):149-151.