

聚氨酯在综采工作面片帮冒顶防治中应用分析

邓会东（山西潞安化工集团左权阜生煤业有限公司，山西 晋中 032612）

摘 要：21090 综采工作面受煤壁以及顶板破碎等因素影响，容易出现煤壁片帮以及顶板冒落等问题，给采面煤炭高效回采带来制约。为此提出使用聚氨酯对采面破碎煤岩体进行注浆加固，并辅助采用强化采面管理措施对煤壁片帮及顶板冒落等问题进行治理。现场应用后，采面回采过程中煤壁片帮及顶板冒落问题得以有效解决，采面实现高效回采。

关键词：聚氨酯；煤壁片帮；顶板冒落；注浆加固

采面开采范围内地质条件复杂时，常出现片帮、冒顶等问题，轻则影响采面推进速度，重则导致液压支架咬架、中断生产，给采面生产带来严重威胁^[1-2]。片帮、冒顶等受到煤层赋、物理性质、采高、液压支架工作情况及回采速度等有关^[3]。众多学者对片帮及冒顶机理、防治技术展开研究，并提出增加支架工作面阻力、及时伸出护帮板、及时移架、木锚杆、棕绳+注浆等措施进行治理，受煤层赋存条件差异影响，应针对性采取的片帮、冒顶防治措施^[4-6]。为此，文中以山西某矿 21090 综采工作面为工程实例，针对采面片帮、冒顶问题，提出以使用聚氨酯加固为核心的防治措施，并通过强化采面管理实现工作面安全回采。

1 工程概况

21090 工作面位于矿井东翼，回采二 1 煤层，煤厚 2.5m~5.6m，平均 3.2m，倾角 10.5°，f 值 0.3~0.6，埋深为 586m。工作面设计走向、倾斜长分别为 1250m、120m，采用“一进一回”式通风。二 1 煤顶底板为泥岩、砂质泥岩和粗粒砂岩，具体见表 1。

表 1 二 1 煤层顶底板岩性

类型	岩性	厚度 /m	硬度
基本顶	细砂岩	10.3~15.6	7~12
直接顶	砂质泥岩	2.1~5.4	2~5
伪顶	泥岩	0.3~0.6	1~3
直接底	粉砂岩	1.1~2.9	4~9
基本底	砂质泥岩	3.7~8.2	2~6

21090 工作面采用三八制，采高 3.2m，采煤机截深 600mm，上下顺槽使用 U29 型钢支护，巷道宽×高均为 4200mm×3700mm。工作面液压支架为 ZY4000-17/37，割煤用 MG300-WD 型电牵引双滚筒煤机破煤，SGZ-764/500 型刮板运输机装煤、运煤。受采面采高大、地质条件复杂以及煤壁顶板破碎等因素影响，生产过程中出现片帮、漏顶问题，制约采面生产，因此，需对采面煤壁片帮、顶板漏顶原因进行分析，并采取针对性的防治措施，确保采面生产安全。

2 采面片帮及冒顶监测及原因分析

2.1 现场监测分析

在 21090 工作面回采期间，对片帮和冒顶进行实测（图 1）。从现场监测结果看出，采面片帮、冒顶区间在 0.5 m 内比分别为 85%、90%，区间在 0.5m~1m 占比分别为 12%、9%，区间在 1m 以上的片帮、冒顶占比分别为 3%、和 1%。同时采面采面中上部位片帮、冒顶发生率相对较高。整体来说，21090 工作面片帮、冒顶问题较为突出，在一定程度上制约采面生

产安全。

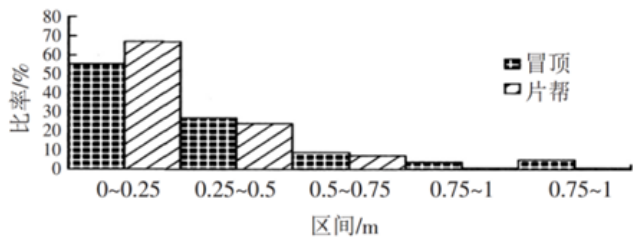


图 1 采面片帮统计图



图 2 片帮现场图

2.2 片帮及冒顶原因分析

依据采面地质以及生产情况，分析片帮及冒顶发生原因为：①断层影响。在采面回采范围内有落差分别为 1.8m、3.2m 断层，受断层影响煤体起伏较大，且破碎程度增加，片帮、冒顶更容易发生；②煤层松软。二 1 煤层松软，硬度 0.4，正常回采时生片帮，给采面顶板管理带来极大影响，特别遇到地质构造时，采面煤壁片帮更为严重；③区域构造影响。受到区域褶曲影响，21090 采面开采时有 12° 仰角，仰采煤壁片帮、冒顶发生率更高。

受上述因素制约，采面片帮、冒顶发生率较高，采面回采过程中需要安排专人处理片帮、冒顶问题。现场统计发现，采面每天割煤 2 刀，日均进尺仅 1.2m，液压支架出现一定程度咬架、死架问题。

3 聚氨酯加固应用

3.1 加固材料

注浆加固材料为聚氨酯，该材料渗透性、流动性较好，在注浆泵压力作用下可快速、大范围在破碎煤岩体内扩散，同时胶结、固化后体积有所膨胀，可将破碎煤岩体连接成完整整体。聚氨酯胶结后的材料具有较好弹性及抗变形能力。具体现场具体聚氨酯性能参数见表 2。

表 2 聚氨酯性能参数

项目	A 料	B 料
外观	淡黄色液体	深褐色液体

闪点 /℃	156	167
黏度 /MPa·s	200~250	100~150
密度 /g·cm ⁻³	1.16	
混合体积比	1:1	
固化时间 /s	60~240 可调	
最高反应温 /℃	132	
自熄时间 /s	0.32	
黏结强度 /MPa	10	
拉伸强度 /MPa	20	
抗剪强度 /MPa	21	

3.2 加固设备

现场注浆加固设备应于注浆工艺、材料等相匹配，根据井下生产情况，具体选择使用 PTU-MZI 电动泵破碎煤岩体进行注浆加固。PTU-MZI 注浆加固设备技术参数见表 3。

表 3 注浆加固设备技术参数

电机功率 (kW)	电压 (V)	转速 (r/min)	注浆压力 (MPa)	排量 (L/min)	重量 (kg)
1.5	380/660	715	0~8	0~9	150kg

3.3 聚氨酯加固钻孔设计

当 21090 采面回采片帮严重，在采面内布置注浆孔对煤壁、破碎顶板进行注浆加固。具体方案为：顶板破碎区域通过单排眼挑顶注浆加固；煤壁顶部片帮通过均衡注浆加固；煤壁劈裂滑移区域通过锚注方式控制。具体采面注浆加固孔布置参数见表 4。

表 4 注浆加固孔布置参数

位置	形式	开孔距顶板距离 (m)	孔深 (m)	仰角 (°)	注浆量 (kg/m)	封孔深度 (m)	注浆深度 (m)
破碎顶板	单排	0.5	6	45~60	40~60	1.5~2.0	3.5
顶煤片帮	单排	2	6	25~35	30~50	2.0~2.5	4.5
劈裂滑移	双排(三花眼)	1	6	10~20	20~30	2.5~3.0	5.0

注浆孔采用风动锚杆钻机钻进，封孔用 2.5m 长封孔器，使用高压进行注浆。为便于施工，钻孔施工及注浆按单双号间隔跳孔进行。当达到设计注浆压力后持续 3min 以上或者注浆孔壁周边溢浆严重时停止注浆。

3.4 其他辅助措施

①增加支架工作阻力。可通过合理布置乳化液泵站位，减少乳化液泵送距离，并适当增加乳化液泵送压力，提升液压支架工作阻力及初撑力；对液压支架工作状态进行监测，发现压力降低或者存在乳化液泄漏时及时进行修整并补充乳化液；强化液压支架以及顶板管理，确保顶板下沉量在允许范围内；②适当降低采高。随着采高增加煤壁片帮程度呈明显增加趋势，适当降低采高有助于维护煤壁稳定；③提升护帮板使用率。采煤机割煤后及时移架可有效控制煤壁片帮、漏顶；液压支架前移后及时伸出护帮板支护煤壁，同时在超前采煤机 1~2 个支架收起护帮板，确保煤壁最大程度被护帮

板支撑。

4 效果分析

采用聚氨酯注浆加固后较加固前片帮以及顶板漏顶发生率降低 80% 以上，具体片帮统计结果见图 3、现场情况见图 4。通过采用聚氨酯注浆加固，提高了煤壁以及顶板破碎岩层强度，现场取得显著应用效果。

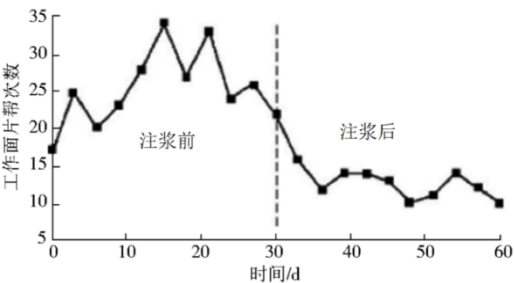


图 3 注浆前后片帮对比曲线



图 4 注浆效果

5 总结

① 21090 综采工作面煤岩体较为破碎，正常生产的制约因素是煤壁片帮、冒顶，为此提出采用聚氨酯注浆加固方式提升煤壁支撑强度来对片帮进行治理。对采面片帮以及顶板冒落严重区域内布置钻孔进行注浆加固，注入的聚氨酯进入到松散的煤岩体裂隙之中，将破碎煤岩体凝结成一个整体，提升整体稳定性，为回采工作面的安全推进创造了良好条件；②采面进行聚氨酯加固后，煤壁强度以及稳定性均得以明显提升。相对于注浆前，注浆后的综采工作面煤壁片帮、冒顶发生率降低幅度达到 80% 以上，为采面高效回采创造了良好条件。

参考文献：

[1] 邱景胜. 大采高作业面片帮冒顶机理及控制分析 [J]. 能源与节能, 2021(04):31-32+44.
[2] 朱桂全. 矿井中组煤顶板分析及安全管理措施研究 [J]. 中国矿山工程, 2021,50(02):32-34.
[3] 张佳佳. 受背斜控制大采高工作面片帮冒顶机理分析 [J]. 陕西煤炭, 2020,39(06):96-99+112.
[4] 胡振华. 松软煤层大采高片帮冒顶防治技术 [J]. 江西化工, 2020(03):315-317.
[5] 张世伟. 厚煤层综放工作面顶板支护技术研究 [J]. 中国矿山工程, 2020,49(01):30-33.
[6] 王彪. 松软煤层综采工作面片帮冒顶防治措施研究 [J]. 山西能源学院学报, 2019,32(03):23-25.

作者简介：

邓会东 (1988-)，男，汉族，河南栾川人，本科，助理工程师，从事矿井通风防突工作。