

矿井密闭综放工作面启封技术研究

李 宝 (山西焦煤汾西矿业矿山救护大队, 山西 孝义 032300)

摘 要: 21105 综放工作面在回采期间回风流中出现 CO 且浓度呈现增加趋势, 为确保矿井生产安全, 采用密闭措施进行防灭火治理。密闭后对导风裂隙封堵, 综合采空区注氮及注二氧化碳等措施进行防灭火; 在密闭启封时使用逐段启封方式, 启封时进行防灭火以及火灾预警, 确保了启封安全; 在启封后通过对易自燃区域进施工防火钻孔灌注凝胶, 避免了煤层自燃。上述措施综合使用, 实现了 21105 综放工作面安全启封以及顺利回采。

关键词: 综放开采; 遗煤自燃; 火区启封; 防灭火技术; 矿井火灾

综放开采时受到开采工艺限制采空区内遗煤量较大, 当回采煤层有自燃发火倾向时, 采空区防灭火是煤炭开采时重点关注问题^[1-2]。虽然综放开采时使用采空区注氮、喷洒阻化剂、减少采空区漏风等方式降低采空区遗煤自燃, 但是当采面回采遇地质构造或者回采煤层自燃发火时间短等因素影响时, 采空区内遗煤仍有较高的自燃发火几率^[3-4]。采空区遗煤自燃发火后, 密闭是实现防灭火最为安全的措施, 若采面密闭后不启封会造成煤炭资源浪费以及综放设备无法再次使用等问题, 严重制约矿井经济效益。文中以山西某矿 21105 综放工作面为工程实例, 对采面密闭期间以及启封过程中放灭火技术进行探讨, 以期为其他矿井综放开采工作面防灭火工作开展提供经验借鉴。

1 工程概况

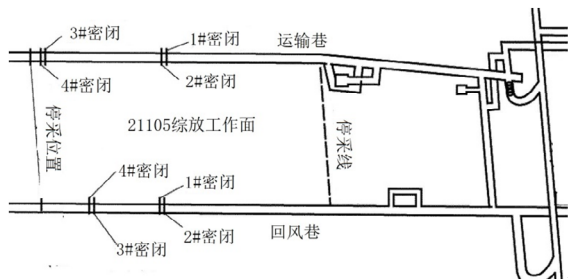


图 1 采面密闭示意图

山西某矿 21105 综放工作面开采 11# 煤层, 煤层埋深平均 420m、厚度 5.6m、倾角 5~8°。21105 综放工作面位于 2 采区西侧, 东部为采区集中轨道、运输等巷道, 西部为矿井边界煤柱, 南部为已经回采完毕的 21103 采空区, 北侧为实体煤。21105 综放工作面采放比为 1:1.53, 采用 U 型通风方式。11# 煤层原始瓦斯含量介于 4.6~6.9m³/t, 现开采水平无煤与瓦斯突出危险性, 煤尘局有爆炸危险性, 煤层属于自燃煤层, 自燃发火期介于 25d~90d。21105 综放工作面斜长、倾向长度分别为 190m、1050m。2020 年 5 月 15 日采面推进至 690m 位置时回风巷监测到 CO 浓度 (16ppm), 虽然后续使用采空区注氮、喷洒阻化剂、增加推进速度等方式进行防灭火, 但是采面后续回采中 CO 浓度不断增加; 2020 年 5 月 17 日推进至 702m 时回风巷 CO 浓度达到 36ppm, 综放液压支架后方测定 CO 浓度介于 40~305ppm, 采空区内遗煤有自燃发火危险性, 随即于 2020 年 5 月 18 日进

行密闭。

在 21105 综放工作面回采巷道内分别施工 4 道密闭墙, 具体布置见图 1 所示。密闭墙厚度均为 0.5m, 其中 1#、2#、3#、4# 密闭墙间隔均为 2.0m, 2# 及 3# 密闭墙间隔为 45m。

2 密闭工作面防灭火技术

2.1 封堵漏风点

对 21105 综放工作面回采巷道进行喷浆处理, 喷浆层厚度控制在 500~100mm, 喷浆长度为超前采面停采位置 40m。对所有可能与 21105 综放工作面采空区相连接的密闭进行加固。

2.2 采空区注氮

从 21105 运输巷密闭措施孔向采空区进行注氮, 注氮从 5 月 22 日开始至 9 月 22 日结束, 期间共向采空区内注入 1.5 万 m³ 氮气。注氮后采空区内氧气浓度逐渐降低至 5% 以内、CO 浓度降低至 28ppm 以内。虽然注氮可降低采空区内氧气、CO 浓度, 但是由于不能降低采空区内温度, 同时受到取样条件、采空区内气体运移规律影响, 导致取样测定的 CO 浓度存在一定偏差, 在采面启封过程中仍可能出现遗煤复燃问题。为了给后续采面启封创造良好条件, 决定在 21105 采空区内灌注二氧化碳。

2.3 采空区注二氧化碳

二氧化碳具有惰化效果好、气体纯度高、冷却降温效果显著等优点, 在矿井采空区防灭火中应用较为广泛。为了确保施工安全, 运输来的液态二氧化碳先在地面转换成适当压力的气态二氧化碳, 并通过井下已有的管线注入到 21105 采空区。

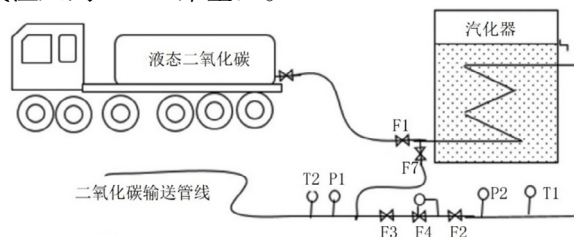


图 2 地面二氧化碳注入示意图

将液态二氧化碳及汽化器均布置在矿井副井口, 将液态二氧化碳转换成有一定压力的气态二氧化碳, 并通过备用排水管 (6 寸) 将气态二氧化碳运送至井底车场;

井下通过已有的3寸管将气态二氧化碳运输至21105回风巷密闭三通阀门；通过在密闭内预留的25mm高压软管、观测孔等将二氧化碳注入到21105采空区内。

液态二氧化碳经过汽化器后变成气态，同时汽化器出口位置二氧化碳温度仍可达到-40~-30℃，二氧化碳运输至井底车场时温度仍有-10℃，在回风巷密闭三通阀门位置二氧化碳输送管路仍有少量结霜，温度在-5℃左右；低温二氧化碳进入到采空区后可迅速降低采空区内温度。

截止到2020年10月12日，累积向21105采空区内注入液态二氧化碳约659t。通过向采空区内注入二氧化碳可明显降低采空区内一氧化碳浓度，介质到停注前采空区内一氧化碳浓度降低至10ppm以内、氧气浓度降低至5%以内。

3 采面启封

3.1 采面启封顺序

21105工作面运输巷、回风密闭启封采用逐段锁风启封方式，具体启动顺序为：①先开启回风巷1#、2#密闭墙，加固3#密闭墙，同时对回风巷2#及3#密闭墙内的巷道变形进行修复；②开启运输巷1#、2#密闭墙同时加固3#密闭墙，并对2#~3#密闭墙间巷道进行修复；③待回风巷修复至3#密闭墙位置后，开启回风巷3#、4#密闭墙后，使用局部通风机通风，工作人员进入到采面内进行防灭火、修复巷道、恢复采面设备运转等工作；④待运输巷修复至3#密闭墙位置后，开启3#、4#密闭墙，采面形成负压通风、恢复生产。

3.2 采面启封后防灭火技术

21105工作面启封后，综放设备、运输设备以及巷道修复等工作耗时约为45d，而回采的11#煤层自燃发火区最短为25d，采空区内遗煤仍有自燃发火风险。为此，需要制定针对性的防灭火技术，具体防灭火技术措施包括有：①构建并快速完善防灭火系统；②完善采面火灾预警系统。

3.2.1 构建并快速完善的防灭火系统

在开启采面回风巷3#、4#密闭墙后，构建并完善采面防灭火系统，并及时进行防灭火工作，具体为：①从21105回风巷重新接1趟 $\phi 50\text{mm}$ 注浆管路至采面10#液压支架位置，用以对工作面采空区进行灌浆；②新接1趟 $\phi 32\text{mm}$ 、2趟 $\phi 38\text{mm}$ 高压软管，其中 $\phi 32\text{mm}$ 高压软管作为注水供水管路， $\phi 38\text{mm}$ 高压软管分别用以对采空区进行充填泡花碱、碳酸氢铵；③在21105回风巷布置2台注浆泵、2台石膏泵分别向采空区进行远距离注灭火剂、灌注黄泥以及充填碳酸氢铵；在采面18#、35#液压支架位置均布置一台石膏泵，近距离向采空区内充填碳酸氢铵；④在采面59#液压支架位置安装一台液压注浆泵向采空区内注入轻型充填材料，以便降低后续采面通风时采空区漏风量。

3.2.2 完善采面火灾预警系统

采面及采空区内遗煤自燃发火过程中会产生CO等

标志性气体，通过对标志性气体进行监测皆可实现采面火灾预警。在采面运输巷安全出口外、70#液压支架、回风上隅角、回风巷等位置分别布置CO传感器，同时在上述位置分别取样进行气体成分分析，以便确定煤体氧化程度及后续发展趋势。在采面进风及回风隅角、50#、60#及70#支架间通过防火钻孔进行气体取样，用以对自燃发火预警。

3.3 启封后施工防火钻孔

依据采面煤层赋存条件、停采位置以及采面通风情况，发现采面有5处位置容易出现煤炭自燃，应针对性进行防灭火：①运输巷转载机段在采动压力、地质构造等综合作用下出现变形严重、顶煤破碎且干燥，煤炭容易出现氧化自燃。为此，在采面4~10#液压支架间向运输巷转载机段顶煤位置施工7个注水钻孔，通过不间断注水确保顶煤始终湿润；②为降低采空区漏风，在采面1~12#支架顶梁间按照15°施工注浆孔，钻孔深度为13m，共计施工12个钻孔。通过钻孔充填凝胶，以便降低采空区漏风量；在采面液压支架悬挂风筒布，减少漏风；③采面停采时采煤机停在59~68#支架间，受采煤机影响，此位置风量较小，顶煤存在自燃风险，为此在55~72#支架间向液压支架上覆顶煤、液压支架后方采空区破碎煤体内分别施工防火钻孔并关注凝胶，封堵裂隙并降低煤体温度。

4 总结

①21105综放工作面在停采密闭期间综合使用密封漏风裂隙、采空区注氮、注二氧化碳等措施，有效降低了采空区内CO浓度，为后续采面启封创造良好条件；②受到停采时间长、巷道变形严重等因素影响，启封后采面需要耗时45d方可投入生产。为确保启封以及后续采面修复期间安全，通过使用逐段启封方式减少启封过程中采空区漏风量，并在启封时进行防灭火以及火灾预警，确保了启封安全；在启封后通过对易自燃区域施工防火钻孔灌注凝胶，避免了煤层自燃。采面启动到正常回采期间，采面内、回风流等位置均未检测到CO等煤炭自燃发火标志性气体，实现了21105综放工作面安全启封及回采。

参考文献：

- [1] 邓照玉. 近距离自燃煤层回采工作面合理通风研究[J]. 中国矿山工程, 2020, 49(03): 35-37+61.
- [2] 陈旋. 3-807工作面需风量及瓦斯防治研究[J]. 中国矿山工程, 2019, 48(03): 72-74.
- [3] 李雪松. 官地矿22610工作面火区监测及启封技术研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2019.
- [4] 上官鑫. 高瓦斯易自燃工作面安全启封技术研究[J]. 煤矿现代化, 2018(06): 72-74+77.

作者简介：

李宝(1978-)，男，山西平遥人，2018年1月毕业于太原理工大学，采矿工程专业，本科，现为助理工程师。