

应用研究·煤矿·

10105 工作面采空区防灭火技术研究与应用

Research and application of fire fighting technology in goaf of 10105 working face in deshun coal industry

郝 钢(山西焦煤汾西矿业宜兴煤业,山西 孝义 032300)

摘要:为防止 10105 工作面采空区出现自燃现象,通过分析注浆(胶)防灭火技术原理,根据采空区的具体条件和注浆(胶)施工工艺特征,确定注浆(胶)防灭火方案的钻孔终孔位置、浆液扩散半径、钻孔间距、钻孔布置方式、注浆(胶)材料和注浆(胶)顺序等参数,并在注浆(胶)过程中进行监测作业。结果表明:注浆(胶)工程实施后,采空区内的 CO 浓度大大降低,CO 浓度降低至合理范围内。

关键词:采空区; CO 浓度; 注浆(胶); 防灭火

Abstract:In order to prevent spontaneous combustion in the goaf of 10105 working face, by analyzing the principle of grouting (glue) fire prevention technology, according to the specific conditions of the goaf and the characteristics of the grouting (glue) construction process, determine the grouting (glue) fire prevention plan the position of the final hole of the drilling hole, the spreading radius of the grout, the distance between the holes, the arrangement of the holes, the grouting (glue) material and the grouting (glue) sequence and other parameters, and monitoring operations during the grouting (glue) process. The results show that after the grouting (glue) project is implemented, the CO concentration in the goaf is greatly reduced, and the CO concentration is reduced to a reasonable range.

Key words:goaf; CO concentration; grouting (glue); fire prevention

1 前言

某矿 10105 工作面位于矿井一采区北翼中部,东邻已回采的 10103 工作面,西邻已回采的 10107 工作面,南为矿井轨道运输大巷,北邻杨家圪垛村庄保护煤柱,上覆 9 号煤层为小窑破坏区,层间距约 3.5 m,下方为未开采的 11 号煤层,层间距约 2.8 m。该工作面切眼长 190 m,走向长 530 m,平均回采高度 1.50 m,采用一次采全高综合机械化采煤法,全部垮落法管理顶板。2016 年 10 月底安装完成,2016 年 11 月初开始回采,2017 年 4 月 11 日停采结束并进行了封闭。

10105 工作面停采封闭后采取了堵漏和连续注氮防灭火措施,累计注氮量达 400 多万 m³,但采空区氧气浓度仍达到 7% 左右,同时由于上覆 9 号煤层为老窑破坏区,遗煤多、巷道布置不清,9 号煤层采空区相互贯通,且 9 号煤层与 10 号煤层采空区也相互连通,形成大面积的采空区漏风,采取的注氮措施虽然可有效抑制采空区遗煤氧化,但氮气浓度难以持续下降,9 + 10 煤层采空区存在自燃危险,特别是在 11 号煤层回采时,形成的 9 + 10 + 11 号煤层复合采空区漏风,加大了采空区自燃危险性,

文章编号:

1672-609X(2021)02-0024-04

中图分类号: TD75⁺3

文献标志码: A

作者简介: 郝钢(1986-),男,汉族,高级工程师、注册安全工程师,主要研究方向是通风、瓦斯防治。

给下组煤开采带来隐患。因此,现急需能够有效措施进行采空区防灭火。

2 地面注浆(胶)防灭火技术

2.1 技术原理与技术工艺

注浆防灭火的主要技术原理:①利用浆液的渗透作用和粘着力可使浆液覆盖在煤体表面,其中的固体物沉淀后可充填于浮煤缝隙之间,包裹浮煤、堵塞漏风通道、隔绝煤氧接触,防止氧化;②浆液中的水分有助于增加煤的外在水分,抑制煤自热氧化的发展,同时有利于已经自热煤体的冷却散热。

注浆(胶)防灭火技术的实质就是在治理区及其周围注入易于流动、固水性较好的材料,以起到隔氧降温的作用。注浆(胶)防灭火技术采用“区域钻孔施工完成—孔底信息检测—单孔注浆参数设计—效果检验”的施工工艺,具体如图1所示。

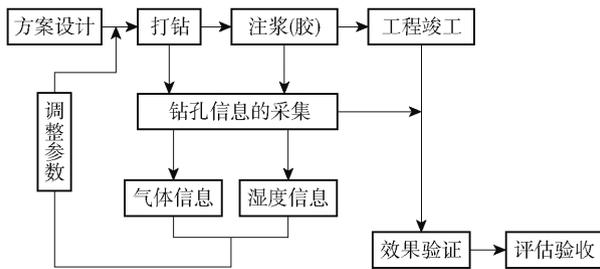


图1 地面注浆(胶)技术工艺图

2.2 施工工艺流程

注浆(胶)防灭火技术工艺主要包括注浆施工工艺和注胶施工工艺,具体各项工艺情况如下:

(1)注浆施工工艺步骤:①清水冲孔,以保证钻孔的通透性,每孔 10 m^3 ;②变比例(体积比)注黄土和消石灰浆液,先稀后稠,水固比 $1:0.8\sim 1:1$,固相比黄土:消石灰 $=10:1$;③采用多轮间隔式注浆,每次每孔 50 m^3 ,以保证浆液的自然沉淀和扩散半径;④注浆末期,利用泵机打压,在孔口压力达到 1.0 MPa 以上时,可结束注浆施工;⑤封孔,做到不漏气,注浆结束。注浆施工工艺如图2所示。

注凝胶施工工艺:①凝胶由基料(水玻璃)、促凝剂(碳铵)和水按比例混合而成;②注凝胶时先进行配比试验,主要考察凝胶强度和成胶时间,结合采空区特征初步设计凝胶配比为水:水玻璃:碳酸氢铵 $=86:10:4$,成胶时间控制在 2 min 左右;③注凝胶时,先将碳酸氢铵在浆池里按比例和水混合均匀,然

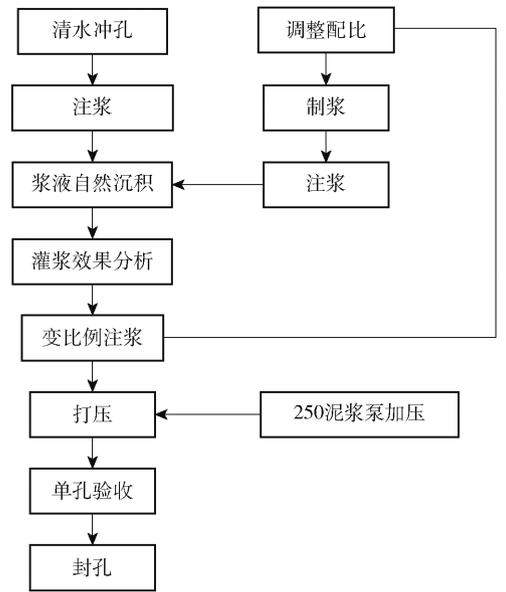


图2 注浆施工工艺流程图

后分别通过注胶泵将碳酸氢铵溶液和水玻璃压至钻孔,在孔口设置混合器,保证两者在混合器混合后在注入孔内,从而保证成胶效果。具体注凝胶工艺如图3所示。

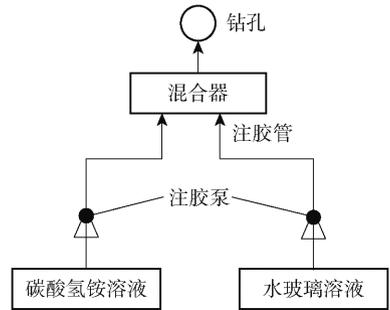


图3 注胶系统图

3 采空区防灭火技术

3.1 治理方案

根据10105工作面的地质条件可知,工作面上覆9号煤层为小窑破坏区,采空巷道多,地质情况不明,回采率低,采空区相互连通,且与10号煤层属近距离,形成的9+10煤层复合采空区漏风严重,特别是在工作面停采线附近,由于其回撤时间长、采空区自燃三带停滞时间长,根据采空区煤自燃危险区域判定理论,结合该矿开采实际,本次设计主要针对停采线附近 30 m 范围沿工作面走向全面覆盖进行预防性注浆(胶)。具体设计方案中各项参数如下。

(1) 终孔位置:10105工作面上覆有9号煤层,9号煤层为小窑破坏区,10号煤层与9号煤层间距约3.5 m,在10号煤层采动影响下,9号煤采空区可能处于10号煤采空区冒落带内,在施工过程中如发现9号煤层已冒落,则终孔位置为9号煤层顶板;如9号煤层未冒落,则终孔位置为10号煤层顶板。

(2) 注浆扩散半径:根据流体力学及相关研究成果^[1-3],采用式(1)进行注浆浆液扩散半径计算

$$R = \xi \sqrt[2.21]{\frac{0.093P_c Tbr_c^{0.21}}{\mu}} + r_c \quad (1)$$

根据该公式,结合国内外注浆防灭火的实际经验,浆液扩散半径按8 m进行考虑。

(3) 钻孔间距确定:浆液在采空区中的扩散如图4所示,钻孔最大间距由式(2)进行计算

$$L = 2 \sqrt{R^2 - D^2} \quad (2)$$

式中: L ——钻孔最大间距,m;

R ——浆液扩散半径,m,取8 m;

D ——采空区高度,m,取9号和10煤层开采高度的总和,取3 m。

基于式(2)能够计算得出 $L = 15$ m,现为了保证注浆(胶)效果,综合施工经验和矿井实际情况,钻孔间距取10~15 m。

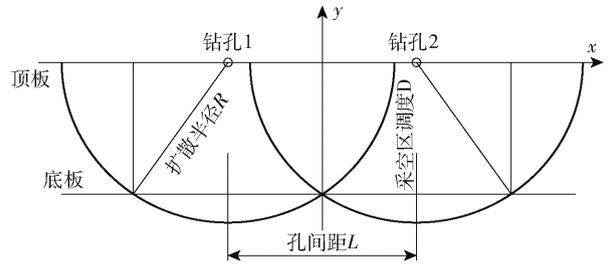


图4 浆液在采空区扩散状况示意图

(4) 钻孔布置方式:根据10105工作面开采情况及浆液的有效扩散距离、最大钻孔间距以及矿井封闭前后井下实际情况等因素综合考虑,钻孔间距取10~15 m,孔径为108 mm。沿工作面走向共设置3排钻孔,分别为:第一排A钻孔距插梁顶端(近煤层方向)2 m,分别在工作面副巷附近布置6个钻孔,在工作面正巷附近布置4个钻孔,钻孔间距均为10 m,共10个钻孔;第二排B钻孔距支架尾部1 m(距第一排钻孔10.5 m),在15架之前和104架以后钻孔间距为10 m,15~104架间钻孔间距为15 m,共17个钻孔;第三排C钻孔距支架尾部11 m(距第二排钻孔10 m),钻孔间距均取15 m,共15个钻孔,合计42个钻孔,其中A类钻孔和B类钻孔均注凝胶材料,C类钻孔注黄泥浆材料。具体布置如图5所示。

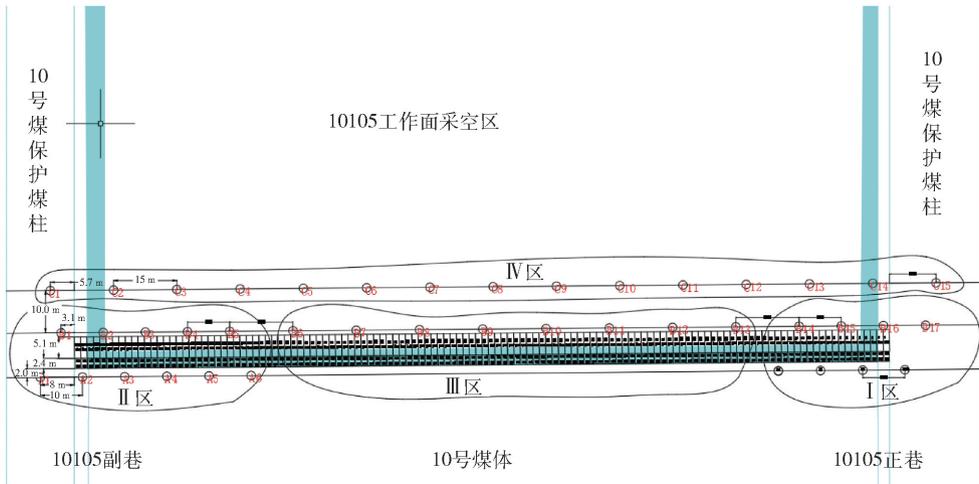


图5 注浆钻孔布置方式示意图

(5) 注浆(胶)材料:当区域钻孔施工完毕后可开始注浆。A排和B排钻孔距离停采线较近,更易发生自燃,同时为减少灌入浆材对设备的影响,以灌注凝胶为主,材料为水、水玻璃和碳酸氢铵;充分发挥其降温包裹及减少对支架等设备污染;

C排钻孔灌注黄土浆液,在降温的同时起到封堵作用,材料主要为水、黄土和消石灰,必要时添加速凝剂水玻璃以及骨料,以加快浆液的凝固和减少浆液的流失^[4-6]。

(6) 注浆(胶)顺序:施工作业时,先注位置较低

的 I 区钻孔(A7 ~ A10, B14 ~ B17, C13 ~ C15)共 11 个钻孔,再注位置较高的 II 区钻孔(A1 ~ A6, B1 ~ B5, C1 ~ C3)共 14 个钻孔,最后注剩余钻孔。先注位置较低的 I 区 8 个钻孔(A7 ~ A10, B14 ~ B17);其次注位置较高的 II 区 11 个钻孔(A1 ~ A6, B1 ~ B5);再注 B 排剩余 8 个钻孔(B6 ~ B13);最后注 C 排 15 个钻孔。

3.2 效果分析

为有效验证 10105 工作面采用注浆(胶)防灭火技术的实施效果,通过地面注浆(胶)钻孔长期对 10105 工作面回风巷附近区域采空区布置两个监测点(A2、C2),对 CO 的含量进行持续监测,根据监测结果得出如图 6 所示曲线。

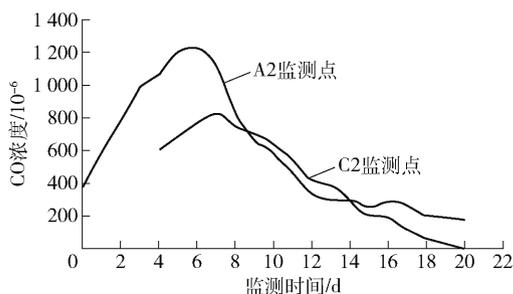


图 6 注浆(胶)过程中采空区内 CO 浓度变化曲线

分析图 6 可知,在 10105 工作面注浆(胶)初期,由于存在氧气进入采空区内,出现 CO 浓度升高的现象,随着注浆(胶)作业的进行,CO 浓度开始逐渐降低,当注浆(胶)工作进行 20 d 后,2 个监测点的 CO 浓度分别从 1250×10^{-6} 、 840×10^{-6} 降低至

176×10^{-6} 、0;大大降低了采空区内有害气体的浓度。

4 结论

根据 10105 工作面采空区的具体条件,通过分析注浆(胶)防灭火技术的技术原理和施工工艺流程,结合采空区现状,进行采空区注浆(胶)防灭火施工方案的具体设计,分别确定钻孔终孔位置、浆液扩散半径、钻孔间距、钻孔布置方式、注浆(胶)材料和注浆(胶)顺序,根据注浆(胶)过程中 CO 浓度监测结果可知,注浆(胶)防灭火技术实施后,有效解决了采空区自燃的危险。

[参考文献]

- [1] 李开舜,胡鑫印. 巷道围岩控制与注浆防灭火技术研究与应用[J]. 煤炭技术,2020,39(2):115-117.
- [2] 胡海峰,邢真强,陈明浩. 地面钻孔注浆技术在小煤窑采空区防灭火中的应用[J]. 煤矿安全,2019,50(10):145-148.
- [3] 赵灿,张浪,刘彦青. 偏 Y 型通风下采空区瓦斯涌出规律及超限治理研究[J]. 煤炭科学技术,2019,47(4):127-133.
- [4] 李琨. 综采工作面综合防灭火技术研究[J]. 煤炭工程,2019,51(S2):97-99.
- [5] 林增,赵文彬,刘波. 深部厚煤层撤面期间煤层自燃预防及控制技术[J]. 煤炭技术,2020,39(6):117-121.
- [6] 彭荣富,万祥云,贾炳,等. 五虎山煤矿 010910 工作面复合采空区注浆防灭火效果分析[J]. 煤矿安全,2020,51(4):133-136.