

沿空留巷工艺及自然发火防治技术

张庆邦

宁夏宝丰集团红四煤业有限公司 宁夏银川 750000

摘要: 沿空留巷是指采煤工作面回采过程中采用一定的技术手段,沿采空区边缘将上一区段原回采巷道重新支护并预留给下一个区段或工作面使用的巷道,称之为沿空留巷。沿空留巷技术提高了煤炭资源回收率,解决了采掘接续问题,但是采空区自然发火隐患随之增加,预防自然发火成为沿空留巷技术的最大阻力之一,防治不到位,会造成沿空留巷工艺的失败、人员伤亡和资源经济的损失。因此沿空留巷工艺及自然发火防治技术的研究显得尤为重要。
关键词: 沿空留巷;通风系统;回收率;自然发火;自然发火防治

一、沿空留巷工艺及方式

红四煤矿通过考察论证,并结合本矿地质情况,首次采用沿空留巷技术,红四煤矿沿空留巷技术工艺方法主要分为两部分,一是沿空留巷顶板的加强支护,二是沿空留巷防漏风墙体的施工。沿空留巷工艺方法如图1所示。

(一) 沿空留巷顶板的加强支护

沿空留巷顶板的加强支护,主要采用“切顶卸压+恒阻大变形锚索补强支护+一梁四柱主动支护+木垛被动支护”的方式。一是在综采工作面超前100m范围内施工深孔预裂切缝钻孔,采用爆破卸压技术,改变巷道原岩应力集中分布位置,切断采空区顶板压力传递,保护沿空留巷顶板的完整性,减弱巷道顶板受压变形;二是施工恒阻大变形锚索,对顶板进行补强加固支护,有效控制沿空留巷顶板的下沉,增加所留巷道围岩自身承载

作用的能力,减少巷道变形量,保证沿空留巷的效果;三是采用“一梁四柱”加强沿空留巷顶板支柱,即一根 π 型钢梁配四根单体液压支柱进行主动加强支护,每排“一梁四柱”间隔为500mm;四是每隔30m在靠近沿空留巷一侧打设木垛,进行被动加强支护,起到保护沿空留巷的作用。

(二) 沿空留巷防漏风墙体的施工

沿空留巷防漏风墙体的施工,主要采用“经纬网+双层挡矸防风布+钢筋网+可伸缩U型钢+高分子防火材料”进行联合挡矸放漏风支护。工作面割煤移架后,首先挂经纬网临时挡矸,再铺设双层挡风布和钢筋网,防止向采空区漏风,最后施工两节可伸缩U型钢,搭接长度大于1m,U型钢之间采用卡兰连接,U型钢架间距500mm,最后喷涂高分子防火材料,封闭接茬和裂缝,进一步防止向采空区漏风。

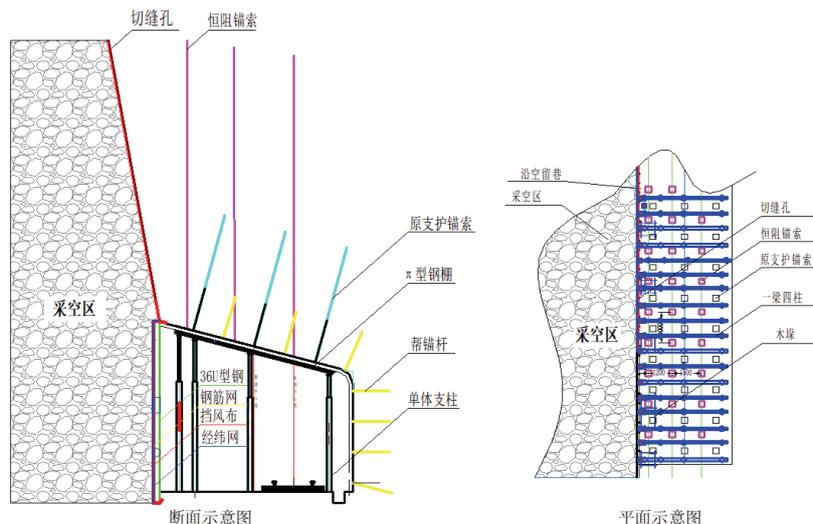


图1 沿空留巷工艺方法示意图

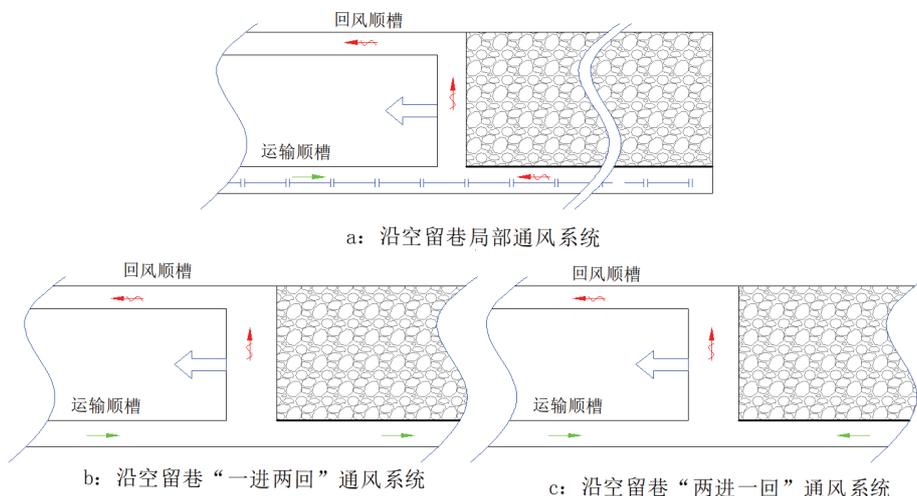


图2 沿空留巷通风系统示意图

二、沿空留巷通风系统

综采工作面采用沿空留巷工艺技术的通风方式有两种，一是沿空留巷与下一区段或工作面贯通前采用局部通风机配阻燃风筒进行通风；二是沿空留巷与下一区段或工作面贯通后采用全负压通风，全负压通风可以分为一进两回和两进一回的通风方式，通风方式的选择应结合实际情况合理选择和调整。沿空留巷通风系统如图2所示。

三、沿空留巷自然发火防治技术

综采工作面采用沿空留巷工艺技术时，最常见的通风方式有三种，无论哪种通风方式，沿空留巷，特别是自燃和容易自燃的煤层，采空区自然发火是影响沿空留巷技术成功的关键，因此研究论证沿空留巷工艺采空区自然发火防治技术及应用是非常有必要的。

(一) 沿空留巷自然发火监测

1. 束管监测系统：利用地面束管监测系统或井下移

动式束管监测系统，通过迈步交替的方式沿回风隅角向采空区进行预埋束管，对回风隅角、散热带、氧化带的的气体浓度通过束管监测系统进行抽样分析。

2. 人工取样观测：为方便人工取样检测，需要提前加工预埋观测管，观测管中设置4根束管，4根束管的长度可以参考采空区自然发火“三带”划分的数据布置，在需要的位置预留采样三通，便于采样，同时也防止将束管砸坏。随着工作面的推进，间隔一定距离预埋观测管，并根据束管监测的数据分析规律，确定沿空留巷采空区危险区域（图中红色区域），即确定危险曲线A-B-C-D。如图3所示。

(二) 沿空留巷自然发火综合防治措施

1. 黄泥灌浆防灭火

地面建设完善的黄泥灌浆系统，沿工作面回风顺槽埋入采空区，采用交替埋管的方式定期向采空区进行预

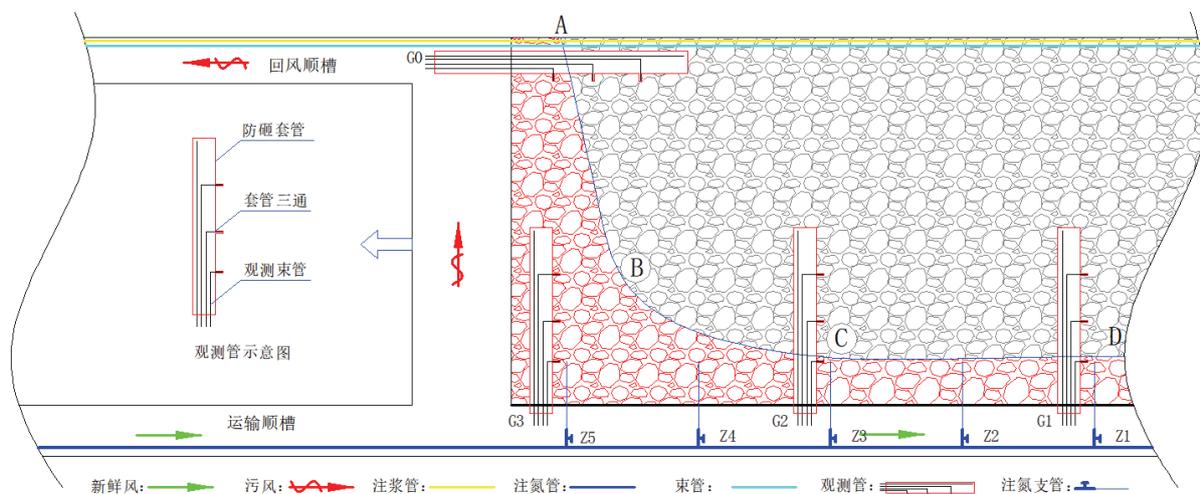


图3 沿空留巷自然发火防治示意图

防性灌浆，灌浆管出口预埋至氧化带时，开始预埋第二根灌浆管，第一根灌浆管出口过了A点（进入窒息带）时，将注浆管路从上段头断开，与新埋的第二根灌浆管连接灌浆，依次类推开展采空区预防性交替灌浆，如图3所示。

2. 注氮防灭火

地面建设完善的注氮系统，沿工作面沿空留巷敷设一趟注氮管路，根据需要预留注氮支管，注氮支管埋入采空区的深度不超过A-B-C-D曲线，重点对“危险区”进行注氮，并通过观测孔检查采空区中的气体浓度，防治采空区自然发火，如图3所示。

3. 三相泡沫防灭火

三相泡沫防灭火技术是利用固（固态不燃物）、气（氮气）、液（水）三相阻燃防灭火介质性能于一体，并添加发泡剂形成的三相泡沫防灭火体系，有效预防采空区遗煤自燃发火。氮气发泡形成的三相泡沫有三大优点：一是它利用粉煤灰或黄泥的覆盖性、水的吸热降温性、泡沫的发泡堆积性，持久有效地阻碍煤对氧的吸附，防止煤的氧化；二是产生的泡沫将氮气封闭在其中，降低了氮气的流动性，使氮气滞留采空区的时间延长，充分发挥氮气的窒息防灭火功能；三是不燃性固态物质随着三相泡沫在采空区缓慢流动，泡沫破碎后，不燃性固态物质具较均匀地粘附在采空区浮煤上，进一步阻断了煤与氧气的接触，从而阻断了采空区遗煤的氧化，达到防治煤炭自然发火的目的。

4. 胶体灭火剂防灭火

胶体灭火剂是利用现代化学工程技术，由多种水溶性有机高分子与耐高温无机分子组成。他最大的特点就是遇水能在设计胶凝时间内使水失去流动性，包裹煤体，堵塞裂隙，隔绝氧气，防止煤层自燃或复燃。

5. 其他防灭火措施

（1）提高回采率，减少采空区遗煤：地质构造复杂多变，煤炭开采过程不可能实现100%的回采，采空区遗煤是客观存在和无法避免的，因此只有通过合理的设计、改进回采工艺、引进新技术和新设备，提高煤炭回采率，减少采空区的遗煤是防止煤炭自燃的重要条件。

（2）采空区防漏风：氧气是煤炭氧化自燃必要条件，没有氧气的参与煤炭就不会氧化，更不会自燃，因此采空区的防漏风井尤为重要。而采用沿空留巷工艺的工作面，顺槽中沿空留巷的一侧直接与采空区的联通，应从

沿空留巷的长度、服务时间、构造、矿压等因素综合考虑设计，采取施工挡风墙、强制放顶、顶板加强支护、喷浆、喷涂防火材料等措施确保沿空留巷严密性，防止通过沿空留巷向采空区漏风。

（3）热量积聚：热量积聚是煤炭自然的必要条件之一，煤炭发生氧化产生的热量如果不能及时排走，在氧化热量积聚道一定程度就会引起煤炭自燃。

结语

以上三个方面，是煤炭自燃的必要条件，针对沿空留巷这种特殊的回采工艺，采空区遗煤、热量积聚是无法避免的，只能从监测监控、沿空留巷工艺、回采方法、综合防灭火措施上综合考虑，通过观测、监测等方式，加强采空区自然发火预测预报工作，减少采空区漏风和遗煤，采取注浆、注氮和注入化学灭火剂等综合措施，隔绝煤层氧化的条件，实现煤矿综采工作面沿空留巷过程中采空区通风防火的安全。

参考文献

- [1]GB 51078-2015 煤炭矿井设计防火规范 住房和城乡建设部 2015-09-01 现行
- [2]AQ 1044-2007 矿井密闭防灭火技术规范 国家安全生产监督管理 2007-07-01 现行
- [3]AQ 1088-2011 煤矿喷涂堵漏风用高分子材料技术条件 国家安全生产监督管理 2011-12-01 现行
- [4]DB37/T 4295-2020 防灭火材料使用安全性与环保性评估规范 山东省市场监督管理局 2021-01-30 现行
- [5]王建军.沿空留巷顶板活动规律及控制研究.中国矿业大学出版社, 2017-04-01
- [6]张自政.沿空留巷充填区域直接顶稳定控制研究.中国矿业大学出版社, 2023-03-01
- [7]何富连.沿空煤巷矿压控制.科学出版社, 2024-03-01
- [8]刘志刚, 万晓.定向深孔爆破断顶技术原理及工艺.中国建筑工业出版社, 2023-03-01
- [9]梁运涛.煤矿防灭火细则解读.应急管理出版社, 2021-11-01
- [10]易欣等.深井高地温综放开采防灭火技术.应急管理出版社, 2017-10-01