

综合防灭火技术在沿空留巷中的应用研究

Application of comprehensive fire prevention and extinguishing technology in retaining roadway along goaf

武敬忠 (山西焦煤西山煤电集团古交铂龙煤业有限公司, 山西 古交 030200)

Wu Jingzhong (Shanxi Coking Coal Xishan Coal Power Group Gujiao Bailong
Coal Industry Co., Ltd., Shanxi Gujiao 030200)

摘要: 本文主要分析了沿空留巷施工方案, 重点介绍了在沿空留巷中综合防灭火技术的应用情况, 其不仅可以避免沿空留巷及回采过程中出现自燃发火隐患, 而且还可以保证工作面的安全回采, 进而提高煤矿开采效率。通过对综合防灭火技术进行研究, 以期能为沿空留巷煤矿的安全生产提供可靠保障, 创造出最大化的经济与社会效益。

关键词: 综合防灭火技术; 沿空留巷; 应用效果

Abstract: this paper mainly analyzes the construction scheme of Retaining Roadway along goaf, and focuses on the application of comprehensive fire prevention and extinguishing technology in retaining roadway along goaf, which can not only avoid the hidden danger of spontaneous combustion in the process of Retaining Roadway along goaf and mining, but also ensure the safe mining of working face, so as to improve the mining efficiency of coal mine. Through the research on comprehensive fire prevention and extinguishing technology, it is expected to The goaf retaining Lane coal mine provides a reliable guarantee for the safe production of coal mine and creates the maximum economic and social benefits.

Key words: retaining roadway along goaf; comprehensive fire prevention and extinguishing technology; application effect

0 引言

如今, 在煤矿开采中, 沿空留巷技术得到了广泛应用, 其主要是将冒落矸石直接作为煤壁或采用巷旁充填方式, 但是其要求裂隙较为发育, 然而会在采空区内增加漏风率。如果沿空留巷为自燃煤层时, 需要采取有效措施来避免采空区遗煤出现自燃发火现象, 进而确保煤矿开采的安全、高效进行。在沿空留巷煤矿开采阶段, 要结合实际情况来对综合防灭火技术给予科学、合理的选择, 以期能为综采工作面提供参考借鉴。

1 沿空留巷技术概述

沿空留巷实际上就是一种巷道, 即煤矿开采过程中, 沿采空区边缘维护原回采巷道, 其存在的主要目的是为了回收在传统煤矿开采过程中所留下的保护煤柱, 进而提高煤矿开采效率。实际上, 沿空留巷技术应用的关键在于重新支护上一区段的顺槽, 以期为下一个区段煤矿开采使用, 其不仅可以最大限度上对煤矿资源进行回收, 降低煤体损失, 而且还可以有效提煤矿开采率, 进而提高企业的经济效益。

2 矿井概况

金凤煤矿分布在宁夏吴忠市东南, 井田南北走向长

11.5~12.0km, 东西倾向宽 1.9~3.5km, 面积为 41km²。煤矿开采选择了沿走向布置长壁综合机械化一次采全高采煤法, 并对顶板采用了全部垮落法管理。矿井设计服务年限为 64.2a, 生产能力为 4.00Mt/a。矿井通风采用中央并列式, 并在地面工业广场设置了 3 条井筒, 主斜井及副斜井进风, 回风斜井回风, 矿井具有相对比较可靠、稳定的通风系统。

在金凤煤矿中, 011802 综采工作面属于首采工作面, 回风巷和机巷走向长度依次为 2586m 和 2447m, 可采长度 2260m, 工作面斜长 260m。011802 综采工作面回风巷选择了异形巷道, 其全长为 2586m, 巷道掘进中高 3250mm, 上帮高 3350mm, 下帮高 3150mm, 掘进宽度 5100mm, 掘进断面积 16.575m²; 支护厚度为 50mm, 巷道净高上帮为 3100mm, 下帮为 2900mm, 中高为 3000mm, 净断面积为 15m², 净宽为 5000mm。

011802 综采工作面主采 18# 煤层, 厚度范围在 2.70~5.50m, 平均 3.80m。沿顺槽方向, 由南向北煤层厚度逐渐变厚, 并且具有较大的厚度变化范围, 属稳定煤层, 但是其煤层结构相对比较简单, 仅含 1 层厚度 0.20m 左右的矸石。该煤层属于瓦斯矿井, 其煤尘爆炸性指数为

31.78%，且绝对瓦斯涌出量为 $0.062\text{m}^3/\text{min}$ ，存在明显的爆炸危险性。同时，煤层属于易自燃煤层，最短自燃发火期为 41d，具有明显的自燃发火倾向。

3 沿空留巷施工方案

在进行 011802 工作面回采过程中，其上部分布有三角煤，其长约为 860m，此时为了最大限度减少巷道掘进量，提高煤炭资源回收率，采用了沿空留巷无煤柱采煤方法，沿空留巷段设置在停采线向北 860m 范围内，边开采边支护，而且该巷形成后可以为上部 011801 工作面开采过程中的机巷用。图 1 描述的是 011802 综采工作面沿空留巷位置示意图。

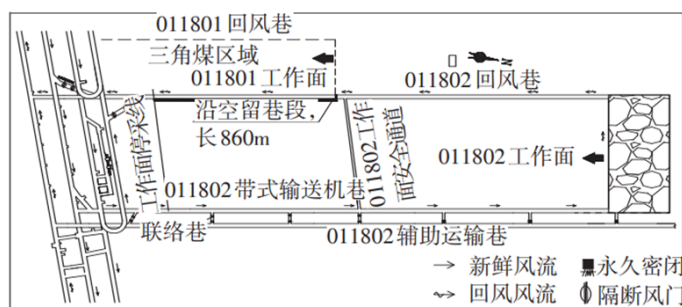


图 1 011802 综采工作面沿空留巷位置示意图

① 011802 综采工作面回风巷下帮到采空区 1m 以内选择柔模泵注混凝土支护，该过程中采用的柔模墙预留厚度为 1m，长度为 860m 左右。柔模泵注混凝土支护具有一次施工面积大的特点，而且还可以形成整体性好、强度高的柔模墙体，且具有较高的机械化程度，大大提高了施工效率；② 011802 综采工作面回风巷选择了 π 型梁—梁四柱配单体的超前支护技术， π 型梁棚距 1m，长度 4.2m，超前支护 30m。综采工作面回风巷出口位置选择了 π 型梁—梁二柱体配单支护技术， π 型梁棚距为 1m，长度为 2m；滞后支护选择了一梁三柱支护方式， π 型钢棚距 0.8m，长度 3.2m，该过程中需要将滞后工作面支护距离控制在 40~60m，这样可以避免回采阶段由于矿压显现而破坏预留巷道整体性和稳定性；③ 在柔模泵注混凝土支护过程中，支护后巷道净高下帮为 2900mm，上帮为 3100mm，中高 3000mm，净宽为 5000mm，净断面积为 15m^2 ，其可以满足 011801 综采工作面运输巷施工需求。

4 在沿空留巷中综合防灭火技术应用情况

4.1 液氮防灭火技术

4.1.1 管路埋设

在 011802 综采工作面沿空留巷中，不仅在回风巷选择灌浆管外，而且在柔模墙中增加了一条与 011801 综采工作面机巷连通的注氮管路。为了避免靠回风巷一侧采空区内 CO、瓦斯等有害气体浓度超限以及残煤自燃问题的发生，在沿空留巷中，一般会选择将注氮管或气体观测管路预埋在柔模混凝土墙体内，同时按照要求留设好措施管，以确保其能够与巷内注氮干线管路实现有效连接。同时，在柔模混凝土墙体上还需要按照设计方案设

置预留 CO 等有害气体措施孔和观测孔，其中措施管管长 1400mm，管径 $\phi 108\text{mm}$ ，距柔模底部外露 200mm，高度 400mm，每隔 20m 布置一组。采空区观测管管长 1600mm，管径 $\phi 40\text{mm}$ ，外露 300mm，每隔 20m 布置一组，端头设置阀门，如图 2 所示。

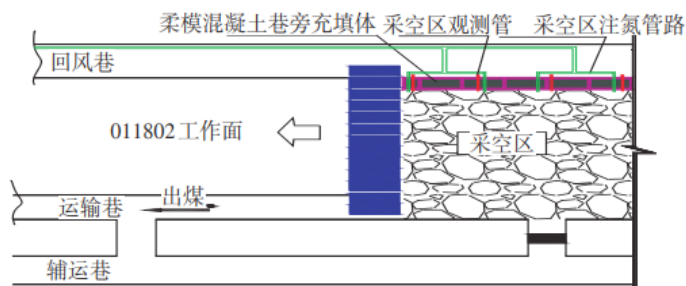


图 2 沿空留巷段采空区柔模墙体注氮示意图

4.1.2 注氮量计算

在进行 011801 综采工作面回采过程中，可以借助埋入柔模墙内的 $\phi 108\text{mm}$ 措施段管来接到液氮注入的效果，该过程中注氮强度依据主要参考采空区氧化带中 O_2 浓度大小。当采空区中所含有的标志性气体浓度超过防火规定浓度或 O_2 浓度大于 15% 时，可以结合实际情况适当加大注氮量，一般情况下每天注氮量最好控制在 10000m^3 以上，并且要求每小时注氮量维持在 600m^3 左右。

4.2 注浆防灭火技术

在沿空留巷中，注浆防灭火技术主要是指将浆液以一定的速度灌注到采空区中，以便在采空区残留的煤炭上覆盖黄泥浆，进而阻止煤炭和氧气的接触。通常情况下，泥浆中的水分可以对大量的热进行吸收，进而达到灭火降温的效果。

通常情况下，注浆防灭火技术常见的有 2 种类型，即地面注浆和井下移动式注浆，其中井下移动式注浆操作比较简单，对于输浆困难、灌浆量不大或不能使用钻孔灌注时，可以选择该方式来达到注浆灭火的目的。而地面注浆可以实现对漏风通道的有效封堵，并有效包裹煤体，进而达到抑制浮煤自燃的目的，是适用于矿井灌浆量大、煤层埋藏较深，且采空区取运土距离远、生产集中的情况。为了使注浆防灭火技术优势得到充分发挥，则需要结合实际情况做好注浆材料的选择工作，一般要求满足如下标准：

① 不存在可燃与助燃材料，或两者含量比较低，符合国家相关规章制度要求；② 比重最好维持在 2.4~2.8；③ 塑性指数在 9~14；④ 胶体混合物含量控制在 25%~30%；⑤ 其中所含砂量最好控制在 25%~30%；⑥ 易脱水且具有较好的稳定性。

在沿空留巷中，如果 011801 综采工作面采空区存在自然发火问题时，需要马上对不接顶位置实施灌浆堵漏处理，并做好采空区注浆工作。为了避免通过围岩裂隙采空区中 CO、瓦斯等有害气体导入巷内，还需要在

沿空留巷中对现有巷道柔模混凝土墙体间实施细石快硬砂浆喷浆封堵处理, 进而达到注浆防灭火目的。

4.3 喷洒阻化剂

在综合防灭火过程中, 喷洒阻化剂的工作原理是按照合适的比例将阻化剂和水进行混合后配制所需要的水溶液, 以期达到防火的目的。通常情况下, 阻化剂在低温条件下可以使煤与氧的亲合力降低, 提高煤的化学惰性, 进而降低自燃的发生率。实际上, 阻化剂可以在煤块及裂隙面四周产生液膜, 有效缩小煤块与氧接触可能性, 同时还可以充填煤柱内部裂隙, 进而提高煤体蓄水能力。在水分蒸发过程中, 阻化剂将会吸走部分热量, 进而使煤块温度下降, 降低煤块的氧化速度, 最终达到灭火的效果。

在 011801 综采工作面正常推进过程中, 要按照要求喷洒阻化剂, 以达到防灭火目的, 该过程中选择 $MgCl_2$ 、 $CaCl_2$ 作为阻化剂, 其可以侵入到煤节理的、层理和微小的裂缝中, 进而在煤表面形成液膜。因为阻化剂具有比较强的吸水性, 且能够在一定温度下实现对水分的有效保留, 同时能够在煤的表面黏附形成稳定的抗氧化液膜, 进而实现了煤与氧接触的有效隔离, 起到隔氧阻化效果。在 011801 综采工作面回采过程中, 每个圆班均需要按照要求将阻化剂均匀喷洒在工作面采空区中, 以确保其能够在工作面底板遗煤上均匀覆盖。在 011801 综采工作面上, 选择了 BH-160/12.5-G 型防灭火液压泵站, 其能够将 20% 的 $MgCl$ 溶液经高压软管运输至雾发生器, 而且在在高压 (12.5MPa) 作用下, 雾发生器可以喷出阻化汽雾, 其中 85% 的溶液被分散为直径 $30\mu m$ 的雾粒, 随后顺着风流运送至采空区内。将自动过滤器安装在供液管路中, 以达到避免雾发生器喷嘴堵塞效果。在喷洒阻化剂综合灭火过程中, 需要结合厂家设计要求确定阻化液的配比, 根据阻化剂溶液浓度为 20% 来确定阻化剂与水的配比, 并将阻化率控制在中 45%~60%。

4.4 加强监测监控

①人工检测。在沿空留巷中, 按照要求每班需要配备 1 名专职瓦检员, 其需要对沿空留巷作业点、工作面、上隅角的瓦斯情况进行实时、动态监控和记录。同时对沿空留巷里面的风量、温度以及 CO 、瓦斯等有害气体进行监测和记录; ②监测监控防灭火。作为监测管理部门需要做好沿空留巷工作面、上隅角以及留巷段 CO 、瓦斯、温度等传感器检修和维护工作, 并将检修和维护结果上报总工程师审阅, 对存在的问题进行分析并给予及时处理; ③沿空留巷期间, 要保证在留巷段 30m、60m、90m 位置设置的束管监测系统可以长时间稳定运行, 并且在留巷初期, 一般要求每班 2 次监测、分析和记录采空区内气体情况, 留巷 200m 后要求每班监测、分析和记录 1 次, 每周提交一次监测周报表; ④沿空留巷质量检测。按照要求做好已注柔模质量检查工作, 对接底、接顶及两模间是否有缝隙给予重点检查, 一旦发现隐患点要立即对隐患点开展喷浆封堵处理。

4.5 综合防灭火管理措施

①设置防灭火注浆台账, 其中涉及到的内容有注浆工程、气体分析、钻孔工程、注浆区位置等; ②委派相关人员对火区周围的煤温、气温及出水温度给予定期监测, 同时按照要求对现有的构建完善的火灾束管监测系统; ③构建一套系统的气体监测系统, 并委派相关人员定期检查采空区及工作面气体情况, 并对温湿度、漏风量等参数进行观测。同时, 为了更好的发挥汽雾阻化防火设备作用, 则需要制定一套科学、合理的使用制度; ④建立汽雾阻化防火台账, 并根据相关规范和标准来对阻化汽雾防火技术进行合理应用, 并提高防火区的管理水平; ⑤为了确保综合防灭火工作的顺利推进, 可以成立防灭火管理小组, 其主要任务是按照要求负责开展现场防灭火管理工作, 如施工进度、柔模墙体的接顶问题及相关气体检测等。

5 沿空留巷常见问题

①柔模墙体处存在比较大的巷道压力, 并且选择了大量的密集支柱和 π 形钢梁进行支护, 但是其具有比较差的稳定性。同时, 因为沿空巷道两帮出现了不均匀下沉, 导致巷道顶板逐渐出现倾斜, 进而使密集支柱倾倒, 使其支撑作用无法得到有效发挥; ②泵注混凝土较稀, 并且当柔模袋中的混凝土达到缩水凝固要求后, 将会导致部分地点墙体不接顶, 进而诱发漏风问题, 如未按照要求及时处理时, 将会增加防灭火工作难度, 诱发不必要的安全问题; ③沿空留出的巷道具有比较长的总体服务年限, 并且随工作面回采进行, 导致其承受压力不断集中, 进而增加了墙体后期维护难度; ④建议沿空留巷最好选择喷浆措施来封闭采空区, 这样不仅可以避免采空区与留巷漏风, 而且还可以避免采空区遗煤及煤炭出现自燃发火。

6 结束语

综上所述, 在沿空留巷中, 结合实际情况来对液氮防灭火、注浆防灭火、喷洒阻化剂等技术进行选择, 并做好各个环节的监测监控工作, 对发现的缺陷和不足及时采取有效措施给予处理, 这样不仅可以为防灭火技术开展奠定良好基础, 而且还可以确保煤矿开采的安全、高效进行, 进而提高煤矿企业的经济效益。

参考文献:

- [1] 焦世雄, 王文才. 综合防灭火技术在沿空留巷综采工作面的应用 [J]. 山东煤炭科技, 2020, 8(5): 157-158.
- [2] 杨扬. 空留巷工作面回采期间防灭火技术研究 [J]. 中国化工贸易, 2020, 11(23): 52-53.
- [3] 王伟, 鹿文勇, 陈洋. 沿空留巷工作面综合防灭火技术 [J]. 煤矿安全, 2016, 5(4): 109-110.

作者简介:

武敬忠, 男, 汉族, 山西太原人, 2013 年 3 月至 2016 年 1 月毕业于大同大学采矿工程专业, 本科, 总工程师, 现从事采矿工程工作。