

综放面耦合惰气综合防灭火技术研究

章跃飞 (汾西矿业集团公司高阳煤矿, 山西 孝义 032300)

摘要: 高阳煤矿 11115 工作面开采易燃特厚煤层, 工作面上部为老巷道, 右边为曾自然发火的采空区, 加上小煤柱放顶煤开采, 采空区漏风严重, 采空区注氮漏失严重, 防火难度特别大。高阳煤矿与阜新新纪煤矿科技所合作开展“综放面耦合惰气综合防灭火技术研究”, 通过七个方面的技术分析和试验探索, 研究出一整套针对范围大、浮煤多、漏风严重的复杂区域综放面耦合惰气综合防灭火技术, 确保了工作面顺利完成回采。

关键词: 防灭火; 耦合惰气; 自然发火

高阳煤矿 11115 工作面小煤柱开采复杂漏风工作面, 工作面上部为原南风井斜井, 工作面小煤柱的一侧为原新 107 工作面采空区, 这个工作面回采期间发生过煤炭自然发火, 在开采 11115 工作面时, 面临一系列的防灭火技术难题。矿井采用氮气与二氧化碳耦合形成耦合惰气, 提高了惰气的比重、纯度, 降低了惰气的温度, 将其注入漏风严重的采空区后, 取得了很好的防火效果。注耦合惰气防灭火技术, 对漏风严重、防灭火难度特别大的工作面防火能起到关键作用, 适用于集团公司所有复杂区域工作面的防火工作。

1 工作面概况

11115 工作面位于南风井东南方向 160m, 地表覆盖黄土。地面标高为: +900~+1002m, 工作面标高: +637~+660m。盖山厚度平均为 302.5m。

该工作面北邻南风井, 东邻 11107 工作面 (已采, 2011 年), 西部为 11109 工作面 (已采, 2010 年), 南部为一采三条大巷及 101 工作面 (已掘、正采); 工作面上方有南风井巷道 1044m, 且工作面运巷侧临近高阳煤矿原北采辅助巷。

本工作面开采太原组 9-10-11[#] 煤层, 9-10-11[#] 煤层总厚平均为 9.7m, 煤岩层结构为 6.7 (0.1) 0.9 (0.2) 0.7 (0.3) 0.8, 属于复杂结构煤层, 煤种为瘦煤, 稳定可采。煤层倾角 1~8°, 平均倾角 4°。

工作面为低瓦斯工作面, 11115 工作面绝对瓦斯涌出量为 0.84m³/min。煤尘具有爆炸性。煤层具有自然发火倾向, 发火期为 3~6 个月, 最短自然发火期为 50 天。

工作面通风路线为: 11115 材料巷——11115 工作面——11115 运输巷。

2 工作面自然发火特性

高阳煤矿 11115 工作面因其特殊的地质条件, 可能导致自然发火的危险因素较多:

①临近 11115 工作面运输巷的 107 工作面回采期间发生过自然发火, 当时 CO 浓度达到 7000ppm, 火区虽然已经注销, 但采空区可能还存在大量的一氧化碳气体, 11115 工作面回采期间, 这些一氧化碳气体会经采空区渗入工作面, 影响工作面的正常生产;

②11115 工作面推进后, 采空区将与 107 工作面采空区沟通, 形成大范围的采空区, 该采空区漏风后氧化

带更宽, 大大增加了防火难度;

③11115 工作面材、运两巷煤柱在后退开采过程中将逐步垮落进入采空区, 进一步增加采空区遗煤, 增加了防火难度;

④107 工作面采空区灭火时采用的是氮气窒息火源, 未注浆降温, 原高温点仍然存在, 11115 工作面掘进时, 从原新 107 采空区流出的水温高达 35℃, 表明该采空区还存在高温浮煤, 漏风氧化后极易复燃;

⑤工作面在开采时, 其前方小煤柱容易漏风, 使小煤柱和邻近的采空区遗煤氧化速度加快, 自然发火危险性增大;

⑥11115 工作面为厚煤层综采放顶开采, 其上部有南风井斜巷, 该巷道与本工作面的垂直高度最小为 1m, 容易漏风到工作面采空区, 使采空区氧化带范围大。综上所述, 11115 工作面回采时面临的自然发火因素太多, 能不能将 126 万 t 煤安全回收, 防火是关键。

3 技术路线与试验方法的理论分析

采空区注氮可以缩短采空区氧化带的宽度, 但是氮气防灭火技术存在一定的缺陷, 主要是氮气的比空气略轻, 工作面生产期间进行埋管注氮时, 氮气在采空区流失较严重, 特别综采放顶煤工作面, 采空区进、回风侧垮落不好, 工作面风量较大, 采空区立体空间大, 漏风严重, 氮气的漏失更加严重。如果我们提高注入采空区的惰性气体比重, 使其比空气重, 惰性气体在采空区缓慢流动的过程中不易被采空区漏风带走, 这样将明显提高惰性气体的防灭火效果。空气的密度为 1.29kg/m³, 二氧化碳的密度为 1.97kg/m³, 二氧化碳的重量是空气重量的 1.52 倍, 因此将二氧化碳注入采空区时漏失较少。但是单纯向采空区注入二氧化碳时存在很大的缺陷:

①二氧化碳属于有毒气体, 安全规程要求上隅角二氧化碳浓度不能超过 1.5%, 因此向采空区注二氧化碳注少了起不到降氧防火作用, 注多了则会引起工作面二氧化碳浓度超过规定限制;

②二氧化碳的成本较高, 是氮气成本的 3 倍;

③二氧化碳由于比重太重, 在采空区内流动性较差, 不能从采空区进风侧流动到回风侧, 不能惰化整个采空区, 使采空区防灭火存在盲区。

氮气的密度是 1.25kg/m³, 比空气略轻, 因此在采空

区易被漏风流带走, 如果我们在氮气中加入 40% 的二氧化碳, 使氮气的比重超过空气比重, 达到 1.47kg/m^3 以上, 形成耦合惰气, 将耦合惰气注入采空区后, 其流速降低, 漏失较小, 不仅可以大幅提高注氮防火的效果, 还可减少注氮量, 达到防火有效, 经济合理的目的。

4 综放面耦合惰气综合防灭火技术研究

4.1 耦合惰气的配比、密度和压力研究

为了研究耦合惰气的流速、配比和降氧效果, 用直径为 $\Phi 500\text{mm}$ 、长度为 3m 的 3 节瓦斯抽放管共 9m 作为气体流场, 在抽放管内放置碎煤和碎矸石模拟采空区, 然后将抽放管两端用堵板焊接, 堵板上分别设置进气口和出气口。将氮气瓶、二氧化碳气瓶安置在实验装置的进气口, 分别在氮气瓶和二氧化碳气瓶上设置调压阀门、流量计和压力表, 在出口端设置便携式测氧仪和二氧化碳测试仪。分别测试氮气和二氧化碳的不同配比和密度的关系, 并测试其流速, 为现场注耦合惰气防火灭火提供依据。具体如下:

①当氮气中加入 10% 浓度的二氧化碳气体时, 其在试验装置中的流速与氮气流速变化不大, 这是因为混合气体的比重提高到与空气比重相差不大, 因此流速变化不大;

②当氮气中加入 20% 浓度的二氧化碳气体时, 其在试验装置中的流速在气体压力大于 0.1MPa 时, 其流速变化不大, 当气体压力小于 0.1MPa 时, 其流速明显变慢, 这是因为耦合惰气的比重提高到大于空气比重, 因此流速变慢;

③当氮气中加入 40% 浓度的二氧化碳气体后, 其在试验装置中的流速在气体压力大于 0.1MPa 时, 其流速变化不大, 当气体压力小于 0.1MPa 时, 其流速明显变慢, 特别是气体压力小于 0.05MPa 时, 其流速比氮气流速降低 42%, 原因是耦合惰气比重相对于空气比重提高了大于 18%, 因此流速显著变慢。

4.2 耦合惰气防火效果验证

高阳煤矿 11115 工作面推进后, 该工作面采空区将与两侧的采空区形成一个整体, 采空区范围大, 漏风严重, 一旦采空区浮煤剧烈氧化或两边老采空区高温浮煤复燃, 必须采取向采空区注大流量耦合气体抑制浮煤自然发火。为此, 在 11115 工作面进行了注耦合惰气。具体如下:

4.2.1 缩小采空区氧化带范围

将流量为 $1600\text{m}^3/\text{h}$ 的耦合惰气注入到采空区后, 在工作面配风量为 $900\text{m}^3/\text{min}$ 的条件下, 能将采空区 25m 处的氧气含量降低到 7%, 使采空区 25m 往里就可进入窒息带; 在未进行采空区注耦合惰气时, 采空区 95m 往里才能进入窒息带, 采空区氧化带范围已被缩小约 70m, 不会发生浮煤自燃。

4.2.2 比单纯注入氮气时降氧效果提高了 35%

采空区注入耦合惰气后由于耦合惰气比重大于空

气, 流速缓慢, 不易被采空区漏风带走, 其降氧效果与单纯注氮气相比将提高到 35% 左右。例如: 本工作面正常防火时, 以流量为 $1600\text{m}^3/\text{h}$ 的氮气注入采空区后, 能将采空区 40m 处的氧气含量降至 7% 左右, 表明采空区 40m 往里就进入了窒息带, 而采取注耦合惰气, 同样以 $1600\text{m}^3/\text{h}$ 的流量, 采空区 25m 往里就已经进入了窒息带, 相比单纯注氮气时, 采空区氧化带的范围缩小了 15m 左右。

4.2.3 降低采空区温度

采空区注耦合惰气时, 在采空区内提前安设温度传感器, 对采空区 40~50m 范围内的温度进行测试, 并用红外线测温仪对地面氮气温度、汽化后的二氧化碳温度、耦合惰气温度、井下工作面下隅前注耦合惰气管温度进行了测试, 其结果显示, 耦合惰气出口温度为 1°C , 到达下隅角注耦合惰气管路后, 气体温度不高于 5°C , 相比单纯注氮的温度要低 20°C 左右。

5 结论

通过对高阳煤矿“综放面耦合惰气综合防灭火技术研究”项目的研究, 得出如下结论:

①研制了大流量惰气耦合高强度防灭火装置, 该装置由煤、电两用水浴式汽化器和监控仪表组成, 汽化的最大二氧化碳流量达到 $8000\text{m}^3/\text{h}$, 能将矿井的氮气与二氧化碳耦合后输送到井下工作面采空区防灭火。该设备能在矿区快速移动, 宜煤则煤, 宜电则电, 适应各种条件的矿井应急防灭火, 是矿井防灭火的可靠的设备;

②实验室研究的耦合惰气配比、流速和降氧试验表明: 当氮气中加入 40% 的二氧化碳气体时, 其流速比氮气流速降低 45%; 当漏风量相同时, 耦合惰气漏失的时间比氮气漏失的时间长 42%, 具有更好的降氧效果;

③ 11115 工作面注耦合惰气防火的流量和配比为: 耦合惰气流量为 $1600\text{m}^3/\text{h}$, 其中二氧化碳的流量占 40%, 为 $640\text{m}^3/\text{h}$, 氮气的流量占 60%, 为 $960\text{m}^3/\text{h}$ 。

参考文献:

- [1] 檀冲冲. 易自燃特厚煤层与冲击地压灾害耦合矿井注氮防火设计研究 [J]. 科学技术创新, 2019(09):191-192.
- [2] 张夏彭, 路璐. 新景矿自燃煤层末采期间防灭火技术 [J]. 山东煤炭科技, 2020(05):104-106.
- [3] 樊正红. 某矿留窄煤柱沿空掘巷下采空区自燃防治灭火技术研究 [J]. 现代矿业, 2020, 36(03):198-200+203.
- [4] 赵庆林. 特厚自燃煤层放顶煤工作面综合防灭火技术研究与应用 [J]. 煤炭与化工, 2019, 42(04):101-103.
- [5] 赵文曙, 咸英群, 刘晓春. 超前精准预注氮在自燃煤层工作面中的应用 [J]. 江西煤炭科技, 2020(02):146-149.

作者简介:

章跃飞 (1986-), 男, 山西临汾人, 工程师, 2011 年毕业于太原理工大学, 本科, 现从事煤矿通风技术管理工作。