

Practice and Application of Pressure Equalization Fire Extinguishing Technology in Hou'an Coal Mine

Ke'ai Li

Shanxi Shuozhou Hou'an Coal Co., Ltd., Shuozhou Shanxi
Email: zlc200802116@163.com

Received: Jun. 8th, 2020; accepted: Jun. 23rd, 2020; published: Jun. 30th, 2020

Abstract

Aiming at the fact of spontaneous combustion in the goaf of 090204 working face of Hou'an Coal Mine, and adopting underground pressure equalization ventilation fire extinguishing technology for fire prevention and extinguishing, the working principle of pressure equalization fire extinguishing is expounded. The technical precautions and effects have been carefully analyzed, and the analysis believes that the pressure equalization fire extinguishing has received good results, ensuring the safe production of the mine.

Keywords

Pressure Equalization Fire Extinguishing Technology, Practice, Application

均压防灭火技术在后安煤矿的实践与应用

李克爱

山西朔州后安煤炭有限公司, 山西 朔州
Email: zlc200802116@163.com

收稿日期: 2020年6月8日; 录用日期: 2020年6月23日; 发布日期: 2020年6月30日

摘要

针对后安煤矿090204工作面采空区自燃的事实, 并且根据实际情况采取了井下均压通风防灭火技术进行防灭火。阐述了均压防灭火的工作原理, 并对使用均压防灭火技术的注意事项和效果进行了认真地分析, 分析认为均压防灭火收到了良好的效果, 保证了矿井的安全生产。

关键词

均压防灭火技术, 实践, 应用

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

煤矿火灾事故是制约煤矿安全生产的主要矿井灾害之一, 例如 2013 年 2 月 28 日 19 时 43 分, 河北省冀中能源张矿集团怀来艾家沟矿业有限公司井下发生一起重大火灾事故, 造成 13 人死亡, 直接经济损失 1425.08 万元[1]。在所有煤矿火灾事故中内因火灾高达 90% 左右, 外因火灾占 10% 左右[2]。因此我们必须加大煤矿火灾事故的防控力度, 力争做到防患于未然。采空区自然发火是煤矿内因火灾的主要表现形式, 其发火原因是因为采空区有大量的浮煤, 这些浮煤如果有自然发火倾向, 则会发生氧化自热, 如果自热的热量不能散发, 则积聚的热量就会使浮煤升温达到其燃点而自燃[3]。通常防治采空区自燃的方法有均压防灭火法、采空区注浆法、采空区注氮法、采空区注液态 CO₂ 法等方法, 其中均压防灭火技术是一种比较常用的防灭火方法, 该方法作为一种比较成熟的防灭火技术在国内外得到了广泛的应用。均压防灭火的实质是, 利用风窗、风机、调压气室等调压设施, 改变漏风区域的压力分布, 降低漏风压差, 减少漏风, 从而达到抑制遗煤自燃, 惰化火区, 或熄灭火源的目的[4]。均压的概念始于上个世纪 50 年代, 由波兰学者汉·贝斯特朗提出, 60 年代一些采煤技术发达的国家竞相采用, 多次获得成功[5]。均压防灭火技术由于方法简单、成本低廉深受现场欢迎, 其实际是一种“以风治火”的技术, 往往在防治煤炭自燃方面效果显著。开始这一技术只应用于加速封闭火区内火源的熄灭, 以后又应用于抑制非封闭采空区里煤炭自燃或自热。开区均压和闭区均压是煤矿井下实施均压技术的两种类型。开区均压一般是建立在生产工作面, 通过实施通风调节减少采场漏风, 抑制煤炭自燃, 防止 CO 等有毒有害气体涌入工作面。开区均压系统包括调节风窗均压、局部通风机均压、调节风窗与局部通风机联合均压三种。对已经封闭区域进行均压就是所谓的闭区均压, 它有效防治了封闭区域的煤自燃, 并联风路与调节风门联合均压及连通管均压等是常用的闭区均压技术措施[6]。早在上个世纪 80 年代, 波兰和我国合作, 对大同矿区煤峪口矿大面积火区实施均压通风, 取得成功, 均压通风便在我国得到全面推广应用[7]。煤科院重庆分院对新疆六道湾煤矿浅埋藏放顶煤工作面实施均压通风防火, 也取得了成功, 并经专家鉴定, 成了煤科院的科研成果[8]。近几年我国开采浅埋藏煤层的同煤集团四台矿、大斗沟矿、同忻煤矿, 新疆的韦湖梁矿、宁煤集团白芨沟矿和羊场湾矿、阜新孙家湾矿、汾西煤业的新阳矿、内蒙的东辰矿和俄罗斯的奥矿均采用均压通风防火取得了成功[9]。这一技术只应用于加速封闭火区内火源的熄灭, 以后又应用于抑制非封闭采空区里煤炭的自热或自燃, 同时保证工作面正常生产[10]。均压防灭火技术面临的关键问题是如何使工作面的压力与采空区的压力保持平衡问题, 如果工作面风压过大则风流会大量涌入采空区会加速采空区遗留煤炭自燃, 如果工作面风压过小则采空区的 CO 就会涌入工作面威胁工作人员的生命安全, 所以必须认真调节和计算工作面风压以及进、回风顺槽的风量, 这也是均压防灭火技术的核心技术所在, 工程实践中必须高度重视。

2. 矿井及工作面概况

2.1. 矿井概况

山西朔州平鲁区后安煤炭有限公司后安煤矿位于朔州市平鲁区东南约 14.5 公里陶村乡王高登村附近,

行政隶属于平鲁区陶村乡管辖。井田面积 4.8336 平方公里，批准开采

4[#]煤层~11[#]煤层，现核定生产能力 500 万吨/年。井田采用斜井开拓方式，有主斜井、副斜井、行人斜井和回风立井四个井筒。矿井共设两个开拓水平，一水平标高为+1135 m，开采井田范围内的 4[#]煤层，二水平标高为+1072 m，开采 9[#]煤层、11[#]煤层。矿井通风方式为中央分列式，通风方法为机械抽出式，主扇为 2 台 FBCDZ-10-No30 型对旋式轴流通风机，一台工作，一台备用，配备电机型号为 YBF630S1-10，功率 280 KW × 2。矿井回采工作面采用全负压通风，掘进工作面采用压入式通风，矿井风量及各用风地点风量满足矿井生产需要，且通风系统正常运转。根据 2019 年瓦斯等级鉴定结果，矿井瓦斯绝对涌出量为 2.95 m³/min，相对瓦斯涌出量为 0.43 m³/t，属低瓦斯矿井。煤层自燃倾向等级均为 II 类，均属自燃煤层，煤尘均有爆炸危险性。矿井采掘机械化程度 100%。目前 4[#]煤层布置 1 个综采工作面、1 个掘进工作面，9[#]煤层布置 1 个综采工作面，5 个掘进工作面。

2.2. 工作面概况

90204 工作面位于井田东部，东部为矿界保安煤柱；西部 9[#]北集中回风大巷、9[#]北集中轨道大巷、9[#]北集中胶运大巷；南部为 90203 工作面，北部为 903 采区胶运巷。90204 工作面煤层厚度 12.2 m，煤层倾角 1°~5°，平均倾角为 5°，工作面切眼长度为 173.2 m，工作面走向长度为 1183 m。该工作面采用综合机械化放顶煤采煤工艺，走向长壁式采煤法，全部垮落法控制顶板。

3. 问题的提出

3.1. 问题的提出

2019 年 10 月份以来后安煤矿 90204 工作面回采过程中出现了 CO 气体，该工作面上隅角 CO 气体浓度为 16 ppm 左右。经过对工作面和地表的调查，对矿井的自然发火状况分析如下：工作面采空区浮煤已经开始低温氧化。

3.2. 原因分析

造成 90204 工作面采空区浮煤低温氧化的原因如下：

- 1) 后安煤矿所采的长焰煤为易自然发火煤层，其最短发火期为 40~50 天，当采空区浮煤长期氧化时，易产生 CO 气体。
- 2) 工作面的采空区内留有 20% 左右的浮煤，而且浮煤呈立体分布，位置较高，不管是洒阻化剂，还是黄泥灌浆，均顺底板流走，不易包裹这些浮煤，这些浮煤长期氧化，易自然发火。
- 3) 工作面离地表的垂高仅 100~150 m，在工作面放顶煤开采时，易在地表形成裂隙，在井下负压通风的作用下，造成地面向采空区漏风，使采空区氧化带太宽，浮煤易自然发火。
- 4) 矿井为近距离特厚煤层开采，采空区的上部有 4[#]煤层采空区，两层采空区仅 17 m 垂高，在开采 9[#]煤层的 90204 工作面时，形成了地表→4[#]煤层采空区→9[#]煤层采空区 90204 工作面回风流的漏风。这个漏风通道在 90204 工作面的强大负压作用下长期漏风，使采空区浮煤易自然发火。

4. 均压防灭火技术的实践与应用

4.1. 均压防灭火技术的工作原理

均压防灭火的工作原理是，利用风窗、风机、调压气室等调压设施，改变漏风区域的压力分布，降低漏风压差，减少漏风，从而达到抑制遗煤自燃，惰化火区，或熄灭火源的目的[4]。特性：上风侧压力增加，下风侧增阻减风；实质：增阻减风，改变调压风路上的压力分布，达到调压目的。前提条件：本

分支风量允许减少[11]。

4.2. 均压防灭火技术的应用

90204 工作面采用“U”型通风方式，均压通风设计采用调节风窗与调压风机联合均压方式，即在 90204 工作面胶运顺槽安装风门，将风机风筒安置在风门外侧，利用风机产生的增压作用，改变采空区的压力分布，减少漏风，结合注氮系统，达到抑制遗煤自燃的目的。

1) 风门位置

在 90204 工作面的进风顺槽进口处设置 2 道风门，用 1 台 $2 \times 45 \text{ kw}$ 局扇和 1 台 $2 \times 30 \text{ kw}$ 局扇通风， $\Phi 800 \text{ mm}$ 两趟风筒穿过均压风门接到离工作面约 200 m 处，在回顺出口处设置 2 道调节风门，风门上设置调节风窗。在进风顺槽均压风门和回风顺槽均压风门上分别设置水柱计和传感器，将工作面的压力提高 20 mm 水柱左右，工作面回顺风流为 $1000 \text{ m}^3/\text{min}$ 左右，达到既要使地表少向本工作面采空区漏风，又要使局扇风流少流向采空区，还必须使工作面上隅角微微向外出风，以便掌握采空区内气体状况。在实施均压通风时，必须保持均压系统的稳定性，有专人看管均压风门，双机双电源和有备用均压局扇。均压通风各风门、风机设置位置如图 1 所示。

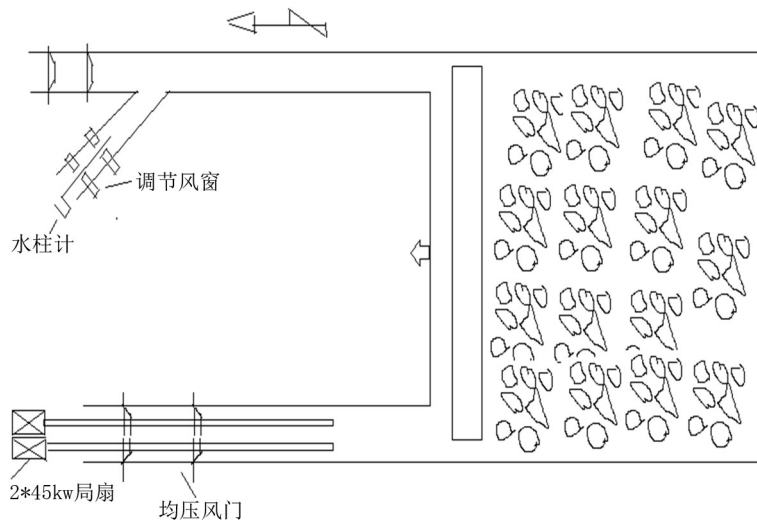


Figure 1. Arrangement drawing of pressure equalization ventilation and fire extinguishing in 90204 working face

图 1. 90204 工作面均压通风防灭火布置图

2) 工作面风量计算

1、按瓦斯涌出量计算(根据《煤矿安全规程》采煤工作面回风流中瓦斯或二氧化碳浓度不超过 1.0% 的要求计算) [12]:

$$\begin{aligned} Q_{\text{采}} &= 125q_{\text{瓦采}} \cdot K_{\text{采通}} \\ &= 125 \times 0.56 \times 1.4 \\ &= 98 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned} \quad (\text{式 1})$$

式中:

$Q_{\text{采}}$ ——回采工作面实际配要的风量, m^3/min 。

100——按采煤工作面回风流中瓦斯的浓度不应超过 1% 的换算系数, 后安煤矿瓦斯浓度按 0.8% 进行管理, 换算系数为 125。

$q_{\text{瓦采}}$ ——回采工作面回风巷风流中平均绝对 CH_4 涌出量, 根据瓦斯涌出量鉴定报告 9#煤层综采工作面绝对 CH_4 涌出量为 $0.56 \text{ m}^3/\text{min}$, 则 $q_{\text{瓦采}} = 0.56 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

$K_{\text{采通}}$ ——回采工作面瓦斯涌出不均匀的备用风量系数, 取 1.4。

2、按二氧化碳涌出量计算[12]:

$$\begin{aligned} Q_{\text{采}} &= 67 \times q_{\text{二氧}} \cdot K_{\text{采通}} \\ &= 67 \times 2.57 \times 1.2 \\ &= 207 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned} \quad (\text{式 2})$$

式中:

$Q_{\text{采}}$ ——回采工作面实际配要的风量, m^3/min 。

67——按采煤工作面回风流中 CO_2 的浓度不应超过 1.5% 的换算系数。

$q_{\text{二氧}}$ ——回采工作面回风巷风流中平均绝对 CO_2 涌出量, 根据瓦斯涌出量鉴定报告 9#煤层综采工作面绝对 CO_2 涌出量为 $2.57 \text{ m}^3/\text{min}$, 则 $q_{\text{二氧}} = 2.57 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

$K_{\text{采通}}$ ——回采工作面 CO_2 涌出不均匀的备用风量系数, 取 1.2。

3、按工作面人员数量计算[12]:

$$Q_{\text{采}} = 4N = 4 \times 50 = 200 \text{ m}^3/\text{min} \quad (\text{式 3})$$

式中:

N ——回采工作面交接班的最多人数, 50 人。

4——每人需风量, $4 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

4、按气象条件计算:

$$Q_{\text{cf}} = 60 \times 70\% \times V_{\text{cf}} \times S_{\text{cf}} \times K_{\text{ch}} \times K_{\text{cl}} \quad (\text{式 4})$$

式中:

Q_{cf} ——回采工作面实际配要风量, m^3/min ;

V_{cf} ——回采工作面的风速, 取 1.0 m/s ;

S_{cf} ——回采工作面平均有效断面积, 18.14 m^2 ;

K_{ch} ——回采工作面采高调整系数, 1.2;

K_{cl} ——回采工作面长度调整系数, 1.2;

70%——有效通风断面系数;

60——为单位换算产生的系数。

则: $Q_{\text{cf}} = 60 \times 70\% \times 1.0 \times 18.14 \times 1.2 \times 1.2 = 1047 \text{ m}^3/\text{min}$

5、风速验算:

依照《煤矿安全规程》第 136 条规定, 90204 综采工作面在采取采煤机喷雾降尘等综合防尘措施后的最低风速为 0.25 m/s , 最高风速不得高于 5 m/s , 通过上面三种方法计算后, 取最大值进行验算。

验算最小风量[12]:

$$\begin{aligned} Q_{\text{cf}} &\geq 60 \times 0.25 S_{\text{cb}} \\ S_{\text{cb}} &= l_{\text{cb}} \times h_{\text{cf}} \times 70\% \\ Q_{\text{cf}} &\geq 0.25 \times 60 \times 3.2 \times 5.76 \times 70\% = 193 \text{ m}^3/\text{min} \end{aligned} \quad (\text{式 5})$$

验算最大风量

$$\begin{aligned}
 Q_{cf} &\leq 60 \times 5S_{cs} \\
 S_{cs} &= l_{cs} \times h_{cf} \times 70\% \\
 Q_{cf} &\leq 5 \times 60 \times 3.2 \times 5.06 \times 70\% = 3400 \text{ m}^3/\text{min}
 \end{aligned}
 \tag{式 6}$$

式中:

S_{cb} ——采煤工作面最大控顶有效断面积, m^2 ;

l_{cb} ——采煤工作面最大控顶距, 5.76 m;

h_{cf} ——采煤工作面实际采高, 3.2 m;

S_{cs} ——采煤工作面最小控顶有效断面积, m^2 ;

l_{cs} ——采煤工作面最小控顶距, 5.06 m;

0.25——采煤工作面允许的最小风速, 0.25 m/s;

5.0——采煤工作面允许最大风速, 5.0 m/s;

70%——有效通风断面系数。

通过验算, 90204 采煤工作面实际需风量 $1047 \text{ m}^3/\text{min}$, 满足工作面风速要求。

6、配风量的确定[12]:

经以上计算, 90204 综采工作面配风量取 $1047 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

3) 调节风窗的阻力计算

当 $S_{窗}/S \leq 0.5$ 时, 调节风窗面积的计算公式为

$$S_{窗} = \frac{QS}{0.65Q + 0.84S\sqrt{H}}
 \tag{式 7}$$

式 6 中

$S_{窗}$ ——调节风窗的面积, m^2 ;

S ——巷道的净断面积, m^2 , 15 m^2 ;

Q ——通过风窗的风量, m^3/s , $8.33 \text{ m}^3/\text{s}$;

H ——调节风窗阻力, Pa。

当调节风窗的面积为 1.2 m^2 时, 调节风窗的阻力为 60 Pa, 因此调节风窗阻力最小值为 60 Pa。

4) 局部通风机

当前矿井通风负压 1850 Pa, 工作面进风侧负压为 630 Pa 左右, 当工作面风量为 $1000 \text{ m}^3/\text{min}$ 左右时, 工作面区域的通风阻力为 70 Pa 左右, 确定局部通风机性能参数为: 风量为 $800 \sim 1700 \text{ m}^3/\text{min}$, 两台局部通风机其中一台为 $2 \times 45 \text{ kw}$ 另一台为 $2 \times 30 \text{ kw}$ 的风机一备一用。根据风量要求, 选择风机型号为 FBD 系列局部通风机, 风量为 $810 \sim 1740 \text{ m}^3/\text{min}$, 风筒直径为 $\Phi 800\text{mm}$ 的阻燃风筒。

5) 均压时应注意事项

1、对巷道排水沟、风筒孔等加强堵漏风工作。

2、均压风门必须能够自动关闭; 两道风门之间要安设联锁装置, 保证不能同时打开。

3、均压风门前后 5 m 范围内巷道支护良好, 无杂物、积水、淤泥。

4、料车入井前必须与矿井调度室及有关单位联系, 运送时应严格遵照运输部门的有关规定。

5、井下卸笨重材料时要互相照应, 靠巷帮堆放的材料要整齐, 不得影响运输、通风、行人。

6、均压风门施工完毕后, 由监控中心负责安设风门开停传感器。

7、采用均压通风方式时必须在运输顺槽和回风顺槽的均压通风风门上增设“U”型压差计, 并有专人看护风门和观察“U”型压差计的数据, (压差区间多少)随时测定工作面的风量, 将风量控制在 1000

m^3/min 左右, 并做好记录。

8、在工作面回风顺槽设置 CO 气体传感器, 通过矿井监测系统监测工作面 CO 气体浓度。

9、瓦斯检查员常规检查, 每班均检查工作面上隅角、回风流和支架上部 CO 气体浓度和温度。

10、对采空区进行埋管, 测试采空区温度、氧浓度变化, 早期预测预报采空区的自然发火, 并测试采空区自然发火三带范围, 给工作面的防火提供依据。

5. 均压防灭火效果分析

自从2019年10月份后安煤矿90204综放工作面上隅角出现CO以来矿方积极采取均压防灭火措施, 收到了良好的防灭火效果。2019年10月31日该矿实行均压通风防灭火后胶运顺槽的风量稳定在 $1020\sim 1060\text{ m}^3/\text{min}$ 之间, 回风顺槽风量稳定在 $1050\sim 1090\text{ m}^3/\text{min}$ 之间, 有效地抑制了采空区CO向上隅角和回风顺槽涌出, 工作面上隅角CO气体浓度从16ppm左右降到0ppm, 保证了工作面的安全生产。

6. 结论

- 1) 均压通风技术是一种方法简单成本低廉的防灭火技术;
- 2) 均压通风技术最核心的问题是必须保持工作面和采空区风压处于平衡状态;
- 3) 均压通风技术的日常管理是保证防灭火效果的关键问题所在。

参考文献

- [1] 胡建勋. 煤矿井下巷道防灭火新技术的研究与实践[J]. 2016(4): 43-44.
- [2] 杨培森. 煤矿井下防灭火技术浅谈[J]. 内蒙古煤炭经济, 2013(5): 56-57.
- [3] 段瑞. 综放工作面采空区注氮防灭火技术工艺研究[J]. 山西煤炭, 2011(2): 89-91.
- [4] 王宏山, 闫石, 靳辉. 矿井综合防灭火技术研究[J]. 科技创新导报, 2012(14): 61-62.
- [5] 张国枢. 通风安全学[M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 2004: 229.
- [6] 肖雪峰. 注氮技术在采空区防灭火技术在平顶山矿区的应用[J]. 煤矿开采, 2010(1): 72-73.
- [7] 徐精彩, 薛韩玲, 文虎, 李莉. 煤氧复合热效应的影响因素分析[J]. 中国安全科学学报, 2001, 11(2): 31-35.
- [8] 岑可法, 姚强, 骆仲泐, 高翔. 燃烧理论与污染控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [9] 史波波. 煤矿液氮防灭火技术应用及发展趋势[J]. 煤矿安全, 2014(10): 38.
- [10] 常鸿, 周连春, 等. 采煤工作面回撤期间防治有害气体超限技术研究[J]. 煤矿机电, 2011(8): 19.
- [11] 胡一明. 均压防灭火技术的研究与应用[J]. 能源技术与管理, 2016(2): 46-47.
- [12] 袁河津. 《煤矿安全规程》专家解读井工煤矿[M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 2016: 127-131.