

# 注氮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9月21日; 录用日期: 2020年10月6日; 发布日期: 2020年10月13日

---

## 摘要

针对后安煤矿090204工作面采空区自然的事实, 并且根据实际情况采取了井下注氮防灭火技术进行防灭火。阐述了注氮防灭火的工作原理, 并对使用注氮防灭火技术的特点和工艺进行了认真地分析, 分析认为注氮防灭火收到了良好的效果, 保证了矿井的安全生产。

## 关键词

注氮防灭火技术, 实践, 应用

---

# Practice and Application of Nitrogen Injection 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: Sep. 21<sup>st</sup>, 2020; accepted: Oct. 6<sup>th</sup>, 2020; published: Oct. 13<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Aiming at the fact of spontaneous combustion in the goaf of 090204 working face of Hou'an Coal Mine, and adopting underground nitrogen injection fire extinguishing technology to prevent and extinguish the fire according to actual conditions, the working principle of nitrogen injection fire prevention and extinguishment was expounded, and the characteristics and process of using nitrogen injection fire prevention and extinguishment technology were carefully analyzed. The analysis believed that nitrogen injection fire prevention and extinguishment received good results

and ensured the safe production of the mine.

## Keywords

Nitrogen Injection Fire Prevention Technology, Practice, Application

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CO<sub>2</sub>法等方法[4]。采区注氮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[5]。注氮防灭火的实质是通过向采空区注入大量的惰性气体,来惰化火区[6]。通过大量惰性气体氮气的注入达到延长遗留煤炭的自然发火周期,抑制遗留煤炭的燃烧、窒息火源,达到灭火的目的[7]。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注氮防灭火技术取得了成功[8]。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[9]。

## 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<sup>#</sup>煤层~11<sup>#</sup>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<sup>#</sup>煤层,二水平标高为+1072 m,开采9<sup>#</sup>煤层、11<sup>#</sup>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 m<sup>3</sup>/min,相对瓦斯涌出量为0.43 m<sup>3</sup>/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<sup>#</sup>煤层布置1个综采工作面、1个掘进工作面,9<sup>#</sup>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<sup>#</sup>北集中回风大巷、9<sup>#</sup>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  $1^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ，平均倾角为  $5^{\circ}$ ，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. 提出问题

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。

解决的方法与对策：

- (1) 针对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，该矿采取了向采空区注氮来惰化采空区，减缓遗煤氧化的过程。
- (2) 针对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，易自然发火的实际情况该矿采取了加快工作面回采速度，同时在工作面上、下隅角打沙袋的方法减少向采空区的漏风量。
- (3) 针对工作面离地表的垂高仅 100 m~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，浮煤易自然发火的实际情况该矿采取了在地面用黄土封堵地表裂隙的方法进行堵漏，收到了良好的治理效果。
- (4) 针对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 垂高的实际情况该矿采取了均压通风防灭火的方法来进行治理收到了良好的治理效果。

### 4. 注氮防灭火技术的实践与应用

#### 4.1. 注氮防灭火技术的工作原理

##### 1、注氮防灭火原理

注氮防灭火的工作原理是实现可燃物对氧气的一种隔绝和屏蔽，即消除燃烧三要素中的氧气这一要素。所有的火焰的燃烧都会在氧气浓度低于 10%~12%时候熄灭，低温干馏性的燃烧在氧气浓度低于 2%时熄灭。用惰性防灭火和阻止瓦斯爆炸的过程称为惰化，惰化后的火区因氧气不足而不能燃烧和爆炸。氮气防灭火技术就是指将氮气送入防灭火区，使该区域内空气惰化，使氧气浓度小于煤自然发火的临界

氧浓度，从而防止煤氧化自燃，或使已经形成的火区窒息的防灭火技术[10]。

## 2、氮气防灭火的特点

1) 氮气比空气略轻，可以充满封闭范围内的所有空间，特别有利于工作面采空区上部和巷道冒顶区的防灭火。

2) 通过管道输送，不需用水，输送方便。

3) 灭火过程中不损坏井巷设备，使灾后恢复工作简单。

4) 氮气本身无毒，使用安全。

5) 使用方便，投入防灭火速度快，采空区有发火征兆时，只需开启阀门，便可迅速向采空区注入氮气。

6) 灭火速度快，能迅速降低封闭区的氧含量使火区窒息。

7) 目标注氮时，能迅速降低巷道冒顶区的一氧化碳含量，保证灭火人员的安全。

8) 能提高火区内气体压力，减小火区漏风。

## 4.2. 注氮防灭火技术的应用

后安煤矿的氮气防灭火系统由制氮机、输氮管路和采空区钻孔套管组成。在地面采用了两台 DT1000 型中空膜分离型制氮机同时向运行，向井下源源不断地供给纯度为 98.5% 的氮气。90204 工作面采用“U”型通风方式，将注氮管从该工作面上隅角输送到采空区，从而达到抑制遗煤自燃的目的。

### 1) 制氮机

在地面设置两台 DT1000 型中空膜分离型制氮机制氮机。

制氮机的参数为

氮气产量(Nm <sup>3</sup> /h)	1200 × 2
氮气纯度(%)	≥98
出口压力(Mpa)	0.5~0.7
起动时间(min)	40
装机容量(KW)	2 × 360

两台制氮机同时运转，可以满足矿井治理 CO 超限需要。

### 2) 输氮管路

输氮管直径：

输氮管直径按公式 1 计算[11]

$$D = 145 \sqrt{\frac{Q}{V}} \quad (\text{式 1})$$

式中：Q——最大输氮流量，为 40 m<sup>3</sup>/min；

D——注氮管路最小直径，mm；

v——管道内氮气允许流速，当氮气压力为 0.3~0.6 Mpa 时，v 为 25 m/s；

将以上数据代入式 1，算出 D = 183 mm。

故矿井的输氮管路选取为 Φ210 mm 的无缝钢管 1 趟。

### 3) 确定采空区合理防火注氮流量

采空区合理的防灭火注氮流量根据理论计算和矿井工作面防灭火注氮实践考察而确定防火注氮流量的计算和工作面的风量、产量、采空区体积、瓦斯涌出量及煤炭发火程度有关。根据氧含量计算防火注氮流量[12]。

$$Q_N = 60knreQ_0 \frac{C_1 - C_2}{C_n + C_2 - 1} \quad (\text{式 } 2)$$

式中:

$Q_0$ ——采空区氧化带内漏风量, 工作面风量为  $1200 \text{ m}^3/\text{min}$ , 取  $Q_0$  为  $12 \text{ m}^3/\text{min}$ ;

$C_1$ ——采空区内氧化带平均氧含量, 取为 15%;

$C_2$ ——采空区氧化带防火惰化指标, 取为 7%;

$C_n$ ——注氮防火时氮气纯度, 取为 98%;

$k$ ——输氮管路损失系数, 为 1.1~1.2, 取为 1.1;

$n$ ——工作面推进度系数, 40~90 m/月为 1; 大于 90 m/月取为 0.9; 取为 1;

$r$ ——煤层自然发火期, 1~3 个月为 1.2, 3~6 个月为 1, 6 个月以上为 0.8; 取为 1;

$e$ ——防火用途, 防火取 1, 抑制高浓度 CO 取为 1.8

$$Q_N = 60 \times 1.1 \times 1 \times 1 \times 12 \times 1.8 \frac{0.15 - 0.07}{0.07 + 0.98 - 1} = 2280 \text{ m}^3/\text{h} \quad (\text{式 } 3)$$

采空区治理高浓度的 CO 超限所需注氮流量取为  $2300 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

#### 4) 注氮防灭火工艺

由于地表存在漏风, 采空区浮煤较多, 工作面采空区漏风也比较严重, 使采空区惰化欠帐较多, 因此需保持采空区大流量注氮, 矿井 1 号、2 号制氮机全部注入井下采空区。

由于工作面风量较大, 故采取采空区埋管注氮的方法, 其方法为: 在工作面进风顺槽埋设  $\Phi 108 \text{ mm}$  钢管 1 趟, 随着工作面的推进, 钢管被埋入采空区进风侧, 当埋管进入采空区 35 m 时开始注氮, 埋管步距为 35 m, 埋管进入采空区 90 m 时断掉此埋管, 换成另一趟埋管注氮, 让采空区氧化带永远有二趟管路埋入(示意图如图 1)。这种方式虽然浪费大量的管材, 但能将氮气注入采空区的深部, 适合于工作面风量大、采空区冷却带宽或采空区涌水较大的工作面, 本工作面风量较大, 故将注氮防火方法选为采空区埋管注氮。为了防止采空区的积水涌入埋管, 将埋管出口端做成  $45^\circ$  的弯头, 氮气出口端高于采空区底板 0.5 m, 如图 1 所示。埋管注氮时, 必须保证采空区内 35~90 m 范围始终有 2 趟注氮管在注氮, 保证将氮气注入采空区氧化带, 因此当第一根埋管进入采空区 35 m 时, 应即时埋入第 2 趟注氮管。

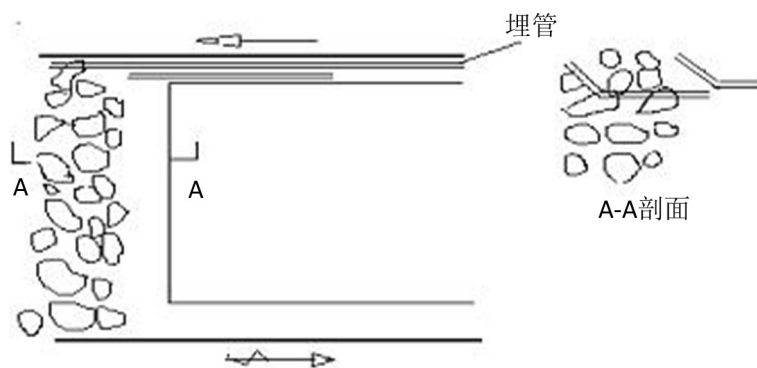


Figure 1. Schematic diagram of nitrogen injection in buried pipe in goaf area of 90204 face

图 1. 90204 工作面采空区埋管注氮示意图

## 5. 注氮防灭火效果分析

自从 2019 年 10 月份后安煤矿 90204 综放工作面上隅角出现 CO 以来矿方积极采取注氮防灭火措施,

收到了良好的防灭火效果。2019年10月31日该矿实行注氮防灭火后,累计向该工作面采空区注氮113.4万 $\text{m}^3$ ,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

由后安煤矿90204综放工作面实施注氮防灭火措施收到良好的使用效果可知,注氮防灭火技术是一项成本低廉、制作方便、工人劳动强度低、效果明显、安全可靠的防灭火技术,在煤矿现场得到了广泛的推广和应用,但是必须值得注意的是必须结合煤矿现场实际情况采取注氮防灭火技术,并且该技术与其他防灭火技术有机结合使用效果会更好。

## 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]. 能源与节能, 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): 97, 101.
- [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, 31(1): 52-54.
- [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): 76.
- [5] 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.
- [6] 张国枢. 通风安全学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2004: 229.
- [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): 31-36.
- [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, 45(10): 154-157.
- [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): 19-21.
- [11] 刘东洋, 王继仁, 等. 极近距离煤层上覆采空区自燃危险区域预测及防治研究[J]. 矿业安全与环保, 2019, 48(5): 37-39.
- [12] 郭中安, 齐高峰, 王鑫. 综放工作面注氮防灭火技术探讨与应用[J]. 煤矿现代化, 2009(1): 33-34.