

# 复杂环境下采煤工作面综合防灭火技术的实践与应用

刘瑞平

河南能源化工集团鹤煤公司五环分公司，河南 鹤壁

收稿日期：2023年2月16日；录用日期：2023年3月16日；发布日期：2023年3月23日

---

## 摘要

鹤煤公司五环分公司，煤与瓦斯突出矿井，列入2018年去产能关闭退出矿井计划。井田范围内有一向斜构造，向斜两翼伴生断层较多，煤层为三级不易自燃煤层。矿井采空区多，构造应力大，煤层裂隙发育，易发生煤层自燃，影响矿井安全生产。为此，根据矿井实际条件，采取了针对性综合防灭火技术，取得了良好的效果，促进了安全生产和效益保证。

## 关键词

复杂环境，防灭火，治理

---

# Comprehensive Fire Prevention and Extinguishment in Coal Mining Face under Complex Environment Practice and Application of Technology

Ruiping Liu

Henan Energy and Chemical Group Hemei Coal Company Wuhuan Branch, Hebi Henan

Received: Feb. 16<sup>th</sup>, 2023; accepted: Mar. 16<sup>th</sup>, 2023; published: Mar. 23<sup>rd</sup>, 2023

---

## Abstract

The coal and gas outburst mine of the Fifth Ring Branch of the Crane Coal Company was listed in the 2018 plan to shut down and exit the mine. There is a syncline structure within the scope of the

mine field. There are many associated faults on both wings of the syncline. The coal seam is a Class III coal seam that is not easy to spontaneous combustion. There are many goafs in the mine, the tectonic stress is large, the coal seam cracks are developed, and the spontaneous combustion of the coal seam is easy to occur, affecting the safe production of the mine. Therefore, according to the actual conditions of the mine, the targeted comprehensive fire prevention and extinguishing technology has been adopted, and good results have been achieved, promoting safe production and benefit assurance.

## Keywords

Complex Environment, Fire Prevention, Control

Copyright © 2023 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. 前言

改革开放以来,煤炭作为新中国经济发展的主要能源,使我国的经济得到了高速稳定地发展[1]。虽然有很多更加环保如水能发电、风力发电等清洁能源在不断被提倡并应用于实践中,当然像石油等传统能源的应用也在逐渐提高[2]。但是煤炭资源依旧是在我们国家经济飞速发展过程中非常重要的能源,其地位没有发生根本性变化。然而在煤矿的开采中有各种灾害风险,像水、火、顶板、瓦斯、粉尘等灾害,其中火灾的影响举足轻重[3]。随着近几年采煤技术的不断发展,我国普遍使用综采放顶煤技术作为工作面开采的采煤技术,在使煤矿工作面的开采效率得到了大幅度提高的同时,随之也带来了许多非常棘手的问题,例如山西省朔州市平鲁区后安煤炭有限公司采煤工作面采空区就存在遗留残煤增加、漏风量增加等问题[4]。这些也成了矿井火灾发生的不可忽略的原因,这也影响了煤矿开采技术进一步的发展[5]。矿井遗煤自燃造成的火灾是限制煤矿安全生产的主要矿井灾害之一,例如在河北的艾家沟矿业公司曾在2013年就发生过一起严重的矿井火灾事故,火灾造成经济损失大约在1400万,更可怕的是其中有12人遇害死亡[6]。内因火灾是煤矿火灾事故中是最主要的,其占比大约达到了百分之九十,而外因火灾也只是占了百分之十左右[7]。工作面中呈立体分布,且其中的浮煤大都在上部,这些在采空区上部中的浮煤发生自然发火是内因火灾最主要的表现形式[8]。主要是因为这些浮煤有自然发火倾向且在氧气等条件都达到后便会发生氧化反应造成自燃,当浮煤自燃后产生的热量不能及时散发,那么浮煤会因积聚的热量而发生自燃[9]。因此采煤工作面采空区遗留煤炭自燃防治是困扰煤矿安全发展的技术难题,尤其是复杂环境下采煤工作面采空区遗留煤炭自燃防治更是防治的重点。本论文正是针对这个技术难题展开了技术研究,收到了良好的治理效果。

## 2. 矿井及3107外段工作面概况

### 2.1. 矿井概况

鹤煤公司五环分公司位于鹤壁矿区中部,开拓方式为立井、暗斜井和多水平主下山开拓。五环分公司与三矿、六矿均有大断层相隔,矿井整体构造形态为一个轴向北东45°,向北东倾斜的向斜。开采煤层为石炭二叠系山西组二1煤层,平均厚度8m,煤层倾角10°~30°,平均倾角18°。由于矿区地质构造影响,矿压大,封闭的巷道即使用新型防火材料封堵后仍可能出现采空区自燃情况,自建矿以来采空区

氧化和自燃情况几乎每个回采工作面都存在，对矿井的安全生产极为不利。矿井列入了国家 2016~2018 年过剩产能关闭退出计划，最后一个回采工作面为 31 采区的 3107 外段工作面，在防灭火方面采取了“三堵、四注、一均压”的综合治理措施。矿井煤层经抚顺煤科院化验为三级不易自燃煤层，自然发火期为 138 天，煤尘有爆炸危险，爆炸指数一般在 15.14%。

## 2.2. 3107 外段工作面概况

3107 外段工作面位于五环分公司 31 采区，其西部为 3208 南炮放工作面采空区，南部为 3105 西工作面采空区，东部为 3107 工作面采空区，北部为三水平延深中间专用回风下山，与矿井向斜轴相邻 20 m~140 m。工作面为走向长壁采煤工作面，综采放顶煤工艺，工作面切眼斜长 112 m，走向长 197 m，煤层平均煤厚 8.55 m，煤层走向  $80^{\circ}\sim 332^{\circ}$ ，倾角  $13^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，平均倾角为  $21^{\circ}30'$ ，受断层牵引起局部倾角变化较大。3107 外段工作面掘进施工中实际揭露内部有 2 条断层，切眼外侧 1 条。如表 1、图 1 所示。3107 外段工作面煤层氧化严重再加上采空区残留的煤炭的氧化导致工作面上隅角出现了 CO 气体，是困扰工作面安全生产的一个技术难题。

Table 1. Fault occurrence of 3107 outer working face

表 1. 3107 外段工作面断层产状表

断层编号	倾向( $^{\circ}$ )	倾角( $^{\circ}$ )	落差(m)	位置
III F115	332	46	2	下顺槽侧
III F101	222	45	2	上顺槽侧
III F91	104	60	8	切眼外侧



Figure 1. 3107 Working face plan of outer section

图 1. 3107 外段工作面平面图

## 3. 3107 外段工作面煤层氧化原因分析

### 3.1. 外围采空区密闭不良、漏风

1) 3107 外段工作面三面临采空区，且临近向斜的轴部，巷道应力较为集中，掘进过程中易出现巷道

片帮、冒顶，造成向临近采空区漏风，缓慢氧化，出现自燃发火。

2) 3107 外段工作面上阶段的 3105、3103 工作面横川巷道封闭质量差，受巷道压力影响，密闭压裂，采空区间连通，形成大面积的漏风通道。

3) 3107 外段工作面形成后，下顺槽进风，造成局部向切眼后部的 3107 里段工作面采空区漏风。

4) 3107 外段工作面上隅角(绞车窝及抬棚高顶处)透 3105 采空区，出现漏风通道，形成缓慢氧化过程。

### 3.2. 煤层裂隙发育，抽采钻孔内煤体氧化

1) 3107 外段工作面下顺槽沿原三水平延深中央专用回风扩掘，且该巷道曾经向 3107 外段工作面施工过抽采钻孔，受向斜轴影响，巷帮 10 米范围内煤质松软，裂隙发育，煤体氧化速度较快，易出现高温及 CO。

2) 3107 外段工作面上顺槽和下顺槽施工顺层钻孔期间为风力排粉，受地质构造的影响，巷道压力较大，个别钻孔在钻进过程中与煤体有反复硬磨现象，造成 3107 外段工作面下顺槽切眼口向外 50 m 范围内巷帮抽采钻孔内煤粉氧化并产生 CO。

### 3.3. 高冒区煤体氧化

3107 外段工作面切眼掘进期间，因煤体破碎，不易支护，巷道顶板流煤形成高冒区散煤聚热氧化。

## 4. 综合防灭火技术的实践与应用

### 回采前及回采期间的防灭火技术

1) 工作面外段轨道上山、上顺槽、揭露老巷处喷浆堵漏

对 3107 外段轨道上山、3107 外段上顺槽进行喷浆封闭采空区老巷；揭露 3105 东中巷新一川四岔口处及前后各 5 m 的巷道全断面喷浆，喷浆厚度不低于 100 mm。

2) 工作面注防灭火充填材料堵漏

对 3105 东中巷新一川四岔口、上安全口抬棚梁处及两个硐室顶部高冒处压注防灭火充填材料，以注浆泵压力上升缸体运行减缓为 5 秒一次判定为充填完毕。

3) 工作面外围通道注防灭火充填堵漏

采用砖墙封闭 3107 切眼外围的三水平下运皮带巷及 3105 新一川密闭，密闭一组两道，中间间隔 500 mm 充填防灭火堵漏材料。

4) 临近采空区静压注水

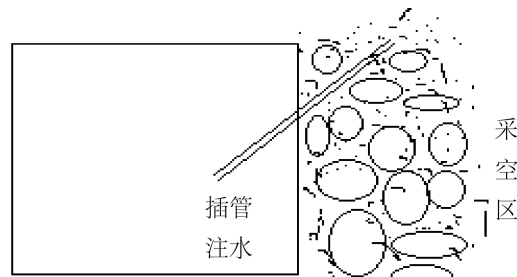
在 3107 外段工作面切眼下部 70 m 范围内向 3107 里段工作面采空区进行“打点滴式”插直径 4 分钢管静压注水，每隔 5 m 布置一个钻孔，倾角 45°，深度以打透采空区为准，采前每小班注水 3 次，每次注 20 分钟。在 3107 外段轨道上山、3107 外段上顺槽老巷侧巷帮煤层静压注水湿润煤体，每隔 10 m 布置一个钻孔，插入直径 4 分钢管，倾角 45°，深度以打透采空区为准，回采前及回采期间每小班注水 3 次，每次注 20 分钟。如图 2 所示。

5) 从地面向井下 317 外段工作面采空区注黄泥浆及阻化剂

回采期间从矿井地面注浆站向 3107 外段工作面上隅角采空区及综采支架架间后部顶煤内注黄泥浆并掺氯化镁阻化剂，每天检修班注浆 6 小时，使采空区浮煤表面湿润，防止浮煤氧化自燃。

6) 顺层抽采钻孔静压注水

由于工作面已抽采达标，采取对上顺槽和下顺槽的所有顺层抽采钻孔进行静压注水，注水后用抽采管专用堵头彻底封闭。

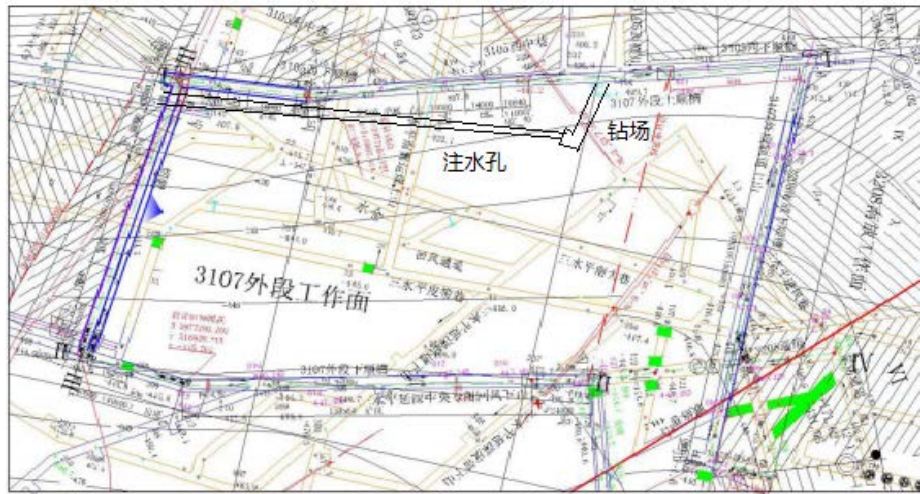


**Figure 2.** Schematic diagram of “drip type” intubation with water injection

**图 2.** “打点滴式”插管注水湿润示意图

#### 7) 顶板裂隙抽采钻场预留长钻孔静压注水

在 3107 上顺槽顶板裂隙抽采钻场专门施工两个长度为 120 m 深孔，钻孔终孔位置到 3107 采空区上部，距煤层顶板垂距 15 m，作为静压注水钻孔使用，在工作面初采初放阶段进行防灭火，每天八点班注水 1 小时。如图 3 所示。



**Figure 3.** Reserved long holes in roof fissure extraction drilling field

**图 3.** 顶板裂隙抽采钻场预留长钻孔

#### 8) 均压防火

由于工作面回风系统不得有控风设施，故采取短路风量均压，在 3107 外段工作面进回风巷之间的风门安设调节风窗，并具备防逆风功能，保证通风系统稳定，计算如式 1 所示。

根据公式计算[10]：

$$A = 1.1917Q/\sqrt{h}, \text{m}^2 \quad (1)$$

式中  $Q$ ——通过井巷或矿井的风量， $\text{m}^3/\text{s}$ ；

$h$ ——井巷或矿井的通风阻力， $\text{Pa}$ ；

$A$ ——井巷断面或等积孔面积， $\text{m}^2$ 。

对工作面进行短路均压防火，将风量控制在  $1000 \text{ m}^3/\text{min}$ ，巷道断面为  $10 \text{ m}^2$ ，计算得出工作面上顺槽和下顺槽的风流压差应稳定在  $10 \text{ Pa}$  左右，每十天测一次风量，确保工作面系统压差稳定。

## 5. 防灭火效果分析

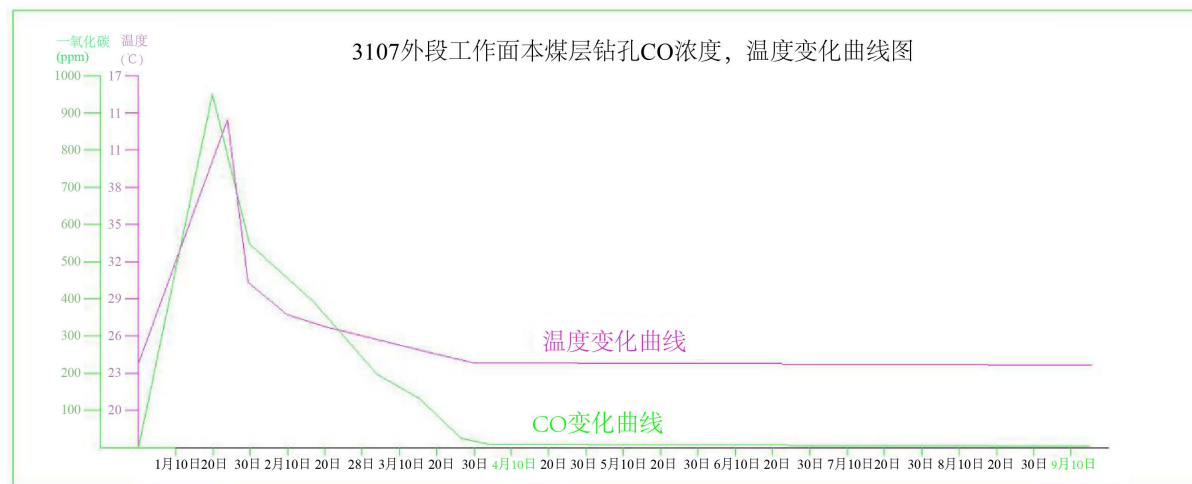
### 5.1. 防灭火效果

(1) 3107 外段工作面上隅角顶煤空顶内(绞车硐室及抬棚高顶处) CO 从最高的 400 PPm, 稳定在回采前 5 PPm; 温度由最高的 28℃ 稳定为 25℃。如图 4 所示。



**Figure 4.** Curve of co concentration and temperature change at the upper corner of 3107 outer section working face  
**图 4.** 3107 外段工作面上隅角 CO 浓度及温度变化曲线图

2) 3107 外段工作面本煤层顺层钻孔(下顺槽切眼口向外 50 m 范围内钻孔)内的 CO 从最高的 1000 PPm 降至 5~10 PPm, 温度从最高的 45℃ 降至 25℃ 左右。如图 5 所示。



**Figure 5.** Variation curve of co concentration and temperature in the boreholes along the seam in the 3107 outer working face  
**图 5.** 3107 外段工作面本煤层顺层钻孔内 CO 浓度及温度变化曲线图

### 5.2. 效果分析

通过采取“三堵、四注、一均压”的综合治理措施, 成功的治理了自然发火的隐患, 上隅角采空区

及抽采钻孔内 CO 浓度稳定, 未出现高温现象, 风流中未出现 CO, 符合安全生产要求, 治理效果良好。

## 6. 结论

### 6.1. 地质构造影响因素

1) 环境复杂的孤岛工作面受地应力和老空区影响, 煤层裂隙通常较发育, 煤体呈破碎状, 且外围相连通漏风通道多, 对抽采钻孔浅部防火和巷道高冒处防火极为不利, 在抽采达标期间和掘进期间要加强自燃征兆排查和检查, 及时采取预防措施。

2) 巷道位于向斜轴附近, 矿压大, 易造成巷道频繁维修, 巷帮煤质松软, 透气性增加, 抽采钻孔极易串孔, 钻孔密封性差, 形成小循环漏风氧化带, 应尽量避免在向斜轴附近布置回采巷道。

3) 以往的防灭火方法用的比较多的单一的注浆或者注氮气任选一种, 然后再配合喷洒阻化剂等方法, 方法相对比较单一, 而这次采取了注浆、均压通风、注水、注阻化剂、注堵漏材料等综合防灭火方法, 收到了良好的应用效果。

### 6.2. 自燃条件影响因素

尽管煤层为三级不易自燃煤层, 但只要具备漏风、聚热、通风系统不稳等条件, 自然发火期将缩短, 仍极易发生煤层自燃现象, 以后在类似环境布置采煤工作面必须特别重视自然发火的预防和检测工作, 防患于未然。

## 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): 179-180.
- [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, 骆仲决, 高翔. 燃烧理论与污染控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 3.
- [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] 刘小舟. 煤矿火灾预防与防治技术现状[J]. 煤矿现代化, 2005(5): 25-27.