

井下综合防灭火措施的应用分析

Application Analysis of Comprehensive Fire Control Measures in Underground

张宇

Zhang yu

山东科技大学 中国·山东 青岛 266590

Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong, 266590, China

摘要: 煤矿井下火灾对煤矿安全生产的影响不容忽视。通过分析矿井火灾的危害并结合某矿的具体情况,综合考虑内、外因火灾,提出了灌浆、注氮以及阻化剂三项防灭火方案,通过数值计算,给出该矿防治火灾的针对性措施。并通过装备束管监测系统,进一步保障煤矿生产的安全进行。

Abstract: The influence of underground fire on coal mine safety production should not be despised. Based on the analysis of the hazards of mine fire and the specific conditions of a mine, considering the internal and external fire, three fire prevention schemes are put forward. And through the equipment beam tube monitoring system, further guarantees the coal mine production safety to carry on.

关键词: 矿井火灾;防治措施;内因火灾;外因火灾

Keywords: Mine fire; Prevention measures; Internal fire; External fire

DOI: 10.36012/etr.v2i5.1977

1 矿井火灾的危害与分类

影响煤矿产业安全生产的矿井火灾是煤矿五大灾害之一。由于矿井火灾会直接产生极具破坏性与危险性的高温、浓烟以及有害气体,严重浪费煤炭资源和损毁井下生产设备,极大的破坏环境并且会危及井下作业人员的生命。除此之外,如果发生在一些瓦斯含量大的矿井,则更会引起瓦斯爆炸和煤尘爆炸等次生灾害,造成难以估量的损失^[1]。

2 外因火灾防治措施

井下带式输送机必须采用阻燃输送带;确保建立健全井下的消防洒水系统。井下各种电气设备硐室必须设置防火门和配备消防器材并且在支护时要使用不燃性材料。其中,主变电所等通路连接处要设置防火栅栏两用门^[2]。

3 煤层自然发火的防治措施

采用的综合防灭火措施是以预防性灌浆为主要手段、辅助使用氮气防灭火和喷洒阻化剂,在此基础上装配束管监测系统,达到对煤层自然发火这一问题的实时监测的目的。对于采空区发火、火区灭火和有自燃迹象的区域,分别使用灌

浆系统、注氮和喷洒阻化剂等方式防火。

3.1 灌浆防灭火

灌浆用浆液由水与粉煤灰按一定比例配置,外加稠化悬浮剂及胶凝剂。粉煤灰取自化工区的锅炉烟道器,取材便捷。在风井场地内设集中灌浆站,灌浆材料采用粉煤灰,灌浆水源利用处理后的生活污水。

如果在 912m 范围内进行注胶处理,形成隔离带,使煤氧化产生的高温不能越过隔离带,则可以防止自燃。为确保安全,取一定的安全系数,隔离带沿工作面走向宽度取 300m,即每隔 300m 在工作面两侧进行封堵,并注入复合胶体。

3.1.1 隔离带胶体量

每条隔离带的注胶量按下式计算:

$$Q_i = K_i * W * L * h * n$$

式中:

Q_i — 每个隔离带注胶量;

W — 隔离带沿工作面方向宽度,一般取 20m;

L — 隔离带垂直工作面方向长度,一般取 30m;

n — 有效空间系数,取 0.3;

【作者简介】张宇(1997~),男,汉,山东省枣庄市人,研究采矿工程,矿山安全方向。

K_1 —有效安全系数,取 1.5。

$$h = h_{采高} / (0.7 - h_{min})$$

h 、 $h_{采高}$ 分别是隔离带高度和工作面的采高 (2.52m),其中自燃的极限浮煤厚度 h_{min} 取 0.5m;

经计算:

$$\begin{aligned} Q_1 &= K_1 * W * L * h * n \\ &= 1.5 * 20 * 30 * (\frac{2.52}{0.7} - 0.5) * 0.3 \\ &\approx 837m^3 \end{aligned}$$

在工作面两侧均注浆,各形成一个胶体隔离带,则合计用量为:

$$Q_2 = 2 * 837 = 1674m^3$$

3.1.2 灌浆时间

每个隔离带的间隔时间按下式计算:

$$t_1 = L / V$$

式中:

t_1 — 隔离带的间隔时间, d;

L — 隔离带宽度,设计取 300m;

V — 工作面日推进度,均取 15.2m;

经计算:隔离带间隔时间为 20d。灌浆时间小于隔离带间隔时间,设计灌浆时间 t 取 6d。

3.1.3 日灌浆量

$$Q' = K_2 Q_2 / t$$

式中:

Q' — 工作面日灌浆量;

K_2 — 灌浆系数,考虑井下老空区、工作面联络巷等处的密闭墙内需要用胶充填,设计取 1.2;

Q_2 — 隔离带胶体量;

t — 灌浆时间。

经计算:

$$Q' = 1.2 * 1674 / 6 = 334.8(m^3/d)$$

考虑井下一共布置了两个回采工作面,则日灌浆量:

$$Q' = 334.8 * 2 = 669.6(m^3/d)$$

设计采用一套 60m³/h 的灌浆注浆系统进行注浆,工作面每次灌浆 6d,每天工作 12 小时,即可达到要求。

3.1.4 灌浆灰水比

灌浆灰水比为 1:3,不需要加压,可有重力送至工作面灌浆。

3.1.5 灌浆系统工艺流程

地面固定式胶体防灭火系统由浆料储存场地、浆料输送、连续式定量制浆、过滤搅拌、计量、输浆及管网系统和外加剂添加等部分构成。

3.1.6 灌浆系统及管路布置

本灌浆系统由制浆车间(含制浆原料仓)、灌浆管道及矿用移动式防灭火注浆装置构成。主要设备、仪表与控制柜等以固定形式安装在注浆车间内。灌浆管道由回风立井至井下敷设至各工作面。矿用移动式防灭火注浆装置置于井下靠近灌浆点附近(不超出 150m)做为胶凝剂的添加设备,也可做为突发火区和小范围高温点的前期控制和灭火装备。

灌浆管道采用环氧树脂内外涂层复合无缝钢管,沿回风立井敷设至井底干管 D159×9,采区及工作面巷道管 D133×4。

3.1.7 制浆材料的运输及贮存

制浆料(粉煤灰)用粉煤灰专用车运至灌浆站贮灰仓,贮灰罐 1 座,有效容积 300m³,用螺旋输送机将粉煤灰装入胶体制备机的主料箱内。基料(水玻璃)可使用罐车运至灌浆站并放入基料池(基料池内严禁有水或进水),使用时打开阀门即可放出。悬浮剂购入后放置于灌浆站材料库中,灌浆时取出使用,材料库严禁进水并保持阴凉干燥。

3.2 氮气防灭火

氮气防灭火主要采用地面固定式的注氮系统,从煤矿化工区的氮气装置获取需要使用的氮气,最后通过铺设的管路输送至井下处理点。

现对井下两个综采工作面注氮量计算如下:

3.2.1 按产量计算

可按下式计算:

$$Q_n = A / (1440 \rho t \eta_1 \eta_2) * (C_1 / C_2 - 1)$$

式中:

Q_n — 注氮流量, m³/min;

A — 年产量,综采工作面分别为 5.5Mt/a、7.5Mt/a;

t — 年工作日,取 330d;

ρ — 煤的容重,取 1.31t/m³;

η_1 和 η_2 分别是管路输氮效率,取 0.90 和注氮防火效率,取 0.65;

C_1 和 C_2 分别是采空区平均含氧量,取 20.8% 和采空区防火惰化指标,按 7%。

则:

$$Q_{n1} = \frac{550 \times 10^4}{1440 \times 1.31 \times 330 \times 0.90 \times 0.65} * (\frac{20.8\%}{7\%} - 1) = 29.7\% \text{m}^3/\text{min}$$

$$Q_{n2} = \frac{750 \times 10^4}{1440 \times 1.31 \times 330 \times 0.90 \times 0.65} * (\frac{20.8\%}{7\%} - 1) = 40.5\% \text{m}^3/\text{min}$$

3.2.2 按瓦斯量计算

$$Q_n = QC / (1.0 - C)$$

式中:

Q_n — 注氮流量, m^3/min ;

Q — 工作面风量, 取 $1200 \text{m}^3/\text{min}$;

C — 工作面回风巷中的瓦斯浓度, 取 1% 。

则:

$$Q_n = 1200 * 1\% / (1 - 1\%) = 12.1 \text{m}^3/\text{min} = 726 \text{m}^3/\text{h}$$

3.3 阻化剂防灭火

3.3.1 阻化剂的选用

以工业氯化钙为例。浓度和密度要求分别是 20% 和 $1.11 \text{t}/\text{m}^3$ 。

3.3.2 喷洒量计算

工作面一次的总喷洒量包括喷洒底板浮煤的用量和喷洒护顶煤的用量。

(1) 工作面底板浮煤喷洒量。计算公式:

$$G_1 = K_1 K_2 L B h_1 A_1$$

式中:

G_1 — 按重量计浮煤一次喷洒量, t ;

K_1 — 一次喷洒的加量系数, 取 1.2 ;

K_2 — 一次喷洒的浮煤密度, 取 $0.8 \text{t}/\text{m}^3$;

L — 工作面长度, 工作面长度为 320m ;

B — 一次喷洒宽度, 取 1.6m ;

h_1 — 底板浮煤最大厚度, 0.1m ;

A_1 — 浮煤吸液量, $0.050 \text{t}/\text{t}$ 。

经测量与分析后可知, 工作面板底板的浮煤喷洒量约为 2.46t 。

(2) 工作面护顶煤一次喷洒的用量。计算公式:

$$G_2 = K_3 L B h_2 A_2$$

式中:

G_2 — 按重量计护顶煤一次喷洒量, t ;

K_3 — 护顶煤密度, $1.31 \text{t}/\text{m}^3$;

L — 工作面长度, 320m ;

B — 一次喷洒宽度, 取 1.6m ;

h_2 — 护顶煤厚度, 0.05m ;

A_2 — 护顶煤吸液量, $0.011 \text{t}/\text{t}$ 。

经计算护顶煤一次喷洒量为 0.36t 。

则每个工作面一次喷洒阻化剂液量为 2.82t 。

每个工作面一次喷洒所需阻化剂重量为: $2.82 \times 20\% = 0.56 \text{t}$ 。

3.4 束管监测系统

束管空气监测系统广泛应用于矿井自然火灾的预报和安全事故防治管理等工作, 可以对井下任意点的 O_2 、 N_2 、 CO 、 CH_4 、 CO_2 、 C_2H_2 、 C_2H_4 、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 等 10 种煤矿有害气体的属性和含量实现 24h 的连续监测, 经过对自然发火具有标志性特征的有害气体的确定和含量分析, 及时预测并反馈发火地点的气体温度变化, 为煤矿的自燃灾害以及类似安全事故防治工作的开展提供科学依据。

3.4.1 系统组成

主要有粉尘过滤器、单管、束管、分路箱、抽气泵、束管清洗机、气体采样控制柜、系统计算机、矿井气体多点参数色谱自动分析仪、激光打印机、网卡、系统分析软件、净化稳压电源和冷却水箱等组成。

3.4.2 观测点布置

根据井下的巷道布置, 确定一共在井下布置 22 个测点, 其中每个井下综采巷道工作面需要布置 6 个, 辅助运输大巷、带式输送机大巷、回风输送机大巷以及工作面巷道各布置 1 个测点。

4 结语

煤矿火灾发生时暴露出现阶段煤矿企业的防灭火意识和防灭火能力都存在不少问题, 并且亟待解决。煤矿企业应根据整个煤矿安全生产的具体情况, 采取制定具有针对性的火灾解决措施和方案, 将整个煤矿的火灾安全事故发生的几率降到最低。

参考文献

- [1] 程良. 煤矿井下防灭火措施研究[J]. 工程建设与设计, 2019(24): 44-45.
- [2] 汤平, 王帅, 谢先明, 陈洋. 白皎矿掘进期间火与瓦斯耦合灾害综合防治技术[J]. 煤矿安全, 2020, 51(02): 76-79.
- [3] 朱红青, 胡超, 张永斌, 胡林涛, 袁晓乐, 王晓宽. 我国矿井内因火灾防治技术研究现状[J]. 煤矿安全, 2020, 51(03): 88-92.