

## 矿井防灭火中的液态二氧化碳应用探讨

刘 帅

吉林省宇光营城矿业有限公司, 吉林 长春 130000

**[摘要]** 矿井火灾是矿山安全生产中的严重隐患, 一旦发生将给矿山生产和人员安全带来严重影响。在矿井火灾防治中, 灭火技术起着至关重要的作用, 液态二氧化碳作为一种常用的灭火剂, 因其快速、有效、无残留的特点, 被广泛应用于矿井火灾的防治工作中。然而, 液态二氧化碳防灭火技术的应用涉及到诸多方面, 包括其特性、机理、应用工艺等, 对其进行深入探讨和研究, 对于提高矿山防灭火水平, 确保矿工的生命安全和矿山设施的完整性具有重要意义。文中系统分析液态二氧化碳在矿井防灭火中的应用技术及实践效果, 探讨其在提高矿山安全生产水平方面的作用和意义。

**[关键词]** 液态二氧化碳; 矿井防灭火; 技术应用

DOI: 10.33142/ec.v7i6.12108

中图分类号: TD752

文献标识码: A

### Discussion on the Application of Liquid Carbon Dioxide in Mine Fire Prevention and Extinguishing

LIU Shuai

Jilin Yuguang Yingcheng Mining Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

**Abstract:** Mine fire is a serious hidden danger in mine safety production, and once it occurs, it will have a serious impact on mine production and personnel safety. In the prevention and control of mine fires, fire extinguishing technology plays a crucial role. Liquid carbon dioxide, as a commonly used fire extinguishing agent, is widely used in the prevention and control of mine fires due to its fast, effective, and residue free characteristics. However, the application of liquid carbon dioxide fire prevention and extinguishing technology involves many aspects, including its characteristics, mechanisms, application processes, etc. Conducting in-depth exploration and research on it is of great significance for improving the level of mine fire prevention and ensuring the safety of miners and the integrity of mine facilities. The article systematically analyzes the application technology and practical effects of liquid carbon dioxide in mine fire prevention and control, and explores its role and significance in improving the level of mine safety production.

**Keywords:** liquid carbon dioxide; mine fire prevention and extinguishing; technology application

### 引言

矿井作为重要的能源资源开采场所, 矿井火灾不仅会造成生产设施的损坏和生产中断, 更会威胁到矿工的生命安全。据统计, 矿井火灾是造成矿难事故的主要原因之一, 为有效应对矿井火灾风险, 提高矿山安全生产水平, 各国在矿井防灭火技术方面进行了持续探索与研究。液态二氧化碳作为一种常用的灭火剂, 因其快速、高效、无残留的特点, 在矿井火灾防治中受到了广泛关注与应用。然而, 液态二氧化碳防灭火技术在实际应用中还存在一些挑战和问题, 如何更好地利用液态二氧化碳技术提高矿山安全生产水平, 成为当前矿业领域亟待解决的问题。

### 1 矿井常用灭火方式

#### 1.1 阻化剂灭火

阻化剂灭火是矿井常用的灭火方式之一, 其原理是通过向火源周围喷洒阻化剂, 阻止火焰与燃料间的化学反应, 从而抑制火势的蔓延和扩大。阻化剂通常是一种特殊的化学物质, 能够与火焰中的氧气或燃料发生化学反应, 形成惰性保护层, 削弱火焰的热量和能量传递。在阻化剂灭火的过程中, 阻化剂喷洒至火源周围形成的保护层能够有效地隔离火焰与周围环境, 阻化剂还能够降低火焰的温度和

热量释放, 使火焰逐渐熄灭, 不仅能够迅速抑制火灾, 而且对环境和人体相对友好, 因为阻化剂往往是无毒、无害的。阻化剂灭火技术的应用范围广泛, 不仅适用于矿井火灾, 也适用于其他工业领域的火灾扑救, 其操作相对简单, 施救人员只需将阻化剂喷洒至火源周围即可, 无需过多复杂的设备和技术。总之, 阻化剂灭火技术作为矿井灭火的一种重要方式, 具有快速、有效、环保等优点, 实际应用中要根据具体情况和需要选择合适的阻化剂, 以确保矿井安全生产和人员安全。

#### 1.2 灌浆灭火技术

灌浆灭火技术是矿井常用的一种灭火方式, 其原理是通过将灭火剂注入到火灾现场, 形成隔离层或冷却层, 从而达到灭火的目的, 通常适用于矿井深部火灾或无法直接接近的火灾现场, 其特点是操作简便、安全可靠。在实施灌浆灭火技术时, 先选择合适的灭火剂, 然后将灭火剂通过管道或喷枪输送至火灾现场, 对火源进行直接喷洒或注入, 灭火剂与火焰接触后, 会发生吸热反应或冷却作用, 降低火焰温度, 达到灭火目的<sup>[1]</sup>。灌浆灭火技术的优点之一是能够有效地隔离火源, 防止火势蔓延, 通过将灭火剂注入到火灾现场, 形成保护层或冷却层, 能够有效地阻止

火焰与周围燃料的接触,从而控制火势的扩大。此外,灌浆灭火技术还可以通过冷却作用,降低火焰温度,减少燃烧产物的生成,有助于减少火灾对环境的影响。总之,灌浆灭火技术作为矿井灭火的一种重要方式,具有操作简便、有效隔离火源等优点,适用于矿井深部火灾或无法直接接近的火灾现场,实际应用中要根据具体情况和需要选择合适的灭火剂,并注意施工过程中的安全问题,以确保灭火效果和人员安全。

### 1.3 凝胶技术

凝胶技术是矿井常用的一种高效灭火方式,其原理是利用特殊的凝胶形成一层覆盖层,将火源与外界隔离,从而达到灭火的效果,通常适用于需要迅速控制火势、防止火灾蔓延的情况,其操作简单、灭火效果显著。在凝胶技术中,常用的灭火凝胶是一种高黏度的液体,具有优良的黏附性和附着性,能够迅速附着在火源周围的燃烧物表面,形成一层坚固的保护膜,能够有效地隔离火焰与周围环境的接触,阻止氧气供应,削弱火势,从而达到灭火的目的。凝胶技术的优点之一是操作简便,施救人员只需将凝胶喷洒到火源周围即可,凝胶作为一种无毒、无害的灭火剂,对环境和人体相对友好,不会对矿井内部造成二次污染,因此适用于各种灭火场景。由于凝胶的高黏度和附着性,形成的保护膜能够在一定时间内持续存在,持续阻止火焰与燃烧物的接触,维持灭火效果,有助于防止火势的再次蔓延。总之,凝胶技术作为矿井灭火的一种重要方式,具有操作简便、灭火效果显著等优点,适用于需要迅速控制火势、防止火灾蔓延的情况,实际应用中要根据火灾情况和环境条件选择合适的凝胶类型和喷洒方式,以确保矿井安全生产和人员安全。

## 2 液态二氧化碳防灭火技术

### 2.1 液态二氧化碳特性

液态二氧化碳( $\text{CO}_2$ )是一种常用的灭火剂,在矿井防灭火中发挥着重要作用。液态二氧化碳具有高压、低温的特点,在压力释放时迅速蒸发,产生大量的冷却效应,能够迅速降低火源的温度,有效控制火势的蔓延和扩大,从而实现灭火的目的。液态二氧化碳无色、无味、不导电,在灭火过程中不会产生任何有害气体或残留物,不会对设备和环境造成损害,能够确保灭火过程的安全和环保。液态二氧化碳能够与火焰中的氧气发生化学反应,降低火焰温度,液态二氧化碳的密度比空气大,能够迅速覆盖火源,阻止氧气供应,从而迅速扑灭火焰。液态二氧化碳可以储存在专用的高压容器中,通过管道系统输送至火灾现场,喷洒形成雾状覆盖火源,操作简便,能够快速、有效地应对各种火灾情况。

### 2.2 防治煤自燃机理

防治煤自燃是矿井安全管理中的重要课题,液态二氧化碳技术在此方面发挥着关键作用。煤自燃的机理主要涉

及煤中含有的一些易燃气体,如甲烷,以及煤与空气中氧气发生的氧化反应,在煤堆中产生热量,导致温度升高,从而加速煤的氧化反应,形成恶性循环,最终引发自燃。液态二氧化碳防治煤自燃的机理主要包括两个方面:降温和控制氧气供应。首先,液态二氧化碳在释放时会迅速蒸发,吸收大量热量,降低火源周围的温度,能够有效阻止煤的氧化反应,从而抑制自燃的发生。其次,液态二氧化碳的高密度使其能够迅速覆盖火源,阻止空气中氧气的供应,降低火源周围的氧气浓度,能够有效抑制煤的氧化反应,防止自燃的发生。液态二氧化碳与煤表面接触时会形成一层薄薄的保护膜,阻止氧气与煤表面的直接接触,减少氧化反应的发生,能够有效阻止煤的氧化反应,延缓自燃的发生<sup>[2]</sup>。总之,液态二氧化碳通过降温、控制氧气供应以及减少氧化反应速率等机理,在矿井安全管理中,合理利用液态二氧化碳技术,能够有效预防和控制煤自燃,确保矿山安全生产。

### 2.3 液态二氧化碳的应用工艺

液态二氧化碳( $\text{CO}_2$ )作为一种重要的灭火剂,在矿井防灭火中广泛应用。液态二氧化碳通常储存在专用的高压容器中,这些容器具有较高的压力和密封性能,能够有效地储存液态二氧化碳,确保其在需要时能够快速释放。输送过程中需要注意管道的密封性和安全性,控制液态二氧化碳的流速和流量,确保其在火灾现场能够及时、有效地释放。喷洒过程中需要根据火灾的具体情况和火源的大小、形状等因素,选择合适的喷洒方式和喷洒量,确保液态二氧化碳能够充分覆盖火源,还需要注意喷洒的均匀性和覆盖范围,避免火灾残留部分未被覆盖而导致火势复燃。总之,液态二氧化碳在矿井防灭火中的应用工艺涉及储存、输送和喷洒等环节,需要确保每个环节的操作合理、稳定,以确保液态二氧化碳能够在火灾现场发挥最大的灭火效果,保障矿山的安全生产和人员的生命财产安全。

## 3 液态二氧化碳在矿井防灭火中的应用实践

### 3.1 矿井概况

矿井通常由地面设施和地下开采工作面组成,其地质构造和地层特征对于矿井的稳定和安全起着至关重要的作用。地质构造、煤层赋存情况以及岩层稳定性等因素都直接影响了矿井的安全生产,不同类型的煤层地质条件会导致不同的开采方法和工艺流程,同时也会影响到矿井的通风、排水、支护等设施的建设和使用。由于地下深处的煤层通常温度较高,加之矿井内部人员活动、机械设备运转等产生的热量,导致矿井内部温度较高,地下水、煤尘等因素也会增加矿井内部的湿度,造成工作环境的恶劣。矿井内部矿工、技术人员、管理人员,他们在矿井内从事采煤、支护、通风、排水等工作,负责矿井的日常生产和管理,这些人员需要接受专业的培训和指导,严格遵守矿山安全规程和操作规范,以确保矿井的安全运营。

### 3.2 火区概况

在矿井内部,由于存在大量易燃气体、煤尘等可燃物质,以及机械设备、电气设备等可能产生火花的工作环境,火灾隐患较为突出,因此需要对可能的火区进行重点监测和防范。

火区通常包括以下几个方面特点:①火区往往具有较高的温度和湿度。由于地下深处的煤层温度较高,加之地下水和煤尘的存在,使得火区内温度和湿度相对较高。②火区的通风条件相对较差。矿井内部的通风系统通常无法覆盖到每一个角落,导致火区内氧气供应不足,进一步加剧了火灾的危险性。③火区内通常存在大量易燃气体和煤尘等可燃物质。矿井开采和运输过程中产生的甲烷、一氧化碳等易燃气体,以及煤炭开采和破碎过程中产生的煤尘,都是火灾的主要燃料来源,使得火区内火灾的发生频率较高。④火区的设备和管道密集,存在较多的火源。矿井内部的机械设备、电气设备等可能存在漏电、短路等情况,容易产生火花,矿井内部的管道系统也可能因为磨损、老化等原因出现泄漏,导致易燃气体的聚集,增加了火灾的风险。总之,火区是矿井内部火灾风险较高的区域,其特点包括高温高湿、通风不畅、易燃气体和煤尘积聚、设备密集等。对火区进行有效的监测和防范,加强火灾预防和应急处理,对于保障矿井的安全生产和人员的生命财产安全具有重要意义。

### 3.3 灭火效果

液态二氧化碳作为一种重要的灭火剂,在矿井防灭火中发挥着重要作用,其灭火效果受到广泛关注。液态二氧化碳可以迅速蒸发,并与火焰中的氧气发生化学反应,降低火焰温度,抑制火势蔓延,使得液态二氧化碳成为应对矿井火灾的理想选择,能够迅速控制火势,减少灾害损失。液态二氧化碳释放后形成的雾状覆盖层能够迅速覆盖火源周围,阻止氧气与火焰的接触,从而有效控制火势的扩大,不仅能够防止火势蔓延,还能够减少二次燃烧的可能性,确保火灾得到彻底扑灭。液态二氧化碳释放后不会留下任何残留物,不会对矿井设施和环境造成污染,有利于矿井的后续恢复工作,也符合矿山安全生产和环保要求,受到广泛认可。在矿井火灾的实际应用中,液态二氧化碳成功扑灭了許多火灾,保障了矿工的生命安全和矿井设施的完整性。总之,液态二氧化碳作为一种灭火剂,在矿井防灭火中具有显著的灭火效果,快速、有效的灭火特性,无残留、无污染的优点,使其成为矿井火灾扑救的重要手段,为矿山安全生产提供了有力保障。

### 4 液态二氧化碳防灭火注意事项

在使用液态二氧化碳进行防灭火时,有一些重要的注意事项需要特别注意,以确保灭火工作的安全和有效性。在使用液态二氧化碳进行防灭火前,必须对矿井或工厂的火灾风险进行全面评估,并制定相应的应急预案,包括确定火灾可能发生的位置、火灾可能引发的原因、应急处理

流程等,以便在火灾发生时能够迅速、有效地采取措施。在使用液态二氧化碳进行防灭火前,必须对液态二氧化碳储存设备、输送管道、喷洒系统等进行检查和维护,确保其运行稳定可靠。特别是需要定期检查液态二氧化碳储存容器的安全性和密封性,避免发生泄漏或爆炸等意外事故<sup>[3]</sup>。在实际应用中,必须根据火灾现场的具体情况,合理选择喷洒方式和喷洒量,确保液态二氧化碳能够充分覆盖火源,达到灭火的效果。同时,需要注意喷洒的均匀性和覆盖范围,避免火灾残留部分未被覆盖而导致火势复燃。液态二氧化碳释放后会产生大量的冷却效应和高浓度的二氧化碳气体,可能对人员的健康和生命安全造成影响,因此在使用液态二氧化碳进行防灭火时,必须采取措施保护人员安全,并确保环境不受损害。总之,使用液态二氧化碳进行防灭火时,需要进行充分的风险评估和预案制定,确保设备和系统的正常运行,合理选择喷洒方式和喷洒量,并注意保护人员和环境安全。只有做到这些,才能确保液态二氧化碳防灭火工作的安全性和有效性。

### 5 结束语

在矿井防灭火中,液态二氧化碳技术的应用为矿山安全生产提供了重要保障。通过对液态二氧化碳的特性和应用工艺的研究与实践,我们深刻认识到了其在灭火过程中的重要作用和优势。液态二氧化碳具有快速灭火、无残留无污染等特点,能够迅速控制火灾,降低火灾造成的损失,保障了矿工的生命安全和矿山设施的完整性。然而,我们也要充分认识到液态二氧化碳防灭火工作中存在的挑战和风险,需要严格遵守操作规程,做好设备维护和人员培训,确保液态二氧化碳的安全使用。在未来的工作中,我们将进一步加强对液态二氧化碳技术的研究和应用,不断完善防灭火体系,提升矿山安全生产水平,为实现安全、高效、可持续发展的矿业产业贡献更大的力量。

#### [参考文献]

- [1]柳东明.易自燃煤层采空区N2与CO2惰性耦合气体运移规律[J].煤矿安全,2020,51(8):227-231.
- [2]白刚,姜延航,周西华,等.采空区自燃隔离墙与氮气联合防火技术[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2021,40(3):206-213.
- [3]姜奎,王怡,任广意等.姚桥煤矿8059工作面采空区注CO2防灭火技术参数优化模拟与应用研究[J].矿业安全与环保,2021,48(3):74-78.
- [4]张江江.关于强化矿井防灭火工作措施分析[J].内蒙古煤炭经济,2023(19):100-102.

作者简介:刘帅,毕业院校:辽宁工程技术大学,所学专业:矿井通风与安全专业,当前就职单位:吉林省宇光管城矿业有限公司,职务:通风安全副总工程师,职称级别:职称中级,安全工程师。