

液态二氧化碳在矿井防灭火中的应用

吕振华 (山西焦煤集团汾西矿业矿山救护大队, 山西 孝义 032300)

摘要: 为确保煤炭开采安全, 降低采空区遗煤自燃影响, 以3701综采工作面采空区遗煤自燃治理为工程背景, 提出采用液态二氧化碳进行防灭火, 并对液态二氧化碳灭火技术原理、现场布置等进行详细阐述。现场应用后, 采空区遗煤自燃得以有效控制, 在后续回采中采空区CO浓度始终为0, 取得较好的遗煤自燃治理效果。

关键词: 煤炭开采; 采空区; 遗煤自燃; 液态二氧化碳; 防灭火

0 引言

煤矿井下火灾类型以遗煤自燃、机电设备故障火灾等为主, 其中遗煤自燃由于具有隐蔽性特点同时自燃后会产生CO等有毒有害气体, 会给煤炭正常回采带来严重的威胁^[1-2]。随着矿井采掘深度的增加, 回采的煤炭自燃发火危险性有所提升。山西某矿开采的7#煤层历史上曾出现过采空区遗煤自燃问题, 后采取密闭采区、采空区注氮以及灌浆等措施治理遗煤自燃, 现阶段遗煤自燃点仍处于封闭状态。由于矿井所采的7#煤层为II类自燃煤层, 加之矿井开采范围内地质构造复杂, 采面推进速度较慢以及采空区内遗煤量较大, 在客观上为采空区遗煤自燃创造了有利条件。2019年矿井在回采7#煤层3701综采工作面时, 在采空区布置的束管监测系统监测到有CO涌出, 采空区遗煤出现自燃征兆, 为了确保采面生产安全, 在加快采面推进速度同时提出采用液态二氧化碳进行防灭火, 现场取得较好的防灭火效果。

1 工程概况

山西某矿为整合矿井, 设计生产能力为120万t/a, 井下采煤、掘进方式均已实现综合机械化。现阶段矿井主采的7#煤层埋深平均405m, 煤层厚度平均3.6m、倾角4~12°, 煤层自燃发火倾向性为II类, 煤尘具有爆炸危险性。

3701综采工作面为3采区首采工作面, 采面设计推进长度850m、斜长230m, 开采范围内煤层赋存稳定, 地质构造较为发育, 采面推进速度保持在1.6m/d。煤炭回采时采取采空区注氮、喷洒阻化剂等方式进行防灭火, 并在采空区内布置束管监测系统进行监测。3701综采工作面推进至305m位置时, 受到采面内断层影响, 采面推进速度降低至0.5m/d, 受到采高降低影响, 采空区内遗煤量有所增加。束管监测系统监测到采空区内有CO, 最大浓度为10ppm, 表明采空区遗煤有自燃发火征兆。为了确保采面后续煤炭安全回采, 提出采用液态二氧化碳进行防灭火。

2 液态二氧化碳防灭火技术

2.1 液态二氧化碳防灭火原理

液态二氧化碳起到的防灭火作用主要为以下几点: 窒息作用、降温作用以及惰化作用。

2.1.1 窒息作用

向采空区有自燃发火征兆的区域注入液态二氧化碳, 二氧化碳汽化后体积急剧膨胀, 变占用原有氧气占据空间。同时由于二氧化碳密度较氧气大, 从而使得采空区处于相对正压区, 降低采空区内空气摄入量, 从而使得二氧化碳覆盖遗煤自燃点, 使得采空区内形成区域氧气浓度明显降低, 起到窒息灭火作用。

2.1.2 降温作用

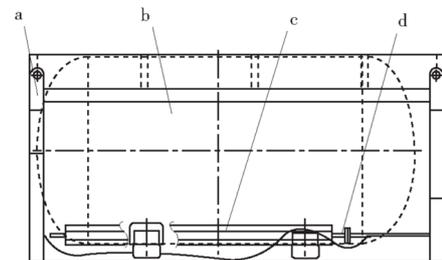
液态二氧化碳注入到采空区遗煤自燃点后瞬间便会出现汽化, 体积增加同时会吸收大量的热。根据已有研究成果表明, 1kg液态二氧化碳汽化后可吸收约 5.778×10^5 J能量。加之煤对二氧化碳吸附能力较强特点, 采空区内释放的二氧化碳会部分进入到煤体内, 从而起到遏制煤体燃烧作用。二氧化碳在采空区内流动过程也会吸收一定的温度, 降低周围煤、岩以及空气等介质温度, 减缓遗煤温度增加速率, 使得遗煤自燃氧化反应在聚热条件发生变化的情况下终止。

2.1.3 惰化作用

已经研究结果表明, 二氧化碳的惰化作用明线高于氮气等气体, 如在氮气惰化作用下火区熄灭时氧气浓度为9.5%、而在二氧化碳作用下火区熄灭时氧气浓度增加至11.5%。在采空区内汽化的二氧化碳可起到明显的惰化作用, 从而起到防灭火效果。

2.2 液态二氧化碳防灭火设备

在3701综采工作面采用的液态二氧化碳防灭火装置型号为KRM-1200, 结构组成见图1所示, 主要包括有液态二氧化碳存储罐、框架、增压装置以及管路系统等。存储罐为双层中空结构, 具有蒸发损失小、绝热效果明显以及使用寿命长等优点, 同时通过采用自增压系统可避免存储罐出口被冰堵问题发生。防灭火装置为紧凑的卧式结构, 可满足煤矿井下狭小空间使用需要。



a- 框架; b- 液态CO₂低温储罐; c- 自增压装置; d- 管路系统

图1 液态二氧化碳防灭火装置结构图

2.3 液态二氧化碳灭火工艺

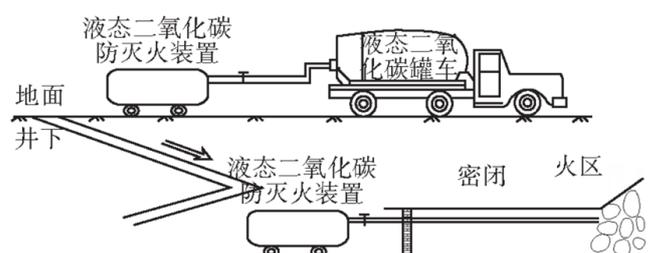


图2 液态二氧化碳灭火工艺流程

通过运输系统将KRM-1200液态二氧 (下转第149页)

次代谢产物及其调控相关的基因学研究领域、基因组学-蛋白组学-代谢组学研究结果的整合与分析领域以及核心种质构建领域等形成热点。

5.2 应用实践进一步加强

分子生药学有多门学科的理论基础与技术支持,集众学科之所长,涉及广泛的研究内容,自身进步的同时也因其他学科的研究进展而发展,是使用前景好,研究方向新颖的一门学科。分子生药学的研究成果在生产实践中的广泛应用是学科存在的重大意义所在,也是衡量学科稳步发展的重要标志。目前,利用分子生药学进行鉴别的技术手段逐渐被药材行业人员应用,也有越来越多的分子鉴定技术方法被《中国药典》收录,更有分子鉴定及基因水平的操作指南先后被撰写出版,分子生药学已经被广泛的应用于实践当中。

6 DNA 条形码技术在中药材鉴别中的应用

中药材品种繁杂,民间各地使用的习用品也良莠不齐,中药来源的多基原现象一直是影响中药安全性的重要问题。古往今来一直沿用的中药材观察鉴定方法与手段对鉴别人员的经验高低有很强的依赖性,也有主观判断的因素在里面,存在很大的局限性,不能适应当今社会对于中药材使用的需求。

DNA 条形码技术是 21 世纪以后迅速发展起来的生物物种鉴定技术,该技术在最近十多年的发展中日益成熟,被广泛应用于物种鉴定研究领域。将基于 DNA 条形码技术的分子鉴定方法在中药材物种鉴定中,是对中药材传统鉴

(上接第 147 页)化碳防灭火装置运输到 3701 综采工作面机巷,并采用低温高压金属软管将采空区内预留的防灭火管路连接,将液态二氧化碳注入到采空区火区中,具体现场采用的灭火工艺流程见图 2。

将 3 台 KRM-1200 液态二氧化碳防灭火装置编为 1 组,通过连续不间断灌注,从而提高采空区防灭火效果。在进行液态二氧化碳注入时,应做好采空区的密闭工作,同时作业人员均应处于上风口,确保整个注入过程顺利、安全开展。

3 防灭火效果分析

矿井在 9 月 13 日~9 月 18 日进行液态二氧化碳注入工作,在 3701 综采工作面采空区内共注入液态二氧化碳共计 80t、折合 40000m³ 二氧化碳气体。在采空区内注入液态二氧化碳后采空区内 CO 浓度监测结果见图 3 所示。

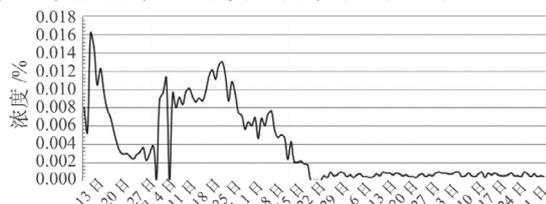


图 3 液态二氧化碳注入后采空区 CO 浓度

从监测结果看出,在采空区液态二氧化碳注入后,采空区内 CO 浓度呈现显著降低趋势,束管监测到 CO 浓度最高为 16ppm,注入液态二氧化碳注入采空区内 CO 浓度逐渐降低至 0,表明,液态二氧化碳可起到有效的灭火作用。

定方法的重要补充与进一步求证,是提高中药材临床用药安全性的一大保障,补充现有的中药材 DNA 条形码分子鉴定数据库,可以提高中药材鉴定的准确性,保证中药材鉴定的高效率,满足社会发展需求。

7 总结

分子生药学虽然只是生药学学科的一个分支,但由于其具有多学科交叉融合的特性,注定了分子生药学同样具有长远发展的美好前景。到目前为止,已经有越来越多的学者对分子生药学进行广泛挖掘,深入研究,也有越来越多的相关研究论文被发表在各类杂志上,出版文章的内容已经囊括分子生药学探索领域内所有教学与科研的阶段性成果,这无疑又会推动分子生药学的教科研事业的发展,也将对整个中药行业起到积极与促进的作用。

参考文献:

- [1] 郭万里,等.分子生药学学科在新“形势”下培养中药材产业人才的教学研究[J].中国中药杂志,2017,42(2):226-230.
- [2] 黄璐琦,肖培根,郭兰萍等.分子生药学:一门新兴的边缘学科[J].中国科学C辑:生命科学,2009,39(12):1101-1110.
- [3] 黄璐琦.展望分子生物技术在生药学中的应用[J].中国中药杂志,1995,20(11):643-645.

作者简介:

谢志强(1991-),男,北京通州人,中药学专业,助理实验师,主要从事药学专业的实验教学工作。

在液态二氧化碳注入前采取封闭采空区漏风裂隙、增加采面推进速度等方式后,采面在后续回采过程中采空区未再监测到 CO 涌出,起到了较好的应用效果,同时杜绝了 3701 工作面采空区遗煤自燃给邻近采面回采带来的安全隐患。

4 总结

①矿井回采的煤层具有自燃发火危险性、采空区漏风量、采面推进速度较慢以及采空区遗煤量较多等因素是导致采空区遗煤自燃的重要方面。3701 综采工作面即在采面过地质构造期间发现采空区内有 CO 涌出;②液态二氧化碳通过降低采空区温度、隔绝自燃煤层与氧气接触等起到较好的灭火效果。在采空区遗煤自燃发火点通过金属管路连接,无需采用任何机电设备即可完成灭火工作;③在 3701 综采工作面现场应用后,采空区内 CO 浓度得以有效控制,取得显著的防灭火效果,为 3701 综采工作面安全回采以及 3 采区剩余煤炭开采创造了良好条件。

参考文献:

- [1] 杨晓丹.液态二氧化碳在矿井防灭火中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2019(23):146.
- [2] 尹常锋.灌注液态二氧化碳技术在鑫发矿井防灭火中的应用[J].煤炭与化工,2019,42(04):98-100+103.

作者简介:

吕振华(1983-),男,山东聊城人,2014 年 1 月毕业于中北大学,矿山安全技术专业,大专,现为助理工程师。