

文章编号: 1003-1480 (2024) 03-0084-07

氮气喷射压力对多孔泡沫铜抑制瓦斯爆炸的影响

邢玉强

(国能乌海能源五虎山矿业有限责任公司, 内蒙古 乌海市, 016000)

摘要: 为探究氮气喷射压力对多孔材料抑制煤矿瓦斯抽放管道瓦斯爆炸特性的影响, 基于自建的实验平台, 开展了20 PPI泡沫铜、安装位置距点火端70 cm时, 不同氮气喷射压力对瓦斯燃爆特性的影响研究。研究表明: 喷射的氮气诱导火焰锋面形成了“多层焰锋”; 火焰到达泡沫铜表面和泄爆口的时间以及二次点燃的时间均随着喷射压力的增大而提前; 0.15 MPa的氮气喷射压力对爆炸火焰的传播及下游的超压峰值表现出抑制作用, 火焰速度峰值较0 MPa时降低了25.15%, 超压峰值较0 MPa时降低了11.38%, 且氮气喷射压力与最大爆炸压力出现位置及其形成过程密切相关。本研究结果可为瓦斯抽放管线的安全设施布置提供理论支撑, 对安全灾害工作的防治具有重要意义。

关键词: 爆炸; 喷射压力; 多孔材料; 瓦斯; 火焰

中图分类号: TJ510 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1003-1480.2024.03.014

The Effect of Nitrogen Spray Pressure on the Inhibition of Gas Explosion by Porous Foam Copper

XING Yu-qiang

(Guoneng Wuhai Energy Wuhushan Mining Co.Ltd., Wuhai, 016000)

Abstract: To explore the effect of different nitrogen spray pressure on the suppression of gas explosion characteristics by porous materials in gas drainage pipeline of coal mine, based on a self built experimental platform, the study on the effect of different nitrogen spray pressure on the combustion and explosion characteristics of gas was carried out, when the distance between 20 PPI porous foam copper and the ignition end was 70 cm. The results show that: due to the sprayed nitrogen, the "multi-layer flame front" on the flame front is formed, the time for secondary ignition, and the flame arrival at the porous foam copper surface, as well as explosion vent all advance with the increase of nitrogen spray pressure; When the nitrogen spray pressure is 0.15 MPa, the suppression effect of nitrogen spray pressure on the propagation of explosion flame and the downstream overpressure peak is demonstrated, the velocity peak of flame is reduced by 25.15%, and the overpressure peak is reduced by 11.38% compared to those under 0 MPa. Meanwhile, the nitrogen spray pressure is closely related to the location and formation process of the maximum explosion pressure. The results of this study can provide theoretical support for the layout of safety facilities in gas drainage pipelines, and have the great significance for the prevention and control of safety disasters.

Key words: Explosion; Spray pressure; Porous materials; Gas; Flame

煤矿行业具有高瓦斯量, 是高危险行业之一。在煤矿的开采过程中通常以抽放管网将瓦斯从井下排出, 但瓦斯在管线中高速流动, 与管壁摩擦产生静电, 或因管线破损出现泄漏, 这些因素均导致运用瓦斯抽

放管道时极具燃爆隐患, 引起的爆炸事故将会造成重大人员伤亡和财产损失^[1-2]。为进一步提升瓦斯抽放管线的安全性, 基于多孔材料独特的吸热、降压和隔音等性能, 研究人员开展了多孔材料对瓦斯燃爆阻隔抑

收稿日期: 2023-11-26

作者简介: 邢玉强 (1969-), 男, 高级工程师, 从事煤矿安全生产技术管理、监测监控以及地测防治水研究。

引用本文: 邢玉强. 氮气喷射压力对多孔泡沫铜抑制瓦斯爆炸的影响[J]. 火工品, 2024(3): 84-90.

制方案的广泛研究^[3]。多孔金属材料具有极强的抗损、抗烧性能,因此工业上的多孔阻火介质多以金属材料为主^[4-5]。陈鹏^[6]和袁必和^[7]等的研究表明,多孔材料安装位置距离点火端越近,其对火焰速度、爆炸超压的抑制效果越明显。此外,多孔材料的淬火抑爆效果与多孔材料选型密切相关^[8-9]。已有研究表明,当多孔材料选型不恰当时,将会加剧爆炸的猛烈程度,为此研究人员将多孔材料结合惰性气体,开展爆炸抑制的研究工作。赵依晗^[10]和凡子尧^[11]的研究结果表明惰性气体的喷射可稀释燃料浓度,并破碎火焰结构,使得火焰更易进入多孔材料的微通道,增大链式反应自由基的耗散^[12]。

综上,惰性气体可提升多孔材料的阻火和抑爆效果,但惰性气体的喷射压力对多孔材料的抑爆效果仍然需要进一步明确。氮气作为一种生产生活中常用的灭火介质,具备环保节能和无腐蚀性等优点^[13]。因此,本课题开展不同氮气喷射压力对多孔材料抑制瓦斯爆炸的影响研究,为瓦斯抽放管线的安全防护工作提供数据支持。

1 实验

1.1 实验仪器及预实验

爆炸实验平台如图 1 所示。



图 1 爆炸实验平台

Fig.1 Explosion experimental platform

爆炸实验平台包括 1 个爆炸测试管道,材质为有机透明玻璃,尺寸为 100 cm×10 cm×10 cm; 1 个防爆储柜(柜内装有甲烷气瓶和氮气橱柜),甲烷和氮气的纯度均大于 99.99%; 1 台空气压缩机(型号 SGP 220A); 2 个电压式压力传感器(型号 113B28); 1

个冲击波测试仪(型号 Blast-PRO),以及压力采集主机和软件 Tytest Date Veiw,实验时测试软件参数设置为单次采集,采样时间为 300 ms,采样频率为 50 k Hz;火焰采集系统包括高速摄像机(型号 Phantom V710L)和火焰采集主机及软件 PCC 3.8,PCC 的设置参数为采集频率 4 000 fps,分辨率为 1 280×480 像素,曝光指数设置 3 200;ALICAT 质量流量计,参数设置范围为 0~5 L/min(流量计误差为读数的±0.4%)。为确保实验安全,距管道右端 1 cm 处,设置 1 个直径 3 cm 的泄爆口,实验时使用 PVC 薄膜密封。

开展相关预实验,探究了甲烷在 1 m 的方形管道中的爆炸火焰传播速度变化,得出火焰速度在距点火端 40 cm 时出现了最大值,而在距点火端 70 cm 时出现了二次火焰速度峰值。为进一步研究爆炸火焰传播过程的二次加速,本研究设置多孔材料安装位置为 70 cm。随后,探究了多孔材料安装位置为 70 cm,氮气喷射压力 0 MPa,多孔材料孔隙度分别为 10, 20, 40 PPI 下的下游最大爆炸压力,结果下游爆炸压力随多孔材料孔隙度的增大先降后升,因此将多孔材料泡沫铜的孔隙参数设置为 20 PPI,如图 2 所示。

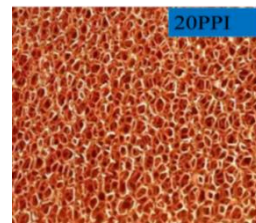


图 2 多孔泡沫铜

Fig.2 Porous foam copper

1.2 实验流程

按照表 1 所示的实验工况开展实验。

表 1 实验工况

Tab.1 Experimental conditions

工况	多孔材料		氮气	
	孔隙度/PPI	安装位置/cm	喷射位置/cm	喷射压力/MPa
1				0
2				0.15
3	20	70	40	0.30
4				0.45
5				0.60
6				0.75

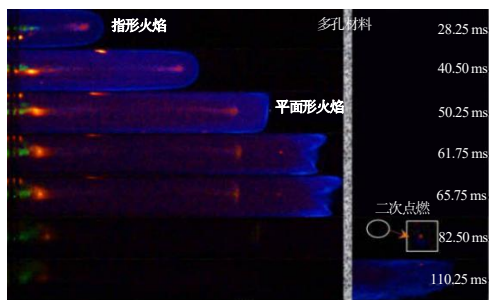
将实验管道、气体流量计、输气管线与甲烷气瓶连接;将 20 PPI 泡沫铜安装在距点火端 70 cm 处;开启空气压缩机,并检验实验装置的气密性;开启甲烷气瓶主阀和分压阀,通入甲烷气体,并用气体检漏仪

进行安全检测；为保障甲烷与空气的均匀预混，采用4倍体积法，通气8 min；开启点火实验，同时触发压力和火焰采集软件。实验结束后通入足量的空气以排除管内的尾气（尾气通过管道排出实验室），每组实验重复3次，以确保实验参数采集的准确性。

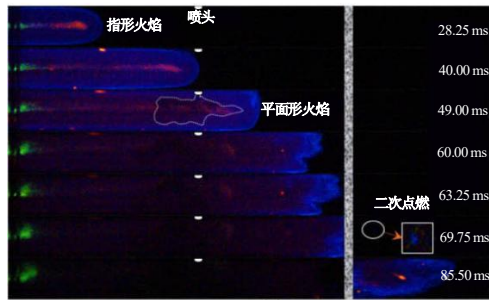
2 结果与讨论

2.1 火焰传播过程分析

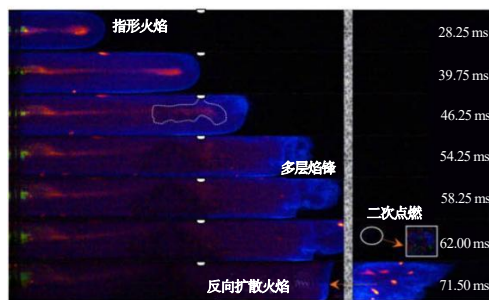
不同氮气喷射压力下的火焰演化行为如图3所示。



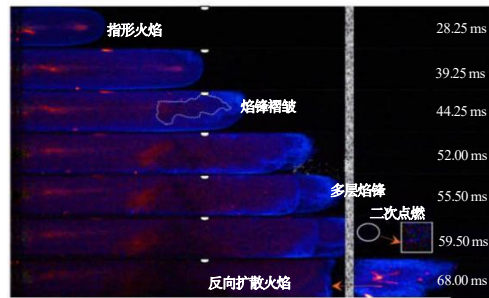
(a) 0 MPa



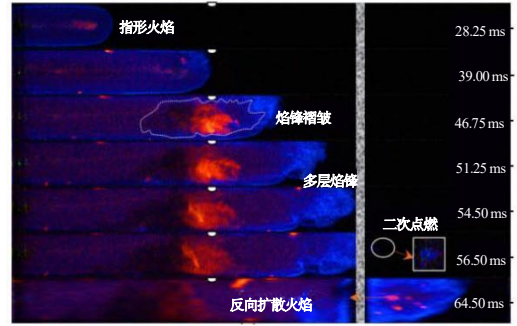
(b) 0.15 MPa



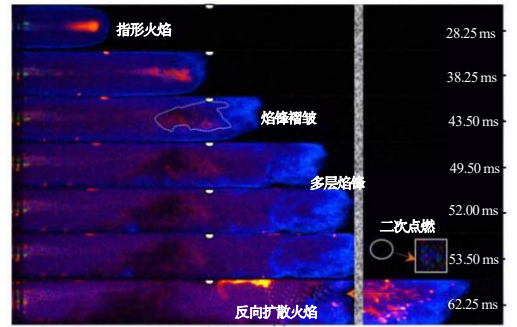
(c) 0.30 MPa



(d) 0.45 MPa



(e) 0.60 MPa



(f) 0.75 MPa

图3 火焰演化行为

Fig.3 Flame evolution behavior

大量研究表明，甲烷在狭长形管道中发生爆炸时，火焰将会发育为指形、平面形和郁金香形阶段。由图3可见，在指形火焰阶段，尽管氮气已经喷射进管道内，但其作用时间较短，因此甲烷爆炸火焰距点火端20 cm时，耗时表现出一致性，均为28.25 ms。各喷射压力工况下的火焰传播至40 cm时，耗时分别为40.50, 40.00, 39.75, 39.25, 39.00, 38.25 ms，均随着喷射压力的增大而导致耗时提前，表明注入的氮气增加了管内上游的压力，这也间接加快了火焰传播的进程。喷射压力为0 MPa时，在50.25 ms时出现了明显的平面形火焰，而喷射压力为0.30, 0.45, 0.60, 0.75 MPa时没有出现平面形火焰。这是因为随着大量的氮气参与到爆炸过程，管内压力增大，进一步诱导火焰前锋处的湍流程度增大，火焰锋面将会出现不同大小的褶皱，而喷射压力为0.15 MPa时，因为氮气的注入压力较小，因此平面形火焰仍然出现。

分析图3可知，氮气及喷射压力的作用，一方面加速了火焰锋面的传播，另一方面因为冲击波提前到达泡沫铜，形成了反射和折射冲击波，反作用于火焰锋面，这种耦合作用使得火焰锋面产生了突变的分层，形成了“多层褶皱”。喷射压力为0 MPa工况下火焰传播至泡沫铜表面处所用时间为65.75 ms，而其他几种

工况较其分别提前了 2.50, 7.50, 10.25, 11.25, 13.75 ms, 随着喷射压力的增大时间将提前。泡沫铜作为多孔材料, 除了对火焰具有散热和吸热能力, 且因其本身材料为金属, 也拥有一定的热传导作用。火焰进入泡沫铜内的多孔微通道后, 部分火焰发生淬灭, 但这部分火焰携带的高温传递至下游, 形成了下游可燃气体的二次点燃现象^[4]。二次点燃时间分别为 82.50, 69.75, 62.00, 59.50, 56.50, 53.50 ms, 火焰到达泄爆口的耗时分别为 110.25, 85.50, 71.50, 68.00, 64.50, 62.25 ms。二次点燃和火焰到达泄爆口处的时间均随着喷射压力的增大而提前, 这是因为压力和火焰携带的高温使得管道末端的泄爆膜发生了破裂, 压力的瞬间释放诱导大量的氧气因压差被卷吸进入管道内部, 右侧产生的冲击波通过泡沫铜的多孔微通道作用于上游的火焰锋面。压差和氧气的被卷吸量随着管内的氮气喷射压力增大而增加, 因此在 0.30, 0.45, 0.60, 0.75 MPa 的喷射压力工况下, 出现了明显的反向扩散火焰。

2.2 火焰速度分析

火焰速度是衡量火焰发展快慢和携带冲击动能大小的依据, 不同氮气喷射压力工况下的火焰速度如图 4 所示。由图 4 可见, 在 0 MPa 喷射压力工况下火焰速度出现了 2 个“零点”现象, 这表明火焰传播出现了 2 次停滞。泡沫铜具有较强的吸热和散热能力, 此外, 泡沫铜的微通道增加了甲烷反应中活性自由基的碰撞几率, 造成了火焰传播的第 1 次停滞^[15]。淬灭的火焰传递至下游, 点燃了下游的气体, 导致下游的泄爆膜破裂。由于压力瞬间泄放造成了管内和管外间的压差^[16], 导致空气反向卷吸, 该过程抑制了火焰向泄爆口的继续传播, 使得火焰的传播出现了第 2 次停滞现象。

泡沫铜的设置增加了管内湍流的猛烈程度, 导致淬灭失效, 从而引起火焰速度的激增^[17]。观察图 4 可知, 0 MPa 的火焰速度峰值为 $19.48 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 在 0.15 MPa 的氮气喷射压力工况下, 火焰的传播表现出一定程度上的抑制, 速度峰值 ($14.58 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) 较 0 MPa 时降低 25.15%。而随着氮气喷射压力的继续增大, 速度峰值

与其呈现出一定的正相关, 较 0 MPa 喷射压力工况下的变化幅度分别为 +6.98%, +8.93%, +18.17%, +20.74%。这表明氮气与泡沫铜的多孔结构协同作用时, 抑爆或促爆的效果与喷射压力密切相关。

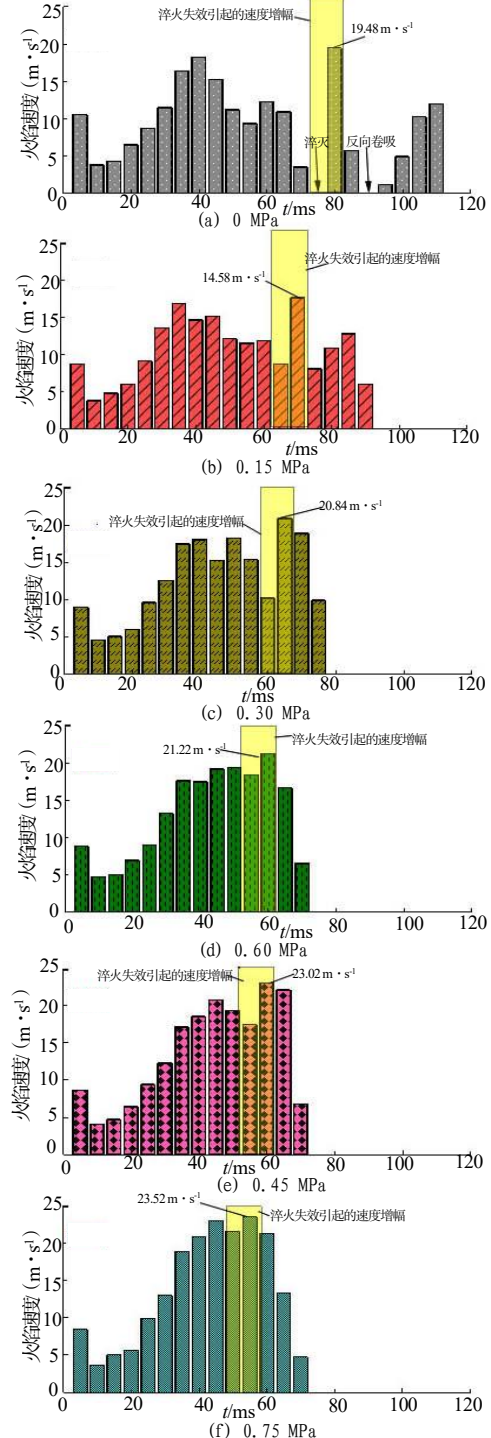


图 4 火焰传播速度变化

Fig.4 Change in flame propagation speed

2.3 爆炸超压分析

通过压力采集系统采集到管道上游、下游的爆炸

压力变化,如图5~6所示。

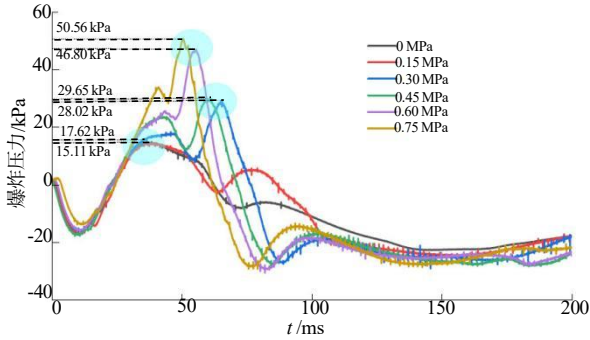


图5 管内上游爆炸压力变化曲线

Fig.5 Change curve of upstream explosion pressure inside the pipe

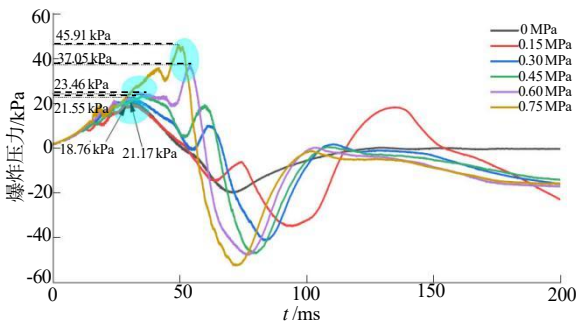


图6 管内下游爆炸压力变化曲线

Fig.6 Change curve of downstream explosion pressure inside the pipe

爆炸压力与火焰传播具有一定的相互作用。由图5可见,对于管内上游区域,0 MPa 喷射压力工况下的管内最大爆炸压力为 15.11 kPa,随着氮气喷射压力的增大,尽管氮气一定程度上稀释了可燃气体浓度,但也间接地导致了上游燃烧区域内的湍流程度增大^[18],导致爆炸压力随喷射压力的增大,爆炸压力峰值分别为 17.62、28.02、29.65、46.80、50.56 kPa,相比 0 MPa 喷射压力工况变化幅度分别为+16.61%、+85.44%、+96.23%、+209.73%、+234.62%。这表明不同氮气喷射压力作用于泡沫铜上游区域均形成促爆效应^[19],因此,为了安全应尽量避免在多孔淬火设施的上游安置氮气喷射装置。此外观察上游区域爆炸压力曲线的变化趋势,可见 0 MPa 和 0.15 MPa 的曲线极为相似,0.30 MPa 和 0.45 MPa 的曲线极为相似,0.60 MPa 和 0.75 MPa 的曲线极为相似,这表明在到达最大爆炸压力阶段,氮气喷射压力的增大导致压力突变,而且呈现一定层次性突变,即氮气的喷射压力递增不仅会改变爆炸压力峰值,还会改变爆炸压力峰的形成形式。

由图6可见,管内下游区域与上游区域最大爆炸

压力的形成形式较为相似,压力突变仍然表现出一定的层次性^[20]。特别是当喷射压力为 0.15 MPa 时,最大爆炸压力 (18.76 kPa) 较 0 MPa 时的 21.17 kPa 有所减少,变化幅度为-11.38%,表现出了一定的抑制效应。而后随着氮气喷射压力的继续增大,下游的爆炸压力也会相应地增加,分别为 21.55、23.46、37.05、45.91 kPa,相比 0 MPa 工况,变化幅度分别为+1.79%、+10.82%、+75.01%、+116.86%。尽管氮气的注入导致上游压力的激增,但火焰传播较慢,使火焰与泡沫铜多孔结构的接触时间增加,下游的可燃气体通过多孔结构进入上游,参与燃烧的可能性增加,因此导致下游可燃气体的减少,进而引起压力的下降。不同喷射压力下火焰速度与爆炸压力如表2所示。

表2 不同喷射压力下的火焰速度与爆炸压力

Tab.2 Flame velocity and explosion pressure under different spray pressures

喷射压力 /MPa	火焰速度		爆炸压力			
	速度峰值 / $(m \cdot s^{-1})$	变化幅度 /%	上游压力峰值 /kPa	变化幅度 /%	下游压力峰值 /kPa	变化幅度 /%
0	19.48	-	15.11	-	21.17	-
0.15	14.58	-25.15	17.62	+16.61	18.76	-11.38
0.30	20.84	+6.98	28.02	+85.44	21.55	+1.79
0.45	21.22	+8.93	29.65	+96.23	23.46	+10.82
0.60	23.02	+18.17	46.80	+209.73	37.05	+75.01
0.75	23.52	+20.74	50.56	+234.62	45.91	+116.86

由表2可见,氮气喷射压力为 0.15 MPa 时,降低了下游的爆炸压力峰值和火焰速度峰值。但氮气喷射压力的持续增大,将会改变管内最大爆炸压力的出现位置,0 MPa 和 0.15 MPa 的管内最大爆炸压力出现在下游,而喷射压力为 0.30、0.45、0.60、0.75 MPa 工况下的最大爆炸压力则出现在上游。这种突变现象表明,在实际可能发生的燃爆场所中,应避免在上游区域减小氮气喷射压力,以降低爆炸火焰在长距离冲击多孔材料所造成的次生灾害。

3 氮气与泡沫铜的耦合影响机制分析

结合火焰与压力演化过程,氮气与泡沫铜对爆炸场域的影响包括促爆机制和抑爆机制,如图7所示。氮气喷射所具有的喷射压力诱导胞状结构的形成,进而导致胞状结构的膨胀,诱导了更强的压力波,推动火焰前锋的快速传播,促使多层焰锋的形成。另一方

面,氮气的喷射加强了爆炸场域内的物质与物质之间的热传导、热交换作用,增加了爆炸场域内的热量和动能消耗,从而达到抑爆的效果。而泡沫铜的促爆和抑爆表现来源于其多孔微通道和骨架作用,多孔骨架充当障碍物作用,其反射、折射压力波,增加了管内上游区域爆炸火焰场域内流场的紊乱和复杂性^[21]。火焰前锋撞击至多孔骨架上,形成破碎小火焰,破碎小火焰进入多孔微通道内;同时,由于链式反应产生了大量的自由基(如 $\cdot\text{H}$ 、 $\cdot\text{HCO}$ 等),自由基在微小孔隙内相互碰撞,且产生冷壁效应^[22],进一步增加了能耗,从而形成抑爆机制。由此表明,氮气对泡沫铜抑制甲烷爆炸火焰和压力的演化影响,取决于促爆机制和抑爆机制的主导性,后续也将开展更深入的研究。

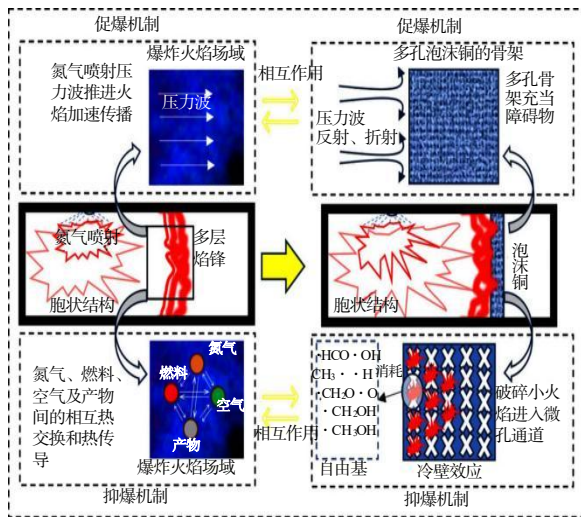


图7 氮气与泡沫铜的耦合影响机制分析

Fig. 7 Analysis of coupling effect mechanism of nitrogen and foam copper

4 结论

本文利用自建的实验平台,开展了20 PPI泡沫铜安置于距点火端70 cm时,不同氮气喷射压力对甲烷燃爆特性的影响研究,结论如下:

(1) 氮气的喷射增加了火焰前锋处的湍流程度,并诱导火焰锋面产生突变的分层,形成了“多层焰峰”现象;二次点燃、火焰到达泡沫铜表面和泄爆口处的时间均随着喷射压力的增大而提前。

(2) 氮气与泡沫铜多孔结构的协同作用形成抑

爆或促爆效果,与喷射压力密切相关,0.15 MPa的氮气喷射压力对爆炸火焰的传播表现出抑制作用,火焰速度峰值较0 MPa时降低了25.15%。

(3) 不同喷射压力的氮气作用于泡沫铜的上游区域均形成了促爆效应,但在下游区域,0.15 MPa的氮气喷射压力工况下则表现出抑爆效果,超压峰值较0 MPa时降低了11.38%。

(4) 管内最大爆炸压力出现位置、超压峰的形成形式与氮气的喷射压力密切相关,氮气对泡沫铜抑制甲烷爆炸火焰和对压力的演化影响,取决于促爆机制和抑爆机制的主导性,后续也将开展更深入的研究。

参考文献:

- [1] Copur H, Cinar M, Okten G, et al. A case study on the methane explosion in the excavation chamber of an EPB-TBM and lessons learnt including some recent accidents[J]. Tunnelling and Underground Space Technology Incorporating Trenchless Technology Research, 2011, 27(1): 159-167.
- [2] He S Y, Su L J, Fan H B, et al. Methane explosion accidents of tunnels in SW China[J]. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2019, 10(1): 667-677.
- [3] 陈硕,路长,苏振国,等.煤矿瓦斯爆炸发展规律及防治的综述及展望[J].火灾科学, 2021, 30(2): 63-79.
- [4] 孙建华,曲征,魏春荣,等.泡沫金属抑制瓦斯爆炸火焰的实验及机理研究[J].采矿与安全工程学报, 2013, 30(03): 463-467.
- [5] 王皓楠. 多孔结构对地下综合管廊燃气爆炸传播规律影响的研究[D].北京:北京建筑大学, 2023.
- [6] 陈鹏,黄福军,何昕,等.多孔材料对管道内甲烷-空气预混火焰传播的影响[J].工业安全与环保, 2016, 42(1): 49-52.
- [7] 袁必和,张玉铎,员亚龙,等.多孔聚丙烯复合材料的抑爆性能研究[J].中国安全科学学报, 2021, 31(8): 91-96.
- [8] Zhuang C J, Wang Z R, Zhang K, et al. Explosion suppression of porous materials in a pipe-connected spherical vessel[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2020(65): 104-106.
- [9] Nie B S, He X Q, Zhang R M, et al. The roles of foam ceramics in suppression of gas explosion overpressure and

- quenching of flame propagation[J]. Journal of Hazardous Materials, 2011, 192(2): 741-747.
- [10] 赵依晗. 金属丝网与惰性气体协同抑制甲烷爆炸机理研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2022.
- [11] 凡子尧. 氮气幕与组合多孔介质协同抑制瓦斯爆炸的实验研究[D]. 郑州: 河南理工大学, 2022.
- [12] Wu J S, Zhao Y M, Zhou R, et al. Suppression effect of porous media on natural gas explosion in utility tunnels[J]. Fire safety Journal, 2022 (128) : 103-122.
- [13] 田志辉. 气—固混合抑制剂对矿井瓦斯的抑爆实验研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2014.
- [14] Xin L, Xu J Y, Bai E L, et al. Study on the effect of basalt fiber on the energy absorption characteristics of porous material [J]. Construction & Building Materials, 2014(68):384-390.
- [15] He Y T, Liang M Q, Liu C Z, et al. Kinetic incentive of hydrogen addition on nonpremixed laminar methane/air flames [J]. International Journal of Hydrogen, 2021(46): 148 13-148 23.
- [16] Johan S H, Joakim R, Bo L, et al. Simultaneous visualization of OH, CH, CH₂O and toluene PLIF in a methane jet flame with varying degrees of turbulence[J]. Proceedings of the Combustion Institute, , 2013,34(1):1 475-1 482.
- [17] 雷世林, 温子阳, 李泽欢, 等. 滑移多孔介质下甲烷爆炸特性研究[J]. 安全, 2022,43(09):31-36.
- [18] 路长, 张运鹏, 朱寒, 等. 氮气喷出对管道瓦斯爆炸的阻爆研究[J]. 爆炸与冲击, 2020,40(04):14-24.
- [19] Liang Y T, Zeng W, Hu E J. Experimental study of the effect of nitrogen addition on gas explosion[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2013,26(1) :1-9.
- [20] Pei B, Yu M G, Chen L W, et al. Experimental study on the synergistic inhibition effect of nitrogen and ultrafine water mist on gas explosion in a vented duct[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2016(40):546-553.
- [21] Chen P, Huang F J, Sun Y D, et al. Effects of metal foam meshes on premixed methane-air flame propagation in the closed duct[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2017(47):22-28.
- [22] Lei S L, Duan Y L, Wen Z Y, et al. Study on the evolutionary behavior of methane lean/enriched combustion explosion flame in sliding porous material[J]. Combustion Science and Technology, 2023(195): 1-17.

2024 防爆安检技术学术会议通知

为进一步促进防爆安检技术的发展, 经中国兵工学会批准, “2024 防爆安检技术学术会议” 计划于 2024 年 8 月 23 日至 25 日在浙江嘉兴召开。本次会议由中国兵工学会主办, 中国兵工学会防爆安检专业委员会、北京理工大学长三角研究院(嘉兴)、爆炸科学与安全防护全国重点实验室、爆炸防护与应急处置技术教育部工程研究中心、危险化学品事故与边坡灾害预防与控制工信部重点实验室、安全与防护协同创新中心、《兵工学报》编辑部、Defence Technology 编辑部承办。会议旨在交流防爆安检领域最新研究进展, 促进防爆安检事业的繁荣和发展。现竭诚邀请各相关领域院校、企业、研究院/所的专家学者投稿、参会。

(一) 会议主题

(1) 爆炸危险物质反应机理与能量释放; (2) 爆炸多物理场载荷作用机理; (3) 爆炸效应仿真计算与实验测试; (4) 爆炸危害效应和安全评估; (5) 先进防爆材料与结构; (6) 爆炸危险物质探测与识别; (7) 爆炸物危害预警与应急处置; (8) 前沿搜排爆技术及应用; (9) 前沿安检理论与技术; (10) 人员爆炸损伤评价与防护技术; (11) 工程设施抗爆设计与应用; (12) 危险品安全储运技术; (13) 先进防爆安检装备及应用; (14) 防爆安检行业发展与标准规范。

(二) 投稿须知

1. 论文录用后出版内部论文集, 不公开发表, 仅供内部交流; 2. 通过评审的优秀稿件, 经作者同意, 将推荐到《兵工学报》(增刊) 等支持刊物发表, 收费标准按期刊规定执行; 3. 论文须为未在其他学术会议、论文集和刊物上公开发表过的原创文章。论文提交时, 均须一同上传本单位的脱密审查证明; 4. 投稿网址: <http://2024ESIT.bagevent.com>, 点击“我要投稿”, 具体格式见论文附件, 作者、单位、邮编等信息请填写齐全。

投稿截止日期为 2024 年 7 月 20 日。

(三) 联系方式

北京理工大学: 谢晶 17710250765; 贾旭 13913815978; 袁梦琦 18501059128。

中国兵工学会: 程悦 15010315034; 徐颖 18232509962; 王瑞龙 18612332076。