

金属丝网对甲烷/空气爆燃火焰传播特性的影响

孙玮康 陈先锋 冯梦梦 黄楚原 刘静 赵齐 智雪珂

Effect of the Wire Mesh Structure on the Flame Characteristics of Methane/Air Deflagration

SUN Weikang, CHEN Xianfeng, FENG Mengmeng, HUANG Chuyuan, LIU Jing, ZHAO Qi, ZHI Xueke

引用本文:

孙玮康, 陈先锋, 冯梦梦, 等. 金属丝网对甲烷/空气爆燃火焰传播特性的影响[J]. 高压物理学报, 2020, 34(5):055201. DOI: 10.11858/gywlxb.20200536

SUN Weikang, CHEN Xianfeng, FENG Mengmeng, et al. Effect of the Wire Mesh Structure on the Flame Characteristics of Methane/Air Deflagration[J]. Chinese Journal of High Pressure Physics, 2020, 34(5):055201. DOI: 10.11858/gywlxb.20200536

在线阅读 View online: https://doi.org/10.11858/gywlxb.20200536

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

氢气/甲烷--空气爆轰波在含环形障碍物圆管内传播的试验研究

Detonation Propagation in Hydrogen/Methane-Air Mixtures in a Round Tube Filled with Orifice Plates 高压物理学报. 2018, 32(3): 035203 https://doi.org/10.11858/gywlxb.20170687

强点火作用下C₃HF₇对甲烷--空气爆炸的抑制

Inhibition of Methane–Air Explosion by C_3HF_7 under Strong Ignition

高压物理学报. 2020, 34(2): 025201 https://doi.org/10.11858/gywlxb.20190826

C₂H₄/N₂O预混气体的爆轰性能与火焰淬熄特性

Detonation and Quenching Characteristics of Premixed C_2H_4/N_2O

高压物理学报. 2020, 34(4): 045201 https://doi.org/10.11858/gywlxb.20190845

有机玻璃--空气层结构对爆炸水池水下爆炸地基振动的影响

Influence of Plexiglass-Air Interlayer Structure on Foundation Vibration of Small Pool Underwater Explosion 高压物理学报. 2018, 32(2): 024201 https://doi.org/10.11858/gywlxb.20170611

氮气和水蒸气对瓦斯爆炸基元反应的影响及抑爆机理分析

Effect of Nitrogen and Water Vapor on Methane-Air Mixture ExplosionElementary Reaction and Suppression Mechanism 高压物理学报. 2017, 31(3): 301 https://doi.org/10.11858/gywlxb.2017.03.012

金属隔层和空气间隙对钝感炸药冲击起爆的影响

Effects of Metal Interlayer and Air Gap on the Shock Initiation of Insensitive Explosives 高压物理学报. 2020, 34(3): 033402 https://doi.org/10.11858/gywlxb.20190816 DOI: 10.11858/gywlxb.20200536

金属丝网对甲烷/空气爆燃火焰传播特性的影响

孙玮康,陈先锋,冯梦梦,黄楚原,刘静,赵齐,智雪珂 (武汉理工大学安全科学与应急管理学院,湖北武汉 430070)

摘要:在自主设计的方形管道中开展了金属丝网对甲烷/空气预混气体爆燃火焰传播特性影响的实验,通过改变金属丝网的目数和层数,探讨其对爆燃火焰超压和温度的影响。结果表明:金属丝网能有效抑制爆燃火焰的超压与温度,安装金属丝网后,管道内测得的超压峰值与温度峰值相较于无金属丝网均出现降低,温度峰值衰减率最高达到52.37%,超压峰值衰减率最高达到66.84%;金属丝网的目数和层数是影响金属丝网对超压抑制效果的重要因素,层数与目数较小时,达到超压峰值的时间相较于无金属丝网时提前,层数与目数适中时,超压曲线出现二次峰值现象,层数与目数较大时,超压能得到有效抑制;随着目数与层数的增加,火焰热量向前扩散速度变慢,温度曲线起始时间相较于无金属丝网时延后。

关键词:安全工程;丝网阻爆;爆燃火焰;爆燃温度;爆燃超压

中图分类号:O382; X932 文献标识码:A

甲烷作为天然气、煤层气、页岩气、瓦斯的主要成分,因其储量大、清洁环保、热值大等优势,被视为21世纪最有可能替代化石能源、解决世界能源危机的燃料之一。我国在"十三五"、"十四五"规划中明确提出要在21世纪大力发展天然气工业,增加天然气在我国能源消费结构中的比例^[1-2]。但在天然气开采、输运的过程中,天然气泄漏导致的爆炸事故一直是制约天然气行业发展的重要阻碍。天然气泄漏到空气中,与空气形成一定浓度的预混气体,当浓度处在爆炸极限范围内时,遇到具有一定能量的物质,易造成天然气爆燃甚至爆轰事故,对作业人员的生命安全和设备的安全运行产生威胁。因此,开展天然气爆炸安全防护技术的研究具有十分重要的意义。

丝网结构简单、廉价、易制、对爆炸具有良好的抑制效果,因而受到国内外研究人员的青睐^[3-6],并 开展了大量的研究工作,主要包括金属丝网层数与目数^[7-11]、金属丝网材料^[12]、泡沫陶瓷和泡沫金 属^[13-15]、理论推导^[16]、多孔区域结构参数^[17]等因素对可燃性气体爆炸特性的影响。陈鹏等^[7]利用自行 设计的水平管道及相应的测试系统,研究了金属丝网结构参数对火焰传播过程中火焰前锋的变化以及 超压峰值的影响。喻健良等^[8] 通过设计的爆炸实验水平长管道系统,开展了两种不同结构参数的金属 丝网对火焰传播过程中火焰传播速度与超压峰值的影响,建立了这些参数与丝网结构参数之间的数学 关系式。张巨峰等^[9] 通过实验研究了金属丝网对预混可燃气体爆炸火焰传播的影响,多层金属丝网可 以明显地影响预混可燃气体爆炸火焰在管道内的传播,可以完全淬熄较弱的爆炸火焰。程方明等^[10] 通 过实验和三维数值模拟技术研究了安装金属丝网的管道内火焰传播特性以及流场、温度场的变化,发 现 40 目 4 层的金属丝网可以使火焰淬熄, 30 目 4 层的金属丝网无法淬熄火焰,但可以使火焰停滞 3 ms。 Yang 等^[11] 开展了网孔结构对预混可燃气体爆炸火焰的影响实验,发现网孔结构的位置和尺寸对火焰

* 收稿日期: 2020-04-03; 修回日期: 2020-05-07

基金项目:国家自然科学基金(51774221);中央高校基本科研业务费专项资金(205261002)

作者简介: 孙玮康 (1996—), 男, 硕士研究生, 主要从事防火防爆技术研究. E-mail: sunweikang@whut.edu.cn

通信作者: 陈先锋(1975—), 男, 博士, 教授, 主要从事工业爆炸安全(机理、风险管控)研究. E-mail: cxf618@whut.edu.cn

的发展有非常重要的影响,当网孔靠近点火位置时对火焰发展有激励作用。顾涛等^[12]在自行设计的箱体结构中研究了金属丝网与点火源之间的距离、金属丝网材料的热传导系数对火焰波阻隔效果的影响,由此提出了金属热导系数与阻隔火焰波时间的函数关系。孙建华等^[13]在长管道中开展了不同参数的金属丝网、泡沫陶瓷材料及二者组合体抑爆效果的实验研究,发现一定参数的金属丝网和泡沫陶瓷组合体对爆炸火焰超压峰值和温度峰值的衰减效果都优于单体。魏春荣^[14]通过自主设计的长管道系统,研究了金属丝网、泡沫陶瓷与泡沫金属结构参数对爆炸火焰超压峰值、温度峰值的影响。Chen等^[15]开展了金属泡沫网对预混气体在封闭管道内传播的影响研究,结果表明:孔隙率对爆炸的严重性有很大的影响,能使超压降低 33.3%~46.6%,且随着孔隙率的增大,最大压力上升速率呈线性减小的规律,但对火焰尖端的速度和形状影响较小。吴征艳等^[16]在多层金属丝网结构对瓦斯爆炸传播的抑制作用机理上建立了多层丝网结构抑燃抑爆的数学模型,表述了火焰传播参数、爆炸反应波参数与丝网结构参数之间的关系。Ciccarelli等^[17]使用直径为 1.27 cm 的球珠组成不同厚度的多孔区域,研究了多孔区域厚度和孔隙对预混气体爆炸火焰传播速度与火焰前锋反应区厚度的影响。

上述研究工作主要针对可燃性气体爆炸过程中火焰结构、火焰传播速度、超压峰值与温度峰值随 实验条件的变化,对实验容器内超压、温度随时间总体变化过程的研究较少,而实际情况下,爆炸事故 现场的压力、温度随时间的变化过程是影响人员逃生的重要因素之一。基于以上情况,本工作利用方 形管道火焰传播测试系统,开展不同目数、层数的丝网结构对管道内甲烷/空气预混气体爆燃火焰超 压、温度的影响研究,利用温度峰值衰减率、超压峰值衰减率来表征金属丝网的抑制效果,为实际工作 中丝网结构的参数选用提供数据依据。

1 实验系统及方法

实验系统主要由5部分组成,分别是燃烧主管道、高压点火系统、配气系统、数据采集系统以及同步控制系统,各部分之间的连接关系如图1所示。



Vacuum pump; 2. Premixed vessel; 3. Methane; 4. Air; 5. Data acquisition system; 6. Vacuum meter;
 7. Spark electrode; 8. Pressure transducer; 9. Thermocouple; 10. Synchronous control system;
 11. Ignition switch; 12. Gas distributing system;13. Metal mesh and metal splint.

图 1 实验系统结构示意图

Fig. 1 Schematic of experimental system

燃烧主管道由3节截面尺寸为110 mm×110 mm、长度为1m(壁厚20 mm)的方管通过法兰-螺栓 结构连接而成。高压点火系统由高压放电器、两根纯钨丝电极针组成,电极针安装在离管道左端25 cm 处(图1中位置7),高压放电器能产生14kV的高压。实验选用体积分数为9.5%的甲烷/空气预混气体 作为研究对象。采用抽真空法(利用配气仪预先配置所需浓度的可燃性气体)进行配气,实验条件为 298 K、0.1 MPa。数据采集仪为 HIOKI 公司的 8861-50 型存储记录仪。压力传感器为 CYG409 型水冷 式齐平封装高频动态高温压力传感器(量程为0~1 MPa),使用 Pt/Rh13-Pt(R)型精细热电偶测试爆燃 火焰温度,压力传感器和热电偶分别安装在距离管道右端 50 cm 处(图1中的8、9位置)。实验过程如 下:(1)对管道进行清洁;(2)对燃烧管道进行气密性检查;(3)利用抽真空法进行配气,配气结束后,静 置 5 min,确保管道内甲烷/空气预混气体混合均匀;(4)点火触发,在同步控制系统的控制下触发各系统,完成实验和数据采集。

实验使用的金属丝网目数分别为10、20、30, 层数分别为1、2、3。图2为金属丝网实物, 表1列出 了金属丝网的结构参数, 金属丝网结构通过钢制夹板固定在距离管道左端2m(图1中的位置13)的位 置处。



Fig. 2 Picture of wire mesh

表 1 金属丝网结构参数 Table 1 Mesh structure parameters

Wire mesh	Holes per cm	Aperture/cm	Wire diameter/mm	Metal area fraction/%	Metal volume fraction/%
10	3.937	2.110	0.450	0.723 2	0.272 5
20	7.874	0.950	0.315	0.565 6	0.389 6
30	11.811	0.610	0.234	0.524 0	0.434 1

2 实验结果及分析

2.1 对爆燃火焰温度的影响

2.1.1 目数对爆燃温度的影响

金属丝网层数固定、目数改变时,管道内温度随时间的变化过程如图 3 所示,其中"0"对应于无金属丝网。由图 3 可得,当管道内无金属丝网时,温度在 70 ms时开始急速上升,239 ms时达到温度峰值 1588 ℃,之后温度快速下降。增加金属丝网目数时,除 1 层金属丝网工况下 20 目较 10 目的温度峰值 有微弱增加之外,其他工况条件下温度峰值都随目数的增加而降低,所有工况条件下,温度峰值较无金属丝网条件均出现降低,金属丝网为 3 层、30 目时,测得的温度峰值为 759 ℃,相较于无金属丝网时测得的 1588 ℃,温度峰值下降了 52.51%,说明放置金属丝网时也出现明显的波动现象,并且温度起始时间出现明显的延后。这是因为,实验过程中,热电偶布置在金属丝网后部,火焰通过金属丝网时,金属丝网本身良好的导热性能使部分热量被金属丝网吸收,并且金属丝网向网状结构使火焰锋面出现褶 皱并破损^[10],破坏了反应中的热平衡。金属丝网目数越大,孔径越小,与火焰的接触面积越大,破坏作 用越明显,导致热量向前传递的时间变长,热电偶测得的温度起始时间越延后,并且相较于无金属丝网时快速、无波动下降的温度曲线,放置金属丝网后各工况下测得的温度曲线在温度下降过程中出现明显的波动,也进一步说明金属丝网的存在打破了管道内反应的热平衡。





由图 3 各工况条件下温度-时间曲线中得到的温度峰值,使用温度峰值衰减率来表征丝网结构对 管道内甲烷/空气预混气体爆燃火焰温度的抑制效果,计算公式为

$$\tau = \left[(T_{\max 0} - T_{\max 0}) / T_{\max 0} \right] \times 100\% \tag{1}$$

式中: **7**为温度峰值衰减率, **T**_{max0}为无金属丝网时的温度峰值, **T**_{max} 为各工况下的温度峰值。将计算结果进行线性拟合, 如图 4 所示。

由图 4 可得, 在实验误差允许的范围内, 温度 峰值衰减率随着金属丝网目数的增加而增大, 金 属丝网层数越多, 温度峰值衰减率增大的幅度越 大。根据金属丝网层数的不同, 可以将抑制效果 分成 3 个阶段。第 1 阶段为金属丝网目数小于 13 时, 层数越大, 抑制效果反而越弱, 但是随着目 数的增加, 抑制效果之间的差距减小。这是因为, 金属丝网目数较小时, 火焰能顺利通过金属丝网, 金属丝网使下游流体由层流转变为湍流, 对火焰 表现为一定的激励作用^[10], 单位时间内参与反应 的气体增多, 释放的热量增大, 从而对衰减效果进 行了部分补偿, 导致温度峰值衰减率降低, 但是整 体上还是表现出对温度的衰减效果。第 2 阶段为





金属丝网目数大于 13 且小于 20 时,2 层金属丝网的温度峰值衰减率一直小于 1 层金属丝网,3 层金属 丝网温度峰值衰减率快速增加,在 16 目之后,高于另外两种工况。第 3 阶段为金属丝网目数大于 20 时,3 层金属丝网的温度峰值衰减率随着目数的增加呈快速增大趋势,而1 层和2 层时增大较缓慢。

2.1.2 层数对爆燃温度的影响

金属丝网目数固定、层数改变时,管道内温度随时间的变化过程如图 5 所示,其中"0"表示无金属 丝网。由图 5 可得,当金属丝网目数为 10、20 时,相较于无金属丝网,各工况下温度峰值出现轻微降 低;金属丝网目数为 30 时,温度峰值显著降低,说明管道内的火焰得到了抑制,并且当目数为 30 时,抑 制效果最好。随着层数的增加,除 10 目 1 层和 10 目 2 层这两种工况之外,其他工况温度起始时间均随 层数的增加出现明显的延后,与 2.1.1 节中目数使温度起始时间延后的原因类似。





利用实验计算得到温度峰值衰减率,对温度峰值衰减率随层数的变化关系进行了线性拟合,拟合曲线如图6所示。由图6可得:当金属丝网目数较小时,温度峰值衰减率随层数的增加无明显变化或略有下降;当金属丝网目数较大时,温度峰值衰减率随层数的增加显著增加。与2.1.1节分析的目数对温度峰值衰减率的影响相比,目数的增加对温度峰值的衰减效果更加显著。

2.2 对爆燃火焰超压的影响

2.2.1 目数对爆燃超压的影响

金属丝网层数固定、目数改变时,管道内超压随时间变化的过程如图 7 所示,其中 0 表示无金属丝 网。由图 7 可得:当管道内无金属丝网时,超压快速上升,在 26 ms 时达到超压峰值 375.5 kPa,之后超压

快速下降。放置金属丝网后,各工况下测得的超 压峰值均低于无金属丝网情况,并且除1层金属 丝网条件下超压峰值下降幅度较小外,其他工况 下管道内超压峰值显著降低,当金属丝网层数为 3,目数分别为10、20、30时,管道内测得的超压 峰值分别为236.2、221.4、124.8 kPa,超压峰值分 别衰减了37.55%、41.14%、88.84%,说明爆燃超压 得到了有效的抑制。在30目2层、10目3层和 20目3层这3种工况下,会出现两次超压峰值,是 因为该3种工况金属丝网目数或层数相对较大, 火焰在通过金属丝网时,金属丝网本身的吸热、 吸波效应^[7]以及对火焰锋面进行破坏、切割,导致 管道内超压降低,随着火焰的传播,火焰通过金属



报

丝网后, 网后燃烧反应速率突然加快, 超压又一次上升, 直至反应结束。当金属丝网目数或层数较小时 (10目1层、20目1层、30目1层、10目2层、20目2层), 相较于无金属丝网条件, 管道内达到超压峰 值的时间缩短; 当金属丝网目数或层数适中时(30目2层、10目3层、20目3层), 管道内到达超压峰值 的时间相较于无金属丝网延长; 当金属丝网层数、目数较大时(30目3层), 管道内的超压得到明显抑 制。这是因为, 金属丝网除了具有吸热、吸波效应, 还可以看作障碍物, 增加了管道内流体的湍流强 度, 导致火焰在管道内的传播速度加快, 这种激励作用与金属丝网的层数与目数密切相关, 所以当金属



丝网层数或目数较小时,火焰通过金属丝网时,这种激励作用起主导因素,从而加快了管道内火焰的传 播速度,使到达压力峰值的时间提前,而当金属丝网层数、目数较大时,这种激励作用较弱,金属丝网

本身的吸热、吸波效应起主导因素,使得压力达 到峰值的时间延后。说明最大压力峰值出现时刻 也与火焰-湍流耦合效应发生时刻有关[18]。

使用超压峰值衰减率来判断金属丝网对管道 内甲烷爆炸阻隔防爆效果,计算公式为

$$\lambda = [(p_{\max 0} - p_{\max 0}) / p_{\max 0}] \times 100\%$$
(2)

式中: λ 为超压峰值衰减率, p_{max0} 为无金属丝网条 件下的超压峰值, p_{max} 为各工况下的超压峰值。 根据计算结果利用线性拟合的方式进行拟合,结 果如图 8 所示。由图 8 可得:当金属丝网层数为 1时,超压峰值衰减率随目数的增大增幅较小;丝 网层数为2、3时,超压峰值衰减率随目数的增大 显著增大,当金属丝网为30目3层时,超压峰值 衰减率达到 66.84%。



Fig. 8 Fitted curves of the relationship between peak overpressure decay rate and mesh number

2.2.2 层数对爆燃超压的影响

金属丝网目数固定、层数改变时,管道内超压随时间的变化过程如图9所示,其中0对应于无金属



Fig. 9 Overpressure history curves with different layer numbers

丝网。由图 9 可得,金属丝网层数对管道内爆燃 超压的影响规律与不同目数作用下爆燃超压变化 规律相似,随着金属丝网层数的增加,超压峰值降 低,特别是当丝网层数为 3 时,超压峰值下降显 著,金属丝网为 30 目 3 层时,管道内达到的超压 峰值降低到 124.8 kPa,下降了 66.84%,说明金属丝 网能有效抑制管道内的爆燃超压。并且从图 9(a)、 图 9(b)中可以明显看出,当金属丝网层数较小 (1 层、2 层)时,管道内达到超压峰值的时间提 前,当层数增加到 3 层时,管道内达到超压峰值的 时间延后,也证明了 2.2.1 节中的解释。

超压峰值衰减率随层数的变化拟合曲线如 图 10 所示。由图 10 可得:随着金属丝网层数的 增加,超压峰值衰减率显著增大,与 2.2.1 节分析



overpressure decay rate and layer number

的目数对超压峰值衰减率的影响相比,层数的增加对超压的衰减效果更加显著。

3 结 论

通过自主搭建的方形管道火焰传播测试系统,开展了不同目数、层数的丝网结构对甲烷/空气预混 气体爆燃特性影响的实验研究,主要得出以下结论。

(1)在管道中安装丝网结构时,管道内测得的甲烷/空气预混气体爆燃火焰的温度峰值与超压峰值 相较于无金属丝网时均降低,目数与层数越大,抑制效果越好,当金属丝网为3层30目时,温度峰值衰 减率达到52.37%,超压峰值衰减率达到66.84%。

(2)金属丝网抑制爆燃火焰超压变化的过程表现为:层数或目数较小时(1层或10目),管道内达到 超压峰值的时间提前;层数或目数适中时(2层或20目),超压曲线出现两个超压峰值;层数或目数较大 时(3层或30目),爆燃火焰超压能得到有效的抑制;金属丝网的存在破坏了管道内的热平衡,导致热量 向前传递的时间变长,热电偶测得的温度起始时间延后,并且相较于无金属丝网条件下快速、无波动下 降的温度曲线,安装金属丝网后各工况下测得的温度曲线在温度下降过程中出现明显的波动。

(3)甲烷/空气预混气体爆燃火焰通过金属丝网后,金属丝网后部的流场湍流强度增大,对火焰具 有一定的激励作用,从而对爆燃超压衰减进行一定的补偿,进而影响金属丝网的抑爆效果。

参考文献:

[1] 西南石油大学. 中国天然气行业景气指数持续发布 [J]. 天然气工业, 2018, 38(4): 11.

[2] 天工. "十三五"天然气将成为我国能源转型的重要抓手 [J]. 天然气工业, 2017, 37(4): 149.
 TIAN G. "13th Five-Year Plan" natural gas will become an important driver of China's energy transition [J]. Natural Gas Industry, 2017, 37(4): 149.

- [3] JIN K Q, DUAN Q L, CHEN J Y, et al. Experimental study on the influence of multilayer wire mesh on dynamics of premixed hydrogen-air flame propagation in a closed duct [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2017, 42: 14809–14820.
- [4] CUI Y Y, WANG Z R, ZHOU K B, et al. Effect of wire mesh on double suppression of CH₄/air mixture explosions in a spherical vessel connected to pipelines [J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2017, 45: 6977.
- [5] SUN J H, ZHAO Y, WEI C R, et al. The comparative experimental study of the porous materials suppressing the gas explosion [J]. Procedia Engineering, 2011, 26: 954960.
- [6] 王振成, 小川辉繁. 金属网阻火器设计参数的优化选择 [J]. 中国安全科学学报, 1995(Suppl 2): 176–182. WANG Z C, XIAOCHUAN H F. Optimization selection of design parameters of metal mesh flame arrester [J]. Chinese Journal

of Safety Science, 1995(Suppl 2): 176-182.

- [7] 陈鹏, 杨永波, 郭实龙, 等. 金属丝网对甲烷/空气预混火焰传播影响的研究 [J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(7): 33–36. CHEN P, YANG Y B, GUO S L, et al. Effect of metal mesh on methane/air premixed flame propagation [J]. Chinese Journal of Safety Science, 2014, 24(7): 33–36.
- [8] 喻健良, 蔡涛, 李岳, 等. 丝网结构对爆炸气体淬熄的试验研究 [J]. 燃烧科学与技术, 2008(2): 97–100.
 YU J L, CAI T, LI Y, et al. Experimental study on quenching of explosive gas by wire mesh structure [J]. Combustion Science and Technology, 2008(2): 97–100.
- [9] 张巨峰, 武元, 杨运尧, 等. 管道内多层金属丝网对预混可燃气体爆炸火焰传播的影响 [J]. 山西大同大学学报 (自然科学版), 2012, 28(1): 66-70.
 ZHANG LE WILLY, VANG Y Y, et al. Influence of multilayer metal wire meth in nincline on the flore proposition of

ZHANG J F, WU Y, YANG Y Y, et al. Influence of multilayer metal wire mesh in pipeline on the flame propagation of premixed combustible gas explosion [J]. Journal of Shanxi Datong University (Natural Science Edition), 2012, 28(1): 66–70.

[10] 程方明,常助川,史合,等.金属丝网对甲烷/空气预混火焰管道内传播的影响 [J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(1): 135-140.

CHENG F M, CHANG Z C, SHI H, et al. Impact of metal wire mesh on methane/air premixed flame pipeline propagation [J]. China Safety Science and Technology, 2020, 16(1): 135–140.

- [11] YANG Y, HE X Q, LUO G, et al. Effect of meshy obstacle on methane gas explosion [J]. Procedia Engineering, 2011, 26: 70–74.
- [12] 顾涛, 王凯全, 疏小勇, 等. 金属丝网对火焰波阻隔效应研究 [J]. 消防科学与技术, 2014, 33(1): 14–17.
 GU T, WANG K Q, SHU X Y, et al. Research on the effect of metal wire mesh on flame wave blocking [J]. Fire Science and Technology, 2014, 33(1): 14–17.
- [13] 孙建华, 赵益, 魏春荣, 等. 金属丝网和泡沫陶瓷组合体抑制瓦斯爆炸的实验研究 [J]. 煤炭学报, 2012, 37(7): 1156–1160. SUN J H, ZHAO Y, WEI C R, et al. Experimental study on the suppression of gas explosion by the combination of metal wire mesh and foam ceramics [J]. Chinese Journal of Coal, 2012, 37(7): 1156–1160.
- [14] 魏春荣. 多孔材料对瓦斯爆炸抑制作用研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013. WEICR. Research on inhibition of gas explosion by porous materials [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013.
- [15] CHEN P, HUANG F G, 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: 2228.
- [16] 吴征艳, 蒋曙光, 王兰云, 等. 多层丝网结构抑制瓦斯爆炸传播的数学模型 [J]. 工业安全与环保, 2006(12): 1–3.
 WU Z Y, JIANG S G, WANG L Y, et al. Mathematical model of multilayer wire mesh structure to suppress gas explosion propagation [J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2006(12): 1–3.
- [17] CICCARELLI G, JOHANSEN C, PARRAVANI M. Transition in the propagation mechanism during flame acceleration in porous media [J]. Proceedings of the Combustion Institute, 2011, 33(2): 2273–2278.
- [18] 余明高, 袁晨樵, 郑凯. 管道内障碍物对加氢甲烷爆炸特性的影响 [J]. 化工学报, 2016, 67(12): 5311-5319.
 YU M G, YUAN C Q, ZHENG K. The influence of obstacles in pipelines on the explosion characteristics of hydrogenated methane [J]. Journal of Chemical Industry and Engineering, 2016, 67(12): 5311-5319.

Effect of the Wire Mesh Structure on the Flame Characteristics of Methane/Air Deflagration

SUN Weikang, CHEN Xianfeng, FENG Mengmeng, HUANG Chuyuan, LIU Jing, ZHAO Qi, ZHI Xueke

(School of Safety Science and Emergency Management, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, Hubei, China)

Abstract: A deflagration experiment of methane/air premixed gas with or without wire mesh was carried out in the self-design square pipe. The effects of the mesh number and layer number of the wire mesh on the deflagration overpressure and temperature were discussed. The results show that the wire mesh can effectively suppress the temperature and overpressure of the deflagration flame. After the wire mesh is installed, the temperature peak and the overpressure peak measured in the pipeline are reduced compared to the case without wire mesh, and the temperature peak attenuation rate reaches 52.37%, the peak attenuation rate of overpressure reaches 66.84%; the mesh number and layer number of the wire mesh are important factors that affect the suppression effect of the wire mesh on overpressure. When the number of layers and meshes are small, the time to reach the peak of the overpressure is earlier than the condition with no wire mesh; when the number of layers and meshes are large, the overpressure is effectively suppressed. With the increase of the number of meshes and layers, the flame heat diffusion rate forward becomes slower, and the start time of the temperature curve is delayed compared to the time delay without the wire mesh.

Keywords: safety engineering; explosion resistance; deflagration flame; deflagration temperature; deflagration overpressure

第34卷