油面距油盘沿口高度对细水雾灭火效果的影响

杨立军 王向东 廖圣洁 杨春霆

(北京航空航天大学 宇航学院, 北京 100191)

摘 要: 油盘火是细水雾灭火效果检验的标准实验火灾模型,为了确定细水雾针对油盘火模型的实验方法,采用正庚烷为火灾燃料,在长 4.6 m,宽 3.2 m,高 4 m 的空间内,对油面距油盘沿口高度进行了灭火实验,在实验过程中采用热电偶树和气体分析仪对火焰温度及火场氧浓度进行了测量,得到了油面距油盘沿口高度对细水雾灭火效果的影响规律,为细水雾灭火设计、检验标准制定及细水雾灭火产品的开发提供了相应的实验依据.

关 键 词: 细水雾; 灭火; 油面高度; 油盘火

中图分类号: TU 892

文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2008)10-1139-04

Effect of heptane-to-brim of pool distance on water mist fire suppression

Yang Lijun Wang Xiangdong Liao Shengjie Yang Chunting

(School of Astronautics, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: The pool fire tests were conducted to evaluate the water mist system's ability to extinguish relatively liquid fire. In order to investigate the heptane pool fire suppression with a water mist fire suppression system, a series of experiments were performed in an enclosed compartment of 4.6 m ×3.3 m×4 m(L W H)with variable distance of heptance-to-brim. Thermocouples and gas analyzer were used to measure the temperature and gas concentration in the flame. The effection of heptance-to-brim to the effectivity of water mist suppressing pan fire was gained, which provides corresponding experimental foundation for designing water mist system, establishing test standard and developing new product of water mist.

Key words: water mist; fire extinguishing; heptane-to-brim; pool fire

细水雾灭火技术是当前消防领域研究的热点之一,其高效、环保、易取得等特点被认为是最佳的卤代烷替代技术.尽管国内外市场上出现了很多细水雾产品,但是这些产品在灭火性能的检验方面并没有参照统一的标准.油盘火是灭火性能检验的标准火灾模型,是细水雾灭火效果研究和检验的重要方法.油面距油盘沿口高度是油盘火模型的主要参数之一,国内外对此参数并没有统一的认识,在国内的标准中 GA400 选择 50 mm[1],GB4351 选择 150 mm±5 mm[2].美国 FM5560 模型选择 30 mm[3].国际上使用的 UL2167 以及 IMO1165 均选择 150 mm ± 10 mm[4-5].

本文通过不同油面距油盘沿口高度的油盘火灭火实验,确定该参数对细水雾灭火效果的影响,指导油盘火模型设计,为细水雾针对 B 类油盘火的实验和检验工作提供参考.

1 实验系统及测试仪器

本文实验研究在北京航空航天大学特种装备细水雾灭火实验室进行,实验系统主要由高压供水系统、细水雾生成系统、吊顶高度调节系统和测试系统组成.其中,高压供水系统由贮水罐,柱塞泵,管路,过滤器,阀门等组成,细水雾生成系统为

收稿日期: 2007-09-27

基金项目: 北京市科技新星计划 B 类(2005B14)

作者简介: 杨立军(1970—),男,黑龙江大庆人,副教授,yanglijun@buaa.edu.cn.

不同间距喷头组，高度调节系统由移动吊顶，滑轮，钢丝绳，导柱，定位销等组成. 测试系统包括热电偶，流量计，氧浓度仪，数据采集系统等组成.

灭火房间长 4.6 m，宽 3.2 m，高 4 m，吊顶可以在 2～3.5 m 范围内任意调节，见图 1. 喷头布置在房间的正中央，油盘在喷头的正下方. 温度测量采用 5 根热电偶组成的热电偶树，氧浓度测量采用西门子 OXYMAT6 氧气分析仪，温度和氧浓度测量(采样)点位置见图 2. 氧浓度测量采用在测量点位置使用抽气泵进行采样，并经过滤干燥处理后进入仪器. 测量传感器精度见表 1. 热电偶和氧浓度仪通过计算机数据采集系统进行处理. 气流通过采样管的时间为 10 s，因此氧浓度值与温度测量值相比存在滞后误差 10 s.

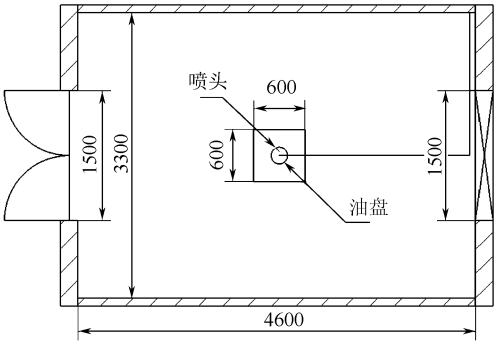

图 1 灭火空间及喷头布置图

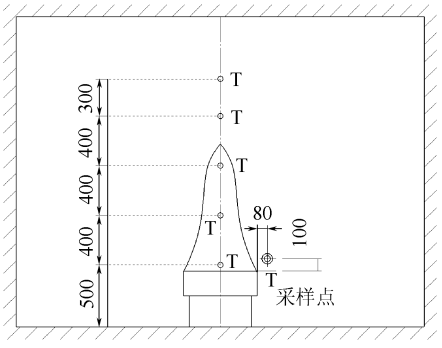

图 2 热电偶及采样点安装位置

表 1 仪器参数

测量仪器	响应时间/ms	测量范围	测温精度/%
热电偶	0.1	0～1100℃	±0.2
氧气分析仪	1000	0～25%	$\pm 0.2\times10^{-4}$

2 实验内容

实验所选用的为海军装备研制的某型细水雾喷头，喷头工作及性能参数如表 2 所示.

表 2 细水雾喷头参数

工作压力/MPa	流量 K 系数	索泰尔平均值径/μm	喷雾角度/(°)
4	1.3	100	90

喷头工作压力 4 MPa、吊顶高度 2.5 m，油盘为 600 mm×600 mm 方油盘，高 250 mm，庚烷液面距油盘沿口距离(简称油面距离) H. 油盘底部和地面之间距离为 250 mm，油盘内底层为清水，加入 3 L 纯度为 99.99% 的正庚烷，油盘模型见图 3.

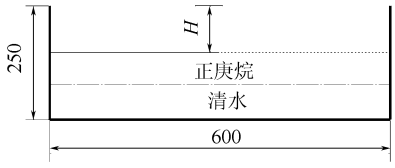

图 3 油盘模型示意图

预燃时间为 15 s，保证点火前空间内温度和湿度相同，改变图 3 中所示油面高度 H 从 50～150 mm 变化进行灭火实验. 实验准备完成后，打开房间门，开启数据采集系统，点燃油盘，经过预燃 20 s 细水雾开始喷出灭火. 在水雾喷射时刻，关闭房间门，当火焰被扑灭时，停止喷射细水雾，并同时打开房间门，测试系统再继续工作一段时间后关闭. 将油盘内庚烷再次点燃，能够点燃的视为灭火成功.

3 实验结果与分析

实验中分别取油面高度 H 值为 50 mm，75 mm，100 mm，125 mm，150 mm 进行了 5 次灭火实验，实验过程全程录像，采用秒表人工记录了灭火时间作为辅助参考. 热电偶和氧浓度仪的采样间隔时间设定为 0.1 s，不同油面高度的灭火过程中温度测量结果见图 4～图 6. 氧浓度的测量结果见图 7～图 9.

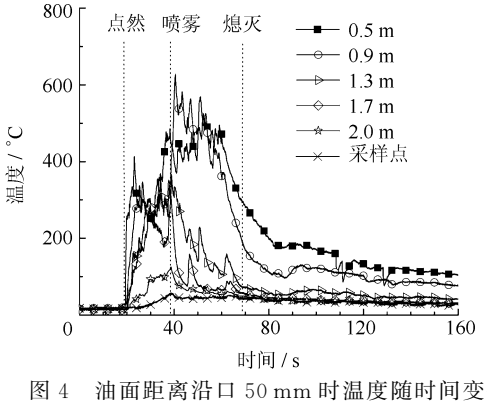

图 4 油面距离沿口 50 mm 时温度随时间变化

3.1 灭火过程分析

由于在点火之前热电偶和氧浓度仪都已启动，因此点火之前有一段采集时间，在图中也可以看出整体的氧浓度有 10 s 中的滞后. 整个灭火过程测量曲线用虚线分成了 3 个阶段，从点火开始

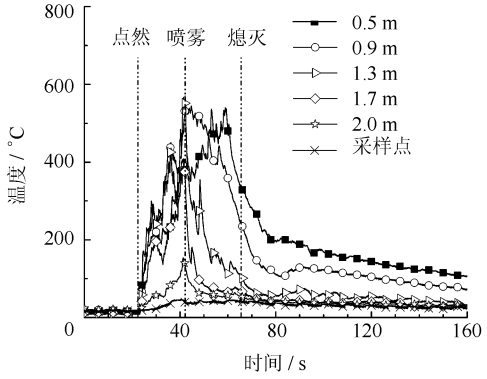

图 5　油面距离沿口 100 mm 时温度随时间变化

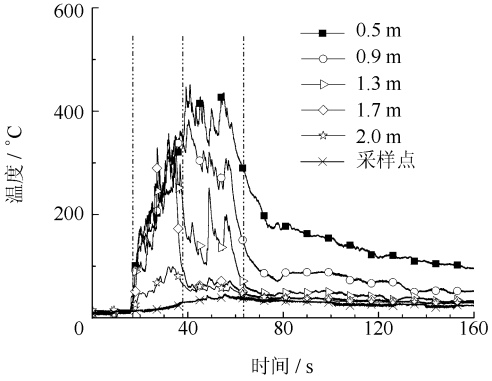

图 6　油面距离沿口 150 mm 时温度随时间变化

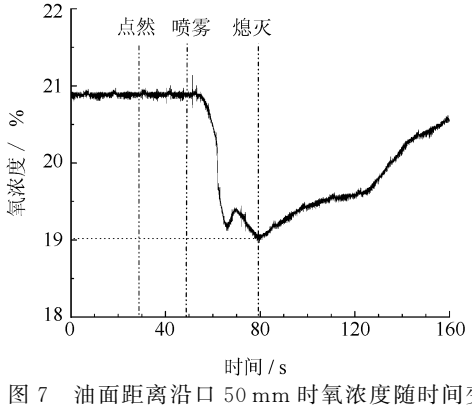

图 7　油面距离沿口 50 mm 时氧浓度随时间变化

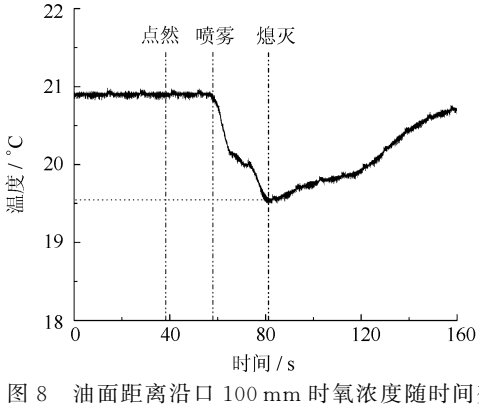

图 8　油面距离沿口 100 mm 时氧浓度随时间变化

到喷雾为油盘预燃阶段,从喷雾开始到油盘火熄灭为细水雾灭火阶段,火焰熄灭以后为打开房门

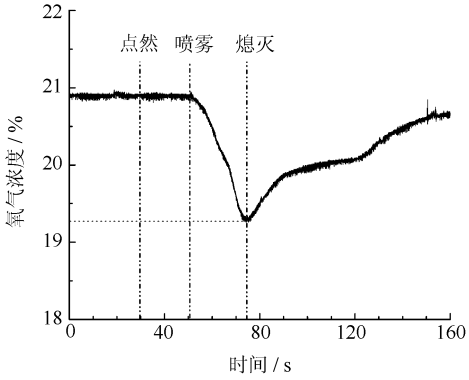

图 9　油面距离沿口 150 mm 时氧浓度随时间变化

环境恢复阶段.从图中可以看出,火焰的最高温度点出现在 0.9 m 处位置,0.5 m 处的温度略低于 0.9 m 处位置,火焰温度波动较小.1.3 m,1.7 m 处温度略低.在 2.0 m 和测氧点处的火焰温度的温度上升较慢,温度值也较低.从曲线中可以看出,火焰的高度在 1.7 m 左右,1.3 m,1.7 m 处的温度均有较大振幅波动,其中 1.7 m 处的温度波动尤为剧烈,这说明火焰外焰有较大幅度的串动,实验现场观察和录像也验证了这一点.细水雾喷射后进入灭火阶段,喷雾开始后 1.7 m 处的火焰温度呈直线下降,接近 2.0 m 处的温度值,尽管存在一些波动,但是只是在较低温度(100℃左右)水平的波动,而且波动的幅度较小.喷雾后 1.3 m 处温度下降较缓,但温度波动幅度较大.

3.2　油面高度对温度的影响

从图 4、图 6、图 8 中发现,在预燃过程中,随油面距沿口距离的增加,火焰温度略有些减小,火焰燃烧略有些减弱,从灭火录像中也证实了这一点.这主要是由于油盘壁对卷吸空气产生了一些阻挡作用,造成庚烷蒸气燃烧供氧量略有减少的缘故.

图 10 为整个灭火过程中火场出现的最高温度曲线,油面距沿口距离 50 mm,75 mm 工况,最大温度出现在细水雾开始喷出时刻 0.9 m 处;100 mm工况时最大温度出现在细水雾开始喷出时刻 0.9 m 处和灭火过程中 0.5 m 处;125 mm,

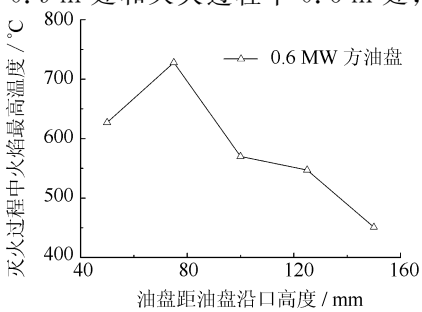

图 10　油面高度对火焰最大温度的影响

150 mm工况下最大温度出现在灭火过程中0.5 m处.这个现象也可以证明油面距沿口距离增加会减弱火焰发展.

图11为火焰熄灭时刻火场中各个测温点温度值随油面距沿口距离的变化曲线.氧气采样点位置和油盘上方1.7 m,2.0 m处没有火焰存在,温度变化不大.灭火时刻油盘上方1.3 m,1.7 m,2.0 m处的温度值随油面距沿口距离的变化没有发现确定一致的趋势.但可以看出任一工况各测点温度变化则显示出了较好的一致性,如75 mm工况预燃时的火焰温度较高,灭火时刻以上各测点温度值也较高.

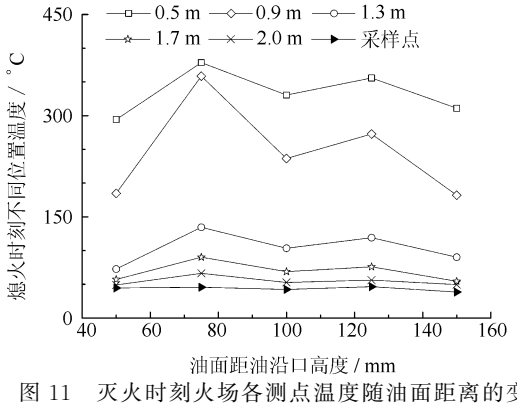

图11 灭火时刻火场各测点温度随油面距离的变化

3.3 油面高度对氧浓度、灭火时间的影响

将图5、图7、图9各个试验工况中灭火时刻的氧浓度值整理得到氧浓度随油面距沿口距离的变化曲线,见图12.从图中可以看出,各工况氧浓度差别不大,最大仅相差0.5%.

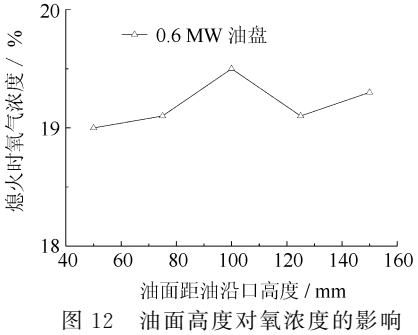

图12 油面高度对氧浓度的影响

灭火时间随随油面距沿口距离的变化曲线,见图13.从图中可以看出,各工况灭火时间差别不大,最大仅相差7 s.

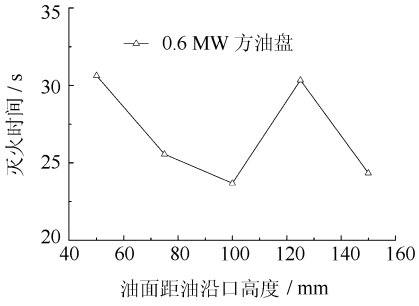

图13 油面高度对灭火时间的影响

4 结束语

油盘火是细水雾灭火的标准火灾模型,油面距油盘沿口距离是油盘火模型的一个重要参数.通过本文的研究可以得到以下结论:

1) 油面距油盘沿口距离影响火焰温度和火焰发展,距离增大,火焰温度越低;火焰发展越缓慢.

2) 油面距油盘沿口距离变化对灭火时刻氧浓度值影响较小.

3) 油面距油盘沿口距离变化对灭火时间影响较小.

4) 油面距油盘沿口距离变化对灭火效果没有较大影响,在验证实验中,建议选择油盘火的液面距盘沿距离为50 mm.

参考文献(References)

[1] GA400-2002,气体灭火系统及零部件性能要求和试验方法[S]
GA400-2002, Performance requirements and method of test for components of gas fire extinguishing systems[S](in Chinese)

[2] GB4351-1997,手提式灭火器通用技术条件[S]
GB4351-1997, General specifications for portable fire extinguishers[S](in Chinese)

[3] FM5560, Approval standard for water mist system[S]

[4] UL2167, Water mist nozzles for fire protection service[S]

[5] IMO MSC/Circ 1165, Revised guidelines for the approval of equivalent water-based fire-extinguishing systems for machinery spaces and cargo pump-rooms[S]

(责任编辑:张 嵘)