



# 中华人民共和国国家标准

GB/TXXXXX—XXXX

## 基于运动图像跟踪技术的液体混合燃料 微爆特性测试方法

Test method for liquid mixed fuel micro-explosion characteristics based on moving  
image tracking technology

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(送审讨论稿)

(本草案完成时间: )

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 测试原理 .....	4
5 测试条件与要求 .....	5
6 测试与图像处理流程 .....	7
7 测试记录 .....	8
附录 A（资料性） 测试示例 .....	9
附录 B（资料性） 测试记录格式 .....	11

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由全国燃烧节能净化标准化技术委员会（SAC/TC441）提出并归口。

本文件起草单位：安徽交通职业技术学院等。

本文件主要起草人：孙晓雷、孟柯生等。

# 基于运动图像跟踪技术的液体混合燃料微爆特性测试方法

## 1 范围

本文件规定了在以混合液体燃料为对象的加热实验装置中,通过模拟液滴周围不同温度和气体氛围,进行混合液滴的膨胀、喷射和微爆特性测试的相关术语定义、测试流程、数据分析处理规范和实验报告。

本文件适用于航空器、机动车和船舶等燃料特性的测试和实验装置的设计,如生物柴油、柴油、乙醇及其混合物的微爆特性测试等。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 37650 燃烧方式 术语和定义

## 3 术语和定义

GB/T 37650界定的以及下列术语和定义适用于本文件

### 3.1

**液滴发生器 droplet generator**

将混合燃料制作成指定尺寸液滴的一种装置。

### 3.2

**悬挂装置 suspension equipment**

用于悬挂液滴的装置,悬挂装置根据实验温度可以选用不同的类型材料以及悬丝直径,当实验温度较高时宜选用导热率较低的石英丝。

### 3.3

**微爆 micro-explosion**

在加热过程中,混合液滴内部轻质组分的汽化导致混合液滴膨胀,随后混合液滴内部蒸气压迅速增加。在某一时刻,混合液滴内部压力大于液滴表面张力和环境压力之和,混合液滴爆炸,进而形成大量次级液滴的现象。

### 3.4

**微爆强度 micro-explosion intensity**

用来表示混合液滴在加热过程中产生微爆现象时混合液滴被破坏的强弱程度。

## 3.5

**微爆特性 micro-explosion characteristics**

用来表征混合燃料液滴发生微爆过程中产生的膨胀、破碎等现象时的宏观特征参数。

注：如液滴直径变化、膨胀持续时间、微爆持续时间、次级液滴数量等。

## 3.6

**运动图像跟踪 moving image tracking**

针对运动目标，利用高速摄影机拍摄瞬时变化的序列图像，跟踪目标形态和速度变化情况的一种技术。

## 3.7

**视窗 viewing window**

利用高速摄像机捕捉液滴加热过程的视窗。

## 3.8

**环境温度 ambient temperature**

加热设备提供给液滴周围环境的温度。

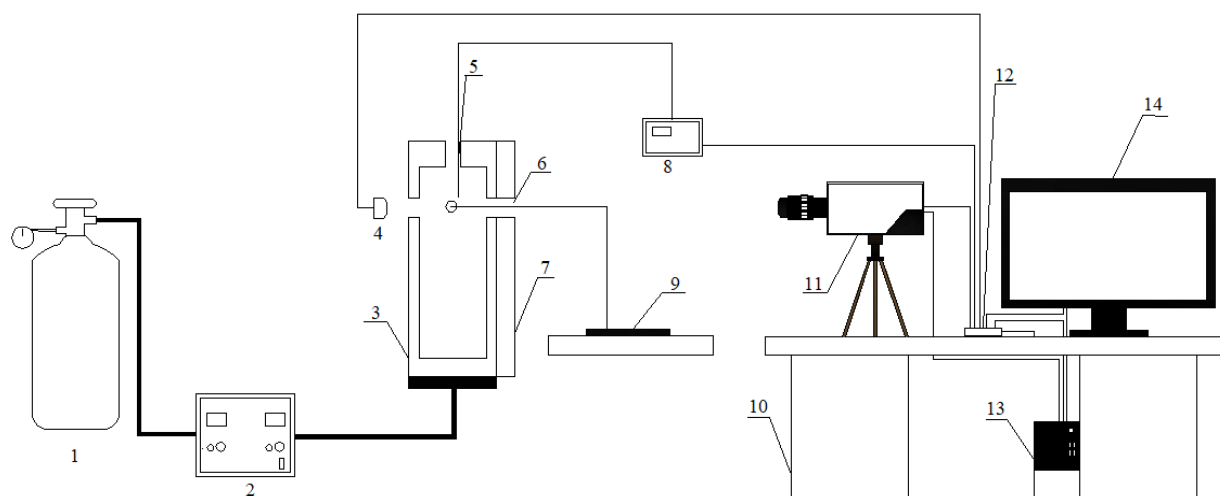
## 3.9

**移动周期 travel period**

导轨从初始位置到达焦点位置加热后又移动到初始位置所经历的时间。

**4 测试原理**

基于运动图像跟踪技术的液体混合燃料微爆特性测试系统原理图如图1所示。通过加热系统形成高温环境，然后将混合液滴送入高温环境中，利用高速摄影机捕捉液滴的微爆过程，根据相应软件进行计算和分析。



标引序号说明:

- |          |           |           |
|----------|-----------|-----------|
| 1——氮气瓶   | 6——视窗     | 11——高速摄影机 |
| 2——流量控制器 | 7——加热控制器  | 12——电源    |
| 3——加热炉   | 8——温度显示器  | 13——计算机   |
| 4——LED光源 | 9——液滴输运设备 | 14——显示屏   |
| 5——热电偶   | 10——操作平台  |           |

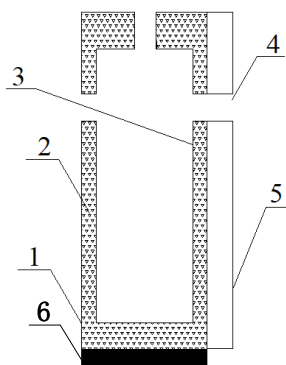
图1 基于运动图像跟踪技术的液体混合燃料微爆特性测试原理

## 5 测试条件与要求

### 5.1 平台条件

#### 5.1.1 加热系统

加热系统为混合液滴的加热提供热氛围，加热系统宜采用可以承受一定压力的加热炉。加热炉主要由石英管、石棉隔热层、外钢板框架、加热电阻丝、加热控制柜、稳流器和视窗组成，加热炉示意图如图2所示。



标引序号说明:

- |          |          |
|----------|----------|
| 1——外钢板框架 | 4——视窗    |
| 2——石棉隔热层 | 5——加热控制柜 |
| 3——石英管   | 6——稳流器   |

图2 加热炉示意图

### 5.1.2 导轨系统

导轨系统的作用是以恒定的速度输送混合液滴到指定位置。导轨系统应可以调整运动速度，保证在每一次的实验中，液滴在到达焦点位置前经历了相同的加热时间。

### 5.1.3 信息采集及处理系统

5.1.3.1 信息采集及处理系统由高速摄影机、电脑及其处理软件组成，其中高速摄影机的分辨率宜不低于  $1024 \times 1024$  像素，实验设置的速度宜  $\geq 1000$  帧/秒。数据处理流程如图 3 所示。

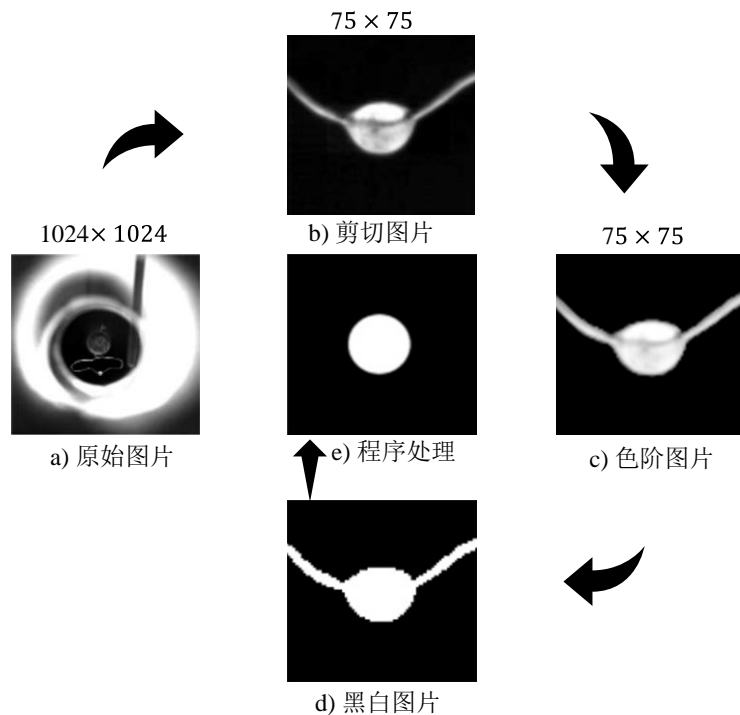


图3 数据处理流程

5.1.3.2 数据处理流程步骤如下：

- 5.1.3.2.1 将原始图像裁剪并提取出有用的区域；
- 5.1.3.2.2 进行色阶处理以提高图片的对比度，方便更好的显示出液滴和液滴悬挂物的边缘；
- 5.1.3.2.3 经过二值化处理，将彩色的图像转化为黑白图片；
- 5.1.3.2.4 宜采用 MATLAB 软件开发相应程序。将黑白图片导入 MATLAB 中，根据像素和实物的比例尺标定值，换算得到液滴的二维面积。
- 5.1.3.2.5 对于不规则图形时，宜采用 MATLAB 软件所开发的程序计算最小外接矩形面积，再通过测量公式得到液滴的平均直径。蒸发过程中液滴的平均直径按式（1）计算；

$$D = \sqrt{h \times l} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$D$ ——蒸发过程中液滴的平均直径,单位为毫米 (mm)；

$h$ ——液滴的最小外接矩形的高度,单位为毫米 (mm)；

$l$ ——液滴的最小外接矩形的宽度,单位为毫米 (mm)。

## 5.2 环境条件

5.2.1 混合液滴微爆特性测试在可以控温的燃烧室中进行,宜使用氮气模拟环境气体。

5.2.2 实验温度由研究目的确定,宜在 200℃~1600℃,温度误差为环境目标温度值±2℃。

## 5.3 燃料要求

5.3.1 实验燃料根据需求选用,宜采用磁力搅拌器对配制好的燃料进行充分搅拌,对互不相融的燃料采用适当助溶剂。

5.3.2 实验燃料在配制后应立即用瓶塞封口。

## 5.4 设备参数要求

5.4.1 导轨移动速度。导轨移动速度宜控制在 0.005 m/s~0.02 m/s。

5.4.2 导轨移动行程。导轨行程宜控制在 100 mm~200 mm。

5.4.3 悬挂装置宜采用石英丝,根据液滴粘性和尺寸选择石英丝的尺寸,范围宜为 0.1mm~0.3mm。

5.4.4 液滴发生装置宜采用微升注射器,常用有 1μl 和 5μl 注射器,误差在±0.1μl。

## 5.5 安全要求

5.5.1 配制具有毒性或腐蚀性燃料时,注意通风,佩戴橡胶手套必要时佩戴防毒面具。

5.5.2 实验过程中视窗周围温度较高,实验时佩戴棉质手套,在悬挂液滴时注意实验人员手与悬丝之间的距离。

## 6 测试与图像处理流程

### 6.1 测试流程

6.1.1 根据实验目的,配制实验混合燃料,同时注意配制过程中的注意事项。

6.1.2 打开高速摄影机,调整焦距使物象最为清晰。

6.1.3 设置实验环境温度。

6.1.4 开机运行,待环境温度至目标值。

6.1.5 打开氮气瓶和流量控制器开关,将氮气通入加热设备中。

6.1.6 将液滴悬挂在悬丝上,接通导轨电源。

6.1.7 接通拍摄触发开关,按下程序开关,将液滴输送至焦点位置,记录液滴发生微爆过程的信息。



- 6.1.8 分别调整实验温度、燃料配和液滴大小参数，重复 6.1.6、6.1.7 步骤，进行实验并记录。
- 6.1.9 关闭电源，整理实验平台。

## 6.2 图像处理流程

- 6.2.1 根据高速摄影机拍摄时所设置的帧数和图片序列获取液滴出现膨胀和微爆等现象时所经历的时间、液滴直径变化以及次生液滴数量；
- 6.2.2 根据定义的微爆强度公式，计算液滴产生微爆时的强度；
- 6.2.3 根据计算结果绘制相应曲线，并进行分析。

## 7 测试记录

测试记录的内容包括液体燃料类型、液滴直径、气体介质、实验温度、氮气流量、拍摄速度、拍摄分辨率、曝光时间、比例尺、光圈。

附 录 A  
(资料性)  
测试示例

A.1 以生物柴油和乙醇为燃料为例，测试流程如下：

A.1.1 填写测试工况表，见表1所示。

表A.1 测试工况表

参数（单位）	值
液体燃料类型	生物柴油、乙醇
液滴直径（mm）	2
燃料体积比	6：4
气体介质	氮气
实验温度（℃）	600
氮气气体流量（L/min）	10
运输装置移动速度（m/s）	0.01
拍摄速度（帧/秒）	1000
悬丝直径（mm）	0.2
每种燃料实验次数	3

A.1.2 打开加热设备电源，将实验温度设定为600℃；

A.1.3 打开LED光源，利用导轨将混合液滴输送到燃烧室内指定的位置，通过调整焦距使物象最为清晰；

A.1.4 在电脑上设定相机拍摄速度1000帧/秒，设定导轨的移动速度为0.01m/s；

A.1.5 打开氮气瓶和流量控制器开关，将氮气通入加热设备中，根据石英管体积和氮气流量，计算通气时间；

A.1.6 设定管式炉实验温度为600℃，调整氮气瓶的流量为10L/min。待温度场稳定后将液滴悬挂在石英丝上，依靠导轨将液滴送至焦点位置进行实验；

A.1.7 重复A.1.2、A.1.3、A.1.4步，进行2次重复性实验；

A.1.8 对获取图像进行数字图像处理，根据图片序列获取液滴直径、膨胀时间、液滴数量等参数；

A.1.9 分别计算 $d_2$ 、 $d_1$ 、 $t_2$ 、 $t_1$ 和 $n$ 试验参数；

A.1.10 根据定义计算微爆强度；

宜采用如下微爆强度计算公式：

$$I = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} n \times 1000 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$I$  — 微爆强度，单位为毫米每毫秒（mm/ms）；

$d_2$  — 混合液滴膨胀到最大时液滴的平均直径，单位为毫米（mm）；

$d_1$  — 混合液滴在膨胀开始瞬间的直径，单位为毫米（mm）；

$t_2$ —液滴膨胀到最大时的时间,单位为毫秒(ms);

$t_1$ —混合液滴开始膨胀时的时间,单位为毫秒(ms);

$n$  —液滴微爆后产生的次级液滴数量。

A. 1. 11 根据计算结果绘制相应曲线, 并进行分析。

附 录 B  
(资料性)  
测试记录格式

B.1 测试记录格式见表 B.2。

表B.1 测试记录

参数 (单位)	值
液体燃料类型	
液滴直径	
气体介质	
实验温度 (°C)	
氮气流量 (L/min)	
拍摄速度 (fps)	
拍摄分辨率(pixel×pixel)	
曝光时间 (μs)	
比例尺	
光圈	
测试1	
测试2	
测试3	

记录人签字:

日期:

审核人签字:

日期:

---