

火焰稳定器滞留时间的测定

南京航空学院 蒋雷勇 张许南

气团在回流区内的平均滞留时间,对火焰稳定器机理的研究及稳定性能的估算有重要的意义^[1,2]。文献^[3]利用光电倍增管及交流放大器测定滞留时间,但计算麻烦,且易产生误差。文献^[3,4]虽谈到滞留时间的测定,但对具体装置都未说明。本文研制了一种测试装置,它能方便可靠地测定燃烧时气团在回流区内的滞留时间,也可用在冷态滞留时间的测定。

一、基本依据及实验装置

回流区的质量交换是非常激烈的,粒子的出现到布满回流区的时间仅是滞留时间的 $1/40$ ^[5],这说明回流区的成份是相当均匀的,这正是所谓“均匀反应器理论”的依据。假定质量交换率在回流区各处相同,那么如果在回流区中投放一些媒介物质,并突然切断它的供应则回流区中媒介物质浓度的衰减过程应符合衰减方程: $dc/dt = -kC$, k 为常数。设 $t=0$ 时 $C=C_0$, $k = \frac{1}{\tau_r}$ 则 $C = C_0 e^{-kt} = C_0 e^{-t/\tau_r}$, τ_r 为平均滞留时间。如果我们测得媒介物质浓度随时间而变化的过程,那么我们也就可以求得平均滞留时间 τ_r $\tau_r = (t_2 - t_1)/m(c_1/c_2)$

在低浓度下,浓度的大小可以通过媒介物质发光的强弱来反映,二者成正比关系。

1. 光路部分 夜间采用分光光谱仪对航空煤油正常燃烧的底色光进行观察,得窄带光谱系(图1),其中黄色是注入食盐水后出现的。

根据测得的底色光谱中没有的黄光存在证明采用钠黄光测量的可能性,只要能滤掉底色光,同时又消除外界杂散光的干扰,仅取钠黄光,则光路问题就基本解决。光路部分如图2所示:

为了滤掉底色光,采用了两块滤光片,头一块普通宽带黄色滤光片,另一块钠黄光干涉

滤光片,频带宽 $\pm 30 \text{ \AA}$ 。试验表明在没有钠盐加入时,火焰燃烧的光线存在与否对示波器零点无影响,这为准确测量创造了先决条件。

为了尽可能地消除杂散光,加了一直径很小的光阑。同时将所有元件都屏蔽在钢管中,保证白天同样可以测试,杂散光的干扰小于信号的1%。

2. 电路部分 电路如图3。其中光电倍增管分压电阻及输出电阻大小按要求选用。

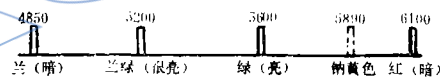


图1 航空煤油正常燃烧的光谱

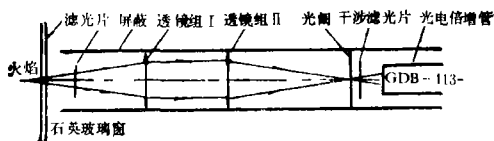


图2 滞留时间测定装置光路示意图

电路本身的频率响应是足够的, 滞留时间大约在 $10\sim 50\text{ms}$ 左右, 一个衰减过程衰减到 1% 左右, 所需时间为滞留时间的 4.5 倍, 而光电倍增管的频率响应高达 30MHz 。SF-72 数据放大器, 在频率小于 1K 周时都是平坦的。选用的光线示波器的振子FC6-2500自振频率为 2500 周, 使用频率为 1200 周, 这些都远远大于要测信号的频效, 因此可以讲电路系统的跟随性是很好的。

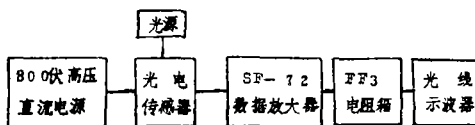


图3 滞留时间测定装置电路部分

电路增益的线性度同样很好, 光电倍增管的线性度 $0\sim 200\mu\text{A}$, 而使用范围 $<20\mu\text{A}$ 。SF-72数据放大器的直流增益线性度误差 $\pm 1\%$ 。FC6-2500振子也始终工作在 $\pm 50\text{mm}$ 线性范围。

3. 媒介物质的供应和切断 媒介物质的供应和切断是采用强力弹簧机构。媒介物质的供应采用了两种方法: 一种是钠玻璃封头的金属杆, 靠玻璃蒸发来获得钠离子; 另一种是利用细微的食盐溶液, 所得媒介物质的浓度是很低的。试验表明两种方法结果相同。

利用E323A通用计数器和E3241型时间测定器, 对机构的切断时间进行了测量, 切断时间 $<2.2\text{ms}$, 这足以保证滞留时间测试的准确性。

二、试验结果

试验设备同文献[2]。试验件有两种: 一种是圆锥形稳定器, 顶角 90° , 堵塞比 $S = 0.25$; 另一种为预燃稳定器, 主稳定器堵塞比 $S_m = 0.33$, 预燃堵塞比 $S_s = 0.6$, 顶角为 30° [6]。

试验结果表明, 对于这两种稳定器, 气团在回流区内的平均滞留时间 τ_r 和来流速度 V_0 成反比; 另外对于预燃稳定器, 滞留时间随预燃流量比 $\bar{G}_s$ 的增加而减少。

图4是锥形稳定器的试验结果, 并且和文献[4]进行了对比, 可以看到规律相同数值相 τ_r 和 V_0 成反比。这表明所建测定装置是可靠的。

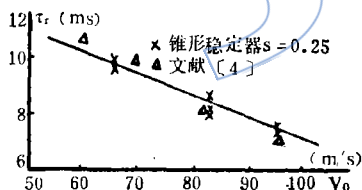
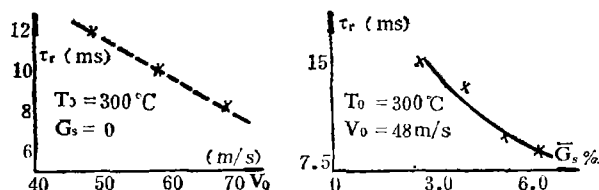


图4 锥形稳定器滞留时间和流速的关系

图5 $\bar{G}_s$ 和 U_0 对预燃稳定器滞留时间的影响

通过测试可以看到随速度 V_0 和 $\bar{A}\bar{G}_s$ 增加, 衰减加剧, 也就是讲滞留时间随 V_0 和 $\bar{G}_s$ 增加而减少。图5为预燃稳定器滞留时间的平均计算结果。

参考文献

- [1] BaLLaL, D.R. Lefebvre, A.H., "Weak Extinction Limits of Turbulent Flowing Mixtures", ASME Journal of Engineering for Power, July 1979. Vol. 101.
- [2] 蒋雷勇、张许南, "预燃式稳定器的研究模型及回流区的质量交换率", 中国航空科技文献HJB820063
- [3] Bovina, T.A., "Studies of Exchange Between Re-circulation Zone Behind the Flameholder and Outer Flow," 7th Symp. (international) on Combustion.
- [4] Winterfeld, "On Processes of Turbulent Exchange Behind Flame-holder", Tenth Symp. (international) on Combustion P.1265.
- [5] Longwell, J.P., "Flame Stability in Bluff-body Re-circulation Zones", Industrial and Engineering Chemistry, vol. 45, May 1953.
- [6] 王家骅, "一个简单预燃式火焰稳定器气流结构研究", 南航科技资料771, 1982.

(责任编辑 王华芳)

the length of flame front to the diameter of augmentor equals 1.2 ($L/D = 1.2$) when the swirl angle of 45° is selected. The coefficient of pressure loss in the swirl augmentor is not larger than that of a conventional afterburner. There is no obvious effect of pressure on the position of flame front.

MEASUREMENT OF RESIDUAL TIME OF GAS IN RECIRCULATION ZONE BEHIND FLAMEHOLDERS

Jiang Leiyong and Zhang Xunan

(Nanjing Aeronautical Institute)

Abstract

An instrument has been developed which provides sensitive and reliable measurement of the residual time of gas in the recirculation zone behind flameholders with flame. The experiments with this instrument show that the mean residual time is inversely proportional to the upstream velocity.

FUEL CAPTURE ON THE SURFACE OF V-SHAPED FLAMEHOLDER

Liu Zhigang, Wang Jiahua, Li Gaiqi

(Nanjing Aeronautical Institute)

Abstract

A new method for measuring the fuel capture on the surface of flameholder by means of V-shaped capture gutters is proposed. The relationship between fuel capture rate and individual parameters has been analysed. An empirical formula has been established. In the calculation, the concept of considering the edge of fuel droplet groups as reference trajectory has been set up. The fuel capture rate on the surface of V-gutter flameholder has been calculated and the results are in good agreement with the experimental data.

ENHANCEMENT OF HEAT TRANSFER IN TURBINE BLADE COOLING

Zhang Yuming, Gu Weizao, Liu Changchun

(Institute of Engineering Thermophysics)

Abstract

An experimental study on fully-developed turbulent air flow in rectangular passages with two opposite rib-grooved roughened walls has been performed to determine the effects of the rib-grooved pitch-to-height ratios on friction factor and heat transfer coefficients. A general method for predicting average friction factor and average Stanton number in rectangular ducts with two smooth and two opposite rib-grooved walls is developed. Experimental results show that the performance of the heat transfer in the passages with rib-grooved roughened walls is better than that in the passages with rib roughened walls at the same s/h . This work may be useful to internal cooling design of the gas turbine blade.