

光纤火焰监测装置研制及应用

中国航空工业总公司第 606 研究所 薛秀生* 邓 勇

【摘要】 介绍一种高温及红外辐射环境中的火焰快速监测新技术。应用此技术研制的国内首套加力点火器内部火焰光纤监测装置,成功地应用于工程实验测量,解决了一项加力燃烧室测试难题。此类装置已成为发动机加力点火器出厂检验及实验中的一种必备的监测设备。

主题词: 高温 火焰监测器 设计
分类号: O433.52

发动机点火器性能达不到预定要求直接影响整机正常研制。要研制出满足发动机性能要求的加力点火器,必须对工作在真实环境下的加力点火器头部电嘴打火时间、着火时间、外部火焰引燃时间进行动态测量。目前,国外有实用的加力火焰监测系统,但其前端传感部尺寸较大、系统采用复杂的双光谱相关分析技术,造价昂贵。国内已有的火焰监测装置都无法对高温状态下的加力点火器火焰进行快速监测。为满足发动机研制需要,必须研究高温环境下火焰监测新技术,研制加力点火器内部火焰实用监测装置。本装置研制结束后,立即应用于某型加力点火攻关试验工作中。经几十次实用证明,该装置工作可靠,响应时间短,测量准确。

1 方案选择、测量原理及装置构成

发动机加力点火器鉴定试验在特定的加力点火试验器上进行。点火器工作环境模拟发动机上的真实工作环境,其工作温度 800°C 左右,壳体温度在 550°C 左右。对测试的要求是重点解决火焰的有无及两处火焰信号的时差测量。火焰传递时间理论估算最小值在数十毫秒左右。为保证测试精度,系统测量时间响应设为 1 ms 。在理论分析和现场测试的基础上,拟用光电转换技术实现快速响应,用滤光技术消除红外背景光干扰,用特制光纤传感器进行高温隔离,用超净化电源结合屏蔽、滤波,提高抗电磁干扰能力。

对于火焰信号,在要求时间分辨率达毫秒级时,仅有光电变换测量一种方法可以使用。由于加力点火器工作于发动机的后部,其内部燃气构件的工作温度经常在 $600\text{--}1000^{\circ}\text{C}$ 之间变化,并发出强度很大的红外辐射,同时其主峰波长和辐射强度随工作温度

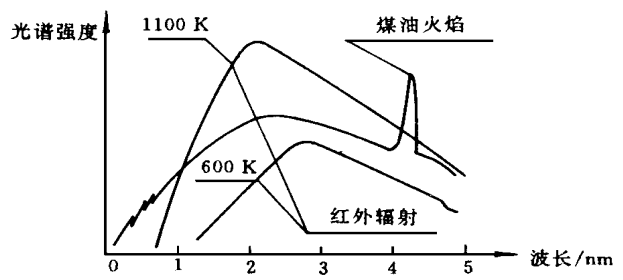


图1 光谱特性

而变化,使得背景光和加力点火器火焰光的光谱几近完全重叠。有关光谱特性见图 1。点火器输出的光信号是红外辐射光与点火器火焰光二者的叠加。要实现火焰监测必须消除燃气及构件辐射的光学干扰,同时减小或消除环境温度所带来的元器件热噪声。对图 1 分析可得出:在 $\lambda = 0.52 \text{ mm}$ 以下的短波长区域内由高温燃气和高温构件产生的热辐射能量很低,但这一区段的火焰光谱仍有一定的能量,因而用滤光法滤出这一区段的光信号进行测量,即可有效的减小背景光的影响。对于光电元件的温度效应,则可利用光纤将光信号从高温区传至常温区,再将光电元件置于常温区进行测量,同时还可对传感器进行冷却以尽可能的减少光电变换元件的温度变化。根据国内光电敏感元件、镀膜、光纤技术水平,及加力点火器和加力点火试验器内除高温燃气和构件产生的红外辐射外基本无杂散光这一特点,这一方法的实现是可行的。

2 光信号的获取与处理及光电变换器设计

光路与机械结构联合设计。前端安装于加力点火器上进行光信号收集,其工作温度较高。后端联滤光片进行滤光处理并将光信号投射到光电变换器上。前后端用光导纤维联接光路,通过设置入光透镜以扩大进光视角。加力点火器安装在试验器上后,为减小点火器内部变形对气流影响,其上监测窗口直径设计较小。依据普通光电元件对紫外光不响应这一特点,窗口透镜选用普通石英玻璃透镜,传光部件选用可保证头部安装设计通光截面的集束式石英光纤束,可在 80°C 环境中工作。为使光纤的最高工作温度低于 80°C ,在透镜前设置了冷却带。滤光片用防红外光学玻璃加多层镀膜制成,其通带为 $0.34\sim 0.52 \text{ mm}$,通透率大于 0.7,工作温度 $0\sim 60^\circ\text{C}$ 。选用短波长光响应好的蓝紫光电池为受感元件。有关光谱特性见图 2。

光路设计的原则是在保证滤光片安装的条件,使尽可能多的光投射到光电池上。机械设计需保证其安装可靠性和方便性。光电变换器是整套装置的关键部件,理论分析认为,在测量所用的光谱段,火焰光能量、光电池响应都较弱,同时选用的弱光响应特性较好的光电池,其频响也仅有几百周。光电变换器首先要解决的问题是弱光响应与频响特性的矛盾。必须采取电路与仪器结构联合设计的方法进行设计,以尽可能提高电路的抗干扰能力。

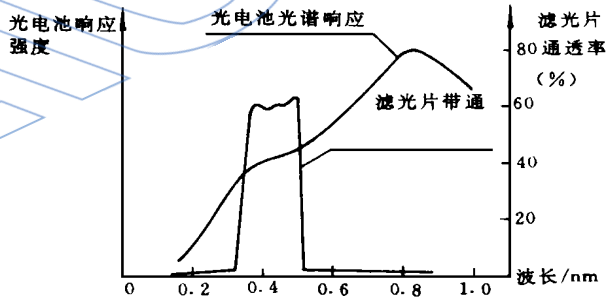


图 2 光谱特性

对光信号弱的问题,由于受条件限制,不能采用加大进光面积或展宽测量带宽以增加总能量的方法给予解决。本装置采用了超低噪声低失调前级放大器及严格的屏蔽设计,对放大器进行不间断的冷却以消除环境温度对光敏元件的影响。为提高响应速度,采用反接光电池这一灵敏度及频响都较好的方法。为解决微弱信号放大问题,采用分离式二次稳压电源或电池电源,以尽可能消除交流干扰。总电路设计为 4 部分:光电变换及阻抗变换;信号放大;工作状态指示;电源。

3 调试及应用

由频率信号发生器产生不同频率的正弦波信号和低频方波信号送至发光元件,用金属管隔离背景光,测量光纤火焰监测装置的频率特性和时间响应;用光功率可调的光纤专用红外光

源,用金属管隔离背景光,测量光电变换灵敏度。实测-3 dB 频带为 0-1.1 kHz,火焰监测装置的输出达到其最大值的 90%所用的时间为 0.35 ms,光电变换灵敏度为 16.6 mV/nW,最大输出幅度为 8V。从工程实用的角度出发,用煤油喷灯火焰替代加力点火器火焰,验证光纤火焰监测装置的测量灵敏度,实验显示此装置输出与火焰有无是同步的。将加力点火电嘴安装于点火器上,调整监测窗的空间安装角使之对准点火电嘴,调试中通过示波器观察到电嘴打火时的监测输出幅度达 4V,无自激现象发生。

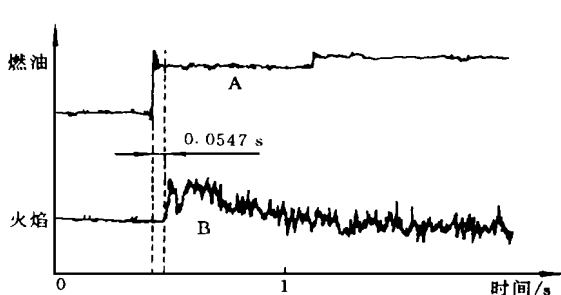


图 3 点火测量记录

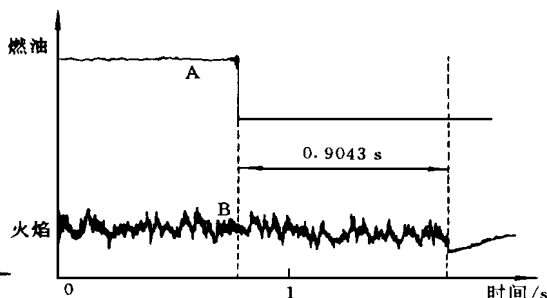


图 4 熄火测量记录

在某发动机加力点火排故工作中,光纤火焰监测装置进行了实测应用,依据工作要求进行动态测试,以供油电磁阀的动作时刻为时间基准,用两套火焰测量装置测量点火器内外燃火时刻及时间差,成功地进行近三十型次的加力点火器火焰监测^[1]。图 3 为点火测量记录,其 A 为点火嘴电磁阀电压信号,B 为加力点火器内部火焰监测信号。图 4 为熄火测量记录,其中 A 为供油控制信号,B 为火焰监测信号。装置经受了探测部位高温环境和高强度振动考验,在实验设备强电磁干扰环境中,累计工作 150 小时以上,工作状态指示正确,无漏报和误报现象,实验测量数据真实可靠。实验证明,此类光纤火焰监测装置已达到原定工程实用指标。

4 小 结

在这项研制工作中,突破了以下几项技术难点:(1)气冷式 $\phi 6$ mm 光路传感器的设计与制作;(2)强红外光环境中的火焰光信号的识取;(3)低噪声高灵敏度光电变换器研制。该装置是国内首套加力点火器内部火焰光纤监测装置,经受了某发动机加力点火器攻关试验的考验数十次现场应用证明,达到工程实用要求,具有灵敏度高、抗干扰能力强、性能稳定、使用方便等优点,已成为发动机加力点火器出厂检验及实验中的一种必备的监测设备。

参 考 文 献

- 1 邓勇.某型发动机加力点火器点燃时间测试报告.航空工业总公司第六〇六研究所,1994

(责任编辑 魏星禄)

can predict mass flux time curve and pressure time curve of the igniter, transient pressure time curve in main motor pressure set-up process and pressure time curve for the SRM with the given free volume. Therefore the package SRMICAD will serve as an important tool for design and theoretical analysis of various solid rocket motor igniters.

Key Words Solid propellant rocket engines Igniters Softwares

A MODIFIED EXTENDED KALMAN FILTER AND ITS APPLICATION TO ENGINE STATE ESTIMATION

Yang Jianjun, Fan Siqu, Shi Zhongke

(7th Dept. Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

ABSTRACT A new method of nonlinear filter—a modified extended Kalman filter is proposed. It is used to estimate engine states of WP13-A II with flight experiment data. The problem of divergence in engine state estimation is solved very well due to this algorithm improving the accuracy of filter and one step prediction. The results show that the numerical stability of this algorithm is better than that of the conventional Extended Kalman Filter, and the method is also effective when engine state deflects.

Key Words Aircraft engines Filtering theory Numerical computation

AN OPTICAL FIBER FLAME MONITOR

Xue Xiusheng and Deng Yong

(Shengyang Aeroengine Research Institute, Shengyang 110015)

ABSTRACT A new fast monitor technique for flames in an environment of high temperature and infrared radiation. The first set of optical fiber monitors for afterburning igniter flame has been successfully applied to engineering measurements and shot a trouble in aeroengine afterburner measurement.

Key Words Flame monitor High temperature Design

FAULT DETECTION, IDENTIFICATION AND ACCOMMODATION OF AEROENGINE SENSORS

Zhang Jing and Wang Dingqiang

(4th Dept. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

ABSTRACT The fault detection filter is adapted to designing detectable matrix and diagnostics logic. The concept of fault gain is used to incorporate the accommodation logic. An algorithm is proposed, which is able to detect, identify, accommodate the faults of the sensors. The results of simulation proved the availability of the algorithm.

Key Words Sensors Fault detection Fault diagnosis