

波瓣喷管红外抑制系统的实验研究

南京航空航天大学 张靖周* * 李立国 高 潮 何文斌

摘要】 在电加热风洞上对不同的引射流量比和遮挡间距进行了混合流出口的总温分布和混合管及遮挡套壁面温度分布的测试。结果表明: 冷气掺混具有降低排气温度和混合管壁面温度的双重作用, 其降温效果在大引射流量比下更为显著; 当遮挡间距大于 20 mm 时, 遮挡隔热可以使遮挡套壁温接近于环境温度。同时, 在燃烧设备上对一典型结构的波瓣喷管红外抑制系统进行了尾焰辐射亮度和总体辐射强度测试, 证实其可显著地降低红外辐射。

主题词: 红外辐射 抑制 喷管

分类号: O358

大量的研究表明, 波瓣喷管由于其波瓣结构的诱导, 在尾缘形成大尺度的二次环流并在下游发展成流向涡, 使两股流体发生对流型的强化混合, 因此具有较理想的引射能力和混合效率, 在航空发动机排气混合系统和红外抑制系统中已得到广泛应用^[1-3]。本文旨在对波瓣喷管红外抑制系统进行实验研究, 分析冷气掺混和遮挡隔热的作用机制和红外抑制效果。

1 实验简介

主流从波瓣喷管流出, 抽吸环境空气进入集气室, 两者在弯曲混合管内掺混后排入大气。实验模型有大、小两套, 小模型在电加热风洞上进行^[4], 大模型在燃烧设备上进行^[5], 其主要结构参数详见文献[4, 5]。研究内容包括: (1) 在电加热风洞上, 通过改变引射气流通道的流通面积和遮挡套的遮挡间距, 研究引射流量比和遮挡间距对混合管出口气流总温分布和混合管、遮挡套底部壁面温度的影响。实验条件: 主流流量为 0.06 kg/s, 主流总温 240 , 总压 102325 Pa; 环境温度 28 , 遮挡间距为 5-35 mm。(2) 在燃烧设备上, 用 12-550 光谱辐射计和响应波段为 3.63-4.84 μm 的积分辐射强度计进行尾焰的红外辐射亮度和总体红外辐射强度测试。为了评价红外抑制的效果, 设计了一个排气截面积与波瓣喷管相等, 几何形状与弯曲混合管相似的排气管。实验条件: 主流流量为 1.0 kg/s, 主流总温 600 , 总压 112060 Pa; 环境温度 32 , 遮挡间距为 30 mm。

2 实验结果与分析

2.1 小模型实验

图 1 为弯曲混合管出口截面的总温等值线图

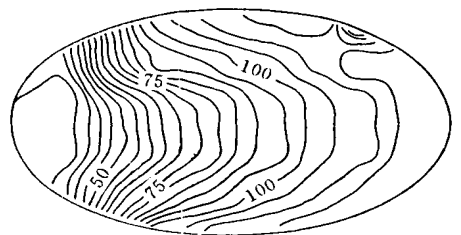


图 1 混合管出口截面等温线图

(引射流量比 $\Phi = 0.97$), 可以看出其温度分布具有马鞍形的特征。对于其他几种引射流量比, 其温度分布亦具有这个特征见图 2(图中 1. $\Phi = 0.28$, 2. $\Phi = 0.63$, 3. $\Phi = 0.97$, 4. $\Phi = 1.26$, 5. $\Phi = 1.59$), 即靠近中线的温度低于两侧壁的温度。而在排气口的长轴方向, 尾部气流温度明显高于前缘。产生这种温度分布的原因应归结于从喷管流出的高温高速主流冲击弯曲混合管壁形成壁面射流, 同时受弯管二次流离心力的作用和混合管底部及其两侧壁挤压的作用。随着引射

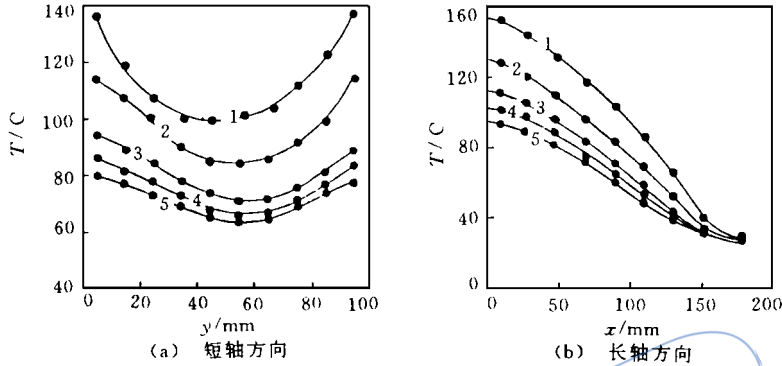


图 2 混合管出口温度分布

流量比的增大, 马鞍形趋于平缓, 长轴方向的温度梯度也趋衰减。图 3(图中 1. $S = 5 \text{ mm}$, 2. $S = 10 \text{ mm}$, 3. $S = 20 \text{ mm}$, 4. $S = 30 \text{ mm}$, 5. $S = 35 \text{ mm}$) 为不同引射流量比和遮挡间距下, 混合管出口气流最高温度、混合管壁面和遮挡套壁面最高温度的变化趋势。随着引射流量比的增大, 混合气流最高温度和混合管壁面最高温度大幅度下降, 且两者差值也随之增大, 表明引射冷气掺混的作用机制是双方面的, 其一, 利用冷热气流的混合使主流的温度降低, 使主流对混合管壁的传热减少; 其二, 引射的冷气对混合管壁具有隔离热气流的保护作用, 进一步使混合管壁温下降。随着遮挡间距 S 的增加遮挡套壁面的温度在 $S = 0 - 10 \text{ mm}$ 范围急剧下降, 在 $S = 30 \text{ mm}$ 之后变化甚微, 接近于环境温度, 且对于不同的引射流量

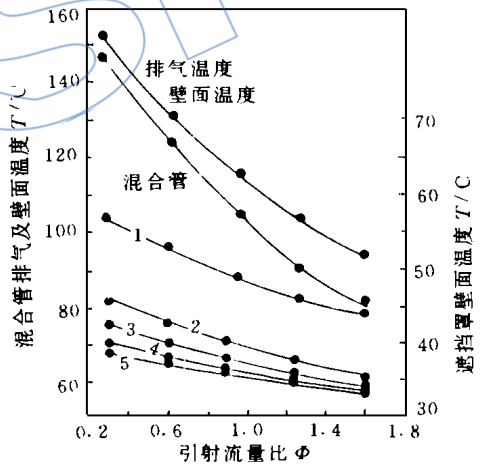


图 3 引射流量比和遮挡间距的影响

比, 其值差异也很小。在小的遮挡间距下, 导热是混合管和遮挡套之间传热的主要途径, 这时遮挡套的隔热作用难以完全发挥; 当 S 大于 20 mm , 导热作用微弱, 两者之间的传热主要依赖于辐射换热。

2.2 大模型实验

在大模型上测得的热力参数如下: 引射流量比 1.8, 混合管出口气流最高温度 222°C , 混合管壁面最高温度 180°C , 遮挡套壁面最高温度 40°C 。图 4 为波瓣喷管红外抑制系统和简单弯曲排气管的排气尾焰的光谱辐射亮度, 可见: 简单弯曲排气管和波瓣喷管红外抑制系统的峰值辐射波长分别为 $4.39 \mu\text{m}$ 和 $4.38 \mu\text{m}$, 这主要是二氧化碳的波段辐射, 但是峰值光谱亮度分别为

2.1×10^{-7} 和 2.75×10^{-8} (为保密起见, 略去单位量纲), 两者的气流辐射亮度相差一个数量级。

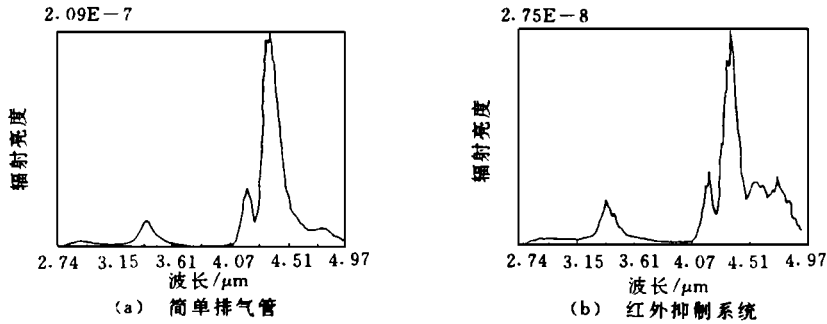


图 4 排气尾焰辐射光谱亮度

如果把简单排气管测出的最大辐射强度作为基准, 便可获得相对的辐射强度归一化分布 (图 5), 对无抑制简单排气管, 尾焰辐射只占其总体辐射的 20%; 对于波瓣喷管红外抑制系统, 只进行冷气掺混, 其总体辐射度约为无抑制排气管峰值强度的 15%, 再加以遮挡, 总体辐射强度约为无抑制排气管峰值强度的 1%, 由此可以进一步说明冷气掺混和遮挡隔热对抑制红外辐射的作用机制。

3 结论

(1) 引射冷气掺混的作用机制是双方面的, 随着引射流量比的增大, 混合气流最高温度和混合管壁面最高温度大幅度下降, 因此在流动压力损失允许的条件下, 应追求尽可能高的引射流量比。
(2) 在小的遮挡间距下, 导热是混合管和遮挡套之间传热的主要途径, 这时遮挡套的隔热作用难以完全发挥, 必须使遮挡间距不小于 20 mm。
(3) 波瓣喷管红外抑制系统因其引射混合效率高, 可大幅度地降低红外辐射信号, 冷气掺混和遮挡隔热对降低红外辐射所起的作用都是十分重要的。

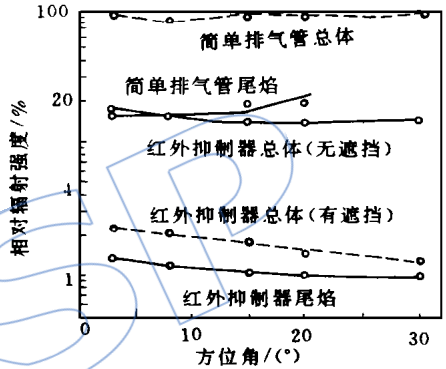


图 5 归一化的相对辐射强度比较

致谢 本文的红外测试得到了航空工业总公司 014 中心的大力支持, 谨致感谢。

参 考 文 献

- 1 Skebe S A, Paterson R W, Barber T J. Experimental Investigation of Three-Dimensional Forced Mixer Lobe Flow Fields. AIAA: 88-3785
- 2 Presz W M, Gousy R G. Forced Mixer Lobes in Ejector Designs. AIAA: 86-1614
- 3 Francois T. Internal Aerodynamics of Infrared Suppressors for Helicopter Engines. 40th Annual National Forum of the American Helicopter Society, 1984
- 4 张靖周, 李立国, 高潮. 波瓣喷管—弯曲混合管引射系统的实验研究. 航空动力学报, 1994, 9(1)
- 5 杨致明, 李立国. 红外抑制器两种缩比模型的对比实验. 南京航空航天大学学报, 1994, 26(4)

FAILURE DETECTION ISOLATION AND ACCOMODATION OF SENSORS FOR ENGINE CONTROL SYSTEM

Yang Weihua, Sheng Wen, Sun Jianguo

(2nd Dept. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016)

ABSTRACT A method of failure detection, isolation and accomodation for engine sensors is presented. The method is based on engine component level nonlinear model and extended Kalman filter to obtain optimal estimation values of failed sensors and calculation references of the engine model. This makes engine model adapt to the actual engine perfectly and provides analytical redundancy for the failed sensors. In this case, the reliability of the engine control system is enhanced greatly. A numerical digital simulation of a given turboshaft engine has been accomplished. The results prove the effectiveness and practicability of the present method.

Key Words Aircraft engines Failure detection Sensors

AN EXPERIMENTAL STUDY ON A LOBED NOZZLE OF AN INFRARED SUPPRESSION SYSTEM

Zhang Jingzhou, Li Ligao, Gao Chao, He Wenbing

(2nd Dept. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016)

ABSTRACT An experimental study on the lobed nozzle of an infrared suppression system has been carried out at the low-speed wind tunnel with the electrical heater. The total temperature distribution at mixing flow exit and the temperature distribution on mixing duct and sheltering sheath were measured under different mass flow ratios of secondary stream to primary stream and different distances of the mixing duct from the sheltering sheath. The results show that ambient air mixing plays a dual role for reducing the exhaust temperature and mixing duct temperature. Sheltering from the hot wall makes the sheltering sheath temperature close to ambient temperature in case of the sheltering distance greater than 20 mm. Simultaneously, the plume irradiance and total radiation intensity for a typical lobed nozzle of an infrared suppression system were also measured to evaluate the infrared suppression effect. The data indicate that it does significantly reduce infrared radiation signature.

Key Words Nozzles Infrared radiation Suppression