

背景对目标红外辐射测量影响的实验研究

北京航空 航天大学 魏福清

【摘要】 在排气引射红外抑制系统的实验研究中, 通过对目标背景的各种处理方法、实验对比及分析, 了解背景对目标红外辐射特性测量的影响规律。实验结果表明: 在大背景小目标情况下, 必须十分注意对背景进行遮挡和冷却处理。在选择遮挡材料时, 如果被遮挡部位处于高温部件的直接辐射场中, 则应选用表面发射率高的板材, 否则应选用高反射板材。遮挡板的定向应使其板面垂线与探测器轴线有较大夹角。

主题词: 红外辐射 测量 抑制
分类号: TN219

1 实 验

为了消除背景对目标红外辐射信号测量的影响, 可采取的有效方法是对背景进行遮挡及恒温冷却处理等^[1]。图 1 所示的实验装置是一个向上偏转的带有引射环境冷空气的排气混合管。主喷管前的燃气温度控制在 $510 \sim 10^{\circ}\text{C}$, 燃气流量为 0.8 kg/s , 与主喷管连接的管道上有

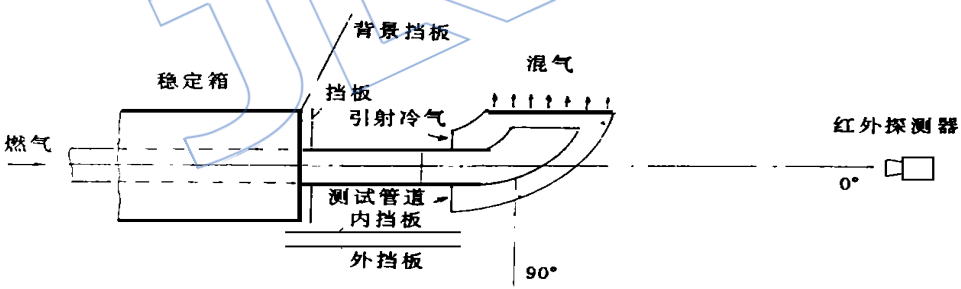


图 1 排气引射红外抑制系统实验装置图

一个直径为 636 mm 与管道同轴安装的稳定箱, 箱体外壁涂有普通漆, 其前端面即为直径 636 mm 的圆盘, 它成为排气管后轴线方向探测时的主要背景。稳定箱前端面与试件(排气引射红外抑制系统)之间还有一段测定燃气温度和压力的露裸的测试管道。采用的一台双波段红外辐射仪的工作波段分别为 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 和 $7 \sim 14 \mu\text{m}$, 视场角约为 4.5° 。探测器与目标(红外抑制排气系统)的距离为 10 m , 规定燃气管道后轴线方向为 0° 方位角, 并按顺时针方向转动时为方位角增大方向。为了避免高温测试管道被置于各方位角上的探测器观察到, 在测试管道与探测器之间设置了固定挡板。挡板共有两层, 内层用普通铁板, 主要起隔热作用, 外层用光滑铝板, 它

具有 < 0.1 的材料表面发射率,而且其温度接近大气温度,因而可忽略它的辐射影响。

图2所示曲线对应的红外试验是在白天进行的,气象条件是气温 26°C ,有阳光和较大风。图2中的曲线除了来自目标的辐射外,还有来自背景的辐射。在 $> 30^{\circ}$ 方位角范围内,主要有窗和墙的辐射以及它们对阳光的反射;在 $< 30^{\circ}$ 角范围内,主要来自稳定箱前端圆盘的辐射,由于它具有较高的温度,较大的面积以及较高的表面发射率,因而它具有较大的辐射贡献。

图3的试验气象条件为气温 27°C ,白天,无风。与图2的不同之处是在稳定箱前端设置了用光滑薄铝板的背景挡板。由于它的材料发射率和吸收率很低(一般 < 0.1),因此,高温部件对它的辐射而被它吸收的热量较少,因而温升不大。加之,它的发射率很小,所以它对辐射仪的辐射很小。照此分析,在 $< 30^{\circ}$ 角范围内,图3的曲线应低于图2,但恰相反。其原因在于尽管光滑铝板的自身发射很小,但它的反射率很高。在本实验条件下,它们的温度为 $600\sim 700\text{ K}$ 左右,对照普朗克光谱分布曲线和维恩位移定律,它们的辐射峰值刚好落在 $3\sim 5\mu\text{m}$ 波段范围内。由此,从曲线上可明显看出,尽管图3两个波段的曲线较图2在 $< 30^{\circ}$ 角范围内均有增加,但在 $3\sim 5\mu\text{m}$ 波段内的增加量更为突出。

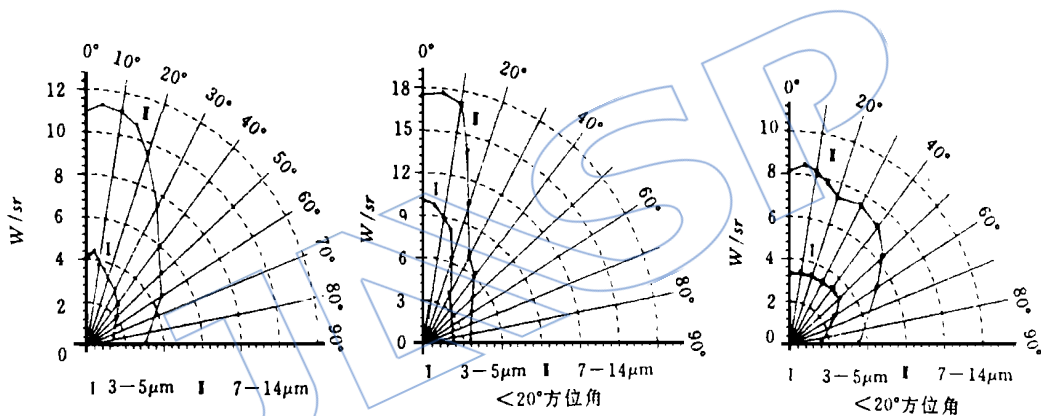


图2 背景无遮挡时的红外信号

图3 光滑铝板遮挡背景时的红外信号

图4 锈铁板遮挡时的红外信号

图4的试验是采用了严重锈蚀的冷铁板遮挡,实验是在夜间进行的,因而无阳光干扰。把图4与图2、图3对照,可明显地看到,在 $< 30^{\circ}$ 方位角范围内水冷铁板的遮挡效应,即前者的辐射强度比后者小得多。而在 $> 30^{\circ}$ 范围内,由于稳定箱前端圆盘已落到探测器视场以外,所以3个图上的曲线数值基本相同,其细微差别是由于气象条件及控制燃气温度误差等因素造成的。

为了解风对排气引射红外抑制系统红外辐射信号的影响,图5的曲线对比了有风吹和两种情况($I_{A3-5\mu\text{m}}$ 有风机, $I_{B3-5\mu\text{m}}$ 无风机, $II_{A7-14\mu\text{m}}$ 有风机, $II_{B7-14\mu\text{m}}$ 无风机)。可以看到,在 $< 30^{\circ}$ 角内,两个波段的红外辐射强度均有明显差别。有风机吹的曲线高于无风机吹的曲线,原因可能是由风机吹出的旋风把排出的燃气吹乱,使排气系统周围的背景被加热,增加了热燃气在探测器视场中的体积造成的。而在 $> 30^{\circ}$ 角范围内,两者的差别不大。

在图6的试验中,采用了与图2-图5不同的排气引射红外抑制系统。为了尽可能消除背景的影响,选在夜晚试验时,除采用水冷锈铁板遮挡稳定箱外,还在探测器可能观察到的各背景方向上,用固定的水冷锈铁板档上,这便在各方位角上构成了均匀稳定的背景条件。铁板平面的垂线方向与探测器轴线尽可能偏离平行,以使铁板对高温部件的反射辐射尽可能少地进入

探测器视场。表 1 中提供了背景作上述处理的一组实验数据。表中正向表示辐射计先从 90° 方位角开始测量, 并依次转移至 0° 方位角, 反向则与上述过程相反。表中数据表明: 在每个方位角上前后两次测量的数据极其接近, 尤其是 $3-5\ \mu\text{m}$ 波段,

两者最大相对差值仅 2%。而在图 2- 图 5 对应的各次测量中, 只要控制燃气温度基本不变, 反向测得的值均高于正向值很多, 且方位角越小, 差值越大。由此可见, 在红外试验中, 能否保持目标所处背景的均匀与稳定, 它关系到红外试验的成败。

表 1 $0^\circ \sim 90^\circ$ 方位角上两个波段的辐射强度 J 的测量值 (W/sr)

波 段 辐射强度 J		$3-5\ \mu\text{m}$		$7-14\ \mu\text{m}$	
		正向	反向	正向	反向
方 位 角 ($^\circ$)	0°	6.51	6.51	14.20	14.20
	15°	3.12	3.11	9.25	9.30
	30°	1.31	1.28	4.97	5.02
	45°	0.90	0.90	2.96	3.06
	60°	0.66	0.67	2.39	2.55
	90°	0.40	0.41	1.00	1.12

2 结 论

(1) 在红外试验的红外测量中, 必须十分注意对背景的处理。在大背景小目标情况下, 背景的细微变化或不稳定, 都会对测量结果造成较大影响。在 $8-14\ \mu\text{m}$ 波段, 其影响尤为明显;

(2) 为了给目标构成一个均匀稳定的背景, 可以对不均匀的背景进行遮挡和冷却。在选用遮挡材料时, 如果被遮挡部分处于高温部件的辐射场中, 则为了尽可能减少它对高温部件辐射的反射辐射进入辐射仪探测器视场, 应选取表面发射率高的材料, 否则应选取低发射率材料;

(3) 遮挡板的定向, 其板面垂线应尽可能不与探测器轴线平行, 两线夹角越大越好, 以使遮挡板对高温部件辐射的反射辐射以及其自身的发射辐射尽可能少地进入探测器视场;

(4) 为了避免阳光的影响, 红外试验的测量最好在阴天或夜晚进行;

(5) 环境大气温度和风速及其方向均会影响目标的红外辐射特性。一般地, 风大及气温低, 红外抑制系统的散热降温条件好, 可使目标红外信号降低。因此在进行红外测量时, 必须记录大气条件。

参 考 文 献

- 1 Infrared signature measurement techniques and simulation methods for aircraft survivability, G. E. Varney, General Electric Company Aircraft Engine Group Cincinnati, Ohio 457215, AIAA/SAE/ASME-1979

(责任编辑 杨再荣)

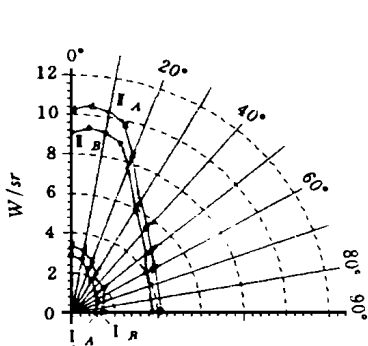


图 5 对比有无风吹风时的
红外信号

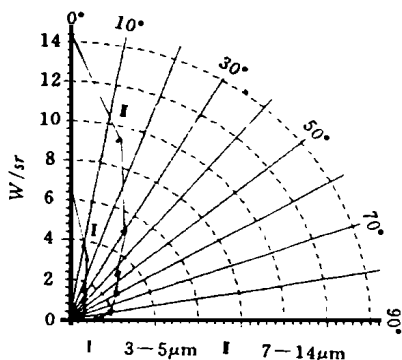


图 6 在全部方位角上用水冷铁板
遮挡时的红外信号

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON TURBULENT CHARACTERISTICS IN COUNTERROTATING AIRFLOW FIELD

Huang Xuemin, Wang Hongming, Zou Zhengping

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

ABSTRACT

Fluctuating velocity, turbulence intensity and the fluctuating frequency of turbulent airflow within a counterrotating airflow field were investigated experimentally with hot-wire anemometers. It is showed that turbulence intensity and fluctuating velocity are very large in the boundary layer region, where counterrotating airflow mixes violently; after mixing, the turbulence intensity of swirling airflow decreases and distributes uniformly in radial direction; various eddy scales exist in airflow field, the fluctuating frequency band is very wide without main frequency.

Key words Fluctuating velocity Flow fields Turbulent flow

AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON EFFECTS OF BACKGROUND ON TARGET INFRARED RADIATION MEASUREMENTS

Wei Fuqing

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

ABSTRACT

The effects of background on target infrared radiation measurements were investigated experimentally by means of background treatment and under different meteorological conditions. Some suggestions are offered for eliminating the effects of the background and improving the infrared radiation measurement of the target, as well as for recording meteorological conditions to correct the infrared radiation measurements.

Key words Infrared radiation Measurements Restraints

THERMAL CAVITY- PLUME COMBINATION RADIATION

Xu Nanrong and Zhu Gujun

(5th Dept. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

ABSTRACT

The problem of thermal cavity (afterburning cylinder of a jet engine) and plume combination radiation is considered. The radiative transfer differential equation was derived. The solution of the differential equation was then obtained under the radiative boundary conditions. The detailed solution of radiative transfer equation was elaborated for a thermal cavity, filled with high temperature gas and surrounded with multiple walls of different temperatures. The detailed spectral radiant intensity expression was also given for the back hemisphere. Then a spectral radiation intensity expression was also derived for the thermal cavity-plume combination radiation. Finally a numerical example was given. Its results show that the spatial distribution of the thermal cavity-plume combination radiation has a pear shape just like that of measurements. The spectral distribution is also consistent with measurements.

Key words Radiation Jet engines Transport equation