

# 红外搜索跟踪系统测试仪

任 心 志

(天津光电技术研究所)

**摘要**——本文介绍了一种红外搜索跟踪系统测试仪的结构和工作原理，以及系统主要指标的测试方法。

## 一、前 言

建立红外辐射标准、统一红外系统性能指标及测试方法，是一项迫切的工作。本文就红外搜索跟踪系统（以下简称红外系统）主要性能指标的测试作一初步探讨，期望引起同行的关注和讨论。

红外系统测试比较复杂，要准确描述和说明红外系统性能比较困难。系统所响应的信号频带宽、与波长的关系复杂，从光学系统、调制盘到探测器都是关系复杂的非线性函数，难于精确描述和计算。准确模拟实际目标、背景的辐射和大气传输情况更为困难。红外辐射不可见，而且任何物体均会产生辐射，由于上述种种原因，测试是困难的。

## 二、测 试 仪 器

该仪器主要用于跟踪、制导系统的测试和研究。

### 1. 仪器的用途和技术指标

仪器可模拟某些红外目标的辐射和运动，可测试与系统作用距离有关的参数，及系统各

表 1 测试仪主要性能指标

性 能	指 标	性 能	指 标
方 位 范 围	±90°	位 置 精 度	<1'
俯 仰 范 围	+25~-25°	辐 射 源 温 度 范 围	50~500°C
方 位 速 度	0~30°/s	辐 射 源 稳 定 度	0.2°/4h
俯 仰 速 度	0~20°/s	辐 射 平 行 度	<1'
目 标 距 离 范 围	0.2~12 km	衰 减 器 范 围	20 倍

本文 1982 年 8 月 31 日收到。修改稿 1983 年 7 月 19 日收到。

种特性参数; 可研究系统的响应、活动目标的捕获、跟踪的情况、及跟踪速度和跟踪精度。其主要性能见表 1。

## 2. 仪器结构

测试仪主要由辐射源、准直仪、模拟转台及控制台组成。

### (1) 辐射源

辐射源为一黑体, 腔体外绕有控温绕组  $W_1$ , 加温绕组  $W_2$ , 腔体内装有测温电阻  $R_t$ 。温控电路原理见图 1。

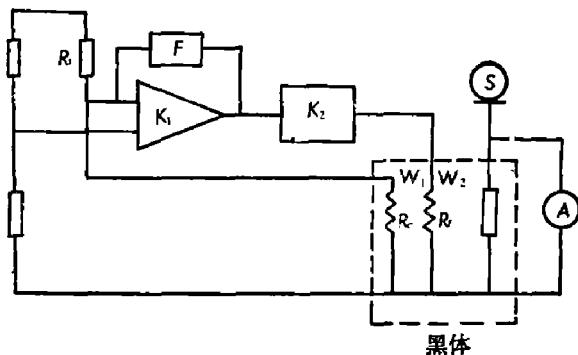


图 1 黑体温控电路原理图

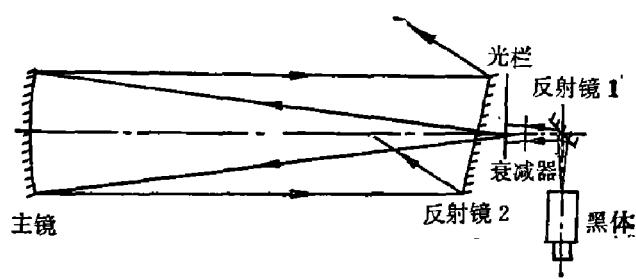


图 2 准直仪光路原理图

图 1 中  $R_s$  为定温电阻, 可按需要由人工给定;  $R_t$  为控温电阻, 敏感腔体温度变化。 $R_s$ ,  $R_t$  分别接在电桥臂上, 当  $R_s$  与  $R_t$  不平衡时就会有输出, 经放大后控制黑体加温, 直到在给定温度下稳定平衡为止。测温时, 恒流源  $S$  给测温电阻  $R_t$  恒定电流, 并由表  $A$  指示黑体温度, 其温度变化范围长期稳定度达  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

### (2) 准直仪

准直仪产生平行辐射, 模拟远距离目标。可变光栏模拟目标象尺寸的变化。

准直仪光路原理如图 2 所示。在光路中设置了衰减器, 它可以无惯性地连续改变辐射能量。此准直仪适应波长范围宽, 遮光面积小。

### (3) 模拟转台和控制台

该转台有二个自由度, 准直仪支承在转台上, 作方位、俯仰运动。转台由力矩电机驱动, 也可以手动; 同步机与转台连接, 可给出转台的位置。控制台通过电缆与转台相连, 其内装

有转台的控制和操纵电路, 及黑体温控电路和各种指示电路。图 3 为模拟转台控制原理框图。

模拟转台控制回路是一个速度回路, 可用电位计  $W_1$  操纵, 或由信号发生器 SG 驱动。同步机  $S$  与转台是机械连接, 经解码后指示目标位置; 位置信号经微分获得目标速度, 作速度指示, 并作速度反馈。

## 3. 工作原理

红外系统是一种“光学”形式输入, 测试时必须使运动目标的辐射始终通过试件位标器旋转中心, 图 4 为测试仪测试原理及工作位置图。

测试仪方位转轴与试件位标器方位轴大致重合，测试仪俯仰转轴在位标器中心下距离为  $H$ ,  $H = L \cdot \cos \alpha_0$ 。

测试中可通过改变黑体温度、光栏孔尺寸和衰减器来改变目标辐射能量，通过控制台操纵目标运动，测定伺服参数时须配合通用记录仪器。

### 三、测 试 方 法

红外测试要求仪器准确，环境稳定，还要有熟练的技术。

#### 1. 辐射校准

辐射校准是测量中必须解决的首要问题，但因尚未建立统一的辐射标准和传递标准，只能在有限范围内进行比较。根据波尔兹曼定律，黑体辐射主要受黑体有效发射率和黑体温度的影响。经验表明设计得好的黑体，其有效发射率常可达 0.995，因此本仪器仅对黑体温度进行了标定。黑体辐射按朗伯余弦定律分布，设计中仅使用其法线部分的辐射。仪器精度要高于试件 3~5 倍，这样测量结果才有实际意义。

#### 2. 主要参数的测试方法

红外系统的指标很多，有些涉及具体系统的功能，大致可归纳为三方面。这里列举其中几项主要参数的测试方法。

##### (1) 与作用距离有关的参数

灵敏度：一般指系统所能探测到的最小信号，即系统输出信号  $S$  等于均方根噪声  $N$  时系统所需最小照度，此照度越小，灵敏度越高。然而，系统正常捕获和跟踪目标要求  $S/N$  大于 1，它与系统设计水平有关，若按上述定义很难测试。通常的做法是，改变黑体温度及光栏和衰减器位置，提供一定照度；系统对准目标后，测定其输出端的  $S/N$ ， $S/N$  越大，灵敏度越高。

虚警概率：指由于背景或干扰使系统错误发现、捕获假目标的可能性。以规定的  $S/N$  下两次虚警之间的平均时间来表示。测量方法：用目标当作背景或干扰，使  $S/N$  达到规定值，系统对准目标，记录错误发现、捕获假目标的时间。

捕获概率：指在规定的  $S/N$  下，系统捕获目标的可靠性。测试中以频率代替概率。给定目标尺寸及  $S/N$ ，使目标位于系统搜索范围内，目标通过时记录捕获次数，并计算其频率。

##### (2) 特性参数

特性参数如视场、相对孔径、波段范围、调制特性、斜率等，通常在明确定义，选定适当的辐射下进行，主要用模拟转台的位置读数来实现，这里以调制特性为例说明。

调制特性：当目标偏离视场中心时，系统将产生误差信号，在视场内误差信号  $E$  与偏角  $\varepsilon$  间的关系称为调制特性，其关系为

$$E(\rho, \theta) = f(\varepsilon),$$

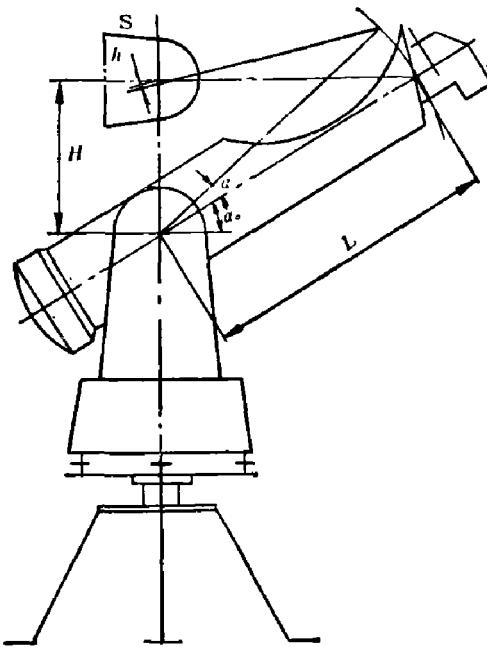


图 4 测试原理及工作位置

其中,  $\rho$  是误差信号幅度;  $\theta$  是误差相位;  $\varepsilon$  是偏差角。测量方法: 选定适当的目标辐射, 系统对准目标, 系统不动, 在方位或俯仰上移动目标, 逐点测定误差信号的幅度和相位。

### (3) 伺服参数

阶跃位置响应: 系统对准目标, 并处于跟踪状态; 遮挡目标, 使目标偏离视场中心; 移去遮挡, 记录系统跟踪目标时的位置输出过程。从中可以确定系统的超调量、调节时间、振荡次数等。给以不同的偏移, 还可以观察系统非线性对过渡过程的影响。

跟踪速度: 目标通过系统视场时作等速运动, 记录系统捕获、跟踪目标的输出响应过程。改变目标速度可求出最大跟踪速度。

跟踪精度: 目标按一定方式运动, 系统跟踪目标, 同时记录系统和仪器的位置输出, 同一时刻位置之差, 即为在给定输入下的跟踪误差。

## 参 考 文 献

- [1] R. D 小哈得逊, 红外系统原理, 国防工业出版社, 1975.
- [2] Zissis G. J & Wolfe W. L, *The Infrared Handbook*, IRIA Center, 1978, 23-57~23-67.
- [3] Shinners S. M, *Modern Control system Theory And Application*, 1972, 296~337.
- [4] 任心志, 红外与激光技术, (1980), 4: 1~6.

# INFRARED TEST INSTRUMENT FOR SEARCHING AND TRACKING SYSTEMS

REN XINZHI

(Tianjin Institute of Electro-optics Technique)

## ABSTRACT

The structure and working principle of an infrared test instrument for searching and tracking systems, and the testing methods of the primary specifications for the systems are introduced.