

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

红外热成像系统动态范围测试方法

Measuring method for dynamic range of infrared thermal system

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2024 年 9 月 23 日)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

光学工程学会 发布

目 次

前 言	错误! 未定义书签。
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	2
5 试验条件	2
6 仪器设备	3
7 样品	4
8 试验步骤	5
9 试验数据处理	6
10 试验报告	6
附录 A （资料性） 测试报告记录表	8
参 考 文 献	9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国光学工程学会提出。

本文件由中国光学工程学会归口。

本文件起草单位：南京理工大学、天津津航技术物理研究所（航天科工集团三院8358所）、西安应用光学研究所（205所）、中国科学院上海技术物理研究所、中国电子科技集团公司第十一研究所和烟台艾睿光电科技有限公司。

本文件主要起草人：隋修宝、XX、郭伟兰、XX、李科、俞兵、XX、周易、XX、喻松林、XX、董珊、闵雪豹、XX

红外热成像系统动态范围测试方法

1 范围

本文件规定了红外热成像系统动态范围测试方法的原理、试验条件、仪器设备、样品、试验步骤、试验数据处理和试验报告等要求。

本文件适用于制冷型或非制冷型红外、可见光等不同类型的光电成像系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17444-2013 红外焦平面阵列参数测试方法

GB/T 19870-2018 工业检测型红外热成像系统

3 术语和定义

GB/T 17444-2013和GB/T 19870界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

红外热成像系统 infrared thermal imaging system

能够将场景红外辐射的空间分布转换为与其相对应的可视二维图像信息或数字量信息的设备。

3.2

动态范围 dynamic range

动态范围是指系统同时探测目标场景中最小辐射和最大辐射的能力。

3.3

灰度值 gray-scale value

红外热成像系统在一定辐照条件下，经数字转换后以不同灰度级别表征辐射强弱的量化数值。

3.4

像元噪声值 pixel noise voltage

在一定帧频周期内，红外热成像系统在恒定辐照条件下像元输出信号灰度值变化的均方根。

3.5

截止阈值 cutoff voltage

系统经一定辐射功率照射后，灰度值不再随红外辐射信号减弱而变化时对应的区间下限。

3.6

饱和阈值 saturation voltage

系统经一定辐射功率照射后，灰度值不再随红外辐射信号增强而变化时对应的区间上限。

4 原理

测试仪内含不同温度红外辐射源旨在细分动态区域，判断被测热成像系统能够探知的最低温度和最高温度区间大小，即为动态范围。

按照要求安放并连接红外热成像系统、二维测试平台、红外热成像系统动态范围测试仪以及相关仪器设备，原理图如图1、图2所示。

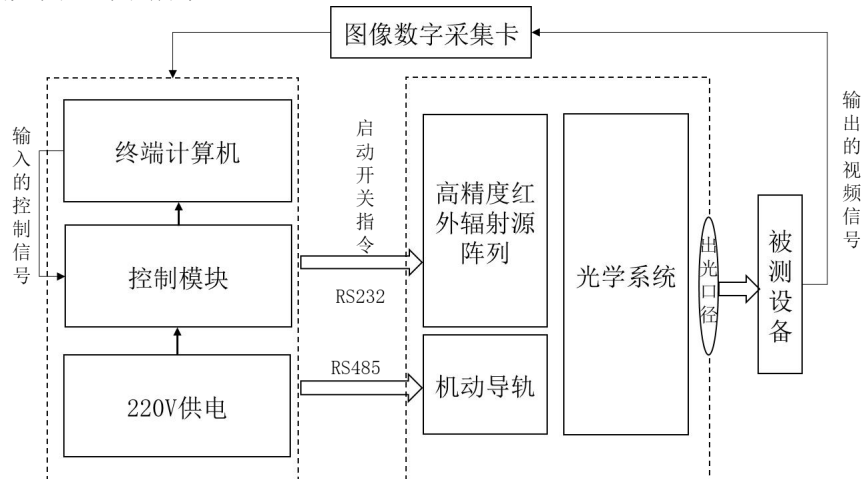


图1 测试系统组成框图

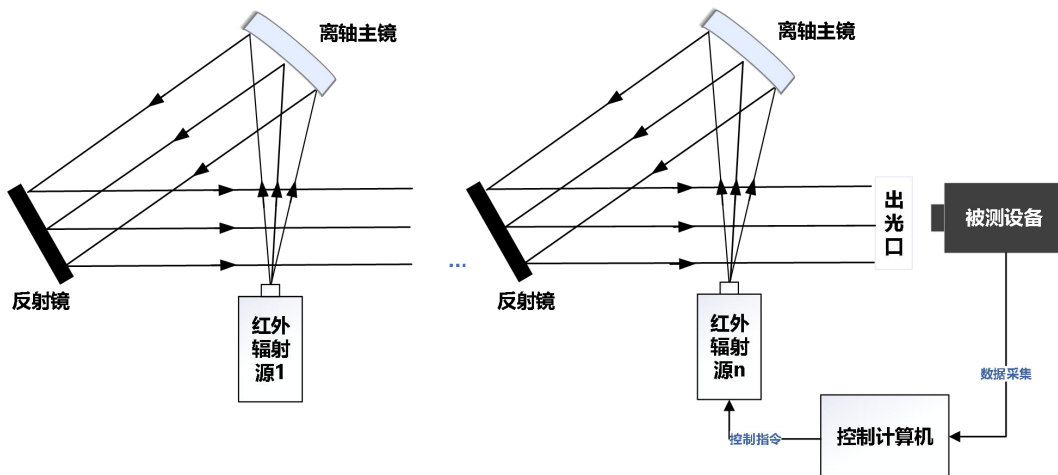


图2 测试系统功能框图

红外热成像系统动态范围测试仪可以生成宽范围红外辐射信号，辐射信号经消热差光学准直二次反射系统传输至出光口被样品设备接收，经数字信号转换后在计算机端生成图像数据，通过图像灰度值信息的分析和处理，得到该样品设备的动态范围。

5 试验条件

5.1 概述

本文件只给出了测试红外热成像系统动态范围的方法，在引用本文件时，有关的具体要求应在详细规范中加以说明。

本文件仅规定了一种红外热成像系统动态范围测试方法，它并不意味着不能采用其他的测试方法，采用其他的测试方法时，采用者必须确保测试具有相同的精度，而且必须在试验报告中予以说明。

5.2 注意事项

对所有的测试，测试条件都不能超过红外热成像系统的极限值。

5.3 试验环境

实验室室内照明应使图像质量不得受到明显的影响，测试环境应保持清洁，避免灰尘、污染物或杂质对光学成像系统的影响。

- a) 温度： $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，测试期间温度最大允许变化 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：10%~80%；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa。

5.3.1 供电电源

具备有效值为 $220\text{V} \pm 22\text{V}$ 、频率 $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$ 、波形失真度小于10%的供电能力。

5.3.2 接地

测试场所应具有良好的地线，测试系统的接地电阻应小于 $4\ \Omega$ 。

5.3.3 洁净度

所有测试均应在洁净的场所进行，特殊要求者应在详细规范中规定。

5.3.4 振动

在测试过程中，应避免机械冲击和振动。

5.4 设备仪器的误差

进行试验以及测试的仪器设备的允许误差或准确度应不大于被控参数允许误差的1/3(高温黑体除外)，并且要按国家有关计量法规进行选择 and 周期检定

5.5 供电要求

测试所用的仪器设备在交流电压有效值为 $220\text{V} \pm 22\text{V}$ 、频率 $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$ 、波形失真度小于10%时应能正常工作。

5.6 精度要求

测试所用的仪器设备的精度至少应为被测参数容差的三分之一。

5.7 检定要求

测试所用的仪器设备应经过计量检定机构的检定合格，并在有效期内。

5.8 辐射源要求

5.8.1 红外辐射源温度稳定，输出不加调制，红外辐射源保证均匀辐出度；

5.8.2 低温红外辐射源必须持续充入氮气，气体流量要保证低温黑体辐射源不凝结水汽，具体流量根据实际情况确定。

6 仪器设备

红外热成像系统动态范围测试设备

a) 标准高精度黑体辐射源

发射率：大于 0.95；

温度范围：-30℃~1050℃（实验室条件下，温度范围可调）

辐射源数量：≥4 个

辐射源温度不确定度：≤1.5℃（k=2），-30℃~1050℃

温度均匀性：±0.01℃

辐射源发射面积：满足试验要求

最大可用孔径面积：满足试验要求

b) 控制计算机：包含终端计算机、控制模块和数据处理系统

c) 光机控制

光轴对准误差：≤5°

d) 光学平台

e) 准直光管：焦距至少大于被测热像仪焦距3倍、通光口径大于热像仪接收口径的准直镜，产生平行光束来模拟无穷远处的红外辐射

f) 供电方式：220V，50HZ

g) 氮气含量：≥99.9%

7 样品

7.1 样品分类

按照热成像系统工作模式分为如下种类：

7.1.1 制冷型热成像系统

通常为具备制冷系统的红外热成像系统，制冷方式为机械制冷和制冷剂制冷，该类系统保证了低温下工作的电子模块系统功能正常，从而对灵敏度、分辨率、光谱响应范围具有较高的要求。

7.1.2 非制冷型热成像系统

利用探测器材料特性，不需要制冷系统的热成像设备，系统体积小，可适配多种场景应用。

7.2 样品基本参数

7.2.1 探测类型

具备成像组件的红外热成像系统或机芯模组，宜为大于或等于320×256阵列规模。

7.2.2 数据接口

可根据用户要求，选择模拟接口或数字CameraLink接口。

7.2.3 视场

可根据用户加挂或更换镜头，以满足用户使用要求。

7.2.4 温度响应范围

可根据用户产品实际测试要求定义，一般可在-30℃~1050℃范围内选择。

7.2.5 外观

样品及其各种配件的壳体不应出现明显的划伤、凹陷、变形、脱漆。壳体应清洁无污迹。

样品壳体外贴装饰件不应缺少、错装、倒装，应与主体平贴粘紧。装饰件文字、数字、符号标志应正确、易辨、清晰，颜色应无异常色斑、色晕、色点。图案文字丝印精细。对于不规则热成像设备还应进行外形及安装尺寸的检查。

8 试验步骤

- 开启系统电源，上位机检查各模块状态是否正常，设置氮气流量参数，保证系统测试过程中氮气持续充满系统内部，防止低温红外辐射源结霜；
- 准直：将被测红外热成像系统置于二维测试的台面上，微调二维测试平台，光轴与测试仪主光轴处于同一水平位置，被测红外热成像系统的入瞳与平行光管系统的出瞳应保证良好耦合；
- 框选计算区域：在终端计算机上显示红外热成像系统产生一个轮廓清晰的红外辐射源图像，并在红外辐射源图像内框选30%以上的均匀区域作为计算区域，如图3所示；

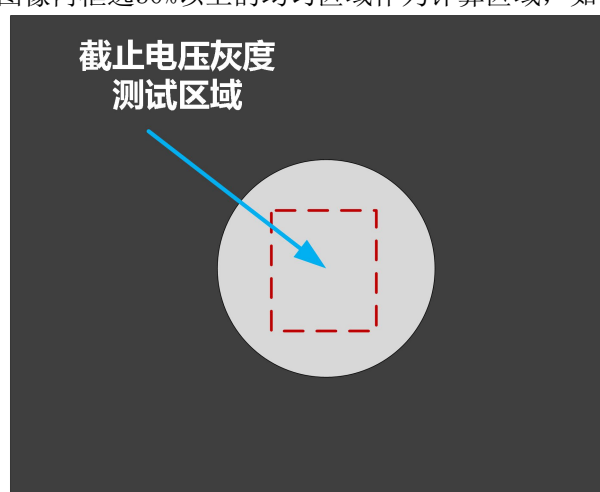


图3 测试区域示意图

- 灰度值信号拟合曲线：设置动态范围测试仪内红外辐射源阵列温度，从其最低温度 T_{min} 按照一定的温度间隔（一般设定温度间隔为5K）逐渐升到最高温度 T_{max} ，每个温度稳定后，采集框选计算区域内所有像元响应输出的灰度值信号，通过拟合生成图4所示灰度值曲线，曲线经过了一个非线性上升区域和近似线性区域后达到饱和状态；
- 线性区域选取：拟合曲线在温度范围 T_0 到 T_{over} 这段区域内，灰度值与温度之间的关系接近线性，（线性偏差度20%以内）电压随温度的变化速率大致恒定，分别得到红外热成像系统输出饱和阈值时对应红外辐射源温度 T_{over} ，以及截止阈值时对应的红外辐射源温度 T_0 ；
- 采集噪声均方根灰度信号 G_{nRMS} ：将红外辐射源阵列的温度从 T_{max} 降至 T_{min} ，当红外辐射源阵列的温度在 T_{min} 稳定后，通过对测试区域（ T_{over} 至 T_0 温度区间）进行 n 次（ n 一般取100次）采样得到采样输出灰度信号组 G_1, G_2, \dots, G_n ，利用采样输出灰度值组计算得到系统噪声均方根灰度信号 G_{nRMS} 。

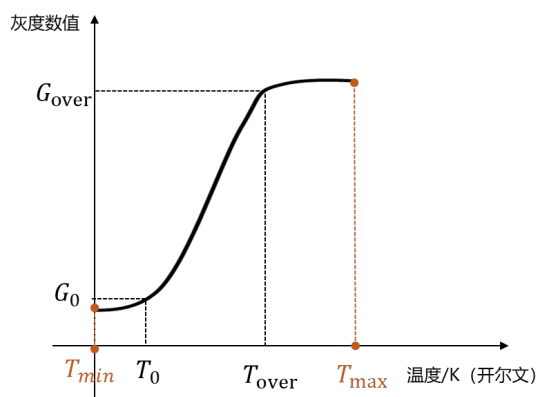


图4 测试区域响应输出灰度值拟合曲线示意图

9 试验数据处理

系统动态范围公式如下：

$$DR_{sys} = \frac{L_{max}}{L_{min}} \quad (1)$$

式中：

L_{max} ——最大可探测辐射亮度，单位为流明（lm）；

L_{min} ——最小可探测辐射亮度，单位为流明（lm）。

红外热成像系统动态范围DR为：

$$DR = 20 \times \log \frac{G_{max} - G_0}{G_{nRMS}} \quad (2)$$

式中：

$G_{max}=G_{over}$ ——系统饱和阈值，单位：无；

G_0 ——配置基准灰度值即截止阈值，单位：无；

G_{nRMS} ——区域内系统各像元噪声均方根，单位：无

系统各像元噪声灰度值计算公式如下：

$$G_{nRMS} = \sqrt{\frac{(G_1 - \bar{G})^2 + (G_2 - \bar{G})^2 + \dots + (G_n - \bar{G})^2}{n}} \quad (3)$$

式中：

\bar{G} ——测试区域内所有像元信号灰度 n 次的平均值，单位：无；

n ——采样次数， $n \geq 30$ ，一般取 100 次。

10 试验报告

10.1 测试记录

10.1.1 测试记录一般应包括标准试件名称和编号、测试时间、测试环境条件、测试目的、测试仪器、测试项目、测试数据、测试人员、审核人等详细记录。

10.1.2 图像数据文件中一般应包括图像编号、标准试件名称和编号、测试项目、采样试件等内容。

10.1.3 测试记录和图像数据文件一般应妥善存储在光盘或硬盘上，方便后期复查。

10.1.4 测试报告

测试报告的内容一般应包括标准试件名称和编号、测试环境条件、测试目的、环境条件、测试仪器、测试项目、测试数据、评定标准、评定结果、测试人员、审核人、审批人、测试日期、报告日期等。

测试报告应包含以下内容：

a) 测试单位信息：

测试单位的名称和地址；

测试人姓名；

测试日期。

b) 测试样品信息：

测试样品的名称、型号、编号；

客户的名称和地址。

c) 测试条件：

测试仪器的名称、型号、编号、有效期；

测试环境的温度与相对湿度；

测试地点。

附录 A
(资料性)
测试报告记录表

测试时间			
样品参数	设备名称		
	像元间距		
	分辨率		
	探测波段		
	积分时间/其他		
灰度值曲线（图示）			
温度		湿度	
测试参数	衰减系数		
	截止阈值		
	饱和阈值		
	动态范围		
	噪声均方根值		

测试人员：

审核人员：

参 考 文 献

- [1] 巩稼民, 王贝贝, 郭涛, 等. 用于分析灰度与温度相关性的红外探测设备[J]. 红外技术, 2016, 38(02):168-174.
- [2] GB/T 17444-2013 红外焦平面阵列参数测试方法
- [3] GB/T 19870-2018 工业检测型红外热成像系统
-