

ICS 19.020

CCS N11

# 团 体 标 准

T/CMES XXXX—202X

代替 T/CMES XXXX—201X

## 薄膜热电偶温度传感器动态响应测试规程

Dynamic Response Test Procedure for Thin Film

Thermocouple Temperature Sensors

(征求意见稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

## 目 次

前 言 .....	III
引 言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 测试条件 .....	2
4.1 测试样品要求 .....	2
4.2 工作方式要求 .....	2
4.3 测试环境 .....	3
4.4 温度阶跃系统 .....	3
4.5 采集控制系统 .....	3
4.6 采集响应特性曲线 .....	3
4.7 测试设备 .....	3
5 测试方法及判据 .....	3
5.1 测试内容 .....	3
5.2 测试步骤 .....	3
6 安全要求 .....	4
6.1 操作人员规范 .....	4
6.2 装卸激光器与信号发生器 .....	4
6.3 离开时注意事项 .....	4
6.4 紧急情况处理 .....	4
7 测试结果 .....	4
参考文献 .....	6

## 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工程学会提出并归口。

本文件起草单位：西安交通大学、陕西省计量院、阿米检测技术有限公司、西安航天远征流体控制股份有限公司。

本文件主要起草人：张仲恺、李水敏、周国良、刘兆钧、田边、赵立波、蒋庄德、路宗敏、张禹、王艳、李姣姣、陈宝有、乔智霞，曹鑫鑫，尚飞跃，张庆龄。

本文件首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

## 引 言

传感器的动态响应特性是指温度传感器的温度与被测介质温度增量之间的关系，一般用微分方程或传递函数的形式表示。在实际校准中，常用温度传感器对阶跃或脉冲温度的响应来描述其动态响应特性，动态响应特性的特征参数主要有热响应时间。热响应时间是指环境温度出现阶跃变化时，温度传感器响应一个温度阶跃变化，到达规定的百分比所需要的时间。对于温度传感器，其热响应时间不但与传感器本身的材料、构造有关，而且与使用和测试工况都有关系。薄膜热电偶传感器，作为一种高阶传递函数处理的表面温度传感器，属于非标传感器。由于薄膜热电偶的响应时间长期以来没有自己的测试标准，薄膜热电偶的动态校准已成为行业难题。为了规范行业生产制造流程，便于薄膜热电偶瞬态测量在航空航天高温流场测温领域的广泛应用，亟需根据热响应时间的相关理论与规范，定义响应时间。建立一套动态响应特性规范，对薄膜热电偶温度传感器响应时间校准等进行指导，为具有超快响应测试需求的单位提供强有力的科学理论依据和数据支持。

中国机械工程学会标准委员会

# 薄膜热电偶温度传感器动态响应测试规程

## 1 范围

本文件规定了薄膜热电偶温度传感器动态响应测试的测试条件、测试方法及判据、安全要求和测试结果。

本文件适用于测量外界环境温度的表面薄膜热电偶温度传感器的响应时间校准工作。温度传感器主要为薄膜热电偶。温度范围由室温到 2000℃。

## 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。

JJF 1049—2024 温度传感器动态响应校准规范

GB/T 7665 传感器通用术语

GB/T 7666 传感器命名法及代码

## 3 术语和定义

JJF 1049—2024《温度传感器动态响应校准规范》、GB/T 7665《传感器通用术语》界定的以及下列术语和定义适用于本文件

### 3.1

**薄膜热电偶温度传感器** Thin-film thermocouple temperature sensor

采用薄膜制备工艺在基底表面形成热电电极，通过塞贝克效应实现温度测量的温度传感器。

注：薄膜热电偶温度传感器包含平面型、曲面型、异构件型等多种类型，对于平面型薄膜热电偶，其敏感薄膜需制备成中心对称图形，激光光斑加载区域为热结点的几何中心；对于曲面型或异构件型薄膜热电偶，测试前，需自行定义激光加载在热结点的区域。

[来源：本文件]

### 3.2

**热结点** Hot junction

两种不同热电材料形成热电偶回路并感知温度变化的敏感区域。

注：动态响应测试时，激光加载区域应覆盖热结点。

[来源：GB/T 16839.1—2018，3.1]

### 3.3

### 动态响应 Dynamic response

温度传感器在受到温度随时间变化的激励时，其输出信号随时间变化并趋于稳定值的过程。

[来源：JJF 1049—2024，3.1]

## 3.4

### 温度阶跃 Temperature step

被测对象所经历的温度在极短时间内由一个稳定值快速变化到另一稳定值的过程。

注：在本文件中，温度阶跃通常由脉冲激光或阶跃激光产生。

[来源：JJF 1049—2024，3.3]

## 3.5

### 响应时间 Response time

温度传感器受到温度阶跃激励后，其输出信号由最终稳态值的 10% 上升至 90% 所经历的时间。

注：响应时间记为  $t_r$ 。

[来源：JJF 1049—2024，3.5，有修改]

## 3.6

### 时间常数 Time constant

对于一阶系统，温度传感器受到温度阶跃激励后，输出达到最终稳态值 63.2% 所对应的时间。

注：时间常数通常记为  $\tau$ 。

[来源：JJF 1049—2024，3.6]

## 3.7

### 动态响应曲线 Dynamic response curve

温度传感器输出信号随时间变化的曲线。

注：本文件中主要指热电势-时间 (V-t) 曲线或温度-时间 (T-t) 曲线。

[来源：JJF 1049—2024，3.7，有修改]

## 4 测试条件

### 4.1 测试样品要求

对待测试的温度敏感薄膜，有条件应首先经过静态标定，或给出传感器敏感元件的分度号（或表）。

某些专用传感器需具备接线图、提供信号变送器及使用说明书。

被测薄膜温度传感器的动态响应性能需在规定的标准测试条件下进行评估，其响应时间应满足测试或标定单位在使用说明中所给定的性能指标要求，以保证测量结果的可比性与可靠性。

### 4.2 工作方式要求

通过分析传感器传递回来的电压信号，来分析和读取传感器脉冲响应时间信息。传感器在外部激励（激光脉冲）下，应具有迅速测量、实时传输数据功能，能够精确的反应环境参数的变化。

通过对传感器输出电压信号进行分析，实现对其阶跃响应时间的提取与表征。在外部激励（如激光产生的阶跃温度）作用下，传感器应具备快速响应与实时数据传输能力，能够准确反映环境参

数的瞬态变化。

#### 4.3 测试环境

校准应在室温为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于80%，标准大气压的环境条件下进行。环境中无影响动态校准的外电磁场的干扰。

#### 4.4 温度阶跃系统

温度阶跃系统是为了给被测平面基底上的温度敏感薄膜提供一个定量的温度突变。按照测试工况所规定的温度阶跃量，给平面基底上的温度敏感薄膜施加温度阶跃。产生温度阶跃所需的时间，应小于被测测试传感器时间常数或 $\tau_{0.5}$ 的10%，测试结果才有效。

#### 4.5 采集控制系统

采集测试控制系统主要包括整个测试设备各种监控传感器、信号传输线路、信号转换、采集、存储、处理和控制在软硬件设备。传感器的数据采集、传输应符合要求。其中，信号采样频率应大于1Hz；信号传输速率应大于9600bit/s。

#### 4.6 采集响应特性曲线

可采用数字示波器、配置高速模数转换器的计算机或高速采样数字电压表等采集响应特性曲线。记录仪表自身的响应时间应小于待测平面基底上的温度敏感薄膜时间常数的10%，时间分辨率应优于待测平面基底上的温度敏感薄膜时间常数的1%。

#### 4.7 测试设备

试验室环境下要求测试所用设备应保持完好，设备性能指标满足试验要求。

### 5 测试方法及判据

#### 5.1 测试内容

##### 5.1.1 测试方法

测试采用激光冲击响应法。传感器动态特性可用时间常数 $\tau$ 来表征。采用可调制高功率激光器产生快速阶跃激光束，加热被测平面基底上的温度敏感薄膜热结点，根据被测平面基底上的温度敏感薄膜输出的温度信号来获取时间常数 $\tau$ 。

##### 5.1.2 测试原理

可调制高功率激光器发出的阶跃激光会聚并均匀覆盖平面基底上的温度敏感薄膜的敏感单元，使其产生均匀的局部高温。

##### 5.1.3 数据分析

被测平面基底上的温度敏感薄膜的输出电势经温度测试系统中相应的适配电路提取信号后由数据采集系统记录，由采集的温度-时间响应曲线，经数字滤波平滑处理后，可直接用作图法算出热响应时间或时间常数值，多次测试求平均值。

#### 5.2 测试步骤

### 5.2.1 样品准备

将平面基底上的温度敏感薄膜样件置于测试台上，平面基底上的温度敏感薄膜引线连接测量仪器数据输入端。

### 5.2.2 设备调试

调整激光光路，使激光束经光学整形模块后聚焦到平面基底上的温度敏感薄膜的测试端。

### 5.2.3 设备调试动态测试

设置激光器输出功率，启动激光器，利用脉冲激光产生的能量，对被测平面基底上的温度敏感薄膜的热结点施加一个阶跃变化的温度。

### 5.2.4 信号采集

利用测量仪器数据采集系统记录被测平面基底上的温度敏感薄膜的热电势输出，得到传感器的输出热电势-时间（V-t）曲线。

### 5.2.5 数据处理

在平面基底上的温度敏感薄膜响应时间的测试中，通过将激光束射到平面基底上的温度敏感薄膜热结点上，平面基底上的温度敏感薄膜测温端形成阶跃电势，通过放大器将电势信号放大，通过示波器显示电势输出波形，从而获得平面基底上的温度敏感薄膜响应时间曲线。

输出温度电压信号随阶跃激光信号变化而变化，信号上升到最大值，从信号变化的最大值的10%到最大值90%所需的时间间隔即为传感器的响应时间 $t_r$ 。

## 6 安全要求

### 6.1 操作人员规范

操作人员应在安全区域，并穿着防护服。  
操作人员应在测试过程中佩戴防护眼罩。

### 6.2 装卸激光器与信号发生器

打开信号发生器总电源，电源三相指示灯全亮为正常。

装卸激光器时需注意试验所用样品应与激光器的激光出射口对准，并记录样品与激光器出射口对应的位置。

### 6.3 离开时注意事项

- a) 将所用工具放回原处，整理室内卫生；
- b) 在离开之前，应确定拉闸断电，关闭门窗。

### 6.4 紧急情况处理

紧急停电处理方法：立即切断电源，关闭信号发生器开关、激光开关，最后关闭电路按钮开关。

## 7 测试结果

完成薄膜热电偶动态测试后，应出具测试报告。测试报告应包括下列内容：

- a) 被测试薄膜热电偶名称、编号、材料描述；
- b) 测试时环境条件，标准设备型号，记录表参考但不限于附录 A；
- c) 测试依据；
- d) 测试参数、测试方法；
- e) 时间常数或响应时间；
- f) 不确定度；
- g) 测试实验室名称和地址；
- h) 委托测试单位；
- i) 测量人、复核人及批准人签名；
- j) 测量日期。

中国机械工程学会标准征求意见稿

参考文献

- [1] GB/T 7665 传感器通用术语
  - [2] GB/T 7666 传感器命名法及代码
  - [3] JJF 1049—2024 《温度传感器动态响应校准规范》
- 

中国机械工程学会标准征求意见稿