



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—XXXX

航空热处理设备温度控制系统与记录系统 测试规范

Test Specification for Temperature Control and Recording Systems of Aviation

Heat-Treating Furnace

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局发布

航空热处理设备温度控制系统 与记录系统测试规范

Test Specification for Temperature
Control and Recording Systems of
Aviation Heat-Treating Furnace

JJF XXXX—XXXX
代替 JJF XXXX—XXXX

归口单位：全国航空专用测试计量测试技术委员会

主要起草单位：中航西安飞机工业集团股份有限公司
上海飞机制造有限公司

参加起草单位：中国航空工业集团公司西安飞行自动控制研究所
成都飞机工业（集团）有限责任公司
沈阳飞机工业（集团）有限公司
中国航空工业集团公司第一飞机设计研究院

本规范委托全国航空专用测试计量测试技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

罗云泽（中航西安飞机工业集团股份有限公司）

蓝娟（中航西安飞机工业集团股份有限公司）

马周（上海飞机制造有限公司）

参加起草人：

马毅（中国航空工业集团公司西安飞行自动控制研究所）

严小锐（成都飞机工业（集团）有限责任公司）

陈艳红（沈阳飞机工业（集团）有限公司）

张静（中国航空工业集团公司第一飞机设计研究院）

目录

引言	II
1 范围	3
2 引用文件	3
3 术语和计量单位	3
4 概述	4
5 计量特性	4
6 测试条件	5
6.1 环境条件	5
6.2 测试设备	5
7 测试项目和测试方法	5
7.1 测试项目	6
7.2 测试方法	6
8 测试结果表达	8
9 测试时间间隔	9
10 附录	错误！未定义书签。
附录 A 原始记录内页格式	10
附录 B 温度偏差不确定度评定示例	11

引言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测试不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

航空热处理设备温度控制与记录系统测试规范

1 范围

本规范适用于金属材料航空热处理设备温度控制与记录系统温度偏差的测试，非金属零件热处理设备温度控制与记录系统温度偏差的测试，可参照本规范要求。

2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJG141 工作用贵金属热电偶检定规程

JJG229 工业铂、铜热电阻检定规程

JJF1637 廉金属热电偶校准规范

GB/T 9452 热处理设备有效加热区测定方法

GB/T 13324 热处理设备术语

GB/T 4989 热电偶用补偿导线

HB 5425 航空热处理炉有效加热区测定方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

下列术语适用于本规范。

3.1 热处理设备 heat-treating furnace

用于实现炉料各项热处理工艺的加热、冷却或各种辅助作业的设备。

3.2 温度控制系统 temperature control system

由温度传感器、延长线（和连接器）和数字温度指示调节仪组成的系统，用于热处理设备的温度控制（以下简称控温系统）。

3.3 温度记录系统 temperature recording system

由温度传感器和工业过程测量记录仪组成的系统，用于热处理设备使用、测试过程中的温度数据记录（以下简称记录系统）。

3.4 温度偏差 temperature deviation

温度控制系统或温度记录系统的读数与测试设备读数之间的差值（以下简称温度偏差）。

3.5 补偿值 offset value

在温度控制仪表或温度记录仪表上，为更改其设定值或示值，通过手动或电子方式所引入的调整量。

4 概述

热处理设备通常由加热系统、炉体、温度控制系统、温度记录系统（如适用）、循环系统、安全装置等组成，通过温度控制系统的精准控温，实现对工件材料微观组织的调控，从而使工件达到所需的力学性能（强度、韧性）、耐磨性或耐腐蚀性等。

温度偏差测试，是将热处理设备配备的温度控制系统与记录系统读数，与经过修正的测试设备的读数进行比较，以确定温度控制系统与记录系统满足技术要求。

5 计量特性

热处理设备温度控制系统与记录系统允许的温度偏差应符合表1的要求或满足工艺规范的要求。

表1 控温系统/记录系统允许的温度偏差

温度均匀性要求/℃	允许偏差/℃
±3	±1.1 或读数的±0.2%，取大者
±6	±1.7 或读数的±0.3%，取大者
±8	±2.2 或读数的±0.4%，取大者
±10	±2.2 或读数的±0.4%，取大者
±14	±2.8 或读数的±0.5%，取大者
±28	±5.6
只有最高或最低或温度范围的热处理设备； 制冷和淬火设备	±2.8

6 测试条件

6.1 环境条件

工作环境温度和相对湿度应符合测试设备正常工作的要求。

6.2 测试设备

测试设备及配套设备见表 2，也可用最大允许误差满足要求的其他测试设备。

表 2 测试设备及配套设备

序号	测试设备名称	测试范围	技术要求	备注
1	温度测试仪器	$(-80\sim 600)^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.6^{\circ}\text{C}$	可以是便携式温度校验仪、数字显示仪表、数字温度记录仪表、数字温度采集仪器或满足技术要求的其他仪表
		$(600\sim 1300)^{\circ}\text{C}$	读数的 $\pm 0.1\%$	
		$(-80\sim 1300)^{\circ}\text{C}$	分辨力： 0.1°C	
2	温度测试传感器	K 型和 N 型热电偶 $(-40\sim 1000)^{\circ}\text{C}$	$(-40\sim 375)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $(375\sim 1000)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm 0.004 \cdot t$	—
		E 型热电偶 $(-40\sim 800)^{\circ}\text{C}$	$(-40\sim 375)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $(375\sim 800)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm 0.004 \cdot t$	—
		J 型热电偶 $(-40\sim 750)^{\circ}\text{C}$	$(-40\sim 375)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ $(375\sim 750)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm 0.004 \cdot t$	—
		T 型热电偶 $(-40\sim 350)^{\circ}\text{C}$	$(-40\sim 125)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ $(125\sim 350)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm 0.004 \cdot t$	—
		R 和 S 型热电偶 $(0\sim 1600)^{\circ}\text{C}$	$(0\sim 1100)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ $(1100\sim 1600)^{\circ}\text{C}$ ： $\pm [1+0.003(t-1100)]$	—
		B 型热电偶 $(600\sim 1700)^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.25\% t$	—
		铂电阻 $(-80\sim 850)^{\circ}\text{C}$	符合 A 级及以上要求	—
3	补偿导线	K 型、N 型、E 型、J 型（室温～ 70°C ）	$\pm 1.1^{\circ}\text{C}$	如适用
		T 型（室温～ 70°C ）	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	
		S 型、R 型（室温～ 70°C ）	$\pm 2.5^{\circ}\text{C}$	

7 测试项目和测试方法

7.1 测试项目

温度偏差。

7.2 测试方法

7.2.1 测试温度点的选择

7.2.1.1 首次测试

控温系统与记录系统的温度偏差测试应在热处理设备工作温度范围的最低温度与最高温度下进行，当最低与最高温度的差值超过300℃，则需在两者之间增加测试温度点，确保任意两个相邻测试温度点的间隔不大于300℃；当热处理设备仅使用单一工艺温度点时，首次测试可仅针对该工艺温度点进行测试。

示例：温度范围为（100～200）℃时，测试温度点为100℃和200℃；工作温度范围为（100～500）℃时，测试温度点可选择100℃、300℃、和500℃。

7.2.1.2 周期测试

周期测试时，测试温度点应为热处理设备的工艺温度，若设备仅涉及单一工艺温度，可仅针对该工艺温度点进行测试。

当热处理设备涉及多个工艺温度点时，可采取以下任一方式进行温度偏差测试：

a)逐次交替测试：在每次周期测试中，仅测试一个工艺温度点的温度偏差，并在后续周期测试中，按顺序轮换测试其余工艺温度点，直至所有工艺温度点均完成测试；

b)单次覆盖测试：在同一次周期测试中，完成所有工艺温度点温度偏差的测试。

示例：以工艺温度点分别为75℃、150℃和250℃的热处理设备为例，测试方式如下：

逐次交替测试：第一次周期测试75℃的温度偏差，第二次周期测试150℃的温度偏差，第三次周期测试250℃的温度偏差，后续周期依此顺序循环，每次测试一个温度点；单次覆盖测试：在同一次周期测试中，测试75℃、150℃、250℃3个工艺温度点的温度偏差。

7.2.2 测试方法

7.2.2.1 热处理设备控温系统与记录系统的温度偏差测试采用比较法。测试时，将被测控温系统或记录系统显示或输出的示值，与测试设备的示值进行逐一比对，以判定所测得的温度偏差是否符合规定允许偏差要求。

7.2.2.2 测试时，将测试传感器与被测控温系统或记录系统的传感器置于同一温场内，并使二者尖端的空间距离尽可能靠近，且不大于76 mm（该空间距离定义为以被测传感器尖端为球心、半径为76 mm的球体所包络的三维空间区域，测试时，测试传感器的尖

端必须完全置于此球体空间之内），见图 1。

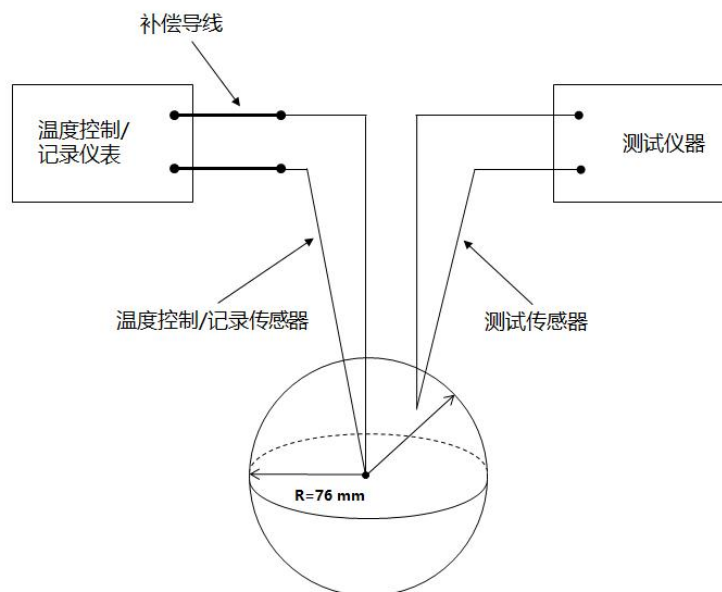


图 1 温度控制系统或温度记录测试接线图

7.2.2.3 周期测试时，测试传感器的放置位置，与首次测试时保持一致。当使用 E 型或 K 型测试传感器且测试温度超过 260.0 °C 时，其插入深度应不小于上一次测试时的深度。

7.2.2.4 选取设定温度点，启动热处理设备升温。当控制传感器与记录传感器所连接的温度仪表的示值在温度均匀性允许的偏差范围内，且示值处于循环或保持于设定温度的状态时，同时采集被测控制系统或记录系统、测量设备的示值；每组数据采集时间间隔为 2 min~10 min，且每组数据采集的时间间隔保持一致。每个测试温度点的读数次数不得少于 3 次。

7.2.2.5 计算每一次采集结果与测试设备示值的温度偏差，选取绝对值最大的温度偏差值作为该测试点的温度偏差（保留其原始正负号）。

7.2.3 数据处理

7.2.3.1 被测温度控制系统与记录系统实际温度值的计算见公式（1）。

$$T_{\text{被}} = T'_{\text{被}} - T_{\text{Inst 补}} - T_{\text{sen 补}} \quad (1)$$

式中：

$T_{\text{被}}$ ——被测温度控制系统或记录系统的实际温度值，°C；

$T'_{\text{被}}$ ——被测温度控制系统或记录系统的示值，°C；

$T_{\text{inst 补}}$ ——温度控制仪表或记录仪表的补偿值，℃，未进行补偿，补偿值为 0℃；

$T_{\text{sen 补}}$ ——温度控制传感器或温度记录传感器的补偿值，℃；该补偿值是为补偿传感器（含延长线、连接器）的已知误差，通过手动或电子方式施加在与其连接的温度控制仪表或记录仪表中的调整量；未进行补偿，补偿值为 0℃。

7.2.3.2 测试设备测得的实际温度值的计算见公式（2）。

$$T_{\text{实}} = T_{\text{测}} + T_{\text{inst 修}} + T_{\text{sen 修}} + T_{\text{w 修}} \quad (2)$$

式中：

$T_{\text{实}}$ ——测试设备的实际温度值，℃；

$T_{\text{测}}$ ——测试仪器的示值，℃；

$T_{\text{inst 修}}$ ——测试仪器的修正值，℃；

$T_{\text{sen 修}}$ ——测试传感器的修正值，℃；

$T_{\text{w 修}}$ ——补偿导线的修正值，℃（如适用，且仅适用于补偿型补偿导线）。

选取测试仪器、测试传感器和补偿导线的修正值时，可在两个已知校准点之间采用线性内插法确定修正值，也可直接采用最接近当前测试温度点的校准点所对应的修正值。无论选用何种方法，自首次测试后均应保持一致，不得变更。

7.2.3.3 温度控制系统与记录系统的温度偏差的计算见公式（3）。

$$\Delta T = \max \{ T_{\text{被}} - T_{\text{实}} \} \quad (3)$$

式中：

ΔT ——被测控温系统或记录系统的温度偏差，℃。

$T_{\text{被}}$ ——被测温度控制系统或记录系统的实际温度值，℃。

$T_{\text{实}}$ ——测试设备的实际温度值，℃。

8 测试结果表达

热处理设备温度控制系统与记录系统测试完成后，出具测试报告，报告至少应包含以下信息：

- a) 热处理设备名称和编号；
- b) 测试地点；
- c) 被测温度控制系统或记录系统仪表、传感器的编号和型号；
- d) 当被测温度记录系统为多通道时，应标注每个被测试通道的编号及其所连接

传感器的功能；

- e) 测试的日期；
- f) 测试所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- g) 本次测试所用测试仪器和传感器的编号和型号；
- h) 测试结果及其测试不确定度的说明；
- i) 对测试方法的偏离的说明（如需要时）；
- j) 测试报告的测试、校对和批准人员的签名或等效标识。

9 测试时间间隔

航空热处理设备温度控制系统与记录系统的测试间隔可根据具体使用情况、客户要求由用户确定。

附录 A

测试记录参考格式

表 A.1 温度控制系统与记录系统测试记录

热处理设备名称				测试仪器		测试传感器			
热处理设备编号				型号		型号			
测试依据				编号		编号			
测试地址				被测控温仪表/记录仪表		被测传感器			
热处理设备温度 均匀性要求		℃		型号		编号			
允许偏差		℃		编号		型号			
测试温度点		℃		通道号		功能			
采集 时间	被测控制系统/记录系统			测试设备				温度 偏差	测量 不确 定度
	仪表 示值	仪表补 偿值	传感器补 偿值	温度测试 仪器示值	温度测试仪 器修正值	温度测试传 感器修正值	补偿导线 修正值		
最大温度偏差									
测试日期									
测试结论									
备注									
测试				校对			批准		

附录 B

温度偏差测量不确定度评定示例

B.1 概述

依据本规范中对温度控制系统、温度记录系统的温度偏差测试方法，将温度控制系统、温度记录系统和测试设备按测试要求置于同一热处理设备中，用测试设备的示值与温度控制系统、温度记录系统的示值进行比较，计算温度偏差，以下测量不确定度评定以温度控制系统设定值 800℃ 为例。

B.2 测试模型

$$\Delta T = \max \{ T_{\text{被}} - T_{\text{实}} \} \quad (\text{B.1})$$

式中：

ΔT ——被测温度控制系统或记录系统的温度偏差，℃；

$T_{\text{被}}$ ——被测温度控制系统的实际温度值，℃；

$T_{\text{实}}$ ——测试设备的实际温度值，℃。

B.3 灵敏系数

经分析，上述各分量之间彼此不相关，对各分量求偏导，根据式(B.1)得到的灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial T_{\text{被}}} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial T_{\text{实}}} = -1 \quad (\text{B.2})$$

B.4 合成标准不确定度计算公式

以被测温度控制系统为例，根据式(B.1)，引入的不确定度分量来源包括：

- 1) 被测温度控制系统分辨力引入的不确定度分量；
- 2) 被测温度控制系统重复性引入的不确定度分量；
- 3) 测量重复性引入的不确定度分量；
- 4) 测试仪器的修正值引入的不确定度分量；
- 5) 测试传感器的修正值引入的不确定度分量；
- 6) 补偿导线的修正值引入的不确定度（如适用）。

根据上面分析结果，合成标准不确定度计算公式如下：

$$u_c^2 = c_1^2 \cdot u_1^2 + c_2^2 \cdot u_2^2 \quad (\text{B.3})$$

B.5 标准不确定度计算

B.5.1 被测温度控制系统引入的标准不确定度 u_1

B.5.1.1 分辨力引入的标准不确定度 $u_{1.1}$

在热处理设备中常用的控温仪表分辨力为 0.1℃，其不确定度使用 B 类评定方法，区间半宽为

0.05 °C，按均匀分布处理，取 $k = \sqrt{3}$ ， $u_{1.1} = \frac{a}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.03^\circ\text{C}$ 。

B.5.1.2 示值重复性引入的标准不确定度 $u_{1.2}$

控温系统重复测量 3 次，测量结果分别为 801.3 °C、801.1 °C、801.2 °C，用极差法计算单次实验标准偏差 $s_{(T_{\text{被}})}$ ，按公式 (B.4) 计算示值重复性引入的标准不确定度：

$$u_{1.2} = s_{T_{\text{被}}} = (T_{\text{被 max}} - T_{\text{被 min}}) / C \quad (\text{B.4})$$

式中：

$T_{\text{被 max}}$ —— 测量结果最大值， °C；

$T_{\text{被 min}}$ —— 测量结果最小值， °C；

C —— 极差系数；

当重复测量次数 $n=3$ 时， $C=1.69$ ，则 $u_{1.2} = (T_{\text{被 max}} - T_{\text{被 min}}) / C = 0.2 / 1.69 = 0.12^\circ\text{C}$ 。

被测温度控制系统分辨力引入的标准不确定度分量小于示值重复性引入的标准不确定度分量，

因此 $u_1 = u_{1.2} = 0.12^\circ\text{C}$ 。

B.5.2 测试设备引入的标准不确定度 u_2

B.5.2.1 测试仪器示值重复性引入的标准不确定度 $u_{2.1}$

测试仪器测量重复性引入的标准不确定度分量为 $u_{2.1}$ ，采用标准不确定度的 A 类方法，使用 3 台测试设备对被测控温系统在 800°C 温度点进行 5 次重复性测量，得到 3 组测试仪器的示值，分别计算每组数据的实验标准偏差： $s_1 = 0.06^\circ\text{C}$ ， $s_2 = 0.08^\circ\text{C}$ ， $s_3 = 0.09^\circ\text{C}$ ，合并样本标准偏差：

$$u_{2.1} = \sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2}{3}} = 0.08^\circ\text{C} \quad (\text{B.5})$$

B.5.2.2 测试仪器修正值引入的标准不确定度 $u_{2.2}$

进行数据处理时，使用修正值对测试仪器的已知误差进行修正，因此测试仪器修正值引入的不确定度分量来源于测试仪器经校准时标准器引入的不确定度，标准器的扩展不确定度为 $U = 0.2^\circ\text{C}$ ，其区间半宽为 $a = 0.2^\circ\text{C}$ ，按均匀分布处理，取 $k = \sqrt{3}$ ，得出： $u_{2.2} = \frac{a}{k} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12^\circ\text{C}$ 。

B.5.2.3 测试传感器引入的标准不确定度 $u_{2.3}$

在进行数据处理时，使用修正值对测试传感器的已知误差进行修正，因此测试传感器修正值的

引入的不确定度分量来源于测试传感器经校准时标准器引入的不确定度，标准器的扩展不确定度 $U = 0.7^{\circ}\text{C}$ ，其区间半宽为 $a = 0.7^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布处理，取 $k = \sqrt{3}$ ，得出： $u_{2.3} = \frac{a}{k} = \frac{0.7}{\sqrt{3}} = 0.4^{\circ}\text{C}$ 。

B.5.2.4 补偿导线引入的标准不确定度（如适用） $u_{2.4}$

在进行数据处理时，使用修正值对补偿导线的已知误差进行修正，因此补偿导线修正值的引入的不确定度分量来源于补偿导线经校准时标准器引入的不确定度，标准器的扩展不确定度 $U = 0.2^{\circ}\text{C}$ ，其区间半宽为 $a = 0.2^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布处理，取 $k = \sqrt{3}$ ，得出： $u_{2.4} = \frac{a}{k} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.12^{\circ}\text{C}$ 。

B.5.2.5 测试设备引入的标准不确定度 u_2

测试仪器示值重复性引入的不确定度分量、测试仪器修正值引入的不确定度分量、测试传感器修正值引入的不确定度分量、补偿导线修正值引入的不确定度分量之间相互独立，

$$u_2 = \sqrt{u_{2.1}^2 + u_{2.2}^2 + u_{2.3}^2 + u_{2.4}^2} = 0.44^{\circ}\text{C}。$$

B.6 合成不确定度

温度控制系统 800°C 测试时不确定度分量为被测温度控制系统引入的标准不确定度 u_1 、测试设备引入的标准不确定度 u_2 ，按公式 B.3 计算，合成不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 \cdot u_1^2 + c_2^2 \cdot u_2^2} = 0.46^{\circ}\text{C} \quad (\text{B.6})$$

B.7 扩展不确定度

按照包含概率 $p=95\%$ ，取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U = k \cdot u_c = 0.9^{\circ}\text{C}$ 。