JJF

中华人民共和国民用航空部门计量技术规范

JJF(民航)0105-2009

TT1200A型涡轮温度测试仪

TT1200A Turbine Temperature Test Set

2009-08-25 发布

2009-10-01 实施

中国民用航空局 发布

TT1200A型涡轮温度 测试仪校准规范

JJF(民航) 0105—2009

Calibration Specification for

TT1200A Turbine Temperature Test set

本规范经中国民用航空局于2009年08月05日批准，并自2009年10月01日起施行。

归口单位：中国民用航空局航空器适航审定司

起草单位：北京飞机维修工程有限公司

本规范技术条文由起草单位负责解释。

本规范起草人:

郑 雨 (北京飞机维修工程有限公司)

刘长红 (北京飞机维修工程有限公司)

吴华波 (北京飞机维修工程有限公司)

目 录

1 范围	(1)
2 概述.....	(1)
3 计量特性.....	(1)
4 校准条件.....	(2)
5 校准项目和校准方法.....	(2)
6 校准结果的处理	(5)
7 复校时间间隔.....	(5)
附录A 校准证书封面格式.....	(6)
附录B 校准记录格式.....	(7)
附录C 不确定度评定.....	(9)
附录D 不确定度评定实例——温度指示误差的校准不确定度评定.....	(11)

TT1200A型涡轮温度测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于民用航空系统飞机维修中应用的技术手册为《INSTRUCTIONG MANUAL FOR TURBINE TEMPERATURE TEST SET TT1200A P/N 101-00930 BARFIELD公司 FEBRUARY 28,2003 英文版》的TT1200A型涡轮温度测试仪的校准。

对于技术手册为其他版本的TT1200A型涡轮温度测试仪(以下简称测试仪),如果本规范能够满足其技术要求,可参照本规范进行校准。

2 概述

测试仪用于测试飞机K型涡轮温度测量系统,由微处理系统、内部电源组件和专用电缆组成,通过被测元件感受温度产生的电量来直接指示温度参量,并以数字形式显示。

3 计量特性

3.1 温度输入

校准范围: $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 1\ 300\text{ }^{\circ}\text{C}$

允差: $\pm 1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.2 温度输出

校准范围: $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 1\ 300\text{ }^{\circ}\text{C}$

允差: $\pm 1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.3 导线电阻

校准范围: $0\ \Omega\sim 19.999\ \text{k}\Omega$

允差: $\pm 0.05\%$ 读数 ± 2 个字

3.4 绝缘电阻

校准范围: $0\ \Omega\sim 200\ \text{M}\Omega$

允差: $\pm 5\%$ 读数 ± 2 个字

4 校准条件

4.1 校准环境条件

环境温度：22 °C ~ 28 °C

相对湿度：45% ~ 75%

周围无影响正常工作的电磁场干扰和振动。

4.2 校准设备

4.2.1 温度校准仪

温度范围：0 °C ~ 1 300 °C

允差：±0.4 °C

4.2.2 直流电阻箱

电阻范围：0 Ω ~ 20 kΩ，允差：±0.02%读数

电阻范围：20 kΩ ~ 200 MΩ，允差：±1%读数

4.2.3 辅助设备

4.2.3.1 直流稳压电源

范围：0V ~ 10 V

4.2.3.2 纯铜导线两根

4.2.3.3 K型热电偶补偿导线

5 校准项目和校准方法

5.1 校准项目

温度输入误差的校准

温度输出误差的校准

导线电阻误差的校准

绝缘电阻误差的校准

5.2 校准方法

5.2.1 外观检查

测试仪的外形结构应完好，无影响正常工作的机械损伤，各旋钮开关应操作灵活、接触可靠、定位准确、仪表显示应清晰。

5.2.2 电源显示功能测试

拆开测试仪面板，将测试仪的电池接口J1连接至直流稳压电源，调节直流稳压电源至9V，按测试仪“POW”（电源）键，测试仪进行自检，此时测试仪应显示“Battery 100%”（电量100%）；然后调节直流稳压电源至5.8 V 以下，测试仪应显示“Low Battery”（低电量），将结果填入附录B的表B1。恢复测试仪电池接口J1的连接，安装测试仪面板。

5.2.3 温度输入误差的校准

5.2.3.1 将测试仪电缆一端连接至测试仪的“TEST”（测试），另一端的红、黑两端分开，测试仪应显示“OPEN T/C”（开偶）。

5.2.3.2 将电缆的红、黑两端分别通过K型热电偶补偿导线连接至温度校准仪的正、负两端。

5.2.3.3 将“FUNCTION”（功能）置于“TEMP MEAS”（温度测试）位置，按“℃”键；“SYS RES”（系统电阻）旋钮逆时针旋转到底；“RANGE”（量程）置于“20Ω”位置；“TEMP ADJ”（温度调节）旋钮逆时针旋转到底；“FINE”（微调）旋钮顺时针旋转到底。

5.2.3.4 分别按表1调整温度校准仪的温度值，读取测试仪温度示值，将结果填入附录B的表B2。

表1 温度输入误差的校准

热电偶型号	温度校准点 ℃
K	0
	500
	1 000
	1 300

5.2.3.5 按公式（1）计算温度示值误差：

$$\Delta_t = t_d - t_s \quad (1)$$

式中： Δ_t ——温度示值误差，℃；

t_d ——测试仪显示的温度示值，℃；

t_s ——标准器显示的温度示值，℃。

5.2.4 温度输出误差的校准

5.2.4.1 将测试仪“FUNCTION”置于“IND TEST”（指示测试）位置，按“℃”键。

5.2.4.2 分别按表1调整测试仪“TEMP ADJ”和“FINE”旋钮，输出各被校准点温度值，读取温度校准仪示值，将结果填入附录B的表B3，按公式(1)计算示值误差。

5.2.4.3 断开测试仪电缆与K型热电偶补偿导线的连接。

5.2.5 导线电阻误差的校准

5.2.5.1 将测试仪“FUNCTION”置于“RES MEAS”（电阻测试）位置。

5.2.5.2 测试仪电缆一端的红、黑两端短接，将“RANGE”分别置于“20 Ω”、“200 Ω”、“2k Ω”和“20 k Ω”位置，依次按“PTM”（按压测试）键，测试仪应显示0，允许1个字的变化，将结果填入附录B的表B4。

5.2.5.3 将红、黑两端通过铜导线连接至直流电阻箱。

5.2.5.4 依次按表2设置“RANGE”的档位和直流电阻箱电阻值，按“PTM”键，读取测试仪的相应示值，分别将结果填入附录B的表B4。

表2 导线电阻误差的校准

RANGE	直流电阻箱电阻值
20 Ω	19.500 Ω
200 Ω	195.00 Ω
2 k Ω	1.950 0 k Ω
20 k Ω	19.500 k Ω

5.2.5.5 按公式(2)计算误差：

$$\Delta_R = R_d - R_s \quad (2)$$

式中： Δ_R ——误差，Ω；

R_d ——测试仪显示的示值，Ω；

R_s ——直流电阻箱电阻值，Ω。

5.2.6 绝缘电阻误差的校准

5.2.6.1 将测试仪“FUNCTION”置于“INS MEAS”（绝缘测试）位置。

5.2.6.2 测试仪电缆一端的红、黑两端短接，将“RANGE”分别置于“200k Ω ”、“2M Ω ”、“20M Ω ”和“200M Ω ”位置，依次按“PTM”键，测试仪应显示0，将结果填入附录B的表B5。

5.2.6.3 将红、黑两端通过铜导线连接至直流电阻箱。

5.2.6.4 依次按表3设置“RANGE”的档位和直流电阻箱电阻值，按“PTM”键，读取测试仪的相应示值，分别将结果填入附录B的表B5。

表3 绝缘电阻误差的校准

RANGE	直流电阻箱电阻值
200 k Ω	200 k Ω
2 M Ω	2 M Ω
20 M Ω	20 M Ω
200 M Ω	200 M Ω

5.2.6.5 按公式(2)计算示值误差。

5.2.7 可变电阻功能检查

5.2.7.1 将测试仪“FUNCTION”置于“RES MEAS”位置。

5.2.7.2 测试仪电缆一端的红、黑两端短接，将“RANGE”置于“200 Ω ”位置。

5.2.7.3 将“SYS RES”旋钮逆时针旋转到底，按压“PTS”（按压设置）键直到测试仪显示数值，数值应小于2.00 Ω ，将结果填入附录B的表B6。

5.2.7.4 将“SYS RES”旋钮顺时针旋转到底，按压“PTS”键直到测试仪显示数值，数值应大于25.00 Ω ，将结果填入附录B的表B6。

6 校准结果的处理

经校准的测试仪出具校准证书。

7 复校时间间隔

测试仪的复校时间一般为12个月，需要时可随时送校。

附录A

校准证书的内容

校准证书的内容应排列有序、清晰，一般包括下列内容：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 证书或报告的唯一性标识（如编号），页码及总页的标识；
- d) 送校单位的名称和地址；
- e) 被校测试仪的描述和明确标识；
- f) 校准日期；
- g) 采用本校准规范的说明，包括名称、代号以及对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；
- h) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- i) 校准环境的描述；
- j) 校准结果：数据及测量不确定度的说明；
- k) 校准证书或校准报告签发人的签名或等效标识，以及签发日期；
- l) 复校时间间隔的建议；
- m) 校准实验室签章；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- o) 未经实验室书面批准，不得局部复制校准证书的声明。

附录B

TT1200A涡轮温度测试仪校准记录格式

设备名称	_____	型号规格	_____
制造厂	_____	设备编号	_____
送校单位	_____	相对湿度	_____
环境温度	_____	校准结果	_____

校准员 _____ 核验员 _____ 校准日期 _____

外观检查: _____

表B1 测试仪电源显示功能测试

项目	技术要求	结果
将电源稳定在9 V 时	Battery 100%	
将电源稳降到5.8 V 以下时	Low Battery	

表B2 测试仪温度输入误差的校准

°C

温度校准仪示值	测试仪示值	误差	允差
0			±1.9
500			
1 000			
1 300			

表B3 温度输出误差的校准

°C

测试仪示值	温度校准仪示值	误差	允差
0			±1.9
500			
1 000			
1 300			

表B4 导线电阻误差的校准

档位	直流电阻箱示值	测试仪示值	误差	允差
20	19.500 Ω			$\pm 0.012 \Omega$
200	195.00 Ω			$\pm 0.12 \Omega$
2k	1.9500 k Ω			$\pm 0.0012 \text{ k}\Omega$
20k	19.500 k Ω			$\pm 0.012 \text{ k}\Omega$
电缆短接检查:				

表B5 绝缘电阻误差的校准

档位	直流电阻箱示值	测试仪示值	误差	允差
200 k Ω	200 k Ω			$\pm 10.5 \text{ k}\Omega$
2 M Ω	2 M Ω			$\pm 0.105 \text{ M}\Omega$
20 M Ω	20 M Ω			$\pm 1.05 \text{ M}\Omega$
200 M Ω	200 M Ω			$\pm 10.5 \text{ M}\Omega$
电缆短接检查:				

表B6 可变电阻功能检查

项目	结果
将“SYS RES”旋钮逆时针旋至底, 测试仪显示数值小于2.00 Ω	
将“SYS RES”旋钮顺时针旋至底, 测试仪显示数值大于25.00 Ω	

附录C

不确定度评定

C1 评定依据

JJF1059-1999测量不确定度评定与表示

TT1200A涡轮温度测试仪校准规范

常用测量不确定度评定方法及应用实例

C2 测试仪测量不确定度评定种类

测试仪应对温度测量的测量结果进行不确定评定。

C3 产生不确定度的来源

不确定度的来源为：

——在重复性条件下被测量在*n*次观测中的变化；

——标准装置本身带来的不确定度；

——测量过程中环境变化带来的不确定度，如温度、湿度、电源电压不稳定等；

——数字仪表的分辨力带来的不确定度。

C4 测量不确定的评定方法

C4.1 测量不确定度A类的评定方法

测量在某一点进行*n*次重复性测量。*n*一般不少于10次。用公式C1计算实验标准差。

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (C1)$$

式中： $s(x_i)$ ——实验标准差；

n ——测量次数；

x_i ——第*n*次的测量结果；

$\bar{x}$ ——*n*次测量结果的算术平均值。

用公式C2计算测量结果的标准不确定度 $u(\bar{x})$ 。

$$u(\bar{x}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}} \quad (C2)$$

式中： $u(\bar{x})$ ——标准不确定度；

$s(x_i)$ ——实验标准差；

n ——测量次数。

C4.2 测量不确定度B类评定

C4.2.1 标准装置的不确定度

对标准器的不确定度若标准器校准证书上出具了不确定度的可直接引用在测量点上的标准不确定度；若标准器校准证书上未出具不确定度，则可引用标准器在此测量点上通过准确度或允差计算得到的不确定度，用公式C3计算：

$$u(t_s) = \frac{|\Delta|}{\sqrt{3}} \quad (\text{C3})$$

式中： $u(t_s)$ ——标准装置的不确定度；

$|\Delta|$ ——测量点上的准确度或允差。

C4.2.2 测量过程中环境的变化带来的不确定度

由温度、相对湿度、电源电压不稳定等带来的影响，若环境条件为标准条件，此影响可忽略不计。

C4.2.3 数字仪表的分辨力带来的不确定度

由于被测仪表为数字显示性的仪表，其分辨力带来的不确定度计算采用最小分辨力的半宽除以包含因子，此处为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。

C4.3 合成标准不确定度的评定

按公式C4计算合成标准不确定度 u_c ：

$$u_c = \sqrt{\sum_{k=1}^N u_k^2} \quad (\text{C4})$$

式中： u_c ——合成标准不确定度；

N ——标准不确定度来源个数；

u_k^2 ——第 k 个来源的不确定度。

C4.4 扩展不确定度的评定

按公式C5计算扩展不确定度 U ：

$$U = k u_c \quad (\text{C5})$$

式中： k ——包含因子，一般取2。

附录D

不确定度评定实例——温度指示误差的校准不确定度评定

D1 数学模型

建立数学模型，如公式(D1)所示：

$$\Delta_t = t_d - t_s \quad (\text{D1})$$

式中： Δ_t ——测试仪的基本误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_d ——测试仪显示的温度示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_s ——标准器输入的被校点温度示值， $^{\circ}\text{C}$ 。

D2 输入量的标准不确定度评定

D2.1 输入量 t_d 的标准不确定度 $u(t_d)$ 的评定

D2.1.1 测量重复性导致的标准不确定度 $u(t_{d1})$

$u(t_{d1})$ 采用“示值基准法”在同一点上通过连续测量得到测量列，采用A类方法进行评定。

在 500°C 时，用温度校准仪对其进行10次连续测量，得到如表C2所示的测量数据：

表C2 测量数据 $^{\circ}\text{C}$

次数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	500.3	500.3	500.3	500.3	500.3	500.3	500.3	500.3	500.3	500.3

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0 \quad (^{\circ}\text{C})$$

$$u(t_{d1}) = s(x_i) / \sqrt{10} = 0 \quad (^{\circ}\text{C})$$

D2.1.2 仪表的分辨力导致的标准不确定度 $u(t_{d2})$

$u(t_{d2})$ 采用B类方法评定。在由仪表分辨力导致的标准不确定度中，输入量的分布为均匀分布，示值误差区间半宽度 $a = \text{分辨力}/2$ ，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，用公式(D2)计算标准不确定度：

$$u(x_i) = a/k \quad (\text{D2})$$

式中： $u(x_i)$ ——标准不确定度；

a ——区间半宽度；

k ——包含因子。

因此得到：

$$u(t_{d2}) = 0.05/k \approx 0.029 \quad (^\circ\text{C})$$

D2.1.3 输入量 t_d 的标准不确定度 $u(t_d)$ 的计算

由于 t_{d1} 和 t_{d2} 相互独立，用公式(C3)计算合成标准不确定度 u_c ，得到输入量 t_d 的标准不确定度 $u(t_d)$ ：

$$u_c(t_d) = \sqrt{u^2(t_{d1}) + u^2(t_{d2})} = 0.029 \quad (^\circ\text{C})$$

D2.2 输入量 t_s 的标准不确定度 $u(t_s)$ 的评定

输入量 t_s 的标准不确定度 $u(t_s)$ 由所使用的标准温度计的误差引入，采用B类方法进行评定。

根据标准温度校准仪输入 $500 \text{ }^\circ\text{C}$ 时，由校准证书在该点给出的不确定度：

$$u(t_s) = 0.002 \quad (^\circ\text{C})$$

D2.3 合成标准不确定度的计算

输入量 t_d 、 t_s 彼此独立，用公式(C4)计算测量点为 $500 \text{ }^\circ\text{C}$ 时的合成标准不确定度 u_c ，得到：

$$u_c(\Delta) = \sqrt{[u(t_d)]^2 + [u(t_s)]^2} \approx 0.03 \quad (^\circ\text{C})$$

D2.4 扩展不确定度的评定

用公式(C5)计算扩展不确定度 U ，得到：

$$U = 0.03 \times 2 = 0.06 \quad (^\circ\text{C}), \quad k=2$$