



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF×××× — ××××

空调器热舒适性测量装置 校准规范

Calibration Specification for Thermal Comfort Environment

Testing Apparatus of Room Air Conditioners

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局 发布

空调器热舒适性测量装置 校准规范

Calibration Specification for
Thermal Comfort Environment Testing
Apparatus of Room Air Conditioners

JJF XXXXX—XXXX

归口单位：全国法制计量管理计量技术委员会
能效标识计量检测分技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院
青岛海尔空调器有限总公司
海信（山东）空调有限公司

参加起草单位：河南省计量科学研究院
广东美的制冷设备有限公司
格力电器（石家庄）有限公司
四川长虹空调有限公司

本规范委托全国法制计量管理计量技术委员会能效标识计量检测分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位	1
4 概述.....	1
5 计量特性	2
5.1 温度测量系统	2
5.2 电参数测量系统	3
5.3 热电偶信号测量系统.....	3
5.4 相对湿度测量系统.....	3
5.5 风速测量系统	4
5.6 内室温场均匀度和波动度	4
6 校准条件	4
6.1 环境条件	4
6.2 校准用设备	4
7 校准项目和方法	5
7.1 校准项目	5
7.2 校准方法.....	6
7.3 数据处理和数据修约.....	11
8 校准结果表达	12
9 复校时间间隔	13
附录 A 原始记录格式（供参考）	14
附录 B 校准证书内页格式（供参考）	19
附录 C 校准不确定度评定示例.....	23

引 言

本规范依据JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编写而成。

本规范为首次发布。

空调器热舒适性测量装置校准规范

1 范围

本规范根据 GB/T 7725 范围内房间空气调节器（以下简称“空调器”）所提供的室内热舒适性环境，规定空调器热舒适性测量装置的计量特性、校准条件、校准项目及方法、校准结果等内容。具有防爆功能的空调器热舒适性测量装置或相同原理的其他热舒适性测量装置也适用于本规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1858—2020 空调器空气焓值法能效测量装置校准规范

GB/T 5701—2008 室内热环境条件

GB/T 7725 房间空气调节器

GB/T 18049—2017 热环境的人类工效学 通过计算 PMV 和 PPD 指数与局部热舒适准则对热舒适进行分析测定与解释

GB/T 33658—2017 室内人体热舒适环境要求与评价方法

ISO 5151:2017 Non-ducted air conditioners and heat pumps — Testing and rating for performance

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

3 术语和计量单位

GB/T 7725及GB/T 33658界定的术语和计量单位适用于本规范。

4 概述

空调器热舒适性实验室分为内室和外室。内室中放置空调器室内机的房间为内

室 A，其余空间为内室 B，其中，内室 A 中进行空调器营造的环境热舒适性测试。外室放置室外机和空气处理机组，空气处理机组可控制环境的干球温度和湿球温度。

内室和外室之间的墙体为外壁，内室 A 和内室 B 之间的墙体为内壁，外壁和内壁的结构均为保温库板。

内室 A 中除去天花板和地面，外壁面积占 50%，内壁面积占 50%，外壁设有窗户，外室和内室 B 与周围环境之间的墙体结构是保温库板。

内室 A 检测所需面积为与检测试验机匹配的代表性室内面积，高度为代表性的室内高度。

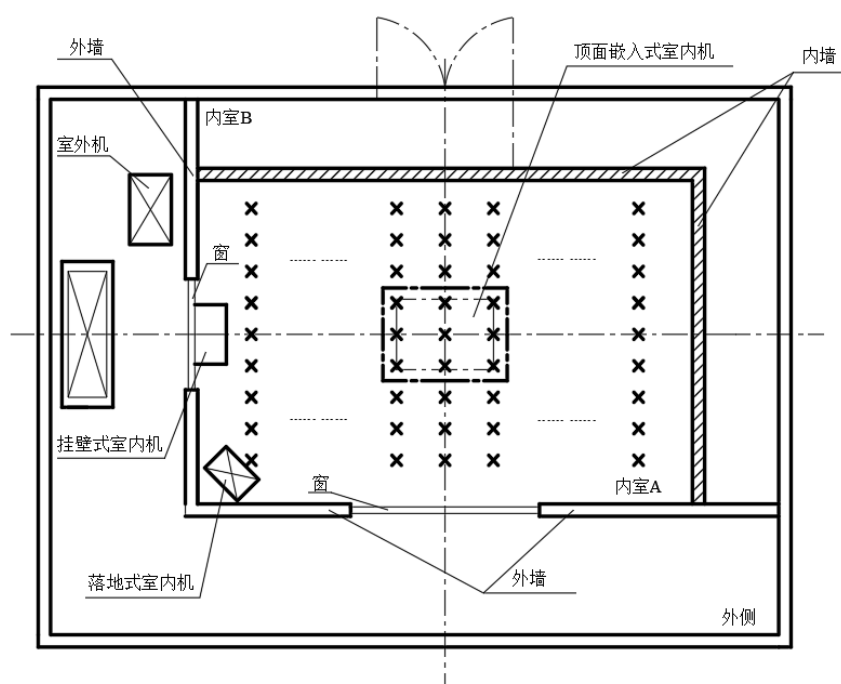


图 1 空调器热舒适性测量装置

5 计量特性

由于设计方案、制造者或制造年代等因素，不同能效测量装置中各测量系统的测量范围可能存在差异。

5.1 温度测量系统

温度测量系统是由空气温度测量传感器、辐射温度测量传感器及温度变送器、数据采集器等组成，其测量范围、最大允许误差见表 1。

表 1 温度测量系统技术要求

项目		测量范围	最大允许误差
温度测量系统	工业铂热电阻	0℃~60℃	±0.1℃
	热电偶	0℃~60℃	±0.3℃
注：当温度测量系统应用干湿球法测量湿球温度时，空气取样装置中铂热电阻周围的空气流速应不小于 5m/s。			

5.2 电参数测量系统

电参数测量系统的测量范围和最大允许误差见表 2。

表 2 电参数测量系统的测量范围与最大允许误差

项目	参数	测量范围	最大允许误差/准确度等级
电参数测量系统	交流电压	80V~300V	±0.3%
	交流电流	0.001A~15A	±0.3%
	交流功率	0.1W~3000W	±0.5%
	频率	0 Hz~1000 Hz	±0.05%
	功率因数	0.1~1	/
	电流互感器	一次电流：5 A~100A 二次电流：5A、1A 或 100mA 等	0.1 级或以上等级

5.3 热电偶信号测量系统

热电偶信号测量系统是指用于监控机器工作性能的测量系统。热电偶信号测量系统的测量范围和最大允许误差见表 3。

表 3 热电偶信号测量系统的测量范围与最大允许误差

项目	测量范围	最大允许误差
热电偶信号测量系统	-30℃~150℃	±1.0℃
注：本表所述参数适用于热电偶信号测量系统的所有通道。如某通道上配有不更换的热电偶传感器，该通道的典型测量范围和最大允许误差可参照本表。		

5.4 相对湿度测量系统

相对湿度测量系统测量范围和最大允许误差见表 4。

表 4 湿度测量系统测量范围与最大允许误差

项目	测量范围	最大允许误差
湿度测量系统	20%RH~90%RH	±5% RH

5.5 风速测量系统

风速测量系统的传感器应能测量任意方向的风速。风速测量系统测量范围和最大允许误差见表 5。

表 5 风速测量系统测量范围与最大允许误差

项目	测量范围	最大允许误差
风速测量系统	0.05m/s~5m/s	±0.1m/s

5.6 温场均匀性和波动度

室内环境达到热稳定状态后,温场 1 h 温度均匀性不大于 2℃,波动度不大于 2℃。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度: 5℃~35℃。

6.1.2 湿度: 30%RH~80%RH。

6.1.3 大气压力: 80kPa~106kPa。

6.1.4 工作区域无明显空气对流、机械振动和电磁干扰。

注: 当环境条件有偏离时, 应征得客户同意并在原始记录中记录。

6.2 校准用设备

校准时, 可参考选用表 6 所列设备。

表 6 主要校准设备一览表

序号	仪器、设备名称	技术要求	用途	备注
1	标准铂电阻温度计	二等	测量温度参考值	也可采用满足技术要求的其他设备
2	电测设备(电桥或可测量电阻的数字多用表)	测量范围与标准铂电阻温度计相适应 0.005 级及以上等级	与标准铂电阻温度计配套使用	
3	恒温槽	控温范围与被校温度测量系统相适应 均匀性不超过 0.01℃ 波动性不超过 0.02℃/10min	温度源	

4	温度巡检仪	测量范围：(0~40)℃ 最大允许误差：±0.15℃	测量温度参考值	也可采用满足技术要求的其他设备
5	功率标准表或功率标准源	电压、电流和功率测量或输出覆盖被校电参数测量系统测量范围 交流电压、交流电流测量或输出的最大允许误差：±0.10% 功率测量或输出最大允许误差：±0.15%	电参数参考值或向电参数测量系统提供标准电压、电流及功率	也可采用满足技术要求的其他设备
6	温度校验仪	温度模拟信号输出范围覆盖热电偶信号采集系统的测量范围 最大允许误差：±0.5℃	向热电偶信号测量系统提供温度模拟信号	也可采用满足技术要求的标准铂电阻温度计、干井式计量炉、恒温槽或其他设备组合
7	湿度发生器	湿度控制范围：20%RH ~ 90%RH 测量腔稳定性优于 1%RH	湿度源	也可采用满足技术要求的其他设备
8	标准风速计	风速测量范围：0.05m/s~5 m/s 最大允许误差：±0.05m/s	测量风速参考值	也可采用满足技术要求的其他设备
注：原则上，所选标准器的最大允许误差应小于被校系统最大允许误差的三分之一。				

7 校准项目和方法

7.1 校准项目

校准项目见下表 7。

表 7 校准项目

序号	项 目 名 称	技术要求条款	校准方法章节	新制造	使用中
1	温度测量系统	5.1	7.2.2	√	√
3	电参数测量系统	5.2	7.2.3	√	√
4	热电偶信号测量系统	5.3	7.2.4	√	√

5	湿度测量系统	5.4	7.2.5	√	√
6	风速测量系统	5.5	7.2.6	√	√
7	内室温场均匀性和波动度	5.6	7.2.7	√	√
注：√校准或检查。					

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

将各测量系统中的修正值或修正系数清零。如各测量系统具有直接读取修正前测量数据功能，也可不对修正值或修正系数清零。

检查传感器外观是否完好，有无明显损伤、变形或破损，且各测量系统能否正常工作。

7.2.2 温度测量系统

温度测量系统的传感器包括铂电阻温度计和热电偶两类。

以铂电阻温度计为传感器的温度测量系统按下述方法进行。

7.2.2.1 校准点确定

应根据实际温度测量范围合理确定校准范围和校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 5 个。必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

7.2.2.2 校准步骤

1) 将标准铂电阻温度计与被校温度测量系统的传感器同时插入恒温槽内，插入深度一般不小于 100mm，并处于相同有效温度区域内，如图 2 所示。

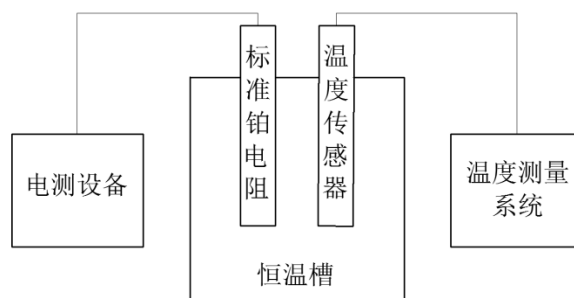


图 2 温度测量系统校准示意图

2) 将恒温槽设定至校准点并待其足够稳定，读取并记录标准铂电阻温度计和被校温度测量系统示值（修正前）。

3) 待所有校准点完成后，现场将校准结果或修正系数写入温度测量系统，并至

少选取 2 至 3 个校准点进行验证（修正后）。

以热电偶为传感器的温度测量系统按下述方法进行。

7.2.2.3 校准点确定

应根据实际测温点的数量、类型等因素确定校准点，并征得客户同意。一般按照当前室内环境温度校准。

7.2.2.4 校准步骤

1) 将温度巡检仪（或其他类似系统）的传感器布置在测温点附近，并确保传感器与测温点高度一致。

2) 关闭室内门窗等设施，保持室内环境封闭，待稳定后读取温度巡检仪和各测温点的示值。

3) 一般情况下，室内环境温度的测温点数量大于温度巡检仪传感器的数量，可预先制定校准方案，分批次进行。

7.2.3 电参数测量系统

7.2.3.1 校准点确定

应根据实际电参数测量范围合理确定校准范围和校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 5 个。电参数校准一般在 220V/50Hz 下进行，对于三相电参数测量系统可按照单相校准要求逐相进行。必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

7.2.3.2 校准步骤

采用功率标准表法和功率标准源法对电参数测量系统进行校准。

当使用功率标准表法进行校准时：

1) 将功率标准表连接至被校电参数测量系统的实际负载接线端，并确保各部件外壳与地电位连接，如图 3 所示。

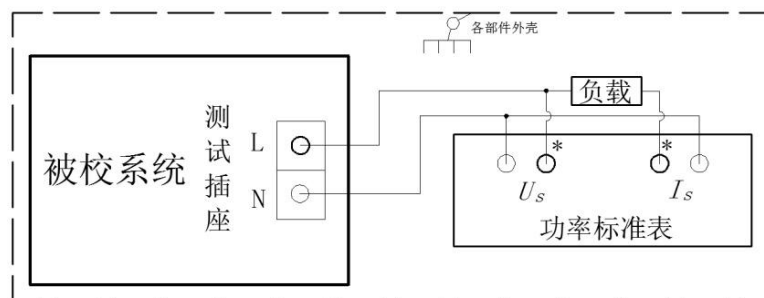


图 3 功率标准表法校准示意图

注：图中*为同名端。

2) 开启被校电参数测量系统的电压和电流自动量程功能。如果被校系统不具备自动量程功能，校准时根据校准点手动调节至合适量程。

3) 按照功率渐升顺序，依次平稳地将负载调整至校准点，同时读取功率标准表和被校电参数测量系统的电压、电流、电功率、频率和功率因数等示值。

当使用功率标准源法进行校准时：

1) 将被校电参数测量系统的功率计测量端与能效测量装置断开，然后与功率标准源的对应端子连接，并确保各部件外壳与地电位连接，如图 4 所示。

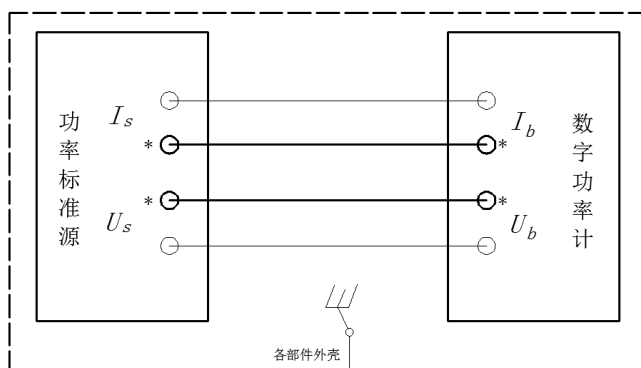


图 4 功率标准源法校准示意图

注：图中*为同名端。

2) 将被校功率计的电流缩放功能关闭，并开启电压和电流的自动量程功能。如果被校功率计不具备自动量程功能，校准时根据校准点手动调节至合适量程。

3) 按照功率渐升顺序，依次平稳地将功率标准源调整至校准点并待其足够稳定，读取功率标准源和被校功率计的电压、电流、电功率、频率和功率因数等示值。

7.2.4 热电偶信号测量系统

对于热电偶盘长期不更换热电偶传感器的通道，校准方法可参照 7.2.2.2 节。

7.2.4.1 校准点确定

应根据实际热电偶信号测量范围合理确定校准范围和校准点，校准点原则上应覆盖测量范围且不少于 5 个。常用的一组校准点可为 -30℃、0℃、50℃、100℃、150℃。必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

7.2.4.2 校准步骤

参照 JJF 1858-2020 对热电偶信号测量系统进行校准。

1) 使用铜导线将温度校验仪输出端与热舒适性测量装置热电偶接线盘上的接线端子连接，如图 5 所示。关闭校验仪的参考端温度自动补偿功能，并设置为热电偶信号输出模式。

2) 将温度校验仪调节至需要的热电偶信号类型, 并依次输出校准点, 待热电偶信号测量系统读数足够稳定后, 读取温度校验仪输出值和热电偶测量值。

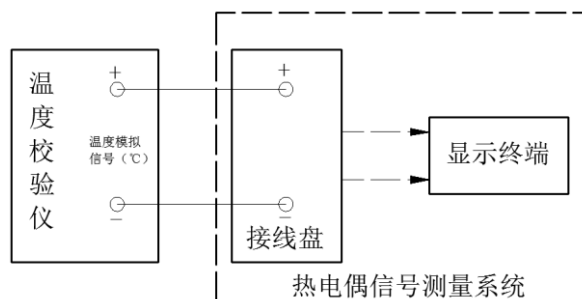


图 5 热电偶信号测量系统校准示意图

7.2.5 湿度测量系统

7.2.5.1 校准点确定

应不少于 3 个常温下（20℃）校准点。必要时, 可根据客户需求调整或增加校准点, 例如负温下的校准点。

7.2.5.2 校准步骤

常温（20℃）下的湿度校准:

1) 将被校湿度测量系统的湿度传感器放入湿度发生器的测试腔, 并密封传感器与测试腔的连接处。

2) 校准时, 先设定湿度发生器的温度值。当温度平衡后, 再设定湿度发生器的湿度值, 一般校准点按照低湿到高湿的顺序进行。待温湿度稳定后, 读取湿度发生器示值及被校湿度测量系统的示值。

负温下的湿度校准:

将热舒适性测量装置的室外侧工况稳定至负温的湿度校准点, 并且达到足够稳定状态, 读取湿度计示值及被校湿度测量系统的示值。

7.2.6 风速测量系统

7.2.6.1 校准点确定

在垂直方向上, 应选取人体主要活动区域内的几个高度做为校准点（如成年男性坐姿时的头部、足踝部）。必要时, 可根据客户需求调整或增加校准点。

7.2.6.2 校准步骤

1) 将被校风速测量系统传感器与标准风速计传感器放置于校准点同一位置, 并在其水平方向测量数次。

2) 读取并记录被校风速测量系统及标准风速计示值, 取平均值作为最终结果。

7.2.7 内室温场均匀性和波动度

7.2.7.1 测试点确定

应根据地域、环境特征合理设定测试点,也可根据客户需求调整或增加测试点。

7.2.7.2 测试步骤

均匀性按照以下步骤测试

1) 布置温度检测点。在水平的宽度方向,以内室 A 宽度的轴线为中心每隔一定间隔对称布置一个温度检测点,宽度方向布置 7 排或 9 排等奇数检测点;在水平的长度方向,用与水平的宽度方向同样方式布置。墙面的非测试区域不布置检测点。在垂直方向,从地面至天花板按照一定间隔的间距布置温度检测点,同时,在距离地面 0.1m 和距离天花板 0.1m 处也应布置检测点,布置图示例如图 1。

2) 设置工况,并使热舒适性测量装置内室达到热环境稳定状态。

3) 读取并采集 1h 各温度点数据,计算得到温场均匀性,计算方法如下:

$$T_{s,i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M_t} (t_j - t_b)^2}{M_t - 1}} \quad (1)$$

式中:

$T_{s,i}$ ——第 i 时刻的瞬时温度均匀度,计量单位为摄氏度,℃;

t_j ——检测点 j 的瞬时温度,计量单位为摄氏度,℃;

M_t ——室内温度测点总数。

t_b ——所有测点的瞬时平均温度,计量单位为摄氏度,℃;

$$t_b = \frac{\sum_{j=1}^{M_t} t_j}{M_t} \quad (2)$$

整个室内环境的温度均匀度 ($T_{s,whole}$) 为采集时间内瞬时温度均匀度的平均值。

$$T_{s,whole} = \frac{\sum_{i=1}^{N_t} T_{s,i}}{N_t} \quad (3)$$

式中:

N_t ——在规定时间内测点记录的温度个数。

波动度按照以下步骤测试

1) 温度检测点的布置同均匀性布置方法一致。

2) 设置工况,并使热舒适性测量装置内室达到热环境稳定状态。

3) 读取并采集各温度点数据, 计算得到温场波动度, 计算方法如下:
单个测点 j 的温度波动用该测点温度在采集时间内的标准偏差表示。

$$T_{f,i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_t} (t_i - t_a)^2}{N_t - 1}} \quad (4)$$

式中:

$T_{f,i}$ ——室内第 j 测点的温度波动度, 计量单位为摄氏度, $^{\circ}\text{C}$;

T_i ——该测点的瞬时温度, 计量单位为摄氏度, $^{\circ}\text{C}$;

N_t ——在规定时间内测点记录的温度个数。

t_a ——该测点在采集时间内的平均温度, 计量单位为摄氏度, $^{\circ}\text{C}$;

$$t_a = \frac{\sum_{i=1}^{N_t} t_i}{N_t} \quad (5)$$

整个室内环境的温度波动 ($T_{f,whole}$) 为所有测点温度波动的平均值。

$$T_{f,whole} = \frac{\sum_{j=1}^{M_t} T_{f,i}}{M_t} \quad (6)$$

式中:

M_t ——室内温度测点总数。

7.3 数据处理和数据修约

7.3.1 校准示值误差

校准项目的示值误差计算公式如下:

$$\Delta X = X_m - X_s \quad (7)$$

式中: ΔX ——校准示值误差, 计量单位为 $^{\circ}\text{C}$ 、%RH、m/s、W 或 kW 等;

X_m ——被校测量系统的示值, 计量单位为 $^{\circ}\text{C}$ 、%RH、m/s、W 或 kW 等;

X_s ——标准器的示值, $^{\circ}\text{C}$ 、计量单位为 $^{\circ}\text{C}$ 、%RH、m/s、W 或 kW 等。

7.3.2 校准相对示值误差

校准项目的相对示值误差计算公式如下:

$$\Delta X_{rel} = \frac{X_m - X_s}{X_s} \times 100\% \quad (8)$$

式中: ΔX_{rel} ——校准相对示值误差 (无量纲);

7.3.3 数值修约

按照以下要求进行数值修约。

1) 温度测量系统：传感器为铂电阻时，温度示值保留至 0.01°C ；传感器为热电偶时，温度示值保留至 0.1°C 。

2) 电参数测量系统：功率示值保留至 0.1W ；电压示值保留至 0.01V ；电流示值保留至 0.001A 。

3) 热电偶信号测量系统：温度示值保留至 0.1°C 。

4) 湿度测量系统：相对湿度示值保留至 $0.1\%\text{RH}$ 。

5) 风速测量系统：风速示值保留至 0.1m/s 。

5) 内室温度波动度和均匀度：温度示值保留至 0.1°C 。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 试验装置名称及地址；
- c) 进行校准的地点（如果与试验装置地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的说明。

校准原始记录格式见附录 A，校准证书（报告）内页格式见附录 B。

9 复校时间间隔

复校时间间隔是由热舒适性实验室的使用情况、使用者、装置本身质量等诸多因素所决定，因此，使用单位可根据实际使用情况自行确定复校时间间隔。

一般情况下，建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

原始记录格式（供参考）

客户名称				
客户地址				
器具名称				
生产厂商				
规格/型号		器具编号		
校准日期		证书编号		
校准依据	JJF XXX-XXXX 空调器热舒适性测量装置校准规范			
校准条件 及地点	温度:	℃	湿度:	%RH
	地点:		其他:	
校准使用的计量（基）标准装置/主要标准器/主要仪器				
测量设备名称	测量范围	不确定度/准确	证书编号	证书有效期至
备注:				

A.1 校准前检查

外观检查 测量系统能否 正常工作	温度测量系统: ☐ 是 ☐ 否 电参数测量系统: ☐ 是 ☐ 否 热电偶信号测量系统: ☐ 是 ☐ 否 湿度测量系统: ☐ 是 ☐ 否 风速测量系统: ☐ 是 ☐ 否 空气取样装置风管有无破损: ☐ 是 ☐ 否 备注:
修正值或修正 系数清零	温度测量系统: ☐ 是 ☐ 否 电参数测量系统: ☐ 是 ☐ 否 热电偶信号测量系统: ☐ 是 ☐ 否 湿度测量系统: ☐ 是 ☐ 否 风速测量系统: ☐ 是 ☐ 否 备注:

A.2 温度测量系统

传感器类型：工业铂电阻温度（修正前读数）			
读数（℃）	校准点 1	...	校准点 m
标准器			
被校器 1			
...			
被校器 n			
（修正后读数）			
读数（℃）	校准点 1	校准点 2	校准点 3
标准器			
被校器 1			
...			
被校器 n			
校准不确定度为：			

传感器类型：热电偶温度		
读数（℃）	标准器示值	被校器示值
标准器		
测温点 1		
...		
测温点 n		
校准不确定度为：		

A.3 电参数测量系统

被校器名称（功率标准表法）（2 选 1）						
型号				生产厂		
编号				备注		
模拟负载	标准器示值			被校器示值		
校准频率	电压	电流	功率（W）	电压（V）	电流（A）	功率（W 或 kW）
校准点 1						

...						
校准点 n						
校准不确定度为：						

被校器名称（功率标准源法）（2 选 1）						
型号				生产厂		
编号				备注		
标准器设定值			被校器示值			
校准频率 50Hz			电压（V）	电流（A）	功率（W 或 kW）	
电压	电流	功率（W				
校准点 1						
...						
校准点 n						
校准不确定度为：						

A.4 热电偶信号测量系统

读数（℃）	校准点 1	...	校准点 m
标准器示值			
热电偶 1			
...			
热电偶 n			
校准不确定度为：			

A.5 湿度测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		备注	
发生器（标准器）参数		被校器示值	
温度(℃)	相对湿度(%RH)	温度(℃)	相对湿度(%RH)
校准点 1			

...			
校准点 n			
校准不确定度为：			

A.6 风速测量系统

被校器名称			
读数 (°C)	校准点 1	...	校准点 m
标准器			
被校器 1			
...			
被校器 n			
校准不确定度为：			

A.7 内室温差均匀性与波动度

均匀性			
时刻\读数（℃）	测点 1	...	测点 m
时间 1			
...			
时间 n			
均匀性			
计算过程：			
校准不确定度为：			

波动度			
个数\读数 (°C)	测点 1	...	测点 m
1			
...			
n			

波动度	
计算过程：	
校准不确定度为：	

附录 B

校准证书内页格式（供参考）

证书编号：

校准依据	JJF XXX-XXXX 空调器热舒适性测量装置校准规范			
校准条件	温度：℃	湿度：%RH		
及地点	地点：	其他：		
校准使用的计量（基）标准装置/主要标准器/主要仪器				
测量设备名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书编号	证书有效期至（YYYY-MM-DD）
标准器 1				
...				
标准器 n				

B.1 温度测量系统

传感器类型：铂热电阻温度（修正前读数）					
读数（℃）	校准点 1	示值误差	...	校准点 m	示值误差
标准器示值					
被校器 1					
...					
被校器 n					
修正后读数（修正后读数）					
读数（℃）	校准点 1	示值误差	...	校准点 3	示值误差
标准器示值					
被校器 1					
...					
被校器 n					
校准不确定度为：					

证书编号：

传感器类型：热电偶温度			
读数（℃）	标准器示值	被校器示值	示值误差
标准器			
测温点 1			
...			
测温点 n			
校准不确定度为：			

B.2 电参数测量系统

被校器名称（功率标准表法）（2 选 1）									
型号					生产厂				
编号					备注				
模拟负载	标准器示值			被校器示值					
校准频率 50Hz	电压 (V)	电流 (A)	功率（W 或 kW）	电压 (V)	相对示 值误差 (%)	电流 (A)	相对示 值误差 (%)	功率 （W 或 kW）	相对示 值误差 (%)
校准点 1									
...									
校准点 n									
校准不确定度为：									

被校器名称（功率标准源法）（2 选 1）								
型号					生产厂			
编号					备注			
标准器设定值			被校器示值					
校准频率 50Hz			电压 (V)	相对示 值误差 (%)	电流 (A)	相对示 值误差 (%)	功率(W 或 kW)	相对示 值误差 (%)
电压 (V)	电流 (A)	功率(W 或 kW)						

证书编号：

校准点 1						
...						
校准点 n						
校准不确定度为：						

B.3 热电偶信号测量系统

读数 (°C)	校准点 1	示值误差	...	校准点 m	示值误差
标准器示值					
热电偶 1					
...					
热电偶 n					
校准不确定度为：					

B.4 湿度测量系统

被校器名称					
型号				生产厂	
编号				备注	
发生器（标准器）参数		被校器示值			相对湿度
温度（℃）	相对湿度（%RH）	温度（℃）	相对湿度（%RH）	示值误差（%RH）	
校准点 1					
...					
校准点 n					
校准不确定度为：					

证书编号：

B.5 风速测量系统

被校器名称					
读数（℃）	校准点 1	示值误差	...	校准点 m	示值误差
标准器					
被校器 1					
...					
被校器 n					
校准不确定度为：					

B.6 内室温场均匀性和波动度

温场均匀性和波动度	
均匀性	
波动度	
校准不确定度为：	

附录 C

温度测量系统（热电偶）校准不确定度评定示例

C.1 被校对象

以传感器类型为热电偶的温度测量系统为例，温度示值显示于计算机上，分辨力 0.1°C ，校准点： 20°C 。

C.2 测量标准

温度巡检仪，温度指示分辨力： 0.01°C ；测量时，带修正值使用，温度不确定度 $U=0.04^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ ，测量范围： $(0\sim 40)^{\circ}\text{C}$ ，最大允许误差： $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$ 。

C.3 评定模型

C.3.1 测量模型

示值误差测量模型见下式（C.1）。

$$\Delta t_i = t_i - t_r \quad (\text{C.1})$$

式中： Δt_i ——第*i*个被校测温点的示值误差，计量单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

t_i ——第*i*个被校测温点的示值，计量单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

t_r ——温度巡检仪的示值，计量单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

C.3.2 灵敏系数

t_i 的灵敏系数：

$$c_1 = \left| \frac{\partial \Delta t_i}{\partial t_i} \right| = 1 \quad (\text{C.2})$$

t_r 的灵敏系数：

$$c_2 = \left| \frac{\partial \Delta t_i}{\partial t_r} \right| = -1 \quad (\text{C.3})$$

C.3.3 示值误差的合成标准不确定度

$$u_c(\Delta t_i) = \sqrt{c_1^2 \cdot u^2(t_i) + c_2^2 \cdot u^2(t_r)} \quad (\text{C.4})$$

C.4 不确定来源

被校对象测量重复性引入的标准不确定度分量，被校对象显示系统分辨力引入的标准不确定度分量，标准器分辨力引入的标准不确定度分量，标准器修正值引入

的标准不确定度分量，标准器稳定性引入的标准不确定度分量。

C.5.标准不确定度分量

C.5.1 被校对象测量重复性引入的标准不确定度分量

校准点为 20℃时，被校温度测量系统 10 次独立测量结果如下：

表 C.1 温度测量系统 20℃重复测量数据

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (℃)	20.7	20.8	20.6	20.9	20.8	20.6	20.5	20.7	20.8	20.8

采用贝塞尔公式得到重复性引入的标准不确定度为

$$u_1 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (t_j - \bar{t})^2}{10-1}} = 0.1229 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{C.5})$$

C.5.2 被校对象显示系统分辨力引入的标准不确定度分量

被校对象温度显示单元读数分辨力为 0.1℃，不确定度区间半宽度 0.05℃，按照均匀分布处理（扩展因子 $k=\sqrt{3}$ ），得到

$$u_2 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.02887 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{C.6})$$

C.5.3 标准器分辨力引入的标准不确定度分量

温度巡检仪分辨力为 0.01℃，不确定度区间半宽度 0.005℃，按照均匀分布处理（扩展因子 $k=\sqrt{3}$ ），得到

$$u_3 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{C.7})$$

C.5.4 标准器修正值引入的标准不确定度分量

查询温度巡检仪校准证书，可知，修正值的不确定度为 $U=0.04^\circ\text{C}$ ， $k=2$ ，则标准器修正值引入的标准不确定度分量

$$u_4 = \frac{0.04}{2} = 0.02 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{C.8})$$

C.5.5 标准器稳定性引入的标准不确定度分量

查询温度巡检仪相邻两次校准证书，可知，温度修正值最大变化 0.10℃，按照均匀分布处理（扩展因子 $k=\sqrt{3}$ ），得到

$$u_5 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.06 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{C.9})$$

C.6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总表见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度符号	不确定度来源	标准不确定度
u_1	被校对象温度测量重复性	0.1229 °C
u_2	被校对象温度分辨力	0.02887 °C
u_3	标准器温度分辨力	0.0029 °C
u_4	标准器温度修正值	0.02 °C
u_5	标准器温度稳定性	0.06 °C

由于 u_1 和 u_2 为被校对象(t_i)引入 u_3 、 u_4 和 u_5 为标准器(t_r)引入,根据式 C.3.3,得到合成标准不确定度为

$$u_c(\Delta t_i) = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_1^2 u_2^2 + c_2^2 u_3^2 + c_2^2 u_4^2 + c_2^2 u_5^2} = 0.14^\circ\text{C} \quad (\text{C.11})$$

C.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$,则温度测量系统示值误差校准的扩展不确定度为

$$U(\Delta t_i) = k \cdot u_c(\Delta t_i) = 0.28^\circ\text{C} \quad (\text{C.12})$$
