

中华人民共和国工业和信息化部
轻工计量技术规范

JJF(轻工) ×××—××××

空调焓差法试验装置能效计量技术规范

Technical Specification for Energy Efficiency Metrology of
Air Conditioner Enthalpy Difference Test Apparatus
(报批稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

空调焓差法试验装置能效计量 技术规范

Technical Specification for Energy Efficiency

Metrology of Air Conditioner Enthalpy Difference

Test Apparatus



归口单位：中国轻工业联合会

主要起草单位：中国家用电器研究院

北京中家智锐智能装备科技有限公司

参加起草单位：安徽中家智锐科技有限公司

广州兰石技术开发有限公司

广州智源技术股份有限公司

青岛国创智能家电研究院有限公司

本规范由主要起草单位负责解释

本规范主要起草人：

曹瑞林（中国家用电器研究院）

李 伟（中国家用电器研究院）

汪 超（北京中家智锐智能装备科技有限公司）

参加起草人：

张 涛（安徽中家智锐科技有限公司）

唐 睿（广州兰石技术开发有限公司）

高良源（广东中家智锐科技有限公司）

段非凡（中国家用电器研究院）

雍 锐（青岛国创智能家电研究院有限公司）

目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	2
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 标准器及其他设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	4
8 校准结果表达.....	7
9 复校时间间隔.....	8
附录 A 校准结果不确定度评定示例 (参考件)	9
附录 B 校准原始记录格式 (参考件)	11
附录 C 校准证书内页格式 (参考件)	13

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》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范的附录 A “校准结果不确定度评定示例（参考件）”、附录 B “校准原始记录格式（参考件）”、附录 C “校准证书内页格式（参考件）”均为资料性附录。

本规范为首次发布。

空调焓差法试验装置能效计量技术规范

1 范围

本规范适用于空调焓差法试验装置的能效计量及评价，具有相同测试原理的其他类型制冷空调产品试验装置也可参考使用。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1858 空调器空气焓值法能效测量装置校准规范

GB/T 7725-2022 房间空气调节器

GB/T 41660 制冷试验装置能源利用监测评价方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是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

GB/T 7725、GB/T 41660 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 工况调整阶段 condition adjustment phase

从试验装置启动开始，到其运行工况达到测试稳定运行状态结束。

3.2 工况稳定运行阶段 stable operating phase

工况参数及其允许误差符合本规范要求条件下，试验装置在能效测试工况下平稳运行的状态。

3.3 消耗功率 consumed power

测试稳定运行状态监测周期内，试验装置所有用能设备能源消耗总量与监测周期时间的比值，单位为千瓦（kW）。

3.4 能耗系数 energy consumption coefficient

测试稳定运行状态监测周期内，试验装置消耗功率与测试机组制冷（热）量的比值，单位为千瓦每千瓦（kW/kW）。

3.5 测试上限机组 upper limit test unit

名义制冷（热）量为试验装置设计最大制冷（热）量测试范围 75%以上的机组。

3.6 测试下限机组 lower limit test unit

名义制冷（热）量为试验装置设计最小制冷（热）量测试范围 150%以下的机组。

4 概述

空调焓差法能效试验装置（以下简称“试验装置”）主要用于测试空调设备的制冷量、制热量及功耗等性能参数。该装置通过构建特定的室内外环境工况，模拟空调实际运行环境，并利用空气焓差法原理计算得出被测机组的性能指标。试验装置典型结构示意图见图 1。

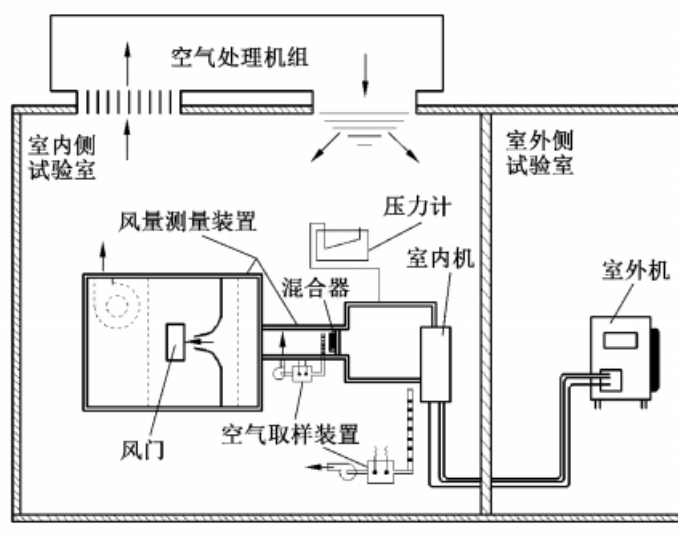


图 1 空调焓差法能效试验装置典型结构示意图

5 计量特性

计量项目的技术要求见表 1。

表 1 计量项目的技术要求

计量项目			技术要求	
工况调整阶段	环境间工况调节变温速率		$T_p \geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$R_T \geq 30\text{ }^{\circ}\text{C/h}$
			$-30\text{ }^{\circ}\text{C} < T_p < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$R_T \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C/h}$
			$T_p \leq -30\text{ }^{\circ}\text{C}$	无要求
工况稳定运行阶段	环境间空气温度偏差		$\Delta T \leq 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	测试上限机组	制冷工况能耗系数	$\epsilon_C \leq 1.05\epsilon_{C, B}$	
		制热工况能耗系数	$\epsilon_H \leq 1.05\epsilon_{H, B}$	

JJF（轻工）×××—××××

计量项目			技术要求
	测试下限机组	制冷工况能耗系数	$\epsilon_C \leq 1.05\epsilon_{C, B}$
		制热工况能耗系数	$\epsilon_H \leq 1.05\epsilon_{H, B}$

注：

1. T_P 为环境间空气干球温度； R_T 为环境间工况调节变温速率； ΔT 为环境间空气温度偏差； ϵ_C 为制冷工况能耗系数； $\epsilon_{C, B}$ 为制冷工况能耗系数明示值； ϵ_H 为制热工况能耗系数； $\epsilon_{H, B}$ 为制热工况能耗系数明示值。

2. “能耗系数明示值”为合同协议、使用说明书及技术文件中的相关标注或规定的值；

3. 以上技术要求不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度：（10~40）℃，湿度：≤75%RH。

6.1.2 供电电源：电压（380±38）V 或（220±22）V，频率（50±0.5）Hz。

6.1.3 接地要求：接地电阻不大于 4Ω。

6.1.4 当校准用设备对环境条件另有要求时，应满足其规定要求。

6.2 标准器及其他设备

计量所用标准器及其它设备见表2。

表 2 计量用标准器及其它设备

序号	仪器、设备名称	技术要求	用 途
1	环境温度测量系统	测量范围：（-40~100）℃ 分辨力：不低于 0.03℃ 最大允许误差：±0.10℃	测量试验间 空气温度
2	电能表	测量范围：（0.01~100）kW·h 分辨力：不低于 0.01 kW·h 最大允许误差：±0.5%	测量试验装置 耗电量
3	电子秒表	测量范围：0.01s~12h 分辨力：不低于 0.01 s 最大允许误差：±0.5s	测量试验时间
注： 1. 除上表规定的测量标准外，也可使用其他符合要求的计量器具作为测量标准。 2. 温度测量标准的最大允许误差为传感器和采集设备的整体性能要求。			

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

试验装置校准项目见表 3。

表 3 校准项目表

序 号	校准项目	校准方法条款
1	环境间工况调节变温速率	7.2.3
2	环境间空气温度偏差	7.2.4
3	试验装置消耗功率	7.2.5
4	试验装置能耗系数	7.2.6

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

校准前检查试验装置各部分是否处于正常工作状态。

7.2.2 试验装置的能效测试周期应包括两个阶段：

- a) 工况调整阶段：从试验装置启动开始，到运行工况达到测试稳定运行状态结束；
- b) 工况稳定运行阶段：在试验装置和测试机组达到稳定运行状态 1h 以后进行，一个测试周期不应小于 2h（若测试风冷机组出现非稳态制热测试工况时，其测试稳定运行状态测试周期的数据采集阶段应延长至 3h 或热泵机组完成 3 个除霜循环，取其短者）。

7.2.3 环境间工况调节变温速率

试验装置包含室内侧和室外侧，应对每个环境间的空气干球温度进行测试。环境间空气干球温度测点应按测试机组入口空气状态进行布置。

能效测试周期内，应同时对各参数采样记录，数据记录时间间隔不大于 10min，以各组读数的算术平均值作为计算值，数据测试应采用连续自动记录方式。若测试风冷机组出现非稳态制热测试工况时，其测试稳定运行状态测试周期消耗功率应按能效测试周期起止时间电能值差值除以起止时间差进行计算。

环境间工况调节变温速率校准应在工况调整阶段开展。目标温度 T_t 应设置为试验装置的标称温度上限或下限，且初始空气干球温度 T_0 与目标温度 T_t 温差不应小于 20K，需要时可开启测试机组。

在试验装置启动时，记录环境间初始空气干球温度 T_0 ，然后按照 7.2.2 记录环境间空气干球温度 T_p ，直至试验装置达到工况稳定运行状态，此时环境间空气干球温度 T_t 达到测试稳定运行状态设定值。

变温速率计算区间的选取，应满足以下要求：

当 $T_t \geq 0^\circ\text{C}$ 时，以试验装置启动时刻或目标温度设置时刻为起点，以 ΔT_p 满足 $\Delta T_p = 0.7 \times (T_t - T_0)$ 时刻为结束点计算工况调节变温速率。

当 $-30^\circ\text{C} < T_t < 0^\circ\text{C}$ 时，以试验装置启动时刻或目标温度设置时刻为起点，以 $T_p = 0^\circ\text{C}$ 时刻为结束点，计算 $T_p \geq 0^\circ\text{C}$ 时的工况调节变温速率；以 $T_0 = 0^\circ\text{C}$ 为起点，以 $\Delta T_p = 0.7 \times (T_t - 0)$ 为结束点，计算 $-30^\circ\text{C} < T_p < 0^\circ\text{C}$ 时的工况调节变温速率。

工况调节变温速率按式（1）计算：

$$R_T = \frac{\Delta T_P}{\Delta t} \quad (1)$$

式中：

R_T ——环境间工况调节变温速率， $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ；

ΔT_P ——时间间隔 Δt 内，环境间的空气干球温度变化值， $^{\circ}\text{C}$ ；

Δt ——时间间隔， h 。

7.2.4 环境间空气温度偏差

清空环境间内的测试样品及杂物。温度测点的位置应布放在环境间内的3个校准面上，即上、中、下3层，下层为距离环境间地面上方0.3m处，平行于底面的校准工作面；中层为环境间地面上方1.3m处平行于底面的校准工作面；上层为距离环境间地面上方2.3m处，平行于顶部的校准工作面。温度测点距离环境间四周墙面不超过1m，与任何隔板或固定装置的间隙至少0.3m。补充环境间测试温度点

温度测点为15个(1~15)，其中5、15、10三个测试点分别位于上、中、下层的几何中心，如图2所示：

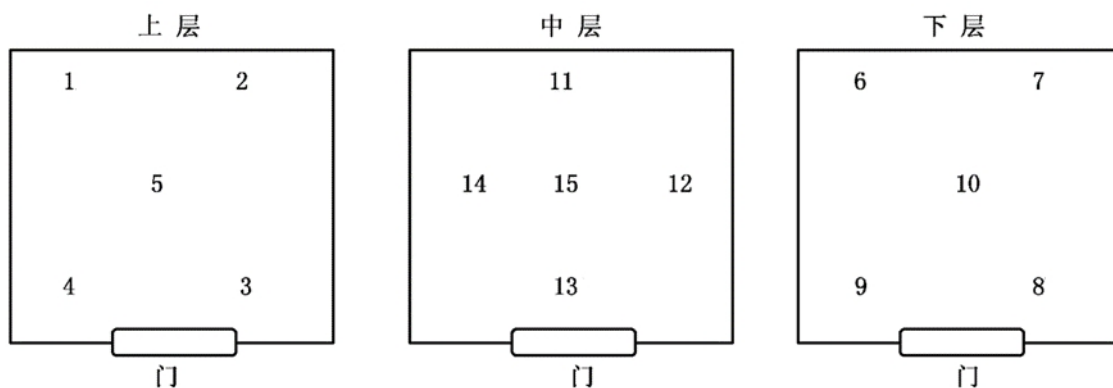


图2 温度测点分布图

将环境间内的温度控制表设定到指定测试工况，使设备正常工作。待环境间工况稳定后开始读数，每2min记录一次所有测试点的温度数据，在1h内共测试30次。温度上偏差和温度下偏差的结果中，取绝对值最大的一个结果为环境间空气温度偏差的最终结果。环境间空气温度偏差按公式(2)、(3)计算：

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_s \quad (2)$$

$$\Delta T_{\min} = T_{\min} - T_s \quad (3)$$

式中：

$\Delta T_{\max}$ —— 温度上偏差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$\Delta T_{\min}$ —— 温度下偏差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_{\max}$ —— 各测量点规定时间内标准器测量的最高温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_{\min}$ —— 各测量点规定时间内标准器测量的最低温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

T_s —— 环境间设定温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.5 试验装置消耗功率

消耗功率测试应在试验装置工况稳定运行状态下进行。试验装置的制冷系统、水系统、通风系统、电控系统、照明等满足其正常运行所需各用能设备的实测消耗功率之和视为试验装置的实际消耗功率。

安装分项计量电能表的试验装置可直接记录监测周期内的总耗电量，消耗功率按式（4）计算：

$$P_{TS} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{t} \quad (4)$$

式中：

P_{TS} ——试验装置监测周期内消耗功率，kW；

E_i ——监测周期内试验装置第 i 个用能设备的耗电量，kW·h；

n ——试验装置用能设备的数量；

t ——监测周期，h。

未安装分项计量电能表的试验装置应分别对监测周期内试验过程总耗电量、测试机组总耗电量进行测试，其中试验过程总耗电量应在总断路器入口处进行测试，测试机组总耗电量应在其供电断路器或接触器处进行。消耗功率按式（5）计算：

$$P_{TS} = \frac{E_A - E_U}{t} \quad (5)$$

式中：

E_A ——监测周期内试验过程总耗电量，kW·h；

E_U ——监测周期内被测试机组总耗电量，kW·h。

7.2.6 试验装置能耗系数

试验装置能耗系数测试工况如表 4 所示。

表 4 试验装置能耗系数测试工况

试验条件	测机组室内侧		测机组室外侧	
	进风干球温度（℃）	进风湿球温度（℃）	进风干球温度（℃）	进风湿球温度（℃）
制冷工况	27	19	35	24
制热工况	20	15	7	6

测试机组制冷（热）量、消耗功率按照 GB/T7725-2022 的规定进行。试验装置制冷工况能耗系数按式（6）计算：

$$\epsilon_c = \frac{P_{TS, c}}{Q_c} \quad (6)$$

式中：

ϵ_c ——试验装置制冷工况能耗系数，kW/kW；

$P_{TS, c}$ ——制冷试验时监测周期内消耗功率，kW；

Q_C ——制冷试验时测试机组实测制冷量, kW。

试验装置制热工况能耗系数按式 (7) 计算:

$$\epsilon_H = \frac{P_{TS, H}}{Q_H} \quad (7)$$

式中:

ϵ_H ——试验装置制热工况能耗系数, kW/kW;

$P_{TS, H}$ ——制热试验时监测周期内消耗功率, kW;

Q_H ——制热试验时测试机组实测制热量, kW。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映, 校准证书应至少包括以下信息:

- a) 标题, 如“校准证书”;
- b) 检测装置名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与试验装置的地址不同);
- 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, 应对被校准样品的抽样程序进行说明;
- i) 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) 校准证书或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声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为一年。由于复校时间间隔的长短是由试验装置的使用情况、使用者、试验装置本身质量等诸多因素所决定的, 因此, 使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

温度偏差校准结果不确定度评定示例（参考件）

A.1 测量模型

温度偏差测量模型见公式（A.1，A.2）：

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_s \quad (\text{A.1})$$

$$\Delta T_{\min} = T_{\min} - T_s \quad (\text{A.2})$$

式中:

$\Delta T_{\max}$ —— 温度上偏差, °C;

$\Delta T_{\min}$ —— 温度下偏差, °C;

$T_{\max}$ —— 各测量点规定时间内标准器测量的最高温度, °C;

$T_{\min}$ —— 各测量点规定时间内标准器测量的最低温度, °C;

t_s —— 环境间设定温度设定温度, °C。

灵敏度系数:

$$c_{t_{\max}} = \frac{\partial \Delta T_{\max}}{\partial T_{\max}} = 1 ; \quad c_{t_{\min}} = \frac{\partial \Delta T_{\min}}{\partial T_{\min}} = 1 ; \quad c_{t_s} = \frac{\partial \Delta T_{\max}}{\partial T_s} = \frac{\partial \Delta T_{\min}}{\partial T_s} = -1 ;$$

A.2 不确定度来源分析

根据测量模型列出各个不确定度分量的来源, 见表 A.1。

表 A.1 不确定度来源

不确定度来源	符号	灵敏系数
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	1
标准器准确度引入的标准不确定度	u_2	-1
标准器年稳定性引入的标准不确定度	u_3	-1

A.3 温度上偏差测量重复性引入的标准不确定度 u_1

对温度为 27°C 的测试装置各测量点做 10 次独立重复测量, 取各测量点规定时间内测量的最高温度, 重复测量 10 次, 测量结果见表 A.2。

表 A.2 10 次重复测量结果

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/ (°C)	0.22	0.18	0.26	0.33	0.35	0.37	0.35	0.31	0.23	0.24

则单次测量的标准偏差为:

$$s_{t_{\max}} = u_1 = 0.07^\circ\text{C}$$

A.4 标准器准确度引入的标准不确定度 u_2

由标准器计量证书可知, 其扩展不确定度为 $U=0.10^\circ\text{C}$ ($k=2$), 其引入的标准不确定度为:

$$u_2 = \frac{0.10}{2} = 0.05^\circ\text{C}$$

A.5 标准器年稳定性引入的标准不确定度 u_3

标准器年稳定性估计偏差为 $\pm 0.10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布，则其引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.06^{\circ}\text{C}$$

A.6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表 A. 3。

表 A. 3 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	输入量	标准不确定度分量/ $^{\circ}\text{C}$	灵敏系数	输出不确定度分量/ $^{\circ}\text{C}$
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	0.07	1	0.07
标准器准确度引入的标准不确定度	u_2	0.05	-1	0.05
标准器年稳定性引入的标准不确定度	u_3	0.06	-1	0.06

则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^2 c_i^2 \cdot u_i^2} = 0.10^{\circ}\text{C}$$

A.7 温度上偏差扩展不确定度

$$U = k \cdot u_c = 0.20^{\circ}\text{C} \quad (k=2)$$

A.8 温度下偏差测量不确定度分析

分析过程与温度上偏差相同，10 次独立测量结果见表 A. 4。

表 A. 4 10 次重复测量结果

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/ ($^{\circ}\text{C}$)	-0.16	-0.22	-0.25	-0.18	-0.11	-0.12	-0.15	-0.22	-0.17	-0.15

则单次测量的标准偏差为：

$$s_{t_{\min}} = u_1 = 0.05^{\circ}\text{C}$$

标准不确定度分量汇总见表 A. 5。

表 A. 5 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	输入量	标准不确定度分量/ $^{\circ}\text{C}$	灵敏系数	输出不确定度分量/ $^{\circ}\text{C}$
测量重复性引入的标准不确定度	u_1	0.05	1	0.05
标准器准确度引入的标准不确定度	u_2	0.05	-1	0.05
标准器年稳定性引入的标准不确定度	u_3	0.06	-1	0.06

则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^2 c_i^2 \cdot u_i^2} = 0.09^\circ\text{C}$$

温度下偏差扩展不确定度为

$$U = k \cdot u_c = 0.18^\circ\text{C} \quad (k=2)$$

附录 B

校准原始记录格式（参考件）

委托单位名称	
委托单位地址	

设备名称			
制造单位			
规格型号		仪器编号	

校准用主要计量标准器具

标准器名称	规格型号	设备编号	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	证书编号	有效期

校准依据：_____

环境条件 温度：_____相对湿度：_____

校准地点：_____

备注：_____

校准日期：_____

校准人员：_____核验人员：_____

B.1 环境间工况调节变温速率：

项目	技术要求	室内侧	室外侧	$U(k=2)$
初始空气干球温度 (°C)				
工况稳定后空气干球温度 (°C)				
试验时间 (h)				

工况调节变温速率 (°C/h)				
--------------------	--	--	--	--

B.2 环境间空气温度偏差:

项目	技术要求	室内侧	室外侧	$U(k=2)$
设定温度 (°C)				
温度上偏差 (°C)				
温度下偏差 (°C)				
温度偏差 (°C)				

B.3 制冷工况能耗系数:

项目	技术要求	测试上限 机组	测试下限 机组	$U(k=2)$
试验装置耗电量 (kW·h)				
试验时间 (h)				
试验装置消耗功率 (kW)				
制冷量 (kW)				
能耗系数				

B.4 制热工况能耗系数:

项目	技术要求	测试上限 机组	测试下限 机组	$U(k=2)$
试验装置耗电量 (kW·h)				
试验时间 (h)				
试验装置消耗功率 (kW)				
制热量 (kW)				
能耗系数				

附录 C

校准证书内页格式 (参考件)

证书编号: XXXX—XXXX

校准机构授权说明

校准环境条件及地点:				
温 度		地 点		
相对湿度		其 他		
校准所依据的技术文件 (代号、名称):				
校准所使用的主要测量标准:				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	检定/校准 证书编号	证书有效期至

注:

1. XXXX XXXX 仅对加盖“XXXXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
3. 未经实验室书面批准, 不得部分复印证书。

第 页, 共 页

证书编号: XXXX—XXXX

校 准 结 果

C.1 环境间工况调节变温速率:

项目	技术要求	室内侧	室外侧	$U(k=2)$
初始空气干球温度 (°C)				

JJF (轻工) ×××-××××

工况稳定后空气干球温度 (°C)				
试验时间 (h)				
工况调节变温速率 (°C/h)				

C.2 环境间空气温度偏差:

项目	技术要求	室内侧	室外侧	$U(k=2)$
设定温度 (°C)				
温度上偏差 (°C)				
温度下偏差 (°C)				
温度偏差 (°C)				

C.3 制冷工况能耗系数:

项目	技术要求	测试上限 机组	测试下限 机组	$U(k=2)$
试验装置耗电量 (kW·h)				
试验时间 (h)				
试验装置消耗功率 (kW)				
制冷量 (kW)				
能耗系数				

C.4 制热工况能耗系数:

项目	技术要求	测试上限 机组	测试下限 机组	$U(k=2)$
试验装置耗电量 (kW·h)				
试验时间 (h)				
试验装置消耗功率 (kW)				
制热量 (kW)				
能耗系数				

校准员:

核验员:
