



中华人民共和国工业和信息化部
电子计量技术规范

JJF(电子) XXXX-20XX

快速温变试验设备校准规范

Calibration Specification for Rapid Temperature Change Test

Equipments

(报批稿)

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

快速温变试验设备校准规范

Calibration Specification for Rapid
Temperature Change Test Equipments

JJF(电子) XXXX—20XX

归口单位：中国电子技术标准化研究院

主要起草单位：工业和信息化部电子第五研究所
国营长虹机械厂

参加起草单位：广州赛宝计量检测中心服务有限公司

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

陈再举（工业和信息化部电子第五研究所）
陈雪霞（工业和信息化部电子第五研究所）
董志鹏（国营长虹机械厂）

参加起草人：

陈观金（广州赛宝计量检测中心服务有限公司）
黄柳超（广州赛宝计量检测中心服务有限公司）
周裕华（广州赛宝计量检测中心服务有限公司）

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	2
5 计量特性	3
6 校准条件	5
6.1 环境条件	5
6.2 供电条件	5
6.3 负载条件	5
6.4 测量标准及其他设备	5
7 校准项目和校准方法	6
7.1 校准项目	6
7.2 校准方法	7
7.2.1 温度、湿度校准	7
7.2.2 温度、湿度过冲量和温度、湿度过冲恢复时间校准	12
7.2.3 温度变化速率校准	13
7.2.4 温度变化时间校准	16
7.2.5 湿度变化时间校准	16
7.2.6 转换时间校准	16
7.2.7 风速校准	17
7.2.8 计时偏差校准	17
8 校准结果表达	18
9 复校时间间隔	18
附录 A 校准记录格式	19
附录 B 校准证书内页格式	23
附录 C 测量不确定度评定示例	26
附录 D 温度恢复时间测定方法	42

引言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规范制定的基础性规范。

本规范参考了 JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》、GB/T 2423.22-2012《环境试验 第2部分：试验方法 试验 N：温度变化》、GB/T 5170.2-2017《环境试验设备检验方法 第2部分：温度试验设备》、GB/T 5170.5-2016《电工电子产品环境试验设备检验方法 第5部分：湿热试验设备》、GB/T 10592-2023《高低温试验箱技术条件》、GJB 150.5A-2009《军用装备实验室环境试验方法 第5部分：温度冲击试验》，并结合国内快速温变试验设备的技术现状制定。

本规范为首次发布。

快速温变试验设备校准规范

1 范围

本规范适用于温度范围为 $-190^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ 的温度速变试验设备和温度冲击试验设备等快速温变试验设备的校准,其他类似设备可参照本规范进行校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件:

JJF 1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

GB/T 2423.22-2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化

GB/T 5170.2-2017 环境试验设备检验方法 第2部分:温度试验设备

GB/T 5170.5-2016 电工电子产品环境试验设备检验方法 第5部分:湿热试验设备

GB/T 10592-2023 高低温试验箱技术条件

GJB 150.5A-2009 军用装备实验室环境试验方法 第5部分:温度冲击试验

凡是注日期的引用文件,仅在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 术语和计量单位

3.1 平均温度变化速率 temperature average variation rate

按最大温度速率变化的试验设备,工作空间内某一指定点在两个规定温度范围内的10%至90%之间测得的温度平均转变速率,单位为 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

[GB/T 10592-2023, 3.11]

3.2 全程平均温度变化速率 temperature average variation rate in whole range

按最大温度速率变化的试验设备,工作空间内某一指定的点从一规定温度变化至另一规定温度时测得的温度平均转变速率,单位为 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

[GB/T 10592-2023, 3.12]

3.3 线性温度变化速率 linear temperature rate of change

按规定温度速率变化的试验设备,工作空间内某一指定的点在两个规定温度范围内的10%至90%之间测得的任意间隔时间 t 的温度平均转变速率,单位为 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

[GB/T 10592-2023, 3.13]

3.4 全程线性温度变化速率 linear temperature rate of change in whole range

按规定温度速率变化的试验设备,工作空间内某一指定的点从一规定温度变化至另

一规定温度时测得的任意间隔时间 t 的温度平均转变速率，单位为 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

[GB/T 10592-2023, 3.14]

3.5 非环温暴露 Non environmental temperature exposure

在进行温度冲击试验时，试验温度从一规定的温度变化为另一规定的温度时，中间过程不需要在环境温度下过渡的一种试验条件。

3.6 环温暴露 Environmental temperature exposure

在进行温度冲击试验时，试验温度从一规定的温度变化另一规定的温度时，中间过程需要在环境温度下过渡的一种试验条件。

4 概述

快速温变试验设备主要用于模拟温度快速变化、温度变化但湿度不变或者温湿度同时变化的环境，主要用于确定电子元器件、设备或其他产品耐受环境温度快速变化或者温湿度同时变化的能力。该类设备主要包括温度速变试验设备和温度冲击试验设备；温度速变试验设备根据用户需求配置湿度功能或不配湿度功能；温度冲击试验设备根据结构分为两箱式温度冲击试验设备和三箱式温度冲击试验设备，其中两箱式温度冲击试验设备由高温箱体、低温箱体和可移动试验架组成，其组成示意图见图 1；三箱式温度冲击试验设备由高温储能箱、试验箱、低温储能箱、高温风门和低温风门组成，其组成示意图见图 2，根据试验需求分为非环温暴露和环温暴露两种模式。



图 1 两箱式温度冲击试验设备组成示意图



图 2 三箱式温度冲击试验设备组成示意图

快速温变试验设备主要由温度控制系统、湿度控制系统、制冷系统、加热系统、加湿系统、除湿系统、空气循环系统和试验箱体等组成，不带湿度功能的试验设备其组成示意图见图 3，带湿度功能的试验设备其组成示意图见图 4。其工作原理主要由温度控制系统根据目标温度驱动制冷系统和加热系统单独或整体协调工作，使试验箱体的实

际温度达到预期的目标温度，并通过空气循环系统使试验箱体内的空气介质循环流动，以使整个箱体內的温场均匀和稳定；湿度控制系统在温度控制系统工作的同时，根据目标湿度驱动加湿系统或除湿系统单独或整体协调工作，使试验箱体的实际湿度达到预期的目标湿度，并通过空气循环系统使试验箱体内的湿汽循环流动，以使整个箱体內的湿度场均匀和稳定。

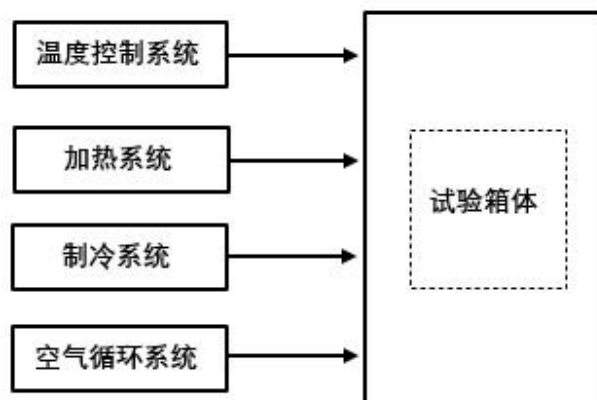


图 3 不带湿度功能的快速温变试验设备组成示意图

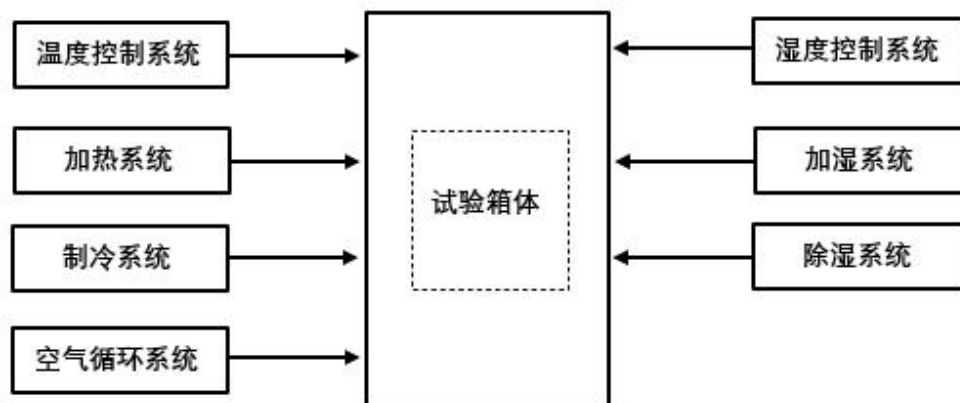


图 4 带湿度功能的快速温变试验设备组成示意图

5 计量特性

5.1 温度速变试验设备

5.1.1 温度范围：(-190~250)℃；

- a) 温度偏差：±2℃；
- b) 温度指示误差：±2℃；
- c) 温度波动度：±0.5℃；
- d) 温度均匀度：≤2℃；

- e) 温度过冲量: $\leq (0.5 \sim 2) ^\circ\text{C}$;
- f) 温度过冲恢复时间: $\leq (3 \sim 15) \text{ min}$ 。

5.1.2 湿度范围: 10%RH~100%RH

- a) 湿度偏差: $\pm 3\% \text{RH}$ ($> 75\% \text{RH}$), $\pm 5\% \text{RH}$ ($5\% \text{RH} \sim 75\% \text{RH}$);
- b) 湿度指示误差: $\pm 3\% \text{RH}$ ($> 75\% \text{RH}$), $\pm 5\% \text{RH}$ ($10\% \text{RH} \sim 75\% \text{RH}$);
- c) 湿度波动度: $\pm 2\% \text{RH}$ ($> 75\% \text{RH}$), $\pm 3\% \text{RH}$ ($10\% \text{RH} \sim 75\% \text{RH}$);
- d) 湿度均匀度: $\leq 5\% \text{RH}$ ($> 75\% \text{RH}$), $\leq 7\% \text{RH}$ ($10\% \text{RH} \sim 75\% \text{RH}$);
- e) 湿度过冲量: $\leq 3\% \text{RH}$ ($> 75\% \text{RH}$), $\leq 5\% \text{RH}$ ($10\% \text{RH} \sim 75\% \text{RH}$);
- f) 湿度过冲恢复时间: $\leq (3 \sim 15) \text{ min}$ 。

5.1.3 温度变化速率: $(1 \sim 100) ^\circ\text{C}/\text{min}$

- a) 平均温度变化速率: $\geq 1 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 3 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 5 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 10 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 15 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 20 ^\circ\text{C}/\text{min}$;
- b) 全程平均温度变化速率: $\geq 1 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 3 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 5 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 10 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 15 ^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $\geq 20 ^\circ\text{C}/\text{min}$;
- c) 线性温度变化速率: $\pm 20\%$;
- d) 全程线性温度变化速率: $\pm 20\%$;

5.1.4 温度变化时间: $\leq 120 \text{ min}$;

5.1.5 湿度变化时间: $\leq 30 \text{ min}$;

5.1.6 风速: $\leq (0.5 \sim 5) \text{ m/s}$;

5.1.7 时间间隔: 10min;

计时偏差: $\pm 5\%$ 。

5.2 温度冲击试验设备

5.2.1 温度范围: $(-80 \sim 250) ^\circ\text{C}$;

- a) 温度偏差: $\pm 2 ^\circ\text{C}$;
- b) 温度指示误差: $\pm 2.0 ^\circ\text{C}$;
- c) 温度波动度: $\pm 0.5 ^\circ\text{C}$;
- d) 温度均匀度: $\leq 2 ^\circ\text{C}$;
- e) 温度过冲量: $\leq (0.5 \sim 2) ^\circ\text{C}$;
- f) 温度过冲恢复时间: $\leq (3 \sim 15) \text{ min}$ 。

5.2.2 转换时间

a) GB/T 2423.22-2012 的要求: $\leq 3\text{min}$;

b) GJB 150.5A-2009 的要求: $\leq 1\text{min}$;

5.2.4 风速: $\leq 1.7\text{m/s}$;

5.2.5 时间间隔: 10min ;

计时偏差: $\pm 5\%$ 。

注 1: 以上指标要求不用于合格性判断, 仅供参考, 对计量特性另有要求的试验设备, 按有关技术文件规定的要求进行校准。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度: $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$;

湿度: 不大于 $85\%\text{RH}$;

试验设备周围应无强烈振动及腐蚀性气体存在, 应避免其他冷、热源影响。

6.2 供电条件

电压: $220\text{V}\pm 22\text{V}$ 或 $380\text{V}\pm 38\text{V}$;

频率: $50\text{Hz}\pm 0.5\text{Hz}$

6.3 负载条件

一般在空载条件下校准, 根据用户需要也可以在负载条件下进行, 但应说明负载的情况; 温度恢复时间校准应在用户或者设备技术规格书指定的负载条件下进行。

6.4 测量标准及其他设备

6.4.1 温度测量标准

温度测量标准一般应选用多通道温度采集仪表, 并具有数据记录功能, 传感器宜选用四线制铂电阻温度计, 通道传感器数量不少于 9 个; 当温度变化速率大于 $25^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 时, 应采用测量端裸露的热电偶温度计。技术要求如下:

a) 测量范围 (配铂电阻温度计): $(-196\sim 260)^{\circ}\text{C}$;

最大允许误差: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;

分辨力: 不小于 0.1°C ;

温度示值一致性应不超过温度示值最大允许误差的绝对值。

b) 测量范围 (配热电偶温度计): $(-196\sim 260)^{\circ}\text{C}$;

最大允许误差：±1.0℃；

分辨力：不小于 0.1℃。

6.4.2 湿度测量标准

湿度测量标准一般应选用多通道温湿度显示仪表、多路温湿度测量装置和干湿球湿度计，通道传感器数量不少于 3 个，并能满足校准工作需求。

测量范围：5%RH~100%RH；

最大允许误差：±1.5%RH；

分辨力：不小于 0.1%RH。

6.4.3 秒表

测量范围：1s~3h；

最大允许误差：±0.5s/d。

6.4.4 风速计

应选用无风向型风速计。技术要求如下：

风速测量范围：0.2m/s~5.0m/s；

最大允许误差：±(5% R +0.1) m/s， R 为测量值。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目

设备类型 校准项目	温度速变试验设备 (不带湿度功能)	温度速变试验设备 (带湿度功能)	温度冲击 试验设备	对应的校准 方法条款号
温度偏差	+	+	+	7.2.1.4
温度指示误差	+	+	+	7.2.1.4
温度波动度	+	+	+	7.2.1.4
温度均匀度	+	+	+	7.2.1.4
温度过冲量	*	*	*	7.2.2
温度过冲恢复时间	*	*	*	7.2.2
湿度偏差	-	+	-	7.2.1.6

续表 1

设备类型 校准项目	温度速变试验设备 (不带湿度功能)	温度速变试验设备 (带湿度功能)	温度冲击 试验设备	对应的校准 方法条款号
湿度指示误差	-	+	-	7.2.1.6
湿度波动度	-	+	-	7.2.1.6
湿度均匀度	-	+	-	7.2.1.6
湿度过冲量	-	*	-	7.2.2
湿度过冲恢复时间	-	*	-	7.2.2
平均温度变化速率	*	*	-	7.2.3.2
全程平均温度变化 速率	*	*	-	7.2.3.3
线性温度变化速率	*	*	-	7.2.3.4
全程线性温度变化 速率	*	*	-	7.2.3.5
温度变化时间	*	*	-	7.2.4
湿度变化时间	-	*	-	7.2.5
转换时间	-	-	*	7.2.6
风速	*	*	*	7.2.7
计时偏差	*	*	*	7.2.8
注：“+”表示应校准，“-”表示不校准，“*”表示根据用户需求校准。				

7.2 校准方法

7.2.1 温度、湿度校准

7.2.1.1 校准点的选择

温度、湿度校准点一般根据用户需要选择常用的温度点，或选择设备使用范围的下限、上限和中间点；

7.2.1.2 测量点位置

1) 温度测量点用数字 1、2、3……表示，湿度测量点用字母 A、B、C……表示。

2) 温度、湿度传感器应布置在设备工作空间的三个不同层面上, 称为上、中、下三层, 中层为通过工作空间几何中心的平行于底面的校准工作面, 各布点位置与设备内壁的距离为各边长的 $1/10$, 布点图见图 1、图 2; 遇风道时, 此距离可加大, 但不应超过 500mm ; 如果设备带有样品架或样品车时, 下层测量点可布放在样品架或样品车上方 10mm 处。

3) 测量点布放位置也可根据用户实际工作进行布置, 并图示说明。

7.2.1.3 测量点数量

1) 设备有效工作空间容积小于等于 2m^3 时, 温度测量点为 9 个, 湿度测量点数量为 3 个, 温度点 5、湿度点 O 位于设备工作空间中层几何中心处, 如图 1 所示。

2) 设备有效工作空间容积大于 2m^3 时, 温度测量点为 15 个, 湿度测量点数量为 4 个, 温度点 10、湿度点 O 位于设备工作空间中层几何中心处, 如图 2 所示。

3) 设备有效工作空间容积小于 0.5m^3 或大于 50m^3 时, 可根据实际需要或用户需求减少或增加测量点数量并图示说明。

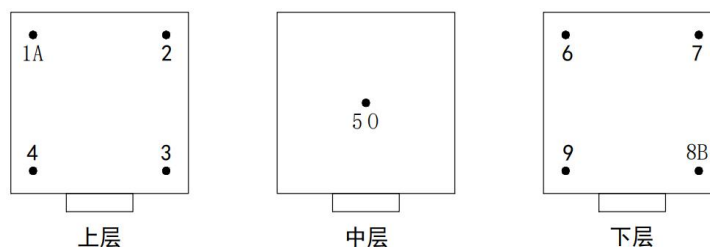


图 1 有效工作空间容积小于等于 2m^3 布点示意图

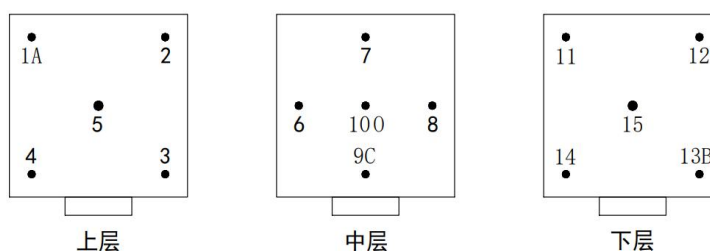


图 2 有效工作空间容积大于 2m^3 布点示意图

7.2.1.4 温度偏差、温度指示误差、温度波动度、温度均匀度校准

1) 按照规定布放温度传感器, 将试验设备设定到温度校准点并运行设备。

2) 待试验设备温度到达设定值并达到稳定状态后, 用温度测量标准采集各测量点温度, 记录时间间隔为 2min, 30min 内共记录 16 组数据。

3) 可以根据设备技术规格书或用户校准需求确定稳定时间、记录时间间隔和数据记录次数, 并在原始记录 and 校准证书中进行说明。

4) 相关数据记录于附录 A 的表 A.2 中。

7.2.1.5 数据处理

7.2.1.5.1 温度偏差

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_s \quad \dots\dots\dots (1)$$

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

式中:

$\Delta T_{\max}$ —温度上偏差, °C;

$\Delta T_{\min}$ —温度下偏差, °C;

$T_{\max}$ —所有测量点在规定时间内测量的最高温度, °C;

$T_{\min}$ —所有测量点在规定时间内测量的最低温度, °C;

T_s —设备设定温度, °C。

7.2.1.5.2 温度指示误差

$$\Delta T = \bar{T}_D - \bar{T} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ΔT —温度指示误差, °C;

$\bar{T}_D$ —试验设备在 30min 内温度指示值的平均值, °C;

$\bar{T}$ —所有测量点在 30min 内温度测量结果的平均值, °C。

7.2.1.5.3 温度波动度

$$\Delta T_f = \pm \max[(T_{j\max} - T_{j\min})/2] \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

ΔT_f —温度波动度, °C;

$T_{j\max}$ —第 j 个测量点在 n 次测量中的最高温度, °C;

$T_{j\min}$ —第 j 个测量点在 n 次测量中的最低温度, °C。

7.2.1.5.4 温度均匀度

$$\Delta T_u = \sum_{i=1}^n (T_{i\max} - T_{i\min}) / n \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

ΔT_u —温度均匀度, °C;

$T_{i\max}$ —所有测量点在第 i 次测得的最高温度, °C;

$T_{i\min}$ —所有测量点在第 i 次测得的最低温度, °C;

n —测量次数。

7.2.1.6 湿度偏差、湿度指示误差、湿度波动度、湿度均匀度校准

- 1) 按照规定摆放温度、湿度传感器, 将试验设备设定到温湿度校准点并运行设备。
- 2) 待试验设备温湿度到达设定值并达到稳定状态后, 用温湿度测量标准采集各测量点温度和湿度, 记录时间间隔为 2min, 30min 内共记录 16 组数据。
- 3) 可以根据设备技术规格书或用户校准需求确定稳定时间、记录时间间隔和数据记录次数, 并在原始记录和校准证书中进行说明。
- 4) 相关数据记录于附录 A 的表 A.2、A.3 中。

7.2.1.7 数据处理

温度数据处理方法见 7.2.1.5。

7.2.1.7.1 湿度偏差

$$D H_{\max} = H_{\max} - H_s \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$D H_{\min} = H_{\min} - H_s \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$D H_{\max}$ —湿度上偏差, %RH;

$D H_{\min}$ —湿度下偏差, %RH;

$H_{\max}$ —所有测量点在规定时间内测量的最高湿度, %RH;

$H_{\min}$ —所有测量点在规定时间内测量的最低湿度, %RH;

H_s —设备设定湿度, %RH。

7.2.1.7.2 湿度指示误差

$$\Delta H = \bar{H}_D - \bar{H} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$D H$ —湿度指示误差, %RH;

$\bar{H}_D$ —试验设备在 30min 内湿度指示值的平均值, %RH;

$\bar{H}$ —所有测量点在 30min 内湿度测量结果的平均值, %RH。

7.2.1.7.3 湿度波动度

$$D H_f = \pm \max (H_{j\max} - H_{j\min}) / 2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$D H_f$ —湿度波动度, %RH;

$H_{j\max}$ —第 j 个测量点在 n 次测量中的最高湿度, %RH;

$H_{j\min}$ —第 j 个测量点在 n 次测量中的最低湿度, %RH。

7.2.1.7.4 湿度均匀度

$$D H_u = \bar{\alpha}^n (H_{i\max} - H_{i\min}) / n \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$D H_u$ —湿度均匀度, %RH;

$H_{i\max}$ —所有测量点在第 i 次测得的最高湿度, %RH;

$H_{i\min}$ —所有测量点在第 i 次测得的最低湿度, %RH;

n —测量次数。

7.2.2 温度、湿度过冲量和温度、湿度过冲恢复时间校准

7.2.2.1 测量点位置

温度、湿度过冲量和温度、湿度过冲恢复时间测量点位置为工作空间几何中心点，测量点布放位置也可根据用户实际工作进行布置，并图示说明。

7.2.2.2 校准步骤

1) 温度、湿度过冲量和温度、湿度过冲恢复时间的校准与温度、湿度偏差同步进行。

2) 当试验设备工作空间几何中心点温度、湿度（以温度、湿度测量标准示值为准）第一次到达设定温度、湿度开始，以不大于 1s 的时间间隔记录测量点温度、湿度数据，直到测量点温度、湿度稳定在允许的温度、湿度范围内。

3) 实测的最高温度（升温至设定温度）或最低温度（降温至设定温度）超出规定温度允许范围的量即温度过冲量，实测的最高湿度（加湿至设定湿度）或最低湿度（除湿至设定湿度）超出规定湿度允许范围的量即湿度过冲量。

4) 实际温度从开始超出规定温度允许范围到最终稳定在规定温度允许范围内的时间即温度过冲恢复时间，实际湿度从开始超出规定湿度允许范围到最终稳定在规定湿度允许范围内的时间即湿度过冲恢复时间。

5) 相关数据记录于附录 A 的表 A.4、A.5 中。

7.2.2.3 数据处理

$$\Delta T_o = |T - T_s| - |\Delta T'| \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$\Delta H_o = |H - H_s| - |\Delta H'| \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

ΔT_o —温度过冲量，℃；

T —在设备升温或降温至规定温度过程中，工作空间中心点实测最高或最低温度，℃；

T_s —设定温度，℃；

$\Delta T'$ —温度允许偏差，℃；

ΔH_o —湿度过冲量, %RH;

H —在设备加湿或除湿至规定湿度过程中, 工作空间中心点实测最高或最低湿度, %RH;

H_s —设定湿度, %RH;

$\Delta H'$ —湿度允许偏差, %RH。

7.2.3 温度变化速率校准

7.2.3.1 测量点位置

温度变化速率的测量点位置为工作空间几何中心点, 测量点布放位置也可根据用户实际工作进行布置, 并图示说明。

7.2.3.2 平均温度变化速率校准

1) 把试验设备调节到温度变化范围的要求温度上, 设备到达设定值并且稳定 30min 后, 把试验设备调节到温度变化范围的另一要求温度上。

2) 待温度 (以温度测量标准示值为准) 从起始温度上升 (或下降) 至高低温温差值的 10% 时启动秒表计时, 第一次到达高低温温差值的 90% 时停止计时, 按照式 (13) 计算得到升温速率 (或降温速率), 并记录于附录 A 的表 A.6.1 中。

7.2.3.3 全程平均温度变化速率校准

1) 把试验设备调节到要求温度上, 温度到达设定值并且稳定 30min 后, 把试验设备调节到另一要求温度上。

2) 用秒表记录 (以温度测量标准示值为准) 从要求的温度点正偏差允许值升温至另一要求温度点负偏差允许值所需的时间, 或用秒表记录 (以温度测量标准示值为准) 从要求的温度点负偏差允许值降温至另一要求温度点正偏差允许值所需的时间, 然后按照式 (14) 计算得到升温速率或降温速率, 并记录于附录 A 的表 A.6.2 中。

7.2.3.4 线性温度变化速率校准

1) 在试验设备的温度变化控制程序中设定好温度变化范围对应的温度点以及温度变化速率 (或对应的时间), 选择设定好的温变控制程序并运行设备。

2) 温度到达设定值并且稳定 30min 后, 待设备温度恒定时间结束并且温度 (以温度测量标准示值为准) 从起始温度上升 (或下降) 至高低温温差值的 10% 时用温度测量标准记录温度值, 直到第一次到达高低温温差值的 90% 时停止记录, 然后按照公式 (15) 和 (16) 计算得到升温 (或降温) 过程中升温速率 (或降温速率) 的最大值和最小值, 并按照公式 (17) 和 (18) 得到升温速率 (或降温速率) 的上偏差和下偏差, 并记录于附录 A 的表 A.6.3 中。

3) 记录的时间间隔根据温变速率的标称值进行选择, 当温变速率小于等于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 时, 时间间隔为 2min; 当温变速率大于 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 并且小于等于 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 时, 时间间隔为 1min; 当温变速率大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 并且小于等于 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 时, 时间间隔为 0.5min; 当温变速率大于 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 并且小于等于 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 时, 时间间隔为 0.2min; 当温变速率大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 时, 时间间隔为 0.1min。

7.2.3.5 全程线性温度变化速率的校准

1) 在试验设备的温度变化控制程序中设定好温度变化范围对应的温度点以及温度变化速率 (或对应的时间), 选择设定好的温变控制程序并运行设备。

2) 温度到达设定值并且稳定 30min 后, 在设备温度恒定时间结束开始升温时, 用温度测量标准记录从要求的温度点正偏差允许值升温至另一要求温度点负偏差允许值之间的温度值; 或在设备温度恒定时间结束开始降温时, 用温度测量标准记录从要求的温度点负偏差允许值降温至另一要求温度点正偏差允许值之间的温度值, 然后按照公式 (15) 和 (16) 计算得到升温速率或降温速率的最大值和最小值, 并按照公式 (17) 和 (18) 得到升温速率或降温速率的上偏差和下偏差, 并记录于附录 A 的表 A.6.4 中。

3) 记录的时间间隔参照 7.2.2.4 3)。

7.2.3.6 数据处理

7.2.3.6.1 平均温度变化速率

$$v_{80} = \frac{80\%(T_1 - T_2)}{t_{80}} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

v_{80} —平均温度变化速率, °C/min;

T_1 —高的规定温度, °C;

T_2 —低的规定温度, °C;

t_{80} —温度自规定温度范围的 10% 上升 (下降) 到 90% 所需的时间, min。

7.2.3.6.2 全程平均温度变化速率

$$v = \frac{T_1 - T_2 - 2|\Delta T|}{t} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

v —全程平均温度变化速率, °C/min;

T_1 —高的规定温度, °C;

T_2 —低的规定温度, °C;

$\Delta T'$ —温度允许偏差, °C;

t —从要求的温度点负偏差允许值降温至另一要求温度点正偏差允许值所需的时间, 或从要求的温度点正偏差允许值升温至另一要求温度点负偏差允许值所需的时间, min。

7.2.3.6.3 线性温度变化速率和全程线性温度变化速率

$$v_{\max} = \max \left(\frac{|T_i - T_{i-1}|}{\Delta t} \right) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$v_{\min} = \min \left(\frac{|T_i - T_{i-1}|}{\Delta t} \right) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$\Delta v_{\max} = \frac{v_{\max} - v_N}{v_N} \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$\Delta v_{\min} = \frac{v_{\min} - v_N}{v_N} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

$v_{\max}$ —规定温度范围区间实测的线性 (全程线性) 温度变化速率最大值, °C/min;

$v_{\min}$ —规定温度范围区间实测的线性 (全程线性) 温度变化速率最小值, °C/min;

T_i —规定温度范围区间内, 第 i 次记录的温度值, $^{\circ}\text{C}$;

T_{i+1} —规定温度范围区间内, 第 $i+1$ 次记录的温度值, $^{\circ}\text{C}$;

Δt —温度记录的时间间隔, min;

n —总的温度记录次数, 次;

$\Delta v_{\max}$ —线性 (全程线性) 温度变化速率的上偏差, $^{\circ}\text{C}/\text{min}$;

$\Delta v_{\min}$ —线性 (全程线性) 温度变化速率的下偏差, $^{\circ}\text{C}/\text{min}$;

v_N —线性 (全程线性) 温度变化速率的标称值, $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

7.2.4 温度变化时间校准

温度变化时间的测量点位置为工作空间几何中心点, 测量点布放位置也可根据用户实际工作进行布置, 并图示说明。

把试验设备调节到要求温度上, 温度到达设定值并且稳定 30min 后, 把试验设备调节到另一要求温度上, 用秒表记录从要求的温度点负偏差允许值降温至另一要求温度点正偏差允许值所需的时间即为降温时间, 或用秒表记录从要求的温度点正偏差允许值升温至另一要求温度点负偏差允许值所需的时间即为升温时间, 并记录于附录 A 的表 A.7 中。

7.2.5 湿度变化时间校准

湿度变化时间的测量点位置为工作空间几何中心点, 测量点布放位置也可根据用户实际工作进行布置, 并图示说明。

把试验设备调节到要求温湿度上, 温湿度到达设定值并且稳定 30min 后, 把试验设备调节到另一要求温湿度上, 用秒表记录从要求的湿度点负偏差允许值除湿至另一要求湿度点正偏差允许值所需的时间即为除湿时间, 或用秒表记录从要求的湿度点正偏差允许值加湿至另一要求湿度点负偏差允许值所需的时间即为加湿时间, 并记录于附录 A 的表 A.8 中。

7.2.6 转换时间校准

7.2.6.1 两箱式温度冲击设备的转换时间校准

触发设备使可移动试验架从高温箱（低温箱）向低温箱（高温箱）转移，试验架开始移动瞬间启动秒表开始计时，试验架到达低温箱（高温箱）停止移动瞬间停止计时，秒表所记录的时间即为转换时间，并记录于附录 A 的表 A.9 中。

7.2.6.2 三箱式温度冲击设备（非环温暴露）的转换时间校准

触发设备使低温储能箱（高温储能箱）的风门关闭，在风门开始关闭的瞬间启动秒表计时，待高温储能箱（低温储能箱）的风门全部打开瞬间停止计时，秒表所记录的时间即为转换时间，并记录于附录 A 的表 A.9 中。

7.2.7 风速校准

风速测量点的数量、位置与湿度测量点一致，风速的校准在常温条件下进行，按照规定在其中一个测量点处布放风速传感器，启动设备，待试验设备稳定工作 10min 后，使用风速计测量并记录该测量点处的最大风速值。按照同样方法依次测量并记录其他测量点的最大风速值，取所有测量点当中的最大风速值作为测量结果。也可以根据设备技术规格书或用户需求确定风速的校准条件，并在原始记录和校准证书中进行说明，并记录于附录 A 的表 A.10 中。

7.2.8 计时偏差校准

7.2.8.1 校准点选择

时间间隔校准点一般选取 10min，或根据用户需要选择常用的时间间隔进行。

7.2.8.2 校准步骤

在试验设备控制面板的时间显示某时的整分钟时刻时，同时启动秒表计时，在显示时间到达时间间隔点的瞬间停止秒表计时，秒表实际测量的结果与时间间隔校准点进行比较得到设备显示器的时间偏差，并记录于附录 A 的表 A.11 中。

7.2.8.3 数据处理

$$\Delta t = \frac{t_B - t_N}{t_N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中：

Δt —设备显示器时间偏差，%；

t_B —秒表实测值，min；

t_N —时间间隔校准点，min。

8 校准结果表达

校准后，出具校准证书。校准证书至少应包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- 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声明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，一般推荐为1年。

附录 A

校准记录格式

记录编号：

委托单位		校准日期		校准地点	
设备名称		设备型号		设备制造商	
设备编号		环境温度	℃	环境湿度	%RH

校准用计量标准

名称	编号	测量范围	准确度等级/ 最大允许误差/不确定度	证书号	有效期

校准记录

A.1 外观与工作正常性检查：

A.2 温度偏差、温度波动度、温度均匀度和温度指示误差校准记录（单位：℃）

温度设定值：℃

测量 次数	实测温度值									温度指示值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1										
2										
3										
4										
5										
...										
12										
13										
14										
15										
16										
最大值										
最小值										
上偏差	指示误差				均匀度		波动度			
下偏差	扩展不确定度： $(k=2)$									

A.3 湿度偏差、湿度波动度、湿度均匀度和湿度指示误差校准记录（单位：%RH）

湿度设定值：%RH（温度设定值：℃）

测量 次数	实测湿度值									湿度指示值
	A	O	B							
1										

2										
3										
4										
5										
...										
12										
13										
14										
15										
16										
最大值										
最小值										
上偏差		指示误差			均匀度			波动度		
下偏差		扩展不确定度： ($k=2$)								

A.4 温度过冲量和温度过冲恢复时间校准记录

温度设定值:	℃	允许偏差:	℃	测量点位置:	
实测最大值 (或最小值):	℃				
温度过冲量:	℃	扩展不确定度:	℃	k=2	
温度过冲恢复时间:	min	扩展不确定度:	s	k=2	

A.5 湿度过冲量和湿度过冲恢复时间校准记录

湿度设定值:	%RH (温度设定值: ℃)	允许偏差:	%RH	测量点位置:	
实测最大值 (或最小值):	%RH				
湿度过冲量:	%RH	扩展不确定度:	%RH	k=2	
湿度过冲恢复时间:	min	扩展不确定度:	s	k=2	

A.6 温度变化速率校准记录

A.6.1 平均温度变化速率校准记录 (测量点位置:)				
项目名称	温度变化范围	从温度范围的 10% 上升 (下降) 到 90% 所需的时间 (min)	测量结果 (°C/min)	扩展不确定度 (k=2)
升温速率	℃ ~ ℃			°C/min
降温速率	℃ ~ ℃			°C/min
A.6.2 全程平均温度变化速率校准记录 (测量点位置:)				
项目名称	温度变化范围	从要求的温度点负偏差允许值降温至另一要求温度点正偏差允许值所需的时间或从要求的温度点正偏差允许值升温至另一要求温度点负偏差允许值所需的时间	测量结果 (°C/min)	扩展不确定度 (k=2)

		(min)						
升温速率	°C~	°C						°C/min
降温速率	°C~	°C						°C/min
A.6.3 线性温度变化速率校准记录 (从温度范围的 10%上升 (下降) 到 90%, 测量点位置:)								
温度范围: °C~ °C, 温变速率设定值: °C/min, 记录时间间隔:								
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8
实测温度 (°C)								
变化率 (°C/min)	/							
测量次数	9	10	11	12	13	14	15	...
实测温度 (°C)								
变化率 (°C/min)								
升温速率最大值:		°C/min		升温速率上偏差:		%		扩展不确定度:
升温速率最小值:		°C/min		升温速率下偏差:		%		扩展不确定度:
降温速率最大值:		°C/min		降温速率上偏差:		%		扩展不确定度:
降温速率最小值:		°C/min		降温速率下偏差:		%		扩展不确定度:
A.6.4 全程线性温度变化速率校准记录 (从要求的温度点负偏差允许值降温至另一要求温度点正偏差允许值或从要求的温度点正偏差允许值升温至另一要求温度点负偏差允许值, 测量点位置:)								
温度范围: °C~ °C, 温变速率设定值: °C/min, 记录时间间隔: 1min								
测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8
实测温度 (°C)								
变化率 (°C/min)	/							
测量次数	9	10	11	12	13	14	15	...
实测温度 (°C)								
变化率 (°C/min)								
升温速率最大值:		°C/min		升温速率上偏差:		%		扩展不确定度:
升温速率最小值:		°C/min		升温速率下偏差:		%		扩展不确定度:
降温速率最大值:		°C/min		降温速率上偏差:		%		扩展不确定度:
降温速率最小值:		°C/min		降温速率下偏差:		%		扩展不确定度:

A.7 温度变化时间校准记录			
项目名称	温度变化范围	测量结果 (min)	扩展不确定度, $k=2$ (min)
升温时间	°C~ °C		
降温时间	°C~ °C		
A.8 湿度变化时间校准记录			
项目名称	湿度变化范围	测量结果 (min)	扩展不确定度, $k=2$ (min)
加湿时间	°C、 %RH~ °C、 %RH		
除湿时间	°C、 %RH~ °C、 %RH		

A.9 转换时间校准记录

项目名称	测量结果 (s)	扩展不确定度, $k=2$ (s)
高温转换时间 (低温转高温)		
低温转换时间 (高温转低温)		

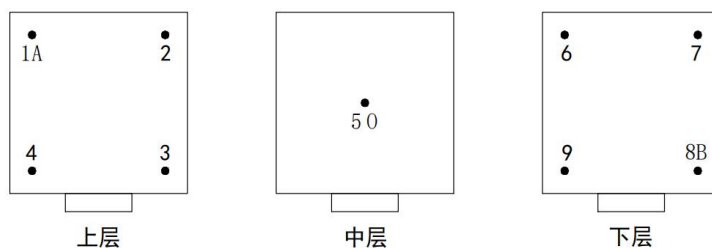
A.10 风速校准记录

实测最大风速值 (m/s)									扩展不确定度 ($k=2$)
1	2	3							

A.11 时间偏差校准记录

时间间隔校准点	实测结果	时间偏差	扩展不确定度 ($k=2$)

A.12 温度、湿度、风速布点示意图



附录 B

校准证书内页格式

B.1 外观及工作正常性检查

B.2 温度偏差、温度指示误差、温度波动度、温度均匀度的校准结果

校准参数	校准结果 (°C)	扩展不确定度, $k=2$ (°C)
温度设定值		/
温度指示值		
温度指示误差		
温度上偏差		
温度下偏差		
温度均匀度		
温度波动度		

B.3 湿度偏差、湿度指示误差、湿度波动度、湿度均匀度的校准结果

校准参数	校准结果	扩展不确定度, $k=2$
温湿度设定值	°C 、 %RH	/
温度指示值	°C	/
湿度指示值	%RH	/
温度上偏差	°C	°C
温度下偏差	°C	°C
湿度上偏差	%RH	%RH
湿度下偏差	%RH	%RH
温度指示误差	°C	°C
湿度指示误差	%RH	%RH
温度均匀度	°C	°C
湿度均匀度	%RH	%RH
温度波动度	°C	°C
湿度波动度	%RH	%RH

B.4 温度过冲量和温度过冲恢复时间的校准结果

校准参数	校准结果	扩展不确定度, $k=2$
温度设定值		
温度过冲量		
温度过冲回复时间		
温度允许偏差: ℃		

B.5 湿度过冲量和湿度过冲恢复时间的校准结果

校准参数	校准结果	扩展不确定度, $k=2$
湿度设定值		
湿度过冲量		
湿度过冲回复时间		
湿度允许偏差: ℃		

B.6 温度变化速率校准结果

B.6.1 平均温度变化速率校准结果

项目名称	温度变化范围	校准结果	扩展不确定度, $k=2$
升温速率	℃~ ℃	℃/min	
降温速率	℃~ ℃	℃/min	

注: 从温度范围的 10% 上升 (下降) 到 90%。

B.6.2 全程平均温度变化速率校准结果

项目名称	温度变化范围	校准结果	扩展不确定度, $k=2$
升温速率	℃~ ℃	℃/min	
降温速率	℃~ ℃	℃/min	

注: 从要求的温度点负偏差允许值降温至另一要求温度点正偏差允许值或从要求的温度点正偏差允许值升温至另一要求温度点负偏差允许值。

B.6.3 线性温度变化速率校准结果

温变速率设定值:

项目名称	温度变化范围	校准结果	扩展不确定度, $k=2$
升温速率上偏差	℃~ ℃	%	
升温速率下偏差	℃~ ℃	%	
降温速率上偏差	℃~ ℃	%	
降温速率下偏差	℃~ ℃	%	

注: 从温度范围的 10% 上升 (下降) 到 90%。

B.6.4 全程线性温度变化速率校准结果

项目名称	温度变化范围	校准结果	扩展不确定度, $k=2$
升温速率上偏差	℃~ ℃	%	
升温速率下偏差	℃~ ℃	%	
降温速率上偏差	℃~ ℃	%	

降温速率下偏差	°C~ °C	%	
注：从要求的温度点负偏差允许值降温至另一要求温度点正偏差允许值或从要求的温度点正偏差允许值升温至另一要求温度点负偏差允许值。			

B.7 温度变化时间校准结果

项目名称	温度变化范围	校准结果	扩展不确定度, $k=2$
升温时间	°C~ °C	min	
降温时间	°C~ °C	min	
注：从要求的温度点负偏差允许值降温至另一要求温度点正偏差允许值或从要求的温度点正偏差允许值升温至另一要求温度点负偏差允许值。			

B.8 湿度变化时间校准结果

项目名称	湿度变化范围	校准结果	扩展不确定度, $k=2$
加湿时间	°C、%RH~ °C、%RH	min	
除湿时间	°C、%RH~ °C、%RH	min	
注：从要求的湿度点负偏差允许值除湿至另一要求湿度点正偏差允许值或从要求的湿度点正偏差允许值加湿至另一要求湿度点负偏差允许值。			

B.9 转换时间校准结果

项目名称	测量结果 (s)	扩展不确定度, $k=2$ (s)
高温转换时间(低温转高温)		
低温转换时间(高温转低温)		

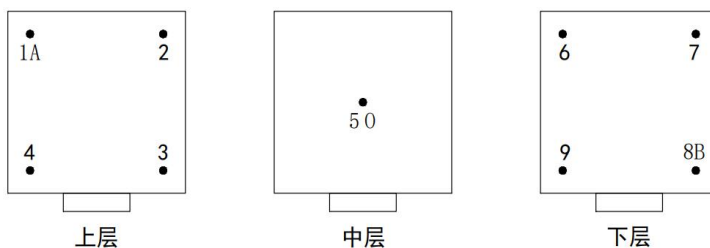
B.10 风速校准结果

箱内最大风速: m/s

B.11 计时偏差校准结果

时间间隔校准点	时间偏差	测量不确定度

B.12 温度、湿度、风速布点示意图



附录 C

测量不确定度评定示例

C1 温度偏差的测量结果不确定度评定

C1.1 测量方法：

按照校准规范的要求进行温度传感器的布点，待设备的温度运行稳定后，开始采集数据，然后计算各温度测试点在 15min 中内测量的最高温度值和最低温度值与设定温度值的差值，即为温度上下偏差。

C1.2 测量模型

温度上偏差和下偏差的测量模型相同，以温度上偏差为例：

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s$$

式中： $\Delta t_{\max}$ —温度上偏差，℃；

$t_{\max}$ —各测量点规定时间内测量的最高温度，℃；

t_s —设备设定温度，℃；

C1.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2(\Delta t_{\max}) = c_1^2 u^2(t_{\max}) + c_2^2 u^2(t_s)$$

式中，灵敏系数：

$$c_1 = \partial \Delta t_{\max} / \partial t_{\max} = 1$$

$$c_2 = \partial \Delta t_{\max} / \partial t_s = -1$$

C1.4 不确定度来源：

C1.4.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ，A 类；

C1.4.2 测温系统的温度分辨力引入的标准不确定度 u_2 ，B 类；

C1.4.3 温度测量系统温度不准引入的标准不确定度 u_3 ，B 类；

C1.5 标准不确定度评定

C1.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ；

以 0℃ 为例，在 0℃ 校准点重复测量 10 次，有：

测量次数	1	2	3	4	5
温度偏差 (°C)	-0.23	-0.27	-0.33	-0.35	-0.38
测量次数	6	7	8	9	10
温度偏差 (°C)	-0.29	-0.26	-0.21	-0.17	-0.22

由贝塞尔公式计算得： $s \approx 0.04^{\circ}\text{C}$

在 0°C ： $u_1 = s = 0.04^{\circ}\text{C}$

C1.5.2 测温系统的温度分辨力引入的标准不确定度 u_2 ；

测温系统的温度分辨力为 0.01°C ，则不确定度区间半宽为 0.005°C ，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_2 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} \approx 0.003^{\circ}\text{C}$$

分辨力引入的标准不确定度小于测量重复性引入的标准不确定度，取大者。

C1.5.3 温度测量系统温度不准引入的标准不确定度 u_3 ；

数据采集器与铂电阻组成测温系统，温度测量范围为 $(-80 \sim 300)^{\circ}\text{C}$ 时，测温系统最大允许误差为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，则不确定度区间半宽为 0.1°C ，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_3 = \frac{U}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} \approx 0.06^{\circ}\text{C}$$

C1.6 合成标准不确定度

C1.6.1 温度测量的主要标准不确定度分量汇总表，见下表。

不确 定度来源	标准不确定度 (°C)	类型	分布
测量重复性	0.04	A 类	正态
温度测量系统温度不准	0.06	B 类	均匀

C1.6.2 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量互不相关，所以温度偏差的合成标准不确定度为：

$$\text{在 } 0^{\circ}\text{C} \text{ 时： } u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = \sqrt{0.04^2 + 0.06^2} \approx 0.08^{\circ}\text{C}$$

C1.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度：

在 0°C 时：： $U=k\times u_c=2\times 0.08\approx 0.2^{\circ}\text{C}$

C.2 湿度偏差的测量结果不确定度评定

C.2.1 测量模型

湿度上偏差和下偏差的测量模型相同，以湿度上偏差为例：

$$\Delta H_{\max} = H_{\max} - H_s \quad \dots\dots\dots (\text{C.2})$$

式中： $\Delta H_{\max}$ —湿度上偏差，%RH；

$H_{\max}$ —各测量点规定时间内测量的最高湿度值，%RH；

H_s —设备设定湿度值，%RH；

C.2.2 不确定度来源

C.2.2.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ，A 类；

C.2.2.2 温湿度测量系统分辨力引入的标准不确定度 u_2 ，B 类；

C.2.2.3 温湿度测量系统湿度测量不准引入的标准不确定度 u_3 ，B 类；

C.2.2.4 温湿度测量系统稳定性引入的标准不确定度 u_4 ，B 类；

C.2.3 标准不确定度评定

C.2.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ；

以 20°C 、50%RH 校准点为例，在 20°C 、50%RH 校准点重复测量 16 次，有：

测量次数	1	2	3	4	5	6
湿度上偏差 (%RH)	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.4
测量次数	7	8	9	10	11	12
湿度上偏差 (%RH)	1.3	1.2	1.4	1.2	1.1	1.3
测量次数	13	14	15	16	/	/
湿度上偏差 (%RH)	1.3	1.2	1.4	1.2	/	/

由贝赛尔公式计算得： $s \approx 0.1\% \text{RH}$

由上, 有:

在 20℃、50%RH: $u_1 = s = 0.1\%RH$

C.2.3.2 温湿度测量系统分辨力引入的标准不确定度 u_2 ;

温湿度测量系统分辨力为 0.1%RH, 则不确定度区间半宽为 0.05%RH, 按均匀分布处理, $k = \sqrt{3}$, 有:

$$u_2 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} \approx 0.03\%RH$$

分辨力引入的不确定度小于测量重复性引入的不确定度, 取大者。

C.2.3.3 温湿度测量系统湿度测量不准引入的标准不确定度 u_3 ;

温湿度测量系统需要加修正值使用, 湿度修正值的测量不确定度为 $U = 0.8\%RH$, $k = 2$, 则由修正值引入的标准不确定度有:

$$u_3 = \frac{U}{k} = \frac{0.8}{2} = 0.4\%RH$$

C.2.3.4 温湿度测量系统稳定性引入的标准不确定度 u_4 ;

温湿度测量系统在校准周期内其湿度量值的变化不超过 0.8% RH, 按均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 有:

$$u_4 = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.8}{\sqrt{3}} \approx 0.5\%RH$$

C.2.4 合成标准不确定度

C.2.4.1 湿度测量的主要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

不确定度来源 u_i	标准不确定度 (%RH)	类型	分布
测量重复性 u_1	0.1	A 类	正态
温湿度测量系统不准 u_3	0.4	B 类	正态
温湿度测量系统稳定性 u_4	0.5	B 类	均匀

C.2.4.2 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量互不相关, 所以湿度测量的合成标准不确定度为:

在 20℃、50%RH 时: $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2 + u_4^2} = \sqrt{0.1^2 + 0.4^2 + 0.5^2} \approx 0.65\%RH$

C.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为:

在 20℃、50%RH 时: $U=k \times u_c = 2 \times 0.65 = 1.3\%RH$

C3 温度变化速率的测量结果不确定度评定

C3.1 测量方法:

按照校准规范的要求在试验设备几何中心点进行温度传感器的布点, 把试验设备调节到要求温度上, 待试验设备进入控温状态后稳定 30min, 把试验设备调节到另一要求温度上, 记录测量点的温度从温度范围的 10%上升(下降)到 90%所需的时间, 然后计算温度变化速率。

C3.2 测量模型

$$V = \left| \frac{(T_1 - T_2) \times 80\%}{t} \right|$$

式中: V —温度变化速率, °C/min;

T_1 —最高规定温度, °C;

T_2 —最低规定温度, °C;

t —温度自规定温度范围的 10%上升(下降)到 90%的时间, min;

C3.3 不确定度传播率和灵敏系数

$$u_c^2(V) = c_1^2 u^2(T_1) + c_2^2 u^2(T_2) + c_3^2 u^2(t)$$

式中, 灵敏系数:

$$c_1 = \partial V / \partial T_1 = \frac{0.8}{t}$$

$$c_2 = \partial V / \partial T_2 = \frac{0.8}{t}$$

$$c_3 = \partial V / \partial t = \frac{(T_1 - T_2) \times 0.8}{t^2}$$

C3.4 不确定度来源:

C3.4.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 , A 类;

C3.4.2 温度测量系统分辨力引入的标准不确定度 u_2 , B 类;

C3.4.3 标准器不准引入的标准不确定度 u_3 , B 类;

C3.4.4 温度测量系统响应时间引入的标准不确定度 u_4 , B 类;

C3.4.5 计时操作引入的标准不确定度 u_5 , B 类;

C3.4.6 秒表的分辨力为 0.01s, 对测量结果的影响可以忽略不计。

C3.5 标准不确定度评定

C3.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ;

在不同的温度变化速率时, 变化速率的测量重复性引入的标准不确定度, 有:

在 0.5°C/min 时重复测量 3 次, 有:

测量次数	1	2	3
变化速率 (°C/min)	0.52	0.51	0.52

由极差法 (极差系数为 1.64) 计算得: $s \approx 0.0061^\circ\text{C}/\text{min}$

在 20°C/min 时重复测量 3 次, 有 $s \approx 0.06^\circ\text{C}/\text{min}$

在 50°C/min 时重复测量 10 次, 由贝塞尔公式计算, 有 $s \approx 0.2^\circ\text{C}/\text{min}$

在 100°C/min 时重复测量 10 次, 由贝塞尔公式计算, 有 $s \approx 0.5^\circ\text{C}/\text{min}$

由上,

在 0.5°C/min 时: $u_1 = 0.0061^\circ\text{C}/\text{min}$

在 20°C/min 时: $u_1 = 0.06^\circ\text{C}/\text{min}$

在 50°C/min 时: $u_1 = 0.2^\circ\text{C}/\text{min}$

在 100°C/min 时: $u_1 = 0.5^\circ\text{C}/\text{min}$

C3.5.2 温度测量系统分辨力引入的标准不确定度 u_2 ;

温度测量系统温度分辨力为 0.01°C, 分辨力引入的影响量估计为 0.01°C/min, 则不确定度区间半宽为 0.005°C/min, 按均匀分布处理, $k = \sqrt{3}$, 有:

$$u_2 = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} \approx 0.003^\circ\text{C}/\text{min}$$

测量重复性和分辨力引入的标准不确定度，两者取大者。

C3.5.3 标准器不准引入的标准不确定度 u_3 ；

根据不确定度传播率 $u_c^2(V) = c_1^2 u^2(T_1) + c_2^2 u^2(T_2) + c_3^2 u^2(t)$

式中，灵敏系数：

$$c_1 = \partial V / \partial T_1 = \frac{0.8}{t}$$

$$c_2 = \partial V / \partial T_2 = \frac{0.8}{t}$$

$$c_3 = \partial V / \partial t = \frac{(T_1 - T_2) \times 0.8}{t^2}$$

C3.5.3.1 在 $(-80 \sim 300)^\circ\text{C}$ 测温范围，测温系统最大允许误差为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，则不确定度区间半宽为 0.1°C ，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u(T_1) = u(T_2) = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} \approx 0.06^\circ\text{C}$$

C3.5.3.2 在 $(0 \sim 1)$ h测量范围内，电子秒表的最大允许误差为 ± 0.1 s，则不确定度半宽为 0.1 s，按均匀分布考虑， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u(t) = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} \approx 0.06 \text{ s} = 0.001 \text{ min}$$

在 $(1 \sim 24)$ h测量范围内，电子秒表的最大允许误差为 ± 0.5 s，则不确定度半宽为 0.5 s，按均匀分布考虑， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u(t) = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} \approx 0.3 \text{ s} = 0.005 \text{ min}$$

C3.5.3.3 由标准器不准引入的标准不确定度，有：

对于 $0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的温变速率，例如温度变化范围为 $(-75 \sim 180)^\circ\text{C}$ 时， $\Delta T = 255^\circ\text{C}$ ，所需时间为 $t = 408 \text{ min}$ ，则：

$$c_1 = \partial \Delta V / \partial T_1 = \frac{0.8}{t} = \frac{0.8}{408} \approx 0.002$$

$$c_2 = \partial \Delta V / \partial T_2 = \frac{0.8}{t} = \frac{0.8}{408} \approx 0.002$$

$$c_3 = \partial \Delta V / \partial t = \frac{0.8 \times \Delta T}{t^2} = \frac{0.8 \times 255}{408^2} \approx 0.0013$$

对于 20°C/min 的温变速率, 温度变化范围为 (-75~180) °C 时, $\Delta T = 255$ °C, 所需时间为 $t = 10.2$ min, 则:

$$c_1 = \partial \Delta V / \partial T_1 = \frac{0.8}{t} = \frac{0.8}{10.2} \approx 0.08$$

$$c_2 = \partial \Delta V / \partial T_2 = \frac{0.8}{t} = \frac{0.8}{10.2} \approx 0.08$$

$$c_3 = \partial \Delta V / \partial t = \frac{0.8 \times \Delta T}{t^2} = \frac{0.8 \times 255}{10.2^2} \approx 2$$

对于 50°C/min 的温变速率, 温度变化范围为 (-75~180) °C 时, $\Delta T = 255$ °C, 所需时间为 $t = 5.1$ min, 则:

$$c_1 = \partial \Delta V / \partial T_1 = \frac{0.8}{t} = \frac{0.8}{5.1} \approx 0.16$$

$$c_2 = \partial \Delta V / \partial T_2 = \frac{0.8}{t} = \frac{0.8}{5.1} \approx 0.16$$

$$c_3 = \partial \Delta V / \partial t = \frac{0.8 \times \Delta T}{t^2} = \frac{0.8 \times 255}{5.1^2} \approx 7.9$$

对于 100°C/min 的温变速率, 温度变化范围为 (-75~180) °C 时, $\Delta T = 255$ °C, 所需时间为 $t = 2.55$ min, 则:

$$c_1 = \partial \Delta V / \partial T_1 = \frac{0.8}{t} = \frac{0.8}{2.55} \approx 0.32$$

$$c_2 = \partial \Delta V / \partial T_2 = \frac{0.8}{t} = \frac{0.8}{2.55} \approx 0.32$$

$$c_3 = \partial \Delta V / \partial t = \frac{0.8 \times \Delta T}{t^2} = \frac{0.8 \times 255}{2.55^2} \approx 31.4$$

所以, 在 0.5°C/min 时由标准器不准引入的标准不确定度有:

$$\begin{aligned} u_3 &= \sqrt{c_1^2 u^2(T_1) + c_2^2 u^2(T_2) + c_3^2 u^2(t)} \\ &= \sqrt{0.002^2 \times 0.06^2 + 0.002^2 \times 0.06^2 + 0.0013^2 \times 0.001^2} = 0.00017^\circ\text{C} / \text{min} \end{aligned}$$

同理, 在 20°C/min 时有: $u_3 \approx 0.013^\circ\text{C} / \text{min}$

同理, 在 50°C/min 时有: $u_3 \approx 0.045^\circ\text{C} / \text{min}$

同理，在 100°C/min 时有： $u_3 \approx 0.16^\circ\text{C/min}$

C3.5.4 测温系统响应时间引入的标准不确定度 u_4 ；

在 0.5°C/min 时，由测温系统响应时间引入的误差影响不超过 0.005°C/min，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_4 = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} \approx 0.003^\circ\text{C/min}$$

在 20°C/min 时，由测温系统响应时间引入的影响估计不超过 0.2°C/min，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_4 = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} \approx 0.12^\circ\text{C/min}$$

在 50°C/min 时，由测温系统响应时间引入的影响估计不超过 0.5°C/min，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_4 = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} \approx 0.3^\circ\text{C/min}$$

在 100°C/min 时，由测温系统响应时间引入的影响估计不超过 1.0°C/min，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_4 = \frac{\alpha}{k} = \frac{1.0}{\sqrt{3}} \approx 0.58^\circ\text{C/min}$$

C3.5.5 计时操作引入的标准不确定度 u_5 ；

在 0.5°C/min 时，由计时操作引入的影响估计不超过 0.005°C/min，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_5 = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} \approx 0.003^\circ\text{C/min}$$

在 20°C/min 时，由计时操作引入的影响估计不超过 0.5°C/min，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_5 = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} \approx 0.29^\circ\text{C}/\text{min}$$

在50°C/min时，由计时操作引入的影响估计不超过1.0°C/min，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_5 = \frac{\alpha}{k} = \frac{1.0}{\sqrt{3}} \approx 0.58^\circ\text{C}/\text{min}$$

在100°C/min时，由计时操作引入的影响估计不超过2.0°C/min，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_5 = \frac{\alpha}{k} = \frac{2.0}{\sqrt{3}} \approx 1.2^\circ\text{C}/\text{min}$$

C3.6 合成标准不确定度

C3.6.1 温度变化速率测量的主要标准不确定度分量汇总表，见表3；

表3 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度 (°C/min)	类型	分布
测量重复性 u_1	在 0.5°C/min 时：0.0061 在 20°C/min 时：0.06 在 50°C/min 时：0.2 在 50°C/min 时：0.5	A 类	正态
标准器不准 u_3	在 0.5°C/min 时：0.00017 在 20°C/min 时：0.013 在 50°C/min 时：0.045 在 100°C/min 时：0.16	B 类	均匀
测温系统响应时间 u_4	在 0.5°C/min 时：0.003 在 20°C/min 时：0.12 在 50°C/min 时：0.3 在 100°C/min 时：0.58	B 类	均匀
计时操作 u_5	在 0.5°C/min 时：0.003 在 20°C/min 时：0.29	B 类	均匀

	在 50°C/min 时： 0.58		
	在 100°C/min 时： 1.2		

C3.6.2 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量互不相关，合成标准不确定度为：

在 0.5°C/min 时：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = \sqrt{0.0061^2 + 0.00017^2 + 0.003^2 + 0.003^2} \approx 0.0075 \text{ °C/min}$$

同理，在 20°C/min 有： $u_c \approx 0.32 \text{ °C/min}$

在 50°C/min 时： $u_c \approx 0.69 \text{ °C/min}$

在 100°C/min 时： $u_c \approx 1.44 \text{ °C/min}$

C3.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度：

在 0.5°C/min 时： $U = k \times u_c = 2 \times 0.0075 = 0.015 \text{ °C/min}$ ，则相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = \frac{U}{v} = \frac{0.015}{0.5} = 3.0\%$$

同理，在 20°C/min 时， $U_{\text{rel}} = \frac{U}{v} = \frac{0.64}{20} = 3.2\%$

同理，在 50°C/min 时， $U_{\text{rel}} = \frac{U}{v} = \frac{1.38}{50} \approx 2.8\%$

同理，在 100°C/min 时， $U_{\text{rel}} = \frac{U}{v} = \frac{2.88}{100} \approx 2.9\%$

C4 转换时间的测量结果不确定度评定

C4.1 测量方法：分别设定试验设备的高温试验和低温试验的温度并启动运行，使负载在高温（低温）状态稳定 30min，记录负载从高温（低温）状态开始转移，到负载转移至低温（高温）状态停止时所经历的时间，即为转换时间。

C4.2 测量模型

$$t = t_{\text{测}}$$

式中： t —转换时间， s；

$t_{\text{测}}$ —转换时间实测值， s；

C4.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(t_{\text{测}})$$

式中，灵敏系数：

$$c_1 = \partial t / \partial t_{\text{测}} = 1$$

C4.4 不确定度来源：

C4.4.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ， A 类；

C4.4.2 电子秒表分辨力引入的标准不确定度 u_2 ， B 类；

C4.4.3 人员操作反应时间引入的标准不确定度 u_3 ， B 类；

C4.4.4 电子秒表不准引入的标准不确定度 u_4 ， B 类；

C4.5 标准不确定度评定

C4.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 ；

对高温区转低温区的转换时间小于 10s 的设备重复测量 3 次，有：

测量次数	1	2	3
测量值 (s)	7.02	6.97	6.99

由极差法（极差系数为 1.64）计算得： $s \approx 0.03\text{ s}$

对转换时间约为 3min 的设备重复测量 3 次，有： $s \approx 0.04\text{ s}$

由上，由测量重复性引入的标准不确定度取最大值，有：

$$u_1 = s \approx 0.04\text{ s}$$

C4.5.2 电子秒表分辨力引入的标准不确定度 u_2 ；

电子秒表分辨力为 0.01s，则不确定度区间半宽为 0.005s，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_2 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} \approx 0.003\text{ s}$$

分辨力引入的标准不确定度分量小于测量重复性引入的标准不确定度分量，取大者。

C4.5.3 人员操作反应时间引入的标准不确定度 u_3 ；

人员操作反应时间是主要的误差源。人员操作反应时间带来的误差约 0.15s，按均匀分布处理， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_3 = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.15}{\sqrt{3}} \approx 0.087 \text{ s}$$

C4.5.4 电子秒表不准引入的标准不确定度 u_4 ；

电子秒表的最大允许误差为 $\pm 0.1\text{s/h}$ ，则不确定度半宽为 0.1s/h，按均匀分布考虑， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_4 = \frac{a}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} \approx 0.058 \text{ s}$$

C4.6 合成标准不确定度

C4.6.1 主要标准不确定度分量汇总表，见表 4；

表 4 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度（s）	类型	分布
测量重复性	0.04	A 类	正态
人员操作反应时间	0.087	B 类	均匀
电子秒表不准	0.058	B 类	均匀

C4.6.2 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量互不相关，所以转换时间测量的合成标准不确定度为：
在 0.1s~60min 的时间范围内：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2 + u_4^2} = \sqrt{0.04^2 + 0.087^2 + 0.058^2} \approx 0.11 \text{ s}$$

C4.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.11 \approx 0.3 \text{ s}$$

C5 风速的测量结果不确定度评定

C5.1 测量方法:

按照校准规范的要求进行风速传感器的布点,待试验设备运行稳定后,依次测量各测量点的风速值,用所有测量点测量结果的平均值作为测量结果。

C5.2 测量模型

$$v = v_{\text{测}}$$

式中: v —试验设备的风速值, m/s;

$v_{\text{测}}$ —试验设备各测量点风速值的平均值, m/s;

C5.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(v_{\text{测}})$$

式中, 灵敏系数:

$$c_1 = \partial v / \partial v_{\text{测}} = 1$$

C5.4 不确定度来源:

C5.4.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 , A 类;

C5.4.2 风速计不准确引入的标准不确定度 u_2 , B 类;

C5.5 标准不确定度评定**C5.5.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1 :**

对风速约为 0.2m/s 的设备重复测量 10 次, 有:

测量次数	1	2	3	4	5
风速 (m/s)	0.13	0.15	0.12	0.14	0.16
测量次数	6	7	8	9	10
均匀度 (°C)	0.13	0.14	0.15	0.13	0.16

由贝塞尔公式计算得: $u_1 = s \approx 0.02 \text{ m/s}$

对风速约为 2m/s 的设备重复测量 10 次, 有 $u_1 = s \approx 0.03 \text{ m/s}$

对风速约为 5m/s 的设备重复测量 10 次, 有 $u_1 = s \approx 0.03 \text{ m/s}$

C5.5.2 风速计不准确引入的标准不确定度 u_2 ；

风速计在 (0.2~2) m/s 的测量范围中最大允许误差为 ± 0.05 m/s，则不确定度半宽为 0.05 m/s，按均匀分布考虑， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} \approx 0.03 \text{ m/s}$$

风速计在 (2~5) m/s 的测量范围中最大允许误差为 ± 0.1 m/s，则不确定度半宽为 0.1 m/s，按均匀分布考虑， $k = \sqrt{3}$ ，有：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} \approx 0.06 \text{ m/s}$$

C5.6 合成标准不确定度**C5.6.1 主要标准不确定度分量汇总表，见表 6**

表 6 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度 (m/s)	类型	分布
测量重复性	0.2m/s 校准点: 0.02 2.0m/s 校准点: 0.03 5.0m/s 校准点: 0.03	A 类	正态
风速计不准	(0.2~2)m/s 时: 0.03 (2~5)m/s 时: 0.06	B 类	均匀

C5.6.2 合成标准不确定度计算

以上各项标准不确定度分量互不相关，所以风速测量的合成标准不确定度为：

$$\text{在 } 0.2\text{m/s 时: } u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.02^2 + 0.03^2} \approx 0.04 \text{ m/s}$$

$$\text{在 } 2.0\text{m/s 时: } u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.03^2 + 0.03^2} \approx 0.05 \text{ m/s}$$

$$\text{在 } 5.0\text{m/s 时: } u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.03^2 + 0.06^2} \approx 0.07 \text{ m/s}$$

C5.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度：

$$\text{在 } 0.2\text{m/s 时: } U = k \times u_c = 2 \times 0.04 \approx 0.1 \text{ m/s}$$

$$\text{在 } 2.0\text{m/s 时: } U = k \times u_c = 2 \times 0.05 = 0.1 \text{ m/s}$$

在 5.0m/s 时： $U=k \times u_c = 2 \times 0.07 \approx 0.2\text{m/s}$

附录 D

温度恢复时间测定方法

D1 测量点位置

温度恢复时间的测量点位置为设备试验空间入风区控制点处。

D2 两箱式温度冲击设备的温度恢复时间测量方法

按照规定摆放温度传感器，将负载置于高温箱（或低温箱）有效工作空间的中心位置，分别设定高温箱和低温箱的温度并启动设备，待高温箱和低温箱的温度到达温度设定值并且稳定 30min 后，触发设备使负载从高温箱（或低温箱）向低温箱（或高温箱）转移，负载到达低温箱（或高温箱）停止移动瞬间开始计时，当测量点温度恢复到规定低温（或高温）校准点的允许范围时停止计时，秒表所记录的时间即为低温（或高温）恢复时间。

D3 三箱式温度冲击设备（非环温暴露）的温度恢复时间测量方法

按照规定摆放温度传感器，将负载置于试验箱有效工作空间的中心位置，分别设定高温储能箱、低温储能箱的储能温度、试验箱温度，启动设备，待高温储能箱和低温储能箱的储能温度到达储能温度设定值并且稳定 30min 后，触发风门开关使低温储能箱（或高温储能箱）的风门打开，待试验箱的温度到达设定值并稳定 30min 后，触发风门开关使低温储能箱（或高温储能箱）的风门关闭，并且在高温储能箱（或低温储能箱）的风门全部打开瞬间启动秒表计时，当测量点温度恢复到规定高温（或低温）校准点的允许范围时停止计时，秒表所记录的时间即为高温（或低温）恢复时间。

7.2.5.4 三箱式温度冲击设备（环温暴露）的温度恢复时间测量方法

按照规定摆放温度传感器，将负载置于试验箱有效工作空间的中心位置，分别设定高温储能箱、低温储能箱的储能温度、试验箱温度和环温暴露时间，启动设备，待高温储能箱和低温储能箱的储能温度到达储能温度设定值并且稳定 30min 后，触发风门开关使低温储能箱（或高温储能箱）的风门打开，待试验箱的温度到达设定值并稳定 30min 后，触发风门开关使试验箱进入环温暴露状态并持续 5min，然后触发风门开关使高温

储能箱（或低温储能箱）的风门全部打开，在高温储能箱（或低温储能箱）的风门全部打开瞬间启动秒表计时，当测量点温度恢复到规定高温（或低温）校准点的允许范围时停止计时，秒表所记录的时间即为高温（或低温）恢复时间。

注：环温暴露时间通常为 5min，也可根据用户需求或设备技术规格书的要求设定，并在原始记录和校准证书中进行说明。