



中华人民共和国工业和信息化部
机械计量技术规范

JJF (机械) XXX—2026

车规级芯片温湿度可控型栅偏、反偏
测试设备校准规范

Calibration Specification for Gate-Bias and Reverse-Bias Test
Equipment with Controlled Temperature and Humidity for
Automotive-Grade Chips
(报批稿)

2026—**—**发布

2026—**—**实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

车规级芯片温湿度可控型栅 偏、反偏测试设备校准规范

Calibration Specification for Gate-Bias
and Reverse-Bias Test Equipment with
Controlled Temperature and Humidity for
Automotive-Grade Chips

JJF (机械)XXX—2026

本规范经中国机械工业联合会于 20**年**月**日批准，并自 20**年
月日起施行。

归口单位：中国机械工业联合会

主要起草单位：上海机动车检测认证技术研究中心有限公司

中汽研汽车检验中心（天津）有限公司

上海市质量监督检验技术研究院有限公司

参加起草单位：襄阳达安汽车检测中心有限公司

泛亚汽车技术中心有限公司

本规范委托中国机械工业联合会负责解释

本规范主要起草人：

王 栋（上海机动车检测认证技术研究中心有限公司）

王伟哲（中汽研汽车检验中心（天津）有限公司）

郝春法（上海机动车检测认证技术研究中心有限公司）

周胜男（上海市质量监督检验技术研究院有限公司）

参加起草人：

刘 茹（襄阳达安汽车检测中心有限公司）

邵 骋（泛亚汽车技术中心有限公司）

孙宜坤（上海机动车检测认证技术研究中心有限公司）

严晓东（上海机动车检测认证技术研究中心有限公司）

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
5.1 直流电压输出.....	(2)
5.2 直流电压测量.....	(2)
5.3 漏电流测量.....	(2)
5.4 温度参数.....	(2)
5.5 湿度参数.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 测量标准及其他设备.....	(2)
6.3 其他设备.....	(3)
7 校准项目及校准方法.....	(4)
7.1 校准项目.....	(4)
7.2 校准方法.....	(4)
8 校准结果表达.....	(13)
9 复校时间间隔.....	(13)
附录 A 原始记录参考格式.....	(14)
附录 B 校准证书内页参考格式.....	(19)
附录 C 直流电压输出误差校准不确定度评定示例.....	(21)
附录 D 漏电流指示误差校准不确定度分析评定示例.....	(23)
附录 E 温度上偏差校准不确定度分析评定示例.....	(25)
附录 F 湿度上偏差校准不确定度分析评定示例.....	(25)

引 言

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》及JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范主要参考 JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》、GB/T 5170.1-2016《电工电子产品环境试验设备检验方法总则》、GB/T 29332-2012《半导体器件分立器件第9部分：绝缘栅双极晶体管（IGBT）》及 QC/T 1136-2020《电动汽车用绝缘栅双极晶体管（IGBT）模块环境试验要求及试验方法》等国家和行业标准。

本规范介绍了车规级芯片温湿度可控型栅偏、反偏测试设备的组成，规定了其计量特性和校准方法。

本规范为首次制定。

车规级芯片温湿度可控型栅偏、反偏测试设备校准规范

1 范围

本规范适用于直流电压输出范围为 $\pm(10\text{mV}\sim 10\text{kV})$ 、漏电流测量范围为 $\pm(100\text{pA}\sim 1\text{A})$ 的车规级芯片温湿度可控型栅偏、反偏测试设备的校准,其他测量范围的车规级芯片温湿度可控型栅偏、反偏测试设备的校准可参照执行。

2 引用文件

JJF 1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

GB/T 5170.1-2016 电工电子产品环境试验设备检验方法 第1部分:总则

GB/T 29332-2012 半导体器件 分立器件 第9部分:绝缘栅双极晶体管(IGBT)

QC/T 1136-2020 电动汽车用绝缘栅双极晶体管(IGBT)模块环境试验要求及试验方法

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

3 术语

以下术语和定义适用于本规范

3.1 工作空间 working space

测试设备中能将规定的试验条件保持在规定偏差范围内的那部分空间。

[来源:GB/T 5170.1-2016, 3.2.2]

3.2 栅极漏电流 gate leakage current

集电极端与发射极端短路时和规定的栅极-发射极电压条件下,流入栅极端的漏电流。

[来源:GB/T 29332-2012, 3.3.13]

4 概述

车规级芯片温湿度可控型栅偏、反偏测试设备(以下简称测试设备)是一种用于检测和评估车规级芯片在高温、高湿和电压偏置条件下的性能和可靠性的测试设备。测试设备通常由控制系统、电压偏置系统、温湿度控制系统、直流电压测量系统及漏电流测量系统组成(见图1),包含多个测量支路,通过施加偏置电压,持续监测栅极漏电流和门极开通电压。加热平台或环境试验设备由温湿度控制系统调节并达到平衡稳定。

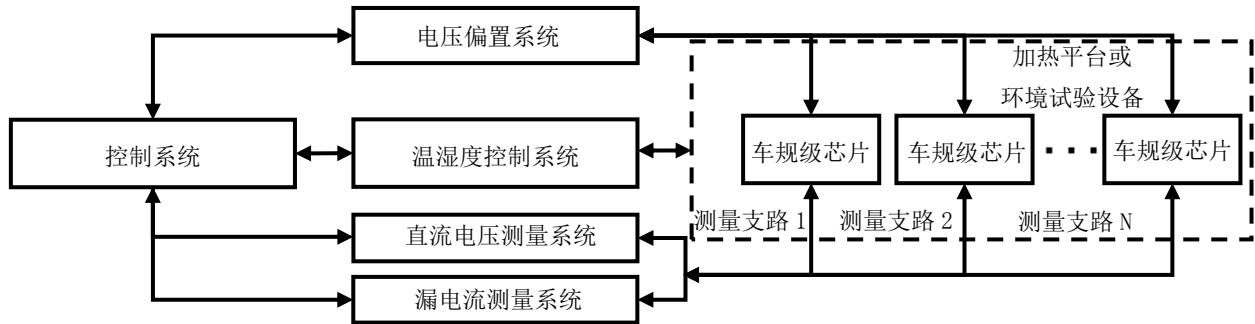


图1 车规级芯片温湿度可控型栅偏、反偏测试设备结构示意图

5 计量特性

5.1 直流电压输出

直流电压输出范围：±（10mV~10kV），最大允许误差：±（0.1%~2.0%）。

5.2 直流电压指示

直流电压指示范围：±（10mV~10kV），最大允许误差：±（0.1%~2.0%）。

5.3 漏电流指示

漏电流指示范围：±（100pA~1A），最大允许误差：±（0.1%~2.0%）。

5.4 温度参数

温度范围：（10~200）℃；

温度偏差：±2.0℃；

温度均匀度：2.0℃；

温度波动度：±0.5℃。

5.5 湿度参数

湿度范围：（10~85）℃，（30~95）%RH；

湿度偏差：±5.0%RH；

湿度均匀度：7.0%RH；

湿度波动度：±3.0%RH。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度：（18~28）℃；

相对湿度：45%~75%；

电源电压及频率：（220±11）V，（50±1）Hz；

其他：周围无影响校准工作正常进行的电磁干扰及机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准对应功能的最大允许误差绝对值应不大于测试设备相应功能最大允许误差绝对值的 1/3。根据所采用的校准方法，可以选择以下满足校准要求的测量标准，也可选用符合要求的其他设备。

6.2.1 数字多用表

直流电压测量范围：±（10mV～1kV）；

最大允许误差：±（0.03%～0.5%）；

直流电流测量范围：±（10μA～1A）；

最大允许误差：±（0.03%～0.5%）。

6.2.2 静电计

直流电流测量范围：±（100pA～10μA）；

最大允许误差：±（0.03%～0.5%）。

6.2.3 电阻器

电阻测量范围：1kΩ～10GΩ；

最大允许误差：±（0.03%～0.5%）；

6.2.4 直流高压分压器

直流电压测量范围：（1～10）kV；

最大允许误差：±（0.03%～0.5%）；

分压比范围：100～1000。

6.2.5 温度测量标准

温度测量范围：（10～200）℃；

最大允许误差：±（0.15～0.65）℃；

分辨力：不低于 0.01℃。

6.2.6 湿度测量标准

湿度测量范围：（30～95）%RH；

最大允许误差：±2.0%RH；

分辨力：不低于 0.1%RH。

6.2.7 多通道表面温度计

温度测量范围：（10～200）℃；

最大允许误差：±（0.15～0.65）℃；

通道数：不少于 5 通道。

6.3 其他设备

6.3.1 校准用适配板

能方便地将测量标准连接到测试设备的适配板。通常使用测试用适配板。

7 校准项目及校准方法

7.1 校准项目

车规级芯片温湿度可控型栅偏、反偏测试设备校准项目见表 1。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目	校准条款
1	直流电压输出	7.2.2
2	直流电压指示	7.2.3
3	漏电流指示	7.2.4
4	温度偏差	7.2.5
5	温度均匀度	7.2.6
6	温度波动度	7.2.7
7	湿度偏差	7.2.8
8	湿度均匀度	7.2.9
9	湿度波动度	7.2.10

注：可根据被校测试设备的功能与用户的需求选择相应校准项目。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

7.2.1.1 外观和附件检查

测试设备的型号、制造厂名或商标、出厂编号、额定输入电压和频率等信息齐全；开关、按键应通断分明，换位准确、连接牢固，无松动、损伤、脱落；各种功能标志应齐全清晰。

7.2.1.2 工作正常性检查

测试设备的各开关和指示灯功能应正常，通电后应能正常工作，各种指示应正确。测试设备软件功能正常，接口通讯正常。

7.2.1.3 预热

测量标准以及测试设备按说明书要求开机预热，无要求时，预热时间应不少于 30min。

7.2.2 直流电压输出

7.2.2.1 校准点的选取

按要求选择校准点，通常按每个量程高、中、低选不少于三个校准点，也可根据实际情况或用户需求选择校准点。

7.2.2.2 校准过程

当电压值小于等于 1000V 时, 采用数字多用表进行校准。当电压值大于 1000V 时, 采用直流高压分压器进行校准。

a) 标准表法

被校测试设备连接数字多用表 (见图 2)。

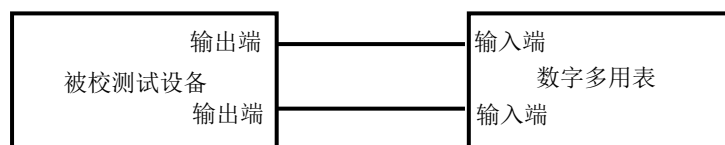


图 2 数字多用表连接示意图

被校测试设备输出校准点值 U_a , 读取数字多用表电压实测值 U_s , 按式 (1) 计算直流电压输出误差 ΔU_N 。

$$\Delta U_N = U_a - U_s \quad (1)$$

式中:

ΔU_N ——被校测试设备直流电压输出误差, V;

U_a ——被校测试设备直流电压输出值, V;

U_s ——数字多用表电压实测值, V。

b) 直流高压分压器法

被校测试设备连接直流高压分压器 (见图 3)。

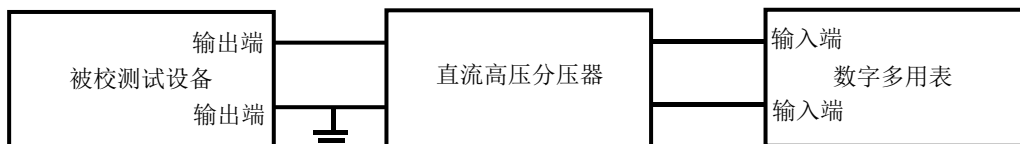


图 3 直流高压分压器连接示意图

校准前, 应对使用的数字多用表电压清零, 以消除偏置电流的影响。被校测试设备输出校准点值 U_a , 读取数字多用表电压实测值 U_s , 按式 (2) 计算直流电压输出误差 ΔU_N 。

$$\Delta U_N = U_a - K U_s \quad (2)$$

式中:

ΔU_N ——被校测试设备直流电压输出误差, V;

U_a ——被校测试设备直流电压输出值, V;

K ——直流高压分压器的分压比;

U_s ——数字多用表电压实测值, V。

7.2.3 直流电压指示

7.2.3.1 校准点的选取

按要求选择校准点，通常按每个量程高、中、低选不少于三个校准点，也可根据实际情况或用户需求选择校准点。

7.2.3.2 校准过程

当电压值小于等于 1000V 时，采用数字多用表进行校准。当电压值大于 1000V 时，采用直流高压分压器进行校准。

a) 标准表法

被校测试设备连接数字多用表（见图 4）。

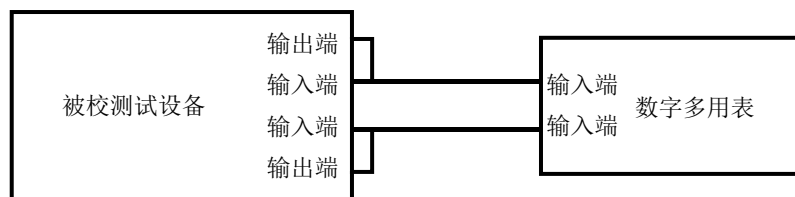


图 4 数字多用表连接示意图

被校测试设备输出校准点值，读取被校测试设备直流电压显示值 U_b 和数字多用表电压实测值 U_k ，按式（3）计算直流电压指示误差 ΔU_M 。

$$\Delta U_M = U_b - U_k \quad (3)$$

式中：

ΔU_M ——被校测试设备直流电压指示误差，V；

U_b ——被校测试设备直流电压显示值，V；

U_k ——数字多用表电压实测值，V。

b) 直流高压分压器法

被校测试设备连接直流高压分压器（见图 5）。

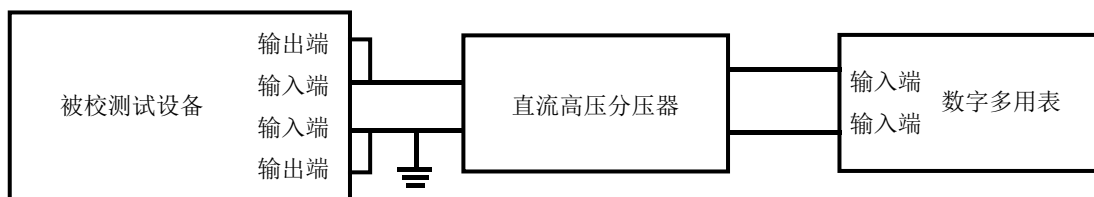


图 5 直流高压分压器连接示意图

校准前，应对使用的数字多用表电压清零，以消除偏置电流的影响。被校测试设备输出校准点值，读取被校测试设备直流电压显示值 U_b 和数字多用表电压实测值 U_k ，按式（4）计算直流电压指示误差 ΔU_M 。

$$\Delta U_M = U_b - K U_k \quad (4)$$

式中：

ΔU_M ——被校测试设备直流电压指示误差，V；

U_b ——被校测试设备直流电压显示值，V；

K ——直流高压分压器的分压比；

U_k ——数字多用表电压实测值，V。

7.2.4 漏电流指示

7.2.4.1 校准点的选取

按要求选择校准点，通常按每个量程高、中、低选不少于三个校准点，也可根据实际情况或用户需求选择校准点。

7.2.4.2 校准过程

当电流值小于等于 $10\mu\text{A}$ 时，采用静电计进行校准。当电流值大于 $10\mu\text{A}$ 时，采用数字多用表进行校准。

a) 静电计法

被校测试设备连接静电计和电阻器（见图6）。

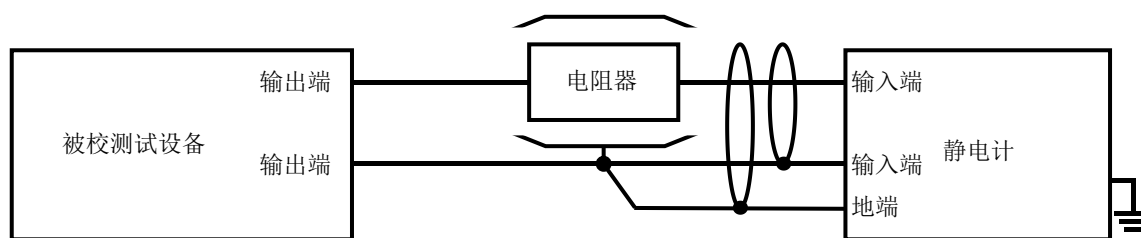


图6 静电计连接示意图

采用低噪声同轴电缆，根据被校测试设备漏电流的指示范围选择合适的电阻器。被校测试设备电压置零，静电计选择电流测量功能和最小量程并进行清零。被校测试设备输出校准点值，读取静电计实测值 I_s 和被校测试设备的漏电流显示值 I_x ，按式（5）计算被校测试设备漏电流指示误差 ΔI 。

$$\Delta I = I_x - I_s \quad (5)$$

式中：

ΔI ——被校测试设备漏电流指示误差，A；

I_x ——被校测试设备漏电流显示值，A；

I_s ——静电计实测值，A。

b) 标准表法

被校测试设备连接数字多用表和电阻器（见图 7）。

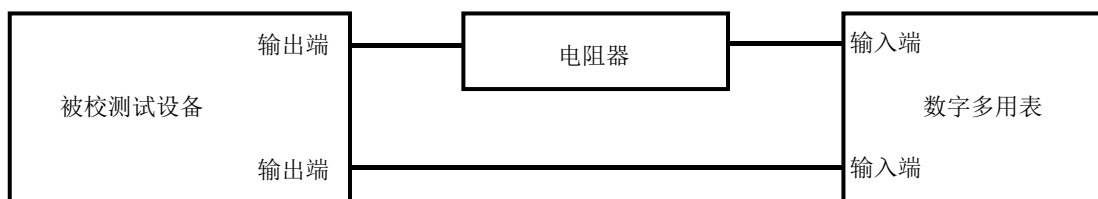


图 7 数字多用表连接示意图

根据被校测试设备漏电流的测量范围选择合适的电阻器。被校测试设备电压置零，数字多用表选择电流测量功能和最小量程并进行清零。被校测试设备输出校准点值，读取数字多用表实测值 I_s 和被校测试设备的漏电流显示值 I_y ，按式（6）计算被校测试设备漏电流指示误差 ΔI 。

$$\Delta I = I_y - I_s \quad (6)$$

式中：

ΔI ——被校测试设备漏电流指示误差，A；

I_y ——被校测试设备漏电流显示值，A；

I_s ——数字多用表实测值，A。

7.2.5 温度偏差、温度均匀度、温度波动度

7.2.5.1 校准点的选取

按要求选择校准点，通常按使用范围的下限、上限和中间点选不少于三个校准点，也可根据实际情况或用户需求选择校准点。

7.2.5.2 测量点位置及数量

根据加热平台的形状和尺寸以及环境试验设备的容积按以下原则布置。也可根据用户实际工作需要布置。

a) 对于长不小于 160mm、宽不小于 160mm 的长方形工作面加热平台以及直径不小于 160mm 的圆形工作面加热平台，多通道表面温度计测量点用 1、2、3……数字表示，温度测量点为 5 个，温度点 5 位于设备工作空间几何中心处，其他测量点与平面边距为各边长或直径的 1/5，如图 8 所示。

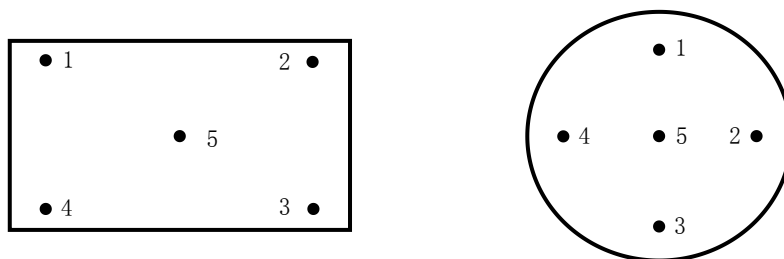


图 8 情况 a) 加热平台布点示意图

b) 对于长不小于 160mm、宽不小于 80mm 且不大于 160mm 的长方形工作面加热平台，多通道表面温度计测量点用 1、2、3……数字表示，温度测量点为 3 个，温度点 2 位于设备工作空间几何中心处，其他测量点位于加热平台中轴线上，与平面边距为长边长的 1/5，如图 9 所示。

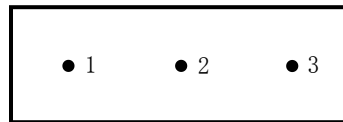


图 9 情况 b) 加热平台布点示意图

c) 对于设备容积小于等于 2m^3 时的环境试验设备，温度测量标准及湿度测量标准布放位置为设备校准时的测量点，应布置在设备工作空间的 3 个不同层面上，称为上、中、下 3 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，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时，下层测量点可布放在样品架上方 10mm 处。温度测量标准测量点用 1、2、3……数字表示，温度测量点为 9 个，温度点 5 位于设备工作空间中层几何中心处，如图 10 所示。

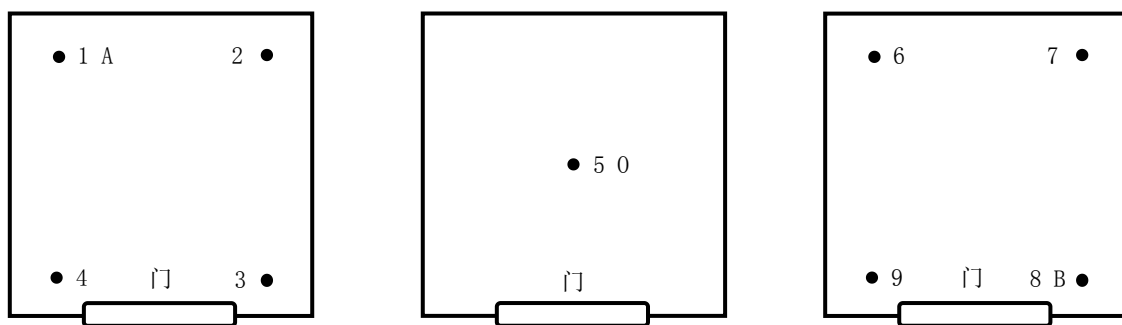


图 10 情况 c) 环境试验设备布点示意图

7.2.5.3 校准过程

按照 7.2.5.2 规定布放温度测量标准或多通道表面温度计，将被校测试设备设定到校准温度，开启运行。测试设备达到稳定状态后开始记录各测量点温度，记录时间间隔为 2min，30min 内共记录 16 组数据，或根据被校测试设备运行状况和用户校准需求确定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。

温度稳定时间以说明书为依据，说明书中没有给出的，一般按以下原则执行：温度达到设定值，30min 后可以开始记录数据，如设备温度仍未稳定，可按实际情况至多延长 30min，温度达到设定值至开始记录数据所等待的时间不超过 60min。

如果在规定的稳定时间之前能够确定箱内温度已经达到稳定，也可以提前纪录。稳定时间须以被校测试设备达到稳定状态为主要判断标准，应在设备达到稳定状态后才开始进行校准。

7.2.5.4 温度数据处理

a) 温度偏差

测试设备在稳定状态下, 工作空间各测量点 30min 内 (每 2min 测试一次) 各测量点规定时间内测量的最高温度和最低温度与测试设备设定温度之差。按式 (7)、式 (8) 计算温度偏差, 将结果记录在附录 A 表 A.7 中。

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \# (7)$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \# (8)$$

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测量的最高温度, °C;

$t_{\min}$ ——各测量点规定时间内测量的最低温度, °C;

t_s ——测试设备设定温度, °C。

b) 温度均匀度

测试设备在稳定状态下, 工作空间各测量点 30min 内 (每 2min 测试一次) 每次测量中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值。按式 (9) 计算温度均匀度, 将结果记录在附录 A 表 A.7 中。

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^n (t_{i\max} - t_{i\min}) / n \# (9)$$

式中:

Δt_u ——温度均匀度, °C;

$t_{i\max}$ ——各测量点在第 i 次测得的最高温度, °C;

$t_{i\min}$ ——各测量点在第 i 次测得的最低温度, °C;

n ——测量次数。

c) 温度波动度

测试设备在稳定状态下, 工作空间各测量点 30min 内 (每 2min 测试一次) 实测最高温度与最低温度之差的一半, 冠以“±”号, 取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果。按式 (10) 计算温度波动度, 将结果记录在附录 A 表 A.7 中。

$$\Delta t_f = \pm \max [(t_{j\max} - t_{j\min}) / 2] \# (10)$$

式中:

Δt_f ——温度波动度, °C;

$t_{j\max}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最高温度, °C;

$t_{j\min}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最低温度, °C。

7.2.6 湿度偏差、湿度均匀度、湿度波动度

7.2.6.1 校准点的选取

按要求选择校准点，通常按使用范围的下限、上限和中间点选不少于三个校准点，也可根据实际情况或用户需求选择校准点。

7.2.6.2 测量点位置及数量

根据环境试验设备的容积按 7.2.5.2 c) 的原则布置。也可根据用户实际工作需要布置。

湿度测量标准测量点用 0、A、B 字母表示，湿度测量点为 3 个，温度点 0 位于设备工作空间中层几何中心处，如图 10 所示。

7.2.6.3 校准过程

按照 7.2.5.2 规定布放温度测量标准和湿度测量标准，将被校测试设备设定到校准温度、湿度，开启运行。测试设备达到稳定状态后开始记录各测量点温度、湿度，记录时间间隔为 2min，30min 内共记录 16 组数据，或根据被校测试设备运行状况和用户校准需求确定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。

温湿度稳定时间以说明书为依据，说明书中没有给出的，一般按以下原则执行：温湿度达到设定值，30min 后可以开始记录数据，如设备温湿度仍未稳定，可按实际情况至多延长 30min，温湿度达到设定值至开始记录数据所等待的时间不超过 60min。

如果在规定的稳定时间之前能够确定箱内温湿度已经达到稳定，也可以提前纪录。稳定时间须以被校测试设备达到稳定状态为主要判断标准，应在设备达到稳定状态后才开始进行校准。

7.2.5.4 湿度数据处理

a) 湿度偏差

测试设备在稳定状态下，工作空间各测量点 30min 内（每 2min 测试一次）各测量点规定时间内测量的最高湿度和最低湿度与测试设备设定湿度之差。按式(11)、式(12)计算湿度偏差，将结果记录在附录 A 表 A.8 中。

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \quad (11)$$

$$\Delta h_{\min} = h_{\min} - h_s \quad (12)$$

式中：

$\Delta h_{\max}$ ——湿度上偏差，%RH；

$\Delta h_{\min}$ ——湿度下偏差，%RH；

$h_{\max}$ ——各测量点规定时间内测量的最高湿度，%RH；

$h_{\min}$ ——各测量点规定时间内测量的最低湿度，%RH；

h_s ——测试设备设定湿度，%RH。

b) 湿度均匀度

测试设备在稳定状态下，工作空间各测量点 30min 内（每 2min 测试一次）每次测量中实测最高湿度与最低湿度之差的算术平均值。按式（13）计算湿度均匀度，将结果记录在附录 A 表 A.8 中。

$$\Delta h_u = \sum_{i=1}^n (h_{imax} - h_{imin})/n \# \quad (13)$$

式中：

- Δh_u ——湿度均匀度，%RH；
 h_{imax} ——各测量点在第 i 次测得的最高湿度，%RH；
 h_{imin} ——各测量点在第 i 次测得的最低湿度，%RH；
 n ——测量次数。

c) 湿度波动度

测试设备在稳定状态下，工作空间各测量点 30min 内（每 2min 测试一次）实测最高湿度与最低湿度之差的一半，冠以“±”号，取全部测量点中变化量的最大值作为湿度波动度校准结果。按式（14）计算湿度波动度，将结果记录在附录 A 表 A.8 中。

$$\Delta h_f = \pm \max [(h_{jmax} - h_{jmin})/2] \# \quad (14)$$

式中：

- Δh_f ——湿度波动度，%RH；
 h_{jmax} ——测量点 j 在 n 次测量中的最高湿度，%RH；
 h_{jmin} ——测量点 j 在 n 次测量中的最低湿度，%RH。

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：“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声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

其中，“本次校准所用测量标准的溯源性及有效说明”中应包括标准器的名称、型号规格、测量范围及不确定度（或准确度等级、最大允差）、有效日期等说明。

“校准环境的描述”中应包括环境温度、相对湿度和供电的状况。

“校准结果及其测量不确定度的说明”中应给出每个被校参数的测量结果以及相应的扩展不确定度和包含因子，如各被校点的扩展不确定度相差不大，可以取最大的代替。

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，为了确保测试设备在其规定的技术性能下使用，建议最长为 1 年。

附录 A

原始记录参考格式

委托单位： 仪器名称： 制造厂： 型号规格： 出厂编号：
校准地点： 环境温度： ℃ 环境湿度： %RH
外观及性能：

表 A. 1 直流电压输出（≤1000V）					
量程	输出值	实测值	误差	扩展不确定度	
（ ）	（ ）	（ ）	（ ）		

表 A. 2 直流电压输出（＞1000V）					
量程	输出值	分压比	实测值	误差	扩展不确定度
（ ）	（ ）	（ ）	（ ）	（ ）	

表 A. 3 直流电压指示（≤1000V）					
量程	显示值	实测值	误差	扩展不确定度	
（ ）	（ ）	（ ）	（ ）		

表 A. 4 直流电压指示（＞1000V ）					
量程	显示值	分压比	实测值	误差	扩展不确定度
（ ）	（ ）	（ ）	（ ）	（ ）	

表 A.5 漏电流指示 ($\leq 10 \mu\text{A}$)

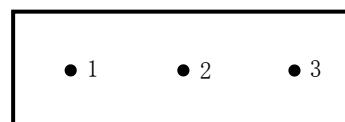
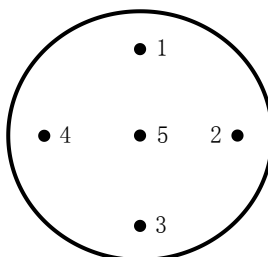
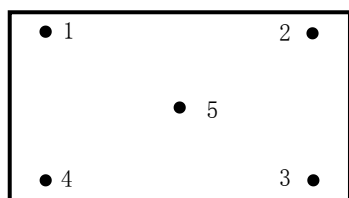
量程	显示值	实测值	误差	扩展不确定度
()	()	()	()	

表 A.6 漏电流指示 ($> 10 \mu\text{A}$)

量程	显示值	实测值	误差	扩展不确定度
()	()	()	()	

加热平台

测试点分布:



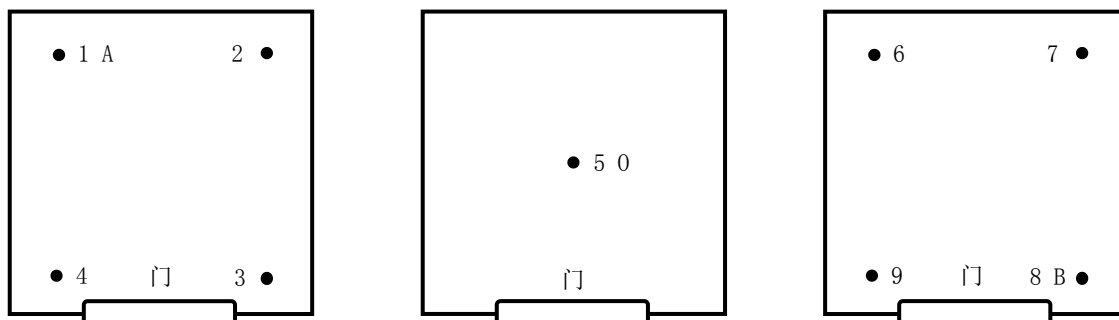
请按实际情况勾选测试点分布图，温度测试点用 1，2，3…数字表示。

温度偏差、温度均匀度、温度波动度:

时间 (min)	次数	实测值（℃）							
		1	2	3	4	5			
0	1								
2	2								
4	3								
6	4								
8	5								
10	6								
12	7								
14	8								
16	9								
18	10								
20	11								
22	12								
24	13								
26	14								
28	15								
30	16								
设定值（℃）		上偏差（℃）		下偏差（℃）		波动度（℃）		均匀度（℃）	
扩展不确定度									

环境试验设备

测试点分布：



温度测试点用 1, 2, 3...数字表示，湿度测试点用 0, A, B 字母表示。

温度偏差、温度均匀度、温度波动度：

时间 (min)	次数	实测值（℃）								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1									
2	2									
4	3									
6	4									
8	5									
10	6									
12	7									
14	8									
16	9									
18	10									
20	11									
22	12									
24	13									
26	14									
28	15									
30	16									
设定值（℃）		上偏差（℃）		下偏差（℃）		波动度（℃）		均匀度（℃）		
扩展不确定度										

湿度偏差、湿度均匀度、湿度波动度：

时间 (min)	次数	实测值（%RH）			
		0	A	B	
0	1				
2	2				
4	3				
6	4				
8	5				
10	6				
12	7				
14	8				
16	9				
18	10				
20	11				
22	12				
24	13				
26	14				
28	15				
30	16				
设定值（℃）	设定值（%RH）	上偏差（%RH）	下偏差（%RH）	波动度（%RH）	均匀度（%RH）
扩展不确定度					

附录 B

校准证书内页参考格式

1. 外观及性能：				
2. 直流电压输出				
量程	输出值	实测值	误差	扩展不确定度
()	()	()	()	
3. 直流电压指示				
量程	显示值	实测值	误差	扩展不确定度
()	()	()	()	
4. 漏电流指示				
量程	显示值	实测值	误差	扩展不确定度
()	()	()	()	

5. 温度偏差、温度均匀度、温度波动度：						
设定值（）	上偏差（）	下偏差（）	波动度（）	均匀度（）	扩展不确定度	
6. 湿度偏差、湿度均匀度、湿度波动度：						
温度设定值 （）	湿度设定值 （）	上偏差 （）	下偏差 （）	波动度 （）	均匀度 （）	扩展 不确定度

附录 C

直流电压输出误差校准不确定度评定示例

C.1 测量模型

以数字多用表校准 500V 的直流电压输出值误差为例进行不确定度评定。校准方法见 7.2.2，其测量模型可用公式（C1）表示。

$$\Delta U_N = U_a - U_s \# \text{ (C1)}$$

式中：

ΔU_N ——被校测试设备直流电压输出误差，V；

U_a ——被校测试设备直流电压输出值，V；

U_s ——数字多用表电压实测值，V。

C.2 合成标准不确定度计算公式

输入量的灵敏系数：

$$c_1 = \partial \Delta U_N / \partial U_a = 1, \quad c_2 = \partial \Delta U_N / \partial U_s = -1$$

式（C1）中输入量 U_a 和 U_s 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度计算公式为：

$$u_c(\Delta U_N) = \sqrt{c_1^2 u^2(U_a) + c_2^2 u^2(U_s)} \# \text{ (C2)}$$

C.3 标准不确定度来源及分析

C.3.1 由数字多用表直流电压测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(U_s)$

被校测试设备直流电压输出 500V，作 10 次独立重复测量，从数字多用表上读取 10 次实测值，由贝塞尔公式计算的实验标准差作为数字多用表直流电压测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(U_s)$ 为：

$$u_1(U_s) = 0.04V$$

C.3.2 由数字多用表直流电压测量最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(U_s)$

根据数字多用表技术说明书得到 500V 的最大允许误差为 $\pm 0.05\%$ ，则区间半宽度为 $a = 0.25V$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则数字多用表直流电压测量最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(U_s)$ 为：

$$u_2(U_s) = 0.25V / \sqrt{3} = 0.14V$$

C.3.3 由被校测试设备直流电压输出分辨力引入的标准不确定度 $u_3(U_a)$

被校测试设备直流电压输出分辨力为 0.1V，则区间半宽度为 $a = 0.05V$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则被校测试设备直流电压输出分辨力引入的标准不确定度 $u_3(U_a)$ 为：

$$u_3(U_a) = 0.05V / \sqrt{3} = 0.03V$$

比较： $u_3(U_a)$ 小于 $u_1(U_s)$ ，故取数字多用表直流电压测量重复性引入的分量，忽略被校测试设备直流电压输出分辨力引入的分量。

C.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量（见表 C-1）。

表 C-1 标准不确定度分量

序号	不确定度来源	不确定度分量	灵敏系数	标准不确定度
1	数字多用表直流电压测量重复性	$u_1(U_s)$	-1	0.04 V
2	数字多用表直流电压测量最大允许误差	$u_2(U_s)$	-1	0.14 V

C.5 合成标准不确定度的计算

输入量 U_a 和 U_s 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度按式（C2）计算：

$$u_c(\Delta U) = 0.15 \text{ V}$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta U_N) = k u_c(\Delta U_N) = 0.3 \text{ V} \quad (k=2)$$

$$U_{\text{rel}} = 0.06\% \quad (k=2)$$

附录 D

漏电流指示误差校准不确定度分析评定示例

D.1 测量模型

以静电计校准 1nA 的漏电流指示误差为例进行不确定度评定。校准方法见 7.2.4，其测量模型可用公式（D1）表示。

$$\Delta I = I_x - I_s \# \text{ (D1)}$$

式中：

ΔI ——被校测试设备漏电流指示误差，A；

I_x ——被校测试设备漏电流显示值，A；

I_s ——静电计实测值，A。

D.2 合成标准不确定度计算公式

输入量的灵敏系数：

$$c_1 = \partial \Delta I / \partial I_x = 1, \quad c_2 = \partial \Delta I / \partial I_s = -1$$

式（D1）中输入量 I_x 和 I_s 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度计算公式为：

$$u_c(\Delta I) = \sqrt{c_1^2 u^2(I_x) + c_2^2 u^2(I_s)} \# \text{ (D2)}$$

D.3 标准不确定度来源及分析

D.3.1 由静电计电流测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(I_s)$

设置直流电压输出值为 1V，电阻器选择 1G Ω ，使回路电流为 1nA，作 10 次独立重复测量，从静电计上读取 10 次实测值，由贝塞尔公式计算的实验标准差作为静电计电流测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(I_s)$ 为：

$$u_1(I_s) = 0.5 \text{pA}$$

D.3.2 由静电计电流测量最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(I_s)$

根据静电计技术说明书得到 1nA 的最大允许误差为 $\pm 2.5 \text{pA}$ ，则区间半宽度为 $a = 2.5 \text{pA}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则静电计电流测量最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(I_s)$ 为：

$$u_2(I_s) = 2.5 \text{pA} / \sqrt{3} = 1.4 \text{pA}$$

D.3.3 由被校测试设备漏电流示值分辨力引入的标准不确定度 $u_3(I_x)$

被校测试设备漏电流示值分辨力为 1pA，则区间半宽度为 $a = 0.5 \text{pA}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则被校测试设备漏电流示值分辨力引入的标准不确定度 $u_3(I_x)$ 为：

$$u_3(I_x) = 0.5 \text{pA} / \sqrt{3} = 0.3 \text{pA}$$

比较： $u_3(I_x)$ 小于 $u_1(I_s)$ ，故取静电计电流测量重复性引入的分量，忽略被校测试设

备漏电流示值分辨力引入的分量。

D.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量（见表 D-1）。

表 D-1 标准不确定度分量

序号	不确定度来源	不确定度分量	灵敏系数	标准不确定度
1	静电计电流测量重复性	$u_1(I_s)$	-1	0.5pA
2	静电计电流测量最大允许误差	$u_2(I_s)$	-1	1.4pA

D.5 合成标准不确定度的计算

输入量 I_x 和 I_s 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度按式（D2）计算：

$$u_c(\Delta I) = 1.5 \text{ pA}$$

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta I) = ku_c(\Delta I) = 1.5 \text{ pA} \quad (k=2)$$

$$U_{\text{rel}} = 0.3\% \quad (k=2)$$

附录 E

温度上偏差校准不确定度分析评定示例

E.1 测量模型

以温度测量标准校准 100℃ 的温度上偏差例进行不确定度评定。校准方法见 7.2.5，其测量模型可用公式（E1）表示。

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \# \text{ (E1)}$$

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 ——测试设备设定温度，℃。

E.2 合成标准不确定度计算公式

输入量的灵敏系数：

$$c_1 = \partial \Delta t_{\max} / \partial t_{\max} = 1, \quad c_2 = \partial \Delta t_{\max} / \partial t_s = -1$$

式（E1）中输入量 $t_{\max}$ 和 t_s 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度计算公式为：

$$u_c(\Delta t_{\max}) = \sqrt{c_1^2 u^2(t_{\max}) + c_2^2 u^2(t_s)} \# \text{ (E2)}$$

E.3 标准不确定度来源及分析

E.3.1 由标准器测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(t_{\max})$

被校测试设备设置温度为 100℃，作 10 次独立重复测量，从温度测量标准读取 10 次实测值，由贝塞尔公式计算的实验标准差作为标准器测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(t_{\max})$ 为：

$$u_1(t_{\max}) = 0.05^\circ\text{C}$$

E.3.2 由标准器温度测量最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(t_{\max})$

根据标准器技术说明书得到测量 100℃ 的最大允许误差为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，则区间半宽度为 $a = 0.2^\circ\text{C}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则标准器温度测量最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(t_{\max})$ 为：

$$u_2(t_{\max}) = 0.2^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.12^\circ\text{C}$$

E.3.3 由标准器稳定性引入的标准不确定度 $u_3(t_{\max})$

本标准器相邻两次校准温度修正值最大变化 0.10°C ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则标准器稳定性引入的标准不确定度 $u_3(t_{\max})$ 为：

$$u_3(t_{\max}) = 0.10^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.06^\circ\text{C}$$

E.3.4 由被校测试设备温度分辨力引入的标准不确定度 $u_4(t_s)$

被校测试设备温度分辨力为 0.1°C ，则区间半宽度为 $a = 0.05^\circ\text{C}$ ，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则被校测试设备温度分辨力引入的标准不确定度 $u_4(t_s)$ 为：

$$u_4(t_s) = 0.05^\circ\text{C} / \sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$$

比较： $u_4(t_s)$ 小于 $u_1(t_{\max})$ ，故取标准器测量重复性引入的分量，忽略被校测试设备温度分辨力引入的分量。

E.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量（见表 E-1）。

表 E-1 标准不确定度分量

序号	不确定度来源	不确定度分量	灵敏系数	不确定度分量
1	标准器测量重复性	$u_1(t_{\max})$	1	0.05°C
2	标准器温度测量最大允许误差	$u_2(t_{\max})$	1	0.12°C
3	标准器稳定性	$u_3(t_{\max})$	1	0.06°C

E.5 合成标准不确定度的计算

输入量 $t_{\max}$ 和 t_s 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度按式（E2）计算：

$$u_c(\Delta t_{\max}) = 0.14^\circ\text{C}$$

E.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta t_{\max}) = k u_c(\Delta t_{\max}) = 0.3^\circ\text{C} \quad (k=2)$$

附录 F

湿度上偏差校准不确定度分析评定示例

F.1 测量模型

以湿度测量标准校准 30℃, 60%RH 湿度上偏差例进行不确定度评定。校准方法见 7.2.6, 其测量模型可用公式 (F1) 表示。

$$\Delta h_{\max} = h_{\max} - h_s \# \text{ (F1)}$$

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, %RH;

h_s ——测试设备设定湿度, %RH。

F.2 合成标准不确定度计算公式

输入量的灵敏系数:

$$c_1 = \partial \Delta h_{\max} / \partial h_{\max} = 1, \quad c_2 = \partial \Delta h_{\max} / \partial h_s = -1$$

式 (F1) 中输入量 $h_{\max}$ 和 h_s 的各不确定度彼此不相关, 则合成标准不确定度计算公式为:

$$u_c(\Delta h_{\max}) = \sqrt{c_1^2 u^2(h_{\max}) + c_2^2 u^2(h_s)} \# \text{ (F2)}$$

F.3 标准不确定度来源及分析

F.3.1 由标准器测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(h_{\max})$

被校测试设备设置为 30℃, 60%RH, 作 10 次独立重复测量, 从湿度测量标准读取 10 次实测值, 由贝塞尔公式计算的实验标准差作为标准器测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(h_{\max})$ 为:

$$u_1(h_{\max}) = 0.22\%RH$$

F.3.2 由标准器湿度修正值引入的标准不确定度 $u_2(h_{\max})$

标准器湿度修正值的不确定度 $U = 1.0\%RH$, $k = 2$, 则标准器湿度修正值引入的标准不确定度 $u_2(h_{\max})$ 为:

$$u_2(h_{\max}) = 1.0\%RH / 2 = 0.5\%RH$$

F.3.3 由标准器稳定性引入的标准不确定度 $u_3(h_{\max})$

本标准器相邻两次校准湿度修正值最大变化 0.5%RH, 服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则标准器稳定性引入的标准不确定度 $u_3(h_{\max})$ 为:

$$u_3(h_{\max}) = 0.5\%RH / \sqrt{3} = 0.29\%RH$$

F.3.4 由被校测试设备湿度分辨力引入的标准不确定度 $u_4(h_s)$

被校测试设备湿度分辨力为 0.1%RH, 则区间半宽度为 $a = 0.05\%RH$, 服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则被校测试设备湿度分辨力引入的标准不确定度 $u_4(h_s)$ 为:

$$u_4(h_s) = 0.05\%RH / \sqrt{3} = 0.03\%RH$$

比较： $u_4(h_s)$ 小于 $u_1(h_{\max})$ ，故取标准器测量重复性引入的分量，忽略被校测试设备湿度分辨力引入的分量。

F.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量（见表 F-1）。

表 F-1 标准不确定度分量

序号	不确定度来源	不确定度分量	灵敏系数	不确定度分量
1	标准器测量重复性	$u_1(h_{\max})$	1	0.22%RH
2	标准器湿度修正值	$u_2(h_{\max})$	1	0.5%RH
3	标准器稳定性	$u_3(h_{\max})$	1	0.29%RH

F.5 合成标准不确定度的计算

输入量 $h_{\max}$ 和 h_s 的各不确定度彼此不相关，则合成标准不确定度按式（F2）计算：

$$u_c(\Delta h_{\max}) = 0.62\%RH$$

F.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta h_{\max}) = ku_c(\Delta h_{\max}) = 1.3\%RH \quad (k=2)$$