

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2168—2024

盐雾试验箱校准规范

Calibration Specification for Salt Mist Testing Chambers



2024-10-19 发布

2025-04-19 实施

国家市场监督管理总局 发布

盐雾试验箱校准规范

Calibration Specification for
Salt Mist Testing Chambers

JJF 2168—2024

归口单位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：福建省计量科学研究院

浙江省计量科学研究院

参加起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

广州广电计量检测股份有限公司

中国空空导弹研究院计量测试中心

本规范委托全国温度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

陈丹英（福建省计量科学研究院）

曾 颖（福建省计量科学研究院）

余时帆（浙江省计量科学研究院）

参加起草人：

林 军（福建省计量科学研究院）

田 昀（天津市计量监督检测科学研究院）

林春江（广州广电计量检测股份有限公司）

马培凤（中国空空导弹研究院计量测试中心）

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..... (2)

6.1 环境条件..... (2)

6.2 负载条件..... (3)

6.3 测量标准及其他设备..... (3)

7 校准项目和校准方法..... (3)

7.1 校准项目..... (3)

7.2 温度校准方法..... (3)

7.3 盐雾沉降率校准方法..... (7)

8 校准结果表达..... (8)

9 复校时间间隔..... (8)

附录 A 盐雾试验箱校准记录（格式） (9)

附录 B 盐雾试验箱校准证书内页（格式） (11)

附录 C 盐雾试验箱校准结果不确定度评定示例 (13)

引 言

JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、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。

本规范参照 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 5170.8—2017《环境试验设备检验方法 第8部分：盐雾试验设备》和 GB/T 10587—2006《盐雾试验箱技术条件》制订。

本规范为首次发布。

盐雾试验箱校准规范

1 范围

本规范适用于盐雾试验箱的温度及盐雾沉降率参数的校准。

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 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 5170.8—2017 环境试验设备检验方法 第8部分：盐雾试验设备

GB/T 10587—2006 盐雾试验箱技术条件

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

3.1 工作空间 working space

盐雾试验箱内能将规定的条件维持在规定容差范围内的部分。

[来源：GB/T 10587—2006，3.6]

3.2 温度偏差 temperature deviation

盐雾试验箱在稳定状态下，工作空间各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的上下偏差。温度偏差包含温度上偏差和温度下偏差。

[来源：JJF 1101—2019，3.4]

3.3 温度波动度 temperature fluctuation

盐雾试验箱稳定状态下，在规定的時間间隔内，工作空间内任意一点温度随时间的变化量。

[来源：JJF 1101—2019，3.6]

3.4 温度均匀度 temperature uniformity

盐雾试验箱稳定状态下，工作空间在某一瞬时任意两点温度之间的最大差值。

[来源：JJF 1101—2019，3.8]

3.5 温度指示误差 temperature indication error

盐雾试验箱温度指示平均值与工作空间实际温度值之差。

[来源：GB/T 5170.1—2016，3.2.21，有修改]

3.6 温度过冲量 temperature overshoot

在盐雾试验箱升温过程中，工作空间实际温度超出规定温度允许范围的量。

[来源：GB/T 5170.1—2016，3.2.16，有修改]

3.7 温度过冲恢复时间 temperature overshoot recovery time

在盐雾试验箱升温过程中，工作空间实际温度从超出规定温度允许范围到开始稳定在温度允许范围的时间。

[来源：GB/T 5170.1—2016，3.2.17，有修改]

3.8 盐雾沉降率 salt mist sedimentation rate

盐雾试验箱工作空间的盐雾在规定面积上单位时间的自由沉降量，用 $\text{mL}/(\text{h} \cdot 80 \text{ cm}^2)$ 表示。

[来源：GB/T 5170.1—2016，3.2.24]

4 概述

盐雾试验箱（以下简称盐雾箱）是一种模拟温度、盐雾气候环境条件的试验设备。盐雾箱主要由箱体、喷雾系统、加热系统以及控制系统组成。在盐雾箱的工作空间内，喷雾系统的压缩空气将盐溶液雾化，形成盐雾并自由沉降。盐雾试验主要用于考核材料或材料防护层的抗盐雾腐蚀的能力，以及相似防护层的工艺质量比较，也可以用来考核产品抗盐雾腐蚀的能力。

5 计量特性

盐雾箱常用技术要求见表 1。

表 1 盐雾箱技术要求

项 目	技术要求
温度偏差	$\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
温度波动度	$\pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
温度均匀度	$\leq 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
温度指示误差	$\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
温度过冲量	$\leq 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
盐雾沉降率	$(1.0 \sim 2.0) \text{ mL}/(\text{h} \cdot 80 \text{ cm}^2)$

注：

- 1 对计量特性另有要求的盐雾箱，按有关技术文件规定的要求进行校准。
- 2 以上指标不作为合格性判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： $(15 \sim 35) \text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：不大于 85%；

气压： $(80 \sim 106) \text{ kPa}$ 。

无影响盐雾箱正常校准的电磁场，周围无强烈振动、腐蚀性气体等；无阳光直射或其他热、冷源影响。实际工作中，环境条件还应满足测量标准器正常使用的要求。

6.2 负载条件

一般在空载条件下校准，根据用户需要可以在负载条件下进行校准，但应说明负载情况。

6.3 测量标准及其他设备

6.3.1 温度测量标准

温度测量标准由多通道温度显示仪表和温度传感器组成。温度测量标准应满足如下要求：

a) 测量范围应满足 $(0 \sim 100) ^\circ\text{C}$ ；分辨力不低于 $0.01 ^\circ\text{C}$ ；最大允许误差： $\pm (0.15 ^\circ\text{C} + 0.002 |t|)$ ， $|t|$ 为温度的绝对值（单位： $^\circ\text{C}$ ）。

b) 温度测量标准的温度传感器宜选用四线制铂电阻温度传感器，并能满足校准工作需要。

6.3.2 盐雾沉降率测量仪器

漏斗：采用水平面积 $(80 \pm 2) \text{ cm}^2$ 的漏斗。

量筒：采用容量 50 mL 或其他满足使用要求的量筒，最大允许误差不超过 $\pm 0.25 \text{ mL}$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

表 2 校准项目

序号	校准项目	备注
1	温度偏差	必要校准项目
2	温度波动度	必要校准项目
3	温度均匀度	必要校准项目
4	温度指示误差	必要校准项目
5	温度过冲量	根据客户需求校准
6	温度过冲恢复时间	根据客户需求校准
7	盐雾沉降率	必要校准项目

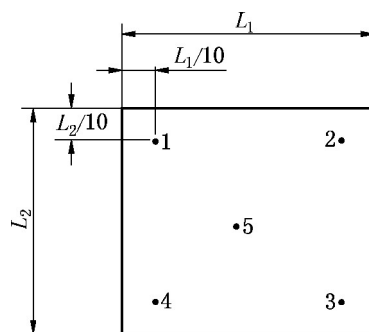
7.2 温度校准方法

7.2.1 温度校准点的选择

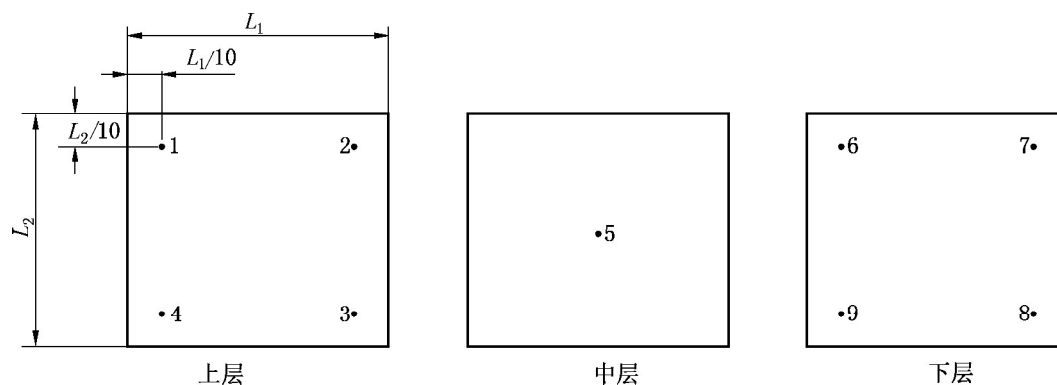
温度校准点一般选择 $35 ^\circ\text{C}$ ，也可根据客户需求选择其他温度校准点。

7.2.2 测量点的位置及数量

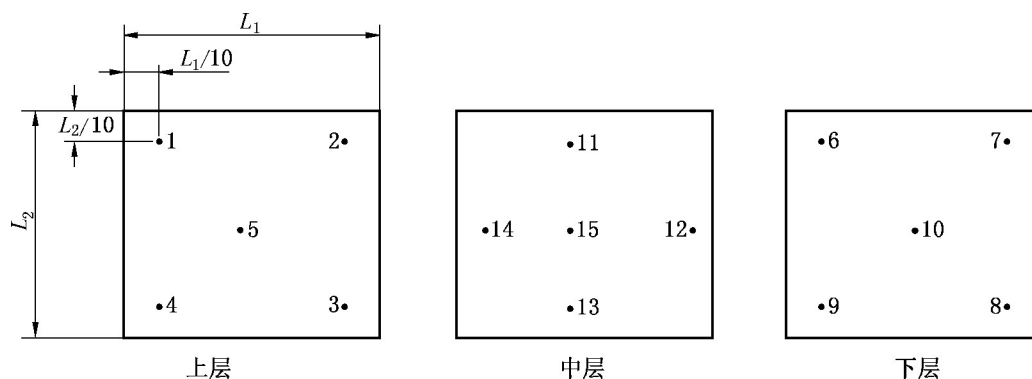
a) 当盐雾箱工作空间小于 2 m^3 且高度小于或等于 30 cm，将测量点布置在样品架以上 10 mm 处，布置 5 个测量点（位置如图 1 所示），测量点与工作空间内壁的距离为各边长的 $1/10$ ，但不小于 50 mm。测量点位置用 1、2、3……数字表示。

图1 工作空间小于 2 m^3 且高度小于或等于 30 cm 布点示意图

b) 当盐雾箱工作空间小于 2 m^3 且高度大于 30 cm ，将工作空间分为上、中、下3层，上层与工作空间上平面的距离是工作空间高度的 $1/10$ ，中层通过工作空间几何中心点，下层在底层样品架上方 10 mm 处。设置9个测量点，其布放测量点如图2所示。测量点与工作空间内壁的距离为各边长的 $1/10$ ，但不小于 50 mm 。

图2 工作空间小于 2 m^3 且高度大于 30 cm 布点示意图

c) 当盐雾箱工作空间大于等于 2 m^3 ，将工作空间分为上、中、下3层，上层与工作空间上平面的距离是工作空间高度的 $1/10$ ，中层通过工作空间几何中心点，下层在底层样品架上方 10 mm 处。设置15个测量点，其布放测量点如图3所示。当盐雾箱容积大于 50 m^3 时，可适当增加测量点。

图3 工作空间大于等于 2 m^3 布点示意图

7.2.3 温度的校准

按 7.2.2 要求布放温度传感器，将盐雾箱设定到温度校准点，开启温度控制，待箱内温度到达设定温度后，开启连续喷雾，同时确认温度测量标准的修正值可靠及正确

使用。

a) 温度过冲量、温度过冲恢复时间的校准

当盐雾箱工作空间几何中心点温度第一次到达设定温度开始，以不大于 10 s 的时间间隔记录中心点温度数据，直到几何中心点温度稳定在允许的温度范围内。

b) 温度偏差、温度波动度、温度均匀度、温度指示误差的校准

盐雾箱达到稳定状态后开始记录各测量点温度数据及盐雾箱仪表温度示值，记录时间间隔为 1 min，30 min 内共记录 30 组数据，也可以根据盐雾箱实际运行状况和用户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。

盐雾箱的稳定时间以说明书为依据，说明书没有给出的，温度达到设定值后稳定 2 h，开始记录数据。如果发现箱内温度仍未稳定，可按实际情况最多延长 30 min。如果在规定的稳定时间之前观察到温度测量标准监测的温度曲线已经稳定，可以提前记录测量数据。

7.2.4 数据处理

7.2.4.1 温度偏差

各测量点测量数据修正后，按式 (1)、式 (2) 计算温度偏差：

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

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

式中：

$\Delta T_{\max}$ ——温度上偏差，℃；

$\Delta T_{\min}$ ——温度下偏差，℃；

$T_{\max}$ ——各测量点规定时间内实测最高温度，℃；

$T_{\min}$ ——各测量点规定时间内实测最低温度，℃；

T_s ——设定温度，℃。

7.2.4.2 温度波动度

各测量点测量数据修正后，按式 (3) 计算温度波动度：

$$\Delta T_f = \pm \max[(T_{i\max} - T_{i\min})/2] \quad (3)$$

式中：

ΔT_f ——温度波动度，℃；

$T_{i\max}$ ——测量点 i 点在 n 次测量中的实测最高温度，℃；

$T_{i\min}$ ——测量点 i 点在 n 次测量中的实测最低温度，℃。

7.2.4.3 温度均匀度

各测量点测量数据修正后，按下式计算温度均匀度：

$$\Delta T_u = \sum_{j=1}^n (T_{j\max} - T_{j\min})/n \quad (4)$$

式中：

ΔT_u ——温度均匀度，℃；

$T_{j\max}$ ——各测量点在第 j 次测量中的实测最高温度，℃；

$T_{j\min}$ ——各测量点在第 j 次测量中的实测最低温度，℃。

n ——测量次数。

7.2.4.4 温度指示误差

各测量点测量数据修正后，按式（5）～式（7）计算温度指示误差：

$$T_O = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad (5)$$

$$T_D = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j \quad (6)$$

$$\Delta T_D = T_D - T_O \quad (7)$$

式中：

T_O ——盐雾箱工作空间实际温度值，℃；

m ——盐雾箱工作空间的测量点数；

n ——测量次数；

T_{ij} ——盐雾箱工作空间第 i 点的第 j 次的温度测量值，℃；

T_D ——盐雾箱指示温度平均值，℃；

T_j ——盐雾箱第 j 次指示温度值，℃；

ΔT_D ——温度指示误差，℃。

7.2.4.5 温度过冲量

测量点测量数据修正后，按式（8）计算温度过冲量：

$$\Delta T_O = T - T_s - \Delta T \quad (8)$$

式中：

ΔT_O ——温度过冲量，℃；

T ——盐雾箱升温至设定温度过程中，测量点实测最高温度值，℃；

T_s ——设定温度值，℃；

ΔT ——温度允许偏差值，℃。

注：

1 盐雾箱升温时，测量点的温度没有超出允许的最高温度，则不存在温度过冲，即没有温度过冲量。

2 ΔT 一般取 2℃，也可根据客户需求设定温度允许偏差值。

7.2.4.6 温度过冲恢复时间

测量点测量数据修正后，按下式计算温度过冲恢复时间：

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (9)$$

式中：

Δt ——温度过冲恢复时间，min；

t_1 ——测量点升温至开始超过允许的最高温度的时刻，min；

t_2 ——测量点开始稳定在允许的最高温度内的时刻，min。

注：只有存在温度过冲时，才有温度过冲恢复时间。

7.3 盐雾沉降率校准方法

7.3.1 测量点的布置

7.3.1.1 测量点的高度

漏斗的上表面距工作空间底面高度 $1/3$ 工作室高度处，或根据客户样品需求调整漏斗上表面高度。

7.3.1.2 测量点的位置及数量

a) 当盐雾箱有效工作空间不大于 2 m^3 时，测量点为 5 个，除中心点 E 外，其他各点与内壁的距离为 150 mm ，布放位置如图 4 所示。中心位置有喷雾塔时，中心点可离喷雾塔适当距离。盐雾沉降率测量点位置用 A、B、C……表示。

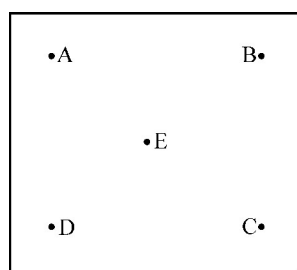


图 4 工作空间不大于 2 m^3 布点示意图

b) 工作空间容积大于 2 m^3 到 10 m^3 时，测量点为 9 个，漏斗中心与内壁距离为 170 mm ，布放位置如图 5 所示。中心位置有喷雾塔时，中心点可离喷雾塔适当距离。

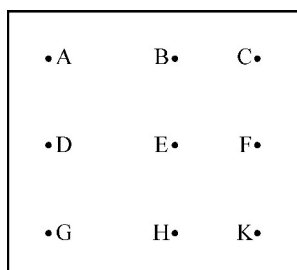


图 5 工作空间容积大于 2 m^3 到 10 m^3 布点示意图

c) 工作空间容积大于 10 m^3 时，测量点应根据实际情况或客户需求适当增加测量点数量，并在原始记录及证书上说明。

7.3.2 盐雾沉降率的校准

校准时将漏斗穿过橡皮塞并固定在量筒上，并将漏斗和量筒按 7.3.1 的要求放置。待试验箱的温度上升到试验温度后，连续喷雾 16 h 或根据客户需求选择喷雾时间，但一般不小于 10 h ，并根据实际情况选择合适的量筒，喷雾期间不得打开盐雾箱盖。喷雾停止后立即取出量筒，记录各位置量筒收集到的溶液量。

7.3.3 数据处理

按式 (10) 根据漏斗实际面积折算到 80 cm^2 所对应的盐雾沉降率：

$$G_j = (80/S)V_j/t \quad (10)$$

式中：

G_j ——第 j 点盐雾沉降率， $\text{mL}/(\text{h} \cdot 80\text{ cm}^2)$ ；

V_j ——第 j 点量筒中已修正盐雾沉降量, mL;

S ——漏斗实际面积, cm^2 ;

t ——连续喷雾时间, h。

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 (例如 “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) 被校样品的描述和明确标识以及必要时物品的状态;
- g) 进行校准的日期;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称和代号;
- i) 本次校准所使用的测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 对校准规范的偏离的说明;
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制校准证书的声明。

9 复校时间间隔

建议盐雾箱复校时间间隔为 1 年, 使用特别频繁时应适当缩短。在使用过程中经过修理、更换重要器件等的一般需要重新校准。

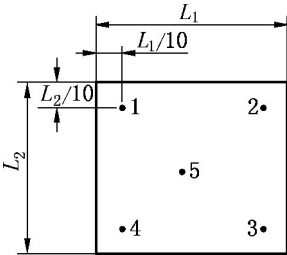
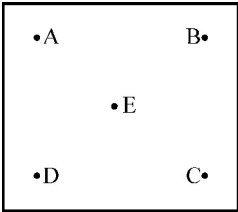
由于复校时间间隔的长短是由盐雾箱使用情况、使用者、盐雾箱本身质量等诸因素所决定的, 因此送检单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

盐雾试验箱校准记录(格式)

委托单位					证书编号		
设备名称					型号规格		
制造厂					出厂编号		
校准用测量设备	名称	型号规格	设备编号	溯源机构	证书编号	不确定度/最大允差	有效期至
技术依据							
环境条件		温度：____℃；相对湿度：____%			校准地点		
1. 温度偏差、温度波动度、温度均匀度、温度指示误差的校准结果：							
测量次数	测量点 校准结果/℃						仪表指示温度值/℃
	1	2	3	4	5	...	
1							
2							
3							
...							
平均值							
最小值							
最大值							
设定温度：____℃。温度上偏差：____℃、温度下偏差：____℃。							
温度指示误差：____℃。温度波动度：____℃；温度均匀度：____℃。							
测量结果扩展不确定度 $U=$ ____℃， $k=2$							
2. 温度过冲量、温度过冲恢复时间							
时间 (hh: mm: ss)							
温度值/℃							
通过上表数据得到：							
项目	达到允许最高温度	温度最大值	开始稳定在最高允许温度				
时刻							
温度值/℃							
最高允许温度：____℃；温度过冲量：____℃，温度过冲恢复时间：____min。							
测量结果扩展不确定度 $U=$ ____， $k=2$ 。							
校准人员/ 校准日期		核验人员/ 核验日期			记录编号		

盐雾试验箱校准记录(格式)(续)

证书编号		记录编号																									
3. 温度测量点位置图： 																											
4. 盐雾沉降率校准结果： 盐雾收集时间：_____h。 4.1 被校盐雾试验箱 收集漏斗面积：_____cm²；量筒溶液量：_____mL。 盐雾沉降率示值：_____mL/(h·80 cm²)。 4.2 盐雾沉降率各测量点实测值<table border="1"><thead><tr><th>测量点编号</th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th></tr></thead><tbody><tr><td>量筒溶液量/mL</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>收集漏斗面积 cm²</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>盐雾沉降率 mL/(h·80 cm²)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> 盐雾沉降率测量点位置图：  盐雾沉降率校准结果扩展不确定度 $U=$ _____，$k=2$。				测量点编号	A	B	C	D	E	量筒溶液量/mL						收集漏斗面积 cm ²						盐雾沉降率 mL/(h·80 cm ²)					
测量点编号	A	B	C	D	E																						
量筒溶液量/mL																											
收集漏斗面积 cm ²																											
盐雾沉降率 mL/(h·80 cm ²)																											
备 注：																											
校准人员/ 校准日期		核验人员/ 核验日期																									

附录 B

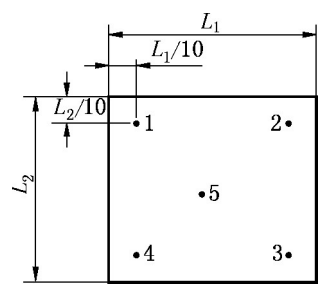
盐雾试验箱校准证书内页(格式)

一、温度

设定温度值/℃			
测量点编号		实测温度平均值/℃	
1			
2			
3			
4			
5			
温度上偏差/℃		温度波动度/℃	
温度下偏差/℃		温度指示误差/℃	
温度均匀度/℃		温度过冲恢复时间 min	
温度过冲量/℃			

温度校准结果扩展不确定度 $U=$ ， $k = 2$ 。

温度测量点位置图：

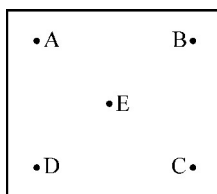


二、盐雾沉降率

盐雾收集时间：_____ h。

测量点编号	A	B	C	D	E
盐雾沉降率 mL/(h · 80 cm ²)					

盐雾沉降率测量点位置图：



盐雾沉降率校准结果扩展不确定度 $U =$, $k = 2$ 。

附录 C

盐雾试验箱校准结果不确定度评定示例

C.1 盐雾箱温度偏差的校准结果不确定度评定

C.1.1 被校对象

盐雾箱，分辨力：0.1 °C，温度校准点：35.0 °C。

C.1.2 测量标准

温湿度试验设备自动校准系统，分辨力：0.001 °C，测量时带修正值使用，温度校准结果不确定度 $U=0.040$ °C， $k=2$ 。

C.1.3 校准方法

按照本规范对温度偏差的校准要求，将温度测量标准温湿度试验设备自动校准系统温度传感器按 7.2.2 图 2 测试点要求布置。设定盐雾箱温度值：35.0 °C，开启运行。当盐雾箱达到稳定状态后，开始记录各测量点温度数据及盐雾箱仪表温度示值，记录时间间隔为 1 min，30 min 内共记录 30 组数据。

计算各温度测试点 30 min 内测量的最高温度与设定温度的差值，即为温度上偏差；各测试点 30 min 内测量的最低温度与设定温度的差值，即为温度下偏差。

C.1.4 测量模型

本规范中式 (1) 和式 (2) 可写为以下形式：

$$\Delta T = T_i - T_s \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔT ——温度偏差（温度上偏差或温度下偏差），°C；

T_i ——各测量点规定时间内实测最高温度 $T_{\max}$ 或最低温度 $T_{\min}$ ，°C；

T_s ——设定温度，°C。

C.1.5 标准不确定度分量来源与评定

不确定度来源：被校对象测量重复性、标准器分辨力、标准器修正值、标准器的稳定性。

由于温度上偏差与温度下偏差不确定度来源和数值相同，因此本文仅以温度上偏差为例进行不确定度评定。

C.1.5.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

在盐雾箱 35 °C 温度校准点重复测量 10 次，计算其温度上偏差的标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - x_i)^2}{n - 1}} = 0.08 \text{ °C} \quad (\text{C.2})$$

则测量重复性引入的标准不确定度分量：

$$u_1 = s = 0.08 \text{ °C}$$

C.1.5.2 标准器分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

标准器温度分辨力为 0.001 °C，不确定度区间半宽 0.000 5 °C，服从均匀分布，则

分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_2 = \frac{0.000\ 5\ ^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} \approx 0.00\ ^\circ\text{C}$$

C.1.5.3 标准器修正值引入的标准不确定度分量 u_3

标准器各通道在 35 °C 测量结果的扩展不确定度 $U=0.040\ ^\circ\text{C}$ ， $k=2$ 。则有：

$$u_3 = U/2 = 0.02\ ^\circ\text{C}$$

C.1.5.4 标准器稳定性引入的标准不确定度分量 u_4

标准器在 35 °C 点相邻两次校准结果最大差值 0.04 °C，按均匀分布，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_4 = \frac{0.04\ ^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} \approx 0.02\ ^\circ\text{C}$$

C.1.6 合成标准不确定度计算

标准不确定度分量汇总表见表 C.1。

表 C.1 温度偏差校准标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度/°C
u_1	温度测量重复性	0.08
u_2	标准器分辨力	0.00
u_3	标准器修正值	0.02
u_4	标准器稳定性	0.02

由于 u_1 、 u_2 、 u_3 、 u_4 之间互不相关，因此合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.09\ ^\circ\text{C} \quad (\text{C.3})$$

C.1.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则盐雾箱的设定温度为 35 °C 时，温度偏差校准结果扩展不确定度为：

$$U = ku_c \approx 0.2\ ^\circ\text{C}$$

C.2 盐雾箱温度指示误差的校准结果不确定度评定

C.2.1 被校对象

盐雾箱，分辨力：0.1 °C，校准点：35.0 °C。

C.2.2 测量标准

温湿度试验设备自动校准系统，分辨力：0.001 °C，测量时带修正值使用，温度校准结果不确定度 $U=0.040\ ^\circ\text{C}$ ， $k=2$ 。

C.2.3 校准方法

按照本规范对温度指示误差的校准要求，将标准器温湿度试验设备自动校准系统温度传感器按 7.2.2 图 2 测试点要求布置。设定盐雾箱温度值：35.0 °C，开启运行。当盐雾箱达到稳定状态后，开始记录各测量点温度数据及盐雾箱仪表温度示值，记录时间间隔为 1 min，30 min 内共记录 30 组数据。

计算盐雾箱温度指示平均值与工作空间实际温度值之差，即为温度指示误差。

C.2.4 测量模型

$$\Delta T_D = T_D - T_O \quad (\text{C.4})$$

式中：

T_O ——盐雾箱工作空间实际温度值，℃；

T_D ——盐雾箱指示温度平均值，℃；

ΔT_D ——温度指示误差，℃。

其中：

$$T_O = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad (\text{C.5})$$

$$T_D = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j \quad (\text{C.6})$$

m ——盐雾箱工作空间的测量点数；

n ——测量次数；

T_{ij} ——盐雾箱工作空间第 i 点的第 j 次的温度测量值，℃；

T_j ——盐雾箱第 j 次指示温度值，℃。

C.2.5 标准不确定度分量来源与评定

不确定度来源：被校对象指示温度读数时间与标准器记录数据时间不一致、被校对象指示分辨率、被校对象测量重复性、标准器分辨率、标准器修正值、标准器的稳定性。

C.2.5.1 被校对象指示温度读数时间与标准器记录数据时间不一致引入的标准不确定度分量 u_1

从盐雾箱显示仪表上读取温度示值的时间与标准器记录数据的时间不一致，估计带来 0.1℃ 的影响量，服从均匀分布，则：

$$u_1 = \frac{0.1 \text{ } ^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} \approx 0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.2.5.2 被校对象指示分辨率引入的标准不确定度分量 u_2

被校对象指示分辨力为 0.1℃，服从均匀分布，则：

$$u_2 = \frac{0.1 \text{ } ^\circ\text{C} / 2}{\sqrt{3}} \approx 0.03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.2.5.3 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_3

在盐雾箱温度 35℃ 校准点重复测量 10 次，计算其测量结果的单次测量标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - x_i)^2}{n - 1}} \approx 0.08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

则测量重复性引入的标准不确定度分量：

$$u_3 = s = 0.08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

C.2.5.4 标准器分辨率引入的标准不确定度分量 u_4

标准器温度分辨力为 $0.001\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，不确定度区间半宽 $0.000\ 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，服从均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_4 = \frac{0.000\ 5\text{ }^{\circ}\text{C}}{\sqrt{3}} \approx 0.00\text{ }^{\circ}\text{C}$$

C.2.5.5 标准器修正值引入的标准不确定度分量 u_5

标准器各通道在 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 测量结果的扩展不确定度 $U=0.040\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ 。则有：

$$u_5 = U/2 = 0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$$

C.2.5.6 标准器的稳定性引入的标准不确定度分量 u_6

标准器在 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 点相邻两次校准结果最大差值不能大于 $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_6 = \frac{0.04\text{ }^{\circ}\text{C}/2}{\sqrt{3}} \approx 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$$

C.2.6 合成标准不确定度计算

C.2.6.1 标准不确定度分量汇总表

温度指示误差校准不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2 温度指示误差校准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度/ $^{\circ}\text{C}$
u_1	被校对象指示温度读数时间与标准器记录数据时间不一致	0.06
u_2	被校对象指示分辨力	0.03
u_3	温度测量重复性	0.08
u_4	标准器分辨力	0.00
u_5	标准器修正值	0.02
u_6	标准器的稳定性	0.01

C.2.6.2 合成标准不确定度计算

由于 u_1 、 u_2 、 u_3 、 u_4 、 u_5 、 u_6 之间互不相关，因此合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} = 0.11\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{C.7})$$

C.2.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则盐雾箱的设定温度为 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，温度指示误差的校准结果扩展不确定度为：

$$U = k u_c \approx 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

C.3 盐雾箱盐雾沉降率的校准结果不确定度评定

C.3.1 被校对象

盐雾箱，有效工作空间不大于 2 m^3 。

C.3.2 测量标准

玻璃量筒：容量 50 mL，分度值 0.5 mL；玻璃漏斗：直径 10.04 cm（水平面积 79.17 cm²）。

C.3.3 校准方法

按照本规范对盐雾沉降率的校准要求，测量点为 5 个，将漏斗穿过橡皮塞并固定在量筒上，并将漏斗和量筒按本规范的要求放置。待试验箱的温度升温到试验温度后，连续喷雾 16 h，喷雾期间不得开盐雾箱盖。喷雾停止后立即取出量筒，记录各位置量筒收集到的溶液量。

计算盐雾箱工作空间盐雾在规定面积上单位时间的自由沉降量，即为盐雾沉降率。

C.3.4 测量模型

$$G = (80/S)V/t \quad (\text{C.8})$$

式中：

G —— 盐雾沉降率，mL/(h·80 cm²)；

S —— 漏斗实际面积，cm²；

V —— 量筒中已修正盐雾沉降量，mL；

t —— 连续喷雾时间，h。

式 (C.8) 中， V 、 t 、 S 之间互为独立，其灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial G}{\partial V} = \frac{80}{79.17} \times \frac{1}{t}, c_2 = \frac{\partial G}{\partial t} = -\frac{80}{79.17} \times \frac{V}{t^2}, c_3 = \frac{\partial G}{\partial S} = -\frac{80V}{t} \times \frac{1}{S^2} \quad (\text{C.9})$$

$$u^2(G) = c_1^2 u^2(V) + c_2^2 u^2(t) + c_3^2 u^2(S) \quad (\text{C.10})$$

根据直径 10.04 cm 漏斗进行 16 h 盐雾沉降量测量，沉降量为 20 mL，则灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial G}{\partial V} = 0.06 \text{ h}^{-1}, c_2 = \frac{\partial G}{\partial t} = -0.08 \text{ mL/h}^2, c_3 = \frac{\partial G}{\partial S} = -0.02 \text{ mL/(h} \cdot \text{cm}^4)$$

C.3.5 标准不确定度分量来源与评定

不确定度来源：测量重复性、量筒准确度、量筒分度值、开箱水滴与盐雾残留液误差、时间测量误差及漏斗面积测量误差。

C.3.5.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

对被测对象进行 3 次连续喷雾 16 h 盐雾试验，沉降量分别为（单位：mL）：20.32、20.00、20.48。按极差法估算实验标准偏差，极差系数为 1.69，则实验标准差为：

$$s = (20.48 - 20.00) \text{ mL} / 1.69 \approx 0.28 \text{ mL}$$

则测量重复性引入的标准不确定度：

$$u_1 = s = 0.28 \text{ mL}$$

C.3.5.2 量筒准确度引入的标准不确定度分量 u_2

根据容量 50 mL 的玻璃量筒，其最大允许误差为 $\pm 0.25 \text{ mL}$ ，服从均匀分布，则：

$$u_2 = \frac{0.25 \text{ mL}}{\sqrt{3}} \approx 0.14 \text{ mL}$$

C.3.5.3 量筒分度值引入的标准不确定度分量 u_3

根据容量 50 mL 的玻璃量筒，其分度值为 0.5 mL，示值读数按 1/10 估读，服从均匀分布，则：

$$u_3 = \frac{0.5 \text{ mL}}{2 \times 10 \times \sqrt{3}} \approx 0.01 \text{ mL}$$

C.3.5.4 開箱水滴与盐雾残留液误差引入的标准不确定度分量 u_4

一滴水滴体积大约为 0.05 mL，估计开启盐雾箱时滴落在各量筒的水滴以及残留在漏斗、量筒的壁上的盐雾量对每个量筒产生估算 1 至 5 滴影响。5 滴水滴的体积为 $5 \times 0.05 \text{ mL} = 0.25 \text{ mL}$ 。视其服从均匀分布，则：

$$u_4 = \frac{0.25 \text{ mL}}{\sqrt{3}} \approx 0.14 \text{ mL}$$

C.3.5.5 时间测量误差引入的标准不确定度分量 u_5

盐雾试验时间 16 h，被检器计时器与实际时间的误差估计为 2 min。服从均匀分布，则：

$$u_5 = \frac{2 \text{ min}}{\sqrt{3}} \approx 0.019 \text{ h}$$

C.3.5.6 漏斗面积测量误差引入的标准不确定度分量 u_6

漏斗的实际面积由漏斗的实测直径 d 计算得到，其计算公式为：

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad (\text{C.11})$$

漏斗面积的测量误差由漏斗直径的测量误差引入，则：

$$\frac{\partial S}{\partial d} = \frac{\pi d}{2} \quad (\text{C.12})$$

漏斗直径测量采用标称长度不大于 30 cm 的钢直尺。标称长度不大于 30 cm 钢直尺的最大允许误差为 $\pm 0.10 \text{ mm}$ ，视其服从均匀分布，因此根据式 (C.12) 有：

$$u_6 = \frac{10.04 \text{ cm} \times \pi}{2} \times \frac{0.010 \text{ cm}}{\sqrt{3}} \approx 0.09 \text{ cm}^2$$

C.3.6 合成标准不确定度计算

C.3.6.1 标准不确定度分量汇总表

盐雾沉降率校准不确定度分量汇总见表 C.3。

表 C.3 盐雾沉降率校准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度	灵敏系数
u_1	测量重复性	0.28 mL	0.06 h ⁻¹
u_2	量筒准确度	0.14 mL	
u_3	量筒分度值	0.01 mL	
u_4	開箱水滴与盐雾残留液误差	0.14 mL	
u_5	时间测量误差	0.019 h	-0.08 mL/h ²
u_6	漏斗面积测量误差	0.09 cm ²	-0.02 mL/(h · cm ⁴)

C.3.6.2 合成标准不确定度计算

由于 u_1 、 u_2 、 u_3 、 u_4 、 u_5 、 u_6 之间互不相关，因此合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2) + c_2^2 u_5^2 + c_3^2 u_6^2} = 0.021 \text{ mL}/(\text{h} \cdot 80 \text{ cm}^2) \quad (\text{C.13})$$

C.3.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则盐雾箱盐雾沉降率校准结果扩展不确定度为：

$$U = k u_c \approx 0.04 \text{ mL}/(\text{h} \cdot 80 \text{ cm}^2)$$
