



中华人民共和国工业和信息化部
有色金属计量技术规范

JJF（有色金属）XXXX—20XX

有色金属材料用循环腐蚀试验箱校准规范

Calibration Specification for Cyclic Corrosion Test Chambers for
Non-ferrous Metals Materials
(报批稿)

20XX-xx-xx 发布

20XX-xx-xx 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

有色金属材料用循环腐蚀 试验箱校准规范

Calibration Specification for
Cyclic Corrosion Test Chambers for
Non-ferrous Metals Materials

JJF（有色金属）
XXXX—20XX

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：国标（北京）检验认证有限公司

参加起草单位：有色金属技术经济研究院有限责任公司

西南铝业（集团）有限责任公司

有研工程技术研究院有限公司

西安汉唐分析检测有限公司

广东省科学院工业分析检测中心

天津新艾隆科技有限公司

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

侯文茹（国标（北京）检验认证有限公司）

陈晓朋（国标（北京）检验认证有限公司）

樊志罡（国标（北京）检验认证有限公司）

参加起草人：

闫雁楠（有色金属技术经济研究院有限责任公司）

张国栋（西南铝业（集团）有限责任公司）

祝楷（有研工程技术研究院有限公司）

张曙香（西安汉唐分析检测有限公司）

刘英坤（广东省科学院工业分析检测中心）

史宏伟（天津新艾隆科技有限公司）

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
4.1 试验箱温湿度.....	(1)
4.2 工作室盐雾沉降率及均匀度.....	(2)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 测量标准及其他设备.....	(3)
6 校准项目和校准方法.....	(3)
6.1 外观及通用要求.....	(3)
6.2 试验箱温度、湿度参数的校准.....	(3)
6.3 试验箱工作室盐雾沉降率的校准.....	(6)
6.4 数据处理.....	(7)
7 校准结果表达.....	(9)
8 复校时间间隔.....	(10)
附录 A 校准原始记录参考格式	(11)
附录 B 校准证书内页参考格式	(14)
附录 C 循环腐蚀试验箱温度偏差校准结果的不确定度评定.....	(15)
附录 D 循环腐蚀试验箱湿度偏差校准结果的不确定度评定	(18)
附录 E 循环腐蚀试验箱盐雾沉降率校准结果的不确定度评定	(21)

引 言

本规范是以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》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范主要参考了GB/T 12967.3-2022《铝及铝合金阳极氧化膜及有机聚合物膜检测方法第3部分：盐雾试验》、JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度参数校准规范》、JJF(辽)75-2009《盐雾试验箱校准规范》的技术内容。

本规范为首次发布。

有色金属材料用循环腐蚀试验箱校准规范

1 范围

本规范适用于对零部件、电子元件、金属材料的防护层和工业产品及材料进行循环盐雾试验的有色金属材料用循环腐蚀试验箱（以下简称试验箱）的校准。

2 引用文件

本规范没有引用文件。

3 概述

试验箱主要用于各种零部件、电子元件、金属材料的防护层以及工业产品的耐腐蚀测试。

试验箱的原理是利用带腐蚀性的气液体对样品进行连续或者循环喷洒，模拟其在户外、重复循环的一系列不同环境，直到出现腐蚀现象，由此评价样品的耐腐蚀性能。

试验箱主要由喷雾器、收集器、饱和塔、干燥装置、温度控制器和湿热装置等组成，仪器主要结构示意图见图1。

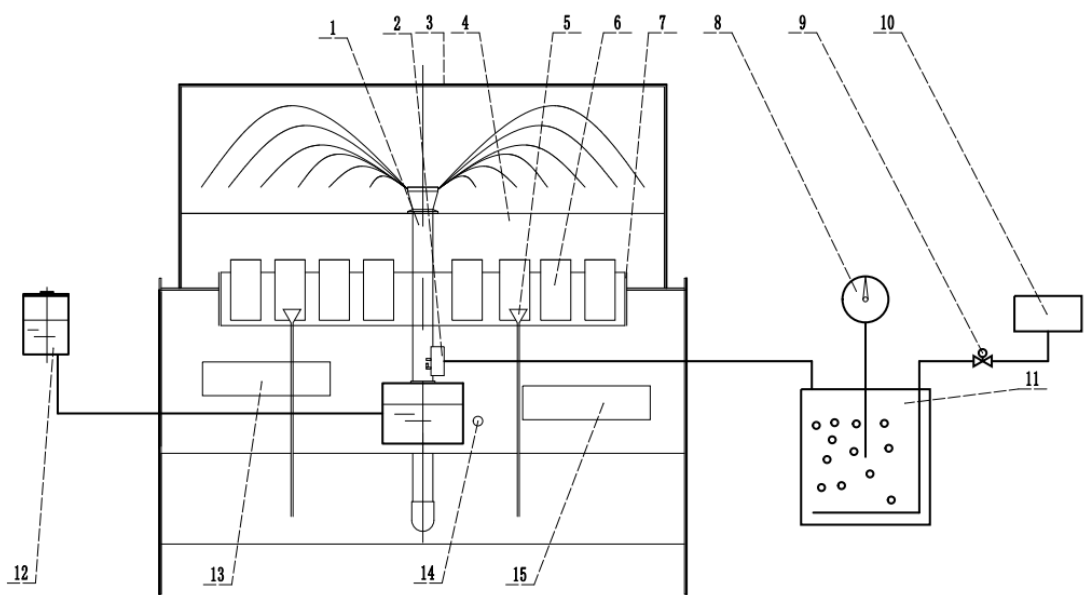


图1循环腐蚀试验箱结构示意图

1—盐雾分散塔；2—喷雾器；3—试验箱盖；4—试验箱体；5—收集器；6—试样；7—试样架；8—压力表；9—电磁阀；10—压缩空气供给器；11—饱和塔；12—溶液箱；13—干燥装置；14—温度控制器；15—湿热装置

4 计量特性

4.1 试验箱温湿度

试验箱的温度偏差、湿度偏差、温度波动度、湿度波动度、温度均匀度、湿度均匀度的技术要求见表1。

表 1 试验箱温度、湿度技术要求

参数名称		温度参数	湿度参数	
范围		室温~95℃	室温~95℃ ≤75%RH	室温~95℃ 75%RH~95%RH
偏差	温度	±1.5℃	±1.5℃	±1.5℃
	湿度	—	±5.0%RH	±3.0%RH
波动度	温度	±0.5℃	±1.0℃	±0.5℃
	湿度	—	±3.0%RH	±3.0%RH
均匀度	温度	2.0℃	2.0℃	2.0℃
	湿度	—	7.0%RH	5.0%RH
注：1）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。				
2）以上指标要求不用于合格性判断，仅供参考。				

4.2 工作室盐雾沉降率及均匀度

试验箱的工作室内盐雾沉降率、工作室盐雾沉降率均匀度的技术要求见表2。

表 2 工作室盐雾沉降率、工作室盐雾沉降率均匀度技术要求

参数名称	工作室盐雾沉降率	工作室盐雾沉降率均匀度
技术要求	$(1.5 \pm 0.5) \text{ mL}/(\text{h} \cdot 80\text{cm}^2)$	$\pm 1.0 \text{ mL}/(\text{h} \cdot 80\text{cm}^2)$
注：以上指标要求不用于合格性判断，仅供参考。		

5 校准条件

5.1 环境条件

- 温度为 15℃~35℃，校准期间温度变化范围不超过 2℃。
- 湿度不大于 80%RH。
- 气压为 80kPa~106kPa。
- 供电电源电压为 $(220 \pm 22) \text{ V}$ ，频率为 $(50 \pm 1) \text{ Hz}$ 。
- 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。周围无影响校准工作的电磁干扰和机械振动。实际工作中，环境条件还应满足测量标准正常使用

用的要求。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准的温度、湿度传感器的数量应满足校准布点要求，温度测量标准、湿度测量标准、玻璃漏斗、量筒、电子秒表的技术要求见表 3。

表 3 测量标准及其他设备技术要求

序号	测量标准及其他设备	技术要求
1	温度测量标准	测量范围应满足试验箱使用温度范围 分辨力：不低于 0.01 °C 最大允许误差：±（0.15°C+0.002 t ）
2	湿度测量标准	测量范围应满足试验箱使用湿度范围 分辨力：0.1 %RH 最大允许误差：±2.0%RH
3	玻璃漏斗	直径 100mm
4	量筒	25mL 或 50mL，A 级
5	电子秒表	分辨力为 0.01s，最大允许误差为±0.5s
注：校准时可选用以上所列测量标准，也可以选用不确定度符合要求的其他测量标准。		

6 校准项目和校准方法

6.1 外观及通用要求

6.1.1 被校试验箱应有完整的下列标识：设备名称、型号、出厂编号、制造厂名、制造日期等。

6.1.2 被校试验箱外形结构完好；各调节按键和开关灵活可靠，不应有影响设备正常工作的机械损伤和缺陷。

6.1.3 试验箱箱盖（门）应密封可靠，不应漏气和有盐雾溢出。

6.1.4 有盐雾沉降量指示装置。

6.2 试验箱温度、湿度参数的校准

试验箱的试验温度偏差、湿度偏差、温度波动度、湿度波动度、温度均匀度、湿度均匀度、工作室盐雾沉降率、沉降率均匀度可同时进行校准。

6.2.1 温度、湿度校准点的选择

校准时选择温度设定值35°C作为温度校准点（用于醋酸盐雾试验或铜盐加速醋酸盐雾试验时，建议选择温度设定值50°C作为温度校准点）。选择湿度设定值90%RH、98%RH。

或根据用户需要选择常用的温湿度点。

6.2.2 校准点位置

校准点的位置应分布在试验箱工作室内的三个水平校准面上，简称上、中、下层。上层与工作室顶面的距离是工作室高度的1/10，中层通过工作室几何中心，下层在底层样品架上方10mm处。校准点除中心校准点位于工作室几何中心外，其余各校准点到工作室壁的距离为各自边长的1/10，但对于工作室不大于 2m^3 的试验箱，该距离不小于100mm。

注：工作室具有斜顶或尖顶时，顶面为通过斜顶面与垂直壁面交线的假想水平平面。

6.2.3 校准点分布

温度传感器校准点用数字1、2、3.....表示，湿度传感器校准点用字母O、A、B、C.....表示。

a) 设备容积不大于 1m^3 时，温度校准点为5个，湿度校准点为3个，其中温度点5、湿度点O位于设备工作空间几何中心处，如图2所示。

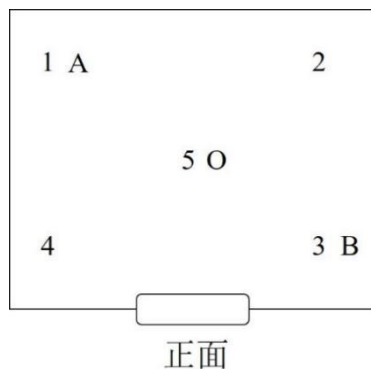


图2设备容积不大于 1m^3 布点示意图

b) 设备容积大于 1m^3 且不大于 2m^3 时，温度校准点为9个，湿度校准点为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3所示。

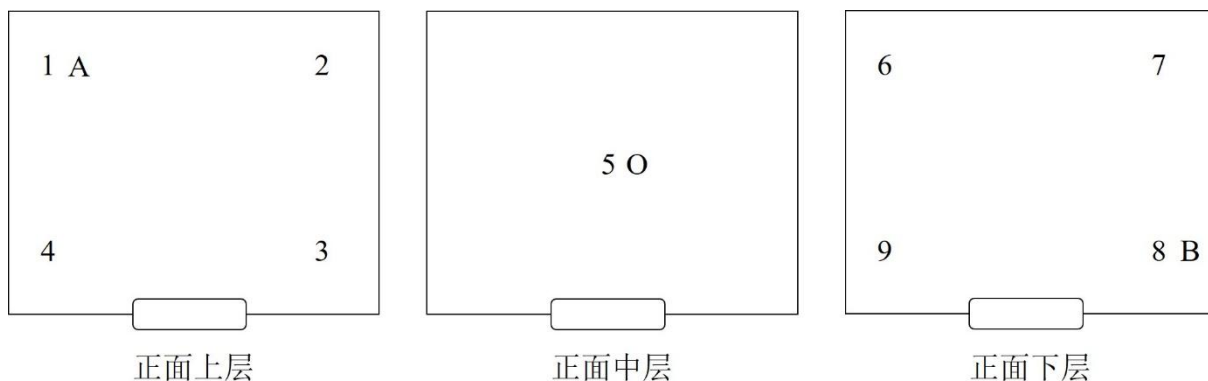


图3设备容积大于 1m^3 且小于等于 2m^3 布点示意图

c)设备容积大于 2m^3 时, 温度校准点为 15 个, 湿度校准点为 4 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 4 所示。

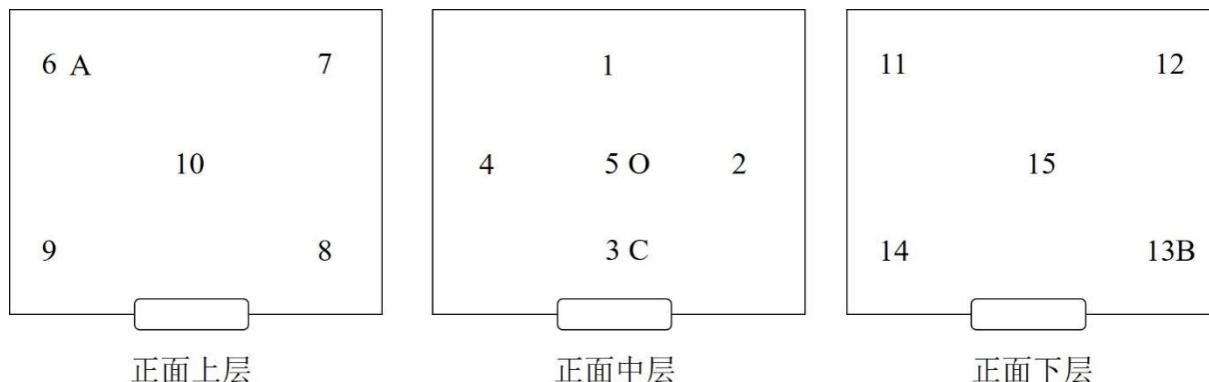


图4设备容积大于 2m^3 布点示意图

注1: 对于卧式试验箱, 图2、图3、图4中正面的位置可视作喷雾装置的位置。

注2: 对于带有可移动的喷雾塔的试验箱, 中心点的位置可根据具体情况由供需双方协商确定。

6.2.4 温度的校准

按照 6.2.3 的规定摆放温度传感器, 将试验箱设定到校准温度, 开启运行, 升温到试验温度后开始连续喷雾。当工作空间中心点的温度值第一次达到规定值并稳定后, 开始记录各校准点温度, 记录时间间隔为 2min, 30min 内共记录 15 组数据; 或根据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说明。

温度稳定时间以设备说明书为依据。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 $\pm 0.1^\circ\text{C}$, 30min 后可以开始记录数据, 如箱内温度仍未稳定, 可按实际情况延长 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, 也可以提前记录。稳定时间须以试验箱达到稳定状态为主要判断标准, 校准应在试验箱达到稳定状态后进行。

6.2.5 湿度的校准

按照 6.2.3 规定摆放温湿度传感器, 将试验箱设定到校准温度、湿度, 开启运行, 升温到试验温度后开始连续喷雾。试验箱达到稳定状态后开始记录各校准点温度、湿度, 记录时间间隔为 2min, 30min 内共记录 15 组数据; 或根据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: 温度达到设定值 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 以内、湿度达到设定值 $\pm 0.5\text{RH}$ 以内, 30min 后可以开始记录数

据，如箱内温湿度仍未稳定，可按实际情况延长 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 60 min。

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，也可以提前记录。

6.3 试验箱工作室盐雾沉降率的校准

6.3.1 校准点的位置

校准点位于试验箱的工作空间内，玻璃漏斗的上表面距工作室底面的高度不低于工作室高度的1/3。

6.3.2 校准点的数量

盐雾沉降率校准点用1、2...表示。

a)工作室容积不大于 2m^3 时，校准点为5个，漏斗中心与内壁的距离为150mm，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。

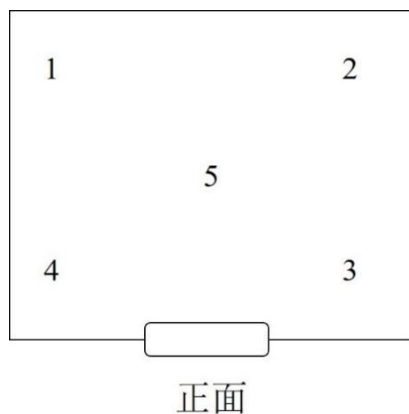


图5 设备容积不大于 2m^3 布点示意图

b)工作室容积大于 2m^3 时，校准点为9个，漏斗中心与内壁距离为170mm，如图6所示。中心位置有喷雾塔时，中心点可离喷雾塔适当距离。

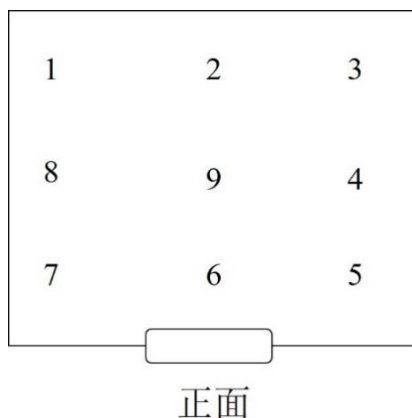


图6 设备容积大于 2m^3 布点示意图

6.3.3 校准步骤

将玻璃漏斗穿过橡皮塞并固定在量筒上,按6.3.1、6.3.2的要求将量筒放置在工作室底面上。将试验箱的温湿度设置为试验温湿度,待温湿度升至设定值后,开启连续喷雾并开始计时,16小时后取出量筒,并记录下喷雾时间以及各量筒中盐溶液的量。

6.4 数据处理

6.4.1 温度数据处理

6.4.1.1 温度偏差

设备在稳定状态下,试验箱显示温度的平均值与工作区几何中心点温度平均值的差值。

$$\Delta t_s = \bar{t}_s - \bar{t}_5 \quad (1)$$

式中:

Δt_s ——温度偏差,℃;

\bar{t}_s ——试验箱显示温度的平均值,℃;

\bar{t}_5 ——试验箱工作区几何中心点5温度的平均值,℃。

6.4.1.2 温度波动度

设备在稳定状态下,工作空间各校准点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,取全部校准点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果。

$$\Delta t_f = \pm \max[t_{j\max} - t_{j\min}] / 2 \quad (3)$$

式中:

Δt_f ——温度波动度,℃;

$t_{j\max}$ ——校准点在j次测量中的最高温度,℃;

$t_{j\min}$ ——校准点在j次测量中的最低温度,℃。

6.4.1.3 温度均匀度

设备在稳定状态下,在任意时间间隔内,试验箱工作区几何中心点温度平均值与其他点温度平均值之差的最大值。

$$\Delta t_y = \max[\bar{t}_5 - \bar{t}_i] \quad (2)$$

式中:

Δt_y ——温度均匀度,℃;

\bar{t}_5 ——试验箱工作区几何中心点 5 温度的平均值, °C;

\bar{t}_i ——工作空间其他点温度的平均值, °C。

6.4.2 湿度数据处理

6.4.2.1 湿度偏差

设备在稳定状态下, 试验箱湿度设定值与中心测量湿度点湿度平均值的差值。

$$\Delta h_s = \bar{h}_s - \bar{h}_O \quad (4)$$

式中:

Δh_s ——湿度偏差, %RH;

\bar{h}_s ——试验箱显示湿度的平均值, %RH;

\bar{h}_O ——试验箱工作区几何中心点 O 实际湿度的平均值, %RH。

6.4.2.2 湿度均匀度

设备在稳定状态下, 在任意时间间隔内, 工作空间内几何中心点湿度平均值和其他点湿度平均值之差的最大值。

$$\Delta h_y = \max[\bar{h}_O - \bar{h}_i] \quad (5)$$

式中:

Δh_y ——湿度均匀度, %RH;

\bar{h}_O ——试验箱工作区几何中心点 O 实际湿度的平均值, %RH;

\bar{h}_i ——工作空间其他点湿度的平均值, %RH。

6.4.2.3 湿度波动度

设备在稳定状态下, 工作空间各校准点 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, 取全部校准点中变化量的最大值作为湿度波动度校准结果。

$$\Delta h_f = \pm \max[(h_{j\max} - h_{j\min}) / 2] \quad (6)$$

式中:

Δh_f ——湿度波动度, %RH;

$h_{j\max}$ ——校准点在 j 次测量中的最高湿度, %RH;

$h_{j\min}$ ——校准点在 j 次测量中的最低湿度, %RH。

6.4.3 工作室内盐雾沉降率数据处理

6.4.3.1 工作室内盐雾沉降率

试验箱工作空间内的盐雾在规定面积上单位时间内的自由沉降量。

$$G_j = V_j / t \quad (7)$$

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 点量筒中盐雾沉降量, $\text{mL}/(80\text{cm}^2)$;

t ——连续喷雾时间, h 。

6.4.3.2 工作室内盐雾沉降率均匀度

设备在稳定状态下, 工作空间内中心点盐雾沉降率和其他点盐雾沉降率之差的最大值。

$$\Delta G_y = \max[G_5 - G_i] \quad (8)$$

式中:

ΔG_y ——盐雾沉降率均匀度, $\text{mL}/(\text{h} \cdot 80\text{cm}^2)$;

G_5 ——工作空间中心点盐雾沉降率, $\text{mL}/(\text{h} \cdot 80\text{cm}^2)$;

G_i ——工作空间其他点盐雾沉降率, $\text{mL}/(\text{h} \cdot 80\text{cm}^2)$;

7 校准结果表达

经校准的试验箱出具校准证书, 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) 实施校准活动的地点, 包括客户设施、实验室固定设施以外的地点;
- d) 证书的唯一性标识, 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) 进行校准活动的日期, 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和证书发布日期;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用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) 校准证书签发人的签名或等效标识；
- n) 报告签发日期；
- 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；

校准原始记录参考格式见附录A，校准证书参考格式见附录B。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。试验箱使用频繁时应缩短时间间隔为6个月，在使用过程中试验箱经过修理、更换重要部件时应重新校准。

附录A

校准原始记录参考格式

编号/证书编号：样品接收日期：证书发布日期：

委托单位：校准日期：

被校设备信息					
器具名称				出厂编号	
型号/规格				设备编号	
制造厂				校准依据	
校准地点				环境条件	℃ %RH
测量标准信息					
名称	型号	证书编号	出厂编号	准确度等级/不确定度	有效期

外观：。

温湿度校准数据

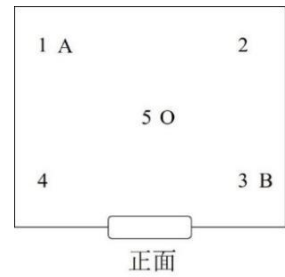
时间 /min	次数	校准点		测量结果															
				温度/℃									第 i 次		湿度/%RH				
		℃	%RH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	最大	最小	A	B	O		
2	1																		
4	2																		
6	3																		
.	.																		
.	.																		
.	.																		
26	13																		
28	14																		
30	15																		
第 n 次	修正值																		
	最大值																		
	最小值																		
温度偏差：		℃		温度均匀度：		℃		温度波动度：		℃									
湿度偏差：		%RH		湿度均匀度：		%RH		湿度波动度：		%RH									
校准结果的测量不确定度：U=										(k=2)		备注：							

工作室内盐雾沉降率参数校准记录：

校准点	盐雾沉降量 mL/(80cm ²)	连续喷雾时间 h	工作室内盐雾沉 降率 mL/(h·80cm ²)	工作室内盐雾沉降率均 匀度 mL/(h·80cm ²)
1				
2				
3				
4				
5				
...				
校准结果的测量不确定度：U= (k=2)				

温湿度布点示意图：

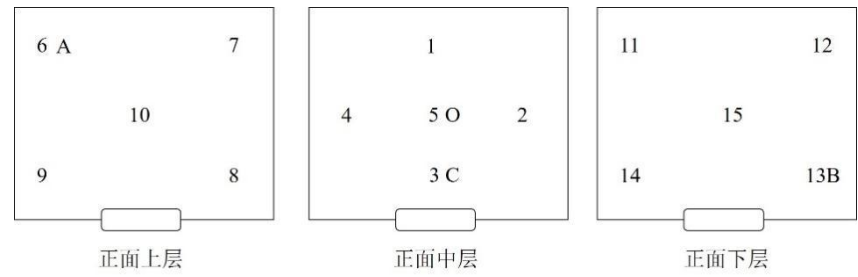
☐设备容积不大于 1m³



☐设备容积大于 1m³ 且小于等于 2m³

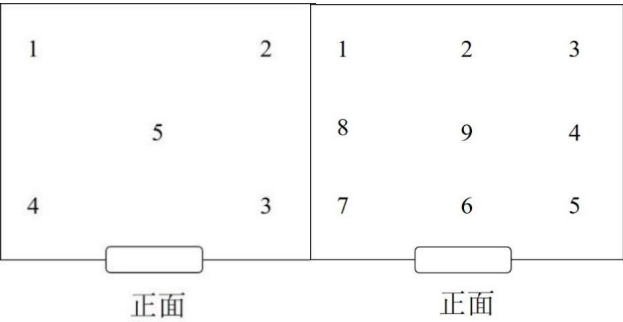


☐设备容积大于 2m³



工作室内盐雾沉降率校准点分布示意图：

□设备容积不大于 2m³ □设备容积大于 2m³



附录 B

校准证书内页参考格式

1. 温湿度校准布点方式:

2. 温湿度校准结果:

校准参数	温度/℃	湿度/%RH
设定值		
偏差		
均匀度		
波动度		
校准结果的不确定度($k=2$)		

3. 工作室内盐雾沉降率校准布点方式:

4. 工作室内盐雾沉降率校准结果:

校准点	1	2	3	4	5
工作室内盐雾沉降率 mL/(h·80cm ²)					
工作室内盐雾沉降率均匀度 mL/(h·80cm ²)					
校准结果的测量不确定度：U=（k=2）					

附录 C

循环腐蚀试验箱温度偏差校准结果的不确定度评定

C.1 概述

本次评定是对有色金属材料用循环腐蚀试验箱温度偏差校准结果的不确定度评定，本评定方法遵循JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，评定所需条件如下：

C.1.1 测量依据：JJF(有色金属)XXXX-20XX。

C.1.2 环境条件：温度为15℃~35℃，校准期间温度变化范围不超过2℃；湿度应不大于80%RH。

C.1.3 测量标准：多通道温湿度显示仪表或多路温度测量装置。测量范围：(300-1100)℃，温度测量扩展不确定度 $U = 0.06^\circ\text{C}$ ， $k=2$ 。

C.1.4 被测对象：有色金属材料用循环腐蚀试验箱。

C.1.5 测量过程：按照本规范对温度偏差的校准要求，将测量标准——温湿度场巡检仪温度传感器按本规范图3测试点要求布置。试验箱设定值为35℃。试验设备达到设定值并稳定后开始记录设备的温度示值及各布点温度，记录时间间隔为2min，30min内共记录15组数据。计算试验箱温度设定值与中心测量温度点温度平均值的差值即为温度偏差。

C.2 测量模型

温度偏差公式为：

$$\Delta t_s = \bar{t}_s - \bar{t}_5 + \Delta t_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δt_s ——温度偏差，℃；

\bar{t}_s ——试验箱显示温度的平均值，℃；

\bar{t}_5 ——试验箱工作区几何中心点5实际温度的平均值，℃；

Δt_0 ——温度测量装置的修正值，℃。

C.3 方差与灵敏系数

式(C.1)中 \bar{t}_s ， \bar{t}_5 ， Δt_0 互为独立，因而灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_s}{\partial \bar{t}_s} = 1, c_2 = \frac{\partial \Delta t_s}{\partial \bar{t}_5} = -1, c_3 = \frac{\partial \Delta t_s}{\partial \Delta t_0} = 1$$

C.4 测量不确定度来源分析

C.4.1由 \bar{t}_s 引入的不确定度 u_1

对试验箱进行 15 次独立重复测量，从设备显示仪上读取 15 次显示值，其测量值如表 C.1 所示。

表 C.1 循环腐蚀试验箱显示仪测量值

次数	$t_s/^\circ\text{C}$	次数	$t_s/^\circ\text{C}$	次数	$t_s/^\circ\text{C}$
1	35.0	6	35.1	11	35.0
2	35.1	7	34.9	12	35.2
3	35.2	8	35.0	13	35.1
4	35.3	9	35.0	14	35.1
5	35.1	10	35.1	15	35.1

根据公式

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

计算得 \bar{t}_s 的实验标准偏差 $s(\bar{t}_s)=0.1^\circ\text{C}$ ，则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定度分量 u_1 为：

$$u_1=s(\bar{t}_s)=0.1^\circ\text{C}。$$

C.4.2由 \bar{t}_5 引入的不确定度 u_2

对试验箱进行 15 次独立重复测量，从温湿度场巡检仪上读取 15 次显示值，其测量值如表 C.2 所示。

表 C.2 循环腐蚀试验箱温湿度场巡检仪测量值

次数	$t_5/^\circ\text{C}$	次数	$t_5/^\circ\text{C}$	次数	$t_5/^\circ\text{C}$
1	34.89	6	34.99	11	34.97
2	34.92	7	34.99	12	34.96
3	34.93	8	34.97	13	34.95
4	34.97	9	35.00	14	34.95
5	34.95	10	34.98	15	34.96

根据公式

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

计算得 \bar{t}_5 的实验标准偏差 $s(\bar{t}_5)=0.03^\circ\text{C}$ ，则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定

度分量 u_2 为:

$$u_2 = s(\bar{t}_5) = 0.03^\circ\text{C}。$$

C.4.3 由 Δt_0 引入的不确定度 u_3

测量标准温度修正值的不确定度 $U = 0.06^\circ\text{C}$ ，取 $k=2$ ，则测量标准温度修正值引入的标准不确定度分量 u_3 为:

$$u_3 = U/k = 0.06/2 = 0.03^\circ\text{C}$$

C.5 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总如表C.3所示。

表 C.3 温度偏差校准标准不确定度分量汇总表

序号	标准不确定度符号	不确定度来源	u_i
1	u_1	被校设备仪表读数重复性	0.10°C
2	u_2	测量标准读数重复性	0.03°C
3	u_3	测量标准温度修正值	0.03°C

C.6 合成标准不确定度

合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.11^\circ\text{C}$$

C.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，温度偏差校准结果的扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 2 \times 0.11^\circ\text{C} = 0.22^\circ\text{C}$$

附录 D

循环腐蚀试验箱湿度偏差校准结果的不确定度评定

D.1 概述

本次评定是对有色金属材料用循环腐蚀试验箱湿度偏差校准结果的不确定度评定，本评定方法遵循JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，评定所需条件如下：

D.1.1 测量依据：JJF(有色金属)XXXX-20XX。

D.1.2 环境条件：温度为15℃~35℃，校准期间温度变化范围不超过2℃；湿度应不大于80%RH。

D.1.3 测量标准：多通道温湿度显示仪表。测量范围：(10-90)%RH，湿度测量值的不确定度 $U=1.0\%RH$ ， $k=2$ 。

D.1.4 被测对象：有色金属材料用循环腐蚀试验箱。

D.1.5 测量过程：按照本规范对温度、湿度偏差的校准要求，将测量标准——温湿度场巡检仪温度、湿度传感器按规范图3测试点要求布置。试验箱设定值：35℃，90%RH，开启运行。试验设备达到设定值并稳定后开始记录设备的湿度示值及各布点湿度，记录时间间隔为2min，30min内共记录15组数据。湿度设定值与中心校准点湿度平均值的差值即为湿度偏差。

D.2 测量模型

湿度偏差公式为：

$$\Delta h_s = \bar{h}_s - \bar{h}_0 + \Delta h_0 \quad (D.1)$$

式中：

Δh_s ——湿度偏差，%RH；

\bar{h}_s ——试验箱显示湿度的平均值，%RH；

\bar{h}_0 ——试验箱工作区几何中心点O实际湿度的平均值，%RH；

Δh_0 ——湿度测量装置的修正值，%RH。

D.3 方差与灵敏系数

式(D.1)中 \bar{h}_s ， \bar{h}_0 ， Δh_0 互为独立，因而灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta h_s}{\partial \bar{h}_s} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta h_s}{\partial \bar{h}_0} = -1, \quad c_3 = \frac{\partial \Delta h_s}{\partial \Delta h_0} = 1。$$

D.4 测量不确定度来源分析

D.4.1 由 \bar{h}_s 引入的不确定度 u_1

对试验箱进行 15 次独立重复测量，从设备显示仪上读取 15 次显示值，其测量值如表 D.1 所示。

表 D.1 循环腐蚀试验箱显示仪测量值

次数	$h_s/\%RH$	次数	$h_s/\%RH$	次数	$h_s/\%RH$
1	90	6	90	11	90
2	91	7	90	12	90
3	90	8	91	13	90
4	90	9	90	14	90
5	91	10	91	15	90

根据公式

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

计算得 \bar{h}_s 的实验标准偏差 $s(\bar{h}_s)=0.5\%RH$ ，则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定度分量 u_1 为：

$$u_1=s(\bar{h}_s)=0.5\%RH。$$

D.4.2 由 \bar{h}_O 引入的不确定度 u_2

对试验箱进行 15 次独立重复测量，从温湿度场巡检仪上读取 15 次显示值，其测量值如表 D.2 所示。

表 D.2 循环腐蚀试验箱温湿度场巡检仪测量值

次数	$h_{si}/\%RH$	次数	$h_{si}/\%RH$	次数	$h_{si}/\%RH$
1	90.1	6	90.3	11	90.2
2	90.8	7	90.0	12	90.1
3	90.2	8	90.8	13	90.3
4	90.4	9	90.0	14	90.1
5	90.7	10	90.6	15	90.0

根据公式

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

计算得 \bar{h}_O 的实验标准偏差 $s(\bar{h}_O)=0.3\%RH$ ，则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定

定度分量 u_2 为:

$$u_{2=s(\bar{h}_O)}=0.3\%RH。$$

D.4.3由 Δh_0 引入的不确定度 u_3

测量标准湿度修正值的不确定度 $U = 1.0\%RH$, $k=2$, 则测量标准湿度修正值引入的标准不确定度分量 u_3 为:

$$u_3=U/k=1.0\%RH/2=0.5\%RH$$

D.5 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总如表D.3所示。

表 D.3 湿度偏差校准标准不确定度分量汇总表

序号	标准不确定度符号	不确定度来源	u_i
1	u_1	被校设备仪表读数重复性	0.5%RH
2	u_2	测量标准读数重复性	0.3%RH
3	u_3	测量标准湿度修正值	0.5%RH

D.6 合成标准不确定度计算

合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}=0.77\%RH$$

D.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 湿度偏差校准结果的不确定度为:

$$U=ku_c=2\times 0.77\%RH=1.6\%RH$$

附录 E

循环腐蚀试验箱盐雾沉降率校准结果的不确定度评定

E.1 概述

本次评定是对有色金属材料用循环腐蚀试验箱盐雾沉降率校准结果的不确定度评定，本评定方法遵循JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，评定所需条件如下：

E.1.1 测量依据：JJF(有色金属) XXXX-20XX。

E.1.2 测量标准：量筒（A级）、电子秒表。

E.1.3 测量对象：有色金属材料用循环腐蚀试验箱。

E.1.4 测量方法：按照本规范对盐雾沉降率的校准要求，将接收面积为80cm²玻璃漏斗固定在量筒（50mL，分辨率为1mL）上，放置在规定位置，等试验完毕后，读取各个量筒盐雾沉降量的体积。

E.2 测量模型

$$G=V/t \quad (\text{E.1})$$

式中：

G ——工作室内盐雾沉降率，mL/(h·80cm²)；

V ——量筒中盐雾沉降量，mL/(80cm²)；

t ——连续喷雾时间，h。

E.3 方差和灵敏度系数

由于各分量互不相关，按不确定度传播率，输出量估计值 G 的合成方差为：

$$u_c^2(G) = C_1^2 u^2(V) + C_2^2 u^2(t) \quad (\text{E.2})$$

式（E.2）中的传播系数为对式（E.1）各分量的偏导，则：

$$C_1 = \frac{\partial G}{\partial V} = \frac{1}{t}$$

$$C_2 = \frac{\partial G}{\partial t} = -\frac{V}{t^2}$$

故方差公式（E.2）变为：

$$u_c^2(G) = C_1^2 u^2(V) + C_2^2 u^2(t) = \frac{1}{t^2} u^2(V) + \frac{V^2}{t^4} u^2(t)$$

E.4 测量不确定度来源分析

E.4.1 测量重复性引入不确定度分量 u_1

对试验箱中心点处连续 16 小时喷雾的盐雾沉降量进行 10 次独立重复测量，测量值见

表 E.1。

表 E.1 循环腐蚀试验箱温盐雾沉降量测量值

次数	V_i/mL	次数	V_i/mL
1	21.5	6	21.6
2	22.3	7	22.3
3	21.4	8	23.2
4	23.1	9	22.1
5	20.7	10	20.9

根据公式

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

计算得 $\bar{V}=21.91\text{mL}$ ，实验标准偏差 $s(\bar{V})=0.80\text{mL}$ ，则由 10 次独立重复测量引入的标准不确定度分量 u_1 为：

$$u_{1=s}(\bar{V})=0.80\text{mL}。$$

E.4.2 量筒的准确性引入的不确定度分量 u_2

容量为 50mL 分辨率为 1mL 的量筒，其准确度为 0.5mL，属于均匀分布，则量筒的准确性引入的不确定度分量 u_2 为：

$$u_2=0.5/\sqrt{3}\text{mL}=0.29\text{mL}。$$

E.4.3 读数时视线不垂直引入的不确定度分量 u_3

分辨率为 1mL 的量筒，估计读数时视线不垂直的引起误差为 $\pm 0.5\text{mL}$ ，属于均匀分布，则读数时视线不垂直的引入不确定度分量 u_3 为：

$$u_3=0.5/\sqrt{3}\text{mL}=0.29\text{mL}$$

E.4.4 盐雾量残留引入的不确定度分量 u_4

一滴水估计为 0.05mL，估计开启试验箱时滴落到量筒以及残留在漏斗与量筒壁的盐雾量对每个量筒产生大约 5 个水滴的影响。5 个量筒产生大约 25 个水滴影响，大约 1.25 mL，属于正态分布，则其引入的不确定度分量 u_4 为：

$$u_4=1.25/3\text{mL}=0.42\text{mL}$$

E.4.5 容量合成标准不确定度 $u(V)$

容量合成标准不确定度 $u(V)$ 为：

$$u(V) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 1.00\text{mL}$$

E.4.6 计时误差引入不确定度 $u(t)$

测量盐雾试验 16 小时, 由于试验箱工作开启关、闭时间和计时误差, 带来 2min 即 1/30h 误差, 按均匀分布, 则计时误差引入不确定度 $u(t)$ 为:

$$u(t) = 1/30\sqrt{3}\text{h} = 0.0192\text{h}$$

E.5 不确定度汇总

不确定度分量汇总如表 E.2 所示。

表 E.2 盐雾沉降率校准标准不确定度分量汇总表

序号	不确定度 $u(x_i)$		不确定度来源	K_i	标准不确定度值 $u(x_i)$	$c_i = \partial G / \partial x_i$	$ c_i \times u(V)$
1	$u(V)$	u_1	测量重复性	/	0.80mL	1/16=0.0625	0.063
		u_2	量筒的准确性	$\sqrt{3}$	0.29mL		
		u_3	读数时视线不垂直	$\sqrt{3}$	0.29mL		
		u_4	盐雾量残留	3	0.42mL		
2	$u(t)$		计时误差	$\sqrt{3}$	0.0192h	-21.91/16 ² =-0.086	0.0017

E.6 合成标准不确定度

合成标准不确定度为:

$$u_c^2(G) = C_1^2 u^2(V) + C_2^2 u^2(t) = \frac{1}{t^2} u^2(V) + \frac{V^2}{t^4} u^2(t)$$

$$u_c^2(G) = \frac{1}{16^2} u^2(V) + \frac{21.91^2}{16^4} u^2(t)$$

$$u_c(G) = 0.1\text{mL}/(80\text{cm}^2 \cdot \text{h})$$

E.7 拓展不确定度

取包含因子 $k=2$, 盐雾沉降率的扩展不确定度为:

$$U = k u_c(G) = 2 \times 0.1\text{mL}/(80\text{cm}^2 \cdot \text{h}) = 0.2\text{ mL}/(80\text{cm}^2 \cdot \text{h})$$