

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—XXXX

空气热老化试验箱校准规范

Calibration Specification for Hot Air Aging Test Chambers
(报批稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

空气热老化试验箱校准规范

Calibration Specification for Hot Air Aging Test

Chambers

JJF（有色金属）XXXX—XXXX

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西安汉唐分析检测有限公司

新疆湘润新材料科技有限公司

陕西有色榆林新材料集团有限责任公司

宝鸡钛业股份有限公司

陕西延长石油西北橡胶有限责任公司

西安摩尔石油工程实验室股份有限公司

中国船舶集团有限公司第七二五研究所

洛阳航辉新材料有限公司

中国石油集团工程材料研究院有限公司

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：

张曙香（西安汉唐分析检测有限公司）

段 管（西安汉唐分析检测有限公司）

田超超（西安汉唐分析检测有限公司）

卯晨秀（新疆湘润新材料科技有限公司）

席 洋（陕西有色榆林新材料集团有限责任公司）

李 恒（宝鸡钛业股份有限公司）

朱 峰（陕西延长石油西北橡胶有限责任公司）

王雅倩（西安摩尔石油工程实验室股份有限公司）

刘晓青（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）

宁二宾（洛阳航辉新材料有限公司）

瞿婷婷（中国石油集团工程材料研究院有限公司）

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 温度偏差.....	(1)
4.2 温度均匀度稳定度.....	(1)
4.3 温度波动度.....	(2)
4.4 温度均匀度.....	(2)
4.5 换气率.....	(2)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 测量标准及其他测量设备.....	(3)
6 校准项目和校准方法.....	(3)
6.1 校准项目.....	(3)
6.2 校准方法.....	(3)
6.3 数据处理.....	(5)
7 校准结果表达.....	(6)
8 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 干空气密度数值.....	(8)
附录 B 校准原始记录参考格式.....	(9)
附录 C 校准证书内页参考格式.....	(11)
附录 D 温度偏差测量不确定度评定示例.....	(12)

引 言

JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001 《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1 《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范主要参考标准 JB/T 7444-2018 《空气热老化试验箱》。

本规范为首次发布。

空气热老化试验箱校准规范

1 范围

本规范适用于温度范围为（室温+30℃~500℃）的自然对流式和强制对流式空气热老化试验箱的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

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 概述

空气热老化试验箱（以下简称老化箱）是一种用来提供模拟高温和模拟常压下空气中老化条件的环境试验箱。老化箱按空气循环方式分为自然对流式老化箱和强制对流式老化箱，自然对流式老化箱是通过箱体尾部上下两个通道中空气的自然对流进行散热，强制对流式老化箱是通过压缩机压缩空气进行强制散热。老化箱主要用于考核和判断产品在高温条件下的贮存和耐高温的可靠性。

老化箱主要由箱体、保温层、温度控制系统、换气孔和热风循环系统等组成，其结构示意图如图 1 所示。

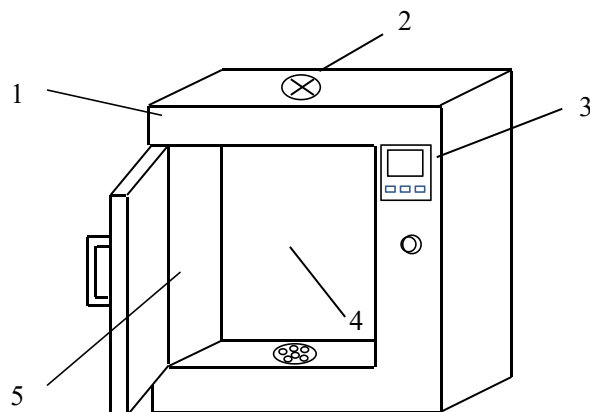


图 1 空气热老化试验箱结构示意图

1-箱体；2-换气孔；3-温度控制系统；4-热风循环系统；5-保温层

4 计量特性

4.1 温度偏差

老化箱温度偏差的计量特性见表 1。

4.2 温度稳定度

老化箱温度稳定度的计量特性见表 1。

4.3 温度波动度

老化箱温度波动度的计量特性见表 1。

表 1 老化箱温度偏差、稳定性和波动度计量特性

参数名称		计量特性	
		(室温+30℃) ≤ t ≤ 200℃	200℃ < t ≤ 500℃
温度偏差		±3.0℃	±5.0℃
温度稳定度 (24h 内)		(0~2.0)℃	0℃~1.0% t (t 为工作温度)
温度波动度	自然对流	±2.0℃	±3.0℃
	强制对流	±1.0℃	±2.0℃

4.4 温度均匀度

老化箱温度均匀度的计量特性见表 2。

表 2 温度均匀度计量特性

工作温度 t	温度均匀度
(室温+30℃) ≤ t ≤ 80℃	≤2.0℃
80℃ < t ≤ 180℃	≤3.0℃
180℃ < t ≤ 300℃	≤6.0℃
300℃ < t ≤ 400℃	≤8.0℃
400℃ < t ≤ 500℃	≤10.0℃

4.5 换气率

老化箱换气率的计量特性见表 3。

表 3 老化箱换气率计量特性

分类	换气率
自然对流	≤20 次/h
强制对流	≤100 次/h 或 ≤200 次/h

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度: (23±3)℃。

湿度: ≤85%RH, 无凝露。

气压: 80 kPa~106 kPa。

其他条件: 老化箱周围应无强烈振动及腐蚀性气体存在, 无其他冷、热源影响, 无影

响试验的污染源。实际工作中，环境条件还应满足测量标准正常使用要求。

5.2 测量标准及其他测量设备

测量标准及其他测量设备技术指标见表4。

表4 测量标准及其他测量设备技术指标

序号	名称	测量范围	技术要求
1	多通道数据采集器	(0~1100) °C	不低于 0.02 级
2	热电偶	(300~1100) °C	最大允许误差: $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
3	铂电阻	(0~300) °C	不低于 A 级
4	电子秒表	0.01s~1d	最大允许误差: $\pm 0.5\text{s}$ (即日差)
5	电能表	/	不低于 0.5 级
注: 也可采用满足技术要求的其他测量标准进行校准。			

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表5。

表5 校准项目表

序号	校准项目
1	温度偏差
2	温度稳定度
3	温度波动度
4	温度均匀度
5	换气率

6.2 校准方法

6.2.1 校准点的选择

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

6.2.2 温度测量点的布置

工作室容积不大于 2m^3 的老化箱应布置 9 个测量点，一个点布置在工作空间的几何中心点（O 点），其余 8 个点布置在工作空间的 8 个顶角上。

工作室容积为 ($>2\sim 10$) m^3 的老化箱应布置 13 个测量点, 应在工作空间几何中心所在水平面增加 4 个测量点。各测量点距工作室内壁的距离为工作室各自边长的 $1/6$ 。各测量点的位置如图 2 所示。

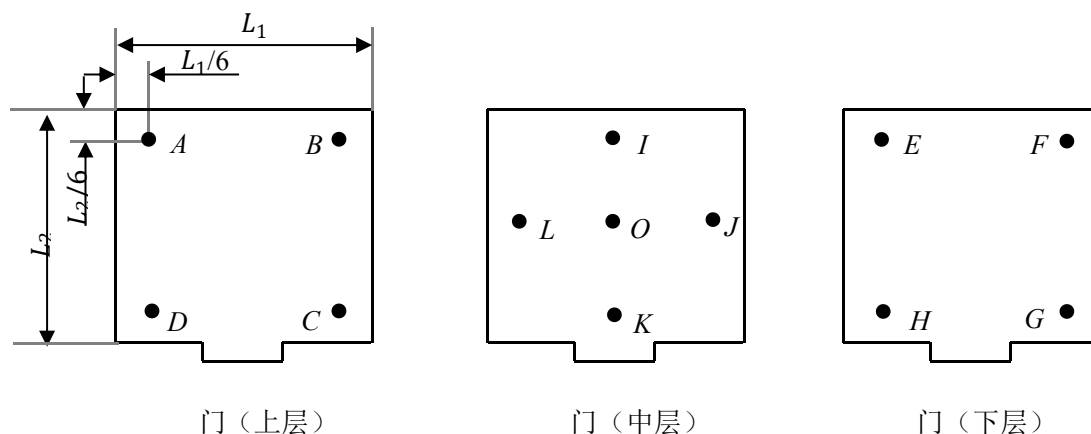


图 2 工作室容积大于 2m^3 且不大于 10m^3 布点示意图

A、B、C、D—上层的测量点位置; E、F、G、H—下层的测量点位置;

I、J、K、L—中层的测量点位置; O—几何中心点

工作室容积大于 10m^3 的老化箱, 测量点的数量、位置 (工作空间几何中心点应为测试点) 及距工作室内壁的距离与用户协商确定。

6.2.3 温度参数的校准

6.2.3.1 进行温度参数校准试验时, 应将老化箱调整到实验状态, 温度参数包括温度偏差、温度均匀度、温度波动度和温度稳定度。

6.2.3.2 在老化箱工作温度达到设定温度并稳定至少 2h 后开始读数, 每隔 1min 记录一次所有测量点的温度和温控仪温度示值, 30min 内每个测量点各测 30 个温度值, 将工作空间几何中心点 O 的温度平均值记为起始温度平均值 \bar{t}_0 , 并计算温度偏差、温度均匀度和温度波动度。

6.2.3.3 在工作空间几何中心点 O, 待温度达到设定温度并稳定至少 2h 后开始测量, 每 4h 测量一次, 每次在 5min 内用等间隔时间记录 6 个温度值, 计算每 5min 内的温度平均值, 连续测 6 次, 得到 6 个温度平均值 \bar{t}_i ($i=1, 2, 3, 4, 5, 6$), 并计算温度稳定度。

6.2.4 换气率的校准

6.2.4.1 密封全部通风孔 (含测试孔)、门及鼓风机轴伸进老化箱部分间隙, 将电能表接入老化箱电源系统。当工作空间的温度高于环境温度 (80 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 并进入恒温状态后, 测试老化箱在 1 h 或更长时间内所消耗的电能 W_1 并计算平均电功率 P_1 ; 拆除全部密封装置,

打开全部通风口，当工作空间的温度重新达到（环境温度+80℃）±2℃并进入恒温状态时，测试老化箱在 1h 或更长时间内所消耗的电能 W_2 并计算平均电功率 P_2 （对于单独设置了换气风机，并只有在换气时才开启的老化箱， P_2 不包含单独设置换气风机的实际消耗功率）。

6.2.4.2 在测试老化箱（2 个恒温状态）电能消耗量期间，每隔 10min 测量一次工作空间的温度和环境温度，各得 7 个或更多温度值并分别计算它们的平均温度。工作空间温度为工作空间各点温度的平均值，环境温度为距老化箱的进风口 2m，并与其他物体距离至少 1m 的水平处测得温度。

6.3 数据处理

对测得的温度示值，按温度测量标准的修正值进行修正。

6.3.1 温度偏差

老化箱温度偏差按公式（1）计算。

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

式中：

Δt ——温度偏差，℃；

\bar{t} ——30min 内所有测量点温度测得值的平均值，℃；

\bar{t}_s ——30min 内温控仪温度示值的平均值，℃。

6.3.2 温度稳定度

老化箱温度稳定度按公式（2）计算。

$$\Delta t_s = \max | \bar{t}_i - \bar{t}_o | \quad (2)$$

式中：

Δt_s ——温度稳定度，℃；

\bar{t}_i ——第 i 个温度平均值，℃；

\bar{t}_o ——起始温度平均值，℃。

6.3.3 温度波动度

老化箱温度波动度按公式（3）计算，计算时应符合 JJF 1101-2019 中 7.3.1.3 的相关要求。

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

式中：

Δt_f ——温度波动度，℃；

$t_{i\max}$ ——30min 内测量点 i 在 n 次测量中的最高温度, °C;

$t_{i\min}$ ——30min 内测量点 i 在 n 次测量中的最低温度, °C。

6.3.4 温度均匀度

老化箱温度均匀度按公式 (4) 计算。

$$\Delta t_u = \bar{t}_{\max} - \bar{t}_{\min} \quad (4)$$

式中:

Δt_u ——温度均匀度, °C;

\bar{t}_{\max} ——30min 内各测量点温度平均值的最大值, °C;

\bar{t}_{\min} ——30min 内各测量点温度平均值的最小值, °C。

6.3.5 换气率

测量时段的平均电功率按公式 (5) 计算, 老化箱的换气率 (每小时的换气次数) 按公式 (6) 计算。不同环境温度下的干空气密度数值见附录 A。

$$P_t = \frac{W_t}{t_m} \quad (5)$$

$$N = 3600 \times \frac{P_2 - P_1}{c_p \cdot \rho \cdot \Delta t \cdot V} \quad (6)$$

式中:

P_t ——平均电功率, W;

W_t ——消耗的电能, W·h;

t_m ——测量时长或持续时间, h;

N ——换气率;

P_2 ——开启时所消耗的平均电功率, W;

P_1 ——密封时所消耗的平均电功率, W;

c_p ——常压下空气的比热容, 取值 $1.003 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$;

ρ ——环境温度下干空气密度, g/L;

Δt ——工作空间温度与环境温度的平均值之差, °C;

V ——老化箱的工作室 (含风道) 容积, L。

7 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) 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、职务或等效标识以及签发日期；
- 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，不得部分复制证书的声明。

校准原始记录参考格式见附录B，校准证书内页参考格式见附录C。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。空气热老化试验箱使用频繁时应适当缩短复校时间间隔，在使用过程中空气热老化箱经过修理、更换重要部件时应重新校准。

附录 A

干空气密度数值

不同环境温度下的干空气密度数值见表 A.1。

表A.1 干空气密度数值

温度 (°C)	密度 (g/L)	温度 (°C)	密度 (g/L)
1	1.288	21	1.201
2	1.284	22	1.197
3	1.279	23	1.193
4	1.275	24	1.189
5	1.270	25	1.185
6	1.265	26	1.181
7	1.261	27	1.177
8	1.256	28	1.173
9	1.252	29	1.169
10	1.248	30	1.165
11	1.243	31	1.161
12	1.239	32	1.158
13	1.234	33	1.154
14	1.230	34	1.150
15	1.226	35	1.146
16	1.222	36	1.142
17	1.217	37	1.139
18	1.213	38	1.135
19	1.209	39	1.132
20	1.205	40	1.128

附录 B

校准原始记录参考格式

原始记录编号		证书编号									
委托方		客户地址									
计量器具名称		制造单位									
型号/规格		出厂编号									
设备编号		外观检查									
校准地点		环境条件	°C %RH								
校准依据											
使用的测量标准及其他测量设备											
名称	编号	测量范围	准确度等级/ 最大允许误差/测量不确定度								
			证书编号 有效日期								
温度参数校准记录											
温度设定值 °C											
老化箱温度示值 (°C)											
次数	1	2	3								
	4	5	6								
	7	8	9								
	10	11	12								
	13	...	30								
示值											
平均值/°C											
老化箱工作室各测量点的温度实测值 (°C)											
次数	测量点										
	A	B	C	D	E	F	G	H	...	L	O
1											
2											
3											
...											
30											
修正值 (°C)											
平均值 (°C)											
最大值 (°C)											
最小值 (°C)											
1.温度偏差 (°C)											
不确定度 U (°C), $k=2$											
2.温度稳定度											
次数	示值 (°C)										
	第一次 (5min 内)	第二次 (5min 内)	第三次 (5min 内)	第四次 (5min 内)	第五次 (5min 内)	第六次 (5min 内)					

1											
2											
3											
4											
5											
6											
平均值 (°C)											
起始温度平均值 (°C)											
温度稳定度 (°C)											
不确定度 U (°C), $k=2$											
3.温度波动度 (°C)											
不确定度 U (°C), $k=2$											
4.温度均匀度 (°C)											
不确定度 U (°C), $k=2$											
换气率校准记录											
换气率 (温度 °C)											
环境温度 (°C)											
测量次数	1	2	3	4	5	6	7				
示值 (°C)											
平均值 (°C)											
工作空间温度 (°C)											
次数	测量点										
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	...	<i>L</i>	<i>O</i>
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
平均值 (°C)											
Δt						ρ					
W_1						W_2					
t_m						V					
P_1						P_2					
5.换气率 N											
不确定度 U , $k=2$											

附录 C

校准证书内页参考格式

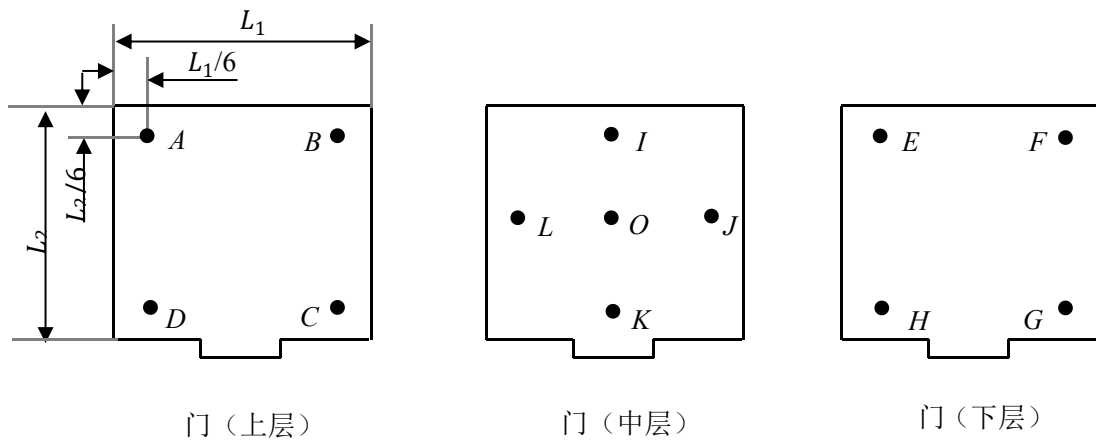
校准证书编号：××××

校准结果

1.校准结果：

校准参数	校准结果	不确定度 U , $k=2$
温度偏差 (°C)		
温度稳定度 (°C)		
温度波动度 (°C)		
温度均匀度 (°C)		
换气率		

2.温度校准点分布示意图：



附录 D

温度偏差测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 校准依据

本规范。

D.1.2 校准方法

老化箱温度偏差测量标准由多通道数据采集器和温度测量标准（铂电阻或热电偶）组成，取多次测量值的平均值作为测量结果。本附录以100℃和400℃校准点为例对老化箱温度偏差测量结果不确定度进行评定。其他校准项目可参照本附录作类似评定。

D.1.3 被校对象

选用自然对流式老化箱为被校对象，箱内尺寸为长 450mm，宽 450mm，高 500mm。

D.1.4 测量标准和其他设备

温度偏差的测量标准和其他设备的技术指标见表 D.1。

表 D.1 测量标准和其他设备的技术指标

校准点	测量标准和其他设备	技术指标
100℃	铂电阻	A 级
	多通道数据采集器	最大允许误差：±（0.01%RD+0.005%FS），其中 RD 为读数，FS 为量程
400℃	N 型热电偶	最大允许误差：±1℃
	多通道数据采集器	最大允许误差：±（0.01%RD+5μV）

D.2 测量模型及不确定度来源分析

D.2.1 测量模型

温度偏差的计算公式为：

$$\Delta t = \bar{t} - \bar{t}_s \quad (\text{D.1})$$

式中：

Δt ——温度偏差，℃；

\bar{t} ——30min 内所有测量点温度测得值的平均值，℃；

\bar{t}_s ——30min 内温控仪温度示值的平均值，℃。

D.2.2 测量结果不确定度的主要来源分析

老化箱温度偏差测量结果不确定度的主要来源有：

- (1) 重复测量引入的标准不确定度分量 $u_1(\bar{t})$;
- (2) 多通道数据采集器最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_2(\bar{t})$;
- (3) 传感器最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_3(\bar{t})$;
- (4) 老化箱温控仪最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u(\bar{t}_s)$ 。

D.3 老化箱温度偏差测量结果不确定度的评定

D.3.1 重复测量引入的标准不确定度分量 $u_1(\bar{t})$

老化箱的温度校准点为 100℃, 当老化箱工作温度达到设定温度并稳定至少 2h 后开始读数, 每隔 1min 记录一次所有测量点的温度, 在 30min 内对老化箱做 30 次独立重复测量, 得到各测量点 30 次测量平均值和各测量点单次测量标准偏差 $s(t_i)$, 如表 D.1 所示。

表 D.1 各测量点测量平均值和单次测量标准偏差

测量点	A	B	C	D	E	F	G	H	O
平均值/℃	102.2	102.5	102.4	102.1	102.1	102.2	102.3	102.1	101.9
$s(t_i)/^{\circ}\text{C}$	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3

计算合成样本标准偏差:

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 s_i^2}{9}} = 0.28^{\circ}\text{C}$$

则由重复测量引入的标准不确定度分量:

$$u_{1,100}(\bar{t}) = \frac{s_p}{\sqrt{30}} = 0.05^{\circ}\text{C}$$

老化箱的温度校准点为 400℃, 以同样的方法得到各测量点 30 次测量平均值和各测量点单次测量标准偏差 $s(t_i)$, 如表 D.2 所示。

表 D.2 各测量点测量平均值和单次测量标准偏差

测量点	A	B	C	D	E	F	G	H	O
平均值/℃	401.2	402.2	402.3	401.6	402.0	402.1	402.4	402.4	402.3
$s(t_i)/^{\circ}\text{C}$	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4

计算合成样本标准偏差:

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 s_i^2}{9}} = 0.30^{\circ}\text{C}$$

则由重复测量引入的标准不确定度分量:

$$u_{1,400}(\bar{t}) = \frac{s_p}{\sqrt{30}} = 0.05^\circ\text{C}$$

D.3.2 多通道数据采集器最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_2(\bar{t})$

校准点为 100°C 时,多通道采集器最大允许误差为 $\pm(0.01\%\text{RD}+0.005\%\text{FS})$,即 $\pm 0.03^\circ\text{C}$,区间半宽为 0.03°C ,服从均匀分布,取 $k=\sqrt{3}$,则:

$$u_{2,100}(\bar{t}) = \frac{a}{k} = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.02^\circ\text{C}$$

校准点为 400°C 时,多通道采集器最大允许误差为 $\pm(0.01\%\text{RD}+5\mu\text{V})$,即 $\pm 0.17^\circ\text{C}$,区间半宽 a 为 0.17°C ,服从均匀分布,取 $k=\sqrt{3}$,则:

$$u_{2,400}(\bar{t}) = \frac{a}{k} = \frac{0.17}{\sqrt{3}} = 0.10^\circ\text{C}$$

D.3.3 传感器最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_3(\bar{t})$

校准点为 100°C 时,铂电阻最大允许误差为 $\pm(0.15^\circ\text{C}+0.002|t|)$,即 $\pm 0.35^\circ\text{C}$,区间半宽 a 为 0.35°C ,服从均匀分布,取 $k=\sqrt{3}$,则:

$$u_{3,100}(\bar{t}) = \frac{a}{k} = \frac{0.35}{\sqrt{3}} = 0.20^\circ\text{C}$$

校准点为 400°C 时,热电偶最大允许误差为 $\pm 1^\circ\text{C}$,区间半宽 a 为 1°C ,服从均匀分布,取 $k=\sqrt{3}$,则:

$$u_{3,400}(\bar{t}) = \frac{a}{k} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58^\circ\text{C}$$

D.3.4 老化箱温控仪最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u(\bar{t}_s)$

老化箱温控仪最大允许误差为 $\pm 1.0^\circ\text{C}$,区间半宽 a 为 1.0°C ,服从均匀分布,取 $k=\sqrt{3}$,则:

$$u(\bar{t}_s) = \frac{a}{k} = \frac{1.0}{\sqrt{3}} = 0.58^\circ\text{C}$$

D.3.5 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总见表 D.3。

表 D.3 不确定度分量汇总

校准点	不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度/°C
100°C	$u_{1,100}(\bar{t})$	重复测量引入	0.05
	$u_{2,100}(\bar{t})$	多通道数据采集器最大允许误差引入	0.02
	$u_{3,100}(\bar{t})$	传感器最大允许误差引入	0.20
	$u(\bar{t}_s)$	温控仪最大允许误差引入	0.58
400°C	$u_{1,400}(\bar{t})$	重复测量引入	0.05
	$u_{2,400}(\bar{t})$	多通道数据采集器最大允许误差引入	0.10
	$u_{3,400}(\bar{t})$	传感器最大允许误差引入	0.58
	$u(\bar{t}_s)$	温控仪最大允许误差引入	0.58

D.4 合成标准不确定度

由于输入量之间，彼此独立不相关，则合成标准不确定度：

100°C时：

$$u_c = \sqrt{u_1^2(\bar{t}) + u_2^2(\bar{t}) + u_3^2(\bar{t}) + u^2(\bar{t}_s)} = \sqrt{0.05^2 + 0.02^2 + 0.20^2 + 0.58^2} = 0.62^\circ\text{C}$$

400°C时：

$$u_c = \sqrt{u_1^2(\bar{t}) + u_2^2(\bar{t}) + u_3^2(\bar{t}) + u^2(\bar{t}_s)} = \sqrt{0.05^2 + 0.10^2 + 0.58^2 + 0.58^2} = 0.83^\circ\text{C}$$

D.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则温度偏差的扩展不确定度为：

100°C时：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.62 = 1.2^\circ\text{C}, \quad k=2$$

400°C时：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.83 = 1.7^\circ\text{C}, \quad k=2$$