

 **JJF**(有色金属) XXXX─XXXX

××××-××-××发布 ××××-××-××实施

发 布

中华人民共和国工业和信息化部

材料高温力学性能检测用筒式炉校准规范

Calibration specification of tubular furnace for testing high temperature mechanical properties of materials

（征求意见稿）

材料高温力学性能检测用筒式炉校准规范

Calibration specification of tubular furnace for testing high temperature mechanical properties of materials

Testing



**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

1. 天津航天瑞莱科技有限公司

新疆湘润新材料科技有限公司

1. 陕西地矿第二工程勘察院检验检测公司
2. 陕汽集团商用车有限公司
3. 西北工业大学
4. 西安凯立新材料股份有限公司

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：

1. 张曙香（西安汉唐分析检测有限公司）
2. 房永强（西安汉唐分析检测有限公司）
3. 段管（西安汉唐分析检测有限公司）
4. 闫旭东（天津航天瑞莱科技有限公司）
5. 杨再江（新疆湘润新材料科技有限公司）
6. 刘佐铭（陕西地矿第二工程勘察院检验检测公司）
7. 贾晓珍（陕汽集团商用车有限公司）
8. 张程煜（西北工业大学）
9. 董庆 （西安凯立新材料股份有限公司）

**目 录**

[引 言 (](#_Toc9228_WPSOffice_Level1)Ⅱ)

[1 范围 (1](#_Toc23837_WPSOffice_Level1))

[2 引用文件 (1](#_Toc7848_WPSOffice_Level1))

[3 概述 (1](#_Toc13054_WPSOffice_Level1))

[4 计量特性 (1](#_Toc19851_WPSOffice_Level1))

[4.1 均温带长度 (1](#_Toc4073_WPSOffice_Level2))

[4.2 计量特性要求 (1](#_Toc2224_WPSOffice_Level2))

[5 校准条件 (1](#_Toc25829_WPSOffice_Level1))

[5.1 环境条件 (1](#_Toc5126_WPSOffice_Level2))

[5.2 测量标准 (2](#_Toc9866_WPSOffice_Level2))

[6 校准项目和校准方法 (2](#_Toc2741_WPSOffice_Level1))

[6.1 校准项目 (2](#_Toc22718_WPSOffice_Level2))

[6.2 校准方法 (3](#_Toc22008_WPSOffice_Level2))

[7 校准结果表达 (4](#_Toc25466_WPSOffice_Level1))

[8 复校时间间隔](#_Toc14803_WPSOffice_Level1) (5)

[附录A 校准原始记录参考格式](#_Toc20191_WPSOffice_Level1) (6)

[附录B 校准证书内页参考格式](#_Toc29371_WPSOffice_Level1) (7)

[附录C 筒式炉温度偏差测量结果不确定度评定示例](#_Toc5266_WPSOffice_Level1) (8)

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。

本规范主要参考标准JJG276-2009高温蠕变、持久强度试验机检定规程。

本规范为首次发布。

材料高温力学性能检测用筒式炉校准规范

1 范围

本规范适用于（0～1700）℃金属材料高温力学性能试验用筒式炉的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 2039-2012金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法

GB/T 228.2-2015金属材料 拉伸试验 第2部分高温拉伸试验

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

高温力学性能试验加热装置普遍采用筒式炉，分为对开式和直通式，主要由炉膛、加热元件保温层、外壳等部分组成。原理是电热丝加热，热电偶将炉温转变成电压信号后，加在微电脑温度控制调节仪上。调节仪将此信号与程控设定相比较，输出一个可调信号。再用可调信号控制触发器，再有触发器触发调压器，达到调节电炉电压和电炉温度的目的。

4 计量特性

均热带温度偏差及温度梯度计量性能要求如表1。

表1 温度场计量性能要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 试验温度T/℃ | 温度偏差/℃ | 温度梯度/℃ |
| T≤600 | 3 | 3 |
| 600＜T≤800 | 4 | 4 |
| 800＜T≤1000 | 5 | 5 |
| 1000＜T≤1100 | 6 | 6 |

1. 注：1：规定温度大于1100℃时，温度允许偏差和温度梯度应由双方协商确定；
2. 2：以上指标要求不作为合格性判定依据，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

校准试验应在（10～35 ）℃，相对湿度≤80%的条件下进行，其他条件应满足所用仪器设备的各项要求。

5.2 测量标准

1. 筒式炉是通过传感器和测温仪表进行校准，测量不确定度不应大于筒式炉最大允许误差的1/3。测量标准及其他设备可参考表2。

表2 测量标准及其他设备

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 分辨力 | 测量范围 | 标准器 | 技术要求 |
| 传感器 | - | （0$\~$300）℃ | 热电阻 | C级及以上 |
| 廉金属热电偶 | 1级 |
| （300$\~$1200）℃ | 廉金属热电偶 | 1级 |
| S型工作用贵金属热电偶 | Ⅰ级 |
| 1200℃以上 | S型工作用贵金属热电偶 | Ⅰ级 |
| B型工作用贵金属热电偶 | Ⅱ级 |
| 测温仪表 | 至少应为0.5℃ | （0$\~$1700）℃ | - | 等于或优于1℃ |

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

6.1.1 外观及通用要求

筒式炉的外形结构应完好，标牌内容（名称、规格型号、使用温度范围、制造厂及出厂编号）应齐全，所配温控器的外形结构应完好，说明功能的文字符号、数字和物理量代号等应符合相应的标准，控温系统应工作正常。

6.1.2 校准项目

校准项目见表3。

表3 校准项目表

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | 校准项目 |
| 1 | 外观及通用要求 |
| 2 | 温度偏差 |
| 3 | 温度梯度 |

6.2 校准方法

6.2.1 外观及通用要求的检查

 应采用目测及手动的方法进行校准，校准前应检查筒式炉外观，控温仪表、控温系统、加热系统等运行是否正常，在确定无影响计量特性的因素后，再进行校准。

6.2.2温度偏差与温度梯度的校准

6.2.2.1 标称温度点的选择

根据客户要求选择实际的常用温度，也可选择筒式炉的最低工作温度和最高工作温度。

6.2.2.2 均温带长度的选择

一般选择1.5倍高温试样长度，也可根据客户要求选择实际使用的均温带长度。

6.2.2.3 校准方法

校准通常在空载状态下进行。当试样标距小于50mm时，应在试样平行长度的两端分别固定一支热电偶；当标距（平行长度）大于或等于50mm时，应至少在试样平行长度的两端及中心位置各固定一支热电偶 ，分别做好标记，如图1所示。要注意热电偶的测量端与试样表面应保持良好的热接触，并应该屏蔽以避免热源的直接辐射。

上中下

*l*

*l/2*

*d*

图1 热电偶位置图

将测温架装入炉内，热电偶参考端引出炉外，依据标记序号分别通过转换开关和测量仪器连接。关闭炉门，通电升温，将筒式炉的温控表按需要设定温度值。

当炉温设定在测试温度点，待炉温稳定性不超过1℃/min后，处于热稳定状态后开始读数。每2min至少记录一次，每个有效工作区至少记录10组数据。每次记录各个温度点的温度应在1min内完成。

在均热带范围内，热电偶测得的温度梯度Δ*T*按式（1）计算：

Δ*T=*$ T\_{max}$ *-*$ T\_{min}$（1）

式中： $ T\_{max}$，$ T\_{min}$—热电偶测得的相应温度的最大值与最小值。

经校准取得测温仪器在测温区规定的各个测温点上，测得的最高、最低实际温度和标称温度，按式（2）、（3）和式（4）计算，求炉温偏差。

$ t\_{pm}$=$\frac{1}{m}\sum\_{i=1}^{m}t\_{ij}$+$t\_{xj}$ （2）

$ △t\_{+}$=$t\_{pmax}$—$t\_{b}$ （3）

$ △t\_{-}$=$t\_{pmin}$—$t\_{b}$ （4）

式中：$△t\_{+}$、$△t\_{-}$—炉温上、下偏差，℃；

$ t\_{pm}$—测温仪器测得各个测温点的实际温度（实际温度=测温仪器读书平均值+修正值），℃；

*m*—测量次数；

 $t\_{pmax}$-测得值的最大值，℃；

$ t\_{pmin}$—测得值的最小值，℃；

 $t\_{b}$—标称温度，℃。

温度测控系统的温度偏差和温度梯度应符合表1的技术要求。

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) 试验室名称和地址；

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) 未经试验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。筒式炉使用频繁时应适当缩短周期，在使用过程中筒式炉经过修理、更换重要部件的应重新校准。

附录A

校准原始记录参考格式

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 原始记录编号 |  | 证书编号 |  |
| 委托单位 |  | 校准依据 |  |
| 被校设备信息 |
| 器具名称 |  | 出厂编号 |  |
| 型号/规格 |  | 设备编号 |  |
| 外观检查 |  | 制造厂 |  |
| 准确度等级 |  |
| 校准地点 |  | 环境条件 |  ℃ %RH |
| 测量标准信息 |
| 标准器名称 | 标准器型号 | 编号 | 不确定度/ 准确度等级/最大允许误差 | 证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

 校准结果

校准

点/℃

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 次数 | 时间间隔/min | 示值/℃ |
| 下 | 中 | 上 |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |
| 平均值/℃ |  |  |  |
| 修正值/℃ |  |  |  |
| 实际温度/℃ |  |  |  |
| 温度梯度/℃ | Δ*T=* |
| 温度偏差/℃ | $△t\_{+}$= $△t\_{-}$= |

校准员： 核验员： 校准日期： 年 月 日

附录B

校准证书内页参考格式

校准证书编号：××××

|  |
| --- |
| 校准数据/结果 |
| 外观检查 |  |
| 校准点/℃ | 温度梯度/℃ | 温度偏差/℃ |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

……以下空白……

附录C

筒式炉炉温偏差测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量方法

该温度测量装置由温度传感器（热电偶）和电测设备（校验仪）两部分组成，将热电偶的测量端按照该规范放置，设定炉温测试温度点，当炉温达到校准温度，并处于热稳定状态后开始读数。待炉温稳定性不超过1℃/min后，处于热稳定状态后开始读数。每隔2min记录各个测温点的温度一次。每个温度点位置至少测量10次。每次记录各个温度点的温度应在1min内完成。取多次测量值的平均值作为测量结果。本附录以筒式炉炉温偏差为例，对其进行测量不确定度评定。其他校准项目可参照本附录作类似评定。

C.1.2 测量依据

依据本规范6.2。

C.1.3 被测对象

选用筒式炉为被测对象，直径为100mm，长300mm，设定温度：800℃，均温性要求±5℃。

C.1.4 测量方法及主要设备

采用Ⅰ级S型工作用贵金属热电偶和温湿度场巡检仪作为温度测量装置，温湿度场巡检仪不低于0.02级。

C.2 测量模型及不确定度来源分析

C.2.1 测量模型

被校筒式炉炉温偏差的测量模型为：

$ △t\_{+}$=$t\_{pmax}$—$t\_{b}$ （1）

$ △t\_{-+}$=$t\_{pmin}$—$t\_{b}$ （2）

式中: $ △t\_{+}$、$ △t\_{+}$*-*----炉温偏差，℃；

*tp*max----各测温点实际温度的最大值，℃；

*tp*min----各测温点实际温度的最小值，℃；

*tb*----标称温度，℃。

合成方差和灵敏系数

*uc*2 =[c1 *u* (*tp*max) ]2 + [ c2*u*(*tb*) ]2 式（3）

 *uc*2 = [c1 *u* (*tp*min ) ]2 + [ c2*u*(*tb*) ]2 式（4）

在式(1)、式(2) 中 *t*pmax、*t*b 、*t*pmin彼此独立不相关，因而得：

$c\_{1}$=$\frac{∂△t\_{+}}{∂t\_{pmax}}$=$\frac{∂△t\_{-}}{∂t\_{pmin}}$=1

$c\_{2}$=$\frac{∂△t\_{+}}{∂t\_{b}}$=$\frac{∂△t\_{-}}{∂t\_{b}}$=0

故： *u* *c*2=*u*2(*tp*max) 式（5）

*u c*2=u2(*tp*min) 式（6）

C.2.2 测量结果不确定度的主要来源分析

筒式电阻炉均匀性测量结果不确定度的主要来源有：

（a）输入量*t*pmax引入的标准不确定度分量 *u* (*tp*max)

（b）输入量*t*pmin引入的标准不确定度分量 *u* (*tp*min)

C.3筒式电阻炉均匀性测量结果不确定度的评定

C.3.1输入量*tp*max引入的标准不确定度分量 *u* (*tp*max)的评定

（1）在筒式炉检测温度为 800℃时，测温仪器在得到最低平均值的测温点读取温度值 ，共计 20 次，分别为*tp*min1，*tp*min2，*tp*min3……*tp*min20, 其平均值记为*t*o。 测量值及计算结果见表4, 属 A类不确定度分量。

 表2 测量结果及计算结果 单位：℃

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值 | 802.32 | 803.76 | 802.59 | 802.95 | 803.89 | 803.82 | 804.1 | 804.12 | 804.26 | 804.32 |
| 组数 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 测量值 | 804.39 | 804.51 | 804.56 | 804.61 | 804.65 | 805.75 | 805.89 | 805.91 | 805.92 | 805.98 |
| 平均值 | 804.42℃ |
| 标准偏差 | s(*t*m)$ =\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}\left(t\_{maxi}-t\_{m}\right)^{2}}{n-1}}$=1.08℃ |

重复性引入的标准不确定度为：



（2）温度校准装置修正值引入的标准不确定度分量*u*(*t*x1)

由校准证书中可知,温度校准装置修正值的扩展不确定度0.6℃(*k*=2),标准不确定度为：

*u*(*t*x1) =0.3℃

输入量*tp*max引入的标准不确定度分量*u* (*tp*max)为：



C.3.2输入量*tp*min引入的标准不确定度分量 *u* (*tp*min)

（1）输入量*tp*min重复测量引入的标准不确定度分量*u* (*tp*min1)

在管式炉检测温度为 800℃时，测温仪器在得到最低平均值的测温点读取温度值 ，共计 20 次，分别为*tp*min1，*tp*min2，*tp*min3……*tp*min20, 其平均值记为*t*o。 测量值及计算结果见表4, 属 A类不确定度分量。

表4 测量结果及计算结果 单位：℃

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值 | 796.21 | 796.32 | 796.56 | 796.35 | 797.66 | 797.11 | 797.23 | 797.36 | 797.43 | 797.52 |
| 组数 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 测量值 | 797.65 | 797.68 | 798.76 | 798.79 | 798.82 | 798.86 | 798.23 | 798.12 | 799.31 | 799.56 |
| 平均值 | 797.78℃ |
| 标准偏差 | s(*t*o)$ =\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}\left(t\_{maxi}-t\_{m}\right)^{2}}{n-1}}$=1.01℃ |

重复性引入的标准不确定度为：



（2）温度校准装置修正值引入的标准不确定度分量*u*(*ti1*)

由校准证书中可知,温度校准装置修正值的扩展不确定度0.6℃(*k*=2),标准不确定度为：

*u*(*ti1*) =0.3℃

输入量*t*pmin引入的标准不确定度分量*u* (*tp*min)为：



C.3.3合成标准不确定度

合成标准不确定度按式（5）、（6）计算：

$u\_{c}$=$u(t\_{pmax}$)=0.38℃

$u\_{c}$=$u(t\_{pmin}$)=0.38℃

C.3.4扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则炉温偏差（Δ*t*+、Δ*t*-）的测量结果的扩展不确定度为：

*U*+=*k*·*u*c=2×0.38=0.76℃, *k*=2

*U*-=*k*·*uc*=2×0.38=0.76℃, *k*=2