

JJF(有色金属) XXXX─2022

管式电阻炉校准规范

Calibration Specification for Tubular Resistance Furnaces

（报批稿）

2022-××-××发布 2022-××-××实施

发 布

中华人民共和国工业和信息化部

管式电阻炉校准规范

Calibration Specification for

Tubular Resistance Furnaces



JJF（有色金属）XXXX—2022

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

中铁十七局集团第二工程有限公司

中国石油集团石油管工程技术研究院

陕西三队地矿实验测试有限公司

陕西斯瑞新材料股份有限公司

国标（北京）检验认证有限公司

南京宝色股份公司

西部钛业有限责任公司

西安赛特思迈钛业有限公司

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. 房永强（西安汉唐分析检测有限公司）
2. 张曙香（西安汉唐分析检测有限公司）
3. 任 涛（中铁十七局集团第二工程有限公司）
4. 刘养勤（中国石油集团石油管工程技术研究院）
5. 胡欣欣（陕西三队地矿实验测试有限公司）
6. 梁计鱼（陕西斯瑞新材料股份有限公司）
7. 金 桥（国标（北京）检验认证有限公司）
8. 燕 辉（南京宝色股份公司）
9. 吴晓东（西部钛业有限责任公司）
10. 田 静（西安赛特思迈钛业有限公司）

目 录

[引 言 （III](#_Toc24233)）

[1 范围 （1](#_Toc27522)）

[2 引用文件 （1](#_Toc24446)）

[3 概述 （1](#_Toc30823)）

[4 计量特性 （1](#_Toc16836)）

[5 校准条件 （1](#_Toc4433)）

[5.1 环境条件 （1](#_Toc10221)）

[5.2 测量标准及其他测量设备 （2](#_Toc31679)）

[5.3 定位装置 （2](#_Toc775)）

[6 校准项目和校准方法 （2](#_Toc18410)）

[6.1校准项目 （2](#_Toc62)）

[6.2 校准方法 （3](#_Toc10107)）

[6.3 数据处理 （4](#_Toc23519)）

[7 校准结果表达 （6](#_Toc22500)）

[8 复校时间间隔 （6](#_Toc13610)）

[附录A](#_Toc21062) [校准原始记录参考格式 （7](#_Toc8532)）

[附录B](#_Toc13448) [校准证书内页参考格式 （9](#_Toc9862)）

[附录C](#_Toc7819) [管式电阻炉炉温均匀性测量结果不确定度评定示例 （10](#_Toc31589)）

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JJF 1184-2007《热电偶检定炉温度场测试技术规范》、GB/T 9452-2012《热处理炉有效加热区测定方法》。

本规范为首次发布。

管式电阻炉校准规范

1 范围

本规范适用于工作温度不超过1700℃的热处理用管式电阻炉温度场的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1376 箱式电阻炉校准规范

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

管式电阻炉是以电为能源，在某一规定的时间内，电流通过加热元件产生热量，其传热方式为传导、对流和辐射。主要由炉体和控制器组成，两者既可相互独立，也可组合为一体。炉体由加热元件、保温层以及炉壳等组成，一般分为卧式和立式。

4 计量特性

管式电阻炉的计量特性有三个：炉温均匀性、炉温稳定度和炉温偏差。其中炉温均匀性和炉温稳定度计量特性应满足JJF 1376的规定，具体见表1。炉温偏差应与客户协商确定。

表1 炉温均匀性和炉温稳定度计量特性 ℃

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工作温度T | Ⅰ级 | | Ⅱ级 | | Ⅲ级 | |
| 炉温均匀性 | 炉温稳定度 | 炉温均匀性 | 炉温稳定度 | 炉温均匀性 | 炉温稳定度 |
| 100≤*T* ≤ 300 | 2 | 1 | 4 | 4 | 8 | 10 |
| 300＜*T* ≤ 750 | 3 | 7 | 10 |
| 750＜*T* ≤ 1200 | 5 | 10 | 15 |
| 1200＜*T≤* 1700 | 8 | 13 | 18 |

注：

1.工作温度小于100℃时，炉温均匀性和炉温稳定度由双方协商确定。

2.炉温均匀性和炉温稳定度也可与客户协商，选择符合要求的参数。

3.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

环境温度：（23±5）℃；

湿度：不大于80%RH；

其他条件应满足所用仪器设备的正常使用要求。

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2。

表2 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 | 温度传感器 | （0～300）℃ | 热电阻 | A级及以上 |
| 廉金属热电偶 | 1级 |
| （300～1200）℃ | 廉金属热电偶 | 1级 |
| 工作用铂铑10-铂热电偶 | Ⅰ级 |
| 1200℃ 以上 | 工作用铂铑10-铂热电偶 | Ⅰ级 |
| 工作用铂铑30-铂铑6热电偶 | Ⅱ级 |
| 2 | 测温仪器 | （0～1700）℃ | 不低于0.02级 | |

注：也可采用满足测量不确定度要求的其它测量设备进行校准。

5.3 定位装置

管式电阻炉的测试定位装置由测试定位管和定位块组成。测试定位管一般为刚玉管或石英管。定位块由耐火材料压制成型，定位块上的测试孔径应大于测试定位管的直径。

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

管式电阻炉的铭牌应标明产品名称、规格型号、制造厂名称、出厂编号。管式电阻炉的外形结构应完好，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 | 炉温均匀性 |
| 3 | 炉温稳定度 |
| 4 | 炉温偏差 |

6.2 校准方法

6.2.1 外观及通用要求的检查

测试前应釆用目测法检查管式电阻炉炉膛内管，不应有裂缝和明显变形。检查管式电阻炉外观，温控仪表、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 温度场测试

6.2.2.1 校准温度点的选择

根据客户使用要求选择实际的常用温度。

6.2.2.2传感器的布置

管式电阻炉的温度场测试，应根据炉膛的尺寸布置温度传感器。

a）截面半径不大于15mm的管式电阻炉传感器的布置

如图1（b）所示，允许在炉膛截面0位置布置一支传感器进行温度场测试。

b）截面半径大于15mm的管式电阻炉传感器的布置

如图1（b）所示，在炉膛截面0，1，2，3，4位置分别布置传感器进行温度场测试。

6.2.2.3 校准方法

用直尺或卷尺测量管式电阻炉两端口距离，计算管式电阻炉中心点，并用陶瓷铅笔标记“0”点，在传感器上，从此点分别向工作端和参考端每隔（*L*是有效加热区轴向长度，*i*为任意整数）做一个标记，标出要求距离。

将定位块装入管式电阻炉内，使其紧贴炉端面，穿好测试定位管，如图1（a）所示。其中一支定位管放至炉膛轴向中心处（称中心测试定位管），如图1（b）中0位置，另外四支测试定位管贴炉壁以90°等间距放置，如图1（b）中1，2，3，4位置（称径向测试定位管）。将四支热电偶分别插入径向测试定位管内，另一支热电偶插入中心测试定位管中，如图2所示，使各测量端均处于- *i*所在横截面，测试定位管进行封堵。

定位块

炉体

测试定位管

1

2

3

4

0

（a）

（b）

图1 管式电阻炉（卧式）定位装置安装示意图

校准通常在空载状态下进行。将五支热电偶同时在-*i*~+ *i*各点移动，当炉温设定在测试温度点，待炉温变化不超过1℃/min，处于热稳定状态后开始读数。在30min内，每隔3min记录各个测温点的温度1次，至少测量10次，每次记录各个测温点的温度应在1min内完成。测量顺序为- *i*，…… ， -3，-2，-1，0，1，2，3，……，*i*。温度场测试位置示意图如图2所示。

*-i*…... -3 - 2 -1 0 1 2 3 ..… *i*

热电偶

图2 温度场测试位置示意图

6.3 数据处理

按照6.2.2的操作过程，按公式（1）计算，求得测温仪器在测温区规定的各个测温点上测得的最高、最低实际温度和中心点实际温度，按公式（2）、公式（3）计算，求得炉温均匀性。

= + （1）

= － （2）

= （3）

式中：

—炉温均匀性，℃；

—测温仪器测得各个测温点的实际温度（实际温度=测温仪器读数平均值+修正值），℃；

*m*—测量次数；

—第*j*个测温点的瞬时温度值，℃；

—温度校准装置第*j*个测温点的修正值，℃；

—公式（1）求得的各个测温点实际温度的最大值，℃；

—公式（1）求得的各个测温点实际温度的最小值，℃；

—公式（1）求得的中心（监控）点的实际温度，℃。

经校准取得测温仪器在中心(监控)点上测得温度的最大、最小值和平均值，按公式（4）、公式（5）计算，求炉温稳定度。

= （4）

= （5）

式中：

、炉温稳定度，℃；

—中心（监控）点温度读数的算术平均值，℃；

—中心（监控）点测得的大于 的最大值，℃；

—中心（监控）点测得的大于 的最小值，℃。

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，按公式（6）、公式（7）计算，求炉温偏差。

= （6）

= （7）

式中：

、—炉温上、下偏差，℃；

—标称温度，℃。

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。管式电阻炉使用频繁时应适当缩短复校时间间隔，在使用过程中管式电阻炉经过修理、更换重要部件后应重新校准。

附录A

校准原始记录参考格式

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 原始记录编号 |  | | 证书编号 | |  | |
| 委托方 |  | | 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 |  | | 制造商 | |  | |
| 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：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点  次数 | | 温度场测试 | | | | | | | | | | |
| 读数/ ℃ | | | | | | | | | | |
| -*i* | … | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | … | *i* |
| 1 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 修正值 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 表（续） | | | | | | | | | | | | |
| 校准点  次数 | | 温度场测试 | | | | | | | | | | |
| 读数/ ℃ | | | | | | | | | | |
| -*i* | … | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | … | *i* |
| 实际温度 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 炉温均匀性 | | = = | | | | | | | | | | |
| 炉温稳定度 | | = = | | | | | | | | | | |
| 炉温偏差 | | = = | | | | | | | | | | |
| 尺寸 | 炉膛 | *L*= mm *D*= mm | | | | | | | | | | |
| 测温区 | *l*= mm *d*= mm | | | | | | | | | | |
| 炉温均匀性测量结果的扩展不确定度：*U*= ℃，*k*=2 | | | | | | | | | | | | |

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 | |
| 温度场测试 | |
| 外观检查 |  |
| 校准点 |  |
| 炉温均匀性 | = = |
| 炉温稳定度 | = = |
| 炉温温差 | = = |
| 炉温均匀性测量结果的扩展不确定度：*U*= ℃，*k*=2 | |

附录C

管式电阻炉炉温均匀性测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量方法

管式电阻炉炉温均匀性测量为直接测量，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，取多次测量值的平均值作为测量结果。本附录以管式电阻炉炉温均匀性的测量为例，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6.2.2，6.3。

C.1.3 被测对象

选用管式电阻炉为被测对象，直径为100mm，长600mm，设定温度为800℃，炉温均匀性要求±5℃。

C.1.4 测量方法及主要设备

采用Ⅰ级工作用铂铑10-铂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

被校管式电阻炉炉温均匀性的测量模型为：

（C.1）

（C.2）

式中：

Δ*θ*+、Δ*θ*—炉温均匀性，℃；

*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，℃；

*tp*—中心点的实际温度，℃。

合成方差和灵敏系数为：

*u*c2=[*c*1*u*(*tp*max)]2 +[*c*2*u*(*tp*)]2 （C.3） *u*c2=[*c*1*u*(*tp*min )]2 +[*c*2*u*(*tp*)]2  （C.4）

在公式（C.1）、公式（C.2）中*tp*max、*tp* 、*tp*min彼此独立不相关，因而得：

*c*1=

*c*2=

故

*u*c2=*u*2(*tp*max) + *u*2( *tp*) （C.5）

*u*c2=*u*2(*tp*min) + *u*2 ( *tp*) （C.6）

C.2.2 测量结果不确定度的主要来源分析

管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*tp*max引入的标准不确定度*u*(*tp*max)；

（b）输入量*tp*引入的标准不确定度*u*(*tp*)；

（c）输入量*tp*min引入的标准不确定度*u*(*tp*min)。

C.3管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*u*(*tp*max)的评定

（1）输入量*tp*max重复测量引入的标准不确定度*u*(*tp*max1)

当管式电阻炉检测温度为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10次，分别为*tp*m1，*tp*m2，*tp*m3……*tp*m10，其平均值记为。测量值及计算结果见表C.1，属A类不确定度。

表C.1 测量结果及计算结果 ℃

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值 | 802.76 | 802.59 | 802.95 | 803.89 | 802.82 | 802.1 | 803.12 | 803.26 | 803.32 | 802.76 |
| 平均值 | =802.96 | | | | | | | | | |
| 标准偏差 | *s*()=0.48 | | | | | | | | | |

重复性引入的标准不确定度*u*(*tp*max1)为：

*u* (*tp*max1)= *s*()/=0.15℃

（2）工作用贵金属热电偶不确定度引入的标准不确定度*u*(*tx*1)

由校准证书中可知，工作用贵金属热电偶的扩展不确定度为0.6℃(*k*=2)，标准不确定度为：

*u*(*tx*1) =0.3℃

输入量*tp*max引入的标准不确定度*u* (*tp*max)为：

*u* (*tp*max)=

C.3.2 输入量*tp*引入的标准不确定度*u* (*tp*)的评定

（1）输入量*tp*重复测量引入的标准不确定度*u*(*tp*k)

在管式电阻炉检测温度为800℃时，测温仪器在中心点读取温度值，共计10次，分别为*tp*k1，*tp*k2，*tp*k3……*tp*k10，其平均值记为。测量值及计算结果见表C.2，属 A类不确定度。

表C.2 测量结果及计算结果 ℃

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值 | 802.65 | 802.77 | 802.81 | 802.9 | 803.08 | 803.24 | 803.4 | 803.61 | 803.7 | 803.91 |
| 平均值 | =803.21 | | | | | | | | | |
| 标准偏差 | *s*()=0.44 | | | | | | | | | |

重复性引入的标准不确定度*u*(*tp*k)为：

*u* (*tp*k)= *s*()/=0.14℃

（2）工作用贵金属热电偶不确定度引入的标准不确定度*u*(*tp*d)

由校准证书中可知，工作用贵金属热电偶的扩展不确定度为0.6℃(*k*=2)，标准不确定度为：

*u*(*tp*d) =0.3℃

输入量*tp*引入的标准不确定度*u* (*tp*)为：

*u* (*tp*)=

C.3.3输入量*tp*min引入的标准不确定度*u*(*tp*min)的评定

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

当管式电阻炉检测温度为 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10次，分别为*tp*m1，*tp*m2，*tp*m3……*tp*m10，其平均值记为。测量值及计算结果见表C.3，属A类不确定度。

表C.3 测量结果及计算结果 ℃

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 组数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值 | 798.21 | 798.32 | 798.56 | 798.35 | 797.66 | 798.11 | 798.23 | 798.36 | 798.43 | 798.52 |
| 平均值 | =798.28 | | | | | | | | | |
| 标准偏差 | *s*()=0.26 | | | | | | | | | |

重复性引入的标准不确定度*u*(*tp*min1)为：

*u* (*tp*min1)= *s*()/ 0.08℃

（2）工作用贵金属热电偶不确定度引入的标准不确定度*u*(*ti*1)

由校准证书中可知，工作用贵金属热电偶的扩展不确定度为0.6℃(*k*=2)，标准不确定度为：

*u*(*ti*1) =0.3℃

输入量*tp*min引入的标准不确定度*u*(*tp*min)为：

*u* (*tp*min)=

C.3.4合成标准不确定度

合成标准不确定度按式（C.5）、（C.6）计算，所得结果为：

*u* c（Δ*θ*+）=

*u* c（Δ*θ*-）=

C.3.5扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则炉温均匀性（Δ*θ*+、Δ*θ*-）测量结果的扩展不确定度为：

*U*（Δ*θ*+）=*ku*c（Δ*θ*+）=2×0.47=0.94℃，*k*=2

*U*（Δ*θ*-）=*ku*c（Δ*θ*-）=2×0.45=0.90℃，*k*=2