

团 体 标 准

T/CMESXXXX—2019
代替 T/CMESXXXX—2023

小方坯结晶器用薄膜热电偶温度传感器分 度方法

Graduation method for thin film thermocouple temperature
sensors used in billet crystallizers

(征求意见稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

中国机械工程学会发布

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会团体标准管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律法规或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不得以任何形式或手段复制、再版或使用本标准及其章节（包括电子版、影印件、发布在互联网及内部网络等）以及用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞电子信箱：yuanjr@cmes.org

目次

前言 III

引言 IV

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 总则..... 1

 3.1 术语..... 1

 3.2 补偿导线..... 1

 3.3 对待分度薄膜热电偶的要求..... 1

 3.4 功能要求..... 2

4 测试条件..... 2

 4.1 测试环境..... 2

 4.2 测量标定设备..... 2

 4.3 温度采集、控制系统..... 3

5 薄膜热电偶热电势测试方法及数据处理..... 3

 5.1 测试方法..... 3

 5.2 数据处理..... 4

6 测试结果表达..... 4

7 说明事项..... 4

 7.1 订购文件中应明确的内容..... 4

 7.2 术语和定义..... 4

 7.3 型号命名..... 4

前言

本标准按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的有关要求编写，本文件由中国机械工程学会提出并归口。

本文件起草单位：西安交通大学；中冶赛迪技术研究中心；陕西省计量科学研究院；中北大学；清华大学；中冶赛迪工程技术股份有限公司。

本文件起草人：张仲恺、李水敏、李乐、樊旭、王猛、田边、方续东、赵立波、蒋庄德、冯科、漆锐、谭庆、张建波、李秀玲、陈南菲、杨玉、王水根、路宗敏、关卫军、刘丹、吴宇、阮勇、余海涛。

考虑到本文件中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责任何该类专利的鉴别。本标准首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

引言

非标准化薄膜热电偶没有分度表，在使用之前需要进行分度，获得其热电势和温度之间的分度函数。将薄膜热电偶和温度标准器测量端置于检定炉或恒温槽中，参考端置于冰水混合物中，测得不同温度点下薄膜热电偶电动势，经过数据拟合，获得热电偶热电势和温度的函数关系。非标准化薄膜热电偶传感器，作为一种高阶传递函数处理的表面温度传感器，其分度方法尚无统一标准。为了规范行业生产制造，便于薄膜热电偶测温在航空航天高温流场测温领域的广泛应用，只有建立有效且准确的薄膜热电偶分度方法，才能准确评价其静态特性，从而进一步提高测温精度和推广使用。

中国机械工程学会标准征集委员会

小方坯结晶器用薄膜热电偶温度传感器分度方法

1 范围

本方法适用于分度非标准化的薄膜热电偶,主要有氧化铟锡-氧化铟,钨铼-铂铑等薄膜热电偶(按“铜-铜镍合金热电偶”格式写),温度范围一般在 $(-80\sim 1200)^{\circ}\text{C}$ 以内。主要应用在钢铁冶金小方坯结晶器铜板测温等领域。

2 规范性引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本规范的条款。凡注日期或版次的引用文件,其后的任何修改单(不包括勘误的内容)或修订版本都不适用于本规范,但提倡使用本规范的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡是不注日期或版次的引用文件,其最新版本适用于本规范。

GB/T 7665 传感器通用术语

GB/T 7666 传感器命名法及代码

JJF 1007-2007 温度计量名词术语及定义

GB/T 4989-2013 热电偶用补偿导线

GB/T 16701-2010 贵金属、廉金属热电偶丝热势测量方法

GB/T 16839.1 热电偶第一部分:分度表

GB/T 30429-2013 工业热电偶

JJG 141-2013 工作用贵金属热电偶检定规程

JJG 67-2003 工作用全辐射温度计检定规程

JJF 1637-2017 廉金属热电偶校准规范

3 总则

3.1 术语

GB/T 7665、GB/T 7666 和 JJF 1007-2007 界定的及以下术语和定义适用于本规范

3.2 补偿导线

一对与被校薄膜热电偶配合使用的导线。若与所配合使用的被校薄膜热电偶正确连接,就把该被校准薄膜热电偶的参考端移至这对导线的输出端。

3.3 对待分度薄膜热电偶的要求

应有铭牌或说明书,铭牌或说明书应有薄膜热电偶正负极材料和接线信息

薄膜热电偶长度不小于 30cm

薄膜表面应颜色均匀、光洁、无油污、无折叠、无裂纹、无毛刺,不能有划痕、凹陷和斑点。

3.4 功能要求

通过分析薄膜热电偶传递回来的电压信号，来分析和读取薄膜热电偶接受到的外界温度变化信息。薄膜热电偶在外部激励（温度变化）下，通过具有持续测量、实时传输数据功能的电测设备获取电压信号，以达到精确反应环境温度参数变化的目的。在小方坯结晶器内使用时，现场充满电磁干扰与水汽等，需着重考虑薄膜热电偶与铜板的绝缘问题；并且铜板上的安装孔需保证加工精度，确保与薄膜热电偶的绝缘衬套配合紧密；安装孔、绝缘衬套、薄膜热电偶需清洁干燥，防止油污、金属屑、水分破坏绝缘。在薄膜热电偶尾部（冷端侧）使用高温绝缘密封胶（如陶瓷基胶粘剂）或压缩密封件（配合绝缘垫圈）进行固定和二次密封，防止冷却水、湿气、氧化铁皮等沿缝隙侵入，破坏绝缘。需确保薄膜热电偶测量端（热端）与孔底接触良好（常采用弹簧加载设计或导热膏填充），以减小热阻，提高响应速度和精度。

4 测试条件

4.1 测试环境

测试应在室温为（20±5）℃，相对湿度不大于 80%，标准大气压的环境条件下进行。

4.2 测量标定设备

测量标定用的主要设备如表 1 所示。标准铂电阻温度计（二等），电阻比 $W(29.7646^{\circ}\text{C})\geq 1.11807$ ，用于-196~400℃温度区间比对；标准铂铑 10-铂热电偶，误差不超过±4℃，用于 400~1500℃温度区间比对。在测量中用到的其它设备主要有多点转换开关、冰水混合物和热电偶自动测量系统等。要求转换开关寄生电势不大于 0.5μV，冰水混合物或零度恒温器温度变化在（0±0.1）℃内。试验室环境下要求测试所用设备应保持完好，设备性能指标满足试验要求。

表 1 测量标定设备

序号	测量标准名称	测量范围	技术指标	备注
1	标准铂电阻温度计	(-196~419.527)℃	二等	低温段主标准温度传感器
2	标准铂铑 10-铂热电偶	300℃以上	二等	高温段主标准温度传感器
3	电测仪表	(0~100) mV, (5~200) Ω	0.01 级	电测设备
4	恒温槽	(-80~300)℃	有效工作区域最大温差不超过 0.1℃	低温段温度场设备，根据测试温度点选相应的恒温槽
5	检定炉	300℃以上	有效工作区域轴向 30mm 内，最大温差不超过 0.5℃；径向半径不小于 14mm 范围内，同一截面最大温差不超过 0.25℃	高温段温度场设备
6	补偿导线	室温~70℃	允许偏差：±0.2℃	将热电偶信号输出端引至参考恒温器中

4.3 温度采集、控制系统

温度采集、控制系统包括计算机软件、通讯模块、转换开关、传感器、电测设备和温度场设备。通过计算机软件下发指令，温度传感器的探测，控制温度场设备升降温来实现需要测量的温度点。当满足测量条件时，自动采集、存储各项数据。

5 薄膜热电偶热电势测试方法及数据处理

5.1 测试方法

薄膜热电偶和标准温度传感器参考端置于制作好的冰水混合物中。薄膜热电偶测量端和标准温度传感器置于检定炉或恒温槽中，连接电测设备，控制恒温场设备至目标温度点，稳定半小时后分别读取标准温度传感器和薄膜热电偶数据，取 4 次测量平均值作为测量结果。所测得薄膜热电偶的数据为标准温度传感器实测温度下的电势值。

5.1.1 测试温度点

根据要分度的薄膜热电偶测量范围和材料特性选择合适的温度点和数量，一般应包括测量范围的上下限温度点、中间点，温度点数量至少为 10 个，当测量范围较宽时，应适当增加测试温度点数量。

5.1.2 冰点的制作和使用

一边将制冰机产生的雪花状碎冰放入圆口冰点槽中（冻制形成的冰块应破碎成雪花状），一边注入适量纯净水，并不断搅拌，至冰面和水面接近且水面低于冰面时，将冰面压紧，消除气泡。稳定 10min 后，冰套可以转动，冰面发乌，则可以使用。使用过程中试管底部距离冰点槽底部 5cm 以上，试管距离冰点槽内壁 2cm。使用过程中，如果环境温度过高，可以用毛巾吸附部分融化的水，加入适量的冰。

5.1.3 参考端处理

薄膜热电偶传感器测试时，参考端应置于冰水混合物或满足条件的冰点恒温器内。薄膜热电偶参考端与铜导线连接后，缠好绝缘胶带，置入装有酒精的玻璃试管内，再插入冰水混合物中；标准温度传感器参考端用同样的办法插入冰水混合物中，插入深度不小于 150mm。铜导线的另一端通过转换开关与电测设备相连。铜导线应是同一卷且单股。

5.1.4 300℃以下温区测试

测试之前，确保恒温槽液位满足设备要求，并准备好所需要的导线、冰水混合物、试管等。先打开电测设备预热 10min。将二等标准铂电阻温度计和薄膜热电偶置于恒温槽工作区域同一水平面，浸没深度不小于 200mm，连接电测设备，控制恒温槽温度至目标温度。标准温度传感器温度偏离校准温度不应超过 0.2℃。当恒温槽温度波动小于 0.04℃/10min 时，开始读数，读数顺序为标准→被测→标准，分别读取四组数据，取平均值作为测量结果。

5.1.5 300℃以上温区测试

将标准铂铑 10-铂热电偶和薄膜热电偶用铂丝进行捆扎，确保标准铂铑 10-铂热电偶测量端和薄膜热电偶测量端处于同一个平面。将捆扎好的标准铂铑 10-铂热电偶和薄膜热电偶放置于检定炉中心位置，炉口用绝缘耐火材料封堵，测量端不能和炉壁接触。

测试由低温向高温进行，标准温度传感器温度偏离校准温度不应超过 3℃。当炉温每分钟变化不超过 0.2℃时，开始读数。读数顺序为标准→被测→标准，分别读取四组数据，取平均值作为测量结果。

5.2 数据处理

将测量数据按照标准温度传感器实测温度对应薄膜热电偶电势值列表，利用计算机软件进行拟合。数学模型如公式（1）所示

$$E(t_{90}) = \sum_{i=0}^n a_i \times (t_{90})^i \quad (1)$$

$E(t_{90})$ ——薄膜热电偶电动势，mV

t_{90} ——ITS-90 温度，标准温度传感器测量值，℃

a_i ——多项式第 i 项的系数

n——多项式的阶数

测试结果给出分度函数和拟合误差。

6 测试结果表达

完成对非标准化薄膜热电偶分度测试后，应出具测试报告。测试报告中应包括以下内容：

- 被分度薄膜热电偶名称、编号、材料描述
- 测试时环境条件，所用到的标准温度传感器、设备
- 测量依据
- 分度函数和分度误差
- 测试实验室名称和地址
- 委托测试单位
- 测量人、复核人及批准人签名
- 测量日期

7 说明事项

符合本规范的产品可用于航天、航空、船舶、兵器、电子等领域军事装备上薄膜热电偶温度传感器的静态校准。

7.1 订购文件中应明确的内容

订购文件应规定下列内容：本规范的编号、名称；数量；其他要求。

7.2 术语和定义

GB/T 7665 确立的术语和定义适用于本规范。

7.3 型号命名

本规范的型号命名应符合 GB/T 7666 的规定。

参考文献

- [1] GB/T 7665 传感器通用术语
- [2] GB/T 7666 传感器命名法及代码
- [3] JJF 1007-2007 温度计量名词术语及定义
- [4] GB/T 4989-2013 热电偶用补偿导线
- [5] GB/T 16701-2010 贵金属、廉金属热电偶丝热动势测量方法
- [6] GB/T 16839.1 热电偶第一部分：分度表
- [7] GB/T 30429-2013 工业热电偶
- [8] JJG 141-2013 工作用贵金属热电偶检定规程
- [9] JJG 67-2003 工作用全辐射温度计检定规程
- [10] JJF 1637-2017 廉金属热电偶校准规范

ICS 号

中国标准文献分类号

关键词：
