JJF（有色金属）004-2022《叉式热电偶校准规范》

行业计量技术规范编制说明

一、工作简况

1. 立项目的

叉式热电偶与我们常用的热电偶不一样，其形状、样式多样，由正、负电极组成，不使用时两根电极相互独立，不互相连通，使用时，两根电极的测量端与被测金属可靠接触，从而形成测温回路，广泛应用于金属材料表面温度的检测。

目前，叉式热电偶还没有国家检定规程或校准规范，为更好地指导对叉式热电偶的校准工作，特立项编制《叉式热电偶校准规范》。

1. 任务来源

根据工业和信息化部《关于印发2022年行业计量技术规范制修订计划的通知》（工厅科［2022］464号）文的要求，行业计量技术规范《叉式热电偶校准规范》由西南铝业（集团）有限责任公司负责起草。该项目计划编号为JJF（有色金属）004-2022。按计划要求，本计量规范应于2024年完成。

1. 承担单位情况

3.1 主编单位简介

西南铝业(集团)有限责任公司(简称西南铝)位于重庆市九龙坡区西彭镇,前身为冶金部112厂、西南铝加工厂, 始建于1965年7月, 2000年12月改制成立有限责任公司,是我国为生产重点项目、航空航天所需大规格、新品种、高质量铝及铝合金材料而建设的大型企业。西南铝培养了中国工程院院士1人、两江学者1人、国家级技能大师1人、享受国务院政府特殊津贴专家30余人,建有院士工作站,拥有国家级企业技术中心。西南铝建有校准实验室与检测实验室，均通过了CNAS认可，具备对廉金属热电偶、工业贵金属热电偶、铠装热电偶的CNAS校准能力。西南铝累计申请专利722件，其中授权发明专利249件、授权实用新型专利473件，主持和参与国家、行业标准277项。

3.2 成员单位简介

东北轻合金有限责任公司（即101厂，以下简称东轻公司）是建国初期陈云同志向党中央撰写报告，由毛泽东、朱德、周恩来、刘少奇亲自阅定、签批筹建的中国第一个铝镁合金加工企业，是国家“一五”期间156项重点工程中的2项。1952年建厂，1956年开工生产。1998年6月改制为国有独资公司，2000年7月划归哈尔滨市管理。2007年9月进入中国铝业公司，成为中国铝业公司铝加工五大基地之一。公司于1996年通过了ISO9001国际质量体系认证，近年来先后通过军工产品质量体系认证、AS9100、PED压力容器以及中国新时代认证中心的质量管理体系、职业健康安全和环境管理体系认证等。公司曾获得“国家质量管理奖”、“国家一级企业”、“质量、服务、信誉AAA级品牌、“国家优秀计量企业”，“黑龙江省先进计量企业”称号，并获得计量一级企业，2001年获得完善计量检测体系（GB／T19022.1）合格证书，2020年9月获得AAA级测量管理体系认证证书。

国标（北京）检验认证有限公司是我国有色行业的材料研究和材料检测的权威机构。该公司运行着国家有色金属质量监督检验中心，是我国有色行业金属材料检测的权威机构。中心拥有雄厚的技术力量，先进的仪器，齐全的分析方法，以及与国际接轨的质量管理体系（ISO/IEC 17025），承接了国家质量监督抽查、实施生产许可证产品的质量检验、方圆产品认证检验、产品质量鉴定、质量评价和仲裁检验等任务。同时，研究开发新的检验技术和方法，培训检验人员和技术咨询，承担和参加国家标准、行业标准的制定和修订工作，负责和参与起草制订国家标准150余项，行业标准70余项。

西安汉唐分析检测有限公司是西北有色金属研究院(集团)控股子公司，属国有企业，主要从事有色产品的检测、可靠性评价、失效分析、质量评估、腐蚀性能及表面测试与表征、规范起草、检测方法的开发、标物的研制、设备的计量校准等。公司于1985年被陕西省质监局授权为陕西省有色金属产品质量监督检验站。1987年被中国有色金属工业总公司授权为西北质量监督检验中心，先后被国家质检总局确定为钛及钛合金、铜及铜合金管材生产许可证检验工作实施单位；公司通过CNAS、CMA、国防DiLAC等认证认可，是陕西省有色金属材料分析检测与评价中心、陕西省稀有金属材料安全评估和失效分析中心、工业（稀有金属）产品质量和技术评价实验室、陕西省核工业用金属材料检测与评价服务平台挂靠单位。公司是国内最早从事有色金属材料及其产品分析检验检测与评价研究的专业机构之一，先后承担了国家、省市多项重大课题，目前已建成国内唯一的核电堆芯材料分析检测平台、多层金属复合材料测试和评价平台、钛及钛合金专业检测平台。近10年起草有色金属国家/行业规范共80余项、发表论文120余篇、授权专利30余项。先后荣获中国有色金属工业一等奖、二等奖20余次。

山东南山铝业股份有限公司拥有目前全球最短最完整的铝加工产业链，拥有国家级企业技术中心，南山科学技术研究院等一流研发机构，其中国家铝合金压力加工工程技术研究中心是行业唯一国家级工程技术研究中心，公司主持起草十几项国家标准，获得全国有色金属标准化技术委员会“技术标准优秀奖”。计量中心为山东南山铝业股份有限公司设立的计量技术机构，计量中心拥有国际、国内先进的精密标准装置和仪器30多台（套），经质量技术监督等部门的考核建立了长、热、力、电等企业最高计量标准，并通过中国合格评定国家认可委员会实验室认可（CNAS）。计量中心建有“精密露点仪标准装置”企业最高计量标准，该标准装置由Optidew Vision 401型冷镜式露点仪、PR710A型精密数字温度计、PR381A型温湿度标准箱以及数显温湿度计、空盒气压表等组成，能够开展各类温湿度计的量值传递工作。

泰安磐然测控科技有限公司创建于2003年，源于1992年成立的国有企业泰安智能仪器仪表厂。通过近三十年的持续发展，目前已成为集研发、制造、销售、服务于一体的温度/压力计量仪器制造商。系国家级高新技术企业、全国温度计量技术委员会委员单位、山东省计量测试学会理事单位、中南国家计量测试中心热工专业技术委员会委员。截至目前，磐然已拥有各项专利及软件著作权75项，其中发明专利5项、实用新型及外观专利30余项。参与多项国家计量技术规程规范的起草和审定工作，包含：JJF 1098-2003《热电偶、热电阻自动测量系统校准规范》、JJF 1184-2007《热电偶检定炉温度场测试技术规范》、JJF 1171-2007《温度巡回检测仪校准规范》、QX/T 16-2020《温湿度仪检定箱》、JJF 1909-2021《压力式温度计校准规范》、JJF 1991-2022 《短型廉金属热电偶校准规范》、JJF 2019-2022《液体恒温试验设备温度性能测试规范》等。

1. 主要工作过程

西南铝业（集团）有限责任公司计量检测中心接到有色金属行业计量技术委员会转发下达的制定任务后，成立了计量规范编制组，成员有东北轻合金有限责任公司、国标(北京)检验认证有限公司、西安汉唐分析检测有限公司、山东南山铝业股份有限公司、泰安磐然测控科技有限公司等。对计量技术规范编写工作进行了部署和分工，制定了制定原则及计划工作。本项目主要工作过程经过了以下几个阶段：

1）2022年7月成立了计量规范编制组，明确了编制组成员各自的工作内容和任务。

1. 2022年8月～2023年4月计量规范编制组成员对有叉式热电偶校准规范中的计量特性及校准方法进行了讨论，确定了校准项目和方法，在2023年4月形成了计量规范讨论稿。
2. 2023年5月8日～10日，计量规范编制组成员参加了由有色金属行业计量技术委员会组织的在西安召开的2023年有色金属行业计量技术规范讨论会，与会专家、代表对本校准规范的讨论稿提出了宝贵的意见和建议。会上确定了项目一验、二验单位，明确了各项工作时间进度要求。
3. 2023年5月，针对5月西安讨论会中代表们提出的修改意见和建议，编制组开会讨论并作了相应实验收集数据，修改了测量范围，对导电均温块的技术要求进行了重新规定，针对不同的恒温设备，在校准准备工作时，对叉式热电偶的安装进行了重新描述等。形成了征求意见稿。
4. 2023年8月-10月，针对征求意见稿收集到的意见和建议，编制组开会讨论并作了相应实验收集数据，对征求意见稿进行了修改，形成了预审稿。
5. 2023年11月，针对预审稿收集到的意见和建议，编制组开会讨论并对预审稿进行了修改，形成了审定稿。

二、编制原则和依据

1规范编制原则

1）该规范按照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》编写。

2）先进性：本规范针对叉式热电偶的使用场景及结构特点，提出了叉式热电偶计量特性要求，对校准叉式热电偶的相应计量标准、设备进行了要求，规范依据JJF1637-2017《廉金属热电偶校准规范》的校准要求，制订了基本原则和编制依据，弥补了现有校准规范对叉式热电偶校准未涉及的问题。

3）创新性：对叉式热电偶的校准方法和热电动势、温度示值偏差计算方法进行了详细的描述；对校准标准装置进行了详细的规定。

2制定规范主要内容的论据

2.1范围

本规范以标准铂电阻温度计及标准铂铑10-铂热电偶作为测量标准，由于标准铂铑10-铂热电偶只溯源到1084℃，因此将讨论稿的测量范围“-40℃～1200℃”，修改为“-40℃～1000℃”，能满足校准工作所需。

修改后为：

本规范适用于测量范围-40℃～1000℃，长度不小于 300 mm，镍铬-镍硅（K型）、镍铬硅-镍硅镁(N型)、镍铬-铜镍（E型）、铁-铜镍（J型）廉金属叉式热电偶的校准。

2.2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1637-2017 廉金属热电偶校准规范

GB/T4989-2013 热电偶用补偿导线

GB/T16839.1-2018 热电偶：电动势规范和允差

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。

。

2.3 概述

叉式热电偶是两种不同材料的导体基于塞贝克效应及中间导体定律制成的温度计，主要用于测量金属的表面温度。两种不同材料的导体称为叉式热电偶的两个电极，其两个电极的一端与被测温金属表面紧密接触在一起形成一个测量端；另一端为参考端，测量时与测温仪相接。

2.4 计量特性

热电偶的热电动势和温度示值偏差。

7月征集稿收集到的意见中提到：表1中温度允许偏差出处来自于哪里？

由于叉式热电偶在校准时是将其热端与导电均温块紧密接触，从而形成测温回路进行校准工作的，叉式热电偶的两电极分别与导电均温块的两处地方接触，而规范的表2中对恒温设备的技术要求为：同一截面任意两点的温差绝对值不大于0.5 ℃。因此，温度允许偏差的要求是在2级热电偶的基础上加上了0.5℃。

根据2023年11月预审会意见，将表1中热电偶的允许偏差“±（0.0075·t+0.5 ℃）”修改为“±（0.0075·|t|+0.5 ℃）”。

2.5 校准条件

校准条件包括校准用计量标准、其他设备、校准环境条件和其它条件，为了使测量结果具有尽可能小的不确定度，需要建立一种较优越的环境条件，降低环境因素对计量标准带来的附加误差；需要具备一定准确度要求的计量标准及其他设备以满足用户对测量不确定度的要求、能覆盖被校设备实际校准范围。本规范是按上述原则确定校准条件的。

1）2023年5月在西安讨论会对测量标准及其他设备技术要求提出了修改意见：

补尝导线：由于在热电偶热电动势计算时补偿导线的修正值已参与运算，因此不必对补偿导线作出过高要求，将讨论稿的“温度范围：（室温~70）℃，允许偏差：±0.2 ℃”修改为：“使用符合GB/T4989-2013的精密级补偿导线”。

恒温设备：由于叉式热电偶允许误差的计量特性为2级热电偶允许误差+0.5℃，不必对恒温设备作出过高要求，将讨论稿的“恒温设备有效工作区域轴向30 mm内，任意两点温差绝对值不大于0.5 ℃；同一截面任意两点的温差绝对值不大于0.25 ℃”。修改为：“从导电均温块算起轴向30 mm内，任意两点温差绝对值不大于1 ℃；同一截面任意两点的温差绝对值不大于0.5 ℃”。

1. 根据7月征求意见稿提出的修改建议：
2. 恒温设备：300 ℃以上，恒温设备有效工作区域轴向30 mm内，任意两点温差绝对值不大于1.0 ℃；同一截面任意两点的温差绝对值不大于0.5 ℃。修改为：300℃以上，从导电均温块算起轴向30mm内，任意两点温差绝对值不大于1.0 ℃；导电均温块表面任意两点的温差绝对值不大于0.5 ℃。
3. 导电均温块材质对校准结果的影响实验：

2023年5月-10月，西南铝对不同导电均温块校准叉式热电偶进行了实验。

5月25日，使用ISOTECH 875铝粉槽作为恒温设备，控温在200℃，使用标准铂电阻温度计作为测量标准，对叉式热电偶1校准得到如下数据：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 导电均温块材质 | 铜 | 铝 |
| 叉式热电偶误差 | 1.60℃ | 1.49℃ |

5月26日，使用恒温油槽作为恒温设备，控温在100℃，使用标准铂电阻温度计作为测量标准，叉式热电偶1校准得到如下数据：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 导电均温块材质 | 铜 | 铝 |
| 叉式热电偶误差 | -0.06℃ | -0.10℃ |

10月17日，使用ISOTECH 875铝粉槽作为恒温设备，控温在200℃，使用标准铂电阻温度计作为测量标准，对叉式热电偶2校准得到如下数据：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 导电均温块材质 | 铜 | 铝 |
| 叉式热电偶误差 | 0.10℃ | 0.39℃ |

通过以上数据可看出，不同材质导电均温块对热电偶误差的影响最大为0.29℃，而叉式热电偶的允许误差至少为3.0℃，因此导电均温块的材质对误差的影响可忽略不计。

因此将讨论稿的导电均匀块的技术要求“在校准温度下不发生形变，材质尽量与被校热电偶电极材质一致”修改为“表面未氧化，在校准温度下不发生形变，导热性能好”。

1. 叉式热电偶热端使用导电均温块连接及使用金属丝连接的校准实验：

10月9日，使用ISOTECH 875铝粉槽作为恒温设备，控温在200℃，使用标准铂电阻温度计作为测量标准，对叉式热电偶3校准得到如下数据：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 热端连接方式 | 铜导电均温块连接 | 铜丝连接 |
| 叉式热电偶误差 | 0.31℃ | -0.47℃ |

10月10日，使用ISOTECH 875铝粉槽作为恒温设备，控温在200℃，使用标准铂电阻温度计作为测量标准，对叉式热电偶2校准得到如下数据：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 热端连接方式 | 铜导电均温块连接 | 铜丝连接 |
| 叉式热电偶误差 | 0.30℃ | -0.50℃ |

10月11日，使用ISOTECH 875铝粉槽作为恒温设备，控温在350℃，使用标准铂电阻温度计作为测量标准，对叉式热电偶2校准得到如下数据：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 热端连接方式 | 铜导电均温块连接 | 铜丝连接 |
| 叉式热电偶误差 | 0.12℃ | -0.90℃ |

从实验数据可得知，叉式热电偶热端使用导电均温块连接与使用金属丝连接的校准结果差异较大，而叉式热电偶在实际使用时，是将其热端与被测金属表面紧密连接对金属表面进行测温的，因此，不能使用金属丝对叉式热电偶热端连接的方式进行校准。

根据11月预审会意见，将表2中300 ℃以上恒温设备的技术要求修改为“导电均温块表面任意两点的温差绝对值不大于0.5 ℃”。

2.6 校准项目和校准方法

1）关于校准项目

校准项目：热电偶的热电动势和温度示值偏差。

1. 关于校准方法

规范针对叉式热电偶的结构特点，对叉式热电偶的安装工作方式、校准方法进行了的详细描述，规范参照JJF 1637-2017《廉金属热电偶校准规范》，给出了相应的热电偶的热电动势和温度示值偏差计算公式。规范能较好地指导校准人员对叉式热电偶进行校准，具有较强的可操作性。

2.7 校准结果表达

校准结果表达中的描述采用了JJF1071-2010中规定的内容。详细列出了校准证书应具备的信息和说明。

2.8 复校时间间隔

给出了最长6个月复校时间间隔的建议。但客户可根据使用情况自主决定复校时间间隔。

2.9 附录

设置了3个附录，便于校准时参考和规范化。

附录A 叉式热电偶校准记录参考格式

附录B 叉式热电偶校准证书内页参考格式

附录C 热电动势和温度示值偏差测量不确定度评定示例

三、规范水平分析

本规范针对叉式热电偶的使用场景及结构特点，提出了叉式热电偶计量特性要求，对校准叉式热电偶的相应计量标准、设备进行了要求，对被校热电偶的校准方法进行了详细叙述，可操作性强，水平达到国内领先。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本规范与有关的现行法律、法规和国家计量技术规范具有一致性，无冲突之处。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、规范作为强制性或推荐性国家（或行业）技术规范的建议

建议本规范作为推荐性行业计量技术规范，供相关行业参考采用。

七、贯彻技术规范的要求和措施建议

无。

八、废止现行有关技术规范的建议

无。

九、预期效果

本规范的制定使叉式热电偶的校准更加全面、明确，且有了可靠依据。

十、其他应予说明的事项

无。

《叉式热电偶校准规范》规范编制组

2023年12月18日