

2023 年度黑龙江省工作用玻 璃液体温度计量值 计量比对总结报告

主导实验室：黑龙江省计量检定测试研究院

2023年12月

目 录

一、 比对概况.....	1
二、 比对方式.....	1
三、 比对用仪器设备.....	2
四、 比对结果及分析.....	4
五、 对比对情况及问题分析	10
六、 总结.....	10
附件 1 参比实验室名单.....	12
附件 2 参比实验室具体使用设备	12
附件 3 主导实验室不确定度评定报告	14

本报告是对黑龙江省市场监督管理局于 2023 年下达“黑龙江省市场监督管理局关于组织实施 2023 年市（地）局法定计量技术机构计量比对工作的通知”（市监计量发〔2023〕229 号），对工作用玻璃液体温度计在（50~100）℃ 范围内开展量值比对工作”的总结，由主导实验室黑龙江省计量检定测试研究院负责起草。

一、比对概况

为全面掌握黑龙江省内法定计量技术机构标准水银温度计标准装置的技术水平，考察各机构对 JJG130-2011《工作用玻璃液体温度计》国家计量检定规程的执行情况，确保省内标准水银温度计量值传递的准确可靠。黑龙江省市场监督管理局于 2023 年下达“黑龙江省市场监督管理局关于组织实施 2023 年市（地）局法定计量技术机构计量比对工作的通知”（市监计量发〔2023〕229 号），正式启动黑龙江省内市（地）法定计量技术机构标准水银温度计标准装置量值比对工作，主导实验室为黑龙江省计量检定测试研究院，参比实验室为黑龙江省内市级已取得标准水银温度计标准装置计量标准考核证书的市（地）法定计量技术机构。

2023 年 7 月至 2023 年 11 月，主导实验室开始比对筹备工作，包括传递标准的选择、采购、比对实施方案征求意见稿的起草和稳定性实验等。2023 年 9 月 25 日，主导实验室发布“工作用玻璃液体温度计量值比对实施方案（征求意见稿）”，对对比方案返回意见及时间安排进行了讨论研究，最终确定了对比方案上报黑龙江省市场监督管理局。2023 年 11 月，黑龙江省市场监督管理局正式发布比对实施方案。

2023 年 11 月“工作用玻璃液体温度计量值比对”正式开始，参加实验室共计 13 家，参比实验室全部按照比对计划和要求按时完成了比对试验，2023 年 12 月至 2024 年 1 月，主导实验室收集和汇总各参比实验室提交的比对结果，并编制比对总结报告。

二、比对方式

本次比对采用星形比对路线，主导实验室完成样品数据测量后，由参比实验室在比对时间前一个工作日取回样品，并于 5 个工作日完成样品的测量，并

在第 6 个工作日将样品返回主导实验室。样品传递过程均由专人随身携带，避免碰撞以确保比对样品的量值准确。

表 2-1 比对时间安排

实验室名称	比对时间
主导实验室	2023. 11. 16~2023. 11. 22
参比实验室	2023. 11. 27~2023. 12. 01
主导实验室	2023. 12. 07~2023. 12. 15

三、比对用仪器设备

3.1 传递标准

主导实验室选用 20 支温度范围为（50~100）℃的工作用玻璃液体温度计，其中 13 支玻璃液体温度计作为传递标准，其余 7 支玻璃液体温度计做为备用样品。

3.2 传递标准稳定性情况

为保证所选传递标准的稳定、可靠，主导实验室在购置后对其开展前期实验。依据 JJG130-2011《工作用玻璃液体温度计》国家计量检定规程的检定方法及《工作用玻璃液体温度计量值比对实施方案》分别对传递标准在 50℃、60℃、80℃ 三个温度点开展 3 个周期的稳定性试验，24 小时为一个周期，每个周期均对传递标准进行不少于六次的重复测量，测量结果的平均值按照规程计算方法以修正值形式给出，符合 JJG130-2011 规程中玻璃液体温度计最大允许误差的规定。并对传递标准线性度进行测量，确保测得结果符合 JJG130-2011 规程中的相应要求。

比对过程中，主导实验室依据《工作用玻璃液体温度计量值比对实施方案》对对比样品开展稳定性考核，采用比对前测量值与比对后测量值的平均值作为传递标准在比对过程中的参考值，主导实验室对本次比对传递标准的数据进行比对结果评价。

3.3 比对用计量标准

本次比对采用的计量标准装置为标准水银温度计标准装置，其各项技术指标应符合 JJG 130-2011《工作用玻璃液体温度计》的要求。

3.3.1 主导实验室标准装置

主导实验室比对所用的设备主要包括：1支二等标准铂电阻温度计、精密测温仪、恒温水槽、读数装置。主要技术指标见表 3-2。

表 3-2 主导实验室计量标准技术指标

设备名称	生产厂	准确度等级/技术指标	溯源单位
二等标准铂电阻温度计 (1支)	昆明大方	二等	中国计量科学研究院
精密测温仪	ISOTECH	分辨力为：0.1mK	中国计量科学研究院
恒温水槽	湖州唯立	波动度：<0.01℃ 均匀度： 水平温差：<0.01℃ 最大温差：<0.02℃	黑龙江省计量检定测试研究院

3.3.2 参比实验室标准装置

本次比对，共 13 家实验室参加比对，各参比实验室的计量标准装置信息及实验室代码见表 3-3，具体配置见附件 2。

表 3-3 参比实验室计量标准装置信息及实验室代码

实验室序号	计量标准装置有效期	测量范围 (°C)	不确定度或准确度等级或最大允许误差
002	2024.06.26	-30~300	MPE: ±(0.2~0.35) °C
003	2028.04.22	10~300	±(0.15~0.35) °C
004	2025.06.17	-30~300	标准
005	2026.12.01	-30~300	标准
006	2026.09.15	-30~300	标准
007	2026.09.23	5~95	二等
008	2027.04.14	0~100	MPE: ±0.15°C
009	2024.09.04	-30~300	二等
010	2027.01.13	-30~300	标准
011	2028.02.25	-30~300	标准级
012	2026.06.16	-30~300	二等

013	2024.01.12	-30~300	二等标准
014	2028.08.12	-10~200	二等

根据 JJG 130-2011《工作用玻璃液体温度计》，环境条件温度（20±5）℃，相对湿度 15%~85%，参比实验室比对实验时的环境条件如表 3-4 所示。参比实验室比对实验时的环境条件满足规程要求。

表 3-4 参比实验室比对实验时的环境条件

实验室序号	温度（℃）	相对湿度（%）
002	19.8	35
003	25	40
004	17.5	20
005	21	23
006	19.6	32
007	24.1~24.5	26
008	20	29
009	21	31
010	18	50
011	25	22
012	21	45
013	18	54
014	25	45

四、比对结果及分析

4.1 参考值

4.1.1 参考值的确定

本次比对的参考值由主导实验室的二等铂电阻温度计标准装置给出，主导实验室采用比较法测量 50℃、60℃和 80℃的参考值。主导实验室进行首次测量后将样品发给参比实验室进行比对实验，样品返回主导实验室后再由主导实验室完成末次测量。我们取比对前测量值和比对后测量值的平均值作为参考值。

参考值测量数据见表 4-1。主导实验室对传递标准的测量不确定度评定见附件 3。

表 4-1 参考值测量数据

实验室代码	温度编号	50℃		60℃		80℃	
		测量结果	扩展不确定度 ($k=2$) /℃	测量结果	扩展不确定度 ($k=2$) /℃	测量结果	扩展不确定度 ($k=2$) /℃
002	167	0.00	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02
003	135	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
004	158	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
005	181	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02
006	137	0.00	0.02	0.04	0.02	-0.01	0.02
007	136	0.01	0.02	0.01	0.02	-0.01	0.02
008	151	-0.01	0.02	0.07	0.02	0.02	0.02
009	121	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
010	129	0.01	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02
011	116	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02
012	119	0.00	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02
013	179	0.00	0.02	-0.01	0.02	0.02	0.02
014	169	0.00	0.02	-0.02	0.02	0.01	0.02

4.2 比对结果

4.2.1 参比实验室上报的比对数据及参考值

参比实验室上报的传递标准比对数据及参考值如表 4-2 所示。

表 4-2 参比实验室比对数据

实验室序号	50℃		60℃		80℃	
	测量结果	扩展不确定度 (k=2) /℃	测量结果	扩展不确定度 (k=2) /℃	测量结果	扩展不确定度 (k=2) /℃
002	+0.01℃	U=0.04	+0.03℃	U=0.04	+0.03℃	U=0.04
003	+0.03℃	U=0.04	+0.04℃	U=0.04	+0.05℃	U=0.04
004	-0.01℃	U=0.03	-0.02℃	U=0.03	-0.01℃	U=0.03
005	+0.04℃	U=0.04	+0.03℃	U=0.04	+0.04℃	U=0.04
006	-0.02℃	U=0.06	+0.01℃	U=0.06	-0.03℃	U=0.06
007	+0.03℃	U=0.04	+0.02℃	U=0.04	+0.03℃	U=0.04
008	0.00℃	U=0.032	+0.06℃	U=0.032	-0.02℃	U=0.032
009	+0.04℃	U=0.03	+0.01℃	U=0.03	+0.03℃	U=0.03
010	+0.02℃	U=0.05	+0.02℃	U=0.05	+0.03℃	U=0.05
011	+0.03℃	U=0.02	+0.03℃	U=0.02	-0.02℃	U=0.02
012	+0.01℃	U=0.04	+0.01℃	U=0.04	+0.01℃	U=0.04
013	0.00℃	U=0.05	0.00℃	U=0.05	-0.02℃	U=0.05
014	+0.04℃	U=0.074	-0.05℃	U=0.075	+0.01℃	U=0.076

4.2.2 比对结果评价方法

依据 JJF1117-2010 《计量比对》，用归一化偏差 E_n 值评价各参比实验室给出的比对结果，如公式（1）所示。

$$E_n = \frac{Y_{ji} - Y_{ri}}{k \cdot u_i} = \frac{Y_{ji} - Y_{ri}}{k \cdot \sqrt{u_{ji}^2 + u_{ri}^2}} \quad (1)$$

E_n —本次比对的归一化偏差；

Y_{ri} —第 i 个测量点的参考值，℃；

Y_{ji} —第 j 个参比实验室上报的在第 i 个测量点上的测量结果，℃；

k —覆盖因子， $k=2$ ；

u_i —第 i 个测量点上 $Y_{ji} - Y_{ri}$ 的标准不确定度，℃；

u_{ji} —第 j 个参比实验室上报的在第 i 个测量点上测量结果的标准不确定度， $^{\circ}\text{C}$ ；

u_{ri} —第 i 个测量点参考值的标准不确定度， $^{\circ}\text{C}$ ；

主导实验室根据参比实验室上报的比对结果进行数据汇总分析，并编写比对总结报告。总结报告按各参比实验室比对结果给出 E_n 值，用图表显示各实验室能力，并对提供的报告（证书、不确定度等）进行评价。如各参比实验室不能按时交还比对样品和比对报告，并且提出的书面解释理由不充分，则列为比对结果不满意。

比对结果一致性的评判原则：

· $|E_n| \leq 1$ 参比实验室的测量结果与参考值之差在合理的预期之内，比对结果可以接受；

· $|E_n| > 1$ 参比实验室的测量结果与参考值之差没有达到合理的预期，应分析原因。

4.2.3 比对结果汇总

各参比实验室的测量结果、扩展不确定度和归一化偏差 E_n 如表 4-3 所示。

表 4-3 参比实验室比对结果

实验室 编号	结果评价				
	测量点	测量值	扩展不确定度 $U(k=2)$	E_n	结论
002	50 $^{\circ}\text{C}$	+0.01	0.04	0.22	满意
	60 $^{\circ}\text{C}$	+0.03	0.04	0.22	
	80 $^{\circ}\text{C}$	+0.03	0.04	0.34	
003	50 $^{\circ}\text{C}$	+0.03	0.04	0.56	满意
	60 $^{\circ}\text{C}$	+0.04	0.04	0.34	
	80 $^{\circ}\text{C}$	+0.05	0.04	0.78	
004	50 $^{\circ}\text{C}$	-0.01	0.03	0.69	满意
	60 $^{\circ}\text{C}$	-0.02	0.03	0.69	
	80 $^{\circ}\text{C}$	-0.01	0.03	0.55	
005	50 $^{\circ}\text{C}$	+0.04	0.04	0.45	满意
	60 $^{\circ}\text{C}$	+0.03	0.04	0.11	
	80 $^{\circ}\text{C}$	+0.04	0.04	0.67	
006	50 $^{\circ}\text{C}$	-0.02	0.06	0.32	满意

	60℃	+0.01	0.06	0.47	
	80℃	-0.03	0.06	0.32	
007	50℃	+0.03	0.04	0.56	满意
	60℃	+0.02	0.04	0.22	
	80℃	+0.03	0.04	0.78	
008	50℃	0.00	0.032	0.11	满意
	60℃	+0.06	0.032	0.11	
	80℃	-0.02	0.032	0.89	
009	50℃	+0.03	0.03	0.42	满意
	60℃	+0.01	0.03	0.14	
	80℃	+0.03	0.03	0.83	
010	50℃	+0.02	0.05	0.28	满意
	60℃	+0.02	0.05	0.37	
	80℃	+0.03	0.05	0.46	
011	50℃	+0.03	0.02	0.88	满意
	60℃	+0.03	0.02	0	
	80℃	-0.02	0.02	0.88	
012	50℃	+0.01	0.04	0.22	满意
	60℃	+0.01	0.04	0.45	
	80℃	+0.01	0.04	0.11	
013	50℃	0.00	0.05	0	满意
	60℃	0.00	0.05	0.09	
	80℃	-0.02	0.05	0.74	
014	50℃	+0.04	0.074	0.52	满意
	60℃	-0.05	0.075	0.45	
	80℃	+0.01	0.076	0.06	

由表 4-3 可知，各参比实验室的 E_n 值均小于 1，各参比实验室的比对结果满意。

4.2.4 比对结果图示

为清晰描述各参比实验室的比对结果与参考值的关系，绘制比对结果统计图如图 4-4、图 4-5、图 4-6 所示。图中横坐标为各参比实验室，纵坐标为各参比实验室测量结果与参考值之差，图中小圆点为各参比实验室比对结果，通过小圆点的短线的半宽为各参比实验室不确定度、参考值不确定度的合成。由图

4-1、图 4-2 可见，图中 13 家参比实验室的线条都与参考值相交，说明参比实验室的测量结果与参考值之差在合理的预期之内，比对一致性可接受。

图 4-4

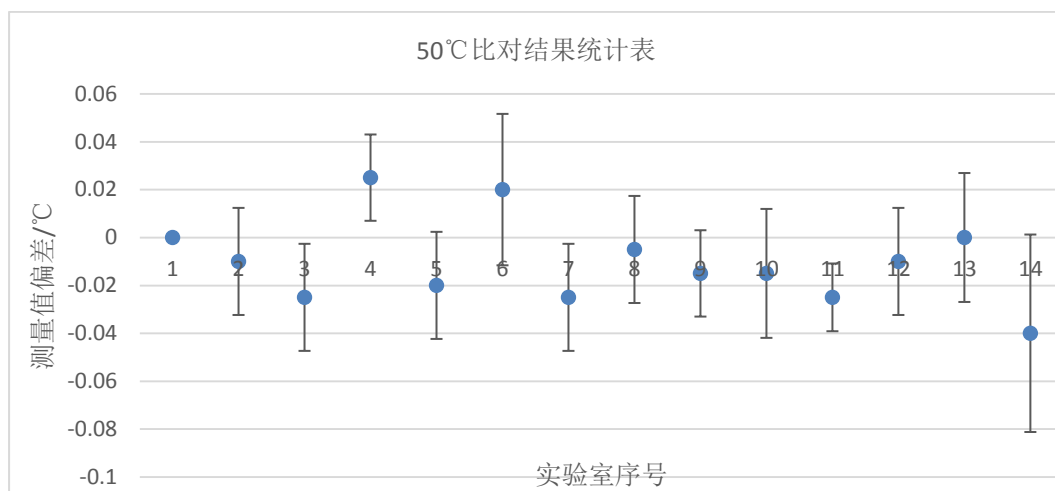


图 4-5

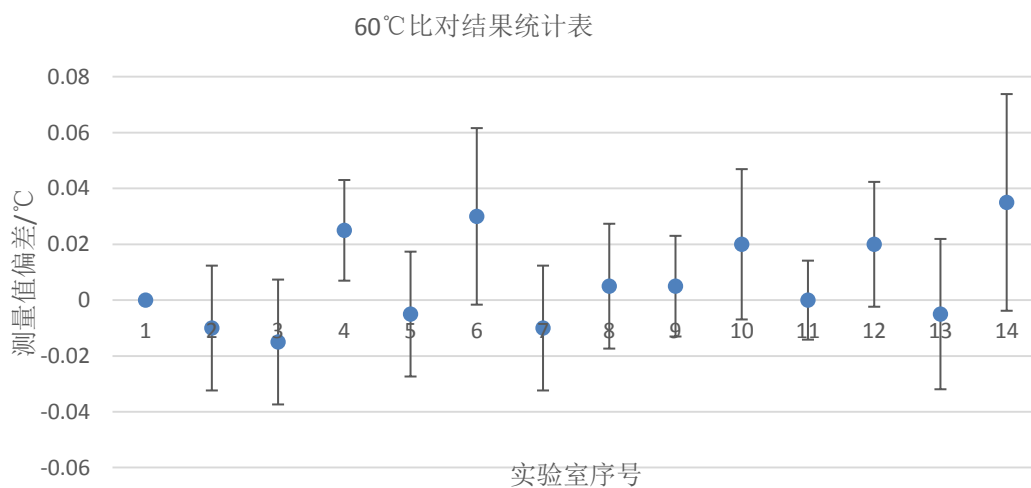
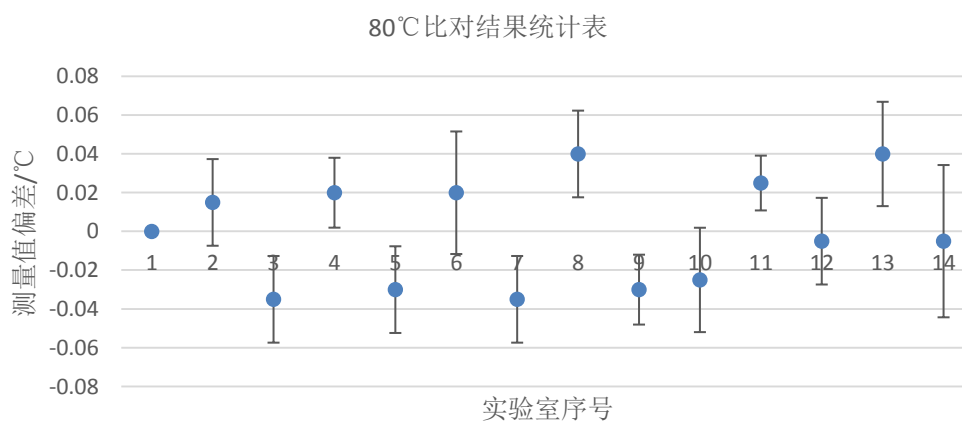


图 4-6



五、对比对情况及问题分析

5.1 总体情况

本次黑龙江省内工作用玻璃液体温度计量值比对共有 13 家市（地）法定计量技术机构实验室参与。比对采用星形传播方式，采用十三组比对样品，对 50℃、60℃和 80℃三个温度点进行测量。各参比实验室依据比对实施方案中的相关规定对传递标准分别进行测量，同时进行了测量不确定度评定，并上交最终的比对报告。主导实验室根据比对方案，依据传递标准的比对结果，对各参比实验室提交的传递标准测量结果和扩展不确定度进行计算评价，比对结果均为满意，并最终进行汇总、整理、分析，形成总结报告。

在主导实验室黑龙江省计量检定测试研究院和各参比实验室的共同努力下，黑龙江省工作用玻璃液体温度计量值比对项目顺利完成。

5.2 存在的问题及改进建议

主导实验室认真审阅了所有参比实验室提交的比对材料，从计量标准器、原始记录、不确定度评定、环境条件等方面对本次比对做了全面分析，各参比实验室在本次比对中暴露的问题及相应的建议如下：

- 1) 法定技术机构配套设备为非法定技术机构量传，不符合 JJF1033-2023 的要求；
- 2) 非法定技术机构出具的恒温槽波动性校准数据，均匀性不符合规范要求；
- 3) 非法定技术机构出具的校准证书依据的校准规范名称不正确，应为 JJF1030-2010《恒温槽技术性能测试规范》；
- 4) 部分实验室不确定度分析需要更加深入的学习。

六、总结

通过本次黑龙江省工作用玻璃液体温度计量值比对工作，比较全面的掌握了黑龙江省内法定计量技术机构的标准水银温度计标准装置的实际水平。本次 13 家参比实验室虽然 En 值均小于 1 比对结果满意，但是在比对结果的不确定度评定上存在一定的不足，建议参比实验室针对 5.2 存在的问题进行相关内容的再培训和学习。

附件1 参比实验室名单

实验室代码	参比实验室名称	比对负责人	电话
001	黑龙江省计量检定测试研究院	刘勇	13100933059
002	哈尔滨市计量检定测试院	吴月明	18686883818
003	齐齐哈尔市检验检测中心	李杨	18645529333
004	牡丹江市检验检测中心	周阁	13624536888
005	佳木斯市检验检测中心	颜井龙	13945480062
006	大庆市检验检测中心	潘鑫	13091691111
007	鸡西市检验检测中心	杨光	13329566446
008	双鸭山市检验检测中心	朱文鹏	13796911799
009	伊春市检验检测中心	张昕	18645859000
010	七台河市检验检测中心	孙连智	13304675618
011	鹤岗市检验检测中心	潘冠晨	15946623310
012	黑河市检验检测中心	栾臣	13904560954
013	绥化市检验检测中心	宋文龙	15765235553
014	大兴安岭地区检验检测中心	孙浩	15045706766

附件2 参比实验室具体使用设备

实验室	标准器名称	编号	技术指标	溯源单位
001	二等铂电阻温度计	210630	二等	国家院
	恒温槽	6193	波动度: <0.01℃ 均匀度: 水平温差: <0.01℃ 最大温差: <0.02℃	省院
002	标准水银温度计	38977	MPE: ±(0.2~0.35)℃	省院
	恒温槽	17510	波动度: <0.01℃ 均匀度: 水平温差: <0.01℃ 最大温差: 0.004℃	辽宁院
003	标准水银温度计	3-220	±(0.15~0.35)℃	省院
	恒温槽	522012206034	波动度: <0.01℃ 均匀度: 水平温差: <0.01℃ 最大温差: <0.02℃	省院
004	标准水银温度计	3-128	标准	省院
	恒温槽	11132	工作区域上水平最大温差: 0.03℃ 工作区域下水平最大温差: 0.02℃ 工作区域最大温差: 0.03℃	省院
005	标准水银温度计	/	标准	省院
	恒温槽	16254	波动度: <0.01℃ 均匀度: <0.01℃	佳木斯市检验检测中心
006	标准水银温度计	3-577	标准	辽宁院
	恒温槽	2003-0035	温度波动度≤±0.02℃ 水平温场均匀度<0.01℃ 纵向温场均匀度<0.03℃	大庆市检验检测中心
007	标准水银温度计	346	二等	省院
	恒温槽	17637	MPE: ±0.02℃	黑龙江龙澳达计量检测技术有限公司

008	标准水银温度计	3-50	MPE: $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$	省院
	恒温槽	20200502	波动度: $< 0.01^{\circ}\text{C}$ 均匀度: $< 0.01^{\circ}\text{C}$	省院
009	标准水银温度计	3-201	二等	省院
	恒温槽	0550	波动度: $< 0.02^{\circ}\text{C}$ 均匀度: $< 0.01^{\circ}\text{C}$	北京院
010	标准水银温度计	3-623	标准	省院
	恒温槽	2008032	波动度: $< 0.02^{\circ}\text{C}$ 均匀度: $< 0.02^{\circ}\text{C}$	省院
011	标准水银温度计	3-35	标准级	省院
	恒温槽	9364	波动度: $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 均匀度: 0.02°C	鹤岗市检验检测中心
012	标准水银温度计	3-8	二等	省院
	恒温槽	306549	温场差 0.01°C	黑龙江龙澳达计量检测技术有限公司
013	标准水银温度计	29728	二等标准	省院
	恒温槽	3003015	波动度: $< 0.01^{\circ}\text{C}$ 均匀度: $< 0.01^{\circ}\text{C}$	省院
014	标准水银温度计	3-50	二等	省院
	恒温槽	HL10012	波动度: $\leq 0.02^{\circ}\text{C}$	中计计量检测有限公司

附件3 主导实验室不确定度评定报告

工作用玻璃液体温度计测量不确定度评定

一、 测量方法

- 1.1 测量对象：测量范围在（50~100）℃，分度值为0.1℃的工作用玻璃液体温度计。
- 1.2 测量依据：JJG 130-2011 《工作用玻璃液体温度计》。
- 1.3 测量条件：温度：25℃，湿度：40% RH。
- 1.4 测量主标准器：测量范围在（-60~419.527）℃的二等标准铂电阻温度计。
- 1.5 测量配套设备：1、测量范围在（-10~95）℃的恒温槽。

2、分辨率为0.1mK的电测设备。

1.6 测量程序：将合格的一支工作用玻璃液体温度计与一支二等标准铂电阻温度计置于恒温槽中，用比较法进行检定。

二、测量函数：

依据检定规程，被检温度计的示值修正值为

$$d_{\text{被}} = t_{\text{标}} - t_{\text{被}}$$

式中： $d_{\text{被}}$ —被检温度计的示值修正值，℃；

$t_{\text{标}}$ —二等标准铂电阻温度计确定的实际温度偏差，℃；

$t_{\text{被}}$ —被检温度计温度示值偏差的平均值，℃；

考虑到二等标准铂电阻温度计本身的不确定度、配用的电测设备稳定性对测量结果的影响及恒温槽温场均匀性、时间常数不同、估读误差、视觉误差、数据修约取舍等对测量结果的影响，被测量估计值的不确定度来源有：

- (1) 二等标准铂电阻温度计在50℃的标准不确定度 u_1 ；
- (2) 配用的电测设备引入的标准不确定度 u_2 ；
- (3) 二等标准铂电阻温度计温度稳定性引入的标准不确定度 u_3 ；
- (4) 恒温槽温场均匀性引起的标准不确定度 u_4 ；
- (5) 时间常数不同引入的标准不确定度 u_5 ；
- (6) 估读引起的标准不确定度 u_6 ；
- (7) 数据修约取舍引起的标准不确定度 u_7 ；
- (8) 测量重复性引起的标准不确定度 u_8 ；

按不确定度传播率，方差表达方式为：

$$u_c^2 = (c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2 + (c_3 u_3)^2 + (c_4 u_4)^2 + (c_5 u_5)^2 + (c_6 u_6)^2 + (c_7 u_7)^2 + (c_8 u_8)^2$$

所有灵敏系数为1，因此

$$u_c^2 = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2$$

三、输入量估计值的标准不确定度评定

3.1 二等标准铂电阻温度计在 50℃ 的标准不确定度 u_1

有证书给出: $U=1.4\text{mK}$, 属正态分布, 则

$$u_1 = \frac{1.4}{2} = 0.7 \text{ mk} = 0.0007^\circ\text{C}$$

3.2 配用电测设备引入的标准不确定度 u_2

测量二等标准铂电阻温度计的测量设备为精密测温仪, 其分辨力为 0.001°C , 服从均匀分布, 则:

$$u_2 = \frac{0.001}{\sqrt{3}} = 0.0006^\circ\text{C}$$

3.3 二等标准铂电阻温度计稳定性引入的标准不确定度 u_3

根据标准铂电阻温度计检定规程, 可得稳定性变化不会超过 $\pm 1\text{mK}$, 服从均匀分布, 则:

$$u_3 = \frac{0.001}{\sqrt{3}} = 0.0006^\circ\text{C}$$

3.4 恒温槽均匀性引起的标准不确定度 u_4

根据检定规程要求, 恒温槽温场最大温差为 0.02°C , 则不确定度区间半宽为 0.01°C , 按均匀分布计算, 则

$$u_4 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006^\circ\text{C}$$

3.5 时间常数不同引入标准不确定度 u_5

根据检定规程要求, 温场变化 0.01°C , 相对于 10 次读数, 其变化为 $\pm 0.001^\circ\text{C}$, 服从均匀分布, 则

$$u_5 = \frac{0.001}{\sqrt{3}} = 0.0006^\circ\text{C}$$

3.6 估读引起的标准不确定度 u_6

估读所产生的误差一般为分度值的 $1/10$, 为 0.01°C , 服从均匀分布, 则

$$u_6 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006$$

3.7 数据修约取舍引起的标准不确定度 u_7

末位取舍所产生的误差一般为分度值的 $1/10$, 为 $\pm 0.01^\circ\text{C}$, 服从均匀分布, 则

$$u_7 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006$$

3.8 测量重复性引起的标准不确定度 u_8

在 50°C 重复测量 10 次, 测量得到的示值为: 得到测量值($^\circ\text{C}$): 50.000、50.000、50.000、49.999、49.999、49.999、50.000、50.000、50.000、50.000 测量的实验标准差

$$\text{为: } S(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0002^\circ\text{C}$$

$$\text{测量结果平均值的标准不确定度: } u(t_1) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{4}} = 0.0001^\circ\text{C}$$

在 60°C 刻度时测得值为 ($^\circ\text{C}$):

60.006、60.008、60.008、60.006、60.005、60.007、60.007、60.007、60.007、60.007

$$\text{测量的实验标准差为: } S(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.001^\circ\text{C}$$

$$\text{测量结果平均值的标准不确定度: } u(t_1) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{4}} = 0.0005^\circ\text{C}$$

在 80°C 刻度时测得值为 (°C):

80.003、80.005、80.005、80.005、80.004、80.004、80.005、80.005、80.004、80.004、

$$\text{测量的实验标准差为: } S(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.001^\circ\text{C}$$

$$\text{测量结果平均值的标准不确定度: } u(t_1) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{4}} = 0.0005^\circ\text{C}$$

四、不确定度分量一览表

不确定度来源	分布	灵敏系数	u_i (°C)	不确定度分量 (°C)
标准器不确定度	正态分布	1	0.0007	0.0007
标准器配用电测设备	均匀分布	1	0.0006	0.0006
标准器稳定性	均匀分布	1	0.0006	0.0006
恒温槽温场均匀性	均匀分布	1	0.006	0.006
时间常数	均匀分布	1	0.0006	0.0006
估读误差	均匀分布	1	0.006	0.006
数据修约取舍	均匀分布	1	0.006	0.006
重复测量	正态分布	1	0.0005	0.0005

五、计算合成标准不确定度

以上各量互不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c \sqrt{\sum_1^9 u_i^2} = \sqrt{0.0007^2 + 0.0006^2 + 0.0006^2 + 0.006^2 + 0.0006^2 + 0.006^2 + 0.006^2 + 0.0005^2} = 0.01^\circ\text{C}$$

六、评定扩展不确定度

取 $k=2$

50°C 测量结果扩展不确定度为 $U=k \times u_c=2 \times 0.01=0.02^\circ\text{C}$

60°C 测量结果扩展不确定度为 $U=k \times u_c=2 \times 0.01=0.02^\circ\text{C}$

80°C 测量结果扩展不确定度为 $U=k \times u_c=2 \times 0.01=0.02^\circ\text{C}$