

JJF(沪苏浙皖)

沪苏浙皖地方计量校准规范

JJF(沪苏浙皖) XXXX-20XX

可穿戴体温计校准规范

Calibration Specification of Wearable Thermometers

(公示稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

上海市市场监督管理局

江苏省市场监督管理局 发布

浙江省市场监督管理局

安徽省市场监督管理局

可穿戴体温计校准规范

Calibration Specification of Wearable
Thermometers

JJF (沪苏浙皖) XXXX—20XX

归口单位：安徽省热工计量技术委员会

主要起草单位：安徽省计量科学研究院

参加起草单位：维灵（杭州）信息技术有限公司

本规范委托安徽省热工计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

贺晓辉（安徽省计量科学研究院）
伍德春（安徽省计量科学研究院）
吕 吉（安徽省计量科学研究院）
褚旭烨（安徽省计量科学研究院）
谭德建（安徽省计量科学研究院）

参加起草人：

罗成伟（维灵（杭州）信息技术有限公司）
石桂花（安徽省计量科学研究院）

目 录

引 言.....	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性.....	(2)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 供电条件.....	(3)
6.3 测量标准及其他设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(4)
7.1 校准项目.....	(4)
7.2 校准前的检查.....	(4)
7.3 校准方法.....	(4)
7.4 数据处理.....	(5)
8 校准结果表达.....	(7)
9 复校时间间隔.....	(8)
附录 A 可穿戴体温计校准记录参考格式.....	(9)
附录 B 可穿戴体温计校准证书内页参考格式.....	(13)
附录 C 可穿戴体温计示值误差测量不确定度评定示例(一).....	(14)
附录 D 可穿戴体温计示值误差测量不确定度评定示例(二)	(17)

引 言

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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

可穿戴体温计校准规范

1 范围

本规范适用于温度显示范围覆盖（35.0～41.0）℃连续测量、数据无线传输并实时显示的可穿戴体温计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 161-2010 标准水银温度计

JJG 1162-2019 医用电子体温计

JJF 1366-2012 温度数据采集仪校准规范

GB/T 21416-2008 医用电子体温计

YY 0785 临床体温计 连续测量的电子体温计性能要求

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 术语

3.1 可穿戴体温计 wearable thermometer

通过穿戴方式将温度传感器贴附于人体皮肤表面用于连续测量人体温度的电子体温计。

3.2 温度传感器 temperature sensor

能感受温度信号并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置。

3.3 无线传输 wireless transmission

使用蓝牙、WIFI、Zigbee 等无线通讯技术将温度传感器采集到的数据传输到显示终端，实现数据交互的一种方式。

4 概述

可穿戴体温计(以下简称体温计)是一种采用可穿戴技术感知皮肤表面温度，实时监测体温的智能电子设备。主要由温度传感端和显示终端（如手机、平板、显示器）组成，其工作原理为：温度传感器贴附于人体皮肤表面，感知皮肤温度输出相应信号，经信号放大、

转换等处理后以无线传输方式将测量数据实时传输至显示终端。体温计按密封程度可分为防水和不防水两种。

体温计的工作原理如图1所示。

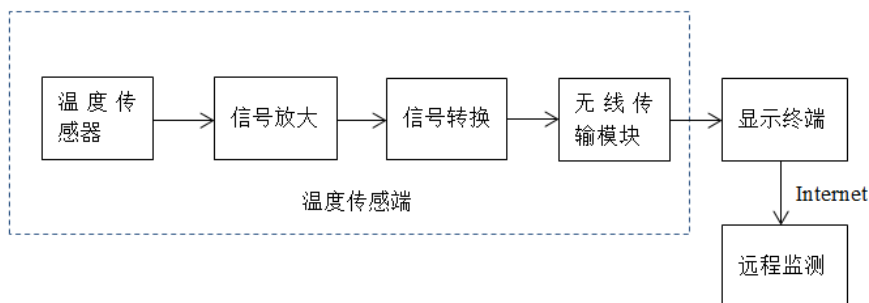


图1 体温计工作示意图

5 计量特性

体温计计量特性包括温度显示范围、温度显示分辨力和示值误差，常用技术要求见表1所示。

表1 体温计常用技术要求

温度显示范围/℃	温度显示分辨力/℃	示值误差/℃	
		温度范围	示值最大允许误差
应能覆盖 (35.0~41.0)	不低于 0.1	$T<35.3$	±0.3
		$35.3\leq T<37.0$	±0.2
		$37.0\leq T\leq 39.0$	±0.1
		$39.0< T\leq 41.0$	±0.2
		$T>41.0$	±0.3

注：

1 对计量特性另有要求的体温计，按有关技术文件规定的要求进行校准。

2 以上所有指标不适用于符合性判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度：(15~35)℃, 相对湿度：不大于 85%。周围应无影响测量的电磁干扰。当电测设备对环境条件另有要求时，应满足其使用要求。

6.2 供电条件

校准时，体温计电量应在其能够正常工作的范围之内，供恒温 and 电测设备使用的电源应满足相应的使用要求。

6.3 测量标准及其他设备

校准时，可选择表 2 所示的相关测量标准及主要配套设备，测量标准装置的扩展不确定度（ $k=2$ ）应不超过被校体温计示值最大允许误差绝对值的 1/3。

表 2 校准用测量标准及其他设备

序号	仪器设备名称	技术要求	用途	备注
1	标准体温计	测量范围：(34.5~44.5)℃ 分度值：不大于 0.05℃	测量标准	也可使用满足要求的其它计量标准器
2	标准铂电阻温度计	二等或以上	测量标准	
3	电测设备	相对误差不大于 5×10^{-5}	与标准铂电阻温度计配套使用	
4	恒温槽	温度范围应覆盖：(0~50)℃， 恒温时工作区域内任意两点的 温差不超过 0.01℃，温度波 动性不超过 0.02℃/10 min	提供恒定温度源	恒温槽工作区域深度 应能满足测量标准插 入深度要求
5	水三相点瓶 及保存装置	复现性不大于 1 mK	测量标准铂电阻 温度计水三相点 的电阻值	水三相点的制备及使 用方法见 JJG161 -2010 附录 E
6	读数望远镜	放大倍数 5 倍以上，可调水平	读取标准体温计 示值	也可使用其它可调视 线水平的读数装置
7	钢卷尺	准确度等级不低于 II 级	测量体温计温度 传感端与显示终 端之间的距离	需满足测量有效通讯 距离要求

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

体温计的校准项目为：示值误差、温度显示范围和温度显示分辨力。

7.2 校准前的检查

7.2.1 外观

目测体温计外观，应外形完好、保持整洁，不应有影响使用的缺陷；具有防水功能的体温计，应密封无破损；显示终端的数字应清晰，无数字闪烁、叠字、错码、乱码和缺笔画现象，小数点位置应正确。

7.2.2 数据无线传输功能

通过钢卷尺将体温计温度传感端与显示终端保持在制造商规定的有效通讯距离上，启动显示终端，应能实现两者之间数据的有效连接；显示终端应能按照采集时间间隔连续显示温度测量数据，无间断或停止显示现象。

7.2.3 超温报警提示功能

将体温计报警值分别设定在其温度显示范围的上限和下限值上，并将恒温槽温度分别控制在高于体温计显示范围上限 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和低于显示范围下限 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度点，将被校体温计浸入恒温槽，待恒温槽稳定后，观察体温计的显示终端，应有听觉或视觉上的提示信号。

7.3 校准方法

7.3.1 校准点的选择

体温计的校准点一般选择 $35.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $37.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $39.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $41.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 共 4 点；当其显示范围超出 $(35.0\sim 41.0)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，可增加显示范围上、下限附近的点；用户有要求时，可按用户要求选择校准点。

7.3.2 采用标准体温计作为测量标准时，标准体温计应全浸使用，露出液柱高度应不超过 10 mm ，并应使用读数望远镜读取其示值，应估读至标准体温计分度值的 $1/10$ 。采用标准铂电阻温度计作为测量标准时，其插入深度应不小于 250 mm ，激励电流应不大于 1 mA 。

7.3.3 将恒温槽温度恒定在被校温度点上，恒温槽温度偏离校准点不得超过 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ （以测量标准读数为准）。对于防水等级低于 IPX8 的体温计，可将其放入聚乙烯材质密封袋中抽真空或尽量挤压出袋中空气，使温度传感器紧贴密封袋内侧，防水等级为 IPX8 及以上的体温计，可将其直接放入金属网兜并浸入距离恒温槽液面 50 mm 以下的工作区域内，稳定 20 min 后，按“标准→被校 1→被校 2→……→被校 n-1→被校 n→被校 n-1……→被校

2→被校 1→标准”的顺序分别读取测量标准及显示终端的实时显示值。读数过程中，槽温变化不得超过 0.02 ℃。校准时，读数应迅速，时间间隔应均匀一致，读数应不少于两个循环。

7.3.4 在每次校准结束后，应立即测量标准体温计的零位或标准铂电阻温度计的水三相点电阻值。

a) 使用冻制好的水三相点瓶测量和计算标准体温计的零位，并按照公式（2）计算标准体温计新的示值修正值加以使用。

b) 在冻制好的水三相点瓶中使用同一电测设备测量标准铂电阻温度计的水三相点电阻值，以新测得的值计算恒温槽实际温度。

7.3.5 温度显示范围与显示分辨力

将恒温槽从常温（低于 35 ℃）开始升温至 42 ℃，按照 7.3.3 方法浸入被校体温计，观察其温度显示范围与显示分辨力是否符合表 1 要求。

7.4 数据处理

7.4.1 当使用标准体温计作测量标准器时，被校体温计的示值误差按公式（1）计算：

$$\Delta t = \bar{t}_i - (\bar{t}_a + t_d) \quad (1)$$

式中：

Δt ——在每一校准点上，被校体温计的示值误差，℃；

$\bar{t}_i$ ——在每一校准点上，被校体温计显示值的平均值，℃；

$\bar{t}_a$ ——在每一校准点上，标准体温计显示值的平均值，℃；

t_d ——在每一校准点上，标准体温计的修正值，℃。

当标准体温计的零点位置发生变化时，应使用公式（2）计算出各温度点新的示值修正值。

$$t_d = t_d' + (a_0' - a_0) \quad (2)$$

式中：

t_d' ——在每一校准点上，标准体温计原证书修正值，℃；

a_0' ——标准体温计原证书的零点位置，℃；

a_0 ——标准体温计新测得的零点位置，℃。

7.4.2 当使用标准铂电阻温度计作测量标准器时，被校体温计的示值误差按公式（3）计算：

$$\Delta t = \bar{t}_i - \bar{t}_b \quad (3)$$

式中：

$\bar{t}_b$ ——在每一校准点上，标准铂电阻温度计测得值的平均值，℃。

当电测设备不能自动换算标准铂电阻温度值时，按以下步骤计算 $\bar{t}_b$ 值：

$$W(\bar{t}_b) = \frac{R_{t_b}}{R_{tp}} \quad (4)$$

$$\Delta W(\bar{t}_b) = a_8 [W(\bar{t}_b) - 1] + b_8 [W(\bar{t}_b) - 1]^2 \quad (5)$$

$$W_r^*(\bar{t}_b) = W(\bar{t}_b) - \Delta W(\bar{t}_b) \quad (6)$$

计算出 $W_r^*(\bar{t}_b)$ 值后，查标准铂电阻温度计的参考函数表得到其参考函数值 $W_r(t)$ ，按公式（7）计算 $\bar{t}_b$ 值。

$$\bar{t}_b = t + \frac{W_r^*(\bar{t}_b) - W_r(t)}{dW_r/dt} \quad (7)$$

公式（4）至（7）中各符号的含义如下：

t ——校准点名义温度值，℃；

R_{t_b} ——标准铂电阻温度计在每一校准点上4次测量值的平均值，Ω；

R_{tp} ——最高温度点校准结束后，标准铂电阻温度计在水三相点上的测量值，Ω；

a_8 、 b_8 ——标准铂电阻温度计的分度常数，可在其检定证书上查阅得到；

$W(\bar{t}_b)$ ——标准铂电阻温度计的实测电阻比值；

$\Delta W(\bar{t}_b)$ ——标准铂电阻温度计实测电阻比的差值函数值；

$W_r^*(\bar{t}_b)$ ——标准铂电阻温度计参考函数的计算值；

dW_r/dt ——标准铂电阻温度计参考函数值的变化率，℃⁻¹。

当标准铂电阻温度计检定证书给出分度表、电阻比以及电阻比变化率时，也可按式（8）计算 $\bar{t}_b$ 值：

$$\bar{t}_b = t + \frac{W(\bar{t}_b) - W(t)}{dW_t / dt} \quad (8)$$

式中：

$W(t)$ ——标准铂电阻温度计检定证书上给出的电阻比值；

dW_t / dt ——标准铂电阻温度计检定证书上给出的电阻比变化率， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

7.4.3 数据修约

一般情况下， $\bar{t}_a$ 、 $\bar{t}_b$ 可修约至比被校体温计温度显示分辨力精确一位， Δt 应修约至与被校体温计温度显示分辨力一致。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果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) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 示值误差、温度显示范围、分辨力的校准结果及有关扩展不确定度，以及功能性检查结果的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔由体温计的使用情况、本身质量等诸多因素决定，因此，送校单位可根据实际情况自主决定复校时间间隔。

建议体温计的复校时间间隔为一年。

附录 A

可穿戴体温计校准记录参考格式

A.1 委托单位及被校信息

委托单位	被校 1	被校 2	被校 3	被校 4	被校 5
委托方地址					
仪器名称					
型号规格					
标称显示范围/℃					
分辨力/℃					
仪器编号					
生产厂家					
校准证书号					

A.2 校准用标准器及设备信息

标准器名称	型号规格	准确度等级/不确定度/最大允许误差	出厂编号	有效期	证书编号	溯源单位

A.3 校准依据、地点及环境条件

校准依据		校准地点	
环境条件	温度：_____℃ 相对湿度：_____%		

A.4 功能性检查项目

项目	要求	检查结果				
		被校 1	被校 2	被校 3	被校 4	被校 5
外观						
数据无线传输功能						
超温报警功能						

A.5 示值误差的校准（标准体温计作测量标准器）

标准体温计零点位置证书值：℃，实测值：℃

	标准读数/℃	被校读数/℃				
		被校 1	被校 2	被校 3	被校 4	被校 5
校 准 点 ____℃						
平均值						
标准修正值 (证书值)/℃						
实际温度/℃						
示值误差/℃	/					
扩展不确定度 $U/℃$ ($k=2$)	/					
校 准 点 ____℃						
平均值						
标准修正值 (证书值)/℃						
实际温度/℃						
示值误差/℃	/					
扩展不确定度 $U/℃$ ($k=2$)	/					
校 准 点 ____℃						
平均值						
标准修正值 (证书值)/℃						
实际温度/℃						
示值误差/℃	/					
扩展不确定度 $U/℃$ ($k=2$)	/					

	标准读数/℃	被校读数/℃				
		被校 1	被校 2	被校 3	被校 4	被校 5
校 准 点 ____℃						
平均值						
标准修正值 (证书值)/℃						
实际温度/℃						
示值误差/℃	/					
扩展不确定度 $U/℃$ ($k=2$)	/					
温度显示范围						
温度显示 分辨力/℃						

A.6 示值误差的校准(标准铂电阻温度计作测量标准器)

标准铂电阻温度计水三相点证书值: Ω , 实测值: Ω

	标准读数 $\square/\Omega$ $\square/℃$	被校读数/℃				
		被校 1	被校 2	被校 3	被校 4	被校 5
校 准 点 ____℃						
平均值						
实际温度/℃						
示值误差/℃	/					
扩展不确定度 $U/℃$ ($k=2$)	/					
校 准 点 ____℃						
平均值						
实际温度/℃						
示值误差/℃	/					
扩展不确定度 $U/℃$ ($k=2$)	/					

	标准读数 $\square/\Omega$ $\square/^{\circ}\text{C}$	被校读数/ $^{\circ}\text{C}$				
		被校 1	被校 2	被校 3	被校 4	被校 5
校 准 点 ____ $^{\circ}\text{C}$						
平均值						
实际温度/ $^{\circ}\text{C}$						
示值误差/ $^{\circ}\text{C}$	/					
扩展不确定度 $U/^{\circ}\text{C}$ ($k=2$)	/					
校 准 点 ____ $^{\circ}\text{C}$						
平均值						
实际温度/ $^{\circ}\text{C}$						
示值误差/ $^{\circ}\text{C}$	/					
扩展不确定度 $U/^{\circ}\text{C}$ ($k=2$)	/					
温度显示范围						
温度显示 分辨力/ $^{\circ}\text{C}$						

校准员：

核验员：

年 月 日

附录 B

可穿戴体温计校准证书内页参考格式

B.1 功能性检查结果

项目	检查结果
外观	
数据无线传输功能	
超温报警功能	

B.2 示值误差校准结果

校准温度/℃	示值误差/℃	扩展不确定度 U /℃ ($k=2$)
温度显示范围		
温度显示分辨力/℃		

(以下空白)

附录 C

可穿戴体温计示值误差测量不确定度评定示例(一)

C.1 被测对象

以分辨力为 0.01 °C 的可穿戴体温计为例, 采用标准铂电阻温度计作为标准器进行校准, 评定在校准点 37 °C 时示值误差的不确定度。

C.2 测量模型

体温计示值误差的测量模型为

$$\Delta t = \bar{t}_i - \bar{t}_b \quad (\text{C.1})$$

式中:

Δt ——被校体温计的示值误差, °C;

$\bar{t}_i$ ——被校体温计显示值的平均值, °C;

$\bar{t}_b$ ——标准铂电阻温度计测得值的平均值, °C。

C.3 标准不确定度来源

C.3.1 输入量 $\bar{t}_i$ 引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_i)$ 由以下 2 个分量构成:

(a) 被校体温计测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{t}_i)$;

(b) 被校体温计示值分辨力引入的标准不确定度 $u_2(\bar{t}_i)$;

C.3.2 输入量 $\bar{t}_b$ 引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_b)$ 由以下 4 个分量构成:

(a) 标准铂电阻温度计量值溯源引入的标准不确定度 $u_1(\bar{t}_b)$;

(b) 电测设备测量误差引入的标准不确定度 $u_2(\bar{t}_b)$;

(c) 标准铂电阻水三相点电阻值变化引入的标准不确定度 $u_3(\bar{t}_b)$;

(d) 恒温槽温度场不均匀引入的标准不确定度 $u_4(\bar{t}_b)$ 。

C.4 标准不确定度的评定

C.4.1 $u(\bar{t}_i)$ 的评定C.4.1.1 $u_1(\bar{t}_i)$ 的评定

恒温槽的温度波动、被校体温计的短期不稳定性等均会导致被校体温计示值的不重复,

采用A类评定方法。对被校体温计在重复性条件下做10次测量,获得测量值分别为37.03 °C、37.02 °C、37.03 °C、37.02 °C、37.04 °C、37.02 °C、37.03 °C、37.02 °C、37.03 °C、37.03 °C,则单次测量的实验标准偏差为

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (t_{ij} - \bar{t}_i)^2}{10-1}} = 0.0067 \text{ °C}$$

实际测量中以4次测量值的平均值作为测量结果,则

$$u_1(\bar{t}_i) = s / \sqrt{4} = 0.003 \text{ °C}$$

C.4.1.2 $u_2(\bar{t}_i)$ 的评定

被校体温计分辨力为0.01 °C,采用B类评定方法,则区间半宽 $a=0.005 \text{ °C}$,该分布服从均匀分布,则

$$u_2(\bar{t}_i) = 0.005 \text{ °C} / \sqrt{3} = 0.003 \text{ °C}$$

C.4.2 $u(\bar{t}_b)$ 的评定

C.4.2.1 $u_1(\bar{t}_b)$ 的评定

$u_1(\bar{t}_b)$ 由标准铂电阻温度计的量值溯源引入,37 °C时二等标准铂电阻温度计的不确定度为 $U=0.0048 \text{ °C}$ ($k=2$),则

$$u_1(\bar{t}_b) = 0.0048 \text{ °C} / 2 = 0.002 \text{ °C}$$

C.4.2.2 $u_2(\bar{t}_b)$ 的评定

用1529测温仪测量二等标准铂电阻温度计,其测温精度为 $\pm 2.5 \times 10^{-5}$,服从均匀分布,采用B类评定方法,则标准不确定度为

$$u_2(\bar{t}_b) = \left(\frac{2.5 \times 10^{-5} \times 28.7 \text{ } \Omega}{0.1 \text{ } \Omega / \text{°C}} \right) / \sqrt{3} = 0.004 \text{ °C}$$

C.4.2.3 $u_3(\bar{t}_b)$ 的评定

规范要求最高温度点校准结束后立即测定标准铂电阻温度计的水三相点电阻值,并使用新测值计算,水三相点测得值的不确定度为2 mK ($k=2$),则

$$u_3(\bar{t}_b) = 0.002 \text{ °C} / 2 = 0.001 \text{ °C}$$

C.4.2.4 $u_4(\bar{t}_b)$ 的评定

按规范要求,恒温槽的均匀性应满足0.01 °C,采用B类评定方法,按均匀分布,则

标准不确定度为

$$u_4(\bar{t}_b) = 0.01^\circ\text{C} / 2\sqrt{3} = 0.003^\circ\text{C}$$

C.5 合成标准不确定度

C.5.1 标准不确定度分量一览表见表 C.1。

表 C.1 标准不确定度分量一览表

序号	不确定度来源	标准不确定度 / $^\circ\text{C}$	灵敏系数
$u(\bar{t}_i)$	被校体温计重复性 $u_1(\bar{t}_i)$	0.003	1
	被校体温计分辨力 $u_2(\bar{t}_i)$	0.003	
$u(\bar{t}_b)$	标准铂电阻量值溯源引入 $u_1(\bar{t}_b)$	0.002	-1
	电测设备测量误差 $u_2(\bar{t}_b)$	0.004	
	标准铂电阻水三相点电阻值变化 $u_3(\bar{t}_b)$	0.001	
	恒温槽温度场不均匀性 $u_4(\bar{t}_b)$	0.003	

C.5.2 合成标准不确定度的计算

以上各项标准不确定度分量互不相关，所以合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta t) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{t}_i) + c_2^2 u^2(\bar{t}_b)} = 0.007^\circ\text{C}$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(\Delta t) = 0.02^\circ\text{C}$$

C.7 测量不确定度的报告

体温计在 37°C 校准点上示值误差的不确定度为：

$$U = 0.02^\circ\text{C}, k=2$$

附录 D

可穿戴体温计示值误差测量不确定度评定示例（二）

D.1 被测对象

以分辨率为 0.01 °C 的可穿戴体温计为例，采用标准体温计作为标准器进行校准，评定在校准点 41 °C 时示值误差的不确定度。

D.2 测量模型

可穿戴体温计示值误差的测量模型为

$$\Delta t = \bar{t}_i - (\bar{t}_a + t_d) = \Delta \bar{t}_i - t_d \quad (\text{D.1})$$

式中：

Δt ——在每一校准点上，被校体温计的示值误差，°C；

$\bar{t}_i$ ——在每一校准点上，被校体温计显示值的平均值，°C；

$\bar{t}_a$ ——在每一校准点上，标准体温计显示值的平均值，°C；

t_d ——在每一校准点上，标准体温计的修正值，°C；

$\Delta \bar{t}_i$ ——在每一校准点上，被校体温计与标准体温计的平均示值之差，°C。

D.3 标准不确定度来源

D.3.1 输入量 $\Delta \bar{t}_i$ 引入的标准不确定度 $u(\Delta \bar{t}_i)$ 由以下 5 个分量构成：

- (a) 被校可穿戴体温计测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\Delta \bar{t}_i)$ ；
- (b) 被校可穿戴体温计示值分辨力引入的标准不确定度 $u_2(\Delta \bar{t}_i)$ ；
- (c) 恒温槽温度场不均匀引入的标准不确定度 $u_3(\Delta \bar{t}_i)$ ；
- (d) 标准体温计插入不垂直引入的标准不确定度 $u_4(\Delta \bar{t}_i)$ ；
- (e) 标准体温计估读引入的标准不确定度 $u_5(\Delta \bar{t}_i)$ 。

D.3.2 输入量 t_d 引入的标准不确定度 $u(t_d)$ 由以下 2 个分量构成：

- (a) 标准体温计量值溯源引入的标准不确定度 $u_1(t_d)$ ；
- (b) 标准体温计稳定性引入的标准不确定度 $u_2(t_d)$ ；

D.4 标准不确定度的评定

D. 4. 1 $u(\Delta\bar{t}_i)$ 的评定D. 4. 1. 1 $u_1(\Delta\bar{t}_i)$ 的评定

恒温槽的温度波动、标准体温计和被校体温计的短期不稳定性等均会导致被校体温计示值与标准体温计示值之差的不重复，采用 A 类评定方法。在重复性条件下，对被校体温计和标准体温计的示值之差做 10 次测量，获得测量结果分别为 0.04 °C、0.02 °C、0.03 °C、0.02 °C、0.03 °C、0.02 °C、0.03 °C、0.04 °C、0.03 °C、0.03 °C，则单次测量结果的实验标准偏差为

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} (\Delta t_{ij} - \Delta \bar{t}_i)^2}{10-1}} = 0.0074 \text{ °C}$$

实际测量中以 4 次测量值的平均值作为测量结果，则

$$u_1(\Delta\bar{t}_i) = s / \sqrt{4} = 0.004 \text{ °C}$$

D. 4. 1. 2 $u_2(\Delta\bar{t}_i)$ 的评定

被校体温计分辨力为 0.01 °C，采用 B 类评定方法，则区间半宽 $a = 0.005 \text{ °C}$ ，该分布服从均匀分布，则

$$u_2(\Delta\bar{t}_i) = 0.005 \text{ °C} / \sqrt{3} = 0.003 \text{ °C}$$

D. 4. 1. 3 $u_3(\Delta\bar{t}_i)$ 的评定

按规范要求，恒温槽的均匀性应满足 0.01 °C，采用 B 类评定方法，按均匀分布，则标准不确定度为

$$u_3(\Delta\bar{t}_i) = 0.01 \text{ °C} / 2\sqrt{3} = 0.003 \text{ °C}$$

D. 4. 1. 4 $u_4(\Delta\bar{t}_i)$ 的评定

标准体温计插入不垂直对测量结果造成的影响约为 $\pm 0.005 \text{ °C}$ ，采用 B 类评定方法，按均匀分布，则标准不确定度为

$$u_4(\Delta\bar{t}_i) = 0.005 \text{ °C} / \sqrt{3} = 0.003 \text{ °C}$$

D. 4. 1. 5 $u_5(\Delta\bar{t}_i)$ 的评定

标准体温计按规定应通过读数望远镜估读至分度值的 1/10 即 0.005 °C，采用 B 类评定方法，按均匀分布，则标准不确定度为

$$u_5(\Delta\bar{t}_i) = 0.005 \text{ °C} / 2\sqrt{3} = 0.001 \text{ °C}$$

D.4.2 $u(t_d)$ 的评定D.4.2.1 $u_1(t_d)$ 的评定

$u_1(t_d)$ 由标准体温计的量值溯源引入, 41℃时标准体温计的不确定度为 $U=0.020\text{ }^{\circ}\text{C}$, 服从正态分布, 置信概率为99%, 则

$$u_1(t_d)=0.020^{\circ}\text{C}/2.58=0.008\text{ }^{\circ}\text{C}$$

D.4.2.2 $u_2(t_d)$ 的评定

标准体温计的年稳定性为 $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$, 服从正态分布, 由此引入的标准不确定度为

$$u_2(t_d)=0.03^{\circ}\text{C}/3=0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$$

D.5 合成标准不确定度

D.5.1 标准不确定度分量一览表见表 D.1。

表 D.1 标准不确定度分量一览表

序号	不确定度来源	标准不确定度 $^{\circ}\text{C}$	灵敏系数
$u(\Delta\bar{t}_i)$	被校与标准之差的重复性 $u_1(\Delta\bar{t}_i)$	0.004	1
	被校体温计分辨率 $u_2(\Delta\bar{t}_i)$	0.003	
	恒温槽温度场不均匀性 $u_3(\Delta\bar{t}_i)$	0.003	
	标准体温计插入不垂直 $u_4(\Delta\bar{t}_i)$	0.003	
	标准体温计估读 $u_5(\Delta\bar{t}_i)$	0.001	
$u(t_d)$	标准体温计量值溯源 $u_1(t_d)$	0.008	-1
	标准体温计稳定性 $u_2(t_d)$	0.01	

D.5.2 合成标准不确定度的计算

以上各项标准不确定度分量是互不相关的, 所以合成标准不确定度为:

$$u_c(\Delta t)=\sqrt{c_1^2 u^2(\Delta\bar{t}_i)+c_2^2 u^2(t_d)}=0.014\text{ }^{\circ}\text{C}$$

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(\Delta t) = 0.03 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D.7 测量不确定度的报告

可穿戴体温计在 41°C 校准点上示值误差的不确定度为：

$$U = 0.03 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad k=2$$

沪苏浙皖地方校准规范
可穿戴体温计校准规范
JJF (沪苏浙皖) XXXX—20XX