JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1366—2012

温度数据采集仪校准规范

Calibration Specification of Temperature Data Acquisition Instruments

2012-10-08 发布　　2013-01-08 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

温度数据采集仪校准规范

Calibration Specification of

Temperature Data Acquisition Instruments

JJF 1366—2012

归 口 单 位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：浙江省计量科学研究院

参加起草单位：中国计量学院

上海市计量测试技术研究院

深圳市计量质量检测研究院

杭州泽大仪器有限公司

本规范委托全国温度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

沈才忠（浙江省计量科学研究院）

周连琴（浙江省计量科学研究院）

陈　乐（中国计量学院）

寿文杰（浙江省计量科学研究院）

参加起草人：

姚丽芳（上海市计量测试技术研究院）

喻晓虎（深圳市计量质量检测研究院）

卢　航（杭州泽大仪器有限公司）

目　　录

引言 ……（Ⅱ）
1　范围……（1）
2　引用文件……（1）
3　术语……（1）
4　概述……（2）
5　计量特性……（2）
5.1　测量误差……（2）
5.2　记录间隔……（2）
5.3　发送间隔……（2）
5.4　启停方式……（3）
5.5　超温报警……（3）
5.6　外观……（3）
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……（5）
7.3　校准方法……（5）
8　校准结果的表达……（7）
9　复校时间间隔……（8）
附录A　校准原始记录格式示例 ……（9）
附录B　校准证书内页格式 ……（11）
附录C　测量不确定度评定示例（一） ……（12）
附录D　测量不确定度评定示例（二） ……（15）

引　言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》起草，其中测量不确定度的评定按照 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》进行。

本规范为首次起草。

温度数据采集仪校准规范

1 范围

本规范适用于内置传感器、测量范围为（－50～＋150)℃以及外置传感器、测量范围为（－80～＋500)℃的温度数据采集仪（以下简称采集仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 617—1996 数字温度指示调节仪

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1007—2007 温度计量名词术语及定义

JJF 1030—2010 恒温槽技术性能测试规范

JJF 1101—2003 环境试验设备温度、湿度校准规范

JJF 1171—2007 温度巡回检测仪校准规范

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 术语

JJF 1001—2011、JJF 1007—2007 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 温度数据采集仪 temperature data acquisition instrument

可直接置于被测环境中进行测量，具有自动采集被测温度信号、数据存储、记录、通讯等功能的温度测量仪表。

3.2 内置传感器 built-in sensor

安装于采集仪内部的温度传感器。

3.3 外置传感器 outlay sensor

安装于采集仪外部的温度传感器。

3.4 本地显示 local indication

在采集仪本体上显示被测温度值的显示方式。

3.5 远程显示 remote indication

通过数据交互通讯在上位计算机中显示采集仪测量数据的显示方式。

3.6 无线通讯 wireless communication

使用蓝牙、zigbee 等无线通信技术将采集仪采集到的数据通过无线传输的方式实时传输到通讯接收端，完成数据的交互功能。

3.7 记录间隔 record interval

采集仪存储相邻两个数据的时间间隔。

3.8 发送间隔 send interval

数据采集过程中，采集仪主机向通讯接收端发送采集到的相邻两个数据的时间间隔。

4 概述

采集仪主要应用于冷链运输、杀毒灭菌等领域的温度监测以及工业生产工艺过程的温度验证等。

采集仪主要由温度传感器、测量及信号处理电路组成。采集仪温度传感器分为内置和外置两种形式；供电方式可分为交流、直流以及电池供电三种方式；外壳可密封防水，也可开有散热通风孔；可单路测量，也可多路测量。采集仪的数据表示方式有本地数字显示和远程数字显示两种，远程显示可分为通过无线传输数据的实时显示和数据储存后取出显示两种方式。

采集仪的基本结构及工作原理框图如图 1 所示。

5 计量特性

5.1 测量误差

采集仪的测量误差包括本[illegible]误差和远程示值[illegible]一般为±0.1 ℃～±5.0 ℃。

5.2 记录间隔

采集仪的数据记录间隔应[illegible]可调。

5.3 发送间隔

无线通讯的采集仪向通讯[illegible]端发[illegible]时间[illegible]应可调。

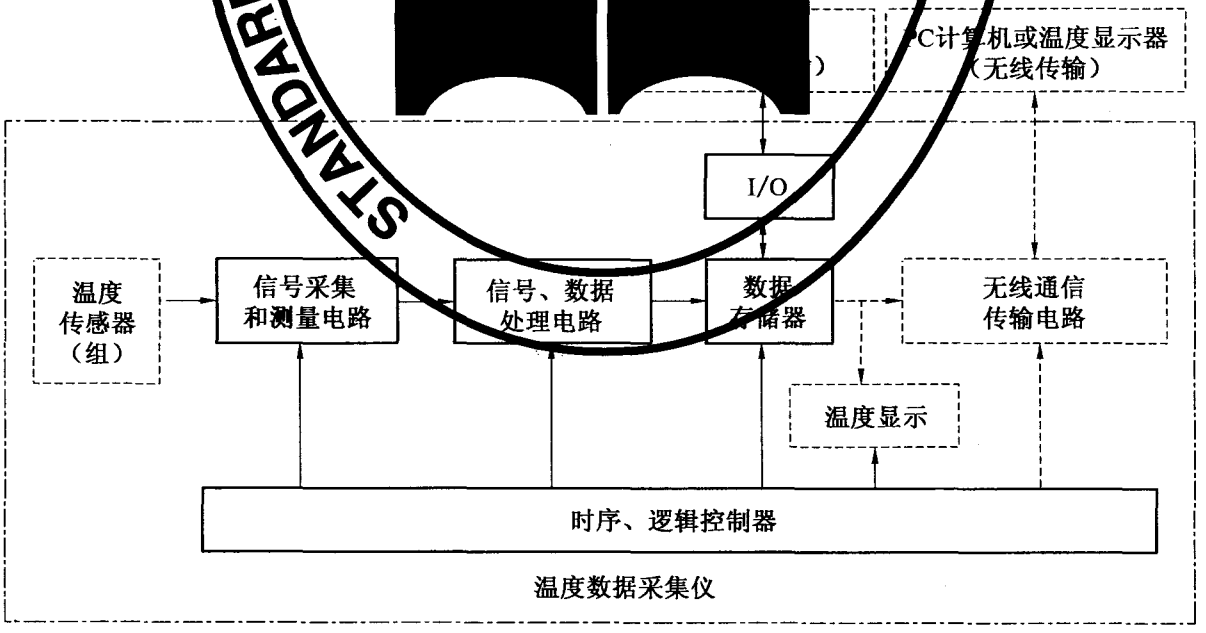


图 1 采集仪基本组成及原理框图

STANDARDS PRESS OF CHINA

5.4 启停方式

采集仪应可设置其启动和停止方式。启动方式固定或诸如立即启动、定时启动、延时启动、手动启动等可选；停止方式固定或诸如存满停止、先进先出、按次数停止、手动停止等可选。

5.5 超温报警

具有超温报警功能的采集仪，其超温报警应正常。

5.6 外观

5.6.1 带本地显示的采集仪，其数字显示应清晰，无数字闪烁、叠字、乱错码和缺笔画现象，小数点显示应正确。

5.6.2 可投入液体使用的采集仪，应密封无破损。

注：以上所有技术指标不适用于合格性判断，仅提供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

a) 环境温度：(20±5)℃；

b) 相对湿度：不超过85%；

c) 当电测仪器对环境条件另有要求时，应满足其规定要求。

注：如不能满足上述条件应考虑由此引入的不确定度。

6.2 供电条件

供电电源应符合被校采集仪、测量标准及恒温等设备的正常工作要求。

6.3 测量标准及其他设备

校准时，可选用表1所列的测量标准及其他设备。

表1 校准用测量标准及其他设备

序号	测量设备名称	技术要求	用途	备注
1	标准铂电阻温度计	二等	测量标准	也可使用满足要求的其他测量标准
2	电测设备	相对误差不大于 3×10^{-5}	与标准铂电阻温度计配套使用	
3	标准水银温度计	测量范围：(−30～+300)℃ 不确定度：$U=(0.04\sim0.06)$℃，$k=2$	测量标准	

表 1（续）

序号	测量设备名称	技术要求	用途	备注
4	恒温设备	恒温槽： 温度均匀性不超过 0.01 ℃ 温度波动性不超过 0.02 ℃/10 min 专用恒温箱： 温度范围为（−50～+150)℃ 温度均匀度不超过 0.05 ℃ 温度波动度不超过±0.02 ℃/10 min	提供恒定温度源	也可使用满足校准要求的其他恒温设备。 恒温槽、恒温箱技术指标的表述及测量分别按照 JJF 1030—2010 和 JJF 1101—2003 的规定
5	计时器	MPE：±0.5 s/d	测量标准器读数的时间间隔	
6	水三相点瓶	$U=1$ mK，$k=2$	测量标准铂电阻温度计水三相点电阻值	
7	读数望远镜	放大倍数 5 倍以上，可调水平	读取标准水银温度计示值	也可使用其他可调视线水平的读数装置
8	金属网兜	——	放置防水采集仪以浸没并固定于恒温槽液体介质中	
9	计算机及打印机	安装有操作系统及相应软件	设置、读取、存储、记录采集仪数据等	
10	接口线缆	R232、R485、USB 接口电缆线	提供通讯回路	

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

采集仪的校准项目为测量误差。

在校准前可对采集仪的记录间隔、发送间隔、启停方式、超温报警、外观等进行检查。

7.2 校准前的检查

7.2.1 记录间隔检查

按照采集仪的操作说明，连接采集仪和PC机，安装并运行相应软件，检查采集仪的记录间隔是否能够连续可调。

7.2.2 发送间隔检查

对于无线通讯采集仪，按照采集仪的操作说明，在PC机上安装无线数据接收装置以及相应软件，运行软件，检查采集仪的发送间隔是否能够连续可调。

7.2.3 启停方式检查

按照采集仪的操作说明，检查采集仪的启动、停止方式是否符合5.4的要求。

7.2.4 超温报警检查

按照采集仪操作说明，设定超温报警温度，然后将采集仪或其温度传感器置于恒温设备中，使恒温设备的温度高于采集仪设定的上限报警温度或低于下限报警温度，观察采集仪的报警是否符合5.5的要求。

超温报警的检查可与测量误差的校准同时进行。

7.2.5 外观检查

目测检查采集仪的外观是否符合5.6的要求。

7.3 校准方法

7.3.1 参数设置

按照采集仪操作说明书的规定，连接采集仪与PC机，设置采集仪的数据记录间隔、无线发送间隔、启动方式、停止方式、超温报警值等采集仪运行的必要参数，通常记录间隔及发送间隔的设置值应不超过1 min。

7.3.2 时钟调整

a）对于时钟可调的采集仪，调整其时间值与计时器的时间值一致；

b）对于时钟不可调的采集仪，应分别同时记录采集仪和计时器显示的时间值；

c）对于时钟可置零的采集仪，应与计时器同时置零、启动。

7.3.3 供电电压检查

记录供电电压。对供电有特殊要求的应配置稳压电源。对电池供电的采集仪，按其操作说明检查其电池的供电电压是否在正常工作范围内，如低于正常值则应及时更换电池。

7.3.4 采集仪安装

校准时，按以下方式安装采集仪：

a）采集仪的温度传感器外置且传感器线缆或插杆长度足以使温度敏感元件浸没于恒温槽均匀温区内且受环境温度影响可忽略时，应按JJF 1171—2007中6.6.5的规定将温度传感器置于恒温槽中，数据采集部分置于恒温槽外；

b）采集仪的温度传感器外置且传感器线缆或插杆长度不足以使温度敏感元件浸没于恒温槽均匀温区内，或虽能足够浸没但因插杆导热性能优良导致受环境温度影响不可忽略，或温度传感器内置、数据采集部分不密封时，应将其整体置于恒温箱均匀温区中；

注：这种情况下，外置传感器采集仪的校准温度范围与内置传感器采集仪相同。

c）整体密封的采集仪，可将其整体放入金属网兜并浸没于距离恒温槽液体介质液面 200 mm 以下的均匀温区内，或将其整体置于恒温箱均匀温区中。

7.3.5 通讯连接

无线通讯的采集仪，在完成采集仪安装后，可开启通讯接收端及 PC 机，建立采集仪与通讯接收端和 PC 机的实时通讯连接。

7.3.6 校准点选择

校准点应均匀分布在整个测量范围的整度点上，原则上应包括零点、上限值和下限值在内，不少于 5 个点。

用户有要求时，可按用户要求选择校准点。

7.3.7 测量标准的使用

采用标准水银温度计作测量标准时，应使用读数望远镜读取其示值。采用标准铂电阻温度计作测量标准时，其工作电流应不大于 1 mA，插入深度应不小于 250 mm。

当使用恒温箱作恒定温度源时，标准温度计应垂直插入，同时为降低或消除恒温箱插入孔与外界的热交换，应采用棉花或其他保温材料塞紧标准温度计与插入孔之间的空隙。

7.3.8 校准方法

将恒温设备的温度恒定在各被校温度点上，温度偏离校准点不得超过±0.2 ℃（以测量标准示值为准）。当恒温槽温度恒定 20 min 或恒温箱温度恒定 40 min 以上时，根据设置的采集仪启动方式、记录间隔计算读数时间，在采集仪记录数据的时刻，读取并记录测量标准和计时器的示值，并按照设置的采集仪记录间隔连续读取 4 次。

完成最后一个校准温度点的测量后，取出采集仪或温度传感器，待其温度达到环境温度附近时，按照采集仪操作说明连接 PC 机并读取、打印或通过 PC 机显示采集仪采集、记录的温度测量数据及相应的时间值。

对于无线信号传输的采集仪，在按 7.3.5 方法建立实时通讯连接后，可同时读取测量标准及 PC 机的实时显示值，按“标准→被校→被校→标准”的顺序分别读取测量标准和 PC 机的实时显示值。上述顺序为一个读数循环，应进行两个循环的读数。

具有本地显示功能的采集仪，按校准无线信号传输采集仪的读数方法分别读取测量标准和采集仪的本地显示值。

不带传感器的采集仪，按照 JJG 617—1996 规定的校准线路，采用输入标称电量值法向采集仪输入每一校准点上对应的模拟电信号，按上述方法读取其测量值。

对于多通道采集仪，应分别对每一通道的测量误差进行校准。

对最大允许误差不超过±0.1 ℃的采集仪，当使用标准铂电阻温度计及电测设备作测量标准时，在最高校准温度点结束后，应立即测量标准铂电阻温度计在水三相点上的电阻值。

7.3.9 数据处理

a）当使用标准水银温度计作测量标准时，采集仪的测量误差按公式（1）计算：

$$\Delta t = \bar{t}_i - (\bar{t}_0 + t_d) \tag{1}$$

式中：

Δt ——在每一校准点上，被校采集仪的测量误差，℃；

$\bar{t}_i$ ——在每一校准点上，被校采集仪显示值的平均值，℃；

$\bar{t}_0$ ——在每一校准点上，标准温度计测得值的平均值，℃；

t_d ——在每一校准点上，标准温度计显示值的修正值，℃。

b）当使用标准铂电阻温度计和电测设备作测量标准时，采集仪的测量误差按公式（2）计算：

$$\Delta t = \bar{t}_i - \bar{t}_0 \tag{2}$$

每次测量时，t_0 的大小按公式（3）计算：

$$t_0 = t_n + \frac{W_{t_0} - W_{t_n}}{\left(\frac{dW_t}{dt}\right)_{t_n}} \tag{3}$$

式中：

t_n——校准点名义温度，℃；

W_{t_0}——温度 t_0 时的电阻比$\frac{R_{t_0}}{R_{tp}}$，当采集仪最大允许误差不超过±0.1 ℃时，R_{tp}应为实测值；

W_{t_n}，$\left(\frac{dW_t}{dt}\right)_{t_n}$——由标准铂电阻温度计分度表给出的温度 t_n 对应的电阻比和电阻比变化率。

c）对于多通道采集仪，应分别计算每一通道的测量误差。

d）按照数据处理的修约原则对数据进行修约。测量结果 Δt 的末位应与其测量不确定度的末位对齐。

8 校准结果的表达

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）测量误差的校准结果及其测量不确定度，以及记录间隔、发送间隔、启停方式、超温报警、外观检查结果的说明；

m）对校准规范的偏离的说明；

n）校准证书签发人的签名、职务或等效标识；

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

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

为了确保采集仪在其规定的技术性能下使用，建议复校时间间隔最长不超过1年。

附录 A

校准原始记录格式示例

委托单位：_____ 委托单位地址：_____

样品名称：_____ 型号：_____ 测量范围：_____ 仪器编号：_____

制造单位：_____ 记录编号：_____ 证书编号：_____

样品校准前后的状态：_____ 校准依据：_____ 校准地点：_____

标准仪器名称：_____ 型号规格：_____ 不确定度(或准确度等级)：_____

标准仪器编号：_____ 证书号：_____ 有效期：_____ 校准前后的状态：_____

环境温度：_____ 相对湿度：_____ 校准日期：_____

A.1 测量误差的校准

校准温度点 ℃	读数时刻	标准器示值 ℃	标准器示值 修正值/℃	实际温度 ℃	采集仪示值 ℃	测量误差 ℃
平均值	——		——	——		——
平均值	——		——	——		——
平均值	——		——	——		——
平均值	——		——	——		——
平均值	——		——	——		——

校准人员：_____ 核验人员：_____

第 页 共 页

A.2 校准前的检查结果

检查项目	记录间隔	发送间隔	启停方式	超温报警	外观
检查结果					

注：

(1) 测量误差校准结果的测量不确定度：

(2) 校准时采集仪安装状态：

(3) 校准过程中出现的异常情况及偏离情况说明：

校准人员：_____ 核验人员：_____

第 页 共 页

附录 B

校准证书内页格式

B.1 测量误差

校准温度点 ℃	被校采集仪测量误差 ℃	扩展不确定度 ℃	自由度 ν_{eff} （或包含因子 k）

B.2 检查结果

检查项目	记录间隔	发送间隔	启停	超温报警	外观
检查结果					

（以下空白）

STANDARDS PRESS OF CHINA

附录 C

测量不确定度评定示例（一）

C.1 被测对象

以分辨力为 0.1 ℃的采集仪为例，用标准水银温度计作测量标准，恒温槽作配套设备进行校准，评定采集仪在校准点 20.0 ℃时测量误差的不确定度。

C.2 评定模型

C.2.1 数学模型

采集仪测量误差的数学模型为

$$\Delta t = \bar{t}_i - (\bar{t}_0 + t_d) = \delta t_i - t_d$$

式中：

Δt ——在每一校准点上，被校采集仪的测量误差，℃；

$\bar{t}_i$ ——在每一校准点上，被校采集仪显示值的平均值，℃；

$\bar{t}_0$ ——在每一校准点上，标准水银温度计测得值的平均值，℃；

t_d ——在每一校准点上，标准水银温度计显示值的修正值，℃；

δt_i ——在每一校准点上，被校采集仪与标准水银温度计测量值的平均值之差，℃。

C.2.2 灵敏系数

δt_i 的灵敏系数：

$$c_1 = \partial \Delta t / \partial \delta t_i = 1$$

t_d 的灵敏系数：

$$c_2 = \partial \Delta t / \partial t_d = -1$$

C.2.3 方差

方差公式为

$$u_c^2(\Delta t) = c_1^2 u^2(\delta t_i) + c_2^2 u^2(t_d)$$

C.3 标准不确定度来源

C.3.1 输入量 δt_i 导致的标准不确定度 $u(\delta t_i)$

输入量 δt_i 导致的标准不确定度 $u(\delta t_i)$ 由以下 5 个分量构成：

a）被校采集仪和标准水银温度计测量重复性引入的标准不确定度 $u(\delta t_{i1})$；

b）恒温槽温场不均匀性引入的标准不确定度 $u(\delta t_{i2})$；

c）被校采集仪分辨力引入的标准不确定度 $u(\delta t_{i3})$；

d）标准水银温度计插入不垂直引入的标准不确定度 $u(\delta t_{i4})$；

e）标准水银温度计估读引入的标准不确定度 $u(\delta t_{i5})$。

C.3.2 输入量 t_d 导致的标准不确定度 $u(t_d)$

输入量 t_d 导致的标准不确定度 $u(t_d)$ 主要由标准水银温度计的量值传递引入。

C.4 标准不确定度的评定

C.4.1 $u(\delta t_i)$ 的评定

C.4.1.1 $u(\delta t_{i1})$ 的评定

恒温槽的温度波动、被校采集仪和标准水银温度计的短期不稳定性等均会导致被校

采集仪示值与标准水银温度计示值之差值的不重复，采用A类评定方法。

对被校采集仪和标准水银温度计在重复性条件下做10次测量，得到10次差值，分别为：0.15 ℃，0.17 ℃，0.15 ℃，0.16 ℃，0.15 ℃，0.15 ℃，0.15 ℃，0.16 ℃，0.17 ℃，0.15 ℃。差值的平均值为0.156 ℃，则单次测量的标准偏差为

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(\delta t_i-\overline{\delta t})^2}{10-1}}=0.008\ ℃$$

实际测量中以4次测量值的平均值作为测量结果，则

$$u(\delta t_{i1})=s/\sqrt{4}=0.004\ ℃$$

C.4.1.2 $u(\delta t_{i2})$ 的评定

采用B类评定方法。

恒温槽温场的最大不均匀性[illegible]℃，服从均匀分布，则

[illegible]℃

C.4.1.3 $u(\delta t_{i3})$ 的评定

被校采集仪分辨力为0.[illegible]用B类评定

区间半宽[illegible]=0.05 ℃，[illegible]服从均匀分布，

[illegible]=[illegible]℃

C.4.1.4 $u(\delta t_{i4})$ 的评定

标准水银温度计插入不[illegible]对[illegible]的[illegible]最大为0.02 ℃，采用B类评定方法。该分布服从均匀分布

[illegible]02 ℃/[illegible]℃

C.4.1.5 $u(\delta t_{i5})$ 的评定

采用B类评定方法。

标准水银温度计可估读[illegible]分度值的1/10，即估读误差不超过标准温度计的1/20分度，则该区间的半宽为0.005 ℃，该分布服从均匀分布，故

$$u(\delta t_{i5})=0.05\ ℃/\sqrt{3}=0.003\ ℃$$

C.4.1.6 $u(\delta t_i)$ 的计算

由于采集仪分辨力导致的标准不确定度 $u(\delta t_{i3})$ 大于采集仪与测量标准测量值之差重复性导致的标准不确定度 $u(\delta t_{i1})$，故两者之中取 $u(\delta t_{i3})$ 作为标准不确定度。

输入量 δt_{i2}、δt_{i3}、δt_{i4}、δt_{i5} 彼此之间相互独立，则

$$u(\delta t_i)=\sqrt{u^2(\delta t_{i2})+u^2(\delta t_{i3})+u^2(\delta t_{i4})+u^2(\delta t_{i5})}=0.032\ ℃$$

C.4.2 $u(t_d)$ 的评定

$u(t_d)$ 主要由标准水银温度计的量值传递引入，标准水银温度计的测量不确定度为 $U=40$ mK（$k=2$），则

$$u(t_d)=0.04\ ℃/2=0.020\ ℃$$

C.5 合成标准不确定度的评定

C.5.1 标准不确定度分量一览表见表C.1所示。

STANDARDS PRESS OF CHINA

表 C.1 标准不确定度分量一览表

符号	不确定度的来源	数值 ℃	分布	备注
$u(\delta t_i)$		0.032		
$u(\delta t_{i1})$	1）被校与标准之差的重复性引入	0.004	正态	小于 $u(\delta t_{i3})$，忽略
$u(\delta t_{i2})$	2）温场不均匀性引入	0.006	均匀	
$u(\delta t_{i3})$	3）被校采集仪分辨力引入	0.029	均匀	
$u(\delta t_{i4})$	4）标准水银温度计插入不垂直引入	0.012	均匀	
$u(\delta t_{i5})$	5）标准水银温度计估读引入	0.003	均匀	
$u(t_d)$		0.020		
	标准器传递	0.020	正态	

C.5.2 合成不确定度的计算

输入量 δt_i、t_d 彼此之间相互独立，则合成标准不确定度为

$$u_c(\Delta t)=\sqrt{[c_1u(\delta t_i)]^2+[c_2u(t_d)]^2}=0.038\ ℃$$

C.6 扩展不确定度的评定

取 $k=2$，则扩展不确定度为

$$U=k\times u_c(\Delta t)=2\times 0.038\ ℃\approx 0.08\ ℃$$

C.7 测量不确定度的报告

温度数据采集仪测量误差的测量不确定度为

$$U=0.08\ ℃\qquad k=2$$

若 $t_d=0.02$ ℃，则 20 ℃的测量结果为 $\Delta t=0.156\ ℃-0.02\ ℃=0.14\ ℃$，$U=0.08$ ℃，$k=2$。

附录 D

测量不确定度评定示例（二）

D.1 被测对象

以分辨力为 0.01 ℃的采集仪为例，用二等标准铂电阻温度计和 1590 测温电桥作为测量标准进行校准。评定采集仪在校准点 50.0 ℃时测量误差的不确定度。

D.2 评定模型

D.2.1 数学模型

采集仪测量误差的数学模型为

$$\Delta t = \bar{t}_i - \bar{t}_0$$

式中：

Δt ——在每一校准点上，被校采集仪的测量误差，℃；

$\bar{t}_i$ ——在每一校准点上，被校采集仪显示值的平均值，℃；

$\bar{t}_0$ ——在每一校准点上，标准温度计测得值的平均值，℃。

D.2.2 灵敏系数

$\bar{t}_i$ 的灵敏系数：

$$c_1 = \partial \Delta t / \partial \bar{t}_i = 1$$

$\bar{t}_0$ 的灵敏系数：

$$c_2 = \partial \Delta t / \partial \bar{t}_0 = -1$$

D.2.3 方差

方差公式为

$$u_c^2(\Delta t) = c_1^2 u^2(\bar{t}_i) + c_2^2 u^2(\bar{t}_0)$$

D.3 标准不确定度来源

D.3.1 输入量 $\bar{t}_i$ 导致的标准不确定度 $u(\bar{t}_i)$

输入量 $\bar{t}_i$ 导致的标准不确定度 $u(\bar{t}_i)$ 由以下 2 个分量构成：

a) 采集仪测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{i1})$；

b) 采集仪分辨力引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{i2})$。

D.3.2 输入量 $\bar{t}_0$ 导致的标准不确定度 $u(\bar{t}_0)$

输入量 $\bar{t}_0$ 导致的标准不确定度 $u(\bar{t}_0)$ 由以下 5 个分量构成：

a) 二等标准铂电阻温度计量值溯源引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{01})$；

b) 电测设备测量误差引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{02})$；

c) 二等标准铂电阻温度计水三相点电阻值变化引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{03})$；

d) 二等标准铂电阻温度计自热引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{04})$；

e) 恒温槽温度场不均匀引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{05})$。

D.4 标准不确定度的评定

D.4.1 $u(\bar{t}_i)$ 的评定

D.4.1.1 $u(\bar{t}_{i1})$ 的评定

恒温槽的温度波动、被校采集仪的短期不稳定性等均会导致被校采集仪示值的不重复，采用A类评定方法。

对被校采集仪在重复性条件下做10次测量，测量值 t_{i1} 分别为：50.03 ℃，50.04 ℃，50.04 ℃，50.03 ℃，50.04 ℃，50.03 ℃，50.04 ℃，50.04 ℃，50.03 ℃，50.04 ℃。平均值为50.036 ℃，则单次测量的标准偏差为

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(t_{i1}-\bar{t}_{i1})^2}{10-1}}=0.005\ 2\ ℃$$

实际测量中以4次测量值的平均值作为测量结果，则

$$u(\bar{t}_{i1})=s/\sqrt{4}=0.002\ 6\ ℃$$

自由度 $\nu(\bar{t}_{i1})=9$。

D.4.1.2 $u(\bar{t}_{i2})$的评定

被校采集仪分辨力为0.01 ℃，采用B类评定方法。

则区间半宽 $a=0.005$ ℃，该分布服从均匀分布，故

$$u(\bar{t}_{i2})=0.005\ ℃/\sqrt{3}=0.002\ 9\ ℃$$

它的相对不确定度取10%，则自由度为 $\nu(\bar{t}_{i2})=1/[2\times(10\%)^2]=50$。

D.4.1.3 被校采集仪分辨力引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{i2})$ 大于重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_{i1})$，则取 $u(\bar{t}_{i2})$ 的值作为输入量 $\bar{t}_i$ 导致的标准不确定度。故 $u(\bar{t}_i)=0.002\ 9$ ℃，自由度 $\nu(\bar{t}_i)=50$。

D.4.2 $u(\bar{t}_0)$的评定

D.4.2.1 $u(\bar{t}_{01})$的评定

$u(\bar{t}_{01})$ 由标准铂电阻温度计的量值溯源引入，50 ℃时二等标准铂电阻温度计的不确定度为 $U=0.004\ 8$ ℃ $(k=2)$，则

$$u(\bar{t}_{01})=0.002\ 4\ ℃$$

它的相对不确定度估计为10%，则自由度为 $\nu(\bar{t}_{01})=1/[2\times(10\%)^2]=50$。

D.4.2.2 $u(\bar{t}_{02})$的评定

用1590测温电桥测量二等标准铂电阻温度计，电桥最大允许误差为 $\pm1\times10^{-5}$，采用B类评定方法。

50 ℃时二等标准铂电阻温度计的标称值为30 Ω，估计为均匀分布，则标准不确定度为

$$u(\bar{t}_{02})=(1\times10^{-5}\times30\times10)/\sqrt{3}=0.001\ 7\ ℃$$

它的相对不确定度估计为10%，则自由度为 $\nu(\bar{t}_{02})=1/[2\times(10\%)^2]=50$。

D.4.2.3 $u(\bar{t}_{03})$的评定

按标准铂电阻温度计检定规程要求，温度计水三相点变化≥8 mK 时应提前送检，但规程要求经常测定标准器的水三相点电阻值，并使用新测得值计算。取使用前后变化为 0.002 ℃，采用 B 类评定方法。估计为均匀分布，则标准不确定度为

$$u(\bar{t}_{03}) = 0.002\ ℃/\sqrt{3} = 0.001\ 2\ ℃$$

它的相对不确定度估计为 10%，则自由度为 $\nu(\bar{t}_{03}) = 1/[2\times(10\%)^2] = 50$。

D.4.2.4 $u(\bar{t}_{04})$的评定

按二等标准铂电阻温度计检定规程要求，温度计自热不得超过 4 mK，但由于该项已经包含在其量值溯源引入的标准不确定度之中了，在此可忽略不计。

D.4.2.5 $u(\bar{t}_{05})$的评定

恒温水槽在 50 ℃时，均匀性为 0.01 ℃，采用 B 类评定方法。估计为均匀分布，则标准不确定度为

$$u(\bar{t}_{05}) = 0.005\ ℃/\sqrt{3} = 0.002\ 9\ ℃$$

它的相对不确定度估计为 10%，则自由度为 $\nu(\bar{t}_{05}) = 1/[2\times(10\%)^2] = 50$。

D.4.2.6 以上各分量彼此相互独立，则

$$u(\bar{t}_0) = \sqrt{u^2(\bar{t}_{01}) + u^2(\bar{t}_{02}) + u^2(\bar{t}_{03}) + u^2(\bar{t}_{04}) + u^2(\bar{t}_{05})} = 0.004\ 3\ ℃$$

自由度为

$$\nu(\bar{t}_0) = \frac{u^4(\bar{t}_0)}{\dfrac{u^4(\bar{t}_{01})}{\nu(\bar{t}_{01})} + \dfrac{u^4(\bar{t}_{02})}{\nu(\bar{t}_{02})} + \dfrac{u^4(\bar{t}_{03})}{\nu(\bar{t}_{03})} + \dfrac{u^4(\bar{t}_{04})}{\nu(\bar{t}_{04})} + \dfrac{u^4(\bar{t}_{05})}{\nu(\bar{t}_{05})}} = 149$$

D.5 合成标准不确定度的评定

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

符号	不确定度的来源	数值 ℃	灵敏系数 c_i	标准不确定度分量 $\lvert c_i \rvert u(x_i)$/℃	自由度 ν_i	备注
$u(\bar{t}_i)$		0.002 9	1	0.002 9	50	
$u(\bar{t}_{i1})$	1）被校重复性引入	0.002 6				两者取大者
$u(\bar{t}_{i2})$	2）被校分辨力引入	0.002 9				
$u(\bar{t}_0)$		0.004 3	−1	0.004 3	149	
$u(\bar{t}_{01})$	1）标准铂电阻量值溯源引入	0.002 4				
$u(\bar{t}_{02})$	2）电测设备引入	0.001 7				
$u(\bar{t}_{03})$	3）标准铂电阻水三相点阻值变化引入	0.001 2				

表 D.1（续）

符号	不确定度的来源	数值 ℃	灵敏系数 c_i	标准不确定度分量 $\lvert c_i \rvert u(x_i)$/℃	自由度 ν_i	备注
$u(\bar{t}_{04})$	4）标准铂电阻自热引入	忽略				
$u(\bar{t}_{05})$	5）恒温槽不均匀引入	0.002 9				

D.5.2 合成标准不确定度的计算

输入量 $\bar{t}_i$、$\bar{t}_0$ 彼此之间相互独立，则合成标准不确定度为

$$u_c(\Delta t)=\sqrt{[c_1u(\bar{t}_i)]^2+[c_2u(\bar{t}_0)]^2}=0.005\ 2\ ℃$$

D.6 扩展不确定度的评定

D.6.1 合成标准不确定自由度的计算

合成标准不确定的自由度为

$$\nu_{eff}=\frac{u_c^4(\Delta t)}{\dfrac{[c_1u(\bar{t}_i)]^4}{\nu(\bar{t}_i)}+\dfrac{[c_2u(\bar{t}_0)]^4}{\nu(\bar{t}_0)}}=197$$

D.6.2 扩展不确定度的计算

取 $p=95\%$，按 $\nu_{eff}=100$ 查 t 分布表得 $t_p(\nu_{eff})=1.984$，则扩展不确定度为

$$U_{95}=k_p\times u_c(\Delta t)=t_p(\nu_{eff})\times u_c(\Delta t)\approx 0.011\ ℃$$

D.7 测量不确定度的报告

温度数据采集仪测量误差的测量不确定度为

$$U_{95}=0.011\ ℃\qquad \nu_{eff}=100$$

50 ℃时被校采集仪的测量误差为 0.025 ℃，则其测量结果为

$$\Delta t=0.025\ ℃，U_{95}=0.011\ ℃，\nu_{eff}=100$$

JJF 1366-2012

版权专有 侵权必究

*
书号：155026・J-2737
定价： 24.00 元