

# 福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1102—2020

---

## 婴儿辐射保暖台校准规范

Calibration Specification for Infant Radiant Warming Table

2020-5-19发布

2020-5-19实施

---

福建省市场监督管理局 发布



# 婴儿辐射保暖台校准规范

JJF (闽) 1102-2020

Calibration Specification for Infant  
Radiant Warming Table

本规范经福建省市场监督管理局于 2020 年 05 月 19 日批准，并自 2020 年 05 月 19 日起实施。

归口单位：福建省市场监督管理局

主要起草单位：福建医科大学附属协和医院

参加起草单位：福建省计量科学研究院

本规范委托福建医科大学附属协和医院负责解释

**本规范主要起草人:**

林为国 (福建医科大学附属协和医院)

林秀云 (福建省计量科学研究院)

郑智美 (福建医科大学附属协和医院)

夏 阳 (福建省计量科学研究院)

**参加起草人:**

颜耀智 (福建省计量科学研究院)

董 旭 (福建省计量科学研究院)

李 杰 (福建省计量科学研究院)

## 目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(3)
2 引用文件.....	(3)
3 术语和计量单位.....	(3)
3.1 术语.....	(3)
3.2 计量单位.....	(4)
4 概述.....	(4)
5 计量特性.....	(4)
5.1 温度示值误差.....	(4)
5.2 温度均匀度.....	(4)
5.3 控制温度误差.....	(4)
5.4 报警噪声.....	(4)
6 校准条件.....	(4)
6.1 环境条件.....	(5)
6.2 测量标准器及其他设备.....	(5)
7 校准方法.....	(5)
7.1 温度范围.....	(5)
7.2 肤温传感器.....	(5)
7.3 温度测试环境要求.....	(5)
7.4 温度测试仪连接.....	(5)
7.5 温度示值误差.....	(6)
7.6 温度均匀度.....	(6)
7.7 控制温度误差.....	(7)
7.8 报警噪声.....	(7)
8 校准结果表达.....	(7)
9 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 温度测试仪尺寸及技术要求示意图.....	(8)
附录 B 婴儿保暖辐射台校准记录格式.....	(9)
附录 C 婴儿保暖辐射台校准证书正文内容及格式.....	(11)
附录 D 温度示值误差测量结果的不确定度评定示例.....	(12)
附录 E 噪声测量结果的不确定度评定示例.....	(15)
附录 F 温度均匀度的不确定度评定示例.....	(17)
附录 G 控制温度误差的不确定度评定示例.....	(20)

# 引 言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范的编制主要参考了YY 0455-2011《医用电气设备和第2部分：婴儿辐射保暖台安全专用要求》和IEC 60601.2.21:2015《医用电气设备 第2-21部分：婴儿辐射保暖台安全专用要求》等技术资料。

本规范为首次发布。

# 婴儿辐射保暖台校准规范

## 1 范围

本规范适用于婴儿辐射保暖台（以下简称辐射台）的温度、报警噪声声级的校准。

本规范不适用于婴儿培养箱。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011通用计量术语及定义

JJF 1071-2010国家计量校准规范编写规则

GB 9706.15-2008医用电气设备 第1—1部分：安全通用要求

YY 0455-2011医用电气设备 第2部分：婴儿辐射保暖台安全专用要求

IEC 60601.2.21：2015医用电气设备 第2-21部分：婴儿辐射保暖台安全专用要求

上述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 术语和计量单位

### 3.1 术语

#### 3.1.1 控制温度 control temperature

在温度控制台上设定辐射台温度显示值。

#### 3.1.2 肤温 skin temperature

婴儿皮肤表面温度。

#### 3.1.3 恒温状态 steady temperature condition

在1小时的时间间隔内，辐射光源稳定，辐射台中点温度变化不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的状态。

#### 3.1.4 婴儿控制方式 baby controlled mode

一种实现接近使用者设定温度值的运行方式。在这种运行方式中，功率输出

随着婴儿的温度而自动变化。

### 3.1.5 温度均匀度 temperature uniformity

在辐射台面的温度测量点1、2、3、4的平均温度和辐射台中心点M的平均温度之差，取最大值。

### 3.2 计量单位

3.2.1 温度：单位，摄氏度， $^{\circ}\text{C}$

3.2.2 噪声：单位，分贝，dB

## 4 概述

婴儿辐射保暖台是一种包括辐射热源在内的电功率装置，用电磁光谱红外范围的直接辐射能量来保持婴儿患者的热平衡，适用于新生儿的抢救、护理和儿科手术后治疗。在机械结构上，辐射加热器一般位于床铺的上方。

运行方式包括手动方式与婴儿控制方式。

## 5 计量特性

### 5.1 温度示值误差

肤温显示平均值与M点测量平均值之差，不大于 $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.2 温度均匀度

不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.3 控制温度误差

肤温显示平均值与控制温度（ $36^{\circ}\text{C}$ ）之差，不大于 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.4 报警噪声

1) 在背景噪声低于测量声级10dB的环境下，辐射台床垫中心M点上方5cm处测量，噪声 $< 80\text{dB}$ 的A计权声压级。

2) 距辐射台前部温度控制器3m、离地面高度为1.5m处，噪声 $\geq 65\text{dB}$ 的A计权声压级。

注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

## 6 校准条件



## 6.1 环境条件

- 6.1.1 环境温度：(23±2)℃；
- 6.1.2 相对湿度：(30~85)%RH，非冷凝；
- 6.1.3 大气压强：(86.0~106.0)kPa；
- 6.1.4 空气流速：<0.1m/s；
- 6.1.5 周围无明显影响计量环境的机械振动和电磁干扰。

## 6.2 测量标准器及其他设备

表1 测量标准器及其他设备

	设备名称	主要技术指标
测量 标准器	温度测试仪 (见附录A)	测量范围：(20~50)℃，最大允许误差：±0.2℃ 分辨力≤0.01℃。
	声级计	测量范围：(30~100)dB，最大允许误差：±5dB，分辨力≤0.1dB。
其他设备	风速仪	测量范围：(0.2~2.0)m/s，最大允许误差：±0.1m/s， 分辨力≤0.01m/s。

## 7 校准方法

### 7.1 温度范围

婴儿控制方式：不超过38℃；

### 7.2 肤温传感器

建议有条件时，对肤温传感器进行校准。校准方法：

将肤温传感器放置在(36±0.1)℃的水槽中，同时就近放入分度值为0.05℃的水银温度计进行比较。修正水银温度计误差后，两者之差<0.3℃。

### 7.3 温度测试环境要求

校准期间，控制温度应超过环境温度至少3℃。

### 7.4 温度测试仪连接

接入测试仪（具体见附录A）。在辐射台床垫上，按附录A图1所示摆放圆盘，其中M点温度传感器放置在高出床垫表面上方10cm的平面上，肤温传感器A置于M点，与M贴合，以保持温度同步。

在婴儿控制方式下，设置控制温度到 $(36 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ ，并运行到恒温状态；对于只有手动方式的，设置加热器输出，升温使温度测试仪显示 $36^\circ\text{C}$ 附近的恒温状态。每2min记录5个温度测量点的温度及肤温传感器显示温度，在30min内共测量15次，按照公式（1）分别计算平均温度 $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_M$ 和 $t_{ap}$ 。

$$\bar{T}_1 = (T_{11} + T_{12} + \dots + T_{1n}) / n \quad (1)$$

式中：

$\bar{T}_1$  ——标记为1的测试点平均温度；

$T_{11} \dots T_{1n}$  ——标记为1的测试点在恒温状态下，以一定时间间隔记录的测量值；

$n$  ——恒温状态下记录读数的次数；

同理，可计算出2、3、4、M和A点的温度测量平均值。

### 7.5 温度示值误差

按照公式（2），计算肤温显示平均值与M点测量平均值之差。

$$\Delta t_{am} = \bar{t}_a - \bar{t}_m \quad (2)$$

式中：

$\Delta t_{am}$  ——温度示值误差 $m$ ， $^\circ\text{C}$ ；

$\bar{t}_a$  ——肤温A显示温度15次测量的平均值， $^\circ\text{C}$ ；

$\bar{t}_m$  ——M测试点15次测量的温度平均值， $^\circ\text{C}$ 。

### 7.6 温度均匀度

按照公式（3），计算1、2、3和4测试点温度测量平均值与M点温度测量平均值之差，取最大值。

$$\Delta t_{im} = \bar{t}_i - \bar{t}_m \quad (3)$$

式中：

$t_{im}$  ——温度均匀度， $^\circ\text{C}$ ；

$\bar{t}_i$  ——1、2、3和4测试点15次测量的温度平均值， $^\circ\text{C}$ ；

$\bar{t}_m$  ——M测试点15次测量的温度平均值， $^\circ\text{C}$ 。

### 7.7 控制温度误差

按照公式 (4), 计算肤温显示平均值与控制温度之差。

$$\Delta t_{ap} = \bar{t}_a - t_p \quad (4)$$

式中:

$\Delta t_{ap}$  ——控制温度误差, °C;

$\bar{t}_a$  ——肤温显示温度15次测量平均值, °C;

$t_p$  ——控制温度 (36°C)。

### 7.8 报警噪声

1) 使各报警器工作, 在辐射台床垫中心M点上方5cm处, 用声级计测量3次, 取其算术平均值。测量时, 背景A计权声压级至少低于测得声级的10dB的A计权声压级。

2) 使各报警器工作, 在距辐射台前部温度控制器3m、离地面高度为1.5m处, 用声级计测量3次, 取其算术平均值。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书内页格式见附录 C; 校准结果应给出温度与噪声测量结果的不确定度 (评定示例见附录 D、附录 E)。

## 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为一年。

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

## 附录 A

## 温度测试仪尺寸及技术要求示意图

测试仪放置:

温度测试仪以五个铝盘为一组, 铝盘分别连接高精度温度传感器。五个铝盘放置在水平床垫上由长和宽平分的4个矩形的各个中心, 以及床垫中心。如下图1所示。

圆盘材料: 比重在 $2.6\text{g}/\text{cm}^3\sim 2.9\text{g}/\text{cm}^3$ 范围的铝; 整个圆盘表面涂上无反射黑色涂覆;

圆盘尺寸: 直径为 $100\text{mm}\pm 2\text{mm}$ ; 厚近似 $23\text{mm}$ ;

圆盘重量:  $500\text{g}\pm 10\text{g}$ ;

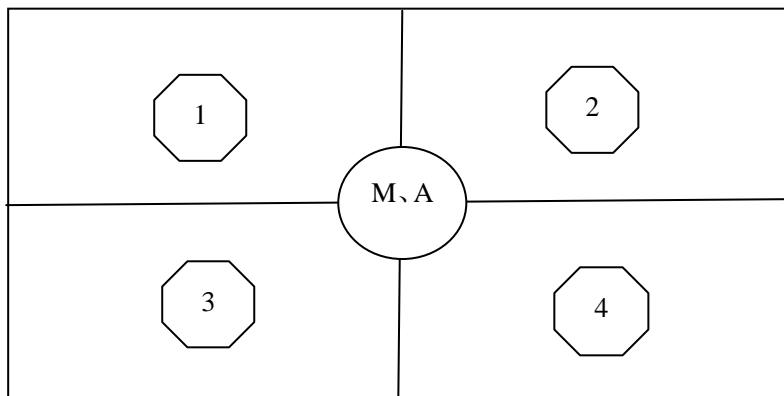


图 1

## 附录 B

## 校准记录格式

委托单位		联系方式	记录编号				
器具 名称	名称			型号			
	厂家			编号			
计量 标准 器具	名称	型号	编号	溯源机构/证书 编号	有效期		
	测量范围						
	不确定度或准确度等级或最大允许 误差						
	名称	型号	编号	溯源机构/证书 编号	有效期		
	测量范围						
	不确定度或准确度等级或最大允许 误差						
校准设备/样品检查	校准前： <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常			校准后： <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常			
技术依据		温度		相对湿度		校准 地点	

## 校准结果

## 1、温度校准（控制温度36℃）

次数	肤温显示 温度 (°C)	测量温度°C				
		1	2	3	4	M
1						
2						
...						
14						
15						
平均值						
控制温度误差 $\Delta t_{ap} =$ °C			温度示值误差 $\Delta t_{am} =$ °C			
温度均匀度 $\Delta t_{im} =$ °C			测量不确定度:			
说明						

## 2、报警噪声测量值 (dB)

M点上方5cm处测量值	1:	2:	3:	平均值:
距温度控制器3M处测量值	1:	2:	3:	平均值:
背景噪声	测量不确定度:			
说明				

校准:                      核验:                      校准时间:                      年    月    日

## 附录 C

### 校准证书正文内容及格式

#### C.1 校准证书内页至少应包括下列信息：

- C.1.1 校准所依据的技术规范，包括名称及代号；
- C.1.2 校准时所使用的参考标准名称和相关参数；
- C.1.3 进行校准的地点；
- C.1.4 校准时的环境条件
- C.1.5 校准结果
- C.1.6 校准结果的测量不确定度
- C.1.7 复校时间间隔的建议

#### C.2 校准证书正文推荐格式

校准项目	校准结果	测量不确定度 ( $k=2$ )
温度示值误差		
温度均匀度		
控制温度误差		
报警噪声		

## 附录D

## 温度示值误差测量结果的不确定度评定示例

## D.1 概述

婴儿辐射保暖台温度示值误差测量,是先在婴儿辐射保暖台按要求布点,然后设置控制温度到  $36^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ,并运行到恒温状态,用温度测试仪对 M 点进行测量,所得计算肤温显示值与 M 点温度测试仪测试值之差。

## D.2 测量模型

$$\Delta t_{\text{am}} = \bar{t}_a - \bar{t}_m$$

式中:  $\Delta t_{\text{am}}$ ——温度示值误差,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\bar{t}_a$ ——肤温 A 显示温度 15 次测量的平均值,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\bar{t}_m$ ——M 测试点 15 次测量的温度平均值,  $^{\circ}\text{C}$ 。

## D.3 标准不确定度分量评定

D.3.1.1 输入量  $\bar{t}_a$  标准不确定度  $u_{11}(\bar{t}_a)$  的评定:

设置控制温度  $36^{\circ}\text{C}$ ,并运行到恒温时,对一台婴儿辐射保暖台进行 5 点温度测量,在重复性测量条件下, M 测试点肤温 A 显示温度如表 1:

表 1

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
显示温度 $t_a / ^{\circ}\text{C}$	36.0	36.0	36.0	35.9	36.0	35.9	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	35.9	36.0	35.9	35.9

将表 1 中  $t_a$  数据代入贝塞尔公式,得:

$$\bar{t}_a = 35.97^{\circ}\text{C}$$

$$S(\bar{t}_a) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} (t_{ai} - \bar{t}_a)^2}{n-1}} = 0.05^{\circ}\text{C}$$

$$u_{11}(\bar{t}_a) = \frac{S(\bar{t}_a)}{\sqrt{15}} = 0.012^{\circ}\text{C}$$



D. 3. 1. 2 婴儿辐射保暖台显示仪表分辨力的量化误差引入的标准不确定度  $u_{12}(\overline{t_a})$ 。

婴儿辐射保暖台显示仪表分辨力为  $0.1^\circ\text{C}$  时，其量化误差影响量半宽为  $0.05^\circ\text{C}$ ，按均匀分布考虑，得：

$$u_{12}(\overline{t_a}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029^\circ\text{C}$$

重复性引入的标准不确定度分量  $u_{11}(\overline{t_a}) = 0.012^\circ\text{C}$  小于婴儿辐射保暖台显示仪表分辨力引入的标准不确定度分量  $u_{12}(\overline{t_a}) = 0.029^\circ\text{C}$ ，故在计算合成标准不确定度时只需考虑分辨力引入的标准不确定度  $u_{12}(\overline{t_a})$ 。

D. 3. 1. 3 环境温度、湿度变化引入的标准不确定度分量，在正常使用环境下，婴儿辐射保暖台温度参数受环境温度、湿度影响变化很小，故该项可忽略不计。

D. 3. 2 输入量  $\overline{t_m}$  标准不确定度  $u_2(\overline{t_m})$  的评定：

D. 3. 2. 1 标准器温度最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2(\overline{t_m})$

由温度测试仪校准证书得知：温度最大允许误差  $\text{MPE} = \pm 0.10^\circ\text{C}$ 。因此，区间半宽度  $a = 0.10^\circ\text{C}$ ，按均匀分布考虑， $k = \sqrt{3}$  得：

$$u_2(\overline{t_m}) = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058^\circ\text{C}$$

#### D. 4 合成标准不确定度的计算

##### D. 4. 1 灵敏系数的确立

根据测量模型，得灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_{am}}{\partial t_a} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_{am}}{\partial t_m} = -1,$$

各输入量彼此独立，得到方差：

$$u_c^2(\Delta t_{am}) = c_1^2 \cdot u_1^2(\overline{t_a}) + c_2^2 \cdot u_2^2(\overline{t_m})$$

##### D. 4. 2 标准不确定度汇总表

表 2 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$c_i$	$ c_i  \cdot u_i$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
$u_{12}(\bar{t}_a)$	显示仪表分辨力的量化误差引入的不确定度	0.029	1	0.029
$u_2(\bar{t}_m)$	标准器引入的不确定度	0.058	-1	0.058

## D.4.3 合成标准不确定度的计算

$$\begin{aligned}
 u_c(\Delta t_{am}) &= \sqrt{u_1^2(\bar{t}_a) + u_2^2(\bar{t}_m)} \\
 &= \sqrt{0.029^2 + 0.058^2} = 0.065 \text{ } ^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

## D.5 扩展不确定度的确定

取  $k=2$ , 则  $U=k u_c(\Delta t_{am})$

$$U=k \times u_c=0.13^{\circ}\text{C}, \quad k=2$$

## D.6 测量不确定度的表示

$$t=36^{\circ}\text{C} \quad U=0.13^{\circ}\text{C} (k=2)$$

## 附录E

## 噪声测量结果的不确定度评定示例

E.1 测量方法：婴儿辐射采暖台噪声测量，是使各报警器工作，在辐射台床垫中心M点上方5cm处，用分辨力0.1dB，MPE=±2.0dB的声级计进行测量。

E.2 测量模型：

$$P = \bar{p}$$

式中：P——辐射采暖台M点上方5cm处的声级，dB；

$\bar{p}$ ——声级计的指示声级平均值，dB。

E.3 标准不确定度分量的评定

E.3.1 输入量 $\bar{p}$ 的标准不确定度 $u_1(\bar{p})$ 的评定：

将声级计放置辐射台床垫中心M点上方5cm处测量，测量结果如下：

噪声测量结果

测量次数	1	2	3
显示值/dB	72.2	72.1	73.1

得：

$$\bar{P} = 72.70 \text{ dB}$$

$$S_l(\bar{p}) = \frac{R}{C} = \frac{0.9}{1.69} = 0.533 \text{ dB}$$

$$u_1(\bar{p}) = \frac{0.533}{\sqrt{3}} = 0.307 \text{ dB}$$

式中：R——测量结果最大值与最小值之差，dB；

C——极差系数。

E.3.2 声级计引入的不确定度分量 $u_2(\bar{p})$ 的评定：

2级声级计的最大允许误差MPE=±2.0dB。因此，区间半宽度a=2.0dB，按

均匀分布考虑,  $k = \sqrt{3}$  得:

$$u_2(\bar{p}) = \frac{2.0}{\sqrt{3}} = 1.156 \text{ dB}$$

#### E. 4 合成标准不确定度的计算

##### E. 4.1 标准不确定度评定汇总表

标准不确定度评定汇总表

标准不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度/ dB
$u_1(\bar{p})$	测量重复性引入的不确定度	0.307
$u_2(\bar{p})$	标准器引入的不确定度	1.156

##### E. 4.2 合成标准不确定度的计算

$$u_c(\bar{p}) = \sqrt{u_1^2(\bar{p}) + u_2^2(\bar{p})} = \sqrt{0.307^2 + 1.156^2} = 1.196 \text{ dB}$$

#### E. 5 扩展不确定度的确定

取  $k=2$ , 则扩展不确定度计算为:

$$U = k \times u_c(\bar{p}) = 2.4 \text{ dB}, \quad k=2.$$

#### E. 6. 测量不确定度的表示

$$\bar{P} = 72.7 \text{ dB}, \quad U = 2.4 \text{ dB} \quad (k=2).$$

## 附录F

## 温度均匀度的不确定度评定示例

## D.1 概述

婴儿辐射保暖台温度均匀度测量，是先对婴儿辐射保暖台按要求布点，在辐射台面的温度测量点 1、2、3、4 的平均温度和辐射台中心点 M 的平均温度之差，取最大值。

## D.2 测量模型

$$\Delta t_{im} = \max(\Delta t_{im})$$

式中： $\Delta t_{im}$ ——温度均匀度，℃；

$\max(\Delta t_{im})$ ——1、2、3和4测试点温度测量平均值与M测试点温度测量平均值之差的绝对值最大值，℃；

## D.3 标准不确定度分量评定

D.3.1 M 点标准器的重复性引入的标准不确定度  $u_1$  和 4 个温度测量点标准器的重复性引入的标准不确定度  $u_2$  的评定：

设置控制温度 36℃，并运行到恒温时，对一台婴儿辐射保暖台进行 5 点温度测量，在重复性测量条件下，M 点的测量结果如表 1：

表 1

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
M 点温度 $t_m / ^\circ\text{C}$	35.97	35.96	35.97	35.97	35.96	35.96	35.96	35.96	35.97	35.97	35.97	35.96	35.98	35.98	35.98

将表 1 中  $t_m$  数据代入贝塞尔公式，得：

$$\bar{t}_m = 35.97^\circ\text{C}$$

$$S(\bar{t}_m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} (t_{mi} - \bar{t}_m)^2}{n - 1}} = 0.022^\circ\text{C}$$

$$u_1 = \frac{s(\overline{t_m})}{\sqrt{15}} = 0.006 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$u_2 = u_1 = 0.006 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### D. 3.2 标准器温度最大允许误差引入的不确定度分量 $u_3$

由温度测试仪校准证书得知：温度最大允许误差  $\text{MPE} = \pm 0.20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。因此，区间半宽度  $a = 0.10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，按均匀分布考虑， $k = \sqrt{3}$  得：

$$u_3 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.116 \text{ } ^\circ\text{C}$$

#### D. 3.3 标准器分辨力的量化误差引入的标准不确定度 $u_4$

标准器显示分辨力为  $0.01 \text{ } ^\circ\text{C}$  时，其量化误差影响量半宽为  $0.005 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，按均匀分布考虑，得：

$$u_4 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

由于标准器分辨力导致的标准不确定度足够小，这里不予考虑。

#### D. 3.4 标准器位置摆放引入的标准不确定度 $u_5$

根据试验数据，两个测试点间测量温度小于  $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，则标准器在 1、2、3 和 4 测试点摆放位置引入的标准不确定度，按照十分之一计算：

$$u_5 = 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### D. 4 合成标准不确定度的计算

#### D. 4.1 灵敏系数的确立

根据测量模型，得灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_{im}}{\partial t_i} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_{im}}{\partial t_m} = 1,$$

各输入量彼此独立，得到方差：

$$u_c^2(\Delta t_{im}) = c_1^2 \cdot u_1^2(\overline{t_i}) + c_2^2 \cdot u_2^2(\overline{t_m})$$

#### D. 4.2 标准不确定度汇总表

表 2 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度 (°C)	$c_i$	$ c_i  \cdot u_i$ (°C)
$u_1$	M 的温度测量重复性引入的不确定度	0.006	1	0.006
$u_2$	其他测量点的温度测量重复性引入的不确定度	0.006	1	0.006
$u_3$	标准器温度最大允许误差引入的不确定度	0.116	1	0.116
$u_5$	标准器位置摆放引入的标准不确定度	0.1	1	0.1

## D. 4.3 合成标准不确定度的计算

$$u_c(\Delta t_{im}) = \sqrt{c_1 u_1^2 + c_2 u_2^2 + c_3 u_3^2 + c_5 u_5^2}$$

$$= \sqrt{0.006^2 + 0.006^2 + 0.116^2 + 0.1^2} = 0.15 \text{ °C}$$

## D. 5 扩展不确定度的确定

取  $k=2$ , 则  $U=k u_c(\Delta t_d)$

$$U=k \times u_c = 0.30 \text{ °C}, \quad k=2$$

## D. 6 测量不确定度的表示

$$t = 36 \text{ °C} \quad U = 0.30 \text{ °C} (k=2)$$

## 附录G

## 控制温度误差的不确定度评定示例

## D.1 概述

婴儿辐射保暖台控制温度误差  $\Delta t_{ap}$  的测量，是先在婴儿辐射保暖台按要求布点，肤温显示平均值  $\bar{t}_a$  与控制温度  $t_p$  之差， $\Delta t_{ap} = \bar{t}_a - t_p$ 。公式中  $\bar{t}_a = \bar{t}_m + \Delta t_{am}$ ， $\bar{t}_m$  ——M测试点15次测量的温度平均值，℃， $\Delta t_{am}$  ——温度示值误差，℃。因此， $\Delta t_{ap} = \Delta t_{am} + \bar{t}_m - t_p$ 。

## D.2 测量模型

$$\Delta t_{ap} = \Delta t_{am} + \bar{t}_m - t_p$$

式中： $\Delta t_{ap}$  ——控制温度误差，℃；

$\Delta t_{am}$  ——温度示值误差，℃；

$\bar{t}_m$  ——M测试点15次测量的温度平均值，℃；

$t_p$  ——控制温度（36℃）。

## D.3 标准不确定度分量评定

D.3.1 输入量  $\Delta t_{am}$  标准不确定度  $u_1$  的评定：

D.3.1.1 输入量  $\Delta t_{am}$  标准不确定度  $u_{11}$  的评定：

设置控制温度 36℃，并运行到恒温时，对一台婴儿辐射保暖台进行 5 点温度测量，在重复性测量条件下，仪器肤温显示温度的测量结果如表 1：

表 1

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
显示温度 (℃)	36.0	36.0	36.0	35.9	36.0	35.9	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	35.9	36.0	35.9	35.9

将表 1 中肤温显示温度数据代入贝塞尔公式，得：



$$\bar{t}_a = 35.97^\circ\text{C}$$

$$S(\bar{t}_a) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} (t_{ai} - \bar{t}_a)^2}{n-1}} = 0.05^\circ\text{C}$$

$$u_1(\bar{t}_a) = \frac{s(\bar{t}_a)}{\sqrt{15}} = 0.012^\circ\text{C}$$

D.3.1.2 婴儿辐射保暖台显示仪表分辨力为  $0.1^\circ\text{C}$  时, 其量化误差影响量半宽为  $0.05^\circ\text{C}$ , 按均匀分布考虑, 得:

$$u_{12}(\bar{t}_a) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029^\circ\text{C}$$

重复性引入的标准不确定度分量  $u_{11}(\bar{t}_a) = 0.012^\circ\text{C}$  小于婴儿辐射保暖台显示仪表分辨力引入的标准不确定度分量  $u_{12}(\bar{t}_a) = 0.029^\circ\text{C}$ , 故在计算合成标准不确定度时只需考虑分辨力引入的标准不确定度  $u_{12}(\bar{t}_a)$ 。

$$u_1 = u_{12}(\bar{t}_a) = 0.029^\circ\text{C}$$

D.3.2 输入量  $\bar{t}_m$  引入的标准不确定度  $u_2$  的评定:

$\bar{t}_m$  引入的标准不确定度主要是: 标准器温度最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2$

由温度测试仪校准证书得知: 温度最大允许误差  $\text{MPE} = \pm 0.20^\circ\text{C}$ 。因此, 区间半宽度  $a = 0.10^\circ\text{C}$ , 按均匀分布考虑,  $k = \sqrt{3}$  得:

$$u_2 = \frac{0.20}{\sqrt{3}} = 0.116^\circ\text{C}$$

D.3.3 输入量  $t_p$  标准不确定度  $u_3$  的评定:

婴儿辐射保暖台控制温度不确定度来源主要是设定温度显示仪表分辨力的量化误差引入的标准不确定度  $u_3$ 。

婴儿辐射保暖台设定温度显示仪表分辨力为  $0.1^\circ\text{C}$  时, 其量化误差影响量半宽为  $0.05^\circ\text{C}$ , 按均匀分布考虑, 得:

$$u_{12}(\bar{t}_a) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029^\circ\text{C}$$

## D.4 合成标准不确定度的计算

## D.4.1 灵敏系数的确立

根据测量模型，得灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_{ap}}{\partial t_m} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_{ap}}{\partial \Delta t_{am}} = 1, \quad c_3 = \frac{\partial \Delta t_{ap}}{\partial t_p} = -1,$$

各输入量彼此独立，得到方差：

$$u_c^2(\Delta t_{ap}) = c_1^2 \cdot u_1^2(\bar{t}_m) + c_2^2 \cdot u_2^2(\Delta t_{am}) + c_3^2 \cdot u_3^2(t_p)$$

## D.4.2 标准不确定度汇总表

表2 标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u_i$	不确定度来源	标准不确定度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$c_i$	$ c_i  \cdot u_i$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
$u_{12}(\bar{t}_a)$	肤温显示温度测量重复性引入的不确定度	0.029	1	0.029
$u_2(\bar{t}_m)$	标准器引入的不确定度	0.116	1	0.116
$u_3(t_p)$	控制温度引入的不确定度	0.029	-1	0.029

## D.4.3 合成标准不确定度的计算

$$\begin{aligned} u_c(\Delta t_{ap}) &= \sqrt{c_1 u_1^2(\bar{t}_a) + c_2 u_2^2 + c_3 u_3^2} \\ &= \sqrt{0.029^2 + 0.116^2 + 0.029^2} = 0.12^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

## D.5 扩展不确定度的确定

取  $k=2$ ，则  $U = k u_c(\Delta t_{ap})$

$$U = k \times u_c = 0.24^{\circ}\text{C}, \quad k=2$$

## D.6 测量不确定度的表示

$$t_p = 36^{\circ}\text{C} \quad U = 0.24^{\circ}\text{C} (k=2)$$