

# 玻璃体温计测量的不确定度评定

邓洁贞

广州市从化质量技术监督检测所 广州 从化 510925

**摘要：**玻璃体温计是临床上广泛使用的检查医疗器械，本文依据最新发布的检定规程JJG 111-2019《玻璃体温计检定规程》和JJF1059.1-2012《测量结果不确定度评定与表示》。介绍了使用标准温度计和被检玻璃体温计示值比较的方法，玻璃体温计的示值误差计算公式（测量模型）。系统分析测定过程中的不确定度来源，并对扩展不确定度进行评定。其扩展不确定度取 $k=2$ ， $U=0.02^{\circ}\text{C}$ 。凡符合上述条件，一般可以参照本扩展不确定度的评定方法。

**关键词：**玻璃体温计；测量；标准；扩展不确定度评定

## 1 概述

玻璃体温计是我们生活中最常见的测量计，几乎人人都有。它使用方便不仅深受医护工作者喜欢，更深受老百姓的信赖。使用方便随体温升高水银柱就会有变化，起初使用前要保持水银柱在起点位置，便于使用者随时观测。由于玻璃的结构比较致密，水银的性能非常稳定，所以玻璃体温计具有示值准确、稳定性高的特点，还有价格低廉、不用外接电源的优点。玻璃体温计作为临床上广泛使用的检查医疗器械，其测量准确度对判断人体温度是否正常，为医护者对病人身体状况做出是否健康判断提供重要依据，如果示值达不到规定要求，会引起医护工作者的误诊，因而国家标准对其做了严格的规定，将其作为其技术要求中很重要的技术指标之一。本文依据最新发布的检定规程JJG 111-2019《玻璃体温计检定规程》，选用二等标准铂电阻温度计作为标准器，对玻璃体温计进行测量不确定度的评定，分别对温度点 $37^{\circ}\text{C}$ 和 $41^{\circ}\text{C}$ 进行示值误差的测量，同时分析测量误差的来源与影响因素，从而对测得值进行不确定度评定。



## 2 玻璃体温计的工作原理

玻璃体温计的工作物质是水银，它的玻璃体泡容积比上面细管的容积大的多，测温时，泡里的水银由于受到身体温度的影响，随着温度的升高发生膨胀，通过细管挤到直管，由颈部分上升到管内某位置，当与身体温度达到热度一样时，水银柱就会暂停，保持平衡。水银遇冷体积收缩，就会在狭窄的曲颈部分断开，使细管内的水银不能顺利退回到玻璃体泡内，仍保持水银柱与人体接触时所达到的最高度，所以体温计离开人身体时的温度，数值表示的仍然是人体的温度。



## 3 测量方法

掌握玻璃体温计的正确使用方法，可以更为准确地测量体温，应先观察玻璃体温计的外观、甩动到标准温度、放置到正确位置，最后正确读数。

### 3.1 观察玻璃体温计的外观：

将玻璃体温计取出后，先要检查外观是否完整，即体温计是否存在裂痕，以及玻璃体温计上是否存在污渍等，如果存在污渍，一定要进行及时消毒和清除，避免对测量结果造成影响；

### 3.2 甩动到标准温度：

观察体温计内部的水银指针具体的位置，一般体温

计的温度范围在30-50℃，需要尽可能将玻璃体温计的水银指针通过用力甩动的方式，降至30℃之下，或者接近30℃的位置，使测量更为准确；

### 3.3 放置到正确位置：

要将体温计夹至正确位置，如果使用的是口腔体温计，需要将体温计放置到口腔中，如果使用的是肛门体温计，需要将体温计置入肛门内，临床中较为常用的是腋下体温计，直接将体温计夹在人体腋窝下即可，测量时间大约在3-5分钟；

根据检定规程JJG 111-2019，检定体温计的示值误差，用标准温度计与被检温度计在相同条件下比较测量。将恒温槽分别设定为37℃和41℃，待温场稳定，检定时首先将标准铂电阻温度计放恒温槽内，待标准器示值稳定后放入被检体温计，约3min后读取标准器示值。然后将被检体温计取出水平放置1min后进行读数，估读到公度值的1/10。分量互不相关，则：最后采用比较法计算被检体温计的示值误差。

### 3.4 玻璃体温计正确读数方法

3.4.1 在确保玻璃体温计是好的情况下，量完体温之后，将玻璃体温计拿在手上，一边旋转一边观察，确保能够看到水银当前的位置。

3.4.2 在准备读数的时候，要确保视线与玻璃体温计内的水银注柱水平的。

3.4.3 将标有刻度的一方面向自己的水平视线，读出数字即可。

## 4 影响因素

### 4.1 读取数值出现的差错

在读取温度计数值时，视线要与温度计刻线垂直，反之测出的数值就不准确，示值就会偏高或偏低。对于一等水银温度计，可通过正、反两方面并取其平均值，以消除或减小读数偏差。

### 4.2 标尺位置移动对示值的影响

玻璃温度计因为受热后产生热膨胀，会致使内标式温度计标尺与毛细管的相对位置产生微小的变化，从而影响温度示值，成为一个测量不准确的度量分量。一般而言有热膨胀产生的此项分量可忽略不计。

### 4.3 毛细管不均匀对示值的影响

玻璃温度计在标尺定点、刻度和检定时，是在几个设定的点上进行的。这种分度和检定方法基于把毛细管看成均匀的，而实际情况并非如此。由于毛细管口大小不一，会造成小间隔刻度有偏差。对于准确度不高的温度计，该误差可忽略不计，但对于一、二等标准水银温度计必须进行修正。

### 4.4 露出液柱对示值的影响

理论上，全浸式温度计和局浸式温度计使用的条件，应与分度的条件一致。但有时由于条件所限，全浸式要做局浸式使用，露出液柱的部分会造成温度计示值偏差。局浸式也会由于露出液柱在分度时与使用时的环境温度不同，对示值产生影响。上述两种情况都是因为测温而造成的影响，必须通过对露出液柱温度的保护来修正消除这一影响。

### 4.5 时间滞后对测量的影响

温度计的时间滞后误差以时间常数表示。时间常数就是温度示值上升或下降到最终值和初始值之差的62.3%所需的持续时间。

时间常数与温度间的种类、长短、感温泡的形状及玻璃的厚薄有关，同时也与被测介质周围的环境、液体的状态或气体的种类以及是否均匀有关。由于温度计有时间滞后误差，所以在使用或检定温度计时，必须将温度计与被测介质真正达到热平衡时方可读数。

### 4.6 零位变化对示值的影响

零点变化是由玻璃的加热后引起的。当玻璃体所感受的温度逐渐升高时，玻璃分子也随之重新进行排列，温度升高使得玻璃体感温泡的体积增大，这时将温度计从高温介质中取出降温会使玻璃分子的重新排列而跟不上温度的变化，从而使温度感温泡的体积不能恢复原状，这就是玻璃的热后效。由于热后效，使感温泡的体积比使用前稍大了一些，所以会造成此时的零位比使用前有所降低。尽管这个零位的降低是暂时的，以后随着玻璃分子结构慢慢的恢复，感温泡的体积也会逐渐恢复，但需要相当长的时间。这就是温度计特别是标准温度计零位变化产生的原因。零位的变化会直接对温度的测量不确定度产生影响。

## 5 测量模型：

$$\Delta t = t - t^*$$

式中： $\Delta t$ ——被检体温温度计的示值误差；

$t$ ——被检体温温度计的示值；

$t^*$ ——恒温槽的实际温度。

## 6 方差和传播系数

传播系数： $C_1 = f \Delta t / \Delta t = 1$ ， $C_2 = f \Delta t / t = -1$ 。

## 7 输入量的标准不确定度分析

不确定度来源主要有：被检温度计读数引入的不确定度、标准温度计读数不确定度、数据处理修约不确定度、恒温槽稳定性及均匀性引入的不确定度，由于读标准器与读被检仪读数时间间隔很短，恒温槽引入的不确定度可忽略不计。

### 7.1 被检温度计读数引入的不确定度分量 $u(t)$

被检温度计读数引入的不确定度来源有：被检体温计示值估读引入的不确定度和重复性不确定度，分别进行分析，二者取其较大者：

7.1.1 玻璃体温计的分度值 $0.1^{\circ}\text{C}$ ，检定要求估读到十分之一，即： $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ ，

则不确定度区间半宽为 $0.01^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布处理，故

$$u(t) = 0.01^{\circ}\text{C}/\sqrt{3} = 0.0058^{\circ}\text{C}$$

### 7.1.2 重复性不确定度

通过前面第八项重复性试验数据得知，重复性试验标准偏差 $s(y_i) = 0.002^{\circ}\text{C}$

7.1.3 因为被检仪估读值不确定度分量大于重复性不确定度分量，所以

$$u(t) = 0.0058^{\circ}\text{C}$$

### 7.2 标准温度计测量不确定 $u(t^*)$

测量标准仪器为二等标准铂电阻及高精度测温仪器组成，经过水三相点修正后，测温标准仪器的综合不确定度 $U = 8\text{mK}$ ， $k = 2$ ，故： $u(t^*) = 0.008^{\circ}\text{C}/2 = 0.004^{\circ}\text{C}$ 。

### 7.3 结果处理中数据修约引入的测量不确定 $u(A^*)$

计算公式中，要求数据修约到 $0.01^{\circ}\text{C}$ ，

$$u(A^*) = \frac{0.01}{\sqrt{3}}^{\circ}\text{C} = 0.0058^{\circ}\text{C}$$

## 8 合成标准不确定度：

以上三项合成：

$$u(t^*) = \sqrt{0.0058^2 + 0.004^2 + 0.0058^2} = 0.0091^{\circ}\text{C}$$

## 9 扩展不确定度

扩展不确定度是由合成标准不确定度乘发包含因子 $k$ 得到，通常取 $k = 2$ ，保留到二位小数 则： $U = 0.0091^{\circ}\text{C} \times 2 = 0.02^{\circ}\text{C}$ 。

## 10 结论

10.1 凡符合上述条件的测量结果，一般可参照使用本不确定度的评定方法。这对日常检定工作具有积极的指导意义。

10.2 不确定度来源的分析取决于对测量方法，测量设备。测量条件及对被测量的详细了解和认识，必须具体问题具体分析。

10.3 本文以玻璃体温计为例，讨论了其示值误差试验过程中测定不确定的主要来源及各不确定度分量的评定方法。从评定结果可以看出，输入量所引入的标准不确定度是该试验所产生不确定分量中最大的分量。因此在试验过程中，我们要确保测量过程规范操作，消除各种影响试验的因素，尽可能提高数据分析和测定结果的准确性和可信度。

## 参考文献

- [1]中华人民共和国国家计量技术规范JJG 111-2019《玻璃体温计检定规程》
- [2]中华人民共和国国家计量技术规范JJF1059.1-2012《测量结果不确定度评定与表示》
- [3]中华人民共和国国家计量技术规范JJF1001-2018《通用计量术语及定义技术规范》
- [4]包芳.常用玻璃量器示值误差的测量不确定度评定.建筑技术科学,2020-11.
- [5]宫兆隆1宋洁2魏凯3.常用玻璃量器测量结果不确定度的评定.建筑设计及理论,2018-12.
- [6]是雪丰.仪器示值误差的不确定度评定.机械制造及自动化,2005-04.
- [7]王腾宇.测量不确定度评定方法及应用.2023-01.