

内 容 提 要

本书叙述了温度测试的一些基本方法和仪表,以介绍测试技术为主,全书共六章。第一章扼要介绍温标知识,测量误差及测试数据的处理方法;第二章介绍通用的温度计和数字式温度计;第三章至第六章介绍物体体内及表面的温度测试技术,气体和液体的温度测试技术,透明物体、火焰和低温物体的温度测试技术,温度的动态测试技术等。本书的特点是从准确测量的角度出发,对测试原理和误差来源进行了理论分析,介绍了实用的测试新技术和若干测试工艺要求等。

本书可供从事热工测试的工程技术人员、有关专业的研究生和大学生参考使用。

前 言

温度是工质和过程的重要参数。随着生产和科学技术的发展，在很多工业生产和实验研究中要求准确地测量物体或介质的温度，特别是在实验研究中，温度测试技术是当前亟待解决和提高的重要课题之一。在国内，介绍测温仪表的书籍较多，介绍温度测试技术和测试方法的书籍目前还很少。本书是想从温度测试技术和测试方法方面来介绍温度的测量问题，以供在动力、热工、冶金、机械等领域中进行和研究温度测试工作的技术人员、研究生等参考使用。

因为本书是以温度测试技术和测试方法为出发点进行编写的，故在内容上没有按仪表类型来划分章节，而是按测试技术、测试方法来划分章节。对于某一种测试技术和方法，介绍了可以采用的不同仪表和方案，这对于测试技术工作者进行仪表和各种测试方案的比较和选用有一定的参考作用。

书中第一章简要地介绍了温标知识、误差的基本概念和测试数据的处理方法、温度量值的传递系统。第二章扼要地介绍了常用的温度测量仪表，其中包括数字式温度计。第三章介绍物体体内及表面的温度测量，具体地说明了一些测试工艺和技术，如细丝热电偶的焊接技术，热电偶在物体体内、表面的安装工艺，一些特殊情况下（如转动物体等）的温度测试技术，体内及表面测温的误差分析等，同时附有若干实例，可供借鉴。第四章介绍液体的温度测量和低速气流、高

速气流、高温高速气流的温度测量，结合它们的测温特点，从减小测试结果的误差出发说明相应的测试技术和方法。第五章介绍透明体、火焰和低温物体的温度测量，根据这几种温度测量的特殊性，说明了在温度测量中应该采用的方法和技术。第六章为温度的动态测量，除了介绍以前较常应用的传递函数分析方法外，还介绍了数字信号处理中的离散富氏变换法，用这种方法在计算机上分析、计算温度的动态测试系统是行之有效的。书末，附有一些参考文献，供进一步研究使用时参考。

本书由陈焕生为主编著，王育清参加了第二章、第五章中部分内容的编著工作。由于作者的学识有限，书中的缺点、错误在所难免，恳请广大读者给予批评指正。

承清华大学李天铎教授、吕崇德副教授对本书进行了仔细的审阅，并提出了很多宝贵意见，在此谨向他们表示深切的感谢。

作者于西安交通大学
一九八五年十一月

目 录

前 言

第一章	概述	1
第一节	温标	1
第二节	测量误差及其基本处理方法	7
第三节	测温仪表的质量指标	22
第四节	温度量值的传递系统和检定系统	24
第二章	温度测量仪表	35
第一节	热膨胀式温度计	35
第二节	热电偶温度计	37
第三节	热电阻温度计	71
第四节	辐射式温度计	80
第五节	数字式温度计	96
第六节	温度测量误差综述	116
第七节	温度计的检定	133
第三章	物体体内及表面温度的测量	141
第一节	热电偶的焊接和安装	142
第二节	物体体内温度的测量	150
第三节	物体表面温度的测量	162
第四节	运动物体的温度测量	196
第五节	载电物体的温度测量	208
第四章	流体介质温度的测量	211
第一节	概述	211
第二节	液体温度的测量	217
第三节	气体温度的测量	230

第五章	透明物体、火焰、低温物体等的温度测试技术	281
第一节	透明物体的温度测量	281
第二节	火焰温度的测量	290
第三节	低温的测量	314
第四节	电弧温度的测量	321
第五节	光纤温度的测量技术	322
第六节	热电偶的串联、并联及差接	329
第六章	温度的动态测量	334
第一节	传递函数法	335
第二节	频域分析法	352
第三节	改善动态特性的方法和动态补偿	365
第四节	动态温度信号的采集和记录	381
参考文献		392

第一章 概 述

温度是一个重要的物理量。简单地说，一个物体的温度是衡量其冷热程度的物理量，是物体内部分子热运动激烈程度的标志。温度是一个内涵参数。当两物体处于热平衡，即不发生热量交换时，两物体具有相同的温度，这一点是温度量度的基础。温度是很多物理过程和化学现象的重要参数。在工业生产及实验研究中，象电力、化工、石油、冶金、航空航天、机器制造等领域内，温度常常是表征对象和过程状态的重要参数。在火力发电厂中，锅炉的过热蒸汽温度必须控制在一定范围内；许多化学反应中的工艺过程必须在适当的温度下才能正常进行；炼油过程中，原油必须在不同的温度和压力条件下进行分馏才能得到汽油、煤油、柴油等产品；冶金工业中，控制钢坯在一定温度下进行轧制，才能得到优质的钢材等。

工业生产和科学实验中经常碰到很多温度测量问题，要求人们解决。

第一节 温 标

测量温度和测量其他量一样，要有人为的标尺，即需要首先定出温度单位的标尺，也就是建立温标。

一、热力学温标

热力学温标是根据热力学定律建立的。根据卡诺循环可

知，在可逆情况下， $\frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$ 。利用这一关系可设想一种与工质种类无关的测温标尺。上式可改写为 $\frac{T}{T_1 - T_2} = \frac{Q}{Q_1 - Q_2}$ ，如设标准大气压下水的沸点为 T_{100} ，冰的熔点为 T_0 ，令 $T_{100} - T_0 = 100$ ，即可得

$$T = \frac{Q}{Q_{100} - Q_0} \times 100 \quad (1-1)$$

式中 Q ——工质在温度为 T 时的热量；

Q_{100} ——工质在温度为 T_{100} 时的热量；

Q_0 ——工质在温度为 T_0 时的热量。

由式(1-1)可以看出，温度 T 是热量 Q 的函数， $Q_{100} - Q_0$ 是常数，故温度 T 和热量 Q 是单值函数关系，而与工质的种类、特性无关。从理论上讲，这种温标和使用的介质无关，是一个理想的温标。用热力学温标表示的温度单位为开[尔文]，符号为K。

式(1-1)是一个理论公式，实际上无法实现，因为理想的卡诺循环是不存在的。根据热力学中的理想气体方程进行推导后，可得出气体的温度 T 、压力 P 和容积 V 之间的关系为

$$T = \frac{pV}{p_{100}V_{100} - p_0V_0} \times 100 \quad (1-2)$$

式中 p_{100} ——水沸点温度下理想气体的压力；

V_{100} ——水沸点温度下理想气体的容积；

p_0 ——冰熔点温度下理想气体的压力；

V_0 ——冰熔点温度下理想气体的容积。

上式中，分母 $p_{100}V_{100} - p_0V_0$ 是一个常数，故温度 T 和 pV 成函数关系。比较式(1-2)和式(1-1)，可以看到，热力学

温标和理想气体温度计的分度标尺是相同的。使用理想气体温度计时，可以让气体的容积在测温过程中保持不变，则式(1-2)中的 T 和 P 呈单值关系，这样就可利用理想气体的压力 P 来确定被测温度 T 的数值。理想气体温度计的构造复杂，使用非常不便，它只在温度计量中校核热力学温标时使用。

二、国际实用温标

国际实用温标可用来准确、方便地复现热力学温标，它和热力学温标相吻合，由它所定出的温度和热力学温度极为接近，在目前的技术条件下，其差值达到最小值。对1927年建立的国际温标，曾作了几次修改，使它愈来愈接近于热力学温标。目前我国及世界各国都把第十三届国际计量大会建立的“1968年国际实用温标”(IPTS-68)作为温度计量的标准。IPTS-68的主要内容如下：

(1) 以K(开)作为温度的单位。

(2) 规定了十一个高纯物质的定义固定点，作为温度基准点，见表1-1。定义固定点都是物质的平衡点，对物质的要求是化学纯。

(3) 在不同温度范围内，要用高稳定度的温度计作为复现热力学温标的标准仪表，并使用相应的内插和外推公式复现温度。内插公式中的各系数由标准仪表在定义固定点上的读数经计算得出。

从13.81K至630.74℃间，使用基准铂电阻温度计作为标准仪表。为了准确地复现热力学温标，又把这个范围分成了五个区域：13.81~20.28K；20.28~54.361 $\overline{1}$ ；54.361~90.188K；90.188K~0℃；0~630.74℃。

在13.81K~0℃之间的四个区段内的插值公式为

表 1-1

IPTS-68定义固定点

平 衡 状 态	IPTS-68温度值		平 衡 状 态	IPTS-68温度值	
	$T_{68}(K)$	$t_{68}(^{\circ}C)$		$T_{68}(K)$	$t_{68}(^{\circ}C)$
平衡氢三相点	13.81	-259.34	氧 沸 点	90.188	-182.962
平衡氢在 33330.6 Pa压力下的沸点	17.042	-256.108	水三相点	273.16	0.01
平衡氢沸点	20.28	-252.87	水 沸 点	373.15	100
氮 沸 点	27.102	-246.048	锌凝固点	692.73	419.58
氧三相点	54.361	-218.789	银凝固点	1235.08	961.93
			金凝固点	1337.58	1064.43

注 1. 一个单一的物质, 当三相共存, 处于平衡时, 它有确定的温度和压强, 这种状态称为三相点。

2. 除各三相点与平衡氢沸点(17.042K)外, 都是指在101325Pa下的平衡态。

3. 锡的固、液平衡温度(锡凝固点)给定值 $t_{68} = 231.9681^{\circ}C$, 可用以代替水沸点。

4. 所用的水应为高纯度和有相当于海水中同位素成分的水。

$$W(T_{68}) = W_{\text{OOT-68}}(T_{68}) + \Delta W(T_{68})$$

$$T_{68} = \sum_{j=1}^{20} \left\{ \alpha_j \left(\frac{\ln W_{\text{OOT-68}}(T_{68}) + 3.28}{3.28} \right)^j \right\} \quad (1-3)$$

式中 $W(T_{68})$ ——铂电阻的电阻比 $R(T_{68})/R(273.15)$;

$W_{\text{OOT-68}}(T_{68})$ ——专用表格列出的参考函数给出的电阻比^①;

$\Delta W(T_{68})$ ——基准点温度偏差所引起的电阻比偏差函数, 由实验确定之;

α_j ——系数, 由专用表格给出, j 之值为 0 ~ 20^②。

由式 (1-3) 计算温度较繁, 详情可阅文献[20]。

90.188K~0℃范围内的插值公式为

①② 专用表格可在国际温标(IPTS-68)规定或文献[20]中查到。

$$\Delta W(T_{68}) = \Delta W_4 = A_4 t_{68} + C_4 t_{68}^3 (t_{68} - 100)$$

常数 A_4 、 C_4 根据水沸点与氧沸点的偏差函数 ΔW_4 确定之。

3 54.361~90.188K范围内的插值公式为

$$\Delta W(T_{68}) = \Delta W_3 = A_3 + B_3 T_{68} + C_3 T_{68}^2$$

常数 A_3 、 B_3 、 C_3 根据氧三相点、氧沸点的偏差函数 ΔW_3 以及在氧沸点处按 ΔW_4 和 ΔW_3 两式所得的一阶导数相等的条件来确定。

2 20.28~54.361K范围内的插值公式为

$$\Delta W(T_{68}) = \Delta W_2 = A_2 + B_2 T_{68} + C_2 T_{68}^2 + D_2 T_{68}^3$$

常数 A_2 、 B_2 、 C_2 、 D_2 根据平衡氢沸点、氦沸点、氧三相点的偏差函数 ΔW_2 以及在氧三相点处按 ΔW_3 和 ΔW_2 两式所得的一阶导数相等的条件来确定。

1 13.81~20.28K范围内的插值公式为

$$\Delta W(T_{68}) = \Delta W_1 = A_1 + B_1 T_{68} + C_1 T_{68}^2 + D_1 T_{68}^3$$

常数 A_1 、 B_1 、 C_1 、 D_1 根据平衡氢三相点、平衡氢在33330.6Pa压力下的沸点和平衡氢沸点的偏差函数 ΔW_1 以及在平衡氢沸点处按 ΔW_2 和 ΔW_1 两式所得的一阶导数相等的条件来确定。

5 0~630.74℃范围内的插值公式为

$$t_{68} = t' + 0.045 \left(\frac{t'}{100} \right) \left(\frac{t'}{100} - 1 \right) \left(\frac{t'}{419.58} - 1 \right) \\ \times \left(\frac{t'}{630.74} - 1 \right)$$

$$t' = \frac{1}{\alpha} [W(t') - 1] + \delta \left(\frac{t'}{100} \right) \left(\frac{t'}{100} - 1 \right)$$

$$W(t') = R(t') / R(0)$$

式中 t_{68} ——IPST-68的摄氏温度；

α ——系数，由水三相点、水沸点温度下的电阻值

确定;

δ ——系数, 由水三相点、水沸点和锌凝固定点温度下的电阻值确定;

$W(t')$ ——在 t_{ss} 时的电阻比。

在 $630.74 \sim 1064.43^\circ\text{C}$ 范围内是用基准铂铑-铂热电偶测量温度。在这个范围内, 热电偶的热电势和温度的关系为

$$E(t_{ss}) = a + bt_{ss} + ct_{ss}^2$$

式中 $E(t_{ss})$ 是基准铂铑-铂热电偶, 当冷端温度为 0°C 、热端温度为 $t_{ss}^\circ\text{C}$ 时的电动势; a 、 b 、 c 三个常数由铟的凝固点 ($630.74 \pm 0.2^\circ\text{C}$)、银的凝固点温度 (961.93°C) 和金的凝固点温度 (1064.43°C) 下的基准热电偶的电势 E 值计算出来。三个固定点上的电势数值应同时符合下式:

$$E_{\text{Au}} - E_{\text{Ag}} = 1186 \mu\text{V} + 0.17(E_{\text{Au}} - 10334) \pm 3 \mu\text{V}$$

$$E_{\text{Au}} - E_{630.74} = 4782 \mu\text{V} + 0.63(E_{\text{Au}} - 10334) \pm 5 \mu\text{V}$$

$$E_{\text{Au}} = 10334 \mu\text{V} \pm 30 \mu\text{V}$$

在 1064.43°C 以上范围用基准温度灯或基准光学高温计测量温度, 根据普朗克定律来确定温度 t_{ss} , 公式如下:

$$\frac{B_{0\lambda}(t_{ss})}{B_{0\lambda}[t_{ss}(\text{Au})]} = \frac{e^{\frac{C_2}{\lambda [t_{ss}(\text{Au}) + T_0]} - 1}}{e^{\frac{C_2}{\lambda [t_{ss} + T_0]} - 1}}$$

式中 $B_{0\lambda}(t_{ss})$ ——温度为 t_{ss} 的黑体, 波长为 λ 时的光谱辐射亮度;

$B_{0\lambda}[t_{ss}(\text{Au})]$ ——温度为金凝固点的黑体、波长为 λ 时的光谱辐射亮度;

T_0 ——冰熔点温度, 273.15K 。

在 IPTS-68 中, 还采用了一些物质的平衡态温度点作为辅助平衡点, 辅助平衡点可在文献 [20] 中查到。

三、其他温标

最通用的温标是摄氏温标，摄氏温标规定的温度为摄氏温度，其符号为 t ，单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。摄氏温度 t 和热力学温度 T 的关系为 $t = T - 273.15$ 。在表1-1中，以 $t_{\circ}$ 来表示摄氏温标。

英美等国以前通用华氏温标，华氏温度单位示以 $^{\circ}\text{F}$ 。

华氏温度和摄氏温度的关系为 $^{\circ}\text{F} = 32 + \frac{9}{5}^{\circ}\text{C}$ 。

与热力学温标 (K) 相对应的英制单位的为朗肯温标 ($^{\circ}\text{R}$)，二者的关系为 $^{\circ}\text{R} = \frac{9}{5}\text{K}$ ，与华氏温标的关系为 $^{\circ}\text{F} + 459.69 = ^{\circ}\text{R}$ 。

几种温标表示的冰点温度为： $0^{\circ}\text{C} = 273.15\text{K} = 32^{\circ}\text{F} = 491.69^{\circ}\text{R}$ ；水沸点温度为： $100^{\circ}\text{C} = 373.15\text{K} = 212^{\circ}\text{F} = 671.69^{\circ}\text{R}$ 。

第二节 测量误差及其基本处理方法

有关测量误差的内容在很多书籍中都有较详细阐述，限于篇幅，这里只对一些最基本概念和主要公式作简要说明。在有关书籍中，关于这方面的名词术语不够一致，含义也各有所异。本书各有关名词术语的定义均依国家计量总局制订的“常用计量名词术语及定义”（JJG1001-82）为准。

一、系统误差、随机误差和粗大误差

(1) 系统误差 (Systematic error)：在偏离测量规定条件或由于测量方法不正确所引起的有确定规律的误差。系统误差包括已定系统误差和未定系统误差。已定系统误差是指符号和绝对值已经确定的系统误差；未定系统误差

是指符号或绝对值未经确定的系统误差。

(2) 随机误差 (Random error): 又称偶然误差 (Accidental error)。在实际测量条件下, 多次测量同一量值时, 误差的绝对值和符号以不可预定方式变化着的误差。

(3) 粗大误差 (Parasitic error): 超出在规定条件下预期的误差。引起粗大误差的原因有错误读取示值; 使用有缺陷的计量器具; 计量器具使用不正确等。粗大误差也称寄生误差, 在很多书籍文献中常称作疏失误差。

任何测量中, 不管使用的测量仪表如何高级, 总会存在或大或小的误差, 以误差的性质进行分类, 有上述三种。系统误差中的已定系统误差可以通过一定的方法寻找出来, 未定系统误差具有随机误差的性质, 粗大误差可由一定的判断判断并予以消除。因此, 在研究测量误差时, 首先要研究随机误差的特性。

二、随机误差的特性

1. 母体、个体和子样

为了减小随机误差, 常作多次测量。测量的全体数据称为母体, 其中任何一次读数称为个体。母体中的一部分称为子样。

2. 高斯分布 (正态分布) 函数

大多数情况下, 随机误差是按正态分布的。正态分布是误差理论的基础。测量值的概率密度函数 $f(x)$ 称为高斯分布函数, 函数式如下:

$$\left. \begin{aligned} y=f(\delta) &= \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 \delta^2} \\ \text{或} \quad y=f(x) &= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

式中 $h = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma}$ 。在前一个式中 δ 为随机误差；后一个式中 x 为测定值；其它符号在以后叙述中将有所解释。高斯分布函数曲线的性质是：

(1) 对称于 y 轴，意味着正负误差出现的概率相同。

(2) 在 $\delta=0$ 或 $x=x_0$ 处， $f(\delta)$ 或 $f(x)$ 取得最大值 $\frac{h}{\sqrt{\pi}}$ ，这表示误差为零时的概率为最大，其值为 $\frac{h}{\sqrt{\pi}}$ 。

(3) 当 $\delta \rightarrow \infty$ 时， $f(\delta) \rightarrow 0$ ，表示大误差的出现概率是极小的。

3. 高斯分布的统计性质

$$(1) \text{数学期望 } M(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} dx = x_0$$

$$(2) \text{算术平均值 } \bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \cdots + x_n) =$$

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ 。 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为各次等精度测量的结果， n 为测

量次数。当 n 趋向无限大时， $\bar{x}$ 将收敛于被测量的真值 x_0 。算术平均值 $\bar{x}$ 是真值 x_0 的无偏估计值，可以证明，它也是真值 x_0 的最佳估计值。

(3) 残余误差 (Residual error)，测量列中的一个测值 x_i 和该列的算术平均值 $\bar{x}$ 之间的差，又称残差，示以 v_i ， $v_i = x_i - \bar{x}$ 。

(4) 测量列中单次测量的标准偏差 (又称均方根误差) (Standard deviation of a single measurement in a series of measurements) σ 是表征同一被测量值的 n 次

测量所得结果的分散性的参数，并按下式计算：

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2} \quad (1-5)$$

式中的 n 应充分大。在有限次测量的情况下，由贝塞尔公式 (1-6) 计算标准偏差的估计值。

σ 的数值愈小，表明测量值的分散程度愈小，正态分布曲线愈陡峭；反之，则愈分散，曲线愈平坦。

(5) 在 $x_0 \pm a$ 范围内的随机误差 δ 出现的概率 P 为

$$P[-a \leq \delta < a] = P[|\delta| \leq a] = \int_{-a}^a f(\delta) d\delta = 2 \int_0^a f(\delta) d\delta$$

具有正态分布规律的误差，在 $\pm \sigma$ 范围内出现的概率 $P[|\delta| \leq \sigma]$ 为 68.3%，在 $\pm 2\sigma$ 范围内出现的概率 $P[|\delta| \leq 2\sigma]$ 为 95.5%，在 $\pm 3\sigma$ 范围内出现的概率 $P[|\delta| \leq 3\sigma]$ 为 99.7%。

三、系统误差和粗大误差的减小和消除

以概率理论为基础的误差估计是以随机误差为前提的，因此，在测量数列内应该尽量设法减小系统误差和消除粗大误差。

判断系统误差是否存在可使用马利科夫判据和阿卑-赫梅特判据，前者主要用来判断线性系统误差，后者主要用来判断周期性系统误差。减小系统误差的方法有零示法、替代法、微差法等。

判断粗大误差是否存在可使用拉依特准则和格拉布斯准则，前者的原理是认为大于三倍标准偏差的误差为粗大误差，后者是按一定的方法由格拉布斯准则表来确定。

限于篇幅，这方面的问题只作此简单介绍。详细内容可阅张世箕编著的《测量误差与数据处理》和肖明耀编著的

《实验误差估计与数据处理》两书。

四、测量误差和误差的估计方法

1. 测量误差的几种表示方法

绝对误差 (Absolute error): 测量结果和被测量真值之间的差, 即绝对误差 = 测量结果 - 被测量的真值。

相对误差 (Relative error): 测量的绝对误差与被测量的真值之比。相对误差常用百分数来表示。在误差较小、要求不严格的场合下, 可用测量值 x 代替真值 x_0 。进行相对误差计算。设 Δx 为绝对误差, 相对误差 $r_0 = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\%$,

用 x 代替 x_0 时的相对误差称为示值相对误差 r_s 。 $r_s = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$ 。用相对误差来表示测量结果的误差大小比用绝对误差要确切。

修正值 (Correction): 为消除系统误差用代数法加到测量结果上的值。修正值等于未修正测量结果的绝对误差, 但正负号相反。

正确度 (Correctness): 表示测量结果中的系统误差大小的程度。正确度是指规定的条件下, 在测量中所有系统误差的综合。理论上对已定系统误差可用修正值来消除, 对未定系统误差可用系统不确定度来估计 (见下)。过去, 很多文献书籍中称此为准确度, 按 JJG1001-82, 规定为正确度。正确度高则系统误差小。

精密度 (Precision): 表示测量结果中的随机误差大小的程度。精密度是指在一定的条件下进行多次测量时, 所得测量结果彼此之间符合的程度。精密度通常用随机不确定度来表示。精密度可简称为精度。

准确度(精确度)(Accuracy): 准确度是测量结果中系统误差与随机误差的综合, 表示测量结果与真值的一致程度。从误差观点来看, 准确度反映了测量的各类误差的综合, 若已修正所有已定系统误差, 则准确度可用不确定度来表示。

不确定度(Uncertainty), 表示由于测量误差的存在而对被测量值不能肯定的程度。从误差的性质上, 不确定度可以分为系统不确定度和随机不确定度两种。在估算不确定度的数值时, 按其估计方法的不同可以分为A类和B类两种方法。在多次重复测量时, 用统计理论计算出标准偏差为A类, 用其他各种方法估计出近似的“标准偏差”为B类, 两类方法均以标准偏差来估计不确定度。当有几个因素对测量结果有影响时, 可通过求合成方差来得到测量结果的标准偏差, 我们称此为合成不确定度, 这样得到的不确定度具有概率的概念。在正态分布的情况下, 实际结果处在测量结果 $\pm$ 合成不确定度范围内的概率为68.27%。在需要增加不确定度的置信程度时, 可将合成不确定度乘一个置信系数K, 从而得出总不确定度(置信系数的定义见下)。总不确定度又称为置信区间或置信限, 此时, 要说明所乘因子的数值。总不确定度的表示方法为

$$\pm K\sigma, P$$

其中 σ 为测量结果的标准偏差, P 为测量结果在 $\pm K\sigma$ 内的概率即置信概率。

置信系数(置信因子)(Confidence factor): 遵从一定概率分布的某项误差, 它对应于所给置信概率的误差限与标准偏差之比, 称为置信系数。用下式表示为