

温度测量

不确定度评定

沈正宇

主编

WENDU CELIANG
BUQUEDINGDU PINGDING



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

温度测量不确定度评定

沈正宇 主编

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

温度测量不确定度评定 / 沈正宇主编. —北京: 中国计量出版社, 2006. 10

ISBN 7-5026-2503-8

I. 温… II. 沈… III. 温度测量—不确定度—基本知识 IV. TB942

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 101011 号

内 容 提 要

本书介绍了温度测量、量值传递及相关仪器仪表的基本知识; 重点介绍测量不确定度评定中的疑点、难点、问题; 并给出了省级标准以下的各类温度仪器仪表的测量不确定度评定实例。

本书可供从事温度计量测试、检定的工作者及相关人员使用。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×960mm 16 开本 印张 7.25 字数 108 千字

2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

*

印数 1—3 000 定价: 20.00 元

前 言

随着 JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》在我国的深入贯彻，测量结果不确定度评定已日益普及。不确定度的评定改变了我国过去经典误差分析与合成的传统方法，因而带来了一些新的分析计算方法。目前，测量不确定度评定方法已基本上被温度界同仁掌握，但从历次学习培训班及新发表的有关文章看，在分析过程中存在着一些需更深入了解、探讨的共通性疑难问题未能解决。关于不确定度评定的书籍现已出版不少，故本书不打算就评定的基本架构作重复叙述，而是就评定过程中一些常见的疑点，以笔者的认识与经验作些探讨。这样，为已了解评定方法基础的同仁提供一些参考。

在温度计量检测中，需要对“温度”这个物理量、国际温标以及有关的量值传递、仪器仪表有一个较系统的认识，所以本书介绍了一些最基本的专业知识。

依据 JJF 1059—1999 对检测结果作不确定度分析，除了可得出测量结果的不确定度外，还会有一个更重要的收益，就是使检测分析者在分析过程中明确在不确定度的诸贡献量中哪些是主要的贡献大项，从而在实际检测中主动地严格控制这些量，以保证检、测工作准确、可靠。能达到此目的，委实是进行不确定度评定的一大收获。

为使温度计量工作者能较系统、集中地了解到各类计量器具的测量结果评定方法，本书收集了省级标准以下的各类仪器仪表的分析实例。所收集的实例未见得完全正确，目的只是提供一个样板，供同行们参考。

参与本书编写的有中国计量科学研究院及部分省、市计量

院从事温度检定工作多年、经验丰富的专业技术人员。其中第1、2章由沈正宇编写；第3章由原遵东、邱萍、朱家良、刘芊、沈正宇、梁显有编写；全书由沈正宇统稿。

在编写过程中，中国计量科学研究院副院长、全国温度计量技术委员会主任段宇宁博士对本书提出了许多宝贵意见，技术委员会秘书长陈伟昕及中国计量科学研究院邱萍、张哲提供了宝贵的资料、数据。笔者在此深表感谢！

由于笔者学识水平有限，本书难免有错漏疏忽之处。恳请读者批评指正，交流探讨。

编著者

2006年5月

目 录

第 1 章 基础知识	(1)
1.1 温度	(1)
1.2 温度的测量	(2)
1.3 热力学温标与国际 (实用) 温标	(4)
1.4 温度的量值传递与溯源	(7)
1.5 常用温度检测仪器仪表	(7)
1.6 温度量传检定的主要配套设备	(11)
第 2 章 测量不确定度	(14)
2.1 测量误差与不确定度	(14)
2.2 不确定度分析中的若干问题	(21)
第 3 章 温度计量器具检定结果的测量不确定度	(39)
3.1 二等标准水银温度计	(39)
3.2 二等标准铂铱 10-铂热电偶	(47)
3.3 标准光电高温计	(52)
3.4 二等标准铂电阻温度计	(55)
3.5 高精度玻璃水银温度计	(67)
3.6 贝克曼温度计	(71)
3.7 工作用辐射温度计	(76)
3.8 工作用玻璃水银温度计	(79)
3.9 工业用铂电阻温度计	(84)
3.10 工作用镍铬-镍硅 (K 型) 热电偶	(93)
3.11 模拟式温度指示仪表 (配热电阻)	(98)
3.12 数字式温度指示仪表 (配热电偶)	(102)
参考文献	(109)

第 1 章 基础知识

1.1 温 度

温度是一个内涵量。它是物体内部分子内能的宏观反映，是分子热运动状态的一个表征。温度这个内涵量亦称强度量。它不同于其他属于广延量的物理量。例如长度量，两个 1m 相加后为 2m，而两个 100°C 的物体放在一起不会成为 200°C。

如何进行温度这个内涵量的测量，最简单的是凭手摸的感觉。但放在一起等温了的木头与铁（称为两个系统）手摸的冷热感觉就不一样，这就需要有手段定量地表达。随着物理学的发展，特别是分子物理学、量子力学等学科的发展，温度这个量得到了科学的研究与定义。

对处于热平衡状态的两个系统，必定有一共同的物理表征及物理性质。用分子运动理论分析，这个物理性质就是分子的平均动能，而其物理表征则为温度。处于热平衡状态的不同系统，其分子有着相同的分子平均动能，而且有着相同的温度。

通常，物质存在着三种状态，即固态、液态和气态。处于液态和固态的物质分子，其分子间能量的相互影响及自由热运动受分子间相互作用力的影响较大，特别是固态物质的分子，是在晶格上抖动而不是处于布朗（自由）运动状态。当吸收的热能越多，其分子运动越剧烈。到一定程度时分子将突破晶格中分子间的相互作用力，物质便从固态转变成液态。当吸收的能量继续增加时，分子的热运动将更加剧烈，便突破液态分子的表面张力而蒸发，变成气态。处于气态的分子，其自由热运动状态受分子间相互引力的作用最小。这时，它的分子平均动能 $\bar{\epsilon}$ 与温度有惟一的函数关系：

$$\bar{\epsilon} = \frac{3}{2}kT \quad (1-1)$$

式中 $\bar{\epsilon}$ ——气体分子平均动能；

T ——热力学温度，K；

k ——玻尔兹曼常数。

如将平均动能以运动学公式表示，则有

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{2} m \bar{v}^2 \quad (1-2)$$

式中 m ——分子质量；

\bar{v} ——分子运动的平均速度。

故

$$T = \frac{m}{3k} \bar{v}^2 \quad (1-3)$$

式中， \bar{v} 为分子热运动的平均速度，标志着分子无规则热运动的剧烈程度。大量分子热运动的集体效应便反映了温度的高低。温度越高，即分子运动越剧烈。从式(1-3)可以看出，当物质指定后(分子质量 m 固定)，其温度 T 只与分子热运动的平均速度 \bar{v} 有关。

如此解释温度十分明了直观。当两个系统热接触，甲物分子热运动撞击乙物分子，使接触处的乙物分子运动动能加大， \bar{v} 上升，再碰触乙物的其他分子。甲物内部的分子又不断把动能传递给表面失去部分动能的分子。如此直至甲、乙物所有分子具有相同的动能，达到动平衡(即热平衡)，即二物等温，具有相同温度。可以得出结论：“一切互为热平衡的物体(系统)，具有相同温度”，或“两系统分别与第三系统处于热平衡，则它们也必然处于热平衡状态”。这就是热力学第零定律。

1.2 温度的测量

既然温度即物体冷热程度的表征是物体分子热运动的集体效应的宏观表现，而又不可能微观地量度分子的热运动，就可以根据热力学第零定律，用一种表现量与分子热运动有关联的测量工具来量度这个物理量。这种工具称为温度计。

16世纪末，伽利略首先利用物质的热胀冷缩原理制成一种感温器，由一段在毛细管内的液体将一些气体封在毛细管下连的玻璃泡内。感受到

不同温度时，气体膨胀使毛细管内液柱上移，从而察觉到温度变化，使温度高低首次有了定性的表示。17世纪，由费狄南二世首次制成了实用的温度计，由玻璃感温泡、毛细管及充满酒精作感温介质而制成。他把当时居住地（托斯卡纳）最冷的冬天气温定为11度，融冰季节的气温定为13度，最热的夏天定为40度。事实上，这是最早的温标（确定温度的标准）。后来，由哈克、玻意尔、马格罗蒂、牛顿等各自提出了建立温标的办法，其中有两种得到了较广泛的应用。

华伦海脱（医学家、物理学家）在1714年建立的温度标准（华氏温标）确定，用水、冰、氯化铵混合后的温度定为零度，健康人的人体温度为96度。后来，又以冰、水混合物的温度定为32度，水沸点定为212度，中间等分为180格，每格1（华氏）度。

摄尔修斯及斯托里在1742年制定的温标（摄氏温标）确定冰的熔点为零度，水沸点为100度，中间等分为100格，每格1（摄氏）度。故又称为百分度温标。

这是在人类史上较有影响的两个温标。由于是以实用经验来确定温度的，故又称为经验温标。摄氏温标由于是百分度，较其他温标有更合理、方便的科学性，所以应用十分广泛。用此温标定义的温度量值，成为了历史上温度测量的基础值。据此温标制作的温度计，将水冰点作 0°C 的刻度，水沸点作 100°C 刻度，中间用等分的办法便可得出中间温度的数值。

深入的研究发现，经验温标有很大的局限性。在作 0°C 分度时，冰的成分（纯度）会极大地影响 0°C 温度的准确性；水沸点受气压的影响也难以准确地复现 100°C ；高于 100°C 时感温介质（如通常用的水银）膨胀系数与在较低温度时不一样，即膨胀系数的非线性，以原间隔来分度 100°C 以上的刻度将有较大的误差；以玻璃制作的温度计，如在较高温度使用后立即测量较低温度，感温泡由于热后效使体积变大，从而使后测的温度示值变小，而热后效影响与玻璃的成分、制作工艺均有关，不同厂家的产品难以一致。这些原因导致原有的经验温标确定温度值不准确，难以统一温度量值。

确定温度量值的温标，必须包含三个基本内容，称为温标的三要素：

①要有指定的一些物质的热状态及对应值（这个值在不同温标中会有不同的数值）。例如，水冰点摄氏温度为 0°C ，华氏温度为 32°F ；水沸点则分别为 100°C ， 212°F 等。这些物质的热状态，应能准确地复现，称为

该温标的定义点。

②要有测量温度的手段、工具，即温度计。这种温度计应科学，对温度测量有好的重复性，并易于一致地制造。在温标中称内插仪器。

③要有根据温度计而定的内插计算公式，用以求得定义点间的中间温度。例如，带刻度的玻璃液体温度计，可从刻度上计出任一刻度上的温度值。对摄氏温度计：

$$t_x = \frac{100(^{\circ}\text{C}) - 0(^{\circ}\text{C})}{100} \cdot x \quad (1-4)$$

式(1-4)则为(0~100)°C的中间任何点 t_x 的内插计算公式。

现在，测温的手段已发展成多种测量机理、多种结构形式的温度计。例如，电阻测温、热电偶测温、非接触式测温等。它们的测温范围、测量准确度都已远远地超越了过去简单经验温标定义的那些手段所能达到的水平。

1.3 热力学温标与国际（实用）温标

经验温标有极大的局限性，满足不了日益发展的科学技术与生产的需要。必须有一种确定温度的方法使测温与测温手段无关，从而能准确地定义被测的热状态的值。这就是热力学温标。它是基于热力学第二定律，根据卡诺定理引出的与测温介质的性质无关的理论温标。

卡诺于1824年提出：“一个工作于两热源 Q_1 、 Q_2 间的可逆热机，其效率只与两热源的温度 Q_1 、 Q_2 有关，而与工作物质（热机）和所吸收的热量及所作功的多少无关。”即“热机与两热源间交换的热量之比等于两热源的温度之比。”只要传递热量的热机是理想的可逆热机，它的传递效率就只与 Q_1 、 Q_2 有关，作为传递载运工具，它不会吞掉所得的热量。可逆，即吸收多少放出多少，会完全交出给另一热源。反之，放了多少就再吸入多少。而与它的传递方式、时间长短、路径如何无关。要完成此“等量”的传递，理想热机——可逆热机就是实施的关键。这种理想热机又称为卡诺热机。

开尔文证实了卡诺定理的正确性，于1848年提出对卡诺定理所作的表达：

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (1-5)$$

即

$$T_2 = \frac{Q_2}{Q_1} T_1 \quad (1-6)$$

开尔文对卡诺定理的叙述为：“热不可能自发地不付代价地从一个低温物体传至一个高温物体。”这就是热力学第二定律。

根据公式(1-6)，开尔文提出用理想热机来决定温度的温标，可只用一个可以准确地复现的热状态点(定义固定点)来确定整个温标。这就完善地提出了科学的理论温标——热力学温标。为表彰他的贡献，后人以“开尔文”作为热力学温度的单位。

实现热力学温标(或称复现热力学温标)，最关键的是需要有理想热机——卡诺热机。它必须能把吸收的热能无保留地转换成系统的热运动。理想气体就是卡诺热机的最佳构成。理想气体的分子没有质量(无惯性、惰性)、无体积(为质点)，从而使分子间的距离接近无穷，因而没有分子间的引力，它的运动只受所得到的热动能影响并通过布朗运动的碰撞而将能量无保留地传递给其他分子。由理想气体构成的热机是理想热机。

根据气体三定律及开尔文提出的卡诺定理表达式(1-6)，可以得到用理想气体制成的气体温度计的温度计算公式。有定压及定容两种。定容的气体温度计计算式为

$$T = \frac{p}{p_0} T_0 \quad (1-7)$$

$$p = f(h) \quad (1-8)$$

定容式气体温度计示意图如图1-1所示。

根据开尔文的建议，用一个固定点来定出温标的基准点(即 T_0 ， p_0)，便可在测量温度 T 时测出压力 p ，从而算出 T 。这样，就可通过理想气体温度计作为理想热机实现根据热力学定律制定出热力学温标。通常，这种用气体温度计来实现确定温度的温标也称为气体温标。它是热力学温标的应用体现模式。

实际上，理想气体是不存在的，因为任何物质的分子均有质量和体积。这就需要通过各种修正手段使实际气体接近理想，从而使气体温度计成为卡诺热机。这样，测温便与所使用的介质(工具)、方法无关，只需创造出各种条件使所用气体最接近理想气体状态便可实现。由此可以看

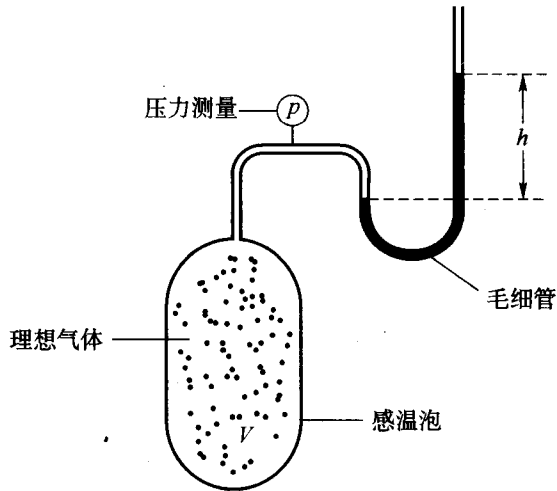


图 1-1 定容式气体温度计示意图

出，热力学温标（或气体温标）完全不同于经验温标，其理论的正确性无可置疑。由它确定的温度——热力学温度是最准确地反映物质内能的表征量。所以，这个量能成为国际单位制单位中七个基本单位之一。

由于气体温度计十分复杂庞大，使用条件苛刻，不可能用于日常实用测温。因此产生了国际（实用）温标，它是热力学温标的实用替代并属国际协议性的温标。用热力学温标（气体温度计）来确定一些能准确地复现的固定点（称定义固定点）的热力学温度值，再用这些定义固定点来分度一些成熟的、国际一致同意采用的标准温度计，并使用经详细实验并用相邻定义固定点值来验核过的合适的计算公式来测量计算固定点间任意温度值（称为内插计算）。这样，使所测得的温度最接近事实上的热力学温度。这样的一个国际协议的温标称为国际（实用）温标。它规定了一些定义固定点及其热力学温度值，规定了使用的内插标准仪器、内插计算公式，以及一些具体的复现、计算方法。所以它是基于热力学温标的一个实用体现及最近似的温标，比任何一个经验温标都更准确、科学，能统一国际的温度量值。

1.4 温度的量值传递与溯源

现行的国际温标是 ITS—90 国际温标（以下简称 90 温标）。各国根据本国量值传递的需要建立按 90 温标要求的最高国家标准。它包括了一系列定义固定点及相应的标准器，并经国际比对来确定其准确性。我国最高一级的标准称为国家基准。为保证国家基准不致使用过于频繁而影响其稳定性，还建立了国家副基准及工作基准，由工作基准负责向下传递。根据我国法制管理要求，国家颁布了各专业的量值传递系统（亦称检定系统表），并按系统表制定了各种计量器具的国家检定规程（及部分行业检定规程和地方检定规程）。按此进行逐级向下的量值传递。

计量检定是按照检定系统及相应的检定规程，对被检定的计量器具作全面的检查检定以判断被检仪器是否合格。在工业生产中，往往对一些仪器仪表只要求示值是否正确，或单一使用点能否满足工艺要求便可，不需要检定其全面指标，对这些仪器仪表的主要计量性能（示值）作出检查，称为校准。而校准的方式、手段只要能满足用户的要求，可以双方协定所使用的方法、标准，而不必一步步都按检定规程的法令性规定一级级向下传，只要所用的标准器是经过严格按规程检定合格，可追溯到量传系统上便能满足，这种校准其量值来源向上追溯的做法称为量值溯源。量值溯源与量值传递是方向相反的传递追根问源的做法。

1.5 常用温度检测仪器仪表

温度测量与量值传递用的仪器仪表分为接触式测温与非接触式测温两大类。其中，又可划分为基、标准器及工作用器具。工作用器具中亦分为（高）精密与一般的工作器具。有的工作用（或称工业用）温度仪器仪表有分开传感器部分（一次元件）与显示、控制部分（二次仪表），按规程有将一、二次部分分别检定的，也有一、二次合起来作为整体检定的。根据计量器具的特点检定时有用同性质的标准器检定被检器具的（如用一等标准水银温度计检定二等标准），也有用装置对被检器具作“交叉”检定的（如用定义固定点分度标准铂电阻温度计）。本书收集了各类有代表性

的标准器、工作用器具的检定结果不确定度分析例子，供温度计量、检测人员作参考。

1.5.1 接触式测温器具

(1) 膨胀式温度计

①一等标准水银温度计。以 360 号玻璃与纯净水银制成的透明棒式，全浸使用。测温范围为 $(-30\sim 300)^{\circ}\text{C}$ 。有 9 支组与 13 支组两种。9 支组在 $(0\sim 100)^{\circ}\text{C}$ 范围分度值为 0.05°C ，其余为 0.1°C 分度。13 支组的全范围均为 0.05°C 分度。

②标准体温计。4 支一组，其中 1 支范围为 $(35\sim 45)^{\circ}\text{C}$ 、 0.05°C 分度的为标准器，有釉带背面。其余 3 支是辅助温度计，有棱镜凸沿的，不属标准器。周期检定时也不必检定。

③二等标准水银温度计。7 支组一套，测量范围为 $(-30\sim 300)^{\circ}\text{C}$ 、 0.1°C 分度。有具釉带背面的棒式及内标式两种。近年研发了至 -60°C 的汞基标准水银温度计（亦称汞铊温度计）及 $(300\sim 500)^{\circ}\text{C}$ 范围的二等标准。

④贝克曼温度计，又称移液式温差温度计。分为标准贝克曼及工作用贝克曼，是内标式局浸温度计。测量的温差范围为 5°C 或 6°C ，分度值 0.01°C 。

⑤高精密玻璃水银温度计。包括石油用高精密水银温度计及以前称的量热温度计类。分度值有 0.01°C 、 0.02°C 及 0.05°C 几种。

⑥工作用玻璃液体温度计。其中， 0.1°C 、 0.2°C 、 0.5°C 分度的称为精密玻璃水银温度计。有棒式、内标式、外标式几种。按使用时浸没方式有全浸、局浸及潜浸三类。按形状分有直棒型及角型等。感温介质有水银、酒精、煤油等。

⑦电接点玻璃水银温度计。带有控制接点，分为可调式及固定接点式。

⑧压力式温度计。感温泡与压力表式显示部分用金属毛细管（带保护网罩）相连。感温泡内有充液体、蒸汽及气体的三种。可带控制部件。

⑨双金属温度计。用具有不同膨胀系数的不同金属贴附在一起制成敏感元件，将随温度变化产生的偏转用轴传至表盘指针，显示出不同温度。有直型（径向型）与角型（轴向型）之分。可带控制部件。

此外，还有一些特殊用途及功能的玻璃液体温度计，如最高（最低）

温度计，渣留温度计等。

(2) 电阻测温类温度计

①国家基准、副基准、工作基准铂电阻温度计。

②一等标准铂电阻温度计（包括一等标准高温铂电阻温度计）。

③二等标准铂电阻温度计（包括二等标准高温铂电阻温度计）。根据制造工艺、退火温度及使用范围还有一种高稳定度二等标准铂电阻温度计。二等标准有（石英）玻璃杆及金属杆两种。

④工业用电阻温度计。按准确度等级分为 A 级和 B 级两种。按支撑材料分为玻璃体、云母体和陶瓷体三种。按金属材料分为铂电阻、铜电阻、镍电阻等。还有厚膜、薄膜式铂电阻温度计，以及半导体类（PN 结）、热敏电阻类（正温系数及负温系数）。按引线方式分为二线制、三线制或四线制。

在行业中，对已制成带保护套管、接线端盒的称为电阻温度计，而对只是传感器感温元件的称为电阻温度计元件。另有用这些元件制成的变送器。

(3) 热电偶类

热电偶因其测温方便、结构简单、热惰性小、成本较低，而在温度测量领域处于很重要的地位。虽然由于热电偶测温的不确定度较其他内插仪器差，90 温标中取消了标准热电偶作为温标的内插仪器，代之以向上延伸的（高温）铂电阻及向下延伸的光电高温计（在银凝固点衔接），但热电偶测温并未从使用中消失。相反，国际上对热电偶的研究仍十分活跃，而且研究越来越深入。国际电工委员会（IEC）与国际计量委员会（CIPM）颁布了执行 90 温标后各种热偶（常用八种）的分度公式与分度表（ $t_{90} \sim E$ ），将原来的作用函数公式改变为参考函数与偏差函数，使热偶测温、检定更符合热力学温度要求，而且更准确可靠。这类测温器具包括：

①（我国）国家标准组热电偶（S 型）。这是原来的热电偶国家基准及工作基准，现不作为基准仪器而成为国家标准组标准器，但仍负责向下传递各等级的热偶标准。

②一等标准热电偶（S 型）。接受国家标准组热偶的量传，向下传递至二等标准偶及 I 级 S 型、R 型工作用热偶。

③二等标准热电偶。作为标准器偶种常用的有 S 型、B 型和 T 型，国外还使用 R 型，用于检定工作用各型热偶。

④各种工作用热电偶。根据材料及搭配有多种型号的偶种。常用的、以字母为分度号的热偶有八种：S型（铂铑10-铂）、R型（铂铑13-铂）、B型（铂铑30-铂铑6）、K型（镍铬-镍硅或镍铝）、N型（镍铬硅-镍硅）、E型（镍铬-铜镍即康铜）、J型（铁-铜镍即康铜）、T型（铜-铜镍即康铜）。

在中文名称中，前面材料的偶丝为正极，后面的为负极。

我国在20世纪70年代曾发展过一种K型材料的三等标准偶。但由于K型偶丝（镍铬丝及镍铝、镍硅丝）的稳定性原因，最终未能形成。

⑤各偶种所配用的补偿导线。有些热电偶丝为贵金属材料，不可能做得很长以满足用户一、二次仪表较远距离的连接。因而采用一些在100℃以内其热电势值与该偶种相近、其误差可以接受的廉金属丝材做成补偿导线，以补偿热电偶参考端至显示二次仪表接线端的温度差的相应电势。补偿导线实际上也是属于热电偶，其功能分为延伸型及补偿型。但对补偿导线材料的成分均匀性、工艺及稳定性的要求比热电偶偶丝低些。在做一些工业热电偶的检定时用到的补偿导线应先焊成热偶，使用前先行检测，在使用于检定时进行相应修正。另外，补偿导线的正极一般为红色，使用时应注意。

（4）测温二次仪表

二次仪表，是我国沿用前苏联的习惯，相对于测温感温仪器为一次仪表的称呼。热电阻、热电偶类及由它们制成的温度变送器等测温一次器件，本身不具备所测温度的显示功能，必须配合显示仪表方能完成温度测量。这类仪表，有动圈测温仪表（测温毫伏表）、自动平衡仪表及各种数字显示仪表。这些仪表往往还带有控制功能。配合热电阻用的除按不同分度号区分外，还按连接热电阻的输入线制不同而异（二线制、三线制及四线制）。配不同型号热偶的还有是否带冷端补偿功能、有无外路电阻要求（视仪表的输入阻抗而定）等的区别。检定、使用时应注意。

1.5.2 非接触式测温器具

非接触式测温即辐射测温。具有内能的物体均向外辐射谱线，接收测量这些谱线可以确定对应的温度。辐射测温可分为亮度测温、全辐射测温及颜色测温三类。使用的仪器有隐丝式光学高温计、光电高温计、光电比较仪、辐射感温器及各种单波段、双波段、多波段红外辐射温度计，以及

与它们配套使用的工业二次显示仪表。这类仪器仪表在生产、计量检定中还需使用如黑体炉、各种辐射源、标准温度灯等装置。

在银凝固点(961.78℃)以上的温度段,是以基准光电比较仪将银凝固点的量值传递到基准温度灯、副基准温度灯,用光电高温计再传递至工作基准灯,由工作基准灯分度标准光电高温计(原来用标准光学高温计),用标准光电高温计分度标准温度灯,或通过黑体炉分度国家标准组B型高温热电偶,便可分别向下传递各种辐射测温器具及热电偶类仪器。

1.6 温度量传检定的主要配套设备

完成温度的量值传递,必须有提供稳定温源的设备。在相关检定规程中均明确规定了其品种、技术指标、使用要求等,必须遵照执行。

(1) 用固定点分度、检定温度计时使用的定义固定点装置

该装置必须用高一级的标准仪器(定期)进行检验以保证提供的热力学温度准确可靠(即装置受控)。这类设备常用的有铜、银、铝、锌、锡、铟等凝固点。还有水、汞、氦三相点等。这些固定点的密封容器使用时要置于提供相应周边温度的恒温炉、恒温槽中,以控制其相平衡点温坪的质量。将被分度的温度计置于容器测量内阱中作热平衡时的测量;非接触测温的则将被分度温度计瞄准内阱的目标靶进行测量,被分度过的基、标准温度灯则在靶点上提供相应的亮度温度值。

由于固定点装置是直接提供标准温度值,故应对其温坪进行检测。我国的通常做法是在一个温坪中分度多支被检的温度计,故需检查温坪的温度值及温坪的变化。与分度温度计有关的参数还有温场均匀性(如作为靶标的有效辐射面积上径向温度偏差,温度灯带瞄准点上下位置的温度偏差,固定点容器内阱的垂直温场均匀性等)。这些指标在相应的国家检定规程中均已提出要求,必须满足。

(2) 比较法检定用的恒定温源

主要有各种恒温槽、恒温炉。一般用空气作介质的称为恒温炉。如检定热电偶用的卧式检定炉、中温用的热管炉、校准用的干井(计量)炉等。用水、油、酒精等作介质的称为恒温槽。这些设备,能产生一个在标称检定温度点上的恒定温度场,供标准器与被检同时插入介质中,待热平