

管道工程**设计**施工 及**维修**实用技术大全

(5)

柳金海 编

中国建材工业出版社

管道工程设计施工及 维修实用技术大全

(5)

柳金海 编



江苏工业学院图书馆
藏书章

中国建材工业出版社

第 34 章 热工测量仪表

第 1 节 热工仪表分类及测量常识

在连续性的热力生产过程,如化工、石油炼制、热动力及冶金等生产过程中,必须在严格地保持预定的条件下,生产才有可能高效率地进行,最终产品的质量才会有所保证。为要达到这个目的,首先必须确切地知道表征过程进行情况的诸物理参数值,如温度、压力、流量以及成分等,而后根据了解的结果,通过人工或自动调整装置,改变输入或输出的物质量或能量,使过程能随时都维持预定的条件。此外,由于高温和高压技术在生产中的应用,只有广泛地应用测量仪表,才有可能确保生产安全进行。因此就对测量技术提出一系列的要求。

热工测量仪表就是用来测量表征热力过程进行情况的诸物理参数的仪表。用这些仪表就可以直接或间接的将被测量的数值和测量单位作比较,从而了解管道所输送介质的状态。

一、热工仪表的分类方法

1. 按测量参数分类

- (1) 温度测量仪表;
- (2) 压力测量仪表;
- (3) 测量及总量测量仪表;
- (4) 物料面测量仪表;
- (5) 物性测量仪表,等等。

2. 按测量数值的显示方法分类

- (1) 比较式仪表,如活塞式压力表;
- (2) 指示式仪表,如温度计,弹簧压力表;
- (3) 自动记录式仪表,如自动记录压力计;
- (4) 积算式仪表,如流速式及容积式液体流量计;
- (5) 调节式仪表,指仪表在一些附加设备的辅助下,可以根据被测参数量的给定值来自动地调节管网运行过程的仪表。

3. 按测量仪表所起的作用分

- (1) 范型仪表,用以复制及检验其他工作仪表;
- (2) 实用仪表,供工程实际测量使用的仪表。

4. 按测量精度分类

各类仪表所能达到的精度不尽相同,一般分为 5 级,现以压力表为例,列于表 34.1-1。

二、热工测量的方法

仪表是用来测量热工参数的,测量就要有一定的手段和方式。由于所需的测量精度,测量

条件的不同,采用的测量手段和方式也各异。实现测量过程的可行手段和方式称为测量方法
测量方法有以几种基本形式:

Y 型弹簧管压力表允许误差

表 34. 1-1

精 度	基本允许误差(仪器刻度间隔%)
0.5	±0.5
1	±1
1.5	±1.5
2.5	±2.5
4	±4

(1) 直接测量

能够直接测出被测量结果的测量称为直接测量,如用压力表测量压力。

(2) 间接测量

凡是在直接测量与被测量有一定的函数关系的几个量后,再通过某一公式算出被测量的数值,称为间接测量。例如用热电阻测量温度,只要测出热电阻的阻值,即可利用热电阻与温度的函数关系计算出所测的温度值。

(3) 组合测量

被测量和几个量在不同的条件下可组合成联立方程式,通过直接测量几个量后再解联立方式方程式而得出被测量的方法。

三、测量仪表的基本组成

从水暖和工业管道所用的各种测量仪表来看,一般都由测量、传送和显示(包括变送)等三个基本部分组成。以化工和炼油生产中最常见的四大类被测参数即:压力(P)、液位(H)、流量(Q 、 G 、 M)、温度(T),它们的基本组成大致可以分为三大部分,举例如下:

测量仪表基本组成

被 测 参 数	测 量 仪 表			测量仪表名称
	测 量	传 送	显 示	
P	弹 簧 管	机械传动放大机构	指 示	弹簧管压力表
H	浮 筒	固定在扭力管上的芯轴	气动转换机构及压力表	浮筒液位计
Q	孔 板	引 压 导 管	差 压 计	差压式流量计
T	热 电 阻	导 线	动 圈 仪 表	电阻温度计

测量部分一般与被测介质直接接触,并起被测参数信号能量形式的转换作用;传送部分大多数仅起信号能量的传送作用;显示部分也起被测参数信号能量的转换作用,有的还包含信号能量形式的再次转换以适应远距离传送的需要,称为变送。

测量仪表对被测参数的显示形式有:指示、记录、累计积算、远传变送以及上下限报警等。

在使用这些仪表时,一定要考虑到周围环境(例:温度、压力、磁场等)对示数的影响,应该注意到它们需要在什么标准情况下工作的,然后对这些示值加以校正。

四、测量的分类

测量是一种辨别性的工作过程,主要是用实验的方法来决定所测物理量与被采用的测量

单位之间的数字比值。

这个关系可以表示为：

$$Q = qU \tag{34.1-1}$$

式中 Q ——被测量数值；
 U ——测量单位；
 q ——所求的数字比值。

当测量单位 U 改变后，则所求数字比值 q 也随之而变，但它们之间存在着一定的相互转换关系，即

$$q_1 = q \frac{U}{U_1},$$

例如在测量标准大气压时，如果采用物理大气压力测量单位，则

$$p = 1 \text{ 物理大气压}$$

式中 $q = 1$

假如采用毫米水银柱为测量单位，即

$$p = 760 \text{ mmHg}$$

式中 $q_1 = 760$ ，同时 q 和 q_1 之间的关系是

$$q_1 = q \frac{760}{1}$$

测量的方式可按各种不同的观点来分类，按如何得到测量的结果来分类，可分为直接测量、间接测量和组合测量三类。

凡由实验数据直接得出测量结果的测量方式称为直接测量，例如用尺量长度，用温度计量温度，用压力计量压力等。

凡是基于直接测量得出的数据，再按一定的函数关系，通过计算才能求得测量结果的测量方式称间接测量，例如用节流设备的压降来计算流量等。在间接测量中，测量结果 y 与直接测量值 x_i 之间的关系可用下式表示：

$$y = f(x_1, x_2, x_3 \cdots)$$

凡是需要由一种数值或几种同类的数值的多次测量，然后把测得数值组合起来，以得出最后结果的测量方式称为组合测量。各次测量的数值可由下列联立式程式表示：

$$\left. \begin{aligned} f_1(y_1, y_2, y_3 \cdots x'_1, x'_2, x'_3 \cdots) &= 0 \\ f_2(y_1, y_2, y_3 \cdots x''_1, x''_2, x''_3 \cdots) &= 0 \\ f_3(y_1, y_2, y_3 \cdots x'''_1, x'''_2, x'''_3 \cdots) &= 0 \\ \cdots \cdots \cdots \end{aligned} \right\}$$

式中 $y_1, y_2, y_3 \cdots$ 为所求测量结果；
 $x_1, x_2, x_3 \cdots$ 为各次直接测量值。

例如在用铂电阻温度计测量温度时，其电阻值和温度的关系为：

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

式中 R_t ——在 $t^\circ\text{C}$ 时铂电阻值；
 R_0 ——在 0°C 时铂电阻值；
 A, B ——温度系数。

要确定温度系数就需先求出不同温度下铂的电阻值,再经组合及解联立方程而求得 A 、 B 。组合测量一般只在实验室工作中才用到。

按获得测量值的方法来分,测量可分为直读法、零值法和微差法三种。

(1) 直读法(或称伸展法):采用这种方法时,被测量值直接从仪表上读出,例如用压力计来测量压力。

(2) 零值法(或称补偿法):采用此法时,被测量将被另一已知量的作用所平衡(相互补偿),仪表指针趋近于零。例如用天秤称重量,用平衡电桥测量电阻等。

(3) 微差法:就是未进行到底的零值测量法,当被测量尚未被另一已知量完全补偿时,量出剩余的偏差而达到测量目的的测量方法;例如不平衡电桥测量电阻。

在热工测量中的直读法一般采用指示式仪表,它具有刻盘和一个动体(例如指针或液柱),通过动体的直动或转动,在刻度盘上指出读数。动体的运动一般是由被测量产生的力所推动,这个力称为内力,当指示值稳定时,亦即动体停止运动时,作用在动体上的力已被另一外力所平衡。外力系由仪表结构本身产生,一般是重量或弹簧等等。如图 34.1-1 被测质量 G 产生一力矩增量,此增量将逐渐被平衡质量 M 上升时所产生的反力矩增量所抵消,在完全抵消时,动体即达到平衡状态,这时就可以读数。又如图 34.1-2 中压力 p 所具有的内力,可迫使一管中的液面下降,同时使另一管中的液面上升,造成一个液柱高度差 h ,当它的重量(外力)与内力平衡时,液体停止运动,即可读数。同样图 34.1-3 中压力 p 可迫使弹性膜片移动,当膜片的弹力(外力)与压力(内力)平衡时,指针停止运动并指示出读数。图 34.1-4 是用热电偶测量温度的示意图。由于 t 与 t_0 间的温度差,在热电偶中会产生一个热电势 e (内力),因而线路中就有电流 i 通过,电流可使毫伏计的动线圈产生一个力矩,并使指针偏转,直到此力矩被毫伏计的游丝所产生的反力矩(外力)所平衡时,指针才停止转动。

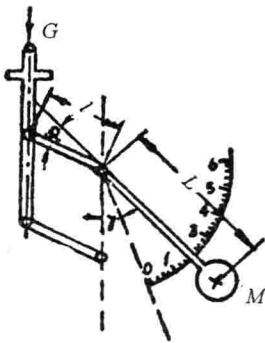


图 34.1-1

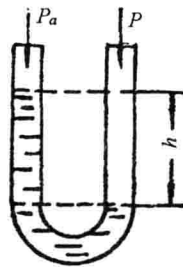


图 34.1-2

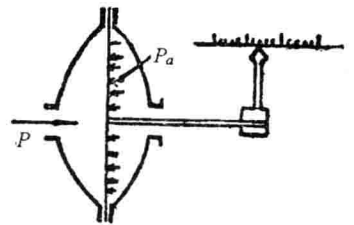


图 34.1-3

直读法的精度较差,但简单迅速,故在工业中被广泛采用。零值法不同于直读法的地方主要是外力系由另一已知量所产生,当它补偿了内力时使仪表恢复到原始位置(即零值),因此,在原则上仪表只须一个刻度即零值。进行此法时,必须设法产生外力(不论是人为的或自动的),使其恰能补偿内力,当仪表处于无负载状态,然后再读出产生此外力的已知量。

在图 34.1-5 中所示的天秤称重量,这是最显著的零值法。图 34.1-6 是用补偿法测量热电势 e , 电池 B 在电阻 R 上产生一个电压降(外力),当其大小与热电势相等而方向相反时,微安表 A 指示零值,这时就可用毫伏计上的 E 值求出温度差来。

补偿法测量比较精度,但手续较繁而且费时,故一般只用在实验室中,尤其是当被测量是个变动量时,补偿法往往不能及时跟上。在最近的测量技术中,已设法采用补偿法。

除上述分类法外,也可把测量分为实验室用的和工程上用的两种。在实验室用的测量中,需要考虑到测量结果的精确程度,那就是说,应知道测量值的误差大小和可靠程度,因此一般需要作多次重复的测量。在工程用的测量中,只要误差不超出预先规定的范围,一般只作单次测量就够了。

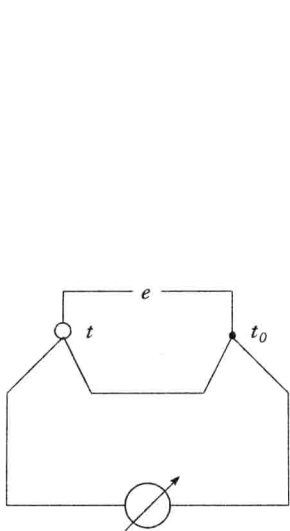


图34.1-4

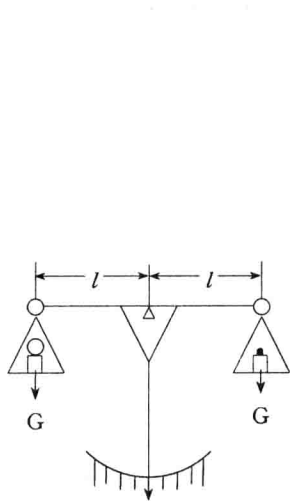


图34.1-5

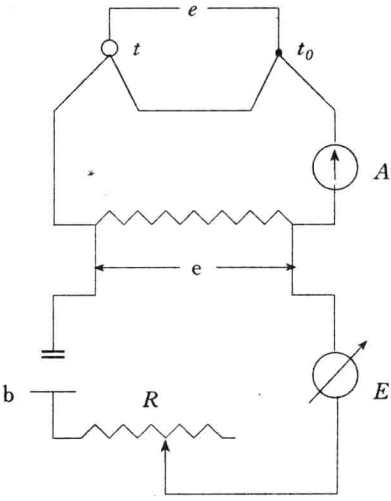


图34.1-6

五、测量误差

当我们进行任何一项测量时,由于测量仪表、测量环境、测量技能等因素的影响,都不可避免地会出现一定的误差,使测量结果与被测量真值之间存在一定的差值,这个差值就是测量误差。既然有误差,我们就需要知道它,以判断测量结果的可靠程度,否则所测得的数值就没有任何价值。

测量误差的可以分为三类:

- (1) 固定误差(或称系统误差,规律误差)大部分是由于仪表本身的指示或测量方法不正确所引起的,或是由于一种固定不变,但却是单方面的外来影响所引起。例如周围环境温度对于仪表的影响,抑或是观察者的主观性等。在一定程度上系统误差的数量或符号都是比较固定的,可以设法在测量值中加入修正值以消除之;
- (2) 疏忽误差 (或称粗差) 是由于测量错误或计算错误,抑或是由于疏忽大意的结果。具有疏忽误差的测量结果,必需从测量值中除去;
- (3) 偶然误差 凡是在数量和本质上都没有一定规律的误差叫偶然误差,它们是由于测量工作中不可避免的不精确度而引起的。这一类误差虽然从每一次测量值来看是没有规律的,但是从多次测量结果来看,它却服从概率论的一定法则,因而我们还可以把这类误差计算出来,用以衡量测量结果的可靠程度。

六、测量仪表的基本技术性能

测量误差按产生的原因和误差的性质一般分为系统误差,随机误差和粗大误差。对这些误差来说,主要是了解仪表本身的误差,即仪表的精度等级,精度等级越高,仪表测量值与真值越接近,工程实用热工测量仪表精度通常分为5级,见表34.1-1,如0.5级仪表,可以这样概略地认为该仪表的测量值与真值的误差为0.5%,余类推。

测量仪表的品质,可以通过下列几项指标来进行衡量:

(1) 仪表的指示误差,相对误差及基本误差;

1) 指示误差,即所测数值对实际真值之差;

2) 相对误差,指示误差对某一值之百分率,热工仪表的相对误差通常是指该表的指示误差相对于最大刻度的百分数;

3) 基本误差,相当于仪表在标准情况下工作的指示误差;

(2) 精确度 是指仪表进行测量所得结果的可靠程度。误差的绝对值越小,则仪表越精确,或精确度越高。

任何测量过程中既然存在测量误差,在应用测量仪表对生产过程中工艺参数进行测量时,不仅需要知道仪表表面上的指示值,而且还应知道该测量仪表的准确度,即所得测量值接近真实值的准确程度,以便估计到测量值的误差大小。

测量仪表在其标尺范围内各点读数的绝对误差,一般是标准表(准确度较高)和被校表(准确度较低)同时对同一个参数进行测量时所得到的两个读数值之差。绝对误差一般不用作判断仪表的质量,因为仪表的准确度不仅与绝对误差有关,而且还与仪表的标尺范围有关。例如,两台标尺范围(即测量范围,又称量程)不同的仪表,如果它们的绝对误差相等的话,标尺范围大的仪表准确度较标尺范围小的为高。因此,工业仪表不采用绝对误差,而采用折合成仪表标尺范围的百分数表示,称为相对百分误差, δ ,即:

$$\delta = \frac{x - x_0}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\%$$

式中: x ——被测参数的测量值;

x_0 ——被测参数的标准值;

$x - x_0 = \Delta x$,为绝对误差。

例如,某台测温仪表的标尺范围为0~500℃,已知其绝对误差最大值 $\Delta t_{\max} = 6^\circ\text{C}$,则其相对百分误差为:

$$\delta_{\max} = \frac{6}{500 - 0} \times 100\% = 1.2\%$$

仪表的准确度等级是按国家统一规定的允许误差大小划分成几个等级。某一类仪表的允许误差是指在规定的正常情况下允许的相对百分误差的最大值。例如,某台测温仪表的允许误差为 $\pm 1.5\%$,则该仪表的准确度为1.5级;允许误差为 $\pm 1\%$,则其准确度为1级,或称1级表。

如果上述测温仪表的准确度原为1.5级,则由于上面所求得的 $\delta_{\max} = 1.2\%$,小于其允许误差值 $\pm 1.5\%$,故校验结果表明该仪表是符合1.5级的。仪表的准确度等级常以圆圈内的数字标明在仪表的面板上。例如1.5级,就用⑮表示。

(3) 灵敏度 是指仪表指针的直线或角度位移与造成该项位移的被测介质参数变量间的比例关系。灵敏度越高,介质参数稍有变化仪表就能迅速反应出来。例如以指针的直线位移或转角位移 $\Delta\alpha$ 与引起此位移的被测参数变化量 Δx 之比表示,即:

$$\text{灵敏度} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta x}$$

测量仪表的灵敏度可以用增大放大系统(机械的或电子的)的放大倍数的办法来提高。但是,必须指出仪表的性能主要决定于仪表的基本误差,如果单纯地从加大仪表灵敏度来企图达到更准确的读数,这是不合理的,反而可能出现灵敏度似乎很高,但准确度实际上却下降的虚假现象。为了防止这种虚假灵敏度,常规定仪表标尺上的分格值不能小于仪表允许误差的绝对值。

仪表的灵敏限则是指能引起仪表指针发生动作的被测参数的最小(极限)变化量。一般,仪表的灵敏限的数值应不大于仪表允许误差绝对值的一半。

(4) 恒定度 是指仪表指示值在相同的外界工作条件下的稳定程度。即用同一个仪表对于一个被测参数实际值重复测量时所得到的差别程度,恒定值越高,则重复测量时所得仪表指示值越接近。例如,使用同一仪表对某参数进行正反行程(即逐渐由小到大和逐渐由大到小)测量时,发现其结果是:相同的被测参数数值所得到的仪表指示值都不相等,二者之差即为变差,如图 34.1-7 所示。变差愈大,恒定度愈差。

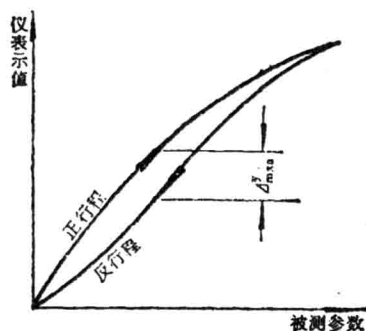


图 34.1-7 测量仪表的变差

由于热工仪表品种繁多,功能和要求各异,对管道工程来说,主要是选用和安装就地安装的一次仪表,对于远程仪表和二次仪表,一般属自动化仪表专业范畴,需要安装,选用时可参阅有关专著。

第 2 节 温度测量仪表

一、概述

温度是表征物体冷热程度的物理量。温度不能直接加以测量,只能借助于冷热不同的物体之间的热交换以及物体的某些物理性质随冷热程度不同而变化的特性来加以间接测量。

任意两个冷热程度不同的物体相接触,必然发生热交换现象,热量将由受热程度高的物体传向受热程度低的物体,直到两物体的冷热程度完全一致,即达到热平衡状态为止。利用这一

原理,我们可以选择某一物体同被测物体相接触来测量它们的温度。当两者达到热平衡状态时,选择物体与被测物体的温度相等,于是,通过对选择物体的物理量(如液体的体积、导体的电阻等)之测量,便可以定量地给出被测物体的温度数值。

希望用于测温的物体的物理性质是连续、单值地随着温度而变化,即不与其它因素有关,而且复现性要好,便于精确测量等。但实际上并没有一种物体的物理性质能安全符合上述的要求,因此,物理性质的选择便是一件复杂而又困难的工作。目前,比较常用的有下列几种:

1. 热膨胀

- (1) 固体的膨胀;
- (2) 液体的膨胀;
- (3) 气体的膨胀(定压或定容积)。

2. 电阻变化

导体或半导体受热后电阻值变化的性质。

3. 热电效应

两种不同性质的导体相接触,当其两接点温度不同时,回路内就产生热电势。

4. 热辐射

物体的热辐射能随温度的变化而变化。利用这一物理性质已制成了各种测温仪表。

通常将最高测定温度 550℃ 以下的测温仪表称为温度计;最高测定温度 550℃ 以上的测温仪表称为高温计。各类常用测温仪表的技术特点见表 34. 2-1

各类温度计主要技术特点 表 34. 2-1

温度计类型	长期使用温度范围(℃)	主 要 特 点
有机液体温度计	0~100	就地读数,刻度清晰,精度可靠,价格便宜,易损坏
双金属温度计	0~300	就地读数,刻度清晰,可带电接点,机械强度高,能在有一定振动场所使用
水银温度计	0~500	就地读数,可带电接点,精度可靠,价格便宜,易损坏
铜热电阻	0~150	需配用显示仪表,精度较高,线性较好,可作成超小型的
铂热电阻	0~500	需配用显示仪表,精度较高,可作成双支的,但铂丝细,易受振损坏
镍铬—考铜热电偶	0~600	需配用显示仪表,精度较高,可作成双支的,零冷点补偿
镍铬—镍硅热电偶	0~1000	需配用显示仪表,精度较高,可作成双支的,零冷点补偿
铂铑—铂热电偶	0~1300	需配用显示仪表,精度较高,价格贵,需冷点补偿

随着科学技术的发展,又应用了一些新的测温原理,如射流测温、涡流测温、激光测温以及利用卫星测温等。

二、温标的概念及种类

温标是温度的数值表示。它规定了温度的读数起点(零点)和测量温度的基本单位。各种温度计的刻度数值均由温标确定。在国际上,温标的种类很多,如摄氏温标、华氏温标和热力学温标等。

1. 摄氏温标(℃)

摄氏温标和华氏温标都是根据液体(水银)受热后体积膨胀的性质建立起来的。摄氏温标(℃)是把标准大气压下冰的融点定为零度(0℃);把水的沸点定为 100 度(100℃)的一种温

标,在 0°C 到 1000°C 之间划分一百等分,每一等分为摄氏一度。

2. 华氏温标(F)

华氏温标(F)规定在标准大气压下冰的熔点为 32°F ,水的沸点定为 212°F ,中间划分为 180 等分,每一等分称为华氏一度。它与摄氏温标的关系如下式所示:

$$n^{\circ}\text{C} = (1.8n + 32)^{\circ}\text{F}$$

式中: n 为摄氏温标的度数。

当 $n=0^{\circ}\text{C}$ 时,华氏为 32°F ; $n=100^{\circ}\text{C}$ 时,华氏为 212°F 。

由此可见,用不同温标所确定的温度数值是不同的。上述两种温标是依赖物体的物理性质建立起来的,测得温度的数值都将随物体的物理性质(如水银纯度)及玻璃管材料的不同而不同,因此不能严格地保证世界各国所采用的基本测温单位[度]完全一致。

3. 热力学温标(K)

随着工农业和科学技术发展的需要,迫切要求建立一个基本温标来统一温度测量。人们总结了生产斗争和科学实践中的测温经验,经过理论分析后,提出了一种与物体任何物理性质无关的温标,这就是热力学温标。

热力学温标是以热力学第二定律为基础的,是理想的温标,因此已由国际权度大会采纳作为国际统一的基本温标。热力学温标又称凯氏温标(K),它规定分子运动停止(即没有热存在)时的温度为绝对零度或称最低理论温度。但热力学温标是纯理论的,不能付诸实用,因此又借助于气体温度计来实现热力学温标。如果取标准大气压下水的沸点和冰的熔点之差为 100K ,则热力学温标和理想气体温度计的刻度便相符合。

图 34.2-1 定容气体温度计示意图。充满干燥气体的球泡 A 与水银差压计相连,当球泡置于某一温度的介质中时,气体容积发生变化。此时,上、下移动 D 管,使 C 管内水银面停在刻度线 d 处,这时可由标尺 E 上读出 C 、 D 两管内水银面的差值,加上大气压读数而得知球泡内气体压力。通过理想气体状态方程便可求得温度 T 。

然而理想气体是不存在的,尽管许多实际气体如氢、氮、氦等与理想气体极为相近,但对于由实际气体温度计建立起来的温标来讲,还必须引入实际气体与理想气体差别的修正值。此外,气体温度计还存在一些缺点,如装置较为复杂,不适于实际应用等。

为了克服气体温度计的缺点,便利温度的实际测量,于是就采用了协议性的国际实用温标。它不仅与热力学温标相接近,而且复现精度高,使用方便。

4. 国际协议性实用温标

国际实用温标-1968(IPTS—68)简介:根据国际权度委员会于 1968 年协议,确定采用新的 1968 年国际实用新温标(IPTS—68)。自 1973 年 1 月 1 日起,我国也正式采用了国际实用温标(IPTS—68)。新温标不仅将原有基准点标以新的国际实用温度值和修正了一些插补公式,而且精度高,测量范围大。根据国际实用温标-1968 规定:热力学温度是基本温度,用符号 T 表示。温度的单位是凯尔文,符号用 K 表示。并定义凯尔文一度等于水三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。

国际实用温标-1968 中,国际实用凯尔文温度及国际实用摄氏温度是用符号 T_{68} 和 t_{68} 来加

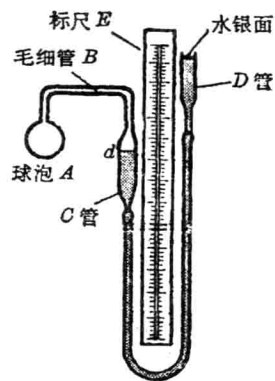


图 34.2-1 定容气体温度计

以区别的, T_{68} 和 t_{68} 的关系是:

$$t_{68} = T_{68} - 273.15\text{K}$$

T_{68} 和 t_{68} 的单位同在热力学温度 T 和摄氏温度 t 中一样, 仍为凯尔文(符号 K)和摄氏度(符号 $^{\circ}\text{C}$)。

IPTS-68 所定义的基准点和它们的国际实用温标值列于表 34. 2-2。

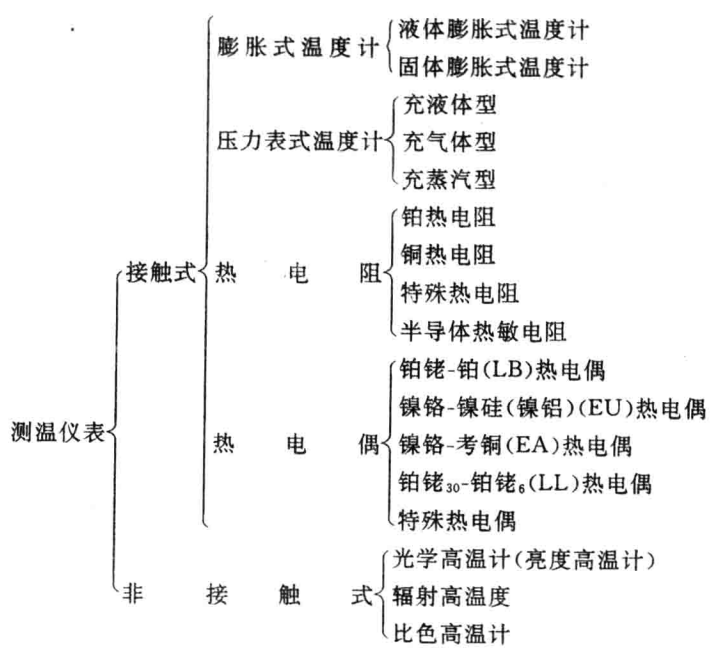
IPTS-68 定义的基准点 表 34. 2-2

平 衡 状 态	国际实用温度指定值	
	$T_{68}(\text{K})$	$t_{68}(^{\circ}\text{C})$
平衡氢固态、液态、汽态间的平衡(平衡氢三相点)	13. 81	-259. 34
平衡氢液态、汽态在 33330. 3N/m ² (25/67 标准大气压)压力下的平衡	17. 042	-256. 108
平衡氢液态和汽态间的平衡(平衡氢沸点)	20. 8	-252. 87
氦液态和汽态间平衡(氦沸点)	27. 102	-246. 048
氧固态、液态和汽态间的平衡(氧三相点)	54. 361	-218. 789
氧液态和汽态间的平衡(氧沸点)	90. 188	-182. 962
水固态、液态和汽态间的平衡(水三相点)	273. 16	0. 01
水液态和汽态间的平衡(水沸点)	373. 15	100
锌固态和液态间的平衡(锌凝固点)	692. 73	419. 58
银固态和液态间的平衡(银凝固点)	1235. 08	961. 93
金固态和液态间的平衡(金凝固点)	1337. 58	1064. 43

- 注: 1. 除各三相点和一个平衡氢点(17. 042K)外, 温度的给定值都是指在 $p_0=1$ 标准大气压(101325N/m²)下的平衡态。
2. 锡固态和液态的平衡温度(锡凝固点)被给定为 $t_{68}=231. 9681^{\circ}\text{C}$, 它可用来代替水沸点。
3. 所用的水应有海水的同位素成份。

三、测温仪表的分类

通常可把测温仪表分为接触式与非接触式两大类, 前者感温元件与被测介质直接接触, 后者——感温元件不与被测介质相接触, 一般多采用接触式测温的方法。



1. 接触式测温与非接触式测温的比较

(1) 接触式测温是将感温元件与被测介质相接触进行的,需要一定的时间才能达到热平衡,因此产生了测温的滞后现象,同时感温元件容易破坏被测对象温度场并有可能与被测介质产生化学反应。非接触式是通过热辐射来测量温度,反应速度一般比较快,且不会破坏被测对象的温度场。

(2) 接触式测温简单、可靠,测量精确,而非接触式测温由于受物体的发射率、对象到仪表之间的距离、烟尘和水蒸汽等的影响,其测量误差较大。但它在原理上没有温度上限的限制,而接触式由于受耐高温材料的限制不能应用于很高的温度。

(3) 接触式对运动状态的物体测温困难较大,而非接触式便很容易。

2. 各种工业用温度计的使用范围

各种工业用温度计的使用范围大致如图 34. 2-1 所示,由于使用情况的不同,图中的数值与实际有一定的出入。

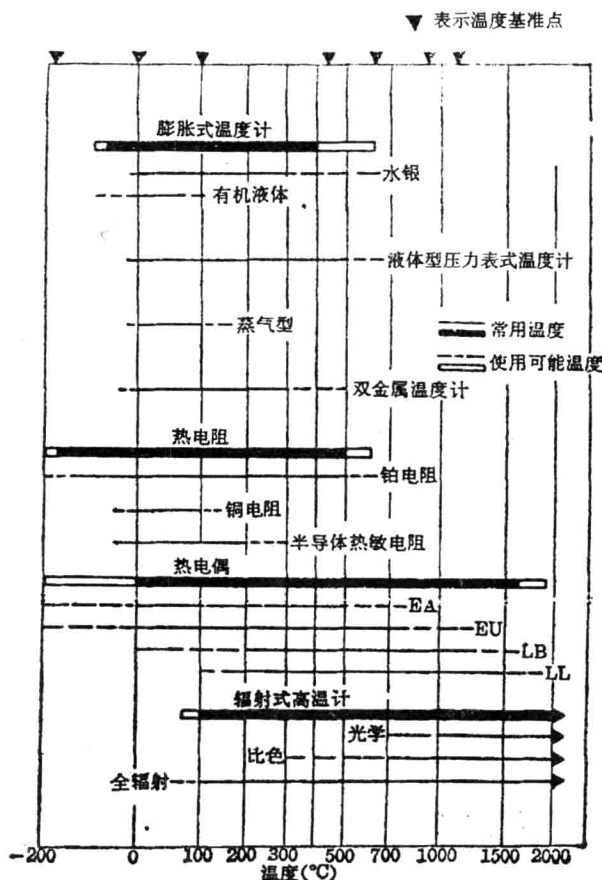


图 34. 2-1 各种工业用温度计的使用范围

(1) 温度测量仪表的原理和特点如表 34. 2-3 所示。

温度测量仪表的原理和特点

表 34. 2-3

类别	名 称	原 理	优 点	缺 点	应用场合
接 触 式 仪 表	双金属温度计	金属受热时产生线性膨胀	结构简单;机械强度较好;价格低廉	精度低;不能远传与记录	就地测量;电接点式可用于位式控制或报警
	棒式玻璃液体温度计	液体受热时体积膨胀	结构简单;精度较高;稳定性好;价格低廉	易碎;不能远传与记录	
	压力式温度计	液体或气体受热后产生体积膨胀或压力变化	结构简单;不怕震动;易就地集中测量	精度为;测量距离较远时,滞后性较大;毛细管机械强度差,损坏后不易修复	就地集中测量;可用于自动记录、控制或报警
	热电阻	导体或半导体电阻随温度而改变	精度高;便于远距离多点集中测量和自动控制温度	不能测高温;与热电偶相比,维护工作量大;不宜在振动场合使用	与显示仪表配用可集中指示和记录;与调节器配用可对温度进行自动控制
	热电偶	两种不同的金属导体接点受热后和产生电势	精度高;测温范围广;不怕震动;与热电阻相比,安装方便、寿命长;便于远距离多点集中测量和自动控制温度	需要冷端补偿和补偿导线;在低温段测量时精度低	
非 接 触 式 仪 表	光学高温计	加热体的亮度随温度而变化	测温范围广;携带作用方便	只能目测高温;低温段测量精度较差	适用于不接触的高温测量
	光电高温计	加热体的颜色随温度而变化	精度高;反应速度快	只能测高温;结构复杂;读数麻烦;价格高	
	辐射高温计	加热体的辐射能量随温度而变化	测温范围广;反应速度快;价格低廉	误差较大;低温段测量不准;测量精度与环境条件有关	

四、膨胀式液体温度计

膨胀式液体温度计广泛用于测量-200~+550℃范围内的温度。这种温度计的优点是:构造简单,使用方便,有足够高的精确度,价格低廉。

膨胀式液体温度计中应用最广的是水银玻璃管式温度计。其原因是:水银不粘在玻璃上;不易氧化;容易得到纯度很高的水银;在-38℃到+356℃范围内保持液态;且在 200℃以下几乎和温度成线性关系。另外,水银温度计如在技术上采取些措施后测温范围还可扩大,上限达 750℃以上。有机液体玻璃管膨胀式温度计也是常用的一种温度计。主要是用来测量低温。最低可达-200℃。

膨胀液体式温度计,通常采用的工作液体和它们的测温范围列于表 34. 2-4。

玻璃温度计工作液体及测温范围

表 34. 2-4

工 作 液 体	测 温 范 围 (℃)
水 银	-30~+500
甲 苯	-90~+100

工 作 液 体	测 温 范 围 (°C)
乙 醇	-100~+75
石 油 醚	-130~+25
戊 烷	-200~+20

液体玻璃管温度计按其结构可分为三种：棒式、内标式、外标式。见图 34.2-2。

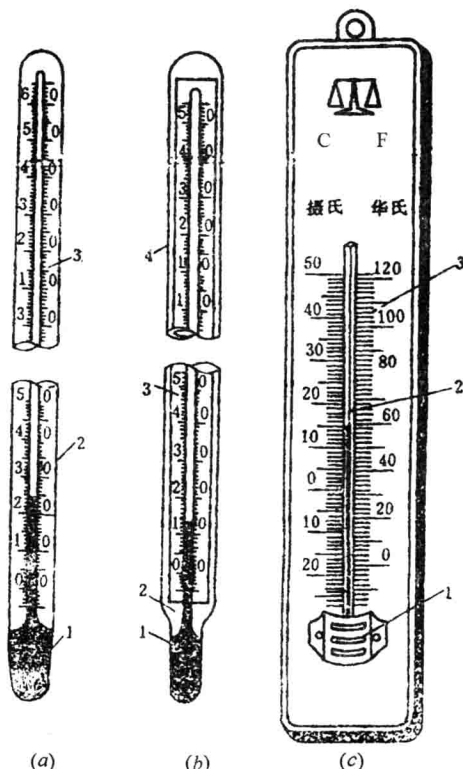


图 34.2-2 (a) 棒式温度计；(b) 内标式温度计；(c) 外标式温度计

1—温泡；2—毛细管；3—温度标尺；4—套管

棒式温度计如图 34.2-2(a)所示，它由一根厚壁的玻璃毛细管和与毛细管外径相同的储藏器构成。标尺直接刻在毛细管的外表面上。

内标式温度计如图 34.2-2(b)所示。其标尺是一长方形的乳白色玻璃片，此片置于毛细管的后面，毛细管与标尺同装在与储藏器熔接在一起的玻璃外壳内。内标式式惰性较大，但观测比较方便。

外标式温度计如图 34.2-2(c)所示。接有储藏器的毛细管直接固定在外标尺板上，这种温度计多用来测量室温。

工业用温度计一般做成内标式，其下部有直的、90°角的和 135°角的，如图 34.2-3 所示。为了避免温度计在使用时被碰伤，在其外面通常罩有金属保护管，如图 34.2-4 所示。但由于套管的存在使温度计的惰性增加，反应迟缓，如在玻璃温包与套管之间填充石墨、铜屑、铅屑等物质，便可适当地减少这些不良影响。由于工业温度计在使用时是把下部(尾部 1)全部插入被测

介质中的,所以在选用时必须考虑尾部 l 的长度。

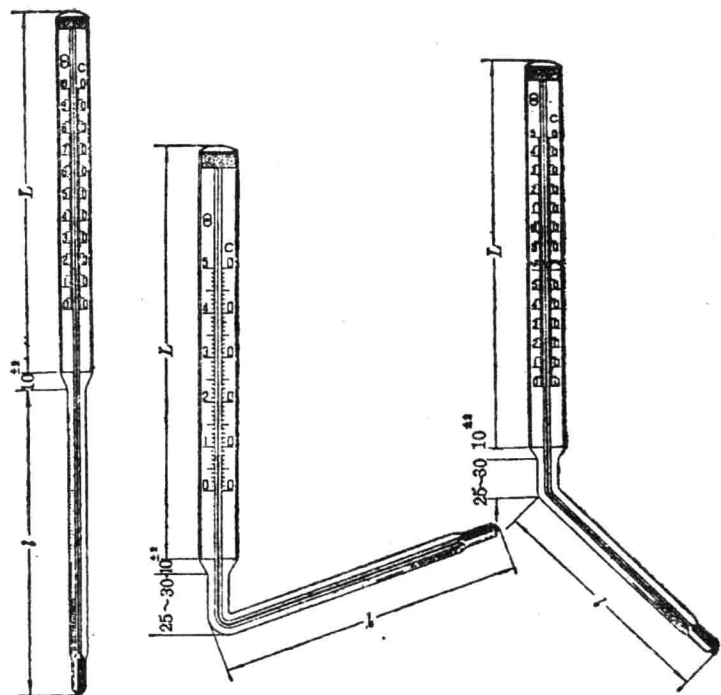


图 34.2-3 工业用水银温度计

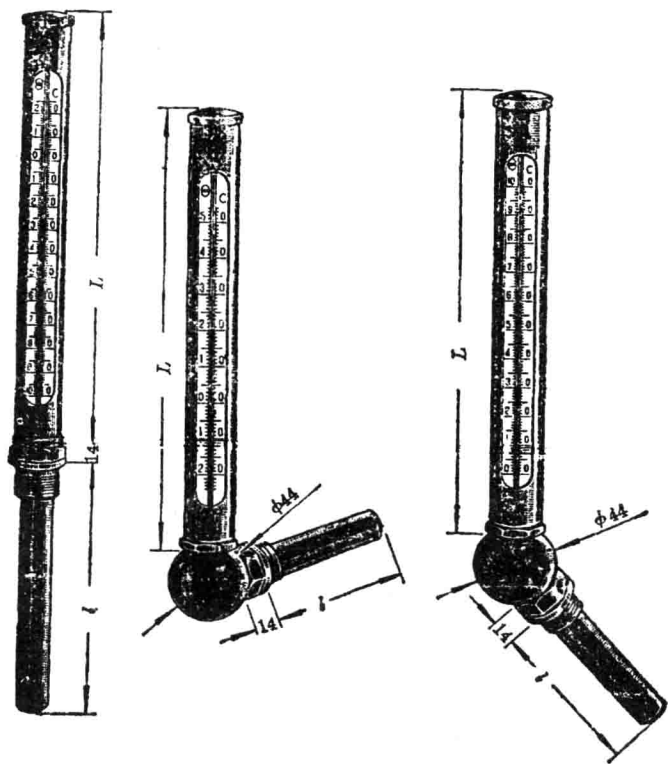


图 34.2-4 带金属保护管的工业用水银温度计

工业内标式水银温度计、有机液体温度计的规格及技术数据见表 34. 2-5 及表 34. 2-6, 保护套的尺寸见表 34. 2-7, 温度计的选用安装长度见表 34. 2-8。

工业用电点式温度计如图 34. 2-5 所示。结构为内标尺式, 尾部有直形或角形的。它除能指示外, 还可以用来控制温度, 因此这种温度计被广泛用于工业中作恒温控制、信号和报警等自动装置之中。

内标式温度计规格 表 34. 2-5

型 号	尾部形式	测 量 范 围 (℃)	常用尾部长度 (mm)	金属保护套管 接头螺纹
WNG-11	直 形	-30~+50, 0~50, 0~100, ~150, 0~200, 0~200, 0~300, 0~400, 0~500	60, 80, 100, 120, 160, 200	一 般 为 M27 × 2 螺 纹, 也可以采 用 3/4"或 1/ 2"管螺纹
WNG-12 WNG-13	90°角形 135°角形	-30~+50, 0~50, 0~100, 0~150, 0~200, 0~250, 0~300, 0~400, 0~500	110, 130, 150, 170, 210	
WNY-11	直 形	-100~+20, -80~+50, -50~+50, 0~50, 0~100,	60, 80, 100, 130, 160, 200	
WNY-12	90°角形	-100~+20, -80~+50 -50~+50	110, 130 150, 170	
WNY-13	135°角形	0~50, 0~100	210	

工业内标式玻璃有机液体温度计技术数据 表 34. 2-6

型 号	外 形	测温范围 (℃)	上部长度 L(mm)				尾 部 参 数	
			220	150	225	155	尾 部 外 径 8mm	
			最小分度值(℃)				尾 部 长 度 l (mm)	
WNY-11	直 形	0~+100	0.5 或 1	2			50 ₋₁₀ , 70 ₋₁₀ , 90 ₋₁₀ , 110 ₋₁₀ , 150 ₋₁₀ , 190 ₋₁₀ , 240 ₋₁₀ , 310 ₋₁₀ , 390 ₋₁₀ , 490 ₋₂₀ , 620 ₋₂₀ 130 ₋₁₀ , 150 ₋₁₀ , 170 ₋₁₀ , 190 ₋₁₀ , 230 ₋₁₀ , 270 ₋₁₀ , 320 ₋₁₀ , 390 ₋₁₀ , 470 ₋₁₀ , 570 ₋₂₀ , 700 ₋₂₀	
WNY-13	135°角形	0~+100	0.5 或 1	2				
HA2-01	直 形	0~+100			0.5 或 1	2	60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800 110, 130, 150, 170, 210, 250, 300,	
HA2-03	135°角形	0~+100			0.5 或 1	2	370, 450, 550, 680	

金属保护套尺寸 表 34. 2-7

上部长度 <i>L</i> (mm)	WNG-11	WNY-11	WNG-12 WNG-13	WNY-12 WNY-13	HA2-10	HA2-01	HA2-11 HA2-12	HA2-02 HA2-03
	160	230	175	245	160	230	175	245
尾 部 长 度 (安 装 长) <i>l</i> (mm)	60,80,100,120, 160,200,250,320, 400,500,630,800, 100, 1250, 1600, 2000		110, 130, 150, 170, 210,250,300,370, 450,550,680,850, 1050,1300		60,80,100,120, 160,200,250,320, 400,500,630,800, 1000		110,130,150, 170,210,250,300, 370,450,550,680, 850,1050	
配套螺纹	M27×2 3/4"管扣 1/2"管扣				M27×2 3/4"管扣		1/2"管扣 3/8"管扣	