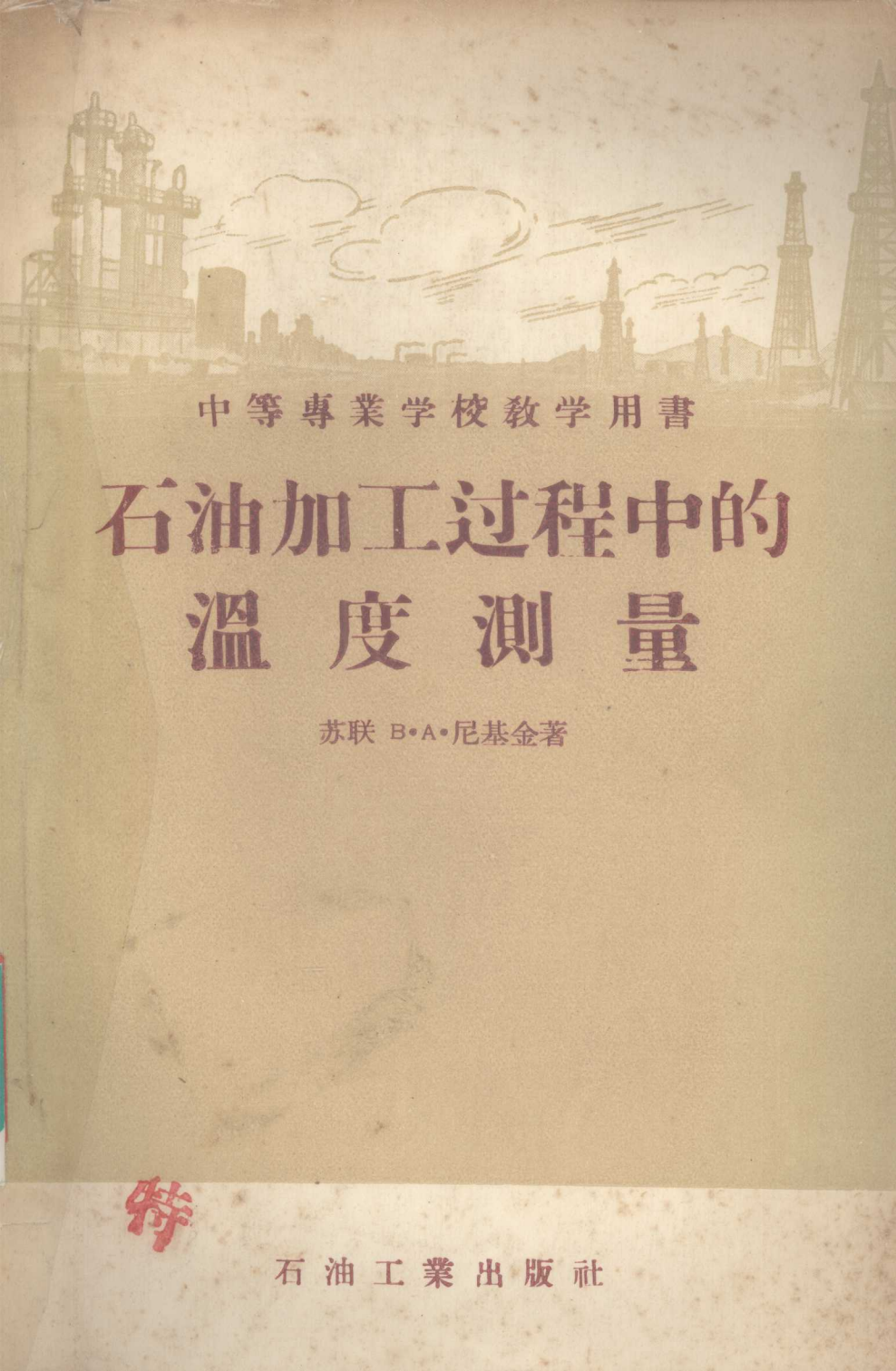




中等專業學校教學用書

石油加工過程中的 溫度測量

蘇聯 B·A·尼基金著

特

石油工業出版社

TE624.

15.12.102

15.12.10
C-1
10

中等專業學校教學用書

石油加工过程中的 溫度測量

苏联 B. A. 尼基金著

江苏工业学院图书馆

藏书章

苏联石油工業部教育司审定作为中等專業學校教科書

石油工業出版社

內 容 提 要

本書闡述了溫度測量的原理，並敘述了在石油加工、人造液體燃料和氣體生產的工藝過程中所用的普通和特殊測溫儀表的作用原理、構造、裝設條件、維護和校驗等問題。

本書系中等專業學校學生的教科書，也可供一切工業部門中從事溫度測量實際工作的工程師、技術員和儀表工人使用。

В. А. НИКИТИН

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В ПРОЦЕССАХ
НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1954年莫斯科版翻譯

統一書號: 15037·252

石油加工過程中的

溫度測量

高 漢 文等譯

*

石油工業出版社出版(地址: 北京六鋪炕石油工業部十号楼)

北京市書刊出版營業許可證出字第083號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 * 印張9號 * 205千字 * 印1—1,500冊

1957年5月北京第1版第1次印刷

定價(10)1.30元

前 言

教科書“石油加工過程中的溫度測量”一書是根據已批准的中等石油技術學校該課程的教學大綱編寫的，這門課程是工藝檢查和自動調節儀表專業課程的組成部分。

根據教學大綱的規定，這門課程研究下列問題：甲)測溫儀表的構造以及使用測溫儀表的理論和原則；乙)測溫儀表按使用範圍、名稱和工業型號的分類；丙)這些儀表的選擇原則、安裝方法和裝設條件；丁)校驗方法與校驗用的工具；戊)溫度測量的誤差來源和消除方法；己)維護測溫儀表的實際經驗。

溫度的自動調節和調節器的描述不包括在溫度測量的教學大綱中，因為在B.P.恩吉爾斯和H.Φ.巴塔耶夫所著的教科書“石油加工過程中的自動控制”^①(1951年)中已經對這個問題加以論述。在本書內也不敘述各個工藝裝置和過程的溫度檢查與調節的實際流程，因為這在B.A.阿斯塔霍夫所著“石油煉制工業中的檢查及自動裝置的設計和安裝”^②(1952年)一書中已有所敘述。

蘇聯已有相當多的技術書籍論述關於溫度測量與調節的一些問題，但這些書籍大部分是論述儀表的構造。“工業中的溫度測量”(1952年)一書也許是唯一的例外，在這本書里，門捷列夫全蘇度量科學研究所高溫試驗室的一批科學工作者對溫度測量的理論作了最充分和全面的論述，並在溫度測量誤差的來源這部分作了分析和總結。

編寫本書時，要求將豐富的材料加以系統化，並且為了深入了解起見，除了敘述測溫儀表的構造外，還綜合闡述了它們的理論、方法和作用原理。

書末附有參考文獻。

在首次編寫關於溫度測量的專業課本時，在材料的完整性和

①、② 此二本書的中譯本，1956年已由石油工業出版社出版。——編者

闡述方面必然存在着个别的錯誤和缺点。作者將非常感謝对这方面提出的一切批評。

最后，在本書編写过程中，H.Ю. 涅姆左夫，B.A. 阿斯塔霍夫和 M.A. 李沃夫曾給予宝贵的指示，在准备手稿的过程中，A.M. 尼基金娜曾給予許多具体的帮助，作者謹在此表示感謝。

目 录

前言

概論	1
----	---

第一章 定义、温度标尺和分类	5
----------------	---

第 1 节 温度的概念	5
-------------	---

第 2 节 温度标尺的概念	6
---------------	---

第 3 节 热力学温度标尺	8
---------------	---

第 4 节 国际温度标尺	10
--------------	----

第 5 节 测温仪表的分类	13
---------------	----

第 6 节 校验系統圖	15
-------------	----

第 7 节 测温仪表的准确度	15
----------------	----

第二章 膨胀式温度计	18
------------	----

第 8 节 液体-玻璃温度计的作用原理	18
---------------------	----

第 9 节 玻璃温度计的構造	19
----------------	----

第 10 节 工业用温度计的装設	23
------------------	----

第 11 节 用水銀-玻璃温度计測量溫度时所产生的誤差	25
-----------------------------	----

第 12 节 充填有机液体的玻璃温度计	27
---------------------	----

第 13 节 温度计的校驗	28
---------------	----

第 14 节 膨胀計式温度计和双金屬温度计	31
-----------------------	----

第三章 压力表式温度计	33
-------------	----

第 15 节 压力表式温度计的作用原理和主要工作部分	33
----------------------------	----

第 16 节 T _Γ 型充气式的压力表式温度计	38
------------------------------------	----

第 17 节 充液的压力表式温度计	43
-------------------	----

第 18 节 充蒸汽式的压力表式温度计	44
---------------------	----

第 19 节 压力表式温度计的装設、维护和校驗	47
-------------------------	----

第四章 热电高温計	52
-----------	----

第 20 节 热电偶的原理	52
---------------	----

第 21 节 热电偶自由端溫度的校正	58
--------------------	----

第 22 节 热电極材料	59
--------------	----

第 23 节 热电偶的型式和刻度	63
------------------	----

第 24 节	热电偶的制造	67
第 25 节	特种热电偶	79
第 26 节	热电偶的校驗	86
第 27 节	高溫計毫伏表	90
第 28 节	电位計及其作用原理	104
第 29 节	便携式及試驗室用电位計	108
第 30 节	电动机械式自动电位計	113
第 31 节	自动电子电位計	134
第 32 节	ЭПН-09型自动記錄式自动电子电位計	154
第五章	电阻溫度計	175
第 33 节	电阻溫度計的作用原理和材料	175
第 34 节	电阻溫度計的構造和型式	179
第 35 节	电阻溫度計的刻度	194
第 36 节	与电阻溫度計配合使用的仪表測量綫路圖	195
第 37 节	自动平衡电桥	198
第 38 节	不平衡电桥	205
第 39 节	磁电式比率計	206
第 40 节	热电偶及电阻溫度計的切换开关	211
第六章	光学高溫計和輻射高溫計	214
第 41 节	根据赤热物体的輻射进行溫度測量的原理	214
第 42 节	光学高溫計	222
第 43 节	輻射高溫計	226
第七章	溫度測量的一般条件	233
第 44 节	由于热接受器裝設得不正确而引起的測溫誤差	233
第 45 节	溫度測量中的滯后時間和运动誤差	244
参考文献		252

概 論

温度是决定物态的最重要的参数之一。实际上，物質(物体)的一切物理性質都与温度有关。

例如，在固体的情况下，固体的直綫尺寸、密度、硬度、韌度、导电率、导热率、热容和許多其他的物理性質，都是温度的函数。液体和气体的物理性質同样也与温度有关。

在石油加工和人造液体燃料的生产中，任何工艺过程都决定于过程进行时的温度。

在其他条件相同时，温度直接决定着石油产品的分餾。石油加工、加氢和芳構化所得到的产品的質量，以及餾分組成、蒸汽压、密度、粘度等等，都由它們的温度范围决定。

温度还决定物質的化学活性、蒸發度、溶解度，在許多情况下物質的物理結構也由温度决定。

裂化过程可以作为这方面的代表，在这个过程中，反应速度是温度的函数。例如，重油裂化(分裂)而生成 30% 裂化汽油的时间： 400°C 时需 12 小时； 425°C 时需 2 小时； 450°C 时需 20 分鐘； 475°C 时需 3 分鐘和 500°C 时需 30 秒鐘。

在高分子物質的加氢过程中，分解深度总是只决定于温度。

既然物体的物理性質是物体温度的函数，似乎就有可能选择一种表示某种物体的状态的任何物理量来测量温度，并根据这个物理量的变化来建立一种温度标尺。但是，实际上这种选择并不是那么容易的，因为这个物理量应当只随温度的变化而改变，不决定于其他的因素，并且它要能够用比較簡單和方便的方法准确地測量出来。

从最初發明温度计的时候(16—17世紀)起，直到今天，人們一直在繼續寻求最好的和更准确的全能的测温工具。

苏联仪表制造工業的奠基人，偉大的俄国科学家 M.B. 罗蒙

諾索夫(1711—1765年)于1752年發明了較完善的溫度計，他的功績是根據液體膨脹原理創立溫度標尺。M.B. 羅蒙諾索夫在“實用物理化學教程”一書中談到溫度計和高溫計在科學上和實際應用上的重要性時寫道：

“火焰的強度既不是用觸覺或根據被加熱的物體所發出的光，也不是根據液體的沸騰和物體的熔化或硬化所能估計的。在這方面不可能總是應用我們的感覺，並且感覺常常是騙人的。發亮的物體往往不如暗色的物體那樣熱，例如，燃燒着的麻屑的火焰就沒有好好地加熱過的鐵那樣熱；最後，正是使一些物體熔化的同一火焰強度，恰恰就能夠使其他融熔的物體轉變為固體狀態。唯一完全可靠的測量火焰強度的方法是从物體的膨脹現象中發現的，溫度計和高溫計正是基於這一原理”^①。

同時，M.B. 羅蒙諾索夫的同代人，俄國科學院院士埃皮努斯



米哈依爾·華西里耶維奇·羅蒙諾索夫

在1758年發現了熱電效應，這就是在由兩根或幾根不同的導線組成的閉合電路中（熱電偶），如果導線的兩個連接點的溫度不同，電路中就會產生電流。這個發現對於高溫測量學的發展具有很重大的意義，並且是現代最可靠的測溫方法的基礎。

M.B. 羅蒙諾索夫的同代人和朋友Г.В.

① 羅蒙諾索夫：“哲學文選”俄文本第194頁，蘇聯國立政治書籍出版社，1950年。

里赫曼(1711—1753年)在彼得堡科学院所进行的在热量学和测温学方面的研究(制定准确的校正温度计的方法,发现根据干湿球温度差来测量空气湿度的“湿球温度计”效应等),是对科学的重大贡献。

1866年就已经利用电流计来测量热电偶所产生的与温度有直接关系的电动势。

自动记录式高温计是俄国科学院院士 H.C. 庫尔納柯夫(1860—1941年)首先提出的。这个以 H.C. 庫尔納柯夫的名字命名的高温计的原理是把光斑固定在感光纸上。

这种高温计目前还在试验室工作中用于研究物质内部在加热或冷却时所发生的各种过程。

在很长一段时间内,曾把电流表与热电偶配合使用,作为主要的和广泛应用的测温仪表。但它们的准确度不高,正如后面将要指出的一样,它们有着许多缺点。因此,在本世纪三十年代进一步改进测温方法时,补偿式仪表——自动电位计就得到广泛的应用。

电流表在电和机械方面的局限性长久没有得到克服,并且差不多整个世纪以来一直妨碍着创造更可靠的、准确度很高的和快作用的工业测温仪表。甚至著名的在准确度和连续性方面能满足温度测量的高度要求的自动电位计和电桥的优点,也因为在其电路中采用了电流表而曾经并且现在仍然受到某些限制。在电位计和电桥中,电流表已经不是用作测量仪表,而是作为对电位计的不平衡起反应的仪表和恢复线路的电平衡用的自动操纵仪表(零值指示电流表)。

只是由于 A.C. 波波夫在无线电方面的伟大发现以及电子管的出现,测温技术才达到了高度发展阶段。

随着电子管的应用,最近十年内研究最完善的新式测温仪表是成功了。于是,在工业上就出现了电子电位计,在这种仪表中采用电子放大器,来代替具有机械式放大器的零值指示电流表,电子放大器可以允许在保留零值指示测温法的同时提高准确度,

增加反应的速度，避免运动机构的不連續作用，以及保證仪表的絕對抗震性。

从 H.C. 庫尔納柯夫的自动高温計到目前苏联仪表制造工業所設計和生产的許多不同种类的测温用电子电位計和电桥，这就是俄国和苏联的高温測量学家所走过的道路，他們以巨大的成就充实了测温技术和工業。

在温度測量方面最主要的任务，就是要解决这样的問題，这些問題是由于所有工業部門中新的先进的工作方法，超高温或超低温[即高于“金点”(1063°C)以至 3000°C，和低于-192°C 并逐漸接近絕對零度(-273°C)]起决定性作用的这样一些生产方法的發展，度量方法的發展，以及在測量这些温度时要求的高度准确性等等原因而引起的。

第一章 定义、温度标尺和分类

第 1 节 温度的概念

在所有关于温度概念的定义中，下面的定义最为完全。

物体的温度，从该物体与其他物体进行热交换的观点来看，是表示该物体热状况的数值。

通常我们用冷、温、热来判断物体的不同受热程度。

因此，换句话说，温度概念的定义，可以表述如下：物体的受热程度叫做该物体的温度。

物体的这种受热程度或热状况，是由于分子在热运动过程中所呈现的内部动能来决定的。

借热交换来传递能量与两个温度趋于一致的现象有关：借热交换放出能量的物体，则其温度下降；而接受能量的物体其温度则上升。这表明物体的温度和它的内能储存有关，这种内能的携带者即为物质的分子和原子，它们所具有的动能和位能是由温度决定的。

实验证明，物体的一切物理性质，或者物体的物理状态，或多或少地都和温度有关。

例如，大家都知道，把水加热可以使它沸腾而得到水蒸汽。相反地，把水冷却就可以得到冰块。

我们常常凭感觉来判断物体的温度。这样就很容易发生错误，早在 M.B. 罗蒙诺索夫的当时，他就已经指出过这一点。

我们来做这样一个实验：把右手浸入盛有热水的容器里；而左手却浸在盛有冷水的容器里。经过几分钟后，再把双手浸入盛有温水的容器里，此时我们就会发现：凭右手的感觉，容器里的水是冷的；而凭左手的感觉，却发现这同一容器内的水是热的。

所以，不能依靠感觉来判断物体的温度。

只能用比较两个物体的受热程度的方法来测量温度，并以其

中一个物体的受热程度作为起点，例如冰的融点。受热程度或热状况的比较，是根据物体的某一物理性质的变化来进行的，这个物理性质必须由温度来决定，并且要易于测量。

为了确定温度的数值，首先必须建立温度标尺，也即选择温度读数的起点(温度标尺的零点)，和选择温度间隔的度量单位(“度”)。

第 2 节 温度标尺的概念

确定温度度量单位——“度”^①的问题，是度量学^②上最艰难的问题之一，并与所谓温度标尺的建立有关。

温度标尺，就是分佈在化学纯净物质的沸点和融点这两个易于重复的恒定温度点之间的温度间隔内的一系列标记。

例如，如果任意地以冰的融点作为 0，而以水的沸点作为 100，并将这个温度间隔分为 100 等分，于是，这些点综合起来就提供一种温度标尺，而这个间隔的百分之一就是温度的 1 度。

一般來說，这可以用下面的关系表示：

$$1 \text{ 度} = \frac{100 - 0}{100} \text{ 或 } \frac{t'' - t'}{n}, \quad (\text{I-1})$$

式中 t' 和 t'' ——两个易于重复的恒定温度；

n ——所采用温度标尺的基础温度间隔被等分的数目。

目前，已不适用^③的摄氏温度标尺是利用装在玻璃管器中的水银的体积膨胀，作为测温性质的。以冰的融点和水的沸点作为基本的间隔界限，数值 0 和 100 就代表这两个温度，因此 n 就等于 100。这种温度标尺曾在长时期内满足了实际的要求，但是随着测量技术的改进，出现了温度标尺按水银温度计的同一原理来刻度，但不用水银(例如用酒精)作充填剂的温度计。这种温度计的

① 拉丁字“градус”(度)是步的意思。

② 度量学 (метрология) 是关于测量的科学，起源于希腊字“μετρον”——度量与“λογος”——学习。

③ 作者认为摄氏温度标尺已不适用，详见第 13 页及 20 页。——译者

指示值，仅在 0 与 100 兩点和水銀溫度計相符。

这两种溫度計的所有其余各点的指示值都不相同，因为水銀和酒精的体积膨胀系数与温度的关系是不相同的。

各种溫度計的發明者所采用的 n 值是不相同的。

如上所述，根据液体热膨胀原理而創立的溫度标尺，是偉大的俄国科学家 M.B. 罗蒙諾索夫的功績。在罗蒙諾索夫的溫度計中，冰的融点和水的沸点之間的基本溫度間隔被分为 150 等分 ($n=150$)。

在列氏溫度标尺中，这个間隔被分为 80 等分 ($n=80$)，并且以 0° 来表示冰的融点，而以 80° 来表示水的沸点；在华氏溫度标尺中，溫度間隔則被分 180 等分 ($n=180$)，并以 $+32^\circ$ ① 和 $+212^\circ$ 分别表示冰的融点和水的沸点 (圖 1)。

因此，对于攝氏、列氏和华氏溫度标尺上的同一溫度 (如果借同一种物質来測量的話) 來說，將存在下面的关系：

$$n^\circ \text{Ц} = (0.8n)^\circ \text{P} = (1.8n + 32)^\circ \text{Ф}.$$

(I-2)

上述所有基于液体 (水銀或酒精) 体

积膨胀原理的溫度标尺 (罗蒙諾索夫溫度标尺、列氏溫度标尺、攝氏溫度标尺、华氏溫度标尺)，都有一个共同的缺点：溫度計的指示值决定于測溫物質的种类，因为每种物質，都各有它自己随溫度而改变的測溫性質。

科学和技术的发展，引起了創立一种不与任何个别性質發生关系，并适用于較寬溫度範圍的統一溫度标尺的必要性。

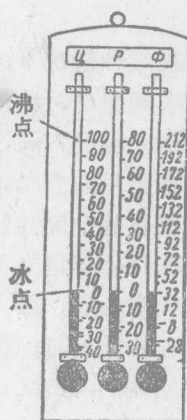


圖 1 各种溫度計的溫度标尺攝氏—Ц；列氏—P；华氏—Ф。

① 华氏零度表示由冰、水、氯化鈉和食鹽組成的冷却混合物的最低溫度。

第 3 节 热力学温度标尺

在自然界内，并没有物理性质与温度两者呈严格的直线关系的物体。在前节中已经述及，水银和酒精温度计的指示值，仅在 0° 与 100° 两点间相同，由于水银和酒精的体积膨胀系数与温度的关系不同，故在其余各点的指示值是不相符的。

如果我们试图以随温度而改变的其他任何特性(例如，金属的电阻等等)为基础，而创立一种温度标尺，也将遇到同样的困难。

在这种情况下，虽然会像水银和酒精温度计的情况一样，在采用各种金属时所得到的恒定温度点会互相重合；但是，由于所采用的金属的不同，看来我们也将得到各种不同的温度标尺。

在应用热力学定律的过程中，才解决了关于创立一种与所用测温物质的个别性质无关的通用温度标尺的问题。

在1848年创立了一种基于热力学第二定律的通用温度标尺。

大家知道，热力学第二定律说：任何物体从热体所得到的热量，与热体按可逆循环作功时所交给冷体的热量之比，决定于热体与冷体的温度之比：

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_2}{Q_1}. \quad (I-3)$$

设水的沸点(T_{100})和冰的融点(T_0)之间的温度差等于100，即假定 $T_{100} - T_0 = 100$ ，其相应的热量以 Q_{100} 和 Q_0 表示，即得

$$\frac{T_{100}}{T_0} = \frac{Q_{100}}{Q_0}. \quad (I-4)$$

由此得出

$$\frac{T_{100}}{T_{100} - T_0} = \frac{Q_{100}}{Q_{100} - Q_0}$$

或

$$T_{100} = \frac{Q_{100}}{Q_{100} - Q_0} \times 100 \quad (I-5)$$

和

$$T_0 = \frac{Q_0}{Q_{100} - Q_0} \times 100. \quad (I-6)$$

当热体在温度 T 时, 可得

$$T = \frac{Q}{Q_{100} - Q_0} \times 100. \quad (I-7)$$

公式 (I-7) 是绝对温度标尺的方程式, 这个标尺叫做热力学温度标尺。

根据热力学第二定律而建立的温度标尺, 与物体的任何性质无关。

如果热力学温度标尺中, 采用冰的熔点以下 273.16° 这一点作为零度(绝对零度), 它就叫做绝对温度标尺。“ -273.16° ”这个温度, 或绝对零度, 是理论上计算得出的(或然性最高的)温度, 根据推测, 在这个温度下应该没有任何的分子运动。

热力学温度标尺的温度以 T 来表示, 并以“°绝对”或“°K^①”来表示其数值。

热力学温度标尺和以理想气体作为充填剂的气体温度计的温度标尺是一致的。

许多真实气体, 如氢、氦, 特别是氩, 它们的性质在很大的温度范围内, 与理想气体的差别非常小。氩气温度计的温度标尺, 是以体积不变时, 氩气压力随温度的改变而发生的变化为基础, 并对真实气体与理想气体在性质上的差别作了修正, 它是热力学温度标尺(绝对温度标尺)的实际应用。

与水银温度计相比较, 气体温度计的主要优点, 还在于气体的体积膨胀系数差不多是玻璃的 140 倍, 而水银的体积膨胀系数仅为玻璃的 7 倍。

1889 年第一次国际度量衡会议采用了氩气温度计的百度温度标尺作为标准温度标尺, 在这种温度计中, 温度是根据体积恒定的氩气压力来决定的。

在冰的熔点(0°)时, 氩气的压力应等于 1000 毫米水银柱。在

① 热力学温度标尺是由 B. 汤姆逊(凯尔文)提出的。

水的沸点(100°)时,在正常条件下同样体积的氩气,其压力要大一些。將这一压力的增加量分为 100 等分,則压力增加量的每百分之一,就相当于百度温度标尺上 1 度的温度变化。同时,我們会發現,氩气溫度計的基本溫度点和攝氏溫度标尺的基本溫度点(0° 和 100°)重合,但中間各点却不相同,因为水銀和氩气随温度的上升而膨脹的規律是不相同的。曾經用氩气溫度計測量了零度以下的各种温度,其中液态氧的沸点就是用它来确定的。用其他的气体溫度計(氦气溫度計)可以測量更低的温度,例如氫的沸点(-253°)和氦的沸点(-269°)。

虽然气体溫度計是非常精确的測溫仪表,但是它們的構造和使用都特別复杂,因此它們不便用于实际測溫工作中。

这就有必要研究一些方法来实行这样一种温度标尺,这种温度标尺实际上要与热力学温度标尺重合,要能把热力学温度标尺扩大到很高的温度范围,并且要具有使用方便和复制可靠等特点。这样就产生了国际温度标尺。

第 4 节 国际温度标尺

用来作为标准温度标尺的国际温度标尺,是以化学純淨物質的融点和沸点等一系列易于复制的恒定溫度点为基础的。这些恒定溫度点的数值——一定物質的固态和液态之間或液态和气态之間的平衡溫度——是在热力学百度温度标尺中,借真实气体溫度計来測定的。

对于每一平衡溫度,都采用一个在各国一致的而且是最可靠的数值。

在苏联,国际温度标尺从 1934 年 10 月 1 日起被采用为全苏标准(OCT BKC 6954)。

1933 年第八次度量衡大会所采用的国际温度标尺是热力学百度溫度标尺的实际应用。在这种温度标尺中,以 0° 和 100° 来分别表示在标准大气压力下冰的融点和水的沸点。同时,标准大气压力等于,当單位体积的水銀重量为 13.5951 克/厘米³ 和正常的自