

[美]盖尔·凯·海恩斯 著

汤民钟 丁耀仁 译

JILENG YU JIRE

极冷与极热

JILENG YU JIRE

知识出版社

极冷与极热

(美) 盖尔·凯·海恩斯 著
汤民钟 丁耀仁 译

知 识 出 版 社

极冷与极热

汤民钟 丁耀仁 译

知识出版社出版

(北京安定门内大街东大街甲1号)

新华书店北京发行所发行 中国大百科全书出版社排版厂印刷

开本787×1092 1/32 印张2.25 字数49千字

1986年5月第1版 1986年5月第1次印刷

印数：1—1950

书号：13214·41 定价：0.46元

内 容 提 要

本书内容广泛，深入浅出地阐述了热与温度的基本概念，介绍了与温度有关的两支边缘学科的原理、方法、应用、概况和发展前景。本书具有科学性、知识性和趣味性，是一本给人以启示的科普读物。

本书适合广大中学生阅读，也可供非低温物理和非受控热核聚变专业的工作者参考。

4415/5

目 录

导 言	(1)
第一章	热和运动.....	(4)
第二章	热和测量.....	(8)
第三章	热和绝对零度.....	(16)
第四章	建立低温的方法.....	(21)
第五章	低温世界.....	(30)
第六章	低温学与生命.....	(38)
第七章	低温学的应用.....	(46)
第八章	高能.....	(53)
第九章	受控热核聚变的研究.....	(60)

导 言

燃料可由水制造吗？能不能象太阳那样利用产生极热的方法，为我们提供取之不尽的能量呢？

活的细胞和活的有机组织能够长期冷冻，然后再恢复生命吗？火箭能不能使用超冷燃料探索太空呢？科学家们能不能借助比北极最冷的日子还要冷得多的温度，建造更好的计算机、做复杂的脑外科手术、甚至更多地了解原子和粒子的内部结构呢？

上面这些问题，有些已经得到了解答，有些则仍在研究之中。可是在今天科学研究最为活跃的领域里，其中有两个都涉及到温度：极冷与极热。

低温学是研究“极冷”的学科，它所涉及的温度，比地球上任何天然存在的温度要低得多。

温度的另一极端是“受控热核聚变”的工作温度，它高得可以熔化世界上的任何材料。与这种温度相比，火山内部的温度也是低的。

在古代，不曾有过科学家试图研究极冷或极热，因为当时甚至没有人知道存在着如此低和如此高的温度。但是它们

的确存在着，就连原始时代的孩童也能清晰地看到。广阔无际的、寒冷的外层空间是天然的低温实验室，而太阳和星星则靠热核聚变获得巨大能量。这就是说，极冷和极热的温度一直是存在着的，只是人们很难获得这种温度。

今天，这种温度已不是达不到的了。利用先进的知识和有效的设备，现代科学家能够使极高和极低的温度出现在他们的实验室里。

科学家们能使空气冷却到变成液体，然后又变成冰冷的固体。他们能使物质逐步冷却，直到它几乎达到——但又不完全达到——众所周知的“绝对零度”。绝对零度比外层空间还要冷，这是人们能够想象得出的最低的温度。

在另外一些实验室里，科学家们能把气体加热到使它们的原子开始分裂，能在几分之一秒的时间里，获得比太阳内部还要高得多的温度。

科学家们有能力做这些工作，可是他们为什么要做这些工作呢？需要的设备很复杂，花钱也很多；实验过程中要消耗大量电力；从事研究和试验要花费很多年时间。这都是为了什么呢？

有许多站得住脚的理由。当火箭发射进入太空时，它就可以使用低温燃料，正是低温燃料使得探索月球成为可能。

有些外科医生已经在利用低温技术治疗疾病。低温生物学家正在研究冷冻血液、精子、动物和人的器官，以便贮藏备用。有朝一日，他们可能做到冷冻人体本身，然后再使其复活。

炼钢所需的氧气和氮气可以靠低温处理而获得；分子科学家正用低温技术来研究亚原子粒子；甚至生态学家也发

现，在不断增长的对废物进行处理和重复使用的需要方面，低温法是一种新的有效手段。

受控热核聚变是科学的一个分支，它是如此新颖，以至这种装置目前还没有投入使用。在美国，现在每年都拨款几百万美元来赞助科学家们从事这方面的研究。

“聚变”，就是强迫两个氢原子结合成一个氦原子，使用海洋中的氢作为燃料，就象太阳里所发生的过程那样发出功率。研究人员预言，总有一天，聚变将有可能提供巨大的能量，使世界上永远不再发生能源危机。

一门科学在其发展过程中，通常会建立起该门科学本身所需的技术。这就意味着对于出现的各类问题，科学家们十分善于寻找它们的答案，但是，他们又全都必须从某一细节做起。

如果人们都不知道如何测量普通温度，就没有人能发明测量低温的温度计；如果不懂得热以及什么是热，就没有人能计算出怎样使气体超热。这些问题正是我们要首先予以解答的。

第一章 热 和 运 动

人人都知道热会迁移。如果在热的炉子上放一只盛水的锅，热会从炉子流向锅，流向水；一旦炉子熄灭，锅和水便都冷下来，直至降到室温。

要是从冰箱中取出一盘冰块，则冰块会很快溶化成水。热似乎流进了盘里和 waters 里，直到盘和水的温度与室内空气温度相同。

人们往往只是从对周围世界的观察中知道热会迁移，但要描绘出热是如何迁移的，以及为什么会迁移，倒是不容易的事。

很久以前，有些科学家建立了一种解释热的理论。一种理论代表一种思想。科学家常常建立理论，概括他们对某个问题所了解到的整个事实，然后他们验证这一理论，看看是不是真实可靠。

他们认定，热是一种无重量的、看不见的流体，他们把它叫做“热素”。一只锅放在炉子上加热时，热素便从炉子“流进”锅；当冰溶化时，认为是热素正流进冰；当木材燃烧时，认为“被收集在其中的”热素在不断地流出来。

当初，这个热素理论一提出来曾变得风行一时，它似乎解释清了关于热的一切现象。然而这个理论当时存在一个致命弱点，就是热素无法被证实。假若热素无重量，那末就没有一个人能测量它；假若热素无形状，那末就没有一个人能看见它。这样一来，热素是否确实存在，就简直没法说清楚了。

大约在同一时期，另一个重要理论正在研究中，这一理论最后终于揭开了热的奥秘。原子理论认为，世界上一切东西都是由原子组成的，所有岩石和树木，建筑物和街道，甚至一切动物和人，都是由微小的、甚至用最好的显微镜也看不到的原子所构成。

这个理论是可以证实的，并且当研究者证实它时，对原子也有了越来越多的了解。他们发现，原子以及叫做分子的原子结合体，都不是静止的，它们总是在运动着，甚至在看上去是最结实的固体中也是如此。

当原子和分子运动时，它们具有能量。这是一种特殊的能量，叫做“动能”，即运动的能量。

一个奔跑着的或骑自行车的人具有动能，一棵正在倒下的树具有动能，一个飞过空中的球或一只摆动着的锤也具有动能。一切运动着的东西都具有动能。一匹沿跑道奔驰的赛马，比一只在地面缓慢爬行的海龟有着更大的动能。原子和分子的动能大小较难看出，但它能被感觉到。任一物体或物质的温度都取决于其分子运动的快慢。

甚至同一物质中的分子，也并不都是以同一速度运动。总是有些分子运动十分快，有些十分慢，大量的其它分子的运动速度则是不快不慢。

由于分子运动是随机的，呈曲折图形，所以它们常常互

相碰撞。碰撞时，会重新分配能量，快速运动的分子可能把它们的一部分能量给慢速运动的分子。

分子的运动回答了热迁移之谜。热的炉子把能量分配给锅子的分子，锅子又把能量分配给锅中的咸猪肉；太阳把能量辐射给一个雪人，使其分子运动变快，快得足以把雪人溶化成一滩水。

随着原子及其动能的新理论开始被人们接受，越来越多的科学家认识到：热素理论谬误无疑。热不是一种看不见的流体，热是使原子和分子运动的能。

最后，科学家们对热和温度这两个字眼的真正含义作出了解释：热是物体中能的总量，而温度则取决于其分子的平均速度。

由于热是能的总量，所以一个大冰块中的热比一茶匙开水的多，这是因为大冰块有着比微量的水多得多的分子，尽管冰中大多数分子的能远少于开水中分子的能，但冰中热的总量是比较大的。

温度量度的是物体分子的平均速度。如果大部分分子的速度快，则分子的平均速度高；如果慢，则平均速度低。一小茶匙开水的温度远高于一整座冰山的温度，因为前者分子的运动快。

动力学理论也使得有可能用来定义冷。冷只不过是缺热，就象黑暗是缺乏光亮一样。热的物体具有很多能，冷的同一物体所具有的能则较少。

物体获得能量时，其分子需要更大的空间，以便到处运动。这就引起大多数物体膨胀，即它们被加热时体积增大。

慢速运动的分子需要的空间小，物体通常收缩，即体积

减小。

有关物体体积大小变化的这种知识，向科学家提供了一种测量热的方法，使得最初发明温度计成为可能。

第二章 热 和 测 量

用来测量温度的仪器称为温度计。现在，有很多不同种类的温度计，每一种温度计被设计用来完成一项专门的工作。

然而在过去，科学家们测量热的方法并不都是可靠的。1593年，意大利科学家伽利略发明了世界上第一只温度计，取名为“测温器”。这种测温器是一支一头有球状物的长玻璃管，管的另一头是开口的。伽利略把它放入水里，当管中空气被加热或冷却时，水在管中的高度会变化，通过测量水的高度，便能测量出空气膨胀和收缩多少。可惜的是，这种测温器十分不精确。

一百年左右以后，各种不同的温度计相继出现。有些是开口管，有些是封闭管；有的管中灌水，有的灌酒精，有的则充入各种气体。最后，法国科学家吉洛姆·阿蒙通斯(Guillaume Amontons)想到用汞。汞是用于温度计的良好材料，因为它是温度范围比较广的一种液体。当温度变化时，汞的体积变化较大，而且较稳定，为早期温度计中使用的大多数其他物质所不及。但是对于各人都有自己的温度计

(假定都有一只精确的温度计)的科学家来说,它的好处并不大,因为科学家们仍旧没有办法把自己测得的温度与使用不同温度计的其他科学家所测得的温度相比较。

1714年,德国科学家丹尼尔·华伦海特(Daniel Fahrenheit)把好几位温度计制造者的思想集中在一起,并加上他自己的重要设想,把很纯的汞封闭在细长的玻璃管中,然后通过一次又一次总是表明相同结果的测量,制定出温度刻度。

为了定出最冷点,华伦海特把盐掺入冷水中。正象任何一位使用过制冰淇淋器的人都知道的那样,盐能使冷水比正常情况下更冷,华伦海特称此温度为“零”。

随后他测量正常人的体温。医生们都知道,大多数健康人的体温大致是相同的,华伦海特就定此温度为“96度”,或写成 96° 。

接着华伦海特用此温度计和温度刻度量出水的冰点和沸点。为了使用整数来表示这些温度,冰点定为 32° ,沸点定为 212° 。这样,他不得不把人体的温度略加改动成 98.6° 。随后华伦海特再在水的冰点和沸点之间划出180个等分刻度。

于是人们就用这种温度计测量各种物体的温度,并能与其他科学家的结果相比较。他们那时要做的一切,就是得到一只封闭的水银温度计,并且将它刻划成:测得冰水温度为 32° ,沸水为 212° ,冰点与沸点之间有180个等分。这就叫做“华氏温标”。在美国,大多数东西的温度现在还是用它来测量的。

华氏温标首先成为众所周知的温标,但并不是独一无二的温标。1742年,瑞典科学家安德斯·摄尔休斯(Anders

Celsius) 研制出一种更为方便的温标, 他把水的冰点定为 0°C , 沸点定为 100°C , 其间划成100个等分刻度。

大多数国家和地区的科学家均使用摄氏温标, 很可能美国不久也将开始使用这种温标。

华氏温度转换成摄氏温度有一个专门公式。例如, 正常人体温是 98.6°F (F表示华氏), 转换成摄氏为:

$$C = (F - 32) \frac{100}{180} = (98.6 - 32) \frac{5}{9} = \frac{333}{9} = 37^{\circ}$$

在美国, 当医生使用摄氏温标时就应想到, “正常”人的体温是 37°C , 舒适的房间温度是 22°C 左右。华氏温标上的 32° 是水的冰点温度, 而摄氏温标上的 32° , 将意味着是炎热的夏天。因为 $32^{\circ}\text{C} = 90^{\circ}\text{F}$ 。

科学家们使用的另一个重要温标, 是由英国物理学家威廉·汤姆森 (William Thomson) 研制出来的。他被誉为开尔文勋爵。开尔文勋爵的温标起点远在水的冰点以下, 是以绝对零度作为起点。绝对零度是人们能够想象得出的最低温度。

第三章将阐述开尔文是如何发现绝对零度的。这并不是他所能测得到的温度, 因为世界上没有东西真的有那样冷。

结果是弄清楚了: 绝对零度在数值上等于 -273.15°C , 即 -459.67°F 。就是说, 比冰水的温度还低 273.15°C 。

开氏温标上的每一度, 它的大小与摄氏相同。这对科学家们颇为方便, 因为他们在把一个温标的度数换算成另一个温标的度数时, 就不必用复杂的公式, 只要加上或减去 273.15 就可以了。

现在, “开尔文度”是科学上标准的温度单位。由于它

象英尺或磅那样是一种单位，所以开尔文温标上的温度在书写时，不应带上表明“度”的小圆圈。例如， $-273.15^{\circ}\text{C} = 0\text{K}$ ； $0^{\circ}\text{C} = 273.15\text{K}$ 。

目前使用的水银温度计，非常象250年前华伦海特制造的温度计。用它测量天气温度和人体温度十分有效。但水银（汞）在 -40°C 左右凝固， 375°C 左右汽化，测量比此更低或更高的温度就必须用别的方法。

所有金属都受热膨胀、受冷收缩。有的变化不大，因而难以测量出来，但某些金属的膨胀和收缩幅度显然比另一些金属大。科学家利用这一事实，制造出一种双金属（两种金属的）温度计。

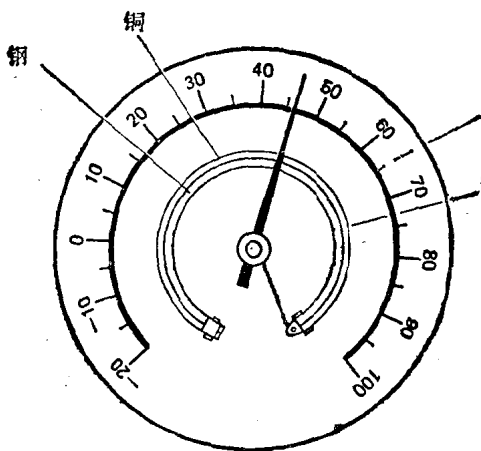
有一种双金属温度计是把两根金属条板背靠背地固定在一起，一根可能是铜的，它的膨胀系数大，另一根可能是钢的，膨胀系数小。

因为两根条板附在一起，当温度变化时，它们不那么容易伸长和缩短，所以不得不彼此推压，直到膨胀系数大的条板把它们两根都弄弯。条板一端处的刻度盘指示出它随温度每改变一度弯曲多少。

这种无液（没有液体的）温度计可用在炉子上的恒温器中，用在烘箱中，还可用来操作电气开关。但在温度极低或极高的情况下用处不大。高温会使条板熔化，而在 60K 以下的极低温度下时，弯曲又显得太小而无法测出。

热电偶是另一种双金属温度计。它是把两种不同金属制成的导线的两端分别接在一起，一个接头（即两根导线连接之处）维持已知温度，另一个接头置于较高的未知温度中。

当热电偶的一个接头的温度比另一个接头的温度高时，



双金属温度计

就有微小的电流在闭合线路中流过，将部分热能转变成电能。

该微量电流可以测量出来。究竟多大，取决于两个接点的温度差。由于一个温度是已知的，科学家即可算出另一个温度的大小。

一支好的热电偶可测到 1450°C 左右的温度，不过这个温度仍旧远远低于热核聚变所需的温度。有些低温热电偶能测量温度为 77K 的液氮，某些特殊温度计已能测出低至 4K 的温度。这是很有用的温度计；但是对低温科学家来说，通常还嫌不够。