

热力学第一定律的建立及其伟大历史作用

王 长 荣

(湖北民族学院物理系 恩施 445000)

一、历史渊源与科学背景

人类使用热能为自己服务有着悠久的历史,火的发明和利用是人类支配自然力的伟大开端,是人类文明进步的里程碑。中国古代就对火(热)的本性进行了探讨,殷商时期形成的“五行说”一金、木、水、火、土,就把火(热)看成是构成宇宙万物的五种元素之一。北宋时刘昼更明确指出:“金性苞水,木性藏火,故炼金则水出,钻木而生火。”古希腊米利都学派的那拉克西曼德(Anaximander,约公元前611—547)把火看成是与土、水、气并列的一种原素,它们都是由某种原始物质形成的世界四大主要元素。恩培多克勒(Empedocles,约公元前500—430)更明确提出四元素学说,认为万物都是水、火、土、气四元素在不同数量上不同比例的配合,与我国的五行说十分相似。但是人类对热的本质的认识却是很晚的事情。18世纪中期,苏格兰科学家布莱克等人提出了热质说。这种理论认为,热是由一种特殊的没有重量的流体物质,即热质(热素)所组成,并用以较圆满地解释了诸如由热传导从而导致热平衡、相变潜热和量热学等热现象,因而这种学说为当时一些著名科学家所接受,成为十八世纪热力学占统治地位的理论。

但任何一种学说和理论,都必须接受实践的检验。1798年和1799年,伦福德(C. Rumford 1753—1814)和戴维(H. Davy, 1778—1829)先后以金属钻屑实验和两块冰在真空容器中摩擦融化的实例,对热质说进行反驳,无可争辩的事实,迫使人们去寻找更新的理论。

十九世纪以来,热之唯动说渐渐地为更多的人所注意。特别是英国化学家和物理学家克鲁克斯(M. Crookes, 1832—1919)所做的风车叶轮旋转实验,证明了热的本质就是分子无规则运动的结论。热动说较好地解释了热质说无法解释的现象,如摩

擦生热等。使人们对热的本质的认识大大地进了一步。戴维以冰块摩擦生热融化为例而写成的名为《论热、光及光的复合》的论文,为热功相当提供了有相当说服力的实例,激励着更多的人去探讨这一问题。

二、相关学科的支持与准备

在热力学第一定律形成之前,自然科学的发展在很多方面为能量守恒和转化定律奠定了基础,在不同的方面为定律的建立作好了前期的准备,主要体现在以下几个方面:

1. 物理学方面

机械能守恒是能量守恒定律在机械运动中的特殊情况,早在力学形成之初便有了能量守恒的萌芽,十七世纪已构成了明确的运动不灭思想,几百年来,永动机未能造成的事实,也从反面提供了能量守恒的例证。1835年哈密顿原理的提出,致使机械能守恒已经成为力学中的基本内容。十九世纪二、三十年代,电磁学规律陆续发现,人们自然对电与磁、电与热,电与化学等关系密切注视,法拉第(M. Faraday, 1791—1867)的许多工作都涉及能量转化现象,如电磁感应、电化学和光的磁效应等等,他所发表的论文,明确表达了他对“力”(即现代的能量,下同)的统一性和等价性基本概念的理解,而塞贝克于1821年发现的温差电现象则是“自然力”互相转化的又一重要例论。

2. 生物学与化学方面

在当时,拉瓦锡(A. L. Lavoisier, 1743—1794)和拉普拉斯(P. S. M. Laplace, 1749—1827)早已证明某一化学反应过程所放出的热量等于它的逆反应过程所吸收的热量,李比希(J. Liebig, 1803—1873)设想动物的体热和它的机械活动的能量,可能来自食物的化学能。莫尔(F. Mohr, 1806—1879)则进一步理解为不同形式的“力”都是“机械力”的表

各学派都有自己的独创的见解、风格和思想,通过争论,各种思想得以广泛的传播,而相互诤难又促进了

各种学术思想的交流和自我完善,推动了物理学向纵深发展。所以说,争论是物理学发展的动力。

现,他认为:除了54种化学元素之外,自然界还有一种动因,叫做“力”,力在适当条件下可以表现为运动,化学亲和力、凝聚、电、光、热和磁,从这些运动形式中的每一种可以得出一切其余形式。总之,到了十九世纪四十年代前后,各种自然现象之间相互联系和转化的事实已被相继发现,欧洲科学思想中已经普遍蕴含着一种气氛,即以一种联系的观点去观察自然。这些思想为热力学第一定律的最终建立创造了良好的科学环境。

三、热力学第一定律的确立

能量守恒和转化定律的发现与其他基本物理规律的发现的最大不同之处在于它不是某一位科学家独立研究而提出的,而是由许多科学家在不同的研究领域分别发现的。到了十九世纪四十年代前后,西欧的四、五个国家,从事七、八种专业的十多位科学家分别通过不同的途径,各自独立地发现了能量守恒与转化规律,而其中最主要的又首推迈尔·焦耳和亥姆霍兹的工作。

1. 迈尔的工作

罗伯特·迈尔(R. Mayer 1814—1878)是一位德国医生,通过对温带与热带地区人类静脉血液颜色的差异的对比分析,意识到了食物化学能可以像机械能一样生热,它们之间应该而且也可以以量的关系转化。1842年,他将这些观点写成题为《论无机界的力》的论文,在这篇文章中迈尔从“无不生有,有不变无”和“原因等于结果”等哲学观点出发,表达了物理、化学过程中力的守恒思想,提出了建立不同的“力”之间数量上的当量关系的必要性,并初步得出“物体从365m高的地方下落,相当于把同等重量的水从0摄氏度加热到1摄氏度”。1845年,迈尔在其自费刊印的另一论文《与有机运动相联系的新陈代谢》中更是进一步肯定了力的转化与守恒规律是支配宇宙的普遍规律,并且通过对“运动的力”,“下落力”,“热”,“电”,“化学力”等不同的具体形式进行讨论,得出了著名的迈尔公式 $C_p - C_v = R$,继而得出热功当量值 $J = \Delta w / \Delta Q = 365$ 千克米/千卡,相当于3.6焦耳/卡(1千克米/千卡 = 9.8×10^{-3} 焦耳/卡,以下同)最先以量化的形式给出了运动形式的转化关系。

2. 焦耳的工作

英国科学家焦耳(J. P. Joule, 1818—1889)关于热功当量的测定,为最终确立热力学第一定律奠定了坚实的实验基础,1840年,时值22岁的焦耳通

过测定电流通过电阻线所放出的热量,总结出了以他的名字命名的、对确立热功当量起着基础性作用的著名实验定律——焦耳定律,即: $Q = 0.241^2 RT$,从此以后,在漫长的40年间,他先后作了400多次实验,验证了“热与机械力是可以互相转换的”,最后得出热功当量值为423.83千克米/千卡。在这400多次实验中,尤以1843年设计的“磁电式机器通过感应而产生的电流,应该与其他电源的电流一样地产生热效应”的实验最为著名,当时,他把一个绕在铁芯上的小线圈置于一电磁体的两极间,并使之转动,用一个类似于正切电流计的仪器测定电流,把线圈放进量热器里以测定水温升高所获得的热量,所得结果与他三年前的实验结果基本一致,证明了“磁电机所生成的热量正比于电流的平方”,该实验不仅得出了热功当量 $J = 460$ 千克米/千卡,而且否定了热质观念,因为这里的电路是完全封闭的,水温升高完全是由于机械能转化为电,而电又转化为热的结果。

1845年,焦耳进一步做了通过绝热压缩空气过程的功与空气升温时的定量关系的实验,之后,又进行了空气向真空自由膨胀的实验(即现称的焦耳实验),以及它和W. 汤姆生(W. Thomson, 1824—1907)合作的绝热节流膨胀实验(焦—汤效应实验)。1850年,焦耳在他的《论热功当量》的论文中,已经将热功当量值总结为:以水做实验为773.64磅/卡(424千克米/千卡),以水银作实验为776.30磅/卡(425.77千克米/千卡),后来又经过一系列极为精确的实验,焦耳又将 J 值确定为423.85千克米/千卡(4.153焦耳/卡),这已和现代精确实验极为接近了。他和迈尔分别从不同的方面和不同的途径达到了对能量转化与守恒的证明。

3. 亥姆霍兹的工作

德国物理学家亥姆霍兹(H. Helmholtz 1821—1894)从多方面论证了能量转化与守恒定律,其中最主要的是从否定永动机的存在这一途径来完成的。1842年,他在关于《力的守恒》的论文中,就论述了他的能量转化与守恒的基本思想,论证了“活力”与“张力”之和是一个常数,称之为“力的守恒原理”,并把这种“力”的保守性同永动机之不可能联系起来。这里的“张力”即指势能,“活力”即指动能。当然我们知道在中心力的作用下,能量是守恒的,但是如果反过来认为,从永动机之必然不可能而导出力必然具有中心力的特点,那就不正确了。中心力只是永

动机之不可能原理的一个特例而已。因此,亥姆霍兹又从无摩擦的力学过程、光的干涉的明暗条纹、理想弹性体的运动、电和磁等多方面加以了分析和例证,他的这一工作从理论上对能量守恒原理作出了重要概括。亥姆霍兹所拟定的纲领,成为了以后一个时期物理学发展的基本内容,给了那个时代整个物理学界强有力的影响。他基本上是独立地作出这一发现的。但亥姆霍兹决没有去要求这一发现的优先权。后来,当他了解到迈尔在他之前已发表的两篇论述之后,他公正地说:“迈尔不依赖于别人而独立地发现了这个思想,而这个思想使自然科学获得了长足的新发展”。他还谦逊地说,“和焦耳的工作相比,在那时就已谈不上想要为我提出什么优先权的要求了”。

4. 热力学第一定律数学表达式的形成及其概念的推广

在物理学界普遍接受能量守恒观点的基础上,1850年,德国物理学家克劳修斯(R. Clausius, 1822—1888)考虑一无限小过程,计算做功和消耗的热量与气体某一状态函数 u 之间的联系,将这种关系完整地表述为 $dQ = du + dw$ 。将热力学第一定律首次以明确的数学形式表述出来。1851年,开尔文(即W. Thomson,)明确地把函数 u 称为物体所需要的机械能。这样就全面阐述了能、功和热量之间的关系,1867年,汤姆生和泰特又将 u 改为内能,并一直沿用至今。

但是这一重要原理的发现者焦耳、迈尔、亥姆霍兹等人只着重从量上去表述能量守恒,而没有从质上去强调运动的不灭性,恩格斯首先指出了这种表述的不完善性,他认为运动的不灭不能仅仅从数量上去把握,还必须从质的转化上去理解,他指出:“‘运动的不生不灭,仅仅从量的方面概括它,这种狭隘的消极的表述日益被那种关于能的转化的积极的表述所代替,在这里,过程的质的内容第一次获得了自己的权利’。(恩格斯《反杜林论》,1970年版P11),能量可以从一种形式转化为另一种形式,而在这种转化的过程中能量的总和保持不变。从而将能的守恒完整而科学地拓展为能量的转化与守恒定律。

四、热力学第一定律的伟大历史作用

能量守恒和转化定律的发现是人类认识自然的一个伟大进步,它揭示自然界是一个互相联系、互相转化的统一体,第一次在空前广阔的领域里把自然

界各种运动形式联系起来,以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图象。在理论上,这个定律的发现对自然科学的发展和建立辩证唯物主义自然观提供了坚实的基础。在实践上,它对于永动机之不可能实现,给予了科学上的最后判决,使人们走出幻想的境界,从而致力于研究各种能量形式相互转化的具体条件,以求最有效地利用自然界提供的各种各样的能源。热力学第一定律的建立,为自然科学领域增添了崭新的内容,同时也大大推动了哲学理论的前进。现在,随着自然科学的不断发展,能量守恒和转化定律经受了一次又一次的考验,并且在新的科学事实面前不断得到新的充实与发展。特别是相对论中质能关系式的总结,使人们对这一定律的认识又大大地深化了一步,即在能量和质量之间也能发生转换。

科学家观察到木星极光爆发

据《科技日报》报道:美国密歇根大学的科学家在英国《自然》杂志上报告说,他们使用哈勃望远镜对木星北极的极光环区域进行观察,发现了一次强大的闪光爆发。科学家们认为,这可能是太阳风与木星磁场作用所导致的。

科学家们在观察中发现,闪光的面积以惊人的速度扩大,在70秒的时间内就增长到与地球尺寸相当,而后又以同样惊人的速度缩小并消失,亮度最强时比极光环的正常亮度强5倍。

在总共两个小时的观测时间里,研究人员还观察到了另一次规模较小的爆发。这表明,木星极光环里的闪光爆发可能是比较常见的现象。

研究人员利用其他观测数据模拟闪光爆发期间的太阳风强度变化之后得出结论认为,闪光的产生与消亡可能与太阳风的强度变化有关。但是也有专家认为,太阳风在抵达木星时强度已经很弱,可能不足以产生这样强大的极光爆发现象,或许还是要从木星及其卫星系统内部寻找原因。

人们此前已经发现,木星的两极分别稳定地存在一个椭圆形的极光光环,与木星共同旋转。据认为,它们是由木卫-火山活动喷发出的高能电子抵达木星受磁场加速后,与木星大气作用释放能量所产生的。

(卞吉 秦宝 编)