阎康年 著

热力学史

山东科学技术出版社

热力学史

阎康年 著

山东科学技术出版社

热力学史

阎康年

山东科学技术出版社出版
（济南市玉函路）

山东省新华书店发行
山东新华印刷厂德州厂印刷

850×1168毫米32开本　9.25印张　195千字
1989年5月第1版　1989年5月第1次印刷
印数：1—2,000

ISBN 7—5331—0499—4/TK·2

定价 5.65 元

“泰山科技专著出版基金”顾问、评审委员会、编辑委员会

顾问　宋木文　伍　杰　苗枫林

评审委员会（以姓氏笔画为序）

卢良恕　吴阶平　杨　乐　何祚庥
罗沛霖　高景德　唐敖庆　蔡景峰
戴念慈

编辑委员会

主任委员　杜秀明　石洪印

副主任委员　梁　衡　邓慧方　王为珍

委　　员（以姓氏笔画为序）

邓慧方　王为珍　卢良恕　石洪印
刘韶明　吴阶平　杨　乐　何祚庥
杜秀明　罗沛霖　林凤瑞　唐敖庆
高景德　梁　衡　梁柏龄　蔡景峰
戴念慈

我们的希望（代序）

进行现代化建设必须依靠科学技术。作为科学技术载体的专著，正肩负着这一伟大的历史使命。科技专著面向社会，广泛传播科学技术知识，培养专业人才，推动科学技术进步，对促进我国现代化建设具有重大意义。它所产生的巨大社会效益和潜在的经济效益是难以估量的。

基于这种使命感，自1988年起，山东科学技术出版社设“泰山科技专著出版基金”，成立科技专著评审委员会，在国内广泛征求科技专著，每年补贴出版一批经评选的科技著作。这一创举已在社会上引起了很大反响。

但是，设基金补助科技专著出版毕竟是一件新生事物，也是出版事业的一项改革。它不仅需要在实践中不断总结经验，逐步予以完善；同时，也更需要社会上有关方面的大力扶植，以及学术界和广大读者的热情支持。

我们希望，通过这一工作，高水平的科技专著能够及早问世，充分显示它们的价值，发挥科学技术作为生产力的作用，不断推动社会主义现代化建设的发展。愿“基金”支持出版的著作如泰山一样，耸立于当代学术之林。

泰山科技专著评审委员会

1989年3月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

前　言

热力学诞生于19世纪上半叶，它是继理论力学和弹性力学之后，与电磁学一起，应用和发展牛顿力学的一个很重要的学科。热力学是从宏观方面研究物质的热性质和热运动规律的科学，它的下一步发展，则是19世纪后半叶从微观方面进行这两方面研究的统计物理学。热力学和统计物理学构成了热现象理论。一个半世纪以来，热力学所以能引起普遍的关注并得到很大发展，其原因就在于热作为一种能的形态，有着独特的重要意义，即各种能的形态都最终以转化为热的形式耗散。对热的性质和运动规律的研究，可以揭示能态的转化及其定量的关系，因而有着普遍性的意义。热力学史作为一门学科史，产生较晚，但是它的内容丰富，涉及的范围遍及热与其他各种能态的定量转化与运动规律，因而十分重要。

热力学是以热力学三定律为基础和以能量守恒定律为普遍形式的。热力学史的基本研究对象，是热力学三定律和能量守恒定律的起源和发展过程。因此，本书根据这种认识，在搜集了大量原著和有关论述的条件下，系统地介绍和分析了这些定律的形成和发展的历史过程，特别是对于很少提到的热力学第三定律的发现和发展过程，做了比较全面的阐述。

能量守恒定律和热力学三定律，是经典理论中占有重要地位的物理规律。关于能量守恒和经典热力学的著述浩如烟海，理论体系比较完善，勿需我们再去涂色和泼墨。关于它们的历

史，虽然也曾有过一些著作，但是比较系统而全面性的著作却并不多见，特别是热力学的历史性著作更少。这就使作者一直感到，如果能在这个领域内做一些填补性的工作，不但是科学史工作者义不容辞的责任，而且对热力学和科学史的研究和教学将会有所裨益。出于这样的考虑，就自己的爱好和力所能及，进行了本书中提到的一些探索。

本书是作者为了进一步探讨能量守恒定律和热力学几个基本定律产生的历史背景、条件和过程，经过多年搜集史料，进行整理和分析之后，将学习心得汇总起来而形成的。它是在较系统地查阅并考察这些重要的定律及其说法的提出者们的一系列原著和其他有关主要论著之后，所做的一次研究性的尝试。这些尝试力求从原始资料出发，循着历史的本来面貌和踪迹，逐步展开。即使提出一些看法，也力求立论有据，顺理成章，避免主观臆断和不加思考地承袭前人的两方面弊端，因为这些是严肃的科学研究之一大忌。

书中引证了对能量守恒定律和热力学三定律及其说法的演化过程，做出重要贡献的科学家们的很多原始资料，本着便于学习和思考的原则，作者尽可能把这些资料原原本本地记述下来。对于至今历史上出现过的各种争论和看法，也尽可能在弄清持不同观点的学者们的论点基础上，有根有据地引证他们的代表性的本来说法，避免以假乱真，以误传误，造成失实和不当的后果。凡在作者陈述自己的看法和想法的地方，均加以说明，以便于避免混淆和供感兴趣的同志们进一步探讨和商榷。

求实和求准的原则，是我们科学史工作者治学的准则。在这个准则指导下，既要学习和承袭前人的有益研究成果，又要不入俗地人云亦云，这是研究科学史的又一个准则。作者在引

证和论述过程中，虽然以这些准则严以自持，但由于史料的限制和水平不高，很可能事与愿违，不实不当之处难以幸免，望读者们给予批评和指正，以便把这项探索性的工作，不断推进下去，有助于热力学史研究的不断发展。

显然，对于这样一种涉及近一个半世纪左右之前的科学史课题，即使在搜集第一、二手资料过程中，也必然会遇到较大的困难。在近代科学发展迟缓的我国，引进国外原始科学著作和期刊的本来就不多，残缺不全的现象时有出现。即使有的，由于分布面较广，要系统地搜集有着很大的困难。因此，尽管力求使这本探索性的著作篇幅缩短，却时断时续，历时较长，这类的情况很多，仅举几例予以说明。关于克劳修斯的热力学原著，是作者在王竹溪教授重病住院期间，有幸经他的同意访问他时，得知其收藏之处，才查到四篇的下落。开耳芬勋爵于1862年提出热寂说的论文和能斯特提出他的热定理的论文，都是经过一年半时间到处寻找，才偶然查到的。翁士达同志在美国访问学习期间，帮助复印了开耳芬勋爵的《科普讲演与致辞》的有关论文，才填补了一项研究的史料空白。由于这样的许多雪中送炭的帮助，才使作者有可能大体上系统地搜集了一些重要的史料。有些重要史料，由于条件的限制，作者到剑桥才查到，如能斯特于1912年命名热力学第三定律及其说法的论文，就是这样。为此，只能借助于他的助手和对他的热定理做出关键性发展和诠释的西蒙的有关论文，即第二手资料，才全面了解到能斯特的原来意图和想法。这类的情况，在其他方面也曾经发生过。

本书通过上述的努力和较系统的学习与考察，有些地方接受了传统的看法和说法，因为至今看来它们仍然是正确的或合

理的。有些地方则根据原始资料和将有关史料排开与分析比较，感到过去提法和说法不实或欠妥，则冒昧地提出一些质疑或不同看法。如认为能量守恒定律是19世纪30年代末至19世纪50年代初，许多国家的一些科学家各自从不同方面做了贡献，而终于逐步完成了一项国际性的发现。认为热力学第一定律与热功转化守恒原理，既有联系又有区别，其区别的关键在于“内功”（或内能）概念的出现，因此它的发现只能有待“内功”概念提出之时。认为热力学第二定律发现的关键，在于对卡诺从热素说出发提出的“卡诺假设”的扬弃，因此它的发现只能在正确地解决热功转化过程中，实际上热量必然耗散掉一部分而不能复返作功的理论问题之时。认为热寂说是开耳芬勋爵首先提出来的，但说法比较灵活。克劳修斯只是在1867年的一次讲演中，忽视或回避了他过去指出的前提条件情况下，才提出了热寂说，因此，仅就热寂说提出的情况来说，它是热力学第二定律的非科学推论。书中也认为热力学第三定律的两种说法（能斯特的热定理和绝对零度不可达）是等效的，而能斯特提出他的热定理，是在1905年12月在哥廷根大学的一次学术会议上宣读论文时，因此，热力学第三定律应该发现于1905年，而不是传统说的1906年。又认为L·布里渊在20世纪50年代初利用信息论和负熵概念，证明“麦克斯韦妖”假想实验是一个开放系统，负熵概念很可能是薛定谔而不是L·布里渊首先提出来的。这些看法是作者在研究了有关原著和其他重要文献的基础上，逐步形成的。

在最后两章中，对热力学三定律在工程技术上应用的重要意义，做了概括性的阐述。介绍了热力学第零定律及其两种说法的提出者和内容，并且从温度、热传递、熵变、热分子运动

无序度的几率、能量和永动机等六个观点，探讨了热力学三个基本定律之间的关系，以便从总体上说明它们之间在历史上和现实上的内在联系与区别的实质。

本书是一本讲述关于热力学的基本定律和能量守恒定律的发现和发展史的书，由于作者掌握史料的局限性和水平不高，很可能存在因史料短缺、看法欠妥和提法不当及其他种种问题，希望同志们进行探讨和指正。

作者在研究过程中，曾经得到王竹溪教授的提示，他认为应将热力学第二定律的发现与卡诺定理二者加以区别，和对开氏说法要强调两个热源的重要意义。何成钧教授提出应重视赫尔姆霍兹在能量守恒定律发现过程中的作用的意见等。应特别指出，熊吟涛教授在百忙和酷暑之中，详细审阅了全书各个章节，并提出很多重要而宝贵的意见和修改方法。并且，作者从他们的意见和著作中，得到不少启发和教益，在这里特地向这些热力学方面的先辈们致以深切的谢意。

热力学产生于对热机原理的研究，它来源于热机效率如何提高这个实用性的要求。但是，当热力学的基本定律和种种原理一旦出现，对于生产实践和应用技术又产生了重要的指导作用。这种指导作用对于蒸汽机、内燃机、发电机组、低温和超导技术等都产生重大的影响。因此，在本书中加了《热力学三定律与技术发展的关系》一章，对于这一个重要的课题，只是作为一个应该深入研究的问题提出来，并就作者力所能及的了解做了一些论述和论证，的确有待充实和补充。在结束语中，除去介绍了热力学第零定律之外，尚就能量守恒定律与热力学三定律的关系、热力学三定律之间的关系，和热力学三定律与不可逆过程速度的关系等问题，做了一些进一步的分析和探

讨。这些看法也许对深入研究热力学史会在认识上有所裨益，并冀求批评和指正。

阎康年

1988年8月10日

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

前　言

第一章　能量守恒定律的起源、发现和争论 …… 1

一、能量概念的由来、演变和现 状 …… 1

二、能量守恒定律产生的渊源和背 景 …… 10

三、能量守恒定律的发现过程和不同看 法 …… 21

四、迈尔的贡献和作用问题 …… 26

五、赫尔姆霍兹的贡献和作用问题 …… 36

六、焦耳、朗肯和开耳芬勋爵的贡献和作 用问题 …… 44

七、关于能量守恒定律发现问题的几点看 法 …… 58

八、关于能和能量守恒定律的几次重要争 论 …… 62

九、质能等当定律的发现和意 义 …… 75

第二章　热力学第一定律的起源与发 现 …… 87

一、热力学第一定律产生的历史背 景 …… 88

二、迈尔和焦耳在热功当量发现优先权上的争论 …… 98

三、热力学第一定律是怎样提出来 的 …… 106

四、热力学第一定律说法的演变过程和发现问 题 …… 116

第三章　热力学第二定律和热寂说的起源与说法的演变过程 …… 131

一、热力学第二定律产生的历史背 景 …… 132

二、热力学第二定律的发现过程和说 法 …… 136

三、热力学第二定律说法的演 化 …… 157

四、负绝对温度与热力学第二定律的说 法 …… 172

五、热寂说的起源与引起的争 论…… 174
第四章　热力学第三定律的起源与说法的发 展…… 199
一、热力学第三定律产生的历史背 景…… 200
三、能斯特和能斯特热定 理…… 209
三、热力学第三定律的命名和热定理说法的演变过 程…… 223
四、几个问题的探 讨…… 241
第五章　热力学三定律与技术发展的关 系…… 253
一、蒸汽机的改进与热力学的产 生…… 253
二、热力学第一、二定律对其他热机的发明和发展的
重要作用 …… 260
三、热力学第三定律对工程技术和低温技术发展的重要
作 用…… 263
第六章　结束语…… 269
一、能量守恒定律与热力学三定律的关 系…… 269
二、热力学第零定 律…… 271
三、热力学三定律之间的 关系…… 272
四、热力学三定律与不可逆过程速度的关系 问题…… 277

第一章　能量守恒定律的起源、发现和争论

能量守恒定律和质量守恒定律，是自然科学的两大基本定律。能量守恒定律的发现，是人类认识自然及其变化和运动规律的发展的一次重大飞跃。近一个半世纪以来，科学史界和哲学界对这个基本定律的发现过程，著述很多，并出现一些看法上的分歧和争论，从而为我们进一步研究这个问题，提供了很多可供参考的史料和思考线索。能量守恒定律产生的先导，是运动守恒和力的守恒，因此探讨能量守恒定律的起源，必然要使我们追溯到古代运动不灭思想、近代的动量守恒和用力概念所做的各种表述。鉴于在历史上关于它的发现过程的各种看法与争论，除了与对史实的了解有关之外，尚与对能量和能量守恒概念的理解和定义有重要的关系。因此，在探讨能量守恒定律的起源、发现过程、看法和争论的实质等问题之前，应首先对有关的概念和定义的来源、说法和现状予以说明，以便展开论述。

一、能量概念的由来、演变和现状

能量一词早在1649年，就曾由法国著名哲学家伽桑狄（Pierre Gassendi，1592～1655）提出过，他从伊壁鸠鲁（Epicurus，公元前342？～271）的原子论出发，提出原子

“由于能量才会运动或持续地运动”，“由于原子的结合，给予它所构成的分子以应含有的能量。毫无疑问，由单个原子的能量形成物质运动的活力。……准确地说，也就是由较小的原子构成具有确定能量的较大质量”〔1〕。因此，由粒子和原子构成的任何一种物体，具有各自形式的能量，或以确定的形式转化成运动能力。伽桑狄是系统恢复古希腊原子论，特别是伊壁鸠鲁原子论的近代原子论先驱者，也是原子—分子论思想的最早提出者。他认为原子、分子和物体的能量是它们运动的最终原因。但是，他的能量思想是思辨性的，对近代科学的能量概念的产生与发展并未产生直接的重要影响。然而，不可否认，他对伽利略、牛顿和包括道尔顿的原子论思想与物质组成观念，确实产生过明显的启示性作用。

在科学史上，公认科学的能量概念的最早提出者，是英国著名科学家托马斯·扬（Thomas Young，1773～1829），他被伦福德（Count Rumford，1753～1814）聘为英国皇家学院（Royal Instition）的自然哲学教授后，于1802年1月20日至同年5月17日，发表了31次学术讲演，1803年又扩大到60讲。在将这些讲稿整理后，以两卷本的《自然哲学和机械技术教程》（Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts）一书发表于1807年。书分三部分，每部分为20讲。第一部分为力学部分，在其中第八讲《论碰撞》中，从二运动物体的碰撞着眼，提出用“能量”概念处理碰撞前后物体运动在量上的关系。他写道：

> “从惯性中心的性质可立即得出，在一切碰撞的情况中，不论是弹性体还是非弹性体，系统内一切物体的动量的总和，也就是它们的质量或重量与表示其

速度的数量的乘积的总和。当将它们在碰撞之后与碰撞之前的运动化为同一方向时，是一样的。当这些物体是理想弹性体时，也会显示出在它们各自的方向上，它们的能量（energies）或升力（ascending forces）保持不变。

能量一词很适宜于应用到一物体的质量或重量乘以表示其速度之量的平方。于是，如果1盎斯重的物体以每秒1英尺的速度运动，我们可以说它的能量是1；如2盎斯重的第二个物体有1秒3英尺的速度，它的能量将是3的平方的2倍，或18。这个乘积曾被命名为活力和升力(living and ascending force)，因为物体垂直上升的高度与它成比例。而且，有些人曾把它看作运动数量的真实量度。虽然这个意见已经被广泛地拒绝了，但是，现在为了更好地估价这个力，还是应当用一个不同的名称才好”。〔2〕

接着，他指出莱布尼茨（Gottfried Wilhelm Leibniz，1646～1716）和斯密顿（John Smeaton，1724～1792）及其他很多人，用物体的质量乘速度的平方（即活力）估计一个动体的力。他认为虽然不能认为这种估计方法是恰当的，但是它对于可感知的运动效应和所用的机械力来说，确实是与这个乘积或动体的重量与落下高度的乘积成比例，因而是允许的，因为可以由此来计算运动的速度。可是，为了严格起见，他提出还是应用“能量”这个概念更为准确，因为只有这个概念才能合理地表示物体的运动能力、非弹性体受打击后出现的塑性变形能力和弹性体受力后出现弯曲变形等的能力等。后两点对于能量概念的确立，有着关键性的意义，为此他申明：

“于是以2倍速度运动的子弹，将在粘土和牛脂中穿入4倍的深度：一个同等大小的球，但却有1/4的重量，以2倍的速度运动，将穿入一同等的深度：将在较短时间内造成一个同等的凹穴。初看起来这似乎有些不合理：但是另一方面，我们考虑到作为均匀阻滞力的粘土或牛脂的阻力，它在短时间破坏所需的运动，很明显地必须小于较长时间它破坏所需的运动。这样，任何物体反抗使它趋于破坏的力的阻力也被抵消时，物体破坏之前可以弯曲的空间和此空间的每一点上所用的力是既定的，则破坏任何物体的力与物体运动的能量成比例，或者与它的重量乘以速度的平方成比例”。

这段话说明，塑性材料粘土或牛脂的受力与变形的关系，以及变形体从变形过程至破坏时的受力与变形的关系，是用动量守恒和力守恒定律所难以处理的，因为这种情况时用传统方法无法确定质量大小，托马斯·扬特别举出这个事例来说明“能量”概念的广泛用途，具有他的先驱者们所无法说明的功效。于是，他发现一个普遍规律：

“在应用力学中，几乎一切有力作用的情况，产生任何运动所消耗的劳力（labour），不是与动量成比例，而是与它获得的能量成比例”。〔3〕

上述情况说明，科学的能量概念的提出，关键在于塑性体变形和冲击变形问题。过去学者们主要从刚体运动的量度出发，即使涉及弹性体，也多从力和弹性变形大小的乘积与动量的关系着眼，这导致莱布尼茨提出“活力”概念。但是，对于塑性体和弹性体超过弹性极限的变形阶段，再采用活力概念则

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com