



水平科学小丛书

社会热力学

宋瑞玉

周 冰

湖北教育出版社

《水平科学小丛书》

社 会 热 力 学

宋瑞玉

周 冰

湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

水平科学小丛书
社会热力学

© 宋瑞玉 周冰

*

湖北教育出版社出版、发行
(430022·武汉市解放大道新育村 63 号)

新华书店经销

湖北教育出版社印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 32 开本 6 印张 1 插页 131 000 字

1994 年 9 月第 1 版 1994 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—1 230

ISBN 7—5351—1359—1/G·1096

定 价: 4.00 元

内 容 提 要

本书是水平科学在社会系统中的应用，是社会热力学这一交叉科学的入门读物。作者在书中运用水平科学理论拟构了社会热力学状态方程，并提出了社会热力学第一定律及第二定律。本书适合于广大社会科学工作者、决策与管理工作者，以及大专院校师生阅读。

我国在解决生产关系问题、确立社会主义经济制度之后，中心任务是发展经济、发展生产力。目前，全世界在增强国力和提高国家地位的竞争中，如何提高生产率、发展生产力，已经成为关键环节。

小平同志提出，“科技是生产力，科技是第一生产力。”并说，“发展高技术，做到产业化”，这就为“一个中心，两个基本点”，即“以发展生产力为中心，坚持四项基本原则和改革开放”强调指出了总体的重点措施。

定性定量地评价和测定科技对生产力水平发展或经济增长的贡献，亦即科技的生产性或对生产率提高的贡献，有重大的理论价值和实践意义。

对技术进步的度量和测算方法有多种，以“Cobb—道格拉斯生产函数”为最著名。该函数由于其简便易行，得到较为普遍的应用。也正是由于它过于简化，很难利用它对技术进步的作用作定量定性的有说服力的评价。因此，又有许多人加以改进和扩展，但也因统计信息不准和时间序列不全，难于达到完善。

在此情况下，该丛书作者们建议用社会系统自身发展的比较度量方法，即水平科学方法来透析测算评价技术进步的水平；以复杂系统特定点发展的规模为尺度透析其发展变化的历程。

作者在1984年即提出了这些观点和方法。为了多作些测算来检验这种方法，作者们还应用研究了综合国力的评价、管理水平度量、教育潜价值、科学潜价值和军力潜价值，以及水平热力

学和透析科学方法论等问题,已经形成了一系列专著。我想关心
技术进步、热心探索现代科学方法论的学术界和实际工作者,对
此也必然产生兴趣,将会共同探索这一发展中的方法论问题。

李真

1991年7月12日

目 录

第一章	导论	1
一	热力学简史	1
二	热力学的再发现	5
三	从克劳胥斯到里夫金	9
四	社会系统与自然定律	17
五	热力学与社会系统	24
六	社会热力学	30
第二章	水平科学方法	35
一	度量与水平	35
二	从计量科学到水平科学	39
三	水平的度量	45
第三章	热力学的水平形式	53
一	物态方程的水平形式	53
二	热力学第一定律的水平形式	59
三	热力学第二定律的水平形式	64
四	热力学水平化的意义	67
第四章	社会热力学状态方程	71
一	社会系统分析	71
二	技术进步状态方程	80

三	社会生产力状态方程	91
四	综合国力状态方程	113
第五章	社会热力学第一定律	135
一	社会系统的能量	135
二	社会系统的功	145
三	社会热力学第一定律	155
第六章	社会热力学第二定律	166
一	社会系统的熵	166
二	社会热力学第二定律	173
三	熵与社会发展	177

第一章

导 论

一 热力学简史

如果说 18 世纪是一个令科学史家困感和沮丧的世纪,那么 19 世纪则是一个使科学史家激动和欣喜若狂的世纪。翻开任何一本科学通史,作者都毫无例外地花费大量笔墨和篇幅去记录 19 世纪科学技术的辉煌成就:在这个世纪,生物学以进化论的成果第一次与物理学分享了荣誉;其它学科如化学跨过经验阶段走向了成熟;物理学更是以其全面的跃进再次证明了其带头学科的地位。其中,热力学的建立是最引人注目的成就之一。

19 世纪热力学的主要成就是发现了热力学第一定律和第二定律。热力学第一定律是能量守恒与转化定律的特殊形式,是这一定律在一切涉及热现象的宏观过程中的具体表现,它是在发现能量守恒与转化定律的过程中确立起来的。

关于运动守恒的思想,最初由笛卡儿加以明确表述。他在 1644 年出版的《哲学原理》中写道:物质的运动有一个固定量,这个量从来不增加也不减少,虽然在物质的某些部分中有时候有所增减。但笛卡儿的运动守恒思想仅限于机械运动。

18 世纪末,美国人仑福德揭示了热和功可以互相转化的原理,从而把热质说驱逐出了科学领域。这些研究为能量守恒与

转化定律的完成铺平了道路。19 世纪前 30 年中，物理学中一系列成就得到了这样一个结论：自然界中各种运动形式都是可以转化的。这些成就是：1800 年英国科学家尼科尔逊和医生卡莱尔通过电解冰的实验证明了电可以产生化学变化；1820 年丹麦物理学家奥斯特的实验证明了电（能）可以转化为磁（能）；1831 年法拉第证明了磁（能）可以转化为电（能）；1821 年德国人塞贝克制成了温差电偶，证明了热可以转化为电。这些发现使科学家们相信，自然界中的运动是统一的，声、光、电、磁、热和机械运动都是统一的“力”（即现在所说的能）的不同表现形式。在这个基础上，通过进一步的定量研究，确立了能量守恒与转化定律的完整形式。它的完整表达应该是：自然界中一切物质都具有能量，能量有各种不同的形式，它能够从一种形式转化为另一种形式，由一个系统传递给另一个系统，而在转化和传递中总能量是守恒的。能量守恒与转化定律一经发现，就被作为自然界的最基本的法则受到高度重视。

把能量守恒与转化规律表述为热力学第一定律的形式的工作是 19 世纪最著名的物理学家之一开尔文完成的。开尔文的表述是：当一个系统的工作物质从某一给定的状态无论以何种方式过渡到另一给定状态时，该系统对外做功与传递热量的总和是守恒的。用公式表示为 $\Delta U = A + Q$ （ ΔU 表示系统内能的变化， A 表示系统对外所做的功， Q 表示这个过程中系统传递给外界的热量）。这就是热力学第一定律的数学形式。

热力学第二定律的发现与提高热机效率的研究有密切关系。在蒸汽机推广应用之后，降低煤耗、提高热效率成为当时工程师和科学家们共同关心的问题。法国工程师卡诺率先研究了这一问题。为了找出影响热机效率的主要因素，他构思了一个理想热机，这一热机既不对外传热，又没有摩擦。通过对理

想热机的分析，卡诺发现，热机必须工作在两个热源之间，热机的效率仅仅取决于两个热源的温度差而与工作物质无关；在两个固定的热源之间工作的所有热机，以所谓可逆机的效率最大。卡诺的这一发现指出了提高热机效率的方向，即加大两个热源的温度差，但热机的效率在理想状态下也不可能达到百分之百。卡诺的这些结论发表于1824年《关于火的动力研究》一文中。到19世纪50年代，热力学第一定律确立后，有两个物理学家从能量转换的观点分析了卡诺发现的意义，以不同的表述形式总结出热力学第二定律。1850年，德国物理学家克劳修斯指出，热不可能独自地、不付任何代价地（没有补偿地）从冷物体传向较热的物体；在一个孤立的系统内，热总是从高温物体传到温度较低的物体中去而不是相反。1851年，英国物理学家开尔文指出，不可能从单一热源吸收热量，使之完全变为有用功而不产生其它影响。这两种表述包含的是一个共同的真理，即热机在工作过程中不可能把从高温热源吸收的热量全部转化为有用功，它总要把一部分热量传给低温热源，这就是理想热机也不可能达到百分之百的效率的原因。

热力学第二定律发现后，1857年克劳修斯用理想气体的模型阐明了气体的压强、温度、扩散等宏观现象的本质，指出它们都是大量气体分子无规则运动的某种表现。根据气体分子运动的规律，如果一个系统内部的温度差越大（远离平衡态），处于不同状态的分子之间运动相互转化的可能性越大，该系统对外做功的本领也越大，反之，系统做功的本领越小。但是，不同状态的分子之间运动转化的结果总是使该系统分子之间的差别越来越小，趋向平衡，以致于当系统的温度差消失时该系统就失去了做功的能力。为了表示系统转化为有用功的这种能力，克劳修斯在1865年引进了一个重要的概念——熵（我们将会看

到，熵的概念在社会热力学中也占有极其重要的位置）。他规定：一个系统越是接近于平衡态，它的熵越大。热力学第二定律已指出，一个系统的自发过程总是使它朝着热平衡的方向变化而不是使它内部的温差越来越大，那么这意味着系统的熵越来越大。因此，热力学第二定律又叫做熵增加原理。根据玻尔兹曼对分子运动的几率解释，一个系统的熵增大就意味着该系统的热运动状态总是朝着几率大的方向变化，而不是相反。这样一来，熵就有了更深刻的涵义，一个系统的熵的变化方向就表示该系统的热运动状态变化的方向，根据这一方向，可以判定这一变化实现的几率。

19 世纪的科学界尤其是物理学，还被笼罩在牛顿的光圈之下，热力学的建立虽然引起了人们的注目，却没有赢得应有的尊敬和重视。牛顿的辉煌胜利使得物理学家踌躇满志，他们将物理学看作一座接近完成的大厦，容不得任何有损于这座大厦的离经叛道之举。而热力学不仅在方法上抛弃了牛顿，而且它得出的结论也“出卖”了牛顿。热力学发现了不可逆过程，这是牛顿力学所无法解释的。不过，物理学家们并没有把热力学的结论看作一次真正的威胁。伟大的开尔文勋爵在世纪之交的物理学家聚会上提到，物理学晴朗的天空上有两朵乌云，其中并不包括热力学的结论。玻尔兹曼悲剧性的一生不能说与热力学的遭遇毫无关系，他在自杀前一直在为捍卫自己的学说而奋斗。另一个为热力学作出过重要贡献的科学家威拉德·吉布斯也受到类似的冷遇，耶鲁大学在 19 世纪的后期竟“有过一个撤换威拉德·吉布斯的运动，原因是他在热力学和统计力学方面的理论研究好像没有什么实际用处。”^①

① 梅森：《自然科学史》，上海人民出版社 1977 年版，第 553 页。

热力学走到了时代的前面，它的意义和价值要在 20 世纪才显现出来。

二 热力学的再发现

20 世纪，人们从两个不同的角度重新发现了热力学。一个是对热力学时间不可逆的再认识，另一个是对熵增原理的再发现。

现代物理学对客观世界的探索是从三个不同的方面展开的。在微观领域，粒子物理学已深入到揭示空间尺度为 10^{-15} 厘米，时间尺度为 10^{-22} 秒的数量级的物理过程；在宏观层次，宇宙论的研究对象已扩大到空间尺度为 10^{28} 厘米，时间尺度为 10^{10} 年的范围；现代物理学发展的第三个方面是朝系统的多样化、复杂化的方向发展。这方面的研究，涉及到各种不同的空间和时间尺度的运动形式，尤其是着重于人们日常生活所处的这一空间尺度。由于这一领域的研究直接与人类现实生活休戚相关，也因为各种科学领域包括化学、生物学、生态学以及多种自然科学乃至社会科学的研究对象都是复杂系统，因此，以复杂系统为研究对象的现代物理学的发展引起了人们的密切关注。也正是在探索复杂性的过程中，人们重新认识了传统热力学的意义。以比利时自由大学普利高津教授为首的布鲁塞尔学派和联邦德国斯图加特大学的哈肯学派，是这方面的突出代表。其中，普利高津还因为他在远离平衡态的非线性区的热力学方面的突出贡献被授予诺贝尔奖。在普利高津的理论中，传统热力学的不可逆概念占有极其重要的地位。在热力学第二定律中，第一次描述了时间不可逆性，它指出，对于一个孤立系统中的不可逆过程，它的一个状态函数熵会随时间的推移单调

地增加，直到达到热力学平衡态时趋于极大。从而说明了不可逆过程中时间的方向性——它只能指向熵增加的方向。热力学的这一结论是经典物理学无法容忍的。在经典力学中，基本的物理定律，例如牛顿运动方程，对于时间来说是可逆的、对称的。我们将时间 t 换为 $-t$ ，代入公式中，牛顿方程的形式没有变化。也就是说，在这些过程中，时间是完全可逆的，过去和未来没有区别。因此，在动力学中无所谓进化，更谈不上历史，时间仅仅是描述运动的一个几何参量，与物质运动的性质没有什么内在联系。对称性和可逆性是经典物理学的一个基本观点。热力学过程的不可逆在经典物理学看来只是由于对初始条件不够了解时产生的一种幻像，是一种令人厌恶而应当加以抛弃的东西。20 世纪的今天，普利高津又重新捡起了不可逆性这个武器，向经典物理学的世界观发起了冲击，并建立起以非平衡态热力学为基础的演化的物理学，并把经典物理学称之为存在的物理学。按照普利高津的划分，传统热力学也属于存在的物理学的范畴。尽管传统热力学第一次把时间之矢赋予物理学，但它并不把物质系统演化的机制和规律作为自己的主要研究对象，它主要研究平衡态的热力学过程。从某种意义上讲，传统热力学可以被看作从存在到演化之间的桥梁。

20 世纪以来，热力学第二定律在科学界获得了前所未有的荣誉，从生物学到系统科学，从自然科学到社会科学，人们都希望从热力学第二定律中找到灵感。热力学中的“熵”成为本世纪最时髦的术语，频频见诸各种著作、文章。

1944 年，奥地利著名理论物理学家、量子力学的创始人之一薛定谔发表了《生命是什么》的著作，在这本轰动一时的书中，薛定谔试图用热力学和量子力学来解释生命本质。他用熵的概念来说明生命的新陈代谢。他认为，自然界中正在进行的

每一种事件，都意味着它在其中进行的那部分世界的熵的增加。因此，一个生命有机体在不断地增加它的熵，并趋于接近最大熵值的危险状态，那就是死亡。要摆脱死亡，也就是说要活着，唯一的办法是从环境中不断地吸取负熵。有机体就是依赖负熵为生的。新陈代谢中的本质的东西，乃是使有机体成功地消除了当它自身活着的时候不得不产生的全部的熵。一个有机体使它本身稳定在一个相当高的有序水平上的办法，就是从它的环境中不断吸取秩序。

就在薛定谔《生命是什么》出版的那段时间，熵的概念同时在另外一些领域如控制、通讯工程中被热烈地讨论着。维纳说，“信息量的概念非常自然地属于统计力学的一个古典概念——熵。正如一个系统中的信息量是它的组织化程度的度量，一个系统的熵就是它的无组织程度的度量；这一个正好是那一个的负数。”^①在谈到热力学第二定律与生命的关系时，维纳认为“在生命现象和行为现象中，使我们感兴趣的是相对稳定状态，而不是绝对稳定状态。绝对稳定状态只在熵为极大值时才可以得到，其本质就是热寂。但是，当一系统由于它遵守某些条件而不处于热寂状态时，它将使其存在的大部分时间处于这样一些状态：它们不是纯粹平衡的状态，而是近乎平衡的状态。这就是说，熵不是绝对的极大值，而是相对的极大值，或者至少可以这样说，在这些状态附近，变化非常之慢。正是这种近乎平衡的种种状态，而不是真正的平衡状态，和生命、思想以及一切其他有机过程相联系着。”^②

① 维纳：《控制论》，科学出版社1963年版，第11页。

② 维纳：《比其制造者更为聪明的机器》，载《控制论哲学问题译文集》1956年版，第60~61页。

对热力学第二定律最精彩的发挥恐怕要数布里渊。1949年，布里渊在《生命、热力学和控制论》一文中，回顾、总结了关于热力学与生命问题讨论的历史，系统地阐述了自己的观点。他认为，热力学的两个定律只能适用于孤立系统，这种系统处于封闭状态中，它不透热、不能做功，也不能与外界交换物质和辐射。第二定律意味着由于禁闭而致死亡。生命经常受到这种死亡宣判的威胁，避免死亡的唯一方法就是冲破禁闭。因为地球不是一个封闭系统，太阳的热和雨为农作物的生长提供了条件，农作物提供粮食，这种循环可以看作是，先要有不稳定平衡的创造物（燃料、粮食、瀑布等等），然后是所有生物对这些资源的使用。生命“由于生活在一个非禁闭的，非封闭的世界中，这就避免了由于禁闭而致死亡的宣判”^①。布里渊还指出，在两种情况下观察不到熵的变化：一是系统所经历的是可逆转变时，它的总熵保持不变，这就是热力学中所讨论的可逆循环的情况；另一种情况是一向被人们所忽视的，即处于不稳定平衡中的系统的情况。我们所有的燃料资源、动力资源都是处于不稳定的平衡系统，几千年以来，铀一直保持稳定和静止的状态，后来有些科学家用它建成了反应堆和炸弹。这类事情在一个严格遵从热力学第二定律的世界中是不可能发生的。布里渊认为，燃料、动力资源其实就是负熵的储存库，在这些结构中，由于某种奇迹，不发生正常的、自然的熵增反应，直到人类出现，像一种催化剂那样，才促使它发生了熵增反应。如此巨大的负熵储存怎么可能保持原封不动呢？维持和保有这些能量储存的负催化作用的机制是什么呢？布里渊认为这是一个

^① 布里渊：《生命、热力学和控制论》，载《控制论哲学问题译文集》1956年版，第163页。

未解决的重大问题。

布里渊的阐述已经远远超出了经典热力学的范畴，也超出了自然科学的疆界进入了社会科学领域。他的一些观点对于我们建立社会热力学是富有启发意义的。

对热力学的再发现使人类重新认识了热力学的价值，同时为热力学与社会科学的结合开辟了道路。

三 从克劳胥斯到里夫金

热力学从它问世那天起，就同社会科学结下了不解之缘。人们试图用热力学定律来解释社会现象的努力一直在进行着。社会科学围绕着热力学定律所展开的争论也持续了差不多一个世纪。在 80 年代，这方面的论战再度爆发，甚至有愈演愈烈的趋势。回顾这段历史对我们构建社会热力学是很有意义的。

热力学在社会科学领域掀起的第一次风暴始于 1867 年，这年的 3 月 27 日，德国物理学家克劳胥斯在德国第 41 届自然科学家和医生代表会议上发表了题为“关于机械的热理论的第二定律”的演说，系统地阐述了热力学第二定律及热寂说的观点。他指出，从高温到低温是自发的热传递，但从低温到高温则不是自发的，负的转变只能在有补偿情况下发生。他认为这个结论对于一切自然界发生的变化都是成立的。这个结论意味着，自然界各演化是具有方向性的。并且“在宇宙中进行的无穷多样的变化遵守一个规则，方向相反的转变并不总是以等量出现而总是在一个确定的方向上有差别，使正的转变超过负的。”^① 自

① 克劳胥斯：《关于机械的热理论的第二定律》，载《自然科学争鸣》1975 年第 1 期。