

物理学史中的六月



1824年6月12日：卡诺发表热机的专文

(译自 *APS News*, 2009年6月)

萧如珀 杨信男 译

我们都接受热力学第二定律是现代物理学最基本的原则之一，但直至最近 19 世纪初为止，却尚未有人以精密的物理术语系统地说明热力学定律。热力学定律解说的过程是由一个当时鲜为人知的法国物理学家卡诺 (Sadi Carnot) 所开始的。

卡诺出生于 1796 年，是一个叫做拉萨合·卡诺 (Lazare Carnot) 的法国贵族之子。他的父亲是拿破仑惨遭挫败前法国最有权力的人士之一，所以家族的财富在年轻卡诺的一生中随着拿破仑君主政权的兴衰而大起大落。卡诺取名自波斯的诗人萨迪 (Sadi of Shiraz)，在父亲严格的管教下学习数学、科学、语言和音乐。他 16 岁进入巴黎综合理工学院 (École Polytechnique) 就读，受教于包括纳维 (Claude-Louis Navier)、泊松 (Siméon Denis Poisson) 和安培 (André-Marie Ampère) 等的门下。

毕业后，就在拿破仑于 1815 年被放逐后又短暂回国前，卡诺在梅斯市 (Metz) 读了两年的军事工程课程。当拿破仑在 1815 年 10 月被打败后，卡诺的父亲就被放逐到德国，从此再也没回到法国。年轻的卡诺对于他原先军旅生涯的前景很不满意，因此最终选择加入了巴黎的参谋部队，并另外追求他的学术兴趣。

1821 年，他到德国拜访被放逐的父亲和哥哥希伯里特 (Hippolyte)，在那里和他们两人曾多次讨论蒸汽机。当时蒸汽动力已经被用在矿区排水、冶铁、磨面粉、织布等，但法国设计的引擎不若英国的有效。卡诺深信英国在这方面的优异科技导致拿破仑的垮台，以及他们家族声望和财富的损失，所以他倾全力发展健全的蒸汽机理论。

虽然蒸汽机在当时已发展得颇成功，但那些早期引擎的效率却低到只有 3%。工程师很努力地使用其他的机械方法和燃料做实验，以求改进其效率。不过，说明引擎运作的科学原理一直都很少，能量

不灭的原理才刚被提出，且在当时科学家间仍颇有争议性，距离热功当量 (译者注：热功当量是指热量的单位“卡”与机械功的单位“焦耳”之间的转换关系) 的发现还有 20 年。当卡诺开始他的研究时，他和他的同侪都赞同卡路里理论，即假设热量是一无重量、看不见的流体，当处于不平衡状态时就会流动。

卡诺的父亲于 1823 年去世，那一年，卡诺写了一篇论文，试着找出 1 千克的蒸汽可做的功之数学表示方式，但从未发表。事实上，此论文的原稿一直到 1966 年才被人发现，那时他研究了有关当时蒸汽机的两个基本问题：(1) 热的功率是否有上限；(2) 是否有比蒸汽更好的燃料，可以产生那种功率。

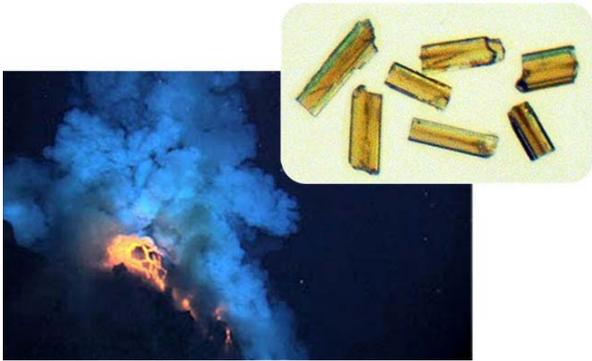
1824 年，他发表了《火的原动力之思考》，描述在理论上可以让加入系统内定量的热量产生最大机械功之“热机”。卡诺将他认为蒸汽机若要成为理想的理论模型，其中的关键要素勾勒出来，所谓的“卡诺循环”透过“热”库和“冷”库的温度差取得能量。虽然这只是一个理论上的构造，但后来在同一世纪，卡诺的概念激励了狄塞尔 (Rudolf Diesel)，设计出一个将“热”库的温度提高很多的引擎，大幅提高其效率。

卡诺从无数的试验中知道，他的设计在实际操作时总会因摩擦、噪声和震动等各种因素而耗损少许的能量。他知道为了让热机达到最大的效率，必须将处于不同温度物体间之热传导所产生的热耗损降至最低；他也知道没有一部实际的热机可以达到那理想的效率。就此来说，他已很接近发现热力学第二定律了。

至于是哪一种物质可以产生最大量的功这个问题，卡诺参与了比较空气和水蒸气以作为他所称的“工作流体”优劣的讨论，但得到的结论是，理想

大规模火山喷发会使地球变暖吗

5500 万年前，地球气温突然上升了 5°C，并将这一纪录保持了 17 万年，这被科学界称为古新世-始新世最热事件（Paleocene-Eocene Thermal Maximum, PETM）。成千上万的海生物种从此销声匿迹，然而哺乳动物却开始繁盛起来。科学家们经过数十年的研究终于找到原因所在——海底火山喷发出数万亿吨的甲烷（比二氧化碳威力更强的温室气体）。5 年前在挪威海附近钻取的岩心就“记录”了这一事件——巧合的是，该地距离因强烈喷发而驰名世界的冰岛埃亚菲亚德拉冰盖（Eyjafjallajökull volcano）火山不远。



挪威奥斯陆大学地质学家斯文森（Henrik Svensen）等人也在研究上述岩心，但不同的是，他们关注的则是沉积层中的微小锆石晶体，认为这种晶体形成于 5500 万年前，也就是 PETM 开始之时。斯文森和同事及合作者科孚（Fernando Corfu）在论文中说，岩浆形成的火山口加热其上的沉积物释放

热机的最大效率与所使用的工作流体无关。正如他所说的：“热的原动力是独立于用来转换成动力的物质，热量多寡只被它相关物体的温度所决定，总之，就是热量的转移。”换句话说，“卡诺机”（Carnot engine）的效率只取决于引擎内部的温差而已。

当《火的原动力之思考》最先发表时，并未引起大家的注意，直至巴黎于 1832 年爆发了霍乱，死伤无数，卡诺亦遭受感染而终于在 36 岁病死的几年后，此篇论文才开始受到了重视。不过，当时为了防止疫情进一步的扩大，他大多数的随身物品和作品都和他一起埋葬。

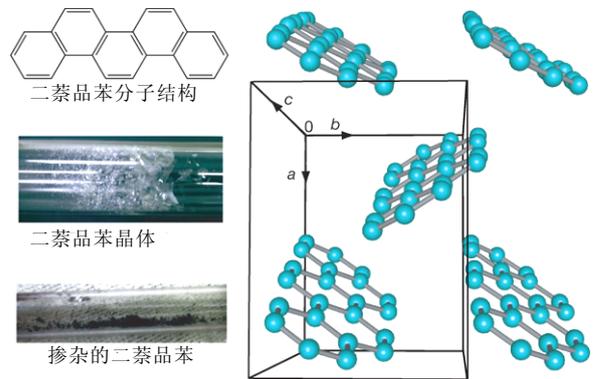
出大量甲烷，导致严重的温室效应，时间长达 20 万年！对于他们的论文，有同行认为还需进一步量化，计算到底多少甲烷导致了如此长时间的温室效应。

（高凌云编译自 2010 年 4 月 23 日 www.sciencemag.org 新闻）

碳水化合物超导体

日本冈山大学（Okayama University）的三桥亮司（Ryoji Mitsuhashi 音译）和同事熔化平面结构分子二萘品苯（picene）后掺入钾、铷离子，使其在 18K（约-255°C）时出现超导性质。

这是迄今为止，首次发现的碳水化合物超导体。有趣的是，二萘品苯的同分异构体——同样由 5 个苯环组成的并五苯（pentacene）却并没有这样的超导性质。对于这种新型低温超导体是如何出现超导行为的，研究者认为还需进一步研究。



二萘品苯的晶体结构与物理性质示意图

（高凌云编译自 2010 年第 5 期《欧洲核子研究中心快报》）

据他同时代人的描述，卡诺“敏感且敏锐”，但却“内向”又“冷漠”，他至少超越他的时代 20 年。短期内而言，他的研究并未能立即帮助开发出更有效率的蒸汽机，或任何其他实际的应用。但他精确地界定了物理的范围，帮助克劳修斯（Rudolf Clausius）和汤姆孙（William Thomson, Lord Kelvin）藉由他的研究于 19 世纪 40、50 年代建立起现代热力学的基础，就此而论，他的贡献是很深远的。

（本文转载自 2010 年 6 月《物理双月刊》，网址：<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；萧如珀，自由业；杨信男，台湾大学物理系，Email: snyang@phys.ntu.edu.tw）