

物理系列

The Arrow
of
Time

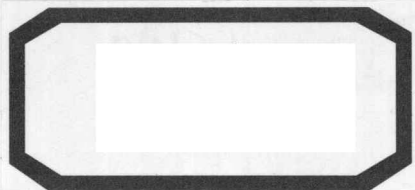
时间之箭

[英]彼得·柯文尼 罗杰·海菲尔德 / 著 江涛 向守平 / 译



第一推动

湖南科学技术出版社



物理系列



The Arrow
of
Time

时间之箭

[英]彼得·柯文尼 罗杰·海菲尔德 / 著 江涛 向守平 / 译



第一推动

湖南科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

时间之箭 / (英) 柯文尼著; 江涛译. —2 版. —长沙: 湖南科学技术出版社, 2007. 4

(第一推动丛书)

书名原文: Arrow of Time

ISBN 978-7-5357-1580-7

I. 时... II. ①柯... ②江... III. 时空—研究
IV. O412. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 044349 号

The Arrow of Time

Copyright © 1990 Peter Coveney and Roger Highfield

Chinese language edition arranged with VIRGIN PUBLISHING.

Simplified Chinese edition copyright: 2006 HUNAN SCIENCE & TECHNOLOGY PRESS

All rights reserved.

本书中文简体字版由 VIRGIN PUBLISHING 授权湖南科学技术出版社在中国大陆地区独家出版发行

版权所有, 侵权必究

著作权合同登记号: 18-2006-035

第一推动丛书 物理系列

时间之箭

著者: [英] 彼得·柯文尼 罗杰·海菲尔德

译者: 江涛 向守平

责任编辑: 李永平 吴炜 戴涛

出版发行: 湖南科学技术出版社

社址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-4375808

印刷: 长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与原厂联系)

厂址: 长沙市青园路 4 号

邮编: 410004

出版日期: 2007 年 6 月第 2 版第 14 次

开本: 880mm×1230mm 1/32

印张: 11.625

插页: 8

字数: 239000

书号: ISBN 978-7-5357-1580-7

定价: 23.00 元

(版权所有·翻印必究)

责任编辑: 李永平 吴炜 戴涛
封面设计: 谢颖

总 序

科学，特别是自然科学，最重要的目标之一，就是追寻科学本身的原动力，或曰追寻其第一推动。同时，科学的这种追求精神本身，又成为社会发展和人类进步的一种最基本的推动。

科学总是寻求发现和了解客观世界的新现象，研究和掌握新规律，总是在不懈地追求真理。科学是认真的、严谨的、实事求是的，同时，科学又是创造的。科学的最基本态度之一就是疑问，科学的最基本精神之一就是批判。

的确，科学活动，特别是自然科学活动，比较起其他的人类活动来，其最基本特征就是不断进步。哪怕在其他方面倒退的时候，科学却总是进步着，即使是缓慢而艰难的进步。这表明，自然科学活动中包含着人类的最进步因素。

正是在这个意义上，科学堪称为人类进步的“第一推动”。

科学教育，特别是自然科学的教育，是提高人们素质的重要因素，是现代教育的一个核心。科学教育不仅使人获得生活



和工作所需的知识和技能，更重要的是使人获得科学思想、科学精神、科学态度以及科学方法的熏陶和培养，使人获得非生物本能的智慧，获得非与生俱来的灵魂。可以这样说，没有科学的“教育”，只是培养信仰，而不是教育。没有受过科学教育的人，只能称为受过训练，而非受过教育。

正是在这个意义上，科学堪称为使人进化为现代人的“第一推动”。

近百年来，无数仁人智士意识到，强国富民再造中国离不开科学技术，他们为摆脱愚昧与无知作了艰苦卓绝的奋斗，中国的科学先贤们代代相传，不遗余力地为中国的进步献身于科学启蒙运动，以图完成国人的强国梦。然而应该说，这个目标远未达到。今日的中国需要新的科学启蒙，需要现代科学教育。只有全社会的人具备较高的科学素质，以科学的精神和思想，科学的态度和方法作为探讨和解决各类问题的共同基础和出发点，社会才能更好地向前发展和进步。因此，中国的进步离不开科学，是毋庸置疑的。

正是在这个意义上，似乎可以说，科学已被公认是中国进步所必不可少的推动。

然而，这并不意味着，科学的精神也同样地被公认和接受。虽然，科学已渗透到社会的各个领域和层面，科学的价值和地位也更高了。但是，毋庸讳言，在一定的范围内，或某些特定时候，人们只是承认“科学是有用的”，只停留在对科学所带来的后果的接受和承认，而不是对科学的原动力，科学的精神的接受和承认。此种现象的存在也是不能忽视的。

科学的精神之一，是它自身就是自身的“第一推动”。也

就是说，科学活动在原则上是不隶属于服务于神学的，不隶属于服务于儒学的，科学活动在原则上也不隶属于服务于任何哲学的。科学是超越宗教差别的，超越民族差别的，超越党派差别的，超越文化的地域差别的，科学是普适的、独立的，它自身就是自身的主宰。

湖南科学技术出版社精选了一批关于科学思想和科学精神的世界名著，请有关学者译成中文出版，其目的就是为了传播科学的精神，科学的思想，特别是自然科学的精神和思想，从而起到倡导科学精神，推动科技发展，对全民进行新的科学启蒙和科学教育的作用，为中国的进步作一点推动。丛书定名为《第一推动》，当然并非说其中每一册都是第一推动，但是可以肯定，蕴含在每一册中的科学的内容、观点、思想和精神，都会使你或多或少地更接近第一推动，或多或少地发现，自身如何成为自身的主宰。

《第一推动》丛书编委会

前 言

1977 年诺贝尔化学奖获得者

伊里亚·普里高津

我十分高兴在此为彼得·柯文尼、罗杰·海菲尔德的这本书写篇前言。

时间有箭头吗？这问题自从苏格拉底以来，一直迷魅着西方的哲学家、科学家和艺术家。然而，在 20 世纪末期的今日，我们问这问题，情况与以前不同。对一个物理学家来说，20 世纪的科学史可以分为三个阶段。首先是两项思想方案——相对论和量子力学——所产生的突破。其次是一些出人意料之外的事物的发现，包括“基本”粒子的不稳定性、演化宇宙论，以及包括诸如化学钟、决定性混沌等的非平衡结构。最后——也就是现在，由于这些新的发展，我们必须对整个物理学作重新思考。

这里一个令人瞩目的特点是：所有这一切都强调着时间所



扮演的角色。当然，在 19 世纪，人们都已经承认时间在生物学、社会科学等学科中的重要性。可是当时一般认为，物理描述的最基本层次是可以决定性的、时间可逆的规律来表达，而时间箭头只相当于唯象层次的描述。这种立场在今日是很难站得住了。

现在我们知道，时间之箭在非平衡结构的形成之中，扮演着最重要的角色。近来的研究告诉我们，这些结构的演化可以在计算机上用按照动力学规律写的程序来模拟。因此很显然地，自我组织过程不会是某些唯象观假设的结果，而是内禀于某类动力系统之中的属性。

熵的意义，我们现在更能体会了。按照热力学第二定律，熵这个量总是在增加的，因此它赋予时间一个箭头。熵基本上是高度不稳定系统所具有的一个性质。这种系统，将在此书第六章和第八章详加讨论。要研究的东西还很多，许多问题仍是悬案。因此不足为奇，我不一定同意这本书里的每一句话。但是对作者所提倡的一般立场，我是同意的，即时间之箭是某些重要种类的动力系统中一个精确的性质。

这些问题是非常重要的，因此我热烈欢迎此书的写成。这本书科学水平很高，而同时能被较多的读者接受。彼得·柯文尼本人对此领域作过重要的贡献，因此撰写此书，尤其胜任。罗杰·海菲尔德的文笔流畅，使此书精彩可读。

1989 年 10 月在明尼苏达州圣彼得城的古斯塔乌斯·阿道尔夫斯学院举行的诺贝尔会议，专门讨论了一个充满挑战性的题目：“科学的终结。”会议组织人写道：“越来越有这样的感觉……科学已不再能被当做一种统一的、普遍的客观努力。”

他们接着写道：“如果科学只搞‘超历史的’普适的定律，而不理会社会性的、有时间性的、局部的事物，那我们就无法谈及科学本身以外某些的真情实况，而科学仅仅是反映而已。”这句话把“超历史的”规律和有时间性的知识对立起来。科学的确是在重新发现时间，这在某种意义上标志着对科学的传统看法的终结。但这难道是说科学本身完结了吗？

的确，我上面已经提到，经典科学的研究方针是把全力集中在用决定性的、时间可逆的规律来描述世界。实际上，该计划从未完成过，这是因为，规律以外还需要事件，而事件在对自然的描述中引入时间之箭。屡次三番，经典科学的目的似乎就快完成了，但结果总是出了岔子。这种情况给予科学史几分戏剧性的紧张。例如，爱因斯坦的目的是把物理学表达为自然界的某种几何，可是广义相对论给现代宇宙论开路以后，遇到的却是所有事件中最惊人的事件：宇宙的诞生。

“规律-事件”二重性是西方思想史中一直在进行的争论的中心，这争论从苏格拉底以前的臆想，经过量子力学和相对论一直进行到我们这时代。伴随规律的是连续的展开，是可理解性，是决定性的预言，而最后是时间本身的否定。事件却意味着某种程度的任意性、概率以及不可逆的演化。我们必须承认我们是居住在一个二重性的宇宙里面，这宇宙既牵涉到规律，也牵涉到事件，既有必然，也有或然。我们所知道的事件之中，显然最关键的是和我们宇宙的创生和生命的形成有关联的事件。

“我们有一天能克服热力学第二定律吗？”——阿西莫夫(Asimov)的科幻小说《最后的问题》中的世界文明不断地在



问一台巨型计算机。计算机回答道：“资料不足。”亿万年过去了，星辰、星系都死了，而直接和时空联结的计算机仍在继续搜集资料。最后没有任何资料可以搜集了，不再“存在”任何事物了；可是计算机还是在那儿计算，在那儿找相关关系。最后它得到答案了。那时候要知道这个答案的人也都不存在了，可是计算机知道了如何克服热力学第二定律。“于是光明出现……”对阿西莫夫来说，生命之出现、宇宙的诞生都是“反熵”的、非自然的事件。

此书是新思维框架的一个极好的介绍。这个新思维框架将导致一套既包括规律又包括事件的新物理学，将使我们对我们身处的世界有更好的了解。

序

地点：的里亚斯特附近的都伊诺小镇

日期：1906年9月5日

路德维格·玻耳兹曼 (Ludwig Boltzmann) 那时在亚得里亚海边的一个村庄里度假。这假期的用意是让他从在维也纳的研究工作中散散心，帮他康复已有一段时期的病和排遣心情的忧闷。可是玻耳兹曼心绪还是很不安宁。

人的心理中有一个基本假设，那就是，时间一去不回头。对此假设，只存在一个科学证据。玻耳兹曼自从他 20 来岁时当了教授以来，多年来就是为了想了解这证据而苦斗。此项伟大的追求，他没有成功。他有关“熵”的工作（熵是衡量变化的一个物理量，它总是随时间增长的）非常精彩，可是没有得到确定的结果。时间方向之谜始终是科学的缺陷。而对玻耳兹曼来说，时间已经到了尽头了。

玻耳兹曼身材魁梧，一脸的大胡子，可是人不可貌相，其



实他性格柔弱，容易受人伤害。他工作过度，疾病缠身。那年他62岁，双目差不多完全失明，剧烈的头痛使他坐卧不安。起伏的情绪曾一度把他带到绝望的边缘，使他在慕尼黑附近的一个疯人院里住过一段时期。一点不顺心的事也会使他大大伤心——例如今天他夫人为了要把他的外套拿去洗衣店干洗，因而坚持他晚一些时候再回维也纳。

玻耳兹曼夫人拿走了外套，和她女儿一同去西司提亚纳海湾游泳去了。就是在那个时候，她丈夫做了天下最不可逆转的事。他把一根短绳子系在窗框的横木上，围着自己的脖子打了一个死结。然后，就在那间租住的屋子里，他自杀了。他女儿艾勒萨回来，看见父亲在那儿上了吊。

玻耳兹曼的自杀，再次生动地表现了时间是如何在捉弄想揭示时间秘密的人。他的丧生深深地震撼了人们的心灵。他在莱比锡的一个学生嘉菲（George Jaffé）写道：“玻耳兹曼的死是科学史中的悲剧之一，就像拉瓦锡（Lavoisier）上断头台，迈耶（R. J. Mayer）进疯人院，皮耶尔·居里（Pierre Curie）惨死在货车轮下一样。尤其可悲的是：这事就发生在他的思想将取得最后胜利的前夕。”

玻耳兹曼的思想牵涉到原子是否存在。有些评论家把玻耳兹曼看做一个智力的“三十年战争”的受难者，这战争是不肯接受原子论的人打的。他的对手包括一大批19世纪思想界中的知名人士，其中有法国的督黑姆（Pierre Duhem）、孔德（Auguste Comte）和庞加莱（Henri Poincaré），德国的奥斯特瓦尔德（Wilhelm Ostwald）、荷耳姆（Goerg Helm），以及其他在美国和英国的诸如兰金（William Rankine）、史大罗

(John Stallo) 等人。他最大的敌手是他的同胞马赫 (Ernst Mach)，他们之间的论战使玻耳兹曼在知识界中形势孤立。玻耳兹曼有一次曾向一个同事表白，说懂他理论的人，实在是一个也没有。

玻耳兹曼对原子和分子的看法，终于占到上风。可是他希望进一步解释时间的方向。对于自然界的这个特点，玻耳兹曼比其他任何科学家都下了更大的工夫。他这方面的雄心，终被狂躁抑郁症所击败，使他自杀。下面我们将要看到，玻耳兹曼在原子分子的概念和时间的方向之间，成功地建立了一个决定性的关联。可是他的伟大梦想，在他生前始终没有实现。

在努力想用原子分子语言来表达时间箭头和我们这世界其他特性的人中，玻耳兹曼还不是最后一个死于悲惨结果的人。加州工学院的古德斯坦 (David Goodstein) 在他的《物质的状态》一书的开头写道：“一生中大部分时间花在研究统计力学的路德维格·玻耳兹曼，1906年自杀身亡。艾伦菲斯特 (Paul Ehrenfest) 继续了这项工作，但也以类似的方式而死。现在轮到我们的……也许研究此项课题，谨慎为妙。”

目 录

> 前言	1
> 序	5
> 第一章 时间的形象	1
> 第二章 牛顿物理学的兴起：时间失去了方向	21
> 第三章 时间使爱因斯坦受挫	62
> 第四章 时间的量子跃迁	114
> 第五章 时间之箭：热力学	166
> 第六章 创造性演化	212



FIRST MOVER

第一推动

- > | 第七章 时间之箭与生命之箭 260
- > | 第八章 统一的时间景象 309
- > | 第九章 未结束的探索 349

第一章 | 时间的形象

毁灭教我这样想来想去
时间要来把我所爱带走
这念头好像死亡，不得不
为所害怕的丧失而哭

——莎士比亚
《十四行诗》

时间是给人神秘感最大的来源之一。它深奥难测的性质，是有史以来人们日夜捉摸的对象。历代的诗人、作家、哲学家都被时间迷惑过。可是，近代的科学家们却没有这样。现代科学，尤其是物理学，即使没有完全取消，也总在想降低时间在事物中的作用。因此有人称时间为被忘却的维度。

我们都知道时间一去不返，觉得它的流逝好像支配着我们的存在，过去已不可改变，未来是一片空白。我们有时巴不得能扳回时针，能挽回过失，能重享美好的时光。可惜，常理不



允许我们这么做。我们知道，时间是不等人的，时间不会倒流。

真不会吗？奇怪的是，许多科学理论并不支持我们一般对时间的看法；在这些理论中，时间的方向无关紧要。如果时间倒走，现代科学的几座大厦——牛顿力学、爱因斯坦的相对论、海森堡和薛定谔的量子力学，也都同样站得住脚。对这些理论来说，记录在影片上的事件，不管影片顺放还是倒放，看上去都行得通。单向的时间，反而像是我们脑中产生的幻觉。研究这个问题的科学家们，带着几分嘲笑的口气，把我们日常时间流逝的感觉，称为“心理时间”或者“主观时间”。

宇宙会不会有这样一个地方，那里时间的方向跟我们所熟悉的方向相反，那里的人们从坟墓里生出，皱纹从脸上消失，然后回进母胎？在那个世界里，香气神秘地凝结成香水，钻入瓶中；池塘里的水波向中心汇聚，弹出石头；屋里的空气自发地把各种成分分解出来；破瘪的橡皮膜自动膨胀，密封成气球；光从观测者的眼睛里射出来，然后被星球吸收。可能的事或许还不止这些。按照这个想法，地球上的时间也会开倒车，我们也都会被过去所吞没。

那样就跟所有时间总朝一个方向走的大量事实完全矛盾了。让我们比较一下时间和空间。空间包围着我们四周，而时间总是一点一点地体验到。左右之间的差别，根本比不上过去和未来之间的差别。在空间中我们可以朝四面八方走来走去，而我们一切行动只能对将来起作用，不能影响过去。我们只有回忆，但除非是千里眼，不能预知未来。物质一般总是逐渐地腐烂下去，而不会自发地聚合。这样看来，特殊的方向，空间