

## 文理交融的“历史物理学”

林 磊

加州圣何塞州立大学

(address: Department of Physics, San Jose State University, San Jose, CA 95192-0106, USA)

Email: Lui2002Lam@yahoo.com

### 内容摘要

从蔡元培先生 1918 年提出“文理交融”，特别是用自然科学办法来研究社会科学的某些学科，成为许多学者近百年来的追求。本文作者近两年将物理的研究方法运用到人类的历史学中，提出建立一门新的学科，叫做“历史物理学” (Histophysics)。历史研究的是由生物物质组成的多体系统，应该是可以用科学的方法来研究的。本文提出了物理学家在发展人类历史学方面所能扮演的独特的角色。文章详细论述了几个方面的问题：(1) 历史学的研究方法；(2) 世界观；(3) 把历史作为一个复杂的动力学系统来模拟；(4) 怎样预测未来和反推过去；(5) 人工历史。我们将阐明活性行走可以用于建立新的世界观，能广泛应用于模拟历史，并分别用社会学、经济学和进化学历史三个例子来加以说明。

### 历史学研究什么

新的学科总是在不断地产生，从历史上看，当物理学与其它自然科学相结合就会诞生新的学科，比如天体物理学、生物物理学、地球物理学等等。再比如最近的一个例子，物理学向经济学的渗透交叉产生了一门新的学科——经济物理学。本文将提出人类历史的研究也是可以从物理学的角度来考察的。

历史学研究的对象是个多体系统，在这个系统中，单体是人，本文中我们称为“粒子”。每一个粒子都是经典的（非量子力学的）、可分辨的。由于尺寸、年龄和种族等方面的差异，这个多体系统也是个不同种类组成（heterogeneous）的系统。

历史学家所关注的是过去已经发生的与这个系统有关的所有事情，而被历史学家所研究的

这个系统正是由物体组成，那么就可以用科学的方法来研究。

怎样来研究呢？我们以水为参考来进行比较：

(1) 在水中，单体是水分子，历史学中，单体是生物体。

(2) 水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成，而每个原子由原子核和电子组成，每个原子核由中子和质子组成，中子和质子又由夸克组成。与此相对应，历史学中每个生物体由器官（如大脑、心脏、胃等）、血液和其它液体组成，而每个器官由细胞组成（人体中约有  $10^{12}$  个细胞），每个细胞由分子组成（如 DNA 分子），而分子由原子组成，然后是原子核和电子，然后是中子和质子…与水分子情况一样。

(3) 在这两个系统中，结构上有很多层次，每个单体有很多内态，这也是类似的。

(4) 水和历史学系统中的原子自身的存在都具有很长的历史，水分子的性质一直没有改变。那么人呢？人的演化历史很漫长，但人性基本上是没有改变的，正因为如此，历史学家才有可能去推测几千年前人类的思想。

(5) 水分子尺寸很小，约  $10^{-8}$  cm，是量子力学的粒子，而人体尺寸大约为 40—200 cm，可视为经典粒子。

## 动机

我们展开从物理学角度研究历史的工作是基于以下几个方面的考虑：

### (1) 人类系统是宇宙中最复杂的系统

所谓复杂系统是由很多单体组成的系统，一般是不能用还原论(reduction)方法来研究的，比如经济体系、蚂蚁群、人的大脑、交通、人类等。对复杂系统感兴趣的人应该会对人类系统有兴趣。

### (2) 用物理学的方法来研究历史时机已经成熟

最近，在复杂系统与人类生物体的研究方面取得了很大进展，例如计算机运算能力增强，可以做海量数据的模拟；人们正在逐渐了解混沌现象；人类基因组破译；对人的大脑可以进行实时的扫描研究等等。所以，现在从物理与生物的观点来研究历史正是时候。正如著名哈佛大学生物学家威尔生 (Edward O. Wilson) 所说的：“人类境况的研究是目前自然科学最重要的前沿”。

### (3) 历史学家需要借助其它学科的力量来把历史学变成一门真正的科学

历史学家从过去到现在所受到的科学训练是不充分的，例如在大学里，历史学本科和研究

生都没有在高等数学和计算机程序等方面受到系统的教育。

#### (4) 物理学家与历史学家合作能够把历史学变成一门真正的科学

物理学家知道如何去解决多体问题。事实上，100年前物理学家就已经发明了统计力学来研究多体问题，而且得到了相当成功的应用。物理学不仅仅是研究材料、动量等物质对象，用物理的方法去研究任何对象都属于物理学的范畴；事实表明，在交叉学科方面，物理学家已经有很多成功的经验，如天体物理、生物物理等，物理学家与历史学家合作将提高历史学的科学性。

## 历史学中的研究方法

在任何学科中，科学方法都包括以下几个步骤：

- (1) 根据原始数据或现有理论提出假设；
- (2) 将由假设产生的推论用数据或事实来检验；
- (3) 如果事实和假设相符，则假设就成为新的定律，如果相悖，则又回到步骤(1)；
- (4) 新的定律在有同行评议的科技期刊上发表以供交流；
- (5) 有的时候，科学家本人或其他人会将新的发现写成科普书籍出版。

在目前的历史学领域中，上面提到的步骤并不是连续的。例如，他们如果提出新的假设，如步骤(1)，这种方法被称为“建构主义”；新的定律发现，如步骤(3)，被称为“重构主义”。有很多历史学的研究成果是用叙述的形式来表达的，并跳过步骤(4)直接写成书籍，即步骤(5)。从这些方面来看，历史学还不是真正意义上的科学。

下面简单介绍历史学中三个具有代表性的研究方法。

(1) 英国历史学家科林伍德(Robin Collingwood)强调，当历史学家去研究历史时，他应该想想所研究的人物当时在想什么。用物理学的术语讲，他其实强调的是大脑内态的重要性。这一方法在电影表演中叫做“方法演技”(method acting)。

(2) 历史学与考古学、古生物学或者天文学中的大部分相类似，都是研究已经发生的事情。而过去已经发生的事情与现在应该是关系很紧密的，因为在历史的演变中过去与现在并没有有明显的界限。在历史学领域，法国巴黎的年鉴学派很强调社会科学在历史研究中的重要性。

(3) 怀特(Hayden White)和德里达(Jacques Derrida)以及其他解构学家认为，由于任何写出的文字其含意都是没有确定性的，而历史学的研究是用叙述的形式来表达，因此不可能

完全重建以前的历史。20 世纪 90 年代，这一观点与其它来自后现代主义的攻击在历史学领域引起了危机。

然而，在下文中我们将让大家看到一些在物理学中发展出来的方法将有助于历史学的研究。

## 世界观

自组织临界性最先是在物理学领域中引进的，最近有人用这一方法来解释人类历史。他们认为，历史的运作就像一个沙堆一样，不断地建立、崩溃。有一些人的人生过程也许正是这样，但并不是历史上每个人的人生过程都是这样的。

历史是由偶然性和必然性两方面因素组成的一个随机过程，有很多的可能性和结果。历史的某些方面看起来是周期性的，其它方面是螺旋前进的，或者有混沌性。是的，历史有些时候甚至也像沙堆一样，建立，然后崩溃，但是历史的过程可能会有一些很奇怪的轨迹。我们在 1992 年提出的活性行走 (active walk) 模型是处理复杂系统的范式，正可以成为这样一个世界观的物理基础。在活性行走模型中，一个粒子（行走者）会改变地貌[一个可以改变的势 (fitness) 的空间分布]。改变的地貌反过来又将影响粒子下一步的行走。例如蚂蚁就是这样一个活性行走者。活性行走模型已经成功地应用于模拟从自然科学到社会科学中的很多现象。

在过去的两年中，我们指出了活性行走与历史的紧密关系，这一关系其实是很自然的。当历史学家描述历史时经常用这样的语句：“在历史上留下了痕迹”、“跟着先人的足迹前进”等等，这些语句如果用科学的方法来模拟则需要用到一个可变形的地貌。另一方面也需要有行走者。正如人们常说的，通过人的行为，坏事有时候可以变为好事，反之亦然。行走者应该是活性的行走者，能够改变地貌，所以活性行走的模型就很自然地可以用于历史学的研究。

## 把历史看作一个复杂的动力学系统

进行任何科学研究，首先是搜集资料，物理学和历史学都是这样；第二步是分析数据与资料，总结出一些经验性的定律。在历史学研究方面，这些经验性的定律是有的，但比较少。有一些历史学家甚至怀疑这些定律是否存在。这些定律中的一个例子是 Michael Shermer 的偶然性-必然性模型。这一模型认为历史是由偶然性和必然性共同产生的，并且，在一个历史过程的初期，偶然性起着较为重要的作用。

在超越经验性的层次上，历史和物理的研究很不一样，比如，物理学家对水的研究有三个层次：

(1) **唯象层次**。根据几个简单的对称性原理，物理学家得出一个唯象方程——Navier-Stokes 方程，这一方程现在广为应用。

(2) **真实性层次**。当人们知道水是由分子组成，并在有了强大的计算机后，人们就可以用计算模拟来研究水分子的群体行为。物理学家做了两个简化，一是分子数目简化为几百个，远小于真实数目  $10^{23}$  个/cm<sup>3</sup>；另一个简化是把分子与分子间的相互作用简化。在物理学的研究中，许多真实的细节是可以避免的，不需要考虑，正因为如此才得以不断的发展。

(3) **人工化层次**。用“晶格气体自动机”方法来研究水时，对水分子大大地简化，已经成为人工化的分子。从这一方法研究得出的结果和 (1)、(2) 的结果是一样的。

在历史学的研究中是没有这三个层次的。可能的原因是历史学家相信，要充分了解历史需要了解人与人之间的相互作用，因此历史事件的细节越多越好。换言之，他们是想马上进入第 (2) 个层次，所以是很困难的。我们从物理学研究中得到两个经验：(1) 不需要知道全部细节；(2) 通过简化但同时保留主要关键因素就可以把研究往前推进。

刚才说过历史的过程是一个随机过程，为了理解随机过程的一般性质，我们举三个物理例子：

(1) 在斜面上，三角形晶格结点位置摆放立柱，球从坡顶开始下滑，碰到立柱后向左或向右下滑的几率各为 1/2。以此类推，同样再从坡顶放下第 2 个球，每次每个球的位置是不能预测的，但是球落在斜面底线某个位置的概率是遵从高斯分布的。

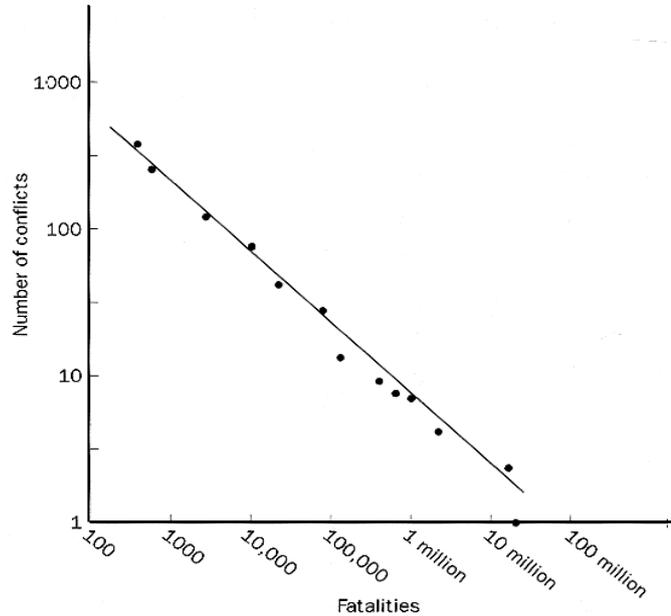
(2) 斜坡表面是软的，可以变形，坡面上没有立柱，球从坡顶下滑。在这个系统中，每个球都是一个活性行走者。每个球留下的痕迹都会影响下一个球的轨迹，这是一个依赖于历史的随机过程，是有可能预测的。人类历史过程和此例类似，也是一个活性行走的过程。

(3) 在一个硬的（不可变形）平面上的随机行走，行走粒子的轨迹是不能预测的，但可以问行走粒子轨迹的形态（morphology）是什么样的，轨迹图样的维数是多少，是一个分形吗？从起始点到终点的距离与时间的关系如何？物理学家问了这些问题，也找到了答案。

我们的注意力不单放在研究轨迹本身，除了轨迹还有很多其它方面的问题可以研究，下面我们举三个例子说明。

(1) **战争规模的统计分布**：几十年前，英国学者 Leslie Richardson 把世界上发生的战争，及死伤人数做了一个统计，发现总体来说，大的战争出现的数目比较少，小规模的最多。这个结果可以用幂函数曲线（即变数  $y$  正比于自变数  $x$  的某次方）表现。（如图一

所示。)令人惊异的是,在自然界有许多复杂系统,如地震、城市人口的分布也莫不如此。虽然人类战争的爆发和规模从偶然性来说与某些历史人物的个人行为有关,但它们并不能改变符合幂函数的特性。因此,人类历史的发展与很多复杂系统有着共性。



图一 战争规模的统计分布。本图用对数-对数表述,直线表示幂函数分布。

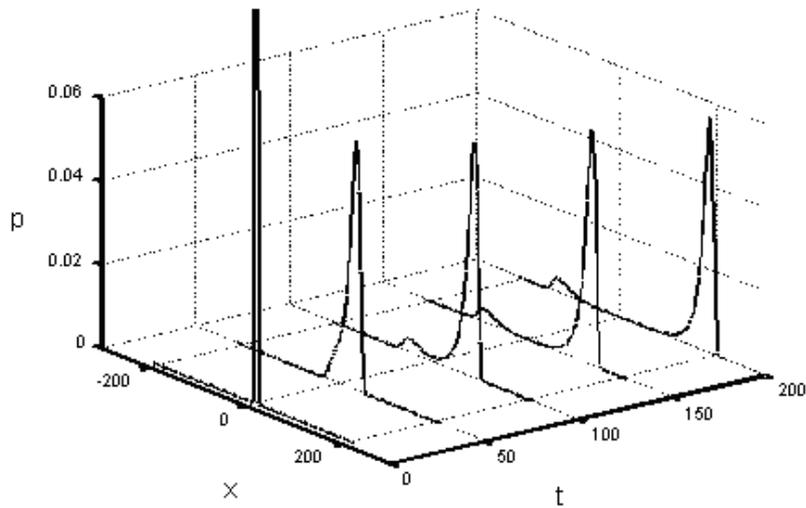
(2) **模拟经济学中的历史:** 为什么一个开始处于劣势的产品能够最后占有市场?

在意大利佛罗伦萨有座教堂的钟建于 1443 年,钟的时针是逆时针方向转动的。可以猜想当时是有两种钟同时存在的。在北半球,时钟发明以前,用日晷计时,而北半球日晷的影子是顺时针方向移动的。从这个意义上讲,当时的逆时针方向转动的钟是一个处于劣势的产品,因而逐渐被淘汰了。这是个劣势产品消失的例子,这似乎是很自然的。但奇怪的是劣势产品最终也有可能赢得市场,比如“QWERTY”键盘的存在。

要了解这些现象,描述经济学的历史,我们可以用活性行走的模型。在这一模型中,粒子只在两点位置上跳跃,每个位置代表一种产品,有一定的高度。当粒子选择某一位置时,位置的高度  $V$  增加一个定量  $a$  (常数),粒子选择位置的概率正比于函数  $f(V_i)=\exp(\beta V_i)$ , 其中  $\beta$  为“温度”的倒数,从零到无穷大。参数  $\beta$  代表了两个因素的共同影响: 顾客的理性和信息在顾客当中传播的有效性。若  $\beta=0$ , 则相当于顾客选择产品是完全随意的;  $\beta \rightarrow \infty$  相应于每一次顾客挑选同样的产品。这一模型等价于一个一维的与位置  $x$  有关的“概率性行走”模型 ( $x \equiv V_1 - V_2$ )。这个模型的有关方程是:

$$p(x, t+1) = q(x-1)p(x-1, t) + [1-q(x+1)]p(x+1, t) \quad (1)$$

其中， $p(x, t)$ 是粒子在时间  $t$  处于位置  $x$  的概率， $q(x) = [1+\exp(-\beta x)]^{-1}$ ，为该粒子在  $x$  点往右边跳一步的概率。这方程是可解的。解由参数  $\beta$  和  $x$  的初值  $x_0$  决定。图二给出了方程 (1) 的一个典型数字解，所用初始条件为当  $x = x_0$  时  $p(x,0) = 1$ ，及其它的  $x$  值有  $p(x,0) = 0$ 。时间开始不久，一个非对称的峰出现并演变成两个峰。随着时间推移，这两个峰以形状和速度均不变的孤子形式，沿着  $x$  轴，一个向右，一个向左移动。在  $x_0 = 0$  时，这两个峰是对称的。右峰的面积代表产品 1 在市场中胜出的概率，左峰代表产品 2 胜出的概率。由于模型所包含的概率性，哪个产品在市场上实际胜出是不可预测的。



图二 函数  $p(x,t)$  的数值解。这里  $a = 1, x_0 = 2, \beta = 0.1$ 。

我们的解析解和数字计算结果表明：

- (1) 对于  $\beta = 0, x_0 = 0$  时，这两个产品可以在市场上共存；
- (2)  $\beta \rightarrow \infty$  时，若  $x_0 = 0$ ，则首先售出去的产品将把另一个产品挤出市场，若  $x_0 \neq 0$ ，则一开始处于优势的产品将占有市场；
- (3)  $x_0 = 0, \beta \neq 0$  时，两个产品都有同等几率赢得市场，究竟哪个产品最终占有市场是不可预测的；
- (4)  $x_0 \neq 0, \beta \neq 0$  时，开始处于优势的产品有更大机会赢得市场，但另一产品也有一定概

率追上并赢得市场。同时，追上的概率在某一时间可以达到最大值，也就是说初始劣势的产品不应该过早退出市场。

当然，初始劣势的产品可以改变游戏的规则，如它可以加大  $a$  值，比如改进质量，加大广告宣传力度等。如果有足够的证据，我们可以用这个模型来描述真实的产品竞争。

(3) **模拟进化论中的历史**：如果生命的历史可以重新来一次，偶然性对于生命的存在有多重要呢？（人还会存在于地球上吗？）

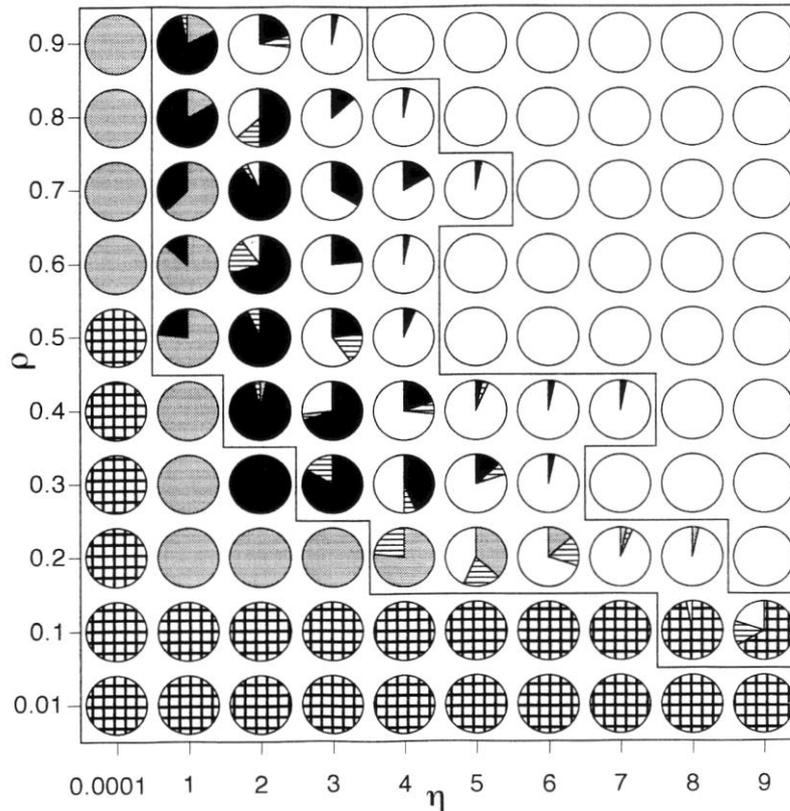
1989 年，著名古生物学家和科普作家古尔德（Stephen Jay Gould）出版了《Wonderful Life》一书，谈到在加拿大温哥华附近发现一些化石，从化石上发现有一些“高级”的生物体，但它们并没有生存下来。从这单一证据，古尔德认为，机遇在生物的进化历史中极为重要。与达尔文的适者生存论不同，并不一定是适者最后生存下来。他提出问题：如果生命就像放映录像一样，可以从头重放，历史的进化再来一遍，人类还会存在吗？答案是：不。这一观点引发了很多争论，但并没有进一步的科学论证。更可惜的是迄今为止还没有发现第二个证据。我们的活性行走模型（如图三所示）对这一争论提出了有价值的看法。我们发现偶然性相对于必然性的重要性依赖于所考察的系统在参数空间所处的位置。如果事件处于“敏感区”，那么偶然性很重要。其结果是如果生命可以重来，历史就可能很不一样，否则历史就是可以重复的。问题在于事件处于什么区域。

## 预测未来，反推过去

在物理学中，一个复杂系统的未来有时是可以预测的，不必预先知道系统的性质和机理。时间序列的分析即是这样一种方法，已经被应用于预测股票市场等。2003 年的诺贝尔经济学奖正好授予与时间序列有关的工作。

另外一个预测未来的可能方法是把这些数据变为在某个适当的空间中的轨迹，再假定这些轨迹是由活性行走产生的，我们就可以找出粒子是如何改变地貌的，进而预测未来，反推过去。我们认为这一做法是可行的。过去有一些成功的经验，如用活性行走的方法重建了电崩溃的图样。

有些时候，人们相信由于历史的复杂性和随机性，我们是永远不能重现历史轨迹的。事实上，这种想法是不完全正确的。比如，以人们在草地上走出的脚印轨迹的生成为例，如果目前的脚印轨迹可以被重现，就可以反推过去的，预测未来的。同样，对其它系统的模拟也是成立的。



**图三** 一个概率性活性行走模型的计算结果。图中纵横两轴代表两个控制参数。每一园标示出把模型进行了 30 次运算后，五种可能结果出现的百分比。在中间“敏感区”内，随机性特别重要，所出现的结果是不可预测的。

## 人工历史

人工生命作为一个学科是朗通（Christopher Langton）在 1989 年建立的。之后，人们也研究了人工社会。人类的历史是不可以重演的，但人工社会的演化是可以重复的。我们让历史学家把人工社会当作真实社会对待来观察其演化，他会得出什么结论呢？提出什么历史规则呢？我们可以重复若干次来检测历史学家的结论。从研究人工历史的经验可以帮助我们了解人类的社会历史，正如人工生命的研究可以帮助我们了解真正的生命体一样。

一个起点是把现在市场上的计算机游戏如 *The Sims* 看作人工的社会，在这个系统中很容易搜集游戏中人物的数据，将这些数据变为一些轨迹，并用活性行走模型来研究其历史。

从研究人工历史得到的预测未来的经验很明显是有许多其它用途的，比如，可以写更好的游戏、电影剧本、小说、军事上的沙盘推演等。

## 结论

历史实在太重要了，不能单靠历史学家来研究，物理学家应该可以更多地参与历史的研究。历史过程的复杂性和随机性不能作为躲避研究的借口。我们从研究复杂系统中获得一些经验和工具可以用来研究历史。要求现在的历史学家学习数学和计算机程序是有困难的，但历史学家与物理学家合作这一形式将是可行的，也是富有成效的。也许我们应该要求大学历史学系的学生必修数学、计算机语言，甚至鼓励他们修物理学，让将来的历史学家们得到科学训练。

历史学的研究除了叙述外应该还有更多的东西，单是描述历史发生的过程是不够的。活性行走在模拟历史中相当有用，也是很自然的应用。如果有更多的真实数据，就可以将模型建得更好。

从蔡元培先生 1918 年提出“文理交融”，用自然科学的办法来研究社会科学的某些学科成为许多学者近百年来追求。本文提出的“历史物理学” (Histophysics) 正是朝这个方向迈出的一步。在中国，如果要打破文理割裂的坚冰，使它们真正你中有我，我中有你，就要有具体可行的措施。起码要让文理科的研究者知道彼此的研究内容，简单的做法比如在北京中关村知识密集地区建立相应的网站，有一个畅通的信息通道等等。另外，有关的基金会要鼓励和支持由文理科研究者共同承担的新的项目并给予必要的经费支持。

## 参考文献

1. Lui Lam, “Histophysics: A New Discipline”, *Modern Physics Letters B* 16 (2002) 1163-1176. [Also appeared in *Frontiers of Science: In Celebration of the 80th Birthday of C.N. Yang*, edited by H.T. Nieh (World Scientific, Singapore, 2003).]
2. Michael Stanford, *An Introduction to the Philosophy of History* (Blackwell, Malden, MA, 1998).

---

**作者简介** 林磊系美国哥伦比亚大学博士，加州圣荷塞州立大学物理教授，中国科学院与中国科协客座教授。林磊教授发明了世界上三种液晶中的一种：碗形液晶（1982），复杂系统研究中的一种典范：活性行走（1992）和一门新的学科：历史物理学（2002），发表了一百五十多篇论文和十本专著。林教授亦是国际液晶学会（1990）的创办人和中国液晶学会（1980）的创始人之一。