

# 中国交叉科学

(第二卷)

CHINA INTERDISCIPLINARY SCIENCE

刘仲林 主编



ABSTRACTS

Application of Entropy Theory in Chinese Ancient Poems

# 中国交叉科学

(第二卷)

中国科学技术大学“科技史与科技文明”国家创新基地  
中国高等学校交叉科学研究联络中心 组编

刘仲林 主编

Key words: Rhythm; Entropy of literature; Order in time and space; Tang Dynasty Poem; Yuan Dynasty Poem

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第201978号

责任编辑：林书贵、李国其、林敏、张芳  
封面设计：李国其、张芳、林敏、张芳

科学出版社

北京东黄城根北街16号

100717

http://www.sciencep.com

印刷：北京印刷厂

科学出版社发行 行次：1

2008年1月第1版 787×1092 1/16

## 科学出版社

元 90.00 份 宝

(京)新登字011号 北京

## 内 容 简 介

当代科学技术发展的突出特点,是在学科高度分化基础上的综合跨学科趋势,学科交叉的深度和广度,已成为影响创新发展的关键因素之一。本书以反映我国交叉科学研究新思想、新观点、新成果为宗旨,从宏观角度论证了交叉学科的理论特征,从微观角度分析了交叉学科的具体实践,承续第一卷的风格,以交叉为特色,文理大范围交叉研究为重点。这些交叉科学的理论探索和实践案例有利于科研人员拓展创新思路,对各个学科的读者都有一定启发和借鉴作用。

本书适合科研、教育、管理等各行业、各领域关心学科交叉和跨学科研究的人员和高等院校的师生参考和阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国交叉科学. 第2卷 / 刘仲林主编. —北京:科学出版社,2008  
ISBN 978-7-03-020214-7

I. 中… II. 刘… III. 科学学—研究—中国 IV. G301

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第201978号

责任编辑:孔国平 程欣 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:张放

**科学出版社出版**

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

**新蕾印刷厂印刷**

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年1月第一次印刷 印张:9 1/2

印数:1—3 000 字数:216 000

定价:24.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<明辉>)

# 目 录

## 卷首文

Science Matters:最新最大的交叉学科 ..... 林 磊(1)

## 文理会通研究

谈谈自然科学和社会科学的“大交叉”(下) ..... 郝柏林(8)

科学与人文的融合:21世纪中国哲学创新之路 ..... 李 霞(14)

信息力学视角下的文理融合 ..... 李德昌(21)

## 跨学科教育研究

交叉科学的教育:反省大学教育的经验 ..... 雷敦和(28)

“跨学科大学”述评 ..... 裴世兰(35)

## 交叉科学论坛

中国交叉科学发展现状与对策 ..... 刘仲林 宋兆海(44)

论跨学科悖论 ..... 沈跃春(51)

## 交叉性学科研究

科学研究的自组织演化与学科交叉分化

——从物理学的“拉比树”案例说起 ..... 吴 彤(55)

自然科学部类交叉学科发生状况的计量分析 ..... 赵晓春(60)

## 交叉性科研研究

多学科科技创新团队建设的问题和对策研究

——从学科会聚的内在机制谈起 ..... 陈士俊 柳 洲等(67)

国外大学交叉科学研究机构例析 ..... 汪 凯 洪 进(73)

## 创造学研究

试论创造学的交叉学科涵义 ..... 甘自恒(80)

美国著名大学里的创造学课程 ..... 徐方启(88)

## 新学科新领域巡礼

生态女性主义思潮探析

——跨学科研究的新进展 ..... 赵媛媛 李建珊(97)

## 交叉新天地探索

文化学:开拓跨学科研究领域 ..... 林 坚(105)

分子生物学的信息观反哺量子力学 ..... 刘月生(111)

## 研究生论坛

学科的演进方式与跨学科研究的指向 ..... 周仲高(116)

熵理论在韵文中的应用 ..... 吕鹏辉 李曼尼(122)



# Contents

## Front Paper

- Science Matters: The Newest and Biggest Interdiscipline ..... Lui Lam(1)

## Interdisciplinary Research of Liberal Art and Science

- Big Interdisciplinarity between Natural Science and Social Science ..... Hao Bai-lin (8)

- Amalgamation of Sciences and Humanities: the innovation of Chinese Philosophy in the  
21<sup>st</sup> Century ..... Li Xia(14)

- Amalgamation of Science and Humanities under the Perspective pertaining to Information  
Mechanics ..... Li De-chang(21)

## Interdisciplinary Science and Education

- Education in Interdisciplinary Science: Reflections on the Experience of University Education  
..... Edmund Ryden(28)

- Review on Interdisciplinary University ..... Pei Shi-lan(35)

## Interdisciplinary Science Forum

- Strategic Thought of Developing Chinese Interdisciplinary Science .....  
..... Liu Zhong-lin, Song Zhao-hai(44)

- On Interdisciplinary Paradox ..... Shen Yue-chun(51)

## Interdisciplinarity

- Self-Organization and Interdisciplinarity Differentiation in Scientific Research .....  
..... Wu Tong(55)

- Quantitative Analysis on the Occurrence Status of Interdisciplinarity in Natural Science  
..... Zhao Xiao-chun (60)

## Study of Interdisciplinary Research

- Research on the Problems and Countermeasures of Multi-disciplinary Science and Techno-  
logy Innovation Team ..... Chen Shi-jun et al. (67)

- Analysis on Interdisciplinary Research Institution of Foreign Universities .....  
..... Wang Kai, Hong Jin(73)

## Creative Studies

- Discussing the Signification of Interdisciplinary Subject of the Creative Science .....  
..... Gan Zi-heng(80)

- Courses of Creative Studies at Several Renowned Universities in U. S. A ... Xu Fang-qi(88)

## Overview of New Subject and Fields

- Exploration on Eco-feministic Thought ..... Zhao Yuan-yuan, Li Jian-shan(97)

**New Exploration for disciplinarity**

- Cultural Study: Exploiting the Field of Transdisciplinary Research ..... Lin Jian (105)
- Info Perspective of Molecular Biology and Quantum Mechanics ..... Liu Yue-sheng(111)

**Graduate Student Forum**

- The Ways of Evolution in the Discipline and the Trend of Interdisciplinary Research ...  
..... Zhou Zhong-gao(116)
- Application of Entropy Theory in Chinese Ancient Poems ..... Lv Peng-hui, Li Man-ni(122)

**Mechanism and Organization**

- Shanghai Institute for Advanced Studies Chinese Academy of Sciences ..... (135)

**Author · Reader · Editor** ..... (137)

**Abstracts** ..... (140)

## 卷首文

# Science Matters:最新最大的交叉学科

林 磊

(美国加利福尼亚州圣何塞州立大学物理系,加利福尼亚州圣何塞,95192)

科学是什么?答案就是“自然界一切事物都是科学的一部分”。一般所说的“自然科学”其实是关于简单系统的科学;人文学/社会科学——与人有关的学问——属于复杂系统的科学。本文讨论两种文化(人文与“科学”)的起源并澄清有关问题。文“理”交融的提法是有问题的,因为人文也是科学。Science Matters 这门新的交叉学科涵盖与人有关的所有学问,其观点是:从复杂系统的角度,把人文学与社会科学看作是自然科学的一部分来研究。我们以历史物理学为例,说明 Science Matters 是如何运作的。

## 一、科学是什么

大约 2600 年前,希腊的泰勒斯(Thales)首次提出了“万物理论”:万物都是水做的<sup>①</sup>。其后,亚里士多德(Aristotle)(公元前 384 ~ 前 322 年)在同一平台上研究了宇宙的各个方面的,包括天文、物理、生物、逻辑、伦理和政治<sup>[1]</sup>。换言之,他对现代大学所有系里的科目都感兴趣。这不是偶然的。把知识分隔成不同的学科只是最近几百年的事情,更多的是为了方便,而不是由于知识本质上的理由。毕竟,哲学博士——一个大学授予的最高学位——中的“哲学”指的是“爱智慧”——一切智慧。

知识在本质上的统一性有其物质基础。关于我们的宇宙或世界的知识可以分为两大类:与人无关的和与人有关的。比如,牛顿力学三定律就是与人无关的学问,意思是如果有外星人的话,外星人也会发现同样的定律,虽然并不叫这个名字。与人有关的学问的例子是文学与舞蹈。外星人的舞蹈很可能与我们的舞蹈不同,因为他们可能有三只脚而不是两只。

与人无关的学问就是我们一般说的“自然科学”;与人有关的学问就是人文学与社会科

---

作者简介:林磊,香港大学学士、美国哥伦比亚大学博士、加州圣何塞州立大学物理教授与中国科学院、中国科协客座教授。林磊教授发明了世界上 3 种液晶中的 1 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 160 多篇论文和 11 本专著。Science Matters(World Scientific 出版)和 Partially Ordered Systems(Springer)两套英文丛书创始人与主编,《物理》和《科普研究》编委,国际液晶学会创始人,中国液晶学会共同创办人。

① 管子对水也有偏爱<sup>[2]</sup>。他说:“人,水也。男女精气合,而水流形。”等等。



学。然而,这种说法是不准确的。人类是由原子组成的“智人”物质系统,这些原子与“自然科学”系统中的原子是一样的。所以与人有关的一切学问都应该是自然科学的一部分,因为自然科学的对象包括所有物质系统。由此只能得出一个结论<sup>[3]</sup>:

科学 = 自然科学 = “物理”科学 + 人文学 + 社会科学。

换言之,“自然界中的一切事物都是科学的一部分”。这个结论古希腊人是理解的。如果现在有一些人不了解,是因为“科学”二字被误解了或误用了。

## 二、文“理”两分的由来

一万多年前的地球上,我们的祖先开始对这个世界——包括他们身边的环境和天上星星——产生了好奇。好奇心不单是人性的需要,更使那些观察世界而了解真相的人们从中受益。根据达尔文的进化论,好奇心让人们在进化过程中生存下来。

在“智人”的各种活动中,文学是对自然的反思和了解。在此,自然指的是与人有关或无关的物质系统,包括秋天的落叶、四季与气候的变化、月光对恋人的影响、不同时空中人们的相处,以及体内或体外发生的事情引起的大脑中的思维变化。当作家把这些写下来的时候,他们以自己身体的探测器(视觉、触觉、嗅觉、听觉等)作为主要的探测手段,以大脑作为主要的信息处理器。此外,后代的作家也会从前人的著作中获益。

随着时间的推移,对某类现象的观察和了解进展得快一点。这个过程在400多年前由伽里略开始。其成功基于三个要素:①选择了简单的系统(比如从斜坡上滑下的物体)来研究;②在建构理论时采取大胆和重大的近似(比如把滑下的物体近似为“点粒子”);③用自己身体以外的探测器和信息处理器。令人惊讶的是,这个方法对处理人这么复杂的系统也管用。比如,人们可以对受重力吸引的自由落体运动作出预言和进行准确的测量。能够做到这一点,并非因为落体本身是简单的,而是因为我们可以把落体近似地视为一个简单的东西;例如,从高楼坠下的人体与文学中描述的人体是同一个复杂的人体,但在物理研究中,我们认为坠下的人体是一个“点粒子”,即尺寸为零的理想粒子。这个近似之所以生效是因为地球(重力来源)的尺寸远大于人体的尺寸。此外,我们可以用数码相机把下坠的人体拍下来,并与计算结果比较。在此过程中,我们会用到计算器或计算机。

这一类研究被称为“自然科学”,主要包括非生物系统,但也不排除生物系统,如下坠的人体和其他相对简单的生物体。然而,所谓“自然科学”其实是关于简单系统的科学,而人文学/社会科学——与人有关的学问——属于复杂系统科学的范畴,因为人类是宇宙中最复杂的系统。在大学中,前者称为“理”科,后者称为“文”科。

正如上文指出的,自然科学的成功是因为它挑选了一些相对简单的现象作为研究对象,而文学停留在以人类这个复杂系统的复杂方面作为研究对象——比如傲慢与偏见。当研究逐渐深入,专业化不可避免,形成两个不同的集团,即文学行业中的作家和研究自然科学的科学家。因为作家用他们的身体作为工具,所以只有具有高度身体敏感和大脑神经元适当网络的人才能成为好的作家,而科学家需要其他品质——比如高度的自信,才能成功。

目前的情况是:社会科学包括人类学、企业管理、经济学、教育学、环境科学、地理学、政治学、法学、心理学、社会福利、社会学以及女性研究。哲学、宗教、语言学、文学、艺术和音乐

构成人文学。根据它的特性,历史应是社会科学的一部分,但在一些大学里——例如斯坦福大学,它被列为人文学。

在人文学中,文学、音乐和艺术的目的是用文字、色彩、声音、语言或形状来刺激人的大脑,通过神经元和它们的连接方式<sup>[4]</sup>,引起愉快和美感,或是相反的感受。在这个过程的两端,作为某种形式的计算机,创作者和接受者的大脑发挥着重要的作用。这些学科都是复杂系统,对它们的科学研究还处在初始阶段,这就是为什么我们把人文学同社会科学区分开,因为对社会科学的研究已处于中等阶段。语言学是对文字和话语中所使用的工具的研究,它支持上述三个学科。

严格来说,文“理”交融的这个提法是有问题的,因为人文属于复杂系统,而这里的“理”指的是简单系统的理。从方法论的角度来说,用简单系统的有关方法来处理复杂系统可能是无效的。正确的做法是确认人文本来就是科学的一部分(见第一节),作为复杂系统,应该以复杂系统的科学来处理。然而,怎么做呢?

### 三、Science Matters

Science Matters(简称 SciMat)<sup>①</sup>是最新最大的交叉学科<sup>[5]</sup>,涵盖与人有关的所有学问,其观点与方法是:继承亚里士多德的优良传统,运用物理(特别是统计物理)和其他学科的成功经验,从复杂系统的角度,把人文学与社会科学看作是自然科学的一部分来研究。

过去,很多从科学的角度来研究人文的工作以“科学与X”、“X的科学”和“X的哲学”的名称出现,X在这里可能是文化、艺术、文学、科学、社会等等。然而,X本来就是科学的一部分,此处的“科学”指的是“简单系统的科学”。所以这一类的描述方式是有误导作用的。比如,“科学与文化”这个说法暗示了科学与文化是两种不同性质的东西,甚至是相互对抗的。其实,两者都是了解自然的工作。为避免误会需要一个新的名词,就是“science matters”。

复杂系统没有严格的定义。一般来说,复杂系统由众多的、相互作用的部分组成,每一部分可能有不少的“内态”,并具有依据外部变化的适应能力<sup>[6]</sup>。在操作上,复杂系统可定义为大学中所有科目的研究对象,传统的物理、化学和工程系的科目除外。

所有物质系统都是由原子或分子在不同层次凝聚而成。从尺度上来说,由小到大,我们有夸克(或超弦)、核子(中子与质子)、原子(核子加电子)、分子、凝聚态(液体与固体)、简单的生物系统、人体器官和人。众所周知,在每一层次都存在“涌现”现象,就是一些从下一层次很难预言的物质性质。比如,水的流动性就是不能从水是由H<sub>2</sub>O分子组成的这个事实推导出来。为了描述和理解每一层次的涌现现象,我们并不需要从最低的层次出发。比如,要描述水的流动并不需要从夸克的层次开始,甚至不需要从分子的水平开始。事实上,根据几个简单的对称性原理,物理学家得出一个描述水流动的唯一方程——Navier-Stokes方程,这一方程现在仍广为应用。另一方面,也可以从分子水平来了解水的各种性质。同样的,要了解与人有关的复杂现象,可以从不同的层次着手,比如“唯象层次”和“真实性层次”<sup>[7]</sup>。

此外,从20世纪80年代以来,通过对简单和复杂系统的研究,发现了几条普适的关于

① SciMat 还没有正式的中文译名。从内容来说,或可暂时翻为“人科”。

自然界的原理。这些原理可以同时应用在“自然科学”和人文学/社会科学,生物体和非生物体。我们这里说的是分形、混沌和活性行走<sup>[6,8]</sup>①。从侧面来说,这些事实也说明了 Sci-Mat 的研究方向是可行的。历史物理学<sup>[7,9]</sup>就是一个成功的例子。我们在下面将简单地介绍历史物理学的研究工作,其中提到的许多研究方法相当普适,也可用于众多的其他学科。

#### 四、历史物理学

历史是对过去事件的研究,是不可重复的,不像物理学那样能够做可控制的实验。大部分历史学家因此认为历史不能成为一门科学。虽然过去有一些重要的学者认为历史像物理一样,也可以用科学的方式进行研究并得出一些定律,可是,历史至今仍然没有成为一门科学,我们认为这是因为历史学家没有受到足够的科学训练。

历史学研究的对象是个多体系统,在这个系统中,单体是人,在本文中称为“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,这个多体系统也是一个由不同种类组成的系统。历史研究的对象是一个包含必然性和偶然性的随机经典系统——也就是包含概率描述的理论系统,可以通过统计物理关于随机系统的理论<sup>[6,10]</sup>来研究。在这里,必然性开始只是一个假设,其存在只能通过实践来检测;偶然性来自没有包括在研究系统中的所有因素,在复杂的处境中是很难避免的。偶然性在随机系统的理论中可通过“噪声”来描述。

事实上,定量的历史定律的确存在。比如,几十年前,英国学者理查生(Richardson)把世界上发生的战争及死伤人数做了一个统计<sup>[11]</sup>,发现总体来说,大的战争出现的数目比较少,小规模的最多。这个结果可以用幂律曲线(即变数  $y$  正比于自变数  $x$  的某次方)表现。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。同样的,中国历史上从秦朝到清朝(公元前 221 ~ 1912 年)每一个皇帝统治的年数也服从幂律分布(幂指数为  $-1.3 \pm 0.5$ )<sup>[3]</sup>,可见中国皇帝统治也是复杂系统的一种。这些是采用统计方法来研究历史的例子。

用建模方法和活性行走可以描述经济历史学中的正反馈现象。比如,劣势产品最终有可能赢得市场。例子之一是“QWERTY”键盘赢了其他更高明的键盘而变为目前唯一存在的键盘<sup>[7,9]</sup>。另一个例子是“个人电脑”(PC)后来居上,在市场占有率上大大超过了比它设计优越的苹果电脑。

另一个研究工具就是计算机模拟方法,也就是真实性层次的研究。比如,爱斯泰尔(Axtell)等<sup>[12]</sup>模拟了美国亚利桑那州东北部的一个村落的发展。模拟结果与量化的历史数据相吻合。这些数据是根据以冲积地貌学、孢粉学和年轮气候学为基础的古环境学研究重建的。例如,在公元前 400 年至 1400 年,家庭的数量有两个高峰;模拟复制了这两个高峰。模

① 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<sup>[3,13]</sup>。

拟还复制了居住空间分布的演化。这项研究发现居民和地貌中的异质至关重要。这个模拟从一个由古环境的重建地貌开始,然后在这个地貌中放进人口——代表个体居民的人造居民。模拟具体描述了5个居民部落以及从历史数据中猜想的居民法规。这个模型包括14个合理选择的参变量,加上为了最优化而准备的8个可调节的参变量。

此外,很多时候,可以用复杂系统领域中常见的、极其简单的方法得出很有意思的结果。齐普夫图(Zipf plot)就是一个例子。给出一个数字序列,先把这些数字按从大到小重排,相同大小的数字只保留一个,得出一个从左往右单调下降的函数,这就是齐普夫图。很多齐普夫图中的函数是幂函数<sup>[14]</sup>。令人意外的是,中国朝代寿命的齐普夫图却以双直线的形式出现<sup>[3]</sup>。朝代寿命定义为同一朝代各个皇帝统治的年数之和。从秦朝到清朝,把各朝代寿命以单调下降的形式重排,每一朝代赋予一个等级( $R$ )。唐朝是寿命最长的朝代(朝代寿命为290年), $R$ 为1,以下类推。图1给出朝代寿命随 $R$ 变化的曲线,曲线分为两个直线部分,说明如果一个朝代的寿命小于 $57 \pm 2$ 年,那么它的可能寿命以 $3.5 \pm 0.1$ 年的间距跳跃,换言之,如果一个朝代能够撑过3.5年,那么,它就可以再活3.5年,如此类推。如果一个朝代的寿命大于57年,那么它的可能寿命以 $25.6 \pm 0.1$ 年的间距跳跃,换言之,如果一个朝代能够撑过25.6年,那么,它就可以再活25.6年,如此类推。所以,中国朝代寿命是“量子化”的,57年是一个阈值。这个双直线效应究竟是由于外部条件(比如天气)的周期性变化,或者是系统的自组织动力学行为而引起的,尚待研究。

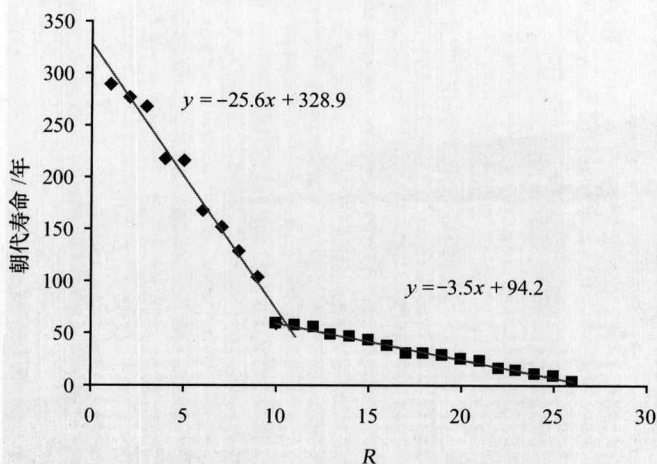


图1 朝代寿命随等级 $R$ 变化的曲线

事实上,这个现象在自然界是一个相当普遍的现象<sup>[15]</sup>。比如,一个饭店在开始一年最容易垮掉,如果它能够撑过两三年,那么它就可能存在得更久。商业界中的公司也有这个情况。在一些第三世界国家,由于贫穷、医疗水平低等原因,有些人会在很小的时候死去。在某个国家,小孩通常只有活过13岁,才可能活得更久。

上面所举的几个例子说明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。通过借用物理和复杂系统研究中常用的几个方法,我们可以解释许多历史现象并发掘出一些隐藏着的历史定律。

### 五、Science Matters 的前景

达·芬奇可能是历史上最后一个能够同时掌握多门科学/技术和艺术的人。他没能把他众多的工程设计变为现实,更不要说变为产品,是因为他没有足够的研究经费和一个超大的研究团队,而且当时的社会并不存在一个适当的工业体系。在知识爆炸的当代,没有一个人再能像达·芬奇一样渊博而深入地掌握众多学科。这样做也没必要。我们要做的就是鼓励人们成为跨两个学科的专家。当两科专家的数目足够多时,世界上的所有学科都会连接起来,任何两门学科都能直接或间接相互交流,彼此受益。我们谈的是交叉学科在教育<sup>[16,17]</sup>、研究<sup>[3,7,13]</sup>和科普<sup>[18~20]</sup>三方面的繁荣发展。这里指的不单是历史物理学和 SciMat,而是所有的交叉学科。

为了促进往这个方向的发展,第一届 SciMat 国际会议(见图 2)于 2007 年 5 月 28~30 日在葡萄牙的海边小镇 Ericeira 举行,由 Maria Burguete 和林磊担任共同主席。会议有 15 个邀请报告,报告人来自美国、欧洲和中国,内容包括“舞蹈的本质”(报告人:Leonor Beltrán)、“计算化学的哲学”(Burguete)、“通过科学表达的文化”(Paul Caro)、“欧盟的研究

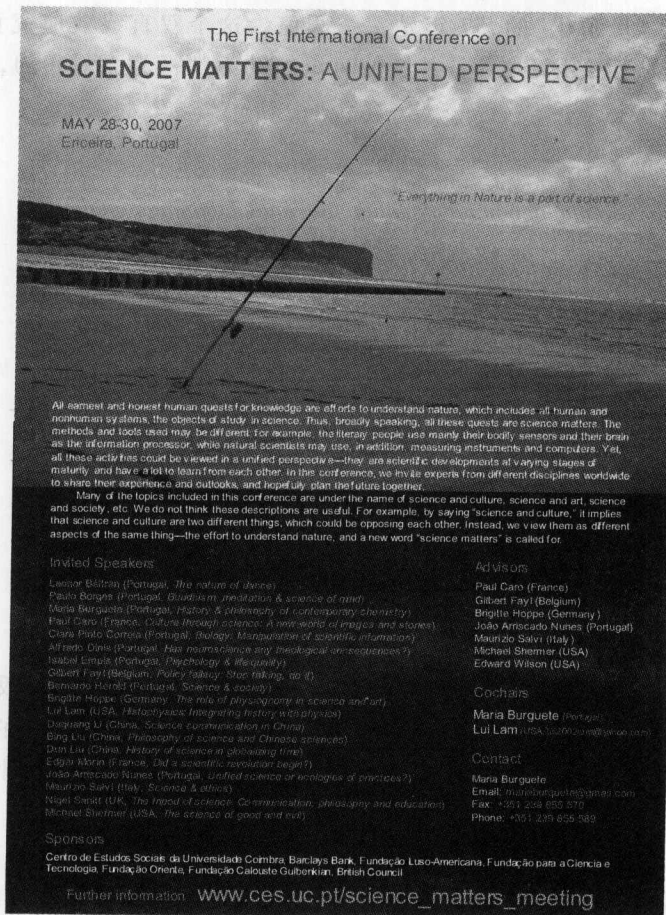


图 2 第一届 SciMat 国际会议海报

与发展策略”(Gilbert Fayl)、“科学与艺术中的面孔学”(Brigitte Hoppe)、“历史物理学”(林磊)、“中国的科学传播”(李大光)、“科学哲学与中国科学”(刘兵)、“全球化时代的科学史”(刘钝)、“科学伦理与新技术”(Maurizio Salvi)、“科学的三脚架:传播、哲学和教育”(Nigel Sanitt)。很多报告提出了富于启发性问题,与会者讨论热烈。会议录将于2008年初作为 Science Matters 丛书中的一本出版。

会议结束前成立了“国际 Science Matters 委员会”(负责人:林磊)。委员会的短期目标是推广与推进 SciMat 这门最新最大的交叉学科,落实与监督下一届和以后每两年举行一次的国际会议;长期目标是成立国际学会和建立国际学术期刊。对 SciMat 有兴趣的人士可联系林磊,电邮:lui2002lam@yahoo.com。

### 参 考 文 献

- [1] Lloyd CER. *Early Greek Science: Thales to Aristotle*. New York: Norton, 1970
- [2] 刘大椿. 科学哲学. 北京:中国人民大学出版社,2006
- [3] Lam L. *Active Walks: The First Twelve Years (Part II)*. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 2006, 16: 239 ~ 268
- [4] Pinker S. *How the Mind Works*. New York: Norton, 1997
- [5] Lam L. *Science Matters: A Unified Perspective*. *Science Matters*, eds. M. Burguete and L. Lam. Singapore: World Scientific, 2008
- [6] Lam L. *Nonlinear Physics for Beginners: Fractals, Chaos, Solitons, Pattern Formation, Cellular Automata and Complex Systems*. Singapore: World Scientific, 1998
- [7] Lam L. *Histophysics: A New Discipline*. *Modern Physics Letters B*, 2002, 16: 1163 ~ 1176
- [8] 林磊. 活性行走——图样形成、自组织和复杂系统. *物理*, 2000, 29: 531 ~ 535
- [9] 林磊. 文理交融的“历史物理学”. 新兴交叉学科, 刘国奎编. 北京:清华大学出版社, 2003
- [10] Paul W and Baschnagel J. *Stochastic Processes: From Physics to Finance*. New York: Springer, 1999
- [11] Richardson L F. *Statistics of Deadly Quarrels*. Pittsburgh: Boxwood, 1960
- [12] Axtell R L, et al. *Population Growth and Collapse in a Multiagent Model of the Kayenta Anasazi in Long House Valley*. *PNAS*, 2002, 99: 7275 ~ 7279
- [13] Lam L. *Active Walks. The First Twelve Years (Part I)*. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 2005, 15: 2317 ~ 2348
- [14] Zipf G K. *Human Behavior and the Principle of Least Effort*. Cambridge, MA: Addison-Wesley, 1949
- [15] Lam L, et al. *The Bilinear Effect in Complex Systems*. 2007 年预印本
- [16] Lam L. *The Two Cultures and The Real World*. *The Pantaneto Forum*, 2006, Issue 24. [www.pantaneto.co.uk](http://www.pantaneto.co.uk)
- [17] Lam L. *Integrating popular science books into college science teaching*. *The Pantaneto Forum*, 2005, Issue 19. [www.pantaneto.co.uk](http://www.pantaneto.co.uk)
- [18] Lam L. *Science Communication: What Every Scientist Can Do and a Physicist's Experience*. *科普研究*, 2006, 2: 36 ~ 41
- [19] Lam L. *This Pale Blue Dot: Science, History, God*. Tamsui: Tamkang U. P., 2004
- [20] Lam L. *New concepts for science and technology museums*. *The Pantaneto Forum*, 2006, Issue 21. [www.pantaneto.co.uk](http://www.pantaneto.co.uk)

## 文理会通研究

### 谈谈自然科学和社会科学的“大交叉”(下)

郝柏林

(复旦大学理论生命科学研究中心,上海,200433;中国科学院理论物理研究所,北京,100080)

#### 六、临界现象和自组织临界现象

突变是一种临界现象,它发生在某一个参数缓慢变化达到特定值的时刻。突变前后系统的状态有质的差异,会出现或消失某些对称和有序。这里考虑出现新的有序状态的情形。刻画新的有序或对称状态的一个或一组参数称为序参数。序参数从旧状态中的零值,连续变化或跃变到新状态中的非零值。这种变化情形最为有趣。任意小的非零值代表新的对称和有序。这个零与非零的差异、有和无的差异,决定临界现象的突变性。“不是西风压倒东风,就是东风压倒西风”。新相一旦出现,就决定了系统的性质。

物理系统中的相变,如气液相变或铁磁相变,是临界现象的经典实例。磁石在高温下并不吸铁,即不具有宏观磁性。这是因为它所包含的大量微观磁矩处于杂乱无章的热运动中,彼此的磁场互相抵消。温度降低到一定值,短程的磁性相互作用突然延伸到整块磁体,发生铁磁相变,出现宏观磁性。这些相变都是有序和无序两种因素较量的结果。热运动是无序之源,温度  $T$  愈高无序程度也愈大。有序来自相互作用,可以用相互作用的能量  $E$  代表。于是,有序与无序两种趋势的消涨可以由比值  $E/T$  刻画。两种趋势的转变点也称为临界点,对于由温度变化引起的相变,这就是临界温度  $T_c$ 。

临界温度和哪些因素有关呢?首先是相互作用能量。相互作用很强时,可以在比较高的温度即比较大的无序背景下实现有序状态。此时,相应的临界温度较高。相互作用很弱时,一定要在较低的温度才能实现有序。其次,有一个应当特别说明的因素。晶体中一个原子附近其他原子的数目称为配位数。配位数大时,一个原子的影响容易传送给较多的邻居。即使温度较高、噪声很大,导致有序的相互作用也较易占上风。从统计物理学的种种相变模型知道,对于同样的相互作用,配位数高的晶体可以在较高的温度出现有序相。这一观察对于社会现象颇有启发。

---

作者简介:郝柏林,北京人,中国科学院院士,第三世界科学院院士。1978年以来在中国科学院物理研究所任研究员,现兼任复旦大学理论生命科学研究中心主任。主要从事理论物理、非线性科学和理论生命科学研究。

一位诗人曾经把人类社会生活概括成“网”。社会的配位数,即同每个网点相联结的网点数目可能相当大。当然,很难严格地定义这个配位数,但可以做一些合理的估计。例如,社会上每个人平均拥有的相识者数目可能成百上千,比一个晶体中原子的配位数要高得多。因此,革命并不需要社会的多数达成共识。相对少数的志同道合之士就可以在相当高的“噪声”背景下做出扭转乾坤的大事。试想,1921年有13个人代表几十个人在上海开会,28年后就完成重写中国历史的巨变。1949年解放战争取得全面胜利时,革命力量总共有多少?全体共产党员和解放军指战员,加上支前农民和党的同情者,可能不及全国总人口的七分之一。反过来说,“四人帮”和他们的追随者究竟有多少?但这“一小撮”居然能在一段时间里搅得举国不宁。

这里提到的“七分之一”有一则故事。1980年,笔者作为中国科学院理论物理研究所五人小组成员,第一次去美国。参加了美国圣巴巴拉理论物理研究所的成立仪式之后,顺便访问一些大学。在纽约见到曾经对弱相互作用理论做出过重要贡献的马尔夏克(R. E. Marshak)。闲谈之中,何祚庥问,为什么美国在不少方面表现得生气勃勃。马尔夏克的回答颇为特别:“那是因为有七分之一的美国人在忘我地工作。”不久之后笔者等人向李政道提及马尔夏克的观点,李政道也很同意。这“七分之一”所以能起活跃一个国家的作用,正是由于人类社会是配位数很高的系统。

上面提到的物理系统中的相变都是平衡态、“静态”的状态突变。静态平衡一般维持在系统“自由能”最小值附近。自由能是系统在一定限制条件下的宏观能量,例如保持体积和温度一定时的“能量”。

与此形成尖锐对比,动态平衡却可能保持在最不稳定的能量“极大值”附近。回想马戏团里的小丑,在幕间休息时出来玩鼻尖顶杆儿的游戏。倒立的长杆是不稳定的,如果小丑直立不动,那杆子是要倒下来的。正是因为小丑不断运动,重杆才能晃而不倒。把一个钢球放在处于水平位置的洗衣搓板中,钢球必然静止在某一条沟槽里。这时如果把搓板沿水平方向周期性地晃动起来,就可能找到一定的周期运动方式,使小球连续地处在两槽之间的脊梁上。这两个例子都是由持续运动保持的、处于不稳定点附近的动态平衡。这些状态发生突变导致的临界现象可能对社会科学更有启发。

考察一个似静实动的模型。让细沙从一个漏斗孔中缓缓落到桌面上,形成渐渐长大的沙堆。这沙堆的锥面和桌面保持着一个看来不变的角度。然而,这是不稳定的动态平衡。新添加的某一粒沙子可能在勉强维持平衡的锥面上导致一次“雪崩”,使一撮沙子滑到堆底。过一会儿雪崩留下的小洼会被后续的沙流填平,然后在另一处发生或大或小的新的雪崩。搜集大量雪崩数据后可以发现它们的大小和间隔服从某些统计规律。沙堆模型启发了对所谓“自组织临界现象”的活跃研究领域。

社会生活中自组织临界现象的明显实例是北京街道上的交通流。拥挤的各类车辆争道而行,在随时可能发生事故的临界状态附近自己组织成看似稳定的交通流。一旦发生一起事故,就使得或多或少的车辆无法行驶。只要把沙堆模型涉及的概念倒过来想,就可以看出两者的相似性。这里发生事故前看似稳定的交通流对应沙堆模型中似乎不动的锥面。因交通事故而停滞的车群对应滑落的雪崩。

无论平衡态的相变或非平衡的自组织临界现象,系统远离或接近临界的状态都有很大差别。这差别主要在于:远离临界点时,系统中局部的变化不向全局传播,而在临界点附近



许多扰动都会导致全局性的后果。

## 七、相变和涨落

在慢变过程中多种因素都在同时起作用,系统的特殊性表现较多。突变往往由单个参数的微小改变引起,其他的大量参数在突变点上下并无明显区别。为什么是单个而不是一批参数共同起作用?还是前面提到的“没有理由律”或“一般性考虑”。两个参数同时变化而导致突变,要有特殊的条件。单个参数引起突变才是普遍现象。正是因为突变点附近起作用的参数很少,突变的类型也就有限。突变往往可以根据参数的类型划分为若干普适类,本来不同的许多系统却在突变点附近表现出很大的相似性。

社会革命是一类明显的实例。恩格斯说过,“革命是一种与其说受平时决定社会发展的法则支配,不如说在更大程度上受物理定律支配的纯自然现象。或者更确切地说,这些法则在革命时期具有大得多的物理性质,必然性的物质力量表现得更强烈”<sup>①</sup>。读一下雨果(V. Hugo, 1802 ~ 1885)的《93年》和里德(J. Reed, 1887 ~ 1920)的《震撼世界的十日》,不能不有类似的感叹。

即使是处在“平衡”态的复杂系统中,许多变量也会发生局部或短暂的起伏涨落。远离临界点时,涨落只是通常可以略而不计的小修正。然而,涨落在临界点附近却起着重要作用,往往可以决定系统在突变后的命运。

这样的实例不胜枚举。铁磁相变后宏观磁场的最终取向是偶然或次要因素决定的:地磁场、磁性杂质、甚至容器的缺陷,都可能起决定作用。一个光学谐振腔里最初可能有许多振动模式并存,微小的差异使得能量向某一个模式集中,最终选出一个优势的振动模式。

公正地提拔干部也是一个好例子。首先,在“零级近似”下所有的候选人都必须具备同样的基本条件:热爱祖国、热爱社会主义事业、有一定的工作能力和经验、能够联系群众等等,否则就根本进不了初步名单。然而,决定最后取舍的往往是一些次要的因素,某人言谈举止比较和蔼、某人考虑问题较为全面等等。

大学入学统一考试的分数线也是一个临界线,它往往决定一个人的整个生活道路。远离临界线的群体,即考得特别好和特别差的人们,不必担心偶然因素的作用。只有在分数线附近才容易受小涨落影响。

远离临界点、靠近临界点和在临界点上的涨落行为在统计性质上有显著差别,主要是它们随时间或距离的衰减方式不同。突变可否预测,要看是长期预测还是短期预测。靠分析临界涨落,可以有一定的短期预测。

就长期行为而言,不可能做具体的预测。记得1981年4月,笔者在阿尔卑斯山北麓的一座德国古修道院里参加关于“有序和混沌”的科学讨论会。午餐时同来自东、西德两方的教授们闲话到统一问题。他们都认为这是极为遥远的事情,至少在20世纪里不会发生。结果,东西德的统一就发生在这场谈话之后不到10年。这正是社会历史发展中的突变。

突变不是瞬变,它也是有过程的。选取恰当的时间尺度,研究突变本身,对于揭示复杂

<sup>①</sup> 1851年2月13日恩格斯致马克思信。