

# 纪念演化物理学家伊利亚·普里高津<sup>1</sup>

陈平\*

《科学文化评论》2004 年，第 1 卷，第 5 期，30—36 页

**摘要** 这是一篇纪念普里高津逝世一周年的文章，作者从三个侧面展示了普里高津的工作风格。其一，作者认为，普里高津是一位利用演化论而非原子论的观点来看待世界的物理学家；其二，普里高津的学术生涯是由简入繁，早年研究化学反应，中年研究热力学和统计物理，晚年深入到量子混沌的理论基础；其三，普里高津凭借自己的学识、热情与组织才能，以战略家的眼光，一手缔造了布鲁塞尔学派，使得非主流的前沿研究得以长期坚持。

**关键词：**普里高津，演化物理学家，布鲁塞尔学派

距离伊利亚·普里高津的逝世已经一年多了。在中国和美国，只有不多的媒体对他的逝世给予关注；但在欧洲，他的逝世，激起了很大的反响。几乎所有欧洲的大报都报道了这一科学界巨星的陨落。法国媒体称普里高津为“动力学的诗人”，德国的报纸则以“物理学的叛逆者”作标题。作为跟随普里高津达 22 年的学生和同志，我对他的理解是“终身的演化物理学家”。

1917 年，伊利亚·普里高津出生在莫斯科一个犹太家庭。1921 年，普里高津随家庭迁往德国，1929 年又迁往比利时。在比利时的布鲁塞尔，普里高津读完中学和大学，并在布鲁塞尔大学取得化学博士学位。普里高津曾在全世界创办了五个普里高津研究中心，但是他生活的重心一直在比利时的布鲁塞尔大学，其次在美国奥斯汀的德克萨斯大学。所以，他领导的科学队伍被称为布鲁塞尔—奥斯汀学派。

毕其一生，普里高津一直追求物理学一个未解的基本问题：不可逆过程的物理学基础。普里高津提出的非平衡热力学与耗散结构理论，构成连接物理、化学、与生物学的桥梁，获得 1977 年诺贝尔化学奖。普里高津自组织过程的思想超出自然科学，对心理学、历史学、人类学、和经济学都有重要影响，是物理学家中跨越了诸多学科界限的大家。直到临去前，他还在和年青人一起讨论演化宇宙学和基本粒子的非稳态等基本问题。普里高津是在前沿工作到最后一刻的纯粹的科学家！

—

托马斯·库恩在《科学革命的结构》一书中曾经说过，科学规范的变革不仅与科学方法的突破有关，也和社会思潮的变化有关。如果我们考察科学思想史，可以看到贯穿科学发展的思想主要有两种：其一是几何学与原子论相结合的思想，从希腊的毕达哥拉斯、欧几里德、和哥白尼开始，一直到牛顿、爱因斯坦都

---

<sup>1</sup> 伊利亚·普里高津 (Ilya Prigogine, 1917—2003)，比利时理论物理学家和化学家，1977 年由于耗散结构理论获得诺贝尔化学奖，2003 年 5 月 28 日于比利时布鲁塞尔病逝，享年 86 岁。

\* 作者简介：陈平，1944 年生，北京大学中国经济研究中心教授，1981 年起师从普里高津，在德克萨斯大学普里高津研究中心研究非线性经济动力学至今。

是这一路线，包括分子、原子、基本粒子和遗传基因的发现。原子论的基本思想，是把物理的复杂结构化为简单组元，用其几何运动的迭加，来解释复杂的运动；其二是生物学和演化论的思想，从马尔萨斯、达尔文、到马克思和熊比特，演化的思想在生物学、人类学、和经济学中有重要地位，但物理学中却十分罕见，只有普里高津是终身执着的演化论者。

出生于十月革命前夕，普里高津亲身感受到了二十世纪社会的动荡和变革，使他对古典平衡态物理的均衡、确定、和可预测的世界产生了深刻的质疑。普里高津认为世界的发展更像生物学而非几何学，充满了不确定性。但和多数物理学家视不确定性和不稳定性为破坏性的机制不同，普里高津受自催化反应的启发，强调不稳定性与不确定性在形成多样发展的自然与社会中的建设性作用。他指出“混沌产生有序”。

普里高津发现古典物理学和演化生物学间存在一道鸿沟：根据热力学的第二定律，在孤立系统中熵（无序的量度）永远是增加的；而达尔文发现生命演化是从简单到复杂，这就与热力学原理发生了矛盾。不可逆性在物理学中也叫对称破缺问题。牛顿力学和量子力学体系都是时间对称的，因为其动力学方程是时间反演不变的，但是宏观观察到的现象是不可逆的。不可逆现象的起源是什么，现代物理学家至今没有共识。数学物理学家的遁词说不可逆性是相空间内粗粒近似的结果。为了解决这一矛盾，普里高津区分了三种热力学系统的存在：即孤立系统、封闭系统和开放系统。在孤立系统中熵永远是增加的；在封闭系统中可以形成低温有序结构，比如说，盐水降温会析出晶体，但是晶体的结构不能适应环境演变；在开放系统中，耗散结构必须有能量流、物质流和信息流才能维持。生命和社会系统都是耗散结构，而不是低温均衡结构。社会的演化和生物的演化可以从非平衡态物理得到解释。普里高津的这一工作获得 1977 年的诺贝尔化学奖。

## 二

物理学家通常认为理论物理的数学要求很高，只有年青人能做，老了才转到化学生物等物理的应用学科。与大部分同行不同，普里高津做学问是从简单到复杂，年纪越大，他做的研究数学上越为困难，在获得诺贝尔奖的荣誉后，普里高津还在攀登科学上的新高峰。普里高津年轻时候研究化学反应，这在物理学家而言是最相对简单的东西，中年研究热力学、统计物理，到六十后研究混沌、宇宙学、和基本粒子，发展非平衡的量子演化动力学[见作者同事山越富夫的文章]，这通常是年青物理学家才敢尝试的领域。

科学研究中最困难的战略决策是互相矛盾的两难选择：其一是要看准一个方向，锲而不舍的坚持下去；其二是面对新的形势后能及时作出战略转变。爱因斯坦当年看准了统一场论，方向是对的，但是方案错了不能自拔，晚年再无成就。杨振宁修改了统一场论的方案，提出规范场的概念，后人在基本粒子的统一理论上就获得了突破。1980 年代初混沌研究热开始兴起时，普里高津并没有给予很大关注，因为最初混沌的研究限于计算机的数学模型。后来普里高津的弟子尼可里斯（Nicolis）夫妇分析冰层岩心地质时间序列的数据，发现了气象奇怪吸引子的初步证据。普里高津意识到自然实验可以检验混沌的真实存在，立刻组织研究人员转入对混沌的研究。我也在普里高津的建议下，于 1984 年毅然中断即将完成的演化生物学的研究，转做经济混沌的经验和理论研究。在短短几年之内，奥斯汀普里高津中心变成了混沌和复杂科学世界领先的研究中心之一，并在

1989 年将普里高津热力学与统计力学研究中心更名为普里高津统计力学与复杂系统研究中心。普里高津本人在七、八十岁的高龄深入量子混沌的理论基础，打破了量子力学的稳态希尔伯特空间，把不稳定性引入到量子力学中去。但是现在的量子光学实验还不能检验普里高津和他的研究人员发展的复杂量子理论，因为他们的理论预言精度要比现在的实验技术高两个量级。历史上，混沌问题最初出现于庞加莱（Poincare）1906 年的三体问题不可积，罗伦兹（Lorenz）和罗伯特·梅（Robert May）算出混沌的数值解。但是普里高津不满足对混沌的唯象描述，深入探讨混沌的理论基础。

### 三

在漫长的研究生涯中，普里高津一直在科学的“非主流”做前沿研究。我们知道，在任何科学领域的前沿，通常只有少数几个人在打拼。他们虽然人少，却代表了这一领域的水平和方向。俗语说曲高和寡，高处不胜寒。普里高津依靠个人风格，创造了学派内合作竞争的小气候，克服了分散苦斗的困境，使非主流的前沿研究得以长期坚持。普里高津本人独立不群又博学多才，在他的周围形成一种特具魅力的文化氛围，吸引了来自不同国家不同学科的很多人才。普里高津在音乐、绘画、历史、考古、人类学、哲学（除了体育）等几乎所有领域都可以和顶尖学者对话，并关心欧洲与世界的国际事务，是一位有深刻历史感的世界公民，非常喜欢中国老庄的演化哲学，关心中国的改革与发展。与他一块进行研究，思想非常活跃，压力又很大。普里高津见面的问候语总是：“What’s new?”（有何新进展？）即使在他度假期间，普里高津也会不时打电话讯问研究进展。他的研究生经常吃睡都在机房和图书馆，前沿研究和打仗一样必须抓住战机。普里高津学派的发展和影响不是偶然的。

科学学派在科学史上有举足轻重的影响。廿世纪廿、卅年代形成的哥本哈根学派的成员来自世界各国，由于玻尔的魅力和共同的信仰聚集在一起，他们经常讨论问题，思想相互碰撞，产生出辉煌的学术成果。与北大兼容并包但无竞争淘汰的学风不同，哥本哈根不但学派成员之间激烈交锋，而且他们与物理学泰斗爱因斯坦也论战了几十年。他们与爱因斯坦最重要的一次论战就发生在一系列的索尔维国际会议上。普里高津就是索尔维研究所的继任所长。与曾在物理学领域盛极一时的哥本哈根学派不同，普里高津学派的诞生主要由他在不同时期的学生组成，成员并非来自主要的西方科学中心，但是普里高津指导思想的先进，使素无盛名的布鲁塞尔大学成为新的科学中心。就这点而言，普里高津领导的布鲁塞尔学派是物理学继哥本哈根学派之后，有独立思想和系统工作的学派，在跨领域的研究方面走得更远。

普里高津的理论之所以影响能扩展到物理之外的许多领域，是因为普里高津指导学生的方式，与多数的中国学者不同。中国之今是传统的老师带徒弟的工作方式，师生在同一研究领域精耕细作，勤劳有余，创新不足。韩愈说：“师者，传道、授业、解惑也。”普里高津却喜欢说，不是老师教学生，而是学生教老师，否则科学就没有进步了。要想做他的学生，要么解出老师未解的问题，要么向老师证明你能开拓新的领域。在这一点上，普里高津和哥本哈根学派的首领尼尔斯·玻尔相象。苏联科学家郎道曾经问玻尔：“你究竟有什么魅力可以吸引这么多优秀的人在你身边？”玻尔的回答是：“因为我不怕在学生面前显露自己的愚蠢。”（但是玻尔的回答被郎道的学生误译为“他不怕显露学生的愚蠢”，从这我们可

以看到哥本哈根学派与俄国郎道学派的区别。)

科学是一个探索的过程。科学大师可能知道问题在哪儿，但未必知道解决问题的方法，否则问题已经解决了。所以科学大师带学生不会以知识传授为主，而是以科学探索为主。他会鼓励学生去尝试开拓，至于新学科所需的基础知识是什么，是学生自己去摸索的事。一个好的科学导师真正的作用在于辨别未来科学发展的方向。他会高瞻远瞩地知道前人在哪些地方做过的尝试是无望的，那些问题是有基本和核心的，他是科学的战略家。普里高津发现人才从来不过问学生的分数，而是寻找有原创想法，丰富想象，又敢于提问和坚持不懈的人。任何人找他谈话，他开宗明义就问你什么问题，你为什么认为这问题重要，你的研究计划是否可行。中国学生多有愿望但少有想法，原因在学校教育偏重基础知识，不重前沿进展。你想当大师的学生，就要读很多文献，参加各种研讨会，了解世界前沿，然后才会判断自己的想法是否真有新意。你想要干的事如果有人做过，他就会打发你到他的弟子哪去讨论。所以他的弟子基本上只要是他亲自带出来的，全都得开辟一个新的领域。

普里高津没有论资排辈的观念。他在国际会议上推许他的学生的工作，哪怕还是研究生，总称呼“我的朋友某某”；只要拿到博士学位，哪怕还在做博士后，就改称“我的同事某某”；从不以祖师自居。学生的工作在国际会议上的报告获得反响，就专门为学生组织一个国际会议，请来各方专家权威论证，为新的领域获得国际认可铺平道路。所以他手下的研究者，如果做出有意义的工作，很快就会走向世界。即使主流派阻力很大，也难于压制新生事物。我的师兄彼得-阿论研究演化生物学和演化经济学有重大贡献，但长期得不到主流派的重视，在布鲁塞尔做了十八年博士后，最后普里高津帮助他在英国创建一个研究所。我在研究经济混沌时的曲折，没有普里高津的理解和支持不可能坚持。普里高津常常批评美国科学界的急功近利，强调原创科学思想的重要。普里高津在科研识别人才，组织队伍，和研究策略的经验，对中国成长中的科研事业有许多可以借鉴之处。

普里高津临去前，欧洲一位记者采访他，在记者论及他的批评者时，普里高津不无自豪地说：“起码我们的（不同）见解引起了世人的注意。”这是普里高津对自己的工作超前和寡，却从不悲观怨愤的真实心态。在普里高津去世后，他的学生巴勒斯库（R. Balesku）挑选了巴赫的赋格曲作为在比利时为普里高津举行的国葬中播放的曲目。在巴勒斯库的心目中，他老师的风格就像这支赋格曲——严密、精确、美妙、又复杂，充满对人类未来应对挑战的信心。



本文作者与普里高津教授合影于 2000 年