

# 对耗散结构理论的思考<sup>\*</sup>

周秋蓉

(重庆师范学院化学系, 重庆, 630047)

**摘 要** 传统的物理、化学与生物学之间关于进化与退化的认识, 发生过尖锐的矛盾。而普利高津的耗散结构理论, 则解决了这一矛盾。本文着重从自然科学与哲学的辩证角度, 探讨耗散结构所蕴藏的思想意义, 具有普遍的方法论意义。

**关键词** 耗散结构, 熵, 局部, 序, 平衡

中图法分类号 N031; O414.22

## 1 矛盾的统一

20世纪以前, 自然科学中的化学、物理学等学科主要研究物质处于平衡态的结构规律。从宏观角度考查, 平衡结构是普遍存在的。譬如, 矿物的晶体就是一种平衡结构, 液体也是一种平衡结构。所谓平衡结构, 就宏观体系来说, 就是不需要外界提供能量或质量, 体系内部各部分在长时间内不发生任何变化。当然, 从组成体系的微观分子角度来看, 它也并不是静止的。因此物质并非都是处于平衡态。而在当时人们对非平衡态的物质规律研究还很不够, 除了克劳休斯提出的热力学第二定律: “热永远不能从冷的物体传向热的物体, 如果没有与之联系的, 同时发生的其它变化的话。”<sup>[1]</sup>给出了孤立系统自发地达到热平衡这一不可逆过程之外, 没有更多的人涉足这个领域。在克劳休斯的热力学第二定律中, 出现了时间箭头, 也就是说, 化学热力学运动是有历史的, 这个历史是朝着热平衡、无序化演进的。这样克劳休斯提出的这个不可逆过程, 把历史带进了经典的化学与物理学中。也就是说, 传统的化学与物理学认为, 系统总是自发地从有序变为无序, 即在一个孤立系统中, 任何物理或化学过程总是导致熵(分子混乱程度)的增加, 熵增加是一个不可逆的自发过程。而19世纪的生物学, 由达尔文提出的进化论则指出, 生物随时间的演进, 由低级到高级、由简单到复杂、由无序到有序的发展, 即生命进化总是越来越有序化。这样化学与物理学所描述的无机物自发的、无序的、无组织演化, 与生物学所描述的生命现象有序的自组织演化之间关于进化与退化的认识, 发生了尖锐的矛盾, 似乎存在着不可逾越的鸿沟。要解决这一矛盾, 从平衡态结构中是无法得到正确答案的, 只能从非平衡态中去寻求解决方案。在这方面, 比利时布鲁塞尔学派的学术带头人普利高津, 在1969年所提出的耗散结构理论, 做了卓有成效的工作。耗散结构, 是指在远离平衡态情况下所形成的有序结构。耗散结构理论, 是指研究耗散结构的性质, 它的形成、稳定和演变规律的科学。

普利高津的耗散结构理论突破了传统的物理学以封闭系统和平衡结构为主要研究对象

\* 1995-01-23 收稿

的框架,而以远离平衡的开放系统为研究对象,来研究体系与外界进行能量和物质交换,而形成和维持的稳定化了的宏观体系结构,即非平衡状态下宏观体系的自组织现象。普利高津通过理论研究和大量实例考察发现,在力学、物理学、化学和生物学中的不可逆过程,在开放体系的耗散中,系统存在着从简单到复杂、从无序到有序、从对称到破缺的进化过程,这种过程在不违背热力学第二定律的前提下,可以和生物学进化论所揭示的方向一致。这样,耗散结构理论把热力学第二定律与达尔文进化论统一在更为广泛、更为普遍的理论中。

如何实现开放系统从无序走向有序?根据普利高津的理论,要形成耗散结构,必须具备这样一些条件:形成耗散结构的开放系统要通过耗散引进负熵流,保持加强系统的有利因素,促使系统的存在和发展,以抵消内部的熵增加,才有可能形成有序结构;形成耗散结构的系统只有在远离平衡条件下,才有可能在一定的条件下产生新的有序结构;在系统内各要素之间,必须存在非线性的相互作用,系统才能出现耗散机制;系统从无序走向有序的演化是通过随机涨落来实现的,只有通过涨落,才能使系统由不稳定的定态跃迁到一个新的稳定的有序状态。普利高津就这样成功地解释了开放系统如何从无序走向有序的过程和机制。

## 2 意 义

耗散结构理论对生命的起源演化,天体的演化,社会的发展等众多综合领域的研究都具有重大的实际意义,尤其是这一理论方法对于解释和说明化学变化与化学过程的机制有着极为普遍的意义,正是这样,普利高津 1977 年被授予诺贝尔化学奖。不仅如此,耗散结构理论还包含了十分丰富的辩证法思想,诸如从崭新的角度揭示了物质世界的多样性和普遍联系,深化了客观世界的矛盾性、为社会经济系统开辟新的思路等方面提出了许多启发性的解释。

唯物辩证法认为,世界是统一的、普遍联系和永恒发展的物质世界,这个物质世界从质量特性和空间特性出发,可以把它划分为实物形态和场态两大物质类型。而普利高津的理论,则从一个新的角度来审视物质形态,根据平衡程度的不同,把物质运动状态划分为平衡态、近平衡态、远离平衡态,而每种平衡态又包含着丰富多样的内涵,从更深层次揭示物质系统的结构、功能多样性统一和转化的新内容。普利高津的理论还表明自然界是一个和谐的普遍联系的整体,成功地使生命和非生命现象,生物和非生物规范在一个统一的体系中获得解释。这表明,适用于无机界的物理和化学定律,同样适用于有机界。耗散结构理论为运用物理、化学方法研究生命现象开辟了道路。总之,耗散结构理论所提出的许多富有新意的概念,为我们深入理解辩证法,从六个方面提供了新的科学思想。

1) 可逆与不可逆 可逆过程是热力学中的一个重要过程,在这个过程中熵函数  $S$  不发生变化,这是一种理想过程。但在现实世界中并不真正存在可逆过程,而是处于熵函数  $S$  增加的不可逆过程。这表明对一切自然过程来说,时间是不可逆的,它永远沿着同一方向流逝,不能倒流。正如辩证法的时空观所述,时间是一维的,它一去不复返,时间的不可逆性是客观过程不可逆的反映。耗散结构理论从远离平衡态的角度来研究物质世界的时空特性,它认为自然界的任何变化,生物进化过程、社会发展过程无一不是不可逆过程,所有过程都是在同一维时间内运行的。经典力学和量子力学所研究的可逆过程,可以用不可逆过程的耗散结构理论进行研究,从而将它们统一起来。这种思想为人们认识和处理问题提供了科学的方法,由

于客观过程是不可逆的,就不能照搬过去和他人经验,只能是借鉴发展地认识和处理各种问题。

2) 有序和无序 有序和无序是用来说明气体分子运动状态的概念。在热力学第二定律中,一个“孤立系统由于与外界环境之间没有物质和能量的交换,系统内部各处的热力学参量最终达到一种不随时间变化的定态,也就是热力学平衡态。”<sup>[2]</sup>在这个过程中,熵必趋于增加,增加的熵  $ds$  不会为负数,即:

$$ds \geq 0$$

因而,孤立系统的混乱程度增加,系统从有序变为无序。但这个系统却不能从无序自动地变为有序。而普利高津的理论却指出,一个远离平衡的“开放系统的熵变  $ds$  即与系统内部的熵增  $dis$  有关,又与从环境中引入的熵变  $des$  有关:

即 
$$ds = dis + des^{[2]}$$

由于  $dis$  永远不会为负数, $des$  既可以是正、也可以是负,所以系统可以实现由无序向有序的转化。生命的同化功能就是将各种无组织的食品,经过消化吸收,变成机体的一部分,使无序变为有序。只要生命停止,活动终止,生命就会从远离平衡态变成平衡态,尸体逐渐腐烂,从有序变成无序。这也说明自然界中普遍存在着有序现象和无序现象的矛盾,这对矛盾在一定条件下可以相互转化。

耗散结构理论是研究宏观系统如何从无序变为有序的理论,基于这一观点,我们可以预料,宇宙将会变得越来越复杂、越来越丰富多彩,它将会出现各式各样的新的有序结构。人类社会无论是过去、现在或将来,它的发展系统,也是一个从有序转向无序,再由无序转化成新的有序的开放系统。如果把处于非平衡态的物质运动发展趋势视为新的有序结构,从无序中去思考有序,并予以实现,这也是辩证法思想的体现。

3) 整体和局部 正确理解和处理整体与局部的关系,对自然科学和哲学都是十分重要的。自然界的一切现象和过程都有其整体和局部,它们是客观事物普遍联系的一种形式。在科学研究的实际过程中,经常会碰到整体和局部的关系问题。

量子化学在处理分子体系时,就是处理系统整体与局部的关系。当然这种处理往往是采取“加合”的办法,如分子体系的结合能可以视为局部能量的总合,这里分子的局部能量是指化学键,即在有机分子中的 C—H 键、C—C 键、C=O 键,它们都是大有机分子局部的东西,而又可以把有机分子的许多性质看作是这些键的性质总合。这表明局部是按照一定方式组成整体,而整体是局部的总合。但事实上,复杂分子中的每一个局部:原子、电子;单键、双键等都和其它局部联系着,都和整体联系着,必须着眼于整体才行。譬如,苯分子有 6 个  $\pi$  电子,不能把这 6 个  $\pi$  电子看成是哪个局部所有,必须看成属于苯分子的整体,才能解释 6 个  $\pi$  电子的性质。这就是说分子体系内的局部性质理想地加以分开,再理想地加合,获得的结果必然是理想的,而不是实际的东西。在这种加合性的研究中,仍没有脱离经典力学的框架。这清楚地说明在分子体系中局部和整体具有复杂的关系。对生命现象来说,整体和局部的关系比化学现象更为繁杂。普利高津是从整体的角度,把生命现象视为一个复杂的自组织、自催化的过程。生命的自我繁殖,就是遗传物质因特种蛋白质(酶)的介入而被复制,它们按着保存在遗传物质中的指令进行自我合成,这种过程只有用非平衡自组织理论方法才能说明。

4) 随机涨落 远离平衡系统会失稳以至形成新结构的重要条件之一,是依赖于非线性的随机涨落,这种涨落来源于系统内部的分子结构。涨落是指达到热力平衡的系统,仍可能发生离开平衡态的微小偏差的一种现象。涨落产生是必然的固有现象,微细的涨落在任何情

况下总是有的。在平衡态附近所有的涨落都是衰减的，涨落只起很小的表面作用。但在远离平衡时，在不稳定点附近涨落有很大的反常，最初是小范围内产生，最后在大范围中出现“巨涨落”，并出现崭新的结构——耗散结构。因此，普利高津学派认为，耗散结构的形成是通过随机涨落来实现的。由于随机涨落在系统内部是随时都有的、偶然的、杂乱无章的，因此，对涨落问题的研究需要借助于概率理论。在这里，普利高津强调了概率因素的重要性。它的意义不仅接近和适用于生物的进化，在认识社会现象时，根据概率的思想，历史对社会新事物是开放的时，历史的发展方向并非唯一，人类将不断地作出前所未有的新发现、新创造。

5) 深化了量的概念 辩证法认为，一切事物都是质和量的统一。事物的变化首先是从量变开始的，无数的思想家和科学家对量均给予了不同的认识，这些认识对于量变如何引起质变是很有意义的，但不能解释质变的方向和性质。在普利高津的理论中，发现“一个开放系统从平衡态到近平衡态再到远离平衡态的非线性区时，系统内某个参量变化到一定阈值，通过自由涨落，系统就可能发生突变”<sup>[3]</sup>这里的“一定阈值”就是定量。这个定量不仅确定某一局部性质单纯量的变化，重要的是确定各种不同质的量的对比变化所引起的质变，正是这样才确定事物演化的方向和性质——是进化还是退化，是向着有序方向还是向着无序方向发展。耗散结构关于量和质的新意，正是从量的结构和构成来探索质变的途径。无疑对量进行了深刻的定性和定量的分析，深化和丰富了量的概念，从而进一步丰富了质量互变规律。

6) 耗散结构理论为社会经济发展提供了新思路 社会经济系统比无机界的物理、化学系统复杂得多，它的发展要受诸多因素的影响，因此，对它的研究还没有满意的模式。而耗散结构从系统内部的非线性相互作用出发，认为系统只有处于远离平衡的非平衡状态时，通过社会能量和物质的迁移，依赖涨落就能实现社会经济系统向有序方向发展。近年来我国实行的改革开放，为保证社会经济系统永远处于一个正常的开放系统提供了新契机。从耗散结构理论出发，理解开放是指社会系统是一个开放系统，它随时都与外界进行物质、能量和信息的交流；理解改革就是使社会经济系统从无序向有序演化的涨落，因此，我国现在所讲的改革，必须是全方位的改革才能保证经济系统充满新的生机。所以，我们只有全面坚持改革开放，才能保证我国跃入一个新的稳定繁荣的有序的发展道路上去。显然，耗散理论为研究社会经济系统的演化，开辟了新的思路，必将使其研究推向一个新的阶段。

### 3 结 语

耗散结构广泛存在于自然界和人类社会、经济系统中，它不仅是科学上的一个新的研究课题，对科学技术的深化发展，起到积极的推动作用，同时也因它包含了许多富有哲理意义的新思想，使理论学术界受到启迪，对哲学的发展也将起着积极的推动作用。相信，随着耗散结构理论的发展和完善，必将对科学技术和哲学的繁荣作出新的重要贡献。

#### 参 考 文 献

- 1 潘永祥. 物理学简史. 武汉:湖北教育出版社,1990. 367~368
- 2 吴廷涪. 新自然史——自组织理论与自然系统的演化. 北京:化学工业出版社,1993. 39~40
- 3 刘端直. 自然辩证法概论. 成都:成都科技大学出版社,1993. 431

(下接 39 页)

## Calculation of Ground State Energy for Li

*Kong Chungyong*

(Dept. of Physics, Chongqing Teachers College, Chongqing, 630047)

**Abstract** The ground state energy of Li is calculated by using the Ritz Variational method and numerical value investigation. The result is quite in agreement with the experiment value.

**Key Words** ritz variational method, ground state energy, analogy hydrogenion

✂ ✂

(上接 23 页)

## The Thinking on the Theory of Dissipative Structure

*Zhou Qiurong*

(Dept. of Chemistry, Chongqing Teachers College, Chongqing, 630047)

**Abstract** As to the relation between evolution and degeneration, there had been conflicts among traditional chemistry, physics and biology before the theory of dissipative structure was established by prigogine. This article aims at researching into the significance of the dissipative structure in the light of natural science and philosophical dialectics. It is of universal methodological importance.

**Key Words** dissipative structure, entropy, locality sequence, balancing