

# 系统哲学 之 数学原理

乌杰 著



人民出版社

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p_i(t) = p_i$$

$$\Delta F = \Delta E - T\Delta S$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p_{ij}(t) = p_{ij}$$

$$|\bar{m} \cdot \bar{\omega}| \geq \gamma |\bar{m}|$$

$$|\bar{m} \cdot \bar{\omega}| \geq \gamma |\bar{m}|$$

$$z(t) = \exp(\alpha \cdot t)$$

$$z(t) = \exp(\alpha \cdot t)$$



责任编辑:李之美

图书在版编目(CIP)数据

系统哲学之数学原理/乌杰著. —北京:人民出版社,2013.8

ISBN 978-7-01-012322-6

I. ①系… II. ①乌… III. ①系统哲学—研究 IV. ①N94-02

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第157970号

系统哲学之数学原理

XITONG ZHEXUE ZHI SHUXUE YUANLI

乌杰 著

人民出版社 出版发行

(100706 北京市东城区隆福寺街99号)

北京市文林印务有限公司 新华书店经销

2013年8月第1版 2013年8月北京第1次印刷

开本:710毫米×1000毫米 1/16 印张:10.25

字数:100千字

ISBN 978-7-01-012322-6 定价:28.00元

邮购地址 100706 北京市东城区隆福寺街99号

人民东方图书销售中心 电话(010)65250042 65289539

版权所有·侵权必究

凡购买本社图书,如有印制质量问题,我社负责调换。

服务电话:(010)65250042

# 序

在古希腊时代,哲学与科学是不分的。在中世纪,两者与神学混为一体。文艺复兴后,科学家采用了实验与归纳的方法,哲学与科学才逐步分道扬镳,而自然哲学仍建立在牛顿的力学基础之上。

在人类科技思想史上,哲学与科学总是互相验证、互相促进的,两者的内在规定性是高度和谐的。如果科学举证不了哲学,哲学引导不了科学,这种哲学只能是黑格尔的“同一性哲学”,是与科学哲学毫无关系的一种“虚狂”。

系统哲学与系统科学是一脉相承的,是自然科学尤其是系统科学高度抽象的理论化思维,是当代哲学科学思维的崭新范式,即“系统范式”。

我们这本《系统哲学之数学原理》,是用数学、自然科学、系统科学的理论,对系统哲学作出论证,以彰显系统哲学与自然科学的内在统一性。哲学的数理化历来是一个重大课题。因此,这本《系统哲学之数学原理》是一个有趣的创造,尤其是对当今中国来讲,具有划时代的意义。

1.本书证实了“系统哲学”是科学的,是当代思维的精华,是一种思维的新范式。

2.哲学与数学的对话,开创了中国与世界的思想史新的一页,是一个伟大的创造。

3.对中国的改革与建设提供了一个强有力的思想理论的支持,这一点具有十分重要的意义。

4.创立了一个新的研究方向:哲学的数学化与数学的哲学化。

5.为自然科学及人文科学建立了一个新的平台,是一次重要的科学的综合与发展。

杨桂通教授做了全书的编辑和数学推演工作。我们由衷地感谢他对系统哲学研究工作的热忱和对这本《系统哲学之数学原理》出版所作出的贡献。

爱因斯坦讲:我们的一切思维在本质上,都是概念的一种自由游戏。而我们这个《系统哲学之数学原理》的“自由游戏”,一定会推动哲学与科学的联盟,一定会造福当代科学技术与社会的发展。

乌 杰

2012年12月31日于紫竹书斋

# 目 录

序 / 1

## 第一章 系统 / 1

- 一、系统的类型 / 2
- 二、系统的数学定义与识别 / 4

## 第二章 事物(系统)发展演化的动力——差异协同律 / 7

- 一、差异的哲学 / 8
- 二、事物(系统)发展演化的动力 / 14
- 三、差异协同作用的数学模型 / 16

## 第三章 事物发展演化的形式——自组(织)涌现律 / 19

- 一、自组(织)涌现的哲学 / 19
- 二、涌现研究的普适数学框架 / 33
- 三、自组织效应 / 35
- 四、自组织临界性(self-organized criticality) / 37
- 五、支配原理与序参量 / 40
- 六、吸引子与自组织效应 / 46
- 七、分形与分维 / 52

- 八、突变现象特点 / 58
- 九、涌现、突变与混沌的区别 / 63

#### 第四章 事物(系统)发展演化的过程——结构功能律与层次转化律 / 71

- 一、涌现的层次性与结构的变化 / 71
- 二、分岔与结构稳定性 / 75
- 三、结构稳定性判据 / 84
- 四、结构状态的有序与无序 / 87

#### 第五章 事物(系统)发展演化的目标——整体优化律 / 94

- 一、朴素的整体思想 / 94
- 二、协同放大与整体 / 95
- 三、协同进化与整体 / 96
- 四、协同开放与整体 / 96
- 五、整体性与协同性的关系 / 98
- 六、整体优化原理 / 99
- 七、整体优化范例 / 100

#### 第六章 重要定理 / 104

- 一、关于和谐性 / 104
- 二、和谐社会 / 106
- 三、关于和谐性的定理 / 109
- 四、和谐性定理的启示 / 119
- 五、关于剩余功能的定理 / 121
- 六、关于最小熵产生原理的引申 / 125

七、关于自组织涌现的不可预测性的定理	/ 128
结束语	/ 135
参考文献	/ 141
附 录	/ 144
一、KAM 定理	/ 144
二、盖亚假说(Gaia Hypothesis)	/ 148
三、马尔可夫链	/ 150



# 第一章 系 统

系统哲学研究的是各类系统所具有的深邃的、复杂的哲学问题,包括对自然界、人类社会以及人类思维等领域的哲学思考和科学分析。容易理解,系统哲学是建立在自然科学、系统科学理论基础上的哲学。正如马克思说:“自然科学是一切知识的基础。”<sup>①</sup>系统哲学当然也不例外。马克思还指出,任何一门科学只有能够充分运用数学的时候,才算是达到了真正完善的地步。

这就是说,哲学也是以自然科学为基础,因而可以给出定量的论证的和数学证明。系统哲学是自然规律的概括和解析。

系统哲学认为:“系统思想之所以发展到量化的阶段,是现代科学技术发展的客观要求。”<sup>②</sup>

可以理解,系统哲学的创立是哲学发展的必然趋势,是科学技术发展和人类思维社会进步的必然。研究系统哲学离不开自然科学基础理论知识和一些必要的数理科学知识。

不夸张地说,所有的自然定律(包括热力学定律)一直并仍在继续控制着我们宇宙的所有事物的发生、运动和演化,包括人们的行为乃至生命。

---

① 《马克思恩格斯文集》第8卷,人民出版社2009年版,第358页。

② 乌杰:《和谐社会与系统范式》,社会科学文献出版社2006年版,第61页。

我们正在进入一个知识融合的新时代,即理论·实验·超算一体化的时代,哲学在知识融合中起着至关重要的作用。以下我们将涉及与系统哲学有密切关系的物理数学基础的理论问题。

例如,热力学第一、第二定律适应于人类社会的所有领域,即从物理学、化学、生物学到哲学、经济学、社会科学,以及人的思维、活动的全过程,也就是说,人类社会的全部活动都要受热力学第一、第二定律的支配。所以说,热力学定律对人类是非常重要的,是具有普遍意义的自然定律。

“系统哲学的产生,不是激情的冲动和门面的装饰,而是改革的、发展的、实践的需要,时代的呼唤,其生命力就在于不断地从当今实践中进行创新。”<sup>①</sup>要理解系统哲学之精髓,先应了解系统的含义。下面解释何谓系统。

## 一、系统的类型

系统是具有多元性、差异性、相关性和整体性。具体地说,系统就是包含具有一定数量的、多元多样性的子系统的整体,这些子系统之间具有差异性,但却相互关联、相互制约、相互协调。对子系统整体来说,它具有某种结构和相应的功能。系统是子系统的集合。若令各子系统分别为: $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ ,它们的整体为  $A$ 。则说集合  $A$  含有  $a_1, a_2, \dots, a_n$  个子集,记作:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\},$$

另有所谓大系统(Large system)、巨系统(Giant system)、复杂

<sup>①</sup> 乌杰:《系统哲学》,人民出版社2008年版,第331页。

系统(Complex system)、复杂适应系统(Complex adaptive system)等。这些是在特定条件下人们为了区别其研究的特点给出的称谓。我们这里暂不加以区别。即认为凡是谈到系统,它总是包含很多子系统,并不区分有多少子系统就是大系统,有多少就是巨系统,但对于复杂适应系统,则特指有人们意志参与的系统或指某些智能系统,通常称为复杂适应系统,等等。

若按系统的特性来分类,则可分为以下几类:

1.按输入输出特性分:线性系统(构成线性微分方程组—线性动力系统)与非线性系统(构成非线性微分方程组—非线性动力系统);

2.按热力学特征分:孤立系统(不受外界影响的内部自发运动过程的系统)、封闭系统(与外界有能量交换而无物质交换的系统)和开放系统(与外界既有能量交换又有物质交换的系统);

3.按系统的状态分:平衡态(平衡定态—没有外界影响下的定态,具有空间的均匀性,随时间变化最终达到不变的定态)、线性非平衡态(近平衡态—非平衡线性区)和非线性非平衡态(远离平衡态—非平衡非线性区)。

后两类状态——近平衡态和远离平衡态的概念很重要,要专门进行分析。

此外,还有所谓复杂系统。关于复杂系统的说法很多,Highsmith J.A.认为,复杂系统 = 简单规则 + 丰富关联。各家有各家的说法,这里不一一列举。

总之可以说,凡是线性系统,都是简单系统;复杂系统一定是非线性的,但通常认为有生命的系统或有人参与的智能系统才是复杂系统。故非线性是构成复杂系统的必要条件,而非充分条件。

一般认为,对于复杂系统要研究的内容很多,例如:

1.复杂系统的自组织临界性;2.复杂适应系统(CAS—Complex Adaptive Systems),即智能体(agent)的适应性问题;3.开放的复杂巨系统综合集成的理论框架是怎样的;4.高度最优化容限(Highly Optimized Tolerance)问题和针对复杂工程系统和生物系统;5.高确信、高因果系统(High Assurance High Consequence Systems)研究,即同时满足高可靠性、高安全性、实时约束性、保安性、容错性等不同要求。

复杂性系统的一些特性:多样性(diversity)、聚集性(aggregation)、非线性(nonlinearity),等等。

## 二、系统的数学定义与识别

以上所谈到的各类系统,从数学的角度看,系统就是集合——具有共同性质的事物的全体称为“集合”,记为  $A$ ,而其中每一个个别事物为该集合的元素,记为  $a$ 。 $a$  属于  $A$ ,记为  $a \in A$ , ( $a = 1, 2, 3, \dots, n$ )。而当不属于时,记为  $a \notin A$ 。

若有两个集合  $A$  和  $B$ ,若  $A$  的每一个元素都是  $B$  的元素,则称  $A$  是  $B$  的子集,(或子系统)记作  $A \subseteq B$ ,或  $B \supseteq A$ ,若  $B$  中存在不属于  $A$  的元素,则  $A$  是  $B$  的真子集,记作  $A \subset B$ ( $A$  是  $B$  的子系统)或  $B \supset A$ (或即  $B$  系统中有一个子系统  $A$ )。

在研究具体问题时,谈到某一个系统时,其中的元素都应该是确定的。但对某些问题来说,往往会遇到哪些元素属于该系统而哪些不属于的问题。例如,要研究对某校优秀生集体(集合)加强培养的问题。这时,“优秀生”就是一个模糊的概念。难以简单地,谁隶属于、谁不隶属于这个集合,而只能通过隶属于所论集合

(系统)的程度来刻画,即所谓要寻找“隶属度”。隶属度是建立模糊集合的基石。

在模糊集合中,除隶属度为0或1之外,通常属于或不属于是没有明确含义的。隶属函数是描述模糊性的关键。隶属函数的确定通常都多少带有人们的心理因素。常用的方法如模糊分布法——从给定一系列模糊函数解析式中选择出合适的函数作为自己的模糊函数。意思是说,观察到的模糊误差是一个随机变量,这个误差服从正态分布。

就是说,我们选择了正态分布函数作为模糊函数(图1-1a)

$$A(x) = e^{-k(x-a)^2}, x > 0 \quad (1-1)$$

分布规律为:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dz \quad (1-2)$$

或其他分布,例如 $\chi^2$ 分布,其分布函数为:

$$A(x) = \sum_1^n (\xi_i - a)^2 \quad (1-3)$$

其分布密度如图1-1b所示。

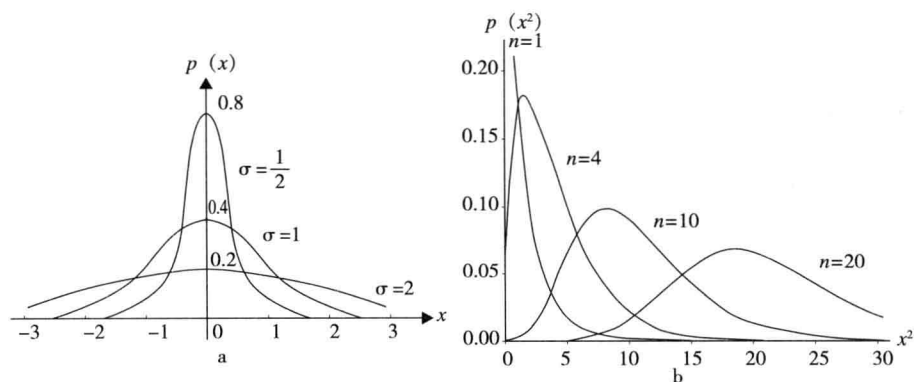


图1-1 正态模糊分布密度 a,  $\chi^2$ 型模糊分布密度 b

确定隶属函数或直接确定隶属度,都没有确定性的科学方法,常用的方法有几种,但都不可避免地带有一定的主观性。

下面介绍一种模糊识别方法:最大隶属原则。

最大隶属原则:设  $A_1, A_2, \dots, A_n$  是论域  $X$  中的几个模糊集合,给定待识别对象  $x_0 \in X$ ,求  $x_0$  应属于  $X$  中的哪个模糊集合?

最大隶属原则是一种用于个体识别的方法。就是说,对于给定的待识别对象:

$x_0 \in X$ ,若存在一个  $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ ,使得

$$A_i(x_0) = \max \{A_1(x_0), A_2(x_0), \dots, A_n(x_0)\} \quad (1-4)$$

则认为  $x_0$  相对地隶属于  $A_i$ 。

经常会碰到这样的问题,已确定要研究一个系统(集合)A,而系统B中有些元素似也应该列入系统A。系统B为一模糊集合,其中有些元素可能与集合A中的元素近似。如何把这类隶属度(隶属于集合A的程度)高的元素选进系统A来统一考虑?对于这类问题,我们建议:

1. 设定一组隶属条件(可以加权列出);
2. 设定隶属度  $M$  的标准,  $M=0$  为不属于,  $M=1$  为完全属于。例如令  $M \geq 0.7$ ,即可认为集合B中的该元素同时也属于集合A;
3. 逐个识别B中的元素,满足隶属度标准的元素,即可认为该元素也可隶属于系统(集合)A。

这种方法,显然,含有主观意志在内,因为隶属度标准的选定也是根据客观条件,人们自主选定的。

## 第二章 事物(系统)发展演化的 动力——差异协同律

“系统哲学是在马克思主义哲学与自然辩证法的基础上,结合现代科学的研究成果和新的理论成就,以客观系统物质世界作为研究对象的一门哲学的科学。系统哲学是对辩证唯物主义哲学的补充、丰富、完善和发展,是对传统哲学范式的一种超越,是现代辩证唯物主义哲学的新形态。”<sup>①</sup>

“马克思主义哲学是一切人类的共同的精神财富,它排斥一切门户主观之见,在它的全部发展中并不存在一脉嫡传的‘道统’。……系统哲学作为一种当代哲学体系,它表征着时代的高度和发展趋向。”<sup>②</sup>

传统的哲学认为物质世界发展、演化的一般规律为:对立统一规律,质量互变规律,否定之否定规律。并认为:“对立统一规律揭示了事物联系和发展的最深刻的本质,即联系的根本内容和运动发展的源泉和动力;质量互变律揭示了事物联系和发展的基本形态和形式;否定之否定律揭示了事物联系和发展的方向与道路。”<sup>③</sup>认为这就是物质世界发展演化的无可争辩的普遍规律。

---

① 乌杰:《系统哲学》,人民出版社2008年版,第1页。

② 乌杰:《系统哲学》,人民出版社2008年版,第330页。

③ 杨河主编:《马克思主义哲学纲要》,北京大学出版社2003年版。

上述传统马克思主义哲学对物质世界发展、演化一般规律的认识,实际上只是系统哲学所给出的普遍规律的部分特殊情况,在关键问题上忽视了问题的普遍性和复杂性。这些问题,在拙作《系统哲学》一书中已有详细的科学论述。

我们试图再次证实:事物发展演化的动力并非依赖于矛盾的同性和斗争性,以及事物发展演化的方式与途径是非常复杂的,一般是非线性的,而不只是质量互变和否定之否定这样单纯的简单过程。

下面说明差异不是矛盾,矛盾不是差异。

## 一、差异的哲学

差异存在于一切客观事物系统及思维的过程中,并贯穿于一切过程的始终。这是不同于互相排斥、互相对立的矛盾的基本点。

恩格斯讲:“同一性自身中包含着差异性,这一事实在每一个命题中都表现出来。”<sup>①</sup>

他还讲:“……两极对立在现实世界只存在于危机中。”“没有什么绝对,一切都是相对的。”<sup>②</sup>

否认事物系统的差异,就是否认了一切,就是否认世界上所有的存在,这是粗浅共通的道理,古今中外,概莫能外。

---

① 《马克思恩格斯文集》第9卷,人民出版社2009年版,第470页。

② 《马克思恩格斯文集》第10卷,人民出版社2009年版,第601页。



### 1. 差异的普遍性

黑格尔认为：“同一过渡为差异，差异又过渡为对抗。”<sup>①</sup>

黑格尔还反思了“同一——差异——对立——矛盾”的公式。这里的同一，应该是宇宙大爆炸前的起始点——奇点——的状态，就是奇点的零时空，也就是量子引力时代的虚时空。

在奇点内聚集了 450 多种的粒子和这些粒子所携带的四种基本力(引力、强力、电磁力、弱力)，这是原始粒子所带来的原始差异，可以称为“自在的差异”，也是奇点的差异。

这些差异引发的随意量子涨落、放大效应，在系统内外自组织、自协调的作用下诸差异转化、湮灭，产生新的粒子、新的涌现、新的差异，以及许许多多的层次、结构、功能、系统。在新的差异系统基础上继续演化，慢慢地会形成一种特殊超循环的序列结构。这个差异的超循环结构有自我选择和自我创新的能力。它的进一步演化出现了超大级的超循环系统，并逐步地形成了我们现在的大千世界：浩渺灿烂的宇宙、多姿多彩的人类社会。

可以说差异是基督教中的“上帝”、佛教中的“涅槃”、道教中的“道”。没有差异的普遍性，也就没有现在的世界和现存的一切。没有差异，一切现实存在的东西都无从谈起。

我们可以从宇宙的创生期开始研究。

#### 在普朗克(宇宙创生)时代：

时空形成，即时空量子化、粒子形成，时空可以测量。引力产生，强力、弱力、电磁力还不能分开。轻子与夸克相互转化。但是与引力、轻子和夸克的互相排斥、相互对立的“矛”与“盾”并没有出现。只有粒子之间的差异与引力的差异，这里出现的是粒子与

<sup>①</sup> 黑格尔：《逻辑学》下册，人民出版社 1974 年版，第 64—65 页。