



梁美灵 王则柯著

混沌与 均衡

纵横谈



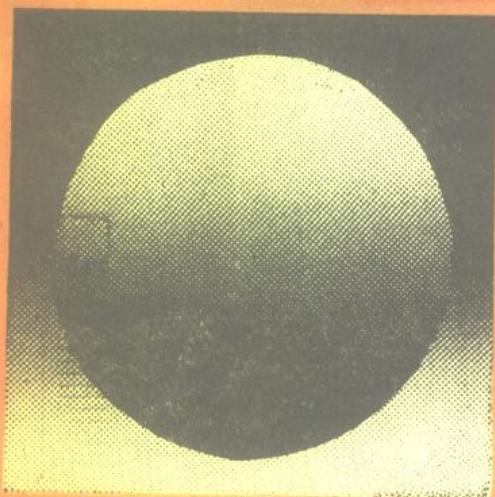
混沌与 均衡

纵横谈



梁美灵 王则柯 著

生活·讀書·新知三联书店



责任编辑：耿 捷

封面设计：罗 洪

混沌与均衡纵横谈

HUNDUN YU JUNHENG ZONGHENG TAN

梁美灵 王则柯

生活·读书·新知 三联书店出版发行

北京朝阳门内大街 166 号

新华书店经销

世界知识印刷厂印刷

787×960毫米 32开本 9.75印张 143,000字

1991年4月第1版 1991年4月北京第1次印刷

印数 0,001—2,000

定价 5.20元

ISBN7-108-00339-2/C·20

前 言

一九八六年夏天,美国密执安州立大学数学系李天岩教授应邀访问了中山大学,航天部,吉林大学,北京大学,科学院理论物理研究所,西安交通大学,杭州大学,福州大学,在混沌理论和同伦方法方面做了一系列讲座。根据这些演讲以及讲座外的谈话,我以青年学生和青年学者可以从这些很有启发性的新发展中学习科学研究的方法为宗旨,写了一些短文发表在《自然杂志》和《大学物理》等杂志上,受到读者欢迎。

我原来是学电气工程的,曾长期在科研单位工作,现在任职中山大学图书馆参考咨询部。对于生物学、经济学、数学和理论物理学我是外行,但我对于新学科、新方向的发展比较注意,对边缘科学的生长优势尤感兴趣。我觉得,收集和筛选这样的材料、故事,从科学研究方法论的角度组织起来,不但对于非专门家了解科学的这些新发展有

好处,而且对于关心科学发展和立志科学事业的青少年读者会是很大的帮助。这一想法,得到生活·读书·新知三联书店特别是沈昌文先生的宝贵支持。因为先前已收集和积累了比较丰富的资料,许多故事和许多人物早已零散地在我头脑里活现,所以倾注全力工作了半年,在王则柯先生的指导之下,终于写成了这本小书。

一九八六年六月,在中山大学研究生院成立大会上,中山大学名誉教授杨振宁博士专门就学习方法和科研方法问题作了一次精彩的讲演。杨教授提倡青年学生兴趣面要宽,知识面要广,指出二十世纪科学的许多新发展都是学科交叉渗透的结果。杨教授讲话的思想力量深深地打动了,何况演讲中还特别谈到了混沌理论的故事和意义。应该说,杨振宁教授的演讲,对这本小书的完成起了很大的促进作用。

本书主要介绍生物学、物理学方面混沌理论的诞生和经济学方面一般经济均衡理论及其计算方法的发展。除了生物学家、物理学家、经济学家以外,数学家的积极创造对上述发展的贡献很大。在执笔的时候,我觉得单纯讲一些故事或花絮,是不能满足读者的要求的。如果完全不介绍这些理

论的本身，故事就难免浅薄。对于混沌理论和均衡理论，我既是专家意义下的外行，又是情报文献方面的有心人。用我能够理解的语言向读者介绍这些理论的某些最有趣、最具普遍性意义的内容，也许正是读者所需要的。所以，本书有一些章节段落会深入这些理论的本身，但是用到的预备知识不超过中学的水平。青少年读者费点力气把这些章节段落读懂，是完全值得的。但是，如果头一次阅读时对故事以先睹为快，不想马上费脑筋，也可以跳过这些章节段落先看下去，待以后有兴趣时再回头细细琢磨。物理学和经济学的这些新进展，具有深刻的哲学内涵。所以，介绍这些新进展的普及性读物，还会受到社会科学工作者的欢迎。

除了杨振宁教授的演讲和李天岩教授的讲学和谈话以外，本书还参考了许多文献。中文文献中特别要提到的是史树中教授、张景中教授、朱照宣教授、郝柏林教授等人的论著。美国普林斯顿大学生物系教授罗伯特·梅，专门为本书的写作寄来丰富的文字资料。对以上提到的各位，谨表示衷心的感谢。My special thanks go to Professor Robert May for kindly sending me a rich collection of his writings.

这毕竟是一次尝试。成功与否,有待读者的批评。至于局部的缺点或失误,更是在所难免,诚恳地希望专家和读者指正。

梁美灵 谨识

一九八八年九月

目 录

前言	1
引子	1
——杨振宁教授谈学问之道	
一 数学：周期三则乱七八糟	6
1 人类对宇宙的认识面临挑战	6
2 博士生李天岩的小题目	9
3 什么叫周期点	18
4 沙可夫斯基走在前面	26
5 周期三的麻烦	36
6 混沌的深刻含义	46
二 生物：生物科学和医学中的混沌理论	61
1 物理学家梅教授“自我消失”	61
2 以归纳为基础的生态学讨论	67
3 生态学研究动力系统方法	75
4 生物数学万花筒	92

5	生物工程进展	105
6	作为科普作家的罗伯特·梅	117
三	物理: 菲根鲍姆常数	127
1	优秀而没有成果的学生	127
2	在“科学地狱”的门口	135
3	周期倍增分叉现象	141
4	菲根鲍姆普适常数	154
5	不稳定性与伪随机过程	166
6	物理学的新篇章	176
四	经济: 一般经济均衡理论	187
1	纯交换经济一般均衡模型	188
2	瓦尔拉斯法则与帕累托最优解	195
3	两位经济学诺贝尔奖获得者	207
4	不动点定理	220
	——绝大部分数学家知其然不知其所以然	
5	斯卡夫开创不动点算法	234
6	高度非线性问题的数值解法	248
五	数学: 应用的广阔天地	253
1	站在巨人的肩上	253
2	凯洛格、李天岩和约克的贡献	259
3	可能性为零不等于不可能	267

4	富有色彩的斯梅尔教授	279
5	经济学与计算方法	285
6	经济效益最大的数学方法	291
六	结语	298

引子

——杨振宁教授谈学问之道

一九八六年六月二十七日，中山大学研究生院举行成立大会。中山大学名誉教授、著名物理学家杨振宁博士向到会的二千多名师生作了专题演讲。

杨振宁教授特别谈到了如何做学问的问题。他说：

“一个研究生，在他研究生生活的几年期间，对他自己最大的责任，就是把自己引导到一个有发展的研究方向去。”

杨教授指出一种现象：到一所好的大学里去跟研究生接触，发现他们都很聪明，都很好学，因为一所好的大学通常是不会接受一个素质太差的研究生的。可是过了二十年，就发现这些人后来的研究成绩悬殊很大，有些人非常成功，有些人却颇令人失望。这是什么道理呢？杨教授说：

“最重要的道理，就是那些成功的人找到了一个研究方向，这个研究方向在他们研究生这个生活阶段以后的五年到十年之内大有发展。这样，他随着这个研究领域的发展而发展的可能性就变得很大了。这常常是相辅相成的：他贡献给这个研究领域，而这个领域的发展又使得他自己前进的道路更宽广。就是这样，许多人做出了许多创造性的工作。

“相反，有许多研究生，能力本来是很强的，可是在做研究生时，自己走进了死胡同。这个胡同当时看起来还很好，但这个研究生不知道表面上还很兴旺的一个领域，事实上已经是强弩之末了。这样，等他取得博士学位以后，这个领域里最重要的东西别人已经做过了。遇到这种情形，又不善于改变自己的方向，那么费了很大力气，却没有得到很大成功。所以，一个研究生最重要的事情，就是选择一个有发展有希望的领域。”

这样，许多人不免要问：那末，哪个领域才是最重要？哪种选择最正确呢？杨教授说，这是没有现成答案的，最重要的是每个研究生应该自己去寻找，凭着自己的判断，寻找以后容易发展的方向。这就要求每个学生尽量使得自己的兴趣面广

泛些，尽量使得自己的知识面广泛些，而不能念死书。

杨教授分析了中国的一句古训：知之为知之，不知为不知，是知也。他说，这句古训是有很深的哲理的，因为如果一个人弄不清楚什么东西是他懂的，什么东西是他不懂的，就难免发生混淆。但是，如果对这句古训信仰得太厉害，就会走到另一个方面，那就是不愿意接触那些他一时还不懂的东西，认为要知道别的东西，就要像听一门课那样学，否则就不应该去接触这些东西。

杨教授说，美国的学生却正好相反，常常在乱七八糟之中，就把东西都给学进去了。他们知识面广，同时漏洞也多。但这不是什么了不起的事情。例如氢弹之父泰勒教授，他的主意非常之多，每天恐怕有十个不同的主意，其中可能有九个都是错的。但他不怕讲出来，不怕出错。等到他的错误见解被别人或被自己纠正过来时，他就又前进了一步。所以，杨教授建议美国学生学一点中国传统，中国学生学一点美国传统。怕出错，不敢接触新东西，不敢提出自己的见解，是没有出息的。把自己训练成有独立思考能力的研究工作者，特别重要。

为了做一个成功的研究工作者，杨振宁教授

特别提倡跨学科的兴趣,跨学科的研究。他指出:

“二十世纪科学技术发展飞快。在这飞快的发展中,出现许多新的研究领域。一个人如果对好几个领域都有所了解的话,常常可以做出非常重要的贡献。”

杨教授在演讲中举了两个例子。一个是CT断层扫描。这是最近十几年来通过技术和医学两个方面的发展而产生的新的医学技术,对人类医学无疑是一个大的贡献。CT扫描的观念最早就是美国一个物理学教授提出来的。他因为懂X光衍射,对于医学也有兴趣,对于计算机软件知识也很熟悉,这三方面的优势加在一起,就发展成CT扫描的理论。另一个是最近八九年在物理学和数学方面的新的研究领域,叫做chaos,即混沌现象。对于混沌学的发展,一位叫做菲根鲍姆的年轻人起了很大作用。他是物理学博士,但对计算机有很大兴趣,所以整天摆弄计算机。他把数学、物理学和计算机的知识联系在一起,最后就创立了混沌学这个新的研究领域。

杨教授最后指出:

“毫无疑问,在今后的二三十年之间,这种汲取了各个不同学科的营养的真正创造性的工作,

会层出不穷。希望大家尽量使得自己的知识和兴趣广泛一些。多知道各学科的知识以后,就会产生这种跨学科的创见。”

杨教授在这里谈的,是科学研究的方法。青年学生和青年学者要了解科学的发展,必要时要敢于和善于改变方向。青年人不要以为自己的知识越专越窄越好,这样会把自己的路堵死。他们有责任多了解周围的发展,使自己的道路变得宽广。人们常说机遇,机遇要靠自己去寻找。这些道理,对于正在探索现代化之路的中国广大青年,不论是做工务农还是治学经商,同样是非常重要的。

杨教授特别谈到了混沌理论。本书将以混沌理论和经济均衡理论的发展为中心,介绍几位卓有成就的学者在科学研究的前沿所经历的曲折动人的成功的探索。作者深信,他们的成功之路,就是杨振宁教授提倡的道路。愿他们的故事,启迪我们的读者进行有益的思考。

一 数学：周期三则 乱七八糟

1 人类对宇宙的认识面临挑战

七十年代，人类对自然和社会的认识面临挑战。

马克思曾经说过，一门学科，只有当它能够成功地运用数学方法时，才能真正称得上是一门科学。的确，每一门学科都把成功地运用数学作为自身成熟的标志。数学总是以其简洁性、明确性，把科学问题的实质展现在人们面前。

然而，世界并不像以往的数学那么单纯。今天并不能完全预知明天。如果你总是想用一加一等于二的模式去理解世界，就注定要碰钉子。试看，股票市场的行情仿佛按照价值规律在准确地运行，某种股票要的人多了，价格就上升，某种股票信用下降被人冷淡了，价格就下跌，一切似乎都很

有规律。不料一夜之间，会发生价格的全面暴跌，许多股票市场的老手也应付不了这种突变，纷纷跳楼自杀。这不是什么虚构的电影分镜头剧本，而是一九三〇年美国纽约市的真实情景。再看，烟头上一缕袅袅上升的青烟，会突然变成层层烟圈，四处飘散。为什么即使是在无风的条件下，也不能一缕青烟一直飘到底？闷热无风，空气似乎僵凝住了的天气，突然爆发出风暴；缓慢的地质运动和突然而至的葬送成千上万人的生命的地震；还有心肌梗阻、生物的种群繁衍振荡，这些自然界的突发的灾变现象到处可见，真是层出不穷。即使在风洞的实验室条件下，按理说气流是很规矩很理想的，但一面比较长的旗帜也总是要呼啦啦地飘忽不定，并不会像一块玻璃平板那样平坦地展开。种种现象似乎都有趋向于紊乱结局的倾向。所有这一切都使人觉得，自在的宇宙和理性的数学各唱各的调，常常走不到一起。

数学本身就那么听话吗？也不。以最简单的叠代公式

$$y = 15x(1-x)/4$$

为例，应该说是够简单够明确的了，不料却会导致意想不到的紊乱结局（后面几节和第二章第三章