

● 系统生态学

XI TONG SHENG TAI XUE

XI TONG SHENG TAI XUE

(美) H.T. 奥德姆 著
科学出版社

系 统 生 态 学

〔美〕 H. T. 奥德姆 著

蒋有绪 徐德应 等 译

科 学 出 版 社

1 9 9 3

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书为美国著名生态学家 H.T. Odum 创立系统生态学的力作,在现代生态学理论和应用发展上具有里程碑意义。他运用系统理论、系统分析与模拟手段,从能学角度为生态系统理论和应用赋以新内容,提出了系统生态学的内涵、任务、理论和方法的体系,以及创建了一套系统生态学语言,以各层次的生态系统的丰富实例阐明系统的结构、库与流、自催化、交互作用、能质、能等级以及能分配、信息、序等功能特征和过程,以新的观点论述了系统的整体性、复合性、空间格局、多样性与演替,所论不仅涉及各种类型的自然生态系统,而且分析讨论了有人类活动参与的城市、地区、国家及世界范畴的自然社会经济模型。

本书不仅对从事生态学、系统学的研究和教学有参考价值,而且对从事农林业、环境、城乡建设、区域整治、国土建设规划等涉及自然-社会-经济复合系统的运筹、设计规划者都有指导意义;从事生物能学、生物电学、生态经济学、社会经济学研究和教学者也能从此门交叉学科理论中获益。

H. T. Odum

SYSTEMS ECOLOGY

An Introduction

John Wiley & Sons, 1983

系 统 生 态 学

[美] H. T. 奥德姆 著

蒋有绪 徐德应 等 译

责任编辑 于 拔

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1993 年 3 月第 一 版

开本: 787×1092 1/16

1993 年 3 月第一次印刷

印张: 49

印数: 1—1 500

字数: 1 144 000

ISBN 7-03-002925-9/Q·387

定价: 43.10 元

译 者 的 话

《系统生态学》是美国著名生态学家 H. T. Odum 于 1983 年出版的力作。尽管此书为个人所论,但由于它系统完整地系统生态学提出了一个理论与技术的体系而对生态学发展具有时代的意义。H.T. Odum 教授早在 60 年代就开始探讨系统论思想与生态学原理的耦合。1966 年起他在美国北卡罗来纳大学教授生态学时,即以此思想构思系统生态学的基本内容、理论和设计、模拟的技术,编写成教材,并逐渐修改、补充,乃得今日成书。作者在系统论和微机技术发展不久,即探求系统生态学,不仅反映作者学术思想敏捷,以学术探路者的勇气和胆略而言,也说明了作者科学知识的广博和研究实践根底的深厚。

本书集生态学、系统学、数学、物理学、化学、经济学、计算机技术等于一体,来描绘生态系统(或生态-经济系统、生态-社会系统)的结构与功能,其难度很大。这一尝试能有所获,乃与 H.T. Odum 教授一生的学术水平和研究经历是分不开的。他生于 1927 年,1950 年以“铍的生物地球化学”论文在耶鲁大学取得博士学位,后来从事过水生生态系统(溪流、海湾、热带水域)的第一性生产力、水生微生物群落的结构与功能、热带雨林的生产力与能量利用等研究。60 年代,他为美国原子能委员会在波多黎各的热带林试验站所做能量研究,使他对陆地最复杂的生态系统功能从能学角度在理论上、技术上做了探讨,这是一段非常重要的科研实践经历。70 年代,他的研究领域扩展至人类所参与的生态系统、环境系统,乃至社会经济系统,并结合其研究,以化学、物理、经济过程为基础,探讨了诸如系统的能值、能质、功与能的回路、熵等各种理论问题和各种系统的模拟技术。其著作颇丰,足以反映他学识之深广,探求精神之可佩,于是才打下了此书的基础。此外,作者善于多方切磋求教,也是他完成此巨著受益匪浅的品德。

本书理论和技术上的特点是以能学为基础,为理解系统功能的钥匙,对生态系统的概念、结构、功能、设计要素、模拟技术作了阐述,并以各种规模、各种水平的系统模型作为实例加以介绍说明,提出了一套设计用的系统生态学图解语言。本书在美国问世后成为一本有影响的著作,值得向我国生态学和系统学界加以介绍。当然,正如任何新的学术理论、方法和研究途径的提出,都是由不完善开始的,需要提交世人评论、质疑和由实践检验,不断加以修正和完善,作者也正是这样对待自己的著述的。

本书由蒋有绪、徐德应、王彦辉、聂道平、董世林、王凤友等翻译,蒋有绪、徐德应等审校。由于本书不乏新的概念、术语,给译者带来不少困难。译文中错误和不准确的地方,希望读者指正。

H. T. Odum 曾于 1978、1990 年两次访问中国,对我国留有深刻的印象。他为本书中译本写序,反映他对中国同行的敬意;他还表示在他今后的研究中将包括中国的实例。

本书的出版,除了感谢作者 H.T. Odum 教授的支持外,还应当提到中国科学院生态环境研究中心和中国林业科学研究院林业研究所生态室对本书出版的资助,反映了我国生态学家和所有有兴趣的读者对得到本书的迫切愿望和心情,译者在此表示感谢。

蒋有绪 1991 年 4 月

中 译 本 序

地球由于自组织过程,正发展着人类与自然共生关系的新格局。本书涉及环境系统以及对人类经济的适应。以往,自然和人类社会的发现系统方面常带有尝试性和谬误。然而现在,系统生态学有助于我们理解和自觉设计出能量作用过程、土地和水的利用、物质循环和多样性的更好的类型。整体的系统观乃是认识和预测的起点。

能系统语言有助于思维,使之能同时看到部分、过程和全部。解决任何环境问题的恰当途径是设计一个大一些的系统,认识更大一些系统的机制在所关心的事件中所起的作用。基础科学需要研究小系统如何适应大系统的方式,以及对系统的部分的研究。像形的应用早已作为中国语言文字的一部分,这也许使得中国更能适应能系统语言。在教育方面,联结、网络、系统等思维对补充文字的和数量的技艺是很重要的。

本书涉及一个新的领域。生态经济乃是资源利用的宏观生态学。现称为 EMERGY 的“体现能”(embodied energy)评价,可能是自然界对一个国家的经济贡献的正确衡量。钱只是衡量人的贡献,而“体现能”则同时衡量人的贡献和环境的贡献。最大化的货币流并不产生景观对人类和环境结合体的最大经济贡献。我们不妨重述一下老的“最大功率原理”:最大化的“体现能”可使系统实现最大的潜力而胜过其他替代的设计。

生态工程是设计人类利用自然的共生伙伴关系格局的一个新名词。中国有着数千年发展生态工程系统的历史,如农村稻田栽培,以及把美观、反馈设计、多样性、再循环和持久产量等融为一体的农村生活。本世纪的部分挑战就在于如何对这些古老系统补充一些添加能量和经济发展而不丧失其原有优良特性。

在中国有一种生态学的巨大挑战,即在低价维持地力的自然途径下,以生态演替、利用动植物、微生物的多样性来重建土壤。这要以一些复杂的森林和其他植被来自然播种裸地。要鼓励运用鸟类来使土地在经济利用与复原之间的循环中持续利用得更容易一些。

系统生态学应用微机来补充思维和使模型活化。当一个人以图解方式制图和思考,就是自动在从事一个包含真实世界等级特征、数学相关和能原理在内的动力学模型。一旦画出图解和有了定量评估,就容易写出问题和在小型计算机上模拟。模拟犹如一个有控制的实验,它会告诉你,在给予模型的条件后会发生些什么?它可以应用于从分子到全球任何大小系统,这是件令人兴奋的工作。本书包括种群、群落、生态-经济界面、区域和全球系统等篇章。在中国进行各种大小系统的工作和介绍中国在全球中的作用是何等了不起的事情!

Howard T. 奥德姆

于美国佛罗里达州盖恩斯维尔

1989年3月

[蒋有绪 译]

《环境科学与技术丛书》序

环境科学技术专著、教材及进展丛书是奉献给环境质量研究和环境保护技术的。环境科学,与环境污染或环境改变的化学、物理学和生物学变化有关系;与受人类工农业和社会活动影响的空气、水、土壤、食物和废料的物理性质和生物学行为有关系;与控制 and 改善环境质量的科学技术应用有关系。

从人类首次集居于村庄并利用火开始,在指数般增长的人口和工业化社会不断加剧的冲击下,环境质量的恶化就作为一个严重问题而存在。空气、水、土壤、食物的环境污染已开始成为生态系统诸多的动植物群落持续生存的威胁,并可能最终威胁人类的生存。

显而易见,如果我们为了子孙后代而保护以往世界的生物学秩序的一些外观和希望,在城市进行着恶化的水准上改善公众健康的话,环境科学技术必须尽快在设计我们明天的社会和工业化结构上起主导作用。必须科学地建立环境质量的严格的准则。在某种程度上,必须以这些准则为基础建立起切实可行的标准,并取得相应的技术进步。很明显,文明将继续对燃料、交通、化工、肥料和农药等等提出日益增长的需求;继续产生各种各样的废渣废料。迫在眉睫的是需要一个通向现代文明的完整的系统。通过这个系统,所有集聚在一起的科学家、工程师们和社会科学家、医学工作者通力合作,就可以把人类环境中互不相干的部分集中到发展合理的秩序和平衡上去。所需要的大多数技艺和装备均已具备。既然技术能引起如此多方面的环境问题,我们有权希望,技术无疑也能解决这些问题。这就是我们指望环境科学技术丛书不仅肯定鞭策有造就的专业工作者,而且有助于鼓励在此充满活力的领域内向本专业机遇迈进的学生们。

Robert L. 梅特卡夫

【蒋有绪 译】

前 言

20 世纪发展起来的人类知识中具有令人目眩的复杂性,如果要很好地应用这些知识,就需要一个逐步一致起来的概念来统一对众多类型系统的理解,并简化对一般原理的讲授,此即本书的立意。由于研究的背景不同,对具有惊人多样性的系统,就产生了各不相同的学科。在这过程中,许多新的思维和表达关系的方法被构想出来。由于应用系统的语言,对比系统的比较研究已经对生物圈不同领域的物质、能和信息的变化过程表现出相类似的设计图。

可以通过综合和比较的观点来进行普通教育。本书就是以 1966—1970 年北卡罗来纳大学、1970—1981 年佛罗里达大学的初级教材为基础写成的介绍一般系统的教科书。

以模型方式表述概念和理论,以及这些模型的应用研究,正在变为标准化和任何科学研究可能必需的部分,成为组织理论和实践的几个常用的技术学科之一。有些人相信建模和模拟必须伴随于自然和人类卓有成效的调查研究。

环境的系统,有时称为生态系统(ecosystem),已经被系统生态学的大学生们所研究。系统生态学是研究整个系统和包括研究由个别的部件和机制所产生的全部行为以及测定系统设计图的细节。各类不同系统的计算机研究开始向我们显示出检验系统设计图所需要的认识方法。系统生态学所研究的现象本身是很重要的,它构成人类与自然伙伴关系的基础。生态系统也适合用来讲解一般的系统。在大小上介于显微和天文之间的生态系统,它的部件易于识别,因此可用来突出相互关系的研究。主要问题在于探求得过细,是长期太专注于树木而对森林视而不见的问题。

本书介绍生态系统,概括所有系统的基本原理,并经常引用生态系统例子来阐述系统设计和功能的共性问题。

20 年已经过去了,但在试图用系统语言来比较系统时,没有一种可利用的语言能同时说明系统的所有各异的特性,这种情况反而变得越加明显了。举例来说,能学方程式主要为了有别于动力学。由电学系统发展起来的图示符号并不为生物学所接受,因为很多主要特征,如自我维持,并未被电学所接受。许多数学公式忽视了能量的约束因素(constraints)。即使在系统科学中也有用不同过程间的差别进行分析和在某一个时间只研究其一个过程的倾向。如在某一时间建立一个元素的循环模型,而现实世界的系统却是在同一时间进行着所有的过程。

在这一段时期,作者及其他地方的同行们曾企图从需要的其他语言中综合发展一种能把实际系统特征综合起来的系统语言。一种能路(energy circuit)符号和图示的语言就从力能学、能学和经济学中综合发展出来了。它采用符号形式的数学,但同时保持能学规律的思路。在其应用过程中可以了解到图示本身乃是为思维活动的而出现的理性和感性的数学方式,而这种思维活动是为着扩展同时观察整体和部分的能力。

新能学原理出现了,诸如推论最大功原理、能的等级原理等。也许并不能证明这些原理具有普遍性,但许多应用试验表明有这种普遍性。本书的另一目的,是把与最大功原理相一致的观察和可能形成的推论方式集为一体。生态系统特有的能链和反馈网络可以在所有的系统和由能量的约束性定律所解释的系统设计中找得到。

终于找到了可用于讲授系统和比较系统语言的语言了。它可以提前作为补充教材来直观地讲授数学,并提高学习数学的兴趣。有两本早先为初学和中等水平者写的书,就是以半数量化方法采用这种语言来介绍系统的,并且说明作为形成自然平衡中的一个主要普遍共性的能行为。与此同时,科学论文、研究生课题和学术讲演已经应用这类语言作为能学分析、直观建模、模拟、设计和公共政策的工具。

虽然能路语言普遍贯穿于本书始终,但也提供其他的系统语言和方法,并且译为能路语言,以有助于语言间的转译和共同观点的发展。也曾考虑进一步把图示标准化,特别是用能质原理来处理好符号。

本书的目的还在于帮助(1)讲授系统的本质及其理论,(2)介绍系统生态学,(3)以比较方式介绍许多不同大小等级的自然系统,(4)应用能学语言来总结比较自然和人类系统,(5)讲授系统语言,并以建模途径来认识系统,(6)统一力能学、动力学、能学、环境和经济学的概念,(7)提供统一能级、能质、最大功选择和脉冲控制等普遍性的根据,(8)介绍能分析理论,(9)寻求介绍和统一普通生态学的更严密化和整体化的办法。

本书分四篇:第一篇,以能语言介绍系统和模拟。在第一章介绍系统概念和第二章简要考察了生态系统之后,用几种语言来考虑贮存现象和线性系统,接着介绍微数字计算机和模拟计算机。在作者的课程安排下,学生开始直接模拟模型,从而能灵活运用。具有绘图程序的微机目前到处已成为全部课程的标准部分,因而不作进一步叙述。逻辑系统、程序设计语言和其他语言在第四章介绍。第七章讨论开放系统的能原理和能语言的表述。

第二篇,为设计要素,包括第八章到十三章,按照相互作用、回路、系列、平行关系和网络等结构,介绍各类不同系统,还包括有许多有关种群生态、生物化学和电子学的基本模型。

第三篇,关于组织和格局,包括第十四到十八章。关于系统设计的能和信息特征,包括时间、空间、联结和谱相(spectral aspect)。还包括许多的一般科学概念。

第四篇,为第十九到二十六章,关于人类和自然系统,有地球系统,包括生产者、消费者,无人生态系统、有人生态系统、经济系统,大范围的环境系统,包括城市、地区、州、国家和世界。第二十七章总结,着重重述考察任何系统的思维和研究程序,以及解决问题的方法。建议了一个万能的微模型。

每章提出研究问题和一些参考资料,以更加完善对命题的论述,并力求完善对系统的介绍。其他人在总结系统和系统的研究方面也有不少极好的结果。在此范畴内令人感兴趣的部分在于组织学识方面可替代的方法竟是如此丰富多样。模型乃是人类常用以帮助理解事物的一种简化过程,而广义的建模几乎成了学问的同义语。本书是基于这种指导思想下编写的,也就是一个课目的老师应当介绍其多样性和用一代表性著作来总结其方法途径。然而,指导思想还可能在于使老师有义务来强调一个思考体系,足以使概念

统一化和简易化。

系统研究的创造性已经由许多语言和定量模拟所发展了。每种语言不同程度上都有其支持者，他们都把自己支持的语言作为致力寻找统一共同命名的语言。一本好的教材和总结，要为多数通用语言所能利用。某些概念需要一个专门语言来很好地加以表述。某些语言已有大量的著作出版，而另一些语言只是为计算技术有交接面而部分地需要。某些语言已有成功的应用，而另一些则因它们赋人以优美感而吸引人，有些则需要鼓励人们去学去用。因为符号、知识程序、思想方法都不相同，理想的是，一个人不应当受其思想和效果的妨碍。此书对其他语言介绍得比较简单，同时尽量把它们转译为能路语言。

在前面一些章节中已经建立了与能量图相当的方程式以后，在较后的章节中就采用图解而不再采用冗长的对等的方程式了，因为图解已经作为严格的对等表述了。

本书本作为一学期的课程来编写的，比现有的篇幅要长些。《生态的和普通的系统》以分节方式和后半部大部分章节供选用的方式以供一个学期内讲授，如果学生同时学习编程序、矩阵代数和数理方法的话，作为一年课程可能比较合适。近年来在我的课程里要求演算和以某些学科、工程或数量化研究领域的领先地位作为先决条件。学生如果具备数学、生物和地球科学或物理学的话，他们在其他领域会干得不错的。自从有更多的人从英文的解释的好处中得益，我对这两本书重新作了安排。在不必匆忙地讲过前七章后，反复测验直至所有学生达到“较好”级水平，使具有不同背景的这些学生们都能使用共同的语言。有三分之一的课程是用于模型模拟那些包括宏观微模型在内的课题，这些课题是围绕重要争论点、客观评价、分级、文字或口头论述。这些模型都保持不超过四个贮存和三个相互关系。三分之二的课程是用于测验，如果学生是用微型机来做模拟的话，则第五章中关于模拟计算机部分可以省略。自从模拟图在说明文献中极常用到以后，某些模拟图需要作为语言来学会。

每一章最后一节都有建议的读物（译者注：中译本集中在书后），这对说明可替代的途径和丰富视野是特别重要的。建议读物包括一些解说清楚的教材、经典著作和参考论文。

许多很快涌现但又消失的文献，只要它们想把系统的元素结合为一个连贯一致的生态科学，对我们的学习来说，就仍然是领先而富吸引力的。

Howard T. 奥德姆

1982年9月于

佛罗里达州盖恩斯维尔

【蒋有绪 译】

致 谢

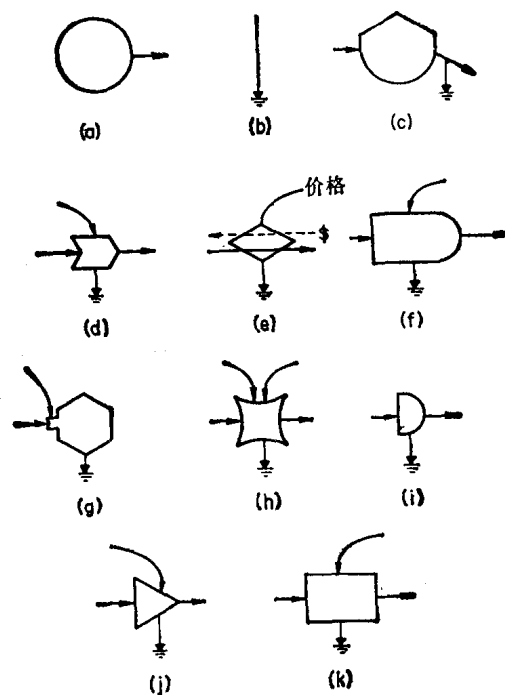
我感激在发展生态系统理论、能量分析和对宇宙间一般系统建模的过程中与我共同奋斗的学生和同事们。这些研究属于洛克菲勒基金会、国家科学基金会、海军研究办公室、原子能委员会及能源处、水资源研究所、海洋供应行政署、内务处、核协调委员会及其他单位的项目获得到它们的拨款。作者衷心感谢如下导师：Howard Washington Odum, Eugene Pleasants Odum, Robert Ervin Coker, George Evelyn Hutchinson, Warder C. Allee 和 John Bugher.

研究和写作得到了佛罗里达工程学院及大学行政当局的系主席 E.E. Pyatt 及其他人的支持和鼓励。最后修订部分是在新西兰克赖斯特彻奇的坎特伯雷 (Canterbury) 大学环境科学联合中心利用 Erskine 研究协会的休假日完成的。

佛罗里达大学 T. Bullock 帮助进行模拟研究, 葛底斯堡 (Gettysburg) 学院的 D. J. Cowan 协助发展了分子秩 (order) 的概念。C. Kylstra 协助能量分析。T. Robertson 则在政府公共政策上给予了帮助。马里兰州索尔兹伯里 (Salisbury) 学院的数学系主任 Ben Fusaro 审阅了全部手稿。Barbara Lemont 做了注释。Joan Breeze 为手稿打字。

Howard T. 奥德姆

【蒋有绪 译】



能量语言符号：(a) 源；(b) 热汇；(c) 贮存；(d) 相互作用；
 (e) 货币交易；(f) 生产者；(g) 消费者；(h) 开关亚系统；
 (i) 循环接收器；(j) 恒定增益放大器；(k) 亚系统混合符号。

目 录

译者的话.....	iii
中译本序.....	iv
《环境科学与技术丛书》序.....	v
前言.....	vi
致谢.....	ix

第一篇 能量、系统和模拟

第一章 能系统的介绍.....	3
第二章 生态系统和能级.....	15
第三章 贮存和流.....	25
第四章 微型计算机模拟.....	50
第五章 模拟计算机模拟.....	58
第六章 逻辑系统和其他语言.....	83
第七章 能量.....	113

第二篇 设计要素

第八章 交叉.....	147
第九章 自催化模件.....	169
第十章 环.....	193
第十一章 系列.....	222
第十二章 平行单元.....	251
第十三章 网络结构.....	273

第三篇 组织和格局

第十四章 能质与体现能.....	309
第十五章 能量分布谱与脉冲.....	332
第十六章 温度.....	356
第十七章 复杂性、信息和顺序.....	373
第十八章 空间分布与多样性.....	396

第四篇 自然系统和人类

第十九章 生产者.....	433
第二十章 消费者.....	467

第二十一章	生态系统.....	492
第二十二章	演替.....	531
第二十三章	经济系统与美国.....	569
第二十四章	生态系统与人类.....	607
第二十五章	城市和地区.....	635
第二十六章	世界格局.....	660
第二十七章	总结: 系统的统一.....	681
建议读物.....		694
参考文献.....		710
术语汉英对照.....		741

第一篇 能量、系统和模拟

建國日報

第一章 能系统的介绍

本书涉及力能学及其系统，特别是环境系统。所考虑的系统研究的一般概念有助于人类把复杂的部件和过程的网络形象化。环境具体指有机体、化学循环、水、空气、人类、机器、土壤、城市、森林、湖泊、溪流、港湾和海洋，而包括伴随物质和信息的能流则把它们所有一切连结在一起。人们有时所说的以一管之见观察世界，就是说在一个时间内只考虑一至两个相互关系。过去，一管之见是习以为常的，科学和工程学的进步也是从知道一二个组分在一个时间内如何相互作用开始的。同样，直到大约 20 年前，我们所应用的所有关于局部和相互关系的知识是很有限的，因为我们无力把所有局部综合为一个为人了解的和可预测的大系统。这并不危及我们的生存，因为我们处于生态网络的巨大生物圈的平静的运行之中并受到保护。然而，现在当我们可利用的能量开始成为网络的主体时，除非改变我们的无知，否则就可能毁掉我们自己支撑的基础。因此，在环境系统科学上取得进步就可能成为迫在眉睫的事了。

人类及其模型

正如 Gödel 学说所称 (Gödel, 1931; Nagel 和 Newman, 1958)，没有一个系统是被自身所认识，因为更多的是需要分析和理解系统的组分而不是简单地分析和理解其功能。门铃响了，但它自身并不懂得如何响的，然而，设计和制造门铃的人们却懂得，因为他们有足够的智力来想象出部件和功能以及与外部的关系而预想出系统结构的结果。同样地，人们在起着作用，但并不可能一下子全明白他们自身。然而我们可以建立简化了的模型并懂得它们，利用这些模型，能在一定的检验限度内作出预测。举例来说，我们具有诸如爱、恨、睡眠和学习等观念，并把复杂的现象归诸于这些简单观念。

环境世界还要更复杂些。在其间，与自然界其他的复杂性一起，还有那么多的人。由于人在系统之中，他们太了解自己是多么经常地迷惑不解。一个简化了的系统描述称之为模型 (model)。人们可以学习和懂得简化了的模型，即使他们一时还不能理解完整的话。如果人的思想作为系统的极小部分而又要去掌握和认识系统的表现的话，那末，建模就益发变得需要了。于是，为人们所需要的环境系统的书籍必须包括按系统客观表现事实所建的模型。

一般系统的理论

用于解释环境系统的许多模型竟被发现于相同或相似于另外某些不相干的领域内。同样的，某些生态学的模型很快被发现早已用于其他规模等级的系统。这点对知识广博的人来讲变得日益明显了。在许多领域内对相似系统的互不通气的孤立研究带来浪费

的重复。它们各自独立发现和发展了早已发现过的相同理论、模型和规律。特别是对讲授系统概念来说，系统的原理要用一般的和早先学过的术语来表达，这样就不必重复了。在本书内，我们试求与认识环境系统的真实性一起来讲明一般系统的原理。

一般讲，数学有此种目的，但数学经常被教得太一般化，以至于它疏忽了作为真实世界一部分的能量、物质和信息的约束性。新的系统概念应当保留自然规律的真正的约束因素来形成一种重新表达的新的数学。不要把讲授数学和物理定律分割开来，假如讲解它们的语言能共同综合其要义的话。许多使系统语言共同化的努力可能已在“一般系统理论学会”年鉴上建议的读物和定期在书末开列的期刊中有所表现。

系统的定义

系统乃是一组按照某种过程相互作用的部件，而且系统经常被形象化，如图 1-1 所

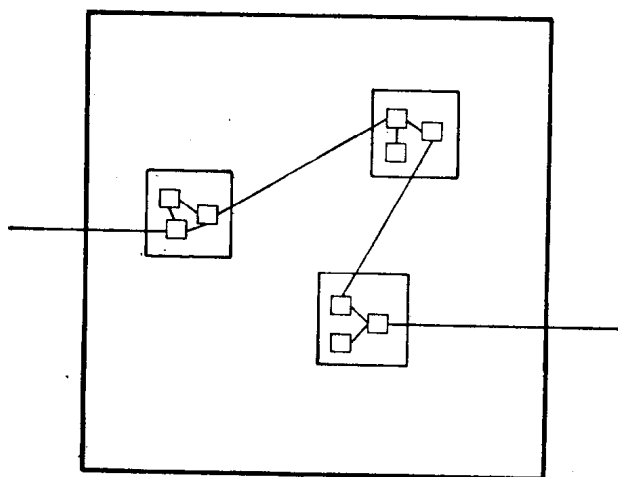


图 1-1 相联结的盒图表示一个系统相联结的部件。一些组分是内部部件，像这样简单的盒图并不解释过程和机制，并不表明力学或能学关系。

绘示那样，被看作为相互间具有某种联系的组分小区 (component blocks)。联系的线路显示部件之间的相互作用。整体性 (holism) 老概念赋有了由部件间相互作用的结合而“体现” (emerging) 出新特性。犹如经常所说，当存在相互作用时，整体就大于各部件之总和。这种具有各部件相互作用而表现其特性的整体，就叫作系统。有时，强调的是系统的完整体 (Henderson, 1917; Smuts, 1926; Laszlo, 1972)，而另些时候，则在分析 (analysis) 上加以强调，即强调各部件间的关系。

系统内的系统

在每个大小实体内都有形成系统的各部件。例如，形成化学系统的化合物，形成生物学系统的生物细胞和器官，形成生态学系统的有机体和环境组分，还有形成环境系统的人类与自然的巨大相互作用。宇宙也已被人们形象地视为一组系统，每一系统又作为另一大系统的一个部分。在图 1-1 内说明在系统内还有三个水平的系统。适用于一个水平级的原理也常常用于其他水平级的系统，虽然可能存在某些随大小变化等若干外部特征。例如，当从微观到宏观范畴变化时分子力为辐射力和重力所取代。

开放及封闭系统

Von Bertalanffy (1950, 1968) 提供了关于开放系统概念的历史背景。一个开放系统具有一个或以上流入和流出的系统。例如，生物圈乃是具有太阳能和宇宙物质流进和随某些气态分子流出的往外的红外辐射。一个密闭的水族池也伴随光的射入和热的释