

系统动力学及其在城市区域 发展研究中的应用

主讲 美· Jay W. Forrester 教授

翻译 王英猛、黎焱、关立平、朱德霖

華夏文化交流中心編

一九八七·六·

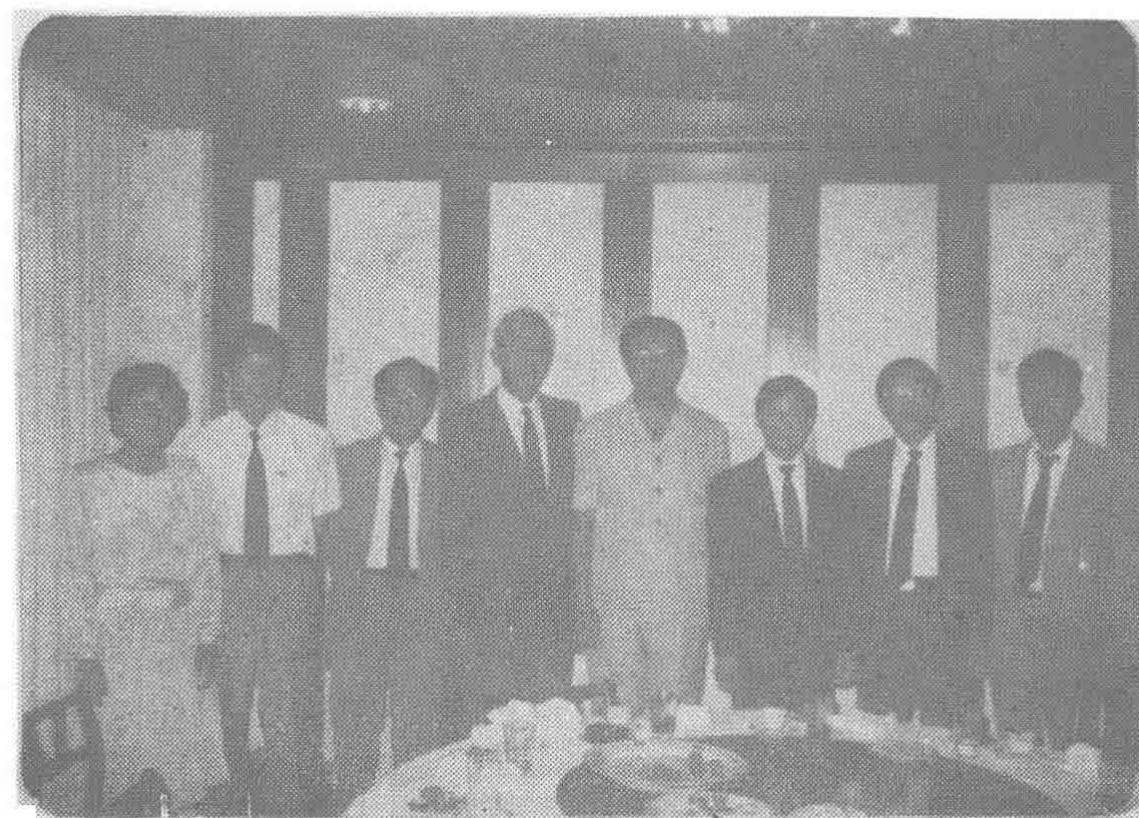
系统动力学及其在城市区域 发展研究中的应用

主讲 美. Jay W. Forrester 教授

翻译 王英猛、黎^士、关立平、朱德霖

華夏文化交流中心

1987.6



深圳市副市长邹尔康（右四）热烈接待Forres Ter教授（左四）

Dear Professor Yang:

In your letter of August 9, you asked for my opinions about various aspects of system dynamics in China.

I am pleased to see so much interest in the field among the various universities in China. It is very important that the different Chinese groups cooperate in developing system dynamics and that no one group attempts to dominate the development of the field. It is important that all organizations have a share in promoting system dynamics.

Probably it would be best if there could be a Chinese advisory committee formed that would have representatives from each of the universities where significant work in system dynamics is underway.

You speak of the suggestion that has been made for system dynamics being a part of the system engineering field. It seems to me that system dynamics is a much broader field than is system engineering. Also, if system dynamics were identified closely with system engineering, it might tend to exclude those people in social and economic affairs. My recommendation would be that system dynamics develop as its own independent field.

Please let me know how the membership can be increased from among those in China who are interested in system dynamics.

Sincerely yours,

Jay W. Forrester

目 录

前 言	(1)
系统动力学在中国大地上生根、开花、结果	(4)
I. 系统动力学	(8)
I.1. 系统动力学的研究过程	(8)
I.2. 系统动力学的研究目的	(10)
I.3. 系统动力学发展简史	(11)
II. 反馈环演变的根源	(13)
III. 模型	(15)
III.1. 思维模型	(17)
III.2. 构造模型的信息来源	(21)
IV. 计算机模型与思维模型	(23)
V. 城市和区域发展研究	(23)
V.1. 吸引原理	(27)
V.2. 政策干涉的极限	(28)
V.3. 城市地区的政治压力	(28)
VI. 经济发展中的系统动力学	(29)
答听讲者问	(30)
Jay W. Forrester 教授简介	(38)

前 言

系统动力学 (System Dynamics) 是一门新的学科, 是现代管理科学的新技术。它的“长波理论”解答了任何一派经济学家所不能解答的滞胀问题。它把长波理论和系统思维运用在管理学科中: 它以辩证的方法建立和使用模型, 向传统的经营管理方法提出了挑战。

美国国家工程研究院院士、麻省理工学院教授福莱斯特 (Jay W. Forrester) 是系统动力学的创始人和奠基人。自 1956 年他开创这门学科, 30 多年来, 在世界范围内, 在社会经济系统各个领域, 得到了越来越广泛的应用。

在我国, 上海交通大学杨通谊教授等最早开始介绍和研究系统动力学。几年来, 我国对系统动力学的研究和应用, 得到了迅速的发展。

在杨通谊教授的推荐和协助下, 华夏文化交流中心和深圳大学联合邀请福莱斯特教授于今年六月五日至六日来深圳讲学, 听讲者除深大师生外还有华南工学院管理工程系、暨南大学经济学院、广州大学经济与管理系教师和研究生。福莱斯特教授对系统动力学的创立经过、研究目的、主要内容及其在社会经济系统、在城市、区域发展研究中的应用等问题, 作了深入浅出的阐述。讲课毕, 福莱斯特教授又根据听讲者提出的问题, 对当前世界经济发展形势的预测, 系统动力学对传统经济理论的影响, 及其在解释社会经济系统行为的应用, 系统动力学工业模型的效果等等, 一一作了回答。为了推动这门新学科新技术在中

国的发展，我们特将福莱斯特教授讲课内容连同他对问题的解答，根据录音翻译出版，以供大专院校企业管理、系统学、经济学等专业师生及各级管理干部学习、参考。

本书由华南工学院管理工程系王英猛讲师及研究生黎士士、朱德霖、关立平共同翻译，王英猛老师及复旦大学曹安生老师全面校正，最后送经上海交通大学系统动力学研究中心主任、美国麻省理工学院终身荣誉院士杨通谊教授审阅。在此一并致谢。

华夏文化交流中心

1987年6月

目 录

前 言	(1)
系统动力学在中国大地上生根、开花、结果	(4)
I. 系统动力学	(8)
I.1. 系统动力学的研究过程	(8)
I.2. 系统动力学的研究目的	(10)
I.3. 系统动力学发展简史	(11)
II. 反馈环演变的根源	(13)
III. 模型	(15)
III.1. 思维模型	(17)
III.2. 构造模型的信息来源	(21)
IV. 计算机模型与思维模型	(23)
V. 城市和区域发展研究	(23)
V.1. 吸引原理	(27)
V.2. 政策干涉的极限	(28)
V.3. 城市地区的政治压力	(28)
VI. 经济发展中的系统动力学	(29)
答听讲者问	(30)
Jay W. Forrester 教授简介	(38)

系统动力学在中国大地上生根、开花、结果

王季深 苗雨良

系统动力学 (System Dynamics) 是一种以反馈控制理论为基础, 以数字计算仿真技术为手段的研究复杂的社会经济系统的定量方法。它是美国麻省理工学院(MIT) 福莱斯特教授(Jay W. Forrester)于本世纪五十年代中期创立的。它的理论基础可以追溯到四十年代维纳教授 (NORBERT WIENER) 创立的控制论。系统动力学建模时强调系统的反馈结构脱胎于控制论中两个最基本的概念: 信息与反馈。控制论认为, 世界上一切系统 (有生命系统或无生命系统) 都充满着信息运动, 其内部都存在或强或弱的反馈机制。福莱斯特在开创系统动力学的过程中博采众长, 溶系统论、控制论、信息论、计算机仿真技术、管理科学及决策论等学科的精萃于一体, 在公司经营、城市建设、以至美国经济和世界改造等一系列社会经济问题的创造性研究中取得了令人惊奇的成果。如美国的能源决策就采用了系统动力学的科学分析方法, 为决策者提供了纠正错误的决策途径。其他若干东西方国家也先后开始研究并应用它。

实践证明, 系统动力学是一门现代经营管理科学的新技术, 它的长波理论可以解答任何一派经济学家所不能解答的滞胀问题, 它的系统思维和新型管理学更指出了西方资本主义进入信息时代以微计算机和SD软件为工具的必经之路, 它的独特的商业政策指出了用辩证的方法使用模型, 向当前传统的经营方法进行挑战。三十多年来, 尤其

是近十多年来，系统动力学经历了从发生、发展到逐渐成熟的过程，已在国际范围内获得广泛的传播和运用。

在中国，系统动力学还是一个新生事物，把它移植到中国大地上，使其扎实生根，以至初步绽出花朵、结出果实的，是上海交通大学的杨通谊教授。他1930年毕业于美国麻省理工学院，专攻电讯工程，学成后，又将重点转移到工业管理，由于他的刻苦钻研和努力实践，终于成为我国最早涉及这一新领域的专家之一。1978年初，杨通谊教授开始接触福莱斯特的系统动力学著作，便以他的敏锐目光预见到这一新型学科对我国四化建设的重大意义，而萌发了开拓这一学科的强烈意念。1979年，他获得了该学院终身荣誉院士(MIT SUSTAINING FELLOW)称号。

1980年他又以从头迈步的虚心学习精神回返母校进修系统动力学，并通过译述、讲学、培植人才和引进技术，把这门新兴的管理科学技术在中国科技领域中推广应用，获得了初效，迄今已整整六个年头了。

初看系统动力学自不免有些茫然。人们虽多少知道一些有关流体力学、航空力学的知识，但对系统动力学究竟怎么建立经济模型，不甚了然。

杨通谊教授对此作了深入浅出的解释。他认为，事物的普遍联系是唯物辩证法的一个基本观点，任何系统的整体性都是通过系统的结构来体现的。所谓系统，就是一个整体，由相互作用相互依赖的若干组成部分结合起来的，有特定功能的有机整体。比如人体就是一个总的系统，它由呼吸、消化、泌尿、分泌等子系统组成。社会经济也是一个系统，而且是巨大、复杂的系统，其中劳动力、资

金、资源等子系统，组成了这个母系统。子系统之间是互相作用的，就如呼吸系统一旦紊乱了会立即引起身体其他部份的病变一样，资源的匮乏也会使资金剩余，找不到投资场所，又必然会影响社会就业，牵一发而动全身。所以，制定的政策必须以整个社会经济为对象。诸如人类的教育、就业、科技进步、国民经济因素、水、通信、能源、物价调整与控制，以及非经济因素如社会观念、心理、人的素质变化、家庭变化、世界形势、政策法规等一切内外因素都包括在内，才能求得总的平衡，不至顾此失彼。

六年来，杨通谊教授为移植系统动力学在进行译述、讲学交流、培植人才、引进技术等方面做了大量的工作。已经由扎实生根而初步绽出花朵，结出果实：

（一）2000年中国前景的研究任务，经赵紫阳总理批示：“2000年的中国是一个大工程，如能搞出一个有质量的论著，具有重大意义，应下力量抓好”，这项大型的综合研究需要有多种类型的定量模型体系予以支持。1983年，中国社会科学院马洪教授阅读了杨通谊教授所译《系统学原理》一书后写信给杨说：“系统动力学对中国四化建设有重要意义”。在马洪教授的建议下，系统动力学模型被定为两大定量模型体系的一种，并付诸实施。以上海交大为主持单位，上海机院为辅助单位，杨教授和王其藩副教授参加了国务院技术经济中心组织的“2000年的中国”科研项目，使系统动力学这门新兴科学得被纳入国家的宏观社会经济模型体系。

（二）在这区域规划方面，上海交大系统工程研究所

研制的“新疆宏观社会经济模型”亦试以SD方法为新疆自治区的2000年描出蓝图，获得了自治区人民政府的好评。

(三)在城市研究方面应用SD方法有显著成就。北京环境保护科学研究所“北京城市生态系统仿真模型”和“北京水资源系统SD仿真模型”。天津环境保护科学研究所“天津市城市用水模型”。

(四)在北京还有国家科委软科学专家鉴定的“技术进步促进经济动态仿真模型”。

总之，就目前的发展情况而言，系统动力学方法在我国之被逐步运用于国家级、地区级的社会经济发展规划以及工业资源、农业、生态、环保等广泛的领域，前景是宽阔的，因而是大有希望的。

愿系统动力学在中国大地上深深扎根，开花、结果。

系统动力学及其在城市区发展研究中的应用

(根据Jay W. Forrester教授在深圳讲学的录音翻译)

我第一次访问中国，第一次来深圳。早在美国建国前几千年，中国就有了自己的文化。在处理社会和经济问题上，你们比我们更有经验。但我希望今天的讲座有助于你们对人类系统的进一步了解。

我很高兴地看到，很多国家的人们对系统动力学都越来越感兴趣。在过去的30年间，世界各国的许多学生都来麻省理工学院学习、研究系统动力学。

今天的讲题是：系统动力学及其在城市区域发展研究中的应用。

I、系统动力学

系统动力学是研究在社会、经济和环境系统中产生系统行为的——好的或不好的——内部过程，它可以说明，系统结构和政策如何引起系统的演变。

I.1、系统动力学的研究过程

在系统动力学研究中，我们需要建立一个反映真实情况的计算机模型，以此来仿真实际情况中各因素对系统行为产生的影响。当该系统的行为不符合我们之要求时，则以此计算机模型作为一个实验室，变动其中的政策变量，观察系统行为将如何变化。

将系统动力学应用于经营管理和社会系统之中，可以以传统的管理和政治领导的丰富经验为基础，弥补其主要的不足。图1表明了系统动力学的研究过程。

图1表示了系统动力学的分析由三个部分组成：传统

控制论或
反馈理论

传统管理和
政治领导

信息、经验、判断

选择变量的原理

结构的原理

计算机仿真

低成本的计算方法

模

型

—

动态行为和
系统政策的
改善

(图 1)

的经营管理方法、反馈理论、计算机仿真。几千年来，社会经济系统都是用传统的管理方法和政治领导方法来进行控制的。这些方法主要是建立于人们过去的经验的基础上，人们据此进行主观的分析，然后作出判断、开始行动。这种方法需要大量的根据经验而获取的信息，然而人脑是难以应付现代社会系统的不断变动的复杂性的，所以这种传统的方法有着极大的缺陷。主要有下列三个方面：

第一，传统的方法没有一个评价标准，以决定哪些信息对我们的目的是重要的，哪些是无用的。第二，传统的经营管理方法不能把经过选择的信息组成一个有意义的整体。第三，即使能够将信息进行正确地选择和组织，仅仅依靠人脑也很难正确说明复杂动态系统的真实情况。

反馈理论有助于克服上述的前两种缺陷，反馈理论已经发展一百多年了，该理论本身虽然不能直接应用于复杂的、非线性的社会系统，但是，根据反馈理论的原理我们却可以选择和组织信息，使之成为一个有意义的整体，该整体结构就成为现实系统的一个模型。

但这样一个复杂的模型是不可能只依靠人脑来模拟的，它也不可能用现代数学方法来解决。仅仅是在几十年前，人们借助于计算机仿真，才了解了这种多重反馈环系统。计算机仿真是根据系统结构及系统的一些行为规则，对真实情况进行模拟。计算机仿真不能象数学方法那样获得一般解，而是给出一个特殊情况的解。通过仿真，我们就可以找到引起不合要求行为的原因，并对这些原因中的政策变量进行改进，以期获得理想的系统行为。

1.2 系统动力学的研究目的

系统动力学模型主要是用于了解系统行为和设计系统，并非用于预测未来。实际上，用模型去设计一个系统也就是创造未来。在系统动力学中，决策者的观点起支配作用。怎样才能改善系统行为？产生不理想结果的关键政策变量是哪些？怎样改变这些政策变量？为什么这么多的计划和政策都是无效的？为什么看起来合理的政策会产生相反的结果？

系统动力学首先用于了解系统的特性。系统动力学采取内部的观点，系统的行为应由系统的内部结构和政策变量引起，也就是说，系统的边界应把产生系统行为的一切过程、因素都包括进去，当改变系统内部的政策变量时，应对该系统行为有所影响。

系统动力学的最终目的就是找出哪些政策变量和结构的变化可以改善系统的行为。在城市系统中，就是要找出限制人口流向城市的措施或保持经济增长的措施。对于企业而言，则是找出能获得或增加市场份额的措施和提高生产率的方法。对于一个国家而言，则要用模型找出控制通货膨胀的方法和稳定经济的政策。一个系统动力学模型只有当它能够产生历史上观察到的行为时，才是人们借以选择政策的有效基础。

1.3 系统动力学发展简史

系统动力学是在五十年代中期在麻省理工学院开始研究的，它是将原来应用于工程技术系统的办法发展为应用于经营管理系统。

在四十年代早期，麻省理工学院就设置了一个研究中心，研究反馈系统理论在军事设备和工业生产控制中的应

用。在五十年代早期，开始用数字计算机对石油精炼和电路系统进行动态仿真。在五十年代后期，反馈理论和复杂系统的仿真技术被用于研究企业成败的原因。初步的应用主要是限制在有关投资和雇佣等实体变量方面。后来，扩大到企业内部政策制订、信息流和市场方面。

在六十年代后期，麻省理工学院将系统动力学由企业系统扩大到社会系统，首次应用是将仿真技术和反馈理论用于研究城市的兴衰。城市系统行为的研究表明了人口、住房、企业是如何相互影响作用，由此带动城市的繁荣和经济增长，然后又走向衰落，引起失业。

在七十年代早期，麻省理工学院的系统动力学研究又扩展到了新的领域。一个罗马俱乐部的小组用系统动力学方法，对人口、工业化，资源、农业和污染的因果关系进行了研究，其研究成果《世界动力学》和《增长的极限》已被译成多国文字，引起了广泛的争论。从那时起，在发达国家和发展中国家均有人用系统动力学方法对环境污染问题进行研究。

在过去的十年间，我们在麻省理工学院运用系统动力学方法研究了工业经济行为，使我们能更进一步了解了商业周期，通货膨胀，及经济长波理论。其中最著名的是长波理论的研究工作。我们研究了商业企业、居民和政府的短期行为和政策是如何导致经济长波的。

长波理论早在半个世纪前就已提出来了，但直到近年来，除了系统动力学方法之外，没有任何一种综合的经济理论能够解释这一个50年为周期的经济长波是如何产生的。我们认为经济长波是引起十九世纪三十年代、九十年