

# 复杂大系统综合动态分析与模型体系<sup>①</sup>

3  
15-19, 27

王其藩<sup>②</sup>  
(复旦大学管理学院)

**【摘要】**论述了“复杂大系统综合动态分析与模型体系”及其应用,这是一种定性与定量结合,以系统动力学、系统思考理论为指导,以系统动力学的动态模型为主框架,汲取其它定量理论与方法的精髓,建立起来的综合动态分析方法和模型体系.它可用于研究社会、经济、生态复杂大系统的问题.

**关键词:**复杂大系统,综合动态分析,系统动力学,模型体系

**分类号:** N94

## 0 引言

社会经济生态系统是一类高阶次、多重反馈回路、高度非线性的复杂大系统,它具有很强的反直观性,对系统内多数参数的变化不敏感性,对政策改变的顽强抵御性,远期与近期、整体与局部之间的利益矛盾往往难于调和,向低效益转化倾向等特性.因此,认识和解决这一类系统的问题是难度很大的课题.目前,定量研究社会经济系统的有关理论主要有计量经济学、数理经济学、经济控制理论、非线性控制理论和大系统理论和系统动力学(system dynamics, SD)等.计量经济学方法主要是结合和应用经济学、统计学和数学等学科的理论与方法,对社会经济问题进行较为精确的定量研究,建模依赖于较完善的统计数据,特别适合短期的经济分析和预测;数理经济学用数学方法来描述、研究和论证经济现象及相互关系,它较适合描述和研究社会经济系统结构,能对系统进行动态研究;经济控制论主要研究社会经济系统的调节控制问题;而非线性系统理论和大系统理论比较适合定量描述、分析和研究非线性复杂社会经济大系统的结构和行为模式;SD比较适合对社会经济系统进行定性与定量相结合的研究,它可

以作为实际系统的“实验室”,其模型特别适合中长期社会经济分析和预测.但由于社会经济大系统的极其复杂特性,任一单独的理论与方法往往难以令人满意地认识和解决现实中的各种难题.为了更有效地分析研究非线性社会经济复杂大系统,作者尝试以SD理论、方法、模型为主框架,综合运用多种理论与方法,比如,汲取计量经济学模型方法用于短期的经济分析和预测;利用计量经济学模型中的参数估计方法来对SD模型中的灵敏参数进行较精确地估计;汲取非线性系统理论和大系统理论的整体与局部关系的原理来对社会经济系统的结构和行为进行较好的定量描述、分析和研究;汲取经济控制论、投入产出理论的新成果来对国民经济的宏观调控等问题进行定量研究.这些思路和方法不仅可以综合地对经济与管理中的问题<sup>[3]</sup>进行定性与定量研究,以避免单一的定量研究理论与方法的局限性和片面性,而且对于SD学科本身的进一步完善与发展 and 更有效地解决社会经济复杂大系统问题都有重要意义.

我国正处于社会主义初级阶段,基本国情与西方发达国家有较大差别,如何结合中国国情将SD和其它定量研究的理论与方法更好地综合运用到国民经济整体、长期协调发展和国民经济可持续发展问题研究中去;如何将SD和其它定量

① 高校博士点基金资助项目(9602).

② 王其藩:教授,博士生导师.研究方向:系统动力学,社会经济复杂系统动态分析,宏观经济规律与调控,企业发展战略.通讯地址:上海复旦大学管理学院,邮编:200433. E-mail: qfwang@fudan.edu.cn.  
本文1998年11月9日收到.

研究理论与方法综合应用于我国企业集团的构建、企业组织与管理创新和企业战略管理的研究中去,这些在国内都是有待于不断深入探讨的问题.因此,长期以来,作者潜心于“复杂大系统综合动态分析与模型体系”的理论、方法及其应用的研究,并取得了初步成果<sup>[1~7]</sup>.

## 1 系统动力学的理论与方法

### 1.1 系统动力学的内涵

SD 是一门分析研究非线性信息反馈系统的学科.它是认识和解决复杂大系统问题的交叉、综合性的学科,SD 研究问题的方法是一种定性定量结合,系统、分析、综合与推理的方法.它是定性分析与定量分析的统一,以定性分析为先导,定量分析为支持,两者相辅相成,螺旋上升逐步深化、解决问题的方法.按照 SD 的理论、原理与方法分析实际系统,建立起定量模型与概念模型一体化的 SD 模型,决策者就可以借助计算机模拟技术在专家群体的帮助下,进行定性与定量地研究社会、经济系统问题,进行决策.SD 模型可视为实际系统的“实验室”,特别适合于解决社会、经济、生态等一类非线性复杂大系统的问题,对于以良结构为主的 SD 模型,其解决问题的过程实质上是寻优过程,可用来寻求系统的较优结构与参数,以获取较优的系统功能.然而,一般而言,SD 的建模过程就是一个学习、调研的过程,其模型的主要功用在于向人们提供一个进行学习与政策模拟分析的工具,使决策群体或组织成为一种学习型和创造型的组织.在建立 SD 模型与应用 SD 模型的过程中,建模人员必须紧密联系结合实际、深入调查研究,最大限度地收集与应用有关该系统及其问题的资料和统计数据;必须做到与决策人员和熟悉该系统的专家人员密切结合,唯此才能使 SD 的理论与方法成为进行科学决策的有力手段.基于对 SD 及其他定量理论与方法的和应用两方面的研究,作者建立了一套能更有效地研究解决非线性、复杂社会经济大系统问题的定性定量研究相结合的理论与方法<sup>[4]</sup>.

### 1.2 系统动力学的学科基础

SD 的学科基础可划分为三个层次<sup>[4,8]</sup>:

#### (1) 方法论

SD 的方法论是系统的方法论,其基本原则是将所研究对象置于系统的形式中加以考察.系统方法论目前还很不完善,SD 自身的发展也将会丰富、充实系统方法论.

#### (2) 技术科学和基础理论

主要有反馈理论、控制理论、控制论、信息论、非线性系统理论、大系统理论和正在发展中的系统学.

#### (3) 应用技术

为使 SD 的理论与方法能真正用于分析研究实际系统,必须借助计算机模拟技术,以及在所应用的领域中涉及的有关学科.

### 1.3 系统动力学在学科体系中的学科地位

SD 是系统科学中的一个分支,由于被广泛应用于微观与宏观管理领域,因此它已经成为管理科学的一个重要分支.

系统科学一般被认为可分为 3 个层次:第 1 层次为系统学;第 2 层次为系统科学的基础理论学科;第 3 层次为实际的工程应用.SD 是一门理论与应用紧密结合,以研究一般系统的结构、功能与动态行为,系统与环境的系统学.因此,SD 是一门同时属于第 2 层次和第 3 层次的系统学科.

### 1.4 系统动力学的哲学观与基本理论观点<sup>[9]</sup>

#### (1) 哲学观

SD 理论的核心是唯物系统辩证观,其理论的基本点鲜明地表明了这一特征.它强调系统的观点,联系、运动与发展的观点,主要矛盾与矛盾的主要方面,客观事物与世界的可知性以及实践是检验真理的标准等.

从系统方法论来说,SD 的方法是结构方法、功能方法和历史方法的统一.正是 SD 哲学观的这一固有特征使它最适用于研究复杂大系统的结构、功能与行为之间,系统与环境之间不断变化、发展的动态辩证关系.

#### (2) 基本理论观点

1) 系统的基本结构是一阶反馈回路; 2) 系统是结构与功能的统一体,SD 模型模拟具有结构功能模拟的特点; 3) 系统的内部微观结构决定其宏观行为; 4) 复杂系统存在主导动态结构; 5) 复杂系统存在主要变量,敏感变量与敏感子结构; 6) 系统具有历时性; 7) 开放复杂社会经济系统具有非平

衡自组织等其他重要性质。

### 1.5 系统动力学的五大特点<sup>[3]</sup>

(1)SD 是一门可用于研究处理社会、经济、生态和生物等一类高度非线性、高阶次、多变量、多重反馈、复杂时变大系统问题的学科。它可在宏观与微观层次上对复杂多层次多部门的大系统进行综合研究。

(2)SD 的研究对象主要是开放系统。它强调系统的观点,联系、发展与运动的观点;认为系统的行为模式与特性主要根植于其内部的动态结构与反馈机制。

(3)SD 研究解决问题的方法是一种定性定量结合,系统思考、分析、综合与推理的方法,在螺旋上升逐步深化的建模过程中尽可能采用“白化”技术,把不良结构相对地“良化”。其模型模拟是结构—功能模拟。

(4)规范的模型。SD 模型从总体上是规范的,便于人们清晰地沟通思想,进行对存在问题的剖析和对政策实验的假设;便于处理复杂的问题,能一步步可靠地把假设中任何隐含的凌乱与迷津追索出来,而不带有人言辞上的含糊、情绪上的偏颇或直观上的差错。

(5)SD 的建模过程便于实现建模人员、决策者和专家群体的三结合,便于运用各种数据、资料、人们的经验与知识,也便于汲取、融汇其他系统学科与其他科学理论的精髓。

## 2 系统综合动态分析与模型体系<sup>[4,5,7]</sup>

### 2.1 内容

以 SD 理论与方法为主框架,吸取其它相关定量研究的理论与方法的精髓,形成了一种“综合动态分析与模型体系”的理论方法。具体内容如下:(1)层次分析法(AHP)、主成份分析法和 SD 建模方法的结合运用,它们被用于对系统结构、层次与横向之间关系的分析和主要变量之遴选。(2)数理经济学、计量经济学和 SD 理论的结合运用,用于描述经济变量间的数量关系和某些参数的估计;产业关联分析、投入产出分析和 SD 的结合运用。(3)优化理论与 SD 的结合。(4)应用图论分析

方法给出 SD 流图的极大出树、反馈回路的确定方法,十分有助于 SD 模型的调试与结果分析。

(5)非平衡自组织理论与 SD 结合运用,前者用于一组 SD 模型进行同态简化模型,获得集中模型(或总体模型)。另一种结合方法是,先建立 SD 模型,推出系统演化方程,运用协同学找出序参量,以解释系统的自组织现象。(6)运用灰色系统理论、方法为 SD 模型中某些辅助方程的参数作估计。(7)运用 SD 和其他多种理论方法建模组成综合模型体系;建立通用的子结构、子模型系列。

### 2.2 社会经济系统结构与功能行为分析

(1)所涉及的内容与关系。首先是按层次,上与下、宏观层次与微观层次之间,全局与局部之间,部门或子系统之间,主导部分与非主导部分之间,系统内自组织与组织部分之间进行考虑。其次,分析层次间与各关联部分之间在数量上、程度上的比例、配置与协调关系。第三,从时间序列上看,随着结构、参数的演变引起上述诸关系的变化,及其可能存在的滞后效应。(2)判断优劣的客观标准应以系统能在相当长(50年~100年)的历史时期中获得最大的社会与经济利益与效益为原则。要处理好全局与局部、远期与近期在利益上的矛盾,要适当折衷而以全局和远期的利益为重。判别标准可具体化为在结构、组成方面的协调和在功能、行为上的满意度,并适当分级;进而建立完整的评估指标体系。(3)决策者、专家与建模人员三结合借助模型模拟进行定性定量分析,系统地加以综合、推理判别与决策,逐步把决策群体或整个组织设计、培育或重新设计、改造成为一种“学习型、创造型的组织”。首先,对系统整体动态结构与行为之优劣进行判别,并确定问题所在。其次,制订配套的发展战略与政策,有预见地对系统结构与参数进行调整、配置,以期获得优良的动态结构与行为,使系统的功能达到预定的合理目标,并且在系统发展的各个历史阶段均有好的或较好的功能与行为。再次,预见系统未来发展进程中,在不同的历史阶段可能存在的制约、危机与陷阱;有预见地、及早地采取对策与措施,从系统结构上进行必要的重组、设计与调整。第四,经以上各步逐渐使决策群体或组织成为能持续进行管理创新的学习型、创造型组织。

## 2.3 模型体系

### (1) SD 的传统模型

对 SD 传统模型进行较科学的分类,按其阶数和方程数可划分为大、中、小三类,如表 1 所示。

表 1 SD 传统模型分类

种类	模型阶数	大约方程数	模型举例
大	>75	>1500	美国 SD 国家模型 200 阶,方程 4000 以上,(到 1993 年底,已精炼减至 2500)
中	20-75	500-1500	中国国家模型库主模型 50 阶,方程 1000
小	<20	<500	简化的城市模型,企业管理模型

它们应按照建模的目的与要求加以选用。

(2)通用模型子结构系列,在企业经营管理决策方面已初步完成。

### (3)模型库

以主模型为核心辅以一定数量的分模型,主模型描述总体与局部、上与下的关系;分模型对系统的子系统和组成部分分别加以详细描述,它们可联合模拟运行或独立运行。

(4)融合 SD 和其它多种理论方法建立综合模型体系。

(5)智能化综合系统是以 SD 与复杂系统理论(耗散结构、协同学、突变理论等)相结合建立以 SD 模型为核心的模型库,再加上知识库与数据库等组成。

其中包括:基础设施建设与长江流域经济协调发展,浦东新区发展定量研究,上海市科技、经济、社会协调发展动态及远景预测的研究,上海市工业部门 and 经济发展制约因素动态研究等<sup>[8-14]</sup>。

## 3.2 对整体国民经济的研究

(1)运用“综合动态分析与模型体系”结合中国具体国情应用 SD 及其它相关定量研究理论与方法研究了我国国民经济总体、长期协调发展的宏观调控的战略与策略。(2)运用 SD 模型方法研究了中国国民经济总体协调发展问题,揭示了国民经济系统的四大基本特点,提出了建立国民经济总体协调发展的指标体系 and 目标体系的原则。(3)应用 SD 为主的理论与方法,揭示我国社会经济系统未来的发展趋势、特征、面貌及动力学特征,把公元 2000 年时中国的面貌作为长期过程中的一个历史断面来研究,并提出长期发展战略,建立了拥有十个模型的“全国 SD 模型体系”<sup>[2,4,15-20]</sup>。

## 3.3 对企业问题的研究

运用 SD 理论、现代管理思想、学习型组织理论等,结合典型和特定企业的实际情况,剖析企业的结构和运行机制,诊断评估企业的现状与问题,并选择可能最佳管理模式 and 对策。我们开展了如下工作:在 90 年代初期提出,加强 R&D 是中国企业的一条出路;研究了典型企业内部动态功能结构和运行机制;把共性结构和组织学习这两个前沿研究领域紧密结合起来加以研究,并用于企业组织学习,提出建立“高柔性、扁平化、学习型”的企业组织;较早地在国内将“综合动态分析方法”应用于中国大型企业集团构建 and 大中型企业的业务过程重组(BPR)研究<sup>[21-23]</sup>。作者在 1996 年 11 月进而提出“以‘中层革命’重塑国有企业组织和管理模式”的设想<sup>[24]</sup>,减少冗员,使中间管理层精干化,更重要的是让企业内部信息渠道通畅,

## 3 应用情况与前景

作者提出的方法与模型体系不仅可以用来有效研究大城市问题,而且可以用来有效研究经济增长的限制问题;该模型体系也十分有助于其它社会经济、生态复杂系统问题的研究。

### 3.1 对城市、区域社会经济的研究

(1)运用“综合动态分析与模型体系”对上海浦东新区 90 年代的经济的发展作了系统而全面的研究。

(2)建立了上海 SD 与计量经济模型,定量测定了中央各项政策变量对地方发展的影响度,拓宽了乘数分析的应用范围;并建立了城市与区域季度宏观计量经济模型,分析研究了短期经济变动问题。

(3)运用“综合动态分析与模型体系”的理论、方法,应用 SD 模型及其他定量模型对我国长江流域 and 特大城市社会、经济、科技协调发展问题进行了研究,初步形成“区域、城市综合模型体系”,

使企业成为“高柔性、扁平化、学习型”的组织。

以上研究均取得很好的成果,达到了国内先进水平,其中部分成果达到了国际先进水平,受到有关部门的充分肯定。

#### 4 结束语

系统动力学是一门仍然处在蓬勃发展的系统

与管理的交叉学科。其自身的理论、方法和模型体系继续在深度与广度上发展演进。人们可以期待,以它为基础,汲取其它系统学科和科学理论之长,将形成一种定性定量结合,系统思考、综合与推理,系统规划、优选与预测等一体化、智能化,分析研究处理非线性复杂时变系统的有效理论、方法与手段。

#### 参考文献

- 1 Wang Qifan, et al. Theory and application of system dynamics. Beijing: New Times Press, 1987. 14~23, 398~419, 443~456
- 2 王其藩主编. 系统动力学——1986年全国系统动力学学会会议文集. 长沙:系统工程编辑部, 1987. 1~24, 98~146
- 3 王其藩编著. 系统动力学(修订本). 北京:清华大学出版社, 1994. 1, 23, 25, 282~285
- 4 王其藩主编. 社会经济复杂系统动态分析. 上海:复旦大学出版社, 1992. 1~32, 108~159
- 5 Wang Qifan. Comprehensive methods of system analysis, inference, synthesis and model sets for studying the socio-economic-ecosystem. The Role of Strategic Modeling in International Competitiveness. System Dynamics Society, Mexico, 1993. 544~553
- 6 Wang Qifan. Philosophical views and basic theories of system dynamics. In Wang Qifan, ed. Proceedings of The System Dynamics Conference. SIME Press, Shanghai, 1987. 533~546
- 7 王其藩. 系统动力学理论与方法的新进展. 系统工程理论方法与应用, 1995; 4(2): 6~12
- 8 Wang Qifan, Yang J Z. Modeling for studying the prospect of metropolis. SYSTEM DYNAMICS'95. System Dynamics Society, Tokyo, 1995. 922~929
- 9 王其藩, 高汝熹等. 浦东新区发展定量研究. 上海市科委成果鉴定, 1992
- 10 王其藩等. 中央对地方经济发展影响模型的研究. 系统工程理论方法与应用, 1993; 2(4): 54~60
- 11 王其藩等. 城市与区域季度宏观计量经济模型的研究. 系统工程学报, 1993; 8(2): 90~99
- 12 王其藩等. 中国大城市科技、经济、社会协调发展问题的研究. 系统工程理论与实践, 1991; 11(1): 1~4
- 13 王其藩等. 基础设施的系统动力学模型及其应用. 系统工程理论方法应用, 1998; 7(1): 58~65
- 14 王其藩等. 基础设施项目建设的融资分析. 特区经济, 1996; 93(10): 51~52
- 15 王其藩. 中国国民经济总体协调发展问题初探. 管理工程学报, 1988, 2(1-2): 11~18
- 16 王其藩主编. 管理与决策科学新前沿—系统动力学理论与应用. 上海:复旦大学出版社, 1994. 233~246
- 17 王其藩等. 我国经济增长的动力和障碍——系统动力学在社会经济系统中的应用. 系统工程理论与实践, 1987; 7(4): 1~9
- 18 王其藩等. 长期发展趋势模型 I—系统动力学全国模型. 中国经济的发展与模型, 国务院经济技术社会发展研究中心编. 北京:中国财政经济出版社, 1990. 222~270
- 19 王其藩等. 国家财政金融系统的分析与控制——系统动力学模型. 管理工程学报, 1987; 1(1): 57~61
- 20 Wang Qifan, John Sterman. A disaggregate population model of China. SIMULATION (U. S. A), 1985; 45(1): 7~14
- 21 王其藩等. 加强 R&D 是中国企业的出路. 管理工程学报, 1992; 6(4): 1~8
- 22 王其藩等. 我国新型企业运行机制的动态分析. 系统工程, 1993; 11(2): 9~16
- 23 王其藩, 余丽娟. 论组织的设计和重构——兼论新的一场组织与管理模式革命. 系统工程理论方法应用, 1995; 4(4): 1~10
- 24 王其藩. 沪上专家提出‘中层革命’设想. 新闻报, 1996. 11. 18

## Empirical Analyses with Regulation of Chinese Monetary Base

*Liu Bin, Deng Shuhui*

Institute of Systems Science, Academia Sinica

**Abstract** In this paper, we quantitatively analyzed the Chinese monetary base and its determining system, and presented the empirical results with the monthly data from 1985 to 1997 of the Chinese monetary data.

**Keywords:** monetary base, regulating instruments, empirical analyses

~~~~~  
(上接第 19 页)

## Comprehensive and Dynamic Analysis and Model Set of Large Complex System

*Wang Qifan*

School of Management, Fudan University

**Abstract** This paper explores an approach of comprehensive and dynamic analysis to studying complex system. That is a way of combining qualitative and quantitative analyses, taking system dynamics and systems thinking as its core, using system dynamics model as its main framework, and absorbing the elite of other quantitative theories and methodologies. It can be used in studying the problems of large complicated socio-economic-ecosystem.

**Keywords:** complex system, comprehensive and dynamic analysis, system dynamics, model set