

# 系统动力学

——反馈动态性复杂分析

System Dynamics

—— Analysis of Feedback Dynamic Complexity

贾仁安 丁荣华 编著



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

ISBN 7-04-011413-5



9 787040 114133 >

定价：23.00 元

# 系统动力学

——反馈动态性复杂分析

贾仁安 丁荣华 编著

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

系统动力学:反馈动态性复杂分析/贾仁安,丁荣华  
编著. —北京:高等教育出版社, 2002.9  
ISBN 7-04-011413-5

I.系... II.①贾... ②丁... III.系统动力学  
IV.N941.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第074705号

责任编辑 司马镭 封面设计 吴 昊 责任印制 潘文瑞

书 名 系统动力学——反馈动态性复杂分析  
编 著 贾仁安 丁荣华

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街55号		021-56964871
邮政编码	100009	免费咨询	800-810-0598
传 真	010-64014048	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
	021-56965341		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
			<a href="http://www.hepsh.com">http://www.hepsh.com</a>

排 版 南京理工排版校对公司  
印 刷 江苏省宜兴市德胜印刷有限公司

开 本	787×960 1/16	版 次	2002年10月第1版
印 张	17	印 次	2002年10月第1次
字 数	320 000	定 价	23.00元

---

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

# 序 言

系统动力学(System Dynamics)创始于 1956 年,其创始人为美国麻省理工学院福瑞斯特(Jay Forrester W)教授。系统动力学是通过建立流位、流率系来研究信息反馈系统的一门科学,是系统科学的一个重要分支。并且从诞生伊始,系统动力学就有了独立的理论体系与科学方法。几十年来,在每年召开的国际会议中,均研究新的理论与实际应用问题,交流研究成果,这些都促进了系统动力学不断向前发展。

随着科学的发展和技术的进步,各个时代都会提出一些急需要解决的重大科研问题,系统复杂性研究就是当今急需要解决的一个重大问题。20 世纪 80 年代开始,美国研究复杂性科学有五大学派,其中的以微分方程为理论工具的系统动力学学派的研究者们取得了很好的研究成果。现代管理大师彼得·圣吉(Peter Senge M)的反馈动态复杂性理论及应用就是系统动力学学派的一项重要成果。

该书包含了贾仁安教授和他的合作者的反馈动态性复杂的研究成果,他们从系统动力学的理论工具微分方程组出发,首先提出了系统动力学流率基本入树建模理论和方法。运用此理论和方法,可同时实现对系统问题的规范化建模和利用代数方法计算出系统模型全部反馈环这两个功能,从而实现了将复杂的网络结构流图模型转化为简单的树结构模型,又将树结构模型转化为线性代数的行列式、矩阵计算问题,这样就解决了系统反馈动态性复杂结构分析中的一个非常有效的问题。这些理论与方法为系统动态复杂性分析提供了一个有效的工具。

该书是贾仁安教授和他的合作者在长期从事的系统动态复杂性课题研究与教学积累的基础上编撰而成的,系统地阐述了系统动力学及用其进行系统动态复杂性分析的概念、理论、建模技术及新版的系统动力学仿真语言,取材兼顾了理论的系统性与实用性,并始终结合典型模型讲述基本原理,揭示了系统动力学本质,具有一定的深度和广度,是一本难得的好教材。

王其勇  
于上海  
2002. 8. 8

# 前 言

在历史的各个不同阶段,科学的发展和技术的进步皆会提出一些急需要解决的重大科研问题,系统复杂性研究就是当今急需要解决的一个重大问题。在 1984 年,由诺贝尔物理学奖获得者盖尔曼(Murray Gell-man)和安德逊(Philip Anderson)、经济学奖获得者阿若(Kenneth Arrow)发起,在美国成立了 Santa Fe Institute(简称 SFI)系统研究组织。该组织由一些物理学家、理论生物学家、计算机专家、经济学家等共同参与,在人脑系统、经济系统、生态系统方面都进行了大量的研究工作,特别是将计算机应用到上述方面的研究中去取得了一定的进展。但他们遇到了复杂性困难,用 Gell-man 的话来说“对于复杂的、高度非线性的系统,系统的整体行为并不是简单的与部分的行为相联系,要求有勇气广泛地从各方面关注整体的情况,而不是注意个别方面的细节”。这段话不但指出了研究复杂性的重要性,而且从方法论角度来看,表明了只用还原论方法处理不了系统的复杂性问题。这样,复杂科学的方法论及其应用研究就成了研究的主题。从 20 世纪 80 年代开始,美国研究复杂性科学有五派:第一派是以微分方程为理论工具的系统动力学学派;第二派是以偏微分方程为理论工具的适应系统学派;第三派是以非线性常微分方程为理论工具的混沌学派;第四派是结构基础学派,以集合论、关系论、图论、点阵论、布尔方法、分叉代数等为理论工具;第五派是暧昧学派,以学科交叉或后现代主义方法为理论工具。这些学派的研究者都取得了很好的研究成果,彼得·圣吉(Peter Senge M)的反馈动态性复杂理论及应用就是一个重要成果。但又都感到,用常规方法去研究系统问题,许多问题都难以解决,这又进一步证明了,复杂科学方法论及其应用研究是要探索的重要问题。

在中国,有不少科技工作者从事复杂科学的研究,并将其与管理科学紧密结合。其中钱学森同志对此研究特别重视,他通过实际系统研究,在 20 世纪 80 年代初对处理复杂系统的定量方法,提出将科学理论、经验和专家判断力相结合的半理论半经验方法。他又于 1998 年提出了开放的复杂巨系统的概念以及研究这类系统的方法论,提出了从定性至定量综合集成方法(Metasynthesis,简称综合集成法)。这个方法的内涵通常是:“①将科学理论、经验知识和专家判断力相结合,提出经验性假设(判断或猜想);②而这些经验性假设不能用严谨的科学方式加以证明,往往是定性的认识,但可用经验性数据和资料以及含大量参数的模型对其确实

性进行检测;③对这些在经验和对系统的实际理解上建立的参数的模型,经过计算机仿真和计算,通过反复对比,最后形成结论;④这样的结论,就是我们在现阶段认识客观事物所能达到的最佳结论,是从定性上升到定量的认识”。

这个方法保持和发扬了自然科学、社会科学的定量研究方法和定性研究方法的长处,吸收了整体论和还原论的优点,是还原论和整体论的结合。这些想法已经得到应用,但还有很多问题待进一步研究。

要实现“综合集成方法”,就必须解决两个问题:

(1) 如何将科学理论、经验知识和专家判断力相结合,建立定性认识,提出假设并建立包括大量参数的系统结构模型。

(2) 如何通过人机交互,调整参数等,进行仿真计算,反复对比,逐次逼近,实现从感性到理性、由定性到定量的转化。

而系统动力学具有解决这两个问题的基本条件。系统动力学(System Dynamics,简称SD)由美国麻省理工学院福瑞斯特(Jay Forrester W)创立于1956年。全世界一直在有效地用系统动力学进行系统研究,并且每年召开一次国际性会议,系统动力学在进行系统研究方面从微分方程组理论出发,建立了下述两条具体适合研究复杂系统的技术。

(1) 系统动力学提出了因果关系及流位流率系的反馈结构建模方法。

(2) 系统动力学具有专用的便于参数调试的系统动力学仿真语言。

这两条正是上述“综合集成方法实现所需的必要条件”。

但是,在系统动力学的建模方法和系统动力学仿真语言方面,也还需进一步进行充实、提高。这与“综合集成方法”要实现必解决的两个首要问题一样,必须从模型与仿真两方面下功夫。

本书作者从1988年开始,将系统动力学与图论、代数相结合,在复杂系统建模方法和模型调试分析方面做了研究。得出了系统动力学图论的流图分析方法,对反映复杂系统动态性的延迟函数输出相交问题进行了严格数学证明。又从系统动力学的理论工具常微分方程组出发,首次提出了系统动力学流率基本入树复杂系统结构建模的理论与方法。根据此理论与方法,可同时实现规范化建模和用行列式、矩阵代数方法计算出系统模型全部反馈环两个功能,这样实现了将复杂的网络结构流图模型转化为简单的树结构模型,有将树结构模型转化为线性代数的矩阵行列式等计算问题。这解决了系统反馈动态性复杂结构分析中一个非常有意义的问题。这些成果为社会经济复杂系统管理问题的解决提供了理论基础和有效分析工具。同时,有助于促进系统动力学的发展,有助于促进“综合集成方法”的实现。上述内容也是本书的重要内容。

本书可以作为管理类、计算机类、经济类、系统科学类、信息与计算科学等专业

研究生、本科生高年级学生的教科书。对于本科生,带\*号的章节以及内部有关证明可以不讲授,不讲授这些内容,不影响其对所学内容的理解。因此讲授内容可分以下两条路径进行,教师可根据学生及课时实际选择合适的路径。

第一章→第二章→第三章→第四章→  
第六章→第七章→第八章→第九章(1.2节)→第十一章  
第五章→第六章→第七章→第八章→第九章→第十章→第十一章

本书也可适宜从事管理、复杂性科学有关理论研究与实际工作的科研人员阅读。

作者在系统动力学的有关研究工作中,得到了复旦大学王其藩教授、浙江大学许庆瑞教授、上海交通大学吴建中教授及同行许多专家关心与帮助,在此表示衷心的感谢。杨波、胡玲、伍福明、涂国平、陆伟锋、管春、徐兵、李合众、章先华等为本书部分内容的形成及本书的出版付出了辛勤的劳动。

望本书能对系统动力学教学和科研工作提供帮助,由于水平有限,书中不妥之处望读者给予批评指正。

作 者

2002年6月



# 目 录

<b>第一章 信息反馈系统</b> .....	1
第一节 系 统 .....	1
第二节 信息与反馈 .....	7
第三节 系统模型与系统分类 .....	18
<b>第二章 系统动态性复杂因果关系分析</b> .....	26
第一节 因果关系图 .....	26
第二节 动态性复杂与基模分析技术 .....	31
<b>第三章 流图模型及其对应微分方程组</b> .....	38
第一节 关联关系及变量分类 .....	38
第二节 流图及其对应微分方程组 .....	42
第三节 世界模型 II 的因果关系图、流图 .....	53
<b>第四章 流率基本入树建模法</b> .....	65
第一节 系统动力学流率基本入树建模法 .....	65
第二节 王禾丘能源生态系统工程主导结构流率基本入树模型 .....	69
第三节 简化、强简化流率基本入树模型 .....	77
<b>第五章* 反馈环计算法</b> .....	84
第一节 反馈环图示计算法 .....	84
第二节 枝向量行列式反馈环计算法 .....	91
第三节 枝向量矩阵反馈环计算法 .....	104
<b>第六章 流位流率系下的数学方程</b> .....	113
第一节 流位、流率变量数学方程 .....	113
第二节 辅助、增补及外生变量方程 .....	125
第三节 建立表函数的基本步骤 .....	139
<b>第七章 仿真技术基础</b> .....	144
第一节 欧拉方法与系统动力学仿真技术 .....	144
第二节 初始值、控制语句与计算顺序 .....	148
<b>第八章 系统动力学专用软件及运用</b> .....	152
第一节 Vensim PLE 软件 .....	152
第二节 Vensim PLE 软件仿真技术 .....	159

---

第三节 仿真世界模型Ⅱ及其结果分析 .....	172
<b>第九章 Vensim PLE 软件包中系统动力学函数 .....</b>	<b>176</b>
第一节 数学、逻辑、测试函数 .....	176
第二节 延迟函数 .....	179
第三节* 延迟函数的输出响应 .....	197
<b>第十章 模型的建立 .....</b>	<b>211</b>
第一节 基本模型的建立 .....	211
第二节 模型的进一步开发 .....	225
<b>第十一章 结合、检验及研究报告编写 .....</b>	<b>238</b>
第一节 系统动力学与其他理论的结合 .....	238
第二节 检 验 .....	248
第三节 研究报告编写 .....	253
<b>参考文献 .....</b>	<b>257</b>

# 第一章

## 信息反馈系统

### 第一节 系 统

#### 1.1.1 系统的概念

关于系统的定义,现有的表述不一。有的把“系统”一词定义为“有组织的或被组织化的整体”;“结合着的整体所形成的各种概念和原理的综合”;“由有规则的相互作用、相互依存的形式组成的诸要素的集合”等。

福瑞斯特在《系统原理》一书中说:“系统是为了一个共同的目的而一起运行的各部分的组合”。

本书采用钱学森所提出的定义,即:

**定义 1.1.1** 系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分相结合的具有特定功能的有机整体。

把组合的整体称为系统的内部,整体以外的部分称为该系统的环境。在系统内部与其环境之间可以勾画出该系统的边界(图 1-1-1)。

在数学上定义系统的方法也有多种,现在选择联立微分方程组来描述系统。

设有  $n$  个要素变量  $L_i(t)$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), 每个  $L_i(t)$  在其定义域内为可微函数,并满足



图 1-1-1 系统的边界

$$\begin{cases} \frac{dL_1}{dt} = f_1(L_1, L_2, \dots, L_n) \\ \frac{dL_2}{dt} = f_2(L_1, L_2, \dots, L_n) \\ \vdots \\ \frac{dL_n}{dt} = f_n(L_1, L_2, \dots, L_n) \end{cases} \quad (1)$$

则这  $n$  个要素变量构成一个系统。

若要考虑到  $L_i$  同时依赖于时间和空间,则方程组(1)就应该用偏微分方程表示。方程组(1)表示了动力学的一般原理。

以下,将系统中的要素变量简称为变量。

由定性描述定义和数学式描述定义都可以看出,人们平时所研究和讨论的许多对象都是系统。系统无处不有,无处不在。由原子核和各层电子所构成的原子是一个系统;一部理论专著、一台设备、一个专业、一个行政域、一个科学领域、一个国家也是一个系统;由太阳和几大行星构成的太阳系以及整个宇宙都是一个系统。

系统的定义中核心条件是“要素的互相关系”。也就是各定义中“运行”、“组织化”、“相互作用”、“相互依赖”等条件。以下进一步说明这一核心问题。

对于处理“元素”的复合体有 3 种方法:①按它们的数目;②按它们的种类;③按元素的关系。以图 1-1-2 为例来说明这一点:

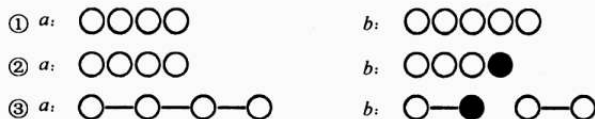


图 1-1-2 复合体的 3 种情况

图 1-1-2 中第 1 和第 2 种处理属于第一类处理。复合体可以理解为孤立的元素之和。第 3 种属于第二类处理,不但要知道孤立的元素,而且应该知道它们之间的关系。第一类的特征可以叫做“累积的”,第二类的特征叫做“构成的”。累积特征可以通过孤立时已知的元素特征和行为的累加来获得。构成特征不仅要知道各个部分,还必须知道它们之间的关系。

物理特征属累积特征,如总重量为各元素重量之和,分子量为各原子量之和;化学特征属构成特征,例如,异构物原子团个数相同,但分子中原子团排列结合不同。

系统属于第二类,因此,系统的特征属构成特征,不能只由孤立的各部分的特征来说明。只有同时知道各部分和它们间的关系,系统的行为才能推导出来。而且一定要明确“整体大于部分和”这一观念。两个系统即使其组成部分相同,但只要部分之间的关系不同,所表现出的特征定会大不相同。比如:同一类企业其部门近似相同但由于管理不同,所产生的经济效益不相同。又例如:同一类省市其部分构成基本相同,但是社会经济发展完成不同都属于这个原因。

系统这一由元素(即系统要素)构成的复合体,属第二类复合体,系统的特征属构成特征,这些是系统动力学建立的基础。确定了系统要素以后,系统动力学研究的目标就是建立系统要素的关系模型。

## 1.1.2 系统的结构与功能

### 一、系统结构与功能的概念

**定义 1.1.2** 构成系统的要素的排列组合顺序及相互作用称为系统的结构。

一般而言,在系统中,受环境作用的要素  $x_i (i = 1, 2, \dots, m)$  称为系统的输入,作用于环境的系统要素  $y_j (j = 1, 2, \dots, n)$  称为系统的输出。系统的输入又可称为原因变量或激励因子,有时也称为输入变量。系统的输出又可称为结果变量或系统对环境激励的响应因子,有时也称为输出变量。

实际系统可能是非常复杂的,因此其输入输出也是非常复杂的。一方面,系统中包含子系统,子系统也存在输入输出;另一方面,输入输出可能同时发生,也可能输出比输入滞后相当一段时间才发生;输入输出有时直接相关,甚至是同一类变量的不同时刻的值,而也可能不直接相关;输入输出可以是离散变量,可以是连续变量,也可能是向量,也可能是某种集合。

例如,一个社会经济系统,其输入是  $t_0$  年中的人口、资金、资源、污染量。而其输出是  $t_0 + \Delta t$  年间的人口、资金、资源、污染量。

**定义 1.1.3** 一定结构的系统在特定的环境下所具有的能力,称为该系统的功能。

系统的功能具体体现在对输入的响应能力(输出)。有的企业系统能做到投入少(输入小),如投入资金、能源少,而产出大(输出大),如产品质量高、产值高、利润大。而有的企业系统则投入大(输入大),产出小(输出小)。前者企业系统功能大,后者企业系统的功能小。

系统的功能大小取决于系统的结构。有什么样的内在结构就会产生什么样的功能。例如企业系统功能不同,是由于企业系统结构不同(包括人员素质、技术素质、管理素质不同)。另外,系统的功能反过来能作用于系统的结构。当系统不能有效地适用环境,功能不能正常发挥或处于低效率时,就会刺激并逼迫结构的改革,企业就向前发展。

对社会经济系统的历史、现状分析、预测、战略研究,就是根据系统的过去、现在的输出,分析系统过去和现在的输入与输出结构。如果这种输出不能令人满意的话,还可以研究一套如何通过改变输入及改革结构,来使系统输出达到优化。

上面分析告诉我们,对系统结构的研究是非常重要的。

### 二、系统结构的类型

#### 1. 串、并联结构是系统的基本结构

所谓系统的串联结构,就是系统的要素  $L_i (i = 1, 2, \dots, n)$  为如图 1-1-3a 所

示的连结。

所谓系统的并连结构,就是系统的要素  $L_i (i = 1, 2, \dots, n)$  为如图 1-1-3b 所示的连结。

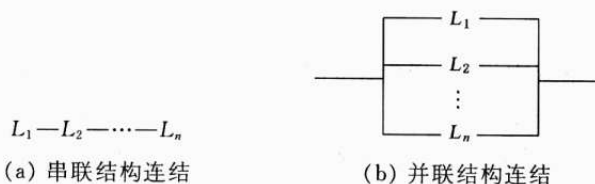


图 1-1-3 串、并联结构连结

**定义 1.1.4** 系统在规定的的时间和条件下,无故障地完成规定功能的概率,称为系统的可靠度。用  $R_p$  表示。

串联结构相当于一个环环相扣的链环,只要有一个要素发生故障,整个系统就会发生故障,其可靠度计算如下:

设共有  $n$  个要素,每个要素的可靠度为  $R_i$ ,按串联概率乘法定律,串联结构的可靠度  $R_p$  为

$$R_p = \prod_{i=1}^n R_i \quad (1)$$

表示为时间的函数

$$R_p(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (2)$$

由于  $R_i(t) < 1$  可得:①串联结构的可靠度低于要素的可靠度;②要素个数  $n$  越增多,串联系统可靠度越低;③系统的寿命则由构成系统的要素中最早失效者决定,即串联系统结构是最小寿命结构。

并联结构相当于多股绳拧成的粗绳。假设只要其中有一个要素处于正常状态,整个系统就处于非故障状态,则只有所有的要素都同时发生故障,整个系统才会发生故障。

按照概率乘法定律,并联结构的不可靠度  $F_q$  为

$$F_q(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t) \quad (3)$$

其中  $F_i(t)$  为第  $i$  个要素的不可靠度。

并联结构的可靠度  $R_q(t)$  为

$$R_q(t) = 1 - F_q(t) = 1 - \prod_{i=1}^n F_i(t) \quad (4)$$

因为

$$F_i(t) = 1 - R_i(t)$$

所以

$$R_q(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t)) \quad (5)$$

由(3)可知,当假设条件成立时并联结构的不可靠度  $F_q$  小于各要素的不可靠度  $F_i$ , 故有:①并联结构的可靠度高于要素的可靠度;②并联结构要素个数  $n$  越增大,系统的可靠性越高;③并联结构的寿命由其要素中最后失效者决定,即并联结构是“最大寿命结构”。

由上述原理可知,可以利用并联结构来增加系统的可靠度。

利用并联结构来增加系统的可靠度,在系统工程中称为冗余法,冗余法具有极大的实用意义。例如,某些关键部件要求具有极高的可靠度,但现在所制造出的元件无法达到此水平,那么就可采用并联结构来提高其可靠度,使可靠度不十分理想的元件也可能装配出可靠度非常高的整体系统。这种冗余技术在阿波罗登月等宇航工业中已得到应用。

## 2. 层次结构

一个系统包含有子系统,子系统又包含自己的子系统,甚至一层层如此递推,各层子系统之中,层与层之间又用串、并联的形式联结,系统的这种结构称为层次结构。

对于一个具体系统,其层次结构具有明显的表示,不论是自然系统,还是社会系统,系统越复杂,结构的层次性就越明显。例如,社会经济系统中的工业企业系统,它具有如图 1-1-4 所示的 5 个层次,而每个层次又含子系统,如部门层含生产管理部门、销售部门、组织部门等子系统。

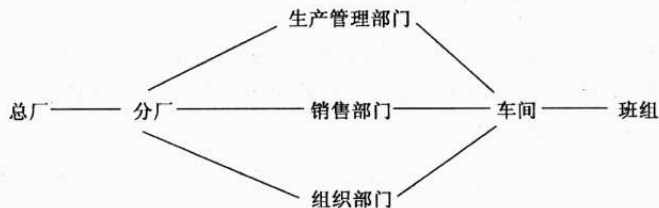


图 1-1-4 工业企业系统

从定性的角度考虑,管理这种具有层次结构的系统,有两种不同的思想方法。一种是集中控制,另一种是层次控制。实际控制中一般是两种思想方法相结合。

层次控制时,低层次解决局部的具体问题。较高层次对下属较低层次中的各个子系统进行协调,更大范围内进行概括程度更高的控制。

### 三、系统的稳定态

**定义 1.1.5** 设系统的数学模型为

$$\begin{cases} \frac{dL_1}{dt} = f_1(L_1, L_2, \dots, L_n) \\ \vdots \\ \frac{dL_n}{dt} = f_n(L_1, L_2, \dots, L_n) \end{cases} \quad (6)$$

则方程组(6)的一个解或解集合称为该系统的目的点或目的环,有时又称为系统的目标。

**定义 1.1.6** 系统达到“目的点”或“目的环”的结构称为系统的稳定态。

例如人体系统,对健康人来说,体温、血压、血糖等等指标都有自己的正常值,这些正常值构成人体系统的目的点。人体系统达到了目的点,就达到了稳定态,偏离了这些正常值,也就偏离了稳定态,意味着生病,甚至死亡(人体系统解体)。人体总是通过自调节、自组织来使状态保持或恢复到目的点上,以保证稳定态。若人体体温的目的值是  $36.5^\circ\text{C}$ ,当外界温度过高时,就用出汗的办法来自动降温以对准目的值;当外界过于寒冷时,就用加快血液循环、收紧皮肤毛孔等办法来对准目的值。

又例如,生态系统、植物与动物的数目、动物中的捕食动物与被捕食动物的数目等往往有一定的运动周期,即“目的环”。只有保持在目的环上生态系统才能实现“不平衡的稳定”,即人们通常所说的“生态平衡”。否则系统就可能解体,造成某些生物的灭绝,生态平衡被破坏。生态系统也总是通过自调节、自组织来使状态保持或恢复到目的环上,以保证稳定态的实现。

系统稳定态的特征是在各种微小偶然扰动的作用下仍能保持原来的状态。上面两个例子可以说明这一特征的存在。

系统处于非稳定状态时,一旦受到微扰就会迅速离开原来的状态。由于偶然的微扰实际上难以避免,时时均可发生,因此非稳定态不能保持,它会不断地变化着直到达到某一稳定态才会告一段落。

经济社会系统达到了稳定态,也就是实现了协调发展。可通过求系统的稳定态求经济社会协调发展决策方案。

系统的稳定态和非稳定态均是相对于一定的条件而言的,在外部控制因素的作用下,系统可产生不同的稳定态。因为外部条件不同,方程组也会不同。

### 四、系统论(system theory)



在系统论中研究了系统的一般理论和方法。系统论是从科学和工程技术两个方面发展起来的。

系统论在科学上的兴起始于生物学领域,奥地利出生的美国科学家贝塔朗非首先创建了理论生物学,提倡生物学研究中的“机体系统理论”。在此基础上,1945年他发表了《关于一般系统理论》,1947年出版了《生命问题》,从而创立了“一般系统理论”。

系统论兴起的另一原因是“系统工程”(systems engineering)理论的提出。20世纪四五十年代,美国贝尔电话公司首先使用了“系统工程”一词,并在发展微波通讯网络中应用了系统工程方法。各专业系统工程共同的技术基础是运筹学,系统工程属于系统科学中工程应用的层次,是一种理论。

系统论体现着辩证唯物主义宇宙观特征。

毛泽东在《矛盾论》中指出,在人类的认识史中,从来就有关于宇宙发展法则的两种见解,一种是形而上学的见解,一种是辩证法的见解,形成了互相对立的两种宇宙观。所谓形而上学的或庸俗进化论的宇宙观,就是用孤立的、静止的和片面的观点去看世界。和形而上学的宇宙观相反,唯物辩证法的宇宙观主张从事物的内部、从一事物对其他事物的关系去研究事物的发展,即把事物的发展看做是事物内部的必然的自己的运动,而每一事物的运行都和它的周围其他事物互相联系着和互相影响着。

系统论与对辩证唯物主义认识论的区别在于,如果从系统论的观点看事物,把事物作为一个系统来处理,那么就可以用系统工程的方法,对系统各变量之间的关系,在经过抽象和简化之后用精确的数学公式加以描述和计算,从而使辩证唯物主义这一哲学思维在具体阐释某一现象时,具有较为严格的、科学的、定量的关系。也因此使社会科学这种传统的“描述科学”向“精密科学”(主要指自然科学)大大迈进了一步。

## 第二节 信息与反馈

### 1.2.1 信 息

我们早已有物质与能量的概念。物质可能是有生命的或无生命的,可以是固体、液体或气体,物质的共同属性之一是具有一定的质量,并占有一定的空间。能量是物体作功的能力。能量是物质运行的一般度量。