五南商学Top

系统动态学

直击《第五项修炼》奥秘

陶在朴 著

中国社会科学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

· 本书简介 ·

追求跨越学科界线的统一理论和统一方法，是近代科学发展的一个重要特征，本书介绍的系统动态仿真模型正是这个特征的具体体现。它既可用于经济，也可用于管理；既可用于环境生态，也可用于社会演化。70年代轰动全球的《增长极限》，以及近年畅销无阻的《第五项修炼》都是以系统动态模型为基础的影响深远的著作。

本书是有关系统动态学入门知识的书籍，书中引用众多例题，深入浅出进行分析，可作为经济、管理院校和相关研究所的教科书，也可作为各学科重要的参考书。

本书为"人文"或"社科"领域的研究者所撰写，定位很好……作者将深奥的原理用很通俗的方式表述出来，是其最大优点……

ISBN 7-80117-732-0

9 787801 177322 >

ISBN 7-80117-732-0/F·652

定价：38.00元



系统动态学

直击《第五项修炼》奥秘

[台湾] 陶在朴 著

中国社会出版社

图书在版编目(CIP)数据

系统动态学：直击《第五项修炼》奥秘/陶在朴著. —北京：
中国税务出版社，2005.3
ISBN 7-80117-732-0

Ⅰ.系… Ⅱ.陶… Ⅲ.系统动态学 Ⅳ.N941.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 018668 号

本书为(台湾)五南图书公司授权中国税务出版社在大陆地区出版发行简体字版本。

著作权合同登记号图字:01-2005-1879 号

版权所有·侵权必究

书　　名：系统动态学：直击《第五项修炼》奥秘
作　　者：陶在朴
责任编辑：刘　莉
特约编审：周桂元
责任校对：孙荣杰　刘　坤
出版发行：中国税务出版社
经　　销：北京中税五南文化发展有限责任公司
地　址：北京市宣武区宣武门西大街 28 号大成广场 9 号门 1904 室
邮　编：100053
电　话：010-63601825 转 604/606
传　真：010-63601825 转 601
e-mail：wunan@vip.sina.com
印　　刷：北京雷杰印刷有限公司
规　　格：720 毫米×1000 毫米
印　　张：18.75
字　　数：270 千字
版　　次：2005 年 4 月第 1 版　2005 年 4 月北京第 1 次印刷
书　　号：ISBN 7-80117-732-0/F.652
定　　价：38.00 元

如发现有印装错误　可随时寄经销处调换

运筹帷幄　决胜千里

商场如战　快意驰骋

需要全本请访问 www.ertongbook.com



科学的工具　量化的数据

理性的判断　正确的决策

序

记得1972至1973年,我在美国麻省理工学院(MIT)作访问学者时,对该校福雷斯特(Jay W. Forester)教授所发展出的系统动态模型甚感兴趣,而且旁听他的"系统动态分析"的课。不过,我当时的主要兴趣在计量经济模型。系统动态分析是另一类反馈型结构模型,对于预测长期需求很有帮助,而长期需求的限制条件就是它的供给。如果一种自然资源的供给为一定,长期来讲会有枯竭的结局;1973年冬天,石油危机爆发,很多原料也发生供不应求现象,于是发生了1973~1974年的第一次世界性能源危机。1972年罗马俱乐部利用"系统动态学"研究全球问题,出版"增长的极限"(Limit to Growth)一书,书中警告资源危机的可能发生,一时竟洛阳纸贵。系统动态学从此一举成名,并成为重要的研究工具,及至20世纪90年代系统动态学又在企业管理中广泛使用,遂有轰动一时的《第五项修炼》一书的问世。

对于系统动态模型之研究,在中国台湾地区有关的论文、书籍中并不多见。陶在朴教授却是我所知道的对系统动态模型研究最早且最有心得的一位。他这本《系统动态学:直击<第五项修炼>奥秘》原在中国台湾地区以繁体字出版,此次获权在中国大陆以简体字版发行,相信甚具学术推广之深远意义。在本书中,陶教授系统地将系统动态仿真做了深入的探讨,包括系统的概念、系统的模型化、系统的动态性,测试所用的各种函数,一阶系统动态模型,二阶系统振动模型,高阶系统与复杂行为,各种模型的建立与测试。陶教授将系统动态做了深入浅出的介绍,而且对于它的应用也做了各种示范,这对初学者很有启发作用。

在世界人口仍继续大量增加,而自然资源相对不断减少或不足的21世纪初叶,这本《系统动态学:直击<第五项修炼>奥秘》提供了科学分析的工具,使我们不但对社会现象增加了分析的工具,而且对自然资源的态度也增加了珍惜的意愿与行动。

于宗先

2004年12月

自 序

如果说学问是追求原理的东西，那么原理不外两则，一则是物与物互动的原理，另一则是事与事互动的原理。前一种原理，我们称作物理，后一种原理怎样称呼呢？我看不妨简称为事理。

自有关于自然的学问以来，直到今天，一切大哉之问物理学差不多都给了较圆满的解释，也许因此之故，才有霍根(J. Horgan)《科学终结》(The End of Science) 一书之畅销。

然而，关于事理的学问，直到今天，仍在朦胧之中。为什么汇市牵动股市，股市牵动政事？为什么十年河东，十年河西，今日张氏公司称雄，明日李氏企业主霸？可以说事理的学问是最零碎的，没有一家学说可以走南闯北，批发天下。什么原因呢？因为太复杂，无从产生标准答案。

美国 MIT 的福雷斯特（Jay W. Forrester）教授别出心裁，独创一套动态模拟的学问试图突破事理之困难，这门学问就是本书的内容。彼得·圣吉（Peter M. Senge）的书《第五项修炼》（The Fifth Discipline）据说卖得很成功，圣吉所谓第五项修炼正是本书的各种案例。

我接受 System Dynamics 始于 80 年代初，在西柏林工业大学（TU – Berlin），那时最感兴趣的是世界上最大的事理——为什么经济增长引诱了一切人？经济是不知疲劳的永动机吗？答案从梅多斯（D. L. Meadows）那里找到，他是福雷斯特的学生，他做了一个“增长的极限”的世界模型，十分有名，有人当时骂他为新马尔萨斯主义，可是正是这个“新马”的世界崩溃模型，使我们今天有了可持续发展的思想理念。

我教授“系统动态学”已有十多年，包括不同学科背景的研究生，有的学管理（四川科学技术大学企业管理所）；有的学理论经济（维也纳经济大学国民经济理论所）；有的学工程（维也纳大学）。到了中国台湾地区南华大学后，

为亚太研究所、出版学研究所、生死学研究所开这门课，学生的知识背景大多是人文或社会学科。我实在怕他们缺乏兴趣，意外的事发生了，他们不仅有兴趣，而且很执着，他们觉得受益良多。遂而决心编一本针对文、社背景学生的教科书。然而，本人所知有限，此其一；时间较短，此其二。所以，书中错误难免，仍盼读者不吝指正。

借此机会衷心感谢苏慧敏小姐夜以继日地为本书打印和编辑，也谢谢支持本书出版的朋友们。

陈士橹

1999 年 3 月

目 录

第1章 系统概论——1

1.1 系统的基本概念/2

1.2 有没有非系统/4

1.3 系统观之一：个体与总体的统一/5

1.4 系统观之二：描述性与规范性统一/9

1.5 系统观之三：同一性 vs. 变化/11

1.6 系统观之四：因果互变性/13

1.7 系统观之五：目的—方向性与吸引子/14

1.8 系统状态变数：动态系统变数的解/18

1.9 相空间、吸引子/22

1.10 瞬态、定态、平衡态、稳定态/29

第2章 系统的模型化——35

2.1 模型的概念/36

2.2 模型与系统的关系/37

2.3 模型的实用性/39

2.4 模型构成的要素/42

2.5 模型的边界和种类/43

2.5.1 模型的边界/43

2.5.2 模型的种类/44

2.6 两种主要的预测模型比较/46

2.7 社会经济系统的特征/50

2.7.1 系统的性能与功效不守恒 / 50
2.7.2 层次分析 / 52
2.7.3 时序的规律与分析 / 54
2.8 模型的局限性 / 55

第 3 章 系统动态模型入门——61
3.1 系统动态模型之缘起 / 62
3.2 因果关联及其反馈环 / 63
3.2.1 因果关联 / 63
3.2.2 因果网络与反馈环 / 66
3.2.3 反馈环的代数极性 / 69
3.2.4 反馈环的信息控制 / 71
3.2.5 反馈环的例子 / 74
3.3 你的第一个模型 / 85
3.4 存量与流量的区分 / 102

第 4 章 图表函数及外部函数——107
4.1 图表函数 / 108
4.2 测试函数 / 115
4.2.1 脉动——PUISE / 115
4.2.2 斜坡——RAMP / 116
4.2.3 阶梯——STEP / 117
4.3 数学函数 / 118
4.3.1 绝对值——ABS / 118
4.3.2 整数——DERIVN / 118
4.3.3 乘方——EXP（ < expression > ） / 119
4.3.4 整数——INT（ < expression > ） / 117

需要全本请访问 www.ertongbook.com

4.3.5 常用对数——LOG10（<expression>） /117
4.3.6 自然对数——LOGN（<expression>） /117
4.3.7 极大值——MAX /118
4.3.8 平均值——MEAN /118
4.3.9 平方根— SORT /118
4.3.10 和——SUM /118
4.4 三角函数/120
4.4.1 余弦波——COSWAVE /120
4.4.2 正弦波——SINWAVE /121
4.5 逻辑函数/121
4.6 统计函数/122
4.6.1 常态分布——NORMAL /122
4.6.2 泊桑分布——POISSON /122
4.6.3 乱数——RANDOM /123
4.7 特殊函数/123
4.7.1 锯齿循环——COUNTER /123
4.7.2 预测函数——FORCST /124
4.7.3 平滑函数——SMTH /125
4.7.4 趋势——TREND /127
4.8 财务函数/126
第5章 一阶系统动态模型——131
5.1 反馈结构的基本概念/132
5.2 正反馈结构的系统特征/135
5.3 负反馈结构的系统特征/139
5.4 一端为反馈结构、另一端为常数流量的模型/146
5.5 产生S形增长的标准结构/149

附录5-1　野兔模型方程组/163
附录5-2　传染病模型方程组/164
附录5-3　新教徒模型方程组/164

第6章　二阶系统振动模型——167

附录6-1　捕食者模型方程组/179
附录6-2　存货模型方程组/180

第7章　高阶系统与复杂行为——183

7.1　意外行为/184
7.2　过载和崩溃的标准结构/191
7.3　石油资源耗竭模型/195
7.4　鹿群消失的模型/196
7.5　玛雅文明消失的模型/198
附录7-1　复杂行为的方程组/201
附录7-2　资源崩溃模型方程组/202
附录7-3　石油模型方程组/204
附录7-4　鹿群消失模型方程组/205
附录7-5　玛雅文明消失模型方程组/206

第8章　各种典型模型——209

8.1　佛洛依德心理学模型/210
8.2　《王子复仇记》模型/213
8.3　地质模型/215
8.4　水土流失模型/218
8.5　亚当·斯密的资本主义经济/220
8.6　经济循环问题/226

8.7 组模型/233
附录8-1 弗洛伊德心理学模型公式/238
附录8-2 王子复仇记模型公式/239
附录8-3 地质模型公式/240
附录8-4 水土流失模型公式/241
附录8-5 亚当·斯密模型公式/243
附录8-6 经济循环模型公式/245

第9章 模型的建立与测试——247

9.1 概念构思/248
9.1.1 模型的目的/248
9.1.2 模型行为的参考模式/249
9.1.3 模型的深度与广度/249
9.2 存量与存量结构/251
9.2.1 存量的意义/251
9.2.2 存量的功能和类型/253
9.2.3 模型的存量结构/255
9.3 流量与流量结构/256
9.3.1 保有和非保有流量/256
9.3.2 单项和双向流/258
9.3.3 单位相同或单位不同的转换流/258
9.4 存量与流量的语法含义/259
9.5 中间变量/260
9.5.1 与存量相关的中间变量/261
9.5.2 与流量相关的中间变量/264
9.6 系统行为的形成结构/266
9.6.1 复利式/266

9.6.2 排水式/267
9.6.3 生产型结构/269
9.6.4 协同流结构/270
9.6.5 由目标调整存量的结构/271
9.7 形成完整结构的反馈环/273
9.8 复杂的基础结构/275
9.8.1 一阶线性系统/275
9.8.2 S型增长/276
9.8.3 过载和崩溃/278
9.8.4 振 荡/280
9.8.5 链结构/281
9.9 模型测试/283
9.9.1 机械错误测试/283
9.9.2 结实性测试/283
9.9.3 敏感性和情景测试/284
9.9.4 极端条件测试/284
9.9.5 回测/285

第1章

系统概论

1.1 系统的基本概念

“系统”（System）作为科学的术语或生活的用语，已被广泛使用，可是究竟何谓系统，至今也没有人给过令所有其他人满意的定义。其实 System 这个词源于希腊文 sýstéma，意思是“放在一起”，我们先来看看西方主要辞典的解释。

德文 Duden 辞典说：“由许多部分组成而又被分割的整体（Ganzes）称为系统。”[1]

英文 Webster 大辞典的解释是：“系统是相互关连形成一个单位或有机整体的事物集合。”[2]

以上两种解释被著名的美国系统学家戈登（*G. Gorden, 1978*）总结为“所谓系统是指互相作用、互相依靠的所有事物，按照某些规律结合起来的总和。”

因为研究系统问题最终以数学工具作为手段，故许多名家对于有关系统定义的描述受到数学思维的深刻影响。例如以建立一般系统理论（General System Theory）而出名的奥地利学者贝塔朗非（*L. Von Bertanlanffy, 1968*），他用数学概念对系统下定义。

Bertanlanffy 定义：如果对象集 S 满足“S 中至少包含两个不同对象”以及“S 中的对象按一定方式相互联系在一起”两个条件，则称 S 为一个系统，并称 S 中的对象为系统的元素。

根据贝氏的定义，可以说一个家庭、一个社会、一个国家是符合系统概念的一定系统；一只鸟、一部机器，乃至一句话都是各具特点的一定系统。

是否利用数学概念才能使系统的定义准确？学界一直存在着争议。例如 Angyal、Bahn、Phillips 等批评性指出，数学概念并不能在一切情况下表达一个不可分割的整体概念，同时，数学概念容易引导一种过分简单的方程或为抽象符号的堆积[3]。其实，贝塔朗非本人并非不知道数学手段的极限性，他认为即使系统思想不能用数学表达，或自始至终只算是一种指导

需要全本请访问 www.ertongbook.com