

中興經營管理叢書

系統動態學

—理論・方法與應用—

謝長宏 著

中興管理顧問公司 發行

中興經營管理叢書

系統動態學

—理論・方法與應用—

謝長宏著

中興管理顧問公司
發行

著者簡介

謝 長 宏

學歷：・國立台灣大學土木工程系畢業（民國 58 年）

・亞洲理工學院（Asian Institute of Technology, AIT）

系統工程與管理學碩士（民國 61 年）

系統工程與管理學博士（民國 64 年）

經歷：・國立交通大學管理科學研究所專任副教授、教授

現任：・國立交通大學管理科學研究所所長

版權所有
翻印必究

中華民國六十九年九月初版

中興經營管理叢書

系 統 動 態 學

—理論・方法與應用—

高級精裝本實價新臺幣三百五十元

謝 長 宏 著

發行者 中興管理顧問公司

臺北市民生東路六十六號 新力大樓五樓

電話：五六一六三五六・五六一六三五七

印製者 金氏裝訂有限公司

臺北市長安東路二段六十六號二樓

電話：五四一〇三八二・五二二四一一八

序 言

經過卅多年胼手胝足的努力與建設，國家雖然已有長足的發展與進步，然而，我們却不斷的發現，國家愈進步、我們所見到的問題似是愈來愈增加，例如：國民住宅的缺乏、大眾運輸系統的缺乏效率、電信投資的不足、金融系統的難以配合整體發展的需求、各種工業發展的缺乏配合、企業界“打帶跑”的短期投機心理、以至於能源供給所造成的衝擊，這些問題的存在以及被發覺，以至於被詬病，在在顯示，我們沒有一套足以處理社會系統主要問題的有效工具與概念。由於國家愈進步社會愈複雜，傳統的社會系統管理概念與管理工具均不足以有效應付今日社會的主要問題，因此，我們必須嘗試建立一套新的概念構架與操作工具，利用它來幫助我們更深一層、更周密地瞭解我們社會系統的行爲，只有在我們已真正深入瞭解我們所處社會系統的行爲特性之後，我們才有可能研擬出解決問題的有效策略。

系統動態學(System Dynamics)就是在體認到現代社會系統的複雜性，於檢討傳統的各项管理概念與工具後，由美國麻省理工學院(Massachusetts Institute of Technology, MIT, Sloan School of Management)的 Jay W. Forrester 教授所發展出來的一套有關社會系統管理的新概念與方法。自 Forrester 教授建立系統動態學的基本概念與方法後，廿餘年來，系統動態學在方法上有很大的進步，另方面，由於社會系統的日趨複雜，使系統動態學的應用愈益顯示，系統動態學在處理社會系統高階層管理問題的有效性，因此，近年來，不論是管理科學系所、企業管理系所、公共行政學系所、運輸規劃學系所、都市及區域規劃學系所、均特別重視系統動態學觀念的培養。

傳統的管理可以說是一種經由歷史經驗來處理社會系統現象的過程，人們藉著觀察週遭的環境，藉著注意他人及團體所承受的壓力及

他們在壓力下所產生的反應，藉著偵測人際間、團體間的情報資訊流通狀況，以及彼此間行動的相互影響狀況，從而開始建立其屬於個人持有的管理概念。人，經由觀察而形成他對社會系統的概念，經由建立的概念，人就會嚐試去預測系統的未來，也會設法發展並操作一些策略以使得自己所屬系統的行爲更合己意，這就是傳統管理的程序。這種基於觀察與判斷的傳統管理，具有很強的優點，但也存在著嚴重的缺點。傳統管理的理念與程序，指導著我們每一個人日常生活，導引著我們在家庭事務、社會事務、國家事務、以至於國際事務的處理，傳統的管理可以說是導引人類活動的普遍概念與程序。

這是傳統管理的優點，由於傳統管理著重「觀察」，但是我們的周遭有太多的事物及現象不斷地發生及出現，我們應該「觀察」些什麼？對管理而言，更明確的說法是「我們應該收集或考慮分析那些資訊情報？」，傳統的管理程序，並不具備任何一般性的普遍原則，以提示我們從過量的資訊情報中，甄辨或選擇我們想要的情報。這是傳統管理的第一個嚴重缺陷，即或我們能夠克服此一缺點，傳統的管理仍然面臨著第二個缺陷，我們無法從傳統管理程序中，找到足能構建有關情報的組織原則。如何將甄辦得來的資訊情報作有效的組織，而使得「觀察到」或「收集到」的情報變成能夠代表真實系統行爲的結構體，這是傳統管理中所難以明確解說的部份。最後的缺點，也是傳統管理程序要達成科學化的瓶頸所在，同樣的資訊情報同時以同樣的原則來組織這些情報，但是不同的人在運用這些情報來推測系統未來的行爲時，却常常產生不同甚至相反的結構，這是爲什麼？

系統動態學就是爲設法彌補或減少傳統管理程序上的這些缺點而發展出來的一套概念及方法，它引進情報回饋理論，以及電算機的龐大快速計算能力，然後融合傳統管理程序的優點，從而建立的管理理念及分析工具。本書的內容就是介紹這一新的管理理念與工具一系統動態學。

本書分爲五篇，第一篇係導論，共 2 章；第二篇系統動態學方法共 9 章，詳述系統動態學的理论及系統動態模式的構建與模擬；第三篇爲系統動態學在企業管理之應用共 5 章，探討的範圍包括：動態觀

念下企業系統特性的分析，生產銷售的問題，廣告與促銷活動的問題，財務規劃的問題，以及電動機工業的發展模擬；第四篇爲系統動態學於社會系統之應用個案共 4 章，範圍包括鐵路機車之供給規劃，台北市公車系統之管理規劃，長途電話系統之發展規劃，以及區域發展規劃；第五篇共 2 章主要探討系統動態學在管理教育上扮演的角色及未來可能的發展。

對於一般的實務經理人員，在導論之後可略過技術性的第二篇，而直接閱讀第三篇、第四篇有關係系統動態學的實際應用，當然，能夠依序在瞭解完第二篇系統動態學方法之後，再進入應用的第三、四篇，對於系統動態學會有更深刻的認識。對於在學校中的同學們，不論是大學中的高年級同學或研究所的研究生，第二篇是最重要的部份，對系統觀念的形成與動態行爲特性的認識，第二篇的每一章都值得深加細讀，對於關心管理教育的人士而言，第二十一章的觀念是值得深思的！本書希望不僅能作爲大學高年級及研究所的教材，更希望對實務經理人員（不論是企業或政府部門的經理與主管）能夠提供一項較有效的思考工具。

在本書定稿之際，深夜回想寫作過程，由民國 61 年初識系統動態學之名，以至於今日本書之完成，整整八年時間，作者需要感謝的人，實在太多而無法一一在此詳細列舉，不過，特別要提及並致最大感謝的是作者的啟蒙老師 Dr. Donald R. Drew，——沒有 Dr. Drew 的啟蒙與鞭策，作者將無法由土木工程這個學門轉到系統工程與管理這個學門，也將永遠無法得識系統動態學；另外，要感謝國立交通大學管理科學研究所的同事與同學——由於交大管研所同事們的鼓勵以及同學們的協助，使得作者能夠應用系統動態學對目前國內各項有關問題進行研究，而使這些研究的成果成爲本書最值得重視的一部份。

本書是作者在繁忙的教學、研究、以及研究所行政餘暇，斷斷續續編寫完成的著作，這是作者第一次專論書籍的寫作，而且又挑選了在目前發展尚未完全成熟的系統動態學作爲題材，書中不論是觀念或文字表達，一定存有許多誤謬，期盼讀者及前輩先進們能夠不客氣的

指正，俾使本書及作者均有機會學習及改進！

謝 長 宏

中華民國六十九年八月謹識於
國立交通大學管理科學研究所

目 次

序言

第一篇導論

第一章 緒論 — 管理與管理科學

1 — 1	何以管理被視為藝術	3
1 — 2	目前的管理藝術	4
1 — 3	管理科學的缺點	5
1 — 4	系統觀念的需要	6
1 — 5	系統設計觀念與管理	7
1 — 6	管理者與未來的管理科學——系統動態學	9

第二章 系統動態學之概念與基礎

2 — 1	系統管理	11
2 — 2	發展系統動態學的理由	13
2 — 3	系統動態學之緣起及意義	16
2 — 4	系統動態學之發展基礎	17
2 — 5	系統動態學研究的基本步驟	19

第二篇 系統動態學理論與方法

第三章 模式與模擬

3 — 1	模式的意義與類別	23
3 — 2	心智及言辭模式的缺點	24
3 — 3	數學模式	25

3 — 4	管理應用數學模式的意義.....	28
3 — 5	模擬的意義.....	30

第四章 構建動態模式的原則

4 — 1	系統動態模式的目的.....	33
4 — 2	系統動態模式的範圍.....	34
4 — 3	模式內部的情報回饋.....	35
4 — 4	模式中變數的處理.....	38
4 — 5	以連續概念構建模式.....	40

第五章 因果回饋關係環路

5 — 1	因果關係的意義.....	43
5 — 2	因果回饋環路.....	45
5 — 3	負性回饋環路.....	47
5 — 4	正性回饋環路.....	50
5 — 5	正負性回饋環路的連合.....	53

第六章 動態系統模式之結構

6 — 1	封閉區界.....	60
6 — 2	決策回饋環路.....	61
6 — 3	積量與率量——決策回饋環路的基本要素.....	62
6 — 4	率量變數的內涵.....	66

第七章 動態模式之方程式

7 — 1	計算順序.....	71
7 — 2	方程式之符號.....	76
7 — 3	積量方程式.....	78
7 — 4	率量方程式.....	79
7 — 5	輔助方程式.....	80
7 — 6	常數方程式與初值方程式.....	82

7—7	單位名數	83
7—8	計算時隔	84

第八章 系統動態流程圖

8—1	積量	91
8—2	流體	92
8—3	率量	92
8—4	源池與淵池	93
8—5	情報傳遞	94
8—6	輔助變數	95
8—7	常數(參數)	95

第九章 滯延現象的表示與處理

9—1	滯延的結構與特性	97
9—2	指數性滯延	98
9—3	指數性滯延的滯延反應	102

第十章 DYNAMO電算機編譯語言

10—1	DYNAMO 應用實例	108
10—2	DYNAMO 說明	114
10—3	DYNAMO 之特殊函數	116

第十一章 系統動態模式的效度判定

11—1	模式效度的類別	131
11—2	系統動態模式效度判定的基本概念	132
11—3	由模式之目標判定模式效度	133
11—4	怎樣才是一個具效度的系統動態模式	134
11—5	鑑定動態模式效度的方法	136

第三篇 系統動態學於企業管理之應用

第十二章 企業成長之動態特性

12 — 1	企業之成長型態	141
12 — 2	影響企業成長的因素及特性	142
12 — 3	企業成長之過程	146
12 — 4	企業成長的時機與危機	148

第十三章 企業系統的生產銷售動態特性

13 — 1	生產銷售系統之結構	153
13 — 2	零售需求突增時的生產配售系統	155
13 — 3	零售需求之週期變化對生產、批發、與倉儲的影響	158
13 — 4	零售需求隨機變化對生產、批發、與倉儲的影響	160
13 — 5	零售需求波動對生產能力固定之企業的影響	163
13 — 6	增加訂單處理速度對產銷體系的影響	166
13 — 7	取消批發制度之影響	166
13 — 8	倉儲政策的影響	169

第十四章 廣告與促銷影響下企業系統之動態特性

14 — 1	廣告的意義與目的	173
14 — 2	時間因素對廣告的影響	174
14 — 3	需求變動對廣告之動態影響	177
14 — 4	廣告影響下的生產循環	179

第十五章 企業短期資金管理策略分析

15 — 1	訂單生產制企業短期資金管理之特性	185
15 — 2	短期資金管理模式之結構	186
15 — 3	積量變數初值與參數的設定	193
15 — 4	環境衝擊下短期資金之管理策略	196
15 — 5	總結	211

第十六章 臺灣電動機工業的動態模擬分析

- 16 — 1 電動機工業動態模擬分析的意義與目的…………… 213
- 16 — 2 臺灣電動機工業之概述…………… 214
- 16 — 3 臺灣電動機工業動態模擬模式之結構…………… 215
- 16 — 4 臺灣電動機工業動態模擬模式之操作與應用分析… 218
- 16 — 5 結論…………… 231

第四篇 系統動態學於交通運輸及區域發展規劃之應用

第十七章 鐵路機動車輛運用之動態模擬

- 17 — 1 研究目的…………… 235
- 17 — 2 臺鐵機動車輛概述…………… 235
- 17 — 3 影響機車運用因素之因果關係…………… 237
- 17 — 4 機車運用模式結構…………… 238
- 17 — 5 機車運用動態模擬…………… 240
- 17 — 6 結論…………… 253

第十八章 臺北都會區公車系統管理之動態模擬

- 18 — 1 臺北都會區公車系統概況…………… 257
- 18 — 2 公車動態模式結構分析…………… 259
- 18 — 3 公車系統之動態模擬…………… 270
- 18 — 4 結論與建議…………… 280

第十九章 臺北區長途電話系統發展規劃

- 19 — 1 長途電話系統發展規劃上的主要問題…………… 285
- 19 — 2 研究目的及範圍…………… 286
- 19 — 3 長途電話系統發展規劃模式結構…………… 287
- 19 — 4 長話系統發展規劃模式之正確性分析…………… 290

19 — 5	長話系統發展策略規劃.....	297
19 — 6	結論與建議.....	315

第二十章 系統動態學與區域開發規劃

20 — 1	區域開發規劃之意義.....	321
20 — 2	模式方式作區域開發規劃的檢討.....	322
20 — 3	系統動態模擬於區域開發規劃的最新應用——菲律 賓 Bicol 流域開發計劃的動態模擬.....	326
20 — 4	結論.....	341

第五篇 結論——系統動態學的未來

第二十一章 系統動態學與管理教育

21 — 1	以系統動態學做為整合管理功能的骨架.....	345
21 — 2	系統結構的一些原則.....	348
21 — 3	系統動態學在教學上的價值.....	350
21 — 4	學習系統動態學應具備的特質.....	355
21 — 5	系統動態學與管理競賽的不同.....	358
21 — 6	系統動態學與管理理論的研究.....	360

第二十二章 在企業內發展系統動態學..... 363

參考文獻.....	367
-----------	-----

附錄

附錄一	企業短期資金管理之動態模擬模式 DYNAMO 程式及 變數說明.....	375
附錄二	臺灣電動機工業發展模擬模式.....	383

附錄三	鐵路機車運用動態模擬模式程式及變數.....	394
附錄四	臺北都會區公車系統管理之動態模擬模式.....	400
附錄五	臺北區長途電話系統發展模式 DYNAMO 程式.....	409

第一篇

導論

第一章 緒論—— 管理與管理科學

1-1 何以管理被視為藝術

每一個人每天都必須為時間的安排，或事務的處理（包括資源、金錢的分配）而費心，因此，每一個人或多或少地都懂得一些「管理」。再者，由個人的日常生活、家庭、企業、公司、機關、政府，以至於各種國際組織的各種事務處理，都是「管理」所涵蓋的範疇，所以，「管理」的意義與解釋就更難以一致，幾乎，每一個人都有其不同的「管理」觀念與認識。

過去數百年來，有關企業或國家的管理，也因此而成為一種經驗性的藝術。半個多世紀以來，雖然「管理科學」已有相當的發展，然而，仍不足以用來作為解決高階層管理問題的基礎。不可否認的，經理人員的工作要遠比數學家、物理學家、或者是工程師的一般性工作富於挑戰性，也更顯得困難。因為，進行管理工作時，有太多的重要因素必須加以考慮；而這些重要因素間的相互關係，更是複雜難解，因此，管理者面臨的是一個龐大而複雜的系統，處理這個系統所遭遇的困難及問題，也遠非傳統數學、物理、或工程所應用的分析方法所可解決，所以，管理工作就無可避免地被當作一項純粹的「藝術」。

根據萬尼瓦·布什（Vannevar Bush）在其「科學的貧乏」（*Science is not Enough*）^{*}一書中指出：「管理乃係藝術、專業及技術這三股線條互相交織而成，……，技術能夠傳授，但藝術則必須學習、領會。」我們可以明顯地看出，就經理人員的管理風格而言，確屬一項無法具體傳授的藝術，因此，不管是企業經營者或

* Vannevar Bush: *Science is not Enough: Reflections for the Present and Future*, Vannevar Bush, Mass., 1967。