

系统技法手册

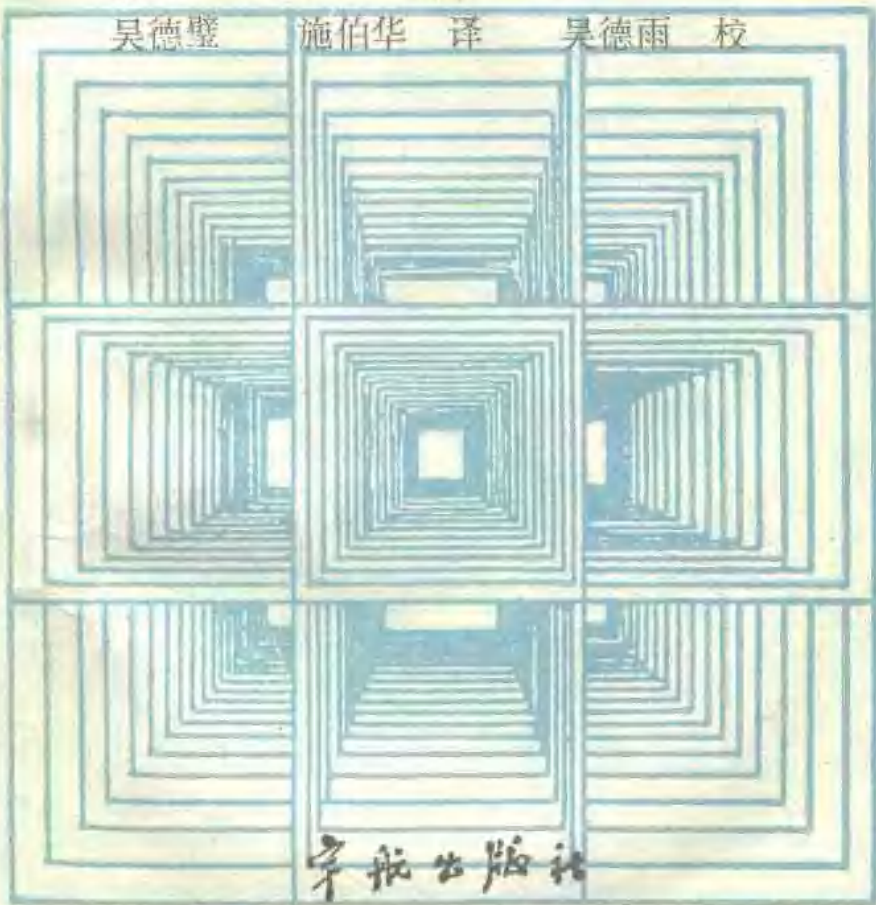
—现代化管理的技术与方法

〔日〕 竹村伸一 编著

吴德璧

施伯华 译

吴德雨 校



宇航出版社

077645

C93

88-21

系 统 技 法 手 册

——现代化管理的技术与方法

[日] 竹村伸一 编著

吴德璧 施伯华 译

吴德雨 校



S006143X

学 苑 出 版 社

内 容 简 介

该书是日本著名北海道大学教授竹村伸一博士编著的一本现代化管理方面应用系统工程技术方法的指导性手册。它把系统预测、开发、设计、生产、管理、经营、维修、评价等过程中所使用的各种技术方法归纳为9类,即系统的分析技法、模拟技法、结构化技法、最优化技法、预测技法、管理技法、可靠性验证技法和模型化技法。全书重点对64项技法作了较为详细的阐述。对于经济管理、科研管理、企业管理、工程设计、科学实验、作战模拟、交通运输等方面运用系统工程方法,对于提高领导能力、指挥艺术、经营管理素质,对增加企业活力与经济效益都有实际指导意义。

本书的特点是:取材上避免了复杂高深的系统工程理论,突出了在实践中能够立刻应用的技术方法;写法上对每种方法扼要地讲明其定义、方法技巧、适用范围、实施程序及注意事项,再举一两个实例,作出规范性的应用示例。

这本书在日本颇受欢迎,在初版后短短的三年间就连续发行了四版。无疑,它对我国广大管理工作、科技干部、经济学者、军事干部以及高校师生将是一本得力的工具书。

システム技法ハンドブック

工学博士 竹村伸一 编著

根据日本理工出版有限公司1983年第4版译出

系 统 技 法 手 册

——现代化管理的技术与方法

[日]竹村伸一 编著

吴德璧 施伯华 译

吴德丽 校

责任编辑:李明观

宇航出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京通县向阳印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:15.875 字数:355千字

1988年7月第1版第1次印刷 印数:1-4000册

ISBN 7-80034-103-3/Z·007 定价:4.20元

前 言

本书是供所有从事系统工作的人员使用的一本手册。所谓“从事系统工作的人员”，系指与系统开发、预测、规划、设计、生产、建设、管理、资金周转、经营、维修、评价等相关的所有人员。对于每日忙碌于工作的同志，要求他们从理论上去学习系统，终归是件不切实际的事。然而，不用说大系统，即便是常说的小系统，单凭经验和感觉对其进行规划并加以运用，那是轻率的。应充分运用最新的系统技法，加上经验和感觉来进行决策。从这种意义上讲，也必须首先掌握系统技法。

本书不急于涉及复杂难懂的理论，而首先是教会人们在实际工作中能立刻应用的技法，即使高深的理论，当在实际系统中应用时，也可以把它看作是一种技法。不管怎样，只要理论上十分成熟，并且，可以放心地在实际系统中应用，就可以叫作技法，虽然概括称为“系统技法”，但绝不应当理解成包含了所有的技法。系统技法是以许多基础理论及其所产生的比较古老的各种技法为基础，并在此基础上不断增加新开发的技法而逐步地发展起来的。

本书不探讨系统技法的高深理论，而是先把从事系统工作的人员所必要的技法作尽可能详细的说明；换句话说，就是把统称为“系统技法”的系统开发、设计、生产、运用、评价等工作中所必要的技法，加以收集、分类，关于参考书中的许多基础内容或早为读者所熟知的技法，尽量从简叙述，

而把重点放在新的技法上，并对它们作尽可能详细的说明。

本书是以应用者为主要对象而编写的。笔者在日立制作所的系统技术部和系统事业部等部门工作了约10年，从事各种大小实际系统的开发。在这期间深感在这个非常重要的新的领域里，缺乏适当的指导书籍。在这被称为系统技术的时代，尽管重视软件工艺，然而，无论是进行系统评价，还是进行微型电子计算机模拟，关于有什么样的技法和如何应用以至实施程序等，几乎无一点说明。我想这本书正符合多数人的要求，本书至少是为满足这种需要而写的。因此，其内容的侧重点，与其说在于严密性，莫如说在于简明性；与其说在于理论性，毋宁说在于具体性更为适宜。

虽然决定按上述意图写书，但脱稿后，深感最初的意图未必能完全达到，当然不用说，这是由于笔者才疏学浅之故，但是，鉴于该书对本领域的重要性和必要性，还是大胆地出版了。请读者指正、赐教，以便逐步增补、修订为幸。

由于篇幅和时间的限制，在选择系统技法时，最初列出的条目近200项，而最终压缩成64项；至于实际计划的应用事例，也不得不几乎全部删去了。关于这些，我想还要寻求机会加以整理。

此外，承担本书执笔的还有：以日立制作所系统事业部的宫本伸也先生为主，分担了分析技法；以加治遼先生为主，分担了最优化技法；而以藤田興一先生为主，分担了有关模拟技法和管理技法。原稿的誊写、整理为橘爪照治君，而全部出版工作，得到了日本理工出版有限公司各位的大力帮助。最后谨向上述各位表示衷心的感谢。

竹村伸一 于札幌

1980年7月

目 录

系统与系统技法.....	(1)
--------------	-------

一、主要用于分析的技法

1. 解析技法.....	(12)
2. 多变量分析.....	(19)
3. 回归分析.....	(30)
4. 方差分析.....	(41)
5. 因子分析法.....	(49)
6. 主成分分析法.....	(55)
7. 群、集分析.....	(61)
8. 管理图法.....	(67)

二、主要用于模拟的技法

9. 模拟技法.....	(76)
10. 蒙特-卡罗法	(82)
11. 系统动态特性.....	(91)
12. 模拟语言.....	(107)
13. GPSS——通用系统模拟语言	(114)
14. SIMSCRIPT——模拟原型程序语言	(127)
15. GASP——通用活动型模拟程序	(135)
16. CSMP——连续系统模型化程序	(143)
17. DDS III——数字动态模拟程序.....	(152)
18. MAFLOS——物流模拟程序	(174)

三、主要用于结构化的技法

19. 结构化技法.....	(180)
20. KJ 法.....	(185)

21. 集体创造性思考法(集体构思法).....	(188)
22. 工作设计.....	(103)

四、主要用于最优化的技法

23. 最优化技法.....	(210)
24. 运筹学技法.....	(215)
25. 线性规划法.....	(218)
26. 单纯形法.....	(230)
27. 运输问题的解法.....	(239)
28. 整数规划法.....	(246)
29. 分支定界法.....	(261)
30. 二次规划法.....	(268)
31. 凸规划法.....	(273)
32. 拉格朗日乘数法.....	(280)
33. 库恩-图克(Kuhn-Tucker)定理.....	(286)
34. 逐次逼近法(1)——直接搜索法.....	(292)
35. 逐次逼近法(2)——梯度搜索法.....	(298)
36. 动态规划法.....	(303)
37. 博弈论.....	(313)
38. 排队论.....	(320)
39. 顺序理论.....	(328)

五、主要用于评价的技法

40. 评价技法.....	(338)
41. 相关矩阵法.....	(341)
42. 交叉增援矩阵法.....	(344)
43. 交叉影响矩阵法.....	(348)
44. 交叉影响矩阵的程序.....	(355)
45. 相关树法.....	(359)
46. PATTERN——通过对有关项目的技术评价制订的 协作规划法.....	(367)

47. 决策分析(决策技法).....	(372)
48. 效用法.....	(377)
49. 两两比较法.....	(383)
50. 工业技术评定.....	(389)
六、主要用于预测的技法	
51. 预测技法.....	(396)
52. 倾向外插法.....	(400)
53. 脚本法(情节推演法).....	(408)
54. 投入产出分析.....	(414)
55. 德尔菲法.....	(424)
56. 时间序列分析.....	(428)
57. 卡尔曼滤波器.....	(436)
七、主要用于管理的技法	
58. 管理技法.....	(443)
59. PERT/TIME——计划评审技术/时间.....	(452)
60. CPM——关键路线法.....	(461)
八、主要用于可靠性(验证)的技法	
61. 可靠性技法.....	(466)
62. FMEA——故障模式和影响分析.....	(480)
63. FTA——故障树分析.....	(487)
九、主要用于模型化的技法	
64. 模型化技法.....	(492)
参考文献一览表	(495)

系统与系统技法

(1) 什么是系统

当代世界,从各种意义上讲,可称作“系统的时代”。由于系统的观点已逐渐为人们所接受,并已开发了许多系统,而且“系统”一词平常也在到处使用,所以把当代称为系统的时代,当然并不过分。那么,究竟什么是系统呢?

系统的语源

我们所使用的系统一词,当然出自英语,如查看辞典,所谓 *System* 是 *Organization, method, mode, Order, regularity, ...* 等。相当于组织,方法,式样,秩序,规则,……等词。在英语中,系统一词也是古词,其起源可追溯到拉丁语(*SYSTEMA*)和希腊语(*SYNISTANAI*)。而且,还要理解 *System* 一词是 *Chaos*(混沌)一词的反义词。

这样,由于系统一词是古老的,而且具有广泛的涵义,所以日常到处使用,这也是很自然的。但是,作为技术专用名词的系统一词,又具有怎样的涵义呢?

首先想对这方面加以阐明。

系统的定义

日本机械学会的系统控制分会,采纳的系统定义如下:

“所谓系统是具有独立功能的多因素的有机结合,向着某一目的,发挥高度功能的整体。”

此外,在日本工业标准 JIS8121 的运筹学名词中,把系

统定义为：“系统是由保持有机秩序的、向着同一目的行动的、多因素构成的整体”。

除此而外，国内外许多学者，用各种各样的说法提出系统的定义，而研究它们的异同点，并不是本书的目的，所以只要记住以上两个定义或其它任何一个也就可以了。

系统的特征

对系统来说，有如下特征。

(1) 含有两个以上的单元 (*system element*——系统成分)——

因此，能由不同领域的结合而创造出新的价值。

(2) 单元相互之间的功能是确定的——

因此，通过模拟 (*simulation*) 可知系统的动态 (*behavior*)。

(3) 有着整体的目的——

因此，可把系统最优化 (*optimize*)。

由此，可把系统看作为对物质、能量、信息、人才、资金等的时间流 (*flow*) 进行处理。

此外，人类所创造的系统，必须具有下列四个基本性能：

- (1) 可用性 (*capability*)；
- (2) 经济性 (*economy*)；
- (3) 可靠性 (*reliability*)；
- (4) 兼容性 (*compatibility*)。

系统的概念

所谓系统，可分成如图 1 所示的阶层。

最底一层是所谓的“各个系统”，例如：交通系统、物质流通系统、生产系统等，直到环境系统、能量系统，就是实

际上环绕着我们的种种系统。

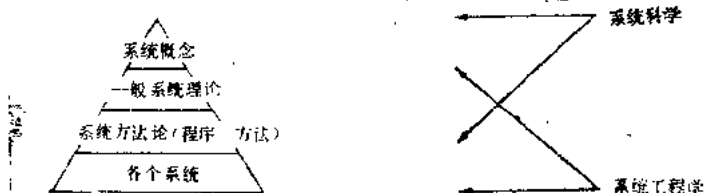


图1 系统的阶层

上一层的所谓“系统方法论”，就是对各个系统进行计划、生产、运用，或作评价时用的程序和系统技术方法等的综合名称。实际上是对系统的开发、规划和运用所不可缺少的重点部分。如前所说，本书仅仅是把三角形中的这一部分当作重点。

再上一层，所谓一般系统理论，是把三角形最顶部的系统概念，作为严密的理论而展开，舍去各个系统所具有的特性，抽出系统具有的一般属性，就能使它形成所谓的系统化。

最后，对位于系统三角形最上层的系统概念加以说明。

形成系统概念的基础想法是“整体由部分构成，整体是作为部分的依存；部分是以整体为前提而存在”。

在近代科学的方法论中，强调分析，即把整体分解成部分，对这部分和其它部分进行单独的分析，由此来加深对整体的认识。正象为了认识和理解铁这个物质，而对铁进行分析那样，铁是由铁分子组成的，再进一步分析铁分子是由铁原子所组成，这在对铁的认识中是最重要的。

但是，在系统的认识过程中，要抓住整体和部分，特别是各部分相互间的关系，从而构成整体的观点，来认识和理解系统的本身。在对铁的认识上，仅仅对铁进行分析是不

够的，应该探求铁这个元素，在许多其它元素中占怎样的位置？进而还要了解，铁既是元素，在铁的化合物中还有什么物质？这样，抓住了包含各个部分的整体，由此，再来认识作为整体中的一部分的铁。这是应该采取的方法，把这种方法称为系统概念、系统的整体观点，或称为系统方法(systems approach)。

这样的系统观点，用一句话来说，就是“部分的最佳不等于整体最佳”，或者说“整体是单独部分的集合”。如更确切地说，即“部分的最佳不是整体的最佳；瞬间的最佳不是期间的最佳”。这样会更容易理解。

我们面对许多集团，认为某个集团有秩序(系统)，或认为某个集团杂乱无章(混乱)，这并不是指集团实体的本身而言，而是指聚集的方式，也就是指集团秩序的状态而说的，这样，可能就清楚了。

系统概念，就是抓住研究对象的整体和部分之间关系的这样一种认识论。古时，可能是由亚里士多德(Aristoteles)和黑格尔(Hegel)的研究开始，然而，明确地提出系统概念可以认为是从三十年代由拜他兰非(Bertalanffy)开始，而由威纳(Wiener)和博尔丁(Boulding)发展起来的。

那么，再看一下系统三角形，如图右方标明的那样，以系统概念为基础，由此展开系统理论，建立起方法论和各个系统的理论基础，这样一门学问就被称为“系统科学”。另一方面，把从系统概念和理论导出的许多系统技术方法和系统设计的程序，用于建立各个系统的学问就称为“系统工程”。本书把在各个系统的规划、设计、运用等当中直接使用的许多系统技术和方法，从立刻能实用的角度来加以阐述。

(2) 什么是系统工程学

系统工程学

把系统规划、设计、生产、运用以及用于评价的许多理论和技术方法等总称为“系统工程学”。那么，系统工程学是从什么时代建立起来的？要弄清发展史不是一件容易的事。系统的思考方法，可追溯到金字塔建设时代，以后，在大的规划设计和建设中，使用系统的观点的实例是很多的。在1940年，当美国贝尔电话公司的莫利纳(Molina)首次提出排队论时，第一次使用了“系统工程”这个名词。但是，系统工程学作为学科登上舞台，还是以美国阿波罗计划的成功为契机，才真正达到了巨大工程的时代，这是肯定无疑的。

在继阿波罗计划之后的高速发展时代，为了处理相继而起的巨大工程，以及由于数量的剧增和周围条件的迅速变化，从而处于复杂的相互牵扯之中，因此开发“系统技术”，显得特别必要和迫切。此外，对工业方面来说，由以往的单一品种定向型逐渐地转变为目的定向型或是系统定向型，也需要应用系统技术和方法。因此，在企业方面，为了满足这些需要，不管怎样，系统技法是必不可少的。

系统工程学的基础理论

以上述需要为背景的系统工程学，当然不是一朝一夕能创立的科学，应当结合以往的许多理论，作为创立的基础。

下面列举在系统工程学产生之前的一些系统化的理论或学科，现在它们仍然是系统工程学的主要支柱。

- 运筹学(OR(Operations Research));
- 控制论(Cybernetics);

- 自动化(*Automation*);
- 集合论(*Congestion*);
- 信息论(*Information Theory*);
- 基础数学(*Metamathematics*);
- 系统科学(*System Science*)。

除此而外，人类工程学、行为科学、计算机语言学 and 信号理论、逻辑代数以及计算机科学等，也都是系统工程学的重要支柱。

系统工程学就是在这样的背景下成长、发展起来的。

(3) 什么是系统技法

用于系统的许多技术方法和各种程序总称为“系统技法”。实际上如前所述，由于系统工程学本身就是吸取从前的许多学科的理论而形成的学科，而使用的技法，哪些算是系统技法，哪些算是其它学科(就象是否还要称为OR技法那样)，是没有明显界线的。再说探索它们的差异也无意义。

本书中所谓的“系统技法”是由在系统中使用的一切技术方法选编而成的。使用于系统的技术方法，指系统的预测、开发、计划、设计、生产、建设、管理、经营、评价等当中所使用的一切技术方法。不过，这些系统技法又在不断进行着新的开发。此外还有一些很少使用的技法，所以本书不可能网罗全部内容，只好尽可能在大范围内搜集经常使用的技法，作为本书的内容。

系统计划的程序

新的系统开发，一般按图 2 所示的程序进行。

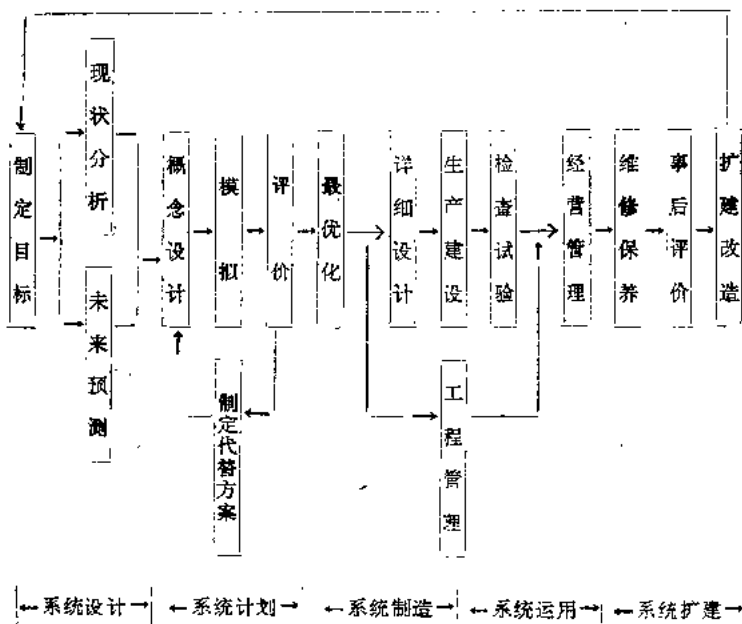


图2 系统开发的程序

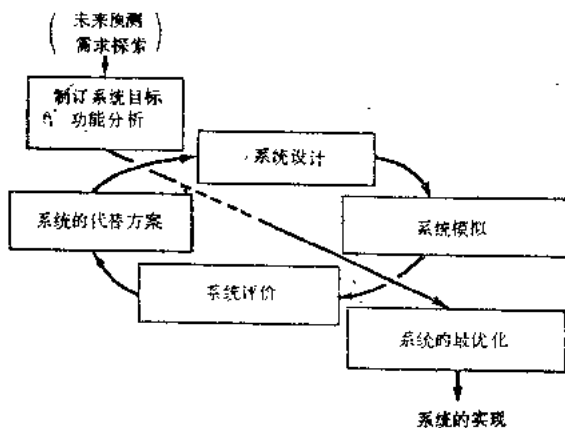


图3 系统计划的程序

图 2 是系统开发的一般程序的简化示意图。实际上在中间阶段, 对每个项目, 常常时而作预测, 时而作评价, 而且时而提出代替方案, 向前推进。关于系统计划阶段的状况, 如图 3 所示。

实际上, 从筹划到计划、生产、运用, 经过象图 2 那样的一条流程就完成者是少有的。由于工期和资金等关系, 通常或者是分为几个阶段进行开发和生产, 或者是在计划中途作大的变更。NASA(美国宇航局)把完成研究开发计划中所必要的管理和手续的基本思想, 制成 PPP(*phased project planning*——阶段式规划准则)文件。在 PPP 文件中规定, 把开发计划分为在决策中的四个重要阶段进行管理。这四个阶段如下:

阶段 A……初步分析(*Preliminary Analysis*);

阶段 B……技术要求(*Definition*);

阶段 C……设计(*Design*);

阶段 D……试制/生产(*Development/Operation*)。

此外, 作为工程开发的具体阶段, 为考虑下列四个:

阶段 1……系统的调查(*Systems Exploration*);

阶段 2……系统的计划(*Systems Planning*);

阶段 3……系统的设计、制造(*Systems Engineering*);

阶段 4……系统的开发、实施(*Systems Development*)。

其中的每一阶段, 均应按图 2 和图 3 所示程序重复地进行。

系统技法的种类

如前所述, 在本书中把用于系统的技术方法总称为“系统技法”。在系统开发上, 前节已讲过, 从筹划、计划直到

运用、扩展，有若干个阶段，然而，对系统技法来说，有各阶段特有的技法，也有可供若干个阶段共同使用的技法。除此而外，在每个系统中还存在它特有的技法。例如：在交通、库存管理等方面，正在开发各自系统中的特有技法。

表 1 系统技法的分类

技 法 分 类		主 要 技 法 名 称
1	解析技法	多变量分析，回归分析，相关分析， Δ 图表等
2	模拟技法	GPSS (通用系统模拟语言)，SIMSCRIPT (模拟原型程序语言)，系统动特性等
3	结构化技法	KJ法，集体创造性思考，PPDS (系统开发的计划程序)
4	最优化技法	线性规划法，动态规划法，单纯形法，排队论等
5	评价技法	矩阵法，相关树法，效用法，工业技术评定法等
6	预测技法	外插法，情节推演法，德尔非法，交叉影响矩阵法等
7	管理技法	PERT/TIME (计划评审技术/时间)法，CPM (关键路线)法等
8	可靠性技法	FMEA (故障模式和影响分析)法，FTA (故障树分析)法等
9	模型化技法	各种
10	其它技法	

本书主要收集在系统开发中所用的一般技法，剔除了仅在个别系统中使用的特有技法。关于特有技法这部分内容，另找机会试行归纳。

此外，系统技法有各种各样的分类方法，而在本书中，为了使用上的方便，按表 1 分类。

把系统技法分成十类，并列出了各类有代表性的技法，但在实际上，这些技法也可使用其它方法分类。表 2 列出了在系统开发的各阶段如何使用这些技法。