

什么是系统工程

〔日〕渡辺 茂 須賀雅夫 著

国外现代管理初级读物

GUO

WAI

XIAN

DAI

GUAN

LI

CHU

JI

DU

WU

机械工业出版社

73.825
658

国外现代管理初级读物

什么是系统工程

〔日〕渡边 茂 须贺雅夫 著

牛林山 金昌旭 译



机械工业出版社

本书是根据1980年6月第8次印刷的版本翻译的。全书共有五章,全面系统地介绍了系统工程的基本概念及应用。第一章和第二章主要讲述系统工程的特性及方法;第三章论述系统的有关知识;第四章列举系统工程的应用实例;第五章探讨社会的未来,并论述预测未来的方法。本书深入浅出,通俗易懂。既可供国家机关、企业、事业单位的领导干部业务学习之用,也可供机械、宇航、自动化、无线电、铁路、交通、海洋学、医学等方面的科技人员和高等院校师生参考。对具有高中文化程度的广大读者,可作为自学的入门书籍。

システム工学とは何か

渡辺 茂 须贺雅夫

日本放送出版协会

1980

※ ※ ※

什么是系统工程

〔日〕 渡辺 茂 著

须贺雅夫

牛林山 金昌旭 译

※

机械工业出版社出版 (北京阜成门内大街25号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第112号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

※

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $5 \frac{3}{4}$ · 字数 122 千字

1982年12月北京第一版·1982年12月北京第一次印刷

印数 00,001—18,000 · 定价 0.61元

※

科技新书目: 37-115

统一书号: 15033·5363

《国外现代管理初级读物》

0465/21
出版前言

为了普及现代管理知识，我们选译了一批国外企业管理科学的入门书籍和基础读物，编成《国外现代管理初级读物》供读者选用。

这批图书，力求反映国外企业管理科学的某些最新成果，内容也较为通俗易懂，可供管理专业的师生、各级管理人员以及广大爱好企业管理科学的读者学习、参考。

一九八一年八月

译 序

随着当代科学技术的发展，组织管理工作中使用了诸如运筹学等科学方法和先进的电子计算机一类 的技术工具之后，一门横跨专业、高度综合的“系统工程”就应运而生。

尽管系统工程目前尚处于发展阶段，然而其应用范围却如此之广，除工业、农业、宇航、军事、水利、交通、环境保护等部门以外，在人体系统和社会系统等方面亦已卓见成效。其中美国航宇局阿波罗计划的实施，就是一个引人注目的例证。

为了配合我国社会主义现代化建设的需要，我们在吉林工业大学沈景明副教授的推荐和帮助下翻译了此书。参加本书翻译工作的还有姜贵有和汤显平，全书由牛林山校对定稿。此外，敖华、宋广礼、张敬袖也参加了本书的定稿工作，在此一并致谢。

在译文中，对原文错误之处作了更正，并对“后记”中的部分文句进行酌译。译文仍袭用原作的科普文体，深入浅出，通俗易懂。书中的参考文献及词汇索引从略。由于时间和水平所限，错误在所难免，希望读者指正。

序

系统工程是一门借助于计算机来阐述组织管理的学问。然而，在计算机出现之前，管理科学却早已问世了。

因此，系统工程随着计算机的发展而发展，二者相辅相成。

假若问起哪方是主体，这将是个很难回答的问题。通常注重实践的人，可能要说计算机应为主体；而重视理论的人，则可能会讲系统工程才是主体。其实，哪一方都是个很好的课题。这种争论可能要持续下去，然而却非常有趣。总而言之，只要能真正了解系统工程和计算机是不可分割的道理就行了。

通常所讲的系统工程研究的对象“系统”究竟是什么？对此议论繁多。专家之间也众说纷纭，各持己见。不过，系统与其说是组织，倒不如说是更接近于系列、体系等。具体来说，即是信息、知识、技术和社会。

问题客观存在，当人们试图努力解决这些问题时，就需要系统工程这一方法了。过去，系统工程的理论也已客观存在，只不过将这种煞费苦心的理论半途而废罢了，有些也往往是依赖于一部分人的直观感觉而已。即便有时也会得到好结果，但也有不少这样的情况，即搞错了方向，过后想起来后悔得很，甚至觉得当初要那样办就好了。系统工程或许是个费钱的方法，不过它也确实是个不会使人懊悔的最优方法。

最后赘述一句，系统工程与人的因素的关系，即系统工程动不动被扣上无视人的因素的帽子。人们所担心的是随着系统的加强，将会发生下列情况，即人将被沦为使该系统重复必要功能的奴隶。

老实讲，并不是说完全不必担心。不过系统是人设计的，一旦上述情况出现的话，值得追究的倒是系统的设计者，即其有“残忍”的一方面。系统工程本身仅仅是一种理论方法，从这点来说，似乎其对善恶公正不倚。因此，系统本身对人类生活是更加完善还是不完善的问题倒值得深思。

1970年2月初版

再 版 序

本着上述宗旨写成本书后已经七年了。在光阴似箭般地流逝期间，系统工程又有了很大的发展。现在仍谈论“系统工程是什么？”，似乎有些不合适了。

七年的岁月，人类的视野从月球延伸到火星，人们的智力从基本粒子进展到夸克。

人类尽管能看到更远的物体，能分隔更小的物体，然而人和人集合程度的大小所产生的种种现象却依然如故，并无一个明确的理论，当然也不存在那种理论。当今世界上，更复杂的事物犹如“大千世界”似的。

对此，我们试图在这方面打进一个很小的楔子。如果这样说的话，那么系统工程的应用范围无疑地将更加扩大了。

在此预测的基础上，为了搞清系统工程的作用和界限，再次将它全面地整理出来，也不能说是完全无用的。同七年前相比，实际上基本立场没变，只不过将它应用到各个领域当中，从而获得一些新的方法而已。

为把上述思路写进去，做些小的更改是办不到的，结果全部进行了重写。即把初版的内容缩至三成，再在这三成的基础上重新展开，总的看来是增加了些页码。读者如能从修订版中看出当前系统工程的概貌，那也是作者的一种快慰。

渡辺 茂

1977年1月

目 录

出版前言

译序

序

再版序

第一章 综合性技术——系统工程 1

一、阿波罗计划的核心 1

1. 从阿波罗 11 号中学到的新技术 1

2. 推进阿波罗计划的政治意义 3

3. 实现阿波罗计划的系统工程 5

二、为什么需要系统工程 7

1. 是浪费还是节约 7

2. 为了按照预定计划发射 9

3. 宇宙开发的意义及其影响 10

4. 日本的系统工程对象 13

三、系统化时代 15

1. 从发明到解决问题 15

2. 综合性技术——系统工程 17

3. 系统的四个条件 18

第二章 奇特的方法——系统工程 21

一、系统工程的发展史 21

1. 系统工程的起源 21

2. 系统工程的体系 22

3. 丘林古机器 24

二、模拟 25

1. 计算机里的小天地	25
2. 模拟的具体例子	27
3. 系统动力学	33
三、最优化方法	36
1. 以最小的努力赢得最大的效果	36
2. 函数极值法与变分法	39
3. 最陡峭倾斜法	40
4. 线性规划法	41
5. 动态规划法	44
6. 博弈论	46
四、评价方法	50
1. 评价的含义	50
2. 相关树法	52
3. 重要度的评价	55
4. 技术评定	59
第三章 系统的有关知识	61
一、系统的可靠性	61
1. 可靠性	61
2. 串联系统	64
3. 并联系统	65
4. 可靠度的改善	66
5. 冗长系统	68
二、程序安排	71
1. 计划评审技术	71
2. 计划评审技术的应用实例	74
3. 关键路线	76
4. 成本规划法 (PERT/COST)	81
三、系统与计算机	83
1. 位于系统中枢的计算机	83

2. 系统分析	87
3. 系统设计	90
4. 流程图	91
5. 程序设计	93
第四章 系统工程的应用	98
一、行政与系统工程	98
1. 从权力机关到计划规划预算系统 (PPBS)	98
2. 国家规模的信息系统	102
3. 情报检索的应用	104
4. 本国的信息及远距离遥感	106
5. 计算机在一些政府机关中的应用	108
二、计算机参与生产活动	110
1. 产业相关分析	110
2. 企业活动系统化	113
3. 计算机辅助设计	115
4. 计算机图示法	116
5. 数控系统和刀具控制程序自动编码语言	119
6. 工业机器人与无人工厂	122
7. 海底机器人	125
8. 模式判断的应用	127
三、生活系统化	129
1. 绿色窗口	129
2. 铁路部门系统化	130
3. 交通与急救系统化	132
4. 医院系统化	134
5. 时装裁剪系统化	136
6. 无人超级商场	137
7. 自动检查系统	139
8. 公用计算机	141

X

四、计算机辅助教学与教育革命	142
1. 从教学机到计算机辅助教学	142
2. 计算机辅助教学系统的硬件和软件	144
3. 计算机辅助教学系统的实例	147
4. 计算机辅助教学系统存在的问题	149
第五章 未来的社会	151
一、系统化社会与人	151
1. 系统研制能力	151
2. 参与系统化的人	153
3. 软件商和智囊团	155
4. 如何对待系统社会	157
二、预测未来的方法	159
1. 趋势法	159
2. 特尔斐法	163
3. 生活质量法	165
4. 人类的未来	169
后记	172

第一章 综合性技术——系统工程

一、阿波罗计划的核心

1. 从阿波罗 11 号中学到的新技术

1969 年 7 月，阿波罗 11 号的船长阿姆斯特朗，作为人类的先行者首次登上月球，此时阿波罗计划达到了顶峰。后来，由于世界形势的急剧变化，这件事似乎在人们的记忆中消失了。然而正是这件事，最大限度地实施了我们这里要讲的系统工程。

从某种意义上讲，第一代系统工程，可以说当时完全是作为一门学问确立的。嗣后不久，进入了探索新理论和新应用的第二代。关于这个问题，将在以后各章中逐步加以讨论。目前，我们应坦率正视的问题是，从以阿波罗计划为代表的大规模计划中应该学到什么？

尽管发誓“六十年代末登上月球”的美国，完美地实现了自己的心愿。然而，对于立志学习系统工程的人们来说，最关心的却是这项计划的本身。

表 1[⊙] 是阿波罗 11 号飞行预定程序和实际记录的比较。看了这个表，大概就会发现实际情况与预定程序有时也颇不一致。经过认真考虑就会懂得，实现一项计划就像一个人在睡觉之前能够把工作做完一样，从某种意义上讲，无论如何都是可取的。不过，重点项目的误差应控制在三、四分钟之

⊙ 原书中图、表不分，均按图编排顺序。为了方便读者，我们在翻译过程中，将图、表分开，分别统一编号并加了表号与图题，特此说明。——译注

表1 阿波罗11号登月计划中预定与实际飞行时间比较①

序号	登月飞行计划	预定飞行时间	实际飞行时间	误差
		日 时 分	日 时 分	时 分
1	发射	16.22:32	16.22:32	0
2	进入地球转移轨道	22:44	22:44	0
3	进入月球轨道	17.1:16	17.1:16	0
4	飞船与登月舱进行轨道对接	2:42	1:57	45
5	进入月球椭圆轨道	20.2:26	20.2:22	4
6	转移到月球近圆轨道	6:41	6:44	3
7	登月舱与飞船分离	21.2:41	21.2:47	6
8	登月舱进入登月轨道	4:10	4:08	2
9	起动登月舱上的制动器,使登月舱开始向月面降落	5:07	5:05	2
10	登月舱在月面着陆	5:19	5:17	2
11	为在月面行走,放掉登月舱里的空气	15:02	10:53	4:09
12	宇航员走出登月舱,站在月面上	15:19	11:56	3:23
13	宇航员返回登月舱并往舱里再充气	17:42	14:11	3:31
14	登月舱离开月面并爬高	22.2:55	22.2:55	0
15	登月舱与飞船进行轨道对接	6:32	6:35	3
16	将登月舱分离	10:25	8:42	1:43
17	返回地球轨道	13:56	13:55	1
18	将动力系统从指令舱里分离出去	25.1:22	25.1:22	0
19	再入大气层	1:37	1:35	2
20	溅落到太平洋中部海域	1:51	1:50	1

① 表内所列时间均系日本时间。

内。尽管对接和分离的工作误差稍大了一些,然而这也是无法避免的。

总而言之,为了得到表1所示的数值,必须在发生故障的任何时候,都能及时圆满地予以处理。众所周知,不发生任何故障完全按照原预定方案实施的情况是不存在的,也是不可能实现的。实际的情况倒是不断出现故障。这项计划采

用了一边及时修复、一边完成任务的方法。但值得注意的是，这种运用自如的方法是否真正存在呢？

当然具有这种性质的系统应是理想的系统，它的原理也并不很难，只是要求系统具有下列三个条件就行，即备有预备装置、出现故障立即更换以及在此期间内能进行修理。尽管客观上存在着这样的可靠性工程规律，即组成系统的零件数目越多，系统的可靠性就随之急剧下降。但也存在着另一种可靠性工程规律，即当系统更换了预备装置之后，出现故障的几率也就非常之小。

这样，由于借助于概率论为基础的可靠性工程，结果使阿波罗的飞行计划获得了成功。正如下面要详细叙述的那样，可靠性理论是系统工程的一个重要方面。

2. 推进阿波罗计划的政治意义

上面只简单地研究了阿波罗 11 号的飞行记录，下面我们进一步综合分析一下阿波罗计划是如何推进的。

1957 年 10 月，苏联所发射的第一颗直径仅有五十六厘米的“卫星号”人造卫星震撼了整个美国。

不仅火箭工程专家，就连美国的一般公众也深刻地感到美苏导弹差距之大。这还集中表现在民众对政府的失职大为不满，甚至有人抱怨美国的科技教育制度本身就存在着缺陷。结果，政府认为与其进行百般辩解，倒不如想方设法发射一颗卫星更为策略。于是在第二年，即 1958 年 1 月，用“丘辟特[⊙]”火箭将“探险者”一号送入了轨道。

⊙ 丘辟特 (Jupiter) 与雷神 (Thor)、北极星 (Polaris) 曾分别于 1955 年、1953 年和 1957 年开始研制，是美国五十年代三种主要中程弹道式地地导弹。丘辟特导弹全长 17.7 米，弹径 2.68 米，起飞重量 49 吨，最大射程为 3200 公里；可携带当量为 100 万吨 TNT 的核弹头。1953 年初，美国曾起用它作为运载火箭，把“探险者”一号送入轨道。——译注

可是，在1961年4月，苏联又发射了一艘乘坐宇航员加加林的“东方”一号飞船，使人类成功地进行了首次宇宙飞行。加加林的“地球年轻了”的名言，引起了极其新奇的反响。这是从宇宙中眺望地球的人所说的一句对地球印象的话。当时苏联部长会议主席赫鲁晓夫象对待第一颗“卫星号”发射成功时的情形一样，把这次成功也看成是社会主义优越性的标志，积极展开了外交宣传攻势。

在这之前，于1961年1月，就任美国总统的肯尼迪，为了打破艾森豪威尔时代的停滞状态，在各方面开始执行积极的方针，其中，在5月27日的上下两院联席会议上曾发表了特别紧急咨文。

在这个咨文中，他特别强调的是苏联抢先把人送往月球的话题。他所说的“美国在六十年代必须全力以赴地达到把人送往月球并安全返回地面的目标，全体美国公民为把一个美国人送上月球而努力，将来抵达月球的不仅是一个宇航员，而是全体美国公民！”这一类言词，不仅阐明了宇宙开发的重要性，更重要的是赢来了全体公民的奋斗精神。

这样一来，大规模的阿波罗计划开始了，美国航宇局的预算每年成倍地增长。由于总统这一最高领导人抱有强烈的政治热情，并根据实际所给的强有力的预算支持，这些都是阿波罗计划成功的强大动力。

1963年11月，肯尼迪在达拉斯大街被暗杀了，但阿波罗计划由约翰逊总统全盘地继承了下来。他也同样对开发宇宙倾注了极大的热情，全力以赴地将阿波罗计划培育到即将成功的境地。然而直到下届总统尼克松时代，阿波罗计划才开始取得了成果。

经过这样长时间的工程项目，不用说在自己的任期内，

就是到下一届、再下一届才能完成的也很多。这里应该重新考虑的一点倒是，仅有明确的幻想和热情，还是不能制定工程项目的计划，还应该有一种情操。比如，即使自己的任期结束了，只要进行的工程项目是得到公众支持的，就应该干。然而那种仅靠预算就能成为后继人的功绩的工程项目也根本不干的当权者和管理者，肯定是不多的。

无论如何，阿波罗计划靠政府首脑机关的热心和足够的预算而成功了，在政治水平上，这里想强调的正是具有这种热情的重要性。

3. 实现阿波罗计划的系统工程

这里除政府的热情外，需要考虑的重点还有技术水平和管理水平。首先需要的技术是火箭工程、控制工程、通信工程、电子工程等，而且医学、心理学也逐渐被提到日程上来。

在这些技术当中，缺少哪一门也不行。比如，在火箭工程领域里，肯尼迪所提出的规划，1961年时只有一种推力为一百七十吨的阿特拉斯火箭。当规划采用土星V运载火箭时，推力为三千四百吨，比阿特拉斯的推力整整大了廿倍。人类从开发宇宙以来，只用了很短的时间，就把火箭发动机如此迅速地大型化，这不是一件简单的事。回顾过去的技术历史，比如柴油机、喷气发动机，仅用八年的时间是不能完成其型号定型工作的。因此，要拿从前的常识而论，这也是完全不可能的。

另外，在制导控制技术的发展上，也有引人入胜的地方。我们来做一个非常简单的假设，那就可以说是：宇宙飞船里只有三名字航员和小型电子计算机，而大部分的程序、判定工作由地面上的大型计算机来完成，并按照电波所发送的指令信号来修正。打个比方，它就象一个头在地上而只有