

钱学森等著

# 论系统工程



# 论系统工程

钱 敏 著

1981年

# 论系统工程

钱学森等著

责任编辑：周翰宗

\*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

\*

1982年11月第1版 1983年8月第2次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：9.625 插页：5 字数：182,000

印数：4,201—14,500

统一书号：13204·67 定价：1.90元

# 目 录

---

- 1 前言
  
- 7 组织管理的技术——系统工程
- 28 组织管理社会主义建设的技术——社会工程
- 40 军事系统工程
- 73 系统思想和系统工程
- 87 情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响
- 99 论科学技术研究的组织管理与科研系统工程
- 121 农业系统工程
- 137 用科学方法绘制国民经济现代化的蓝图
- 145 计量系统工程
- 154 标准化和标准学研究
- 158 从社会科学到社会技术
- 173 大力发展系统工程尽早建立系统科学的体系
- 189 关于建立和发展马克思主义的科学学的问题
- 203 科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学

---

220	自然辩证法、思维科学和人的潜力
238	系统科学、思维科学与人体科学
263	再谈系统科学的体系
269	讨论系统学内容的三封信
274	关于中国系统工程发展的若干侧面
285	社会主义的人才系统工程
296	现代科学的结构

## 前 言

---

半个多世纪以来，在国际上系统作为一个研究对象引起了很多人的注意。在四十年代中，出现了“系统工程”(Systems Engineering)一词，这是对当时一些工程实践中卓有成效的新观点新方法的命名。这些工作绝大多数是电机工程师的创举。此外有一般系统理论，它渊源于理论生物学家贝塔朗菲。系统科学的早期工作多出于电子科学家和自动控制理论专家之手。当然还有在命名中并无“系统”二字，但实际与系统有密切关系的，如运筹学和管理科学等。波德在为大英百科全书撰写的“系统工程”条目中，一开篇就叙述了系统工程与运筹学的关系。系统吸引了众多领域的专家来从事一些新的研究。不同的人从不同的侧面了解到一些特点，从而选择了他们认为适合的名称，但忽视了这些侧面却通过接口而形成的一个总体。于是“人各一词，莫衷一是”。不妨举下列二例。1976年美国科学院约请一些专家编写了一个报告，讲述几个颇具实效的名例。但最后对这个报告的命名却产生了一点麻烦，于是不得不宣称采取权宜之计，妥协命名为“运筹学/系统分析”。此

---

外，英国曾出版“国际系统工程学报”，问世不久，为了避免读者甚至是投稿人对“工程”一词的过分狭义理解，改名为“国际系统分析学报”。这就是西方对于系统工程的梗概。

近几年来，在高等院校、研究机构和工业、农业、军事部门科学工作者的共同努力下，我国系统工程和系统科学的发展，已有了一个很好的局面，而且一年比一年好，逐步形成了一支确实具有中国特点的系统工程和系统科学研究队伍。钱学森同志就是这支队伍中的一个成员。

早在1954年的英文版《工程控制论》第18章中，钱学森同志就讲到用重复不那么可靠的元件组成高度可靠的系统的问题。这大大超出了当时自动控制理论的一般研究对象了，实质上是系统学的问题。1955年钱学森同志在和我们中的许国志同志讨论问题时，表示了把运筹学和社会主义计划经济结合起来的想法。钱学森同志比较深刻地理解系统工程、运筹学、控制论的关系，理解系统工程永远牵涉到人的因素，他也远比许多人更早地触及系统学的研究领域，因而钱学森同志在探讨系统工程时，处于更有利的位置。当然，他努力学习马克思列宁主义和毛泽东思想，并

---

用马克思主义哲学来指导科研工作，也探讨如何用科学技术的新成果去丰富、深化马克思主义哲学。所以他在吸取国外现代科学技术知识之后，能甩掉脚手架，站得比有些人高一点。

钱学森同志的系统科学思想，首先表现在他提出了一个清晰的现代科学技术的体系结构，认为从应用实践到基础理论，现代科学技术可以分为四个层次：首先是工程技术这一层次，然后是直接为工程技术作理论基础的技术科学这一层次，再就是基础科学这一层次，最后通过进一步综合、提炼达到最高概括的马克思主义哲学。整个科学技术包括自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学和人体科学这六大部门。钱学森同志的系统科学思想也体现在他提出了一个清晰的系统科学结构。作为现代科学技术六大部门之一的系统科学，是由系统工程这类工程技术，系统工程的理论方法象运筹学、控制论和信息论这类技术科学，以及系统的基础理论系统学等组成的一个新兴科学技术部门。钱学森同志的系统科学思想还表现在：系统工程是组织管理的技术，也就是把传统的组织管理工作总结成科学技术，并使之定量数值化，以便运用数学方



---

法；系统工程是一大类工程技术的总称而不是一个单一的学科，正如我们传统理解的工程是土木、机械、电机等等工程的总称一样。于是便将“人各一词，莫衷一是”的情况澄清为“分门别类，共居一体”。这就给系统工程一个确切的描绘，并进而就整个系统科学体系，论述了系统工程在其中所处的地位。

人类认识现实世界的过程，是一个不断深化的过程，在真理的长河中，逐步前进。在古代，既少理论根据，又缺乏观测和实验手段，所以对许多事物，往往只能睹其外貌。犹如虽身处林海边缘，却只能望见一片“郁郁葱葱”。然而看到的却是林而不是树。随着科学技术的进展，道路通了，工具有了，可以深入林海，遗憾的是不知不觉地又只见树而不见林。认识是不断深化的，在对个体有了更多更好的了解以后，再回过头来，看到的就不仅是“郁郁葱葱”，而是“树密、根深、枝繁、叶茂”。许多文献中，在谈到系统工程之所以在本世纪中叶得到发展，往往归功于一些现代巨大研制项目的推动。这无疑是正确的。但是，钱学森同志却从上面谈到的这样一个认识过程吸取了营养来发展系统科学。贝塔朗菲认为生命科学的本质是“有机

---

总体”，因而他主张，生物学的研究，不能单凭分析方法，更重要的是要从系统的角度出发，加以探讨。然而贝塔朗菲的早期工作，虚多实少。只有在普里戈金、哈肯、艾肯等人手中，用了更多、更深的物理、化学、数学的方法，方才取得了真正的进展。例如，钱学森同志认为，艾肯把生命起源、生物进化的达尔文学说，在分子生物学的水平上，通过巨系统高阶环理论，数学化了，提出了一个言之成理的自组织系统模型，并从这个模型推导出生物的一些生殖、遗传、变异、进化的性状。这就使得贝塔朗菲四十多年前提出的问题有了解决的明确途径。钱学森同志吸取现代自然科学的研究成果，但绝不停留在这些已有的成果上面。他把这些成果作为建立系统科学的基础科学，一切系统的一般理论——“系统学”——的素材。他说：“我认为把运筹学、控制论和信息论同贝塔朗菲、普里戈金、哈肯、弗洛里希、艾肯等人的工作融会贯通，加以整理，就可以写出《系统学》这本书。他还说：“我看，‘耗散结构理论’、‘协同学’……都是过往云烟，留下的将是系统学。当然创造耗散结构理论和协同学的普里戈金和哈肯是大有功劳的。”

---

在收入本书的钱学森同志的二十篇论文中，我们是其中少数几篇论文的合作者。并在不同的情况下，对他的这一篇论文或那一篇论文的研讨和写作过程有所理解，或是阅读过初稿，或是参与过讨论，或是比较早地听过他的讲演。这为我们了解钱学森同志的系统科学思想提供了较好的机会。我们早有把钱学森同志的系统工程和系统科学论文编辑成册的想法，但迟迟未能实现。湖南省系统工程学会成立前后，长沙国防科技大学系统工程与应用数学系汪浩副主任与柳克俊副主任对这个想法深表热心，在几次晤谈中，多次敦促；湖南省系统工程学会秘书长汤国熙同志多方协助，我们在此一并致谢。

我们特别对湖南科学技术出版社表示衷心感谢。由于他们的大力支持、高效率的工作，这本论著得以尽早出版。他们的工作精神和作风，也值得我们学习。

**许国志 王寿云 柴本良**

一九八二年六月于北京

钱学森 许国志 王寿云

## 组织管理的技术——系统工程

---

要完成新时期的总任务,在本世纪末实现农业现代化、工业现代化、国防现代化和科学技术现代化,把我国建设成为社会主义的强国,必须大大地提高我国科学技术水平,这是大家所认识了的。中央领导同志多次指出,我们现在不但科学技术水平低,而且组织管理水平也低,后者也影响前者。要解决组织管理水平低的问题,首先要认识这个问题,要认识这个问题的严重性。只有充分认识我们的管理水平低、管理工作存在着混乱的情况,我们才能够切实地总结经验教训,不但学习和掌握先进的科学技术,而且要学习和掌握合乎科学的先进的组织管理方法。否则,我们就会继续浪费时间、人力和资金,就不能完成我们在本世纪内要完成的宏伟任务。

有了认识只是第一步,还要做两方面的工作:第一个方面是要改革目前我国上层建筑中同生产力发展不相适应的部分,特别要大破小生产的经营思想,按照经济发展的客观规律改革组织管理。我国虽然早已是社会主义国家了,

但意识落后于存在，小生产的经营思想还根深蒂固，我们不懂得用大生产的经济规律去组织生产，这就妨碍了生产力的发展。所以提高组织管理水平必须在上层建筑进行必要的改革。

第二个方面是要使用一套组织管理的科学方法。我国在科学的组织管理工作中的先行者是华罗庚教授，他在六十年代初期就对“统筹方法”进行了系统的研究，并在大庆油田、黑龙江省林业战线、山西省大同市口泉车站、太原铁路局、太钢，以及一些省市公社和大队的农业生产中，推广应用，取得良好效果，得到毛主席和周总理的赞许和鼓励。我们在本文想就这第二个方面，讲点意见，也就是从总结组织管理的经验，讲讲建立起比较严密的组织管理科学技术体系，以及培养组织管理的科学人才，以此引起大家进一步的讨论，从一个侧面帮助管理水平的提高。

## 一

现在我们来讲一讲组织管理工作的历史发展情况。先从工程技术方面说起。在历史上，例如作为个体劳动者的一个泥瓦匠，他要造房子，首先要弄到材料，选定一个可行的方案，然后进行建设。他要建造一间什么样的房子，在他动手建造之前，房子的形象已经存在于他的头脑之中。他按照一定的目的来协调他的活动方式和方法，并且随着不断出现的新的情况来修改原来的计划。在整个劳动过程

中，他既构想这所房屋的“总体”结构，又从每一个局部来实现房屋的建造；他是管理者也是劳动者，两者是合一的。后来生产进一步发展了，在手工业工场里，出现了以分工为基础的协作。马克思说：“许多人在同一生产过程中，或在不同的但互相联系的生产过程中，有计划地一起协同劳动，这种劳动形式叫做协作。”又说：“一切规模较大的直接社会劳动或共同劳动，都或多或少地需要指挥，以协调个人的活动，并执行生产总体的运动——不同于这一总体的独立器官的运动——所产生的各种一般职能。一个单独的提琴手是自己指挥自己，一个乐队就需要一个乐队指挥。”（《马克思恩格斯全集》第二十三卷第三六二、三六七页）这是说有了职能的分工，在一切规模较大的工程技术中，都有“总体”，都有“协调”问题，都需要有个指挥来从总体运动的观点协调个人活动。在手工业工场里，这个指挥就是“监工”。后来生产进一步发展，在产业革命后出现的大工业的生产中，这个指挥就是“总工程师”。在制造一部复杂的机器设备时，如果它的一个一个局部构件彼此不协调，相互连不起来，那么，即使这些构件的设计和制造从局部看是很先进的，但这部机器的总体性能还是不合格的。因此必须有个“总设计师”来“抓总”，协调设计工作。

从本世纪以来，现代科学技术活动的规模有了很大的扩展，工程技术装置复杂程度不断提高。四十年代，美国研制原子弹的“曼哈顿计划”的参加者有一万五千人；六十年代，美国“阿波罗载人登月计划”的参加者是四十二

万人。要指挥规模如此巨大的社会劳动，靠一个“总工程师”或“总设计师”是不可能的。五十年代末六十年代初，我国为了独立自主、自力更生地发展国防尖端技术，开展了大规模科学技术研究工作，同样碰到了这个问题。总之，问题是怎样在最短时间内，以最少的人力、物力和投资，最有效地利用科学技术最新成就，来完成一项大型的科研、建设任务。

问题来了就促使我们变革。

我们把极其复杂的研制对象称为“系统”，即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体，而且这个“系统”本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。例如，研制一种战略核导弹，就是研制由弹体、弹头、发动机、制导、遥测、外弹道测量和发射等分系统组成的一个复杂系统；它可能又是由核动力潜艇、战略轰炸机、战略核导弹构成的战略防御武器系统的组成部分。导弹的每一个分系统在更细致的基础上划分为若干装置，如弹头分系统是由引信装置、保险装置和热核装置等组成的；每一个装置还可更细致的分为若干电子和机械构件。在组织研制任务时，一直细分到由每一个技术人员承担的具体工作为止。导弹武器系统是现代最复杂的工程系统之一，要靠成千上万人的大力协同工作才能研制成功。研制这样一种复杂工程系统所面临的基本问题是：怎样把比较笼统的初始研制要求逐步地变为成千上万个研制任务参加者的具体工作，以及怎样把这些工作最终综合成一个

技术上合理、经济上合算、研制周期短、能协调运转的实际系统，并使这个系统成为它所从属的更大系统的有效组成部分。这样复杂的总体协调任务不可能靠一个人来完成；因为他不可能精通整个系统所涉及的全部专业知识。他也不可能有足够的时间内来完成数量惊人的技术协调工作。这就要求以一种组织、一个集体来代替先前的单个指挥者，对这种大规模社会劳动进行协调指挥。在我国国防尖端技术科研部门建立的这种组织就是“总体设计部”（或“总体设计所”）。

总体设计部由熟悉系统各方面专业知识的技术人员组成，并由知识面比较宽广的专家负责领导。总体设计部设计的是系统的“总体”，是系统的“总体方案”，是实现整个系统的“技术途径”。总体设计部一般不承担具体部件的设计，却是整个系统研制工作中必不可少的技术抓总单位。总体设计部把系统作为它所从属的更大系统的组成部分进行研制，对它的所有技术要求都首先从实现这个更大系统技术协调的观点来考虑；总体设计部把系统作为若干分系统有机结合成的整体来设计，对每个分系统的技术要求都首先从实现整个系统技术协调的观点来考虑；总体设计部对研制过程中分系统与分系统之间的矛盾、分系统与系统之间的矛盾，都首先从总体协调的需要来选择解决方案，然后留给分系统研制单位或总体设计部自身去实施。总体设计部的实践，体现了一种科学方法，这种科学方法就是“系统工程”(Systems Engineering)。“系统工程”是组织



管理“系统”的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有“系统”都具有普遍意义的科学方法。我国国防尖端技术的实践，已经证明了这一方法的科学性。

正如列宁说：管理的艺术并不是人们生来就有，而是从经验中得来的。系统工程来源于千百年来人们的生产实践，是点点滴滴经验的总结，是逐步形成的，在近年才上升为比较完整的一门科学技术。

## 二

除了复杂的工程系统的组织管理技术的发展以外，还有另一个领域的发展，大企业的经营管理技术，这在国外也叫“经营科学”(Management Science)，现在我们来讲讲这方面的发展情况。我们说：系统就是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体。这些组成部分称为分系统。虽然有意识地把工厂企业称作为一个系统，现在还不普遍，但使用“系统”这个词却很经常。例如我们常说某厂的财会系统(管钱的)或某厂的动力系统(管能源的)。就一个工厂而言，任何一个分系统，包括工厂本身这个整系统在内，都由下列六个要素组成。“人”当然是第一要素，其他五个要素分为物和事两类，物包括三个要素即：物资(能源、原料、半成品、成品等)，设备(土木建筑、机电设备、工具仪表等)和财(工