

系／统／工／程／概／论

系统工程 概论

林定夷◎编著

中山大学出版社

系统工程概论

林定夷 编著

中山大学出版社
·广州·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

系统工程概论/林定夷编著. —广州: 中山大学出版社, 1998.9
ISBN 7-306-01474-9

- I. 系…
- II. 林…
- III. 系统工程 - 概论
- IV. N 94

中山大学出版社出版发行
(广州市新港西路 135 号)

中山大学印刷厂印刷 广东省新华书店经销

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 10.75 印张 270 千字

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—1000 册 定价: 15.00 元

内 容 简 介

系统工程代表着现代决策管理科学发展的最新方向，它是以大系统为对象、寻求系统的设计、实施与运行之最优解的工程技术；它的出发点和落脚点都是作出最优决策。本教程以深入浅出的方式，引导学员领会系统工程的最重要的基本技术和它的精华：系统工程的思想和方法论。这是一本系统工程的入门性读物，可用作大学生或干部培训班的教材，也可作具有大专以上文化程度的读者的自学读物。

作者简介

林定夷，1936年7月生，浙江省慈溪市人。1960年毕业于华中工学院（今华中理工大学）水利电力系，现任中山大学哲学系教授、中国管理科学研究院教授、国家自然辩证法名词审定委员会委员、中国自然辩证法研究会科学方法论专业委员会委员、《自然辩证法研究》通信编委、《科学技术与辩证法》编委。曾出版专著《科学研究方法概论》、《科学的进步与科学目标》、《近代科学中机械论自然观的兴衰》等，发表论文70余篇。曾获国家教委首次颁发的全国高校人文社会科学研究优秀成果奖（二等奖，1995年）等多项奖励。

前 言

这本《系统工程概论》，原是专为中山大学研究生院与美国远东高级研究学院联合举办的决策管理硕士生班所编写的讲义，因而是专门为适应那一部分教学对象而编写的。参加这个决策管理硕士生班的学员的特点是：（1）他们多数处在决策者的岗位上。他们或者是政府部门的有一定权力的官员，或者是各类公司企业的“老总”（总经理），也有少数是为决策者出谋划策的谋士或高参，如政府部门或大中企业的办公室主任。总之，他们都是负有相当责任的管理者。（2）他们原有的文化水平和专业背景相差悬殊。其中大多数人都已具有大学本科以上学历，少数人甚至已经在别的专业上获得过正规的硕士研究生学位文凭；但是，也有相当一部分人只有专科学历，甚至连专科学历也是通过电大或成人教育等方式取得的。在专业背景方面，出身于文科的居多，但也有相当数量是理工科出身的。这些人从事实际工作多年，原先所学的数理基础知识大多已经“丢生”。（3）他们都有丰富的实际管理工作经验，并且身处广州、深圳这些我国改革开放的前沿城市，接触过许多现代新事物和由新旧体制交替所引起的新问题，这些问题常常非常实际地困扰着他们所管理的部门或经营的企业。所以他们有着十分迫切的求知欲望，希望学习现代决策管理的理论和技术。

根据教学计划，在这个研究生班上要开设“系统工程”这门课程。确实，无论从开设这个研究生班的初衷（目标）或者从参加这个研究生班的学员的实际要求来看，向他们开设作为现代决

策管理的理论和技术的“系统工程”是十分必要的。但是，存在着的一个尖锐问题是：绝大多数学员没有学习系统工程所应当具备的必要的数学知识，特别是运筹学知识。所以，虽然在整个教学计划的安排中，在开设“系统工程”课程之前，专门安排有一门“数学”课程，其内容包括“高等数学”、“概率统计”、“运筹学”等，但总共只有三四十个学时，要在这么短的时间里向学员们“猛灌”这么多的数学知识，加上大部分学员原有的数理基础较差，因而其所能取得的效果是可想而知的。面对这样的情况，应当怎样组织“系统工程”这门课程的教学，就尖锐地摆在了我们的面前。

经过深入的分析和研究，我们取得了如下的基本认识：

1. “系统工程”作为一门理论性较强的现代决策管理技术课程，一定要开，而且一定要作为一门重要的课程开好，要取得实际效果。

2. 虽然“系统工程”是一门要以现代科学技术（特别是数学和计算机技术）为基础并要与之密切结合的工程技术，但由于本课程班的学员大都已处在决策者的位置上，他们学习本课程的主要目的应是掌握并能运用系统工程的基本思想和方法，至于某些专业性很强的技术细节，如建模技术、在模型基础上的运算求解技术、系统分析、综合、优化技术等，他们完全可以委托给系统工程师或专家组去完成；对于他们，最重要的是要学会用系统工程的思路和方法去处理问题，并且有能力把相关的问题合适地委托给系统工程师或专家组；通过学习，他们对系统工程应当不再是外行，而是有能力与系统工程师进行对话，对于系统工程师和专家们的工作结果能深中肯綮地提出问题，并且有鉴赏力。所以，对于这批学员，学习系统工程，其重点并不在于要使他们深入掌握系统工程的技术细节，而是要掌握对于他们来说是最精华的东西，即理解和掌握系统工程的思路和方法。因此，对于本门

课程的教学，在教学思想上必须首先明确：课程内容的安排，必须重在系统工程的思想和方法，而不在技术细节。在这一点上，与培养系统工程师是很不相同的。

3. 尽管本课程的主要目的或重点在于使学员理解和掌握系统工程的思想和方法，但决不能脱离系统工程的具体技术，使学员对这些思想和方法的理解变得抽象和空洞；必须使学员通过对系统工程的基本技术的具体理解和运用，达到对系统工程的基本思想和方法的有血有肉的具体理解和掌握。更何况对系统工程的基本技术，特别是对建模技术、系统评价技术和决策技术的掌握，同样是本课程对学员的一项基本的要求。要不然，当学员们学完这门课程以后，对系统工程将仍然难免是一个外行。

4. 为了使学员能更好地理解 and 掌握系统工程的基本思想和方法，应当强调结合中国的具有典型意义的实例进行解剖。只有这样，才能使学员对系统工程的基本思路和方法理解得更加生动、深刻和具体，也才能使学员更加深切地体验到系统工程这门技术和方法的功能和价值。当然，我们解剖那些重大实例，只是为本门课程的教学服务，其主旨并不在于对与该实例相关的工程及其决策进行褒扬或贬抑，而主要是为了通过实例的解剖来学习系统工程的思想和方法。

以上几点基本认识，就成了编写本教材的基本指导思想，并切实贯穿于教材编写过程和教学过程的始终。实践结果表明，这些想法和做法非常适合于这些学员们的基本特点，并且取得了较好的实际效果。学员们普遍能较好地掌握课程内容，并且普遍地认为课程内容对他们富有启发性，对他们的实际工作有指导意义。在我所执教的这个班上，在课程进行期间，就已经有数名学生与我联系，希望我能成为他们的毕业论文的指导教师；他们希望探索用系统工程的理论和方法来解决他们所在企业的实际问题，并以此作为他们的毕业论文的内容。这些同学用系统工程的

理论和方法来探索性地解决他们所在企业面临的困难和问题，大都取得了较好的实际成效。一位担任某公司副总经理的学员，用软系统工程方法论去试探性地处理和解决该企业所面临的濒于崩溃的困境（管理疲软，决策失灵，订单不足，企业亏损，各部门相互埋怨，员工人心浮动，许多技术骨干“跳槽”流失……），不到一年，企业就有了明显的转机，该学员也从副总经理的位置上被上级公司任命为总经理。另一位在外资公司担任“质检部”经理的学员，在该企业领导和有关部门的支持与配合下，运用系统工程方法论，设计并实施了该企业的质量管理系统的改革，结果使该企业顺利通过了 ISO9002 国际认证，使企业产品获得了走向国际市场的“通行证”。

自 1995 年开始，中山大学哲学系考虑到本系所培养的本科生大多数都将走上党政部门或企事业单位的管理工作岗位，于是决定在本科高年级学生中开设“系统工程”作为选修课程，结果学生非常踊跃地报名选修这门课程。事实上，不但大部分哲学系的三、四年级学生选修了这门课程，而且还有别的系（包括理科系）的学生选修了这门课程。结果取得了同样良好的预期效果。这些在读的大学本科，虽然不可能像已处在决策岗位上并已有了丰富的管理实践经验的上述决策管理研究生班的学员们那样，在学习这门课程的时候，就联系他们自身所遇到的决策管理问题进行富有实际内容的思考和探索，但是这门课程所讲授的知识和内容以及所引发的许多应用性问题，确实仍然引起了大学生们的兴趣；他们深感这门课程的内容构成了他们所期望的合理知识结构中的重要组成部分，对于他们今后走上工作岗位定是大有用场的。

鉴于在当前我国的条件下，政府官员和企业管理人员中，仍有相当数量的成员与上述研究生班的学员有着十分类似的特点，而大学中正在培养的哲学、社会科学和管理科学的大学生，他们

中的大多数也将走上政府或企业部门的管理岗位，因而无论从继续教育或大学全日制教育的角度看，把这本针对此类学员的特点而编写的《系统工程概论》当作教材出版，显然仍是有其特殊价值的。

为了帮助使用本教材的学员能切实地理解系统工程及其应用，特别是它在人类活动系统中的应用，我选录了我的一名在职研究生李春龙（他当时任深圳天达空港设备公司副总经理，后任总经理）所撰写的硕士学位论文《“软”系统工程方法论的实践》作为本书的附录。李春龙创造性地运用软系统工程方法论来解决他所在企业所面临的严重困境，取得了明显的经济效益和社会效益。目前，他所领导的企业正欣欣向荣地继续发展着。我们相信，他的这篇文章，对于读者理解和应用系统工程，特别是软系统工程的方法论会是十分有益的。

此外，此书的初稿编写于1993年，并于1994年初完稿，这次正式出版时只作了少许修订，因此，书中的某些有时间性质的记叙和说法，难免仍带有当时年代的印痕。这一点，望读者阅读时注意并见谅。

目 录

第一章 导言	(1)
第一节 系统工程是一门新兴学科	(1)
第二节 系统工程是一门实用性很强的工程技术	(4)
第三节 系统工程的发展概况	(12)
第四节 学习系统工程的意义	(21)
第二章 系统工程的理论基础	(30)
第一节 系统科学	(30)
第二节 控制论	(43)
第三节 运筹学	(53)
第四节 管理科学	(60)
第三章 系统工程方法论	(78)
第一节 系统工程方法论的心理学基础和哲学基础 ..	(78)
第二节 系统工程的基本方法论 (一): 霍尔硬系统工程方法论	(84)
第三节 系统工程的基本方法论 (二): 切克兰德软系统工程方法论	(119)
第四章 系统模型和模型化技术	(152)
第一节 模型的定义与分类	(152)
第二节 系统工程中一些常用的模型	(159)

第五章 系统评价和评价技术	(200)
第一节 系统评价的重要性和复杂性.....	(200)
第二节 价值分析、系统评价原则和评价步骤.....	(203)
第三节 系统评价的方法和技术 (一): 系统评价指标体系的确定和评价指标的 标准化.....	(205)
第四节 系统评价的方法和技术 (二): 评价指标之权重的确定.....	(216)
第五节 系统评价的方法和技术 (三): 系统的综合评价.....	(226)
 第六章 系统决策分析与决策技术	 (244)
第一节 系统决策概述.....	(244)
第二节 决策问题和决策模型.....	(246)
第三节 风险决策分析.....	(254)
第四节 贝叶斯决策.....	(264)
第五节 效用理论与决策分析.....	(271)
第六节 不确定型决策的若干方法.....	(279)
 附录：“软”系统工程方法论的实践 (李春龙)	 (287)

第一章

导 言

第一节 系统工程是一门新兴学科

系统工程是一门从 20 世纪 50 年代才兴起的新兴学科。

然而，系统工程所依据的“系统思想”，早在古代就已经萌芽和发展了。在西方，早在公元前 5 世纪左右，古希腊的哲学家德谟克利特（Democritus，希腊文 Δημόκριτος ὁ Ἀβδηρα，前 460—前 370）就写过《世界大系统》、《世界小系统》等著作。这些著作今天已经失传，但我们从公元前 3 世纪古希腊的历史学家第欧根尼·拉尔修的著作《著名哲学家》一书中知道德谟克利特写过这两本书；因为拉尔修的著作为德谟克利特立了传，其中提到了德谟克利特的这两本书并转述了他的思想。德谟克利特发展了他的老师留基伯（Leucippus，希腊文 Λεύκιππος ὁ Μιλήτος，前 500—前 440）所提出的原子论思想，把世界当作是由原子和虚空所构成的系统来看待。系统思想在古代有过很了不起的发展，例如，公元前 4 世纪的古希腊哲学家亚里士多德（Aristotle，希腊文 Ἀριστοτέλης，前 384—前 322）不但提出了“四性质—四元素”的学说以及作为系统发展之原因的“四因说”——目的因、质料因、形式因、动力因的学说，而且还提出了今天看来是系统

论基本原理的一个重要命题：“整体不等于部分和”。这实际上是提出了关于系统的整体论的观念，这是一个十分了不起的重要思想。在中国，《周易》、《孙子兵法》及老子的著作中，都含有丰富的系统思想。这些思想都已成了今人的宝贵财富。

古人不但提出了许多重要的、朴素的系统思想，而且做出过许多令人惊叹的、体现了系统思想的设计周密的工程技术范例。例如，古罗马时期的道路工程堪称一项设计周密的庞大的系统工程，素有“条条道路通罗马”的美誉；此外，还有古罗马的城市建筑工程以及它的给、排水工程等，也都是设计周密的、了不起的系统工程。我国战国时代李冰父子主持修建的都江堰工程，包含“鱼咀”、“飞砂堰”、“宝瓶口”三个相互巧妙结合的部分，具有泄洪、排沙、灌溉等多种功能，两千多年来始终能发挥效益，至今仍灌溉着数百万亩土地。它使成都平原成了历史上著名的“天府之国”。

尽管我们可以把系统思想和系统工程的历史渊源追溯到非常久远的古代，然而，作为一门新兴学科和新兴技术的系统工程，却是直到 20 世纪 50 年代前后才真正产生和发展起来的。这是由于当代科学技术的和历史的需要造成的。

系统工程原则上是一门以现代自然科学和社会科学所提供的思想、理论和方法为基础，根据系统总体协调的观点而形成和发展起来的交叉学科和技术方法。具体地说来，系统工程的产生和发展，要以现代应用数学的一个重要分支——运筹学（Operations Research，作业研究。简称 OR。我国译作“运筹学”。“运筹”一词原出《史记·高祖本纪》：“夫运筹于帷幄之中，决胜于千里之外。”）的产生和发展，以现代控制论，特别是其中的大系统理论的形成和发展，以现代管理科学的形成和发展，作为它的理论和方法的基础，还要以现代电子计算机技术的成熟和发展为它提供处理数据和信息的必要的技术手段，才能使它形成和发展

起来，并获得广泛的应用。

从社会历史背景方面说，系统工程的产生和发展又是在第二次世界大战期间以及大战以后，科技人员面临着需要处理的一大堆复杂的大系统，需要寻求这些复杂的大系统的最佳运行方案，为了寻求解决这类问题的理论和技术方法而产生和发展起来的。在这一过程中，系统工程与它的理论和方法基础，特别是与运筹学是同步地生长和发展起来的。以至于从它产生和发展的最初阶段来看，两者几乎是一回事，很难分清这是“系统工程”的发展，那是“运筹学”的发展。只是到了后来，由于系统工程需要处理愈来愈复杂的问题，不但需要定量的计算，也需要引进定性的方法，光靠运筹学已经不足以解决问题了，这时，两者之间才开始出现了较明显的分野：系统工程发展为一门研究大系统之最佳设计、实施、运行与管理的技术，而运筹学则发展为寻求各类问题之最优解的数学方法的数学理论，成为一门数学的分支学科。但是，迄今为止，运筹学仍然是构成系统的核心技术和主要数学工具，运筹学和系统工程仍然有着难分难解的紧密关系。所以，一名系统工程师必须熟练地掌握运筹学的数学工具，才能胜任他的职责。

至于系统工程所依据的另一一些理论基础——控制论（特别是其中的大系统理论）以及现代管理科学等，也是在一定的社会需要的推动下，在最近几十年才发展起来的。而且在发展过程中也是与系统工程相互渗透，相互推动的。例如，离开了管理系统工程的发展，实际上就不会有现代管理科学的发展。

正因为系统工程是一门新兴学科，这就给这门学科带来了如下一些特点：

1. 由于它涉及许多现代自然科学和社会科学知识，特别是它实际上要以运筹学、概率统计等数学理论以及控制论、现代管理科学理论和计算机技术等作为它的理论基础和技术工具，所

以，学习这门学科原则上要以较深厚的数学和科学知识作为其必要的条件。

2. 正因为它是一门发展时间还不长的新兴学科，所以它原则上仍是一门发展中的尚未成熟的学科。它的那些理论、方法常常还显得零散，缺乏系统性和统一性。

3. 系统工程虽然使用数学方法，但由于现代系统工程常常需要处理许多极为复杂的大系统问题，处理这类问题的时候，数学方法是不够用的，或者说，仅仅利用现有的数学方法还不足以解决问题，还必须引进经验的方法，凭借经验进行决断，而这就又难免带来主观臆断的成分。所以，现代系统工程作为一门工程技术，其中既有硬技术，又有软技术，硬软相间，有时候硬软结合。这个特点，使它的最终决策结果也未必是最可靠或最理想的。

以上这些特点，会增加我们学习和掌握系统工程这门学科的难度。但是，我们只能依据这门学科目前的特点以及我们自身的特点（见前言），来设置我们学习和掌握这门学科的适当的目标，并通过学习来达到这些目标。

第二节 系统工程是一门实用性很强的工程技术

从性质上说，系统工程与一般系统论（系统科学）和所谓的“系统哲学”不同：一般系统论或系统科学以探索系统的普遍性质和规律为自己的研究对象，以探索新知识为目的；系统工程则是运用已知规律，以解决实际问题为己任。所以，系统工程从性质上说是一门工程技术。

那么，何谓“系统工程”？由于系统工程所涉及的方面极其复杂多样，并且还在不断地发展，所以要对它给出一个清晰而明确，且能为全世界一致公认的定义是十分困难的。迄今为止，全世界的许多著名学者对系统工程的性质、内容常常作出不尽相同的概括。例如：

1967年日本JIS工业标准所给出的定义是：“系统工程是为了更好地达到系统目标，而对系统的构成要素、组织结构、信息流动和控制机构等进行分析和设计的技术。”而同年，美国的著名学者切斯纳特（Chestnut）则指出：“系统工程认为虽然每个系统都是由许多不同的特殊功能部分所组成，而这些功能部分之间又存在着相互关系，但是每一个系统都是完整的整体，每一个系统都要求有一个或一定数量的目标。系统工程则是按照各个目标进行权衡，全面求得最优解的方法，并使各组成部分能够最大限度地相互适应。”

1977年日本学者三浦武雄指出：“系统工程与其他工程学不同之处在于它是跨越许多学科的科学，而且是填补这些学科边界空白的一门边缘科学。系统工程的目的是研制系统，而系统不仅涉及工程学领域，还涉及社会、经济和政治等领域。为了解决这些领域的问题，除了需要某些纵向技术以外，还要有一种技术从横的方向把它们组织起来，这种横向技术就是系统工程，也就是研制系统所需的思想、技术、方法和理论等体系化的总称。”

1978年，我国系统工程的先驱者、著名的科学家钱学森教授指出：“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。”“系统工程是一门组织管理的技术。”

本书采用一种用简要语言表达的定义：“系统工程是一门以大系统为对象，寻求系统的设计、实施、运行之最优解的工程技术。”这里的“设计”，包括“规划”、“方案研究”等意义，“实