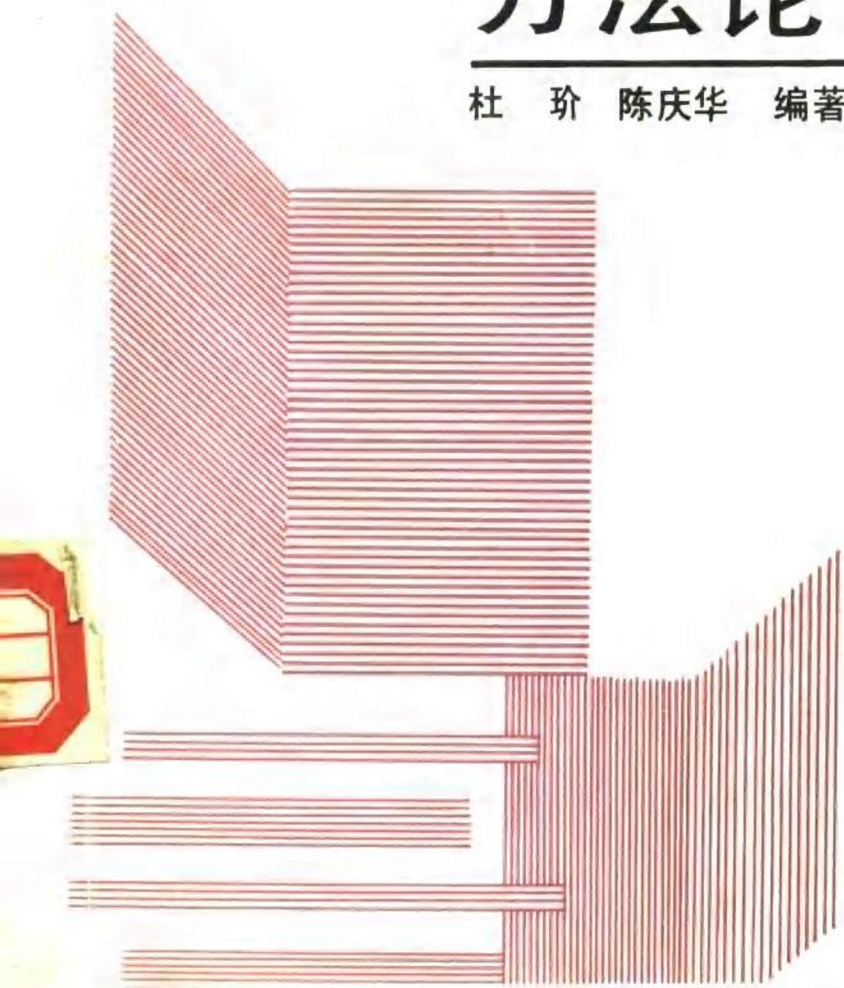


● 研究生教材 ● 研究生教材

系统工程 方法论

杜 玠 陈庆华 编著



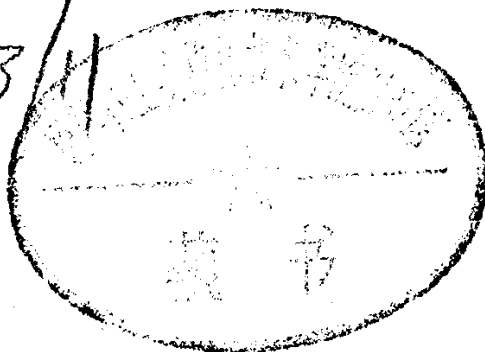
0171043

■ 研究生教材 ■



科工委学院802 2 0016242 7

GFZ3/11



杜 玠 陈庆华 编著

系 统 工 程

方 法 论

国防科技大学出版社

[湘]新登字009号

内 容 简 介

系统工程是一门新学科，目前仍处于发展阶段。本书详细阐述了系统的概念与本质，系统的价值，系统的原理与方法，以及对从事系统的专业人员的要求等方面内容。全书共分五章，第一章系统工程引论，第二章系统概念和系统开发的模型，第三章系统工程系统，第四章系统工程中的模型方法论，第五章工程开发的系统决策问题。

本书可作为系统工程、管理科学、运筹学、计算机科学等相关专业研究生、本科生的教学参考书，也可作为工程技术人员、行政管理人员的自学读物。本书的出版得到国家自然科学基金的资助。

系 统 工 程 方 法 论

杜 玠 陈庆华 编著

责任编辑 朱海滨 何 晋

封面设计 陆荣斌

*

国防科技大学出版社出版发行

国防科技大学印刷厂印装

新华书店总店科技发行所经销

*

开本：850×1168 1/32 印张：8.375 字数：203千

1992年10月第1版第1次印刷 印数：1-3 000册

ISBN 7-81024-192-3

TB·5 定价：(平)5.50元

(精)7.50元

《研究生教材》出版说明

研究生教育是我国高等教育的重要组成部分。研究生必须打下本门学科坚实的理论基础和掌握系统的专门知识，并具有从事科学研究工作以及担任专门技术工作的能力。

为加强研究生课程建设，满足研究生教学的需要，我们组织出版研究生系列教材。教材编著者都是我校多年从事研究生培养工作，有丰富教学和科研经验的教师。

为了保证研究生通过课程学习，在本门学科上掌握坚实的基础理论和系统的专门知识，在组织编写研究生教材的过程中，首先，强调突出重点，注意反映课程的基本内容和基本知识，以保持教材基本内容的相对稳定性和系统性，以及对本课程有一定的覆盖面。同时，要求教材的编写要着眼于研究生未来的工作和现代科学技术发展的

需要，注意反映国内外的最新研究成果和发展趋势，具有一定的学术水平，使研究生能迅速接近该学科发展的前沿。当然，在教材的结构和阐述方法上，要求条理清楚，叙述严谨，论证充分，文字简炼，符合人们的认识规律。这样，使研究生通过课程学习不仅得到足够的科学训练，培养了能力，发展了智力，而且有利于教师传授知识和研究生自学。总之，力求使研究生教材具备系统性、先进性、科学性和可读性。

尽管我们主观上希望研究生教材质量高一些，并在教材的选题、组稿、编审出版各个环节，都力求精益求精，但由于我们对出版研究生教材的经验不足，缺点错误在所难免，敬请同行专家和广大读者指正。我们希望通过研究生教材的出版，能为我国，特别是军队的研究生教育事业奉献微薄之力。

国防科技大学研究生院

一九九一年九月

前 言

系统工程是一门新学科，然而由于它所具有的重大社会价值已成为当前应用最广泛的一门重要应用学科。系统工程产生和发展的社会基础是科学技术高速发展、大规模生产力的成长、强大而迅速的信息和物质资源流通。在这样的环境中，任何一项工程的开发都变得越来越依赖于社会环境和自然环境，同时对社会环境也产生越来越广泛、深刻的影响，此外还更需要应付急剧发展变化的生存环境和激烈的竞争环境，这些也就是系统工程中所说的工程开发的社会性问题，即系统性问题。系统工程即为解决工程开发的系统性问题的一门应用学科。

系统工程的主要任务是：确立工程开发目标，分析工程开发的环境，设计出使工程组态与社会环境和自然环境相融和的总体方案，控制最少的物质、人力和时间的均衡投入。正是在这个意义上讲，系统工程被称为工程开发战略。于是，创造性地应用系统工程的理论和方法是对系统工程人员最重要的要求。

党和政府、著名学者对系统工程在我国社会主义建设中的作用极为重视。1978年，国防科学技术大学成立了我国第一个系统工程与数学系，杜玠同志是系统工程学科的学术带头人，组建了该系的系统工程理论专业，一直从事系统工程理论研究和教育工作，并担负过多项重大系统工程课题任务，如武器系统分析和规划；大规模工业企业的系统工程分析；社会经济发展规划等。杜玠同志还是我国军事技术系统工程、农业系统工

程等系统工程分枝学科的开拓人之一。本书是作者在上述实践基础上完成的。

系统工程学科由系统工程方法论和系统工程方法两部分组成，本书讲述的系统工程方法论，较为系统地阐述了系统工程基本理论、应用原则以及对系统人员素质的要求等内容。更为值得一提的是书中有些很有特色的观念和理论观点，很值得一读和探讨。

汪 浩

● 目 录 ●

第一章 系统工程引论

§1.1	引 言	(1)
一	问题的提出	(1)
二	几个主要论点	(2)
§1.2	系统工程——一门新的“社会——技术”学科	(3)
一	工程的系统发展时代和系统工程	(3)
二	系统工程——一门新的“社会——技术”学科	(4)
三	系统工程与传统工程技术的关系	(6)
§1.3	系统工程的价值	(7)
一	运用系统观点从整体上有效合理地开发工程的价值	(7)
二	主管人员的重要手段	(8)
三	系统问题的价值和技术问题的价值	(8)
四	系统工程与专业系统工程	(10)
§1.4	系统工程原理的基本组成部分	(10)
一	系统工程观念	(11)
二	系统工程方法论	(20)
三	一个综合性的例子	(26)
§1.5	系统工程人员以及他们与主管人员的关系	(28)
一	系统工程人员	(28)
二	系统工程人员的素养	(29)
三	正确使用系统工程人员	(29)

第二章 系统概念和系统开发的模型

§2.1	引 言	(31)
§2.2	对系统概念的一般认识	(33)
一	现实生活中使用系统一词的实例	(33)
二	系统的分类	(34)
三	系统的统一属性问题	(38)
四	对系统概念的一般认识	(39)
§2.3	信息的实质和系统的统一的物质性	(40)
一	思维过程和思维形式	(41)
二	信息的物质性和系统的统一的物质性	(46)
§2.4	有关系统属性的讨论	(49)
一	范畴	(49)
二	系统的元素	(50)
三	系统的结构	(51)
四	从输入和输出研究系统	(59)
§2.5	系统、信息、状态和控制	(64)
一	过程状态集合	(64)
二	有限状态机	(67)
三	机器系统的智能	(69)
§2.6	系统开发的模型	(77)
一	系统概念的一些要点	(78)
二	系统开发的一般模型	(80)
三	系统的构造场	(81)
四	开发系统的过程	(85)
五	目标的指向作用和势能的稳定作用	(90)
§2.7	应用系统概念解决问题的一个事例	(93)

第三章 系统工程系统

§3.1	引 言	(97)
§3.2	系统工程的范畴结构	(98)

§3.3	系统工程活动的结构系统	(107)
一	系统工程活动的主要环节及其结构	(109)
二	目的工程的全生命期在系统工程活动中的地位	(111)
三	迭代、反馈和系宗化	(114)
§3.4	时代线和里程碑	(119)
一	时代线	(120)
二	里程碑	(122)
三	系统工程过程的四个基本阶段	(125)
§3.5	系统工程中的宏系统方法论	(131)
一	引 言	(132)
二	宏系统的结构	(133)
三	各级考虑问题的范畴和结果	(135)
四	各级的决策	(138)
五	各级的评价方法论	(140)
六	审定研究课题	(141)
§3.6	运用系统工程方法论的一个例子	(143)
一	问题的基本分析	(144)
二	解决问题的模型	(146)
三	计算	(149)
四	几点看法	(150)

第四章 系统工程中的模型方法论

§4.1	引 言	(151)
§4.2	模型的本质	(152)
§4.3	模型的分类	(152)
一	原样模型	(152)
二	相似模型	(153)
三	图形模型	(153)
四	数学模型	(155)
§4.4	模型在系统开发中的作用	(156)

§4.5	数学模型的特点与分类	(162)
一	数学模型的特点	(162)
二	数学模型的分类	(163)
三	对数学模型分类原则的说明	(165)
§4.6	模型化过程	(172)
一	模型发展过程中的范畴辩证	(172)
二	模型化过程的构造方法论	(173)
三	系统模型的集巢化方法论	(175)
四	模型化过程的规范化方法论	(181)
五	系统模型研究的一个简单例子	(184)
§4.7	模 拟	(188)
一	模拟的分类	(188)
二	模拟的实质	(192)
三	蒙特卡洛法	(196)

第五章 工程开发的系统决策问题

§5.1	引 言	(207)
§5.2	系统决策的基本问题	(208)
一	系统工程问题	(208)
二	系统决策活动所面临的问题	(210)
三	科学决策	(211)
§5.3	决策在行动中的地位以及它和工程计划领导人的关系	(212)
一	决策在行动中的地位	(212)
二	决策活动是一项具有积极意义的工作	(213)
三	做决策是系统工程领导人的首要职责	(216)
四	决策的策略	(217)
§5.4	决策是一个创造性的活动——决策活动中的人和机器	(219)
一	决策问题的结构	(219)

二	人在决策系统中的活动——决策需要人的创造性能力	(223)
§5.5	系统决策的体制和对决策方法的要求	(226)
一	系统工程领导人需要的决策体制	(226)
二	系统工程领导人对决策方法的要求	(229)
§5.6	价值论	(231)
一	价值观念	(231)
二	价值目标	(232)
三	价值结构	(233)
§5.7	基于价值观念的系统决策方法	(236)
一	系统概念开发阶段的决策方法	(237)
二	技术探索研究阶段的决策方法	(244)
三	整系统开发阶段的决策方法	(247)
四	工程开发研究阶段的决策方法	(251)

参考文献

后记

第一章 系统工程引论

§ 1.1 引言

系统工程是一门新学科。到目前为止，对于什么是系统工程，或者说系统工程的定义是什么，仍然没有一致的看法。然而，作为一门学科，必须认真地探讨这一问题，才能正确把握它的研究和发展方向，并确定它的实际应用领域。本章就是试图论证这个问题。

一 问题的提出

自60年代初系统工程学科逐步形成以来，由于它在一些重大的工程开发计划中显示出重要的作用，因而引起了社会各界的普遍注意和高度重视。

当前，不仅是科学技术先进的国家，就是一些发展中国家，也都在广泛地研究和运用系统工程。不少国家在大学里设立了系统工程系或专业，为大学生开设选修课程。美国还设立了系统工程学位，从1964年起开始授予。很多国家设立了各种形式的系统工程研究服务机构，如美国的兰德公司、西德的工业设备企业公司等，它们有的专门为政府部门、军队和大公司服务，有的提供普遍性的合同服务。

系统工程应用所涉及的领域极为广泛，从军事技术、工业工程、农业工程、交通运输、资源、能源、经济，直到行政、科研、教育、医疗各个部门。

近几年来，我国也做了大量系统工程的开发工作，并培养出系统工程学科的学士、硕士和博士。

到目前为止，系统工程这门学科仍处于发展阶段，即使在它的发源地美国，也还没有形成统一的、完整的、严密的学科体系，在学校中也还没有稳定的教材，一般都因人而异，但它的应用和发展却是十分活跃，以专题报告、论文、文集形式发表的著作相当丰富。

为了有效地发展和运用系统工程，首要的问题是要明确和掌握系统的本质、内在规律、适用范围和使用方式，把这些问题弄清楚了，才能恰当地使用它和掌握它的发展方向，也才能给出系统工程的恰当定义。

在谈到系统工程时，所提出的问题常常是：什么是系统工程？它的本质是什么？系统的价值何在？系统的原理和方法是什么？系统工程人员做什么？下面就从这些问题来展开讨论。

二 几个主要论点

在讨论之前，先列出以下几个主要论点，以有助于理解讨论中所论述的一些基本着眼点，这几个论点是：

1. 系统工程是为了解决工程进入系统发展时代所产生的系统性问题而发展起来的一门学科。所谓系统性问题，也就是工程开发与现实社会环境之间的关系问题。

2. 系统工程不同于传统的工程技术，系统工程是工程战略，是工程技术、组织管理和工程哲学的统一。就其本质来说，系统工程是一门“社会——技术”学科。

3. 系统工程原理主要包括系统工程观念和系统工程方法论两个组成部分。

4. 要把系统工程与工程系统区别开来，更要把它与建造

工程系统的直接行动区别开来。将系统工程原理运用于各个专业领域内，就形成了各专业领域的系统工程，它们各自去开发本专业领域内的工程系统。

5. 系统工程的功用是为重大工程计划的主管人员决策时提供各种可供选择的方案、策略或专题研究报告。

将以上几点归结起来，可以说系统工程就是从系统观念的高度来分析和处理现实世界中的各种实际问题。因此，从根本意义上讲，系统工程是一种思想方法，而不是一种可以不偏不倚地照此办理就能得到预期结果的技术。有人用一句很风趣的话说，系统工程不是“菜谱”，这正是强调了系统工程不是一种拿来就可以使用的简单的技术和方法。

§ 1.2 系统工程——一门新的 “社会——技术”学科

任何一门学科都有产生它的历史需要，即社会背景；也必定有它自身特定的内在规律，否则它就不能成立，不能发展。各门学科的内在规律是促进各门学科发展的根本原因。

一 工程的系统发展时代和系统工程

认识系统工程，首先要了解系统工程产生的背景和它的发展规律，这样才能揭示出它的本质。

近几十年来，科学技术的突飞猛进和社会生产力的巨大提高，把人们活动的宏观空间大大地缩小了，使得工程发展必然要涉及到自然资源枯竭、能源危机、经济发展不平衡、交通负担加重和对自然环境的污染等问题，这就不仅涉及到综合运用各专业领域内的成果和在大范围多部门之间进行协作，还要涉

及到政策和教育等方面。因此，必须综合地解决这样一些问题，才能使所要开发的工程得到有成效的发展。在这个过程中，问题的重要特征是上述各种因素具有很大的不确定性和不分明性，这种不确定性构成工程发展过程中所面临的变化和变化激烈的环境，从而不断地出现危机和竞争局面，这样一些问题就是所谓的工程发展的系统性问题，或称社会性问题和综合性问题。当代工程的发展再也不只是决取于技术和经营者的受益，与此同时，它更取决于上述的系统性问题。这样的现实表明，工程已进入系统发展的时代，必须寻求一种理论来解决所出现的这些系统性问题，这就是系统工程产生的背景。以上所述还说明了系统工程和传统的工程技术有着不同的目的和任务，它必然会有其自身的内在发展规律。

二 系统工程——一门新的“社会——技术”学科

传统的工程技术运用自然科学和技术来解决工程产品的设计和制造问题，而系统工程则必须运用社会科学、经济学、工程技术等多方面的学科来解决工程发展中的社会性问题，它将主要涉及到工程开发的规划、组织、管理、效果评定等活动，并以此来更有效地发挥科学技术的作用。正是依据这种现实，系统工程应当被确定为“社会——技术”学科。

系统工程这一社会科学和工程技术相结合的性质可以从有很高声誉的兰德公司的人员结构中得到例证。1972年该公司具有博士学位的人员中，47人是社会学博士，44人是经济学博士，31人是工程学博士，其它学科如物理、数学、教育、计算机、政治、法律、医学等合计30人。兰德公司主要人员的这种结构，不仅说明了系统工程这一学科的“社会——技术”性质，而且还清楚地表明系统工程是一门科学技术应用学科，它的任务就在于综合运用有关社会科学和技术来解决工程发展中

的系统性问题。它不象科学学科那样在于创造和发现新的定律、定理、方法和技术。下面还可以引用两个重大工程计划开发的实例来证明上述论点。

其一，阿波罗登月计划的总指挥韦伯说：“阿波罗计划中没有一项新发明的自然科学理论和技术，它都是现成技术的运用，关键在于综合。”

其二，美国在搞原子弹工程时，并没有请当时在物理学方面有很高造诣的爱因斯坦、费米等人来担任技术总指挥，而是选择了当时只有38岁的物理学家欧本海默来干，原因就在于他知识渊博，研究过文科、地质、建筑、化学、外语等。他在大学时代专攻物理，虽然没有得过诺贝尔奖金，也没有发表过多少论文，然而广博的知识，使欧本海默具有敏锐的综合思维能力，能抓住问题的关键，现实地指出它们的解决方向。因此，在他领导下的1500名科技人员，经过不到6年的努力就造出了原子弹。

事实上，系统工程任务原来就存在于各种各样的工程发展之中，也正是在这些工程发展的共同问题中归纳发展起来的。但是，又必须强调指出：只有自觉地研究和运用它，才能帮助我们把事情办得更好、更有效，才能避免产生不利的后果或灾难。

例如，发展战略导弹武器系统。这显然是一项具有重要社会性的工程，如果不做系统工程工作，能定下那么大的决心来干？能够组织起那么多单位和人力来干？能够协调数以万计的研究课题于一个统一的目标上吗？现在我们不仅把洲际导弹生产出来了，而且顺利地组织了向太平洋的发射，应当说我们国家的战略导弹武器系统的发展工作是相当成功的。

如果不做系统工程工作，仅从技术观点出发，不但不能发挥技术的作用，还很可能在解决一个问题时给另一个问题带来更大的困难。十分遗憾的是，这样的例子现实生活中还很多，