



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪高等院校教材·工业工程系列

系统工程概论

(第二版)

主 编 周德群

副主编 章 玲 张力波 周 鹏



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪高等院校教材·工业工程系列

系统工程概论

(第二版)

主 编 周德群

副主编 章 玲 张力波 周 鹏

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了系统工程的有关理论与方法,重点介绍了系统工程的产生与发展、系统的一般理论、系统工程方法论、系统建模、系统结构模型化方法、系统仿真、系统动力学、系统评价和系统决策等内容,其中,有些内容是同类书籍中首次发表的。为了方便读者掌握书中的有关理论与方法,本书各章给出了一定量的思考题与习题以及重要的参考文献。

本书可供高等院校经济管理类专业的本科生和研究生使用,也可作为有关专业的教学参考书,同时可供各级行政干部、企业管理人员、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

系统工程概论/周德群主编. —2版. —北京:科学出版社,2010
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 21世纪高等院校教材·工业工程系列)

ISBN 978-7-03-026933-1

I. ①系… II. ①周… III. ①系统工程-高等学校-教材 IV. ①N945

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第039608号

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年2月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010年7月第 二 版 印张:15 3/4

2010年7月第六次印刷 字数:310 000

印数:7 001—11 000

定价:28.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《21 世纪高等院校教材·工业工程系列》

编辑委员会

主任 刘思峰

编委 (按姓氏汉语拼音排序)

蔡启明	党耀国	方志耕	胡正华
李 南	刘思峰	秦 静	任君卿
吴和成	张 庆	张 卓	周德群
周根然	朱建军	庄长远	庄 品

丛书序

教材体现了相关课程的教学内容和基本要求，是教师组织教学的主要依据。一套好的教材，应当覆盖相应专业所要求的知识点而无重要遗漏；一本好的教材，内容上应能自成体系而又与丛书中其他教材无交叉重复。一本教材，若能深受学生喜爱并由此引发其对相关课程愿学、爱学，同时让教师用起来得心应手，当属教材中的上品。倘若是妙笔生花，能把枯燥、艰涩的科学知识组织得详略得当，自然天成，让教师、学生虽登山攀崖却如履平川，使科学知识的授受成为师生共同的乐趣，这样的教材当属极品，是读书人、教书人、写书人毕生追求的最高境界。

重视教材建设是南京航空航天大学经济与管理学院的传统。“十五”以来，我们组织教师编写、出版教材 40 余种。其中，9 种入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材，《应用统计学》被评为国家精品教材，《灰色系统理论及其应用》等 5 种教材被评为江苏省精品教材。一批优秀教材的出版对学院课程建设形成强有力的支撑。“灰色系统理论”课程入选国家精品课程，“应用统计学”、“预测方法与技术”等 4 种课程入选江苏省精品课程和优秀研究生课程。教材和课程建设为人才培养质量的不断提高奠定了坚实的基础，一大批优秀学子脱颖而出。“十五”以来，南京航空航天大学经济与管理学院先后有 60 多位同学获得全国“挑战杯”创业计划大赛等奖励。其中，陈吕栋等 19 人获国家金奖。5000 多名毕业校友活跃在全国各地，受到用人单位的欢迎。不少人已开始崭露头角，成为高等学校、科研院所、企事业单位和政府部门的学术、技术和管理骨干。2007 年，南京航空航天大学经济与管理学院组织申报的经济管理创新人才培养模式试

验区被评为教育部、财政部人才培养模式试验区。

2005年,南京航空航天大学经济与管理学院在学校和科学出版社领导的大力支持下,结合工业工程专业(江苏省品牌专业)建设的需要和社会需求,组织出版了工业工程系列教材。这套教材问世以来,相继被许多兄弟高校选用。其中,多数教材在短短3年内数次重印,深受师生喜爱。教材出版后,学院、学校和江苏省根据工业工程专业人才培养模式创新、国家和江苏省精品课程、精品教材建设的需要,安排了一批教学改革研究课题。这次对丛书进行修订,吸收了各位作者近年来取得的教学改革成果,融入了新的教学实践经验,并充分考虑读者反馈的意见和建议。同时,根据国家人才培养质量工程的要求,增加了“系统建模与仿真”等新的选题。

在丛书修订过程中,我们仍然要求参加编写工作的老师坚持读者至上的原则。在理论阐述上力求简明扼要,深入浅出,通俗易懂,易于自学。对相关方法和应用技术的讨论,则力求清晰、详尽而不累赘。因此,丛书修订版是在第一版基础上的一次升华,更适合用做政府部门、企事业单位管理干部、工程技术人员和理工科学生系统学习现代工业工程方法与技术的自学参考书。

丛书的修订、再版得到了南京航空航天大学教材出版基金资助。在此,特向支持丛书出版的领导和专家表示深深的谢意!

好的教材是在多年教学实践的锤炼中逐步形成的,需要根据教学改革、专业设置和学科发展的要求不断充实、修订、完善。殷切期望专家、老师和广大读者将使用这套教材时发现的问题以及改进意见和建议及时反馈给我们,以便修订时借鉴。

国家有突出贡献的中青年专家
南京航空航天大学特聘教授、博士生导师 刘思峰
南京航空航天大学经济与管理学院院长

2009年1月2日

第二版前言

现代社会纷繁而复杂，无论是组织还是个人，所面临的问题都越来越复杂，常有“剪不断，理还乱”之感，因此，能够帮助我们思考并解决这些复杂问题的方法显得越来越重要。系统工程是其中的一类重要方法，自从它诞生以后，就为人类社会利用有限资源、处理复杂问题提供了有力的支持。值得庆幸的是，现在已经有越来越多的人在习惯性或自觉地使用系统工程的词汇和它独到的方法论。

系统工程是一门处理复杂问题的学科，它在本质上要求将复杂问题作为一个整体来思考，通过定性和定量相结合的方法研究系统与环境、系统内部各要素之间的关联，寻求一条可以满意地解决问题的方案和途径。20 世纪 70 年代至今，系统工程在我国得到了迅速发展，它的核心思想和技术方法被广泛地应用到国民经济建设和社会发展的各个领域，一些标志性的重大工程项目都是系统工程应用的杰出典范。近年来，针对复杂系统的系统工程方法论有了重要进展，所解决问题的广度与深度正在突破人们的思维极限。

本书为经济管理类专业的本科生和研究生而写，考虑到经济管理类专业教学大纲的要求，兼顾有关工程技术专业在高年级讲授系统工程的需要。教学内容重点可视不同的学员对象而具体选择。与同类教材明显的区别在于，本书既反映系统工程所具有的综合性特点，又注意与其他课程的联系与分工。系统工程具有很强的实践性，因此，本书在内容安排上力求反映系统工程学科最新的研究成果。

全书共分 9 章：

第 1 章简要介绍系统工程的历史与现状、产生与发展、概念、学科基础以及有关技术。

第 2 章简要介绍系统的一般理论，包括系统的概念与特征、系统结构与功

能、系统的环境与不确定性以及不确定性管理方法。

第3章对目前系统工程方法论进行了全面考察,并将之归纳为4个代表性的流派:以兰德公司为代表的系统分析方法论、以Hall为代表的硬系统工程方法论、以Checkland为代表的软系统工程方法论、以钱学森为代表的从定性到定量的综合集成方法论。

第4章介绍了系统建模问题,模型是系统工程解决问题的重要手段,这一章的主要内容包括系统的建模方法与程序、系统模型的类型与特点,并讨论了几种常用的建模工具。

第5章较为详细地介绍了系统结构模型化方法,这是一类对复杂系统进行辨识的定性定量相结合的方法,包括解释性结构模型化方法(ISM)和决策试验与评价实验室(DEMATATL)。

第6章介绍了系统仿真技术,包括系统仿真的基本原理、系统仿真的建模过程、连续系统的仿真,并重点介绍了离散事件系统的仿真方法及其应用。

第7章就系统仿真中的一类特殊技术——系统动力学进行了专门介绍,着重介绍了系统动力学概念与特点、系统动力学建模与仿真、DYNAMO语言编程、系统动力学参数及估计、策略及设计方法、基本系统结构及其行为特性、系统动力学仿真软件Vensim, itthink/STELLA及其应用。

第8章是系统评价,这是一类非常活跃的研究与应用领域。在这一章中,重点介绍了系统评价的原理、指标体系以及系统综合评价等内容,并且对几种常用的评价方法,如层次分析法、模糊综合评价法、可能满意度法、主成分分析法、数据包络分析法进行了介绍。

第9章是系统决策,着重介绍了风险决策、效用理论、贝叶斯决策问题、多目标决策、冲突分析方法以及决策支持系统等相关内容。

本书在结构体系安排上,力求克服重方法轻理论的问题,将系统工程的理论与技术方法放到同等的地位来认识,在系统理论的有关章节尽量做到内容新颖,在系统工程技术的有关章节尽量做到先进实用。本书在编写上力求做到深入浅出、通俗易懂、科学规范,避免将系统工程神秘化,尽量通过实例说明问题,尽量做到操作性强。为方便读者复习,每章的后面都安排了一定量的思考题与习题,并尽可能提供相关的参考文献。

全书由周德群教授提出详细的编写大纲,并负责总纂,大部分章节是合作的产物,其中,第1~3章由周德群、周鹏、许庆华编写,第4、5章由章玲、周德群、李洪伟编写,第6、7章由张力波、汤建影编写,第8、9章由章玲、潘东旭、周鹏编写。

与第一版相比,第二版在结构安排上更加紧凑,特别是在前三章,作者力求将有关概念、背景深入浅出地介绍给读者,再版后的内容更为精练,与其他章节

关系更加清晰。系统工程是应用性非常强的学科,根据三年来教材的使用情况,结合实际应用需求,对其他章节的内容也进行了适当的增减处理,删去了一些应用价值不大的部分,增加了实际应用中需要的内容。

系统工程是一门博大精深的学问,对其内容的理解,仁者见仁,智者见智。这些年来,系统工程学科本身发生了很大变化,学科的交叉特点越来越明显,尽管作者力求“与时俱进”,但也难免挂一漏万,因此,书中的内容安排仅仅建立在作者有限认识的基础之上,本书的缺憾在所难免,我们真诚希望读者批评指正。

本书在编写过程中参阅了大量的文献资料,个别章节中还直接引用了少量实例,在此对这些文献的作者致以衷心的感谢。

我要感谢曾经教过我的老师们。我从 20 世纪 80 年代初开始接触系统工程这门学科,在西安交通大学求学期间,有幸亲聆汪应洛院士、李怀祖教授、陶谦坎教授等前辈的教诲,在天津大学和北京航空航天大学进修期间,从顾培亮教授、韩文秀教授、许树柏教授、张世英教授、胡玉奎教授、冯允成教授身上学到了许多终身受益的知识,并成为多年来致力于系统工程教学与研究的不竭动力。

我还要感谢我曾经教过的学生们以及将来要使用本教材的教师与学生们,他们的意见与看法无疑是最宝贵的,他们在教与学过程中的体会也是我最在意的,并且会成为我们将此书做成精品的力量源泉。

周德群

2009 年 6 月于南京御道街



第一版序言

系统工程是为解决社会经济中的复杂问题而出现的一门应用性交叉学科，它产生于 20 世纪 50 年代，至今已有半个多世纪的发展历史。系统工程的思想与方法为人类解决复杂问题提供了一条有效途径，并成为推动人类社会进步的有力工具。

当今社会，科学技术发展日新月异，国家、地区以及组织之间的竞争日趋激烈，社会经济发展面临的人口、资源、环境的制约越来越突出。如何合理地安排人类的生产和消费活动，坚持科学的发展观，实现社会、经济、环境的全面协调与可持续发展，成为系统科学与系统工程工作者必须关注的重大现实问题。大到全球性问题，小到企业与个人问题，无一不是复杂系统的决策与组织问题，系统工程正在发挥其独特的方法论作用。随着人类面临的系统愈来愈复杂，建立和谐社会的呼声愈来愈高，可以预计，系统工程将进入一个新的发展的黄金时代，熟悉系统工程理论与方法的人才也会受到愈来愈多的青睐。

我国科学家在 20 世纪 60 年代就开始了系统工程的研究和应用，不仅形成了一批具有中国特色和国际前沿的理论研究成果，而且在实际应用中也硕果累累。钱学森先生于 20 世纪 80 年代就提出了系统科学体系结构的概念，他把系统工程纳入工程技术这一层次，并且是一大类工程技术的总称，而运筹学属于技术科学，这样就大大澄清了许多混乱的说法，他后来提出的针对复杂系统的从定性到定量的综合集成方法从理论和实际应用上都是对系统工程学科的重要发展。我国载人航天飞船“神舟五号”的上天是我国大型项目系统管理的成功典范。

多年来，系统工程在高等学校受到了足够重视，不同学科根据自身的特点与要求相继开设了相关的课程。经济管理类学科是最早开出系统工程课程的学科之一。目前，许多高校为不同层次的学生相继开设了有特色的课程，这些课程对学

生心智的培养发挥了重要作用。但我们发现,目前可以提供给教师和学生选择的实用教材却非常少,这与学科的发展与重要程度是不相称的。

该教材是周德群教授等长期从事系统工程教学和研究的成果,是一部系统地论述系统工程概念、理论与应用的教材。作者历经多年,系统全面地收集了国内外有关的最新资料,根据教学的目的与要求对内容进行了精心安排与组织。与同类教材明显区别的是,全书引用资料丰富翔实,信息量大,既反映出系统工程所具有的综合性特点,又注意与其他课程的联系与分工。在结构体系安排上,全书较好地解决了一般教科书“重方法、轻理论”的问题,将系统工程的理论与技术方法放到同等的地位,在系统理论的有关章节做到内容新颖、视角独特,在系统工程技术的有关章节做到先进实用。该教材在编写上能够做到深入浅出、朴实无华、科学规范,避免使用艰深晦涩的词句,避免将系统工程神秘化,尽量通过实例说明问题,尽量做到标注翔实、规范。系统工程实践性强,始终处在发展完善之中,该教材力求反映系统工程学科最新的研究成果。因此,该教材的出版对我国系统工程的教学与研究大有裨益。

鉴于该教材对于系统工程教学与研究的实际意义,我愿意将这本教材推荐给广大师生与各界读者,同时也借此希望越来越多的理论工作者和实际工作者共同关心我国系统工程学科的发展,并运用系统工程的理论与方法为实现我国全面建设小康社会的目标做出应有的贡献。

钱颂迪

2006年6月于南京夫子庙

第一版前言

现代社会，无论是组织还是个人，所面临的问题越来越复杂，常有“剪不断，理还乱”之感，因此，能够帮助我们思考并解决这些复杂问题的方法显得越来越重要。系统工程是其中的一类重要方法，自从它诞生以后，它就为人类社会利用有限资源、处理复杂问题提供了有效的支持。值得庆幸的是，现在已经有越来越多的人在习惯性地或自觉地使用系统工程的词汇和它独到的方法论。

系统工程是一门处理复杂问题的学科，它在本质上要求将复杂问题作为一个整体来思考，通过定性和定量相结合的方法研究系统与环境、系统内部各要素之间的关联，寻求一条满意地解决问题的方案和途径。从 20 世纪 60 年代至今，系统工程在我国得到了迅速发展，它的核心思想和技术方法被广泛地应用到国民经济建设和社会发展的各个领域。近年来针对复杂系统的系统工程方法论的研究有了重要进展，它所解决问题的广度与深度正在突破人们的思维极限。

本书是为经济管理类专业的本科生和研究生而写，考虑到了经济管理类专业教学大纲的要求，并兼顾有关工程技术专业在高年级讲授系统工程的需要。教学内容的重点，可视不同的学员对象而具体选择。与同类教材明显区别的是，本书既反映出系统工程所具有的综合性特点，又注意与其他课程的联系与分工。由于系统工程具有很强的实践性，因此，本书在内容安排上力求反映系统工程学科最新的研究成果。

全书共分 10 章：

第 1 章简要介绍系统的有关概念、系统工程的学科性质与发展历程、系统工程的学科基础以及系统工程的有关技术。

第 2 章对目前系统工程方法论进行了全面考察，并将之归纳为四个代表性的流派：以兰德公司为代表的系统分析方法论；以 Hall 为代表的硬系统工程方法

论；以 Checkland 为代表的软系统工程方法论；以钱学森为代表的从定性到定量的综合集成方法论。

第 3 章针对系统结构问题进行了专门论述，主要内容包括系统结构的概念、系统结构的特性、系统结构与功能的相关性、系统结构的分析方法。

第 4 章就系统演化与优化、稳定与控制问题进行了介绍，内容侧重于系统的优化演化规律、系统优化的技术方法、系统的稳定与均衡和系统的控制方式。

第 5 章介绍了系统建模问题，模型是系统工程解决问题的重要手段，这一章的主要内容包括系统的建模方法与程序、系统模型的类型与特点，并讨论了几种常用的建模工具。

第 6 章较为详细地介绍了系统结构模型化方法，这是一类对复杂系统进行辨识的定性与定量相结合的方法，包括解释性结构模型化方法（ISM）和决策试验与评价实验室方法（DEMATEL）。

第 7 章介绍了系统仿真技术，包括系统仿真的基本原理、系统仿真的建模过程、连续系统的仿真，并重点介绍了离散事件系统的仿真方法。

第 8 章就系统仿真中的一类特殊技术——系统动力学进行了专门介绍，着重介绍了系统动力学仿真的步骤、因果关系与反馈环、系统动力学的流图设计、Dynamo 语言、系统动力学仿真软件 Vensim 及其应用。

第 9 章是系统评价，这是一类非常活跃的研究与应用领域，在这一章中我们重点介绍了系统评价的原理、系统评价的指标体系以及系统综合评价等内容，并且对几种常用的评价方法如层次分析法、模糊综合评价法、可能满意度法、主成分分析法、数据包络分析法（DEA）进行了介绍。

第 10 章是系统决策，着重介绍了风险决策、效用理论、贝叶斯决策问题、多目标决策、冲突分析方法以及决策支持系统等相关内容。

本书在结构体系安排上，力求解决“重方法、轻理论”的问题，将系统工程的理论与技术方法放到同等的地位来认识，在系统理论的有关章节尽量做到内容新颖，在系统工程技术的有关章节尽量做到先进实用。本书在编写上力求做到深入浅出、通俗易懂、科学规范，避免将系统工程神秘化，尽量通过实例说明问题，尽量做到操作性强。为方便读者复习，每一章的后面都安排了一定量的思考练习题。

全书由我提出详细的编写大纲，并负责总纂，大部分章节是合作的产物。其中，第 1 章由周德群、许庆华编写，第 2 章由周德群编写，第 3、4 章由方志耕、李杰编写，第 5 章由潘东旭、章玲、周德群编写，第 6 章由周德群、李洪伟编写，第 7、8 章由汤建影、周德群编写，第 9 章由周德群、潘东旭编写，第 10 章由章玲编写。

系统工程是一门博大精深的学问，对其内容的理解，仁者见仁，智者见智。

这些年来,系统工程学科本身发生了很大变化,尽管作者力求“与时俱进”,但也难免挂一漏万,书中的内容安排仅仅建立在作者有限认识的基础之上,因此,本书的缺憾在所难免,我们真诚希望读者批评指正。

本书在编写过程中参阅了大量文献资料,个别章节中还直接引用了少量实例,在此对这些文献的作者致以衷心的感谢。

我要感谢曾经教过我的老师们。我从 20 世纪 80 年代初开始接触系统工程这门学科,在西安交通大学求学期间有幸亲聆汪应洛院士、李怀祖教授、陶谦坎教授等前辈的教诲,在天津大学和北京航空航天大学进修期间,从顾培亮教授、韩文秀教授、许树柏教授、张世英教授、胡玉奎教授、冯允成教授身上学到了许多终身受益的知识,并成为多年来致力于系统工程教学与研究的不竭动力。

我还要感谢我曾经教过的学生们以及将来要使用本教材的教师与学生们,他们的意见与看法无疑是最宝贵的,他们在教与学过程中的体会也是我最在意的。

最后,我们特别感谢我国著名的系统工程与运筹学专家钱颂迪教授在百忙中为本书作序,在与钱老的接触中,我深深地感受到了他在系统科学领域的精深造诣以及一位学者人格上的崇高魅力。

周德群

2006 年 6 月于南京御道街

目 录

丛书序

第二版前言

第一版序言

第一版前言

第1章	
	系统的一般理论 1
1.1	系统的概念及特性 1
1.2	系统的结构与功能 7
1.3	系统环境与不确定性 14
	思考练习题 17
第2章	
	系统工程的历史与现状 18
2.1	系统工程的产生与发展 18
2.2	系统的概念 26
2.3	系统工程的学科基础 30
2.4	系统工程技术 35
	思考练习题 37
第3章	
	系统工程方法论 38
3.1	以兰德公司为代表的系统分析方法论 38

3.2 以 Hall 为代表的硬系统工程方法论	42
3.3 以 Checkland 为代表的软系统工程方法论	48
3.4 以钱学森为代表的综合集成方法论	50
思考练习题	54

第4章

系统建模理论与方法	55
4.1 建模在系统分析中的作用	55
4.2 系统建模的一般原理	57
4.3 系统模型的分类	59
4.4 常用的几类经济数学模型	63
思考练习题	64

第5章

系统结构模型化方法	65
5.1 系统结构模型化方法概述	65
5.2 系统的结构表述	68
5.3 DEMATEL 方法	74
5.4 ISM 法	78
思考练习题	85

第6章

系统仿真	87
6.1 系统仿真概论	87
6.2 系统仿真的建模过程	89
6.3 离散事件系统仿真	92
6.4 连续系统仿真	111
思考练习题	113

第7章

系统动力学	115
7.1 概述	115
7.2 系统动力学建模与仿真	118
7.3 DYNAMO 语言编程	128

7.4	系统动力学参数及其估计方法	132
7.5	系统动力学策略及其设计方法	135
7.6	基本系统结构及其行为特性	137
7.7	系统动力学仿真软件及其应用	147
	思考练习题	158

第8章

	系统评价	160
8.1	系统评价的原理	160
8.2	系统评价的指标体系	164
8.3	评价指标的权重	167
8.4	系统综合评价	172
8.5	层次分析法	177
8.6	模糊评价法	188
8.7	可能-满意度法	190
8.8	主成分分析法	192
8.9	数据包络分析	197
	思考练习题	203

第9章

	系统决策	205
9.1	系统决策模型与方法	205
9.2	风险型决策分析	209
9.3	贝叶斯决策	215
9.4	效用与决策分析	218
9.5	决策支持系统与专家系统	221
9.6	冲突分析	225
	思考练习题	229

参考文献	230
------------	-----