

交通运输系统工程技术丛书

交通运输系统工程

TRANSPORTATION SYSTEMS ENGINEERING

彭其渊 蒋朝哲 文超 鲁工圆 © 编著

非外借

 西南交通大学出版社

交通运输系统工程技术丛书
四川省2016年度重点出版项目

交通运输系统工程

TRANSPORTATION SYSTEMS ENGINEERING

彭黉渊 蒋朝哲 文超 鲁工圆 ○ 编著

西南交通大学出版社

·成都·

图书在版编目 (C I P) 数据

交通运输系统工程 / 彭其渊等编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2018.10
(交通运输系统工程技术丛书)
ISBN 978-7-5643-6485-4

I. ①交… II. ①彭… III. ①交通运输系统 - 系统工程 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 227117 号

交通运输系统工程技术丛书

交通运输系统工程

Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng

彭其渊 蒋朝哲 文超 鲁工圆 编著

出版人 阳晓
责任编辑 周杨
封面设计 严春艳

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话 028-87600564 028-87600533
邮政编码 610031
网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川森林印务有限责任公司
成品尺寸 185 mm × 260 mm
印 张 13.75
字 数 345 千
版 次 2018 年 10 月第 1 版
印 次 2018 年 10 月第 1 次
书 号 ISBN 978-7-5643-6485-4
定 价 39.80 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

20世纪70年代以来,随着科学技术发展和社会进步,我国现代工业、交通、生物、生态及军事指挥等大规模的生产管理系统越来越多,其系统也日益复杂,同时,生产过程向综合化、自动化方向高速发展,需要控制的过程在工程和社会化大系统中无处不在。

系统工程学是一个应用与实践的科学,它的产生是在实现系统科学与现代管理科学、信息科学、控制科学及电子计算机等科学发展相结合的状态下而形成的新学科。运用系统理论研究一个部门、一个行业、一个学科是今天科技发展的必然趋势。系统科学的创建与应用促进了学术的飞跃发展,这是交通运输系统工程这一学科产生和发展的环境基础。目前,系统科学已进入控制科学、信息科学、经济管理科学、生物环境科学、交通运输科学等各种不同学科领域,并出现了相互渗透和融合的效果。在此形势下,交通运输学科内融进系统科学而形成交通运输系统,则是必然趋势。在钱学森院士系统工程思想的引导下,20世纪80年代,交通运输与系统工程相结合的“交通运输系统工程学”诞生了,并由此进入了一个新的发展时代。

系统的特点是规模大、结构复杂、功能综合、因素众多、控制复杂,对这种大规模复杂系统评价、设计、控制和管理,就必然要运用系统科学和系统工程的理论与方法,对其进行系统优化与控制。这就使一般传统理论的应用、实施的手段及理论和方法等发生了突变,从而跨进了大系统的最优控制和协调管理的新阶段。交通运输系统正属于这类大系统,而且由于“人”作为系统内部重要的一个参与环节,该系统则更表现为复杂大系统。

当前,水运、公路、铁路、航空、管道等五种运输方式,正在逐步走向协调发展,逐步形成一个整体,构成一个现代化的综合交通运输体系。因此,对于从事交通运输管理的工作者来说,树立交通运输大系统的思想、掌握运输系统工程的方法,将具有十分重要的意义。

为了适应综合交通运输系统的快速发展对高层次运输组织管理人才的需要,按照西南交通大学复合型人才培养的要求,作者在充分借鉴和参考吸收国内外已有研究成果的基础上,结合近年来西南交通大学系统科学研究团队的研究成果,经过修改和整理,编写了《交通运输系统工程》。

本书涵盖了交通运输系统工程的基本理论和方法,主要包括:交通运输

系统工程概述、交通运输系统分析、交通运输系统模型、交通运输系统预测、交通运输系统网络计划、交通运输系统仿真、交通运输系统决策及决策支持系统、智能运输系统等共 9 章内容。另外，结合五种运输方式分别进行相关问题的案例分析是本书的一大特色，增强了本书的实用性。

全书由彭其渊、蒋朝哲、文超、鲁工圆共同完成。其中彭其渊完成第 1~3 章的编写工作，蒋朝哲完成第 4、5、8、9 章的编写工作，鲁工圆完成第 6 章的编写工作，文超完成第 7 章的编写工作。全书统稿由彭其渊、蒋朝哲负责。在资料的收集、书稿的形成和文字整理工作中，博士研究生黄平、硕士研究生吴颢和谭萌等做了大量的工作，在此表示衷心的感谢。

书中参阅了大量的国内外著作、教材、学术论文和有关文献，在此谨向这些文献的作者表示深深的谢意。

本书的出版得到了西南交通大学出版基金的资助，在此深表谢意。

由于本书涵盖内容较多，同时限于作者的水平，在全书内容的组织和文献材料的取舍方面，难免存在诸多不当和疏漏之处，热诚欢迎国内外同行和专家及各位读者批评指正。

编 者

2018 年 7 月 21 日

目 录

第 1 章 交通运输系统工程概述	1
1.1 系统工程	1
1.2 交通运输系统工程	8
1.3 交通运输系统工程的发展	11
思考与练习	12
第 2 章 交通运输系统分析	13
2.1 系统分析的概念	13
2.2 运输系统目标分析	20
2.3 运输系统结构分析	23
2.4 运输系统环境分析	30
2.5 案例分析	32
思考与练习	34
第 3 章 交通运输系统模型	36
3.1 系统模型的基础理论	36
3.2 系统模型分类及举例	37
3.3 系统模型的构建	43
3.4 交通运输系统工程模型技术的新进展	45
3.5 案例分析	47
思考与练习	48
第 4 章 交通运输系统预测	50
4.1 系统预测的概述	50
4.2 定性预测方法	53
4.3 时间序列预测法	58
4.4 回归分析预测法	66
4.5 投入产出预测法	72
4.6 案例分析	77
思考与练习	82

第 5 章 交通运输系统网络计划	84
5.1 概 述	84
5.2 网络计划图的绘制	85
5.3 网络计划图时间参数的计算	91
5.4 工序各种时差的分析与使用	96
5.5 完成工期的概率估计	98
5.6 网络计划的平衡和优化	99
5.7 案例分析	104
思考与练习	111
第 6 章 交通运输系统仿真	115
6.1 运输系统仿真概述	115
6.2 连续系统仿真	120
6.3 离散事件系统仿真	121
6.4 混合系统仿真	123
6.5 案例分析	127
思考与练习	142
第 7 章 交通运输系统决策	143
7.1 概 述	143
7.2 确定型运输决策问题	150
7.3 不确定型运输决策问题	150
7.4 风险型运输决策问题	152
思考与练习	155
第 8 章 交通运输决策支持系统	156
8.1 决策支持系统基础理论	156
8.2 决策支持系统典型技术	160
8.3 运输决策支持系统	164
8.4 案例分析	170
思考与练习	173
第 9 章 智能运输系统	175
9.1 智能运输系统 (ITS) 概述	175
9.2 ITS 体系框架	178
9.3 ITS 评价	188
9.4 ITS 保障机制	202
9.5 案例分析	204
思考与练习	208
参考文献	210

第 1 章 交通运输系统工程概述

1.1 系统工程

1.1.1 系统的基本概念

人类社会当今处在一个什么时代？我们如何为自己所处的时代命名？

有人说当今是后工业化时代。他们说，以蒸汽机的改进和大量使用为标志的工业革命，开始了工业化进程，后来又经过电力革命、核能革命，完成了工业化使命，在 20 世纪后期则进入了后工业化时代。

有人说当今是知识经济时代。知识经济的提出源于 1996 年联合国的 OECD 组织的《以知识为基础的经济》的报告。知识经济的标志之一就是承认知识的扩散与生产同样重要，知识经济是人类社会继游牧经济、农业经济、工业经济之后的经济。知识经济是以知识阶层为社会主体，以知识和信息为主要资源，以高技术产业和服务为支柱产业，以人力资本和科技创新为动力，以可持续发展为宏观特征的新型经济。

有人说当今是网络经济时代。20 世纪 80 年代出现了因特网（Internet），如今，以先进的计算机技术和通信技术为基础的信息网络无处不在，发挥着越来越大的作用。电子商务、电子政务、网络学院、远程教学、远程医疗、电子病历、网上购物、网上订票、上网检索、电子邮件、MIS（管理信息系统）、HIS（医院信息系统）、“金”字号工程（金税、金关、金盾和金卫等），悄悄进入了我们的工作和生活中。人类是一天也离不开网络了。

有人说当今是新经济时代。他们大概对上述几个名称不满意，于是提出“新经济时代”一词。其实这是权宜之计。因为新与旧是相对的，“新”是层出不穷、与时俱进的，现在的经济相对于工业经济而言是“新经济”，再过一百年或者几百年，现在的“新经济”恐怕就会是“旧经济”了。不过，暂时用一下这个名称以强调当代经济之“新”也未尝不可。

还有人说当今是计算机时代。自 1946 年第一台现代意义下的计算机 ENIAC 出现以来，计算机不断更新换代，而且更新换代的周期越来越短。20 世纪占主导地位的，50 年代是电子管计算机，50 年代末至 60 年代中期是晶体管计算机，60 年代末至 70 年代末是集成电路电子计算机，70 年代末至今是大规模集成电路和超大规模集成电路电子计算机。计算机的快速发展使其应用领域得到迅速扩展，如文字编排、数据处理、通信联络、设计绘图、教育培训以及各级各类管理工作，无处没有计算机的影子。电子计算机被称为“电脑”，现代社会“不可一日无此君”。

还有人说当今是信息时代。20 世纪 40 年代，人类终于发现：世界是由物质、能量、信

息三大要素组成的，而不仅仅是由物质要素组成，或者由物质与能量两种要素组成。现在，没有人能否定信息的存在和作用，没有人能够不接受、不利用信息，信息的作用、处理信息的手段是前所未有的。信息网络、信息高速公路、电子商务、电子政务等，正在改变人类的工作习惯、生活习惯、思维方式。距离变得无关紧要，“地球变得越来越小”，整个世界可以被因特网“一网打尽”。

还有人说当今是纳米时代。纳米（nm）是一种度量单位，1 nm 等于 1 m 的十亿分之一，相当于 10 个氢原子一个挨一个排起来的长度。纳米结构是指 1~100 nm 尺度内的结构。在这个尺度范围内对原子重新组合，新物质就会表现出不同于单个原子或分子的性质。其基本的物理化学性质，如熔点、磁性、电容、电导性、发光等都可能产生重大变化。这种组合产生新物质的技术，就是所谓的纳米技术（nanotechnology），它使人类可以获得许多用于科研、生产、生活各个领域的新材料。

对时代的概况还可以列举一些。所有不同角度的概况都具有一定的道理，“仁者见仁智者见智”。但是，如果换一个角度——从系统的角度看，我们要说：

人类社会当今正处在系统工程时代！

你赞成这种说法么？

作为系统工程工作者，我们要宣扬这个观点，要让尽可能多的人能够理解，能够接受。那么，什么是系统？什么是系统工程？系统工程又如何应用于交通运输领域？这就是本书要讲述的内容。

本章将主要介绍系统工程，交通运输系统工程的基本知识，以及交通运输系统工程的发展前景。

一、系统的定义

系统工程（systems engineering, SE）的研究对象是系统（system）。

系统概念是系统工程的核心和基本概念。“系统”一词是大家熟悉的，在汉语中，它通常是作为名词来使用，有时也作为形容词和副词使用；作为系统工程的科学术语，则需要在日常用语的基础上加以提炼和界定。

系统无处不在。自然界和人类社会存在着多种多样的系统，在研究系统的分类之前，先让我们列举几组不同类型的系统，例如：

一辆汽车、一架飞机、一列火车、一台计算机、一个校园网分别都是一个系统；

一个国家、一个政府、一支军队、一个企业、一所学校、一家医院、一支乐队、一个球队、一个家庭也分别都是一个系统；

一项工程（例如三峡工程、西部大开发、振兴东北、神舟五号、抗击 SARS、举办“奥运”）、一本教科书、一篇文章、一首歌曲、一张中药处方同样分别都是一个系统。

这些系统的形态和性质是大不一样的。系统可以互相包含与被包含，可以互相交叉和融合。系统是普遍的客观存在。每一个人都生活在系统之中，而且是生活在多种多样、互相交叉的系统之中。

但是，并非任何事物或者事务都可以随心所欲地被称为系统。相对于一辆汽车而言，拆

卸下来的若干齿轮与螺丝钉不构成系统；相对于一个球队而言，游离活动的几名队员不构成系统；相对于一场球赛，正常的犯规行为（可能有多次）不构成系统；海边沙滩上休闲的人群不构成系统；在盒子里放得整整齐齐的一副象棋，也不构成系统。

从许许多多、实实在在的系统 and “非系统”中可以提炼出如下的定义：

所谓系统，是由相互联系、相互作用的许多要素结合而成的具有特定功能的统一体。

这个统一体又称为整体或总体；要素又称为元素、部分、局部或零部件，在一定的意义上，又称为子系统。系统整体与构成系统的部分是相对而言的，整体中的某些部分可以被看成是该系统的子系统，而整个系统又可以成为一个更大规模系统中的一个组成部分或者子系统。例如，一辆汽车或一架飞机的发动机，一个企业的某一条生产线，一所大学的某一个学院等，都分别是一个子系统；而一辆汽车对于一个车队，一架飞机对于一个航空公司，一个企业对于国民经济，一所大学对于全国或地区的高教系统来说，分别只是其中的一个组成部分或者一个子系统。

系统是由两个以上有机联系、相互作用的要素所组成，具有特定功能、结构和环境的整体。该定义有以下四个要点：

(1) 系统及其要素。系统是由两个以上要素组成的整体，构成这个整体的各个要素可以是单个事物（元素），也可以是一群事物组成的分系统、子系统等。系统与其构成要素是一组相对的概念，取决于所研究的具体对象及其范围。

(2) 系统和环境。任一系统又是它所从属的一个更大系统（环境或超系统）的组成部分，并与其相互作用，保持较为密切的输入、输出关系。系统连同其环境、超系统一起形成系统总体。系统与环境也是两个相对的概念。

(3) 系统的结构。在构成系统的诸要素之间存在着一定的有机联系，这样在系统的内部形成一定的结构和秩序。结构即组成系统的诸要素之间相互关联的方式。

(4) 系统的功能。任何系统都应有其存在的作用与价值，有其运作的具体目的，也即都有其特定的功能。系统功能的实现受到其环境和结构的影响。

二、运输系统

运输系统的含义：以交通运输系统的整个运输活动为对象，运用系统工程的原则和方法，为运输活动提供最优规划和计划，进行有效地协调和控制，并使之获得最佳经济效益和社会效益的组织管理方法。

从系统工程的角度而言，系统的范围或规模是根据我们研究问题的需要而决定的。系统具有特定的结构，表现为一定的功能和行为。系统整体的功能和行为由构成系统的要素和系统的结构决定，而这些功能和行为又是系统的任何一部分都不具备的。

某种特定的系统，通常是自然科学和社会科学某一学科的研究对象。例如，太阳系是天文学研究对象，植物群落是植物学研究对象，动物群落是动物学研究对象，人体和疾病是医学研究对象，社会制度是历史学和社会学研究对象，等等。系统工程以及系统科学（系统工程是系统科学部门的工程技术）的研究对象并不限于某种特定的系统，也不重复其他学科的研究，而是研究各种系统的普遍属性和共同规律，研究各种系统的有效组织与管理问题。

中外学者从不同的角度对系统的定义作过描述。例如，美国的韦伯斯特（Webster）大辞典把系统称为“有组织的或被组织化的整体、相联系的整体所形成的各种概念和原理的综合，由有规则的相互作用、相互依存的形式组成的诸要素的集合”。

一般系统论的创始人奥地利生物学家冯·贝塔朗菲（Ludwig. Von Bertalanffy, 1901—1972）把系统称为“相互作用的多要素的复合体”。如果一个对象集合中存在两个或两个以上的不同要素，所有要素按照其特定方式相互联系在一起，就称该集合为一个系统。其中的要素是指组成系统的不同的最小的（即不需要再细分的）组成部分。

钱学森院士在回顾我国研制“两弹一星”的工作历程时说：“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’本身又是它所隶属的一个更大系统的组成部分。”

在汉语中与 System 一词相对应的名词还有体系、体制、制度。

此外，在管理学院里和企业管理中用得最多的单词之一——组织（organization），其意义与系统（system）是很相近的，而且常常是等同的。

1.1.2 系统工程的发展概况

20 世纪 70 年代以来，随着科学技术发展和社会进步，我国现代工业、交通、生物、生态及军事指挥等大规模的生产管理系统越来越多，其系统也日益复杂，同时，生产过程向综合化、自动化方向高速发展，需要控制的过程在工程和社会化大系统中无处不在。系统的特点是规模大、结构复杂、功能综合、因素众多、控制复杂，对这种大规模复杂系统评价、设计、控制和管理，就必然要运用系统科学和系统工程的理论与方法，对其进行系统优化与控制。这就使一般传统理论的应用、实施的手段及理论和方法等发生了突变，从而跨进了大系统的最优控制和协调管理的新阶段。交通运输系统正属于这类大系统，而且由于“人”作为系统内部重要的一个参与环节，该系统则更表现为复杂大系统。

今天，系统科学已进入到控制科学、信息科学、经济管理科学、生物环境科学、交通运输科学等各种不同学科领域，并出现了相互渗透和融合的效果。在此形势下，交通运输学科内融进系统科学而形成交通运输系统，则是必然趋势。在钱学森院士系统工程思想的引导下，20 世纪 80 年代，交通运输与系统工程相结合的“交通运输系统工程学”诞生了，并由此进入了一个新的发展时代。

系统工程学是一个应用与实践的科学，它的产生是在实现系统科学与现代管理科学、信息科学、控制科学及电子计算机等科学发展相结合的状态下而形成的新学科。运用系统理论研究一个部门、一个行业、一个学科是今天科技发展的必然趋势。研究任何一个对象必须先从整体上进行全面考察，要从内部和外部的相互关系进行考察。通过对系统的分解组合分析达到从无序到有序，从低级有序到高级有序的转变，从而逐渐形成工程学的部门、行业等分支新学科。我国改革开放带来了科学技术和人们思想的解放。系统科学的创建与应用促进了学术的飞跃发展，这是交通运输系统工程这一学科产生和发展的环境基础。

系统工程从准备、创立到发展的阶段、年代（份），重大工程实践或事件及重要的理论与方法贡献等如表 1-1 所示。

表 1-1 系统工程的产生与发展概况

阶段	年代(份)	重大工程实践或事件	重要理论与方法贡献
I	1930年	美国发展与研究广播电视系统	正式提出系统方法(System Approach)的概念
	1940年	美国实施彩电开发计划	采用系统方法,并取得巨大成功
		美国 Bell 电话公司开发微波通信系统	正式使用系统工程(System Engineering)一词
II	第二次世界大战期间	英、美等国的反空袭等军事行动	产生军事运筹学(Military Operational Research),也即军事系统工程
	20世纪40年代	美国研制原子弹的“曼哈顿计划”	运用系统工程,并推动了其发展
	1945年	美国空军建立研究与开发(R&D)机构,此即兰德(RAND)公司的前身	提出系统分析(System Analysis)的概念,强调了其重要性
III	20世纪40年代后期到50年代初期	运筹学的广泛运用与发展、控制论的创立与应用、电子计算机的出现,为系统工程奠定了重要的学科基础	
IV	1957年	H.Good和R.E.Machol发表第一部名为《系统工程》的著作	系统工程学科形成的标志
	1958年	美国研制北极星导弹游艇	提出PERT(网络优化技术),这是较早的系统工程技术
	1965年	R.E.Machol编著《系统工程手册》	表明系统工程的实用化和规范化
		美国自动控制学家L.A.Zedeh提出“模糊集合”的概念	为现代系统工程奠定了重要的数学基础
	1961—1972年	美国实施“阿波罗”登月计划	使用多种系统工程方法并获得巨大成功,极大地提高了系统工程的地位
V	1972年	国际应用系统分析研究所(IIASA)在维也纳成立	系统工程的应用重点开始从工程领域进入到社会经济领域,并发展到了一个新阶段
	20世纪70年代	系统工程的广泛应用在国际上达到高潮	
VI	20世纪80年代	系统工程在国际上稳定发展,在中国的研究与应用达到高潮	

1.1.3 系统工程的研究对象

一、系统的类型

认识系统的类型,有助于人们在实际工作中对系统工程对象系统的性质有进一步的了解并进行分析。

1. 自然系统与人造系统

自然系统主要是由自然物(动物、植物、矿物、水资源等)自然形成的系统,像海洋系统、矿藏系统等;人造系统是根据特定的目标,通过人的主观努力所建成的系统,如生产系统、管理系统等。实际上,大多数系统是自然系统与人造系统的复合系统。近年来,系统工程越来越注重从自然系统的关系中探讨和研究人造系统。

2. 实体系统与概念系统

凡是以矿物、生物、机械和人群等实体为基本要素组成的系统称之为实体系统，凡是由概念、原理、原则、方法、制度、程序等概念性的非物质要素所构成的系统称为概念系统。在实际生活中，实体系统和概念系统在多数情况下是结合在一起的。实体系统是概念系统的物质基础；而概念系统往往是实体系统的中枢神经，指导实体系统的行动或为之服务。系统工程通常研究的是这两类系统的复合系统。

3. 动态系统和静态系统

这是以系统的状态是否随时间变化为标准来进行分类的。动态系统就是系统的状态随时间而变化的系统；而静态系统则是表征系统运行规律的模型中不含有时间因素，即模型中的量不随时间而变化，它可视作动态系统的一种特殊情况，即状态处于稳定的系统。实际上多数系统是动态系统，但由于动态系统中各种参数之间的相互关系非常复杂，要找出其中的规律性有时是非常困难的，这时为了简化起见而假设系统是静态的，或使系统中的各种参数随时间变化的幅度很小，而视同稳态的。也可以说，系统工程研究的是在一定时期、一定范围内和一定条件下具有某种程度稳定性的动态系统。

4. 封闭系统与开放系统

封闭系统是指该系统与环境之间没有物质、能量和信息的交换，因而呈一种封闭状态的系统；开放系统是指系统与环境之间具有物质、能量与信息的交换的系统。这类系统通过系统内部各子系统的不断调整来适应环境变化，以保持相对稳定状态，并谋求发展。开放系统一般具有自适应和自调节的功能。系统工程研究有特定输入、输出的相对孤立系统。

二、管理系统问题举例

现代工业企业及其生产经营活动具有许多系统性特征。第一，工业企业及其生产经营过程是一个由人、财、物、信息等基本要素构成的整体系统。生产管理与经营管理相互交织，形成了一个有机的系统工作过程。第二，工业企业是个投入-产出系统。因为工业企业生产的基本意义就是把生产要素转换为社会财富，从而产生效益的过程。企业生产经营管理就是对企业投入、转换、产出全过程的筹划与管理。第三，工业企业是一个开放系统。企业的生存和发展与企业所处的环境条件息息相关，其生产经营活动要能主动适应外部环境的变化。特别应注意在国际化进程中培育自己的核心竞争能力。第四，工业企业及其生产经营过程应形成一个具有自适应能力的动态系统过程。这就要求对企业生产经营活动进行闭环管理和有效控制，注重信息反馈，以保持企业外部环境、内部条件和经营目标三者之间的动态平衡。为适应以上要求，工业企业生产经营活动的过程如图 1-1 所示。

现代金融系统的基本功能是，在不确定的环境条件下，实现经济代理人在时间和空间上对金融资源的优化配置。这一系统包括金融投资者、金融中介机构、金融产品及工具和手段、金融监管当局等。其中产品是这一系统有效运行的基础和关键要素。由于当代经济与金融环境日趋复杂，特别是全球经济一体化和投资自由化的影响，金融机构和工商企业面临的金融风险日趋增加，竞争日益激烈，迫切需要通过系统工程等方法开发新型金融产品来规避金融风险，降低融资成本，提高投资效率。

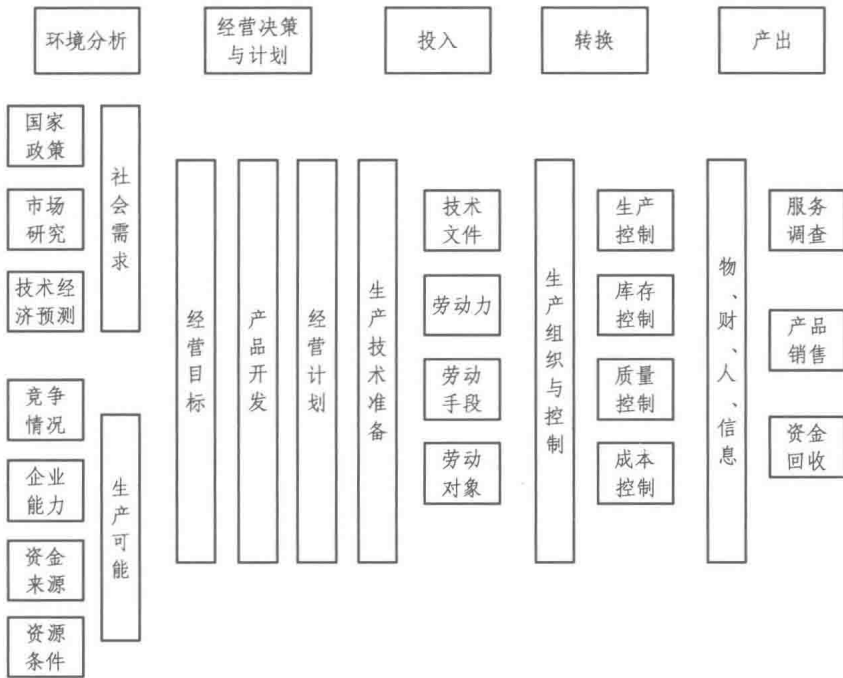


图 1-1 工业企业生产经营活动过程示意图

1.1.4 系统工程的应用领域

目前，系统工程的应用领域已十分广阔。主要有以下几个方面：

(1) 社会系统工程。它的研究对象是整个社会，是一个开放的复杂系统。它具有多层次、多区域、多阶段的特点，如社会经济系统的可持续协调发展总体战略研究。

(2) 经济系统工程。运用系统工程的方法研究宏观经济系统的问题，如国家的经济发展战略、综合发展规划、经济指标体系、投入产出分析、积累与消费分析、产业结构分析、消费结构分析、价格系统分析、投资决策分析、资源合理配置、经济政策分析、综合国力分析、世界经济模型等。

(3) 区域规划系统工程。运用系统工程的原理和方法研究区域发展战略、区域综合发展规划、区域投入产出分析、区域城镇布局、区域资源合理配置、城市资源规划、城市公共交通规划与管理等。

(4) 环境生态系统工程。研究大气生态系统、大地生态系统、流域生态系统、森林与生物生态系统、城市生态系统等系统分析、规划、建设、防治等方面的问题，以及环境检测系统、环境计量预测模型等问题。

(5) 能源系统工程。研究能源合理结构、能源需求预测、能源开发规模预测、能源生产优化模型、能源合理利用模型、电力系统规划、节能规划、能源数据库等问题。

(6) 资源系统工程。研究河流综合利用规划、流域发展战略规划、农田灌溉系统规划与设计、城市供水系统优化模型、水能利用规划、防污指挥调度、水污染控制等问题。

(7) 交通运输系统工程。研究铁路、公路、航运、航空综合运输规划及其发展战略、铁路调度系统、公路运输调度系统、航运调度系统、空运调度系统、综合运输优化模型、综合运输效益分析等。

(8) 农业系统工程。研究农业发展战略、大农业及立体农业的战略规划、农业投资规划、农业综合规划、农业区域规划、农业政策分析、农产品需求预测、农产品发展速度预测、农业投入产出分析、农作物合理布局、农作物栽培技术规划、农业系统多层次开发模型等。

(9) 企业系统工程。研究市场预测、新产品开发、CIMS 并行工程、计算机辅助设计与制造、生产管理系统、计划管理系统、库存控制、全面质量管理、成本核算系统、成本效益分析、财务分析、组织系统等。

(10) 工程项目管理系统工程。研究工程项目的总体设计、可行性、国民经济评价、工程进度管理、工程质量管理、风险投资分析、可靠性分析、工程成本效益分析等。

(11) 科技管理系统工程。研究科学技术发展战略、科学技术预测、优先发展领域分析、科学技术评价、科技人才规划等。

(12) 教育系统工程。研究人才需求预测、人才与教育规划、人才结构分析、教育政策分析、学校系统化管理等。

(13) 人口系统工程。研究人口总目标、人口参数、人口指标体系、人口系统数学模型、人口系统动态特性分析、人口政策分析、人口区域规划、人口系统稳定性等。

(14) 军事系统工程。研究国防战略、作战模拟、情报、通信与指挥自动化系统、先进武器装备发展规划、综合保障系统、国防经济学、军事运筹学等。

(15) 信息系统工程。运用系统工程理论和方法研究信息化及现代信息技术发展战略、规划、政策，各级各类信息系统分析、开发、运行、更新及管理。

(16) 物流系统工程。以供应链和社会经济系统结构优化及高效运营为基础，研究企业物流系统、社会物流系统及其集成系统的战略、规划、优化、控制、管理等，强调以物流为核心，实现物流、商流、信息流、价值流的一体化。

1.2 交通运输系统工程

系统工程的研究对象是组织化的大规模复杂系统。而“系统”作为系统理论、系统工程和整个系统科学的基本研究对象，需要正确理解和深刻认识。

1.2.1 交通运输系统工程的产生背景

运用北方交通大学（现北京交通大学）管理科学研究所运输系统分析研究室这一平台，接受的第一个研究任务是原国家经委的“修改浙赣铁路复线改造方案”。浙赣线是中华人民共和国成立前修建的铁路，线路条件很差，设计标准低，运输能力已严重不足，不适应国民经济发展的需要，亟须进行复线改造。最初由铁道部第四设计院提出的方案，拟对浙赣线 80% 进行旧线废弃，需新增投资 22 亿元。国家有关部门认为这个方案对旧线废弃量太大，投资也太多，要求在保证能力的基础上，尽量减少旧线废弃量，降低投资额，利用系统分析理论的方法编制一个新方案。接受这个任务以后，相关工程人员到浙赣线进行了为期半年的沿线调查，又通过进一步的分析研究和方案设计比较，最后提出了一个新的改造方案。这个方案在保证能力的前提下充分利用旧线（旧线废弃率由铁道部第四设计院的 80% 降低到了 20%），

投资也由原方案的22亿元降低至新方案的18亿元。这是第一个用系统分析理论完成的国家项目,应该说它是应用系统科学研究铁路线路改造的一个成功范例,项目获得了国家科技进步二等奖。

海南岛建省以后,用系统分析的方法进行了该省第一个交通规划的编制。在这个规划的方案中,利用系统理论提出了“三通四流”(即建设三个通道:陆岛通道、岛内通道、国际通道;满足四种交通流:地方流、中转流、到达流、国际流)的创新理论,得到了业内专家的肯定。20世纪80年代初期,深圳市开始建特区,其港口发展问题受到普遍关注。受深圳市政府委托,系统分析研究室师生先后完成了深圳港口布局、深圳市交通规划及深圳和香港交通衔接等3个课题研究,得到了深圳市有关方面的肯定。

应用系统理论在海南和深圳交通方面的实践,在全国引起了较大反响,进而也得到了北方交通大学党委和有关校领导的重视。时任北方交通大学校长的张树京教授亲自到深圳、海南,考察了相关工作及研究成果,认为交通系统工程学科在理论和实践方面都独有建树。利用应用系统分析所这一平台,相关人员重点开展了对北京市城市交通的系统研究。如与北京城市规划研究院合作,完成了北京市科委重点课题——北京城市交通综合体现发展战略的研究。该研究成果获得北京市科技进步一等奖和国家科技进步二等奖。还与北京铁路局合作,完成了北京铁路枢纽的站群合理布局研究,这项研究重点分析了北京、上海、天津、沈阳等枢纽,特别通过对北京枢纽的研究,提出了“加快西客站上马”的建议,被国家有关部门采纳。还完成了提高哈尔滨铁路枢纽综合运输能力网络系统分析的研究,该成果荣获黑龙江省科技进步四等奖。

用交通运输系统工程理论解决地面交通拥挤问题是系统分析研究所的一项重要工作。1986年底,为解决北京市地面交通拥挤问题,北京市政府召开专门会议,邀请北京市有关专家献计献策。讨论时,张国伍教授用系统分析理论分析了北京城市交通结构问题,提出了环通地铁2号线,把地铁1号线、2号线紧密连接,调整地面公交线路的到发站和通过站点的布置,使其与地铁有效衔接,做到乘客方便入“地”和离“地”,把地面客流尽可能引到“地”下去,做到地上、地下客流的平衡与协调的建议。该建议立即得到北京市有关部门采纳。张国伍教授运用系统理论、交通网络平衡、协调和优化理论研究北京城市地面交通的拥挤问题,通过调查研究,编制出了建设改善北京市交通具体方案。该方案提出,只需投资8000万元,在复兴门地铁站修建一条折返线,就可使地铁2号线实现全部环通,并与1号线在复兴门相连,使当时北京两条地铁线成为城市交通主干运输线,再通过调整地面公共汽车线的站点分布,尽可能与地铁站点布局协调,可以实现将大量地上客流引入“地下”的目标,从而使北京市地面交通客流的拥挤得到有效缓解。这个方案实施后,北京城市交通建设与管理状况明显改善。地铁承担运量由原来的3.5%提高到了15%,地面公交承运量则由原来的96%下降到了85%,产生了巨大的社会效益。

国务院三峡办开展三峡建设与长江航运的系统分析和规划三峡地区综合运输网的建设规划研究等项目,是运用系统科学与系统工程理论于交通运输领域的又一个成功案例。

国家建设三峡工程的主要目的有四个,即以防洪为主,同时解决灌溉、发电和航运问题。因此,三峡工程产生的是综合效益,必须用系统工程理论分析三峡工程的综合效益,而不是单一的部门效益。三峡工程航运效益研究是在防洪、灌溉和发电基础上进行效益分析的。所以我们提出的三峡航运效益分析的研究报告,对当时确定三峡大坝坝高起了重要参考作用。

通过交通运输布局、综合运输的研究，再到城市交通领域的实践，通过铁路、港口、长江航运及城市交通等方面交通系统工程思想的应用，特别是在运用交通运输系统分析理论取得了诸多成功案例的基础上，又开始了交通运输系统工程学科完善和提升工作，编辑出版了我国第一本《交通运输系统分析》教科书，选择了十个比较成功的案例，并出版了《交通运输系统分析应用案例集》。教科书和案例集的出版，标志着交通运输系统分析学科的建设工作迈上了一个新的台阶。

1.2.2 运输系统工程的定义

系统工程以系统为研究对象，交通运输系统工程的研究对象则是交通运输系统。交通运输系统工程是系统工程在交通领域中具体应用的分支学科。它将人、车、路、环境作为一个有机整体。从系统观点出发，以数学和工程等科学方法为工具，综合运用汽车工程、运输工程、道路工程、交通工程、环境工程、管理工程、运输经济学和人类工效学等基本理论，为交通活动提供最优规划和计划，进行有效的协调和控制，并使之在一定期限内获得最合理、最经济、最有效的成果，做到人尽其才，物尽其用。

交通运输系统工程和交通工程是对同一问题的两个不同研究侧面。虽然二者在研究若干静态微观的交通问题上确实有着许多类似的地方，但它们之间存在着某些明显的原则区别，主要区别表现在：

(1) 交通运输系统工程是用系统工程的观点和方法来研究交通系统的。所谓系统工程观点，归纳起来即全局（整体）观点、层次（渐进）观点、动态（变化）观点、信息（反馈）观点、价值（数量）观点、策略（灵活）观点。所谓系统工程方法，包括系统分析法、系统建模法、系统综合法和系统控制法。这些是传统交通工程较少触及的。

(2) 交通工程至今未上升到方法论的高度，其基础属于土木工程技术范畴，限制了交通工程成为一门有雄厚理论作基础的科学分支的可能性，说到底它是一门工程技术。交通运输系统工程则不然，发展十分迅速的系统工程已经升华为系统科学，成为独立的科学领域。交通运输系统工程无论在理论上，还是实践上，均较交通工程丰富，对国民经济的影响也较交通工程广阔、深刻。

(3) 从学科方向来看，交通工程偏重于静态的、微观的、硬科学范畴的研究；交通运输系统工程则侧重于动态的、宏观的、软科学范畴的研究。前者更多地适应外延，后者更多地适应内涵，着重调整和优化系统的内部结构。

1.2.3 运输系统工程的内容

运输系统工程的内容包括：运输系统分析、运输系统模型、运输系统预测、运输系统的优化控制、运输系统模拟、运输系统综合评价、运输系统决策、运输决策支持系统、智能运输系统等。

运输系统分析：包括运输系统的分析技术、运输系统目的分析、运输系统结构分析、运输系统的环境分析。

运输系统模型：包括运输系统模型的作用、运输系统建模的一般原则和基本步骤、运输系统工程中常用的模型等。