

交通运输系统分析

张 国 伍 主 编



西南交通大学出版社

西南交通大学
PDG

交通运输系统分析

张国伍 主编

西南交通大学出版社



登记证号：(川) 018 号

内 容 简 介

交通运输系统分析是一门新的交叉科学。该书以系统分析的思想、原理和方法，来认识、分解、分析和描述交通运输体系，并完整地介绍了交通运输系统分析的基本理论和基本方法。具有以下特色：

第一，以系统科学、交通运输学为主干，以经济学、管理学、决策学、数学、运筹学、计算机学等的内 容、方法为辅助，对交通运输系统进行了分析和描述。

第二，完整地介绍了交通运输系统分析的八个基本理论，即：交通运输需求与供给理论、交通运输网络系统分析理论、交通运输通道系统分析、交通运输枢纽系统分析、交通运输安全系统分析、交通运输组织与管理、交通运输经济系统分析、交通运输系统评价与决策等。

第三，介绍了交通运输系统分析三个基本方法，即：交通运输系统模拟、交通运输系统动力学和交通运输决策支持系统。

第四，对交通运输七个子系统进行了完整的介绍和分析，它包括区域交通、铁路、水运、公路、航空、管道以及城市交通子系统。

第五，书中介绍的理论与方法都来源于科研实践，一般都有相应实例说明，便于读者理解和掌握。

第六，为使读者对交通运输系统有较全面和深入的了解，在分析问题 时，书中注意定性 与定量相结合、整体与局部相结合、理想与现实相结合、外部条件与内部条件相结合。

本书可供从事交通运输规划、管理及系统工程专业的科研、教学和管理 人员参考使用，并可作为大专院校教学用书。

交 通 运 输 系 统 分 析

张国伍 主编

*

西南交通大学出版社出版发行

(成都 九里堤)

四川省新华书店经销

西南交通大学出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/16 印张：22

字数：463千字 印数：1—3500册

1991年12月第1版 1991年12月第1次印刷

ISBN 7—81022—304—6/U·014

定价：7.20元

船 载

PDG

前 言

本世纪以来，科学技术突飞猛进，新兴学科层出不穷。科学技术作为推动社会发展的强大力量，不仅它的成果被直接应用于生产，促进了社会经济的发展，而且科学技术作为综合的知识体系，也为我们提供了观察分析复杂多变的经济、社会、政治等现象的工具，从而帮助人们在更广泛的范围内进行科学的思考、判断和决策，在更大程度上推动整个社会的发展以及科学技术自身的进步。邓小平同志在全党工作重心转向社会主义现代化建设的关键时刻，重新强调了科学技术是生产力，提出要尊重知识、尊重人材。后来他又进一步指出：科学技术是第一生产力。为此，我们必须重视科学技术新理论、新方法、新成果。在现代科学技术体系中，系统科学占有特殊的地位，它是彻底改变世界科学图景，使当代科学思维方式发生革命性转变的最富有意义的成果之一。以系统作为研究对象的系统科学的形成和发展，以及它在各个领域的广泛应用，给自然科学、技术科学、工程技术和社会科学提供了一种跨越了学科界限，从整体上分析问题、处理问题的新范式、新思想、新理论、新方法，有利于填平自然科学与社会科学之间的鸿沟，推动科学技术的发展、经济的增长和社会的进步。

从贝塔朗菲提出一般系统论至今已经过去半个世纪，在此期间不仅产生了运筹学、控制论、信息论、系统分析、大系统理论和系统动力学，而且还出现了耗散结构理论、协同学、超循环理论、一般生命系统、社会系统论，以及近十年来我国学者提出的泛系统分析和灰色系统理论等。在系统研究已取得成果的基础上建立了系统科学。我国著名科学家钱学森自1979年以来，多次发表关于建立系统科学体系的建设性意见，并参加和主持了系统科学基础理论的研究工作。系统科学向越来越多的领域和行业渗透并结出一批又一批硕果，已成为一股世界性的热流。

70年代，随着科学技术发展和社会进步，现代工业、交通、生物、生态以及军事指挥等大规模的生产管理系统越来越多、日益复杂，同时，由于生产过程向综合化、自动化方向发展及电子计算机的广泛应用，需要控制的过程又跨进了工程或社会的大系统中，这些系统的特点是规模大、结构复杂、功能综合、因素众多，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的理论与方法、系统分析的理论与方法，对其实施系统控制。这就带来了控制思想、手段、理论和方法的突变，跨进了大系统的最佳控制和管理的新阶段。而交通运输系统正是这类大系统。大系统理论的产生，从另一个侧面反映出系统科学已进入了控制与信息科学、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相互渗透的阶段。

系统分析（系统工程）是系统科学的一个应用分支科学，它的兴起是与管理科学的进一步发展，与信息论、控制论及电子计算机的发展相结合的。用系统观点从相互联系中考察一个系统，特别是复杂系统从无序到有序，从低级有序到高级有序的转变过渡及其规律，逐渐形成了系统分析这门新学科。

改革开放带来了人们思想的解放，也带来了学术上的飞跃发展，交通运输系统分析这一学科才得以产生和发展。我在长期从事交通运输教学中，一直存在着一个困惑的问题，即，如何认识综合运输问题，如何从理论上阐述清楚，这个问题一直没有解决。长期以来，对综合运输的分析一直停留在由苏联学者提出的各种运输方式的技术经济特征的理论分析上。难道形成综合运输的理论仅仅是各种运输方式的技术经济特征的理论吗？难道铁路、公路、水路、管道、航空几种运输方式的叠加就形成综合运输吗？国内外学者对综合运输还没有提出一套完整的理论。1975年我接触了系统科学，走入了系统科学大门，通过对系统科学的学习和研究，使我的学术思路豁然开朗，长期困扰在综合运输理论上的问题得到了初步解决。当了解了系统科学，特别是大系统理论以后，逐步使我明确了综合运输形成与发展的基础理论在于系统科学。我决心要进行系统科学与运输科学的合成与交叉研究工作，特别参阅了大量的有关系统分析的理论，更认识到交通运输是一个系统对象，而且是一个社会经济大系统，要运用系统分析的理论与方法来研究、认识交通运输大系统。为此于1979年我提出进行交通运输系统分析新学科、新理论的研究与开发。

1979年我又读到美国麻省理工学院由Marvin L. manheim著的“Transportation Systems Analysis”，即《运输系统分析》。这本书介绍了运输系统分析的一些理论。这样，我们两国的学者在各自的研究中得到了一致的认识，即把交通运输作为一个系统对象来认识，这个系统是由五种运输方式组成的一个社会交通运输大系统，为此我们找到了研究交通运输业的基本理论——系统科学的理论，并明确地提出了建设结合中国实际的“交通运输系统分析”学科，开始了交通运输系统分析的研究与实践。1980年我们首先在北方交通大学管理科学研究所组建了交通运输系统分析研究室，1982年开始招收第一批以运输系统分析为其研究方向的硕士研究生。

为了发展这门新学科，我们走了理论与实践相结合的建设道路。没有理论指导的实践就无法深入，而没有实践则理论又得不到验证。为此，我们边学习、边研究、边实践，通过十多年认识（理论）、实践、再认识（理论）、再实践，反复认识、反复实践，经过了十多年交通运输系统分析教学实践，也通过十几年来参加有关交通运输系统分析十几项重要研究课题的研究实践，最后我们编写了这本《交通运输系统分析》教科书。尽管我们进行了十多年的工作，总结出这本专著，但由于它是一门新的学科，所以还有许多理论问题没有得到完全的解决，甚至有的理论在研究上还是空白，但为了发展这门新学科，我们还是编写出这本教材作为我们对发展系统科学和交通运输科学的贡献。

这本书的理论体系是以大系统的理论来认识、分解、分析和描述交通运输业，重点放在交通运输业的规划、计划、运营组织管理方面。全书分成三篇共二十一章。

第一篇为绪论，具体包括第一、二、三章。第一、二章的内容主要是阐述系统科学、系统分析、交通运输系统的产生、发展，这也是《交通运输系统分析》这本书产生的背景和发展过程，并对交通运输系统分析学科中的一些基本概念、基本理论、基本方法作了概括的介绍，作为学习本书的前导。第三章介绍了交通运输系统布局与规划的原理和方法。撰写本章的目的是推动交通运输系统分析理论方法在重点领域的应用。因为交通运输系统分析理论和方法可以应用在交通运输业建设和发展的各个方面，但结合我们十多年来的实践看，其应用最多的是在交通运输系统的布局与规划领域。这部分既是交通运输系统分析的相关内容，又是交通运输系统分析的主要应用领域。

第二篇介绍交通运输系统分析的基本理论与主要方法。这是本书的核心部分。全篇共十一章，从第四章到第十四章。它们作为一个整体介绍了交通运输系统分析的理论体系和几个最有代表性的方法。从第四章到第十一章阐述了八个彼此相关的基本理论，从运输需求与供给分析开始，并以交通运输系统评价与决策作为终结，它们是一个整体。

第四章为交通运输需求与供给分析。这一章阐述了运输需求产生的理论，分析了运输需求与客货运量以及客货运量与客、货流的转换关系，分析了客货流分析的理论与方法；在运输需求分析的基础上进行运输供给分析；最后进行了运输需求与供给均衡分析。

第五章到第八章为交通运输供给的理论分析与实体分析。第五章为交通运输网络系统分析。交通运输网及交通运输枢纽是交通运输系统供给实体的核心，它包括了交通运输网络的生成与构成，网络均衡与交通流、网络流的分配以及网络结构的优化等方面的理论与方法。重点介绍了单目标、单货种及多目标、多货种网络优化模型。

第六章专门介绍了交通运输通道理论，这是近五年提出的交通运输系统分析的新的理论，通过本章介绍了交通运输通道的含义、功能、结构、分类和交通运输通道能力协调等方面的理论与方法。专门进行交通运输通道分析还是我们的一次尝试。

第七章为交通运输枢纽系统分析。交通运输枢纽和交通运输道路网共同组成交通运输网络系统，是我们研究交通运输供给的重点。它包括了交通运输枢纽的特性、功能、形成、构成、设备系统的配置、协调、优化与评价等方面的理论与方法，它是把交通运输枢纽作为一个系统对象来认识和分析，这也是本书的特点。

第八章为交通运输系统的组织与管理。它是交通运输系统的重要组成部分。过去这方面研究十分薄弱，本书对它进行较深入的分析。本章在引入国民经济活动的组织与管理的基础上，进一步深入展开到交通运输系统的组织与管理分析，介绍了组织管理的理论、原则和组织结构，同时介绍了中国交通运输系统组织与管理的建设和发展。此外，本章还重点介绍两个交通运输系统组织管理的新模式，即交通运输系统的有效系统管理和交通运输系统结合部管理。这两个管理模式是我们几年来与北京铁路局和上海铁路局共同研究、实践的成果。这两个管理模式已在北京铁路局和上海铁路局实施，结果是成功的，效果也是好的，目前这两个管理模式还正在继续深入和发展。

此外，在本章中还介绍了交通运输协作与组织及联合运输的组织，它们都是交通运输系统管理的主要内容。本章对这两部分进行了基本分析。最后本章还对集装箱运输组织与管理系统进行概括的系统分析，分析了国内集装箱运输系统与国际集装箱运输系统以及集装箱运输系统的专业管理等。

第九章进行了交通运输安全系统分析。安全是交通运输的第一要求，没有交通运输的安全，交通运输的其它功能就无法实现。交通运输安全问题也是多年来困扰交通运输业的重大问题，研究交通运输系统，必须要解决好交通运输安全，而安全又是个系统对象，为此本章较深入地分析了安全系统的构成，安全系统分析的理论、方法、评价及安全系统的管理，其中特别突出交通运输结合部安全系统管理的内容和方法。这项安全系统管理的方法正在我国铁路运输管理中实践和应用。

第十章为交通运输系统经济分析。交通运输系统经济分析是十分重要的。进行系统分析的目的在于提高系统的社会效益和企业效益。在已有的系统分析中经济分析还是比较薄弱的，本书重点加强这部分内容。本章阐述了社会主义经济效益理论，介绍了运输系统经济效

益分析的概念和内容，特别对交通运输项目和交通运输系统整体进行了较深入的经济分析，阐明了相关项目的同步建设，相关投资的合理安排及其整体效益的分析计算理论与方法。通过本章学习能达到提高对交通运输系统效益进行分析的能力。

第十一章为交通运输系统评价与决策。本章介绍了系统评价理论，深入地阐述了交通运输系统评价指标体系及其计算方法。

交通运输系统分析的目的是为决策服务，通过系统评价进行系统决策。交通运输系统评价与决策长期来是交通运输系统分析的薄弱环节，为此，本章在总结我们过去科研实践基础上对评价与决策及其理论与方法进行了重点的较完整的分析，从而达到提高决策科学化的目标。

第十二、十三、十四章主要介绍了交通运输系统分析中三个重要的方法，即交通运输系统的模拟方法、系统动力学方法、决策支持系统的方法。这三个方法在交通运输系统分析中不但十分重要，而且具有代表性、通用性和先进性。学习交通运输系统分析必须要掌握这三个重要方法，为此在这三章中分别对三个方法进行结合实际运用的分析和介绍。通过这三章学习能初步掌握这三个基本方法，在今后的工作中可根据不同的情况选择相应的分析研究方法。

从第十五章到第二十一章共七章组成本书的第三篇。本篇的主要内容是对交通运输七个子系统分别进行系统分析。读者应该在前两篇学习的基础上能够进行交通运输子系统的分析。这七个子系统的分析是在前十四章所介绍的交通运输基本理论和方法的基础上进行分析的。也可以说这七个子系统是前面介绍的基础理论的应用与实践。

第十四章是区域交通系统分析。它从区域的角度概括了铁路、水运、公路、航空、管道等五种运输子系统的目的性、整体性、相关性与环境适应性。不同的区域特点有不同的子系统的组合方案，因此区域交通系统分析是从区域上进行子系统的合成。各种交通运输方式子系统的研究也要在区域综合的基础上进行。

第十五章到第十九章分别进行铁路、水运、公路、航空、管道子系统的系统分析。在这几章的分析中，主要突出交通运输系统分析的整体性、相关性的特点，进行有关重点问题的分析，我们力图避免与交通运输学内容上的重复，而要突出本书的特点。

当然在各章分析内容中偏重于我们这些年已进行过的科研实践。因此，尽管有些运输系统分析的内容十分重要，由于我们认识和实践的不够，因而也未能写入。我想今后随着我们研究实践不断的深化，各子系统分析的内容也必然会不断地得到充实和提高。

第二十一章是城市交通运输系统分析。完整的交通运输系统既包括分布在区域空间、联接城镇工矿企业的社会区域交通运输系统，同时还包括城市内部和城市对外交通运输系统。长期以来研究交通运输业往往不包括城市交通，从而影响了交通运输系统的完整性。本书把城市交通系统划入到交通运输系统中来，实现了完整的交通运输系统分析，这亦是本书的特点。本章中分析了城市交通的需求和供给，提出了城市交通运输系统的特征及其研究的方法，并把城市交通分解成城市内部与城市对外两个交通运输子系统进行较全面分析，研究了城市交通运输系统与城市发展的协调，以及确定城市交通运输系统中各种运输工具合理分担率的相关理论与方法。

上述三篇第二十一章的内容是相互衔接贯通一体的。从系统科学和系统分析的引入，进入交通运输系统分析的基本理论的阐述，介绍了交通运输系统分析的基本方法，根据这些基本理论与方法进一步对区域交通、铁路、水运、航空、管道运输和城市交通等进行了相应的系

统分析，从而建立了较完整的交通运输系统分析学科的理论体系，形成了具有我国特色的交通运输系统分析。

十多年来，我们把交通运输系统分析理论与方法应用到交通运输业的各个方面，作为我们进行这门学科建设的重点，通过科研实践取得了许多科研成果。这次，由于篇幅有限而且时间较短，没有收录进来加以介绍，而是准备另外专门编写一本交通运输系统分析案例集，作为这本书的补充。

这本书是我们十年来对交通运输系统新学科研究、实践、建设、发展的基础上完成的。北方交通大学应用系统分析研究所的教师和研究生先后都参加了这门新学科的研究和实践，书中不少理论、方法和分析都是从历年科研成果和我的研究生论文中吸收进来的。因此，这本专著应该是集体劳动的结晶，它既包含了参与交通运输系统分析相关课题研究的教师，更包含了我指导的交通运输系统分析专业的研究生的辛勤劳动。我衷心地感谢这些教师和研究者为这门新学科的建设作出的贡献。在进行全书的编写工作中先后有张国伍、王江燕、胡天军、贾顺平、张于心、祝甲山、尹相勇、张香萍、钱大琳、吕永波、国卫华、朱俊峰、黄元林、毛保华等同志参加有关章节的初稿编写工作。在初稿的基础上，张国伍、胡天军、张敬才、徐燃、赵宏、刘远强、申金升、承向军、荆玉成等同志参加了初稿的修改、定稿及誊写、绘图等工作，他们为本书的撰写、定稿作出了突出的贡献。我们衷心地感谢西南交通大学出版社蔡梦贤教授及有关人员为本书的出版给予的大力支持和帮助。当然，尽管这本书是十年来的研究实践的成果，但是这对于一门新学科来说许多问题和内容我们研究得还不够，甚至还有不少空白，加上我们水平有限，因此还存在不少问题和缺点，希望本书出版后广大读者提出批评和指正。



目 录

第一篇 绪 论

第一章 系统科学与系统分析

第一节 系统科学发展概论····· 1

第二节 系统分析概论····· 7

第二章 交通运输系统分析导论

第一节 交通运输系统概述····· 17

第二节 交通运输系统分析的基础理论····· 26

第三章 交通运输布局与规划

第一节 交通运输布局····· 33

第二节 交通运输规划····· 41

第二篇 理论与方法

第四章 交通运输需求与供给分析

第一节 概 述····· 48

第二节 交通运输需求分析····· 50

第三节 交通运输需求与客货运量····· 53

第四节 客货流系统分析····· 60

第五节 交通运输供给分析····· 65

第六节 交通运输供需均衡分析····· 69

第五章 交通运输网络系统分析

第一节 交通运输网络的形成····· 74

第二节 网络均衡与交通流····· 77

第三节 网络流分配模型····· 79

第四节 交通运输网络结构优化····· 84

第六章 交通运输通道系统分析

第一节 交通运输通道的基本概念····· 93

第二节 交通运输通道主载体的结构层次分析····· 96

第三节 交通运输通道能力的协调····· 102

第七章 交通运输枢纽系统分析

第一节 交通运输枢纽的系统特性及功能与分类····· 106

第二节 交通运输枢纽内设备系统的配置····· 111

第三节 交通运输枢纽内各种运输方式的相互协调····· 115

第八章 交通运输系统的组织与管理

第一节	国民经济活动的组织与管理	120
第二节	交通运输系统组织管理概述	123
第三节	交通运输系统的结合部管理与有效系统管理	132
第四节	交通运输协作与组织	138
第五节	联合运输的组织与管理	140
第六节	集装箱运输组织与管理系统分析	142
第九章 交通运输安全系统分析		
第一节	交通运输安全系统分析概论	144
第二节	安全分析	148
第三节	安全评价	158
第四节	安全管理	162
第十章 交通运输系统经济分析		
第一节	交通运输系统经济分析概述	165
第二节	交通运输项目经济分析	168
第三节	交通运输系统整体经济分析	178
第十一章 交通运输系统评价与决策		
第一节	系统评价概述	182
第二节	交通运输系统评价指标体系	183
第三节	系统评价与决策方法	185
第十二章 交通运输系统模拟		
第一节	交通运输系统模拟基础	190
第二节	交通运输系统模拟	191
第十三章 交通运输系统动力学		
第一节	交通运输系统动力学基础	198
第二节	交通运输系统动力学	201
第十四章 交通运输的决策支持系统		
第一节	DSS 概述	209
第二节	DSS 在交通运输中的作用	211
第三节	交通运输的决策支持系统	212

第三篇 子 系 统 分 析

第十五章 区域交通运输系统分析		
第一节	区域经济与区域交通运输	217
第二节	区域交通运输系统分析内容	219
第三节	区域交通综合运输体系及综合运输能力	224
第十六章 铁路运输系统分析		

第一节	铁路运输系统的功能与结构	227
第二节	实现铁路运输系统综合能力的途径	230
第三节	铁路运输系统组织与协调	246
第十七章	水路运输系统分析	
第一节	水运系统的结构与功能	252
第二节	水运系统的综合运输能力与工作组织	255
第三节	港口系统分析	257
第四节	疏运系统分析	273
第五节	航道系统分析	275
第六节	船舶系统分析	277
第十八章	公路运输系统分析	
第一节	公路运输系统的功能与结构	281
第二节	公路运输系统综合运输能力	284
第三节	公路运输系统的管理与控制	291
第十九章	航空运输系统分析	
第一节	航空运输系统的结构与功能	295
第二节	需求与供给分析	297
第三节	机场系统分析	299
第四节	航空网络系统分析	302
第五节	航空系统管理	303
第二十章	管道运输系统分析	
第一节	管道运输系统的功能、结构及能力	306
第二节	管道设备系统及维护	308
第三节	管道运输管理以及管道布局原则	311
第二十一章	城市交通运输系统分析	
第一节	城市交通运输系统的功能、结构、目标与特点	312
第二节	城市交通运输需求分析	318
第三节	城市交通运输供给分析	326
第四节	城市对外交通运输系统分析	332
参考文献		338

第一篇 绪 论

第一章 系统科学与系统分析

第一节 系统科学发展概论

一、系统科学与系统学

人类社会正进入一个新的历史时代。这个新时代，从科学技术的观点看，有人称为信息时代，有人称为原子能时代，有人称为科学技术革命时代等等。这些用语虽然能够反映这个时代的某些特征，但从整体上、从基本上看，这些称呼用来概括这个时代的全貌是不确切的。我们认为，根据苏联学者 B. N. 库兹明的从“实物中心论”转到“系统中心论”的观点，这个新时代称之为系统时代是恰当的。

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，特别是自本世纪 40 年代出现了“系统工程”、“控制论”和“一般系统论”以来，“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它的一些特点，从而选择了他们认为适当的名称，于是“人各一词，莫衷一是”，如系统理论、系统论、系统学、系统科学、一般系统论、系统工程、系统分析等等。

钱学森同志指出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，然后是构成工程技术的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。除哲学外，整个人类知识包括自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学和人体科学这六个部门。这里钱学森同志把系统科学提到与自然科学、社会科学同一层次。

钱学森同志对“系统研究”提出了一个清晰的系统科学结构式。他认为：作为现代化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，系统工程的基础理论诸如运筹学、控制论、信息论等这类技术科学，以及系统的基础理论——一般系统论等组成的一个新兴的科学技术部门。钱学森同志的“系统科学”包括邻接马克思主义哲学的哲学部分和邻接自然科学的基础科学部分。而他提出系统科学的体系模式中的“系统学”则是属于“系统科学”中的基础科学部分。

二、系统科学的产生与发展

系统这一概念来源于人类长期社会实践，系统理论也产生于人们的生产实践。朴素的系统思想早在公元前几世纪我国就已存在。如，战国时期秦国李冰父子（公元前 250 年）主持设计和修建的伟大的都江堰工程就体现了完整的系统思想。这项工程包括“鱼咀”岷江分水

工程；“飞沙堰”分流工程；“宝瓶口”引水工程等三大主体工程 and 120 个附属渠堰工程，工程之间的系统联系处理得恰到好处，形成了一个系统协调运转的防洪、灌溉的总体工程，引导了汹涌澎湃的岷江激流，使它有控制地为川西成都大平原 500 多万亩农田进行灌溉，至今仍产生巨大效益。从这项巨大的工程成就，可以清晰地看到朴素的系统思想在工程上应用得到的效益。系统思想长期存在和不断发展，但是由于受到当时的科学技术水平和历史环境条件的影响和限制，系统这个概念和理论一直没有受到应有的重视，系统科学的发展也受到影响。从世界上看，直到 20 世纪 50 年代，由于第二次世界大战以后工业的恢复，工业化的发展促进了系统科学的兴起和发展。到了 60 年代由于航天工业的发展，对系统科学的发展起了很大推动作用。近 20 年来系统理论、系统科学更有新的发展。辩证唯物主义的产生，是以 19 世纪自然科学的三大突破为基础的，即进化论、能量守恒及细胞学说。有人认为，20 世纪中叶发展起来的系统论、控制论和信息论是 20 世纪哲学的奠基学科。在此基础上总结提炼的一般理论（简称系统理论），就是 20 世纪的哲学，是辩证唯物主义向高层次发展的产物。

哲学对科学发展起指导作用，需要纽带和桥梁，系统理论是辩证唯物主义哲学与具体学科相结合的中间环节，起纽带和桥梁作用。科学发展的历史说明一门新兴的学科在发展的初期，是很难确切地定论其地位和作用的，只有在其发展和实践过程中予以检验、明确和认识。

系统科学的发展是有它的一定的历史背景和条件的。主要表现在以下几个方面：

第一，近年来，在自然界和社会、经济、管理、经营以及国家关系等各个方面在组织上日趋复杂，出现了综合性很高的相互制约和相互联系的复杂的系统问题。这些系统内外部的关系和问题突破了区域性、行业部门性和学科的界限。这些复杂的项目、问题和目标的解决，都必须从总体或整体的立场出发，综合系统地掌握它与外界的关系，从整体最优化的原则出发，调整各个部门之间的关系，而且各个部门也都要求从整体来考虑自己的行动。因此，过去使用的比较狭隘的孤立的方法已经不能解决问题，要求有一种新的、能适应这种发展的方法，即从系统理论上去观察、思索、分析、解决问题，这就为系统科学的发展提供了客观基础。

第二，大范围内情报信息流的形成。近几十年来，由于通讯技术和信息科学的发展，使社会生产和经济活动过程的各个环节得以迅速地有机地联合起来，同时，由于电子计算机技术的高度发展，使情报信息的收集、贮存、加工、传送的能力大幅度增加，大大缩小了空间和时间的界限，使人们有可能迅速地、全面地掌握处理和传送大量的情报信息，从而推动了系统科学、系统理论与系统方法的迅速发展。

第三，系统论和系统科学各分支学科的发展为系统理论建设奠定了理论基础。

系统科学包括奠定其基础理论的系统论、控制论和信息论以及与其密切相关的运筹学、决策理论、规划理论、最优化理论、经济理论模型与计算机模拟以及计算机科学等，近 20 年来有了新的突破和发展。这些理论和方法都与系统科学密切相联，它们之间必然互相渗透，互相影响，促进系统科学向纵深发展。比如控制论是信息反馈原理进行自动控制的基础理论，它为研究系统控制奠定了基础。系统结构的控制和发展要广泛地运用运筹学和最优化理论和方法，以达到系统预期最优的目标，而信息理论则构成了控制工程的“神经中枢”，没有信息，所谓控制也是空话。系统的正常运转与信息的取得息息相关，而且由于事物的运转变

化,新信息的产生,使得在系统控制的全过程中,信息的获取和处理不能一次完成。此外,系统的运动亦需随时取得反馈信息来完成。所谓反馈就是指在完成控制的过程中,收集行动效果的响应信息,并把其响应同目的要求相比较,进行工作的调整。这种行动后果的响应信息就称为反馈信息,当行动响应同目标要求一致,控制过程便告完成。当行动响应效果偏离目标甚至背道而驰时,就需要对系统进行调节,使其逐步接近目标,最后使系统能得到合理的发展。综上所述,这些学科的形成与发展为系统科学的发展建立了理论基础,提供了系统科学的方法。

第四,多种功能的高速度、大容量的高水平电子计算机及计算机科学与技术的出现与发展,人工智能微电脑的出现,促进了世界新技术革命,也为现代系统科学的发展提供了工具和手段。国内外的现代化生产和管理系统,可以说都离不开电子计算机,无论是设计还是管理系统都需要使用电子计算机,电子计算机的出现使社会生产管理进入了一个新时代,也是社会进入系统理论发展新时期的物质基础。例如实现目标优化的系统仿真,特别是多变量、多目标的社会经济系统的仿真模拟,没有计算机是不可能的。系统的信息收集、储存、加工,大的工程项目和大型生产企业、物流系统的规划,交通运输现代化管理系统工作,也必须通过电子计算机手段来实现。

系统科学就是在上述条件和背景下逐渐形成和发展的。尽管近年来这门学科发展较快,但与其它学科如数学、物理学、经济学相比较,就其基础理论和方法来说,系统科学还是一门年青的科学,它将随着不断的研究和应用,以及相关学科的发展,成为一门社会发展的新的学科。

近年来系统科学又发展了一个新的分支,即大系统理论。它是以研究庞大而复杂的大系统为对象。所谓大系统归纳起来表现为:系统结构庞大而且复杂;信息复杂;计算复杂;采用分散化控制;多目标;在大系统里人的因素、经济因素越来越多。这个新的研究领域引起各方面的关注。

三、系统论基础

(一) 系统的共性与特性

1. 系统的定义

所谓系统,是混乱、无秩序的反义词,通俗地说就是有组织、有秩序地达到某种目的的一个组合体。对于系统这一概念有各种定义,但都大同小异,有代表性的说法有以下几种:

- (1) 系统是由相互关联、相互制约的元件或部件组成的综合体。
- (2) 系统是由两个以上相互区别和相互作用的单元间有机结合起来完成某一功能的综合体,每一单元也可称为一个子系统,而且它又是更大系统的组成部分。
- (3) 将多个元素(指元件、部件、组件、成员……)有机结合而能执行特定功能,达到特定目的时,称其为系统。
- (4) 系统是相互关联而结合在一起的元素的集合,或执行特定功能而达到特定目的具有互相制约关系的元素集称为系统。

(5) 系统是由两个或两个以上的互相区别的要素构成的集合体,各要素间存在着特定的联系,而且能够适应环境变化经常保持其功能,以达到最优目标。

(6) 用比较抽象的定义来说,则一般系统定义为:设 v_1, v_2, \dots, v_n 为任意集合,则

$v_1 \times v_2 \times \dots \times v_n$ 的任意部分集合 S ，即 $S \subset v_1 \times v_2 \times \dots \times v_n$ 。称为一般系统。

2. 系统的共性

千变万化的各种系统都具有某些共同特性，这就是系统的共性，这些共性表现如下：

(1) 系统的有序性（层次性）。凡是系统都有结构，结构都是有序的。系统的有序性主要表现在系统的层次性上，系统往往是以多级递阶结构组成的。一个大系统可以分为若干个子系统、子系统还可以分为若干分系统，分系统还可以再分，以致分到组成系统的最小单位。

自然界是有层次的，从总体上看，有微观、宏观、宇观之分。在微观领域中还有基本粒子，原子、分子等层次。生物系统、社会系统等也有自己的层次态。由于系统中层次的普遍性，系统本身也就有层次性，有子系统、大系统、特大系统等区别。大系统和子系统是相对的，子系统又由更小的子系统所构成；大系统相对于高一层次的大系统，便又成了子系统。例如，对于铁路来说本身是一个大系统，而点（车站，包括区段站、编组站、客货运设备、机务检修设备等）线（指区间的平纵断面，运行中机车、车辆，通讯信号以及运行图的铺划等）相对于铁路运输整体来说都是子系统。就铁路的点系统来说，对铁路运输是子系统，而对编组站设备来说又是个大系统。体现铁路、港口设备系统能力层次结构的一个例子如图 1—1。

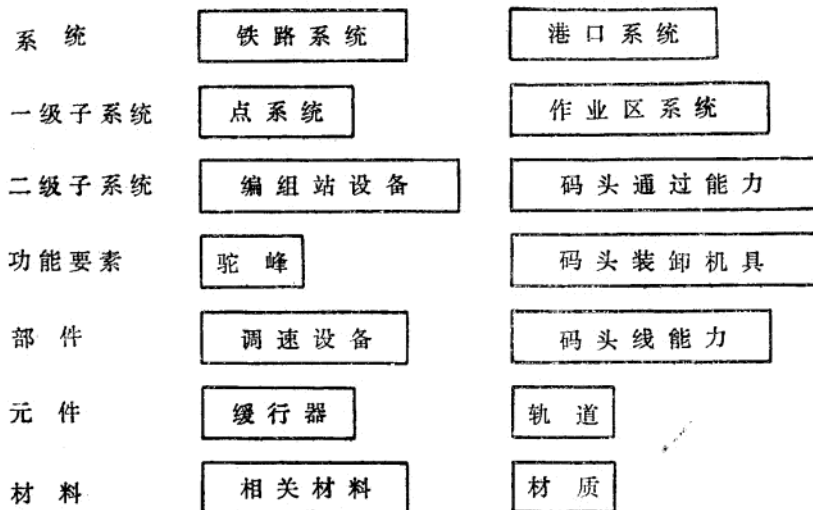


图 1—1 铁路、港口设备系统能力的结构层次

又如企业中的车间，相对于整个工厂来说是子系统，而相对于班组来看又是个大系统，工厂相对公司又只能是子系统。基于物质的无限性，系统的层次也是无限的。整个宇宙是由无限多个层次的系统所构成。因此对系统的层次分解，只能是根据需要来确定。

(2) 系统的集合性。一个系统至少由二个以上的子系统构成，构成系统时，不可少的子系统（即缺了这个子系统就无法构成该系统）称为要素，或称为要素子系统。如把人作为一个大系统来看各种器官，躯体等都是子系统。人若缺了一手、一腿尚可生存，但缺了心脏、脑便失去生命，因此，心脏、脑便是要素子系统。

构成大系统的各子系统间存在着联系，形成结构，这就是系统的集合性。

(3) 系统的相关性和整体性。系统内各子系统间的联系表现为相互依存、相互制约。这种依存和制约的关系是通过大系统这个整体相联系的。正由于系统中各子系统和大系统之间存在互相依存关系，就产生了互相制约的作用，大系统的存在和发展是各子系统存在和发展的前提，那么各子系统本身的发展就受大系统和其它各子系统的制约。

3. 系统的特性

系统的层次是由低级向高级发展的，高级层次具有低级层次的共性，但又产生了低级层次所不具备的特性。例如，生物系统比无机系统高一层次，因此生物系统除了具有系统所具备的共性——有序性、集合性、相关性、整体性外，又增加了无机系统所不具备的特性，这就是目的性和环境适应性。社会系统比生物系统又高了一个层次，为此又增加了生物系统所不具备的环境改造性。

(1) 目的性。目的性是当生命起源时大分子具备了控制反馈和调节的机能而形成的。具有目的的系统称为目的性系统，包括生物系统和社会系统。目的性系统都具有明确的总目的，凡是人造系统也都必然是目的系统。也就是要根据一定目的构筑系统，为达到这种既定的目标而需要对系统采取某种手段，以发挥系统功能。系统有单一目标，也有多种目标，而现代化的系统多半是多目标系统。在管理工作中的目标管理，就是根据管理对象的大系统的总目标，来协调各子系统的分目标。

(2) 环境适应性。大系统中其它子系统相对于某一子系统来说就是环境。各子系统与其它子系统（环境）之间产生物质、能量、信息的流通。任何一个系统必须要适应外部环境，更要适应外部环境的变化，才能达到大系统的总目的与子系统的分目的。如一条铁路或一个港口，要了解所担负的客货运输任务，如果客观客货运量发生了变化，必须采取相应的措施，以便能适应环境的变化从而达到它们确定的目的。

(3) 环境改造性。社会系统比生物系统又高了一个层次，又增加了生物系统所不具备的环境改造性。社会系统之不同于生物系统，在于生物系统的基元是细胞，而社会系统的基元是人。一般动植物只有适应环境的能力，而人具有改造环境的能力，所谓环境改造性是指构成社会系统的人类具有改造无机系统和生物系统的能力。这个能力是在“生产”中体现出来的。交通运输系统的建立和发展使资源得到开发，地区间经济得到相互沟通，即交通运输的发展又具有环境改造性。

(二) 组成系统的三要素

系统处理的对象是物质、能量和信息，有时也包括人，从而构成系统的三要素。一个钢铁厂处理的对象主要是铁矿（材料），一个电力系统处理的对象是电能，一个交通运输系统处理的对象是货物（或旅客）。因此，严密地说，任何一个系统都要和物质对象、能量、信息发生关系。为了使系统正常运行或高效率化，就必须合理地管理和控制能量和物质的流动。就系统来说管理和控制不合理，就会使得产品质量低劣，甚至出现事故。而管理和控制的本质就是信息。

(三) 系统的分类

在自然界和人类社会中普遍存在着各种系统。例如太阳系是由某些行星和卫星组成的。同样，在人类社会中存在着生产系统、消费系统、交通运输系统等等。为了对系统的性质加以研究，我们就必须对系统存在的各种形态加以探讨。系统的形态分类是：

1. 自然系统与人造系统

从组成要素的性质看，可划分为自然系统与人造系统。自然系统就是由自然物所组成的系统，它的特点是自然形成的。由矿物、植物、动物等自然物组成的系统，如生态系统，气象系统，星空系统等都是自然系统。

人造系统是由人工造出来的系统，如生产、交通、运输、管理等系统。一般人造系统包括三种类型：一是由人们从加工自然物中获得的零、部件装配而成的工程技术系统；二是由一定的制度、组织、程序、手续等所构成的管理系统；三是根据人们对自然现象和社会现象的科学认识所创立的学科体系和技术体系。

实际上，大多数系统是自然与人造相结合的复合系统。从人类发展的需要看，其趋势是越来越多地发展和创立更新的人造系统。了解自然系统的形成及其规律，是建立人造系统的基础。

2. 静态系统与动态系统

从系统的状态与时间关系着眼，静态系统是指系统的性能与功效不随时间而改变，反之就是动态系统。应注意的是静态系统并非指系统中一切都静止，就是说即使是静态系统，其所属各子系统仍存在着物质、能量、信息的交换。

封闭系统因与环境联系不密切，系统不易变化发展，往往形成静态系统。以封闭系统为子系统所构成的大系统，因各子系统间的联系不密切也易形成静态系统。

静态系统与动态系统对于系统发展速度的影响是不同的。欲构成高速度发展的动态系统，首先必须改封闭系统为开放系统。

3. 封闭系统与开放系统

这是就系统与环境的密切程度来说的，当系统与环境联系不密切，即很少与环境发生能量、物质、信息的交换者称为封闭系统。如自给自足的小农经济，闭关自守的封建国家，大而全小而全的工厂也近似为封闭系统。与外界环境完全没有联系的系统称为孤立系统，在宇宙间实际上是不存在的，只是有时为了方便研究与计算，把某些封闭系统中与外界联系不密切的因素暂时不计，近似地作为孤立系统来对待。开放系统是指系统与环境经常有较多的物质、能量、信息的交换，而且这种交换影响着系统的结构、功能和发展，一旦与外界的联系切断便会影响系统的稳定，甚至破坏了系统。

4. 实体系统与概念系统

实体系统是以矿物、生物、能量、机械、人类等实体物理方面的存在物为组成部分的，如人一机系统或机械系统。与此相对应，概念系统是以概念、原则、原理、法则、方法、制度、步骤、手续等非物理方面的存在物为组成部分的，法律系统和教育系统都属于这一类。机械系统本身虽然是实体系统，但要想利用它，并使之产生作用，就需要有使之产生作用的使用方法，作为这种使用方法的步骤和手续的系统就是概念系统。

(四) 大系统的形成

近年来系统科学又发展了一个大系统理论，它是以研究庞大复杂的大系统为对象。所谓大系统归纳起来有如下六个特征。

1. 系统结构庞大而且复杂

现在一些系统一般来说都是牵涉到多级递阶控制，比如国外的跨国公司，一个公司跨几十个国家的技术开发和经营管理，是一个多级管理结构。另外一些社会经济大系统，如交通