

高等院校交通运输工程专业教材

交通系统工程

JIAOTONG XITONG GONGCHENG

冯树民 编著

知识产权出版社



高等院校交通运输工程专业教材

交通系统工程

冯树民 编著

知识产权出版社

内容提要

交通系统工程是交通系统研究的方法论,它把系统工程的理论和方法推广应用到交通系统。本书吸收了近年来的教学和科研成果,重点探讨了解决实际交通问题的思路和方法。按照交通系统研究过程及思路的整体性,全书分九章,包括交通系统工程、交通系统分析、交通系统模型、交通系统预测、交通系统优化、交通网络技术、交通排队理论、交通系统评价和交通系统决策,覆盖了交通系统中系统工程的应用范围。

本书可作为高等院校交通工程、交通运输等相关专业本科生、研究生教材,也可作为广大交通系统研究工作者阅读的参考用书。

责任编辑:陆彩云 刘 爽

封面设计:段维东

责任出版:卢运霞

图书在版编目(CIP)数据

交通系统工程/冯树民编著. —北京:知识产权出版社, 2009. 4

ISBN 978 - 7 - 80247 - 464 - 2

I. 交… II. 冯… III. 交通工程:系统工程 - 高等学校 - 教材 IV. U491

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第030352号

交通系统工程

JIAOTONG XITONG GONGCHENG

冯树民 编著

出版发行:知识产权出版社

社 址:北京市海淀区马甸南村1号

网 址: <http://www.ipph.cn>

发行电话:010-82000893 82000860 转 8101

责编电话:010-82000860 转 8110

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

版 次:2009年4月第1版

字 数:436千字

邮 编:100088

邮 箱:bjb@cnipr.com

传 真:010-82000893

责编邮箱:LCY@cnipr.com

经 销:新华书店及相关销售网点

印 张:19.5

印 次:2009年4月第1次印刷

定 价:38.00元

ISBN 978 - 7 - 80247 - 464 - 2/U · 004

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题,本社负责调换。

前 言

系统工程以系统为研究对象，从系统的整体出发，研究各个组成部分，分析各种因素之间的关系，寻找系统的最优方案，使系统总体效果达到最佳。系统工程把辩证唯物论与现代科学技术相结合，把定性分析与定量分析相结合，给人一种认识世界、改造世界的崭新方法。交通系统工程是系统工程的基本理论和方法在交通系统中的推广和应用，解决交通系统中的实际问题，对于促进交通事业的发展有着迫切的现实意义和深远影响。

交通系统工程是一种科学的方法论，是一门不断发展的应用学科。交通科技发展迅速，各种理论方法不断涌现，许多新知识、新技术在交通领域应用的成功案例需要尽快熟悉了解乃至推广应用。

本书根据道路交通发展需要，在总结多年教学、科研与工程实践的基础上，简化系统方法本身介绍，侧重方法应用，选取各种理论方法在交通领域针对性的应用案例。注重处理实际问题的方法，注重介绍理论的完整性和在实际应用中的连续性。读者可以由此了解到系统工程在交通领域的实际应用，掌握解决交通系统实际问题的思路和方法。

书中全面系统地介绍了交通系统工程的基本概念、基本原理、基本思路和基本方法，重点阐述了系统分析、模型、预测、优化、网络、排队、评价及决策在交通系统中的应用，融入了一些新理论、新方法和新技术。本书突出以理论为指导，以方法和技术为核心，以应用为重点的思路，注重系统性、理论性、实用性和前沿性，在内容取舍上注意深入浅出，回避繁琐的理论推导。

本书受到哈尔滨工业大学“十一五”规划教材项目资助，在此表示感谢。在编写过程中参阅了大量的国内外资料、著作，吸收了同行们的辛勤劳动成果，在此向他们谨表谢意。感谢我的学生孙祥龙和徐惠惠对本书的图文工作，衷心地感谢参与和支持本书出版的所有同志。

交通系统工程仍有许多有待研究开发的领域，书中不妥和错误之处恳请广大读者批评指正。

冯树民

2008年11月

目 录

第一章 交通系统工程	1
第一节 系统	1
一、系统的定义	1
二、系统的特征	2
三、系统的形态	3
四、交通系统	4
第二节 系统科学	5
一、系统科学的定义	5
二、系统科学的体系	6
三、系统科学的方法	7
四、系统理论	8
第三节 系统工程	13
一、系统工程的含义	13
二、系统工程与传统工程的区别	14
三、系统工程的技术内容	15
四、系统工程的研究方法	16
第四节 交通系统工程	23
一、交通系统工程的含义	23
二、交通系统工程实例	24
第二章 交通系统分析	26
第一节 基本概念	26
一、系统分析的定义	26
二、系统分析的特点	28
三、系统分析的内容	28
四、系统分析的意义和作用	29
第二节 系统分析要素和准则	30
一、系统分析的要素	30
二、系统分析的准则	32
第三节 系统分析要点和步骤	33
一、系统分析的要点	33
二、系统分析的步骤	33

第四节 交通系统分析应用	34
一、道路运输系统分析	34
二、道路交通事故中人—车—道路系统分析	39
三、城市快速公交系统分析	41
四、阿拉斯加原油输送方案分析	43
五、日本节能小汽车	44
第三章 交通系统模型	46
第一节 模型	46
一、模型定义与特征	46
二、模型分类	46
三、系统模型化的意义	47
四、系统仿真	48
第二节 模型构建	50
一、系统模型构建	50
二、建模步骤和常用方法	51
三、注意事项与模型简化	53
第三节 常用的数学模型	54
一、线性规划模型	54
二、运输问题模型	58
三、整数规划模型	60
四、0-1 规划模型	62
五、分派问题模型	64
六、非线性规划模型	65
七、动态规划	68
第四节 交通系统模型	73
一、微观交通模型	73
二、中观交通模型	74
三、宏观交通模型	75
第四章 交通系统预测	77
第一节 预测科学	77
一、预测的概念	77
二、预测技术的分类	78
三、预测的要素和步骤	79
第二节 定性预测技术	80
一、经验判断法	80
二、德尔菲法	81
三、对比类推法	83
第三节 时间序列预测法	83

一、趋势外推法	83
二、移动平均法	84
三、加权移动平均法	86
四、指数平滑法	87
五、灰色预测	88
第四节 回归分析预测法	91
一、一元线性回归	91
二、多元线性回归	94
三、非线性回归	96
四、神经网络预测	96
第五节 概率型预测法	105
一、马尔可夫链法	105
二、蒙特卡罗法	111
第六节 组合预测法	119
一、组合预测方法	119
二、海港集装箱预测	119
三、多步变权组合预测法及其应用	122
四、山东省汽车保有量预测	124
第五章 交通系统优化	127
第一节 系统优化	127
一、优化理论	127
二、最优化问题	127
三、数学规划	128
第二节 多目标优化	128
一、多目标规划问题	128
二、秦皇岛市海浪花路口理想车流量计算	130
三、城市出租车拥有量优化研究	131
四、城市公交线网优化模型	132
第三节 模糊优化	134
一、模糊规划及其分类	134
二、模糊规划的求解方法	135
三、模糊优化的应用	137
第四节 灰色优化	143
一、灰色规划基本概念	143
二、预测型灰色线性规划	144
三、漂移型灰色线性规划	147
第五节 遗传算法	150
一、遗传算法简介	150

二、遗传算法优化公交线网	151
三、温州滨海新区公交线网优化	153
第六节 蚁群算法	155
一、蚁群算法简介	155
二、公交线网优化的蚁群算法	156
第六章 交通网络技术	160
第一节 图与网络	160
一、图与网络系统	160
二、图与网络的数据结构	162
三、规划交通网络的形成	165
第二节 最小生成树问题	166
一、最小生成树问题	166
二、最小生成树计算	166
三、逐步生成树法	167
第三节 最短路问题	169
一、最短路问题	169
二、求两点间最短路的标号法	170
三、求任意两点最短路的距离矩阵法	172
四、求解双目标最短路的方法	173
第四节 最大流最小割量	175
一、网络流	175
二、最大流最小割量定理	177
三、交通供需分析的断面法	179
第五节 网络最大流问题	182
一、最大流的标号法	182
二、最小费用最大流	186
三、工程施工运输网络优化方案	189
四、防洪物资运输优化	192
第七章 交通排队理论	196
第一节 排队系统	196
一、排队现象	196
二、排队问题的基本结构	197
三、服务系统类型	198
四、顾客到达分布	198
五、服务时间分布	199
六、排队系统指标	200
七、排队系统类型	200
第二节 生灭过程	201

一、生灭过程的定义	201
二、生灭过程的状态转移方程	201
第三节 M/M/1 系统	203
一、M/M/1/ ∞ / ∞ 系统	203
二、M/M/1/m/ ∞ 系统	208
第四节 M/M/S 系统	211
一、M/M/S/ ∞ / ∞ 系统	211
二、M/M/S/m/ ∞ 系统	216
第八章 交通系统评价	219
第一节 系统评价概述	219
一、系统评价的概念	219
二、系统评价的分类	219
三、系统评价的步骤	220
第二节 评价指标体系	222
一、评价指标体系	222
二、评价准则体系	225
第三节 单项评价法	225
一、成本效益法	225
二、可行性分析	231
第四节 综合评价法	233
一、层次分析法	233
二、模糊综合评价法	246
三、SWOT 分析	256
四、主成分分析法	260
五、聚类分析法	267
第九章 交通系统决策	271
第一节 系统决策	271
一、决策的特征	271
二、决策的过程和步骤	273
三、决策问题分类	274
四、确定型决策	275
第二节 风险型决策	276
一、问题概述	276
二、最大可能准则	276
三、期望值准则	277
四、决策树法	278
五、道路交叉口改造决策分析	279
第三节 不确定型决策	281

一、问题概述	281
二、悲观准则	281
三、乐观准则	282
四、折中准则	282
五、等可能准则	283
六、遗憾准则	283
七、道路交叉口改造决策分析	284
第四节 决策支持系统	286
一、决策支持系统	286
二、城市交通需求预测决策支持系统	290
三、基于知识的城市交通拥挤疏导决策支持系统	292
四、交通事件管理决策支持系统	293
五、交通污染模拟评价决策支持系统	296
参考文献	298

第一章 交通系统工程

第一节 系 统

一、系统的定义

现实生活中，“系统（System）”是一个被广泛使用的词。在自然界和人类社会中，可以说任何事物都是以系统的形式存在的，每个所要研究问题的对象都可以被看成是一个系统。人体是一个系统，是由神经、呼吸、消化、循环、运动、生殖等系统构成的；地球也是一个系统，是由植物、动物、微生物等系统构成的；一个城市就是一个系统，是由交通运输系统、资源系统、商业系统、市政系统、卫生系统等相互作用着的部门组合而成的一个整体，通过各个部门相互协调的运转去完成城市生活和发展的特定目标。各子系统还可以进一步分解，例如交通运输系统是由铁路运输、公路运输、水路运输、航空运输、管道运输等子系统构成的，这些子系统相互配合，共同为社会提供运输服务。

人们在认识客观事物或改造事物的过程中，用综合分析的思维方式看待事物，根据事物内在的、本质的、必然的联系，从整体的角度进行分析和研究，这类事物就被看成为一个系统。自然界和人类社会中的很多事物并不是孤立存在的，而是相互制约和相互联系的，它们形成了各式各样的系统，系统间可以相互包含与被包含，可以互相交叉与融合。

通过对现实系统的分析，可以发现，撇开具体系统的形态和性质，一切系统都具备四个共同点：

（1）系统由两个或两个以上的要素所组成。要素是构成系统的基本单位，因而也是系统存在的基础和实际系统的共同特征载体，系统离开了要素就不称其为系统，单个要素也无法构成系统。

（2）要素与要素之间存在着一定的有机联系，从而在系统的内部和外部形成一定的结构或秩序，任一系统又是它所从属的一个更大系统的组成部分（要素）。系统整体与要素、要素与要素、整体与环境之间，存在着相互作用和相互联系的机制，系统各要素要完成相互所规定的任务。

（3）任何系统必须具有目的性，都有特定的功能。这是整体具有不同于各个组成要素的新功能，这种新功能是由系统内部的有机联系和结构所决定的。

（4）系统不仅是作为状态而存在，而且具有时间性。

我国著名科学家、系统工程的倡导者钱学森给系统下的定义为：“系统是由相互作用、相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机体，而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。”

由系统定义概括出系统中的若干概念：

(1) 系统与要素的关系：系统是由诸要素组成的整体，系统与要素是相互伴随而产生的，相互作用而变化的。系统通过整体作用支配和控制要素，要素通过相互作用决定系统的特性和功能。

(2) 系统的结构：系统各要素相互作用、相互依赖所构成的组织形式，这就是系统的结构。

(3) 系统的层次：系统可以划分为不同层次，层次的划分具有相对性。任何所研究的系统是更高一级系统的组成要素，但任何所研究的系统的要素又是更低一级别的系统，即所谓“向上无限大，系统变要素；向下无限小，要素变系统”。

(4) 系统的功能：系统具有目的性或功能性，这是系统与环境相互作用的表现形式。

(5) 系统的环境和边界：一个系统以外的又与系统有关联的所有其他部分叫做环境，环境与系统的分界叫做系统边界。

系统的界限和功能是由人们按一定的目的和需要来定义和规定的。例如可以将路基、垫层、基层和面层定义为路基—路面结构系统，将基础、墩台、上部结构和桥面系统定义为桥梁结构系统，分析不同组合的系统内各组成部分在荷载和环境因素作用下产生的应力或位移量，以寻求使各组成部分的承载能力或使用功能都得到充分利用的平衡设计方案。也可以将路面、桥梁或其他工程设施在计划和使用期内经历的规划、设计、施工、养护和监测等管理阶段组合成一个路面、桥梁或其他工程设施项目的管理系统，为管理部门提供以最低的总费用实现要求的最佳路面、桥梁或其他工程设施项目的对策方案。

二、系统的特征

1. 整体性

系统是由两个或两个以上可以相互区别的要素，按照作为系统所应具有的综合整体性而构成。系统整体性说明：系统的各要素之间存在一定的组合方式，各要素之间是相互统一和协调的，系统整体的功能不是各组成要素功能的简单叠加，而是呈现出各组成要素所没有的新功能，并且一般来说，系统的整体功能大于各组成要素的功能总和。“三个臭皮匠，顶个诸葛亮”，充分说明了系统要素与整体功能间的关系，单独来看，每个臭皮匠的能力是有限的，但是，一旦这三个臭皮匠形成了一个“系统”，构成了一个“整体”，其整体的智慧将大于各个皮匠的智慧之和。在一个系统整体中，即使每个要素并不都很完善，但它们也可以协调、综合成为具有良好功能的系统。

那么，是否多个要素凑在一起，其功能都一定大于部分功能之和呢？不一定！最典型的就是人们所说的“一个和尚挑水吃，两个和尚抬水吃，三个和尚没水吃”，按理说，和尚运水的效果是可以累加的，三个和尚运水，应该比一个和尚运的水多，但为什么会“三个和尚没水吃”的局面呢？这是因为，这三个和尚没有形成一个“系统”，这些“和尚要素”相互不协调、不统一，才使得集体运水的效果急减，甚至达到无水可吃的地步。这说明，要使整体功能大于部分功能之和，组成该整体的要素必须协调统一，即使每个要素都是良好的，但作为整体却不具备某种良好的功能，也就不能称之为完善的系统。

系统整体性要求使各要素形成整体，构成系统，以获得更多、更大的功能。在认识和改造系统的时候，必须从整体出发，从全局考虑，从系统、要素、环境的相互关系中探求

系统整体的本质和规律。各要素的结合要保持合理，注意从提高整体功能的角度去提高和协调要素的功能，提高要素的基本质量是提高系统整体效能的基础，但在提高要素质量的同时，还要注意与系统的协调。

2. 相关性

组成系统的要素是相互联系、相互作用、相互依存又相互制约的，系统中每个要素的存在都依赖于其他要素的存在，系统中任一要素的变化都将引起其他要素的变化乃至整个系统的变化。

系统中各要素之间有着一定的组合关系、联系方式，交通管制系统中的交通网、运输工具、信号控制等要素在系统中是相互关联的，通过它们之间的协调关系，使交通网上的运输工具有条不紊地运行。如果各个要素各自为政，那么它们就不能组成相互协调的系统，势必会造成交通的紊乱。

系统的相关性要求努力建立起系统各要素之间的合理关系，以消除各要素相互间的盲目联系和无效行动，提高系统的有序性，尽量避免系统的“内耗”，提高系统整体运行的效果。

3. 目的性

通常系统都具有某种目的，要达到既定目的，系统都具有一定功能，而这正是区别这一系统和那一系统的标志。

系统的目的般用更具体的目标来体现，对于比较复杂的社会经济系统都具有不止一个的目标，因此，需要用—个指标体系来描述系统的目标，例如，衡量—个工业企业的经营实绩，不仅要考核它的产量、产值指标，而且要考核它的成本、利润和质量指标的完成情况。在指标体系中各个指标之间有时是相互矛盾的，有时是互为消长的。因此，要从整体出发，力求获得全局最优的经营效果，这就要求在矛盾的目标之间做好协调工作，寻求平衡或折中方案。

系统目的性要求明确系统功能，从而进一步确定系统结构。

4. 环境适应性

任何一个系统都存在于—定的物质环境之中，必然要与外界环境产生物质的、能量的和信息的交换，外界环境的变化必然引起系统内部各要素之间的变化。

系统必须适应外部环境的变化，不能适应环境变化的系统是没有持续生命力的，只有能够经常与外界环境保持最优适应状态的系统，才是经常保持不断发展势头的理想系统。例如，任何一个工业企业都必须经常了解市场动态和同类企业的经营动向、有关行业的发展动态、国内外市场的需求等环境的变化，在此基础上研究企业的经营策略，调整企业的内部结构，以适应环境的变化。

系统的环境适应性要求明确系统存在的条件，想方设法创造有利条件，保证系统的生存发展。

三、系统的形态

系统是以不同的形态存在的，根据系统生成原因的不同，系统可分为自然系统和人造系统。自然系统是自然界自发生成的一切物质和现象，与人类活动无关。人造系统是人类

应用自然规律建造的，以自然系统为基础的一切满足人类生存和发展需要的人造物。人造系统以破坏自然系统为前提，同时改变自然系统的某些状态，人造系统与自然系统之间存在着一定的制约关系，破坏或超出了一定界限，人类就将受到惩罚。

根据系统的组成性质，人造系统又可分为实体系统和概念系统。实体系统是概念系统的形态化，又是实现概念系统要求的运行体。概念系统是实体系统的“灵魂”，而实体系统是概念系统的“躯壳”。只有两者结合，人造系统才能得以建立和不断完善。

根据系统状态是否随时间变化，实体系统又可分为静态系统和动态系统。静态系统的状态不随时间变化而改变，动态系统的状态是时间的函数。静态系统是动态系统的基础，动态系统则是通过状态的改变实现静态系统的功能。

根据有无环境交换关系，系统又可分为开系统和闭系统。开系统是与环境有物质、能量、信息交换的系统，而闭系统则没有这种交换。因此，建立有生命力的系统，必须是与环境有交换能力的开系统。

此外，根据某些特定的标志，系统还可分为输出完全取决于输入的因果系统（信号系统）、按给定目的行动的目的系统（管理系统）、有控制功能和手段的控制系统（自动化系统）、把达到目的的行动作为组成要素的行动系统（军事系统）、按对象区分的对象系统（经营系统）等。

系统形态在某些具体的系统建造时将有其特定的功用，对系统形态的分析能使我们明确各种系统的特点及它们之间的关系，尽管系统形态千差万别，但对人类活动起重要作用的是实体系统和概念系统相结合的人造复合系统，这是现实世界存在的各种系统中的大多数。

四、交通系统

交通系统是人类社会大系统的组成环节，是一个复杂、开放的大系统，由人、车辆、线路和环境组成。人是交通系统的主体，包括驾驶员、乘务员、管理人员、维修人员、行人、乘车人等；车辆是交通系统的主要部分，包括通用车辆、专用车辆等；线路包括公路、快速路、主干路、次干路、支路等；人、车辆、线路构成了交通系统的内部结构，交通系统的外部环境包括交通站场、社会环境、土地利用等。构成交通系统的基本要素既是独立的，又往往以组合的形式出现，各类要素中有一类是寻求得到系统服务的需求因素，另一类则是对系统的扩展和运行起制约作用的供给因素。

一般来说，交通系统可以分为载体子系统（包括各类交通网络、场站和交通工具）、运输子系统（包括运输方式的构成及运输组织管理等）以及交通管理子系统等，交通大系统的外部环境同样也可以划分成若干子系统（包括地理环境、城市形态与规模、土地利用及社会经济环境等）。子系统具备以下特征：一是子系统由各个要素组成；二是子系统有独立的内在构成方式和运行机制。此外，子系统之间存在相互依存与互为制约的关系，任何一个子系统同时作为另一个子系统的外部环境条件而存在。

交通系统具有一般系统所共有的特点，即整体性、相关性、目的性、环境适应性。整体性体现在由人、车、道路、设施、管理组成的综合整体；相关性体现在交通系统内部各系统之间是有机联系、相互依存又相互作用的；目的性表现为为人们从事各种活动提供必

要的物质条件和空间活动条件；环境适应性表现为交通系统处于社会环境之中，受周围环境的影响和制约，并与周围环境相协调。

交通系统的另一个特点是它的开放性。它的服务时间、地点和路线不需要事先申请，也没人事先掌握这些信息，因而它的管理难度比较大。以现代通信、电子计算机技术等为核心的智能交通系统的研究进展很快，可望在不久的将来为这个问题的解决提供新的契机。

正因为交通系统是高度开放的，带来的另一个特点就是高度随机性。交通系统与其他基础设施（供水、供电、电信等）相比，都具有随机服务和资源共享的共同属性，但也有本质的区别。交通系统向社会提供服务的方式具有更高的开放性，用户无须事先申请提供专用的服务渠道（如供水管线、电话线），更加随意地介入这一服务系统。交通系统使用者在使用交通系统的时间上和方式上的高度随机，使得城市交通系统在供求关系的调节上往往难以摆脱被动和滞后的局面。

交通系统也存在一定程度的可控性。无论是交通源、流的产生及其时空分布，还是交通流向和路径的选择，以及交通方式的构成等，均有不同程度的可控性。不仅如此，交通的时空分布也与土地利用布局、交通网络布置、交通组织等有很直接的关系。因而可以通过调整土地利用布局、调整交通方式构成及交通组织来调节和控制交通设施负载量，此外，交通管理政策与相应手段也是调节城市交通设施负载量的强有力手段。

第二节 系统科学

一、系统科学的定义

系统思想的出现，彻底改变了人们的思维方式，使人们在改造世界的活动中，逐步认识并揭示出客观世界的本质联系和内部规律。现代科学技术、计算机技术和信息技术的高度发展，对系统思想的产生与系统方法的应用产生了极为重大的影响，主要体现在两个方面：一是能够定量地处理系统各组成部分联系的科学方法，使系统思想、系统方法定量化、科学化；二是计算与信息技术的应用，为系统思想、系统方法的实际运用提供了强有力的工具。正是由于这两个特征，才使得系统思想方法从一种哲学思维逐步形成了独特的系统理论，并在此基础上形成了一门专门的科学——系统科学。

系统科学是关于系统及其演化规律的科学，它是一个大学科，包括有一般系统论、控制论、信息论、系统工程、大系统理论、系统动力学、运筹学、博弈论、耗散结构理论、协同学、超循环理论、一般生命系统论等分支。系统科学理论为科学技术进步提供了强大的思想武器，为现代科学技术作出了突出的贡献。

系统科学以系统及其机理为对象，研究系统的类型、性质和运动规律。系统科学的研究对象与其他学科不同，它研究的是一般系统所具有的概念、系统所具有的共同性质和系统演化的一般规律，反映的是自然界中各门科学、各个领域中共有的东西。系统科学研究包括五个方面的内容：

(1) 系统概念。即关于系统的一般思想和理论。

(2) 一般系统理论。用数学的形式描述和确定系统结构和行为的纯数学理论。

(3) 系统理论分论。指为了解决各种特点的系统结构和行为的一些专门学科，如图论、博弈论、排队论、控制论、信息论等。

(4) 系统方法。即为了对系统对象进行分析、计划、设计和运用时所采用的具体应用理论及技术的方法步骤，主要指系统分析和系统工程。

(5) 系统方法的应用。即将系统科学的思想和方法应用到各个具体领域中去。

系统科学研究内容结构图如图 1-1 所示。

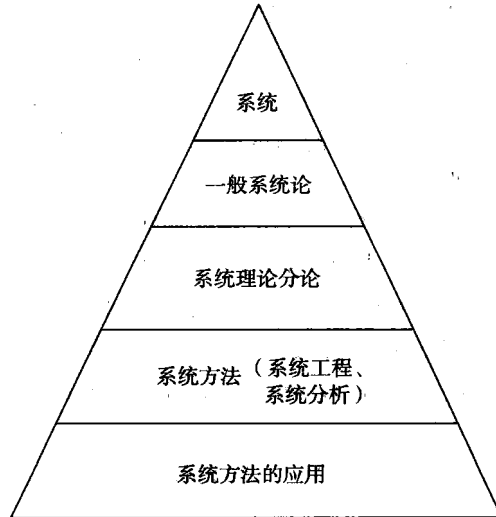


图 1-1 系统科学研究内容结构图

当代科学技术的发展有两个显著的特点：一方面向深度发展，科学研究的对象越来越专一，学科分类越来越精细，新领域、新学科、新专业不断产生；另一方面，各学科之间、各技术之间以及学科和技术之间相互渗透、相互交叉、相互移植，使得科学技术日趋整体化、综合化。系统科学就是现代科学技术整体化、综合化的产物。

二、系统科学的体系

马克思主义观点把科学技术体系分成四个台阶：工程技术、技术科学、基础科学和哲学。工程技术是指指导各个领域实践的直接创造财富的技术。技术科学是指直接为工程技术服务的一般理论，是工程技术实践的理论总结，如力学、电子学、运筹学等。基础科学是指发现和表述自然界与社会界基本的现象和规律的理论，是工程技术和技术科学的基础理论，如数学、物理学、生物学等。哲学是指人们对于整个世界（自然界、社会和思维）的根本观念的体系，是自然知识和社会知识的概括和总结，如自然辩证法、历史唯物主义、认识论等。用上述四个台阶可以构筑一个大部门科学技术体系，到目前为止，已经形成了三个大部门科学体系：数学科学、自然科学和社会科学，还有新的正在形成的三个大部门科学体系：系统科学、思维科学和人体科学。

系统科学作为高度综合的普遍化理论，横跨自然科学和社会科学两大领域，在社会科学和自然科学之间架起了相互贯通的桥梁。它实现了人类认识史上由定性到定量认识之间

各种关系的新飞跃，实现了人类由认识物质和能量到认识信息的新飞跃，进一步深化和改变了人类认识的自然图景，丰富了辩证唯物主义哲学，开辟了哲学走向量化的道路。

系统科学是以系统为研究和应用对象的一个科学技术的门类，如同自然科学、社会科学、数学科学等一样，它是现代科学技术体系中一门新兴的科学技术体系。钱学森应用系统思想和系统方法一直致力于探求事物发展更一般的规律性，他在总结、概括已有的系统研究成果的基础上，于20世纪70年代末首先提出了系统科学体系的层次结构，见图1-2。

(1) 工程技术层次——系统工程、自动化技术、通信技术，是直接改造客观世界的知识。系统工程是组织管理系统的技术，根据系统类型不同，有各类系统工程，如农业系统工程、经济系统工程、工程系统工程、社会系统工程等。

(2) 技术科学层次——运筹学、信息论和控制论，是指导工程技术的理论。

(3) 基础科学层次——系统学，是研究系统的基本属性与一般规律的学科，是一切系统研究的基础理论。

(4) 哲学层次——系统论，系统科学是通向哲学的桥梁。系统科学的建立必将极大地加强人类认识和改造客观世界的能力，促进科学技术与经济的发展和，又都最终发展和深化马克思主义哲学。

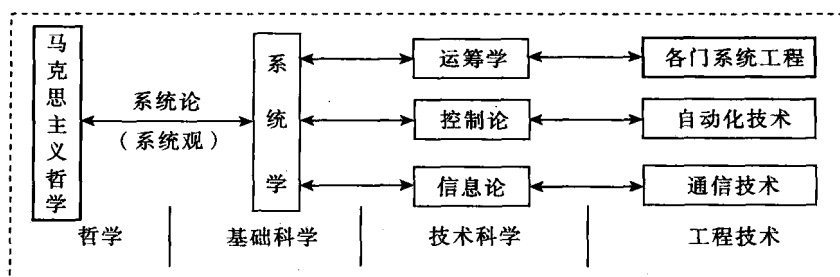


图1-2 系统科学体系的层次结构

三、系统科学的方法

系统科学对系统的研究，由于抽去了系统的具体形态及其特定的结构和功能，只着眼于一般形态的系统类型、性质及其运动规律，因此，它对各种具体系统的研究，具有方法论的意义，从而使系统科学成为现代的科学方法。

1. 系统科学的一般方法

系统学从系统观点出发，探讨整体与要素、要素与要素、整体与外部环境之间的相互联系，并运用系统、信息、熵、控制、反馈、稳态、功能、结构、涨落等范畴，刻画系统的性质及其进化。研究一般系统的方法，包括结构方法、功能方法、历史方法等，可以应用于一切领域的系统研究。

2. 系统科学的特殊方法

系统科学的各个分支学科，例如控制论、信息论、博弈论、决策论等，既研究具体领域的系统，又有横断学科的性质，它的基本原理可以成为较普遍的科学方法，但它的普遍性又次于系统科学的一般方法，因而称为系统科学的特殊方法。在系统科学的特殊方法