

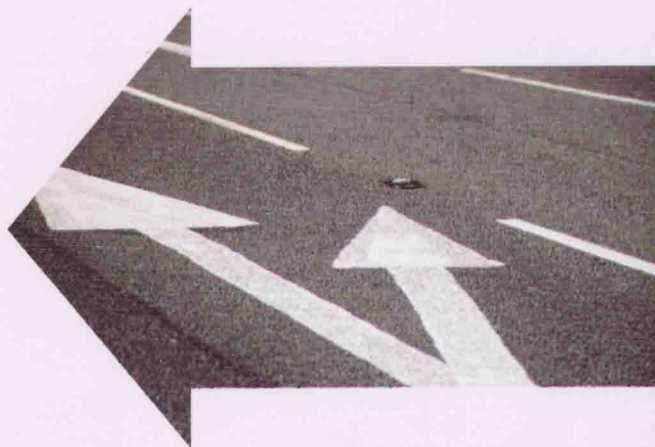
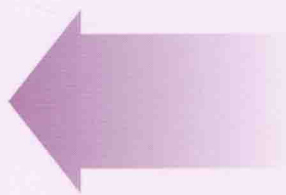
高等学校交通运输专业规划教材

交通运输系统分析

(第2版)

JIAOTONG YUNSHU XITONG FENXI

刘澜 王琳 刘海旭 · 编著



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

014056902

F50
17-2

高等学校交通运输专业规划教材

交通运输系统分析

(第2版)

刘 澜 王 琳 刘海旭 编著



西南交通大学出版社

· 成 都 ·



北航

C1741970

F50

17-2

502820310

西南交通大学出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

交通运输系统分析 / 刘澜, 王琳, 刘海旭编著. —
2 版. —成都: 西南交通大学出版社, 2014.6
高等学校交通运输专业规划教材
ISBN 978-7-5643-3095-8

I. ①交… II. ①刘… ②王… ③刘… III. ①交通运
输系统 - 系统分析 - 高等学校 - 教材 IV. ①U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 121535 号

普通高等教育“十二五”规划教材

高等学校交通运输专业规划教材

交通运输系统分析

(第 2 版)

刘澜 王琳 刘海旭 编著

*

责任编辑 王 旻

特邀编辑 郝 博

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市金牛区交大路 146 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 18.5

字数: 462 千字

2014 年 6 月第 2 版 2014 年 6 月第 5 次印刷

ISBN 978-7-5643-3095-8

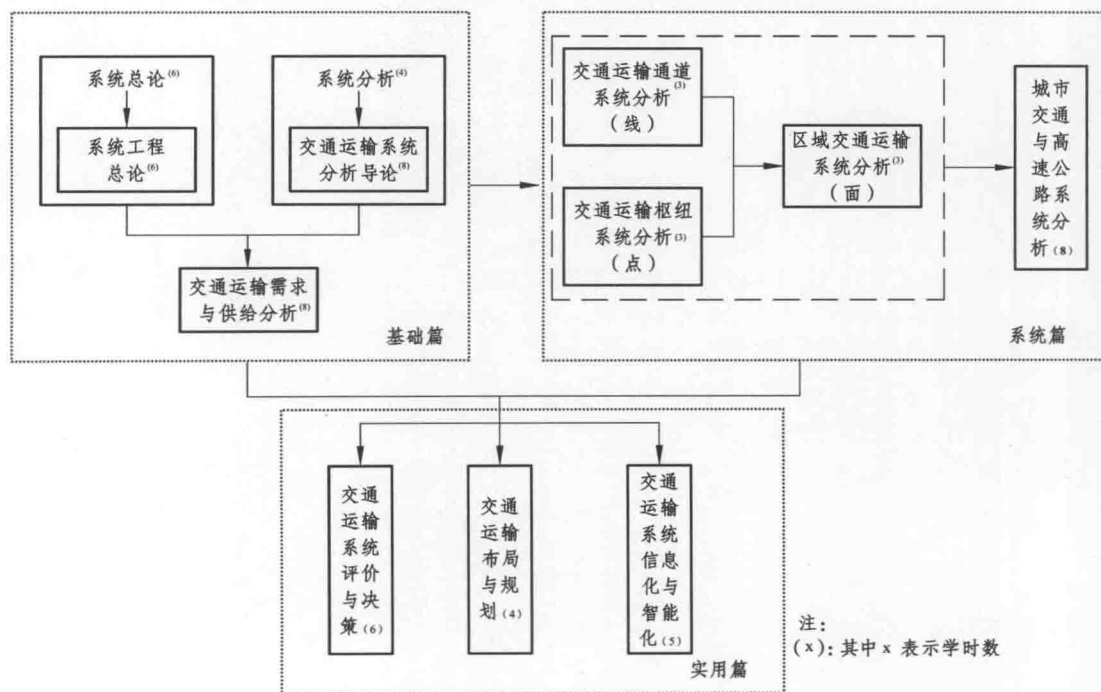
定价: 36.80 元

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

第 2 版前言

本书是 2008 年出版的高等学校交通运输专业规划教材《交通运输系统分析》的第二版。从第一版面世迄今已有六年，期间中国已经建成了世界上最大规模以及最高运营速度的高速铁路网；高速公路通车总里程跃居世界第一；机动车保有量截至 2013 年 10 月底达到 2.5 亿辆，汽车家庭日益普及；中国民航作为全球第二大航空运输系统，其航线网络、运力和技术水平等保持了快速、持续的扩展和增强……我国的交通运输系统从结构到内容、从数量规模到质量水平，都发生了重大的变化和进步。为此有必要基于新的发展，改进和完善我们对交通运输系统的认识。同时，第一版经过多年使用，也发现有个别文字疏误，一些语义表达仍需凝练雕琢。上述情况促成了第二版的修订工作。

本书第二版仍保留了第一版的基本结构，即：案例导读+正文+练习题，有助于读者理论联系实际，系统、深入地理解课程知识，并得到及时的检查和训练。正文内容也基本保留了第一版的原貌，修订工作主要是：根据近年来交通运输业的改革和发展进行的内容改进；吸纳理论研究和实践中的新成果，更新了部分篇章的导读案例；文字修订和勘误。全书内容划分与布局以交通运输系统活动的内在规律为主线，注意与现场工作要求相结合的应用性知识的传授，设计了下图所示的知识模块顺序及对应的学时。



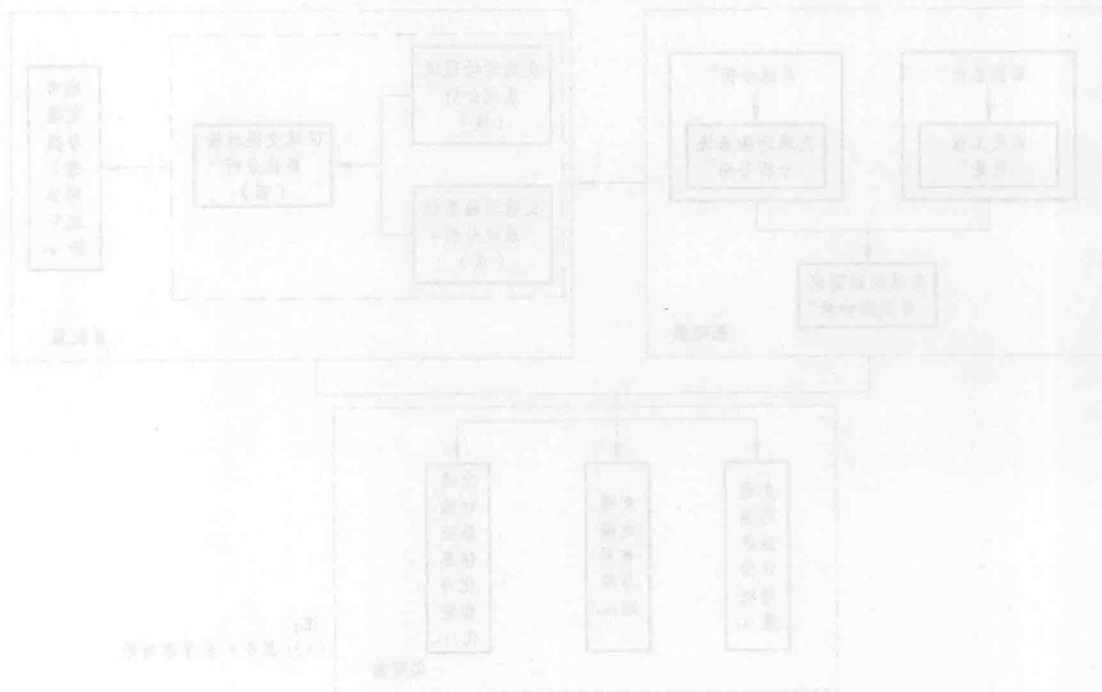
上述模块及学时数可根据学习目的和对象的差异，灵活选择和组合使用。

在第二版修订中，研究生余红红、褚鹏宇、王培恒、窦志伟协助进行了导读案例的编撰。

交通运输业充满生机，信息社会下的交通运输技术更是日新月异。交通运输系统分析的理论 and 实践将不断面临新的挑战，有无限广阔的拓展空间，需要我们在学习中持续加以充实和更新。由于作者亦在上下求索之途，书中仍会有不妥和错误之处，恳请读者继续不吝赐教。

刘澜

2014年5月



第1版前言

交通运输系统是一个复杂的社会经济大系统,是交通运输专业学习和研究的对象。“交通运输系统分析”讲述对其进行分析的基本理论和方法,是交通运输专业的一门专业基础课。

该课程上承宏观思想,下触微观方法,站在中观层面上,以系统思想和现代系统分析技术认识、分解、分析和描述交通运输体系,综合处理交通运输问题,着重培养学生了解和掌握交通运输系统分析的基本理论、基本方法 and 专业创新思维,使学生基本具备以系统思想和系统分析方法处理交通运输问题的能力,是交通运输知识体系中“统领”性课程。

本教材针对教学对象(主要为交通运输领域从业人员)的特点,充分考虑了学生对专业领域知识和技能有一定程度的实践认识,从而注意了与工作要求相结合的应用性知识的传授。全书以培养应用型人才为目标,以学生为中心,重构了课程知识体系。

上述体系及内容考虑到学生的知识结构和学习能力,突出应用性和时代性,教材、网站建设同步进行一体化设计,课程资源和教学活动的设计追求内容新颖、层次有序、形式多样,注重理论与实践的紧密结合。

本书包括前言和三大篇,共计十二章。由西南交通大学刘澜教授、王琳讲师、刘海旭副教授编著。刘澜主持课程体系和内容结构设计,负责撰写完成前言、第一、二、三、四章和第十二章第四节,王琳负责撰写完成第五、六、七、八章和第四章第三节,刘海旭负责撰写完成第十二章,许世雄负责撰写完成第九章,刘澜和王琳共同撰写完成第十、十一章。同时,王琳、刘海旭、刘澜还分别对全书内容进行了校改,由刘澜最后统稿。

学生在学习中应充分利用本课程网络教学平台,以个体学习模式和小组学习模式为主,采取多种形式的学习活动组织形式,包括电话、BBS、短信、电子邮件、QQ、远程协助等。

值得特别说明的是,本书的形成也融入了众多老师和研究生的聪明才智。熊巧讲师负责撰写完成第四章第三节网络课件脚本,刘艳红协助撰写完成第十二章第四节网络课件脚本,研究生李昕承担了全书大部分插图的设计绘制、资料处理及文字整理工作,表现出较为扎实的专业基础知识和基本技能。还有研究生左建丽、阳运巨、罗媛媛、周青峰、杜连涛、周尔波、张艳玲、王宏伟等协助进行了资料收集、整理等工作,为该课程的网络教学系统开发作出了贡献。

感谢西南交通大学交通运输学院院长彭其渊教授、党委书记甘灵副教授的关心和指导,他们在课程建设和工作协调等方面的帮助让笔者获益匪浅。

本课程内容结构、实现方式等诸多方面,都得益于西南交通大学网络教育学院各级领导和有关业务部门技术人员的指导帮助与通力协作,这些贡献都融合在本书的篇章中。并且,本书的出版得到了网络教育学院精品课程建设经费的资助,在此深表谢意。

也特别要感谢西南交通大学出版社给予的大力帮助，这种帮助贯注到本书从萌芽到收获的全过程，其远见卓识和专业精神令人感动和钦佩。

基于上述关于内容设计的考虑，本书继承了张国伍教授等前辈学者关于系统及交通运输系统的一些基本思想和观点，参阅了大量国内外有关著作、政府网站、学位论文和期刊文章，在此谨向本书所直接或间接引用的研究成果的作者表示深切的谢意。

限于作者的理论水平及实践经验，书中不妥和失误之处在所难免，恳请读者批评指正。

刘澜

2008年1月

目 录

基础篇

第一章 系统总论	1
第一节 系统的定义与属性	2
第二节 系统的分类、结构与功能	7
第三节 系统的思维方式及系统科学的融合	10
习 题	12
第二章 系统工程总论	14
第一节 系统工程的发展	15
第二节 系统工程的基本概念及其理解	17
第三节 系统工程的基础理论与技术手段	22
习 题	27
第三章 系统分析	30
第一节 系统分析概述	31
第二节 系统分析的基本程序及方法	36
习 题	42
第四章 交通运输系统分析导论	44
第一节 交通运输系统及其属性	45
第二节 交通运输系统结构	50
第三节 交通运输多方式系统分析	54
第四节 交通运输系统与环境	64
第五节 交通运输系统安全性及可靠性	72
第六节 交通运输学科	81
习 题	82
第五章 交通运输需求与供给分析	87
第一节 概 述	89
第二节 交通运输需求分析	91
第三节 客货流系统分析	93
第四节 交通运输供给分析	99

第五节 交通运输供需均衡分析	101
习 题	105

系 统 篇

第六章 交通运输通道系统分析	107
第一节 交通运输通道的基本概念	110
第二节 交通运输通道主载体的结构层次分析	112
第三节 交通运输通道能力的协调	116
习 题	119
第七章 交通运输枢纽系统分析	120
第一节 交通运输枢纽的系统特性及功能与分类	121
第二节 交通运输枢纽内设备系统的配置	126
第三节 交通运输枢纽内各种运输方式的协调	130
习 题	132
第八章 区域交通运输系统分析	134
第一节 区域经济与区域交通运输	136
第二节 区域交通运输系统分析的内容	138
第三节 区域综合交通运输系统及综合运输能力	143
习 题	145
第九章 城市交通与高速公路系统分析	146
第一节 城市交通运输系统	148
第二节 城市交通运输需求	153
第三节 城市交通运输供给	156
第四节 城市交通监控系统	169
第五节 城市对外交通运输系统	173
第六节 高速公路交通运输系统	175
第七节 高速公路管理	177
第八节 高速公路交通控制	191
第九节 高速公路收费控制	199
习 题	204
第十章 交通运输系统评价与决策	208
第一节 系统评价概述	210
第二节 交通运输系统评价指标体系	211
第三节 系统评价与决策方法	214

习 题	217
第十一章 交通运输布局与规划	218
第一节 交通运输布局	221
第二节 交通运输规划	227
第三节 交通运输规划的理论与实践	231
第四节 交通运输规划的评价	238
习 题	242
第十二章 交通运输系统信息化与智能化	243
第一节 概 述	244
第二节 智能运输系统 (ITS)	249
第三节 ITS 的主要子系统	255
第四节 铁路运输管理信息系统 (TMIS)	263
第五节 水运智能运输系统	276
第六节 航空智能运输系统	278
习 题	283
参考文献	284

基础篇

第一章 系统总论

本章导读：

都江堰水利工程中蕴涵的系统思想

中国古代建造的大型水利工程——都江堰水利工程，主要由鱼嘴分水堤、飞沙堰溢洪道、宝瓶引水口等设施组成。它将岷江水流分为内江和外江，内江用于灌溉川西平原，外江用作泄洪排沙，经乐山、宜宾后汇入长江。

都江堰运用系统思想解决了溢洪、排沙、水量自动调节等关键技术，并且造价低、收效大、维护方便、可靠性高，经历 2 000 多年仍能发挥工程效益。都江堰二王庙中的石刻碑文，就是运用系统思想指导修筑、维护、管理都江堰的真实记载。

在都江堰水利工程中其系统思想主要表现在以下 4 个方面：

① 总体目标最优化。李冰在总结前人治水经验的基础上确定治理岷江水患的目标是“分四六、平潦旱”，即把岷江水量按四六比例分流，平掉水灾和旱灾，使总体目标最优化。

② 选址最优，自动分级排沙。都江堰选在岷江出山口与平原结合的灌县境内的弯道河流区域。根据弯道环流原理，含泥沙少的上中层水流被推向河道外侧，形成外侧高内侧低的倾斜水面；含泥沙多的中下层水流被推向河道内侧，使水流主体和泥沙主体逐渐分离，形成正面走水、侧面走沙的流态。当水流到达鱼嘴分水堤时，因鱼嘴的位置正好处于分界面附近，把 80% 的泥沙分离到外江河道，内江河道只含余下的 20% 的泥沙，实现第一级排沙。内江水流在鱼嘴分水堤后仍是弯道水域，再将 10% 的泥沙通过比河床高 2.5 m 的飞沙堰排入外江河道，实现第二级排沙。余下 10% 的泥沙被沉积在鱼嘴至宝瓶口约 1 km 长的河床内，通过每年冬季枯水期的岁修，把这部分泥沙挖出作为建筑材料，实现第三级人工排沙。

③ 利用地形，自动调节水量。都江堰将鱼嘴分水，飞沙堰溢洪，宝瓶口引水阻水，融合成一个整体，实现大水量自动调节。春耕季节岷江水量较小，江水主要沿弯道河岸外侧流动，并按鱼嘴分水堤中心距两岸的宽度分水，使外江与内江的水量按四六比例分配。到了洪

水季节,上游滩头被水淹没,河床坡度和弯道趋于消失,水量按主流方向分配,因主流方向正对外江河口,使流入外江和内江的水量按六四比例分流。特大洪水时还利用宝瓶口阻水和飞沙堰泄洪。宝瓶口为宽 20 m 长 40 m 的狭长谷带,是岷江水进入川西平原的关口,有走春水、阻洪水的作用。飞沙堰位于宝瓶口上游 170 m 处,比河床高 2.5 m,长 300 m。当内江水量超过正常水位时,多余的水便溢入外江。洪水季节 80%~90%的洪水由飞沙堰泄入外江,进入川西平原的水量很少超过正常需水量。

④ 就地取材,工程造价低,维修方便。

第一节 系统的定义与属性

一、系统思想的产生与演进

系统思想是在人类社会和经济长期的发展演进中逐渐形成的,是系统工程最基本和核心的概念。系统的概念来源于古代人类社会的实践经验,正如恩格斯所说,“人们远在知道什么是辩证法以前,就已经辩证地思考了”,人类在知道系统思想、系统工程之前,就已经开始采用辩证的系统思维方式了。

1. 古代朴素的系统观

在长期的社会实践中,古代劳动人民逐渐形成了把事物诸因素联系起来作为一个整体或系统来进行分析和综合的思想。随着系统思想的产生,逐渐形成了系统概念和处理问题的系统方法。

古代中国和古希腊唯物主义思想家都从承认统一的物质本原出发,把自然界当作一个统一体。古希腊辩证法奠基人之一的赫拉克利特(约公元前 460—前 370 年),在《论自然界》一书中说过:“世界是包括一切的整体。”据记载,另一位古希腊唯物主义者德谟克利特(约公元前 540—前 480 年)有一本没有留传下来的著作,名字就叫《宇宙大系统》。据推测,这可能是最早使用“系统”一词的西方哲学著作。

中国古代思想家的系统思想表现在治学和社会实践的许多方面,如《孙子兵法》、《黄帝内经》、《易经》等许多古籍,都有不少应用系统思想观察和认识事物以及解决实际问题的生动事例;又如,我国古代劳动人民通过天象观测掌握天体运行和季节变化的规律,编制出历法和二十四节气,以指导农事活动。

古代朴素唯物主义哲学思想虽说强调对自然界总体性、统一性的认识,却缺乏对这一总体各个细节的认识能力,因而对整体性和统一性的认识也是不完全的。对自然界统一以及各个细节的认识,是近代自然科学的任务。

2. 近代机械的系统观

15 世纪下半叶,近代科学开始兴起,力学、天文学、物理、化学、生物学等学科逐渐从

混为一体的哲学中分离出来,获得日益迅速的发展。近代自然科学发展了研究自然界的独特的分析方法,包括实验、解剖和观察,把自然界的细节从总的自然联系中抽出来,分门别类地加以研究。将这种考察自然界的方法移植到哲学中,就成为形而上学的思维。形而上学的出现是有历史根据的,是时代的需要,因为在深入、细致地考察事物方面,它比古代哲学是一个进步。但是,形而上学撇开了总体的联系来考察事物和过程,因而它堵塞了自己从了解部分到了解总体和洞察普遍联系的道路。

3. 现代辩证唯物主义的系统观

19世纪上半叶,自然科学已取得了伟大的成就,特别是能量转化、细胞和进化论的发现,使人类对自然过程的相互联系的认识有了很大的提高。恩格斯说:“由于这三大发现和自然科学的其他巨大进步,我们现在不仅能够指出自然界中各处领域内的过程之间的联系,而且总的说来也能够指出各个领域之间的联系,这样,我们就可以依靠经验自然科学本身所提供的事实,以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画。”他认为,19世纪的自然科学“本质上是整理材料的科学,关于过程,关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大整体的联系的科学”,这样的自然科学,为唯物主义自然观建立了坚实的基础,为唯物主义哲学提供了丰富的材料。辩证唯物主义认为:物质世界是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一体。辩证唯物主义体现的物质世界普遍联系及其统一性的思想,就是系统思想。

现代科学技术对系统思想方法的重大贡献,主要在于使其定量化,成为一套具有数学理论、能够定量化的思想方法。

社会实践活动的大型化和复杂化,要求思想方法不仅能定性,而且能定量,这尤其表现在军事活动中,因为战争中决策的成败,关系到国家、民族的生死存亡。第二次世界大战是定量化系统方法发展的里程碑,交战双方都需要在强调全局观念,从全局出发合理使用局部资源,最终求得全局效果最佳的目标下,对所采取的措施和反措施进行精确的定量分析,才有希望在实施中取胜。这样一种强烈的需要,把一大批有才干的科学工作者吸引到拟订与评价战争计划,改进作战技术与军事装备使用方法的研究工作中来,其结果就是定量化系统方法及强有力的计算工具(电子计算机)的出现,并成功地应用于作战分析。战后,定量化系统方法开始广泛地用来分析经济、政治等领域的大型复杂的系统问题。

当具备了数学表达形式和快速计算工具后,系统思想就成为了进行分析与综合的辩证思维工具。它在辩证唯物主义那里取得了哲学的表述形式,在运筹学和其他系统科学那里取得了定量的表述形式,在系统工程那里获得了丰富的实践内容。由此可见,系统思想经历了从经验到哲学到科学,从思辨到定性、定量的发展过程。

二、系统的定义与属性

1. 对系统概念的一般认识

在自然界和人类社会中,普遍存在着由若干环节组成的链状事物。这种环环相扣、彼此及彼的链状事物即为系统。这样的系统可以大到太阳系(由恒星、行星、卫星、彗星等组成),

小到一个城市的交通运输系统，甚至其中的部分（如车辆）也可以认为是一个系统。由此可以看出，系统的概念是相对的，而不是绝对的。同时，系统的存在具有普遍性，大至宇宙，小到分子、原子，它们都是链状事物，都有其组成环节。

认识系统的链与环节的关系要注意两个方面的因素：一是要认识到对象系统的全部组成环节；二是要认识到这些环节联结部分的形成和特点。在认识和处理问题时，必须具有系统意识，即在思考、研究、探索和处理某一事物时，要有意识地把它看成是一个系统。

2. 系统的概念及其发展

人们对系统的认识有一个发展过程。系统（system）一词最早出现在古希腊语中，它的原词 syn 有“共同”和“同步、合成”的含义，即系统意味着事物的共性部分和每一事物在总体中给予它应占据的位置。

随着科学技术的发展，系统被赋予进一步的含义，如系统是“有组织的和被组织化的全体”，“结合着全体所赖以形成的诸概念和诸原理的复合体”，“以规则的相互作用又相互依存的形式结合着的对象的集合”。也就是说，系统是一个全体，其组成部分是有组织的，相互间有依存与作用的关系。同时，系统不仅有实体部分，还必须有赖以形成的概念部分。

系统概念的应用发展使人们认识到，人工系统整体的行动是有确定目的的，即任何人造系统的开发和建立，离开明确的目的性，必将导致要求上的模糊和措施上的不力，从而带来先天性不足。

系统概念的更新发展，反映了系统的计划性质。如，“系统是为按计划完成特定目标而设计的结构因素安程序列。”这里包含 3 个思想：第一，作为系统的设计标准需要明确应该完成的目的和目标；第二，必须进行构成因素的设计，建立它们的序列；第三，能量和财物等的输入必须按计划分配。这里突出指明了系统在完成特定目标时，必须有物资、资金和能量等的计划安排与保证。

应当指出的是，人们对系统的认识并没有结束，因而系统概念还在发展。这是理解系统概念时必须注意的。

3. 系统的定义

综上所述，系统的定义可以归纳为：系统是由若干个可以相互区别、相互联系而又相互作用的因素所组成，是在一定的阶层结构形式中分布，在给定的环境约束下，为达到整体的目的而存在的有机集合体。

作为一个系统，它应该具有若干个独立的判别特征：

① 一个系统是由一些相互联系和彼此影响着的部分所组成，其中的部分及其结构是系统的基本组成部分。如森林、学校和工厂等都可看做是系统，而学校中的教师和学生或者工厂中的各个车间可以看作为系统的部分。

② 一个系统应具有一定的用途，系统的部分及其结构的开发是为了实现该系统的目的，不同的部分及其结构类型可以实现不同的特定目的，例如，学校以培养人才为目的，工厂则以生产各种产品为目的。

③ 一个系统应具有一定的界限，以便能把系统从所处的环境中分离出来。系统通过该界限可以与外界环境发生能量、信息和物质等的交流。

上述特征可以说是所有系统必备的，在一般情况下可归纳如图 1.1 所示。

例如，某个城市是一个系统，它是由交通系统、资源系统、商业系统、市政系统、卫生系统等相互作用着的部件组合而成的一个整体，通过系统的各个部件相互协调运转去完成城市生活和发展的特定目标。它与农村以及其他城市存在着界限，彼此在物质、信息、人员等方面来进行交流。

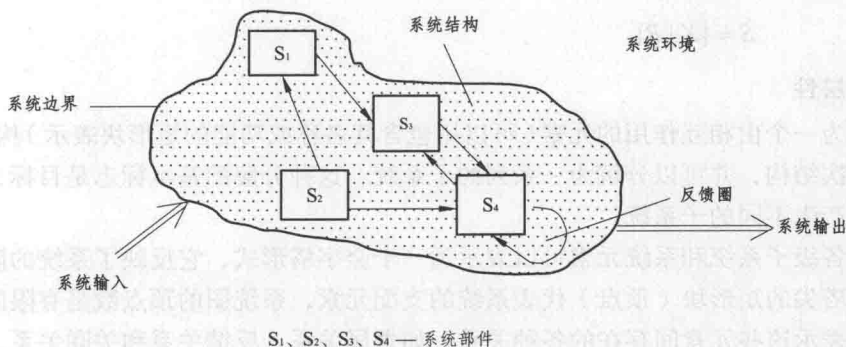


图 1.1 系统的基本概念图

4. 系统的属性

(1) 目的性

系统的目的性是指系统具有人们所明确赋予的、预期的目标。这种目标通常不是单一的，而是多方面的，但又往往有一个主要目标。因此，系统的目的性一般用一些具体的目标来表达，这些具体的目标构成了系统的总目标。目的性可通过总目标来表达：

$$G = \{g_i | g \in G, i = 1 \sim p\} \quad (1.1)$$

式中 G —— 系统的总目标；

g_i —— 系统的任意一个分目标；

p —— 系统的分目标数。

值得注意的是，系统分目标集必须保证系统总目标的实现，但是分目标之间可能是矛盾的，因此需要采用某种形式的折中，即在矛盾的分目标之间寻求平衡。常用的做法是通过计算每个分目标对总目标的贡献来确定最佳的妥协。

(2) 集合性

所谓集合性，是指系统由多个元素组成。元素可以是实体的如人、车辆、道路等，也可以是非实体的（概念的）如设计文件、图纸、施工计划等。系统的集合性的数学表达式为：

$$X = \{x_i | x_i \in X, i, j = 1 \sim n, i \neq j\} \quad (1.2)$$

式中 X —— 元素的集合，表征某个系统；

x_i —— 集合中的任意一个元素；

n —— 集合中的元素数。

(3) 相关性

系统的相关性是指组成系统的各元素是相互依存、相互作用又相互制约的。系统的相关性是系统元素之间全部关系的总和。这里以二元关系作为相关性讨论的基础,因为任何多元素都是从二元关系基础上发展的。

设 $x_i \in X_j \subset X$, 而 $x_j \in X_i \subset X$, 则其相关关系 R 可表示为:

$$x_i R x_j, x_j R x_i \quad \text{或} \quad x_i = R(x_j), x_j = R(x_i) \quad (1.3)$$

所以系统的定义可以表示为:

$$S = \{X | R\} \quad (1.4)$$

(4) 阶层性

系统作为一个由相互作用的元素(可以用包含其名称或功能的矩形块表示)构成的总体,有一定的层次结构,并可以分解为一系列的子系统。这种分解的基本标志是目标,不同的功能目标要求产生不同的子系统。

系统的各级子系统和系统元素可以表示为一个金字塔形式,它反映了系统的阶层关系。处于金字塔塔尖的矩形块(顶点)代表系统的支配元素,系统图的顶点数是有限的。其他节点间的连线表示这些元素间存在的各种关系,如隶属关系、反馈关系和关联关系。清楚地了解这些关系并利用上级系统的支配地位进行系统协调,是保障系统实现总体目标的关键。

图 1.2 所示的是一个城市总体规划系统结构图,总体规划就是一级系统,各部门规划和各专业规划相应为整个系统的二、三级系统。如果需要的话,还可以继续划分。高层次系统处于领导、支配地位,低层次系统则处于接受和服从领导的地位。在隶属关系的原则下,由于反馈的作用,低层次系统对上级系统会产生一定程度的影响,有些甚至是十分重要的影响,如城市总体规划和下属的交通规划之间的关系就是十分典型的例子。关联关系一般是反映同层次系统之间的关系。

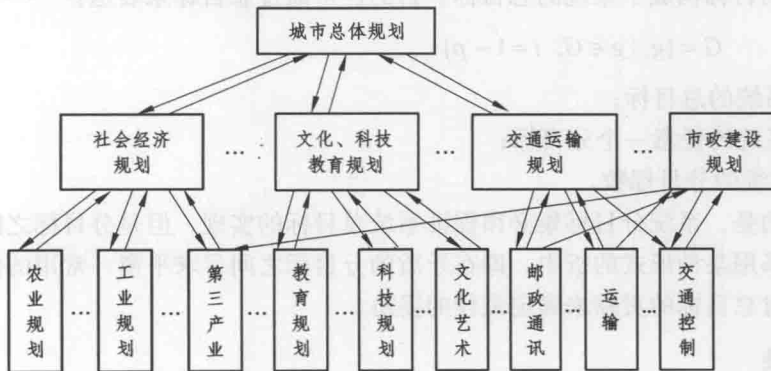


图 1.2 城市总体规划系统结构图

(5) 整体性

整体性是从协调的侧面说明上述 4 个特征的。任何一个元素不能离开整体去研究,元素之间的联系、作用以及阶层分布也不能离开整体的协调去考虑。脱离了整体性,元素的机能和元素间的作用以及层次分布便失去了意义。

系统的整体性应保证在给定的目标下,使系统元素集、元素的关系集以及其阶层结构的

整体结合效果为最大:

$$E^* = \max_{p \rightarrow G} p(X, R, C) \quad (1.5)$$

式中 E^* —— 对应于目标集的条件下所获得的最大整体结合效果;

$p(X, R, C)$ —— 整体结合效果函数;

C —— 系统阶层结构。

(6) 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的外部环境 (即更大的系统) 之中, 因此, 系统与外部环境之间必然产生物质的、能量的和信息的交换。没有这种正常的交换, 系统便不能生存。适应外部环境变化以获取生存和发展能力的这种性质, 就是系统的环境适应性。

环境的约束集可以用式 (1.6) 表达:

$$O = \{o_i | o_i \in O, i=1 \sim r\} \quad (1.6)$$

式中 O —— 环境约束集;

r —— 环境约束个数。

显然, 系统整体的最优结合效果应对应于环境约束集, 这时, 式 (1.5) 可写为:

$$E^{**} = \max_{\substack{p \rightarrow G \\ p \rightarrow O}} p(X, R, C) \quad (1.7)$$

$$S_{\text{opt}} = \max \{S | E^{**}\} \quad (1.8)$$

式中 E^{**} —— 对应于系统目标集和环境约束集下的系统最优结合效果;

S_{opt} —— 具有最优结合效果及最优输出的系统。

第二节 系统的分类、结构与功能

一、系统的分类

1. 按自然属性分类

按自然属性, 可将系统分为自然系统与人造系统。自然系统是自然界自然生成的一切物质和现象, 与人类活动无关, 如天体系统、海洋系统等。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。

2. 按系统形态分类

按系统形态, 系统又可分为实体系统和概念系统。都江堰水利系统就是实体系统, 中国古代儒家的思想体系、现代城市总体规划系统则为概念系统。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”, 实体系统则是概