



高等院校网络教育精品教材

—— 交通运输类

交通运输系统分析

JIAOTONG YUNSHU XITONG FENXI

刘 澜 王 琳 编



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

高等院校网络教育精品教材——交通运输类

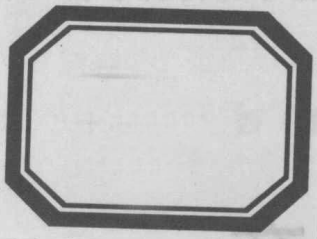
交通运输系统分析

刘澜 王琳 编

西南交通大学出版社

成都·成华都·成华都·成华都

西南交通大学网络教育学院各系



图书在版编目(CIP)数据

交通运输系统分析 / 刘澜, 王琳编. —成都: 西南交通大学出版社, 2012.9
高等院校网络教育精品教材. 交通运输类
ISBN 978-7-5643-1932-8

I. ①交… II. ①刘… ②王… 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(2012)第 199054 号

高等院校网络教育精品教材——交通运输类

交通运输系统分析

刘澜 王琳 编

责任编辑	王 旻
特邀编辑	周 杨
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都勤德印务有限公司
成品尺寸	175 mm × 230 mm
印 张	17
字 数	306 千字
版 次	2012 年 9 月第 1 版
印 次	2012 年 9 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1932-8
定 价	34.50 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

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。本书以系统分析的原理和方法，认识、描述、分解和分析交通运输系统，讲述了对其进行系统分析的基础理论和基本方法。

本书是根据交通运输专业网络教育发展的需要，按照西南交通大学网络教学资源一体化建设要求而编写的本科教材，针对教学对象的特点，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。本书的主要内容包括：系统和系统工程的基础知识、系统分析的基本理论和方法、交通运输系统分析导论、交通运输通道系统分析、交通运输枢纽系统分析、交通运输区域系统分析、交通运输系统评价与决策、交通运输布局与规划等十章。

本书内容考虑到学生的知识结构和学习能力，突出了应用性和时代性，教材和网站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。学生在学习过程中应充分利用本课程的网络教学平台，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。

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

本书及相关课程在内容结构、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合作，本书的出版得到了网络学院课程建设经费的资助，在此深表谢意。

同时也要特别感谢西南交通大学出版社给予的大力帮助，其远见卓识和专业精神令人感动和钦佩。

本书的编写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基本思想和观点，参阅了大量国内外有关著作、学术论文和网络资源及同行们的相关教学成果，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和实践经验，书中不妥和失误之处在所难免，敬请读者批评指正。

2012年7月

编者

目 录

441	.....	.....	.....
741	.....	.....	.....
541	.....	.....	.....
441	.....	.....	.....
第一章	系统概述		1
81	第一节 系统的定义与属性		4
12	第二节 系统的分类、结构与功能		11
16	第三节 系统的思维方式及系统科学的发展		14
101	本章小结		18
第二章	系统工程概述		20
0	第一节 系统工程的发展		23
7	第二节 系统工程的定义		26
18	第三节 系统工程的基础理论与技术手段		33
48	本章小结		41
第三章	系统分析		43
0	第一节 系统分析概述		46
70	第二节 系统分析的基本程序和方法		53
00	本章小结		63
第四章	交通运输系统分析导论		64
20	第一节 交通运输系统概述		67
60	第二节 交通运输系统结构		75
0	第三节 交通运输多方式系统分析		80
4	第四节 交通运输系统与环境		92
21	第五节 交通运输系统安全性分析		102
52	第六节 交通运输所涉及的学科		110
162	本章小结		113
第五章	交通运输需求与供给分析		115
6	第一节 概 述		118
5	第二节 交通运输需求分析		121
42	第三节 客货流系统分析		124

第四节	交通运输供给分析	134
第五节	交通运输供需均衡分析	137
	本章小结	142
第六章	交通运输通道系统分析	144
第一节	交通运输通道的基本概念	146
第二节	交通运输通道主载体的结构层次分析	148
第三节	交通运输通道能力的协调	154
	本章小结	159
第七章	交通运输枢纽系统分析	161
第一节	交通运输枢纽的系统特性及功能与分类	164
第二节	交通运输枢纽内设备系统的配置	170
第三节	交通运输枢纽内各种运输方式的协调	177
	本章小结	181
第八章	交通运输区域系统分析	184
第一节	区域经济与区域交通运输	187
第二节	区域交通运输系统分析的内容	190
第三节	区域交通综合运输体系及综合运输能力	197
	本章小结	200
第九章	交通运输系统评价与决策	202
第一节	系统评价概述	205
第二节	交通运输系统评价指标体系	206
第三节	系统评价与决策方法	210
	本章小结	214
第十章	交通运输布局与规划	215
第一节	交通运输布局	222
第二节	交通运输规划	231
第三节	交通运输规划的理论与实践	237
第四节	交通运输规划的评价	246
	本章小结	252
案例分析	京沪高速铁路系统优化分析	254

第一章 系统概述

【本章导读】

我国古代建设事业中蕴含的系统思想

古代御敌的城池沟堑、万里长城，防涝、排灌的堤、坝、渠、堰，便利交通的驿道、桥梁、隧道、栈道和运河，帝王的宫殿和陵寝等浩大的建设过程，无一不体现了我们祖先丰富的想象力和非凡的创造力，但在他们那样的时代，若不事先计划运筹，不合理地组织，如此大规模、复杂的建造活动是难以进行的。

战国时期秦国太守李冰父子主持修建了四川岷江上的水利工程——都江堰。该工程恰在内、外江分流之处，李冰父子从前人对此处地势、山势与水势的观察得到启示，因势利导，修成了由“鱼嘴”、“飞沙堰”和“宝瓶口”三大工程组成的都江堰工程系统。这三项工程配合巧妙，具有分洪、灌溉的综合功能。当夏季洪水来时，“鱼嘴”将上游来的洪水大部分分到外江，进入内江多余的水再由“飞沙堰”第二次分洪，排入外江。由于江水在到达“宝瓶口”之前的回流运动，江水中夹带的泥沙通过“飞沙堰”排入外江。高狭的“宝瓶口”对多余的洪水具有第三次遏制作用。枯水时期，又利用竹笼、杩槎将岷江水大部分引入内江，满足成都灌溉之需。都江堰水利工程的三个子工程融为一个整体，巧妙配合，起到了彻底排沙、最佳水量自动调节的作用，成为建设工程史上利用系统工程思想建造的文明世界的伟大杰作之一。

宋代沈括在《梦溪笔谈》中介绍了一个建筑工程管理“一举而三役济”的例子。宋真宗大中祥符年间，京城汴梁（今河南开封）发生火灾，皇宫烧毁。灾后，命大臣丁渭主持皇宫修复工作。这项工作被认为是耗资巨大、旷日持久的工程，许多人认为难以完成。可是丁渭欣然领命。丁渭“患取土远”而首先下令在官前掘沟取土烧砖，土足而沟成。接着，又下令将汴水引入沟内，成一渠。利用“竹木筏和船”运输木、竹、灰、石等建筑材料“入之官

门”。皇宫修复后，又将瓦砾灰壤复填入沟，“使复为街衢”。结果，不仅“省费以万亿计”，而且还大大加快了工程进度。丁渭这一箭三雕的修复方案至今仍为人们所称道。丁渭的高明之处，就在于他没有把挖土烧砖制瓦、运输建筑材料和清除瓦砾灰壤这三件事孤立起来分别处理，而是找出三者之间的联系，将其作为一个整体来综合解决。丁渭的方法中蕴涵着系统观念，是一种系统方法。

通过以上实例可以看出，虽然在古代并没有明确提出系统的概念，但在建设工程的实施过程中，系统的思想已得到广泛的应用。

资料来源：王志武，等：《系统工程思想在建设事业中的应用》，郑州经济管理干部学院学报 2003 年第 18 卷第 1 期：66-67。

案例 1 京沪高速铁路系统优化分析 144

案例 2 京沪高速铁路系统优化分析 148

案例 3 京沪高速铁路系统优化分析 159

案例 4 京沪高速铁路系统优化分析 161

案例 5 京沪高速铁路系统优化分析 165

案例 6 京沪高速铁路系统优化分析 169

案例 7 京沪高速铁路系统优化分析 173

案例 8 京沪高速铁路系统优化分析 177

案例 9 京沪高速铁路系统优化分析 181

案例 10 京沪高速铁路系统优化分析 185

案例 11 京沪高速铁路系统优化分析 189

案例 12 京沪高速铁路系统优化分析 193

案例 13 京沪高速铁路系统优化分析 197

案例 14 京沪高速铁路系统优化分析 201

案例 15 京沪高速铁路系统优化分析 205

案例 16 京沪高速铁路系统优化分析 209

案例 17 京沪高速铁路系统优化分析 213

案例 18 京沪高速铁路系统优化分析 217

案例 19 京沪高速铁路系统优化分析 221

案例 20 京沪高速铁路系统优化分析 225

案例 21 京沪高速铁路系统优化分析 229

案例 22 京沪高速铁路系统优化分析 233

案例 23 京沪高速铁路系统优化分析 237

案例 24 京沪高速铁路系统优化分析 241

案例 25 京沪高速铁路系统优化分析 245

案例 26 京沪高速铁路系统优化分析 249

案例 27 京沪高速铁路系统优化分析 253

案例 28 京沪高速铁路系统优化分析 257

案例 29 京沪高速铁路系统优化分析 261

案例 30 京沪高速铁路系统优化分析 265

案例 31 京沪高速铁路系统优化分析 269

案例 32 京沪高速铁路系统优化分析 273

案例 33 京沪高速铁路系统优化分析 277

案例 34 京沪高速铁路系统优化分析 281

案例 35 京沪高速铁路系统优化分析 285

案例 36 京沪高速铁路系统优化分析 289

案例 37 京沪高速铁路系统优化分析 293

案例 38 京沪高速铁路系统优化分析 297

案例 39 京沪高速铁路系统优化分析 301

案例 40 京沪高速铁路系统优化分析 305

案例 41 京沪高速铁路系统优化分析 309

案例 42 京沪高速铁路系统优化分析 313

案例 43 京沪高速铁路系统优化分析 317

案例 44 京沪高速铁路系统优化分析 321

案例 45 京沪高速铁路系统优化分析 325

案例 46 京沪高速铁路系统优化分析 329

案例 47 京沪高速铁路系统优化分析 333

案例 48 京沪高速铁路系统优化分析 337

案例 49 京沪高速铁路系统优化分析 341

案例 50 京沪高速铁路系统优化分析 345

案例 51 京沪高速铁路系统优化分析 349

案例 52 京沪高速铁路系统优化分析 353

案例 53 京沪高速铁路系统优化分析 357

案例 54 京沪高速铁路系统优化分析 361

案例 55 京沪高速铁路系统优化分析 365

案例 56 京沪高速铁路系统优化分析 369

案例 57 京沪高速铁路系统优化分析 373

案例 58 京沪高速铁路系统优化分析 377

案例 59 京沪高速铁路系统优化分析 381

案例 60 京沪高速铁路系统优化分析 385

案例 61 京沪高速铁路系统优化分析 389

案例 62 京沪高速铁路系统优化分析 393

案例 63 京沪高速铁路系统优化分析 397

案例 64 京沪高速铁路系统优化分析 401

案例 65 京沪高速铁路系统优化分析 405

案例 66 京沪高速铁路系统优化分析 409

案例 67 京沪高速铁路系统优化分析 413

案例 68 京沪高速铁路系统优化分析 417

案例 69 京沪高速铁路系统优化分析 421

案例 70 京沪高速铁路系统优化分析 425

案例 71 京沪高速铁路系统优化分析 429

案例 72 京沪高速铁路系统优化分析 433

案例 73 京沪高速铁路系统优化分析 437

案例 74 京沪高速铁路系统优化分析 441

案例 75 京沪高速铁路系统优化分析 445

案例 76 京沪高速铁路系统优化分析 449

案例 77 京沪高速铁路系统优化分析 453

案例 78 京沪高速铁路系统优化分析 457

案例 79 京沪高速铁路系统优化分析 461

案例 80 京沪高速铁路系统优化分析 465

案例 81 京沪高速铁路系统优化分析 469

案例 82 京沪高速铁路系统优化分析 473

案例 83 京沪高速铁路系统优化分析 477

案例 84 京沪高速铁路系统优化分析 481

案例 85 京沪高速铁路系统优化分析 485

案例 86 京沪高速铁路系统优化分析 489

案例 87 京沪高速铁路系统优化分析 493

案例 88 京沪高速铁路系统优化分析 497

案例 89 京沪高速铁路系统优化分析 501

案例 90 京沪高速铁路系统优化分析 505

案例 91 京沪高速铁路系统优化分析 509

案例 92 京沪高速铁路系统优化分析 513

案例 93 京沪高速铁路系统优化分析 517

案例 94 京沪高速铁路系统优化分析 521

案例 95 京沪高速铁路系统优化分析 525

案例 96 京沪高速铁路系统优化分析 529

案例 97 京沪高速铁路系统优化分析 533

案例 98 京沪高速铁路系统优化分析 537

案例 99 京沪高速铁路系统优化分析 541

案例 100 京沪高速铁路系统优化分析 545

案例 101 京沪高速铁路系统优化分析 549

案例 102 京沪高速铁路系统优化分析 553

案例 103 京沪高速铁路系统优化分析 557

案例 104 京沪高速铁路系统优化分析 561

案例 105 京沪高速铁路系统优化分析 565

案例 106 京沪高速铁路系统优化分析 569

案例 107 京沪高速铁路系统优化分析 573

案例 108 京沪高速铁路系统优化分析 577

案例 109 京沪高速铁路系统优化分析 581

案例 110 京沪高速铁路系统优化分析 585

案例 111 京沪高速铁路系统优化分析 589

案例 112 京沪高速铁路系统优化分析 593

案例 113 京沪高速铁路系统优化分析 597

案例 114 京沪高速铁路系统优化分析 601

案例 115 京沪高速铁路系统优化分析 605

案例 116 京沪高速铁路系统优化分析 609

案例 117 京沪高速铁路系统优化分析 613

案例 118 京沪高速铁路系统优化分析 617

案例 119 京沪高速铁路系统优化分析 621

案例 120 京沪高速铁路系统优化分析 625

案例 121 京沪高速铁路系统优化分析 629

案例 122 京沪高速铁路系统优化分析 633

案例 123 京沪高速铁路系统优化分析 637

案例 124 京沪高速铁路系统优化分析 641

案例 125 京沪高速铁路系统优化分析 645

案例 126 京沪高速铁路系统优化分析 649

案例 127 京沪高速铁路系统优化分析 653

案例 128 京沪高速铁路系统优化分析 657

案例 129 京沪高速铁路系统优化分析 661

案例 130 京沪高速铁路系统优化分析 665

案例 131 京沪高速铁路系统优化分析 669

案例 132 京沪高速铁路系统优化分析 673

案例 133 京沪高速铁路系统优化分析 677

案例 134 京沪高速铁路系统优化分析 681

案例 135 京沪高速铁路系统优化分析 685

案例 136 京沪高速铁路系统优化分析 689

案例 137 京沪高速铁路系统优化分析 693

案例 138 京沪高速铁路系统优化分析 697

案例 139 京沪高速铁路系统优化分析 701

案例 140 京沪高速铁路系统优化分析 705

案例 141 京沪高速铁路系统优化分析 709

案例 142 京沪高速铁路系统优化分析 713

案例 143 京沪高速铁路系统优化分析 717

案例 144 京沪高速铁路系统优化分析 721

案例 145 京沪高速铁路系统优化分析 725

案例 146 京沪高速铁路系统优化分析 729

案例 147 京沪高速铁路系统优化分析 733

案例 148 京沪高速铁路系统优化分析 737

案例 149 京沪高速铁路系统优化分析 741

案例 150 京沪高速铁路系统优化分析 745

案例 151 京沪高速铁路系统优化分析 749

案例 152 京沪高速铁路系统优化分析 753

案例 153 京沪高速铁路系统优化分析 757

案例 154 京沪高速铁路系统优化分析 761

案例 155 京沪高速铁路系统优化分析 765

案例 156 京沪高速铁路系统优化分析 769

案例 157 京沪高速铁路系统优化分析 773

案例 158 京沪高速铁路系统优化分析 777

案例 159 京沪高速铁路系统优化分析 781

案例 160 京沪高速铁路系统优化分析 785

案例 161 京沪高速铁路系统优化分析 789

案例 162 京沪高速铁路系统优化分析 793

案例 163 京沪高速铁路系统优化分析 797

案例 164 京沪高速铁路系统优化分析 801

案例 165 京沪高速铁路系统优化分析 805

案例 166 京沪高速铁路系统优化分析 809

案例 167 京沪高速铁路系统优化分析 813

案例 168 京沪高速铁路系统优化分析 817

案例 169 京沪高速铁路系统优化分析 821

案例 170 京沪高速铁路系统优化分析 825

案例 171 京沪高速铁路系统优化分析 829

案例 172 京沪高速铁路系统优化分析 833

案例 173 京沪高速铁路系统优化分析 837

案例 174 京沪高速铁路系统优化分析 841

案例 175 京沪高速铁路系统优化分析 845

案例 176 京沪高速铁路系统优化分析 849

案例 177 京沪高速铁路系统优化分析 853

案例 178 京沪高速铁路系统优化分析 857

案例 179 京沪高速铁路系统优化分析 861

案例 180 京沪高速铁路系统优化分析 865

案例 181 京沪高速铁路系统优化分析 869

案例 182 京沪高速铁路系统优化分析 873

案例 183 京沪高速铁路系统优化分析 877

案例 184 京沪高速铁路系统优化分析 881

案例 185 京沪高速铁路系统优化分析 885

案例 186 京沪高速铁路系统优化分析 889

案例 187 京沪高速铁路系统优化分析 893

案例 188 京沪高速铁路系统优化分析 897

案例 189 京沪高速铁路系统优化分析 901

案例 190 京沪高速铁路系统优化分析 905

案例 191 京沪高速铁路系统优化分析 909

案例 192 京沪高速铁路系统优化分析 913

案例 193 京沪高速铁路系统优化分析 917

案例 194 京沪高速铁路系统优化分析 921

案例 195 京沪高速铁路系统优化分析 925

案例 196 京沪高速铁路系统优化分析 929

案例 197 京沪高速铁路系统优化分析 933

案例 198 京沪高速铁路系统优化分析 937

案例 199 京沪高速铁路系统优化分析 941

案例 200 京沪高速铁路系统优化分析 945

学习指导

【学习目标】

- (1) 了解系统思想的产生与演进过程。
- (2) 掌握系统的含义与属性。
- (3) 系统的分类。
- (4) 理解系统的结构与功能。
- (5) 了解系统的思维方式及系统科学的发展。

【学习建议】

- (1) 学习时间：3 小时。
 - 第 1 节建议学习时间 1 小时。
 - 第 2 节建议学习时间 1 小时。
 - 第 3 节建议学习时间 1 小时。
- (2) 学习方法：
 - ① 学习前了解该课程的学习内容和学习目标。
 - ② 点播学习网络课程第一章的内容。
 - ③ 参加第一次在线导学直播。
 - ④ 阅读参考资料中列出的至少两项资料。
 - ⑤ 第一章学习完成后提交第 1 次作业。

【学习重难点】

- (1) 系统思想的产生与演进。
- (2) 系统的定义与属性。
- (3) 系统的分类。
- (4) 系统的结构和功能。

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”，即人类在知道系统思想、系统工程之前，就已经开始采用辩证地系统思维方式了。

（一）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）有一本没有流传下来的著作，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。对自然界这个总体各个细节的认识，这是近代自然科学的任务。

（二）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、生物学等科目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

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。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，它相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，因而它就堵塞了自己从了解部分到了解总体、洞察普遍联系的道路。

（三）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和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，对所拟采取的措施和反措施进行精确地定量分析，才有希望在实施对策中取胜。这样一种强烈的需要，以极大的力量把一大批有才华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。第二次世界大战以后，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。

当取得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

(一) 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、由此及彼的链状事物即为系统。大到太阳系（由恒心星、行星、彗星、卫星等环节组成），小到一个城市的交通运输系统，甚至其中的环节（如车辆）都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。

认识系统的链与环的关系要注意两个方面的因素：一是要认识对象系统的全部组成环节，二是要认识这些环节联结部分的形成和特点。也就是说，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一个系统。

(二) 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“给的位置”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，系统被赋予了进一步的含义，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，系统是一个整体，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。

系统概念的进一步发展使人们认识到，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指出了系统的计划性质，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。”这里包含三个思想：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。如对于铁路运输系统而言，系统设计的目标就是满足人们生产生活中对空间位移的需求，位移的实现是在合理组织车辆和利用车站线路等设施的基础上实现的。

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，这是理解系统的概念时必须注意的。

（三）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要素所组成，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，它应该具有独立的若干判别特征如下：

（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，例如，森林、学校和工厂等都可看作是系统，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。

上述的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。

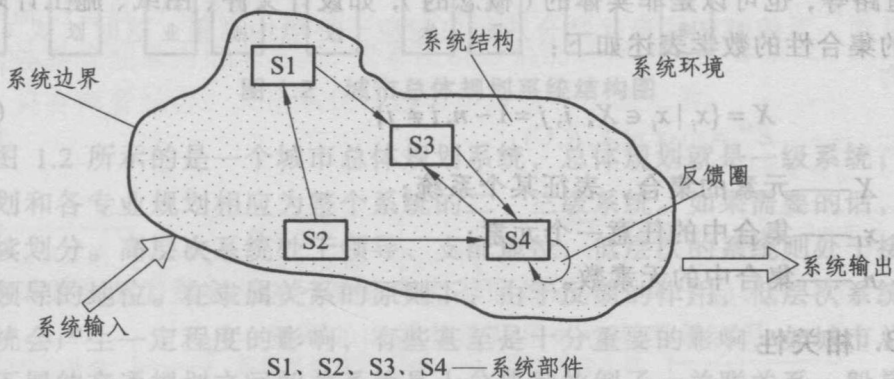


图 1.1 系统的基本概念图

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、人员等方面进行交流。

(四) 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，系统的目的一般用更具体的目标来表达，这时系统就具有了总目标，而总目标又划分为若干分目标。系统的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述如下：

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

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起来的。

设 $x_i \in X, i \in X$ ，而 $x_j \in X, j \in X$ ，则其相关关系 R 可表示为：

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

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分系统。

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。处于金字塔尖的方块（顶点）代表系统的支配元素。系统图的顶点数是有限的，顶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。

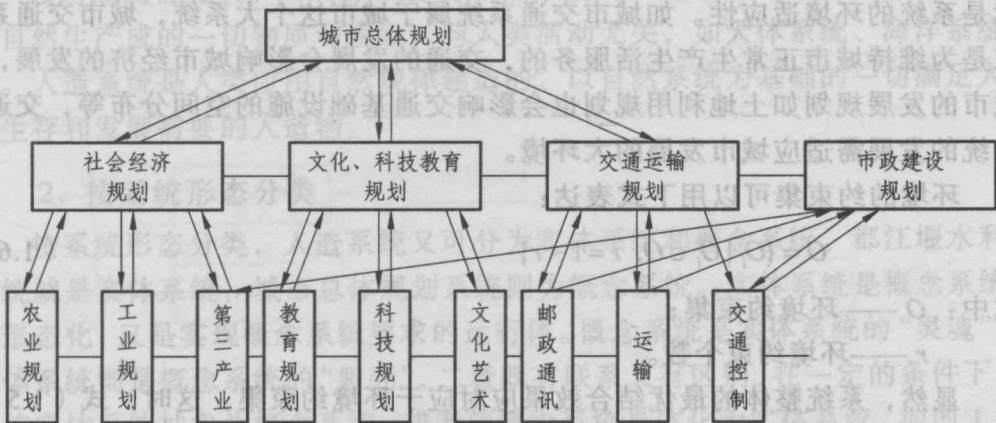


图 1.2 城市总体规划系统结构图

图 1.2 所示的是一个城市总体规划系统，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，低层次的系统则处于接受和服从领导的地位。在隶属关系的原則下，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。

5. 整体性

整体性是从协调的侧面说明上述 4 个特征的。任何一个元素都不能离开整

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 代表系统阶层结构。

6. 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的物质环境（即更大的系统）之中，因此，系统与外部环境之间必须产生物质、能量和信息的交换，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。如城市交通系统属于城市这个大系统，城市交通系统是为维持城市正常生产生活的服务的，交通的发展会影响城市经济的发展，城市的发展规划如土地利用规划也会影响交通基础设施的空间分布等，交通系统的发展需适应城市发展的大环境。

环境的约束集可以用下式表达：

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

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：

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

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

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。



常见问题

1. 系统的定义是什么？

解答：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