

# 城市规划系统工程 与信息技术

曹永卿 汤放华 著

中国铁道出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是作者在多年的城市规划教学、城市规划设计以及城市规划新技术应用研究成果的基础上编撰而成。主要内容包括三大部分:第一部分深入研究了现代城市的系统性质及城市规划系统工程方法,特别是钱学森创立的从定性到定量系统综合集成研讨厅方法;第二部分详细介绍了城市规划系统分析常用数学模型及其电子表格计算方法;第三部分将地理信息系统与虚拟现实技术引入城市规划设计空间分析与辅助决策。

本书适合作为大学城市规划专业教材,也可作为高职高专城市规划专业教材,亦可供规划设计人员和规划管理人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市规划系统工程与信息技术/曹永卿,汤放华著.

北京:中国铁道出版社,2005.11

ISBN 7-113-06770-0

I. 城… II. ①曹…②汤… III. ①城市规划-系统工程②信息技术-应用-城市规划 IV. TU984

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 137363 号

书 名:城市规划系统工程与信息技术

作 者:曹永卿 汤放华 著

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:李小军

责任编辑:李小军

编辑部电话:010-83550579

封面设计:陈东山

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:730×988 1/16 印张 字数: 千

版 本:2005年11月第1版 2005年11月第1次印刷

印 数: ~ 册

书 号:ISBN 7-113-06770-0/TU·820

定 价:28.00元

---

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话:010-63549466

网址:<http://www.tdpress.com>

## 前 言

现代城市的高度聚集和高速增长,使得城市发展方式由古代的有机生长方式普遍让位于规划建设方式。人是城市的主体,城市规划设计的意图除受自然地理条件、社会经济状况、历史文化传统影响之外,还受决策人、规划师、业主的倾向影响。由于城市规划问题的复杂性、重大性,规划界一直在为发展科学的规划理论和规划技术而努力。我国正处在经济快速发展、城市化进程加快的历史阶段,城市规划建设任务繁重。因此,总结国内外城市规划技术的发展历史,研究适合我国城市规划,特别是广大中小城市规划的新技术,是我国规划工作者义不容辞的责任。

回顾城市规划科学和规划技术的发展历史,我们不难发现,系统论思想、系统工程方法、计算机技术一直在对传统的城市规划理论和技术产生影响,城市规划科学和技术一直在从其他学科和技术中吸收营养。

早在 1898 年,为解决资本主义大城市产生的所谓“城市病”问题,社会活动家霍华德就提出了“田园城市”理论。该理论明确地把城市规划建设问题与社会政治、经济、城乡关系、生态环境问题联系起来。1933 年发表的雅典宪章和 1977 年发表的马丘比丘宪章,其基本精神是城市与乡村都是构成一定区域的要素,不能孤立地研究城市:一方面强调人是城市的主体,另一方面强调人造的居住环境必须与自然环境协调;强调应该建立多功能的综合区等等。可以说系统思维在城市规划理论中一直占有重要地位。

计算机与城市规划的结合最早发生在 20 世纪 60 年代的英国,后来影响到美国等其他国家。20 世纪 60 年代,电子计算机已经投入实际应用。受到系统工程技术在解决大型复杂工程问题所取得的成效的鼓舞,一些系统工程专家开始将系统工程技术和计算机技术应用于城市规划系统分析。他们热衷于建立数学模型,用计算机求解,以期解决诸如土地利用、设施布局、交通组织、物资运输等问题。到了 70 年代,城市规划中纯定量分析逐渐减

少了,原因是这种在硬系统设计中行之有效的方法对于解决复杂的城市问题未能产生预期的效果。由于数学模型的复杂性和必须使用在当时看来昂贵又神秘的计算机,一般的工程技术人员、市政府官员难于插手城市规划,公众参与也被拒之门外,最后,招致人们对于系统工程用于城市规划的种种责难。

20世纪70年代,美国出现了政策科学,即将系统工程用于处理社会问题。我国在普及推广系统工程应用时,一开始就面向包括社会经济和改革开放的一切复杂问题。钱学森认为系统工程“是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法”。所以,自20世纪80年代以来,我国出现的系统工程已不同于最初的硬系统方法。

系统工程技术的新发展不断被应用于城市与区域规划工作。在我国,20世纪80年代末至90年代初相继有两部城市规划系统工程专著问世,一部是张启人教授的《城市规划系统工程》,另一部是陈秉钊教授的《城市规划系统工程学》。这两部著作都结合了城市与区域规划实践,保持了系统工程注重量化研究的特点。两部著作都用于规划专业教学,对推动我国城市规划系统工程新技术应用发挥了很大作用。

20世纪90年代初,钱学森提出了很具超前性的“从定性到定量综合集成研讨厅”的思想。该思想的核心是将专家群体、数据和各种信息与计算机仿真有机地结合起来,把有关学科理论和人的经验与知识结合起来,发挥综合系统的整体优势去解决实际问题。钱老的思想很符合我国人大、政协民主决策的特点,同时结合了现代信息技术,北京系统工程研究所对此进行了详细研究。与此同时,计算机技术也有了巨大发展,其功能已大大超出它们问世时的“数值计算”,成为了性能超强的信息处理工具。钱学森对系统工程的新贡献以及计算机技术的新发展有力地打破人们对系统工程和计算机的神秘感,必将引发城市规划新一轮技术创新。

基于上述背景,我们编著本书的目的,就是力图突破以往系统工程研究偏重于数学模型决定论的传统,努力将钱学森创导的“从定性到定量综合集成研讨厅”思想移植应用于城市规划工作,并为保证综合集成的有效实施,努力研究现代计算机信息技术在城市规划中的应用途径和方式。具体地说:

1. 为深化人们对城市系统的认识,我们对现代城市的系统性质及规划原则进行了较深入的研究。研究了诸如整体性、层次性、开闭性、自然性、人文性、区位性、难度自增殖性、混沌性、可虚拟性等特征是如何对规划产生影响的。

2. 为改善和丰富对城市系统的定性分析,我们引入了一些现代分析方法,如面向对象方法、面向问题方法、混沌与分形概念、点-轴分析、目标-手段分析、门槛分析等等。这些方法的正确运用对于规划师处理好主客观关系,发现规划问题,明确规划对策具有指导意义。

3. 定量分析仍然是系统工程追求的目标。本书的第二篇除介绍城市规划常用数学模型应用外,成功地将流行的电子表格软件 Excel 应用于数学模型计算,从入门操作到处理繁杂的主成分分析、人工神经网络训练、数据包络分析等都作了详尽的介绍。电子表格是一个非编程的计算机工具,20世纪80年代在美国就被引入规划教学。电子表格打破了“计算瓶颈”,使广大规划师能真正应用系统工程。

4. 城市规划设计是处理空间分析与决策问题的,在许多情况下,传统的定量分析技术难于从空间分布中发现新知识。平面的、静态的城市设计方法难于对建设场景与生态环境进行可视化表达与评价。因此,本书第三篇介绍了地理信息系统(GIS)与虚拟现实(VR)技术在城市规划中的应用。

由于编著者并非系统工程专家,也非计算机专家,我们只是从城市与区域规划的实际需要研究与应用系统工程与计算机信息技术,因此,本书在体系的完整性和数学的严密性方面肯定存在不少问题,错漏在所难免,恳请读者批评指正。如果书中的某些观点和某些技术对读者有所帮助,我们会感到莫大的欣慰。

# 目 录

## 第一篇 城市规划系统工程方法

第 1 章 系统科学概述	1
1.1 系统及系统思想	1
1.2 系统的分类	4
1.3 系统的表征	10
第 2 章 现代城市的系统性质及规划原则	12
2.1 城市系统的自然性质及与自然协调的原则	12
2.2 城市系统的人文性与自适应原则	13
2.3 城市系统的空间地域性与区位原则	15
2.4 整体性及整体涌现性原则	16
2.5 城市系统的层次性及控制与反馈原则	17
2.6 城市系统的难度自增殖性及旋进原则	17
2.7 城市系统的开闭性及与环境协调原则	18
2.8 城市系统的混沌性与规划的弹性原则,分形原则	19
2.9 城市的可虚拟性及虚实互补原则	24
第 3 章 系统工程方法论	26
3.1 概述	26
3.2 霍尔提出的系统工程三维结构	28
3.3 城市总体规划系统工程一般流程	29
3.4 城市规划一般系统方法论	29
3.5 从定性到定量综合集成研讨厅	35
第 4 章 区域与城市系统分析	42
4.1 面向对象的系统分析方法	42
4.2 面向问题分析方法	46
4.3 面向方法的方法	49
4.4 空间地域发展的“点—轴”分析	49
4.5 空间地域发展的“中心地”分析	50

4.6	门槛理论及门槛分析法	51
4.7	聚类分析	55
4.8	方差分析	59
<b>第5章</b>	<b>系统预测</b>	<b>62</b>
5.1	概述	62
5.2	定性预测法	64
5.3	回归预测法	65
5.4	灰色系统模型预测	69
<b>第6章</b>	<b>系统评价与决策</b>	<b>73</b>
6.1	层次分析法	73
6.2	灰色层次评估法	78
6.3	基于关联分析的方案评价法	82

## 第二篇 电子表格 Excel 在城市规划系统工程中的应用

<b>第7章</b>	<b>工作表单元格基本操作</b>	<b>89</b>
7.1	选择活动单元格	89
7.2	选取工作表	90
7.3	在单元格中输入常数、字符串、公式	90
7.4	单元格引用	91
7.5	复制单元格数据	92
<b>第8章</b>	<b>用函数命令建立函数公式</b>	<b>93</b>
8.1	函数语法	93
8.2	函数的输入方法	94
8.3	常用函数用法举例	94
<b>第9章</b>	<b>统计指标计算</b>	<b>98</b>
9.1	统计指标	98
9.2	几个常用的中间处理函数	100
<b>第10章</b>	<b>资金等值计算</b>	<b>102</b>
10.1	计算将来值(终值公式)——FV函数	102
10.2	计算现值(现值公式)——PV函数	102
10.3	计算净现值(净现值公式)——NPV函数	103
10.4	计算分期偿还额(偿债基金和资本回收公式)——PMT函数	103
10.5	计算偿还金额的本金和利息——PPMT/IPMT函数	103
10.6	计算内部收益率——IRR函数	104

10.7	修正后的内部收益率——MIRR 函数	104
<b>第 11 章</b>	<b>统计预测与回归分析</b>	<b>105</b>
11.1	移动平滑法	105
11.2	指数平滑方法	106
11.3	一元线性回归	107
11.4	多元线性回归分析	108
11.5	非线性回归	110
11.6	分析趋势	111
<b>第 12 章</b>	<b>规划求解</b>	<b>114</b>
12.1	单变量求解	114
12.2	用单变量求解工具解方程	115
12.3	线性规划求解	116
12.4	线性规划举例	116
<b>第 13 章</b>	<b>Excel 综合应用举例</b>	<b>119</b>
13.1	层次分析法排序计算	119
13.2	模糊评定法计算	122
13.3	矩阵运算及在灰色系统预测中的应用	126
13.4	单变量求解在居住小区技术经济指标计算中的应用	130
13.5	用工作表计算道路土方	133
13.6	单变量求解在单约模型求解中的应用	137
13.7	用循环引用公式解双约模型	141
13.8	系统聚类分析计算	144
13.9	单源连续型选址模型求解	147
13.10	关联分析计算	149
13.11	单因素方差分析	151
<b>第 14 章</b>	<b>用电子表格 Excel 训练人工神经网络</b>	<b>153</b>
14.1	Adaline 网络训练	153
14.2	自组织系统(Kohonen 网络)训练	156
14.3	BP 神经网络	160
<b>第 15 章</b>	<b>B-P 人工神经网络在环境质量评价中的应用</b>	<b>168</b>
15.1	评价方法	168
15.2	B-P 网络的 Excel 计算方法	169
<b>第 16 章</b>	<b>人工神经网络用于城市地价等级评定</b>	<b>172</b>
<b>第 17 章</b>	<b>主成分分析及在城市规划中的应用</b>	<b>175</b>
17.1	基本概念	175

17.2	相关矩阵的特征值计算	175
17.2	主成分分析的计算方法	177
17.3	主成分分析的计算步骤	178
17.4	主成分的解释作用	180
17.5	主成分分析的评价作用	180
17.6	主成分的分类作用	181
<b>第 18 章</b>	<b>数据包络分析及在城市规模效益分析中的应用</b>	<b>182</b>
18.1	DEA 的基本概念	182
18.2	CCR DEA 的数学模型	182
18.3	一个数字简例	183
18.4	图解分析	184
18.5	DEA 的电子表格 Excel 求解方法	184
18.6	湖南省地级市规模效率 DEA 分析	186

### 第三篇 地理信息系统与数字城市

<b>第 19 章</b>	<b>地理空间数据与地理信息系统</b>	<b>188</b>
19.1	地图(map)	188
19.2	地理空间数据	190
19.3	地理信息系统	193
<b>第 20 章</b>	<b>MapInfo 主要功能及基本操作</b>	<b>195</b>
20.1	MapInfo 功能与特点	195
20.2	MapInfo 窗口与基本操作	196
<b>第 21 章</b>	<b>MapInfo 表的管理与使用</b>	<b>198</b>
21.1	表的创建	198
21.2	表的修改	200
21.3	表的复制与重命名	201
21.4	表的删除	201
21.5	表的紧缩	201
21.6	表的数据更新—添加行	202
21.7	表的数据更新—更新列	202
<b>第 22 章</b>	<b>制作 MapInfo 数字地图</b>	<b>206</b>
22.1	将 *.dwg 文件转换为 *.tab 文件	206
22.2	用屏幕数字化建立 MapInfo 数字地图	207
22.3	用对象的操作工具来编辑图形对象	208

22.4	栅格地图配准	208
22.5	地理编码	210
22.6	创建点	211
<b>第 23 章</b>	<b>地理分析</b>	<b>213</b>
23.1	合并对象	213
23.2	分割对象	213
23.3	擦除对象	214
23.4	叠压节点	215
23.5	缓冲分析	215
<b>第 24 章</b>	<b>选择与查询</b>	<b>217</b>
24.1	屏幕选择工具	217
24.2	选择查询	217
24.3	SQL 查询	218
<b>第 25 章</b>	<b>创建专题地图</b>	<b>219</b>
25.1	专题地图的类型	219
25.2	创建专题地图的步骤	219
<b>第 26 章</b>	<b>数字城市建设</b>	<b>221</b>
26.1	数字城市概念	221
26.2	城市规划地理信息综合应用系统	222
26.3	系统主界面	224
<b>第 27 章</b>	<b>基于 GIS 与 VR 相结合的城市设计虚拟现实解决方案</b>	<b>226</b>
27.1	实时应用与传统动画的区别	226
27.2	GIS 与 VR 的区别	227
27.3	基于 ArcGIS 与 VR 的城市设计虚拟现实系统	227
<b>第 28 章</b>	<b>ArcView 与空间分析</b>	<b>229</b>
28.1	创建视图和主题	229
28.2	数字高程模型与三维地势分析	232
28.3	三维场景及导航浏览	236
28.4	表面分析	238
28.5	寻找合适的地区	242
28.6	制作人口密度图	247
<b>第 29 章</b>	<b>Creator 建模技术</b>	<b>250</b>
29.1	Creator 的简介	250
29.2	Creator 的工具箱	251
29.3	Creator 的层次结构	255

---

---

29.4	Creator 的参考面 .....	256
29.5	LOD 的引入 .....	256
<b>第 30 章</b>	<b>SiteBuilder 3D 中虚拟场景制作 .....</b>	<b>258</b>
30.1	SiteBuilder 3D 软件简介 .....	258
30.2	创建三维地形和虚拟对象 .....	259
30.3	SiteBuilder 3D 主要功能介绍 .....	260
30.4	动画的制作 .....	262
参考文献 .....		264

# 第一篇

## 城市规划系统工程方法

### 第1章 系统科学概述

#### 1.1 系统及系统思想

##### 1.1.1 系统(systems)

在科学、技术、政治、经济、军事、交通、教育等各个社会活动领域，“系统”是一个应用最广泛的术语，系统无处不有。一个蒸汽机自动调节器是一个系统，一台电脑是一个系统，一条生产线是一个系统，一个企业是一个系统，一个联合企业体系是一个系统，整个国民经济是一个系统；一个生物个体是一个系统，生物圈是一个系统，整个自然界也是一个系统；一个城市是一个系统，整个社会是一个系统。

按照现代系统研究开创者贝塔朗费的定义，系统是“相互作用的多元素的复合体”。稍加精确地说，如果一个对象集合中至少有两个可以区分的对象，所有对象按照可以辨认的特有方式相互联系在一起，就称该集合为一个系统。这个定义强调了两个特点：其一是多元性，一个系统存在有差别的多个事物组成部分，多样性和差异性系统是“生命力”的重要源泉；其二是相关性或相干性，系统中的各组成部分是互相作用、互相补充、互相制约的，相关性也是系统“生命力”的重要源泉。这两个特点又构成了系统的另一重要特性，即整体性。

系统科学认为：系统是一切事物的存在方式之一。一般地说，现实世界不存在没有任何内在相关性的事物群体。由此看来，我们要重点研究的城市和城镇体系是系统这一点是毫无疑问的。

### 1.1.2 系统思想(systems thinking)

人类自有生产活动以来,无不在同自然系统打交道。《管子》《地员》篇、《诗经》农事诗《七月》、秦汉汜胜之著《汜胜之书》等古籍,对农作与种子、地形、土壤、水分、肥料、季节、气候等诸因素的关系,都有辩证的论述。齐国名医扁鹊主张对病人的气色、声色、形貌综合辩证诊治。周秦至西汉初年的古代医学总集《黄帝内经》,强调人体各器官的有机联系,生理现象和心理现象的联系,以及身体健康与自然环境的联系。战国时期秦国李冰父子设计修造了伟大的都江堰,共有分水、排砂、引水 3 大主体工程和 130 个附属渠堰工程,各工程之间紧密联系,构成一个协调运转的工程总体。我国古天文学很早就揭示了天体运行与季节变化的联系,编制出历法和指导农事活动的二十四节气。我国古代农事、工程、医药、天文知识和成就,都在不同程度上反映了朴素的系统概念的自发应用。人类在认识系统思想、系统工程之前,就已在进行辩证地系统思维了。

古希腊辩证法奠基人之一赫拉克利特说过:“世界是包括一切的整体”。古希腊唯物主义者德谟克利特的一本没有留传下来的著作名为《宇宙大系统》。我国春秋末期思想家老子强调自然界的统一性。南宋陈亮的“理一分殊”思想,称“理一”为天地万物的理的整体,“分殊”是这个整体中每一事物的功能,试图从整体角度说明部分与整体的关系。用自发的系统概念考察自然界,这是古代中国和希腊唯物主义哲学思想的一个特征。古代辩证唯物的自然观,强调对自然界整体性、统一性、层次结构和有序性的认识,包含了系统思想的萌芽,但由于缺乏对整体各个细节及其联系的认识能力,因而对整体性和统一性的认识是不完全的。

15 世纪下半叶,力学、天文学、物理学、化学、生物学等逐渐从混为一体的哲学中分离出来。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。这种认识方法移植到哲学中,成为形而上学。形而上学在深入的、细节的考察方面较古代哲学是一个进步,但是,形而上学撇开总体的联系来考察事物的过程,因而就堵塞了从了解部分到了解整体再到了解普遍联系的道路。

19 世纪上半期,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各个领域内的过程之间的联系,而且总的说来也能指出各个领域之间的联系了,这样,我们就能够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联系的清晰图画。”建立在十九世纪自然科学成就基础之上的辩证唯物主义,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整体性的思想,也就是系统思想。由此看出,在近代科学技术和文化发展的基础上,系统思想进一步从经

验上升为哲学,从思辨进展到了定性论述。

现代科学技术对于系统思想方法的第一个贡献是:为系统思想方法提供了定量化的数学理论,从而有可能定量处理系统各组成部分的相互联系;第二个贡献是:为量化系统思想方法的实际应用提供了强有力的计算工具——电子计算机。这两大贡献都是20世纪中期实现的。

为解决现代社会种种复杂的系统问题,对材料的量化要求越来越强烈,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。第二次世界大战是量化系统方法发展的里程碑。这次战争在方法和手段上的复杂程度较以往的战争有很大增长,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、最终求得全局效果最佳的目标下,对拟采取的措施和反措施进行精确的定量分析,才有希望在对决中取胜。这样一种强烈的需要,以极大的力量把一大批有才干的科学工作者吸引到拟定与评价战争计划、改进作战技术与军事装备及其使用方法的研究工作中,其结果是量化系统方法及强有力的计算工具即电子计算机的出现,并成功应用于作战分析,接着便广泛用于分析工程、经济、政治领域的大型复杂的系统问题。当取得数学表达式和计算工具,系统思想方法便从一个哲学思维发展成为科学。这就是系统思想从经验到哲学再到科学,从思辨到定性再到定量的大致发展过程。

恩格斯说:“思维既把相互联系的要素联合为一个统一体,同样也把意识的对象分解为它们的要素。没有分析就没有综合。”系统思想是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达形式,在运筹学和其他系统科学那里取得了定量的表达形式,在系统工程那里获得了丰富的实践内容。

### 1.1.3 系统科学(system science)

系统科学是在自然科学、数学科学和社会科学三大部门之外正在形成的一个新的科学技术部门。按照钱学森提出的现代科学技术的体系观点,在系统科学中,直接与改造世界的社会实践相联系的,是一类新工程技术——系统工程,这类工程技术的共同理论基础是运筹学、控制论和信息论等三门技术科学。如同自然科学大部门中不仅有工程技术、技术科学,还有基础科学(物理、化学)一样,系统科学也有基础科学。构成这门基础科学材料,一方面来自从工程技术实践中提炼的技术科学,如运筹学、控制论和信息论,另一方面来自自然科学和数学科学中的系统理论成果,如冯·贝塔朗费的一般系统论和理论生物学,普里戈金的系统远离热力学平衡态的耗散结构理论,哈肯的协同学,弗勒利希微波激励生物细胞分离理论,艾肯关于生命自组织巨系统的超循环理论,以及托姆的突变论等。钱学森认为,把上述两方面材料融会贯通,综合发展,就可以建立起系统科学的基础科学,即一切系统的一般理论——“系统学”,就将使得系统科学这个新的科学技术部门完全建立起来。系统科学从各门系

系统工程,到运筹学、控制论和信息论,再到系统学,形成一个体系。这个体系是系统学通向马克思主义哲学的桥梁,是近一百年前启示的、后来又经过现代科学技术大大丰富了“系统观”。系统观是现代科学(包括社会科学)的方法论的组成部分,包括功能模拟方法、信息方法、反馈方法和系统方法。现代科学方法论中的系统观,对科学和哲学的发展都产生着很大的影响。推动系统科学研究的强大动力是现代组织管理的需要。系统科学的成立必将极大加强人类直接改造客观世界的的能力,促进其他科学技术部门的发展。所有这些,又都最终发展和深化作为人类知识最高概括的马克思主义哲学。

下面是钱学森提出的系统科学体系结构(图 1.1)。

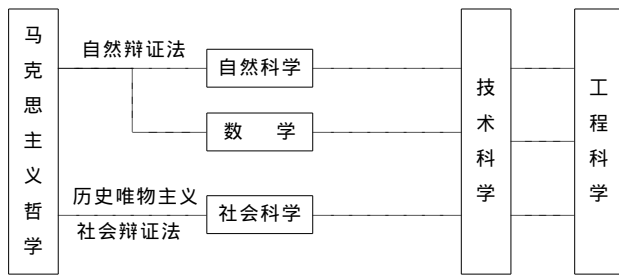


图 1.1 系统科学体系结构

## 1.2 系统的分类

世界上存在各种各样的具体系统。无论是在不同等级的系统之间,还是在同一等级不同类型的系统之间,都存在质的差别。为了便于对系统进行深入研究,需要根据其共同点和差异点进行分类。

### 1.2.1 系统等级划分

#### 1. 系统是结构与功能的统一

结构与要素具有相对独立性,从而结构具有等级性;功能与要素活动具有相对独立性,从而功能具有等级性;结果、结构等级与功能等级辩证地统一成为系统等级。系统的等级性乃是一般系统的基本性质之一。

#### 2. 子系统、系统、超系统

通常,我们称系统是由二个或二个以上的要素组成的,这些要素又可分成下一等级的要素,为方便起见,引入“子系统”概念,说该系统是由几个子系统组成的。原则上,一个系统可以分成无穷多个要素。实际上,只要达到在所考虑的问题范围内不能或不再加细分的一些基本单位,这些单元称之为要素。另一方面,我们所考虑的系统又可以

与其他系统相结合而构成更大的系统。为方便描述,引入“超系统”概念,说这一系统是我们研究的系统的超系统。

这样就得到两个相反的系统等级序列:

- (1)系统 第一级子系统 第二级子系统 …… 要素
- (2)系统 第一级超系统 第二级超系统 …… 总系统

“总系统”是指在我们所考虑的问题范围内不能或不必再与其他系统结合而构成更大系统的总体系统。

### 3. 具体系统的自然等级

在实际研究工作中,系统等级的划分可根据研究者需要而进行。但是研究者也必须根据所研究系统的自然等级进行划分。下面说明几个系统的自然等级。

(1)宇宙等级。把宇宙作为一个系统考虑,系统等级如下:超星系团→星系团→星系→星团→星球→原子,分子→原子核→基本粒子。

(2)人类等级。全人类可视为一个系统,而人的细胞是人体的基本生命单元。从下往上为:细胞→组织→器官→器官系统→个人→家庭→村庄→城镇→城市→国家→全人类。

(3)管理等级。在人类系统中,在群体(如家庭)以上等级上不可避免地存在着管理问题。根据有关人员的管理权限大小,管理系统可分成多级。资本主义的工业企业典型的管理等级为:工人→工头→经理→副总经理→总经理。

(4)营养等级。在食物链潜在的能量系统中,越是低级的,个体数越多,越是高级的,个体数越少,其等级为:绿色植物→草食动物→肉食动物→杂食动物。

(5)城镇体系。区域城镇体系为:中心大城市→省会城市→地区城市→县级城市→中心建制镇→一般镇→村镇等。

## 1.2.2 子系统与分系统的划分

### 1. 子系统与分系统概念

系统可以用下列的两种不同方式定义:

第一种:系统可定义为相互作用的诸要素的集合。

第二种:系统可定义为抽象集上的关系。

从第一种定义,可推知系统的等级性,系统的每一级包含有各自独立的多个子系统,而系统可视为这些子系统的互相联系中产生的整体。从第二种定义,可得到“分系统”的概念。所谓分系统是指系统的各子系统(或要素)在某些侧面具有重要意义的某些关系。这样,系统被看作是相互联系的各分系统的集合。分系统的概念在系统研究中具有十分重要的意义,因为对任一系统的研究不仅包含对其子系统的研究,还包括对它们相互关系的研究,而对这些关系的研究就涉及到对各分系统的研究。城市的系统分析和系统规划总是从子系统和分系统两个方面展开。

## 2. 子系统、分系统实例(如图 1.2(1)~(4))

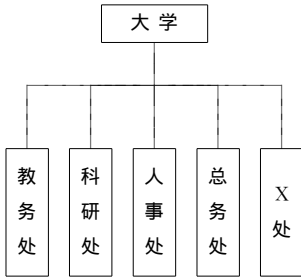


图 1.2(1) 大学的各分系统

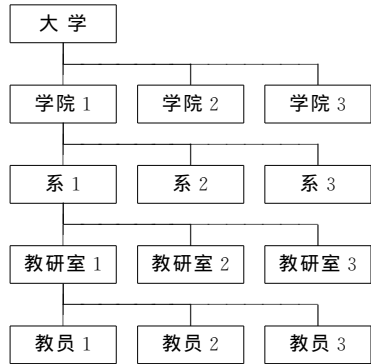


图 1.2(2) 大学的各级子系统

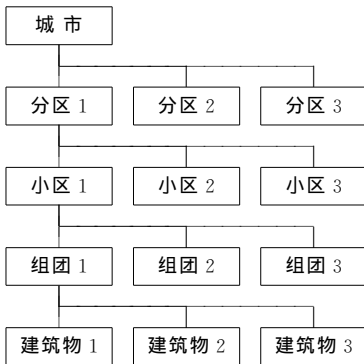


图 1.2(3) 城市的子系统

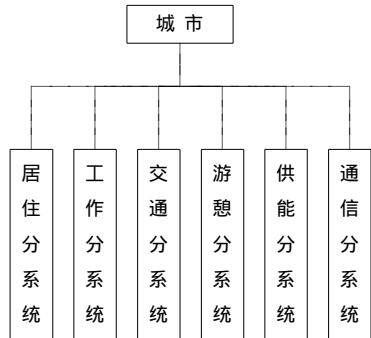


图 1.2(4) 城市的分系统

## 3. 子系统-分系统矩阵

研究一个系统,可以有两种路径。其一,先分析系统的各子系统及等级,找出各级子系统,再分析系统的分系统及其等级;其二,先分析系统的各分系统及其等级,再研究各级分系统的组元,弄清系统自身的子系统及其等级。无论采用哪一种路径,最后都可以得出子系统-分系统矩阵。如表 1.1。

表 1.1 子系统-分系统矩阵

	分系统 1	分系统 2	……	分系统 $n$
一级子系统	$a_{11}$	$a_{12}$		$a_{1n}$
二级子系统	$a_{21}$	$a_{22}$		$a_{2n}$
……				
$n$ 级子系统	$a_{n1}$	$a_{n2}$		$a_{nm}$
要素	$a_{n+1,1}$			$a_{n+1,n}$