

SHUI ZI YUAN XI TONG
YOU HUA FANG FA

水资源系统 优化方法

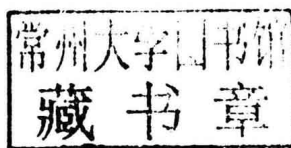
王建群 谭忠成 陆宝宏◎编著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

水资源系统优化方法

王建群 谭忠成 陆宝宏 编著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

“水资源系统优化方法”是水文与水资源工程及相关专业本科生及研究生的重要专业基础课。本书结合水资源系统的特点,阐述了水资源系统优化方法的基本理论和方法及其在水资源系统规划、设计、管理中的应用。主要内容包括水资源系统分析的基本概念、线性规划、非线性规划、动态规划与水库优化调度、多目标规划及近年来应用广泛的群体智能优化算法等的基本理论、方法及其应用。

本书可作为水文与水资源工程、水利水电工程、农业水土工程及相关专业的本科生教材,同时可供研究生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源系统优化方法/王建群等编著. —南京:河海大学出版社,2016.3 (2016.5重印)

ISBN 978-7-5630-4349-1

I. ①水… II. ①王… III. ①水资源—系统优化—研究 IV. ①TV211

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 053507 号

- | | |
|------|---------------------------------------|
| 书 名 | 水资源系统优化方法 |
| 书 号 | ISBN 978-7-5630-4349-1 |
| 责任编辑 | 成 微 |
| 装帧设计 | 黄 煜 |
| 出版发行 | 河海大学出版社 |
| 地 址 | 南京市西康路 1 号(邮编:210098) |
| 电 话 | (025)83737852(总编室) (025)83722833(营销部) |
| 经 销 | 江苏省新华发行集团有限公司 |
| 排 版 | 南京新翰博图文制作有限公司 |
| 印 刷 | 虎彩印艺股份有限公司 |
| 开 本 | 787 毫米×960 毫米 1/16 |
| 印 张 | 10.75 |
| 字 数 | 201 千字 |
| 版 次 | 2016 年 3 月第 1 版 |
| 印 次 | 2016 年 5 月第 2 次印刷 |
| 定 价 | 28.00 元 |



前言

水资源是与人类生产生活关系最为密切的自然资源。由于人口和工农业生产的迅速发展,城市化进程的加快,水资源、水环境、水生态问题也愈来愈突出。因此,用整体的、综合的、优化的方法研究水资源开发利用成为必然。水资源系统优化方法是把水资源规划、设计与管理中的研究对象作为系统进行定量化、模型化和择优化研究的科学方法。其根本特征在于从系统的整体出发,把分析与综合、分解与协调、定性与定量结合起来,精确处理部分与整体的辩证关系,科学地把握系统,达到水资源系统整体优化。水资源系统优化方法已在水资源系统规划、设计与管理中得到了广泛的应用。

“水资源系统优化方法”是水文与水资源工程及相关专业本科生及研究生的重要专业基础课。本教材结合水资源系统的特点,阐述了水资源系统优化方法的基本理论和方法及其在水资源系统规划、设计和管理中的应用。主要内容包括水资源系统分析的基本概念、线性规划、非线性规划、动态规划与水库优化调度、多目标规划及近年来应用广泛的群体智能优化算法等的基本理论、方法及其应用。本教材试图体现以下特色:(1)紧密结合水资源系统规划、设计和管理与实践,介绍最优化方法。在第1章中,除了阐述水资源系统分析和优化方法的基本概念和思想外,还列举了水资源系统规划、设计和管理中的优化问题实例;后续章节从水资源系统优化问题和模型的角度介绍常用的优化方法,所列举的例题、习题尽量结合水资源系统优化问题。(2)紧密结合水资源系统分析的学科前沿,介绍最优化方法。例如,在第3章,除了经典的非线性优化基本理论和方法之外,还介绍了线性约束系统模型、综合约束系统模型等水文系统响应模型及支持向量机模型建模用到的二次规划方法——有效集法、概念性水文模型自动优化率定常用方法 SCE-UA 方

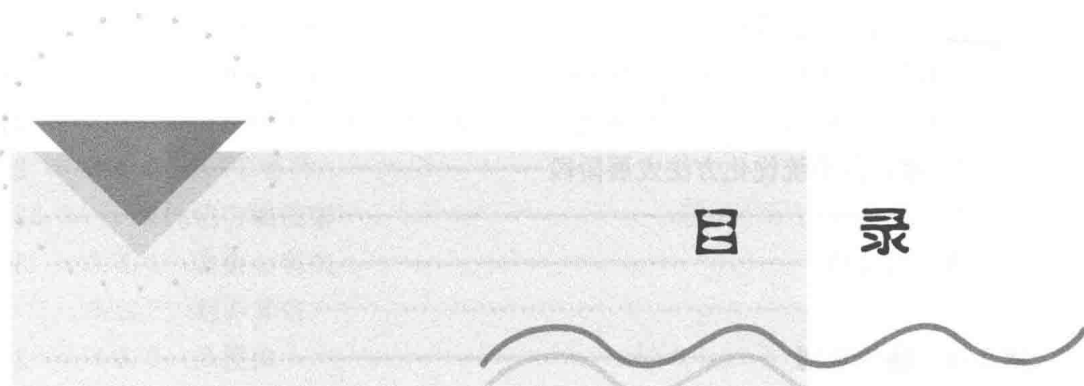
法及其改进;在第4章,结合水电站优化调度的实际介绍动态规划的基本理论和方法,介绍了水电站优化调度动态规划的改进算法——增量动态规划法和POA算法;在第5章,介绍了近年来发展的、在水资源系统分析领域得到应用的几种代表性的群体智能算法——遗传算法、粒子群算法、蚁群算法和狼群算法;在第6章,介绍了在水资源系统分析领域广泛应用的多目标规划的思想、理论和方法。(3)注重探索性和创新能力的培养、训练。在介绍优化方法时,注重介绍方法的基本思想和分析技巧;每章后面的习题,除了基本题外,为了进一步培养学生的创新能力,还增加了打“*”号的提高题,以适应研究性教学或“翻转课堂”教学模式的改革需求。本教材的目的是,通过教学使学生了解和掌握水资源系统优化的基本理论和方法,包括水资源系统分析的基本概念、线性规划、非线性规划、动态规划和多目标规划等的基本理论和方法,通过本课程的学习,使学生具备运用水资源系统优化方法解决水资源的合理开发、利用、保护和管理实践中目标分析和规划、模型或参数优化、方案寻优或排序的能力。本书可作为水文与水资源工程、水利水电工程、农业水土工程及相关专业的本科生教材,同时可供研究生及工程技术人员参考。

本教材的编著参阅和借鉴了大量的学术文献、教材和著作,本教材的出版得到了河海大学出版社的关心和支持。在此对各位作者、编著者和出版社一并表示衷心感谢!

关于本教材错误之处和修订建议,烦请函告本教材作者: wangjq@hhu.edu.cn。

编 者

2016年1月



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 水资源系统优化问题的提出	1
1.2 系统的概念	4
1.2.1 系统的定义	4
1.2.2 系统的特征	4
1.2.3 系统的构成要素	5
1.2.4 系统的层次	6
1.2.5 系统的分类	7
1.2.6 系统方法	7
1.3 系统分析的概念和内容	8
1.3.1 系统分析的概念	8
1.3.2 系统分析的内容	8
1.3.3 系统分析与系统工程等学科的关系	11
1.4 水资源系统分析与优化方法	12
1.4.1 水资源系统的特征	12
1.4.2 水资源系统分析量化方法	14
1.4.3 水资源系统优化方法步骤	16
1.5 水资源系统优化问题举例	17
1.5.1 水库防洪优化调度问题	17
1.5.2 水库发电优化调度问题	20
1.5.3 综合利用水库特征水位选择问题	21

1.5.4 水资源优化配置问题	21
1.5.5 水库调洪演算问题	23
1.5.6 流域水文模型参数优化问题	24
1.6 水资源系统优化方法发展阶段	25
习题	29
本章参考文献	30
第2章 线性规划	31
2.1 线性规划数学模型	31
2.1.1 问题的提出	31
2.1.2 线性规划的一般形式	34
2.1.3 线性规划的标准形式	35
2.1.4 可行解与最优解的定义	36
2.2 线性规划图解法	37
2.3 线性规划基本定理	39
2.4 单纯形法	40
2.4.1 基本思想	40
2.4.2 单纯形算法	41
2.5 人工变量法	46
2.5.1 大 M 法(惩罚法)	46
2.5.2 两阶段法	49
2.6 对偶问题	52
2.6.1 对偶问题的定义	52
2.6.2 对偶问题的性质	57
2.6.3 对偶问题的经济解释	58
2.6.4 对偶单纯形法	59
2.7 灵敏度分析	61
习题	65
本章参考文献	67
第3章 非线性规划	68
3.1 非线性规划的数学模型	68
3.2 最优性条件	69

3.2.1	极值点的概念	69
3.2.2	极值点存在的条件	69
3.2.3	凸规划问题的最优解	70
3.2.4	K-T 条件	72
3.3	一维优化与线搜索	75
3.3.1	黄金分割法	75
3.3.2	划界算法	76
3.3.3	线搜索	77
3.4	无约束极值问题的解析法	79
3.4.1	梯度法	79
3.4.2	拟牛顿法	80
3.4.3	共轭梯度法	81
3.5	二次规划	83
3.5.1	基本性质	83
3.5.2	等式约束二次规划	84
3.5.3	有效集法	85
3.6	罚函数法	89
3.6.1	外点法	89
3.6.2	内点法	91
3.7	直接方法	92
3.7.1	交替方向法	93
3.7.2	Powell 法	93
3.7.3	单纯形法	94
3.7.4	SCE-UA 算法	96
	习题	100
	本章参考文献	102
第 4 章	动态规划与水库调度	103
4.1	多阶段决策问题	103
4.2	动态规划的基本原理	108
4.3	水库发电优化调度模型	109
4.4	动态规划的改进算法	112
4.4.1	增量动态规划法	112

4.4.2 逐步优化法	113
习题	114
本章参考文献	115
第5章 群体智能优化算法	116
5.1 遗传算法	117
5.1.1 算法的起源	117
5.1.2 基本原理与步骤	119
5.1.3 编码策略	120
5.1.4 适应度函数	120
5.1.5 终止条件	121
5.1.6 选择操作	121
5.1.7 交叉操作	122
5.1.8 变异操作	123
5.1.9 算法的参数	123
5.1.10 算法的特点	123
5.2 粒子群算法	124
5.2.1 算法的起源	124
5.2.2 基本原理与步骤	125
5.2.3 算法改进	126
5.2.4 收敛性	127
5.2.5 算法的特点	129
5.3 蚁群算法	129
5.3.1 算法的起源	129
5.3.2 基本原理与步骤	129
5.3.3 算法的特点	132
5.4 狼群算法	133
5.4.1 算法的起源	133
5.4.2 基本原理与步骤	133
5.4.3 算法的参数	135
5.4.4 算法的特点	136
习题	136
本章参考文献	140

第 6 章 多目标规划	143
6.1 多目标规划问题的提出与特点	143
6.2 多目标规划的模型与基本概念	144
6.2.1 多目标规划问题的解	144
6.2.2 多目标问题的最优性条件*	147
6.2.3 置换率的概念*	148
6.3 多目标规划求解方法	149
6.3.1 多目标规划求解方法分类	149
6.3.2 理想点法	150
6.3.3 主要目标法	151
6.3.4 权重法	152
6.4 一种交互式多目标决策方法*	152
6.4.1 概述	152
6.4.2 广义多目标决策问题的转化	153
6.4.3 算法的理论基础	155
6.4.4 新的交互式算法	156
6.4.5 实例	158
习题	160
本章参考文献	161

1.1 水资源系统优化问题的提出

水资源是与人类生产生活关系最为密切的自然资源,但人类对水及水资源开发利用的认识,从公元前 3000 年埃及人在尼罗河首设水尺观察水位涨落并筑堤开渠开始,到 19 世纪末 20 世纪初近代意义的大坝水库在世界许多河流上纷纷筑造为止,从由萌芽到成熟、由经验到理论、由局部到整体,经历了极为漫长的发展过程。

人类很早就对水利有了定性的认识,并已具备灌溉、防洪等方面的经验。

公元前 3000 年古埃及人在尼罗河首设水尺观察水位涨落,并筑堤开渠。

公元前 21 世纪,黄河泛滥,鲧、禹父子二人受命于尧、舜二帝,任崇伯和夏伯,负责治水。鲧采取“水来土挡”的策略治水失败后,大禹带着尺、绳等测量工具到中国的主要山脉、河流作了一番严密的考察。面对滔滔洪水,大禹从鲧治水的失败中汲取教训,改变了“堵”的办法,对洪水进行疏导,并最终获得了胜利。

都江堰水利工程位于四川成都平原西部都江堰市西侧的岷江上,距成都 56 km,建于公元前 256 年,是战国时期秦国蜀郡太守李冰率众修建的一座大型水利工程,是现存的最古老而且依旧在灌溉田畴、造福人民的伟大水利工程。

19 世纪末 20 世纪初开始,近代意义的大坝水库在世界许多河流上纷纷筑造。

胡佛水坝(Hoover Dam)是美国综合开发科罗拉多河(Colorado)水资源的一项关键性工程,位于内华达州和亚利桑那州交界之处的黑峡(Black Canyon),具有防洪、灌溉、发电、航运、供水等综合效益。大坝系混凝土重力拱坝,坝高 221.4 m,总库容 348.5 亿 m^3 ,水电站装机容量原为 134 万 kW,现已扩容到 208 万 kW,计划达到 245.2 万 kW。胡佛水坝于 1931 年 4 月开始由第卅一任总统赫伯特·胡佛

(Herbert Clark Hoover)为化解美国大萧条以来的困境及加速西南部地区的繁荣,动用 5 000 人兴建,1936 年 3 月建成,1936 年 10 月第一台机组正式发电。

工业革命对自然科学的发展产生了巨大影响.到 20 世纪初,水利工程学已完成了水利学科各分支的理论体系和工程技术等许多方面的发展,代表性的专著如 Mead(1919)的《水文学》,Barrow(1926)的《水利发电工程》,Bakhmeteff(1932)的《明渠水力学》,Schoklitsch et al.(1937)的《水工结构》.19 世纪末 20 世纪初开始,随着近代意义的大坝水库纷纷筑造,人类对水资源开发利用的认识进入了一个新阶段.早期的水资源开发利用及其策略思想的主要特点是:①水利枢纽工程大都限于以单一水库的规划、设计和运行为主;②功能上以单用途单目标开发较多,如单纯的防洪滞洪水库,或航运渠化闸坝、以灌溉引水或发电为目的的水库、堰坝等.20 世纪 30 年代,由于生产需要及高坝技术和高电压输电技术的发展,水库综合利用的思想已开始萌芽.

近代水资源开发利用策略思想的一个重要发展,就是综合利用思想的发展、落实和整体观点的兴起.田纳西河流域综合开发、三峡水利枢纽的建设就是这一思想的体现.

田纳西河(Tennessee River)是美国东南部的河流,俄亥俄河第一大支流.源出阿巴拉契亚高地西坡,由霍尔斯顿河和弗伦奇布罗德河汇合而成.它流经田纳西州和亚拉巴马州,于肯塔基州帕迪尤卡附近注入俄亥俄河.以霍尔斯顿河源头计,它长约 1450 km,流域面积 10.6 万 km^2 .成立于 1933 年 5 月的田纳西流域管理局,对流域进行综合治理,使其成为一个具有防洪、航运、发电、供水、养鱼、旅游等综合效益的水利网.田纳西河流域规划和治理开发的特点,在于其具有广泛的综合性.它在综合利用河流水资源的基础上,结合本地区的优势和特点,强调以国土治理和以地区经济的综合发展为目标.规划的内容和重点也不断调整和充实,初期以解决航运和防洪为主,结合发展水电,以后,又进一步发展火电、核电,并开办了化肥厂、炼铝厂、示范农场、良种场和渔场等,为流域农工业的迅速发展奠定了基础.

三峡水利枢纽位于中国重庆市市区到湖北省宜昌市之间的长江干流上.大坝位于宜昌市上游不远处的三斗坪,在高空俯瞰,三峡水电站和下游的葛洲坝水电站构成梯级电站.三峡水利枢纽具有防洪、发电、航运等综合功能,它是世界上规模最大的水电站,也是中国有史以来建设的最大型的工程项目.由三峡水电站所引发的移民搬迁、环境等诸多问题,使它从开始筹建的那一刻起,便始终与巨大的争议相伴.在大量前期工作的基础上,从 1986 年到 1988 年,由国务院组织 412 位专业人士,分 14 个专题对三峡工程进行了全面、重新论证.三峡水电站 1992 年获得中国全国人民代表大会批准建设,1994 年正式动工兴建,2003 年开始蓄水发电,2009

年全部完工.水电站大坝高 185 m,蓄水高 175 m,水库长 600 余 km,安装 32 台单机容量为 70 万 kW 的水电机组,是全世界最大的(装机容量)水力发电站.

水资源本质上具有多功能、多用途的特性,因此一库多用、一水多效的综合利用的策略思想得以迅速推广、扩大.同时,由于人口和工农业生产的迅速发展,及城市化进程的加快,水资源、水环境、水生态问题也愈来愈突出.因此,用整体的、综合的、优化的方法研究水资源开发利用成为必然.

水资源的综合利用,带来了如何处理在规划和管理的优化决策过程中多个目标、多个准则的优化问题,而且这些目标往往是有冲突的、多半是不可公度的,甚至有些是不能定量而只能定性的.例如,三峡水库的规划和运行,涉及到防洪、发电、航运、生态环境保护等目标,需综合考虑.这就需要将运筹学和系统工程中的多目标优化理论和方法引入到水资源系统的规划、管理工作中.

流域,或地区范围,或跨流域范围的水资源问题,往往是一个大的、复杂的系统.例如,流域干支流水库群联合调度问题,区域水资源优化配置问题,跨流域调水系统运行管理问题,等等.为了使这些大系统问题易于优化求解,利用大系统的分层和分解协调技术常常是非常有利和必要的.

近代水资源开发利用策略思想的特点可以总结为:①系统的、多单元有机联系、整体的观点;②多目标开发,综合利用.由此,引了解决水资源开发利用问题的技术原则,即系统的概念和系统整体优化、综合利用和多目标优化、大系统分解协调优化技术、系统的综合评价技术等.

20 世纪中期以来,随着工农业的迅速发展、城市化进程的步伐加快、城乡人口的急剧增加,资源性缺水、工程性缺水和水质性缺水等水资源短缺问题日渐突出,水的问题日益引起人们的广泛关注,水的资源意识,水的有限性认识为大家所接受,形成了水资源可持续利用的理念(sustainable water resources utilization).水资源可持续利用的理念,就是为保证人类社会、经济和生存环境可持续发展对水资源实行永续利用的原则.可持续发展的观点是 20 世纪 80 年代在寻求解决环境与发展矛盾的出路中提出的,并在可再生的自然资源领域相应提出可持续利用问题.其基本思路是在自然资源的开发中,注意因开发所致的不利于环境的副作用和预期取得的社会效益相平衡.在水资源的开发与利用中,为保持这种平衡就应遵守使供饮用的水源和土地生产力得到保护的原则,保护生物多样性不受干扰或生态系统平衡发展的原则,对可更新的淡水资源不可过量开发使用和污染的原则.因此,在水资源的开发利用活动中,绝对不能损害地球上的生命支持系统和生态系统,必须保证为社会和经济可持续发展合理供应所需的水资源,满足各行各业用水要求并持续供水.此外,水在自然界循环过程中会受到干扰,应注意研究对策,使这种干

扰不致影响水资源可持续利用。

由此可见,水资源开发利用的策略思想经历了一个从局部到整体、从单目标利用到多目标综合利用,再到可持续利用的发展过程。水资源可持续利用的理念,是水资源开发利用的“整体—综合—优化”思想的进一步发展和提高。随着水资源问题的愈来愈突出和水资源可持续利用的要求,水资源研究对象或系统变得更加庞大和复杂,系统分析的方法在水资源问题的研究中起到了愈来愈重要的作用。

1.2 系统的概念

1.2.1 系统的定义

所谓系统,就是由相互作用和相互联系的若干个组成部分结合而成的具有特定功能的整体。

例如,水资源系统是流域或地区范围内在水文、水力和水利上相互联系的各水体(河流、湖泊、水库、地下水等)和有关工程建筑物(大坝、水电机组、堤防、泵站等)所构成的综合体。

系统是普遍存在的,在宇宙间,从基本粒子到银河外星系,从人类社会到人的思维,从无机界到有机界,从自然科学到社会科学,系统无所不在。

1.2.2 系统的特征

我们可以从以下几个方面理解系统的概念:

(1) 系统由相互联系、相互影响着的部件所组成。这些要素可能是一些个体、元件、零件,也可能其本身就是一个系统(或称之为子系统)。如水系、水库、大坝、溢洪道、水电机组、堤防、下游保护区、蓄滞洪区等组成了流域防洪发电系统,而水电机组又是流域防洪发电系统的一个子系统。

(2) 系统具有一定的结构。一个系统是其构成要素的集合,这些要素相互联系、相互制约。系统内部各要素之间相对稳定的联系方式、组织秩序及失控关系的内在表现形式,就是系统的结构。例如水电机组是由压力钢管、水轮机、发电机、调速器等部件按一定的方式装配而成的,但压力钢管、水轮机、发电机、调速器等部件随意放在一起却不能构成水电机组;人体由各个器官组成,单个各器官简单拼凑在一起不能成其为一个有行为能力的人。

(3) 系统具有一定的功能,或者说系统要有一定的目的性。系统的功能是指系统与外部环境在相互联系和相互作用中表现出来的性质、能力和功能。例如流域防

洪发电系统的功能,一方面是对洪水进行调蓄和安排,使洪灾损失最小,另一方面是充分利用水能发电,使发电效益最佳。

(4) 系统具有一定的界限,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。

1.2.3 系统的构成要素

任何一个存在的系统都必须具备三个要素,即系统的诸部件及其属性、系统的环境及其界限、系统的输入和输出。

(1) 系统的诸部件及其属性

系统的部件可以分为结构部件、操作部件和流部件.结构部件是相对固定的部分.操作部件是执行过程处理的部分.流部件是作为物质流、能量流和信息流的交换用的.交换的能力要受到结构部件和操作部件等条件的限制。

结构部件、操作部件和流部件都有不同的属性,同时又相互影响.它们的组合结构从整体上影响着系统的特征和行为.例如,电阻、电感、电容等电子元件以及电源、导线、开关等部件的连接或组合,就形成了电路系统的属性。

系统是由许多部件组成的.当系统中的某个部件本身也是一个系统时,就可以称此部件为该系统的子系统.子系统的定义与上述一般系统的定义类似.例如,城市系统是由该城市的交通系统、资源系统、商业系统、市政系统、卫生系统等部件组成的,而这些部件本身又各自成为一个独立的系统.因此,可以把交通系统、资源系统、商业系统、市政系统、卫生系统等都称为城市系统的子系统。

(2) 系统的环境及其界限

所有系统都是在一定的外界条件下运行的.系统既受到环境的影响,同时也对环境施加影响。

对于物质系统来说,划分系统与环境的界限很自然地可以由基本系统结构及系统的目标来有形地确定.在一定意义上,抽象系统界限的划分和确定主要取决于分析人员或决策者.这是因为不同的决策者或分析人员可能会采取不同的界限来划分系统的环境.例如,企业未来发展的经营战略系统,或是说企业决策分析系统,对某个决策者来说,可能以该企业目前已经占领的国内市场规模作为分析的主要范围,于是就圈定该企业决策分析系统的环境属于一国的界限.但是如果换了另一位企业家,他的雄心很大,希望自己经营的企业在今后能扩展成为一个跨国公司,占领世界市场,在这种情况下,该企业的决策分析系统必然会以世界作为环境来确定界限。

(3) 系统的输入和输出

系统与环境交互影响就产生了输入和输出的含义.从图 1.2-1 可以看出,外

界环境给系统一个输入,通过系统的处理和变换,必然会产生一个输出,再返回到外界环境。所以系统中的部件是输入、处理和输出活动的执行部分。也就是说,一个理想的系统在目标或要求明确之后,系统的部件就可以通过接受一系列的外界输入以及进行有效和高效率的处理之后,提供系统所期望的实现目标的输出,返回到环境。如果形象地描述输入、输出和系统的关系,把系统从环境中分离出来的界限就好似一个滤波器,通过它来调整输入与输出的关系。如果在输入、处理和输出活动之外,再加入反馈活动,则该系统就具有更为完备的系统功能。

如果系统与环境之间存在输入和输出的交互影响,或者说,系统与环境之间有着物质、能量和信息的交换,该系统就称为开放系统(opened system)。如果一个系统与环境之间没有物质、能量和信息的交换,该系统就称作封闭系统(closed system)。在现实世界中绝大部分的系统都是开放系统,因为任何系统总是或多或少地要与包围它的环境进行某种类型的物质、能量或信息的交换。

一个系统的行为可以通过它的输出来了解,并且利用输出的信息反馈来调整输入。例如,以某工厂的生产和管理活动为内容所形成的一个物质系统,其外界环境有社会供应系统和社会商业销售系统。该工厂通过社会供应系统获得原料、动力、资金等物质的输入,通过工厂生产和管理系统的经营活动生产出各类批量产品作为系统的输出,送交商业销售系统供应社会的需要。根据顾客的反映,销售部门把对产品类型和质量、数量等要求以信息形式反馈给工厂,希望工厂改进生产计划或产品质量等。工厂根据各方面的信息以及改变后的生产计划,向社会供应系统反馈信息,对其供应的原材料、动力等提出新的要求。这种周而复始的系统活动构成了一个输入、处理、输出和反馈的系统,如图 1.2-1 所示。

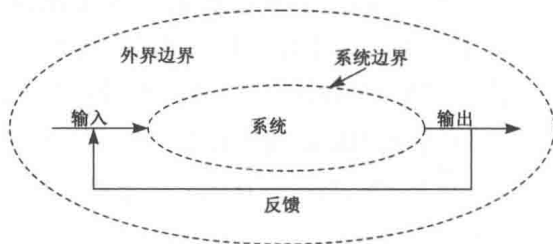


图 1.2-1 系统结构图

1.2.4 系统的层次

系统的层次性原理指的是,由于组成系统的诸要素的种种差异,包括结合方式上的差异使得系统组织在地位与作用、结构与功能上表现出等级秩序性,形成了具有质的差异的系统等级,即形成了统一的系统中的等级差异性。层次概念就反映这种有质的差异的不同的系统等级或系统的等级差异性。

生命系统的结构层次:细胞→组织→器官→系统→个体→种群和群落→生态

系统→生物圈(地球)。

社会系统也是一个多层次系统,个体、群体、单位、社区、直到省市、国家乃至整个社会,就是这个系统中的一个层次序列。

1.2.5 系统的分类

(1) 按系统组成部分的属性分类:自然系统、人造系统、复合系统

按照系统的起源,自然系统是由自然过程产生的系统,例如生态链系统、水循环系统等。

人造系统则是人们为了达到某个目的按属性和相互关系将有关部件(或元素)组合而成的系统,例如工厂系统、水电站系统等。

当然,所有的人造系统都存在于自然世界之中,同时人造系统与自然系统之间存在着重要的联系。

复合系统是由不同属性的子系统复合而成的大系统,如经济-资源-环境复合系统等。复合系统的协调性是体现复合系统中子系统间及各种要素间关系的一个重要特征。当前人类所面临的环境污染、生态破坏、资源匮乏等多种问题都是由于经济-资源-环境这一复合系统的严重不协调而导致的。

(2) 按系统组成部分的形态分类:实体系统、概念系统

一般的理解:实体系统是由一些实物和有形部件构成的系统;概念系统是用一些思想、规划、政策等的概念或符号来反映系统的部件及其属性的系统。

(3) 按系统与环境的关系分类:封闭系统、开放系统

封闭系统是指该系统与外部环境之间没有物质、能量和信息交换的系统,由系统的界限将环境与系统隔开,因而呈一种封闭状态。

开放系统是指该系统与外部环境之间存在物质、能量和信息交换的系统。开放系统往往具有自调节和自适应功能。

(4) 按系统所处的状态分类:静态系统、动态系统

静态系统一般是指存在一定的结构但没有活动性的系统。动态系统是指既有结构和部件又有活动性的系统。

(5) 按系统的规模分类:简单系统、复杂系统

凡是不能或不宜用还原论方法而要用或宜用新的科学方法去处理和解决的系统就属于复杂系统。

1.2.6 系统方法

把对象作为系统进行定量化、模型化和择优化研究的科学方法,就称为系统方