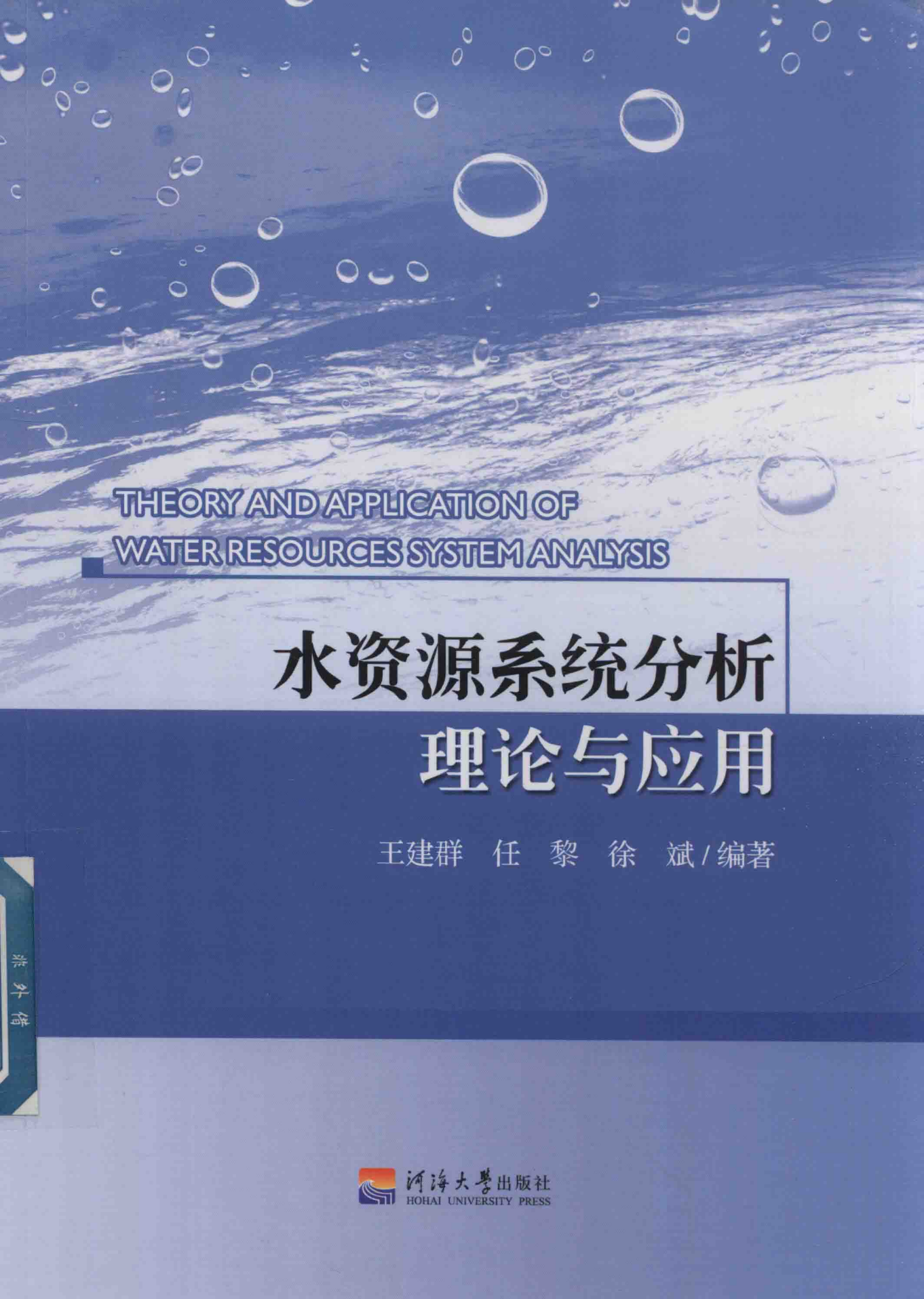




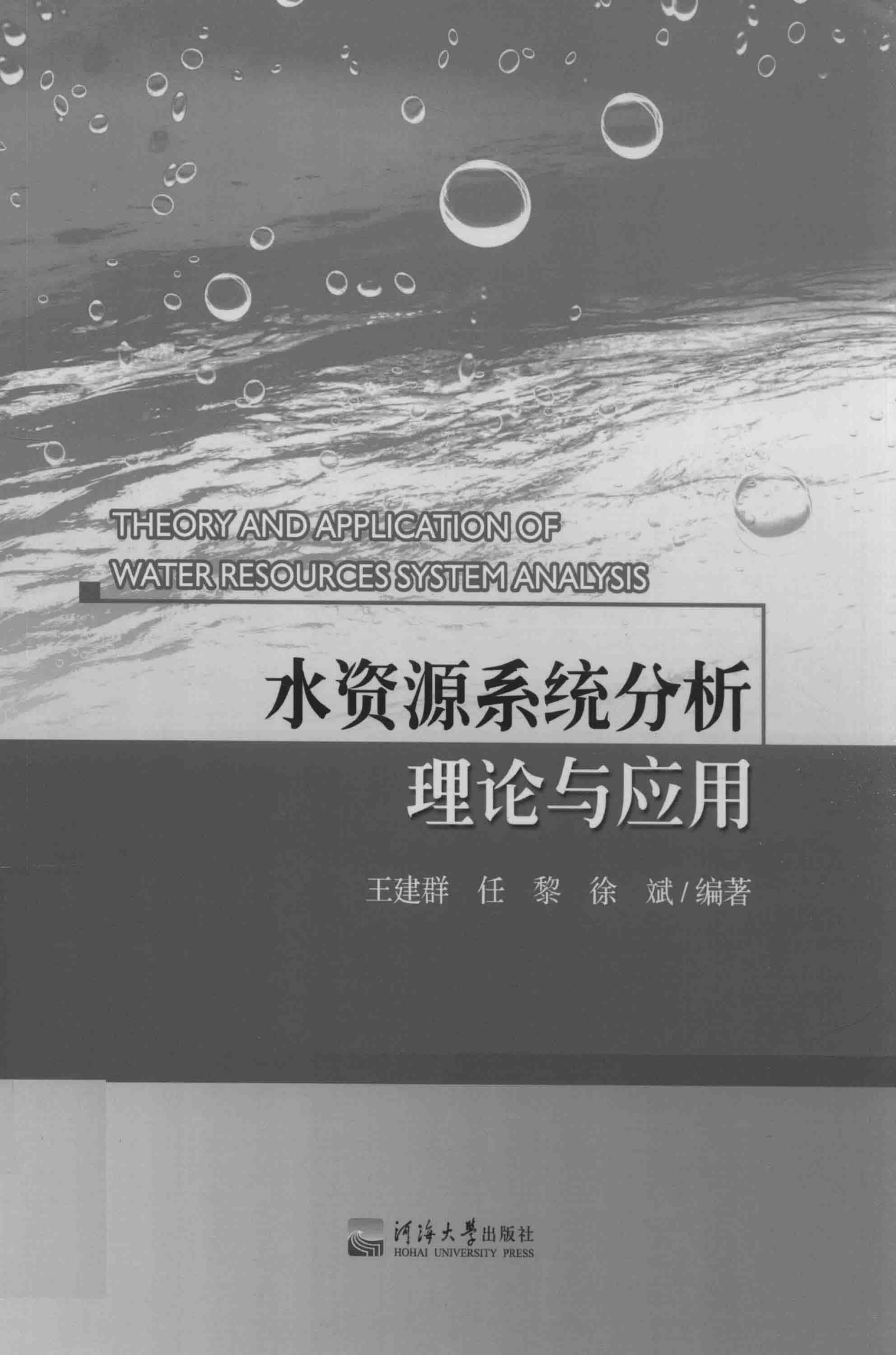
THEORY AND APPLICATION OF
WATER RESOURCES SYSTEM ANALYSIS

水资源系统分析 理论与应用

王建群 任 黎 徐 斌 / 编著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS



THEORY AND APPLICATION OF
WATER RESOURCES SYSTEM ANALYSIS

水资源系统分析 理论与应用

王建群 任 黎 徐 斌 / 编著



河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书结合水资源系统的特点,阐述水资源系统分析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、实用非线性优化方法、动态规划与水库优化调度、群体智能优化算法、多目标规划、非线性动态系统预测方法、系统评价方法、决策分析等的基本理论、方法及其应用。

本书可作为水利工程领域专业学位研究生及其他相关专业研究生教材,同时可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源系统分析理论与应用 / 王建群,任黎,徐斌

编著. —南京:河海大学出版社, 2018.5

ISBN 978-7-5630-5386-5

I. ①水… II. ①王… ②任… ③徐… III. ①水资源—系统分析—研究生—教材 IV. ①TV211

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 063107 号

书 名 水资源系统分析理论与应用

书 号 ISBN 978-7-5630-5386-5

责任编辑 成 微

封面设计 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 南京布克文化发展有限公司

印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16

字 数 334 千字

印 张 14.25

版 次 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷

定 价 32.00 元

前言

水资源本质上具有多功能、多用途的特点,因此一库多用、一水多效的策略思想迅速推广、扩大。水资源利用的趋势,是向多单元、多目标发展,规模和范围也在不断增大。但水资源的多用途、多目标开发和综合利用的同时,也带来了许多矛盾,需要协调多用途、多目标之间的冲突,因此需要整体地、综合地考虑。近代水资源开发利用的思想经历了一个从局部到整体,从一般到综合,从追求单目标最优到多目标最佳协调和水资源可持续利用的发展过程。水资源的研究对象越来越复杂,系统分析的方法在水资源的研究中起到了越来越重要的作用。

“水资源系统分析理论与应用”是水利工程领域专业学位研究生的主要专业课之一。本教材结合水资源系统的特点,阐述水资源系统分析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、实用非线性优化方法、动态规划与水库优化调度、群体智能优化算法、多目标规划、非线性动态系统预测方法、系统评价方法、决策分析等的基本理论、方法及其应用。

本教材试图体现以下的特色:(1)紧密结合水资源系统规划、设计和管理的实践和案例,介绍水资源系统分析理论、方法。在第1章中,除了阐述水资源系统分析的基本概念和思想外,还列举了水资源系统规划、设计和管理中的系统分析问题实例;在后续章节中从水资源系统分析问题和模型的角度介绍常用的系统分析方法,所列举的案例紧密结合水资源系统分析实践;第3章,结合水电站优化调度的实践介绍了动态规划及其改进算法和水库优化调度随机动态规划模型方法;第7章,结合江河水量分配问题决策、水资源承载力评价、气候条件聚类评价问题和洪水灾害等级评价问题,介绍了层次分析法、模糊综合评价法和投影寻踪评价法;第8章,结合综合利用水库特征水位优选案例介绍了风险的多维度量的概念、方法和多目标风险型决策方法。(2)紧密结合水资源系统分析的学科前沿,介绍理论与方法。例如,第2章,除了经典的方法外,介绍了水文系统响应模型及支持向量机模型建模用到的求解二次规划模型的 Wolfe 方法和有效集法、概念性水文模型自动优化率定常用方法 SCE-1UA 方法及其改进;第4章,介绍近年来快速发展的、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;第5章,介绍了近年来快速发展和广泛应用的流域水文非线性动态系统预测的人工神经网络方法、支持向量机方法和集对分析方法;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;第8章,介绍了不确定性基本原理、风险的多维度量的概念、方法和多目标风险型决策方法。(3)注重探索性和创新能力的培养、训练。在介绍理论和方法时,注重

介绍方法的基本思想和分析技巧;每章后设计了培养学生创新能力的具有水资源系统分析实践背景的编程计算大作业。本教材的目的是,通过本课程的学习,学生能了解和掌握水资源系统分析的基本理论和方法,具备运用水资源系统分析理论与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、方案寻优或排序和决策分析的能力。

本书可作为水利工程领域专业学位研究生及其他相关专业研究生教材,同时可供工程技术人员参考。

本书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!

本书的编著得到了国家重点研发计划课题“流域复杂系统洪水多目标协同调控技术(2016YFC0400909)”、河海大学2017年研究生课程和教材建设项目的资助,在此表示衷心感谢!

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.

编著者

2017年12月

CONTENTS

目 录

第 1 章 水资源系统分析导论	1
1.1 水资源系统分析问题的提出	1
1.1.1 水资源开发利用的历史	1
1.1.2 整体—综合—优化思想的产生	2
1.1.3 水资源可持续开发利用的理念	3
1.2 系统的概念	3
1.2.1 系统的定义	3
1.2.2 系统的特征	4
1.2.3 构成系统的要素	4
1.2.4 系统的层次	5
1.2.5 系统的分类	6
1.2.6 系统方法	6
1.3 系统分析的概念和内容	7
1.3.1 系统分析的概念	7
1.3.2 系统分析的内容	7
1.3.3 系统分析与系统工程等学科的关系	9
1.4 水资源系统分析方法	10
1.4.1 水资源系统的特征	10
1.4.2 水资源系统分析量化方法	11
1.5 水资源系统分析问题举例	14
1.5.1 水库防洪优化调度问题	14
1.5.2 水库发电优化调度问题	16
1.5.3 综合利用水库特征水位选择问题	17
1.5.4 水资源优化配置问题	18
1.5.5 流域水文模型参数优化问题	19
1.5.6 区域水资源利用效率评价问题	20
1.5.7 流域水文系统响应模型方法	21
1.6 水资源系统分析发展阶段	21
习题	25

本章参考文献	25
第2章 实用非线性优化方法	26
2.1 非线性优化的数学模型	26
2.2 最优性条件	27
2.2.1 极值点的概念	27
2.2.2 极值点存在的条件	28
2.2.3 凸规划问题的最优解	28
2.2.4 K-T 条件	30
2.2.5 对偶问题	32
2.3 一维优化方法	33
2.3.1 黄金分割法	34
2.3.2 划界算法	35
2.3.3 线搜索	35
2.4 无约束极值问题的解析法	37
2.4.1 梯度法	37
2.4.2 拟牛顿法	38
2.4.3 共轭梯度法	39
2.5 二次规划	40
2.5.1 基本性质	41
2.5.2 等式约束二次规划	41
2.5.3 Wolfe 方法	42
2.5.4 有效集法	45
2.6 罚函数法	48
2.6.1 外点法	48
2.6.2 内点法	50
2.7 直接方法	51
2.7.1 交替方向法	51
2.7.2 Powell 法	52
2.7.3 单纯形法	53
2.7.4 可变容差法	55
2.7.5 SCE-UA 算法	59
习题	61
本章参考文献	63
第3章 动态规划与水库优化调度	65
3.1 多阶段决策问题举例	65

3.2 动态规划的基本原理	69
3.2.1 基本概念	69
3.2.2 最优性原理	70
3.2.3 水库调度动态规划求解举例	70
3.3 水库发电优化调度模型	73
3.4 动态规划的改进算法	76
3.4.1 增量动态规划法	76
3.4.2 逐步优化法(POA 算法)	77
3.5 水库优化调度随机动态规划模型	77
3.5.1 随机动态规划问题	77
3.5.2 相互独立无预报情形	78
3.5.3 相关无预报情形	78
3.5.4 相互独立有预报情形	79
3.5.5 相关有预报情形	79
习题	79
本章参考文献	80
 第4章 群体智能优化算法	82
4.1 遗传算法	82
4.1.1 算法的起源	82
4.1.2 基本原理与步骤	84
4.1.3 编码策略	85
4.1.4 适应度函数	85
4.1.5 终止条件	86
4.1.6 选择操作	86
4.1.7 交叉操作	87
4.1.8 变异操作	87
4.1.9 算法的参数	88
4.1.10 算法的特点	88
4.2 粒子群算法	88
4.2.1 算法的起源	88
4.2.2 基本原理与步骤	89
4.2.3 算法改进	90
4.2.4 收敛性	91
4.2.5 算法的特点	92
4.3 蚁群算法	93
4.3.1 算法的起源	93

4.3.2 基本原理与步骤	93
4.3.3 算法的特点	95
4.4 狼群算法	96
4.4.1 算法的起源	96
4.4.2 基本原理与步骤	96
4.4.3 算法的参数	98
4.4.4 算法的改进	98
4.4.5 算法的应用	102
4.4.6 算法小结	104
习题	105
本章参考文献	109
第5章 多目标规划	111
5.1 多目标规划问题的提出与特点	111
5.2 多目标规划的模型与基本概念	112
5.2.1 多目标规划问题的解	112
5.2.2 多目标问题的最优性条件	114
5.2.3 置换率的概念	115
5.3 多目标规划求解方法	116
5.3.1 多目标规划求解方法分类	116
5.3.2 理想点法	116
5.3.3 主要目标法	117
5.3.4 权重法	118
5.4 交互式多目标决策方法	118
5.4.1 概述	118
5.4.2 广义多目标决策问题的转化	119
5.4.3 新的交互式算法	120
5.4.4 实例	123
习题	124
本章参考文献	125
第6章 非线性动态系统预测方法	126
6.1 概述	126
6.1.1 系统预测的步骤与方法	126
6.1.2 非线性动态系统方法概述	127
6.2 时间序列分析方法	127
6.3 线性动态系统模型方法	129

6.4 BP 人工神经网络模型	130
6.4.1 引言	130
6.4.2 BP 神经网络模型	131
6.4.3 BP 的理论基础	133
6.4.4 简单 BP 神经网络的算法	134
6.4.5 三层 BP 神经网络算法	135
6.4.6 三层 BP 的全局最优算法	137
6.4.7 实例分析	138
6.5 支持向量机方法	140
6.5.1 引言	140
6.5.2 线性判别函数和判别面	141
6.5.3 最优分类面	142
6.5.4 支持向量机线性回归	144
6.5.5 ϵ -SVR	145
6.5.6 统计学习理论	146
6.5.7 ν -SVR	150
6.5.8 实例分析	151
6.6 集对分析方法	155
6.6.1 引言	155
6.6.2 秩次集对分析预报模型	155
6.6.3 加权秩次集对预报模型	156
6.6.4 实例分析	158
习题	159
本章参考文献	159
 第 7 章 系统评价方法	 162
7.1 概述	162
7.1.1 评价的程序	162
7.1.2 评价指标体系	162
7.1.3 两类评价方法	163
7.2 层次分析法	164
7.2.1 基本原理	164
7.2.2 基本步骤	164
7.2.3 特征值与特征向量计算	166
7.2.4 实例分析	167
7.3 模糊综合评价法	172
7.3.1 基本原理	172

7.3.2 基本步骤	173
7.3.3 实例分析	175
7.4 投影寻踪评价法	178
7.4.1 基本原理	178
7.4.2 基本步骤	178
7.4.3 实例分析	181
习题	184
本章参考文献	185
第8章 决策分析	186
8.1 决策分析的基本概念	186
8.1.1 决策的基本要素	186
8.1.2 决策问题的分类	186
8.1.3 偏好与价值及效用	187
8.2 不确定性基本原理	188
8.2.1 概念的层次	188
8.2.2 信息的概念	188
8.2.3 随机性	189
8.2.4 模糊性	189
8.2.5 不确定性	190
8.2.6 主观概率公理系统	190
8.3 完全不确定型决策	192
8.3.1 悲观准则	192
8.3.2 乐观准则	192
8.3.3 α -准则	193
8.3.4 后悔准则	193
8.3.5 决策方法选择	193
8.4 风险的多维度量	193
8.4.1 风险的基本概念	194
8.4.2 风险的度量方法	195
8.4.3 风险度量指标的计算方法	197
8.5 单目标风险型决策	198
8.5.1 期望值法	198
8.5.2 期望效用法	199
8.5.3 随机优势法	199
8.5.4 均值-方差两目标法	200
8.5.5 极小化风险率法	200

8.5.6 极大化期望水平法	200
8.5.7 极小化风险率-极大化期望水平两目标法	200
8.5.8 Zeleny 的三目标法	200
8.5.9 PMRM 法	201
8.5.10 贝叶斯方法	201
8.6 多目标风险型决策	204
8.6.1 方法综述	204
8.6.2 基于风险多维度量的方法	205
8.6.3 实例分析	206
习题	213
本章参考文献	214

水资源系统分析导论

1.1 水资源系统分析问题的提出

1.1.1 水资源开发利用的历史

水资源是与人类的生产生活关系最为密切的自然资源。人类对于水资源的开发利用,经历了极为漫长的发展过程。

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。

公元前 21 世纪,黄河泛滥。鲧被推荐来负责治理洪水泛滥工作,他采用堤工障水,作三仞之城,九年而不得成功。禹总结父亲鲧的治水经验,改鲧“围堵障”为“疏顺导滞”的方法,把洪水引入疏通的河道、洼地或湖泊,然后合通四海,从而平息了水患。

公元前 256 年,战国时期秦国蜀郡太守李冰率众修建了都江堰水利工程。都江堰水利工程位于中国四川成都平原西部都江堰市西侧的岷江上,距成都 56 km,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。

胡佛水坝是美国综合开发科罗拉多河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,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 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,动工 5 000 人兴建,1936 年 3 月建成,1936 年 10 月第一台机组正式发电。

佛子岭水库位于中国安徽省霍山县西南 15 km,是一座具防洪、灌溉、供水、发电等功能的大型水利枢纽工程,坝址以上控制流域面积 1 840 km^2 ,水库总库容 4.91 亿 m^3 。大坝全长 510 m,最大坝高 76 m,发电厂总装机 7 台共 3.1 万 kW。国际大坝委员会主席托兰称佛子岭大坝为“国际一流的防震连拱坝”。水库夹于两岸连绵起伏的群山之间,大坝修建在佛子岭打鱼冲口。佛子岭水库始建于 1952 年 1 月,1954 年 11 月竣工,是新中国乃至当时亚洲第一座钢筋混凝土连拱坝。

三峡水电站,又称三峡工程、三峡大坝。位于中国重庆市市区到湖北省宜昌市之间的长江干流上,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规模的工程项目。三

峡水电站具有防洪、发电、航运等多种功能。三峡水电站于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。

田纳西河是美国东南部俄亥俄河的第一大支流,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,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。田纳西河以霍尔斯顿河源头计,长约1450 km,流域面积10.6万 km²。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,为流域农业和工业的迅速发展奠定了基础。

珠江水系干流西江上游的红水河,流域内山岭连绵,地形崎岖,水力资源十分丰富,它的梯级开发被我国政府列为国家重点开发项目。红水河梯级开发河段,从南盘江的天生桥到黔江的大藤峡,全长1050 km,总落差756.6 m,可开发利用水能约13030 MW。红水河共分10级开发,从上游到下游为天生桥一级、天生桥二级、平班、龙滩、岩滩、大化、百龙滩、恶滩、桥巩、大藤峡,其中装机1000 MW以上的有5座。红水河是我国十二大水电基地之一,被誉为水力资源的“富矿”,是水电开发、防洪及航运规划中的重点河流。

1.1.2 整体—综合—优化思想的产生

早期(截止到20世纪30年代)的水资源开发利用策略思想的特点是:单一水利工程的规划、设计和运行,功能上以单用途单目标开发为较多。例如,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、堰闸等。20世纪30年代末,由于生产的需要及高坝技术和高压输电技术的发展,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的发展,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。

水资源本质上具有多功能、多用途的特点,因此一库多用、一水多效的策略思想迅速推广、扩大。水资源利用的趋势,是向多单元、多目标发展,规模和范围也在不断增大。但水资源的多用途、多目标开发和综合利用的同时,也带来了很多矛盾,需要协调多用途、多目标之间的冲突,因此需要整体地、综合地考虑。

水资源的综合利用,自然地带来了如何在规划管理中处理多个目标或多个优化准则的问题,而这些目标可能是各种各样,多半是不可公度的,有些甚至不能定量而只能定性。这就需要把多目标规划的理论和方法引入和应用于水资源规划和管理工作中。

流域或地区范围的水资源问题,往往是一个大的、复杂的系统。例如,流域的干支流的梯级库群、兴利除害的各种水利水电开发管理目标、地面地下水各种水源的联合共用等。为了使这样的大系统能易于优化求解,利用大系统分解协调优化技术是非常必要的。

由此可见,近代水资源开发利用的思想经历了一个从局部到整体,从一般到综合,从追求单目标最优到多目标最佳协调的发展过程。水资源的研究对象越来越复杂,系统分析的方法在水资源的研究中起到了越来越重要的作用。

1.1.3 水资源可持续开发利用的理念

现代意义的水资源开发利用还与可持续发展紧密相连。当代水资源开发利用已涉及到社会和环境问题,其内容、意义、目标比以往的水利水电工程研究的范围更为广泛。走可持续发展道路必然要求对水资源进行统一的管理和可持续的开发利用。

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。

为适应水资源可持续利用的原则,在进行水资源规划和水工程设计时应使建立的工程系统体现如下特点:天然水源不因其被开发利用而造成水源逐渐衰竭;水工程系统能较持久地保持其设计功能,因自然老化导致的功能减退能有后续的补救措施;对某范围内水供需问题能随工程供水能力的增加及合理用水、需水管理、节水措施的配合,使其能较长期地保持相互协调的状态;因供水及相应水量的增加而致废污水排放量的增加,需相应增加处理废污水能力的工程措施,以维持水源的可持续利用效能。

水资源可持续利用的思想和战略是“整体—综合—优化”思想的进一步发展和提高,研究的系统更大、更复杂,牵涉的学科也更加广泛。

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水体(河流、湖泊、水库、地下水等)、有关水工建筑物(大坝、堤防、泵站、输水渠道等)及用水部门(工农业生产、居民生活、生态环境、发电、航运等)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。

系统的部件可能是一些个体、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,各单个器官简单拼凑在一起不能成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在与外部环境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节和安排,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。

系统的界限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 构成系统的要素

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,水资源系统是由水体、有关水工建筑物及用水部门等部件组成的,而这些部件本身又可各自成为一个独立的系统。因此,可以把水体系统(河流、湖泊、水库、地下水等)、水工程系统(大坝、堤防、泵站、输水渠道等)、用水系统(工农业生产、居民生活、生态环境、发电、航运等)都称为水资源系统的

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。例如,水库防洪系统,对于防洪预案的决策者来说,主要的任务是针对典型洪水或设计洪水分析水库的调洪方案,生成防洪预案,于是就圈定该决策分析系统(水库防洪预案分析系统)的系统界限为水库大坝至下游防洪控制断面。但是对于实时防洪调度的决策者来说,入库洪水和区间洪水过程是通过流域面上的实时降雨信息预报而得,在这种情况下,水库防洪决策分析系统的界限为水库上游流域、水库大坝至下游防洪控制断面及区间。

(3) 系统的输入和输出

系统与环境的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看作是一个滤波器,通过它即可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。

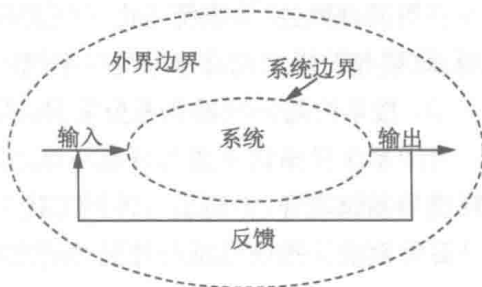


图 1.2-1 系统结构图

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。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。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。

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),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。

生命系统是一个多层次系统。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,