

水资源与防洪系统 可变模糊集理论与方法

*Theories and Methods of Variable Fuzzy Sets in
Water Resources and Flood Control System*

陈守煜 著



大连理工大学出版社

水资源与防洪系统 可变模糊集理论与方法

陈守煜 著

大连理工大学出版社

© 陈守煜 2005

图书在版编目(CIP)数据

水资源与防洪系统可变模糊集理论与方法/陈守煜著.
大连:大连理工大学出版社,2005.12

ISBN 7-5611-3124-0

I. 水… II. 陈… III. ①水资源—系统分析—模糊集
理论—中国 ②水库—防洪—系统分析—模糊集理论—中国
IV. ①TV21 ②TV697.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 011370 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@dulp.cn URL: <http://www.dulp.cn>

大连海事大学印刷厂印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:140mm×203mm 印张:10.25 字数:254 千字 插页:4

印数:1~3 000

2005 年 12 月第 1 版

2005 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑:韩 露

责任校对:张婵云

封面设计:孙宝福

定 价:38.00 元



陈守煜，浙江宁波人，1930年10月生于上海。1952年毕业于上海交通大学土木工程系，同年任教于大连理工大学，从事水文水资源、水利水电工程专业教学与科研工作。1955~1957年在职学习于河海大学水文学研究班。在半个多世纪教育与科研工作中做出了重要贡献。现为大连理工大学教授、博士生导师，著名水文水资源学家、工程模糊集专家。

20世纪50年代参加长江水利委员会主持的三峡水库前期规划研究。70年代参加长江水利委员会主持的水能利用计算机应用研究，建立了水能水利计算数值解法新途径。80年代创建新学科——模糊水文水资源学，在学术界有很大影响。进入90年代建立以相对隶属度为基础的工程模糊集理论，不仅用于水文水资源学科，且广泛地应用于其他工程技术领域。21世纪伊始，建立以工程模糊集理论为基础的可变模糊集理论与方法。

迄今已在国内外发表论文380余篇，专著9本。其中代表性专著有：《工程水文水资源模糊集分析理论与实践》《系统模糊决策理论与应用》《复杂水资源系统优化模糊识别理论与应用》《工程模糊集理论与应用》。论著被水文水资源学科与其他领域广泛引用。研究成果获国家级、省、部委级科技专著图书奖、自然科学奖、科技进步奖共计16项。

内 容 摘 要

1987年、1990年著者分别在我国西安、波兰华沙召开的水文水资源学术会议上提出创建水文水资源新的分支学科——模糊水文水资源学，本专著是新学科部分研究成果的总结。它由相互关联又相对独立的三部分内容组成：

1. 防洪系统中水库与库群防洪调度决策支持系统关键技术的理论与方法。从理论与应用两个方面系统地论述了水库与库群防洪调度系统多阶段多层次多目标多级模糊优选决策理论、模型与方法；水库汛期雨洪利用的模糊集分析理论与直接模糊统计试验方法。

2. 建立可变模糊集分析理论与方法，以及新理论、模型、方法在水资源与防洪系统中的应用。在以相对隶属函数为基础的工程模糊集理论的基础上，书中建立了可变模糊集、对立模糊集、相对差异函数、相对比例函数新的概念、定义等最新研究成果。书中分别论述了新理论、模型与方法在水文系统站点识别、水环境、地下水污染与防洪工程评价等领域的应用。

3. 提出21世纪我国水资源开发利用的陆海空协同系统的概念与水资源系统可持续发展状态方程。提出以陆地水资源为核心，积极开发沿海地区海水淡化与利用，以及与空中云水资源相结合的水资源开发利用陆海空协同系统的宏观策略思想。

本书是著者撰写的模糊水文水资源学的第9本专著，可供从事水文水资源专业教学、科研与生产部门科技人员应用与参考，也可作为高等学校有关专业研究生教材与参考书。

本书由

国 家 自 然 科 学 基 金

高等学校博士学科点专项科研基金

大 连 市 人 民 政 府

大连理工大学学术著作出版基金

资助出版

The published book is sponsored by

**National Natural Science Foundation
of China**

**Higher School Special Research Fund
for Doctoral Subject**

**The Dalian Municipal Government
and**

**The Publishing Academic Works
Foundation of the Dalian Univer-
sity of Technology**

前 言

1987年10月在我国古都西安、1990年9月在波兰华沙召开的水文学与水资源学术会议上,著者提出创立水文分支新学科——模糊水文学(Fuzzy hydrology)的研究命题,并在西安会议上发放了模糊水文学的论文集——《水利水文水资源与环境模糊集分析》(陈守煜等,大连工学院出版社,1987年)。在新学科的建设与发展过程中,模糊水文学拓展为模糊水文水资源学(Fuzzy hydrology and water resources)。在不到20年的时间里,在大连理工大学水资源与防洪研究所老师、研究生、博士后科研人员的努力下,取得了丰硕的研究成果,得到同行专家的认可。我国著名水文学家、武汉大学叶守泽教授,国际水文科学协会(IAHS)副主席、中国科学院地理科学与资源研究所夏军教授在他们撰写的20世纪水文学研究综述性论文——《水文科学研究的世纪回眸与展望》中指出:“水文现象的模糊性一般不易被人们所认识。……中国大连理工大学在20世纪80年代首次提出综合运用系统的成因分析,逐步形成了模糊水文水资源学这一新兴的分支,目前还在发展。”(水科学进展,2002年第1期)

模糊水文水资源学是将水文、水资源、水环境等领域大量存在的模糊现象、模糊事件与模糊概念,诸如汛期、径流的丰枯、流域的相似、洪水过程线的典型、水体的污染、水资源可持续利用、水资源系统可持续发展、水资源与水环境承载能力的强弱等,这些在经典水文水资源学科中主要依靠定性分析作出判断难以量化的重要概

念,在模糊水文水资源学中则可以建立相应的数学模型,进行量化,这是新学科的特点,是经典水文水资源学科理论与方法体系中所没有的。

著者对水文水资源学科中存在的模糊概念进行量化的基本概念、理论、方法与经典模糊集不同,前者是根据著者建立的以相对隶属函数为基础的可变模糊集理论,它是相对动态可变的模糊集合,后者是静态模糊集合。因此著者在创立模糊水文水资源学科的同时,也建立了新的相对动态可变的模糊集理论与方法体系,并着重于工程应用,因此称为工程模糊集,以区别于经典模糊集。本书中建立的对立模糊集、相对差异函数、相对比例函数、模糊可变集合的概念、定义、模型与方法等最新研究成果不仅是模糊水文水资源学的基础理论,而且也是对经典模糊集理论的发展。因此,模糊水文水资源学既发展了传统水文水资源学,也发展了经典模糊集理论。

本书是著者撰写的关于模糊水文水资源学的第9本专著,它标志着新学科已经由创立走向发展应用的新阶段。本书在撰写与出版过程中得到大连理工大学出版社领导与编辑人员的大力支持,并得到博士研究生的协助,借本书出版之机,著者谨表谢意。

陈守煜

2005年12月

目 录

前 言	
绪 论	1

第 1 篇 水库(库群)防洪调度决策系统 关键技术的理论与实践

第 1 章 几个重要定义与模型	9
1.1 重要定义	9
1.2 模糊概念在分级条件下最大隶属原则的不适用性	13
1.3 级别特征值	14
1.4 模糊聚类、识别、优选统一理论与循环迭代模型	18
第 2 章 防洪调度决策多级模糊优选理论与应用	28
2.1 引 言	28
2.2 防洪调度决策多级模糊优选理论与模型	29
2.3 确定防洪目标权重的主观客观综合法	34
2.4 实 例	38
2.5 结 语	41
第 3 章 防洪调度半结构性决策理论与应用	42
3.1 引 言	42
3.2 非结构性决策层次分析法存在的根本问题	43
3.3 符合我国思维习惯的二元比较决策思维模式—— 互补性思维模式	45

3.4	二元比较互补性决策思维理论	51
3.5	防洪调度半结构性目标相对优属度矩阵	62
3.6	实例	65
3.7	结 语	76
第4章	多阶段多目标多级模糊优选理论及其在防洪调度决策中的应用	78
4.1	引 言	78
4.2	单目标动态规划简介	78
4.3	多阶段多目标多级模糊优选理论	84
4.4	实 例	99
第5章	汛期绝对隶属函数的确定	110
5.1	汛期直接模糊统计试验	110
5.2	应用直接模糊统计试验确定模糊概念——汛期的隶属度及其稳定性分析	112
5.3	汛期隶属函数的应用	122
5.4	结 论	125
第6章	水库设计汛限水位动态模糊分析	126
6.1	引 言	126
6.2	汛期模糊集分析	127
6.3	隶属函数的确定	127
6.4	汛期理论隶属函数的确定	128
6.5	实 例	130
6.6	讨 论	134
第7章	水库调洪计算数值解法	136
7.1	引 言	136
7.2	水库调洪计算的数值解法	137
7.3	复杂泄流状态下调洪数值解析解法	140

7.4	调洪数值计算的理论分析	144
7.5	调洪数值计算的数学模式	146
7.6	结 语	152
第 8 章	河道与水库中洪水运动计算	154
8.1	引 言	154
8.2	偏微分方程组(8.3)、(8.2)的有限差方程及其 简化形式	155
8.3	偏微分方程组(8.3)、(8.2)有限差式的迭代对 分解法	158
8.4	计入惯性力不恒定流流动方程的迭代对分解法	165
8.5	实 例	168
8.6	结 语	170
第 9 章	考虑不恒定流惯性项的入库洪水计算	172
9.1	引 言	172
9.2	松树水库入库洪水过程推算	173
9.3	结 语	178
第 10 章	河道中洪水波的展平计算	180
10.1	引 言	180
10.2	洪峰水深展平公式	180
10.3	洪峰流量展平公式	182
10.4	实 例	184
第 11 章	水库与堤防设计洪水风险分析	186
11.1	引 言	186
11.2	水库与堤防遭遇设计洪水年序数 X 的风险率 分布列	187
11.3	水库与堤防遭遇设计洪水年序数 X 的风险率 分布数字特征	188

11.4 水库与堤防设计洪水年序数 X 的风险率分布函数·····	193
11.5 结 语·····	194

第 2 篇 水文水资源系统可变模糊集分析理论与方法

第 12 章 可变模糊集理论及其哲学基础 ·····	197
12.1 引 言·····	197
12.2 可变模糊集理论·····	198
12.3 相对差异函数模型·····	201
12.4 可变模糊集理论的哲学基础·····	202
第 13 章 模糊可变识别方法及在水文系统中的应用 ·····	209
13.1 相对隶属函数表示的模糊可变集合与模糊可变识别模型·····	209
13.2 考虑区间值的相对隶属函数公式·····	215
13.3 模糊可变识别方法在水文系统中的应用·····	216
第 14 章 模糊可变评价方法及在水资源与防洪系统中的应用 ·····	226
14.1 模糊可变评价方法的理论基础及其与识别方法的区别·····	226
14.2 模糊可变评价方法的求解步骤·····	227
14.3 模糊可变评价方法在水质评价中的应用·····	229
14.4 模糊可变评价方法在防洪工程体系风险评价中的应用·····	235
第 15 章 基于 DRASTIC 的地下水易污染性模糊可变评价方法 ·····	241
15.1 引 言·····	241

15.2	地下水易污染性模糊可变评价方法·····	242
15.3	实 例·····	247
第 16 章 三峡建坝对库区环境放射性污染影响模糊可变 评价方法 ····· 251		
16.1	引 言·····	251
16.2	三峡工程概况·····	252
16.3	建坝对库区环境放射性污染影响评价矩阵法及 成果简介·····	255
16.4	三峡工程对库区环境放射性污染影响模糊可变 评价方法·····	259
第 17 章 模糊优选识别神经网络 BP 方法及在冰凌预报中 的应用 ····· 267		
17.1	引 言·····	267
17.2	多层模糊优选识别系统·····	268
17.3	模糊优选识别系统与 BP 神经网络的对应关系 ·····	270
17.4	模糊优选识别神经网络 BP 模型 ·····	271
17.5	模糊优选识别神经网络 BP 算法在冰凌预报中 的应用·····	274
 第 3 篇 水资源可持续利用陆海空协同系统原理		
第 18 章 黄河置换水量分配研究 ····· 283		
18.1	引 言·····	283
18.2	模糊集决策单元系统理论·····	285
18.3	黄河置换水量的分配计算·····	289
18.4	结 语·····	292

第 19 章	水资源开发利用的河海协同原理	294
19.1	基于协同学的水资源系统可持续发展状态方程	294
19.2	沿海缺水城市水资源开发利用河海协同原理	296
19.3	结 论	299
第 20 章	论 21 世纪水资源开发利用的陆海空协同系统	301
20.1	引 言	301
20.2	陆海空水资源系统协同方程	302
20.3	开发我国水资源陆空或陆海空协同系统的 可能性	304
20.4	结 语	307

Contents

Preface

Introduction	1
---------------------	----------

Part I Theories and practice of key technology in decision system for reservoir(s) flood control operation

Chapter 1 Important definitions and models	9
1.1 Important definitions	9
1.2 Inapplicability of maximum membership principle of fuzzy concept under classification	13
1.3 Rank feature value	14
1.4 Uniform theory of fuzzy cluster, recognition and optimization and iteration model	18
Chapter 2 Theory and application of multilevel fuzzy optimization for flood control operation	28
2.1 Introduction	28
2.2 Theory and model of multilevel fuzzy optimization for flood control operation	29
2.3 Subjective and objective synthetic analysis in	

determining weights of flood control objectives	34
2. 4 Case	38
2. 5 Conclusion	41
Chapter 3 Theory and application of semi-constructive	
decision making in flood control operation	42
3. 1 Introduction	42
3. 2 Base issues in analysis hiberarchy process of nonconstructive decision	43
3. 3 Binary comparative decision thoughts mode under Chinese traditional language usage — thoughts mode of complementarity decision	45
3. 4 Thoughts theory of binary comparative complementarity decision	51
3. 5 Semi-constructive object relative optimization matrix for flood control operation	62
3. 6 Case	65
3. 7 Conclusion	76
Chapter 4 Multistage, multiobjective, multilevel fuzzy	
optimization theory and its application in flood	
control operation	78
4. 1 Introduction	78
4. 2 Brief introduction of single objective dynamic	

programming	78
4.3 Theory of multistage, multiobjective, multilevel fuzzy optimization	84
4.4 Case	99
Chapter 5 Determining of absolute membership function of flooding season	110
5.1 Direct test of fuzzy statistical method for flooding season	110
5.2 Use of direct test of fuzzy statistical method for determining fuzzy concept — membership degree of flooding season and its stability analysis	112
5.3 Application of flooding membership function ..	122
5.4 Conclusion	125
Chapter 6 Fuzzy dynamic control analysis of flood control limited levels in reservoir	126
6.1 Introduction	126
6.2 Analysis of flooding fuzzy sets	127
6.3 Determining of experimental membership function of flooding season	127
6.4 Determining of theoretical membership function of flooding season	128
6.5 Case	130
6.6 Discussion	134
Chapter 7 Numerical solution for reservoir routing	136
7.1 Introduction	136
7.2 Numerical solution of reservoir routing	137