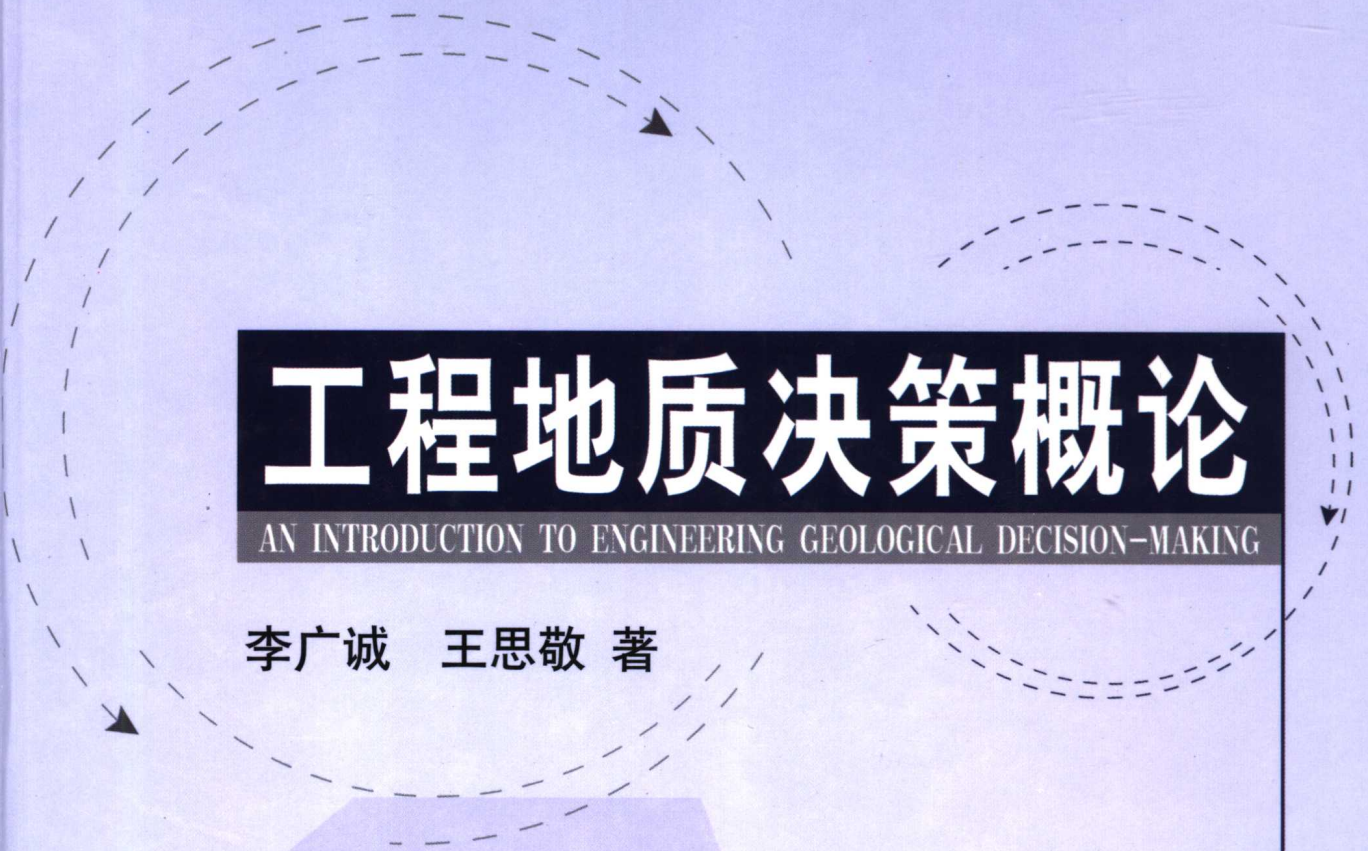
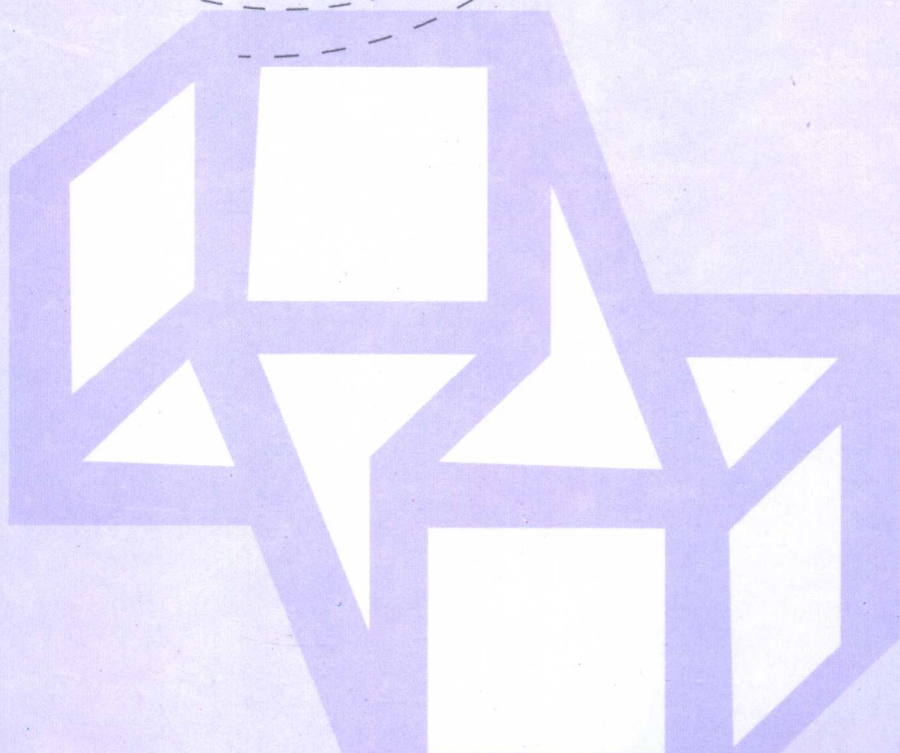




工程地质决策概论

AN INTRODUCTION TO ENGINEERING GEOLOGICAL DECISION-MAKING

李广诚 王思敬 著



科学出版社
www.sciencep.com

工程地质决策概论

李广诚 王思敬 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

工程中每一个地质问题的最终解决都要落实到决策问题上。本书从解决工程地质决策问题的角度出发,针对工程地质问题的特性,以数理统计及有关计算方法为工具,以系统科学及决策论为理论基础,研究在实际工程中对于工程地质问题的科学的决策程序和决策方法。本书提出了工程地质系统分析和工程地质评价的基本方法,提出了工程地质耦合理论及工程地质学的理论体系。本书根据决策学的基本原理,结合工程地质决策问题的特征,提出了工程地质决策的几种基本方法:经验判断法、工程类比法、优劣对比法、决策分析法、综合决策法。本书提出了工程地质决策的阶段与步骤,并给出了几个实际工程中的决策实例,供读者在阅读本书和进行有关工程地质问题决策时参考。

本书的读者对象主要是工程实际中需要进行工程地质决策或工程决策的高层次工程技术人员和有关专家,同时也包括相关高等学校教师、高年级本科生和研究生。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质决策概论/李广诚,王思敬著. —北京:科学出版社, 2006
ISBN 7-03-016645-0

I. 工… II. ①李… ②王… III. 工程地质-决策-概论 IV. P642

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第151841号

责任编辑:胡晓春 卜 新/责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年5月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006年5月第一次印刷 印张:14 1/4

印数:1—1 500 字数:311 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

序

今年国庆节前，收到了李广诚和王思敬先生合著的《工程地质决策概论》书稿，请我审阅并作序。广诚在中国科学院进行博士论文答辩时，我是答辩委员会主席。我知道，那时广诚即在王思敬先生的指导下潜心于工程决策问题的研究。此次拿到书稿后，感觉这几年他们对这一问题的研究又有了新的进展。

正如该书正文开篇所说，工程建设中每一个工程地质问题最终都要落实到决策问题上。工程地质技术人员在实际工作中经常要进行不同层次的决策。但是对于如何进行科学合理的决策，目前还无人进行过系统的研究。该书对工程地质决策问题从理论到方法做了一些有益的探索，这在工程实际中是具有很大实际意义的。

广诚大学毕业后一直工作在生产第一线，搞过不少工程，曾担任电力工业部北京勘测设计研究院副总工程师、水利部水利水电规划设计总院勘测处处长等职，积累了较丰富的实际工程经验。1994年，他参加全国统考到中国科学院地质研究所攻读博士学位，在理论方面又有了长足的进步。王思敬先生是中国工程地质学界的领军人物，曾担任中国科学院地质研究所所长、国际工程地质与环境学会主席等职，著述颇丰，且在工程地质研究领域有许多新的思路，对工程地质学界贡献很大。此次，他们师徒合作完成了《工程地质决策概论》一书，在工程地质学的研究中开辟了一个非常重要的新领域，对工程地质学的发展做出了新的贡献。该书所研究的问题与实际工程结合紧密，具有较强的实用性和可操作性。

工程地质学涉及的内容非常广泛，目前在这个学科中研究的成果也较多，但该书所论述的许多内容却是过去鲜有人论及的，如工程地质评价方法、工程地质决策方法、工程地质基本理论问题等。正由于此，书中所论述的一些问题还需要进一步探讨、研究。有句话说：提出问题就是解决问题的一半。希望书中所论述的问题能引起有关专家学者的兴趣，以使此项工作继续下去，并推动工程地质学的进一步发展。

欣然应邀，特作此序。

张咸恭

二〇〇五年十月

Abstract

Solution of every engineering geological problem is actually an issue of decision-making. For the purpose of solving the decision-making problems in engineering, this book, based on the characteristics of engineering geological problems, and by means of the theory of system science and decision-making as well as the mathematical statistics theory and relevant computation methods, makes an in-depth study on the scientific decision-making process and methodology of engineering geological problems encountered in specific projects.

In this book, authors propose the methodology on engineering geological systematic analysis and assessment, the coupling theory and the theoretic system of engineering geology. Based on the principles of decision-making science and decision-making characteristics of engineering geology, several basic methods for engineering geological decision-making are proposed, including experience judgement method (EJM), engineering analogy method (EAM), advantage-demerit antithesis (ADA), decision analysis method (DAM), synthetic decision-making method (SDM). In this book, the phases and procedures are also proposed in engineering geological decision-making.

In the last part of this book, authors provide several specific decision-making cases for readers' references in the process of engineering geological decision-making.

This book is written for high-level engineering technicians and relevant experts who are engaging in engineering or engineering geological decision-makings, and also be used as references for teachers and graduates of universities.

目 录

序

第 1 章 决策及其基本问题	1
1.1 决策的基本概念	1
1.1.1 决策定义及其意义	1
1.1.2 决策的组成	2
1.2 决策的科学化	2
1.3 工程地质决策问题研究现状	4
1.3.1 工程中目前使用的决策方法	4
1.3.2 费用-安全度曲线及其决策平衡点	5
1.3.3 工程地质决策问题研究现状	7
1.3.4 与工程地质决策问题相关的学科研究现状	8
1.3.5 有关工程地质决策问题的新思路与新方法	8
1.4 决策问题分类	9
1.4.1 决策学中决策问题的分类	9
1.4.2 工程地质决策问题的分类	10
1.4.3 工程地质决策方法的分类	11
1.5 决策问题的研究在实际工作中的意义	12
1.5.1 战略性	12
1.5.2 指导性	12
1.5.3 经济合理性	12
1.5.4 实用性	12
1.5.5 高层次性	12
1.6 水利水电工程地质问题决策特征	13
第 2 章 工程地质理论体系与工程地质耦合理论	15
2.1 工程地质理论体系的研究	15
2.1.1 工程地质理论问题研究的必要性	15
2.1.2 工程地质理论问题研究现状	15
2.1.3 工程地质学研究内容及其与其他学科的关系	16
2.1.4 工程地质学的科学技术观	17
2.1.5 工程地质学与岩土工程的关系	18

2.2	工程地质学的理论体系	20
2.3	工程地质耦合理论	23
2.3.1	耦合理论的基本思想	24
2.3.2	耦合理论的图示模型	27
2.3.3	耦合理论的数学模型	28
2.3.4	耦合理论的应用步骤及其循环	30
2.3.5	工程地质学耦合理论的决策准则	32
2.3.6	耦合度及其风险性分析	32
2.3.7	耦合理论下一步应研究的问题	33
2.4	工程地质学的发展方向	33
第3章	工程地质系统分析基础	35
3.1	工程地质系统及其特性	35
3.1.1	工程地质系统(EGS)	35
3.1.2	工程地质系统特性	36
3.2	系统中几种关系分析	39
3.2.1	母系统与子系统	39
3.2.2	动态系统与静态系统	40
3.2.3	开放系统与封闭系统	41
3.2.4	线性系统与非线性系统	42
3.3	工程地质系统模型	43
3.3.1	时间模型	43
3.3.2	空间模型	48
3.4	工程地质系统简化方法	48
3.4.1	定目标	48
3.4.2	定判据	49
3.4.3	定层序	49
3.4.4	定范围	50
3.4.5	定时间	51
3.4.6	定线性	52
3.5	信息的价值与信息的获取	54
3.5.1	完全信息及其价值	54
3.5.2	工程地质勘察中勘察工作量布置	54
3.6	系统分析步骤	56
第4章	工程地质综合评价	59
4.1	工程地质评价概述	59
4.1.1	工程地质评价基本原则	59

4.1.2	工程地质评价对象	60
4.1.3	工程地质评价内容	60
4.1.4	工程地质评价结果	62
4.2	工程地质分析评价基本方法	63
4.2.1	标准对比法	63
4.2.2	图解分析法	64
4.2.3	数值计算法	64
4.2.4	分区分类分级法	66
4.3	工程地质综合评价方法	66
4.3.1	系统综合评价	66
4.3.2	系统的构成及各因子评价	67
4.3.3	系统评价因子权重的确定	68
4.3.4	系统因子的评分标准	70
4.3.5	系统综合评价的分值计算	71
4.4	几种典型工程地质条件的评价方法	73
4.4.1	区域构造稳定性评价	73
4.4.2	坝基岩体质量评价	75
4.4.3	库岸稳定性评价	77
4.4.4	洞室围岩稳定性评价	79
4.4.5	岩溶渗漏评价	80
4.4.6	岩质高边坡稳定性评价	82
4.4.7	城市建设工程地质评价	82
4.4.8	工业建筑工程地质评价	83
4.4.9	环境工程地质评价	84
第 5 章	工程地质决策方法初步	85
5.1	工程地质决策及决策模型	85
5.1.1	决策因素	85
5.1.2	决策判据	85
5.1.3	自然状态 s_i	85
5.1.4	状态概率 $P(s_i)$	85
5.1.5	方案 d_i	86
5.1.6	损益值 V_{ij}	86
5.2	工程地质问题决策方法之一——经验判断法	86
5.2.1	定性经验判断法	87
5.2.2	定量经验判断法——关联矩阵法	91
5.3	工程地质问题决策方法之二——工程类比法	92

5.3.1	工程类比法的重要性及其定义	92
5.3.2	类比工程的可比性及可比度	93
5.3.3	工程类比法的决策	96
5.4	工程地质问题决策方法之三——优劣对比法	97
5.4.1	无权重评价因子优劣对比法	98
5.4.2	有权重评价因子优劣对比法	98
5.5	工程地质问题决策方法之四——决策分析法	102
5.5.1	风险(概率)型决策	102
5.5.2	模糊型决策	105
5.5.3	方案状态是连续变量时的决策	109
5.6	工程地质问题决策方法之五——综合决策法	112
5.7	多目标决策	113
5.7.1	多目标决策中的有关问题	113
5.7.2	多目标决策问题的求解方法	114
5.8	效用理论	116
5.8.1	效用的概念	117
5.8.2	多目标决策的效用分析	118
5.9	决策方案的风险性分析	120
5.9.1	风险性分析的含义	121
5.9.2	工程中风险的概率分布	121
5.9.3	最优期望值函数	122
5.9.4	置信域与置信度	123
5.10	工程地质问题决策程序	123
5.10.1	提出问题阶段	124
5.10.2	系统分析阶段	124
5.10.3	决策准备阶段	125
5.10.4	进行决策阶段	126
5.10.5	决策反馈阶段	127
第6章	北京十三陵抽水蓄能电站地下厂房位置的选择	129
6.1	电站工程区工程地质条件	130
6.1.1	地层岩性	130
6.1.2	地质构造	132
6.2	十三陵抽水蓄能电站地下厂房位置选择的决策层序	133
6.3	经验判断法和工程类比法在电站规划阶段的应用	133
6.3.1	电站建设的基本条件	135
6.3.2	规划阶段电站位置选择的决策	137

6.4	优劣对比法在不同阶段选厂时的应用	139
6.4.1	可行性研究阶段电站选厂时的应用	139
6.4.2	初步设计阶段电站选厂时的应用	146
6.4.3	在电站技施设计阶段厂房位置调整中的应用	150
6.5	决策分析法在电站技术设计阶段厂房位置调整中的应用	156
6.5.1	依据工程地质条件对各厂房方案的比较决策	156
6.5.2	考虑改变方案增加的工作量时对各厂房方案的比较决策	163
6.5.3	考虑施工方法及经济因素时对各厂房方案的比较决策	165
第 7 章	北京十三陵抽水蓄能电站下水库防渗方式决策	167
7.1	下水库工程地质概况	167
7.1.1	工程概况及问题的提出	167
7.1.2	库盆内黏土层的连续性分析	169
7.1.3	十三陵盆地黏土层的成因与分布模式	172
7.2	优劣对比法在下水库防渗方式决策中的应用	175
7.3	决策分析法在下水库防渗方式决策中的应用	177
7.3.1	乐观准则决策	178
7.3.2	悲观准则决策	179
7.3.3	折中准则决策	179
7.3.4	后悔值准则决策	180
第 8 章	工程地质决策计算机程序	182
8.1	计算机决策的结构化问题	182
8.2	工程地质决策支持系统	183
8.2.1	工程地质决策支持系统结构	183
8.2.2	决策时段	183
8.2.3	决策方法选择	184
8.2.4	EGDSS 的基本结构与流程	185
8.3	经验判断法计算机决策程序	185
8.4	工程类比法计算机决策程序	185
8.4.1	工程数据库的建立	185
8.4.2	工程数据库的检索方式	188
8.5	优劣对比法计算机决策程序	189
8.5.1	无权重对比项优劣对比法	189
8.5.2	有权重对比项优劣对比法	190
8.6	决策分析法计算机程序	191
8.6.1	概率型决策计算机程序	191
8.6.2	模糊型决策计算机程序	193

8.6.3 多目标决策计算机程序	196
8.7 决策综合分析	196
第9章 工程地质决策问题研究展望	197
9.1 几点认识	197
9.2 存在的问题及今后的工作方向	197
主要参考文献	199
附录 决策学中常用名词汉英对照	204
后记	208
第一作者简介	210

CONTENTS

Foreword

Chapter 1 Decision-making and its basic problems	1
1.1 Basic conceptions of decision-making.....	1
1.1.1 Definition of decision-making and its significance	1
1.1.2 Composition of decision-making	2
1.2 Scientific decision-making.....	2
1.3 Status quo of decision-making studies in engineering geological field.....	4
1.3.1 Existing decision-making methods in engineering.....	4
1.3.2 Cost-Risk Curve and the equilibrium point for decision-making.....	5
1.3.3 Status quo of decision-making studies in engineering geological field.....	7
1.3.4 Status quo of subjects related to engineering geological decision-making	8
1.3.5 New thoughts and methods on engineering geological decision-making.....	8
1.4 Classification of decision-making issues	9
1.4.1 Classification of decision-making issues in decision-making science	9
1.4.2 Classification of engineering geological decision-making problems	10
1.4.3 Classification of engineering geological decision-making methods	11
1.5 Significance of decision-making study in practical works	12
1.5.1 Strategic significance	12
1.5.2 Guiding significance.....	12
1.5.3 Economic rationality	12
1.5.4 Practicability.....	12
1.5.5 Advancement.....	12
1.6 Decision-making characteristics of engineering geological problems in hydroelectric projects.....	13
Chapter 2 The theoretic system and coupling theory of engineering geology	15
2.1 Study on the theoretic system of engineering geology	15
2.1.1 Necessity of study on engineering geology theory.....	15
2.1.2 Status quo of study on engineering geology theory.....	15
2.1.3 Contents of engineering geological study and its relation to other subjects	16
2.1.4 Scientific and technologic philosophy of engineering geology.....	17

2.1.5	Relationship between engineering geology and geotechnical engineering	18
2.2	The theoretic system of engineering geology	20
2.3	The coupling theory of engineering geology	23
2.3.1	Basic considerations on coupling theory	24
2.3.2	Schematic model of coupling theory	27
2.3.3	Mathematic model of coupling theory	28
2.3.4	Application procedure and circulation of coupling theory	30
2.3.5	Decision-making criteria of engineering geologic coupling theory	32
2.3.6	Coupling degree and risk analysis	32
2.3.7	Further study on application of coupling theory	33
2.4	Development trends of engineering geology	33
Chapter 3	Basics for engineering geological systematic analysis	35
3.1	Engineering geological system and its characteristics	35
3.1.1	Engineering geological system (EGS)	35
3.1.2	Characteristics of EGS	36
3.2	Analysis on several relations in systems	39
3.2.1	Master system and sub system	39
3.2.2	Dynamic system and static system	40
3.2.3	Opened system and closed system	41
3.2.4	Linear system and nonlinear system	42
3.3	System model of engineering geology	43
3.3.1	Time model	43
3.3.2	Space model	48
3.4	Simplified methods of engineering geological systems	48
3.4.1	Fixing target	48
3.4.2	Fixing criterion	49
3.4.3	Fixing series	49
3.4.4	Fixing scope	50
3.4.5	Fixing time	51
3.4.6	Fixing linearity	52
3.5	Information value and its acquisition	54
3.5.1	Complete information and its values	54
3.5.2	Planning of working amount of engineering geological investigation	54
3.6	Systematic analysis procedures	56
Chapter 4	Comprehensive engineering geological assessment	59
4.1	Introduction	59

4.1.1	Basic principles for engineering geological assessment.....	59
4.1.2	Objects of engineering geological assessment	60
4.1.3	Contents of engineering geological assessment	60
4.1.4	Results of engineering geological assessment	62
4.2	Basic methods for engineering geological analysis and assessment	63
4.2.1	Comparison to relevant technical codes (standards)	63
4.2.2	Graphic analysis	64
4.2.3	Numerical computation	64
4.2.4	Zoning, classification and gradation.....	66
4.3	Methodology for comprehensive engineering geological assessment.....	66
4.3.1	Systematic comprehensive assessment.....	66
4.3.2	Constitutes of a system and assessment of individual elements	67
4.3.3	Determination of weights of individual elements.....	68
4.3.4	Criteria for grading individual elements.....	70
4.3.5	Calculation of grades of comprehensive assessment.....	71
4.4	Several typical methods for assessment of engineering geological conditions	73
4.4.1	Assessment of regional tectonic stabilities	73
4.4.2	Assessment of dam foundation rock mass quality.....	75
4.4.3	Assessment of reservoir bank stability	77
4.4.4	Assessment of surrounding rock mass stability of caverns	79
4.4.5	Assessment of karst leakage	80
4.4.6	Assessment of high rock slope stabilities	82
4.4.7	Assessment of engineering geology for urban construction	82
4.4.8	Assessment of engineering geology for industrial construction	83
4.4.9	Assessment of environmental geology	84
Chapter 5	Methodology for engineering geological decision-making (MEGD)	85
5.1	Engineering geological decision-making and decision-making model	85
5.1.1	Decision-making elements	85
5.1.2	Decision-making criteria	85
5.1.3	Natural states s_i	85
5.1.4	Probability of state $P(s_i)$	85
5.1.5	Scheme d_i	86
5.1.6	Cost-benefit value V_{ij}	86
5.2	MEGD 1—experience judgement method (EJM)	86
5.2.1	Qualitative EJM.....	87

5.2.2	Quantitative EJM—related matrix	91
5.3	MEGD 2—engineering analogy method (EAM).....	92
5.3.1	Definition of EAM and its significance.....	92
5.3.2	Relativity and relativity degree of analogy projects	93
5.3.3	Decision-making for EAM.....	96
5.4	MEGD 3—advantage-demerit antithesis (ADA).....	97
5.4.1	ADA of individual element without weights.....	98
5.4.2	ADA of individual element with weights.....	98
5.5	MEGD 4—decision analysis method (DAM).....	102
5.5.1	Risk (probability) decision-making.....	102
5.5.2	Fuzzy decision-making.....	105
5.5.3	Decision-making with scheme under continuous variables.....	109
5.6	MEGD 5—synthetic decision-making method (SDM)	112
5.7	Decision-making with multiple objectives	113
5.7.1	Relevant problems with multiple-objective decision-making	113
5.7.2	Solution methods for multiple-objective decision-making problems	114
5.8	Effective theory	116
5.8.1	Concepts about effective theory	117
5.8.2	Effective analysis on multiple-objective decision-making	118
5.9	Risk analysis on decision-making schemes	120
5.9.1	Definition of risk analysis	121
5.9.2	Probability distribution of risks in engineering	121
5.9.3	Function of optimal expectation value	122
5.9.4	Reliability domain and degree	123
5.10	Decision-making procedures for engineering geological problems	123
5.10.1	Phase for finding problems.....	124
5.10.2	Phase for systematic analysis	124
5.10.3	Phase for preparation of decision-making	125
5.10.4	Phase for decision-making	126
5.10.5	Phase for feedback of decision-making.....	127
Chapter 6 Site selection for the underground powerhouse of Beijing Shisanling		
Pumped Storage Power Station		129
6.1	Engineering geological conditions of the powerhouse area.....	130
6.1.1	Stratigraphy and lithology	130
6.1.2	Geological structures	132
6.2	Decision-making procedures.....	133

6.3	Application of EJM and EAM in planning phase of Powerhouse station	133
6.3.1	Basic conditions for powerhouse construction	135
6.3.2	Decision-making in site selection for a powerhouse	137
6.4	Application of ADA to site selection in different design phases	139
6.4.1	Application of ADA in feasibility study phase	139
6.4.2	Application of ADA in preliminary design phase	146
6.4.3	Application of ADA in adjustment of powerhouse site in technical design and construction phase	150
6.5	Application of DAM in adjustment of powerhouse site in technical design phase	156
6.5.1	Comparative decision-making for alternative powerhouse schemes according to engineering geological conditions	156
6.5.2	Comparative decision-making for alternative powerhouse schemes considering increased work amounts due to scheme variation	163
6.5.3	Comparative decision-making for alternative powerhouse schemes considering construction methods and economic factors	165
Chapter 7	Decision-making in selecting seepage control measures for the lower reservoir of Beijing Shisanling Pumped Storage Power Station	167
7.1	Engineering geological conditions of the lower reservoir	167
7.1.1	Outline of the project and problems	167
7.1.2	Analysis on the continuity of the clayey layer under the reservoir	169
7.1.3	Genesis and distribution of the clayey layers in the Shisanling basin	172
7.2	Application of ADA in decision-making for selecting the seepage control measure for the lower reservoir	175
7.3	Application of DAM in decision-making for selecting the seepage control measure for the lower reservoir	177
7.3.1	Decision-making by optimistic criterion	178
7.3.2	Decision-making by pessimistic criterion	179
7.3.3	Decision-making by compromise criterion	179
7.3.4	Decision-making by regret criterion	180
Chapter 8	Computer program for engineering geological decision-making	182
8.1	Some considerations on Structuralization of computer decision-making	182
8.2	Engineering geological decision-making supporting system (EGDSS)	183
8.2.1	Structure of EGDSS	183
8.2.2	Time period for decision-making	183
8.2.3	Selection of decision-making methods	184

8.2.4 Basic structure and flow chart of EGDSS	185
8.3 EJM computer decision-making program.....	185
8.4 EAM computer decision-making program	185
8.4.1 Establishment of data bank.....	185
8.4.2 Retrieval technique of data bank	188
8.5 ADA computer decision-making program.....	189
8.5.1 ADA without weights.....	189
8.5.2 ADA with weight	190
8.6 DAM computer decision-making program	191
8.6.1 Probability decision-making computer program	191
8.6.2 Fuzzy decision-making computer program	193
8.6.3 Multi-target decision-making computer program.....	196
8.7 Synthesized analysis of decision-making	196
Chapter 9 Prospect of engineering geological decision-making study	197
9.1 A few points	197
9.2 Existing problems and focus of future studies	197
References	199
Appendix Chinese-English antitheses of general terms in decision-making	
science	204
Epilogue	208
About the first author	210