

岩溶水文地质环境演化 与工程效应研究

卢耀如 等著



科学出版社



国家自然科学基金委员会资助出版

岩溶水文地质环境演化 与工程效应研究

卢耀如 等著

科学出版社

内 容 简 介

本书包括三篇:第一篇以岩溶水文地质环境的宏观地质背景演化为主题,应用宇宙及地-月系统演化理论,分析有关地球圈层结构,进而探讨地球内外因素对岩溶地区地质-生态环境演化的制约作用。第二篇根据对国内外典型岩溶地区的调查研究,进行岩溶水文地质环境分析对比。分别探讨了热液复合岩溶作用、冷水复合岩溶作用及常态复合岩溶作用,并在实际对比的基础上进行了理论探讨。本篇还按岩溶洞穴发育特征及有关发育的环境背景,划分出10种洞穴发育模式。第三篇在研究重点地区岩溶水文地质环境基本特征的基础上,应用前两篇有关理论认识,探讨了目前在建的一些重大工程的工程效应问题。其中重点研究了黄河晋陕峡谷北段能源开发将产生的环境效应和长江三峡工程有关边坡稳定、淤积、水环境污染及水库诱发地震等问题。本篇还就地质-生态环境演化趋势及其质量评判方法作了讨论。

本书可供岩溶、水文地质、工程地质、环境地质以及水利水电建设方面的科技人员、高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

岩溶水文地质环境演化与工程效应研究/卢耀如等著. 北京:科学出版社,1999.6

ISBN 7-03-007110-7

I. 岩… II. 卢… III. ①岩溶-环境地质学-研究 ②岩溶-工程地质-研究 N. P642.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 32960 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

*

1999年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1999年6月第一次印刷 印张:20 1/2

印数:1—900 字数:452 000

定 价: 52.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

序 一

岩溶（喀斯特）在中国分布广阔。提起岩溶，人们首先会想到它的绮丽景观。奇峰秀水的漓江风光、挺拔耸立的石林奇景、雄伟壮丽的三峡天险、五彩缤纷的九寨沟和晶莹剔透的瑶林洞以及不胜枚举的仙境似的地下洞穴世界，都是中国驰名于世的旅游胜地。除旅游资源外，岩溶地区其他资源也很丰富，特别是水和水能资源、矿产资源以及生物资源，都常具有良好的开发前景。同时，岩溶地区的环境非常脆弱，易遭受多种自然灾害破坏。我国不少岩溶山区至今尚较贫困，改造、开发和建设岩溶地区，是一项长期和艰巨的任务。

要在岩溶地区进行水利水电、交通、矿山和城乡建设，除了应调查分析建设的有利和不利条件外，尤需重视研究建设所带来的地质-生态环境效应。如果对此研究不深、处理不妥，就会导致不良后果。其中岩溶水文地质环境的变化对工程建设的影响尤为直接，相应产生的效应也最迅速，是诸多因素中的重点。

《岩溶水文地质环境演化与工程效应研究》是这方面的一部优秀著作。作者卢耀如院士在本学科领域中勤奋研究 40 余年，有很深的造诣，人称“喀斯特卢”。本书是他毕生所做的理论探索和工程实践的总结，具有继往开来的意义。它不仅对过去的探索作了归纳和综合，也将对新世纪中国岩溶地区的研究和开发起推动作用。

本书的一个重点是探索了“构造”与“气候”这两大因素对岩溶发育规律及其水文地质环境演化的影响，并对比了中国大陆与台、港地区，以及中国与欧美等国一些典型地区岩溶与岩溶水文地质的特征。这种对比性科学研究深化了对岩溶发育及水文地质环境的规律性认识，显然具有重要的学术价值。

本书的另一特点是将理论探索与工程实践紧密结合，对目前在建的重要工程从地质-生态环境保护角度提出见解。其中重点探讨了黄河晋陕峡谷万家寨水利枢纽和长江三峡水利工程的地质-生态环境效应问题。对前者，作者提出地表水与地下水资源合理综合开发的观点，对后者提出库区地质-生态环境保护及在上游进行建设性工程的建议，都得到有关部门的重视，也体现出地质与水利水电建设相互配合与合作的重要性。

我很愿为这本有理论深度和实践经验的优秀学术著作作序，并借此提出两点希望：一是希望作者今后能将其丰富的专业知识与经验推广应用到更广泛的建设领域，因为岩溶及岩溶水文地质环境对水利水电以外的建设也有显著影响；二是希望我国有丰富水能和其他资源的广大岩溶地区能在新世纪之初迎来一个建设高潮，既能迅速开发脱贫致富，又能切实做到可持续发展。当然，这需要多学科的密切合作，需要政府和各界人士的关心与支持。我坚信，中国岩溶地区的美好前景一定会迅速到来。

中国工程院副院长
中国工程院院士
中国科学院院士

潘家铮

1998年8月

序 二

卢耀如院士及其合作者所著《岩溶水文地质环境演化与工程效应研究》，是一部优秀的科研成果专著。在作者四十多年研究岩溶的基础上，从岩溶水文地质环境方面深入探索有关理论，对比国内外的情况，并结合工程实践的重大问题，提出作者的新认识，这对今后大工程建设及有关地质环境的保护，具有积极的参考意义与实用价值。

这本论著中，作者探讨了岩溶水文地质环境演化的制约因素，从大尺度空间、多圈层相互关系的角度，来分析岩溶地下水的形成、演化，从而开拓了我国岩溶水文地质科学研究的新方向，使岩溶水文地质科学增加了新的研究内容，也拓宽了研究领域。这是作者本项研究成果的最大成绩和贡献。作者还把岩溶水文地质环境的演化与地质-生态环境相结合进行研究，分析第三纪晚期以来地质-生态环境变化，进而研究相应的水文地质环境的时空演化，并探索今后产生的效应，体现出作者新的学术思路，也提出了新的岩溶水文地质的研究方法。

专著中不是一般地引用国内外参考文献，而是在作者对国内外进行调查研究的基础上，以自己采样分析的成果作为基本依据，进行中国大陆与港、台地区，以及中国与欧美典型岩溶地区的对比研究，从中深入揭示出有关岩溶发育规律与岩溶水文地质环境特征。本书中这方面有关内容与国内外岩溶专著相比，也显示出作者独树一帜、自成一家的风格。

本项成果将理论与工程实践紧密结合，在汇聚作者丰富工程实践的基础上，重点探讨有关黄河晋陕峡谷和长江三峡工程的环境效应问题。作者敢于坚持科学真理，曾将有关长江三峡工程的环境效应与上游系统性工程的论点直言上书，得到有关领导部门的重视与采纳，也显示出这方面研究成果的价值。

卢耀如院士知识面宽厚、工程实践丰富、学术思维活跃，在这本既有理

论创见，又有实用价值的科学论著中都有较多反映。深信该论著也会带来更多的学术反响与社会效应，为长江三峡和黄河晋陕峡谷的开发，为广大岩溶地区的可持续发展，发挥积极的作用。

中国科学院资深院士



1998年8月

前 言

中国岩溶分布广阔,类型众多,岩溶水文地质条件也多种多样。岩溶发育结果,形成复杂的洞穴-管道系统,使岩溶水文地质条件与一般孔隙-裂隙性水文地质条件有着明显差别。岩溶对各项经济建设有利的方面,主要在其水文地质特性中地表水与地下水转化迅速,具有丰富的地下水资源;对各项建设不利的因素,在于复杂的岩溶洞穴的管道水流的特性带来岩溶水危害与不良的地质环境效应。有利与不利的特性综合反映在岩溶水文地质环境的效应上。所以,研究岩溶水文地质环境是揭示岩溶发育规律最主要的内容。

岩溶水文地质环境的演化是个复杂的地质过程,受宇宙及全球性的演化所制约。因此,研究水文地质环境,也应当涉及到宏观的地球及宇宙的演化过程。这方面的内容本书中只作些初步探索。岩溶水文地质环境演化,实际上包容在岩溶地区地质-生态环境的演化之中。岩溶水文地质环境与其他地质问题一样,由于自然条件的复杂性,各地区存在着差异性,但又具有其可比性。因此,应用对比研究有助于深入了解有关岩溶水文地质环境的演化规律性。本书根据笔者调查研究的国内外不同地区的岩溶水文地质环境情况,进行了综合分析对比。对于国外地区,以笔者曾参与野外调查研究和曾采集典型性的样品进行分析的地区为基础,并参考重点地区的有关资料而进行对比研究。在区域性对比中,重点对比中国境内及世界上十多个国家与地区有关岩溶作用与岩溶水文地质环境特性方面的几个重要问题。

岩溶水文地质环境的演化,与人类建设关系密切,因此,本书着重讨论了黄河晋陕峡谷(北段)和长江三峡水利工程地区,有关岩溶水文地质环境特性及工程环境效应问题。这方面的问题是很复杂的,而且也是大家所关注的,我们在以往工作的基础上,着重对岩溶地区的水文地质工程地质特征,包括一些坝段等选择作些再分析,并据以作为研究工程环境效应并预测岩溶水文地质环境演化的基础。有关三峡工程的环境效应问题,只是着重强调了今后仍需深入探索的几个与岩溶水文地质环境密切相关的问题,并提出了现有的基本认识。

本研究,融入了几十年有关岩溶研究方面的成果,其中也包括在以往工作中合作者朱学稳、王兆馨、郭希哲、于珉、陈连禹、杰显义、刘福灿和赵成櫟的努力,谨此表示衷心的感谢。此项研究工作,得到国家自然科学基金的资助,及马福臣、田兴有、白鸽、王曙光、王丽汴及韦安华等有关人士的支持与帮助;并获得国外和港、台地区学者特别是 J.V.Brahana、N.C.Krothe、K.S.Johnson、D.C.Ford、B.F.Beck、M.M.Swecetng、A.C.Waltham、C.F.Lee (李焯芬)、Wyss Yim 和卢佳遇及王鑫等教授提供对比研究的机会;并得到程裕淇、刘东生、郝诒纯、张炳熹、贾福海、陈梦熊、张宗祜、胡海涛、常印佛、袁道先等院士和李烈荣、赵逊、王弭力、侯振谦、藉传茂、费瑾、任福弘、杨明德、邹成杰、杨汉奎、秦毅苏和林蓬琪教授等的支持;有关人士张泽敏、吕晓军、鲁静、南云驹、刘剑彪、李建林、郝慧敏、刘红梅、朱玉红、丁志彬和狄靖等也曾予以

多方面协助；在研究工作中，也得到往日师长沈元院士、林观得教授、王世章教授的关怀与鼓励。对上列学者、专家、师长及有关人士，谨表衷心的感谢。

此项成果经张宗祜院士（主任委员）、胡海涛院士、常印佛院士（副主任委员）和陆春榕教授、任福弘教授、费瑾教授、哈承佑教授、宋林华教授和林均枢教授等的评审，并提出宝贵意见，在此谨致以诚挚的谢意。

段光杰和于海潮曾协助进行国内外有关岩溶水文地质环境的部分调查研究。童国榜提供第三章第二节和第三节部分有关古气候与植被、动物分布的基本内容和部分图件初稿；郭盛乔提供黄河晋陕峡谷第四纪地层和古生物资料；林锦璇、梁国玲、张凤娥和殷夏协助进行微机分析与制图；张俊牌协助进行孢粉分析；张玉芳协助进行重矿物分析；郑方玉协助进行有关土工分析；焦鹏程协助进行氮同位素分析；杨素根、赵兴国协助进行水环境同位素分析；何自冥、管淑平和孙丽娜协助进行水质分析；赵树森等协助进行有关铀系法等年代测定；杨丽娟、杨庆华协助图件绘制。全书在大家协作基础上，由卢耀如执笔完稿。

目 录

序一 序二 前言

第一篇 岩溶水文地质环境的宏观地质背景演化

第一章 地球圈层结构及其水文地质	3
第一节 太阳系和地球及其水的起源	3
第二节 地-月系统成因及其水的差异状况	4
一、同源体分异说	5
二、异源异体俘获说	5
三、同源异体演化说	5
第三节 地球圈层结构对水的制约	7
一、岩石圈-地核及其水文地质特性	7
二、水圈及其水文地质分带性	9
三、大气圈与水气变换	12
四、水对生物圈的重要意义	15
第二章 地球内外因素对岩溶水文地质环境的影响与制约	18
第一节 地球自身演化对岩溶水文地质条件的制约	18
一、软流圈三相流基本特性	18
二、地球热场及其变化	27
三、水圈上层四种基本水文地质结构	29
第二节 地球外因素对岩溶水文地质环境的影响	36
一、太阳、月球引力的影响	36
二、宇宙因素对岩溶水文地质条件影响的初步分析	40
第三章 制约岩溶水文地质条件的地质-生态环境的演化	44
第一节 三百万年来中国古环境变化信息与有关水文地质环境分析	44
一、古气候信息与古水文地质条件	44
二、古构造与古地理环境变化信息	47
三、气候变化的直接信息	48
四、宇宙因素影响气候、环境演化的有关依据	48
第二节 晚第三纪至中更新世地质-生态环境演化期与相应的水文地质特征	51
一、第一急变期(距今 320 万年—250 万年)	52
二、第一缓变期(距今 250 万年—140 万年)	54
三、第二急变期(距今 140 万年—70 万年)	55
四、第二缓变期(距今 70 万年—15 万年)	56
第三节 晚更新世以来地质-生态环境演化与相应水文地质特征	58

一、晚更新世冷期—暖期(距今 15 万年—7 万年)	58
二、晚更新世最后冷期(距今 7 万年—1 万年或 1.2 万年)	59
三、全新世以来地质-生态环境与有关水文地质条件的变化	61
四、地质-生态环境演化类型	66
五、人工效应对当代气候与环境的影响	67
第四节 控制水文地质条件的主要自然复合因素的评判	70
一、主要因素的制约性分析	71
二、近代十大参数的区域性分布概况及其综合评判系数	72

第二篇 岩溶水文地质环境区域性特征对比

第四章 复合岩溶作用及其水文地质环境特性对比	77
第一节 热液复合作用岩溶水文地质环境特性	77
一、中国东南沿海与岛屿地区热液岩溶作用与相应的水文地质环境特征	77
二、东亚与澳大利亚一些地区热液复合岩溶探讨	81
三、地中海沿岸一些地带热液岩溶作用与地热场水文地质特征	83
四、热液混合岩溶水文地质环境特性及有关机理	84
第二节 冷水复合作用岩溶水文地质环境特性对比	90
一、中国西部高山一些冷水复合的岩溶水文地质环境概述	91
二、北欧冰川(或冰盖)与冷水复合作用下岩溶水文地质环境特征概述	99
三、北美冰川(或冰盖)与冷水复合作用下岩溶水文地质环境	103
四、中国与其他地区冷水复合岩溶水文地质环境的对比	110
第五章 常态岩溶作用及其水文地质环境特征对比	119
第一节 构造与气候对岩溶水文地质环境的综合影响	119
一、岩溶水动力要素	121
二、岩溶水动力条件类型	124
第二节 岩溶洞穴发育环境及其特征	126
一、海蚀与海缘洞穴模式(I)	126
二、湖缘洞穴系统模式(II)	129
三、浅谷洞穴系统模式(III)	130
四、深谷洞穴系统模式(IV)	131
五、斜坡山地洞穴系统模式(V)	134
六、山脊山岭洞穴系统模式(VI)	135
七、高寒高原洞穴系统模式(VII)	138
八、湿热高原洞穴系统模式(VIII)	138
九、冰缘洞穴系统模式(IX)	141
十、热液洞穴系统模式(X)	143
第三节 岩溶水文地质环境的若干问题对比分析	143
一、山区阶状岩溶水文地质结构	143
二、断块山地岩溶水文地质结构	146
三、岩溶水动态特性比较	147
四、岩溶水溶蚀机理与溶蚀量对比分析	152

五、岩溶水环境同位素特征对比	157
----------------------	-----

第三篇 重点开发地区岩溶水文地质环境 基本特征与工程效应研究

第六章 黄河晋陕峡谷北段岩溶水文地质环境基本特征与工程效应	163
第一节 岩溶发育的地质背景条件	163
一、碳酸盐岩的岩性与构造条件	163
二、岩溶发育时期与有关古环境条件	167
第二节 岩溶水文地质系统与岩溶水特性	173
一、黄河水与岩溶地下水的补排关系	174
二、岩溶地下水的区域性水质情况	176
三、岩溶水环境同位素特性分析	179
四、岩溶水动力特征与水动力条件	181
五、岩溶泉与岩溶水文地质系统	185
第三节 黄河晋陕峡谷北段地质-生态环境现状与质量	186
一、资源性有利条件	187
二、灾害性不利条件	190
三、地质-生态环境质量评判	195
第四节 黄河晋陕峡谷北段水文地质环境工程效应分析	198
一、万家寨水利水电枢纽的水文地质环境效应	198
二、煤田开采的地质-生态环境效应	210
第七章 鄂西-重庆地区岩溶水文地质环境基本特征	212
第一节 长江三峡与鄂西-重庆地区岩溶发育基本特征	212
一、长江三峡发育过程探讨	212
二、长江三峡与鄂西-重庆地区岩溶发育期	214
三、长江三峡与鄂西-重庆地区岩溶发育基本特征	218
第二节 长江三峡与鄂西-重庆地区岩溶水文地质环境特征	228
一、长江三峡与鄂西-重庆地区古地质-生态环境演化概况	228
二、长江三峡及鄂西-重庆地区岩溶水文地质结构与系统	229
第八章 长江三峡岩溶水文地质工程地质条件与环境工程效应	243
第一节 长江三峡水利枢纽岩溶比较坝区的水文地质工程地质基本特性	243
一、岩溶坝区岩层综合特性	244
二、岩溶坝区水文地质基本特征	245
三、岩溶化岩体渗透性	248
第二节 长江三峡岩溶比较坝区主要水文地质性工程地质基础问题	252
一、坝基及绕坝渗漏问题	252
二、基坑涌水量与排水问题	253
三、隧洞涌水与排水问题	255
第三节 长江三峡水利枢纽岩溶坝段与坝区比较	257
一、岩溶坝区的坝段比较	257
二、岩溶坝区与结晶岩坝区的比较	259

第四节 长江三峡水利枢纽水文地质环境的工程效应	260
一、水库诱发地震有关岩溶因素类型与机理探讨	260
二、岩溶地带滑坡类型及边坡稳定性评判	269
三、库区水环境污染的理论分析	272
第五节 长江三峡区域性地质-生态环境质量与演化趋势评判	280
一、目前区域性地质-生态环境质量评判	280
二、岩溶地区地质-生态环境演化趋势评判	282
三、提高长江三峡工程影响地带地质-生态环境质量措施建议	287
结束语	291
参考文献	293

RESEARCH ON THE EVOLUTIONS OF KARST HYDROGEOLOGICAL ENVIRONMENTS AND THEIR ENGINEERING IMPACTS

CONTENTS

Preface 1

Preface 2

Introduction

Part One EVOLUTION RELATED TO MACROSCOPIC GEOLOGICAL BACKGROUND OF KARST HYDROGEOLOGICAL ENVIRONMENTS

Chapter 1. Structure of the earth shells and their hydrogeology	3
Section 1. Origin of the solar system, earth and water	3
Section 2. Formation of the earth-moon system and their differential water conditions	4
1. Theory of separation from same origin	5
2. Theory of capture from different origin	5
3. Theory of different evolution from same origin	5
Section 3. Structure of the earth shells to restrict water	7
1. Geosphere-core and their hydrogeological features	7
2. Hydrosphere and its division of hydrogeological zones	9
3. Atmosphere and liquid-gaseous changes	12
4. Water with important significance for the Biosphere	15
Chapter 2. Karst hydrogeological environments to be influenced and restricted by internal and external factors of the earth	18
Section 1. The earth herself evolution to condition karst hydrogeology	18
1. The basic features of three phrases' flows in the Rheosphere	18
2. Geothermal fields and their changes	27
3. Basic four hydrogeological structures in upper Hydrosphere	29
Section 2. The karst hydrogeological conditions to be influenced by external factors of the earth	36
1. Influences of attractions from the sun and the moon	36
2. Comprehensive analysis of cosmic impacts upon karst hydrogeology	40
Chapter 3. The evolutions of geo-ecology to condition the karst hydrogeological environments	44

Section 1. The information related to paleo-environmental changes and analyses of hydrogeological conditions in since 3Ma B. P.	44
1. Paleo-climatic information and paleo-hydrogeological conditions	44
2. Information of paleo-geographic and structural changes	47
3. Direct information related to climatic changes	48
4. Proofs related to cosmic factors influenced climatic environments	48
Section 2. Evolutional stages of paleo-geo-ecology in Late Tertiary—Middle Pleistocene and related hydrogeological features	51
1. First stage of rapid change(3.2—2.5Ma B. P.)	52
2. First stage of slow change(2.4—1.3Ma B. P.)	54
3. Second stage of rapid change(1.4—0.7Ma B. P.)	55
4. Second stage of slow change(0.7—0.15Ma B. P.)	56
Section 3. Evolutions of geo-ecology and related hydrogeological features since Late Pleistocene	58
1. Cold stage-warm stage in Late Pleistocene(150—70ka B. P.)	58
2. Last cold stage in Late Pleistocene(70—10 or 12ka B. P.)	59
3. Changes of geo-ecology and related hydrogeological conditions in Holocene	61
4. Evolutional types of geological environments	66
5. Present climate and environments to be influenced by the artificial impacts	67
Section 4. Evolutions of main compound natural factors to controll hydrogeological conditions	70
1. Analyses of conditions of main factors	71
2. Regional distributions of recent important ten coefficients and their comprehensive evolution coefficients	72

Part Two COMPARATION ON REGIONAL FEATURES OF KARST HYDROGEOLOGICAL ENVIRONMENTS IN DIFFERENT CONDITIONS

Chapter 4. Analyses and researches of compound karstification and their hydrogeological environments in different conditions	77
Section 1. Karst hydrogeological environmental features compound with thermal karstifications	77
1. Thermal karstification in coastal zones and islands of China and related hydrogeological features	77
2. Outline of compound thermal karst in some regions of East Asia and Australia	81
3. Thermal karst processes and hydrogeological features of thermal fields in some zones of Mediterranean Sea	83
4. Features of hydrogeological environments with thermal compound karst and its related mechanism	84
Section 2. Comparative researches on karst hydrogeological environmental features with	

cold water compound karstifications	90
1. Outline of karst hydrogeological environments compound with glacial cold water in high mountains of West China	91
2. Hydrogeological environments with the glacial (or ice sheet) and cold water karstification in North Europe	99
3. Hydrogeological environments with the glacial (or ice sheet) and cold water compound karstification in North America	103
4. Primary comparison on karst hydrogeological environments with compound cold water karstification between China and other regions	110
Chapter 5. Comparative researches on karst hydrogeological environments under normal karstifications	119
Section 1. Comprehensive influences-from structure and climate to karst hydrogeological environments	119
1. Main karst hydro-dynamic factors	121
2. Karst hydro-dynamic condition types	124
Section 2. The environmental features and related karst cave patterns	126
1. Sea eroded and sea rim cave pattern	126
2. Lacustrine eroded and lacustrine rim cave pattern	129
3. Shallow valley cave pattern	130
4. Deep gorge cave pattern	131
5. Slopped mountain land cave pattern	134
6. Mountain ridge cave pattern	135
7. Cold high plateau cave pattern	138
8. Warm-moist plateau cave pattern	138
9. Marginal cave pattern	141
10. Thermal cave pattern	143
Section 3. Comparative analyses of some problems related to karst hydrogeological environments	143
1. Karst hydrogeological structures in stepped mountain regions	143
2. Comparative analyses of karst hydrogeological structures in block mountain lands	146
3. Comparison of karst hydro-dynamic features	147
4. Comparative analyses of corroded quantity in karst water and its corrosion mechanism	152
5. Comparison of environmental isotopic features of karst water	157

Part Three RESEARCHES ON BASIC FEATURES OF KARST HYDROGEOLOGICAL ENVIRONMENTS IN MAJOR EXPLOITING REGIONS AND ENGINEERING IMPACTS

Chapter 6. Basic features of karst hydrogeological environments and engineering impacts in Shanxi-Shaanxi Gorge of the Yellow River	163
--	------------

Section 1. Developmental stages and background conditions for karst development	163
1. Lithologic characters and structural conditions	163
2. Analyses of karst developmental stages and related paleo-environmental condition	167
Section 2. Karst water features and karst hydrogeological systems	173
1. Relationship of recharge-discharge between the Yellow River and karst ground water	174
2. Regional quantity of karst ground water	176
3. Analyses of isotopic features of karst water environments	179
4. Karst hydro-dynamic features and hydro-dynamic conditions	181
5. Karst springs and karst hydrogeological systems	185
Section 3. Present situation and quality of geo-ecology in north section of Shanxi-Shaanxi Gorge of the Yellow River	186
1. Favourable resource conditions	187
2. Unfavourable hazard conditions	190
3. Evaluation of geo-ecology quality	195
Section 4. Engineering impacts on hydrogeological environments in north section of Shanxi-Shaanxi Gorge of the Yellow River	198
1. Engineering impacts on hydrogeological environments caused by the Wanjiazhai Water Conservancy Project	198
2. Impacts upon hydrogeological environments caused by mining coal fields	210
Chapter 7. Basic features of karst hydrogeological environments in West Hubei-Chongqing region	212
Section 1. Basic features of regional karst development in the Three Gorges of the Yangtze River and West Hubei-Chongqing region	212
1. Approach to karstification in the Three Gorges of the Yangtze River	212
2. Karst developmental stages in the Three Gorges of the Yangtze River and West Hubei-Chongqing region	214
3. Basic features of karst development in the Three Gorges and West Hubei-Chongqing region	218
Section 2. Karst hydrogeological environmental features in the Three Gorges of the Yangtze River and West Hubei-Chongqing region	228
1. Outline of paleo-geoecological environmental features in the Three Gorges of the Yangtze River and West Hubei-Chongqing region	228
2. Karst hydrogeological structures and systems of the Three Gorges of the Yangtze River and West Hubei-Chongqing region	229
Chapter 8. Karst hydrogeological and engineering geological conditions and environmental impacts in the Three Gorges and West Hubei-Chongqing region	243
Section 1. Basic features of hydrogeological and engineering geological conditions in comparative karstified dam zone of the Three Gorges Water Conservancy Project of the Yangtze River	243
1. Comprehensive features of lithological characters in karstified dam zone	244
2. Basic hydrogeological features of karstified dam zone	245