

贵州环境地质

杨胜元 张建江 赵国宣 裴永炜 杨森林
李宗发 王 林 谢兴能 王顺祥 杨秀忠

著

贵州科技出版社

贵 阳

序

当今世界,环境问题已成为影响人类生存、经济发展和社会进步的一大突出问题,引起各国民众的普遍关注,各国政府也都高度重视,积极投入人力、物力、财力,开展研究。环境地质学作为研究地质环境基本特征与演化规律,以及人类工程技术经济活动与地质环境相互作用的科学,因此被广泛应用于经济社会发展的各个领域。

我国幅员辽阔,地质结构复杂多样,环境地质问题众多。处于全球最大连片喀斯特地貌中心部位的贵州省,由于特殊的地质结构和晚生代以来受青藏高原隆升的影响,其地形地貌复杂、生态环境脆弱、环境地质问题突出、地质灾害多发,成为制约贵州省经济社会发展的重要因素之一。

为了贵州经济社会更好更快地发展,以贵州省地质环境监测院杨胜元高级工程师为首的科研集体,瞄准环境地质这一关乎人类生存发展前沿领域,以新的地球科学观和环境科学观为指导,本着求真务实、与时俱进的科学精神,对贵州省环境地质问题进行了多年潜心研究。经过反复实践,不断深入,科研工作取得突破性进展,成果十分丰硕,编著成《贵州环境地质》这本书。其主要进展和创新是:

一是以活动论和系统论的观点论述了贵州省原生地质环境形成的地质背景与基础。

二是全面叙述了贵州省喀斯特和非喀斯特地貌和地下水,以及地下热水特征。

三是指出了水文地质环境、工程地质环境、矿山地质环境和城市地质环境问题,以及地质灾害的类型,并探讨其成因。

四是对全省地质环境进行了定量评价与环境地质区划,客观地反映了贵州环境地质区域分布特征;

五是从法律法规、方针政策、科学技术和行政管理等方面,对全省地质环境的保护,地质灾害的防治提出了建议,对推进全省环境地质工作有着积极作用。

即将出版的这本《贵州环境地质》,内容丰富、观点明确、重点突出、特色鲜明,极大地提高了贵州环境地质学的研究水平。该书是国内首部省级环境地质研究专著,不失为理论与实践相结合的环境地质学的力作。她的公开出版发行,不仅为贵州环境地质工作迈上新的台阶提供有力的科学支撑,而且必将对全国环境地质学研究产生影响,为推进生态文明建设、构建环境友好型社会发挥应有的作用。

是为序。

中国科学院资深院士

陈梦熊

2008年2月28日

—
序

摘要

贵州位于中国西南部,地理坐标东经 $103^{\circ}36' \sim 109^{\circ}35'$ 、北纬 $24^{\circ}37' \sim 29^{\circ}13'$,面积 $176\,167\text{ km}^2$,是一个内陆山区省份。贵州生态环境脆弱,是环境地质研究的典型地区之一,本专著是对贵州环境地质的综合性研究成果。除绪言和结语外,全书包括4篇19章,其主要内容摘录于后。

一、环境地质背景与基础

以活动论和系统论的观点,简要论述贵州原生地质环境形成的地学背景与基础。

1. 明确提出贵州属于扬子大陆板块内部,漫长地史时期经历的多种地质事件,特别是沉积作用形成类型多样的沉积岩,尤其是分布广泛的碳酸盐和蕴藏丰富的沉积矿产(如煤炭等)的岩石学和地球化学性质,是贵州环境地质的最重要物质基础。

2. 强调构造活动,特别是新构造作用及其青藏高原隆升对新近纪以来全省地形地貌形成的影响至深,是控制贵州环境地质特征的决定性因素之一。

3. 晚新生代至今的气候变迁,是贵州环境地质最直接和最重要的基础条件,它对地壳浅表层岩石、水体和土体性质和特征的控制尤为重要。

二、环境地质特征

首先按喀斯特和非喀斯特两大系统分别介绍各自的地下水环境,岩石地貌环境特征的基础上,简要叙述了贵州地下热水环境和岩土工程地质环境的基本特征,并初步探讨其演变规律。

1. 喀斯特是贵州环境地质研究的主体,根据其形成的物质基础与所处地质部位的不同,将贵州连片区域喀斯特地貌大致分为三个区:黔中—黔西南喀斯特峰林区,黔南—黔西北喀斯特峰丛区和黔北—黔东北喀斯特丘丛—峰丛区,并简要地描述了各区的基本特征。各区的喀斯特地貌形态各异,分别受控于不同地质时代的碳酸盐岩与岩性组合,以及构造变形等因素。解释了贵州喀斯特地貌形态的差异性、多样性和复杂性。

2. 按照陈梦熊的划分方案,根据地貌、岩性和地质构造等条件的不同,对贵州喀斯特水系统进行了分类,明确指出贵州属喀斯特石山裸露型喀斯特水系统大类,其中包括表层喀斯特水系统(表层喀斯特泉系统)和浅层喀斯特水系统(喀斯特大泉或地下水)两个亚类,划分了喀斯特地下水系统单元,并对其基本单元进行了简要描述;同时还揭示了喀斯特地下河系统和喀斯特大泉流域系统的基本特征,强调了贵州地下水环境的极端重要性和现实意义,为喀斯特地下水的进一步勘察和合理开发利用奠定了更加扎实的基础。

3. 对贵州地下热水类型和热储进行了系统的分类,从而提高其分类的科学性和系统性。首次明确提出贵州地下热水属于大陆板块内部的热水区(带);依据地热水形成的热储层、热储盖层、热流体通道和热源等基本要素,将贵州地热水分为隆起断裂型和沉降盆地型两个基本地质类型,分别划出山间盆地和沉积拗陷盆地两亚类;根据热储层的产出状态及热储岩石(层)的结构特征分别将其分为层状型、隙(带)状型和混合型;再按热储岩石(岩层)的结构构造不同,分为孔隙型热储和裂隙型热储。按地下热水形成的水动力学机制,划分了贵州热水型地热系

统,将其分为循环型和封存型两大类。论述了各类型的地质地球化学特征并探讨其形成条件,得出贵州隆起(褶皱)断裂型属循环型地下热水,主要源于下伏褶皱山系或附近的深部含水层,多受控于水的静压力;沉积拗陷型属封存型地下热水,是热卤水存在于大型自流盆地系统内的原因。

三、环境地质问题与地质灾害及其成因

在分别对贵州的水文地质环境、岩土工程地质环境、土壤地质环境和地质灾害介绍的基础上,对贵州突出的矿山环境地质问题和城市环境地质问题进行较深入的探讨和成因分析。

1. 明确指出贵州生态环境脆弱,环境地质问题较多,地质灾害易发。其中,又以喀斯特山区的问题最为突出。

2. 基本查明了贵州主要环境地质问题和地质灾害的种类(或类型)、时空分布、演化趋势及其诱发因素等。

3. 通过系统研究认为,贵州的环境地质问题,主要包括地质环境的破坏,水、土、石的污染,喀斯特石漠化,干旱缺水等;地质灾害主要是指滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝等,给人民生命财产造成严重的损失,危害大。

四、环境地质评价、地质环境保护、修复对策及建议

对贵州地质环境进行系统的评价与分区,提供了宏观尺度省级区域性环境地质区划图件及其说明,全面提升了贵州环境地质的研究水平。

1. 主要从地学角度并考虑其他因素,分别对贵州地质环境,特别是分布广泛而又十分脆弱的喀斯特环境条件的基础性、地质灾害诱发的可能性和危险性,以及环境地球化学脆弱性等,选用多种方法和参数,对其进行定量和半定量评价。

2. 在上述评价的基础上,采用多因素综合原则,进行了省级环境地质区划,将全省分为三类不同质量的环境区域,细分为7个区和21个亚区,全面客观地反映了贵州区域地质环境质量分布的基本特征。

3. 经过对地质环境保护与修复的决策分析,提出了对贵州的地质环境保护、修复及建设的理念模式——以科学发展观为指导,多学科交叉、多技术集成,行政手段与科学手段并重,防治结合,以防为主。其对今后贵州的地质环境保护、修复有现实意义。

Environmental Geology of Guizhou province

Abstract

This monograph is a comprehensive research result on environmental geology in Guizhou province, including 4 sections, 19 chapters, except an introduction and conclusion. The main contents list as follows.

1. Descriptions of backgrounds and basis

In this section, the geological backgrounds and basis of primary geological environments of Guizhou province are discussed, from the viewpoint of mobilism and system theory.

A It is clearly stated that Guizhou is the inner part of Yangtze continental plate. The most important environmental geology characteristics of the province are the lithology and geochemical characteristics of those widely distributed carbonate rocks and sedimentary minerals, (coal etc.) which were formed by sedimentation during the various geology events in the long geological periods.

B It should be emphasized that tectonism is a decisive factor in dominating those environmental geological characteristics in the province; especially the neotectonism and the rising of Qinghai-Tibet plateau profoundly influenced the landforms of the province.

C The elemental and direct basis of the province's environmental geology is the changing of climate which starting from Late Cenozoic Era; and its role on determining characteristics of surface rock, water and soil is of great importance.

2. Environmental geological characteristics of Guizhou province.

The elemental characteristics of geothermal and geotechnical engineering in the province are briefed, and further their evolution patterns are discussed.

A The main research focus of environmental geology in Guizhou province is on karst. The continuously distributed karst landforms could be divided into three parts, according the differences of their material basis and geological settings. Namely, fenglin karst in the middle and southwest part of the province, peak cluster karst in south and northwest part, karst hill and peak cluster karst in north and northeast part, and their basic characteristics are described. The differences of these landforms are attributed to their combinations of lithology and carbonate rock at different geological times, and their tectonic deformations, which all could be reasons for the differences, varieties and complexities in landforms in the province.

B The karst water systems are divided by their landforms, lithologies and geological

structures (after methods by Chen Mengxiong), which reveals that their large class is bare karst mountain water system, including two subclass surface karst water system and a shallow surface one.

C The types of geothermal water and reservoir also being divided systemically. The authors suggest that the geothermal water in Guizhou were belonging to the geothermal water area in the inner part of the Yangtze continent for the first time. The geothermal water in the province are divided into to two basic types, lifted fault type and subsidence basin type, and two sub-types, intermontane basin and deposition depression basin, respectively, according to their geothermal reservoir cap rock, geothermal conduits and heat source.

3. Environmental geological problems and hazards and their causes

The basics of environmental geology on hydrological, geotechnical engineering, soil and hazards are introduced; moreover, significant problems on mineral and city environmental geology are discussed and their causes analyzed.

A The eco-environment in Guizhou is fragile and there are many environmental geological problems, and geological hazards are vulnerable; especially among karst mountainous regions.

B The main environmental geological problems, the types of geological hazards, their spatial-temporal distributions, their development trends and causes are being investigated and conclusions drawn.

C Systemically analysis reveals that main environmental geological problem in Guizhou province includes, the destroy of geological environments, pollution of water, soil and rock, karst rock desertification, lacking of water and droughts; while the main geological hazards includes landslide, debris flow, ground collapse and ground fissure. They posed great dangers on life and fortune of local people, and caused great losses sometimes.

4. Evaluation, protection, rehabilitation countermeasures and suggestion for Guizhou's geological environments

The geological environment of the province are evaluated and categorized, which produced a macro-scale provincial environmental geological map, and in turn improved the level in this field.

A The geological environment in Guizhou are quantitatively or quasi-quantitatively evaluated, using many methods and parameters, mainly from a viewpoint of geology and taking other factors into consideration; this is done especially for those fragile karst regions, including their basic elements, vulnerability of geological hazards and geochemistry fragility.

B The environmental geology in the province is categorized on the basis of above mentioned evaluation, using a comprehensive method including many factors. There are three types of environmental regions at different quality, and in detail divided into seven regions

and 21 sub-regions, which could reflect the main characteristics of environmental geology in Guizhou province.

C The authors proposed the concepts and models for the protection, repair and rebuilding of geological environments in Guizhou province after detailed analysis, which emphasizing the guidance of a scientific outlook on development, the integration of multi-disciplinary and technical methods, the combination of administrative and scientific ways, and the joint measure of prevention and treatment and prevention as a priority. And above suggestions would be meaningful in those protection and rebuilding practices carrying out in the future in the province.

目 录

绪 言	(1)
第一篇 环境地质背景与基础	(7)
第一章 地壳发展与演化	(9)
第一节 大地构造与地壳类型	(9)
一、大地构造	(9)
二、地壳类型及其结构	(10)
第二节 地史时期的地质事件	(10)
一、主要地质事件	(10)
二、地质事件产物	(12)
三、地壳发展阶段及其演化	(12)
第二章 环境地质基础	(14)
第一节 区域地层	(14)
一、地层层序与岩性	(14)
二、地层特征	(15)
第二节 沉积岩	(15)
一、沉积岩分类	(16)
二、碳酸盐岩	(16)
三、硅质陆源碎屑岩	(19)
四、火山碎屑岩	(20)
第三节 岩浆岩	(21)
一、岩浆岩分类	(21)
二、火山岩	(21)
三、侵入岩	(22)
第四节 变质岩	(23)
一、变质岩分类	(24)
二、区域变质岩	(24)
第五节 造山作用及其构造变形	(24)
一、主要造山作用	(25)
二、构造变形及其组合样式	(26)
第六节 矿产资源及其他自然资源	(27)
一、矿产资源	(27)

二、土地资源	(28)
三、森林资源	(28)
第七节 新构造作用与晚新生代气候环境	(29)
一、新构造作用的特点	(29)
二、地势特点与主要山脉	(29)
三、晚新生代气候环境	(30)
第二篇 环境地质特征	(33)
第一章 喀斯特地貌与地下水	(35)
第一节 喀斯特地貌环境	(35)
一、喀斯特地貌分区	(35)
二、喀斯特地貌类型及其特征	(36)
第二节 喀斯特地下水环境	(39)
一、喀斯特地下水系统	(39)
二、喀斯特地下水类型、含水岩组及其富水性	(45)
三、喀斯特地下水补给、径流、排泄特征	(48)
第二章 非喀斯特地貌与地下水	(51)
第一节 岩石地貌环境	(51)
一、地貌分区及其特征	(52)
二、地貌类型及其特征	(54)
第二节 地下水环境	(56)
一、水文地质单元的划分及其分布	(56)
二、地下水类型与特征	(59)
三、地下水补给、径流、排泄特征	(61)
第三章 地下热水环境	(63)
第一节 地下热水类型	(64)
一、地质类型的划分	(64)
二、热储类型	(65)
三、热水型地热系统分类	(65)
第二节 地下热水储集单元	(67)
一、I 储集单元	(67)
二、II 储集单元	(69)
三、III 储集单元	(69)
四、IV 储集单元	(69)
五、V 储集单元	(69)
六、VI 储集单元	(70)
第三节 地下热水特征	(70)

一、地下热水的空间分布	(70)
二、地下热水地质特征	(71)
三、地下热水的地球化学特征	(72)
第四章 岩土体工程环境地质特征	(75)
第一节 岩体工程地质岩组类型及其特征	(75)
一、岩体结构类型及其特征	(75)
二、岩石坚硬程度分类特征	(75)
三、岩石类工程地质岩组	(76)
第二节 土体工程地质岩组类型及其特征	(78)
一、红黏土的分类	(79)
二、红黏土的化学性质及物理力学性质	(81)
第三篇 环境地质问题与地质灾害及其成因	(83)
第一章 水环境地质问题	(85)
第一节 喀斯特区干旱缺水	(85)
一、喀斯特干旱分类	(85)
二、喀斯特干旱的分布特征	(85)
三、喀斯特干旱的危害	(86)
四、喀斯特干旱缺水原因	(86)
第二节 喀斯特洪涝	(88)
一、喀斯特洪涝的分类	(88)
二、喀斯特洪涝灾害的分布特征	(89)
三、喀斯特洪涝灾害的危害	(89)
四、喀斯特洪涝的成因分析	(90)
第三节 喀斯特石漠化	(91)
一、喀斯特石漠化分类	(91)
二、喀斯特石漠化的分布特征	(91)
三、喀斯特石漠化造成的危害	(94)
四、喀斯特石漠化的成因	(96)
第二章 土壤环境地质问题	(97)
第一节 土壤污染	(97)
一、土壤环境质量	(97)
二、重金属对土壤的污染	(99)
三、农药对土壤的污染	(104)
四、化肥对土壤的污染	(106)
五、土壤污染的城乡差异	(108)
第二节 区域性土壤退化	(109)

一、土壤退化现状	(109)
二、喀斯特山区土壤侵蚀性退化的原因分析	(111)
第三节 土壤流失	(113)
一、土壤流失现状	(113)
二、土壤流失的危害	(114)
第三章 矿山环境地质问题	(115)
第一节 矿山开采引发地质灾害	(116)
一、滑坡	(116)
二、崩塌(危岩)	(119)
三、泥石流	(120)
四、地面沉降与地面塌陷	(121)
五、地裂缝	(123)
六、矿坑突水	(124)
七、瓦斯爆炸与煤尘突出	(126)
第二节 矿业开发占用及破坏土地资源	(127)
一、采矿(石)场、工业场地、矿山修路占用和破坏土地	(128)
二、矿石弃渣、尾矿排放占用和破坏土地	(128)
三、矿山地质灾害破坏土地	(129)
四、矿业活动对地貌景观的影响和破坏	(129)
第三节 矿业开发对地下水系统的影响与破坏	(129)
一、对地下水系统补给、径流、排泄条件的破坏和影响	(130)
二、矿山“三废”对地质环境影响与污染	(130)
第四章 城市(矿区集镇)主要环境地质问题	(132)
第一节 地下水环境地质问题	(132)
一、地下水水位下降	(132)
二、地下水体污染	(133)
三、地下水环境的危害	(135)
四、地下水位下降及地下水污染的成因分析	(135)
第二节 固体废弃物污染问题	(136)
一、固体废弃物的构成	(136)
二、废弃物对地质环境的危害与影响	(136)
三、固体废物污染机制	(137)
第五章 交通工程环境地质问题	(138)
第一节 交通线路主要环境地质问题	(138)
第二节 交通工程建设中边坡及其基本特征	(138)
一、边坡的概念及基本类型	(138)
二、交通工程环境问题特征	(139)

第三节 交通工程环境地质问题造成的危害	(139)
第四节 工程滑坡、崩塌的成因分析	(140)
一、形成条件	(140)
二、路基变形破坏原因	(141)
三、滑坡、崩塌形成机制	(142)
第六章 地质灾害	(143)
第一节 地质灾害特征	(143)
一、地质灾害现状	(143)
二、主要地质灾害类型	(146)
第二节 地质灾害的危害	(150)
一、造成人员伤亡	(150)
二、毁坏城镇、村庄、矿山	(150)
三、破坏交通线、水利水电设施和农田	(151)
第三节 地质灾害成因分析	(151)
一、影响条件	(151)
二、诱发因素	(152)
三、形成机制	(152)
 第四篇 环境地质评价与地质环境保护和修复对策建议	 (157)
第一章 环境地质评价的原则、依据和方法	(159)
第一节 评价的原则及程序	(159)
一、评价原则	(159)
二、评价程序	(160)
第二节 评价依据	(160)
第三节 评价的方法及参数	(161)
一、评价单元的划分	(161)
二、评价参数的选取	(161)
三、评价参数的计算	(162)
第二章 地质环境条件基础性评价	(163)
第一节 评价因子的选取	(163)
一、物质组成	(163)
二、地质结构	(165)
三、环境化学异常	(166)
四、动力作用	(166)
第二节 评价方法	(166)
第三节 评价结果	(167)
第三章 地质灾害评价	(169)

第一节	评价方法	(169)
第二节	地质灾害的易发性评价	(169)
一、	滑坡(不稳定斜坡)、崩塌(危岩体)易发性评价	(170)
二、	泥石流易发性评价	(172)
三、	地面塌陷易发性评价	(175)
四、	地质灾害易发性综合评价	(177)
第三节	地质灾害易损性评价	(180)
一、	评价因子的选取	(180)
二、	评价指数的计算	(182)
第四节	地质灾害危险性评价	(183)
一、	评价方法	(183)
二、	评价指数的计算	(183)
三、	评价结果	(183)
第四章	喀斯特环境和水土环境化学评价	(185)
第一节	喀斯特环境评价	(185)
一、	喀斯特石漠化评价	(185)
二、	喀斯特洪涝和喀斯特干旱评价	(187)
三、	喀斯特地下水环境评价	(190)
四、	喀斯特环境综合评价	(192)
第二节	土壤与水体有害元素评价	(193)
一、	评价方法	(193)
二、	评价结果	(194)
第五章	地质环境风险性评价	(196)
第一节	评价方法	(196)
一、	评价模型	(196)
二、	评价指数的计算模型	(197)
第二节	评价结果	(197)
第六章	环境地质区划	(199)
第一节	分区原则	(199)
第二节	分区依据和分区方法	(199)
第三节	分区特征	(200)
一、	赤水—道真地质环境质量良好区(I_1)	(200)
二、	梵净山地质环境质量良好区(I_2)	(200)
三、	天柱—雷山—荔波地质环境质量良好区(I_3)	(200)
四、	威宁—赫章地质环境质量中等区(II_1)	(201)
五、	湄潭—安龙地质环境质量中等区(II_2)	(201)
六、	大方—盘县地质环境质量较差区(III_1)	(204)

七、务川—铜仁地质环境质量较差区(Ⅲ ₂)	(205)
第七章 地质环境保护与修复对策建议	(207)
第一节 地质环境保护与修复的决策分析	(207)
第二节 地质环境保护与修复的对策措施建议	(210)
一、社会行政管理对策	(210)
二、科学技术对策	(213)
三、地质工程对策	(215)
结 语	(220)
参考文献	(223)
图 版	(227)
贵州省环境地质图(比例尺 1:200 万)	(249)
附 录	(251)
表 1 地质环境评价单元所在位置	(251)
表 2 地质环境条件基础性评价结果	(256)
表 3 崩塌易发性评价结果	(261)
表 4 滑坡易发性评价结果	(266)
表 5 泥石流易发性评价结果	(271)
表 6 塌陷易发性评价结果	(276)
表 7 地质灾害易发性综合评价结果	(281)
表 8 地质灾害易损性评价结果	(286)
表 9 地质灾害危险性评价结果	(291)
表 10 喀斯特石漠化评价结果	(296)
表 11 喀斯特洪涝评价结果	(301)
表 12 喀斯特干旱缺水评价结果	(306)
表 13 喀斯特地下水环境评价结果	(311)
表 14 喀斯特环境综合评价结果	(316)
表 15 土壤有害环境化学评价结果	(321)
表 16 地质环境风险性评价结果	(326)

Contents

Foreword	(1)
Section 1 Backgrounds and basis of environmental geology in Guizhou province	(7)
Chapter 1 The development of the crust and its evolution	(9)
1.1 Geotectonic and types of the crust	(9)
1.1.1 Geotectonic	(9)
1.1.2 Type of crust and its structure	(10)
1.2 Geological events in geologic records	(10)
1.2.1 Main geological events	(10)
1.2.2 Results of geological events	(12)
1.2.3 The development stage of the crust and its evolution	(12)
Chapter 2 Basics of environmental geology	(14)
2.1 Regional stratum	(14)
2.1.1 The formation of stratum and lithology	(14)
2.1.2 Characteristics of regional stratum	(15)
2.2 Sedimentary rocks	(15)
2.2.1 Classes of sedimentary rocks	(16)
2.2.2 Carbonate rocks	(16)
2.2.3 Siliceous land – source clastic rocks	(19)
2.2.4 Volcaniclastic Rocks	(20)
2.3 Magmatic rocks	(21)
2.3.1 Classes of magmatic rocks	(21)
2.3.2 Volcanic rocks	(21)
2.3.3 Intrusive rocks	(22)
2.4 Metamorphic Rocks	(23)
2.4.1 Classes of metamorphic rocks	(24)
2.4.2 Regional metamorphic rocks	(24)
2.5 Orogenesis and its structure deformation	(24)
2.5.1 Main orogenesis	(25)
2.5.2 Structure deformation and its combination styles	(26)
2.6 Mineral resources and other natural resources	(27)
2.6.1 Mineral resources	(27)
2.6.2 Land resources	(28)

2.6.3	Forest resources	(28)
2.7	Neotectonics and late Cenozoic era climate	(29)
2.7.1	Characteristics of neotectonics	(29)
2.7.2	Characteristics of landforms and main mountains	(29)
2.7.3	Late Cenozoic era climate	(30)
Section 2	Characteristics of environmental geology	(33)
Chapter 1	karst landforms and ground water	(35)
1.1	Karst landforms	(35)
1.1.1	Divide of karst landforms	(35)
1.1.2	Types and Characteristics of karst landforms	(36)
1.2	Karst ground water	(39)
1.2.1	Karst ground water system	(39)
1.2.2	Types of karst ground water system, aquiferous rock formations and water abundance	(45)
1.2.3	Recharge, runoff and discharge of karst ground water	(48)
Chapter 2	Non - karst landforms and ground water	(51)
2.1	lithology and landforms	(51)
2.1.1	Divide of landforms and their characteristics	(52)
2.1.2	Types of landforms and their characteristics	(54)
2.2	Environments of ground water	(56)
2.2.1	Divide of hydrological units and their distribution	(56)
2.2.2	Types and characteristics of ground water	(59)
2.2.3	Recharge, runoff and discharge of non - karst ground water	(61)
Chapter 3	Environments of geothermal water	(63)
3.1	Types of geothermal water	(64)
3.1.1	Divide of geology	(64)
3.1.2	Types of geothermal reservoir	(65)
3.1.3	Systematical divide of geothermal fluid field	(65)
3.2	Geothermal water reservoir units	(67)
3.2.1	Unit I	(67)
3.2.2	Unit II	(69)
3.2.3	Unit III	(69)
3.2.4	Unit IV	(69)
3.2.5	Unit V	(69)
3.2.6	Unit VI	(70)
3.3	Characteristics of geothermal waters	(70)
3.3.1	The distributions of geothermal waters	(70)

3.3.2	Geological characteristics of geothermal waters	(71)
3.3.3	Geochemistry characteristics of geothermal waters	(72)
Chapter 4	Engineering environment geological characteristics of rock-soil mass	(75)
1.1	Types and characteristics of rock mass in engineering geological petrofabric	(75)
1.1.1	Types and characteristics of rock structure	(75)
1.1.2	Divide of rocks by hardness	(75)
1.1.3	Rock – type engineering geological petrofabric	(76)
1.2	Types and characteristics of soil mass engineering geological petrofabric	(78)
1.2.1	Types of red clay	(79)
1.2.2	Chemical and physical mechanic properties of red clay	(81)
Section 3	Environment geological issues and their causes	(83)
Chapter 1	Geologic hydrological issues	(85)
1.1	Drought and water shortage in karst region	(85)
1.1.1	Types of droughts	(85)
1.1.2	The distribution characteristics of karst droughts	(85)
1.1.3	Hazards of droughts	(86)
1.1.4	Reasons of droughts	(86)
1.2	Floods in karst regions	(88)
1.2.1	Types of Floods	(88)
1.2.2	The distribution characteristics of karst floods	(89)
1.2.3	Hazards of floods	(89)
1.2.4	Reasons for floods	(90)
1.3	karst rocky desertification	(91)
1.3.1	Types of karst rocky desertification	(91)
1.3.2	The distribution characteristics of karst rocky desertification	(91)
1.3.3	Hazards of karst rocky desertification	(94)
1.3.4	Reasons for karst rocky desertification	(96)
Chapter 2	Environment geological issues on soil	(97)
2.1	Pollution of soils	(97)
2.1.1	Environmental quality of soils	(97)
2.1.2	Soil pollutions by heavy metal	(99)
2.1.3	Soil pollutions by pesticides	(104)
2.1.4	Soil pollutions by fertilizers	(106)
2.1.5	Differences of soil pollutions in rural and urban regions	(108)
2.2	Regional soil degradation	(109)
2.2.1	Status of the degradation	(109)
2.2.2	Cause analysis of soil erosive deterioration in the karst mountainous area	(111)