



贵州省岩溶

地下水资源功能

GUIZHOU SHENG YANRONG
DIXIA SHUIZIYUAN GONGNENG

宋小庆 郑明英 等 著



科学出版社

贵州省地勘基金项目“贵州省岩溶地下水系统功能可持续利用性研究”

(黔国土资地环函[2014]23号)

贵州省地矿局“碳酸盐岩区不同回填料对地埋管地源热泵换热器能效的影响研究”

(黔地矿科合[2015]10号)

国家科技支撑计划项目“喀斯特山区地下水资源保障与利用技术及示范”

(2014BAB03B03)

贵州省岩溶地下水资源功能

宋小庆 郑明英 等著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书通过全面系统搜集贵州省岩溶区水文地质、环境地质及地热地质等最新研究成果,综合分析影响岩溶地下水赋存和运移的大地构造、地形地貌、含水介质类型特征等因素,系统划分贵州省岩溶地下水系统。在此基础上,采用最新的地下水监测数据,计算并评价贵州省岩溶地下水的资源量和质量。首次建立贵州岩溶区地下水浅层地热能适宜性评价模型,并系统评价贵州省主要城市的浅层地热能(地下水)资源量和开发利用潜力。

本书是关于贵州省岩溶水文地质的科学性专著,可以为从事岩溶地区水文地质工作的人员参考使用;也可以为涉及生态环境、地下水环境污染、地下水开发利用等相关科研院所、规划设计机构参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

贵州省岩溶地下水资源功能 / 宋小庆, 郑明英等著. —北京: 科学出版社, 2019.7

ISBN 978-7-03-062041-5

I. ①贵… II. ①宋… ②郑… III. 岩溶水-地下水资源-研究-贵州 IV. ①P641.134

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 161130 号

责任编辑: 张 展 孟 锐 / 责任校对: 彭 映

责任印制: 罗 科 / 封面设计: 墨创文化

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>

成都锦瑞印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年7月第一版 开本: 787×1092 1/16

2019年7月第一次印刷 印张: 9 1/2

字数: 220 000

定价: 85.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

本书编写人员

宋小庆 郑明英 曹振东 孟凡涛 屈秋楠

彭 钦 张 琳 曾武林 陈 进

前 言

贵州省位于世界三大岩溶集中分布区之一的东亚片区中心，碳酸盐岩分布面积达 12.96 万 km²，占全省总面积的 71.7%，在全省 88 个行政区中，有 78 个属于“岩溶县”，是典型的生态脆弱区。水资源是该地区自然生态平衡、经济发展、贫困消除的决定性因素。据统计，截至 2016 年，贵州省的人均供水能力仅为全国的 70%，在全省现有的 2600 余万亩(1 亩=666.67m²)耕地中，每年有近半数的耕地有不同程度的干旱危险，而发生旱灾和饮水困难问题也主要集中在岩溶地区。岩溶地区的干旱和农村饮水安全问题已成为制约贵州山区经济和社会发展的重要瓶颈。

相比对水资源的需求，贵州省岩溶地下水系统的研究是比较滞后的，而研究地下水系统是开发、利用以及保护地下水资源的关键。迄今为止，贵州地下水系统供水功能研究主要以地下水资源量的相关研究为主，较系统的地下水资源量研究主要为 30 年前完成的全省 1:200000 水文地质普查。尽管后期也开展了一些针对全省地下水资源的专题研究，但是由于受实际工作量投入影响，各项研究的基础仍然主要依赖较老的水文地质普查成果，精度较低。本书在前人研究的基础上，利用最新数据和成果，系统分析研究了贵州岩溶区地下水的赋存特征和系统划分，在此基础上计算并评价了岩溶地下水的资源量和质量，为解决贵州地下水供水提供了科学依据和资源保障。

作为全国生态文明示范区之一，浅层地热能已成为贵州省节能减排、生态保护的重要手段。然而，贵州浅层地热能的开发利用与研究严重脱节，资源量不清、开发利用关键技术缺乏等瓶颈严重限制了浅层地热能的推广应用。本书一定程度上扭转了地下水只有供水意义的观念，基本查清了贵州省主要城市的浅层地热能(地下水)资源赋存状况及适宜性区域，并对浅层地热能(地下水)的资源量和开发利用潜力进行了计算和评价。

本书共分为 6 章。第 1 章、第 3 章、第 4 章由宋小庆、郑明英、屈秋楠、曾武林、彭钦完成；第 2 章、第 5 章由郑明英、陈进、张琳完成；第 6 章由曹振东、孟凡涛完成。宋小庆、郑明英负责完成全书的统稿、修改工作，最终由宋小庆修改定稿。

本书的撰写过程得到了贵州省地质矿产勘查开发局副总工程师王明章研究员，贵州大学吴攀教授、韩志伟副教授，中国地质大学(武汉)马传明副教授，贵州省山地资源研究所杨振华博士以及贵州省地质矿产勘查开发局 111 地质大队王伟总工程师和段启杉副总工程师的指导和支 持。在此一并致谢！

研究过程得到了贵州省地勘基金项目(黔国土资地环函(2014)23 号)、贵州省地矿局地质科研项目(黔地矿科合(2015)10 号)等研究项目的资助；本书出版得到了国家科技支撑计划项目(2014BAB03B03)的资助。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 贵州岩溶分布及岩溶地下水	1
1.2 岩溶地下水资源功能研究的思路、原理和方法	2
1.2.1 研究思路	2
1.2.2 研究原理和方法	2
1.3 岩溶地下水资源功能研究进展	2
1.3.1 岩溶地下水系统研究	3
1.3.2 岩溶地下水资源评价研究	4
1.3.3 岩溶地下水供热功能研究	4
1.4 研究基础	5
第2章 岩溶区水文地质背景	7
2.1 自然地理	7
2.1.1 自然地理概况	7
2.1.2 气象水文	8
2.1.3 地形地貌	10
2.2 地质结构	13
2.2.1 地层岩性	13
2.2.2 地质构造	16
2.2.3 新构造运动	19
2.3 水文地质背景	19
2.3.1 地下水类型	19
2.3.2 含水岩组及其富水性	20
2.3.3 岩溶地下水动态特征	26
2.3.4 岩溶地下水化学特征	27
第3章 岩溶地下水系统	31
3.1 岩溶地下水系统分类	31
3.2 贵州岩溶地下水系统划分	32
3.2.1 岩溶流域划分结果	32
3.2.2 岩溶地下水系统划分结果	33
3.3 典型岩溶地下水系统	34
3.3.1 地下河系统	45
3.3.2 岩溶大泉系统	53
3.3.3 分散排泄系统	55
3.4 岩溶地下水系统的控制因素	59
3.4.1 岩性因素	59
3.4.2 地质构造因素	59
3.4.3 地形地貌因素	60
3.4.4 水文网因素	61

第4章 岩溶地下水资源评价	62
4.1 岩溶地下水资源评价及计算方法	62
4.1.1 岩溶地下水资源评价方法	62
4.1.2 地下水天然补给量计算方法	64
4.1.3 地下水可开采量计算方法	64
4.2 贵州岩溶地下水资源及其分布	66
4.2.1 计算单元	66
4.2.2 参数选取	66
4.2.3 岩溶地下水天然资源	75
4.2.4 岩溶地下水可开采资源量	80
4.3 贵州岩溶地下水资源功能性评价	80
4.3.1 资料来源	80
4.3.2 岩溶地下水环境质量评价	81
4.3.3 岩溶地下水功能性评价	87
第5章 岩溶地下水供水功能	94
5.1 岩溶地下水开发利用条件分区	94
5.1.1 分区原则	94
5.1.2 分区结果	94
5.1.3 岩溶地下水开发利用方式	95
5.2 岩溶地下水开发利用方式分区	95
5.1.1 分区原则	95
5.1.2 分区结果	95
5.3 岩溶地下水开发利用现状	101
5.4 岩溶地下水开发利用潜力评价	102
第6章 贵州岩溶地下水供热功能	106
6.1 岩溶区浅层地热能赋存条件	106
6.1.1 地质概况	106
6.1.2 岩土体热物性特征	107
6.1.3 现场热响应测试	109
6.1.4 浅层地温场特征	111
6.2 岩溶地下水浅层地热能开发利用的适宜性评价	113
6.2.1 适宜性分区研究	113
6.2.2 地下水地源热泵适宜性分区	119
6.3 岩溶地下水浅层地热能资源评价	124
6.3.1 浅层地热能热容量	124
6.3.2 浅层地热能换热功率	126
6.3.3 浅层地热能潜力评价	128
6.3.4 经济与环境效益分析	134
6.4 岩溶地下水浅层地热能开发利用	135
参考文献	139

第 1 章 绪 论

1.1 贵州岩溶分布及岩溶地下水

贵州省位于世界三大喀斯特集中分布区之一的东亚片区中心,处在云贵高原向桂中平原、湖南丘陵、四川盆地等过渡的斜坡地带,碳酸盐岩分布面积达 12.96 万 km^2 (含裸露型和覆盖型碳酸盐岩), 占全省总面积的 71.7%, 比号称“喀斯特王国”的南斯拉夫高出近 2 倍, 是世界上喀斯特面积最集中、最典型、最复杂, 地下水类型最丰富的一个区域。在贵州省的 88 个行政区中, 有 78 个属于“喀斯特县”, 是典型的生态脆弱区。喀斯特的广泛发育, 导致区内地貌及水文地质复杂, “二元三维结构”突出, 地下裂缝、洞穴发育, 三水(大气降水、地表水、地下水)转化频且快, 地表水极易渗漏, 缺水严重, 干旱灾害频发。

此外, 贵州省处在中国裸露和覆盖型岩溶区的中心, 碳酸盐岩大面积连片分布, 是典型的热带、亚热带裸露和覆盖型岩溶类型区, 在整个西南岩溶石山区乃至国内是最具代表性的岩溶分布区域, 研究和示范意义重大。

贵州省属亚热带季风气候, 年降水量为 1100~1300mm。按国家水资源评价指标, 贵州喀斯特地区水资源总量大, 人均、亩均占有的水资源均在全国前列。据统计, 贵州省多年平均水资源总量为 1068 亿 m^3 , 按全省现有人口和耕地资源计算, 人均占有水资源量为 2800 m^3 , 为全国平均数的 1.26 倍; 亩均水资源占有量为 3734 m^3 , 为全国平均数的 1.98 倍。如果按照可利用水量计算, 贵州省人均、亩均的占有量均远低于全国平均水平, 人均可利用量为 234 m^3 , 为全国平均水平的 53.8%; 耕地亩均可利用量为 113 m^3 , 为全国平均水平的 42.0%。

目前, 贵州省尚有 1000 余万人的饮水安全问题未得到根本解决, 50%以上的城镇存在饮水困难问题, 在全省现有的 2600 余万亩耕地中, 每年有近半数的耕地有不同程度的干旱灾害风险, 而发生旱灾和饮水困难问题主要集中在喀斯特地区。喀斯特地区的干旱和农村饮水安全问题, 已经成为制约贵州山区经济和社会发展的瓶颈。

相比于对水资源的需求, 贵州省岩溶地下水系统的研究比较滞后, 迄今为止, 贵州省地下水系统供水功能研究主要以地下水资源量的相关研究为主, 较系统的地下水资源量研究主要为 30 多年前完成的全省 1:200000 水文地质普查, 尽管后期也开展了一些针对全省地下水资源的专题研究, 注重与水利部门的地表水文观测成果相结合, 基本上实现了在总水资源量上协调统一。但是, 由于受实际工作量的投入影响, 各项研究的基础仍然主要依赖于 1:200000 水文地质普查成果, 而 1:200000 水文地质普查工作的精度低, 工作的重点也仅仅是初步查明区域水文地质条件, 未能取得全省在特枯年份下的地下水统测资料, 区域性的地下水补给量仅为概略估算。特别是 1:200000 水文地质普查结束已经 30 余年, 期间强烈的人为工程活动使得部分地区环境水文地质条件发生了较大的改变。

1.2 岩溶地下水资源功能研究的思路、原理和方法

1.2.1 研究思路

根据贵州省大地构造、地形地貌、含水介质类型特征对贵州省水文地质条件进行重新分区,归纳总结贵州省岩溶地下水系统的类型,不同类型岩溶地下水系统的含水介质类型、结构,以及地下水的赋存和运移特征,系统地将贵州省岩溶地下水划分为地下河系统、岩溶大泉系统和分散排泄系统。在此基础上,采用近十年来最近的地下水监测和地下水化学数据,较为精准地计算了贵州省岩溶地下水的资源量并评价了地下水质量。此外,本章还对贵州省岩溶地下水资源的认识做出一次“革命性”的变革,将对地下水资源的认识从传统的“水资源”拓展到“能源型资源”,并提出贵州省以地下水为载体的“浅层地热能”资源量。

1.2.2 研究原理和方法

(1)岩溶地下水系统研究。采用室外调研和室内水文地质分析相结合的方法进行研究,总结不同类型岩溶含水层的含水介质及其组合类型,结合地形地貌、水文网及地质构造对岩溶地下水系统类型进行划分,并在此基础上深入研究岩溶地下水系统的结构、地下水赋存和运移规律。

(2)岩溶地下水资源量评价。目前,国内外均无系统、精确评价岩溶地下水资源量的计算方法,本次研究筛选了贵州省十余年来开展实施的地调类项目和2012年贵州省枯季测流资料,采用降水入渗系数法和枯季径流模数法对贵州省岩溶区地下水的资源量进行计算。

(3)岩溶地下水供热功能研究。地下水系统供热功能主要体现在浅层地热能的利用,本章将贵州省岩溶地下水资源的认识水平提升到一个新的高度,在收集资料、采集测试岩土体热物性参数、地热能工程长期观测等工作的基础上,对贵州省主要城市区域的地下水浅层地热能赋存条件进行了系统研究,并对区内地下水浅层地热能的适宜性进行了分区,最终对地热能资源量和开发利用潜力进行了评价。

1.3 岩溶地下水资源功能研究进展

中国地质调查局的《地下水功能评价与区划技术要求》中注释,地下水功能是指地下水的质和量及其在空间和时间上的变化对人类社会和环境所产生的作用或效应,主要包括地下水的资源供给功能、生态环境维持功能和地质环境稳定功能。其中,地下水资源功能是指具备一定的补给、储存和更新条件的地下水资源供给保障作用或效应,具有相对独立、稳定的补给源和地下水资源供给保障功能。

1.3.1 岩溶地下水系统研究

20世纪70年代,受系统论与系统工程等学说思想影响,欧洲国家建立了一套考察水文地质实际问题的定性分析方法,并确立了以流网为研究基础的地下水定量研究模型,由此地下水系统理论的雏形逐渐形成。20世纪80年代初,国际水文地质界提出了地下水系统的概念,即从系统分类方法分析,把地下水圈看作是一个处于等级从属关系的许多单元组成的复杂的动力系统,以及在时间和空间分布上具有四维性质的能量不断新陈代谢的有机体。

对于地下水系统的定义,到目前为止尚未取得统一认识,在岩溶地下水系统方面,袁道先(1993)指出,岩溶水系统是一个有确定边界,以岩溶空隙系统为含水空间,具有赋存、传输岩溶水物质、能量、信息功能的有机整体。

韩行瑞(2015)认为,岩溶水系统是岩溶系统中最活跃、最积极的地下水系统。其有相对固定的边界、汇流范围及蓄积空间,具有独立的补给、径流、蓄积、排泄途径和统一的水力联系,构成相对独立的水文地质单元。韩行瑞还对岩溶含水介质特征、地下水的形成条件、地下水运行规律、水化学场及水质、地下水动态、地下水与环境的相关关系以及岩溶地下水资源的开发利用进行了系统研究,并将岩溶水系统分为岩溶裂隙泉、岩溶管道泉和地下河系统三大类。其中,岩溶裂隙泉是以岩溶裂隙为主的岩溶含水层集中出露的泉点,天然状态下地下水流呈层流状态;岩溶管道泉是以岩溶裂隙-岩溶管道为主的岩溶含水层集中出露的泉点,丰水期地下水一般呈紊流状态,但在枯水期间,地下水也可能为层流状态;地下河系统是由地下河干流和支流组成的具有统一边界条件和汇水范围的岩溶地下水系统,地下水具有紊流运动的特征。

王明章等(2015)认为,岩溶地下水系统是指具有完整的补给、径流、排泄体系的独立岩溶水文地质单元,其通过对贵州省岩溶地区地下水的研究,从地下水的赋存条件、水动力条件以及排泄方式等方面,将贵州省的岩溶地下水划分为表层岩溶系统、集中排泄系统和分散排泄系统三大类。

从前人的研究可看出,不同学者对岩溶地下水系统的定义和分类有所不同,没有统一的内容和模式。地下水系统的复杂性和划分标准的不统一性,导致了国内外地下水工作者对地下水系统的划分出现“百花齐放”的景象。2014年,中国地质调查局为“全国地下水资源及其环境问题调查评价”项目专门制定了《地下水系统划分导则》(以下简称《导则》),《导则》中定义地下水系统是“具有水量、水质和能量输入、运移和输出的地下水基本单元及其组合。是指在时空分布上具有共同地下水循环规律的一个独立单位。它可以包括若干次一级的亚系统或更低的单位。”《导则》中依据地形、地貌条件,将我国划分为9个地下水系统分区;在此基础之上,根据地貌、构造以及一、二级地表水系控制,划分出23个一级地下水系统,并细化为55个二级地下水系统。二级地下水系统是在一级地下水系统边界的基础上,重点考虑了一级地下水系统内部的地表水分水岭、地下水分水岭以及岩相古地理界线。《导则》中还明确了三级地下水系统的划分主要遵循含水介质的特征和岩相古地理特征,且具有独立的含水层体系,相对完整的补、径、排体系,以及统一的渗流场和化学场的原则。在三级地下水系统的基础上,根据不同的调查、研究目的(如

水资源评价、合理开发利用研究、地下水功能评价等),依据地下水系统的边界类型,将三级地下水系统进一步划分成若干相对独立又相互联系的四级地下水系统。《导则》系统、全面地制定了地下水系统划分的原则,为系统划分提供了统一的参照依据。

1.3.2 岩溶地下水资源评价研究

地下水资源评价,是对地下水资源质量、数量的时空分布特征和开发利用条件做出科学、全面地分析和估计。我国的地下水资源评价始于20世纪70年代,到20世纪80年代末期,已基本完成了全国范围内的地下水资源评价工作。1984年和1996年先后完成了两次全国性的水质评价,并出版了《中国水资源质量评价》。1999年,水利部水资源水文司主编并发布了《水资源评价导则(SL/T238-1999)》,明确了地下水资源评价的内容,这在一定程度上指导了全国地下水资源的评价。

在我国大部分地区,地下水都是基于传统孔隙水层流运动定律(即达西定律)来评价的,但对于含水介质和水流状态较为复杂的岩溶水,达西定律已不能完全适用于定量研究。对于系统计算岩溶地下水资源量的研究,较常利用的方法有水量均衡法、水文学方法、开采试验法、解析法以及数值法等,但各种评价方法在定量评价岩溶地下水时均具有一定的局限性,不能完全反映岩溶流域水资源形成的完整过程,更不能全面反映出岩溶地下水形成的各个要素间的作用。

针对岩溶地下水资源量的评价,陈文俊等(1989)采用回归分析法、水文地质相关比拟法、径流模数法以及水均衡法等方法对广西最大的岩溶地下河系——地苏地下河进行地下水资源量的对比计算,并用计算机进行了回归方程优选。结果显示,四种方法计算出来的水资源量较为接近,特别是回归分析和水均衡法相结合的方法,在具有长期观测资料的基础上,其计算结果的可靠性较高。

徐际鑫等(1991)采用水文分割法评价了贵州岩溶大泉和地下河的天然资源量。通过将不同年份、不同时间分散的泉及地下河流量放大同步,从长系列降水资料中去认识,按降水量频率统一进行换算,进而评价岩溶大泉和地下河的天然排泄量。

黄敬熙等(1992)以贵州省凯里市白云岩地区为研究对象,建立了地下水系统的水文地质概念模型、地下水渗流运动数学模型以及地下水资源水力优化管理模型,并评价了地下水的天然资源量和可开采量。

王明章等(2015)在贵州省三级地表水流域的基础上,进一步划分出47个岩溶流域计算单元,然后采用大气降水入渗系数法分别计算了在不同保值率情况下的地下水天然补给。地下水允许开采量则以地下水的枯季径流量为基础,在充分考虑岩溶山区地下水赋存条件、开发利用条件的复杂性以及扣除一定生态需水的情况下,取枯季地下水资源量的2/3作为地下水的允许开采量。

1.3.3 岩溶地下水供热功能研究

地下水系统供热功能研究在国内外均以浅层地热能来体现,而浅层地热能的利用又是以地源热泵的形式来实现的,其开发利用已有较长的历史。地源热泵的历史起源可以追溯

到1912年瑞士的一个专利。而欧洲第一台热泵机组是在1938年间制造的,它以河水低温热源,向市政厅供热,输出的热水温度可达 60°C 。在冬季采用热泵作为采暖需要,在夏季也能用其来制冷。1973年能源危机的推动,使热泵的发展形成了一个高潮。目前,欧洲的热泵理论与技术均已高度发达,这种“一举两得”并且环保的设备在法、德、日、美等发达国家业已广泛使用。如美国,截至1985年全国共有1.4万台地源热泵,1997年一年就安装了4.5万台,到目前已经安装了40万台,而且每年以10%的速度稳步增长。1998年美国商业建筑中地源热泵系统已占空调总保有量的19%,其中在新建筑中占30%。美国地源热泵工业已经成立了由美国能源部、环保署、爱迪逊电力研究所及众多地源热泵厂家组成的美国地源热泵协会,该协会在近年中将投入1亿美元从事开发、研究和推广工作。美国在2001年已达到每年安装40万台地源热泵的目标,将降低温室气体排放100万吨,相当于减少50万辆汽车的污染物排放或种植树木100万英亩(1英亩=4047平方米),年节约能源费用达4.2亿美元,此后,每年节约能源费用再增加1.7亿美元。

20世纪90年代,中美签订了《关于地热能源生产与应用的合作协议》,并开始实施《中美两国政府合作推广美国地源热泵技术工作计划书》,分别在北京、广州、宁波等地启动了地源热泵示范性工程,由此拉开了我国浅层地热能发展的序幕。

目前,我国31个省市自治区均有浅层地热能开发利用工程建设,其中80%集中在华北和东北南部地区。截至2012年4月底,全国利用浅层地热能装备空调面积已达2.4亿 m^2 ,利用区域涉及全国所有气候带,其中以寒冷地区、夏热冬冷地区利用最为广泛。北京市约有3000万 m^2 的建筑利用浅层地热能供暖和制冷,而沈阳市已超过5000万 m^2 ,西南城市中重庆市的建筑利用面积也已近400万 m^2 。较为典型的案例有2008年北京奥运会主体育场“鸟巢”地源热泵系统工程、上海世博园地源热泵工程等。

贵州省地下水地热能的研究和开发始于2000年,贵州省地矿局111地质队与贵州富尔达地温空调公司率先在贵阳医学院附属医院采用8组机井开采水量超过 $6000\text{m}^3/\text{d}$,实施了超过10万 m^2 建筑的地温空调工程,而后,分别在贵阳、遵义、都匀等中心城市先后实施了数十处浅层地热能开发利用工程。通过上述工程的实施,初步总结了地下水浅层地热能的赋存特征、回灌条件下地热能的变化趋势和有效开发利用的途径。

1.4 研究基础

(1)贵州省地下水资源勘查机井工程。从2007年开始,贵州省大范围实施了地下水资源勘查工作,在开展地下水调查的同时实施了大量的机井工程(“探、采”结合井)。2008~2010年,依托于地下水调查项目,机井工程持续开展。2010~2011年,贵州省遭遇百年难遇的大旱,因此开展了贵州省抗旱打井工作。从2012年开始,贵州省机井工程进入常态化,其中2012~2014年机井工程分别为800口、600口和1000口。截至2015年,贵州省累计施工地下水机井4688眼,成井3764眼,总涌水量 $63.6\text{万}\text{m}^3/\text{d}$,解决了贵州省281.5万人的饮水问题。这些机井的实施,一方面为农村饮水安全提供了水源点,一方面也为研究贵州岩溶地下水的赋存提供了重要数据。

(2)岩溶区区域水文地质调查。2003~2011年,贵州省相继完成了“贵州典型地区岩溶地下水调查和地质环境整治示范——大小井岩溶流域地下水与地质环境调查”“贵州重点地区岩溶地下水与环境地质调查——道真向斜岩溶流域、锦江-舞阳河中下游岩溶流域、白甫河-野纪河岩溶流域、芙蓉江-洪渡河岩溶流域、麻沙河-大田河岩溶流域、湘江-綦江岩溶流域”等项目,建立了一批地下水动态观测站,并对区内的部分泉点进行了取样分析。这些成果为研究贵州地下水系统类型、资源量的评价以及水质特征等提供了宝贵数据(图 1.1)。

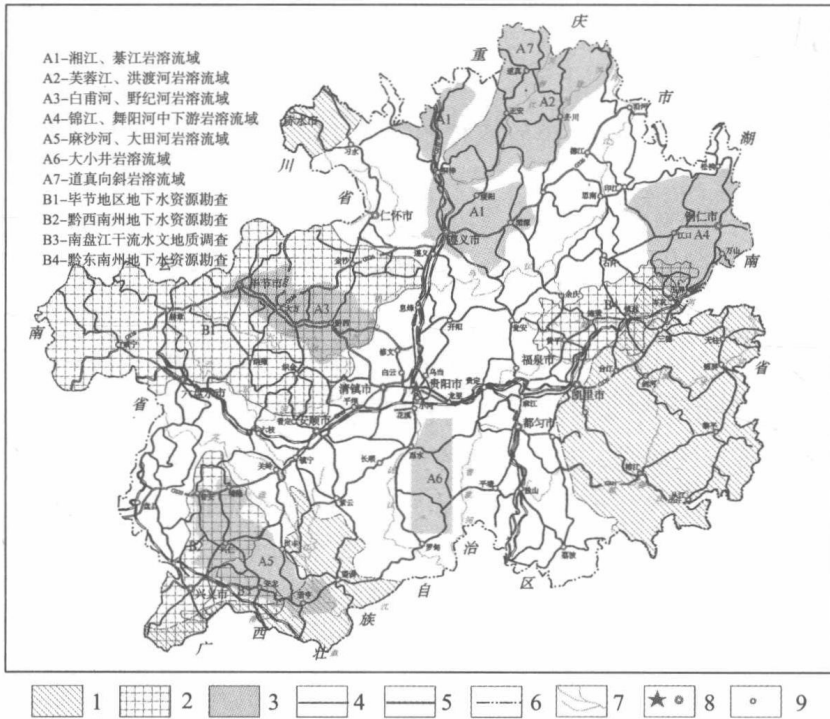


图 1.1 贵州省岩溶区地下水工作现状图

- 1.非岩溶区; 2.地下水资源调查区; 3.岩溶流域水文地质及环境地质调查; 4.铁路; 5.公路; 6.省界;
- 7.地表水系; 8.省会及地级市; 9.县、区

(3)岩溶区枯季测流。2012年初,贵州省国土资源厅安排贵州省地矿局在全省范围对6831个岩溶泉、地下河开展枯季测流工作,所测数据较为客观真实地反映了贵州省地下水资源状况,同时也客观反映出了不同层、不同岩性地下水枯季径流模数的概值。通过该次枯季所测得岩溶泉或地下河出口的流量,在1:5万水文地质图上圈量出各岩溶泉、地下河流域面积,从而概算出该地层枯季径流模数,对概算出的枯季径流模数进行了整理、统计、分析。

第2章 岩溶区水文地质背景

2.1 自然地理

2.1.1 自然地理概况

贵州位于云贵高原东部，处于西南岩溶石山区中心地带，与重庆、四川、湖南、云南、广西接壤，是西南交通枢纽。地理坐标为东经 $103^{\circ}36' \sim 109^{\circ}35'$ ，北纬 $27^{\circ}37' \sim 29^{\circ}13'$ 。全省面积 17.6167 万 km^2 ，其中碳酸盐岩面积 12.96 万 km^2 ，除黔东南镇远-玉屏以南、凯里-三都以东区域为前震旦变质岩系外，其他区域均以震旦纪至三叠纪海相稳定类型的碳酸盐沉积为主，碳酸盐累计厚度一般达 6000m 左右，最大达 8500m。不同地区沉积盖层总厚度与不同时代碳酸盐岩层垂直厚度的百分比也都不尽一致，黔东北约为 9.5%。黔北为 44%~64%，黔西南为 44%~62%，其余地区皆在 54% 以上(图 2.1)。

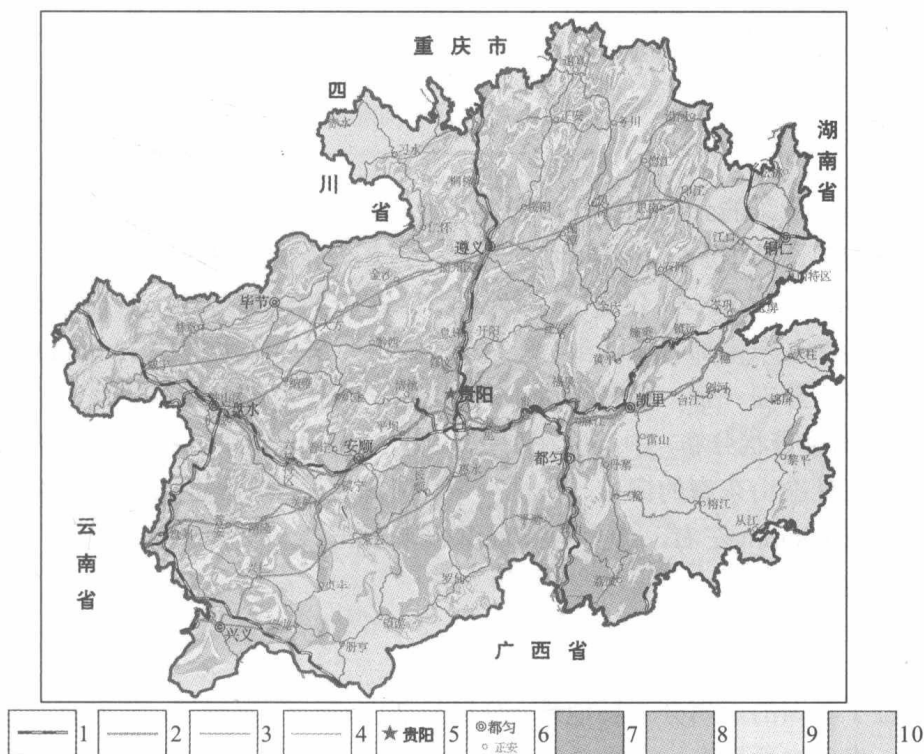


图 2.1 贵州省碳酸盐岩裸露平面图

1.铁路; 2.高速公路; 3.省道; 4.县道; 5.省会驻地; 6.市/县级驻地; 7.灰岩; 8.白云岩; 9.不纯碳酸盐岩; 10.碎屑岩

2.1.2 气象水文

1. 气象

贵州地处亚热带季风气候区，气候温和，冬无严寒，夏无酷暑，雨量充沛，无霜期长；春夏干旱、春秋低温、冰雹等多种气象灾害频繁且危害较重。全省年平均气温为 10~20℃，以 7 月最高，1 月最低(图 2.2)。

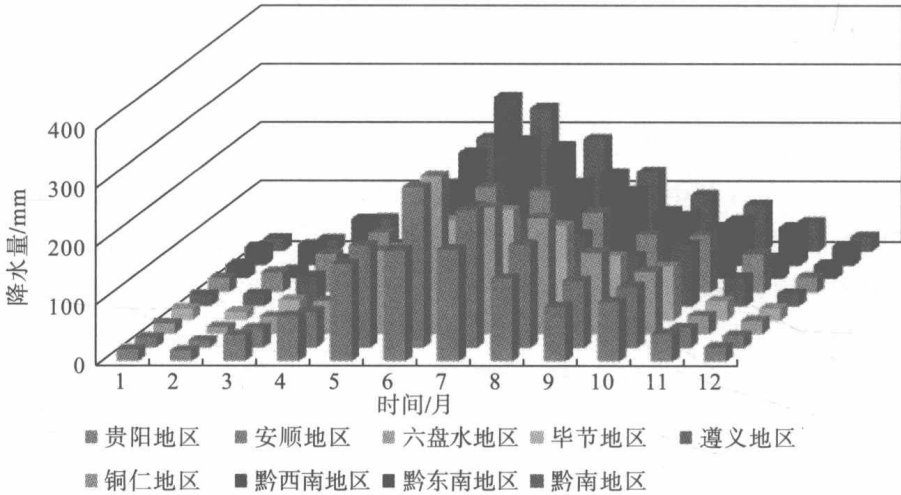


图 2.2 贵州省各地区月平均降水量直方图

贵州省内降水量总的分布趋势是南部多于北部、东部多于西部。降水丰富但在时间和空间上分布不均匀，每年 5~10 月降水量最多，占年降水量的 47%，暴雨多，强度大，为雨季；12 月~次年 3 月最少，仅占 5%，为旱季。从空间分布来看，全省主要有三个多雨区，分布在西南部、东南部、东北部(图 2.3)，其中西南部降水量在 1300mm 以上，中心区在织金、六枝、普安一带；晴隆高达 1588.2mm，是省内降水最多的地方；东南部多雨区呈北东-南西向条带状分布，中心区在独山、麻江、雷山一带，其中丹寨可达 1505.8mm；东北部多雨区在梵净山东南的铜仁、松桃一带。降水量最少的地区在威宁、赫章、毕节一带，年降水量在 900mm 左右，最少的赫章仅 854.1mm。

2. 水文

1) 水系

贵州省位于我国的西南分水岭地带，分属长江和珠江两大流域，其河流的分水岭位于中部的苗岭，走向由西向东。省内长江流域二级水系分布有：金沙江支流牛栏江、横江、长江干流的支流赤水河及綦江、乌江及洞庭湖水系。流域面积为 115747km²。占全省总面积的 65.7%；珠江流域有红水河水系(包括南盘江、北盘江、蒙江、曹渡河)和柳江水系，流域面积为 60381km²，占全省总面积的 34.3%。(图 2.4)

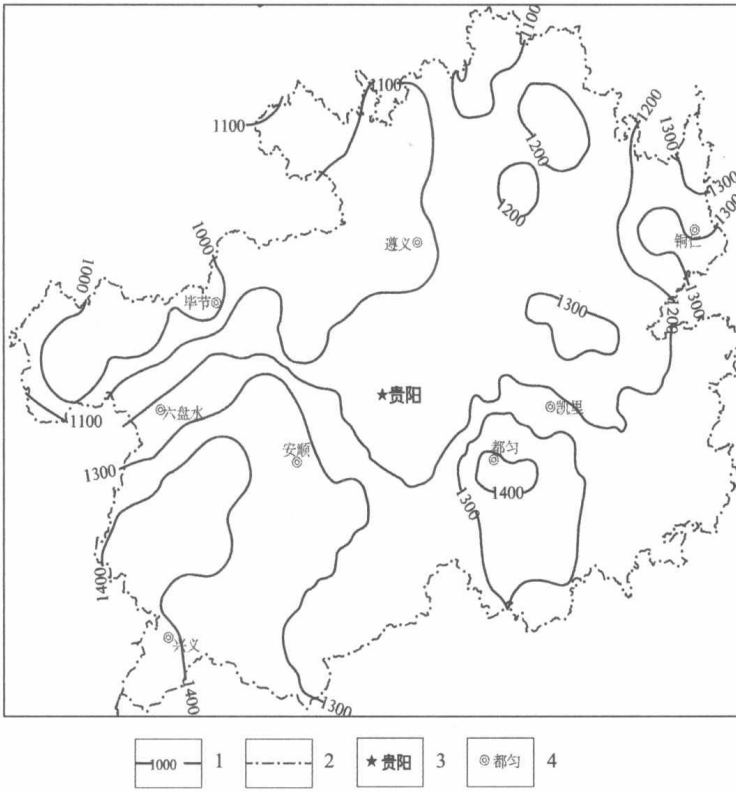


图 2.3 贵州省多年平均降水等值线图

1.多年平均降水等值线(mm); 2.省界; 3.省府; 4.地(州)市

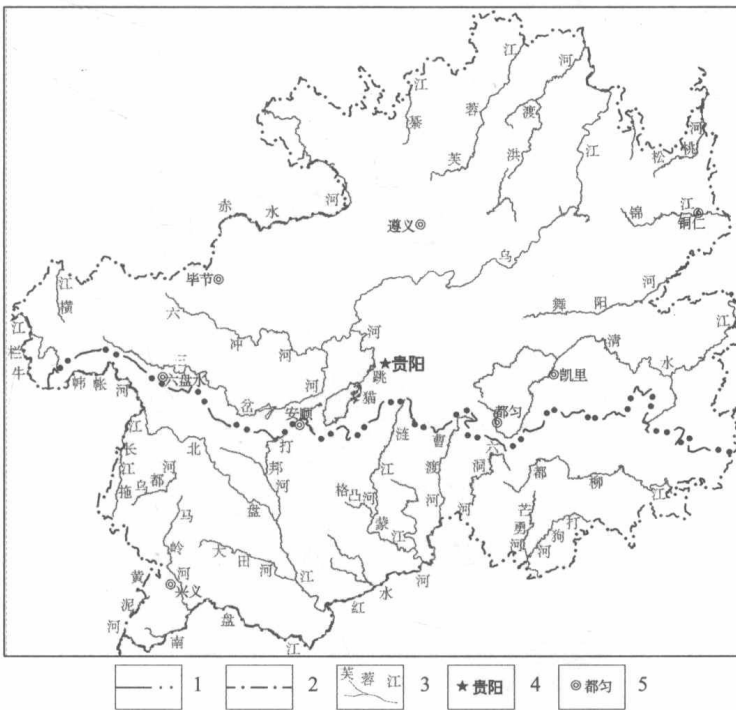


图 2.4 贵州省水系分布图

1.长江—珠江分水岭; 2.省界; 3.河流及名称; 4.省会驻地; 5.地(州)市驻地

省境河流多为源发性河流，源于西部、中部山地，受地形地貌与地质构造制约，从西部、中部向南、北、东三个方向呈放射状向省外径流。多数河流上游河谷开阔，坡降平缓；中游束放相间，水流湍急；下游河谷深切，多穿行峡谷之中，为岩溶大泉及地下河排泄基准面。另外，由于省内碳酸盐岩分布面积广，岩溶发育，使得大部分河流穿行在碳酸盐岩中，因此在河流的中游常见明流、暗流交替出现。

2) 水文特征

贵州的河流都是雨源性河流，主要靠大气降水补给，河流年径流量变化基本与降水量变化分布一致，一般是南部比北部多，东部比西部多，山区比河谷多。且年内分配极不均匀，一般每年12月、1月、2月、3月为枯水期，4月、10月、11月为平水期，5月、6月、7月、8月、9月为丰水期。此外，省内河川径流量总的分布趋势为从东向西、由北向南递增，全省河流最大年径流是最小年径流量的2~3倍，少数可达4倍。根据贵州省水文总站资料，贵州河流年径流量多年平均为1035亿 m^3 ，一般丰水年为1201亿 m^3 ，平水年为1025亿 m^3 ，一般枯水年为900亿 m^3 ，特枯年为735亿 m^3 ，约占全国河流年径流量的3.9%。其中，长江流域区年径流量占全省径流总量的65.5%，年径流深579mm；珠江流域区年径流量占全省径流量的35.5%，年径流深608mm。

2.1.3 地形地貌

1. 地势

贵州省地处我国西南云贵高原东侧的梯级状斜坡上，总体地势西高东低，自西向北、东、南三个方向倾斜。西部最高为赫章县珠市乡韭菜坪，海拔2900m；最低点为黔东南州黎平县地坪乡水口河出省处，海拔147.8m(图2.5)。

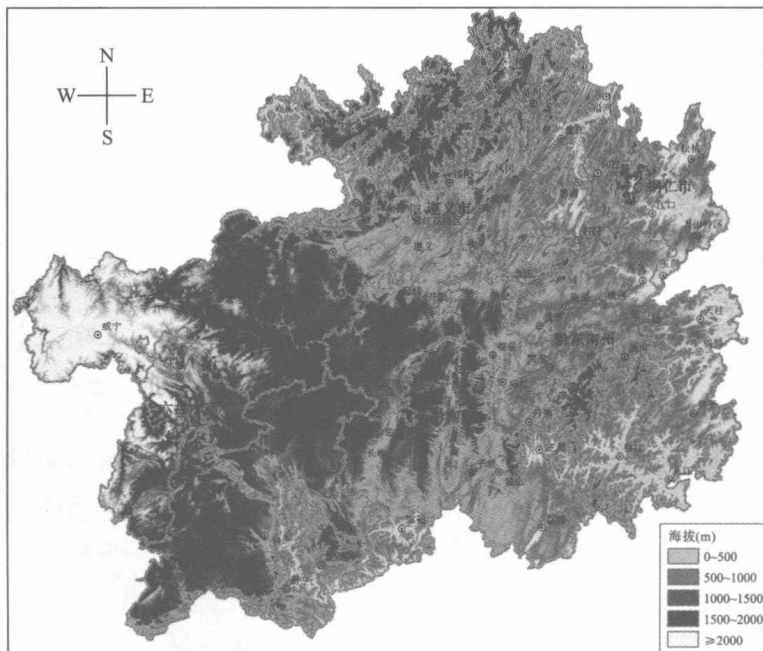


图 2.5 贵州省地势彩图