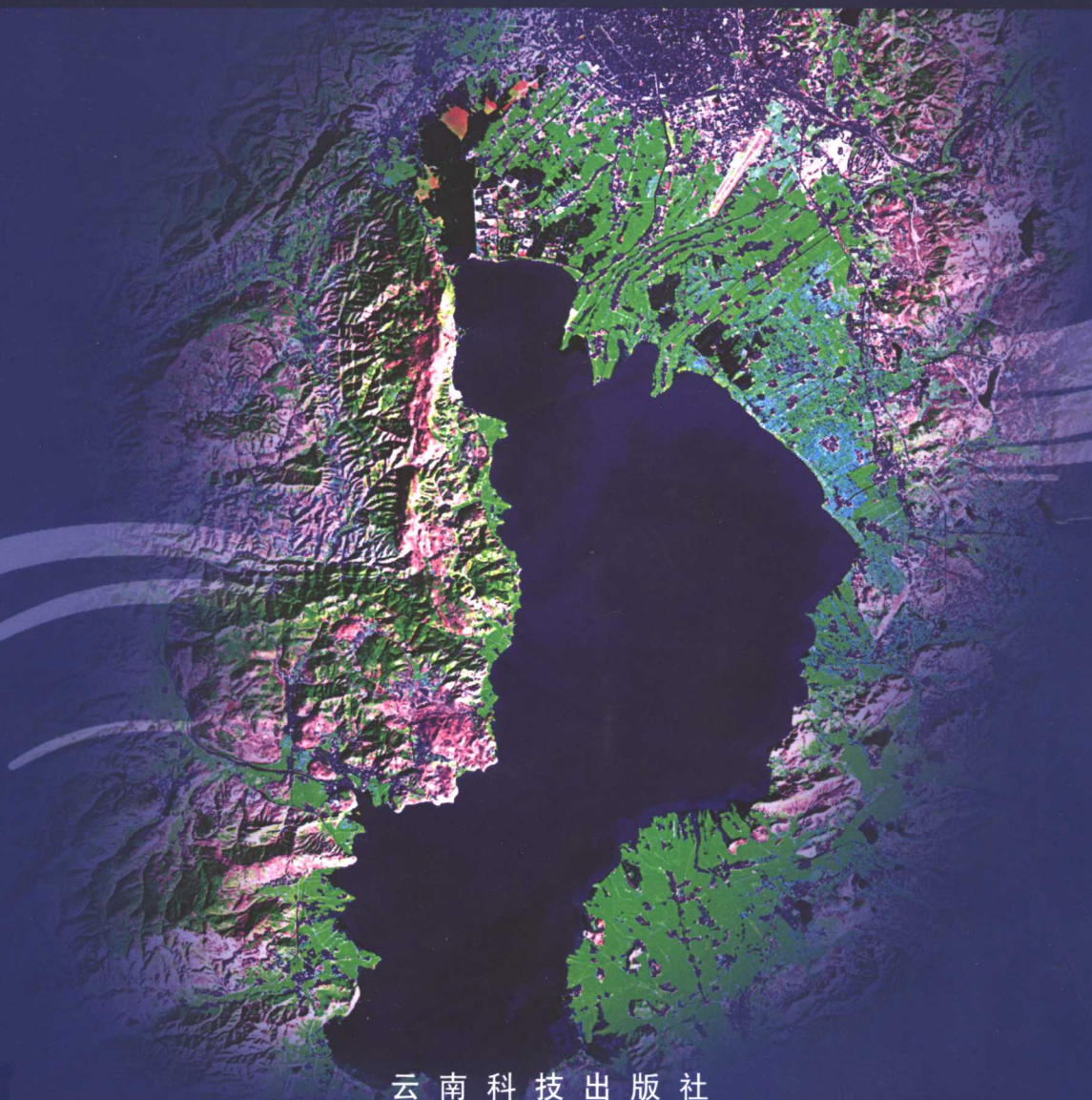




王 宇 等著

DUANXIAN PENDI YANRONGSHUI FUCUN GUILÜ

断陷盆地岩溶水 赋存规律



云南科技出版社

华北水利水电学院图书馆



2010441794

P641.134
W449

国家国土资源大调查项目西南岩溶石山地区地下水资源勘查与生态环境地质调查专题研究成果

DUANXIAN PENDI YANRONGSHUI FUCUN GUIJU

王 宇 李 燕 谭继中 张 贵 何绕生 著

断陷盆地岩溶水 赋存规律



云南科技出版社

· 昆 明 ·

1044179

5

图书在版编目(CIP)数据

断陷盆地岩溶水赋存规律/王宇 等著. —昆明:云南科技出版社,2003.9

ISBN 7-5416-1881-0

I. 断... II. 王... III. 断陷盆地—岩溶水—水文地质条件—研究 IV. P641.134

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 084840 号

主要作者简介:

王宇,男,1960年10月生,教授级高级工程师(博士),长期从事水文、工程、环境地质调查研究,发表学术论文20余篇,专著多部,获省部级科技成果奖10余项

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路609号云南新闻出版大楼 邮政编码:650034)

昆明市五华区教育委员会印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:889mm×1194mm 1/16 印张:9.25 字数:250千字

2003年10月第1版 2003年10月第1次印刷

印数:1~1000 定价:31.60元

序

在西南岩溶地区连绵不绝的群山之间,镶嵌着许多周围石山环绕、中间为新生界沉积的盆状地形,当地人民称为“坝子”,这就是通常所说的断陷盆地。断陷盆地是沿多条平行断裂断陷溶蚀形成的盆状地形,是被山地围限的似椭圆形平地。断陷盆地以滇东—攀西地区、黔西北最为密集,仅滇东 15×10^4 的区域内,平坝面积 $30 \sim 1071 \text{ km}^2$ 的盆地就有 69 个。断陷盆地区耕地分布集中、水资源汇集、交通便利,是主要的人口聚居区和经济发展区。因此,在西南岩溶地区实施西部大开发战略中具有重要意义。断陷盆地分布区地质环境条件复杂,其岩溶发育和岩溶水赋存情况也很复杂。虽然建国以来开展了大量的调查和勘探工作,但对断陷盆地岩溶水赋存规律的认识水平离经济社会发展的要求仍存在较大的差距,理论的系统性也不够。为了系统地总结我国在断陷盆地区水文地质勘查研究的经验,提高对断陷盆地岩溶发育特征及岩溶水赋存规律的认识水平,在中国地质调查局的组织领导下,由王宇同志主持,结合国土资源大调查项目,开展了断陷盆地岩溶水赋存规律的专题研究。该专题拟通过对断陷盆地岩溶水系统的分析研究,揭示岩溶水的赋存规律,以指导断陷盆地区岩溶水资源的勘查和开发利用。经过近三年的不懈努力,圆满完成了研究工作,取得了预期的成果,所著《断陷盆地岩溶水赋存规律》研究专著,通过了中国地质调查局西南项目管理办公室组织的专家评审,被评为优秀成果,现正式出版了。本书作者,都是在岩溶地区从事水文地质、工程地质、环境地质调查、勘查和科研工作二十余年的中青年专家,具有坚实的理论基础和丰富的实践经验。

本书以地球系统科学理论和现代岩溶学理论为指导,依据大量的调查、勘探试验和科研资料,吸收了国内外有关的新理论,结合实际加以消化,总结了断陷盆地的水文地质特征,根据岩溶水运动特征和水文地质条件的差异性,提出了断陷盆地岩溶水系统的分类分级方案,进行了断陷盆地岩溶水系统赋存规律的研究,获得了许多新的认识。创新性的成果主要有以下两个方面。

1. 断陷盆地类型划分,揭示了断陷盆地岩溶水循环特征

根据控制区域水循环及岩溶水动力特征的区域地貌、地质背景条件的差异,将断陷盆地划分为汇水型断陷盆地和汇水—径流型断陷盆地两种水文地质类型。汇水型断陷盆地多分布于高原面上,盆地内岩溶发育,均匀性好,水位埋深浅,多具承压性,盆地四周多有泉流集中排泄带、暗河出露或形成富水地段,一般以地表分水岭为汇水边界,在汇水边界内地下水获得的补给量基本上全部在盆地内排泄或赋存于

盆地内。汇水—径流型盆地主要分布于高原面边缘或河谷斜坡地带,处于区域径流带上,盆地内落水洞、断头河发育,岩溶发育均匀性差异极大。盆地上游往往有大泉暗河出露,水位埋藏浅,可形成富水地段;盆地下游岩溶发育不均匀,水位埋深大,动态变幅大,有落水洞分布,暗河管道发育。盆地汇水范围内汇集的大气降水补给量,可分为两部分,一是盆底地面以上的上层径流,在盆底边缘基岩与松散沉积层分界线附近排泄到地表。二是下层径流,通过透水边界或通道汇入深、远程径流,流往盆地汇水边界外更低的河流或盆地排泄,其资源潜力较大。这不仅很好地刻画了断陷盆地的区域水文地质、水资源条件,对“为何有的盆地有水或富水性均匀,而有的盆地水少或富水性不均匀”这样的困惑了水文地质工作者几十年的老问题作了较好的解释,也为岩溶水资源勘查评价和开发模式的制定奠定了基础。

2. 划分了岩溶水系统类型,分类揭示了岩溶水赋存特征及规律

根据岩溶水的补给条件、循环深度和周期长短及含水层组埋藏和分布条件的差异,将断陷盆地岩溶水系统划分为浅循环和深循环岩溶水系统两大类及六个水文地质亚类。浅循环岩溶水系统分为四个亚类:裸露型岩溶水亚系统,岩溶发育极不均匀,导储水空间以洞管为主,岩溶水运动形式主要为暗河,系统储存调节能力弱,水位流量季节变化剧烈,岩溶水流以快速流为主,主要汇集于暗河通道之中,多以大泉、暗河形式排泄,往往在其排泄点(带)岩溶水富集,富集带范围局限。裸露—覆盖型岩溶水亚系统,补给条件好,水循环交替快,允许开采量大,裸露区岩溶储水空间为不均匀的洞隙系统,系统水资源大部分从山边暗河或大泉出口排泄出地表,覆盖区岩溶发育相对均匀,主要为网状溶隙系统,岩溶发育深度大,有较大的储水空间和储存量。往往在其裸露区与覆盖区的过渡带和覆盖区内的岩溶强发育地段形成岩溶水富集带(区)。裸露—埋藏型岩溶水亚系统,其含水层组储水空间以发育均匀的网状岩溶裂隙为主,富水性及透水性更为均匀,一般都赋存承压水,动态稳定,常常在其裸露区与埋藏区的过渡带和埋藏区内的断裂带附近等岩溶强发育地段形成岩溶水富集带(区)。滞水型岩溶水亚系统,其明显的地质特征为具有分布高程高于盆底地面标高的隔水悬托层。此类系统储水空间多以洞隙为主,在有覆盖或褶皱构造条件下,含水层组富水性较均匀;在裸露和单斜构造条件下,含水层组富水性不均匀。一般储水空间和储存量有限,调节能力弱,动态变幅大。深循环岩溶水系统分为两个亚类:深埋藏层控型亚系统,富水性均匀,富含承压水,水循环速度很慢,其富水性、水温、水质主要受埋深和构造控制;断裂带型亚系统,分布范围狭窄,对流通分布随机,水流呈脉管流特征。深循环岩溶水循环深度大,循环周期长,径流途径深远,水位、流量、水质动态较为稳定,水温较高,多为热矿泉水。每个类型和亚类都有典型盆地的实例说明岩溶水文地质特征和变化规律。书中提出的断陷盆地岩溶水系统分类方案和对岩溶水赋存规律的认识较以往更为符合实际,在学术水平和系统性上有很大的进步,对岩溶水资源的勘查和开发具有很强的指导意义,大大提高了对断陷盆地岩溶水系统的理论研究水平。

滇东断陷盆地的地质条件和岩溶水形成及运动规律与地中海地区,特别是前南斯拉夫 Dinaric 岩溶带有许多相似之处,前南岩溶面积较滇东岩溶区略大一些。但两地气候、人文条件差别较大。那里的岩溶地质研究成果在国际文献上已发表了不少,有些工作也做得很细。但按照岩溶水运动特征及条件进行分类,并将一些工作做得很细的典型岩溶水系统归入不同的类型进行研究,从而揭示区域岩溶特征及岩溶水赋存规律,则是滇东岩溶区工作的特色。

本书资料翔实,内容丰富,论证有据,许多实例典型示范意义很大,可供岩溶系统水资源勘查评价和研究借鉴。可以预见,本书的出版将会带动断陷盆地岩溶地质及水文地质科学研究更深入地向前发展。

袁世光

目 录

序	(1)
第一章 前 言	(1)
第二章 断陷盆地的地质特征	(4)
第一节 区域地质环境	(5)
第二节 断陷盆地的形成与演化	(12)
第三节 岩溶发育特征	(22)
第三章 断陷盆地岩溶水系统分类分级	(32)
第一节 水文地质概况	(32)
第二节 断陷盆地岩溶水系统类型划分	(33)
第四章 断陷盆地浅循环岩溶水系统分析	(36)
第一节 裸露型岩溶水系统	(36)
第二节 裸露—覆盖型岩溶水系统	(43)
第三节 裸露—埋藏型岩溶水系统	(83)
第四节 滞水型岩溶水系统	(97)
第五章 断陷盆地深循环岩溶水系统研究	(102)
第一节 概 述	(102)
第二节 断裂带型岩溶水系统	(107)
第三节 深埋藏层控型岩溶水系统	(112)
第四节 热源研究	(123)
第五节 云南省地热勘查、研究与开发利用	(127)
第六章 断陷盆地岩溶水赋存规律、供水意义及勘查评价要点	(128)
第一节 断陷盆地各类岩溶水系统岩溶水赋存规律	(128)
第二节 岩溶水供水意义及勘查评价要点	(132)
结 语	(134)

CONTENT

Preface	(1)
Chapter 1 Introduction	(1)
Chapter 2 Geological characteristics of fault basin	(4)
Section 1 Regional geological environment	(5)
Section 2 Formation and evolution of fault basin	(12)
Section 3 Development characteristics of karst	(22)
Chapter 3 Classification and assortment of karst Water system in fault Basin	(32)
Section 1 General outline of hydrogeology	(32)
Section 2 Type classification of karst water system in fault basin	(33)
Chapter 4 Analysis of shallow circulating karst water system in fault Basin	(36)
Section 1 Bare type karst water system	(36)
Section 2 Bare – covered type karst water system	(43)
Section 3 Bare – buried type karst water system	(83)
Section 4 Perched water type karst water system	(97)
Chapter 5 Research of deep circulating karst water system in fault Basin	(102)
Section 1 General summary	(102)
Section 2 Fault zone type karst water system	(107)
Section 3 Deep buried stratabound type karst water system	(112)
Section 4 Research of heat source	(123)
Section 5 Prospecting, research, exploitation and utilization of geothermal energy in Yunnan	(127)
Chapter 6 Storage rule, water supply significance and main point of prospecting evaluation of karst water in fault basin	(128)
Section 1 Karst water storage rule of different types of karst water system in fault basin	(128)
Section 2 Water supply significance and main point of prospecting evaluation of karst water	(132)
Postscript	(134)

第一章 前 言

在广袤的西南岩溶石山区连绵不绝的群山之间,镶嵌着许多周围石山环绕、中间为新生界沉积平坝的盆状地形,这就是我们所研究的断陷盆地。断陷盆地在当地俗称为“坝子”,是断块沿多条平行断裂陷落形成的盆状地形,形态多为山地围限的似椭圆形低地。其长轴一般平行于主干断裂,底部沉积有数十米至上千米厚的河湖相为主的新生界松散土层和半固结岩层,地表平缓,是岩溶石山地区主要的农田分布区。其中,尤以云南发育最为密集,全省 $39.4 \times 10^4 \text{km}^2$ 的省域内,盆底平坝面积大于 1km^2 的盆地共有 1442 个(详见表 1-1)。断陷盆地是这些地区主要的耕地分布区、人口聚居区、经济活动区、主要需水区,也是地下水的主要汇集排泄区。因而,成为西南岩溶石山地区地下水资源勘查的重点工作区。

表 1-1

云南省盆地分级统计表

Table 1-1

Classification statistics of basins in Yunnan Province

面积分级 (km^2)	盆地个数 (个)	盆底平坝面积 (km^2)	占盆底平坝总面积的百分比 (%)
1 ~ 30	1300	7032	29.3
30 ~ 50	50	1870.4	7.8
50 ~ 100	42	2924.15	12.2
100 ~ 200	31	4381.43	18.3
200 ~ 400	11	3132.72	13.1
> 400	8	4659.3	19.4
合计	1442	24000	100

断陷盆地由于自然资源和环境条件优越,多为当地政治、经济、科技和文化中心,人口集中,社会经济发展水平较高,基础设施较完备,是实施西部大开发战略的重要地区。但岩溶石山地区,气候类型主要为亚热带季风气候,断陷盆地多分布于各级高原面或溶蚀台面上,其高程大大高于各大江河水面,由其特殊的地质环境条件所决定,水资源时空分布不均,每当旱季或遇到干旱年,农业用水紧缺,工业和生活用水严重不足,制约着当地经济的发展。实施西部大开发战略,水资源的供需矛盾将越来越尖锐。从水资源开发利用现状分析,地表水资源开发利用程度已经很高,且江河湖泊多受到了污染,所以,开发利用地下水资源将是解决水资源供需矛盾的主要途径之一。断陷盆地内赋存于岩溶化碳酸盐岩体中的地下水——岩溶水,分布广泛,资源量大,水质优良,富水性强,水质水量较稳定,在很大程度上弥补了地表水资源的缺陷,历来是地下水资源勘查和开发利用的主要对象。因此,研究断陷盆地岩溶水赋存规律,指导科学地寻找和合理地开发利用岩溶水资源,有着重要的社会经济意义。

政府有关部门和各专业队伍,历来注重对断陷盆地的地质及水文地质的勘查和研究。20世纪70~80年代,国务院部署开展了1:20万水文地质普查,基本查明了区域水文地质条件、地下水类型和分布、初步评价了地下水资源量,形成了系统的水文地质资料。80年代以来,根据经济建设的需要,各地区各部门又不同程度地开展了断陷盆地水文地质勘查和研究,对面积较大、经济较发达的盆地,大多作了1:5万水文地质、工程地质、环境地质普查以及部分岩溶水水源地勘查和开发,地下热(矿)水资源勘查评价。同时,还进行了昆明等盆地的成因、岩相古地理、典型暗河系统、裸露—覆盖型岩溶水系统等专题科研。以上这些工作及成果,促进了断陷盆地岩溶水资源的开发利用,取得了巨大的经济、社会、环境效益,也积累了大量翔实而丰富的资料。但由于这些工作目标不同,很多是商业性的或生产任务,工作内容各有侧重,加之理论和技术水平的限制,在对断陷盆地岩溶水赋存规律的研究方面,尚欠深入,缺乏系统性。为了满足国土资源大调查及社会经济发展对岩溶石山地区地下水资源的勘查和开发需要,有必要利用现代科学理论、技术和方法,对断陷盆地岩溶水赋存规律进行深入系统的研究。

本专题研究的主要目的是通过对断陷盆地岩溶水系统的分析研究,揭示岩溶水的赋存规律,指导断陷盆地岩溶水资源的勘查和开发利用。

具体研究内容如下:

- (1)研究断陷盆地区的地质环境,认识岩溶水系统的形成、演化及其环境条件;
- (2)研究断陷盆地水文地质条件,弄清岩溶水系统的构成、共性和差异,划分岩溶水系统类型和级别,对岩溶水系统进行深入分析研究;
- (3)剖析各类岩溶水子系统的组成要素、结构与功能、岩溶水的运动过程、系统与环境的相互作用,揭示系统的本质特征;
- (4)在上述研究的基础上,综合分析、归纳断陷盆地岩溶水富集规律,提出断陷盆地岩溶水资源勘查的指导意见。

研究工作的总体思路和技术路线是:以系统科学理论和现代地学理论为指导,充分利用“3S”技术,依据现有地质、水文地质、工程地质、环境地质勘查(调查)和科研成果资料,结合西南岩溶石山地区地下水资源勘查工作,对断陷盆地岩溶水系统进行调查研究。研究工作遵循下列原则:

- (1)整体性原则:从断陷盆地岩溶水系统整体性出发研究部分,通过对各类子系统的深入剖析,加深对整体的研究;
- (2)相关性原则:全面地考虑系统内外的各种关系,研究系统各组成要素之间、要素与系统、系统与环境之间的相互关系和作用,从内容、性质和复杂性上把握这些相互关系;
- (3)综合性原则:把分析和综合有机地统一起来,把各个部分和各种因果关系都加以综合,全面把握系统内外的各种相互联系、相互作用,从而弄清系统的本质特征和岩溶水赋存规律;
- (4)目的性原则:各阶段、各方面的研究工作,均应围绕查明断陷盆地岩溶水赋存规律,为岩溶水资源勘查提供理论指导这一目标来进行工作;
- (5)层次性原则:应分析找出断陷盆地岩溶水系统的各类子系统,划分系统等级,按由低级到高级的次序进行分析和归纳;
- (6)历时性原则:坚持发展变化的观点,从岩溶水系统物质和能量历时运动变化中,捕捉有用的信息,研究系统岩溶水的赋存规律。

具体技术路线为:

- (1)充分收集整理已有资料,通过遥感和野外调查,对断陷盆地的地质和水文地质特征进行全面的了解,在此基础上,根据岩溶水系统结构和功能等特征的差异,制定岩溶水系统分类分级

方案;

(2)研究断陷盆地地质环境条件、形成及演化,岩溶发育特征、岩溶水的形成和运动,把握岩溶水系统的水文地质特征,进行岩溶水系统类型划分和分级;

(3)以最低层子系统各类岩溶水补给、径流、排泄系统为基本研究单元,深入研究各类系统的组成要素、边界、结构、含水介质、岩溶水“三场”特征,岩溶水赋存规律、系统环境及其在岩溶水开发状态下的效应等;

(4)实地调查验证对各类子系统的研究成果,补充资料,修正结论;

(5)在以上研究成果的基础上,综合分析、归纳各类子系统岩溶水的赋存条件、运动变化过程以及它们之间的相互关系和相互作用、岩溶水的赋存状态和富集规律,总结断陷盆地岩溶水赋存规律。

整个研究工作历时三年:

2000年6~8月,查阅资料,野外踏勘,研究工作思路和具体方案,编制工作纲要,确定断陷盆地岩溶水系统分类分级方案。全面收集区域地质、水文地质、工程地质、环境地质勘查(调查)、自然地理与社会经济状况资料,进行综合整理,初步分析研究,弄清各类断陷盆地的基本特征、自然环境与社会经济基本情况,建立宏观概念,理清研究思路;

2001年,综合分析研究,选择典型岩溶水系统进行深入剖析,掌握各类系统的特征和岩溶水富集规律,统计有关数据,进行分析计算,取得评价参数,完成定性、定量的系统描述。进行遥感和野外调查,选择开发程度较高的系统进行调研,验证已取得的认识,修正结论,建立空间数据库的基本图层;

2002年综合分析归纳断陷盆地岩溶水赋存规律,完善空间数据库,编制出版专题研究报告。

本专题研究是首次系统地对岩溶石山地区的断陷盆地进行的基础科学研究,通过本专题研究,总体查明了断陷盆地的地质环境条件、形成和演化过程及岩溶发育特征。提出了具有创新意义的断陷盆地岩溶水系统分类方案,将岩溶水系统分为三级,对各级系统进行了分类。第一级为岩溶水系统,第二级分为浅循环和深循环岩溶水系统,第三级分别进一步分为裸露型、裸露—覆盖型、裸露—埋藏型、滞水型及层控型和断裂带型六类基本的岩溶水系统。分析研究了各类型的水文地质特征,揭示了断陷盆地岩溶水赋存规律,提出了各类型的地下水勘查评价要点,为国土资源大调查项目——“西南岩溶石山地区地下水资源勘查与生态环境地质调查”提供了可靠的理论指导。也为今后西南岩溶地区断陷盆地岩溶水资源的勘查评价、开发利用规划、工程设计、管理与保护以及解决工程建设中的有关问题、生态环境建设与保护等工作提供了科学依据。

本专题研究由王宇负责提出研究大纲并组织实施,编制专题报告提纲,编写报告第一、三、六章和结语,进行最后审定和统稿。谭继中编写第四章。李燕负责编写第五章,进行初稿的审核。张贵和何绕生编写第二章,张贵最后组织完成了报告整饰和编辑。

第二章 断陷盆地的地质特征

西南地区位于中国西南部,土地辽阔,喀斯特地貌景观绚丽多姿,矿产、森林、旅游等自然资源十分丰富。人口众多,少数民族聚居。碳酸盐岩分布广泛,岩溶石山区地跨湖北、湖南、广东、广西、云南、贵州、四川、重庆8个省、市、自治区,北起秦岭山脉以南,南至广西盆地,西起云贵高原,东抵南岭山脉,涉及区域 $62 \times 10^4 \text{ km}^2$,岩溶面积约 $42 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地理坐标为东经 $100^\circ 34' \sim 114^\circ 10'$,北纬 $22^\circ 00' \sim 30^\circ 04'$,东西横跨 14° ,南北纵深 8° (图 2-1)。

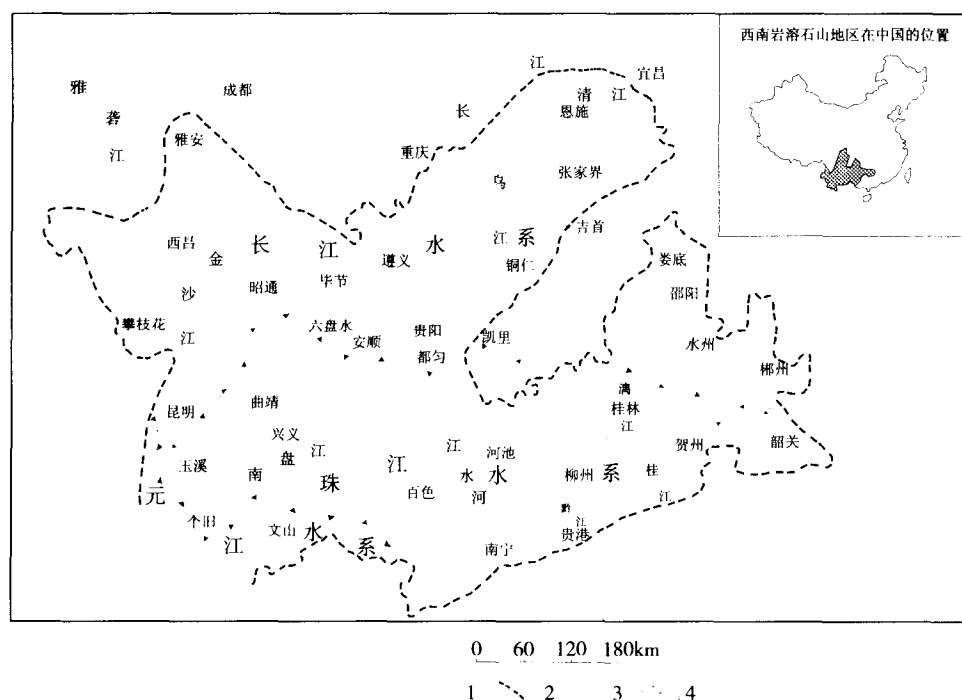


图 2-1 西南岩溶石山区分布图

Fig. 2-1 Distribution diagram of karst Stone Mountain area in Southwestern China

1. 省级、地级行政中心 2. 岩溶石山区范围 3. 水系 4. 分水岭

西南岩溶石山区,在中国岩溶分区上属热带、亚热带湿润气候型侵蚀、溶蚀地区,各种岩溶形态发育,地下岩溶洞管密布,其地质环境具有独特的双层结构特征。区内断陷盆地众多,盆底面积大于 30 km^2 的共有 69 个,其中滇东地区分布最为集中,有 54 个,占全区断陷盆地总数的 78.3%。

第一节 区域地质环境

一、地形地貌

西南岩溶石山地区总体地势西北高,东南低,跨越中国由西向东的三大阶梯地貌单元,从青藏高原到云贵高原再到广西丘陵平原,地势呈连续台阶状跌落(图2-2)。

第一大台阶系指横断山系。区内大致以川西大渡河—金河至滇西金沙江为界。北自贡嘎山—锦屏山,经木里—盐源,南出云南丽江。最高峰贡嘎山高程 7556m,以高山峡谷为特点,脊岭高程 3500m 以上,切割深度大于 1000m。构成青藏高原东南山原大斜坡。

第二大台阶以云贵高原为主体,包括四川盆地西南盆周山区以及渝鄂黔湘西部山原地带。由西向东承上而下,东抵三峡出口,南达桂西白色地区,前沿为宜昌—吉首—凯里—三都—河池—巴马—德保一线,构成台原广阔、峰丛起伏、边缘深切、缓倾东南的地貌景观。云贵高原之上有多级夷平面,一般高程 1200~1500m、1500~1700m、1800~2200m、2200~2400m,高原内部中心地带,地势起伏较小,边缘地带,切割深度 200~500m,山脉高程可达 3000m 以上,切割高差可达 1000m 以上,最高峰滇东北药山高程 4041m。以高原断陷盆地、峰丛洼地、溶丘洼地、中山峡谷等岩溶地貌为其特点的丘状高原与中低山地地形构成横跨西南地区的特色地貌。

第三大台阶包括广西、广东丘陵平原和湘中南丘陵槽谷地区。承接云贵高原前坡和南岭山脊,并向东南沿海过渡。以柳州岩溶化准平原为中心,以桂林山水为代表的边山峰林洼地,堪称南方岩溶地貌之典型。峰岭高程 200~800m,切割深度 100~300m,孤丘平原高程不过 100m,构成西南岩溶石山地区东西两大反差强烈的低台阶地貌。

二、气 象

区内地处亚热带暖湿—温湿季风气候区。地域宽阔,气候差异较大,同时受太平洋东南季风和印度洋西南季风以及青藏高原高寒气流、地形高度垂直变化的控制,由南向北、自南亚热带到中亚热带,由暖湿向温湿气候变化;自西向东,由青藏高原到云贵高原再往东南沿海,由高寒干冷气候向温湿气候再向暖湿气候转变。西部以大雪山—龙门山为屏障,东部以南岭为屏障,各气候区降水和气温的地域差异变化较大,呈现出自北西向南东逐渐增高的趋势(图2-3)。

(一)横断山高山季风气候区

年平均气温 10~12℃;年平均降水量 600~1000mm,雨季(7~8月)降水量占全年的 60%~65%;年平均蒸发量 800~1000mm;湿度 50%~60%。

(二)川西南盆周低中山温湿季风气候区

年平均气温 12~16℃;年平均降水量 1000~1400mm,雨季(6~9月)降水量占全年的 65%~70%;年平均蒸发量 1000~1200mm;湿度 70%~75%。

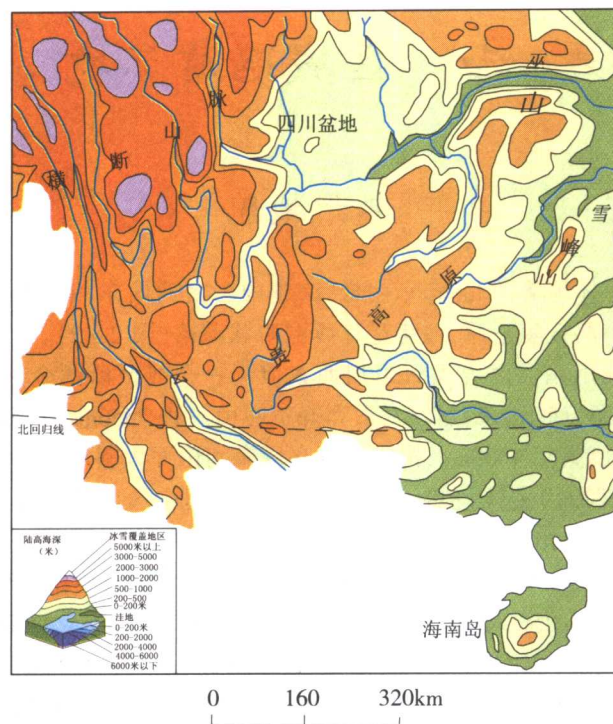


图 2-2 地势图

Fig. 2-2 Geopotential diagram

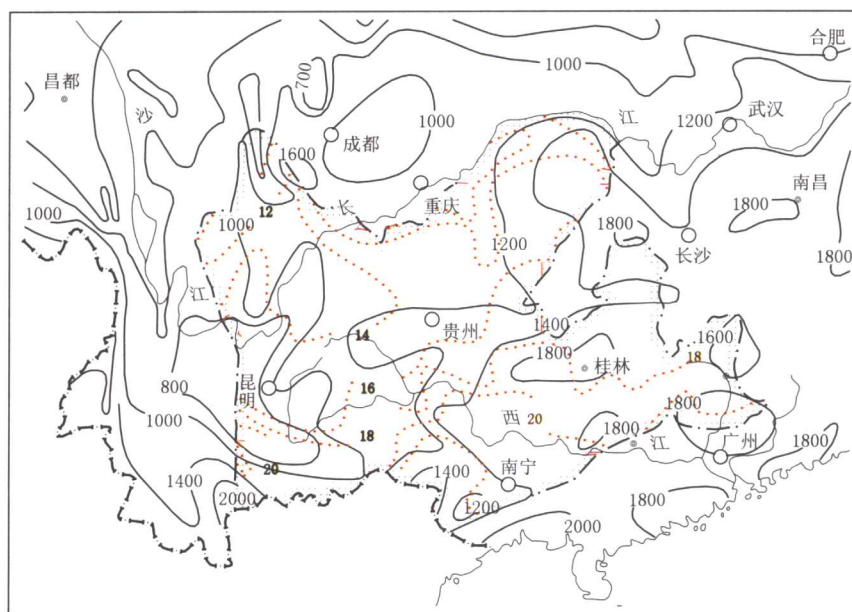


图 2-3 年降水量、年平均气温图

Fig. 2-3 Diagram of annual precipitation and average temperature

(年降水总量的平均值, 单位: mm; 年平均气温值, 单位: °C)

(三)云贵高原温湿季风气候区

年平均气温 $14 \sim 18^{\circ}\text{C}$; 年平均降水量 $800 \sim 1800\text{mm}$, 雨季(6~9月)降水量占全年的 55%~65%; 年平均蒸发量 $1100 \sim 2000\text{mm}$; 湿度 75%~80%。

(四)华南丘陵暖湿季风气候区

年平均气温 $18 \sim 22^{\circ}\text{C}$; 年平均降水量 $1300 \sim 2000\text{mm}$, 雨季(5~10月)降水量占全年的 75%~80%; 年平均蒸发量 $1500 \sim 1800\text{mm}$; 湿度 75%~80%。

三、水 文

区内水系分属珠江流域、长江流域和红河—元江流域三大水系, 红河—元江属国际河流。

长江—珠江分水岭以南岭—苗岭—乌蒙山—昆明为界, 北部川渝鄂湘及滇中—黔北, 属金沙江—长江流域。南部滇东、黔南、广东、广西属珠江流域。元江流域以河源分水岭为主, 处于滇东南。

长江上游金沙江, 进入区内攀枝花市, 沿川滇边界流至宜宾, 主要支流有雅砻江、普渡河、牛栏江、横江等, 除滇中高原湖盆河流较平缓外, 多属深切割山区峡谷型支流, 河流湍急, 落差大, 坡降 $10\text{‰} \sim 20\text{‰}$ 以上, 径流深 $300 \sim 400\text{mm}$, 丰枯流量变化大。宜宾以下长江经三峡至湖北宜昌, 切割深度相对较小, 坡降 $1.5\text{‰} \sim 5\text{‰}$, 径流深 $400 \sim 500\text{mm}$, 南岸区内北向河流有南广河、长宁河、永宁河、赤水河、綦江及最大支流乌江, 均源于云贵高原或山原。宜昌以下长江中下游, 区内尚有清江、澧水和洞庭水系的清水江、元江、资水、湘江均源于山原或南岭一带, 河谷宽缓, 落差不大, 坡降 $1.0\text{‰} \sim 4\text{‰}$, 径流深 $500 \sim 600\text{mm}$ 。

珠江流域以西江水系为最, 涵及滇黔桂大片地区, 流域面积约 $26 \times 10^4\text{km}^2$ 。干流南盘江源于沾益马雄山, 经滇东至黔西与北盘江汇合进入红水河(含黔江、浔江), 其间接纳柳江、右江、左郁江、桂江、贺江, 干流全长 1595km , 落差 2650m , 河床坡降 $1.0\text{‰} \sim 4.0\text{‰}$, 河网密度 $0.144\text{km}/\text{km}^2$, 流量 $488.0\text{m}^3/\text{s}$, 年均径流量 $1538.7 \times 10^8\text{m}^3$, 年径流深 751mm , 变差系数 $C_v 0.25$ 。属云贵高原雨源型河流。汛期(6~9月)流量大, 易洪涝, 侵蚀模数 $100 \sim 360\text{t}/\text{km}^2$, 水土流失较严重, 枯期以地下水补给为主。

南部元江水系, 于滇东南河口进入越南, 称红河。河口以上主流长 677km , 主要支流有盘龙河、南利河等, 总汇水面积 74822km^2 , 年总流量 $472 \times 10^8\text{m}^3$, 流域内水土流失严重。

四、地层及地质构造

(一)碳酸盐岩层组类型

据同一地层单元中碳酸盐岩岩组中碳酸盐岩岩层与非碳酸盐岩岩层之间的厚度比例和非碳酸盐岩岩层的分布特征, 可划分出三种层组类型:

单一型碳酸盐岩层组, 指非碳酸盐岩或不纯碳酸盐岩厚度 $< 5\%$, 其余为纯碳酸盐岩。

夹层型碳酸盐岩层组, 指非纯碳酸盐岩或不纯碳酸盐岩厚度 $5\% \sim 40\%$, 纯碳酸盐岩厚度 $\geq 60\%$ 。

互层型碳酸盐岩层组,指非碳酸盐岩或不纯碳酸盐岩厚度 40% ~ 60%,与纯碳酸盐岩互层分布。

各碳酸盐岩层组类型分布见图 2-4。

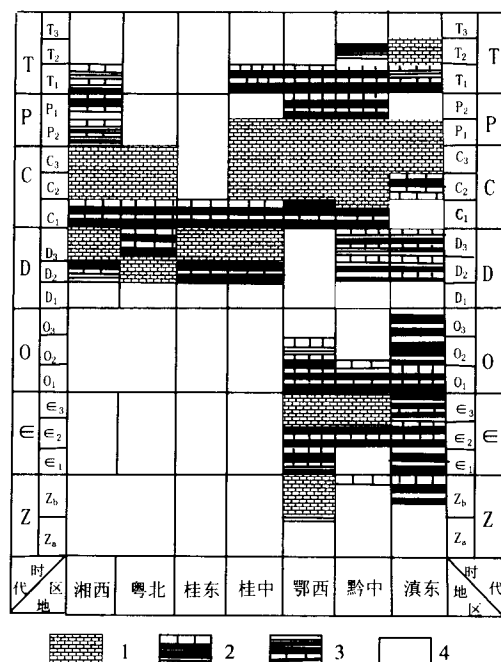


图 2-4 碳酸盐岩层组特征

Fig. 2-4 Characteristics of carbonatite strata

1. 单一型碳酸盐岩层组 2. 互层型碳酸盐岩层组 3. 夹层型碳酸盐岩层组 4. 非碳酸盐岩

(二)大地构造位置

区域分属扬子准地台和华南褶皱系两大构造单元,华南褶皱系自加里东后期转化稳定。受这两大构造单元的地质特征控制,全区不同区域、不同岩相古地理、不同岩性结构、不同沉积环境和后期构造变动以及新构造运动抬升的强弱表现出明显的差异。其中,印支运动和喜山运动即是全区划时代最为重要的构造变动。而台缘周边,以大渡河—金河—丽江深断裂,金沙江—元江(红河)深断裂、东南沿海深断裂为边界,分别控制了地台与毗邻地槽褶皱系不同发展阶段的大地构造环境。

根据区域地壳变动特征,按《中国大地构造图》相关资料,结合区域地层构造特点,构造分区见图 2-5。

(三)岩溶分区

区内地层出露齐全,自元古界至第四系均有出露,岩类齐全。大地构造的基本格局控制了碳酸盐岩的分布(图 2-6),不同区域的碳酸盐岩具有不同的沉积建造类型,而且对岩溶发育产生重要的影响。从北到南,碳酸盐岩出露层位越来越新。扬子地台区的碳酸盐岩主要出露于盖层中,从震旦系开始至整个古生界均有石灰岩出露;华南褶皱系自泥盆系至三叠系主要为浅海相石

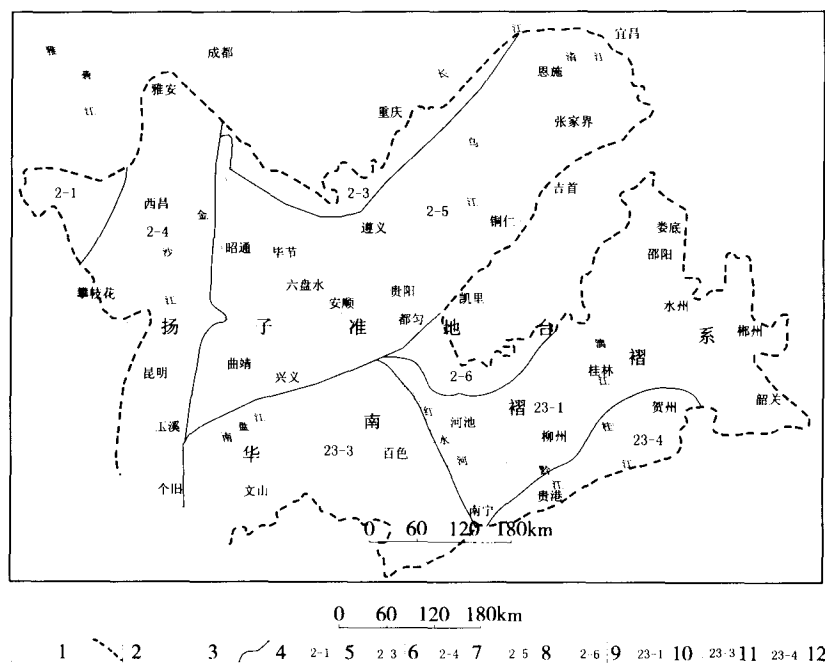


图 2-5 大地构造分区图

Fig. 2-5 Geotectonic partition diagram

1. 省级、地级行政中心 2. 岩溶石山区范围 3. 水系 4. 大地构造单元边界 5. 盐源—丽江台褶皱带
6. 四川台拗 7. 康滇地轴 8. 上扬子台褶皱带 9. 江南台隆 10. 赣相桂粤褶皱带 11. 右江褶皱带
12. 云开褶皱带

灰岩夹砂页岩建造,在三叠纪晚期以后,还经历了印支运动和燕山运动的强烈褶皱、断裂和岩浆活动。根据大地构造和沉积建造类型,将区内碳酸盐岩分为五个区(图 2-7)。

1. 一级沉降带边缘岩溶区

(1)川南区(II_1):

扬子地台元古界至中生代碳酸盐岩地层,碳酸盐岩多呈夹层并剧烈褶皱,二叠系、三叠系地层分布广泛。碳酸盐岩主要层组类型是互层型、夹层型。峡谷、中低山地貌发育。

(2)湘南—粤北区(II_2):

华南褶皱系晚古生代及中生代碳酸盐岩地层,箱状、梳状及平缓开阔的短轴褶皱发育。泥盆系至三叠系碳酸盐岩地层发育,各地厚度差异较大。断裂复杂,溶盆、丘陵地貌。

2. 一级隆起带岩溶区

(1)桂西—黔南区(I_1):

南部加里东褶皱带,早古生代及其以前的地层中,碳酸盐岩很少,且褶皱紧密,具轻微变质。广泛发育晚古生代碳酸盐岩地层,中泥盆统至中三叠统碳酸盐岩厚 3000~5000m,广泛发育峰丛洼地、溶洼—峰林山地。北部黔西扬子准地台二叠系、三叠系碳酸盐岩广泛出露,总厚 3500~4500m 的碳酸盐岩中白云岩占一半以上,褶皱宽缓,峰丛洼地发育。

(2)渝东—湘西区(I_2):

扬子准地台元古代至中生代碳酸盐岩,震旦、寒武、三叠系等碳酸盐岩为主,总厚达 3500m,少大型断裂,箱状褶皱为主。