

刘 拓 周光辉 但新球 杨维西 熊智平 主编

中国岩溶石漠化

——现状、成因与防治

中国林业出版社

中国岩溶石漠化

——现状、成因与防治

刘 拓 周光辉 但新球 杨维西 熊智平 主编

中国林业出版社

内 容 简 介

本书以我国首次石漠化监测成果为基础,全面介绍了我国石漠化土地的现状与分布,展现了当前石漠化研究的最新科研成果和发展动态,并对近二十余年的石漠化防治经验进行系统总结、归纳。本书由林业部门组织,农业、水利和中国科学院等部门相关的科研院所和大专院校共同参与完成,凝聚了3600多名调查技术人员一年多的辛勤劳动,也体现了几十位科研人员长期的研究成果,汇集了西南岩溶地区广大人民群众几十年进行石漠化防治的宝贵经验。

本书是各级政府、科研单位和石漠化防治部门相关人员关注和了解石漠化的工具书,也是一本进行石漠化防治的实用技术手册,是关于石漠化防治、规划和科学研究最新、实用的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

中国岩溶石漠化:现状、成因与防治/刘拓等 主编. -北京:中国林业出版社,2009.7
ISBN 978-7-5038-5655-6

I. 中… II. 刘… III. 岩溶-沙漠化-研究-中国 IV. P642.252.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第119948号

中国林业出版社·环境景观与园林园艺图书出版中心

责任编辑:吴金友 李 顺

电话:83226967 83229512 传真:83226967

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

E-mail cfphz@public.bta.net.cn 电话 83224477

网址 www.cfph.com.cn

发行 新华书店北京发行所

印刷 三河市富华印刷包装有限公司

版次 2009年7月第1版

印次 2009年7月第1次

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 13.25

字数 325千字

印数 1~1500册

定价 80.00元

本书委员会

主 编：刘 拓 周光辉 但新球 杨维西 熊智平

主要编撰人员：（按姓氏笔画为序）

王世杰	王德炉	尹国平	叶金盛	宁晓波	朱守谦
刘 茜	刘映良	孙继霖	杨明兴	李梦先	吴协保
吴照柏	但新球	邹恒芳	张铁平	陆志星	陈昌久
陈晓萍	罗夕谷	胡 铭	柯善新	贺东北	徐志高
殷怀清	屠志方	彭耀强	蒋忠诚	喻 甦	赖兴会
蔡凡隆	蔡会德	滕秀荣			

前言

石漠化是我国西南地区首要的生态问题,也是我国当前最为严重的三大生态问题之一。严重的土地石漠化,不仅加剧了水土流失,恶化生态环境,引发自然灾害,而且也压缩了人民群众的生存与发展空间,对区域国土生态安全和生态文明建设构成了严重威胁。

为全面掌握岩溶地区石漠化土地的面积、分布、程度、成因,为岩溶地区生态环境改善和区域经济发展提高基础地质资料和切实可行的整治示范经验,为有效遏制石漠化扩展趋势服务,国家林业局从2002年始着手石漠化监测工作,2004年8月,《西南岩溶地区石漠化监测技术规定》正式通过专家的评审论证,同年11月,国家林业局以林沙发[2004]211号下发了《关于开展西南岩溶地区石漠化监测工作的通知》,正式启动了新中国成立以来首次石漠化调查工作。此次监测采用以地面调查为主的技术方法,监测范围涉及湖北、湖南、广东、广西、贵州、云南、重庆、四川八省(直辖市、自治区)的460个县(市、区),监测区总面积107.14万 km^2 ,监测区内岩溶面积为45.10万 km^2 。参与监测的技术人员达3600人,共区划和调查图斑61.2万个,获取各类信息记录5000多万条。2006年6月,正式对外发布了石漠化状况公报。监测结果表明,我国石漠化土地主要分布在八省区的451个县(市)中,截至2005年底,石漠化土地总面积为12.96万 km^2 ,占监测区总面积的12.1%,占监测区岩溶面积的28.7%。同时,还有12.38万 km^2 潜在石漠化土地,如果不积极预防,可能转化为石漠化土地,潜在威胁巨大。专题监测也表明,西南岩溶地区石漠化土地面积扩展态势未得到遏制,石漠化程度仍在加深,面积有扩大的趋势,其扩展速率在0.8%~3.2%。

通过此次监测,全面、系统地掌握了西南岩溶地区石漠化现状,为科学编制西南岩溶地区石漠化生态治理规划和制订石漠化防治政策与措施提供了翔实可靠的数据,为全面启动西南岩溶地区石漠化防治专项工程打下了坚实基础。2007年,国家发展改革委牵头组织财政、林业、农业、水利、国土等部(委、局),依据首次石漠化监测数据编制完成了《岩溶地区石漠化综合治理规划大

纲》。2008 年初，国务院正式批准实施该规划大纲。《中国岩溶石漠化——现状、成因与防治》正是基于首次石漠化监测的相关数据资料产生的，它全面介绍了我国石漠化土地的现状、分布及危害，展现了当前我国石漠化研究的最新成果和发展动态，并对近 20 余年的石漠化防治经验进行系统总结、归纳，展示了石漠化长期以来的研究成果，汇集了西南岩溶地区几十年来石漠化防治的宝贵经验。

本书分为三大部分：1~3 章，主要介绍我国首次石漠化监测的成果数据，包括岩溶地区以及相关省区的石漠化现状与分布，并对石漠化的危害、防治可行性及利用状况进行了剖析；4~10 章，主要介绍石漠化的内涵及形成原因、石漠化土壤演替变化规律、地质背景及生态系统特征变化、石漠化区域的地下水资源的开发利用等方面的研究；11~15 章，主要介绍目前石漠化防治的现状、石漠化防治的技术和模式以及典型案例等。

本书的出版旨在让国内外广大读者对当前岩溶地区石漠化状况及其时空分布有一概观的了解，以唤起更多的人士关心石漠化防治工作。本书既可满足开展研究石漠化的需要，同时也可石漠化防治提供技术支持。由于研究时间短，编写比较仓促，不足和疏漏之处在所难免，希望广大读者不吝指正。

编者

目 录

前 言

第 1 章 岩溶的概念与分布状况	(1)
第 1 节 岩溶的概念	(1)
第 2 节 全球岩溶分布	(1)
第 3 节 中国岩溶分布	(3)
第 2 章 西南岩溶地区石漠化现状	(6)
第 1 节 西南岩溶地区自然和社会经济概况	(6)
第 2 节 石漠化土地现状	(9)
第 3 节 潜在石漠化土地现状	(14)
第 4 节 石漠化的成因分析	(15)
第 5 节 石漠化的危害状况	(19)
第 6 节 西南岩溶地区石漠化的发展趋势	(22)
第 3 章 西南岩溶地区分省区石漠化状况概述	(31)
第 1 节 贵州省石漠化土地状况	(31)
第 2 节 云南省石漠化土地状况	(36)
第 3 节 广西壮族自治区石漠化土地状况	(41)
第 4 节 湖南省石漠化土地状况	(49)
第 5 节 湖北省石漠化土地状况	(54)
第 6 节 重庆市石漠化土地状况	(60)
第 7 节 四川省石漠化土地状况	(64)
第 8 节 广东省石漠化土地状况	(69)
第 4 章 岩溶地区石漠化研究现状	(73)
第 1 节 岩溶研究的现状综述	(73)
第 2 节 石漠化研究现状综述	(75)
第 5 章 石漠化土地演替过程与阶段划分	(80)
第 1 节 石漠化形成的主要因子	(80)
第 2 节 石漠化的演替过程及阶段	(85)
第 6 章 石漠化形成的地质背景	(91)
第 1 节 西南岩溶石漠化环境的脆弱性	(91)
第 2 节 地质背景对石漠化形成与生态环境的影响	(93)
第 7 章 石漠化过程土壤特征动态变化	(97)
第 1 节 岩溶土壤的形成	(97)
第 2 节 石漠化过程的土壤特征变化	(98)

第3节 石漠化过程与岩溶土壤演变关系	(103)
第8章 岩溶地区地下河分布特征与开发利用	(104)
第1节 西南岩溶区地下河分布	(104)
第2节 不同地貌类型区的地下河分布特征及对环境的影响	(105)
第3节 地下河开发利用的典型模式	(107)
第9章 人口对石漠化形成的影响与调控	(110)
第1节 西南岩溶地区的人口特征	(110)
第2节 人口因素对石漠化形成的影响分析	(111)
第3节 人口调控技术	(113)
第10章 岩溶地区石漠化研究中的若干问题	(116)
第1节 国内外研究的若干问题	(117)
第2节 石漠化研究的展望	(123)
第11章 石漠化防治技术	(124)
第1节 生物治理技术	(124)
第2节 工程治理技术	(131)
第3节 生物与工程综合治理技术	(132)
第4节 社会因素在石漠化防治中的作用	(133)
第12章 石漠化地区造林树种选择	(137)
第1节 西南岩溶地区的环境地质特点和立地分类	(137)
第2节 造林树种选择原则	(138)
第13章 石漠化治理典型模式	(145)
第1节 不同立地环境的石漠化防治典型模式	(145)
第2节 不同区域的石漠化治理典型模式	(149)
第14章 石漠化治理成功典型案例	(175)
第15章 石漠化防治现状及对策	(183)
第1节 石漠化防治现状	(183)
第2节 加速推进石漠化治理的必要性和紧迫性	(185)
第3节 开展石漠化治理的有利条件	(186)
第4节 石漠化防治思路与对策建议	(187)
参考文献	(192)

第 1 章

岩溶的概念与分布状况

第 1 节 岩溶的概念

岩溶主要指水对可溶性岩石如碳酸盐岩(石灰岩、白云岩等)、硫酸盐岩(石膏、硬石膏等)和卤化物岩(岩盐)等的溶蚀作用,及其所形成的地表及与地下的各种景观与现象。

在岩溶发育过程中所发生的各种作用,都是以可溶岩被水溶解的作用为基础的,所以岩溶作用最本质的现象就是“岩石的溶解”,即是以地下水为主,地表水为辅;以化学过程(溶解与沉淀)为主,机械过程(流水侵蚀和沉积,重力崩塌和堆积)为辅的对可溶性岩石的破坏和改造作用。岩溶作用发生的条件,就岩石而言,必须是可溶的,水才能进行溶蚀。其次,岩石必须是渗水的,这样地表水才能转化为地下水,因为在岩溶过程中,地下水起着主导作用,使之形成作为岩溶标志的地下溶洞。就水而言,首先水必须具有溶蚀力,当水中含有 CO_2 时,溶蚀力便会增大,其次,水必须是流动的,因为停滞的水很快就变成了饱和溶液而失去了溶蚀力。因此岩石的可溶性、透水性,水的溶蚀性、流动性就成为岩溶作用的基本条件。

岩溶在国外称为 Karst(音译为喀斯特),Karst 是南斯拉夫西北部伊斯的利亚半岛的石灰岩高原的地名,19 世纪末,南斯拉夫学者司威杰(J. Cvijic)首先对该地区进行研究,并借用喀斯特(Karst)一词作为石灰岩地区一系列作用过程的现象的总称。我国在描述或研究这种石灰岩地貌时,沿用这一专有名词,并音译为“喀斯特”。1966 年 3 月,在广西桂林召开的中国地质学第一次全国岩溶学术会议上,认为碳酸盐等可溶岩类(喀斯特)在我国广泛分布,且与群众生产生活及经济建设密切相关,而且用音译的“喀斯特”不易为群众所理解,通过百多位学术界人士的讨论,最后选用“岩溶”这一名称,并逐渐被国内学者及群众所接受,但在国外发表文章及外语交流中,仍沿用 Karst(喀斯特)一词。

第 2 节 全球岩溶分布

世界上岩溶地貌广泛分布。据专家测算,全球岩溶面积共有 510.0 万 km^2 , 占全球总面积的 10.0%, 而陆地岩溶约有 210.0 万 km^2 , 占陆地总面积的 12.0%。由中国向西,经中东到地中海,分布着一条引人注目的碳酸盐岩带,并与大西洋西岸美国东部碳酸盐岩分布区相望。在这条全球性碳酸盐岩带上,发育了三大块分布集中的喀斯特区,即欧洲地中海沿岸、美国东部和中国西南岩溶区(东亚岩溶区)。具体地域包括中国西南地区(云贵高原、湘桂丘陵、青藏高原)和中南欧的阿尔卑斯山、法国中央高原、俄罗斯乌拉尔山地、北美洲东

部的印地安纳州和肯塔基州、澳大利亚南部、越南北部以及西印度群岛的古巴、牙买加等地区,是全球的主要生态脆弱区域。在五大洲中,岩溶分布主要国家有欧洲的法国、德国、英国、爱尔兰、意大利、奥地利、俄罗斯、立陶宛、乌克兰、挪威、西班牙、南斯拉夫、斯洛文尼亚、波斯尼亚、阿尔巴尼亚、希腊、土耳其、瑞士、瑞典、匈牙利、捷克、波兰、罗马尼亚等;美洲的美国、加拿大、巴西、古巴、墨西哥、波多黎各等;亚洲的中国、日本、印度尼西亚、泰国、缅甸、新加坡、马来西亚、越南、柬埔寨、韩国、朝鲜、菲律宾、沙特阿拉伯、伊拉克、黎巴嫩等;非洲的阿尔及利亚、津巴布韦、赞比亚、埃及、马达加斯加等;以及大洋洲的澳大利亚、巴布亚新几内亚等国,都有各具特色的岩溶发育。

地中海沿岸岩溶区包括阿尔卑斯山、法国中央高原等,夏季干热,冬季温湿,水热条件不及热带,所以岩溶地貌发育不如热带典型。但地表和地下岩溶仍相当发育,以南斯拉夫喀斯特高原为代表,高原上有厚层的石灰岩,其上以溶斗、落水洞、溶蚀洼地、坡立谷、干谷和盲谷最为多见,也有少数河流切割高原,形成槽形峡谷。美国东部岩溶位于肯塔基州中部至密西西比高原地区,面积在 2.5万 km^2 ,主要是起伏不大的波状准平原,地下各种岩溶洞穴通道系统发育。此外,该区域的石膏和岩盐岩溶也有相当规模的发育。

中国西南岩溶区是指以云贵高原为中心的亚热带岩溶区,以其连续分布面积最大、发育类型最齐全、景观最秀丽和生态环境最脆弱而著称于世。

岩溶按出露条件可分为:裸露型岩溶、覆盖型岩溶、埋藏型岩溶。按气候带可分为:热带岩溶、亚热带岩溶、温带岩溶、寒带岩溶、干旱区岩溶。岩溶按可溶岩的物质构成可划分为:碳酸盐岩类、硫酸盐岩类、氯化物岩类3大类。

根据资料对比研究表明,世界上(除中国外)的主要岩溶区,其分布最广的碳酸盐岩都比较年轻,如地中海沿岸及中欧、东欧是以中生界碳酸盐岩为主;而东南亚,澳大利亚中部的纳拉伯平原、巴黎盆地、美国东南各州及加勒比海岩溶区,则以第三系碳酸盐岩为主,但国外几个主要岩溶区的第三系碳酸盐岩的成岩程度较差,孔隙度较高。如美国佛罗里达州,据取自地下100余米深处的钻孔岩心的新鲜第三系碳酸盐岩测试,其石灰岩的孔隙度为16.0%,白云岩的孔隙度为31%~44%,白云质灰岩的孔隙度为40%。东欧中生界碳酸盐岩的成岩程度也较差,如俄罗斯克里木地区的上侏罗统及下白垩统灰岩,孔隙度为1.8%~3.8%,抗压强度为 $720\sim 930\text{kg/m}^2$ 。

世界上具有不同生态地质环境背景的岩溶区,岩溶系统与人类活动相互作用的环境效应是极不相同的。例如世界岩溶分布的另外两个中心——地中海沿岸和拉丁美洲等地的新生界碳酸盐岩,孔隙度高达16%~44%,具有较好的持水性,新生代地壳抬升也较小,人口及社会经济压力相对较轻,所以,岩溶双层结构带来的环境负效应和石漠化问题都不很严重。

在气候条件与我国类似的东南亚、加勒比海地区,虽然也有峰林地形,但其形态因岩性较松软而远不如我国南方岩溶那样的高耸挺拔秀丽,通常表现为低矮、圆缓的馒头状峰林。岩性坚硬也为我国岩溶地区发育和保存丰富多彩的微小岩溶形态(溶痕、溶盘、边槽、贝窝)等提供了良好基础,它们常常是研究环境变迁,特别是古气候、古水文条件的直接证据,这在松软的碳酸盐岩表面是比较少见的。但是,国外在第三系松软灰岩表面,由于季风地区暴雨的迅速渗透、饱和、蒸发、沉积而产生的钙壳,在中国坚硬碳酸盐岩地区则较少见。

中国的岩溶分布地域有较大的环境跨度,且处于世界三大岩溶地貌集中分布区之一的东

亚片区的中心地带,出露岩溶以西南地区面积最大,分布最集中。可溶岩以古老的、坚硬的碳酸盐岩为主,具有保存各种岩溶形态的良好基础,加上新生代以来地壳大幅度的上升,第四纪的最后一次冰期又没有遭受大陆冰盖的刨蚀,使得各个地质时期,特别是新生代以来发育的岩溶形态得以较好的保存,具有较大的、较连续的岩溶发育的历史记录。尤其是贵州锥状喀斯特地形,是全球锥状喀斯特地形中发育演化过程最完整、保存相关遗迹最丰富、集中连片分布面积最大和地貌景观最典型的地区。因而中国岩溶研究,以其一系列地域上的优势,而被世界各国同行所瞩目。

第3节 中国岩溶分布

在中国,岩溶地貌发育的重要物质基础——可溶性盐岩(如石灰石、白云岩、石膏和岩盐等)广泛分布,由北纬3°的南海礁岛直到北纬48°的小兴安岭地区;由东经74°的帕米尔高原直到东经122°的台湾岛;由海拔8848m的珠穆朗玛峰直到东部海滨都有岩溶分布。各岩溶区纬度、海拔及其与海洋距离的差异,造成岩溶地区气候类型多样,岩溶地貌类型丰富多彩,岩溶结构成因类型之多,为世界罕见。中国大陆的碳酸盐岩,几乎分布于各个地质时代,除西藏地区有较多的侏罗、白垩系碳酸盐岩外,大多数是三叠系以前的古老坚硬的碳酸盐岩,尤以古生界的碳酸盐岩分布最广。我国碳酸盐岩沉积总厚度在10 000m以上,分布面积广,在适宜的多种气候条件作用下,使我国成为世界上岩溶洞穴资源最为丰富的国家。

一、不同物质构成的岩溶分布状况

1. 碳酸盐岩类

中国按有碳酸盐岩分布区域的面积计(含埋藏在非可溶岩之下碳酸盐岩),可达346.0万 km^2 ,占国土面积的1/3;按含碳酸盐岩地层出露的面积计,为206.0万 km^2 ;按碳酸盐岩出露的面积计,约有91.0万 km^2 ,其中我国西南部以云贵高原为中心,包括贵州、云南、广西、湖南、湖北、重庆、四川、广东8省(直辖市、自治区)的碳酸盐岩出露面积超过50.0万 km^2 。

中国碳酸盐岩主要是以碳酸钙(CaCO_3)为主的石灰岩,以及主要成分为碳酸钙(CaCO_3)和碳酸镁(MgCO_3)的白云岩,且酸不溶物含量较低,成分较纯,成土极为困难。在同一地区,碳酸盐岩的年代愈老,白云石含量愈高。碳酸盐岩按其成因可分为三大类:①各种成分的大理岩及结晶灰岩:主要是在变质作用过程中形成,常呈粒状变晶镶嵌结构。②白云岩:主要是在成岩后生阶段由于化学作用形成,常呈晶粒结构。③石灰岩:主要是浅海相碳酸盐台地沉积的碎屑成因或生物成因石灰岩,常呈泥晶结构,颗粒泥晶结晶,亮晶颗粒结构及生物结构。绝大部分石灰岩的孔隙度都小于2%,渗透率几乎为零。白云岩的孔隙度大部分都小于4%,但比石灰岩要高,渗透率也相应较高。

我国碳酸盐岩的主要特点是碳酸岩分布相对集中、成分较纯、连续厚度大、分布稳定、年代老。主要集中分布于西南、华北和华南三大地块,厚度都在1000m以上,除了西藏地区有出露的侏罗—白垩系碳酸盐岩及南海诸岛有现代沉积的碳酸盐岩以外,大部地区都是三叠纪以前的碳酸盐岩。而岩石成岩后受到地壳强烈作用,碳酸盐岩又具有孔隙低、力学强度大的特点。

从空间变化规律看,中国东部从北方到南方,碳酸盐岩出露层位愈来愈新,华北地块主要是中上元古界和下古生界;扬子地块主要是古生界,而华南准地地块主要是上古生界,由于石灰岩连续型主要出露于较新的地层中,所以从岩性条件看,中国南方的岩溶发育条件比北方好。

2. 硫酸盐岩类

包括石膏、硬石膏和芒硝,产地遍布全国各地。自前寒武纪至第四纪都有产出,但主要产于第三纪、三叠纪、白垩纪、石炭纪和奥陶纪。主要分布在中南地区的湖南,西南地区的云南、贵州、四川以及西北地区的新疆的西部,青海、陕西等。

3. 氯化物类

包括岩盐、光卤石等,主要形成于中—新生代,其中新生代岩盐产地占 3/4 以上,主要分布于西北地区,中生代岩盐产地主要分布于西南地区。

二、岩溶分布区域划分

参照《岩溶——奇峰异洞的世界》(卢耀如),结合我国岩溶分布实际状况及对区域生态环境的影响程度,我国岩溶区域划分为以下几个区:

1. 西南岩溶地区

西南岩溶地区指以云贵高原为中心,包括贵州、广西、云南、湖南、四川、重庆、湖北及广东 8 个省(直辖市、自治区)的岩溶分布集中而又连成片的地区,其中出露碳酸盐岩面积超过 50 万 km^2 。是我国岩溶地区基岩裸度最高、岩溶生态问题最突出的区域。该区域岩溶又以贵州、广西北部 and 云南东部地区面积分布最广、最集中,岩溶地貌特征最典型,岩溶景观最丰富,生态问题最严重;湘西、鄂西、川东南、渝南部及粤西北等地分布面积也较广,因气候、岩性等条件各地不同,岩溶发育程度差异较大。在近 200 万 km^2 的区域内,山区面积达 65.0%,丘陵占 20.0% 左右,平原、大平坝及盆地为 15.0%。本区域属亚热带—热带气候,雨量充沛(1000~2200mm)、平均气温高(16~22℃),适合于岩溶发育。我国岩溶地貌景观最典型的桂林、石林、九寨沟和黄龙、黄果树等都分布于本区域。

2. 华北岩溶地区

包括阴山以南、贺兰山以东、秦岭—大别山及淮河与长江分水岭以北的广大地区,东临黄河、渤海。碳酸盐岩主要分布在太行山、太岳山、山西高原、吕梁山、鲁中南山地、燕山和北京市的西山地区等地带,该区域也是我国重要的岩溶分布区,其中裸露、半裸露岩溶面积达 40.0 余万平方千米,发育了我国北方典型的岩溶地貌类型。该区域年降水量 400~800mm,年均气温为 4~12℃,属半干旱气候。

3. 东南岩溶地区

包括我国东南部的江苏、浙江、江西、上海、福建等地。由于地质构造受太平洋板块运动的影响,以及多期火成岩侵入的结果,碳酸盐岩多呈破碎状散布。地表奇峰亦有发育,但以水流侵蚀性特征为显著。本区多属北亚热带季风气候,年平均气温 15.0℃,降水量 1070mm 左右,适宜岩溶发育。

4. 东北岩溶地区

主要分布在辽东半岛金州—大连一带、太子河流域、小兴安岭小西林和辽宁本溪等地,因受海洋气候影响,由海蚀形成的岩柱和洞穴通道是该区域的一种独特岩溶景观,此外在三

江平原及松辽盆地的深处也有碳酸盐岩分布。如辽宁本溪发育了可行船2km的水洞；辽东半岛金州—大连一带海蚀形成的岩柱和洞穴通道等。该区域年降水量300~1200mm，年均气温为4~8℃。

5. 蒙新岩溶地区

新疆至内蒙古一带的阿尔泰山、天山、昆仑山、祁连山和阴山等山脉，虽然也有不少碳酸盐岩分布，但因年降水量100~300mm，有的甚至只有20~25mm，年平均气温8~10℃，又受到风力侵蚀、冰水侵蚀等影响，山峰的溶蚀特征不鲜明。塔里木盆地、准噶尔盆地以及内蒙古草原的地下数千米及万米深处也有大片的碳酸盐岩分布。

6. 青藏高原岩溶地区

青藏高原上既有碳酸盐岩的分布，又有硫酸盐岩及卤化物岩分布。其岩溶分布于海拔4000m以上的高寒高原上，是世界岩溶的一种特殊类型。因受冰雪侵蚀作用和水溶蚀作用而形成的山峰、残余峰林等，与温热地带、亚热带相比，有其自身的特征，具有高原岩溶的特殊性。在青藏高原上，残余峰林分布甚广，东起昌都地区邦达，西至日土县和班公湖，北起昆仑山，南至喜马拉雅山北麓。分布在安多县北山的峰林海拔达5100m，是目前世界上已知的海拔最高的热带残余峰林。现代岩溶主要是河谷旁的小溶洞[海拔通常在4400~4600m，西藏东部江达以东(海拔4000m左右)]，穿洞、天然桥和溶洞甚多。青藏高原年降水量25~400mm，年平均气温2~12℃。柴达木盆地下部隐伏着硫酸岩。

7. 台湾、海南及南海诸岛

台湾岛、海南岛及南海诸岛和我国海域内，也有碳酸盐岩分布。台湾中央山脉有大理岩石，太鲁阁一带尚有热液作用的洞穴及热矿水，垦丁一带有珊瑚礁灰岩，已抬升至高处的礁灰岩中，有洞穴发育，也有岩溶塌陷现象。海南岛的碳酸盐岩岩溶有尖棱的溶蚀痕迹，是热带岩溶的一种奇特现象。在我国海域内，有很多第三系以前(几千万年前)沉积的碳酸盐岩，沉降于海底下数千米处，这些碳酸盐岩，也有古老的岩溶景观与洞穴通道系统，成为生成或富集油气的场所。

我国西南岩溶地区因地质构造独特、山高坡陡、高温多雨、降水季节分布不均、岩溶地貌发育最充分，是世界岩溶发育的典型代表。加之该区域人口密集，人为干扰超过岩溶土地的承载压力，生态环境问题日趋突出，已成为我国目前三大生态问题之一。

第 2 章

西南岩溶地区石漠化现状

2005 年,国家林业局组织对西南岩溶地区石漠化状况进行了监测,监测范围涉及贵州、广西、云南、湖南、四川、重庆、湖北、广东 8 省(直辖市、自治区)的 460 个岩溶县(市、区),监测区总面积为 107.1 万 km^2 ,其中岩溶土地面积 45.10 万 km^2 。监测的内容主要为石漠化、潜在石漠化土地的分布、面积和程度及其生态状况因子等,同时调查和收集监测范围内的自然及社会经济因子。本次监测严格按照国家林业局组织制定的《西南岩溶地区石漠化监测技术规定》的要求进行,采用地面调查与遥感技术(RS)、全球卫星定位系统技术(GPS)、地理信息系统技术(GIS)相结合,以现地调查为主的监测技术路线。参加监测工作的技术人员达 3600 多人,历时一年多,共区划和调查地面图斑 61.2 万个,获取各类信息记录 5000 多万条,建立 GPS 特征点 18 000 余个,拍摄实地景物照片 1800 余张。本次监测全面、系统地掌握了西南岩溶地区的石漠化现状,为石漠化科学防治提供了翔实的基础数据。

第 1 节 西南岩溶地区自然和社会经济概况

西南岩溶地区是指位于青藏高原东南,以云贵高原为中心,北起秦岭山脉南麓,南至广西盆地,西至横断山脉,东抵罗霄山脉西侧,地理坐标为东经 $98^{\circ}36' \sim 116^{\circ}05'$,北纬 $22^{\circ}01' \sim 33^{\circ}16'$,是世界上连片分布面积最大、发育规模最大的三大岩溶中心之一,其碳酸盐岩出露面积超过 50.0 万 km^2 ,是全球最为典型的热带、亚热带岩溶。跨中国大地貌单元的三级阶梯,主要分布于第二级阶梯的云贵高原,总体地势西北高、东南低。该区内地形地貌、岩性、气候条件极其复杂多变。

一、地质

西南地区特定的地质演变过程奠定了脆弱的环境背景。以挤压为主的中生代燕山构造运动使西南地区发生褶皱作用,以升降为主、叠加其上的新生代喜马拉雅构造运动塑造了现代陡峻而破碎的岩溶高原地貌景观,由此造成较大的地表切割度和地形坡度;而古环境演化为岩溶石漠化提供了碳酸盐岩物质,特别是纯碳酸盐岩的大面积出露。自元古代震旦纪到中生代三叠系均有碳酸盐岩沉积,沉积碳酸盐岩系地层发育较全,分布面积广,沉积厚度从百米至数千米,为土地石漠化发育提供了广泛的物质基础。

二、地形地貌

西南岩溶地区地形地貌以山地地貌为主,山岭河谷交错,相对高差较大,山地面积占岩溶地区总面积的 80.0% 以上。从地形地貌条件来看,山地可分为两大类:一类是以高原向

丘陵、平原或盆地转折的斜坡地带，即贵州向广西、湖南过渡的斜坡地带和云南向贵州过渡的斜坡地带；另一类是分水岭向河谷的过渡地带。丰富的碳酸盐岩在热带、亚热带湿热气候条件下，强烈溶蚀与侵蚀，导致岩溶地貌形态与景观的形成、地下岩溶发育，岩溶地貌广泛分布，形成小至石芽、落水洞、漏斗、竖井、岩溶洼地，大至峰丛、峰林、孤峰、残丘、石林，甚至广大的岩溶高原、平原、盆地等岩溶地貌。

三、气候

西南岩溶地区气候温暖湿润，干湿季节明显，无霜期长，属亚热带、热带湿润季风气候区。热量条件较好，大部分地区年均气温 $14 \sim 24^{\circ}\text{C}$ 。降水充沛，年降水量在 $800 \sim 1800\text{mm}$ ，绝大部分地区达 $1000 \sim 1400\text{mm}$ ，降水量呈自东南向西北和由南向北递减的趋势，降水季节分布不均，降雨多集中在 $5 \sim 9$ 月，通常占全年降水量的 70.0% 左右，降雨强度大，年均暴雨日数多为 $2 \sim 6$ 日。且因海拔高度变化和地势、地形及地面坡向、坡度的差异造成了光、热、水等的分异，形成了复杂多变的小气候。此外，因岩溶地貌形态及下垫面性质的特异性，造成局部小气候的差异十分显著。

四、水文

西南岩溶地区河流众多，分属长江、珠江、红河、澜沧江、怒江水系，且其中不乏国际性河流，如红河、澜沧江等。河流水量丰富、落差大，具有夏涨冬枯和暴涨暴落的特性，季节性明显。水能及地下水资源较为丰富，水能资源蕴藏量约 $5 \times 10^7 \text{kW}$ 。由于岩溶地表下垫面透水性强，岩溶地下水文过程活动强烈，以地下河管道为主的地下水资源比较丰富，远大于其地表径流量，是西南岩溶地区的一大特色。据统计，川、滇、黔、湘、鄂相邻的岩溶区，共有地下河 2836 条，其长度达 $13\,919\text{km}$ ，总流量 $4.67 \times 10^{10} \text{m}^3/\text{年}$ ，相当于黄河多年平均流量。由于长期不合理的人为活动干扰，致使森林植被遭到破坏，森林生态系统调蓄地表水和地下水能力减弱，且地下水水位深，勘探、开采难度大，导致岩溶地区的水资源有效利用率低，局部地区季节性缺水严重。

五、土壤

西南岩溶地区地处热带、亚热带，地域辽阔，作为成土母质的基岩风化物各地不同，土壤类型丰富。岩溶地区成土母岩主要为纯灰岩，间或少部分泥质灰岩或硅质灰岩。碳酸盐岩质地较纯，含不溶成分较少，风化成土速率极慢。岩溶土壤土被不连续，缺少母质层，土层薄，土壤松散，水源易漏失，石多土少，岩土间附着力极低，在植被遭到破坏的情况下土被极易被冲刷，严重制约着植物的生长和林草植被盖度的提高，生态系统脆弱，生产力低下。由碳酸盐岩溶蚀残余物发育的石灰岩土通常分为黄色石灰土、棕色石灰土、红色石灰土和黑色石灰土 4 个亚类。

六、植被

西南岩溶地区植被类型多样，岩溶退化植被突出。西南地区几乎包含了东部季风区从海南岛直到东北北端的所有地带性植被，植被类型具有明显的亚热带性质，主要有亚热带常绿季雨林、亚热带常绿阔叶林、亚热带落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、暖性针叶林、温

带暗针叶林、竹林、灌木林和灌草丛。区域内岩溶小生境差异明显,岩溶植物种类繁多、植被类型多样化、生物种质资源丰富、生物多样性高。如广西弄岗国家级自然保护区在10 000 hm^2 的面积中维管束植物多达 1282 种。但由于人为破坏活动频繁,原生性岩溶植被仅在贵州茂兰、广西弄岗、木论等自然保护区内尚有保留,其余区域属明显的岩溶退化植被。植被退化主要表现为森林覆盖率降低、生物多样性下降、植被结构简单化、灌木和草被比例增加。

七、社会经济状况

西南岩溶地区涉及贵州、广西、云南、湖南、湖北、重庆、四川、广东 8 省(直辖市、自治区)的 460 个县(市、区),国土总面积达 107.1 万 km^2 ,人口 22 237.8 万人,农村人口 17 648 万人,除汉族外,还居住着壮族、苗族、回族、瑶族等少数民族,人口达 4500 万人,是少数民族聚居地区,同时也是革命老区、边疆地区和我国的经济欠发达区域。2004 年国内生产总值为 11 279 亿元,人均国民生产总值为 5072 元,农民人均纯收入为 2190 元。岩溶地区由于生态环境脆弱,人口众多,生产生活方式落后,科教文化水平低,能源、交通、通讯、水利等基础建设滞后,经济发展的总体水平仍较低,与非岩溶地区及全国平均水平相比仍存在较大差距。社会经济状况的主要特点为:

1. 人口密度大,农业人口比重大,劳动力资源丰富

西南岩溶地区有人口 22 237.8 万人,占全国人口的 17.1%,人口密度 208 人/ km^2 ,为 8 省(直辖市、自治区)平均人口密度的 86.1%,是全国人口密度的 153.3%。其中农业人口 17 648 万人,占区域总人口的 79.4%;农业劳动力人数达 9447 万人,其中农村剩余劳动力超过 4000 万人。

2. 经济总量小,农民人均纯收入低,贫困面大

2004 年西南岩溶地区 460 个监测县的国内生产总值为 11 279 亿元,占 8 省国内生产总值的 25.0%;人均国内生产总值为 5072 元,仅为 8 省人均国内生产总值的 51.9%,经济发展相对滞后。农民人均纯收入仅有 2190 元,为 8 省平均的 83.0%,其中以贵州省农民人均纯收入最少,仅 1586 元。区域内有国家级贫困县 152 个,占 8 省国家级贫困县的 66.1%,贫困人口约 1000 万,约占全国贫困人口的一半,为我国经济发展落后、贫困面大、贫困人口最多的地区之一。

3. 人均耕地面积小,坡耕地比重大,人地矛盾突出

西南岩溶地区内人均耕地仅 1.2 亩*,部分石漠化严重县更少,仅为 0.5 亩。现有耕地中中低产田(土)比重超过 70.0%,坡耕地比重达 40.0%,其中坡度超过 25°的坡耕旱地(石脊见地)面积超过 60.0 万 hm^2 ,占坡耕旱地面积的 1/4。

4. 生活能源构成以薪材为主,沼气比例较低

西南岩溶地区内农村生活能源构成中以薪材所占比例最高,为 38.50%;煤炭居第二,为 28.08%;电为 16.26%;沼气为 9.53%;其他能源为 7.66%。由于每年樵采薪材数量大,导致过度樵采,加快了石漠化的形成。

* 1 公顷 = 15 亩

5. 少数民族聚居，文化教育落后

西南岩溶地区是我国少数民族主要聚居地之一，现有少数民族自治县 49 个，居住着苗族、壮族、侗族、瑶族、布依族、水族、回族、哈尼族、彝族等 45 个主要少数民族，人口超过 4500 万。因地处边远、交通不便、信息闭塞、经济发展滞后，使得该地区文化教育、生产生活方式相对落后，经济建设过程中环保意识较差，毁林开垦、陡坡耕种、过度樵采等不合理的生产、生活方式较为普遍。

6. 生态区位重要，但基础设施状况整体较差

西南岩溶地区深居内陆，且地形切割强烈，所处区域基础设施整体落后，如交通建设困难，距我国东部发达的上海、北京、广州等大城市较远，公路、铁路路网密度较低，路况较差、等级较低。西南岩溶地区由于地处我国长江、珠江上游或分水岭地区，其生态环境的变化直接影响着长江、珠江中下游地区的生态安全，对我国国民经济的持续发展产生重大影响。

7. 旅游资源独特，发展潜力巨大

西南岩溶地区蕴育有孤山、秀水、奇峰、幽洞、瀑布、天生桥等奇丽多姿的岩溶景观。有“山水甲天下”美誉的桂林；有世界第三大瀑布——贵州黄果树瀑布；有岩溶奇洞——贵州织金洞；有岩溶原始森林——贵州茂兰、广西木论、广西弄岗国家级自然保护区；有世界“天坑博物馆”之美称的广西乐业大石围岩溶漏斗奇观；有云南石林等享誉国内外的岩溶旅游资源，旅游开发潜力巨大。

第2节 石漠化土地现状

在西南岩溶地区 460 个县(市、区)中，有 451 个县(市、区)的 5572 个乡镇)分布有石漠化土地，石漠化土地总面积为 1296.2 万 hm^2 ，占该地区国土面积的 12.1%，占该地区岩溶土地面积的 28.7%。

一、石漠化土地分布状况

1. 按省(直辖市、自治区)分

在西南岩溶地区 8 省(直辖市、自治区)中，以贵州石漠化土地面积最大，为 331.6 万 hm^2 ，占全国石漠化土地面积的 25.6%，以下依次为云南、广西、湖南、湖北、重庆、四川和广东，分别为 288.1 万 hm^2 、237.9 万 hm^2 、147.9 万 hm^2 、112.5 万 hm^2 、92.6 万 hm^2 、77.5 万 hm^2 和 8.1 万 hm^2 ，分别占 22.2%、18.4%、11.4%、8.7%、7.1%、6.0% 和 0.6%。

其中，贵州、云南和广西 3 省(自治区)石漠化土地总面积为 857.6 万 hm^2 ，占全国石漠化土地面积的 66.2% (图 2-1)。

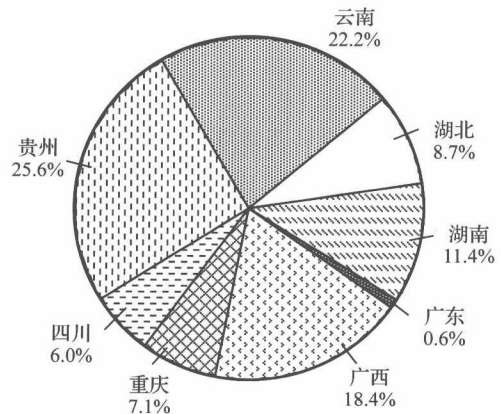


图 2-1 石漠化土地按省分布图