

国家科技攻关课题 (2001BA606A08) 资助
国家科技支撑计划课题 (2006BAC01A10)

岩溶峰丛洼地生态重建

YANRONG FENGCONG WADI SHENGTAI CHONGJIAN

蒋忠诚 李先琨 曾馥平等 著



地质出版社

国家科技攻关课题 (2001BA606A08) 资助
国家科技支撑计划课题 (2006BAC01A10)

岩溶峰丛洼地生态重建

蒋忠诚 李先琨 曾馥平等 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书根据我国岩溶峰丛洼地生态环境特点,结合生态学原理,提出了生态重建的思路、目标、技术要点和基本对策;以广西典型峰丛洼地示范区为例,建立了峰丛洼地立体生态农业与移民开发生态重建模式,引进和发掘了适宜峰丛洼地地区的水资源开发技术、生物技术、农业技术和环境治理技术,并通过示范工程和试验,提高了生态和农业生产的效果和效率,取得了峰丛洼地生态重建的实效;还建立了峰丛洼地生态系统评价体系,对生态重建效果进行了科学评价,分析了峰丛洼地生态重建技术的推广方法及在广西的适用范围。本书适合从事生态学、岩溶学、农学等研究的科技人员、大专院校的师生以及在岩溶峰丛洼地地区工作的广大干部阅读。

图书在版编目(CIP)数据

岩溶峰丛洼地生态重建 / 蒋忠诚等著. —北京:地质出版社, 2007.5

ISBN 978-7-116-05302-1

I. 岩... II. 蒋... III. 岩溶—洼地—生态环境—环境保护—研究 IV. P931.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 064288 号

责任编辑:刘亚军

责任校对:郑淑艳

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(010)82324508 (邮购部); (010)82324578 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010)82310759

印 刷: 北京印刷学院实习工厂

开 本: 787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$

印 张: 10.25

字 数: 250 千字

印 数: 1—2000 册

版 次: 2007 年 5 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价: 26.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-05302-1

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

本书参编单位及人员

参编单位：中国地质科学院岩溶地质研究所
中国科学院广西植物研究所
中国科学院亚热带农业生态研究所
广西山区综合技术开发中心

参编人员：蒋忠诚 李先琨 曾馥平 庞冬辉 吕仕洪
邱泗杰 王克林 覃小群 苏以荣 邓 艳
罗为群 蓝芙宁 肖润林 黄玉清 王晓英
向悟生 欧祖兰 何成新 王久荣 陆树华
赵草著 陈洪松 蒙福贵 韦政社 覃瑞康
覃练久 李成海

前言

峰丛洼地是最典型的岩溶地貌,在我国广泛分布,不但地貌景观奇特,而且生态环境问题严重,当地居民生活贫困,已引起国家高度重视与国内外学者的密切关注。归纳起来,峰丛洼地的主要环境问题有如下几个方面:一是峰丛洼地特殊的地貌结构,导致交通非常困难,居住环境相对封闭;二是地表水通过落水洞漏失到地下几百米深的地下河中,造成旱季“地下水滚滚流,地表水贵如油,三日无雨地冒烟”,人畜饮用水十分困难;三是由于历史原因,人口密度大,人类活动强烈,造成大面积垦荒和毁林,产生严重的水土流失和石漠化,土壤与耕地资源严重不足,质量变差,使峰丛洼地成为我国石漠化最严重的区域;四是随着水土流失堵塞落水洞,使洼地在雨季“一日大雨被水淹”,常发生洪涝灾害,耕地进一步受损。生态条件的恶化,导致当地居民的生产和生活条件非常落后,成为我国贫困程度较深的地区。因此,在峰丛洼地地区开展生态重建工作,对于推进西南岩溶石漠化综合治理、加快社会主义新农村建设、全面实现小康社会的国家目标具有十分重要的意义。

科技部在国家“十五”科技攻关项目“中国西部重点脆弱生态区综合治理技术与示范”中,部署了“喀斯特(岩溶)峰丛洼地生态重建技术与示范”课题,2001年年底启动、2005年结题,由广西壮族自治区科技厅组织实施,承担单位是中国地质科学院岩溶地质研究所,主要参加单位有中国科学院广西植物研究所、中国科学院亚热带农业生态研究所、广西山区综合开发中心、环江县科环扶贫开发公司、平果县科技局等。课题的研究与示范工作主要在广西平果县果化镇、广西环江县的古周与肯福三个示范区展开。

在果化,主要针对石漠化、干旱、贫困等问题,通过进行就地环境治理、产业开发与生态重建,探索建立岩溶峰丛洼地立体生态农业模式;在古周,针对人口密度大、交通闭塞、内涝严重,通过将部分人口移民到肯福后,进行产业开发与生态重建,探索科学的移民开发模式。经过不到5年的时间,通过科学规划、技术试验研究与实施综合治理示范工程,取

得了难度很大的峰丛洼地生态重建工作的实效,并带动了当地经济的快速发展。为此,“喀斯特(岩溶)峰丛洼地生态重建技术与示范”课题获得了有关专家的高度评价,按时通过了科技部组织的验收,并在国家“十一五”科技支撑计划中进一步部署了“喀斯特峰丛洼地脆弱生态系统重建技术研究”课题,以期取得较系统的理论与技术成果。

本书就是在上述两个国家级科研课题的资助下,在总结我国岩溶峰丛洼地特点的基础上,以在广西几个峰丛洼地生态重建示范区开展的研究与示范工作为依据,对如何有效实施峰丛洼地生态重建,在理论、技术方法、工程实施以及效果评价与推广方面进行的初步探索。

本书是承担国家“十五”峰丛洼地生态重建科技攻关与“十一五”峰丛洼地生态重建科技支撑计划课题的几个单位的科技人员合作编写的。具体章节的分工为:前言由蒋忠诚撰写,第一章主要由蒋忠诚、李先琨、曾馥平撰写,第二章主要由蒋忠诚、李先琨撰写,第三章主要由蒋忠诚、李先琨、曾馥平、庞冬辉、邱泗杰、何成新、王克林、吕仕洪撰写,第四章主要由吕仕洪、罗为群、蓝芙宁、曾馥平、肖润林撰写,第五章主要由李先琨、罗为群、覃小群、吕仕洪、苏以荣、蓝芙宁、黄玉清、邓艳、陈洪松、肖润林、王晓英、欧祖兰撰写,第六章主要由苏以荣、邓艳、罗为群、肖润林撰写,第七章主要由曾馥平、向悟生、覃小群、王久荣、陆树华撰写,全书由蒋忠诚统稿。由于当前对于岩溶峰丛洼地生态重建的基础理论与技术方法研究尚处于探索阶段,该书主要内容仍以试验研究与示范为主,且编写的时间仓促,不当之处,希望有关专家和读者指正。

蒋忠诚

2007年4月28日

目 次

前 言

第一章 我国岩溶峰丛洼地概况	1
第一节 我国岩溶峰丛洼地的分布	1
第二节 岩溶峰丛洼地的地貌和水文结构	2
第三节 峰丛洼地形成的自然环境条件	3
一、特殊的岩溶地质条件	3
二、湿热的气候条件	3
三、有利的新生代古环境条件	4
第四节 峰丛洼地的形成过程	4
一、表层岩溶化过程	4
二、集中溶蚀过程	5
三、差异溶蚀过程	5
第五节 广西岩溶峰丛洼地的生态环境状况	6
一、生物多样性丰富, 但森林覆盖率和生态效率低, 石漠化严重	6
二、水文环境特殊, 形成水土分离的格局	7
三、水文调节能力差, 降水年内分配不均, 旱涝灾害频繁	8
四、造壤力差, 耕地少而分散, 土层薄, 土壤贫瘠	8
第六节 峰丛洼地生态重建示范区以前的情况	8
一、广西平果果化示范区以前的概况	9
二、广西环江示范区以前的情况	10
第二章 岩溶峰丛洼地生态重建的战略思考	12
第一节 岩溶峰丛洼地生态重建的目标	12
第二节 岩溶峰丛洼地生态重建的思路及技术要点	12
一、生态重建的思路	12
二、要解决的关键问题	13
三、技术要点与特色	13
第三节 生态重建的理论依据	14
一、生态主导因子原理	14
二、时空分布的生态原理	14
三、生态位和多样性原理	15
四、干扰理论与人工诱导恢复	15

五、植物水分生理与节水灌溉原理	16
第四节 岩溶峰丛洼地治理的原则与途径	17
一、岩溶峰丛洼地治理的基本原则	17
二、岩溶峰丛洼地生态治理的基本途径	17
第三章 示范区建设规划	20
第一节 平果果化示范区	20
一、总体思路	20
二、岩溶峰丛洼地立体生态农业模式构建	20
三、总体规划	22
四、主要示范工程规划	22
第二节 环江示范区	26
一、总体思路	26
二、古周岩溶洼地移民迁出区规划	26
三、环江城北移民迁入区规划	29
第四章 岩溶峰丛洼地示范工程	32
第一节 水资源开发工程	32
一、果化示范区	32
二、环江古周示范区	36
第二节 封山育林工程	36
一、果化示范区	37
二、环江古周示范区	39
第三节 土地整理工程	40
一、项目实施前, 果化示范区土地资源特征及存在的问题	40
二、不同位置的土地整理要点	40
三、主要工程措施	41
四、示范区主要土地整理工程效果	42
第四节 退耕还林工程	42
一、果化示范区	42
二、环江示范区	43
第五节 种草养畜工程	44
一、果化示范区	44
二、环江示范区	47
第六节 岩溶土壤改良试验	48
一、果化示范区土壤资源特征及存在的问题	48
二、单一方式土壤改良试验	49
三、综合性土壤改良推广试验	55

第七节 种苗基地建设	57
一、种苗基地建设基本要点	57
二、苗木繁育主要技术	58
三、苗木生长情况分析	60
第五章 岩溶峰丛洼地生态重建技术研发	63
第一节 岩溶峰丛洼地水资源开发技术	63
一、表层岩溶水的开发利用	63
二、节水农业技术	67
第二节 岩溶峰丛洼地人工诱导封山育林技术	73
一、物种多样性原理与优良乡土树种的运用	74
二、植被地理分布规律与人工植物群落的优化配置	75
三、岩溶区生境异质性与适地适树, 促进植被快速恢复	75
四、强化岩溶山地造林与封山育林管理技术	76
第三节 岩溶峰丛洼地避涝作物布局和栽培技术	77
一、峰丛洼地避涝作物布局	77
二、峰丛洼地避涝作物栽培技术	77
第四节 岩溶土壤改良技术	79
一、示范区影响作物生长的主要土壤障碍因子评价分析	79
二、岩溶土壤改良的主要原理及思路	79
三、岩溶土壤改良技术	81
第五节 岩溶区果树和药材栽培技术	91
一、果树栽培技术	91
二、药用植物栽培技术	93
第六节 岩溶区牧草栽培技术	95
一、岩溶区牧草的研发	95
二、牧草栽培技术	97
三、岩溶区饲料植物的评价	98
第六章 岩溶峰丛洼地生态重建示范效果监测	106
第一节 表层岩溶水监测	106
一、表层带岩溶泉水系统	106
二、表层岩溶泉水资源及动态	106
第二节 植物演替监测和人工造林效果分析	107
一、封山育林区自然植被的动态变化	107
二、果化示范区人工造林的基本技术与效果	110
三、影响人工造林效果因素的初步分析	113
第三节 水土流失监测	115

一、果化示范区	115
二、环江示范区	116
第四节 土壤水分和养分监测	117
一、果化示范区	117
二、环江示范区	122
第五节 生态效率和土地生产率监测	129
一、小气候的变化监测	129
二、水土保持能力监测	129
三、土地生产率监测	130
四、土地生态效率及生产率的变化	130
第七章 岩溶峰丛洼地生态重建效益评价和技术推广	133
第一节 示范区取得的生态和社会经济效益	133
一、平果果化示范区	133
二、环江示范区	135
第二节 岩溶峰丛洼地生态系统评价方法和指标体系	137
一、生态可持续发展定量评价方法概述	137
二、示范区复合生态系统评价方法	140
三、评价指标体系	141
第三节 示范区复合生态系统评价结果	142
一、指标体系的层次分析法结果	142
二、示范区复合生态系统评价结果	143
第四节 岩溶峰丛洼地生态重建技术推广	145
一、广西岩溶生态脆弱区评价	145
二、峰丛洼地生态重建技术在广西的推广	147
参考文献	149

第一章 我国岩溶峰丛洼地概况

第一节 我国岩溶峰丛洼地的分布

峰丛洼地是湿热条件下典型的岩溶地貌形态,在我国有比较广泛的分布,其北界可至 36°N 附近的北方地区,其典型形态主要发育于长江以南的热带、亚热带岩溶区。其中,以广西中北部、贵州西南部、湖南西南部、广东西北部、四川东南部和湖北西南部相对比较集中,其余多呈小片或零星分布,总面积约 12.5万 km^2 (图1)。

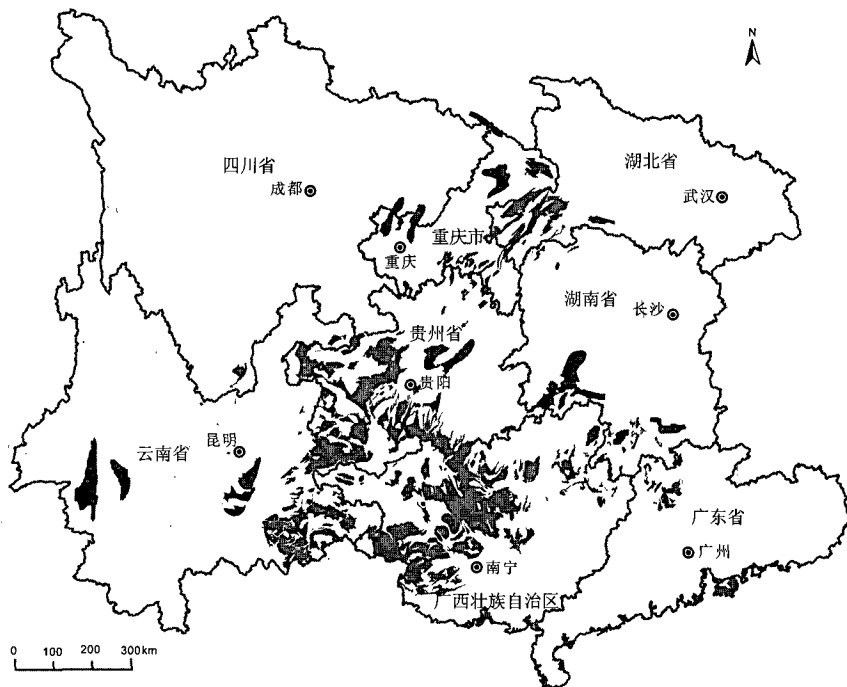


图1 岩溶峰丛洼地分布示意图

我国峰丛洼地岩溶地貌在分布上有下述一些特征:

(1) 峰丛洼地岩溶地貌集中分布于热带、亚热带区域,纬度范围 $20^{\circ}\text{N}\sim 36^{\circ}\text{N}$ 。其气候条件湿热,年降雨量 $800\sim 3000\text{mm}$,年均气温 $13\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 峰丛洼地多分布于高原、山地等地势相对较高的地段,以云贵高原及其外缘为形成峰丛地形最集中的地区。

(3) 峰丛洼地地形分布于古生代坚硬的厚层灰岩上。在太老或太新的碳酸盐岩上,

其峰丛洼地不发育。在白云岩及不纯碳酸盐岩上,峰丛洼地也不太发育。

(4) 峰丛洼地地貌多分布于地表水文网不发育和地下水位深埋的地区,流域分水岭地段广泛分布。虽然有的峰丛洼地也分布于河谷旁,但河谷深切,河水不影响峰丛洼地系统的水文网。

(5) 在当地侵蚀基准面比较平缓的地段,峰丛与峰林共生或相同分布。其中,峰丛洼地分布在地表水动力相对弱的地带,而峰林平原或谷地分布在地表水动力相对较强的地带。

第二节 岩溶峰丛洼地的地貌和水文结构

地貌结构上,峰丛洼地地貌由正地形峰丛和负地形洼地两部分组成。峰丛是多个陡峭的石峰组成的集合体形态。石峰有共同的基座,顶部呈簇峰状,峰体形态各异,以锥状居多,石峰的坡度较大,常有陡峭的悬崖,一般的石峰坡度大于 50° 。洼地是被峰丛包围的封闭负地形,多数呈漏斗状,也有浅碟形。峰丛洼地相对高差较大,一般百余米,深者可达600多米。峰丛洼地的平面组合形态为多边形,以五六个边的正多边形居多。

峰丛洼地内的水文系统可总结为二元结构,地表缺乏河流水系统,仅形成表层岩溶系统;地下形成洞穴和管道,往往构成密集的地下排水网络系统(图2)。

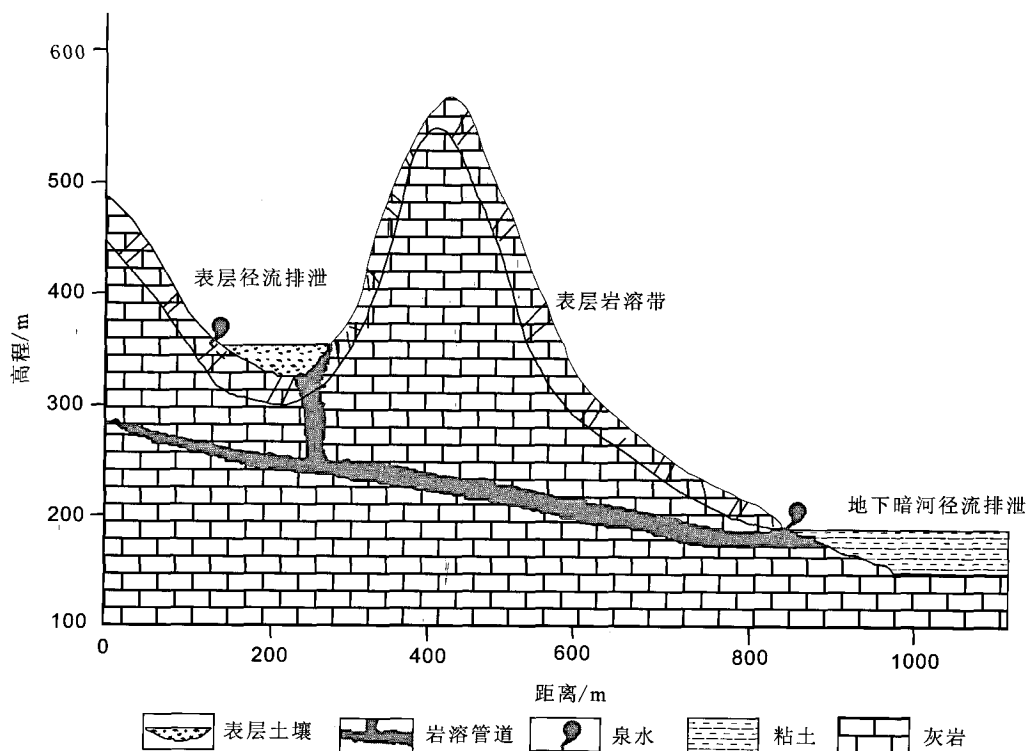


图2 峰丛洼地表层岩溶带及岩溶管道二元结构示意图

第三节 峰丛洼地形成的自然环境条件

一、特殊的岩溶地质条件

峰丛洼地有选择性地发育在晚古生代厚层的坚硬碳酸盐岩中。其岩性较纯，结构致密，质地坚硬，连续厚度大，如纯灰岩和硅质白云岩。一方面，纯灰岩具有较大的可溶性；另一方面，岩石本身的孔隙度低，溶蚀作用只能在岩石表面和裂隙带内进行，以表生岩溶作用为主，沿裂隙等软弱面发生差异溶蚀作用，引起崎岖岩溶表生形态的形成。同时，在陡峭形态形成之后，质地坚硬的厚层灰岩具有较大的抗蚀性，使之能够抵抗外力的冲击、侵蚀和自身重力等带来的破坏，从而使奇特的形态能够持续保存和发展。

新近纪（晚第三纪）以来，大部分峰丛洼地地区有过不同程度的间歇性抬升。其构造活动的结果，不但抬高了峰丛区的地势，而且使河网深切，地下水位降低，为峰丛洼地向深发展、洼地负地形的发育增加活力。此外，峰丛洼地之所以长期存在与发展，与其下伏的深厚包气带密切相关，而包气带的厚度很大程度上取决于地壳抬升的幅度。

二、湿热的气候条件

峰丛洼地分布区，普遍有丰富的降水，因而其灰岩的溶蚀速度大大高于中国北方半湿润与半干旱岩溶区（表1），这是形成典型岩溶形态的动力学基础。否则，如果溶蚀量较低，在与其他地貌动力相互作用的对比中，将相形见绌，难以发挥其岩溶作用动力来形成典型的岩溶地貌。

表1 不同气候区的岩溶区溶蚀速度对比

岩溶地区	广西桂林	贵州普定	鲁中南	北京西山
年均降雨量/mm	1936	1398	650~900	600~650
年均气温/℃	18.3	15.1	13~15	10~12
溶蚀速度/(m ³ /km ² ·a)	91~200	27.07~93.96	22.23~41.47	9.58~29.7

观测表明，Ca²⁺低质量浓度（小于5mg/L）的雨水，降落到地表并流经峰丛洼地系统，几小时后即可达到70~110mg/L的质量浓度值。如此快速而强烈的岩溶作用，不但能促进地表各类微观岩溶形态，如溶痕、溶沟、溶槽、石牙等的快速形成，而且有利于其宏观地形沿着溶蚀动力方向发展而形成奇特的岩溶形态。

事实上，形成像中国这样高峻奇特的峰丛岩溶形态，仅有高的溶蚀速度和地表的快速溶蚀作用还不足以说明其成因。它们仅能导致发育那种如新西兰 Waitomo 地区的多边形地形（Gunn, 1981; Williams, 1985）。

高温下的降水巨涨落——大、暴雨具有更关键性的控制作用。因为只有大、暴雨期

间,地表才有超渗产流,构成地表不同地貌部位径流量的显著差异,并导致地表沉积物的再分配——形成土壤空气 CO_2 质和量的差异,进而导致显著的差异溶蚀作用。山峰部位,集水面积小而坡度陡,故径流量很小且无沉积物,溶蚀量很小;洼地底部是洼地的集水中心,由于洪水猛聚,即使地下管道发育,也来不及排洪,导致洼地大量积水。因此,洼地底部不但径流量最大,而且还产生充水溶蚀作用,同时,洼底沉积物汇聚,土壤深厚,产生大量土下空气 CO_2 。因此,洼地底部的溶蚀量远大于山峰地段。垭口也为峰丛洼地之关键部位,大雨过程中,垭口依据其相对平缓的地段,也能接收到两侧山坡之径流。同时其特殊的地形结构导致其为一“风口”,能够接收到相对较多的直接降雨量。而且,由于气流通畅,土下生物作用极为活跃,能够产生很高浓度的土下空气 CO_2 (高达 $42 \times 10^3 \mu\text{g/g}$),因此,垭口部位的溶蚀量也很大(表2)。

表2 桂林岩溶试验场峰丛洼地不同地貌部位溶蚀试验结果

单位: mg

地貌部位	地表岩面平均溶蚀量	土下20cm 平均溶蚀量	平均值
峰 顶	76.38	—	76.38
峰 坡	63.27	41.62	52.45
垭 口	81.55	104.50	93.03
基座坡	69.10	88.40	78.75
洼地底部	84.10	107.05	95.58

三、有利的新生代古环境条件

在新近纪(晚第三纪)时期,中国气候普遍比较湿热,亚热带的界线可移至黄河流域(翁金桃,1992),当时,峰丛洼地发育的范围更加广泛,可扩展到鲁中南一带(蒋忠诚,1992)。其洼地中残存的红粘土测年资料可以用于推测其形成年代。

第四纪冰期间,中国主要形成山岳冰川,大陆冰川不发育,因而没有像欧洲和北美洲那样,形成地表大规模的刨蚀作用,使第三纪(现称古近纪和新近纪)湿热气候条件下形成的峰丛洼地形态能够保存并继承性发展。

第四节 峰丛洼地的形成过程

虽然不同地貌背景和不同环境历史条件下的峰丛洼地的发育过程可能是相当不同的,但正常溶蚀所形成的峰丛洼地主要经过了三个相互联系的阶段。

一、表层岩溶化过程

表层岩溶化过程既是峰丛洼地形成的初始阶段,又自始至终伴随着峰丛洼地发育而不断进行。在实际情况下,“原始”地形可能起伏不平,要塑造以负地形为特征的岩溶

形态而不是流水地貌,需要强烈的垂向溶蚀作用。而雨水的低碳酸盐离子浓度、丰沛的量和高温环境下产生的快速溶蚀过程,能够使溶蚀作用主要沿着降雨方向而不是沿着流水方向进行。而碳酸盐岩体从构造和沉积过程获得的岩石多孔介质——原生孔隙、节理、断层为雨水向岩石进一步渗透提供了可能,这就加强了下蚀作用,一方面形成大量的地表溶孔、溶痕和溶盘,另一方面使岩石裂隙扩大形成溶蚀裂隙或溶沟、溶槽。在雨水沿溶蚀裂隙下蚀的过程中,由于纯雨水中仅有大气 CO_2 (浓度约0.03%),维持水—岩— CO_2 (气)三相不平衡溶蚀过程,故溶蚀的垂直深度不大即达到溶质饱和状态,溶蚀裂隙随深度增加很快闭合。在一定深度带以下,雨水普遍难以快速下蚀。强烈的溶蚀作用持续在地表岩石进行,使溶孔、溶隙、溶痕、溶沟等密集发育成网络状,从而表层岩溶带形成。

表层岩溶带现象早在明朝就被中国岩溶学家的先驱徐霞客察觉,是中国南方极普遍的岩溶现象,它的规模因环境而不同,气候条件具有关键性的控制作用。如在桂林地区,表层岩溶带深度约10m;在贵州普定,深约2m;在降雨量仅800mm左右的亚热带边缘的陕西镇安,表层岩溶带已不明显,只有浅的溶痕和少量的溶沟等发育。

二、集中溶蚀过程

P.Williams (1985) 用集中溶蚀理论论述了多边形岩溶的形成。其理论框架也适用于中国峰丛洼地的某些过程。但应当强调的是:

中国的峰丛洼地的雏形是在表层岩溶带的基础上通过集中溶蚀过程所形成的。中国南方表层岩溶化的普遍性,既奠定了峰丛洼地发育的基础,又使峰丛洼地得以广泛分布。

板内构造带的差异性间歇抬升在中国峰丛洼地的形成中具有重要意义。一方面,它造成相对隆升的地块,加强垂向水动力作用,使降落漏斗能快速向深部发展,形成深筒状的负地形,并发育很多峰丛外围的岩溶泉(图3);另一方面,它常改变洼地内部的结构,形成“洼中洼”景观。

三、差异溶蚀过程

在伴随着以漏斗为中心的集中溶蚀过程的同时,因岩性、构造和接受雨量、径流量的差异,不同部位还存在差异溶蚀作用。以漏斗间的边界地块来说,虽然远离集水中心,在高温多雨条件下,溶蚀作用仍很强,在构造软弱的部位,则相对溶蚀更快,从而形成石峰之间的垭口。垭口是中国式峰丛洼地的一个关键的地貌部位,它的形成与中国南方特殊的气候和地质构造有关。

洼地的基本轮廓形成之后,产生如前所述的不同地貌部位的差异溶蚀作用,以洼地底部的溶蚀量最大,垭口次之,峰顶又次之,峰坡最小。在这种差异溶蚀作用下,洼地底部与垭口迅速降低地势,而峰体下降较慢,但也不易被侧蚀溶掉。长期作用的结果,石峰与洼地的高差增大,石峰逐渐挺拔、陡峭,形成形态奇特的峰丛洼地景观。

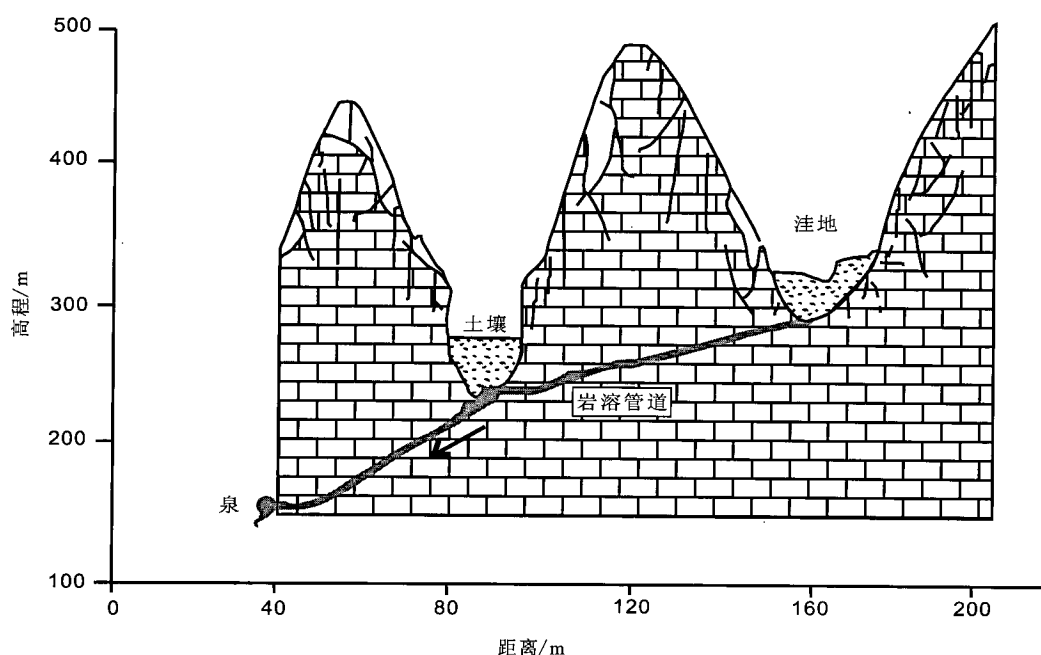


图3 峰丛洼地剖面结构及集中溶蚀过程示意图

此外，在贵州高原等的一些地区，由于地壳的大幅度抬升，还可产生“峰林回春”现象，即由峰林谷地直接抬升为峰丛洼地 (Xiong, 1992)。

第五节 广西岩溶峰丛洼地的生态环境状况

著名岩溶学家、前国际洞穴协会主席D.C.Ford认为，从桂林到南宁一带是世界上岩溶地貌发育得最好的地区。广西的岩溶峰丛洼地也最典型，总面积49642.0km²，占我国岩溶峰丛洼地面积的40%，占广西国土面积的21% (图4)。因此，以广西峰丛洼地作为代表来说明其生态环境状况具有典型意义。

广西岩溶峰丛洼地的生态环境具有如下特点：

一、生物多样性丰富，但森林覆盖率和生态效率低，石漠化严重

调查研究表明，西南地区是生物多样性丰富的地区，云南、四川、广西的植物种类在全国各省分列第一、二、三位，且特有植物也较多。桂西南是我国三个植物特有现象的分布中心之一，为具有国际意义的生物多样性关键地区之一 (陈灵芝, 1993)。以广西弄岗自然保护区来说，有维管束植物1454种，特有种29种 (广西植物所, 1988)。

石山地区的树木胸径的年生长速度仅约2~4mm，大大低于同样湿热条件下的非岩溶区，生态效率很低。由于西南岩溶山区的岩溶作用强烈，水土流失严重，生态效率低，

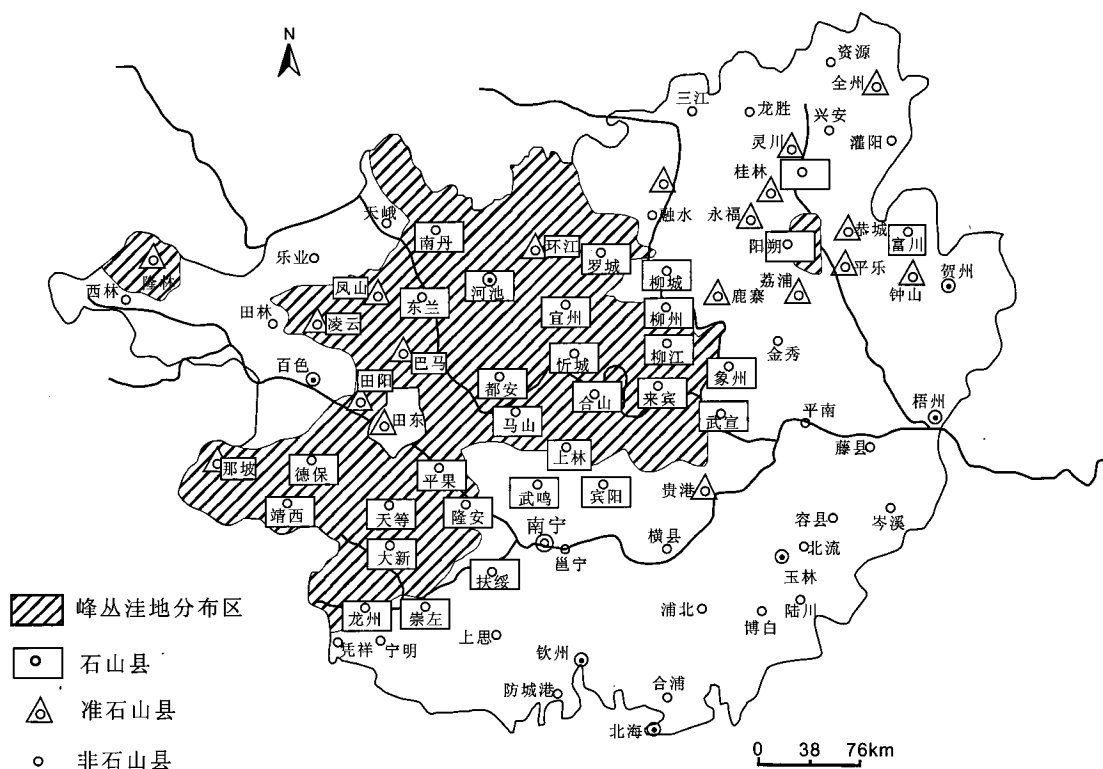


图4 广西岩溶峰丛洼地分布

加上人口密集,居民对森林的砍伐和环境的破坏,石漠化非常严重。森林覆盖率普遍在10%以下,很多岩溶县的森林覆盖率小于1%,林地蓄积量约为 $20\text{m}^3/\text{hm}^2$,仅相当于广西全区平均数($30\text{m}^3/\text{hm}^2$)的 $2/3$ 。而且石漠化的趋势还在加剧。

二、水文环境特殊,形成水土分离的格局

岩溶环境系统的基本特点是大气圈、水圈和生物圈都具有地表、地下双层结构,虽然岩溶区降雨量均较充沛,但由于碳酸盐岩裸露区溶隙、溶洞等岩溶通道发育、地表植被破坏严重,以及不完善的地表水系统与地下水系统同时存在,大气降水快速渗入地下深处,浅部涵水能力极差,地表水(河流)不发育,地表严重干旱缺水。地下水埋藏深,开发利用难度大。如紧邻云贵高原的广西西北部峰丛洼地,年降雨量 $1100\sim 1700\text{mm}$,地面高程在 800m 以上,峰高洼深,相对高差 $150\sim 250\text{m}$,岩溶发育强烈,洼地密度 $0.9\sim 2$ 个/ km^2 。该地带除过境河流红水河外,无地表水系发育。岩溶地下水则以管道流为主,多组成羽状或树枝状地下河系统,地下岩溶发育带多在洼地底 $120\sim 150\text{m}$ 深的范围内,地下水埋深 $50\sim 200\text{m}$ 。造成地表水资源极缺,地下水资源难以开发利用的状况。