

兰 斯 特 森 林
茂 喀 斯 考 察 集
科 学

N KARST FOREST •

贵州省林业厅

贵州人民出版社

内 容 提 要

本书是关于贵州省荔波县与广西壮族自治区环江县交界处的茂兰喀斯特森林区综合考察报告,内容有地质、地貌、水文、气象、土壤、森林、植物区系、中草药、苔藓、真菌、孢粉、鸟类、兽类、两栖类、爬行类、鱼类、昆虫、蚊相、风景资源等20篇专题报告及综合考察报告(每篇报告都附有英文摘要)。

上述各类考察报告,已经国内著名专家教授鉴定并作出书面评价,具有很高的学术价值及实践意义。

本书16开本,有16页彩色插图,可供国内外有关科研、教学单位的有关人员学习参考。

茂兰喀斯特森林科学考察集

周政贤 等著

贵州人民出版社出版发行

(贵阳市延安中路9号)

贵州新华印刷厂印刷

贵州省新华书店经销

787×1092毫米 16开本

25印张 533千字 12插图

1987年10月第1版

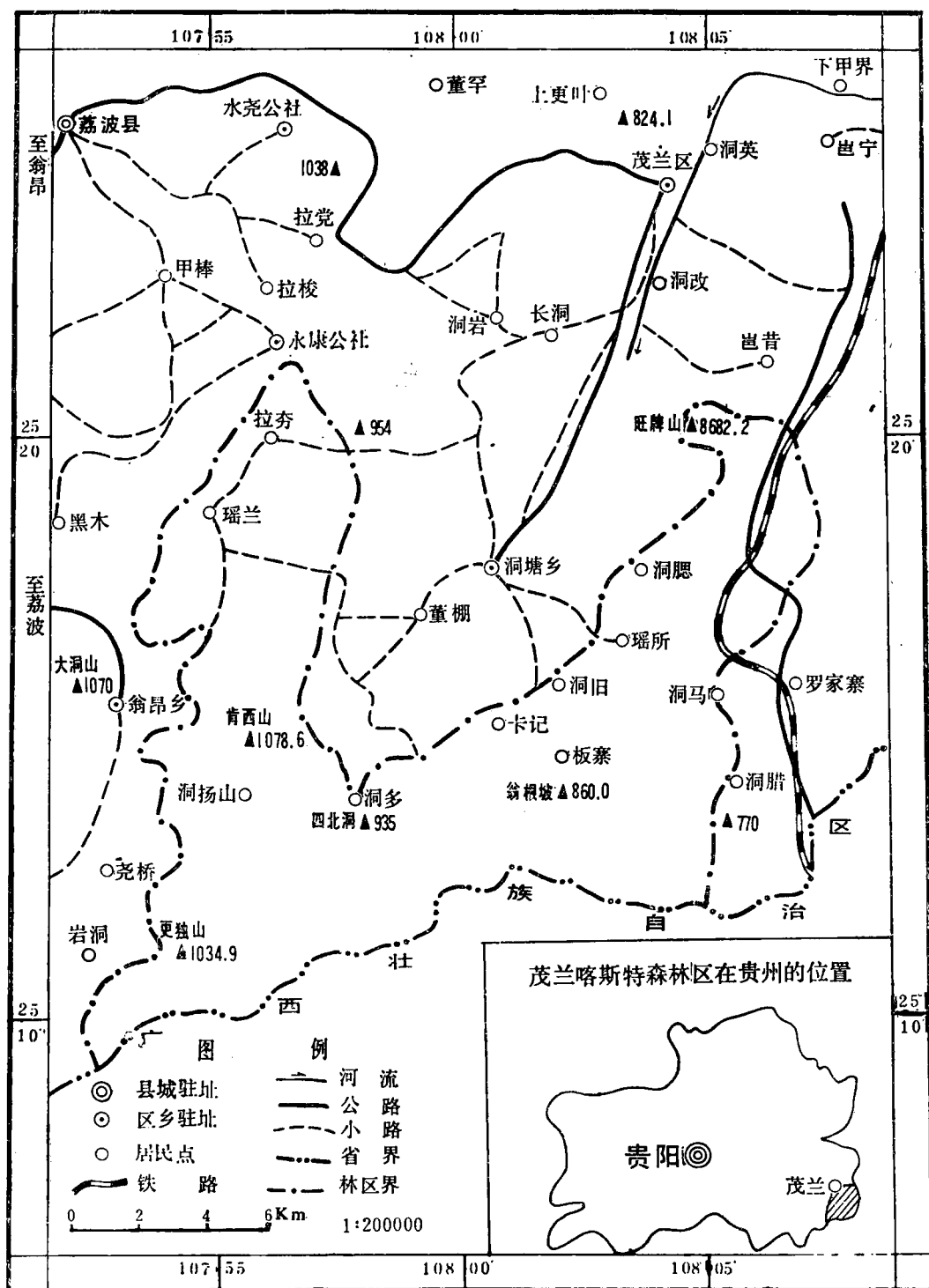
1987年10月第1次印刷

印数: 1—2,500册

书号: 13115·84

定价: 10.95元(精装)

ISBN 7-221-00054-9/S·02



前 言

我国是世界上喀斯特面积分布最大的国家。喀斯特 (karst) 一词, 起源于南斯拉夫, 但其喀斯特面积只有 7 万平方公里。在我国即使不包括埋藏的喀斯特, 仅由碳酸盐类岩石出露发育的喀斯特面积就达 130 万平方公里, 约占全国总面积的七分之一。根据中国碳酸盐类岩石分布图, 除一部份分布在我国西藏高原和西北干旱区外, 大部份分布在我国东南半壁湿润区, 尤其是集中分布在具有优越水热条件的亚热带气候的湘西、鄂西、贵州、广西、滇东等地 (《中国岩溶研究》, 1979)。这些地区喀斯特发育特别强烈, 喀斯特形态特多, 地形特殊, 景观独特。如著名的喀斯特风景区广西桂林、阳朔山水, 云南路南石林, 贵州黄果树瀑布、地下龙宫等等, 都是喀斯特地貌的代表。然而, 无论从理论上推断, 或从现时残存的森林植被片断看, 这些地区喀斯特地貌上在未经受人为活动之前, 大多被覆着茂密的森林植被。据我国明代地理旅行家徐霞客 (1586—1641 年) 对广西、贵州、云南等喀斯特地区景观特征详细记述, 早在三百多年前喀斯特森林就受到了破坏。至今, 几乎已摧毁殆尽。因此, 长期以来, 有关喀斯特地貌发育理论, 喀斯特水文地质结构, 喀斯特山地的气候、土壤, 喀斯特生态环境, 喀斯特植被性质及群落学特征, 喀斯特生物资源及其利用途径, 以及喀斯特生态系统能量流动及物质循环, 等等, 都是在失去原生的森林植被覆盖的情况下, 乃至已经过异化的石漠生境中进行研究的。显然, 这就难以探索从而作出比较正确的结论。因此, 自 1975 年荔波县林业局进行森林资源清查时发现茂兰喀斯特森林以来, 该区森林植被的原始性和区系的丰富性, 引起了国内科学界极大关注。贵州农学院林学系先后四次 (1981—1984 年) 到茂兰进行森林植物采集和森林植被调查; 南京林业大学、贵州科学院及中山大学生物系等单位, 在部分地区如洞杨山等作了植物标本采集, 都有不少新的发现。但都局限于植物学科, 对喀斯特森林生态系统全貌未能全面了解。

1984 年 4 月, 由贵州省林业厅组织领导并委托贵州农学院林学系主持茂兰喀斯特森林区综合考察。得到贵州省农业区划委员会办公室大力支持。参

加此次考察的单位有：贵州省林业厅森林保护处，贵州省第一水文地质大队，贵州省108地质大队，贵州师范大学生物系，遵义医学院生物教研室，贵阳医学院生物教研室，贵州科学院生物研究所，贵州省中医研究所，贵州省博物馆，贵州省林校，黔南布依族苗族自治州林业局，贵州省荔波县林业局、荔波县气象局及贵州农学院农学系、牧医系等专业人员共80人。计有地质、地貌、水文、气象、土壤、孢粉、木本植物区系、森林生态、森林资源、中草药、大型真菌、苔藓、鸟类、兽类、两栖类、爬行类、鱼类、昆虫、蚊相等19个学科。根据各学科性质，采用定点观察、线路调查、踏查和面上普查、补查等方法。在中共黔南布依族苗族自治州州委、州政府及中共荔波县县委、县政府协助下，先后进行了两个月外业考察，行程三千公里以上，采集各类标本5,600号。加上1981—1983年期间采集的3,000多号森林植物标本，合计有近9,000号标本。分析样品211件，作森林植被调查样方33,060平方米。经过一年多时间标本鉴定，样品分析，内业整理，共撰写茂兰喀斯特森林区地质特点等20篇学科专题考察报告和综合考察报告。基本上查清了该区自然地理环境和生物资源，以及属于国家保护的动植物种类资源，为对该区正确的评价和自然保护区的区划和总体规划，以及今后经营管理等奠定了基础。

考察表明，茂兰喀斯特森林最重要的价值，首先在于它提供了喀斯特森林的原始自然本底，即在中亚热带地区，喀斯特森林几乎已被破坏殆尽的情况下，茂兰地区的典型的裸露型的喀斯特地貌上，还保存了“下有峰林（峰丛），上有森林”集中连片原生性较强的喀斯特森林。这也是同纬度地区绝无仅有的、罕见的喀斯特森林生态系统。同时，还揭示了喀斯特森林所具备的独特的自然地理环境，特别是它的特殊的水文地质二元结构，喀斯特森林气候及土壤发育，喀斯特森林的性质及群落学特征，以及丰富的生物资源。据已经发表和有待发表的仅植物新种（包括变种）如荔波大节竹、短叶穗花杉等就达40种以上，贵州省及全国动植物分布新纪录在160种以上。因此，茂兰喀斯特森林地区也是一个十分罕见的生物资源基因库。

为了论证上述考察结果，1985年11月，贵州省林业厅委托中国生态学会秘书长、中国林业科学研究院蒋有绪研究员及贵州省地质矿产局高级工程师刘裕周主持了一次有中华人民共和国林业部、中国林业科学研究院、林业部规划院、东北林业大学等单位专家教授参加的茂兰喀斯特森林综合考察鉴定会。会议根据考察报告、图片及一小时的《茂兰喀斯特森林》录像的汇报，

认为“考察在科学理论和社会经济方面都具有重要价值,考察成果达到了国内先进水平,建议尽早向国内外公开出版发行”。与此同时,又以书面评审形式寄有关未能参加鉴定会的专家学者。结果得到中国科学院学部委员、云南植物研究所名誉所长吴征镒教授,中国科学院学部委员、北京植物研究所研究员侯学煜教授,中国科学院学部委员、中国林业科学研究院研究员、中国林学会理事长吴中伦教授,以及中国科学院林业土壤研究所研究员王战教授,海南大学校长林英教授等十三位专家一致的肯定,并给予很高的评价。特别是吴征镒、吴中伦二位教授,给予了我们十分热情的鼓励,并提出了进一步修改、补充意见,希望尽快地向国内外出版发行。国内新闻单位如新华通讯社、人民日报(包括海外版)、中央电视台、中央人民广播电台、贵州日报、贵州电视台等都先后向国内外作了广泛宣传,累计近30篇专题报道。

为此,我们又用了近一年时间将各个专题报告和综合报告三次修改定稿,并附有比较详细的外文摘要,尽我们最大的努力,通过文字、图表、照片、录像等方式,科学地、完整地表达出来,不辜负专家及各条战线学者们的鼓励和期望。但是,限于我们这支考察队伍比较年轻,特别是学术水平不高,对于这样一个跨众多学科的喀斯特森林自然综合体调查研究,难免有不妥乃至错误之处,诚恳希望广大读者指正。

周 政 贤

1986年9月6日

于贵阳花溪

目 录

茂兰喀斯特森林考察综合报告	(1)
---------------------	-----

茂兰喀斯特森林考察专题报告

茂兰喀斯特森林区地质特点	(24)
茂兰喀斯特森林区地貌景观	(42)
茂兰喀斯特森林区水文地质特征	(74)
茂兰喀斯特森林气候考察报告	(98)
茂兰喀斯特森林下的土壤	(111)
茂兰喀斯特森林区的第四纪孢粉分析	(125)
茂兰喀斯特森林植物区系的初步研究	(148)
茂兰喀斯特森林资源考察报告	(206)
茂兰喀斯特森林初析	(210)
茂兰喀斯特森林区中草药初步调查	(225)
茂兰喀斯特森林区苔藓植物初步调查报告	(244)
茂兰喀斯特森林区大型真菌生态分布及资源评价	(262)
茂兰喀斯特森林区鸟类初步调查报告	(299)
茂兰喀斯特森林区兽类调查报告	(311)
茂兰喀斯特森林区两栖类资源初步调查报告	(316)
茂兰喀斯特森林区爬行类调查报告	(323)
茂兰喀斯特森林区鱼类资源初步调查报告	(331)
茂兰喀斯特森林区昆虫种类资源考察报告	(338)
茂兰喀斯特森林区蚊相调查	(356)
茂兰喀斯特森林风景资源	(363)

附 录

茂兰喀斯特森林综合考察鉴定会的鉴定意见	(373)
茂兰喀斯特森林综合考察专家书面评审意见	(378)
茂兰喀斯特森林综合考察队队员名单	(386)

茂兰喀斯特森林区彩色图片

SCIENTIFIC SURVEY OF THE MAOLAN KARST FOREST

Contents

A Comprehensive Report on the Survey of Maolan Karst Forest	Zhou Zhengxian
The Geological Characteristics of the Maolan Karst Forest	Mao Zhizhong, etc.
The Geomorphological Landscape of the Maolan Karst Forest	Li Xingzhong, etc.
Hydrogeologic Characteristics of the Maolan Karst Forest	Li Xingzhong, etc.
A Report on the Investigation of the Maolan Karst Forest Climate	Gan Tianzhen, etc.
The Soils of the Maolan Karst Forest	Zhang Ming and Zhang Fenghai
Analysis of the Quaternary Spores and Pollen Grains of the Maolan Karst Forest	Chen Peiying
Preliminary Study of Maolan Karst Forest Flora	Lan Kaimin
A Survey on the Maolan Karst Forest Resources	Xu Tingyu
A Primary Analysis of the Maolan Karst Forest	Zhu Shouqian and Yang Siyi
A Preliminary Survey of the Traditional Chinese Herbal Drugs in The Maolan Karst Forest	Chen Deyuan and Chao Bing
An Investigation on the Bryophytes of the Maolan Karst Forest	Lin Qiwei
An Evaluation of the Ecological Distribution and Resources of the Large Fungi in the Maolan Karst Forest	Wu Xingliang
A Preliminary Investigation of the Bird Resources in the Maolan Karst Forest	Chen Eryuan
Mammalian Survey of the Maolan Karst Forest	Xie Jiahua
A Report on the Preliminary Survey of Amphibian Resources in the Maolan Karst Forest	Li Dejun, etc.

A Survey of the Reptilians in the Maolan Karst Forest.....	Li Dezhong, etc.
A Preliminary Report on the Fish in the Maolan Karst Forest.....	Li Dejun
A Report on the Insect Species Resources in the Maolan Karst Forest	
.....	Ma Guiyan, etc.
A Survey of Mosquitoes in the Maolan Karst Forest.....	Zhen Hanbin, etc.
The Scenic Resources of the Maolan Karst Forest	
.....	Li Xingzhong, Li Shuangdai

茂兰喀斯特森林考察综合报告

周 政 贤

(贵州农学院林学系)

茂兰, 位于贵州省南部荔波县黔、桂交界处, 其东、南面与广西环江县毗邻, 境内包括理化、洞塘、翁昂、永康四个乡, 以及高望、洞多、板寨、瑶所、塘边、瑶兰、莫干、洞长等自然村寨, 多属茂兰区管辖。该区由碳酸盐岩石构成的裸岩山地广布, 竟出人预料地在这种嶙峋岩石上, 遍生连片乔林, 分布面积达2万公顷之多, 覆盖率在90%以上, 实属国内乃至世界所罕见。

如所周知, 由于碳酸盐岩石是可溶性岩类, 在一定的地质、气候和水文等条件下, 通过地表水和地下水对这类碳酸盐岩石溶蚀, 侵蚀作用, 产生了一系列特殊的地表形态和地下形态(如各种通道和洞穴), 地表水与地下水在水平与垂直循环中穿通一气, 共同活动。这种具有特殊地貌和水文现象的地理区域, 早在十九世纪末, 南斯拉夫学者J·茨维奇(J. Cvijić)在南斯拉夫西北部伊斯的利亚(Istria)半岛上, 最早研究了喀斯特(南斯拉夫语为Kars或Kas)地区石灰岩高原的这种奇特地貌。所以, 一百年前已开始把这一地区名称作通用名词, 至今“喀斯特”(Karst德语)已成为世界各国通用的专门术语^[1]。在我国, 以前也称作“喀斯特”, 1966年一次喀斯特学术会议上, 将“喀斯特”一词改为“岩溶”^[2]。现在, 这两个术语在国内通用, 本考察报告全部沿用国内外通用的专门术语“喀斯特”一词。

喀斯特森林, 是指在森林气候背景上、分布在喀斯特地貌上, 以石灰岩、白云岩和含有其它杂质的碳酸盐类岩石为森林植物的主要着生基岩, 并受基岩深刻影响而发育的富含钙(Ca)镁(Mg)离子的中性至微碱性的隐(域)性石灰土的特定生境上, 受土壤地形制约而形成的喀斯特森林生态系统。这种生态系统同分布在(侵蚀、剥蚀)常态地貌上地带性森林植被, 无论在生态环境方面, 森林群落性质, 群落外貌, 区系组成, 水平、垂直结构以及演替更新动态, 乃至系统内动物区系, 种群发展以及这种森林

〔1〕本考察报告全部指碳酸盐类石灰石、白云石等的“喀斯特”, 不包括盐、石膏及红色岩层中的“假喀斯特”。

〔2〕任美镔 刘振中主编 1983年 岩溶学概论 3页 商务印书馆

生态系统对环境的影响等等，都有显著不同之点，是一种很特殊的森林生态系统。从自然保护角度出发，也是一种非地带性的独特的生物地理群落类型，特别是在广布的喀斯特地貌上，都已失去森林植被覆盖的情况下，茂兰地区大面积原生性喀斯特森林的发现，更具有特殊的重大意义。

一、自然地理环境

茂兰喀斯特森林区总面积2万公顷，东西宽22.8公里，南北长21.8公里，地理位置为东经 $107^{\circ}52'10''$ ~ $108^{\circ}05'40''$ ，北纬 $25^{\circ}09'20''$ ~ $25^{\circ}20'50''$ ，处于中亚热带范围。全区除局部地点覆盖有少量砂页岩外，主要是由纯质石灰岩及白云岩构成的喀斯特地貌，按照它的空间分布格局，该区属于裸露型喀斯特^[1]，可以称作“典型的喀斯特生境”，同着生在这种生境基质上的森林融合在一起，从而构成了亚热带地区独特的喀斯特森林自然综合体。

(一) 地质基础

茂兰喀斯特森林区，在大地构造上隶属于江南台隆西南部的三都——荔波古陷褶断束，处在轴缘拗陷地带。

由石炭、二迭系碳酸盐岩组成茂兰向斜，南北贯穿全区，控制着这里地层、岩石的分布及其产状。现今保存原生性较强的喀斯特森林即主要分布于此向斜南段之石炭系碳酸盐岩石上。

区内分布地层从老到新有：石炭系下统大塘组、摆佐组、中统黄龙群，上统马平群以及二迭系下统栖霞组、茅口组。大塘组根据岩性可分两段，即下部旧司段和上部上司段。前者为滨海相浅褐、灰褐色中至厚层石英砂岩，粉砂岩夹页岩炭质页岩及少量灰岩组成；后者由浅海相灰至灰黑色致密灰岩、生物灰岩夹泥质灰岩、页岩组成。摆佐组为本区分布最广，其上喀斯特森林保存最好的地层。岩性为浅灰、灰色厚层至块状细——中粒白云岩，夹钙质白云岩，偶夹灰岩。该组分布区为喀斯特森林分布的核心区，如洞杨山、洞多、洞落等。黄龙群岩性为浅灰、灰色中厚至厚层状灰岩夹白云质灰岩、生物碎屑灰岩及少量白云岩。灰岩中偶含燧石结核。马平群岩性为浅灰、灰白色夹深灰色厚层灰岩，亦偶夹白云质灰岩，灰岩一般较致密，质纯性脆，溶蚀显著。栖霞组分布于茂兰向斜轴部洞壩一带。本区缺失栖霞组下段砂页岩（梁山煤系），仅分布该组上段。岩性为深灰、灰色中厚——厚层状灰岩，下部含较多灰黑色燧石结核，底部夹灰色泥质灰岩和

[1]中国科学院 《中国自然地理》 编辑委员会 1981年 《中国自然地理》——地貌 134 页 科学出版社

含沥青质、钙质页岩，局部夹数米白云质灰岩。茅口组岩性为浅灰、灰白色厚层——块状灰岩，具少量燧石结核。

茂兰喀斯特森林区地质构造以褶皱为主，断层次之。茂兰向斜为控制全区的一级褶曲，分布于贵州省境内东南部，其东部与西部均与广西毗邻，南端且深入广西境内。轴向NNE，南段向NE偏转，全长80公里，宽20公里左右。轴部残留最新地层为下二迭统茅口组，两翼分布之最老地层，西翼为下石炭统岩关组，东翼为中上泥盆统。核部广泛露出下石炭统摆佐组，中——上石炭统黄龙群，马平群和下二迭统栖霞组地层。整个构造为一宽缓对称的向斜褶曲。区内地层倾角一般为 5° — 10° ，大者 15° 左右，而森林保留最好的洞多、洞落及其以南的两省相邻地区，亦即茂兰向斜南倾没端，摆佐组白云岩分布的地区，地层已接近水平，倾角一般仅 5° 左右。

茂兰喀斯特森林区分布岩石，主要为灰岩和白云岩，仅个别地点为石英砂岩及夹于其中的少量页岩。石灰岩分布的层位最多，而白云岩虽仅主要分布于石炭统摆佐组，但其出露面积最大，为喀斯特森林的主要着生基岩。

本区的石灰岩和白云岩，几乎全为纯质的碳酸盐类。根据岩石化学分析，所有灰岩中CaO的含量在52.59~54.33%之间，远远大于灰岩CaO含量的平均值(42.61%)，接近于灰岩的组成矿物方解石(CaCO_3)中CaO的理论含量(56%)。白云岩中CaO含量为30.92~31.64%，MgO的含量为19.60~21.89%，亦大致与其主要组成矿物白云石 $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ 中CaO[30.4%]和MgO[21.7%]的理论含量相近似。故本区碳酸盐岩石中，含方解石和白云石在97~99%以上。它们通过溶蚀能够残留下来形成土壤的Si, Al, Fe等不溶性氧化物，一般是1%左右。因此，在这类由纯质碳酸盐岩形成的喀斯特森林峰丛山地里，不可能覆盖连续的土被^[1]。本区基岩裸露率在70~80%以上，其浅薄的土层仅见于洼地和谷地底部，另在斜坡地带的石沟缝中停积了零星的土层。

(二) 地貌发育概况

茂兰喀斯特森林位于云贵高原向广西丘陵盆地过渡的斜坡地地带。区内喀斯特地貌十分发育，喀斯特形态多种多样，锥峰尖削而密集，洼地深邃而陡峭，锥峰洼地层层叠叠，呈现出峰峦叠障的喀斯特峰丛景观。

喀斯特森林区地貌部位，处于宽缓褶皱构造控制而成的宽阔河间地带，东濒三岔河，西临漳江。全林区地势西北部高于东南部，区内最高海拔1,078.6米，最低为430米，平均在800米以上。其中西部山峰一般海拔860~1,010米，洼地为670~800米；东部山峰海拔为660~820米，洼地为450~600米，山峰与洼地相对高差为150~300米。

茂兰喀斯特森林区地表水系不发育，区内瑶兰河、瑶所河及板寨河三条河流均分属

[1] 韦其潘的1983年研究，在中亚热带地区形成1厘米厚的土层需要的时间是13,000~32,000年。

区内与之相应的三条地下河系，是地下河明流的局部段落。河流流量较小，枯流量一般均小于50~100升/秒。河流坡降一般均小于18%，唯瑶所河注入山谷时形成总落差约60~80米的跌水。

茂兰喀斯特地貌形态主要有落水洞、漏斗、洼地、槽谷、盲谷及盆地（坡立谷）等。根据这些负向喀斯特个体地貌形态与喀斯特锥峰在空间上组合关系的差异，可将该区划分为三个喀斯特地貌组合类型：（1）峰丛漏斗；（2）峰丛洼地；（3）峰林盆地。其中峰丛漏斗和峰丛洼地是在区内分布极广的主要地貌类型，峰林盆地仅在局部有所表现。

峰丛漏斗，是指喀斯特尖削状锥峰起伏连绵，其间展布密集的喀斯特漏斗，一般锥峰顶至漏斗底相对高差为180~300米，漏斗底至锥峰之间山坳口的相对高差为50~150米。漏斗深邃，四周封闭，边坡陡峻。正是这种地貌类型，从漏斗底部至锥峰顶部，被覆盖着密集的树木，构成别具一格的喀斯特漏斗森林景观，也正是该区森林的主要特色——漏斗森林。林内藤灌丛生，林间苔藓密布，漏斗底部清泉流淌，形成神秘而恬静的原始的漏斗森林景色。

（三）水文地质特点

长期以来，在常态地貌区内，森林作为固体水库对于调节地表径流，防止水土流失，增强地下水补给，以及改善水文地质环境等方面的作用是众所周知的。但是，在岩石透水性极强，地表水强烈渗漏，水文地质条件复杂的喀斯特区内，森林的水文效应究竟如何？这是迄今为止人们尚未探索研究的课题。

茂兰地区喀斯特森林水文地质的独特现象——地下水赋存的二元结构，即枯枝落叶垫积层充填的上层喀斯特裂隙水和下层喀斯特水同时并存；上层水流量小且动态较稳定，下层水流量大，动态变化也相对较大。喀斯特森林林区这种独特的水文结构，不仅使地下水的补给、径流及排泄条件明显改善，而且还使大气降水、地表水和地下水的互相转化产生良性循环，从而一反喀斯特区干旱与洪涝交加的危害常态，为森林生长发育乃至人类生存、生活创造了良好环境。

根据地层岩石的含水性质及含水的丰富程度，区内可分碳酸盐岩强含水岩组及碎屑岩、泥灰岩弱含水岩组两大类型。所有的地下河喀斯特大泉，有水竖井，喀斯特潭及地下河天窗等，均形成于碳酸盐岩组中，这是区内喀斯特地下水赋存及运移最基本的物质基础。按地下水的赋存，形成条件及出露特征，可分喀斯特地下水及喀斯特森林滞留水两大类。前者露头形式主要是在一般喀斯特区常见的下降泉，上升泉，多潮泉，喀斯特潭，地下河出入口及地下河天窗等；后者主要为森林滞留泉及沼泽湿地。茂兰喀斯特森林区出现的不同于一般喀斯特区地下露头的独特形式——森林滞留水，是森林植被对喀斯特作用的影响的具体表现形式。根本的原因，是森林植物根系的机械破坏作用以及分解的植物残余物、腐殖质所产生大量的有机酸游离 CO_2 ，这样就使水中含有大量碳酸和

有机酸，有利于促进地表部分喀斯特裂隙发育。而更重要的是这些裂隙又不断被枯枝落叶垫积层所填充，加之森林截留径流，减弱地表径流流速及枯枝落叶层完好的吸水功能，促使大气降水不能迅速全部向下渗漏，停留在喀斯特裂隙和枯枝落叶层的孔隙中而形成滞留水。

喀斯特森林滞留水，按其滞留的地形部位可划分为：森林滞留泉和森林滞留沼泽湿地。前者是指滞留水沿斜坡渗出地表。这种类型遍及全区，凡喀斯特森林茂密的山麓斜坡下，漏斗、洼地中、山鞍坳口上均有分布，致使区内到处是泉水淙淙，流水潺潺。后者森林滞留沼泽湿地，普遍见于地面平缓或低洼的喀斯特密林之中。例如洞多四北洞以东的高位洼地中，岩层产状及地面均十分平缓，其上森林茂密，林下枯枝落叶层及腐泥层厚约10~30厘米不等，通过森林树冠下落的雨水或积水成塘，或形成连片沼泽湿地，局部地段居然在喀斯特森林中出现了类似寒温带沼泽森林景观。这种森林滞留沼泽湿地，分布在地形部位较高的地方，沿斜坡边缘渗出又形成森林滞留泉。

从上述地下水露头形成条件及出露特征可知，区内地下水循环存在明显的二元结构：上层为喀斯特森林滞留水循环系统，下层为喀斯特管道裂隙水循环系统。前者为近地面的表层地下水系统，其补给源主要为大气降水，以及部分林下凝结水。这两种补给源达于地面后，除少部分向下渗漏，补给喀斯特地下水外，其余大部分由于森林枯枝落叶层阻滞，而沿地表发生侧转运移，在峰丛密集分割地形急剧变化的地区，显然其径流途程短，汇水面积有限，结果必然是排泄点多，泉水密集分布，流量较小，但动态较稳定，从而导致森林滞留水的补给。径流排泄特点是水源近而流程短，到处流水潺潺，冬不干枯，构成喀斯特森林别具一格的水文地质景观。

在一些喀斯特地面连续性较好，汇水面积较大而森林茂密的地方，也可见到一些径流途程长而流量大的森林滞留泉。这些泉水往往都是当地人民生活及生产用水水源。

喀斯特水循环系统，位于森林滞留水下部，为区域性占主导地位的喀斯特管道水系统。补给源主要为大气降水，次为森林滞留水。地下水赋存于喀斯特管道及裂隙中，其埋藏深度随地质地貌条件而异。区内喀斯特水补给面积大，径流途程长，排泄带低，地下水露头稀少，但流量大。

此外，关于水质问题。此次考察共收水质全分析样6件，侵蚀 CO_2 单项测定样3件。分析结果表明，水质类型为 HCO_3^- — Ca^{++} ， Mg^{++} 水及 HCO_3^- — Ca^{++} 水，硬度8~11德度，属微硬水；pH值7.2~7.7，属中性水；固体物含量140~190毫克/升。区内地下水的物理性质良好、无色、无嗅、微带甜味、清凉可口，是很好的饮用水源。

（四）气候因素

为了解茂兰喀斯特森林所在地区气候因素，同时探索该区最有特色的峰丛漏斗森林小气候条件。考察期间，在有代表性的洞杨山漏斗北侧（向阳坡面），分别在漏斗底部

(海拔约为990米)进行了为期17天(4月22日~5月7日)定点梯度观察。而后参考荔波县及邻近地区各气象站观测资料,进行了超短期气候资料的订正。以漏斗顶部观测点(海拔990米)观测资料推算,从全区总体来看,茂兰喀斯特森林区气象要素为:年平均气温为15.3℃,气温年较差18.3℃,1月平均气温为5.2℃,7月平均气温为23.5℃,≥10℃活动积温4,598.6℃,生长期237天;全年降水量1,752.5毫米,集中分布在4~10月,年平均相对湿度83%。

从上述各气象要素可以看出,茂兰喀斯特森林区虽然纬度较低,但由于阴雨天气较多,因此日照百分率较低,太阳辐射年总量仅为63,289.80千瓦/米²,在全国太阳辐射总量的分布图上处于低值区内。冬季(12月~2月)日照百分率均不足20%。只有夏季7、8、9三个月在40%左右。特别是漏斗底部,由于地形荫蔽,林木葱郁,实照时数更少。漏斗底部光照条件差,是茂兰喀斯特森林区气候的一个主要特征。例如设点观测的洞阳山漏斗,其口径东西长450米,南北宽325米,相对高差最小90米,最高140米,四面坡对漏斗底部遮蔽很大。用遮蔽图求算漏斗底部遮蔽后可照时数,推算结果每年11月20日至翌年1月23日,漏斗底部可照时数均为0,即只有散射光而无直射光照。即使在夏至日(6月22日),漏斗底部较峰丛顶部可照时数也减少约50%,如全年推算,底部可照时数只相当于顶部38.5%,夏半年(4~9月)稍多,为52.5%,冬半年(10~3月)仅24.6%。由此可见,漏斗底部光照条件很差,而空气潮湿,苔藓遍布,是一个典型的荫湿生境,而树木高生长旺盛,如漏斗底部生长一株香椿树,树高达38.18米。由于该区地势较荔波县城高出500米以上,气候比较温凉,以漏斗顶部实测资料推算,年均温15.3℃,比荔波县城18.3℃低3℃。

在洞阳山漏斗的不同部位,气温也不相同,由于森林的特殊地理环境,在漏斗顶部岩石裸露、水分渗漏作用强烈,地表干燥,空气相对湿度低,接受太阳辐射后增温迅速,所以漏斗顶部年平均温度(15.3℃)高于漏斗底部(14.4℃)和中部(14.4℃),而漏斗底部由于荫蔽,地下水位高,空气湿度大,加之森林调节作用,温度变化和缓,冬季1月平均气温7.6℃,较顶部5.2℃高2.4℃,而夏季7月19.9℃,较顶部23.5℃低3.6℃。因此,在一般情况下,夏半年气温随高度增加而增加,冬半年随高度增加而降低,这是喀斯特漏斗森林山地气温垂直分布所独具的特色。

基于上述原因,气温日较差分布不论何种天气条件,均是漏斗顶部大于底部,特别是晴天天气差异更大。如5月6日晴天观测:漏斗顶部日较差13.4℃,中部12.5℃,底部只有10.9℃。这种漏斗森林出现的逆温现象,至今在国内外都无记录。分析其原因,漏斗上部相对湿度小,空气热容量小,白天辐射增温较强,而夜间降温也比较显著,越是晴天这种差异越大。

根据推算,茂兰喀斯特森林区年平均降水量可达1,752.5毫米,水分资源十分丰富。其原因是该区地理位置偏南,来自西太平洋的东南季风及来自印度洋的西南季风容易过

境；二是南来的暖湿空气遇到地形突然抬升，容易成云致雨；三是喀斯特地貌上覆盖有大片的粗糙度较大的森林下垫面，使天气系统运行减缓，加之森林本身的作用有利降水。而且，该区夏半年（4～9月）降水量多达1,419.6毫米，占全年总降水量的81%。此时，热量充足，雨热同季，为林木生长发育提供了极为有利的气候条件。

根据推算，茂兰喀斯特森林区年平均相对湿度均在80%以上。而由于其独特的地理环境条件，漏斗相对湿度的分布也具有特殊性。漏斗底部由于是一片闭塞的洼地，周围山坡上的径流向此汇集，降雨时，雨水渲泄不易，加之植被茂密，地形荫蔽，地面接受太阳辐射少，温度低；静风或风力微弱，水汽不易扩散，蒸发力弱。因此，全年阴湿，各月的相对湿度均在90%以上，年平均相对湿度为94%；雨量较为集中的夏季（6～8月）相对湿度高达96～97%。而在漏斗顶部由于地形较为开阔，接受太阳辐射能多，蒸发力强，风大，水汽易于扩散，因此，相对湿度较小，年平均为83%。特别是晴天空气极为干燥，例如在5月6日晴天观测资料，漏斗底部日平均相对湿度为83%，中部为77%，顶部仅有38%；14小时观测，相对湿度只有20%。由此说明，喀斯特地貌一旦失去植被覆盖，生境之严酷可想而知。

综上所述，茂兰喀斯特森林区，按气候带的划分指标，属中亚热带季风湿润气候，具有春秋温暖，冬无严寒，夏无酷暑，雨量充沛的中亚热带山地湿润气候特色，有利于林木生长发育。

（五）土壤条件

土壤的形成和发育，是长期的岩石风化过程和生物的富集化过程的结果。石灰土的形成，一方面是受石灰岩母岩的制约；另一方面则受植被的生物富集作用。以后者而言，植物虽具有选择吸收的能力，但在石灰土上则又被迫地接受土壤中某些过量元素。因此，在石灰土上的植物体中的元素与酸性土壤上的植物体中的元素比较，前者灰分含量高于后者，特别是含钙（Ca）量，前者为2.4～2.5%，后者为1.401%。而铁（Fe）和硅（Si）则相反。茂兰喀斯特森林石灰土成土母岩，是纯度较高的白云岩和石灰岩。根据分析，能形成土粒的重要成分 SiO_2 ， Si_2O_3 和 Fe_2O_3 含量极低，石灰岩仅占1.52%，白云岩也只有2.02%，而含量最高的钙、镁、碳酸盐类在溶蚀过程中随水流失。因此，形成的土壤层极薄，仅有20～40厘米，且土被不连片，多存于岩石缝隙之中。

茂兰石灰土主要是初时期石灰土，剖面发育为AF—D型。这种土壤的发育特点是，岩石风化残留物形成的少数细土粒与植物残落物和根系交织在一起，形成棕黑色的AF层，其下部为成土母岩D层。

茂兰喀斯特森林石灰土表土pH7.1～7.4，属于弱碱性，中下层土壤pH7.5～8.1，属于碱性，这与土层碳酸盐长期淋失，以及有机残体分解形成酸性物质有关，致使土壤pH值降低。