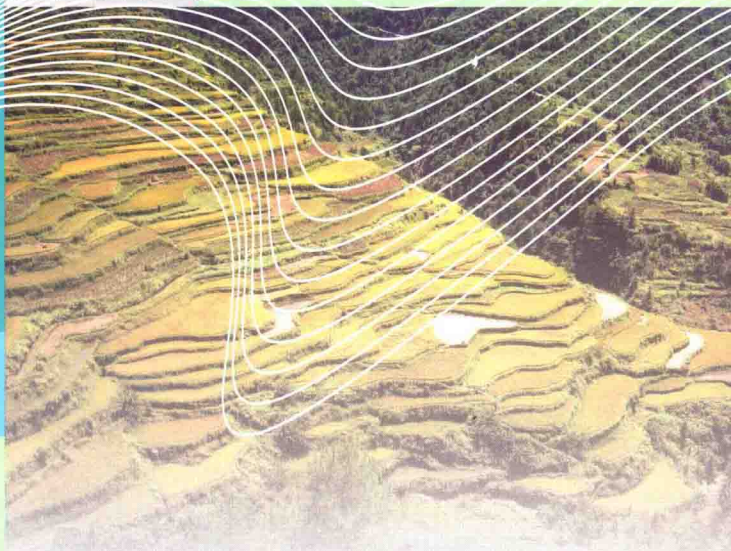


舟溪岩溶与非岩溶 地理差异野外实习教程

李荣彪 黄远成◎编著

**Zhouxi Yanrong yu Feiyanrong
Dili Chayi Yewai Shixi
Jiaocheng**



西南交通大学出版社

舟溪岩溶与非岩溶 地理差异野外实习教程

李荣彪 黄远成 编著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

舟溪岩溶与非岩溶地理差异野外实习教程 / 李荣彪,
黄远成编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2015.2
ISBN 978-7-5643-3748-3

I. ①舟… II. ①李… ②黄… III. ①乡镇-岩溶地
貌-教育实习-凯里市-教学参考资料 IV.
①P931.5-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 027230 号

舟溪岩溶与非岩溶地理差异野外实习教程

李荣彪 黄远成 编著

责任编辑	杨 勇
封面设计	米迦设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印刷	四川煤田地质制图印刷厂
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	8.25
插 页	8
字 数	231 千
版 次	2015 年 2 月第 1 版
印 次	2015 年 2 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3748-3
定 价	24.00 元

课件咨询电话: 028-87600533
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

凯里学院规划教材编委会

主 任 张雪梅

副主任 郑茂刚 廖 雨 龙文明

委 员 (按姓氏笔画排名)

丁光军 刘玉林 李丽红

李 斌 肖育军 吴永忠

张锦华 陈洪波 范连生

罗永常 岳 莉 赵 萍

唐文华 黄平波 粟 燕

曾梦宇 谢贵华

办公室主任 廖 雨

办公室成员 吴 华 吴 芳

总序

教材建设是高校教学内涵建设的一项重要工作，是体现教学内容和教学方法的知识载体，是提高人才培养质量的重要条件。凯里学院 2006 年升本以来，十分重视教材建设工作，在教材选用上明确要求“本科教材必须使用国家规划教材、教育部推荐教材和面向 21 世纪课程教材”，从而保证了教材质量，为提高教学质量、规范教学管理奠定了良好基础。但在使用的过程中逐渐发现，这类适用于研究型本科院校使用的系列教材，多数内容较深、难度较大，不一定适合我校的学生使用，与应用型人才培养目标也不完全切合，从而制约了应用型人才的培养质量。因此，探索和建设适合应用型人才培养体系的校本教材、特色教材成为我校教材建设的迫切任务。自 2008 年起，学校开始了校本特色教材开发的探索与尝试，首批资助出版了 11 本原生态民族文化特色课程丛书，主要有《黔东南州情》、《苗侗文化概论》、《苗族法制史》、《苗族民间诗歌》、《黔东南民族民间体育》、《黔东南民族民间音乐概论》、《黔东南方言学导论》、《苗侗民间工艺美术》、《苗侗服饰及蜡染艺术》等。该校本特色教材丛书的出版，弥补了我校在校本教材建设上的空白，为深入开展校本教材建设积累了经验，并对探索保护、传承、弘扬与开发利用原生态民族文化，推进民族民间文化进课堂做出了积极贡献，对我校教学、科研和人才培养起到了积极的推动作用，并荣获贵州省高等教育教学成果一等奖。

当前，随着高等教育大众化、国际化的迅猛发展和地方本科院校转型发展的深入推进，越来越多的地方本科高校在明确应用型人才培养目标、办学特色、教学内容和课程体系的框架下，积极探索和建设适用于应用型人才培养的系列教材。在此背景下，根据我校人才培养方案和“十二五”教材建设规划，结合服务地方社会经济发展、民族文化遗产需要，我们又启动了第二批校本教材的立项研究工作，通过申报、论证、评审、立项等环节确定了教材建设的选题范围，第二套校本教材建设项目分为基础课类、应用技术类、

素质课类、教材教法等四类，在凯里学院教材建设专家委员会的组织、指导和教材编著者们的辛勤编撰下，目前，15本教材的编撰工作已基本完成，即将正式出版。这套教材丛书既是近年来我校教学内容和课程体系改革的最新成果，反映了学校教学改革的基本方向，也是学校由“重视规模发展”转向“内涵式发展”的一项重大举措。

凯里学院校本规划教材丛书的编辑出版，集中体现了学校探索应用型人才培养的教学建设努力，倾注了编著教师团队成员的大量心血，将有助于推动地方院校提高应用型人才培养质量。然而，由于编写时间紧，加之编著者理论和实践能力水平有限，书中难免存在一些不足和错漏。我们期待在教材使用过程中获得批评意见、改进建议和专家指导，以使之日臻完善。

凯里学院规划教材编委会

2014年12月

前言

野外实践教学是地理科学专业课程教学的重要环节。“综合自然地理学”是《地理科学专业人才培养方案》中的专业核心课程,是各部门自然地理基础上的综合,在地理科学专业知识结构构建中起高度综合作用,野外实习实践是本门课程必不可少的环节。《舟溪岩溶与非岩溶地理差异野外实习教程》是“综合自然地理学”野外实习实践教学的配套教材。

舟溪野外实习实践教学基地是以“综合自然地理学”中重要知识内容(区域地质地貌引起的地域分异规律)为指导,结合舟溪岩溶区与非岩溶区存在显著的自然地理环境差异而建设的。《舟溪岩溶与非岩溶地理差异野外实习教程》是长期对舟溪开展野外调查和实习实践教学成果累积。已有的成果包括指导学生荣获“第二届(2010)全国高校地理专业本科生野外调查大赛”的论文组三等奖,贵州省第十二届(2011)“挑战杯”大学生科技作品竞赛自然科学类三等奖,2012年发表中文核心期刊论文1篇,2010年校级科研项目1项。

“综合自然地理学”教学及其野外实习实践是安排在第5学期开展,此时地理科学专业的各部门自然地理学课程已经授课完毕,学生基本构建了地理科学思维和专业知识的框架。因此,本教程在野外地理知识介绍和实习内容设计上,都围绕各部门自然地理展开,包括地质、地貌、水文地貌、土壤和植被等多方向的知识内容。通过学习和实践,不断强化各部门自然地理的专业知识,培养学生形成系统思维方法和综合应用能力。

本教程在第三章较为丰富地陈述了舟溪呈现的各种地理现象,第四章在实习内容设计上做了很多专题调查指导介绍,第五章对各种地理地质野外实践方法做了详细介绍。总的来看,内容比较丰富,实习方向可选择性大,学生可以根据自己兴趣和专长,自主选取某一个方向开展专题调查或者选取几个方向开展综合调查。

本教程是由凯里学院旅游学院地理教研室李荣彪和贵州地矿局 101 地质队总工程师黄远成合作完成。其中，黄远成总工程师主要负责本书的地质相关内容及其野外实践方法的编写工作和野外地质调查的指导，包括第二章的第一节，第三章的第一节和第五章的相关内容。其余的内容均由李荣彪编写完成。

本教程得到凯里学院 2013 年院级规划教材建设项目资助和各级领导的支持。同时，凯里一中杨秀玉老师在野外土壤、植被调查和室内土壤实验工作给予大量的指导和帮助，地理科学专业 2008 级张林、罗腾元、张晓丽和徐晓超四位同学做了大量野外土壤、植被调查和室内样本测试与鉴定工作，黔东南林业科学研究所袁茂琴工程师在植物鉴定分析方面给予大量指导和帮助。教程编写过程中，我院地理科学专业 2013 级学生欧大吉同学做了大量地形地貌数字化工作，2012 级梁高盟和王维高同学做了大量野外调查及其室内整理与作图工作，常国山副教授做了大量野外向导。在此一并致谢！

由于作者水平和资料有限，存在问题和不足在所难免。殷切希望广大读者提出批评和建议，以帮助我们进一步修改和完善。

李荣彪

2014 年 9 月 29 日

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 关于岩溶与非岩溶的地理含义	1
第二节 舟溪实习基地概述	10
第三节 实习目的、内容、要求及成绩评定	12
第二章 区域自然地理背景	16
第一节 区域地质背景	16
第二节 地貌类型	17
第三节 气候条件	18
第四节 水文状况	19
第五节 土壤类型	20
第六节 植被类型	22
第三章 舟溪岩溶与非岩溶区地理环境差异	24
第一节 舟溪地质环境差异	24
第二节 舟溪岩溶与非岩溶区水文、地貌差异	41
第三节 舟溪岩溶与非岩溶区土壤差异	68
第四节 舟溪岩溶与非岩溶区植被差异	77
第四章 舟溪野外调查专题设计	87
第一节 岩溶与非岩溶的地质剖面对比观测	87
第二节 岩溶与非岩溶的地貌对比观测	88
第三节 岩溶与非岩溶的水文及水文地貌对比观测	88
第四节 岩溶与非岩溶的土壤对比观测	89
第五节 岩溶与非岩溶的植被对比观测	90

第五章 野外工作基本方法与技能	91
第一节 地形图的判读方法	91
第二节 地质图的判读方法	97
第三节 地质罗盘的使用方法	99
第四节 地质剖面野外实测方法	103
第五节 地质观测内容与记录	109
第六节 岩石的野外观察方法	111
第七节 地貌图件的绘制方法	114
第八节 野外地貌观测与记录	117
第九节 一般野外定点方法	118
参考文献	120

第一章

绪 论

第一节 关于岩溶与非岩溶的地理含义

一、岩溶的地理含义

(一) 岩溶的概念

岩溶, 国外称为 Karst (音译为喀斯特)。原为 Kras, 是斯洛文尼亚境内伊斯特里亚半岛 (Istria peninsula) 上的一个有石灰岩分布的地方地名。意大利人称为 Carso, 而德国人称之为 Karst。因早期研究这种石灰岩的景观多用德文, 后来即以德语 Karst 命名这类地貌现象。而我国在描述或研究这类碳酸盐类地貌时, 也沿用这个专有名词, 并音译为“喀斯特”。碳酸盐类地貌现象是由于被水溶解而产生的, 因此 1966 年 3 月在广西桂林召开的中国地质学会第一次全国岩溶学术会议上, 选用“岩溶”这一名称, 它反映了这种地质作用的本质。当时还建议, 为了与国外文献相一致, 在用外文发表文章及外语交流中, 仍用 Karst。目前, 仍有学者采用“喀斯特”这个名称, 但“岩溶”使用更为普遍^[1]。

岩溶, 主要是指水对可溶性岩石——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) 等溶蚀作用, 及其所形成的地表及地下的各种景观与现象 (卢耀如, 2005)。岩溶作用多少发生在大气降水的条件下, 所有这种作用, 都是以可溶岩被水溶解的作用为基础, 所以最本质的现象就是“岩石的溶解”, 即岩溶作用。岩溶作用的结果, 通常是在地表形成各种奇峰、柱石、洼地、谷地等。在地下则发育成各种溶隙、通道、溶洞、暗河等^[1]。在岩溶作用过程中, 经常伴随发生的侵蚀、潜蚀、冲蚀、崩塌、塌陷与滑动, 以及化学、物理与机械的风化、搬运、堆积与沉积等作用; 还有不少生物, 例如微生物、菌类、藻类、植物与动物的生命活动及其死亡机体的分解作用等, 都可对岩溶的发育产生影响。

(二) 岩溶发育的基本条件

岩溶的发育要有可溶的物质 (即可溶岩) 和可以溶解可溶岩的水溶液 (即溶剂)。可被水

溶解的溶质取决于可溶岩的性质。常见的可溶岩主要有碳酸盐岩、硫酸盐岩和卤化物岩。碳酸盐岩主要是有碳酸钙 (CaCO_3) 为主的石灰岩和主要成分为碳酸钙和碳酸镁 (MgCO_3) 的白云岩。此外, 根据泥质、硅质含量的不同, 碳酸盐岩又可分为泥质碳酸盐岩、泥灰岩和硅质碳酸盐岩等。硫酸盐岩主要有硬石膏 (硫酸钙 CaSO_4)、石膏 (双水硫酸钙 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、芒硝 (硫酸钠 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 和钙芒硝 ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$) 等。卤化物岩主要是岩盐 (NaCl , 又称钠盐) 和钾盐 (KCl), 广义的钾盐又包括钾盐镁矾 ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、杂卤石 ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 等。

可溶岩被溶解, 是由于水溶液对其有溶蚀能力。硫酸盐岩类和卤化物岩类可以被水直接溶解; 而碳酸盐岩被水溶解或溶蚀, 必须借助于二氧化碳及其他酸类起溶剂作用。大气降水、地表水和地下水, 只要对某种可溶岩没有呈过饱和溶解状态的都可继续对其产生溶解或溶蚀作用。通常水的矿化度 (即水中溶有的物质总量) $< 1\text{g/L}$, 对易溶性的卤化物岩及中溶性硫酸盐岩, 都具有较大的溶解和溶蚀能力。溶解作用通常属于水对可溶岩的化学溶解过程, 溶蚀作用就是在地质作用的基础上, 水对可溶岩产生的溶解过程。

二氧化碳 (CO_2) 是水对碳酸盐岩产生溶蚀作用的主要溶质。 CO_2 溶解在水中形成碳酸, 碳酸在水中离解, 才能使水溶液对碳酸盐产生溶蚀作用。

(三) 制约岩溶发育的基本因素

有了可溶岩、水及相应需要的溶剂二氧化碳, 只是具备了产生岩溶作用的基本条件。岩溶的发育则另有自己的条件。岩溶的发育, 是由许多因素所决定的, 最主要是受地质构造和气候两因素所控制^[1]。

1. 地质构造条件对岩溶发育的制约作用

可溶岩沉积时多呈水平层状, 当地质构造作用使之从海底、湖底升起陆面后, 就会在成岩过程中产生干缩、压实作用, 从而生成成岩裂隙。可溶岩受地质构造应力作用的结果, 也可使水平的可溶岩受挤压而产生构造裂隙、断裂和褶皱。总之, 地壳构造作用和成岩作用可使完整的岩体出现裂隙。构造裂隙与应力方向具有力学上的内在从属性。例如, 与压应力方向相一致的为横向构造裂隙, 与压应力方向相垂直的、与褶皱轴方向相一致的构造裂隙为纵向构造裂隙; 此外, 在纵向及横向构造裂隙中尚有两组成 X 形的构造裂隙。纵向裂隙有张开 (张性) 的, 也有相对闭合 (压性) 的; 横向裂隙多为张性的, 而两组 X 构造节理则属于剪切性质。

可溶岩受压应力产生断裂后, 断裂带两侧岩层有相对的位移现象, 就成为断层; 断层和构造裂隙 (或节理) 一样, 也具有压性、张性及剪切性。可溶岩受压后, 相应产生褶曲, 形成褶皱。褶皱主要有: 背斜, 即岩层中部向上隆起, 两翼向外倾斜; 向斜, 即岩层中心内凹, 两翼地层向内倾斜。背斜和向斜的轴部是褶皱最剧烈的部位, 褶皱轴的方向与压应力方向是相垂直的。褶皱中还有穹隆构造, 这是岩层中间地带向上隆起, 四周岩层向外倾斜, 成为穹隆状。两个断层运动, 若导致中间岩体向上凸起, 成为地垒; 若导致两断层间岩体向下沉降,

则成为地堑。

除了裂隙、节理、褶皱及断裂之外，地质构造运动还可使大片地区隆起，也可使大片地区沉降。这些构造现象都密切地控制了岩溶的发育。发生于我国的多次大面积构造升降运动，先后形成了三个阶梯状的地形地貌结构。第一级为青藏高原，高程为 3 000 ~ 5 000 m；第二级为云贵高原、山西高原、大兴安岭等，高程为 1 000 ~ 2 200 m；第三级为华北平原、江汉平原、长江、黄河及珠江三角洲，高程在 100 m 以下。

地质构造条件使可溶岩岩体产生破裂、形变，影响其自身的结构和可溶性，也影响水流的渗透与动力状况。因此，地质构造对岩溶发育有控制作用。

2. 气候因素对岩溶发育的制约作用

地质构造运动可以影响气候的变化，例如喜马拉雅山的强烈上升和青藏高原的隆起，就阻挡了来自印度洋的潮湿气候，来自我国南面、北面及东面的水汽又大部分向东排出，致使我国西北地区变得干旱。气候因素影响可溶岩的风化及其岩性，更主要的是影响水的性质及水量，以及二氧化碳等溶剂的生成条件。地质构造和气候因素又都综合影响了水对可溶岩的溶蚀能力。

1) 降水量的影响

由于可溶岩是被水所溶蚀的，所以降水量的大小，相应引起的溶蚀量也有大有小。在地下，除了溶蚀之外，地下渗流的水量越大，相应产生的机械潜蚀作用也越明显，所以有利于发育大的洞穴系统。根据我国不同气候地带计算的碳酸盐岩溶蚀速率，也清楚地表明年降水量越大，年溶蚀速率也越大，如河北怀来县官厅一带为半干旱气候条件，年降水量只有 400 ~ 600 mm，年溶蚀速率只有 0.02 ~ 0.03 mm，而广西中部年降水量达 1 500 ~ 2 000 mm，年溶蚀速率达 0.12 ~ 0.3 mm。这种溶蚀速率是通过分析水流中溶有碳酸盐岩的成分，计算出地表平均被溶蚀的厚度。

2) 温度的影响

气候条件对岩溶发育的控制作用，除了降水量之外，温度的影响也是很主要的一个方面。

(1) 影响可溶岩的风化速度及水的溶蚀能力。

热带、亚热带地区雨量大、气温高，易使碳酸盐岩和非碳酸盐岩产生风化作用。虽然碳酸盐岩抗风化能力比碎屑岩（如砂岩、页岩）强，但是由于表层风化及构造破碎带的破坏，会有利于作为水流通道的裂隙、孔隙扩大，从而加大渗透水流量，加大溶蚀及侵蚀作用。碳酸盐岩中有的含有黄铁矿（ FeS_2 ），在多雨、高温情况下，易氧化而生成硫酸，从而增强水溶蚀碳酸盐岩的能力；相应产生的石膏沉积仍可被水溶蚀，并释放出二氧化碳，再次对碳酸盐岩产生溶蚀作用。

(2) 影响生物作用及侵蚀性酸类的形成。

热带、亚热带地区，由于气温高有利于生物分解碳水化合物等有机质，使水可得到更多二氧化碳及其他酸类的补充，所以生物作用对岩溶发育起重要的作用。生物作用可使土壤中

二氧化碳含量比大气中要大几十倍乃至千倍,所以在土壤覆盖的情况下,生物对岩溶强烈发育起着非常重要的作用。不同气候条件下,各种酸类的含量不均。生物作用生成的碳酸及有机酸占很大的比重;在对碳酸盐岩具有侵蚀性的各种酸类的总量中,碳酸和有机酸可占 79%~93%^[1]。

(3) 影响水溶液的扩散溶蚀。

在一定压力状态下,随着温度的升高,水中二氧化碳含量相应降低。但是,在通常情况下却是由于温度的升高,水对碳酸盐岩的溶蚀能力却增强了。这种矛盾现象的出现,一方面是由于温度高虽然使水中二氧化碳的溶入量减少,但仍易于得到二氧化碳的不断补充;另一方面是由于温度高,有利于水的扩散、弥散作用,从而增强水的溶蚀能力。珊瑚生长速率和洞穴钙华沉积速率,也清楚反映了温度高,它们的生长速率也大。但是,在高山寒冷条件下,有来自地下深处的二氧化碳大量补给,使水中溶蚀较多碳酸盐岩成分,这时若遇到适宜的条件,其钙华沉积速率可较大。这种情况,应当看作是地下高温状态下补充大量二氧化碳,而产生的强溶蚀-沉积作用的结果。

二、非岩溶的地理含义

关于“非岩溶”,目前还没有明确的定义。大都与“岩溶”区地质岩性有别的表征现象而提出。本书将引用此“非岩溶”概念,即指非可溶性岩,而非岩溶区指的是非碳酸盐岩分布区。非岩溶区的地理环境特征主要表现为,地质环境比较稳定,地表水系相对发育、土壤覆盖连续,厚度较大,黏性较好,有利于水土保持,区域内植物生长发育相对良好,层次分明。

关于“岩溶与非岩溶”地理环境的对比已有大量研究,尹观等(2001)^[2]对岩溶区与非岩溶区的氡过量参数(d)变化情况进行对比研究,曹建华等(2004)^[3]比较研究我国西南区各省岩溶县与非岩溶县受地质条件制约的自然生态和社会经济发展情况,李涛和余龙江(2006)^[4]对西南岩溶与非岩溶区的植物适应性机制开展对比研究,栗茂腾等(2006)^[5]对比研究岩溶与非岩溶区的扇叶铁线蕨叶片结构,李小芳等(2006)^[6]对岩溶与非岩溶区的土壤 Zn 元素形态进行对比分析,黄黎英等(2007)^[7]和申宏岗等(2007)^[8]对比研究岩溶与非岩溶区的土壤溶解有机碳情况,周莉等(2007)^[9]、赵仕花等(2007)^[10]和申宏岗等(2008)^[11]对岩溶和非岩溶区的土壤有机质和氮含量开展对比研究,杨平恒等(2007)^[12]对云南某小流域的岩溶和非岩溶地貌进行对比分析,匡昭敏等(2007)^[13]对岩溶和非岩溶区的旱情进行对比研究,徐祥明等(2007)^[14]对岩溶和非岩溶区的牧草养分进行对比分析,余龙江等(2007)^[15]和李小芳等(2007)^[16]对岩溶与非岩溶区的黄荆和欆木叶片结构进行对比研究,黄玉清等(2008)^[17]对比研究青冈栎叶片气体交换特征,韦红群等(2008)^[18]对比研究岩溶非岩溶区田杆还田对活性酶的影响,蔡德所和马祖陆(2008)^[19]对漓江流域的岩溶和非岩溶的生态环境问题开展对比研究,杨霄等(2008)^[20]对比研究岩溶与非岩溶

区玉米光合作用及其含 Zn 状况,马祖陆等(2009)^[21]对岩溶和非岩溶区的湿地作对比研究,韦红群等(2009)^[22]对比分析柱花根系及其根际微生物类型,刘彦等(2010)^[23]对岩溶和非岩溶水环境中的单生卵囊藻进行对比研究,陈家瑞等(2010)^[24]对岩溶与非岩溶区土壤中的微生物数量进行对比分析,曹建华等(2011)^[25]对植物叶片中钙形态进行对比研究,甘春英等(2011)^[26]对比研究连江流域岩溶与非岩溶区的植被覆盖状况,黄芬等(2012)^[27]对比分析岩溶与非岩溶区域植物对钙环境的适应性,关保多等(2012)^[28]对广西岩溶与非岩溶区的作物蒸散量进行对比研究,杨洪和李荣彪(2012)^[29]对凯里舟溪岩溶与非岩溶区域的植被多样性做了对比分析,申泰铭等(2012)^[30]对岩溶与非岩溶区的水体碳酸酐酶活性特征进行对比研究,高喜等(2012)^[31]对岩溶与非岩溶区的土壤微生物活性进行对比分析,王静等(2013)^[32]对岩溶与非岩溶区的桂花和青冈栎凋落叶的分解速率和营养释放规律进行对比研究。

以上研究表明,与岩溶区相对比,非岩溶区具有独特的地理环境特征而被人们所关注。

三、岩溶与非岩溶的地理差异

中国西南岩溶石山区岩溶发育的地质历史背景,决定其碳酸盐岩主要分布于 NE 向的构造隆起带上^[3]。碳酸盐岩是构成岩溶地貌及其生态系统的物质基础,碳酸盐岩的层位、矿物成分和化学成分、出露条件和岩溶发育特征都将影响岩溶地貌特征和生态系统的结构、运行规律^[3]。

岩溶较发育的地区,大气降水是各类水体唯一的补给源,其地下水多为岩溶水^[2],因此,区内地表径流量在雨天和朗天变化非常大。而非岩溶区有明显的地下水承压含水层和浅层含水层,水体是由大气降水和岩层中的水共同补给^[2]。因此,区内的地表径流在短时间比较均匀,在丰水期和枯水期才有明显的变化。尹观等(2001)对岩溶区与非岩溶区的氡过量参数(d)变化情况进行对比研究发现,岩溶水的 d 值一般较低,反映了岩溶区内水/岩作用所导致的氧同位素交换较非岩溶区容易,交换量高^[2]。

2007 年贵州省农业地质环境调查中,采集不同时代不同岩性 38 件样品,分析测试 Mn、Mo、V 等 62 种微量元素和 P、K、Ca、Mg、Fe、Si 以及 Al 7 种大量元素,发现贵州碳酸盐类岩石中石灰岩、白云岩的 CaO、MgO、Cr 呈高背景分布,即岩石富钙镁,土壤贫钙镁,农作物缺钙镁。而农作物生长需要的微量元素和有益元素 Fe、Cu、Zn、Mn、B、N、V、P、Co、Ni、K 等则常常缺乏。非碳酸盐类岩石中 SiO₂、Al₂O₃ 远高于碳酸盐类岩石中含量^[33]。对石灰岩、白云岩等碳酸盐岩以及碎屑岩、变质岩等非碳酸盐岩类岩石中元素含量统计对比,碳酸盐岩岩石中微量元素含量为 35.3227×10^{-4} ,仅是非碳酸盐岩 108.942×10^{-4} 的三分之一,大量元素和有机质含量也远小于非碳酸盐岩,pH 值更偏碱性,而非碳酸盐类岩石则偏中酸性。可见,岩溶与非岩溶是两个具有明显差异的地质背景。

高喜等(2012)^[31]岩溶区土壤的 pH 值比非岩溶区普遍高出 2~3 个单位。这种差异主要

是由成土岩石的岩性造成的,岩溶区土壤由碳酸盐岩发育而成,非岩溶区土壤由碎屑岩发育而成。由碳酸盐岩发育的土壤呈偏碱性,因而成土的地质背景造成了土壤 pH 的差异^[34],岩溶区与非岩溶区不同土地利用方式下土壤 pH 均表现为草丛>灌木丛>林地^[31]。土壤有机质、全氮、速效氮含量在相同土地利用方式下均表现为岩溶区>非岩溶区,不同土地利用方式下岩溶区和非岩溶区均表现为林地>灌木丛>草丛,土壤全磷含量在相同土地利用方式下均表现为岩溶区>非岩溶区,不同土地利用方式下岩溶区表现为灌木丛>草丛>林地,非岩溶区表现为草丛>灌木丛>林地。土壤全钾含量在相同土地利用方式下均表现为非岩溶区>岩溶区,不同土地利用方式下岩溶区表现为灌木丛>林地>草丛,非岩溶区表现为草丛>灌木丛>林地。这是由于不同的地质背景和土地利用方式造成的土壤肥力差异:岩溶区土壤富钙偏碱,可溶性碳酸盐能与土壤腐殖质结合、凝聚,形成稳定的腐殖酸钙,有利于土壤有机质的积累^[35]。土壤中氮源主要是土壤的生物作用,由于表层土生物富集作用,植物吸收利用的氮又以有机残体归还土壤,土壤中的氮素绝大部分是以有机氮以及植物和微生物等的残体存在^[36、37],所以造成了不同土地利用方式下土壤全氮含量的差异性,由于土壤全钾与土壤养分在土壤中的化学行为有关,非岩溶区土壤全钾含量比岩溶区高说明非岩溶区土壤对营养元素钾的化学行为影响比岩溶区土壤大。

土壤元素含量受成土母质和成土过程的影响。一般情况下,石灰岩形成的土壤比砂页岩形成土壤 Zn 含量要高^[38]。这主要是因为石灰土成土母质石灰岩和白云岩中 Zn 的含量要高于砂页岩^[39]。同时,石灰土形成过程中,土壤的富钙、偏碱性也使得 Zn 成为不易淋失的元素,容易相对富集^[40]。李小芳等(2006)^[6]对岩溶与非岩溶区的农田和森林土壤 Zn 元素形态进行对比分析表明,土壤中 Zn 元素主要以残渣态(占总量 68.5%~85.0%)存在,而岩溶区比非岩溶区的要高,另外,岩溶区石灰土中 Zn 元素相对活泼态(离子交换态、碳酸盐结合态、腐殖酸结合态)含量均比非岩溶区对应的要低,而相对稳定态(铁锰氧化物结合态、强有机结合态)的含量均相反。这意味着岩溶土壤地球化学环境对土壤 Zn 的迁移、富集、形态转换具有明显的影响。

黄黎英等(2007)^[7]对岩溶区和非岩溶区土壤溶解有机碳(DOC)含量的季节动态进行研究,结果表明,石灰土中溶解有机碳的质量分数为 $19.367\ 5 \sim 143.252\ 4\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,红壤的为 $221.165\ 2 \sim 1\ 016.602\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,石灰土因其偏碱、高钙镁、高有机质含量的特性而使得 DOC 含量远低于非岩溶区红壤的含量;在空间分布上都随土壤深度增加而降低。石灰土和酸性土 DOC 含量在秋季都达到最高值,在冬季或春季含量最低;岩溶区及非岩溶区土壤 DOC 含量的季节动态变化可以划分为 4 个阶段:(1) 9—10 月高温少雨,植物凋落物增多,DOC 含量在一年中最高;(2) 11—12 月,气温迅速降低,微生物活性随之降低,DOC 含量下降;(3) 12 月月底—4 月,前期(12 月至次年 2 月)DOC 浓度随土壤有机质含量的增加而增加;后期(3—4 月)气温回升,降雨频繁,生物复苏,生物活动旺盛,土壤 DOC 含量迅速增加;(4) 5—8 月,高温多雨,DOC 转化为 CO_2 释放出来,部分 DOC 随雨水淋失,土壤中 DOC 总含量不高。申宏岗等(2007)^[8]对岩溶区与非岩溶区土壤溶解有机碳的空间变化研究,结果表明,非岩溶区的土壤溶解有机碳含量较岩溶区高,20 cm 深度比 50 cm 的高。这是因为,

土壤溶解有机碳来源于植物枯枝落叶、土壤腐殖质、微生物伤亡个体及根分泌物，在非岩溶区，土壤受雨水淋失较少，土壤中所溶解的物质并不随雨水的流失而消失，而在岩溶区，土壤受雨水淋失影响较大，土壤中可溶解的有机物随雨水流失，导致土壤中的有机物质减少。同时，低 pH 对应较高的土壤溶解有机碳含量。

周莉等（2007）^[9]对岩溶区和非岩溶区的林地、灌丛地、果园等土壤的土壤有机质和氮含量进行测定分析，结果表明，在相同土地利用方式条件下，岩溶区的土壤有机质、全氮和碱解氮含量大都高于非岩溶区。这是由于岩溶区土壤富钙偏碱，可溶性碳酸盐能与土壤腐殖质结合、凝聚，形成稳定的腐殖酸钙，有利于土壤有机质的积累^[35]。在不同土地利用方式条件下，岩溶区土壤有机质、全氮和碱解氮含量表现为林地 > 灌丛地 > 柚子园 > 银杏园，而非岩溶区土壤的各项指标差异较大、规律不明显。赵仕花等（2007）^[10]对比分析岩溶区和非岩溶区土壤有机质与氮，结果表明，岩溶区和非岩溶区的有机质、全氮和有效氮的含量都是表层明显高于底层；相同土地利用类型下，有机质、全氮和有效氮在 0~20 cm 的含量是岩溶区高于非岩溶区，且林地 > 灌丛地 > 耕地；有效氮含量与全氮和 pH 值有显著的正相关关系。

申宏岗等（2008）^[11]对比研究岩溶区与非岩溶区果园土壤溶解有机碳与土壤养分性质的关系，结果表明，岩溶区土壤 pH 值与土壤溶解有机碳（DOC）呈极显著负相关关系，DOC 与土壤有机碳、全氮、速效氮呈极显著正相关关系，非岩溶区 DOC 与土壤有机碳、土壤全氮含量呈正相关关系。

韦红群等（2008）^[18]对比研究岩溶区与非岩溶区秸秆堆土壤酶活性影响，结果表明，白酶的活性是非岩溶区的大于岩溶区，氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶和纤维素酶活性基本上都是岩溶区的大于非岩溶区，从秸秆降解率来看也是岩溶区的要稍高于非岩溶区。由此认为，秸秆在岩溶区土壤中的降解作用比非岩溶区更强。

栗茂腾等（2006）^[5]对比研究扇叶铁线蕨叶片对岩溶和非岩溶环境的生态适应性，结果表明，岩溶区生长的扇叶铁线蕨的叶片具有旱生植物叶片特点，即叶片为等面叶，叶肉细胞排列较为紧密以及叶片维管组织发达等，叶片表面特别是叶脉位置具有明显的刺状结构，超薄切片发现这些刺状膨大部分细胞内存在液泡结构，并且这些刺状结构在叶片抽真空的过程中变瘪，说明这些刺状结构可能具有储存水分的功能。非岩溶区生长的扇叶铁线蕨的叶片为异面叶，特点为叶肉细胞排列相对疏松，维管组织不发达，叶片表面具有很多明显的凹槽状结构。余龙江等（2007）^[15]对比研究岩溶区和非岩溶区的黄荆和欆木的解剖特征进行了比较研究，并对两区的黄荆叶片表皮形态进行了扫描电镜观察。结果显示：（1）两地的黄荆叶片背面均有浓密的绒毛，但致密程度有差异，岩溶区黄荆叶片的气孔深藏于绒毛间隙，这种结构可减少水分蒸发，降低因岩溶干旱带来的水分缺失。（2）岩溶区黄荆和欆木的叶片厚度、上下表皮厚度、栅栏组织的厚度以及栅栏组织的致密程度均大于非岩溶区，这些特征有利于减少水分蒸腾。（3）岩溶区黄荆和欆木叶片的维管组织发达程度高于非岩溶区，有利于在蒸腾减小的情况下促进水分运输和营养元素的迁移，说明两种植物叶片结构特征在不同生境区的改变是其长期在岩溶区干旱环境条件下形成的适应性变化。