

喀斯特峰丛洼地脆弱农田环境的生态重建

2017 “探索塑造未来” ——构建喀斯特生态文明

服务宣传手册

生态文明之路



生态文明之路



中国科学院亚热带农业生态研究所

中国科学院环江喀斯特生态系统观测研究站 编印

目 录

第一部分	喀斯特峰丛洼地环境对农业种植业发展的制约.....	1
第二部分	生态重建可持续的喀斯特峰丛洼地农业体系.....	3
第三部分	可持续性喀斯特峰丛洼地生态农业体系生态重建的实践.....	4
1.案例一	古周替代型草食畜牧业发展模式示范区.....	4
2.案例二	下塘石漠化垂直分带治理与养殖废水处理模式示范区.....	6
3.案例三	大安经济林果科技示范园区.....	8
4.案例四	同进特色经济林果-休闲观光复合产业示范区.....	10
第四部分	喀斯特峰丛洼地生态农业体系生态重建的关键技术.....	12
1.技术一	喀斯特峰丛坡地水资源立体调控与高效利用模式.....	12
2.技术二	峰丛洼地土壤漏失阻控技术.....	14
3.技术三	林药、林果、林草及食用菌复合经营与衍生产业技术.....	17

第一部分 喀斯特峰丛洼地环境对农业种植业发展的制约

喀斯特石山区土层浅薄、土被不连续，其独特的地表地下双重空间结构致使水土资源的流失。

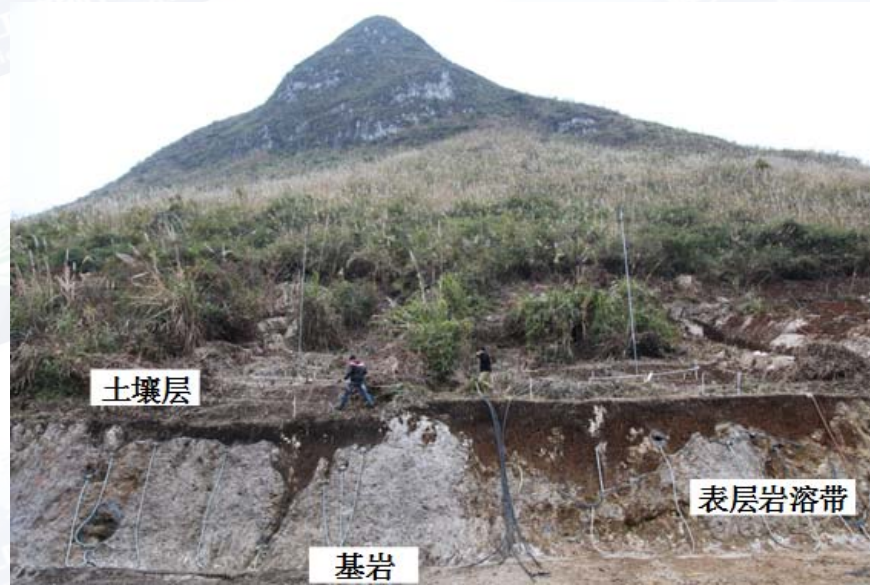


图 1 喀斯特石山区土壤分布状况

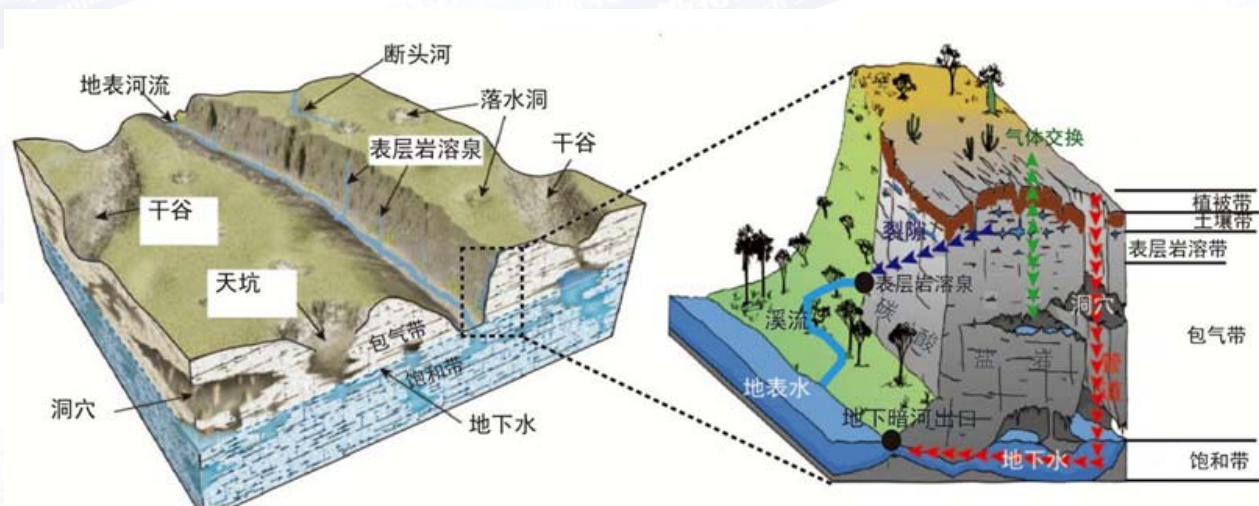


图 2 喀斯特地表地下的双重空间结构示意图

在农业活动的干扰下则可能加剧水土资源流失的趋势，尤其是以玉米种植为代表的一年生作物传统旱作耕作方式，由于人为耕作活动

反复扰动土壤，从而加剧石山区坡地土壤流失与土壤有机质等养分物质含量急剧下降。



图3 喀斯特石山区玉米种植易导致石漠化发生

雨季中的暴雨期间，喀斯特峰丛洼地常常由于水源补给与排泄不平衡而造成“旱涝同现”，传统农作物玉米因此容易受灾甚至导致绝收。



图4 喀斯特峰丛洼地旱涝交替致使农作物受灾、绝收

第二部分 生态重建可持续的喀斯特峰丛洼地

农业体系

生态重建是协助一个遭到退化、损伤或破坏的生态系统恢复的过程。它的目的是要建立一个既符合自然生态演替规律，又与人类社会、经济发展需求结合的可持续生态系统，重建生物种类不一定是原生的物种，可以通过应用各种科技、工程措施，人工设计而辅以构建的生态系统。通过丰富人工生态系统的多样性：合理的、多种类间作、混作、轮作、与多层次(乔、灌、草、水体等)结构配置，或农、林、牧(草)、副、渔的多种经营组合来达到生物多样性与社会、经济需要相结合的目的构成的“农林牧复合系统”，将对于喀斯特峰丛洼地退化生态系统的恢复重建与优化人工生态系统的具有十分现实的指导意义。

对于退化的喀斯特峰丛洼地农业生态系统，土地整理是生态重建可持续性农业体系的有效途径。喀斯特石山区地表环境受地质结构、生态系统脆弱性的制约，具有明显的异质性特征。因此，兼顾地域环境的差异性与关联性的同时，根据不同地域空间的资源禀赋特性，结合当地社会、经济发展需求，实施土地整理，对退化区重组地块功能和重塑生态系统过程，配合土地平整规划设计、农田水利规划设计与农田生态林网规划设计，能够增加有效农用地的利用面积，提高产出效率，缓解人地矛盾。

第三部分 可持续性喀斯特峰丛洼地生态农业体系

生态重建的实践

1. 案例一 古周替代型草食畜牧业发展模式示范区

主要技术模式：

针对喀斯特石漠化地区可耕土地资源少、传统农耕模式发展受到制约、贫困人口连片集中分布、扶贫开发难度大等问题，将生态功能修复与生态衍生产业培育、民生改善有机结合，基于景观格局优化和水土过程的综合调控，优选确定适于喀斯特区域生态环境特点的人工草地牧草组合，发展了喀斯特峰丛洼地替代型草食畜牧业发展模式。通过在石旮晃地、乔木林下科学种植优质牧草，提高石漠化地区地表植被覆盖度；建设牛舍，引种优质肉牛品种，变放养为圈养，大力推进肉牛规模化养殖，促进富余劳动力的转移与就地就业，实现喀斯特山区产业结构调整和社会经济的持续发展。

模式技术构成与特点：

该模式以增加森林植被为主要目的，通过人工造林，林下种植牧草，实行“造、封、管、沼”等多措施并举，遏制水土流失和土地石漠化，林下种草，发展菜牛养殖，提高农民收入，实现生态、经济效益统一协调发展。主要包括牧草耐涝栽培、耐旱植被群落优化配置、适生优良树种苗木繁育、峰丛洼地水土流失防治等生态适应性修复技术。

技术构成：1) 树种选择：选择适应性强、根系发达，水土保持功能好，具有一定经济效益的香椿、任豆、肥牛树等树种；牧草以紫花苜蓿、桂牧一号、多年生黑麦草等为主；2) 土地整理：块状整体，根据不同树种、苗龄，整地规格为30cm×40cm×25cm或40cm×40cm×30cm，

“品”字型配置，整地时间为每年 11 月至次年 1 月中旬旱季；3) 苗木：尽量选用容器良种壮苗，并使用生根粉和保水剂，提高造林成活率；4) 栽植密度：株行距为 $2\text{m} \times 3\text{m}$ ，陡坡兼种牧草株行距为 $3\text{m} \times 3\text{m}$ ；5) 栽植：行间或带间混交，覆土至苗木根际以上 3-5cm，牧草以点播或散播种植；6) 抚育管理：从造林当年开始，每年 1-2 次，刀抚、锄抚相结合，尽量保留株行距间的灌木、草本，追肥每年 1 次，每次每株 150g，连续 3 年，复合肥为主。

推广应用及成效：

该模式先后在黔桂喀斯特山区大范围推广应用，广西环江古周示范区面积 1982 公顷。经过近五年来的试验示范，示范区植被覆盖率提高了 40%左右，达到了 91%，土壤侵蚀模数下降了 30%左右；人均纯收入显著提高，已接近或超过环江县平均水平，平均每户每年增收 3000-5000 元，人均年纯收入提高 17-25%。该生态恢复与产业发展模式被国家发改委遴选为喀斯特山区产业发展的典型案例石漠化治理的典型样板。



图 5 环江古周替代型草食畜牧业发展模式与成效

2. 案例二下塘石漠化垂直分带治理与养殖废水处理模式示范区

主要技术模式：

针对桂西北喀斯特峰丛洼地石漠化多分布于峰丛中下部和坡麓地带、洼地旱涝灾害频繁发生等问题，根据坡顶、坡上部（石质坡地）-坡腰（土石质坡地）-坡麓（土质坡地）-易涝洼地的垂直分异规律，提出了因地制宜的峰丛洼地石漠化垂直分带综合治理模式，主要包括喀斯特退化区群落优化配置、土壤漏失阻控、峰丛洼地避洪耐涝、水土流失防治等技术。针对流域典型规模化养殖场和农村污水问题，建立具有流域特色的绿狐尾藻污水治理技术示范工程，开展绿狐尾藻对养殖及制糖污水氮磷的去除机理研究及示范。

模式技术构成与特点：

该模式突出了石漠化治理措施和乡村环境改善的立体布局，形成了石漠化治理和美丽乡村建设相结合的治理模式。

石漠化垂直分带治理模式技术构成：1) 封山育林与人工造林相结合，提高植被覆盖度；2) 坡顶和坡上部石质坡地：全面禁封，自然修复为主恢复植被，避免土壤扰动，形成多年生的植物根系网封闭孔隙、孔洞，防治地下和地表土壤流失；3) 坡腰土石质坡地：防止犁耕侵蚀，尽可能退耕还林、还灌、还草，营造经济林、生态林和围栏放牧，防止犁耕运移土壤直接驱动土地石质化和农耕破坏植物根系、扰动土壤而促进土壤的地面和地下流失；4) 坡麓土质坡地：采用以坡改梯为核心措施的水土流失防治模式；5) 洼地：以水利工程避洪耐涝，建设高产稳产基本农田。

乡村养殖废水处理模式技术构成：1) 养殖场和村落：建设 180 立方米的化粪池，1200 立方米的四级湿地；2) 池塘：种植有 700 平方米狐尾藻，可有效净化水中的有机物、氨氮、磷酸盐等，还可去除异味；3) 最终废水：氮、磷及 COD 等去除达到 95%以上，治理污水水质达四

类标准，引起了广西区畜牧水产局领导的重视。

推广应用及成效：

该模式已在桂西北喀斯特峰丛洼地石漠化严重小流域推广示范应用，其中广西环江县下南乡下塘示范区通过 2014-2016 年的治理，封山育林面积 2000 余公顷，营造林面积 62 公顷，森林覆盖率增加 4 个百分点，石漠化得到控制，生态环境明显改善。

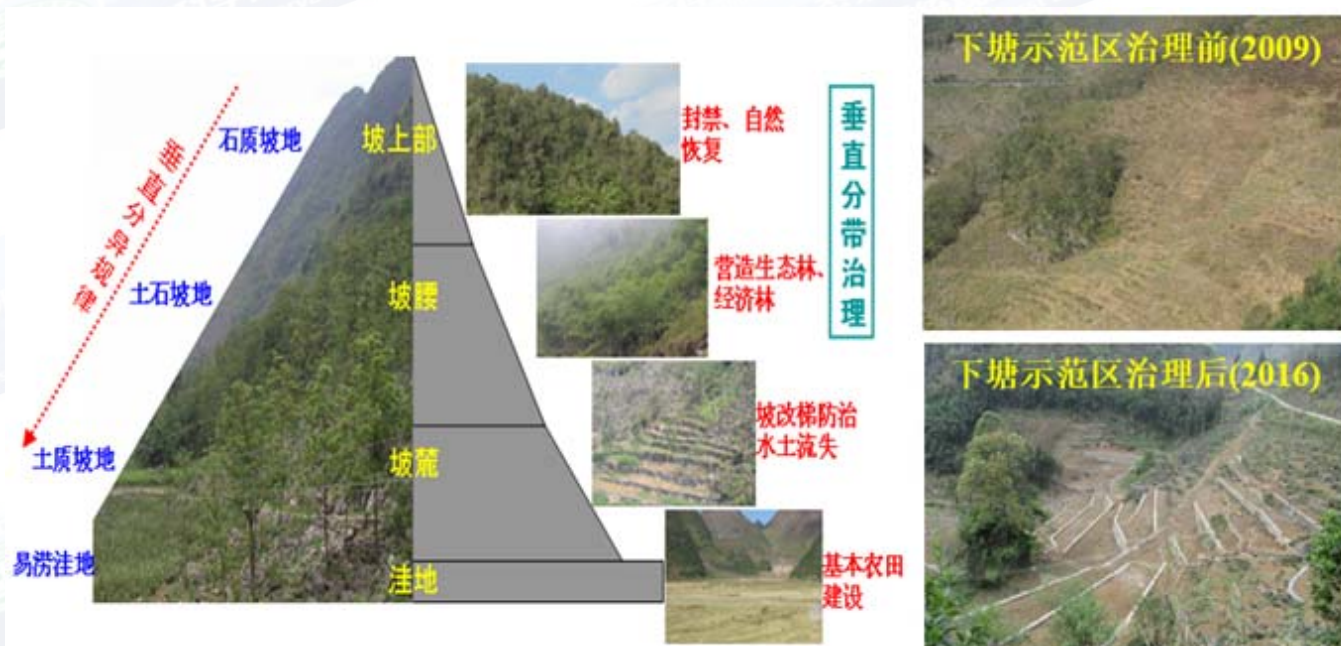


图 6 下塘小流域因地制宜的石漠化垂直分带治理模式



图 7 下塘小流域农村面源污染生态治理示范

3. 案例三 大安经济林果科技示范园区

主要技术模式：

针对桂西喀斯特峰丛洼地潜在石漠化发生区，在围绕水土综合整治技术的特色生态衍生产业开发中，以原有“科研单位+公司+基地+农户”运转模式的基础上，通过植物种质资源的引种、筛选和驯化，获得适应不同喀斯特生态功能区的优良经济/环境植物和退耕还林（果）种草模式，发展林下种养产业，实现适应性生态修复。



图8 大安经济林果科技示范园核心园区鸟瞰图（2016年）

模式技术构成与特点：

目前，已建立了1200亩红心香柚、100亩默科特柑橘和200亩山核桃共计1500亩特优水果种植示范基地；建立了2个200亩年产70万株的红心香柚，W默科特柑橘和山核桃苗木专业苗圃；辐射推广红心香柚种植区1.85万亩；应用经济林果优化配置、土壤保水技术、平衡施肥等多项技术，指导现代经济林果种植区基础设施建设、分区布局、产业功能优势、产业发展规划、科研成果展示、配套设施建设、产业

发展宣传等方面内容，使之充分体现经济林果产业的扶贫效益、生态效益和经济效益。

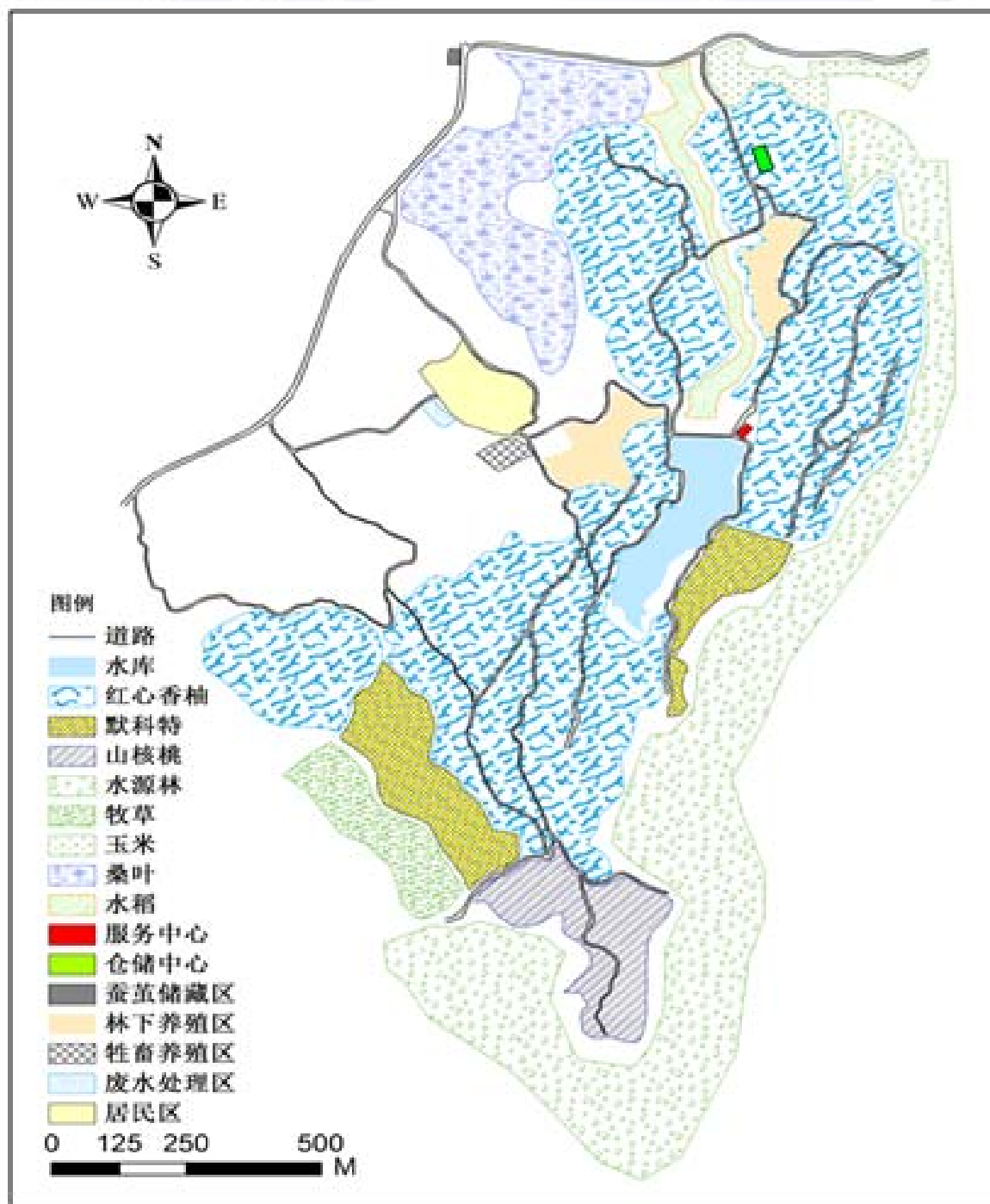


图9 大安经济林果科技示范园区规划图

推广应用及成效:

经过推广示范，目前环江县红心香柚种植面积已达到 4.8 万亩，

产量 7200 吨，产值 4320 万元。2015、2016 环江县已连续举办两届“红心香柚节”。红心香柚已经成为环江县“八大扶贫产业”之一，并成为环江新的支柱产业。环江喀斯特站组织以广西金果生态农业发展有限公司大安红心柚基地为核心申报的“广西环江农业科技园区”于 2016 年获自治区批准。

4. 案例四 同进特色经济林果-休闲观光复合产业示范区

主要技术模式：

针对喀斯特石漠化区生态系统抗干扰能力弱，土地资源有限，人地矛盾突出，依托非喀斯特区优势水土资源和生态旅游资源，将异地特色高值生态产业发展与生态移民工程相结合，通过非喀斯特移民接收区农业产业结构调整 and 增收渠道拓展，吸收接纳喀斯特石漠化区的移民，实现超载人口的易地扶贫和石漠化区生态环境有效恢复。该模式通过发展非喀斯特区特色经济林果-休闲观光复合产业，解决石漠化区超载人口外出务工人员与自发移民的劳动就业，在拓展喀斯特区群众增收渠道的同时，缓减石漠化区生态环境压力。主要包括流域适应性景观及生态功能分区设计、特色生态高值植物选育、水-土-植被产业技术空间优化配置、长短结合的特色产业培育、生态旅游与田园休闲农业等特色产业发展技术。

模式技术构成与特点：

技术构成：1) 流域适应性景观及生态功能分区设计：基于生态系统植被、土壤本底调查和生态环境承载力评价，优化农业和生态产业结构空间格局，构建流域适应性景观及生态功能分区设计；2) 特色生态高值植物选育：根据流域土壤和生态环境特点，选择经济效益高、适生性强的沃柑、红心柚、贡柑、砂糖橘、澳洲坚果等特色林果，进

行苗木培育、适生栽植与综合管理；3) 水-土-植被产业技术空间优化配置与长短结合的特色产业培育：根据流域水土资源和产业分布特点，集成雨水-地表水-表层岩溶水综合调蓄和高效利用技术的空间优化布局，配以坡改梯、植物篱、功能型草本植物培肥固土等措施，形成沃柑、红心柚、贡柑、砂糖橘、澳洲坚果等长期收效林果与三叶青、牛大力、白芨、铁皮石斛等可短期收效特色中草药的复合种植模式；4) 生态旅游与田园休闲农业产业培育：整合流域优势旅游资源和特色林果种植，发展集生态观光、休闲采摘和游乐运动于一体的生态旅游与田园农业模式。

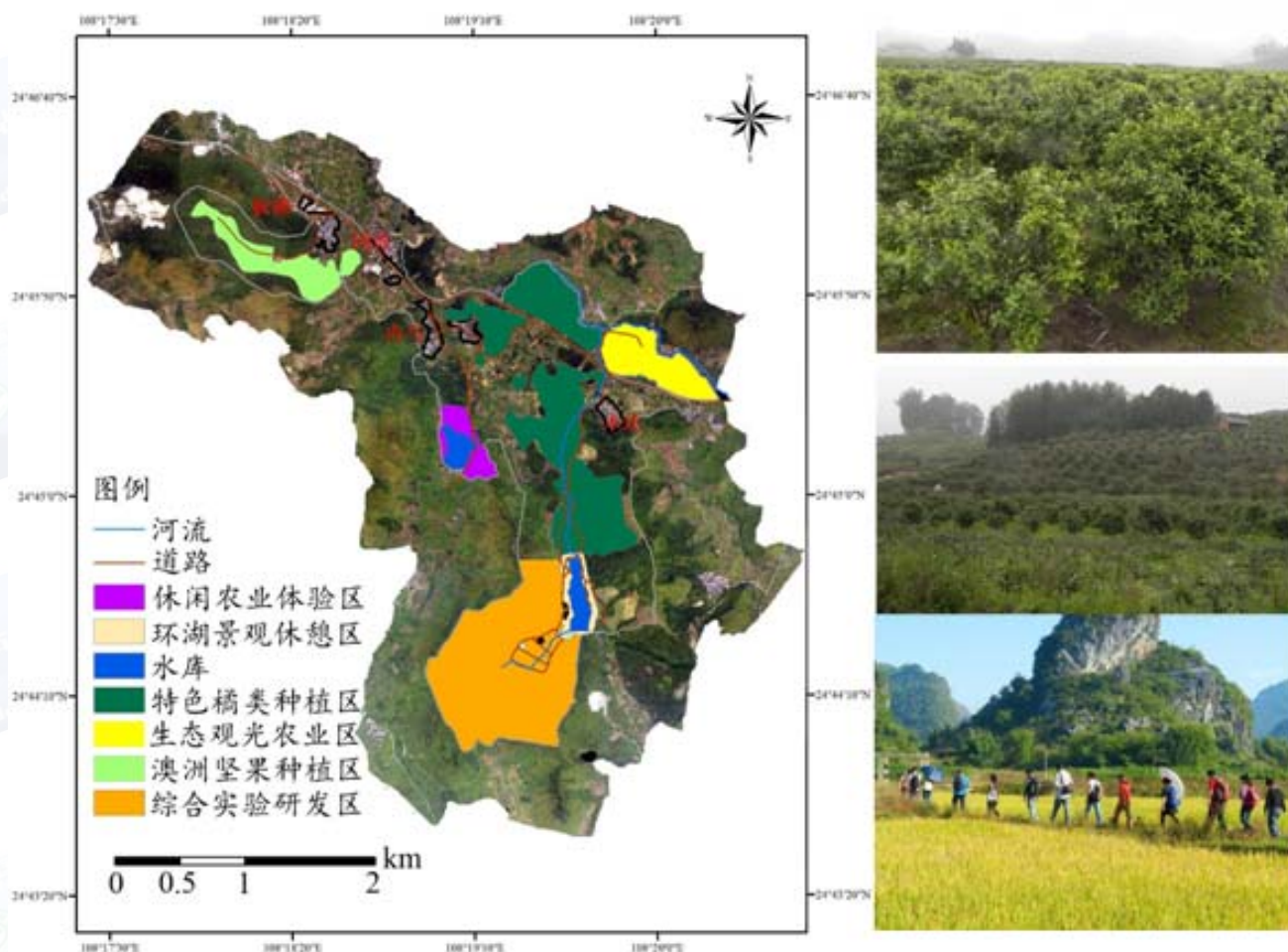


图 10 同进复合型生态产业示范区规划及模式实施图

推广应用及成效：

该模式已经在桂西北喀斯特与非喀斯特交错区推广应用。同进复

合型生态产业示范区经过 2015-2016 年两年的规划建设，已经形成生态-生产效益良性循环的示范基地。其中同进示范区特色橘类种植面积 1500 余亩、澳洲坚果种植面积 80 亩、培育生态观光与田园休闲农庄两家，面积 150 余亩。目前示范区特色水果亩产可达 11000 到 23000 元，实现经济效益的大幅提升。当前示范区规划较好地提高了区域生态服务功能，形成生态友好的生产技术体系，建立石漠化综合治理的新型产业模式，最终可以实现生态环境可持续发展下的农民增收和民生改善。

第四部分 喀斯特峰丛洼地生态农业体系生态重建的关键技术

1. 技术一 喀斯特峰丛坡地水资源立体调控与高效利用模式

针对喀斯特峰丛坡地地下水文过程的水资源调蓄和高效利用方法，是解决该区岩溶干旱、养分丢失、面源污染等问题的关键。研发出一种兼顾地表、地下水文过程的喀斯特峰丛坡地水资源立体调控与高效利用模式。通过在喀斯特峰丛坡脚修建深达基岩的多界面径流拦截深沟，在深沟断面上修建集流设施，将土壤-表层岩溶带-基岩作为一个整体考虑，对大气-土壤界面产流、土壤-表层岩溶带界面产流、表层岩溶带-基岩界面产流分别进行收集，汇入各自蓄水池储存，根据各界面产流水的水质水量情况用于坡地经济林果灌溉用水或人畜生活用水。

以上水资源调控模式从喀斯特土壤-表层岩溶带三维多界面产流的视角出发，通过在坡麓关键部位修建简单工程设施，实现了对喀斯特地下水文过程这一关键水文路径的高效调控，克服了该区一直以来

地表无水可调的难题。

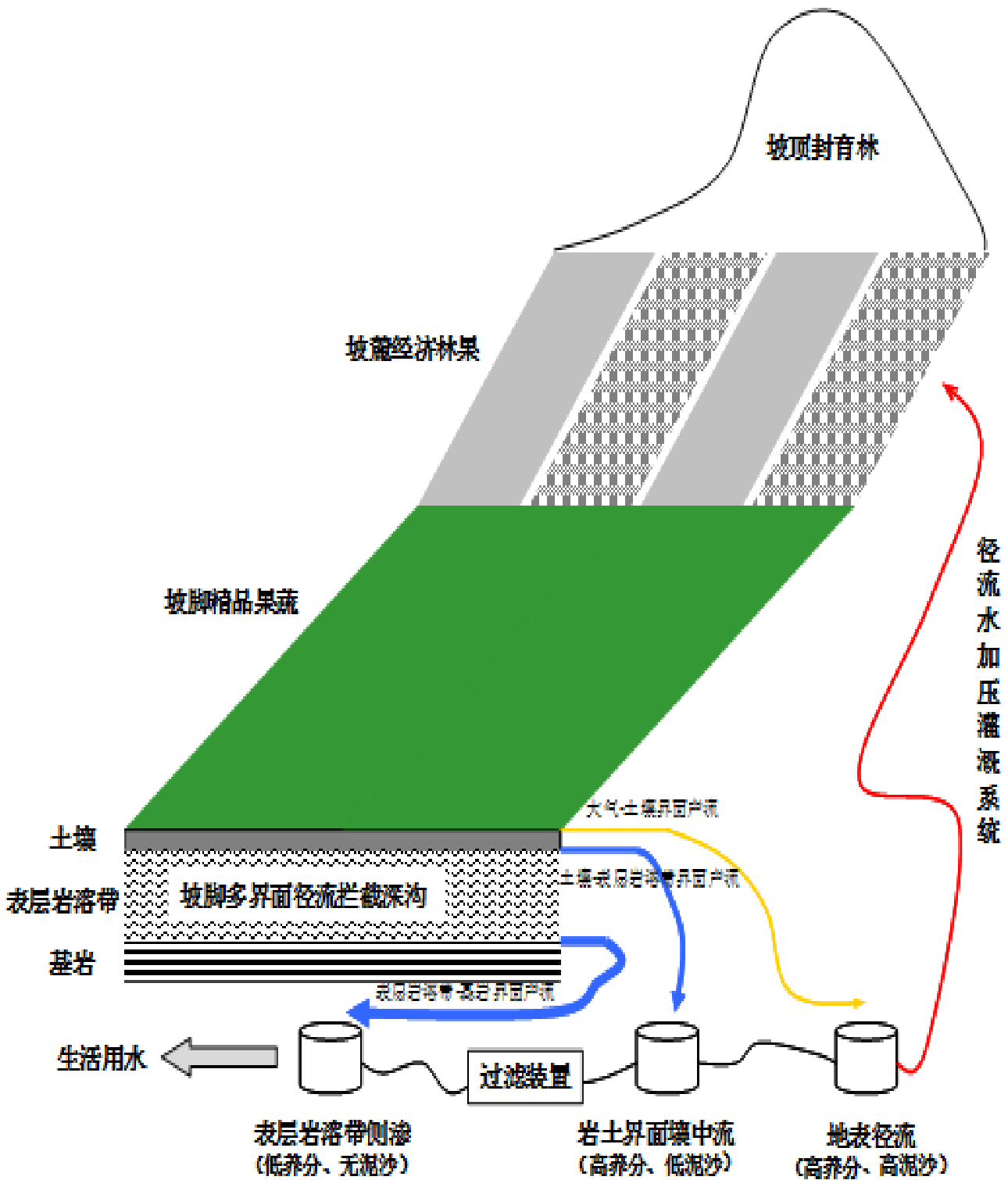
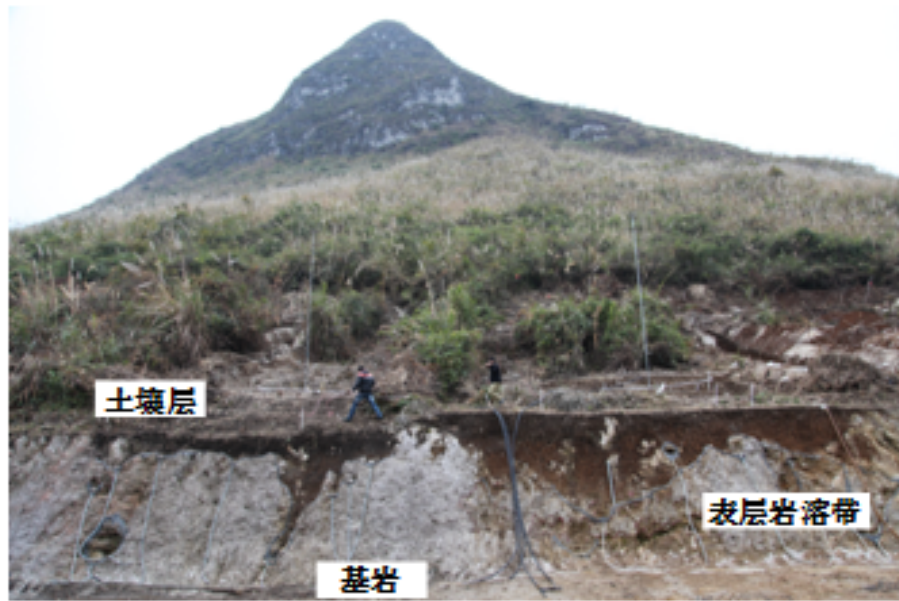


图 11 喀斯特峰丛坡地水资源立体调控与高效利用模式

坡脚土壤-表层岩溶带-基岩多界面三维结构 (施工过程中)



坡脚径流立体调控设施实景 (完工后)



图 12 喀斯特峰丛坡地水资源立体调控模式示范实景

2. 技术二 峰丛洼地土壤漏失阻控技术

喀斯特峰丛洼地地区由于特殊的地质结构与地貌特征，除了具有的

表层土壤侵蚀的水土流失形式而外，还具有通过落水洞、漏斗等微地貌关键带特有的水土漏失形式。雨季降水集中期，旱涝交替频发，易发生水土漏失现象，而水土资源的这一流失方式是导致喀斯特农田土层浅薄，并制约其农田土壤肥力提升的一个重要原因。通过工程措施，围堵落水洞可以有效减少喀斯特峰丛洼地区土壤和养分垂直漏失（图 13）。通过修建围堵落水洞的围墙，并在围墙上留有若干圆形孔，在孔中填充以生物质炭为原料的滤料，用于过滤流入落水洞的水并吸附水中带走的土壤及其养分；为避免雨季的水量可能远超过圆形孔洞的流速，造成漫灌，在落水洞横切面平封并覆盖生物质炭，确保生物质炭能充分吸收水体中的养分（图 14-15）；在兼顾当地有机物资源，分别设计了针对玉米秸秆与蔗渣的生物质炭，作为不同土壤改良剂（组合），以减缓降低土壤氮素养分随径流流失，且玉米秸秆炭改良剂的使用效果要略优于蔗渣炭改良剂的。



图 13 有效阻控峰丛洼地土壤与养分流失围墙设施



图 14 峰丛洼地土壤与养分落水洞流失阻控设施



图 15 改良的峰丛洼地土壤与养分落水洞流失阻控设施



图 16 峰丛洼地土壤与养分落水洞流失阻控设施技术推广应用

3. 技术三 林药、林果、林草及食用菌复合经营与衍生产业技术

针对环江逐渐丰富的森林资源和良好的气候条件，以增加退耕还林、公益林生态经济价值为目的，基于本土药用资源及药材市场的调查，根据不同林分选择适宜的中药材进行复合种植，构建了“次生林+山豆根”、“次生林+白芨”、“次生林+鸡血藤”、“原始/次生林+金线莲”等林药复合种植模式。提高农民收入 2000~8000 元/亩，目前全县以林下生态栽培模式为主的中草药种植面积 1.1 万余亩。



图 17 林药、林草复合经营与衍生产业技术

针对新垦果园前期地表覆盖低、土壤流失严重等问题，通过生草覆盖达到补充土壤养分、保持土壤水分、增加生物多样性、改善果园环境的目的是，通过种植果蔬，形成了“柑橘+三叶草”、“柑橘+黑麦草”、“柑橘+西瓜”、“澳洲坚果+西红柿/辣椒”等林草林蔬复合经营模式。

达到以短养长、长短结合增加附加经济收益的目的。

通过在白丹组织成立新型农民专业合作社，推动迁出居民利用自然资源开展生态养殖产业发展，进行环江菜牛、香猪、山养、山猪、土鸡、土鸭的养殖与销售。在环江喀斯特站中心园区周边区域，组织当地村民大力发展水果种植业，成立合作社统一进行技术指导、组织销售，该合作社目前种植有砂糖橘、默科特、沃柑、皇帝柑、红心香柚、澳洲坚果等优质水果 600 余亩，目前该屯种植面积达到 1200 余亩，每亩水果收入平均 1.6 万元，相对于桑苗种植亩均增收 8000 元。



图 18 林蔬、食用菌复合经营与及技术推广

联合环江绿宝食品有限公司开展桑枝栽培食用菌的示范，目前已年产食用菌 46 万棒，其中灵芝 2 万棒、秀珍菇 40 万棒、香菇 4 万棒。于 2016 年培育绿宝公司另成立环江林森魔芋科技有限责任公司，主要

开展林下魔芋种植，产业链条涵盖生产、加工、销售等业务，目前环江县魔芋种植处于初期发展阶段，2016年已开展魔芋种植示范500余亩，5年内将发展种植面积2万亩，林下经济产业已成为环江县新型产业之一。

通过上述植被复合经营及衍生产业培育技术的实施，延长产业链，产出了具有绿色、环保、健康等特点且市场前景广阔的喀斯特特色植被复合经营产品。为下一步形成大产业、大基地、大龙头、大品牌发展格局，变产业优势为经济优势奠定了基础。技术模式有效服务了峰丛洼地生态脆弱区植被恢复与现代农业发展，促进传统产业结构调整，推动精准扶贫，保障区域可持续发展。^完

中国科学院环江喀斯特生态系统观测研究站

联系电话：0731-84615220；电子邮箱：hja@cern.ac.cn