

文章编号:1001-4810(2008)01-0050-06

# 论岩溶峰丛洼地石漠化的综合治理技术 ——以广西平果果化示范区为例

蒋忠诚<sup>1</sup>, 李先琨<sup>2</sup>, 覃小群<sup>1</sup>, 吕仕洪<sup>2</sup>, 罗为群<sup>1</sup>, 蓝笑宁<sup>1</sup>, 曾建华<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西, 桂林 541004; 2. 中国科学院广西植物研究所, 广西, 桂林 541006)

**摘要:**广西平果县果化生态重建示范区面积600hm<sup>2</sup>,为典型岩溶峰丛洼地,居民贫困、石漠化严重。2001年以来,通过详细调查研究,因地制宜建立了适合峰丛洼地地貌结构特点的复合型立体生态农业模式;开发20多种乡土树种,人工诱导封山育林310hm<sup>2</sup>,开发表层岩溶泉、岩溶天窗和隐伏岩溶管道水资源每年1万多立方米,引进了多种优质高效果树和药材,培植了生态产业,在土地整理的基础上,采用综合措施对岩溶土壤进行了改良,在开发引进多种适宜优质牧草的基础上发展家庭养殖业,提高了生态和农业生产的效果和效率,不但石漠化得到治理,峰丛洼地生态逐步恢复,而且农民纯收入年均增加20%,促进了区域经济的发展。

**关键词:**岩溶峰丛洼地; 石漠化; 综合治理; 广西果化

**中图分类号:**S181 **文献标识码:**A

## 0 前言

我国西南岩溶地区的石漠化问题不仅受到了国内外专家、学者的关注,而且已经引起了党和国家的高度重视。2000年,我国政府就已将“推进西南岩溶地区石漠化综合整治”列入国家目标,“十一五”国家计划纲要中又进一步明确要“加大荒漠化和石漠化治理的力度”。目前,虽然对石漠化的概念、危害与成因已有大量的研究<sup>[1~4]</sup>,对石漠化需要进行综合治理也已成为共识<sup>[5~7]</sup>,实施了一些地区的示范工程并取得了一定的效果<sup>[8,9]</sup>,但具体到某一地区的石漠化,应如何科学采取并有效实施综合治理技术与方法,其研究还比较缺乏。

我国岩溶峰丛洼地面积12.5万km<sup>2</sup>,是岩溶地貌最典型、石漠化最严重的区域之一,生态环境问题十分突出<sup>[10]</sup>,为此,国家“十五”曾设立了科技攻关课题“喀斯特峰丛洼地生态重建技术与示范”,“十一五”又设立科技支撑计划课题“喀斯特峰丛山地脆弱生态系统重建技术研究”,以进行峰丛山区石漠化等生态环境问题治理的技术研究。本文即以该研究中的广西平

果化示范区为例,研究讨论对于一个具体的地区,如何设计并实施石漠化综合治理技术,以推进我国西南岩溶地区石漠化综合治理的技术研究。

## 1 果化示范区概况

果化示范区以广西西部的平果县果化镇布尧村龙何屯为核心,为峰丛洼地生态重建示范区之一,属于复合型岩溶峰丛洼地地貌,面积约600hm<sup>2</sup>。2001年治理前,该区的植被覆盖率和森林覆盖率很低,植被覆盖率不足10%,森林覆盖率不足1%,岩石裸露率大于50%的中度以上的石漠化面积超过土地总面积的一半,石漠化非常严重(图1)。石漠化的结果是导致旱涝灾害非常频繁,土地生产力水平低,农业十分落后,居民生活贫困,2001年人均纯收入只有658元。

## 2 石漠化综合治理的模式与技术选择

针对平果果化示范区存在生态与经济双重压力

基金项目:国家科技支撑计划课题(2006BAC01A10)和广西科技项目(桂科基0575114、桂科转0719005-2-3)

第一作者简介:蒋忠诚(1962-),男,岩溶环境学博士、研究员、博士生导师。E-mail:zhjiang@karst.edu.cn.

收稿日期:2007-10-08

的问题,首先在示范区建设的规划上,要选择适合的石漠化综合治理模式。业已证明,根据峰丛洼地的地貌结构建立立体生态农业模式是一条成功的经验<sup>[11]</sup>,但本区峰丛洼地的地貌结构与广西马山弄拉

不同,是一类大洼地套小洼地的复合型峰丛洼地,因此,建立的立体生态农业模式也是复合式的,与地貌结构相适应(图2)。具体的作法是:



图1 广西平果县果化峰丛洼地石漠化景观

Fig. 1 Rocky desertification landscape of Guohua, Pingguo county, Guangxi

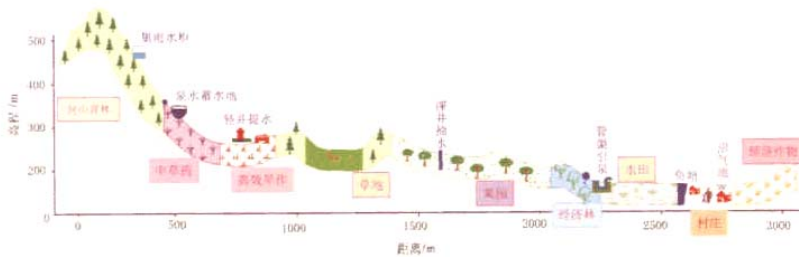


图2 平果果化岩溶峰丛洼地复合立体生态农业模式

Fig. 2 Stereo-ecological agricultural model in karst peak-cluster depression in Guohua, Pingguo

陡峭山峰地段 长期封山育林,重点发展水源林,涵养表层岩溶水,重点研究人工诱导植被恢复技术与表层岩溶水调蓄技术;

峰丛垭口和比较陡的山坡 主要发展金银花(*Flos lonicerae*)、木豆(*Cajanus cajan*)、竹林等水土保持能力强的植物,主要研究土地整理与水土保持技术;

山麓、平缓的山坡 重点发展优质果树和经济林,间种药材,主要研究果树与药材等生态农业技术;

洼地底部 主要为耕地,一部分通过品种改良与土壤改良发展高效旱作粮食作物,一部分发展特色经济作物和种草养畜业。同时,要注意建立洼地的排水系统。

### 3 石漠化综合治理的主要技术与方法

#### 3.1 人工诱导封山育林

在果化示范区,除局部地域残留灌木林和稀疏林

地外,其它山地已退化至灌草丛或草丛阶段,植被稀疏。因此,果化示范区的封山育林工程组织实施应遵循“全面封育为先,人工诱导为辅”的原则,其范围包括荒山、丢荒地(弃耕地)和陡坡耕作地,共实施封山育林面积约310hm<sup>2</sup>,其中全封模式190hm<sup>2</sup>,半封模式120hm<sup>2</sup>。

在现有植被的自我恢复能力和岩溶环境调查的基础上,选择适宜种植的速生先锋树种为人工诱导封山育林的关键树种。因山地上已经种植有落叶树种任豆(*Zenia insignias*)、香椿(*Toona sinensis*)、南酸枣(*Choerospondias axillaries*)、苦楝(*Melia azedarach*),所以,主要加强常绿阔叶树种如青冈栎(*Cyclobalanopsis glauca*)、菜豆树(*Radermachera sinica*)、海南蒲桃(*Syzygium cumini*)、银合欢(*Leucaena leucocephala*)、茶条木(*Delavaya toxocarpa*)等的植树造林和直播造林,并配置灌草种类如云实(*Caesalpinia sepiaria*)构建先锋群落。在有条件的地段进行林下间

作套种名特优药材,重点发展金银花(*Flos Lonicerae*)、苦丁茶(*Ilex kudingcha*)、青天葵(*Nervilia fordii*)、射干(*Belamcanda chinensis*)等,形成复层农林结构;在土层较厚的梯地和洼地种植枇杷(*Eriobotrya japonica*)、火龙果(*Hylocereus undatus*)、黄皮(*Clauцена lansium*)、澳洲坚果(*Macadamia integrifolia*)等经济价值较高的果树。

果化示范区降水主要集中在每年的5—8月,但这一阶段气温偏高,影响造林成活率,所以需根据不同树种选择适当的造林或播种季节。春季和冬季气温相对较低、造林易于成活,但缺乏降雨、土壤水分含量低,常绿树种的生长恢复受到影响,为此,必须采取相应的技术措施加以解决。其中,集流造林技术不失为

解决造林水分不足的一种重要手段,种子直播与营养杯造林结合也有一定的效果。但值得注意的是,一些树种的种子不宜久藏,需要随采随播,如肥牛树(*Muricococcum sinense*)、蚬木(*Excentrodendron hsienmu*)、苹婆(*Sterculia nobilis*)、火果(*Baccaurea ramiflora*)、蝴蝶果(*Cleidocarpon cavaleriei*)等优良造林树种,果实成熟期为6—8月,需要在高温期采播。另外,为提高出苗率和成活率,根据情况,播种时可使用种子营养液、抗旱保水剂、拌种包衣剂等。

### 3.2 岩溶水开发与调蓄

果化示范区缺乏地表水,主要为以地下管道流为主的岩溶水(图3)。可利用的岩溶水资源有三种类型:表层岩溶泉、岩溶天窗和隐伏的岩溶管道水。

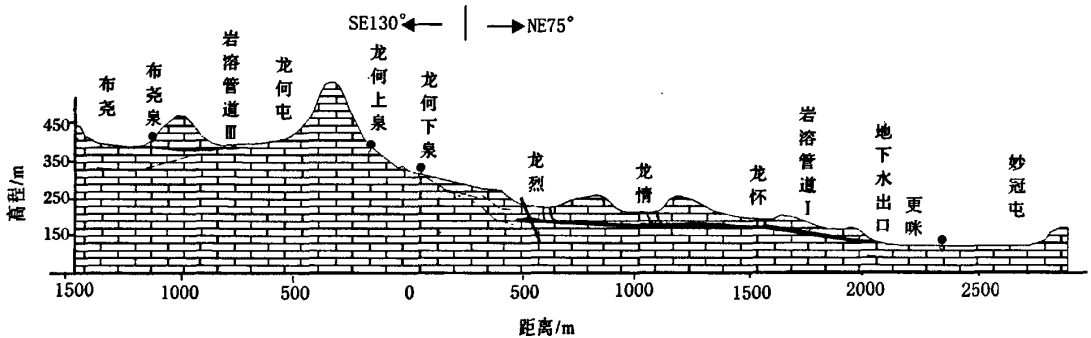


图3 果化岩溶水系统结构剖面图

Fig. 3 Section of karst water system structure in Guohua

区内的表层岩溶泉因位置高,可自流灌溉。主要分布在山峰下与垭口高程相当或山麓地形坡度发生由陡转缓的部位,因山峰石漠化严重,主要为季节性泉,在10月至来年的3月断流,因此需要修建水柜蓄水。水柜的大小要根据需水量和表层岩溶泉的流量及动态变化确定。在本区内,表层岩溶泉水柜的供水量由 $0.1(\text{调蓄系数}) \times \text{年降雨量} \times \text{泉域面积}$ 计算。本区共开发了4个表层岩溶泉,配套修建水柜蓄水池5个共2000多立方米。

位于龙何洼地底部的地下河天窗采取提一蓄一引的方式进行开发,将地下水提到高处,并配套修建一个600多立方米的蓄水池及引水主管道250m,解决了龙何屯114户共530人的自流饮用水(日用水量为 $28.5\text{m}^3$ )及龙何洼地内(约 $10\text{hm}^2$ )全部农作物的自流灌溉。

峰丛洼地底部的岩溶管道水需探明后才能开发。本区为靠近峰林平原的峰丛洼地,其底部的岩溶管道水埋藏很浅,开挖大口井就可开发利用,但由于井位

位置低且汇水范围小,灌溉面积有限,故只开挖了2个大口井。

从总体上来说,由于石漠化地区在干旱季节水源不足,因此除了加强岩溶水开发外,还要研究节水灌溉与水分的高效利用技术。在本区,通过建设滴灌系统和进行降低植物蒸腾与土壤水分蒸发的技术试验,提高了水分利用的效果。

### 3.3 生态产业培植

果化示范区生态产业的发展前景为培植果树和药用植物等经济植物。目前已种植的果树种类(品种)包括火龙果、黄皮、牛心李(*Prunus salicina*)、澳洲坚果和酸梅(*Armeniaca mume*)等,总株数达43618株,合计面积 $33.50\text{hm}^2$ ;栽培的药用植物主要有金银花、苏木(*Caesalpinia sappan*)、苦丁茶和板蓝根(*Baphicacanthus cusia*)等。

发展生态产业,需采取集约型的栽培管理技术,技术要点为:

(1) 选择适生的品种并合理布局 在峰丛山坡应

选喜钙、耐旱、耐贫瘠的品种,洼地底部则选耐涝的品种。具体品种还要通过植物栽培与环境的营养元素与肥力的对比试验研究来确定。

(2)整地 形成地势平坦、排水良好和土层较深的洼地或梯地的种植地,并于播种前深翻土壤,同时每亩施入植物所需要的农家肥与化肥。

(3)播种与定植 如板蓝根的播种,在4月中旬前后,将种子用40℃温水浸泡4h后播种,条播,沟深2~3cm,行距25cm,将种子均匀撒在沟内后覆土至与畦面高度持平,然后盖上一层干草并淋透表土。定植则因树而不同,如澳洲坚果,定植苗选用2年生嫁接苗,株行距为4m×4m,亩植42株;定植坑宽度和深度均为80cm,每株需施农家肥20kg左右。此外,由于澳洲坚果存在较高的自交不孕性的特点,需两个优良品种695与900以1:1的比例混种定植。

(4)田间管理 包括间苗、修剪枝条、除草、追肥和灌溉等,因峰丛洼地生态环境脆弱,所以管理工作非常重要。

(5)病虫害防治 常见叶面病虫(如蚜虫)害,需根据情况不定期喷洒相关农药。

### 3.4 岩溶土壤改良

果化示范区的土壤以棕色石灰土为主。不但土层薄,多为石牙所间隔,而且受富钙地球化学背景与环境石漠化的影响,存在土壤熟化程度和肥力低、保水保肥性能差、微量元素有效态含量极低等问题。因此,除了进行土地整理外,急需进行土壤改良。

前人对岩溶土壤改良的研究不多,因此,先要进行土壤改良试验,然后扩大规模。在本示范区的试验中,针对坡耕地、梯形地、洼地底平地、茶园、火龙果园5种耕地类型,共设立了10块土壤改良实验地和10个对照地,改良总面积1.5hm<sup>2</sup>。对照地采用习惯方法施肥,实验地采用综合性的土壤改良方案,具体改良方案因地制宜。先以当地原料蔗糖滤泥、甘蔗渣、秸秆、沙土、塘泥以及各种有机肥料进行改良,在此基础上平衡施用化学肥料,增加磷、钾、氮肥的施用量,并配合有机肥混合施用。10块实验地土壤改良后,玉米平均增产66.54%。

### 3.5 发展种草养殖业

首先,开发果化示范区野生饲用植物,主要有任豆树、红背山麻秆(*Alchornea rugosa*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、苎草(*Arthraxon hispidus*)、类芦(*Neyraudia reynaudiana*)、千里光(*Senecio scandens*)、柘树(*Cudrania tricuspidata*)、蔓生秀竹(*Microste-*

*gium gratum*)、水蔗草(*Apluda mutica*)和构树(*Broussonetia papyrifera*)等,其中任豆树和红背山麻秆的分布面积较大,数量亦较多,可作为牛羊养殖常用的饲料植物。据抽样调查,一株胸径20cm左右的任豆树,每年萌芽枝平均生长量大于2m,年可产鲜枝叶150多公斤,产量比较可观。

同时,引进优质牧草,弥补当地饲料的不足。经研究,桂牧1号、银合欢和木豆对当地环境适应。在综合治理期间,播种桂牧1号面积0.67hm<sup>2</sup>,播种50天左右即可刈割利用,以后每隔20~30天可刈割一次,单位年产鲜草量达24t/hm<sup>2</sup>;引进银合欢种子60余公斤,其中直播造林40kg,面积达10hm<sup>2</sup>,成活率达95%以上;育苗种植12000余株;种植木豆约1300亩。对分布于龙何示范区附近的山坡,木豆种植采用单种或部分实行间套种,但多数采用分散种植。种植木豆的地段植被覆盖度超过70%,不但可做饲料,而且可使土壤侵蚀率削减20%~30%。

由于开展综合治理前平果示范区的养殖基础差,因此,需要开展示范养殖。目前已建成专门的示范养殖场1个,还培植养殖示范户163户,引进优良种畜187头、种禽37750只,牛冻精(杂交改良本地牛)配种126头,共繁育良种畜杂交后代13606头、良种种禽1600只。

此外,在果化示范区还实施了以坡改梯为主的土地整理150hm<sup>2</sup>,修建排水沟渠3km,改造田间道路5km,开挖岩石新建了大量沼气池,建设了40多个树种的种苗基地,比较全面地实施了示范区的综合治理。

## 4 治理效果

果化示范区的生态环境监测和平果县政府对龙何屯农业经济的逐年统计表明,通过5年多的治理,果化示范区不但生态环境显著改善,而且提高了资源利用率和生产效率,区域经济也迅速发展。

在生态环境方面,封山育林和退耕还林300hm<sup>2</sup>,发展了速生的任豆、银合欢等生态林,形成石山区先锋树种,植被覆盖率由原来的不足10%提高到现在的50%以上(图4),石漠化地区种植木豆的地段植被覆盖度超过了70%,土壤侵蚀模数下降了30%,石漠化得到了遏制。植被的恢复使土壤蓄水率提高了10%~15%,表层岩溶水资源出流时间增加了1个多月,水资源量提高了5%。土地整理、全面坡改梯、平整耕地,

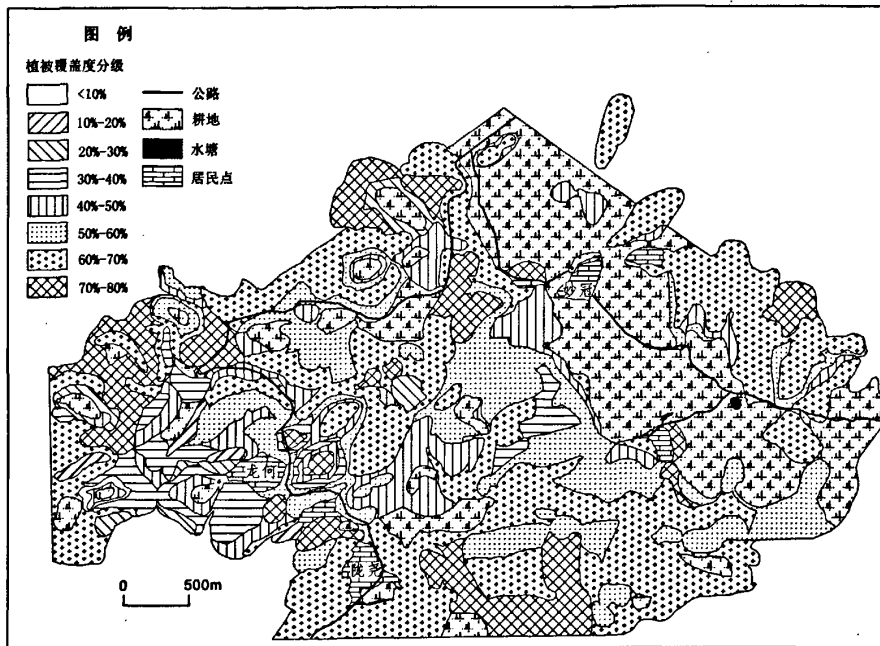


图4 果化示范区2005年植被覆盖度

Fig. 4 Vegetation coverage ratio in Guohua Experimental Area in 2005

大大改善了土地景观面貌和质量。沼气池的建造,明显改善了卫生条件。

在资源利用方面,示范工程实施后,每年开发利用了岩溶地下水资源1万多方,自来水工程结束了龙河、妙冠两个自然屯278户共1335人的祖祖辈辈挑担水的历史,一年减少挑水用工230441个工日。增加耕地面积约8hm<sup>2</sup>,林地面积约110hm<sup>2</sup>,牧草地、园地合计约30hm<sup>2</sup>;土壤改良地约10hm<sup>2</sup>、新建沼气110个。岩溶峰丛洼地环境适生农林作物的选择及其高产栽培技术提高了年生物量,所有种植植物的年生物量都超过1000kg/亩(鲜)。形成的以火龙果、木豆、苦丁茶等经济植物为主的生态产业逐步取得好的收益,前景喜人。还培植了养猪、羊、鸽、鸡专业户。

示范区的居民生活水平有明显的改善。几年来,不但粮食产量提高了11%,而且年人均纯收入不断增加,由2001年的500多元,达到2006年的1600多元,年均增加20%。

## 5 讨论与结论

岩溶峰丛洼地的石漠化综合治理首先应根据其地貌结构选择适合的治理模式,对广西平果果化示范

区这种大洼地套小洼地的复合型峰丛洼地,要建立复合型立体生态农业模式,这一模式在弄拉单个峰丛洼地立体生态农业模式<sup>[1]</sup>的基础上有所改进。峰丛洼地的石漠化综合治理的技术包括很多方面,要因地制宜,对果化示范区来说,主要技术集中在如下几方面:根据乡土树种人工诱导封山育林;科学开发表层岩溶泉、岩溶天窗和隐伏的岩溶管道水这三类岩溶水资源;引进优质高效植物资源培植生态产业;在土地整理的基础上,采用综合措施对岩溶土壤进行改良;在开发引进优质牧草的基础上大力发展家庭养殖业。这些技术相互联系和促进,构成了比较完整的技术体系。其中,每一具体技术方法在实施前均开展了治理区详细的地质调查和生态环境调查,并以此为基础进行技术设计与工程实施方案,所以技术具有较强的针对性和实用性,并取得了很好的效果。

由于峰丛洼地的生态环境恶劣,在实施石漠化综合治理的问题上,一些认识还有待于进一步统一。首先是治理的思路问题,由于石漠化区经济落后,一定要把当地居民的生产与生活条件的改善放在首位,区域生态与经济能协调并可持续发展;采取的治理方式应是综合性的,不但能够充分利用有限的资源,而且要有对整个生态系统进行综合治理的观念。其次,要

注意抓住关键技术问题,要针对缺水、缺土、缺适生植物种质资源,产业结构不合理、生态效率低等老大难问题研究有效的综合治理技术方法。而且,所有的技术要注意互相协调,如封山育林,不但要考虑植被与生态环境的恢复,还要考虑对表层岩溶水资源的涵养与有利于当地经济的发展,促进整个生态系统良性循环。

此外,岩溶峰丛洼地的石漠化综合治理是一项艰巨的系统工程,不但要有好的治理思路和技术支撑,还要提高当地干部与群众的积极性与思想素质,把科学的技术方法变为当地居民的自觉行动,才能达到石漠化综合治理的目的。

#### 参考文献

- [1] YUAN D X. Rocky desertification in the subtropical karst of south China[J]. *Z Geomorph N F*, 1997, 12(2): 108.  
 [2] 袁道先. 我国西南岩溶山的环境地质问题[J]. *世界科技研究与发展*, 1997, 5: 93-97.

- [3] 李阳兵, 王世杰, 容丽, 等. 关于喀斯特石漠化和石漠化概念的讨论[J]. *中国沙漠*, 2004, 24(6): 689-695.  
 [4] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. *中国岩溶*, 2002, 21(2): 101-105.  
 [5] 蔡运龙. 中国西南喀斯特区的生态重建与农林牧发展: 研究现状与趋势[J]. *资源科学*, 1999, 21(5): 37-41.  
 [6] 中国科学院学部. 关于推进西南岩溶地区石漠化综合治理的若干建议[J]. *地球科学进展*, 2003, 18(8): 489-492.  
 [7] 蒋忠诚, 袁道先. 西南岩溶区的石漠化及其综合治理综述//[C] 中国地质调查局. 中国岩溶地下水与石漠化研究论文集. 南宁: 广西科技出版社, 2003, 13-19.  
 [8] 陈文贵. 珠江上游石灰岩地区综合治理试点工程建设与管理[J]. *中国水土保持*, 2005, (7): 20-21.  
 [9] 梅再美, 王代懿, 熊康宁, 等. 不同强度等级石漠化土地植被恢复技术初步研究[J]. *中国岩溶*, 2004, 23(3): 253-258.  
 [10] 蒋忠诚, 李先琨, 曾霞平, 等. 岩溶峰丛洼地生态重建[M]. 地质出版社, 2007, 1-11.  
 [11] 蒋忠诚. 广西弄拉峰丛山生态重建经验及生态农业结构优化[J]. *广西科学*, 2001, 8(4): 308-312.

## Comprehensive improving technique to rocky desertification in karst peak-cluster depression

— A case study at Guohua Ecological Experimental Area, Pingguo, Guangxi

JIANG Zhong-cheng<sup>1</sup>, LI Xian-kun<sup>2</sup>, QIN Xiao-qun<sup>1</sup>, LU Shi-hong<sup>2</sup>,  
 LUO Wei-qun<sup>1</sup>, LAN Fu-ning<sup>1</sup>, CAO Jian-hua<sup>1</sup>

(1. Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin, Guangxi 541004, China; 2. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and The Chinese Academy of Sciences, Guilin, Guangxi 541006, China)

**Abstract:** With typical karst peak-cluster depression landform, poor people and heavy rocky desertification, Guohua Ecological Experimental Area in Pingguo county, Guangxi is about 600 hm<sup>2</sup>. Since 2001, the Ecological Experimental Area has been built. After investigation and researches to the environments and regional economics in detail, the stereo eco-agriculture in different geomorphologic position of the peak-cluster depression is considered as an available model for the comprehensive improvement to rocky desertification. Meanwhile, a lot of related technique and methods for the improvement of environments and the development of agriculture are imported, studied and put into practice, such as forestation of 310 hm<sup>2</sup> hills, exploitation of more than 10 000 m<sup>3</sup>/a karst water resource, development of ecological industry, planting of grassland for breeding of domestic animals, and improvement of karst soils. For about four years, the comprehensive improvement of rocky desertification in the experimental area has achieved good results. The vegetation is gradually restored, the annual mean income of the local people has increased by about 20%, and the new local ecological industry is formed.

**Key words:** karst peak-cluster depression; rocky desertification; comprehensive improvement; Guohua, Guangxi