

人类活动对贵州喀斯特石漠化地区的影响

王家嘉¹, 林昌虎^{1,2}, 何腾兵¹

(1. 贵州大学, 贵阳 550025; 2. 贵州科学院, 贵阳 550001)

摘 要: 贵州喀斯特山区石漠化现象已经成为制约该区经济增长和人民生活水平提高的最重要因素。由于其独特的形成条件导致破坏易而治理难的现象。在综合前人研究的基础上, 提出人口的控制和人口素质的提高是解决该区人地矛盾的重点, 并提出要充分发挥人的主观能动性, 分步骤、有计划的进行石漠化防治工作。

关键词: 喀斯特; 生态移民; 生态修复

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)05-0276-04

Recognition of Human Activity in the Prevention and Control of Rocky Desertification Phenomena in Guizhou Karst Mountain Area

WANG Jia-jia¹, LIN Chang-hu^{1,2}, HE Teng-bing¹

(1. Guizhou University, Guiyang 550025; 2. Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, China)

Abstract: Rocky desertification phenomena in Guizhou karst mountain area became the most important factor restricts the development of economic and people's living standard. For its unique condition, karst mountain area has the characteristic that is easy to destroy and hard to control. Based on the former scientist's study, it is pointed out that population control and the quality rising of population is the most important thing to solve human-earth conflict. The human's effect should be exerted stage by stage, and designed to prevent and control rocky desertification phenomena.

Key words: karst; ecological resettlement; ecological restoration

前 言

石漠化, 又称喀斯特荒漠化或者石化, 是南方山地荒漠化的特殊形式。石漠化是在亚热带湿润地区岩溶极其发育的自然背景下, 由于人为活动的干扰, 森林植被遭受破坏, 土壤消失, 基岩裸露或沙砾堆积, 地表呈现荒漠化的土地退化, 是岩溶地区生态恶化的顶级形态。喀斯特石漠化指的是在湿润气候条件下, 受喀斯特作用及人类不合理活动的干扰, 喀斯特山区地表土层流失殆尽、基岩大面积裸露, 呈现出一种无土无水、无林、类似于荒漠化的景观现象。

我国喀斯特地区主要分布在贵州、云南、广西、四川、湖南、湖北、重庆、和广东等 8 省区, 总计约 51 万 km²。喀斯特地区的面积虽然比沙漠和黄土高原小, 但居住人口稠密, 仅此三省区就有 1 亿人口以上。由于人口较多, 人们为了生存, 对生态的破坏状况和所形成的后果都比较严重。喀斯特地区表层泥土浅薄, 一旦植被破坏, 必然导致表土流失, 岩石裸露, 形成石漠化, 从而破坏人类的基本生存条件。据对喀斯特地区成土速率的估计, 岩石风化成 1 cm 土层, 约需 8 000~10 000 年时间, 可见喀斯特地区的泥土基本上不可能再生。而仅以目前贵州水土流失面积 8 万 km² 和每年流入长江、珠江的泥沙 2.7 亿 m³ 计算, 大约每三年就要剥蚀表层泥土约 1 cm。就是说一万年形成的土层, 一年就可以流失殆尽。据资料表明, 贵州喀斯特地区目前石漠化面积已

达 5 万 km², 1975~1998 年间平均每年扩大 1 800 km²。贵州是我国喀斯特最发育的省份, 全省 88 个县份中喀斯特面积比例在 30% 以上的就达 78 个, 占全省总县数的 89%, 其中喀斯特面积比例在 50% 以上的有 68 个, 占 79%。目前贵州省共有喀斯特石漠化面积 2.258 × 10⁶ hm², 占全省总面积的 12.84%, 占喀斯特区总面积的 17.4%。贵州喀斯特石漠化土地主要分布在长江上游的乌江流域和珠江上游的北盘江流域; 从全省九个地州看, 主要分布在六盘水、安顺、黔西南、毕节、黔南及遵义等地。^[1,2]

1 石漠化形成原因

西南喀斯特石漠化地区属亚热带湿润气候, 历史上曾有茂密的森林覆盖。现在的贵州省荔波茂兰、广西的陇岗和木论国家级自然保护区仍然保存着大约 9 000 多 hm² 的喀斯特地区原始森林。石漠化的形成既有自然原因, 更多的是由于社会原因所造成。社会因素中最主要的是人地矛盾的产生和加剧。

1.1 自然原因

岩溶地区山势陡峭、土层瘠薄、成土速度慢、暴雨多、冲刷力强, 是形成石漠化的自然原因。这些地区的成土即岩石的风化以溶蚀为主, 速度极慢, 在水热条件较好的情况下, 其成土速值每年只有 10.4~26 t/km²。该区域年降雨量多达 1 500 mm 以上, 且多为暴雨, 冲刷力强, 水土流失非常严重,

* 收稿日期: 2006-05-31

基金项目: 黔省专合字(2005)47 号

作者简介: 王家嘉(1984-), 男, 贵州大学在读硕士研究生, 主要从事喀斯特石漠化生态恢复与重建研究。

据调查, 贵州、广西溶岩地区平均土壤侵蚀模数为 $170 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 是其成土速度的 $6.5 \sim 17$ 倍, 土壤流失速度大大超过成土速度, 属毁坏型侵蚀。这一切都为石漠化的形成提供了自然条件。

1.2 社会因素

由于西南喀斯特石漠化地区自然条件的特殊性, 自然环境对外界破坏的抵抗能力有限, 人类对该区自然资源的不合理利用就会导致石漠化现象的产生。石漠化现象加剧应起源于该地区人口数量的增长, 人地矛盾的产生。由于自然条件的限制, 该区可耕地面积有限, 人口压力直接导致人们大量开垦山地或者由山地取得他们所需的生活资源(伐木取得可供使用的燃料, 开采矿山取得各种矿材, 过度放牧等)。另外该区的文化特征也导致人们在土地利用中存在许多不合理的方式。主要表现在以下几个方面: 一是毁林开垦。石山地区人口众多, 稳产耕地少, 且相当一部分耕地坡度超过 25° 。为了解决温饱问题, 农民不惜在陡坡上毁林开垦, 在石窝窝内种植玉米等粮食作物, 当地有“种了几面坡, 还不够一锅”之说, 由于基本上靠天吃饭, 粮食产量极低, 开垦山地和土地撂荒恶性循环。二是过度樵采。石山地区能源缺乏, 农民主要以砍伐森林作生活能源, 对植被破坏巨大, 有的地区已将林草根都挖光烧光。三是石山放牧。农民在石山地区散养放牧, 牲口直接破坏植被。加上牲畜的践踏, 造成土地板结, 植被不能自然恢复。四是历史原因。由于“大跃进”的大炼钢铁和“文化大革命”的大生产运动, 大量毁坏森林资源, 破坏生态环境, 急速加剧了石漠化进程。五是火灾破坏。石山地区地形复杂, 群众又有刀耕火种和放火烧山的习惯, 野外火源多, 扑救火灾又很困难, 造成大面积石山植被毁坏。^[3]最终导致人为因素→林退草毁→陡坡开荒→土壤冲刷→耕地减少→石山、半石山裸露→土壤冲刷→完全石漠化的逆向发展。^[4]

2 石漠化类型及特点

按形成原因分可分为原生石漠化和次生石漠化。原生性石漠化是地质时期自然环境演变的结果, 以基岩大面积裸露为特征。次生性石漠化则在脆弱的喀斯特环境背景下, 人为不合理性干扰喀斯特生态环境系统所导致的土地退化过程, 以岩石逐渐裸露、土地生产力衰退丧失, 地表在视觉上呈现类似荒漠景观为特征。

按石漠化发育程度可分为无明显石漠化、潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化、强度石漠化等类型。

按岩性来分可分为纯质灰岩、纯质白云岩、白云质灰岩、灰质白云岩、泥质灰岩、泥质白云岩、灰质页岩(碳酸盐岩层与非碳酸盐岩层互层、间层岩)石漠化。

按土地利用方式可分为植被退化型、工矿型、采石场型、建设场地型石漠化。

按发生的地貌类型可分为洼地石漠化、正向地貌石漠化(峰林、峰丛)石漠化区, 丘陵石漠化区, 缓坡地、坟丘石漠化区。

石漠化过程具有区域性、渐发性、潜在性(隐蔽性)、生态破坏性、难恢复性(严重性)与持续性等特点。^[5]

由于原生石漠化导致岩石表露, 土壤几乎完全失去, 形成时间久, 难以治理, 不是我们所研究的重点对象。而次生石漠化现象是综合了自然环境背景, 人类经济活动, 生活习惯等多方面原因, 是我们石漠化防治研究的重点。根据不同的石漠化类型, 应开展不同的治理方法。

3 喀斯特石漠化的治理

中国政府的“十五”计划中已明确指出要“加快推进黔桂滇岩溶(喀斯特)石漠化的综合整治”, 对构筑长江、珠江两大流域上游的生态屏障并实现本地区可持续发展具有极其重要的现实意义。防治喀斯特石漠化的实质, 就是喀斯特山区的水土保持问题。

贵州是我国喀斯特(岩溶)地貌发育典型的西部欠发达省份。由于生态环境先天脆弱, 加上人为不合理的经济活动, 导致贵州喀斯特地区人口—资源—环境的矛盾非常突出, 严重制约了区域经济社会可持续发展。喀斯特地区生态修复的关键在于人的作用, 应树立“以人为本”的思想, 人为因素造成的生态破坏应该通过人来修复改善。应着重协调解决好该地区人类生存与发展问题, 并重点解决石漠化地区经济发展问题, 高度重视对该区人的因素的调节, 充分发挥人的主观能动性。主要通过控制喀斯特地区人口数量, 提高人口素质来缓解人地矛盾。另外通过人工选用适合当地发展的经济作物例如大力发展贵州优势作物楠竹、花椒等, 建立生态养殖模式, 既改善环境, 又增加农民收入, 实现经济—环境良性循环。最后要大力推广成熟的石漠化治理工程技术, 加大对石漠化治理的重视。20 世纪 80 年代以来, 贵州先后实施了长江上游防护林工程、珠江上游防护林工程、山区农业综合开发工程、以工代坡改梯工程、基本绿化贵州工程、联合国粮食计划署《中国 3365 项目工程》等多项大型生态建设工程。^[6]

3.1 生态移民和自然保护区的建立是实现喀斯特地区生态修复的基础

生态移民是站在国家社会经济可持续发展的高度, 把保护生态脆弱区的生态环境看成是保护国家生态环境, 维护国家的生态安全。生态移民不受“就近就便”约束, 可以扩大到全国范围, 使迁出地生态环境得到保护, 迁入地的生态环境不受损害, 保障迁入地、原居民和移民能稳定得到温饱, 并逐步走向富裕的生态治理措施。^[7]

3.1.1 人口众多影响喀斯特地区的生态修复

1949 年贵州总人口 1 416.40 万, 2004 年约为 3 900 万, 55 年间约净增 2 483.6 万, 年均净增 45.16 万, 远高于全国平均水平。时至今日, 贵州仍处于人口有计划节制生育的“爬坡阶段”, 预计到 2040 年人口生育的峰头才会被削平。贵州省相对于特殊的自然地理环境与落后的生产力水平, 贵州的人口密度高于全国平均水平, 居西部省区之首。贵州喀斯特地区环境恶化的最直接原因是该区人口大大超过土地承载力, 人地矛盾严重恶化, 脆弱的土地已经不能承受如此数量的人口。在少数民族众多地区调整原有计划生育的方针已经势在必行。石漠化地区人口控制有三条途径: 计划生育、发展策略、社会保障体制建立与改革。^[7]

3.1.2 人口文化素质低导致生态移民在实施上困难

到 2000 年贵州省区有小学以上文化程度的人口占总人口的 89.4%, 其中具有大专以上学历文化程度的人口占总人口的 8.3%, 具有高中文化程度的人口占总人口的 13.4%, 具有初中文化程度的人口占总人口的 17%, 具有小学文化程度的人口占总人口的 65.6%。目前贵州人口文化水平仍然很低。全省各区每 10 万人中拥有小学以上文化程度的人数在全国居于最后, 远低于全国水平。1990 年文盲、半文盲比例占总人口的 24.6%, 比全国高出 12.3 个百分点, 列于全国各省区之后。到 2000 年人口初文盲率下降为 42.5%, 下降速度并不快, 更令人忧虑的是已有的文盲没有扫除, 而大

批新文盲又在产生。此外,贵州人口的文化程度还存在着强烈的城乡差别和性别差异。农牧区人口中文盲、半文盲比例大大高于全地区。这就给我们进行生态移民时提出了新的任务:提高移民人口的文化素质。现在全国的劳动力的形势主要是东部地区严重不足(服务业、加工制造业等),而西部欠发达地区劳动力相对过剩。在进行劳动力输出时我们应解决对输出人口的培训问题,使其具有一定的技术能力,在解决生态移民的同时也可以提高农民的收入和教育文化水平。

3.1.3 建立自然保护区对中度、强度石漠化地区进行保护

对于典型喀斯特地区以及少数民族聚居区域,可以大力发展旅游业,进一步扩大喀斯特岩溶的景观价值,减少对自然环境的破坏,建立自然文化保护区。第一可以拉动当地经济发展,第二可以解决劳动力剩余的问题,最主要的是可以解决农民的收入来源问题,从而从根本上解决人为因素对喀斯特地区环境破坏的问题。在自然保护区建立所需资金的问题上,可以采取三方面着手:(1)地区财政由当地优势产业获取赞助,对优势产业的发展提供优惠;(2)国家的支持,由国家所拨专项自然保护经费中抽出部分;(3)参与国际合作,例如广西省中澳合作忻城县喀斯特环境恢复项目就是由中国政府向澳大利亚政府提交了一份关于协助中国政府在广西喀特石山区进行环境恢复和治理并减轻贫困的项目建议书,项目总投资 6 051.75 万元,其中澳方投入 911.5 万澳元,折合人民币 4 101.75 万元,中方配套投入 1 950 万元。援助资金由澳大利亚政府通过堪培拉 ACT 澳大利亚国际发展署(简称澳发署)提供,中方实施机构是忻城县人民政府,澳方管理机构是 URS 可持续发展公司,中澳双方在忻城成立了喀斯特环境恢复项目管理办公室。^[8]由此我们也可以参与国际合作,吸引资金加快自身发展。

3.2 按石漠化发生强度有步骤有计划的对喀斯特地区实行生态修复

3.2.1 喀斯特地区治理初期以及在强度石漠化地区应采用封山育草

西南喀斯特石漠化地区气候温和、雨量充沛、雨热同季、无霜期长,为各种草本植物的生长提供了优越条件。利用草本植物生长期短,存活条件较低的优势来改善石漠化地区的植被。草本植物种植后 3~4 个月即可有效覆盖地表,可有效恢复石漠化地区植被、增加地表覆盖、保持水土。并且利用草本植物有效恢复石漠化地区植被草本植物具有根系密集,固结土壤,能提供大量有机质和氮素,改善土壤结构的特点,能增强土壤的渗透性和蓄水能力,有效控制水土流失,减少地表径流。大力种草,还可以带动发展畜牧养殖业,可增加有机肥料,发展沼气,改善农村能源利用状况。构成“养殖-沼气-种植”三位一体的生态农业,实现以气代柴,解决农民收入问题,达到既发展生态农业,减少对喀斯特地区的自然环境的破坏,又可以促进农村卫生环境改善的目的。在推行封山育草的地区应注意对草本植物类型的选择。^[9,10]应采取以下原则:(1)因地制宜,选择当地优势品种,要选择适宜于不同生态环境的优良草本植物及其配套种植技术。(2)应注意政策上的优惠,对于封山地区农民要给予适当的补助,帮助其发展。这里的补助并不单纯指在经济和土地承包等制度上的优惠,更多的应该是在技术上的指导,派遣相关技术指导人员对相关农户进行培训。贵州省是全国四大药材产地之一,封山育草也是对该区药材资源的保护。或者对野生中草药植物开展引种驯化和规模化、产业化生产,可以提高该区人民的收入,也可以防止因不合理的采挖野生药材

对西南喀斯特石漠化地区天然植被的破坏。在贵州石漠化地区大面积推广种植金银花(黄褐毛忍冬)优质品种,实施岩溶绿毯工程,具有显著成效。^[11]

3.2.2 喀斯特地区治理中、后期以及轻度、中度石漠化应在封山育草的基础上开始种植高大树木及经济林木

石漠化地区造林是石漠化治理见效最快的唯一途径,选择适宜的造林树种是石山造林成功的关键。^[12]在初期治理取得成效的基础上,土层厚度有了进一步增加,土壤条件得到改善,并在生态效益优先,兼顾经济、社会效益的原则指导下,可以选用顶果木、任豆、降香黄檀、肥牛树、香椿、狗骨木、菜豆树、新银合欢、茶条木、墨西哥柏等树种为石漠化地区造林绿化的优良树种。具体选择种类应结合当地实际情况而定。此外,在立地条件较好、地势较平坦的山坡地,可选择当地名、特、优的竹、藤、经济林、果等营造生态经济林,在实现生态效益的同时,为农民增加收入,从而为石山区人民实现脱贫致富创造条件。贵州省是我国竹子的主产省之一,尤其楠竹生产位居西南第一。经营的主要竹种有楠竹、金佛山方竹、慈竹、料慈竹、光箨篌竹、合江方竹、麻竹等 10 余个品种。在石漠化治理中期可以根据实际发展“退耕还竹”,并且加强对退耕地区的管理,忌“退耕而不还林”,靠领取政府发放补助来维生。在石漠化地区造林存在存活率低,生长周期长等特点,针对以上特点,石漠化地区造林强调选用良种育苗,种子要粒大、饱满、无病虫害,并经消毒处理后才能播种;其次,把好苗木管理关,种子发芽后要精细管理,发现病虫害及时防治,及时调整苗木密度,适时施肥,保证苗木在合适的密度下健康生长。同时,造林前一定要炼苗,以增强苗木抵御恶劣环境的能力,提高造林成活率。绿化造林应因地制宜,适地适树,采用“地找树,树找地”的方法,认真选择好绿化树种。选择的树种所形成的林分应长期稳定,要经受得住极端气候灾害因子的考验及毁灭性虫害的侵袭,能耐干旱瘠薄、萌蘖性强、分布广、抗寒抗旱的树种,在此基础上选择经济价值大的品种。石漠化地区造林采用非常规方法整地造林由于石灰岩溶地区土壤的特殊性,石漠化治理也必须采取特殊的方式。首先,造林整地不能炼山,并应尽可能保留石山上的原生植被。原生植被不仅能给新造林起到遮荫,提高造林成活率的作用,也能起到水土保持的作用,而且,能为今后形成多树种立体混交林奠定基础。其次,适当控制密度,过密不仅大量破坏原生植被,而且对今后的林木生长也不利;过疏则造林效果慢,甚至起不到造林效果。^[12-14]

3.3 按石漠化地区发生的地理位置和立地条件分区域治理

将贵州省石漠化地区划分为:(1)黔西喀斯特高原山地亚区;(2)黔中喀斯特山塬亚区;(3)黔东南山地丘陵亚区。石漠化地区生态恢复主要治理方法归纳起来主要有:岩溶地区石山封山育林恢复植被治理模式;岩溶地区石山、半石山人工促进封山育林育灌恢复植被模式;岩溶地区半石山乔灌(藤)混交防护林治理模式;岩溶地区半石山生态经济型治理模式;岩溶地区半石山生态型用材林治理模式等五大类。

针对贵州石漠化地区分别采用以下模式进行治理:(1)黔西中山、山塬水源涵养林建设模式。(2)黔中喀斯特山塬亚区可选择以下模式:①黔中石质山地封山育林恢复植被模式;②黔中半石山地人工促进封山育林恢复植被模式;③黔中荒山荒地水土保持林模式;④黔中荒山荒地飞机播种生态公益林模式;⑤北盘江干热河谷石灰岩山地生态经济型植被恢复模式;⑥黔中低中山生态经济型防护林模式;⑦黔中石漠化综合治理模式;⑧贵州干热河谷水土保持林模式。(3)

黔东南云质砂石山乔灌草结合型治理模式。^[15]

3.4 区域农林经营开发提高土地资源的利用效率

石漠化治理,发展农林经营模式已成为喀斯特山区生态环境建设、社会、经济持续发展的必由之路。农林经营是按照生态学、经济学的原则、方法和技术,研究如何把农、林、牧、副、渔有机结合在一起,从而形成多种群、多层次、多效益、高产出、稳定的人工复合生态系统。按照农林经营的参考文献:

[1] 朱安国,林昌虎. 山区水土流失因素综合研究[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1995.

[2] 苏维词,朱文孝,熊康宁. 贵州喀斯特山区的石漠化及其生态经济治理模式[J]. 中国岩溶, 2002, 21 (1): 20.

[3] 曹清尧,潘红星,何绍明. 加快我国石漠化治理刻不容缓[J]. 林业经济, 2002, (4): 18- 19.

[4] 贵州省林业厅. 贵州省喀斯特石漠化地区生态重建工程的讨论[J]. 贵州林业科技, 1998, 26(4): 2- 4.

[5] 王世杰,李阳兵,李瑞玲. 喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理[J]. 第四纪研究, 2003, 23 (6): 657- 666. .

[6] 李昌来. 贵州石漠化的治理及可持续发展[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2004, 22(1): 47- 51.

[7] 但新球,喻甦,吴协保. 我国石漠化地区生态移民与人口控制的探讨[J]. 中南林业调查规划, 2004, 23 (4): 49- 51.

[8] 黄吉遇. 一个可持续发展模式- 中澳合作忻城县喀斯特环境恢复项目调查[J]. 当代广西, 2005, 3(6): 9- 10.

[9] 梅再美,熊康宁. 贵州喀斯特石漠化土地的植被恢复技术研究[J]. 贵州林业科技, 2004, 32(3): 2- 6.

[10] 龙忠富,唐成斌,杨义成. 草本植物在石漠化综合治理与可持续发展中的作用探讨[J]. 贵州农业科学· 百年院庆专刊, 2005 , 33 (增刊): 69- 71.

[11] 陇光国. 喀斯特山区生态建设与金银花(黄褐毛忍冬) 产业发展[J]. 贵州农业科学, 2005 , 33 (2): 103- 104.

[12] 张锦林. 林业生态工程是石漠化地区治理的根本措施[J]. 中国林业, 2003, 6(A): 9- 10.

[13] 蔡道雄,卢立华. 浅谈石漠化治理的造林技术措施[J]. 世界林业研究, 2002, 15(2): 77- 80.

[14] 张喜. 贵州省竹产业开发途径与措施[J]. 贵州林业科技, 2002, 30(1): 38- 42.

[15] 苏维词,张中可,等. 发展生态农业是贵州喀斯特(石漠化) 山区退耕还林的基本途径[J]. 贵州科学, 2003, 21(1- 2): 123- 127.

[16] 覃选. 河池市石山区农林经营开发的几种模式[J]. 林业实用技术, 2004, (1): 13.

(上接第 275 页)

面有着广阔的前景。同时应用地质雷达、同位素示踪与遥感等多种技术可以使侵蚀产沙沉积的计算定量化,多种方法相互印证,使侵蚀产沙的研究更为准确。总之,地质雷达技术为侵蚀产沙研究提供了一种快速、高精度、经济的新技术方法,值得加以推广。

参考文献:

[1] 贺秀斌,张信宝,文安邦. 川中丘陵区侵蚀产沙的尺度单元及其研究方法[J]. 水土保持通报, 2004, 24(3): 18- 20.

[2] RAMAC/GPR Operating Manual Version 1.0 [M]. Mala GeoScience, 2001. 6- 11.

[3] RAMAC/GPR Operating Manual Version 1.0 [M]. Mala GeoScience, 2001. 18- 19.

[4] Moorman, B J. Ground- penetrating radar applications in paleolimnology [A]. Last, W M, Smol, J P. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Chemical Techniques [C]. Boston : Kluwer Academic Publishers, 2001. 23- 47.

[5] James, A D, Collins, M E. Use of soil information to determine application of ground penetrating radar [J]. Journal of Applied Geophysics, 1995, 33: 101- 108.

[6] 戴前伟,吕绍林,肖彬. 地质雷达的应用条件探讨[J]. 物探与化探, 2000, 24(4): 157- 160.

[7] Haeni, F P, McKeegan, D K, Capron, D R. Ground- penetrating radar study of the thickness and extent of sediments beneath Silver Lake, Berlinn and Meriden, Connecticut [R]. U. S. Geological Survey Water Resources Investigations Report 85- 4 108, 1987. 19

[8] Jol, H M, Smith, D G. Ground penetrating radar of northern lacustrine deltas [J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1991, 28: 1 939- 1 947.

[9] Smith, D G, Jol, H M. Ground-penetrating radar investigation of a Lake Bonneville delta, Provo level, Brigham City, Utah [J]. Geology, 1992, 20: 1 083- 1 086.

[10] Mellett, J S. Profiling of ponds and bogs using ground penetrating radar [J]. Journal of Paleolimnology, 1995, 14: 233 - 40.

[11] Haeni, F P. Use of ground penetrating radar and continuous seismic reflection profiling on surface-water bodies in environmental and engineering studies [J]. Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 1996, 1: 27- 35.

[12] Moorman, B J, Michel, F A. Bathymetric mapping and sub-bottom profiling through lake ice with ground penetrating radar [J]. Journal of Paleolimnology, 1997, 18: 61- 73.

导思想,总结推出几种农林经营模式:(1) 封山模式;(2) 林- 农模式;(3) 林- 草- 牧模式;(4) 果- 农- 猪- 沼气;(5) 果- 农(草) - 鸡(鹅、渔)。^[16]

在喀斯特地区实施生态修复的过程中一定要注重循序渐进,按照石漠化程度的不同,立地条件的不同,分别采取不同的治理方式,一步步完成石漠化地区的生态修复。最终打造生态贵州,实现环境与人的和谐发展。