

四川省2016年度重点出版规划项目
2015年度四川省学术和技术带头人培养资金资助项目

四川岩溶区石漠化 土地特征与植被恢复技术

SICHUAN YANRONGQU SHIMOHUA
TUDI TEZHENG YU ZHIBEI
HUIFU JISHU YANJIU

研 究

兰立达 蔡凡隆 著



西南财经大学出版社
Southwestern University of Finance & Economics Press



四川省2016年度重点出版规划项目
2015年度四川省学术和技术带头人培养资金资助项目

四川岩溶区石漠化 土地特征与植被恢复技术 研究

兰立达 蔡凡隆○著



西南财经大学出版社
Southwestern University of Finance & Economics Press

中国·成都

图书在版编目(CIP)数据

四川岩溶区石漠化土地特征与植被恢复技术研究/兰立达,蔡凡隆著
—成都:西南财经大学出版社,2016.7

ISBN 978-7-5504-2480-7

I. ①四… II. ①兰…②蔡… III. ①岩溶地貌—沙漠化—土地管
理—研究—四川省②岩溶地貌—沙漠化—植被—生态恢复—研究—四
川省 IV. ①P642.252.271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 142722 号

四川岩溶区石漠化土地特征与植被恢复技术研究

兰立达 蔡凡隆 著

责任编辑:汪涌波

助理编辑:白宇

封面设计:何东琳设计工作室

责任印制:封俊川

出版发行	西南财经大学出版社(四川省成都市光华村街 55 号)
网 址	http://www.bookcj.com
电子邮件	bookcj@foxmail.com
邮政编码	610074
电 话	028-87353785 87352368
照 排	四川胜翔数码印务设计有限公司
印 刷	四川金鹏宏达实业有限公司
成品尺寸	185mm×260mm
印 张	13.125
插 页	14
字 数	315 千字
版 次	2016 年 7 月第 1 版
印 次	2016 年 7 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5504-2480-7
定 价	88.00 元

1. 版权所有,翻印必究。
2. 如有印刷、装订等差错,可向本社营销部调换。

前言

石漠化是岩溶（即喀斯特）地区土地退化、生态恶化的一种极端形式，被称为“生态癌症”。严重的石漠化土地，不仅加剧水土流失，恶化生态环境，引发自然灾害，压缩人民群众的生存与发展空间，也严重制约地区经济社会的可持续发展，对区域国土生态安全和生态文明建设构成严重威胁。

由碳酸盐类岩石发育而成的喀斯特地貌在世界上分布广泛。据统计，全球碳酸盐岩出露面积约 2 200 万 km^2 ，占全球陆地总面积的 15%。中国的喀斯特按可溶性岩层分布面积达 344 万 km^2 ，其中碳酸盐岩出露面积达 90.7 万 km^2 ，主要分布在贵州、广西、云南、湖南、四川、重庆、湖北及广东等 8 省（市、区）。国家林业局于 2005 年、2011 年两次对包括四川在内的 8 省（市、区）的 460 个岩溶县（市、区）进行了监测，监测区总面积达 107.1 万 km^2 ，其中岩溶土地面积 45.1 万 km^2 。

四川地处长江、黄河上游，地形地貌及气候类型复杂多样，既是全国生态建设的核心区、生物多样性富集区和长江上游重点水源涵养区，也是典型的生态脆弱区。根据国家林业局确定的监测范围，四川岩溶区涉及 10 个市（州）46 个县（市、区），岩溶区面积 277.7 万 hm^2 ，占全省国土面积的 5.7%；其中，石漠化土地 73.2 万 hm^2 ，占岩溶区面积的 26.3%；潜在石漠化土地 76.9 万 hm^2 ，占岩溶区面积的 27.7%。2008 年以来，在国家大力支持下，四川先后在 16 个县启动了岩溶区石漠化综合治理工程，至 2014 年年底，全省共治理岩溶区土地约 2 429 km^2 、石漠化土地约 678 km^2 ，工程区林草植被盖度显著增加，水土流失得到初步遏制，生态环境初步改善。

本书运用四川连续 2 次岩溶区石漠化监测的翔实数据（信息），系统全面描述四川岩溶区的现状、特征等，开展岩溶区生态环境脆弱性评价，构建了四川岩溶区立地分类系统。结合岩溶区石漠化土地的立地现状、植被恢复技术的典型调查和工程实施经验与成效，筛选出适用于岩溶区植被恢复的树（草）种 45 个，建立技术措施配套的植被恢复典型模型 61 个，提出了一套系统、全面、完整的植被恢复技术。本书不仅能够为四

川岩溶区石漠化土地综合治理提供技术支撑，也能为其他生态脆弱区植被恢复与重建和生态综合治理提供借鉴。

由于编写时间仓促，不足和疏漏之处在所难免，希望广大读者不吝批评指正。

编 者

2016 年 5 月 30 日

目 录

1 概论 / 1

1.1 研究背景与意义 / 1

1.1.1 石漠化概念 / 1

1.1.2 国内外研究现状 / 2

1.1.3 研究的意义 / 3

1.2 研究目标与内容 / 3

1.2.1 研究目标 / 3

1.2.2 研究内容 / 4

1.3 技术路线与研究方法 / 4

1.3.1 技术路线 / 4

1.3.2 研究方法 / 4

2 四川岩溶区石漠化土地特征及生态环境脆弱性评价 / 8

2.1 四川地理概况 / 8

2.2 四川岩溶区石漠化土地现状及特征 / 9

2.2.1 四川岩溶区石漠化土地现状 / 9

2.2.2 四川岩溶区石漠化土地特征 / 13

2.3 四川岩溶区生态环境脆弱性评价 / 14

2.3.1 生态环境脆弱性评价指标体系的构建 / 14

2.3.2 生态环境脆弱性指标值来源分析 / 15

2.3.3 各评价指标权重确定 / 27

2.3.4 指标量化处理 / 27

2.3.5 生态环境脆弱性评价结果 / 29

2.4 岩溶区生态环境与植被恢复的关联性分析 / 31

3 四川岩溶区石漠化土地立地分类研究 / 32

3.1 立地分类研究的理论述评 / 32

3.1.1 立地分类方法的理论演进 / 32

3.1.2 国内石漠化立地分类研究动态 / 32

3.2 四川岩溶区石漠化土地立地分类 / 33

3.2.1 立地分类的原则 / 33

3.2.2 立地分类等级 / 33

3.2.3 立地区的划分 / 34

3.2.4 立地类型组的划分 / 38

3.2.5 立地类型的划分 / 41

3.3 岩溶区立地分类系统的建立 / 46

4 四川岩溶区石漠化土地植被恢复技术及模型典型设计 / 58

4.1 植被恢复技术遵循的基本原则 / 58

4.2 植被恢复技术 / 58

4.2.1 树(草)种选择 / 58

4.2.2 良种壮苗 / 59

4.2.3 造林密度 / 59

4.2.4 整地方式 / 66

4.2.5 造林方式 / 66

4.2.6 幼林抚育管理 / 67

4.3 植被恢复模型典型设计 / 68

4.3.1 典型设计内容 / 68

4.3.2 应用说明 / 69

5 研究结论 / 192

参考文献 / 194

后记 / 197

附表 植被恢复模型设计检索表 / 198

附页 彩色效果图 / 207

1 概论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 石漠化概念

岩溶即喀斯特 (Karst), 是指水对可溶性岩 (碳酸盐岩、石膏、岩盐等) 进行的以化学溶蚀作用为主, 流水的冲蚀、潜蚀和崩塌等机械作用为辅的地质作用 (又称为喀斯特作用), 以及由这些作用所形成的地表及与地下的各种景观与现象。可溶岩经以溶蚀为先导的喀斯特作用, 形成地面坎坷崎岖, 地下洞穴发育的特殊地貌称为喀斯特地貌 (Karstlandform), 即岩溶地貌。Karst 源于斯洛文尼亚第纳尔高原, 在当地语中称之为“Karst”, 属印欧语系中的“kar”, 即石头的意思。自从南斯拉夫学者 J. cvijic 研究了那里的地貌后, 它远离俗语而转变为一门学科。

喀斯特石漠化是土地荒漠化的主要类型之一, 它以脆弱的生态地质环境为基础, 以强烈的人类活动为驱动力, 以土地生产力退化为本质, 以出现类似荒漠景观为标志。石漠化概念从 20 世纪 90 年代开始提出, 其定义最初的普遍表述是: 由于喀斯特地区生态环境脆弱, 森林植被的破坏, 水土流失的加剧, 导致了土地严重退化, 形成基岩大面积裸露的现象称为石质荒漠化, 简称石漠化。屠玉麟认为, 石质荒漠化是指在喀斯特的自然背景下, 受人为活动的干扰破坏造成土壤严重侵蚀、基岩大面积裸露、生产力下降的土地退化过程, 所形成的土地称为石质荒漠化土地 (或石漠化土地)。这一定义指明了石漠化的成因和实质, 但忽视了气候环境因素的影响。于是, 张殿发进行了补充, 认为石漠化是指在亚热带地区岩溶极度发育的自然环境下, 受人为活动的干扰破坏, 造成土壤严重侵蚀, 基岩大面积裸露, 生产力严重下降的土地退化现象。周政贤则提出了更为详尽、明确的表述: 石漠化主要是喀斯特地区石漠化, 它是指在水热因子及其配合适宜森林生长发育的环境条件下, 碳酸盐类岩层发育的喀斯特地形和其自生的自然植被生态系统, 反复遭受人类不合理的干扰破坏, 改变土地利用方向, 原本脆弱的生态系统退化, 以化学风化为主的各种形态岩层大面积裸露, 其中纯质灰岩区形成仅有稀疏的藤刺灌丛覆盖的石海, 白云质灰岩区形成稀疏植被覆盖的坟丘式荒原, 相似于干旱少雨地区荒漠化景观的一种退化土地。周政贤的表达首次将石漠化形成的原因、气候背景、岩性

及植被景观特征融为一体。

目前,我国公认的石漠化(Rocky Desertification)是指在热带、亚热带湿润半湿润气候条件和岩溶极度发育的自然背景下,受人为活动干扰,地表植被遭受破坏,造成土壤严重侵蚀,基岩大面积裸露,砾石堆积,地表呈现类似荒漠景观的土地退化现象,是岩溶区土地退化的极端形式。这一定义继承和发展了前人的研究成果,表述简洁、完整。

1.1.2 国内外研究现状

1.1.2.1 国外研究现状

近30多年来,世界上许多国家都十分重视对岩溶环境问题的研究。1979年H. E. Legrad首次提出了岩溶区的生态环境问题。1983年在美国科学促进会第149届年会上,正式把岩溶和沙漠边缘地区等地列为脆弱环境。国外早期的岩溶研究侧重地质成因、地貌特征、水文特征及发育过程,结合经济社会发展的需要,对岩溶水文地质、工程地质、地球物理勘探、岩溶洞穴、岩溶发育理论等做了大量研究。目前比较关注岩溶环境的理论基础和应用研究,诸如退化岩溶生态系统的恢复重建、生物多样性保护、岩溶区人口—资源—环境与区域经济发展等。但因世界其他各国石漠化发生几率小,且分布相对零散、面积小、危害轻,因而在国际上针对岩溶区石漠化土地植被恢复开展的专题研究不多。

1.1.2.2 国内研究现状

长期以来,我国岩溶区的自然环境与社会经济活动之间处于不协调状态,石漠化给社会和生态环境带来了严重的影响。20世纪90年代,开始重视石漠化研究,逐步开展了岩溶区石漠化现状、成因、过程、危害和机制研究。特别是近年来,开展了以水土保持、植被恢复及生态重建为目标的预防和治理示范工作,取得了一些成效。

王德炉(2005)根据岩性、小生境种类及组合、土壤特性等基本特征,将石漠化土地划分为两大类型,即显性石漠化和隐性石漠化。也有学者按照岩性和地貌类型组合(周政贤等,2002)或仅按地貌类型组合(熊康宁,2002),将石漠化划分为不同的类型区,这种划分主要是从植被恢复的角度出发,着眼于土地利用方向的研究。

石漠化现状评价是对石漠化现在状态客观、准确地综合描述,是持续研究及治理工作的基准尺度。目前石漠化现状评价体系一种是以植被因子为主体构建,同时包括土壤和地质因子(王德炉,2003;李瑞玲等,2004);另一种是以植被和土壤盖度为主,包括基岩裸露度、坡度、土壤厚度组成的指标体系(熊康宁等,2002)。

石漠化危险性评价是根据干扰类型、强度、频度和持续时间等因素对石漠化土地的发展趋势进行预测。胡宝清(2004)对石漠化的预警体系从地表形态、生态过程、人类诱发作用、灾害时空分布规律、地质和生态环境进行了研究。李瑞玲等(2004)提出了坡度、岩性、地貌、人口密度和陡坡耕地率等指标对石漠化危险性进行了评价。目前石漠化危险性评价研究尚处于开始阶段。

根据近年来石漠化治理试点示范的主要经验,以退化土地系统为对象,提出了一系列综合治理措施和模式(甘露,2001;钟爱平,2000;苏维词,1998;王克林,1999)。

高瑞华等(2001)根据贵州省地质地貌条件的特殊性,研究建立了贵州省强度石漠化土地立地分类系统。梅再美等(2004)分析了贵州喀斯特石漠化土地的主要类型和形成过程,提出了不同强度等级石漠化土地的植被恢复途径与对策,以及不同强度石漠化土地的植被恢复技术。王进杰(1985)探讨了福泉市岩溶区植被恢复途径,并对适宜于该市的造林树种作出了选择。

1.1.3 研究的意义

据2011年调查监测,四川岩溶区面积277.7万 hm^2 (“四川岩溶区”指国家确定的监测范围,后同),占全省面积的5.7%;石漠化土地73.2万 hm^2 ,占岩溶区面积的26.36%。石漠化土地集中分布于盆中丘陵、川南盆地边缘、川东平岭谷和川西南山地区,涉及全省10个市(州)46个县(市、区)。四川岩溶区有少数民族县20个,居住着彝族、藏族、苗族、土家族等30多个民族,少数民族人口约271.7万人,约占全省少数民族人口总数的68%;少数民族聚居区石漠化土地44.5万 hm^2 ,占全省石漠化土地面积的60.8%;岩溶区有国家扶贫开发重点县16个,占全省扶贫开发重点县的44.4%。四川岩溶区石漠化土地具有面积大、程度深、分布广和区域特点明显等特征,其日趋恶化的脆弱生态环境制约了区域经济社会的发展。石漠化地区的人口、生存、能源、发展等诸多问题已摆在了各级党委和政府面前。

近年来,党和国家领导人不仅明确指示“要加大石漠化治理力度”,还多次提出“要扎实搞好石漠化治理工程”,并于2008年2月由国务院批复了《岩溶地区石漠化综合治理规划大纲(2006—2015)》,国家发展和改革委员会在“十一五”“十二五”期间安排了300个县的石漠化综合治理试点工程,其中四川省有16个试点县。岩溶区是一特殊区域,在试点工程实施过程中,没有系统全面的植被恢复技术可采用,包括立地分类系统,植被恢复适生树(草)种选择,植被恢复模型典型设计等应用技术。本研究正是基于石漠化综合治理试点工程中这一技术空白而开展,具有很强的针对性和目的性,研究成果不仅能够为相关部门开展石漠化治理提供技术支撑,也能为其他生态脆弱区植被恢复与重建和生态综合治理提供借鉴。因此,四川岩溶区石漠化土地植被恢复应用技术研究具有十分重要的现实和长远意义。

1.2 研究目标与内容

1.2.1 研究目标

鉴于四川岩溶区石漠化土地具有分布广、面积大、程度深等特点,且涉及盆中丘陵区、川南盆地边缘区、川东北平行岭谷区和川西南山地区等区域,分布于雅砻江、金沙江、岷江、嘉陵江、沱江等流域,本研究的总目标是:在对四川岩溶区全面深入调查研究、深刻认识的基础上,对不同区域、不同立地条件和不同程度的石漠化土地采用

不同的植被恢复技术措施,为实现石漠化程度减轻,并向潜在石漠化或非石漠化土地的逆转提供一套完整、系统的应用技术。

1.2.2 研究内容

目前国内石漠化土地治理有生物治理、工程治理和生物与工程相结合的治理措施。本研究以四川岩溶区石漠化土地植被恢复技术措施研究为目的,包括岩溶区石漠土地立地分类系统建立、树(草)种选择、植被恢复等技术。主要研究内容如下:

- (1) 岩溶区石漠化土地特征分析;
- (2) 岩溶区生态环境脆弱性评价;
- (3) 岩溶区生态环境与植被恢复的关联性分析;
- (4) 岩溶区立地类分类研究;
- (5) 石漠化土地植被恢复的乔、灌、草、竹、藤等树(草)种选择;
- (6) 石漠化土地植被恢复模型典型设计。

1.3 技术路线与研究方法

1.3.1 技术路线

在全面掌握四川岩溶区石漠化状况的基础上,结合石漠化土地治理过程中植被恢复存在的实际问题,综合运用地貌学、地质学、气候学、生态学、土壤学、植物学、造林学等多学科知识,采取调查研究与分析评价、归纳总结相结合的方式,开展本项研究。其技术路线如图 1-1 所示。

1.3.2 研究方法

1.3.2.1 外业调查

(1) 图斑调查

按照《岩溶地区石漠化监测技术规定》(国家林业局,2011年修订)规定的方法开展图斑区划与调查,其主要方法是“3S”技术与地面调查相结合,以地面调查为主。运用遥感(RS)、全球定位系统(GPS)进行图斑区划。在区划的基础上,通过地面调查相关因子,获取岩溶区石漠土地相关信息。主要包括岩溶区土地类型调查、石漠化程度调查、土地利用类型调查、环境因子调查。采用地理信息系统(GIS)进行图斑与数据信息管理。

(1) 岩溶区土地类型调查

岩溶区土地分为石漠化土地、潜在石漠化土地和非石漠化土地3大类。

石漠化土地:基岩裸露度(或砾石含量) $\geq 30\%$,且符合下列条件之一者为石漠化土地。

- 1) 植被综合盖度 $< 50\%$ 的有林地、灌木林地;

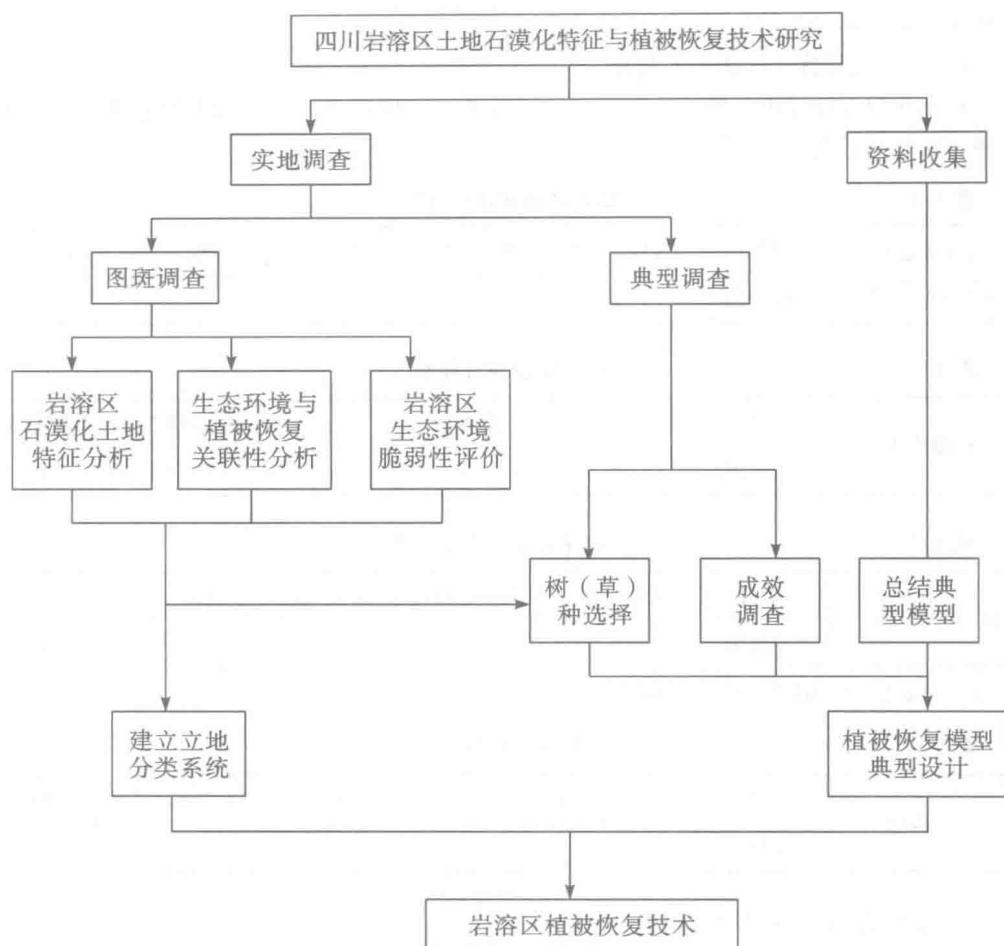


图 1-1 研究技术路线

- 2) 植被综合盖度 $<70\%$ 的草地；
- 3) 未成林造林地、疏林地、无立木林地、宜林地、未利用地；
- 4) 非梯土化旱地。

潜在石漠化土地：基岩裸露度（或砾石含量） $\geq 30\%$ ，且符合下列条件之一者为潜在石漠化土地：

- 1) 植被综合盖度 $\geq 50\%$ 的有林地、灌木林地；
- 2) 植被综合盖度 $\geq 70\%$ 的草地；
- 3) 梯土化旱地。

非石漠化土地：除石漠化土地、潜在石漠化土地以外的其他岩溶土地，即：基岩裸露度（或土壤砾石含量） $< 30\%$ 的有林地、灌木林地、疏林地、未成林造林地、无立木林地、宜林地，旱地，草地，未利用地。

(2) 石漠化程度调查

石漠化分为轻度石漠化（Ⅰ）、中度石漠化（Ⅱ）、重度石漠化（Ⅲ）和极重度石

漠化（Ⅳ）4级。

1) 石漠化程度评定因子及指标

石漠化程度评定因子有基岩裸露度、植被类型、植被综合盖度和土层厚度。各因子及评分标准详见表 1-1~表 1-4。

表 1-1 基岩裸露度评分标准

基岩裸露度 (或砾石含量)	程度	30%~39%	40%~49%	50%~59%	60%~69%	≥70%
	评分值	20	26	32	38	44

表 1-2 植被类型评分标准

植被类型	类型	乔木型	灌木型	草丛型	旱地作物型	无植被型
	评分值	5	8	12	16	20

表 1-3 植被综合盖度评分标准

植被综合盖度	盖度	50%~69%	30%~49%	20%~29%	10%~19%	<10%
	评分值	5	8	14	20	26

注：旱地农作物植被综合盖度按 30~49%计。

表 1-4 土层厚度评分标准

土层厚度	厚度	I 级 ≥40cm	Ⅱ 级 20~39cm	Ⅲ 级 10~19cm	Ⅳ 级 <10cm
	评分值	1	3	6	10

2) 石漠化程度分级评价标准

根据 4 项评定指标评分值之和确定石漠化程度，具体标准如下：

轻度石漠化（Ⅰ）：各指标评分值之和≤45；

中度石漠化（Ⅱ）：各指标评分值之和为 46~60；

重度石漠化（Ⅲ）：各指标评分值之和为 61~75；

极重度石漠化（Ⅳ）：各指标评分值之和>75。

(3) 土地利用类型调查

调查岩溶区土地的利用类型，包括林地（有林地、疏林地、灌木林地、未成林造林地、无立木林地、宜林地等）、耕地（水田、旱地）、草地（天然草地、改良草地、人工草地）、建设用地、水域、未利用地（裸岩、荒草地、干沟和其他未利用地）。

(4) 环境因子调查

环境因子调查主要包括地貌、岩溶地貌、海拔、坡度、坡向、基岩、基岩裸露度、土壤（类型、厚度、质地）、植被（植被类型、优势植物种类、起源、盖度、植被生长状况）。

(5) 植被恢复措施调查

调查图斑石漠化土地的治理状况，主要调查治理所采用的树（草）种，造林技术措

施、幼林抚育措施等。

(6) 典型调查

选取典型调查点布设标准地开展调查。立地因子调查,调查各标准地地貌(含岩溶地貌)、坡度、坡向、海拔、基岩、母质、土壤类型、土层厚度、基岩裸露度、植被盖度、主要植物种类(乔、灌、草、竹、藤等)、植被类型等。植被恢复技术措施调查,对岩溶区近年人工造林(种草)实施地块进行调查,记载立地条件、造林树(草)种、混交方式及比例、整地方式及规格、造林方式、造林时间、种苗情况、初植密度(株行距)、补植株数、施肥情况(种类、用量)、灌溉情况,以及幼林抚育情况等。调查人工造林(种草)成活情况、保存情况、生长状况。

(7) 资料收集

收集岩溶区气候、地质、地貌、土壤、水文、水土流失、社会经济状况等专项资料。收集试点工程县历年石漠化综合治理工程实施方案,原有相关研究资料及论文,营造林技术总结等资料。

1.3.2.2 内业分析及成果编制

(1) 岩溶区石漠化土地特征及生态环境脆弱性评价

根据图斑调查资料,结合收集的水土流失和社会经济状况资料,分析岩溶区石漠化土地特征,并采用指数分析方法,选择生态脆弱性评价指标,构建岩溶区生态脆弱性评价指标体系,再利用GIS的空间叠加功能,通过模型的空间识别、运算,对岩溶区生态环境脆弱性进行评价,并开展岩溶区生态环境与植被恢复的关联性分析。

(2) 立地分类

采用综合分析法,运用图斑调查资料、典型调查资料和收集的相关资料,综合分析岩溶区不同区域的特征和岩溶区的立地特征,确定各级立地单元分类(区)的主导因子,划分立地区、立地类型组、立地类型,建立岩溶区立地分类系统。

(3) 树(草)种选择

采用综合归纳、典型对比等方法选择岩溶区适生的树(草)种。运用图斑调查资料、典型调查资料和近年来石漠化综合治理实施方案等资料,结合树(草)种本身的生物学、生态学特性,综合分析树草种的适宜性,并与同一树(草)种在优良地块上的表现对比,确定岩溶区适生的树(草)种。

(4) 植被恢复模型设计

定性定量结合:定性分析是对国内外已有的岩溶区石漠化治理植被恢复成果、植被恢复技术、各地的植被恢复经验进行总结、分析和归纳,从中寻找符合岩溶区立地条件的各项植被恢复技术。定量分析则通过收集和整理典型调查资料,将有关因子进行量化处理,提出有关植被恢复技术和典型设计的技术标准和规范。

典型对比分析:将林木生长好、生态效益高的调查样地和林木生长差、生态效益低的样地进行对比分析,探寻适宜的植被恢复技术措施。

综合归纳法:将调查、收集的资料和上述方法分析的结果,结合立地条件综合归纳,以图、表、文相结合的方式设计出植被恢复模型。

2 四川岩溶区石漠化土地特征及生态环境脆弱性评价

2.1 四川地理概况

地理位置：四川位于中国西南内陆腹地，地处长江上游、黄河上游，介于东经 $92^{\circ}21' \sim 108^{\circ}12'$ 、北纬 $26^{\circ}03' \sim 34^{\circ}19'$ 之间，与滇、黔、渝、藏、青、甘、陕西部 7 省（市、区）接壤，是承东接西的纽带，连接西南和西北的桥梁。全省辖区面积 48.6 万 km^2 ，约占长江上游的一半，是长江上游生态屏障的主体区，在国家生态安全格局中具有重要地位。

地形地貌：四川位于我国大陆地势三大阶梯中的第一级和第二级，跨越第一级青藏高原和第二级四川盆地及其周围山地，高低悬殊，西高东低的特点特别明显。四川省大致可分为四川盆地和川西高原两大部分。西部为高原，海拔多在 3 500m 以上；东部为盆地，海拔多在 400~2 000m 之间。四川盆地是我国四大盆地之一，面积 16.5 万 km^2 。盆地四周为邛崃山、岷山、大巴山等山地所环绕，重峦叠嶂。盆地中部海拔 400~800m，地势微向南倾斜，岷江、沱江、嘉陵江从北部山地向南流入长江。西部川西高原，海拔 3 000~5 000m，山高谷深，高山峡谷间大江如带，山、河呈南北走向，有沙鲁里山、大雪山等，金沙江、雅砻江、大渡河等穿流其间。四川地貌类型多样，有平原、丘陵、山地和高原 4 大类，以山地为主，其次为高原。

气候：四川省气候区域性、过渡性和复杂性特征突出。按照水热和光照条件，分为四川盆地中亚热带湿润气候区、川西南山地亚热带半湿润气候区、川西北高山高原高寒气候区。气候类型多样，垂直差异大，季风气候明显，区域特色鲜明，气候灾害种类多。

水文：四川境内水系发达，有大小河流 1 200 余条，属于长江水系面积占 96.5%，属于黄河水系面积占 3.5%。江河的源头或上游段大都穿行于高山峡谷区，中游流经盆周山地，中、下游曲流于盆地丘陵地带，最后汇入长江，属长江上游水系；只有白河、黑河汇入黄河。四川水能资源蕴藏量达 1.5 亿 kW，仅次于西藏，可开发量近 1 亿 kW，位居全国首位。

土壤：四川地域辽阔，土壤类型多样。大致可分为四川东部盆地湿润森林土壤地带、川西南山地河谷森林土壤地带、四川西部山地高原半湿润半干旱森林与高山草甸土壤地带。东部盆地内丘陵连绵，地表出露的主要是侏罗系、白垩系紫色砂泥岩，发育为紫色土，由此形成了著名的“红色盆地”。除西南部及南部的白垩系灌口组和夹关组部分母质呈酸性反应外，其余绝大部分呈中性或碱性反应。在盆地东部渠河和长江之间，为一组东北—西南走向的平行岭谷，山上多出露三叠系须家河组厚层砂岩和二叠系、三叠系石灰岩，发育为黄壤。川西平原集中分布着大面积的潮土。盆周山地土壤具有明显的垂直分布特征，自下而上依次为黄壤—黄棕壤—棕壤—暗棕壤—棕色针叶林土；川西南山地河谷地势高低悬殊，土壤垂直带谱为燥红土、红壤、红棕壤、暗棕壤、棕色针叶林土和山地草甸土；在西部山地高原面上，主要分布山地草甸土、亚高山草甸土、高山草甸土，以及呈块状分布的沼泽土，高山峻岭还分布着高山寒漠土。在高原面以下，主要分布灰褐土、褐土、棕壤，向上还有暗棕壤、棕色森林土及亚高山草甸土。

植被：四川省植物种类占全国 30% 以上，是全国植物资源最丰富省区之一，也是全球 25 个生物多样性保护热点地区之一，有森林、灌丛、草原、草甸、竹林、沼泽等植被。2015 年，全省森林覆盖率 36.02%，森林主要集中在盆地常绿阔叶林地带和川西高山峡谷亚高山针叶林地带，川西北高原以高山灌丛、草甸为主。

社会经济情况：四川省辖 21 个（市、州），183 个县（市区），辖区面积 48.6 万 km^2 。2014 年末，全省人口 8 140.2 万人，占全国 6.0%，居全国各省（市、区）第 3 位。有 55 个民族，少数民族人口超过 400 万人，占总人口 5% 左右。彝、藏、羌、苗、回、蒙古、土家、傈僳、满、纳西、布依、白、壮、傣等少数民族世居省内，是全国第二大藏族聚居区、最大的彝族聚居区和唯一的羌族聚居区。

2014 年，四川省实现地区生产总值（GDP）28 536.66 亿元，其中，第一产业增加值 3 531.05 亿元，第二产业增加值 13 962.41 亿元，第三产业增加值 11 043.20 亿元。三次产业对经济增长的贡献率分别为 12.4%、48.9% 和 38.7%。

2.2 四川岩溶区石漠化土地现状及特征

2.2.1 四川岩溶区石漠化土地现状

2.2.1.1 岩溶区自然概况

地理位置：四川岩溶区主要分布在川西南山地区、川南盆地边缘区、川东平行岭谷区、盆中丘陵区，介于东经 $100^{\circ}07' \sim 107^{\circ}15'$ 、北纬 $26^{\circ}10' \sim 30^{\circ}41'$ 之间。石漠化土地以川西南山地区和川南盆地边缘区为主。

地形地貌：四川岩溶区石漠化土地分布区地层以三叠系、二叠系灰岩、白云质灰岩地层最为严重；石漠化发育区地貌类型主要为中、低山石丘坡地、溶蚀残丘、宽谷盆地为主。

气候：受地理位置和地形的影响，四川岩溶区各地的气候差异明显。东部盆地年平均气温 $14^{\circ}\text{C} \sim 19^{\circ}\text{C}$ 。全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 $4\,200^{\circ}\text{C} \sim 6\,100^{\circ}\text{C}$ ，无霜期 280~300 天。全年日照 900~1 600 小时。年降水量 900~1 200mm。川西南山地年平均气温：谷地 $15^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ ，山地 $5^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温德昌以南河谷 $>4\,500^{\circ}\text{C}$ ，以北锐减至 $2\,000^{\circ}\text{C}$ 。全年日照时数 1 200~2 700 小时。年降水 800~1 200mm。2008 年该区出现了雨雪冰冻灾害。

水文：四川岩溶区属长江水系，河流众多，水量丰富，具有夏涨冬枯、暴涨暴落的特点。地表下垫面透水性强，地下水文过程活动强烈，地下水位埋深一般大于 100m，森林植被一旦遭到破坏，导致调水蓄水能力减弱，水资源利用率低，极易造成旱涝灾害。

土壤：四川岩溶区成土母岩主要为灰岩、白云质灰岩以及灰岩夹粉砂岩、砾岩等，土壤类型较为丰富。碳酸盐岩质地较纯，含不溶水分较少，风化成土速度慢。岩溶区土层薄，土壤松散，砾石多，岩土间附着力极低，在缺乏植被保护的情况下土壤容易被冲刷，致使土壤生产力低下。四川岩溶区主要有黄色石灰土、棕色石灰土、红色石灰土和黑色石灰土 4 个亚类，受发育程度和淋溶作用的影响，有部分山地黄壤。

植被：四川岩溶区地形复杂，气候多样，孕育了十分丰富的生物资源和植被类型。据不完全统计，有高等植物 270 余科，1 700 多属，近万种，其中乔木约 1 000 种；形成了亚热带常绿阔叶林、亚热带落叶阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、竹林、灌木林和灌草丛。主要乔木树种有马尾松、云南松、柏木、栎类等；灌木树种有紫穗槐、盐肤木、马桑、小铁仔等；主要经济树种有核桃、板栗、油桐、柑橘、柚等；竹类有慈竹、楠竹、杂交竹等。值得关注的是，碳酸盐岩分布区对植物有严格的选择性，植被具有喜钙、旱生、石生的特点，生长缓慢，适生树种少，群落结构简单，群落的自调控力弱，当受到外界因素尤其是人为活动因素的干扰时，极易导致群落逆向演替。

社会经济情况：四川岩溶区涉及 10 个市（州）46 个县（市、区），辖区面积 11.75万 km^2 。2014 年，岩溶区总人口 1 754.2 万人，其中农业人口 1 423.3 万人，占区域总人口的 81.1%。四川岩溶区有少数民族县 20 个，居住着彝族、藏族、苗族、土家族等 30 多个民族，少数民族人口约 272 万人。2014 年，岩溶区 46 个县（市、区）实现地区生产总值（GDP）4 435.54 亿元，其中，第一产业增加值 701.39 亿元，第二产业增加值 2 580.10 亿元，第三产业增加值 1 154.05 亿元。三次产业对经济增长的贡献率分别为 15.8%、58.2% 和 26.0%。

2.2.1.2 岩溶区石漠化土地现状

据 2011 年调查监测，四川岩溶区面积 277.7万 hm^2 ，占全省面积的 5.7%。其中石漠化土地面积 73.2万 hm^2 ，占岩溶区面积的 26.3%；潜在石漠化土地 76.9万 hm^2 ，占 27.7%；非石漠化土地 127.6万 hm^2 ，占 46.0%（详见图 2-1）。