



丘陵红壤的 土壤侵蚀与治理

杨学震 钟炳林 谢小东 等 编著



 中国农业出版社

丘陵红壤的土壤侵蚀与治理

杨学震 钟炳林 谢小东 等 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

丘陵红壤的土壤侵蚀与治理/杨学震等编著. —北京:
中国农业出版社, 2005. 5

ISBN 7-109-09856-7

I. 丘... II. 杨... III. ①丘陵-红壤-土壤侵蚀-研
究-长汀县②丘陵-红壤-土壤改良-研究-长汀县
IV. S155.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 049429 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 王琦璐

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 7

字数: 215 千字 印数: 1~1 500 册

定价: 22.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 杨学震

副主编 钟炳林 谢小东

撰 稿 (以姓氏笔画为序)

刘洪生 岳 辉 罗学升 涂宏章

彭绍雲 曾河水 曾金华

主 审 黄炎和

前 言

长汀县位于福建省西部，东经 $116^{\circ}00'45'' \sim 116^{\circ}39'20''$ ，北纬 $25^{\circ}18'40'' \sim 25^{\circ}02'05''$ ，属亚热带季风气候，降雨量丰沛、土壤抗蚀力弱，加上人为对地表植被的破坏，土壤侵蚀严重，是福建省著名的土壤侵蚀区。特别是以河田为中心的土壤侵蚀历史长、面积广、程度重、危害大，成为我国丘陵红壤地带典型的极强度土壤侵蚀区。众所周知，强度土壤侵蚀直接导致土壤资源的退化和损失；侵蚀产生的泥沙离开源区进入江河湖库，抬高河床、淤死了库容；同时由于泥沙携带大量氮、磷等面源污染物进入水体，导致水体富营养化，引起水环境恶化。因此，长汀严重的土壤侵蚀不仅导致土壤资源的破坏和损失，同时也引发两个环境问题：洪涝灾害和水质污染。严重的土壤侵蚀已经制约了当地生态环境和社会经济的可持续发展，引起各级党委、政府的高度重视，尤其是1983年4月，原福建省委书记项南同志率领省有关领导、专家和科技人员到河田视察水土保持工作，亲自主持起草了《水土保持三字经》，明确指出了水土保持的方针、政策和措施，并在技术、资金等方面给予了大力的支持，长汀的水土

保持工作取得了长足的进步。

2000 年以来,福建省委、省政府把综合治理长汀水土流失当作为民办实事的大事来抓,河田强度侵蚀区的治理又进入了新的发展期。为了总结历史的经验,推动新一轮的土壤侵蚀治理工作,我们从分析长汀县土壤侵蚀特征和影响因素入手,在总结成功治理模式的基础上,结合长汀社会经济的发展,制定了长汀县水土保持生态环境建设规划,开展了水土保持重点小流域综合治理可行性研究,对 2000 年以来的治理成果进行初步总结,并将以上内容编辑成本书。

本书在编撰过程中,引用了卢程隆、杨人群、阮伏水、杨玉盛、谢锦升、陈宏荣、陈志彪、陈明华、郑本暖、林敬兰等专家、学者的材料。对他们长期关注长汀的土壤侵蚀与水土保持工作表示衷心感谢!

长汀的土壤侵蚀与治理,淀积了几代人辛勤努力的成果。本书的编辑出版仅仅是对长汀水土保持丰硕成果进行总结提高的一个开始,我们将继续努力,进一步探索和完善长汀土壤侵蚀和水土保持理论,为丰富丘陵红壤区土壤侵蚀理论、推动强度侵蚀区的治理实践做出应有的贡献。

限于作者水平,书中肯定存在许多不足之处,恳请读者朋友批评指正!

作 者

2004 年 2 月

目 录

前言

第一章 长汀县的水土流失现状 1

第一节 水土流失现状 1

一、水土流失现状调查的方法 1

二、土壤侵蚀面积和强度 7

三、土壤侵蚀的空间分布 8

第二节 长汀县主要土壤侵蚀类型 10

一、面状侵蚀 11

二、细沟侵蚀 12

三、沟蚀 12

第三节 水土流失危害 17

一、生态环境恶化，旱涝灾害频繁 17

二、土壤退化 17

三、水冲砂压、毁坏农田，影响了农业生产 21

四、江河阻塞，水库淤积，影响了汀江流域的

开发利用 22

第二章 影响土壤侵蚀的主要因子分析 23

第一节 气候 23

一、降雨量的年内分布特征 23

二、降雨量的年际分布特征 25

三、长汀县天然降雨的雨滴特征 25

第二节 母质 37

一、风化壳的物理特征	37
二、风化壳各层抗侵蚀特征评价	41
三、花岗岩与其他母岩风化壳及其发育土壤的 抗侵蚀性对比分析	47
第三节 坡度与土壤侵蚀	48
一、土地的坡度分布	48
二、土壤侵蚀的坡度分布	50
第四节 土地利用与土壤侵蚀	52
一、长汀县土地利用现状	52
二、各土地利用类型的土壤侵蚀	52
第三章 长汀县水土保持生态环境建设规划	56
第一节 规划概要	57
第二节 基本情况	59
一、自然条件	59
二、社会经济状况	62
三、水土流失与水土保持现状	63
第三节 规划目标与总体布局	69
一、规划指导思想和原则	69
二、规划时段和目标	70
三、规划总体布局	72
第四节 水土保持分区	73
一、水土流失类型分区	73
二、水土流失重点防治分区	76
第五节 预防监督与监测规划	78
一、预防保护规划	78
二、监督管理规划	79
三、监测规划	80
第六节 综合治理措施规划	82
一、土地利用结构调整	82

二、治理措施规划	87
三、重点工程项目	92
四、分年度进度安排	95
第七节 科技示范推广	97
一、水土保持科研推广的必要性和可行性	97
二、科研推广机构的设置	98
三、科技推广示范基地规划	98
四、科研与推广的选题原则及主要内容	100
第八节 投资估算	100
一、投资估算编制依据	100
二、投资构成	101
三、投资估算及资金筹措	104
第九节 效益分析及综合评价	106
一、效益分析	106
二、经济评价	107
第十节 规划实施的保证措施	108
一、舆论先行,强化全民“守土有责”的水保意识	108
二、预防为主,建立健全水土保持预防监督体系	108
三、严格封禁,拓宽封山育林育草的防护体系	109
四、创新机制,激发全民参与水土流失 综合治理的活力	109
五、依靠科技,提高水土流失综合治理的科技含量	110
六、强化领导,形成齐抓共管的整体合力	110
第四章 水土保持重点小流域综合治理可行性研究	111
第一节 项目概要	111
第二节 综合说明	113
一、概述	113
二、项目背景	115
第三节 项目区选择与概况	116

一、项目区的选定	116
二、项目选择依据	116
三、项目区概况	119
第四节 水土流失与水土保持	122
一、水土流失概况	122
二、水土流失成因	122
三、水土流失的危害	123
四、水土保持现状	123
第五节 项目任务与规模	125
一、项目建设的指导思想和原则	125
二、建设目标	126
三、建设任务和规模	127
第六节 防治措施	129
一、水土保持监督监测	129
二、主要治理开发措施设计	130
第七节 技术支持	134
一、技术支持的必要性	134
二、科研和技术推广	135
第八节 组织管理	136
一、管理机构	136
二、管理办法	136
第九节 进度安排	137
第十节 投资估算	137
一、投资估算编制原则和依据	137
二、项目投资估算	140
三、资金筹措及安排	141
第十一节 效益评价	142
一、经济效益评价	142
二、生态效益	144

三、社会效益	144
第十二节 结论	145
一、资料详实可靠	145
二、技术设计合理	145
三、经济效益显著	145
四、组织机构健全	145
五、社会效益、生态效益好	146
第五章 水土流失治理及其效益	147
第一节 2000 年以前主要水土流失治理措施的效益	148
一、不同治理措施对植物多样性的影响	150
二、不同治理措施对马尾松生长的影响	154
三、不同治理措施对马尾松林水源涵养功能的影响	159
四、不同治理措施的氮、磷养分循环	164
五、不同治理措施对土壤性质的影响	171
第二节 2000 年以来的水土流失治理及其初步效益	177
一、项目实施情况	178
二、项目实施成效	197
主要参考文献	209

第一章 长汀县的水土流失现状

一百多年来,长汀,特别是河田镇,一直是闻名全国的南方花岗岩强度水土流失区。1940年“福建省研究院”在河田设立“土壤保肥试验区”,开始了比较系统地研究河田强度侵蚀区的水土流失治理。尝试着采用建坝拦沙、整地蓄水、恢复植被和增加有机肥投入等措施保育土壤。新中国成立后,各级党和政府对长汀的水土流失治理高度重视,在20世纪50年代,采取了封山育林和营造马尾松林为主的水土保持措施,初步绿化了山头,但该时期的成果在大炼钢铁和三年困难时期遭到彻底的破坏。20世纪60到70年代,虽然采取了工程与生物措施相结合的方法治理水土流失。但是,治理成果的保存率较低。20世纪80年代至90年代,尤其是1983年4月,原福建省委书记项南同志率领省有关领导、专家和科技人员到河田视察水土保持工作,亲自主持起草了《水土保持三字经》,明确指出了水土保持的方针、政策和措施,并在技术、资金等方面给予了大力的支持,长汀的水土流失治理取得了明显的成效,为进一步提高生态环境质量奠定了扎实的基础。

但是,不可否认,长汀的水土流失仍然比较严重,水土流失治理任重道远。为了更好地规划长汀的水土流失治理,2000年在福建省水土保持监测站的支持下,利用“3S”技术对全县的水土流失进行调查,调查结果如下。

第一节 水土流失现状

一、水土流失现状调查的方法

按照《全国土壤侵蚀动态遥感调查和数据库更新技术规程》,

本次调查采用人机交互的判读分析方法进行。根据第二次土壤侵蚀遥感调查成果（1995 年土壤侵蚀、土地利用和卫星影像数据）、2000 年度 TM、SPOT 数据、土地利用、地形图等，并参考其他土壤侵蚀相关资料及图件，分析影响土壤侵蚀强度的各个要素在近年来的变化，及其对土壤侵蚀强度的影响（如土地利用方式、植被覆盖度、地表组成物质、区域开发与大型建设工程等），经过综合分析而直接判定土壤侵蚀强度的变化特点，在计算机屏幕上勾绘出变化图斑的界线。具体工作程序如下：

1. 收集数据源

（1）遥感图像 1995 年 TM 数据由中国科学院遥感所提供的数字影像文件，数据格式为 Erdas 的 .img 格式，时相为 12 月 25 日。2000 年卫星影像为假彩色（TMR4G3B2+SPOT 全色波段融合）的数字影像，Geotif 数据格式，时相为 1 月 27 日。卫星影像数据都进行了几何纠正和统一的投影处理，可以保证区域内图像、土地利用、土壤侵蚀等数据的空间位置配准。1995 年卫星影像数据校正后每个象元为 30 米左右的分辨率，2000 年卫星影像数据校正后每个象元为 10 米左右的分辨率，投影方式为双标准纬线等面积割圆锥投影。采用全国统一的中央经线和双标准纬线。中央经线为东经 105° ，双标准纬线为北纬 25° 和北纬 47° ，坐标原点为 $105^{\circ}.0^{\circ}$ 。

（2）土地利用图 土地利用是由中科院遥感所提供全省分县 1995 年度和 2000 年度 1:10 万比例尺的土地利用数据文件，数据格式为工作站 Arc/info 的 Coverage。投影方式同陆地卫星 TM 影像数据。该数据反映了 1995 年和 2000 年土地利用状况。

（3）县级行政界线图 统一使用中国科学院遥感所技术支持单位提供的全国县级行政界线。投影方式同上。

（4）地形图、坡度图 通过数字化 1:5 万长汀县地形图等高线数据，应用 ERDAS 软件，将投影方式转换成与 TM 影像数据一致的基础上，生成分辨率为 30 米×30 米的全省 DEM 数据，

再计算生成坡度图像数据,最后按部颁标准进行坡度分级。

(5) 植被覆盖度图 依据 2000 年 TM 数据,应用 ERDAS 或 IDRIS 软件分幅计算出植被指数,根据野外标准样地的实际植被覆盖度,寻找二者的关系,从而得到植被覆盖度数据。

(6) 其他资料收集 为了提高影像的信息可解译性和保证成果质量,广泛收集整理本区土壤侵蚀方面的图件和文字资料,特别是能反映近年变化的各种资料。如各种比例尺的地质图、地貌图、植被图,土壤图、土壤侵蚀图、土地利用图和流域界线图等专业性图件;站点的水文、气象观测资料:包括水文站点的水文泥沙资料,实验站的土壤侵蚀观测资料,谷坊等的泥沙淤积资料及其他有关研究报告。

(7) 野外作业 外业调查是建立土壤侵蚀类型和强度的遥感解译标志的基础。采用 GPS 进行野外样点的准确定位,同时用数码相机拍摄该样点的实况照片,每一张照片均记录有相应的编号、拍摄时间、所处位置的经纬度等相关信息,以此建立土壤侵蚀强度的室内判读标志。

2. 土壤侵蚀信息提取与表示 据调查,长汀县土壤侵蚀类型有水力侵蚀、工程侵蚀和重力侵蚀,由于工程侵蚀和重力侵蚀的面积很小,呈零星分布,根据水利部水土保持监测中心对福建省土壤侵蚀遥感调查工作的意见,本次土壤侵蚀调查图斑不考虑工程侵蚀和重力侵蚀,因此土壤侵蚀类型只有水力侵蚀一种。

本次调查的技术标准按中华人民共和国行业标准 SL190—96《土壤侵蚀分类分级标准》,水利部水土保持监测中心等《全国土壤侵蚀遥感调查技术规程》(1999 年)的要求拟订的。

3. 土壤侵蚀分类系统 土壤侵蚀类型采用两级划分法。一级类型主要根据起主导作用的侵蚀外营力类型与性质来划分,如水力、风力、重力和工程建设等;二级类型采用侵蚀强度为指标划分(见表 1-1)。构成土壤侵蚀类型及其强度的组合分类

系统。

(1) 水力侵蚀 指以地表水为主要侵蚀营力的土壤侵蚀类型。在降雨、地表径流作用下土壤、土体或其他地面组成物质被破坏、搬运和沉积的过程。

(2) 风力侵蚀 指以风为主侵蚀营力的土壤侵蚀类型，包括在气流冲击作用下土粒、沙粒和岩石碎屑脱离地表、被搬运和堆积的过程。

(3) 重力侵蚀 地面岩体或土体物质在重力作用下失去平衡而产生位移的侵蚀过程。根据其形态分为崩塌、崩岗、滑坡、泻溜等。

(4) 工程侵蚀 人们在利用自然资源和经济开发中造成的新的土壤侵蚀现象，主要是指开矿、采石、修路、建房及其他工程建设等产生的大量弃土、尾沙、矿渣等带来的泥沙流失。

表 1-1 全国土壤侵蚀分类系统

一级类型	二级类型 (强度等级)
1 水力侵蚀	11 微度 12 轻度 13 中度 14 强度 15 极强度 16 剧烈
2 风力侵蚀	21 微度 22 轻度 23 中度 24 强度 25 极强度 26 剧烈
3 冻融侵蚀	31 微度 32 轻度 33 中度 34 强度
4 重力侵蚀	40
5 工程侵蚀	50

4. 土壤侵蚀强度分级标准 土壤侵蚀强度指地壳表层土壤在自然营力（水力、风力、重力等）和人类活动综合作用下，单位面积和单位时段内被剥蚀并发生位移的土壤侵蚀量，以土壤侵蚀模数表示。其含义是单位面积和单位时段内的土壤侵蚀量，其单位名称和代号为吨/（平方千米·年），或采用单位时段内的土壤侵蚀厚度，其单位名称为毫米/年。

土壤侵蚀强度分级统一划分为六级（表 1-2）。

表 1-2 土壤侵蚀强度划分标准

分 级	平均侵蚀模数 [吨/ (平方千米·年)]	平均流失厚度 (毫米/年)
1 微度侵蚀	<500	<0.37
2 轻度侵蚀	500~2500	0.37~1.9
3 中度侵蚀	2 500~5 000	1.9~3.7
4 强度侵蚀	5 000~8 000	3.7~5.9
5 极强度侵蚀	8 000~15 000	5.9~11.1
6 剧烈侵蚀	>15 000	>11.1

注：(1) 本表流失厚度系按土壤容重 1.35 克/立方厘米折算。

(2) 南方红壤丘陵区土壤容许流失量为 500 吨/ (平方千米·年)

考虑到福建省绝大部分地区目前还难以获得足够的土壤侵蚀模数, 根据《全国土壤侵蚀遥感调查技术规程》, 土壤侵蚀强度分级参考指标如表 1-3。

表 1-3 水力侵蚀强度分级参考指标

坡 度		5°~8°	8°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°
地 类						
非耕地	60~75	轻 度				强度
林草	45~60					
覆盖度	30~45					
(%)	<30	中 度		强度		极强度
坡耕地		轻度	中度	强度	极强度	剧烈

5. 图像判读、矢量图生成

(1) 生成 2000 年土壤侵蚀现状草图 根据水利部《全国土壤侵蚀遥感调查技术规程》中土壤侵蚀强度的判别标准, 对已配准的土地利用、植被覆盖度和坡度数据 (皆转成统一投影的栅格数据), 利用自编的软件评判出各个像元点的土壤侵蚀强度, 生

成以长汀县的土壤侵蚀评判图（栅格图像），再利用自编的矢量化软件生成土壤侵蚀现状草图（. dxf 格式）。

（2）土壤侵蚀类型及强度变化分析的数据准备 将 1995 年和 2000 年卫星影像、1995 年土壤侵蚀图、2000 年土地利用图和 2000 年土壤侵蚀草图等基础数据导入 ArcView 中，进行分层管理。这些基础数据的作用如下：两期卫星影像是为了在图层间切换，以便发现 5 年来土壤侵蚀已经变化了的部分；土地利用图是为了确定这些变化部分目前的土地利用方式；而由计算机自动解译生成的 2000 年土壤侵蚀草图则为人机交互解译人员提供了土壤侵蚀强度判别的客观参照标准；搜集到的有关区域土壤侵蚀内容的其他资料作为参考，用来确定目前的土壤侵蚀类型和强度。

（3）土壤侵蚀类型及强度变化的图像判读 人机交互进行卫星图像判读分析的主要内容是土壤侵蚀类型及强度的变化部分，其侵蚀类型和侵蚀强度分类按“全国土壤侵蚀遥感调查技术规程”的分类系统。主要作业环节包括：

①在 Arcview 软件中输入县级影像栅格文件。

②利用 Arcview 软件对数据进行分层管理，设置卫星图像层、土地利用层和 2000 年土壤侵蚀草图层，并建立新的土壤侵蚀数据层面，以人机交互方式，在计算机屏幕上进行土壤侵蚀类型及强度变化部分的判读，利用鼠标直接进行图斑界限勾绘和属性判定。

③判读结果的质量评定。人机交互判读结果的好坏，决定着土壤侵蚀遥感调查最终成果的质量，因此始终把好质量关是提高成果精度的重要环节。质量检查主要按“全国土壤侵蚀遥感调查技术规程”的要求进行。

（4）矢量图生成 按照上述程序完成的图斑判读文件中包括土壤侵蚀类型和强度，实际上是一个土壤侵蚀编码的矢量文件，需要将其建立拓扑，并进行编辑直至形成完全没有定性错误和逻