

SHUITU
BAOCHI
KEPU
CONGSHU

水土保持
科普丛书

△福建省科学技术协会△

△福建省农村致富技术函授大学△

水土保持读本

◎林敬兰
◎林金石
主 编
副 主 编



海峡出版发行集团
THE STRAITS PUBLISHING & DISTRIBUTING GROUP

福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE



SHUITU
BAOCHI
KEPU
CONGSHU

水土保持
科普丛书

△福建省科学技术协会△

△福建省农村致富技术函授大学△

水土保持读本

“福建省水土保持科普丛书”编委会

主任：叶顺煌

副主任：柯少愚

委员：武红谦 兰生 张彩珍 鲁伟群 李自荣

管 菁 林敬兰 林敬兰 林敬兰 林敬兰 胡腾旭

韩牙琴 朱丽容

《水土保持读本》参编人员

主 编：林敬兰

副主编：林金石

编写人员(按姓氏笔画排名)：

林金石 林敬兰 葛宏力 蒋芳市 谢小芳

主 审：杨学震



海峡出版发行集团
THE STRAITS PUBLISHING & DISTRIBUTING GROUP

福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

水土保持读本/林敬兰主编. —福州: 福建科学技术出版社, 2013. 6

(水土保持科普丛书)

ISBN 978-7-5335-4290-0

I. ①水… II. ①林… III. ①水土保持—普及读物
IV. ①S157—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 101841 号

书 名	水土保持读本 水土保持科普丛书
主 编	林敬兰
出版发行	海峡出版发行集团 福建科学技术出版社
社 址	福州市东水路 76 号 (邮编 350001)
网 址	www.fjstp.com
经 销	福建新华发行 (集团) 有限责任公司
印 刷	福州晚报印刷厂
开 本	889 毫米×1194 毫米 1/32
印 张	4
字 数	97 千字
版 次	2013 年 6 月第 1 版
印 次	2013 年 6 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5335-4290-0
定 价	10.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

水土保持是一门涉及学科较多的交叉应用学科。本书从水土保持基础知识入手,介绍了主要的土壤侵蚀类型及其影响因素,通过实例讲解福建省典型水土流失治理成功经验,让读者更好地了解水土保持知识。

《水土保持读本》共分6部分,包括概述、土壤侵蚀类型、土壤侵蚀影响因素、水土保持措施、福建省水土流失治理的主要模式、水土保持监测与评价等内容,由福建农林大学南方水土保持研究院、福建省水土保持试验站共同编写。各部分分工如下:第一部分由林敬兰、谢小芳编写;第二部分由谢小芳编写;第三部分由林金石、葛宏力编写;第四、五部分由蒋芳市编写;第六部分由林金石、林敬兰编写。全书稿由杨学震主审并统稿。

在本书编写过程中,引用了一些作者的研究成果和资料,在此谨向他们表示诚挚的感谢!书稿在资料收集、排版过程中得到了扶恒、张燕、庄雅婷、张兆福、王玺洋、赵淦等多位硕士研究生的帮助,在此一并表示感谢!

编 者

2013年4月

目 录

一、概述	(1)
(一) 基本概念及相关术语	(1)
(二) 水土流失现状	(3)
1. 我国水土流失现状	(3)
2. 福建省水土流失现状	(5)
(三) 水土流失的危害	(7)
(四) 我国水土流失治理主要模式	(8)
1. 我国水土流失治理模式	(8)
2. 福建省水土流失治理模式	(12)
(五) 水土保持的意义及其重要性	(14)
(六) 我国水土保持工作概况	(15)
1. 我国水土保持工作历史与进展	(15)
2. 福建省水土流失治理历程	(16)
二、土壤侵蚀类型	(18)
(一) 土壤侵蚀分类依据及分类系统	(18)
1. 土壤侵蚀分类依据	(18)
2. 土壤侵蚀分类原则及分类系统	(19)
(二) 水力侵蚀	(21)
1. 水力侵蚀强度分级指标	(21)
2. 水力侵蚀类型	(22)
(三) 风力侵蚀	(30)
1. 风力侵蚀强度分级参考指标	(31)

2. 风力侵蚀形式	(31)
(四) 重力侵蚀	(32)
1. 重力侵蚀强度分级参考指标	(32)
2. 重力侵蚀类型	(32)
(五) 冻融侵蚀	(35)
1. 冻融侵蚀强度分级参考指标	(35)
2. 冻融侵蚀的类型	(35)
(六) 复合侵蚀	(37)
1. 崩岗	(38)
2. 泥石流	(44)
(七) 其他类型侵蚀强度的分级指标	(46)
1. 土壤侵蚀潜在危险程度分级指标	(46)
2. 不同侵蚀类型定性综合指标组合	(47)
三、土壤侵蚀影响因素	(48)
(一) 气候	(48)
1. 降雨强度	(48)
2. 降雨量	(49)
3. 降雨年度分布	(50)
(二) 地形	(50)
1. 坡度	(50)
2. 坡长	(51)
3. 坡形	(52)
4. 坡向	(53)
(三) 地质	(53)
1. 岩性	(53)
2. 新构造运动	(54)
(四) 土壤	(55)
1. 土壤透水性	(55)

2. 土壤抗蚀性	(57)
3. 土壤抗冲性	(57)
(五) 植被	(58)
1. 拦截降雨	(59)
2. 调节地表径流	(59)
3. 固结土体	(60)
4. 改良土壤性状	(60)
(六) 人为因素	(60)
1. 人类加剧土壤侵蚀的活动	(60)
2. 人类控制土壤侵蚀的积极作用	(61)
四、水土保持措施	(63)
(一) 水土保持工程措施	(63)
1. 坡面防护工程	(63)
2. 沟道治理工程	(74)
3. 坡面集水蓄水工程	(77)
4. 机耕道	(79)
(二) 水土保持生物措施	(80)
1. 水土保持生物措施概述	(80)
2. 水土保持造林技术	(81)
3. 水土保持种草技术	(84)
(三) 水土保持耕作措施	(85)
1. 以改变小地形增加地面糙率为主的措施	(86)
2. 增加植物为主的措施	(86)
3. 改善土壤物理性状的措施	(88)
五、福建省水土流失治理的主要模式	(89)
(一) 水土保持生态修复模式	(89)
(二) 侵蚀劣地治理模式	(91)
1. 以草促林恢复模式	(92)

2. 灌草快速恢复模式	(93)
3. 乔灌草快速恢复模式	(93)
4. 多树种混交模式	(94)
5. 针阔混交模式	(94)
6. “老头松”改造模式	(95)
(三) 把水土流失区变为经济作物区治理模式	(96)
(四) 保土耕作模式	(97)
(五) 草—牧—沼—果(菌)循环种养模式	(97)
(六) 崩岗综合治理模式	(98)
1. 生态恢复型治理模式	(99)
2. 强度开发型治理模式	(100)
3. 综合整治型崩岗治理模式	(102)
六、水土保持监测与评价	(103)
(一) 水土保持监测	(103)
1. 水土保持监测的目标与内容	(103)
2. 水土保持监测的类型	(104)
3. 水土保持监测的内容	(104)
4. 水土保持监测方法与技术	(106)
5. 水土保持监测法律依据	(107)
6. 水土保持监测的流程	(109)
(二) 水土保持评价	(111)
1. 水土保持效益及其分类	(111)
2. 水土保持效益的计算	(112)
3. 小流域综合治理评价	(115)
参考文献	(118)

一、概述

(一) 基本概念及相关术语

1. 土壤

不同学科对土壤的定义不同，土壤学家和农学家把土壤定义为“发育于地球陆地表面能生长绿色植物的疏松多孔的结构表层”。这个概念阐述了土壤的功能、所处的位置和物理状态。土壤是一个在生物、气候、母质、地形、时间等自然因素和人类活动综合作用下形成的独立的历史自然体。土壤间存在的性质变异，是在不同的时间和空间位置上由于成土因子的差异导致的。由成土作用形成的层次称为土层（土壤发生层），完整的垂直土层分为3个基本层：处于地表最上端，有腐殖质聚积的这层为A层；接下来黏粒淀积的一层为B层，又称为淀积层或过渡层；B层之下为C层，由不同风化物构成，是A、B层发育的母质。土壤一般由固相、液相（水分）和气相（空气）三相物质组成，三相之间是一个相互制约、相互作用的有机整体。

2. 土壤侵蚀

土壤侵蚀是土壤或者其他地面组成物质在水力、风力、冻融、重力和人为活动等外营力的综合作用下，被剥蚀、破坏、分离、搬运和沉积的过程。

3. 水土流失

水土流失是指在水力、重力、风力等外营力作用下，水土资源和土地生产力遭受破坏和损失，又称为水土损失。狭义的水土流失专指水蚀区域的土壤侵蚀，即由水力和重力造成水土资源的破坏和运移。20 世纪 30 年代，“土壤侵蚀”一词从欧美传入中国，有的学者开始把“水土流失”作为“土壤侵蚀”的同义语，但也有相悖的观点。广义上讲，水的损失包括了植物截留损失、地面及睡眠蒸发损失、植物蒸腾损失、深层渗透损失和坡径流损失等；但在我国水土保持界，水的损失主要是指坡径流的损失。

4. 水土保持

水土保持指防治水土流失，保护、改良与合理利用水土资源，维护和提高土地生产力，减轻洪水、干旱和风沙灾害，以利于充分发挥水土资源的生态效益、经济效益和社会效益，建立良好生态环境支撑可持续发展的生产活动和社会公益事业，其定义与水土流失或土壤侵蚀含义相反。水土保持不仅是土地资源的保护，而且还包括了水资源的保护。

5. 土壤侵蚀量及土壤侵蚀强度

土壤及其母质在各种侵蚀营力作用下，被剥蚀、搬运和沉积的物质量，称为土壤侵蚀量，通常以吨或立方米表示。土壤侵蚀强度是以单位时间、单位面积发生土壤侵蚀量为指标划分的土壤侵蚀等级。通常用每年每平方千米的土壤侵蚀量（土壤侵蚀模数）或者每年土层受侵蚀剥离的厚度来表示。

6. 土壤侵蚀程度

土壤侵蚀程度是以原生剖面已被侵蚀状态为指标划分的土壤侵

蚀等级。它是反映土壤被侵蚀总的结果、目前发展阶段和土壤肥力水平的土壤侵蚀指标。一般可分为轻度、中度、强度、极强度和剧烈 5 个级别。土壤侵蚀程度是土壤分级的主要依据，决定着土壤的利用方向。

7. 允许土壤流失量

允许土壤流失量是指在长时期内能保持土壤的肥力和维持土地生产力基本稳定的最大土壤流失量，即在一个较长的时期内不至于导致土地生产力降低而允许的年最大土壤流失量。一般用成土速率和流失速率的比较或者土壤养分流失对作物生长是否产生影响来衡量。我国水蚀类型区的主要土壤允许流失量分别为：西北黄土高原区 1000 吨/（公顷·年）、东北黑土区 200 吨/（公顷·年）、北方土石山区 200 吨/（公顷·年）、南方红壤丘陵区 500 吨/（公顷·年）、西南土石山区 500 吨/（公顷·年）。

（二）水土流失现状

1. 我国水土流失现状

我国属于水土流失较严重的国家之一。2005 年第三次土壤侵蚀遥感普查结果显示，我国现有土壤侵蚀面积 357.0 万千米²，占陆地总面积的 37.2%，年均侵蚀总量为 45.2 亿吨；其中水力侵蚀面积 161.0 万千米²，风力侵蚀面积 196 万千米²。当前我国水土流失现状主要存在以下 3 个特点。

（1）水土流失面积大，分布范围广

我国现有土壤侵蚀面积占国土总面积的 37.2%。水土流失不仅广泛发生在农村，也发生在城镇和工矿区，几乎遍及所有的流域和省份。东部地区（北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福

建、山东、广东、海南等) 主要以水力侵蚀为主, 水土流失面积为 9.1 万千米², 占全国的 2.6%; 中部地区 (山西、河南、安徽、江西、湖北、湖南等) 主要以水力侵蚀和风力侵蚀为主, 水土流失面积为 51.2 万千米², 占全国的 14.3%; 西部地区 (重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、内蒙古、广西等) 主要以风力侵蚀和冻融侵蚀为主, 流失面积达 296.6 万千米², 占全国的 83.1%。

(2) 流失强度大, 侵蚀严重区比例高

我国年均土壤侵蚀总量 45.2 亿吨, 约占全球土壤侵蚀总量的 1/5。主要流域年均土壤侵蚀量为每平方千米 3400 多吨; 黄土高原部分地区每平方千米土壤侵蚀量甚至超过 3 万吨, 相当于每年表层土壤流失 2.3 厘米, 这是正常自然风化条件下 200~350 年所能形成的土层厚度。全国侵蚀量大于 5000 吨/(千米²·年) 的面积达 112.0 万千米²。根据水土流失面积占国土面积的比例以及流失强度综合判定, 我国现有的 2861 个县中, 有 646 个为严重水土流失县, 占总数的 22.6%。

(3) 流失成因复杂, 区域差异明显

我国幅员辽阔, 不同区域水土流失状况差异较大。东北黑土区、北方土石山区、黄土高原区、长江上游及西南诸河区、北方农牧交错区、西南岩溶石漠化区、南方红壤区等各区域的自然和社会经济发展状况差异较大, 水土流失的特点也各有不同。

东北黑土区坡度较小 (3°~5°), 但坡面较长 (800~1500 米), 汇水面积较大, 使得流量和流速增大, 造成较严重的面蚀和沟蚀, 并且各种类型的侵蚀交互作用, 特别是水力侵蚀与冻融侵蚀的交互作用, 进一步加快东北黑土区的水土流失。据测算, 黑土区现有的大部分耕地再经过 40~50 年的流失, 黑土层将全部流失。北方土石山区表土土石混杂, 石多土少, 细颗粒物质流失后, 地面极易沙砾化或石化, 从而表现为土层薄, 裸岩多, 肥力低, 坡度陡, 易在

暴雨下形成突发性山洪。黄土高原区土层深厚（50~100 米），土质疏松（主要是粉沙壤土），沟多沟深，面蚀与沟蚀都十分严重。西南岩溶石漠化区土层薄，雨量多，坡耕地石漠化严重，肥力低，耕地的数量和质量降低。北方农牧交错区的风蚀和水蚀在时间上交错，空间上叠加。长江上游及西南诸河区耕地侵蚀强烈，泥石流、滑坡量大面广；江河源区冻融、水力、风力侵蚀交互作用，草地退化严重。南方红壤区土层浅薄，雨量大，土壤易形成结皮，土壤入渗率低，抗蚀性小，造成侵蚀量大，崩岗侵蚀剧烈，林下流严重，潜在危险程度高。

2. 福建省水土流失现状

福建省土壤侵蚀以水力侵蚀为主，至 2008 年，全省水土流失面积达 12254 千米²，占土地总面积的 10.0%，分别比 2000 年和 1995 年减少 873 千米² 和 2816 千米²（图 1-1）。总体来看，福建水土流失以中、轻度流失为主，两者的流失面积占总流失面积的 84.4%，强度以上侵蚀的面积仅占总流失面积的 15.6%（表 1-1）。

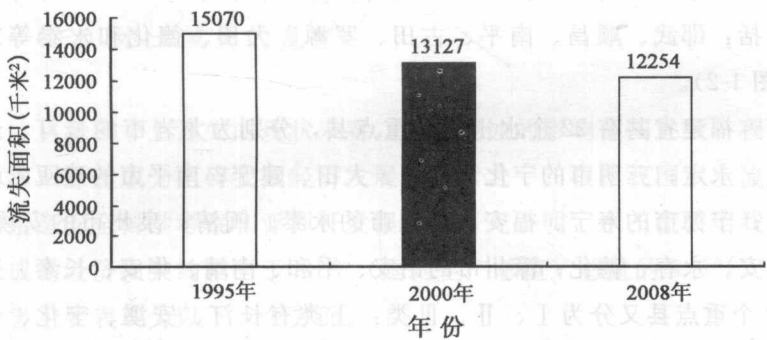


图 1-1 福建省 1995、2000 和 2008 年水土流失现状

表 1-1 福建省 2008 年水土流失现状

福建省水土保持试验站, 2010

类 别	面积/(千米 ²)	占土地总面积 (%)	占流失总面积 (%)
轻度侵蚀	6459	5.28	52.71
中度侵蚀	3877	3.17	31.64
强度侵蚀	1710	1.39	13.95
极强度及剧烈侵蚀	208	0.17	1.70
合 计	12254	10.01	100

从宏观的区域分布来看, 侵蚀总面积由东南部沿海向西北部内陆下降, 在空间分布上呈现出块状不连续分布的特点, 多集中在人类生活区附近。可分为 4 大核心区和 6 个小片 (二者共 16344.7 千米²)。四大核心区包括: 汀江片 (长汀、连城, 面积 4390.7 千米²)、晋江片 (永春、安溪、华安, 面积 3094.5 千米²)、九龙江片 (南靖、平和、永定, 面积 2579.9 千米²) 与赛江片 (寿宁、福安、周宁、屏南, 面积 3795.1 千米²); 6 个小片 (2484.49 千米²) 包括: 邵武、顺昌、南平、古田、罗源、大田、德化和永泰等地 (图 1-2)。

福建省共有 22 个水土流失重点县, 分别为龙岩市的长汀、连城、永定; 三明市的宁化、清流、大田、建宁; 南平市的建瓯、政和; 宁德市的寿宁、福安; 福州市的永泰、闽清; 泉州市的安溪、南安、永春、德化; 漳州市的诏安、平和、南靖、华安、长泰。这 22 个重点县又分为 I、II、III 类: I 类有长汀、安溪、宁化、诏安、平和; II 类有南安、建瓯、清流、寿宁、大田、永泰; III 类有政和、永春、福安、南靖、连城、华安、长泰、建宁、德化、闽清、永定。



图 1-2 福建省水土流失核心区 (陈志强, 2011)

(三) 水土流失的危害

从我国水土流失的现状来看,土壤侵蚀的影响范围之大、程度之深,已经成为阻碍我国经济发展的因素之一。根据我国水土流失与生态安全科学考察和亚洲开发银行的研究表明,水土流失给我国造成的经济损失约相当于 GDP (国内生产总值) 总量的 3.5%。其危害主要表现为以下 4 个方面。

①导致土地退化,毁坏耕地,威胁国家粮食安全 经研究测算,按现在的流失速度,50 年后东北黑土区将有 1400 万亩耕地的黑土层流失掉,粮食产量将降低 40% 左右;35 年后西南岩溶区石漠化面积将翻一番,届时有近 1 亿人失去赖以生存和发展的土地。

②导致江河湖库淤积，加剧洪涝灾害，对我国防洪安全构成巨大威胁 1950~1999年黄河下游河道淤积泥沙92亿吨，致使河床普遍抬高2~4米；辽河干流下游部分河床已高于地面1~2米，成为地上悬河；全国8万多座水库年均淤积泥沙16.24亿米³；洞庭湖年平均淤积泥沙0.98亿米³，是造成调蓄能力下降的主要原因之一。

③恶化生存环境，加剧贫困，成为制约山丘区经济社会发展的重要因素 水土流失与贫困互为因果、相互影响，经济最贫困地区往往也是水土流失最严重地区，我国76%的贫困县和74%的贫困人口分布在水土流失区。

④威胁我国生态安全和饮水安全 水土流失削弱了生态系统的调节功能，加重旱灾损失和面源污染，对我国生态安全和饮水安全构成严重威胁。

（四）我国水土流失治理主要模式

1. 我国水土流失治理模式

由于我国各区域的自然和经济社会发展状况差异较大，水土流失的主要成因、产生的危害、治理的重点各有不同。针对不同的侵蚀特征，其治理模式也不同。

（1）东北黑土区治理模式

东北黑土分布于黑龙江、吉林、辽宁及内蒙古等省区，为世界三大黑土区之一；这一地区水土流失主要发生在坡耕地上；其地形多为漫岗长坡，在顺坡耕作的情况下，水土流失不断加剧。根据不同水土流失类型区的特点，该区采用“宜林则林，宜牧则牧，因地制宜，因害设防”等措施，探索出以下典型治理模式。

①漫川漫岗区的“三道防线”治理模式 即坡顶建设农田防护

林；坡面采取改垄耕作，修筑地埂植物带、坡式梯田和水平梯田等水土保持措施；侵蚀沟采取沟头修跌水、沟底建谷坊、沟坡削坡植柳、育林封沟等措施。

②丘陵沟壑区小流域“金字塔”综合治理模式 这一模式可概括为“一林戴帽，二林围顶，果牧拦腰，两田穿靴，一龙座底”，即山顶营造防护林；坡上部布设截流沟、营造水土保持涵养林；坡中部修筑果树台田或水平槽，发展特色经济林果；坡下部通过改垄、修筑地埂植物带、梯田改造坡耕地，建设旱涝保收的稳产农田。坡底的沟川地则是配套完善灌排水利设施，建设高标准的稳产高产良田，提高抗灾能力。

（2）北方土石山区治理模式

北方土石山区位于北京、河北、山东、辽宁、山西、河南、安徽等省市。大部分地区土层浅薄，岩石裸露。土层厚度不足 30 厘米的土地面积占本区土地总面积的 76.3%。该区的治理模式如下。

①封禁为主，抚育为辅 轻度流失区内，在建设基本农田保障最低粮食需求的基础上，再建设一定数量的经济林，其余以自然封育为主，人工造林种草为辅，尽快恢复区域生态。

②治理与开发结合 将水土流失治理与新农村建设、城镇化建设融为一体，以坡改梯和经济林建设为保障措施，大力推广自然封禁，适度营造生态林。

（3）黄土高原区治理模式

黄土高原分布于陕西、山西、甘肃、内蒙古、宁夏、河南及青海等省区。该区土层深厚疏松、沟壑纵横、植被稀少，降水时空分布不均，是我国土壤侵蚀量最高的区域。由于黄土高原区的坡耕地是水土流失最为严重的区域，治理好坡耕地是防治水土流失的关键。该区主要采用以下几种模式进行综合治理。

①梯田工程为主的坡耕地综合治理模式 实施坡改梯工程，建设高质量旱涝保收基本农田，是合理利用水土资源、提高粮食产