

TURANG QINSHI
DIAOCHA YU PINGJIA

土壤侵蚀调查与评价

主 编 郭索彦

副主编 刘宝元 李智广 邹学勇 刘淑珍



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

土壤侵蚀调查与评价

主 编 郭索彦

副主编 刘宝元 李智广 邹学勇 刘淑珍



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书全面介绍了第一次全国水利普查土壤侵蚀普查实施的全过程。全书从我国土壤侵蚀调查的技术方法出发,全面详细地介绍了普查的工作过程,包括土壤侵蚀调查目标、内容、方法、技术路线与工作流程、野外数据采集及处理,详细介绍了各土壤侵蚀因子的量化方法与侵蚀模数计算、强度评价分析的过程和结果,为总结本次普查经验,指导今后的土壤侵蚀普查工作提供了参考。

本书可供水土保持、荒漠化防治、生态环境等方面的高等院校、科研院所、监测机构及管理机构工作人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

土壤侵蚀调查与评价 / 郭索彦主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 6
ISBN 978-7-5170-2240-4

I. ①土… II. ①郭… III. ①土壤侵蚀—调查研究—中国 IV. ①S157

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第147772号

审图号: GS (2014) 826 号

书 名	土壤侵蚀调查与评价
作 者	主编 郭索彦 副主编 刘宝元 李智广 邹学勇 刘淑珍
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15印张 356千字
版 次	2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	62.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

Preface



根据国务院的决定,2010—2012年开展了第一次全国水利普查。水土保持情况普查是第一次全国水利普查的内容之一,包括土壤侵蚀普查、侵蚀沟道普查以及水土保持措施普查等。在国务院第一次全国水利普查领导小组办公室的统一领导下,经过全国各级水行政主管部门和相关业务部门的共同努力,普查工作顺利、全面完成,普查成果经国务院批准,水利部和国家统计局联合发布了《第一次全国水利普查公报》。

为总结经验和便于今后开展土壤侵蚀普查工作,水利部水土保持监测中心(国务院第一次全国水利普查领导小组办公室水土保持专项普查工作组挂靠单位)针对土壤侵蚀普查组织实施过程及其相关技术、方法,编写了《土壤侵蚀调查与评价》一书,供广大水土保持工作者参考使用。

本书包括7章。第1章概述了国内外土壤侵蚀调查与评价的发展历程;第2章介绍了本次土壤侵蚀普查,包括组织实施,目标、内容与方法,技术路线与工作流程,普查表设计与填报,技术培训和质量控制等内容;第3章介绍了野外调查单元的布设原则、网格划分以及布设结果;第4章介绍了野外调查单元数据采集与处理方法,针对水力侵蚀、风力侵蚀和冻融侵蚀的野外调查特点,详细介绍了数据采集的方法、步骤和数据处理流程等;第5章至第7章分别阐明了水力侵蚀、风力侵蚀和冻融侵蚀强度分析与评价的工作流程,介绍了各侵蚀因子的量化方法、土壤侵蚀模数计算和强度评价的方法,并对比分析了量化结果的准确性和合理性。本书由水利部水土保持监测中心组织编写,各章编写人员分工如下:第1章由郭索彦、李智广、谢云、刘宪春编写,第2章由郭索彦、李智广、刘宝元、王爱娟编写,第3章由李智广、刘宝元、刘宪春、邹学勇、刘淑珍、赵莹编写,第4章由谢云、符素华、张科利、刘宪春、邹学勇、刘淑珍、陶和平、程宏编写,第5章由刘宝元、章文波、殷水清、刘宪春、梁音编写,第6章由邹学勇、程宏、张春来编写,第7章由刘淑珍、陶和平、刘斌涛编写。全书由刘宝元、李智广、邹学勇、刘淑珍统稿,郭索彦审定。

本书编写过程中,引用了水土保持情况普查的实施方案和相关技术材料,

吸收了普查技术培训的内容，引用了国内外学者的相关研究结论，并列出了参考文献，在此表示衷心感谢。

由于编者实践范围、知识水平、思考深度及写作思路所限，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正，多提宝贵意见，以便不断完善。

编者

2013年10月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 国外土壤侵蚀调查与评价	1
1.1.1 美国土壤侵蚀抽样调查	1
1.1.2 澳大利亚土壤侵蚀网格估算	3
1.1.3 欧洲土壤侵蚀危险性评价	4
1.2 国内土壤侵蚀调查与评价	5
第 2 章 全国土壤侵蚀普查	7
2.1 组织实施	7
2.1.1 机构组建及职责	7
2.1.2 资料搜集	7
2.1.3 普查宣传	8
2.2 目标与内容	8
2.3 普查方法	8
2.3.1 水蚀模型	9
2.3.2 风蚀模型	10
2.3.3 冻融侵蚀模型	10
2.4 技术路线与工作流程	11
2.4.1 野外调查底图制作	11
2.4.2 野外调查	11
2.4.3 数据处理上报	11
2.4.4 土壤侵蚀现状评价	13
2.5 普查表设计与填报	14
2.6 技术培训	14
2.6.1 培训内容	14
2.6.2 培训组织实施	14
2.6.3 培训形式	15
2.7 质量控制	15
第 3 章 野外调查单元布设	16
3.1 布设原则	16

3.1.1	按不同侵蚀类型区布设	16
3.1.2	按不同密度布设	17
3.1.3	大面积非土壤侵蚀区不布设	17
3.1.4	布设质量控制	17
3.2	网格划分	18
3.3	布设结果	18
第4章	野外调查单元数据采集与处理	21
4.1	底图制作	21
4.1.1	水力侵蚀	21
4.1.2	风力侵蚀	28
4.1.3	冻融侵蚀	28
4.2	数据采集	32
4.2.1	水力侵蚀	33
4.2.2	风力侵蚀	52
4.2.3	冻融侵蚀	53
4.3	数据处理	56
4.3.1	水力侵蚀	56
4.3.2	风力侵蚀	57
4.3.3	冻融侵蚀	59
第5章	水力侵蚀分析与评价	61
5.1	降雨侵蚀力因子	61
5.1.1	数据收集与数据质量控制	61
5.1.2	计算与空间插值	63
5.1.3	精度控制	65
5.1.4	结果分析	67
5.1.5	调查单元 R 因子图层生成	68
5.2	土壤可蚀性因子	68
5.2.1	资料收集与数据处理	68
5.2.2	计算方法	74
5.2.3	结果分析	77
5.2.4	数据质量审核	77
5.2.5	调查单元 K 因子图层生成	78
5.3	地形因子	79
5.3.1	资料与方法	79
5.3.2	结果分析与数据质量审核	80
5.3.3	调查单元地形因子图层生成	81

5.4 植物措施因子	83
5.4.1 遥感数据收集	83
5.4.2 植被盖度计算方法	84
5.4.3 遥感植被盖度栅格图生成与检验	88
5.4.4 植物措施因子计算	99
5.5 工程措施因子和耕作措施因子	100
5.5.1 数据来源与因子值的确定	100
5.5.2 调查单元工程措施与耕作措施因子图层生成	101
5.6 水力侵蚀模数计算与强度评价	103
5.6.1 数据与方法	103
5.6.2 结果分析与评价	105
第6章 风力侵蚀分析与评价	107
6.1 表土湿度因子	107
6.1.1 数据来源	107
6.1.2 计算方法	107
6.1.3 计算结果分析与验证	112
6.1.4 专题制图	113
6.2 风力因子	113
6.2.1 数据来源	113
6.2.2 计算方法	114
6.2.3 计算结果分析与验证	118
6.2.4 专题制图	122
6.3 地表粗糙度因子	123
6.3.1 数据来源	123
6.3.2 计算方法	123
6.3.3 计算结果分析与验证	126
6.3.4 专题制图	128
6.4 植被盖度因子	128
6.4.1 数据说明	128
6.4.2 时间序列 NDVI 计算	128
6.4.3 植被盖度计算	129
6.4.4 临界侵蚀风速确定	130
6.5 风力侵蚀模数计算与强度评价	130
6.5.1 风力侵蚀模数计算	130
6.5.2 风力侵蚀强度划分	131
6.5.3 专题图制作	131
6.5.4 结果分析与评价	131

第 7 章 冻融侵蚀分析与评价	133
7.1 年冻融日循环天数与日均冻融相变水量	133
7.1.1 年冻融日循环天数因子计算	133
7.1.2 日均冻融相变水量因子计算	140
7.2 年均降水量	150
7.2.1 资料来源	150
7.2.2 计算方法	152
7.2.3 精度验证	157
7.3 坡度与坡向	157
7.3.1 资料来源	157
7.3.2 计算方法	157
7.3.3 计算结果分析与验证	158
7.4 冻融侵蚀强度计算与评价	158
7.4.1 冻融侵蚀评价方法	158
7.4.2 冻融侵蚀强度等级划分标准	161
7.4.3 冻融侵蚀评价结果及制图	163
附录 1 土壤侵蚀普查表	166
附录 2 制图知识框	179
参考文献	230

第 1 章 绪 论

1.1 国外土壤侵蚀调查与评价

1.1.1 美国土壤侵蚀抽样调查

美国土壤侵蚀调查最早可追溯至 1934 年的全国侵蚀勘探调查 (National Erosion Reconnaissance Survey) (Nusser and Gobel, 1997; Gobel, 1998), 由内政部 (Department of Interior, DOI) 土壤侵蚀局 (Soil Erosion Service, SES) 组织全国 115 位土壤侵蚀专家, 进行了为期 2 个月的实地调查, 确定了 768.93 万 km^2 (1.9×10^9 英亩) 农地土壤侵蚀 (包括水蚀和风蚀) 及强度分级面积 (Harlow, 1994)。各种调查数据的统计分析结果发表在 1945 年的 *Soil and water conservation needs estimates for the United States*, 成为全国水土保持项目和优先领域设立的基础。

1958 年实施全国水土保持需求调查 (National Inventory of Soil and Water Conservation Needs), 首次采用抽样调查方法, 以县为单位采用 1%~8% 的抽样密度 (Harlow, 1994; Nusser and Gobel, 1997), 抽取面积 0.16~2.59 km^2 (40~640 英亩) 的网格作为调查区域, 称为抽样单元 (Sample Unit)。在抽样单元内调查土壤类型、土地利用分布与面积 (Gobel, 1998)。这种抽样思想一直沿用至今并不断发展完善。

1965 年再次开展全国水土保持需求调查, 1967 年完成, 称为 1967 全国水土保持需求调查 (1967 National Inventory of Soil and Water Conservation Needs)。为了减少费用和数据采集工作量, 本次调查增加了第二阶段抽样: 在 1958 年的抽样单元内 (称为基本抽样单元, Primary Sample Units, PSU), 再随机确定采样点 (point)。抽样密度依然保持在 1%~8%, 但在灌区可高达 32% (Harlow, 1994), 调查内容也与 1958 年相同, 由此实现了 1958—1967 年土地利用和水土保持措施变化的评估 (Gobel, 1998)。1977 年依据土壤与水资源保护法案, 水土保持局组织实施了全国资源调查 (National Resources Inventory, NRI)。基本沿用 1967 年的抽样调查方法, 在全国共抽取 70000 个基本抽样单元, 然后在每个抽样单元内随机抽取 1~3 个采样点。此次调查开创了两个先河: 一是首次利用通用土壤流失方程 (Universal Soil Loss Equation, USLE) 和土壤风蚀方程 (Wind Erosion Equation, WEQ) 对土壤侵蚀进行定量评价; 二是首次同时对抽样单元和采样点进行数据采集。随后每隔 5 年, 分别在 1982 年、1987 年、1992 年和 1997 年开展了同样的调查, 为了评价 1982—1997 年 15 年的土壤侵蚀动态变化, 在 1997 年的调查中, 采用遥感影像解译和相关资料分析方法, 补充了 1982 年未进行调查的抽样单元数据。由于 1982 年以后调查方法和数据采集内容一致, 与 1977 年的调查有所差异, 因此从应用角

度, 1982 年被认为是土壤侵蚀动态监测与评价的起始点 (Gobel, 1998)。

1. 抽样调查方法

抽样采用分层两阶段不等概空间抽样方法 (Goebel, 1998)。

分层是指将全国分为不同层次的区域, 具体划分方法有三种 (USDA, 1999, 2000):

(1) 在中西部的 34 个州, 直接采用公共土地调查 (Public Land Survey, PLS) 分层系统, 包括县、镇、区三级 (Nusser 等, 1998), 每县呈正方形网格, 边长 24 英里 (面积 576 平方英里, 1492km^2), 包括 16 个镇; 每个镇也是正方形网格, 边长 6 英里 (面积 36 平方英里, 93km^2), 包括 36 个区; 每个区也是正方形网格, 边长 1 英里 (面积 1 平方英里, 2.59km^2)。将每个区等分为 4 个边长 0.5 英里的正方形网格, 每个网格即为基本抽样单元 (面积 0.25 平方英里, 160 英亩, 0.65km^2)。

(2) 路易斯安那州和缅因州西北部, 划分边长 0.311 英里的正方形网格为基本抽样单元 (面积 61.8 英亩, 0.25km^2)。

(3) 东北部 13 个州按 $20''$ (纬度) $\times 30''$ (经度) 或通用墨卡托投影划分网格作为基本抽样单元, 面积变化于 97~114 英亩。

两阶段是指分为两个阶段抽样: 第一阶段抽取基本抽样单元; 第二阶段在抽取的基本抽样单元内随机确定采样点。

不等概是指抽取基本抽样单元时采用不同的抽样密度, 具体方法如下: 第一阶段抽取基本抽样单元时, 将一个镇分为三个带 (stratum), 每个带宽 2 英里, 长 6 英里, 共包含 12 个区的 48 个基本抽样单元 (见图 1.1)。抽样密度按每带计算, 在每个带随机抽 1~4 个基本抽样单元, 密度为 $2\%\sim 6\%$ ($1/48\sim 4/48$)。全国的主体抽样密度为 4% , 即每个带抽取 2 个基本抽样单元。第二阶段在抽取的基本抽样单元内随机确定 1~3 个采样点, 全国主体为 3 个采样点。

由于抽取的基本抽样单元是指一定面积的空间区域, 因此称为空间抽样。

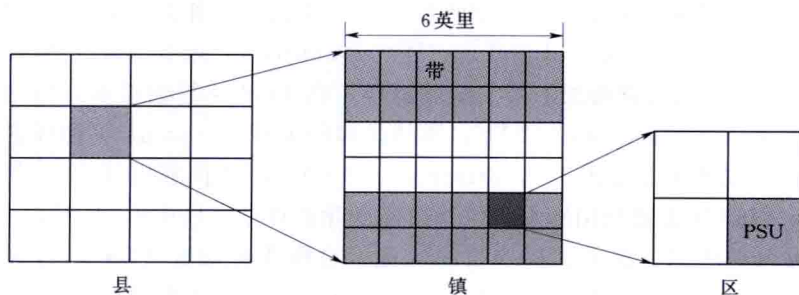


图 1.1 分层示意图

2. 数据采集内容

采集的数据内容包括 3 个方面 (USDA, 1997): 县级基础数据、抽样单元数据和样点数据。

县级基础数据用于数据处理与汇总时的质量控制, 包括: ①统计数据如土地面积、水域面积、联邦土地面积、交通用地面积和建设用地面积等; ②地图数据如行政区划图 (包括国界、州界、县界, 县界图为 1:10 万比例尺)、土地资源分区图 (Major Land Re-

sources Area, MLRA)、1:25 万全国二级水文单元图 (Hydrologic Unit)、1:200 万全国联邦土地分布图和大型水域水系图等;③高分辨率航片遥感影像数据,用于未实地调查的抽样单元数据补充。

抽样单元数据包括三类:①基本信息:抽样单元所在州名、县名、代码、调查人、日期和调查图数据源等;②空间信息:抽样单元面积、所在土地资源区面积、所在4级水文单元代码、所在州和县代码、降雨侵蚀力因子和风蚀气候因子等;③调查信息:确定抽样单元范围内4种土地利用边界,勾绘在调查图上,并测量面积。这4种土地利用类型是:农场、建设用地(城镇和农村居民点)、交通用地、水域或水系。

样点数据是收集抽样单元样点所在地块的相关指标,其中的土壤侵蚀影响因子指标包括:①土地覆盖/利用类型;②水土保持项目(Conservation Reserve Program, CRP)合同编号和措施类型;③土壤;④通用土壤流失方程 USLE 因子(只有样点所在地块为农地、草地和实施 CRP 时采集);⑤风蚀方程 WEQ 因子,包括风蚀气候因子 C 、土壤可蚀性因子 I 、微地形起伏糙度因子 K (Knoll erodibility)、盛行风向无防护的农田距离 L 和植被盖度 V (只有样点所在地块为农地、草地和实施 CRP 时采集,且在风蚀发生季节进行)。

土壤侵蚀评价只针对农地、草地和实施 CRP 的用地。首先,基于抽样单元数据中的降雨侵蚀力因子 R 、风蚀气候因子 C ,以及样点数据的各种侵蚀因子,分别利用通用土壤流失方程 USLE 和土壤风蚀方程 WEQ 计算样点的水蚀模数和风蚀模数。其次,选择评价区域,如县级水文单元,县、州等,计算用样点权重进行加权平均的区域土壤侵蚀模数。第三,按照相对于容许土壤流失量 T 值的倍数关系将土壤侵蚀强度分为6级: $\leq T$ 、 $T \sim 2T$ (含)、 $2T \sim 3T$ (含)、 $3T \sim 4T$ (含)、 $4T \sim 5T$ (含)和 $>5T$ 。依据区域加权平均土壤水蚀模数,分别统计农地、草地和实施水土保持项目的各强度等级面积。另外,针对农地,还采用侵蚀危险性指数 EI (Erodibility Index) 评价土壤侵蚀危险性。

除上述大规模调查外,20世纪90年代还进行了几次小规模的主题调查,如1996年的土壤侵蚀研究调查,1998—1999年5年间隔调查转为每年连续调查的技术与方法研究,以及修订版通用土壤流失方程(Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE)在调查中的应用等。

进入21世纪以后,鉴于调查经费和人员缩减,以及对资源变化进行连续性动态评估的需求日益增强,5年一次的资源调查开始转为每年连续调查。

综上,美国国家资源清查具有以下特点:①持续时间长;②调查方法和内容一致、规范,不仅有助于了解现状,更确保了调查结果的对比性,能够掌握动态变化;③调查始于土壤侵蚀与水土保持需求,发展至今依然是重点内容之一,但所涉及范围更加广泛,应用领域进一步扩大;④形成的长序列调查成果已经成为政府进行自然资源保护立法、立项和财政预算的重要参考依据。

1.1.2 澳大利亚土壤侵蚀网格估算

1997—2001年,澳大利亚开展了国家土地与水资源调查(The National Land and Water Resources Audit),旨在了解全国土地和水资源现状及其变化,为经济可持续发展、

资源管理和可持续利用提供决策依据。项目分七个专题实施，第五个专题是农业生产力与可持续能力，包含了土壤侵蚀调查。

调查采用网格估算方法：依据不同数据源精度，在全国范围内划分网格，利用土壤侵蚀模型计算土壤侵蚀模数。采用的模型是修订版通用土壤流失方程 RUSLE，但受资料限制，对模型参数进行了简化处理：降雨侵蚀力采用全国 120 个雨量站 20 年日雨量计算 (Yu and Rosewell, 1996; Yu, 1998)，插值生成 $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ 网格（经度 $\times$ 纬度，下同）；土壤可蚀性基于全国土壤类型图的土壤属性性质计算，插值生成 $0.0025^{\circ} \times 0.0025^{\circ}$ 网格；坡度和坡长因子采用全国数字高程模型 DEM 计算，分辨率为 $0.0025^{\circ} \times 0.0025^{\circ}$ ；覆盖与管理因子采用 NOAA (AVHRR) 13 年归一化植被指数 (NDVI) 计算，插值生成 $0.01^{\circ} \times 0.01^{\circ}$ 网格；受资料限制，水土保持措施因子取值为 1，不考虑其影响。此外还采用了 1997 年分辨率为 1km 的全国土地利用图。在 GIS 支持下，以月为单位计算各月土壤侵蚀速率，然后累加得到全年土壤侵蚀模数，分辨率为 $0.0025^{\circ} \times 0.0025^{\circ}$ 。

从调查方法看，虽然实现了无缝隙计算，但存在两个问题：①受数据源空间精度限制，估算误差较大，表现为地形因子对空间分辨率反应敏感， 0.0025° 的分辨率会导致坡度的平滑， $0.0025^{\circ} \times 0.0025^{\circ}$ 网格尺度较大，只能反映宏观特征；②没有考虑水土保持措施的影响。从这个角度说，应该属于危险性评价，而非真正的现状评价。

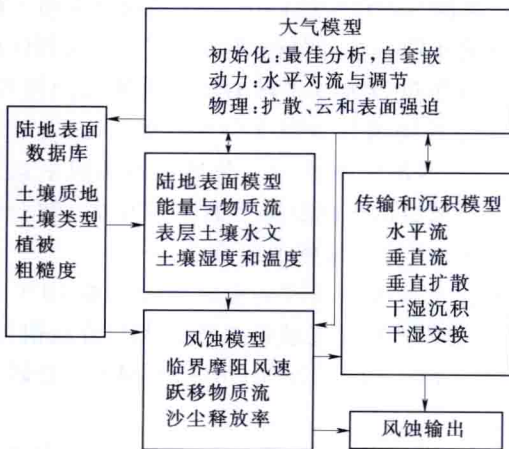


图 1.2 CEMS 框架 (Leys et al., 2009)

澳大利亚于 20 世纪 90 年代中后期研发了计算环境管理系统 (Computational Environmental Management System, CEMS)，它与风蚀评估模型 (Wind Erosion Assessment Modelling, WEAM) 和综合风蚀评估系统 (Integrated Wind Erosion Assessment Modelling System, IWEAMS) 是同一模型的不同描述 (Leys et al., 2009)。WEAM 是在美国得克萨斯发展出的模型，也被称为得克萨斯模型，在美国有部分应用，但在澳大利亚没有被应用。CEMS 由大气模型、陆地表面模型、风蚀模型、传输和沉积模型、陆地表面数据库等部分组成

(见图 1.2)，主要用于国家范围 ($30\text{km} \times 30\text{km}$ 网格)、州和区域范围 ($5\text{km} \times 5\text{km}$ 网格) 内的土壤流失量、风蚀速率、沙尘释放等粗略评估，不适用于地块尺度。

1.1.3 欧洲土壤侵蚀危险性评价

20 世纪 90 年代到本世纪初，为了应用现代数字计算定量评价欧洲土壤侵蚀状况，欧盟联合研究中心欧洲土壤局网络实施了土壤侵蚀危险性评价项目，旨在识别土壤侵蚀易发生区域，为欧盟国家制定土壤保护和退化防治政策提供信息。先后在整个欧洲、欧洲内不同区域或国家采用不同方法进行了侵蚀危险性评价，评价方法概括为专家法和模型法。以下主要介绍模型法。

全欧洲土壤侵蚀危险性评价采用 USLE 模型计算土壤侵蚀模数,评价两种危险性:潜在危险性和实际危险性。前者是指气候、地形和土壤条件下决定的土壤流失量,不考虑植被覆盖与水土保持措施作用 ($C=1$, $P=1$)。后者增加了当前植被覆盖的影响 ($P=1$)。降雨侵蚀力利用欧洲大陆 578 个气象站 1989—1998 年日雨量资料计算各月和年值,插值为空间分辨率 1km 的网格。土壤可蚀性采用欧洲 1:100 万土壤地理数据库中的每种土壤类型表土机械组成和有机质含量计算其因子值,每个图斑包括一种或多种土壤类型,通过面积加权平均得到图斑因子值。坡度和坡长因子采用分辨率 1km 的数字高程模型 DEM 计算;覆盖与管理因子采用 NOAA (AVHRR) 归一化植被指数 (NDVI) 计算,水土保持措施因子取值为 1,不考虑其影响。此外,还采用因子分级打分法评价全欧洲土壤侵蚀危险性,评价对象为 9 种土地利用类型,考虑的因子包括:①坡度分为 8 级;②土壤分为理化性质、结皮和土壤可蚀性 3 种指标;③气候分为降雨量、大于等于 40mm 日雨量的频率和降雨侵蚀力 3 种指标。对 9 种土地利用类型按上述因子的侵蚀敏感性打分,利用层次分析法得到侵蚀危险性等级。

1.2 国内土壤侵蚀调查与评价

在我国,从 20 世纪 50 年代初到 70 年代末,水土保持监测是以传统手段为主的阶段。1951—1954 年,黄河水利委员会和中国科学院在黄河中游地区组织了三次大规模的水土流失勘查,完成了较完整、较系统的黄河流域水土保持分区规划。1955 年,中国科学院组织了地理、气象、土壤、植物、地质、农业和林业等方面的科技人员 100 余人,组成黄河中游水土保持综合考察队,从山西省吕梁山区以西至黄河峪谷之间 2.1 万 km^2 面积上进行了水土流失普查。同年,水利部对全国土壤水力侵蚀面积进行了初步估查,这是最早的全国范围的水土流失调查。1957 年,中国科学院与苏联科学院组成中苏考察队,对黄河中游作了大面积的考察,编制了自然、经济与水土保持区划以及水土保持典型规划。到 1957 年底,全国共有水土保持试验站和推广站 160 余处。1959—1961 年,黄河流域组织了 30 多个有关科研机构、高等院校和水保部门,进行了水利、水土保持措施对黄河洪水、泥沙和年径流量影响的研究。1963 年,党中央、国务院召开了全国农业科学技术工作会议,会议设有山地利用和水土保持组,制定了七年科学技术规划。

20 世纪 70 年代末,水土保持监测开始向规范化、自动化和系统化发展。随着遥感和计算机等先进技术的应用以及国际合作和交流,监测工作无论在速度和范围方面还是在准确性和可用性方面都有了一个飞跃。为了尽快查清我国土壤侵蚀状况,以便有效地开展水土保持工作,在 1985 年前后,以 80 年代中期陆地卫星多光谱扫描仪 (Multi-Spectral Scanning, MSS) 卫片为主要信息源,应用陆地卫星影像目视解译方法,辅以光助、机助,结合野外实地调查和样方测量方法,进行土壤侵蚀分区、分类和分级制图,对全国的水蚀、风蚀和冻融侵蚀等进行了第一次遥感调查。根据侵蚀模数或相应的影响土壤侵蚀的定性参考要素,将每种侵蚀类型划分为微度、轻度、中度、强度、极强度、剧烈六级侵蚀强度;并根据土壤有效土层的抗蚀年限划分出无险、较险、危险、极险、毁坏五种危险程度。目的是查清土壤侵蚀现状、摸清家底,为全国、流域和各省市制定水土保持规划提供

依据。其成果是编制 1:250 万的全国土壤侵蚀现状图,量算不同侵蚀类型、分级的面积和急需治理的面积。全国第一次土壤侵蚀遥感调查历时 7 年。

随后,在重点水土流失地区,利用航空遥感和航天遥感技术进行水土保持监测的工作陆续展开。遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)技术的发展,对水土保持监测起到了前所未有的推动作用。

第二次水土流失遥感调查始于 1999 年,以 20 世纪 90 年代中期陆地卫星专题制图仪(Thematic Mapping, TM)影像为主要信息源,应用了地理信息系统技术,经室内分析解译结合野外调查和样方测量等手段完成。全部工作历时 10 个月,建立了全国 1:10 万土壤侵蚀分类分级的空间型数据库,该数据库包含了按行政区划(全国、省、县等三级)和按全国一级流域(包括黄河、长江、松辽河、海滦河、淮河、珠江、太湖和其他流域)划分的矢量图形库、TM 影像库,以及按县、省、七大流域和全国等统计的侵蚀分类、强度分级的统计数据库。

前两次土壤侵蚀普查均采用遥感调查的方法,信息源为遥感影像(MSS 或 TM),解译手段由第一次的人工目视解译、手工勾绘发展为第二次的利用 GIS 软件、人机交互勾绘、图斑面积直接生成与统计等的全数字化操作,工作底图由第一次的全国 1:50 万地理底图发展为第二次的 1:10 万,判断方法由人工直接根据母质、地貌、植被确定侵蚀强度和潜在侵蚀危险程度发展为第二次的根据地形、土地利用、植被覆盖三因子建立侵蚀强度综合判别模型,确定土壤侵蚀强度。土壤侵蚀分级标准由第一次根据《应用遥感技术调查全国土壤侵蚀现状与编制全国土壤侵蚀图技术工作细则》(水利部遥感中心,1986)的土壤侵蚀分类分级,发展为第二次的《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190—96)。SL 190—96 的制定吸收了土壤侵蚀及其相关学科理论研究的成果(曾大林和李智广,2000)。

2000—2001 年,又在第二次遥感调查的基础上,进行了第三次全国土壤侵蚀遥感调查。调查成果为国家制定《全国生态建设规划》和《全国生态保护规划》,以及明确长江上游、黄河中游、珠江上游等为重点治理地区,加大投入力度,决策实施一系列重大生态建设工程,提供了可靠、权威的依据。这充分说明了水土流失监测和预报工作在国家战略决策中的地位和作用(郭索彦和李智广,2009)。

2005—2007 年,水利部、中国科学院和中国工程院联合开展了“中国水土流失与生态安全综合科学考察”,重点对东北黑土区、北方土石山区、西北黄土高原区、南方红壤区、西南岩溶区、北方农牧交错区、长江上游及西南诸河区等 7 个片区进行了实地考察。考察区总面积 519 万 km^2 ,覆盖人口 12.5 亿人左右。通过这次考察,科学评价了我国水土流失现状与发展趋势,系统总结了长期以来水土流失防治的成效与经验教训,进一步摸清了当前我国水土保持生态建设面临的主要问题,提出了相应防治对策,为国家生态建设与保护提供了科学依据。

第2章 全国土壤侵蚀普查

2.1 组织实施

2.1.1 机构组建及职责

全国土壤侵蚀普查工作在国务院第一次全国水利普查领导小组办公室（以下简称国普办）的统一领导和部署下，成立流域、省和地（市）、县等各级普查机构，选聘普查指导员和普查员，落实普查办公室工作人员，组建普查技术队伍，搭建工作条件与环境，购置设备，完善各项工作制度。各级普查机构根据普查工作的统一要求和安排，编制普查经费预算并落实经费，明确职责，制定运作方案。

国家级土壤侵蚀普查机构的主要职责为部署全国普查工作，编制普查实施方案、相关技术规定及规章制度，经费预算并落实中央承担的普查经费，收集普查基础资料，处理基础工作图件，负责普查的组织和实施、业务指导和督促检查，开发普查工作软件、制定普查数据处理方案、培训技术力量，协调各部门开展工作并解决普查过程中出现的问题，检查验收、汇总普查成果，编制普查成果报告。

各流域普查机构负责本流域普查工作的组织实施，协调、指导流域内各省（自治区、直辖市）普查工作，协助上级普查机构开展普查培训工作，参加全国普查培训，完成质量检查、抽查和验收工作，负责资料整理、汇总与分析上报等工作。

省和地（市）级普查机构负责辖区普查组织实施，协调、指导辖区内各级普查工作，包括：编制工作细则，落实工作人员和普查经费，培训市级和县级普查技术力量，做好普查物资准备，并负责区内普查基础数据资料收集，调查底图绘制、气象数据填报、成果数据汇总、审核、分析、验收和上报工作。

县级普查机构是普查基层组织实施单位，具体实施普查工作，主要工作是制定本县普查方案，编制普查经费预算并落实经费，选聘普查指导员和普查员，组织人员参加全国普查培训，落实人员完成野外调查和数据采集工作，填写上报野外调查表以及汇总上报真实可靠的普查成果。

各级普查机构明确职责分工和领导，保证土壤侵蚀普查工作扎实、细致，普查成果真实、可靠。

2.1.2 资料搜集

搜集全国环境卫星遥感影像，全国1:5万地形数字线划图，1:10万土地利用现状图，气象资料（包括日降水量资料和风速风向数据资料），已定义2000国家大地坐标系

(CGCS2000) 的 1:1 万地形图, 第二次全国土壤普查成果, 典型区 SPOT、ASTER、ALOS 遥感数据, 风力侵蚀区及冻融侵蚀区 AMSR-E 遥感数据, 全国行政区划界线图和流域界线图。布设全国土壤侵蚀普查野外调查单元, 确定全国土壤侵蚀普查野外调查单元分布地形图图幅号。

2.1.3 普查宣传

各级普查机构需充分利用多种形式, 开展宣传工作, 为普查工作的顺利实施创造良好的舆论氛围。通过制作普查宣传片, 介绍土壤侵蚀普查的目的、内容、方法与原则, 在电视台、广播台连续播出, 向社会发放普查宣传页, 张贴宣传标语, 使社会公众对普查工作有明确的认识和理解, 赢得他们的关注、重视和配合。在普查培训会议上进行普查工作的目的、意义等宣传, 使得各级普查指导员和普查员以普查工作为荣, 认识普查工作的重要性, 鼓舞其士气, 保障普查数据的质量。

2.2 目标与内容

土壤侵蚀普查的目标是全面查清全国土壤侵蚀现状, 掌握土壤侵蚀的分布、面积和强度。普查对象包括水力侵蚀、风力侵蚀和冻融侵蚀等三种类型的土壤侵蚀, 不包括其他类型的侵蚀。

土壤侵蚀普查范围为中华人民共和国境内 (未含香港、澳门特别行政区和台湾省)。按照《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190—2007) 规定的土壤侵蚀区划, 水力侵蚀普查范围包括东北黑土区、北方土石山区、西北黄土高原区、南方红壤丘陵区、西南土石山区等。风力侵蚀普查范围包括“三北”戈壁沙漠及沙地风沙区。冻融侵蚀普查范围包括北方冻融土侵蚀区、青藏高原冰川冻土侵蚀区。

土壤侵蚀的普查内容包括调查土壤侵蚀影响因素 (包括气象、地形、植被、土壤、土地利用等) 的基本状况, 评价土壤侵蚀的分布、面积与强度, 分析土壤侵蚀的动态变化和发展趋势。普查指标如下:

- (1) 水蚀普查指标。包括水力侵蚀区县级行政区划单位辖区内典型水文站点的日降水量、坡长坡度、土壤、土地利用、植物措施、工程措施、耕作措施。
- (2) 风蚀普查指标。包括风力侵蚀区典型气象站的风向与风速、土地利用、地表湿度、地表粗糙度、地表覆被状况 (包括植被高度、郁闭度或盖度, 地表表土平整状况、紧实状况和有无砾石)。
- (3) 冻融侵蚀普查指标。包括冻融侵蚀区县级行政区划单位辖区内典型水文站点的日降水量、日均冻融相变水量、年冻融日循环天数、土地利用、植被高度与郁闭度 (或盖度)、地貌类型与部位、微地形状况 (坡度、坡向)、冻融侵蚀方式。

2.3 普查方法

目前, 区域土壤流失监测方法主要有三类: