



普通高等教育“十五”国家级规划教材

西北农林科技大学 张广军 赵晓光 主编

水土流失及荒漠化监测与评价

SHUITULIUSHI JI HUANGMOHUA JIANCE YU PINGJIA



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十五”国家级规划教材

水土流失及荒漠化监测与评价

西北农林科技大学 张广军 赵晓光 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。全书系统地介绍了水土流失及荒漠化监测（包括地面监测、航空监测和航天监测）与评价的原理和方法，并着重介绍了监测与评价中使用的新方法、新技术，力求反映水土流失及荒漠化监测与评价的现实发展水平。

本书可作为高等院校水土保持及荒漠化防治专业本科生和研究生的教材，亦可作为从事水土保持及荒漠化防治专业人员的培训用书，以及相关专业技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

水土流失及荒漠化监测与评价/张广军,赵晓光主编.

北京:中国水利水电出版社,2005

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-5084-3283-5

I. 水... II. ①张...②赵... III. ①水土保持—高等学校—教材②沙漠化—监测—高等学校—教材

IV. ①S157②P941.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 109266 号

书 名	普通高等教育“十五”国家级规划教材 水土流失及荒漠化监测与评价
作 者	张广军 赵晓光 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	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	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 19 印张 451 千字
版 次	2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—2500 册
定 价	29.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

为适应 21 世纪人才培养的需要，教育部于 1998 年 7 月颁布了新的《普通高等学校本科专业目录》。该专业目录中，将原来的水土保持专业与沙漠化治理专业合并，拓宽为水土保持与荒漠化防治专业。根据新的专业规范，第三届高等学校水利水电类专业教学指导委员会将“水土流失及荒漠化监测与评价”纳入“十五”新编教材规划，经教育部批准，被列为普通高等教育“十五”国家级规划教材。

本教材把水土保持监测评价及荒漠化监测评价融为一体，重新整合构建而成的一本教科书。基于教学大纲的要求，考虑现代科学技术发展状况，以及我国水土保持与荒漠化防治行业管理的实际状况，在编写过程中着重考虑了以下三个方面：

(1) 教材的通用性。考虑到我国地域广阔，土壤侵蚀存在着明显的地域分异特点，为适应全国高等学校水土保持与荒漠化教学的需要，《水土流失及荒漠化监测与评价》教材的编写首先注意到它的通用性。也就是说，本教材是面向全国水土保持与荒漠化专业的通用教材。

(2) 教材内容的完整性和系统性。教材编写中注重内容体系的完整性和系统性，例如，科学理论与技术结合；传统理论、技术与现代科学技术结合等。

(3) 教材内容的先进性。在注重教材的通用性、完整性和系统性的同时，更注重教材与现代科学技术发展相适应的水平，尽可能将遥感、信息等方面的高新理论、技术和方法及有关的科技成果尽可能准确地反映到教材中来。使教材内容紧跟科技时代的脚步。

本教材可作为水土保持与荒漠化防治专业本科生的必修课教材,也可作为水利、农学、环境科学、环境生态学及其相关专业的选修课教材,同时还可作为从事水土保持与荒漠化防治、生态环境建设的科学研究者和工程技术人员的参考书。

本教材由张广军、赵晓光主编。各章撰写的具体安排是:第一章由张广军撰写、第二章由廖超英撰写、第三章由赵晓光、薛智德撰写、第四章由薛智德撰写、第五章由全志杰、李会科撰写、第六章由常庆瑞撰写、第七章由李会科撰写、第八章由薛智德撰写、第九章由常庆瑞撰写、第十章由赵晓光、蒋志荣撰写、第十一章由常庆瑞撰写、第十二章由石辉、何丙辉撰写。

李靖教授担任本教材主审,对全书进行了系统的审阅;王幼民教授、崔云鹏教授、许筱阳教授分别审阅了有关章节;徐青副编审、吴娟编辑对本书的出版进行了精心的策划;在此特向各位教授、专家及所有关心和支持本教材出版的同志表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中内容难免存在疏漏和错误之处,恳切希望读者批评指正。

编 者

2005年6月

目 录

前言

第一章	绪论	1
	第一节 相关概念	1
	第二节 监测与评价的目的、意义、任务及类型	2
	第三节 水土流失及荒漠化监测与评价的法律依据	4
	第四节 国内外研究状况	6
	第五节 学科属性与课程的内容体系	12
	主要参考文献	12
第二章	水土流失及荒漠化的环境背景	14
	第一节 影响水土流失和荒漠化的因素	14
	第二节 地质地貌	18
	第三节 河川径流	24
	第四节 降水	28
	第五节 土壤	31
	第六节 植被	35
	第七节 社会经济基础	42
	主要参考文献	47
第三章	常规调查监测	48
	第一节 击溅侵蚀监测	48
	第二节 坡面径流侵蚀监测	49
	第三节 小流域水土流失监测	54
	第四节 水蚀调查	58
	第五节 风蚀调查与监测	66
	主要参考文献	71
第四章	航空遥感在水土流失与荒漠化监测中的应用	72
	第一节 航空摄影基础知识	72
	第二节 航空相片的几何特性及立体观察	78
	第三节 航空相片的土壤侵蚀和荒漠化目视判读	80
	第四节 航空相片的转绘	88
	主要参考文献	89
第五章	水土流失及荒漠化监测的卫星遥感技术	90
	第一节 卫星遥感概述	90

第二节	GPS 全球定位系统简介	97
第三节	卫星影像土壤侵蚀及荒漠化调查与制图	100
第四节	卫星遥感动态监测	105
	主要参考文献	107
第六章	遥感图像的水土流失与荒漠化信息提取处理技术	108
第一节	数字图像及其处理系统概述	108
第二节	遥感图像复原	114
第三节	遥感图像增强	117
第四节	遥感图像分类	129
	主要参考文献	139
第七章	水土保持及荒漠化地区土壤性状室内分析	141
第一节	样品采集和处理	141
第二节	物理分析	143
第三节	化学分析	153
	主要参考文献	159
第八章	荒漠化评价	160
第一节	评价标准	160
第二节	荒漠化程度评价	165
	主要参考文献	174
第九章	土地承载力与荒漠化	175
第一节	土地承载压力与荒漠化	175
第二节	土地资源评价的基本理论与方法	176
第三节	土地资源评价系统	186
第四节	土地的生产潜力估算	192
第五节	土地资源人口承载力分析	201
	主要参考文献	205
第十章	建设项目的 水土环境影响评价	206
第一节	环境影响评价	206
第二节	建设项目对土壤环境影响评价	209
第三节	建设项目对地表水环境影响评价	220
第四节	水土环境影响报告书的编写	227
	主要参考文献	231
第十一章	水土流失与荒漠化监测管理信息系统	232
第一节	地理信息系统概述	232
第二节	空间数据采集与管理	239
第三节	地理信息系统设计与建设	249
第四节	水土流失监测管理信息系统	257
	主要参考文献	264

第十二章 土壤侵蚀预测预报..... 266

第一节 概述 266

第二节 监测预报操作 272

第三节 水蚀预报模型 274

第四节 风蚀预报及防治 282

主要参考文献 292

绪 论

第一节 相 关 概 念

每一个学科都有自己的知识体系，构成学科知识体系的基础是学科所涉及的基本概念。为此，首先阐明以下几个基本概念。

一、水土流失

水土流失是由外营力作用引起的水土资源和土地生产力的破坏和损失。在我国，广义上的水土流失包括土壤侵蚀，在生产上习惯称为水土流失。“土壤侵蚀”一词的含义，按习惯用法，是指地表土壤及母质受外力作用发生的各种破坏，移动和堆积过程以及水的损失。侵蚀的营力有风、水、温度变化和生物活动等，因此又把土壤侵蚀分为水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀和冻融侵蚀等；其中风力和水力是最主要的侵蚀营力，水力侵蚀一般又称为水土流失。

本书中所指的水土流失主要是指水力侵蚀，即水蚀。

为区分自然因素和人为因素的影响，土壤侵蚀可分为地质侵蚀和加速侵蚀两类。地质侵蚀又称为正常侵蚀或自然侵蚀，仅指起因于自然作用的过程，自从地球形成以后，自然侵蚀过程总是在发生着。而加速侵蚀是指受人为影响的侵蚀过程，诸如陡坡开荒，不合理利用土地，乱砍滥伐森林，采矿修路和各项建设随意弃土弃渣而造成水土流失等。

二、荒漠化

荒漠化包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化（《联合国防治荒漠化公约》）。它包含了3层意思：①造成荒漠化的原因，包含“气候因素和人类活动在内”的种种因素；②荒漠化范围，是在“干旱，半干旱和亚湿润干旱地区”；③表现形式为“土地退化”。

三、水土保持

关于水土保持概念的几个代表性解释主要有：

（1）水土保持是防治水土流失，保护、改良和合理利用水土资源，维护和提高土地生产力，以利于充分发挥水土资源的经济效益和社会效益，建立良好生态环境的综合性技术科学（《中国大百科全书·农业卷》，1990）。

（2）水土保持就是与自然界水土流失现象做斗争（竺可桢，在全国水土保持工作会议上的讲话，1955）。

（3）水土保持：防止山区、丘陵区、风沙区水土流失的工作。运用农、林、牧、水利

等综合措施,如修筑梯田、实行等高耕作、带状种植,进行造林、植草,以及修建谷坊、池塘等工事,借以涵蓄水源,减少地表径流,巩固土壤表层,防止土壤侵蚀。水土保持工作,对于发展山区,丘陵区及风沙区的农业生产,防止水旱灾害,减免下游河床淤垫,削减洪峰流量,保障下游水工建筑物的安全等有极重大意义(SD238—87《水土保持技术规范》1988)。

四、水土流失及荒漠化监测

监测一词的含义可理解为监视、测定、监控等。

水土流失及荒漠化监测就是通过对影响水土环境质量因素的代表值的测定,确定水土环境破坏程度及其变化趋势。

监测的过程一般为:现场调查—监测计划设计—优化布点—样品采集—运送保存—分析测试—数据处理—综合评价等。

从信息技术角度看,监测是信息的捕获、传递、解析、综合的过程。只有在对监测信息进行解析、综合的基础上,才能全面、客观、准确地揭示监测数据的内涵,对水土环境质量及其变化做出正确的评价。

五、水土流失及荒漠化评价

评价就是对人和事物估定价值。

水土流失与荒漠化评价是环境质量评价的一种类型。

环境质量评价是人们认识环境质量,找出环境质量存在的主要问题所必不可少的手段和工具。环境质量评价是对环境品质的优劣给予定量或定性的描述。环境影响评价是指对拟议中的建设项目、区域开发计划和国家政策实施后可能对环境产生的影响(后果)进行的系统性识别、预测和评估。环境影响评价的根本目的是,鼓励在规划和决策中考虑环境因素,最终达到更具环境相容性的人类活动。

水土流失评价,一方面评价因为水土流失原因而造成水土环境自身质量的变化状况,另一方面评价其对其他环境因素和周边地区的影响。

荒漠化评价就是对分布于干旱、半干旱和亚湿润干旱区的退化土地进行类型的划分与程度的分等定级,或者说是从退化的角度对荒漠化土地进行质与量的界定。从根本上说,它属于土地资源评价或土地质量评价的范畴,是为土地利用服务的。

第二节 监测与评价的目的、意义、任务及类型

一、目的和意义

水土流失及荒漠化监测与评价的目的是:根据国家、地方的国民经济发展规划和生态、经济发展状况,定期调查、测量和记录水土流失和荒漠化及其治理的现状和问题,准确、及时、全面地研究其动态和发展趋势,为水土资源管理、水土保持及荒漠化防治与规划等工作提供科学依据。

二、对象与任务

水土流失及荒漠化监测与评价的对象包括:反映环境质量变化的各种自然因素,及对水土环境有影响的各种人为因素。从监测任务看,不同空间尺度上有不同的任务。一般说

来,宏观上的监测对象包括全国三大土壤侵蚀类型区:①新疆、甘肃河西走廊、青海柴达木盆地,以及宁夏、陕西北部、内蒙古、东北西部等地以风力侵蚀为主的类型区;②青藏高原和新疆、甘肃、四川、云南等地分布有现代冰川的高原、高山等以冻融侵蚀为主的类型区;③主要分布在我国大兴安岭—阴山—贺兰山—青藏高原一线东南部,以山地丘陵为主的水力侵蚀类型区,其中水力侵蚀严重的地区主要包括西北黄土高原、东北低山丘陵和漫岗丘陵。中观上则以几条大江、大河流域和荒漠化类型区作为监测对象;微观上是把组成山丘区和沙区生态经济系统的基本单元小流域或荒漠化地段作为监测对象,每一个小流域或荒漠化地段就是一个由很多生态、经济和社会因子组成的复合系统。

水土流失及荒漠化监测与评价的主要任务有:①定期监测评价全国或地方水土流失及荒漠化面积、程度、强度、土地利用状况、植被状况、土地生产力状况和群众经济状况。②定期监测与评价全国或地方水土流失及荒漠化治理状况,如水土流失和荒漠化治理面积、河流含沙量、沙尘暴状况、各类水土保持和荒漠化防治工程、植被覆盖率、优化农林牧(副)业产业结构和土地利用结构、土地生产力的提高,农民经济改善状况等。③根据需要和条件,定期提供全国和地方重点水土流失区和荒漠化地区或治理区的自然、经济和社会发展状况的监测数据和图件等。④定量化分析多种因素与水土流失及荒漠化的关系,建立各地区不同水土流失和荒漠化防治措施与区域经济、社会发展的模型,预测、预报水土流失及人为影响因素的变化趋势,分析优化有关地区的综合治理规划,为水土保持和区域发展服务。

三、监测的原则

水土保持监测的主要目的是定期向有关部门提供信息,因此监测工作应充分考虑服务对象对信息的需求状况及服务的有效性。据此认为水土保持监测工作应遵循以下原则:

- (1) 必要性。即根据需要确定具体监测对象和监测方法。
- (2) 规范性。监测方法、监测方式和范围的界定、指标等必须统一,监测的描述和表达等应当全国统一(或采用国际标准)。监测方法在同一水土流失类型区应当具有通用性。
- (3) 综合性。针对不同的监测对象,应从自然、经济和社会等多方面选择监测指标,从多个角度反映水土流失及其预防和治理状况;在监测方法上,既利用高科技技术,也利用常规调查方法,互相补充,使监测结果更全面、完整。
- (4) 动态性。水土保持监测应定期或不定期进行,可提供静态和动态水土保持状况。把各次监测结果、各种专题研究和调查成果综合分析,建立各监测指标的数量化模式,实现预测、预报。
- (5) 层次性。宏观、中观和微观监测均涉及层次性问题。由于必要性及技术条件等的影响,监测可以在全地区、重点地区或典型样点(某一流域或某个地块)进行。

四、监测的类型

1. 监视性监测

监视性监测是对指定的有关对象进行定期的、长时间的监测,又称为例行监测或常规监测。这是监测工作中量最大、面最广的工作。

2. 特定目的监测

特定目的监测又称为特例监测或应急监测。

常见的特定目的监测有下面几种：

(1) 仲裁监测。主要针对事故纠纷、水土保持法、防沙治沙法等法规执行过程中所产生的矛盾进行监测。

(2) 考核验证监测。包括人员考核、方法验证和项目竣工时的验收监测。

(3) 咨询服务监测。例如：建设新企业、新工程应进行水土流失及荒漠化环境影响评价，需按评价要求进行监测。

3. 研究性监测

研究性监测是针对特定目的科学研究而进行的高层次的监测，又称为科研监测。是为监测工作本身服务的科研工作的监测，如统一方法、标准分析方法的研究等。

五、评价的类型

根据不同的依据可以区分出不同的评价类型。主要有下述几种划分方法。

1. 按照时间分类

(1) 回顾评价。根据一个地区历年积累的环境资料进行评价，据此可以回顾一个地区环境质量的发展演变过程。

(2) 现状评价。根据近期的环境监测资料，对一个地区或一个生产单位的环境质量现状进行评价。

(3) 未来评价。根据一个地区的经济发展规划或一个建设项目的规模，预测该地区或建设项目周围将来环境质量变化情况，并做出评价，称为未来评价，也称为环境影响评价或环境预断评价。

2. 按照环境要素分类

(1) 单要素评价。例如，水环境评价，土环境评价。

(2) 综合评价。例如，水土环境综合评价。

3. 按照区域类型分类

(1) 城市环境质量评价。例如，城市水土保持评价。

(2) 流域环境质量评价。

第三节 水土流失及荒漠化监测与评价的法律依据

水土流失及荒漠化监测与评价的主要依据是水土保持及荒漠化防治的法规和政策体系。

水土保持及荒漠化防治法规和政策体系，是指国家为保护和改善水土环境、防治水土流失和荒漠化而制定的体现政府行为准则的各种法律、法规、规章及政策性法规文件的有机整体框架系统。这是开展水土流失及荒漠化评价的基本依据。下面简单介绍中国水土保持及荒漠化防治的法规和政策体系的主要构成情况。

一、水土保持及荒漠化防治的法规

1. 《中华人民共和国宪法》(1982)

宪法是国家的根本大法，是制定我国水土保持和荒漠化防治法律、法规及政策的根本依据与原则。《中华人民共和国宪法》（1982）（宪法中的部分内容自1982年沿用至今）是制定我国水土保持和荒漠化防治法律、法规及政策的根本依据与原则。《中华人民共和国宪法》第九条规定：“矿藏、水流、森林、山岭、草原、荒地、滩涂等自然资源，都属于国家所有，即全民所有；由法律规定属于集体所有的森林和山岭、草原、荒地、滩涂除外。国家保障自然资源的合理利用，保护珍贵的动物和植物，禁止任何组织或个人用任何手段侵占或者破坏自然资源。”第十条规定：“……一切使用土地的组织和個人必须合理地利用土地”。第二十六条规定：“国家保护和改善生活环境和生态环境，……国家组织和鼓励植树造林，保护林木。”这是国家以根本大法的形式，做出保护自然生态环境、合理利用自然资源、防治污染和其他公害的规定。这些规定是我们的最高准则，也是确定水土环境监测与影响评价制度的最根本的法律依据和基础。

2. 《中华人民共和国水土保持法》（1991）

1991年6月29日经第七届全国人大常委会第二十次会议审议通过了《中华人民共和国水土保持法》，其中第二十九条规定：“国务院水行政主管部门建立水土保持监测网络，对全国水土流失动态进行监测预报，并予以公告。”第三十条规定：“县级以上地方人民政府水行政主管部门的水土保持监督人员，有权对本辖区的水土流失及其防治情况进行现场检查。被检查单位和个人必须如实报告情况，提供必要的工作条件。”第十九条规定：“在山区、丘陵区、风沙区修建铁路、公路、水利工程，开办矿山企业、电力企业和其他大中工业型企业，在建设项目环境影响报告书中，必须有水行政主管部门同意的水土保持方案。水土保持方案应当按照本法第十八条的规定制定。”1993年8月国务院颁布的《中华人民共和国水土保持法实施条例》中明确规定：“水土保持监测网络是指全国水土保持监测中心，大江大河的水土保持监测中心站，省、自治区、直辖市水土保持监测站以及省、自治区、直辖市重点防治区水土保持监测分站。”

3. 《中华人民共和国防沙治沙法》（2001）

2001年8月31日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十三次会议通过的《中华人民共和国防沙治沙法》第十四条中规定：“国务院林业行政主管部门组织其他有关行政主管部门对全国土地沙化情况进行监测、统计和分析，并定期公布监测结果”，“县级以上地方人民政府林业或者其他有关行政主管部门，应当按照土地沙化监测技术规程，对沙化土地进行监测，并将监测结果向本级人民政府及上级林业或者其他有关行政主管部门报告。”第十五条规定：“县级以上地方人民政府林业或者其他有关行政主管部门，在土地沙化监测过程中，发现土地发生沙化或者沙化程度加重的，应当及时报告本级人民政府。收到报告的人民政府应当责成有关行政主管部门制止导致土地沙化的行为，并采取有效措施进行治理”，“各级气象主管机构应当组织对气象干旱和沙尘暴天气进行监测、预报，发现气象干旱或者沙尘暴天气征兆时，应当及时报告当地人民政府。收到报告的人民政府应当采取预防措施，必要时公布灾情预报，并组织林业、农（牧）业等有关部门采取应急措施，避免或者减轻风沙危害。”第二十一条规定：“在沙化土地范围内从事开发建设活动的，必须事先就该项目可能对当地及相关地区生态产生的影响进行环境影响评价，依法提交环境影响报告；环境影响报告应当包括有关防沙治沙的内容。”

4. 其他相关的法规

《中华人民共和国宪法》(1982)是确定水土流失与荒漠化监测与评价制度的最根本的法律依据和基础;《中华人民共和国水土保持法》(1991)、《中华人民共和国防沙治沙法》(2001)是水土流失及荒漠化监测与评价制度的最主要的法律依据。除了上述根本性的法律和基本法律之外,还有不少单项的法律对不同行业和部门作出了有关对水土流失和荒漠化问题的规定,它们同样是我们应当遵从的法律依据。现列举一些相关法规如下:

(1) 国内的有关法规:《1991—2000年全国治沙工程规划要点》(国函[1991]65号);《中华人民共和国土地管理法》(主席令[1986]41号);《中华人民共和国森林保护法》(主席令[1984]17号);《中华人民共和国草原法》(主席令[1985]26号);《中华人民共和国水法》(主席令[1988]61号);《建设项目环境保护管理办法》(1986);《建设项目环境影响评价证书管理办法》(1989);《建设项目环境保护管理条例》(国务院令[1998]253号);五届人大四次会议《关于全民义务植树运动的决议》(1981)。

(2) 相关的国际条约与协定。除了国内的有关法规外,我国参加的国际条约和与他国签订的双边或多边协定等也应当是法规体系的组成部分,例如,《联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约》;《发展中国家环境与发展部长级会议北京宣言》(1991);《关于环境与发展的里约宣言》(1992);《联合国气候变化框架公约》(1992)等。

二、水土保持及荒漠化防治的行政规章制度

上述与水土流失及荒漠化防治有关的法律的实施,往往体现为一定的行政规章制度。这些行政规章制度又与上述的法律、法规共同构成有机的政策法规框架体系。例如,与水土流失及荒漠化防治相关的行政规章制度有:《编制开发建设项目水土保持方案资格证书管理办法》(1995);《开发建设项目水土保持方案编报审批管理规定》(1995);《开发建设项目水土保持方案管理办法》(1994);《1991—2000年全国治沙工程规划要点》(1991);《建设项目环境保护管理办法》(1986);《建设项目环境影响评价证书管理办法》(1989);《建设项目环境保护管理条例》(1998)。

这些规章制度加强了对新建、扩建、改建工程项目的水土环境管理;严格控制了新的水土流失及荒漠化的发生;建立了水土流失及荒漠化环境影响评价制度,对工程建设项目可能对周围环境产生的不良影响进行评定。按照环境影响评价制度,建设阶段必须注意对土壤的占压、开挖、土地利用的改变、植被破坏可能引起的土壤侵蚀;运行阶段注意项目生产过程排放的废气、废水和固体废弃物对土壤的污染及部分水利、交通、矿山使用生产过程引起的土壤退化和破坏。

第四节 国内外研究状况

一、国外水土流失监测与评价的状况

不合理的土地利用和自然资源开发导致的水土流失及荒漠化问题由来已久,人类已经为此遭到了自然界的不少报复。自然界的一次次报复使人们越来越清醒地认识到水土流失

和荒漠化问题的严重性。一般认为,20世纪30年代美国发生的黑风暴导致了现代人类的警觉。因此,第二次世界大战以来,各国均十分重视水土资源的合理开发利用,水土保持监测和评价预报研究得到了迅速的发展。

美国农业部(USDA)下设自然资源保护局(Natural Resources Conservation Service, NRCS),1994年前称为土壤保持局(Soil Conservation Service, SCS),负责全美自然资源保护和管理。水土流失动态是NRCS监测内容的重要部分。NRCS将全美划分为六个工作区,各区派驻有NRCS的联络员专门从事该工作。经过多年的建设,他们已经建成了由80万个监测点组成的网络系统,对全国的水土流失进行长期定位监测。监测结果每5年汇总统计,上报联邦政府,公布全国,为自然资源的合理利用、水土保持规划提供决策依据。NRCS监测项目十分广泛,除土壤侵蚀与水土保持措施外,还有土地利用、土壤、防护林、作物及其轮作、灌溉、地下水等。监测工作用实地观测和遥感监测相结合的方法进行,对较大区域,还利用了卫星遥感技术。由于数据管理的需要,近年来地理信息系统(Geographical Information System, GIS)技术已经被广泛运用于水土流失的监测和土地利用与水土保持规划。近年来,监测结果大多已经在Internet网上公布,或者制成光盘无偿提供给社会各界利用。

美国的土壤侵蚀预报研究开始于20世纪40年代。1954年,普渡大学土壤流失数据中心,负责收集整理全美各地的径流和土壤流失数据,于1959年提出了通用土壤流失方程式(Universal Soil Loss Equation, USLE),并以USDA农业手册282号(1965年)和537号(1978年)的形式由官方颁布执行。自1985年起,美国又对USLE做了较大的修正,命名为修正土壤流失方程式(Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE),并于1994年被SCS确定为官方土壤保持预报和规划工具。

USLE被使用了30多年后,人们发现USLE有明显的不足和限制。1986年起开发新一代水蚀预报项目(Water Erosion Production Project, WEPP)。1995年8月发布了第一个官方正式版本WEPP 95。

由于WEPP是过程模型,所以比现有侵蚀预报模型有明显优越性,主要特点包括:①对土壤侵蚀及其相关的多种过程(气候、地表水文、土壤水分平衡、植物生长、残茬管理、细沟和细沟间侵蚀)进行描述和模拟;②估算土壤侵蚀的时空分布及全坡面或坡面任意一点的净土壤流失量及其随时间的变化;③作为过程模型,它可以应用于更广泛的条件。

Morgan于1994年提出的欧洲土壤侵蚀模型(European Soil Erosion Model, EUROSEM)是根据欧洲土壤侵蚀研究成果开发的,用以描述和预报田间和流域的土壤流失,该模型在欧洲取代了USLE形式的统计方程。

荷兰1991年在荷兰南部黄土区设立了一个土壤侵蚀研究项目,开发了一个基于物理过程和GIS的土壤流失和径流定量预报模型——荷兰土壤侵蚀模型(Limburg Soil Erosion Model, LISEM, 1996)。模型中考虑了降雨、截留、填洼、渗透、土壤分散、水分运动等主要过程。LISEM模型在侵蚀过程描述和模拟方面不如WEPP深入全面,但被认为是第一个能与GIS完全集成并直接利用遥感数据的土壤侵蚀预报模型。LISEM可更加清楚地反映土壤侵蚀的机理和时空动态,在一定程度上代表了土壤侵蚀模型开发的新思

潮,即基于GIS开发空间模型的土壤侵蚀模型。

此外,澳大利亚、加拿大、新西兰以及许多发展中国家也在水土流失动态监测和评价方面做了大量研究与试验,在应用方面取得了许多进展。

二、中国水土流失监测与评价状况

1. 水土流失地面监测和试验观测现状

近代中国土壤流失定量监测始于20世纪40年代。中国先后在天水等地建立了水土保持试验站,对水土流失进行定位观测。大规模的水土流失监测是1950年以后,截至1996年全国共建有水土保持科研站所100多个。

《全国水土保持预防监督纲要(2004~2015年)》提出的主要任务是:建立全国水土保持监测系统,建成水利部水土保持监测中心、7个流域监测中心站、31个省级监测总站、175个重点分站和典型区监测点的全国水土保持监测网络。每年对重点项目水土流失动态进行公告,每5年对重点地区进行一次公告,每10年公告一次全国水土流失状况。近一、二年内完成全国、七大流域和省级水土保持监测规划。2006年完成全国水土保持监测网络和信息系统建设一、二期工程,建立布局合理、覆盖全国的水土保持监测网络,对全国水土流失状况实施及时、准确、持续的监测,形成标准统一、定量准确、技术先进、时效性强的水土保持监测系统,建立水土保持定期公告制度,建立并完善全国水土流失本底数据库和动态数据库,为水土保持预防监督管理提供科学依据。

中国科学院也建立了有关的野外试验观测站。例如,安塞水土保持综合试验站;神木水蚀风蚀交错带生态环境试验站;元谋水土流失综合整治试验站;子午岭林区土壤侵蚀与生态环境观测站;宜川森林水文和水土保持效益监测站等。

2. 水土流失遥感监测现状

由于我国水土流失面积分布广、类型复杂、治理任务艰巨,现代空间技术(遥感、地理信息系统、全球定位系统)在水土流失监测过程中发挥着愈来愈重要的作用。

70年代以来,中国科学院水土保持研究所、南京土壤研究所、成都山地灾害研究所、北京林业大学,以及工程单位等开展了遥感应用试验和研究,对全国、大江大河、重点水土流失区和小流域进行遥感调查与监测,编制了大量的遥感图件。1985年,水利部利用最新卫星照片人工目视解译,绘制了全国各省1:50万及全国1:200万比例的水土流失现状图。1999年又开展了第二次全国水土流失遥感调查。

借助遥感监测技术,在小流域、区域等中小尺度,利用GIS结合遥感制图,进行了土壤侵蚀评价和分布特征的研究,例如:在陕北黄土丘陵区纸坊沟流域,将土壤侵蚀定量评价模型与GIS系统ARC/INFO集成,完成了小流域土壤侵蚀空间变化定量研究,进行了黄土高原土壤侵蚀评价制图,在对土壤侵蚀危害性和水土保持迫切性评价的基础上编制了中国水土保持图。

3. 水土流失评价与预报研究现状

(1) 关于坡面土壤侵蚀预测预报的统计模型。中国坡面土壤侵蚀预测预报模型研究始于20世纪50年代,系统的模型研究始于80年代。多数研究参考了USLE的思路,结合中国的实际计算各因子值,然后计算坡面和流域土壤流失量。有的研究还分析了在一个流域范围内土壤流失的空间变异特征。在各侵蚀因子的定量研究中,目前比较成熟的是降雨

侵蚀因子、地形因子的研究, 植被因子也有一些研究。比较系统、富有中国特色的工作是在黄土高原进行的, 已有比较大的进展。但是, 现有的研究多是地方性的, 不能用于较大的区域; 作物与水保因子尚无系统全面的研究与观测资料, 影响了模型的实用性; 对 USLE 的应用, 还存在一些不尽合理的地方。总之, 目前还没有形成像 USLE 那样严密、具有中国特色、实用性较强的模型。

(2) 关于坡面土壤侵蚀预测预报物理模型。中国已有的物理模型主要是考虑并计算坡面径流量、径流侵蚀力、溅蚀和沟蚀分散量、输沙能力等。目前的研究中, 沟坡模型基本上还是统计模型, 沟道模型则属半物理性质的。

(3) 区域土壤侵蚀预测预报模型。由于水土保持、江河治理的需要, 在一个较大的区域, 进行土壤侵蚀与水土保持的综合、宏观定量评价, 是十分必要的。中国土壤流失趋势预测将中国划分为东北漫岗丘陵区、黄土高原区、北方山地丘陵区、江南丘陵区、四川盆地、华南丘陵区、青藏高原区等几个区, 选用了年径流量 (Q)、一日最大洪水量 (M) 作为气候指标, 选用“水土保持治理面积/水土流失面积” (P) 作为反映人为活动的指标, 分别对各个区建立模型, 预测了水土流失的趋势。服务对象主要是区域性 or 国家水土保持宏观决策。但是目前对影响区域水土流失的因子和评价单元的划分尚缺乏系统深入的分析研究, 缺少系列化观测与统计数据。

4. 水土保持监测标准体系的编制

为使我国水土保持监测工作日益规范, 目前, 水利部水土保持监测中心正在组织水土保持监测标准体系的编制。体系内容包括 6 大类:

- (1) 综合技术类 7 件;
- (2) 土壤侵蚀类 13 件;
- (3) 生态治理项目监测规范 7 件;
- (4) 开发建设项目监测规范 5 件;
- (5) 信息管理类 6 件;
- (6) 其他 3 件。

根据 2004 年统计, 41 件标准中, 已经颁布和已经写过的标准只是少数, 其中的大部分尚处于在编或拟编阶段。

三、国内外荒漠化监测与评价状况

从世界范围荒漠化监测与评价的整体状况来看, 目前尚未形成一个统一规范的技术体系。最早对世界范围的荒漠化做出系统评价的是联合国粮农组织、联合国教科文组织和世界气象组织, 他们于 1977 年 8 月 29 日~9 月 9 日联合国沙漠化问题会议上提出 1:2500 万世界沙漠化图及说明。说明中指出, 全世界沙漠化危害程度的评价, 是主观地根据气候、土地固有的脆弱性和人畜压力等标准做出的。因此, 监测荒漠化发展趋势, 掌握其动态变化规律, 对荒漠化程度进行评估分级, 是国际荒漠化研究的重要内容。主要研究状况介绍如下:

1. 荒漠化指征及指标体系的研究

在荒漠化监测与评价研究中, 荒漠化指征及指标体系的研究是一项非常重要的内容。