

# 水土流失动态监测与评价研究现状与问题

李 锐 杨勤科 赵永安

中国科学院  
( 水 利 部 水土保持研究所 陕西杨陵 712100)

**摘要** 美国等国家已将遥感、GIS 技术广泛应用于水土流失动态监测与预报,并开发出基于物理过程的土壤侵蚀预报模型。中国在水土流失地面观测、遥感监测方面已取得许多成果,但在区域土壤侵蚀评价、预报模型开发方面,缺少系列化观测与统计数据,已有的坡面土壤侵蚀模型等在通用性、适用性方面还存在不少问题。当前急需解决的问题是建立水土流失监测与评价指标体系,开发评价模型系统,建立国家水土保持信息系统。

**关键词** 水土流失 动态监测 预报模型

## 1 国外水土流失动态监测与评价的现状

二战以来各国均十分重视水土保持和自然资源的合理利用,水土保持监测和评价预报研究得到了迅速发展。

美国农业部(USDA)下设自然资源保护局(Natural Resources Conservation Service, NRCS; 1994 年以前称土壤保持局, SCS),负责全美自然资源保护和管理。水土流失动态是 NRCS 监测的重要内容。NRCS 将全美划分为 6 个工作区,各区派驻联络员(全国共有 10 000 余人)专门从事该工作,已建成了由 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一次,公布于全国,为自然资源的合理利用、水土保持规

划提供决策依据。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。监测工作采用实地观测和遥感相结合的方法,对较大区域采用卫星遥感技术,近年来 GIS 技术已被广泛运用于水土流失监测和水土保持规划。监测结果大多已在 Internet 网上公布或制成光盘无偿提供给社会各界利用。在土壤侵蚀预报方面,于 1959 年提出的通用土壤流失方程式(USLE),被 USDA 以农业手册的形式颁布执行。1985 年以后,提出了修正土壤流失方程式(RUSLE),并于 1994 年被 SCS 确定为官方土壤保持预报和规划工具。USLE 为田间水土保持规划提供了一个简单实用的工具,在世界范围内得到广泛的应用。为克服 USLE 的不足和限制,美国 1986 年开始开发新一代侵蚀模型——水

期不怕洪水量小,只怕洪水量大。非汛期黄河下游干流需水或缺水时,水土保持基本没有减水作用。应当指出的是,本文前面谈到黄河水资源的地区分布中,干流兰州以上和三门峡至花园口区间,面积共占全流域的 35.1%,而水量占 66.1%,这两个河段区域,都不是黄土高原水土保持措施分布的主体部位。黄土高原水土保持的减水作用主要发生在占总水量 30.0% 的范围内,因此水土保持不会对黄河下游水资源利用造成不利影响。近年来,不少水利专家对黄河下游断流问题进行多次研究,在分析的诸多因素中,都未包括水土保持减水作用,这符合客观实际。

(2) 从长远看,水土保持的减沙作用,还有利于节省黄河下游的冲沙水量,为水资源的开发利用开辟新的途径。黄河治理开发规划中,处理下游河床泥沙淤积的主要措施之一是每年用

200 亿  $m^3$  水量冲沙(共约 4 亿 t 沙,平均每冲沙 1 t 需水 50  $m^3$ )。在水土保持减沙作用很小且见效很慢的情况下,这样考虑是可以理解的,但如果水土保持的减沙作用能加快且相当显著并能持久,则此冲沙所需水量就可以大大节省。如能节省 50%,每年省水 100 亿  $m^3$ ,按水的单价 0.5 元/ $m^3$  计,则每年可增加 50 亿元的收益。今后在黄土高原 10 多万  $km^2$  多沙粗沙区范围内每年兴修 500~700 座治沟骨干坝,坚持 20~30 年,配合面上的综合治理,进入黄河下游的泥沙减少 50% 以上是很现实的。在此基础上,相应地减少 50% 的冲沙水量,开发利用这一项水资源的理想就可以实现。

收稿日期:1999-08-06

(责任编辑 赵文礼)

蚀预报项目 (Water Erosion Prediction Project, WEPP), 于 1995 年 8 月发布了 WEPP95。

欧洲土壤侵蚀模型 EUROSEM (European soil erosion model) 是根据欧洲土壤侵蚀研究成果开发的, 用于预报田间与流域的土壤流失, 在欧洲取代了 USLE 形式的统计方程。

荷兰土壤侵蚀模型 LISEM (Limburg Soil Erosion Model), 是一个基于物理过程和 GIS 的土壤流失和径流量预报模型, 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 在对土壤侵蚀过程的描述和模拟方面, 不如 WEPP 那样深入和全面, 但能与 GIS 完全集成并直接利用遥感数据, 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。

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。

## 2 中国水土流失动态监测与评价发展现状

### 2.1 水土流失地面监测和试验观测现状

中国土壤流失定量监测始于 40 年代, 先后在天水等地建立水土保持试验站, 对水土流失进行定位观测, 而大规模的水土流失监测则是在 50 年代以后, 截至 1996 年共有水土保持科研站(所) 100 多个, 有科研人员 6 000 多人。1989 年以来, 水利部在长江中上游地区, 建立了滑坡、泥石流预警系统, 成功预报了湖北省秭归等多处滑坡。1995 年水利部组织编制了全国水土保持监测网络系统规划, 该系统由五级监测站组成: 国家监测中心、大江大河监测中心站、省级监测站、重点防治区监测分站、监测样地(小区、小流域)。

### 2.2 水土流失遥感监测现状

由于我国水土流失面积广大、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)在水土流失监测中发挥着愈来愈重要的作用。

70 年代以来, 中科院水土保持研究所、南京土壤研究所、成都山地灾害研究所、北京林业大学等教学、研究、工程单位都开展了水土保持空间遥感应用试验和研究, 以航天、航空等多层次遥感资料为信息源, 以大、中、小不同尺度对全国、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片, 及时准确地为政府提供了决策依据。1985~1990 年, 水利部对全国的水土流失状况进行了调查, 利用卫星照片通过人工目视解译, 编制了全国分省 1: 50 万及全国 1: 200 万水土流失现状图。1999 年以来, 第二次全国水土流失遥感调查正在实施之中。

### 2.3 水土流失评价与预报研究现状

中国坡面土壤侵蚀预测预报模型研究始于 50 年代, 系统地研究始于 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, 目前比较成熟的是对降雨因子和地形(坡度、坡长)因子的研究, 对植被、水保措施因子也有一些研究。对土壤因子, 一种方法是研究土壤可蚀性, 另一种方法是研究土壤抗冲抗蚀性, 由于概念上的差异和研究方法、指标等方面的不尽统一和不尽成熟, 还难以运用于模型之中。比较系统全面、富有中国特色的工作是在黄土高原进行的, 虽然已有比较大的进展, 但在实用性方面还存在一系列问题。

中国已有的土壤侵蚀预测预报物理模型, 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。在黄土高原通常根据黄土侵蚀地貌的特征, 按梁峁坡、沟坡、沟道三个单元分别建立模型, 沟坡模型基本上还是统计模型, 认为沟坡侵蚀产沙量与沟坡径流和上部产沙量等有关, 沟道模型则主要是用泥沙输移比来研究沟道冲淤变化规律, 严格说还是半物理性质的。

小流域土壤侵蚀预测预报模型研究中, 水文气象因子(降雨量、径流量等)和下垫面因子(流域几何特征、地貌特征、土壤特性、植被与土地利用、水土保持措施等)只能采用某种统计特征值, 如平均坡度、农地比例、沟谷密度等。

区域土壤侵蚀预测预报模型研究十分必要。黄土高原水土流失遥感评价采用降雨、植被盖度、沟壑密度、相对高差等作为评价因子, 利用变权模糊数学模型进行半定性评判。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、四川盆地、华南丘陵、青藏高原等几个区, 选用年径流量、一日最大洪水量作为气候指标, 选用水土保持治理面积/水土流失面积作为反映人为活动的指标, 分区建立模型, 预测水土流失趋势。目前存在的主要问题是: 对影响区域水土流失的因子缺乏系统深入分析, 对评价单元的划分特别是客观定位缺乏必要的研究, 缺少系列化观测与统计数据, 特别是缺乏治理和土地利用数据的支持, 遥感与 GIS 等先进技术方法尚未引入。

## 3 中国水土流失动态监测与评价急需研究解决的问题

### 3.1 水土流失监测与评价指标体系

#### 3.1.1 水土流失监测评价指标体系

研究全国水土流失的类型和区域划分, 并针对不

同的时空尺度,提出水土流失与水土保持动态监测的指标及其技术规程。(1)水土流失分类分区。水土流失分类包括发生类型、形态类型、强度类型和人为水土流失类型,水土流失分区包括多级别的水土流失区域、水土保持工作区域以及水土保持空间数据网格规范等。(2)水土流失动态监测指标。分区域、按类型拟订水土流失动态监测的指标体系,以及指标的采集、观测方法,数据记录方式、数据更新周期等。(3)动态监测数据管理方法。研究拟订国家水土流失监测数据格式,包括数据记录格式、交换格式等,开发(规定)统一的软件系统,为动态监测数据的管理和数据传输提供技术支持。

### 3.1.2 水土流失指示因子与预警

分析研究区域土壤侵蚀过程,在水土流失重点地区和大型项目建设地区,选择影响水土流失的指示因子,并对各因子进行评价分级、拟订预警临界标准,对指示因子超过警戒指标地区的高强度水土流失和突发性水土流失事件提出报警服务。

## 3.2 中国水土流失评价模型系统研究

### 3.2.1 土壤侵蚀机理与过程研究

总结现代土壤侵蚀学的最新研究成果,以野外观测、实验室人工降雨模拟试验为基础,利用土壤学、土壤水分动力学、土体力学和水力学、遥感信息学等学科的理论和技术方法,借鉴和引进国外成熟的理论和技术,研究土壤侵蚀的微观和宏观机理与过程,为水土流失评价模型提供理论支持。

### 3.2.2 水土流失与水土保持因子研究

以现有水土流失定量评价研究为基础,参考国外已有的土壤侵蚀预报模型及开发经验,对水土流失和水土保持的影响因子,包括微观因子(地表坡度坡长、地表糙度、土壤导水性、作物翻盖、水土保持措施等)和宏观因子(地貌结构、土地利用结构、侵蚀产沙特征等),进行逐个分析评价,为水土流失评价模型奠定基础。

### 3.2.3 水土流失评价预报模型系统研究

针对我国水土流失类型、区域和动态特征的复杂性及治理目标多元性,开发多种空间尺度的模型(坡面、小流域、区域等)、多种用途的模型(用于土壤流失评价预报、水土保持效益评价、水土保持规划设计等)、多种形式的模型(数理统计模型、物理过程模型、EM/GIS集成模型)。

## 3.3 国家水土保持信息系统研究

中国水土保持信息系统应是面向全国,以实现水

土保持管理现代化和信息化,促进21世纪中国水土保持工作为主要目标,以各级水土保持行政管理、科研、教学、工程设计和水土保持项目实施管理单位为用户对象,以“3S”技术、计算机网络为技术支撑,以水土保持动态监测和统计报表数据为基本信息,集管理、评价预报和工程设计于一体的国家级水土保持专业地理信息系统。

### 3.3.1 水土保持信息系统总体设计

主要包括:(1)系统分析。调查、分析和确定用户及其需求,分析现行信息传输方式的优劣,作为系统功能和结构设计的依据。(2)系统的基本结构和基本功能。本着边建设、边应用的原则,根据用户需求分析结果,将系统划分为若干功能模块和逻辑模块。(3)系统建设的基本技术问题。解决网络环境的信息安全性问题,制订不同层次和区域数据源的选取原则、数据传输格式和数据检验标准等。

### 3.3.2 国家水土流失基础数据库

系统整理历史调查数据和试验观测数据,建立国家水土保持基础数据库,为水土流失与水土保持长期监测提供本底数据支持。(1)数据库的信息元。以水土流失分区系统、流域分区系统和水土保持类型区为基础,划分基本信息元,构建数据采集、存储和管理的空间定位基础。(2)数据库的总体结构设计。国家水土保持基础数据库应包括背景数据、全国和地区性调查数据、试验观测研究数据、评价预报参数和专家知识、模型等。(3)数据库的建设与维护。以数据库的基本信息元为基础,集成多源数据(多种专题、多种比例尺、多种时相和多种来源),在统一的软件系统和计算机平台支持下,建立综合性的多维数据库。

### 3.3.3 水土保持决策支持系统

以加速水土保持管理信息化和自动化为目标,建立水土保持信息统计系统和相关的管理辅助系统。包括水土保持信息统计系统、水土保持文献检索查询系统、水土保持文档法规和辅助执法系统、中国水土保持信息网络系统。

(致谢:在本文编写过程中,得到了中科院、水利部水土保持研究所唐克丽先生、李壁成先生、刘国彬研究员的指导,李智广、张晓萍、焦锋等参加了部分工作。对他们的支持和帮助表示衷心感谢。)

作者简介:李锐,男,中科院、水利部水土保持研究所副所长,研究员。

收稿日期:1999-07-20

(责任编辑 张智民)

# SOIL AND WATER CONSERVATION IN CHINA

No. 11 (212) 1999

## Abstracts

### **Practice and Prospect of Seabuckthorn Development in China** ..... Tai Yuanlin

(Seabuckthorn Development and Management Center, the Ministry of Water Resources) (16)

Seabuckthorn, with properties of drought and infertility endurance, strong abilities of sprouting and nitrogen fixation, is a pioneer plant for improving ecological environment and harnessing soil and water loss in the areas unsuitable for forest. Seabuckthorn is also a valuable plant with contents of over 190 kinds of active organic components, is of great development potentials and one economic plant for developing mountainous economy. Some significant achievements in seabuckthorn development, soil and water loss control by the plant, promotion of mountainous economy have been obtained in China in past 15 years. The seabuckthorn resource has rapidly developed to a total area of 1 500 000 hm<sup>2</sup> with average plantation of 60 000 hm<sup>2</sup> every year, and more than 20 counties have been established as seabuckthorn bases. "Seabuckthorn ecological project in Pisha rock regions in Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia" is included in "China Soil and Water Conservation Plan" and "China Ecological Environment Construction Plan". There are also breakthrough in basic study areas as establishment of seabuckthorn category and new varieties discovery. One of seabuckthorn development characteristics in China is the promotion of healthy development of seabuckthorn cause through government administrators at various levels.

**Key words** seabuckthorn soil and water loss pioneer plant variety Pisha rock

### **The Position and Role of the Loess Plateau Soil and Water Conservation in the Yellow River Water Resources Development and Utilization** ..... Liu Wanquan

(Upper and Middle Yellow River Bureau, YRCC, Xi'an, 710043) (28)

There is a serious shortage of water resource in the Yellow River basin, which is the main constraint factor for economic development in the area. Dry river in the lower Yellow River is becoming increasingly severe day by day and has caused great attention of leading comrades of the central authorities, the national competent authorities and the relative academic circles. To solve the problem of water resource shortage in the Yellow River basin and make reasonable utilization of water resources, it is necessary to consider the upper, middle and lower reaches as well as profit of the present, middle period and long term at the same time, pay attention to both finding new water resources and saving water, and developing and utilizing rainfall and runoff in channels. Soil and Water Conservation in the Loess Plateau is playing a non-neglectable active effect and in a very important strategic position in the Yellow River water resource development and utilization.

**Key words** the Loess Plateau the Yellow River basin soil and water conservation water resources ecological environment

### **Present Situation and Issues of the Study of Dynamic Monitoring and Evaluation of Soil and Water Loss**

..... Li Rui, Yang Qinke, Zhao Yong'an (Institute of Soil and Water Conservation,

The Chinese Academy of Sciences, The Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100) (31)

RS and GIS techniques have been widely applied in soil and water loss dynamic monitoring and prediction in the US and other countries, and soil erosion prediction models based on its physical process have been developed. A lot of achievements in land surface observation, RS monitoring have been obtained in China, but there are some lacks of field observation and systematic statistic data in regional soil erosion evaluation and prediction model development, as well as some issues of inter-changeable and suitable capabilities of slope soil erosion models. The issue needed to be solved urgently at present is to establish the index system of soil and water loss monitoring and evaluation, to develop the evaluation model system, and to build up the national soil and water conservation information system.

**Key words** soil and water loss dynamic monitoring prediction model present situation

### **Develop Economy in Countryside Through Aloe Plantation** ..... Shen Zonggen, Hu Zhenghai

(Biology Department of Xibe University, Xi'an, 710069) (34)

Aloe, a perennial evergreen thick herb of Lily family with over 80 kinds of medical contents and health protection capabilities of increasing immunity, anti-radiation, anti-cancer, anti-inflammation, delay of decrepitude, lowering of blood pressure, and others. The use of aloe has extended to dyestuff, metallurgy, textile and agricultural chemicals, and is of bright prospect of development and utilization. Because of its strong drought-enduring ability and high economic value, aloe is of great significance to the economy development, poverty alleviation and improvement and harness of loess in the areas which is suitable to aloe plantation and is suffered from severe soil and water loss. Therefore, knowledge of the biological characteristics, varieties and their cultivation, reproduction and processing of aloe are introduced in the paper.

**Key words** aloe biological characteristics reproduction method, cultivation method processing method