

现代空间信息技术在中国水土保持中的应用*

李 锐 杨勤科 赵永安 张晓萍 李智广

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
(水利部)

摘 要 70 年代以来,遥感和地理信息系统技术主要应用于土壤侵蚀遥感调查,基于 GIS 的土壤侵蚀评价与制图研究,土壤侵蚀与水土保持信息系统建立等方面。今后一个时期内,现代空间信息技术在中国水土保持中的应用,主要表现在 4 个方面:(1) 实施国家水土流失与水土保持动态监测;(2) 中国水土流失定量评价模型系统;(3) 定期快速清查区域水土流失与水土保持状况;(4) 建立国家水土保持管理信息系统。

中图分类号: P 228

关键词: 遥感 地理信息系统 信息技术 水土保持

Application of Spatial Information Technology in Soil and Water Conservation of China

Li Rui Yang Qinke Zhao Yong'an Zhang Xiaoping Li Zhiguang

*(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and Ministry of
Water Resources, Yangling District, Shaanxi Province, 712100, PRC)*

Abstract The technology of remote sensing and GIS has been mainly used in the national and regional survey of soil erosion, assessment and mapping of soil erosion, and building the information system on soil erosion and conservation etc. since the late 1970s in China. The application of spatial information technology in soil conservation of China in the early 21st century will be focused on: (1) spatio-temporal monitoring the national soil erosion and conservation; (2) developing the national assessment model of soil erosion; (3) surveying the regional soil erosion and conservation periodically and rapidly; (4) building the national management information system of soil conservation.

Keywords: remote sensing; geographical information system; geo-informatics; soil and water conservation

水土流失动态变化一直受到各级政府和水土保持界的普遍关注。由于我国水土流失分布范围广、类型复杂、受人为影响大,至今没有很好解决这一问题。水土流失动态监测、预测预报与效益评价研究方面已有相当的积累,但是由于尚未建立完善、可运行的监测体系,亦无可遵循的技术标准,难以为水土保持提供可信的信息支持。同时,大量资料数据归部门所有,格式各异,标准不一,难以被共享和开发,迫切需要在标准化和规范化的基础上加强基础信息工程建设。随着遥感、地理信息系统及全球定位系统等空间技术和计算机通讯网络技术的日益发展和实用化,政府和社会各界对水土保持工作更加重视,使得建立全国水土流失的动态监测网络、全面监测、预测预报、快速调查和定期公告全国水土流失的基本状况,实现全国水土保持工作

的信息化管理和科学决策成为可能。在中国水土保持的研究和治理实践中,应用遥感与地理信息系统技术的目标是综合运用水土保持学和持续发展的理论,建立不同时空尺度水土流失和保持动态监测的技术规程与方法,开发中国水土流失和水土保持的评价模型,促进中国水土保持的信息化和现代化,逐步建立国家水土保持管理信息系统。

1 现代空间信息技术在水土保持中应用概况

由于我国水土流失的复杂性和水土保持任务的艰巨性,以遥感、地理信息系统和全球定位系统为主要内容的现代空间信息技术,在水土保持领域已经得到了一些应用。主要表现在以下几个方面。

1.1 国家和区域土壤侵蚀遥感调查

70年代以来,我国在开展水土保持空间遥感应用与研究方面,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件,建立了不同层次的水土流失与综合治理信息系统,不仅及时准确地为政府提供了决策依据,而且大大加快了水土保持现代化和信息化进程。特别是80年代以来,国家将遥感技术列为重大应用工程进行科技攻关,先后在黄土高原综合治理^[1-3]、“三北”防护林工程遥感调查^[4]等重大项目中取得了一系列有价值的成果。80年代,水利部组织进行了全国水土流失遥感调查,基本查明了中国的水土流失基本状况。

1.2 基于GIS的土壤侵蚀评价与制图研究

研究者在小流域、区域等层次上,利用GIS技术结合遥感制图,进行了土壤侵蚀的评价和空间分布特征的研究。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^[5]。晋陕蒙脆弱生态系统研究中,采用1:10万比例尺,50m×50m格网数据和土地利用图与土地类型图的复合图斑作为信息元,建立空间数据库。在ARC/INFO地理信息系统支持下,用土地利用、植被指数、土地类型、DTM等数据建立模型,对土壤的水蚀和风蚀进行了定量评价研究^[6]。中国1:150万土壤侵蚀与水土保持制图中,首先是根据地貌、土壤、植被、土地利用、人口分布等条件划分土壤侵蚀——水土保持类型区,然后根据地区土壤侵蚀调查或实测数据,编制土壤侵蚀图。进一步根据各类型区的土地生产力、开发程度、土壤侵蚀强度、地区区位条件等,进行土壤侵蚀危害性和水土保持迫切性评价,编制了水土保持图^[7]。

1.3 土壤侵蚀与水土保持信息系统

1.3.1 小流域土壤侵蚀与水土保持信息系统 它以大比例尺信息源(1:5000~1:10000)为基础,以基层和小流域(面积10km²左右)资源开发、土地利用、水土保持规划为服务对象,使小流域治理和定位试验更加科学化、模式化并向更大范围推广。该系统采用了图象航摄影红外资料、土地系列制图资料及试验观测资料等,经过多种处理最后提供资源清查及评价、决策与规划、预测预报(主要指土壤流失量)等服务^[8]。

1.3.2 区域性水土保持信息系统 “黄土高原土壤侵蚀监测与管理信息系统”运用多层遥感监测与地面常规监测相结合的技术取得有关的信息数据并建成空间数据库(DTM,图象、专题地图等)、属性数据库和模型库,开发形成一个集数据采集、数据管理、规划设计等功能于一体的多功能复合系统。以期提供系列化、动态化的侵蚀环境数据(图、表格、文字等)并做出预测预报,然后对土地利用规划、水土保持规划、水土保持效益评价等提供辅助决策支持^[10]。

2 现代空间技术在水土保持中的应用

面向 21 世纪中国水土保持和新技术发展的基本趋势, 遥感、地理信息系统和全球定位系统在中国水土保持中的应用主要表现在以下 4 个方面: (1) 实施国家水土流失与水土保持的动态监测; (2) 开发中国水土流失定量评价模型系统; (3) 定期快速清查区域水土流失与水土保持状况; (4) 建立国家水土保持管理信息系统。

2.1 建立国家水土保持基本数据库

收集资源环境研究成果图件资料, 国家和区域水土流失与水土保持调查数据以及科学研究数据, 建立国家水土流失基本数据库, 为各级水土保持管理和研究部门提供信息支持^[11]。

(1) 数据库的信息元: 是以水土流失分区系统、数据管理地理网络系统和流域分区系统为基础, 划分基本信息元, 构建空间定位基础。(2) 土壤侵蚀环境背景数据库: 是存储影响水土流失的有关环境要素数据, 为土壤侵蚀定量评价和预报, 水土保持规划提供数据支持。(3) 土壤侵蚀评价参数库: 主要存储土壤侵蚀评价模型中所需要的重要参数, 如土壤渗透性、土壤质地、土壤导水率和作物管理等方面的数据信息。(4) 水土保持知识库: 主要存储与水土保持评价规划有关的知识、规则等。

2.2 建立水土流失与水土保持监测指标体系

分析研究水土流失的过程、影响因子以及水土流失类型和强度的区域分异特征, 建立国家水土流失动态监测与评价指标体系, 逐步完成监测技术规程。

2.2.1 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, 提出水土流失动态监测的指标及其技术规程, 包括以下内容。(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的类型。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数据管理的空间单元(区域单元)划分等。(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。

2.2.2 制定国家水土流失监测技术标准 在监测指标体系研究的基础上, 进一步研究制订水土流失监测技术标准。包括:(1) 地面监测标准: 根据监测站点的级别、任务和性质, 分别拟订监测的具体项目、指标、数据记录格式和传输方法等。(2) 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, 开发水土流失动态监测网络数据的管理和传输技术。

2.2.3 水土流失指示因子与预警 分析研究土壤侵蚀的过程和机理, 在水土流失重点地区, 选择影响水土流失的指示因子并对其进行评价分级、拟订预警临界标准。包括:(1) 水土流失指示因子: 在水土流失和水土保持的重点与典型地区, 分析水土流失的过程和机理, 拟订区域水土流失的指示因子。(2) 水土流失指示因子评价: 依据各因子对侵蚀泥沙量、农业生产、环境质量等的影响, 对各因子进行评价与分级, 拟订预警临界标准。(3) 区域水土流失预警: 根据地面监测和水文气象预报信息, 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灾害提出报警服务。

2.3 开发中国水土流失评价模型系统

学习和吸收国外先进经验, 针对我国水土流失环境的特殊性和复杂性, 开发中国水土流失评价模型系统。初步设想的模型具有以下特点:(1) 多种空间尺度。坡面($< 100 \text{ m}^2$)、小流域($< 100 \text{ km}^2$)、区域($10^7 \sim 10^6 \text{ km}^2$)。(2) 多种用途。土壤流失评价预报、水土保持效益评价、水土保

持规划与设计、灾害性水土流失预警。(3) 多种形式。物理过程模型、数理统计模型、土壤侵蚀评价与 GIS 的集成模型^[12]。

2.4 区域水土流失快速调查技术

以已有地面监测网络为基础,对重点地区的水土流失实施长期定位监测。同时利用遥感技术,开展区域水土流失的大面积连续实时监测和快速调查,为水土保持信息系统的建设提供连续的数据支持。

2.4.1 水土流失遥感信息提取与处理技术 以多种遥感数据为信息源,研究开发水土流失专题信息提取和多种遥感数据的复合技术。(1) 遥感数据解译基础研究:在典型区域选择包含主要水土流失类型的断面,进行定位、定时测定,包括地物光谱、植被覆盖度、作物长势、土壤水分、地面温度等),建立水土流失图象解译标志。(2) 数字地形分析:以不同比例尺 DTM 为基础(小流域 1:1 万,区域 1:25 万),对影响水土流失的主要地形因子(坡度、地形破碎度等)和坡面径流汇集特征进行分析,为遥感图象处理提供参数和空间定位基础。(3) 水土流失专题信息提取技术:在现有遥感图象处理的基础上,开发服务于水土流失专题信息自动提取的计算机模型和技术规程,快速提取大面积水土流失监测和评价所需要的各种数据信息。(4) 多尺度遥感数据的复合与集成技术:在图象处理和 GIS 系统支持下,将由多种遥感图象提取的多种比例尺数据复合集成。

2.4.2 区域水土流失快速调查 以国家水土流失基本数据库和评价模型系统为基础,以地面监测、遥感监测的成果为现实资料依据,以 3~5 年为一工作周期,研究开发区域水土流失快速调查的技术系统,实现对全国范围内水土流失的快速调查。(1) 水土流失快速调查的 GIS 系统:划分不同尺度的水土流失调查评价基本信息元,采集水土流失评价指标和现有调查数据,建立水土流失快速调查的基本 GIS 数据库、参数库、模型库和知识库。(2) 评价模型和 GIS 集成系统:将上述 GIS 系统和土壤侵蚀评价模型(小流域模型、区域模型)集成,编制各种空间尺度的水土流失评价专题图,作为区域水土流失评价的基本手段。(3) 空间尺度转换:在 GIS 支持下,通过评价参数的转换、模型的嵌套和地图比例尺变换,完成多种水土流失图的空间尺度转换,增加大区域水土流失调查的精度和可信度,为小区域水土保持研究成果和治理经验的推广提供支持。

2.5 国家水土保持管理信息系统

新世纪水土保持需要信息技术的支持。国家水土保持管理信息系统,其目标是通过多种水土流失数据的集成与快速处理,为水土保持决策与科学管理提供信息服务和决策方案的支持,并促进实现水土保持信息化和现代化。系统将由数据管理、文档文献管理、决策支持、规划设计、动态监测信息处理、辅助决策、数据通讯等 7 个功能子系统组成。具有信息服务、水土保持辅助决策、水土保持规律与设计和水土保持信息公告等功能^[10]。

参 考 文 献

- 1 中国科学院国家计划委员会自然资源综合考察委员会.黄土高原遥感调查试验研究.北京:科学出版社,1988.
- 2 陈正宜.陕北黄土高原遥感应用研究.北京:科学出版社,1991
- 3 李壁成主编.小流域水土流失与综合治理遥感监测.北京:科学出版社,1995
- 4 徐冠华主编.再生资源遥感研究.北京:中国林业出版社,1988
- 5 江忠善,王志强,刘志.黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究.土壤侵蚀与水土保持学报,1996,

2(1): 1—10

- 6 张兵. 黄土区数字地貌模型及其在遥感影像分类中的应用研究. 见: 中国科学院遥感应用研究所编. 晋陕蒙接壤地区脆弱生态系统遥感监测与管理研究. 北京: 宇航出版社, 1994. 50—71
- 7 杨勤科. 中国水土保持迫切性评价与制图. 水土保持学报, 1993, 7(2): 81—88
- 8 李锐, 王培森, 赵永安, 等. 黄土高原小流域综合治理信息系统. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊, 1988, 7: 14—23
- 9 李锐, 杨勤科, 等. 土壤侵蚀监测与管理信息系统. 见: 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室编. 土壤侵蚀环境调控与农业持续发展. 西安: 陕西人民出版社, 1995
- 10 李锐, 杨勤科, 赵永安, 等. 中国水土保持管理信息系统总体设计方案. 水土保持通报, 1998, 18(5): 40—43
- 11 张晓萍, 杨勤科. 中国土壤侵蚀环境背景数据库的设计与建立. 水土保持通报, 1998, 18(5): 35—39
- 12 杨勤科, 李锐. 中国水土流失定量研究进展. 水土保持通报, 1998, 18(5): 13—18

ARC/INFO 地理信息系统

ARC/INFO 是 ESRI 系列产品中最经典的、功能最强大的专业产品, 其许多先进的设计思想和概念被其它产品借鉴和采纳. ARC/INFO 可运行于各种平台上, 在各种平台上可直接共享数据. ARC/INFO 实行全方位的汉化, 并支持语言本地化技术(Native Language System). ARC/INFO 提供 AML 语言开发环境, 用户可以非常方便地编制自己的菜单和程序. 还提供了与外部 RPC 程序, C 程序的接口(IAC 接口和 TASK 函数). 新版本 ARC/INFO (7. 1. 2) 还提供了开放开发环境(ODE), 用户可以开发更加复杂的应用程序和可视化界面. ARC/INFO 包括一个核心模块和若干个可选的扩展模块. 核心模块的功能主要包括数据的输入、转换、编辑、查询、统计和分析等功能. (1) 数据输入和编辑: 支持数字化仪、鼠标、键盘及坐标文件输入, 可对地图变形进行纠正, 可对图型动态拖动、旋转、拷贝, 自动建立拓扑关系, 维护图型和属性对应关系. (2) 地图投影和转换: 能接收和输出各种流行标准数据格式(包括矢量各栅格), 支持各种国际通用投影方式、其相互间的转换. (3) 制图与输出: 用户可自定义符号(点、线、面), 指定制图投影方式. 系统提供了 5 种中文字体, 可直接接收 TrueType 格式的字体系并支持各种绘图仪、绘图语言及图型格式. (4) 数据查询及分析: 可用逻辑表达式、图型或坐标来查询图型或属性数据. 支持各种外部数据库(ORACLE, SYBASE, INFORMIX, SQL SERVER 等). 可进行 SQL 查询, 也可对内部数据与外部数据库进行连接, 进行指针(CURSOR)操作. (5) 图型数据的管理和维护: 可自动管理大量空间数据(MAP LIBRARY), 用户不用关心图幅范围, 系统会自动调入相关而不是所有数据. (6) 基本 GIS 分析功能: 可进行基本的空间数据关系和拓扑结构分析. 如缓冲区(Buffer)分析、叠加(Overlay)分析、坐标纠正及投影转换. (7) 用户界面菜单生成和开发: 可利用 AML, ODE 等方法生成各种风格的应用系统菜单和对话框. 扩展模块、ARC/INFO 的扩展模块是有机地集成在 ARC/INFO 中的可选功能组件. 包括表面分析模块(TIN)、栅格分析、处理模块(GRID)、网络分析模块(NETWORK)、扫描矢量化模块(ARCSCAN)、数据库管理模块(ARCSTORM)、图型加速模块(ArExpress)、数字测量和工程制图模块(COGO)、一个图型输出模块(Arcpress).

(中国科学院水利部水土保持研究所遥感信息工程部)