

空间信息技术在水土保持规划中的应用

李 锐 杨勤科

中国科学院
水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘 要 该文以黄土高原为例, 概略地介绍讨论了遥感与地理信息系统技术在水土保持中应用的现状和前景。遥感资料为水土流失动态监测提供了丰富的信息, 大大缩短了数据更新的周期; 地理信息系统的应用对水土流失数据处理和应用建模发挥了极大的促进作用; 黄土高原水土流失多级遥感监测信息系统的研究为全国水土流失监测网的建立提供了成功的经验。

关键词 空间信息技术 水土保持 应用

Application of Space Informational Technology in Soil and Water Conservation

Li Rui Yang Qinke

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and
Ministry of Water Resources, 712100, Yangling District, Xianyang Municipality, Shaanxi Province)

Abstract Taking the loess plateau for example, a general picture of remote sensing and GIS application in soil and water conservation is presented. Remote sensing can supply abundant information for dynamic analysis of soil erosion, and shorten the period of data processing greatly. GIS can integrate and process varied kinds of data related to all factors of soil erosion. Based on multilevel remotely sensed data and geographical information system, the studies of monitoring and management information system of soil and water loss in loess plateau region, have made some meaningful progresses in establishing the monitoring network of soil and water loss throughout the country.

Keywords soil and water conservation; space informational technology; application

1 背 景

水土流失综合治理正确决策的基础之一就是详细地占有治理区最新的实况资料。其中有两个重要环节: 一是获取的资料要新而客观; 二是数据处理要快而准确。由于综合治理涉及的范围较广, 影响水土流失的因子多而复杂, 单纯依靠传统方法很难完满地解决上述问题。近10年来, 遥感技术与地理信息系统的迅速发展和广泛应用, 为解决上述问题提供了有利条件。

60年代以来, 这项技术在中明显的特征是两个转变: 一是由专业计算机人员向非专业计算机人员转变; 二是由大型或集中的计算机中心向专业人员的办公室转变。从发展趋势看,

下列四个方面是研究“热点”:

(1)动态分析——多数系统都与遥感相联系,目的是缩小数据更新周期,随时提供下垫面的最新动态信息。

(2)综合研究——从信息源到处理技术都改变了过去那种单打一的陈规。比较多的已把遥感与常规调查相结合,用数字化地形模型建立精确的空间基础,用遥感资料提供下垫面随时间变化的信息,形成一个有机的时间—空间系统。

(3)强调实用。这也是目前新技术发展的方向和动力。换句话说实际应用既是新技术研究的目的也是新技术发展的原动力和归宿。就目前总的趋势看,信息系统已由试验研究阶段向实际应用转变,实用性是评价一个系统的基本标准之一。

(4)软件革新——由于原来的信息系统软件多是由原先工业、企业或工程管理的需要发展而来的,所以系统软件和应用软件都是离不开其原先的框框,移植到自然环境研究当中,特别是引进生物地学领域,就有些不适应。今后需要设计能适应环境与地学特征的新型地理信息系统软件。

2 水土流失遥感调查

查明水土流失和水土保持现状和监测其演变过程,是确定水土保持方针和制定水土保持规划不可缺少的科学依据。但是,如何才能迅速准确地查清水土流失状况,回答什么地方流失是严重的,程度如何?什么地方已得到控制,效益如何?这类问题多年来一直困扰着各级水土保持部门的决策,迫切需要引进新的技术予以解决。将遥感技术应用于水土流失调查和预测预报,在美国、加拿大、澳大利亚、新西兰等国已进行了广泛的试验研究,取得了一定的进展。从方法上讲,可概括为两大类:一是单因子提取,如美国 Morgan 等人试图从遥感资料中提取通用土壤流失方程式中的 P 和 C 因子;另一类是综合法,如澳大利亚 Pickup 等人提出的“土壤稳定性指数”,加拿大和新西兰专家提出的“侵蚀斑”等概念。与传统方法相比,获取的资料具有较强的综合性和现势性,数据处理和信息提取速度快、精度高,极大地缩短了调查周期。

70年代以来,我国广泛开展了水土保持空间遥感应用与研究。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,先后在黄土高原区域治理、“三北”防护林工程遥感调查等重大项目中取得了一系列有价值的成果。

80年代初,由国家计委和水利部组织全国有关单位,以1/50万陆地卫星影像为基础,结合典型地区的详查(应用航片、SPOT 卫片等),完成了中国土壤侵蚀遥感调查项目,编制了全国土壤侵蚀图。结果表明,全国的土壤侵蚀面积达367万 km^2 ,占国土总面积的1/3以上,其中水蚀面积179.4万 km^2 ,占国土总面积的18.7%,风蚀面积187.6万 km^2 ,占国土总面积的19.5%。另外,不少省(区)也在80年代末进行了水土保持遥感调查。如由陕西师范大学地理系和中科院、水利部水土保持研究所利用多种遥感信息资料,完成了《陕西省1:50万土壤侵蚀类型图》,查清了陕西省土壤侵蚀类型、强度和区域分异规律,概算了土壤侵蚀量。

“七五”期间的“黄土高原遥感调”项目,对全区(60万 km^2 范围)1:500000,对重点水土流失区编制了1:50000~1:100000,对小流域(平均面积8~30 km^2)编制了1:5000~1:10000的土壤侵蚀图,查清了该区土壤流失和治理现状。例如,对黄河晋陕峡谷重点产沙区遥感调查与系列

制图结果表明:在0.082亿 hm^2 土地中,林地覆盖率为16.4%。土壤侵蚀模数小于 $1000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的微度侵蚀面积仅为1.3万 km^2 ,占16%。大部分地区侵蚀模数大于 $5000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 面积达5.2万 km^2 ,占总面积的63.1%。其中皇甫川、窟野河、孤山川和秃尾河流域侵蚀量高达 $30000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 以上。

3 水土流失遥感监测

以“黄土高原多级遥感监测系统”为例,该系统的目的是利用多层遥感技术,连续、及时、快速和准确的采集和处理有关数据,对黄土高原不同尺度地区的水土流失及其治理状况进行监测,为政府和地方的决策提供科学依据。整个系统分三个层次,每一个层次都有其特定的监测内容和所用的监测资料和方法。

第一个层次:以现有综合治理的小流域为基础,在水土流失的每个类型区选择1~2个典型小流域,用1:5000~1:1万的比例尺,每3~5年航摄一次,每年进行1~2次地面调查。结合径流观测、对小流域土壤侵蚀、水土保持及其它人为活动(土地利用、农业生产、矿产开发、工程建设等)过程和规模等进行详细监测和动态分析。“七五”期间以1:1万彩红外航片为信息源,在ARC/INFO系统支持下,以地块为基本单元,对黄土高原综合治理的11个试验示范小流域综合治理的进展和效益进行评价,结果表明:与治理初期相比,一级治理(质量最高)面积增加了80%,二级治理(质量较好)面积增加了26%,三级治理(质量一般)面积增加了18%;同时,治理差的四、五级面积分别减少了46%和43%。^[6]

第二层次:用LANDSAT(TM),SPOT(1:5万~1:10万)数据,或中小比例尺航空摄影资料为主要信息源,以重点水土流失区或重点治理区(县或中等流域)、及重点开发地区为主要对象,着重分析不同时期人为活动的土壤侵蚀效应——其范围、程度和趋势,土地利用、水土保持措施实施的现状与综合治理的效益,对地区性土壤侵蚀的演化做出大致的预测或预警。目前正在黄土丘陵Ⅱ副区(陕西安塞县)、黄土丘陵在Ⅲ副区(定西关川河流域)、高塬沟壑区(陕西长武县)和风蚀水蚀交错带(晋陕蒙接壤区神府——东胜煤田开发区)开展有关研究。

第三层次:用NOAA卫星数据为基本信息源(1:50万~1:100万),目的是对整个黄土高原进行宏观监测,着重北部沙线和中部林线动态变化,以及耕地面积的估算。这种资料比例尺小,覆盖范围大,周期短,每年定期(春、夏、秋、冬)获取信息,长期积累,研究不同年份的环境动态。初步研究表明在长城沿线,可从遥感资料分辨了三个沙漠化亚地带,分别以斑点状覆沙黄土南界、片状覆沙黄土梁南界、沙盖黄土南界为界。由此揭示了沙漠化的形成受物质、地形、营力组合等因素影响,也反映了该区沙漠化向东南和南扩展和过渡的性质。

将上述三级遥感资料与相应的气象、水文、以及社经监测点组成综合监测网络系统,点面结合。相互印证,为综合分析提供基础。

4 黄土高原水土保持管理信息系统

本系统属区域性专题管理信息系统,目的是为黄土高原水流失区不同层次的区域综合治理提供决策与管理服务。整个系统包括两大部分:其一是黄土高原水土流失区生态环境数据库;其二是以水土保持“专家”系统为主要内容的区域治理“知识库”,两部分的有机结合形成完整的区域治理辅助决策与管理信息系统。

4.1 黄土高原水土流失区生态环境数据库

这是一个多层次的空间数据库,目的是为整个区域治理建立一个比较准确的空间基础。首

先在整个水土流失区,以县为单元采集社会经济、生态环境本底数据。其次,县级以下按选定的典型小流域和黄土高原试验示范区进行比较详细的数据采集。数据主要包括数字化地形信息、土地类型、土地利用以及其它有关的社会经济、自然环境要素地图。研究的重点是数据规范化,并在 ARC/INFO 支持下,研究图形数据与图像数据、图形数据与属性数据之间转换,图形之间的相互迭加。为实现该区水土保持综合治理制图自动化提供方法和基础。

4.2 黄土高原水土流失区遥感图象数据库

目的是充分发挥遥感资料更新周期短,信息量大等优势,对全区综合治理进行分析,通过该库的建立与应用,着重研究适合于黄土高原地区不同比例尺遥感资料的相互嵌套,不同时期动态信息的提取,不同类型数据相互迭合等图象处理技术,提出适合地形复杂地区遥感图象机助分类方法。属于技术开发研究,要借助国内外的合作力量,努力提高实用化水平。资料采集范围由投资强度决定,最高层次是应 NOAA 卫星资料;中层次用陆地卫星图像,在高原沟壑区和丘陵沟壑区选样区进行;最低层是用航空遥感图像,进行比较详细的分析。

4.3 小流域治理模式库建立与辅助建模系统

调查黄土高原重点治理小流域的生态本底数据、建模参数、实体模型的主要指标以及效益状况。进行统一规范化之后,建立一个模式库,既可以作一个建模“字典”查阅,又能综合分析模式——参数——环境——效益之间的关系,开发“小流域综合治理辅助建模专家系统”

4.4 水土保持辅助决策与管理“专家”系统

这是本系统颇具特色的实用模块,也是研究开发的重点,目的是将水土保持与区域治理管理主面的现有经验进行总结,形成一种来自专家群体又高于专家个体的计算机功能。根据人力、财力及时间的情况拟开发“土地评价与利用规划”、“综合治理评价与措施配置”、“水土保持单项措施”、“农田水肥诊断与咨询”等“专家”系统。这项工作要和有关专家紧密结合,建成一个开放型的专家系统,不断增加新内容,完善其功能,最后形成一个完整的软件包。

5 关于建立“全国水土保持管理信息系统网络”的建议

空间技术的发展,为水土流失动态监测提供了丰富的资料,使大范围的预测预报成为可能。但是,由于水土流失是一个非常复杂的过程,受到多种因素的影响,单纯依靠遥感资料不可能获得满意的分析结果。所以,应把遥感与其它信息综合应用,例如:数字化地形资料,定位试验观测资料,河流泥沙和径流小区实测资料,社会济调查资料等。

5.1 全国水土保持动态监测系统

全国性水土保持动态监测系统,主要在以下三个层次进行,并形成全国性监测网络。

第一级:应用气象卫星 AVHRR 等信息资料,对全国或重点水土流失区(黄土高原、长江三峡地区等)或重点省区(陕西、山西、甘肃…)进行宏观监测,主要对森林植被、水系和水土流失等重大变化进行对比分析,提供区域性背景资料。从大尺度研究开始,逐步建立遥感信息接收、分析处理和传输系统,以及工作方法与程序。条件成熟后,可仿照汛情通报那样,利用电视图像发布水土流失与综合治理通报,直接为国民经济建设服务。

第二级:应用陆地资源卫星 TM、SPOT 以及已经或将要发射的微波遥感卫星信息资料,对大型工程项目中的水土流失(晋陕蒙能源基地、三峡库区等)进行长期动态监测研究,不仅积累典型地区生态环境变化科学资料,而且定期向政府有关部门提供这些地区的水土流失动态和综合治理成效数据与图件,为国家治理与开发提供决策依据。

第三级,以大比例尺航空遥感信息资料对重点治理小流域进行定量监测,详细监测和深入分析研究水土流失规律和遥感监测模型,为大面积监测提供理论依据和模型方法。

这样点面结合,上下对应,充分发挥多层空间遥感信息源的作用,逐步解决我国地域辽阔、水土流失区交通不便,且地形复杂的水土保持监测难题。同时为全球水土流失监测提供经验和科学依据。另外,土壤侵蚀动态监测需要建立综合监测网络系统,除土壤侵蚀的自然环境因子(地质地貌、土壤、植被、土地利用、气象、水文等)以外,还应该包括社会经济(人口和劳力、农业和工业生产和产值、乡镇企业等)等。

5.2 我国水土保持管理信息系统

系统收集有关水土保持的政策、法令及法规,以翔实的基础数据、完备的统计资料,为水土保持效益评价、科研及工程项目的立项分析及鉴定、治理规划的制定提供可靠的信息。同时通过公用数据交换网,实现信息传输、交流和共享,逐步建立水土保持信息发布中心。

(1)系统功能:主要表现为以下三个方面。

信息服务:为水土保持管理和科研提供有关法规文件、科技文献,治理进度报表,动态化的土壤侵蚀环境数据(图形、图表、曲线),并做出相应的评价和预测预报。

水土保持辅助决策:总结基层干部、群从和专家在长期水土保持实践中积累和创造的经经验,并且进行科学化、模式化,建立水土保持“专家”系统。拟建立以下几个实用模型:土壤侵蚀评价和预测模型,水土保持措施配置及效益评价模型,土地生产力评价模型,土地合理利用决策模型。

水土保持规划设计:包括水土保持宏观规划,水土保持工程措施(修梯田、打坝等)设计,水土保持生物措施配置模型等。

(2)系统结构:由数据管理、决策支持、规划设计、文档文献管理等四个功能系统组成。

数据管理子系统:包括数据的采集、规范、校验、更新和存储,提供信息查询、统计,以及网络通讯交流等服务。

文档文献管理子系统:提供有关水土保持法令、法规、通知、重要讲话等文件以及科学著作、论文等的检索、查询

决策支持子系统:根据管理的需要,灵活提取相关数据,采用适宜算法实施处理,结合专家智能系统,为水土保持宏观决策、水土流失动态监测、治理效益评价分析、水保工程的立项评估、项目的规划和预测,提供准确的信息和科学的依据。

水土保持规划设计子系统:根据各级水土保持行政管理,流域治理管理和治理实施单位的要求,提供宏观的规划和施工设计。

小流域综合治理管理子系统:以全国重点治理小流域为对象,主要采集治理指标体系、治理规划模型、效益评价分级标准等,建立小流域综合治理数据库,为有关部门小流域综合治理提供信息和决策服务。

参 考 文 献

- 1 林培.黄土高原遥感应应用研究.北京:北京大学出版社 1990
- 2 李锐等.土壤侵蚀遥感监测与管理信息系统.土壤侵蚀环境整治与农业持续发展.1995
- 3 Harrison B A, Jupp D L B. Introduction to Remotely Sensed Data, CSIRO. Australia, 1989.
- 4 Li Rui *et al.* Extraction of Landform Information from Remotely Sensing data: An Initial Study, Proc. BIRS, Beijing: 1986.
- 5 李锐等.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年第7集.
- 6 杨文治.黄土高原综合治理与评价.北京:科学出版社 1991
- 7 中国科学院、水利部西北水土保持研究所.黄土高原综合治理试验示范区专题地图集,北京:测绘出版社. 1991