

## 3S 技术在水土保持动态监测中的应用

孟广涛,方向京,和丽萍,柴 勇,李贵祥,张正海

(云南省林业科学院,昆明 650204)

**摘 要:**近年来,随着社会和经济的发展,毁林开荒的现象比较普遍,林地面积锐减,植被大面积破坏,从而造成我国的水土流失现象日益严重,因此,对全国水土流失进行适时动态监测已势在必行。3S 技术是集遥感、全球定位系统与地理信息系统于一体的高新技术手段,它可以快速、准确地获得地面各种信息。分别介绍了 RS、GPS 和 GIS 三种技术在水土保持动态监测中的应用,并对 3S 技术在水土保持动态监测方面的应用前景进行了展望。

**关键词:**水土保持动态监测;遥感;全球定位系统;地理信息系统

**中图分类号:**S157;TP79

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)02-0008-03

## Application of 3S Technology in Dynamic Monitor of Soil and Water Conservation

MENG Guang-tao, FANG Xiang-jing, HE Li-ping, CHAI Yong, LI Gui-xiang, ZHANG Zheng-hai

(Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, China)

**Abstract:** In recent years, with the development of the society and economy, the phenomenon that destroying the wood and opening up wasteland is more and more widespread, the woodland area sharply downing, the big area of vegetation destroyed, thus resulting in serious soil erosion phenomenon in our country, therefore, carrying on timely dynamic monitoring to the national soil erosion is imperative under the situation. The 3S is a high-technique of gathering remote sensing, global position system and geography information systems, it can acquire quickly and accurately various of the information of the ground. The authors describe three kinds of techniques of RS, GPS and GIS respectively in the water and soil conservation dynamic monitor of application, and prospect the applied foreground of the 3S technique in dynamic monitoring conservation of the water and soil.

**Key words:** dynamically monitoring soil and water conservation; remote sensing; global position system; geography information system

近年来,随着社会和经济的发展,毁林开荒的现象比较普遍,林地面积锐减;此外过度的放牧,使草场面积也日益减少。由于植被大面积破坏,我国的洪涝、干旱、沙尘暴等自然灾害频繁发生,环境问题越来越引起人们的重视,水土流失是当今世界环境问题中极其重要的问题。目前我国的水土流失现象越来越严重,不仅危害了当地农林牧业生产,使生态失调,经济遭到破坏,还给河流带来了大量泥沙,使水库库容减少,河流成为地上悬河,降低了水利设施调蓄能力和天然河道泄洪能力,加剧了下游的洪涝灾害,给河道整治和防洪造成巨大困难。为了动态了解水土流失发生、发展及变化情况,并对水土流失进行有效的治理,实现可持续发展战略,对全国水土流失进行适时动态监测已势在必行。

但是目前我国对小流域水土流失缺乏有效的技术手段进行预报、评估和监测。传统的水土保持监测方法多是利用不同年份的卫星遥感影像进行对比分析来计算水土流失面积和水土流失量,这种方法成本较高,更新速度较慢,尤其在

雨水多发季节,不能实时提供水土流失情况以制定相应预防措施,且由于遥感影像比例尺较大,计算的结果精度较低,不能有效地实现对重点区域进行重点监控。利用 3S 技术,即 GPS、RS、GIS 相结合,可以实现重点时段对重点流域的土地利用情况进行快速、准确地更新,提供准确的水土流失面积和水土流失量,为灾害的发生、预防和治理提供科学的决策支持,及时采取措施,减少不必要的生命和财产损失<sup>[1]</sup>。

### 1 3S 技术概述及其应用

#### 1.1 遥感(RS)

遥感(RS),从广义上说是指从远处探测、感知物体或事物的技术。即不直接接触物体本身,从远处通过仪器(传感器)探测和接收来自目标物体的信息(如电场、磁场、电磁波、地震波等信息),经过信息的传输及其处理分析,识别物体的属性及其分布等特征的技术<sup>[2]</sup>。遥感一般选用卫星或飞机作为传感器的遥感平台。遥感探测不受地面条件的限制,视

\* 收稿日期:2006-05-29

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2000-K01-04-05-02);(2001BA510B0603)

作者简介:孟广涛(1969-),男,副研究员,主要从事森林生态和水土保持研究工作。

域范围大,不仅可以获得可见光波段 的电磁波信息,而且可获得紫外、红外等波段的信息。因此,卫星遥感影像能够快速提供地球表面的信息。自20世纪70年代以来,遥感技术在测绘、地质、军事、旅游、环境监测等各个领域,特别是在资源环境调查工作中已经显示出巨大的优势。利用遥感技术可以在短时期内完成全国范围的土壤侵蚀调查,从而极大地提高土壤侵蚀调查的工作效率和精度。随着遥感信息源的改善、高光谱分辨率和高空间分辨率遥感数据的不断更新,以及遥感数据定量分析技术的不断进步和地理信息系统技术的发展,应用遥感方法进行大比例尺水土流失调查和动态监测已经成为现实可行的方法<sup>[3]</sup>。1983年,我国就应用RS技术对全国的水土流失开展了普查。高分辨率卫星遥感影像(如IKONOS, SPOT5, COSMOS, OrbView等)能提供大范围的水土流失情况所需的资料。

### 1.2 全球定位系统(GPS)

全球定位系统(Global Positioning System, GPS)是美国从本世纪70年代开始研制,于1994年全面建成,具有在海、陆、空进行全方位实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。它具有高精度、全天候、高效率、多功能、操作简便、应用广泛等特点<sup>[4]</sup>。GPS系统不仅可用于测量、导航,还可用于测速、测时。测速的精度可达0.1 m/s,测时的精度可达几十毫微秒,其应用领域不断扩大。在水土保持方面,GPS不仅可以用来测量小范围的水土保持设施或水土流失现象发生的位置、几何特征等,而且还可以用来监测开发建设项目造成的水土流失情况以及水土保持综合治理的具体面积及分布<sup>[3]</sup>。

### 1.3 地理信息系统(GIS)

地理信息系统(GIS)是以采集、存储、管理、分析、显示和应用整个或部分地球表面与空间和地理分布有关的数据的计算机系统,是分析和处理海量地理数据的通用技术<sup>[5]</sup>。作为一种强有力的研究工具,GIS现已广泛应用于国土资源、矿产资源、交通运输、防灾减灾、环境保护、水电建设等各个领域。水土保持研究的对象主要是水土资源及其发展变化过程,它涉及大气、土壤、地貌、植被及人类活动因子,其信息具有明显的空间性和时间性。近年来在水土保持方面,以GIS为工具所进行的土壤空间分布调查、土壤侵蚀量估算、土壤侵蚀监测、土壤侵蚀时空模拟、水土保持规划设计、水土保持规划效果虚拟等研究较多。主要是研制开发适用于土壤侵蚀及水土保持规划、管理的专业型GIS及二次开发<sup>[6]</sup>。

### 1.4 3S集成技术

GIS、GPS、RS在空间信息管理上各具特色,均可独立完成自身具有的功能,同时相互之间又有许多关联,在解决问题的功能上各有优点与不足,三者的结合与集成已成为空间科学的发展方向 and 必然趋势<sup>[7]</sup>。以地理信息系统为核心的“3S”技术的集成,构成了对空间数据实时进行采集、更新、处理、分析及为各种实际应用提供科学的决策咨询的强大技术体系,是一个集自动化、实时化和智能化为一体的地理信息系统。“3S”不是GPS、GIS、RS的简单组合,而是将其通过数据接口严格、紧密、系统地集合起来,使其成为一个更具有应用价值的大系统。目前,两两结合系统的相继应用,为“3S”集成积累了丰富的经验。如土壤侵蚀的遥感调查工作就是联合应用RS和GIS技术手段,采用人机交互方式,通过多专题综合分析的方法来实现对全国土壤侵蚀状况的快速调查,并查清水土流失类型、强度的分布与面积。在水土保持领域,应用GPS和GIS的结合,可建成实时监测系统,测定地块的位置,计算其周长、面积、体积、坡度等要素,也可

在GIS可视化图中将水土保持设施一一标出<sup>[3]</sup>。

## 2 3S技术在水土保持动态监测中的应用

不同监测对象、不同监测层次,采用不同的监测方法与技术。总体说来,水土保持监测要综合运用遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)等技术和地面观测、专项试验、调查统计、数理分析等方法。RS技术覆盖范围广,用于获取影响水土流失因素的信息;GPS技术数据采集速度快精度高,主要用于确定和获得地理位置信息;GIS技术优越的图形、属性数据处理的特点,用于编辑、分析监测信息并对其进行管理。3S技术相结合对水土流失进行动态监测,为水土保持提供了一种新的技术方法。

### 2.1 遥感(RS)在水土保持动态监测中的应用

随着遥感影像资源的丰富和处理技术的日益提高,遥感影像覆盖面广、周期快、分辨率高和信息量丰富等特点使得它在水土保持工作的规划、治理、监督等方面的应用越来越得到重视,其宏观、快速和客观的优势得到充分的发挥,已经成为一个重要的水土流失监测手段。遥感动态水保监测是利用遥感的多传感器、多时相的特点,通过不同时相相对同一地区的遥感数据进行变化信息的提取。遥感信息的周期性和连续性为动态水保监测提供了可能。利用实时的遥感图像对土壤侵蚀强度的年度动态变化进行监测;分析土壤侵蚀总量以及年度变化趋势、植被资源动态变化趋势、工程措施治理效益、林草种植措施效益;对水土流失严重、生态环境恶化地区提出警示;通过对资料分析与评价,定期发布水土保持状况公告<sup>[8]</sup>。赵帮元等以黄河流域水土保持遥感调查为例,说明以不同分辨率的遥感影像为主要信息源、结合地理信息系统所开展的遥感监测,是一种快速、有效的水土保持监测方法。在地理信息系统软件支持下,遥感可在水土保持动态监测的模拟、水土保持地理信息系统的建立和土壤侵蚀模型的探索等方面发挥重要作用<sup>[9]</sup>。赵俊华等采用SPOT卫星影像对长江三峡库区水土流失进行动态监测。不仅能够科学评价三峡库区水土流失的变化情况,为生态环境建设提供决策依据,而且对推动长江流域水土流失监测工作具有重要意义<sup>[10]</sup>。董敏等就地面遥感监测系统在水土流失动态监测、水土保持工程验收、效益评估、监督执法等方面的应用进行了初步探讨。如果地面遥感监测系统能在水土保持监测中得到充分应用,将使部分监测工作自动化、数字化、高效化。使水土保持监测工作更加系统、完善<sup>[11]</sup>。

### 2.2 全球定位系统(GPS)在水土保持动态监测中的应用

因遥感有一定的时间性,有时地面的变化,在影像上得不到及时的反映,这时即可运用GPS对其进行补充、校正。如某一区域在某一时段内进行了大面积的毁林、毁草开荒,而遥感影像反映的是此时段之前的信息,为了掌握新的变化动态,可应用GPS定位,在很短的时间内,将新破坏的区域准确的测绘出来,并且落到相应的空间位置上,这样即起到对原有信息的补充和修订作用,从而准确获取地理位置信息<sup>[12]</sup>。

应用GPS对自然水土流失的监测可分成两个层次:(1)在宏观方面,针对大流域或一个区域可建立GPS控制网,在控制网的基础上,进行像控点测量,为航空遥感像片的定向提供加密点,这样有利于区域内水土流失和土地利用信息的采集和提取;(2)在微观方面,针对坡面、沟头和沟底可利用GPS技术监测坡面地形变化、沟头前进和沟底下切速度、沟缘线后退速度,甚至可以监测典型样点水土流失量(流失厚度),包括崩塌、滑坡及堆积。对人为水土流失监测,不仅可

以定期观测开挖面、堆积面的变化情况,而且可用 GPS 现场测量挖填土方量、堆积量和弃土弃渣量。此外,还可用 GPS 在最短时间内比较准确地确定开荒、毁林及破坏水土保持设施的数量、面积等<sup>[13]</sup>。赵钢等介绍了 GPS 快速 RTK 技术的原理,将其应用于水土保持监测中地类界和地形的更新,并与遥感影像、地形图进行叠加分析,从而了解水土流失面积及分布情况,计算水土流失量,进行灾害预防和评估<sup>[14]</sup>。欧阳平等通过试验与分析,利用一套双频 GPS 进行单点定位与快速 RTK 技术相结合的方法来快速测量水土流失面积,这种方法简单、准确、经济,解决了水土保持监测中的面积度量问题,克服了由于国家三角点被破坏而受数量与分布的限制的缺点<sup>[15]</sup>。

### 2.3 地理信息系统(GIS)在水土保持动态监测中的应用

地理信息系统(GIS)为“3S”技术中信息处理中心。GIS 可以通过某些已知相关的空间数据经运算得到新的空间数据,也就是可以对图形数据进行运算生成新的专题图件。

在影响水土流失的因素中,地形因素是非常重要的,特别是坡度坡长因素。以往人勾绘坡度图既费时,又费工,并且精度不高。如果进行全省大比例尺的坡度,周期很长。GIS 的 DEM 和 DTM 模型使这件工作变得轻松。DEM 是利用已知的等高线采用某种数学方法插值生成,DTM 是由 DEM 产生的一系列与地形有关的空间分布特征,如高程分布、地面坡度和坡向等。通过扫描设备或数字化设备将地形输入微机,经过矢量化,通过 DEM 和 DTM 模型运算,即可得到全省或全国的地面坡度分级图。还可把其它与水土流失相关的因素图(如降雨等值线图等)矢量化输入微机。运用叠加分析模型把影响水土流失的因素图叠加,输入适当的参数标准,GIS 即可生成土壤侵蚀强度分级分布图等新的专题图件,通过该专题图即可以获取水土流失发生发展动态变化情况,再通过一些其它相应的统计分析模型对水土流失的发展趋势、治理效益等进行分析预测,为水保行政主管部门和科研业务部门治理、监督、规划提供科学的依据<sup>[12]</sup>。邓玉娇介绍了湖北省水土保持动态监测 Web GIS 系统的设计及

### 参考文献:

- [1] 王冬梅,赵钢,钱惠康,等.利用 3S 技术实现小流域水土保持的动态监测[J].水利水电科技进展,2004,24(1):62-63.
- [2] 孙水裕,王孝武.环境信息系统[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [3] 孔德树.“3S”技术在水土保持工作中的应用及展望[J].北京:中国水土保持,2005,(5):40-41.
- [4] 刘震.水土保持监测技术[M].北京:中国大地出版社,2004.
- [5] 张超,等.地理信息系统[M].北京:高等教育出版社,1995.
- [6] 徐宗永.GIS 在水土保持工作中的应用[J].水土保持科技情报,2004,(3):46-48.
- [7] 李德仁.论 RS、GPS 与 GIS 集成的定义、理论与关键技术[J].遥感学报,1997,1(1):64-68.
- [8] 郭玉涛,张生德.遥感技术应用于水土保持监测[J].中国水利,2004,(7):59-60.
- [9] 赵帮元,李志华,郭玉涛.遥感在黄河流域水土保持监测中的应用[J].水土保持研究,2004,11(2):47-48.
- [10] 赵俊华,尤凤.三峡库区水土流失动态变化分析[J].中国水土保持,2004,(2):19-20.
- [11] 董敏,李海宽,于亚文.地面遥感监测系统在水土保持监测中的应用初探[J].水土保持研究,2004,11(2):63-64.
- [12] 刘春生,吕福才,魏恒义.“3S”技术在水土保持生态环境动态监测中的应用[J].黑龙江水利科技,2005,33(5):112-113.
- [13] 李雅素.GPS 功能及其在水土保持中的应用[J].陕西林业科技,2001,(3):59-62.
- [14] 赵钢,王冬梅,钱惠康,等.GPS 快速 RTK 技术在水土保持动态监测中的应用与研究[J].水土保持研究,2004,11(1):71-73.
- [15] 欧阳平,欧阳毅,王新权.一套 GPS 两种功能的结合在水土保持监测中的应用研究[J].中国水土保持,2005,(6):39-40.
- [16] 邓玉娇.湖北省水土保持动态监测 Web GIS 系统的设计及实现[J].成都信息工程学院学报,2003,18(4):398-402.
- [17] 刘纪根,蔡强国,刘前进,等.地理信息系统在侵蚀产沙模型与水土保持监测中的应用[J].水土保持研究,2004,11(2):65-68.

实现,该系统有效地解决了水土保持动态监测所涉及到的海量数据处理与显示、多源数据集成、大型数据库支持、桌面地图排版与专题图制作等技术问题<sup>[16]</sup>。刘纪根等将侵蚀产沙模型和地理信息系统集成起来,将地理信息系统应用于水土保持监测中,充分利用 GIS 在数据管理、空间分析及可视化方面的功能,是今后侵蚀产沙模型与水土保持监测的发展方向,并就地理信息系统在水土保持监测中的应用进行了总结<sup>[17]</sup>。

### 3 应用前景展望

应用 3S 技术开展水土流失动态监测,可以快速、准确、客观地掌握监测区水土流失现状、水土流失治理、水土流失动态变化等有关信息,为水土流失防治提供宏观决策的科学依据。有理由相信,3S 将成为生态系统建设和资源调查的主要手段,给水土保持监测和管理工作带来巨大的实用价值。但是 3S 技术在水土保持动态监测中的应用目前还处于起步探索阶段,还需要在以下几个方面得到进一步的深入研究和应用:

(1) 提高遥感数据的处理技术与方法:为从遥感数据中精确提取水土流失影响因素有关信息,必须采用区域遥感信息多波段、多时相、多平台复合以及遥感信息与地图的复合、遥感信息与 DTM 的复合,定性分析与定量分析相结合、综合分析主导分析相结合、室内判读与外业调查相结合的办法,尽可能准确获取水土流失因素等信息。

(2) 3S 集成与 4D 技术:GIS、RS、GPS 三种技术逐步走向集成化和相互交融,是多学科交叉发展的必然趋势。但是由于传统的 GIS 以矢量数据为主,与遥感数据结构不一致,从而限制了 3S 的集成。而以栅格数据为主,兼容矢量数据的 4D 技术为 3S 集成提供了最佳技术手段和途径。4D 技术是指 DEM(数字高程模型)、DOQ(数字正射影像图)、DRG(数字栅格图)和 DIG 或 DTI(数字专题图)4 种数字产品生产技术,该技术应用于水土流失动态监测,开拓出了一条高效率、高精度、简便易行之路。