

新技术在我国水土保持中的应用

史明昌<sup>1</sup>, 李智广<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学资源与环境学院, 北京 100083; 2. 水利部水土保持监测中心, 北京 100053)

**摘要:** 随着自动化控制技术、计算机网络技术、数据库技术、无线通讯技术、3S 技术以及计算机辅助设计等新技术的广泛应用, 水土保持工作日益自动化、数字化和高效化。围绕全国水土保持监测与管理网络信息系统建设总体技术框架, 阐述了新技术在水土保持调查、规划设计、工程施工、监理、监测等各个方面的应用, 提出了基于新技术应用体系, 把水土保持工作各项内容纳入统一的空间信息管理系统之中的思想和方法。  
**关键词:** 新技术; 水土保持; 空间信息系统  
**中图分类号:** S 157; T P79      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409(2005)02-0001-03

Application of New Technologies to Soil and Water Conservation in China

SHI Ming-chang<sup>1</sup>, LI Zhi-guang<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;  
2. Monitoring Center for Soil and Water Conservation, the Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China)

**Abstract:** As wide application of new technologies, such as automatic control technology, computer network technology, database technology, wireless communication technology, “3S” technologies and computer assistant design, the work of soil and water conservation will be automatic, digital and efficient increasingly. The total technologic frame of monitoring and management network information system construction of the soil and water conservation was focused on, the application of new technologies to soil and water conservation investigation, planning and design, construction, supervision, monitoring and other aspects were described, the idea and method of bringing the soil and water conservation work into the uniform spatial information management system was put forward based on the application system of new technologies.  
**Key words:** new technologies; soil and water conservation; spatial information system

20 世纪 80 年代以来, 水土保持工作者不断探讨新技术在水土保持中应用, 并取得了较多成果, 自动化控制技术、计算机网络技术、数据库技术、无线通讯技术、3S 技术(遥感 RS、地理信息系统 GIS 和全球定位系统 GPS)、计算机辅助设计(CAD)技术等日新月异的发展, 为现代水土保持工作提供了新的契机。新技术在水土保持中的应用具有广阔的前景。

1 新技术在水土保持中应用总体构架

新技术在水土保持中应用包括在水土保持调查、规划设计(前期工作)、工程施工、监理、监测等各个方面的应用, 这里围绕水土保持监测网络与信息系统建设提出新技术应用的总体构架。  
水土保持监测网络与信息系统作为全国水利信息化建设的重要组成部分, 以国家信息化发展战略为指导, 站在实用化、前瞻性、科学性的高度, 基于自动化采集、网络 GIS 与大型数据库技术, 把水土保持管理工作纳入计算机网络信息管理之中, 对全国水利信息化来讲也是一个良好的开端。从建设“中国数字水土保持”信息基础设施的高度, 设计水土保持监测系统的空间数据仓库、元数据标准、数据共享体制, 有

效地存储管理与分发图形、图像和音像等海量数据、实现多层次信息资源共享, 并支持与管理信息系统(MIS)、办公自动化(OA)的结合, 紧密和水土保持的业务系统集成。监测网络技术体系如图 1 所示。  
以地面自动化监测为基础、抽样调查为补充, 以 CAD、遥感、地理信息系统、全球定位系统、无线通讯系统以及计算机网络技术为技术支撑, 水利部与各流域机构、省(自治区、直辖市)、市、县相集成, 建立完善的水土保持监测站网体系, 改造和拓展水土保持信息采集方式, 实现对流域水土流失及其防治动态的快速监测, 加快信息传输和处理速度, 促进资源共享和开发利用, 全面提高水土保持规划、科研、示范、监督和管理水平。从应用层面上包括地面自动监测与遥测、水土保持计算机辅助设计与治理项目监测系统一体化、水土保持监测网络信息系统三个相对独立又相互衔接的技术系统。

2 地面自动监测与遥测系统

地面监测点是全国水土保持监测网络的最终结点, 主要

① 收稿日期: 2004-05-21  
基金项目: 国家 863 计划 3S 行业重大应用  
作者简介: 史明昌(1969-), 男, 1995 年博士毕业并任教于北京林业大学, 主要从事水土保持生态建设以及 3S 技术研究, 自主知识产权的专业 GIS 软件 Region Manager 总工、中国 GIS 协会理事、科技部“863 重大 3S 应用示范项目——水土保持”首席科学家。

进行水土流失及其影响因子、水土保持措施数量、质量及其效益等监测。通过布设自动化水土流失观测和试验设施,采集降水、径流、泥沙、面源污染、大气沙尘、土体裂隙等水土保持基础信息,利用有线或无线通讯传至上级监测机构服务器,入库存储并进行分类管理,通过模型分析为全国水土保持监测、监督、管理与决策工作提供准确、可靠的基础数据和科学依据。

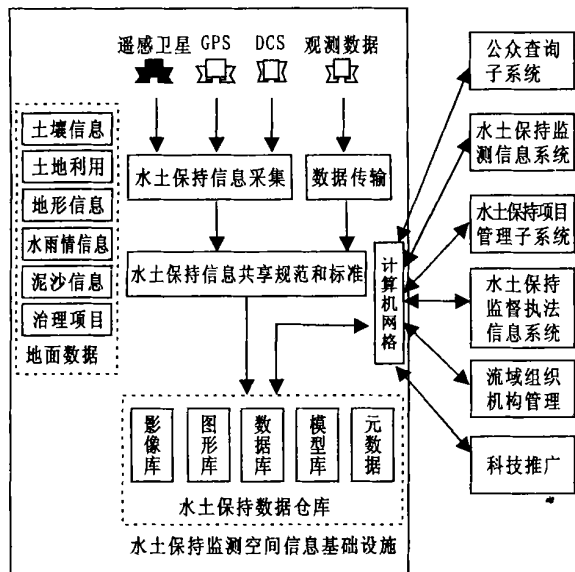


图1 监测网络技术体系示意图

### 2.1 自动监测技术

地面监测点通常由观测小区、径流堰等设施配备专用自动监测设备组成。新一代自动化监测设备由传感器、中央控制器、数据存储芯片、数据通讯接口、电源等构成。过去,自动监测设备大多由国外引进,价格昂贵且不符合中国的操作习惯;当今,我国在水土保持自动监测设备研究和使用方面已经取得了重大突破,应用成本也随之降低。

(1) 传感器:作为数据采集的感应器,采集的数据不同传感器类型和工作原理也不同。例如,自动雨量计一般采用脉冲方式记录降雨量,通过连续的降雨记录计算降雨强度;土壤水分传感器一般利用土壤不同含水量的导电性能不同研制而成;悬移质泥沙含量可利用特定波谱的通透性研制而成。传感器的信号经过增强、传输存储在控制器的芯片上。国内外可用于水土流失因子监测的传感器很多,选择传感器主要考虑稳定性、耐用性、易维护等因素。

(2) 中央控制器:它是自动监测设备的“主机”,传感器信号接口、数据存储芯片、数据通讯接口集成在单板上,它有多条信号通道。传感器向中央控制器传输数据可以采用有线或无线方式,无线方式提高了传感器安置的灵活性。

(3) 数据存储芯片:它把来自传感器的数据临时存储起来,存储芯片的容量是有限的,数据采集频率和传感器的数量决定了临时存储的时间。数据存储芯片上的数据通过发送到数据库服务器永久存储或下载到永久存储器上,并清空数据,芯片即可循环使用。

(4) 数据通讯接口:根据数据传输的形式不同,数据通讯接口有移动硬盘、笔记本电脑串口等本地下载接口以及调制解调器、无线传输等远程数据传输接口。为确保数据安全,一般中央控制器均配备现场数据下载和远程数据传输两种接口。

(5) 电源:自动监测设备采用蓄电池供电,蓄电池可利用太阳能发电设备进行充电,这样可以解决监测现场没有交流

电的问题。

### 2.2 遥测技术

有些无法到达的监测区,利用遥测设备进行监测。例如,利用激光测距仪测量滑坡的位移。遥测设备由感应器、控制器、数据存储芯片、数据通讯接口构成,数据传输方式类似自动监测设备。

### 2.3 数据传输系统

自动采集的数据需要传输到数据库服务器上存储,数据通讯可通过微波、超短波、通讯电缆、卫星等快捷传输方式实时传输自动采集的数据。当前,较为节约成本的方式可以采用拨号网络传输、手机短信传输,一个监测点手机短信传输费用每年大约500元。在手机信号盲区并且不通电话的区域,可以采用微波传输方式或租用卫星频道传输,但建设成本较高,这种情况最好利用笔记本电脑定期现场下载数据。

### 2.4 室内计算机管理系统

室内计算机管理系统由数据存储、数据采集控制、数据分析与管理系统构成。数据存储系统的核心是数据库,数据存储于数据库服务器的磁盘阵列上;数据采集控制系统利用计算机通讯技术来控制数据采样频率和传输频率;数据分析与管理系统是地面监测软件系统,它把监测的数据分类存储、统计汇总、定期存档、按时或随时上报,形成全国水土保持地面监测数据,利用这些数据分析预测预报水土流失及治理情况。

在无人监控的情况下,野外自动监测或遥测装置发回的数据,按事先设计好的数据格式自动存储在数据库中,在暴雨季节可以在室内控制野外数据采集、主动远程下载数据。这样可以在室内实时获取地面监测数据,用这些数据实时分析水土流失状况,并对发展趋势做出预测,为制定防灾应急方案快速提供依据。

## 3 计算机辅助规划设计与治理项目监测系统一体化技术

水土保持生态建设项目的规划设计工作包括:基础数据获取、水土流失分析与资源评价、土地利用及水土保持措施规划、单项工程设计、投资概预算与经济分析等。以3S技术、CAD技术为基础进行水土保持计算机辅助设计,采集的基础数据和规划设计结果,可以直接作为本底数据用于水土保持生态建设项目监测与管理之中,也可用于项目监理。这种一体化技术,既达到了事半功倍的效果,又保证了“前期工作”与“监测”数据的一致性。

### 3.1 基础数据的获取

水土保持规划设计需要土地利用、土壤、植被、水资源、气象、水文、地形地貌等自然与资源数据,人口、劳动力、收入、产值、生活水平等社会经济数据,土壤侵蚀类型、侵蚀强度、成因及特点、危害等水土流失现状数据,现有治理措施等水土保持现状数据。

土地利用、植被等可以利用遥感图象解译得到,在可行性阶段可以采用TM/E-TM、SPOT4数据,在初设阶段可用SPOT5,典型试验区可用IKONOS、QuickBird高分辨率遥感数据;利用GIS把地形图输入到计算机中,可以分析计算坡度、水系等地形特征。目前我国已经有1:25万和1:5万电子地图,部分地区有1:1万甚至1:2000电子地图;其他自然条件和社会经济数据利用GIS提供的数据库输入和统计分析。

### 3.2 水土流失分析与资源评价

GIS采集基础数据以后,利用其强大的空间分析和地学分析功能,通过土地利用、土壤、植被、地形、气候等指标,分

析项目区土壤侵蚀状况、土地适宜性、土地等级以及水资源状况, 分析评价结果为水土保持措施规划提供依据。以 GIS 为基础进行专业开发, 为生产部门提供简捷的用户界面, 自动生成土壤侵蚀图、土地评价图以及相应的统计表, 提高了 GIS 的实用性和可操作性。

3.3 土地利用及水土保持措施规划

土地利用根据土地的适宜性和经济最优原则进行; 防治措施布局, 是根据各类型区的自然条件、水土流失状况和社会经济特点, 按地形部位合理安排各项治理措施, 措施之间要紧密配合, 使生物、工程、农业三大措施形成一个完整的全方位综合防护体系。根据上述原则, 基于 GIS 开发的水土保持规划软件, 把各项措施直接落实到地块上, 自动生成规划图和规划表, 可以减少40%的工作量, 缩短设计时间, 同时便于多种规划方案比选。

3.4 单项工程设计

把 GIS 强大的空间分析功能与水土保持工程设计专业模型相结合, 可以直接设计造林、梯田、挡墙、谷坊、拦沙坝、淤地坝、小水库等, 输入地图和水文等相应参数后, 可一次性生成施工设计图、工程量、材料用量表, 这些数据直接应用于投资概预算。利用 CAD 制图功能修饰工程设计图并打印输出, 省去了制图过程, 显著提高了设计效率。

3.5 投资概预算与经济分析

概预算定额保存的定额库中, 可以对其维护和更新。不同类型和地区的项目选取不同的定额进行单价分析, 利用单价分析结果和规划设计阶段产生的结果直接生成投资概算报表, 这种方法可以提高一倍以上的效率。根据不同方案的投资情况, 生成现金流量表, 分析投资回收期、益本比、内部收益率等, 从而确定最优方案。为了便于施工, 各项投入产出情况可以按地块进行, 包括每一块土地的工程量、投工、投资、材料、实施年度、经济效益等。

利用 GIS 进行水土保持项目规划和设计, 其各类信息已经存储在计算机中, 可以随时以图、表的形式输出, 以此为依据对项目进行监理。利用 GPS 快速定位的功能, 直接与 GIS 软件集成可进行现场准确定位, 这种监理手段准确、快捷、科学, 节省人力、物力及财力。

4 水土保持监测与管理网络信息系统

根据水土保持业务需求, 基于网络 GIS 和大型数据库开发能够对水土保持信息进行处理、对水土流失进行分析预测、对水土流失防治进行管理、对水土保持效果进行评价、对监测信息进行查询和发布的水土保持应用系统。为此, 设计建设了水土保持监测子系统、水土保持项目管理子系统、水土保持执法监督子系统、水土保持科技管理子系统等四个业务系统, 另外开发水土保持机构管理子系统, 通过它留出与 OA 集成的接口。针对社会广大非业务用户开发通过 Internet 浏览的公众信息查询系统。

为便于应用, “内网”各业务系统采用客户端—服务器 (C/S) 结构, 分为“业务用户”和“决策用户”, 每个子系统可单独授予权限。“业务用户”可以进行数据维护 (编辑)、处理、查询、检索、统计报表、制图等各种权限; “决策用户”没有数据编辑和维护的权限, 只按业务需求统计和显示结果。

系统设计在考虑满足当前水土保持监测与管理需要的同时, 充分考虑了后续工作的相关性。无论从软件、硬件, 还是从网络上, 包括业务上的处理、模型的接口, 都留有扩展余地, 以满足今后业务规模发展的需求。信息严格按共享规范和标准进行规范化统一入库, 规范作业方法, 标准化数据, 构建数据仓库与共享平台机制, 有效地存储管理与分发图形、

图像和音像等海量数据、实现多层次信息资源共享。系统基本管理单元是县界与三级支流叠加后的“小流域”, 以此为单元可以实现包括图形数据在内的水土保持数据向任何行政机构和流域机构上报汇总, 系统在全国应用形成自下而上统一的分布式网络信息系统, 通过内网远程访问, 成为真正的水土保持业务管理系统。

4.1 水土保持监测子系统

水土保持监测子系统管理的数据包括行政范围、土地利用现状、地形地貌、地面组成物质、自然资源社会经济、气象特性、土壤特性、植被特性、主要河流、重要断面水文信息, 土壤侵蚀信息 (包括土壤侵蚀类型、强度、分布等), 水土保持生态建设项目监测信息, 开发建设项目监测信息。

水土保持监测子系统按行政区、水系两个“树”结构组织管理数据, 可以按行政区、按水系 (流域) 进行查询、统计、分析各类水土保持监测信息, 统计分析结果直接形成报表。

4.2 水土保持项目管理子系统

水土保持项目管理子系统以“项目”为单位按两个业务逻辑管理数据: 从项目规划一直到验收的项目文档管理, 按“项目—项目区—小流域—地块”的项目实施管理。

项目文档管理以多媒体形式记录了项目规划、建议书、可行性研究报告、初步设计等各个阶段的文档, 包括现场考察、规划设计报告、专家评审意见、项目审批情况、规划设计单位信息、有关公文、资金落实、项目检查、项目验收等详细内容。为便于使用, 采用大家都熟悉的 Windows 资源管理器的方式管理文档。

项目实施管理包括各级项目区的项目名称、代码、地理位置、行政区划、土地利用现状、气候特征、水土流失状况、坡度分级状况、社会经济状况、年度投资、防治措施、实施进度、措施质量等。具有信息的录入、编辑、显示、查询、统计、上报等一系列功能。项目可以按单个项目分年度统计、多个项目的同一种措施统计、同一区域多个项目统计、资金年度使用统计、效益分类评价等, 能满足生产中对项目管理相关业务的需求。

4.3 水土保持监督执法子系统

水土保持监督执法子系统主要包括开发建设项目水土保持方案、“两费”征收三区划分、监督执法队伍、水土保持法律法规、水土保持社会宣传等管理功能。

根据管理的对象不同, 采用 GIS 与多媒体技术相结合的方式表达信息内容。系统具有按对象、类型、时间等进行查询、统计、汇总、审核、报表等功能, 直接为水土保持监督执法提供依据。

4.4 水土保持科技管理子系统

水土保持科技管理子系统主要包括论文、专著、科研项目以及其推广利用的情况等, 可以按科研单位、项目负责人、论文论著作者、时间等查询统计科技信息。本系统实现了地理信息系统和管理信息系统 (MIS) 集成, 实现了在电子地图上管理科技信息。

4.5 水土保持机构管理子系统

水土保持机构管理子系统主要包括水土保持行政机构、监督执法机构、监测机构、学术机构, 水土保持设计资质单位、方案资质单位等管理, 包括单位的信息及相关的业绩。系统提供了查询、统计、分类汇总、审核报表等功能。本系统实现了 GIS 和 MIS 的集成, 实现了机构信息与地理位置匹配。

(下转第 14 页)

很少时便难以发挥出来。

## 4 结 论

流域水文模型中降水量的处理对模型效率有着重要影响。本文采用4种方法讨论了半分布式水文模型中子流域面雨量的插值计算问题,主要针对气象要素(降水)与研究区地形要素的相关关系难以确定及站点数目较少的情况,对用不同方法插值所得的子流域面雨量数据,利用三水源新安江模型进行了日流量过程的模拟,其中引入面积权重的泰森多边形空间插值方法取得了较其它三种方法(反距离平方加权法,克里格法及一般面雨量处理方法)更好的结果,说明引入面积权重的泰森多边形空间插值方法在面雨量的处理上具有一定的优势。

对于众多的空间插值方法而言,没有绝对最优的方法,只有在特定条件下的最优方法<sup>[1]</sup>。要得到理想的空间插值效果,必须针对不同研究区的实际情况,对实测数据样本点进行充分分析,反复试验比较,以选择最佳的方法。

参考文献:

[1] 李新,程国栋,卢玲. 空间内插方法比较[J]. 地球科学进展, 2000, 15 (3): 260– 265.

[2] 林忠辉,莫兴国,李宏轩,等. 中国陆地区域气象要素的空间插值[J]. 地理学报, 2002, 57(1): 47– 56.

[3] Ferenc S6RKQZY. GIS functions– interpolation[J]. Periodica Polytechnica SER. CIV. ENG. , 1999, 43(1): 63– 86.

[4] Ian A Nalder, Ross W Wein. Spatial interpolation of climatic Normals: test of a new method in the Canadian boreal forest [J]. Agric. For. Meteorol. , 1998, 92: 211– 255.

[5] Christopher Daly, Ronald P Gibson, et al. A Statistical– Topographic Model for mapping climatological precipitation over mountainous Terrain[J]. Journal of Applied Meteorology, 1994, 133(1): 35– 42.

[6] 黄维彬. 近代平差理论及其应用[M]. 北京: 解放军出版社, 1992.

[7] 侯景儒,尹镇南,等. 实用地质统计学[M]. 北京: 地质出版社, 1998.

[8] 陆守一,等. 地理信息系统实用教程[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.

[9] Nash J E, Sutcliffe J V. River flow forecasting through conceptual models[J]. J. Hydrol, 1970, 10: 282– 290.

[10] U Haberlandt, G W Kite. Estimation of daily sace– time precipitation series for macroscale hydrological modeling[J]. Hydrol. Process, 1998, 12: 1419– 1432.

[11] Bilonik R A. Risk qualified maps of hydrogen ion concentration for the New York state area for 1966– 1978[J]. Atmos. Environ. , 1983, 17: 2513– 2524.

[12] Webster R, Oliver M A. Sample adequately to estimate variograms of soil properties[J]. J. Soil Sci. , 1992, 43: 177– 192.

[13] 赵登忠,张万昌,刘三超. 基于DEM 的地理要素PRISM 空间内插研究[J]. 地理科学, 2004, 24(2): 205– 211.

[14] 李丽娟,王娟,李海滨. 无定河流域降雨量空间变异性研究[J]. 地理研究, 2002, 21(4): 434– 440.

[15] 赵人俊. 流域水文模拟[M]. 北京: 水利电力出版社, 1984.

(上接第3页)

### 4.6 系统维护与管理

为保证分布式网络信息系统正常运行,提供了专业系统以外的系统维护功能。包括“元数据管理”、“标准代码维护”、“系统维护”等模块。

数据来源、地图投影、坐标系、比例尺、采集时间、数据规范及其版本等通过“元数据管理”来实现。

“标准代码维护”对系统采用的各种行业代码和标准分类管理,保证数据的规范性和信息共享。

“系统维护模块”提供了用户权限、日志管理、分布式网络维护、安全维护等功能。

技术关键:本系统为863重大3S应用示范项目,系统采用数据仓库技术、时空数据库技术、海量数据管理技术,支持网络分级审核上报,是RS、GIS、面向对象的数据库、多媒体技术的有机集成。底层技术采用Region Manager水土保持专业GIS软件,该软件在2002和2003年科技部测评中连续获国产优秀GIS产品。

## 5 新技术应用的保障体系

新技术应用改变了传统的技术路线、业务流程、管理方法和社会服务手段,需要有配套的保障体系做后盾。

### 5.1 政策法律保障

为使新技术在水土保持中得到快速应用,行政部门应根

据技术需要尽快出台相应的规章制度,做到有法可依有章可循。通过行政干预确保思想观念更新、业务流程重组、资金渠道畅通、技术不断创新、方法逐步完善、应用全面普及、效益显著提高、事业跨越发展。

5.2 技术规范保障

为了保证新技术应用的有序化,需要制定一系列具有可操作性、实用性、先进性、可行性的技术规范,以保证指标统一、方法一致、信息共享、效益明显。规范应包括技术指标规范、信息采集规范、设备规范、方法规范、成果规范等。

5.3 人员保障

新技术应用需要通过培训、人才引进等途径使知识得到更新,技能不断提高,观念得到转变。新技术的应用需要不同层次的人才,包括远见卓识的领导,综合型高级技术人员,专门技术人员和普通应用人员。

5.4 技术消化

高新技术从诞生到普及需要一个过程,为加快新技术应用速度,需要技术消化。技术消化是综合型水土保持技术人员的任务,通过应用开发、技术集成、组装配套等途径把先进的、尖端的、复杂的技术从水土保持应用层面转化为通俗的、简单的、易操作的技术,从而降低新技术应用的成本,提升技术价值,提高新技术应用效益。