

3S 技术在丹江口水库水源区 水土流失动态监测中的应用

廖纯艳¹, 黄健²

(1. 长江水利委员会水土保持局, 湖北 武汉 430010; 2. 长江水利委员会长江流域水土保持监测中心站, 湖北 武汉 430010)

摘 要: 主要介绍了 3S 技术在丹江口水库水源区水土流失动态监测项目中的应用。首先阐述了 3S 技术的特点、项目实施基本指标和项目作业技术系统;其次重点叙述了 3S 技术在项目实施中的技术流程,包括资料收集、地形图矢量化、矢量数据空间分析、TM 遥感影像处理、野外调查建立解译标志、遥感解译、土壤侵蚀强度计算、解译成果野外校核、数据库集成和用户界面开发 10 个步骤。最后列举了项目实施成果,并就 3S 技术在区域水土流失监测中的优势进行了叙述。

关键词: 3S 技术; 水土流失; 监测

文献标识码: B

文章编号: 1000—288X(2007)01—0058—04

中图分类号: P208, S157

Application of 3S Technologies in Dynamic Monitoring of Soil Erosion in the Source Area of the Danjiangkon Reservoir

LIAO Chun-yan¹, HUANG Jian²

(1. Soil and Water Conservation Bureau of the Water Conservancy Committee of

Yangtze River, Wuhan, Hubei 431000, China; 2. Monitoring Center of Soil and Water

Conservation, the Water Conservancy Committee of Yangtze River, Wuhan, Hubei 430010, China)

Abstract: This paper briefly introduces the application of 3S (GIS, RS and GPS) technologies in the dynamic monitoring of soil erosion in the source area of the Danjiangkon reservoir. It starts from an introduction of the technical features of 3S technologies, followed by a detailed explanation for the 10 steps on how to proceed with the task, i. e., data collection, vectorization of contour maps, spatial analysis of vector data, geometric correction of remote sensing images, spectrum sampling of images, interpretation, computation of soil loss intensity, field verification of the outputs, database integration and user interface development. Finally, the paper illustrates the real application of this achievement, as well as the advantages of the 3S technologies for soil and water loss monitoring.

Keywords: 3S technologies (GIS, RS and GPS); soil and water loss; monitoring

丹江口水库是南水北调中线工程的水源地,其水源区涉及陕、鄂、豫、川、渝、甘 6 省(市)共计 48 个县(市、区),土地总面积 $9.50 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。为准确了解丹江口水库水源区的水土流失状况,科学分析 20 世纪 90 年代中期以来的土地利用和水土流失变化趋势,经水利部批准,在长江水利委员会水土保持局的组织下,长江流域水土保持监测中心站作为项目总承担单位,于 2002 年 9 月—2003 年 12 月,开展实施以了“3S”技术为支撑,以 TM 全色和多光谱影像为数据源的丹江口水库水源区水土流失遥感监测项目,完成了对项目区土地利用现状、植被覆盖度和水土流失状况的调查,并建立了项目区水土流失遥感监测 GIS 数据库。

1 3S 技术特点

3S 技术是指遥感(RS)技术、地理信息系统(GIS)技术和全球定位系统(GPS)技术,其中遥感(RS)技术具有获取数据周期短、视域广、信息量大、实时性强、精度较高和成本低的特点,地理信息系统(GIS)具有强大的信息管理、处理和分析功能,全球定位系统(GPS)可进行高精度全球定位。

利用遥感技术、地理信息系统和全球定位系统技术开展区域水土流失遥感监测,可以综合运用 3 项技术的特长,满足区域水土流失监测大范围、高效、准确和周期性的目的和要求,使区域内与水土流失有关的大量信息得到有效的管理、分析和使用。

2 项目实施基本指标

土壤侵蚀分级指标:《土壤侵蚀分类分级标准》SL190—96。

坐标系统:北京—54 坐标系、85 国家高程基准。

地球投影:墨卡托投影。

成图比例尺:1/50 000。

等高距:20 m。

遥感解译最小图斑:图上 2 mm ×2 mm(1/50 000 图上对应实际面积为 10 000 m²)。

3 项目作业技术系统

(1) 局域网构建。建立由 100M HUB 和 Windows2000,2003,XP,Microsoft 的 IPX/SPX 兼容协议与 TCP/IP 网络协议以及高性能微机构建的局域网,LAN 采用分层地址空间编码和星型拓扑结构。

(2) 硬件平台。包括服务器、客户端,数码相机、扫描仪、绘图仪、激光打印机等输入、输出设备和 GPS 定位仪等。

(3) 软件平台。操作系统:Windows 2000,Windows XP,Windows 2003。

遥感影像处理软件:ERDAS IMAGINE 8.6。

图像处理软件:Photoshop 7.0。

专业矢量化软件:MAPCAD6.0,Vector2000。

GIS 软件:ArcGIS8.3,ARCVIEW3.2。

(4) 作业技术系统。本项目作业技术系统由核心系统、人机交互判读系统和 GIS 编辑系统 3 个部分构成。核心系统用于读入 TM 数据,进行图像预处理,作基于 1/50 000 地形图的几何纠正、分割、镶嵌、拼接等处理,并将最终成果集成于其中。人机交互判读系统进行影像解译,并将解译成果输出。GIS 编辑系统对解译成果进行分层编辑、填入属性、迭加分析和处理,生成成果层及属性库等。

4 项目实施技术流程

本项目的主要内容可分为地形图数字化及 DEM 生成、土地利用遥感影像解译和水土流失 GIS 系统建设三大项,项目实施技术流程如图 1 所示。

4.1 资料收集

包括影像资料、地形图和辅助解译资料收集。项目区影像资料采用 2002 年 TM 全色与多光谱融合影像,共计 11 景,时间为秋季。地形图采用 20 世纪 80 年代 1/50 000 地形图和 1/100 000 地形图共计 440 幅,其中 1/50 000 地形图 430 幅,1/100 000 的地形图 10 幅。辅助解译资料包括项目区地质图、土壤图、植

被图、以及水文、气象、社会经济、水土保持治理等观测与统计数据。

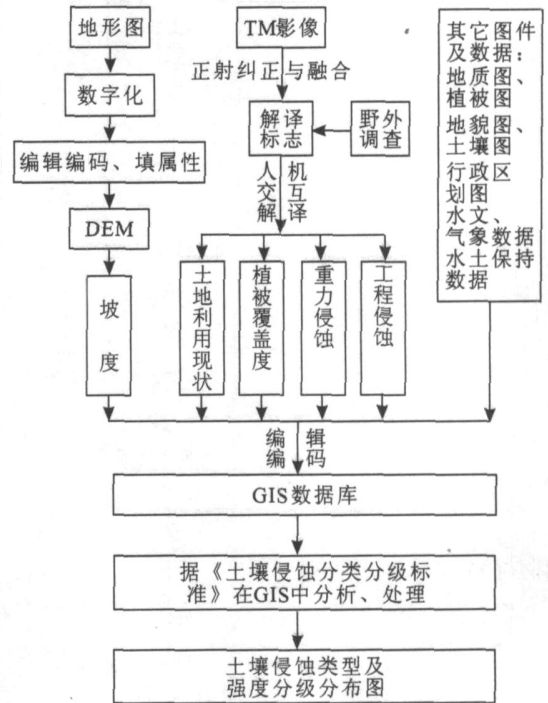


图 1 水土流失动态监测作业方法流程图

4.2 地形图矢量化

包括地形图扫描、几何纠正和全要素矢量化 3 个步骤。地形图扫描要求为彩色、分辨率 400 dpi,如扫描仪是 A4 或 A3 台式扫描仪,则必须进行分图拼接。地形图几何纠正利用 ERDAS IMAGINE8.6 软件,纠正方法采用二阶多项式几何校正变换,每幅地形图纠正控制点不得少于 9 个,并且分布均匀。地形图矢量化利用 VECTOR2000 软件和 MAPCAD6.0 软件,对项目区 1/50 000 地形图及 1/100 000 地形图进行全要素矢量化。矢量化图层包括等高线、高程点、特征线、面状水系、线状水系、行政区划界、道路、居民地和注记 9 个图层,并对矢量化成果进行图幅纠正、拼接,要求矢量化精度必须在 10 m 以内。

4.3 矢量数据空间分析

矢量化数据的空间分析主要包括项目区 DEM 建立和坡度分区。

项目区 DEM 是在项目区地形图矢量化建立的等高线、特征线和特征点等 GIS 层的基础上,以 ARC/INFO 为平台运算生成。计算流程如图 2 示。

坡度分区是在所建立的项目区数字高程模型 (DEM) 基础上,在 GIS 中进行项目区坡度分区计算,将项目区坡度分成 < 5°,5°~8°,8°~15°,15°~25°,25°~35°, > 35° 共 6 个等级,生成项目区的坡度分区图,并填入属性值。流程如图 3 示。

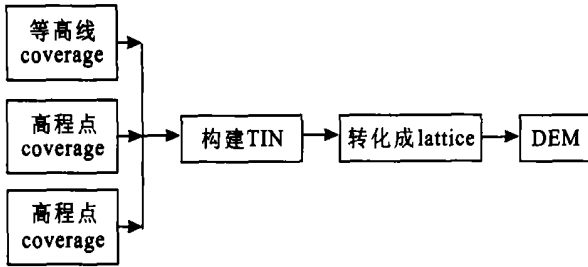


图 2 数字高程模型 (DEM) 生成流程

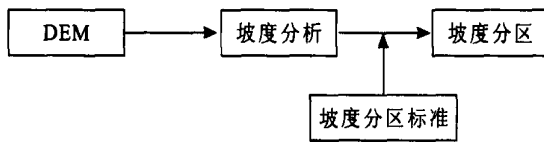


图 3 坡度分区流程

4.4 TM 遥感影像处理

TM 遥感影像处理包括影像融合、几何纠正和正射纠正。影像融合利用 ERDAS Imagine 遥感图像处理软件为平台,对 TM 多光谱和全色影像进行融合处理。先据 TM 影像各波段的光谱效应和解译土地利用与植被盖度的监测要求,选取 TM4, TM3, TM2 三波段进行假彩色合成数字影像,其光谱效应见表 1,再将其与 TM8 波段影像进行融合,融合影像的每个像元的地面分辨率达到 15 m,提高解译精度。

表 1 TM(4,3,2)光谱效应

波段	光谱效应
TM2 0.52 ~ 0.60 μm	属绿色波段。能探测植被绿色反射率,对植被的反射敏感,能区分植被类型和作物长势,区分人造地物类型,对水体有一定的透视能力。
TM3 0.63 ~ 0.69 μm	属红色波段。可以根据植被的色调判断植物的健康状况,也可以区分植被的种类和覆盖度;还可以判定地貌岩性、土壤、水中泥沙流等。
TM4 0.76 ~ 0.90 μm	属于近红外波段。测定生物量和作物长势,区分植被类型,绘制水体边界、探测土壤湿度。

TM 影像几何纠正,采取多项式拟合法,对每景影像作基于地形图的三阶多项式几何校正变换,投影系统采用高斯投影;为保证精度,每一景影像在地形图覆盖区域内,至少选取 30 对控制点,影像上控制点精度在 1 个像元以内,地形图上控制点坐标采用实际地理坐标,精度达到米级。

TM 影像正射纠正根据地形图数字化生成的 DEM,对全色影像与多光谱影像分别进行正射纠正,然后二者融合。

4.5 野外调查建立解译标志

对项目区不同地貌区、不同气候区、不同土壤侵蚀区进行野外调查,用 GPS 接收机进行精确定位,建立全面、系统的各类土壤侵蚀类型及其强度分级的影像解译标志,包括色彩、形状、大小、影纹、结构等直接解译标志和水系、地貌、土壤类型、岩石种类等间接解译标志。在笔记本电脑中的影像上准确勾绘出解译标志相应图斑,并在属性表中填写规定的代码。勾绘图斑要求定位准确(小于 1 个像元),描述清楚、正确,最小成图图斑为 2 mm × 2 mm (1/50 000)。每景影像的每一类型区建立的影像解译标志图斑样点、样方不得少于 5 套。

4.6 遥感解译

以 ArcView3.2 软件为操作平台,根据遥感影像判读解译的基本原理和野外调查所建立的项目区影像解译标志,在计算机上进行图斑勾绘和属性判定,解译提取与土壤侵蚀有关的各种信息,包括土地利用类型、植被覆盖度,生成相关专题矢量图层(shp 文件)。在 ARC/INFO 软件平台下,将解译生成的专题矢量图层(shp 文件)转为 coverage,并建立拓扑关系。影像解译中,要求每个图斑只能有一个代码,图斑属性的判对率大于 90%;图斑边界线的走向和形状与影像特征的允许误差小于 1 个像元,按 1/50 000 成图比例尺,最小图斑面积应为 4 mm²。影像解译中所提取的相关信息及其属性代码如表 2 所示。

表 2 影像解译信息表

土地利用类型	属性代码	土地利用类型	属性代码
水田	11	园地	20
梯坪地	16	城镇	51
坡地	17	农村居民用地	52
林地 覆盖率)	< 30 %	工矿用地	53
	30 % ~ 45 %	铁路	61
	45 % ~ 60 %	公路	62
	60 % ~ 75 %	机场	64
> 75 %	35	河流	71
草灌 覆盖率)	< 30 %	水库	73
	30 % ~ 45 %	坑塘	74
	45 % ~ 60 %	滩涂	76
	60 % ~ 75 %	裸岩	85
	> 75 %	45	松动裸土地

4.7 土壤侵蚀强度计算

根据所解译出的项目区土地利用图层及其坡度组成图层,以《土壤侵蚀分类分级标准》中地类、植被

覆盖度、坡度之间的对应关系为模型(表 3),依次计算确定各个图斑的土壤侵蚀类型和强度,生成项目区的土壤侵蚀类型和强度图层。流程如图 4 示。

表 3 水力侵蚀强度分级指标

地类		地面坡度					
		< 5°	5°~ 8°	8°~ 15°	15°~ 25°	25°~ 35°	> 35°
非耕地 的林草 覆盖度/ %	> 75	微 度	轻 度	中 度	强 度	极 强度	强度
	60~ 75						极强度
坡耕地	45~ 60	轻 度	中 度	强 度	极 强度	剧 烈	强度
	30~ 45						极强度
	< 30						剧 烈

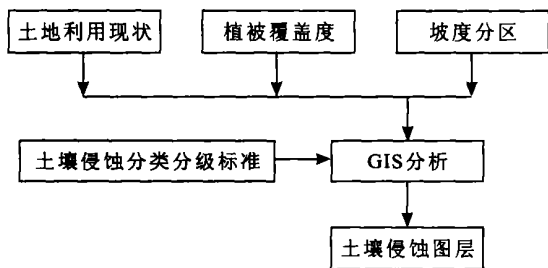


图 4 土壤侵蚀强度分析流程

4.8 解译成果野外校核

根据室内解译结果,分析解译中存在的难点区域,制定野外校核工作计划。野外校核采用典型样区校核法和线路验证法相结合,主要沿公路周边进行抽查,采取 GPS 定位,实地与解译图斑核对,校核室内判读的准确性。具体图斑质量检查采用随机抽样方法,检查图斑数不得少于总图斑数的 5%。图斑质量检查内容为图斑属性的判读情况,包括土地利用类型判读情况和林草覆盖率等级判读情况两方面。

4.9 数据库集成

数据库集成以 ArcGIS8.3 软件为平台,对各种不同来源数据进行分层、分类编辑入库,建立拓扑关系,并对各专题图层建立相应的属性表,对专题数据图层的每个图斑依次编号、编码并填入属性值,建立属性数据库,实现属性数据库与空间数据库的无缝连接。

丹江口水库水源区水土流失 GIS 数据库在垂直方向上包括水系、道路、坡度、土地利用现状和土壤侵蚀强度等共计 15 个空间数据图层(表 4),均基于相同的地理坐标完成;在水平方向上则根据项目区内的县级行政区划界,将每个空间数据图层分割成 48 个 tile,如图 5 所示。

数据库文件以树型结构存储,总目录为 DJ K-STLSJC,意为“丹江口水土流失监测”。取其拼音首字母。

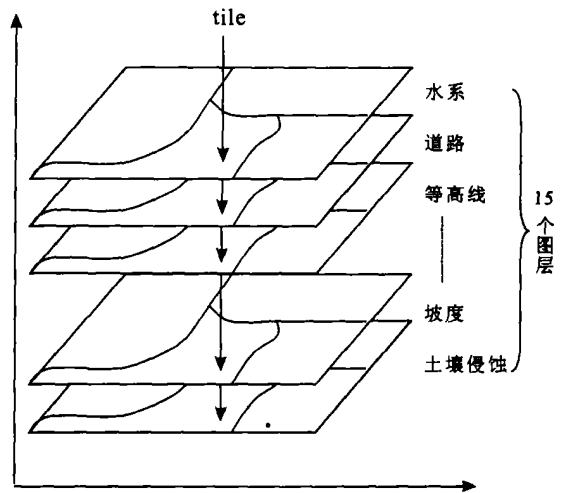


图 5 数据库空间数据关系

一级目录为: Apr, County-data, Workroom, Temp,其中 Apr 目录存放项目区各县制图工程文件; County-data 存放各县分层数据,数据库图层均以县为单位集中在该目录中; Workroom 目录存放图例、照片及项目所用资料的综合信息等内容; Temp 目录存放各种临时文件。

4.10 用户界面开发

由于 Arcview3.2 软件的 Avenue 属于面向对象的程序设计语言,其语法简单、易于编写,数据库建设中利用它进行用户界面开发,实现对后台数据库数据的调用,包括图形显示、查询检索、统计分析等。

4.11 项目成果

(1) 专题图。项目区数字高程模型 (DEM);项目区坡度分区图;项目区土地利用图;项目区植被覆盖度图;项目区土壤侵蚀图。(2) GIS 数据库。包括项目区 1:50 000 数字高程模型、TM 遥感影像库、专题图层图形库及其属性数据库等。

(下转第 71 页)

来看,普遍存在着质检机构不健全,三检制度不完善的现象。今后,业主在承包商资格审查时要注重对其质量保证体系的考察,同时要加强对施工队伍的法律法规培训学习,建立健全工程质量保证体系,使水土保持施工队伍逐步走向正规化。

4.4 以强化培训为基础,加强监理队伍的自身建设

水土保持工程实行建设监理制起步较晚,1998年国务院批准的《全国生态环境建设规划》中首次提出了生态工程逐步引入工程监理制度的要求,国家计委等部门联合颁发的《国家生态环境建设项目管理办法》中对监理单位、监理协议、监理费用等提出了具体意见^[6]。水利部从2000年起在全国开展了水土保持生态建设监理工程师培训、考试、注册以及监理单位资质申报、审批工作。截止目前,山西省已有近百人取得了监理工程师资格证书,但这些人大部分是各县、市和省级水土保持管理部门以及科研、设计单位的领导和技术骨干,很难专门从事水土保持工程监理,监理单位也大都挂靠在水利工程监理单位或水土保持技术咨询单位。因此,目前当务之急是按照《水利工程建设监理单位管理办法》大力加强和培育水土保持工程建设监理市场,组建合格的监

理公司,按照审核确定的资质等级承担相应的建设监理业务。与此同时,要尽快建立一套切实可行的水土保持工程建设监理的技术指标体系,加强国家对工程建设的方针、政策、法律、法规以及专业技术等方面的强化培训,建设一支精通业务技术,懂得经济、法律知识,善于管理的具有较高业务素质,敬业爱岗,吃苦耐劳,信誉良好的建设监理队伍。促进监理工作尽快走向正规化、规范化。

[参 考 文 献]

- [1] 姜德文. 生态工程建设监理[M]. 北京:中国标准出版社,2002.
- [2] 丰景春,王卓甫. 建设项目质量控制[M]. 北京:中国水利水电出版社,1994.
- [3] 韦志立. 建设监理概论[M]. 北京:水利电力出版社,1996.
- [4] 建设部. 建设工程项目管理规范(GB/T50326-2001)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [5] 水利部. 水利工程质量管理规定(中华人民共和国水利部令,第7号)[Z]. 1997.
- [6] 刘江. 全国生态环境建设规划[M]. 北京:中华工商联合出版社,1999.

(上接第 61 页)

表 4 数据库空间数据图层

图层文件名	图层内容	数据结构	几何特征	备 注
DXPT	高程点	矢量	Point	
DXPL	等高线	矢量	Line	等高距:20 m
SXPY	水系面	矢量	Polygon	双线河、湖泊、水库、坑塘等
SXPL	水系线	矢量	Line	单线河
JUMD	居民地	矢量	Polygon	面状居民地
ANNO	注记	矢量	Point	点状居民地,注记到乡镇
ROAD	道路	矢量	Line	铁路、公路等
DEM	数字高程模型	栅格	Grid	间距:20 m
PODU	坡度分区	栅格	Grid	分 6 级
XZQH	行政区划界线	矢量	Polygon	各地市区县的行政区划边界
TDL Y	土地利用现状	矢量	Polygon	土地利用现状
ZB GD	植被覆盖度	矢量	Polygon	植被覆盖度,分 5 级
TRQS	土壤侵蚀	栅格	Grid	土壤侵蚀强度分级图
IMAGE	融合影像	栅格	Tif	TM(8) + TM(4,3,2)

5 结 语

运用 3S 技术开展丹江口水库水源区的水土流失遥感监测,前后历时共计 15 个月,完成了项目区 $9.50 \times 10^4 \text{ km}^2$ 国土面积的土壤侵蚀及其相关因子调查,累计数据成果达到了 150 GB。同时,野外随机取样复核与验收结果表明,该项目信息提取的准确率达到

了 95% 以上,能够满足实际工作的需要。由以上分析可知,应用 3S 技术是进行重点区域水土流失动态监测的最有效的手段之一,它具有宏观、快速、准确、客观等优势,利用多因子叠加的方法,可以增加水土流失监测的科学性和准确性,为相关部门的区域水土保持规划、水土流失防治及管理提供及时、准确的科学依据。