

# 长江三峡工程库区水土保持遥感动态 监测及 GIS 系统开发

周乐群<sup>1</sup>, 孙长安<sup>2</sup>, 胡甲均<sup>3</sup>, 高改萍<sup>1</sup>, 胡宗云<sup>1</sup>, 杨 岚<sup>1</sup>

(1 水利部 长江勘测技术研究所, 湖北 武汉 430011; 2 水利部长江水利委员会 长江流域水土保持监测中心站, 湖北 武汉 430012; 3 水利部长江水利委员会 水土保持局, 湖北 武汉 430012)

**摘 要:** 长江三峡工程库区人类活动频繁, 生态系统脆弱, 水土流失较为严重。在三峡工程开工建设 7 a 之后的 2000 年, 运用遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球卫星定位系统(GPS)、计算机网络技术等高新技术, 采用 DEM、影像正射校正、多源影像数据融合、多层次信息提取等技术方法, 对整个库区 20 世纪 80 年代中期、世纪之末两期的土地利用状况、水土流失状况及水土保持治理等进行了全面的动态监测, 并在此基础上利用 ArcGIS 软件平台开发完成。

**关键词:** 长江三峡工程库区; 水土保持; 动态监测; GIS 系统开发

文献标识码: B

文章编号: 1000—288X (2004) 05—0049—05

中图分类号: P208

## Dynamic Monitoring and GIS System Development for Soil and Water Conservation in Three Gorges Project Reservoir Area of Yangtze River

ZHOU Le-qun<sup>1</sup>, SUN Chang-an<sup>2</sup>, Hu Jia-jun<sup>3</sup>, GAO Gai-ping<sup>1</sup>, Hu Zong-yun<sup>1</sup>, Yang-lan<sup>1</sup>

(1. Yangtze Research Institute of Geotechnique, Ministry of Water Resources, Wuhan 430011, Hubei Province, China;

2 Yangtze Valley Soil and Water Conservation Monitoring Branch of Changjiang Water Resources Committee,

Ministry of Water Resources, Wuhan 430012, Hubei Province, China; 3 Bureau of Soil and Water Conservation,

Changjiang Water Resources Committee, Ministry of Water Resources, Wuhan 430012, Hubei Province, China)

**Abstract:** The reservoir area is subject to frequent human activities that are damaging the fragile balance of ecosystem dynamics. Remote sensing (RS), a geographical information system (GIS) and global positioning system (GPS) technology, as well as network techniques, have been utilized for the present research. A digital elevation model (DEM) was prepared; adjustment of orthographic reflection for images took place; inter-fusion of multi-source image data was undertaken; and multi-layer information was extracted. This work enabled comprehensive monitoring of soil and water conservation for the whole reservoir area from the middle 1980s to the late 1990s, and in 2000. Subsequently, the Three Gorges Project (TGP) commenced and has been ongoing for 7 years, and monitoring has included land use status, degree of vegetation cover, water loss and soil erosion (including wash erosion, mass erosion and mechanical erosion), and their dynamic variations over the 15 year study period. On this basis, the concept of this paper has been developed with the aid of the ArcGIS software platform.

**Keywords:** Three Gorges Project Reservoir Area of the Yangtze River; soil and water conservation; 3S technique; dynamic monitoring; GIS development

长江三峡水库干流库岸长 600 km 余, 总落差 150 m 左右, 支流回水河段长约 1 840 km, 库区面积近  $5.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 包括 175 m 正常蓄水位淹没所涉及的重庆市和湖北省宜昌市 21 个县(市、区), 其中湖北省有宜昌、秭归、兴山、巴东 4 县, 面积  $1.16 \times 10^4$

$\text{km}^2$ , 重庆市有巫山、巫溪、奉节、云阳、万州、忠县、开县、涪陵、丰都、武隆、石柱、长寿、渝北、巴南、江北、江津及近郊 6 区等 17 县(市、区), 面积  $4.62 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

库区地处川东丘陵和川鄂中低山区, 地势总体东高西低。区内地形起伏大, 坡度陡,  $> 5^\circ$  的坡地面积占

收稿日期: 2004-06-12

作者简介: 周乐群(1967—), 男(汉族), 硕士学位。主持完成了 7 项国家科技攻关和水利重点科研课题的研究以及 10 余项生产项目, 已公开发表学术论文 12 篇。电话(027) 82314985, E-mail: zhouleq@tom.com。

90%以上,平均坡度 $>25^{\circ}$ ;降雨多,强度大,具备发生水土流失的潜在条件;易风化的软弱岩层如板岩、页岩、泥岩和砂岩等出露面积广,为水土流失提供了丰富的物质来源;加之长期以来人口增加过快,自然植被不断遭到破坏,坡地被过度开垦。研究区总体属水土流失强度侵蚀区。

库区水土流失类型以面蚀为主,其次为沟蚀和重力侵蚀。面蚀主要分布在紫色砂泥岩丘陵、岩溶槽谷区及花岗岩中丘区;沟蚀主要分布在岩性软弱的侏罗系遂宁组地层、志留系砂页岩和元古代变质岩、花岗岩类出露区,沟蚀面积不大,但对土地资源的破坏却很大,治理任务也较艰巨;重力侵蚀主要为滑坡、泥石流、崩塌等。然而,上述分析仅是定性的概况,三峡工程开工建设之前库区水土流失和水土保持状况究竟怎样,10a“长治”工程治理后水土流失状况(面积、类型、强度等)及空间分布发生了哪些变化,尤其是三峡工程建设过程中又造成了哪些影响,都不得而知。

为此,有必要对整个库区20世纪80年代中期、世纪之末的水土流失和水土保持工作进行全面、科学的动态监测,以掌握库区客观、真实的水土流失状况及其变化,为今后治理提供科学决策依据。

## 1 监测研究内容

在2000年,对整个库区两期水土流失和水土保持及其动态变化开展了遥感动态监测。库区共涉及1/50 000地形图198幅,每期SPOT影像28景,TM影像9景,2期分别为56景和18景。监测研究内容包括基础研究、监测技术方案和方法研究、具体的遥感监测和GIS系统开发4个方面。

### 1.1 基础研究

(1) 水土保持GIS信息分类编码标准研究。为启动和推动长江流域水土保持监测网络建设,早在1999年我们开展了《长江流域水土保持遥感动态监测与评价系统实施方案研究》,通过大量、系统的相关标准的调研,研究制定了《水土保持GIS信息编码表标准》,在此基础上,该项目启动后又按有关国标和行标,对该《标准》进一步细化和扩充,形成了兼容相关国标和行标,囊括所有水土保持信息,由8位编码体系构成的系统的《水土保持GIS信息编码表标准》,使其更为实用,并在该项目的GIS系统中首次正式使用。

(2) 计算机网络及监测系统的总体规划、设计、软硬件配置等技术研究。由于项目涉及的专业广、技术复杂、处理的数据量大,技术人员间数据传输量大得惊人,尤其是遥感图像处理过程中更有海量数据产生,因此在项目启动之前,必须为整个项目设计一个

性能优良的监测技术系统。根据项目的需求,主要在局域网建设、软硬件平台及技术系统的各级子系统几个方面进行了精心设计。局域网由2个16口10/100M HUB, Windows 98和NT以及2台工作站,22台高档微机构成,LAN采用分层地址空间编码和星型拓扑结构。其中有5台高性能的工作站和微机同时装载Windows 98和Windows NT,以便运行专业GIS软件及遥感图像处理软件。

### 1.2 监测内容

监测研究内容包括建立三峡库区DEM,对库区80年代中期、2000年2期土地利用、植被覆盖度、重力侵蚀与工程侵蚀、土壤侵蚀及其变化、水土保持措施等进行遥感监测,并以监测数据为基础建立三峡库区水土保持GIS本底数据库、现状数据库以及15a来的动态变化数据库,在此基础上利用ArcGIS软件平台开发完成“长江三峡工程库区水土保持遥感动态监测GIS系统”。

本监测系统具体内容包括监测数据源的比选与选购、1/50 000地形图数字化及DEM生成、SPOT与TM影像正射校正、多源数据融合、野外现场遥感信息提取标志的建立、两期遥感信息提取、水土保持GIS系统建设、专题图制作、系统的集成和开发等。

## 2 监测技术、方法及解决的技术难题

在了解库区地形地质、自然条件、水土流失基本情况的基础上,详细分析研究水土流失的有关技术规范以后,确定了利用3S技术(即遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球卫星定位系统(GPS))开展本项目监测的技术方案,研究并制定了科学的、切实可行的技术方法、技术路线和实施方案,具体技术路线见图1。在项目实施过程中,充分运用了3S技术、计算机网络等多种高新技术,采用DEM、影像正射校正、多源影像数据融合、多层次信息提取等先进的技术方法,为水土流失动态监测探索了一整套的高技术方法(图1)。

监测过程中,成功解决了项目区跨带投影变换,首次利用先进的物理模型方法对整个项目区TM和SPOT影像分别实施了高精度的正射纠正,从而实现了区域性、高差达3 000m余地区的异源影像的数据融合,数据融合技术方法,采取辅以同期彩红外航片的办法解决了20世纪80年代影像标志的建立等诸多技术难题。此外,还自行研究开发了地图快速数字化、影像多层次信息提取等技术方法,有效地解决了地形图数字化、信息提取工作量太大、监测进度过慢等许多具体难题。

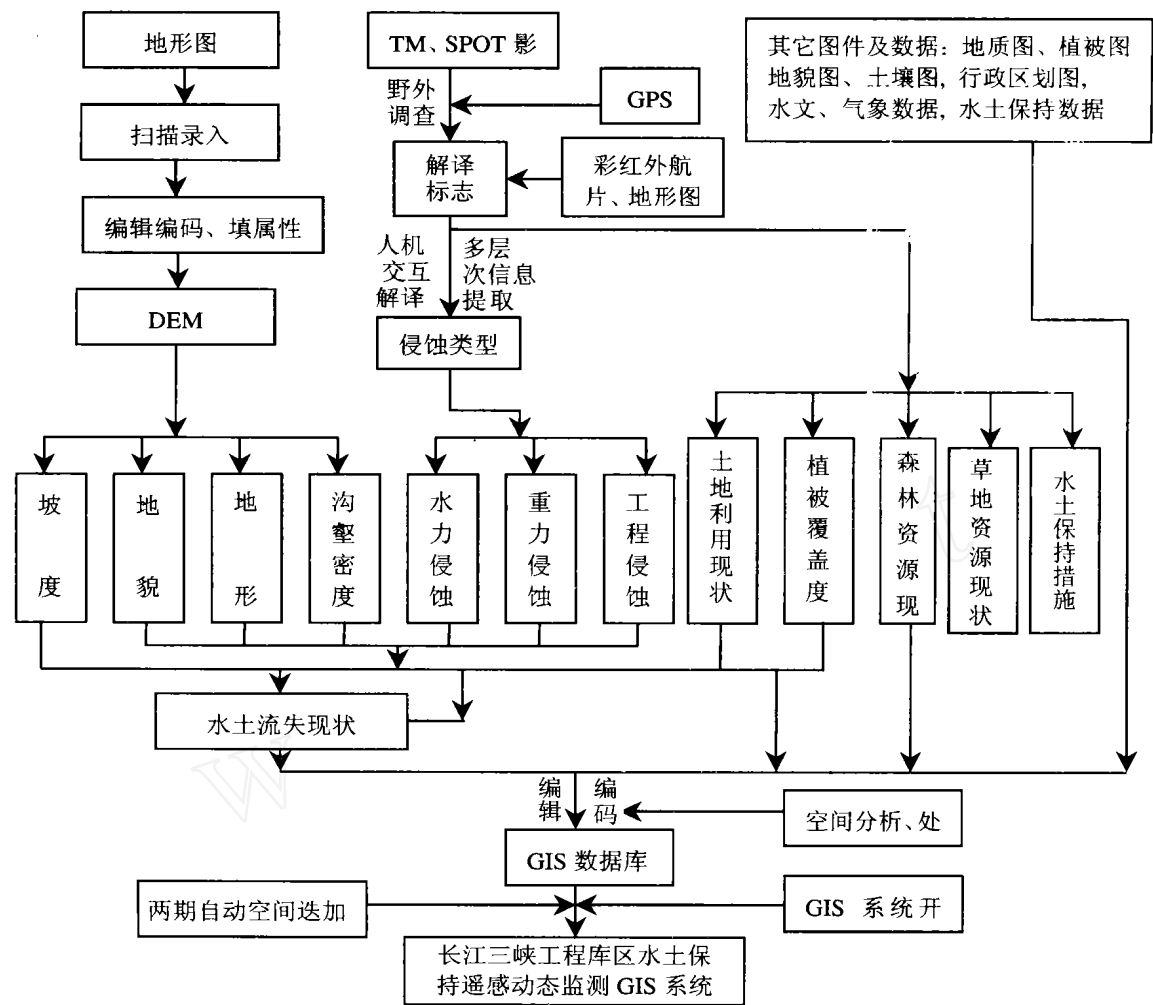


图 1 水土保持遥感动态监测作业技术流程图

### 3 监测研究成果

#### 3.1 监测结果

监测成果经野外现场随机取样复核, 准确率达 90%, 图斑定位准确。(1) 两期土地利用和植被盖度, 坡耕地减少 1.30%, 梯平地增加 1.79%, 园地增加 1.49%, 林地面积增加 3.51%, 而植被盖度等级普遍变高, 草灌减少 9.40%, 有效减少水土流失, 坡改梯、水保林、经果林、种草与封禁治理等水土保持措施已取得一定成效; (2) 1999 年的土壤侵蚀面积比 1980 年减少 15.97%, 土壤侵蚀等级普遍降低, 轻度侵蚀的面积增加了 2.83%, 其余级别的侵蚀强度面积均有 1.05% ~ 7.15% 的减少, 成效斐然; (3) 不容忽视, 2 期工程侵蚀图层中, 侵蚀显著增加, 虽面积所占比例很小, 但其造成的土壤侵蚀强度大, 危害严重, 必须大力加强预防监督, 落实开发建设项目水土保持方案和“三同时”制度, 有效遏制人为水土流失。

#### 3.2 三峡工程库区水保遥感动态监测 GIS 系统

3.2.1 GIS 系统的软硬件平台及网络构建 系统由一台工作站和 4 台高档微机组成, 其当时配置为: P III 733/256M RAM / 60G 硬盘/32M 显存/17 寸彩显, 其上同时装载 Windows 98, Windows NT 4.0 (Server Pack 6) 操作系统, 它们采用 Microsoft 的 IPX/SPX 兼容协议与 TCP/IP 网络协议, 通过 Windows NT 联网, 并由浮动 License 管理, 同时并行运行 ARCGIS 和 ERDAS 软件, 以实现数据集成和客户端 (Client) 调用显示。装载的专业 GIS 和遥感图像处理软件有 ARCGIS 8.0, ERDAS, ARCVIEW 3.2, MAPGIS 5.32 等。

3.2.2 系统的数据分层及其组织 根据水土保持工作的需要, 三峡库区水土保持遥感动态监测成果数据以行政区划为基本存储单元, 每个基本存储单元内有 25 层数据层, 数据格式为 Coverage 和 Shape, 数据的分层如表 1 所示。

表 1 长江三峡库区水土保持遥感动态监测成果数据

层号	层 名	要素内容	几何特征	层号	层 名	要素内容	几何特征
1	DXPT	高程点	Point	14	ZBGD80s	80 s 植被覆盖度	Polygon
2	DXPL	等高线	L ine	15	ZBGD99	99 植被覆盖度	Polygon
3	DZTL	特征线	L ine	16	GCQS80s	80 s 工程侵蚀与重力侵蚀	Polygon
4	SXPY	水系面	Polygon	17	GCQS99	99 工程侵蚀与重力侵蚀	Polygon
5	SXPL	水系线	L ine	18	TRQS80 s	80 s 土壤侵蚀	Grid
6	JUMD	居民地	Polygon	19	TRQS99	99 土壤侵蚀	Grid
7	ANNO	注记	L ine	20	LYJX	小流域界线	Grid
8	ROAD	道路	Point	21	SBCS	水土保持措施	Grid
9	DEM	数字高程模型	Grid	22	TDBH	土地利用变化	Grid
10	PODU	坡度分区	Grid	23	LXBH	土壤侵蚀类型变化	Grid
11	XZQH	行政区划界线	Polygon	24	QDBH	土壤侵蚀强度变化	Grid
12	TDL Y80s	80s 土地林用现状	Polygon	25	MAGE	融合影像	T if
13	TDL Y99	99 土地利用现状	Polygon				

三峡库区水土保持遥感监测数据文件以树型结构存储,一级目录为: Apr, County - data, Workroom, Temp, 其中 Apr 目录存放各县工程及制图文件; County - data 存放各县分层数据, 本项目所有的

成果数据以县为单位集中在该目录中; Workroom 目录包括 Tools, V ideo, 接图表等目录, 分别存放图例、录像、照片及项目所用资料的综合信息等内容。文件的组织结构状况如图 2 所示。

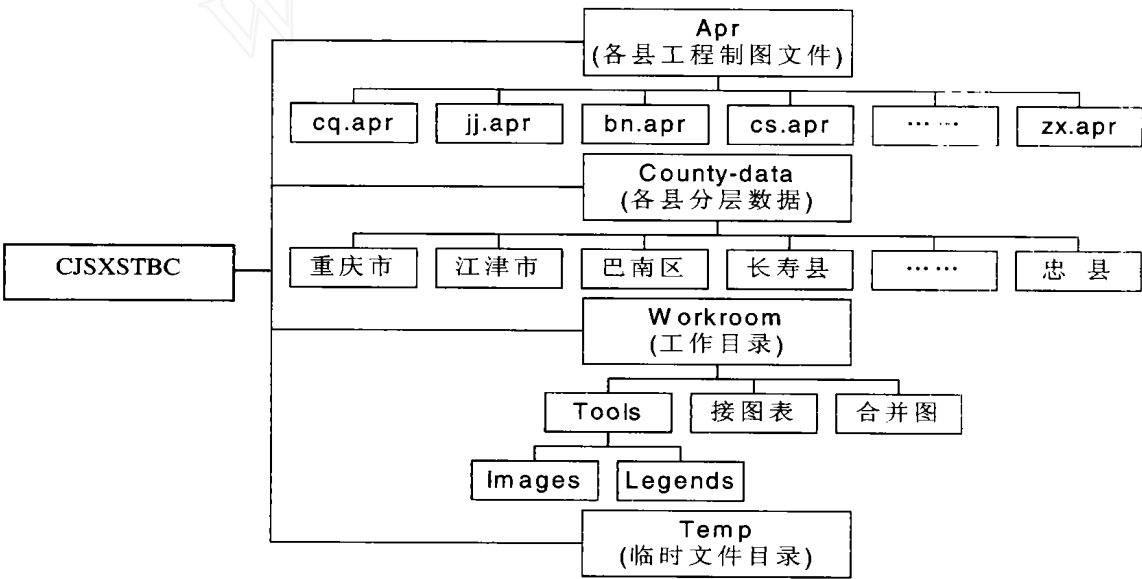


图 2 文件的组织结构图

3 2 3 系统的 GIS 数据库结构 三峡库区水土保持 GIS 数据库结构如表 2 所示。

表 2 GIS 数据库结构表

字段名	代码	U ser-	id 编码	类型	高程值	名称
数据类型	4	4	8	6	8	16
侵蚀类型	侵蚀强度	强度变化	变化方式	覆盖率/%	面积/m <sup>2</sup>	
8	6	16	8	8	10	

3 2 4 三峡库区水土保持遥感动态监测 GIS 系统 已建设完成的“长江三峡工程库区水土保持遥感动态监测 GIS 系统”是长江流域第一个大型的专业空间地理信息系统,是“数字长江”的重要组成部分,也为“数字长江”积累了宝贵的技术、经验。

该系统不仅包括了上述水土保持方面的各种信息、专题图层、图表库、影像等大量、丰富的内容,而且库区基础地理信息也囊括其中。系统庞大而复杂、实用性强、信息量丰富,达 100GB。该系统的建成对于遏制库区水土流失及今后制定库区水土保持保护规

划和长远计划都具有十分深远的现实意义。

系统以 ArcGIS 为软件平台, 数据的管理和分析在 ARC/INFO 中实现, 系统界面是基于前台的 Arcview 的 Avenue 开发, 界面友好, 操作、查询简洁方便, 并可实现远程查询。系统界面如图 3 所示。

系统可实现在网上的后台数据调用、显示、任意缩放、图库双向查询、实时漫游、统计图表的实时生成和输出、数据转换、各种空间分析和处理、三维显示和三维飞行、辅助库区水土保持治理规划及 2 次开发等各项功能。

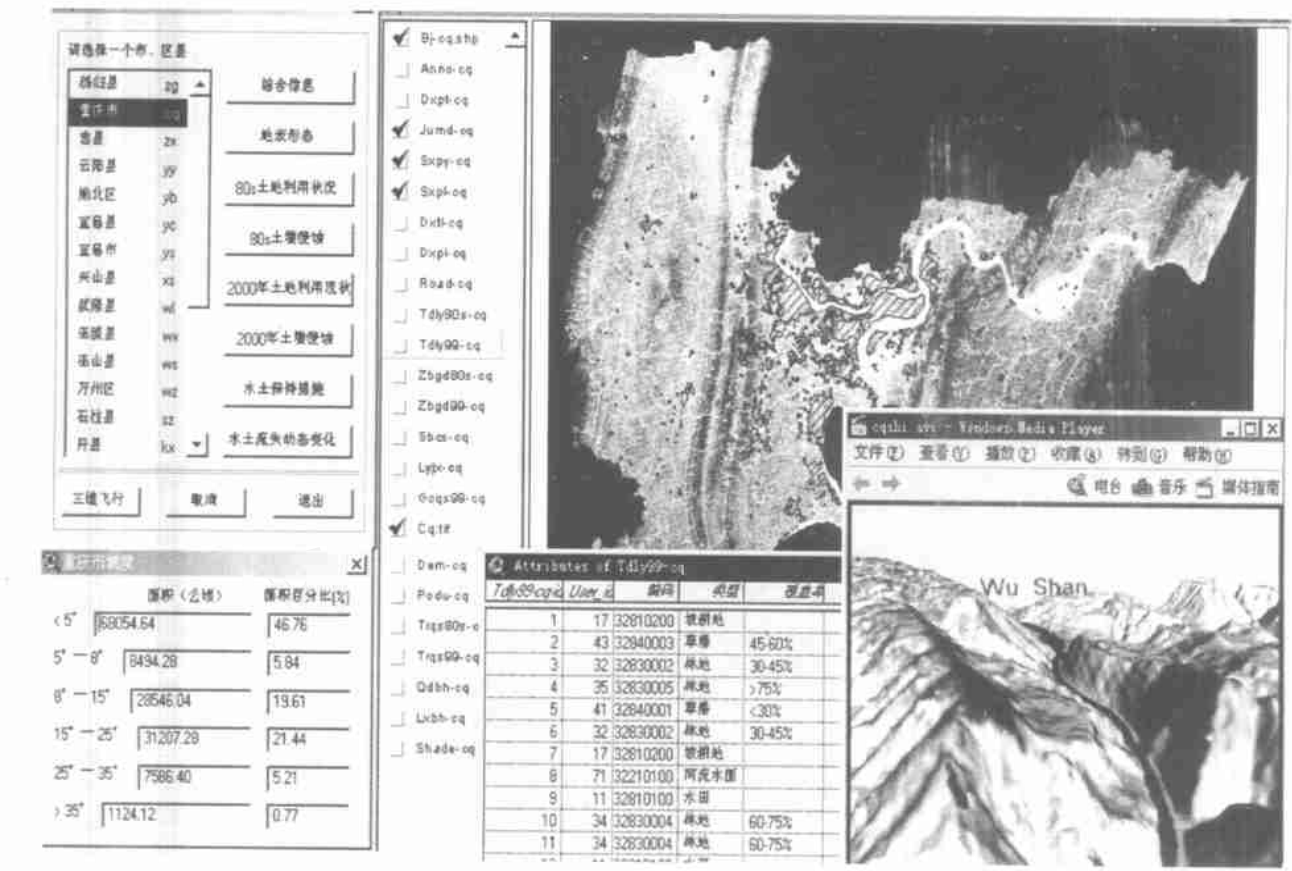


图 3 长江三峡工程库区水土保持遥感动态监测 GIS 系统

4 结 论

长江三峡库区水土保持遥感动态监测采用 10m 分辨率的 SPOT 影像, 其成果精度较高。本次遥感监测是“3S”技术的综合集成应用, 与以往任何一次遥感监测都有着本质上的区别, 充分应用了 3S 技术领域的最新技术方法, 如 DEM、物理模型纠正方法、影像融合技术等。野外现场随机取样复核结果表明, 本项研究的技术和实施方案是正确的, 技术方法合理、先进、实用、可行、快捷、高效, 监测成果系统、全面、客观, 说明 3S 技术是水保动态监测的最佳技术手段。

开发的 GIS 系统界面友好、操作方便实用, 直接服务于三峡库区水土保持工作。

监测成果表明, 三峡库区经过 10 a 多的水土流失综合治理, 区内水土保持措施保存情况良好, 起到了较好的水土保持作用, 土地利用结构向着合理的方向转变, 水土流失初步得到了遏制。

[ 参 考 文 献 ]

[1] 水利部 中华人民共和国行业标准 SL 190—96《土壤侵蚀分类分级标准》