

# GIS 基于的开发建设项目水土保持监测信息系统 ——以桐柏抽水蓄能电站工程为例

陈晨宇, 李健, 康致远

(中国水电顾问集团 华东勘测设计研究院, 浙江 杭州 310014)

**摘要:** 我国开发建设项目水土保持监测工作中存在着监测数据庞杂,可比性差,监测成果极大地滞后于工程进度等问题。利用 GIS 对空间数据快捷而高效的输入、存储、查询分析、管理和显示输出能力,可以很好地解决以上问题。以桐柏抽水蓄能电站工程为例,探索了建立基于 GIS 技术的开发建设项目水土保持监测信息系统的主要内容。

**关键词:** 开发建设项目;水土保持监测;GIS

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)04—0037—04

中图分类号: S157, X84

## GIS Based Information System of Soil and Water Conservation Monitoring in Development and Construction Project —A Case Study of Tongbai Pumping and Energy Storage Power Station

CHEN Chen-yu, LI Jian, KANG Zhi-yuan

(East China Institute of Investigation and Design, CHECC, Hangzhou, Zhejiang 310014, China)

**Abstract:** There are a series of problems of soil and water conservation monitoring in development and construction projects in China, such as massive data, shortage in comparison, and monitoring result lagging project. Use of the GIS, which can input, memorize, query and analyse data, may solve the problems. Taking Tongbai pumping and energy storage power station as an example, this paper introduces the GIS based information system of soil and water conservation monitoring in development and construction projects.

**Keywords:** development and construction project; soil and water conservation monitoring; GIS

水土流失是当今世界重要的区域环境问题之一,它可以引发巨大的环境灾害,影响区域经济的持续发展,严重地危及了人类的生存与安全。人类对资源的不合理开发利用是造成生态环境恶化的主要原因。全世界每年因开发建设项目建设等活动大约造成  $4.00 \times 10^{10} \text{ m}^3$  的松散堆积物压盖、占用大量的土地,并造成了严重的水土流失。随着经济的高速发展,我国开发建设项目大幅增加,因开发建设项目导致的水土流失也日趋增多。

据调查,全国每年因人为不合理的经济活动新增水土流失面积在  $1.00 \times 10^4 \text{ km}^2$  以上,弃土弃渣量上亿吨,严重影响了全面建设小康社会目标的实现,制约着我国经济社会的可持续发展,对国家的生态安全构成巨大威胁。因此,开展开发建设项目的水土保持监测工作,强化对开发建设项目水土流失的监测、监控和

管理极为紧迫和重要。基于此,水利部于 2000 年颁布了《水土保持生态环境监测网络管理办法》,规定“有水土流失防治任务的开发建设项目,建设和管理单位应设立专门的专项监测点对水土流失状况进行监测”。

2000 年水利部颁发《水土保持生态环境监测网络管理办法》后,我国开始对开发建设项目的水土流失进行监测工作。在监测中所采取的是地面观测和调查监测相结合的方法,存在着监测数据庞杂,监测指标体系不一,数据可比性差,监测成果极大地滞后于工程进度等问题,不能及时地对工程中产生的水土流失及时进行纠正,未起到对施工建设过程中的水土流失适时监控的作用。

GIS 以其对空间数据快捷而高效的输入、存储、查询分析、管理和显示输出能力,日益成为水土保持监测中不可或缺的工具。构建基于 GIS 支持下的开发建设

收稿日期:2007-05-20

作者简介:陈晨宇(1970—),男(汉族),浙江省临海县人,教授级高工,主要从事水土保持设计及科研工作。电话:(0571)56739261,E-mail:chen\_cy@ecidi.com。

项目水土保持监测信息系统可以很好地解决以上问题。本文以桐柏抽水蓄能电站工程为例,介绍了关于建立基于 GIS 技术下的开发建设项目水土保持监测信息系统的初步探索。

## 1 构建开发建设项目水土保持监测信息系统的优势

(1) 快捷。运用 GIS 系统便于快速了解开发建设项目水土保持方案实施情况,动态地反映工程施工中水土流失的状况,以便及时采取相应的防控措施,最大限度地减少水土流失,实现对施工建设过程中的水土流失适时监控。

(2) 高效。运用 GIS 系统数据管理、空间分析及可视化方面强大的功能来管理和分析监测工作中的大量数据,防止了在计算过程中人为因素导致的误差,提高了数据精度,降低了监测工作的强度。

(3) 便利。GIS 系统可视化的图形用户界面可以很方便地对任何属性下的信息进行查询。同时 GIS 系统的输出功能可以对任一属性为主题生成专题图和统计图表,简化了监测工作中专门设计制图的工作。

(4) 有利于监测数据的积累和集成。对开发建设项目水土流失预测和制定防治方案提供依据,为建立开发建设项目水土流失预测模型,确定开发建设项目水土流失预测参数服务。

(5) 实现与全国水土保持监测网络的对接。通过采用基于 IS, Internet/ Intranet 等技术研制 WebGIS, ComGIS 来实现与全国水土保持监测网络的相接,可以及时地反映工程水土流失情况,加强水行政主管部门对开发建设项目水土流失的监控。

## 2 工程概况

桐柏抽水蓄能电站位于浙江省天台县,地处东经 120°59'—121°10',北纬 29°11'—29°17',距杭州市的直线距离 150 km。工程装机容量 1 200 MW,防治责任范围 196.25 hm<sup>2</sup>,包括上水库改建工程和下水库、开关站、输水系统和地下厂房等新建工程。于 2001 年开始建设,计划工期 70 个月。工程施工过程中占用、碾压土地涉及的范围广,开挖、填筑土石方量大,同时形成大面积的开挖裸露边坡和 1.50 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (自然方,下同)的弃渣堆置,若不及时采取有效地防治措施,必将产生大量的水土流失,并可能造成局部滑坡、崩塌、泥石流而危及工程安全,并对当地环境造成危害。

对工程开展水土保持监测工作可以及时、准确、全面地掌握项目区土壤侵蚀状况,验证水土保持设施的有效性和安全性,科学地检验分析评价水土保持方案

的实施效果,并根据监测结果及防治标准,及时补充完善相应的水土保持措施,使其发挥更大的防护功能,达到防治因工程而引起的水土流失的目标。充分发挥空间信息技术的优势,对推进水土保持监测工作具有重要意义。

## 3 开发建设项目水土保持监测信息系统设计

### 3.1 系统结构设计

系统由数值输入、数据库、模型库、GIS 系统统计分析和监测成果输出 5 部分组成。监测数据以空间数据的形式和属性数据的形式输入后,存储在系统数据库中,通过系统的逻辑运算及模型分析后,对分析结果以专题图、报表、统计图表的形式输出。同时,系统上设置数据接口,利用 IS, Internet/ Intranet 等技术与全国水土保持监测网络相连接,将监测成果及时地反馈至水行政主管部门(图 1)。

### 3.2 数值输入

开发建设项目水土保持监测工作的监测内容包括:影响水土流失的因子、水土流失状况、水土流失防治措施、水土保持效果以及与工程水土保持监测相关的其它因素。监测所得的原始数据以空间数据和属性数据的形式输入系统,存储于空间数据库和属性数据库中(表 1)。

表 1 数据几何特征

图层名称	几何特征	数据内容
工程防治责任范围	面图层	
工程水土保持监测分区	面图层	
工程扰动原地貌面积	面图层	扰动原地貌类型
土壤侵蚀强度	面图层	
水土流失量	面图层	
降雨量	面图层	
土壤类型	面图层	
植被类型	面图层	
植被覆盖度	面图层	
行政区划	面图层	
水系	线图层	
道路	线图层	包括工程建设和原有道路
供水排水工程	线图层	规格、数量、进度及运行等
拦渣工程	点图层	规格、数量、进度及运行等
护坡工程	点图层	规格、数量、进度及运行等
硬化固化工程	面图层	类型、面积、质量等
绿化工程	面图层	类型、面积、质量等
土地整治工程	面图层	类型、面积、质量等
临时防护工程	点图层	类型、数量、进度及运行等

注:用户可根据自己的需要设定扩充监测对象。

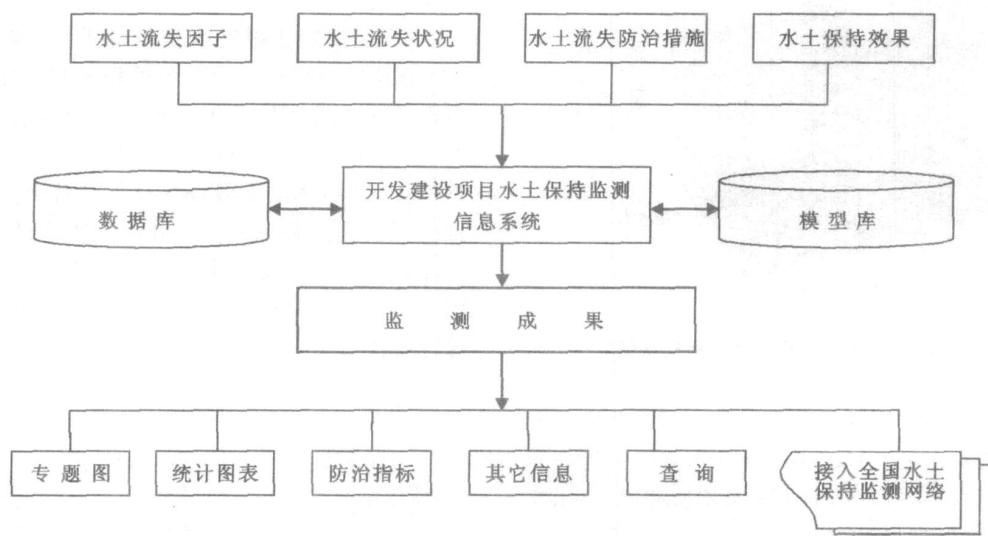


图1 系统结构图

### 3.3 数据库、模型库

系统数据库分为空间数据库和属性数据库。分别用以储存空间数据和属性数据。系统模型库用于存储在系统分析计算中所运用的模型。在开发建设项目水土保持监测信息系统中,应该建立扰动土地整治率指标计算模型、水土流失治理度指标计算模型、水土流失控制比指标计算模型、拦渣率指标计算模型、林草覆盖率指标计算模型、植被恢复系数指标计算模型等用以计算相关指标值,评价工程水土流失防治效果。

### 3.4 GIS系统的统计分析

对输入的数值进行逻辑运算和统计分析,然后输出分析结果。

### 3.5 数值输出设计

**3.5.1 查询功能** 系统对数据可以实现双向查询,即通过图形对属性进行的查询和通过属性对图形进行的查询。

(1) 依据图形对属性的查询。用户可以对图上任意的地块的属性进行查询,如在图上选定某水土流失防治区进行查询,在弹出的对话框里有该区各监测时段的降雨量,土壤,植被因子,土壤侵蚀模数,水土流失量,工程防治措施的类型、数量、质量及该区域的水土保持效果等信息。同时还可以动态查询该区域在施工过程中变化情况及其变化趋势。

(2) 依据属性对图形的查询。用户可以依据需要的属性查出相应的图形。可以用于查询工程的水

土流失情况,工程防治措施的实施情况及水土保持效果等。如在查询条件中输入“土壤侵蚀强度大于  $500 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ”的条件,进行查询,则会在图上会显示土壤侵蚀模数大于  $500 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  的区域;在查询条件中输入“实施绿化工程”的条件进行查询,则在图上会显示实施绿化工程的区域。

**3.5.2 专题图** 用户可以根据自己所需要的属性,生成相应的专题图。一般生成的专题图有工程的水土流失防治分区图、植被盖度图、土壤侵蚀强度图、水土流失防治措施布置图等。

**3.5.3 统计图表** 可以依据用户的要求生成同一监测时段的某一要素或几个要素的关系图表。也可生成不同监测时段的变化趋势图。如各月的降雨量趋势图、工程各月的水土流失量表趋势图、工程各月水土流失防治措施实施进度图、影响水土流失的各因子和水土流失量的关系表、各防治分区的土壤侵蚀模数表、各防治分区的水土流失防治措施的分布情况表等(见附图 11-18)。

**3.5.4 防治指标** 通过模型的计算可以生成扰动土地整治率、水土流失治理度、水土流失控制比、拦渣率、林草覆盖率、植被恢复系数等相关指标,用以评价工程水土流失防治效果(见图 2)。

**3.5.5 其它信息** 可以通过系统调阅与工程水土保持监测工作相关的信息,如水土保持方案报告书的批复,水土保持措施的设计变更,水土保持监理的资料等。

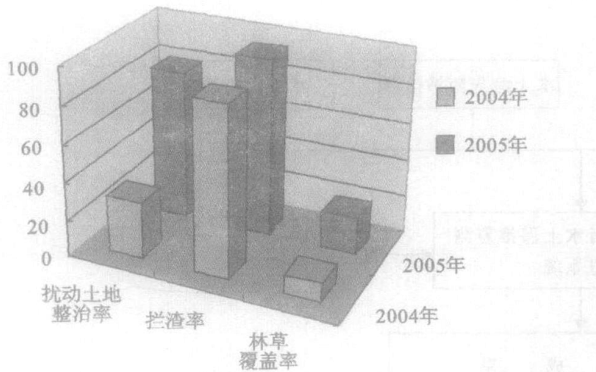


图 2 2004—2005 年工程防治指标柱状图

3.5.6 接入全国水土保持监测网络 项目的水土保持监测成果可以通过 MIS, Internet/ Intranet 等技术接入当地水行政主管部门的水土保持监测网络中, 实现与全国水土保持监测网络的对接。以便及时将工程建设中的监测成果动态地反馈至水行政主管部门, 以加强水行政主管部门对工程建设过程中水土流失情况的监控。

## 4 系统界面

在 GIS 技术的支持下, 以 Windows 系统为平台, 以面向对象的 C++ 语言书写代码, 实现系统功能。系统具有较好的可视化效果, 操作简单, 查询方便, 具有较强的实用性。

附图 11—12 分别为工程水土流失防治责任范围图, 水土流失监测分区图。附图 13—14 分别为 2004, 2005 年工程扰动原地貌监测图, 可以动态反映工程施工过程中对原地貌的扰动。附图 15 为 2005 年工程水土流失防治措施实施状况监测图, 附图 16 为对工程水土保持监测动态信息的可视化查询, 该功能方便快捷, 便于用户操作。附图 17—18 为工程区 2004, 2005 年的土壤侵蚀强度图, 可以动态反映工程区土壤侵蚀强度的变化情况。图 3 为 2004, 2005 年降雨因子与工程区土壤侵蚀强度的变化趋势图, 它可以动态反映工程区水土流失与影响因子间的关系, 乃至拟合工程影响下的土壤侵蚀模型。

## 5 结论与建议

建立 GIS 与开发建设项目水土保持监测相结合的信息系统, 运用 GIS 在数据管理、空间分析及可视化方面强大的功能来管理和分析监测工作中的大量数据, 极大提高了监测工作的效率, 加快了监测成果反馈速度, 方便了监测数据的查询, 有利于更加快捷地反映工程建设中水土流失的动态。同时将系统接

入全国水土保持监测网络中, 加强了水行政主管部门对工程建设过程中水土流失情况的监控。

RS 是快速获得地理信息的手段, 将 RS 应用于 GIS 系统中可以快速提取各种相关的参数, 提高监测数据处理的精度和速度。由于精度的限制, 目前我国的 RS 一般用于大尺度的宏观监测中, 但随着计算机技术及 RS 技术的发展, RS 有进入微观监测的趋势, 目前正在尝试将 RS 技术引入开发建设项目水土保持方案报告书的设计中。因而在系统的实际监测运用中应注意对 RS 的试点性应用, 为其引入微观监测进行研究。

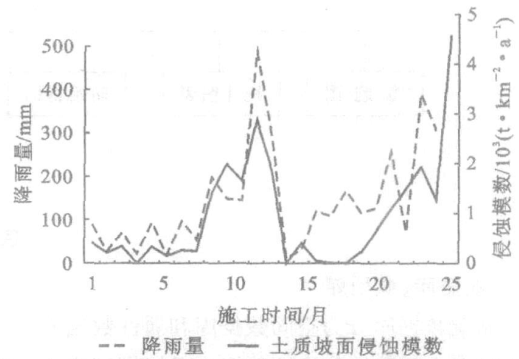


图 3 降雨因子与工程区土壤侵蚀强度的变化趋势图

GPS 工具可以快速地确定地理位置。通过 GPS 和 GIS 的合成, 可以直接将调查的地理信息输入 GIS 系统生成图层, 大大方便了监测工作。但是 GPS 的精度较低, 在实际监测工作中应予以重视。

土壤侵蚀模型是准确预测土壤侵蚀的标准, 它的运用是定量评价水土保持措施效果和进行土壤侵蚀灾害评价的工具。但是我国尚无开发建设项目水土流失的模型, 在开发建设项目水土流失预测中所用的模型多为区域水土流失模型, 影响了预测精度。而利用 GIS 的系统功能, 对监测数据进行集成分析, 模拟建立开发建设项目水土流失预测模型也是一个很好的研究方向。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘震. 水土保持监测技术[M]. 北京: 中国大地出版社, 2004.
- [2] 李智广. 水土流失测验与调查[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [3] 吴信才. 地理信息系统设计与实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [4] 许峰, 郭索彦, 蔡建勤. 水土保持监测历程、研究进展与前景[C]. 全国第一届水土保持监测学术研讨会论文集. 2001. 50—55.

### 3.2 人机交互修改

运行上述建立的水土流失强度自动评判图形模型,初步获取 2003 年长汀县水土流失栅格数据,再应用 ERDAS 软件中的矢量功能和地理信息系统分析功能对该水土流失栅格数据进行矢量化和分类后处理,得到不同水土流失强度级别的矢量数据。接着将 2003 年 SPOT5 卫星影像和以上获得的水土流失矢量结果分别导入 ArcMap 中,进行水土流失类型及强度变化部分的人机交互判读,并对水土流失矢量数据中与实际有出入的地方,通过人工目视解译的方法进行校正,保障图斑定性的判对率 > 90%。最后将判读校正完成后的数据导入到 Arcinfo Workstation 中,建立拓扑关系,进行图形编辑,最后生成 Coverage 格式的水土流失现状图。

### 3.3 野外精度验证

野外实地调查是建立水土流失类型和强度的遥感解译标志的基础,同时也是验证室内水土流失强度判读正确与否的有效手段。通过采用 GPS 进行野外样点的准确定位,分别选取一定数量的不同水土流失程度级别的流失斑进行实地验证,以保证水土流失强度室内解译的精度要求。

本次野外精度验证采用 GPS 野外路线随机抽样的验证方法,验证路线包括不同的地形地貌、不同母岩和不同的水土流失类型,具有代表性。由于水土流失主要是人为活动造成的,而公路两侧的人为活动又最频繁,因此,本次调查的路线能较准确地验证人机交互判读的结果精度。本次调查验证共抽取样地 84

个,其中:判对样地为 69 个,判错样地 15 个,判对率 82.14%,符合水利部颁发的标准要求。

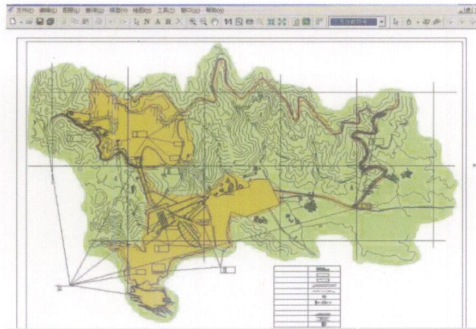
## 4 结论

长期以来,我省水蚀区土壤侵蚀遥感调查主要采用人机交互判读法,该常规方法需要大量野外工作,耗财耗时耗力且难以动态监测。加上受卫星影像阴坡,因子图时效性及精度影响,准确度较低。本文通过对长汀 2000—2003 年水土流失的动态监测研究,探讨一种能满足我省水蚀区土壤侵蚀调查要求且行之有效、高精度的遥感监测方法。该方法主要通过高精度的 SPOT 卫星影像,利用 Erdas 软件中功能丰富的空间建模工具,生成一个基于像元的水土流失强度计算机自动评判模型,实现调查区域各个像元点的水土流失强度计算机自动评判,该方法较常规方法能够大大降低野外工作及人工判读工作量,实现土壤侵蚀的遥感高精度快速调查,在实际工作中具有较强的可操作性,且便于进行动态监测分析,可为今后快速实现省内某个水蚀区域的水土流失现状调查提供有力的技术保障,同时为实施《水土保持法》定期监测公告服务。

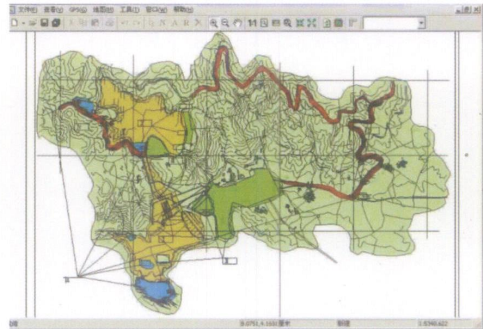
### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 王维明,陈明华,林敬兰,等. 长汀县水土流失动态变化及防治对策研究[J]. 水土保持通报, 2005, 25 (4): 73—77.
- [2] 党安荣,张建宝,王晓栋,等. Erdas Imagine 遥感图像处理方法[M]. 北京:清华大学出版社, 2003.
- [3] 方天纵. 水土保持监测与管理信息系统中的数据采集处理——以蓟县山丘区的研究为例[C]. 全国第二届水土保持监测学术研讨会论文集. 2005. 157—161.
- [4] 黄健. 丹江口水库水源区水土流失遥感监测 GIS 数据库的设计开发[J]. 中国水土保持, 2006 (3): 42—43.
- [5] 罗志东,史明昌,李智广,等. RS 和 GIS 技术在水保方案编制中的应用[J]. 中国水土保持, 2006 (5): 49—51.
- [6] 赵永军,巫明强,张瑞珍,等. GPS 应用于水土保持监测的精度测试[J]. 中国水土保持, 2001 (3): 30—31.
- [7] 史明昌,田玉柱. 水土保持监测框架的讨论[C]. 全国第一届水土保持监测学术研讨会论文集. 2001. 11—15.
- [8] 杨胜天,王冰,王玉娟. 喀斯特地区水土流失遥感监测现状及发展趋势[C]. 全国第二届水土保持监测学术研讨会论文集. 2005. 84—96.
- [9] 田雷,杨胜天,王冰. 水土保持监测方法与技术现状初探[C]. 全国第二届水土保持监测学术研讨会论文集. 2005. 150—156.

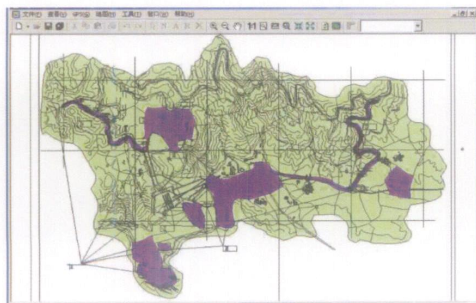
(上接第 40 页)



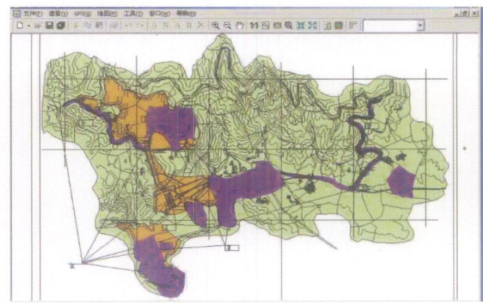
附图11 水土流失防治责任范围图



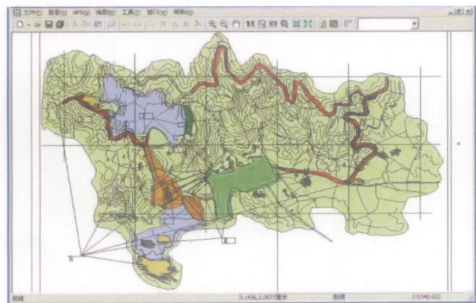
附图12 水土流失监测分区图



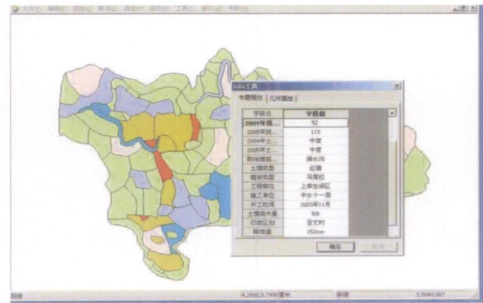
附图13 2004年工程扰动原地貌监测图



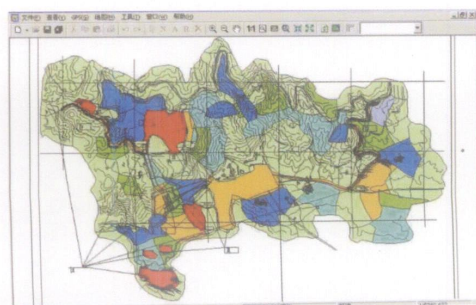
附图14 2005年工程扰动原地貌监测图



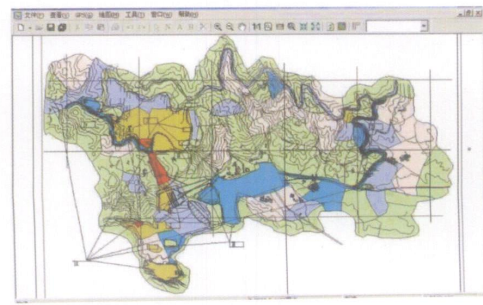
附图15 2005年工程水土流失防治措施实施状况监测图



附图16 工程水土保持监测动态信息查询



附图17 2004年土壤侵蚀强度图



附图18 2005年土壤侵蚀强度图