

# 遥感、地图、地理信息系统一体化应用

周 万 村

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

**提 要** 遥感、地图和地理信息系统(GIS)三者呈“你中有我,我中有你”的相辅相成关系。三者一体化应用使地球科学得以进展,又能在资源开发、环境保护、自然灾害监测评价等方面发挥重要作用。一体化应用的基础是掌握三者的学科-技术特性与相通关系。

**关键词** 遥感 地图 地理信息系统 地球科学 一体化应用

在现代,社会经济持续发展和保护全球环境比以往任何时候都需要地球科学的支持。遥感是获取地球表面信息最重要的方式;GIS是表达、集成和分析信息最先进的手段。两种高新技术的出现和发展,革新了传统的地学(包括地图学)研究方式。地图也能适应社会发展的需要,显示出永恒的生命力。三者一体化的应用使地球科学得以进展,同时在资源开发、环境保护、自然灾害监测评价等方面发挥重要作用。研究和掌握遥感、地图和GIS的学科-技术特点及它们的相互关系,是搞好一体化应用的基础。针对研究目标、内容和拟解决的关键问题,制定切实可行的技术路线和方法,则是取得高水平研究和应用成果的有效保证。我所建所伊始就开展了航空遥感和地图相结合的研究与应用,而遥感、地图和GIS一体化应用研究是从20世纪80年代初开始的,先从计算机辅助制图入手。通过承担“六五”、“七五”和“八五”国家攻关课题、中国科学院及四川省重大项目,以任务带学科,研究有序、扎实,取得了一批重要成果。

## 1 相辅相成、三得益彰的遥感、地图和GIS

遥感、地图和GIS产生的时间不一,理论基础和技术特点也不尽一致,但它们的学科性质是相通的,即共同研究、表达和分析地球科学信息,研究地球自身发展变化、人类生产和社会活动对地球产生的影响。三者只在研究的方式、功能、侧重点等方面有所差异。

遥感技术处于获取地球科学信息的前沿,始于航空遥感。第一次世界大战期间,军事航空摄影侦察开了航空遥感的先河。战后航空遥感发展迅速,自此大中比例尺地形图和地学专题地图的信息大多源于航空遥感。1972年美国发射了第一颗地球资源卫星,实现了从宇宙空间对地球表面的观察,形成了中低空到宇宙空间的全方位遥感系统。多星种、多平台、多时相、多传感和多用途的遥感技术发展方兴未艾,光谱分辨率和空间分辨率越来越高(1994年俄罗斯“资源三号”的分辨率为2m,预计到1997年美国CRSS卫星分辨率达1m)。遥感已具有“宏观探道,微观求真”的双重信息特征和优势,已走向成熟,并在地质、地理、农业、林业、水文、气象、资源环境等领域和部门得到广泛而有效的应用,为我国

本文收稿日期:1996-01-29.

的经济发展、环境保护和科技进步做出了贡献。遥感是典型的公益性技术,被列为我国 90 年代发展国民经济的关键技术之一。

地图学是古老的学科,随着社会的发展和科技的进步而不断注入新的活力。遥感和计算机技术的引入,拓宽了地图学的研究领域:一方面地图的信息源有了可靠的保障,另一方面地图的表达方式更加丰富多彩,出现了以遥感影像为基本内容,按相适应的数学投影缩放纠正,并匹配上一些必要的普通地图要素制作的遥感影像地图,以 GIS、计算机辅助制图和多媒体技术支持的电子地图。影像地图的优势在于用直观、形象的影像信息来丰富地图的表达内容,增强地图的表现力,且扩大了使用范围。电子地图可视性强、速度快,时空显示清晰,模拟逼真,更能表现事物属性、特征及变化内涵,有助于分析、评价事物相互联系、影响及变化趋势,为决策提供支持。遥感影像地图和电子地图的出现增强了地图学发展的勃勃生机,密切了地图和遥感、GIS 的相互关系。

GIS 在国际上始于 20 世纪 60 年代,我国起步相对较晚。70 年代末由中国科学院院士陈述彭教授倡导而开始酝酿<sup>[1]</sup>,经过 15 年的发展,硬件、软件环境日臻完善,GIS 从试验、研究和单一或局部应用逐步走向成熟,即趋于实用化、集成化、工程化和产业化。GIS 以计算机技术和遥感技术为支撑,并涉及地理学(含地图学)、信息学、系统论和管理科学。它的信息源主要是遥感、地图和调查统计数据,采集的信息经过加工处理和分类分级,变为有关领域(或行业)可利用信息,并进一步对这些信息进行综合分析(或模型分析)、空间可视性表达、动态过程分析,研究地理系统(岩石圈-水圈-大气圈-生物圈)内有关因子的空间分布状况、运动和转化方式、变化趋势。

遥感、地图和 GIS 在产生和发展过程中,形成了“你中有我,我中有你”的相通关系和相辅相成的关系,三者的结合覆盖了信息采集、处理和分析的全过程,内涵更加丰富、深刻,无论是支持重大的综合性问题的解决,还是理论问题的深化,都离不开三者(当然还有其他学科和技术)的相互交叉、相互配合和相互渗透。

## 2 遥感、地图和 GIS 的一体化应用

### 2.1 生态环境、国土资源和社会经济三类图集的编制

这三类图集的编制是一项复杂的系统工程。图集的内容和编制技术、路线、方法都必须符合系统化要求,单纯依靠传统的地图学理论与方法难以达到。遥感、GIS 和计算机辅助制图技术丰富了编图内容,促进了制图方法的创新和技术路线的改革,提高了图集设计和编制水平,使图集具有更加鲜明的时代特色。《四川省国土资源地图集》和《长江三峡生态与环境地图集》的编制就是佐证。

国土资源包括大地(还有水体)、大气和人类活动等自然-社会各方面,遥感和计算机辅助制图和常规编制方法相结合,解决了国土信息的采集、处理、分析、分类和成图等问题,图集的 1/5 图幅运用了遥感和计算机技术,如人口年龄结构、职业结构、智力结构、劳动力资源、工业结构、粮食产量与分布等图幅都是用计算机进行数据统计、分析与分类分级,最后以不同的形式自动成图,保证了质量,节约了大量人力物力。计算机辅助制图技术在社会经济图组中发挥了作用,而遥感则使一些自然资源图的质量大为提高:一方面表

现在现势性强上, 另一方面具有准确定位和定量的优势. 利用多时相多平台的遥感数据资料经过数字图像处理, 结合常规方法编制或修编的四川省森林分布、四川省土地利用和四川省水土流失等图, 不但类型界线准确, 而且分布规律清晰, 较真实反映了四川省的森林、土地利用和水土流失状况及动态变化过程、发展趋势, 为国土整治、规划和管理提供了可靠依据.

《长江三峡生态与环境地图集》是国家攻关项目《长江三峡工程对生态与环境的影及对策研究》的重要组成部分, 内容涉及三峡工程对库区和整个流域生态环境影响的诸多方面, 既要展现三峡库区生态与环境的本底状况、生态层次和内部结构, 又要反映三程工程和区域生态环境的相互影响及对策, 以直观的形式, 图文并茂对每一个研究问题都做出负责的结论和明确的答复, 并作为宝贵的历史资料(尤其是被淹没部分)保存下来. 基于图集内容和研究、编制目的和意义, 必须采用相应的新技术和新方法. 全库区 1:50 万 SPOT 假彩色合成影像图宏观地显示了库区地形、植被、水系和城镇分布等自然和社会景观; 1:10 万 SPOT 影像显示了库区重要城市重庆、万县及葛洲坝面貌和周边环境; 1:1 万和 1:1 000 彩红外航片则分别把瞿塘峡、巫峡和西陵峡雄奇惊险的壮丽风光和典型地区的地表覆盖、土地利用现状淋漓尽致地展现在人们面前, 供研究不同问题的专家浏览思索, 以利于新观点的出现或新问题的提出; 不同时期的洞庭湖 MSS 图像反映了该湖的泥沙淤积及其所引起的湖面变化; 不同波段 MSS 图像反映了长江河口口水沙动态、沙岛和潮滩水系及河口近百年变迁. 用遥感数据资料提取专题信息编制的方法(如库区植被图、地表覆盖/土地利用现状图)比常规调查和编制方法有质的提高. 以遥感和计算机技术相结合制作的三维立体图形象地模拟了库区部分江段 150m、180m 和 200m 蓄水位不同淹没情景. 另外计算机还绘制了库区人口密度图及其他有一定特色的图幅. 由于《长江三峡生态与环境地图集》在我国较早和遥感、GIS 技术相结合, 因而它的内容科学性、艺术性和使用效果都具有一定的代表性.

## 2.2 遥感、地图和 GIS 在资源环境调查评价中的一体化应用

传统的资源环境调查评价存在着定性描述多、定位差和定量不准确的弊端, 而且还往往受某些行政干预的困扰, 遥感、地图和 GIS 的结合可以克服这些障碍, 使资源环境调查评价与监测迈上一个新台阶.

长江三峡工程建成蓄水势必要淹没房屋、土地和厂矿, 这就存在淹没多少及质量结构、库区后备土地状况(特别是有无可垦土地资源)等, 牵涉移民安置矛盾如何解决的重大问题. 为此第一必须准确了解掌握库区土地利用的现状, 第二在此基础上再结合土地利用条件(坡度、海拔、土壤类型及结构等), 定性、定量和定位综合评价其利用潜力. 1984—1986 年, 我所首次以 1:3 万黑白航片、1:6 万彩红外航片、MSS 图像和 SPOT 影像为基本资料, 在 1:5 万、1:10 万地形图的支持下, 应用遥感数字、光学图像处理、分析识别技术, 开展库区土地利用方式、面积和空间分布调查和统计分析. 三峡库区地处亚热带, 气候温和, 四季分明, 山高坡陡, 地表崎岖, 植被类型多, 虽属山区但人口较密, 垦殖过度, 地块分散, 当地是我国地表覆盖最复杂的地区之一, 地物波谱特性受到诸多因素的干扰, “同物异谱”和“异物同谱”现象屡见不鲜, 给地物识别(特别是数字图像处理分析)造成困难.

经常出现错判。如植被稀疏陡崖和山顶,以及裸露沙石滩,它们和水田的光谱特征相近或相同;有些旱地由于土壤类型(如紫色土和黄壤)不同,光谱特征出现差异。库区农作物生长和植被分布海拔具明显的区域性规律(如海拔 800m 以下是常绿阔叶林带和农田集中区)。在这种情况下,要保证遥感地物识别精度,就必须有地图和 GIS 提供定位的坡度、坡向、坡位、海拔及社会因子等综合判读分类辅助信息。遥感、地图和 GIS 相结合获取的库区土地利用现状经和野外实地勘查对照,两者基本相吻合,且在此基础上测算出不同蓄水位淹没土地类型、面积和结构,综合评价了库区后备土地状况和环境容量,以及和大坝工程相互影响的对策,为工程的宏观决策提供了科学依据。实践已逐步显示所得出的结论是负责的和经得起时间考验的。

### 2.3 遥感、地图和 GIS 在自然灾害监测评价中的一体化应用

由于全球气候变化和人类活动的加剧,自然灾害发生的频率和强度都在不断增加。这一严峻的趋势,只有通过调整和规范人类的行为和依靠科技的力量才能扭转。遥感、地图和 GIS 通过发挥学科和技术优势,特别是一体化应用来监测和评价自然灾害,以收到防灾、抗灾和减灾的效果。现以国家“八五”攻关专题《西南林区等火灾监测评价》<sup>1)</sup>为例。专题研究内容有:①林火分类分级标准和全国林火灾危险程度评价及火险区划图的编制;②西南林区火灾背景数据库的建立和危险区划分;③林火卫星遥感监测及早期报警技术;④林火红外遥感快速监测分析判读技术;⑤林火行为、损失评价及减灾辅助决策模型;⑥森林火灾后更新及生态变化遥感监测评价;⑦森林火灾综合试验及技术系统试运行<sup>[2]</sup>。

研究内容覆盖了林火危险预测预报→火点(火场)早期发现→遥感(航空、航天)快速评估→林火行为、损失评估和抗灾辅助决策→灾后生态及更新监测评价。和研究内容相匹配的技术和路线则是遥感、地图和 GIS,以及它们的有机结合。三者贯穿始终,各司其职,发挥优势,既分工又合作,形成了有序的整体。①和②是支持林火监测评价的基础性课题,③—⑥是林火监测评价具体实施。地图应用具体表现在:在全国林火灾危险程度评价的基础上,编制了全国森林火险区划图,把火险程度的四个等级(即火险大、中、小、无)的分布范围、多发季节或月份、按比例并以矢量和栅格相结合分别赋予不同色彩表示出来,以供林火监测在区域上和时间上都能有选择和有重点地实施,避免在全国范围内全面铺开或四季进行。这里需要指出的是,火险区划图的森林类型、分布界线及林相信息大多来自遥感数据资料。

GIS 支持森林火灾遥感监测评价所发挥的作用也很直接和有效。这次研究的重点是西南林区,因而分别建立相应的 1:50 万西南林区和 1:5 万林火高发(试验)区几十种与林火有关的空间和属性背景数据库,内容有森林类型及分布、林分、地形(坡度、坡向与坡位)、水系、交通、政区、社会经济、火灾统计数据、土地利用、气象与气候等。数据库不但能显示和提供通常的信息,还能快速漫游、叠加和显示多要素空间分布,点信息查询多专题

1)此专题的主办单位有:中国林业科学院,中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所;参加单位有:南京林业大学,林业部调查规划设计院,北京师范大学,北京林业大学。课题业已完成,并通过验收和鉴定。

空间信息,空间-属性双向查询显示有关要素分布与自然、社会统计和分析信息。这些信息和提供的方式能有效地支持遥感图像火点识别、林火、生产用火和生活用火的区分和火点(火场)定位,提高森林火灾预测预报水平。GIS 是林火遥感监测的重要依托技术;同时也能对林火行为、损失评估和灾后生态变化监测提供重要信息。

近年来我国开展遥感(主要是气象卫星)监测森林火灾的研究,并取得很多成果。但尚存在一些主要问题有待解决,如仅限于异常热点的测报,没有能力确认是否为林火点,报准率低,火点定位困难,特别在南方林区,地形和土地利用特别复杂,社会人文干扰因素多,监测的难度更大。为了克服上述困难与不足,本专题研究采取以遥感为主体技术,并辅以有效的支持系统,即 GIS 和专家系统。通过遥感图像定标、定正和格式转换,线性拉伸或组合的林火信息增强,叠加地理坐标网格、行政界线,假彩色合成、漫游和局部放大,取得待判点文件,运用背景数据库支持下建立的专家系统,识别待判点是否为林火点,取代了原来的遥感图像处理—目视解译—人工查地图—人工分析判断的林火监测过程。1994 年、1995 年的试运行显示,本专题林火遥感监测系统已达到实用化要求,利用遥感图像可监测到面积小于  $1(\text{km})^2$  的火点,且定位精度高,坐标误差不超过  $1'$ ,解决了林火与非林火的界定问题,还可以发现薄云覆盖下的林火,并能识别远离星下点位置的林火,林火报准率已由 10% 提高到 80% 以上。

遥感还可提供森林燃烧面积、火烧强度、火场地理位置、植被指数等数据,GIS 和地图则可提供地形、水系、土壤、土地利用、居民点、道路、气候等相关信息。建立的遥感和 GIS 密切结合的火行为、火场扩展模型、损失评估和灾后生态变化、林相更新监测评价模型,形成了实用性技术。这是支持制定抗灾、救灾、减灾决策、客观地进行损失评估(在收到林火航天遥感图像 1—2d 和 2 周内分别给出火损初步报告和详细报告,火损面积和火烧程度精度达 85% 以上和 95%)和火烧区(迹地)更新抚育及恢复生态的有效手段。

遥感、地图和 GIS 的系统应用,促进了林火监测评价的技术进步,水平大为提高。

### 3 结 束 语

20 世纪 90 年代已进入信息时代,信息的发展变化日新月异,谁掌握信息,谁就掌握主动。作为获取(采集)、传输、存储、表达、交换(流)和分析信息重要学科和技术的遥感、地图和 GIS 以及它们的相互结合,有效地帮助人们掌握和使用信息,发挥作用越来越大。社会的发展对信息(不但在质量上,而且在速度和获取、利用的方式上)不断提出新的更高的需求,原有的学科和技术也在不断地进步,新学科和新技术会适时出现,以满足这种需求。如美国全球定位系统(GPS)出现虽较晚,但发展迅速。遥感、GIS 与 GPS 三者的综合一体化集成研究已成为热点,应用前景十分广阔,地图仍将在集成中发挥无法替代的作用。

### 参 考 文 献

- [1] 陈述彭. 地理系统与地理信息系统. 地理学报, 1991, 46(1): 1—7.
- [2] 赵宪文主编. 森林火灾遥感监测评价——理论及技术应用. 北京: 中国林业出版社, 1995. 1—177.

## INTEGRAL APPLICATION OF REMOTE SENSING , CARTOGRAPHY AND GIS

Zhou Wancun

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*  
*& Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041*)

### Abstract

Remote Sensing (RS), Cartography and Geographic Information System (GIS) are complementary each other in science and technique. Their integral application has brought about a great advance in earth science, and plays an important role in resource development, environment protection and monitoring and assessment on the natural disasters. The integral application depends on having a good command of scientific-technical characteristics of RS, Cartography and GIS, as well as interlinking relationship between them.

The integral application covers the entire process of monitoring and assessment on forest fire (forecasting of forest fire, forest fire distinguishing, airborne and astronomic, simulation of forest fire, fire-relief decision-making supported, assessment of fire-loss and ecological evaluation after the fire). On the basis of the division map of forest fire danger of China, the fire monitoring should carry out in the emphatic areas and be timely. GIS can not only support distinguishing forest fire from non-forest and determining the location of the fire point (field) effectively, but also provide the important information for simulation of forest fire, assessment on forest-loss and evaluation of ecological change after the fire. Remote sensing is a principal part of the techniques of monitoring and assessment on forest fire. The system of monitoring and assessment on forest fire established by using RS and by strong support of GIS and expert system has replaced RS image processing—visual interpretation—looking up the map by hands—man-made analysis and distinguishing. It is able to monitor the forest fire of less than  $1(\text{km})^2$ . The accuracy of detecting forest fire should achieve over 80%. It is able also to distinguish the forest fire covered by thin cloud. A preliminary assessment with accuracy of 85% and a detailed report with 95% of burnt area and damaged volume of forest should be presented respectively during 2d and 2 weeks.

The model of assessment on ecological change after forest fire should provide scientific basis and support of policy decision for recovery and regeneration of the forest.

**Key words** Remote Sensing (RS), Cartography, Geographic Information System (GIS), earth science, integral application