

国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究*

刘 纪 远

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

摘 要 在1992—1995年期间,中国科学院和农业部组织实施了“国家资源环境遥感宏观调查和动态研究”项目,经过3年的工作,通过应用先进的遥感、地理信息系统技术,形成了以“快速、高技术、新信息源和动态”为特点,以资源环境组合分类系统为核心的成套技术路线和方法;完成了国家资源环境的组合分类调查;建立了“国家资源环境数据库”;完成了典型地区的资源环境动态研究;在模型研究的基础上,对中国基本资源环境的现状进行了分析。项目的成功证明了利用遥感和地理信息系统技术进行国家资源环境调查和动态监测的优越性。一个运行的遥感、地理信息系统能快速、连续、宏观、客观、准确地提供资源环境动态信息。
关键词 遥感,地理信息系统,资源环境宏观调查,动态监测

1 前 言

近年来,中国经济发展和人口增长的双重压力对国家资源环境的影响程度超过了历史上的任何时期。为了保证国家资源与环境的可持续发展,如何准确及时地掌握耕地变化、城市化、天然植被变化、沙漠化、水体变化和土地退化等环境变化状况,进而指导人们正确开发利用自然资源、保护生态环境,已成为国家决策部门和国内外科学家普遍关注的问题。

为研究应用空间遥感技术开展大尺度资源环境宏观调查与动态研究的方法,并通过研究最终建立起国家资源环境动态信息系统,中国科学院和农业部自1992年开始,组织两部门下属23个研究所和科研单位从事遥感、地理信息系统及资源环境科学研究的近200余位科研人员,开展了一项题为“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究”的重大科研项目。在总结吸收“六五”、“七五”期间大尺度资源环境遥感成功经验的基础上,学习运用中国老一辈地理学家在国家资源环境,特别是自然地理区域规律方面的研究成果,考虑到90年代遥感和地理信息系统技术的交融和充分应用,研究并形成了以实现国家资源环境组合分类系统调查为核心的技术路线,经过试点和完善,解决了有关关键技术问题,

形成了全国资源环境遥感宏观调查技术规程,保证了本次调查任务的完成^[1]。在“快、高、新、动”4个字(即“快速、高技术、新信息源、动态研究”)的原则指导下,该项目形成的技术路线具有以下几个方面的突出特点:

(1) 全面采用90年代最新卫星遥感信息源,根据全国土地利用程度的不同,以大兴安岭—河套平原—四川盆地西缘为界,将全国划分为东部1:25万和西部1:50万两种不同的调查比例尺;

(2) 发挥GIS技术的优势,设计并实现资源环境组合分类系统;

(3) 根据调查和数据分析的需要,构建多级多层地理单元;

(4) 遥感与非遥感信息源结合,实现资源环境组合分类系统的综合判读制图;

(5) 依托分级地理单元,设计和布设细小地物采样框架,实现细小地物的成数抽样分析;

(6) 解决调查中不同比例尺分区,不同调查区作业和不同遥感信息源的相互衔接问题;

(7) 设计完成数据量算管理技术系统,经量算后的图形数据直接进入空间数据库管理系统,为今后的数据更新和动态监测奠定了坚实的基础。

通过这一项目的实施,一个初具规模的资源数据库已于1995年建成,在提供国家宏观资源环境

* 本文介绍的是中国科学院“八五”重大应用研究项目“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究”取得的成果。该项目得到陈述彭、孙鸿烈、徐冠华、童庆禧等先生的关怀和指导,参加项目的有来自中国科学院19个研究所和农业部4个科研单位的200余位科研人员,特此致谢。

收稿日期:1997年3月10日;收到修改稿日期:1997年3月31日

数据及图件产品的同时,利用该数据库与信息系统开展了典型地区资源环境动态变化的研究。资源环境数据库和遥感动态信息系统的建立将为国家土地资源与生态环境的定期动态监测提供保证^[2]。

2 主要研究方法

2.1 资源环境组合分类系统的设计与实现

为使该项研究工作的成果易于与全球变化研究的国际研究计划相衔接,同时考虑到大尺度资源环境动态监测的专题信息需求,并兼顾到采用空间遥

感技术进行资源环境分析的信息可获取性,项目选择了土地资源作为核心调查与制图内容,同时采用地形图与气象气候数据结合进行卫星图象判读,完成与土地资源等比例尺的基本地理单元调查与制图,最终在地理信息系统(GIS)的支持下,实现土地资源与地理单元两个分类系统的数字专题图叠加,构成资源—环境组合分类系统(图1)。这一分类系统在GIS中的实现,可以形成用户所需的各类资源环境组合分类数据和组合图件,并可在系统内实现任意资源类型的任意环境背景属性检索,从而满足资源环境信息用户各方面的要求。

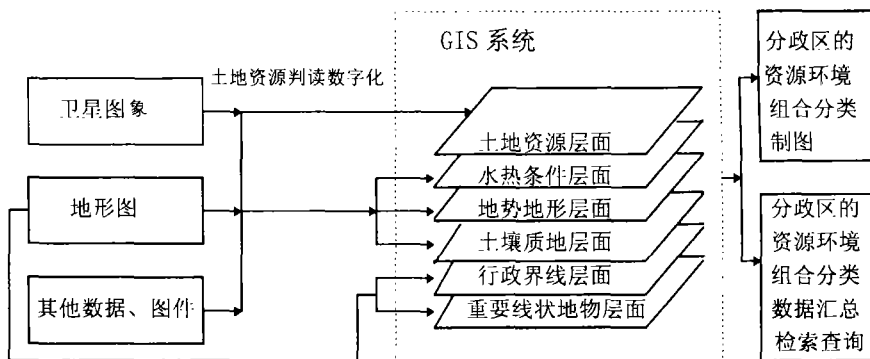


图1 在GIS系统中实现国家资源环境组合分类调查的概念流程

Fig.1 Conception flow of accomplishing national resources & environment combined-classification investigation in geographic information system

2.1.1 土地资源分类系统

土地资源,包括土地利用与土地覆盖的变化,是人类活动作用于自然界的最为直观的反应,也是最能够体现空间遥感技术宏观快速优势的一个研究领域。为了满足大尺度资源环境宏观调查与制图的要求,该项目的土地资源分类系统共分为两级,包括一级类型6个和二级类型24个,其中,一级类型包括耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地以及未利用土地;二级类型则根据土地的覆盖特征、覆盖度及人为利用方式上的差异做进一步的划分,例如林地进一步划分为乔木、灌木和疏林;草地进一步划分为高覆盖度、中覆盖度和低覆盖度草地等,这些对于进一步研究植被变化、土地退化和荒漠化具有重要的意义。

2.1.2 基本地理单元分类系统

基本地理单元的调查与制图分类系统对于理解土地覆盖与环境背景之间的相互关系,以及对于生态环境变化的动态监测均具有重要意义。为了实现基本地理单元制图,采用遥感与非遥感分析相结合

的方法进行调查制图。该分类系统包括4大环境要素的43个类型等级,其中包括:

- (1) 温度条件,根据大于0℃积温值划为9级;
- (2) 湿润度条件,根据湿润度划为6级;
- (3) 地貌特征,根据地貌形态及地势划为4等19级,即:

山地,根据相对高差划为4级;

丘陵,根据高程划为4级;

台地,根据高程划为4级;

平原,根据高程与起伏特征划为7级。

- (4) 地表质地,根据土壤的粘重程度和沙、砾和岩石成分将地表质地划为5级^[3]。

2.2 多级多层地理单元的构建

中国地域辽阔,整个国土存在着61°的经度差,50°的纬度差和约9000m的高程差,因此全国自然地理、生态环境以及土地利用均存在着明显的水平地带性和垂直地带性差异。不深刻地理解这种地带性差异,就不可能在这次的全国资源环境遥感宏观

调查中取得合乎中国资源环境地带性分异规律的科学调查结果。另一方面,前述资源环境组合分类系统是在土地资源制图和基本地理单元制图的基础上,由 GIS 系统加以实现的。因此,各土地资源类型的环境背景属性的准确与否,完全取决于基本地理单元的界线划定与属性赋予。

在该项目中,特别强调吸收和运用中国老一辈地理学家几十年来在中国地理环境区域分异规律和区划研究中的科学成果,同时注意运用遥感手段根据项目的需要加以必要的调整和细化,构建起中国二级四层地理单元框架。

二级为全国 1:400 万地理单元图;东部 1:25 万、西部 1:50 万基本地理单元图。4 层为温度条件层面;湿润度条件层面;地形地势层面;地表质地层面。

二级地理单元图作用分别为:

(1) 全国 1:400 万地理单元图

(a) 对土地资源图提供宏观指导和依据,保证成果的科学性;

(b) 对基本地理单元边界判读和属性赋予提供直接的指导和依据,特别是保证气候带属性赋予不出差错;

(c) 在区域分异理论上指导全国资源环境数据成果的建模与分析;

(d) 指导全国尺度资源环境动态研究中的动态机理与成因分析。

(2) 东部 1:25 万、西部 1:50 万基本地理单元图

(a) 与土地资源图叠加,在 GIS 系统中形成完整的资源环境组合分类系统,经数据汇总后可实现土地资源属性和环境背景的组合检索和任意双向检索;

(b) 根据同一基本地理单元内土地利用特征相对一致的特点,在细小地物成数抽样的基础上,支持细小地物成数校正与数据汇总;

(c) 指导和支持省级及区域级资源环境数据成果的建模与分析;

(d) 指导和支持省级和典型区资源环境动态研究中的动态机理和成因分析。

2.3 建设资源环境数据库

在“六五”和“七五”期间,中国虽已具备用 GIS 系统实现空间数据管理的初步条件,但由于各方面的限制,大多数区域资源环境调查均未能真正实现

专题成果图件的数字化存贮与管理,空间型专题信息的载体仍然是纸张,给数据的更新分析和资源环境动态监测带来了困难。为使本项目的成果满足国家资源环境信息用户持续的数据需求,同时满足今后资源环境数据定期更新和动态监测的需求,该项目特别强调建设空间型的全国资源环境数据库。为此,采取以下的作法:

(1) 以全数字方式完成资源环境分层判读图件的数据量测与汇总;

(2) 分层专题图的数据量测过程和图形数据库的建库过程合并。分层专题图数字化后进入 GIS 系统实现空间数据管理,建立图形数据库,与此同时,在 GIS 系统中直接量算分层分类面积并实现数据汇总;

(3) 全部入库图形数据和量算汇总生成的基本数据直接进入空间数据库和属性数据库管理,调查所需的数据册和图件不再经过手工处理,而经由数据库直接进行编辑和分析生成;

(4) 在技术系统中研制了必要的应用软件,以支持图形数据的空间叠加分析、时间序列更新与动态分析,以及属性数据的多要素组合检索,最大程度地满足国家资源环境动态信息系统的建设需要和各种资源环境信息用户的需求。

通过以上技术路线,在该项目的实施过程中完成了全国资源环境数据库的初步建设工作。至 1995 年底,该数据库中已拥有以下主要内容:

(a) 国家、省、县 3 级土地资源与生态环境背景组合分类统计数据,其中土地资源含耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地和未利用土地 6 个一级类型和 24 个二级类型;生态环境背景分为温度、湿润度、地势地形和地表质地 4 个层面 23 个类型和 38 个亚类。

(b) 全国东部 1:25 万、西部 1:50 万国际标准分幅土地资源与基本地理单元图形数据,分土地资源、水热条件、地势地形和地表质地、行政界线、重要交通和水系 5 个层面进行管理,全国陆地部分国际标准分幅图东部 1:25 万计 395 幅,西部 1:50 万计 90 幅。另有部分重点省(市、区)按照行政区进行了图形文件编辑,形成了省级图形数据。

(c) 经过对第 2 项内容的进一步编辑提炼,完成与其内容相同的全国陆地部分 1:100 万图形数据库,含国际标准分幅 64 幅各 5 个层面。该数据库的数据不仅已应用于中国资源环境状况的分析与研究中,而且已应用于灾害损失评估、可持续发展研究

以及全球变化研究中。

2.4 典型区遥感动态监测的实现

根据该项目的总体设计，在通过 2—3 年的时间完成一次国家资源环境遥感宏观调查的同时，开展耕地与城市动态、沙漠化、水域变化和土壤侵蚀 4 个方面共 8 个典型区的资源环境动态监测研究，其核心目的是为大尺度资源环境遥感动态监测作好技术准备。

为此，在典型区动态监测的技术路线设计上采用多时相陆地卫星 TM 图象专题制图，然后数字化进入 GIS 系统，实现多期专题图叠加分析。在典型区动态研究中，选用 80 年代初期陆地卫星 TM 图象，经判读成图、数字化和图形文件编辑等步骤，在 GIS 系统中构成图形数据库本底，再选用 90 年代期间 TM 图象，经过相应步骤构成数据库中同一专题的 90 年代初期专题图形数据层面，最后由 GIS 系统实现多时相层面叠加，发现变化内容并完成变化面积统计与动态制图。

另外一种充分利用该项目产生的资源环境数据库的作法是，将该次完成的 90 年代专题图与 80 年代卫星影像套合，可采用图纸—影像套合或 GIS 系统中数字图形—图象套合两种不同的方式，直接发现变化范围，完成动态变化制图，然后由 GIS 给出动态分析结果(图 2)，此方法充分发挥已建成的资源环境数据库的优势，可以成为今后大尺度资源环境动态监测的主体技术路线。

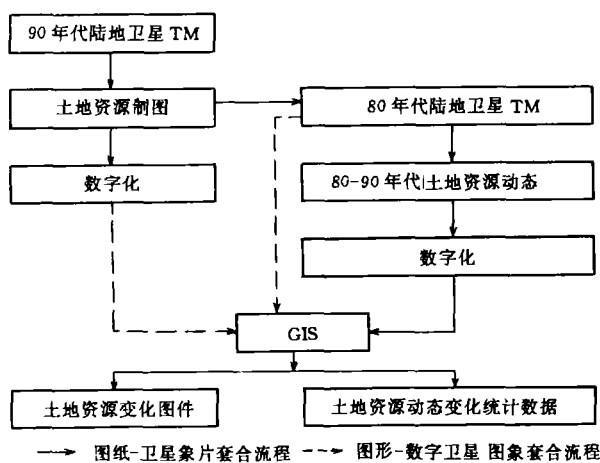


图 2 实现典型区资源环境遥感动态监测的技术流程

Fig.2 Technologic flow of accomplishing resources & environment dynamic monitoring using remote sensing in typical areas

3 数据的处理、分析和模型的建立

该项目获取了系统的国家、省、县各级土地资源及生态环境背景的组合分类数据和相应的图件，而且都以数字方式存储在计算机系统中，初步构成了一个以空间数据管理系统为核心的技术系统；建成了具有分层、分级专题图管理、查询、编辑、拼接、叠加功能的全国资源环境图形数据库，并经进一步编辑集成，建成了全国资源环境数据库的主体；在基本数据库和图形数据库的支持下，对资源环境遥感宏观调查的数据和数字专题图成果进行加工，完成了全国资源环境遥感宏观调查数据集，取得了反映中国资源环境基本状况的系统调查成果；在此基础上应用调查获取的土地资源和生态环境背景的组合分类数据，建立了分析国家资源环境区域分异规律和资源环境开发利用与保护决策支持方面的数学模型。

3.1 生态环境背景数据和土地资源数据的空间分析

生态环境背景状况和土地资源的分布密切相关，受到不同生态环境因素的影响，不同地区的土地资源及其利用具有不同的分布与利用特点。该项研究中，利用地理信息系统所具有的空间分析功能，对经过空间定位的生态环境专题层面与土地资源层面

表1 中国地貌条件与农业土地利用相互关系表

Table 1 Relationship between terrain conditions

and agriculture land-use

类型	耕地 (%)	林地 (%)	草地 (%)
山地	20.27	75.54	49.32
丘陵	14.53	14.33	10.06
台地	6.45	2.29	1.87
平原(含高平原)	58.75	7.84	38.75
合计	100.00	100.00	100.00

表2 中国热量带与农业土地利用相互关系统计表

Table 2 Relationship between temperature

zone and agriculture land-use

热量带		耕地 (%)	林地 (%)	草地 (%)
热带	热	1.17	3.14	0.32
	亚热	15.19	17.60	1.71
亚热	暖热	11.67	23.18	5.10
	温热	14.06	13.85	1.66
温带	温暖	31.66	14.34	14.49
	温凉	24.90	23.46	34.84
寒带	寒温	0.44	3.98	16.79
	寒冷	0.90	0.43	24.63
寒带	冷	0.02	0.02	0.47
	合计	100.00	100.00	100.00

进行叠加, 得到包含所有生态环境背景属性的土地资源数据, 从而给出了中国土地资源的基本生态环境条件(表 1—4)。

表3 中国水分条件与农业土地利用相互关系

Table 3 Relationship between moisture condition and agriculture land-use

类型	耕地 (%)	林地 (%)	草地 (%)
湿润	48.04	64.68	5.71
半湿润	31.33	20.06	14.49
半干旱	16.16	13.85	46.52
干旱	2.63	0.60	27.64
极干旱	1.84	0.80	5.64
合计	100.00	100.00	100.00

表4 中国地表质地与农业土地利用相互关系统计表

Table 4 Relationship between agriculture land-use and texture of soil surface

类型	耕地 (%)	林地 (%)	草地 (%)
粘质	14.38	16.52	3.70
壤质	78.91	80.23	81.57
沙质	6.30	2.51	8.02
砾质	0.24	0.47	4.04
石质	0.17	0.27	2.67
合计	100.00	100.00	100.00

3.2 全国土地资源空间分布的影响因子模型分析及土地资源地域组合

基于该项目全国县级基本资源与环境遥感调查数据库, 计算了全国分县每一种土地利用 / 土地覆盖率, 经过数据检验和预处理, 建立了影响中国土地资源的多变量模型。根据中国自然环境特点及基本地理单元空间格局, 引进纬度参数及经度。用主因子分析、聚类分析方法, 对影响因子进行多元分析, 提炼出不同纬度带影响的综合因子(公因子), 并对各影响因子和变量的地域组合和分布规律进行研究, 发现中国土地资源及其影响因子有比较明显的随经度参数变化的规律, 并且这种变化规律在不同纬度带有不同的组合和变化趋势及对称形式。这说明, 中国季风气候和西高东低的地势格局对土地资源空间分布的影响很大, 而热量条件对土地资源空间分布的影响不明显。

3.3 全国土地利用程度综合分析模型

全面使用了该项目取得的分县土地资源数据, 提出了中国土地利用程度综合指数计算方法和指标体系, 并在此基础上, 全面分析了影响中国土地利用程度变化的自然环境因素, 分析了土地利用程度

的区域分异规律, 并给出了中国土地利用程度的“极地”模式、距离模型、经度、高程模型以及中国土地利用程度的人口相关模型, 从而用定量语言揭示了中国土地利用程度与自然和人文双重驱动因子之间的一些内在关系和规律。

3.4 耕地与耕地后备资源的生态环境背景评价模型

该项目首次在全国范围内实现了在获取基本土地资源数据的同时, 获取与土地资源相对应的生态环境背景数据, 为对中国耕地及耕地后备资源进行全面的生态环境评价与分析提供了基本条件。在建模分析中, 对影响耕地及耕地后备资源的 4 大生态环境因子(即热量条件、湿润度、地貌条件、地表质地)赋予权重, 采取了基于模糊数学的快速聚类和经验系数和法, 对耕地及耕地后备资源的生态环境背景进行了分级评价。

3.5 耕地资源动态变化及耕地资源、耕地后备资源的合理开发利用保护研究

使用该项目取得的国家基本土地资源数据和生态环境背景数据, 与 80 年代初在全国范围内完成的 1:5 万比例尺全国土地资源概查数据进行对比分析, 得到中国耕地资源近十年来动态变化情况; 综合分析了中国耕地资源和耕地后备资源的生态环境质量, 经过模型分析给出了宏观评价的结论, 从而支持了耕地保护与开发的宏观决策。

在动态分析和评价分析的基础上, 提出了关于耕地及耕地后备资源开发利用保护的 5 项建议, 即:

- (1) 采取切实措施, 保护现有耕地, 尤其是质量好的耕地;
- (2) 科学慎重地合理开发利用现有耕地后备资源;
- (3) 应在保证耕地总体质量稳定的前提下, 保证耕地面积的稳定;
- (4) 加强生态环境的保护, 实行劣质耕地的退耕;
- (5) 加强耕地后备资源开发的管理, 消除耕地开垦中的短期行为和无序行为。

4 结 论

- (1) 通过该项目的研究, 形成采用遥感和地理信息系统技术, 开展全国资源环境快速宏观调查与

动态监测的技术路线,取得了完整的调查成果,证明了在遥感和 GIS 技术支持下,用 2—3 年的时间完成一次全国资源环境宏观调查是完全可行的,可以满足国家资源环境宏观信息方面的需求。

(2) 通过该项目,初步建成了全国资源环境数据库,为今后国家级资源环境的动态监测奠定了基础,同时也为资源环境宏观决策所必需的分析工作提供了一个数据基地。我们期望在信息资源共享的原则下,该数据库能够得到充分利用,发挥其应有的作用。

(3) 国家决策部门和国内外资源环境科学界对资源环境信息的需求是连续、动态的,一次性的静态调查结果不可能发挥很大的作用。有鉴于此,在国家“九五”科技攻关重中之重项目“遥感、地理信息系统、空间定位系统技术综合应用研究”中,设置了“国家级基本资源与环境遥感动态服务体系的建立”课题,其目的即在于在遥感和 GIS 技术的支持下,确保国家资源环境信息具备“快、高、新、动”的特点,在中国进入信息时代的关键时刻,以其快速、宏观、准确的特点,成为国家资源环境信

息来源的重要的组成部分。

参 考 文 献

- [1] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态分析. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [2] 刘纪远. 应用空间遥感技术开展国家资源环境遥感宏观调查与动态研究. 遥感在中国. 徐冠华等主编, 北京: 测绘出版社, 1996
- [3] Liu Jiyuan. New Development of Remote Sensing Application in Chinese Academy of Sciences—A Brief Introduction of project “Remote Sensing Investigation and Dynamic study an Resources and Environment in China”, 25th International on Symposium Remote Sensing and Global Environmental Change, 1993.

作 者 简 介

刘纪远, 男, 1947 年 5 月生, 1976 年毕业于内蒙古师范学院。1981 年在中国科技大学研究生院获地图学与遥感专业硕士学位。现任中国科学院遥感应用研究所研究员。主要从事资源环境遥感应用研究。已发表专著 3 部, 科研论文 60 余篇。

Study on National Resources & Environment Survey and Dynamic Monitoring Using Remote Sensing

Liu Jiyuan

(Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101)

Abstract During 1992—1995, Chinese Academy of Sciences (CAS) and The Ministry of Agriculture organized the project named “National Resources and Environment Remote Sensing Macroinvestigation and Dynamic Study”. After three years work, by setting “swift, advanced techniques, new remote sensing data and dynamic study” as the characteristics, the project formed complete methodology; accomplished national resources and environment combined-classification investigation; established “The National Resources and Environment Database”, and developed the resources and environment remote sensing dynamic study in typical areas. The success of the project proved the feasibility of developing national resources and environment swift investigation and dynamic monitoring by using remote sensing and GIS techniques. An operating remote sensing-GIS system can provide information of resources and environment swiftly, macroscopically, objectively, and accurately.

Key words Remote sensing, GIS, Resources and environment survey, Dynamic monitoring