

21 世纪的地球信息科学及其在 地理学中的应用

廖 克

(中国科学院地理研究所)

1 地图学、遥感、地理信息系统及全球定位系统的发展, 为地球信息科学的建立奠定了基础

地图具有公式化、抽象化、符号化等基本性质和形象直观性、地理方位性、几何精确性等基本特色以及信息传输、信息载负、地图模拟与地图认知等基本功能。地图是早已公认的“地理学第二语言”, 而且现在拓展到整个地球科学领域。地图学具有区域性学科与技术性学科双重性质。作为区域性学科, 它的发展反映地球科学各分支学科研究的广度与深度, 同时作为各学科调查研究成果的较好表现形式与分析研究的重要手段, 又促进了各学科的发展。其随着现代技术的发展, 实现了地图编制由传统手工方式向自动化, 即向计算机制图与自动制版一体化的根本变革, 并出现数字地图、电子地图等新的形式。中国在地图事业和地图学领域已取得很大成就, 除各种比例尺地形图、普通地理图和专题地图外, 全国性与区域性地图集就已出版百部以上。目前地图编制方法与技术已趋向成熟。但地图表现形式与应用原理方法还有待进一步研究和开发, 国家基本地形图的数字化测图尚需进一步推广。

遥感是通过电磁波远距离对地表特征与地学过程进行测量而获得空间信息, 并以数字或图像形式收集、传输和处理这些信息的新兴学科。70 年代以来, 它已在资源勘查、环境监测、气象与灾害预报、区域与城市规划、农林与水利建设等方面发挥了重要作用。目前遥感技术已发展到多平台、多波段光谱、多时相、全天候多频率雷达, 高分辨率及高技术的应用水平。目前, 地图、遥感和地理信息系统已形成一体化, 见图 1。

随着计算机技术的迅速发展, 地理信息系统在 20 多年的时间里也获得了极其迅速的发展, 已广泛应用于空间信息的各个领域并已形成相当规模的产业。目前种类繁多、功能多样的地理信息系统软件已达数百种之多。流行较广的有面向特征的 ARC/INFO 和面向对象的 MGE 等几十种, 并广泛采用 UNIX 和 WINDOWS 等较完善的操作系统。在空间数据结构与管理, 用户使用界面、数据集成与更新、空间检索、空间分析与模型建立、人工智能与专家系统等方面已积累了较多的经验, 在资源清查与管理、城市规划与管理、环境监测与评价、灾害预警与损失评估等方面发挥了重要作用, 已成为地理学和地学研究及其他许多部门的重要研究手段。

地图学、遥感、地理信息系统以及全球定位系统相结合是上述学科发展的共同特点与

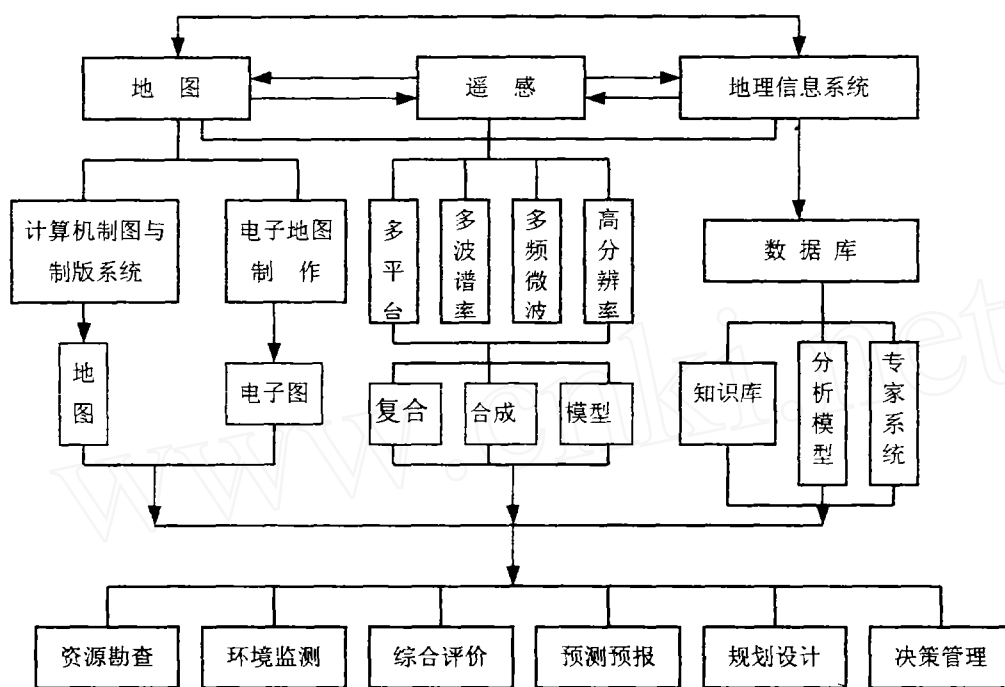


图 1 地图、遥感与地理信息系统的结合

必然趋势。遥感为地图和地理信息系统适时提供多种类、多时相、大范围的极其丰富的地球信息源，为提高地图质量、加快成图速度、扩大制图范围创造了条件，也使地理信息系统实现资源与环境动态监测、数据适时更新成为可能。即然地图是地球科学观测与调查研究成果的重要表现形式和分析研究的重要手段，当然遥感与地理信息系统也离不开地图这样一种空间信息图形传输形式、地图模拟与地图认知手段，尤其当今的电子地图更是地理信息系统的重要表现形式。而地理信息系统为地图深层次开发，为编制与应用综合评价地图、动态变化地图、三维立体地图、预测预报地图和规划决策地图提供了有利条件。地理信息系统为遥感信息的分析处理与应用提供了重要的技术与方法的保证。

地图学、遥感与地理信息系统有着共同的应用范围，而且在应用中各自发挥本身的特点与优势（图表 1）。另外 GPS（全球定位系统）也为地图测制、遥感与地理信息系统的适时快速定位，创造了条件，由 GPS 与电子地图相结合的电子导航地图已在飞机、舰船中广泛使用。

地图学、遥感、地理信息系统以及全球定位系统的结合不仅促进了各自学科的发展，而且促进新的更高层次的地球信息科学的诞生。

2 21 世纪地球信息科学必将迅速发展

地球信息科学（Geo-informatics）是在全球定位系统、卫星遥感、地理信息系统、计

算机制图与电子地图以及多媒体技术和通讯网络系统等基础上,高度集中的科学技术体系,是 90 年代新兴的地球科学和 70 年代发展的信息科学交叉的前沿领域。由于客观的需要和本身的优势,地球信息科学必将在 21 世纪获得迅速发展。

地球信息科学将通过对地球系统内部多源信息的获取、传输、处理、感受、响应与反馈的信息机理与信息流过程的深入研究,揭示地球系统各圈层复杂而系统的相互作用与影响,阐明人地系统、全球变化、区域可持续发展的物质流、能量流与信息流的全过程及其时空分布与变化规律,从而为宏观调控、规划决策与工程设计提供全方位的信息服务。

目前对地球信息科学的内涵、理论基础、技术方法、应用范围等虽有不同看法,但对以下问题的认识是比较一致的。

(1) 地球信息科学是地球科学或地球系统科学的组成部分,是地球科学的科学技术支撑体系,地球系统是地球信息科学的研究对象,同时它与信息科学和系统科学也有极为密切的关系。

(2) 地球信息科学建立在全球定位系统、遥感、地理信息系统、算机制图与电子地图的基础上,是更高层次的科学技术体系。同时它将广泛应用多媒体技术和计算机虚拟技术。并将利用通讯网络与信息高速公路,建立全国性和全球性地球信息研究与服务网络体系。

(3) 地球信息机理是地球信息科学的应用基础理论。必须深入研究地球各圈层要素的地球物理场、化学场、电磁场的表现形式及其变化规律;研究地球信息流的传输原理(传输介质、界面、过程、干扰、衰减等);研究地球信息流时空分布与变化规律及其信息获取与处理方法等等。地球信息机理也是地图学、遥感与地理信息系统的基础理论。同时应注意空间分析模型和地学认知的深入研究,以便更好地服务于地球科学,较好地解决生态与环境监测、灾害预报与损失评估、区域与城市发展规划和决策等实际问题。

(4) 地球信息科学研究的范围与应用领域非常广泛,近期以为农业服务和为城市服务为主。对于提高农业综合生产能力,推动农业可持续发展具有深远意义。目前城市发展很快,各方面问题较多,实现城市规划、设计与管理现代化、自动化,地球信息科学可为城市信息系统的建立与数据实时更新、实现科学决策与管理创造条件。同时土地资源与水资源信息系统的建立及其监测与调控也是与农业、城市发展关系密切的重要领域。灾害预测、预警与防灾,海洋资源开发利用等领域也很重要。地球信息科学近期研究计划也应适当安排。

最近国内一些学者在探讨地球信息科学的同时,提出了地球信息图谱的概念,并以地球信息图谱(或资源与环境信息图谱)为题申请“九五”国家重点研究项目。

关于图谱的概念还没有取得完全一致的认识。这里我谈点个人的初步理解。图是指地图、图像、图解,谱是不同类别事物特征有规则的序列编排。图谱是指经过分析综合的地图与图像图表形式,反映事物和现象空间结构特征与时空序列变化规律的一种信息处理与显示手段。地球信息图谱是通过遥感、算机制图与地理信息系统的大量地球信息的空间分析与地学认知,以图谱形式阐明地球系统及各要素和现象的宏观、中观与微观的成因机制、形态结构、组成物质、动态变化规律并经过推理、反演与预测,有利于对事物和现象更深层次的认识,有可能总结出重要的科学规律(图 2)。同时在此基础上对经济社会可持

续发展的宏观规划决策与环境治理、防灾减灾对策的制定提供科学依据。因此地球信息图谱的研究具有十分重要的理论意义与应用价值。

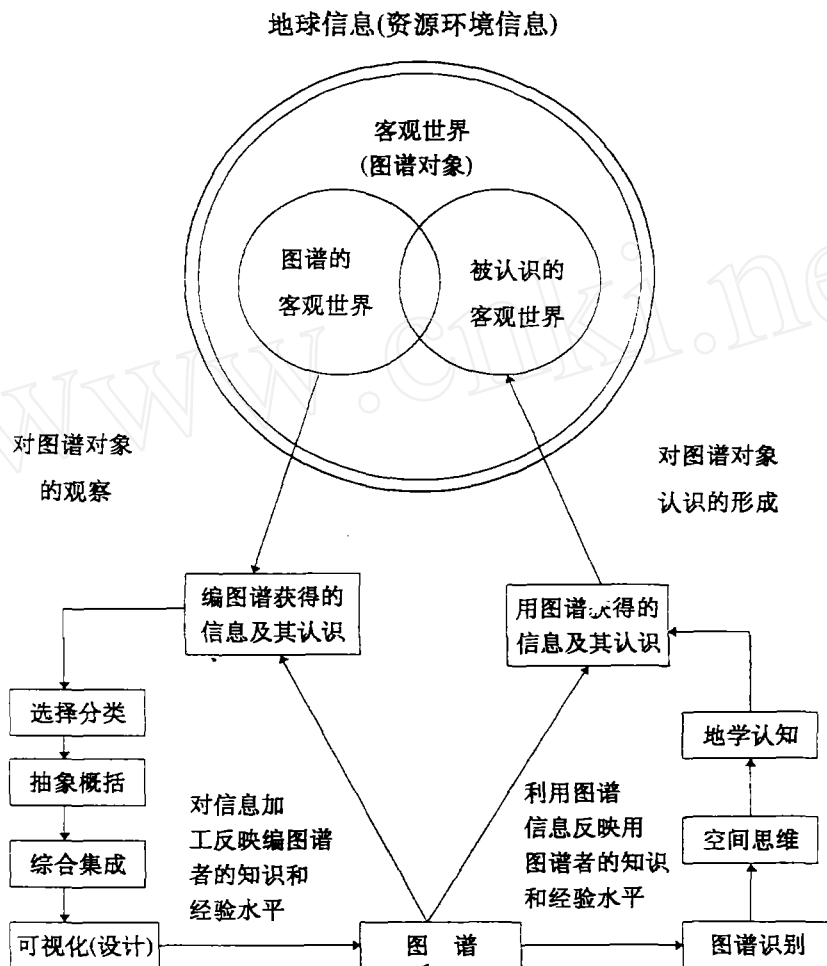


图 2 图谱信息传输模式

过去物理学在研究光谱、色谱、电磁波谱以及近年研究图谱方面已取得多成果。近几年生物学界在研究基因图谱方面也取得明显进展。在地学领域中运用地图研究事物和现象的分布规律比较普遍,但对图谱的研究较少。李四光曾提出过大地构造图谱,竺可桢提出过气候地带与中国近五千年气候变化图谱。国内外在遥感技术应用研究中,曾对各种地物(包括各类土地复盖、作物、森林、草地、沙漠、土壤、水面等)进行过光谱测定,建立了各类光谱曲线,只是尚未系统整理成图谱。地球系统科学和地球信息科学的发展,将为地球信息图谱的研究奠定科学基础。其中遥感、全球定位系统、地理信息系统、计算机制图与多媒体电子地图等技术的迅速发展为地球信息的获取、加工、显示和传输提供了有效方法,而计算机技术及其人工智能为地球信息图谱的信息分析处理、可视化、三维及动态显

示提供了技术手段。地球信息图谱对认识地球复杂系统的许多问题会有所帮助。地球信息图谱的研究刚刚起步,但它随着地球信息科学的发展,将取得有重要意义的成果。

为了建立和发展一门新的学科,需要做各方面的酝酿和准备工作,因此在陈述彭院士倡导下,我们创办了内部刊物《地球信息—科学、技术、产业化》1996 年创刊,每年四期,已出版七期。受到国内外学者的欢迎与好评。明年拟正式定名为《地球信息科学》并将公开出版发行。

我们曾经给国务院学位委员会提交报告,申请设立地球信息科学博士专业点,并已在中科院地理研究所正式开设《地球信息科学》博士学位课程。

1997 年 8 月在北京举行了《地球信息科学》国际学术会议,出席会议的中外学者 300 人。1997 年 12 月中旬,又在北京举行了以《地球信息科学》为主题的香山科学讨论会,有 40 多位专家学者参加。这两次会议对地球信息科学的建立都起了重要的促进作用。

3 地球信息科学在地理学与地球科学中的应用前景

古代和近代地理学家主要依靠直接的调查、探险与简单的测绘以及前人积累的资料来认识和描绘周围世界。其中地图对认识规律与提出假设发挥了重要作用。例如魏格纳的大陆漂移是根据世界地图各大洲拼接吻合而提出的假说;俄罗斯土壤学家道库恰耶夫根据他所编制的俄罗斯土壤图而提出了土壤地带学说;苏联著名地图学家扎鲁茨卡娅根据她编制的 1:250 万苏联地势图的地貌与构造分析,断定靠近苏联的北冰洋有一列较大山脉,后来海洋调查得到证实。胡焕庸先生 1937 年提出的东西人口分界线,也是根据中国人口密度图提出的著名论断,而且现在仍有科学意义。中国著名地质学家李四光、黄汲清、张文佑、陈国达各自根据自己的构造学说编制了不同的大地构造图。

现代地理学的发展除了经济与社会发展的客观需要和自身新概念、新理论的提出以外,始终同新方法、新技术的应用密切相关。60 年代地理学除了传统的野外调查外,发展了定位观测、模拟实验、计量分析(计量地理)、航空象片分析、综合制图等新的方法。70 年代发展了遥感技术与计算机制图。80 年代出现了地理信息系统并得到很大发展。

当前,即将跨入 21 世纪的前夕,作为地球信息科学组成部分,遥感方法更趋多样;地理信息系统功能比较完备;计算机制图与制版比较成熟;电子地图已进入市场;计算机虚拟现实开始应用。21 世纪将是信息化和知识经济的世纪,无疑地球信息科学及其上述各种方法和技术必将得到进一步发展,将成为地理学和地球科学的更完善的科学技术支撑体系。地球信息科学在下世纪将主要在以下方面得到应用和发挥作用。

3.1 资源清查与管理

利用遥感技术在勘测、调查各类资源的基础上,可分别建立水、土地、生物(森林、草场、其他资源植物、野生动物)、矿产(煤、石油、天然气、金属矿产、非金属矿产)、海洋(生物资源、石油、天然气、海底矿产)等各类资源数据库及其相应的地理信息系统,将为资源的合理开发利用与合理调配提供科学依据,并实现对资源的现代化科学管理。目前虽然有关部门已建立一些资源数据库,但有待进一步充实、更新与完善,并进一步建立资源合理开发利用的模型、规划与决策体系,并实现现代化科学管理。

3.2 经济与社会可持续发展规划、决策与管理

在 21 世纪的信息社会与知识经济时代,对经济与社会的管理必须科学化与现代化。因此有必要逐步建立国家与省、县三级经济与社会可持续发展规划、决策管理信息系统。可根据各地区资源、人口、环境的特点和经济、社会基础,建立相应的数据库与各具特色的指标体系,按照热动力学模型与动态仿真,为协调人地关系(人口、资源、环境与发展相互协调),经济与社会发展规划,以及宏观决策提供科学依据,并实现现代化科学管理。

3.3 城市规划与现代化管理

21 世纪我国城市必将进一步迅速发展,随着城市现代化建设与管理加强,各大中城市建立城市地理信息系统将是必然趋势。目前已在天津、洛阳、沙市、常州、南京、上海、厦门、北海等城市建立了城市地理信息系统,并在城市规划与管理方面积累了不少经验。广州、中山、深圳已建成的城市规划与管理自动化地理信息系统,受到政府各部门、干部群众和国内外专家的欢迎与好评。城市地理信息系统包括城市规划、城市管理和城市建筑设计等多层次,而且包括地籍、人口、交通、公共设施、地下管线、经济、文教、环保等诸多方面信息,非常复杂。城市变化很快,数据更新有较大困难。因此需要加强综合分析辅助决策的研究,采用航空与航天遥感技术可以解决数据更新问题。俄罗斯卫星可获得高分辨率影像数据,2 米分辨率的光盘或影像可对外提供,最近期限为半年,为城市遥感数据更新创造了条件。

3.4 农业规划、决策与生产管理

地球信息科学为农业服务,可包括宏观规划与决策和微观田间生产管理两个层次。宏观服务主要为国家与省、县、进行农业规划、年度计划、生产布局(播种面积、估产)产前、产后服务计划(种子、化肥、农药等生产资料供应;农产品收购、储运等)、监督管理等。县以上农业管理部门均可以建立农业信息系统。微观服务主要指对精细农业的田间生产管理。在有条件的地方,可建立精细农业管理信息系统,通过机载遥感适时获得田间土壤、作物长势等信息,根据这些信息提出播种、施肥、浇水、除草等措施,再通过农业电子地图与 GPS 定位指挥农业机械自动耕作。虽然生产成本较高,但如果较大面积的精细农业通过该系统管理省水、省肥、省劳力,从而生产成本降低,并获得较高产量,有可能在一定范围推广应用。

3.5 灾害预测与灾情评估

目前利用遥感方法已经可以对洪涝、台风、森林火灾等进行监测与预报。随着遥感技术进一步完善和我国自己资源应用卫星的发射,以及地理信息系统的配合,21 世纪地球信息科学在灾害预测、减灾防灾与受灾损失评估等方面将发挥更大作用。俄罗斯利用遥感技术除在气候与天气预报、热带气旋、森林与油气田火灾监测等方面较有成效外,利用卫星配合地面台站监测预报地震已取得初步结果。最近发射一颗专题监测与预报地震的卫星《MATPNLUA》,装备了“地面—宇宙多时相电离层辐射穿透综合体”,可提前 3—5 昼夜预报 5.5 级以上地震,精度在 200 公里以内,预报准确率在 70%以上。

3.6 环境污染与生态变化监测

利用遥感技术对大气、水体、土壤污染进行监测与分析已在国内进行过一定试验,对土地利用与土地覆盖的变化、河流与海岸的变化也进行过一定分析和研究。例如大家熟知

的不同年份黄河三角洲卫星影像的对比, 显示黄河河道、三角洲与海岸线的明显变化。同样洞庭湖的变化也非常突出。但这些监测与研究不够系统和深入。这方面国外做得较好, 积累了较多经验。21 世纪我国应对环境污染和生态变化进行全面系统的监测, 配合地面的监测分析, 建立环境与生态监测地理信息系统, 为环境与生态的保护规划与制定整治对策提供科学依据, 并为环境与生态的现代化管理提供方法技术体系。

3.7 全球变化监测与研究

我国参与了“国际地圈与生物圈”、“国际空间年”、“国际减灾十年”等的合作计划, 并承担了全球变化研究的部分项目。最近联合国有关组织提出一项“全球制图”计划, 各国将按统一标准和格式完成并提供表示基本地理要素的电子地图, 国家测绘局已主持召开了专家座谈会, 对该《全球制图》计划征求意见稿进行了讨论, 提出了一些修改意见, 中国将积极参加这项全球制图计划。

去年俄罗斯提出一项“全球生态环境监测国际信息网络系统计划”。建议加拿大、中国、法国、德国、意大利、日本、俄罗斯、英国、美国等九个国家参加。由各国建立生态环境监测中心。并联结成国际生态环境监测信息网络系统, 共同对森林火灾、土地利用、地质过程、潮汐、火山、洋流、水体污染、海底地形、热带气旋等进行监测。俄罗斯将提供空间站和卫星遥感的有关信息, 各国共同进行全球生态环境变化的监测和研究。目前俄美已签订双边合作计划, 由政府领导人主持并成立了专家小组, 计划执行比较顺利。俄罗斯中央研究院很希望中国参加。我们认为俄罗斯在空间领域的某些方面仍处于国际领先地位。有许多方法技术值得我们借鉴。中国应该积极响应和参加这项全球生态环境的监测计划。我们也相信 21 世纪初该项计划有可能实现。鉴于世界第三极的青藏高原对欧亚大陆气候和植被分布的影响, 12 亿人口的中国对生态环境的深刻影响, 以及中国拥有 5000 年时间序列的气候变化和 3000 年地震等的历史文献记录, 中国在遥感、地理信息系统和地图学方面也具备较好基础, 中国必将对全球生态环境的监测和全球变化的研究作出应有的贡献。

参考文献

- [1] 陈述彭. 信息流与地图学, 地学的探索, 第四卷, 地理信息系统, 192—202, 科学出版社, 1992。
- [2] 陈述彭. 卫星遥感的地学分析与验证, 地学的探索, 第三卷, 遥感应用, 142—149, 科学出版社, 1990。
- [3] 陈述彭. 90 年代地理信息系统的新契机, 地学的探索, 第四卷, 地理信息系统, 203—207, 科学出版社, 1992。
- [4] 童庆禧. 遥感科学技术进展, 地理学报, 第 49 卷, 增刊, 616—624, 1994。
- [5] 廖克. 90 年代地图学发展趋势及今后的展望, 地理学报, 第 49 卷、增刊, 625—632, 1994。
- [6] 吴炳芳等. 地理信息系统的发展, 地理学报, 第 49 卷, 增刊, 633—640, 1994。
- [7] 地球信息科学—香山科学会议第 88 次学术讨论会纪要, 地球信息, 1998 年, 第 1 期, 12—20。
- [8] 陈述彭、何建邦、承继成. 地理信息系统的基础研究—地球信息科学, 地球信息, 1997 第 3 期 11—20。