

迈进 21 世纪的中国地图学

廖 克

(中国科学院地理研究所, 北京, 100101)

摘要: 本文较系统地概述了国际上近 30 年来地图学的进展, 同时, 重点介绍了我国地图学的成就和发展以及 21 世纪地图学的展望。

关键词: 地图学新概念 综合制图 遥感制图 地球信息图谱

1 国际地图学近 30 年的最新进展

20 世纪是地图学发展最迅速的世纪。30 年代航空摄影测量取代了以地面经纬仪与平板仪进行大面积地形测绘的传统方法。50 年代航空遥感方法推动地质、林业、土壤、植被等各部门专题制图的发展, 70 年代航天遥感的出现更是推动了地学、生物学、环境科学与空间科学的发展, 并为专题制图提供全球范围的极其丰富的信息源, 从而改变了专题制图的传统方法。60 年代开始的地图制图自动化的研究实验, 70 年代初步实现地形图、地籍图的数字测图与专题地图自动化编绘, 80 年代全面发展的计算机制图, 在全世界范围迅速推广应用, 而 90 年代更形成计算机制图与自动制版一体化生产体系, 从而实现了从传统的手工制图到计算机自动化制图与制版的根本转变。与此同时, 集中反映各国地图学发展和科学技术与文化水平的国家地图集与区域地图集, 从 50 年代开始形成高潮至今仍受到各国政府和科技界的重视, 并发展到出版国家电子地图集与建立国家地图集信息系统的新阶段。

1.1 专题制图进一步拓宽领域并向纵深发展

本世纪 60 年代以来, 随着各国大中比例尺地形图的测制完成并周期更新, 以及社会经济发展的需要, 地图学的发展已由普通地图逐渐转向专题地图。国际地图学会议和国际地图展览的重点也由普通地图转移到专题地图方面。专题地图的广度与深度不断发展, 其理论与方法也日趋完善。具体表现为:

(1) 环境、海洋、城市、人文等专题制图迅速兴起

70 年代以来, 全球环境变化与经济社会可持续

发展问题已是世界关注的热点。已成为广大科技工作者和各部门必须研究和解决的一系列紧迫问题。因此作为这些领域调查研究成果表达形式与分析研究手段的专题地图得到迅速发展, 例如近几年美国、德国、法国、英国、加拿大、瑞士、荷兰等国编制出版了以不同形式反映自然景观带、气候、人口等内容的世界环境地图。日本编制出版了《日本自然环境地图集》, 加拿大编制出版了《加拿大与世界资源地图集》, 波兰出版了环境污染系列地图, 俄罗斯出版了《全俄自然保护地图和生态环境地图集》, 英国出版了《世界环境地图集》等。国外许多城市的地图集不仅表示城市的自然环境、社会经济及服务设施, 还表示污染治理及地下管线网分布, 建立了城市信息系统, 为城市现代化管理提供了有效的技术手段。

(2) 由单一部门专题制图向综合制图与系统制图方向发展, 由基础性专题制图向深层次与实用性制图方向发展

专题制图向深层次与实用性方向发展, 主要体现在两个方面:

① 基础信息 (分布图、类型图) → 综合评价 (评价地图) → 区划、规划 (区划地图、规划地图) → 进行决策。

② 静态信息 (现状地图) → 动态变化 (动态变化地图) → 预测预报 (预测预报地图) → 制定对策。

70 年代以来, 国家与区域地图集继续受到各国科技界与政府部门的高度重视。国际地图学协会一直设有国家与区域地图集委员会。目前世界已有 80 多个国家出版了国家地图集, 有的国家地图集已二、三次更新再版。新出版的国家与区域地图集内容更

为广泛,更具有针对性与实用性,不仅增加资源利用、环境保护、灾害防治等方面的选题,还较多反映社会与经济方面的内容,如人口、家庭、职业、收入、居住、福利、娱乐、保健、旅游等,而且各种评价地图、预测预报地图、区划规划地图占较大比例。例如 90 年代新出版的荷兰、日本、加拿大、波兰、芬兰、瑞典、西班牙等国家地图集都体现了上述特点,受到国际学术界与广大读者的好评。

(3) 由区域性、全国性制图向全球性制图发展

一方面由于气候与环境变化涉及全球范围,另一方面航天遥感技术的发展可在短期内获得全球范围遥感信息。除编制出版了 1:500 万《世界土壤图》、《世界植被图》,1:100 万《世界人口图》、《世界土地利用图》等以外,同时也开展了一系列全球制图计划,如“地球观察系统”(EOS)、“国家环境卫星数据与信息系统”、“全球臭氧层破坏监测系统”(NOAA'S)、“地球资源制图”(ER Mapping)(包括环境监测、森林、土地管理、矿藏与油气勘探、水资源管理等方面制图)等。

1.2 计算机制图已广泛应用于地图生产,电子地图集与地图集信息系统迅速推广

英国军械测量局早在 80 年代就已建立计算机数字制图生产体系。美国地质调查局(USGS)已于 70 年代将 1:20 万地形图跟踪数字化,建立了全国地形数据库。90 年代在扫描数字化软件系统的基础上,将 1:5 万地形图全部扫描数字化,建立全美地形数据库,实现各级比例尺地形图的自动成图与适时更新。

近 10 年在计算机不断更新换代的同时,所展出各公司的计算机制图软件系统和地理信息系统都有数百种之多。

目前加拿大、美国、荷兰、瑞典、西班牙、澳大利亚等国已正式出版了电子地图集和国家电子地图集。这样不仅扩大传统地图集的使用范围,而且可进行数字信息产品的更深层次的开发利用,还为今后地图集的更新再版提供便利条件。

1.3 地图—遥感—地理信息系统相结合形成一体化的研究技术体系

地图方法是地学等区域性学科的研究方法和手段,地图化和地图学作为横断科学的趋势仍在发展。70 年代兴起的遥感技术正迅速发展并广泛应用。目前已发展到多层面、多波段光谱、多频率雷达、高分辨率(高空间分辨率与高光谱分辨率,前者可达

10cm,后者可达 10—20nm),多时相、全天候。同时各种遥感地学分析模型、图像数字分析处理技术、自动分类成图系统已日趋完善,不仅为地图,特别是为各种专题地图提供最有效的获取信息的手段,而且还为各种专题地图编制提供直接的高质量快速成图方法。与此同时,通过遥感方法所取得的成果也往往以地图形式表达,或遥感影像与地图结合成为影像地图。地理信息系统具有各种分析与模拟的功能,能快速准确地输出各种数据、表格和地图。在各种评价、预测、决策、规划和管理中发挥了重要作用。尤其在当今计算机多媒体技术、可视化、智能化、虚拟现实不断取得新的进展的形势下,地理信息系统将更广泛地应用。地图、遥感与地理信息系统已不可分割,一体化的形式将更能发挥各自的特长,成为综合技术体系。

除了地图—遥感—地理信息系统一体化外,还有全球卫星定位系统—遥感—地理信息系统的结合,即所谓三“S”(GPS、RS、GIS)结合,能够作出最快速的反应,提供最适时的预测与决策。

90 年代初期加拿大已将获取、管理、分析空间与地理方面信息的各学科,包括测量学、地图学、摄影测量、计算机制图、地理信息系统、水文、地球物理等有机结合起来,统称“Geomatics”,为资源管理、基础设施开发和环境监测提供技术保证和支撑条件,并且已成立包括政府部门、科研单位、高等院校和私人公司在内的“加拿大 Geomatics 协会”(GIAC)。国外一些高等学校把 GIS 专业改名为“Geoinformatics”。一门新的学科—地球信息科学正在迅速兴起。

1.4 计算机制图—电子出版生产系统一体化,从根本上改变了地图设计与生产的传统工艺

90 年代国际上新推出了几种计算机出版生产系统,并已在一些地图设计与生产部门应用,如美国的“INTERGRAPH 地图出版生产系统”、比利时的“BARCO GRAPHICS 电子地图出版生产系统”等。其都实现了地图设计、编辑和制版一体化处理,能够将编绘原图(软片)扫描数字化后,进行计算机符号、色彩和注记的设计与编排。符号与色彩可以任意选择和变换,直至满意时,可通过彩色喷墨打印机输出样图,经检验效果符合要求以后,即刻输出分色加网软片,可供上机印刷。同传统手工作业相比省去地图清绘和地图分版的阶段,且精度提高 2 倍,综合效率提高 10 倍以上。BARCO 公司的以著

名地图学家 MERCATOR 命名的软件系统还可实现图形、照片、文字、表格的混合处理和排版。由于有屏幕的仿真和色彩校正技术,保证了屏幕地图与印刷地图色彩效果的一致性,同时有多种输出形式。既可输出彩色软片拷贝、纸质地图、分色加网软片,也可生产出贮存于光盘的电子地图。实现计算机制图与制版一体化,是地图学领域的又一重大变革,具有深远的意义。

1.5 地图学新概念与新理论的不断探索

70 年代初至 80 年代中期,国际上主要提出地图信息论、地图传输论、地图模式论、地图认知论、地图感受论、地图符号学以及地图学的结构体系等。国际地图学协会(ICA)在 70 年代还建立了地图传输委员会,后又在 1987 年专门建立了地图学定义和地图学概念两个工作组,以便对信息时代的地图学定义和概念进行系统深入研究。其中较公认的地图与地图学定义是:“地图是地理现实世界的表现或抽象,以视觉的、数字的或触觉的方式表达地理信息的工具”。“地图学是研究以图形的、数字的或触觉的形式反映空间关联信息的结构、传输、表现和利用的学科”,它包括在制作地图及有关空间信息产品中从数据获取到最终产品利用的所有阶段。

2 我国地图学的发展与成就

70 年代以来,我国地图学经历了从未有过的大好发展时期,尤其是近 10 多年来,我国地图学获得全面而迅速的发展,取得了举世瞩目的新成就。

2.1 测绘部门完成了我国大比例尺地形图的测制,完成 1:100 万与 1:25 万数字地形图制作

我国基本比例尺地形图的测制是在全国统一的大地控制网与水准控制网基础上,采用航空摄影测量方法与统一规范、图式图例完成的。其中 1:5 万比例尺覆盖了除青藏高原以外的所有区域,1:2.5 万和 1:1 万覆盖了全国重要的城镇与农业地区,在此基础上还完成了 1:20 万(现改为 1:25 万)、1:50 万和 1:100 万国家基本地形图的编制。目前有些地区已开展新一代大比例尺地形图的更新。近几年我国已在一些省、市、自治区测绘部门部分采用数字制图技术,我国地籍图的测制已在一些城市逐步开展,并采用 GPS 定位和数字测图技术。国家基础地理信息中心完成的全国 1:100 万数字地图与 1:25 万数字地形图,标志着我国数字地图产品已进入市场并开始广泛应用的新阶段。

2.2 在完成一大批专题地图的同时,广泛开展区域与部门综合制图,编制出版了一大批不同类型高水平的综合地图集

地质、林业、农业、气象、水文、海洋等部门在全国综合科学考察、各部门勘查、普查与定位台站长期观测,积累大量第一手资料的基础上,完成了一大批全国与各省区中小比例尺各种专题地图的编制,如 1:5 万、1:10 万、1:20 万与 1:100 万及其他小比例尺地质图、矿产图、水文地质图、林业图、农业区划图、土壤图、土地利用图、水利图、气候图等。特别是由中国科学院与原国家农委组织的 1:100 万全国基本自然条件与土地资源地图,已出版其中的全部土地资源图与土地利用图以及部分地貌图、土地类型图、土壤图、草场图等,而植被图已全部编制完成,即将制印出版。

近 10 多年国家地图集的编纂取得很大进展,已先后出版《国家农业地图集》、《国家经济地图集》、《国家普通地图集》、《国家自然地图集》。《国家历史地图集》拟分三卷出版,正抓紧编制中。在国家地图集的带动下编制出版了一批高水平的省市地图集,如四川、山西、北京、上海,以及深圳、珠海等市地图集都具有较高水平。除传统的省市综合地图集外,还编制出版了《黄河流域地图集》、《青藏高原地图集》,特别是出版了一批国土资源、生态环境、自然灾害、疾病医疗、城市规划、人口经济等新兴领域的综合性专题地图集,如《中国人口地图集》、《中国地方病与环境地图集》、《中国饮用水地图集》、《中国自然保护地图集》、《中国自然灾害地图集》、《中国水文地质图集》、《中国古地理图集》、《中国岩石圈动力学地图集》、《中国土壤地图集》、《中国林业地图集》、《京津地区生态环境地图集》、《长江三峡生态环境地图集》,以及许多省市自治区国土资源地图集,农业区划地图集、经济地图集等。这些地图集题材广泛,类型繁多,内容丰富,资料翔实,图型设计多样,制印水平较高,充分反映了我国地学、生物学、环境科学、空间科学等方面最新调查研究成果及其研究的广度和深度。图集的设计以综合观点为指导,注意了科学性与实用性相结合。区域地图集显示了区域特点,专题地图集突出了主题,其中有一部分地图集应用了遥感制图与计算机制图技术,有相当一批地图集达到了国际先进水平,多次在国际地图展览中展出,受到广大读者的欢迎,并得到国际地图学界权威们的高度评价,认为中国

在地图集编制方面已跃居世界前列。

2.3 遥感制图、计算机制图与地理信息系统已达到世界先进水平

我国遥感技术实验与应用研究从 70 年代后期到 80 年代中期已在全国范围迅速展开。80 年代后期遥感制图从假彩色合成与目视判读发展到计算机图像数字处理与自动分类制图。遥感技术已在地质、地貌、土壤、林业、土地利用、土地资源、气象、海洋、农业、水利等各项专题制图以及区域综合系列制图中广泛应用。例如云南腾冲航空遥感实验、山西省与陕西省遥感农业资源调查与制图、内蒙古自治区遥感草场资源调查与制图、云南丽江地区遥感农业综合系列制图、黄河三角洲遥感动态制图、京津唐国土资源与环境遥感解译系列制图、黄土高原遥感系列制图等都取得很好效果。北京大学遥感技术应用研究所设计研制的图像分析制图软件系统及其自动编制的海南岛大比例尺土地利用图受到国内外专家的好评。

我国计算机制图从 70 年代中期组织设备研制与软件设计,到 80 年代后期建立和完善了计算机专题制图软件系统。采用计算机制图技术完成了《中国人口地图集》、《中国饮用水地图集》、《天津市环境质量地图集》、《中国国家经济地图集》、《中国第三产业地图集》等,采用计算机地图出版系统完成《中国国家自然地图集》的设计、编辑与自动制版,达到 90 年代的国际先进水平。同时还研制出统计制图专家系统、地图设计专家系统。从 1989 年我国出版第一部《京津地区生态环境电子地图集》以来,我国电子地图集的研究、设计与制作得到迅速发展,《中国国家经济地图集》电子版、《中国国家普通地图集》电子版、《香港电子地图集》、《深圳电子地图集》等一批电子地图集相继问世,并且在阅读、检索与地图分析方面具有自己的特色,受到国外同行专家的好评。从 80 年代中期开始,我国及时开展地理信息系统的研究和建立。在地理、测绘、地质、农业、林业、气象、水利等部门陆续建立了一批全国或区域地理信息系统。其中包括国家基础地理信息系统与 1:100 万与 1:25 万地形图数据库,全国土地资源、自然资源等数据库,以及黄土高原、三北防护林、黄河下游洪水险情预警、黄河三角洲、洞庭湖垸区、京津唐地区生态环境、重大自然灾害监测与评估等信息系统。这些信息系统已在全国和区域综合治理中发挥了重要作用。例如 1991 年太湖流

域洪水灾情评估中采用遥感与地理信息系统技术为水利部门及时提供了较准确的灾情数据。又如 1994 年 5 月和 7 月中国科学院地理研究所利用遥感与 GIS 一体化技术,先后在一周内对福建闽江流域和广东、广西的西、北江流域的洪水灾情作出适时评估,受到有关部门与地方政府的好评。目前还在一些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,其中广州、中山、深圳等已建成的城市规划与管理自动化地理信息系统,受到政府各部门和国内外专家的欢迎与好评。值得提出的是,目前已在中央和地方一些科研单位、高等院校与生产部门建立了相当数量且具有一定规模、拥有先进仪器设备的遥感应用、计算机制图与地理信息系统实验室,拥有一批以年轻人为主体的遥感应用、计算机制图与地理信息系统的专业队伍。这也是我国 20 世纪在地图学,遥感与 GIS 领域取得的重要成就,是迈进 21 世纪并将取得新成就的重要基础和条件。

3 我国地图学 21 世纪的展望

21 世纪更是信息化和知识经济的世纪,我国地图学既面临信息时代高新技术的挑战,又继续受到市场与商品经济的冲击,同时经济建设与社会发展向地图学提出了越来越多的需求。遥感、地理信息系统、数字地球和整个地球信息科学的发展,都将促使我国地图学迈入新的发展阶段。

3.1 抓住数字地球的机遇,创建地球信息图谱

数字地球包括高分辨率的卫星影像数据,基础与专题的数字地图,以及人口、经济、社会等各种地球信息。所以数字地球的建立与应用,离不开常规地图与电子地图形式。今后互联网上的信息也会越来越多地出现以地图形式表达的空间信息。因此,我们应该抓住数字地球这样一个机迁,积极加入数字地球行列,发挥地图传输、地图载负、地图模拟,地图认知功能和作用。同时使地图表现形式更适应数字地球的要求。例如需要深入研究数字地球的地图可视化,多维表示与动态显示,常规地图、电子地图与数字地图的相互快速转换,拓展电子地图与数字地图的分析功能与应用范围等。

在数字地球与地球信息科学的应用方面。探讨和创建陈述彭院士提出的地球信息图谱将具有重要意义。

图是指地图、图像、图形、图表等空间信息的

表现形式,谱是不同类型事物特征有规划的序列编排,而图谱是指经过分析综合,同时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地球的大量信息的空间分析与地学认知,以图谱形式阐明地球系统各圈层、各要素及各现象的宏观、中观、微观范围的形态结构、成因机制、组成物质、动态变化规律,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。同时,通过图谱形式的综合评价与预测预报,对经济与社会可持续发展的宏观规划决策和环境治理、防灾减灾对策的制定,提供重要科学依据。因此地球信息图谱具有十分重要的理论意义与实用价值,具有广阔的发展前景。

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很多成果,近几年生物学界在研究基因图谱方面也取得明显进展。在地球科学领域运用地图研究事物和现象的分布规律比较普遍,也取得不少重要成果。但是对图谱的研究很少。地球的许多现象非常复杂,一是现象本身时空演变的过程与机制非常复杂,二是在发生发展过程中,它又受许多因素的影响和作用。图谱不只是反映现象的空间分布特征与区域差异,而且揭示出与本身成因机制、演变过程同形态结构相联系的更深层次的规律。同常规地图不同的是,图谱借助于计算机可视化与虚拟技术,能多维地、动态地显示地球各类现象的形态结构特征与时空演变规律。地球系统科学和地球信息科学的发展,为地球信息图谱的研究奠定了科学基础,而数字地球的发展为地球信息图谱的建立提供了非常丰富的信息源,而地球信息图谱将在数字地球显示与应用方面发挥重要作用。

3.2 专题与综合制图进一步向纵深发展

今后将重点深入发展资源、环境、灾害、疾病、海洋、城市以及人口、经济、人文等部门专题制图,并使区域与部门专题制图更进一步向综合制图、系统制图、动态制图与实用制图的方向发展。地图的设计与编制将进一步以“地理系统”、“地表物质与能量迁移转换”、“地带规律”、“人地关系”、“地域结构”等地理学理论为指导,为解决人与自然的相互关系,为解决人口、资源、环境与可持续发展问题,为防灾减灾与全球变化对策提供科学依据与研究手段。同时以地图信息论、传输论、模式论、感受论、符号学、可视化、认知论、综合制图、地图概括等地图学理论为指导,创造更多更好的地图表

现形式,深入反映各部门的调查研究成果,编制更多评价地图、预测预报地图、规划地图,满足国民经济各部门与科研、教学单位的需要。

3.3 地图、遥感制图与地理信息系统一体化,形成完整的研究技术体系与生产体系,发展地球信息科学

遥感为地图和 GIS 实时提供多种类、多时相、大范围的地球信息源,而地理信息系统为地图深层次开发,编制与应用评价地图、动态变化地图、三维立体地图、预测预报地图、规划决策地图提供了有利条件。因此今后将进一步加强地图学、遥感制图与地理信息系统一体化的研究与应用;加强地图学与 GPS、RS、GIS 的结合并进一步应用计算机多媒体技术和虚拟现实技术;进一步建立各种地学分析模型与应用软件系统,各种专题地图设计编制与分析应用的专家系统;建立计算机制图与计算机出版生产系统的一体化技术体系,加快机助制图与地理信息系统软件、电子地图与数字信息商品化的步伐。地图学、遥感、地理信息系统的进一步结合,不仅会促进各自学科的发展,而且必将促进更高层次的地球信息科学的发展。

3.4 为适应市场经济与社会发展的需要,应进一步扩大地图应用领域与范围,增加地图新品种

应设计编制出版更多地图新品种,如各种形式的旅游地图、交通图、教学地图、邮电地图、商务地图、投资环境地图等,以及塑料地图、塑料立体地图、丝绸地图、触觉地图等新品种。让电子地图集进入政府各机关、科研单位、高等院校,甚至进入中小学校和个人家庭。要进一步扩大地图的应用领域和范围,加强地图产品的宣传介绍,扩大发行渠道。另外还应广泛开辟地图的国际发行渠道,使中国出版的地图逐步占领一定的国际市场。要设计和制作入网地图,使更多地图进入 Internet 和信息高速公路,使更多的读者能够通过互联网络阅读自己所需要的地图。

3.5 加强地图学、遥感制图与地理信息系统的基础理论及其应用原理的研究

应把“图像信息机理”、“地学信息机理”与“地球信息图谱”作为基础理论研究的中心,研究解决计算机自动概括的方法与技术;深入探讨地图、遥感图像与数字地图分析应用中抽象思维能力的提高,地图、遥感图像与数字地图潜在信息的分析利用等,同时继续探讨现有地图学的各种理论,逐步

建立我国现代地图学的理论体系。

21 世纪的头 10 年将是我国现代化建设,特别是知识经济发展,数字地球与地球信息科学迅速发展的 10 年,也是我国地图学发展的重要时期。国民经济建设、社会发展与科学技术的进步,必将对地图学不断提出新的要求,亿万群众对地图的需求也不断增强。一方面要加速遥感制图、机助制图与地理信息系统中高新技术的推广应用,另一方面使地图学适应商品经济的发展,使信息时代的挑战与市场经济的冲击都成为我国地图学发展的动力,将地图学的理论、方法技术与应用都提高到一个新的水平。使地图学在新的世纪取得更加辉煌的成就。

参考文献

- [1] D. R. F. Taylor. 21 世纪的地图学. 地图, 1991, (3).
[2] 陈述彭. 地图创作的新潮与反思. 地图, 1990 (2).

- [3] 廖克主编. ICA 国家地图集委员会会议论文集. 北京: 中国地图出版社, 1990.
[4] 中国测绘学会地图制图专业委员会等主编. 第四届全国地图学学术讨论会论文选集. 北京: 中国地图出版社, 1992 年.
[5] 中国地理学会地图学与地理信息系统专业委员会编. 地图学的开拓与进展. 北京: 中国地图出版社, 1991 年.
[6] 廖克. 现代地图学发展趋势及今后的展望. 面向 21 世纪的中国地理科学. 上海教育出版社, 1997.
[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, 1.
[8] 廖克. 21 世纪的地球信息科学及其在地理学中的应用. 地球信息, 1998, 3/4.
[9] 戈尔. 数字地球——对二十一世纪人类星球的理解. 地球信息, 1998, 2.
[10] 陈述彭. 地学信息图谱刍议. 地理研究, 17 (增刊), 1998.
[11] 崔伟宏主编. 数字地球. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.

China's Cartography Entering into the 21st Century

Liao Ke

(Institute of Geography, CAS, Beijing 100101)

Abstract

This paper gives a systematic generalization of the progress made in international cartographic studies, meanwhile focuses on China's cartographic achievements and development as well as perspectives of the 21st century of cartography.

Key words: New concept of cartography Synthetic mapping Remote sensing mapping Geoinformatic Tupu