

地理系统与地理信息系统

陈述彭

(资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京)

提要 人类认识自己住居的星球是漫长的, 然而却是加速度的。学科的分化和交叉是多层次的。统一地理学一再遭受过冲击, 但它的合理的内核——地理综合体是客观存在的。地图和遥感作为信息载体证实了这一观点。地理系统的概念反映当代科学技术进步和社会需求; 而地理信息系统为地理学发挥区域性与综合性的优势提供了一种现代化的高技术手段。

关键词 地理综合体 地理系统 地理信息系统 地图载体 遥感信息

一、进步—分化—综合

人类认知自己居住的星球, 经历了漫长的年代, 但是认识的广度和深度, 观测技术的进步, 几乎是加速度的。科学的积累也几乎是成几何级数增长的。例如, 人们大约花费了上千年的时间, 才弄清大陆与海洋的轮廓, 1542年的西方世界地图上, 还不知道有太平洋和中国。经过16—19世纪, 历时300年, 通过地形测量和横贯大陆的探险活动, 大约只有30%左右的陆地, 覆盖了比较详尽的地形图, 并且将西藏高原的经度缩短了 2° ; 地中海的经度缩短了 5° 。20世纪初有了航空摄影, 人们开始离开地面, 从空中平台来观测地球, 获得航空像片。在50年内, 就覆盖了陆地面积的70%; 1957年发射地球轨道卫星以后, 人类开始从数百公里的极地轨道上, 以至从36 500 km的赤道上空与地球自转同步的卫星上, 周期性地观测地球, 所获取的图像和数据, 覆盖了整个地球的海洋和大陆。今天, 人类建立了对地球的立体观测技术系统, 对于认识和研究全球环境的变化, 创造了空前未有的条件。

随着科学技术的进步, 学科的分异和交叉也同样是加速度的、多层次的。地理学和天文学很早就分离开了。管子的“地理篇”, 托勒密的“地理学”, 反映东西方由于文化背景的不同, 导致地理学的内容迥然不同。但是以地球表层作为研究对象则是殊途同归的。16世纪自然科学萌芽, 首先从统一地理学分孽为人文与自然地理, 然后分孽为地质学、大地测量学、气象学、海洋学、地图(投影)学等等。分别对地圈、水圈、生物圈进行更深入的调查研究。19世纪又与其他自然科学相互交叉, 建立起地球物理学、地球化学。在人文地理学方面分孽出经济地理学、人口地理学、历史地理学等等。开始注意对地球各圈层之间界面与相互关系的研究。20世纪50年代以来, 在深入分析的基础上, 加强了多学科的综合。

来稿日期: 1989年12月

合,于是又重振景观学、倡导环境科学和生态学,它们立足于化学、生物学理论,而又重申地学规律的重要。从实质上讲,它们的研究对象与地理学大同小异,强调区域性与综合性的特点,只是研究的层次和重点各有侧重而已。从地理学的本身而言,它不仅曾经作为这些分支学科的母体,而且现在又成为研究地球表壳各个圈层之间相互作用的最高层次的系统科学。

二、统一地理学—地理综合体

统一地理学曾经一而再地遭受过部门地理学家的抨击。似乎它是古典地理学的卫道士,成了地理学发展的绊脚石。受到这些冲击之后,地理学界的反映首先是走分道扬镳的道路。例如,在苏联,自然地理学和人文地理学曾经被割裂开来,认为是分属于自然科学与社会科学的两个不同范畴的学科,各不相干。在英美,特别是在美国,几乎置自然地理学于不顾,全力发展人文地理学。初则以人类生态学或人类文化学作为地理学的主题;后来又致力于空间结构、地理区位的探讨。通过一些实际应用的工作,如流域开发、土地合理利用问题的调查研究以后,又逐步认识到自然与人文是不可分割的,要求综合,同时在科学界要求综合的呼声也逐渐高起来了。近年来,诸如人与生物圈计划、地圈与生物圈计划、对地观测计划的出现,已成为许多学科共同感兴趣的热门话题。

这种冲击,也使得地理学不断扬弃那些背离时代的落后思潮,吸取先进科学技术的精华,充实和壮大地理科学,不过,仍然保存着统一地理学合理的内核。例如,强调综合地研究人地关系,强调区域单元与区域分异规律等等概念,时断时续地继承下来,并适应当代的哲学思潮与技术进步而发扬光大。各个历史时期侧重研究的具体对象和内容各不相同;即使相同的名词术语也被赋予不同的时代含义。例如景观单元、地理环境、地理圈、地球表壳、生态环境、国土等等,都曾引起过不同的理解和争议。在某些国家这种论战持续过二、三十年,自然波及到中国地理学界,并结合中国传统的方志和图志的兴废,人文与自然的侧重,此起彼伏,莫衷一是。

西方经典地理学是以地中海航海和地理探险为社会历史背景产生的,长期致力于全球性空间规律的研究。如墨卡托的世界地图和地图投影,洪堡德的世界气候区划。后来又受到达尔文演化学说的影响,形成戴维斯的地形旋迴,杜库乞耶夫的土壤地带性,威格纳的大陆飘移学说等。成为20世纪以前地理学术思潮的标志。我国地理学前辈洪绂的中国自然地理区域,竺可桢的中国气候区划,以及50年代新中国的自然综合区划、农业区划等,都是一脉相承的。

近代西方地理学则以大比例尺地形图的测绘、定位观测台站和小区域实地考察为基础,强调微观的综合分析和地理要素的相互作用和相互制约关系。以白吕纳的《人地学原理》和研究阿尔卑斯的《山岳地理》为代表。地理学家和地质学家一起,严格要求点、线、面的剖面观测与路线观察的基本功,要求区域概念的归纳与演绎的才能。在40—50年代的中国地理学界,一方面受戴维斯地形旋迴学说的影响,进行了许多出色的地文期的探讨;也引进了斯丹普的土地利用制图,组织了许多流域开发与铁路选线的考察,开拓了地理学为工农业服务的新领域,使地理调查研究工作有所深化。

三、地图载体—遥感信息

统一地理学的思潮渗透到各个部门地理学之中。地图学作为近代地理学的重要组成部分,也深刻地反映了地理学思潮的继承和进步:

1 地图作为地理学的信息载体,始终兼顾到自然与人文两个方面

无论地形图或普通地理图,一般都包括居民地、交通网、地理名称、土壤-植被、地形高程和河流水网等所谓六大要素,而且致力于研究六大地理要素之间的相互关系与综合指标。制定了辩证统一思想指导下的 1:100 万地理图制图规范,创造性地实现了定性与定量的统一。运用大地构造、地貌特征的地形模拟方法,使区域地理特征跃现纸上,栩栩如生。

2 以等高(深)线为基础的地形图,信息量极大丰富

地形图和地形分析受到地理学者的普遍注意,并建立了许多数理统计分析方法和模型,例如相对地势分析、河流纵剖面裂点分析和沟谷侵蚀面的地形剖面重叠,为地理学研究提供了许多新的概念。我国地势三大台阶的认识,替换了葱岭山系的概念即其一例。区域重心迁移、地理区位、网络分析等也广泛地应用于人文地理研究方面。

3 景观制图与综合制图的兴起。

探讨在地形图以外其他反映景观单元与景观结构的制图方法和理论。或者通过同一幅地图的多层面组合,或者通过一系列地图的多要素分析,阐明地理综合体中各级区域单元的内部与外部物质迁移与能量转换的空间模式。各种各样的景观地图的设计,一度成为欧美和日本的热门课题。以国家或省、市、县为单元的区域地图集曾经盛极一时。20 世纪 30 年代和 60 年代,国内外都曾有过许多水平较高的大型区域综合地图集问世。我国 30 年代出版的《申报馆地图集》和 60 年代以后出版的自然、历史、人口、农业、水文地质、气候和海洋地图集,为地理学的发展作出了重大的建树;可以与苏联、瑞典、英、美等国家的地图作品相媲美而毫不逊色。

20 世纪以来航空摄影与航天遥感技术的发展,开拓了人类离开地球表面,从空中以至外层空间对地球进行观测的新纪元。遥感图像和数据成为地理信息的现代化重要来源之一。对于地理学调查研究而论,不仅是快速、宏观等技术经济效益,更重要是对地理学理论发展与方法进步产生了多方面的深远的影响:

1. 比地图更进一步强化了地理综合体的形象和概念 它提供了具有全息性质的信息源,人们可以看到各种人文与自然地理要素交织在一起的景观实体的影像,人地关系错综复杂,难解难分。正是通过其中相互依存、相互制约的关系,人们才有可能由此及彼,由表及里,超越直接的形象,借助于间接的标志,从中获取极其丰富的第二次信息。遥感被认为是一种运用物理手段、数学方法和地学规律的高技术。在遥感技术处理分析的过程中,不仅需要光电方法、数理统计方法;还需要有地学分析方法。由于遥感对于地理学的发展关系如此密切,社会需求与日俱增,所以在 50 年代发射地球卫星以后,地理学系普遍开设了遥感课程。英国建立了 150 个研究单位,我国已设置了 17 个遥感中心,180 个研究室(组),大约 50 个地理系开设了遥感课程。1988 年国家科技进步奖 35 个一等奖中,遥感就有 3 个。

2. 遥感图像是一种综合性的地理信息源 包括各种地理要素;同时又是一种空间信息,为地理现象的空间分布提供定位、定量的数据。从这种概念出发,早在 60 年代初,我们就提倡航空像片综合利用,并用它作为统一的信息源进行系列制图。1963 年在海南岛,曾经以 1:15000 的航空像片,进行了三级比例尺,包括坡度(组合)、土地利用、植被、土壤、地貌等要素解译和地面实况的验证。1969 年墨西哥制订全国土地档案十年计划,嗣后,日本、意大利也推行了类似的计划。而我国则延至 1978 年以后,腾冲、太原、三江平原和丽江等地区,才陆续开展更深入的系列制图实验。并推广到山西、河南、内蒙等整个省区的规模。70 年代初,我国引进陆地卫星 MSS、TM 和 NOAA、NIMBUS 气象卫星资料之后,先后出版了一系列地学分析方面的地图集,涉及大地构造、地震、土地利用、地貌、水土保持等应用领域。世界各国出版的遥感图集不可胜计,各国分析图集在地学分析的广度和深度方面各具特色。

3. 卫星遥感信息的全球覆盖和周而复始的特点,为地学的全球研究与地球动力学分析,创造了空前的有利条件 环境变迁的全球研究正在风靡一时。卫星遥感提供了南极臭氧洞、南北极海冰消长、海平面变动、地表热场与风场、海面叶绿素含量、植被指数、绿波推移、热带风暴、El Nino 现象等等全球范围的同步和长期观测记录,已成为无与伦比的动态数据。为地理学的发展,提供了由静态到动态,由定性到定量,由微观到宏观的统一研究的现代技术保证。

四、地 理 系 统

现代科学方法——系统论、信息论和控制论的形成与现代高技术——电脑技术、空间技术和自动化技术的运用,为面临信息时代的地理科学发展展示出更加宽阔的前景。

信息社会必将要求地理学高度的现代化。既要求为区域规划(包括国土整治、流域开发等)提供宏观的辅助决策系统;又要求为地学工程提供微观的辅助设计(CAD/CAM)具体数据。在这样的哲学基础和社会背景下,提出“地理系统”的概念和“地理信息系统”的方法就是历史的必然了。钱学森教授从系统科学的高度,高屋建瓴、客观地提出地理系统是一个巨系统。它具有多层次的结构和泛目标的功能。需要有多学科的知识结构和多种技术系统的支撑。这是对地理学的高度评价与鼓舞。

地理系统把地理环境看作是一个运动着的发生和发展中的世界。包括人类赖以生存和生活并强加影响的整个自然环境和社会经济环境。这个巨系统由不同层次的若干分系统和子系统组成。每个子系统进行着物质迁移、能量转换与信息传输的内部循环;同时又参与高层次的外部循环。在空间上包括地球表壳(或称地理壳或地理圈)的各个圈层(岩石圈-水圈-大气圈-生物圈)。有人按其中的过渡性作用细分出土圈;也有人突出人类的作用和影响,统称为智慧圈。部门地理学比较侧重其中某一圈层的机制、形成过程和区域分异等等;而地理系统则更多地着眼于圈层之间的界面及其物质流、能量流与信息流的关系。更多地把注意力投向人地关系高度复合地带和生态环境脆弱地带。

地理学的知识结构,已不局限于经典的地球科学的范畴,广泛地吸取了现代先进科学思潮和技术进步的成就,形成了崭新的格局。由外层空间到地壳深部,从海洋到大陆,建

成了周期的、立体的动态监测信息网络,数理统计方法、生物地球化学方法已成为建立分析模型和专家系统的依据。我们深刻地体会到:没有基础理论指导的技术是盲目的;没有先进技术支持的理论研究是落后的。地理系统的研究必须建立在深入的部门分析的基础之上。从而使现代地理学从认识论的角度,产生了质的飞跃。地理系统的研究,先通过卫星遥感进行动态监测,获取全球或区域的宏观概念;然后选择疑点进行大比例尺的航空勘测或地面实况调查,研究历史案例,进行模拟分析和预测预报。这种新的逻辑思维程序,不仅更加符合人类认识自然的认识过程,而且更有利于促进微观和宏观认识的统一,赢得预测预报的时间。即从静态到动态,由三维到多维。以地图学为例,长期以来,区域地图的测绘与编制,一般是从大比例尺地图逐级缩小的,因而工程周期长,效率低,不能及时满足社会需求。而现在利用卫星遥感资料制图,则可以反其道而行之。先编小比例尺略图,必要的地段再局部补测大比例尺地图,大大压缩了工程周期。提高了社会效益。

五、地理信息系统

地图与地理信息系统都是地理学的信息载体,同样具有存储、分析与显示的功能。它们的应用领域都远远超出地理学的范畴。从历史发展来说,地理信息系统又脱胎于地图。其所以称为地理信息系统(Geo-coded Information System 或 Geo-reference Information System),主要是由于它的特定性质属于空间型,以区别于其他统计型的信息系统。它的最根本的特点是每个数据项都按地理坐标来编码,即首先是定位,然后才是各种定性(分类)、定量的属性。以这些定位数据库为基础发展起来,具备愈来愈多的分析功能的信息系统,统称为地理信息系统。所以地理信息系统是具有多层次数据结构,多功能综合分析能力的空间型信息系统。已成为综合利用遥感信息,自动制图功能研究地理系统的一种高技术手段。在 80 年代初期,美国大约有 2 000 种信息系统,其中属于地理信息系统的大约 200 种。加拿大和澳大利亚的土地信息系统,联合国环境署的全球资源信息系统 (GRID) 和全球环境监测系统 (WEMS) 也属于这种类型。

地理学致力于地理现象的定位、定性与定量分析研究。经历了几个世纪的努力,始日臻完善。例如在古典的地理学中,侧重于地理定位与地理分布。托勒密的地理学指南,主要是罗列地中海附近 8 000 个地点的经纬度数据。随着几何学、微积分和拓扑学的进步,设计了近 300 种地图投影,千方百计寻求解决地球表面三维空间的二维表达及其转换问题。最大限度地保证定位精度,曾经取得了许多举世闻名的科学成果。然而今天根据卫星观测的全球定位系统 (Global Position System),单点定位精度可以达到米级,而全球任何点位的三级检索系统的编码,如果延伸到 39 位,就可以达到 3 米的精度,无需乎经过复杂的投影及其转换。从这个例子我们可以看到,空间技术和电脑技术的引入,已有可能超越某些原来不可思疑的障碍,甚至超前于几百年形成的一门传统学科,这是值得我们深省的。

地理信息系统具备多维的数据结构。如果必要的话,它可以把全球或地区的自然和社会因子的多种属性,按照地理位置存储在电脑数据库中,无论是矢量的、多边形的、还是格网的,都可以互相转换,以便按地理单元进行检索、存取或叠加。这些静态的分析功

能,地理学家早已在地图上实现过,本来就很熟悉,只不过地理信息系统可以使用的数据量要超出几个数量级,而且可以选择多种多样的分析模型软件,进行快速运算和对比分析,获取最优化的结果。数据库不同于地图之处,至于它的更新能力要快得多,甚至可以把整个地区的地面观测台站和海上浮标自动观测站建成网络,再加上遥感卫星周期性的、大范围的扫描数据;社会经济统计数据,通过实时传输,使数据库经常保持在更新状态之中。然后根据地理信息系统建立的动力学模型,来进行动态数学模拟和预测。从而减少物理模拟的盲目性,提高宏观决策与工程设计的效率与水平,对于地理研究来说,从而摆脱了描述现象和静态分析的困境,获得了模拟与预报的自由。毫无疑问,这是地理学研究方法的质的飞跃。

地理信息系统方兴未艾,目前由于智能化的水平还很低,许多专业分析模型和知识库还没有建立起来。或者说,地理学的语言和计算机语言之间还缺少接口。例如需要把自然区划或农业区划专家们的逻辑推理和指标体系加以规范化,研制它的推理机或知识库,这不仅需要地理学家与计算机专家的密切合作,而且还要克服模糊数学、自然语言和软件固化方面的一系列难题。我们正在开始作出尝试。但是前景是明朗的,地震预报、作物估产、找矿、找水的专家系统,在国内外都已屡见不鲜;甚至中医诊断和红学研究,也走在我们前面了。

即使现在已有的一些商品化的地理信息系统,如 ARC/INFO, GEO-vision, GRASS 或 Inter Graph 等等,都已具备若干分析功能。诸如研究土地或人口的承载能力 (capability)、环境评估的最优方案 (suitability) 以及工程选址的可能性 (possibility) 论证与辅助决策等等,都有了一些简便的程序软件包可供使用。目前,可能是由于数据库的限制,地理信息主要在城市、街区或农场、县、市等小范围内,解决地籍管理,管道监测以及商业服务网点之类的具体工程技术问题,如何扩大应用于流域或区域规划等更为庞大复杂的地理系统,我们正在开始探索。例如三北防护林生态信息系统、黄土高原水土保持信息系统、京津唐城市信息系统、黄河三角洲区域开发信息系统、洞庭湖农业基地开发信息系统、黄河大堤洪水灾情评估信息系统等等,尚有待于地理学家通力合作,进行大量的建模工作,使系统功能日臻完善,并具备较强的地理适应能力。

我国地理信息系统起步较晚,目前已初步建成的全国数据库已有人口、政区、地名、农林、矿产及国土基础数据库等。全国自然环境数据库、交通网络与城镇体系数据库正在组建之中。这些经过规整的地理数据,不仅为研究我国地理区划,制定环境保护、灾害防治等专业区划,提供数值模拟和分析评估所必须的背景值。同时也可作为我国参与全球变化科学数据库的基础。我国地理学家亟须加强全球环境变化与行星地理的研究工作,继续参加极地考察、人与生物圈、地圈与生物圈、国际减灾十年、国际空间年等全球性研究计划、为远洋航运、贸易、渔业和援助第三世界,作出应有的贡献。充分利用卫星遥感信息,发挥我国数千年历史纪录和生产实践的优势,继承传统地理学,吸收新兴学科营养、扩展地理科学体系,地理学将是大有可为的。

参 考 文 献

- [1] 竺可桢,中国地理学工作者当前的任务,地理学报,19(1),1953,9—12。

- [2] 黄秉维, 自然地理学一些最主要的趋势, 地理学报, **26**(3), 1960, 149—154。
[3] 李春芬, 地理学的传统与近今发展, 地理学报, **37**(1), 1982, 1—7。
[4] 阿·赫特纳, 地理学——它的历史、性质和方法, 张兰生译, 商务印书馆, 1983。
[5] 陈述彭, 地图学的若干现代特征, 地理学报, **28**(3), 1962, 216—230。
[6] 钱学森, 关于地学的发展问题, 中国科学院地学部第二次学部委员大会文集, 科学出版社, 1988, 11—15。
[7] 小兵等, 路漫漫其修远兮——新中国地理学的思考(提纲), 地理新论, **4**(1), 1989, 1—2。

GEO-SYSTEM AND GEO-INFORMATION SYSTEM

Chen Shupeng

(National Laboratory of Resources and Environment Information System, Chinese Academy of Sciences)

KEY WORDS Geographical Complex (integrity), Geo-system, Geo-information system, Map carrier, Remote sensing information

Abstract

The cognitive process of human beings on the earth is long while at an accelerated speed. The differentiation and intersection of disciplines take place at multiple levels. Unified geography has been attacked time and again. Nevertheless, its reasonable kernel, geographical Complex (integrity), does actually exist. This viewpoint has been confirmed by the fact that map and remote sensing act as information carrier. The concept of geo-system reflects the progress of modern science and technology and the needs of society. The geo-information system has provided a modern high technological means for geography to develop its advantages of regionality and integrity.