



# 地图学的开拓与进展

——理论探讨与实践经验

编者 中国地理学会地图学与地理信息系统专业委员会

中国地图出版社

# 地图学的开拓与进展

——理论探讨与实践经验

中国地理学会地图学与地  
理信息系统专业委员会编

中国地图出版社  
1991 北京

## 地图学的开拓与进展

—理论探讨与实践经验

---

中国地理学会地图学与地  
理信息系统专业委员会编

中国地图出版社出版发行  
地图科学研究所激光照排  
河北三河艺苑胶印厂印刷

---

787×1092 毫米 16 开 12  $\frac{1}{2}$  印张 310 千字

1991 年 11 月第 1 版 1991 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—1500

ISBN7—5031—0861—4/Z·18

新登记证号: (京)066 号

定价: 7.50 元

# 序 言

地图的产生和发展同社会的需要密切相关。地图的内容、形式与编制方法也随着科学技术的进步而不断发展。由于地图具有信息传输、信息载负、地图模拟和地图认识等基本功能,从而在经济建设、科学研究、文化教育和国防军事等各个领域中得到越来越广泛的应用。地图不仅成为许多学科和部门调查研究成果的很好表达形式,而且也是这些学科和部门分析评价、预测预报、决策对策、规划管理的重要手段。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,它的发展同地学有着密切联系,现代地学研究的成就与发展水平,都直接或间接反映在地图制图的广度与深度方面。作为技术性学科,现代化技术的飞速发展,尤其是自动化、计算机、遥感等新技术的引进,以及信息论、模式论、传输论、系统论等新理论的应用,促进了现代地图学技术和理论的发展。遥感制图与计算机制图技术从根本上改变了传统手工制图的落后面貌。当今世界上正经历一场以信息革命为核心的新技术革命。地图作为空间信息的图形表达形式,是信息传输、储存、转换和显示的工具,它与获取信息的遥感技术、分析处理信息的地理信息系统相结合,能够大量快速和适时地分析处理各种信息,为地学、生物学和环境科学等的研究,提供有效的技术支撑,也为经济建设各部门的预测、规划与决策提供可靠的科学依据。

新中国地图学的发展经过 40 多年的历程。其中 50 年代到 60 年代中期,在大规模测制国家基本地形图与编制普通地理图的同时,结合全国范围的区域综合考察与资源调查,开展了地质、地貌、土壤、植被、农业,以及气候、水文等部门专题制图,并且通过国家地图集与省区地图集的编制,推动了综合制图的发展。同时还开展了航空像片分析判读与系列制图实验,为以后专题与综合制图以及遥感制图的发展打下一定基础。但是 60 年代后期至 70 年代前期,地图学同其他学科一样,发展缓慢甚至陷于停顿。70 年代后期至 80 年代后期,我国地图学获得前所未有的发展。地图工作者经过对国际地图学发展现状与水平的系统调查与分析研究,了解了国际发展趋势,找出了同先进国家的差距,明确了努力方向。当时最重要的一点共识就是我国在遥感技术应用与计算机制图(自动化制图)方面比先进国家至少落后 10 多年,必须迎头赶上。同时在发展传统专题制图的同时,必须结合国家需要及时发展环境、海洋、城市与旅游地图。经过最近 15 年的努力,我国地图学获得全面迅速发展,取得举世瞩目的成就。

1. 遥感制图、计算机制图与地理信息系统已赶上先进国家水平。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 年代后期遥感制图已从假彩色合成与目视解译发展到计算机图像数字处理与自动分类制图,遥感技术已在资源调查、气

象预报、森林防火、作物估产、环境监测等方面广泛应用。计算机制图从 70 年代中期组织设备研制与软件设计,到 80 年代后期已建立与完善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》、《中国国家经济地图集》等大型图集的编制,并研制出代表目前机助制图最新水平的电子地图集和统计制图专家系统。从 80 年代中期建立资源与环境信息系统国家实验室起,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,其中包括全国国土基础、土地资源、自然资源等数据库,黄土高原水土流失、三北防护林、黄河下游洪水险情预警、黄河三角洲区域、洞庭湖堤垸区、京津唐地区生态等信息系统,以及北京、上海等城市信息系统。并且在中央与地方一些科研单位、高等院校及生产部门建立起一大批具有一定规模、拥有先进仪器设备的遥感应用、计算机制图与信息系统实验室。

2. 广泛开展了区域与部门综合制图,编制出版了一大批不同层次、不同范围的综合地图集。除传统的国家与省区地图集外,出现了一批国土资源、环境生态、疾病医疗、城市规划等新领域的专题地图集。这些图集充分反映我国在地学、生物学、环境科学和空间科学方面的最新调查研究成果及其研究的广度与深度。图集的设计以综合观点和系统观点为指导,注意了科学性与实用性相结合。区域性图集强调了区域特点,专题性图集则突出了主题。其中一部分图集应用了遥感制图与计算机制图技术。有相当一批图集达到国际先进水平,如《中国人口地图集》等。1990 年 8 月在北京召开的国际地图协会国家地图集委员会学术会议上,展出我国近 10 年来编制出版的大中型地图集就有 70 多部。数量之多与题材之广泛,以及较高的科学与制图、印制水平,给国内外专家留下深刻的印象。来自瑞典、加拿大、美国、荷兰、苏联、西班牙、捷克和斯洛伐克、印度等国家的地图集方面的专家、权威们对中国地图集的成就都给予了很高的评价,一致认为中国地图集编制已进入世界先进国家的行列。

3. 开展了地图学、遥感制图、计算机制图与地理信息系统的理论与方法论的研究。在总结实践经验的基础上,对上述领域的一些新概念与新理论作了初步研究和探讨。每次学术会议都提交较多数量的论文。近些年撰写和出版了一批论文集、教科书和专著,其中地图投影、普通地图编制、专题地图编制、地图概论、遥感地学分析、计算机制图等方面的专著均具有一定的学术水平,说明我国地图学理论研究也取得了一定进展。

4. 在老专家的指导下,培养出一大批中青年地图学家、遥感与计算机制图专家。中年一代地图学家经过 30 年左右的实际锻炼,学术上已趋于成熟,其中有些已成为全国或各部门、各地区的学术带头人,包括数十名教授、研究员与教授级高工,数百名副教授、副研究员与高级工程师。尤其值得指出的是年轻一代的迅速成长。其中包括近 10 年来培养的一大批地图学与遥感

方面的硕士与博士生,以及出国学习、进修回国的人员。我国目前在遥感制图、计算机制图与地理信息系统等新技术领域,以35岁以下年轻人为主体的。

此外,近年来国际交流合作也不断发展。国际举办的地图、遥感与地理信息系统的学术会议,中国参加的人数与提交的论文为数不少,同国外相互交流的学者逐年增加,并已开展一些双边或多边合作研究。

尽管在地图学理论研究的深度和地图制印技术等方面仍有不足之处,但总体说来,我国地图学、遥感制图与地理信息系统等领域已跃居世界先进国家行列。我们深深知道,取得如此成就和达到今天的水平是很不容易的。是全国广大地图学、遥感制图与计算机制图工作者共同奋斗的结果。我们也很自然地想到,我国地图学、遥感应用与地理信息系统的发展是与陈述彭教授几十年来开创、引导和推动分不开的。陈述彭教授是我国地图学史、中小比例尺普通地图制图综合、地貌制图、航空像片判读、制图自动化、综合制图、遥感应用、计算机制图、地理信息系统等许多研究领域的开拓者。尤其应该强调的是,从50年代中期开始推动我国国家地图集的编制与综合制图的开展,到70年代开拓和推动我国计算机制图与遥感应用,再到80年代后期及时引导与推动我国地理信息系统的发展,陈述彭教授以他特有的敏锐洞察力,及时掌握国际发展动向与趋势;以他善于接受新事物的特长,及时提出新的发展方向与生长点;并以他不断开拓创新的精神,动员和组织全国地图学界,迅速开创新的局面。陈述彭教授身体力行地把地图学、遥感应用与地理信息系统有机地结合,使其成为整个地学发展的重要方法手段与技术支持条件,并同国家经济建设与社会发展的任务密切结合。这不仅调动了全国广大地图与遥感工作者的积极性,而且得到地学界与各级政府部门的重视和支持,从而发挥社会主义条件下比较容易组织大协作的优势,使我国地图学、遥感制图与地理信息系统得到全面迅速的发展。这是中国在如此短的时间内赶上世界先进水平的主要经验,也是由陈述彭教授创导的中国地图学、遥感应用与地理信息系统所走的成功之路。

我国中年一代地图学家都直接受到过陈述彭先生的具体指导和帮助。当前的年轻一代尤其是许多硕士生、博士生与博士后也都在陈述彭先生指导下迅速成长。就是老一辈地图学家也得到过陈述彭教授的启发和帮助。本文集是陈述彭先生和跟随他工作过的部分中年学者和专家撰写的论文,反映了我国地图学开拓与进展的一个侧面。

根据陈述彭教授的一贯学术思想,展望未来,对我国地图学、遥感制图与地理信息系统的发展,试提出以下几点看法:

1. 专题制图进一步向纵深发展。除地质、地球物理、地貌、气候、水文、土壤、植被、农业、人口等传统专题制图外,应继续深入开发环境、医疗、海洋、城市以及人文等部门专题制图,并使

区域与部门专题制图向综合制图、系统制图、实用制图与动态制图方向发展。

2. 地图、遥感应用与地理信息系统进一步结合,成为完整的研究技术体系,从而充分发挥在综合评价、预测预报、决策对策与规划管理中的作用。为此必须深入研究地图、遥感图像与地理信息的信息机理;进一步建立各种地学分析模型与应用软件系统;逐步建立各种专题与综合制图以及地图分析应用的专家系统,为解决当今人口、资源、环境与经济社会协调发展,为全球变化研究与对策的制定,发挥重要作用。

3. 进一步扩大地图应用领域与范围,增加更多地图新品种,包括由二维到多维形式的地图。在计算机普及的同时,发展屏幕显示的电子地图与动态地图,以及提供预测与决策用的智能地图。

4. 进一步发展自动分版刻图、静电绘图、数字化自动分版、四色印刷等编绘与制印新技术,根本改变传统的地图手工编绘与制印旧工艺。

5. 加强地图学、遥感制图、机助制图与地理信息系统的基础理论及其应用原理的研究,包括各种空间信息的传输,视觉感受,模型分析,图形、图像与数字的相互转换机制,以及地图应用中的抽象思维能力的提高、地图潜在信息的分析利用等等。

90年代也将是我国地图学、遥感应用与地理信息系统发展的重要时期。随着国民经济建设与科学技术的进一步发展,地图学必将更显示出横断学科的作用,地图学的理论与应用也会提高到一个新的水平。

廖 克

1990. 10. 5

# 目 录

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| 序言 .....                         | 廖克          |
| 地理系统与地理信息系统.....                 | 陈述彭(1)      |
| 综合地图集和系列地图设计编制的基本原则与方法 .....     | 廖克(11)      |
| 地图集设计系统化研究——地图集设计与系统工程 .....     | 陈昱(18)      |
| 中国国家农业地图集的设计和编制 .....            | 张龙生(29)     |
| 地理制图的理论基础与实践体会 .....             | 苏映平(37)     |
| 中国水文地质制图三十年 .....                | 王明德(44)     |
| 我国环境制图的发展特点及改进意见 .....           | 徐康惠(53)     |
| 在辩证唯物主义思想指导下进行地图编制研究与实践.....     | 毛继周、王文明(57) |
| 地貌制图思想的一些启迪 .....                | 苏时雨(62)     |
| 中国经济特区地理制图研究与实践——以深圳经济特区为例 ..... | 温长恩(67)     |
| 在专题地图集设计中提高传输效益的几个问题.....        | 黄永砥、蔡孟裔(74) |
| 旅游地图的特性、热点、格局、效益刍议.....          | 范明华(81)     |
| 关于完善统计图坐标系统的设想 .....             | 谷宝庆(89)     |
| 开拓地图应用研究,发展地图学 .....             | 陈由基(103)    |
| 浙江省土地面积量测研究.....                 | 俞康辛(108)    |
| 地图学与地理信息系统的新兴.....               | 傅肃性(112)    |
| 遥感分析与知识推理.....                   | 郑威(121)     |
| 遥感系列成图方法及其对地图学的深远影响.....         | 褚广荣(127)    |
| 南京市城区空间结构变化的遥感分析和开发方向的预测.....    | 韩同春(132)    |
| 中国县级单元地理-制图数据库系统的建立与应用 .....     | 刘岳等(140)    |
| 栅格空间分析与引导理论和方法研究.....            | 崔伟宏(150)    |
| 太湖区域地理信息系统的建立.....               | 赵锐(163)     |
| 大学地理系地理制图人才的培养.....              | 陈丙咸(170)    |
|                                  |             |
| 陈述彭教授地学著作目录选辑.....               | (174)       |
| 陈述彭教授简介.....                     | (186)       |
| 陈述彭著《地学的探索》(四卷)的自序.....          | (187)       |

编后语

# Table of Contents

|                                                                                                                                |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Geo-system and geo-information system .....                                                                                    | Chen Shupeng(1)          |
| Basic principle and method of complex atlas and<br>series maps designing and compilation .....                                 | Liao Ke(11)              |
| A systemized study of atlas design .....                                                                                       | Chen Yu(18)              |
| The design and compilation of the National Agricultural Atlas of China<br>.....                                                | Zhang Longsheng(29)      |
| Theoretical basis and practical experience of geographic-mapping .....                                                         | Su Yingping(37)          |
| Thirty years' hydrogeological mapping in China .....                                                                           | Wang Mingde(44)          |
| The development features and improvement proposals<br>of Chinese environmental mapping .....                                   | Xu Kanghui(53)           |
| Study and practice of map composition direct by dialectical materialism<br>.....                                               | Mao Jizhou et al. (57)   |
| Some enlightenments of geomorphological mapping idea .....                                                                     | Su Shiyu(62)             |
| Research and practice on geographical map-composition<br>of the special economic zone in China .....                           | Wen Chang'en(67)         |
| Some problems concerning the improvement of information transmission efficiency<br>in the design of the thematic atlases ..... | Huang Yongdi et al. (74) |
| Characteristics, hot points, structure and benefits of tourist maps .....                                                      | Fan Minghua(81)          |
| Tentative plan on the perfection of the coordinate system of the statistical graph<br>.....                                    | Gu Baoqing(89)           |
| Open up a research of map use, develop cartography .....                                                                       | Chen Youji(103)          |
| The case study of Zhejiang Province on measurment of land area .....                                                           | Yu Kangzai(108)          |
| Developing of cartography and geography information system .....                                                               | Fu Suxing(112)           |
| Remote sensing analysis and knowledge reasoning .....                                                                          | Zheng Wei(121)           |
| The method of mapping of serial maps from remote sensing images<br>and its far-reaching influence on cartography .....         | Chu Guangrong(127)       |
| Remote sensing analysis of urban spatial structure change and prediction<br>of development direction in Nanjing City .....     | Han Tongchun(132)        |
| The establishment and application of the geographic mapping database<br>by city/county unit in China .....                     | Liu Yue et al. (140)     |
| A research on raster based spatial analysis and guidance theory and methods<br>.....                                           | Cui Weihong(150)         |
| Establishment of geographic information system in Taihu Lake region .....                                                      | Zhao Rui(163)            |
| Graduate students education for cartography in department geography ...                                                        | Chen Bingxian(170)       |
| Selections of index of geologic monographs of Chen Shupeng .....                                                               | (174)                    |
| Recommendation of prof. Chen Shupeng .....                                                                                     | (186)                    |
| Preface of RESEARCH OF GEOLOGY (4 Volumes) .....                                                                               | Chen Shupeng(187)        |
| Concluding remarks                                                                                                             |                          |

# 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)

## 进步/分化/综合

人类认识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,积累也几乎是成几何级数增长的。例如人们大约花了上千年的时间才弄清楚大陆与海洋的轮廓。1547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年的地形测量和横贯大陆的探险活动,大约才有30%左右的陆地测绘了比较详尽的地形图,并且将西藏高原的经度缩短了 $2^{\circ}$ ,将地中海的经度缩短了 $5^{\circ}$ 。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,获得航空照片,在50年之内,就覆盖了陆地面积的70%。1957年发射地球轨道卫星之后,人类开始了从离开地面数百公里的极地轨道上以至36 500公里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,为认识和研究全球环境的变化,创造了空前未有的条件。

随着科学技术的发展,学科的分异和交叉也同样是加速度的、多层次的。最早是“天文”和“地理”分开。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蘖出人文与自然地理,然后分蘖出地质学、大地测量学、气象学、海洋学、地图(投影)学……等等。对地圈、水圈、生物圈进行比较深入的调查研究,19世纪末又交叉建立地球物理学、地球化学。在人文地理学方面分蘖出经济地理学、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,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。实质上,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。就地理学本身而言,它不仅过去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层各个圈层之间相互作用的最高层次的系统科学。

地理学漫长的历史发展过程,好像是一株丰产的母树,年复一年,开花结果,播撒它的种子,繁殖新的苗木;而它的主干又吸收新的营养,嫁接新的枝杈,仍然生机勃勃,不断萌发新芽。分支学科一批一批地成熟、分离、壮大,地理学的核心实质依然经久不衰、青春长在,并未势微或没落。

## “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,地理学发展的绊脚石。受到这些冲击之后,地理学界的反映,首先是走分化的道路。在苏联,自然地理学和人文地理学被割裂开来,认为是分别属于自然科学与社会科学不同范畴的学科,各不

相干。在英美,特别在美国,几乎置自然地理学于不顾,全力发展人文地理学:初则以人类生存学和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探讨,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。近年来“人与生物圈计划”、“地圈与生物圈计划”、“对地观测系统”的出现,已成为许多学科共同的热门话题。

这种冲击,也使得地理学不断扬弃那些远离时代的落后思潮,吸取先进科学技术的精萃,充实和壮大地理科学。不过,仍然保存着统一地理学的“合理的内核”。例如强调综合研究人地关系,强调区域单元与区域分异规律等等概念,则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时代的含义。例如景观、(地理单元)地理环境、地理圈、地理表壳、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,自然波及到中国的地理学界,结合中国传统的方志和图志兴废,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。长期致力于全球性的空间规律的研究,如墨卡托的世界地图和地图投影,洪堡德的世界气候区划。后来又受达尔文演化学说的影响,形成戴维斯的地形旋回、道库恰耶夫的土壤地带性、魏格纳的大陆漂移学说等,成为 20 世纪以前地理学术思潮的标志。我国地理学界的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 年代新中国的自然地理综合区划、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的实地考察为基础,强调微观的综合分析和地理要素的相互制约关系,以白吕纳的“人地学原理”、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,强调点、线、面,严格要求剖面观察、路线剖面和区域概念的基本功的归纳与演绎才能。在四五十年代的中国地理学界,受戴维斯地形旋回学说的影响,进行了许多出色的地文期的探讨;也引进斯坦甫的土地利用制图、河流开发或铁路选线的考察,开拓了地理学为工业和农业服务的新领域,使地理调查研究工作有所深化。

## 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,也深刻地反映了进步的地理学思潮:

(1)地图作为地理学的信息载体,始终兼顾自然与人文两个方面。地形图和普通地理图,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要素的相互关系与综合指标。制定了体现辩证统一思想的 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,信息量极其丰富,地形图和地形分析,例如沟谷侵蚀面的地形剖面重叠研究,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,例如相对地势分析用于土地评价、河流纵剖面裂点分析,为地理学研究提供了许多新的概念:我国地势三大台阶的概念替换了葱岭山系的概念,即其一例。

(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结构和景观单元的制图方法和理论。或是通过同一幅地图的多层面组合,或是通过一系列地图集内多要素分析与组

合,阐明地理综合体区域单元的内外物质迁移与能量转换的空间模式。各种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、区、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,国内外曾有许多水平颇高的大型区域综合地图集问世。我国30年代出版的申报地图和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巨大的建树,可与苏联、瑞典、英美等国家的同类作品相媲美。

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重要来源之一,这对于地理学调查研究来说,它不仅影响到技术和经济效益;更重要的是:

(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。在遥感信息的处理分析过程中,不仅需要光-电方法、数理统计方法,还需要有地学方法。由于遥感与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,地理学系开设了这门新的课程。英国建立了150个研究单位。我国已设置了17个遥感中心,180多个研究室(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;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,我们就提倡综合利用,并把它作为统一的信息源,进行系列制图。1963年在海南岛,我们曾经以1:15 000的航空全色(黑/白)像片,进行了三级比例尺包括坡度(组合)、土地利用、植被、土壤、坡度、地貌和地质多要素解译和地面实况的验证。1969年墨西哥制定了全国土地档案10年计划,日本、意大利也推行了类似的计划,而我国由于十年浩劫,延至1978年以后,腾冲、太原、三江平原和丽江等地区才继续开展更深入的系列制图实验,并推广到山西、河南、内蒙古等整个省区的规模。我国由于陆地卫星MSS和TM、气象卫星NOAA和NIMBUS资料的引进,先后出版了一系列地学分析方面的地图集或系列图,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,我国分析图集在地学分析方面,无论深度和广度均颇具特色。

(3)卫星遥感信息的全球覆盖和周而复始的特点,为地理学的全球性研究和地球动力学分析,创造了空前的有利条件。环境变迁的全球研究风靡一时。卫星遥感所提供的南极的臭氧洞,南北极的海冰消长,海平面的变动,地表的热场和风场,热带风暴与EL NINO现象,海面叶绿素含量,植被指数,绿波推移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,由定性到定位、定量,由宏观到微观的统一的现代技术保证。

## 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,为面临信息时代地理学的发展展示了更加宽阔的前景。近30年来,地理学界曾经多方面探索地理学的出路,试图借助于景观学、生态学、球境科学、海洋科学的优势,振兴统一地理学的活力。但地理学本身的理论、方法与对象问题,仍然没有彻底解

决,甚至产生悲观的论调和虚无主义的态度。而信息社会发展要求地理学的高度现代化,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。在这样的历史条件和哲学背景下,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”是一个多层次的巨系统。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形式的技术体系的支撑。这是对地理学的高度评价,鼓舞我们地理学界振作精神、奋发图强,在发展部门地理学的同时,还为体现地理学区域性与综合性的特色,为地理学适应现代科学技术的发展水平,共同作出艰巨的长期的努力。

统一地理学的思潮,在漫长的竞争与淘汰过程中,并没有由于部门地理学的分化和边缘学科的勃兴而被扬弃或有所削弱。而是在新陈代谢中得到继承和发展。它的实质带着不同的时代色彩顽强地渗透在各个部门学科中,以不同的形式表现出来。

地理系统渊源于统一地理学,是以崭新的哲学思维方法和高度现代化的技术系统为支撑的科学体系。它是现代地理学的理论核心。无论从研究对象、知识结构、思维方法和技术系统来讲,都体现地理学的进步与时代的特征。

地理系统研究人类赖以生存与生活 and 影响所及的整个自然环境与社会经济环境。把地理环境看作是一个运动着的发生和发展中的世界。它是多层次的循环系统、巨系统,由不同层次的若干分系统和子系统构成。每个子系统进行着物质迁移、能量转换与信息传输内部的循环;同时又参与高层次的外部循环。在空间上包括地球表层(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;有人将其中的过渡性作用细分为土圈;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;而地理系统则更多地着眼于圈层之间的界面(Interface)及其物质、能量与信息的交换。例如海—气交换与气候变化温室效应,海—陆交换与 EL NINO 现象,青藏高原对副热带内陆干旱区的影响等等,都是在部门地理学深入观测与系统分析的基础上,更多地把注意力集中到生态环境脆弱地带和人地关系高度复合地带,如海岸带、农牧过渡地带、冰缘地带……等等。这是现代地理学家最活跃的舞台。近年来,我国地理学家在这方面已经开展了很多工作,地理界出版了《自然资源》、《干旱区地理》、《区域综合规划》等新杂志即其一例。

地理学的知识结构,也决不局限于经典的地球科学的范畴,它广泛地吸取了现代先进科学思潮和技术进步的成就。50 年代前辈地理学家殷切期望加强数、理、化基础,经过两三代人的努力,现在基本上打破了历史的僵局,形成了崭新的格局。可见光、红外和微波遥感技术,声纳、人工地震和地磁引力方法已成为大面积勘测获取图像数据的物理手段;自动观测站网、全球科学数据库、地理信息系统和分析模型、专家系统等以计算机为主体的数学分析方法、生物地球化学方法已广泛地应用于环境地理学、医疗地理学、古地理学的研究之中。地理已经形成自己多层结构的科学体系。由外层空间到地壳深部、从海洋到大陆,建立了立体的对地表观测的信息网络。仅中科院就拥有 80 多个定位观测台站、卫星遥感地面接收站、高空气球和遥感飞机,建立了资源与环境信息系统国家重点实验室。逐步开展有关城镇体系、生态环境、自然灾害等多方面的信息系统应用实验。计划与北京大学、清华大学的计算机中心组成网络。这些都是在为地理系统解决数据获取、处理与模拟问题创造空前的有利条件。我们深刻地认识到:没有基础理论指导的技术是盲目的技术;没有先进技术支持的理论则是落后的理论。地理系统研究必须建立在深入的部门分析的基础之上。

从认识论的角度看,现代地理学也产生了质的飞跃。从前,限于地面观测的年代,地理学家

只能从点的观察和测量记录着手,把它联接成为线,再延展到面,归纳形成宏观的区域概念。即从局部到整体、从微观到宏观,这就需要较长时间的数据积累和处理过程。这一过程往往落后于自然变化过程的周期。在当时的历史条件下,地理学只能是静态的描述,只能探讨发生、发展过程和区域分布的规律;即使提出某些假说和预测,也带有很大的主观成分,很难取得验证或通过实验来再现。而现代地理学从系统的观点出发,则可以反其道而行之。例如地貌、土地利用,先通过卫星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详查;又如气候分析,先是通过台站网络的数据进行时空分析,然后参考历史案例进行模拟论证,提出灾情预报。按照地理系统的逻辑思维,这不仅更加符合人类认识自然的历史过程,而且更有利于促进微观与宏观认识上的统一,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,一般是由大比例尺缩编为小比例尺的,因而工程周期长;然而利用卫星遥感制图则可以先编制小比例尺地图,必要的地段再局部编制大比例尺地图。大大压缩了工程周期。亚马孙河流域 1:50 万遥感系列制图,只用 9 个月的时间,如果用常规制图可能需要 100 多年才能完成。加拿大在土地信息系统支持下,利用陆地卫星 MSS 影像更新一幅 1:25 万土地覆盖/土地利用图,只需 25 分钟。

地理系统的研究,不仅是地理学本身理论建设的问题,同时也是地理学解决国民经济实际问题的要害和关键。例如大兴安岭 1988 年的森林大火,固然是由于人为的原因,但所以造成如此严重的灾情,也与当时北半球西风带的干燥气候有关。当时西伯利亚和加拿大都同时发生了大面积的森林火灾。又如西南太平洋产生的 EL NINO 现象,导致南美安第斯高山的焚风和沙化的加强,加重了亚马孙河流域的旱灾。所以既要深入研究区域灾异的内因,同时也要从全球角度了解它的外因。把这些地理现象和事物看作一个系统,才能提高防灾救灾的预见性。

又例如我们呼吁黄河流域的综合开发必须统一领导和规划,当然是为了寻求解决水资源的补给与平衡,泥沙与洪水的调度,土地沙化、盐渍化的改善,防护林体系的保护等等经济建设问题。从地理系统来说,这个层次比单纯从工程上考虑梯级开发,南水北调,水土保持,生物防治,引黄淤灌等工程措施更是当务之急。但是我们还应该着眼于更高的层次,即青藏高原的隆起对于鄂尔多斯的沙化和黄土堆积及黄土重力侵蚀的影响;而黄河的泥沙对黄淮海平原的建造又与黄渤海海岸带的演变和油气田形成有不可分割的联系。这就是物质迁移与能量转换的内外循环在东亚季风区域的一个典型的地理系统模式,它与北欧、北美大陆冰盖区域的地理系统的过去、现在和未来的自然历史过程迥然不同,资源开发利用与环境保护对象的规划和管理,也就不能生搬硬套,而必须适应中国的地理环境、符合中国的国情。工程措施是有较大的通用性的,而工程选址和生态效益则是有更大地域性的问题,从而发展了新的分支学科,称为地学工程(Geotechnology)。地理系统应该在地学工程中,发挥高屋建瓴的理论指导作用。

## 地理信息系统

地理信息系统脱胎于地图,二者都是地理学的信息载体,同样具有存储、分析与显示(表达)的功能。其应用范围远远超出地理学的范畴。之所以称为地理信息系统,主要是由于它的特定性质属于空间型,而有别于其他统计型的信息系统。它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,然后是定性(分类)、定量,所以称为 Geocoded Data Base 或 Geo Reference Data Base。以这些定位数据库为基础发展起来,具备愈来愈完善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多种不同功能的、以地理表层为对象的信息系统,在 80 年代初期,美国大约有 2 000 多种信息系统,而属于地理信息系统的大约有 200 种。

地理学所致力地理现象的定位、定性与定量的分析研究,经历过了几个世纪的努力,只有现代化的地理信息系统才达到了比较完善的境地。例如古典的地理学侧重于地理定位和地理分布,托勒密的地理学指南主要是罗列地中海近 8 000 个地点的经纬度数据。随着几何、微分和拓扑数学的进步,人们设计了将近 300 种地图投影,以最大限度地保证定位精度,千方百计寻求解决地球上三维空间的二维表达及其转换,曾经取得了许多举世闻名的成果。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厘米级;而全球任何点位的三维检索系统的编码,如果延伸到 39 位,就可以达到 3 米的精度,无需经过复杂的投影及其转换。从这个例子我们可以看到,空间和电脑技术的引入已经有可能超越某些原来不可思议的障碍,甚至超前于几百年形成的一门传统学科。这是值得我们深思的。

地理信息系统具备多维的数据结构。如果必要的话,它可把全球或地域的大量自然因子和人文要素的属性,按照地理位置存储在电脑里面,建成关系数据库。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、提取或叠加。这些静态的分析功能,地理学家早已在地图上实现过;现代地理信息系统只不过是使用的数据量要超出原来好几个数量级,而且可以选择多种多样的对比方案进行快速运算,获取最优结果。但是,数据库不同于地图之处,在于它的更新能力要快得多。它甚至可以把整个地区或全球的地面观测站和海上浮标站建成网络,再加上遥感卫星周期性大范围的扫描数据,以及结合经济统计,通过实时传输、使数据库处在经常的更新状态之中;然后根据地理系统建立动力学模型,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。对于地理学研究来说,这就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,许多专业的分析模型和知识库还没有建立起来;或者说地理学语言和计算机语言之间还缺少接口,例如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,就不仅要求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。我们正在作初步尝试,前景是明朗的。地震预报、作物估产、找矿、找水的专家系统国内外都已屡见不鲜,甚至中医和文学家也走到我们前面去了。

现已有一些商品化的地理信息系统,例如 ARC/INFO, GRASS, Geovision 或 Intergraph 等等,都具备了若干分析功能;研究土地或人口的承载能力(Capability),环境评价的最优方案(Suitability)以及工程选址的可行性论证与辅助决策(possibility)等等,都有了一些简便的程序软件包可供使用。目前,由于数据库的限制,地理信息系统主要在城市、街区或农场、县、市等小范围内,解决商业服务点、地籍管理和管道监测之类的具体工程技术问题,如何扩大应用于区域或流域规划等的更为庞大复杂的地理系统,尚有待于地理学家举一反三、由此及彼,进行大量的试验工作,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。1980 年开始呼吁,几经周折,1983 年才组织调研,提出国家规范化与标准化的研究报告,剖析国际经验,针对我国国情,倡导共建共享的原则。目前各部门分别建成的全国数据库,已有人口、政区、地名及农、林、矿产、国土资源基本数据库;还有包括冰川、沙漠、湖泊、沼泽、土壤、植被等要素的自然环境数据库。全国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,不仅为研究自然区划专家系统或制订环境保护、灾害防治等专业区划,提供了分析评估和数值模拟所必需的背景值;同时也可作为我国部分全球变化科学数据库的基础。1985 年筹建资源与环境信息系统国家重点开放实验室,纳入国家攻

关计划,争取国际合作研究,积极开展应用示范系统的研究。针对“三北”防护林生态效益评价、黄土高原重沙区水土流失分析、长江中游和黄河下游洪水灾情预警、黄河新三角洲湿地开发、京津唐城市生态环境评估,分别建立了地形数学模型和多种地理要素的数据库,设计了一批分析软件系统。今后将致力于应用分析模型与专家系统的建立,以及微机系统的开发与汉化。在原有电脑辅助制图软件系统和区域地理分析系统的基础上,依据老一辈地理学家的丰富经验,探索研制自然区划、土地类型和土地资源评价等专家系统。

## 期 望

地理系统的研究,从地理科学发展的历史来看,可以说是经典统一地理学思潮的深化和升华。它从系统论的观点来重新认识地理圈(地理表层)的事物、现象和发生发展过程,理解物质迁移与能量转换内外循环的规律。由于地球运动时序漫长和空间广袤的特点,这些认识和理解主要通过微观的、点位的定位预测和宏观的、面上的对地观察系统来实现。采集各种地球物理与地球生物-化学场的背景数据和熵值变量,按照建立符合地球动力学分析模型的方法来处理这些信息、进行自然动态过程的模拟,需要根据地理学家的经验和知识,加以规范化和数字化,建立一些知识库和专家系统,才能对这些自动化水平很高的观测台站网或遥感平台所提供的极其丰富的数据,加以快速的处理,作出及时的反馈,以超过自然地理过程和区域发展的速度,赢得必要的时间对自然灾害和经济建设作出预测预报和评估,为区域开发辅助决策与规划、管理提供科学依据。这就是系统地认识地理规律,掌握地理信息,以控制地理环境为目的的逻辑思维过程。由此可见:地理系统是地理信息系统的科学依据;地理信息系统是研究地理系统的科学技术保证。掌握地理信息系统以研究地理系统,可以说是地理学现代化的必由之路。这是因为现代地理学的发展,必须掌握系统论、信息论和控制论的思想武器;必须运用对地观测卫星和航空遥感技术和自动定位观测台网络及计算机信息处理技术,才能适应区域开发宏观决策和资源开发与环境保护工程技术的的社会需求。可能这也是地理学适应社会改革开放的关键,决非一朝一夕之功,只有经过几代人的努力才能完成。要端正理论联系实际的认识,处理好近期效益与长远利益的关系,处理好传统地理学与吸收新兴科学技术的营养的关系,实现地理学的内部改革和对外开放,打破“地理学科”门户之见,扩展为“地理科学”体系。地理科学将是大有可为的。

我是1950年8月由浙江大学调来中国科学院地理研究所筹备处参加研究工作的。作为历史见证人之一,我认为新中国地理学的发展,从地理科学的当代趋向来剖析,50年来取得的成绩是令人鼓舞的;面临的挑战也是发人深省的。

(1)区域地理的调查研究始终坚持不懈,作为主战场任务,是符合我国国情的。地学同仁栉风沐雨、前仆后继,为国家经济建设和国防建设服务,直接为水利、铁路、农业服务,做出了不可磨灭的贡献;继续为国土整治、区域(流域)开发、环境保护、脱贫致富努力;成为促进经济地理、自然地理和地图学繁荣进步的社会动力,创立了一些新兴学科,推动了许多分支学科的发展,建立了与教学和产业部门密切合作的研究传统。数十年道路曲折,经历了候鸟式的路线考察、半定位观测和建立全天候定位实验台站的不同阶段,现在已经达到了全自动观测网络和全方位生产实验(生态-大农业基地)的现代化水平。目前的信息源相当丰富,国家即将建立科学信息联系中心,以大型计算机网络存储历年区域考察积累的科学储备和定位自动观测记录。长期高效率地为生态农业、区域开发与资源管理提供信息服务,前景是非常乐观的。

(2)全国区划和地理图志的研究工作,五六十年代曾经列为国家重大课题,加强了对兄弟

学科的渗透与合作研究。全国综合自然区划、全国农业区划、国家地图集和中国自然地理、中国经济地理志等集体成果,在国内外居于学术上的领先地位,取得了巨大的社会效益,促进了机构的建立和行业的发展。但在十年浩劫中挫伤了元气,一度停滞不前。虽然在国内外的学术评价很高,但在认识自然的基础上继续深入开展各种专业区划以满足工、农业和国防部门的需求却没有受到足够的重视,缺乏前进的社会动力。理论方法和指标体系及数据采集处理方法也落后于当时工程技术水平,难以适应宏观决策与工程设计的具体要求。这一高层次的信息服务领域不容忽视,需要重振旗鼓,继往开来,加强对区划逻辑推理和指标的研究,建立知识库和专家系统,以便利用已经建成的人口、经济、政区、自然环境(地形、水网、土壤、植被)的全国数据库,针对土地容量、环境评价、自然灾害、城市规划等重大建设问题制订区划和编纂图志。

(3)全球环境变迁与世界地理的研究应该急起直追。对外国区域地理的研究主要通过文献综述与考证来进行,目前在美洲自然地理和亚、非国家经济地理以及亚洲地图方面涌现出不少出色的作品,为维护国家主权和促进国际贸易做出了贡献。但受数十年闭关锁国的影响,缺乏实地考察验证的机会和实时更新资料的手段。全球性动态规律的研究工作也受到条件的局限。今天在改革开放的新形势下,我国积极参加到南极考察、“人与生物圈”、“地圈与生物圈”、“国际空间年”、“国际减灾十年”等等全球性研究计划的行列;面临着满足远洋航运、贸易、渔业和援助第三世界的社会需求。我们亟须加强全球环境变化与行星地理的研究工作。今天,环境卫星系列和全球数据库计划的实施,为全球性地理研究创造了空前的有利条件。首先从我国边境的一些国际大河流域、海洋盆地和极高山区的国际合作开发着手,迎接日本提出的“全球化阶段”的新挑战。充分利用卫星遥感和全球信息系统,加强地理信息的交流,发挥我国数千年历史记录和生产实践的优势,积极参与全球环境变迁的研究,为人类文明进步做出新的贡献。

### 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》,第19卷第1期,1953年
- [2]黄秉维:自然地理学一些最主要的趋势,《地理学报》,第26卷第3期,1960年
- [3]郑威:自然资源研究与航空像片分析,《地理学报》,第28卷第3期,1963年
- [4]陈述彭:地图学的若干现代特征,《地理学报》,第29卷第1期,1963年
- [5]左大康等:《气象卫星的辐射测量及其应用》,科学出版社,1966年
- [6]陈述彭:遥感,《现代科学技术简介》,科学出版社,1978年
- [7]何建邦:英国ECV自动制图系统述评,中国科学院地理研究所《地图制图自动化译文专辑》(第一集),测绘出版社,1979年
- [8]傅肃性:遥感图像处理系统在专题制图中的应用,中国科学院地理研究所《地图制图自动化译文专辑》(第一集),测绘出版社,1979年
- [9]陈述彭:《地图史话》,中国青年出版社,1981年再版
- [10]中国科学院遥感应用研究所:《海南岛航空像片判读文集》,科学出版社,1981年
- [11]李春芬:地理学的传统与近今发展,《地理学报》,第37卷第1期,1982年
- [12][德]阿·赫特纳原著,张兰生译:《地理学——它的历史、性质和方法》,商务印书馆,1983年
- [13]国家科委基础研究和新技术局:资源与环境信息系统国家规范研究报告,1984年
- [14]杜石然、曹婉如等:《中国科学技术史稿》,科学出版社,1984年
- [15]廖克、刘岳、傅肃性:《地图概论》,科学出版社,1985年
- [16]何建邦、张家庆:资源与环境信息系统的现状和规范化的若干问题(摘要),中国测绘学会地图专业委员会计算机制图组编《第2届计算机地图制图学术讨论会文集》,科学出版社,1986年
- [17]承继成、江美球:《流域地貌数学模型》,科学出版社,1986年