

# 论地图学的知识创新体系

齐清文

(中国科学院地理研究所地图室)

**摘 要** 地图学是一门既古老又年青的学科,在地球科学中起着十分重要的作用。本文研究了地图学的知识创新和知识增长的模式,制定了地图学的知识创新体系和研究方案,并讨论了三个核心创新点的实质、难点、创新途径等。本文认为,地图学的知识创新体现的是地图的科学价值的增殖,地图学的实际应用则体现了地图的社会功能的增强。地图学的知识创新方案应该包括从基础理论和应用基础理论研究,到技术创新,再到新产品开发和地图产业化的整个过程和体系。

地图学是一门既古老又年轻的学科,在地球科学中起着十分重要的作用。正如陈述彭院士所说:“地图是永生的!”中国科学院率先进行知识创新工程试点工作,为地图学的知识创新提供了宝贵的机遇。本文力图就地图学的知识创新问题阐述自己的观点,不当之处恭请地图学界前辈们指正。

## 1 地图学的知识创新和知识增长模式

地图学知识创新和知识增长遵循的是一条“基本编图实践→经验总结和理论升华→新的地图理论产生→制图技术创新→地图新产品开发→地图应用→新的需求产生→新一轮知识创新和知识增长”的模式(见图1)。其中涉及到五个地图学环节。这五个部分的互相联系、相互作用和相互渗透构成了从“地图学知识创新”到“地图学实际应用”再到“地图学知识创新”的螺旋式知识增长和升华过程,也反映了从科学技术与生产力之间的辩证转换过程,即地图学的知识创新是地图的科学价值增殖的过程,从它向地图应用和地图产业化发展体现了科学技术向生产力的转化;而从地图学的实际应用则实现了地图的社会功能及其功能增强,从它再向地图学知识创新阶段发展,反映了地图学实践经验总结向科学理论升华的再次理论提高甚至飞跃。

## 2 地图学知识创新体系和研究方案

根据路院长的指示精神,遵照陈述彭先生的指导意见,地图学知识创新体系(见图2)由五个方面的内容组成:一是国家目标,二是理论创新点,三是创新机制,四是技术系统,五为生产(产业化)平台和应用方向。为建立该创新体系并实现其预定目标,其研究方案涵盖了从基础理论到应用基础,到技术创新,再到产品开发,最后形成产业,这样一个大型的产学研体系。这是现代地图事业发展的最理想化的思路。现分别说明如下:

(1) 国家目标: 全球层、国家层和区域层数字地球中地学客体形象—符号模型(地图和信息图谱)的提取、系统化组织管理、传播与应用。它包括:

- 地学客体形象—符号模型(地图和地图信息图谱)的定义和构建;
- 地学客体形象—符号模型的抽象、提取和概括;
- 地图和地图信息图谱系统化组织和管理;
- 信息产品的传播和应用;
- 上述过程中的理论创新和技术创新。

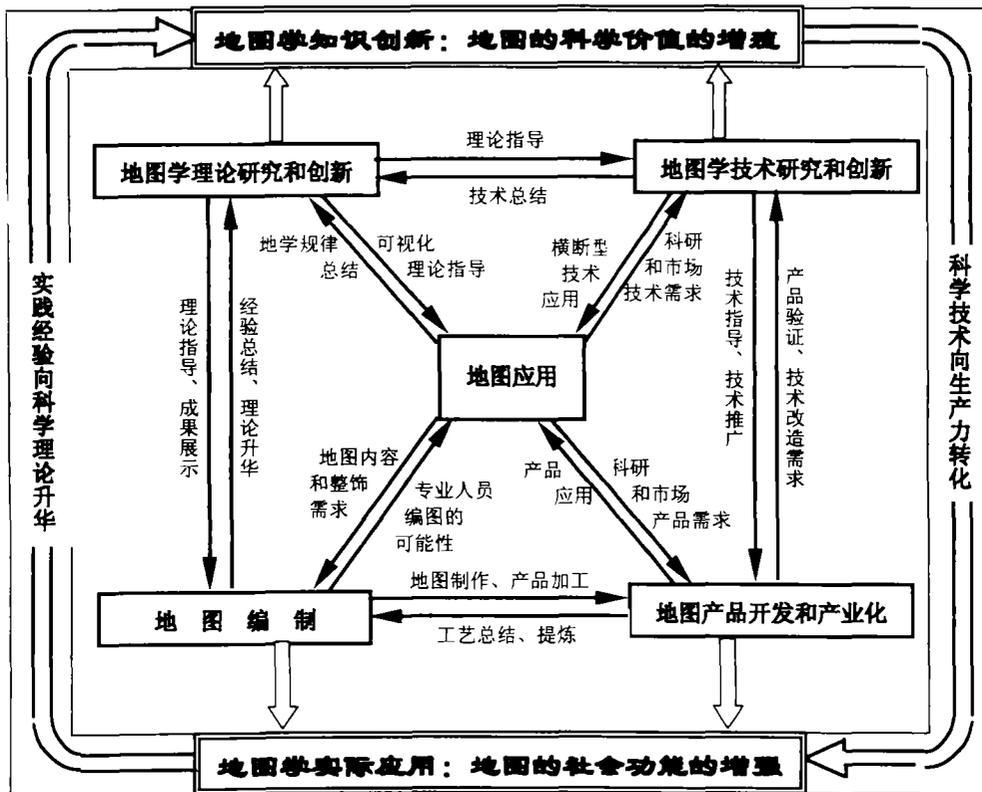


图1 地图学知识创新和知识增长模式

(2) 理论创新点: 以地图概括和地图信息图谱为核心的基础理论和应用基础理论创新点。包括:

- 基础理论研究:
  - 地图语言和地图认知
  - 地球信息图谱
  - 地图信息的传输理论
- 应用基础研究:
  - 地图概括的理论和方法

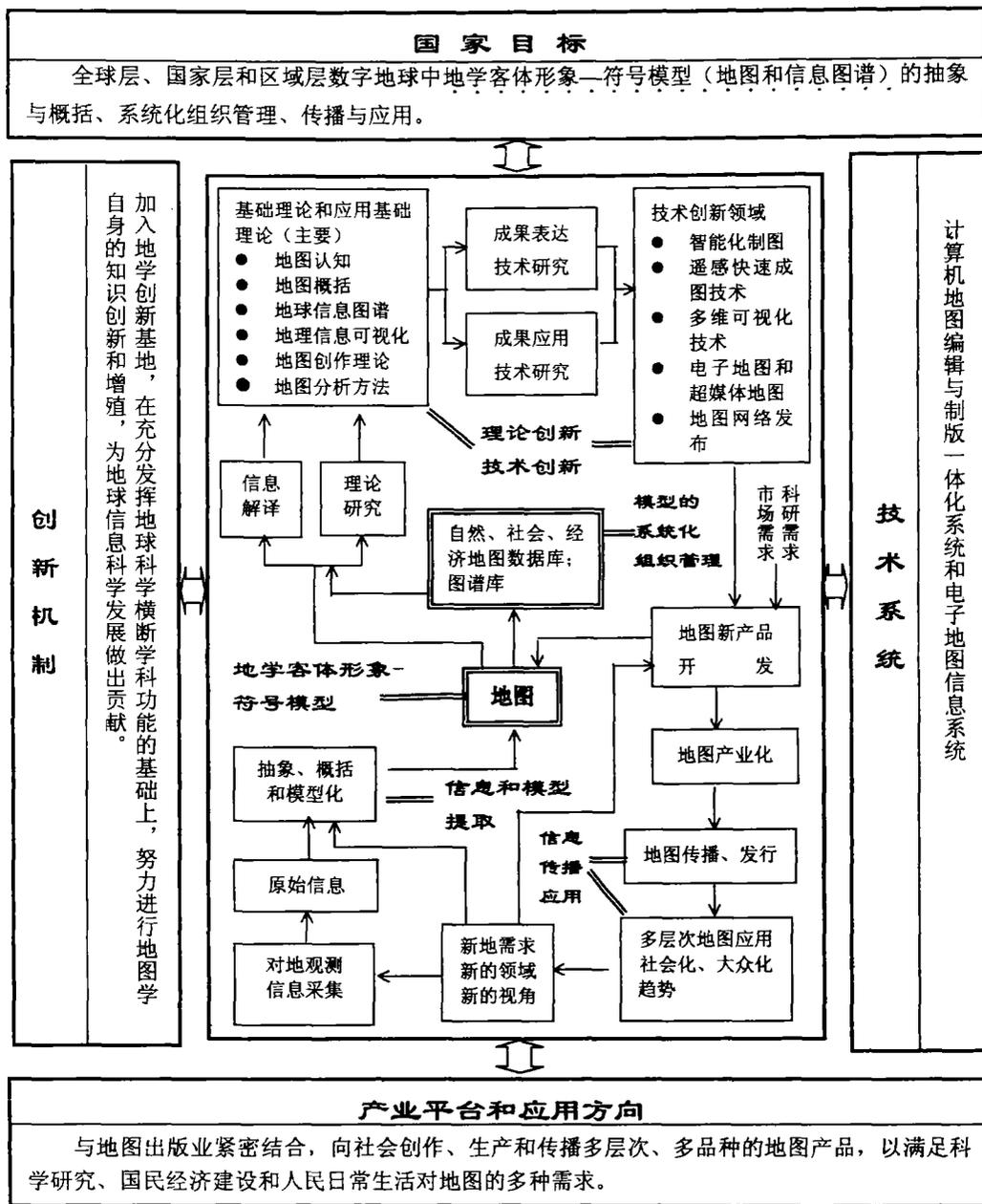


图2 地图学知识创新体系及其研究方案

- 综合制图与地图集编制的理论和方法
- 地图可视化的理论和方法（地学信息的多维形式表达）
- (3) 技术创新点：以地图制图自动化、遥感信息快速成图和网络地图发布等为主的一

批前瞻性技术创新点。包括:

- 地图制图(包括地图概括)的自动化(包括智能化)技术
- 遥感信息快速提取和成图技术
- 地理信息多维可视化和虚拟现实技术
- 电子地图(多媒体光盘地图)的制作技术
- 网络地图发布的技术
- 数字地球的的标准化信息框架的建立

(4) 创新机制: 加入地学创新基地, 在充分发挥地球科学横断学科功能的基础上, 努力进行地图学自身的知识创新和增殖, 为地球信息科学发展做出贡献。采用“首席科学家制”或“学科带头人”制, 在分列的几项创新点上组成梯队, 集中突破, 取得一批在国内外有较大影响的理论和技术成果。

(5) 技术系统: 以计算机地图编辑与制版一体化系统和电子地图(集)制作和浏览系统为主, 辅之以图象处理和识别软件、智能化支撑系统软件等。目标是要保证满足理论创新、技术创新、产品开发、产业化发展等的需要。

(6) (产业化) 生产平台和应用方向: 与地图出版业紧密结合, 向社会创作、生产和传播多层次、多品种的地图产品, 以满足科学研究、国民经济建设和人民日常生活对地图的多种需求。

- 产品开发和应用方向包括:
  - 能够促进科学研究成果传播的地图产品
  - 能够带动政府、企业和社会团体信息发布的地图产品
  - 最新大众化的地图产品的开发
- 地图产业的发展方向:
  - 与地图出版的紧密结合
  - 与地图信息网络传播的结合
  - 与地理资讯业的结合

### 3 地图学主要创新方向分析

地图学的理论创新和技术创新内容很多, 这里对其中主要的、核心的三个方向作一详细分析。

#### 3.1 地图概括

##### (1) 基本概念

地图概括又名制图综合, 是地图学的三支柱之一。它是指当从较大比例尺地图或地图数据库派生出较小比例尺地图或数据库时, 受图面信息载负量限制和数据库用途的影响, 所采取的地图或数据内容选取、质量概括(类型合并)、数量概括(等级简化)、图形概括(光滑、图斑合并、图形退化、特征夸大等)、地物间协调(移位)等措施。地图概括是地图编制过程中必不可少的创造性劳动, 因为地图作为实际地物的模型, 其本身就是经过对客观现实的抽象、概括和模型化后才产生的; 从实际地物到地图与从较大比例尺地图到较

小比例尺地图,其中所发生的地图概括的意义是相同的。

#### (2) 科学意义

地图概括的自动化一直是地图制图自动化的瓶颈问题。近十年来,随着地理信息系统的兴起,它又成为多比例尺GIS中的重要研究内容,并与多比例尺多重表达(或显示)问题紧密相关。目前,它成为国际地球信息科学中的重要和前沿的基础理论和应用基础理论课题,引起国内外地图学界和GIS领域的广泛关注。因此,对该问题的研究,具有重大的科研价值、深远的理论意义和应用前景。

#### (3) 问题的难点

地图概括问题的研究之所以一直未能取得突破性进展,主要原因在于该问题对于人脑判断的高度依赖性。也就是说,由于在地图概括过程中需要对客观对象的空间分布格局、时空复合特征等进行结构识别,对适用于此时此地的概括措施进行过程判断,对所需要的操作项的数学模型和知识法则做出工具选择,对于地图概括结果进行地图适应性、地物间协调性、表达清晰性与内容完整性的统一等方面的概括质量判定。这一切的解决在常规制图中是依靠人脑来判断,但在计算机制图或GIS环境下则需要使用人工智能的方法加以解决。在地图概括过程主要靠人脑的模糊判断、人们还不能清晰整理和阐述该过程中的知识法则的今天,欲解决自动化的地图概括问题,难度可想而知。

#### 4) 创新途径

在地图学知识创新体系中,地图概括问题被列为第一主题。要想在此领域有所创新,须按照以下程序进行研究:首先,对客观实体的地学规律进行深入透彻地研究,特别是要分类、分区域地掌握地物空间分布规律(包括空间等级体系、非规则空间图形结构、空间分布密度对比和距离对比、空间拓扑关系等);其次,总结和归纳地图概括中所涉及的所有指标和知识规则,建立地图概括指标体系和知识法则,用于描述地图概括的各个环节和各项操作步骤;第三,建立专家知识库,解决地图概括的过程所连接的智能化判断问题;第四,研究地图概括过程的各项操作算法,找出适合不同场合的最优化概括操作数学模型;最后,开发和研制GIS环境下智能化的地图概括软件。上述过程的核心是对地理规律的认识和理解,并以形式化的方式对其进行精确描述。这是本项研究和创新的根本出路。

#### 5) 应用前景预测

地图概括的研究成果具有十分广阔的应用前景。主要的应用有:1)为地理、测绘、城市建设和规划等学科和部门解决专题地图编制过程,或目前国内正在建立的各种专业GIS中的从一种大比例尺图自动派生出一系列中、小比例尺地图的难题;2)可满足GIS数据分析时对特定空间尺度的数据对象的需求;3)可用于来自不同数据源的多种比例尺数据之间的融合或匹配;4)主导数据库多重表达技术可为电子地图在屏幕上缩小图形和开窗放大时的地图要素自动的实时概括与实时详化填充提供有力的工具。

### 3.2 地球信息图谱

#### 1) 基本概念

“谱”是按照对象的类别或系统,采取表格、图形或一些比较整齐的形式编辑和排列起来的系列,用于直观表达某些事物,同时具有一定的指导作用和规范化框架作用。谱的特点是:其一,分门别类,按照一定的规律排列;其二,总有一个自变量,一个(或二个)因

变量。按照变量之间的相关或组合而变化;其三,一个谱系是一个规范化的框架,它能够涵盖所有的特例。即每个个体都能够在这个谱系中找到自己的位置。

地球信息图谱是按照一定指标递变规律或分类规律排列的一组地图。与一般的“谱”不同的是,每幅图可以有自己的抽象“映象图”。对于一个区域来说,图谱就是一个规范化的框架。每种个体现象,只要形成了图,其抽象映象图总与图谱中的某个抽象映象相同。因此,一个地区的图谱反映了该地区的基本本底模式和发展、变化规律。例如基本河流河网格局图谱、河网拓扑图谱、交通道路网络图谱、离散点空间分布系列图谱等。

## 2) 科学意义

“地图信息图谱”是著名地理学家、我国遥感和地理信息系统发展的奠基人陈述彭院士首次提出的,是我国科学家的首创。它既是一种地理复杂客体的时空分布的表达方式,又是地球信息科学中的具有创新意义的新概念和科学研究方法。首先,它以各种不拘形式的图形,简炼而深刻地概括和反映了地理客体的空间分布规律,例如“山”字形、“歹”字形勾划出我国几种地质构造的空间结构,“三纵四横”的图形描绘了我国铁路网络分布格局,等等。其次,地理信息图谱能够以时间、专题、空间范围、数量指标、空间维数等各种指标为“谱”的横坐标,以空间分布格局、强度(例如遥感信息谱)、征兆、自然—社会—经济评价诊断结论和预测预报方案为纵坐标,建立起多尺度、多分辨率、多专题、多时间序列、多维、多种用途的“信息多重表达”。这不仅是为了全方位地表达了地理现象,更重要的是为指导国民经济的空间布局 and 区域规划行为提供了重要的科学依据,因此它是高层次上的地理信息表达和研究手段。

## 3) 问题的难点

研究和建立地理信息图谱的难点表现在以下几方面:

- 图谱归纳、整理和穷尽各种特例的困难——从千变万化的不规则的地理分布图形中归纳出相对规则的、有规律的图形及其谱系,而且还要力图穷尽种种特例,是十分困难的。

- 制定图谱各种描述参数的困难——在归纳出某种抽象映象图后,为了便于掌握其特征,还必须用较严格的参数来加以描述,例如拓扑节数,聚集强度值,网络连通性、汇流丰枯遭遇参数等。这也是十分困难的。

- 地理信息图谱应用中的困难——地理信息图谱在地学中应用的方式有两种,一是人工判断某一区域的地理环境与图谱中的某一(或几个)抽象图形相对应,进而应用该抽象图形的特征参数值来描述该区域的具体环境。这在操作时尚属容易。然而在计算机地图学和 GIS 迅速发展的今天,上述人工判断方法必定不能满足需要,必须将这种识别和操作纳入计算机环境或 GIS 环境中。这就涉及到计算机对于图谱的智能化识别的功能。目前这种功能尚没有很好地实现。

## 1) 创新途径

为实现地理信息图谱的知识创新,拟采取以下途径:

首先,深入研究和挖掘地理空间分布规律,尽可能多地总结和归纳各种地理信息图谱。以资源环境信息图谱为例,可总结和归纳出基本资源环境条件图谱、地理区位图谱、资源环境演变图谱、资源环境对策图谱、地区间经济联系图谱等。

其次,深入研究各种图谱的形式化特征,制定出较严格和详细的描述性参数;

再次,研究和开发计算机对图谱的识别功能,研究在 GIS 环境下的使用地理信息图谱的手段;

再次,对图谱进行实地验证,进而判断所归纳的图谱是否科学,并加以修改和完善;

最后,将地理信息图谱纳入地理虚拟现实工具和机制中。这将大大增强和拓展人类的地理研究手段。

#### 5) 前景预测

虽然地理信息图谱的目前还处于概念研究阶段,但其前景辉煌的。对它的研究,不但能够深化人们对于地理客体和现象的认识和理解,彻底摆脱人们对于地理环境规律“说不清”或“有规律但描述不清”的状态,而且其研究成果必将成为地图学或地球信息科学崭新而强大的研究手段和工具。加之它虚拟现实手段的结合,更能使地理学从定性描述向量化、规范化、系统化、理念化、谱系化和动态化方向迈进一大步。这将对地球科学的知识创新做出实质性的重要贡献。

### 3.3 地理信息的多维可视化

#### 1) 基本概念

地理信息的多维可视化是指采用 2.5 维、3 维、4 维等地图表现形式来反映地理客观的多维特征。其中 2.5 维形式是图面上有隐藏部位的鸟瞰式地图表现形式,又称“假三维”;3 维形式则是真正的三维立体显示;4 维是除了三维立体以外,再增加一维属性值(一般是时间维);多于 4 维的依此类推。

#### 2) 科学意义

地理信息的多维可视化在地球科学中具有重要意义,它对于动态地、形象地、多视角地、全方位地、多层面地描述客观现实,对于虚拟化研究、再现和预测地学现象,都有突出的方法论意义。特别是在地质科学中真三维地反映地下矿体、矿脉(例如含油体、含水层、金属矿脉等),能够帮助人们发现用常规手段难以发现的地质现象和矿藏;在大气科学中用 4 维(真三维加时间维)形式表达气旋、龙卷风、降水云系的发生、发展和演化过程;在地理学中用 4 维方式模拟整个河床内洪水的流动、涨落、对河堤的侵蚀,以及决堤后封堵决口时的水下状况,等等,都具有十分重要的科学价值和明显的实用意义。

#### 3) 问题的难点

地理信息多维可视化的难点在于:①地图的“承载面”本身是一种二维的平面,因此地形图中用等高线的二维方式来反映三维起伏地面,立体感不强;而鸟瞰式的 2.5 维立体图虽然有很强的立体感,却仍然以损失实地精确定位精度为代价,同时也不能反映出“背面”的隐藏地物;②常规地图是静态的表现形式,凭单幅地图难以反映动态变化。

#### 4) 创新途径

本项研究将以计算机地图制图环境为基础,力图探求电子地图中多维信息的多维可视化方法。解决途径:一是研究新型的多维表达的地图符号和语言,二是研制能够进行虚拟表达的多维可视化软件,三是寻求用多维图解的方法反映多维地理信息。

#### 5) 前景预测

该方向的研究成果将在地球科学研究、国民经济建设、大众化地图等方面得到广泛的应用,因此具有十分广阔的前景。

### 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) p. 192—202, 科学出版社, 1992 年。
- [2] 廖克、刘岳、傅肃性, 地图概念, 科学出版社, 1985 年。
- [3] [前苏联] K. A. 萨里谢夫著, 李道义、王兆彬译, 廖克校, 地图制图学概论, 测绘出版社, 1982 年。
- [4] [前苏联] A. M. 别尔良特著, 李建新、候存治译, 徐省三校, 地图——地理学的第二语言, 中国地图出版社, 1991 年。
- [5] A. H. 罗宾逊、R. D. 塞尔、J. L. 莫里逊、P. C. 墨尔克著, 李道义、刘耀珍译, 高俊校, 地图学原理, 测绘出版社, 1989 年。
- [6] 卢良志, 中国地图学史, 测绘出版社, 1984 年。
- [7] 陈述彭、曾杉, 地球系统科学与地球信息科学, 地理研究, Vol. 15, No. 2, 1996 年。
- [8] Alan M. Maceachren and D. R. Fraser Taylor, Visualization in Modern Cartography, 1994.
- [9] 齐清文、刘岳, GIS 环境下面向地理特征的制图概括的理论和方法, 地理学报, Vol. 53, No. 4, 1998 年。
- [10] 牛文元, 理论地理学, 商务印书馆, 1992 年。
- [11] 齐清文, 面向地理特征的制图概括——在 GIS 环境下的理论、方法与实践 (中科院地理所博士学位论文), 1996 年。
- [12] 齐清文, Geoinformatics 领域的集成化和信息多重表达——理论模式、技术方法和应用实例 (清华大学博士后研究报告), 1998 年。

## 《重大事故隐患及重大危险源 信息管理系统研究》项目鉴定

1998 年 12 月 17 日由北京市科委主持, 对《重大事故隐患及重大危险源信息管理系统研究》召开评审会议, 课题成果被评为“国际先进水平”。

该项目利用最新年代航空遥感资料, 采用计算机数字镶嵌技术, 将大面积大比例尺 1983 年的老电子地图与对应遥感影像套合, 修编成现势性强的“电子影像地图”; 利用 MAPGIS 软件平台, 对已有的“重大事故隐患及重大危险源信息”数据库 (两个), 及遥感影像图库, 海量多比例尺地图库 (三个) 和事故隐患管理、处置所需特殊功能进行了 GIS 系统的开发、集成; 在技术上实现了地图、影像、标识属性、库表连续动态可视及维护等应急功能。

承担该课题的北京市工商及职业危害预防中心和北京长地计算机公司团结一心, 克服重重难关, 仅用了 7 个月的时间, 超计划完成了项目任务, 受到了专家组的一致赞誉。