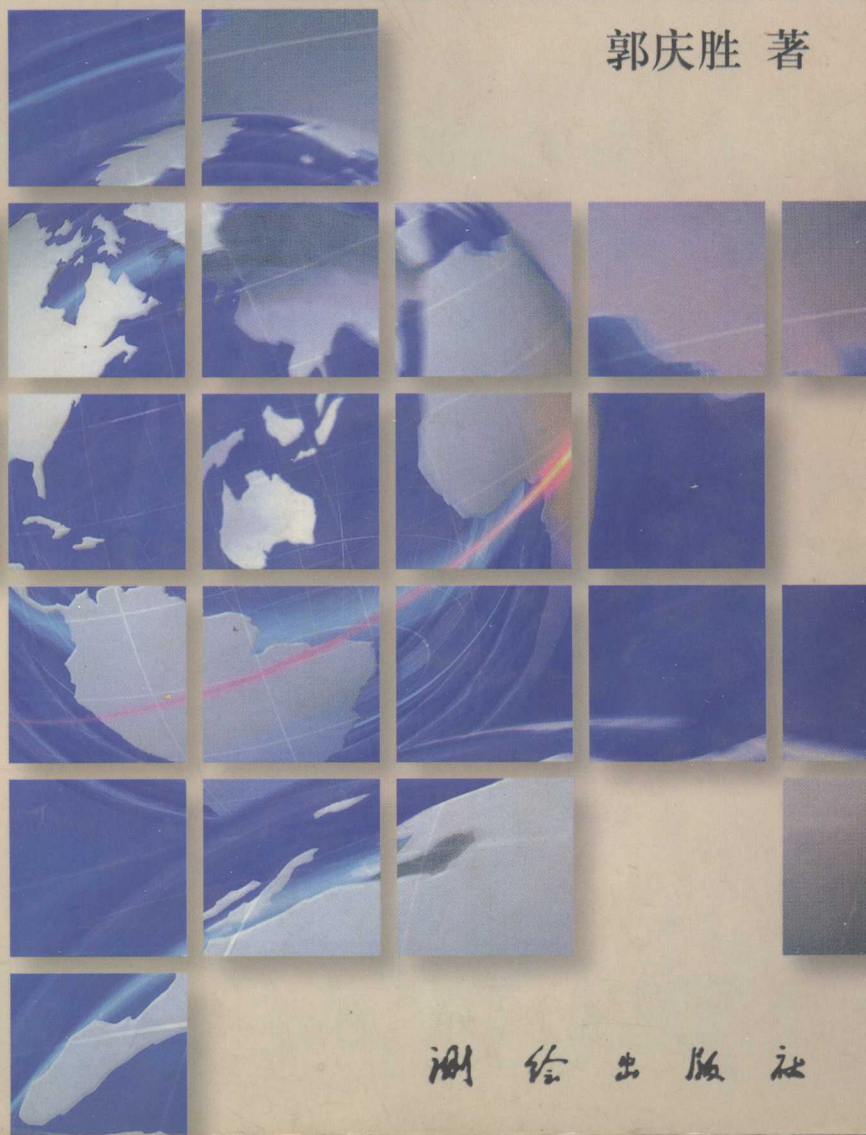


测绘科技专著出版基金资助

地图自动综合 理论与方法

郭庆胜 著

DITU ZIDONG ZONGHE LILUN YU FANGFA



测绘出版社

测绘科技专著出版基金资助

地图自动综合理论与方法

郭庆胜 著

测绘出版社

· 北京 ·

内容摘要

本书是根据作者的博士论文改写而成,是作者在地图自动综合方面的研究成果。其主要内容包括:地图自动综合的新概念理解、可解性和问题分解的策略;地图自动综合的基本算子分析、新系统概念框架的建立;矢量型空间目标的空间关系分类和空间关系在地图自动综合过程中的等价性、模糊性等;地图自动综合知识的分类与混合型表达方法;线、面的空间特征获取;渐进式图形综合方法;点群的结构化及其应用;等高线的层次关系建立和渐进式图形综合;河系的特征分析及其空间特征自动识别等。

本书可为地图专业人员及其他与地图有关的专业工作者提供参考,也可用于地图学与地理信息系统专业高年级本科生和研究生的教学。

图书在版编目(CIP)数据

地图自动综合理论与方法/郭庆胜著. —北京:测绘出版社, 2002.7

ISBN 7-5030-0981-0

I. 地... II. 郭... III. ①自动制图—基本知识
②综合制图—基本知识 IV. P283

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 10290 号

测绘出版社出版发行

(100054 北京市宣武区白纸坊西街3号 (010) 63510007)

三河市艺苑印刷厂印刷·新华书店经销

2002年7月第一版·2002年7月第一次印刷

成品尺寸: 148×210·印张: 6

字数: 158千字·印数: 0001~2000册

定价: 16.00元

前 言

地图自动综合是地图学理论的核心问题之一，地图学家与地理学家在长期探索和研究的基础上，积累了大量的经验，取得了丰富的研究成果，但是大部分地图学家和地理学家认为地图自动综合或地理信息的自动综合是无解的（或非常困难），也就是说地图综合很难自动化。本书针对地图自动综合的有关问题进行了详细的分析，试图找到地图自动综合的解决方案。该问题的解决不仅对地图综合本身有重大意义，而且对地理信息的可视化、地理信息系统的建立有深远的影响。“综合”一词的使用频率非常高，综合是一个思维过程，人们在对自己所接收的信息进行处理时，往往需要通过综合才能理解其本质特征，例如，给一篇文章写摘要需要“综合”，这是对自然语言的综合。对于地图而言，其综合从本质上讲，是用图形概括地表达一些地理信息，这些信息是二维的，甚至是多维的。在日常生活中，识别一个人的面貌时，是以他的特征为基础的，也就是说，某人的面貌这一个图像在识别者的大脑里通过综合，得到了面部图像的特征信息。图形语言的综合同文字语言的综合是明显不一样的，地图的综合主要是针对图形语言中的地图语言的综合，地图语言描述地理信息，因而地图综合是对地理信息的综合，其综合目的是以地图的形式可视化地理信息，以适应地理信息的有效传输，当然地图综合还有其它目的。本书在分析了现代地图学基本理论的基础上，提出了地图学的核心理论问题，并进行了详细探讨。地图综合是地图学理论之一，为了适应现代地图学的发展，必须解决地图自动综合问题。本书分析了大量现有地图自动综合的研究成果，找出其优缺点。针对地图自动综合这一个大问题，

提出了先分解问题，然后逐步解决的方法。地图综合是一个既有科学性又有艺术性的问题，它是利用“小空间”来表达“大空间”。

由于地图自动综合问题本身的复杂性，本书中的观点、方法难免有不足之处，敬请提出宝贵意见。

本书在写作和出版过程中得到了很多专家和学生的帮助，毋河海教授毫无保留地传授他的专业思想和新观点，有很多专家提出了很宝贵的修改意见，我的几位研究生帮忙进行文字编辑等等，在此向他们深表感谢！

作者

2000 年 3 月

目 录

第一章 地图自动综合的观念与现状分析	(1)
§ 1.1 地图综合是地图学的核心问题之一	(1)
§ 1.2 地图自动综合的哲学思考	(10)
§ 1.3 地图自动综合现有成果分析	(21)
§ 1.4 本章总结	(37)
第二章 地图自动综合的新系统概念框架	(38)
§ 2.1 地图自动综合的问题分解和基本算子集合	(38)
§ 2.2 地图自动综合系统的概念框架设计	(50)
§ 2.3 本章总结	(54)
第三章 矢量型空间目标关系	(55)
§ 3.1 地图要素空间关系的分类	(55)
§ 3.2 地图综合中空间关系转换的原则	(72)
§ 3.3 地图综合中空间关系的应用策略	(77)
§ 3.4 本章总结	(79)
第四章 地图自动综合知识	(80)
§ 4.1 地图自动综合知识的分类	(80)
§ 4.2 地图自动综合知识的形式化方法	(84)
§ 4.3 地图自动综合知识的获取方法与应用策略	(91)
§ 4.4 本章总结	(99)
第五章 线和面的渐进式图形简化方法	(100)
§ 5.1 线状要素图形综合的渐进式方法	(100)
§ 5.2 线状要素空间知识的获取与应用	(111)
§ 5.3 曲线特征的自动分段	(116)

§ 5.4	面状要素图形简化的渐进式方法	(121)
§ 5.5	本章总结	(128)
第六章	地图要素群的空间特征推理及其应用	(129)
§ 6.1	点状要素群的结构化与自动综合	(130)
§ 6.2	等高线的结构化与渐进式图形综合	(135)
§ 6.3	河系空间关系的自动推理	(150)
§ 6.4	本章总结	(153)
第七章	总结与展望	(154)
§ 7.1	总结	(154)
§ 7.2	地图自动综合的展望	(156)
主要参考文献		(158)

第一章 地图自动综合的观念与现状分析

§ 1.1 地图综合是地图学的核心问题之一

地图学理论从 60 年代至今，一直都在不同方向上发展，主要表现在不同理论方法的提出和不同数学方法及概念的应用。但地图学理论应当趋向统一，或者能相互补充，形成一个完整的理论体系。俄罗斯的 A. M. Berlyant (1994) 提出，“伴随着一个时期成果综述的冲击，不同思想与方向逐渐会聚，一般而言，为理论研究的一些压缩。80 年代早期，由于各种原因，一些概念（亚地图制图学、标准制图学等）从本质上停止了发展，随着 90 年代的到来，人们可以清楚看到一个综合的趋势，最为重要的是认知、传输与语言概念的空前增长的融合”，他同时分析了大量的地图学理论方面的文章，并进行统计分析，从他绘制的“50 年间地图制图学理论思想进程图”中可以明显看出地图学各种理论的融合。

现代地图学理论概念的起源可追溯至本世纪 40 年代早期，那时把地图制图学理解为一门认知科学。其后，在 50 年代中期，有关制图研究方法作为一种了解周围世界的工具的重要思想得以清楚形成，可以推测，认知概念在这个时期得以显著发展。60 年代中期至 70 年代早期，鲜明地记录了理论思想真实的朝气蓬勃的进步，这是亚地图制图学、地图传输、地图语言等概念的形成时期，是各种思想与新科学概念的产生时期。在这个时期，关于理论与方法问题存在着错综复杂的争议、激烈的讨论与相反观点的冲突。也正是在这些年间，理论思想的基本准备得以完成（A. M. Berlyant）。为了进一步分析地图学理论的本质，下面将首先介绍一些现代地图学

理论的基本概念，然后分析各理论的优缺点及其应用范围，从而提出作者试图说明的观点：地图学理论应趋向统一，形成一个完整的理论体系，解决地图学的本质性问题。

一、现代地图学理论的一些基本概念

地图学理论的探讨有很多是概念性的，也有一些方法论问题，其中最根本的一个问题是地图与地图学的概念问题（D. R. F. Taylor, 1992, 1994; A. A. Lyutyy, 1986; A. M. Berlyant, 1994; N. L. Beruchashvili, 1987; J. B. Krygier, 1995; J. P. Grelot, 1994; J. Crampton, 1992; Wang Zhizhuo, 1996; K. A. Salishchev, 1985; David Bickmore, 1987; A. H. 罗宾逊等, 1989）。从这些文献中可以看出，地图学在信息时代，其研究内容和研究方法发生了很大的变化，这些分析与探讨应当属于地图哲学的研究范畴，类似于化学哲学、物理哲学等。由于受新思想、新理论的冲击，地图学理论中出现了很多不同的观点，下面对其本质作一简单的介绍，以便对它们进行比较分析。

1. 以信息论为基础的地图信息论和地图信息传输论

它的前提条件是地图科学是空间信息表示的科学，是信息科学的一个独立分支。地图是一种信息通道，是一种交流工具；制图综合是信息的压缩，不可避免地涉及到信息的丢失。地图研究者提出了很多地图信息传输模型，设计了很多地图信息的计量方法，并对传输过程中信息丢失进行评价，建立了很多基于信息量计算的地图综合选取模型和专题地图数据处理模型。其理论研究的主要方向是：信息制图表示的方法和原则的发展；制图自动化理论的发展；地图感受问题的研究；信息传输过程中的评估；地图作为描述信息的工具的改进等。以地图信息传输为基础，很多学者提出了地图科学的学科分支体系，从方法论上扩展了地图科学的研究领域。地图感受论就是为了进一步提高地图信息的传输效率（I. V. Garmiz 等, 1988; James R. Antes 等, 1985; A. M. MacEachren 等, 1992;

Michael W. Dobson, 1985; Mark Monmonier 等, 1994)。

2. 以图形语言(图式语言)为基础的地图语言概念

近几年来,对地图语言这一概念的研讨非常多(D. Ucar, 1992, 1993; J. Pravda, 1993; Wolodstchenko, 1995; Schlichtmann 等, 1995; Lan Pratt, 1993; J. P. Ramivez, 1993; A. M. Berlyant, 1995; David M. Mark 等, 1989, A. A. Lyutyy, 1986; Rodney V. Gerber, 1981; Hansgeorg Schlichtmann, 1984)。其主要观点是地图学是地图语言的科学,地图由地图语言系统编制而成。David M. Mark 等(1989)指出,地图描述空间信息,一些空间概念是通过空间语言来表达的,如左、右、上、下等,地图语言中就有空间语言(spatial language)。人们也常称地图是地理学的“第二语言”。由地图语言这一基本概念引伸出了地图语义学等(还有称:地图语言的语法、语义和语用),也有学者称此为地图符号学,即地图语言是符号学的一个分支(A. M. Berlyant, 1994)。

3. 以认知科学为基础的认知地图学

认知(cognitive cartography)这一概念已广泛地被地图学者所认识,在计算机视觉领域,以认知为基本思想,发展了图像理解。在地图学中,早在本世纪40年代就已形成(A. M. Berlyant, 1994),并得到了充分的发展,其基本观点是地图学是通过地图制图模拟周围现实的认知科学,一幅地图是一个现实的图形符号化模式,地图综合是一幅地图上所表示的要素有目的的选择与综合的过程,其促进了最重要要素及其关系的探测,以及大量新信息的获取。以认知为基础,地图学者对地图设计进行了详细的探讨(J. Ronald Eastman, 1985),地图模型论也属于认知地图学(G. Parkhomenko 等, 1995)。

4. 从哲学的高度提出亚地图学

它的基本思想是把前面所提到的一些基本思想融合在一起,形成地图学的基本理论框架。此概念最早由 A. F. Aslanikashvili 提出

并用来把认知地图学理论思想和地图信息传输论结合起来,取长补短。但1962年William Bunge在他的《理论地理学》一书中提出了metacartography(有的学者翻译为超地图学或元地图学,metacartography)这一个概念(A. B. Berlyant, 1994),它的解释是,亚地图学可以扩展到任何几何结构的研究,它不直接关心地图的编制和地图感受过程中的心理学特征,而是从它们之中找到描绘空间特征的特定的内容。

5. 以视觉感受接收信息为基本思想的“可视化”

在纸质地图编制与应用时期,并未很关注此概念,随着数字地图生产和地理信息系统的广泛应用,以及国内外学者对“科学可视化”的关注,地理信息的可视化成为学者们研究的重要课题之一。有的学者把“可视化”(visualization)看成是地图学的核心,如D. R. F. Taylor的地图学三角形结构,他把空间数据的处理同地图制图可视化(cartographic visualization)紧密结合在一起,并把可视化与地图制图形式化(cartographic formalism)、地图信息传输(cartographic communication)和地图认知与分析之间的关系进行了详细分析。地理信息可视化产品中最重要的是地图,在数字环境中地图的生产(制作)与阅读环境发生了变化,因而人们以可视化这一概念为出发点,进行了一系列的研究工作,如制图方法的改变(Morrison, 1994),地图科学与地理学、地理信息系统的关系(Taylor, 1993),地理信息系统中的地图设计(Krygier, 1995),时空信息的地图表达(Zhilin Li, 1994),地图学中的知识问题(Taylor, 1994),地图设计理论(Fisher等, 1993),动态制图(Mark Monmonier, 1992),地图分析和地理分析的可视化(Armstrong等, 1989; A. M. Berlyant, 1995)等。

二、现代地图学中地图制作与应用方法的改变

地图学的历史悠久,这里主要分析一下计算机地图制图和地理信息系统中地图的制作和应用方法的改变,以便说明地图工作者目

前主要从哪几个方向研究地图学的技术方法和理论方法，为什么会朝着这些方向发展。

1. 地图设计与制作

在数字环境中，特别是随着地理信息的产业化，地图设计与制作环境发生了变化，地图的形式更是多样化。一幅地图的生产需要在很短的时间内制作完成（如响应时间 <1 秒），这就要求地图数据处理和地图模型的生成自动化，且计算效率高。并且人们一直都在试图找到某一种通用的算法模型，这方面的例子很多，如 N. I. Melnichenko (1987) 提出关于行政区划图制作的通用方法。很多数学方法都用来解决地图的自动制作。由于地图制作过程中包含了艺术创作，且应用了很多地理知识、空间知识，因此知识的处理在地图制作中应起很大的作用，如注记的自动配置，地图综合的智能化模型等。

2. 地图的应用

GIS

地图用于地理分析与决策，在地理信息系统的支持下，其内涵和外延都发生了变化，地图是现实世界的空间模型，以数字形式表达的地图模型与纸质地图的形式完全不同，地图分析不再只是从图形中获取信息，而是从地理信息中获取高层次的信息，也不是简单的“地图研究法”，而是以地理信息库为基础的信息查询、检索和地理分析（空间分析）。这说明地图的应用在新的技术环境中已产生了质的飞跃。即使是制图的角度，地理信息的可视化也分简单的可视化和地理分析后的可视化，从地理信息到其可视化就用到了“地图分析”。

从地图的制作和应用的分析中可以得出结论：由于数字地图这一大环境的形成，地图的制作和应用不再那么有明显的先后次序（在手工制图阶段，此次序比较明显，从地图信息传输模型中就可以看出），地图的制作时间和设计方式在变化，响应时间要求很短，设计方式更多样化，地图制作中的科学与艺术的双重性使地图工作者不得不考虑地图制图知识的形式化及其推理和应用，如地图设计

专家系统、智能化地图综合等。

三、地图学理论的融合及其核心问题

地图学的理论中有很多不同的解释,使用“解释”一词,是因为每一种理论都有其优缺点,因而很多学者都在探索如何把这些理论融合起来,形成一套理论体系(Taylor, 1992; Tikunov, 1987; Lyutyy, 1986; Berlyant, 1994)。对新形势下地图的教学进行了分析,以便培养出适应时代要求的地图科学人才(Wolf Günther Koch, 1995; G. parkhomenko 等, 1995; Taylor, 1985)。有的学者还对近几十年来地图学方面发表的文章进行了统计(Patrica Gilmartin, 1992; Berlyant, 1994),地图学理论趋向统一,地图学理论的文章所占百分比同计算机地图制图差不多,排在前三位。莫斯科大学的 A. M. Berlyant 认为地理信息概念(geoinformation concept)是把有关理论融合在一起的基础,他认为可统一的几个基本概念是认知地图学(cognitive cartography)、地图传输论(communicative cartography)、亚地图学(metacartography)、地图信息学(cartology, 注:它以信息论为基础)和地图语言(map language)。但 A. A. Lyutyy (1986)认为地图语言(language of map)是下面四个概念的概括,这四个概念是地图科学(map science)、亚地图学(metacartography)、地图信息学(cartology, 有人翻译为地图学)和图形传输概念(graphic communicative concept)。

从以上的分析中可以看出,地图工作者在寻找一个涵义更广的概念来包括所有的东西,对现有的理论概念有一个高度的综合。也有人从地图的制作过程中去寻找地图学理论的核心,如 D. R. F. Taylor (1994)提出的地图学的“三角形概念框架”,其中心就是“可视化”,他也把地图生产与应用用一个模糊的界线把它分成视觉思维(visual thinking)和视觉传输(visual communication)。

从两个极端去寻找地图学的理论核心，其结果在某些方面肯定是有冲突的，但这些争议是很有必要的，它促进人们去思考，说明这个领域有问题需要研究。作者认为：从概念的综合角度去寻找地图学理论核心，其最高境界是：“地图哲学”；从地图制作与应用角度去分析地图学的理论核心，若以“可视化”为基础，则只能停留在一个侧面（表面现象），如 Taylor 所说的“视觉思维”与“视觉传输”，这同作者在研究地图传输论中的美学问题时所提出的“地图视觉思维”是一样的。

地图学离不开地理学，地图所起的作用是地图存在的根本，这里并不想去给地图和地图学下一个明确的定义，很明显，地图是地理学的第二语言，随着计算机的发展，地图的形式和应用手段发生了变化，地理信息系统的应用日益普及，进而人们称“GIS”为地理学的第三语言。这说明地图不同于文字的地方及其魅力之所在。地图与地理分不开还表现在地图必须表达地理特征，如地理学中的分形规律一发现，地图工作者就把它用于地图学之中（K. C. Gan 等，1992），这样的例子有很多。

地图在没有绘制出来之前就已经存在于人的大脑之中，如印象地图（mental map），然后通过制图手段才变成社会型地图，在社会中传输地理信息。地图是一种传播知识（信息）的工具，但传播工具不只这一种，因而以“信息传播”这一思想来概括地图学的理论问题就显得太抽象。地图是一种图式语言，地图语言肯定是比较合适的概念，它是地图学必须研究的问题，然而它并不能包含所有的地图学问题。亚地图学（metacartography）的概括程度就更高了。随着概念的抽象化程度增加，使得地图学逐渐被认为是信息科学的分支，或语言学的分支，或认知科学的分支，这是否合适有待时间的进一步考验。

从地图的制作、应用及其同地理学的关系可以看出，地图的制作为两步：建立 DLM 模型和 DCM 模型（德国学者的观点：DLM 为数字景观模型，DCM 为数字制图模型）。地图的应用是地图功能

的发挥，地图是地理知识和地理特征的图形表现者，是客观世界的模型。在测绘学中，地图的最原始数据是测点位置，这些测点位置的有机集合就是原始的 DLM 模型。我们可以得出这样的结论：DLM 模型是客观世界经制图者“综合”后的模型，DCM 是制图者为了使地理信息可视化而建立的模型。对于手工制图而言，DLM 和 DCM 不好区分。但随着测绘技术的全数字化和地理信息系统的普及，DLM 和 DCM 是可以区分的，也是必须区分的。这两个模型的形成过程就是地图学研究的核心问题。

地图学的核心问题应当是“地图综合 + 可视化”，或者是“地理信息综合 + 地理信息可视化”。地图学的理论应当围绕此中心而展开。可以用很多概念去解释它，但目的只是一个：更好地解决核心问题。没有地图综合就不能形成高层次的地理特征信息。

四、地图学中相关问题的分析

提出地图学的核心问题后，就需要分析它同地图学中其它问题的关系，以及原先的理论概念同它是否冲突。

地图综合形成了新的地理信息模型，该模型是人们认知的结晶。可视化既满足了人们进一步认识世界的需要，也是一种人们熟悉的图式语言（地图语言）传输信息的途径。地图是一种常用的地理知识表达工具，从哲学高度对它进行分析是完全必要的，同时从中也可发现一些新的科学规律和哲学思想，例如地图语言是一个事实，对它的深入研究，肯定可以充实语言学的内容。

地图是一个实实在在的产品，因而我们不能只停留在理论的分析上，应当结合科学技术的发展找到最佳的生产方案。地图生产是一个系统工程，应当强调其“最优化”，从地图投影设计（John A. Dyer 等，1989）到地图综合、地理信息可视化和地图生产工艺都存在着这个问题。地图为了更好地表达地理信息，特别是以视觉方式，地图工作者必须研究地图的感受问题、艺术效果问题等，正是这种原因才使得地图学中包含了“艺术”成分（J. B. Krygier，

1995)。

从地图学的核心问题中可以看出,地图的分析有两个对象:DLM模型和DCM模型,在手工制图阶段,地图分析只能针对DCM,因为DLM在认知者的大脑中,在数字环境下地图分析可以同时针对DLM和DCM。

五、地图综合与可视化的关系

地图综合一词有悠久的历史,而可视化则是因科学可视化和地理信息产业的发展而提出的,在手工制图阶段不存在此问题,因为地图综合、地图生产都是强调从地图到地图,特别是地图综合。在数字环境下,地图综合的概念发生了变化,不再只强调从大比例尺到小比例尺地图的综合,测量技术和地理信息获取技术的数字化,使得地图综合要从数字模型到数字模型,直到地图视觉模型,因而有人称地图综合和地理信息综合是有区别的,前者为了生产地图,后者为了地理分析。其实数字型地理信息(空间信息)是地图的另一种形式。

地图综合这一概念内涵的变化是因计算机技术的发展,但从认知角度看,地理信息综合或地图数据库综合都是为了提取高层次的地理特征信息,而这正是地图综合的主要目的之一。地理信息通过可视化可以有效传播地理知识、空间知识,但它必须以地理信息的综合为基础,地图综合获取了地理知识,知识的传播需要“可视化”技术。

在常规制图(手工地图制图)中,“地图综合”这一概念把地理信息综合和地理信息可视化看成是一个整体,因为地图工作者本身在地图生产过程中一直处在一个“可视的模型”(地图)环境中。计算机技术的发展,使后者的“地图综合”概念在思维方式上发生了变化,地图制作者和地图应用者在GIS中是同一个人(GIS用户)。在这一个新的环境中,也会出现这样的情况:地理信息综合并不一定要可视化,地理信息可视化时并不一定要对它进行综合。

所以，我们在应用“地图综合”这一概念时应当赋予它新的内涵，并正确处理好它同“可视化”的关系，同时应区分它同地理信息综合、地图数据库综合、地理数据综合等的关系，从上面的分析可看出地图综合包含了这些内容，它们只是因为目的不同而采用的标准不同。

六、结 论

地图学的理论体系及其核心问题一直受到地图学者的关注，作者在分析前人成果的基础上，深入探讨了地图学的核心问题，说明了它在地图学中的地位，但由于篇幅有限，很多问题不可能一一展开，同时也没有给很多概念下一个明确的定义，原因是作者认为通过详细的解释更能说明问题，具体的定义应在观点达成共识，经过了时间考验后再确定。

§ 1.2 地图自动综合的哲学思考

地图自动综合是一个世界公认的难题，这一点可从现有的有关文献中看出。K. Stuart Shea (1991) 认为“制图综合是地图数据处理所面临的最富智慧与技术性挑战的问题之一”，目前国际上在建立国家（或区域性）地图数据库时仍然采用多比例尺地图建库方法就是一个有力的证明，如德国的 ATKIS (Georg Vickus, 1995)。为了更清楚地认识“地图自动综合”这一个问题，作者认为：必须弄清地图自动综合的目的及其本质，结合新技术的发展，找到解决地图自动综合问题的途径。

一、地图自动综合的目的及其任务

地图综合是根据地图的用途、比例尺和制图区域的特点，以概括、抽象的形式反映出制图对象的带有规律性的类型特征和典型特点，而将那些对该图来说是次要的、非本质的物体舍掉（祝国瑞