

# 论地理信息科学

杨开忠 沈体雁

(北京大学城市与环境学系, 北京 100871)

**摘要** 本文通过阐述地理信息科学的定义, 及其地理学传统和技术驱动机制, 论证地理信息科学是地理学信息革命和范式演进的结果, 是信息时代的地理学, 并提出其内容框架和发展战略。

**关键词** 地理信息科学 地理学 地理信息 地理信息技术

地理信息技术和方法的深入应用与发展, 市场的不断成长与产业的迅速崛起, 以及由此引起的地理科学的深刻哲学反思、理论拓展与体系重组, 使得地理信息相关领域的科学讨论和范式构建成为本世纪下半叶人类进入以计算机系统, 特别是全球信息基础设施为标志的信息时代以来地理科学研究与实践最具活力, 最为壮观的景象之一。如何标定地理信息科学的客观对象与学科性质, 如何把握它在地球探索的思想脉络中与经典地理学的异同和承接关系, 如何借鉴和吸纳相关学科的先进成果, 抽象和提取地理信息技术创新与实际应用的一般特征与基本规律, 进而建设地理信息科学完整概念体系和理论框架, 是这一领域社会实践和科学技术发展的客观要求与紧迫问题。

## 1 地理信息科学是信息时代的地理学

### 1.1 地理信息科学定义

地理信息科学 (Geographical Information Science), 80 年代中期作为测绘、遥感和地理信息系统及其相关研究领域和机构的称谓出现。加拿大 Laval 大学 (1986 年) 和荷兰国际航空摄影与地学学院 (ITC) (1989 年) 相继成立以“地理信息科学”命名的系或专业。我国武汉测绘科技大学也在 1988 年创建了地理信息工程专业。而地理信息科学作为表征一门新兴学科的正式术语较早出现在 Ehlers、Laurini 和 Goodchild 的有关文献之中<sup>[10]</sup>。它在构词法上体现着地理科学 (Geo-sciences) 和信息科学 (Informatics) 及其它相关科学的融合 (fusion)。

我们认为, 地理信息科学是关于地理信息的本质特征与运动规律的一门学科。其研究对象是地理信息。

地理信息是关于自然、人文现象的空间分布与组合的信息。人类赖以生存的自然、人文环境, 即地球表层系统, 是人、地相互作用的矛盾综合体, 是有机联系的地理对象的集合, 是具有复杂物质、能量与信息流动和多层结构的开放复杂巨系统。(见图 1: 地球表层的流与相互关系) 地理信息表征地理环境的数量、质量、分布特征、内在联系和运动规律。其具体内容是客观的。空间, 是地理环境存在的一种状态, 是人可移动或行驶

于其中的,可以不同方式概念化、模型化并进行量测的客观存在。地理空间通常指大尺度空间。

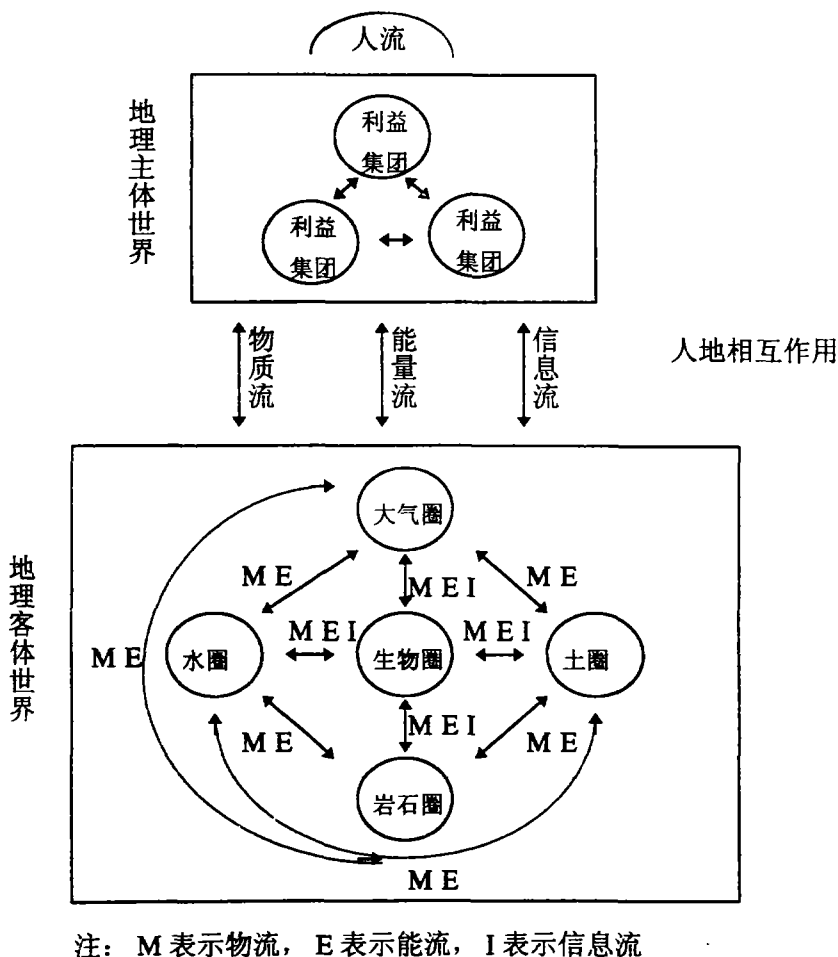


图1 地球表层的流与关系

地理信息是一个时空过程。地理信息存在于一定物质、能量载体,并能从一个载体向另一载体传递,形成所谓信息流。地理主体与地理对象是按照认知关系划分的两种基本地理信息载体。地理对象的状态与方式是本体论意义的地理信息,其载体是地理对象本身。一旦地理对象被主体感知,进入意识层面,即成为认识论意义的地理信息,其载体为人的感觉器官和人脑。经过人脑加工和重构的地理信息可以利用于改变和影响地理客体,促成新的本体信息的发生与重构。我们把地理信息的发生发展、获取传输、处理以及感受、响应与反馈的全过程称为一个地理信息运动过程。(见图2:地理信息运动过程模型)。无数这种时间上先后继起,无限循环,空间上各个环节同时并存,相互交错的地理信息过程构成地理系统信息流和人、地相互作用的重要内容。地理信息科学就是要研究和发掘地理信息运动过程的内在机理与一般规律。

数字地理信息是计算机化,或者说二进制化的地理信息,其载体是计算机设备,目

前主要指磁记录介质。数字地理信息过程，即数字信息采集、录入、存储、传输、分析、表达与应用全过程，是人类地理信息认识过程的模拟与延伸。数字地理信息是地理信息技术处理的主要对象。

地理信息论的观点是地理信息科学的首要的基本的观点。地理信息观是重要的地理观、人地观或地理哲学。

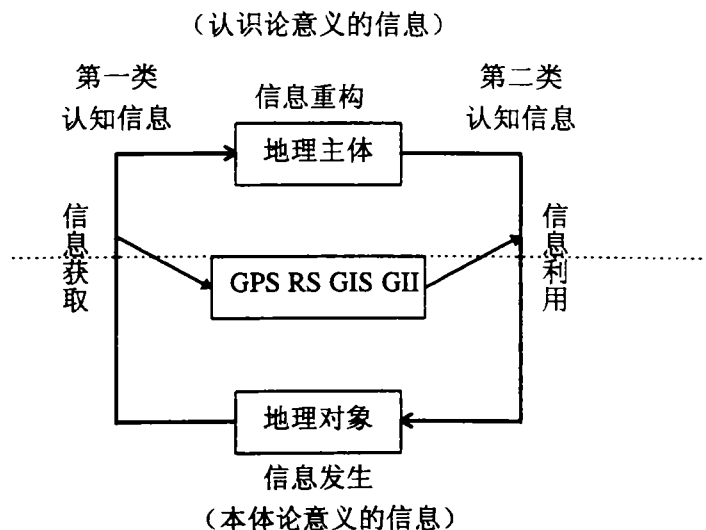


图2 地理信息运动过程模型

## 1.2 地理学信息革命与地理信息科学的产生

地理信息科学的提出与理论创建存在两种基本动因和思想路线。一是技术与应用驱动，这是一条从实践到认识，从感性到理性的思想路线。另一个是科学融合与地理综合思潮的逻辑扩展，这是一条理论演绎的思想路线。两条路线相互交织、互相促动，共同推动地理学思想发展，范式演变和地理信息科学的产生。回顾地理信息科学发生发展的脉络，我们发现，地理信息科学本质上不过是技术推动下地理学思想演变的结果，是新的技术平台、观察视点和认知模式下地理学的新范式，是信息时代地理学。

人类认知赖以生存的地球表层系统，经历了漫长的历史时期。科学技术作为第一生产力，决定着人地矛盾综合体中人、地相互决定能力的对比和改变，因而也决定着人类观测和认识地球的视野和能力，以及由此引起的基本的地理观或人地观。不同的历史阶段，人们以不同的技术平台，从不同的科学视角出发，就会得到关于地球表层的不同的认知模型，从而形成不同的观点或范式，形成地理学渊源流长、错综复杂而又不断分化组合、交替上升的分支和流派。地理科学探索的目标在于追求无限接近客观真实的地表整体模型，有力促进人类与地球的可持续发展。

经典地理学以航海和地理探险为社会历史背景产生和兴起，是关于地球表层形态描述的科学。所谓描述，即调查、区划、分类和制图。地球表层形态是地表物质、能量存在的状态，是一种地理本体信息。调查是地理学获取地理信息的手段和方法，区划和分

类是对获取的地理信息进行的处理,而制图则是对处理后的地理信息的空间表达。可见,经典地理学研究实际上是以人力测绘为技术基础,以定性概括为主要分析方法的地理信息过程,纸质地图和记录文本是其主要的地理信息载体。经典地理学本质是一门信息科学。

本世纪五十年代末,随着数学和统计方法的引入,地理学经历了激剧的数量革命或科学革命。但数量革命只不过以更为精确的数学语言或定量模型描述地表现象的形态法则,并没有从根本上改变经典地理学的认知模式和透视力度,它所刻画的地表模型仍然只是一个具有总体分布特征和简单相互关系的地理对象集合。

定量革命以后,人们关于地球表层的研究沿着三个方向扩展和深化(见图3)。一部分研究者不再满足于对地表现象空间分布的描述,而转向物质流、能量流和人流本身的机制研究。这部分研究进一步分化为两个方向:一是注重关于深受人类影响的作为本体论意义信息载体的地球表层物质与能量的迁移和转化研究,如对地球物理过程、生物地球化学过程等的研究,进而形成规范、系统的生态环境研究。另一个是顾及区域对生产要素流动的影响,注重人的需求,着重揭示隐藏在人文现象背后的各种利益机制的城市与区域经济研究。还有一部分学者继承地理学悠久的描述传统,吸纳数量革命的科学成果,在信息科学和技术的先进平台上继续向着揭示和模拟地表信息机理的方向前进,形成地理学信息研究的新范式,即所谓地理信息科学。

信息科学与技术在地学引入和地学的信息觉醒,是一个艰苦的技术创新和科学实践过程,是一场意义深远的信息革命。本世纪四十年代末计算机的发明揭开人类进入空间时代与信息社会的序幕。从此,信息技术日渐深入到科学研究和社会生活的每一个角落。六十年代中期,R. F. Tomlinson和他的同事们,为了使用计算机技术从事自然资源管理和规划,发展了第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS)。技术应用的强大动力不仅促进他们开创地理信息系统时代之先河,而且甚至导致第一个地图扫描仪原型的出现和一系列其它的技术进展<sup>[10]</sup>。七十年代地理信息系统的主要进展发生于北美和英国的大学和研究机构,商业机构开始发迹并向市场提供软件。这时期技术探索的主要目的在于寻求稳定、可靠的用以存储和分析地图数据的地图数据模型与数据结构。拓扑和图论的引入提供了关于二维数据的逻辑一致的描述方法,是这一时期里程碑式的突破<sup>[11]</sup>。八十年代计算机技术应用的鲜明特点是个人机与工作站的普及,以及关系数据库技术的标准化与工业化。与此同时,空间数据结构、索引方式和空间数据库取得长足进步,更加稳定、完善、可操作的地理信息系统软件进入市场并广为政府部门所用。1986年,Peter Burrough出版第一本地理信息系统方面的教材。1987年,国际地理信息系统杂志(Int J GIS)开始发行。加上一系列有关空间数据处理的学术会议召开,有力地促进这一领域的研究者从仅把地理信息系统作为研究工具(Research with GIS)转变到研究地理信息系统本身(Research about GIS),进而把视野拓展到空间理论、空间信息理论和现在称作地理信息科学的广阔领域。九十年代,以面向对象技术的突破和全球信息网络的兴起为基础,地理信息技术进入产业化和社会化阶段,地理信息科学研究作为一种职业活动得到再认识,关于地理信息的自觉的系统的理论建设和制度创新提到议事日程。

伴随技术与应用的突进,地理学发生着空前的分化、组合与重建。从局部的侧面的地区调查到多平台、多时相立体对地观测系统的建立,从难以制作、更新和分析利用的

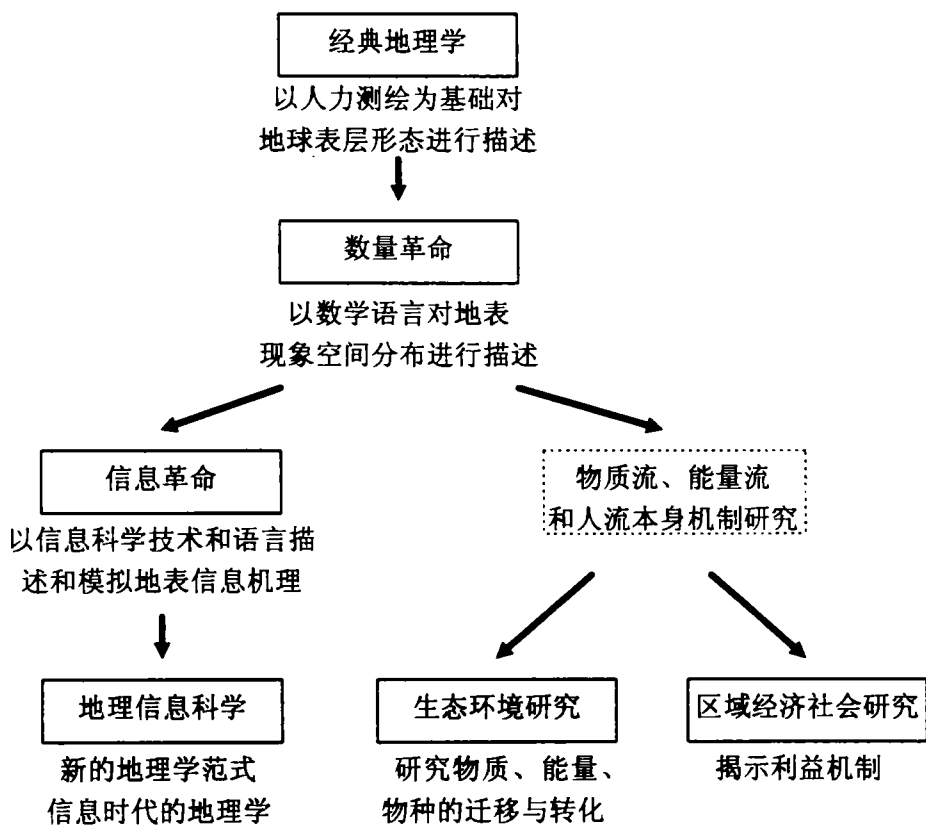


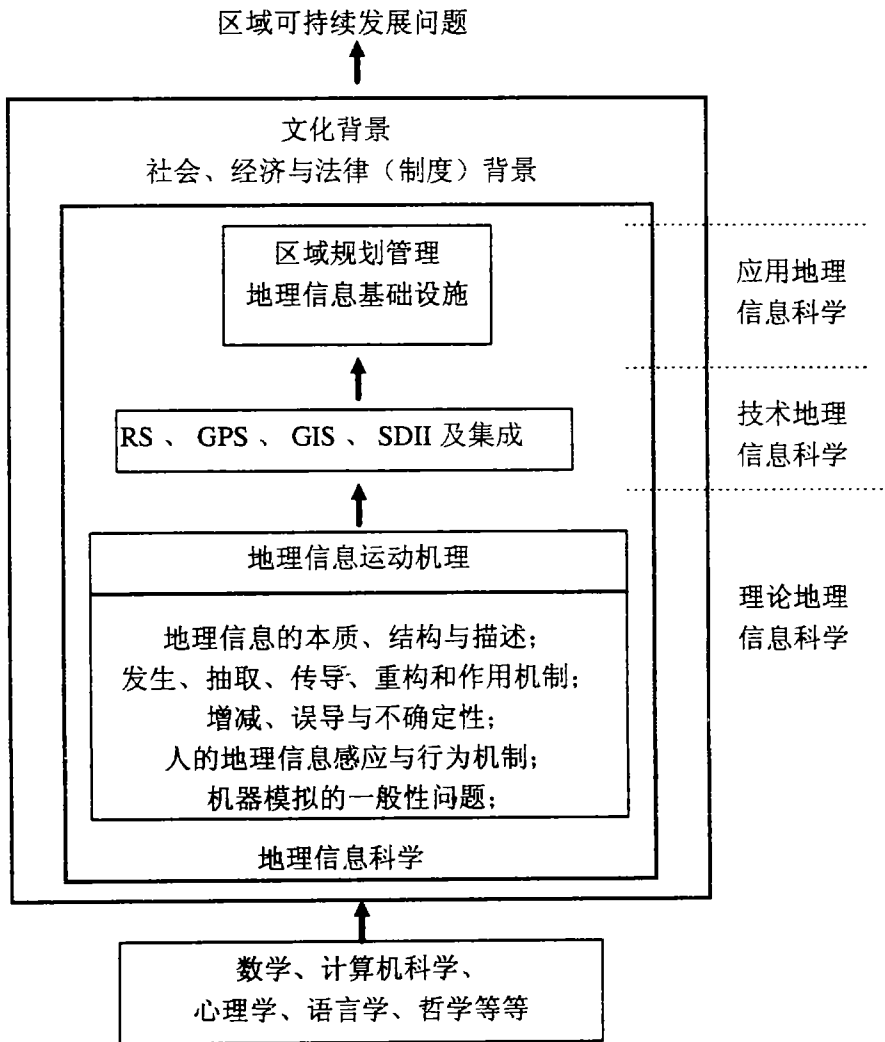
图3 地球表层研究的演化

模拟地图到能够实现完整信息过程的计算机系统，从地表形态表述到地理圈层和因子之间在信息机理的揭示，地理科学研究开启了信息时代的新纪元。尽管相当长的一个时期内地理学在综合研究与内部整合的过程中仍然继续分化，但就总体方法论而言，各个分支学科不过是某一特定层面地理信息集合的搜集与处理过程而已。这就为地理学在新的技术平台上新的理论综合提供了基础。

可见，地理信息研究是从地理学到地理信息科学一脉相承的基本传统。地理信息科学发源于地理学的逻辑过程，受其思想传统的影响，继承其科学风范与合理内核，又随着科学技术的发展和人类认识能力的提高，不断地扬弃和重构原有的观点与方法体系，最终形成规范、理性的科学理论框架。

## 2 地理信息科学的内容框架

地理信息科学涉及到地理科学哲学、基础理论、应用方法和技术系统，甚至产业发展和制度创新各个层面的内容。我们把地理信息科学体系划分成为三个层次。（见图4：地理信息科学体系）。



注：SDII 表示空间数据基础设施

图 4 地理信息科学体系

一是理论地理信息科学。地理信息科学的本质是揭示和模拟地理信息运动过程的内在机理，为城市与区域可持续发展决策服务。其基础理论和核心内容包括：1) 地理信息的本质、结构、描述、分类和表达；2) 地理信息的发生、抽取、传导、重构和作用机制；3) 地理信息运动过程中的熵增、熵减、误导和不确定性问题；4) 地理信息运动过程中人的感应与行为机制；5) 地理信息运动机器模拟的一般性问题等等。

二是技术地理信息科学。研究地理信息技术系统的开发、集成与使用。主要包括遥感、全球定位系统、地理信息系统和空间信息基础设施等支撑技术的研究。技术系统是地理思维的物化和地理知识的载体，是地理信息运动机理研究的新的语言和手段，也是地理信息应用和地理建设的现代工具。

三是应用地理信息科学。主要包括：1) 人口、资源、环境、经济和社会的区域规划与管理；2) 地理信息基础设施的建设，即地理信息工程。其根本目标在于将地理信息和地理信息技术应用于人类科学决策，实现区域可持续发展。

由于不同的学术背景以及对地理信息科学的本质的不同认识，目前存在着对地理信息科学体系三个层次的不同侧重，以及地理信息科学与地理科学体系相互关系的不同态度。一种从地理信息科学的技术驱动 (technology-driven) 和应用驱动 (application-driven) 出发，强调围绕地理信息技术系统来定义和把握地理信息科学。如 Goodchild 认为地理信息科学是关于围绕地理信息系统技术的应用，妨碍其成功实施，或在其潜在能力的理解中出现的一般性问题的研究，是地理信息系统技术背后的科学，它所解决的是蕴涵在地理信息系统之中的一整套科学问题<sup>[13]</sup>。Ehlers 等人则将 Geoinformatics 定义为：“……关于地理信息的获取、存储、处理生产、表达和传播的艺术、科学和技术”<sup>[18]</sup>。另一种观点则更多地强调地球信息机理的研究。如陈述彭先生指出地球系统是一个各圈层之间通过物质流、能量流与信息流相互作用，相互联系的复杂巨系统，要求注重研究地学信息流程的地球动力学机制与时空特性，呼吁建设地球系统科学与地球信息科学<sup>[1]</sup>。法国 Bernard Dubuisson 教授认为，地理信息科学研究“包括地球信息的结构和性质，获取方法、分类、表达、定位和使用，以及服务于其最佳应用基础”<sup>[1]</sup>。还有一种观点则仅把地理信息工程的建设与应用，即应用地理信息科学当作地理信息科学的全部内容。我们提出地理信息科学是信息时代的地理学，认为它是一个从理论到技术，再到应用，甚至包括某些产业、制度和文化问题的完整体系。

### 3 双管齐下，推进地理学信息革命

改革开放以来，我国地理信息科学事业取得了长足进步。成立了专门的科研院所和大学专业，培养了一批地理信息技术工作者和科学人才，出版了专业性的学术刊物，成立了权威性政府管理机构和全国性行业协会，地理信息产业初具形态，市场初具规模，地理信息工程与应用的观念深入人心。但从整体上而言，经典地理学和地理信息科学两个体系、两种方法、两支队伍仍然相互分隔，相互脱节。这种把地理学和地理信息科学绝对分割的片面认识，一方面导致传统地理学专业很大程度上仍然停留在以人力调查为主的地理描述和模拟之上，远不能满足区域动态决策的需要；另一方面，由于失去了地理学的思想精髓、合理内核和作为学术母体与应用基质所提供的关于问题解决的基本逻辑脉络，新型的地理信息专业往往陷于单纯的技术设计和低层次的工程应用，不能把先进的技术手段、海量的地理数据源与空间研究的主题相结合，真正实现先进技术加科学模型得到高水平结论。分割导致低水平重复和种种冲突，严重阻碍了地理学和地理信息科学的健康发展。

认识地理信息科学是信息时代的地理学，要求我们整体把握地理学的科学传统，彻底实现两个体系、两种方法、两支队伍完全融合，改变目前地理学各领域简单划分的格局，按照地理信息过程和地理认知的规律重新构建地理学内部各分支间的相互关系，系统地建立地理信息科学的全新范式和理论框架。

认识地理信息科学是信息时代的地理学，还要求我们从产、学、研互动的高度把握

我国地理信息科学的发展。大学、研究机构和企业界的积极参与和技术创新一直是而且仍将是地理信息科学活动的主要内容。全球可持续发展的时代主题要求地理信息科学以其完整的地表信息描述,全方位的地表监测手段,快速准确的时空决策能力和可操作的问题解决方案积极参与全球环境与社会生活的重建。随着现代科学技术转化为生产力的速度不断加快和知识型经济的到来,地理信息科学作为直接面向可持续发展决策的科学,将在产、学、研一体化的发展机制中走向光明。

#### 参考文献

- [1] 陈述彭, 1995 年, 地球信息科学与区域持续发展, 测绘出版社;
- [2] 陈述彭, 1991 年, 地理系统与地理信息系统, 地理学报, 第 46 卷第 1 期;
- [3] 陈述彭、承继成、何建帮, 1997 年, 地理信息系统的基础研究——地理信息科学, 资源与环境信息系统国家重点实验室第三届学术委员第一次会议文件汇编;
- [4] 陈述彭、曾杉, 地球系统科学与地球信息科学, 1996 年, 地理研究, 第 15 卷第 2 期;
- [5] 李德仁、龚健雅、边馥苓, 1993 年, 地理信息系统导论, 测绘出版社;
- [6] 李德仁, 1996 年, 关于地理信息理论的若干思考, 中国地理信息系统协会第二届论文集;
- [7] 李德仁, 1996 年, 论三 S 集成的定义、理论与关键技术, 中国地理信息系统协会第二届论文集;
- [8] 杨开忠, 1991 年, 地理科学体系建设, 地理学报, 第 46 卷第 4 期;
- [9] 钱学森, 谈地理科学的内容及研究方法, 1991 年, 地理学报, 第 46 卷第 1 期;
- [10] Goodchild M. F., 1992, Geographical Information Science, Int J GIS 6, 1, pp31—45;
- [11] Wolfgang Kainz, 1995, Making better tools; spatial information theory and applied computer science as a basis for GIS, ITC Journal 1995—3;