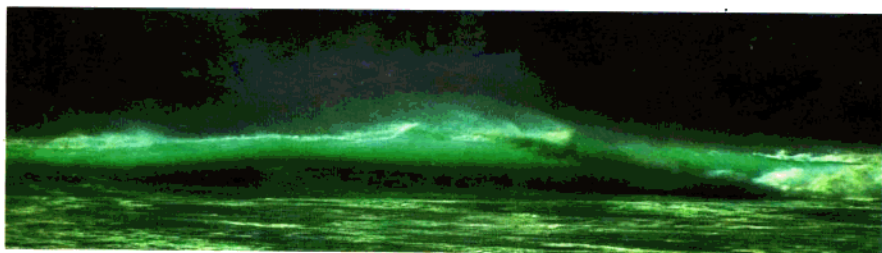
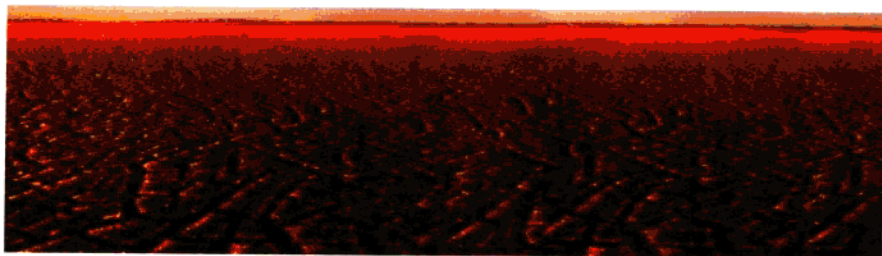
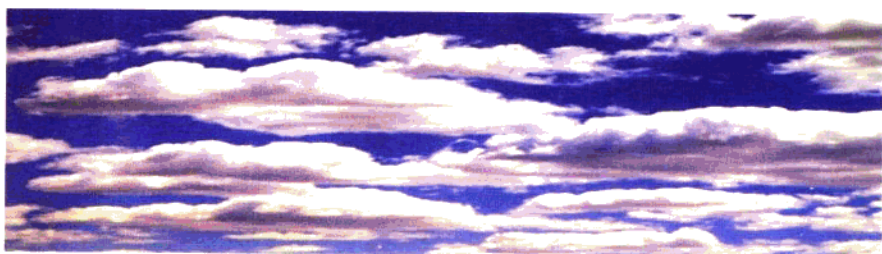


# 地理信息 科学导论

阎国年 吴平生 周晓波 著



●中国科学技术出版社

## 内 容 简 介

本书系统地阐述了地理信息科学的基本概念、基本特点及其在当代科学和社会经济中的地位与作用，论述了地理信息科学形成与发展的基本原理与发展过程，地理信息系统的结构与功能。特别是运用我国古代整体观构建了地理信息科学的学科体系，探讨了地理信息科学的基础理论、技术应用基础理论和应用理论，从而把地理信息科学作为反映自然、经济、社会和人类思维这个有机统一体的相应学科体系。

本书可作为大学本科生、研究生的教材，也可供地理学、地质学、大气科学、环境科学、测绘科学、信息科学、科学学、经济学、计算机科学、遥感与地理信息系统等学科的研究人员参考。

# 序

世纪之交，由于地理信息系统的应用日益广泛，加上卫星遥感、全球定位系统与数字通讯网络的迅猛发展，掀起了全球变化研究与对地观测计划的新高潮。特别是“地球系统科学”高屋建瓴、纲举目张；“数字地球”的呼声，引起了国际社会的普遍关注，于是，时势造英雄，一门新兴的交叉学科脱颖而出，或称“地理信息科学”，或称“地球信息科学”，大同小异，殊途同归，成为学术界的热门话题。

中国科技界的哲学思维并不落后，早在 1996 年就曾在北京和台南讲坛上提出过关于地球信息科学的倡议。1997 年 9 月，在深圳召开的全国信息工作会议上，着重指出信息资源是首先需要解决的问题，12 月，香山科学会议第 88 次会议，讨论了地球信息科学的发展。1998 年初，美国副总统戈尔发表关于“数字地球”的讲话，6 月江泽民主席在两院院士会议上讲话表示关注，于是 10 月间北京大学、中国科学院地学部先后召开高级研讨会，密切注视着它的发展前景，寄予厚望。正当这山雨欲来风满楼的时候，闾国年教授、吴平生教授和周晓波医师的这部新作问世，的确是名副其实的一阵及时雨。我有幸先睹为快，自然是喜出望外，而且责无旁贷，非写点学习心得不可。作者们告诉我，他们正是由于对这门新兴学科的发展满怀信心，又都在大学执教，教书育人，自己不能不超前，不能不创新，所以甘冒为天下先的风险，把这部博古通今的著作奉献给读者。对于这种时代的敏感、历史的责任感和敬业精神，我是十分敬佩，深受感动的。

地理信息科学涉及的学科很广。涉及哲学思维、社会行为、自然科学和信息技术诸多领域。作者们才华横溢，旁征博引，资料丰富，思路开豁而又游刃有余，追溯东方文化渊源，剖析大脑思维奥秘，探讨文字与图形的共性，构建信息流程的框架。洋洋大观，畅所欲言。其所以能够如此，是和他们知识结构的互补和学科交叉的深入分不开的。闾国年博士是地貌学与第四纪地质学、地理信息系统方面的专家，对地球演化、古地理环境、地理信息系统的应用有深厚的造诣。吴平生教授是自然地理学、生态经济学、房地产法学方面的专家，对科学哲学、经济学、生态学和法学有深入的研究。周晓波医生则对医学，特别是对中医学和易学有较深入的研究。而他们的共同兴趣和接合点，则是对中国古文化的深厚功底和民族的自豪感。这正是碰撞出绚丽多彩的思想火花的最佳组合。就像美国专门研究复杂问题的桑塔费研究所一样，是非常难能可贵的。他们几乎是达到了相同的境界，得出了非常近似的观点。桑塔费研究所的阿瑟说：“东方哲学——一向把世界看着是一个复杂的体系。这个世界观无论是在科学界、文化界，还是在西方，都变得越来越重要。人们的观念正在非常缓慢地从对自然的剥削，即人类与自然的对立，转变为人与自然的共存”（美国迈克尔·沃尔德罗普著，陈铃译：《复杂——诞生于秩序与混沌边缘的科学·生活、读书、新知三联书店，1997）。

作者们提出了许多很有启发性的定义和诠释，阐述了许多引人入胜的高见和独到的

理解，从孔德的实证主义谈到牛顿力学；从阴阳五行谈到动力学模型；从社会发展史谈到里约宣言，都曾敞开心扉，坦然加以评点和议论。虽然未必都能为学术界所认同，更未必马上会有定论，的确还有待推敲和进一步完善。但是第一个吃螃蟹的人毕竟是勇士，首功决不可殁！例如书中认真地剖析了象形文字曾经作为地理信息科学初始阶段的主要媒体，是符合历史事实的。象形文字的属性特征是众所周知的。金、木、水、火、土等的物质属性和亻、丩、言等的社会属性，在汉字偏旁中是显而易见的。中国古代地方志的盛衰演进过程中，经历了地图与文字时轻时重的多次反复。似乎是物极必反，螺旋上升，在由初级的复杂走向高级的简单的道路上，往往是从一个极端发展到另一个极端，几乎到了山穷水尽的地步，由于科学技术的进步，突破了旧的桎梏，才会豁然开朗，出现柳暗花明的“又一个春天”。曾几何时，方块汉字曾被宣称为末日即将来临，必须全盘拉丁化拼音。可是由于电脑应用的进步，包括自动编辑排版，语音识别，为之开辟了新的天地，汉字的录入速度竟超过了英文，方块汉字不再是“现代化的绊脚石”，而是能够屹立于世界民族之林的一种“先进的文字”。它成为影响全世界 1/4 人口，影响泛亚太地区文化经济圈的纽带。作者们从东方文明来研究地理信息科学中的符号学问题，从东方整体论的哲学观来审议来自西方的地理信息科学技术思潮，从科学技术的进步与东西方文化融合的角度来评估与预测地理信息科学的发展前景，无疑是独树一帜，很有远见的。

作者们在谈论《易经》的时候，满怀激情地说道：“易经中这套符号实在是太深奥、太神奇而又极富魅力。因此至今仍使包括符号学家在内的几乎一切高明学者的赞叹不绝。今日在地理信息的符号、标准等理论研究上要达到古人如此的高度，看来也还不是容易的事。但我们可以踏着古人的足迹，站在他们的肩上，从破译和利用这套符号着手，来扩大、丰富我们对地理信息系统标准化理论研究的眼界、内容，并具体运用其研究成果，来构建地理信息标准及其标准体系，并且确定地理信息符号学的基本框架”（书中 5.3.2 节：地理信息共享——地理信息符号学）。作者们由衷地赞赏朱灿生教授对太极的高度评价：“太极是现代科学的灯塔”，“太极图是日地运动的轨迹”。“六十四卦是万物之间的一套‘共同语’”！同时，他们也意识到这些提法可能有点厚古薄今的“嫌疑”。改革开放 20 年后的今天，人们的素质已经空前地提高了。那种断章取义、帽子漫天飞的“浩劫”时代已经一去不复返了。决不会一提到《道德经》与《周易》，就耿耿跌进玄学与迷信的深渊。读者是会懂得取精用弘，去其糟粕取其精华的道理的。

陈述彭  
1998年10月

# 前言

地理信息科学(Geographic Information Science)是研究地理空间信息的产生、传输与转换规律,地理信息系统的形成与发展的一门学科,是自然科学、技术科学、思维科学、经济学、社会科学的交叉学科,是在地理信息系统技术(Geographic Information System, GIS)的基础上发展起来的。GIS从60年代中期开始发展,90年代进入到产业化的时代,他被广泛应用于解决基础设施的规划与管理、区域开发与全球变化的问题。1985年以来中国成立了两个与地理信息系统相关的国家重点实验室,1995年成立了中国地理信息系统协会,致力于地理信息系统的基础理论、应用关键技术的研究以及地理信息的产业化;1987年美国成立了国家地理信息与分析中心(NCGIA),最近又成立了大学地理信息系统咨询委员会,旨在发展地理信息科学和协助政府制定发展策略;加拿大成立了地球信息科学(Geomatics)国家中心,一些西方国家在一些大学建立了地球信息科学系。90年代初以来陈述彭院士一直致力于推动地球信息科学的发展,并强调东方文明可能对建立地球信息科学理论体系具有重要意义。1997年承继成教授在《地球信息科学、技术与产业》上发表了地球信息科学基础理论纲要的文章,就地球信息科学中所涉及的主要的基础性理论进行了剖析。1997年底在北京召开了香山第88次高层科学会议——“地球信息科学”,探讨地球信息科学未来的发展问题。1992年,Goodchild提出了地理信息科学的概念,他认为地理信息科学主要研究在应用计算机技术对地理信息进行处理、存储、提取以及管理和分析过程中所提出的一系列基本问题。1996年美国地理信息科学研究会提出了地理信息科学的十大优先研究领域:空间数据的获取和集成、分布式计算、地理描述、地理信息的认知、地理信息的互操作、时空比例、地理信息系统环境中的空间分析、空间信息构架的未来、地理数据的不确定性、地理信息系统与社会。NCGIA向美国国家基金会提出了地理信息科学研究的重大计划,并在分步实施。

但迄今为止,地理信息科学的研究对象、研究内容、科学体系都还没有完全建立起来,大都还停留在有关名词的争论上,更没有这方面的专著。因此,系统地分析研究地理信息科学产生的历史渊源、时代背景、研究内容、研究方法、基础理论、支撑技术等,初步构建学科体系,对这门交叉学科、高新技术学科的发展将有着重要的意义。

本书在分析东西方科技发展、哲学思维的基础上,从我国古代自然观来构建地理信息科学的理论构架,以象(形)、数、理的统一体为地理信息科学的理论基础。从自然、社会和人类思维是一个具有层次等级、网络联系、不可分割的有机统一体的高度,系统地分析了地理信息形成、传输和转换的机理,地理信息系统运转的基本规律,从而构建地理信息科学体系。探讨地理信息的本质,将地理信息分为客观地理信息和主观地理信息,提出了广义的地理信息系统的概念和构成的三要素:客观地理信息系统(地理系统)、转换中介系统(技术系统)、主观地理信息系统(思维系统);探讨地理信息科学的发展历程,

从文字的起源、地图的产生和地理信息系统的发展来说明地理信息科学产生的必然性；对当代的系统科学理论如系统论、信息论、控制论、突变论、协同学、耗散结构、混沌理论、场论、电磁波理论、全息论、自组织理论、分形理论、熵的理论等进行了深刻地剖析，定位这些理论在地理信息科学中的地位和作用，以及这些理论与我国古代整体观的相互关系。

本书分五章，第一章哲学思维与地理信息科学，从本体论出发构建了宇宙世界的基本模式。说明各级地理系统中物质对象之间的相互作用都有着朝力平衡方向发展的趋势，从而在空间上排列组合的最优化，形成圈层网络结构；在时间上完成某一发展周期。不仅体现系统时空结构特征，而且也体现产生这种结构的物质循环、能量转化和信息传递等功能特征。信息是客观物质的时空结构与功能及能量等实体及其变化所显示出来的物质的虚体。它以能量作为其传递的动力而把物质实体及其运动的一切轨迹记载存储在物质实体之中，是由不同物质之间的运动产生能量转化才实现信息传递和存储的。通过对信息的研究揭示物质在横向空间上的层次网络结构和在纵向时间上的发展阶段。通过空间上的相互关联和时间上的继承关系，实现对事物发展的预测。指出当前严峻的社会经济形势和科学发展所面临的高度分化和相互分割的局面是牛顿经典力学中物质、时间与空间彼此独立，以及孔德的实证主义科学分类体系造成的。而中国古代整体观具有认识论与方法论的统一，具有形、数、理的统一的整体思维方法，是构建地理信息科学理论基础。

第二章地理信息科学的一般原理，提出了地理信息包括客观地理信息和主观地理信息。地理信息具有客观存在性与抽象性，可存储性与可传输性，可度量性与近似性，可转换性与可扩充性，商品性与共享性等特点。指出了地理系统、技术系统及大脑思维系统构成了地理信息系统三个要素，由此来界定地理信息科学与其他学科相区别的特点。即地理系统在结构上具有层次网络性，功能上具有整体性，而空间上具有区域性与时间上具有时序性。技术工具上具有功能的日益综合化，高新技术发展的加速性，及其对科学与产业转化的加速性。地理信息系统具有时空的可压缩性，地理信息采集、传输、决策一体化，宏观与微观、定性与定量相结合等特点，决定了它是现代科学体系的前沿科学，是研究当代社会经济可持续发展的信息支柱。

第三章地理信息科学的形成与发展，从历史的角度分析了地理信息科学的形成与发展过程，指出这门科学的某些理论早已在相应的学科之中存在并得到了发展。本章以文字、地图、狭义地理信息系统为例来说明三者都具有地理信息系统的三大要素，是形、数、理整体性描述发展的过程，都是不同形式的地理信息系统，只是由于技术工具发展水平的差异，才使它们构成地理信息科学发展的不同阶段。

第四章广义地理信息系统的结构与功能，分析了地理系统、技术系统、大脑思维系统是一个密切联系、不可分割的有机整体。说明了由主观地理信息反馈到客观地理信息过程中产生的地理工程系统，从主观地理信息到主观地理信息的过程为信息传递和知识创新。在地理系统整体性的基础上，从自然地理、经济地理和人文地理三个方面说明了各要素的时空结构与功能。阐述了虽然地理信息的传递不受边界的限制，但由于信息是由物质循环、能量的转化所引发的，在物质、能量与信息三者之间的关系是确定的，因此地理系统是可以认识，可以预测的。技术系统起到了对客观地理信息的接收和对主观地理信息的

反应与调控作用。而大脑的功能是思维推理，即理论、问题和逻辑方法，及其推理的程序与具体的推理方法。由于主观地理信息具有继承与创新的特点，因此思维系统可以使主观地理信息得到扩充，使信息增值。以人工智能与虚拟现实技术为例，说明主观地理信息是如何反馈客观地理系统，并指出设计建设一个符合人类需求的人工地理系统，则不论在理论上和技术上都是可行的。

第五章地理信息科学的基础、技术和产业理论，论述了中国古代整体观是地理信息科学的理论基础，并用中国古代整体观作为标准对当代包括自组织理论、系统论、信息论、控制论、耗散结构理论、协同学理论、突变论、混沌理论等在内的系统科学理论进行了透视。从而说明当代系统科学本身也存在着层次等级体系，在不同的层次等级上可作为地理信息科学相应的理论基础。说明了如何利用中国古代整体观及不同层次等级上的系统科学理论解释数据的不确定性、系统的进化与创新、渐变与突变等问题。另外还以爱因斯坦的相对论来说明地理信息的时空转换关系，以当前的认知理论来说明客观地理信息与主观地理信息的转换关系。分析了遥感技术、全球定位系统、狭义地理信息系统（GIS）及当代各种高新信息技术的集成理论，说明了它们对地理信息的采集、识别、分析、加工、处理、决策，实现它们一体化、自动化的技术原理，乃是人体感觉系统、神经系统、大脑思维系统是一个有机的统一体。讨论了对地理信息传输、转换规律的认识及通过技术系统的调控后，地理信息如何转化成为产业，如何发展信息产业经济等问题，并分析了信息产业在信息社会中的基本特点、发展模式，给出了信息经济一个明确的定义，指出传统经济学中的生产、流通、消费的环节上缺少了还原的环节。为了保证信息经济系统的正常运转，就必须研究地理信息经济学、地理信息符号学和地理信息法律学。另外本章还应用中国古代整体观的平衡理论，分别就这三门学科形成的理论依据、学科研究的特殊矛盾、运动规律进行初步研究，从而勾绘了这些学科的基本轮廓及其理论框架，为进一步研究指出了明确的方向。

地理信息科学是一门全新的学科，国内外对其研究都刚刚开始。虽然我们尽了很大的努力，力求使本书能够反映该科学的本来面貌，但由于我们知识面的局限，挂一漏万之处在所难免，欢迎不吝指正。

本书的研究历时 3 年，是在南京师范大学和地理科学学院的直接领导下进行的，是地理信息科学江苏省重点实验室的老师、同学们的帮助、交流和通力合作下完成的。本书的研究始终得到了陈述彭院士的指导，书中很多的内容都是他的科学思考和学术观点的具体化。南京大学地球科学系俞剑华教授、物理系徐龙道教授、南京师范大学政治系张之沧教授审阅了书稿，提出了宝贵的修改意见。在研究与写作过程中还得到了南京大学天文系朱灿生教授、北京大学遥感与地理信息系统研究所承继成教授、中科院地理研究所资源与环境国家重点实验室何建邦研究员、江苏省教委马以钊教授、刘雪芳教授，厦门市开元区政府王侯慧主任，厦门市司法局邢素琴处长，南京大学城市与资源学系彭补拙教授、窦贻俭教授，南京师范大学地理科学学院陈钟明老师、刘泽纯教授、倪绍祥教授、曾志远教授、谢志仁教授、张忍顺教授、沙润教授、王建教授、黄家柱副教授以及钱亚东、陈昕、马国春、王红、陈永康、耿国梁、张书亮、林华、陈干、刘晓艳、徐容乐等的帮助，在此表示衷心的感谢！

本书的出版，得到了国家教委、南京师范大学、地理信息科学江苏省重点实验室、中科院资源与环境信息系统国家重点实验室、泉州市三星工业有限公司的大力支持与帮助，中国科学技术出版社承担了全部的编辑出版工作，谨此铭志衷心的感谢！

作者

1998年8月



# 目 录

## 序

## 前 言

<b>1 哲学思维与地理信息科学</b> .....	(1)
1.1 物质对象与科学理论 .....	(1)
1.2 西方还原论思维方式的局限性 .....	(8)
1.3 中国古代哲学思维的优越性 .....	(9)
1.4 中国古代哲学思维对构建地理信息科学的启示.....	(19)
<b>2 地理信息科学的一般原理</b> .....	(24)
2.1 地理信息科学概念.....	(24)
2.2 地理信息科学的基本特点.....	(38)
2.3 地理信息科学在当代科学和社会中的地位.....	(48)
2.4 地理信息科学体系.....	(50)
<b>3 地理信息科学的形成与发展</b> .....	(53)
3.1 地理信息科学形成与发展.....	(53)
3.2 地理信息科学发展的几个阶段.....	(57)
<b>4 广义地理信息系统的结构与功能</b> .....	(72)
4.1 广义地理信息系统组成要素及其相互关系.....	(72)
4.2 地理系统的结构与功能.....	(75)
4.3 技术系统的结构与功能 .....	(100)
4.4 主观地理信息系统的结构与功能 .....	(103)
4.5 人工智能与虚拟现实 .....	(115)
<b>5 地理信息科学理论、技术、产业</b> .....	(124)
5.1 地理信息科学基础理论 .....	(124)
5.2 地理信息科学应用基础理论 .....	(144)
5.3 地理信息科学的应用理论 .....	(173)
<b>参考文献</b> .....	(206)
<b>英文摘要</b> .....	(209)

# CONTENTS

## Preface

<b>1 Philosophy and Geographic Information Science</b> .....	(1)
1.1 Material Object and Scientific Theory .....	(1)
1.2 Limitations of Atomic Mode of Thinking in the West .....	(8)
1.3 Advantage of Ancient Concept of Viewing the Situation as a Whole in China.....	(9)
1.4 Enlightenment to Geographic Information Science Construction from Ancient Concept of Viewing the Situation as a Whole in China.....	(19)
<b>2 Introduction to Geographic Information Science</b> .....	(24)
2.1 Concepts of Geographic Information Science.....	(24)
2.2 Basic Features of Geographic Information Science.....	(38)
2.3 Position of Geographic Information Science in Modern Science and Society.....	(48)
2.4 Scientific System of Geographic Information Science.....	(50)
<b>3 Evolution and Process of Geographic Information Science</b> .....	(53)
3.1 Evolution and Process of Geographic Information Science.....	(53)
3.2 Steps of Geographic Information Science Development.....	(57)
<b>4 Structure and Function of Generalized Geographic Information Science</b> .....	(72)
4.1 Components of Generalized Geographic Information Science, and Their Relationships .....	(72)
4.2 Structure and Function of Geographic System.....	(75)
4.3 Structure and Function of Technique System.....	(100)
4.4 Structure and Function of Subjective Geographic Information System.....	(103)
4.5 Artificial Intelligence and Virtual Reality .....	(115)
<b>5 Theory, Technology and Industry of Geographic Information Sciences</b> .....	(124)
5.1 Basic Theory of Geographic Information System .....	(124)
5.2 Applied Basic Theory of Geographic Information System.....	(144)
5.3 Applied Theory of Geographic Information System .....	(173)
<b>Referenc</b> .....	(206)
<b>Abstract</b> .....	(209)

# 1 哲学思维与地理信息科学

## 1.1 物质对象与科学理论

物质的客观存在及其运动变化是不以人的意志为转移的，而任何科学都是人们对物质及其运动认识的结果，都是人类改造物质世界实践经验的高度抽象与概括。或者说科学是主观的，但他必须反映并遵守客观规律。

科学对物质世界的认识、抽象、概括是一个逐渐逼近的过程。由物质组成的宇宙在空间上和时间上都有无限性，并且其本质联系又由种种现象所笼罩，因此，要拨开迷雾返其本来面目就不是一件容易的事。

科学理论和思维方式是认识物质世界真实面目的最重要武器。人们对客观世界认识不断深入的同时，科学技术也在不断发展，这为人们改造客观世界提供了有力的武器，也极大地推动了社会的进步。但科学能否从整体上反映客观世界的本质联系，不仅关系到人们对客观世界的改造，也关系到科学本身的发展。从整体上反映物质世界的本质联系，历来是哲学的任务，各门科学也有为哲学提供这种认识的责任，但对各门科学来说更重要的是选择正确的哲学思维来作为自身的认识论和方法论。

### 1.1.1 天地人复杂巨系统

中国古代认知观是从整体上反映物质世界及其本质联系的一种典型的哲学思维，其核心内容就是强调天地人是一个统一的有机整体。我们按照这种哲学思维来研究客观世界是如何实现相互联系的，从而构成如图 1-1 的统一模式。这里所说的天地人是一个同源同构的复杂巨系统，是指包括自然、社会和人类等客观存在的一切事物是一个巨系统。同源是指具有同一的物质源头，尽管在空间尺度上存在着宇观、宏观或微观的区别，但都是由同一的物质所组成；在时间上虽然不断演化，但都是物质在运动变化过程中的某一发展阶段；在特征上尽管有能量的转化、信息的传递，但都是物质运动形式的反映。所谓同构是指不论宇观、宏观或微观的物质实体都具有层次网络结构，都是这个无限层次结构中的一个环节。按照这个统一模式，时间、空间、结构、功能、能量、信息等都是物质在运动变化中的某种形式。

#### (1) 物质与运动

世界上的万事万物都是由物质组成的，不同物质在相互作用过程中均体现了物质之间的运动变化和系统、要素、结构、功能、时间、空间、能量、信息等各种运动形态及其相互转化关系。物质的运动是由不同物质之间存在着相互作用力所引起的。两个物质之间的相互作用产生力，按牛顿力学，引力的大小与物质质量成正比，与距离平方成反比（物质运动存在着强力、弱力、电磁力和引力四种）。各种物质之间的作用都要求达到力的平

衡的趋势，这就是物质运动的根本原因或基本动力。对于地球表面来说，由于有太阳能和地球内能的不断输入，就使地表万事万物处于力的不平衡之中。可见物质运动是由物质本身和相互间作用的特性所决定的，并不需要什么第一推动力。中国古代自然观正确地解决了这个问题，它把物质内部这种特性称之为阴阳的对立与转化；唯物辩证法称为对立统一法则；自然科学称之为物质分异规律。总之任何科学都是研究物质的存在方式、运动形式及其平衡特征。

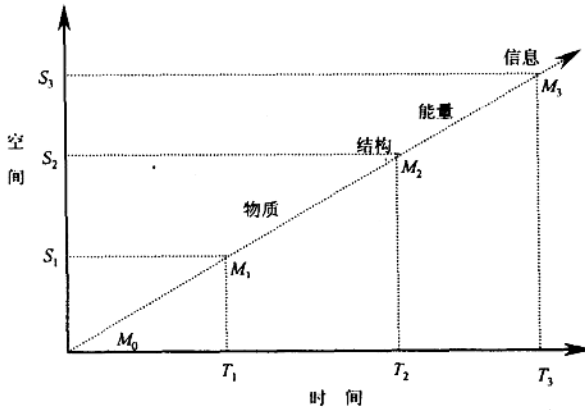


图 1-1 天地人复杂巨系统

## (2) 空间

不同物质之间的相互作用是由它们都力求在空间上达到某种最佳布局或组合所引起的。所谓最佳组合就是上面所说的不同物质之间的相互作用力处于平衡，在这种状态下各种矛盾达到和谐统一。对于人来说，不花力气不做功，感到很轻松舒服。平常所说的水往低处流，人往高处走，各种生物都要占据其最佳的生态位等，就是要达到这种平衡和谐的目的。空间上的这种平衡和谐是宇宙发展最根本的规律，不论是宇观世界、宏观世界或微观世界都无一例外。如果我们用太阳系作为宇观世界的代表，地球作为宏观世界的代表，原子作为微观世界的代表，虽然这三者在空间上、在质量上的差异是如此悬殊，但它们在层次结构、层次结构之间的比例关系及其作用力上却是非常相似，使我们不得不说不说宇宙万物都存在着空间结构规律，即第一，太阳系、地球和原子都存在着圈层式的层次结构；第二，太阳占整个太阳系质量的 99.87%，固体地球占整个地球质量的 99.90%，原子核质量占整个原子质量的 99.97%；第三，太阳与行星之间的万有引力、原子核与电子间的电磁力都遵守力与两者距离的平方成反比。这种作用力与距离平方成反比，在自然界、经济和社会领域上也处处可见。这就是说物质必然要在空间上形成一定的层次结构，它们之间的相互作用在空间上呈现出网络结构，并且这种层次与网络结构又必须遵守最佳组合的原则，这是不同物质之间相互作用力要求达到平衡和谐规律的体现。

## (3) 时间

物质在空间上完成了这种最佳组合，就称其为达到某一发展阶段  $M_1, M_2, \dots$ ，完成

这种最佳组合所需时间称为一个过程或周期。如果  $M_0$  为混沌状态，那么  $M_1$  则为这个过程中物质运动的结果。此时的  $M_1$  是处于某种平衡和谐状态，从  $M_0$  到  $M_1$  所需时间相应地为  $T_0—T_1$ ，此时物质在空间上也相应地从  $S_0—S_1$ ，即  $M_1$  是物质运动到时间  $T_1$  时在空间  $S_1$  所达到的层次结构状态。以地球的形成发展史为例，它经过了岩石圈、大气圈和水圈等原始圈层结构形成的  $M_1$  阶段，经过了生物圈形成的  $M_2$  阶段，原始人类产生和人类文明出现的  $M_3$  阶段。这里所说的  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$  等是指地球发展史这种长尺度的发展阶段， $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$  等不是一个点，而是一个区域，通常称为阈值。在这个区域内，只有量变而没有质变，只有量变超过某一临界点，系统才会进入新的发展阶段。从唯物辩证法观点看，就是量变到质变和否定之否定。在相应的时间内也可以在地层中找到地球物质及其运动变化的相应轨迹及结构状态。作为宏观世界的地球，其层次结构也具有无限性。对于某些低层次的结构，它们达到平衡和谐所需时间则相应较短，因为实现平衡和谐的条件较为简单。但不管何种层次以及何种发展阶段，凡是达到平衡和谐，都是物质经过相互之间的运动变化以后在空间上完成了某种最佳组合，这种最佳组合就是空间上有规律的层次网络结构。因此，作为反映物质运动的这种客观规律的科学或主观信息，则凡是科学定律都是完美的、和谐的、平衡的、简单的。由于各种力处于平衡状态，这样物质对象之间的相互作用就可以通过因果关系、相应的方程如线性方程来取得平衡公式。而从  $M_0 \rightarrow M_1$ ， $M_1 \rightarrow M_2$  等发展的长过程中，由于各种力处于相互冲突之中，无法达到平衡和谐，因此它们之间的相互关系只能通过相关关系，各种力相互作用的结果只能通过非线性方程来计算。不论是自然、社会，还是人类思维，总是过程远长于结果，所以在自然、社会和思维中总是相关关系远多于因果关系，非线性关系远多于线性关系。但是由于物质对象在空间尺度上存在着宇观、宏观和微观等无数层次结构的差异，物质运动在速度上存在着低速与高速等区别，因此客观规律也有层次等级的不同。例如物理学上的经典力学、量子力学和相对论就分别研究宏观与微观、低速与高速下的各种规律。而中国古代自然观从太极一气产阴阳，阴阳化合生五行，五行既萌，随含万物，这就是说世界万事万物都由同一的太极（物质）所生，并且又用同一的指标天干地支来表示阴阳、五行，更妙的是天干地支又同时代表空间与时间，既把整个宇宙的万事万物都统一在物质及其运动上，并且物质的阴阳对立又已包含着量变与质变、否定之否定的规律。

#### (4) 能 量

物质对象只有通过运动才能在空间上和时间内完成平衡和谐状态。空间上的某种最佳组合，时间上的某个发展阶段，它们都是特指某一能量级别。物质在运动中发生能量转化，并且运动速度不同就有不同的能量转化形式。物理学上的低速运动是指远低于光速 ( $3 \times 10^8 \text{m/s}$ ) 下的物质运动速度，如机械能与热能、势能与动能的转化 ( $v = \sqrt{2gh}$ ) 等；所谓高速是指接近光速下的物质运动速度，如核能与光能的转化、相对论中的质能的转化 ( $E=MC^2$ ) 等。

物质是看得见、摸得着（微观物质要通过仪器观测）的具体实物，但能量则只有在物质的运动中才能体现出来。如果物质运动的速度为零，能量就以势能形式潜伏于物质之中。能量是看不见、摸不着的，但它具有做功的本领。人们通常用场（这里是场论的场，如量子化的场即量子场、电磁场、粒子场，与引力场具有相似的性质，都是由力导

致的运动过程状态的描写)来表示从物质转化为能量的状态。如果物质是基本粒子的凝聚体的话,那么能量则是基本粒子的稀释扩散形式,即场。可见在微观世界物质与能量并没有严格的界限(物质与能量可以互相转化)。并且由于能量具有做功的本领,人们仍然把能量同物质连在一起称为物质实体(相对于信息是物质的抽象体或虚体而言)。当然物质与能量仍然有很大区别。作为看得见、摸得着的物质,它在空间上的排列组合,在时间上的发展演化,人们都称其为物质结构,即结构是物质排列组合和发展演化过程的体现,是看得见摸得着的东西。物质要完成时空上的这种结构,则需不同物质之间相互作用,或者说在运动中体现出做功的本领,这就是相对于物质结构而言的功能。功能是能量的体现,它是在系统与环境相互联系、相互制约的动态过程中才能体现出来,即只有在物质的运动中才能体现、才能感到的。功能不能离开结构而独立存在,正如能量不能离开物质而独立存在那样,因结构是物质在空间场上的存在形式,功能是能量场在运动中的体现。要检验任何物体功能的优劣,唯有让该物体处于运作过程中,否则只有观察其结构。这样我们就可以把物质与系统、要素、空间、结构及其运动与时间、功能、能量以及它们之间的相互转化通称为物质的实体。

#### (5) 信息

不同物质之间在相互作用运动过程中,除了完成能量转化、实现空间与时间上某种结构及功能外,同时也进行着信息的传递和存储。或者说物质在空间上的任何一种排列组合方式,在时间上任何一个发展演变阶段,以及时空结构与功能的任何特征,信息都以能量作为其传递动力而把物质及其运动的一切轨迹记载存储在物质实体之中。可见信息是由于不同物质之间的运动产生能量转化才实现信息传递和存储的。一个最简单的信息单元(即信息系统)就是两种物质对象及其信息的传递,信息论上称为信源和信宿及信道。信源发出信息而消耗能量,而信宿接收信息而积累能量,这一切变化均在信源与信宿中得以记载和存储。所以可以说任何物质,包括人体在内都是一个信息体,例如任何一个生物体,都是该生物物种进化链条上的一个环节,它既凝结着那个种系进化的全部历史,体现那个种系目前的状态,也潜在地规定着那个种系未来进化的种种可能性<sup>[1]</sup>。由于宇宙中包括人体在内的任何物质都是物质之间在不断运动中才发展成为具有一定结构与功能的特定实体,这一历史进程中任何特征都以信息形式存储在这个特定实体中。虽然流失的时间我们看不到,当时的演化发展我们不知道,但却可以通过存储于该物质中的信息来了解当时物质的发展过程。如前所述物质、能量、运动、时间、空间、结构、功能都是物质的实体,那么相对于这个实体而言,信息就是物质的虚体。通过虚体来研究实体就是信息科学的任务和方法。

宇宙不管怎么复杂、怎么变化,但源头只有一个,即物质及其运动,或者说时间、空间、结构、功能、能量、信息等一切特征都是物质运动的特定形式。而这些特征都以信息形式存储记载在物质之中。或者说物质与运动是事物发展变化的本质,而空间、时间、能量以及结构、功能等都是物质层次结构和复杂运动形式的种种体现。要揭示物质无限复杂的层次网络结构和发展阶段最深层次的本质的联系,还其客观事物的本来面貌,有两种基本方法:其一是一个层次又一个层次,一个环节又一个环节,一个阶段又一个阶段地去摸索。但这种方法的主要缺点不仅在于繁琐,而且你不知这些层次、环节和阶段之间存在错综复杂的网络关系,弄不好就成一团乱麻,就有可能把本来客观上有规律

的层次、环节和阶段搞得混乱不堪或复杂化，让你永远无法弄清这个世界的本质联系，最后只好说这个世界是无法认识的。这个方法也许是西方哲学思维与西方科学所走过的道路和面临的问题的某种缩影。当代数千个门类的学科已经使人眼花缭乱，更不要说数以万计的学说理论更是使人无所适从。

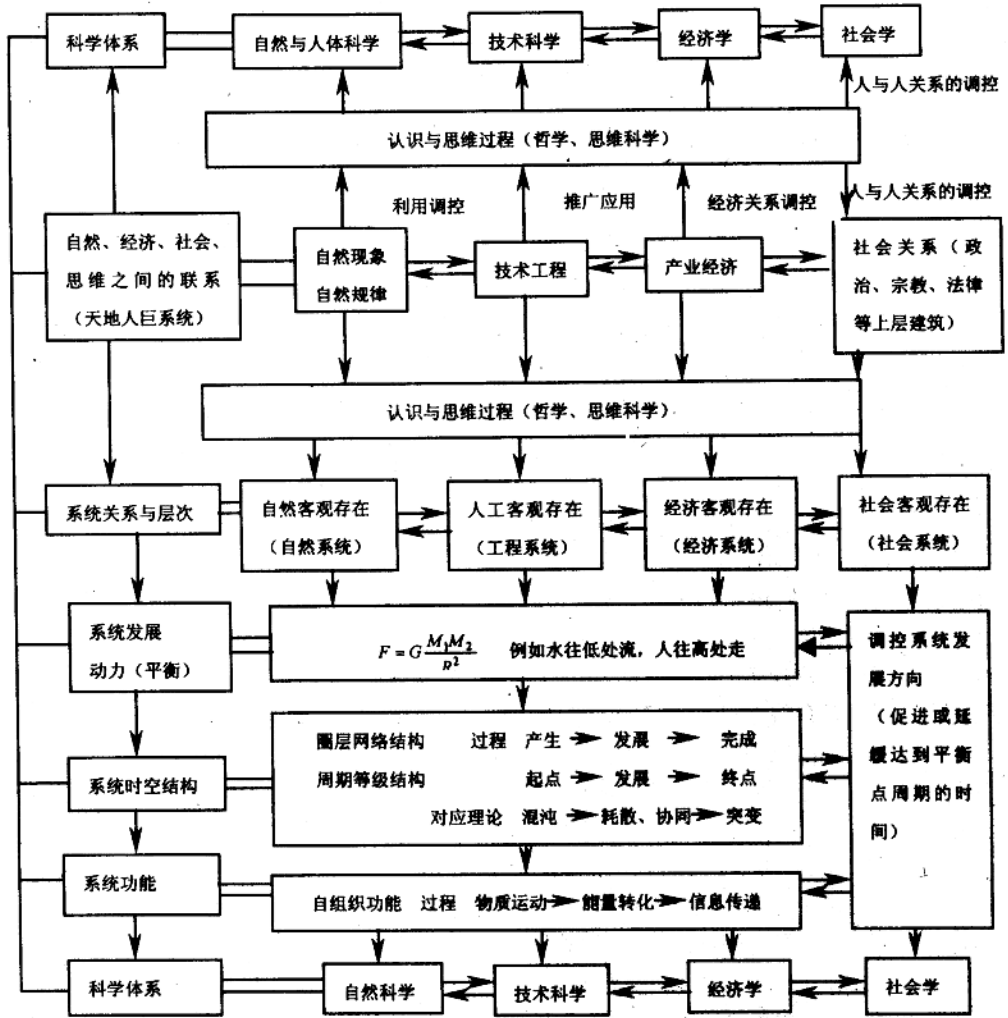


图 1-2 科学体系与客观实际的对应关系

另一种方法是从整体上把握物质与运动的关系，把空间、时间、能量、信息、结构和功能等都看作是物质的存在方式，是物质在空间上某种层次结构或环节，是时间上的某一个发展阶段，即把世界上的万事万物都放在宇宙坐标中的一定位置上考察，它们

在横向空间上都具有关联性，在纵向时间上都有继承性。这样，客观世界虽然可以呈现无限的复杂，但他们之间关系又秩序井然，其发展变化就可以认识、可以预测预报。把物质的运动、能量、时间、空间、结构、功能等都作为物质的实体，而把上述实体变化所显示的信息作为物质的虚体，那么就可以通过对信息的研究来层层剥开物质之间的联系，还其物质实体本来面目，这种方法大致对应于中国古代认知观（自然观或整体观）。中国古代自然观是东方哲学思维的典型，是从整体上较真实地反映世界的本来面目。就连中国古代神话小说也都具有中国古代哲学思维的特征，例如孙悟空的七十二变，神话小说中的上天入地、千里眼、顺风耳等都是现实客观世界的反映。也可以说这些美好愿望都是中国古代人们对信息的具体描绘，并已都在今天的高科技中得以实现。当代以电子计算机、遥感技术、空间定位系统、卫星技术、光纤通讯、多媒体等高科技为主的现代信息社会，已经可以通过信息的转换，使无限的空间和无限的时间实现“对接”，已经可以做到全球的同步、准同步的观察和会晤，从而使信息成为当代最重要的财富和产业。

总之，物质与运动的本质关系体现在自然、经济、社会与思维认识上，就使它们之间形成一个具有多层次等级，又密切联系、不可分割的统一整体，反映客观实际本来面目的科学，包括自然科学、人体科学、技术科学、经济学、社会学、思维科学，也是一个相应的科学体系（图 1-2）。

### 1.1.2 哲学思维在地理信息科学中的地位

作为地理实体，是包括自然、社会和人类在内的一切客观存在的地理系统，作为地理虚体则包括相应的客观信息和主观信息，以及使客观信息转化为主观信息的人类思维。地理信息在自然、社会和人类思维中的运转具有一定的规律，并构成相应的地理信息系统（指广义的地理信息系统），这种地理信息系统就是具有某种规律性的客观存在。而地理信息科学就是研究这些规律的科学。地理信息科学在科学体系上具有很大程度的方法论性质，但由于地理信息系统本身有其运转的一般规律，因此地理信息科学也就具有相应的理论基础，即研究地理信息是什么？地理信息为什么会传递和怎样传递？而研究地理信息有什么用？如何用？则是地理信息科学的应用学科。从地理信息是什么到如何用架起一道桥梁的学科就是地理信息科学的应用理论学科。

#### （1）地理信息科学的基本任务

地理科学是研究作为人类生存活动空间的地球表层中各种事物和现象的空间分布及其发展变化规律的科学，因此地理科学最一般的研究方法是对地理空间及其发展动态的信息进行采集和处理。根据人类生产活动规模和科技发展水平，对地理信息的采集、处理是从直接的生产活动、野外调查获取数据并对这些数据作手工处理和制图开始，并经历了借助地面测量工具获取数据，和借助算盘、计算尺、制图仪器等工具对这些资料进行处理和制图，进而发展到通过航空、航天技术获得数据，并借助于计算机、狭义地理信息系统技术对这些数据进行处理。不管处于何种发展阶段，对地理空间数据的获取和处理都存在着一个方法论问题。即使是最原始的野外调查也没有例外。要保证在有限点或线上调查的数据能够反映一定面上的真实情况，就必须有一套完善的方法体系、工作步骤及对数据处理的技术等。例如地理系统中在一个广大区域内各要素的变化可能是连续的，但在局部的变



化可能是突然的，这就要求我们非常重视对突变区域的布点、布线。再如把调查成果编制成地图，也存在一系列方法论问题。例如应如何把具有三维空间的地球表面反映并绘制在只有二维平面的图纸上；再如如何表示地球表面空间各种事物、现象及其相互之间的关系等，这都有一系列的理论和技术要解决。总之，对地理空间数据的获取、存储、检索、分析、模拟与预测预报历来是地理信息科学的基本任务。

## (2) 哲学思维对地理信息科学的作用

由于中国古代对宇宙的认识是天圆地方，因此中国古代的地图制图技术虽然发展到很高水平，但都未能反映地球表面是球面这种客观实际。经典的科学实验和实证主义方法虽然严密、一丝不苟，但由于认识论上属于经验论，割裂了客观世界的整体联系，故使当代社会经济的发展受到种种困扰，使现代文明建立在极为脆弱的基础上。中国古代哲学思维对地理信息科学的意义就在于认识论与方法论是统一的，二者统一在天地人是一个和谐统一的有机整体上。这种观点就是现代地理系统的思想。或者说我们祖先在长期实践中，已经认识到地理系统的整体性规律。这种对地理系统客观存在的高度抽象显示就是地理信息，而把地理信息整体观推广到一切领域，就成为中国古代哲学思维。中国人历来把科学概括为上至天文下至地理，现在把这种思维方式再次“回归”到地理信息科学应该是顺理成章的，当然也可以说是从整体到部分的演绎应用。所谓天地人整体观是现代地理系统思维，是由于地理科学历来是研究自然与人文相互关系的科学。人文是指人与社会，自然是指天与地，天是由宇宙、太阳系及其行星、卫星等宇宙构成，地是地球的四大圈层。《周易》所说的太极生两仪，就是在混沌之中才逐渐形成包括地球在内的太阳系各星球，即天与地。两仪生四象就是天与地的相互作用（重力分异）才逐步形成四大圈层、东西南北、春夏秋冬等地理现象。这里所说的逐渐形成是指漫长的时间。例如原始地球在重力分异过程中先后形成岩石圈、大气圈、水圈，以后才在三大圈层表面形成生物圈，最后又在生物圈内出现人类本身。可见包括人类在内的生物都是自然界演化发展的产物，都是天地间信息的合成物（信宿）。天与地是一个整体（自然地理系统），人与天地也是一个整体（地理系统），当然这个系统是一个具有层次等级、不断分异发展具有复杂网络结构的有机统一整体。地理系统之所以是一个有机的整体，从信息论的角度看，虽然天与地是互为信源与信宿，但实质上作为天的主要组成成分的太阳是一个强大的信息源，它通过电磁波向地球输入大量的信息，这是地理系统从简单到复杂，从低级到高级，从无序到有序逐步进化的基本动力。即太阳向地理系统输送大量能量与信息，才驱动地理系统内在空间上和时间上进行不断分异与平衡，才推动地理系统中各个层次等级之间得以协调发展。热力学第二定律已经说明，如果地理系统不与太阳等宇宙系统发生物质、能量和信息交换就是一个封闭系统，系统内由于本身能量的消耗而导致熵增，将使系统走向寂静或死亡。所以维纳说信息量实质上就是负熵，是用以表示系统有序性或组织程度的标志<sup>[2]</sup>。所以太阳能的输入对地理系统来说是其演化发展的依据。按照唯物辩证法的观点，地理系统内部的对立统一是地理系统发展的依据，而太阳能输入则是地理系统发展的外部动力。但从中国古代自然观看，天地人这个有机统一整体是由宇观、宏观、微观中无数层次等级相嵌组成的，而每一个层次等级的发展都是由阴阳的对立转化和统一所推动的。对天地系统来说，天是阳、地是阴；对天地系统下面的一个层次来说，上是阳，下是阴，这样层次等级之间就由阴阳连接起来，已经分不开内因与外因（只能说上一层次的内因可能是下一层次的外因）。太阳