



钱学森科学技术思想研究丛书

# 地理综合集成研讨厅的方法与实践

龚建华 李文航 马蔼乃 著



科学出版社



钱学森科学技术思想研究丛书

# 地理综合集成研讨厅的方法与实践

龚建华 李文航 马蔼乃 著



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

地理综合集成研讨厅是钱学森提出的“从定性到定量的综合集成方法”和“从定性到定量的综合集成研讨厅体系”在地理学中的应用和实践。地理系统是开放复杂巨系统,地理问题是复杂性问题,地理综合集成研讨厅依托天地人机信息一体化网络系统以及专家群体的社会思维与智慧,可以使地理新知识的获取、决策的制定和研讨等更为科学、准确、高效与合理;同时,地理问题的时空特性,又使得地理综合集成研讨厅具有自己独有的特征,有别于其他领域的综合集成研讨厅。作者结合亲身实践,系统、全面地介绍了地理综合集成研讨厅的产生背景、基础理论、关键技术和典型应用实践。

本书可供区域规划、城市管理、气象气候、水文地质、土地利用、水土保持、灾害应急、全球环境变化、可持续发展等领域的管理者、决策者,以及地理科学、系统科学、复杂性科学等相关领域的高等院校、科研单位的师生参考、阅读之用。

### 图书在版编目(CIP)数据

地理综合集成研讨厅的方法与实践 / 龚建华, 李文航, 马蔼乃著. —北京: 科学出版社, 2012

(钱学森科学技术思想研究丛书)

ISBN 978-7-03-036255-1

I. ①地… II. ①龚…②李…③马… III. ①钱学森(1911~2009)—地理学—思想评论 IV. ①K90-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 310428 号

责任编辑:余 丁 魏英杰 / 责任校对:包志虹  
责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2012年11月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2012年11月第一次印刷 印张:16

字数:305 000

定价:70.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

谨以此丛书纪念  
钱学森诞辰一百周年

曹刚川 二〇〇八  
十一月

## 《钱学森科学技术思想研究丛书》编委会

**主 编：**余振苏

**编 委：**(按姓氏汉语拼音排序)

鲍世行 (中国城市科学研究会)

龚建华 (中国科学院遥感应用研究所)

巩献田 (北京大学)

黄顺基 (中国人民大学)

姜 璐 (北京师范大学)

凌福根 (第二炮兵装备研究院)

卢明森 (北京联合大学)

马蔼乃 (北京大学)

糜振玉 (军事科学院)

苗东升 (中国人民大学)

钱永刚 (中国电子系统工程公司研究所)

余振苏 (北京大学)

史贵全 (上海交通大学)

宋孔智 (北京航天医学工程研究所)

赵少奎 (第二炮兵装备研究院)

## 《钱学森科学技术思想研究丛书》序

在现代科学技术革命、政治多极化、经济全球化与文化多元化的新形势下，人类面对越来越复杂的世界，我国社会主义现代化建设同样也面对各种各样的复杂性问题。突破还原论，发展整体论，在还原与整体辩证统一的系统论基础上构建现代科学技术体系，探索开放的复杂巨系统理论与方法，并付诸实践，已经成为现代科学技术发展进程中的重大时代课题。

早在 19 世纪末，恩格斯就曾经预言<sup>①</sup>，随着自然科学系统地研究自然界本身所发生的变化的时候，自然科学将成为关于过程，关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大的整体的联系的科学。1991 年 10 月，钱学森根据现代科学技术发展的新形势，进一步明确指出<sup>②</sup>：“我认为今天的科学技术不仅仅是自然科学工程技术，而是人认识客观世界、改造客观世界整个的知识体系，这个体系的最高概括是马克思主义哲学。我们完全可以建立起一个科学体系，而且运用这个科学体系去解决我们中国社会主义建设中的问题。……我在今后的余生中就想促进这件事情。”

在东西方文化互补、融合的基础上，钱学森提出的探索宇宙五观世界观（胀观、宇观、宏观、微观、渺观）、社会主义社会三个文明（物质、政治、精神）与地理建设（生态文明）的体系结构、现代科学技术体系五个层次、十一个大部门的总体思想、开放的复杂巨系统理论、从定性到定量综合集成研讨厅与大成智慧学等，构成了钱学森科学技术思想的核心内涵。可以说，钱学森科学技术思想的核心是对现时代科学技术发展趋势的总体把握，是依据现时代科学技术综合化、整体化的发展方向，对恩格斯关于自然科学正在发展为“一个伟大的整体联系的科学”这一预见的科学论证与深刻阐发，它必将大大推动科学技术的发展，必将成为中国社会主义现代化建设的强大思想武器。因此，深入学习、研究、解读、继承，并大力传播与发展钱学森的科学技术思想，是我们这一代科技工作者不可推卸的历史责任。

钱学森在美国的二十年，潜心研究应用力学、工程控制论和物理力学，参与开拓美国现代火箭技术，成就为世界著名的技术科学家和火箭技术专家；回国后的前二十五年，专心致志地领导、开拓我国导弹、航天事业，成为世界级的航天发展战略家、系统工程理论与实践的开拓者和国家功臣；晚年的钱学森，在马克思主义哲学

① 马克思恩格斯选集（4 卷），2 版，北京：人民出版社，1995：245。

② 钱学森：感谢、怀念与心愿，人民日报，1991-10-17。

的指导下,在科学技术的广阔领域里不懈地探索着,从工程技术走向了科学论,成为具有大识、大德和大功的大成智慧者,具有深厚马克思主义哲学功底的科学大师和思想家。钱学森提出的科学技术思想具有非同寻常的前瞻性和战略意识,对于我国科学技术的发展与社会主义现代化建设是一座无价的思想宝库。我们这些来自不同学术领域的后来者,研究、解读他的创新科学技术思想,是有难度的,在知识域上也是有局限性的。现在呈现在读者面前的《钱学森科学技术思想研究丛书》只是我们学习、研究钱学森科学技术思想的初步成果。我们把本丛书奉献给读者,目的是希望尽我们的微薄之力,进一步推动钱学森科学技术思想的研究工作,诚恳地欢迎社会各界提出不同的意见,并进行广泛的学术交流。

在《钱学森科学技术思想研究丛书》陆续与读者见面的时候,我们衷心地感谢国内相关领域的学者、专家积极主动地参与研讨,尽心尽力地出谋划策,无私地贡献自己的知识和智慧;特别要感谢谢光选、郑哲敏院士和新闻出版总署、科学出版社的领导和同志们,正是他们的大力支持和鼓励,才使本丛书得以在钱学森百年诞辰之际问世。

《钱学森科学技术思想研究丛书》编委会

2010年12月11日

## 前 言

地理系统是开放复杂巨系统，这是钱学森在研究复杂性理论和开放复杂巨系统时明确提出的几个开放复杂巨系统之一，并指出，其解决方法是从定性到定量的综合集成方法，支撑平台则是从定性到定量的综合集成研讨厅。

本书的作者涉及三代人。我们对综合集成研讨厅的研究也经过了不断的努力。从遥感信息模型和天地人机一体化网络、虚拟地理环境和虚拟地理实验室、协同虚拟环境再到地理综合集成研讨厅，前后历经 30 年。可以说，我们是三代人在这个方向上不断探索着、研究着，从不同的角度、不同的层次思考着地理问题的解决方案，最终发现与钱老的地理科学思想不谋而合，殊途同归，自然而然地与钱老的设想和主张融为一体。同时我们的研究也受到了钱老的关注，并得到了钱老的直接指导<sup>①</sup>，我们很受启发和鼓舞，经过不断的努力，最终形成了“地理综合集成研讨厅”的概念与方法体系。

具体到地理综合集成研讨厅，我们从七年前就开始相关理论、技术的准备工作。期间，在国家自然科学基金和国家 863 计划等相关项目的支持下，于 2007 年左右形成比较完整的原型系统。在此基础上，经过了典型地理问题的试验探索，如 SARS 的模拟实验与分析、汶川地震应急救灾现场技术支持与工作，初步从理论、技术和实践三个层次验证了地理综合集成研讨厅在地理问题研究与求解上的可行性。我们作为专家参加了第 374 次香山会议（复杂性与社会设计工程），作为主席和秘书承办了第 378 次香山会议（中国山水城市与区域建设——地理科学与建筑科学交叉研究），会上以复杂地理科学和地理综合集成研讨厅为主要内容做了相关报告，受到与会专家的好评，也提出了很多建设性的意见。我们希望将这些经验、意见与科研同仁交流共享，这也促成了本书的形成。

全书共七章，整体上划分为理论、技术和实践三大部分。前三章介绍地理综合集成研讨厅的相关背景，包括地理科学的复杂性（第一章）、地理综合集成研讨厅的概念（第二章）和相关领域的研究综述（第三章）；第四章介绍地理综合集成研讨厅的理论，提出了地理问题分布式群体研讨模型，从地理问题的空间性和对认知的体认性出发，设计了角色理论支持下的分布式虚拟空间中群体地理研讨流程，并实现地理研讨的螺旋循环发展；第五章介绍实现地理综合集成研讨厅的若干关键技术，包括分布式研讨服务器集群的构建、分布式研讨实时交流交互

---

<sup>①</sup> 钱学森 1996 年 1 月 18 日给马蔼乃的书信。



技术、面向移动设备研讨的地理计算转移模型、异构设备间的群体感知等，并基于这些技术，研发出了自主知识产权的地理综合集成研讨厅的系统原型；第六章从我们亲自实践过的案例中，选取四个典型的应用案例介绍地理综合集成研讨厅原型实验研究，体现理论与实践的结合。第七章对地理综合集成研讨厅未来的发展进行展望，考虑未来理论、技术和实践的发展，讨论了云研讨厅、全息研讨厅、虚实结合的地理模拟实验、知识可视化和知识计算、用以地理知识传播的地理教学环境等，同时将“前景”与“背景”形成呼应，全书也因此形成关于地理综合集成研讨厅“背景”→“理论”→“技术”→“实践”→“前景”的逻辑组成。

本书的出版得到了“国家出版基金项目”的资助。相关工作前后得到了中国科学院知识创新工程重要方向项目（KZCX2-EW-318）“协同虚拟地理实验理论与关键技术研究”、国家自然科学基金（41201396，40871181，40471103）“支持室内呼吸道疾病传播模拟的多层次人地关系建模研究”、“基于个体的人-地时空建模与传染病传播模拟研究（2009~2012）”与“基于虚拟地理环境的 SARS 传播与控制模拟研究（2005~2007）”，国家高技术研究发展计划（863 计划）项目（2006AA12Z204，2009A12Z1010-15）“支持小流域坝系规划的协同虚拟地理环境关键技术与原型试验（2006~2008）”与“灾害遥感应急监测与灾情信息快速提取技术（2009~2010）”等的支持。同时，感谢中国科学院遥感应用研究所虚拟地理环境研究团队全体同仁近几年在虚拟地理环境、虚拟地理实验、地学协同与研讨厅方面的艰苦探索，尤其是应用案例中的 SARS 时空传播模型主要由周洁萍博士完成，堰塞湖洪水演进模型及模拟主要由李毅博士完成。

2011 年 12 月 11 日是钱老 100 周年诞辰，钱老离我们而去也已两年有余，每每想起先生往日的教导，仍历历在目。我们也希望用此书纪念我们的功勋科学家，并循着综合集成研讨厅和从定性到定量综合集成方法，将复杂地理学的研究不断向前推进。但我们也知道，地理综合集成研讨厅本身的研究也是一个复杂问题，不是几本书、几篇论文、某个团队所能完成的，而是与方法论一样，是一个持续的不断发展和螺旋上升的过程，因此，我们也希望将初步的研究成果展示给大家，抛砖引玉，促进地理综合集成研讨厅更深入的研究。

马蔼乃 龚建华 李文航

2011 年 9 月 9 日

# 目 录

## 《钱学森科学技术思想研究丛书》序

### 前言

<b>第一章 地理科学的复杂性</b> .....	1
1.1 地理科学与现代科学技术体系 .....	2
1.2 地理科学网络系统的层次与跨度 .....	7
1.3 复杂的、辩证逻辑的地理数学 .....	11
1.4 多类学科交叉的地理科学.....	15
1.5 开放的“天地人机信息一体化网络系统”.....	17
1.6 地理系统科学的示例.....	18
1.7 本章小结.....	19
参考文献 .....	19
<b>第二章 地理综合集成研讨厅的概念</b> .....	21
2.1 综合集成研讨厅.....	21
2.2 地理综合集成研讨厅的提出.....	26
2.3 地理综合集成研讨厅的概念及学科定位.....	28
2.4 本章小结.....	34
参考文献 .....	34
<b>第三章 地理综合集成研讨厅相关领域研究综述</b> .....	35
3.1 综合集成研讨厅与从定性到定量的综合集成方法.....	35
3.2 计算机支持下的协同工作.....	43
3.3 协同虚拟环境.....	46
3.4 普适计算与普适地理计算.....	54
3.5 地理协同虚拟环境/协同虚拟地理环境 .....	57
3.6 现代空间信息技术.....	62
3.7 本章小结.....	68
参考文献 .....	68
<b>第四章 地理问题分布式群体研讨模型</b> .....	75
4.1 群体研讨模型与群体地理研讨模型.....	75
4.2 地理问题和地理过程的重构.....	88
4.3 地理决策工具的开放耦合与协同数据挖掘 .....	106

4.4	分布式群体地理研讨的交流交互模式 .....	112
4.5	分布式群体地理研讨的群体决策和意见综合 .....	120
4.6	群体地理研讨的螺旋上升 .....	126
4.7	本章小结 .....	130
	参考文献 .....	130
<b>第五章</b>	<b>地理综合集成研讨厅的关键技术</b> .....	<b>131</b>
5.1	地理综合集成研讨厅的技术组成 .....	131
5.2	分布式研讨服务器集群的构建 .....	137
5.3	分布式研讨实时交流交互技术 .....	143
5.4	分布式研讨资源的管理机制 .....	149
5.5	面向移动设备研讨的地理计算转移模型 .....	153
5.6	异构设备参与下普适地理研讨和感知的关键技术 .....	164
5.7	地理综合集成研讨厅的系统原型 .....	171
5.8	本章小结 .....	173
	参考文献 .....	173
<b>第六章</b>	<b>地理综合集成研讨厅原型试验</b> .....	<b>174</b>
6.1	案例一 自然地理综合集成研讨实验——小流域坝系规划 可行性协同评审 .....	174
6.2	案例二 人文地理综合集成研讨实验——以 SARS 传播研讨为例 .....	191
6.3	案例三 基于地理综合集成研讨厅的汶川地震应急研讨 .....	204
6.4	本章小结 .....	218
	参考文献 .....	219
<b>第七章</b>	<b>地理综合集成研讨厅的发展展望</b> .....	<b>220</b>
7.1	对地理综合集成研讨厅的理论发展展望 .....	220
7.2	对地理综合集成研讨厅的技术发展展望 .....	224
7.3	对地理综合集成研讨厅的实践发展展望 .....	230
	参考文献 .....	235
<b>附录</b>	.....	<b>237</b>

# 第一章 地理科学的复杂性

钱学森在他所创导的系统科学中，提出了 11 个门类（自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学、行为科学、地理科学、建筑科学和美术艺术）五个层次（哲学层次、哲学桥梁层次、基础科学层次、技术科学层次、工程技术层次）和一个作为“环境”的前科学，“现代科学技术体系”是系统科学在基础层次上的实例，见图 1.1（马蔼乃，2011）。

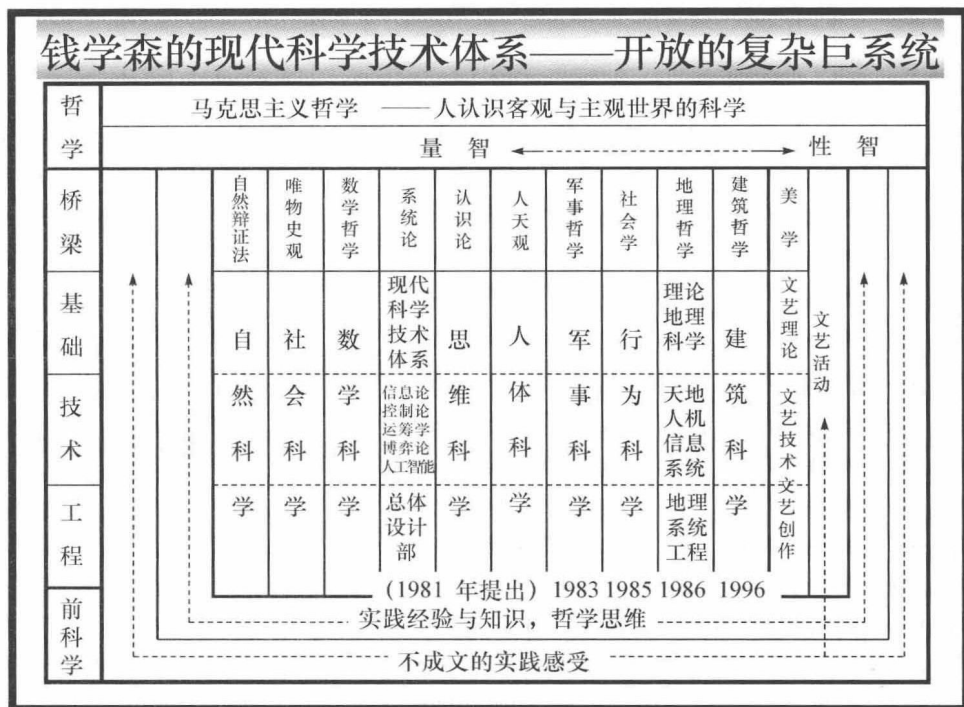


图 1.1 钱学森的现代科学技术体系

地理科学（钱学森等，1994）是钱学森在研究“现代科学技术体系”的基础上于 1986 年首先提出来的。它与众所周知的地理学既有联系，又有区别。联系表现在地理学研究“人地关系”，实际上已经表明地理学既是自然科学，又是社会科学；区别在于，长期以来受“还原论”的影响，将自身分解为自然科学的自然地理学，社会科学的经济地理学，人文学科的人文地理学。而地理科学则确切地阐明是自然科学、社会科学之间的桥梁科学，研究“人地系统”、“人地系统工

程”。钱学森在系统科学的工程技术层次上，提出了“社会主义建设的总体设计部”，在社会主义总体设计部的表述中，清楚地表达了人地系统工程，实际上是一个“人地系统工程”的顶层设计，包括两大部分：社会系统工程和地理系统工程，左边三项（政治文明建设、物质文明建设、精神文明建设）是社会系统工程，右边一项（地理建设）是地理系统工程，见图 1.2。

社会主义建设总体设计部			
政治文明建设	物质文明建设	精神文明建设	地理建设
民主 (1)	经济 (4)	思想 (6)	环境 (8)
体制 (2)			生态 (9)
法制 (3)	体质 (5)	文明 (7)	基建 (10)

图 1.2 社会主义总体设计部是人地系统工程

地理系统工程是开放的、复杂巨系统（马蔼乃，2006），而且是网络系统。不言而喻，社会系统工程更加是开放的、复杂巨系统了。时至今日，我们研究的是开放的、网络的、复杂巨系统。与钱学森时代提出的“系统”来比较，应该更加强调“网络”。而且网络的复杂性随着人们深入的研究，发现网络的节点，可以是不同层次的“集群”或者是“个体”。一方面，按照通常的理解，系统是既有跨度，又有层次的，似乎是有“规则”的，实际上网络节点的重要性，有时是个体的权重远远超过了集群的权重，这样就增加了复杂度；另一方面，按照通常的理解，网络又是“牵一发而动全身”的，但是按照“小世界”的规则（瓦茨，2006），网络个体与集群的影响又是有“范围”的，有“限制”的。以上两方面，都带来了复杂度的增加，地理系统工程的网络系统，在不同的条件下，低层次的小系统，会影响全局。

## 1.1 地理科学与现代科学技术体系

按照 2009 年 12 月，作者对钱学森现代科学技术体系的第二种解读方法（马蔼乃，2010），见图 1.3，地理科学与建筑科学、军事科学、人体科学同样是穿透自然科学、社会科学、人文科学的桥梁科学。

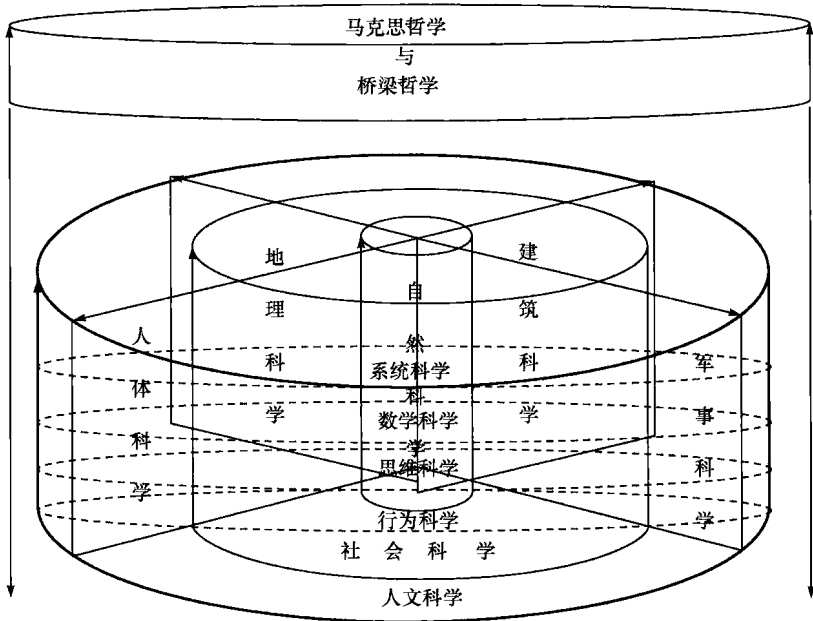


图 1.3 地理科学在现代科学技术体系中的地位

地理环境包括自然环境与人工环境两部分。自然环境的研究，以自然科学为基础，人工环境的研究，以人工科学（即钱学森的建筑科学）为基础。军事科学中的信息技术与地理科学中的“天地人机信息一体化网络系统”是可以平时民用，战时军用的。人体科学离不开环境，人体生态系统，实际上就是人体系统与地理环境系统的综合。地理环境是完整的系统，离不开地理系统的研究。从定性到定量研究地理科学，离不开数学科学。认识地理现象是依靠人脑进行的，因此地理思维科学显得十分重要。改造地理环境必须依靠人的行为，因此行为科学对于地理科学也是不可或缺的。地理科学是穿透自然科学、社会科学、人文学科的桥梁科学，因此地理科学是现代科学技术体系中的一部分，而且是非常重要的部分。2011年出版的《地理科学与现代科学技术体系》详细地阐述了其中的关系（马蔼乃，2011）。地理科学的研究在一些重要的方面发展了现代科学技术体系。

### 1.1.1 发展了现代科学技术体系

随着《地理科学丛书》的完成，地理哲学、理论地理科学、地理信息科学、地理系统工程的体系研究中，将钱学森现代科学技术体系的11个门类，扩充成为15个门类。因为11个门类分哲学层次、基础理论层次、技术科学层次、工程技术层次。哲学按照各个门类的矛盾特殊性而分类，构成整体的“哲学系统”；基础理论实际上是需要发展“复杂性科学”；技术科学在当前信息科学与技术的冲击下，主要是“信息科学”；在工程技术层次上，主要是系统工程的技术工程科学，见图1.4。

元科技	⑫ 哲学	⑬ 复杂性科学	⑭ 信息科学	⑮ 工程技术科学	科学前沿
科技集合	哲学桥梁	基础科学	技术科学	工程技术	前科学
① 系统科学	系统论	系统科学	信息系统	系统工程	整体思辨
② 数学科学	数学哲学	理论数学科学	信息数学科学	应用数学	心算
③ 自然科学	自然辩证法	理论自然科学	自然信息科学	自然系统	实验
④ 地理科学	地理哲学	理论地理科学	地理信息科学	地理系统工程	野外观测
⑤ 社会科学	唯物史观	理论社会科学	社会信息科学	社会系统工程	社会调查
⑥ 建筑科学	建筑哲学	理论建筑科学	建筑信息科学	人工系统工程	民居等
⑦ 人体科学	人天观	理论人体科学	人体信息科学	生态系统医学	中医
⑧ 思维科学	认识论	理论思维科学	思维信息科学	教育系统工程	梦境
⑨ 行为科学	社会学	理论行为科学	行为信息科学	创新系统工程	行为
⑩ 军事科学	军事哲学	理论军事科学	军事信息科学	军事系统工程	孙子兵法
⑪ 美学艺术	美学	文艺理论	艺术创作	艺术系统	生活体验

图 1.4 发展现代科学技术体系从 11 到 15 个门类

从 11 个门类到 15 个门类，使得现代科学技术体系纵横交织，构成网络系统。后四个门类同样具有哲学层次、基础理论层次、技术科学层次和工程技术层次，见图 1.5。

	哲学	复杂性科学	信息科学	工程技术科学	前沿性科学
哲学桥梁	哲学	复杂性哲学	信息哲学	工程哲学	
基础科学	科学哲学	复杂理论学	信息论(学)	虚拟现实与真实工程理论	
技术科学	信息哲学	开放的、复杂的计算机网络系统	信息系统	虚拟现实与真实工程的信息系统	
工程技术	工程哲学	开放的、复杂巨系统工程	信息系统工程	真实工程系统	

图 1.5 新四个门类的四个层次

除哲学系统外,其他 14 个门类的哲学层次,实际上是各个科学门类的矛盾特殊性,符合恩格斯的分类原则,也符合“矛盾论”的分类原则;四个层次的区分符合“实践论”的认识论。哲学有其特殊性,哲学是认识上的最高概括,在基础科学层次上,是“科学哲学”,而不是哲学理论;在技术科学层次上是“信息哲学”(技术哲学),而不是哲学技术;在工程技术层次上是“工程哲学”,而不是哲学系统工程。

### 1.1.2 发展了系统科学

钱学森的系统科学实际上并没有完成。在系统科学的理论层次上,钱学森给出了“现代科学技术体系”的开放的、复杂巨系统实例;在工程技术层次上给出了“社会主义建设总体设计部”的开放的、复杂巨系统的实例。在技术科学层次上没有给出实例,地理科学在技术科学层次上,给出了“天地人机信息一体化网络系统”的开放的、复杂网络巨系统,补充了系统科学,发展了系统科学。

### 1.1.3 认识了地理思维

地理科学对形象思维与抽象思维几乎是并重的,地理工作者的野外考察,首先接触到的地理现象,都是形象的感性认识。从感性到理性,从形象到抽象是很自然的。近三四十年来的遥感技术与遥感信息,特别是遥感影像,也是从图像开始的。如果说野外实况是“原型”,那么遥感影像就是“信息模型”。地理科学的研究从形象的原型或图像(二维、三维)开始,抽象为“语言、文字”的描述(一维),形成“概念”,概念与概念的逻辑推理与经验的联想,形成头脑中的“意象”。地理现象的形象好比是“几何”,抽象的概念好比是“代数”,那么这“意象”就是“解析几何”了。头脑中的“地理意象”是类比的基础,在类比的过程中,往往产生“创造性”思维的“火花”。

由此可以确信,以 $\beta$ 波(13~30Hz)为主的抽象思维(左半脑为主),以 $\alpha$ 波(9~12Hz)为主的形象思维(右半脑为主)的分析,需要进一步分解成 $\alpha_1$ 波(11~12Hz)为形象思维, $\alpha_2$ 波(9~10Hz)为意象思维。地理思维具有左右半脑频繁交替进行思维的特点,在意象思维阶段很容易达到创造性思维的程度。

地理思维,最先是右脑的 $\alpha_1$ 波,然后是左脑的 $\beta$ 波,再后是右脑的 $\alpha_2$ 波,这已经十分接近创造性思维的“灵感” $\theta$ 波(5~8Hz)了(马藹乃,2007)。符合实践论的认识,这样的认识有助于地理科学的教育与科研。

### 1.1.4 联系了人体科学

将人体放置在地理环境中,称为人体生态系统,这样地理科学与人体科学就



联系起来了。从人体生态系统的理念出发，认识了人体与宇宙同源的“天人合一”的科学思想（马蔼乃，2008），也认识了人体系统工程实际上是人体生态系统医学（马蔼乃等，2007）。进一步的研究，将会对“人体潜能”的认识，以及如何开发“人体潜能”提出科学的论据。

### 1.1.5 分离了建筑科学

钱学森在 1996 年提出建筑科学，1986~1996 年之间，是把建筑科学放在地理科学之中来研究的。为什么 1996 年将建筑科学从地理科学中分离出来，我们的理解是，地理科学是发现地理规律的科学，建筑科学是参与了“人的行为”的创造性的科学，2009 年 12 月，作者对钱学森现代科学技术体系的第三种解读方法（瓦茨，2006），明显地看到地理科学与建筑科学同属于一个太极，即“土太极”，见图 1.6。

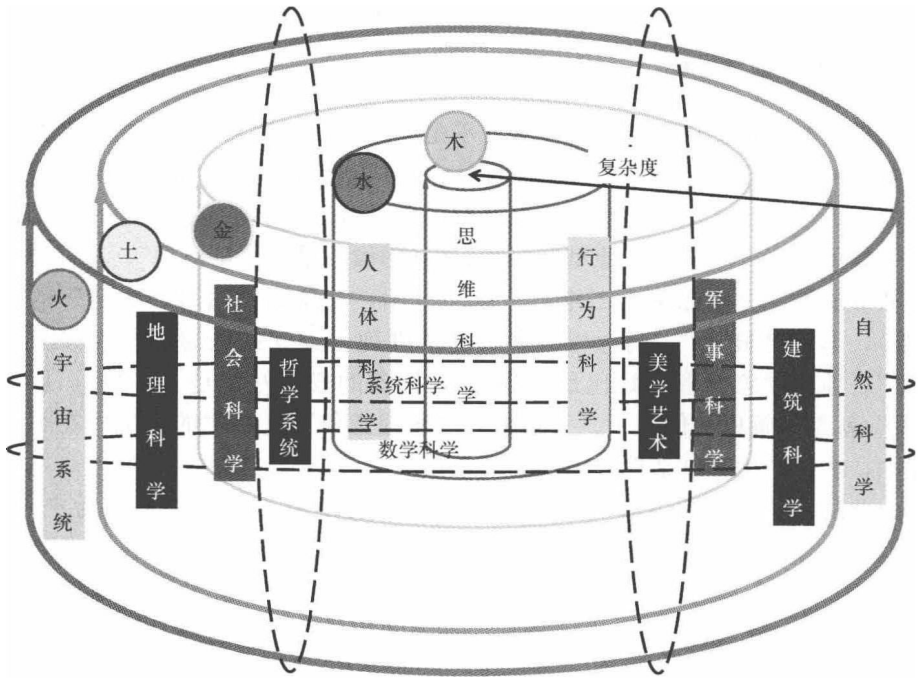


图 1.6 地理科学与建筑科学——“土太极”

图 1.6 中思维科学属于人脑特有的功能，左（阳）右（阴）半脑分别属于“木太极”；人体科学（阳）与行为科学（阴），分别属于“水太极”；社会科学（阳）与军事科学（阴），分别属于“金太极”；地理科学（阳）与建筑科学（阴），属于“土太极”；宇宙系统与自然科学属于“火太极”。人脑“小宇宙”与