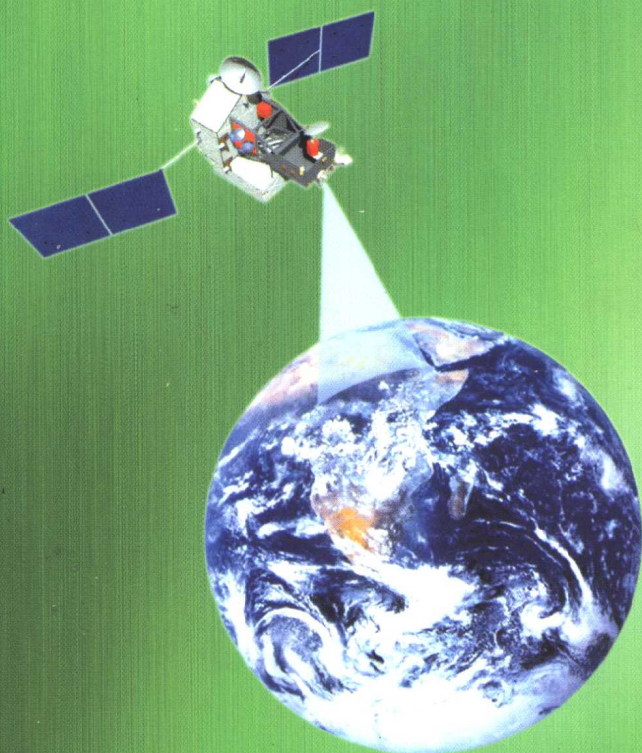


国家自然科学基金优先资助领域战略研究报告

地球空间信息科学

国家自然科学基金委员会



CHEP
高等教育出版社



Springer
施普林格出版社

地球空间信息科学

100



国家自然科学基金优先资助领域战略研究报告

地球空间信息科学

国家自然科学基金委员会



CHEP
高等教育出版社



Springer
施普林格出版社

图书在版编目(CIP)数据

地球空间信息科学/国家自然科学基金委员会.
北京:高等教育出版社;海德堡:施普林格出版社,2001.11
ISBN 7-04-010486-5

I. 地… II. 国… III. ①地理信息系统②全球定位系统(GPS)③遥感技术 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 088947 号

责任编辑:吕庆娟

封面设计:张楠

责任排版:李杰

责任印制:陈伟光

地球空间信息科学

国家自然科学基金委员会

出版发行 高等教育出版社 施普林格出版社

社址 北京市东城区沙滩后街 55 号 邮政编码 100009

电话 010-64054588 传真 010-64014048

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经销 新华书店北京发行所

印刷 北京民族印刷厂

开本 880×1230 1/32

版次 2001 年 11 月第 1 版

印张 3.5

印次 2001 年 11 月第 1 次印刷

字数 100 000

定价 12.00 元

©China Higher Education Press Beijing and Springer-Verlag Heidelberg 2001

版权所有 侵权必究

地球空间信息科学战略报告研究组

组 长:

童庆禧 院 士 中科院遥感研究所

副组长:

周成虎 研究员 资源环境信息系统国家重点实验室

成 员:

王劲峰 研究员 资源环境信息系统国家重点实验室

鲁学军 副研究员 测绘科学研究院

陈 军 教 授 国家基础地理信息中心

曾琪明 副教授 北京大学遥感与地理信息系统所

李小文 教 授 北京师范大学资环系

王锦地 教 授 北京师范大学资环系

杨崇俊 研究员 中科院遥感所

聂跃平 研究员 中科院遥感所

王 超 研究员 中科院遥感所

郑兰芬 研究员 中科院遥感所

张 兵 副研究员 中科院遥感所

林 海 研究员 国家自然科学基金委员会

吕克解 副研究员 国家自然科学基金委员会

张琦娟 高 工 中科院资环局

地球空间信息科学战略报告评审组

陈述彭	院 士	中科院地理研究所
姜景山	院 士	中科院空间中心
吕达仁	研究员	中科院大气物理所
赵 济	研究员	北京师范大学
刘纪远	研究员	中科院地理研究所
李增元	研究员	林科院遥感所
徐希孺	研究员	北京大学
田国良	研究员	中科院遥感所
杨明辉	研究员	中国测绘院
舒士畏	研究员	中科院电子所

**国家自然科学基金
优先资助领域战略研究报告
《地球空间信息科学》编辑部**

主 任:赵学文

编 辑:林 海 吕克解 龚 旭 吕庆娟

序

在以知识经济为特征的 21 世纪,知识的生产、分配和使用将对经济发展起决定性作用,以高新技术为代表的科技知识和掌握高新技术的人才将成为知识经济时代的两大支柱。作为高新技术先导和源泉的基础研究的发展将更为重要。从现在起到 2010 年,要使我国社会主义现代化建设取得关键性突破,就必须走“科教兴国”和可持续发展的道路,实现科技的跨越式发展,这是我国抓住世纪之交的历史机遇,尽快缩小与发达国家差距的必然选择。由于我国是一个发展中大国,财力毕竟有限,不可能在各个领域都投入更多的力量,因此,必须从社会和经济的长远发展需要出发,统观全局,突出重点,实行“有所为,有所不为”的方针,继续加强基础研究,在继续努力为科学家创造更为宽松的自由探索环境的同时,积极引导基础研究为国家目标服务。

国家自然科学基金委员会自成立之日起,始终以发展我国基础科学事业为己任,努力使有限的科研资源得到合理的优化配制。1988 年起,我委以资助的 56 个学科为基础,开展了学科发展战略研究,在近十年的时间里,共有 2 000 多位资深科学家参与了此项调研工作,至今已出版《原子分子物理学》等学科发展战略调研报告系列

丛书 55 种。该研究的成果已陆续反映在每年发布的《国家自然科学基金项目指南》中,指导申请者的选题和评审专家对立项的评审工作。在此项调研工作的基础上,1993 年国家自然科学基金委员会开展了“九五”优先资助领域的战略研究,认真贯彻“有所为,有所不为”的方针,遴选国家自然科学基金“九五”优先资助领域。经过委内外专家、海内外科学家的共同研讨,并广泛征求相关部委的意见,听取两院院士的咨询,最终形成的 50 个优先领域正在指导“九五”重大项目和重点项目的选题和立项工作。

为了进一步适应急剧变化的外部环境和自身发展的需要,将优先资助领域的实施工作落到实处,国家自然科学基金委员会从 1996 年起,部署了深入的优先资助领域战略研究工作。此次工作本着**起点高、观点鲜明和注重可操作性**的要求,先在各科学部选取若干领域开展试点。**起点高**,就是一定要站在科学前沿,重视运用最新技术成果,组织力量,集中攻关,占领科技制高点;**观点鲜明**,就是要坚持“有所为,有所不为”,瞄准国家目标,选取关系到国民经济和社会发展深层次科学问题的研究领域,以及我国已有相当实力、正或将处于国际领先地位的领域,优势集成,突出重点;**注重可操作性**,就是要把战略决策与国家目标紧密结合,把经费倾斜与政策导向紧密结合,把绩效评估与学科资助政策紧密结合,使有限的科学基金发挥更大的作用。

此次战略研究的成果,也将以研究报告的形式出版,并作为国家自然科学基金委员会战略决策的重要依据,在今后一段时间内指导研究者的选题。随着研究工作的开展,国家自然科学基金深入的优先资助领域战略研究丛书将陆续与读者见面。

我们衷心感谢科学家们的热情支持以及付出的艰辛劳动,并期待广大读者提出宝贵意见和建议。

国家自然科学基金委员会 政策局

1998 年 3 月

前 言



20 世纪 50 年代,人造卫星和电子计算机的问世,揭开了人类进入空间时代和信息社会的序幕。随着卫星与遥感技术的飞速发展、计算机的广泛应用和全球信息网络系统的实现,人们拥有了覆盖全球的海量信息资料。掌握了跨越时空局限的分析模拟与预测预报的处理手段,提高了对复杂的地球系统研究的深度和广度,在地球科学、空间科学与信息科学之间逐渐形成了一门跨学科的新的学科分支——地球空间信息科学。她作为一门新兴的交叉学科,已经在地球系统科学中显露出勃勃生机,并成为重要的发展方向。

地球空间信息科学的出现,虽然还不到 10 年,却已经在许多国家和知名学者的推动下,得到了快速发展,其科学内涵不断完善,在许多领域的应用不断开拓,并将直接应用于社会经济的可持续发展和全球环境变化的研究,从而进一步影响到人们的生产、生活和相互交往的各个方面。21 世纪将是一个新型的空间时代,也将是一个崭新的信息社会,地球空间信息科学是最适应这一时代特点的新兴学科之一。因此,在世纪之交开展我国地球空间信息科学的发展战略研究,具有十分重要的意义。

国家自然科学基金委员会正是为了适应社会经济和科学发展的

需要,在制定《国家自然科学基金“九五”优先资助领域》之后,提出选择若干前沿领域深化优先资助领域战略研究的部署。由此,地球科学部在完成“全球变化:中国面临的机遇和挑战”战略研究报告的基础上,及时地发起和组织有关“地球空间信息科学”的发展战略研究,于1998年2月拟定该研究大纲,4月成立由童庆禧院士为组长的研究组,并就研究大纲广泛征求国内有关专家的意见,同时研究组成员分专题开始调研和编写报告,于年底完成了研究报告的初稿。1999年1月,本研究在政策局作为战略研究软课题正式立项。随后,我们向海内外近百名科学家征求对报告初稿的意见。根据返回的意见,研究组在1999年1~8月期间先后按专题和总报告进行分组和集中讨论与修改,并几易其稿,不断吸取专家所提示的意见和提供的素材,其中特别要感谢陈述彭院士、李德仁院士和海外学者官鹏、陈子坦、林琨、李斌、钱柳坚、包曙明、陶闯、夏福祥和黄波等博士提供了富有创意的学术思想和国际最新的研究成果,从而大大丰富了本研究报告的内容,提高了报告的整体水平。同年11月我们才完成修改稿,并寄给国内50多位专家,请他们函评,根据函评专家的审阅意见,进一步对修改稿作了认真补充和章节调整,形成送审稿。2000年10月20日由国家自然科学基金委员会政策局和地球科学部联合组织以陈述彭院士和吕达仁研究员为正副组长的专家组对研究报告进行评审。会上,专家组听取了课题组长童庆禧院士所作的研究报告,进行了质疑,经过认真讨论,一致认为,研究报告提出从基础理论、技术方法和应用三方面开展地球空间信息科学研究是合适的。以地球空间信息基础理论为核心理论,以信息获取、处理与分析技术以及网络共享的集成技术为支撑,以全球变化、区域可持续发展为重点应用方向是可行的,“所形成的《地球空间信息科学战略研究报告》将是引导我国该领域研究与应用的主要参考文献,可作为制定‘十五’及长远科学规划的重要依据。”

整个研究过程是在童庆禧院士的主持下,经全体研究组成员的

努力工作,并吸收了国内外广大从事该领域研究的专家们真知灼见而完成的。因此,这份研究报告是我国地球信息科学界首次开展的战略研究成果,是众多科学家集体智慧的结晶。由于该学科尚处于初期,地球空间信息科学作为一个现代的科学术语,人们对其认识也还有多重含义,因此,这份研究报告仅仅反映了学术界当前的认识。我们有待于该学科的进一步发展,正如研究报告中所指出的,希望地球空间信息科学战略研究通过各种形式继续进行下去,包括举行国内外学术研讨会、扩大交流、不断完善地球空间信息科学的科学问题,及时提出发展我国该领域的研究目标和发展方向,为推动我国地球信息科学蓬勃发展作出应有的贡献。

林 海

2000年10月20日

摘 要



地球空间信息科学是一门交叉学科,是地球科学一门新兴的重要分支学科。地球空间信息科学包含了对于地球表层系统中空间信息的检测、辨识、表达、度量、综合、提取、变换、传递、存贮、检索、处理、分析、决策、显示、控制以及整个信息系统的优化等技术,而这些技术的理论支撑分别来自于信息论、控制论、系统论以及人工智能的范畴。

地球科学作为一门已有数百年发展历史的科学,在现代科学技术发展的驱动下,在研究地球及其各圈层的起源、结构、演化与运动规律等方面,已经取得了理论上和应用的重大进展。现代空间信息技术的发展,无论是从深度上还是从广度上都极大地推动了地球科学问题的深入研究,特别是对地观测技术的发展,使一些重大的地球科学问题的研究面临着新的突破。

对地观测技术的发展,特别是卫星遥感技术,提供了对整个地球表层系统进行长期的、立体的和实时的监测能力,而地理信息系统的发展是使得通过对地球空间信息的处理、分析来发现和解决地球科学问题,提供辅助决策方案成为可能。随着遥感、全球定位系统、地理信息系统以及网络等空间信息的采集、处理和传播技术的发展及

其相互间的渗透,逐渐形成了一个以空间对地观测和地理信息系统为核心的集成化地球空间信息技术系统,这就为解决区域范围更广、复杂性更高的现代地球科学问题提供了新的分析方法和技术保证。同时,这些空间信息技术的综合发展及其应用的日益深广,促使了“地球空间信息科学”的产生,培养了它的发展土壤。

综上所述,地球空间信息科学是在信息科学和空间信息技术发展的支持下,以地球表层系统为研究对象,以地球系统科学、信息论、控制论、系统论和人工智能的基本理论为指导,运用多空间信息技术和数字信息技术,来获取、存贮、处理、分析、显示、表达和传输具有空间分布特征、时空尺度概念和空间定位含义的地球空间信息,以研究和揭示地球表层系统各组成部分之间的相互作用、时空特征和变化规律,为全球变化和区域可持续发展研究服务。

地球空间信息科学的科学体系由3部分组成:(1)地球空间信息基础理论,它通过对地球圈层间信息的形成、变化机制及其传输过程的研究,来揭示地球空间信息的发生机理;(2)地球空间信息技术方法,包括空间数据获取和处理、空间信息模拟分析、空间信息辅助决策分析等;(3)地球空间信息应用,其范畴涵盖了全球变化与区域可持续发展两大领域。建立地球空间信息科学的目的是要从空间信息流的角度来揭示地球表层系统发生、发展及其演化规律,以实现对于资源、环境与社会发展现状的分析和预测、预报。因此,有关地球空间信息科学的理论与方法技术的研究主要围绕着空间数据采集、空间信息表达与建模、空间信息分析与辅助决策展开。

3.1.1	地表遥感信息传输机理	(26)
3.1.2	高光谱遥感信息机理	(30)
3.1.3	微波遥感信息机理	(32)
3.1.4	遥感信息尺度效应	(40)
3.1.5	海洋遥感	(42)
3.2	地理空间认知	(45)
3.2.1	动态现象的认知及其表达	(46)
3.2.2	地理信息的交流	(47)
3.2.3	地理知识的形成	(47)
3.2.4	地理知识的获取	(48)
3.2.5	地理知识的应用	(49)
3.2.6	地理空间意象	(49)
3.3	地理空间尺度	(50)
3.3.1	地理空间尺度的理解	(51)
3.3.2	基于尺度的决策制定	(51)
3.3.3	量化和调整尺度作用的方法	(51)
3.3.4	基于尺度的智能化自动综合	(52)
3.4	地理空间关系	(52)
3.4.1	地理空间关系语义	(52)
3.4.2	地理空间关系表达	(53)
3.5	地理表示方法的扩展	(55)
3.5.1	多维动态空间数据模型	(55)
3.5.2	不确定性空间数据模型	(56)
3.6	地理信息的不确定性	(57)
3.6.1	地理信息不确定性的产生	(57)
3.6.2	地理信息不确定性的传播	(57)
3.6.3	地理信息不确定性的应用	(58)

4 地球空间信息方法技术	(59)
4.1 地球空间数据获取和集成	(60)
4.1.1 空间数据采集	(61)
4.1.2 空间数据集成	(63)
4.2 地理可视化	(64)
4.2.1 地理可视化的一般过程	(65)
4.2.2 地理可视化的基本操作	(65)
4.2.3 地理可视化的基本理论	(66)
4.3 地理空间分析的方法与模型	(66)
4.3.1 多源空间数据融合	(67)
4.3.2 不依赖尺度的空间分析方法	(67)
4.3.3 空间统计分析	(67)
4.3.4 空间知识发现方法	(68)
4.3.5 开发与高性能计算技术的接口	(69)
4.3.6 空间计量经济模型	(69)
4.3.7 空间信息模型	(69)
4.3.8 地理遥感信息模型	(71)
4.4 地球空间信息分布式计算	(71)
4.4.1 分布式计算的意义、应用与影响	(73)
4.4.2 地理信息分布式计算模型	(73)
4.4.3 大容量地理数据传输	(73)
4.4.4 地理元数据模型	(74)
4.4.5 分布式空间数据库模型	(74)
4.5 地理信息系统互操作	(74)
4.5.1 地理信息系统互操作的方法技术	(75)
4.5.2 地理信息系统互操作的体系结构	(76)
4.6 空间数据基础设施	(76)
4.6.1 获取空间数据的技术手段	(77)

4.6.2	空间数据共享机制及其政策法规	(77)
4.6.3	空间数据框架	(78)
5	地球空间信息科学应用研究	(79)
5.1	全球变化	(79)
5.2	区域可持续发展	(80)
6	地球空间信息科学学科地位、发展战略与优先研究领域 ...	(82)
6.1	地球空间信息科学发展战略	(82)
6.2	地球空间信息科学优先研究领域	(85)
7	地球空间信息科学发展的基本措施与建议	(88)
	参考文献	(91)
	附 录	(93)
	有关网站	(93)