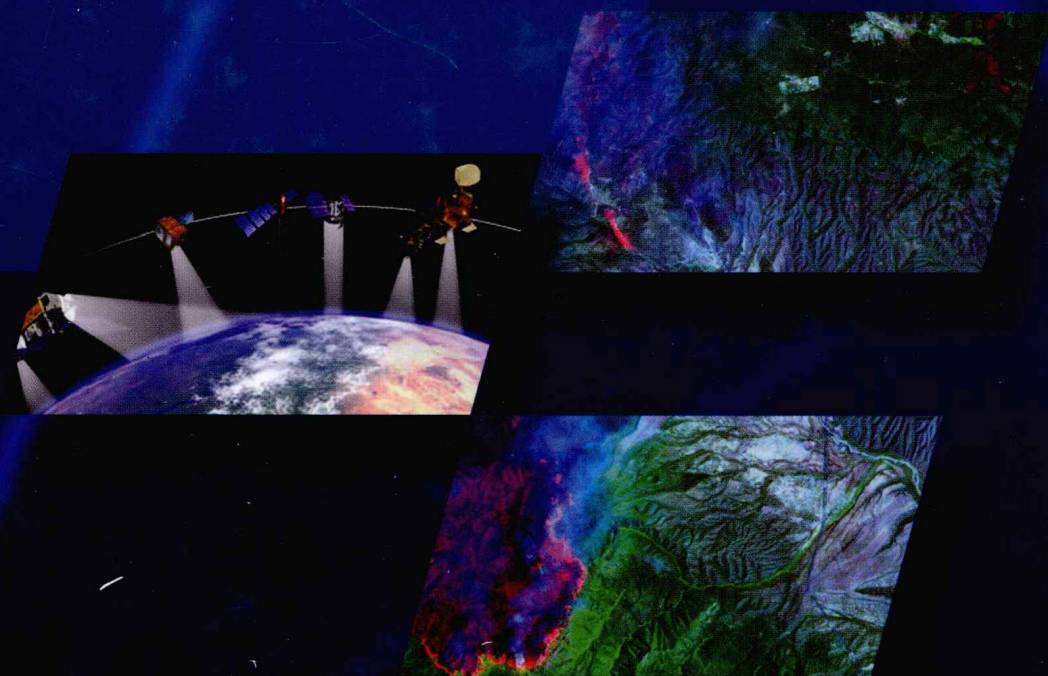


地球系统科学数据与共享技术丛书

地球系统科学数据 资源体系研究

廖顺宝 著



科学出版社
www.sciencep.com

地球系统科学数据与共享技术丛书

地球系统科学数据资源体系研究

廖顺宝 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是国家科技基础条件平台——地球系统科学数据共享网和资源与环境信息系统国家重点实验室(LREIS)联合资助的《地球系统科学数据与共享技术丛书》之一。

本书在简要介绍地球系统、地球科学、地球系统科学等基本概念的基础上,按照地球系统科学数据的生命周期,重点阐述地球系统科学的数据资源体系及其应用。主要内容包括基本概念,地球系统科学数据的获取、处理加工、质量评价、分类、管理、共享以及地球系统科学数据资源体系在地球系统科学数据共享网中的应用。

本书内容丰富、条理清晰、实用性强,可供从事地球系统科学研究、地球系统科学信息分类、管理与共享的广大科技人员以及高等院校师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

地球系统科学数据资源体系研究/廖顺宝著. —北京:科学出版社, 2010

(地球系统科学数据与共享技术丛书)

ISBN 978-7-03-029351-0

I. ①地… II. ①廖… III. ①地球科学-数据管理-研究 IV. ①P

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 208771 号

责任编辑:赵 峰 沈晓晶 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

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

2010 年 11 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 11 月第一次印刷 印张:16 3/4 插页:1

印数:1—1 800 字数:381 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《地球系统科学数据与共享技术丛书》 编委会

顾 问：黄鼎成 滕绵震 林 海

主 任：孙九林

编 委：（按姓氏笔划排序）

王英杰	王卷乐	宁百齐	冯仁国	冯 敏	朱华忠
朱建钢	庄大方	刘晓东	刘高焕	刘 慧	江 南
江 洪	孙九林	李 爽	杨雅萍	吴立宗	邹自明
宋 佳	张增祥	周成虎	赵永恒	赵 军	闫国年
秦耀辰	郭明航	诸云强	彭丰林	游松财	廖顺宝

序

科学技术是推动人类社会文明进步的基本动力，科学数据是支撑科学研究和科技创新的重要基础。我国科学数据资源十分丰富，但科学数据共享问题一直未能很好解决，这不仅造成了国家在科研投资上的巨大浪费，也在一定程度上制约了我国科研水平的提高。

20 世纪 80 年代中期以来，科学数据管理与共享工作逐渐得到国家和有关部门的重视。1984 年，中国加入了国际科技数据委员会（CODATA），并成立了 CODATA 中国国家委员会；1987 年，中国科学院“科学数据库及其信息系统”建设项目正式启动；1988 年，中国正式加入世界数据中心（WDC）系统，并成立了 WDC 中国国家协调委员会；1999 年，科学技术部在国家层面上实施了国家科技基础性工作专项计划，陆续启动了一批急需的科技基础数据库建设；2003 年，国家科学数据共享工程 9 个试点项目全面启动；2003 年，中国科学院知识创新工程非法人研究单元——中国科学院资源环境科学数据中心正式成立。

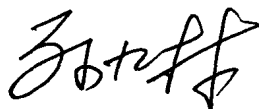
科学数据共享是一项复杂的系统工程，既涉及不同行业部门、单位群体和个人的利益，又涉及数据资源本身。因此，为更好地开展科学数据共享工作，不仅需要加强国家层面的政策法规的建设和科学数据“共建、共享”理念的普及，改变认为科学数据是私有财产的观念，更需要加强科学数据资源体系本身的研究与建设。

地球系统科学数据的获取往往需要投入大量的人力、物力和财力，尽管数据和数据共享在地球系统科学研究中的意义、作用和价值已逐步被科学家、政府和全社会所认识，然而，地球系统科学数据的多源性、时空性、综合性、信息海量性等特点使得它的获取、组织、管理与共享变得非常复杂。因此，研究和建立地球系统科学的数据资源体系是开展地球系统科学数据资源规划、建设、管理和共享的一项非常有意义的基础性工作。

廖顺宝博士通过对近年来、特别是参加国家科技基础条件平台——地球系统科学数据共享网以来在数据资源研究方面所做的工作进行总结，撰写完成了《地球系统科学数据资源体系研究》一书，该书从数据的获取、处理加工、质量控制、评价、分类、管理与共享等方面比较系统、完整地论述了地球系统科学的数据资源体系。

值此书出版之际，我愿意将它推荐给大家，相信该书对地球系统科学数据资源的建设、管理与共享有一定的参考价值。同时，我也希望有更多的从事数据工作的科研工作者全身心地投入到科学数据共享事业中来，为全面、深入地推进科学数据共享贡献自己的力量。

中国工程院院士



2010 年 5 月

前 言

地球系统科学研究地球系统整体的结构、特征、功能和行为,是地球科学的前沿,其目的在于阐明自然和人为驱动力与地球系统变化间相互作用的机制,揭示地球系统整体演变的规律,建立地球系统变化趋势预测与地球系统调控的理论和方法。因此,地球系统科学是开展全球变化研究和实施可持续发展战略的理论基础。从地球科学到地球系统科学,不仅是地球系统研究在理论和方法上的提升,同时也是地球系统研究的具体和深入。

数据是科学研究的基础,同时也是科技创新的源泉,地球系统科学尤其如此。地学数据的获取往往需要投入大量的人力、物力和财力,而数据共享可以最大限度地实现数据的价值,避免重复建设和重复投资。尽管数据和数据共享在地球系统科学研究中的意义、作用和价值已逐步被科学家、政府和全社会所认识,然而,地球系统科学数据的多源性、时空性、综合性、信息海量性等特点使得地球系统科学数据的组织、管理与共享变得非常复杂。因此,研究和建立地球系统科学的数据资源体系是开展地球系统科学数据资源规划、建设、管理和共享的一项基础性工作。

地球系统科学数据贯穿地球系统研究过程的始终,它既是支持地球系统研究的基础,同时又是表达地球系统研究过程和研究成果的一种形式。而且,地球系统科学数据本身也逐渐发展成为一门科学,有人称之为地球数据学。但在不少人的认识里,还是仅仅把数据看作一种支持地球系统研究的附属物,没有达到把地球系统科学数据作为一门学科来认识的高度。因此,到目前为止,还没有一本全面、系统地介绍地球系统科学数据的专著,这在一定程度上制约了地球系统科学数据管理与共享的进一步发展。

本书按照地球系统科学数据的生命周期并结合国家科技基础条件平台——地球系统科学数据共享网的具体实践,从地球系统科学数据的获取、处理加工、质量评价、分类、组织管理和共享服务等方面完整、系统地论述了地球系统科学的数据资源体系。

全书共分为6章。

第1章是概述。在简要介绍地球系统、地球科学、地球系统科学概念的基础上,引出地球系统科学数据,并重点阐述本书的主题——地球系统科学数据资源体系。它由数据获取、数据处理与加工、数据质量评价、数据分类、数据的组织管理以及数据资源分发共享等环节构成,它们形成了地球系统科学数据的完整生命周期。

第2章介绍地球系统科学数据获取,主要包括定位观测、统计、实地调查与考察、地对观测、测量、科研活动以及数据交换与共享等。数据获取是地球系统科学数据生命周期的第一步。对于每一种数据获取方式,首先解释其含义及其常用的领域,然后重点介绍该方式获取的主要数据内容或指标,使读者对地球系统科学数据的来源、内容、指标有一个全面的了解。

第3章是地球系统科学数据的处理加工与质量评价。在数据处理中,分别介绍矢量数据处理、栅格数据处理和属性数据处理;在数据产品加工与质量评价中,首先对数据处理与数据产品加工进行区分,然后重点论述矢量数据栅格化、属性数据空间化和遥感数据产品加工等三种数据产品加工的方法、案例及其质量评价。

第4章是地球系统科学数据分类。在介绍科学数据分类与编码原则、方法的基础上,分析《美国全球变化主目录》(GCMD)和《国家科学数据共享工程数据分类与编码》两个分类案例的特点和不足。最后,综合考虑各方面的因素制定出地球系统科学数据的分类体系。

第5章介绍地球系统科学数据管理与共享服务。主要内容包括数据管理的需求分析、原则、模式、常用工具,数据管理体系的组成以及数据共享服务。

第6章阐述地球系统科学数据资源体系应用。该章结合国家科技基础条件平台——地球系统科学数据共享网,介绍地球系统科学数据资源体系在该项目中的实际应用。主要内容包括项目简介、数据需求分析、数据来源渠道、数据产品加工、数据分类、数据组织管理和数据共享服务。

本书既是作者近年来、特别是参加国家科技基础条件平台——地球系统科学数据共享网以来在数据资源研究方面的个人成果,同时也是地球系统科学数据共享网的项目成果,其中,第6章的部分内容直接引自“地球系统科学数据共享平台开放共享工作总结报告”。本书的出版得到了国家科技基础条件平台——地球系统科学数据共享网和资源与环境信息系统国家重点实验室(LREIS)在经费上的支持。

在书稿撰写过程中,得到孙九林院士的热情指导和项目组其他成员的大力支持与帮助。GCMD的英文翻译由刘凯、张赛两位同志完成,白燕同志为书中部分插图的制作和清绘做了大量工作,在本书的编辑、出版过程中得到科学出版社赵峰同志的指导和帮助。作者对他们给予的指导、支持和帮助表示衷心的感谢。

由于作者水平和时间有限,书中错误在所难免,请读者不吝指正。

作 者

2010年5月

目 录

序

前言

第 1 章 概述	1
1.1 地球系统	1
1.2 地球科学	3
1.3 地球系统科学	6
1.4 地球系统科学数据	10
1.5 地球系统科学数据资源体系	11
第 2 章 地球系统科学数据获取	15
2.1 概述	15
2.2 地面观测数据	16
2.3 统计数据	20
2.4 调查、考察数据	27
2.5 遥感数据	30
2.6 测量数据	39
2.7 科研项目产生的数据	41
2.8 交换与共享数据	41
第 3 章 地球系统科学数据处理加工与质量评价	45
3.1 数据处理的概念	45
3.2 空间数据处理	45
3.3 属性数据处理	57
3.4 数据产品加工	58
3.5 矢量数据栅格化产品加工	59
3.6 属性数据空间化产品加工	66
3.7 遥感数据产品加工	74
3.8 数据产品质量评价	83
3.9 矢量数据栅格化产品质量评价	83
3.10 属性数据空间化产品质量评价	92
3.11 遥感专题制图的质量评价	95
第 4 章 地球系统科学数据分类	102
4.1 科学数据分类与编码	102
4.2 科学数据分类的基本原则	102
4.3 科学数据分类的方法	103

4.4	地球科学数据分类案例	104
4.5	地球系统科学数据的分类原则	127
4.6	地球系统科学数据分类的考虑因素	128
4.7	地球系统科学数据分类体系	129
第5章	地球系统科学数据管理与共享服务	158
5.1	数据管理的需求分析	158
5.2	数据管理的原则	159
5.3	数据管理的模式	160
5.4	数据管理工具	162
5.5	数据管理体系	166
5.6	数据共享服务	176
第6章	地球系统科学数据资源体系应用	180
6.1	共享网项目简介	180
6.2	共享网数据需求分析	182
6.3	共享网的数据获取渠道	184
6.4	共享网的数据产品加工	189
6.5	共享网的数据分类体系	191
6.6	共享网的数据管理	197
6.7	共享网的数据服务	213
参考文献		218
附录 《美国全球变化主目录》(GCMD) 分类体系		222
图版		

第1章 概 述

1.1 地球系统

随着人类社会经济的不断发展,全球变暖、资源短缺、荒漠化、旱涝灾害、濒危物种灭绝等全球性生态环境破坏和资源短缺问题已涉及生产生活的各个领域,引起了社会公众和各国政府的普遍关注。要解决这些问题,必须把人类赖以生存的地球作为一个整体,将灾害、环境与人口、资源一起提高到影响和决定人类未来命运的战略高度,重新评价并处理人类与地球、生产、生态、资源和社会经济之间的关系,遵循自然规律,重建人与自然的和谐关系。为此,在全球范围内开展一系列大规模的综合对地观测和地面连续监测,对人类目前的生存环境进行多学科、综合性的分析与研究,以提高人类对自身生存环境的认识。

从20世纪70年代提出气候系统概念到后来发展成为地球系统概念,不仅使气候走出了大气圈,而且使人们把地球作为一个整体系统去思考,这是对自然界认识的重大飞跃(叶笃正等,2007)。

1.1.1 地球系统的概念

地球系统的概念有广义和狭义之分。地球系统广义上是指整个地球及其携带的一切物质形态,包括固体地球、地球表层和地球空间三部分;地球系统狭义上是指由大气圈、水圈、岩石圈、生物圈等组成的地球表层,上至对流层顶,下至莫霍面。地球系统的结构见图1.1。

不论是广义上的地球系统还是狭义上的地球系统,它们都包括地球表层。地球表层位于地球最外层,受地球外部环境影响最直接,变化最明显,困扰人类的全球性问题集中发生在这一区域。

1.1.2 对地球系统的理解

基于地球系统概念的广义和狭义之分,对地球系统存在三种不同的理解(陈之荣,1995):

(1) 整体地球。认为地球是个有机整体,它包括地核、地幔和地球表层三个子系统,即广义地球系统的概念。地球是个大而复杂的行星,人类对其内部进行探索所取得的成果还有很大的不确定性,因此,地球系统科学的研究现在还难以达到整体地球这一层次。

(2) 地球表层。地球表层是与人类关系最为密切,变化最为迅速的部分,也是地球

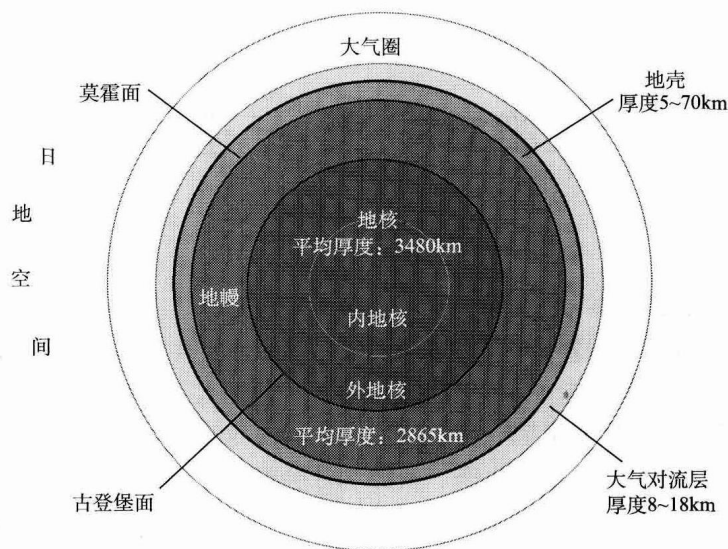


图 1.1 地球系统的结构

系统科学最为关注的地球部分，它包括岩石圈、大气圈、水圈和生物圈四个地球圈层，即地球系统的狭义理解。地球表层是地理学的研究对象，同时也必然是地球系统科学的重要研究对象。

(3) 全球系统。该观点基于狭义地球系统概念，认为人类圈是独立的地球圈层，即地球表层不只是由四个地球圈层，而是由岩石圈、大气圈、水圈、生物圈和人类圈五个地球圈层构成的系统。

与其他行星比较，地球系统最大的特征是它是一个构造上“活”的行星，同时又是一个生命支持系统，有着生物地球化学过程的负反馈机制，维持生物圈的生存和发展，也维持着人类社会的生存发展（刘东生，2006）。太阳系等天体对地球系统具有明显的能量、物质、动量和信息的交换作用，它们形成了地球系统发展变化的自然驱动力。地球系统的演变称之为全球变化（周秀骥，2004）。

地球作为太阳系的一个行星，无时无刻不受太阳的影响。首先，太阳作为太阳系光热的源泉，是地球能量的提供者。地球上绿色植物的光合作用需要太阳的光和热，有了绿色植物，才会有食草动物、食肉动物和人类，才能维持地球上丰富多彩的生命系统。因此，如果没有太阳，地球将失去生命存在的基础。

其次，太阳以太阳黑子、光斑、谱斑、耀斑、日珥、太阳射电等方式不断地向地球发送物质和能量，对地理环境的形成、发展和演化具有重要影响。主要表现为：

(1) 太阳风与地球磁层。地球周围存在一个偶极磁场，当太阳风等离子体吹向地球时，地球磁场被太阳风包围，形成地球磁层。一方面，地球磁层的存在可以阻止太阳风高能带电离子到达地面，从而起到保护地球表层生命系统的生存和发展。但另一方面，总有一部分高能带电离子能够闯入地球磁层内，被磁层禁锢在地球高层，形成一个围绕地球的强辐射带，它会对太空中航天器产生严重的辐射危害。

(2) 太阳活动对地球磁场的影响。太阳活动会引起地球磁场的不规则变化, 这种变化称为磁扰, 严重的磁扰称为磁暴。当地球发生磁暴时, 磁针失灵, 不能正确指示方向, 从而对定位、定向工作产生严重影响。

(3) 对地球气候的影响。太阳辐射是地球上各种气候形成的重要原因, 太阳活动引起的辐射变化必然会使气候受到影响。

因此, 真正意义上的地球系统, 不仅包括地球本身, 而且还包括地球表面的大气层以及时时刻刻都影响着地球的日地空间环境。

1.2 地球科学

1.2.1 地球科学的学科体系

地球科学是以地球系统(包括大气圈、水圈、岩石圈、生物圈和日地空间)的过程与变化及其相互作用为研究对象的基础学科, 主要包括地理学、地质学、地球物理学、地球化学、大气科学、海洋科学和空间物理学以及新的交叉学科(如地球系统科学、地球信息科学)等分支学科。

《学科分类与代码》国家标准(GB/T13745—1992)将地球科学分为地球科学史、大气科学、固体地球物理学、空间物理学、地球化学、大地测量学、地图学、地理学、地质学、水文学和海洋科学 11 个二级学科以及若干个三级学科。表 1.1 是该标准对地球科学学科组成体系的具体划分。

表 1.1 地球科学的学科体系

二级学科名称及编码	三级学科名称及编码
170.10 地球科学史	
170.15 大气科学	170.1510 大气物理学 170.1515 大气化学 170.1520 大气探测 170.1525 动力气象学 170.1530 天气学 170.1535 气候学 170.1540 云与降水物理学 170.1545 应用气象学 170.1599 大气科学其他学科
170.20 固体地球物理学	170.2010 地球动力学 170.2015 地球重力学 170.2020 地球流体力学 170.2025 地壳与地形变 170.2030 地球内部物理学 170.2035 地声学

续表

二级学科名称及编码	三级学科名称及编码
170.20 固体地球物理学	170.2040 地热学 170.2045 地电学 170.2050 地磁学 170.2055 放射性地球物理学 170.2060 地震学 170.2065 勘探地球物理学 170.2070 计算地球物理学 170.2075 实验地球物理学 170.2099 固体地球物理学其他学科
170.25 空间物理学	170.2510 电离层物理学 170.2520 高层大气物理学 170.2530 磁层物理学 170.2540 空间物理探测 170.2550 空间环境学 170.2599 空间物理学其他学科
170.30 地球化学	170.3010 元素地球化学 170.3015 有机地球化学 170.3020 放射性地球化学 170.3025 同位素地球化学 170.3030 生物地球化学 170.3035 地球内部化学 170.3040 同位素地质年代学 170.3045 成矿地球化学 170.3050 勘探地球化学 170.3055 实验地球化学 170.3099 地球化学其他学科
170.35 大地测量学	170.3510 地球形状学 170.3520 几何大地测量学 170.3530 物理大地测量学 170.3540 动力大地测量学 170.3550 空间大地测量学 170.3560 行星大地测量学 170.3599 大地测量学其他学科
170.40 地图学	
170.45 地理学	170.4510 自然地理学 170.4520 人文地理学 170.4599 地理学其他学科
170.50 地质学	170.5011 数学地质学 170.5014 地质力学 170.5017 动力地质学 170.5021 矿物学

续表

二级学科名称及编码	三级学科名称及编码
170.50 地质学	170.5024 矿床学与矿相学 170.5027 岩石学 170.5031 岩土力学 170.5034 沉积学 170.5037 古地理学 170.5041 古生物学 170.5044 地层学与地史学 170.5047 前寒武纪地质学 170.5051 第四纪地质学 170.5054 构造地质学 170.5057 大地构造学 170.5061 勘查地质学 170.5064 水文地质学 170.5067 遥感地质学 170.5071 区域地质学 170.5074 火山学 170.5077 石油与天然气地质学 170.5081 煤田地质学 170.5084 实验地质学 170.5099 地质学其他学科
170.55 水文学	170.5510 水文物理学 170.5515 水文化学 170.5520 水文地理学 170.5525 水文气象学 170.5530 水文测量 170.5535 水文图学 170.5540 湖沼学 170.5545 河流学与河口水文学 170.5599 水文学其他学科
170.60 海洋科学	170.6010 海洋物理学 170.6015 海洋化学 170.6020 海洋地球物理学 170.6025 海洋气象学 170.6030 海洋地质学 170.6035 物理海洋学 170.6040 海洋生物学 170.6045 河口、海岸学 170.6050 海洋调查与监测 170.6099 海洋科学其他学科
170.99 地球科学其他学科	

1.2.2 地球科学的特点与发展趋势

地球科学是一门以地球系统为研究对象的基础科学，具有以下特点。

1. 地球科学具有多尺度、区域性、综合性特点

地球科学研究的时间尺度是从几秒钟的地震到几十亿年的地球环境演化，空间尺度是从矿物微区研究到全球环境变化。解决一个地区的资源、环境、人口与发展问题，单靠某个分支学科已很难解决，往往需要多学科综合参与。地球科学研究的重大突破也不是个别学科、单个部门可以实现的，而需要多个分支学科、多部门联合攻关。

2. 地球科学分支学科之间的研究相互渗透

地球系统的整体行为涉及地球各圈层的相互作用，物理、化学、生物过程和人文因素影响交织在一起。随着地球系统整体观的逐步形成和增强，对地球系统的研究已经从单一圈层的研究发展到圈层间相互作用的整体研究，分支学科之间的交叉和联系更加紧密，而提供这种交叉和联系的纽带则是地球系统本身以及地球系统所面临的问题。通过全球性与区域性、宏观与微观、地球环境与生命过程等研究的紧密结合，揭示地球系统变化的普遍性与特殊性规律，从而实现区域的可持续发展。

3. 地球科学是数据密集型科学

地球科学研究非常重视应用现代观测、探测、实验和信息技术对基本科学数据的采集、积累与分析，地球系统数据的收集、储存、处理、分析与共享已成为地球科学领域的基础工作之一。由于空间技术的发展和地球科学的进步，人们已经可以对环境生态、自然灾害、气候变化、资源探索、国土整治与开发进行有效的监测，从维护人类生存和发展的角度来研究环境灾害的形成机理及对其预测预防已成为可能。高新技术在地学中的应用，已能从三维空间动态地探测地球系统的结构和运动形态，为地球科学的理论研究提供真实的实测资料。

4. 地球系统过程的时间尺度和空间尺度差别极大

几十万年至几十亿年时间尺度内发生的地球和生命的起源、生物灭绝、板块运动、造山作用、冰期出现、海陆变迁、成矿作用等重大事件，是传统地学的研究领域；几小时至几年时间尺度的变化，属于大气、海洋和生物科学的研究范畴；几十年至几百年时间尺度内的全球变化则是地球系统科学的主要研究对象。

1.3 地球系统科学

地球系统科学是传统地球科学发展的必然。地质学、地理学、气象学、海洋学和生态学都有悠久的历史，然而，它们对地球的研究多是针对地球的某一组成部分进行的。

当前,科学家已普遍认识到,要从根本上解决或缓解人类所面临的环境、灾害等全球性问题,必须把地球作为一个统一整体——地球系统来研究。这样一种观点和观念的转变,标志着从传统地球科学观念向地球系统科学观念的转变。这种转变具有双重背景,一是地球科学各分支深入发展的必然;二是近40余年来空间对地观测技术和信息技术的突飞猛进开阔了人类的眼界,大大提高了人类认识地球的能力(毕思文,2003)。

1.3.1 地球系统科学的概念

地球系统科学是将地球作为一个整体,是对地球的大气圈、水圈、生物圈和岩石圈中的各种作用及各圈层之间相互作用进行的研究(Mackenzie et al., 1995; 袁道先, 1999)。地球系统科学研究地球系统整体的结构、特征、功能和行为,是全球变化的理论基础和可持续发展战略的科学基础,其目的在于阐明自然和人为驱动力与地球系统变化相互作用的规律和机制,揭露地球系统整体演变的规律和机制,建立地球系统变化趋势的预测理论和方法以及地球系统变化的调控理论和方法。实现这个目标对指导人类社会可持续发展具有重大意义。

地球科学各个分支学科都是地球系统科学的重要基础,地球系统科学将在融合并集成各个分支学科的基础上,采用复杂系统科学理论和方法以及现代高新技术手段,创建新的地球系统科学体系(周秀骥, 2004)。地球系统科学并不能代替传统地球科学各学科自身的发展,相反,要求它们能更深入精确地研究和提供地球系统各组元自身的规律性知识(毕思文, 2003)。

地球系统科学是一个比较新的名词,脱胎于气候系统研究。同地球系统的概念一样,地球系统科学的概念有狭义和广义两种理解(毕思文等, 2003)。

(1) 狭义概念。地球系统科学是为了解释地球动力、地球演变和全球变化,对组成地球系统各组成部分、各圈层相互作用机制进行综合研究的一门科学。

(2) 广义概念。地球系统科学跨越自然科学与社会科学,把地球看成一个由相互作用的地核、地幔、岩石圈、水圈、大气圈、生物圈和行星系统等部分构成的统一系统,重点研究地球各组成部分之间的相互作用,解释地球动力学、地球演化和全球变化,目标是了解地球系统的过去、现今及未来的行为。

1.3.2 地球系统科学的研究模式

地球系统科学把地球看成一个由日地空间、大气层、固体地球、陆地表层、海洋以及人类社会共同构成的统一系统,其主要任务是了解地球系统的过去和现在,分析地球系统变化的原因,掌握地球系统演化的规律,在此基础上预测地球系统的未来。其最终目标是研究全球变化和区域可持续发展中面临的、地球科学分支学科难以完全解决的重大问题,为实现人地关系的协调和可持续发展提供科学依据。

与其他学科的研究模式相似(但又不完全相同),地球系统科学研究是由数据采集、数据分析与处理、模型构建以及模型验证与预测四个步骤构成。

1) 数据采集

有了准确可靠的数据不一定能得到正确的结论,但没有正确的数据绝对不可能得到正确的结论。因此,数据采集是地球系统科学研究中最重要、最基础的一步。地球系统科学研究需要大量的数据,这些数据主要来源于观测(包括地面观测和遥感观测)、调查、测量和统计。

2) 数据分析与处理

包括原始数据的整理、汇总、数据挖掘、数据质量评价与控制、数据库的建立以及数据的定性与定量分析。

3) 模型构建

模型构建是地球系统科学研究中最核心的一步。根据要解决的科学问题、所采集的数据以及该领域的知识储备等具体情况,建立相应的定量的数值模型或定性的概念模型。要做到对地球系统进行预测,最终必须是定量的数值模型。

4) 模型验证及预测

与物理学、化学等学科中的经典模型不同,地球科学和地球系统科学中的模型总会存在一定的误差和不确定性,因此,模型的验证显得尤为重要。在验证模型的过程中不断对模型进行适当的修正,最终得出准确的模型。

1.3.3 地球系统科学研究相关的机构和组织

自20世纪80年代以来,国际科学界先后发起并组织实施了以全球变化与地球系统为研究对象,由四大研究计划组成的全球变化研究计划,即世界气候研究计划(WCRP)、国际地圈-生物圈计划(IGBP)、国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)和生物多样性计划(DIVERSITAS),使全球变化与地球系统科学作为一门全新的集成科学出现在当代国际科学前沿。

四大研究计划联合组成了地球系统科学联盟(ESSP),ESSP把不同领域的研究者聚集到一起,承担地球系统的综合研究,其目的是促进地球系统集成研究和变化研究,以及利用这些研究成果进行全球可持续发展能力研究。ESSP计划设立了4项有关碳、食物、水和人类健康问题的“联合计划”,分别为全球碳计划(GCP)、全球环境变化与食物系统(GECAFS)、全球水系统项目(GWSP)和全球环境变化与人类健康(GEC&HH)(图1.2)。目前正在进行的区域综合研究(IRS)将有助于提高区域可持续发展水平以及加强基于地球系统动力学的区域与全球之间的联系,其首选研究对象是亚洲季风(Monsoon Asia)。

2002年,由中国科学院地理科学与资源研究所主持承担的“地球系统科学数据共