

# “大地球科学”——地球系统科学

张宝一<sup>1,2</sup>

1. 中国地质大学信息工程学院, 武汉 430074

2. 武汉中地数码科技有限公司, 武汉 430074

**摘要:** 地球系统科学研究目标宏大、投资强度大、多学科交叉、需要昂贵且复杂的实验设备, 已经从传统地球科学发展成为“大地球科学”。作为“大地球科学”的地球系统科学要以大科学思维方式来指导学科的发展, 为当前社会经济发展中的人口、资源、环境与发展问题提供知识准备与技术支持。

**关键词:** 大地球科学 地球系统科学 地球系统 大科学思维方式

Big Earth Science: Earth System Science (ESS)

Zhang Baoyi<sup>1,2</sup>

1. Faculty of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430071

2. Wuhan Zondy Cyber-Tech Co., Ltd., Wuhan 430071

**Abstract:** Difference with traditional earth science, earth system science faced more complex problems and needed more money. The development of earth system science should be guided by big scientific mode of thinking to reach a harmonization between of population, resource, environment, and development.

**Key Words:** Big Earth Science, Earth System Science, Earth System, Big Scientific Mode of Thinking.

## 1. 概述

地球科学现在正处于飞跃的、突破的阶段, 原来分头描述地球上各种现象的学科, 正在以系统科学的高度相互结合, 成为揭示机理、服务预测的地球系统科学 ESS (Earth System Science), 地球系统科学在研究对象、研究方法、要解决的问题、从业人员以及组织形式和规模等诸方面与传统地球科学相比具有许多全新的特色和更高的层次, 已经从近代的“小地球科学”发展到了今天的“大地球科学”。1963 年美国科学史家普赖斯在《小科学, 大科学》一书中对于“大科学”概念作了明确阐述。他指出: “现代科学不仅硬件如此光辉不朽, 堪与金字塔和欧洲中世纪大教堂相媲美, 且用于科学事业人力物力的国家支出也骤然使科学成为国民经济的主要环节。现代科学的大规模性, 面貌一新且强而有力使人们以‘大科学’一词来美誉之”<sup>[1]</sup>。进入“大科学”时代以后, 地球科学研究和科技开发也需要在“大科学”的指导下来完成, 原来“小科学”时代下的研究方式已无法适应时代的潮流。

当前, 人口爆炸、土地荒漠化、自然资源短缺、环境污染加剧、“温室效应”与全球变暖、臭氧层的破坏、森林锐减和物种加速灭绝等问题困扰着人们, 也是地球科学所面临的巨大挑战。科学家已普遍认识到, 必须把地球作为一个由相互作用着的各个层圈或子系统即地球系统来研究, 也只有作为“大地球科学”的地球系统科学才能回答人类所面临的一系列重大问题。有科学家认为, 19 世纪地球科学的突破在于进化论, 20 世纪地球科学的突破在于板块构造, 21 世纪地球科学的突破在于地球系统变化的理论。

## 2. “大地球科学”的产生

作为“大地球科学”的地球系统科学理论构建取决于地球科学、科学技术与可持续发展三大背景和挑战,主要是由于强烈的人类活动、传统地球科学的成熟以及对地观测技术和计算机技术的进步推动的<sup>[2]</sup>。尤其是“3S”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,“上天、入地、下海、探极”,地球系统科学作为大科学研究的舞台愈加宽阔。开展地球系统科学的研究,将使人类更好地认识赖以生存的环境,更有效地防止和控制可能突发的灾害对人类所造成的损害<sup>[3]</sup>,为解决经济发展中人口、资源与环境问题提供知识准备与技术支持。

众所周知,地球自诞生以来就以其自身的规律造就并主宰着地球上的生灵。今天,人类对地球环境的影响已进入到“全球影响”的时代。人类工业活动和日常生活对化石能源的消耗,不仅造成环境污染,而且导致CO<sub>2</sub>等痕量气体排入大气,其温室效应可能导致全球增暖。人口爆炸,城市扩张,森林、草地被垦殖为农田,使土地利用格局发生了翻天覆地的变化。直接造成植被破坏、生物物种灭绝、土地荒漠化,引发气候异常。这就迫使人们必须首先认识地球系统本身是如何工作的,全球变化的自然和人为触发机制是什么,从而规范、控制和调整人类自身的行为,建设一个富裕、健康、安全而可持续发展的社会。

各传统地球科学学科自身的成熟性促进了各学科之间基本关系和相互依赖的认识。经过100多年的发展,大气科学、海洋科学、地质科学、地理科学、地球物理学、空间科学等地球科学分支学科已经形成了各自完整的独立学科体系。事实上,地球系统各层圈本来是有机结合的整体,任一层圈过程都在不同程度上与其它层圈不同时空尺度过程存在着相互影响和制约,任一层圈的结构、功能和行为都是地球系统在局部的反映,层圈行为的耦合产生了系统的新行为,这是一次质的飞跃。因此,地球科学研究必须从复杂系统的科学理论出发,站在综合分析的高度上,揭示地球系统的演变机理,从而为环境预测服务。

对地观测技术的发展,特别是卫星遥感技术(RS)、全球定位系统(GPS),提供了对整个地球系统行为进行长期、立体监测的能力;计算机技术的发展,尤其是地理信息系统(GIS)技术的发展为收集、处理、分析地球系统变化的庞大信息,发展复杂的地球系统的数学模式提供了工具。因此,地球系统科学是传统地球科学向深度和广度发展的必然结果,是开展全球环境变化研究的新的思维方法<sup>[4]</sup>,原来分头描述地球上各种现象的学科,正在以系统科学的高度相结合成为“大地球科学”。

## 3. “大地球科学”的基本特征

作为“大地球科学”的地球系统科学是科研难度大,需要复杂的实验仪器设备和庞大的信息支持系统,依赖国际间的技术与资金资助的知识巨系统。由于地球科学有时空尺度大、综合性强的特点,地球科学研究的重大突破已不是单个国家可以实现的,而需要许多国家联合攻关。因此,建立国际性研究计划已成为地球科学研究重大科学问题新的组织需要,如以全球环境变化为研究对象的“世界气候研究计划(WCRP)”、“国际地圈-生物圈计划(ICBP)”、“全球环境变化的人力影响研究计划(HDP)”、“国际减灾十年计划(IONDP)”、“国际岩石圈计划(ILP)”等<sup>[5]</sup>。地球系统科学的发展需要投入大量的人力、物力和财力,这使得科研经费日益庞大,资金的筹措已逐渐从单一的国家投入转为多国共同投入。投资强度大、多学科交叉、需要昂贵且复杂的实验设备和研究目标宏大的“大地球科学”,不仅需要科学共同

体内部科技工作者有组织、有分工的协作，而且需要政府、大企业的经费支持，单靠传统科研所进行的个人资助已无可能<sup>[6]</sup>。

地球系统科学研究是需要跨学科合作的大规模、大尺度的前沿性科学研究。地球系统科学旨在研究包括自地核到地球外层空间十分广阔的范围内地球系统各组成部分各层圈之间复杂的相互作用过程，以及控制这些过程的机理，从而要求地球科学必须与生命科学、化学、物理学、数学、信息科学以及社会科学相结合，认识地球演化历史，并建立全球环境变化预测的科学基础，以改善人类生存环境，使社会、经济在下一个世纪保持持续发展<sup>[5]</sup>。科学家普遍认识到必须把地球作为一个由相互作用着的各个组元或子系统——主要是地核、地幔、土壤-岩石圈、大气圈、水圈和生物圈（包括人类社会）组成的统一系统，即地球系统来研究。完成像这样高难度的浩大工程，没有不同学科领域、技术领域的科研机构的共同参与，没有大科学思想的指导是不可能实现的。

#### 4. “大科学思维方式”指导地球系统科学发展

广东社科院的王经纶研究员（2004）提出了“大科学思维方式”的概念，就是按照科学自身的整体联系和大一统格局思考观察和处理问题的、揭示主导性学科在相关学科群中核心和带动作用的、同时揭示知识与经济发展关联的思维方式<sup>[7]</sup>，大科学思维方式对地球系统科学的发展有着重要的借鉴意义。

第一，对传统地球科学各学科(或科学)、各领域的全覆盖性。大科学思维方式是根据一个科研项目、一个科研课题的需要而安排相关的学科(或科学)、领域参与研究和开发的，其间参与研究、开发的学科(或科学)、领域没有隶属哪一部类的区别，只有从哪一学科(或科学)、领域的视角进行探索的区分。在以传统学科分化研究为主的基础上，地球系统科学更应该强调“系统论”的整体性研究思维，即把地球作为太阳系的一个行星来认识，研究地球各层圈相互作用的结构、演化过程和动力学。因此，多学科和多圈层相互作用的综合性研究是地球系统科学的一大特征<sup>[5]</sup>。

第二，传统地球科学各学科(或科学)、各领域间的大交叉性。学科设置是客观存在，是划分不同研究、教学领域和组织管理的一种框架，是为了反映自然界的内在秩序，而实际上自然界并没有学科界线。为了取得实质性进展，某一学科的专家面临从其它学科吸取知识的需要。当前社会经济发展中的人口、资源与环境问题已经超出了某一学科的研究领域，因此以整体系统的观念认识地球，强化学科间的交叉与渗透，已成为 21 世纪初地球科学发展的主题。而且学科的发展在很大程度上取决于不同学科交织的深度，某一学科“单干”的时代已经过去。边缘学科及学科交叉研究项目已成为创新思想及源头创新的沃土<sup>[8]</sup>。

第三，资源的大协作性。资源包括科研科技人力资源、知识和技术资源、设备资源以及财政能力资源等；协作包括国家之间的、研究开发机构之间的和科研科技人员之间的等层次的协作。由于地球系统科学的大尺度、综合性的特点，一些重大的地球科学研究的突破，已不是个别的科学团体、个别的国家可以实现的，必须要联合多个分支学科、多个科学团体、多个科研机构，组成科学研究的群体架构才能获得成功，甚至多个国家共同攻关，因此出现了地球科学新的组织形式，即建立国际性合作的研究计划<sup>[5]</sup>。

## 5. 结论

2004年3月10日胡锦涛总书记在中央人口资源环境工作座谈会的讲话中指出了要牢固树立和认真落实以人为本,全面、协调、可持续的发展观。其中可持续发展,就是要促进人与自然的和谐,实现经济发展和人口、资源、环境相协调,坚持走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路,保证一代接一代地永续发展。地球系统科学担当着满足国家和社会经济对地球科学的知识需求的重大责任,因此必须从整体地球系统的角度、以“大科学”的思维方式,组织多学科的科学家的长期研究,引导交叉学科健康发展,加强国际合作,使我国的地球系统科学发展到一个更高的水平。

### 参考文献：

- [1] D·普赖斯(美). 小科学,大科学[M]. 世界科学出版社. 1982.
- [2] 陈泮勤. 一个新的国际前沿科学计划[J]. 第四纪研究. 1990, (1): 68-75.
- [3] 毕思文. 地球系统科学综述[J]. 地球物理学进展. 2004, 19(3): 504-514.
- [4] 陈泮勤. 地球系统科学的发展与展望[J]. 地球科学进展. 2003, 18(6): 974-979.
- [5] 毕思文. 地球系统科学——21世纪地球科学前沿与可持续发展战略科学基础[J]. 地质通报. 2003, 22(8): 601-612.
- [6] 王珏. 科学建制的类型及其伦理样态[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版). 2004, 6(5): 29-32.
- [7] 王经纶. 确立高新科技时代大科学思维方式的设想[J]. 中南大学学报(社会科学版). 2004, 10(6): 694-700.
- [8] 柴育成. 浅议学科交叉与地球系统科学[J]. 地学前缘. 2002, 9(3): 2-4.