

生态系统研究与管理简报

立足科学 服务决策 促进人与自然和谐发展

2007 年第 2 期 (总第 7 期)

2 月 15 日印发

CERN 在地球系统科学中的作用与发展思路

傅伯杰 于贵瑞

(中国科学院)

【编者按】2007 年 1 月 20 日~22 日, 国际地圈生物圈计划 (IGBP)、WCRP (世界气候研究计划)、IHDP (全球环境变化的人文因素计划) 和 DIVERSITAS (生物多样性计划) 四个国际计划的中国委员会以及世界数据中心中国委员会(WDC-CHINA) 在北京举办了“地球系统过程与人类活动”2006 年联合学术大会, 傅伯杰研究员在会上做了题为“生态系统观测研究网络在地球系统科学中的作用及其发展思路”的报告, 其主要内容是制定 CERN 应对地球系统科学研究的行动计划, 进一步发挥其在地球系统科学研究中的作用。王斌博士根据该报告内容整理了本文稿, 后经傅伯杰、于贵瑞研究员审阅, 供 CERN 与有关机构参阅。

人类社会的可持续发展是地球科学面临的严重挑战性问题，当前人类所面临的各种环境问题实质上是地球各圈层相互作用的结果。因此，解决全球性的资源和环境问题必须把地球作为一个各圈层有机联系的系统来开展研究，地球系统科学概念的提出，标示着地球科学向综合集成的方向转变。生态系统观测研究网络作为地球系统科学研究中不可或缺的一部分，将在其中发挥着极其重要的作用，作为全球 3 大生态系统观测研究网络之一的中国生态系统研究网络（CERN），如何调整自己的发展战略以服务于地球系统科学研究，成为人们必须认真思考的一个问题。

一、地球系统科学概述

1. 地球系统科学的概念及其发展

地球系统指由大气圈、水圈、陆圈（岩石圈、地幔、地核）和生物圈（包括人类）组成的有机整体。地球系统科学则研究组成地球系统的这些子系统之间相互联系、相互作用的运转机制，地球系统变化的规律和控制这些变化的机理，从而为全球环境变化预测建立科学基础，并为地球系统的科学管理提供依据。地球系统科学是为应对人类面临的根本生存环境危机 - 全球变化的严峻挑战而兴起的，近年来诸多高新技术在地学上的应用研究促进了其发展，它反映了现代人类对人 - 自然界关系的哲学理念。技术的发展和资料的积累，打开了地球科学家的眼界（汪品先，2003），自 20 世纪 80 年代开始，关注全球环境变化问题的系列国际大型研究计划随之诞生，其中以国际地球系统科学联盟（ESSP）的四大全球环境变化研究计划最具代表性（表 1）。

2. 地球系统科学的研究对象与内容

全球变化是地球系统科学的研究对象，但从谱分析的角度看，发生在地球系统中的各种变化具有很宽的时间和空间尺度谱。在空间尺度上，地球系统科学将所关注的变化定位在那些具有行星尺度（相当于地球的半径）的变化上。在时间尺度上，将全球变化的主要时间尺

度用 5 个时段来定义：几百万年至几十亿年、几千年至几十万年、几十年至几百年、几天至几个季度、几秒至几小时。其中，前两个时段是传统的固体地球科学研究的对象，后两个时段是大气科学、生物科学和海洋科学涉猎的范围，而中间这个时段（几十年到几百年时间尺度）的全球变化问题正是当前人类面临的巨大挑战，对于人类社会的利害关系和发展规划尤为重要，而目前的研究却基本处于空白状态（陈泮勤，2003）。

表 1 ESSP 的四大全球环境变化研究计划

计划名称	依托机构	成立时间
世界气候研究计划 (WCRP)	世界气象组织 (WMO) 和国际科学联合会 (ICSU)	1980 年
国际地圈生物圈计划 (IGBP)	国际科学联合会 (ICSU)	1986 年
全球环境变化的人文因素计划 (IHDP)	国际科学联合会 (ICSU) 和国际社会科学联合会 (ISSC)	1990 年
生物多样性计划 (DIVERSITAS)	国际生物科学联合会 (IUBS)、环境问题科学委员会 (SCOPE) 及联合国教科文组织 (UNESCO)	1991 年

地球科学各分支学科的研究成果显然是地球系统科学发展的丰富养料和基础，但地球系统科学研究有与各分支学科不同的独立内容，它们基本上可分为以下 6 个方面（周秀骥，2004）：（1）外驱动力和地球系统的相互作用；（2）层圈界面动力学；（3）地球系统演化规律与机制；（4）地球系统动力学模式；（5）地球系统未来变化趋势的预测；（6）地球系统变化的调控。

3. 地球系统科学的研究方法

地球系统科学的方法学基础是系统论，它用现代系统论的思维方式和系统科学观，把地球系统作为一个有层次结构、在社会环境系统中不断进化的及其复杂的自组织系统，并直接将这样的一个复杂的自组织系统作为科学研究的对象。地球系统科学研究的开展离不开强大的观测活动的支持，观测研究是地球系统科学研究的数据来源和重要

基础（黄鼎成，2005）。地球系统科学的研究方法包括了地面观测、遥感观测、控制试验和模型模拟等现代技术手段，它首先是基于对地球系统各种现象或要素的综合观测，实现科学数据的积累；再从物理的、化学的和生物学的规律出发，建立各圈层地球过程的定量关系和数字模拟系统，然后进行科学分析和机理解释以及对未来变化的科学预测。

地球系统科学作为服务于全球可持续发展规划与对策的科学基础，它既要完成可持续发展中紧迫问题的研究任务，又要开展地球系统长期变化及其效应的基础理论研究。其中基于水、土壤、大气、生物的生态系统观测研究网络在地球系统科学研究中起着重要的作用。

二、生态系统观测对地球系统科学发展的贡献

自 20 世纪 80 年代以来，一些国家、国际组织和国际合作项目都纷纷建立国家、区域甚至全球尺度的地球观测、监测和信息共享网络。例如，全球环境监测系统（GEMS）、全球陆地观测系统（GTOS）、全球气候观测系统（GCOS）和全球海洋观测系统（GOOS）。在生态系统的观测研究方面，美国长期生态研究网络（LTER Network）、英国环境变化网络（ECN）和中国生态系统研究网络（CERN）是世界上重要的国家级生态网络，也是国际长期生态研究网络（ILTER Network）和全球陆地观测系统生态网络（GTN-E）的发起成员（黄鼎成，2005）。

地球观测系统由大气圈观测系统、水圈与生物圈观测系统以及地圈与土壤圈观测系统组成，生态系统观测研究网络正好处于 3 大观测系统中间，起着承上启下的作用，它既与人类活动密切相关，同时又与水圈和生物圈、地表相联系，既是全球地球观测系统的重要组成部分，又是集定位动态观测与卫星遥感监测为一体的立体化、跨区域、跨尺度综合性的野外观测基地。它通过多尺度联合观测、跨尺度过程模拟以及多过程耦合集成，实现对地球表层的各种生态要素、生物物理过程变化规律和相互作用的观测和综合集成分析，揭示地球表层系

统的变化规律及其过程机理，发现和跟踪观测一些重要的地学现象，为地球各圈层的相互作用提供观测数据；同时，控制性试验的研究结论和机理性的认知，可为大尺度的生物物理参数的尺度扩展，生物物理参数时空分布地统计学分析，遥感和航空观测的地面校验提供有效的地面观测数据支撑。

三、我国地球系统科学研究存在的问题

地球环境问题引发了社会各界的高度重视，提高人们对地球系统的认知水平，显著地增强人们在环境和人类健康、安全和福祉等方面的政策制定能力和决策能力，成为最为迫切的需求。尽管国内地球科学不同学科领域的科研人员对地球系统及地球系统科学的理解不尽相同，但地球系统科学的思想已经为国内地球科学各学科领域的研究人员所接受。我国具有开展地球系统科学研究的独特地域环境，但地球系统科学的发展仍存在诸多的问题（黄鼎成，2005）。

主要表现在基础科学的传统、底蕴不足；地学基础原创性研究不够，多数成果停留在模仿、验证国外理论上；高新技术应用与开发不足，未能及时有效地吸纳相关基础科学的新成果；缺乏具有世界影响力的一流科学家，地学研究机构；同时能力建设严重不足，缺乏完善的观测系统与长期的观测数据积累共享（柴育成，2007）。汪品先（2003）在我国地球系统科学向何处去中也指出了我国地球系统科学的发展中的一些问题：

（1）意识不够。国际学术界早已在探讨中国经济发展对全球环境系统的影响，而我国学术界却无动于衷。对于国际合作，我们的习惯是“重在参与”，往往以“跻身”为目标，至于合作研究最后究竟要解决什么问题，其实并不清楚，似乎也不大在乎。

（2）参与不够。国际讨论的许多重大问题，不见于国内；重大国际计划的学术总结，往往不见我国参与，一些国际合作计划，在实际观测和数据采集中我国曾积极参加，大力投入，到这几年进行学术总结时，我国学者的参与却大幅度下降。

(3) 高度不够。我国地学的成果在国际舞台上的体现低于其实力，原因主要还不在于语言障碍，而在于视角过低，就事论事有余，“上纲上线”不足，难于引起国际兴趣。如果我国学术界只以计算论文数量为满足，我国将成为更大的数据输出国，而在学术水平上与国际差距却拉得更大。

(4) 交叉不够。寻找地球和生命系统演变的规律，必须深入“基层”，深入到分子生物学和生物地球化学的水平，才能理解地球系统的运作，国际学术计划将地学与生命科学的交叉定为新世纪前沿的首选，而我国似乎还没有提上日程。

(5) 深度不够。水循环和碳循环是贯穿地球表层系统的“红线”，其实两者都深入到地球内部，近年来越来越多的证据表明地球表层看到的现象，根子在深部，缺了深部，地球系统就无法理解，越是大范围、长尺度，越是如此。

四、如何发挥 CERN 在地球系统科学中的作用

地球系统科学研究是大科学前沿的问题，不同于一般的科学前沿问题。中国地球系统科学的发展以及取得国际一流的重大成果，还需要做长期艰苦的努力，需要有促进地球系统科学发展的特定组织机制，需要大的能力建设和大的能力提高（黄鼎成，2005）。CERN 已经开始积极参与地球系统科学研究，并发挥出一定的作用，但其潜力并没有完全发挥出来。目前我国地球系统科学研究面临的问题，和 CERN 可在其中发挥的作用具有很好的互补性，利用 CERN 可以：(1) 培养跨学科、综合性人才；(2) 加强我国基础科学研究和原创性研究；(3) 促进高新技术在学科中的应用；(4) 服务于国家需求和全球变化研究。

为解决目前 CERN 在地球系统科学研究领域的落后局面，真正发挥其联网观测的优势，在 CERN 已有的成果基础上，还需要有计划、有步骤地开展一系列的工作，从根本上说，就是要大力营造和培育多学科交叉和系统集成的科学创新环境，全球视野、系统思维、长远目

标、统筹规划、阶段设计、能力建设、分布推进（黄鼎成，2005）。具体而言，近期 CERN 将分以下 3 个阶段开展工作（如图 1 所示）。

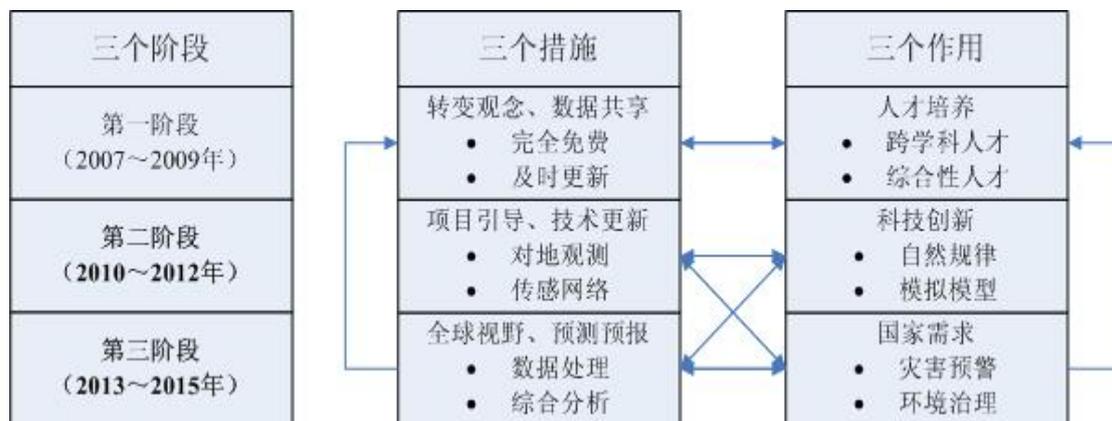


图 1 建议 CERN 的行动计划

第一阶段：转变观念，数据共享，人才培养。

20 世纪 90 年代，科技基础数据已被提高到科技发展“牵引力”的高度。这时，一个好的数据库可能带出一个新的学科，也可能将古老的学科激活，促使其进入新的发展阶段（孙鸿烈，2004）。我国地球系统科学研究目前面临的一个主要问题是缺乏完善的观测系统与长期的观测数据积累共享（柴育成，2007）。这对 CERN 来说，既是问题又不是问题，不是问题是因为 CERN 成为国家生态网络研究中心之后，所属的台站增多，各台站提交的数据也大大增加，基本形成了覆盖全国的数据网络，多年长期的观测数据是 CERN 的一笔宝贵财富。成为问题是因为这些数据共享不够，更没有应用这些数据开展一些研究工作。虽然进行了多年的数据共享，但观念还是停留在“主动收集，被动给予”阶段。实际情况是，该收集的数据收集了，该整理的数据整理了，该分类的数据分类了，但是这些数据到底有多少准确性、合理性、可用性，却没有做进一步的分析，更没有依托这些数据形成区域性或全国性的研究成果。

为解决这个问题，CERN 将进一步加大数据共享的力度，争取对全国的科研工作者完全共享，及时更新，充分发挥其作为国家基础研究数据平台的作用。具体实施将按照 CERN 的技术规范建立一个基于

台站的数据共享平台，及时上传各台站调查的数据。其直接作用有 3 个，对台站而言能相互学习，相互促进，国家的投资也得到了实实在在的回报；对普通研究人员（主要是青年学者）而言，数据共享一定程度上解决了研究经费短缺问题，能激起大家的科研热情；对 CERN 而言，其在科研领域的影响将得到极大的提高，有望成为我国基础数据共享平台的基石。基础数据将不再是我国开展区域研究最主要的限制因素，在相同的基础条件下，谁的思想更活跃，谁就能出更多的成果。这不仅可以为国家节省大量的基础研究经费，也可以监督 CERN 目前设计的数据监测项目以及各台站提交的监测数据是否合理和准确。同时，大量的区域对比研究，将会大大增强我国基础科学的底蕴。此外，依托 CERN 开展的各类专业性、综合性、跨区域、跨学科的研究将会为我国培养一批跨学科、高水平，能从区域或全球角度思考问题的科学家或科学团体，实现各学科之间的充分交叉与合作，尤其是地学与生命科学之间的交叉与合作。

第二阶段：项目引导，技术更新，科技创新。

我国地球系统科学基础原创性研究不够，高新技术应用与开发不足（柴育成，2007）。周秀骥（2004）认为：“必须从复杂系统的科学理论出发，在综合分析的高度上，研究地球系统在驱动力作用下演变的整体行为的新规律和新机制。”对 CERN 而言，只要采取适当的措施，通过项目引导促进技术更新和科技创新，完全可以为解决上述问题贡献自己的一份力量。

第一阶段将会产生一系列的研究成果，并提炼出一些关键的科学问题，这些科学问题都是具有中国特色的原创新科学问题，可由 CERN 负责项目申报和实施，通过专项支持逐步解决。同时，为应对新一轮科学研究对 CERN 观测技术和手段的挑战，通过开发或引进新技术，定位动态观测、样带的移动观测、卫星遥感监测、传感器网络建设等新的地球系统观测技术将会得到极大的发展，CERN 将实现第一次技术革新。随着观测手段的改进，依托以台站为基础的数据共享平台，

针对提炼的科学问题的研究将很快开展。作为世界 3 大长期生态研究网络之一，长期的观测数据积累，最新的观测手段应用，从这一时期开始，我国的科研水平将保持世界前列，从而极大的推动我国科技的发展，新的思想，新的观点将不断涌现，我国的地球系统科学研究将真正进入到独立自主创新的阶段。作为地球系统研究一个不可或缺的部分，模拟模型研究，自然规律揭示等方面将会得到长足的进步，抓住地球系统某些关键特征的理论模式，特别是需要创新思维的模拟方法将得到极大的发展，这将为我国地球系统科学的下一步研究打下坚实的基础。

第三阶段：全球视野，预测预报，国家需求。

地球科学各学科正在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（汪品先，2003）。CERN 发展的第三阶段将重点研究全球变化及其对我国生态环境问题的影响，形成一套完整的自然灾害预测预报体系以及生态环境修复和治理体系。

有了第二阶段的研究成果，我国的全球变化研究将不再停留在模仿、验证国外理论上，将会有属于自己的全球变化理论。或者从全球问题出发，用中国材料入手研究；或者从中国问题出发，在全球的高度进行分析，从以描述为主向探索机理的方向发展，积极参加地球系统科学中关键问题的理论探讨（汪品先，2003）。将不再是在研究计划的外圈为产生数据出力，而是进入核心，在材料“组装”和理论探讨中发挥作用。此外，国家经济社会的可持续发展以及相关政策制定的需求已成为地球系统学科发展的重要驱动因素，全球变化研究越来越服务于国家需求和可持续发展，环境传感网络的出现将是地球系统科学的一次革命，将极大的方便基础生态学过程的研究并推动灾害响应系统的发展（Jane K. Hart, 2006）。在综合分析，集成应用已有研究成果的基础上，CERN 将充分利用环境传感网络、信息技术的优势，初步构建我国的灾害预警系统，为国家的生态环境建设做出应用的贡献。

在实现 CERN 近期目标的基础上，关注亚洲区域的生态与环境问题，推进以我为主的国际合作，带动周边国家的生态站建设，构建覆盖亚洲区域的生态站联网体系，为 CERN 的长远发展做必要的准备。CERN 新一轮的更高层次的数据共享、技术更新、预测预报将以此为基础，同时，人才培养、科技创新将得到进一步的提升，既满足了国家对具有多学科、综合性科研人才的需求，也将提高区域自然灾害预测预报的准确性。

五、结语

中国地球系统科学发展的制约因素，从根本上说是缺乏多学科交叉和系统集成的科学创新环境（黄鼎成，2005）。但是，随着 CERN 在我国地球系统科学中发挥越来越重要的作用，这些问题将得到极大的改善。具体而言，在管理层面上，依托 CERN 开展的地球系统科学研究，项目资助目的性强、针对性强、周期性强，从一定程度上克服了非科学和非理性行为的追求科研回报的速效主义管理指导思想和管理机制；在学术界层面上，数据共享形成了良性竞争机制，学科本位主义和唯我至上主义将没有空间，学贯文理、既精通本学科又粗通相邻学科、以整体观和系统观指导开展科学研究、有思维力、影响力和组织力的系统科学家和大师级科学人才将不断涌现；在技术层面上，将形成集成的技术手段和数据共享平台、重大科学装置共享应用的国家级管理机制、多学科和多源数据对接应用的标准规范和共享应用的组织体制和有效机制。综合、预测和服务是生态系统观测网络研究的发展趋势，CERN 将以先进的理念、活跃的学术思想、先进的观测和试验手段、完善的共享政策，做出有特色高水平的研究成果，推动 CERN 的健康发展。最终将实现依托 CERN 形成地球系统科学研究一整套的人才培养体系、技术更新体系、科技创新体系。

参考文献

- [1] 汪品先.我国的地球系统科学研究向何处去.地球科学进展,2003,18(6):837~851.
- [2] 黄鼎成,林海,张志强.国际地球系统科学发展战略分析-兼论中国地球系统科学发展的创新环境.北京:气象出版社,2005.
- [3] 柴育成谈国家自然科学基金《地球科学“十一五”发展战略》,科学时报,2007.
- [4] 周秀骥.对地球系统科学的几点认识.地球科学进展,2004:19(4):513~515.
- [5] 孙鸿烈.认清科学数据的战略地位.光明日报,2004.
- [6] Jane K. Hart, Kirk Martinez. Environment Sensor Networks: A revolution in the earth system science? 2006, 78:177~191.
- [7] 陈泮勤.地球系统科学的发展与展望.地球科学进展,2003,18(6):974~979.

报告整理: 王 斌

审 阅: 于贵瑞

责任编辑: 于秀波

生态系统研究与 管理 简报

立足科学 服务决策 促进人与自然和谐发展

(2006 年目录)

- 9月10日 第1期 国家生态环境科学观测试点站发展的回顾与展望
国家生态环境科学观测研究站专家组
- 10月18日 第2期 生态系统观测与研究应关注的 25 个科学问题
中科院生态系统研究网络领导小组办公室
- 11月2日 第3期 景观方法在湿地保护与合理利用中的应用
Peter Bridgewater (《湿地公约》秘书长)
- 12月15日 第4期 生态系统服务的集成模拟和评价
Robert Costanza (美国佛蒙特大学教授)
- 12月18日 第5期 美国长期生态学研究网络的战略规划
中国生态系统研究网络综合研究中心

(2007 年目录)

- 1月15日 第1期 美国长期生态研究 (LTER) 计算机基础设施 (CI)
建设战略规划
中国生态系统研究网络综合研究中心
- 2月15日 第2期 CERN 在地球系统科学中的作用与发展思路
傅伯杰 于贵瑞 (中国科学院)

关注中国生态系统监测、研究、评估、管理与政策进展

主办单位:

国家生态系统观测研究网络综合研究中心
中科院生态系统研究网络综合研究中心
中科院生态网络观测与模拟重点实验室

编辑部:

于贵瑞、欧阳竹、于秀波 (常务)

通信地址: 北京市朝阳区大屯路甲 11 号
中科院地理科学与资源研究所
CERN 综合研究中心

邮政编码: 100101

传 真: 010 - 6486 8962

电子邮件: yuxb@igsnr.ac.cn

网 页: <http://www.cern.ac.cn>