

文章编号 1001-8166(2004)06-0921-04

# 英国自然环境研究委员会(NERC)地球系统 科学研究计划——QUEST 计划介绍

李延梅<sup>1</sup>, 张志强<sup>1</sup>, 巩杰<sup>2</sup>

(1. 中国科学院资源环境科学信息中心, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

关键词 地球系统科学, QUEST 计划, 英国自然环境研究委员会(NERC)

中图分类号 P 文献标识码 A

英国自然环境研究委员会(NERC)于2002年12月提出了一项地球系统科学研究计划——“量化并理解地球系统”(Quantifying and Understanding the Earth System, QUEST),并于2004年7月发布了QUEST计划的科学计划和实施计划,QUEST计划为期6年(2003—2009),是NERC的一个指导性计划。

## 1 QUEST 计划提出的背景

19世纪末,瑞典化学家 Svante Arrhenius 提出,工业燃烧化石燃料可以导致地球大气中 CO<sub>2</sub> 的累积,而这导致了全球变暖。他也提出,冰期循环很可能与大气中的 CO<sub>2</sub> 的浓度变化有关。20世纪50年代末期,Charles David Keeling 首次明确地指出大气中的 CO<sub>2</sub> 浓度在逐年升高。20世纪70年代,人们发现冰期与间冰期时大气成分是不同的。直到2001年,政府间气候变化专门委员会(IPCC)才从各国代表性的科学资料中最终取得一致意见:“有新的比较充足的证据证明,过去50年的气候变暖是由人类活动造成的”。与此同时,认识到地球大气成分变化如此之快,以及这些变化可以由大气的、海洋的、陆地的和地质的储库中的碳和其它元素的转移引起,引发了科学界的极大关注,并且彻底改变了我们关于生物圈在地球的物理和化学状态中的作用的认知。

冰芯记录在帮助科学家研究地球系统的物理、化学和生物组成部分的复杂相互作用中发挥着重要的作用。尽管从20世纪60年代以来已经知道“米兰柯维奇”轨道变化是冰期—间冰期循环的原因,但是我们仍然不能深入了解过去数千年的“自然”条件是如何控制大气成分的。解决这个问题已被公认为是高度优先的研究领域,这样才能使我们对未来的模式预测结果可信。

气候变化对人类活动的潜在影响是复杂的(而且并不全都是负面的),这种潜在影响在不同区域之间是不同的,而且在地方、国家和国际尺度上强烈地受社会和经济驱动因素的调节。如果不考虑社会和经济因素,就不能实事求是地研究人类环境变化。因此,要充分理解全球环境变化及其对人类活动的影响,就需要物理学、化学、生物学、地理学和地球科学,以及社会科学与政治科学的知识。

要解决地球系统科学的一些重大突出问题,将需要跨学科边界的有效和持续的合作。从跨科学的角度看,有许多例子表明,次级领域的研究进程受到挫折而变慢,因为一直在某一学科领域工作的科学家并没有充分意识到另一个学科的新发展;或者,由于方法论和科学文化的不同,用不同的工具(例如,观测与模式)工作的科学家在一起不能有效地工作。但是,这种情形也是一种机遇,因为通过围绕跨学科的研究目标详细建立的研究计划和相互增

收稿日期 2004-08-29, 修回日期 2004-10-24.

作者简介:李延梅(1975-)女,甘肃兰州人,助理,主要从事资源环境和地球科学战略情报研究工作。

效的合作努力 完全可能快速改善这种情况。

基于以上思想,NERC 提出了 QUEST 计划。QUEST 建立在过去十余年国际全球变化研究计划的经验基础上,如 WCRP、IGBP、IHDP、DIVERSITAS 以及国际应用系统分析研究所(IASA)资助的计划,它反映了英国基金资助研究计划的新发展。

## 2 QUEST 计划的主要目标

QUEST 计划的主要目标是提高对地球系统中大尺度过程及其相互作用的定性和定量理解,特别关注大气、海洋、陆地中的生物、物理和化学过程之间的相互作用以及人类活动与它们之间的复杂关系。QUEST 计划将通过促进基于理论分析、定量模型的综合行动计划和跨学科行动计划,系统地开发观测和实验数据以评估和改善全球地球系统模型,从而解决地球系统科学中的一些重要问题。

## 3 QUEST 的研究主题

QUEST 计划被是由多个研究机构合作开展的研究计划,主要集中于 3 个研究主题。下面对每个主题的研究热点只是作了简要说明,但它们包括了每个领域的一些最重要的突出科学问题。

(1) 现今的碳循环及其与气候和大气化学之间的相互作用。QUEST 计划的主要目标是提高对物理学、化学和生物学过程之间的反馈的理解,它们决定了当前大气温室气体的含量,并将影响 21 世纪大气温室气体的可能演化。将需要研究的主要问题如下: 陆地上和海洋中  $\text{CO}_2$  的源和汇的空间位置、时间变化及其原因; 陆地生物圈中 全球碳汇转变为碳源的可能性、数量和时间; 生物地球化学氮循环在改变陆地和海洋碳循环过程对变化的  $\text{CO}_2$  和气候的响应中的作用。下一代最重要的温室气体(甲烷、对流层臭氧、氮氧化物)的大气含量的控制因素,以及控制这些温室气体的丰度的自然和人为过程之间的相互作用; 陆地和海洋生态系统过程在改变那些影响气溶胶含量以及大气氧化能力的活性痕量化合物的源和汇中的作用。

(2) 大气成分在冰期—间冰期和更长时间尺度上的自然变化。冰芯记录提出的一个大的挑战是理解与过去 50 ~100 万年冰期—间冰期循环相关的大气成分的大的变化、有时甚至是突变的原因;已有证据表明,在更久远的地质年代,大气成分甚至有更大的自然变化。QUEST 计划在该领域主要研究以下方面: 大气  $\text{CO}_2$  含量在冰期—间冰期循环的原因;

冰期—间冰期时间尺度上,影响大气痕量气体成分过程变化的格局和控制因素,如湿地的形成、火灾频率、陆地和海洋生物群落成分的变化等; 全球风尘循环变化对海洋和陆地的生物生产率、碳循环和气候的影响; 陆地和海洋生态系统在气候变化中的生物物理反馈作用; 地球化学机制与生物机制之间的相互作用在决定地球的长期可居住性中的作用。

(3) 全球环境变化对资源可持续利用的影响后果。人类活动依赖于由陆地生物圈和海洋生物圈所提供的市场化和非市场化的“服务”。因此,亟需了解生态系统服务对变化着的环境的响应,并用全球一致的方法量化这些变化对人类活动的含义。QUEST 在该领域研究的典型问题如下: 考虑到需求的潜在变化,气候变化对可利用淡水资源的全球格局的影响; 考虑经济驱动因素及其对供给变化的响应,变化的环境对全球农业和林业格局的影响; 快速变化的气候对全球生物多样性的威胁程度,减轻气候和土地利用变化导致的生物多样性损失的有关战略的可能效果; 减轻全球气候变化的陆地和海洋生态系统管理措施的潜在效果和成本效益。

## 4 QUEST 计划的预期成果

QUEST 计划的预期成果将包括:

(1) 改进的陆地和海洋生态系统及其与大气和海洋的物理和化学相互作用的、基于过程的全球动态模式,包括依据大量的原地和遥感测量数据以及陆地和海洋上的相关野外实验结果对模式的“基准”评估。

(2) 复杂程度各异的、包括物理、生物和化学组成部分的地球系统模式体系,以反映人类对土地和海洋资源的利用状况以及与人类过程模式(如土地利用、农业和林业产品的贸易)的相互作用途径。

(3) (与国际伙伴合作完成)地球系统图集,为研究者提供“一站式”(one-stop shopping)服务,提供地球系统重要参数的高质量、经同行评议的和适当建档的全球数据集,包括古环境观测数据和社会—经济变量的数据等,同时,为大众提供经过良好综合的信息。

QUEST 也将在增进关于地球系统的知识和理解的基础上,出版包括地球系统科学的下列主题在内的(不仅限于此)有影响力的出版物:

(1) 陆地和海洋吸收人为产生的  $\text{CO}_2$  的格局、机制和预测;

(2) 南极冰芯中记录的温室气体的冰期—间冰期循环的原因;

(3) 全球环境变化对陆地和海洋生态系统的物品和服务的可持续性的潜在影响。

基于 QUEST 计划的研究成果以及对相关计划研究成果的集成, QUEST 将给决策者提供有关 21 世纪温室气体排放的不同情景对人类环境的可能影响后果的信息。

## 5 战略研究重点

QUEST 计划的战略研究重点主要有 3 个: 地球系统模型、地球系统图集(Earth System Atlas)和集成研究活动。这 3 个核心战略研究计划是 QUEST 研究计划不可或缺的部分, 他们将对 QUEST 的整个研究领域起到很重要的作用。

### 5.1 地球系统模拟

模拟是“地球系统科学”研究的一个必要组成部分, 不论研究的焦点是理解地球系统的过去、现在或未来。用于预测地球系统未来的模式的可信度依赖于模式正确描述地球系统当前和过去的状态的能力。QUEST 计划的一个战略行动是开发新一代的地球系统模式, 该模式将表达海洋和陆地生物圈的过程以及它们与海洋和大气之间的物理和化学作用。这部分的研究以主题 1 的项目为基础。地球系统模式也将有与社会—经济模式的接口, 这部分研究以主题 3 的项目为基础。社会—经济模式的接口包括描述土地和海洋资源利用过程及相关的活动, 如食品木材产品贸易。

基于主题 1 的研究项目的部分工作, 地球系统模拟研究活动将开发陆地和海洋生物圈过程及其与物理和化学环境之间相互作用的新的“群落模式”(community models), 并将其结合进等级耦合模拟框架之中。基于这些新的“群落模式”, 将开发出评估陆地和海洋生物圈模式的标准“基准”, 作为与海洋环流和气候相互作用的独立模式以及耦合模式的组成部分。这个基准将包括大量的原地测量数据和遥测数据, 以及相关的野外实验结果。

耦合模式的开发, 将不仅要基于海洋—大气环流模式开发高时空分辨率的模式, 还要为一系列应用开发复杂性和分辨率低的模式体系, 这就要求有开展长期模拟和/或多种敏感性试验的能力。开发这种模式体系的关键是“可追溯性”(traceability)概念, 即尽可能的让不同层模式的基本原则相同, 从一个级别的模式到另一个级别的模式所做的简化应该

是清楚的和透明的。地球系统模拟研究的一个重要组成部分是“科学信息化”(e-science), 其实施非常重要, 的是要关注兼容性、模块化和透明性等问题。

### 5.2 地球系统图集(Earth System Atlas)

地球系统科学的分析和模拟研究主要依靠于高质量的全球数据集, 然而, 数据资源的可获取性及其相关知识, 以及数据的可靠性和有限性却成为科学家开展跨学科研究的主要绊脚石。地球系统图集作为科学家的一种重要资源和作为交流的一种主要工具, IGBP 已明确了建立地球系统图集的必要性, 并制定了地球系统图集发展的蓝图。地球系统图集将用“一站式”服务方式(one-stop shopping)为科学家提供地球系统重要参数的高质量、经过专家审定的全球数据集, 包括与自然地理学、生态学和气候等有关的变量数据, 以及古环境观测数据和社会—经济变量(尤其是那些特别尖锐的问题)数据。地球系统图集的开发对国际地球系统科学界的科学家以及 QUEST 计划而言, 都是极为重要的。

QUEST 计划在创建和实施地球系统图集中发挥中心作用, 与地球系统模拟一样, 地球系统图集也有科学信息化部分。地球系统图集也将需要以战略性的方法来开展, 并在整个地球系统科学界的指导下, 确定和保留数据集成、存档和获取的标准。

### 5.3 集成研究活动(Integrative Activities)

集成研究活动将对 QUEST 计划起到特别重要的作用, 因为各研究项目之间的联系和地球系统研究关注的焦点和方向的需求要求具有不同知识背景和专业技能的科学家之间的合作过程来实现。QUEST 将广泛利用诸如国际多学科学术讨论会(包括来自 QUEST 计划的相关项目的科学家和仔细挑选的国外科学家参加的、有明确目标和后续活动的“起作用的”研讨会)、研究访问、“全体人员”(all hands)科学会议等各种机制。

## 6 涉及的学科

QUEST 计划的建立是基于英国在大多数学科领域所具有的研究能力。以下列出的是可能对 QUEST 计划的目标做出贡献的部分强力学科领域(没有排序):

- 海洋科学 特别是海洋生物地球化学、浮游植物生理学、海洋—大气痕量气体交换、遥感、渔业研究、海洋环流分析与模拟、区域和全球生态系统模拟等。

- 陆地科学 特别是地表水文学、湿地研究、边

界面层对流过程、碳交换通量测量、大气—陆地痕量气体交换、遥感、生物多样性研究、农林作物研究、生物圈模拟等。

- 气候模拟,包括气候、碳循环、气溶胶和大气化学的耦合模拟,季节预报,数据同化等。

- 南极科学,特别是冰芯研究、冰冻圈—大气圈痕量气体交换,南大洋生物地球化学。

- 大气痕量气体测量与大气化学模拟。

- 古气候模拟,古气候数据分析与集成,热带地区 and 北半球第四纪古生态学。

- 地球科学和自然地理学,特别是生物地球化学过程、同位素地球化学、古植物学和古海洋学等。

- 能源研究,包括可再生能源技术。

- 广义的“可持续性科学”,包括气候影响分析、综合评估、环境经济学、环境法律、国际政治、发展研究、社会人类学、经济地理、土地利用和适应性研究。

- 环境科学信息化(e-science),包括分布式数据的获取、基于栅格的计算、地球系统模拟。

QUEST 计划的研究成果在政策领域的及时应用也依赖于环境科学界与相关政府部门之间的密切联系。

## 7 与相关计划的合作与联系

QUEST 计划的综合性和跨学科性意味着其与英国国内外的相关计划将有广泛的实质性合作。显然,QUEST 将需要建立与 NERC 研究中心、NERC 合作中心(包括地球观测中心、NERC 大气科学中心和海洋科学中心)、Tyndall 中心、Hadley 中心等已有计划的联系,与 NERC 指导的计划包括 RAPID、UK-SOLAS 的联系,以及大学发起的一些组织如环境变化研究所的联系。

在国际上,QUEST 计划将对地球系统科学伙伴组织(ESSP)的计划做出贡献,特别是对诸如 IG-BP“全球分析解释与模拟”(GAIM)及其后续计划,以及 ESSP 的联合研究计划——全球碳计划(GCP)、全球环境变化及食物系统(GECAFS)、全球水系统计划(GWSP)等综合性的研究计划做出贡献。

QUEST 也将尽可能的与其他国家的一些机构和研究计划建立双边合作关系。现有的一些计划将是重要的潜在合作伙伴,如:英国 Pierre-Simon Laplace 研究所(IPSIL)与美国国家大气研究中心(NCAR)的“地球系统模拟计划”;美国国家科学基金计划 TERACC,该计划旨在将陆地模拟研究者与生态系统科学家集中到野外实验中。

## 8 经费与计划管理

在前 3 年执行期中,QUEST 得到的经费是 1 300 万英镑,在第四年和第五年的中期评估后,其经费将增加到 2 300 万英镑。此外,QUEST 的 e-science 活动还将会有 200 ~400 万英镑的经费。

QUEST 计划将由 Bristol 大学的 I. Colin Prentice 教授任计划负责人,他直接向 NERC 的首席执行官提供报告。QUEST 计划的领导受 NERC 的“科学和创新委员会”(SISB)指导。NERC 的 QUEST 计划监督官员是 Phil Newton 博士。Bristol 大学的核心团队将协助 QUEST 计划的领导开展工作。考虑到 QUEST 计划的广泛性和与政策的相关性,二者都需要广泛的联系活动,因此将发展与科学界和用户界的有效联络机制。预计这些机制将包括形成独立的“国际咨询委员会”和“英国利益相关部门小组”(UK Stakeholder Group),这将根据 NERC 的建议来任命。

## 9 数据管理

根据英国自然环境研究委员会(NERC)的政策,将提出 QUEST 计划的数据管理战略,以便 QUEST 计划内外的研究人员都能及时利用收集和集成的数据(包括专用的模式输出数据)。数据管理战略也将有助于 NERC 保留这些数据,以便在 QUEST 计划结束后科学界还可以使用这些数据。

### 参考文献(References):

- [1] NERC. Quantifying and Understanding the Earth System (QUEST) Science Plan. 2004.
- [2] NERC. Quantifying and Understanding the Earth System (QUEST) Implementation Plan. 2004.