

**\*学科发展\***

# 开展地球系统科学基础研究的建议

吕 达 仁

(大气物理研究所)

## 一、重 大 意 义

地球系统科学是 80 年代以来国际地学界提出的一项重大的地球科学基础研究学科。这一学科的中心学术思想是：要真正理解发生于地球表层的环境和生态系统的全球性重大变化并把握和预测今后几十年、几百年以致更长时间尺度上的全球重大变化发展趋势，必须将地球作为一个整体来进行研究，即把地球表层环境和生态系统看作由陆地圈、水圈、冰雪圈、大气圈和生物圈之间复杂变化的物理、化学和生物学过程相互作用和反馈以及对太阳及其活动性等外源整体响应的结果。换言之，如果不从地球系统的整体来认识和研究，就难以对发生在地球上的某些重大变化(以及灾害)作出合理的解释和具备一定的预测能力。地球系统科学研究的提出是长期科技发展，特别是过去几十年地球科学各分支研究和技术发展的结果，这些发展(或成就)主要表现为：

1. 地学各分支学科的研究渐趋成熟，取得了许多引人注目的研究成就，同时也提出了新的问题和新的研究领域，即圈层之间的界面过程研究等。通过对一些重大问题的研究，已经认识到必须将其它分支学科研究结合起来才有可能取得某一方面的突破和本质性的进展。例如：属于大气科学的天气气候变化过程和预测研究早已把海气耦合作为关键因子之一作深入研究。人们对生物圈与气候的相互作用也早有一定的认识，等等。80 年代以来，地学家们逐步认识到地球表层各部分相互作用及其对外源的响应是理解地球这一系统整体行为的关键。

2. 过去 30 年间空间对地观测(以及对行星和太阳的观测)的巨大成就使人们能对地球系统发展演化的全球和全局性的图像作定性、半定量以至定量的观察。这种连续的全球观察不但给地学单学科的研究以及许多业务应用提供了强有力的手段，也能将地球系统的整体行为和相互作用的表现相当直观地显示出来。这既是发现和提出问题的重要源泉，也是解决理解地球系统行为的关键手段之一。可以说以空间对地观测为主导的观测能力和高速计算机为代表的计算能力是地球系统研究的两大支柱。

3. 人们发现，最近几十年来，人类活动的强度已经发展到可能对全球环境与生态产生不可忽略的影响。例如：工业活动造成的全球大气二氧化碳含量增加可能导致全球增温，氟里昂类化合物的大量产生和排放进入大气可能导致大气平流层臭氧含量的重大减少，全球性森林采伐和土地利用引起的生态和气候变化等等。在不了解地球系统整体行为及其演化规律情况下，人类活动的扰动作用很可能产生对环境与生态极其不利和在相当时间尺度( $10^1$ — $10^2$  年)上无法逆转的后果。当前，世界经济和科技能力的发展又要求各国有效地制订中长期(十至几十年)经济和社会发展规划，对于未来地球环境与生态演化状况的预测是其中一个极其重要的

约束条件。这一战略性应用也促使地学界加速开展地球系统科学的基础研究。

地球系统科学与地学、生物学有关分支学科的主要区别在于：它充分利用各分支学科已经取得的规律性认识方法和技术，广泛吸收和利用技术科学和数理化科学的新成果，着重研究控制和调整地球系统总体特征的各圈层之间的相互作用的物理、化学和生物学过程以及地球系统对太阳活动和地球深部活动等外源的响应，优先考虑影响时间尺度在  $10^1$ — $10^2$  年的全球性变化的关键性相互作用，其中特别注意那些对人类活动扰动比较敏感的相互作用。在初步了解不同时间尺度上地球系统的整体行为、演化规律和控制因子的基础上，预期该学科第一步重大应用目标是提供对全球环境和生命支持系统未来十年至几十年全球性变化的预测能力，从而为经济和社会发展规划的决策提供依据。因此，地球系统科学既是基础性极强的前沿学科，又具有重大和深远的应用价值，受到国际学术界的重视，也理所当然地受到我国学术界特别是地学和生态学界的重视。

## 二、我院优势

开展地球系统科学研究既是我院对基础研究应做的贡献，也是推动基础研究发展的重要途径之一。其意义主要表现在：

1. 我院集中了地学和生态学基础研究的几乎所有分支，并有高水平的技术科学和数、理、化学研究队伍，是国内最适合于从事较为系统和全面的地球系统科学研究的部门。这是今后数十年内我院地学基础研究对国际学术界和国家作出贡献的重大机会。

2. 地球系统科学研究的开展将有助于提高和改造我院地学基础研究结构和队伍素质。我院地学基础队伍虽然与国内相比有较高的水平，但总体而言，缺乏全球眼光，缺乏把握地球系统全局的基础和能力，对最新数理成果和方法以及最新技术的吸收应用能力也还不够。应该说明这有其客观原因，即以往对地学基础研究的支持不够。同时，我院虽有一支较为优秀的队伍，但为数很少，不配套，力量不够集中，各分支的研究水平也很不平衡。开展地球系统科学研究将促使我们的基础研究队伍在素质上有所提高，并有机会吸引和组织非地学领域的研究力量投入这一重大研究，为更大范围内的学科交叉提供用武之地，逐步融合形成高水平的科学基础研究群体和适合作出较高水平研究成果的合理格局。

3. 通过这一多学科综合研究，造就一支具有深厚基础和对全局前沿敏感的、面向 21 世纪、能站在地学研究前沿的年轻科研队伍，为国家下世纪基础科学的赶超准备人才。同时，通过这一研究工作所培养的人才也可输送到其它领域发挥作用。从科学院的前途而言，这一作用也是至关重要的。

## 三、研究方向

地球系统科学是国际科学联合会批准从 90 年代开始执行的国际地圈生物圈计划的学科基础，因此是多学科、综合性、全球性的超大型科学研究。它需要国际科学界的长期共同努力。鉴于我国经济基础薄弱，对确定地球系统科学的研究课题和所采取的措施必须注意以下基本点：

1. 目标必须有限。切忌因全球性、多学科便一哄而上。重点必须突出,选择重点的本身就是一个研究过程。

2. 课题确定和方法选择必须面向国际前沿水平。例如针对多学科交叉的界面过程和相互作用;必须具有全球影响的和对我国有特殊影响的过程,时间尺度集中于十年至几十年的全球性变化及造成这一时间尺度明显变化的更为长期的变化背景和控制因子等。鉴于地球系统科学研究只是地学基础研究的一个重点部分,不能也不应该把所有分支学科的基础研究都纳入其中。恰当的方式是彼此进行密切的学术交流,并对某些已有的单学科研究计划,从地球系统科学角度来给以评价和必要的协调支持,不应过分扩大地球系统科学的范围和夸大其作用,否定单学科和其它基础研究的意义。

3. 作为全球性重大多学科基础研究,必须纳入国际交流与国际性的有机协调之中。根据我国和我院的基本情况,应特别注意如下一些交叉研究领域:

(1) 对全球生态系统代谢、演化过程和全球气候系统变化起关键作用的碳、氮(以及硫、磷)的全球循环。了解全球循环的主要机制和控制因子,建立起有根据的定量模式。

(2) 全球特别是我国土地和水体利用对全球环境生态的影响与反馈。

(3) 全球生态系统对气候物理系统的响应及其反馈作用研究。

(4) 太阳活动及地球深部活动(如板块运动、火山活动等)对地球系统作用的基本过程和主要影响,对于气候环境生态系统的作用,特别是通过中层大气的耦合过程研究。

(5) 古气候和古环境的重建,主要是过去 $10^3$ — $10^4$ 年时段的状况了解。

(6) 今后十年、以至几十年全球环境与生态变化模式与预测方法研究。

(7) 对象地球系统这样高度复杂的开放系统,在变动外源作用下的演化行为和可预报性的理论研究。

当然不可能指望上述重大问题都能在短时间内解决,另外在综合研究中也不可避免地会涉及未提到的研究课题。

#### 四、主要措施

为了开展地球系统科学研究,建议采取以下措施:

1. 经过有关专家讨论和院领导决策,将本项研究列入我院基础研究的长远重点课题(至少10年),给予稳定的必要经费和有关支持。同时在可能条件下积极争取国家的基础研究经费支持。

2. 建立地球系统科学研究专家协调小组(或学术委员会)。该小组应由从事第一线研究并具有较深广基础的学科带头人和具有学术背景的管理干部组成。小组负责制订研究课题大纲,组织学术活动和评议,分配研究经费。小组成员应有流动性,及时地更换那些不起作用和不能胜任工作的成员,补充有水平和能起积极作用的成员,以避免僵化、官僚化。

3. 积极稳妥地逐步确定具体研究课题和执行方案。应在89—90三年拨出起步经费(每年60—100万元),用以支持某些预研课题,调研国际国内情况,特别是与本研究有关的观测、实验与理论研究项目,据以制定出研究规划和实施措施。调研内容应围绕如下问题:

(1) 如何建立(或改造、加强已有的)适合于本研究的最必要的综合观测点。例如,很有必

要在青藏高原建立地球系统科学研究的综合观测站,在热带海洋(如海南岛或西沙群岛)、极地(南极观测站)以及环境气候和生态相互作用较为敏感的地区建立观测站等。这些观测站的建立必须有高水平的学术课题设想,进行长期、可靠的观测。我院在这方面有很好的基本条件,应抓紧进行。

(2) 如何建立起必要而又经济有效的利用空间对地观测资料的途径和方法。我院有关单位已经具备气象和环境卫星以及资源卫星资料的接收设备和条件,应该让这些条件在为国民经济及应用研究发挥作用的同时,充分地地为地球系统科学研究作出贡献。这也是提高我院遥感基础和应用水平的重要方面。此外,在航天高技术对地观测方面也要争取使其发挥一定作用。

(3) 如何设计几项关于相互作用过程研究的综合计划。如典型地区生态系统和物理气候系统相互作用过程研究等。有的研究计划可在已有的计划基础上加以改造来进行,如海气相互作用等。

(4) 如何开展不同类型和层次的地圈生物圈耦合模式研究。在可以预见的相当长时间内,由于我们对于地球系统认识和所得资料的局限,地圈生物圈耦合模式的建立将是多途径、多角度和有侧重面的。严格的类似于 GCM 的模式将是一种试验途径。除此而外,综合性的、概念性的多种模式研究也应该鼓励和发展,并为此创造必要条件。

(5) 如何建立适合地球系统科学研究的必要的资料和信息系统。我院已考虑建立 WDC-D,如何将多方面需求的资料统一组织和有效服务,还需要协调和对话。地球系统科学研究在许多方面的研究水平和效率将和资料的及时获取有密切关系。

(6) 如何组织和吸引非地学领域的研究人员为地球系统科学研究作出贡献。地学研究的进展在许多方面依赖于其它基础科学的进展。以多种形式发挥科学院的多学科优势是提高地球系统科学研究水平的重要条件之一。

总之,确定将地球系统科学作为基础研究重大项目应该决断快,因为从战略上我们已有能力作出判断,但制定课题级的具体计划和实施方案不应仓促,因为我们在这一战术层次上还缺乏足够深入了解和准备。预研和调研实际上是学习、酝酿和组织筛选队伍的过程。

4. 逐步建立一支适合于从事该项研究的学术骨干队伍。通过研究、交流及其它学术活动,将自然形成一支相对合适的队伍,为此,需要由某些单位和个人起带头作用,对地球系统科学研究的基础性学科问题作实质性剖析组织交流和评价国际上已有的工作和观点。至于是否要集中建立和如何建立小规模的研究实验室,待工作进行一段后视实际需要而定。

5. 积极开展国际交流与合作,建立国际联系。应该在访问调研的基础上制定合作和交流计划,并保持延续性。通过国际合作,可使有关人员能及早进入这一研究领域的起跑线,并探索象地球系统科学这样一类大科学的基础研究如何走国内外结合的有效途径。