

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2009年12月1日 第23-24期（总第77-78期）

地球科学专辑

NSF《地球科学远景（GEOVISION）》专辑

中国科学院资源环境科学与技术局

中国科学院规划战略局

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆
邮编：730000 电话：0931-8271552

甘肃省兰州市天水中路8号
<http://www.llas.ac.cn>

目 录

地球科学远景 (GEOVISION) 报告

——通过地球科学揭示未被拆散的地球的复杂性

1 序言	1
2 地球科学远景: 通过更好地理解复杂和变化的地球, 实现可持续的未来.....	1
3 地球科学面临的挑战	3
4 处于十字路口的地球科学	7
4.1 动态的地球	8
4.2 变化的气候	10
4.3 地球与生命	13
4.4 地圈-生物圈联系	14
4.5 水——变化的前景	16
5 迎接挑战	17
5.1 跨学科研究方法	18
5.2 研究保障	22
5.3 公众对地球科学的作用	23
6 结论与建议	24

2009 年《科学研究动态监测快报——地球科学专辑》1~24 期总目次.. 26

专辑主编: 张志强

本期责编: 安培浚

执行主编: 高峰

E-mail: anpj@llas.ac.cn

地球科学远景（GEOVISION）报告

——通过地球科学揭示未被拆散的地球的复杂性

美国科学基金会（NSF）地球科学咨询委员会

1 序言

21 世纪是科学与工程研究的激动人心的时代，对地球科学尤其如此。地球科学已经发展成为结合和联系了生物科学、社会科学、计算机科学、物质科学和工程科学在内的许多学科的真正跨学科科学。地球科学因为其正在开展的两项工作而使其成为一门独特的科学：一是它研究固体地球、水圈和大气圈内从地心到太阳的各种尺度上的正在进行的物理、化学和生物过程；二是基于研究岩石记录，模拟、分析和理解洞察地球历史的基本过程。

为了更深入地理解地球及其内部的相互作用，要求地球科学必须应用整体分析方法，探索应用来自所有科学与工程学科的知识。与此同时，地球科学与其他科学支持和提供各个层次上的以及跨越社会-经济学的教育机会也是十分关键的。只有这样，才能保证一支多样化和多才能的未来工作团队，以应对日益复杂的科学挑战。

1999 年，NSF 地球科学咨询委员会（AC-GEO）发表了《2000 年后的地球科学》（*NSF Geosciences Beyond 2000*）报告，作为 NSF 地球科学部（GEO）的一份长期战略文件，这份报告是由在政府、学术界及商业界工作的主要地球科学家密切合作完成的。

到 2005 年，AC-GEO 认识到，虽然这份文件一直能很好地为 NSF 地学部服务，但是由于在这期间出现了新的科学机遇和技术发展，这一规划应予以修订。AC-GEO 批准“地球科学远景工作组”（GEO Vision Working Group）制订新的规划，本报告就是新制定的规划。

我们愿意共享《地球科学远景》报告和其中提倡的观点，并且期望与地球科学部一起将该远景转变为坚实可靠的研究，以迎接前面的机遇与挑战。实际上，本报告设想的基础研究必将促进地球科学的变革，并推动地球科学在社会中发挥更显著、更重要的作用。

2 地球科学远景：通过更好地理解复杂和变化的地球，实现可持续的未来

地球在其绝大部分历史中，响应其本身的自然变化，已经经历了巨大的变迁，包括在气候方面。与地球漫长的历史相比，尽管人类存在的时间非常短暂，但是却已成为改变地球表面的主要因素。

长久以来，科学家和其他人们一直在争论地球对人为活动的承受能力——常以

硬科学为支持，但有的时候仅仅靠推测。在未来我们仍然必须应用科学的手段和证据去理解和预测地球将被如何改变，并以多大的变化幅度响应日益增长的压力。

要识别这些影响因素及其潜在的影响，就需要借助基础科学——即研探查并最终确定地球特征的科学——理解地球的历史以及地球系统。这样的基础研究属于致力于更深入地理解地球及其系统的地球科学范畴。

地球科学在科学上涵盖广阔的学科领域，从研究太阳上的过程到探索地心的动力学，地球科学的研究广泛地覆盖日—地系统。这些学科的研究领域包括固体地球的自然与生物系统、水圈（水和冰）、大气圈，以及地外空间。地球科学家仍然致力于地球系统内部特定组成部分的研究，但他们正日益将地球系统看作一个整体系统来研究，跨越不同的边界和不同学科，以期获得新的认识。

这种发展的整体系统方法被证明在研究人类对地球景观、海洋、大气和生态系统的影响中是异常有用的。人类活动对地球影响曾经被认为是微弱的，但现在却日益迫近。我们可以看到这种压力的证据：冰盖在缩小、粮食收成不可靠、空气和水质恶化、水资源枯竭、生物多样性丧失等。人口迁徙和人口膨胀与日益增加的经济期望一道，正在挑战地球对人类社会承载力的极限。同时，这些压力也导致了在那些对自然灾害（如洪水、地震和海平面上升等）脆弱的地区的更大的人口密度。

但难点在于，仅通过研究和模拟现今环境中的过程，还不能全面充分理解人为导致的变化范围与速率。实际上，要更好地理解地球未来的状况，就必须研究并模拟地球历史的大范围的代用信息来源，如冰芯、湖底和海底的岩芯、岩石记录和树木年轮，将这些信息集成在一起，才可以还原地球连续演化历史的完整图像。

不断增加的社会和环境问题呼唤变革性的和可持续的解决方法，这些解决方法只能来自于开创性的科学思维和创新——而这一切必须植根于对地球历史的更深入的理解。

NSF 已经通过资助基础研究以及最先进的观测、计算和模拟工具的发展支持地球科学取得了重要进展。的这份报告提供了未来十年解决这些紧迫问题的基础研究需求的蓝图。

这些研究预期实现的科学进展（其中，大多数的科学进展将来自于新的多学科研究工作），将为决策者制定保证地球上的生命活力的行动进程提供合理而坚实的科学依据。

AC-GEO 作为咨询机构，面临着令人畏缩的任务。只有在研究和科学工具方面有正确的战略投资，并建立和支持一支多样化的和活力四射的科学团体，未来十年我们才能在实现该地球科学远景规划（GEO Vision）中实现跨越发展。

3 地球科学面临的挑战

人类社会正处于十字路口。随着资源枯竭、能源的可持续性、环境退化和气候变化等问题的日益突出，我们开始怀疑：人类在实现广泛经济繁荣的同时，保护地球的健康能否成为现实？

要在上述目标之间取得平衡，社会必须首先对用于地球资源的管理政策与原则进行评估，然后基于已建立的和新的优先性来做出困难的抉择。这些抉择必须有坚实的理论基础，而这又必须建立在对这些选择及其可能后果的科学理解之上。同时，驱动地球系统的复杂过程也激发了我们的质疑，并引导我们去理解地球是如何工作的和人类是如何对其影响的。

地球学家有其独特的优势，可以为这一评估过程带来全新的科学见解。不断改进对未来的预测，对理解人类活动引发的变化十分关键。为了实现该地球科学远景规划（GEO Vision），地球科学部（GEO）向地球科学界发出“行动倡议”，建立一个理解和预测整体地球系统响应的框架。实现这一想法，需要全面地了解地球的历史、其各个组成部分，研究中涉及到的所有相关学科，投入研究的不同国家和民众的多样性等。

构建地球系统框架，地球科学界需重点解决三个关键问题——这三个问题与实现地球科学远景（GEO Vision）密切相关。

专栏 1 人力资源开发

NSF 地球科学远景致力于在科学、技术、工程和数学所有领域内文化的多样性。科研人员和工程技术人员的广泛联合，不仅丰富了工作场所，而且通过将各种观点带到开展研究的问题之中，促进科学与工程的研究。为了确保一个具有包容性的科学界，NSF 地球科学远景必须起到引领作用，鼓励学术机构采用招聘、引进和留任等多种方式实现卓越。

地球科学远景将继续增加妇女、贫困的少数民族、残疾人和个人经济条件不好人员参与地球科学，并通过指导、推广和领导开展的计划，包括地球科学面临的机遇，以及少数人在地球系统科学领域通过努力成功获得高学位（硕士、博士），培育新一代的代表美国人力财富和前景的地球科学家。通过确定传统贫困生雇佣、招生和留任方面的方法，NSF 地球科学远景帮助学院和大学营造一种环境，即所有学生都能茁壮成长并获得能成功开展科学与工程事业的知识 and 手段。

挑战1: 理解并预测复杂和变化的地球系统的行为

地球系统以其复杂性、非线性过程和连续变化为特征，这些特征对理解和预测地球系统的目标构成了障碍。地球系统的各组成部分在不同的尺度上相互作用、跨越不同的时空相互联系。地球某一组分的变化将影响到其它组分的状态和功能，而这种影响往往是以非直接的、不明显的方式发生的。孤立地研究一个组成部分会得出不完整的、有时是错误的认识。例如，只研究地球演化的地质或者生物组分，只能得到地球大气的不完整的图像。这两个组分的演化协同与相互作用，才形成了生物赖以生存的富氧环境。

地球系统最显著的特征之一是格局（patterns）的存在。格局在所有地域、所有尺度上存在，无论是地球外核、海洋或是大气圈中，都存在具体化的格局。它们表现为各种各样的现象：极光、河流网络、断层系统、板块构造及对流运动。这些格局随着时间的演进产生于局地过程和自组织。理解在地球历史中这类系统的排列格局是如何出现的，将为预测地球系统行为提供重要线索。

同时，近期的深入研究正在改变我们对地球系统的知识，使我们能够从数千万年、数亿年、数十亿年以前的记录，重建诸如大气成分、地表气温、洋流的速率与模式以及气候条件等的参数。这些记录告诉我们，地球过去的气候是如何以一种以前不可想象的方式与其生态系统、地质和水相互作用的。一般而言，地球系统随时间的演化十分缓慢。然而，突变是可能的，并且能够在相对短的时期内引起巨大的变化。

从世界各地的冰川和冰盖中提取的冰芯揭示了过去的气候条件。这些冰芯记录表明，数百年和数千年的渐变过程常常被发生在数年或数十年内的气候突变事件所打断。对地球上的许多过程（如，从地震到地球磁场的反转）而言，这类非线性行为十分普遍。

我们还不知道如何预测这些突发事件或者触发快速转变的“反转点”。预测这类行为需要依赖高质量的数学模型，这样的模型需要整合表征当前起作用的物理过程的观察数据。同时，还需要深入理解这些过程在地质历史上是如何发生的。通过过去来理解未来对开发可靠的、准确的模型是十分关键的。

响应地球科学部（GEO）的“行动倡议”，需要复杂的计算和模拟资源以进行大范围的数据试验，以提高对地球系统的理解和减少不确定性。同时，也要求科学家开发新的方法，以寻找地球系统如何在不同时间和空间尺度上演化这一难题的答案。

挑战2: 减小脆弱性与维持生命

人类在自然力面前常常感到十分脆弱。强烈的而且常常是灾难性的事件，如地震、海啸、火山喷发、大气风暴以及洪水，危害人类的生命与社会基础设施。尽管科学和技术不断进步，但由于人口增长、居住格局与日益扩张的人类基础设施等因素，人类对地球灾害（geo-hazards）的易感性达到了其历史最高水平。而且，缺少足够财政资源的社区在自然力面前常常是最脆弱的，不管是新奥尔良的飓风或是中国的地震都证明了这一点。虽然地球灾害不可避免，但其造成的影响可以通过更充分的风险评估和更好的减灾战略设计予以控制。

仅仅在过去二三十年内，人类才认识到地球对于人类活动是如此的脆弱。我们现在认识到人类在地球系统的动态演化中发挥着重要作用，从臭氧空洞的不断扩大到至关重要的海岸湿地的破坏，从化石燃料利用引起的气候变化到导致大量物种的灭绝。

简言之，对地球系统而言人类不再是可以忽略的影响因素。人类依靠地球系统提供的自然资源和服务，诸如湿地净化水、土壤生产、碳汇等。人类需要管理和保护这些自然资源 and 自然服务。

当我们寻找管理人类与生态系统两者脆弱性的新途径时，重点必须置于协作上。通过跨学科的调查与研究，我们可以客观全面地分析人类所面临的挑战，特别是脆弱性与生命可持续方面的挑战。

可作为合作研究的焦点的一个领域是“恢复力”（capacity of resilience）。恢复力是一个系统“吸收”破坏的弹性，它使系统状态不跨越阈值而进入倒威胁生命的另一种状态。这与生态系统的可持续性相反，并相当难以逆转。

可恢复性系统经历了自然的变化，仍然可以抵制极端的或不可逆转的变化。由于人类已经成为地球系统中的一个主要力量，而且人类强化了对地球灾害的脆弱性，因此，恢复力研究将成为现在和未来科学家研究自然和社会-生态系统的一个中心课题。

专栏2 海洋酸化

在过去的几十年中，由于化石燃料的大量燃烧和土地的开发，大气CO₂含量显著增加，使人们对于全球变暖和气候变化的关注度显著提高。海洋吸收大气中部分CO₂（大约吸收了工业化以来人类排放的1/3的CO₂），减缓了气候变化的速率。

地形观测（如NSF支持的夏威夷和百慕大附近海域的时间序列观测站以及Cariaco时间序列计划），记录了这些海洋酸化过程。海洋Ph值在不同的地质时期有所不同，但是目前的酸化速度比过去几百万年的速度快得多。若未来的CO₂排放量不显著的减少，这种酸化速度还将加快。由全球变化造成的海水CO₂含量增加会危害海洋生物的生存，改变海水的碳酸盐化学成分的组成。



图1 海洋酸化造成的白色珊瑚
(来自：伍兹霍尔海洋研究所, Jessie)

海水酸度的变化不仅影响了海洋生物形成，也影响了许多元素和化合物的生物化学循环，例如，降低了碳酸钙的饱和状态。酸度的波动影响从浮游生物到深海软体动物、棘皮类动物、珊瑚的许多贝壳类生物。许多钙化物种在实验室高CO₂含量的环境下的生长速度都有所减缓。

研究者们在一些微生物、无脊椎动物和鱼类中发现了许多其他相反的生理效应。不断升高的CO₂含量使得一些光合作用的生物的固碳效率提高。海洋生物适应CO₂增加的能力以及对于海洋生态系统和人类社会的影响机制目前尚不明朗，但是这些问题已经成为未来研究的优先目标。

挑战3: 培养地球科学未来工作力量

地球科学的生命力源自大气科学、固体地球科学和海洋科学等多种核心学科内部及其之间的综合集成。在这些核心学科中有许多动态因素是共同的，从在热与重力影响下的可变形介质（水、空气、岩浆、岩石、冰）、到自组织和格局形成的能力、到水的普遍存在。这些共同的、引人注目的因素提供了独特的研究机会而稳定了现有的科学家、并吸引着下一代的地球科学研究力量。

展望未来，地球科学的研究方法必须拓展以进一步集成生物科学、工程科学、社会科学和经济科学。同样地，未来研究挑战将需要地球科学部（GEO）建立与NSF的其他学部、美国联邦政府机构和国际合作伙伴的合作与联系。地球科学的这种综

合的、跨学科的方法将形成关于人类与地球相互作用的新范式，并指导我们应用并解决实际问题。

地球科学的上述预想发展路径是很引人注目的，但这也给当代和下一代的地球科学工作者提出了现实挑战。新的课程设置必须在向学生讲授地球系统的基本过程的知识与学习如何有效应用这些知识解决社会面对的问题之间找到恰当的平衡。将过去参与不太充分的学科界纳入地球科学的新策略是，必须进一步纳入包括地理学、经济学和人口统计学在内的更加多样化的人才队伍。

教育界也必须支持超越传统地球科学事业的新兴的科学和工程职业道路，同时，他们必须吸纳并激发那些正在从事非科学职业的学生。地球科学家必须做出特别的努力，以外行感到有意义的方式来推介他们与政策相关的研究成果。明确表述的结果，加上其实际意义，可以让他人理解科学是解决目前面临的问题所必须的。政策制定者然后就可以在制定影响我们工作的具体政策中应用这些信息。这个现实世界的方法将使科学以启发式和可行的方式指导政策制定。

对有关地球科学问题的明智决策，无论个人还是决策者，都需要有基本的科学素养。尽管地球科学与日常事务的相关性和日益增加的重要性，但很少美国人的理解行星地球是的工作原理或者控制气候、自然灾害和必需的自然资源供应的复杂地球系统。

在很大程度上，这种无知反映在中学教育的政策和做法中，这限制了学生获得高质量的地球系统科学知识。高等教育中固化或排除地球科学的计划进一步加剧了这种问题。

这种情况破坏了我们在面临着巨大的科学和社会挑战的时候，培养创新和多元化的地球科学研究队伍的能力。地球科学的研究和教育团体，必须共同应对阻碍实现公众广泛的地球系统科学知识教育的障碍，提出改革和提升科学、技术、工程和数学（STEM）整体教育水平所需的广范的建议。

4 处于十字路口的地球科学

日-地系统面临许多需要我们关注的挑战，在这一章中主要强调那些对地球及其可居住性有着独特而持续危害的最为紧迫的问题。

地球变化的速率不断加快，我们面临的现实世界的挑战，将考验我们寻找促进地球科学发展并造福社会的解决方案的决心和能力。

在未来，我们如何通过深入的研究、大胆的解决方案和切实可行的决策，来应对以下 5 个方面的自然和人为挑战，将决定我们如何成功地维护和保持日-地系统。

4.1 动态的地球

地球是一个动态的星球，它以不同速率发生变化和运动。尽管许多变化随时间渐渐地发生，但诸如飓风、地震、海啸、火山爆发、热浪甚至太阳风暴这样的破坏性事件突出了现代社会的脆弱性。例如，根据公开的新闻报道，2008年发生在中国西部的四川地震，造成死亡和受伤的人口超过了40万，480万人无家可归，经济损失近1500亿美元的损失。2005年，卡特里娜飓风造成了1836人死亡，估计财产损失超过了800亿美元。

在过去的四十年中，地球科学家已经在理解地球的动力学与极端事件方面取得了巨大的成就，同时也能够更加可靠地预测自然系统的变化。尽管重要的、基本的问题依然存在，但是科学家已经取得了关于地震和火山行为、天气格局及空间天气的新认识。同时，仪器的进步、观测系统和建模的发展，已经改变了对诸如地核和地幔这类不可到达的地球区域的动力学的观点。例如：①板块沿着卡斯卡底古陆（Cascadia）俯冲带的幕式滑动在空间和时间上的变化的文献，使我们对地球积累与释放压力的方式有了新的理解；②关于飓风轨迹和强度预测的可靠性的不断提高，已经可以提供直接影响人们生命和福祉的相应信息；③高灵敏度的卫星雷达系统和带有地球化学仪器的GPS大地测量等新的观测工具的集成，已经快速提高了预测大的火山爆发的能力；④在过去的几年里，对空间天气的研究也大大提高了对太阳风暴及其对地球影响的预测。

NSF是资助地球科学基础问题研究的主要机构之一，这些基础问题包括压力的传递和断层带地震的历史、山系的形成、极端条件下地球物质的行为、地幔的结构与动力学、地磁学与火山学等等。这些基础性研究主题都与其它的科学和技术问题相联系，并且有着重要的社会意义。运用新的观测、实验和计算方法解决这些问题仍然是地球科学面临的前沿性挑战。

专栏3 地球过程中地质时期记录的重要性

为了理解地球动力学系统物理、生物和化学作用过程的整个范围，科学家们必须研究保存在地球沉积壳层（地壳）中的、所有时空尺度的物理、生物和化学作用过程的地质时期记录。这些地质时期记录是它们形成过程（即持续塑造地球形态的过程）的指纹。跨越地球数十亿年历史的地质时期剖面图是预测地球上潜在的气候、能源、水以及其他人类生命边界条件的关键。如果缺乏这种地质时期背景，那么进行准确预测的能力将变得非常有限。



图2 犹他州 Goblin State 公园地质
(来自：美国科罗拉多大学，R. Anderson)

研究的关键地质时期主题包括：

(1) 古气候 地质时期地质记录保存了许多比仪器资料、历史记载，甚至第四纪（地质上最近的冰川时期）标准记录的更加极端的过去气候变化的例子。许多这种气候变化发生的很突然——主要关注目前正在我们所处的地球气候中发生的重大变化。

(2) 古生物学 古生物记录反映了生物圈对环境变化的响应；科学家在对未来环境的预测中必须纳入这类信息。

(3) 地壳演化与动力学 地球沉积岩保存了造山体系以外的有关大陆地壳演化的基本资料。对地球沉积体系的研究不仅弥补了对地壳现状的地球物理研究，而且补充了研究重点放在山系（从沉积盆地产生以来自身记录的重要地壳变形）的经典构造研究。

(4) 人类可利用的资源 地球的沉积岩中储存了在可预见的未来人类能源供应的大多数：石油、天然气、煤和地热资源。这些沉积岩同样也是我们利用的水资源的主要赋存场所。认识沉积结构对更明智管理这些有限的资源仍然至关重要。

4.2 变化的气候

基于对大气中气体的辐射特性的深入研究和对大气中气体的测量，早在 20 世纪初人类就认识到，人类能够改变地球的全球气候。温室气体通过吸收和释放热量，具有正的辐射强迫作用并加热地球的表面。没有什么人类活动和自然过程将保持不受地球所面临的、预期幅度和速度的气候变化的影响。有效地应对气候变化自然依赖于基础研究，但是我们的研究也必须考虑水、生命、大气环流和人类活动之间的复杂的相互作用。这些因素决定着气候变化如何和在哪儿发生，气候变化对地球系统组成部分的影响；以及人类如何最好地减轻这些影响，或者以最小的代价适应它们。

弄清气候变化需要对地球的气候有一个空前详细的理解。对地球气候的这种调查提出了一个深奥的研究问题，它正在发展并将最终指导高风险的预测和预报，进而履行严格检验和挑战我们的模型的可靠性的前所未有的义务。

地球科学部（GEO）已经使美国的科学家和工程师成为发展观测全球气候系统（无论是从空间观测，还是从地面观测）的新方法的领导者。通过与美国国家航空航天局（NASA）合作，地球科学部已经拥有了无与伦比的能力在野外部署观测系统以研究关键的气候过程，例如云-气候相互作用、碳循环和海洋酸化。NSF 地球科学部（GEO）在全球都是独特的。它资助富于挑战性的研究现在和过去的气候的个人研究项目；也资助应用古气候数据挑战气候模型的研究努力，这可以深入理解构成地球过去气候变化性特征的变化机理和速率，以及深刻认识地球系统的关键组成部分对这些变化的响应。

减缓气候变化将需要新的能源技术并提高能源的利用效率。尽管这类突破将不在地球科学部（GEO）资助研究范围之内，但是这些突破发展的动机以及它们应用的预期结果，将来自地球科学的研究与模型。另外，减缓气候变化或者是适应气候变化，要求人类改变自身行为，以及需要开展多学科的密切合作研究。

专栏 4 生物地球化学循环与临界带观测

依据美国国家科学研究委员会（NRC）定义，地球临界带界面包括陆地生态系统中土壤圈及其与大气圈、生物圈、水圈和岩石圈进行物质迁移和能量交换的交汇区域，垂直方向主要是指，树冠顶部到风化带的范围。



图 3 塞拉利昂南部临界带观测站，整合测量与建模功能的一个平台

塞拉利昂南部临界带观测站，整合测量与建模功能的一个平台临界带观测（CZOs）是陆地观测的一部分，主要是通过观测数据与建模，分析局地区域气候、土地利用变化、水、生物地球化学循环的影响。地球临界带观测站将首次为科学家提供一个以系统方式致力于地球表面演化监测的基地。在每个观测站，科学家们将调查综合的和耦合的地表演化过程，以及流出的和现存的淡水对这些演化过程的影响。在研究手段上，观测站将使用野外实践和理论分析相结合的研究方法，并配合空间遥感技术。2007 年，NSF 选着了 3 个观测点，这 3 个观测站将建立在内华达山脉的分水岭、科罗拉多落基山脉的分水岭以及阿巴拉契亚山脉的丘陵地带。美国加利福尼亚州立大学蒙西德分校、科罗拉多州立大学波德分校以及宾夕法尼亚州立大学分别获得授权建立这 3 个观测站。

内华达山脉位于美国加利福尼亚州东部，是北美洲科迪勒拉山系西缘山地的组成部分，与喀斯喀特山、太平洋沿岸的山地相连。该观测站点主要研究水的排除速率与时间、大气交换速率、生物地球化学过程速度对积雪的影响。落基山脉是北美洲西部主要山脉，北连马更些山脉和布鲁克斯山，南接东马德雷山脉，纵贯加拿大和美国西部。该观测站点主要观测自然环境与气候变化如何联合起来在该区域形成三个不同的临界带体系，并且调查这些体系如何控制临界带的生物与水文功能。阿巴拉契亚山脉是美国东部一条古老的山脉，由一系列为深谷所分隔的块状山和山岭组成。阿巴拉契亚山脉可分为东北与西南两部分。该观测站点位于小流域页岩的集水区，主要开展疏松岩石表层形成、演化与结构的定量化与预测性研究，以及大气边界层到岩床的水循环。在 2009 年，临界观测站增加了一倍，设在墨西哥、特拉华、波多黎各。

专栏5 气象、电离层与气候观测系统 (COSMIC)

COSMIC 代表着一个以科研为目的的商业卫星技术的创新使用。由于大气温度和湿度在随时发生着变化，该系统可以在卫星穿越大气层时通过的直线轨道，测量人造卫星 GPS 的无线电信号差。研究人员可以从电波折射中计算出温度、水汽和压力的垂直剖面。

与遥感系统不同，GPS（全球定位系统）的测量不受云层的影响。COSMIC 的使用大大丰富了观测数据，特别是曾经数据稀少的海洋区域，它也能覆盖到。这六个卫星系统观测平台代表了台湾国立科学委员会以及实验研究院太空中心和美国之间主要的国际合作成就。牵头的机构是NSF，其中还包括美国国家海洋与大气管理局（NOAA）、美国国家航空航天局（NASA）、美国空军和海军这些参与机构。该平台为国际性组织机构带来了诸多好处，例如，快速地分析实验数据并且使用这些数据进行预测研究，通过互联网，将这些近实时的数据发往美国、国际上的众多高校以及研究中心，同时可以实现一个庞大的在线数据归档。

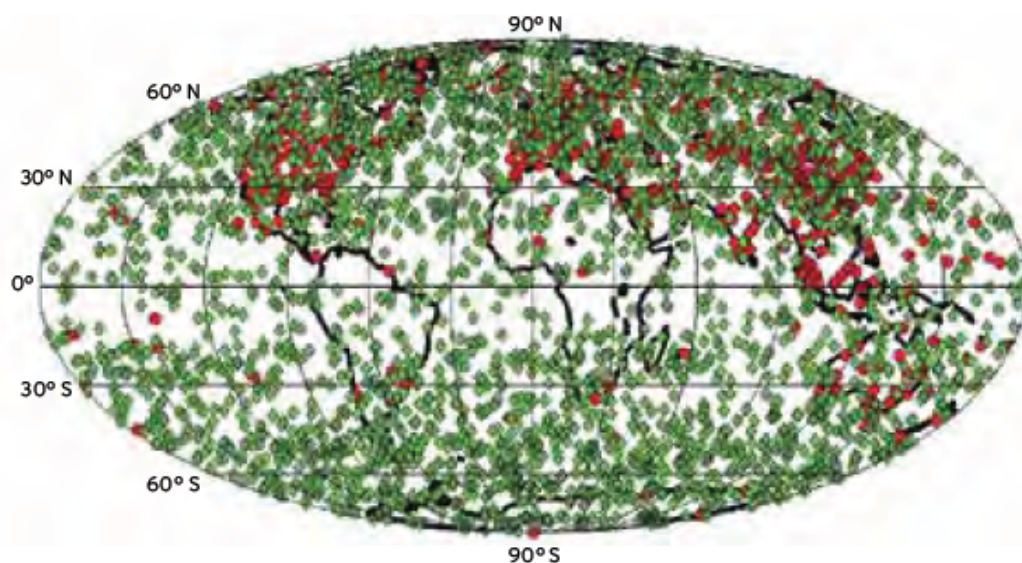


图4 COSMIC系统提供的大气剖面位置

若干红色圆点所指出的是现在大气垂直剖面的所在位置，这些数据主要来自于探测气球所携带的仪器。那些绿色的圆点则代表通过 COSMIC 所得到的剖面位置。垂直剖面描绘了大气层垂直高度是 38 英里（60 km）的气象资料、470 英里（750 km）的电离层数据，并且可以提供近实时的大气状况快照。

4.3 地球与生命

重建地球的起源与演化以及地球上生命的进化过程，毫无疑问构成了最伤脑筋的科学努力之一，也是最令人望而怯步的任务之一。复原地球的自然与生物历史，需要集成完整系列的科学学科，包括物理学、化学、地质学、水文学、生物学和数学科学等。

对生命的复杂分子和过程如何起源于冥古宙（地球历史的最初 5 亿年）的外部环境的解释仍是一个谜。回答关于地—月系统的起源、足够形成海洋的水的出现、推动生命繁衍的富氧大气层的演化等基本问题，需要大量的智力投资。发现和研究最古老的地球物质的新的分析技术的发展已经开始提供有价值的研究线索。例如，NSF 资助的科学家已经利用地球化学技术获得了有着 42.8 亿年年齡的加拿大基岩的样品，这比以前发现的最早的岩石还要早 2.5 亿年。这一发现为科学家研究地球演化的最早期阶段提供了线索。来自其它行星及其卫星的观测也有助于为地球的早期历史提供其它方面的参考线索。

科学家很早就认识到地球环境的演变在生命的进化过程中发挥了核心作用，我们也日益意识到生命本身也在地球的演变中发挥了重要影响。最终，精确的地质年龄测定将有助于预测因人类对气候的作用而导致未来可能发生的影响。然而，科学家对单个生态系统在调解地表过程中发挥的作用，以及地球—海洋—大气过程如何与地球表面的矿物质之间相互作用而形成土壤、风化地表、塑造景观等仅有初步的理解。

专栏 6 未来的能源资源——评价天然气水合物的潜力

天然气水合物通常是由甲烷气体和水混合形成，冻结后存在于陆坡和陆隆地区的海洋沉积物中。为了保持稳定，天然气水合物要求具有高压力和低温度条件。因此，天然气水合物通常存在于陆坡深度（一般在 500 m 深度以下）。由于北极地区温度非常低，天然气水合物也可以存在于陆地多年冻土带和约 200 m 深度的浅层海底。

水合物中的甲烷主要来自圈闭在沉积物中的有机物的分解。近来的研究已经揭示出天然气水合物几乎存在于全世界所有的大陆边缘。科学家们认为天然气水合物中储存着大量的有机碳，等于或超过其他化石能源所包括碳的总量。推动甲烷水合物研究的主要动力是将其用作未来能源资源的前景。对天然气水合物研究的学术兴趣要稍微宽一些，包括水合物分解对气候变化、陆坡稳定性以及地质灾害的关系。通过发展实地和远程天然气水合物探测新工具、勘探钻井以及新的实验室技术，研究界已经在天然气水合物特征研究方面取得快速进步。



图 5 天然气水合物

4.4 地圈-生物圈联系

对地球系统功能至关重要的化学物质最终将生物的（生物圈）和非生物的（水圈、大气圈和岩石圈）组分联系起来在一起。化学物质（例如，碳、氮和氧）在生态系统的生命和非生命部分流动，以不同的速率、在不同的时间尺度上不断地被吸收、排除、保存和循环。

地圈和生物圈之间的联系和循环发生在广泛的物理尺度上。微生物群落从洋底的热液喷口内到高山湖泊和土壤中都有分布。海洋表层内化学物质的生物生产最终会在大气云层的形成过程中发挥重要作用。因此，要充分理解这些生物地球化学循环，需要同时考虑生命和非生命的组分。

理解循环本身意味着科学家必须理解控制生物地球化学循环动力学的机制，特别是光合作用所需的宏观和微观营养物质中所包含的机制。对过去气候的研究使得科学家能够理解影响以前生物地球化学过程的因素，获得对预测未来的变化有用的知识。

一个关键的生物地球化学循环是碳在地球各圈层间的运动。环境变化将改变生物地球化学循环的环路中和碳储库中碳交换的路径和数量。科学家需要理解碳交换在跨越生态系统类型时如何发生变化，生态系统的破坏如何具体地影响碳在各组分间的通量和贮存。值得关注的是海洋中的二氧化碳的数量。最近的研究表明，海洋正在吸收人为活动释放的碳，这将导致海洋的酸化、海水的 pH 值下降。海水 pH 值的下降将危害海洋生物及其生境，将对珊瑚礁这类敏感的海洋生态系统导致严重的、可能不可挽回的损害。

无论是陆地系统还是水生系统，碳循环与其它化学循环联系紧密，例如氮循环和磷循环。来自传统的海洋研究和新的分子基因方法的近期证据表明，固氮生物可能比我们在海洋中所认识到的要更加重要，它们可能驱动一些海洋地区从氮有限（nitrogen-limited）系统到磷有限（phosphorus-limited）系统。科学家认为，海洋中包含在氮循环中的重要微生物过程受到由大气运输、河流流出和海岸带沉积输送到海洋中的微量金属的限制。虽然研究仍在继续，但这些新的发现正在改变我们对地球碳循环的全球性观点。海洋中增加的氮生产可能成为海洋从大气中吸收二氧化碳的关键驱动力之一，代表了捕获和封存二氧化碳的一条途径和减缓气候变化的一条新路径。

专栏7 宇宙射线土壤水分观测系统（COSMOS）

土壤水分是一个令人头疼的科学指标，至今仍然是地球系统科学中关键的量度。科学家们使用宇宙射线土壤水分观测系统（COSMOS）来填补在大尺度的遥感土壤水分测量和有限的现场测定之间的空缺。这是综合了现有的技术所开发的一项创新方法，使用了地面以上低能级宇宙射线中子进行测量。这些中子的强度与土壤水含量、地上水成反比的关系。

这种方法允许在地下水与地表水之间存在差别，同时可以提供一个积雪场水当量，对于水管理来说这是一项重要的度量单位。研究人员正在通过一个由 50 个探测器组成的原型来进行实证研究，将此作为一个概念试验演示。尽管如此，最终的目标是想在美国配置近 500 个探测器。此项测量计划的关键是大范围内进行多种科学调查研究，比如气候/干旱监测、植被动态变化和碳循环、天气预报、每月或每季度的气候观测、地表与大气间的相互作用、多学科间的水研究。

专栏 8 海洋生产力的可持续

在很长时间里，科学家们相信海洋动物在被捕捞后，会很快地自动补充恢复数量。近期的综合研究对这种观点提出了挑战。这些研究结合物理海洋学的研究方法，分析 DNA 序列，结合地球化学的方法分析水和动物结构、幼虫行为。分析结果显示，动物的恢复补充能力远小于之前的预测。事实上，个体的“物种群”的分布区域是非常局限的。

这些研究发现改变了我们对于居住于不同地点的物种数量与空间和时间之间的关系，对于海洋生物资源的开发、海洋保护区的设计、海洋生产力的持续以及环境变化问题都有重要的意义

专栏 9 提高珊瑚礁的恢复力

恢复力是指，一个生态系统忍受环境功能的破坏、避免系统崩溃而转变为另外一种不同系统的能力。

珊瑚礁是一种最复杂的海洋生态系统之一，也是最容易受到环境变化威胁的生态系统。研究珊瑚礁的恢复力可以使科学家们弄清楚什么样的措施可以维持这些脆弱的珊瑚礁区域。珊瑚礁面临海洋温度升高导致的漂白作用和化学腐蚀，随着珊瑚礁生态系统面临的压力的增加，许多新的疾病也对珊瑚礁造成很大破坏。

海洋生态学家和生物学家正在联合对珊瑚疾病的原因进行研究以确定如何应对这些疾病。海洋生态学家还发现食草无脊椎动物和鱼类对于阻止海草破坏珊瑚是至关重要的。这种基础研究是培育珊瑚礁和其他生态系统恢复力以及节约这些至关重要的生态系统的唯一途径。

4.5 水——变化的前景

水对生命的许多形式都是不可或缺的。全球海洋包括了地球全部水量的 97% 以上。陆地水系统一直从地球表面以下（地下水）延伸到大气层，并包含了水的许多形态，从冰到雪再到雨。水循环也延伸到了地球内部，在火山和地热系统中发挥着作用。

经济的增长和人类的福祉全都依赖于水在农业、能源生产、运输、生态系统服务、制造业和废弃物管理中的充足供应。土地利用的变化（例如，通过农业、森林砍伐和城市化等）和管理水的工程基础设施的建设（例如，大坝、灌溉、调水、供水和废水系统等）已经无情地改变了水循环的路径。

当水太多（例如，来自风暴潮、飓风和海啸的洪水）或者太少（表现为旱灾），水也将构成极大的危险。对水的这类极端事件的有害影响的准确预测和减缓取决于对不同尺度上水循环的深刻理解。尽管水资源有着复杂的和非线性的性质，但仍然存在有效的方法可以提高我们对水系统动力学的理解。在预测的未来显著的气候变化特别是降水的格局与极端事件的情景下，地球的水循环动力学将发生变化，并可能对水量、水质和水的分布等造成其他的潜在变化。准确预测降水格局的变化并理解其对局地水平衡的相继影响，将有助于为获得可持续的水资源提供基础。科学家日益认识到有必要弥合大气科学与水文科学之间的鸿沟，这使得在不久的将来很可能会有对大气和水文模型的成功耦合。这一联系将是发展综合的、可预测的水循环模型的重要一步。通过将物理、生物、人文和其它系统的专门研究力量联系起来，研究人员、管理者和决策者就能够在一个变化的世界中更好地理解 and 更加有效地管理水系统。

模型需要有关键过程的代表性数据和用于验证的准确数据。观测网络和先进的数据同化技术使得可以在只有较少的观测数据的情况下进行参数估计，以与模型模拟结果进行对照分析。新的数据集成和访问能力将使研究人员能够利用广泛来源（国家的、地区的、当地的）的数据，来揭示水系统的复杂性，探索人类活动对水系统的影响。

专栏 10 水资源管理

水对于人口是至关重要的元素。历史上,人们对于水源的寻找一直没有停止。随着全球气候的变化和水的分布模式的变化,预测水的可获取性和水供应的波动已经变得非常重要。

利用多学科的方法认识到对水的需求,半干旱与河岸区域可持续利用科技中心(SAHRA)组织水资源管理者、政策制定者等相关人员进行研究和应用活动。亚利桑那州 Upper San Pedro 盆地受到人口快速增长、水源有限的挑战,气候有可能变得更加炎热干燥。

来自 SAHRA 的研究者们与 Upper San Pedro 研究组的成员共同工作,设定了一个水文决策支撑系统(DSS)目标,以管理该地区的水资源。

研究者们利用该系统方案和数据,结合最新的关于河岸水利用、自然补给和水需求的研究,设计出一个决策支持系



图 6 学生们在测量蒸发率

统模型以评估增加水供应和水资源保持方案。该模型使用方法简单,运行速度快,能够提供可视化的结果。管理者可以利用该模型评估管理方案的成本和对地下水位、流量及其他环境因素的潜在影响。该模型目前正在被翻译成西班牙语。

5 迎接挑战

在美国,NFS是唯一具有广泛的学科领域以综合研究这篇报告中提出的各种挑战的研究机构。而且,地球科学部(GEO)必须团结NSF的其他学部以及外部的合作伙伴,共同参与这项目标宏伟的基础研究计划,以深入理解我们的地球,并为客观全面的政策制订和决策提供依据。

地球科学部(GEO)的研究任务是阐明地球系统的复杂性、脆弱性和影响生命可持续性的环境。它也必须包括前沿学科和跨学科研究,并通过多样化和有能力的地球科学队伍和知情的社会公众,以促建地学的发展。

现在的大多数地球科学家都被培养成为了专门家(specialists)和还原论家(reductionaists),他们被教导将复杂的系统分解成若干组成部分,通过各组成部分的加和相互作用来理解整体系统。这些传统的核心科学学科之间的界限是分明的,这些学科都其反映这种学科队列的相应的研究机构。在过去这种方法对科学家相当适用,并将继续构成今后重大发现的基础。然而,大尺度的问题需要对其相互作用

的组成部分的复杂理解，将已知的小尺度行为和属性向较大尺度外推的方法，已经对传统的还原论方法提出了挑战。

科学家和工程师们才刚刚开始认识大尺度的地球系统的高度复杂性和突然出现的新特征（例如，大流域和生态系统动力学）。了解学科间相互关系的新一代科学家和工程师，将比较容易地对这些不断变化的过程有一个更全面的理解。

5.1 跨学科研究方法

了解和预测地球系统的功能需要地球科学的进步——从地学部（GEO）传统上资助的基础学科研究，到促进集成性和整体性理解地球系统所需要的跨学科的大胆风险性研究。来自不同知识背景、具有不同专业技能和观点的科学家与工程师，在提出研究问题和发展研究方法中，必须从一开始就密切合作。

跨学科的研究往往会使基本概念、方法或规范，以非传统的和启发性的方式从一个领域应用到另一个领域。地学部与其他学部的联系对发展更强大、关联性更高的地球系统科学是至关重要的。地学部需要计算要求很高的模型就是一个典型的例子。

另外，伴随着不断增加的观测数据集和模型输出结果，这些模型需要硬件、软件以及网络基础设施方面的新的计算技术。这些新的计算技术的发展需要与NSF的计算机及信息科学与工程部（CISE）及其网络基础设施办公室（OCI）合作。为理解和解释日益复杂的模型，为发展模型质量的规律性研究，就需要与数学家们合作以探索新的数学统计方法。

此外，对生物圈和人类圈（即人类影响圈）的跨学科研究对促进更深入全面地了解地表特征和大气成分是至关重要的。这些只有通过NSF生物科学部（BIO）、社会、行为与经济科学部（SBE）和极地计划办公室（OPP）的合作才能实现。

同样，地球物质的物理学研究需要地球科学家、材料学家、物理学家、化学家、工程师和计算机科学家的合作，因而需要推动NSF的工程学部（ENG）、数学与物理科学部（MPS）和计算机及信息科学与工程部（CISE）的合作，以及NSF和其它机构的合作。这些合作推动技术创新，从而有助于回答与地球有关的基本问题（矿物质受压将产生怎样的变化？）和环境问题（什么控制碳的成功封存？）。

专栏 11 地球透镜计划使地球内部变得可见

NSF 的地球透镜计划 (EarthScope) 提供了地球内部的新视角。随着持续对大陆范围数据的收集,地球透镜计划将促使我们革新对地球地核和地幔结构、组成和动力学的认识,增强我们对构成地表的岩石圈板块(包括产生地震的岩石圈板块)的了解。评估这些板块的运动和对地形造成的长期改变将有助于解释北美大陆丰富的地质历史以及预测其地质未来。



图 7 由新添加的 116 个 GPS 接受装置与原有的 20 个组成一个高速链接网络,提供整个板块边界地带长波,长周期的变化情况

这项研究的领域和显示度以及研究结果产生了深远的影响,向公众展现了地球科学的创新与研究的新途径。例如,第一次,科学家们钻穿了圣安德烈断层并从地震形成深度的活动断层带取到岩石样品。地球透镜计划的地震和大地测量仪器同样也监测到了“慢地震”引起的地壳变形。这些没有地面颤动的低频率的地震可能预示着一些灾变性事件。科学家们希望这一发现会使预测大地震的能力增强。

这一前沿的、引人注目的结果毫无疑问将促使教师、家长、政治家们等努力去了解全球性的变化、演化和灭绝。教育和鼓励公众将地球理解为相互关联的地质和生物系统,在这一系统中每一个个体所拥有的权利都是解决当今社会所面临严重问题的根本。

专栏 12 大气与电离层观测的新系统

高级模块式非相干散射雷达(AMISR)是观测大气层与电离层上部(60~1 000 km高度)的一个新系统。在大气层中从周边电子环境中反射过来的雷达信号非常弱,所以需要一个巨大的天线和高功率的发射机。

AMISR是由约4 000个单个的偶极天线阵列所组成,这些天线分布在一个40坪大小的支撑结构内。利用每个单元功率为500 W的发射机,固态功率放大器可以驱动每一个偶极。AMISR的固态设计允许几乎发生在瞬间的射束摆动,在较低动力的水平向完成全自动操作并且持续作业,同时可以轻松分解、运送和变换布置。

电离层时空变换多样,并且伴随有极光,在对它进行观测时,AMISR是唯一的最佳观测手段。由于变化布置相对容易,研究人员可以依据科学需要,将AMISR迁至新的地方。



图 8 阿拉斯加州 AMISR 系统的 Poker 平台

第一个 AMISR 系统建立在阿拉斯加州 Fairbanks 附近的 Poker 平台研究设备中,并且从 2007 年 1 月就开始运行。在 2007~2008 年间(国际极年),该系统获取了空前的观测资料,并且通过 NASA 支持下的控空火箭试验完成了协同测量。第二个 AMISR 系统(分矢量非相干散射雷达, RISR)最近将在加拿大北极圈内的 Resolute 湾开始运行,该系统是首个不连贯散射雷达设备,将有能力观测电离层和近地球磁极以上的大气层。在对大气层顶部和电离层的研究中,AMISR 开创了一个新的时代,作为一个空间科学领域的支柱——非相干散射雷达,AMISR 还继续了它十年之久的记录工作。

专栏 13 未来海洋观测系统

海洋观测计划 (OOI) 自 2009 年开始组建, 该计划将给海洋科学带来自环境卫星发射成功以来的革命性的变革, 为海洋学研究提供全方位的综合研究方法。科学家们将在美国和全球的海岸部署由电缆网和深海浮标构成的海洋观测系统, 该系统持续的计算能力将获取气候、碳、生态系统和地球动力学各参数的实时数据, 这与间歇性获取数据的科考船完全不同。这些数据将对研究者和教育工作者们开放, 使海洋学与普通市民和学者更加接近。

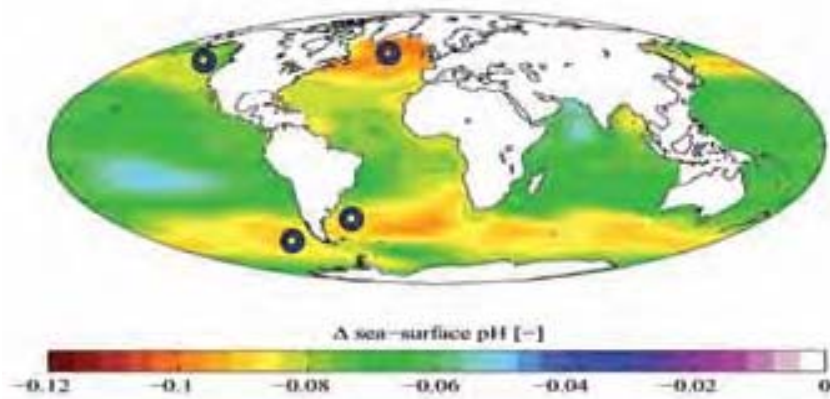


图 9 21 世纪人类活动造成的海洋酸化对钙质生物的影响

一些重大的科学问题促进了 OOI 的创建, 这些事件包括碳循环及其对全球变化的响应、海洋酸化、气候变化对海洋环流的影响、近海海洋动力学及其生态系统响应以及构造驱动流体对深海生态系统、碳循环和地震的影响。



图 10 海洋碳循环及其对全球变化的响应
(来自: 华盛顿大学, 环境可视化中心, Ambrust)

研究者们将在阿拉斯加州海岸（与 NOAA 合作）、伊尔明戈海（Irminger Sea）、南大洋及阿根廷盆地布设可经受住恶劣海况的深海浮标系统。地方性的电光缆将布设在广阔的甲烷出口，该区域或者产生天然气水合物或者维持着附近的生物群落，这些区域包括西北太平洋沿岸以及那些对于理解地震过程和危害有这重要意义的区域。OOI 还将建设一个固定的海岸观测站网络，以连接各种海洋仪器，促进 OOI 在各种实验中的使用。

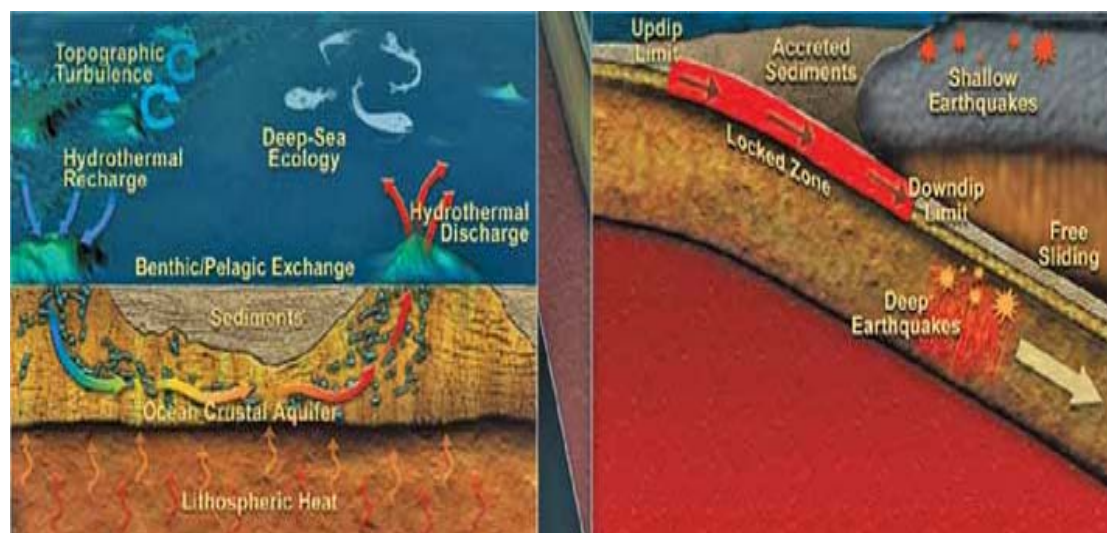


图 11 海底地质过程

（来自：华盛顿大学的海洋观测的区域节点计划）

5.2 研究保障

成功开展这些研究需要现代观测工具、先进的计算技术和模型构成的坚实的基础设施。过去的基础设施投资正在产生丰厚的回报。例如，地球透镜计划(EarthScope)观测站，环境研究的先进高性能设备机载平台(HIAPER)飞机，以及建在国家大气研究中心(NCAR)的气候模拟实验室。继续更新和发展这些工具是必不可少的。对于下一代工具的投资，包括海洋观测站、阿拉斯加地区调查船、太阳望远镜、新型传感器，以及先进的网络基础设施，将为人类新一轮认识的发展提供基础。

模型和观测数据在预测时都不是非常准确的，在预测的精度方面某些不确定性总是存在的。查明不确定性的水平，可以提供对风险幅度的感知。地球科学家通常使用预测的方法来评估预测的不确定性、灾害和资源预测的风险。然而，这些预测计算需要相当大的计算处理能力，因此需要有数学家和计算机专家的参加。

专栏 14 政府间气候变化专门委员会 (IPCC)

2007年IPCC获得了诺贝尔奖，此项荣誉加强了人们对全球气候变化影响的深刻认识与理解。这项由IPCC评定的研究，已经充分地证明了气候演变过程和改进气候模型的重要性，以及为相关政策的制定提供了依据。然而，我们在该领域内的知识（比如冰盖的动态变化/生态系统中人类活动的影响）停留在一个很不完整的状态，并且经常在气候模型中并不具代表性。

为了弥补这些知识方面的空缺，世界上主要的气候科学家们将自己的关注点重新聚焦在那些人类与生态系统相互作用比较强烈的区域内，致力于研究气候变化更深层次的科学问题。他们所做的努力之一就是，将气候模型改变成为更复杂的地球系统模型。NSF的区域气候模型（CCSM）是唯一一项共同努力的成果，在众多大学研究人员和国家实验室中搭建、处理、运行。该模型向“地球系统”模型的转换将导致时间和空间分辨率的增大。这不但需要更多的计算资源，而且需要更新的软件支持和模型的构建。最终，无论在美国还是其他一些国家，由新模型支持下的这项研究，对于全球气候变化政策的发展将起到关键性的作用。

专栏 15 计算与模拟

高性能的计算机已经成为气候模型的主要部分。综合地解读气候系统变得更为复杂，利用先进的计算机系统，研究人员可以在区域尺度内更有能力创建精确的气候系统模型。对于评估气候变化可能产生的影响来进行预测时，区域尺度的分辨率显得尤为重要。对于创建我们所需的模型来说，如何开发高级别的计算机资源，仍然是一个主要的限制因素。

5.3 公众对地球科学的作用

任何激励地球科学研究团体的战略都必须动员广大的公众。对海洋环流、地震过程和碳循环这些主题的日益增加的公众基础素养，反映了官员在知识化公众的支持下走向坚实的、基于科学的政策制定的第一步。

在实现本报告中的建议中，地学部有长期的致力于公共教育的义务和责任。除了努力培养各类研究生外，地学部和NSF的教育与人力资源部（HER）已经鼓励具有大学和大学预科水平的年轻人，尤其是那些未被充分代表的团体的人员，通过一系列针对性的推广计划，了解更多关于地球科学的知识。

地学部必须把扩展公众对地球科学的了解作为基础，使更多受过良好教育的公民清楚地认识未来的挑战，并为迎接这些挑战作好准备。还必须邀请最有才华的人来研究地球科学。地球科学作为一个与生俱来就跨学科领域，需要各学科的学生、研究人员和科学家以一种新的、关联的方式应用他们的知识。

基于对地球与地球科学间的深层次联系的这种重新认识，以及受各种不同的观点、看法的影响，社会将必须为世界上最棘手的一些问题找到解决方法。

专栏 16 通过国际合作了解地球系统

地球科学(大气科学、狭义地球科学、海洋科学)的范围在本质上具国际性。深深意识到地球科学研究已经超越国家的界限,地球科学远景支持许多国际合作协定以使研究人员能够建立开展研究所需要的科学和经费能力,以便能更充分地了解地球的起源及其气候和环境。

这些协定包括诸如气候、地震学、气象学、古生物学、地圈—生物圈相互作用、海洋生态系统以及大洋钻探等许多领域的全球计划。地球科学远景同样也参与来自各大洲许多国家科研人员、工程技术人员和公共机构的地区和双边协定。这些协定涵盖了从与美国自身科学实力相当的国家现在面临特殊地理问题的新兴经济体。

专栏 17 提升地球系统科学的公众素养

对公众地球科学素养的需求从未像现在这样迫切。美国人了解一些对地球的威胁,如全球气候变化的危险以及不断增加的天然和人为灾害频率。因此,加深公众对影响这些事件的重要科学过程的理解是必要的。

但是提升公众的地球系统科学素养并非易事。这将需要协调政府和私人投资来革新和加强正式和非正式的科学教育,并促进终生学习。美国自然科学基金会(NSF)独特的地位使其可以担当这一努力的领导者,因为其在推进科学和工程研究以及支持科学、技术、工程和数学(STEM)教育方面担当了双重角色。

地球观测组织(GEO)已经支持一些项目以帮助教育机构来阐明地球复杂的动力学过程。在这些计划中同样也增加投资以确保教师拥有最新的科学知识,以及在讲授地球科学时使用优越的教学方法。一次又一次地,地球观测组织(GEO)的教育投资帮助科学界将其研究成果转化为影响决策和告知社会的资源。持续投资地球科学教育和严格的公众宣传工作将促进对地球科学事业更透彻的理解,以及对地球科学在应对地球上最棘手问题中担当角色的更高评价。

6 结论与建议

AC-GEO确信,通过更好地理解复杂的、不断变化的地球,迎接未来的挑战、实现地学部(GEO)的促进可持续发展的未来的远景是完全可能的。在这个计划中,AC-GEO通过确定以下方面已经清楚地规划了实现该远景的路径:需要研究的关键科学问题;反映我们多样性的教育体系和研究队伍的需求;达到我们目标所需要的研究工具;NSF对促进科学理解和帮助解决威胁地球的国家与全球性问题所能够做的独特贡献。

地球是一个无止境的、迷人的环境，是一个充满复杂性和美感的动态奇迹体。理解地球的许多方面，如同利用这些知识来改善地球及其系统的对人类的支持能力与可居住性一样，都对我们形成了巨大的智力挑战。人类已经走到了其自身的繁荣发展能力、或者甚至生存能力受到无数的环境、经济和社会问题的威胁的十字路口。整个人类社会必须利用一套符合实际的、合理的指导原则，做出关于环境和资源管理的明智决策。

地球科学家日益认识到，他们的贡献必须超越个人的观点、并且跨越严格限定的研究学科领域。而且，地球科学家意识到不仅必须要与其他领域的科学家和工程师共享他们的专业技术、知识和见解，而且在自己领域的科学进步与其他学科领域的知识、研究和见解有密切的联系。将新的方法和范式引入一门学科可能引起混乱，但由此产生的在科学理解上的突破可以迅速推进科学前沿的发展。

在未来，科学家和工程师将被号召为可能产生长期影响的关键政策决策提供科学见解与预测能力方面的支持。地球科学家将主导大部分这类政策的科学讨论，他们将与公众和决策者共享他们对地球系统的精确知识，提供最终指导社会理解其与行星地球之间的不断变化的关系的科学知识。

AC-GEO 为前面的工作所鼓舞，将全力支持地球科学部（GEO）迎接这些挑战并且实现地球科学的该远景。为此，提出以下建议：

- (1) 支持和培育基础地球科学学科研究计划；
- (2) 大胆拓展新的方向，交叉和融合其他学科；
- (3) 提倡一种能认识到变革研究具有风险的文化；
- (4) 明智地投资于下一代的工具、技术和方法，包括能够实现跨学科边缘研究的先进的计算能力，并予以负责任的管理；
- (5) 宣传地球科学在减少自然灾害风险中发挥的关键作用；
- (6) 建立 NSF 内部，以及与联邦其他机构、私营部门、国际组织，以及美国以外的其他机构的有效、持久的伙伴关系；
- (7) 认识到对地球科学迎接增加自然系统恢复力的挑战的强烈需求；
- (8) 建立地球科学的研究人员与 K-12 教室之间的桥梁，以促进儿童和青少年对地球科学概念的理解；
- (9) 建立一个广泛、多样化的地球科学研究人员的队伍体系，这些地球科学研究人员能够将创造性方法应用于所有层次上的地球科学教育和素养培养；
- (10) 向决策者和思想领导者提供重要的、可能是关键性的地球科学研究成果和发现，以建设可持续未来。

（安培浚，张志强，张波，尚海洋 编译）

译自：NSF Advisory Committee for Geosciences. GEOVISION REPORT: Unraveling Earth's Complexities Through the Geosciences. OCTOBER 2009.

http://www.nsf.gov/geo/acgeo/geovision/nsf_ac-geo_vision_10_2009.pdf

2009年《科学研究动态监测快报——地球科学专辑》1~24期总目次

★ 地球科学计划

“龙计划”二期项目介绍·····	(1.1)
Solwara 计划: 即将开启人类金属矿产资源开发利用新纪元·····	(2.6)
英国地质调查局(BGS)2009—2014年战略规划(草案)·····	(3.1)
政府间对地观测工作组(GEO)2009—2011年工作计划·····	(4.1)
欧空局(ESA)发布地球探测新计划·····	(6.10)
美国国家地震减灾计划2009—2013年战略规划·····	(9.1)
地球科学素养的科学原理: 地球科学的大思想和支撑概念·····	(13.1)
英国推出“2010探索: 南大洋生态系统与地球系统的关联”计划·····	(14.10)
ICSU将制定新的地球系统研究战略框架·····	(15.1)
ICSU开始进行地球系统远景规划的咨询·····	(15.5)
NERC开始调查英国的地球系统建模能力·····	(15.5)
综合大洋钻探计划(IDOP)2009年度报告·····	(16.2)
加拿大能源与矿产地质填图计划(2008—2013)介绍·····	(18.6)
美国地质调查局(USGS)近期研究重点介绍·····	(20.1)
卡斯卡底区域地震工作组(CREW)2009—2014年战略规划·····	(21.1)
NOAA发布2009年《北极报告》·····	(22.7)
地球科学远景(GEOVISION)报告——通过地球科学揭示未被拆散的地球的复杂性·····	(23.1)

★ 地球科学基金

美国2009财年地球科学预算分析·····	(6.1)
美国2009财地对地观测研发经费预算·····	(6.6)
美国2009年气候变化科学研究重点·····	(6.7)
美国2009财年大气科学预算分析·····	(10.1)
美国国家科学基金会地球科学部2010财经费资助分析·····	(12.1)
美国国家科学基金会(NSF)地球科学部(GEO)2010财经费按学科资助模式分析·····	(14.1)
美国国家科学基金会(NSF)近期研究焦点·····	(14.7)

★ 地球科学前沿

进化论: 有待完善·····	(7.1)
研究发现地球的生物地球化学循环正在变得不同步·····	(17.8)
“海洋学2025”专题研讨会内容概要·····	(19.1)
科学家定义人类安全活动系统空间·····	(20.11)

★ 地球科学技术

台湾将启动太平洋温室气体观测计划·····	(2.1)
日本将发射温室气体观测卫星(GOSAT)·····	(2.3)
欧空局利用激光测量大气二氧化碳含量·····	(2.4)
科学家动用HIAPER飞机观测影响气候的温室气体·····	(2.5)
流域硝态氮动态模型模拟研究·····	(3.11)
提高气候模型可靠性的新方法·····	(4.7)
环境化学研究的新方法·····	(4.9)
下一代激光数字地图·····	(6.11)

美国轨道碳观测卫星发射失败·····	(6.12)
欧空局成功发射地球重力场和海洋环流探测卫星(GOCE)·····	(7.12)
气溶胶观测新技术使灰色天空变蓝·····	(8.8)
加州地震台网海底电缆地震仪·····	(8.9)
全球环境与安全监测计划(GMES)未来发射的 Sentinel-1 雷达卫星影像展望·····	(10.8)
利用卫星监测全球海洋植物健康状况·····	(12.9)
美国国家航空航天局(NASA)公布最完整地球地图·····	(14.11)
NASA 利用“蜘蛛”探测器观测火山内部情况·····	(16.10)
日本计划利用深海探测器寻找海底矿产资源·····	(16.13)
Google Earth 的二氧化碳源实时追踪新功能·····	(20.5)
欧空局(ESA)将发射极地冰层探测卫星·····	(20.6)
海洋观测研究现状·····	(20.7)

★ 固体地球科学

研究发现地球矿物也在进化·····	(1.9)
地球氧气的波动历史·····	(1.11)
苏门答腊可能面临另一次大地震·····	(1.11)
研究发现 2004 年印度洋地震引发了圣安德烈斯断层的震动·····	(2.11)
最可能诱发地震的人类活动·····	(3.7)
科学家在北美发现富含金钢石微粒的沉积物·····	(3.9)
Science: 人类活动触发了四川大地震? ·····	(5.5)
新监测站在哥斯达黎加监测到静地震·····	(5.10)
地震预警系统可能低估大地震的震级·····	(5.11)
Nature: 龙门山和青藏高原的隆升与汶川地震·····	(7.7)
Nature: 地壳深处的热层·····	(7.8)
研究发现新马德里断层可能消失·····	(7.10)
有关地史中已知最大规模物种灭绝的新理论·····	(8.11)
美地质学家测绘从空气中吸收二氧化碳的岩石·····	(9.8)
地震波传播不均衡的原因·····	(9.10)
研究发现所罗门群岛地震穿越了板块边界·····	(9.11)
Nature: 火山中气旋·····	(10.11)
关于我国建立地震预警系统的一些思考·····	(11.1)
研究发现俯冲板片的超慢速层可用于识别静地震·····	(11.7)
GPS 位移速率与汶川地震的危险性分析·····	(11.8)
行星撞击事件可能促进了地球早期生命的繁荣·····	(11.10)
Nature: 保存于对流地幔中的惰性气体·····	(12.8)
Nature: 台风引发慢地震·····	(13.9)
地磁变化由洋流引发? ·····	(13.10)
圣安德列斯断层南部震动暗示加州地震风险增加·····	(15.7)
用于自然灾害预警的 eCall 系统·····	(15.9)
研究发现古微生物帮助形成了 34 亿年前的叠层石·····	(15.10)
新西兰俯冲带: 仅需加水就能震动地球·····	(16.7)
氧化火山岩可能有助于解释地球的演化·····	(16.9)
地质工程在遏制全球变暖的同时可能破坏其他环境·····	(17.10)
综合大洋钻探计划(IODP)发现诱发地震断层演变过程新证据·····	(17.11)
研究发现慢滑断层不会引发地震·····	(18.10)

创建地球深部的虚拟地震计·····	(18.11)
科学家们首次绘制喜马拉雅断层与俯冲带的完整图像·····	(19.8)
科学家们首次绘制地幔电导率全球三维地图·····	(20.9)
地质年代第四纪界线被重新划定·····	(20.10)
旧金山湾区开始最后一轮地震预警系统测试·····	(21.7)
研究发现地表贵金属可能来自外太空·····	(21.9)
气候变化可能触发地震和火山·····	(22.2)
研究发现：非洲沙漠裂谷是正在形成中的新海洋·····	(22.6)

★ 海洋科学

美国卡罗来纳州区域海洋观测预报系统·····	(5.1)
2010 年美国海洋科技跨部门优先研究领域介绍·····	(8.1)
水下机器人 Nereus 下潜至挑战者深渊·····	(13.11)
研究发现北大西洋环流新路径·····	(14.9)
科学家重新定义海水·····	(16.11)
新研究对南极冰盖行为有了进一步了解·····	(16.12)
伍兹霍尔海洋研究所将开始建设水下观测站·····	(18.12)
8 月份全球海平面温度创历史新高·····	(19.9)
全球海洋观测系统进展·····	(19.10)
最新研究揭示格陵兰冰盖演化过程·····	(19.11)
北极海冰面积达到 2009 年最低值·····	(19.12)
海洋观测站计划 (OOI) 行动进展·····	(21.10)
萨摩亚地震暗示太平洋海啸预警系统存在问题·····	(21.11)
英国南安普敦国家海洋学中心 (NOCS) 近期深海勘察活动·····	(22.8)
科学家成功获取海底地震带的沉积物样品·····	(22.10)
气候变化对深海造成影响·····	(22.11)

★ 大气科学

NASA 卫星揭示上层大气“呼吸”模式·····	(4.11)
关键的转折点可能引发气候突变·····	(10.9)
科学家在高空云层中首次直接探测到生物微粒·····	(11.11)
科学家运用新数据更准确地预测旱灾·····	(12.11)
美国气象专家称今年厄尔尼诺现象与往年不同·····	(12.12)

★ 地球科学基础设施

英国 2010 年地球科学基础设施路线图·····	(17.1)
地球生物多样性研究大型在线观测台即将建成·····	(17.6)

★ 地球科学评价

从最近 10 年基金资助和论文产出看中科院地学领域研究在国内外的地位与影响·····	(18.1)
--	--------

★ 体制创新

英国成立国家地球观测中心·····	(6.8)
新加坡成立地球观测研究所·····	(6.9)
NASA 可能重建其先进概念研究所·····	(16.6)

版权及合理使用声明

中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》（简称《快报》）遵守国家知识产权法的规定，保护知识产权，保障著作权人的合法权益，并要求参阅人员及研究人员认真遵守中国版权法的有关规定，严禁将《快报》用于任何商业或其他营利性用途。未经中科院国家科学图书馆同意，用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。未经中科院国家科学图书馆允许，院内外各单位不能以任何方式整期转载、链接或发布相关专题《快报》。任何单位要链接、整期发布或转载相关专题《快报》内容，应向国家科学图书馆发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与国家科学图书馆签订协议。中科院国家科学图书馆总馆网站发布所有专题的《快报》，国家科学图书馆各分馆网站上发布各相关专题的《快报》。其他单位如需链接、整期发布或转载相关专题的《快报》，请与国家科学图书馆联系。

欢迎对中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

《科学研究动态监测快报》(简称系列《快报》)是由中国科学院国家科学图书馆总馆、兰州分馆、成都分馆、武汉分馆以及中科院上海生命科学信息中心编辑出版的科技信息报道类半月快报刊物,由中国科学院规划战略局、基础科学局、资源环境科学与技术局、生命科学与生物技术局、高技术局研究与发展局等中科院职能局、专业局或科技创新基地支持和指导,于2004年12月正式启动。每月1日或15日出版。2006年10月,国家科学图书馆按照统一规划、系统布局、分工负责、系统集成的思路,对应院1+10科技创新基地,重新规划和部署了系列《快报》。系列《快报》的重点服务对象首先是中科院领导、中科院专业局职能局领导和相关管理人员;其次是包括研究所领导在内的科学家;三是国家有关科技部委的决策者和管理人员以及有关科学家。系列《快报》内容将恰当地兼顾好决策管理者与战略科学家的信息需求,报道各科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大研发与应用、科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。

系列《快报》现有13个专辑,分别为由中国科学院国家科学图书馆总馆承担的《交叉与重大前沿专辑》、《现代农业科技专辑》、《空间光电科技专辑》、《科技战略与政策专辑》;由兰州分馆承担的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由成都分馆承担的《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由武汉分馆承担的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由上海生命科学信息中心承担的《生命科学专辑》。

编辑出版:中国科学院国家科学图书馆

联系地址:北京市海淀区北四环西路33号(100190)

联系人:冷伏海 朱相丽

电话:(010)62538705、62539101

电子邮件:lengfh@mail.las.ac.cn; zhuxl@mail.las.ac.cn:

地球科学专辑

联系人:高峰 安培浚 赵纪东

电话:(0931)8270322 8271552

电子邮件:gaofeng@llas.ac.cn; anpj@llas.ac.cn; zhaojd@llas.ac.cn