

2009：跨越时空的地球科学

□汪品先 中国科学院院士

2009年可以算是地球科学界相对平稳的一年。值得庆幸的是，与前几年不同，没有发生举世惊骇的特大灾害，倒是有不少值得回顾的进展与发现。纪念达尔文诞辰200周年和“进化论”发表150周年，成了一场捍卫科学、反对倒退的全球性学术检阅；埃塞俄比亚发现的人类骨骼，把我们祖先的历史上推到440万年以前……我国的2009年，在祁连山发现了永久冻土带的可燃冰，在西昌成功发射了第二颗北斗导航卫星，在南极建成了首个内陆科考站——昆仑站，在东太平洋和南大西洋发现了新的深海热液区、采到了黑烟囱……

最大特点在于观测系统的迅速发展

然而，这一年最大的新闻还在年底，那就是哥本哈根的世界气候变化大会。气候变化是地球科学的题目，在气候应对里头，既有政治、又有科学，地球科学的学术问题卷入政治之争如此之深，恐怕还找不到先例。然而，气候变化与生存环境早已是近年来地球科学突出的主题。2009年又是联合国“国际地球年”（2008）收尾的年份，这项国际活动的目的是促使地球科学更好地为社会可持续发展服务，所列的十大主题，前四项就是地下水、自然灾害、健康和气候变化，第五项才是自然资源。

可见，地球科学在变。责任在变，性质也在变。资源和环境是地球科学的两大任务，而环境这一头出现了新的难题。资源枯竭当然压力重大，2009年初，我国中长期规划的重大科技专项“大型油气田及煤层气开发”启动，就是地球科学在能源、资源方面的重大举措之一。但是，与资源勘探相比，环境变化的预测本质上是个新问题，是个地球科学还没有学会如何回答的问题。不仅是气候变化，印尼海啸、卡特琳娜飓风、汶川地震……一系列的自然灾害，都向地球科学提出了要求，要求预测人类未来的生存环境。现在的人类，是不是在和自然“对着干”？社会还能不能按原来的路子发展下去？能够站出来回答的，不再是某一个学科，而是地球科学的整体，因为地球是一个系统。工业化以来放出的二氧化碳，到了大气里却发现增加量缺少了1/3，只好到土壤和深海去寻找“失踪的碳”；但是时间尺度不同，碳在土壤里停留了成百上千年，到了海底更可以超过十万年，都比大气里长得多。于是需要跨越地球圈层、横穿时空尺度，这就是“地球系统科学”。

难点还不止是跨学科，而且是研究方法的根本问题。要预测未来先要观测今天，要揭示机制就要有连续观测。因此，当今地球科学最大的特点在于观测系统的迅速发展。在全球范围内，“地球观测部长峰会”决定建设的全球综合地球观测系统（GEOSS）已经在2005年开始，全面协调国际对地观测活动。我国中长期规划也设有“高分辨率对地观测系统”的重大专项。

与此同时，地球科学各学科都在发展观测系统。大气和海洋本来就讲究观测，值得注意的是固体地球科学的观测。资源勘探关心的是“矿产在哪里”，做的是空间里的预测；而环境保护、灾害预警问的是“以后会怎样”，做的是时间里的预测，关心的是变化过程。其实找矿也同样要求了解矿床形成和破坏的过程，总之固体地球科学正在发展自己的观测系统。首先是地震观测，比如美国的全球地震网（GSN）和数字地震仪网的国际联合（FDSN）等；近年来又建立起观测地球内部动力学过程的大型计划，如美国的“地球透镜计划”（EarthScope），澳大利亚的“玻璃地球计划”，加拿大的“岩石圈探针计划”，以及我国在华北等地布设的宽频带地震观测网。其中，美国的“地球透镜计划”最为壮观，用600个地震仪观测点，875个GPS定位站，加上150个钻井应力仪在美国陆上作长期连续观测，在三维空间里追踪大陆岩石圈的地球动力学变化、理解地壳运动的机制，投入2亿美元、经过5年的建设，现在已经全部到位、正常运行。

更具有挑战性的是海底观测。2009年12月8日，加拿大“海王星”海底观测网NEPTUNE正式启用。这项耗资上亿美金、海底光缆800公里长、目前世界上最大的海底观测系统，对深海海底的各种过程进行原位、实时的连续监测，包括板块移动、深海热液和“可燃冰”以及生态环境的种种变化，不怕风暴、不用间断，用光缆供应能源、传输信息，现在已经记录到海底火山爆发的宏伟场面。这项殊荣本来应该属于美国，原来的“海王星”计划是以美国为主、加拿大只占1/3，但美国政府缺乏经费支持，酝酿了十来年的美国“海洋观测计划（OOI）”推迟到2009年9月方才开始，2014年建成启用，包括区域、近海和大洋三大部分的海底观测，其中“区域”部分就是原来由美方承担的“海王星”计划。而更加宏伟的海底观测计划是在日本，日本用5亿~6亿美元建造了全球最大的“地球号”科学钻探船，在四国岛以南、菲律宾海北端的发震带进行深海钻探。

这项“（日本）南海海沟发震带计划”（NanTroSEIZE）从2007年开始，起航时声称最终要“打穿地壳”。到2009年已经完成了5个航次，而将来的目的是在几千米深的井底安置仪器监测地壳运动，为日本提供地震预警，成为日本海底观测计划DONET的组成部分。我国台湾地区也已经在着手实施“妈祖计划”，在台湾东北建设海底观测网，用45公里长的光电缆联接，为预警地震和海啸服务。

地球科学的基础研究必须进入机理探索层面

上面举的只是固体地球和海底观测的例子，其实大气、海洋、陆地、空间各学科无不在推进各种观测计划，形成对地球系统全方位的“立体观测”，使得地球科学从定性描述、静态考察，过渡到定量检测、动态机理探索的新阶段。半个世纪前，人类对地球只能从地面、海面作局部的观测，而卫星技术从空中开辟了观测平台，覆盖全球，而现在海底观测网是地球观测的第三个平台，不仅可以“常驻”海底、改变了人类与海洋的关系，而且能深入到最接近地球内部的深海底部进行探索。不过，地球科学正在进入的这个新阶段，不但要求硬件建设，更要求在科学视野和研究方法上发生变化，而这正是我国地球科学面临的重大战略问题。

2009年是我国学术界广泛开展“战略研究”、准备“十二五”立项之年，各个系统纷纷成立战略研究组织、撰写战略研究报告。在国家重视科技、增强投入的背景下，这本来是令人兴奋的大好事，也是反思问题、调整步伐的好机会。但不知道是不是我们近来“规划”制定、“战略”研究的次数多了些，有的战略研究往往新意不足，对于分析存在问题、改变原有轨迹的兴趣不大，而过分关心现有项目的继续进行，过分尊重每位参加者提出的题目，研究的结果是七八十个项目并列，“一个也不能少”。一旦战略研究失去了改变现状的意愿，变成了“十二五”经费的预分配，这种研究恐怕不如不做，至少不要为以后的改进埋设障碍。

这里说的改变，是说地球科学的基础研究必须进入机理探索的层面上来。描述也是科研，但当今地球科学的创新在于机理探索，描述是为探索提供原料。随着我国科研投入的增加，不能总是满足于“原料”输出国的地位，而把“深加工”和“组装”留给发达国家。回顾30年来，我国的科学界在长期闭塞之后突然“看”到了世界，但是在还没有“看明白”、还在琢磨如何“与国际接轨”的时候，却又陷入了比经费、数论文的怪圈，于是研究课题的小型化、分散化变成了学术界的主流，始终形不成能够在国际学术界“坐庄”、“问鼎”的大型计划。与此同时，国际地球科学的主旋律变了，探索机理成了主线，文献里“俯冲工厂”、“降尘机器”、“微生物引擎”之类的关键词频频出现，汇总全球资料、跨越时间尺度的新型成果纷纷涌现，即便是地方性的研究，也带有“局部着手，全球着眼”的特色。固体和流体地球科学间的“古”、“今”界限正在淡化，地质尺度的碳循环正在纳入当代温室效应的研究，当代的深海热液被用来探索太古代地球的缺氧环境。随着视野的拓宽，比较行星学方兴未艾。火星上的全球变化、木卫二的冰下海洋和土卫二的蒸汽喷发，都燃起了地学界的学术热情。然而，这类科学命题与处在赶“论文潮”的我国地学界大异其趣。

这种国际差距也反映在科研的组织形式上。描述性的成果适宜于独白，而机理探索则要求讨论、争辩；重复性的工作只需要模仿或最多添购个仪器，而创造型的研究却往往要求技术上的改进。我国现在不乏学术交流，只是掌声多、争论少，尤其缺乏探索性的讨论；我国也不缺科学和技术的项目，但是两者各自制订计划、分头汇报成果，连同一部门的“973”和“863”两大计划也只能各行其是。进入新阶段的地球科学里实证科学成分逐渐增多，要求用定量数据的数值模拟来检验理论和假说。我国有强大的队伍产生数据，也有数值模拟的高手，但是相互结合、能够向理论问题冲刺的队伍却又实在太少。

观测科学的发展带来的是海量数据，分分秒秒都在涌向终端，处理不当就会泛滥成灾。美国“海洋观测计划”把几乎1/3的预算用在建设信息化基础设施（cyber-infrastructure）上，用来储存、处理和提供数据。能够在网上自由提取全球信息的新型研究方法，正在成为地球系统研究的捷径。而我国嚷了多少年的“数据共享”却至今尚未真正实现。科学数据也是一种财富。如果把采集到的数据比作得来的财富，把全球数据库比作世界规模的银行，当国外的研究者已经在依靠网上公用数据进行研究，就如使用信用卡消费的时候，我国的一些同行却还在深藏数据，点着蜡烛将手头的一点“货币”装进坛子里埋起来……这样下去，到2020年我国能够进入创新型国家行列吗？

2009年过去了，但是给我们留下了在2010年里深思的问题。

《科学时报》（2010-1-14 A1 要闻）