

地球科学前沿走向：从学科导向到问题导向

——美、中两国地球科学前沿的特点、比较与思考

Tendency of Geoscience

赵作权

(中国科学院科技政策局, 博士 北京 100864)

自本世纪 70 年代以来,人类社会受到人口爆炸、资源枯竭、环境退化等全球性问题的强烈冲击。地球,被美国《时代》周刊评为 1988 年度世界风云“人物”。拯救地球的浪潮在全球风起云涌。国际科学界于 80 年代中期开始相继推出一系列全球性科学计划,开始了人类历史上最宏大的全球性科学事业,使地球科学进入新的蓬勃发展的时期。

美国地球科学界统领国际地球科学前沿,率先从理论和行动上对全球性问题给予全面关注,并使许多地球科学计划推向国际社会,引起国际地球科学界的强烈反响。中国地球科学家也是国际学术舞台一支十分活跃的力量。考察地球科学前沿走向,既可以看到中国地球科学的特色,也可以看到中国与美国地球科学发展的差异与差距。展望地球科学前沿新走向,还可以看到中国地球科学的潜力与希望。

一、美中两国地球科学前沿走向

1. 美国地球科学前沿走向

早在 1983 年,美国国家航空和航天局(NASA)就提出了地球系统科学的思想。1986 年 4 月美国国家研究委员会建议将涉及岩石学、矿物学和地球化学等领域的“地球物质研究”列为国家级研究课题,1988 年进而被美国国家基金会的“行星地球的统一理论”战略计划纳入,作为最优先发展领域。1988 年 NASA 进一步提出地球系统科学计划,将地球作为由相互作用着的各组分(大气圈、水圈、土壤—岩石圈、生物圈等)组成的统一整体系统来研究,使学科林立、呈离散发展的地球科学面貌焕然一新,即创立了一种整体、高层次的研究框架,为在大时空尺度上预测地球环境的变化奠定了基础。1989 年,美国在大陆动力学研究国家计划中阐明了 16 个最重要的科学问题及对应的国家战略,试图在板块学说之外解释大陆上的大多数动力学过程。同年,在美

国国家科学院首次科学前沿论坛上对地球动力学模式这一前沿领域展开了深入的探讨。1991 年,美国国家研究委员会正式同意对地球工程学做进一步研究,由此又开辟了一个崭新的地球科学研究领域。1993 年,美国国家研究委员会发表了题为《固体地球科学与社会》的科学报告,从社会需求和科学发展的双重角度出发,打破学科界限,确定了固体地球科学研究的目标、主题和五个优先领域,使地球科学前沿从关注几乎单一的资源勘探开发向全球规模和区域范围的环境与社会问题研究大规模转移。更引起地球科学界注目的是,其一,1988 年盖雅(GAIA)假说(一位英国科学家 1972 年提出的以生命决定环境论为特征的学说)在美国大陆复活;其二,1990 年底美国生态技术研究所提出的微型地球“生物圈 2 号”梦想成真,建在亚利桑那沙漠里的全封闭式、与世隔绝的新“地球”吸引了数个国家的科学家,开始了一场前所未有的探索性研究。

2. 中国地球科学前沿走向

1983 年,也就是地球系统科学思想诞生之初,我国著名科学家钱学森就曾建议创立地球表层学——这是一个与地球系统科学相当接近的学术思想。1984 年,马世骏等提出研究社会、经济与自然三个系统耦合的复合生态系统,大大促进了我国地球科学前沿边缘领域的研究。1985 年谢家荣、1986 年陈之荣先后提出将人类(社会)圈纳入地球系统——而不是将人类因素作为地球的外在因素——的观点,强调了人类圈对地球演化的主导作用。在 80 年代后期,我国兴起了(自然)灾害研究热,灾害系统及减灾系统工程思想随之产生。1989 年,张林尔提出资源与环境统一体的学术观点。1990 年 11 月中国科学院地学部发表了题为“地学发展若干问题及对策”的咨询报告,从科学问题角度提出 16 项地球科学重点问题,是我国科学界首次全面展示地球科学的前沿领域,其中包括地球表层与人地系统的调控研究。1990 年陈述彭、刘光鼎正式提出加强

资源与环境的系统调控研究。1990、1991年,张超、于景元等先后提出以综合解决资源环境问题为主的地理系统工程思想。1991年,曾庆存提出将气候、生态与环境三个系统视为统一整体的动力学问题,并从研究方法、问题、建模以及自然的控制改造角度进行了初步的分析。1992年,林海等阐述了我国大气科学发展的战略目标、措施、政策及五个优先学科领域,提出将“构成气候系统的不同介质之间的相互作用”列为21世纪大气科学的研究重点;唐以剑重新框定了我国地球学的战略目标及19个近期发展的重点科学问题;同年,黄鼎成从综合角度阐明了资源环境科学发展的若干问题,提出11项重点发展领域。1993年,地矿部提出了我国今后十年地质科学应优先开展研究的11个重大前沿领域以及80多个应重点发展的学科前沿或生长点;陈之荣赋予人类圈更广泛的内涵——由产业体系、需求水平和文化状况三个系统构成,认为现在当务之急是建立全球系统科学——重点研究国际社会特别关注的地球系统的地表部分;黄定华等倡议创建全球变化学;韩文秀等从定量建模角度分析了“经济—资源—环境”系统的协调问题;中国科学院提出15个优先发展的地球科学前沿领域,尤为关注地球系统科学、自然灾害综合研究及持续发展研究。

二、美中地球科学前沿总体比较

美国地球科学发展具有明显的“问题(科学问题或社会问题)导向性”,其立脚点是以社会需求为主以科学发展为辅;在打破学科界限、高度综合地球科学整体研究对象的基础上提出了顶观层次的学术思想,如地球系统科学、地球工程学,从而使地球科学前沿从整体上进入一个高层次、高起点的从全球性各方位、各层次、整体性问题着眼的新的导向期;地球科学各分支学科重新布置,单个学科的形象相对淡化。特别是与大型国家科学计划相结合,使美国地球科学发展十分迅速,进一步拉大了与其它国家的差距。

中国地球科学前沿基本上以学科发展为主,以社会需求为辅,具有明显的学科导向性。有关地球科学学科前沿探讨主要以学科为主线、从学科到学科的线状发展为特色。对某些新兴学科本身的建设注重较多,如在资源、环境、灾害等研究领域及其与一些学科的交叉点,提出了一些较高层次综合的思想,资源环境统一体、灾害系统就是典型的例子。中国地球科学前沿总体上跟踪式研究居多,单个学科的形象过于明显,学科分化式研究为主,大跨度整体综合式研究偏少,有一种“只见树木,不见森林”之感。可见,我国与美国地球科学状况相比,差异与

差距是明显的,尤其在创新研究方面。这可能与我国学科部门条块分割状态及缺乏地球科学总体规划有关。

美国地球科学前沿强调系统整体性,与西方文化偏重分析正好相反;我国传统文化一贯强调系统整体性,而地球科学前沿却难以摆脱学科分割离散发展的局面。这种双向逆转的观象及其深层内涵的确值得我们深思。

三、几点思考与建议

地球科学研究与人类社会发展息息相关。在地球科学领域,许多原本是纯科学性的问题,今天同时也渗入种种社会问题和政治问题。地球科学与其说是一门纯自然科学,还不如说是一门综合性科学。地球科学在各种社会问题与科学问题的共同驱动下不断调整,系统整体化思潮波及其各个分支领域,致使有的分支加强,有的分支弱化,有的分支与其它领域交叉综合成为新的学科生长点。我国地球科学研究看来也应该进入一个全面整体规划的时期,学科的部门化与分而治之的时代应结束了。

以下几点思考与建议,算是一家之言。

1. 重新认识地球系统

目前对地球系统的认识还存在许多争议。其一,人类圈或人类因素能否作为地球系统的一个独立圈层?目前人类因素所含内容太多,远未形成象岩石圈那样具有可测度性的实体系统。其二,地球系统科学在建立之初就留下了一个“口子”——未考虑社会、经济与文化三个系统。能否以及如何将这三者纳入地球系统科学,使之成为完整的有关地球系统的学问是值得深入探讨的。另外,目前对“人工自然界”(如各种产品、各种工程建筑)的忽视显然也造成了地球系统认识的不完整。

2. 创立地球系统工程

地球系统科学是在全球性问题冲击下,原有那种分割离散的地球科学已难以适应社会发展的需求而出现的。随着人们对地球系统的深入了解以及对地球环境变化预测水平的提高,人类社会必将趋向于从总体上调整协调地球系统的变化,这是地球系统科学发展的一个必然目标。特别是随着水利工程、岩土工程、地质工程、生物生态工程、地理(系统)工程、环境(系统)工程、气候工程、地球工程、地球科学技术的发展及它们对地球调整时空尺度的力度的加大,综合这些分支工程学的成果创立地球系统工程是十分自然的。同分析地球系统与其环境的相互作用、预测地球系统变化趋势一样,界定地球科学的发展目标,建立地球系统整体调控技术体系,建立地球系统的各种管理系统——如地球探测监测系统、地球信息系统、地球行政管理系统、地球

法规管理系统等——都是地球系统工程的主要内容。我国应将地球系统工程作为一项前沿科学技术研究领域并作为一项长期科学发展计划予以重视。

3. 将资源、环境、灾害等问题纳入地球系统科学研究

从某种意义上讲,资源、环境、灾害等研究弥补了地球科学对社会、环境以及全球问题关注不足的缺陷。但是,从实体的、系统的角度看,资源、环境与灾害基本上是地球系统的一个断面。人们通常将对己有利的那部分地球系统列入“资源”,将有害的部分纳入“灾害”,将已经改变、正在改变或将要改变的对自己有(潜在)危害作用的那部分划为“环境”。三者本质上均可归结为地球系统及其环境,因此应将这三者纳入地球系统科学研究领域。这种对客观上整体存在的地球系统做人为的肢解,显然不符合系统的思想,也不利于地球科学的整体系统性发展。因此,地球科学须总结各分支学科(包括边缘领域)的研究成果,从系统角度重新认识并重新构筑地球科学的研究对象——地球系统以及研究目标,这样才能更好地判定各分支学科的相应位置与发展趋向。

4. 重视土圈研究

土圈,并不仅限于土壤,它实际上也是一个独

立的地球圈层,与农业发展、生物演化、气候变化、土地沙漠化及水土流失等问题密切相联。在美两国的地球科学前沿,对土圈关注均有限,这显然不利于地球科学的整体发展。

5. 继续以大项目研究带动地球科学前沿

由于我国地球科学研究无论在人员、资金,还是成果、信息、活动等方面都受到部门、学科分块的限制,故应以大项目研究,以科学问题的提出、阐明及解决为主线,这样才会更有助于跨学科、高度综合的地球科学研究。

6. 加紧筹建中国地球系统信息共享系统

坚持信息共享、快速及时的原则,与国际同类系统尽早联网,这是提高我国地球科学水平的长效措施。

7. 调整地球科学政策

地球科学发展目标应更多地考虑人类社会日益紧迫的社会与环境问题,注重科研成果的社会效益取向,大力营造有利于跨学科研究的各种环境,力求科研语言的通俗化。这些都有利于不断提高社会公众及有关决策管理人员对地球科学的了解,由此推动我国地球科学事业的全面发展。

(责任编辑 蔡德诚)

(上接第 18 页)

最大熵谱法,把分辨率提高了几倍,但缺点是存在谱线分裂,谱峰偏移。1983 年约翰逊(Johnson)等人提出了最小交叉熵谱法,并对多信号组进行了处理,改进了最大熵谱法。但是无论是富氏谱、功率谱,还是最大熵谱,都是属于稳态理论,对于非稳态的地球物理数据处理结果并不理想。1980 年克拉森(Claasen)等人提出了瞬态谱理论,现已用于地球物理数据处理。但有些地球物理过程往往很长,数据又少,时间域有限,为了在有限的时间域找到确定的谱,并提高瞬态谱的分辨率,小波变换理论也已在地球物理信号处理中应用。现代信号处理技术应用于地球物理问题有其特有的难点,往往是初始条件未知,边界条件未知,控制条体也未知,加之资料离散、有限,往往又是突发性的。所以地球物理学家们必须结合地球物理学的特点改进和发展新的方法。

信号处理是从事地球物理观测研究必不可少的环节。地矿部计算中心、国家地震局数据信息中心、石油煤矿系统以及中科院下属的许多单位,还有许多大专院校都在地球物理信号处理方面引用或提出了许多新方法,验证了一些科学论断,也解决了生产中的不少实际课题。

(责任编辑 肖庆山)

(上接第 21 页)

的数据格式有 TIFF、GIF、PCX 等多种,可以从这些数据格式中采用国际标准化组织推荐的,并在实际上广泛采用的数据格式作为数据交换标准。地理信息系统中使用的图形数据比较复杂,许多商品软件都是采用自己的数据格式,一些大型公司为了保护用户在地理信息上的投资,一般仅提供几个国际上流行的 GIS 商业软件中数据文件的转换程序。出于各种原因,这些数据格式没有公开,至今没有形成公认的数据交换标准。这种状况,给地理信息系统的用户带来许多不便。针对这种情况,建议我国电子信息标准化委员会会同有关部门,制定统一的地理数据产品规范和数据交换标准,予以颁布推广,在广泛使用的基础上逐步修改完善。例如,作为数字地图的地理信息产品,其产品的规格应该与我国基本比例尺地形图分幅一致,便于用户分幅检索和区域拼接。

以上是发展我国地理信息产业的一些思考与建议,希望引起大家对发展我国地理信息产业的关注,促进我国的地理信息产业的健康发展。

(责任编辑 冷远猷)