

文章编号: 1001-8166 (2001) 02-0284-05

地球科学前沿领域与研究方向介绍^{*}

高 星

(中国科学院, 北京 100864)

关 键 词: 地球科学; 领域前沿; 研究方向

中图分类号: N 1-103

文献标识码: C

中国科学院知识创新试点工程于 2000 年正式启动, 其中地球科学领域对地球科学前沿及重要研究方向进行了遴选, 共选出领域前沿 11 项, 重要的研究方向 17 项, 下面就相关内容作一些简单介绍。

1 地球科学前沿领域

选择那些具有高度探索性的, 认识基本地球过程揭示自然规律的科学主题。一旦突破将带动若干重要研究方向, 对学科发展具有深远意义。主要包括:

1.1 地球内部重要界面动力学及其圈层相互作用

认识地球内部各圈层相互作用过程是地球动力学的主要目标。以中国东部典型地球动力学事件以及地球各圈层的物质和能量交换迁移为切入点和突破口, 深入研究东部岩石圈减薄触发的下地壳重熔、壳幔混熔型岩浆活动和大面积玄武岩喷溢以及壳幔相互作用机理。揭示最令人困惑的全球地球物理场异常——发生在 124 ~ 83 Ma BP 间的地磁正极性超时与岩石圈减薄、壳幔相互作用之间的耦合关系, 探寻地球磁场变异的深部动力学机制, 尤其是与核幔边界(CMB)关系。

1.2 大陆基底活动带与早期地壳演化

进入 90 年代, 以大陆动力学为基础早期地壳的构成与演化研究, 成为当代地学研究新的追逐目标。它包括两大主题: 一是现今地球的三维结构和深部过程; 二是地球 4.6 Ga 以来的发展历史, 尤其是大陆的成因与演化。现今出露的早期地壳由于既代表地质历史时期的不同深度环境, 是上、中、下地壳最直观的剖

面, 是探索地壳深部结构、地质作用过程的天然实验室; 又记录着距今 0.6 Ga 至 4~ 4.6 Ga 的地球的演变历程。因此, 早期地壳的组成与演化研究成为深刻影响地质学未来取向和发展的重大前沿领域。

1.3 大陆深俯冲与化学动力学

大陆深俯冲是独特的大陆动力学现象, 其对大陆地壳演化具有极为重要的意义。大别- 苏鲁碰撞带已经证实存在大陆深俯冲过程。对其研究, 特别是大陆深俯冲机理及其深部过程, 以及由此引起的复杂壳幔地球化学关系, 以进一步确立大别- 苏鲁碰撞带研究在全球大陆构造动力学中的独特地位。

1.4 不同构造域的时空转换与深部过程

中国大陆是亚洲大陆最复杂的区域, 主要由古亚洲构造域、特提斯构造域和西太平洋构造域组成。这三大构造域作用的时间不同, 形成方式有异, 对中国大陆形成演化的影响明显具有区域性, 其时空转换及其深部过程导致重大地质构造变革, 是形成中国复杂盆山配置格局的重要原因。探索不同构造动力学体制与亚洲大陆形成、演化的关系, 有助于揭示亚洲大陆动力学的基本特征, 了解中国大陆乃至东亚、中亚地区资源分布的规律性。

1.5 地史时期重大生命事件与地球环境

生命进化与地球非生命部分(岩石圈、大气圈、水圈)的演化是相互作用、相互制约的“协进化”(co-evolution)过程。生命的起源与进化客观上取决于气圈、水圈和沉积圈的演化, 生命活动又反过来影响地球表层及大气圈、水圈成分的变化。实际上, 现代地

^{*} 收稿日期: 2000-11-10.

作者简介: 高星(1966-), 男, 山东人, 副研究员, 主要从事地球物理研究和相关领域的科研管理工作。

表生态系统是圈层物质与能量长期交换过程的产物。因此,以研究化石记录为基础的古生物学与相关学科交叉渗透的综合研究极富生命力,其研究不仅在于认识过去,还要为生物多样性的保护、资源可持续利用提供地史上的借鉴。

1.6 陆地表层过程与人-地关系

陆地表层系统是岩石圈与水圈、大气圈以及人类活动等相互作用的关键地带,也是对人类生存有着重要意义的部位,对人类的生产和生活有着巨大影响;同时,这一部位也记录着地球表生环境的变化,是各种环境要素发生变异的重要载体。因此,探索环境界面的生物地球化学过程与物质传输特征,研究人类活动影响下陆地表层中的人-地系统持续协调发展机理,是区域可持续发展的重要科学基础。

1.7 海洋生态系统动力学

海洋生态系统是全球生命支持系统的一个基本组成部分,只有充分了解海洋生态的结构、功能及其动态变化规律,才能正确评价海洋环境的承受能力,为海洋生物资源和环境的可持续利用与管理提供科学依据。然而,海洋生态系统及其演变是多种海洋过程的结果,海洋生态系统动力过程既不能完全用力学意义上的动力学方程描述,也无法在传统生态学的框架内确定。可见对海洋生态动力学研究的意义与难度。

1.8 平流层与对流层相互作用

平流层/对流层相互作用,特别是低平流层/上对流层区域的过程及效应,是近年国际气候学界研究的重点前沿领域。对流层/平流层耦合过程及其气候和环境研究,涉及日地物理的重要环节,对地球系统变化的研究有重要的意义。同时,这一区域又是航空、航天重点关注的区域,因为该区是航天火箭发射必经的强风切变区和飞机、火箭事故多发区。而且,航空业排放效应对气候和生态系统又有重要影响。

1.9 地球科学的复杂性与非线性

地球科学研究对象大多属于复杂现象,属于非线性过程的产物。开展复杂性与非线性研究,以寻求相关复杂现象和过程的定量化描述途径,是一门兼具基础性研究和重大实用意义的复杂科学。

1.10 地球物质属性的实验研究

对岩石、矿物的物理、化学性在不同温度和压力条件下进行实验测定,不仅提供了研究地球物质形成与演化的基本参数,而且是地球物质科学的重要基础。实际上,加强对地球物质基本属性参数的实验研究,已成为发展固体地球科学的重要方向之一,必

将促进对地球系统科学及其动力学的研究。

1.11 同位素示踪与精确定年

精确同位素定年理论和方法研究是地球科学众多领域发展的基础,可以帮助认识地壳形成、演化,揭示造山带的演化细节,探索成岩、成矿的过程和机理等。

2 地球科学重要研究方向

2.1 青藏高原大陆碰撞与隆升过程及其效应

青藏高原是特提斯构造域的重要组成部分,是印度次大陆与欧亚大陆大规模碰撞的产物。经过自80年代以来多次国际合作项目和国内大型研究计划的实施,已经对青藏高原碰撞、隆升及其对亚洲区域构造的影响和气候环境变化的影响取得了基本认识。根据已有研究积累的分析,目前更需要增强定量化研究程度,争取这一研究主题的理论进展。包括碰撞造山过程中增生地体的运动学;青藏高原隆升的定量描述;青藏高原的碰撞作用与中国大陆的变形;大陆深部结构以及青藏高原隆升的环境效应等。

2.2 北方造山带大规模成矿的地球动力学背景

中国北方造山带是西伯利亚古板块与中朝古板块之间巨型造山带的一部分,与科迪勒拉、阿尔卑斯、喜马拉雅等典型造山带有着明显差异,具有典型的“多边界缝合”的构造格架,属于地体碰撞型地壳增生构造带,又称“中亚型造山带”。北方造山带是我国和邻近国家重要的矿产基地,与其构造动力学体制演化上的阶段性和转折性特点相对应,形成了两个大的成矿期,即中元古宙和中生代。中元古宙是铅、稀土爆发成矿期;中生代则为金、银、钨、铜、锡、铅、锌等贵金属和有色金属元素成矿期。

对北方造山带的研究,在基础理论研究上,将有助于恢复元古宙大陆演化特点以及超大陆裂解与大洋盆地形成的关系,同时对多边界缝合构造区造山后和后造山阶段陆内演化阶段,尤其是晚古生代末期和中生代的演化与大规模区域成矿之间关系的建立具有主要意义。

2.3 典型高渗透构造域与元素超常富集

中国大陆具有高度活动性,形成若干高渗透构造域。高渗透构造域是地球深部物质大规模向地壳渗透传输的区域,通过岩浆、流体作用,形成火山岩省、岩脉省和蚀变地壳区。高渗透构造域的形成与大陆伸展构造、大型地幔热柱以及区域性大型地幔热垫有密切关系,其中最显著的特征是形成大型的区域热异常,在区域上表现为地幔岩浆和流体作用强

烈。这种大型的区域热异常控制着大陆形成之后的演化和陆内成矿作用。我国许多大型矿化集中区都与这些高渗透构造域有关,这些高渗透构造域提供了区域成矿的构造背景与深部制约。

2.4 边缘海的形成与演化

地球上的边缘海盆 75% 分布于西太平洋边缘,与我国关系密切的是南海、东海和日本海,这些边缘海盆位于西太平洋超巨型俯冲带内侧,其演化受控于洋、陆板块的相互作用。边缘海的形成,是亚洲中新世地质发展史上的重大事件,它们的形成与青藏高原隆升构成地球上一对独特的构造格局,既制约了中国的自然景观与资源配置,也奠定了人类赖以生存的自然环境。这些边缘海既是大陆岩石圈与海洋岩石圈交接变换地带,又是大陆环境与海洋环境相互交接变换地带。对它的研究是认识洋陆岩石圈板块相对运动、物质交换、能量传递及其影响的窗口。特别是南海海域因其丰富的地质现象和巨大油气资源潜力,被世界学者誉为“地球上最好的天然实验室”。因此,对中国边缘海形成演化动力学的研究,不仅能全面、系统地认识中国海中新世以来环境变化资源富集规律,其理论上的创新具有全球意义,同时,对维护我国海洋权益具有重要的政治意义。

2.5 盆地动力学与深层复杂油气储层的三维技术

石油天然气依然是我国重要的战略性能源资源。经过 40 多年的勘探开发,以中、新生代陆相生油为特征的东部主力油田相继进入勘探开发的中、晚期,要在今后相当长的时间内保持稳产、高产,需要一系列有效措施。从地球科学角度一方面要扩大油气勘探领域,包括以沉积盆地研究尺度,在古生界海相盆地内查找新的远景区和在中、新生代陆相盆地查找强隐蔽性的非构造型油气藏;另一方面由于深层三维勘探的复杂性,在地震资料处理中需要多学科信息的多次反馈与综合研究高效的技术基础,为认识深层复杂油气藏提供更为广泛和深化的综合研究能力。

2.6 动力大地测量与地球动力学

根据地球科学问题的性质和要求,动力大地测量不仅为其提供高精度的四维动态大地测量的基础科学数据,而且以其特有的理论和方法为研究地球各圈层的运动及相互作用和动力学机制,提供关键地表约束条件。正是由于它具有高精度观测和学科交叉渗透的特点,使大地测量成为地震监测预报、资源勘探、洪涝灾害监测评估、海平面变化监测、工程建设等方面提供科学依据和决策咨询;为远程战略武器发射、人造卫星的精确定轨提供重要保障;GPS

关键技术发展与产业化可广泛应用于经济建设。

2.7 重要生物类群与早期人类起源

古生物学(包括古人类学)是进化生物学的重要支柱。随着新技术、新方法和新理论的不断出现,古生物学正以化石的新发现来回答一些最基本的科学问题,如寒武纪生命大爆发、鸟类起源、恐龙绝灭、人类起源等。我国地层发育齐全,具有得天独厚的化石资源优势。可以说,世界生命探索中取得重大突破,中国化石材料的新发现与深入研究将是至关重要。

2.8 区域地表界面过程与环境演化趋势

以水热平衡、生源元素的地球化学循环为核心的陆地表层界面过程,包括辐射平衡、蒸发、四水转化、碳循环、水蚀过程、风沙过程、冻融过程、雪冰过程等,是认识地表自然格局、研究全球变化区域响应的基础。从青藏高原、黄土高原、西南喀斯特、内陆荒漠、湖沼湿地等富有区域特色的特殊自然环境出发,形成了以冰川、冻土、沙漠、湖泊、沼泽和山地为核心的特殊地理环境研究。长期以来,从不同角度和不同方面进行了大量研究工作,但缺乏从区域系统及全球变化的高度研究我国这一特殊区域内地表过程及其环境演变机制,没能就这一特殊地域内各种特殊地理环境演化的关联和相互关系进行高层次的综合研究。实际上,揭示陆地表层各种界面过程,不仅是研究全球变化区域响应的基础,而且将为区域可持续发展提供科学依据。

2.9 流域系统演变的物理、生物过程

长江、黄河流域在经济建设和民族生存中具有无可争议的重要地位,其潜在的巨大威胁,已成为我国当前及今后相当长时间内的需要特别关注的重大议题。从全流域角度对资源合理利用开展战略研究,已成为当前我国经济和社会持续发展的迫切要求。长江、黄河流域由于受土地利用和大型工程建设等人类活动的强烈影响,坡面过程、流域水沙过程、生物地球化学过程等均与自然状态有很大偏离。因此瞄准长江、黄河流域的综合研究,已成为改善民族生存环境的紧迫问题。

2.10 地球空间信息系统关键技术与土地覆被变化

近年来,可持续发展概念的提出和信息技术的快速发展,对地球科学研究提出了更高的要求,促进其由定性向定量转变,由现象描述向过程探索转变,由调查、监测向预测、预警转变,由大量的专题研究向综合性研究转变,由区域性向全球性研究转变。其中地表过程时空变化、人地交互影响机理及其全数字描述与定量研究正成为核心。地球空间信息技术

不仅是地球科学研究的重要技术支撑,而且它依托于地球表层时空序列数据,构建定量模型,研究人地交互影响和驱动因子,以动力学理论指导趋势预测分析。

2.11 重大工程建设与环境互馈

地表至地下数千米范围与人类经济的、技术的活动密切关。城建、道桥、隧涵、港湾码头、水坝、矿山、油气田等各类工程,尤其是高坝大库、跨流域调水、铁路等大型工程建设,既受地球环境制约,又对环境和生态系统产生重要影响。所以,认识地球浅层精细结构、物质、动力学过程,弄清工程建设与环境的相互作用,对可持续发展至关重要。

2.12 亚洲季风环境系统动力学与演变

亚洲季风环境系统是指亚洲季风系统及其主导下的生态环境系统。作为地球环境系统的重要分量,其形成和演变不仅对占世界人口 1/4 以上的亚洲国家的人类生存和可持续发展具有深刻的影响,同时对全球大气、海洋、陆地、冰雪系统及相关联的生态系统的演变有着重要的作用,是导致亚洲国家旱涝等重大灾害频发的主要因素。亚洲季风环境系统耦合、演变过程,实际上反映了海陆气耦合过程与相互作用所导致的全球气候变化、陆地水资源变化和长江及黄河水系的演变、生态系统兴衰以及内陆沙漠进退、中国边缘海和大陆架的变迁等。因此,发挥我国多年来在季风动力学的研究优势,利用丰富的现代观测和地质记录以及历史文献资料,对亚洲季风环境系统海陆气耦合作用及其演化过程进行系统集成研究,对建立亚洲季风环境系统动力学及演化理论,确立其在全球变化中的位置和作用,预测其变化趋势,都具有重大的科学意义和保障社会可持续发展的贡献。

2.13 极地环境与全球变化

极地研究不仅具有重要的科学意义,也隐含着极强的政治意义,亦即长远的国家利益。自 1984 年我国首次派出南极考察队以来,已成功派出 15 次,并分别于 1985 年和 1989 年在南极建立了长城站和中山站。“九五”期间已由建站转入了以南极全球变化为主线的科学研究。经过近 20 年的努力,已具备了相当的科学积累并取得了相应的国际地位。

2.14 海陆气相互作用及其对水资源的影响

海陆气相互作用是气候系统中的基本物理过程。其变异是导致气候异常的根本原因。水分循环则是海陆气相互作用中的一种最活跃、最重要的纽带。一方面,水分循环的大气分支把洋面上空多余的水汽在陆地上沉降为雨雪;其陆地分支又把陆地上盈余的水分汇入海洋。因此,陆地上的旱涝、酷暑、低

温,以及海洋上的温度、盐度、环流的变化均受到水循环的影响。另一方面,与水分循环相联系的云是影响地-气辐射收支的重要因子,云-辐射反馈的异常引起表面能量收支的再分布,从而改变了海陆气相互作用的状态,导致气候异常。80 年代以来,一系列的海洋观测试验陆面过程试验,为这一研究积累了丰富的海气、陆气相互作用资料。

2.15 中高纬区气候系统年际与年代际变动

我国地处副热带和中纬区,中高纬大气环流的变化在很大程度上影响我国夏季气候异常和气候预测。因而,加强中高纬大气环流(特别是欧亚区)季内-季节-年际变化规律的研究是我国气候动力学研究的一项重要任务,也是提高短期气候预测水平的关键科学问题。1998 年是 20 世纪以来最强的一次 ENSO 事件,国际上大多数预测系统都给出了较准确的预测,而我国 1998 年夏季的大水没被正确地预测出来,这除了有气候可预测性本身的限制以外,很重要的因素是我们对于影响我国夏季大气环流和气候异常的中高纬大气环流变化规律知之甚少。现有的气候预测系统如何考虑这种异常及其演变、中高纬大气环流在季内-季节-年际尺度上的变化规律如何是十分重要的问题。

2.16 西太平洋环流动力学与海气相互作用

气候变化是当前国际学术界研究的热点。El Niño 和 La Niña 是全球气候异常的突出表现,与我国的气候灾害有密切的联系。海洋在气候变化中起着极其重要的作用,太平洋西边界流及西太平洋暖池变化对我国天气、气候的意义是毋庸置疑的,对 ENSO 循环也有着重要的影响。西太平洋环流研究,有助于弄清中国海域的环流和温、盐结构,为近海环境和国防科技提供重要的海洋学背景。因此,西太平洋环流及海气相互作用的研究成为我国气候预测和国防发展的迫切需要。

2.17 近海环流变异及其环境效应

中国海(渤、黄、东、南海)是世界上最宽、生产力最高的陆架之一,长江、黄河、珠江三条大河将中国大陆强烈的人类活动(大量施肥、建坝、城市化建设)的影响施于我国近海,引起诸如富营养化、赤潮、海岸侵蚀、海水倒灌等一系列严重的环境和生态问题,构成世界上最为典型的陆海相互作用问题。建立我国近海相互作用理论,对我国沿海经济可持续发展将产生积极和深远的影响。而准确了解我国近海海洋环境及其变化的预测,对维护国家安全又是极其重要的科学支撑。