

·学科进展与展望·

美国国家科学基金会 2000—2010 年古生物发展战略 及其启示及我国古生物学发展的若干思考

刘 羽

(国家自然科学基金委地球科学部,北京 100086)

[摘要] 本文简要介绍了美国国家科学基金会 2000—2010 年古生物发展战略,该战略主要包括两个部分:一是提出未来十年古生物学的研究主题,二是为了促进这些研究主题取得实质性进展,提出相应的战略措施。同时提出了对我国古生物学发展的若干思考。

[关键词] 古生物学,发展战略,美国国家科学基金会,中国

目前正值我国中长期科学和技术规划制定、国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)战略调研及“十一五”优先领域的制定时期,认真研究处于世界领先地位的美国的科学发展战略和优先领域的制定过程,能给我们提供一些有益的启示和借鉴。

为制定古生物学发展战略规划,由美国国家科学基金会资助的“未来十年地质生物与地球科学”战略调研组,提交了一份战略调研报告——“DYNAMIC HISTORY OF THE EARTH-LIFE SYSTEM”^[1],该报告主要是为美国国家科学基金会资助古生物学研究提供参考。报告分两部分:一是提出未来十年古生物学的研究主题;二是为了促进这些研究主题取得实质性进展,提出了相应的战略措施。

1 2000—2010 美国古生物学研究主题

1.1 生物多样性的驱动机制及这些机制所适用的时空尺度

其中的关键科学问题是:(1)不同级别的生物对生物多样性动力学机制的影响;(2)主要的生态系统动力学机制的异同;(3)生物的丰度和分异度与环境变化的关系;(4)生物多样性重要的内在驱动机制。

1.2 主要的生物演化创新时空分布的不均一性

其中的关键科学问题是:(1)创新事件空间分

布的控制因素;(2)创新事件时间分布的控制因素;(3)决定创新事件的规模因素。

1.3 生物系统对地球表面的物、化性质的影响及生物化学循环随时间的变化

整合古生物学和地球化学方法研究地球历史记录要解决如下关键科学问题:(1)生物多样性、生物复杂性和生态结构对地球表面的物理、化学过程的控制程度;(2)生物地球化学循环对生物和物理事件控制或反馈程度。

1.4 全球和区域尺度上生物圈与环境的互馈

其中的关键科学问题是:(1)最初的系统状态如何?(2)生态如何?(3)时空尺度的选择?

2 战略措施

为了促进以上 4 个理论性、综合性极强的研究方向取得实质性的进展,美国国家科学基金会采取了一系列的战略措施,从资助模式和数据库建设上给予了强有力的支撑。在过去的一个世纪中,令人振奋的研究成果导致了 4 个新的研究主题的出现。为了促进这些主题的研究取得实质性的进展,调研组提出以下战略措施。

(1)资助新研究方法和多学科培训的水平必须提高。由于古生物学的研究正朝着合作研究型的方向发展,新一代古生物学家的培养方式也将发生变化。虽然在重要化石类群和关键地层的研究中,

本文于 2005 年 9 月 1 日收到。

传统分类学和地层学的专业知识依然至关重要,但是,随着各种分析技术的日益增加,需要我们对古生物学的研究生进行额外的训练。比如建模、统计分析、稳定同位素地球化学、生物地球化学、形态统计学和系统发生分析等方面的相关技能正在变得越来越重要。这种趋势使得许多学生需要在一个或多个领域中接受博士后的训练。

(2) 传统的、科学家个人进行的研究对古生物学各个领域和相关学科的重大发展产生了深远的影响。加强对这种“核心学者”研究工作的资助对古生物学的持续发展至关重要。科学家个人的研究促进了思想的多样性,许多不同的研究方法被用于探索地球生命系统是如何演化的这一基本的科学问题。这些科学家们发起的重大研究项目包括洋盆的演化、地球历史的地质年代学框架的建立、早期生命的多样性发展和演化、生物集群灭绝性质和作用、骨骼记录中稳定同位素的利用,以及气候变化的历史 and 影响。对科学家个人研究的资助是保持学科活力的基础。

(3) 由多位科学家共同承担的合作研究项目的重要性日益体现,对于这种合作需要给予额外的资助。古生物学与相关的地球科学及生命科学的交叉融合正在不断加强。与沉积学家、地质年代学家、地球化学家、演化生物学家、生态学家以及其他科学家的合作将对本文描述的4个研究主题取得进展发挥极其重要的作用。

(4) 建立一个“地球历史数据库”(The Earth History Database, EHD)的时机已经来临,这将是一个多维的中心数据库,整合地史中全球古生物学资料,并包括古地理、地球化学、古环境、地质年代及大量各类相关资料,并在此基础上建立以预测为目标的生物-地学模型。

成立一个国家中心,对大量的古生物学资料进行汇总和分析;协调由多个研究节点组成的分布式研究网络;把具有特定研究目标的跨学科的课题组汇集起来;资助那些大范围合作研究项目中的长期访问学者。目前,大范围的综合性研究已经为我们认识生物圈的演化及其与地球、海洋和大气圈演化的关系提供了许多深刻且极具价值的知识。地球历史数据库将使这种大范围的综合性研究更加容易;而由此产生的合作将进一步加快4个重要主题的研究。同时,建立这样一个国家中心,与国家自然科学基金会旨在“促进设备、仪器和其他基础设施的发展,以产生新的科学发现、包括对那些在长时间尺度上发

生的过程和相互作用的研究成为可能”这一重要职能相吻合。

3 2000—2010年间建议优先启动的地球历史数据库计划(The Earth History Database Initiative)

3.1 意义

该计划旨在建立以古数据为支撑、以预测为目标的生物-地学模型。当前,古生物学家已积累了丰富的有关生物多样性历史的文献,这些原始的数据非常重要,它为从地质时间尺度探索生物多样性奠定了坚实的基础,有利于古生物地理和古环境重建,并解释了600万年以来后生多细胞动物演化的总轮廓和具体细节。这些数据能为一些重要的地质历史事件(如五次大灭绝)提供定量的分析;能够记载全球尺度上生物与非生物过程之间的相互作用;能在一个大的框架内预测当今和未来短期内全球变化的格局。建立现代化的、基于互联网的、古生物数据库,对于地学家和生物学家充分利用已有的地球历史数据研究古气候和古环境具有重要的意义。

令人遗憾的是,这笔宝贵的数据财富几乎无法利用。由于缺乏集中的数据库,地质历史时期主要演化模式的大尺度、定量分析难于进行。缺乏更全面合作数据库的原因,既有技术上的,也有制度上的。古生物学家分布在全国各地,他们缺乏定期的研究交流,或没有学科间的数据档案和标准化的协议,汇编中心数据库所需要的合作和计算资源远远超过现有的学科数字建设。不过,目前条件已经成熟。

较大的计算能力和互联网,使得国家研究中心能够协调分布式的研究网络,实现在多家研究所同时收集数据并直接将数据储存进统一数据库。数据收集的另一方面是集中大量的已公开发表的高质量的数据。

地质历史数据库所需的许多资料信息分散在已发表的著作、文献和博物馆的馆藏中,这些信息是不可或缺的重要数据;此外,观念的更新和新技术的不断涌现,使古生物学家能从化石记录里解读出更丰富的信息。建立地球历史数据库需要许多研究团队共同努力。

3.2 实施方案

地球历史数据库由一个主要的研究设备(Hub)和分布式的网络节点组成。Hub是独立的机构,与当地的研究机构保持着密切的联系,以确保有权使

用已有的设施和行政资助体系及中、高级研究人员队伍。这些相互合作的团队,分散在全国各地,由研究中心协调他们的工作。研究中心的部分工作是开发和分配必需的软件,建立统一的标准,维护公共资源,例如地层对比表、标准的命名系统。此外,要建立一个整合数据库的中心目标,必须解决以下几个具体问题:首先是将原始的文字的和馆藏的古生物数据加入数据库,这些原始的材料可以大量充实古生物、地质和生物的数据。如,物种彼此之间的关系如何?采样点古地理、古环境背景如何?与构造背景的关系如何?生物多样性、在时空上与地球化学替代指标有关的物种起源和绝灭速率、古海洋和大气等是如何变化的?

网络节点分布在全国研究机构现有的实验室里。每一个节点都与主要计算机系统联网。利用公共数据库能方便、灵活地进入、查询、修改和下载数据。

地质历史数据库优先领域由高级研究人员组成的专家咨询委员会管理。该委员会主要由古生物学家及地球和生命科学等学科的专家(如,海洋学、地球化学、地质年代学、生态学和系统发育学)组成。专家咨询组每季度或半年聚集一次,评审申请报告,设立优先解决的科学问题,评估在线研究的进展情况。

3.3 五年来已取得的成就

5年来,根据所要解决的不同的科学问题,美国国家科学基金会建立起了一系列以数字化建设为基础的研究计划,在充分利用已有的数据库的基础上,又建立了一批新的数据库。以CHRONOS研究计划为例:CHRONOS(希腊文:时间)^[2]致力于建立一个动态的、交互式的、时间标定的数据库和可视化网络,及沉积地质和古生物的分析方法学。该系统为现代、创新性的地质历史研究提供了重要的平台。目前,参与该计划的研究机构已有来自美国、英国、德国、法国、日本、俄罗斯、澳大利亚、加拿大、瑞士、意大利、巴西、奥地利、匈牙利、荷兰、挪威、波兰、以色列等17个国家的100多个大学和研究所,已组成了多个科学工作组,科学家直接参与该网络的建设,他们与IT团队合作,主要负责设计和评估数据库设计框架、原始数据分类、可视化和计算工具等具体方面,举办了一系列的研讨会,定期研讨某一领域的相关问题,并建立了网站,带动了一系列深入的理论研究。随着研究的深入,新问题、新需求不断出现。2004年又启动了EARTHTIME研究计划^[3]。该研

究计划的目的是通过高精度地质年代和定量年代地层的整合,建立地质历史时间序列。主要目标是建立使放射性同位素测年精度达到0.1%所必需的地质年代方法。利用高分辨率、校准时间尺度能对地质历史上许多重要问题给予解释,因为时间是解决因果关系争论的关键,且我们对这些过程的理解依赖于时间和速率的准确的知识。如,精确的时间标定能使我们探索生物的演化、适应辐射、灭绝和复苏、气候变化大灾变,及较好地理解地球系统的演化。此外,准确的时间标定对于探索生物与大气过程,及预测未来同样关键。

一系列相关的研讨会正在启动,这些研讨会由20—40人参加,主要聚焦地质年代问题,年代地层和其他地层的整合及对比技术、地质历史重大转折起生命与环境、地质历史演化率计算的方法,并就相关的教育和服务社会的问题展开研讨。

4 启示与借鉴

美国古生物学未来十年的发展规划层次分明、清晰、具体,既明确提出发展方向,又具体提出取得实质性进展的战略措施,这个遴选决策的过程、结果及实施5年来的进展情况均给我们一些启示和借鉴。

4.1 关于数据共享

如何实现数据共享已经成为许多领域取得重大突破的瓶颈,美国国家科学基金会对此高度重视。在新世纪“Basic Research Opportunity in Earth Science”^[4]白皮书发表以来,已全面启动数据共享建设。数据共享既是基础性工作,又是实现跨越式发展的基础与平台。目前,我国开展此项研究的时机尚不成熟,不能照搬美国的模式,进行如此大规模的综合数据库建设,但应引起高度重视。我国地质记录保存完好,且在此基础上已积累了大量数据,我们应利用我们的研究优势,充分体现我们的特色,重点突破。现在美国正积极邀请我国科学家合作参与,在这种形势下,我们如何参与?我们的权利和义务是什么?值得我们深入思考。

4.2 关于规划实施

战略规划的实施在一段时期内具有一定的继承性、持续性和稳定性,且又是动态的,前五年提出来的CHRONOS计划,随着项目的进展,新问题不断出现,2004年提出的EARTHTIME计划充分利用已有的数据库,同时也提出了新计划明确的阶段目标。

4.3 关于人才培养

古生物学的研究正日益增强与相关地球科学及

生命科学的综合。与沉积学家、地质年代学家、地球化学家、演化生物学家、生态学家以及其他科学家的合作,在人才培养方式上也应跟上时代的步伐,要培养具有综合才能的年轻学者和青年学生,为今后更深层次的学科交叉提供后备力量。

4.4 关于资助模式

资助模式提倡多种形式,既资助科学家个人的自由探索,又资助相互合作的团队研究。要取得重大的突破,需要与生命科学、沉积学、地球化学等学科交叉与融合,从不同层次、不同角度探索地球的生物过程与环境的协同演化。

4.5 我们的差距

对比我国古生物学领域的战略规划,我们发现,在该领域前沿科学问题的把握上,我们并不比美国逊色,但我们的不足是,相应的支撑体系难以建立。总体部署是好的,但在战术上没有做到“兵马未到,粮草先行”。美国国家科学基金会提出的4个新的发展方向,我们都不同程度有所涉及,在有些方向我们更具前瞻性。我国的古生物研究有我们自己的优势和不足。在大型数据库建设方面,涉及多国的合作,又涉及大量的资金投入,我们目前没有如此雄厚的财力,关键是我们还不具备“一呼百应”的实力。美国提出倡议,德国、法国、澳大利亚等地质学大国积极响应,我国与其合作也正在启动。没有大型的数据库作依托,难以提出系统的理论,美国建立该数据库也需要世界各国的共同努力,我们应充分利用美国搭建的平台,发挥我们的优势,积极参与竞争,本着“有所为,有所不为”的原则,在付出义务的同时,积极争取我们的权利,以开展综合的理论研究。

5 关于我国古生物学发展的若干思考

近年来我国古生物学与地层学家在各个不同门类生物的起源和演化,以及高精度地质时间坐标的建立等方面取得了举世瞩目的成果,例如,在早期生命的起源和演化,脊椎动物和植物关键门类的起源和全球年代地层界线及生物事件等方面发表了大量重要的论文。据不完全统计,从1995年至今,我国古生物学家与地层学家在 *Nature* 和 *Science* 两种刊物上就发表了约80篇论文(第一作者约30篇),这在我国基础学科中是独一无二的,成为我国地球科学乃至整个基础科学的一个亮点。如何继续保持我们的优势,克服我们的不足?即下一步古生物如何发展?对此,提出以下初步想法:

5.1 继续充分利用资源优势

我国的地层古生物学享有得天独厚的资源优

势,例如澄江生物群和热河生物群化石宝库。我国的含化石地层从太古宙一直到新近纪都很发育,许多地质时期的化石和地层记录都是国际地层古生物学研究不可缺少的重要环节,这是可遇而不可求的。自达尔文时代起,许多生物学家都有一个梦想,就是重建地球上所有生命的进化历程并以系统树的形式描述这部历史(Haeckel 1866)。“理想的途径应该是利用化石证据”,尽管由于化石记录的不完备性,我们需要运用分子生物学建立完整的系统树,但我们有得天独厚的化石资源优势,从化石中“发现”并“阐释出”进化论的各种证据是非常重要的。“发现”具有偶然性,但“阐释出”进化论的证据,必须在一定的理论指导下,需要有深厚的理论基础。我们在该方面有很高的国际影响力,应继续支持与鼓励该方面的研究,充分发挥我们的特色和优势。

5.2 深化理论研究

尽管我们有巨大的资源优势,但基于化石发现的古生物学研究强,生物与环境关系研究和生物学的研究相对薄弱;在单个门类的化石研究方面我们已经有不少优势,综合性理论研究在一些方向也已展开,但该领域深层次、系统性理论还较薄弱。

5.3 加强学科交叉,积极推动新的大跨度交叉领域的研究

一方面,应进一步加强与地球科学的其他学科,特别是与沉积学、地球化学、地质年代学等的紧密联系;另一方面,在数、理、化、天、地、生六大基础学科中,数、理、化、天均已与地质学结合,形成了蓬勃发展的数学地质、地球物理、地球化学与天文及行星地质学,唯独地球科学与生命科学的结合——地球生物学(Geobiology)尚未臻繁荣,地球生物学在研究目标、内容及方法上,都远远超出了传统古生物的研究范畴,积极吸收了现代生物学的最新研究成果,特别是结合分子生物学,发育生物学,生态学等方面的进展,重新审视生物的演化、生物与环境的关系问题。

5.4 主动“占领”高级别的国际学术刊物,参与国际竞争

古生物近年来取得了一系列重大发现和重要成果,有“占领”这些刊物的实力,我们应继续积极“占领”这些学术刊物,提高我国基础研究的国际地位。与此同时,综合性强、影响因子高的学术期刊是提供大跨度学科交叉的有效途径之一,因为各领域的专业学术期刊非常之多,通过一些影响因子高的综合性学术期刊,能够及时了解其他领域的最新动态,对

大跨度的学科交叉提供更广阔的机遇。

5.5 积极开展多种形式国际合作与交流

可以开展一对一的合作形式,也积极鼓励就某一共同感兴趣的科学问题定期召开研讨会,在华召开有影响的国际会议,在国际学术组织中任职,积极参与国际数据平台的建设与共享等等,“以我为主”,探讨诸多古生物学的理论问题,开展前沿和热点科学问题的研究,提高我国该领域的国际地位。

5.6 综合性人才的培养

培养人才,特别是分子生物学、有机地球化学、定量生物地层等背景的古生物研究人才的培养,对于古生物发展至关重要。应建立不同形式的综合性人才培养机制,如,以人才为核心,以项目为纽带和平台,将培养学生的学科交叉背景作为一个重要考

核指标,而不是仅仅看培养学生的数量。这样,当一批项目完成后,既取得了科研成果,又培养了一批能使该领域的研究进一步深化和提高了的综合性年轻后备人才,为未来的发展注入了生机与活力。

参 考 文 献

- [1] Dynamic History Of The Earth-Life System; A Report To The National Science Foundation On Research Directions In Paleontology, March 6—9, 1999, Smithsonian Institution, Washington, D. C. www.nsf.gov.
- [2] CHRONOS System: An Interactive Network of Data and Tools for Earth System History. www.chronos.org.
- [3] Earthtime—Calibrating earth history through team work & co-operation. www.earth-time.org.
- [4] Basic Research Opportunity in Earth Science. www.nsf.gov.

THE NATIONAL SCIENCE FOUNDATION ON STRATEGICAL DEVELOPMENT IN PALEONTOLOGY DURING 2000—2010 AND PALEONTOLOGY RESEARCH IN CHINA

Liu Yu

(Department of Earth Sciences, NSFC, Beijing 100085)

Abstract Strategical development in paleontology during 2000—2010 is briefly reviewed. It includes the five research themes and executive strategy. Paleontological research in China is discussed.

Key words Paleontology, Strategical development, NSF, China

·资料·信息·

中国科学院物理所在自组装 Ag/SiO_x 微米级的内核/壳层结构方面 取得重要进展

自然界中三角形和斐波纳契数的叶序花样随处可见。虽然人们从竞争有限空间、以及审美等不同的学科角度对美丽的花序进行了长期的研究,但是其形成原因依然是引人入胜的话题。

中国科学院物理研究所的李超荣、张晓娜、曹则贤等研究人员在国家自然科学基金的资助下,通过应力自组装在无机体系 Ag/SiO_x 微米级的内核/壳层结构上成功地获得了三角格子和斐波纳契数花样。他们对这些花样的结构特征,包括节点密度与内核/壳层结构衬底的直径、厚度等关系进行了分析,从应力角度揭示了这种花样的形成机制及条件。

这是第一次在微米尺度上用无机材料体系生长出了斐波纳契数花样。进一步,他们的研究表明在给定几何约束下的形变能最小化是决定花样形式的主要因素。该项工作同时还展示了一种大面积大量生长介观结构,并且能同时引入内禀“缺陷”的工艺,对利用应力工程设计制作各种光子学、等离基元电子学、特别是可折叠电子学所需要的微纳米结构具有重要的启示。研究内容以 Report 形式发表在 2005 年 8 月 5 日《科学》杂志上。

(工程与材料科学部 陈克新 高端平 苗鸿雁 供稿)