

· 基金纵横 ·

国际合作和多学科交叉研究的成功实践

——中国-德国合作项目“扬子区寒武纪大爆发时期环境和生命过程的综合研究”

姚玉鹏 刘羽 鲁荣凯 范英杰

(国家自然科学基金委员会, 北京 100085)

1 基本背景

“寒武纪大爆发”是生命历史中一次革命性事件,经过近十几年来的努力,我国在相关“寒武纪大爆发”的古生物学研究方面,取得了重大突破,并在国际上取得了重要地位。云南“澄江生物群”、“梅树村生物群”,以及贵州“瓮安生物群”的研究等,为多细胞动物在短时间内快速起源和大发展的历史过程积累了大量的事实依据。

“寒武纪大爆发”——即寒武纪早期生物多样性短时间内的快速建立,这种非常规生物演化过程,是教科书中最常见、也是所谓公认的生物进化理论难以解释的。上世纪 90 年代以来,国际上从生物学角度探讨寒武纪大爆发事件的研究已经成为科学界的热点,新的成果和假说不断提出。然而,从地质环境背景的角度来探讨“寒武纪大爆发”事件具体过程的科学努力显然不够。已有的证据表明,在“寒武纪大爆发”时期的前后,地球环境(包括大气、海洋和岩石)的确发生了巨大变化,但我们并不知道这段时间内地球环境到底发生了哪些变化,更不清楚这些环境变化与生物大爆发之间的内在联系。

在国家自然科学基金委员会和德国科学基金会(DFG)的支持下,中德 40 余位科学家经过双边研讨和野外考察一致认为,“寒武纪大爆发”之前的超级联合大陆(Rodinia 超大陆)的形成与裂解、全球性寒冷大冰期“雪球地球”的发生和消失、海洋和大气化学的巨大革新、巨大天外物体撞击地球等事件可能对“寒武纪大爆发”事件的发生产生重大影响;在全球开展“寒武纪大爆发”时期生命和环境过程综合研究条件最好的中国华南地区,组织中德地球科学界的力量协同攻关,具有重要的科学意义。双方希望

通过地学各领域的科学家与古生物学家紧密配合,展开大规模、多学科交叉合作研究,有望在探讨寒武纪大爆发时期的环境和生命过程研究领域内,取得一系列重大科学成果。

2 项目主要进展和成果

自 2000 年开展研究以来,中德双方介入合作计划的基金项目共有 16 个,参加人员达 50 余人,涉及的单位 14 个。在 2001—2003 年间,中德双方项目不同研究组已经 10 多次在华开展联合野外工作。先后在皖南、浙西、湖北三峡、湘西、贵州、云南东部、四川北部和陕西南部开展了大量野外工作,共完成 90 多条剖面的研究,取得了大量的标本,分析和测试了大量的地球化学数据。中方成员 20 多人次赴德国开展实验和合作研究,项目执行期间多次召开工作研讨会,包括 3 次双边研讨会。

3 年来的研究取得了突出的成果。中德双方的研究团队共发表论文 106 篇(包括 SCI 论文 52 篇)、7 本专著和论文集、103 篇国际会议论文摘要。集中反映项目成果的《自然科学进展》英文版论文专辑在 2004 年出版,著名国际期刊《古地理、古气候与古生态》(*Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*)论文专辑 2007 年出版。其中重要的进展主要包括:(1)建立了高精度地层框架,为开展“寒武纪大爆发”的综合研究提供了较为统一的时间序列,明确了该重要时期华南地区各主要生物群的时代和相互关系,为生物学和地质环境信息的综合提供了统一平台,为全球性对比也提供了依据;(2)复原了寒武纪生态系统和生物多样性,为寒武纪大爆发生物分异度的变化和生态环境的扩展提供了依据;(3)新发现一些重要化石类别;(4)对澄江

本文于 2008 年 10 月 7 日收到。

生物群、凯里生物群和布吉斯页岩生物群等生物类群的起源和早期演化研究取得重要进展；(5) 根据对地质记录的分析，探讨了扬子地台地质环境背景并探讨了澄江生物群的古环境；(6) 通过地质记录揭示晚元古代末期大冰期之后至寒武纪早期有3次明显的地球化学异常事件，它们可能代表了这一时期全球性的古海洋和古气候异常事件，并对动物的演化具有重大影响；另外，冰期地层的元素、同位素和有机分子地球化学研究不能证实“雪球”的存在。

上述成果在国际上产生了较大的影响，不仅使我国华南地区成为该领域研究的热点地区，也使该研究组成为国际学术界在该领域研究最活跃的团队之一。著名的德国地理杂志 *GEO* 以封面专题的评述文章，对本项目科学意义做了详细的报道。国际寒武纪地层分会在其官方网站、通讯中和例行会议中都对本项目加以专题评述。华南地区已成为国际地层委员会新元古代地层分会和寒武纪地层分会两个组织为解决这两个地质时代国际标准地层划分和对比的关键地区。2003年在法国尼斯召开的欧洲地科联、欧洲地球物理和美国地球物理学会的联合年会(EGU)上，本项目的内容列入会议专题，吸引了一批著名学者参与研讨。

总体上看，相对于以前重点关注“澄江生物群”和“瓮安生物群”中新奇化石发现的研究而言，本项研究以多学科的合作为手段，将研究对象扩大到了不同相区化石面貌的揭示、大爆发的形式和过程的了解和生态系统的演替等生物学过程的研究等方面。通过本项目研究，使得“寒武纪大爆发”时期的地球环境和综合地质历史过程成为广泛关注的研究重点。项目实施过程中不同学科背景的科学家的广泛参与，已经吸引了更多的科学家对该领域研究产生兴趣。

3 项目资助模式的总结和启示

通过三年较大规模的合作研究，本项研究工作不但在学科交叉领域取得了重要进展，而且切实带动了我国地球科学界更多相关领域的科学家参与到“寒武纪大爆发”时期生命和环境过程综合研究中来，使我国在这方面的研究进入了国际前沿。这项合作，是国家自然科学基金委员会和德国科学基金会组织双边大规模国际合作研究的一次前瞻性的尝试，在探求科学共同发展的今天，具有特别重要的意义。参与合作的科学家和双方项目管理人员，对合作的形式和取得的成果都给予了充分的肯定。回顾这几年的合作过程，主要有以下的经验和体会。

3.1 采用项目群的方式组成团队开展国际合作，合作与竞争并举

与通常科学家个人或自己的研究组与对方开展合作不同，本次合作涉及了中德双方多个研究组的不同领域的科学家共同参与。如何组织好这样大规模的合作，在管理模式上是一个挑战。德方的资助方式为“项目群”，包括了6个较为独立的项目。中方参与合作的各类基金项目累计有十几个，分别以国际合作项目的形式联系在一起；中德双方各设一名协调人，负责项目实施过程中的组织工作。

这次中德合作既是国际合作，又是国际竞争。由于德方的“项目群(Bündel Project)”基本是一次审批启动，所以在研究中较容易协调。而中方参与合作的项目组主要是已经批准的相关基金项目和在合作过程中批准的新项目，进展程度各不相同，协调的难度更大。为使中方在合作过程中占据较为主动的地位，中方协调人、地球科学部与国际合作局共同努力，精心进行了组织工作，通过每年一度的研讨会和日常的沟通，将中方一批相关的项目组成了各自独立但又相互联系的松散“项目群”。由于中方内部有先行协调的机制，而且中方的研究范围甚至较德方的研究范围更为全面，研究内容更为丰富，因而有效地实现了以我为主的合作目标。合作过程中，中国科学家的主动性得到明显加强，自己的“地利”优势也得到充分的发挥，学术地位也得到对方充分的尊重。

3.2 自由参加的模式充分发挥了科学家的探索精神

除了在中-德协议框架内的国际合作资助外，本次合作基本没有特定的经费预算和资助计划，因此，参与合作研究的人员都是以科学兴趣为驱动，通过各自面上项目或其他类别的项目，参与到合作研究和交流中。

由于没有资助经费驱动力，参加研究和讨论的科学家主要是基于科学兴趣。实际上，个别参加研讨的科学家甚至一直没有基金资助项目。在合作过程中，没有首席科学家或项目负责人，而是采用了各项目相互协调的方式。这样，充分发挥和保证了研究人员的创新和探索的欲望。同时，由项目协调人与参与合作的各项目进行沟通和组织相关的交流和协作，各项目虽独立运行，但根据协调的情况调整各自的研究工作，保证了项目群总体目标的实现和国际合作的中方利益。由于项目协调人与参与的各项目组没有隶属关系，研究过程中在团队内形成了民主、协作的宽松的学术氛围，不管是国际知名的科学

家,还是刚开展工作的年轻人,在研讨会上都能自由争鸣,各抒己见。总体上,科学家的独立探索和项目群之间的协作达到了良好地平衡,为实质性的交叉研究奠定了坚实的基础。

3.3 不同专业科学家的良好协作,为多学科交叉研究提供了范例

本项研究是古生物演化向古生态学和古环境演变的延伸,其研究内容涉及古生物学、古海洋学、地层学、构造地质学、矿物学、地球化学及矿床学等多个领域的研究内容。从研究结果看,这种合作形式对引导和促进多学科交叉研究是非常有效的。

首先,项目的组织是围绕一个前沿的科学问题,不同学科的科学家按照各自的科学兴趣都可以自由参加,从自己专业的角度考虑为该项研究能做哪些贡献,并由此构思拟开展的研究工作,拓展研究领域,推动学科自身的发展。在研究工作启动之初,是由协调人向相关的科学家发出邀请,随着研究工作的进展及影响力的增加,其他一些专业的科学家开始主动加入。项目后期,研究范围已扩展到古地磁学、大地构造及生物矿化等领域。这实际上也保证了在双边国际合作中中方力量的扩展,掌握了项目研究的主动权。

其次,项目群内部定期的学术交流保证了研究群体内部各学科之间的信息通畅。每年一度的国内协调工作会和两年一度的双边交流会,将不同学科的研究组有机地联系在了一起。不同于具有项目检查性质的交流会,中德合作项目群的交流会完全属于工作会议,大家在会上没有任何其他负担,完全是介绍研究最新进展、下一步拟开展的工作和工作中遇到的困难。会议议程可以根据讨论情况随时进行调整。为使大家更好地理解不同学科的“语言”,安排相关专业著名科学家作讲座。例如,王铁冠教授在协调会上介绍有机地球化学和生物标记物的研究方法的报告和德国的 H. Strauss 教授介绍稳定同位素环境地球化学的原理和方法等,使大家受益匪浅。

另外,先行建立标准的高精度地层框架,为各学科的研究搭建了共同的平台。研究工作启动之处,中方即开始着手建立拟研究的地质时期的高精度地层框架,为开展“寒武纪大爆发”的综合研究提供了较为统一的时间序列。这样,该重要时期华南地区各主要生物群的时代,以及相应的重要地质事件及环境变化过程,都可以依托于这个时间序列,为生物演化和地质环境演变的综合研究提供了可靠的平台,同时也在双边国际合作中占据了制高点。

4 良好的学术氛围,有效地促进了不同层次人才成长

本项中德合作项目实施 3 年来,双边共培养了博士研究生 12 名、硕士研究生 7 名。中方研究生多次出访对方合作者研究所和实验室。双边研究生均有充分的机会和时间在双边会议上做口头报告。通过合作交流,使年轻人才得到了锻炼,不仅业务能力迅速提高,而且外语和学术交流能力显著提高。从学习开展野外和实验室研究工作,到资料数据与同行的讨论交流,再到在双边国际会议上报告研究成果,以及在国际学术期刊上发表高质量论文,研究生均能得到全面的锻炼并直接得到国际一流学者的指导。特别是贵阳地球化学研究所郭庆军和云南地质科学研究所的胡世学为中德双边联合培养的博士生,在项目执行过程中已成长为该领域优秀的年轻学者。

中方协调人朱茂炎在双边合作执行过程中付出了大量的心血,也得到了很好的锻炼。由于成功的项目协调工作,他已担任 2 个与本项目密切相关的国际学术组织—国际地层委员会新元古代地层分会和寒武纪地层分会选举委员,受邀成为“新元古代冰期”国际地球科学合作项目(IGCP512)的联合主持人,应国际寒武纪地层分会之托,成为“第四届国际寒武纪地质大会”的主要组织者之一,任大会组委会副主席和秘书长,被邀成为地学著名综合性学术刊物 *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 的编委。经过几年的研究成果积累,他在 2007 年获得了国家杰出青年科学基金的资助。

通过几年的合作,为我国寒武纪生命演化与环境过程的研究领域凝聚了一支老中青结合的、活跃在国际前沿的研究团队,其中包括 2005 年当选中国科学院院士的王铁冠教授和 2003 年获得国家自然科学基金一等奖的陈均远研究员、朱茂炎、蒋少涌等中青年研究骨干,以及一大批新成长起来的年轻优秀人才。他们将在地球环境与生命过程这一国际前沿领域的研究中发挥重要作用。

5 结语

中德合作项目“扬子区寒武纪大爆发时期环境和生命过程的综合研究”于 2004 年在南京召开了双边会议,对项目的成果进行了总结和交流。除了中德双边项目参加人员外,还邀请了美国、澳大利亚和法国的知名科学家 Davidson 教授、Shields 教授和 Vannier 研究员等参加了会议,他们对中德双方科学家所取得的成果给予了很高评价。前美国古生物学会主席、南

加州大学 D. Bottjer 教授在参加会议后这样说“在我参加的所有学术会上,还从未见过地球化学家、沉积学家、构造地质学家等能够与古生物学家一起这样激烈地讨论某个科学问题”,而这种双边合作的项目组织方式,也得到了科学家们的充分肯定。

虽然德方的基金项目就此结束,但中方的团队依然自发地坚持每年一度的交流活动。由于前期的出色表现和研究工作的重要,2007 年德方科学家

又获得了德国科学基金会新一期研究群体项目 (Forschergruppe) 的资助,题为“前寒武纪-寒武纪转换时期生物圈演化:来自中国大陆板块的证据”(FOR 736)。项目在上一轮合作研究的基础上,根据新发现的问题,调整了研究重点,包括 6 个独立的项目群组成。由此,中德双方科学家又开始了新一轮的合作。相信他们将在已有的基础上,充分发扬科学探索的精神,取得更好的成果。

TOWARD A BETTER PERFORMANCE TO SUPPORT THE INTERNATIONAL
AND MULTIDISCIPLINARY RESEARCH
—Sino-German Cooperative Program “From Snowball Earth to the Cambrian
Bioradiation: a Multidisciplinary Analysis of the Yangtze Platform” as An Example

Yao Yupeng Liu Yu Lu Rongkai Fan Yingjie
(National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

(上接 51 页)

表 2 N 大学部分院系自 2000 年以来校内基金资助率排名以及相对资助率的排名情况

年度	系别	面上项目 资助率(%)	资助率排名	相应学部	相应学部的 资助率	相对资助率 (%)	相对资助率 排名
2005	工程管理学院	33.33	12	管理科学部	13.19	2.53	5
	电子系	40.00	10	信息科学部	17.67	2.26	6
	地球科学系	51.16	4	地球科学部	24.06	2.13	7
	商学院	26.67	15	管理科学部	13.19	2.02	8
	数学系	47.06	6	数理科学部	29.57	1.59	12
	物理系	45.45	7	数理科学部	29.57	1.54	13
	天文系	42.86	8	数理科学部	29.57	1.45	14
2006	工程管理学院	36.36	11	管理科学部	11.20	3.25	3
	商学院	29.41	13	管理科学部	11.20	2.63	5
	分析中心	50.00	3	化学科学部	21.06	2.37	7
	生命科学院	33.33	12	生命科学部	15.33	2.17	8
	天文系	50.00	3	数理科学部	28.73	1.74	10
	数学系	44.44	6	数理科学部	28.73	1.55	11
	物理系	38.46	9	数理科学部	28.73	1.34	13
2007	电子系	40.91	8	信息科学部	17.01	2.41	3
	计算机系	31.58	10	信息科学部	17.01	1.86	5
	数学系	50.00	3	数理科学部	28.39	1.76	7
	商学院	20.00	14	管理科学部	11.95	1.67	9
	物理系	43.14	7	数理科学部	28.39	1.52	13

注:文中数据主要来源于 2000—2007 年度国家自然科学基金委员会项目指南。

THE RELATIVE FUNDING RATE
—A New Indicator Representing Competitiveness of the Grants from the
National Natural Science Foundation

Hua Zichun Wang Yuxuan
(The State Key Laboratory of Pharmaceutical Biotechnology, School of Life Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)