

# 地史时期生物演化研究 取得重大进展\*

南京地质古生物研究所“973”项目办公室

(南京 210008)

**关键词** 生物起源,大辐射,大灭绝与复苏

国家“973”项目“重大地史时期生物的起源、辐射、灭绝和复苏”,于2000年4月立项,依托部门为国家自然科学基金委员会和中国科学院,依托单位为中科院南京地质古生物所,首席科学家是戎嘉余院士。有中科院古脊椎动物与古人类所、北京大学等12个单位、70多名研究人员和50多名研究生参加研究,是我国地质古生物学界一次多学科的大协作。

地球生命至少有38亿年的历史,古生物学的一系列重要发现和研究成果,不仅大大丰富了人类知识宝库,且被广泛应用于地质调查和矿产资源勘查。但在地质历史长河中,生物进化和环境演变的复杂过程和机制,至今仍有许多奥秘未被揭开。该项目以生物演化为主线,探索重大地史时期全球生物和环境协同演变的基本特征,为人类认识生物多样性及面临的环境危机提供大尺度的地史借鉴。

5年多来,该项目取得了一系列有国际影响的重要成果。2005年夏,8个课题通过验收,均被评为优秀;同年10月,通过了科技部组织的专家评审。11月22日科技部通过网站报道:“该项目紧扣科学目标,开展了多学科、多门类的综合野外考察,在获得多项重大发现和深入研究后,发表了一系列古生物学与地层学基础研究原创性成果,对提升我国相关学科研究水平并在国际领域占一席之地做出了重大贡献。”

项目实施期间,共发表论文666篇(含第一作者556篇),其中SCI刊物论文344篇(含第一作者270篇),*Nature*26篇(含第一作者24篇)、*Science*11篇(含第一作者8篇);出版中、英文专著13部,另有将出版的专著4部、国际SCI刊物专集2部。项目成员获国家自然科学基金一等奖1项、二等奖2项。

项目执行期间,有一大批优秀年轻人才脱颖而出,包括4人获“国家杰出青年基金”,2人入选中国科学院“百人计划”,1人入选教育部“长江学者计划”;以年轻人为主体的2个研究组获国家自然科学基金委员会“创新研究群体”基金,1个研究组首批入选教育部“高等学校创新团队”。在该领域的国际重要学术组织中任选举委员以上职务的有20人,其中有9位是45岁以下的年轻人。

## 1 地球早期生命及寒武纪大爆发

通过对我国新元古代晚期四个多细胞生物化石库和早寒武世梅树村动物群、澄江生物群的深入研究,取得了一系列有重大科学价值和国际影响的新发现和新成果。如5.8亿年前已知最古老两侧对称动物小春虫的发现,首次将两侧对称动物成体化石记录前推到寒武纪之前4000万年,该项发现被*Science*专题评述,还被*Discovery*评为2004年度全球百项重大科技成就之一;在贵州瓮安新元古代晚期发现的微型

\* 收稿日期:2006年5月10日

管状腔肠动物化石是迄今已知最古老后生动物实体化石,对了解后生动物起源过程和机制有重要意义;在《美国科学院院刊》发表的鄂西碳酸盐中埃迪卡拉动物群三维立体化石,修正了国际著名古生物学家的假说而引起轰动,国际评论认为这将极大地促进对该动物群亲缘关系和分类地位的认识;发表在 *Science* 的论文“六亿年前的似地衣”,把陆地生态系统建立的先驱者(地衣)的化石记录由原先 4 亿年前提前到 6 亿年前,表明早在前寒武纪地衣已开始对地表岩石进行改造,对植物登陆事件的研究影响很大,已入选 2005 年“中国基础研究十大新闻”;对中国新元古代冰期年代研究的两篇论文发表后,立即引起强烈反响,不到一年时间就被列入相关领域引用最多的论文(top 1%),并使新元古代冰期年代地层研究成为一个国际热点;新发现和系统研究获知,澄江生物群共由 200 多种组成(分属于 20 多门、50 多纲),其中许多是疑难类群或灭绝类群的代表;第一次生动地再现距今 5.3 亿年前海洋动物世界的真实面貌,展示了“寒武纪大爆发”的规模、作用和影响及由此产生的生物多样性和复杂生态系;丰富了人类对早期生命演化历史的了解,证实了“突变”在生命进化过程中的客观存在和重要作用,为达尔文生物进化理论的发展和完善做出了重要贡献,项目组成员陈均远、侯先光、舒德干为此获得 2003 年度国家自然科学奖一等奖。

## 2 古生代生物大辐射研究

奥陶纪生物大辐射是显生宙最重要的生物多样性事件之一。立项前我国相关研究还是空白,在国际上也起步不久,且对奥陶纪生物大辐射的研究多集中在对全球或区域性数据的汇总和分析上,缺少典型实例的精细剖析,研究程度较粗。项目以高精度生物地层学和系统古生物学研究为基础,充分发挥团队优势,从多门类综合和多学科交叉(生物地层学、定量地层学、生态地层学、演化古生物学、分支系统学、沉积学、同位素地球化学等)的角度,重点致力于对华南具体实例的深刻剖析,开展早-中奥陶世生物大辐射事件研究,取得了实质性的进展和原创性成果。根据华南材料开展的群落古生态分析和系统古生物学研究,首次提出华南早、中奥陶世腕足动物在正常浅海起源,后分别向近岸和远岸迁移的独特辐射模式,代表古生代动物群辐射的一种新的模式。根据华南材料和数据进行的双笔石类起源的分支系统学研究结果,已被纳入编撰中的国际古生物学权威论著《古生物学论丛》(笔石卷),并成为构建笔石动物高级别分类单元体系的主要依据。项目组多位成员对华南奥陶纪生物大辐射研究的初步结果,引起了国外有关专家的关注,并对在大量可靠数据基础上进行的典型地区实例研究赞赏不已。上述工作为国际相关研究开创了一条新路子,对深入研究有很大的推动作用。

## 3 古生代三次生物大灭绝及其后的复苏

显生宙的生物界,由于外部环境在相对短暂的地史时期内发生重大变化,产生了多次大的灭绝事件,不仅导致大量物种消亡,也造成大灭绝后生物的进化分异、生态重建和生物地理区系重组,宏演化意义重大。以往研究,注意力多集中在寻找灭绝的原因和机制。90 年代中期,大灭绝后生物复苏问题引起国际学术界关注,但多限于理念层面上的探讨,应用翔实材料做具体分析的论文不多见。本项目以华南丰富、多样的化石材料和连续、完整的地层资源为依据,以古生代 3 次(奥陶纪末、晚泥盆世 F-F、二叠纪末)大灭绝事件及其环境和生态系变化为切入点,探讨大灭绝起因,并从古生物宏演化角度出



世界首枚翼龙胚胎化石

发,探视大灭绝事件前后多样性剧烈变化过程,确立各事件精确年代及国际对比新方案,恢复主要生物门类灭绝、残存和复苏的过程、特征及差异。用大量生物地层、地化数据和灭绝定量方法,对宜昌王家湾奥陶-志留系界线地层和长兴煤山二叠-三叠系界线地层进行深入研究,取得的原创性成果均已成为全球对比的标准。首次对华南古生代3次大灭绝事件及其后的复苏进行纵向对比分析,探讨造成差异的原因,取得一系列有创见的新认识。5年来发表一批有国际影响的论文,并组织40位专家,于2004年出版了国内第一部既研究生物大灭绝又研究灭绝后生物复苏的学术专著《生物大灭绝与复苏——来自华南古生代和三叠纪的证据》(上、下卷)。

#### 4 热河生物群研究

热河生物群是我国乃至全球百年不遇的“世界级”化石宝库之一,相关的研究有着重大的国际影响。项目组成员抓住这一历史机遇,通过不懈的努力和锐意进取,在这一领域包括鸟类起源与早期演化、鸟类羽毛和飞行的起源、恐龙、哺乳类、翼龙、昆虫和被子植物的早期演化以及热河生物群生态的综合研究等方面,取得了一系列重大发现和原创性研究成果,仅在*Nature*和*Science*杂志就发表论文18篇,为进一步研究该生物群所代表的生物辐射事件、恢复早白垩世地球陆相生态系统,提供了重要依据。他们对国外专家的“孑遗生物避难所”假说提出了质疑,首次提出了热河生物群的分布区可能是许多重要生物类群进化的摇篮和扩散中心的假说。丰硕的研究成果,不仅改变了我们对许多重大生物学理论问题的固有认识,而且为我国古生物学研究走向世界、占领国际学术前沿领域,起到了较大的推动作用。这些研究因其具有重大的进化生物学意义,在国内外公众中引起了广泛的共鸣,在国际学术界产生了积极的影响。项目成员分别应邀专为*Nature*杂志撰写有关热河生物群和羽毛演化过程的综述文章,获得国际同行的好评。这些研究不仅是当今我国地球科学研究最具特色和活力的研究领域之一,也成为我国基础科学研究在国际舞台上的一个亮点。5项重要发现和研究成果分别入选2000、2003和2005年度“中国基础研究十大新闻”或“中国十大科技进展新闻”。

#### 5 史前华南海洋生物多样性演变

生物多样性不仅涉及动、植物的数量概念,更是一个事关人类生活和发展质量的大问题。学者们把今日生物多样性下跌与史前情况对比,期盼给人们以地史借鉴与自然启示。项目首次组织50位专家创建华南前寒武纪以来海洋生物化石数据库,据此完成“华南埃迪卡拉纪至三叠纪末期海洋生物属、科、目级多样性曲线图”,探讨重大地史时期生物多样性变化的特征和型式。在埃迪卡拉纪至三叠纪末的4.3亿年里,华南海洋生物多样性演变既与全球同步,又具有与全球框架不同的区域特色,共识别出6次多样性峰值,包括3次大辐射事件(寒武纪早期、奥陶纪早-中期和中三叠世)和3次正常辐射事件(志留纪Llandovery世中晚期、早泥盆世晚期-中泥盆世和二叠纪中晚期);对华南新元古代末期到中生代早期海洋生物多样性变化,以6大时间段做了详细分析和总结,为进一步了解地球生命史提供重要实际资料,也为现代地球生存环境提供地史借鉴。

#### 6 年代地层学研究的重要进展

精确的年代地层研究是本项目工作的重要基础,项目组成员在多年努力的基础上,取得了多项具国际水平的研究成果,突出的进展包括:确立寒武系芙蓉统排碧阶、二叠系乐平统和长兴阶底界的全球界线层型(“金钉子”),并已列入“国际年代地层表”;上奥陶统底界全球辅助界线层型、上奥陶统赫南特阶全球界线层型分别获得国际地层委员会的通过;寒武系四分方案也被国际地层委员会采用,列入最新公布的“国际年代地层表”,改变了延续170多年的国际寒武系三分的传统方案。