

古生物学的发展趋势及研究热点

古生物学(Palaeontology)是研究地质历史时期的生物界及其发展的科学,旨在探索生命起源、发展及其与环境的协同演化,确定地层的顺序、时代,了解地壳发展的历史,推断地史时期水陆分布、气候变迁和沉积矿产形成与分布的规律。研究范围包括各地史时期地层中保存的生物遗体、遗迹及一切与生命活动有关的地质记录。具体研究内容分2个方面:①生物学方面,研究生物体的形态、结构、构造、分类、个体发育和系统发生、生物演变对环境的适应,乃至生物的生理和生物化学等;②地质学方面,研究古生物的地质时间含义、古生物的兴衰与迁移、古生物地理、古生物与能源和矿产资源等。从古生物学发展历史看,目前主要朝着2个方向发展:描述古生物学方向,主要研究古生物化石的形态特征、分类位置及其时代分布和生态特征;理论古生物学方向,主要研究古生物的起源、进化方式、进化速率和进化机制等。

中国是拥有地质历史时期最为完整的地层和古生物记录的地区之一,沉积类型多样,化石资源丰富,具有独一无二的自然条件优势。中国是当今国际古生物学研究最关键和最具潜力的地区,世界上许多重要古生物学的理论探究和全球重大地质问题的解决,都有赖于中国古生物资料的发现和研究。

1) 元古代生物演化。地球早期生命的研究在中国具有很好的发展前景,中国华北地台具有跨越古太古代和早、中元古代连续沉积岩层,在探讨真核生物的起源及其环境背景、真核生物的早期辐射方面具有很好的潜力。中国扬子地台和新疆等地广泛发育了新元古代至早寒武世未变质的沉积岩石并保存了丰富的化石资源,一些特殊埋藏的化石生物群,如瓮安生物群、庙河生物群、蓝田植物群和高家山动物群等,是地球上真核生物多细胞化和早期适应辐射的见证。珍稀化石是人类认识地球上生物进化最直观的证据,因此,应重视挖掘和研究生物进化关键环节的化石类群,应用Micro-CT、TEM、软X-ray、GC-IRMS等物理学方法进行化石分析,利用地球化学方法评估环境因素的影响,以深入探索真核生物起源、多细胞生物的起源和辐射、早期生态系统的演化、生物和环境的协调演化等。

2) 寒武纪大爆发。在生命历史中,几乎所有动物基本门类在寒武纪早期一个很短的时间内快速起源的生物演化事件被称之为“寒武纪大爆发”。动物起源和寒武纪大爆发的过程和发生机制被列为当今自然科学十大谜题之一。从目前的国际研究态势看,寒武纪大爆发研究涉及分子和基因、发育生物学、生物系统学、古生物学、地球科学等学科,须多学科交叉,将生物演化作为地球系统演化的一个子系统,开展全球性的综合研究;应依赖中国寒武纪大爆发前后独特的地层和古生物的材料优势,继续加强这一时期化石的系统发掘,采取新的技术和方法开展系统的化石分类和系统学研究,揭示不同动物类群的祖先类型、起源时间、早期演化的具体过程,并结合现代系统生物学、发育生物学开展关键演化过程的理论模型研究;鉴于埃迪卡拉纪-寒武纪早期全球年代地层标准缺失,建立可靠且精确的全球年代标准是寻找这一地质时期环境和生命演化相互关系正确答案的当务之急;在高精度年代地层框架下,通过系统的化石分类修订,开展各类化石的地层延

续时限的研究,建立和完善寒武纪大爆发时期全球化石数据库,论证寒武纪大爆发过程是否存在阶段性辐射和灭绝事件;开展动物起源和早期演化的环境背景研究,将寒武纪大爆发与前寒武纪-寒武纪转换时期岩石圈运动、古地理变迁、气候变化、海水成分演化及地球化学循环过程中的全球性异常事件等联系起来,探讨这一时期大气、海洋、生物、岩石圈演化之间的相互作用过程。

3) 奥陶纪生物大辐射。在4.88亿~4.44亿年的奥陶纪期间,海洋生物多样性发生了自地球生命形成以来的最大的一次爆发式增加。奥陶纪生物大辐射对地球海洋生命系统的形成发展意义重大,其研究是国际奥陶系研究的热点之一。为全面准确地揭示奥陶纪生物大辐射事件的实质及其来龙去脉,应重视全球奥陶纪地层的详细发掘及深入研究,统计分析生物多样性及其演变,全面揭示生命过程的真实面貌;考察寒武纪末、奥陶纪初海洋生物多样性及其演变,以研究寒武纪演化动物群与古生代演化动物群的衔接;考察奥陶纪末大灭绝和志留纪初复苏与再次辐射,以探索奥陶纪生物大辐射对古生代演化动物群起源与早期演化的意义;应重视高分辨率地识别地球环境及其演变,并在统一的时间框架内,将生物多样性的演变与环境的演变对应起来深层次探讨生物与环境的协同演变。进一步研究中,需要更多地方性、区域性的高分辨率的实例研究,也需要在4亿多年前的全球大背景下探索总体演变规律;需要分门别类地揭示各自的演变过程,更需要将多门类的信息进行综合,探讨可能存在的宏观规律;需要深入研究生物本身的演变过程、系统发育规律,也需要利用多学科交叉综合的方法揭示其与环境背景之间的联系。

4) 生物大灭绝与复苏。生物大灭绝和复苏这一重大科学问题,主要研究地质历史时期和当今地球生物圈所发生的急剧性生物多样性变化事件,包括在相对较短的时间内,地球生物多样性或某一种重要生物门类发生大规模灭绝,以及生物遭受大灭绝以后又如何新生等。较之国外相关研究,中国在自然条件、精确的系统古生物研究、高分辨率生物地层等方面具有一定优势,但在与其他学科综合交叉的研究方面相对薄弱。未来几年应利用独特的自然条件优势,围绕着生命起源与演化这一永恒主题,剖析关键时期生物大灭绝的模式、规模、速度及其后的复苏与当时全球环境变化的关系,重点在显生宙关键时期重要类群的起源、演化和环境背景这一重要方向开展工作。应充分体现化石在决定地层时代中的作用,加强真正反映中国化石记录的数据库建设;在重视海洋生态系统和海相剖面研究的同时,加强陆地生态系统的崩溃与重建研究;重视对新元古代末、泥盆纪晚期、二叠纪前乐平世等不同关键时段生物灭绝事件的对比研究,加强大灭绝后的复苏、生物稳定期与波动期的转变及其机制、与海平面大规模升降、联合古大陆的形成和分解、冰期-间冰期的转换、大气和海洋物化性质改变时的响应机制的协同演化等研究。

5) 古生态学、古气候学、古生物地理学(简称“三古”)。“三古”研究的对象是地质历史时期石化的生物遗体、遗迹及其沉积围岩,从中提炼出有关古代生物生存环境及其演化过程的信息,从而解释古代生物的生活方式、生存条件及生境系统变化,阐明古代生

物与生境的关系、环境对生物的影响等,恢复地质时期的生态系统。“三古”总体的发展方向是高分辨率、定量化,从传统的古生物分支学科向地球生态系统科学发展,强调与沉积学、大地构造学、地球生物学、地球化学、同位素年代学等学科的交叉与合作。未来应充分发挥中国的地层古生物资源优势,积极推动各门类生物多样性数据库和地层数据库的建设,推广古生态学、古地理学、古气候学的综合定量化研究,加强地球系统科学新技术、新理论、新方法的应用,以对古环境、古生态的演化提出新的理论和认识。

6) 生物地层学与年代地层系统。生物地层学是运用生物进化的不可逆性和阶段性来研究地层的学科,其基本方法是根据地层中所含化石进行地层划分和对比。当前地层学的发展主要表现在依靠标准化石或生物群总体面貌及属种延限分布特征划分和对比地层、建立年代地层系统和地质年代表、研究沉积岩和沉积矿产的成因及分布3个方面。建立年代地层系统和地质年表是当前古生物学在地质学中应用最广、成效最显著的研究领域。自20世纪70年代以来,世界各国开展了通过确立一系列全球界线层型(即“金钉子”)的方式构建全球统一的年代地层系统的研究工作,迄今已确立60余个“金钉子”,其中9个确立在中国华南。应重视该方面的相关工作,尤其是对寒武系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系等“金钉子”尚未全部确立的层段积极开展研究,参与国际竞争,争取在中国建立新的“金钉子”。同时,应重视后层型研究和典型地区的精细剖析,利用古生物划分对比地层、沉积岩和沉积矿产的成因及分布等研究。

7) 宏体无脊椎动物古生物学。宏体无脊椎动物(包括珊瑚、三叶虫、叶肢介、昆虫、腹足类、双壳类、头足类、腕足类、笔石等)化石在古生物学研究中扮演着重要角色。应重视全面总结重要门类古生物的系统古生物学;建立各时代高分辨率生物地层框架;深入研究关键地史时期重要类群的多样性演变及其环境背景,探讨相关动物群的起源、大辐射、大灭绝和复苏等宏演化和古生物地理学意义;研究各时代、各门类化石的古地理、古气候、古生态学,重建各时代的海、陆相生态系统;推广居群概念及其研究方法,加强居群和个体发育的研究,提高化石分类和古生物演化研究的可靠性;发展数字古生物学,建立重要类群不同时空上的形态、演化、古生物系统、古生物地理、古气候和埋葬模型;运用观察和透视的新技术、新方法,揭示宏体无脊椎动物古生物的微观世界及其演化、功能和古环境意义,揭示化石元素的组成及其埋葬学意义;利用先进的地球化学分析方法,开展化石地球化学研究,获取古生态学和古环境信息,拓宽和提高化石的环境内涵和古地理、古气候、古生态研究的水平;运用分子生物学的方法,探讨宏体无脊椎古动物的起源、祖先、支序演化和分类等。

8) 古脊椎动物学。中国独有的地层和古生物资源分布及潜力,在解决脊椎动物重要类群起源和演化关键问题上具有不可替代的作用。应加强重要类群的起源与辐射、系统发育、关键特征的演化、个体发育、功能形态学、古组织学、脊椎动物古地理学、高精度地层学、生物与环境的相互作用、不同地质时期陆地生态系统的演化等方面的研究,重视用科学研究问题带动古脊椎动物学与分子生物学、发育生物学、古地磁学、年代地层学、稳定同位素地球化学、工程力学等的交叉,强化高精度CT扫描、同步辐射、三维复原等技术的运用,以促进化石分析、理论创新和系统集成。

9) 微体古生物学。微体古生物学主要研究形体微小的化石门类或大型生物的某些微小器官或组分。从发展方向看,未来应进一步开展微体古生物现代类群的分类、生态与沉积学研究;将地质演变与现代过程的微体化石证据或记录相结合,阐明气候环

境变化的新机制;从发展对策看,应发挥海洋微体古生物学在热带气候演变的沉积记录研究中的特殊作用,进行三维空间内的古海洋学再造,以期揭示低纬海洋从响应轨道驱动到能量输送格局的变化及其作用;通过微体古生物对深海过程的生态与沉积响应研究,揭示并建立更加详细可靠的古海洋和古气候学替代性指标;加强中国海域的微体古生物地层学研究,提高海相地层的年龄分辨率与可靠性;加强中国海域与世界大洋或不同海区的微体古生物分类学研究与生态环境对比分析,推动微体古生物学对地球环境演化过程理论研究的应用;加强对海洋微体古生物某些特征种群或类群生存环境的营养盐、化学、物理条件及其边界特征的观测与分析,为解释地质历史中的生物演化、绝灭或消失的理论机制提供科学依据与思路;重视微体古生物学的综合研究,以探索地质历史中的时间,了解和推测未来环境发展对人类生存环境的影响;重视地质历史中有机质的形成与微体生物演化的联系,促进了解生油环境和有机岩的埋藏条件;进一步发掘微体化石中的环境信息,以得出古海洋、古湖泊、古盐度和古温度等替代指标;对青藏高原等一些构造复杂地区,加强放射虫、有孔虫、超微化石等具有独特优势的微体古生物门类的研究,以解决一些疑难的地层和构造问题。

10) 古植物学。古植物学主要研究植物化石的形态解剖、系统分类、生态环境和各门类植物的起源、发展、演化以及它们在地质时代的时空分布和生态环境等。早期陆生维管植物研究方面,应重视志留-泥盆纪系统古植物学、志留-泥盆纪系统古植物地理学、早期陆生维管植物起源和早期分异、早期陆生维管植物植被面貌、志留-泥盆纪地球大气圈大气CO₂浓度演替过程、泥盆纪地球岩石圈表层古土壤的演变、志留-泥盆纪地球陆地生态系统中特殊环境的分析等研究;华夏植物群研究方面,应重视高精度地层框架、数据库建设、系统古生物学研究、冰室-温室转换背景下中国晚古生代植物群及其生态系统研究等;中生代植物学研究方面,应重视中生代典型真蕨植物的系统学和多样性演化研究(重点对合囊蕨科、马通科、双扇蕨科、里白科、紫萁科、蚌壳蕨科等中生代典型真蕨植物开展系统解剖、多样性及宏演化3个层次、纵横结合的综合研究)、重要裸子植物化石类群的系统演化与起源、植物化石原位孢子与角质层超微结构、裸子植物气孔参数与古大气CO₂浓度重建、中生代陆相生态系统的植被演替/气候事件与环境演化研究等;新生代植物研究方面,应重视揭示植物演化及其反映的环境/气候演变过程和规律、新生代植物化石与气候变化、古大气CO₂浓度及其温室气候变化、新生代植物类群及其系统演化、青藏高原及其横断山区植物群研究等;被子植物起源与早期演化研究方面,应重视在前白垩纪地层(主要是侏罗系)寻找更原始或相当较为原始的被子植物化石、加强原位花粉/胚珠和心皮结构研究、加强对中国东北部地区及亚洲东部中生代古地理/古气候及地层对比等领域的研究等。

11) 古人类学。古人类学是研究人类及其近亲起源与演化的学科。未来研究中,应继续寻找关键古人类化石及相关资源,加强对重点古人类遗址的研究、重视关键材料的获取和对积累材料信息的系统精细提取和加工集成、重视高科技手段的运用和新分支领域的催生、重视从不同学科角度及手段破解和论证重大科学问题等。

注:本文据《古生物学学科发展报告(2009-2010)》编写,详细内容请参见“中国古生物学会编著,古生物学学科发展报告(2009-2010)[M].北京:中国科学技术出版社,2010”。

(责任编辑 陈广仁)