**“寒武纪大爆发时期生态系统演化”重大项目指南**

动物门类在前寒武纪至寒武纪过渡时期(约5.6-5.2亿年前)首次在地球上大量出现，这一重大生命演化事件被称为寒武纪大爆发：在不到地球历史1%的时间里，诞生了绝大多数动物门类。早在达尔文时代，科学家们就已经认识到动物门类在寒武纪突然出现的现象，1948年P.E. Cloud将之定性为爆发式演化事件，直至今天，寒武纪大爆发仍然是自然科学领域的前沿课题。2015年，英国经济学人杂志发表重大科学难题系列文章，将寒武纪大爆发列为6大自然科学难题之一。为什么动物门类在这个时候大规模爆发式出现？寒武纪大爆发的原因到底是什么？围绕这个问题，过去主要做了两方面工作：一方面古生物学家发现化石，研究寒武纪大爆发时期动物门类的多样性，揭示它们之间的演化关系；另一方面，古环境科学家，主要利用地球化学手段研究海洋氧化还原条件的变化，探讨寒武纪大爆发的原因。

　　然而，海洋生态系统是由生物和环境构成的统一整体，具有复杂的物质和能量流动途径。在这个统一整体中，生物之间、生物与环境之间相互影响、相互制约，并在一定时期内处于相对稳定的动态平衡状态。以往主要关注生态系统内的消费者动物门类起源演化和环境变化（氧）两个方面，没有将生物与环境作为统一整体来研究生态系统的演化。生态系统内的生产者和分解者的构成、物质循环等研究还未开展。环境变化研究不够全面，对氧之外的其它环境因素研究不够充分。可见，目前对寒武纪大爆发的研究存在严重的局限性。要解决这一重大科学问题，需要考虑生态系统的整体演化，组建涵盖古生物学、地层学、地质微生物学、地球化学和沉积学等多学科人才团队，开展全面系统的研究，揭示寒武纪大爆发时期生态系统的时空变化规律。

**一、科学目标**

　　以寒武纪大爆发时期（埃迪卡拉纪晚期至寒武纪早期）不同沉积相区、环境、生物演化阶段的代表性生物群和岩性段为研究对象，以生物化石带为时间标尺，揭示生态系统的结构、环境演化特征和生物地球化学过程，探讨寒武纪大爆发时期生态系统在时间和空间上的差异性，重建演化过程。

**二、研究内容**

　　（一）环境变化研究。

　　大气氧变化、大陆风化、古海洋化学演化是紧密相关的联动体系，也是制约生物演化的关键环境因素。针对每一目标生物群或岩性段，开展沉积环境、生物生存环境和化石埋藏环境的整体研究。通过沉积学和成岩作用研究分别解决生物群的沉积环境、化石的埋藏和矿化保存过程等相关问题；利用Mo、Cd、Zn、Cr、Li、Mg、Fe、U 等非传统稳定同位素构建寒武纪大爆发时期不同深度海水的高分辨率同位素变化曲线，示踪海洋氧化还原条件、古海洋生产力、大陆风化强度，揭示海水化学条件特征及演化；以实体化石的团簇同位素和B同位素来估算海水温度和酸度的变化；以多硫同位素的时空变化来定量估算海洋中硫酸盐含量的变化从而探讨其对大气氧变化的指示意义。在综合各项实测数据的基础上，定量模拟寒武纪生命大爆发的环境制约因素。

　　（二）生物地球化学循环研究。

　　C、N、P、S是生命必需的元素，其生物地球化学循环直接影响陆地风化、海洋和大气化学组成的变化，对生命演化产生重要影响。在C循环研究中，将高精度C同位素测试与沉积相结合重建海洋中碳循环的时、空变化，评估寒武纪大爆发时期碳同位素在时间上的变化规律，重点研究C循环时空演化的模拟特征及其对有机质埋藏和大气环境变化的指示意义。在研究N循环方面，不仅关注传统的15N测试, 而且将开展生物标记物卟啉的15N工作，提升对N循环途径和过程的认识。在研究S循环方面，精确测定32S、33S、34S、36S四种S的稳定同位素，为研究寒武纪海洋中的S循环打开新的思路。另外，结合生物沉积物指标、古生物指标、微量元素指标（Ba、Mo、I/Ca等）等综合研究C、N、P、S等重要生命元素在生态系统内的循环途径和过程及其环境意义。

　　（三）菌藻类微生物记录研究（生态系统内的生产者和分解者）。

　　菌藻类微生物代表系统内的生产者和分解者，在地质记录中可以保存为实体化石或分子化石。菌藻类微生物的矿化作用和地质作用可以形成微纳米尺寸的微生物矿物化石，或肉眼可见的微生物岩和微生物沉积构造；不同种类微生物的新陈代谢活动也可以在地层里留下特征同位素和分子标志化合物等记录。通过对这些地质记录的研究，可以获得微生物的种类多样性及其分布规律、微生物功能群的发展与演替和微生物矿化作用种类及强度等信息，从而评估整个生态系统中微生物活动对能量和物质循环的贡献，以及对化石保存的影响作用等。此外，微生物矿物化石和分子化石能指示特殊的微生物功能群及其生存微环境，微生物岩和微生物沉积构造既可指示微生物生存环境，也可以反映沉积环境的物化条件。

　　（四）动物生态类型多样性及其营养结构研究。

　　澄江生物群和布尔吉斯页岩生物群的生态类型和营养结构揭示了寒武纪群落生态的复杂性。然而，前寒武纪-寒武纪其它不同时期生物群的相关研究鲜有报道。为了解析寒武纪生态系统的演化过程，需要在早期生物多样性和谱系演化研究的基础之上，对寒武纪不同时间段内动物的生活方式（游泳、表栖、表栖固着、内栖活动、内栖固着）和营养结构（Tierings）进行系统研究，并以寒武纪特异保存的动物群为线索，探索寒武纪群落演化过程的非生物因素（如：温度、底质和盐度）和生物因素（捕食、共栖、寄生、共生、结壳和幼体），揭示寒武纪生态系统中动物群落结构的复杂性、演化过程和驱动力。

　　（五）动物门类多样性起源演化研究。

　　现生动物界有38个动物门类，在寒武纪大爆发时期已发现20个现生动物门类和6个绝灭动物门类，还有18个现生动物门类是否在寒武纪大爆发时期出现有待证实。另外，动物各大门类内部各类群的起源演化也同样重要，需要深入研究。这项研究的总体思路是利用我国及世界其它地区新元古代至寒武纪地层中丰富的化石资源，开展后生动物三个亚界四大类群的早期分支演化研究，全面揭示寒武纪大爆发时期动物门类的多样性和各门类的辐射演化，深入探讨动物门类阶段性演化与生态系统演化的对应关系。在此基础之上，综合分析各项数据，总结生态系统在时间和空间上的差异性，重建寒武纪大爆发时期生态系统的演化过程。

**三、申请注意事项**

　　（一）申请书的附注说明选择“寒武纪大爆发时期生态系统演化”。

　　（二）申请人申请的直接费用预算不得超过2000万元/项（含2000万元/项）。

　　（三）本项目由地球科学部负责受理。