**“海洋荒漠生物泵固碳机理及增汇潜力”重大项目指南**

碳循环是地球气候系统的核心调控因素之一。工业革命以来，化石燃料燃烧等人为活动显著改变了大气圈的化学组分，加剧了当代气候的快速变化，碳循环研究因此成为目前地球科学最为活跃的领域之一，前沿热点问题包括大气、海洋和陆地圈层间及内部的碳通量、调控过程与机理，碳循环的模拟与预测等。此外，探索增汇途径也是学术界和各国政府关注的重大问题。

　　海洋是地表系统最大的碳储库，主要通过生物泵、溶解度泵和碳酸盐泵等机制吸收和储藏大气CO2。生物泵主要启动于真光层，指浮游植物通过光合作用将无机碳转化为有机碳并输送至深部海洋的过程，一直以来是海洋碳循环的核心研究内容。然而，目前对控制海洋生物泵的结构及其效率关键因子的认识仍然不足，也缺乏相应的理论框架，严重阻碍对海洋碳循环的模拟和预测，尤以寡营养海域的生物泵研究最为匮乏。

　　全球表层海洋面积近50%为低生物量的寡营养海域，通常称为“海洋荒漠”。尽管单位面积的生产力很低，然而海洋荒漠面积巨大，故而对全球海洋碳汇具有潜在的重要贡献，可能具有很大的增汇潜力。以全球最大的海洋荒漠区之一，北太平洋副热带流涡区（North Pacific Subtropical Gyre, NPSG）为例，其表层的营养盐浓度极低，以上层100米计，其硝酸盐储量仅为全球海洋的1.7%；相应地，表层叶绿素浓度也很低，年平均值在0.1 mg m-3以下。然而，NPSG却是全球海洋CO2的主要汇区之一。需要特别指出的是，已有研究表明，随着全球变暖的加剧，上层海洋层化增强，环流形态发生改变，海洋荒漠正在不断扩大，并伴随浮游植物群落结构的变迁。这一方面可能降低初级生产力和碳汇，但同时又可能增强固氮作用，进而增加碳汇，从而对预测海洋碳循环的演变提出了新的挑战。因此，加深对海洋荒漠生物泵过程与机理的认识，构架寡营养海域生物泵理论，是碳循环领域急需解决的一个重大问题，也是探讨海洋增汇潜力的科学基础，对预测全球海洋的变迁规律及其在地球气候系统中的作用具有重大意义。需要指出的是，海洋生物泵涉及一系列复杂的化学和生物过程，并受阳光辐射的强度和质量、海洋动力过程所调制，是一个需要多学科交叉、联合攻关的科学命题。

**一、科学目标**

　　以北太平洋副热带流涡区为研究区域，探究海洋荒漠区真光层的双层结构，即营养盐匮乏层和充足层的空间格局以及其中的生物泵结构、过程和机理，评估其在全球变化背景下的发展趋势。厘清营养盐匮乏层和充足层中常量和微量营养盐的来源、通量、结构及利用，解析其对浮游生物群落组成和初级生产力的调控机制，诠释真光层双层结构的输出生产力与生物泵效率的关键控制作用和机理、构架海洋荒漠区生物泵理论框架；在此基础上，构建并完善寡营养海域物理-生物地球化学耦合模式，评估海洋荒漠增汇潜力，为有效实施碳管理及制定相关应对策略与政策提供科学支撑。

**二、研究内容**

　　（一）海洋荒漠区真光层中常量和微量营养盐的来源、通量及结构。

　　研究真光层双层结构中源自大气沉降、固氮作用、陆源、岛屿和其他水团、扩散与平流从深部输入的N、P、Si、Fe等常量和微量营养盐的组分、通量及循环过程，估算溶解有机物的微生物矿化过程对再生营养盐的贡献，揭示上述不同的营养盐来源的空间分布和季节变化特征以及其时空格局的调控因子。

　　（二）海洋荒漠区真光层中固氮作用的限制因子以及固氮生物引入的氮（DDN）的归宿。

　　研究固氮生物群落结构和固氮速率受Fe、P等因子调控的空间格局和季节变化特征，探讨Fe和P的来源、通量和化学形态对固氮作用时空格局的影响，定量评估不同固氮生物类群对群落总固氮速率的贡献及其受Fe和P的调控，研究DDN被非固氮生物的利用和对输出生产力的贡献。

　　（三）海洋荒漠区真光层浮游生物群落和初级生产力的结构及控制机理。

　　研究真光层内浮游植物、细菌、浮游动物等主要浮游生物类群的群落结构及其时空变化特征和调控机制；研究初级生产力和细菌生产力及其时空变动和控制因子，测定高分辨的群落净生产力；定量研究各主要浮游生物类群之间的相互作用关系，探讨其对初级生产力的控制和对输出生产力的影响；发展基于浮游植物吸收光谱的初级生产力模型；建立基于浮游植物类群分辨的光合固碳量子产率并最终达到浮游植物分类群固碳遥感的目标，进而拓展研究NPSG初级生产的时空变异。

　　（四）海洋荒漠区真光层输出生产力和生物泵效率。

　　精准描述海洋荒漠区真光层深度，研究真光层内颗粒有机碳、氮、生源硅的生产与矿化、溶解通量，描绘三者输出通量的精细结构以及耦合与非耦合的内在机制，定量比较营养盐匮乏层和充足层的输出生产力；结合营养盐来源与输入通量以及浮游植物群落结构的变化，解析颗粒有机碳、氮、生源硅输出通量的调控机制。

　　（五）海洋荒漠区真光层生物泵过程模拟、变化趋势预估和增汇数值实验。

　　开展海洋荒漠区大尺度环流、中尺度与亚中尺度过程、湍流混合等关键物理过程与铁循环、固氮、固碳等关键生物地球化学过程的动态耦合模拟研究；揭示真光层双层结构下，上层海洋营养盐收支与输出生产力的多尺度变化规律与主控机制；对耦合模式进行情景模拟和分析，研究全球变化背景下的营养盐结构和输出生产力的变化；开展数值模拟实验，综合评估海洋施铁策略对NPSG碳汇能力的影响。

**三、申请注意事项**

　　（一）申请书的附注说明选择“海洋荒漠生物泵固碳机理及增汇潜力”。

　　（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。