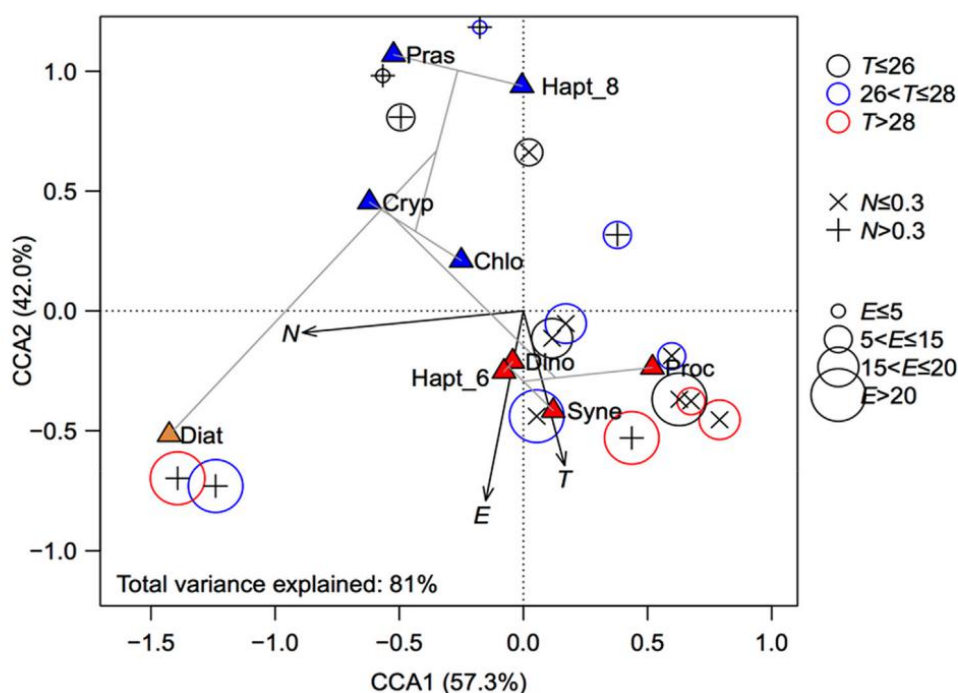


项目简报 NEWSLETTER

2019 年第 2 期 (总第 7 期)



封面故事

基于南海十年尺度的浮游植物群落生态学 (synecology) 数据集, 建立了一个由温度、光强和营养盐组成的图示化三维生态位周期表 (periodic table of niches), 将浮游植物群落组成与 15 个三维生态位相关联。该生态位周期表将浮游植物群落划分为三种类型: 高光高营养盐、冷型和暖型, 冷型浮游植物类群生态位通过光强进一步区分, 暖型类群的生态位通过营养盐进一步区分。通过三维生态位周期表可以预测浮游植物群落对气候变化的响应。

(详见第 4 页)

本期内容 (What is inside)

● 航次执行情况	2
● 研究亮点	4
● 学术交流	9
● 科普活动	11
● 后续工作概览	13



项目编号: 2016 YFA0601200
 微信公众号: MARCO_XMU
 地址: 厦门大学翔安校区金泉楼 A302
 邮编: 361102
 电话: 0592-2181151
 Email: lizhen8214@xmu.edu.cn
 网址: <http://marco2016.xmu.edu.cn>

MARCO 项目办公室主办
 2019 年 11 月 12 日

航次执行情况

2019年下半年，根据重点研发计划项目“海洋生态系统储碳过程的多尺度调控及其对全球变化的响应”的实施方案与共享航次机会，参加了共计4个调查航次。

航次名称	科考船	航次日期	参与人员	参与课题	组织形式
夏季 MARCO 航次	嘉庚号	2019年6月17日 -7月5日	33	1,2,3,4	独立组织
夏季 SEATS 航次	嘉庚号	2019年7月10日 -7月22日	2	1	联合组织
台湾海峡夏季航次	延平2号	2019年7月21日 -7月30日	8 11	1,2,3	共享航次
台湾海峡秋季航次	延平2号	2019年9月30日 -10月4日	5	1,2	共享航次



● 夏季 MARCO 项目科考航次

围绕边缘海生态系统的储碳过程与调控机制这一核心科学问题，通过开展陆架、陆坡与海盆生态系统的比较研究，阐明不同生态系统的固碳过程与储碳机制以及对海洋酸化的响应，同时探讨典型海洋沉积碳库的变动特征，项目组在2019年夏季组织了 MARCO 项目南海科学调查航次。

航次科研人员包括了本项目参加单位厦门大学、中国海洋大学、中科院广州地化所、中科院南海海洋研究所、香港大学等5家高校和研究所的33名科研人员，航次从6月17日开始，历时19天。航次共完成17个站位作业，CTD剖面作业133次，浮游动物多层网拖网80次，海底地质柱状采样10次，遥感光学作业25次，并开展了5次中尺度酸化围隔培养实验，超额完成即定任务。其中在南海海盆至珠江口断面完成4个时间连续站和8个常规站位，在重点关注海盆区域的 SEATS 时间序列站，项目开展了72小时拉格朗日水团追踪实验，开展了浮游生态系统各组分的生物量、群落结构、初级生产力、细菌生产力、群落呼吸等连续观测，成功完成沉积物捕获器布放与回收，开展了酸化中尺度围格培养、遥感光学和沉积物柱状样采集等多学科观测与实验内容。

航次执行情况



● 南海 SEATS 站航次

为了对南海海盆 SEATS 站进行长时间序列观测，同时关注南海北部陆坡区陆源颗粒物侧向传输对海盆区生物地球化学关键过程速率的影响，厦门大学组织共享航次于 2019 年 7 月 10 号-7 月 30 号期间（共计 20 天）对南海 SEATS 站及南海北部陆坡区进行观测。本项目组 2 人参与了本航次的现场调查任务，进行了初级生产力的测定、光合色素、叶绿素 a、FCM、浮游植物镜检等样品的采集以及表层浮游植物走航观测。

● 台湾海峡夏季航次

本航次的核心科学问题包括台湾海峡浮游生物群落时空演变及其对上升流和河口羽流耦合作用的响应、生物多样性与群落构建机制、人类活动影响下生物地球化学过程及其环境效应等。

第一航段共作业 10 天，7 月 21 日启航，7 月 30 日结束。来自厦门大学、中科院海洋研究所、华南师范大学、中山大学、泉州师范学院的 5 家高校和研究所 24 名科研人员（本项目 8 名）参加了本航段，共进行了 10 条常规断面的观测，同时在闽江口羽流区进行了加密采样观测。本项目开展的工作包括：采集了浮游植物（色素、叶绿素）、浮游动物、底栖动物的样品，同时采集了多种海洋化学参数，开展了浮游植物死亡实验、群落呼吸实验、单细胞水平碱性磷酸酶活性、微型生物生态功能研究等培养实验；同时本航段也开展了 ADCP、Ferrybox 等水动力、水质、生态环境参数走航观测。

第二航段共作业 10 天，8 月 17 日启航，8 月 29 日结束，本项目参加人员为 11 名。本航次通过 8 条断面的走航观测，确定了羽流-上升流耦合区域，之后在该区域进行了 48 小时的连续观测。本项目在航次期间开展了浮游植物死亡实验、营养盐加富实验、群落呼吸实验、单细胞水平碱性磷酸酶活性、微型生物生态功能研究等培养实验。

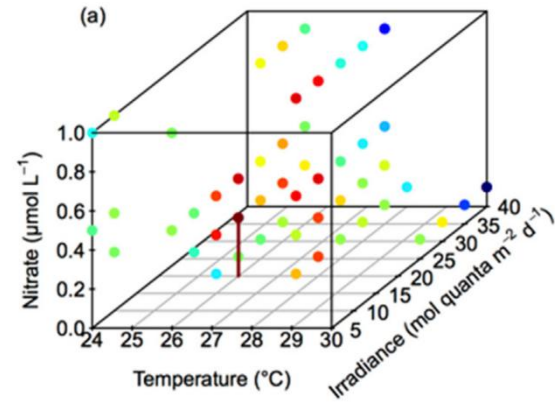


研究亮点

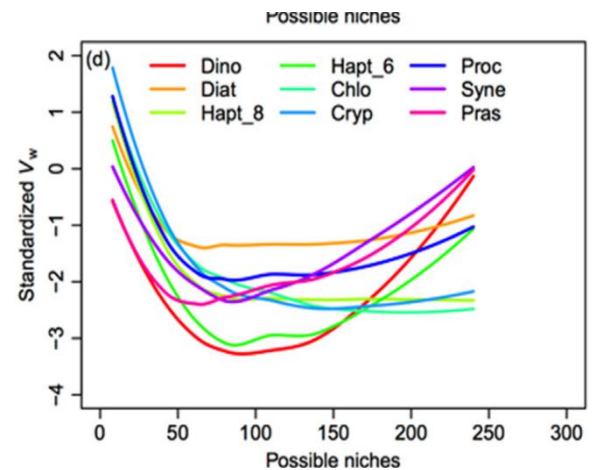
● 生态位周期表预测浮游植物群落对气候变化的响应

预测浮游植物群落对全球变暖的响应是生态预测的挑战之一，其中一个制约因素是缺乏适用于群落生态学的一般原则。该研究基于南海十年尺度的浮游植物群体生态学 (synecology) 数据集，开发选择最佳生态位数量和生态位边界的新方法，结合数据简化、排序和分类等多变量方法，建立了一个由温度、光强和营养盐组成的图示化三维生态位周期表 (periodic table of niches)，将浮游植物群落组成与 15 个三维生态位相关联。该生态位周期表将浮游植物群落划分为三种类型：高光高营养盐、冷型和暖型，其中冷型浮游植物类群的生态位主要通过光强区分，而暖型类群的生态位主要通过营养盐进一步分离。该生态位周期表符合一般生态学理论的假设，并证明以往的个体生态学 (autecology) 研究结论存在偏差。这种生态位周期表可用于预测浮游植物群落对气候变化的响应。

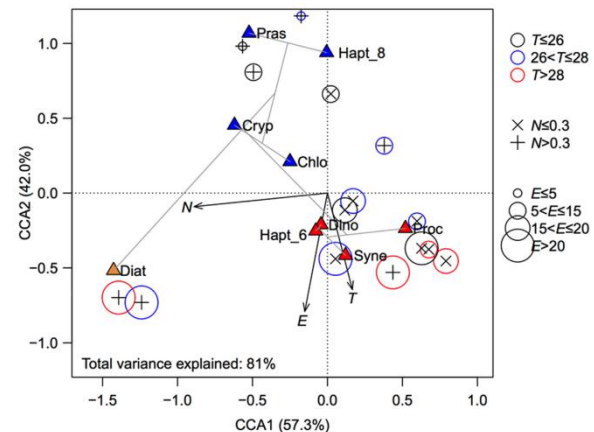
随着全球变暖，海洋上混合层温度和光强增高，营养盐减少，定鞭藻 8 型、青绿藻、隐藻和绿藻这几类冷型浮游植物的相对丰度会降低。硅藻的变化取决于营养条件，在高营养水体中，如近岸、强混合的陆架以及富营养的羽流（亦称冲淡水），硅藻会受益于光强的升高，而在中营养和寡营养水体中，如层化的陆架和寡营养的外海水，其相对丰度都会随营养盐的进一步下降而降低。原绿球藻、聚球藻、甲藻和定鞭藻 6 型这几类暖型浮游植物的相对丰度会升高。其中原绿球藻和聚球藻可能受益最明显，这两大类群的相对竞争力也取决于环境条件。在中营养水体中，如层化的陆架、强混合的外海水以及中营养的羽流，聚球藻的优势大于原绿球藻，而在层化的寡营养水体中，原绿球藻的优势大于聚球藻。该成果发表于 *Water Research*。



确定生态位边界和创建多少生态位



最小标准化生态位方差与所有可能生态位数量之间的平滑曲线

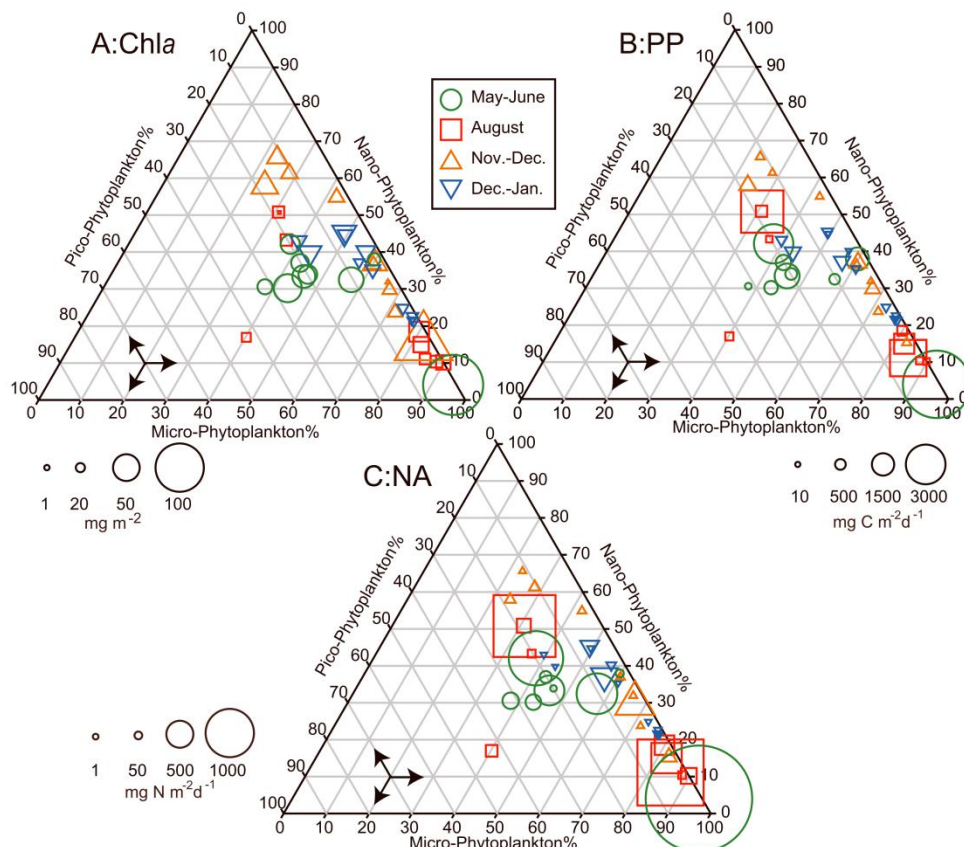


十五个三维生态位反映全球气候变化的影响

研究亮点

● 浮游植物叶绿素与初级生产力季节差异性研究

浮游植物叶绿素 a (Chla)、初级生产力 (PP) 和营养盐吸收速率是海洋生物地球化学研究中的重要参数。然而，它们之间的关系具有许多不确定性，这些不确定性反映了对生态系统动态的基本理解上的差距。在这项成果中，项目组第一课题组同时测量了在不同季节航次东海陆架生态系统 (ECS) 的初级生产力 (PP) 和硝酸盐同化速率 (NA) 以及营养盐、颗粒有机碳浓度、浮游植物 Chla、色素和碳生物量的估计浓度。这些参数具有较大的空间变异，不同水团浮游植物 Chla 和 PP 的季节变化规律不同。本研究及前人工作结果表明，近岸海域 Chla 和 PP 的季节变化相似，而远岸海域则相反。在夏季，在外海水域，存在与低 Chla 浓度相关的高 PP 和 NA 斑块分布；冬季则相反。PP 和 Chla 模式有一个不同步的全球趋势。这种非同步性主要反映在光照、温度和营养盐共同作用下 C:Chla 比值的季节变化上。夏季浮游微动物的强摄食压力可能是导致生态系统高产量、低生物量的主要原因；同时，PP 与 NA 之间的显著相关性表明，ECS 中 PP 的变化主要受硝酸盐吸收的驱动，而高浓度的氨氮可能会抑制硝酸盐吸收。该成果发表于 *JGR Biogeoscience*。

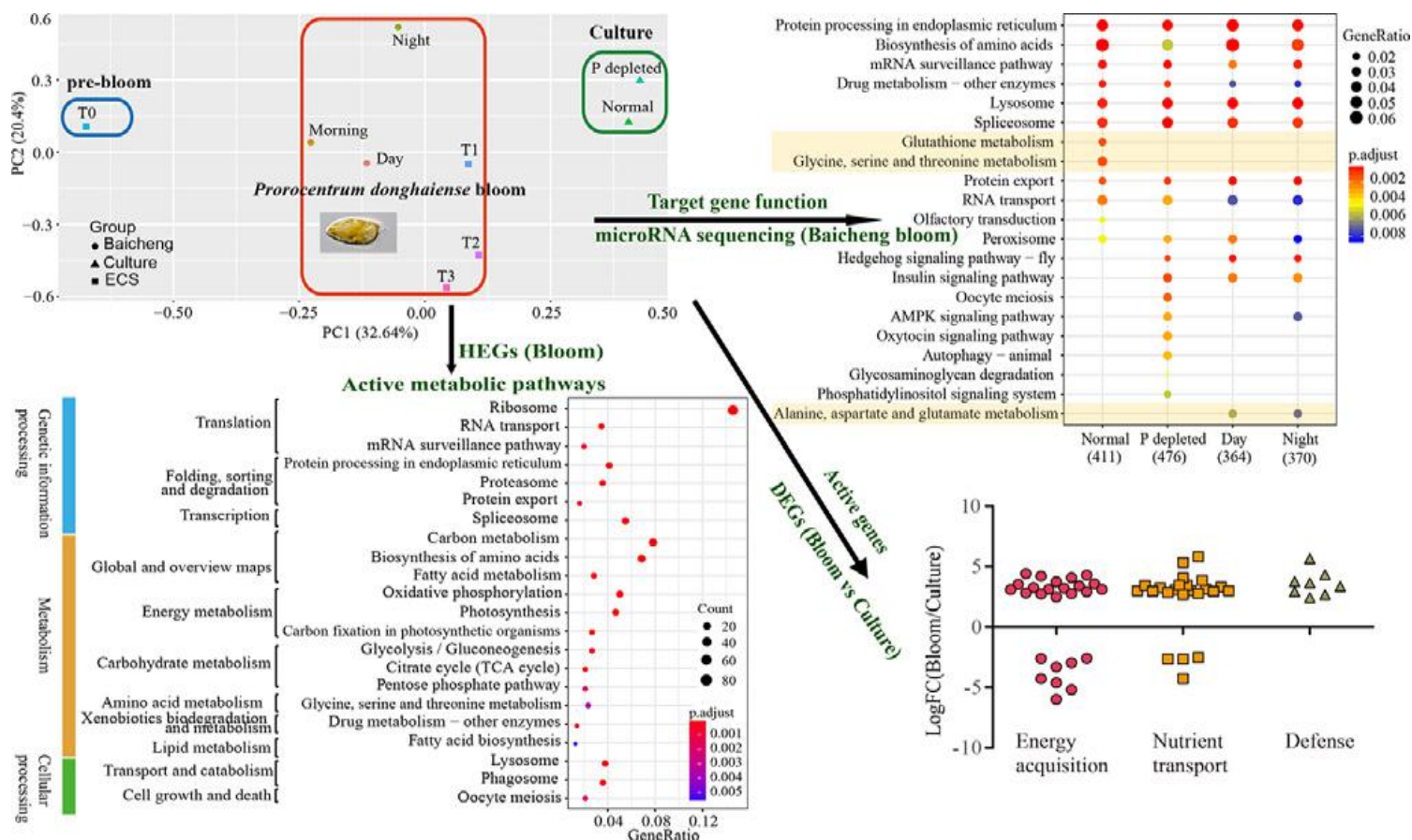


叶绿素、初级生产力、营养盐同化速率作为浮游植物群落功能的重要特征

研究亮点

● 比较转录组分析和 microRNA 测序揭示甲藻相关的活性代谢途径

由于全球气候和环境的变化，有害藻华的数量不断增加，对水生生态系统、沿海经济和人类健康的影响越来越大。尽管进行了大量的研究工作，对赤潮成因的认识仍然有限，部分原因是赤潮物种的生理学很难进行原位探测。第二课题组林森杰团队利用分子生态学和组学方法对甲藻藻华进行了研究。研究发现，东海原甲藻在藻华期间高表达与 N、P 营养吸收、吞噬、能量代谢（光合作用、氧化磷酸化、视紫红质）和碳水化合物代谢（糖酵解/糖异生、TCA 循环和戊糖磷酸）有关的基因，许多基因在夜间被上调，包括吞噬功能和环境通讯基因，并在有丝分裂过程中表达活跃。与之前分析的实验室培养相比，微生物防御基因在藻华期上调。这些发现表明了东海原甲藻主要的代谢过程对藻华的形成具有重要意义，并为深入了解重要浮游植物种类的生态功能以及后续开发藻华分子标记提供了基础。该成果发表于 *Science of the Total Environment*。

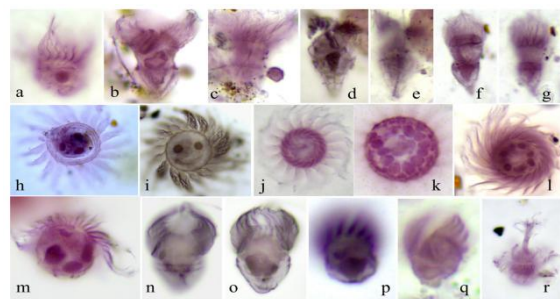


东海原甲藻在藻华期间高度表达营养吸收、吞噬、能量代谢和碳水化合物相关基因

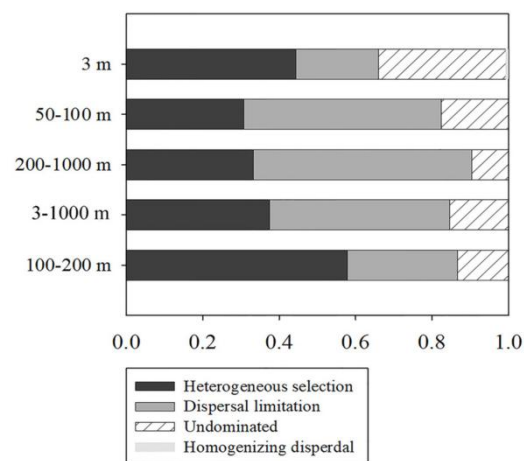
研究亮点

● 南海北部纤毛虫群落结构及控制因素研究

海洋微型浮游动物是海洋生物泵的重要环节之一，但是目前对中上层水体微型浮游动物特别是纤毛虫多样性及与时空变化的关系知之甚少。第二课题组孙萍博士采用结合高通量 cDNA 测序和蛋白银染色的综合方法，分析了南海近岸到远海纤毛虫群落。中上层海水具有较丰富的 α 多样性，并在与真光层的界面出现高多样性。与东北太平洋和西太平洋的对比表明，在垂直分布是一致的。中层纤毛虫具有明显的群落结构特征，没有明显的季节性差异。深度是影响纤毛虫群落的最主要因素，系统发育模拟分析表明，57.1%和 33.3%的中上层群落变异分别受到扩散限制和异质选择的控制，可能由水柱显著的环境梯度所致，也说明纤毛虫群落结构主要受随机过程控制。该成果发表于 *Frontier in Microbiology*。



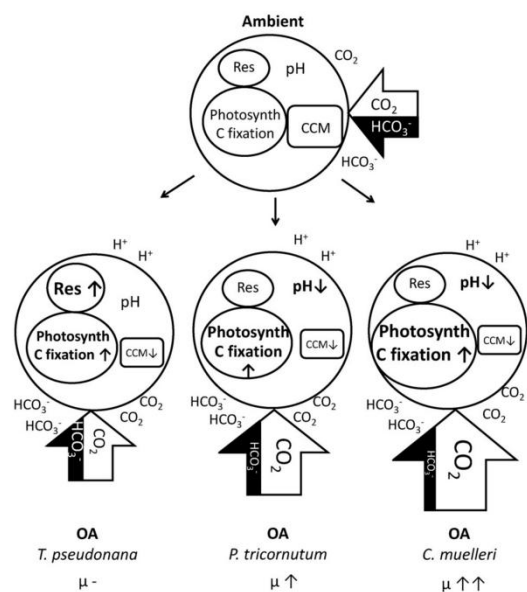
蛋白银染色的南海纤毛虫形态



不同水层的纤毛虫群落结构受环境因素控制

● 硅藻对酸化的生理响应机制研究

第三课题组史大林团队，通过模拟培养实验，研究酸化条件下海水 pCO_2 和 pH 单独及协同影响硅藻的二氧化碳浓缩机制 (CCMs)、光合作用和呼吸作用。对三种硅藻的研究发现，碳酸化降低了 CCMs，而酸化提高了光合固碳速率和作为无机碳源的 CO_2 含量。光合固碳的正效应在对 CO_2 的光合亲和力相对较低的牟氏角毛藻和三角褐指藻中更为明显。在酸化条件下，假矮海链藻通过主动处理 H^+ 来增加呼吸以维持细胞内 pH 值，而三角褐指藻和牟氏角毛藻则通过降低细胞内 pH 值来维持 H^+ 流出的跨膜电化学梯度。三种硅藻光合固碳和呼吸对酸化响应的净效应，依次为牟氏角毛藻 > 三角褐指藻 > 假矮海链藻。这项研究表明，阐明 pCO_2 升高和 pH 降低的单独和协同效应有助于从机理上理解未来酸化海洋中硅藻的生态作用。该成果发表于 *Journal of Phycology*。

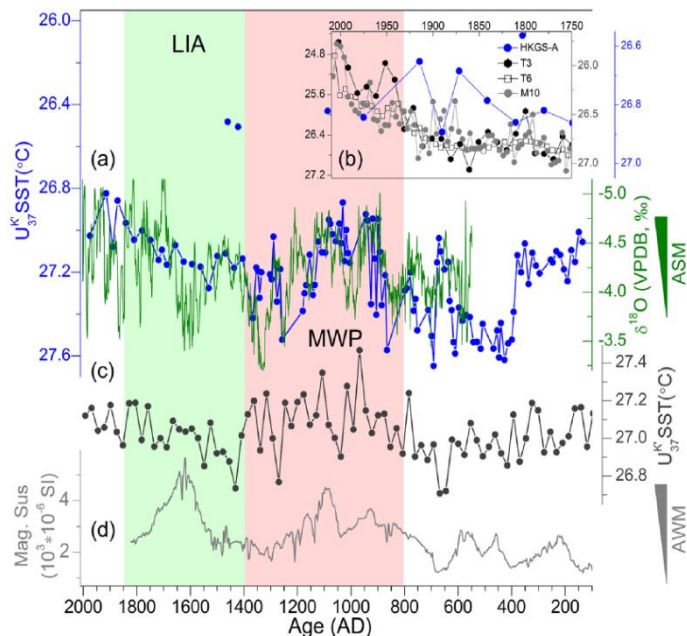


酸化条件下三种硅藻对光合碳固定、 C_i 吸收、呼吸、CCM 和细胞内 pH 值的不同反应示意图

研究亮点

● 南海北部二千年海温与上升流关系研究

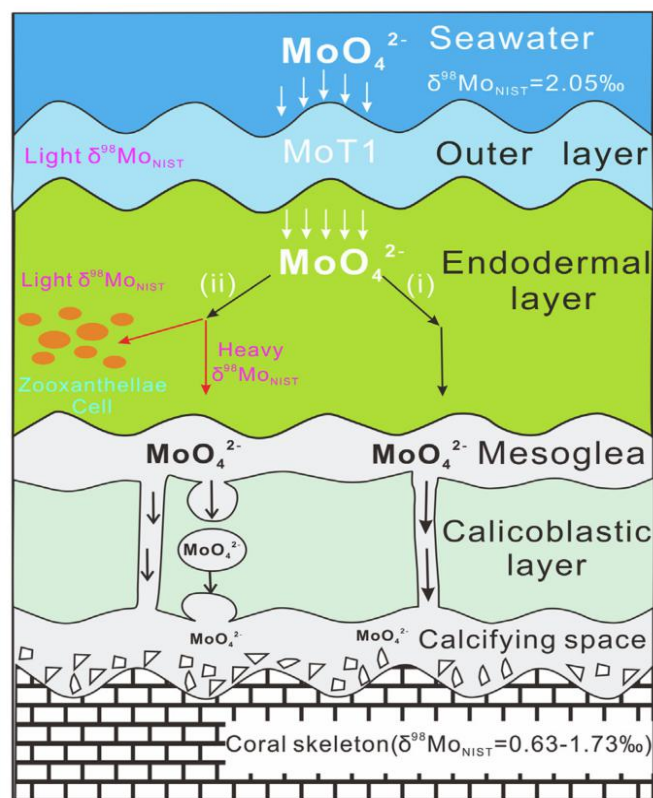
南海位于印度洋-太平洋暖池 (IPWP) 以北, 受亚洲季风系统的强烈影响。然而, 来自南海的海温 (SST) 记录仍然很少, 这对于探索自然驱动与人类活动影响下海洋生态系统固碳记录研究具有重要意义。第四课题组使用在南海北部近岸收集的沉积物柱芯样品来研究过去两千年中的烷酮海温变化。在多个百年时间尺度上, 记录的海温变化与北半球温度和太阳辐照度的变化模式相反, 如中世纪暖期相对较冷的海温 (MWP) 和小冰期 (LIA) 的温暖条件。因此, 课题组认为近 2000 年区域 SST 变化是风驱动的沿海上升流加强 (减弱) 的结果, 与亚洲夏季风强度在 MWP (LIA) 期间的变化显著相关有关。该成果发表于 *The Holocene*。



南海北部近岸岩芯获得的海温变化记录与亚洲季风地质指标比较

● 珊瑚钼同位素对生物活性指示研究

第四课题组研究了大堡礁与南海北部海域珊瑚礁生物碳酸盐中钼同位素 ($\delta^{98}\text{Mo}_{\text{NIST}}$) 的分馏作用, 并评估了其作为珊瑚骨骼中环境和生物过程指示物的可行性。大堡礁珊瑚骨架中的钼同位素 ($\delta^{98}\text{Mo}_{\text{NIST}}$) 较海水轻, 变化幅度较大, 从 0.63‰ 到 1.73‰, 平均为 1.29‰, 并且 $\delta^{98}\text{Mo}_{\text{NIST}}$ 与海表温度 (SST_{cal}) 有显著的关系, 结果表明, 温度介导的珊瑚虫生物活性会对珊瑚 $\delta^{98}\text{Mo}_{\text{NIST}}$ 分子产生调节作用。课题组提出了一个生物分馏模型来解释共生的虫黄藻如何在珊瑚中产生显著的 Mo 同位素组成变化。该成果发表于 *Geochimica et Cosmochimica Acta*。



钼进入珊瑚骨架及其在珊瑚组织层中同位素分馏的假设途径

学术交流

项目研讨会

2019.05 项目研讨会
广州 项目组召开了 2019 年度学术研讨会暨夏季航次协调会，交流项目研究进展，讨论研究亮点，拟定夏季南海调查航次计划。

项目研讨会围绕项目的三个科学问题，即（1）海洋生态系统群落结构、固碳与储碳，（2）海洋酸化对生态系统固碳与储碳的影响，以及（3）海洋储碳沉积记录，汇报交流了 2018-2019 年度的研究进展与亮点。专家组充分肯定了项目和各课题进展，并从重大成果集成凝练、创新性的体现、课题间交叉合作等方面提出了许多建议性的意见。





学术交流

学术会议与交流

- 2019.06**
- 厦门** 美国路易安娜州立大学 Edward Laws 教授在厦门大学与黄邦钦合作开展海洋生态系统固碳与生物泵研究
 - 马来西亚** 黄邦钦、林森杰参加第三届南中国海大会 (SCS 2019)，作口头报告
 - 德国** 商少凌参加欧洲激光与电光会议和国际量子电子学会议 (CLEO/Europe -IQEC)
- 2019.07**
- 英国** 林森杰参加 Life Sciences (EMBO) 2019 Workshop/Conference，作口头报告
 - 香港** 徐杰课题组何茂求参加 Gordon Research Conferences: Marine Molecular Ecology
 - 新加坡** 徐杰参加亚洲大洋地球科学学会第十六届年会，并做口头报告
- 2019.08**
- 天津** 洪海征受邀参加第十届全国环境化学大会，做邀请报告
 - 青岛** 王大志等参加 International Conference on Genomics-Ocean (ICG-Ocean 2019)，作口头报告
- 2019.09**
- 三亚** 林森杰、李堂成等参加海峡两岸珊瑚礁研讨会
 - 青岛** 王大志等参加 International Conference on Genomics-Ocean (ICG-Ocean 2019)，作口头报告
 - 重庆** 史大林参加 2019 中国科协第 381 次青年科学家论坛-第十一届全国微生物青年学者学术研讨会，并做大会主旨报告
- 2019.10**
- 西宁** 史大林、戴荣波、郭王欢、林文芳参加第六届青年地学论坛
 - 厦门** 史大林邀请各高校及研究所 30 余位专家召开 BioGeoSCAPES 国际研究计划中国策划研讨会
 - 武汉** 黄邦钦、陈纪新、江艺勇等参加第八届海峡两岸海洋环境监测及预报技术研讨会
 - 西安** 柳中晖参加多尺度气候变化与动力学研讨会 (Multiscale Climate Variability and Dynamics Symposium)

科普教育



● 广州：中国科学院第二届科学节

2019年11月，徐杰课题组参与了由中国科学院南海海洋研究所主办的“中国科学院第二届科学节”——2019南海海洋所“与祖国同行 与科学共进”公众开放日活动，本次活动共有500余人前来南海海洋所参加活动。本次活动开放南海海洋生物标本馆、热带海洋环境国家重点实验室，并给予讲解，播放海洋知识影像片等经典的科普宣传活动，热带海洋环境国家重点实验室科普志愿者团队还策划开展了“海洋知多少”“小小科考队”“洋流拼图”等互动游戏，用不同的活动展示形式，吸引了市民的热情参与。市民通过参加不同环节的活动，在玩乐中感知并认识了海洋科学的不同研究领域特点，体会到了海洋科学的无穷魅力。



科普教育

● 厦门：第八届厦门大学海洋开放日

2019年11月，厦门大学黄邦钦、李忠平、林森杰、史大林、王大志等课题组积极参加由中国海洋科学卓越教育伙伴计划（COSEE China）与厦门大学联合主办的大型海洋知识科普活动：第八届厦门大学海洋开放日。各课题组根据各自研究方向与领域特长，设置不同主题与类型的科普教育节目。如黄邦钦课题组以“海洋浮游植物”为主题，设置了一系列展览形式例如海报、视频、互动游戏等向公众介绍了浮游植物的概念以及海洋生物泵的概念在应对气候变暖、环境恶化等胁迫时的功能与重要性；李忠平课题组光学海洋实验室（OOL）设置了“与光共舞”展位，通过模型展示、视频教育、互动实验，介绍海洋光学探测的神奇能力以及水色遥感在海洋科学研究与环境保护中的作用。本次活动共吸引了约6500名参访者参加，为公众揭开海洋科学神秘的面纱，吸引更多人热爱海洋、成为守护海洋的践行者。





后续工作概览

2019 年 11 月

厦门

拟召开 MARCO 项目航次数据分析及项目进展研讨会，汇报课题研究进展，以及后续研究计划，推进航次数据分析、交流、讨论数据集成方案，促进学科交叉和成果产出。

2020 年上半年

厦门、青岛、广州

拟通过召开不同专题的小型研讨会，推进项目不同课题间的学术交流与学科交叉，推动综合性论文的撰写。

2020 年 2 月

San Diego, USA

鼓励 MARCO 项目组成员参加国内、国际学术会议，宣传与交流项目成果，促进项目成果学术水平提升，如多位项目组成员拟参加 AGU 主办的 2020 海洋科学大会（Ocean Sciences Meeting）。