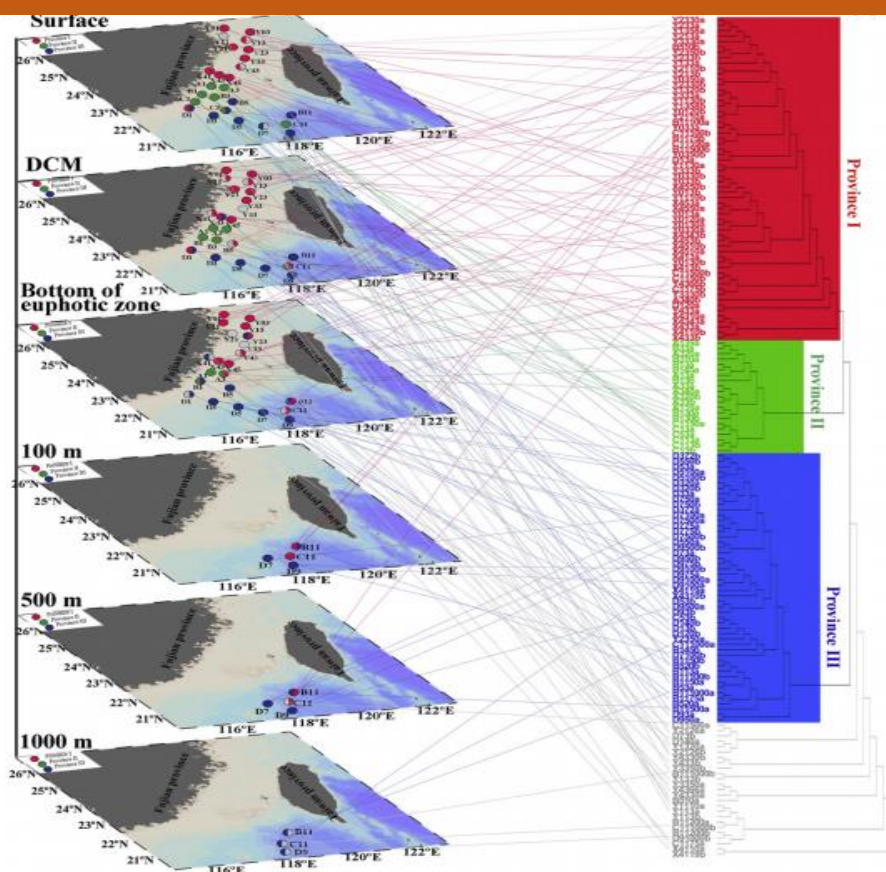


项目简报

NEWSLETTER

2020 年第 1 期（总第 8 期）



封面故事

水团驱动的空间效应和环境异质性塑造了微型浮游动物群落的生物地理学特征。使用 18S rRNA 基因转录的高通量测序方法，研究纤毛虫群落在南海北部及台湾海峡的多样性和分布格局，并将其分布与它们生活的水团和环境条件特征联系起来。采用基于典型对应分析 (CCA) 的方差分割分析 (VPA) 方法评估地理距离、深度、水团和环境条件对纤毛虫群落结构形成的重要性，量化分析主要生态过程（即选择、扩散和漂移）。

（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	8
● 后续工作概览	9

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

2020 年 6 月 10 日

航次执行情况



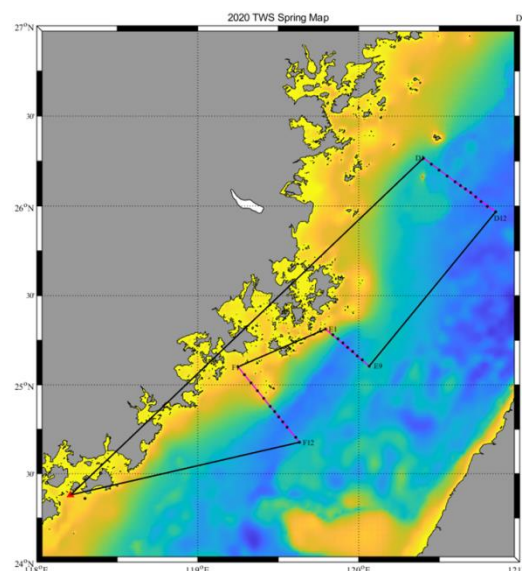
2020 年上半年，受新冠疫情影响，国内各个海洋调查研究航次的组织与人员安排均进行调整，项目组根据项目实施需求，在保障研究人员健康和充分落实防疫措施的前提下，组织研究人员于 4 月中旬至 5 月期间参加了 2 个调查航次。

航次名称	科考船	航次日期	参与人员	参与课题	继研式
台湾海峡春季航次	延平2号	2020年4月30日 -5月3日	3	1, 2	共享航次
南海中部海盆综合航次科学考察航次	嘉美号	2020年4月15日 -5月21日	4	1, 2	共享航次

● 台湾海峡春季航次

本航次的核心科学问题为台湾海峡春季浙闽沿岸流与台湾海峡暖流形成的锋面结构、过程及其生态系统效应。

项目组 3 位研究人员参加了本航次，针对春季锋面特征，在台湾海峡北部至中部三个加密断面开展了浮游生态系统各组分的生物量、群落结构、遗传多样性、细菌生产力、群落呼吸、细菌代谢、浮游植物/细菌胞外酶活性等生态参数的连续观测，并在航次全程开展水质与浮游植物走航（Ferrybox）观测。

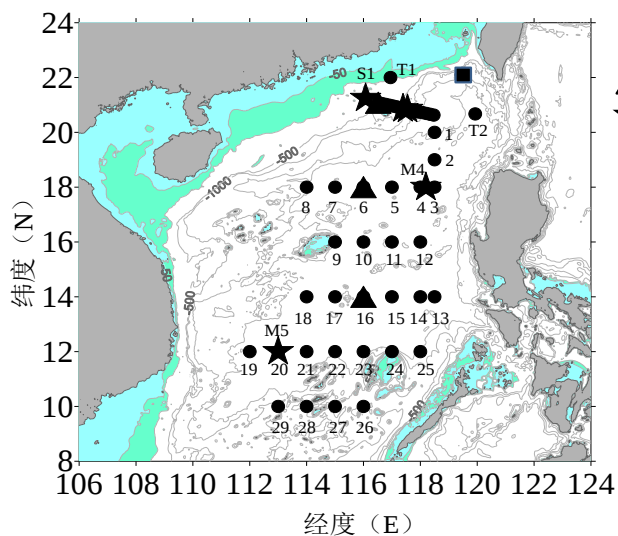


航次执行情况



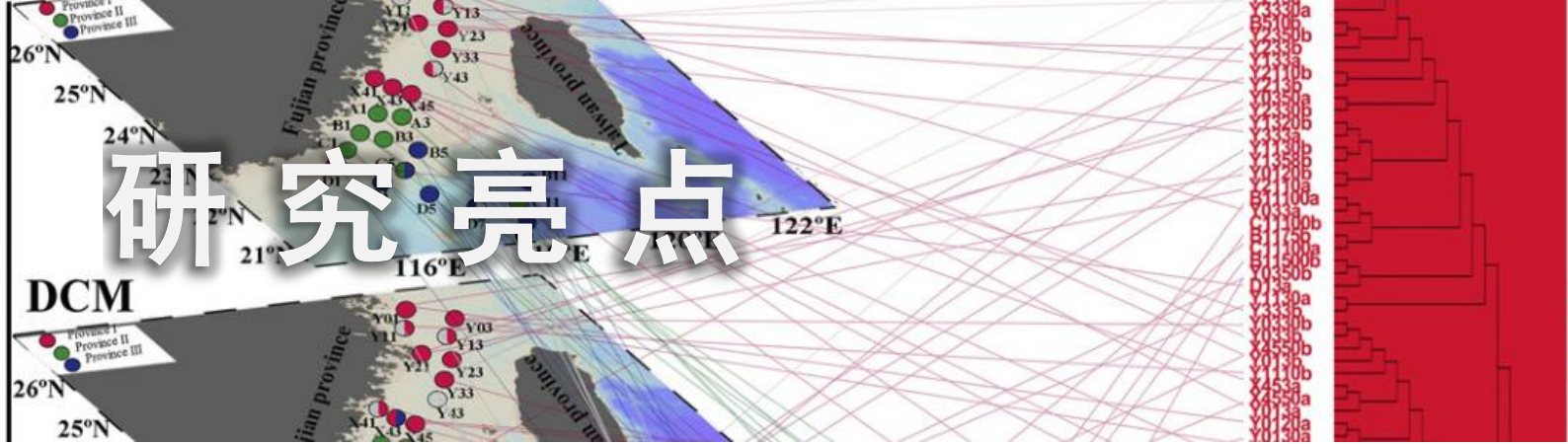
● 南海中部海盆综合航次科学考察航次

航次主要科学问题包括：（1）南海中部海盆温盐流场及湍流混合微结构及其对生源要素垂直通量和生产力的影响；（2）上层海洋输出生产力及其主要调控机制；（3）浮游植物光合作用以及光适应参数的调控因素；（4）海洋浮游植物、微生物和底栖生物群落结构、生产力及其与环境的相互制约关系等。



项目组 4 位研究人员参加了本航次，完成大面站作业 51 个站，连续站作业 3 个站，多层生物拖网 20 次，大体积泵 11 次，颗粒物剖面仪 (UVP) 布放 100 多次，完成浮游植物类群组成和群落结构样品采集、浮游植物群落组成（高效液相色谱法和流式细胞仪法）、浮游植物死亡率、原核生物多样性组成、全航程浮游植物走航观测、浮游生物及有机颗粒物的垂直剖面分布等项目的采样或观测。

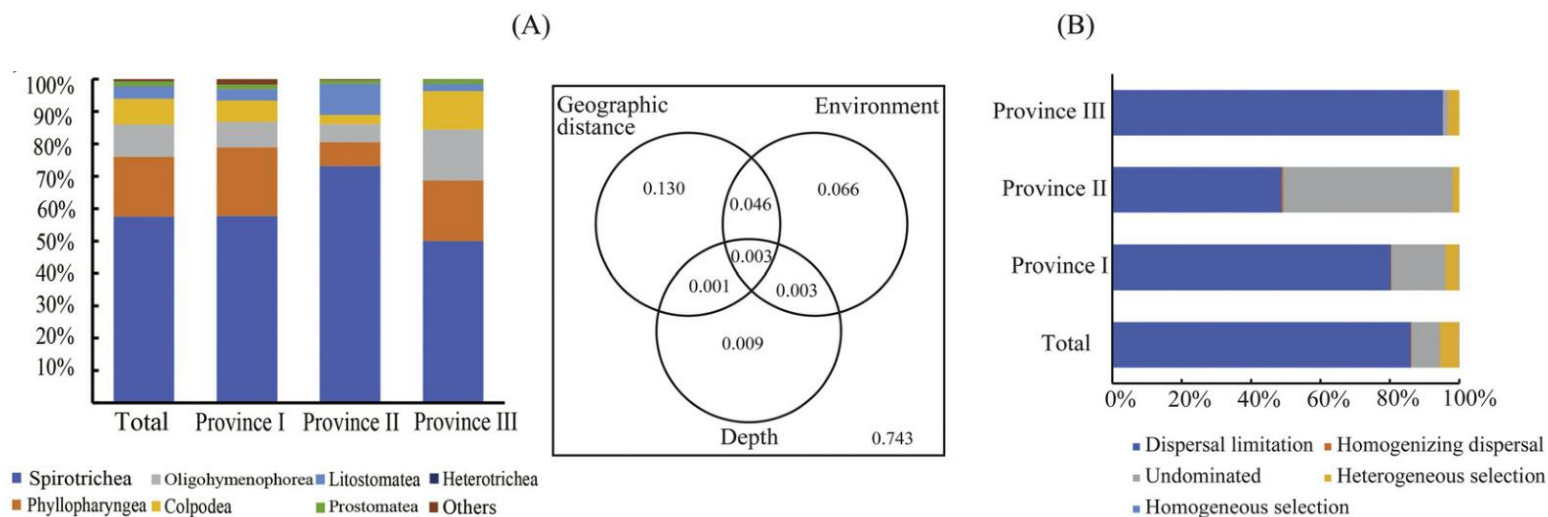




研究亮点

● 南海北部微型浮游动物群落区域尺度特征的形成机制

区域尺度上的微型真核生物群落组成和形成机制,与物理过程如水团的分布与运动之间的关系紧密相关。课题组采集了南海北部及台湾海峡复杂地形和水动力环境下的 156 个水样,通过对 18S rRNA 基因转录本的高通量测序,研究微型浮游动物特别是纤毛虫群落的组成。纤毛虫的 alpha 多样性与水化学特征、食物丰富度和地理距离有很强的相关性;大约 50%的多样性变异可由溶解氧浓度、叶绿素 a 浓度、细菌丰度和纬度来解释。按纤毛虫群落组成可以将研究区域划分为 3 个特征区块,在区域尺度上呈现出明显的不均匀空间分布格局。研究表明,地理距离、环境条件和深度是南海北部及台湾海峡纤毛虫群落的主要决定因素。地理距离是最主要影响因素,主要反映了水体的运动,这些运动强烈地限制了水体的扩散,形成了环境异质性,环境异质性在海峡两岸的群落差异中分别占 86.0%和 5.5%。本研究揭示了纤毛虫生物地理学作为深度和环境梯度的函数在区域尺度上是相互关联的,水团驱动的空间效应和环境异质性塑造了微型浮游动物群落的生物地理学特征。该成果发表 *Science of the Total Environment* (Sun P *et al*, 2020)。



南海北部及台湾海峡三个区域纤毛虫群落组成差异 (纲水平)

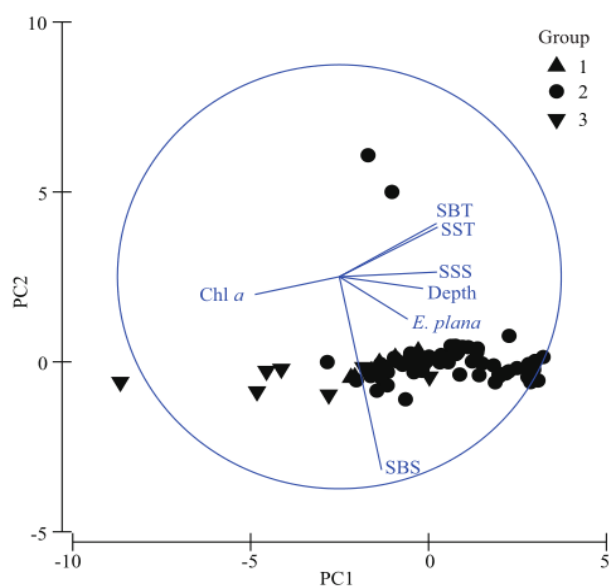
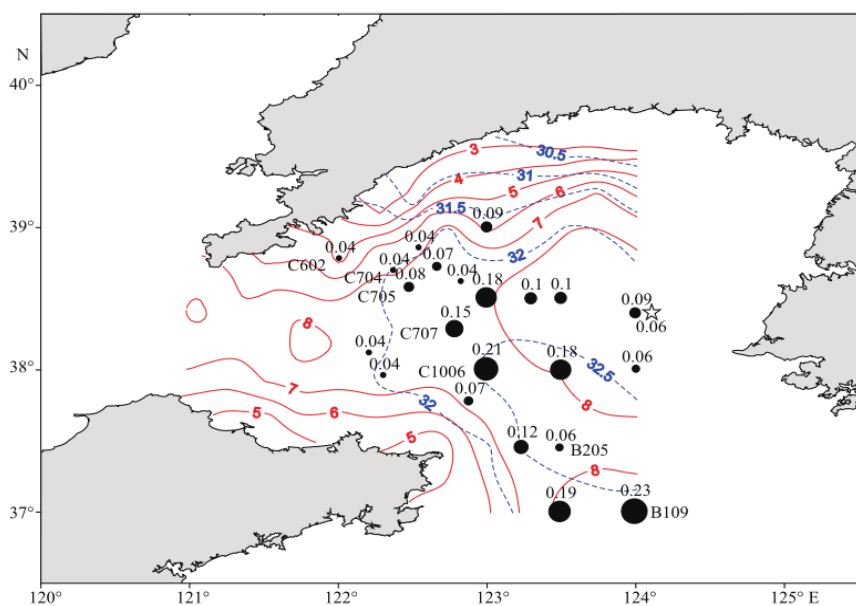
变异分区分析 (VPA) 显示了地理距离、深度和环境对纤毛虫群落结构的影响

决定微型浮游动物群落形成的主要生态过程在南海北部及台湾海峡海域以及三个特征海区中的相对贡献

研究亮点

● 中型浮游动物对陆架流系的指示研究

浮游动物的分布在很大程度上受到周围环境中生物和非生物因素的影响,许多浮游动物种类可以在大范围的温度和盐度下生存,而有些则受到特定盐度和温度要求的限制。这种适应狭窄的浮游动物往往可以作为指示物种,它们的存在或缺失可以用来推断不同水团对区域的影响,利用浮游动物作为生物指标,为了解洋流和水体的输送路径提供了有价值的信息。黄海暖流(YSWC)起源于黄海(YS)外,作为我国洋流环流的重要组成部分之一,从东海东北部输入黄海,冬季可穿过黄海海槽,进入渤海。本项目第二课题组通过调查了冬季黄海暖流影响下北黄海陆架流系与浮游动物的分布情况,将北黄海浮游动物群落划分为山东浅海浮游动物群落、黄海中部浮游动物群落和辽宁浅海浮游动物群落,并发现了两种暖水中型浮游动物——平滑真刺水蚤 (*Euchaeta plana*) 和肥胖箭虫 (*Sagitta enflata*),其中,平滑真刺水蚤空间分布与黄海暖流路径高度一致,反映了黄海暖流在北黄海的行进路径与影响,同时,黄海暖流穿过北黄海中部并向北过程中逐渐变化,温度和盐度下降,此时,仅根据 T-S 水团划分难以准确识别黄海暖流的影响范围,指示生物可能是追踪陆架流系与生态响应分析的更良好指标。该成果发表于 *Journal of Oceanology and Limnology* (Chen H *et al*, 2019)。



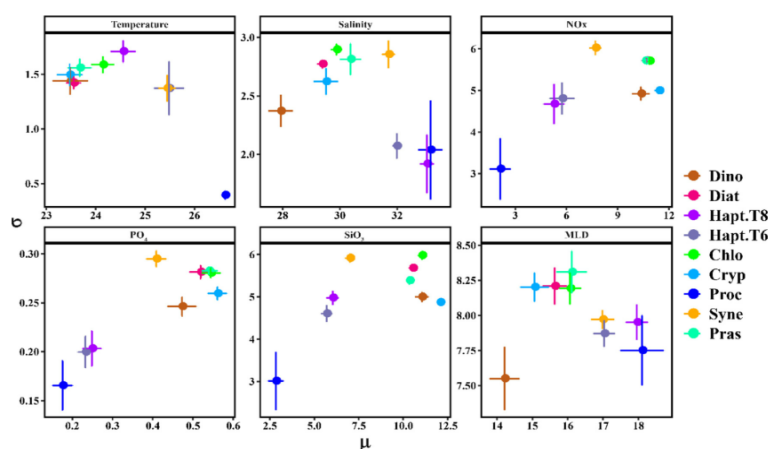
平滑真刺水蚤 *Euchaeta plana* (黑色圆点) 的分布指示了黄海暖流的路径与影响范围

主成分负载分析表明平滑真刺水蚤与主要环境因子可以解释大部分 (72.9%) 的浮游生物群落变异

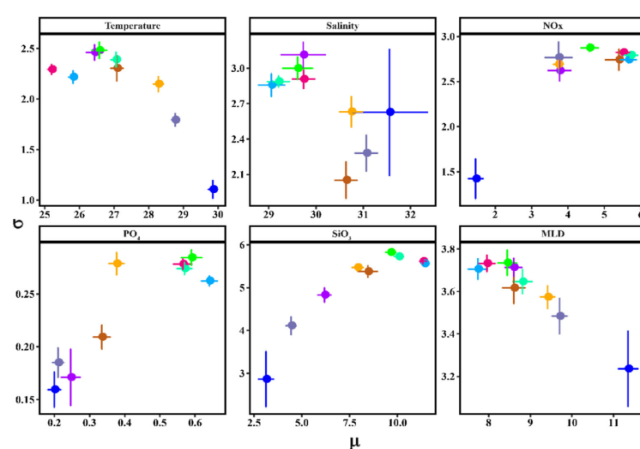
研究亮点

● 台湾海峡浮游植物群落时空演变与生态位特征

台湾海峡连接南海和东海，受到复杂的陆海相互作用以及密集人类活动的影响，季风与流场受海峡“窄管”效应影响，与其他陆架海洋系统相比具有更强的动态性。第一课题组分析了 2004-2018 年 25 个航次现场观测数据和 1997-2018 年水色卫星数据，通过浮游植物群落生态位 (niche) 解释不同季风期间台湾海峡不同水团对浮游植物群落的时空变化的影响。确定了东北和西南季风期间台湾海峡浮游植物的不同分布模式，浮游植物生物量和群落组成的变化主要归因于水温、盐度和营养盐浓度所指示的水团的时空变异。在这两个高度变化的环境中，浮游植物在温度、盐度和硝态氮 (NO_x) 维度上的实际生态位 (realized niche)，解释了浮游植物对不同物理和生物地球化学过程的时空变化：硅藻、青绿藻和绿藻具有较宽的温度、盐度和营养生态位宽度，在沿海水域、上升流和羽流均很活跃；聚球藻和定鞭金藻具有相对高温、高盐和中等营养盐浓度的生态位，主要分布在中营养海域；隐藻和甲藻因其低温、低盐和高营养生态位，在东北季风期间沿岸流较活跃；原绿球藻具有高温、高盐、低营养生态位，反映受黑潮入侵的影响。在人类活动和气候变化的多重压力下，物理过程和生物地球化学过程变化可能是未来浮游植物群落变化的主要原因，本研究有助于预测人类活动和气候变化对亚热带海峡生态系统的影响。该成果发表于 *Progress in Oceanography* (Zhong Y *et al*, 2020)。



东北季风期间，台湾海峡九类浮游植物群在温度、盐度、硝态氮、磷酸盐、硅酸盐和混合层深度 MLD 维度的实际生态位的平均 (μ) 和宽度 (σ)

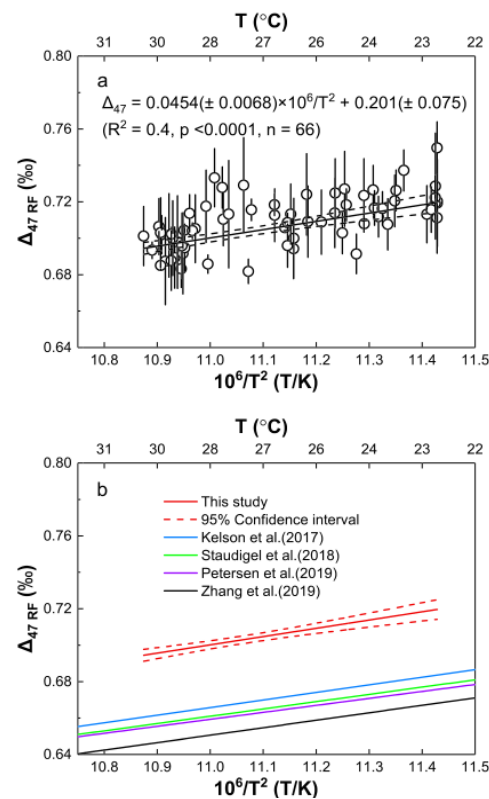


西南季风期间，台湾海峡九类浮游植物群在温度、盐度、硝态氮、磷酸盐、硅酸盐和混合层深度 MLD 维度的实际生态位的平均 (μ) 和宽度 (σ)

研究亮点

● 通过滨珊瑚团簇同位素重建海表温度 (SST) 历史

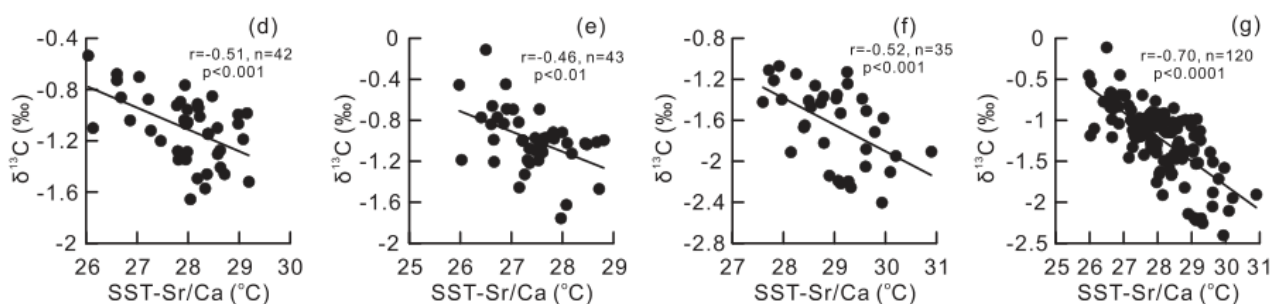
海表温度 (SST) 是气候变化的基本参数, 了解海温的变化历史的对于海洋碳埋藏历史重建及气候变化影响研究很重要。滨珊瑚 (*Porites*) 是重建热带海洋海面温度 (SST) 历史的重要地质材料, 它们的团簇同位素组成 (clumped isotope, $\Delta 47$ 值表示) 提供了海温指示, 但是滨珊瑚的 $\Delta 47$ 值通常由于生命活动而偏离热力学平衡, 随着珊瑚的生长变化影响 $\Delta 47$ 值。第四课题组通过测定南海火山岩和滨珊瑚样品的氧、碳团簇同位素组成, 证实了在年际尺度上, $\Delta 47$ 值中没有显著的样品间或样品内的偏差, 而表现出显著的季节性生物因素的影响导致的碳团簇同位素的异常模式。基于生物因素导致的碳同位素季节性偏差的一致性, 进一步建立了基于两种珊瑚的 $\Delta 47$ 值和季节性海表温度的相对变化之间的关系。本研究建立了滨珊瑚团簇同位素组成指示海表温度季节性变化的方法, 该成果发表于 JGR Biogeosciences (Guo Y *et al*, 2020)。



本研究建立的珊瑚 $\Delta 47$ -T 关系

● 南海中全新世年分辨率珊瑚碳同位素代谢对温度变化的响应

为探讨珊瑚 $\delta^{13}\text{C}$ 对气候影响下生物过程的指示, 第四课题组研究了南海珊瑚年分辨率 $\delta^{13}\text{C}$ 的变化, 没有发现珊瑚 $\delta^{13}\text{C}$ 有明显的生长速率相关的动力学同位素效应, 表明与生长速率相关的动力学对 $\delta^{13}\text{C}$ 的影响有限, 而 $\delta^{13}\text{C}$ 与海表温度 (SST) 呈负相关, 这与全新世中期高海温有关。基于珊瑚 $\delta^{13}\text{C}$ 与光合作用呼吸比 (P/R) 通常呈正相关, 但在高温条件下, P/R 与温度呈显著负相关, 热胁迫珊瑚的光合活性会因虫黄藻种群密度和光合速率的降低而急剧下降。本研究提供了古海洋视角下气候变化对珊瑚生态系统影响的理解, 该成果发表于 Regional Studies in Marine Science (Guo Y *et al*, 2020)。



中全新世珊瑚年海表温度与 $\delta^{13}\text{C}$ 呈现显著负相关关系

学术交流



项目交流会议

2019.11 厦门

2019 年 11 月 16-17 日，项目组在厦门大学翔安校区召开“2019 年 MARCO 航次数据分析及项目进展学术研讨会”。项目责任专家王辉研究员、项目专家组戴民汉院士，同行专家洪华生教授和李炎教授出席。来自中国海洋大学、中科院广州地化所、中科院南海海洋研究所、自然资源部第三海洋研究所、香港大学深圳研究院、福州大学及厦门大学 7 家单位的 80 余位研究人员参加了会议。

针对 2019 年夏季项目组织的 MARCO 南海过程研究航次，参加航次的各课题针对各个研究方向进行航次初步分析结果，包括物理背景场基本分析、浮游生物、初级生产、呼吸代谢、摄食、颗粒物沉降输出、沉积物生物标记物等关键生物泵过程参数、结合海洋物理、化学过程、珊瑚礁古生物学过程等，进行了详细的研讨分析；围绕航次中开展的酸化围隔实验，各方向展示了浮游生物、细菌、死亡率等各类参数的特征分析。项目组成员与参会专家就航次数据与分析结果开展了热烈的讨论，并对推进航次样品与数据深入分析，整合与提升各课题组数据，推动课题之间合作与项目组成果集成，提出了许多建设性的意见与建议。

学术会议与交流

2019.11

三亚 李永虹，余小龙，李薛，宋鲁平，王道生，汪永超，林煌等参加在海南三亚举办的“第十九届水色遥感大会”的会议。

北京 黄邦钦作为会议召集人之一参加“首届全国生态系统观测研究科学大会”，作口头报告：“中国近海浮游植物群落演变与全球变化--基于长时间观测的集成研究中国近海浮游植物群落”。

厦门 汪永超、李薛参加“光子和电磁研讨会暨电磁学进展研讨会（Photonics & Electromagnetics Research Symposium also known as Progress In Electromagnetics Research Symposium）”。

2019.12

美国 史大林访问 Ocean Bank of Codes LLC、Scripps Institute of Oceanography、以及 SEATREC Incorporation，交流、学习国际顶尖海洋学科研究中心推动科研成果转化的创新机制与最佳实践，促进合作。

2020.4

嘉庚号 徐飞鹏、刘浩然、许素素、王佩璇参加嘉庚号航次期间举办的学术交流会议“嘉庚号论坛”，刘浩然作口头报告。



2020 年 6 月 12-13 日 厦 门

拟召开 MARCO 项目 2020 年学术研讨会，线上线下同步进行。主要梳理项目和课题研究进展，落实后续研究计划，推进不同层面的成果集成。同时推进 MARCO 专项航次数据分析、交流、讨论数据集成方案，促进学科交叉和成果产出。

2020 年下半年 厦 门、青 岛、广 州

拟通过召开不同专题和课题之间的小型研讨会，推进项目不同学科、课题间的学术交流与学科交叉，推动集成论文的撰写，提升项目成果水平。