

极端天气下台湾海峡动力环境演变与生态响应

洪华生 黄邦钦

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室

福建省海陆界面生态环境重点实验室（厦门大学）

越来越多的证据表明，因全球变暖所引发的极端天气气候事件的频度和强度从上个世纪下半叶到近十年有增多增强的趋势。近海区域作为陆地和海洋的空间交界地区，同时又是人口密集及经济高速发展地区，受到人类活动和自然过程的影响而处于一种动态变化的状态，受极端天气直接扰动非常显著，响应也非常敏感。台湾海峡是极端天气事件频繁区域，如冬季寒潮大风及夏季的台风等天气事件，这些极端天气事件往往引起该海域动力环境发生急剧变化，进而对物质输运及生态系统的干扰，但由于观测手段的限制以及两岸研究的分隔，对上述问题的了解甚少。加上海峡两岸社会经济活动（如海上交通、经贸往来等）联系越来越紧密，其海洋动力和生态环境的变化与两岸的人民的福祉息息相关。鉴于此，本人与刘康克教授于 2013 年联合主持海峡两岸科技合作基金项目“极端天气下台湾海峡动力环境演变与生态响应”，研究在极端天气（如台风、寒潮）条件下，台湾海峡海洋动力各要素（温、盐、流）的时空变动特征，以及对物质（水量、营养盐、CDOM 等）沿海峡及跨海峡输运的影响范围、量级和生态效应。提升对台湾海峡在极端天气条件下生态环境变动的科学认识，为海峡两岸在保障海洋环境安全及防灾减灾方面的合作提供科技支撑。

温馨感言

康克教授是国际上著名海洋生物地球化学家，为边缘海海洋生物地球化学研究做出了卓越贡献，在国内外海洋学界享有很高盛誉，得到大家的尊重和爱戴。他曾于 1999-2000 年担任全球联合海洋通量研究计划（JGOFS）科学指导委员会副主席，而我于 1999-2003 年作为大陆代表也担任 JGOFS 科学指导委员会成员。对康克教授的渊博学识及谦逊待人的风范印象非常深刻。

康克教授还是我们的良师益友。厦门大学台湾海峡及毗邻区域研究团队自1987年通过现场观测、生物与化学示踪、遥感和数值模拟等创新技术开展了上升流生态系统碳及相关生源要素生物地球化学过程—机制—效应的长时间序列研究，期间也得到康克教授许多宝贵的指导和无私的帮助，我要向康克教授表示由衷的感谢！

多年来康克教授还积极推动两岸的合作，2008年5月在中央大学由他组织了“台湾海峡环境监测与灾害防治研讨会”，至今台湾海峡环境监测与灾害防治研讨会已在两地持续召开六届，影响不断扩大，极大地促进了海峡两岸在这领域的交流与合作，康克教授作为发起人之一，功不可没。

康克教授是我们学术界同仁学习的楷模。他为海洋科学做出了贡献；活得充实，有价值！我们怀着极其沉痛的心情悼念康克教授，朋友一别天涯路，友情如水常流长！

两年多来,围绕“极端天气下台湾海峡动力环境演变与生态响应”合作项目,与刘康克教授团队进行了一系列的实质性合作并取得阶段性成果。

一、实质性的合作

1、**双方互访交流。**2014年7月21-28日,项目团队成员江毓武教授到合作方台湾中央大学进行为期一周的访问,主要交流台湾海峡数值模型构建及海流动力学机理等方面的问题;2015年6月27-30日合作方钱桦教授到厦门大学,双方围绕课题进展进行研讨,分别介绍了各自的工作进展以及近期规划。2015年1月23日,刘康克教授来访并就合作课题,共同召集香山论坛第十五讲“极端天气与人为冲击条件下台湾海峡与沿岸环境之物理及生物过程回应”。



图1 香山论坛第十五讲合影

2、**联合进行配合航次调查。**2014年10月,双方围绕跨海峡物质运输科学问题,进行了联合配合航次调查(站位如下图),航次结束后,双方交换/共享各自调查断面各参数图(以CTD为主),就共同关注的科学问题进行分析。

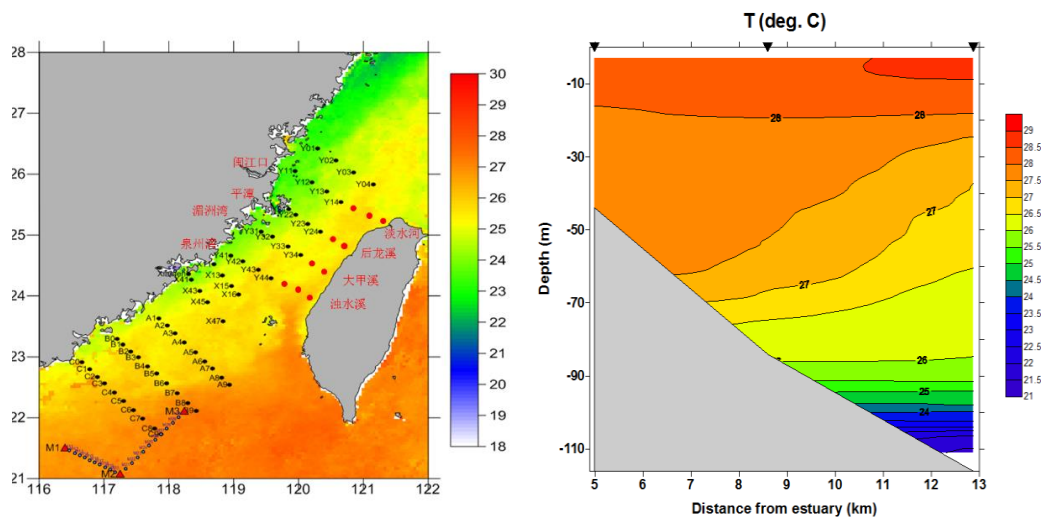


图2 合作双方航次配合站位及康克教授团队提供的曾文溪口温盐数据

二、项目已取得的研究阶段成果

1. 台湾海峡内部动力学研究

1.1 利用国家高技术研究发展计划（863 计划）“台湾海峡立体监测系统”建立了台湾海峡业务化运行的海流模型，并已经在福建省海洋预报台业务化运行。

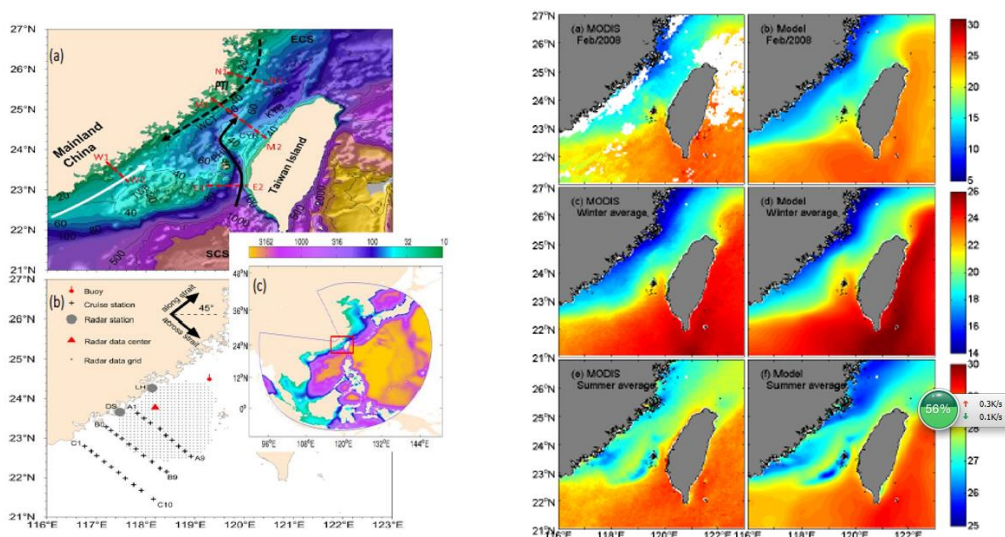


图 3 台湾海峡业务化海流模型

1.2、利用海洋数据集对全球变暖期（1982–1998）及变暖减缓期（1999–2013）的水温异常分布发现，在近十年台湾海峡的水温有变冷趋势。这也是 2008 年台湾海峡寒害发生的可能原因。

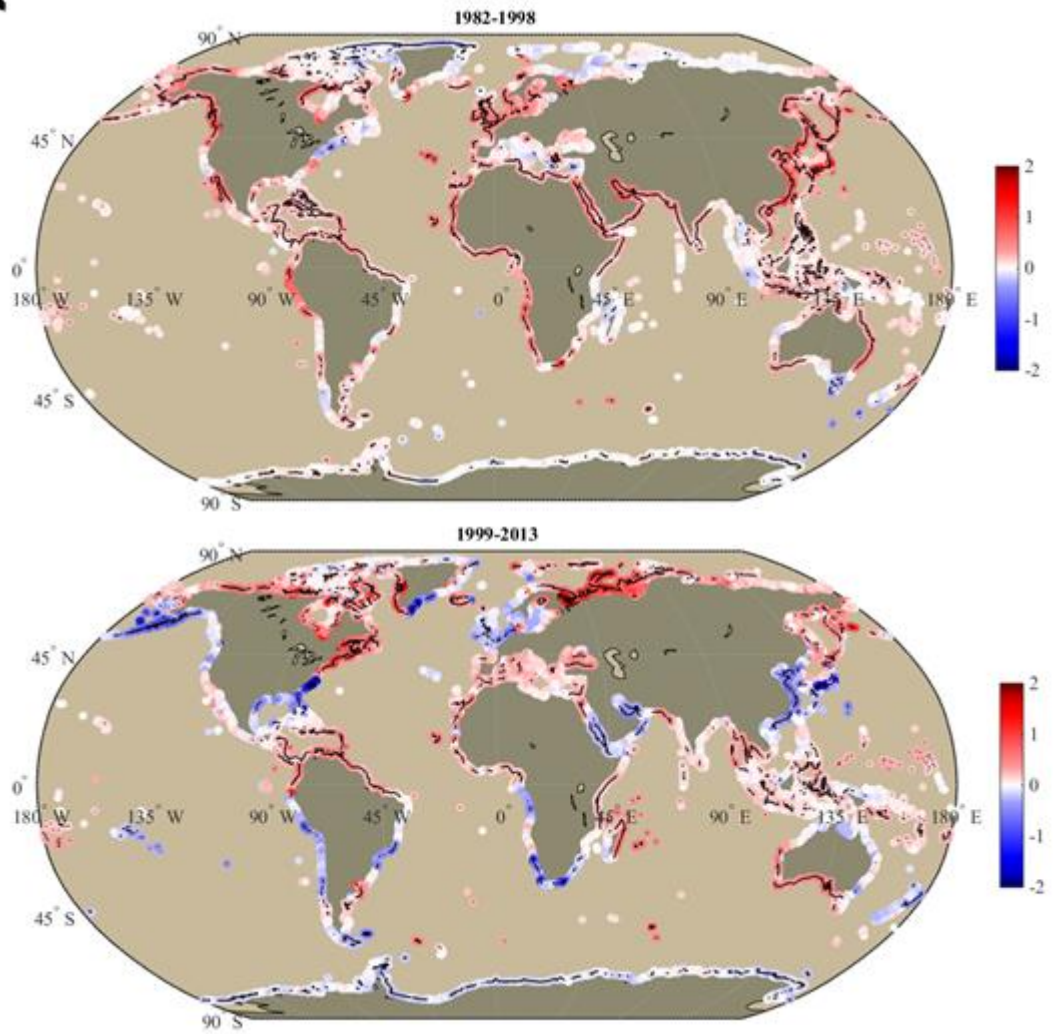


图 4 全球海岸带温度常异常特征

1.3、2008 寒害事件可能是拉尼娜年长时期、高强度的东北季风作用结果。黄海和东海的东北季风的爆发产生沿岸陷波，沿海岸传播到台湾海峡会使台湾海峡的南向流量骤然增加，导致寒害发生。

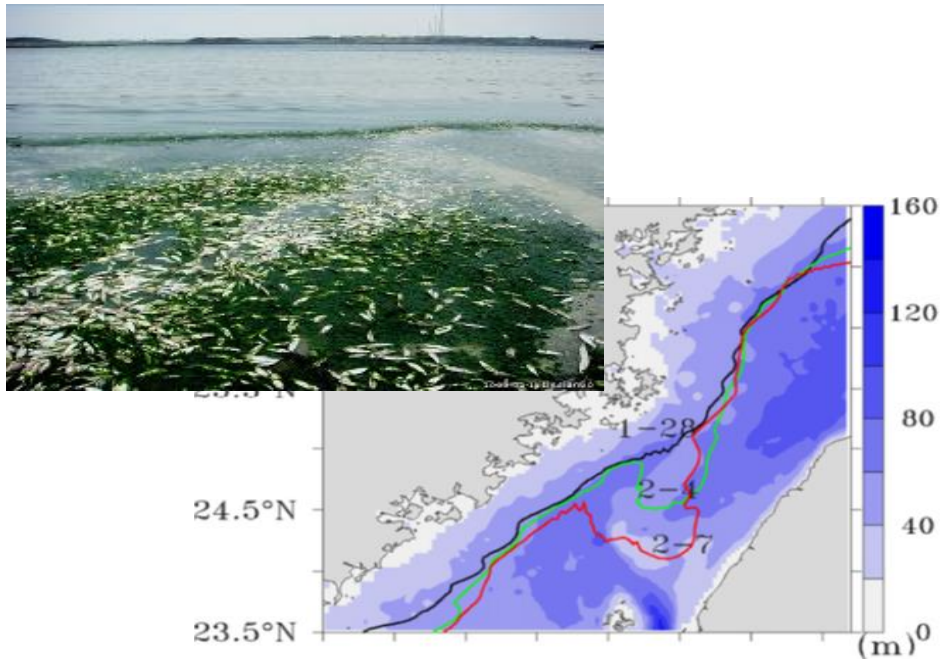


图 5 2008 年寒害事件分析

2、建立了台湾海峡气候态的物理-生态耦合模型（ROMS-NPZD），模拟典型季风条件下台湾海峡的生态变量的基本分布。

通过模型数值实验，与现场、遥感观测数据的比较显示，证实了夏季台湾海峡的两个营养盐通道，即西通道-中国大陆与台湾浅滩之间的水道；东通道-澎湖水道，与南海次表层水的入侵通道一致。由于西通道的地形较浅，水体透光度高，跃层以下的高浓度 NO_3^- 也被大量消耗，同时上升流将下层 NO_3^- 带至上层，进一步增强了该通道 NO_3^- 的消耗。相比之下，东通道的水深较深，跃层以下的 NO_3^- 不被生物利用，保守性的行为使得运输的距离更远。因此，通量统计结果显示，东通道为海峡贡献了大部分的溶解无机氮（DIN）；由于 DIN 被大量吸收转化为溶解有机氮（DON），西通道贡献了 45% 的 PON，其中 30% 来源于珠江冲淡水。模型估算夏季由南海进入台湾海峡的 DIN 和 DON 的通量分布别 1.8 和 4 kmol/s ，通过海峡北部流出的 DIN 和 DON 分别为 0.8 和 5 kmol/s 。大约过半的 DIN 被浮游生物转换为 PON。

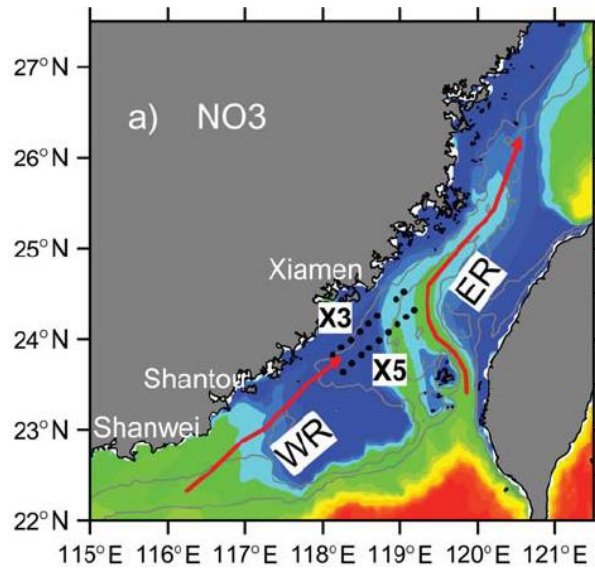


图 6 夏季营养盐输运通道

3. 冬季台湾海峡中部的“藻华”发生的机制

基于临界湍流强度理论，并结合数值实验和理论分析，解释了冬季台湾海峡中部的“藻华”发生的机制。东北季风的减弱，地转效应使得向台湾岛方向的流速增大，诱导了跨海峡流。低温、高营养盐的闽浙沿岸水与高温、低营养盐的黑潮分支水形成的锋面随着海流向海峡中部移动。海表湍流的减弱使得锋面处水体层化加强（闽浙沿岸水在上、黑潮分支水在下），层化同时也对抑制了水体的垂向混合。根据临界湍流强度的理论，当湍流强度小于临界湍流强度时，水体上层的浮游植物净增长率高于向下的湍流输运率，浮游植物开始增加。此外，锋面处适宜的温度和充足的营养盐条件使得海峡中部出现最大的浮游植物生物增长率，产生局地的“藻华”现象。

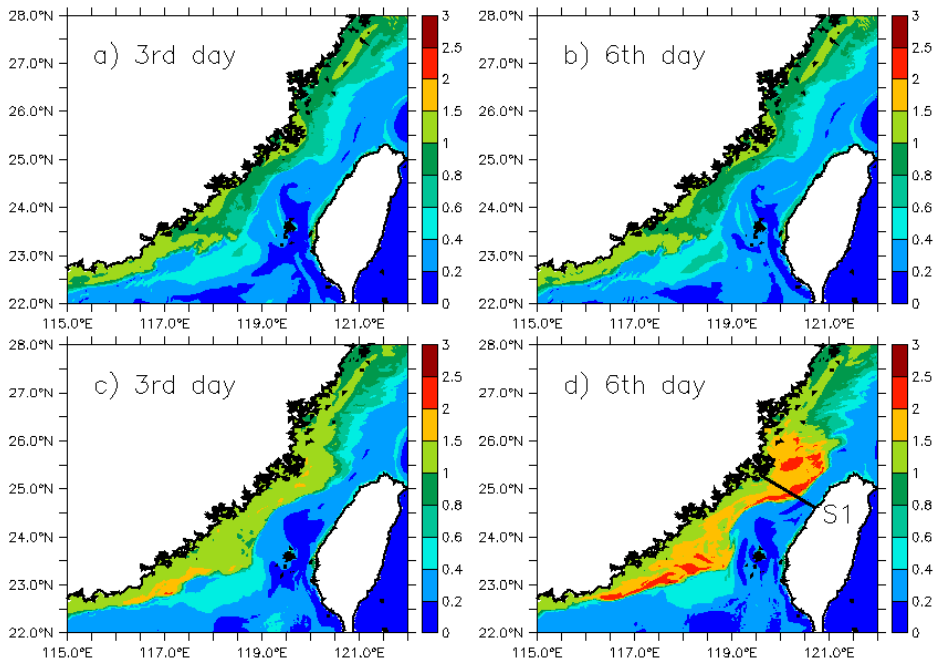


图7 台湾海峡冬季藻华产生过程

3、浙闽沿岸水对 2014 年 5 月福建近海赤潮的影响

2014 年 5 月福建近海多处发生赤潮，持续时间长达半个多月。此次赤潮事件最早发生在厦门湾，影响面积则以平潭海域为最大。赤潮优势种以东海原甲藻为主，其次是米氏凯伦藻、夜光藻。其中东海原甲藻一般只出现在平潭及以北海域，而 2014 年在厦门湾赤潮首次发现以东海原甲藻为主要优势种，这在以往赤潮事件中并未出现过。初步分析表明 2014 年冬、春季福建沿海浙闽沿岸水影响范围异常偏大、偏南，可能是导致东海原甲藻异常偏南出现的原因。同时赤潮发生之前海峡 SST 异常偏低，营养盐含量偏高，可能也是导致赤潮爆发的一个主要原因。

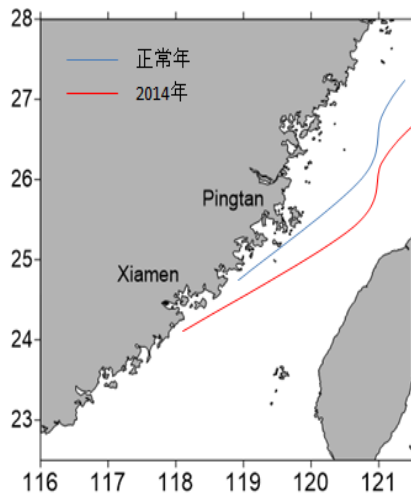


图 8 2014 年冬、春季福建沿海浙闽沿岸水影响范围