

国家自然科学基金共享航次计划固定调查 断面概述*

冷疏影¹ 张宇² 张亮¹ 石洪华² 庄志猛²

(1. 国家自然科学基金委员会地球科学部 北京 100085; 2. 崂山实验室 山东青岛 266237)

摘要 基于科考船的海洋调查是获取海洋变化第一手资料的重要方式,是孕育海洋科学原创成果的基础。2009 年以来,国家自然科学基金共享航次计划实施情况表明,研究项目所需的海上调查“船时”和观测数据得以共享,但不同年份之间同一海域的站位设置及其观测方案变化较大,缺乏相对固定的调查断面研究。为进一步提升国家自然科学基金的资助成效,加强海洋过程的长期变化规律研究,自 2020 年起国家自然科学基金共享航次计划规划设置了 34 条固定调查断面,其中 10 余条固定断面调查要求已在随后的年度申请指南中发布。基于顶层设计思想提出的固定调查断面遵循了“突出重点、承前启后;科学引领、绩效为本;统筹兼顾、分步实施”的设置原则。其中,近海固定断面以生物多样性丰富、生产力水平较高、陆海相互作用强烈、受气候变化和人类活动双重干扰、资源环境问题突出的海域为重点,聚焦近海生态系统健康与服务功能维持、陆海相互作用的资源环境效应等关键科学问题;深远海固定断面则以对全球变化响应敏感、与我国海洋环境和气候变化关联紧密、海洋防灾减灾需求强烈的西太平洋和东印度洋海域为重点,聚焦地球系统多圈层相互作用、极端海洋环境与生命过程等关键科学问题。文章详细介绍了规划设置的 34 条固定断面的海域分布及其设置的科学思路,其中,我国近海 26 条(渤海 5 条、长江口 3 条、东海 4 条、台湾海峡 5 条、珠江口 1 条、北部湾 4 条、南海 4 条)、深远海 8 条(西太平洋 6 条、东印度洋 2 条)。应用实践表明,固定断面海上科考既着眼于长期海洋过程与变化规律研究的数据积累,又能兼顾普惠型航次的搭载项目需求,值得继续推动和优化完善。为加强我国海洋基础研究定位观测能力建设,文章还提出应尽快建立固定断面调查技术规范,加强固定断面航次成果的综合集成和应用,有效实施部门之间观测数据共享,以及推动构建以科学问题为导向、国际大科学计划为载体、我国科学家主导的国际合作共享航次。

关键词 海洋科学;共享航次计划;固定调查断面;海洋科学考察;中国近海;深远海

中图分类号 P711 **doi:** 10.11693/hyhz20230100012

海洋科学是基于观测探测研究海洋自然现象、性质、变化规律及其开发利用相关知识的综合科学体系,具有鲜明的多学科综合交叉特点(吴立新等, 2022)。现代遥感、锚系浮潜标、水下移动观测平台、海底观测网等新的观测探测装备与技术不断涌现,但科考船仍是开展海洋科学观测、获取海洋环境信息的重要平台。应用科考船开展海洋观测与探测、调查与实验,在推动海洋科学与技术进步方面起到了不可替代的作用(Sloyan *et al.*, 2019)。

为满足国家自然科学基金项目开展海上观测与探测、调查与实验的船时需求,国家自然科学基金委员会(简称“自然科学基金委”)于 2009 年启动了“国家自然科学基金项目海洋科学调查船时费专款”项目,即“国家自然科学基金共享航次计划”(简称“共享航次计划”),以优化利用科考船资源,推动海洋数据资料积累和共享(宋转玲等, 2014; 杨雪梅等, 2018)。十余年的实践表明,该计划已成为覆盖我国近海以及西太平洋(简称“西太”)和东印度洋(简称“东印”)

* 冷疏影, 国家自然科学基金委员会地球科学部处长, 二级研究员, E-mail: lengsy@nsfc.gov.cn

收稿日期: 2023-01-17, 收修改日期: 2023-02-03

部分海域的综合性海洋科学考察计划,得到海洋科技界的普遍关注,促进了我国海洋科学整体发展(冷疏影等, 2020)。

众所周知,海洋是一个高度复杂的非线性系统,对其现象、过程、规律的认知,需要依赖长时间的海上调查资料。例如,大洋经向翻转环流、中尺度涡、厄尔尼诺、海洋生物资源周期性变化、海洋环境演变等海洋领域的重大科学发现,无不与长期海洋观测基础数据有关;特别是对同一区域长期多要素和不同区域同一要素的持续观测是取得重大科学发现和原创性认知的前提与保障(Talley *et al*, 2016, 2019; Oka *et al*, 2018; Todd *et al*, 2019)。共享航次计划以满足在研国家自然科学基金项目“船时”需求为前提,由航次首席科学家根据搭载项目的科学需求和承担任务的船舶性能制定航次实施方案(葛人峰等, 2016)。搭载项目的随机性及其科学目标的多样性,在很大程度上影响了航次实施方案的制定,带来不同年份、不同季节调查断面和站位的不确定性,不利于获取反映关键海域重要海洋过程长期变化的样品和信息。因此,设置海上科考固定断面已成为优化共享航次计划,进一步提升其资助成效的必然选择。

1 国内外海上固定断面观测成效

20 世纪 50 年代以来,固定断面观测已成为世界海洋科技发达国家的共同选择,这些国家不仅在本国邻近海域开展固定断面调查,还参与国际大科学计划开展的全球观测,将固定断面设置到了全球大洋,既满足了服务海洋管理、促进海洋开发与保护的科学需求,也提升了其在世界海洋科学和全球海洋治理中的话语权。例如,世界气候研究计划(WCRP)组织的两个全球实验计划:热带海洋和全球大气实验计划(Tropical Ocean and Global Atmosphere, TOGA)(Anderson, 1995)的 TAO(热带大气海洋)浮/潜标阵,利用 20 年上层海洋与低层大气观测揭示了 ENSO (El Niño-Southern Oscillation)事件的机制,提高了预测气候事件和应对气候灾害的能力(吴立新等, 2020);世界大洋环流实验计划(World Ocean Circulation Experiment, WOCE)(Woods, 1985; Niiler, 2001)在全球大洋设置代表性断面,第一次获得了全球深海大洋水团环流的空间格局,推动了海洋环流理论发展,开辟了研究海洋在气候变化中重要作用的新领域。WOCE 计划结束后,由世界气象组织(WMO)、联合国政府间海洋委员会(IOC)之海洋学和海洋气象学联合

技术委员会(JCOMM)的船舶观测组协调管理,运用船舶对 55 条核心断面进行系统的年代际重复观测,逐渐形成国际水文观测计划——全球海洋船舶水文调查项目(Global Ocean Ship-based Hydrographic Investigations Program, GO-SHIP)(陈洪滨等, 2019; Kawakami *et al*, 2020)。值得一提的是,“GO-SHIP”在西太海区的断面调查工作主要由日本气象厅协调实施,典型的观测断面包括 137°E (1967 年至今)和 165°E (1996 年至今)断面,其中对 137°E 断面的观测和调查已连续实施了 50 多年,成为全球海洋固定断面调查的典范(Oka *et al*, 2018)。此外,韩国的固定断面调查工作也较为成熟,从 20 世纪 60 年代初以来,每年实施了 6 个航次(2、4、6、8、10 和 12 月)的断面调查,迄今从未间断;调查断面几乎覆盖韩国近海水域,断面间距 30 海里,站位间距 15 海里,近岸站位间距仅为 8 海里(Park *et al*, 2015; National Institute of Fisheries Science, 2023)。可见,韩国近海水域固定断面调查频次之繁,断面及其站位设置密度之高。

我国的断面调查可追溯到 20 世纪 50 年代末(1958~1959 年)首次实施的全国海洋综合调查。在海洋普查水文标准断面调查基础上,实施了近海断面监测。1960~1962 年由中央气象局负责,在渤海、黄海和东海设置 20 条标准水文断面,每月调查一次;1963~1965 年由中国科学院海洋研究所负责,将上述 20 条断面改为 14 条,实施了两年多的每月一次观测与探测;1965 年底开始,我国近海断面调查工作由国家海洋局组织实施,其中,1975~1981 年,在渤海、东海和南海设置标准断面 26 条,每月调查一次;1982~1987 年,由于种种原因,断面调查几经调整;1988 年以来,调整了中国近海标准断面调查方案,在 4 个海区设置 14 条固定断面,其中,渤海 5 条、东海 5 条、南海 4 条,调查频次改为 2、5、8、11 月的季度调查(宫芳然, 1989, 1990; 佚名, 2000)。相关行业主管部门也在渤海、黄海、东海和南海海域持续开展业务化观测(史鄂侯, 1987; 郭炳火等, 2004; 唐启升, 2006; 熊学军等, 2012; 孙军等, 2019)。上述海上调查为认知我国近海资源环境特征及其演变规律、支撑海洋管理和可持续发展、维护国家海洋权益提供了重要的数据保障(陈连增等, 2019)。值得指出的是,相关行业部门主导、主要服务于管理需求的业务化海洋观测大多为近海观测(王祎等, 2014),很难满足以科学问题为导向的海洋基础科学研究需要。海洋专项调查虽具有规模大、要素全、投入高等特点,但往往根据重

大需求不定期组织,无法做到连续的周期性观测。“九五”以来,主要涉海高校和科研院所得到了科技部、自然科学基金委等相关项目资助,在我国近海和西太、东印重要海域开展了大量科学调查(Hu *et al.*, 2020)。上述海上科考活动,其调查范围和观测要素往往受限于项目的研究目标和海区,在项目结束后难以为继,从而导致调查时空分布不均、观测要素不够系统全面。

2 共享航次计划固定调查断面规划设置总体思路和原则

设置共享航次计划固定调查断面的目的就是不断优化共享航次计划的海上调查区域、调查时间、调查内容,强化科学问题导向和科学目标引领。因此,一方面,需要全面梳理共享航次计划实施十余年的站位设置,也需要全面评估所获取资料的技术方法和数据质量,更要分析理解调查内容所针对的科学问题和科学目标;另一方面,不但需要从满足不同学科需求的角度设置固定断面,也要从着眼重大科学问题突破的视野提出固定调查断面,更需要提出比较具体的目标海域覆盖度、年/季调查要素及其相应的调查手段和技术方法。总之,固定调查断面设置与实施是一项复杂的科技工程,既要体现科学引领,又要注重技术落地;既要强调顶层设计的系统性,又要体现不同海域的特殊性;既要立足关键数据的持续积累,又要兼顾搭载项目的个性化。

通过分析国内外海上固定断面观测成效,梳理共享航次计划历年航次调查站位和搭载项目数据,总结共享航次计划实施不足,提出如下设置原则。一是承前启后,突出重点。选择历史观测资料丰富、人为干扰强烈、资源环境问题突出的近海海域,以及对我国气候变化和防灾减灾影响较大、调查研究基础相对扎实的典型深远海海域开展固定断面设计。二是科学引领,绩效为本。秉承“一船多用、高效节约”理念,以关键海域重大共性科学问题为牵引,采用多目标规划、空间插值、模型优化等手段和方法,统筹规划固定断面的站位密度、观测要素、调查频率等。三是统筹兼顾,分步实施。为逐步缓解资金预算与海上科考需求的矛盾,根据科学研究的紧迫性、历史资料的连续性和关键海域资料的稀缺性等,由近及远、由浅及深,稳步推进固定断面调查。

基于上述原则,规划设置了34条固定断面,包括近海固定断面26条(渤海5条、长江口3条、东海4条、

台湾海峡5条、珠江口1条、北部湾4条、南海4条)(图1)和深远海固定断面8条(西太6条、东印2条)(图2)。2020年以来,已批准实施的固定断面有15条,其中,我国近海11条(BH1、BH2、HH1、HH2、CJ3、DH1、TW1、TW4、ZJ1、NH1、NH4)(图1)、深远海4条(XT1、XT3、DY1、DY2)(图2)。2023年度计划新增固定断面4条(BBW1、BBW2、BBW3、BBW4)(图1)。

3 固定调查断面重点关注的科学问题及观测内容

3.1 近海固定调查断面

近海生物多样性丰富、生产力水平较高、陆海相互作用强烈、受气候变化和人类活动双重干扰,资源环境问题突出。近海固定断面设计应聚焦近海生态系统健康与服务功能维持、陆海相互作用的资源环境效应等关键科学问题,实施多学科综合科考与研究,以保障我国近海资源可持续利用和生态安全。

3.1.1 渤海 围绕渤海水交换与生态安全、黄海冷水团生态系统结构与功能、陆海相互作用与入海物质输运过程、资源环境演变机理等关键科学问题,规划设置5条固定调查断面(图1)。其中,渤海海峡断面(BH1)观测旨在支撑渤海水体交换、北黄海冷水团长期变化等研究;渤海中部断面(BH2)调查资料可用于描述渤海主要环境要素变化对大河径流、环流的响应,研究赤潮/褐潮形成、大型水母迁移和渔业生物洄游规律,深化渤海资源环境变化过程及其动力学机制研究;北黄海断面(HH1)调查将为北黄海冷水团长期变化机理、渔业资源种群动态和陆海相互作用研究提供基础资料;黄海36°N断面(HH2)和35°N断面(HH3)调查资料是揭示黄海冷水团变异规律及其资源环境效应、研究黄海生态系统结构与功能的基础,对阐明南海夏季浒苔绿潮扩散规律、提出科学防控策略,认识冬季黄海暖流入侵黄海的关键过程具有重要意义。

3.1.2 长江口 围绕长江口及邻近海域的物质输运及其资源环境效应、长江冲淡水的次级环流和混合过程、低氧区的动力过程和邻近海域锋面结构及其动力机制等关键科学问题,规划设置3条固定调查断面(CJ1、CJ2、CJ3)(图1)。对于河口区内,重点开展长江口浑浊带变化、物质输运与沉积的多学科综合观测;对于河口区外,主要针对长江口冲淡水、悬浮泥沙、营养盐等物质输运过程与资源环境效应进行多学科综合观测。

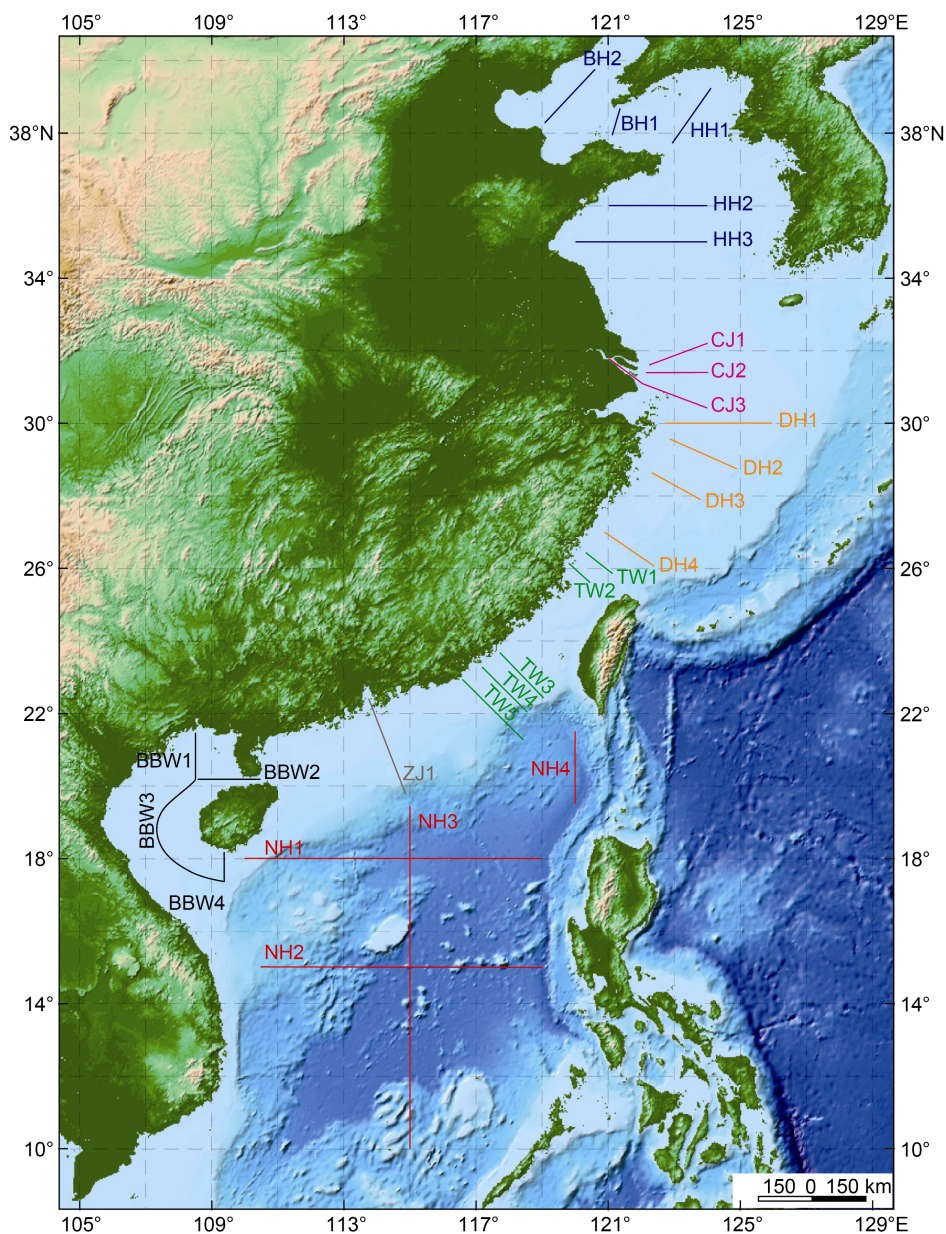


图 1 近海固定调查断面示意图

Fig.1 Deployment of the repeated observation sections in the offshore waters in China

注: BH: 渤海断面; HH: 黄海断面; CJ: 长江口断面; DH: 东海断面; TW: 台湾海峡断面; ZJ: 珠江口断面; NH: 南海断面; BBW: 北部湾断面。已批准实施的固定调查断面有 11 条: BH1、BH2、HH1、HH2、CJ3、DH1、TW1、TW4、ZJ1、NH1、NH4; 2023 年度计划新增固定调查断面 4 条: BBW1、BBW2、BBW3、BBW4

3.1.3 东海 重点围绕黑潮陆架入侵及其对物质和能量运输的影响、陆海相互作用及其资源环境效应等关键科学问题, 规划设置 4 条固定调查断面(图 1)。东海 30°N 断面(DH1)侧重于开展长江冲淡水等陆源输入对东海水动力、生物资源、水体化学和沉积环境影响的调查; 东海中部断面(DH2、DH3)调查则侧重于获取黑潮入侵分支的影响范围、影响强度及其时空变化特征等信息, 为东海生态系统健康评估、渔业资

源变动机制等研究提供基础数据; 东海南部断面(DH4)调查将为揭示黑潮入侵东海陆架的水体交换过程及其环境效应、东海陆架锋面变化过程、浙闽沿岸流对跨陆架物质运输的影响机制等提供基础资料。

3.1.4 台湾海峡 重点围绕海峡极端气候成因、河口-近海-海峡水动力环境演变及其资源环境效应、海峡的海-陆-气耦合过程及演化机理、海西流域-河口-近海生态系统健康等关键科学问题, 在海峡南北两

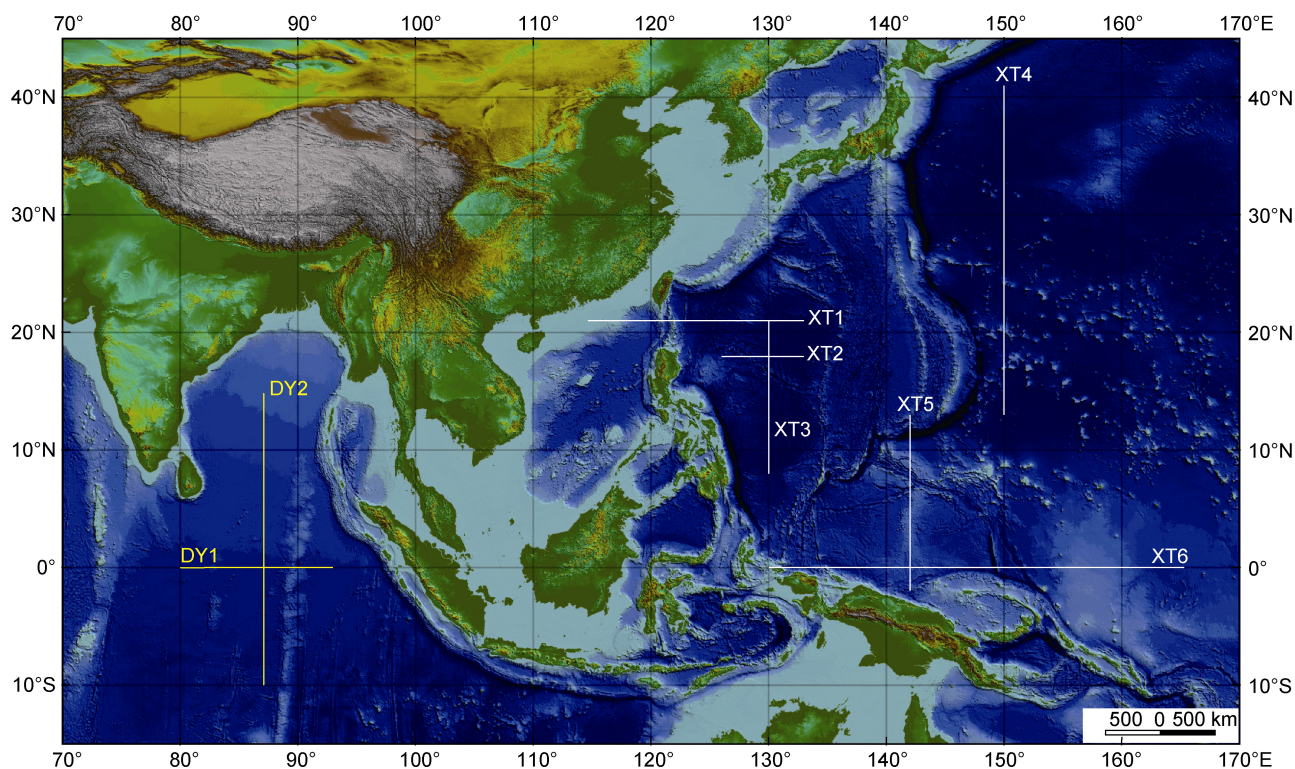


图2 深远海固定调查断面示意图

Fig.2 Deployment of the repeated observation sections in the open sea waters

注: XT: 西太断面; DY: 东印断面; 已批准实施的固定调查断面有 4 条: XT1、XT3、DY1、DY2

端共规划设置 5 条固定调查断面(图 1)。北端 2 条断面(TW1、TW2)调查可为揭示浙闽沿岸流与台湾暖流的相互作用及其对长江及浙闽沿岸入海物质的输运与埋藏的影响过程及其控制机制、阐明台湾海峡浮游生物群落结构演变和有害藻华暴发的动力机制提供基础资料; 南端 3 条断面(TW3、TW4、TW5)调查则侧重于支撑气候波动及台湾浅滩地形诱导的台湾海峡水动力环境突变及其生态环境效应、河流冲淡水与上升流相互作用过程及其对台湾浅滩生产力-群落结构演变的驱动机制等研究。

3.1.5 珠江口 重点围绕珠江口至琼东与南海西部海域夏季海洋锋的时空变异特征及其动力机制, 研究海洋热力结构的长期变化趋势, 开展物理海洋、海洋化学、海洋生物和海洋地质等学科的综合调查, 规划设置 1 条固定调查断面(ZJ1)(图 1)。断面调查资料重点支撑从河流到陆架和陆坡的物质梯度与输运特征、珠江冲淡水等多尺度动力过程、珠江口及南海北部生物地球化学过程及生态效应等研究。

3.1.6 北部湾 主要围绕北部湾生态环境演变及其对生物多样性的影响, 冲淡水、上升流等水动力过程及其资源环境效应等关键科学问题, 规划设置

4 条固定调查断面(BBW1、BBW2、BBW3、BBW4)(图 1)。断面调查资料旨在阐明北部湾资源环境特征及其与南海的相互联系以及受海南岛南部上升流的影响机制, 同时为北部湾与粤西近海的物质交换过程等研究提供支撑。

3.1.7 南海 主要围绕南海环流动力学及其与印度洋和太平洋水交换动力机制、南海北部洋陆过渡带和南海深海盆地壳与上地幔结构和动力学、南海深海盆沉积和构造作用、南海生物多样性形成与维持机制等科学问题的研究, 规划设置 4 条固定调查断面(图 1)。南海 18°N、15°N、115°E 断面(NH1、NH2、NH3)调查旨在为研究南海多尺度动力过程、生物地球化学过程及其对资源环境的调控机理、沉积环境的演化以及构造-季风联合作用机制、南海北部洋陆过渡带深部结构、南海海盆的裂解和扩张历史等提供多学科综合观测资料; 南海吕宋海峡断面(NH4)重点调查南海东北部—吕宋海峡环流及其对南海内部的影响。

3.2 深远海固定调查断面

深远海固定断面设计近期主要聚焦对全球变化响应敏感、与我国海洋环境和气候变化关联紧密、防

灾减灾需求强烈的西太和东印海域。这两个海域的固定断面观测,不仅可为多尺度动力过程相互作用研究和海洋环境与气候预测保障提供数据支撑,也对落实“一带一路”倡议和应对全球气候变化具有重要意义。围绕地球系统多圈层相互作用、极端海洋环境与生命过程等关键科学问题,结合我国在上述海域的已有观测基础,设计了西太和东印固定断面。

3.2.1 西太平洋 聚焦西太赤道-副热带-中纬度复杂流系多特征及其多时间尺度变化机制、物质能量交换过程及调控机理和生态效应,俯冲带深部结构及俯冲机制、岩浆作用,深海盆地沉积过程及其资源效应等关键科学问题,规划设置 6 条固定调查断面(图 2)。西太 21°N 断面(XT1)调查主要支撑太平洋与南海物质能量交换及黑潮入侵对南海北部的影响研究;西太 18°N、130°E 断面(XT2、XT3)调查旨在支撑西太北赤道流分叉区和低纬度西边界流区的环流与水团结构变异规律以及中尺度涡旋动力学及其环境效应研究;西太 150°E、142°E 断面(XT4、XT5)主要针对西太赤道流系以及北太平洋经向流的结构与多尺度变异规律、物质能量输运及其气候与环境效应、深渊环境形成机制、俯冲带深部结构及俯冲机制开展观测;西太赤道断面(XT6)主要针对暖池核心区、暖池-冷舌交汇区的环流和水团结构特征与多尺度变异规律及其气候环境效应等科学问题开展观测。

3.2.2 东印度洋 聚焦热带印度洋关键海区海洋环流及其热量、盐度输送对气候和海洋生态系统的影

响,印度洋中脊-地幔柱相互作用与演化、印度洋板块俯冲及其与亚欧板块碰撞闭合过程、印尼俯冲带地质作用过程,南亚和东南亚陆缘源汇等关键科学问题,规划设置 2 条固定调查断面(图 2)。东印赤道断面(DY1)主要针对赤道和赤道外流系的分界与联系、印尼贯穿流水体的西向扩散、赤道环流的再分配过程对生物地球化学循环的调控等开展调查与观测;东印 87°E 断面(DY2)主要针对东印子午向翻转环流(中层低氧水的通风)动力过程及其对生物地球化学循环的影响、印度古恒河河谷沉积物搬运、俯冲带地质作用过程等开展调查与观测。

4 固定调查断面实施进展及存在问题

自 2021 年,13 条固定调查断面已在共享航次计划渤海、东海、长江口、台湾海峡、南海、西太、东印海域执行,开展了海洋水文和气象、海洋化学、海洋生物、海洋生态和海洋地质等多学科综合调查,获得了大量第一手调查资料,深远海固定断面的调查内容和调查要素正逐步实现与 GO-SHIP 计划所制定的 1 级数据要求接轨。这些固定调查断面共为 634 项(次)国家自然科学基金项目提供了搭载(表 1)。其中,81.7%为海洋学科资助项目,其余为地球科学其他分支学科和非地球科学资助项目。可以看出,固定调查断面的实施既兼顾了搭载项目的个性化调查需求,也在一定程度上推动了海洋科学与地球科学乃至其他领域的学科交叉和融合创新。

表 1 2021~2022 年已执行固定断面调查的共享航次计划搭载项目类型

Tab.1 Projects carried by the NSFC Shiptime Sharing Project with repeated observation sections during 2021~2022

海域及固定 调查断面 搭载项目 类型	渤海	东海	长江口	台湾海峡	南海	西太	东印	合计	
	BH1、HH1、HH2	DH1	CJ3	TW1、TW4	NH1	ZJ1	XT1、XT3		DY1、DY2
重大研究计划项目	4	4	1	2	5	1	21	1	39
重大项目	1	1	1	1	1	2	1	2	10
重点项目	4	8	2	1	3	6	5	4	33
杰出青年科学基金项目			3			2			5
优秀青年科学基金项目	1						2		3
面上项目	65	43	52	18	54	59	42	39	372
青年科学基金项目	20	19	14	6	17	22	17	15	130
国际(地区)									
合作与交流项目				2	1	3	2	2	10
联合基金项目	9		2	3	5	3	3	1	26
专项项目	1				3	1	1		6
合计	105	75	75	33	89	99	94	64	634

固定调查断面实施过程中也暴露出一些问题,如部分近海断面季节调查频次偏低,断面调查站位的固定性与现场作业的灵活性之间存在矛盾,首批固定断面尚难以满足解决关键海域重大科学问题的需要等,今后将对部分断面进一步优化调整。

5 展望

基于科考船的海洋调查是获取海洋变化第一手资料的重要方式,是孕育海洋科学原创成果的基础。针对共享航次计划不同年份之间同一海域的站位设置及其观测方案变化较大、缺乏相对固定的调查断面研究的现状,自 2020 年起在国家自然科学基金年度申请指南中发布了一系列基于顶层设计的海上固定调查断面,实施取得了阶段性进展。

当前,我国海洋科技事业蓬勃发展,海洋科考能力不断增强,为加强我国海洋基础研究定位观测能力建设,应进一步做好以下几方面工作:

(1) 推动自然科学基金委及其他海洋行业部门海洋科考断面资料的开放共享,提高长期观测数据对解决海洋重大科学问题的贡献度。

(2) 建立共享航次计划固定断面调查技术规范,包括仪器设备质量控制标准、样品采集、保存和标准分析方法、数据汇交规范和共享机制,提升数据质量和使用成效,不断巩固和完善共享航次固定断面观测。

(3) 加强共享航次的统筹协调,实现对同一区域多要素和不同区域同一要素的同步观测,不断丰富固定断面的调查内容,逐步实施固定频次(间隔时间、季节)、站位和要素的多船同步共享航次计划固定调查断面。

(4) 加强固定断面调查成果的综合集成和应用,定期评估重点海域资源环境状况,形成专题研究报告和图集,揭示重点海域资源环境长期演变的动力机制及其生态效应,为支撑海洋可持续发展提供重要决策参考。

(5) 加强国际合作,推动构建以科学问题为导向、大科学计划为载体、我国科学家主导的国际合作共享航次,为构建海洋命运共同体、推动实现联合国“海洋科学促进可持续发展十年(2021~2030 年)”目标做出应有贡献。

(6) 为满足海洋环境安全保障、海洋科学研究、海洋经济发展的需求,通过多方努力建立固定断面调查的常态化机制,使之成为我国海洋科学研究尤其是海洋环境长期变化研究的重要支撑。

致谢 感谢共享航次计划第三届、第四届指导专家组!

参 考 文 献

- 王伟,高艳波,齐连明,等,2014.我国业务化海洋观测发展研究——借鉴美国综合海洋观测系统[J].海洋技术学报,33(6):34-39.
- 史鄂侯,1987.我国海洋环境保护工作十五年回顾与展望[J].海洋环境科学,6(2):1-8.
- 孙军,蔡立哲,陈建芳,等,2019.中国海洋生物研究70年[J].海洋学报,41(10):81-98.
- 杨雪梅,侯雨佳,冯勇,等,2018.推动科学基金共享航次计划的思考[J].中国科学基金,32(5):520-526.
- 吴立新,陈朝晖,林霄沛,等,2020.“透明海洋”立体观测网构建[J].科学通报,65(25):2654-2661.
- 吴立新,荆钊,陈显尧,等,2022.我国海洋科学发展现状与未来展望[J].地学前缘,29(5):1-12.
- 佚名,2000.标准断面调查[J].海洋技术,19(2):65.
- 冷疏影,张亮,2020.深化“共享航次计划”推动我国海洋科技原始创新[J].中国科学院院刊,35(12):1490-1498.
- 宋转玲,刘海行,葛人峰,等,2014.国家自然科学基金委员会共享航次调查数据汇交体系构建[J].中国科学基金,28(6):455-459.
- 陈连增,雷波,2019.中国海洋科学技术发展70年[J].海洋学报,41(10):3-22.
- 陈洪滨,李军,马舒庆,等,2019.海洋气象观测技术研发进展[J].科技导报,37(6):91-97.
- 宫芳然,1989.海洋断面调查和公益服务[J].海洋与海岸带开发,(1):47-49.
- 宫芳然,1990.我国近海水文断面监测三十年[J].海洋环境科学,9(2):39-45.
- 郭炳火,黄振宗,李培英,等,2004.中国近海及邻近海域海洋环境[M].北京:海洋出版社:15-18.
- 唐启升,2006.中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境[M].北京:科学出版社:3-27.
- 葛人峰,侍茂崇,2016.“船时共享航次计划”-国家自然科学基金委员会的重大创建[J].地球科学进展,31(4):428-434.
- 熊学军,郭小纲,盛立芳,等,2012.中国近海海洋——物理海洋与海洋气象[M].北京:海洋出版社:433.
- ANDERSON D L T, 1995. The tropical ocean global atmosphere programme [J]. Contemporary Physics, 36(4): 245-265.
- HU D X, WANG F, SPRINTALL J, *et al*, 2020. Review on observational studies of western tropical Pacific Ocean circulation and climate [J]. Journal of Oceanology and Limnology, 38(4): 906-929.
- KAWAKAMI Y, KITAMURA Y, NAKANO T, *et al*, 2020. Long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre from a repeat hydrographic section along 165°E [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 125(1): e2019JC015382.
- NATIONAL INSTITUTE OF FISHERIES SCIENCE, 2023. NIFS Serial Oceanographic observation/Outline [EB/OL]. [2023-02-02]. https://www.nifs.go.kr/kodc/eng/eng_soo_summary.kodc.

- NIILER P, 2001. The world ocean surface circulation [J]. *International Geophysics*, 77: 193-204.
- OKA E, ISHII M, NAKANO T, *et al*, 2018. Fifty years of the 137°E repeat hydrographic section in the western North Pacific Ocean [J]. *Journal of Oceanography*, 74(2): 115-145.
- PARK K S, HEO K Y, JUN K, *et al*, 2015. Development of the operational oceanographic system of Korea [J]. *Ocean Science Journal*, 50(2): 353-369.
- SLOYAN B M, WANNINKHOF R, KRAMP M, *et al*, 2019. The global ocean ship-based hydrographic investigations program (GO-SHIP): a platform for integrated multidisciplinary ocean science [J]. *Frontiers in Marine Science*, 6: 445.
- TALLEY L D, FEELY R A, SLOYAN B M, *et al*, 2016. Changes in ocean heat, carbon content, and ventilation: a review of the first decade of GO-SHIP global repeat hydrography [J]. *Annual Review of Marine Science*, 8: 185-215.
- TALLEY L D, ROSSO I, KAMENKOVICH I, *et al*, 2019. Southern Ocean biogeochemical float deployment strategy, with example from the Greenwich Meridian line (GO-SHIP A12) [J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(1): 403-431.
- TODD R E, CHAVEZ F P, CLAYTON S, *et al*, 2019. Global perspectives on observing ocean boundary current systems [J]. *Frontiers in Marine Science*, 6: 423.
- WOODS J D, 1985. The world ocean circulation experiment [J]. *Nature*, 314(6011): 501-511.

AN OVERVIEW ON REPEATED OBSERVATION SECTIONS IN THE SHIPTIME SHARING PROJECT OF NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA

LENG Shu-Ying¹, ZHANG Yu², ZHANG Liang¹, SHI Hong-Hua², ZHUANG Zhi-Meng²

(1. *Department of Earth Science, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China*; 2. *Laoshan Laboratory, Qingdao 266237, China*)

Abstract Oceanographic investigation based on research vessels is an important approach to obtaining first-hand marine information on variation laws of ocean processes, laying essential foundations for major original innovations of marine science. The performance of the Shiptime Sharing Project of National Natural Science Foundation of China (NSFC) since 2009 shows that, the primary goals of the projects have been met and the observation data were shared. However, the sampling station setting and observation design of the same sea area vary greatly in different years, and there is a lack of repeated section survey. To improve the performance of the NSFC Shiptime Sharing Project and strengthen the study on long-term variation laws of ocean processes, a series of repeated observation section (ROS) have been deployed and some of them have been announced in the annual application guide for the NSFC Shiptime Sharing Project since 2020. The principle of the ROS planning aiming at top-level design was proposed, i.e., “Priority and Continuity, Scientific Guidance and Premium Performance, and Overall Coordination and Step-by-step Implementation”. In offshore waters being characterized by enriched biodiversity, high primary productivity, strong land-sea interaction, dual impacts by climate change and human activities, and prominent demands for resource utilization and environment protection. The ROS planning shall be focused on key scientific issues of the ecosystem health and services maintenance, as well as the ecological effects of land-sea interaction. In open sea waters, the ROS planning should focus on the western Pacific and eastern Indian Ocean areas, which are sensitive to global changes, closely related to China’s marine environment and climate change, and have a strong need for marine disaster prevention and mitigation, aiming at the key scientific issues such as the multiple-sphere interaction of the earth system and marine life processes in extreme environment. This paper summarizes the scientific idea of planning the 34 ROSs, including 26 in offshore and 8 in open sea waters. To promote the observation network positioning for the basic research, some suggestions are put forward to establish the technical specifications of repeated section survey as soon as possible, to strengthen the comprehensive integration and application of the ROS, to implement effectively the observation data sharing among different departments, and to promote international cooperation for Shiptime Sharing and ROS.

Key words oceanography; NSFC Shiptime Sharing Project; repeated observation section; oceanographic investigation; offshore waters; open sea waters