

耕海探洋跨越发展 谱海洋强国新篇章

——我国在热带西太平洋前沿研究取得重大进展

■本报记者 廖洋 实习生 徐君岭



①南海综合调查航次合影(2017年7月),第一排左七为首席科学家孙松。
②“科学”号
③“发现”号 ROV



“建设海洋强国,我一直有这样一个信念。”2018年6月,习近平总书记在青岛考察时强调。

中国科学院海洋研究所——我国成立第一个专门从事海洋科学研究的国立机构,始终以习近平总书记“三个面向”要求为指引,不断深化科技体制改革,瞄准聚焦建设“海洋强国”的国家战略需求,解决自主创新核心关键问题,引领我国海洋科技创新实现跨越式发展。

面向世界科技前沿,中国科学院海洋研究所历史性地确立了我国在西太平洋前沿研究中的国际地位。面向国家重大需求,构建了国际上最大规模的从我国近海到邻近大洋的科学观测网,建成世界首个具备实时传输能力的潜标观测阵列;成功构建了国际一流的深远海探测体系,引领我国海洋探测能力实现跨越发展。

五年,时间凝结成珠华。一千多名科研人员,35个深远海航次、113个近海航次,航程超33万海里,“发现”号ROV下潜210余次,获取海山、热液/冷泉区巨型和大型生物样品5000余号近600种,新增海洋科学数据达127TB,发表SCI论文1198篇……《自然》杂志报道,“600年之前中国人郑和率领庞大船队跨越太平洋七下西洋,增加了中国的影响,今天中国重新进入太平洋,观测数据对于全球气候预测模式和研究东南亚季风以及全球气候起到不可估量的作用”。

五年来,由中国科学院海洋研究所研究员孙松为首席科学家的科研团队乘着自主研发的大国重器“科学”号科学考察船在西太平洋海域耕海探洋,取得了一项又一项国际领先的成果,填补了我国在深海远洋科学考察中一个又一个科研空白。

中科院设立战略先导专项 深入认知和经略海洋

建设海洋强国,必须进一步关心海洋、认识海洋、经略海洋,加快海洋科技创新步伐。

2010年国务院第105次常务会议批准,中国科学院自主组织、前瞻部署国家重大科技任务,集成中科院内的优势力量,联合外部的力量,开展一系列跨学科、跨领域的重大科技任务。自此,中国科学院战略性先导科技专项诞生,按照习近平总书记对中科院提出的“三个面向、四个率先”的要求,成为实现中科院“率先行动”计划的重要抓手。

中科院战略性先导科技专项分为三类:A类主要围绕国家需求来突出引领示范,突破战略高技术、重大公益性关键核心技术问题促进国家技术和产业变革,服务经济社会的可持续发展;B类定位面向世界科技前沿,把握科技革命可能产生的新方向、新趋势,用原创性的技术前沿成果占据未来科技制高点;C类先导专项聚焦关键核心技术,旨在破解“卡脖子”的一些问题,实行关键核心技术的攻坚,从根本上改变相关领域、相关产业我国一直受制于人的被动局面。

2013年,中国科学院海洋研究所承担的海洋战略性先导专项“热带西太平洋海洋系统物质能量交换及其影响”(A类)作为中国科学院前期启动的10个专项之一,应运而生。时任中国科学院海洋研究所所长孙松担任专项首席科学家。

那么,这个同时兼具“战略性”和“先导”作用的海洋专项做什么?“我们在专项申请的过程当中,就面临这个很重要的问题,既要符合国际前沿,也要符合国家需求。在筛选战略性先导专项的时候除了要明确目标和任务外,一个很重要的考虑就是我们是否具备相关的基础和能力。”孙松告诉《中国科学报》。

根据联合国、重要涉海国家及国际组织的海洋科学发展报告,当今海洋科技发展热点主要集中在健康海洋、深海洋观测、技术装备研发以及与此相关联的海洋大数据及信息系统的建设。

为此,孙松回顾,“热带西太平洋海洋系统物质能量交换及其影响”海洋战略性先导专项的主要任务就确定为瞄准海洋领域国际前沿问题,围绕认知和经略海洋的国家重大需求,以热带西太平洋为重点,兼顾东印度洋和印尼贯穿流区域,开展海气相互作用、海洋环境安全与生态系统演变、深海极端环境与生命综合研究,以科学需求为导向,研发海洋探索与研究急需的海洋装备,从整体上提高我国海洋探测与研究能力。

作为A类战略性先导专项,五年来,“热带西太平洋海洋系统物质能量交换及其影响”的成功实施,掀开了我国“海洋强国”战略崭新的篇章。

国际上首次破解潜标数据 长周期稳定实时传输的海洋观测难题

“在做大洋观测方面,我们一直面临着很大挑战。比如潜标放下去能不能回收?能不能获得数据?非常令人骄傲的是,在西太平洋,我们投放的潜标最深达六千米,只有一套潜标出现过回收的问题,其他全部顺利回收并得到了一系列宝贵的观测数据。”西太平洋深海潜标网建设负责人、中国科学院海洋研究所所长王凡如此介绍。

据了解,西太平洋是国际合作调查研究的热点海域之一。西太平洋暖池与西边界流是影响我国近海生态系统稳定性和演变趋势的重

要驱动力。西北太平洋海洋环流对于掌握全球气候变化动态、提升我国气候预测能力至关重要。此外,还将有助于解析大尺度生态系统的变动和生态灾害的问题,深化近海生态系统演变规律的认识,从而完善近海生态系统动力学理论。

谈到该项目开展之初面临的挑战时,王凡表示,“能不能实时拿到数据,是开展这个项目的关键点,也是一个世界难题。国际上很多专家都进行过探索,我们团队经过不懈的努力终于成功了。”

在主流系与西太平洋暖池变异机制及其气候效应方面,项目组建成了由30套深海潜标组成的我国西太平洋印尼海科学观测网并实现稳定运行,国际上首次破解潜标数据长周期稳定实时传输的海洋观测难题,并实现10余套潜标深海3000米数据每小时一次的组网实时传输,成为首个具有实时传输功能的潜标观测网。目前,已成功获取最深观测深度达5300米、连续4~5年的温度、盐度和海流等数据。

基于观测网综合数据,在西边界流区和暖池核心区次表层环流、赤道西太平洋中深层环流、印尼贯穿流的结构特征和多时间尺度变异规律上取得了新认知;发现向上传播的内潮内波、地形波动等在深层与上层海洋物质能量交换中的重要作用;揭示了南太平洋热点区域表层流场、高盐南太平洋热带水的涌升强度和位置、印度洋偶极子“海洋通道”等预报ENSO的前兆因子。

此外,项目组构建了印太大洋精细化温盐密声环境观测系统;改进物理参数化方案和同化技术,初步建成了准全球—区域多重嵌套的海气耦合预报系统,达到国际先进水平。

“通过科学考察船进行综合立体观测,构建了从中国近海到西太平洋再到东印度洋,整个西太最大、高强度的观测探测体系,实现了准同步实时观测。这是迄今为止世界上没有做到的,中国做到了!”孙松兴奋地宣告。

通过一系列的探测和观测,项目组成功破解了全球变化“消失的热量”之谜,发现了东亚夏季气候预测的薄弱因子,揭示了暖池核心区次表层和中层环流结构变异规律,并逐步优化了我国拥有自主知识产权的中间型ENSO预报模式,向国际社会提供实时预报。海洋研究所的ENSO模式同时也是中国首个在世界开展联测的模式。

深入“黑潮暖流” 推动海洋可持续发展

黑潮是位于北太平洋亚热带总环流系统中的西边界流,能够带来太平洋高温、高盐度海水带到近海广大海区,从而对近海水团结构、环流格局及生物区系产生巨大影响。

一直以来,国内外都非常重视黑潮的调查研究工作并在黑潮主流系和延伸体观测方面取得了重要进展和认识。然而,这些调查仍然对黑潮给我国近海输入的路径、通量以及我国近海生态环境造成的影响认识不足。特别是黑潮入侵东海的途径与方式、变异规律等没有统一认识及理论依据,大洋生源要素输送方式、时空特征、控制机理及其对近海生态系统变动影响等悬而未决的科学难题亟待解答。

项目组在中国近海及邻近大洋组织实施综合航次30次,其中包括黑潮主干区和黄、东海航次9次,南海东北部航次8次,渤海大面航次13次;共布放潜标35套,浮标2套,成功回收潜标30套;完成基础图集编撰;建立了能准确模拟黑潮入侵近海分支及变异的高精度环流数值模式,获得黑潮与东海陆架间水之间的交换通量及其年际变化特征;提出了地形beta-spiral理论,解释了黑潮入侵的形成与变异机制;精细刻画了黑潮入侵东海路径并估算通量。

项目组辨析了长江冲淡水与黑潮入侵在长江口邻近海域赤潮形成和演替过程中的不同作用,分析预测了该海域赤潮灾害的演变趋势。基于长期调查数据和海洋模式分析了水母暴发与环流因子的关系。

项目组将“健康海洋与可持续发展研究”作为重要的研究方向和目标。关于近海可持续

发展等问题的战略咨询报告相继得到了国家相关部门响应。“2018年上合峰会在青岛召开期间,我们给国家的绿潮综合防控报告得到了采纳,并得到了实践,几省联合起来防控,取得了非常好的效果。”孙松说。

据了解,项目组还与澳大利亚学者合作发展了近海生态系统的评价方法框架,在明确近海生态系统健康定义和指标体系的基础上,完成了近海生态系统健康评估模型框架的构建。

项目组完善了改性黏土治理有害赤潮的理论模型,改进技术方案并推广应用。今年,海洋研究所研究员俞志明有效治理赤潮的改性黏土专利技术及产品,设备已走出国门,服务海外。

项目组开展典型海洋牧场环境与资源的调查和监测,构建牧场环境资源监测平台,并开展预警预报。

打破国际深海技术封锁 构建我国深海系统探测与技术体系

2013年海洋专项启动时,由海洋研究所承建的国家重大科技基础设施“海洋科学综合考察船”项目——“科学”号于2012年12月底刚刚交付使用,“发现”号水下机器人2014年3月投入使用。深海探测负责人、现任自然资源部第一海洋研究所所长李铁刚介绍说,孙松给项目组制定了“下得去,看得清,测得准,拿得上,可扩展,用得起”的深海探测能力建设目标,在深海系统探测与技术体系建设上迈出了关键的一步。

项目组成功构建了“船基—潜器—原位”一体化的国际先进的深海系统探测与技术体系,实现了“室内模拟实验—海洋移动实验室—深海原位实验室”的跨越。

五年来,项目组共完成12个深海综合科考航次,共获取综合地质调查数据、水文流场数据、近海物理化学参数数据9.2Tb,完成表面/浅层岩石、沉积物样品与海水、生物样品采集,其中沉积物样品>500余份、岩石样品>4吨、深海大型生物5000余号。深海探测项目负责人、大型办公室主任、中国科学院海洋研究所副所长李超伦向记者介绍了海洋专项在深海探测中取得的重要成果。

通过海洋先导专项的实施,在国内率先建立了从宏观到微观、从走航到定点、从探测到采样、梯度与原位相结合的深远海探测与作业技术体系,建成了我国迄今样品量最大、物种数最多的深海大型生物样品库并实现样品共享。深海环境探测与取样能力达到国际先进水平,并广泛应用于西太平洋深海极端环境探测。

编制了雅浦海山区高分辨率(整体达到1:10000)地形地貌系列图集;提出了新俯冲带大地震发生机制和碳酸盐岩浆向碱性玄武岩转化的新模式;揭示了雅浦海山区的精细地壳结构,完善了其动力学演化模式。

发现深海大型生物1新科、1新亚科、5新属、51新种;系统刻画了南海台西南冷泉生态系统基本结构和深海化能管养食物网结构;揭示了深海细菌适应低温环境的独特调控机制;揭示热液柱热和物质通量,建立热液柱动力学过程物理模型;发现了具有生物活性新结构化合物130余个(含3个先导化合物),揭示了深海微生物酶二聚化、异构化、环化等特殊生物合成功能,实现了多种手性化合物的酶法拆分。

对此,孙松表示:“专项对西太平洋海域进行了大规模的调查,从规模、强度看都是世界最大、前所未有的。可以说,专项是一个大系统工程,充分发挥了战略引领作用,科学问题完全运转起来了。”

研发深海探测设备 引领深海技术装备跨越式发展

五年来,项目组完成了10台水下滑翔机系统、1套长期剖面观测型AUV系统、1套深海热液探测AUV系统、1份万米载人潜水器研制科学需求分析报告;完成了2套船载拖曳式光纤温深剖面连续测量系统、1套深海通量与混合观测系统、1套套深海生态过程长期定点观测系统、1台套深海科考型ROV系统。专项

装备研发负责人、中国科学院沈阳自动化研究所副所长李硕向记者介绍了设备研发情况。

此外,还完成了1套基于深海ROV平台的拉曼光谱原位定量探测系统,1套海洋生物光学剖面测量系统,2套深水可视化可控超长期底质取样系统,2套高通量深海海水采样及分级过滤系统,6套套深海极端环境高精度温度链及其应用系统。

在海洋探测设备研发方面,项目组开展了多项综合性研究,总计研制12种类型33台(套)深海装备,装备涉及自主式观测系统、连续观测作业系统、传感器与采样系统等多个领域,发布了长期剖面观测型AUV系统、深海热液探测AUV系统、拉曼光谱原位定量探测系统等多个国际领先仪器。

人才队伍建设 ——青年海洋科研人员茁壮成长

专项的实施,是中国科学院海洋研究所从近海走向深海的历史性转折,完成了深海综合探测装备体系以及技术与支撑体系的建立,其中的一大亮点,就是青年科学家队伍的成长,建立了以青年科学家为主的科技队伍。

回忆起海外作业的经历,孙松对由青年科学家构成的深海探测技术与支撑队伍的成长感触颇深。“受到海上突发事件的干扰,项目组要把深海1800米的6套装备进行紧急回收,原计划进行12小时。即使不能完成任务,到时间也必须撤离。在受到外界干扰的情况下,晚上作业,5个小时全部收回,充分说明了我们的海上作业能力,更为重要的是培养了一支优秀的青年科学家队伍。他们是海上作业的主力军,高端文章的主要作者,是落实我国海洋强国战略、“一带一路”国际合作中的新鲜血液和生力军。”

海洋专项在大洋观测方面面临着很大的挑战。在深层环境探测中,虽然解决了预测因子的问题,但潜标放下去以后,可能有去无回,无法获得数据,但在科研人员的努力下,在西太平洋最深达到六千米的位置成功布放潜标且全部成功回收。专项对西太平洋的观测规模是世界上最大的,技术是最先进的,起到了引领作用。最关键的是,通过这样一个行动,锻炼了一批专业化的团队。这支队伍由青年人组成,在工作效率和运行安全上,堪称世界一流。

记者了解到,专项在人才培养上取得了一系列重要成果,涌现出一批优秀青年人才:2人入选国家百万人才工程突出贡献中青年专家,4人获得国家自然科学基金委“杰出青年基金”项目资助,6人获得国家自然科学基金委“优秀青年基金”项目资助等,此外还培养硕博研究生及博士后累计900余名,人才培养方面收获颇丰。

五年的耕海探洋建立了一支成熟可靠、年轻有为的专业科考团队,航次首席队长平均年龄34岁,科考队员平均年龄29岁。

海洋科学家的情怀 ——“我们实现了一个梦想”

走向深海,建立国际一流的探测与研究平台、取得国际一流的科研成果一直是科学家的梦想。随着海洋专项的实施,一个个梦想正在逐步变成现实。

这群可爱的科学家们有着自己的情怀和梦想。

“我们实现了科学家的一个梦想。过去是把样品取上来,但是取上来以后,各种特征全部改变了。通过我们的技术创新,现在我们可以海底进行观测,在水下直接进行实验、探测,而且是长期的观测,关键是水下平台与海上平台进行有机结合,形成一套完整的体系。”孙松感慨地介绍。

海洋专项自主研发了多台深海装备,首次实现对我国南海冷泉区综合协同调查。通过“探索4500”AUV在南海冷泉区开展大面积海底地形地貌精细探测和海底光学调查,获取了近海底水底探测数据,锁定一块海底冷泉疑似区;利用“发现”号ROV进行海底高清摄像和采样作业,为研究影响冷泉区化能生态系统环境要

素和生物分布的机制提供了重要资料;在确定科学家感兴趣的观测点后,操控“发现”号ROV将“冷泉”着陆器精准调整到海底指定位置,对海底冷泉生物群落和环境进行为期三个月的连续观测,分析环境变化对冷泉区生物迁移、生长率和繁殖等关键过程的影响。

专项实施中,还同步实现了多台探测设备的协同探测与作业及交汇拍摄。在“科学”号科考船和“发现”号ROV的精准协同配合下,科学家第一次看到了AUV在深度超过1000米近海底的工作状态,在我国首次实现了两种不同类型的水下机器人近距离交汇拍摄。

从无到有 跨越式发展 ——科研成果受到国内外瞩目

海洋专项从实施开始,就一直被国际目光所关注。

专项基于国家重大科技基础设施“科学”号海洋综合考察船,集成4500米水下缆控潜器(ROV)等多套先进仪器设备,构建了国际最先进的深海环境综合探测观测平台,《自然》杂志两次报道认为“中国已经完全具备开展深海研究能力”,国际学术界对此予以广泛关注。海洋专项的实施,使我国的深海研究真正实现了跨越式发展,从无到有,一跃进入国际先进行列。

专项任务承担者、中国科学院大气物理研究所所长朱江带领团队利用近期较为丰富的海洋观测去评估重构的历史热含量变率在不同海盆和不同时间尺度的准确性,首次量化了由于历史观测不足导致的估计误差,提出了一个最新、更准确的全球上层2000米历史海洋热含量的重构,反映了更快的全球变暖速率,美国《华盛顿邮报》、英国《卫报》等相继对该研究成果做出报道……

其实,从2014年开始,专项就已进行国际评估。2017年,项目组还担任国际上重要的海洋研究机构的学术委员会领导人,包括国际大的海洋科学组织的领导人邀请到委员会当中。项目实施后,中国海洋科研在国际合作中的地位也发生了很大的改变,与斯里兰卡在太平洋、印度洋的观测上建立了长期的合作关系;与印度尼西亚在海啸通道、海洋资源环境方面进行了合作;与澳大利亚建立了海洋生态系统健康联合评估中心,得到科技部支持。西太平洋海气相互作用研究计划成为中国人提出并起到引领作用的国际合作计划。

“这个项目是我国海洋项目一个里程碑,并且是以地球科学的系统理论和理念来研究。”中国地质大学(武汉)金振民院士认为,专项中,西太平洋观察体系、装备体系、深海技术探测体系的建立,为我国向海洋大国、海洋强国迈进打下了基础。专项培育了一支深海研究队伍,奠定了我国在西太平洋研究的国际地位。

中国矿业大学(北京)何满潮院士坦言,自己见证了改革开放以来科技高速发展的40年,“科学院战略性先导专项,是推进我们国家科学和技术进入到前沿领域、领跑或者领先这个领域真正的动力”。

专项多次获得重要嘉奖。2014年,承载专项任务的“科学”号深海科学考察团队被CCTV和七部委联合评选为“科技创新团队”,是与探月、天河一起获奖的三个创新团队之一。

近五年,先后荣获中国海洋工程科学技术奖特等奖1项,中国海洋工程科学技术奖一等奖2项,中科院杰出贡献成就奖2项、中科院科技促进发展奖2项、中科院国际合作奖1项、海洋科学技术奖一等奖4项等,填补了中国科学院杰出科技成就奖在海洋科研领域上的空白。

先导引领——中科院青岛科教园 海洋大科学研究中心建立

海洋先导专项创制组组长、中国科学院副秘书长汪克强指出,专项的实施,为建设中国科学院海洋大科学研究中心奠定了基石,为青岛海洋科学与技术试点国家实验室建设作出了贡献。

“对于海洋复杂系统的认识,不是这一个专项,不是这五年时间就能解决的,要系统地总结专项研究的结果,把它产生的成果应用于国民经济、国防安全方面。尽管这个专项结束了,但是后续的整体、集成以及方面的研究,还需要进一步支持、强化、或者深化。”中科院生态环境研究中心傅伯本院士说。

专项将科学与技术有机结合,率先开展了科学目标驱动下的设备研发,并且取得重要突破。科学与经济社会相结合,在“用得上、有影响,海洋生物资源可持续利用、海洋环境安全”等方面,走在前面。

海洋战略先导专项的实施,带动了一大批科研项目的立项和争取,并为中国科学院的后续部署创造了条件。2016年1月,中国科学院和青岛市签订合作协议,共建科教融合基地——中国科学院青岛科教园。

中国科学院以“率先行动”计划为契机,服务国家和区域创新体系建设,在海洋领域打破领域界限、部门界限和区域界限,由海洋研究所牵头,联合院内其他12家研究所,在山东组建中科院海洋大科学研究中心。

“科教园把科学和教育相结合,培养特殊的人才,最关键的是把大科学工程设施、重要海洋之设备、基础设施进行共享,推动各研究所之间的合作。”科教园发展中心主任孙松说。