

# “科学”号海洋科学综合考察船

姜秋富 封 婧 尹 宏 孔宪才 张丽瑛

(中国科学院海洋研究所 266071)

2012年9月,我国海洋领域第一个国家重大科技基础设施——“科学”号海洋科学综合考察船在青岛交付入列,它引领了我国新一代科学考察船的设计与建造,开启了我国深远海科学考察跨越式发展的新时代。“科学”号运行八年来,聚焦西太平洋深远海研究,开展了卓有成效的基础调查,显著提升了我国深海大洋的综合探测能力与研究水平,为推进我国海洋强国战略提供了有力的科技支撑。

## 1. 海洋科学考察船的作用

海洋,占地球总表面积超过70%,是人类生产生活资源的重要提供者,对海洋的认知、开发和利用关系着人类的生存和发展。海洋科学是研究地球上海洋的自然现象、性质及其变化规律,以及和开发与利用海洋有关的知识体系,其研究对象为海洋(水体、生物)及与之密切相关的海洋上边界(海面上的大气边界层)、海洋底边界(海洋沉积、海底岩石圈)和海洋侧边界(河口、海岸带)等。海洋科学研究的显著特点之一是依赖于长期、连续、系统而多层次、有区域代表性的海洋科学考察<sup>①</sup>。

海洋科学考察船作为海洋科学研究的重要平台,在海洋科学考察中具有核心、基础和不可替代性地位,其科学考察能力与海洋科学研究水平息息相关,直接影响到一个国家的海洋科技实力。例如,英国“挑战者”号考察船于1872~1876年进行的世界首次环球海洋科学考察,获取了大量的海洋环境实测数据,采集了大量海水、海底底质样品和海洋生物样本,考察成果丰富了人类对海洋的认知,为海洋科学的建立和发展奠定了基础。此后,一系列海洋科学重大发现和理论认知都是基于科

考察船的野外调查和现场数据分析,比如,基于地球物理调查数据开展地质学研究,促进了板块构造学说的形成;从物理海洋数据中发现大洋环流规律和厄尔尼诺现象,促进了物理海洋学的新进展;海洋科学考察船搭载的深潜器发现海底热液和冷泉,使海洋生物学和海洋地球化学获得了新的启示<sup>①</sup>。我国也在1958年依托“金星”号考察船开展了新中国第一次大规模全国海洋综合调查,取得了系统全面的我国基础性综合海洋资料,掌握了我国近海水文、化学、地质和生物等近海要素的基本特征和变化规律,奠定了我国海洋科学进一步发展的坚实基础<sup>②</sup>。

21世纪初,随着海洋科技的迅猛发展,对海洋科学考察船在船舶型值合理化、船舶自动化、建造模块化、调查专业化和深远海/深潜调查能力等方面提出更高要求<sup>③</sup>。美国、日本、英国、德国、法国等发达国家相继建成交付装备精良、功能齐全的新型海洋科学考察船;相较而言,我国同期的海洋科学考察船船龄较长,船舶功能和大部分探测设备都相对落后,整体配套不完善,作业效率较低,难以满足日益发展的海洋科学考察需求,特别是深远海/深潜考察的需求<sup>④</sup>。同时,我国《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020)》也明确地将海洋科学考察船列为优先发展主题之一<sup>⑤</sup>。在此背景下,我国新一代4000吨级海洋科学综合考察船——“科学”号应运而生。

## 2. “科学”号的科学考察能力

### 1. 船舶综合性能

作为我国新一代深远海综合探测的首制船(表

1)，“科学”号的设计建造充分消化吸收了国际上新建和在建的科考船型和相关技术，攻克了多项关键技术、关键工艺难题，实现了众多创新(图 1)。

表 1 “科学”号的主要指标

主尺度	总长:99.8 米 型宽:17.8 米 型深:8.9 米 吃水:5.88 米
船舶总吨位	4711
续航力	15 000 海里
自持力	60 天
航速	服务航速:12.0 节 最大航速:15.8 节 变速范围:在 0~最大航速范围内无级变速
定员	80 人(船员 30 人,科学家 50 人)
船级	CCS 无人机舱、B3 级冰区加强、DP-1、一人桥楼
航区	无限航区 A1+A2+A3+A4

在船舶型值合理化方面，“科学”号综合考量了我国传统科学考察船船型瘦长、快速性好但船宽比小、稳性较差、不利甲板面科考操作等设计特点，在保持抗风力指标不变的前提下，成功突破原有船型的船宽比，有效提高了空间利用率，使得总体布局更为合理，在船舶安全性、快速性、经济性、环境友好性等方面达到了综合平衡，引领了我国海洋科学综合考察船船型的跨越式发展。

在船舶自动化方面，“科学”号采用先进的吊舱式电力推进系统，配置有三大一小四台柴油发电机组，2 台艏侧推，360 度环视驾驶台，DP-1 级动力定位，一人驾驶桥楼，无人机舱等众多国际先进的船舶技术装备，实现了 0~15 节无级变速、低速原地回转和横向移动，具备卓越操控性和适航能力，可显著提高海上作业效率和作业精准度。

在建造模块化方面，“科学”号率先配置包括万米温盐深测量系统(CTD)绞车、地质绞车、同轴缆绞车、光纤绞车等四台万米绞车的绞车舱和集装箱式实验室，拥有充足的甲板作业空间，并预留了未来扩充功能；后甲板配置的艏部 A 型架、侧舷 A 型架、2 台 4 吨 16 米伸缩折臂吊、25 吨伸缩吊，水文吊臂、双轨行车吊、单臂吊等起吊设备系统实现了调查设备的起升、吊放和回收，可为科研人员获取数据和样品提供有效支撑。

在调查专业化方面，“科学”号采用拥有自有知识产权的防气泡球鼻艏和艏侧推槽道口封盖新技术，减少了航行期间海水泡沫的产生，为声学探测设备提供了低噪声的工作环境，可提高水下声学设备探测精度；率先研发和配置了可海上更换和维修声学设备的升降鳍板，提高了海洋科学考察的工作冗余度。



图 1 “科学”号侧视图

## 2. 综合探测能力

“科学”号性能先进、功能齐全,配置了水体、大气、海底、深海极端环境、遥感信息现场印证和船载实验等六大船载探测与实验系统(图2),满足深远海/深潜调查能力要求,各系统具体功能如下:

(1) 水体探测系统:依托万米温盐深测量系统(CTD)、声学多普勒流速剖面仪(ADCP)、变水层拖曳系统和生物拖网等设备综合探测海洋水文、化学、生物等要素的分布特征,能够为海洋环流、海气相互作用、生态系统动力、生物地球化学循环等过程及其之间耦合过程的研究提供重要支撑。

(2) 大气探测系统:依托船载自动气象站、海气通量观测系统和小火箭探空等设备获取海表、大气边界层、高空的温、压、湿、风、降雨量和海气通量等高分辨率数据,实现高空、大气边界层和海气界面通量探测能力,能够为海洋动力过程、海气相互作用、海洋环流及大气科学等研究提供数据支撑。

(3) 海底探测系统:依托全海深多波束测深系统、浅水多波束测深系统、磁力仪和多道数字地震

系统等设备对海底表面和海底地层进行探测,获取海底沉积环境、海底构造背景、海底资源、海洋地球物理场等数据和样品,能够为海洋沉积学、海底环境监测、海洋灾害监测和海洋资源调查研究等提供重要保障。

(4) 深海极端环境探测系统:依托水下缆控潜器(ROV)、电视抓斗、岩芯取样钻机和深拖等设备开展深海海底深部地质过程、深海特殊的化学过程、深海生命现象与过程等领域的研究,可为提升我国深海极端环境的探测能力,促进我国深海环境研究的快速发展提供重要基础。

(5) 遥感信息现场印证系统:依托高光谱吸收/衰减测量仪、海面/水下高光谱仪和海浪测量系统等设备获得高质量的水体特性资料、水色数据资料和海浪资料,可提供卫星海洋遥感的现场校正及算法开发校验。

(6) 船载实验系统:实验室配备了营养盐自动分析仪、总有机碳分析仪、超纯水系统、超低温冰箱和高速冷冻离心机等设备,具备了海上科学实验必

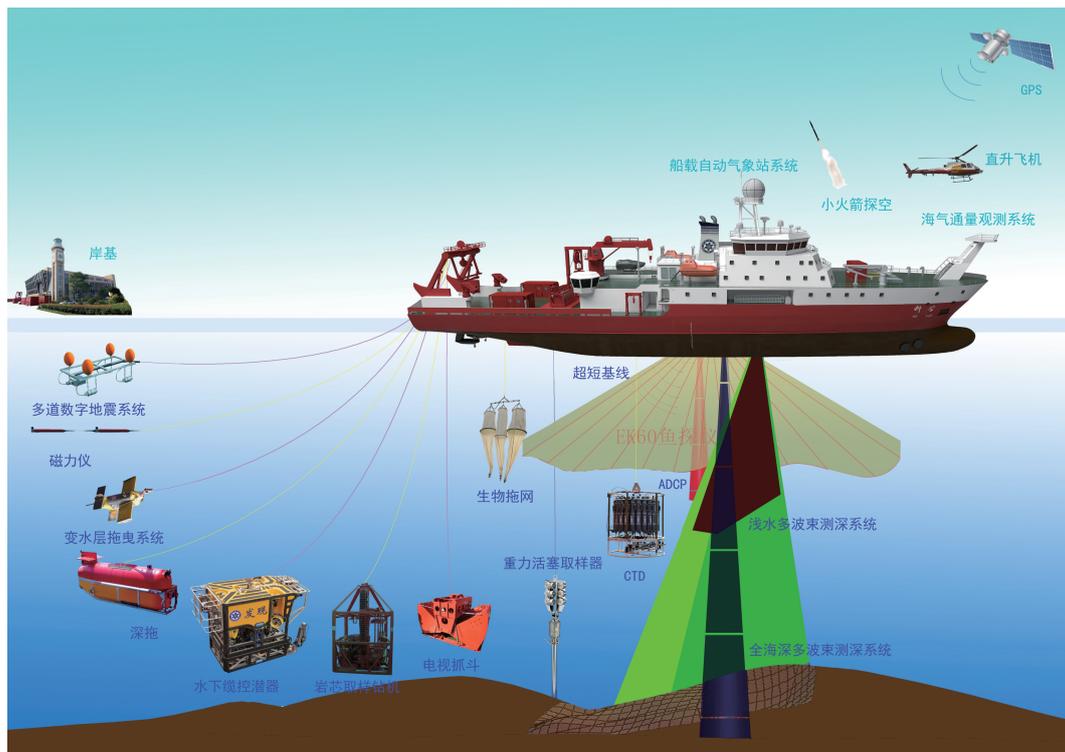


图2 “科学”号船载探测与实验系统配置图

需的现场数据及样品采集、处理、分析与评估的室内分析能力。

### 3. “科学”号开展的调查工作

“科学”号充分发挥船舶综合性能优势,集成水体、大气、海底、深海极端环境、遥感信息现场印证和船载实验六大系统的综合探测能力,通过自主探索与实践,构建了我国第一个集宏观与微观、走航与定点、梯度与原位相结合的深远海环境探测技术体系,可立体同步精准开展物理海洋、地质构造、生态断面、地球物理、深海极端环境综合探测和生物样品采集,具有20米长岩石取芯、30米长沉积物取芯、1000米水体剖面走航探测、4500米深海精准探测与取样、7000米深海探测与采样和10000米深海定点探测能力,整体调查能力达到了国际先进水平。

运行八年来,“科学”号航迹遍布西太平洋中西

部海区(图3),面向国家重大战略需求和国际海洋科技前沿,以西太平洋及其邻近海域海洋系统为主要研究对象,从“海洋系统”的视角开展综合性协同调查与研究,以期揭示西太平洋深海环境和资源分布特征,促进我国深海研究探测装备的研发与应用,并力求探寻邻近大洋影响下的近海生态系统演变规律;同时,“科学”号聚焦西太平洋典型海山区生物多样性与生态系统、新型生物资源和矿产资源等研究热点,通过系统的海上科学调查,提供了生物多样性、生物资源、地形地貌、矿产资源等方面的数据、样品及协同探测技术方案,为维护国家深海大洋权益、拓展和发掘国家战略性海洋资源、支撑国家深远海资源调查与合理开发,提供了大量的基础数据和科学依据。

在物理海洋调查方面,“科学”号系统开展了热带西太平洋主流系与暖池区上层和中深层海洋环流的科学调查研究,获得了目标海域温度、盐度、深度、海流等环境参数;建成世界首个具备实时传输

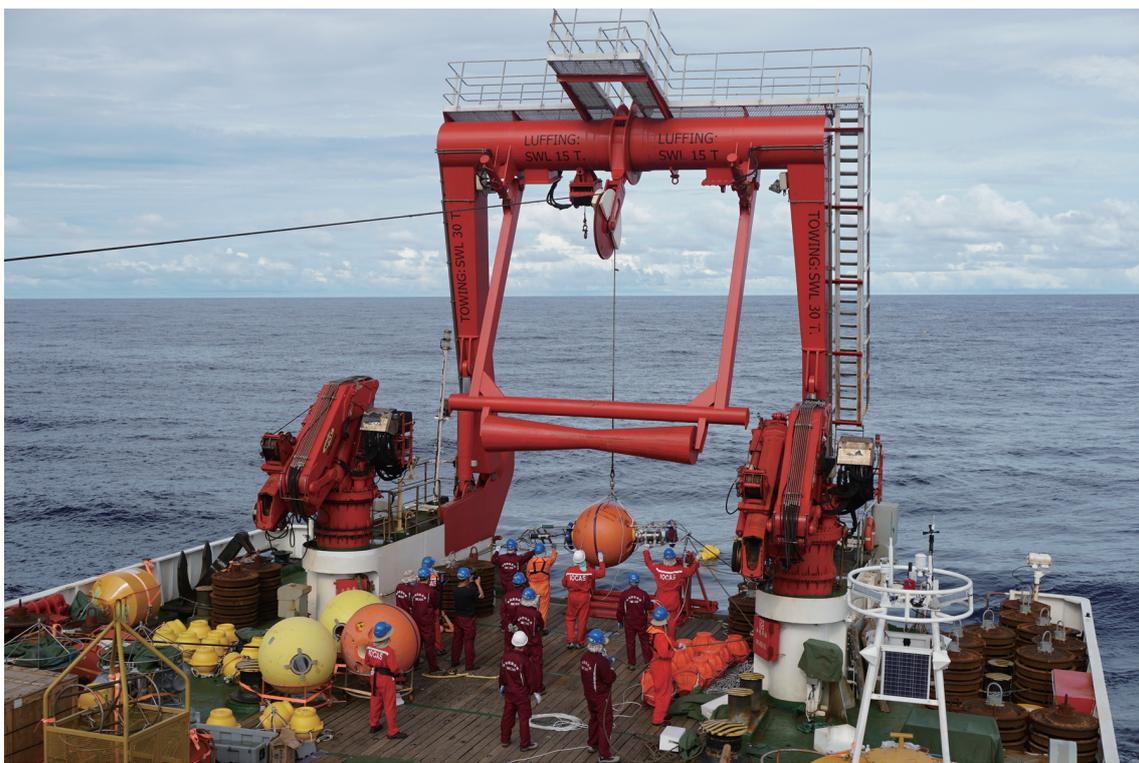


图3 西太平洋潜标观测网维护及升级综合考察航次中船队员布放主浮球

能力的西太平洋潜标观测网(图3),观测时空分辨率已达到国际领先水平,奠定了我国在全世界对该海域观测研究的核心地位,填补了国际上对该海域中深层环流大规模同步观测的空白,为我国大洋观测网的建设和运行积累了宝贵经验,起到了示范作用<sup>⑥</sup>。

在地质和生态综合调查方面,对西太平洋雅浦海山海域开展黑潮源区-海山区地质和生态大断面综合调查,获得了物理、化学和生态等多科学环境参数,开展生态大断面生物多样性特点、生态系统基本结构特征和环境影响因素等多学科综合研究,填补了我国在该区域深海海洋科学的研究空白,对于揭示海山系统及其与俯冲带内沟-弧-盆等构造单元、中深层海洋环境和特殊生态系统的关系,提升我国在深海生态系统和资源利用研究领域地位有重要意义。

在地球物理调查方面,对西太平洋关键海域进行综合地球物理同步观测,获取了宝贵的地球物理资料,为西太平洋海山、热液、冷泉等关键海域海底高精度地形地貌研究、动力过程与物质循环特征研究、构造演化特征研究等提供基础数据;首次获得亚米级马努斯热液区的深海高分辨地形图,发现两个国际上未见报道的热液区<sup>⑦</sup>。

在深海极端环境调查方面,系统开展了西太平洋海底冷泉、热液及其附近的化能生态系统的综合性科学考察(图4)。研究人员利用“发现”号ROV上搭载的我国自主研发的深海激光拉曼光谱原位探测系统(RiP)在深海热液区(1400 m)发现了具有超临界二氧化碳流体喷发的热液喷口,此次观测到的超临界二氧化碳中含有大量氮气和有机组分,为生命起源以及初始有机质的形成提供了新的启示<sup>⑧</sup>;研究人员再次利用深海激光拉曼光谱原位探测系统(RiP)和深海热液温度探针在冰冷的海底之上首次观测到超高温气态水存在的证据<sup>⑨</sup>。基于深海海底理化环境观测需求,研发融合多传感器的长期观测系统,用于深海海底位观测,获得了冷泉海底600余天的近海底理化环境参数以及观测视频照片数据;利用原位同位素标记培养,完成生物群落和沉积物水体的初级生产力测定和保真采样、贻贝和潜铠虾共生菌的初级生产力测定和标记采样。

在生物样品采集方面,“科学”号实现了深海取样技术从盲取-可视化-保真取样的跨越,深海环境探测与取样能力达到国际先进水平。利用“科学”号和“发现”号ROV获得了大量海洋生物样品,支撑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的建成;获得西太平洋冷泉、热液、海山



图4 “发现”号ROV在冷泉区作业

区 6000 余号 600 多种大型生物样品,分离出 8000 多株微生物样品;发现了热带西太平洋寡营养海域深海底“珊瑚林”和“海绵场”,首次报道了深海俪虾与舟体海绵属的共生关系<sup>⑩</sup>。

## 4. 结语

国家重大科技基础设施“科学”号海洋科学综合考察船是推进我国深远海调查研究战略的重要平台,也是建设中国科学院海洋大科学研究中心的重要依托。“科学”号运行八年来,已持续向 70 余家国内外涉海科研用户和企事业单位开放共享,随航科研人员达 1400 余人次,为近 400 项船时课题提供了西太平洋的深远海调查船时,累计执行 40 余个科学考察航次,在航近 1900 天,累计航次逾 27 万海里,获取近 19T 的数据,获得了丰富的数据和样品,设计完成了诸多创新性的深海原位实验,凸显了海上移动实验室的强大功能,引领并强力支撑了我国深远海科学调查研究。

### 参考文献

① 冯士筌,李凤岐,李少菁等,海洋科学导论,1999,高等教育出版社

- ② 徐渡,1958~1960年:全国海洋综合调查,海洋科学,2010,34(4),109-110
- ③ 孟庆龙,杨维维,孙雅哲等,国外海洋调查船发展历史和趋势以及对我国的启示,海洋开发与管理,2016,11,63-67
- ④ 吴刚,于建军,我国自主研制的新一代海洋科学综合考察船“科学”号,中国造船,2014,55(1),83-89
- ⑤ 中华人民共和国国务院,国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020),2006, [http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content\\_183787.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787.htm)
- ⑥ 王凡,汪嘉宁,我国热带西太平洋科学观测网初步建成,中国科学院院刊,2016,31(2),258-263
- ⑦ 栾振东,董冬冬,西太平洋典型海域地球物理调查图集,2019,科学出版社
- ⑧ Zhang Xin., et al., Discovery of supercritical carbon dioxide in a hydrothermal system, Science Bulletin, 2020, 65(11), 958-964
- ⑨ Li Lianfu., et al., Hydrothermal vapor-phase fluids on the seafloor: Evidence from in situ observations, Geophysical Research Letters, 2020,47, e2019GL085778
- ⑩ Kou Q., Gong L. & Li X. Z., A new species of the deep-sea spongi-colid genus Spongiocoloides (Crustacea, Decapoda, Stenopodidea) and a new species of the glass sponge genus Corbitella (Hexactinellida, Lyssacosida, Euplectellidae) from a seamount near the Mariana Trench, with a novel commensal relationship between the two genera. Deep-Sea Research Part I, 2018, 135, 88-107



## 科苑快讯

### 新型磁力喷雾将无生命物体变成迷你机器人

科学家们从玛丽·雪莱的《科学怪人》(*Frankenstein*)中获得灵感,设计出一种喷雾,可以把无生命的材料变成昆虫大小的移动机器。这种喷雾含有铁、聚乙烯醇和面筋颗粒,与水结合后会形成兼具黏性和磁性的皮肤,或称为“M-skin”。发表在《科学·机器人》(*Science Robotics*)的一篇论文称,多亏了这种喷雾的磁性,使科学家们给折纸和棉线等普通物品赋予了生命。

研究人员捕捉到这些“微型机器人”滚动、游泳和行走的镜头,简直就是昂首阔步。他们也执行更有目的性的任务:模拟生物医学程序——机器人导尿管在狭窄的血管中导航,卵形胶囊将药物送入活兔的胃部。



(高凌云编译自 2020 年 11 月 24 日 [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org))