

# 科考“利器”诞生记

## ——“东方红3”号的技术特色与研发历程

□ 通讯员 曲宁宁 丁举 文/图

5月30日，中国海洋大学的新型深远海大型综合科学考察实训船“东方红3”号在上海长兴岛正式交付。

该船由中国船舶工业集团公司第七〇八研究所（简称“七〇八所”）设计、中船集团江南造船（集团）有限责任公司建造，是国内首艘、国际上第4艘获得DNV GL签发的船舶水下辐射噪声最高等级—静音科考（SILENT-R）认证证书的海洋综合科考船，也是国内目前排水量最大，定员最多，经济性、振动噪声、电磁兼容等指标要求最高，作业甲板和实验室面积利用率最大，综合科考功能最完备的新一代海洋综合科考船。

### 多项设计全球领先

作为高技术船舶，其设计和建造难度本身就大，加之多项技术更是突破现有之最，因而显得更加“耀眼”：

跑的远——最节油的双桨推进科考船。因采用一种与船舶型线一体化设计的多波束导流罩专利设计，在确保多波束测量性能的前提下使得全船阻力减少15%—20%，油耗大大减少，在相同的油舱容积下，续航力大大提高，确保该船能航行到更远的深海大洋进行考察作业。

听得清——最安静的海洋综合科考船。该船多项指标国际领先，特别是低噪音控制指标达全球最高级别，“当船行驶时，水下20米以外的鱼群都感觉不到。”七〇八所研究人员表示。降低科学考察船自身的辐射噪声水平，使得探测时能更加清晰不受干扰。“东方红3”号采取全船减振降噪分析和优化设计，对主要噪声源进行分析验证并在工厂FAT试验中进行严格的单项验收，最终确保获得国际上最严格的水下噪声指标，挪威船级社DNV Silent-R船级符号。

看得明——最高精度的全海深地形地貌探测能力。为获得最高精度的全海深地形地貌测量能力，“东方红3”号在国内首次引进两套高分辨率的中浅水和全海深多波束系统（国际上仅有一条船安装），设计单位和船厂联合攻关解决了船舶型线设计和建造安装工艺的关键技术，一举提升了我国在全海深地形地貌的探测能力。

探得深——作业深度覆盖全球最深的马里亚纳海沟。“东方红3”号具备目前国际上最先进的水体、大气、海底探测和遥感信息观测与应用系统，可进行海洋空间多学科海洋要素的快速探测与分析，该船配备有2台10000米以上的CTD绞车、1台10000米钢缆绞车、1台10000米光电缆绞车、1台12000米纤维缆绞车大大确保了作业探测的深度和可靠性。

传得快——强大的科考数据和船舶数据网络，实现船岸一体化。“东方红3”号配置独立的科考数据网络系统，并配置双万兆核心。时空同步科考数据采集、传输、存储、处理与集成，数据成果可在线显示与远程传输。配置船岸一体化船舶数据信息网络系统，支持WIFI和有线接入，VSAT船岸实时通讯。船体与船舶关键设备、船体振动与噪声、水下辐射噪声、各类强弱电与各类线缆电磁兼容，以及船舶动态与姿态等各类信息在线监测与报警系统。

科考船的设计不同于普通船舶，其方案论证、界面协调、设备定制设计、布置优化调整的工作量要比普通商船多很多。

首先，科考船总布置设计要解决“兼顾”问题：在满足法规要求的前提下，兼顾船舶系统与科考系统，实现科考功能最大化。

设计船舶，“兼顾”也是困难的。在主尺度和线型基本确定后，加上总体设计必须确保的作业视线、采样洁净度、振动噪声、电磁兼容等，各个系统的特殊要求，因此必须将船上每个边边角角都充分利用起来。

经过项目组努力，最终使该船的实验室面积和工作甲板的利用率均达到了同型船中的最高。“东方红3”号具备了尽可能多的可扩展功

能，5000多吨的排水量可完成7000吨科考船的任务。

另外，科考船的排水量较小，一般只有几千吨，空船重量的调整空间较小，因此对每一项设备的重量控制指标要求都很严，空船重量如果估算过轻，会影响科考负载指标、船舶科考功能，此外需额外消耗更多压载水进行调整。

值得欣喜的是，“东方红3”号正式倾斜试验完成后，空船实测重量比初始预估减轻了0.6%，重心高度略有下降，纵向位置向更有利配载的尾部略有移动，非常好地解决了科考船的浮态控制难题。

除此之外，一般的船舶只关注舱室的空气噪声，那是为了让船员睡个好觉或者是获得一个舒适的工作环境。科考船不仅仅只关

注船上环境的舒适程度，它还要保证自身噪声最少地向水下传播，为什么？这是由科考船的任务性质决定的。

作为研究海洋科学的船舶类型，科考船上安装了大量精密的声学仪器，它们就像安装在船底的一个个“千里眼”，通过向水中发射和接收声波来看清几千米甚至万米以下水深的地质地貌。这些声学设备能力越强越是“娇贵”，总是希望外界干扰越小越好。

“东方红3”号的首部区域安装了世界上最精密的多波束声学设备（除“东方红3”船外，世界上仅有一艘安装），为了匹配这种高配置，船东中国海洋大学提出了该船需满足DNV GL水下辐射噪声SILENT-R的高要求。

### 迎难而上攻克难点

“东方红3”号。

螺旋桨辐射噪声是全船最主要的水下噪声源，能否设计出静音螺旋桨对全船噪声控制起着决定性作用；且排水量越大，导致螺旋桨静音设计难度就越大。

设计该SILENT-R螺旋桨不仅是国内首创，也意味着达到国际领先水平。对此，七〇八所的设计师们一方面加强自身技术钻研，一方面联合DNV船级社、国内外各优质设备/系统供应商，从方案设计初期就进行减振降噪顶层规划、全程把控，总结出低噪音螺旋桨

设计、主发电机组双层隔振设计和低速超静音推进电机选型三大关键技术。

从前期的推进系统方案论证到一轮又一轮的螺旋桨优化设计，从性能计算到模型试验验证，从参加实桨加工到实船试航，七〇八所螺旋桨设计组经过五年多的技术攻关和不懈努力，终于交出了靓丽答卷。

除了低噪声，该螺旋桨的其它性能也非常优秀。根据国际权威水池提供的模型试验报告，对该桨性能给出了最高级评价，桨效率比库

存桨提高8.2%，航速优于指标要求；螺旋桨空泡性能优良，在各种考核工况下螺旋桨均无空泡发生；实船的航速、轴功率、振动、舱室噪声测试结果也一一验证了模型试验预报结果。

无独有偶，两年前，由该团队负责静音螺旋桨设计的“嘉庚”号科考船获得国内首张DNV GL船级社的SILENT A+S低噪声证书，如今“东方红3”号静音螺旋桨再次获得成功，进一步奠定了七〇八所在国内科考船静音螺旋桨设计领域的领先

### 自主研发静音技术

“要知道，当时国内科考船水下噪声研究刚刚起步，一般船东仅要求满足DNV GL水下辐射噪声SILENT-A+S的要求，该要求对航速没有严格限制，一般取声学设备常用航速7-9节即可，且对低频段水下噪声的要求很松，获颁难度不大。而SILENT-R不仅要求航速覆盖0-11节，而且对低频段水下噪声的要求提高了好几个层级，拿英语考试做个比喻，SILENT-A+S是国内大学英语四级的要求，而SILENT-R就是要求考高分的托福和雅思。其难度可想而知。”七〇八所研究人员表示。

当七〇八所的设计师们在听到船东SILENT-R的要求后，都是皱紧了眉头，他们当时就意识到“东方红3”号最大的设计挑战出现了。

地位，扩大了国际影响。

“东方红3”号水下噪声控制的成功，既保证了船东用船的需求，也为后续科考船的水下噪声设计提供了非常宝贵的经验，必将引领船舶设计中以降低水下辐射噪声为目标计算评估和控制技术研究，以及针对船舶建造完成后水下辐射噪声的实船测试方法研究，为今后我国科考船水下噪声新规范规则的制定提供更多话语权、为将来更多船舶满足这些新要求提供充足的技术保障。

## “科学”号的“七种武器”

□ 张旭东



古龙小说《七种武器》广为人知，而正在西太平洋执行海山调查任务的中国新一代远洋综合科考船“科学”号，也有自己的七件高科技“武器”，能够对神秘海山发起综合“攻势”。

### “龙抓手”：“发现”号潜水器

“发现”号遥控无人潜水器是“科学”号最核心、最高端装备，能实现深海精细化作业，特别是定点取样能力突出，可谓是深海“龙抓手”。“发现”号与母船由一根缆相连，为其在水下提供电力。“发现”号有7个螺旋桨，可以前后左右上下移动，犹如深海中的一架飞机。它的高清摄像头拍摄的视频实时回传到船上，科研人员可通过视频图像观察海底生物和地质情况，看到有价值的生物和岩石样品，可遥控“发现”号的机械手精准抓取。

“发现”号状态稳定，作业效率高，只要海况允许，它每天都能下潜作业，至今已下潜200多次。

### “大狮口”：电视抓斗

“科学”号还有一个犹如“狮子大开口”的红色装备，它就是电视抓斗。它与“发现”号有相似之处，都带摄像头，虽然视频质量没有“发现”号的高，但它能抓取大块岩石和沉积物，这是“发现”号所不能及的。科考队员通过视频看到有价值的样品，在船上给电视抓斗一个指令，它的“大口”就紧紧咬合，将岩石等样品含入“嘴”中，带到甲板上。

### “流星锤”：温盐深仪

能探测万米深海的温度、盐度和深度的温盐深仪，犹如“科学”号的

“流星锤”，收放自如。

“科学”号的温盐深仪是一个白色圆柱状设备，上面有24个10升的采水瓶，可以采集不同深度的海水样品。当仪器到了指定深度，科考队员给它一个指令，相应瓶子顶部和底部的塞子关闭，就获得了相应水层样品。

科研人员通过分析海水样品，能了解这个海域海水的理化环境特征，以及浮游动植物的群落组成情况等，以便对海山形成比较立体和系统的认知。

### “大力神”：A型架

摆在“科学”号后甲板最末位置的是它的“大力神”——A型架，它能吊起25吨重的物品。它的主要作用是辅助其他科考设备作业，包括将电视抓斗、多联机和采泥器等吊放到海中，完成作业后再吊回甲板上。

### “温柔纱”：多联网

“科学”号既有非常阳刚的“武器”，也有具阴柔之美的“武器”，多联网就是一件。

它的网孔直径细小到200微米，因此可获取直径在200微米以上的浮游生物样品，干的绝对是细齿活。它下潜水深最大可达6000米，每次下潜可获得9个不同水深的浮游生物样品。

### “无影波”：浅地层剖面仪

装在“科学”号船底的浅地层剖面仪，是一套利用声波探测浅地层剖面结构的仪器，这种声波探测方式可谓“科学”号发出“无影波”。

这套装备的工作水深是水下20米至1万米，它能探测和分析海底200米以内地层的结构和构造，帮助科研人员选定作业区域。

### “定海针”：动力定位系统

茫茫大洋中，“科学”号科考船就像是一片漂浮的树叶，但它在有需要时能基本上保持不动，误差不过1米，还能原地360度转圈，靠的就是“定海针”——动力定位系统。

动力定位系统能把整个船舶所配备的主推进系统和艏侧推系统进行动力整合，根据风和海流情况，对推力进行计算和相应配比，使船舶稳定在原地不动。例如，在风和海流让船朝西北方向漂时，动力定位系统通过动力配比，就会让船产生一个朝东南方向、大小相当的反推力，从而让船在原地保持不动。

“发现”号潜水器的下潜作业必须要有动力定位系统配合才能完成。“发现”号在海底巡航速度很慢，它与母船之间又必须保持安全距离，因此经常需要母船朝某个方向移动10米或20米，然后停住不动。如果没有动力定位系统，科考船在波涛起伏的海上根本无法完成这样的任务。

## 武船集团承建的1200吨级中型航标船即将交付

本报讯（见习记者 蔡洁）6月2日上午，武昌船舶重工集团有限公司承建的1200吨级中型航标船离厂，比合同计划离厂时间提前一个月前往汕头进行最后的交付工作。

据了解，该船是目前国内首艘尾部作业中型航标船，在经济航速12节下，可满足续航力3000海里和自持力15天的要求，主要服务于南方港口及周边海域，用于辖区内港口航道灯浮标等助航设施的抛投、撤除、检查、维修和复位等。

“由于采用尾部作业，船舶航行视线较以往船型有较大改善，而且本船配备DP-1动力定位系统，大大提高了作业的安全性和作业效率。”武船集团船舶设计公司副总经理童瑶介绍道。

## 船舶排放控制“中国方案”落地有声

机嗅探……在深圳海事局深港船舶污染防治工作室，一批“黑科技”在记者面前一一亮相。

“船舶燃油快速检测设备可在2分钟之内检测硫含量，为执法效率的提升提供技术保障。”深圳海事局危管防污处副处长段高峰介绍，这一设备已成为排放控制区内海事“标配”。

依托两个首创的“深港船舶污染防治工作室”和“大鹏湾船舶大气污染防治控制监测监管试验区”，深圳海事局着力破解大数据分析、区域监控、远距离监测、目标快速筛查、动态跟踪、精准检测等一系列排放监管难题，朝着“区域监控、精准筛查、有效治理”的目标大步迈进，力争为下一步在全国构建船舶排放控制区监测监管能力建设提供可复制的经验和参考。

深圳市交委评估结果显示，珠三角船舶排放控制区政策实施以来，各类污染物减排合计超过8000吨，PM2.5降至26微克/立方米，在深

洋集装箱船舶岸电使用率达11%。

同样是岸电建设，浙江省湖州市的内河区域岸电发展也十分迅猛。6月3日，在长湖申线城东水上服务区，记者团现场观摩船员“刷卡取电”。

2017年2月，湖州市港航管理局与国家电网湖州供电公司、国家电网浙电节能服务有限公司三方签署了“湖州市绿色交通港口岸电工程”战略合作协议，拉开湖州内河港口岸电建设的序幕。截至目前，湖州市已经累计建成岸电设施273套，实现水上服务区及63个大型码头全覆盖，仅服务区两年来用电量就达13.7万千瓦时。此外，湖州还大力推动岸电使用一张用电卡全省通用、电费支付方式多样化，研发大功率直流充电桩，为500吨级纯电动货船运营提供保障。

在江苏，LNG则成为船舶动力的另一种选择。“这艘船2015年12月开始建造，2017年4月投用，造价300多万，政府补贴了78万。”6月2日，“鸿运2006”船主张家国来到位于长江南京段八卦洲的“海港星1”号加气，这是全国首座水上趸船式LNG加注站。

从靠泊到加完气，张家国只等待了半小时。“现在LNG价格每吨比柴油低十余元，成本上节省了。”而且按照江苏交通部门规定，LNG动力船在省内享受优先过闸，这让我每个月可以多跑一趟！”

坚持“LNG加注站建设与船舶新建改建相配套”原则，江苏在推动内河船舶应用LNG方面先试先行，取得了不俗成绩。截至去年底，长江江苏段及江苏内河水干线航道上已建成10座内河船用LNG加注站，约为全国总量的一半；其中5座已投入试运营，数量位居全国第一。

“江苏水运推广应用LNG不仅深入贯彻生态优先、绿色发展理念，同时可充分发挥我省水运优势，特别是京杭运河的主通道作用。按照江苏省规划，我们力争到2021年拥有超过2000艘LNG动力船，以干线航道为重点建成船用LNG加注站89座，初步形成一定的规模效应。”江苏省交通運輸综合行政执法监督局水上执法局副局长杨海兵介绍。

（上接第1版）

与DECA 1.0版相比，地理范围的扩大是DECA 2.0版最主要的调整内容之一。“若1.0版是划定了三个片区，2.0版则划定了我国沿海和长江江西下地干线水域这两条线。”张春昌指出，地理范围扩大避免了船舶在沿海水域频繁换油，而且为2020年全球限硫令的实施做好衔接。另外，氮氧化物是我国下一阶段大气污染防治的重点，DECA 2.0版针对氮氧化物提出了新的控制要求。

在新要求下，船舶减排力度进一步加大，环境效益也进一步提高。根据测算，相比2015年，2019年预计实现船舶减排二氧化碳约60万吨，颗粒物约7.8万吨；若2025年执行船舶进入控制区使用硫含量不大于0.1% m/m燃油的要求，每年将减排二氧化碳约70万吨，颗粒物约8.7万吨。

### 黑科技赋能“深圳蓝” 监管能力国际领先

“无人机搭载了高精度、高敏

感度的红外相机和微型嗅探器，能嗅探停泊港口船舶、锚泊和在航船舶的尾气排放，并将监测数据实时回传，帮助海事执法人员初步判断目标船只所使用的燃油含硫量是否超标。”6月1日，深圳海事局深港船舶污染防治工作室专家、香港科技大学副教授宁治在深圳盐田集装箱码头向采访团现场演示船舶尾气遥测（无人机）感应监测技术。

好政策需真落实。DECA 2.0版将保障主体责任在“各级交通运输主管部门”的基础上增加了“海事管理机构、长江航务管理局和珠江航务管理局”。

船舶大气排放监测监管技术属于国际前沿技术，欧洲和北美排放控制区也还处于研究和实验阶段，没有成熟的经验可供借鉴。为此，部海事局在上海海事局、深圳海事局同步开展在航船舶尾气检测装备示范工程，探索船舶大气排放监测监管的“中国方案”。

移动遥测监测、岸基遥测、无人