

驶向深蓝的中国航海科技

李世新

R 瞰前沿

7月1日，习近平总书记主持召开中央财经委员会第六次会议强调，“推动海洋经济高质量发展”。会议指出，“要提高海洋科技自主创新能力，强化海洋战略科技力量，培育发展海洋科技领军企业和专精特新中小企业。”

当前，我国海洋经济总量持续攀升，我国国际海运量占全球近1/3，航海科技在特种船舶建造、自动化码头、智能航运及深海探测等方面取得突破性进展，支撑我国航海事业取得巨大飞跃。让我们走近航海科技的应用场景，感受劈波斩浪的科技动能。

——编者



大型邮轮，航海大国重器

航海科技发达是航运强国的重要标志。从理论模型创新、航海装备研制到基础设施建设，近些年，我国航海科技创新实现系统性跨越，成果已覆盖船舶设计、动力系统、港口管理、导航通信、安全保障等领域。

回顾航海历史，创新贯穿始终。新石器时代晚期“刻木为舟，刻木为楫”，明代郑和以“牵星术”实现跨洋航行，远洋气象导航技术能力持续提升……以航海需求带动技术创新，实现多点突破，航运新生产力有力支撑我国航海事业高质量发展。

【专家看点】

大型邮轮被称为造船工业“皇冠上的明珠”，其建造是高度系统化、集成化的巨系统工程，直接考验着一个国家的综合科技水平与制造能力。过去，大型邮轮建造几乎被国外船企垄断，直到我国首艘国产大型邮轮“爱达·魔都号”诞生，改变了这一局面。

摘取“明珠”有多难？以其中一项关键技术为例，作为大型邮轮设计建造过程中的重点和难点之一，重量重心控制事关邮轮航行安全、舒适度和稳定性。为此，研发团队自主建设了国内首条5G邮轮智能薄板流水线，运用激光切割、机器人焊接等方式，成功解决了薄板切割和焊接变形等技术难题，使得重量与重心数据均处于可控范围之内。

这只是邮轮建造技术攻关的一个切面。“爱达·魔都号”仅外方提供的设计图纸和建造文件就多达15万页、近2.1吨。通过引进消化和自主创新，项目团队前后历经8年科研攻关、5年设计建造，最终实现了国产大型邮轮零的突破。截至今年3月10日，“爱达·魔都号”已完成商业运营100航次。其建造过程中积累的科研经验和创新技术，已应用在第二艘国产大型邮轮建造中。如今，第二艘国产大型邮轮已完成坞内起浮，计划明年交付，相较“爱达·魔都号”，这艘大型邮轮总吨位更大、长度更长。

目前，我国在大型邮轮建造方面取得了重大突破，站上了航海“大国重器”的创新制高点。但总体看，仍处于起步阶段，本土化率较低，关键技术和核心设备研发等方面与发达国家之间仍存在差距。未来，全球邮轮建造将朝着绿色化、智能化方向发展，无人驾驶技术在邮轮上的应用也指日可待。

图①：天津港零碳码头一角。

夏德松摄

图②：智能航行集装箱海船“智飞”号。

李亚斌供图

智能航行，海上自动驾驶

数字化时代，大江大海上，未来航运的智慧图景
正徐徐铺展——

看海上，我国首艘智能航行集装箱海船“智飞”号，集辅助驾驶、自主航行为一体，能稳定完成运输任务；看港口，远控桥吊自动装卸、无人集卡往来穿梭，大幅提高装卸效率的同时，降低了人力成本；看航道，新型船桥防撞装置和智能防控系统发力，显著降低船舶与桥梁发生碰撞的风险……

随着人工智能、大数据等新一代信息技术与航运业的深度融合，智慧航运场景在海事安全与应急管理、远洋气象导航、船舶设计与制造、客货运输、船舶远程监控与管理等方面均已得到应用。总体看，我国智能航运从单点创新快步走向系统集成，并不断拓展、趋于完善。

【专家看点】

茫茫大海，我们如何实现精确航行不迷失？这背后离不开船舶智能航行与控制技术，这既是智能航运发展的核心技术，也是当今国际海事技术的竞争焦点。

“十四五”期间，国家重点研发计划“基于船岸协同的船舶智能航行与控制关键技术”项目团队通过多项研究，实现了成套技术突破和“弯道超车”。

这是一套融软硬件于一体的集成技术。看底层，建立船舶智能航行技术测试评价体系；看软件，研发了集高级辅助驾驶、遥控驾驶、自主航行、自动驾驶离泊为一体的综合智能航行系统；看硬件，自主研发了智能航行集装箱海船“智飞”号。

这套技术的智能航行感知准确率达到99.2%，项目科技成果达到国际领先水平，实现了我国智能航行海船设计、建造和商业化运营与领先国家并跑。目前，该项目成果已应用于山东港口航运集团、山东海事局等的22艘船舶。

随着全球新一轮科技革命和产业变革的加速推进，智能化已成为航运业转型的核心方向，未来航运业将朝着“超级自动化”和“智慧化”方向迈进，随着5G+A、6G网络的加快落地，智能航运将实现更加高效、稳定的通信连接。智能船舶发展将成为各国造船业竞争的焦点。

零碳码头，绿电自产自足

绿色航运对航海科技发展提出了更高要求，需要在能源结构转型、新能源船舶技术、绿色基础设施升级等方面持续创新变革。

在绿色船舶技术方面，重点发展LNG（液化天然气）、甲醇、氨等替代燃料船舶技术；在船舶能效技术方面，重点发展船舶能效优化技术；在碳捕获与封存技术方面，建立船舶碳捕获与封存技术体系，为航运业低碳转型提供支持；在绿色港口技术方面，重点发展绿色港口建设技术，到2030年，全国主要港口基本实现绿色化。

【专家看点】

什么是零碳码头？能源系统“自发自用，余电上网”，各项设备采用电力驱动，能源消耗全部来自绿色能源，实现在能源生产和消耗两侧的二氧化碳“零排放”。

港口行业装卸生产作业量大，作为巨大的电力消耗场所，码头如何实现零碳排放？

2021年12月，全球首个零碳码头智慧绿色能源系统在天津港并网发电，天津港北疆港区C段智能化集装箱码头成为全球首个100%使用电能，电能100%为风电、光伏等绿色电能，且绿色电能100%自产自足的零碳码头。

相较于传统码头对化石能源的依赖，天津港集装箱作业中，装卸设备、水平运输设备、生产辅助设备等全部采用电力驱动。通过多台风机和全国港口单体装机容量最大的光伏电站发电，能耗消耗全部来自自研的“风光储荷一体化”系统，从而实现了码头作业全程零碳排放。不仅如此，码头还采用先进能源监测技术，对码头各类能源消耗进行实时统计分析，确保绿电100%自产自足。目前，该港区已实现集装箱、干散货泊位岸电全覆盖。

山东港口青岛港建成国内首座全资质港口加氢站，将氢能引入自动化码头应用场景，投用全国首艘氢电拖轮；上港集团基本完成港机设备油改电、油改气……一批近零碳港口加快建设，未来，港口将具备更高的自供能力，实现能源自循环。

（作者为中国航海学会常务副理事长，本报记者韩鑫采访整理）



国产首台商用200千伏场发射透射电子显微镜发布

分辨率达纳米级，这台显微镜何以超“高清”

本报记者 姚雪青

米，晶格分辨率达0.14纳米，可看清亚纳米材料的内部结构，达到全球先进水平。虽然实验室还在搭建，但检测实验已排到3年后，包括纳米材料、半导体工业、生命科学等学科领域的微观结构研究，日程表满满当当。

这台显微镜，何以超“高清”？

这要从光学显微镜的成像原理说起：光学显微镜的光源为可见光，而电子显微镜的光源为电子束。当显微镜中的电子束在经高压加速后穿透样品时，会携带样品内部结构的信息。“这些信息经过放大系统成像后，可以放大百万倍，从而帮助使用者观察亚纳米级图像。”仪器生产厂家、苏州博众仪器科

技有限公司总经理唐爱权说。

“高清”的秘密在于两个关键因素：波长和像差。“波长越短，分辨率越高。”博众仪器技术总监梁晶表示，当高压加速电子束时，会产生很高的能量，让波长大幅变短。这项技术已很成熟，并不是难题。和光学显微镜中可见光数百纳米的波长相比，200千伏电压下电子束的波长仅有2.5皮米（1纳米等于1000皮米）。

真正的考验是解决像差。像差是看到图像与实际图像间的误差。让误差变小，不仅要保障电磁透镜的结构满足诸多要求，还要实现加速电子束的高压持续稳定。这些

都是技术攻关的难点。

“高端透射电镜产业长期被国外仪器公司垄断，核心零部件受到国外技术封锁，我们历时5年攻关，实现自主可控、国产替代。”唐爱权说，在精密加工方面，联动上下游企业，进行铁磁材料等原材料的好中优及热处理等工艺的提级升级，同时自研夹具和制具，实现加工设备与检测设备的集成创新，保障数千个零部件全部符合精度要求；在高压稳定方面，通过对电路设计的20多次改版，以及上百次的优化迭代，实现了200千伏电压的稳定输出。

透射电子显微镜广泛应用于纳米级的研究与观测，是材料科学、生命科学和半导体等研究领域必需的支撑性研究设备。“我们计划先进行一年左右的性能验证工作，再开展科学研究。”姚志刚介绍，为支持国产“首台套”，该设备安装完毕后将对校内外科研团队免费开放使用，这样既能验证性能，又支持了科研发展，还推广了高端分析仪器的市场应用，一举多得。

加强科技前瞻研判，引领原创性科研攻关，前不久，第二十七届中国科协年会将发布2025重大科学问题、工程技术难题和产业技术问题。

这是中国科协第八年组织开展问题难题征集发布活动。与往届不同，今年重大问题难题遴选方式发生变化，从各个学会收集问题并投票转变为科学家提名推荐。所有问题难题都由战略科学家深思熟虑后提出，并经过由战略科学家组成的学术委员会投票选出。

战略科学家关心的这30个问题难题有何特点？为何锁定这些科技赛道？

前沿是问题难题的基本“底色”。十大前沿科学问题中，中国科学院院士、清华大学高等研究院“杨振宁讲席”教授王小云提出的“基于密码学视角的人工智能安全新理论和防护体系”备受关注。

当前，全球人工智能进入快速发展和深度应用时期，随之而来的安全问题日益凸显。王小云介绍，基于密码学的人工智能安全防护，有望推动人工智能安全从经验性防御向数学可验证安全范式跨越，是近年来兴起的重要研究方向。

密码学如何发挥作用？以为人工智能系统筑造安全与隐私防护屏障为例，王小云介绍，随着技术发展，人工智能生成的图片越来越逼真，以至于人们无法辨别是否为机器生成，容易被用于电信诈骗等场景中。密码学能够设计可理论验证的水印方案，辨别肉眼难以区分的真假图片。同时，使用密码学中的零知识证明技术，能够在不访问原图片的情况下对编辑后的图片进行来源证明，保护原始图片的数据隐私。

王小云说，密码学应用到人工智能是科学前沿，国内外的科研探索正在推进，还有许多重大问题值得深入研究，“我推荐该问题，希望让更多人工智能专家和密码学专家注意到这一发展态势，协同努力产出一批突破性的研究成果。”

透过问题难题，可以看到学科交叉趋势日益显著。十大工程技术难题中，“面向通信与智能融合的智简网络技术体系”是其中之一。

中国工程院院士、北京邮电大学教授张平说，过去，通信领域发展面临一个基本难题，即带宽越宽、网速越快，消耗的资源就越多。就像修马路，车道越多、马路越宽，占地就越多。而人工智能自然交互的演进方向，为通信系统减少资源消耗和算力浪费提供了一个新引擎。

“建立基于临床和多组学大数据的新药研发体系”，是数据科学和生物医药的碰撞。从发现靶点到药物上市，传统模式通常要10年以上，以数据驱动新药研发体系，有望突破传统药物研发技术瓶颈，将这一过程缩短到3至7年。同时，还有助于形成有自主知识产权的技术体系，提升我国精准医学和新药研发科技水平。

服务国家战略需求，是问题难题的重要出发点。碳捕集与封存技术是化石燃料低碳利用的技术支撑。十大工程技术难题中，“新一代低能耗低成本碳捕集与封存技术”希望将相关技术推广至发电行业及其他工业烟气碳捕集领域，减少电厂和工业二氧化碳排放量，为实现化石能源低碳排放提供可行的技术途径和先进的技术装备。

“聚焦前沿科学问题、工程技术难题和产业技术问题，持续开展前瞻性、针对性、储备性研究讨论，是希望广泛凝聚科技界共识，把握科技创新趋势，精准定位我国在前沿关键赛道的位置。”中国科协科学技术创新部副部长肖朝琼说，中国科协将持续关注已发布的问题难题，引导广大科技工作者聚焦国家重大需求，开展原创性、引领性攻关，不断夯实高质量发展的科技支撑。

我国原初引力波探测实验实现首光观测

本报北京电（记者吴月辉）记者从中国科学院高能物理研究所获悉：由该所牵头的阿里原初引力波探测实验一期（AliCPT-1）建成并实现首光观测，成功获取了月球和木星辐射的150吉赫兹频段清晰图像，标志着我国在原初引力波探测实验领域迈出了关键一步。

原初引力波探测被公认为重大基础科学前沿，是检验宇宙起源理论的关键实验。原初引力波探测实验包含多项关键技术，在我国原初引力波科学、低温超导探测器研制、宇宙微波背景辐射数据分析以及台址科学等领域起到了重大推动作用。原初引力波探测实验对于台址条件要求苛刻，目前全球共有3个主要原初引力波探测实验基地，其他两个分别位于南极极点、智利阿塔卡马沙漠。

阿里实验一期是我国首个原初引力波探测实验，由中国科学院高能物理研究所张新民研究员团队于2014年提出，并于2016年底启动。在中国科学院、国家自然科学基金委员会以及科技部的支持下，阿里实验逐步发展成为一个“以我为主”的国际合作项目，由中国科学院高能物理研究所牵头，联合中国科学院国家天文台、美国斯坦福大学等国内外16家科研机构，在西藏阿里地区海拔5250米的山脊上开展。

经过8年多的研制和建设，团队克服高原缺氧、国际合作环境恶化等困难，于今年完成了望远镜安装调试，顺利实现了阿里——北京望远镜远程操控和数据传输，成功验证了端到端功能和角分辨率等核心设计指标。

超导量子比特相干时间创1毫秒新纪录

据新华社电（记者朱昊晨、徐谦）芬兰阿尔托大学8日宣布，该校研究人员将超导量子比特的最长相干时间延长至1毫秒，创造了量子科学领域新纪录。

据该校发布的新闻公报介绍，此前已知的量子比特相干时间最长纪录接近0.6毫秒，而此次阿尔托大学团队测得的最长相干时间达1毫秒，中位数为0.5毫秒。研究成果已发表在英国《自然—通讯》杂志上。

量子比特相干时间是衡量量子比特稳定性的重要指标，决定了量子比特能够保持其量子态的持续时间。研究人员指出，相干时间越长，量子计算机可执行的操作就越多，计算精度也更高、误差更小。更长的相干时间还可提升当前“有噪声”量子计算机设备的性能，并降低量子纠错所需资源，为实现无噪声、容错型量子计算迈出关键一步。

本版责编：智春丽 曹雪盟 董映雪 版式设计：张芳曼

战略科学家为何关心这些问题难题

本报记者 喻思南