



“海豚1”出征！看AI时代的“驭海之术”

深瞳工作室出品

采写：本报记者 张佳星 李丽云
通讯员 霍萍
策划：赵英淑 林莉君 滕继濮

浮球！平静的航行被一阵预警声打断。“海豚1”的首航航线上出现了成片的浮球，浮球下方是一望无际的海产养殖场。

这让中国首艘数字孪生智能试验船“海豚1”首航领队、哈尔滨工程大学教授张智心里咯噔一下：“海图上并没有标注出这里有养殖场，怎么办？临时绕路已经来不及，只能穿越这片‘暗礁’林立的迷乱之地。”

“绕开这些定位规律不明、确切坐标未知的浮球，它能做到吗？”

这一问题在张智脑中一闪而过，然而，“海豚1”上装载的激光雷达、固态雷达、全景红外视觉系统以及它每秒每秒的数据处理速度又让张智觉得自己想多了。

凭借超高配置和决策能力，“海豚1”仅用了很短时间就解决了首航中遇到的难题，巧渡“险滩”。

在10月12日召开的世界航海装备大会上，哈尔滨工程大学展厅中展出的“海豚1”受到广泛关注，当参观者了解到该船在信息融合、态势感知、数字孪生等三个方面达到的智能化水平时，忍不住啧啧称赞。

由“海豚1”出征领航，中国智能船舶高质量发展之路迈出了扎实一步。



让船舶拥有“料事如神”的超能力

自2006年国际海事组织提出e-Navigation（电子航海）概念以来，欧美日韩等多个国家都开启了大型计划以提升船舶智能化水平。

“随着人工智能、数字孪生等技术的深化应用，船舶智能化已经远远超过了最初的‘信息化’定义范畴。”黑龙江省“头雁团队”、哈尔滨工程大学数字与智能技术创新团队负责人夏桂华教授接受科技日报记者采访时介绍，团队研发的数字孪生智能科研试验船以“海豚”为名，是因为海豚是智能的象征。

“海豚1”不仅具备在2海里内精确探测水面上0.5米高微小目标的过人之处，更独特的是态势智能感知、超前预判等AI技术赋予了它“智慧”。

“在陆地上，智能网联汽车正在改变交通的安全性、能源的利用效率，正朝着智能驾驶，甚至无人驾驶迈进。在海洋里，智能船舶的变革也在迎头赶上。”夏桂华说。

“海豚1”开启了未来智慧船舶打造“智能眼、智能耳、智慧脑”的先河，将在进一步完善后赋能中国船舶制造，为未来智慧船舶的主要系统和关键设备全自主技术能力的形成奠定坚实基础。

“要实现这样的跨越必须为‘海豚1’装上真正的‘超级大脑’。”哈尔滨工程大学数字与智能技术创新团队技术负责人朱齐丹教授说。该团队积累了丰富的智能船舶设计制造建模、计算等研究成果，能通过实尺度船舶动力学建模、航行水动力性能仿真、动力系统仿真、风浪流场仿真等，为智能船舶提供高精度信息。“相当于可以在接近实船的环境中进行预先演练，赋予‘海豚1’预想、思考、研判的能力。”朱齐丹告诉记者。

为了做出这样的模型，团队收集了几万张、涵盖多种场景的实船图片，一张张地精确标注、整理分析，最终形成一个数据集，用于人工智能的机器学习；在核心模块的支持下，“海豚1”能够以每秒数百兆的速度实时采集、处理外来的多源信息数据……

这些都让“海豚1”能够实时自主绕开障碍、规划最优航线，仿佛一个可以应对未知世界的“神算子”。

“海豚1”有个“数字分身”

从外观看，“海豚1”娇小而普通。它仅有25米长，排水量也只有100吨。但它与其他船最大的区别是，在虚拟世界中有一个能为它预言的“数字孪生体”。

要知道，虚拟世界最大的优势是试错成本低。试想如果有一个虚拟人提前演绎了你生活中的缺憾，你在真实生活里还会让缺憾发生吗？

研发团队就为“海豚1”量身打造了这样一条虚拟船。它们不仅可以同步航行，还可以预演航行。

“实体船停止了，虚拟船可以继续航行。”张智说，这样就可以为实船预判它接下来航行的策略，预判可能的危险，并试验遇到这些危险状况时该怎样操纵，保证实船运行安全。

“我们希望将‘海豚1’的智慧‘复制’给万千船舶。但又不能一个一个地教，船舶数字孪生集成软件平台及其应用系统的作用就是要像老师一样‘传道授业’。”夏桂华告诉记者，虚实交互的平台为智能船舶测试提供一个比现实环境更多变、更丰富的“演练场”。

未来，“海豚1”所依托的高效测试、验证、运行、调度、管控平台，或可应用于自主智能船舶前期研发、中期测试、后期运营等，加快我国自主智能船舶在可达海域的应用和部署步伐。

大海中的环境瞬息万变，与船舶航行相关的因素何止万千。如何才能构建一个涵盖虚拟船、虚拟海洋、虚拟天气环境等映射现实世界，且具有精准模拟功能的推演平台呢？

夏桂华给出虚实交互的关键秘诀：“在数字孪生系统中，虚与实是动态辩证的关系，简单概括就是‘从实到虚’‘从虚到实’，最后实现‘以虚控实’。”

遵循这一原则，团队依据真实物理空间的船舶和其航行的海洋环境，构造出数字孪生船舶以及数字“赛博”海洋环境，并通过信息和人工智能技术，让虚实之间实时交互联通。

在“海豚1”的船舱里，在青岛和哈尔滨的船舶远程数字支持控制中心，都可以看到实时“海豚1”实时同步的“虚拟船”。它不仅对本体的机械结构、主机系统、感知系统、装备部件以及管线电路系统等进行了数字再现，还与“海豚1”的感知系统、操控系统完全打通。

“虚拟船中的数字建模，可以对实船进行远程支持控制，实现智能船舶的自主航行、自动靠离泊和自动避碰等作业环节。”张智说，“海豚1”的落地解决了基于数字孪生技术实现船舶远程数字支持自主航行的关键问题，为未来基于远程支持智能船舶和海洋工程装备自主航行和作业提供基础技术支撑。

两次原始创新筑牢技术根基

“这并非一个全新的领域。”团队系统首席蔡成涛教授说，工业数字化是新型工业化的一部分。世界各国在多年前就纷纷开启了数字孪生智能船舶的研制。例如，韩国2012年开始建造智能船舶，以促进船舶的信息化、自动化、智能化以及绿色节能发展。

中国的选择是：谋定而后动。

2015年，哈尔滨工程大学与中船集团702所共同牵头，与多家船舶海科学术优势科研院所和高校协同攻关，研发全球第一座数值水池虚拟试验系统V1.0，通过了中国船级社和法国BV船级社的国内、国际双认证。

这是世界上首次实现的亿级网格量级的大规模并行计算，它能够与船舶与海洋工程设计、试航和运行提供极为精细的水动力性能模拟。

“当时的潮流是数据驱动，就像会下围棋的阿尔法狗，在一定的算法支持下，通过海量数据集训练产生固定任务中的‘智能’。”张智说，但夏桂华没有带领团队走这条路。

“数据很重要，但模型才是性能的魂。两者相互磨合，才能在一定算力的基础上实现高精度运算。”夏桂华说，要在船舶工业中落地应用的数字化系统必须满足两个条件：首先需要建立尽可能精准的模型，其次要通过数据驱动模型迭代升级。

毋庸讳言，信息技术领域有一条不变的铁律：惟有掌握代码，才能决定迭代的节奏。

正因如此，当2019年智能船舶与数字孪生技术的研究开始实施时，夏桂华再次选择了源头创新。

“我和夏老师曾经是有过争论的。我觉得开源平台上的架构、模型是很多人人工智能爱好者打磨出来的，已经足够丰富和扎实了。夏老师却坚持源头创新。”张智说，回过头看，做这样的决定是有远见的，作为工业数字化的基座，底层代码服务于长远发展、服务于国家战略，必须牢固。

源头创新的决定不仅筑牢了数字孪生技术这棵大树的根基，也让技术的应用“枝繁叶茂”。

“在船舶数字孪生技术方面，我们已经是船舶行业公认的‘领头羊’。”张智说，如果当时抱着交差的思想做事情，团队得不到历练，而现在数字孪生系统里的代码是团队一个一个敲出来的，团队对其底层、内核的机理规律理解非常透彻。

未来远程“代驾”将乘风破浪

一阵大风袭来，大浪随之兴起，一浪高过一浪。海平面上的环境刚刚还是晴空万里、宁静祥和，马上变成波涛激荡、暗流汹涌，船体跟着剧烈摇摆起来。

“在威海到乳山的航段风比较大，‘海豚1’剧烈横摇，船上的研究人员几乎都晕船了，躺着不敢动。”张智回忆起首航的经历，尽管感到难受，但一点也不必担心。因为，有“海豚1”的数字分身替船员辅助“代驾”。

目前“海豚1”是“四胞胎”，与它性能最相像的是船舱里的那个数字孪生系统，能直接获取“海豚1”的所有感知数据，成为船员开船的“最强辅助”。

而在距离海上千里之遥的哈尔滨工程大学61号楼，哈尔滨工程大学青岛创新发展基地的智能船舶远程数字支持中心，由于受卫星数据传输和网络带宽数据传输容量所限，尚只能传输少量数据，目前只能做到海况条件好的近岸远程“代驾”，但在不久的将来，远程“代驾”能驶出港湾真正做到“乘风破浪”。对此，团队成员信心满满。

“未来，我们在智能船舶态势智能感知系统的辅助下，即使不在现场也能准确把握周围环境态势，轻松驾船。”“海豚1”团队成员刘志林教授说。团队开发了综合信息融合软件系统，能把全景视觉、激光雷达、固态雷达等硬件获得的信息，与电子海图、北斗导航、实时卫星遥感等获得的信息融合到一起，进行分析、测算，同步构建数字海洋环境，实现船舶航行态势智能感知，指导船舶航行的远程操控。

“海豚1”上的激光雷达带有“嫦娥”月球探测器的基因。中国科学院上海技术物理研究所研发的激光雷达已成功应用在嫦娥3号、4号、5号月球探测器上。此次，他们为“海豚1”特制了一款激光雷达。中国科学院上海技术物理研究所主任黄庚华解释道：“比起探测距离100米左右的航天激光雷达，船舶的激光雷达探测要求为4公里，这相当于要将探测指标提高40倍。”

而在“海豚1”首航当天遇到的养殖场“迷阵”，是靠另一种叫做“固态雷达”的设备定位标记、顺利闯关的。北京海兰信数据科技股份有限公司为“海豚1”研制固态雷达。该公司总师李常伟介绍，固态雷达对于杂波特性的抑制能力很高，能够将养殖区一串一串的浮球清晰标记出来。

“海豚1”的视觉系统也分为红外和可见光两套。两套360度全景视觉系统均由12路拼接高分辨率摄像头组成，可以通过嵌入式系统将采集到的船舶航行视觉信息快速存储，并快速计算合成一幅浑然一体的360度全景图，回传给远程测控中心和船载航行感知系统。

高精度的传感设备、实时的信息传输、先进的算法模型，将共同为未来的船舶描绘出颠覆性变革，远程“代驾”或许只是其中的一个典型应用。

从郑和七下西洋到哥伦布环球旅行，人类征服大海的步伐从未止步。“驭海之术”走入AI时代，人类有望在降低出海风险、减少能源消耗的同时获得最大的运营效率。不止如此，在自学习、自适应、自进化等算法的加持下，船舶自身各系统还能像智能手机一样不断迭代和优化，随时复现船舶系统任意时刻的状态，推演或仿真未来时刻的“假设”场景，产生预判的应对策略。



开拓船舶智能制造蓝海

世界贸易运输，90%靠海运。船舶的设计制造创新性强、科技含量高，是船舶工业高质量发展引擎。

7月，我国自主研发设计建造、拥有自主知识产权的纯电动动力集装箱船N997轮首航。

9月，采用集成操作系统、覆盖5G信号的我国首艘大型邮轮完成试航。

当前，绿色、智能已成为船舶设计制造业转型升级的主旋律。

“船舶不同于汽车等陆地运输工具，其生产制造具有多品种、小批量、结构系统复杂的特点，因而标准化、模块化程度不高。数字化的系统可以弥补这一劣势。”蔡成涛说，利用数字孪生技术，可以形成一些通用的软件模块，如感知、决策、控制、环境等，大大促进智能船舶的模块化“柔性定制”组装，加速推动船舶智能技术的快速发展。

AI时代的船舶设计制造业如何实现转型升级？新型船舶如何高效地完成安全性、稳定性等各类性能验证？

“‘海豚1’就是要为中国船舶智能技术的发展建起一座流动的海上实验室，以加速我国船舶智能技术的迭代进程。”夏桂华说，“海豚1”上可以搭载各种智能系统，通过数据积累、模型分析，为未来智能船舶的设计提供高效优化的方案。

“‘海豚1’船舱各处都配备了接通实验设备的接口，设有制作实验工具的必要器具。”刘志林介绍，这艘船是一个开放的系统，采用模块化设计，所有内部系统都留有接口，以满足船舶与海洋技术装备的实验需求。

在这个“流动实验室”的支撑下，团队顺利完成了智能船舶自主航行、远程遥控、多尺度多模态智能船舶感知等一系列智能船舶关键技术的示范验证，未来还将为船舶工业软件的自主研发提供实船试验验证条件。

哈尔滨工程大学正在联合行业优势单位，共同成立智能航行设备的行业联盟。未来联盟内的成员单位都可以利用“海豚1”进行实验，积极推动智能船舶产业发展。

“数字化是智能化的基础，工业软件是实现数字化的手段，船舶数字与智能控制是未来船舶发展的主要方向。”夏桂华表示，包括绿色化、智能化等多个关键核心技术的船舶设计升级，不仅可以开拓我国船舶制造业发展的新蓝海，还能在国际船舶制造市场上展现绿色智能高端船型“中国创造”的风采。



图① “海豚1”从山东烟台蓬莱港首航。
图② 哈尔滨工程大学自主研发的全景视觉感知系统。
图③ “海豚1”智能驾控系统。
图④ 研发团队调试“海豚1”数字孪生系统。
郭健楠摄