

深海科技，下水见真章

本报记者 孙海天

万米之下，试出底气

先说“8”。2020年，全海深载人潜水器“奋斗者”号在马里亚纳海沟海试。刘心成回忆，按照规定，装备连续通过两次全流程测试就可以验收，海试队却在万米深渊连续下潜了8次。“没人要求我们这么干，是自己给自己加压。”他说，四五千米的深度试两次也许够了，可万米海底的水压约是海平面的1000倍，指甲盖大小的面积要扛住约1吨的分量，只测试两次，远远摸不清装备的脾气。

下潜要密，间隔也有讲究。据刘心成介绍，当时两次万米下潜之间间隔3天：载人舱用钛合金制造，观察窗用有机玻璃制造，两种材料在深渊水压下收缩程度不同，一潜下来，观察窗会被压进去七八毫米，需要约48小时才能慢慢恢复。哪些部件要查、下一潜何时开展，都有依据。

再说“10909”。2020年11月10日，“奋斗者”号坐底马里亚纳海沟，指挥部大屏上出现两个深度值：温盐深仪测出10929米，深度计测出10909米。

前一个数字更深，但那台仪器的量程只到10500米，测出的值已经超过了量程，误差也更大；深度计的精度则高出一个量级。研究之后，团队把10909米向全球公布，创造了中国载人深潜新纪录。在刘心成看来，要最科学的数据，不要最漂亮的数据。“我们只相信科学。”他说。后来，10909米也被国际同行认为是相对更准确的海底最深处数据。

可靠性就在反复下潜中积累。如今，我国“蛟龙”号、“深海勇士”号、“奋斗者”号三台载人潜水器2026年累计下潜将突破2000次，我国占到全球大深度载人深潜的七到八成。一些偶发故障，可能要经过大量下潜才有机会暴露；找到问题、修改方案，再回到海里验证，国产设备逐渐经受住考验。

高频下潜试出的不只有装备可靠性，也不断刷新人们对深海的认识。

当天对话现场，上海交通大学海南研究院副研究员章陶亮讲起2025年在东南印度洋的一次深潜经历。一个潜次中，他乘“奋斗者”号从4600米海底缓慢上浮至3800米，沿途采集的沉积物样品，与教科书中关于碳酸盐补偿深度的认识基本吻合；随着水深增加，碳酸钙越来越难以保存。

两天后，另一个潜次下到6800多米，出现了新情况。潜水器灯光扫过海底，眼前竟是一片白色沉积物。取样分析发现，中心中碳酸钙含量很高。按照已有认识，这一深度通常并不利于碳酸钙大量保存。

这些碳酸钙从哪里来？经历了怎样的沉积和地质过程，又为何能在这里保存下来？一次下潜，把新的

不久前，在海南三亚崖州湾科技城，一场名为“青年 π ”的海洋主题对话临海开讲。

压轴发言的刘心成年过七旬，参与过我国全部3艘载人潜水器的海试，曾受聘担任中国科学院深海科学与工程研究所（以下简称“深海所”）所长顾问。他开口先抛出两个数字：“我今天讲讲‘8’和‘10909’背后的故事。”

台下坐着深海企业的工程师、涉海院

问题带回了实验室。

“书要读，但一定要到现场去，才能碰上打破常规认识的东西。”章陶亮说。那次航次的12个潜次分给了12位科学家，既有资深教授，也有00后研究生。深海中的一次亲眼所见，可能就成为下一项研究的起点。

把深海“搬”到家门口

沿海省份不少，高频次的深海试验为什么聚在海南？

答案先写在海图上：我国超过1000米水深的海域，集中在南海。南山港距千米水深海域164公里，科考船当天可以往返。

“我们希望通过海南岛，就能完成一系列岸、池、湖、海的测试链条。”三亚崖州湾科技城管理局科技研发部部长彭桂华说，科研产品从研发、试验到迭代升级，时间和费用在这里都能压缩。

近，只是起点。装备到哪儿调试、零件谁来加工、海试怎么组织，还得有一整套支撑。

崖州湾科技城管理局党委副书记温竹介绍，一些企业在内陆具备完善的机加工条件，可以做河试、湖试，但验证装备在几千米水深的运行状态，仍需组织团队赴深海。试验出现问题，设备再运回去修改，时间和运输成本限制了海试频次。把研发和实验保障基地放到海南，原先一年只能组织十多次的试验，就有条件增加到上百次。

海上，距南山港约200公里的一片海域，约400平方公里的国家海洋综合试验场（深海）于2025年6月启动试运行。据试验场负责人张林介绍，海底测绘已经完成，岸基雷达、海基浮标、海底方舱组成的立体监测体系初步建立。“我们正在为深海产业筑路，现在‘路基’已经夯实。”

真正出海前，装备还要先在岸上过关。

科技城的深海科技创新公共平台内，国内首座圆形极端海况聚波水池直径27米，池壁一圈布设132个造波单元，可以模拟不同的风、浪、流环境，将海上难以控制的条件搬进实验室。

海南省深海技术创新中心的水池实验室里，声学仪器被缓缓吊入水中，控制台上跳出流速和噪声数据；环境可靠性实验室里，待检的水声通信机整机则要塞进“大铁罐”，接受模拟水压试验。“试验和检测都排得比较满，9月份完成了30次检测服务。”中心实验室实验人员李鹏说。中小企业不必自建全套测试体系，就能利用公共设备就近验证产品。岸上多排除一个故障，海上就少一分风险。

装备出了毛病，也有人接得住。

海南狮子鱼深海技术有限公司运营着园区的深海装备加工与装配中心，创始人苗业宸曾从事科普纪录片的工作，参与“蛟龙”号载人深潜纪录片和3D电影的拍摄制作，2016年来到海南创业，和海南当地的科研人员以及青年人才团队，共同推进深海装备技术的

校的研究生。会场往南不远，就是我国首座公共科考码头三亚南山港，2025年累计服务保障深海科考和海试2152航次；2020年，这个数字还仅是30。一艘艘科考船从这里出发，把科研人员和装备送往深海。

深海装备好不好用，科学认识靠不靠谱，终究要到真实海况中接受检验。崖州湾正把靠近深海的地理优势，转化为让人试得起、试得快的产业条件。

发展。进行“狮子鱼”号水下机器人合作研发时，团队被零件加工难住了：深海非标件要送到长三角、珠三角加工，一来一回常需7到10天。

企业提出需求，园区出资建设，中国科学院深海所提供技术支持，建成的车间交由狮子鱼独立运营、自负盈亏。如今，紧急零件可以当天开模、加工调试；车间里两台等静压设备能做150兆帕压力测试，2025年，深海特种设备250个循环、100个循环的压力测试就在这里完成；一楼几排深蓝色货架上摆着电容、电阻、垫片，人称“深海配件超市”，普通五金店里买不到的深海配件，在这里能配上。

车间保持全天候应急响应。苗业宸举了个例子：凌晨2点零配件坏了，当天早上6点就要出海，“凌晨给我们打电话，我们能马上开机修造”。对一天船时费动辄几十万元的科考船来说，少等一天，就省下一大笔开支。

在南海扎根，向大洋出发

深海装备很少单打独斗：传感器负责感知，水声通信负责传话，惯性导航辨认方向，机器人和潜水系统下水干活。围绕海试长出来的服务，正把这条任务链上的企业一家家接起来。截至今年上半年，崖州湾科技城已集聚涉海产业企业3153家；深海产业产值15.06亿元，同比增长75.53%。

海南声科深蓝海洋技术有限公司总经理邢建新的办公桌上，摆着一排水声传感器，有的只有指甲盖大小，却能在数千米深海捕捉声波。“传感器之于海洋装备，就像眼睛和耳朵之于人体。没有它，再先进的潜器也是‘聋’的、‘瞎’的。”邢建新说，传感器提取声波信号，后端软件分析信号变化，才能形成探测结果。这家2023年落户崖州湾的企业，团队已从创业时的5个人扩展到几十人，公司的研发从器件延伸到设备、系统，一部分产品替代了进口。联合培养的研究生跟着项目边学边干，从试制一直做到应用。

同一园区，由哈尔滨工程大学南海研究院孵化的海南水之声海洋科技有限公司，正给海洋装备搭水下“Wi-Fi”。电磁波在水下走不远，数据要靠声波传输，水下“Wi-Fi”能够依靠声波传输数据，支持观测设备、无人潜器之间的信息互通。总经理郭乃鑫带着团队研发水声通信机、声学释放器，借园区的公共平台做水池试验、盐雾防腐测试。2024年成立至今，团队从几个人扩到40多人，产品从1款增加到5款。

从感知、通信到水下作业，技术的用途继续拓展。海南欧特海洋科技有限公司的车间里立着一套常压载人潜水系统，潜水员钻进这身硬壳“铠甲”，最深可下到610米，服内始终保持常压，省去了饱和潜水后漫长的减压过程。“干完活出水就能回家，下海像上班一样。”公司常务副总经理蒲定说，这套系统的主要核心部件已实现国产化，两套已交付长江航道部门，用于水下抢险。



工作人员在水之声生产线上操作。 王 硕摄

大洋深处又是新的考场。2025年夏天，“奋斗者”号随“探索三号”科考船从三亚北上，历时98天，在北极密集海冰区完成高频次下潜作业；为防漂移的浮冰封住出水口，团队把惯常的“船找潜器”改成“潜器找船”，在新的海况中改进作业方式。我国由此成为目前世界上唯一在北极密集海冰区持续开展载人深潜的国家。

同一个航次，也是“海南造”的考场。海南位姿导航技术有限公司研发的高精度惯性导航系统，为船上的深水多波束测深系统持续提供航向和定位基准，在北冰洋高纬度海域连续稳定运行80余天；狮子鱼公司的深海微生物原位取样器随船一路取样。2025年年初，同款取样器售往智利，据苗业宸介绍，这是海南省科研仪器的首笔境外订单。这家公司与深海所联合研发的“狮子鱼”号作业机器人，部件也已全部国产，综合成本比进口低四成。

从海试走向海外市场，还要回答客户的问题。

这家企业研发的系列海洋静力触探系统，专门在海洋工程动工前摸清海底蕴质情况。2025年8月，磐索设备在印度尼西亚参与一条1200公里海底光缆的前期调查，技术团队35天完成任务。数据和工期是最好的回答，园区的配套也帮了忙：“我们急需的关键小件，园区内企业就能加工，从图纸到成品仅需两三天。”

海试取回的样品，还在往国际学术和标准体系里走，支撑着更深入的科学研究。2025年3月，三亚华大生命科学研究院团队参与完成的全球首个万米深渊生态系统基因组图谱，以封面专辑形式发表在《细胞》杂志，该院“四极”方向负责人孟亮和团队为此用了3年；同年，该院参与研制的深海生物样本保藏国际标准正式发布，为全球同行保存深海样本提供了统一参考。

回到海洋主题那场对话。当天，主办方面向社会开放了30个现场席位，报名条件上写着：正以海为业，或以海为学。全世界37处6000米级以上的深渊，深海所科研人员已经到过11处，“总有一天，我们要探遍所有深渊”。刘心成对台下说：“我真希望有更多青年学者，加盟到深海科技中来。”

章陶亮既晕船又“晕岸”，去年一趟航次下来瘦了十几斤。可提起下一个航次，他说的仍是那句话：“下次出海，记得叫上我。”

▶▶▶有事说事

13岁江苏女孩司芝元，写了一封信，得了全球唯一金奖。这封信叫《一瓶蜜里的两千万公里》，从65个国家148万封信中脱颖而出。万国邮联评审团的评语是：“传递出对世间真挚的向往与希冀，重拾了一种稀缺而珍贵的沟通方式。”

这个“稀缺而珍贵”，戳中了当前数字化大潮中的痛点。眼下，AI能写诗、能画画、能一秒生成千字情书，可这位女孩笔下打动人的，是几样很“土”的东西：一瓶蜂蜜、一枚还温热的鸡蛋、麦秸扎脚的痒、雪花落在睫毛上瞬间融化的清凉。正如她在信里写的：“视频能让我看见鸡蛋的形状，却永远传递不了它在我掌心微微的重量，还有发现宝藏的那种咚咚的心跳。”

这话说得真好，好到似乎可以让所有关于“AI能否替代人类情感”的讨论，都显得有些多余。

数字化确实好。好到什么程度？好到如果没有手机和网络，司芝元和弟弟元宝那两千万公里，可能真的会变成一段渐渐模糊的记忆。她自己在信里说得很明白：“如果没有它，这两千万公里的距离可能会让我们变得陌生。正是靠着这些数字手段，你才能教我认养麦花，我才能帮你检查作文里的错别字。”

不光是两个孩子之间的联系，今天数字化的触角已经伸到了生活的角角落落。街头机器人做咖啡、AI导航带你逛

古城、社区里AI智慧琴房和双语阅读一应俱全，连爬山都有人穿外骨骼机器人了。搁几年前，这些场景想都不敢想。技术的进步，带给我们前所未有的便利和体验。

但事情还有另一面。

司芝元在信里写天空“蓝得像刚水洗过的牛仔布”，写麦场“大得能停下几十辆车”。她说，真正的麦香是带着太阳温度的，麦秸扎在脚底是痒痒的，“这和手机里任何一张农田照片都不同”。一个孩子，用最朴素的观察说出了一个个深刻的道理：屏幕里的世界，再高清、再绚烂，终归隔着玻璃隔着膜。

法国作家圣埃克苏佩里在《小王子》里写过一句话：“真正重要的东西，用眼睛是看不见的。”同理，真正重要的东西，也不是用摄像头能拍到的，起码拍不全吧。狐狸对小王子说，你为你的玫瑰花费了时间，这才使你的玫瑰变得如此重要。花费时间，投入精力，亲自在场，亲手触摸，这种真正的连接，是AI不能替代的。

注意，这里说的是“不能”而非“无法”。我们无法准确预测科技发展的前景，也许AI将来真的可以让我们“感觉”到我们在触碰真实，但这就像电影《黑客帝国》里描述的那样了，真的是我们想要的吗？

可能是认识到了这一点，“活人感”这个词被造了出来，被用了起来。人们

愈加珍惜“手握”“人工”“上手”了。比如，手写信正在一些年轻人中悄然回归。有人花99元定制一封手写信，收到后愣了好几秒，“就好像打开了一个尘封已久的时光胶囊”。有人辞了大厂运营的工作，专门做手写信定制，说客户买的不是一封信，“是一种在AI时代稀缺的真实感”。

有意思。技术越先进，人们反而越渴望那些“不怎么先进”的东西。不是因为怀旧，是因为我们需要真实的触摸，需要坐在对面看着彼此的眼睛说话，需要感受到对方手心的温度。这些东西，AI给不了。AI的回应是基于算法的逻辑推演，是“照着剧本”走，而非真正的情感共鸣。

所以我们得辩证看待数字化。它是个好东西，但不能全指望它，不能被它异化，通过视频能看见鸡蛋的形状，但重量传递不到掌心。数字化的尽头，不应该是一个越来越“轻”的世界。另一方面，也不能窄化了它。未来的社交范式不应是虚拟对现实的替代，而应是技术对肉身经验的延伸与补充。数字手段帮我们跨越山海保持联系，真实相处则让这份联系变得有血有肉。这不是二选一，是比翼齐飞。

找个周末，带上手机，去见见那个你在微信上聊了100次的人吧。毕竟，最好的联系，从来不是满格信号，而是两颗心真的靠近过。

智能“新员工”上岗



近日，北京北海公园内，清扫机器人、巡逻机器人上岗开展作业，助力园区精细化管理，成为国内一道科技风景线。

图为巡逻机器人在进行安全巡逻。

郭俊锋摄（人民视觉）

再好的AI，也品不出那瓶蜜的香甜

熊建