

历经1.4万海里、79天的风浪考验，中国第十二次北极科学考察队圆满完成了任务。日前，随着“雪龙2”号科考船缓缓停靠上海国内基地码头，科考队成员邵刚连

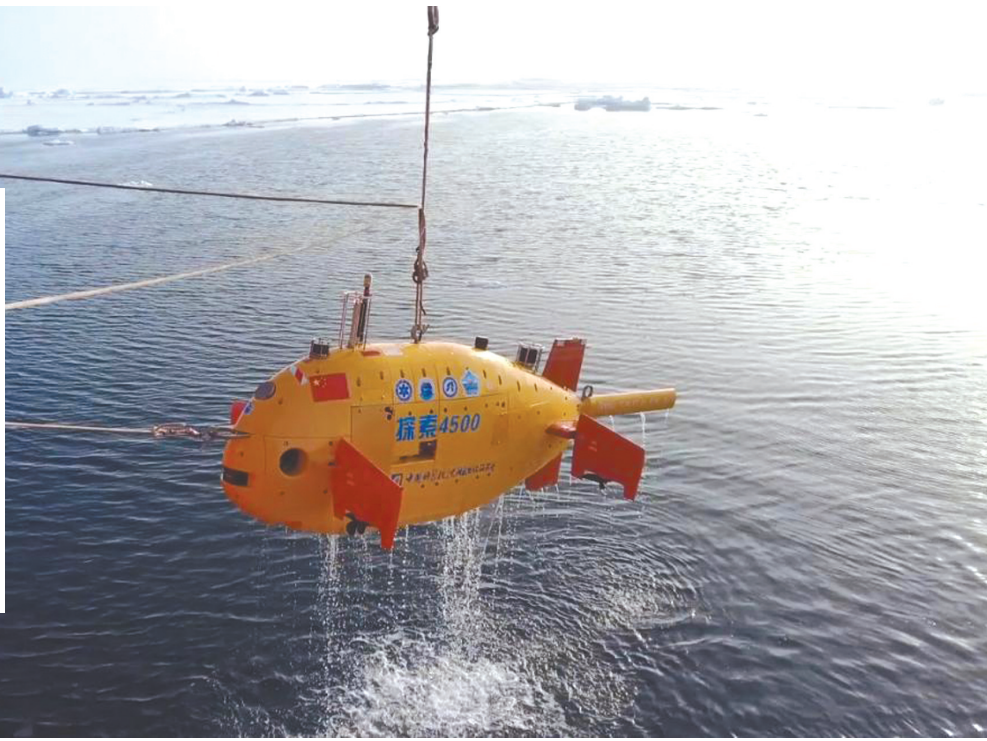
日来紧绷着的神经也逐渐放松。在这次科考中，他和3名同事负责的“探索4500”自主水下机器人（以下简称“探索4500”）表现出色，成功完成北极高纬度海冰覆盖区的

科学考察作业。这也是我国首次利用自主水下机器人在北极高纬度地区开展近海底科考应用，其成功下潜获取的宝贵数据资料，将为北极环境保护提供重要的科学支撑。

水下机器人 极地显身手



科考人员在甲板上做布放准备。



“探索4500”自主水下机器人回收过程中。

首闯北极 进行了一系列技术升级改造

邵刚是中国科学院沈阳自动化研究所的副研究员，这是他第一次参加极地科考。和他一样，“探索4500”也是第一次出征极地。

沈阳自动化研究所主持研制的“探索4500”，外观酷似一条“大黄鱼”。和普通的无人水下机器人相比，“探索4500”的自主能力更强。

沈阳自动化研究所副研究员李阳告诉记者：“相较于遥控水下机器人，‘探索4500’没有缆线与母船连接，不需要人工干预就能够实现自主航行和执行探测，续航时间更长，工作范围也更大。”

尽管“探索4500”本领已足够强大，但要去极地恶劣环境闯荡，科研人员还是不太放心。在出发前，他们又对它进行了一系列的技术升级、改造，全面提高了系统的可靠性。

在极地高纬度地区，科考母船会因为风、流等相互作用发生位移，致使水下机器人的布放和回收难以在一个相对固定区域内实现，冰层也会阻碍母船和机器人之间的通信。“这些都要要求水下机器人拥有自主导引能力，能够准确接收母船指令，并根据自身设备的状态调整运行轨迹，在回收过程中逐渐向母船靠拢，从而实现自动、安全回收。”邵刚介绍。

针对北极科考工作区高密集度海冰覆盖的特点，科研团队创新性地研发了声学遥控和自动导引相融合的冰下回收技术，确保“探索4500”连续下潜成功，并能安全回收。邵刚说：“我们还增加了应急信标，用于潜器上浮后卡在冰层下或肉眼无法确定位置时，进行较为准确的方向定位。”

此外，科研团队还对“探索4500”的故障处理流程进行了优化，让它自主判断自身当下的状态，从而做出决策。“机器人在持续工作一段时间后，就能够像我们人类一样感觉自己身体状态如何。”邵刚说，“如果觉得自己‘精神头’还不错，就会继续干活；如果觉得不太好了，它就会立即向我们发出求救信号，我们马上会去帮助它。”

经受考验 在极地恶劣环境下安全回收

虽然已经做好了充分的准备，但极地天气瞬息万变，科考队员们和“探索4500”在北极还是经历了意想不到的困难和考验。

在一次作业前，原定的下潜区域气温骤降，风雪交加，能见度非常差。“当时，我们母船距离这个工作区有十几海里，在航行过程中我一直非常忐忑，担心无法正常完成设备布放。”邵刚回忆。

当母船到达下潜区域时，天气开始转晴，但之前的降温和暴风雪让海面迅速结冰，水域范围比之前缩小了很多，给机器人的布放和回收增添了极大的困难和风险。

机器人无处下“脚”，科考任务时间紧迫又不能耽误，怎么办？最后，邵刚和同事们决定利用母船进行破冰，人工开辟了一块可以布放水下机器人的水域环境。邵刚说：“破冰开出的水域范围非常小，其实不利于我们对水下机器人的回收。幸运的是，最终我们完成了布放与安全回收，也证明了‘探索4500’具备在极地恶劣环境下开展科考应用的能力。”

极地海洋的许多区域长年被海冰覆盖，对海冰特征和冰下海域进行考察，是极地考察的重要组成部分。沈阳自动化研究所副所长李硕介绍，极地科考一直是水下机器人发展的重点方向。近些年来，沈阳自动化研究所先后有4种类型6台套无人水下机器人参加了8次极地科

考，为我国极地科考作出了重要贡献。

“自主水下机器人在极地科考中主要承担三方面的任务。”李阳说，“一是对浮冰的观察和探测，了解其厚度、状态以及运动情况等；二是测量水体参数，包括水的深度、温度、盐度等；三是进行海底地形地貌的精细探测，在此基础上也可以发现海底的一些矿产资源。”

传统的海冰考察方法，是在海冰上钻孔，这种方法效率比较低，而且获得的数据有限，具有很大的局限性。自主水下机器人则不受海冰的影响，可以到达一些人无法到达的区域，更大范围、更大深度以及更长时间地进行科学考察。而且，取样灵活准确，有助于提高采集样品的质量，增加样品采集数量。

“科考人员可以通过水下机器人上安装的摄像机、照相机以及成像声呐等成像设备，直观地观察极地的水下世界。”李阳说。

李硕说：“本次将自主水下机器人应用于北极科考任务，让我们更加了解科学家对于智能机器人技术的需求。科研团队将以此为起点，将技术创新与科学需求紧密衔接，不断优化和升级，为今后开展北极科考更大面积的探测作业提供更加智能的技术手段，助力科学家获得更多有价值的数据和信息。”

功能先进 实现从水面到水下1.1万米全覆盖

早在20世纪70年代，一些国家就开始研发用于极地考察的无人水下机器人，目前已有多种类型，主要包括遥控式（有缆）和自主式（无缆）两种。

李阳介绍，我国从20世纪80年代开始进行水下机器人的研发，当时沈阳自动化研究所是主要的研发单位之一。“但极地科考水下机器人的飞跃发展主要是在近10多年，这期间我们先后研发出‘海极号ROV’‘北极ARV’和‘探索AUV’等水下机器人，参加了多次极地科考，都实现了成功应用。”

近年来，面向国家重大需求，沈阳自动化研究所一直致力于推动水下机器人的谱系化发展，如今从深度上已经实现了从水面到水下1.1万米全覆盖，航程上也实现了几公里到几千公里全覆盖。“我们团队主要还是侧重于无人水下机器人的研发与应用，目前我国无人水下机器人在主要功能和性能指标方面，都已经达到国际先进水平。”李阳说。

随着水下机器人谱系化发展，其应用领域也越来越广泛，面临的作业环境也越来越极端和复杂。李阳告诉记者，除了极地外，目前他们还在青藏高原的高原湖、太平洋的马里亚纳海沟持续开展科学考察。“这些都是非常极端和复杂的环境，对无人水下机器人的自主控制技术提出了很高的要求。我们需要在有限的空间搭载更多的传感器，这对总体的布局和电池的兼容性都提出了重大挑战。”

未来，世界自主水下机器人的发展将朝着更智能化的方向发展，具备更强的环境适应性和更强的协同作业能力。

“我们原来的自主水下机器人大多是属于预编程式的，在下水之前科研人员已经提前给它预设好程序，告诉它目标和行走的路径。”李阳表示，将来随着智能化的发展，人为介入将越来越少，自主水下机器人会越来越聪明，发挥的作用越来越大。

据《人民日报》