

破解深海“钢铁侠”迁徙密码

海大教授孙进团队鳞足螺研究成果为深海采矿提供关键科学支撑

浩瀚深海一片幽暗，但科学的光正在一点点照亮那里。中国海洋大学海洋生物多样性与进化研究所教授孙进团队联合国内外多家科研团队，将“这束光”照向印度洋2000多米深处的鳞足螺。历时十余年攻关，他们首次破译了这种身披“铁甲”的神奇生物用24万年走过6300多公里实现种群扩散的“史诗级”北迁密码。该研究成果因“高含金量”近期登上了生物学顶刊《当代生物学》封面，为深海采矿背景下的濒危物种保护提供了关键科学支撑。

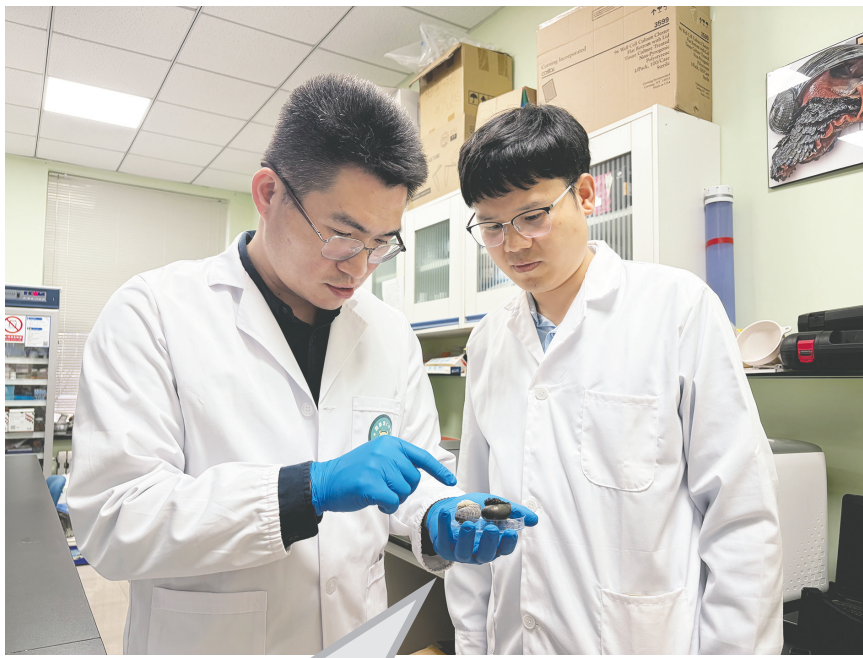
深海“钢铁侠”绝境逢生

在海洋深处的洋中脊板块断裂带，隐藏着地球上最极端的自然环境——深海热液区。这些区域终年高压黑暗，温度可达300—400℃，富含硫化氢等剧毒物质，被视作生命绝境。印度洋的深海热液区却孕育着一种令人惊叹的神奇生物——鳞足螺。

2000年，日本海洋研究开发机构的科考船Kaimei发现了印度洋的第一个深海热液区，将其命名为“凯雷”(Kaimei)。翌年，美国科考船Knorr再次到访。这两次科考活动，将鳞足螺首次公之于世。鳞足螺有惊人的生存本领：它依靠体内共生菌转化热液中的化学能量来维持生命活动，甚至不需进食任何食物，而且是雌雄同体。

“你来看这种生物更神奇的地方。”在实验室内，孙进小心翼翼地取出一个鳞足螺标本，然后拿出强力磁铁靠近，它竟开始慢慢移动。“鳞足螺腹足上覆盖着数以百计的几丁质鳞片，上面常覆有黄铁矿或闪锌矿，它也因此被称为‘深海钢铁侠’。”孙进告诉记者，鳞片的颜色并不统一。据研究推测，鳞足螺需要把体内摄入的含硫毒素排出体外，这些毒素在体表遇到海水中的金属阳离子后发生化学反应。如果它周围的海水中铁元素多，鳞片就会附上黄铁矿，呈黑色；如果锌元素多，则会附上闪锌矿，呈棕黄色；如果金属阳离子不多，鳞片则呈白色。鳞足螺是目前全球已知唯一能够合成金属硬质外壳的海洋生物。虽然与市面上常见的海螺算是“远房亲戚”，内部器官也大致相像，但鳞足螺凭借其特殊性，入选美国《国家地理》杂志评选的2007—2017“十年十大神奇生物”榜单。

2019年春，孙进同自然资源部第二海洋研究所研究员周亚东一起赴西南印度洋龙旗、天成热液区科考。彼时，国内对这种生物的译名有“鳞脚螺”“鳞脚蜗牛”“鳞角腹足蜗牛”等。“周博士当时说，鳞脚来自Scaly-foot Snail直译，但软体动物的foot并不被称为脚，而是足。他



孙进(左一)与博士生陈夕探讨鳞足螺相关研究。



神奇的深海“钢铁侠”鳞足螺。

建议中文名改为‘鳞足螺’，并询问我的意见。”孙进说，周亚东的提议让他深感其治学严谨。此后，在各类报告、汇报中，他们都用了“鳞足螺”这一精准称谓。

研究破译迁徙“族谱”

深海热液区如同散落大洋的孤岛，长久以来，印度洋不同深海热液区的鳞足螺种群扩散之谜困扰着全球海洋生物学家。这些未解之谜不仅制约了鳞足螺的保护工作，也成为深海生物演化理论研究的一大瓶颈。

要解开这个谜，首先得找到足够多的样本。而深海采样，本身就是一场“硬仗”。科考船往往要航行月余才能抵达目标海域，等待“天公作美”、海况良好、风浪平静时，再花几小时在茫茫大海上精准定位，科研人员放出载人潜器或无人遥控潜水器，缓缓下沉到2400多米处，在黑暗中寻找大黑烟囱似的热液喷口，拨开密密麻麻的“虾兵蟹将”，找到鳞足螺。

凭借这份执着，孙进团队联合韩国、

日本多家科研机构，历经2013年至2023年11个科考航次，足迹覆盖印度洋的西南印度洋脊、中央印度洋脊和卡尔斯伯格洋脊三条洋中脊上的8个热液区，采集到125只鳞足螺，并进行了全基因组重测序分析，这个过程需要借助电脑处理海量数据。

“这项工作就像给鳞足螺编制一份‘族谱’。”孙进说，基因组数据研究结果令人惊讶，目前在印度洋中发现的鳞足螺，其祖先都来自同一个地方——西南印度洋脊最南端的龙旗热液区，那是它们共同的故乡，在学术上被称为“源”。大约24万年前，一支“探险队”从故乡出发，沿着洋中脊的深海走廊一路向北迁徙、落脚，新的落脚地在学术上被称为“汇”。走得最远的家族成员抵达了卡尔斯伯格洋脊最北端的卧蚕热液区，这里距离它们的故乡超过6300公里，这一距离相当于从我国黑龙江漠河到缅甸仰光。

事实上，体长三四厘米的鳞足螺并不具备强大的运动能力，是什么力量驱动了这场不可思议的远征？据孙进介绍，结合物理海洋学粒子模型，研究揭示了深层洋流是主要的动力。简单说来，这些洋流将约100微米大小的幼虫带到各处，幸运儿抵达了适合生存的不同深海热液区，继而繁衍生存下来。这场长途迁徙，堪称深海版的“出埃及记”。

成果点亮深海之光

一个位于黄海之滨的科研团队，为什么要花费十余年时间去追踪印度洋深处一只不足乒乓球大的海螺？答案藏在鳞足螺所生活的那个世界里。

深海，是地球表面最后未被充分开发的疆域，蕴藏着丰富的生物资源、地质资源与科研宝藏。尤其是，大洋海底遍布的矿产资源中，有现代高科技、绿色技术与新兴产业不可或缺的原材料。而鳞足螺栖息的深海热液区，恰恰也是人类采矿船的目标区域之一。

“2019年，鳞足螺被国际自然保护联盟正式列入濒危物种红色名录。”据孙进介绍，在深海采矿日益临近的背景下，摸清这个物种的遗传多样性及种群分布具有重要意义。从生态层面而言，研究圈定了鳞足螺的核心保护海域与关键栖息地，为制定差异化保护方案提供了精准的数据支撑。“比如，鳞足螺有两个种群应该被列为优先保护对象：一个是作为物种起源地的龙旗热液区种群，它们是整个鳞足螺家族的‘基因宝库’；另一个是处于扩散最北端、遗传多样性低且高度近交的卧蚕热液区种群，它们像一个与世隔绝的小部落，一旦受损，很难有外部基因来及时救援。”孙进说，这一结论为深海热液区的生态管控与采矿活动合规监管提供了坚实的科学依据。在产业层面，鳞足螺的天然铠甲也能为人类带来意想不到的启发，科研人员还有望研发出耐深海腐蚀、高强度的金属复合材料，应用于深海探测设备和海洋工程装备制造，助力海洋高端装备产业升级。

这支来自中国海洋大学的科研团队，能够取得这样的突破并非偶然。“学校在深海生物探测、海洋基因组学、极端海洋生物等研究领域的硬核实力，为我们的研究提供了支撑。”孙进说，依托海洋生物多样性与进化教育部重点实验室平台，团队完成了从高精度深海采样到大数据基因分析、从跨学科模型模拟到国际合作的完整链条，进一步提升了我国深海研究领域的国际话语权。

“深海太大了，我们现在做得还是太少。”采访结束时，孙进将那只鳞足螺标本轻轻放回标本盒。盖子拧上，新的向海图强故事正在打开，在这条通往地球表面最后未被充分开发疆域的征途上，中国科学家们正以十年磨一剑的执着，一点点去照亮那片深邃幽暗。

青岛晚报/ 观海新闻/掌上青岛记者 张琰 摄影报道



扫码看视频

义诊暖民心 红花传温情

市南区新时代文明实践中心开展中医义诊活动

本报5月17日讯 日前，市南区新时代文明实践中心举行“杏林春暖 致敬微光”中医义诊活动。来自青岛市海慈医疗集团的6位资深中医专家现场坐诊，把三甲医院的优质医疗资源送到群众“家门口”。诊疗之外，一场“送你一朵小红花”的温暖传递，让这场义诊超越了单纯的健康服务，成为一次致敬平凡微光、传递城市文明的暖心之举。

专家团队一落座，义诊区便有不少居民有序聚集起来。坐诊专家耐心细致为大家把脉问诊、精准进行体质辨识，结合

每个人身体情况，量身定制个体化中医养生调理方案。神经内科副主任医师郝婧为失眠、头晕患者细细把脉、辨证施策，消化内科副主任医师尉洪利耐心解答老胃病患者的困扰，妇科副主任医师郑伟为更年期女性制定专属调理方案。此外，专家们还紧扣夏季时令特点，面向居民们宣讲治未病健康理念，全方位科普夏季防暑祛湿、膳食调养、作息规律等养生知识，帮助大家树立科学健康的养生观念。

治未病科主治医师王堃亮相公益健康讲堂，通过《守护颈肩 轻松生活》宣

讲，用通俗易懂的语言、直观易懂的演示，深入浅出讲解颈椎病的预防方法和日常拉伸技巧，台下不少“低头族”边听边跟着比划。讲座刚结束，台前就围满了咨询的居民，王堃耐心逐一答疑解惑，用专业与热情赢得大家的一致认可。

活动设置中医适宜技术特色体验区，集中推出耳穴压豆、火龙罐、平衡火罐、中医推拿、特色针灸、十字灸、核桃灸、铜砭刮痧、骨关节整复等多项传统中医特色疗法，吸引了众多居民体验中医药“简、便、验、廉”的独特优势，沉浸式感

受传统中医疗法的精妙魅力，以及中医药传统文化的深厚底蕴。

活动现场，一场“送你一朵小红花”温情传递仪式在象征温暖与希望的“微光心愿树”前上演。道德模范、身边好人代表，向在常态长效推进城市文明建设中涌现的基层一线文明建设者、守护者、服务者代表赠花致意，感谢他们日复一日的坚守，让文明之花在城市各处悄然绽放；基层一线文明建设者、守护者、服务者代表向辛勤付出的义诊医生赠花，一句“医者仁心，愈人予光，这朵花里有我们深深的感谢”，道出了对医者的诚挚敬意；义诊生代表向道德模范、身边好人代表回赠鲜花，用“善行如光，你们是人间的暖阳”回应这份认可。（青岛晚报/观海新闻/掌上青岛记者 张琰）