

美丽中国

海洋科技 守护蔚蓝

水下机器人助力海南珊瑚养护 呵护海洋生态系统健康

本报记者 董泽扬

“啊……”在海南陵水黎族自治县分界洲岛附近海域，一台明黄色的水下机器人正开足马力，在水波涌动的海面上划出长长的尾波。抵达目标区域后，机器人潜入水下，没了踪影。岸上，海南热带海洋学院副教授叶旭东正熟练地操作手柄。这台能自由上浮下潜、横滚俯仰的全姿态水下机器人，成了守护这片“海底花园”的“园丁”。

缓慢下潜，水下机器人悬停在目标珊瑚礁上方。避障声响等设备帮助机器人灵活避开各种障碍。打开灯光、录制视频，数据通过零浮力电缆回传，海底景象在屏幕上实时呈现：鹿角珊瑚随着暗流轻轻摇曳，更有鱼群不时亮相。

“和我们背着氧气瓶下潜相比，水下机器人待的时间更久，对珊瑚礁环境的扰动也更小。”叶旭东轻推操纵杆，屏幕上下潜深度、航向角度等数据实时变化。原有的珊瑚礁、新移植的珊瑚断枝……珊瑚状态一目了然。数据显示，分界洲岛周边海域珊瑚覆盖率已达30%—40%。在众人的共同守护下，这片水域更显生机。

视线往南，海南三亚市蜈支洲岛海域也有这款水下机器人的身影。与布设在海底各处的摄像机一道，水下机器人搭载的传感器与载荷，正绘制出这片“海底花园”的精细景致。人工鱼礁、火山石平台等构成的栖息地，既让移植的珊瑚植株自在生长，也让水下景观更具观赏价值。栖息于珊瑚丛间的碎碟、穿行其间的游鱼，动静相宜。

“以前只能靠肉眼观察，现在能用机器人拍、用人工智能来‘算’。”海南大学教授、海南省现代海洋牧场工程研究中心首席科学家王爱民介绍，借助水下机器人收集的

大量图像和数据，经由人工智能模型辨认、分析，可制作出立体、动态的珊瑚“地图”，为短期抽样调查和长期动态监测提供便利，是珊瑚礁生态保护的“好帮手”。

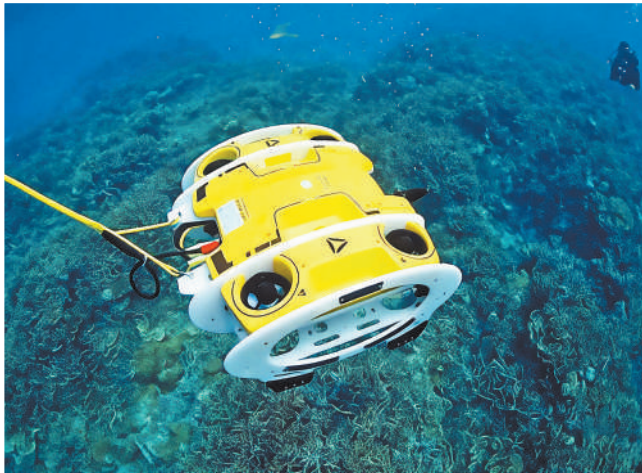
科技范不只在监测，更贯穿于珊瑚修复的全周期。种珊瑚，先育苗。当地科研团队采用室内育苗技术，提供适宜的温度、光照、水流和营养物质，营造适合珊瑚幼苗生长的“小气候”。在新的培育条件下，科研人员繁育出近60万株珊瑚苗。

育成的珊瑚苗如何入海？无人将珊瑚苗圃架吊起，放至目标海域，既提高效率，又能减少对珊瑚苗的损伤；水下机器人在海底穿梭，伸出机械臂将种苗固定在人工礁体上。王爱民介绍，通过优化珊瑚种植密度、模拟自然礁体结构，蜈支洲岛近岸海域活珊瑚覆盖率从不足15%提升至37.08%，目前已记录到110余种造礁石珊瑚、超260种鱼类。

监测完毕，全姿态水下机器人逐渐上浮，露出水面。产品研发方、青岛罗博飞海洋技术有限公司总经理刘虎介绍，在海南，企业研发的产品能在海洋牧场、珊瑚养护等场景中得到检验，用户反馈也能助力产品提质升级、迭代更新。

随着环境变化，机器人“园丁”也变得“聪明”。“基于已收集的图像数据，我们正开展大模型训练，让水下机器人能快速识别珊瑚和鱼类，进一步分析海洋生境的健康程度。”刘虎说。

如今，水下机器人定期下水进行勘察。“未来珊瑚礁保护需要更‘聪明’的技术手段，我们将推动水下机器人、水下定位监控等协同应用，呵护海洋生态系统健康。”王爱民说。



左图：全姿态水下机器人在监测珊瑚状态。
青岛罗博飞海洋技术有限公司供图
右图：20兆瓦海上风电机组所在的风电场。
汤伟摄

编者按：今年6月8日是第十八个世界海洋日暨第十九个全国海洋宣传日，今年的活动主题为“守护蔚蓝 向海图强”。

浩瀚海洋，蕴藏着丰富的资源。本版推出特别报道，聚焦沿海地区的积极探索，展现海洋科技在保护海洋生态环境、推进资源可持续开发利用、助力生物多样性保护中发挥的重要作用。

全球首台20兆瓦海上风电机组在福建并网发电 提升海洋资源利用效率

本报记者 施钰

福建漳州市漳浦县海域，海风强劲吹拂，一座174米高的“大风车”上，3支147米长的叶片缓缓转动，扫风面积足有10个标准足球场那么大——这就是全球首台20兆瓦海上风电机组。

今年2月，该机组成功实现并网发电，在额定工况下，该机组单机年发电量预计超8000万千瓦时，可满足约4.4万户家庭一年用电需求。该机组实现了全产业链自主可控，关键部件100%国产化，由中国长江三峡集团有限公司与金风科技股份有限公司联合设计、建造和示范应用。

海风浩荡，风能资源充沛。“福建是海上风能资源的‘富矿’区域，受狭管效应影响，福建海域风电设备年等效利用小时数全国领先。”三峡集团福建分公司计划发展部主任杨德说，“此次选择的海域风速常年较高，能有效检验这台示范机组的可靠性。”

风大，对发电是好事，对安装施工而言却是挑战。三峡集团福建分公司生产管理部高级主管张程远介绍，安装叶片时，作业人员身处174米的高空，147米长的叶片被吊装至同样高度，叶片在空中不停摆动。在此环境下，工人要将叶片上的200颗螺栓逐一精准插入风机机舱轮毂的孔洞，误差不能大于2毫米。

这台“大风车”，其安装依靠施工团队的精细高效执行，也离不开各类海洋装备的强力“托举”。2000吨自升式海上风电安装平台“大桥海风”号进行风机运输、

安装一体化施工；水下机器人实时采集数据，辅助风机底座的钢管桩与导管架在海面下精准对接；叶片安装时，也有高精度定位及牵引系统实时校准叶片空中姿态……

作为绿色电力的重要供给，海上风电机组在安装与运行中也注重绿色发展。

更大功率的机组带来直观的经济效益与生态效益。相比16兆瓦海上风电机组，应用20兆瓦机组的风电场可减少25%机位点，显著降低海面面积和成本，同时发电效率提升5%，综合推动项目度电成本下降5%—8%。

“在20兆瓦海上风电机组上，我们首次使用了海水冷却技术。”张程远介绍，过去大多采用空冷或特殊液体冷却机电设备，不仅消耗电能，还会占用较大机舱空间，而该风电机组直接抽取海水通入管道实现机舱降温，为机头减重超15吨，节约机舱空间超18%，并有效提升发电量和变流器、齿轮箱、轴承等大部件的使用寿命。

有趣的是，在实际使用中，张程远还发现，很多海洋生物把风电机组的水下导管架当成了栖息地。

“目前，我们正在探索风电设备与深远海养殖设备的融合。”展望未来，杨德期待，通过风电设备持续创新，进一步提升海洋资源利用效率，“海上风电平台还可以和制氢、制氨、算力中心等融合，实现资源利用的多方共赢”。

本报北京6月7日电（记者董丝雨）国家林草局近日发布《荒漠化防治技术规范》等10项荒漠化防治行业标准，旨在促进我国荒漠化治理专业化、规范化水平提升，更好支撑荒漠化综合防治和“三北”等重点生态工程建设。

此次发布的10项标准聚焦荒漠化防治基础通用、调查监测、防治修复与资源利用三大板块。其中，《沙漠与沙化术语》《荒漠化土地分类与分级规范》《石漠化土地分级规范》等3项基础通用类标准明确72个核心技术定义，统一风蚀、水蚀、盐渍化等不同类型荒漠化土地识别与分级标准，解决“同名不同病、同病不同级”问题，为跨区域治理协作扫清障碍。《荒漠化调查、监测与评价》《荒漠生态系统服务评估规范》《沙尘暴监测规范》等3项调查监测类标准建立全国统一的监测指标与技术流程，即明确“怎么调查、调查什么”，首次将生态系统固碳、涵养水源等服务功能纳入评估，统一数据指标，让荒漠化治理成效可量化、可考核。防治修复与资源利用类标准《荒漠化防治技术规范》《沙障固沙技术规范》整合生物治沙、工程固沙等成熟技术，明确适用场景与操作要求，《光伏治沙技术规范》《荒漠地区光伏工程生态影响监测与评价》为光伏治沙划定生态红线，规定光伏板间距、植被恢复率等关键指标，平衡保护与开发，规范技术路径。

国家林草局相关负责人表示，这些标准的落地，在宏观层面将进一步健全荒漠化防治标准体系，提升行业管理专业化、规范化水平，为国家制定生态政策提供技术依据；在中观层面，为“三北”等重点生态工程建设提供操作手册，助力工程精准落地、节约成本、提高质量；在微观层面，指导基层治沙单位、光伏企业等主体规范作业，既保障治沙实效，也为沙区探索“光伏+治沙+产业”融合模式提供路径，推动实现绿进沙退、绿富同兴。

南方地区强降雨持续 多部门积极部署防汛工作

本报北京6月7日电（记者蒋雪鸣、邓剑洋、刘温馨）气象监测显示，6月7日白天，重庆、贵州、湖南等地出现大到暴雨，局地大暴雨。6月7日，中国气象局升级应急响应为重大气象灾害（暴雨）三级。6月7日18时，中央气象台继续发布暴雨橙色预警，发布渍涝风险气象警报，发布中小河流洪水气象风险预警；自然资源部与中国气象局联合发布橙色地质灾害气象风险预警；水利部和中国气象局联合发布红色山洪灾害气象预警。

中央气象台预计，6月7日20时至8日20时，重庆中部、贵州中南部、湖南西部和南部、广西大部、广东、江西南部、福建大部、浙江东南部等地部分地区有大到暴雨。未来几天，南方地区强降雨持续。具体来看，6月7日夜間至9日，西南地区东部、江南、华南有强降雨过程，重庆、贵州、云南中东部、湖南西部和南部、广西、广东、福建、江西南部、浙江南部及台湾岛等地有大到暴雨，部分地区大暴雨，局地特大暴雨，并伴有短时强降水、雷暴大风或冰雹等强对流天气。

记者从水利部获悉：据预报，6月7日至9日，四川、重庆、贵州、湖南、广西、广东等地将有强降雨过程；四川渠江、重庆嘉陵江、贵州乌江和沅江上游及柳江上游都柳江，湖南沅江资水及湘江上游，广西北盘江及柳江桂江，广东北江及沿海诸河将出现涨水过程，其中三峡区间碧溪河、大洪河、资水支流大坝河、乌江支流龙潭河、西江下游支流罗定江等暴雨区内中小河流可能发生超警洪水；山丘区山洪灾害风险较高。6月7日，水利部向有关省（自治区、直辖市）水利部门和流域管理机构发出通知，对强降雨防御工作作出具体安排，特别要求突出抓好高考考点及周边江河洪水、山洪灾害防御等工作，确保防洪安全；向吉林、浙江、江西、湖南、广东、广西、重庆、四川、贵州、青海等10省（自治区、直辖市）发出“一省一单”，通报强降雨覆盖范围县（市、区）名单、水库名单、山洪灾害风险区域及点位，提醒针对性加强防御措施；7日10时，针对湖南、广东、广西、重庆、四川、贵州6省（自治区、直辖市）启动洪水防御Ⅳ级应急响应，派出工作组赴湖南省协助指导暴雨洪水防御工作。水利部长江水利委员会、珠江水利委员会启动洪水防御Ⅳ级应急响应，针对性落实各项防御措施。

6月7日，国家防总办公室、应急管理部组织多部门联合会商，分析研判当前和近期强降雨发展趋势，研究部署重点地区防汛救灾工作，细化落实下一步工作措施。国家防总于7日12时启动针对广西的防汛四级应急响应，维持针对重庆、贵州的防汛四级应急响应，并派出工作组赴重庆指导做好城市内涝处置和地质灾害防范应对工作。

中国西南地区大型真菌资源数据库上线 累计录入真菌物种与标本相关数据8648条

本报昆明6月7日电（记者张驰）由中国科学院昆明植物研究所建设的中国西南地区大型真菌资源数据库和云南野生菌子实体三维形态数据库近日在云南昆明市上线并发布，让真菌物种实现永久性、可计算、可共享的数字化存续，为物种分类、鉴定与识别提供更丰富的依据。

我国西南地区大型真菌物种丰富，是生物多样性保护的关键区域。物种形态数据的长期保存与共享利用是生命科学领域的共性需求和前沿方向。受时空限制，传统研究中大型真菌子实体的三维信息常常大量流失。

中国科学院昆明植物研究所副所长牛洋介绍，中国西南地区大型真菌资源数据库在整合野外调查、标本、图像与DNA（脱氧核糖核酸）序列等多源数据基础上，构建了集数据标准化存储、规范化管理、可视化检索分析于一体的综合信息平台，累计录入真菌物种与标本相关数据8648条，关联DNA序列8648条，包含子实体照片2.8万余张。数据库前端提供物种名录浏览、标本检索、特色类群展示与空间分布可视化等模块并支持多维检索，这不仅为真菌物种识别和鉴定提供平台，也为开展区域真菌资源普查、保护、评估及可食或有毒类群信息整理与科普知识传播提供更多支持。

云南有野生食用菌900余种，占全世界野生食用菌物种数的30%，占中国野生食用菌物种数的90%。云南野生菌子实体三维形态数据库共收录了423个大型真菌子实体的三维图像，覆盖66科182种常见大型真菌。

本版责编：张晔 张孝宇 张一夫
版式设计：蔡华伟

养护水生生物 开展增殖放流

湖南65个县区放流7200余万尾鱼苗鱼种

本报长沙6月7日电（记者孙超）6月6日是第十二个“全国放鱼日”，湖南省在长沙橘子洲举行省级放鱼活动。

记者在橘子洲放流现场看到，放流的鱼类既有常见的四大家鱼（青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼），又有胭脂鱼、岩原鲤等特色品种。放流现场相关负责人介绍，今年放流突出科学精准、品种优化、全程可溯三大特点，优先选用本土净水鱼类、土著物种与珍稀濒危品种，全面落实苗种检疫与全程监管，配套开展效果监测评估，切实提升生态修复实效。湖南同步组织全省65个县区联动放流，当日投放各类鱼苗鱼种7200余

万尾。全省全年计划放流鱼种及亲本1.16亿尾以上，重点投向洞庭湖、湘资沅澧“四水”及种质资源保护区。

专家提醒，为防止一些不应投放的物种对水生生态造成破坏，对于自行开展规模性水生生物增殖放流活动的，应当提前向当地渔业行政主管部门报告增殖放流的种类、数量、规格、时间和地点等事项，接受监督检查。

近年来，湖南纵深推进长江十年禁渔，坚持禁捕退捕与增殖放流并举，水域生态持续向好。鱼类种类稳步恢复，珍稀鱼类重现频次增加，洞庭湖长江江豚数量由2017年的110头增加到了194头。

青海两地投放110万尾土著鱼苗

本报西宁6月7日电（记者江萌）“养护水生生物 建设美丽青海”主题增殖放流活动6日在青海西宁市湟中区、海北藏族自治州刚察县同步举行。两大放流会场同步投放花斑裸鲤、青海湖裸鲤等土著鱼苗共110万尾。大批量土著鱼苗的投放，能有效充实黄河上游土著鱼类资源储备，有利于修复河道鱼类群落，改善水域生态，助力高原渔业绿色可持续发展。

放流现场同步开展生态科普宣传活动，通过生态科普展板布设、互动科普体验等多元化形式，引导广大群众树立科学护鱼意识，增强群众水域生态安全防护意

识，营造全民护鱼良好氛围。

近年来，青海持续推进三江源水生生物资源保护修复，多措并举夯实高原水域生态本底，持续巩固高原河湖生态屏障。依托规模化人工繁育与增殖放流，持续扩充野生土著鱼类种群储量，累计投放各类土著鱼类1900余万尾；稳步推进土著物种质资源保种工程，完成5种本土特有鱼类人工保种5000余尾，成功探明玛可河野生川陕哲罗鲑野外种群分布；连续7年开展鱼苗荧光标记放流工作，累计标记放流鱼苗40余万尾，通过溯源追踪技术核验流域生态修复实效。