

在三亚湾的澄澈海域之下，一场关乎海洋生态保护的行动正在悄然展开。日前，三亚湾近岸珊瑚礁生态系统修复项目（三亚湾中心海域）正式开工，将通过修复三亚湾受损的近岸珊瑚礁生态系统，进一步改善海洋生态环境质量。

珊瑚礁生态系统，如同海洋中的“热带雨林”，孕育着无数海洋生命，对维持海洋生态平衡至关重要。然而，受气候变化、敌害生物增多、人类活动等多重因素影响，这片“海底雨林”曾面临严峻的生存挑战。

近年来，海南有关方面积极行动，科学开展珊瑚礁生态系统的保护和修复。随着越来越多科研团队和环保力量的加入，尤其是无人机、水下机器人等新技术的应用，珊瑚礁生态系统焕发新活力。

将在海底“种”下3.2万株珊瑚

目前，三亚湾近岸珊瑚礁生态系统修复项目正有序推进，科研团队计划在海底“种”下3.2万株珊瑚。在这场修复海洋生态的行动中，科技成为关键驱动力。

据了解，该项目将采取系统性、综合性的技术方法和工程措施，通过人工干预促进珊瑚礁自然恢复，防止受损的珊瑚礁生态系统进一步恶化，修复受损生态环境，提升生态涵养功能，提高周边海域海洋生物资源总量和生物多样性。

该项目的核心内容包含珊瑚礁修复、人工鱼礁区建设、增殖放流、珊瑚保育四大部分。其中，珊瑚礁修复方面，将在三亚西岛东侧修复面积1.6公顷的珊瑚礁，种植珊瑚3.2万株；人工鱼礁区建设方面，将在三亚深水区400公顷范围设置一块人工鱼礁区，投放人工鱼礁372个；增殖放流方面，将根据三亚湾生态特点，选择鲷科类、石斑鱼类进行分阶段放流；珊瑚保育方面，计划在鹿回头附近海域约6公顷范围进行珊瑚保育，具体包括敌害生物清理、珊瑚苗床制作及安装、珊瑚移植原位修复等。

三亚湾海洋生态修复是一个系统工程，分3期进行。2022年，三亚环农集团（原三亚环投集团）实施一期凤凰岛及附近海域修复项目，移植珊瑚礁1.5万株，建设人工鱼礁区110公顷，增殖放流鱼苗3.4万尾；二期西岛及附近海域项目成功投放人工鱼礁320个，增殖放流鲷科类、石斑鱼类等岩礁性鱼类14.5万尾。当前实施的三期三亚湾近岸珊瑚礁修复项目，正在进行人工鱼礁模板制作和珊瑚种苗培育工作，预计明年1月底完工。

在三亚湾近岸珊瑚礁生态系统修复项目中，科技力量贯穿珊瑚种植的全过程，从前期的勘察分析，到苗种培育、种植投放，再到后期的养护监测，每一个环节都离不开科技的支撑。在科技的加持下，人们将在三亚湾的海底“种”出一片绚烂的珊瑚礁“森林”，海洋生态环境也将得到显著改善。

慧植珊瑚

■ 海南日报全媒体记者 郭畅



科研人员正准备用无人机将珊瑚苗圃架“空投”至目标海域。海南日报全媒体记者 张杰 摄



科研人员在网格苗床上种植珊瑚。受访者供图



无人机、水下机器人显身手

为了在海底“种”珊瑚，科研团队运用了哪些科技设备？

三亚湾近岸珊瑚礁生态系统修复项目相关负责人告诉海南日报全媒体记者，在珊瑚礁修复的前期准备工作中，科研人员借助先进的卫星遥感技术和地理信息系统(GIS)，对三亚湾海域进行全面的勘察与分析。通过卫星影像，他们可以清晰地了解珊瑚礁的分布范围、健康状况以及周边海洋环境的变化情况。

据了解，利用多光谱卫星遥感数据，能够识别出珊瑚礁的种类、覆盖面积，以及是否存在白化等异常现象。同时，结合GIS技术，科研人员可以对收集到的各种数据进行整合分析，绘制出详细的珊瑚礁生态地图，为后续的修复工作提供精准的决策依据。

传统的珊瑚种苗培育方式效率较低，成活率也难以保证。如今，科研团队采用现代化的室内育苗技术，模拟珊瑚礁的自然生长环境，为珊瑚种苗提供适宜的温度、光照、水流和营养物质。海南南海热带海洋研究所的科研人员利用最新的繁殖技术，繁育了近60万株珊瑚，通过优化培育条件，使珊瑚种苗的成活率大幅提高。

珊瑚种苗培育完成后，如何将它们精准地种植到海底合适的位置？这时候，水下机器人和无人机等设备大显身手。水下机器人配备了高清摄像头、机械臂和传感器等设备，能在复杂的海底环境中自由穿梭，准确找到适合种植珊瑚的区域。它们可以利用机械臂

探索珊瑚苗圃立体种植

其实，早在20世纪90年代，国务院就批准设立了海南三亚珊瑚礁国家级自然保护区，这是我国首批海洋类国家级自然保护区之一，也是首个以珊瑚礁命名的保护区。保护区内建有珊瑚培育实验中心，配备了先进的巡查巡逻船艇及多波束测深系统等科研设备，为珊瑚礁的保护与修复奠定了坚实的基础，工作人员通过投放生态礁基和移植珊瑚种苗，使退化的珊瑚礁得到了较好的修复。

海南大学海洋牧场科研团队2011年入驻三亚蜈支洲岛后，开启了珊瑚礁生态修复的漫长旅程。他们采用“人工鱼礁+珊瑚苗圃+生态监测”的立体修复模式，不断探索优化珊瑚礁的修复方法。科研人员深入研究珊瑚的生长习性，通过优化珊瑚种植密度、模拟自然礁体结构等方式，开展珊瑚礁治理和保护。

通过长期科研攻关，该团队取得了一系列成果，研发出“珊瑚苗圃”立体种植技术，将珊瑚幼苗成活率从40%提升至75%；基于无人机遥感技术打造的珊瑚礁健康评估模型，实现了对修复区域生态指标的动态监测，让

将珊瑚种苗固定在预先设置好的人工礁体或天然礁石上，实现精准种植。

而无人机则主要用于运输和投放珊瑚苗圃架。在海南南海热带海洋研究所的一处珊瑚修复试验基地，科研人员先将活体珊瑚苗固定在特制的苗圃架上，然后用无人机慢慢吊起珊瑚苗圃架，精准“空投”至目标海域。这种创新的投放方式，不仅提高了工作效率，还减少了对珊瑚苗的损伤。

在珊瑚种植后的养护阶段，科研人员利用智能化的监测系统，实时掌握珊瑚的生长状况和周边海洋环境的变化。水下监测设备可以24小时不间断地监测珊瑚礁分布区域的水温、盐度、溶解氧、酸碱度等环境参数，并将数据实时传回岸上的监控中心。一旦发现环境参数异常，科研人员可以及时采取措施进行调整，为珊瑚生长保驾护航。

科研人员还会定期派遣水下机器人或潜水员进行实地勘察，对珊瑚的生长情况进行直观的观察和记录，如珊瑚的生长速度、颜色变化、是否受到病虫害侵袭等。如果发现珊瑚出现问题，科研人员可以迅速制定有针对性的解决方案，及时修复和救治。

此外，一些新的科技成果也在为珊瑚礁修复提供新思路、新方法。比如“珊瑚混凝土”技术，以海洋废弃物为原料，模拟天然珊瑚礁结构，可为海洋生物提供理想的栖息环境，有效促进珊瑚礁生态系统的自然修复和生物多样性恢复。

科研人员能实时掌握珊瑚礁的生长状况，及时调整修复策略。曾经衰退的珊瑚礁生态系统逐渐恢复生机，形成了完整的海洋生物圈，海洋生态修复和渔业资源养护成效显著。

在洋浦区域国际集装箱枢纽港扩建工程建设过程中，珊瑚礁生态保护工作同步推进，工作人员累计移植红树林(苗)268株、补种红树林(苗)1000株，累计移植珊瑚70403株、投放人工礁盘902个、补种珊瑚21336株。该扩建工程珊瑚礁生态修复项目实施时间长达3年，投入资金超千万元。

随着海南珊瑚礁生态保护修复工作的持续推进，公众的海洋环保意识不断增强。越来越多环保志愿者加入珊瑚礁保护的行列，他们通过参与清洁海洋活动、传播珊瑚礁保护知识等方式，为守护“海底雨林”贡献自己的力量。

如今，在政府部门、科研团队、环保志愿者及公众的共同努力下，海南部分珊瑚礁生态系统恢复生机，“海底雨林”焕发迷人的光彩。■

监测“海底牧场”珊瑚生长情况。海南日报全媒体记者 张杰 摄
2025年8月14日，三亚蜈支洲岛海域，潜水员利用机器人