

阳光透入玻璃房，照亮碧波荡漾的水池。水底，砗磲伸展着色彩斑斓的“衣裳”，茂盛的珊瑚丛，红的、黄的、黑的，似鹿角，似手掌，一群五颜六色的热带鱼正在其间“追逐嬉戏”，一会“爬”上珊瑚树顶，一会又钻进茂密的海藻丛。

这是北京人汪远在海南万宁山根镇打造的陆地上的“海洋牧场”。这一方小世界里，珊瑚、砗磲、海藻、鱼类，构成一个小型生态系统，经过食物链多重滤食，最终实现污染物零排放、养殖零用药。

长大的珊瑚、砗磲最终放流大海，用于修复海洋生态环境；养成的鱼类则上市出售，产生经济价值反哺基地。未来，这样的“海洋牧场”在大规模繁育珊瑚、养殖鱼类的情况下，还可以附加生态观光旅游等产业，令保护与开发实现“鱼与熊掌”兼得，也生动诠释了“绿水青山就是金山银山”的理念。

A
这是
一个独立的小世界

位于万宁市山根镇排溪村的陆基珊瑚及砗磲培育基地，占地面积30余亩，分为育苗区与养殖区。其中育苗区由6口1亩多的鱼塘组成，主要繁育热带鱼。养殖区主体由成排层叠的玻璃水槽组成。珊瑚、砗磲、藻类及鱼群就生活在这些水槽中。整个系统由流动的海水联络。

“这些水槽构成一个封闭、循环的水体环境。”基地负责人汪远介绍，基地采用循环水生态养殖技术，从大海抽取海水后，除定期补充因蒸发等损失的海水外，系统内的海水不与外界交流，也不向外排放，“相当于一个独立的小世界。”

这个“小世界”里，有鱼、虾、珊瑚、砗磲、海草等，构成一条完整的食物链。海南日报记者注意到，玻璃水箱中的珊瑚大多生长在一个活动基座上，通过拔出基座就可以将整株珊瑚取出水箱。

“这是为以后大规模放流珊瑚所做的技术创新。”汪远说，长大的珊瑚可以整株移植到位于大海里的人工礁礁上，既省时又省力。通过基座连接人工鱼礁的珊瑚，更加稳固，存活率也更高。

事实上，基地里这些炫彩夺目的海洋生物，大多是琼海中远蓝舟生物科技有限公司与中国科学院南海海洋研究所（以下简称中科院南海所）合作开展人工繁育珊瑚及砗磲科研项目的成果。

“基地目前繁育了超过20万株珊瑚，品种超过100种。”汪远透露，基地里的珊瑚和砗磲，是经科研机构繁育出来后，放在循环水系统中进行一年左右培养而成的。长大的珊瑚和砗磲，将被放流到大海，用于修复海洋生态环境。

为了更有效地保护及恢复珊瑚礁生态，汪远团队在人工可控环境下，成功以有性繁殖的方式繁育出大批量珊瑚幼虫，这也是国内首次实现A属（Acropora）造礁珊瑚在与外界隔离的人工循环水环境下排精排卵。

珊瑚的有性繁殖是如何进行的呢？汪远介绍，珊瑚母体排出包裹着精子与卵子的卵囊，24小时左右卵囊破裂释放出精子与卵子，健康的受精卵会发育成浮浪幼虫，大概72小时后开始附着在礁石上，几天后珊瑚虫发育成小水螅，分泌石灰质慢慢长成一株株小珊瑚。其中的技术难点在于获取健康受精卵这一环节，其对珊瑚精子、卵子的质量，以及对水质、水温、水流都有很高的要求，获取难度大，成本也很高。“目前基地所有浮浪幼虫都已经完成附着并发育成小水螅。”汪远表示。

“有性繁殖对珊瑚规模化生产具有重要意义。”南海海洋资源利用国家重点实验室珊瑚研究团队相关负责人周海龙日前从海口赶到汪远的基地采集珊瑚卵，他表示，国内珊瑚礁修复大多采取人工移植的方式，“这样不仅成本高，而且野外环境不稳定，难以满足大面积珊瑚礁修复的需要。”

而在人工控制的室内条件下进行珊瑚的有性繁殖，能够在短时间内以相对低的成本获取海量珊瑚种苗，使野外珊瑚大面积修复种植成为可能。此外还能通过杂交，定向选育出耐高温、抗逆性强、抵抗寄生虫、生长迅速、颜色艳丽的珊瑚新品种，是珊瑚礁生态修复中非常有前景的方向。

“因为它们都是国家保护动物，绝对不允许投入商业用途，未来我们打算建设一个活体珊瑚博物馆，一方面收集珊瑚品种，另一方面也向更多人科普珊瑚及珊瑚生态系统。”汪远说。

零用药、零排放、零污染，海南创新打造陆基海洋生态系統 陆地上的「海洋牧场」

本报记者 袁宇

融媒·延伸



扫一扫看H5产品
陆地上的“海洋小王国”



似海洋

却不是海洋

珊瑚、鱼类、海草等
构成一套完整的食物链
这是海南在陆地上打造的一套完整的海洋生态系统

它有什么神奇之处
又有什么价值

扫一扫看视频
陆地“海洋牧场”揭秘



抖音扫一扫看视频



陆基珊瑚及砗磲培育基地负责人汪远正在介绍基地里人工培育的珊瑚。

B 小世界里的“居民”自给自足

基地里的珊瑚王国，珊瑚美丽，鱼群活泼。然而，汪远建设基地的初衷，其实是打造一个商业化的海鱼鱼苗繁育基地，既繁育热带观赏鱼鱼苗，也养殖石斑鱼。

既然要养鱼，为什么还要养珊瑚呢？这与汪远发明的循环水生态养殖技术有关。2004年，汪远在北京昌平进行海水观赏鱼及珊瑚软体的繁殖研究，并成功发明了循环水生态养殖技术。

在该养殖技术中，通过鱼类、珊瑚、海草以及微生物搭建多级生态体系，并成功维持了“高生物量，低营养盐”的清洁水质环境。这个技术的发明，也令汪远挣得了“第一桶金”。

2013年，汪远来到海南掘金，在琼海市博鳌镇距大海15公里的地方建起了一个30亩的养殖基地，继续应用循环水生态养殖技术养殖石斑鱼。

“第一年大获成功，赚了几百万元。”汪远笑着说，然而第二年当他扩大规模后却遭遇滑铁卢，“经过分析，原因不在于我们的模式，而在于鱼苗的品质。”

原来，汪远购入的部分鱼苗带有病菌，最终导致疾病扩散，成群的鱼“翻肚”。然而当汪远追溯到鱼苗培育环节时却发现，一些养殖户在鱼池中投药进行消毒、杀虫以及增强鱼苗的抵抗力。“这不仅令鱼苗养成药物依赖性，也对水环境造成破坏。”汪远忧虑地说，“长期下去海水水质下降，鱼苗耐药性增强，于是又增加养殖药物投放量，最终形成恶性循环。”

而有鱼苗发病的鱼池，至少一年不能再养鱼。汪远决定另辟战场，利用自己发明的循环水生态养殖技术介入鱼苗养殖环节，实现打造健康海洋牧场、养殖健康鱼的想法。“让鱼苗从鱼卵开始，就生长在一种能够保证水质的健康环境中，这个环境还得有较高的产出效率，才能保证效益，目前来看只有珊瑚礁生态系统满足这些要求。”汪远分析，这是因为珊瑚虫对水温、水压、水质等生存环境要求十分苛刻，同时珊瑚礁系统也能实现多物种高附加值的立体化产出，“珊瑚能活的地方，鱼一

定能活，而且可以养多种鱼和虾。”

2017年，汪远在万宁市山根镇建立了鱼苗育种基地，同时和中科院南海所合作，帮助该所培养珊瑚、砗磲。他精心设计的陆基珊瑚礁生态海洋牧场也获得了科研机构的认可。

这个陆基珊瑚礁生态海洋牧场，完全依靠阳光作为驱动力，海草是初级生产者，为鱼类提供食物；鱼类产生的粪便则成为珊瑚、砗磲的“营养品”；珊瑚、砗磲、海草负责净化水质，并为鱼类营造优质的生长环境。

阳光透过基地的玻璃屋顶射入水箱，让珊瑚在潋滟波光中愈发美丽。这个集中了珊瑚、砗磲、藻类、鱼类等生物的陆上“海洋牧场”已然成型。

“这就是我心里真正的海洋牧场，运转至今2年多，各种石斑鱼、苏眉鱼、珊瑚观赏鱼，以及东风螺、龙虾、斑节对虾和各种蟹类等，都可以在其中良好生长，而且经过食物链生物的多重滤食，完全做到零污染、零排放和零用药，有利于保护海洋生态环境。”汪远说。

那么这样环境友好的“海洋牧场”，与传统养殖场相比有明显优势吗？“虽然海洋牧场单一品种密度低，但由于系统有效生物总量多，总效益并不低。”汪远说，一个标准陆基珊瑚礁生态海洋牧场占地约10亩，1年能至少产生400万元以上的经济效益，“养殖场的大小可以灵活调整，未来大面积铺开的话，还能发展浮潜游、科普旅游等第三产业，效益会更高。”

C 小世界 蕴藏着大产业

在汪远的基地里，几名工人正在挖掘新的鱼塘，并铺设管道将鱼塘与循环水系统联络起来。这些新挖掘的鱼塘今年将用来养殖石斑鱼。

“我们一天工作8小时，在家门口就能做工。”排溪村村民王富亚在基地里做喂鱼工已经1年多了，每个月能挣4000元工资。基地里和他一样的工人还有十多人。

“我们认为这是个很好的项目。”万宁市山根镇正计划与汪远合作打造特色产业小镇，镇党委书记符婷婷告诉海南日报记者，仅山根镇的9个村中就有4个村“靠海吃饭”，石斑鱼、东风螺、海虾等海水养殖产品撑起了当地的产业，“新模式为我们打开了新思路，生物间和谐共生还能带动经济发展。”

这也不仅仅是山根一带或万宁一地的新机遇。当前海南正力建设自贸港，坚持统筹陆地和海洋保护发展是基本原则之一。加强海洋生态文明建设，科学有序开发利用海洋资源，建设现代化海洋牧场，海南重任在肩。

在这样的背景下，相比传统养殖“高密度、高风险、高污染”的弊端，循环水生态养殖技术因其“全循环、零排放、零用药、多种类”的特点而优势明显。

汪远认为，这个技术在发展经济的同时，还能通过放流珊瑚、砗磲修复海洋生态。

从2018年起在汪远处“培养”砗磲的中科院南海所研究员喻子牛，也对循环水生态养殖技术表示认可和赞赏。他说，野生砗磲一般1年才长六七厘米，而在人工控制下，通过放流珊瑚、砗磲修复海洋生态，砗磲1年能生长10厘米以上。

而通过陆基珊瑚礁生态海洋牧场繁育珊瑚、砗磲，成本更低。“以珊瑚繁育为例，按目前基地的规模，1年能繁育10万株珊瑚，总成本约100万元，平均每株珊瑚的繁育成本在10元以下。”汪远说。

这也让大规模放流珊瑚、砗磲成为可能。“把人工繁育的砗磲放流到大海的珊瑚岛礁，大家下到海里浮潜，可以在自然岛礁环境里欣赏五彩斑斓的美景。这不仅能够恢复海洋生物资源，也能发展出一个新的产业——砗磲生态观赏旅游。”喻子牛说。

可以说，陆基珊瑚礁生态海洋牧场背后，是多个颇具前景的产业。汪远说，它既能与养殖业相结合，也能与浮潜、研学等旅游产业相结合，还能与科普、科研、直播等内容相结合。

汪远至今还记得，2013年作为水族生物爱好者的他刚来到海南时，看到的那一片蔚蓝大海，也还记得自己在这里看到的无限希望。“我相信这些技术可以改变海水养殖行业的发展路径。”他说，“也希望更多有能力的企业、个人能加入进来，共同绿化海底。”

（本报万城4月16日电）

深读 融媒工作室 海报集团

总策划：曹健 韩潮光 罗建力 齐松梅

执行总监：许世立

主编：孙婧

版面设计：张昕

H5设计制作：杨薇

视频拍摄：袁宇

视频剪辑：李玮亮

实习生：余慧 孟丽娜

热带鱼在人工培育的珊瑚丛中安家。
本版图片均由通讯员 杨师忠 摄