



江投运的漂浮式风机。明阳智能在广东阳江投运的漂浮式风机。



7MW级抗台风漂浮式风机。通讯员 赵茜 摄

抑制全球变暖，是当前人类面临的重大难题，大力发展清洁能源是重要举措之一。

波浪滚滚，浩渺无垠的大海，是神秘的存在——海洋的生物资源占地球的80%以上，可再生能源中的海洋能源约占世界能源总量的70%，全球海上风电的开发潜力为710亿千瓦，深远海占比70%，实现社会可持续发展需要跨入海洋文明。

在“双碳”目标驱动下，海上风电作为清洁能源成为大家关注的焦点。2022年11月30日，全球首台7MW级抗台风漂浮式风机——MySE7.25-158在海南东方市下线。这意味着，漂浮式海上风电正式进入海南。

什么是漂浮式海上风电？相比传统固定式海上风电，漂浮式海上风电有什么优势？“海上风电+”将给我们的生产生活带来怎样的惊喜？让我们一起关注。

## 海上漂浮的「充电宝」

清洁能源新方向——漂浮式海上风电

文海南日报记者 张文君

海南省，作为我国海域面积最大的省份，具有发展海上风电的天然优势。多家风电企业已进驻海南，抢占海上风电市场。

2022年11月30日，由明阳智慧能源集团股份公司(以下简称:明阳智能)研发生产的全球首台7MW级抗台风漂浮式风机——MySE7.25-158在海南东方市下线。此款单台机组每年可输出3600万度清洁电能，可满足1万个三口之家1年家庭正常用电，相当于一个海上漂浮的大型“移动充电宝”。

提起漂浮式海上风电的诞生，让我们把时针拨回到2009年。这一年，借鉴海上漂浮式航标的创意，挪威国家石油公司在Karmoy（卡姆岛）海域开发了世界上第一个全尺寸漂浮式机组的样机项目。自2009年挪威首台立柱漂浮式海上风电机组安装以来，全球海上风电迎来了漂浮式时代。

在国内，漂浮式海上风电发展相对缓慢。2018年，明阳智能开始研发漂浮式风机MySE5.5-155。由于发展海上风电，需要面对复杂的海况条件，在设计之初就考虑到了抗台风的问题。MySE5.5-155被称为全球第一台抗台风型漂浮式风电机组，已在广东阳江市并网发电。

而此次在东方下线的这台风机，是明阳智能设计研发的第二台抗台风型漂浮式风机。“相比之前的，这台风机突破了‘双百’，离岸距离超过100公里、水深超过100米，还能抗击50年一遇达60m/s(10min平均值)的极限风速，为风机走向更深远海打开了一道大门。”据介绍，“今年1月，这台风机的浮体已建造完成，预计3月浮拖到珠海进行风机吊装，随后在海南安装运行。”

漂浮式风机是什么？明阳智能风能研究院研发团队相关负责人解释，“漂浮式风机要漂浮在海上，不能倒、不能沉、不能跑，到海里就像不倒翁一样。”与固定式风机不同的是，漂浮式风机有浮体，浮体为上部的风轮、塔筒等提供浮力，浮体下部通过几根锚索固定于水底，在水中形成“不倒翁”式结构。为抗击台风，在设计时，会让主机尺寸更紧凑，降低迎风面积。

相比传统固定式海上风电，漂浮式海上风电有什么优势？明阳智能风能研究院研发团队相关负责人介绍，漂浮式不需要过分考虑水深、支撑等因素，可以兼容更大的海上风电机组，可以适应更深远的海域，开发更广阔的海洋资源。“固定式则从‘身高’和‘胖瘦’两个维度都要求非常强壮，才能支撑更大的风电机组，适应更深的海域，这种技术路线，在基础设计难度、建造周期及施工成本的压力下，会越来越困难。”此外，通过比较发现，两者发电效果基本一致。漂浮式机组能很好地适应台风、海浪。

随着风电技术日渐成熟，单机容量不断增大，发电成本快速降低，海上风电已成为潜力最大的可再生能源之一。《“十四五”可再生能源发展规划》初步预测，到2025年底，我国海上风电累计装机3000万千瓦~4000万千瓦，即2022—2025年的年均增量在450万千瓦~670万千瓦。

当前，海上风电的发展趋势是大型化、深水化。如今，海南已有了海上大兆瓦风电机组。

2022年11月30日，全球首台7MW级抗台风漂浮式风机——MySE7.25-158在海南东方市下线的同时，由明阳智能研发生产的首台10MW海上大兆瓦固定式风机也在海南东方下线。“这是适用于南海海域的‘定制化’海上大风机，为在海南大规模海上风电发展提供利器。”明阳智能风能研究院院长邹荔兵说。

“这台机组基于海南的风资源特性和海况条件进行‘定制化’开发设计，在自学习、自适应等先进控制算法加持下，可以保持优异的可靠性，获得富有竞争力的发电量。”王超说，设计前期，研发团队充分考虑到了年平均风速、极限风速以及海流流速大小、波浪高低、空气密度等因素。

据介绍，该机型采用两个单列圆锥滚子轴承与主轴、轴承座组成全新半直驱轴系结构，风轮运行所产生的所有载荷均由此轴系结构吸收。同时，设计成熟的高速齿轮箱，搭配永磁同步发电机，体积小、重量轻，提升了传动链运行的稳定性、可靠性及高效性。

邹荔兵说，该机组采用先进气动翼形设计叶片，配置气动套件技术，达到高气动效率，240m+超大叶轮直径，扫风面积达45240㎡，相当于6.5个标准足球场大小，具有可靠的设计、优异的抗台风性能、富有竞争力的发电量和卓越的经济性等特点。

海上风电占用了一部分海洋水域空间。如何更好地利用海洋环境，实现海洋环境利用最大化？探索发展“海上风电+”，似乎给出了最优方案。

以漂浮式风机为例，利用漂浮式风机的浮式平台，在其下方围一个网箱，就可以发展网箱养殖。海洋牧场与海上风电相结合，既能产出稳定清洁的能源，又可以恢复海洋资源，达到海洋环境利用最大化的目的，契合了我国绿色发展与生态文明建设的需求，还能满足人类对蛋白质的更多追求。

海面上，大叶片迎风旋转，海面下，养殖网箱内饲养着各种各样的海鱼。今后，这种“海上风电+海洋牧场”立体化发展模式在海南便可得见了。

2022年11月30日，明阳东方CZ9(150万千瓦)海上风电示范项目动工，这是我省首个海上风电立体化融合开发示范项目，将建设成面向无补贴时代的“海上风电+海洋牧场+海水制氢”立体化海洋能源创新开发示范项目。该项目总装机容量为1500MW，投产后预计每年可为海南提供49.5亿度绿电，供206万户普通家庭一年用电，减少二氧化碳排放约383.4万吨。

“海上风电+海水制氢”是发展新趋势，能实现经济社会效益的全面提升。氢能是一种绿色低碳、应用广泛的二次能源。当前，明阳智能开发了新一代碱性电解水制氢装备，以海上漂浮式风机及固定式海上平台为载体，选用轻量化设备，将制氢系统与风机紧凑集成。此举在发展海上风电的同时，大幅降低绿色制氢成本。

近年来，海南加快建设自由贸易港、国家生态文明试验区和清洁能源岛，积极融入海洋强国和“双碳”战略，依托海洋资源优势大力发展海上风电，全力打造千亿级风电产业集群，促进海洋经济高质量发展和生活方式绿色转型。图

海南有了「定制化」海上大兆瓦风电机组

「海上风电+」促进多产业融合发展