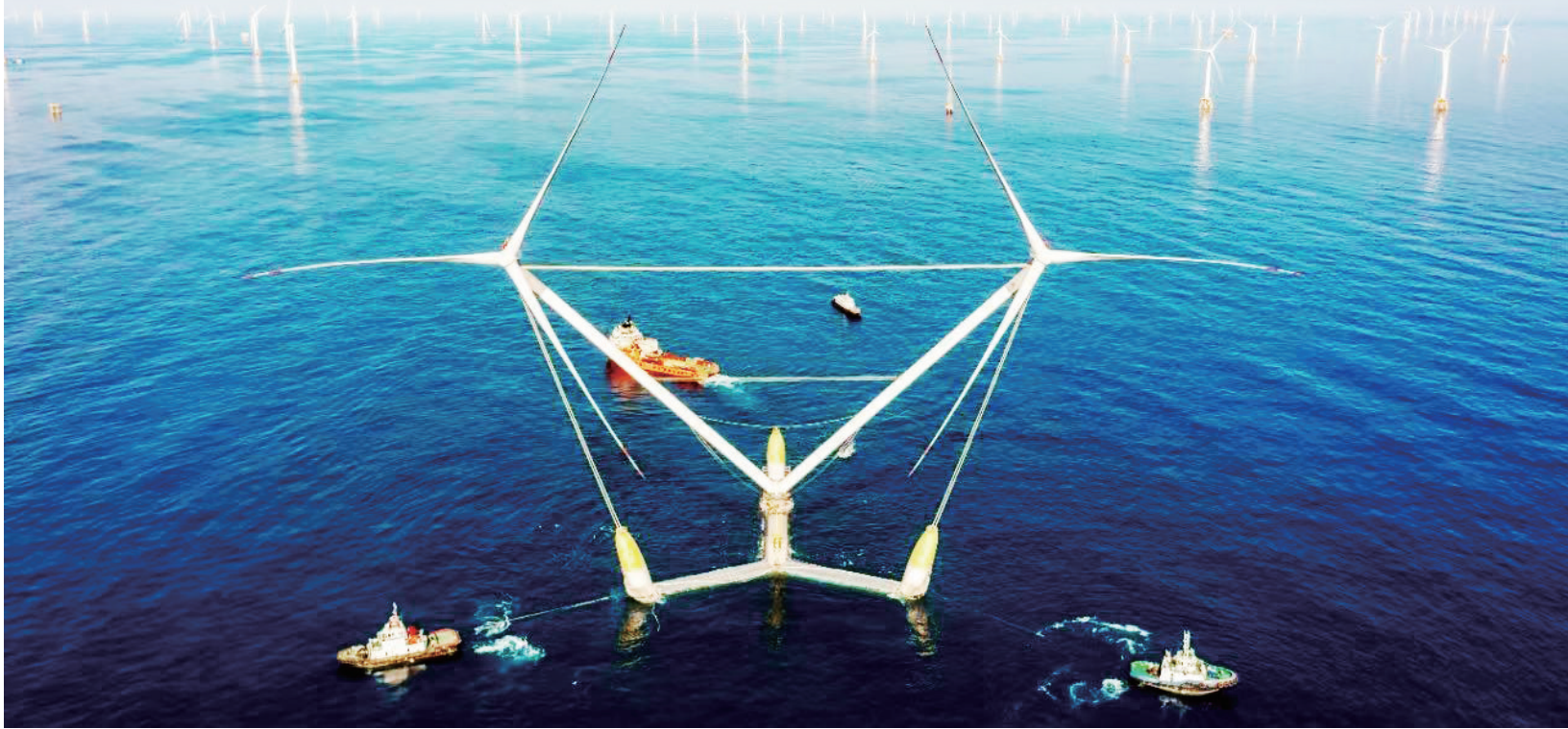


追风逐电进入“无人区”



“明阳天成号”漂浮式风电平台的“V”字形塔筒上，两台主机、两个叶轮“并排”而立。

随着全球能源转型进程加速，风电产业正驶入发展“快车道”。位于海拔5305米的我国全球海拔最高风电场、全球最大漂浮式风电平台“明阳天成号”……近日，我国一系列风电项目投入使用，传递出我国风电产业“上山下海”强劲的实力，也展现了产业未来的发展方向。

全球海拔最高风电场什么样？

最高机舱海拔5305米！我国和全球已建成投产风电项目的最高纪录再度刷新。

在藏东人迹罕至的高原山区，20架银白色的风车迎风旋转，一组95米长的叶片每转动一圈，就能发出9.5度电！

这座风电场位于西藏八宿县平均海拔5050米处，由大唐西藏能源开发有限公司、昌都市康电清洁能源投资发展集团有限公司投资建设。自10月31日投产以来，截至12月10日8时，它已累计发电超2242万千瓦时。

“过去县城经常停电，近年来供电越来越稳定。”风电场运维技术员洛松泽仁就是八宿县人，他记忆中家家户户要准备油灯的场景，如今已不复存在。

这座年发电量达2.23亿千瓦时的风电场，可满足约23万人全年生活用电。项目负责人徐其多介绍，产生的电能并入昌都片区电网，大部分本地消纳，保供当地电力需求。

“这20架风车，每年可节约标煤约7.31万吨，减排二氧化碳约18.28万吨。”中国人民大学生态环境学院教授

石磊说。

在超高海拔建风电项目，有什么优势？

海拔3500米至5500米的地带被称为超高海拔地区，这里是风能资源的“富矿”。

据估算，西藏风能资源在7米/秒以上的区域约占全区面积30%，主要分布在海拔4800米以上高山地区，技术可开发量约1.8亿千瓦。八宿风电场周边的邦达草原，曾被测得38米/秒的瞬时风速，等效于13级大风。

西藏清洁能源发电量占比超99%，居全国第一；但其中水电、光电分别约占五成和四成，风电目前尚不足一成。

然而在这里“向风要电”，对技术和设备提出更高要求：空气密度过低会引起机组失速，低气压会降低电气绝缘性能，高紫外线会加速部件老化，高湍流、风速风向变化大不易评估……

让风电稳稳挺进超高海拔地区，靠什么？

答案是技术创新。

八宿风电场这批“高原风车”单机容量为5兆瓦，是业内在超高海拔地区使用的最大值。“一个多月来的平稳运行，让它在超高海拔地区的可靠性得到进一步验证。”徐其多说。

这20台双馈型风力发电机组正是“高原定制”，由中车株洲电力机车有限

公司针对高海拔、高寒地区特点设计研发，能在强紫外线、高雷暴频次、频繁降雪的极端环境中保障电气安全。

而日常运维这些巨大风车，仅需8至10人。

在距离风电场1小时车程的中控室，电场运维实现高度智能化。通过屏幕，洛松泽仁可实时监测所有风机的瞬时风速、瞬时发电功率和累计发电量；点击单台风机详情，叶轮转速、发电机转速、风向、机舱角度等参数一目了然。

“发展风电形成的多能互补格局，可以弥补西藏枯水季水电不足、夜间光电缺失形成的空白。”石磊说。

2023年10月，山南市的西藏措美哲古风电场二期项目全容量并网发电；今年11月，日喀则市的中核萨迦30万千瓦风光储一体化项目全容量并网发电……近年来，西藏多个风电项目向超高海拔地区发起挑战，最高机舱海拔均超5100米。

漂浮式风电平台风机怎么抗台风？

12月11日，全球单体容量最大的漂浮式风电平台“明阳天成号”在广东阳江正式投运。“明阳天成号”由明阳智慧能源集团股份公司自主研制，为全球首次在一个浮式基础上搭载两台8.3兆瓦海上风机，总装机容量达到16.6兆瓦，是目前全球最大的漂浮式风电平台。“明阳天成号”投运后，预计每年可提供约5400万度绿电，能满足3万户三口之家一年的日常用电需求。

既要获取风，又要防台风、抗台风，还要确保在风中自身安好、稳定运行，“明阳天成号”在海上怎么工作？

“明阳天成号”可以抗17级台风，“明阳天成号”总设计师王超接受记者采访时指出，风从海上来，越走向深远海，台风会越大，风机走向深远海，就要解决抗台风的问题，单点系泊+下风向风机+异形塔筒，这三大结构创新形成组合拳，能让风机在台风时自适应地去对风。

我们实现了这样的技术，为国际国内走向深远海提供了解决方案。

抗台风是“明阳天成号”独自在海

上漂浮的必备功夫，在极端台风条件下，漂浮式风机将面临全方位的挑战。为了确保其稳定和安全，在设计之初就需要考虑360°的台风载荷。“明阳天成号”采用的单点系泊系统结构比较紧凑，不光便于施工，在锚链的牵引下，它能够根据台风的方向进行自适应的偏航调整，也就是台风吹向哪，它就转向哪，让风轮始终正对来风方向。据了解，这在全球是首创。

为什么采用双叶轮、双主机设计？

记者了解到，“明阳天成号”采用全球首创的双叶轮、双主机设计，两台风机并排而立、两个风轮朝反向旋转，这样的设计有效提升了叶轮中间区域的风速，空气动能转化为电能的效率随之增加。

王超解释说，抗台风的时候需要迎风面积小，发电的时候需要迎风面积大。在强大浮式基础的支撑下，“明阳天成号”风电平台的两座塔筒以“V”字形排列，这也是全球首台在一个浮式基础上安装两座塔筒的海上风电平台。其塔筒为长椭圆形，这样的设计使塔筒的长轴面受风面积远大于短轴面，当风向和风电平台出现一定夹角时，塔筒受风面积增大，可以更快地对风，从而提升风能利用效率。

在“V”字形塔筒上，两台主机、两个叶轮“并排”而立。风机启动后，两个叶轮将朝相反方向转动，对向旋转使得叶轮中间区域的风速提升，空气动能转化的电能也随之增加，比同等扫风面积的单个大风轮风机的发电量提升4.29%。从整个风场的布局来看，单台风机的叶片越长，尾流对风机的影响就越大，“明阳天成号”采用两个小尺寸风轮的方案，反向旋转带来的“耦合涡流”效应，能够减少整个风场的效率折损。

此外，为消除两台风机运转的偏差，确保风机能平稳顺利地运行，“明阳天成号”搭载了三个控制器，其中两个控制器分别调整各自对应风机主机及风轮的转速、转矩等，中央控制器则负责两台风机主机及两个风轮的平衡与协调，从而实现整个风电平台的协同。

据新华社、科技日报、中国环境报



这是位于西藏昌都的八宿10万千瓦保障性并网风电项目。（资料照片）新华社发