

改革开放40周年科技系列报道之能源篇②

## “好风”成电力 “绿能”惠人间

——中国风电实现跨越式发展

本报记者 张保淑

迎面山上有风车，  
从早到晚，  
不停地转着。  
白天，你转动碧海青山  
夜晚，你旋转日月星河  
……

如果这边没有你，  
我们的光明不知在哪里。  
风车，转吧转吧，  
转走岁月的梭，  
转出时光的歌。

感性的诗人用细腻的笔触，栩栩如生地刻画下眼

前迎风飞旋的风车，饱含深情地讴歌它们是碧海青山之上、日月星河之下的一道亮丽风景，是给人间带来光明的使者。是的，在广袤的中华大地上，越来越多的风车巍然耸立起来，它们迎着改革开放的强劲东风尽情飞舞，把分分秒秒的时光幻化成源源不断的电力，照亮了我们的生活。

改革开放40年来，特别是最近10年，中国风车漂洋过海，在世界各地扎根。从东非高原埃塞俄比亚的阿达玛城郊到北欧瑞典的布莱肯湖畔；从中美洲巴拿马科克省佩诺诺美到南美智利中部的科金博大区海岸，都能看到中国风车的雄姿。它们一刻不停地在长风中耕耘，为当地民众生产和生活持续提供绿色电力。

## ① 堪称“绿色能源王者”

风电是“风能发电”或者“风力发电”的简称，就是把风的动能转变成机械动能，再把机械能转化为电力动能。其原理是利用风力带动风车叶片旋转，再通过增速机将旋转的速度提升，来带动发电机发电。由此可见，风力发电不需要使用燃料，也不会产生辐射或者其他污染，是名副其实的取之不尽、用之不竭的“绿色能源王者”。

风力发电所需要的装置，被称作风力发电机组，一般来说，其结构大体上

可分风轮、发电机和铁塔三部分。风轮是把风的动能转变为机械能的重要部件，它由两只（或更多只）螺旋桨形的叶轮组成。当风吹向桨叶时，桨叶上产生气动力驱动风轮转动。桨叶的材料要求强度高、重量轻，多用玻璃钢或其他复合材料（如碳纤维）来制造。（也有一些垂直风轮，S型旋转叶片等，其作用也与常规螺旋桨型叶片相同）

由于风轮的转速比较低，并且风力大小和方向经常变化，导致转速不稳

定，所以在带动发电机之前，还必须增加一个把转速提高到发电机额定转速的齿轮变速箱，再加一个调速机构使转速保持稳定，然后再连接到发电机上。铁塔是支撑风轮、发电机的构架。通常情况下，铁塔修建得比较高，这样可以获得较大和较均匀的风力。

除了上述风力发电装置之外，还有一种旨在开发利用200米以上高空充裕风能的高空风力发电系统，形成了两条技术路径。

第一条把发电机悬置于空中的高空涡轮发电技术，就是利用氦气球等的升力作用，将发电机升到半空中，在空中利用丰富的风能转化为机械能，机械能转化为电能，之后通过电缆传到地面电网。第二条是把发电机设置于地面的高空“风筝”型发电技术，就是把发电机组固定在地面上，通过巨型“风筝”在空中利用风能拉动地面发电机组，从而将风能转化为机械能，带动地面的发电机转化为电能。

## ② 陆海空立体拓展

上世纪70年代末，中国开始进行风电并网示范研究，并引进国外风机建设示范风电场，与中国改革开放基本同时起步。在此之前，新中国的风力发电主要是解决海岛和偏远农村牧区居民的用电问题，重点建设离网小型风电机组。1981年，旨在组织本行业进行学术交流及科技成果展览展示等活动的中国风能协会成立，为促进中国风能技术进步，推动风能产业发展，增加全社会新能源意识等奠定了重要基础。

1986年，位于胶东半岛最东端的中国第一座风电场即马兰风力发电并网发电，该电厂从丹麦引进了当时最为成熟的风电机组。为解决运行维护问题，中国有关方面人员赴丹麦进行了为期1个月的培训，学习了维修、定期检修、备件更换以及故障排除等技能，培养了一批风电人才。中国可再生能源学会风能专业委员会主任姚兴佳指出，20世纪80年代，中国各地在引进国外风电机组的同时，大力推进自主研发工作，总体来说，中国当时处在风电机组等核心设备的研制起步阶段，国家科技项目陆续支持研制离网型和并网型风电机组，虽然绝大部分未实现批量生产，但是为风电事业进一步发展开辟了道路。

对中国风电在“九五”“十五”（1996年到2005年）期间的发展，姚兴佳介绍说，这10年间，重点实施了“乘风计划”、国家科技攻关计划以及国债项目等支持建立了一批风电整机制造企业，进行技术引进和消化吸收，一些企业掌握了600千瓦和750千瓦单机容量风电机组的总装技术和关键部件设计制造技术等，实现了规模化生产，迈出了产业化发展的第一步。

姚兴佳特别指出，“十五”期间，通过对国家“863”计划相关项目的支持，中国完成了具有完全自主知识产权的1兆瓦（1兆瓦=1000千瓦）和1.2兆瓦两种不同类型风电机组的制造，并于2005年并网发电，标志中国风电技术跨入兆瓦级时代。

以2006年《可再生能源法》为标志，中国风电正式进入大规模开发应用和跨越式发展新阶段。到2008年底，中国提前两年完成国家“十一五”风电发展规划目标，装机总容量跻身世界前四位。数据显示，截至2017年底，国内风电累计装机容量已达到1.88亿千瓦，所贡献的电力约占全国总电力的5%。预计到2020年，中国风电装机预计达到2.25亿千瓦，风机运维整体市场容量将超过200亿元。

值得注意的是，中国风电除了在陆上继续拓展之外，呈现向“海空”立体进军格局。

以2008年上海东海大桥10万千瓦海上风电示范项目开工建设为标志，中国风电开发建设开始了大规模向海上推进的历程。2017年是中国海上风电产业腾飞之年，全年海上风电新增装机容量为1164兆瓦，累计总装机容量达到2788兆瓦，排名全球第三。

今年1月30日，国内首个商业化高空风能发电项目在安徽绩溪金沙镇开工，该项目采用广东高空风能技术有限公司研发的5兆瓦高空风能发电机组，总建设规模达100兆瓦。这标志中国高空风能资源利用正式起步。

## ③ “走出去”脚步铿锵有力

在埃塞俄比亚中部，距首都亚的斯亚贝巴约95公里的高原上，由102台风机组成的巨阵是该国最壮观的景象之一，它们巍然耸立，迎风劲舞，妆扮着古老的东非大地，守护着那里的青山绿水。这就是埃塞俄比亚阿达玛二期风电项目，总装机容量153兆瓦，在2015年5月正式竣工发电后，解决了亚的斯亚贝巴20%以上的用电需求，是中国目前在境外实施的采用中国技术、中国标准的最大风电总承包项目之一，对于改善当地社会经济面貌，帮助埃塞政府逐步建立和形成本民族风电工业，促进当地社会经济和转型计划发挥重大作用。

像很多领域发生的故事一样，中国风电伴随着改革开放深入推进而走过了技术引进、人才培养、自主创新、奋力追赶、努力赶超的发展历程，从而实现从小到大、由弱变强的艰苦蝶变，达到技术自立自强，进而向国际社会贡献中国技术、中国标准和中国品牌。

早在2007年9月，中国华仪风能公司与智利一家公司签署协议，实现了首批拥有自主知识产权的大功率风机整机出口，改写了国际风电产业的发展格局。

在此后十余年间，中国风电“走出去”取得骄人业绩。据统计，截至2017年底，共有金风科技、联合动

力、东方风电等17家企业向33个国家和地区出口了1707台机组。

随着中国风电迅猛发展，中国的能源结构悄然间绿色化，目前风电已超过核电成为我国第三大电源，并且其比例还将继续上升。就世界范围而言，节能减排、遏制全球气候变暖、实现可持续发展的任务依然艰巨，天然绿色、资源丰富的风电必将发挥其日益重要的作用。对中国风电科技人员和风电产业来说，要坚持一如既往的拼搏精神，胸怀壮志、自强不息，在风中辛勤地耕耘，为守护绿色的地球家园作出更大贡献。

## “鹊桥”入位待“嫦娥”

近日，探月工程嫦娥四号任务“鹊桥”中继星成功实施轨道捕获控制，进入环绕距月球约6.5万公里的地月拉格朗日L2点（地月L2点）的Halo使命轨道，成为世界首颗运行在地月L2点Halo轨道的卫星。后续将在此轨道持续开展在轨测试和中继通信链路联试，为年底择机发射的嫦娥四号月球探测器提供地月中继测控通信。

5月21日，“鹊桥”发射升空，进入预定地月转移轨道，5月25日到达近月点并成功实施近月制动后，顺利进入月球至地月L2点的转移轨道。

地月L2点位于地月连线的延长线上，有包括Halo轨道即晕轨道（“晕”字借自日晕、月晕）在内的两条轨道。综合考虑中继星与嫦娥四号着陆器、巡视器的距离稳定性、覆盖率、轨道进入和维持、月球遮挡影响等因素，科研人员反复研究，确定将Halo轨道作为“鹊桥”中继星使命轨道。

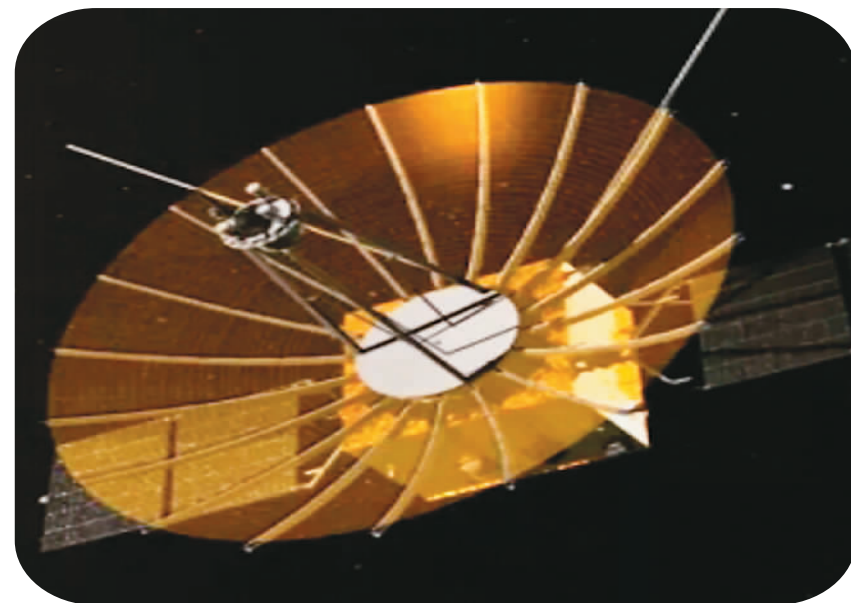
Halo轨道形状不同于地球卫星的椭圆轨道，而是三维非规则曲线，轨道控制非常复杂。“鹊桥”中继星将在Halo轨道做拟周期运动，通过定期轨控保持轨道的稳定性，实现对嫦娥四号着陆器和巡视器的中继通信覆盖。

嫦娥四号任务是世界首次月球背面软着陆和巡视勘察任务。由于受到月球自身的遮挡，着陆在月球背面的探测器无法直接实现与地球的测控通信和数据传输。“鹊桥”中继星将成为架设在嫦娥四号着陆器和巡视器与地球间的“通信站”，搭建地月信息联通的“天桥”。

嫦娥四号任务共搭载4台国际合作载荷，其中由荷兰研制的低频射电探测仪和由沙特研制的月球小型光学成像探测仪在此次“鹊桥”中继星任务中搭载；德国月球中子与辐射剂量探测仪、瑞典中性原子探测仪将搭载在嫦娥四号探测器上。

地月L2点距离地球40多万公里，是5个地月拉格朗日点之一。地球和月球两大天体在太空中运动，其万有引力与离心力在这5个点处得以平衡。倘若这5个点处存在第三个天体，且这个天体的质量相对于地球和月球无限小——譬如中继星，那么它就可以和地月保持相对静止状态，受地月引力作用可以保持相对稳定状态，从而节省卫星燃料。

（据中国航天科技集团微信公号）



鹊桥中继卫星在轨运行想象图

