

## 德国海上风电跃进之路

德国是海上风电强国，市场占有率30%，仅次于英国。伴随着产业链的进一步完善，德国海上风电电价正逐渐退坡，实行竞标制，走向零补贴，但过度恶性竞争的趋势也日渐明显。作为海上风电领跑者，环北海的英国、德国、荷兰、丹麦等发达国家的海上风能资源丰富，加之鼓励低碳环保、发展清洁能源的政策和稳定的社会经济环境，以及这些国家较高的科技、工程和管理水平，最终使得该区域形成了海上风电产业发展的全球产业链。

2017年，德国共新增安装108台海上风机，新增装机容量62.6万千瓦，至2017年底，共有15个在运海上风场，其中有1069台海上风机在运，总装机容量538.7万千瓦，仅2017年发电量就达18亿千瓦时，较2014年的发电量增长7倍，海上风电在德国可再生能源发电中目前的占比从四年前不到1%已增长至8.4%，发展迅猛。德国计划使海上风力发电能力到2020年达到650万千瓦，2030年达到1500万千瓦。

海上风电之所以在德国得以快速发展，主要是由于政策与社会经济环境驱动。2011年3月日本福岛核电站发生事故后，德国政府决定在未来十年内逐步拆除境内所有核电站，2022年核电彻底退役。同时，约1800万千瓦的火力发电厂将被关闭。因此，在德国用清洁电力取代核电站和化石燃料发电站的策略中，风电被“委以重任”。

德国智库Agora的数据显示，风电占德国可再生能源发电量的比例已达49%，风电占总发电量比例约为16%，是目前德国清洁电力的最大来源。在德国能源市场，最有前景的陆上风电项目已基本瓜分完毕，能源开发企业如今大举向海上风电发力。



## 早期如何培育和扶持

发展海上风电，德国的道路也并非一帆风顺。德国能源署的数据显示，德国早期申请的项目多在离岸30公里之外，水深在20米至35米之间。而离岸远意味着运输距离长，气候条件差，维修成本高，海床基础和风机的水下基础也必须建得更大更深，因此，德国的海上风电项目比其他欧洲国家复杂和困难得多。

从本世纪初开始规划投资以来，德国海上风电项目就曾遭遇重重阻力，包括缺少配件供应商、没有连接风机和主网所需的设备，甚至连在开放水域建设所需的船只也无从获得。此外，企业需要为港口、专用船只及电力连接设备投入数十亿美元，因此早期的项目预算严重超支，投资也遭延迟。

位于北海、距离德国海岸53英里（约合85公里）的梅尔（Meerwind）海上风电场，装机容量为288兆瓦，是德国最大的海上风电场之一。此前由私募股权公司黑石集团（Black Stone）和德国Windland公司共同开发，2016年中国三峡集团收购该项目，控股项目公司德国稳达风电公司（Wind MW）80%股权。

虽然位于浅水，但梅尔项目建设异常艰难。从2000年正式立项，到2015年3月才得以并网发电，历时近15载，比原定计划晚了一年多（因电网原因），投资近16亿美元。

该项目使用80台3.6兆瓦西门子风机，工程师需要将风机、变压器和整流站的底座固定在水面以下130多英尺处，工程难度远超预期。另一个问题是建海上换流站，将发的电由海上输送至陆地，因电网公司的原因，时间有所拖延。

虽然工期时间长，工程难度大，但早期为了扶持海上风电，德国政府出台了相关政策。除上述提到的高额固定电价补贴政策，德国首批10个海上风电场的建设还得到了政府的资助，德国复兴信贷银行（KfW）在2011年设立了50亿欧元的海上风电专项贷款额度。目前德国政府在波罗的海和北海建造的海上风力发电场，总发电量可满足1200万户家庭的用电需求。

在运维方面，德国不同公司采取的方式也有所差异，一些大型能源集团如E.ON、RWE运行的风场由其自身维护，大多数能源开发企业则与风电厂商签约。由于贷款银行要求企业提供长期运维合同，因此这些公司会选择和风机厂商签订10—15年长期的运维合约。

但在稳达公司看来，签订短期合同对风场更为有利，这也意味着能源开发企业对风场有着更多控制权。对于风电场的运作，稳达则使用SCADA软件，该软件由稳达与另一家公司合作开发，可全程操作风场的运行。而与西门子签订的五年运维合同，也规定了维护人员组成的比例为1:1，每次维修都由双方组成团队共同维修，以此控制工程质量。

与大多数欧洲的风场不同，三峡稳达还拥有自己的运维船，稳达公司CEO严思（Jens Assheuer）认为，虽然建造要求高，对团队要求也高，需要花费大量投资，但从安全性考虑是非常必要的。目前，梅尔海上风电场还有直升机参与运维，风场升压站上建有直升机停机坪，这大大缩短了维修周期。为了安全考虑，德国要求参与直升机运维的人员必须经过海底逃生等一系列培训，获取合格证后才有使用直升机进行运维的资质。

近年来，全球风机制造商正逐步增加单机容量，同时，安装船的容量越来越大，海缆电压也逐渐增高。

严思指出，2020到2023年，欧洲新建海上风电项目的风机将从西门子和MHI Vestas开发的单机5—6兆瓦的涡轮机升级为8—9兆瓦的涡轮机，预计2024和2025年北海还将安装单机10—12兆瓦的风机。这种巨型涡轮机，其叶片扫过的区域较英国的“伦敦眼”摩天轮更大。

目前欧洲安装船市场已供过于求，有许多新的大容量安装船进入市场，这些新的安装船更适用于新一代风机，而较小的船只将从安装市场退役到运维市场。对于海底传输电缆，大多数欧洲国家包括德国都使用33千伏的电缆，而荷兰目前正在计划用66千伏电缆来减少线损。因此所有大型涡轮机供应商正在开发可以使用66千伏的涡轮机。

## 上网电价怎么定

近年来随着海上风电在技术上日渐成熟，其经济性也有所改观。2017年4月在德国实行的首轮竞标中，有三个项目的竞标结果为零补贴电价，平均成交价为44欧元/MWh，中标的四座风电场将分别在2024、2025年投运并网。

“由于竞标机制的存在，市场电价会越来越低，迫使风机开发商和整个海上风电的产业链包括设备供应商、安装商

等想方设法来降低相应的成本。”严思向eoi记者表示。

在德国补贴机制下，海上风电采用的固定电价补贴由两部分组成，一部分是上网电价补贴，为150欧元/MWh，德国政府希望能源开发企业未来能在市场上出售电能，因此有4欧元/MWh的小额补贴是电力直接交易所得，补贴电价合计为154欧元/MWh。自该政策实行13年以来，德国海上风电的电价补贴没有波动。据严思介绍，享受补贴的时间长短则取决于风场到海岸线的距离以及水深，离海岸线越远，水深越深，补贴的时间也就越长，风场通常可享有不少于8年的补贴。



2012年起德国修改了政策，风电场可选择将补贴标准提高至190欧元/MWh，但相应补贴年限由12年降至8年，并规定8年后的补贴标准为35欧元/MWh。“选择补贴的时间越短，钱就越多，但如果为了更高的安全性考虑，你可以决定选择长期但低一点的补贴，”严思解释道。

2017年德国政府将补贴机制调整为竞标机制，而零补贴电价的出现正是竞标机制的结果。官方给出的投标价格上限为120欧元/MWh，竞标方在政府补贴价格的基础上考虑日后投资、可能降低的成本，对价格做出预期。

据严思介绍，当时业内普遍预估的价格在100—120欧元/MWh，但第一轮竞标的结果却令人始料未及。丹麦最大的海上风电开发商DONG能源，中标110MW开发容量，电价是60欧元/兆瓦时，并将在2023年实施这一电价。更没有想到的是有三个中标风场的电价是零补贴，这意味着他们将完全依赖市场电价。

这一结果令业内人士错愕：竞标价格为何如此之低，这些风场又能否盈利？

在严思看来，竞标机制会推动所有参与方不断寻求降低成本的解决方案，由于中标项目在2024、2025年并网，考虑到未来7年相关技术的发展，设备价格和建设成本会大幅降低，在零补贴下投产也有可能实现盈利。同时，由于2023年德国所有核电站将退役，火电逐步关停，加之2021到2025年间海上风电项目建设进度也将减慢，海上风电场运营商预测未来电力批发价格会上涨，因此造成了低成交价格。

低价的另一原因则是日趋完善的海上风电供应链。北海四国（英国、德国、丹麦、荷兰）供应链十分完备，各大能源企业可以就近采购建设风场需要的装备，这使得市场竞争加剧，欧洲安装船市场已经面临发展过剩，进而促进了过去几年海上风电成本的下降。

尽管如此，建造成本的下降和市场电价的上升均有较大的不确定性，因此，新项目未来的风险较大，北海海上风电的竞标已进入恶性竞争的怪圈。

今年4月德国将进行第二轮海上风电竞标，业内人士也非常期待。从用户的角度看，没有政府补贴电价也意味着他们不用向发电商支付额外的补贴。

### 前期勘察如何保证安全

由于海上风电建设是一项庞大的系统工程，较陆上风电情况更为复杂，项目开发涉及融资、审批、风电场自然环境调整、海上风电项目的规划管理、风机设备选型、建设期项目管理以及并网等众多步骤，德国对于海上风电前期工作要求非常严格。

在勘察期，企业若想获得海上风电开发许可，需要对环境、海床土壤的地质情况、施工声音等进行勘测，以此判断项目是否符合海上风电的基础设计。

由于每个风机的基础都可能不一样，勘察时要从海底对土壤采样并建模、计算来进行设计。严思对此解释道“风机本身造价高昂，为了保证效益以及后期的稳定运行，前期花100万—200万欧元的设计费用是十分必要的。”

其次，还要对海床进行勘测和扫描，排查是否有二战时期投下的未引爆的海底爆炸物，或者潜在的矿藏。此外，还需关注风浪参数、极端荷载参数以及风资源评估，以此来预估未来能否收回投资。



在设计阶段，德国海上风电还注重防腐，确保基座不会对环境造成不利影响。这是因为在海上风电基础结构中，海水中的钢结构占很大比重，而钢结构在海水中易发生腐蚀，因此采用ICCP系统（阴极保护技术）十分必要。严思介绍，该系统是电化学保护技术的一种，其原理是向被腐蚀金属结构物表面施加一个外加电流，被保护结构物成为阴极，从而使得金属腐蚀发生的电子迁移得到抑制，避免或减弱腐蚀的发生，加强对基座的保护。

前期工程完成后，风场运维时则更注重安全培训。根据德国法律，海上风电工作人员到海上作业必须取得安全认证，海上事故发生时，作业人员须具备自救逃生能力。在一些公司不仅是工作人员，包括管理层都参与了安全管理培训。通常为两个星期的培训将花费6000—8000欧元的费用，取得证书后才能参加海上风电的相应工作。若要登上海上风电的设施，需遵循严格的安全流程，同时也要有3个人做相应支持，才能开展工作。但如果在运维过程中发现任何不安全因素，所有人都必须停止工作。

“我们最关注的是质量和可靠性。只有质量好，才能有高可靠性和合理的运营维护成本，运营时不可能通过大量的维护来解决质量差的问题。”严思说道。

严思指出，相比德国，中国海上风电还处于开发初期，因此借助长期稳定的上网电价补贴来培育海上风电产业链是十分必要的。但同时也要认识到，在风电技术快速发展的环境下，项目在设计上应适当“保守”，更好地保证工程质量和运行可靠性。（eoi记者 蔡译萱）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/121933.html>