

# 广东海上风电产业发展路径与对策研究

郑钊颖<sup>✉</sup>, 冯奕敏

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510600)

**摘要:** [目的] 海上风电被许多国家视为新能源发展的主要方向之一。广东是能源消费大省, 发展海上风电是能源结构优化调整的主要方向和应对气候变化的重要措施, 也是充分发挥海洋优势、培育新经济增长点的重要抓手之一。[方法] 在梳理广东海上风电产业发展基本情况和存在问题的基础上, 结合理论实际对海上风电主导产业和重点培育产业作选择。[结果] 提出广东海上风电产业发展的布局 and 定位, 提出以技术创新引领产业发展、以补链强链提升产业整体竞争力的发展路径。[结论] 最后提出推进广东海上风电产业发展的相关政策建议和总体研究结论。

**关键词:** 海上风电产业; 广东; 发展路径与对策

中图分类号: TK89; F426.61

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2020)04-0018-08

开放科学(资源服务)识别码(OSID):



## Research on the Development Approach and Policy Recommendations of Guangdong Offshore Wind Power Industry

ZHENG Zhaoying<sup>✉</sup>, FENG Yimin

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** [Introduction] As offshore wind power is one of the mainstream forms of new energy, developing offshore wind power is critical in optimizing energy composition and coping with climate change, as well as cultivating new economic dynamo in Guangdong Province, one of the largest energy consumer and offshore wind energy owner by province. [Method] Further to summarizing offshore wind power development and outstanding issues, this paper identified the main industries and key fields in terms of theory and practice. [Result] The writer puts forward the distribution and role of the offshore wind farm industry in Guangdong, as well as the development approach based on technological innovation and elevating the competitiveness by supplementing and reinforcing the industrial chain. [Conclusion] Finally, the writer comes up with recommendations on policies related to advancing Guangdong offshore wind power industry and general study conclusions.

**Key words:** offshore wind power; Guangdong; development approach and solution

当前, 发展风电已成为许多国家推进能源产业转型升级、应对气候变化的重要举措。近年来海上风电更被视为新能源发展的主要方向之一。对于广东来说, 海上风电是现阶段最具有发展潜力的可再生能源。加快发展海上风电, 是充分发挥广东海洋优势、培育新经济增长点的重要抓手之一, 也是推进广东能源生产和消费革命、构建安全高效能源体系的重要举措, 对广东建设现代化经济体系、实现

经济高质量发展有重要意义<sup>[1]</sup>。

### 1 广东海上风电产业发展基本情况

相对于上海、江苏和福建, 广东海上风电产业起步较晚, 2012年广东首个海上风电示范项目——珠海桂山海上风电场开始筹建, 拉开了海上风电建设的序幕。目前, 广东在建和拟建的海上风电工程主要位于汕头、揭阳、汕尾、惠州、珠海、阳江和湛江等地市<sup>[2]</sup>。2017至2018年, 广东海上风电建设速度加快, 重点建设项目总计达到16项, 总装机容量5.420 GW; 其中, 珠海桂山海上风电一期项目首批100 MW风电机组已经并网发电, 到2019

收稿日期: 2019-10-23 修回日期: 2020-04-23

基金项目: 广东省促进经济发展专项基金(海洋经济发展用途)“广东省海洋六大产业三年行动计划方案制订”(粤自然资源合[2019]013号)

年底,湛江外罗项目一期36台198 MW也将全部并网发电。经过这几年的发展,广东海上风电装备—施工—运营—专业服务产业已初步搭建起来,但受制于军事、产业成熟度等因素影响,广东海上风电产业发展仍较为缓慢。

### 1.1 相关发展规划和要求

2016年11月,国家能源局印发《风电发展“十三五”规划》提出2020年底“开工规模达1 GW,累计并网容量达300 MW”的目标要求<sup>[3]</sup>。2018年4月,广东省发展改革委印发了《广东省海上风电发展规划》,提出在2020年实现开工建设海上风电装机容量12 GW以上,其中建成投产2 GW以上;在2030年实现建成投产海上风电装机容量约30 GW。规划还对广东海上风电场址布局和项目建设进行了规划,计划建设海上风电场共23个,装机容量6.685 GW<sup>[4]</sup>,总投资12 033亿元;并从技术、制造业和服务业角度提出了广东海上风电产业发展的重点领域。

### 1.2 产业链和主要环节

海上风电产业体系主要包括海上风电装备制造、海上风电施工、风电场运维、风电并网及电网运行和海上风电专业服务等。由于广东海上风电产业起步较晚,除了在海上的风电装备制造和勘察设计、咨询有一定基础外,其他环节都较为薄弱,亟需大力扶持和发展。

#### 1.2.1 海上风电装备制造

海上风电装备主要包括海上风电机组装备、电气装备、施工装备和一些特种装备,主要环节包括主机制造、叶片制造、齿轮箱制造、电力设备制造和大型钢构等。海上风电相关制造企业不多,具备一定市场份额的企业包括明阳智能、顺特电气、粤水电等。广东在主机制造方面有一定基础,但在技术方面还亟需加大投入力度,以期跟上国际先进水平。在国外,8 MW机组已完成商业化应用,10 MW、12 MW机组也在样机试验阶段。由于国内主要运行机型为3到6 MW。虽然几大主机制造厂正在研发、生产6 MW以上的机型,其中广东阳江基地的明阳智能将在2019年底下线MySE 8-10 MW机型,广东省部分海上风电建设项目也计划2019年下半年到2020年开工建设的工程中使用上海电气的7 MW机型和明阳的6.45 MW机型,但国内大部分整机制造

厂家研发的海上机组都没有长时间、大批量的运行经验,技术缺乏有效验证,因此与海外技术差距明显。国内海上风电整机制造商企业共12家,截止到2019年12月,前五大整机制造商吊装容量高达21.7 GW,共占据76%市场份额。金风科技,远景能源,明阳智慧能源稳居前三,运达风电、上海电气分列第四、第五。另外13家中国与3家海外整机制造商分享了剩余的24%市场份额。(其中:Siemens Gamesa (437 MW)、Vestas (283 MW),与GE (210 MW)。在叶片制造方面,广东也仅有明阳智能一家生产海上风电叶片,但尚未形成规模,在全国市场不占优势。在齿轮箱制造方面,广东暂时缺乏相关生产企业。在电力设备制造方面,除了风电变压器因产业门槛不高而稍有基础外,在发电机、风能变流器、海底电缆等方面,均缺乏相关的生产企业。在大型钢构方面,广东具备一定的制造技术和能力,但尚未形成生产规模。粤水电和中国水电四局(阳江)海工装备有限公司具备一定的海上风电塔筒制造技术和制造能力,正处于加速发展期。珠江钢管、珠海海重、招商重工、中铁武桥重工(珠海)是广东主要的钢结构生产单位,但不具备大直径单桩生产能力。

#### 1.2.2 海上风电施工

海上风电施工主要包括设备运输和施工安装等。其中,海上风电机组安装专用船舶是施工最关键的载体,是高度精密的海上设施,能将风机和基础安装设备运输至风电场址,并配备适合各种安装方法的起重设备和定位设备。目前,我国海上风电施工单位主要在码头和桥梁施工方面积累了丰富的经验,但仍比较缺乏专业的海上风电建设设备。国内船舶制造企业如中船重工、中船集团、龙源振华、江苏盛裕等正积极布局海上风电安装设备及平台,希望抢占海上风电安装的先机。截至2019年7月,国内现有的海上风电施工专用船舶包括中交三航局(上海)的三航“风范号”“风华号”,中交四航局的“四航奋进号”,龙源振华(上海)1号、2号、3号、“普丰托本号”,南通海洋水建“海洋风电38”,华电重工的“华电1001号”,华尔辰的“华尔辰号”,三峡集团的“福船三峡号”、“大桥福船号”等。满足海上打桩施工的船舶主要有中交一航(天津)“天威号”、中交二航(湖北)“海力

801”、中交三航(上海)的三航桩15号~19号、中交四航(广东)“粤工桩8号”、宁波交建集团“浙桩8号”等。广东海上风电施工单位有若干个,但资源尚未得到较好整合,尚未形成行业合力。其中,华尔辰和广东精钢海洋拥有海上风电施工专用船舶。招商重工、中交四航局、广州打捞局等企业在海洋工程施工中均有丰富的经验,为海上风电施工奠定了技术基础。

### 1.2.3 风电场运维

风电场运维是指对海上风电机组、塔筒及基础、升压站、海缆等设备的预防性维护、故障维护和定检维护。由于海上的自然环境较为复杂,海上风电场的运维技术和成本都远高于陆地风电场。因此,运维是海上风电产业链中十分关键和重要的环节。风电场运维上游主要包括与风电运维相关的船舶与机械工具、储能装备等,下游主要包括与运维及电网配售电相关的行业。由于国内海上风电处于初步发展阶段,国内海上风电尚无长期运营经验和成本数据积累,风电场并网也还没有规范化<sup>[5]</sup>,因此海上运维市场尚处于起步阶段。目前海上风电运营商主要是五大集团及其下属能源公司,例如南方电网综合能源有限公司、华能、大唐、申能、国家电投、三峡、中核、中广核等。目前广东没有建成全部并网并已开始整体规模化运维的海上风电项目,缺乏海上风电运维经验,产业空白有待填补。

### 1.2.4 海上风电专业服务业

海上风电专业服务主要包括科技研发、勘察设计和咨询、检测认证、融资租赁和保险等。广东在海上风电勘察设计和咨询方面基础较好,中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司在海上风电场勘察设计和咨询方面积累了丰富的经验,是海上风电国家标准《海上风力发电场设计规范》的第一主编单位,其在国内首次以EPC总承包方式承担了广东省能源湛江外罗海上风电项目建设。此外,广州地质调查局、国家海洋局南海调查技术中心也在海洋地质勘察方面也有着丰富的经验。在海上风电融资租赁和保险方面也开展了摸索,2017年粤科港航与广东精钢海工成功签署了自升式海上风电安装平台融资租赁项目,是国内通过融资租赁模式开展海上风电项目的创新之作。2018年,由广东省能源集团有限公司牵头组织的广东省能源集团有限公司海上

风电保险海外路演团队成功在英国伦敦开展海外路演工作,增强了国际再保人对广东省能源集团有限公司海上风电项目的承保信心。但广东在海上风电科技研发、检验认证方面仍较为较弱。

### 1.3 产业项目

根据《广东省海上风电发展规划》,规划海上风电场址23个,其中近海浅水区15个,近海深水区8个。2019年,共有25个海上风电项目进入广东重点建设项目计划。其中,在基础设施工程方面,珠海桂山海上风电场示范项目已基本投产,广东省能源集团有限公司湛江外罗一期二期、广东省能源集团有限公司阳江沙扒等12个项目续建,新开工10个项目。在产业工程方面,阳江高新区明阳风机装备制造整机项目已投产,龙马集团阳江高端装备制造基地项目正在续建,陆丰海洋工程基地新开工。另外还有18个海上风电项目进入广东2019年重点建设前期预备项目计划表。广东在建和拟建的海上风电工程在粤东粤西均有布局,主要位于阳江、湛江、珠海、惠州、汕尾、揭阳、汕头等地。当前,阳江正在打造世界级风电产业基地,到目前为止已有相关17个重点项目落地(投产3个,在建14个),计划总投资168亿元,项目涵盖整机、叶片、电力设备、大型钢构等装备制造业,也包含监测检验等专业服务业。正在洽谈的配套项目共有10个左右,计划总投资130亿元以上,预计产值160亿元以上,主要包括齿轮箱、轴承、电缆等装备制造和研发、运维项目。

## 2 广东海上风电产业发展的有利条件和存在问题

### 2.1 有利条件

广东自然条件优越,风能开发潜力巨大。广东拥有4114 km海岸线和41.93万km<sup>2</sup>辽阔海域,港湾与岛屿众多,冬、夏季季候风特征十分明显。风能资源较为丰富,沿海风速较高,沿海海面100 m高度层年平均风速可达7 m/s以上;风功率密度较高,沿海岛屿的风能密度在200~400 W/m<sup>2</sup>,粤东海域可达750 W/m<sup>2</sup>;风能利用小时数较高,有效风力出现时间百分率可达82%~93%。且广东湍流强度较低,冬季风一般不会给风电机组造成破坏性影响,有利于风电机组布置。据估算,全省近海海域风能资源

理论总储量约为100 GW,开发潜力巨大。

广东制造业及支撑产业基础雄厚,为发展海上风电产业打下扎实基础。当前,广东已形成多个战略性新兴产业群,高新技术产业增加值比重不断提升,研究与开发投入比重处于全国领先水平。作为制造强省、海洋强省、数字经济强省,广东大量汇聚了配套海上风电产业发展的各个领域的创新研发资源、技术和人才,在电子信息、互联网、大数据等方面也有雄厚的产业基础支撑配套海上风电产业发展。

国际国内发展机遇较多,政策环境日益完善,为广东海上风电提供了发展契机。在全球化石能源日渐枯竭和气候变化形势严峻的背景下,海上风电凭借资源的稳定性和大发电功率的特点,成为减少能源生产环节碳排放的重要技术之一,近年来正在世界各地飞速发展。党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央高度重视能源发展工作,除了制定相关发展规划外,我国也基本建立了较为完善的促进风电产业发展的政策体系,从开发建设、运行管理、信息监测、评价监管等方面均形成了相关规定和标准,保障了风电产业的持续健康发展。广东是能源消费大省,面临巨大的资源和环境压力,发展海上风电等新能源是能源结构优化调整的主要方向。此外,广东也迫切需要培育海洋经济新的增长点,海上风电项目技术性强、经济体量大、产业关联度高,作为新兴经济增长点的潜力巨大。在环保和产业转型升级的大环境下,海上风电正逐步成长为广阔的市场。

## 2.2 存在问题

海上风电效益较低。由于广东海上风电建成经验较为匮乏,海上风电设备、施工技术、项目建设和运维成本仍存在较大的不确定性,海上风电建设和运维面临的风险巨大,尤其是广东沿海的不确定因素较多,如海防前沿、地质条件复杂,气象复杂,海上风电投资回报水平较难明确,导致在建设条件一般的海区,投资方决策较为困难。另外,与传统的石化能源电力相比,海上风电的发电成本仍然较高,目前我国近海风电实行统一电价0.85元/kWh,仍需要通过国家电价补贴维持项目的收益,急需寻找降低发电成本的有效措施<sup>[6]</sup>。

海上风电缺乏成熟的技术和完善的配套服务。

海上风电风机设备抗台风、防盐雾腐蚀、深远海等关键技术有待突破,核心产品有待开发。海上风机试验场、公共码头等基础设施建设亟待推进,电网建设和海底电缆路由有待进一步统筹衔接。海缆加工制造、海上工程施工船机设备、设备检测论证和运维服务等仍处于发展的初期,尚未形成成熟的自有体系。缺乏大型海上风电创新平台或联盟,协同创新、产学研一体化创新机制尚不成熟,科技成果转化指引模糊,市场化的海上风电创新服务方较为缺乏。海上风电地质、水文、气象等公共资源数据缺乏整合,相关规范、技术标准、测量评估和检测认证标准尚未建立。

海上风电工作机制有待健全。海上风电涉及能源、海洋、海事、航运、军事等多方面事务和主管部门,部门间协调管控能力有待加强。海上风电审批程序较多、时间较长,工作推进效率有待提高。相关补贴和扶持资金存在一定缺口,对开发成本极高的海上风电没有形成关键的推动作用。公共服务保障投入不足,测量勘察、监控检测、标准认证、融资租赁等专业服务尚处于起步阶段。海上风电产业联盟处于建立初期,政府与企业间的沟通渠道尚未畅通,供需信息未能及时传达。

## 3 广东海上风电产业发展总体思路

### 3.1 产业选择

海上风电作为一种新兴产业,其发展主要依靠政府的规划和引导来促进。因此,产业选择便显得尤为重要。

#### 3.1.1 主导产业选择

罗斯托提出的主导产业理论,认为主导产业的形成须具备足够的资本积累和充足的市场需求两个条件。主导产业的作用包括三个方面:(1)依靠科学技术进步,获得新的生产函数;(2)形成持续高速增长的增长率;(3)具有较强的扩散效应,对其他产业的增长有决定性的影响。这三个作用反映了成为主导产业的必备条件,即,只有同时兼备创新和较强扩散效应的高增长产业,才能成为主导产业。在海上风电产业链(海上风电装备制造、海上风电施工、海上风电运维和海上风电专业服务业)中,得益于广东高端装备制造业的长期积累,海上风电装备制造业基础最为扎实,且由于广东是能源

消费大省，在资源和环境的压力下海上风电市场潜力巨大。根据罗斯托主导产业理论，海上风电装备制造具备成为广东海上风电产业中的主导产业的条件。另外，海上风电装备制造不同于一般的制造业，其技术门槛较高，属于技术密集型的制造业，因此在科技手段的推动下，容易获得新的生产函数和较高的增长率，逐步形成规模经济，对上下游产业形成拉动效应，促进相关产业发展。因此，现阶段应大力发展海上风电装备制造，并将其打造成为海上风电产业链中的主导产业<sup>[7]</sup>。

### 3.1.2 重点培育产业选择

根据施振荣“微笑曲线”理论。产业附加值更多体现在位于微笑曲线两端的研发设计和市场营销及专业服务等，处于产业链中部的制造业附加值最低。因此产业未来应朝微笑曲线的两端发展，即，一方面加强研发设计，创造智慧知识产权；另一方面加强相关专业服务，以客户需求为导向延长产业价值。在未来广东海上风电装备制造发展到一定规模时，制造业带来的边际效应逐步降低<sup>[8]</sup>。此时，应重点关注价值链高端的产业环节，以此类产业环节的发展再次促进整个产业链的提升与繁荣。技术创新占据价值链的高端，握有关键核心技术等于握有市场主动权。广东海上风电产业相关科学技术与世界一流相比仍有很大差距，关键核心技术大多依赖进口。因此要注重补齐短板，大力培育海上风电研发设计，重点攻克装备制造、风电场开发、输电、海洋勘察等核心技术，重点突破海上风电机组、海底电缆、大型钢构、施工船舶等高端产品。另外，海上风电勘察咨询、检测认证、融资租赁、保险等专业服务业也应从现在起大力培育，扎牢基础，为海上风电装备制造打造专业、高效的服务团队，完善产业链条，加快促进广东海上风电产业规模化发展。

### 3.2 产业布局

成本学派理论的核心是以生产成本最低为准则来确定产业的最优区位。按照胡佛的最优成本分析，如果原料与市场之间有直达运输，则企业布局在交通线的起讫点最佳（终点区位论），否则港口或其他转运点是“最小运输成本区位”（转运点区位论）。成本-市场学派则建立了一般均衡理论，代表人物俄林的一般区位理论为，运输方便的区域由于

能吸引大量的资本和劳动力，并形成市场，可专门生产面向市场、规模经济优势明显和难于运输的产品；而运输不方便的地区则应专门生产易于运输、小规模生产就可获利的产品。而弗农在俄林理论的基础上提出了产业生命周期理论。他认为，处于创新期的产业属于技术密集型产业，一般布局于科研信息与市场信息集中、人才较多、配套设施齐全、销售渠道畅通的发达城市。处于成熟期的产业会从个别点向面上转移，出现波浪扩展效应。处于衰退期的产业经过长期生产，技术已定型，沦为劳动密集型产业，于是从经济较为发达地区向经济基础较为薄弱地区转移。根据以上主要理论，广东海上风电相关产业布局应如下：

海上风电整机、关键零部件、施工装备等制造业可布局在海上风电场附近且交通较为方便的区域，如阳江、湛江、汕头、汕尾等地的沿海地区。海上风电装备对技术要求较高，一旦投产形成的经济规模巨大，根据俄林的一般区位理论，应布局在交通方便的区域，便于形成市场规模。另外，由于海上风电装备多为精密仪器，且体积庞大、重量较重，不适宜长距离运输，根据胡佛的成本学派理论，应布局在离海上风电场距离最近的区域。因此，从技术和成本的要求上来讲，广东海上风电整机制造、关键零部件制造和施工装备制造等处于价值链顶端且对技术要求较高的产业，应布局在海上风电场附近，且交通相对便利的区域。海上风电的总投资中，整机、风塔、海底光缆等设备投资约为50%，按照目前海上风电平均开发投资造价14 000元/kW计算，2018~2020年面向整机制造商以及周边部件供应商如桩基、海底光缆等的海上风电市场近900亿元。海上风电普通零部件制造业可布局在内陆欠发达地区。由于海上风电普通零部件的制造技术不需要经常升级换代，对技术型人才的需要不高，属于劳动密集型产业；同时，普通零部件体积较小、易于运输。根据弗农的产业生命周期理论，普通零部件制造业可布局在内陆欠发达地区，保证生产成本相对较低，这也基本符合广东海上风电机组零配件采购格局。核心零部件和原材料是风电机组的关键部分，从零部件价值量的角度来看，叶片价值量极大，其成本约占风机总成本的22.2%，2018~2020年对应的市场空间约为130亿元。按

《中国风电发展路线图2050》规划,2020年、2030年、2050年应用碳纤维的风电机组市场份额预计将达到22.16%、35.45%、61.70%。海上风电施工和运维产业可布局在紧邻港口的区域,如粤东、粤西的大型综合性港口。海上风电施工离不开海上风电装备的运输,其目的地是海上风电场址,而海上风电的运维对象也是海上风电场。根据胡佛的转运点区位论,结合海上风电场在海上操作的特殊性,海上风电施工和运维产业可布局在海上风电场和海上风电装备制造之间,尤其以邻近港口的产业园区为佳,利用港口形态特点,降低海上风电物流成本,提高海上风电安装效率和维护水平。

海上风电专业服务业可布局在创新要素集聚、产业基础扎实的区域,如广州、深圳、中山等珠三角城市。海上风电专业服务涉及科技研发、勘察设计和咨询、检测认证、融资租赁和保险等一系列处于价值链高端的技术密集型产业。根据弗农的产业生命周期理论,处于创新期的技术密集型产业,一般应布局在科研信息与市场信息集中、高端人才密集、配套设施齐全、销售渠道畅通的发达城市。广深两地是全国创新高地,集聚了大量的创新要素,可将广州、深圳作为海上风电风险投资、保险等来源地,而中山是海上风电龙头企业明阳智能总部的所在地,也具备较强的海上风电研发实力。因此海上风电专业服务业可布局在广州、深圳和中山,并适当向其他珠三角发达地区延伸。

### 3.3 产业定位

将粤西打造成为海上风电高端装备制造基地。充分发挥广东先进装备制造业优势,依托阳江海上风电产业基地,大力推动海上风电机组装备、施工装备和特种装备等制造环节发展,推进海上风电装备制造高端化、智能化、绿色化发展,建设国际一流海上风电产业园区和百万千瓦级海上风电场,将粤西地区打造成国内领先的,具备大容量、高参数风机整机及配套设备制造、先进风电机组组装等功能的海上风电高端装备制造基地。

将粤东打造成为海上风电运维、科研及整机组装基地。以错位发展为原则,在粤东地区重点发展基于物联网、云计算和大数据分析的风电场智能化运维技术,培育海上风电场运行维护与管理专业团队,加快发展与风电运维相关的船舶与机械工具、

储能装备等,推动发展与运行维护及电网配售电有关的行业,大力发展整机组装,做好海上风电产业配套,打造粤东海上风电运维、科研及整机组装基地。

将珠三角打造成为海上风电科技创新研发基地。以广州、深圳、中山、香港、澳门等大湾区核心城市为依托,大力鼓励本土龙头企业会同相关科研院所、高校开展海上风电科技研发、成果孵化、监测检验等,加强产业发展关键核心技术攻关,建设珠三角海上风电科技创新研发基地,高起点筹划海上风电产业国家级科创中心、国家级海上风电实验检测中心等,打造中国海上风电产业科创服务基地。

### 3.4 发展路径与方向

根据产业发展理论,结合产业发展基础,广东海上风电产业发展的路径主要有两条:

#### 1) 以技术创新引领产业发展<sup>[9]</sup>

技术研发是海上风电价值链的高端环节,关系到海上风电产业链各环节的发展,企业掌握核心技术就等于拥有了市场话语权,因此海上技术研发至关重要。但现阶段广东海上风电技术研发整体实力较弱,与国际一流水平差距较大,许多技术都依赖进口,产业发展较为被动。因此企业一要集中力量进行技术攻关和自主研发,二要积极开展海上风电国际合作,以合资形式吸引国外知名企业到国内设厂,引进其高端技术和专业人才,积极学习借鉴外国经营模式。从海上风电装备技术进步、海洋生态环境保护、海上风电场开发降本增效等方面出发,近期要重点攻克海上风电场装备制造技术、深海风电场开发设计技术、长距离柔性直流输电技术、精准海洋勘察与实验技术、海上风电信息化技术、海上风电生态环境保护技术等核心关键技术。也要注重核心技术的成果转化和核心产品的研发,重点突破10兆瓦级及以上大容量海上风电机组、漂浮式海上风电机组及平台、高压柔性直流设备及平台、高压海缆、大型钢构、海上风电安装施工船舶、全生命周期整体方案解决、智慧海上风电场、智能运维服务、储能装备等核心高端产品。

#### 2) 以补链强链提升产业整体竞争力

产业链条完整有利于产业形成合力、做大规模。现阶段广东海上风电产业整体基础较弱,只有

在主机、叶片制造等装备制造业具备产业基础，在海上风电施工、运维和专业服务业方面均比较欠缺，产业链条不完整，需要针对有基础的环节“强链”，针对薄弱和缺失环节“补链”。要以广东海上风电装备制造骨干企业如明阳智能为龙头，加快形成以海上风电整机制造、电力设备制造和大型钢结构加工为中心的高端装备制造产业集群；以整机制造带动零部件制造业发展，带动一批海上风电制造业上下游企业做大做强。以海上风电装备制造的发展带动配套产业发展，推动海上风电施工安装加快发展，提前做好港口建设、码头规划、海上电网接入规划等方面的布局，适时引入和发展海上风电检测认证、融资租赁和保险以及整体解决方案等专业服务业，逐步形成较为完整的产业链条，摆脱关键环节对外的依赖度。

## 4 推进广东海上风电产业发展的政策建议

### 4.1 加强统筹协调力度

海上风电产业发展涉及多部门职能，要建立和完善海上风电开发建设专责协调小组，协调部队、海洋、海事、环保、航道、国土、电力等有关部门及相关市县工作，积极解决项目开发建设过程中的问题，大力推动海上风电产业发展规划的具体实施。相关部门要积极简化审批流程，探索建立海上风电产业发展项目一站式联审制度，切实提高项目审批效率<sup>[10]</sup>。

### 4.2 加强顶层规划设计和布局

进一步细化海上风电产业发展规划，以实现相关产业和技术的协调有序推进。适度引入市场竞争促进海上风电产业健康发展，在积极支持本地骨干风机制造企业做大做强的同时，选择1~2家技术水平较高、综合实力较强的国内外风机制造优势企业到广东投资建设风机制造和运营维护基地，且承诺在广东设立区域性总部和研发中心，实现产业发展的优势互补和差异竞争。研究设立海上构筑物相关法律法规，保障海上风电健康发展。

### 4.3 落实相关扶持政策

加强省级和市级财政资金对海上风电项目和产业发展的支持，充分利用现有财政专项资金，重点支持海上风电核心关键技术和核心高端产品研发，以及重大装备制造和示范项目建设等。建立广东海上

风电产业创投基金，有效引导社会资本进入产业发展相关重点领域和关键环节。进一步研究和落实可再生能源基金补贴政策。落实全额保障性收购制度，电网企业要全额收购符合并网技术标准的海上风电上网电量，确保规划内风电项目优先发电。

### 4.4 强化金融支撑作用

鼓励银行支持具有核心竞争力的海洋工程装备制造企业和海上风电运维服务商发展，积极发展服务海上风电的信托投资、股权投资、风险投资等投融资模式，鼓励金融机构创新金融产品。支持优质海上风电企业发行企业债、公司债、非金融企业债务融资工具，加大绿色债券在海上风电产业的推广与应用。加快培育海上风电保险业务，开发创新险种，为海上风电产业保驾护航。

### 4.5 完善服务体系

建立海上风电研究院，开展海上风电产业链、经济模型等研究。打造海上风电产学研基地，集聚力量突破近海风电场设计和建设成套关键技术。建立公共资源技术平台，建设近海海上试验风电场，为机组开发及优化提供试验场地和试验条件。建立公共资源数据共享平台，搭建海上风电大数据中心。完善产业标准体系，加强海上风电产业相关标准和规程的制定，推动建设检测认证和信息监测体系，加快制定海上风电并网技术标准。

### 4.6 完善人才队伍建设

积极培养海上风电产业专业技术人才，支持海上风电企业与高等院校、科研机构等联合办学，实施人才定向培养计划。积极引导海上风电企业创新人才机制，在开发建设实践中培养造就专业人才，打造产业发展的技术尖兵和实战团队。针对广东海上风电产业需重点攻克的核心关键技术和重点突破的核心高端产品，积极引进相关专业国内外尖端人才。

## 5 结论

海上风电作为一种新兴产业，也是广东省最具发展潜力的可再生能源，加快发展海上风电，是充分发挥我省海洋优势、培育新经济增长点的重要抓手之一，是推进我省能源生产和消费革命、构建安全高效能源体系的重要举措，对广东建设现代化经济体系、实现经济高质量发展有重要意义。广东省

海上风电优先发展什么环节,重点培育什么行业,政府都应该谨慎选择、要从多方位分析目前我省海上风电产业发展的形势和现状,科学的规划产业发展路径。培养涵盖装备制造、施工、运维、电网运行和专业服务完整的海上风电产业链体系。以科技创新抢占技术高地,高质量的产品与技术是产业链的最终输出形式,以目标为导向提出海上风电产业发展需要重点攻克的核心关键技术和重点突破的核心高端产品,为产业链创新发展指明方向。按照各地优势,做好产业布局,实现产业集聚发展、形成规模,打造成为我省新的经济增长点,推动我省海洋经济高质量发展。

#### 参考文献:

- [1] 毕亚雄,赵生校,孙强,等. 海上风电发展研究[M]. 北京:中国水利水电出版社,2017.  
BI Y X, ZHAO S X, SUN Q, et al. Research on offshore wind power development [M]. Beijing: China Water Power Press, 2017.
- [2] 广东省发展和改革委员会. 广东省能源发展“十三五”规划(2016—2020) [EB/OL]. (2018-07-06) [2019-10-23]. <http://drc.gd.gov.cn/attachments/2019/01/09/6707534c42f968bd40ddb4b41c3c5565.pdf>.  
Guangdong Provincial Development and Reform Commission. 13th five-year plan for Guangdong energy development(2016—2020) [EB/OL]. (2018-07-06) [2019-10-23]. <http://drc.gd.gov.cn/attachments/2019/01/09/6707534c42f968bd40ddb4b41c3c5565.pdf>.
- [3] 国家能源局. 风电发展“十三五”规划 [EB/OL]. (2016-11-29) [2019-10-23]. [http://www.nea.gov.cn/2016-11/29/c\\_135867633.htm](http://www.nea.gov.cn/2016-11/29/c_135867633.htm).  
National Energy Administration. 13th five-year plan for wind power development. (2016-11-29) [2019-10-23]. [http://www.nea.gov.cn/2016-11/29/c\\_135867633.htm](http://www.nea.gov.cn/2016-11/29/c_135867633.htm).
- [4] 广东省发展和改革委员会. 广东省海上风电发展规划(2017—2030年)(修编) [EB/OL]. (2018-04-23) [2019-10-23]. [http://drc.gd.gov.cn/ywtz/content/post\\_833760.html](http://drc.gd.gov.cn/ywtz/content/post_833760.html).  
Guangdong Provincial Development and Reform Commission. Guangdong offshore wind power development plan (2017—2030) (Revision) [EB/OL]. (2018-04-23) [2019-10-23]. [http://drc.gd.gov.cn/ywtz/content/post\\_833760.html](http://drc.gd.gov.cn/ywtz/content/post_833760.html).
- [5] 郭越,王占坤. 中欧海上风电产业发展比较[J]. 中外能源, 2011, 16(3): 26-30.  
GUO Y, WANG Z K. An development comparison between China and Europe offshore wind power industry [J]. Sino-Global Energy, 2011, 16(3): 26-30.
- [6] 黄超,段晓峰,朱凌,等. 广东省海上风电产业发展形势分析[J]. 海洋经济, 2018, 8(6): 13-19.  
HUANG C, DUAN X F, ZHU L, et al. An analysis of Guangdong offshore wind power industry development [J]. Marine Economy, 2018, 8(6): 13-19.
- [7] 林香红,高健,刘彬,等. 全球海上风电产业发展现状及对我国的启示[J]. 生态经济, 2014, 30(10): 82-86.  
LIN X H, GAO J, LIU B, et al. The development of global offshore wind power industry and its enlightenment to China [J]. Ecological Economy, 2014, 30(10): 82-86.
- [8] 苏东水. 产业经济学[M]. 北京:高等教育出版社, 2005.  
SU D S. Industrial economics [M]. Beijing: Higher Education Press, 2005.
- [9] 曾乐民,廖晓东. 全球视角下广东省风能产业核心技术发展路径研究[J]. 能源研究与管理, 2013(1): 6-10+91.  
ZENG L M, LIAO X D. Research on the development path of core technologies in Guangdong wind energy industry from a global perspective [J]. Energy Research and Management, 2013(1): 6-10+91.
- [10] 周冰,王晴勤,郭经韬,等. 广东省海上风电开发及产业布局研究[R]. 广州:中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 2018.  
ZHOU B, WANG Q Q, GUO J T, et al. Research on Guangdong offshore wind power development and industrial layout [R]. Guangzhou: China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd, 2018.

#### 作者简介:



郑钊颖

郑钊颖(通信作者)

1983-, 男, 湖南邵阳人, 高级工程师, 硕士, 主要从事发电工程数字化设计、项目管理、广东省海上风电大数据技术研究等工作(e-mail) zhengzhaoying@gedi.com.cn。

#### 冯奕敏

1977-, 男, 广东阳江人, 高级工程师, 学士, 从事海上风电勘察设计和项目管理工作10年。主持完成了海上风电项目前期研究9项, 勘察设计阶段4项, 投产项目2项。在广东海上风电领域具有丰富的勘察设计和项目管理经验(e-mail) fengyimin@gedi.com.cn。

(责任编辑 李辉)