

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.02.003

# 海上风电施工窗口期对施工的重要性

## Importance of Window Phase for Offshore Wind Power Construction

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司 刘晋超

中图分类号: TK89; TM614 文献标志码: A 文章编号: 2095-8676(2019)02-0016-03



风能是一种清洁可再生的清洁能源,海上风电已经成为全球可再生能源发展的重要方向,我国正在持续大规模发展海上风电项目。与陆地风电相比,海上风电面临着技术、施工、管理等方面的多重挑战,由于海上施工作业环境特殊,施工窗口期短,且海上风电施工存在很多的连续施工作业,是一项难度大、时间紧、任务重的艰巨工程,因此施工的窗口期对海上风电施工管理极为重要。

海上风电施工内容主要包括风机基础施工、风机安装施工、海缆敷设施工、海上升压站施工等,各项施工内容涉及到不同类型的施工船舶和设备。不同施工船舶的浮性、稳性及耐波性等性能各不相同,船舶的抗风能力、工作工况等各有差别,因此海上风电的施工和海洋气候情况直接相关。

影响海上风电施工自然因素主要有潮位、风、波浪、海流、雨、雾、雷暴和台风等,其中潮位和海流等属于较为稳定的影响因素,规律相对易于掌握;雨、雾、雷暴和台风等因素属于短期影响因素,可预报性也相对较强;可影响海上风电施工最大的因素是强风和波浪,且强风往往伴随着强风浪。

海上风电施工受到海洋气候的影响大,合理利用施工的窗口期对降低施工风险、提高施工效率、节约施工成本有着重要的意义。本文将结合“广东粤电湛江外罗海上风电项目”施工管理过程中的相关情况,阐明把握好海上风电施工窗口期对施工的重要性。

### 1 外罗海上风电场

外罗海上风电场距离外罗陆岸约 15 km,用海面积 28 km<sup>2</sup>,水深范围是 2~11 m。风电场计划安装 36 台单机容量为 5.5 MW 海上风力发电机组,基础采用大直径单桩基础,总装机容量为 198 MW,工程配套建设 1 座 220 kV 海上升压站和 1 座陆上集控中心。海上升压站下部采用四桩导管架基础,上部为整体式结构;36 台风机共分 8 组 35 kV 进线接入 220 kV 海上升压站,升压后通过 1 回 220 kV 海底电缆接入陆上集控中心。

项目的单桩基础和海上升压站的制造基地位于江苏南通,建造完成后由海路运输至工程海域,全程约 1 000 n mile,耗时 6~9 d;风电机组的主机和轮毂在广东珠海生产,海路运至工程海域约 300 n mile,耗时约 2 d;叶片在广东阳江生产,海路运输至工程海域约 200 n mile,耗时约 1.5 d;塔筒在广州南沙生产,海路运至施工海域约 350 n mile,耗时约 2 d。

### 2 海洋水文气象

#### 2.1 风况

收集工程海域测风塔每 10 min 间隔、历时 1 周

收稿日期: 2019-01-16 修回日期: 2019-05-24

基金项目: 中国能建广东院科技项目“海上风电场风机塔基础优化选择”(EX01711W)

作者简介: 1984-, 男, 宁夏吴忠人, 高级工程师, 硕士, 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司湛江外罗海上风电项目 EPC 总承包工程项目经理, 主要从事海上风电项目建设管理和海洋工程结构研究工作 (e-mail) liujinchao@gedi.com.cn。

年的原始观测资料进行分析,表明:测风塔测风年的年内变化较大,10月至翌年4月的风速相对较大,5~9月风速较小。以90 m高度为例,各月风速年内变化范围为5.38~9.92 m/s,风功率密度为137~834 W/m<sup>2</sup>;观测年份10月平均风速最大,该月平均风速是年平均风速的1.26倍;9月平均风速最小,该月平均风速是年平均风速的0.68倍。

## 2.2 波浪

风电场所处海域面向开阔的南中国海,全年的波浪以风浪为主,年风浪频率达90%,受季风的影响,最多风浪向为ENE和E,频率分别为22%和17%。5月和8月为偏SE向,10月至次年3月为ENE向,4月和9月则为E向受热带风暴的影响,往往出现巨大的波浪。

根据工程海域附近的海洋站20年的实测波浪资料统计,年平均波高 $H_{1/10}=0.9$  m,平均波高的年变化受季风影响,5月和8月的平均波高较小,为0.7~0.8 m,10月至次年3月的平均波高较大,为1.0~1.2 m,平均波高11月最大为1.2 m。年最大波高一般出现于热带气旋影响较多的月份,以10月居多,占30%,7月至9月次之,占15%~20%。

## 2.3 雷暴

徐闻县是我国三大雷害区之一,根据徐闻气象站1957~2009年的统计成果,年平均雷暴日数93 d。雷暴最多的1973年,雷暴日数多达120 d。

## 2.4 台风

湛江位于西北太平洋和南海的西北部,受热带气旋影响较为严重,根据中央气象局出版的1975~2004年的《热带气旋年鉴》资料进行分析,近30年来对湛江地区有严重影响的台风共有22例,均在雷州半岛附近沿海登陆,伴随狂风暴雨的袭击,有些引起风暴潮增水,给湛江地区带来严重的灾害。据多年资料统计,年平均有3.7个热带风暴或台风影响湛江地区。

## 2.5 海流

工程区全潮平均流速在0.6~0.8 m/s之间,最大流速大多在0.8~1.5 m/s之间。

## 2.6 暴雨

湛江地区每年日降雨量大于50 mm暴雨日数平均有8 d,日降雨量大于25 mm暴雨日数平均有19 d。

## 2.7 雾天

据湛江气象站1982—2007年统计,湛江地区雾日较多,平均各月都有轻雾出现,全年雾日数平均为118 d,其中轻雾98 d,浓雾20 d。每年12月至翌年4月为雾季。其中3月份雾日最多,轻雾有16 d,浓雾有7 d。

## 3 海洋水文气候条件对施工的影响

根据历史数据分析,工程海域雷暴天气均为短时间雷暴,不影响连续施工,对施工总工期产生的影响有限;当海流流速大于2 m/s时,则对船舶定位影响较大,本工程暂不考虑海流对施工的影响;工程海域年暴雨天数较少,暂不考虑暴雨对各个月份的影响,对总施工工期的影响有限。

施工窗口期对施工的影响,主要体现在大雾、风况和波浪3个方面,以下将结合海上风电施工各个内容对上述3个方面的条件对海上风电施工的影响进行分析。

### 3.1 单桩基础和海上升压站基础施工

#### 3.1.1 单桩和海上升压站基础运输

单桩和海上升压站基础运输过程遇到台风或大雾天气情况下运输船舶需要进港避风或暂停运输。

#### 3.1.2 单桩和海上升压站基础施工

在风力大于等于六级或者大雾天气的情况下,应停止单桩基础和海上升压站基础相关的吊装作业。

在浪高高于1.5 m的情况下运输船无法靠驳施工船只。浪高高于1.8 m的情况下,该项目的施工船只(顺—1600)无法进行浮态的施工作业。

在雷暴天气情况下,需临时暂停所有施工作业。台风影响情况下需提前回港避风。

单桩施工时,当单桩起吊后,需要在1个窗口期内连续施工至完成,中途无法停工。

### 3.2 塔筒风机安装施工

在风力大于等于六级或者大雾天气的情况下,严禁一切的吊装施工作业。

塔筒吊装要求风速小于12 m/s;叶片吊装要求风速小于8 m/s;叶轮吊装要求风速小于10 m/s;机舱吊装要求风速小于10 m/s。

在塔筒和风机的整个施工过程中,运输船只的靠驳需要浪高小于1.5 m。

在雷暴天气下需要暂停相关施工作业。台风影

响情况下需提前回港避风。

### 3.3 海缆施工

在风力大于等于六级或者大雾天气的情况下,停止海缆的敷设施工作业。

## 4 施工窗口期的要求

### 4.1 单桩基础和海上升压站基础

1) 单桩基础运输为6~9 d,在运输过程中遇到台风等恶劣天气需要进港避风,此时,运输过程会延长至12 d左右。

2) 单桩沉桩施工过程中,如果船机浮态施工,则需要满足浪高小于1.5 m,风况不超过五级的情况下,从船机定位至单桩沉桩结束,共需要3 d;若海况在连续4 d内无法保证船机浮态施工,在风速可施工的条件下,采用坐底施工,坐底过程耗时约1 d,单根桩沉桩共需要4 d。

3) 海上升压站施工过程中,为确保运输船顺利靠驳起重船,需满足浪高低于1.5 m,风况不超过五级;基础导管架定位对精度要求更高,需要短时间内满足浪高需小于0.8 m方可进行施工;整个导管架定位共需要1 d;后续进行四根钢管桩的插打,对于浪高的要求可放松至2.0 m,但是风况仍需满足不大于五级,整个沉桩施工过程共需约5 d。

### 4.2 风电机组安装

1) 塔筒和叶轮的安装涉及到风机各部件运输船的靠驳,浪高均需小于1.5 m。各工序对于平均风速的要求如下:塔筒吊装时风速 $\leq 12$  m/s;机舱吊装时风速 $\leq 10$  m/s;叶轮吊装时风速 $\leq 10$  m/s。该项目采用的是将轮毂和叶片组装成叶轮后整体吊装。

2) 塔筒和风机吊装过程中,塔筒共分为4段,塔筒吊装耗时约1 d,机舱吊装耗时1 d,叶轮组装和吊装耗时1.5 d。

3) 在塔筒吊装过程中,前3节塔筒可以根据天气状况间断性施工,但是第4节塔筒和机舱需要连续施工。在机舱安装完成后,叶轮的吊装可以根据天气状况吊装,可不用连续施工。

### 4.3 海缆敷设施工

海缆敷设的施工过程中,当海况不满足连续施工要求时,船舶可以就地锚泊,但整个施工工程中应避免出现台风等极端恶劣天气。整个220 kV海缆敷设共需7 d,35 kV每个分段耗时1~2 d,每条支路共需7 d,且可不连续施工。

## 5 各工序的施工窗口期分析

结合历史数据,以月度为单位分别对满足各种施工条件的施工窗口期天数进行分析。

各项可利用的施工窗口期的界定如下:

风机基础和海上升压站基础:连续4 d及以上满足风况不大于五级且浪高不高于1.5 m。

塔筒安装:连续2 d及以上满足风力不大于五级且浪高不高于1.5 m。

叶轮安装:连续2 d及以上满足风力不大于四级且浪高不高于1.5 m。

海缆施工:风力不高于五级、浪高不高于1.5 m且能见度大于1 000 m。

根据2015—2017年广东省气象广东沿海海洋天气预报历史数据中的琼州海峡海洋气象,结合各项施工船机设备对于海况,尤其是风况和浪高两个关键因素的要求,得出工程海域施工窗口期的特点如下:

1) 可利用的施工窗口期主要集中在每年的5~9月,其中风机基础施工时间平均达到25 d左右,塔筒和叶轮吊装则接近30 d,海缆施工接近30 d。

2) 5~9月影响施工的主要原因为台风等极端恶劣海况,对每次台风过境,对施工影响天数约为7 d。

3) 利用5~9月的窗口期,将风机基础施工、风电机组安装等工序形成流水作业,月平均需完成6~7台风机的各项施工。

为了更好地利用施工窗口期,需要在项目开工前做好各项准备工作,确保施工所需船机设备、物资材料的供应满足现场施工的要求,协调好设备和供货,以保证相关施工作业在最快的时间内完成。充分利用好施工窗口期,将大大加快项目的建设进度,节约时间成本、降低工程风险、降低经济成本、提早产生效益。

## 6 结论

做好工程海域的海洋气象的收集、分析和预测,掌握施工海洋气象的规律,可以有效克服复杂多变的海洋气象条件带来的对施工安全、质量和进度的不利影响。通过对项目海洋气象数据进行分析,得出海上风电施工的最优的施工时间段,并以此为核心整体规划项目的进度计划,有利于项目安全、高效、高质量推进。

(责任编辑 李辉)