

船舶载运海上风电大型构件问题与对策

黄友超

(阳江海事局, 广东 阳江 529500)

摘要: 建设海上风电是贯彻落实习近平总书记“双碳”目标要求的重要举措。船舶载运海上风电大型构件安全不仅是海上风电顺利建设的重要组成部分,也是涉及到海上运输船舶及人身安全,还是海事实施船舶监督管理的重点。本文旨在针对海上风电大型构件运输的现状,分析当前阳江海上风电大型构件运输中船舶载运存在的问题,提出了加强运载风险识别管理、完善交底制度、编制专门系固方案、组织专家评估等措施,为船舶载运海上风电大型构件提供借鉴和指导。

关键词: 海上风电; 大型构件; 船舶运载风险; 措施

中图分类号: U692 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 12—0041—04

习近平总书记要求,“如期实现 2030 年前碳达峰,2060 年前碳中和的目标”。在实现“双碳”目标的大背景下,我国大力发展海上风电项目。2019 年,我国海上风电新增装机量占全球的 40%,位居世界第一,累计装机容量占全球的 23%,位居世界第三。我国在江苏、福建和广东已规模化发展海上风电。截至 2021 年 6 月,全国海上风电新增并网装机 214.6 万千瓦,同比增长 102.45%,新增的风电装机主要分布在江苏和广东。在此背景下,风电企业今年上半年交出了一份优异的成绩单。根据权威数据测算,至 2030 年,我国预计新增 52 吉瓦的海上风电装机,将成为世界海上风电累

计装机容量最大的国家。

海上风电施工进度受到海上风电大型构件运输船的严重影响,尤其是在 2021 年。2021 年是国内海上风电国家补贴的最后一年,海上风电业主单位为了赶上“末班车”获得国家补贴,国内海上风电建设随之进入“抢装潮”。截至 2021 年 8 月 30 日,共计有 43 个海上风电项目建设动态,涉及并网、风机吊装、基础沉桩等,装机规模近 15GW (14862.45MW)。在今年最后 3 个月的冲刺窗口期,海上风电建设的紧张程度可见一斑。为此,需要大量的风机构件运输船舶满足海上风电安装的需求。这导致了专用的风机运输船舶极度紧张,越来

本项目航道水域存在渔船、快艇、港作拖轮等活动,施工过程应加强警戒,加强施工船舶的管理;泥驳进出施工水域应统一调度,不超载;与过往的船舶加强沟通、联络,加强瞭望,正确使用号灯、号型,文明行船。

3.5 对船舶驾驶操作的影响

本方案新建航道段与现状航道之间的转向角为 26°,转弯半径考虑 3 倍 5 万吨级油船船长,符合规范取值要求。

扩建航道走向与东联作业区船舶进出港习惯航路基本一致,施工期间主要增加了船舶交通流量,通过提前避让等落实安全保障措施,对船舶驾驶操作影响小。

4 结语

本工程的施工虽然对附近水域船舶的通航安全产生一定的影响,但施工前通过向海事主管部门申请办理水上水下活动许可,申请划定施工作业水域,加强施工

船舶管理及警戒,制定船舶避让计划和避让方案,制定水上交通事故应急预案并认真落实,则本项目的施工对东联作业区船舶正常进出港及过往船舶的通航安全产生的影响总体可控。

工程建设完工后大大提高了航道通过能力。本工程建设不会对相邻航道和锚地、相邻涉水设施、通航安全监管设施造成不良影响。

参考文献:

[1] 中交水运规划设计院有限公司,中交第一航务工程勘察设计院有限公司.JTS 165—2013:海港总体设计规范[S].北京:人民交通出版社,2014.

[2] 长江航道规划设计研究院,中交天津港航勘察设计院有限公司.JTS 181—2016:航道工程设计规范(附条文说明)[S].北京:人民交通出版社,2017.

越多的施工单位采用 3000~5000 吨级的驳船和散货船来运输海上风电大型构件。这些中小型船舶一次运输 2~3 根基础管桩或 1 套风机设备。海上风电大型构件无论从尺度还是从重量上都属于重大件货物。由于这类运输船尺度小、稳性差,在装载大型海上风电大型构件后,若采取的绑扎系固措施不当,受到海上风浪作用下,容易发生船舶倾覆、风机设备入海等事故。为了加强海上风电大型构件运输船的管理,确保海上运输船舶安全,需要深入查找海上风电大型构件运输存在的问题并提出相应解决措施。

1 阳江海上风电大型构件运输的现状

阳江海上风电场规划装机容量为 1000 万千瓦,划用海域面积为 1600 平方公里,规划风机数 1800 台,是全国最大的连片海上风电场。目前阳江海上正在建设装机容量为 350 万千瓦,装机 564 台。

阳江地处广东风电场规划中湛江、珠海风电场之间。为了提升风电场建设速度,风电施工单位采用标准运输船将风电大型构件从南通、福州、青岛等地运至阳江港码头,然后采用非标准运输船运送海上风电大型构件至湛江、阳江和珠海等风电场;此外,阳江海上风电设备制造基地制造的海上风电大型构建也通过非标准运输船运往湛江、阳江和珠海。预计采用非标准运输船舶从阳江海上出运风机基础管桩约 337 根,塔筒 1980 节,主机 600 台,叶片 1800 片,四桩导管架 60 个,主要运往阳江、湛江、珠海等海上风电场。

1.1 海上风电大型构件的现状

目前阳江风电场中海上风机通常为 8.63MW 和 6.45MW 的两种。每台海上风机由风机基础、塔筒、主机和叶片等构成。每台风机基础一般由 1~6 根基础管桩组成,长度为 67~105 米,直径一般为 6~9 米,重量为 270~1300 吨;塔筒由 3~4 节组成,直径为 5.0~7.5 米,每节重为 84~213 吨;主机呈不规则形状(10.4×5.9×9.5 米),重约为 370 吨;每台风机包含 3 片叶片,成不规则形状(83.6×Φ×7.58×5.53),重约 47 吨;四桩导管架 70 米高,重约 1400 吨。具体详见表 1。

表 1 海上风电大型构件参数

编号	构件名称	尺寸(长宽高)	重量	备注
1	基础管桩	6m×6m×67m	270t	
2	四桩导管架	20m×20m×70m	1400t	
3	第 1 节塔筒	7m×7m×16.2m	176t	
4	第 2 节塔筒	7m×7m×21.2m	120t	
5	第 3 节塔筒	7m×5.5m×24.6m	110t	
6	第 4 节塔筒	5.5m×4.2m×24.6m	90t	
7	主机	10.05m×6m×16.6m	280t	
8	叶片	83.6m×7.58m×5.53m	33t	

风机的越大装机容量,其构件越大,即使是较小的 6.45MW 的风机基础、塔筒、主机和叶片其重量、长度、宽度和高度都超过了国际和我国关于重大件货物的标准。海上风电大型构件的尺度、重量如表 1 所示。

国际标准中单件质量超过 40t 为重件,长度超过 12m 为超长件,高度或宽度超过 3m 为超高或超宽件,只要满足任何一条均认为是重大件。我国港航标准中国际航线上单件质量超过 5t 为重件,长度超过 9m 为重大件;沿海运输中单件质量超过 3t 为重件,长度超过 12m 为重大件。

因此,无论从国内还是国际标准衡量,海上风电大型构件均属于重大件货物,其运输需考虑稳性计算以及货物移动等影响。

1.2 风电大型构件运输船舶的现状

从阳江港出运的风电大型构件运输船舶一般为非标准的海上风电运输船,通常为甲板驳船和散货船。这类船舶运输风电大型构件具有各自的特点。甲板驳船运输海上风电大型构件实例见图 1 和图 2。

(1) 甲板驳运输构件特点。甲板驳船不设货舱,货物全堆装在甲板上的驳船。其甲板骨架较强,下设支柱,桁材等构件。在甲板四周一般设有挡货围板。风电大型构件系露天堆放在甲板上,装卸方便,甲板面宽阔适宜运送大型构件,但甲板驳船重心较高、稳性较差、视野受限。驳船甲板上无系固绑扎使用的地令和眼环。



图 1 甲板驳船运输海上风电大型构件(导管架)实例

(2) 散货船舶运输构件特点。散货船存在多个货舱,通常在货舱内装载风电大型构件,重心低使得船舶稳性较好,但是舱底局部强度相对较弱,容易导致舱底结构损坏;另外,货舱内无专用系固点,不容易对大型构件进行绑扎,大风浪条件下,容易导致构件移动。

目前,海上风电场抢装正处于冲刺窗口期,运输船舶也逐步挑战运输极限,一次装载整台风机大型构件,甚至出现过单次装载 9 个叶片,每层 3 片堆码 3 层。但是上述非标准的风电运输船舶,仅仅通过简单的系固绑扎方式,并未经过专业稳性和强度校核,因此运输途中存在巨大安全风险。自阳江海上风电场开始建设以来,已经发生了因受风浪影响而导致风机叶片掉落下海的事

故。

本文重点分析目前甲板驳船和散货船等非标准风电运输船运输海上风电大型构件的装载系固问题，并提出有关对策措施。

2 存在问题

针对上述船舶载运海上风电大型构件的上述现状，着重分析当前甲板驳船和散货船等非标准风电运输船载运海上风电大型构件的装载系固存在载运风险识别不足、船载绑扎系固不规范等问题。

2.1 运载风险识别不足

海上风电设备生产制造厂家、海上风电大型构件装载单位、承运人（船舶）等对船舶载运海上风电大型构件的风险识别不足。

一是未识别驾驶室视线受阻的风险。在现实甲板驳船装载过程中，直立装载4节塔筒及一台主机或者横载2个导管架；但塔筒高度达到20多米，在甲板面上直立堆码，底部再加上衬垫厚度，会严重阻挡驾驶台的视线，但船长却不以为然，未充分认识到安全风险。

二是未识别海上风机大型构件对船舶甲板的局部受力影响。200余吨重的风机塔筒壁厚一般2~3cm，即其重量完全由5.0~7.5×0.02米的甲板面的来承载，这将导致局部压强过大，引起甲板变形甚至断裂。

三是未识别风电大型构件信息对安全的影响。在装配过程中，码头方与船舶之间未进行有效的沟通，码头方不熟悉船舶甲板或货舱的布置及受力强度，船方也未充分掌握海上风电大型构件的具体参数，从而盲目进行装载。

四是未识别恶劣海况对海上风电大型构件运输船舶的安全威胁。海上风电大型构件运输船舶在重载情况下，重心较高、受风面积较大，受风浪影响较大，但其仍然会在7级风力环境下开航，其安全受到严重威胁。

2.2 船载绑扎系固不规范

从现场检查发现，码头和船方均未对装载的海上风电大型构件进行科学有效的绑扎系固，而是简单地采用集装箱、水泥块、钢架、木块等进行垫衬，然后再用钢丝绳进行斜拉固定。整个绑扎系固中，都没有对作为垫衬使用的集装箱、水泥、钢架、木头进行牢固固定。运输船舶受风浪影响的情况，集装箱、水泥、钢架、木头会产生移动，进而导致海上风电大型构件移动而最终掉落入海。

在施工窗口期，5000吨级海上风电运输船舶，在

未进行稳性计算的情况下，一次性载运一整台海上风电机组，即装载4节塔筒、一台主机、3片叶片，甚至每次装载9片叶片（每层3片），而没有使用专门经过核算的工装设备进行牢固固定，掉落入海的风险较大。



图2 海上风电大型构件绑扎实例

2.3 专业装载技术不足

一方面，码头方和海上风电装载单位装载海上风电大型构件的专业能力不足。该海上风电大型构件装载单位是由海上风电大型构件生产制造商聘请的重大件物流公司，主要负责将海上风电大型构件从阳江海上风电生产基地或专门堆场运载至码头吊装上船。这样的装载公司对岸基运输具备相关的专业能力，但是不掌握船舶载运海上风电大型构件的相关知识，特别是不熟悉船舶积载、稳性等方面的知识。码头方因为缺乏专业技术人才进行积载、系固和绑扎，而仅将码头租赁给该重大件物流公司，自身不负责吊装。

另一方面，海上风电大型构件运输船舶的船长、大副及相关船员不熟悉风电大型构件的稳性和强度核算方面的相关知识，无法提出相关可行性方案，也就对装载现状没有异议。

2.4 缺乏专业装载方案

海上风电大型构件的装载单位、承运人（船舶）均没有编制相应的装载方案或者操作规程来指导相关人员进行安全载运。相关装载作业人员仅仅凭借岸基的知识、经验或者感觉进行海上风电大型构件的装载。针对不同的构件数量和尺度、不同的运输船舶、不同结构和强度的甲板或舱底强度、不同的平面布置和不同的系固点，其装载方案应该都不同。但是重大件物流公司和船舶仅对装载的大型风电大型构件进行简单的点焊和使用钢丝绳斜拉，根本不考虑船舶稳性、船舶局部强度、驾驶视野以及点焊和斜拉的强度等，装载方案完全缺乏科学依据，存在巨大的安全风险。

3 对策措施

针对船舶载运海上风电大型构件存在的上述问题,提出了加强海上风电大型构件载运的风险管理、建立交底机制、制定专业装载方案、组织专家会商指导等措施,以确保船舶载运海上风电大型构件的安全。

3.1 加强风险管理

海上风电大型构件制造单位、装载单位、承运人(船舶)应当联合建立风险管理体系,制定船舶载运海上风电大型构件的风险辨识、评估、管控及其监督管理制度,编制《船舶载运海上风电大型构件风险辨识手册》,明确船舶载运海上风电大型构件的风险辨识范围、方式和程序,全面辨识出海上风电大型构件的码头装卸、积载配载、绑扎系固、安全航行、航行视野、信息共享、技术交底等各个环节存在的风险,并建立相应的管控措施,确保船舶载运海上风电大型构件的安全。

3.2 建立交底机制

建立船舶载运海上风电大型构件的交底机制和信息共享机制,确保在载运海上风电大型构件之前,承运船舶与装载单位进行全面彻底的交流沟通,确保船长、大副充分掌握海上风电大型构件的具体参数,如重量、重心、尺寸等;确保船舶采取必要措施,如积载位置、垫木摆放、绑扎衬垫、加固系固,以及计划压载水排放数量及顺序等;避免装载前沟通不清、方案不明,导致安全措施无法落实等。

3.3 制定专业装载方案

组织专业人员编制为每一艘海上风电运输船舶编制《专船载运方案》,该装载方案要做到:

(1) 要明确海上风电运输船的货舱、甲板平面布置和局部强度,并配置足够有效的地令、眼环和底座等系固装置。

(2) 根据风机基础管桩、塔筒、主机、叶片等的单独装载、混合装载及其装载不同数量的各种装载方式,编制不同的《专船载运方案》,重点明确装载顺序、装载位置、绑扎系固、焊接等要求。比如,单船装3节塔筒、3片叶片,1台主机、3根基础管桩和一个导管架,显然导管架和主机较重并且体积大,要先配载,然后在考虑基础管桩、塔筒,最后才是风机叶片。

(3) 《专船载运方案》应当包括按照《编制货物系固手册导则》的要求编制的海上风电大型构件货物系固方案,航行中对绑扎、系固情况进行检查要求及措施,如发现系固有松动异常,应及时采取紧固措施防止海上风电大型构件移动,如果有可能可以开发专门的系固软件系统^[4]。

(4) 《专船载运方案》应根据所装载重大件的尺寸、风力大小和受风面积等情况进行计算所需锚泊力等;还应充分考虑驾驶视野、航线海况、气象条件和船舶性能,禁止冒险航行。

(5) 船舶载运海上风电大型构件对系固要求很高,因此,应当聘请船舶检验机构、有关行业的专家对《专船载运方案》进行评估和校核。不得使用未经核算的装载方案^[5]。

3.4 组织专家会商指导

聘请航海院校教授、高级船长或港口船长等船舶载运海上风电大型构件运输方面的专家进行会商指导。从而充分发挥专家的专业优势,弥补船方、装载单位和码头各方专业技术的不足。会商指导内容包括但不限于以下内容:

一是组织专家开展船舶载运海上风电大型构件的全流程风险辨识、评估,并提出相关指导意见;二是组织专家对船舶载运海上风电大型构件的装载单位、承运人(船长、大副)及码头方等相关人员开展积载配载、船舶稳性、绑扎系固等方面专业培训,切实提高管理能力和操作能力;三是组织专家对已制定的操作规程、装载方案,结合具体运输船型、航线和天气海况进行会商评审,并提出优化建议,降低载运安全风险。

4 结语

在海上风电运输管理中加强运载风险识别管理,通过采取完善交底制度、编制专门系固方案、组织专家评估等措施,能极大地提升船舶载运海上风电大型构件运输的安全性。

参考文献:

- [1] 叶申. 国际工程项目重大件货物海上运输风险评估研究[D]. 北京:北京师范大学, 2016.
- [2] 刘向冬,丁超. 重大件货物立式运输系固设计[J]. 船舶设计通讯, 2018(1): 12-17.
- [3] 李子强,杜利娥. 重大件货物水上安全运输措施探讨[J]. 武汉船舶职业技术学院学报, 2009, 8(002):22-25.
- [4] 崔鹤怀,程子璇,刘兴望. 船舶重大件货物绑扎系固和校核系统研究[J]. 青岛远洋船员职业学院学报, 2019, 040(004):6-9.
- [5] 王兆麒. 驳运重大件货物系固绑扎方案安全校核方法研究[D]. 大连理工大学, 2016.