

某海上风电场风电机组运输方案设计研究

凌佳楠¹, 顾彦梁²

(1. 上海勘测设计研究院有限公司, 上海 200335; 2. 三峡新能源盐城大丰有限公司, 江苏 盐城 224100)

摘要: 海上风电机组属于超重、超长部件, 如何合理地设计机组的运输方案是海上风电场建设中的重要内容。在风电机组的运输中, 必须根据风电机组的形式、尺寸、重量等多方面因素, 配置合理的运输工具, 选择合理的运输路线^[1], 以保证风电机组顺利运送到指定地点。本文以江苏省某海上风电场项目为例, 分析了该项目风电机组运输中的工具配备, 绑扎要求, 路线选择, 为后续相关风电机组的运输方案设计提供参考。

关键词: 海上风电; 风电机组; 海上运输

中图分类号: TM614 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0088—03

十四五规划要求大力发展新能源等战略性新兴产业, 而风电的发展尤其是海上风电迎来快速发展^[2], 风电机组的生产需求日益上涨。而风电机组都属于超重、超长部件, 设计合理的运输方案也显得尤为重要。本文以江苏某海上风电场项目为例, 对风电机组运输方案做了相关设计研究。

1 项目概况

本项目海上风电场位于江苏省某海域, 场址水深在 7.5—20.9 米之间, 拟安装 38 台单机容量为 4.5MW 的海上风力发电机组, 风电机组各部件相关参数如表 1 所示。

表 1 风电机组各部件相关参数表

部件	长×宽×高 (mm)	运输重量 (t)	制作地
机舱	10146×4460×4168	45.8 (含工装)	大丰工厂
叶轮	5339×4709×4170	43.13 (含工装)	大丰工厂
发电机	5660×5498×3486	103.5 (含工装)	大丰工厂
叶片	76293×4945×3400	27.6 (单支)	阜宁工厂

2 风电机组运输原则

(1) 机组所有部件要求运输到海上机位点, 由施工方开始按照供货方要求, 负责接货和卸货转驳、机组除湿、海上机组吊装与接线。

(2) 海上机组陆上运输, 需要考虑风电场区域码头情况以及码头附近的堆场规划根据施工作业码头选取情况, 考虑运输方案的合理性、运输物资和设备运输的可靠性、经济性、运输安全性。

(3) 机舱、发电机、轮毂及叶片由于高度和宽度严重超限, 运输方案在考虑运输可通过性的同时考虑运输成本最小化, 同时部件出厂姿态应尽量考虑便于转接驳吊装, 以保证吊装效率, 运输技术方案应考虑到市场上供需紧张的重型装备资源, 选取装备资源可控的运输技术及方案。

3 风电机组陆上运输

3.1 陆上运输工具配备

陆上运输工具主要以平板车为主, 一般一辆平板车运输一个大部件 (叶片一般运输一套, 即 3 支), 根据风电机组各部件尺寸要求, 计算得到各部件拟采用的平板车参数。

3.2 陆上运输绑扎要求

(1) 发电机绑扎要求: 装车时, 在车板与发电机支座之间放置胶皮或薄木板, 增加摩擦力, 防止发电机支座滑移; 发电机装好后用 16 个 60mm 长角铁 (50mm×50mm) 紧贴运输支架四周, 并与放置面焊接在一起, 角铁均匀分布在支架四周 (运输架长、宽方向各 4 个), 焊接牢固, 同时对发电机进行捆绑加固。包装好后, 用 $\phi 17.5\text{mm}$ 的钢丝绳分别固定支座四角, 将支座与车板两侧的加固点栓结好, 再用 5 吨的葫芦收紧, 使发电机与车板捆绑加固为一体; 捆绑加固好后, 在发电机外表面使用 10m×10m 防雨布将发电机完全苫盖, 需用网状的细麻绳将防雨布罩上, 在发电机底部打结收紧。

(2) 机舱绑扎要求: 装车时, 在车板与机舱支座之间放置胶皮或薄木板, 增加摩擦力, 防止支座滑移, 同时对设备进行捆绑加固。包装好后, 用 $\phi 17.5\text{mm}$ 的钢丝绳分别固定支座四角, 将支座与车板两侧的加固点栓结好, 再用 5 吨的葫芦收紧, 使机舱与车板捆绑加固为一体; 左、右机舱底组件与运输车辆间放置海绵或草垫, 不得使用钢丝绳需使用软性材质固定。机舱底组件装车后必须先将彩条防雨布垫放在左、右机舱底组件下, 将其整个包裹。运输过程中不得使雨水、污泥等甩溅到设备内部; 捆绑加固好后, 在机舱外表面使用 10m×10m 防雨布将设备完全苫盖 (雨布内侧涂刷防水胶), 需用网状的细麻绳将防雨布罩上, 在机舱底部打结收紧。

(3) 轮毂绑扎要求: 轮毂装好后用 10 个 60mm 长角铁 (50mm×50mm) 紧贴运输支架四周, 并与放置面焊接在一起, 角铁均匀分布在支架四周 (两侧面各 3 个, 四个端部各 1 个), 焊接牢固, 同时对设备进行捆绑加

固。包装好后,用 $\phi 17.5\text{mm}$ 的钢丝绳分别固定支座四角,将支座与车板两侧的加固点栓结好,再用3吨的葫芦收紧,使轮毂与车板捆绑加固为一体;捆绑加固好后,在轮毂外表面使用 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 防雨布将轮毂完全苫盖,需用网状的细麻绳将防雨布罩上,在轮毂底部打结收紧。

(4)叶片绑扎要求:由于叶片外壳的材料是玻璃纤维,易碎,所以不得用力敲击外壳和在外壳上任意捆绑加固,必须按要求将支座和车板绑扎为一体;装车时,在叶片支座与车板间放置橡胶垫,增加摩擦力,防止叶片支座滑移或受力变形,同时对叶片支座进行捆绑加固。叶片包装好后,前、后各有一支座,用 $\phi 15.5\text{mm}$ 的钢丝绳将支座与车板两侧的加固点栓结好,再用不小于3吨(拉力)的葫芦收紧,使叶片支座与车板捆绑加固为一体;在钢丝绳与叶片支座棱边接触的部位需垫圆弧的“瓦片”或棉垫,防止钢丝绳磨损,避免绑扎钢丝绳断裂。

3.3 陆上运输路线

(1)机舱/轮毂/发电机:大丰工厂—射阳港

运输路线:大丰总装—海堤路—临海公路—开发大道—射阳港码头,里程约104.8公里。

(2)叶片:阜宁叶片厂—射阳港

运输路线:阜宁叶片厂—S329—射阳港码头,里程约79.4公里。

4 风电机组海上运输

4.1 海上运输工具选择及甲板布置方案

海上运输工具主要以运输驳船为主,一般将一套风电机组作为一个整体进行运输(包括机舱1个,轮毂1个,发电机1台,叶片3支),根据风电机组各部件尺寸要求,在保证运输货物惯性力满足要求前提下^[3],计算得到本项目拟采用的运输驳船参数如表2所示:

表2 运输驳船参数

部件名称	满载排水量	满载吃水	船长	船宽	型深	锚重	锚数
机舱+发电机+轮毂+叶片	6836.9T	4.050M	95.4M	22M	5.4M	3540KG	2锚

4.2 海上运输绑扎要求

重大件货物运输风险高、难度大,对绑扎方案要求严格,绑扎方案系固计算需满足要求^{[4]-[5]},风电机组各部件的绑扎方案具体如下:

(1)发电机绑扎要求:在发电机工装如图1所示位置各拉承载能力不小于10吨的钢丝绳或者绑扎带,共4根;焊接在运输船甲板上的D型环或吊点(且与钢丝绳或绑扎带连接)承载能力不能低于10吨;图中四组两根钢丝绳或者绑扎带之间的角度要求小于30度;台车一侧横向焊6块止移块,纵向焊4块止移块。

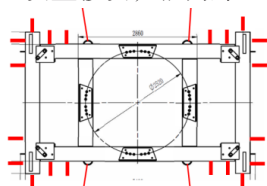


图1 发电机绑扎示意图

(2)机舱绑扎要求:在机舱工装如图2所示位置各拉承载能力不小于10吨的钢丝绳或者绑扎带,共4根;焊接在运输船甲板上的D型环或吊点(且与钢丝绳或绑扎带连接)承载能力不能低于10吨;在机舱支架横向一侧焊4个止移块,纵向焊2个止移块,防止机舱移动。

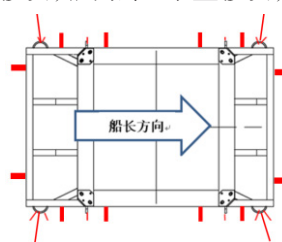


图2 机舱绑扎示意图

(3)轮毂绑扎要求:在轮毂工装如图3所示位置各拉承载能力不小于10吨的钢丝绳或者绑扎带,共4根;焊接在运输船甲板上的D型环或吊点(且与钢丝绳或绑扎带连接)承载能力不能低于10吨;在工装横向焊4块,纵向焊两块止移板。

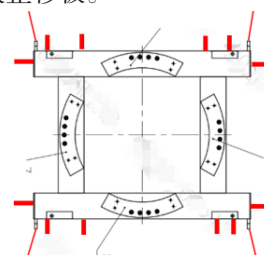


图3 轮毂绑扎示意图

(4)叶片绑扎要求:叠加船舷侧第一层用直径13mm的链条在叶根支架与叶尖支架四周各拉四道与甲板地令绑扎,止移块用16mm左右厚的钢板10公分*20公分的钢板满焊在船舶甲板上与叶片支架上,叶根支架与叶尖支架一边各焊2块止移块、横向处各焊1块止移块;第二层用直径13mm的链条在叶根支架与叶尖支架四周各拉四道与甲板地令绑扎,止移块用16mm左右厚的钢板10公分*20公分的钢板满焊在龙门架上与叶片支架上,叶根支架与叶尖支架一边各焊2块止移块、横向处各焊1块止移块;另一船舷侧平放甲板上用直径13mm的链条在叶根支架与叶尖支架四周各拉四道与甲板地令绑扎,止移块用16mm左右厚的钢板10公分*20公分的钢板满焊在船舶甲板上与叶片支架上,叶根支架与叶尖支架一边各焊2块止移块、横向处各焊2块止移块。

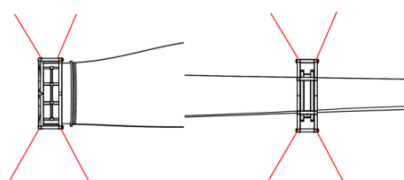


图4 叶片绑扎示意图

4.3 海上运输路线

机舱+轮毂+发电机+叶片:射阳港码头—施工现场,里程约104.8公里。

赣江港口深水航道主要设计参数研究

周刚

(江西省港航设计院有限公司, 江西 南昌 330008)

摘要: 以赣江内河港口深水航道为例, 分别对该航道水深、直线段航道宽度、转弯段航道宽度等参数的取值情况进行分析探讨, 并对我国现行规范在相关设计参数取值方面存在的不足进行梳理归纳, 与国外相关规范进行了比较分析。结果表明, 船舶大型化及吞吐量的增长对内河深水航道等级及通行能力的提升、服务水平的提高不断提出更高要求, 国内相关规范在航道主要设计参数方面存在一定不足, 必须结合我国内河航运事业发展实际进行优化。

关键词: 赣江; 港口; 深水航道; 设计参数

中图分类号: U612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0090—03

1 航道概况

赣江是国家内河航道水路运输系统规划中的骨干性航道, 2013年赣江已经建成设计长度175km的Ⅱ级内河运输航道, 船舶通行能力为2000吨级, 成为地区经济建设、社会发展及经济往来的重要通道之一。航道等级提升后船舶向大型化发展, 临河、跨河、拦河等建筑物也持续增多, 对航道运输服务能力也不断提出较高要求。但是近年来流域水位下降明显, 航道运行参数设计及运输管理面临十分严峻的考验。

2 航道水深

将港口在特定自然条件下达到设计船型满载吃水航行要求所对应的安全深度最小值称为航道水深, 一般情况下, 该参数受到水位、航道、波浪、船舶装载、航道底质等因素的影响。根据《航道工程设计规范》(JTS

181—2016)及相关设计手册, 深水航道设计水深主要包括通航水深和富裕水深两部分组成, 通航水深由船舶吃水、下沉量、富裕水深、船舶纵向倾斜、修正水深等项目组成, 具体见图1。我国现有规范在规范船舶航道水深及下沉量时, 仅考虑航行速度和船舶吨位两个因素, 并未考虑航道类型等其余因素。通过比较不同规范下船舶航行下沉量发现, 根据加拿大《航道设计参数》和美国陆军工程师兵团规定所得到的结果十分相近, 而我国规范只进行了非限制性航道情况的规定, 限制性航道所得到的船舶航行下沉量取值偏小。根据吃水比取1.2时不同规范计算得不同航行速度下6万吨散货船在非限制性航道中的航行下沉量看出, 应用我国规范所得到的结果在航行速度较小的情况下取值偏小, 随着航行速度增大后取值居中, 这说明我国规范所规定的结果对于大型散货船航行过程偏安全。



图5 风电机组海运示意图

5 结论

本文以江苏某海上风电场项目为例, 对风电机组各部件运输方案进行介绍, 风电机组海上运输环境复杂, 存在着不少安全隐患。因此, 在做好交通运输方案的同时, 必须要做好安全保障措施, 可从“人、机、管”三方面入手^[6], 制定相应安全保障措施, 确保风电机组设备安全运输、顺利交付。

参考文献:

- [1] 凌佳楠. 某海上风电场施工交通运输方案研究 [J]. 中国水运, 2020, 2: 80.
- [2] 年伟, 陈永杰. 海上风电塔筒的运输 [J]. 中国水运, 2021, 8: 112.
- [3] 杨红莹, 朱仁传, 杨云涛等. 重大件货物海上运输的惯性力分析 [J]. 哈尔滨工程大学学报, 2021, 1: 1—6.
- [4] 梅中明, 王应强, 李大飞等. 船舶重大件货物绑扎方案研究分析 [J]. 广东造船, 2021, 1: 40—43.
- [5] 崔鹤怀, 程子璇, 刘兴旺等. 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, 4: 6—9.
- [6] 苗慧峰. 舟山跨海大桥桥区水域通航安全风险及防控建议 [J]. 中国水运, 2017, 5, 17(5): 33—34.