

海上风电平台船贝雷架应用研究

刘小飞, 刘家军, 陈志坚

(天津港航工程有限公司, 天津 300450)

摘要: 针对风电平台船“港航平9”设计、制作并应用的贝雷架平台开展研究, 在对船体承载部位进行加强的基础上, 采用理论计算和数值模拟分别进行叶片贝雷架强度分析和船体强度影响分析。研究结果表明: 成功应用叶片托架平台, 降低了叶片过驳、吊装所需的船舶性能, 打破了风机安装时因船舶自身限制无法过驳、吊装超长叶片的约束; 通过对平台船舷侧区域进行合理的加强, 在对应的载荷作用下, 主船体及其加强结构强度能够满足要求。

关键词: 海上风电; 叶片; 风电平台船; 贝雷架

中图分类号: U662 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0070—03

风力发电是可再生能源领域中最成熟、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式之一, 在“3060”战略的引领下, 我国进入能源绿色低碳转型的新时代。在海上风电施工过程中风机叶片安装是难度最高的一个环节。

随着大型风电机组的开发和使用, 风机叶片长度已超 110 米, 使得风机平台船舶自身的性能将不能再满足叶片过驳要求。当前业内部分平台船采用甲板两侧加宽的方式^[1-3], 以实现过驳叶片, 同时存放多个叶片, 提升了叶片吊装效率。

1 贝雷架平台设计

根据“港航平9”结构尺寸、吊机性能及作业特点, 主甲板两舷侧设计结构尺寸相同的贝雷架, 如下图所示。

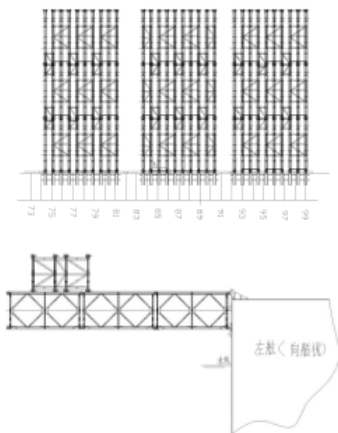


图 1 贝雷架平台布置图

设计、制作的贝雷架平台参数为 9 米 (舷外长度) * 15 米, 每个贝雷架最外侧能够承载 38t 载荷。叶片托架平台采用 321 型贝雷架拼接而成, 贝雷架为三排单层标准型贝雷架。

2 贝雷架平台强度计算

因叶片重量载荷主要集中在叶根支撑部位, 因此, 仅对叶片根部所在托架强度进行校核。

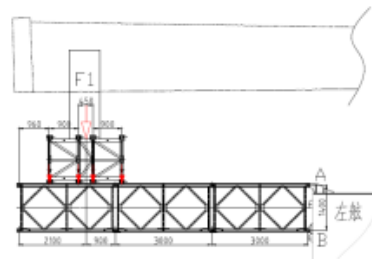


图 2 叶片托架受力形式

作用在贝雷架平台上的载荷见下表:

表 1 托架载荷汇总

施力项	叶片自重分力 F1 (t)	叶片自带托架 (t)	纵向贝雷架 (t)
载荷值	2/3*35=23.3	6	3.8/3=1.27

注: 叶片重量按 35t 核算

上表中载荷合力最终以集中力形式作用在纵向贝雷架及与托架的接触点处, 贝雷架平台受力分析如下图所示:

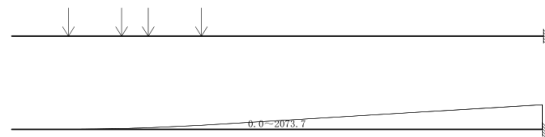


图 3 贝雷架平台弯矩图

$[M]_{\max}=2073\text{kNm}$, $[m]=2364\text{kNm}$, $[M]_{\max} < [m]$, 则抗弯能力满足要求。



图 4 贝雷架平台剪力图

$[V]_{\max}=299.9\text{kN}$, $[v]=735\text{kN}$, $[V]_{\max} < [v]$, 则抗剪能力满足要求。



图 5 贝雷架平台挠度图

$[\omega]_{\max}=1.3\text{mm}$, $[\omega]=L/400=17.25\text{mm}$
 $[\omega]_{\max}<[\omega]$, 则挠度满足要求。

3 船体强度仿真分析

由于贝雷架平台眼板对应的每一处船体结构刚度不同, 使得每组眼板处载荷不同, 根据托架端部载荷及托架的弯矩剪力分布, 分别按单组眼板载荷和一组贝雷架端部整体载荷校核船体连接区域的强度。

3.1 有限元建模与求解

首先建立整船有限元模型, 在此基础上对舷侧区域网格细化并建模, 整体模型如图 6 所示。整船模型有限元网格尺寸为 600mm, 眼板反面加强校核区域有限元网格为 50mm。局部校核区域内所有结构(包括纵骨)均用壳单元模拟。图 7 为局部支撑结构区域的模拟情况。图 8 为眼板支撑结构区域模型细节。

计算模型应用 Nastran 提供的 LINEAR 求解器求解。

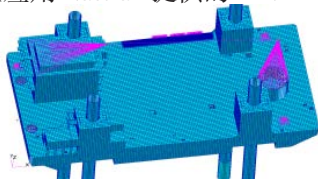


图 6 整船模型

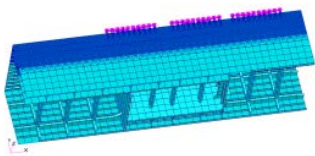


图 7 模型局部

眼板支撑结构区域模型如下图所示:



图 8 眼板支撑结构区域模型细节(靠船艏区域)

3.2 材料特性

计算模型中使用的材料物理参数如下:

杨氏模量 $E=2.06 \times 10^5(N/mm^2)$; 泊松比 $\mu=0.3$;

密度 $\rho=7.85 \times 10^9(t/mm^3)$

3.3 载荷分析

3.3.1 单组贝雷架整体载荷

单组贝雷架端部承受的 M_x 弯矩为 3144kNm, M_z 弯矩为 4.1kNm, 垂向力为 482.5kN, 水平力为 0.8kN。整体载荷作用在 10 组眼板上, 传递给主船体舷侧区域。

计算模型通过多点约束关联至眼板, 施加集中载荷。如图 9 所示。

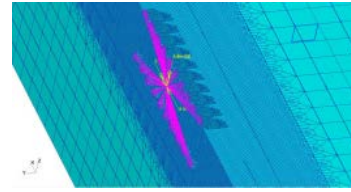


图 9 模型整体载荷施加示例

3.3.2 一组眼板局部载荷

根据贝雷架平台强度计算数据, 眼板处受到了拉压力和垂向剪力, 压力为 224.6kN, 剪力为 24.1kN。通过施加相邻一对眼板处载荷, 校核相关区域强度, 载荷施加如图 10 所示:

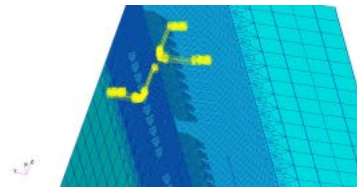


图 10 眼板处载荷施加情况

3.3.3 自重载荷

考虑到自重影响, 模型加载了自重载荷。

3.3.4 计算工况

强度校核共有四个工况, 如下表所示。

表 2 工况汇总表

	特征	校核位置 (参见图 6)
工况一	贝雷架整体载荷	位置一
工况二	一组眼板局部载荷	位置二
工况三	贝雷架整体载荷	位置一
工况四	一组眼板局部载荷	位置二

3.3.5 强度衡准

计算材料许用应力 σ_{eq} 按下表数据取值。

表 3 许用应力

材料	材料屈服强度(MPa)	许用合成应力(MPa)
AH36	355	326
Q355	355	326

3.3.6 计算与评估

表 4 结构屈服计算结果

评估位置	计算工况	最大应力 (Mpa)	许用应力 (Mpa)
位置一	工况一	214	326
	工况二	74	326
位置二	工况三	310	326

4 结论

(1) 在“港航平 9”风电平台船设计加装贝雷架

基于文献知识图谱的海洋碳中和 热点产业分析与研究

高瑾¹, 王乾², 李强³(1. 浙江海洋大学图书馆, 浙江 舟山 316022; 2. 浙江海洋大学船舶与海运学院, 浙江 舟山 316022;
3. 浙江海洋大学海洋工程装备学院, 浙江 舟山 316022)

摘要: 新兴海洋产业在碳中和领域具有广阔的前景, 基于文献知识图谱分析海洋碳中和热点产业对于实现碳中和目标具有重要意义。在“碳中和产业”和“海洋碳中和”主题词开展文献检索的基础上, 采用词频分析法、共词聚类和社会网络关系图谱分析完成碳中和产业的词频统计, 梳理出了碳中和产业的架构和主题词热点, 进一步挖掘出了与海洋碳中和产业相关的重点产业领域, 揭示了新兴海洋碳中和产业的潜力, 表明海洋碳汇、海洋新能源等产业对碳中和产业布局有重要作用。

关键词: 文献知识图谱; 碳中和产业; 海洋碳汇; 海洋新能源; 共词分析

中图分类号: X145 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0072—03

1 引言

随着“碳达峰、碳中和”成为国家发展的重要目标之一, 碳中和相关产业迎来了重大的发展契机。海洋在碳中和产业中具有重要作用, 海洋碳中和涉及的相关产业领域涉及海洋新能源开发和利用、海洋碳汇与生物固碳、海洋碳储集与碳封存等^[1]。我国海域辽阔, 海岛众多, 海洋资源丰富, 但碳中和产业起步晚, 产业发展路径不清晰。因此基于文献知识图谱开展海洋碳中和潜在热点产业发展对策研究可为我国产业发展提供支持, 充分挖掘海洋碳中和热点产业的发展 and 前沿研究现状, 梳理出潜在的热点产业领域, 对发展海洋碳中和产业具有重要

的参考价值。

文献知识图谱的绘制通过文献计量与统计、数据聚类与挖掘、信息分析与可视化等方法, 将海量文献的知识主题的内在关系呈现出来^[2-4]。以往的研究大多是将某一学科主题或知识领域作为研究对象来构建其知识图谱, 并探讨该学科或知识领域的发展, 如在碳中和领域, 基于知识图谱的碳中和相关主题研究^[5-7]从文献综述的角度对碳中和的技术发展作了评述。但对产业布局和产业研究方面的研究较少, 特别是海洋碳中和产业研究还未见有相关报道。

综上所述, 基于文献知识图谱探索海洋碳中和的热

平台之后, 将能够满足 3 支叶片竖立过驳存放或者 2 支叶片平躺过驳存放。

(2) 通过应用贝雷架平台, 降低了叶片过驳、吊装所需的船舶性能, 打破了风机安装船舶因自身限制无法过驳、吊装超长叶片的约束, 有效解决国内风机安装平台船紧缺的问题。

(3) 通过贝雷架平台和船体舷侧加强区域校核分析, 在对应的载荷作用下, 贝雷架平台、主船体及其加强结构强度满足中国船级社《海上移动平台入级规范》^[6]要求。

参考文献:

[1] 奚乾蛟, 韩益, 董孟永等. 海上风电安装平台超长叶片

组拼技术研究与应用 [J]. 能源与环境, 2019 (6): 106-107.

[2] 周通. 大容量海上风电机组叶片吊装工艺分析——基于福清兴化湾海上风电样机试验风场 [J]. 水电与新能源, 2019, 33 (3): 73-78.

[3] 黄国良, 沈志春, 乌建中等. 大型风电机组叶片吊装工艺及专用吊具 [J]. 中国港湾建设, 2017, 37 (07): 94-98.

[4] 孙九春, 卢瑛. 贝雷架作为桥梁承重支架应用时的理论分析与实践应用研究 [J]. 上海公路, 2010 (1): 26-30.

[5] 马赞, 沈涛, 李强强等. 上海新田 360 广场贝雷梁平台模板支撑体系施工设计与分析 [J]. 浙江建筑, 2018, 35 (12): 22-28.

[6] 中国船级社. 海上固定平台入级与建造规范 [S]. 北京: 人民交通出版社, 1992.