

BIM 技术在海上风电项目施工技术中的应用分析

李春雷, 崔浩然

(中交一航局第一工程有限公司, 天津 300461)

摘要: 钢结构施工是海上风电建设中的重要组成部分, 具有较大难度, 本文结合具体工程实例, 重点阐述在海上风电施工技术管理过程中如何应用 BIM 技术, 分析海上风电施工技术管理与 BIM 技术应用的结合点, 确保海上风电施工技术可行、工艺先进, 保证施工过程质量及安全受控、管理高效, 总结形成了 BIM 技术在海上风电施工技术中的应用经验, 可为后续类似工程的开展提供借鉴。

关键词: 海上风电; 施工技术管理; BIM 技术; 应用实例

中图分类号: U615 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 06—0115—04

由于 BIM 技术在工程应用中具有可视化、协调性、模拟性、优化性等方面的优势, 近年来在工程应用领域得到了大力推广及普及。在国家“3060”节能减排目标的引导下, 海上风电施工作为近年来较热门施工领域, 具有较好的发展前景。在海上风电施工技术管理过程中, 通过系统地应用 BIM 技术, 对施工技术工艺的复核及执行起到了较好的促进作用, 利于工程实施的工效提升及节能降耗。

本文以江苏大丰、启东海上风电项目为应用背景, 此两个项目均为外海无掩护海域海上风电项目, 其中江苏大丰海上风电项目为在建时离距离最远的海上风电项目, 离岸距离约 70km, 江苏大丰海上风电项目一期工程总装机容量 300MW, 江苏启东 H1/H2 海上风电项目总装机容量 500MW, 海上风电施工基础为大直径单桩 (钢管桩直径在 6m 及以上) 及四桩导管架基础, 完成沉桩施工后安装集成式附属构件, 最后分体式装配安装海上风力发电机组。

在上述海上风电施工技术管理过程中, 通过对 BIM 相关软件及技术的不断应用, 确保了施工工艺计算校核的准确性, 同时通过 BIM 模型的建立, 实现结构件的碰撞分析, 避免材料浪费及保证工程量计算的准确。通过三维建模进行可视化交底, 确保工艺落实形象直观。

1 应用实践分析

在江苏大丰及启东海上风电施工过程中, BIM 技术的应用基础工作为 BIM 模型的建立, 达到一次建模, 多方面应用的目的, 通过采用多种 BIM 软件围绕 BIM 模型, 充分发挥 BIM 技术的优势, 实现施工工艺组织及落实

工作。应用范围包括工程可视化、模拟性、结构碰撞分析、结构受力分析、工程量计算。其中涉及的相关软件应用有 Revit、Inventor、Midas 等。

1.1 工程可视化

可视化即“所见所得”, 在海上风电施工工艺准备时, 根据所配置的施工船舶, 采用软件建立可视化模型 (图 1), 将二维平面分析转换为三维效果展示, 根据实施方案确定主吊船、辅吊船、运输船的位置, 并将以下吊装过程展示应用于方案工艺讨论现场实施可视化交底中, 起到了直观、高效的效果。海上风电施工应用的关键部位为: 大直径立桩过程、风机叶轮组拼及起吊对接过程。

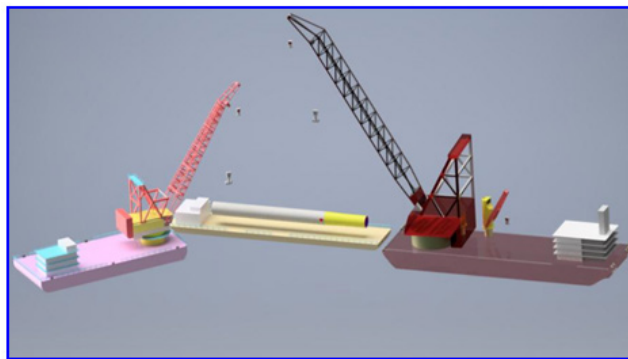


图 1 吊装工程可视化模型

1.2 结构碰撞分析

在复杂钢结构制造方面, 在施工前, 根据设计图纸建立模型, 模拟建造过程, 并能发现构件碰撞问题, 在开工前与设计单位沟通解决, 避免材料浪费及过程中工期的损失。在依托海上项目施工中, 对集成式附属构件及导管架结构进行建模, 在模拟建造过程中发现类似图 2 中结构尺寸不准确、结构细节需特别注意的问题。



图2 集成式附属构件模型分析

在沉桩吊装过程中,通过软件分析模拟,将吊机吊钩中心与钢管桩重心约束在一条垂线上,来模拟钢管桩的翻桩过程,重点核实钢管桩在翻转的过程中与起重机大臂是否有碰撞。在风机安装过程中,通过建立船体模型及叶轮模型,分析在组拼过程中及整体叶轮吊装过程中是否有干涉。

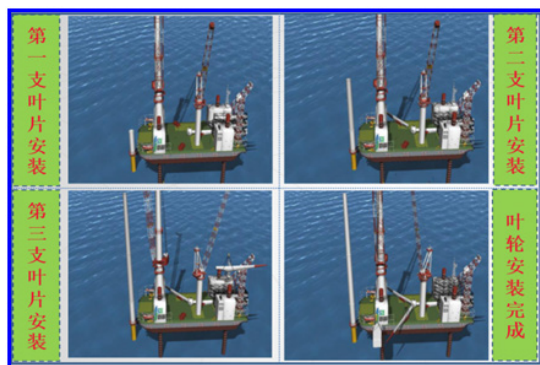


图3 施工过程模拟分析

1.3 结构受力分析

1.3.1 钢管桩整体受力分析

钢管桩参数如下表1所示。

表1 典型钢管桩参数统计表

序号	名称	桩径	桩长 m	主吊点距 桩顶 m	重量 t	重心距辅 吊耳 m
1	8#桩基	5.5-6m	70	22.5	651.13	36.87
2	18#桩基	6-6.8m	81	28.5	932.44	41.75
3	22#桩基	6-6.8m	77	25.5	892.55	39.52

由于钢管桩结构尺寸较大,管节焊缝较多,手算难

度较大,计算采用 Inventor 软件进行单桩结构进行桩体分析,主吊耳位置及桩底进行固定约束。现场吊桩时,吊点位置:主吊耳为设计双面主吊耳,辅助吊点位于桩下部。以 18# 桩为例进行平吊及立吊状态受力分析。

1.3.1.1 平吊

桩身应力云图及形变图如下所示。

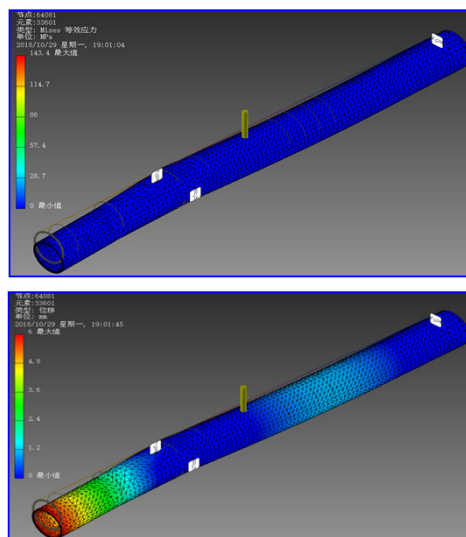


图4 平吊状态桩身应力云图及形变图

由计算可知,桩身在平吊时,主吊耳位置等效应力最大(靠近桩顶侧),等效应力最大值为 143.4MPa, DH36 钢材屈服强度为 355MPa,强度满足要求。主吊耳及翻身吊耳约束后,位移最大位置位于桩顶,最大值为 6mm,满足要求。

1.3.1.2 立吊

桩身应力云图及形变图如下所示。由计算可知,桩身在立吊时,主吊耳位置等效应力最大,等效应力最大值为 245.6MPa, DH36 钢材屈服强度为 355MPa,满足要求。主吊耳约束后,位移最大位置位于桩顶,最大值为 1.42mm,满足要求。

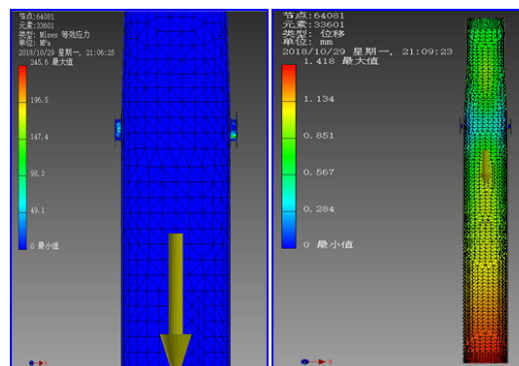


图5 立吊状态桩身应力云图及形变图

1.3.2 吊耳板结构受力分析

在本项目施工过程中，对于施工用吊耳板的设计，通过传统手算无法准确分析整体吊耳板受力情况，但通过 BIM 软件建模后，可通过对模型施加相符的约束状态及受力大小及方向，对整体结构进行应力和应变的分析。

1.3.2.1 吊装工装结构形式

工装采用 Q345B 材质钢板进行制作，所有焊接位置采用全熔透坡口焊，制作尺寸如下图所示。

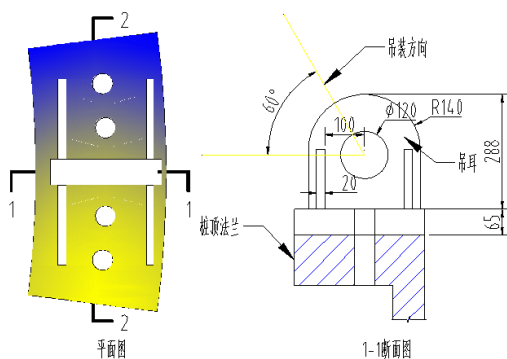


图 6 吊装工装结构形式

绘制吊耳板结构件 BIM 模型，如下图所示。

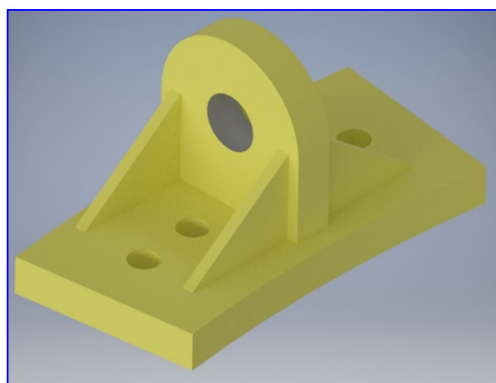


图 7 吊耳示意图

1.3.2.2 应力及变形分析

对吊装工装进行受力模拟分析，受力分析思路为：工装底部固定约束，荷载考虑在吊耳孔的荷载，荷载值垂直向上 575KN，水平方向 332KN，分析重点为工装应力及变形，主要分析结果如下所示。

应力云图如下图 8 所示，工装最大应力为 110.4MPa，工装材质为 Q345B，应力远小于材料应力，满足要求。变形图如下图 9 所示，最大变形 0.12mm，满足要求。由于建模的局限性，受力点位置应在斜向上 60° 位置。

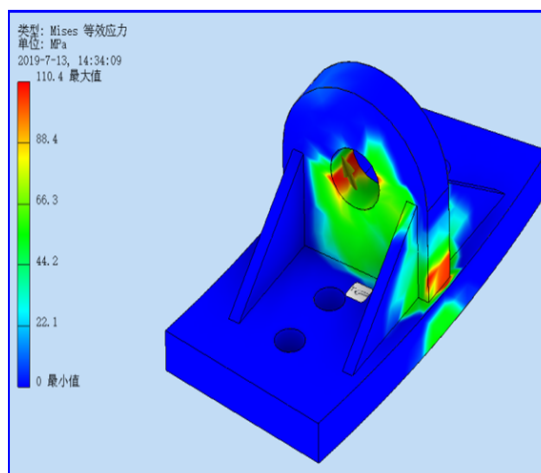


图 8 吊耳应力云图及变形图

1.4 工程量计算

对于海上风电施工，大部分结构为钢结构，在工程量计算时，按照净量计算的原则，在计算异形结构时，采用手算耗时长，易出错，尤其导管架基础形式，通过 BIM 建模，能够实现异形结构的快速出量，且较为准确。本项目对异形导管架、钢管桩及集成式附属构件均建立了 BIM 模型，实现快速算量及工程量的校核工作。

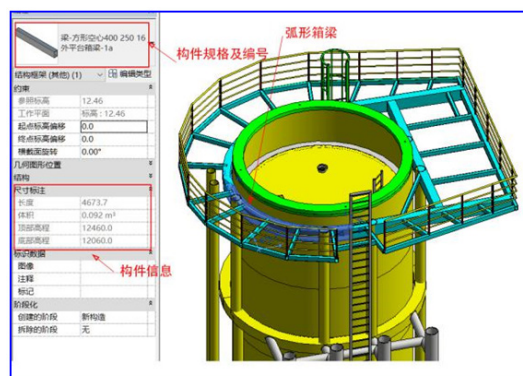


图 9 复杂结构工程量计算图例

2 应用效益

将 BIM 技术应用于海上风电项目施工，在可视化方面，使项目施工工艺管理更直观，指令传达更清晰，更利于工艺的传达与执行，有效的确保了工程的施工质量及提升施工效率。

通过结构碰撞分析，避免施工过程中产生材料等资源的浪费，减少返工率及窝工率，且海上风电施工均为特定形式（大直径管桩、塔筒、机舱、叶片、叶轮等）大部件吊装作业，受船体甲板空间影响，船舶起重机吊装存在局限性，通过结构碰撞分析，避免了大部件吊装过程碰触及超负荷作业，有效地保证了现场安全施工。

加纳 TEMA 码头地基处理技术与质量管理

云刚

(中交四航局第五工程有限公司, 福建 福州 350000)

摘 要: 码头地基作为承受上部荷载的场地, 基础建设质量非常重要, 港口工程中地基位于近海岸, 通常为软弱地基, 需要进行场地处理才能满足地面的荷载作用。基于加纳 TEMA 码头项目, 对不同情况地基的处理技术进行研究, 分析强夯法和振冲法在地基处理过程中的施工技术要点和特点, 为类似工程提供借鉴经验。

关键词: 码头; 地基; 处理技术

中图分类号: TV223 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 06—0118—04

码头结构因为有运输车辆、吊机和货物等, 承受的面荷载较大, 荷载通过结构传递到地基, 地基必须有一定的承载力才能满足码头面荷载的要求, 沉箱码头作为一种比较常用的结构形式, 码头结构耐久性好, 后期维修保养方便, 承受地面的荷载能力也较强, 但是沉箱结构需要地基有一定的承载能力要求, 因此, 需要对软土地基进行处理之后, 才能发挥出沉箱码头的优势。

1 工程概况

加纳 TEMA 项目位于非洲西部, 码头是加纳最大的集装箱码头, 共设计有 12 个深水泊位, 根据码头的设计总平面图, 码头后方陆域回填共计约 126.55 公顷, 从码头后方陆域回填起点位置往陆域方向按 0.54% 的坡度进行放坡回填, 回填陆域标高从 +3.0m 至约 +7m, 加上

1m 的堆载后, 陆域回填标高从 +4.0m (CD) 至 +8m (CD)。码头项目建设过程中, 业主要求的时间节点严格, 并且要求若采用预压堆载工艺, 要求为交工一年内沉降不大于 50mm。

2 工艺选择

在施工过程中, 我们常常采用换土垫层法、深层密实法、排水固结法、化学加固法、加筋法、热学法等作为地基处理的办法。其中深层密实法处理中最常见的方法就是强夯法。基于业主的工期要求和沉降质量要求, 结合回填材料的选型, 码头后方陆域回填材料为中粗砂层, 中粗砂细颗粒含量要求小于 15%, 不同的回填厚度及强夯对周边建筑物的影响情况, 不同区域采取不同的地基处理施工工艺, 工艺的选择见表 1。

通过结构受力计算, 针对无法手算的异形结构可快速分析结构的受力状态, 保证了施工安全。

通过 BIM 软件建模后工程量计算, 有效避免了复杂结构工程量少算、漏算的情况, 避免企业亏损, 具有计算效率高, 计算结果准确的特点。

3 结语

本文系统地总结了 BIM 技术在海上风电施工中的具体应用, 利于 BIM 相关技术及相关软件的推广。BIM 技术应用的核心与基础为软件模型的建立, 即一次建模后, 在多个方面展开应用, 融入项目整个管理过程, 大大减少重复工作, 同时, 在项目的应用实施中, 也存在相应的不足, 一款软件无法实现所有功能, 需依托相应

功能的插件, 且会出现不同软件中模型导入兼容性的问题, 在后续施工中还应继续总结与归纳, 思路提升, 实现不同软件系统性的应用, 同时, 应将 BIM 技术与项目管理深度融合, 做到项目的全过程控制。

参考文献:

- [1] 杨瑞睿, 滕彦. 基于 BIM 的海上风电全生命周期建设管理平台研究 [J]. 水电与新能源, 2022, 36(04): 15-18.
- [2] 金飞, 叶晓冬, 马斐, 等. 海上风电工程全生命周期数字孪生解决方案 [J]. 水利规划与设计, 2021(10): 135-139.
- [3] 叶晓冬, 马斐. 海上风电工程三维可视化应用研究 [J]. 中国设备工程, 2021(15): 109-111.
- [4] BIM 工程技术人员专业技能培训用书编委会, BIM 应用与项目管理 [M], 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.