

海工结构物吊点智能布设优选方法研究

杨风艳¹ 于嘉骥¹ 田旺生¹ 宫晨¹ 郭盈秀²

1 海洋石油工程(青岛)有限公司, 山东青岛, 266520;

2 山东科技大学海洋科学与工程学院, 山东青岛, 266590;

摘要: 目前海洋平台大多由海洋结构物叠加构成, 作为其中关键环节, 吊装方案的合理性会影响平台的安全。目前方案多依赖于专家经验, 方案不稳定且人力耗费过高。本文提出了一种基于海工结构物的智能化吊点布设方案生成方法。基于传统吊装方案的基本原则, 智能化调用吊点布设算法, 并调用 SACS 软件对方案进行验证, 生成多套完整的方案, 并使用实际吊装结构物对文中提出的吊装算法进行验证, 为吊装安全性和稳定性提供了重要技术支持。

关键词: 海洋平台; 吊点布设; 智能化; SACS; 吊点筛选原则

DOI: 10.69979/3029-2727.25.04.033

引言

海洋平台通常采用分层建造并吊装的方式, 以节约成本并降低安全风险^[1-3]。然而, 吊点布置作为关键环节, 目前主要依赖人工设计^[4-6], 存在经验依赖性强、设计周期长、缺乏标准化验证等痛点, 影响施工安全和效率^[7]。因此, 如何优化吊点布置方法, 在保证稳定性和精度的同时减少人力成本, 成为亟待解决的问题^[8]。

文中基于吊点选择的基本原则, 结合吊索具选择、吊点筛选等规则, 实现吊点布设的智能化自动生成。利用 SACS 软件对方案进行 UC 值验证并自动比对吊绳力、吊钩力与数据库参数^[9]。实现了从方案生成到验证的全流程自动化, 显著提升了设计精度和作业安全性^[10]。

1 数据

1.1. 甲板片数据

文中实验对所采用的甲板片数据使用其 SACS 模型以 CAD 模型, 其中 SACS 模型信息包括其所用梁信息、交点信息等, CAD 模型信息包括其三视图信息、坐标信息等。

1.2. 数据库数据

文中实验所使用的卸扣、吊绳、吊机数据为场地实际数据生成的数据库中的相关数据。其中数据库所含信息包括卸扣的规格、最大能力、有效长度、数量、重量等, 吊绳信息包括钢丝绳直径、最大能力、工作长度、数量、重量等, 吊机能力包括起重机配重、车体配重、超起配重、超起半径、主臂长度、工作半径、工况最大吊装能力、履

带半径等。数据库中卸扣能力涵盖场地中从 25 吨到 500 吨的所有卸扣, 吊绳能力涵盖场地中从 280 吨到 2107 吨的所有卸扣, 吊机涵盖场地中最大吊装能力从 250 吨到 1600 吨各类吊机, 包括履带吊和龙门吊等。

2 方法

文中所述方法流程图如下:

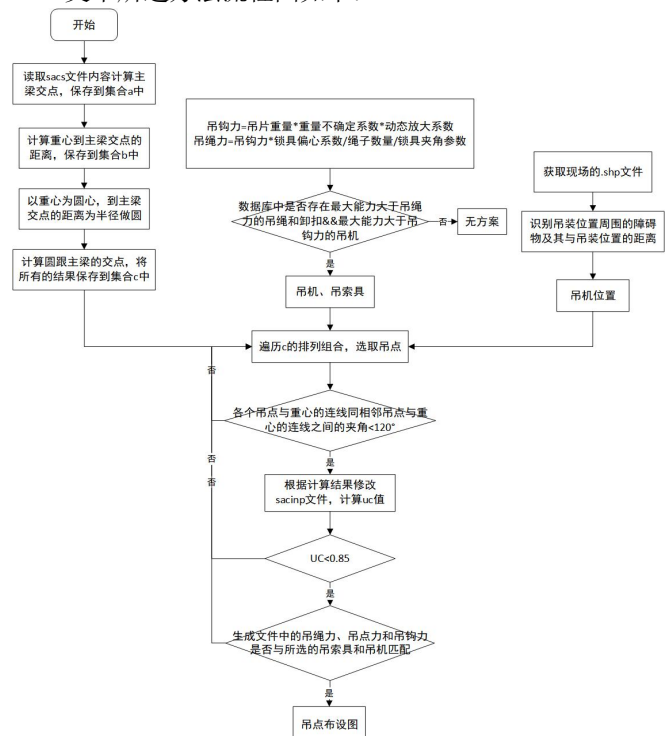


图1 吊点布设流程图

Fig. 1 Lifting Point Flowchart

2.1 吊点布置基本原则

吊装是海工结构物施工的关键环节，吊点布置直接影响平稳性与安全性。单吊机方案需使吊点形成圆形，且圆心与甲板片重心、吊钩投影点重合。

2.2 吊点的初始选择

基于甲板片参数和主梁设定，后台自动计算主梁交点，以吊钩投影点为圆心，交点到圆心的距离为半径。以此自动生成吊点布置方案，并存储所有交点为潜在吊点。

2.3 吊索具与吊机的初始选择

后台自动计算吊绳力及吊钩力，匹配数据库中的吊索具和吊机。预选公式如下：

$$F_H = W \times a \times b \quad (1)$$

$$F_R = \frac{F_H \times c + n}{\sin \cos^{-1} \frac{r}{l}} \quad (2)$$

其中， F_H 为吊钩力， W 为基础重量， F_R 为吊绳力， c 为锁具偏心系数， n 为绳子数量， r 为吊装圆的半径， l 为绳子长度。

a (重量不确定系数)： W 小于1000T时为1.05，大于1000T时为1.03； b (动态放大系数)：吊装总重小于100T时为1.1，大于100T时为1.05； c (锁具偏心系数)： $n=4$ 时是1.25， $n=2$ 时是1.1。

2.4 吊机位置的初始选择

系统自动识别吊装区域障碍物，结合吊片与吊机尺寸智能规划甲板片以及吊机位置，初步确定吊点方位。

2.5 吊点的筛选

智能算法筛选吊点组，剔除相邻吊点圆心夹角大于120°的方案，优先保留最大夹角最小者。若无解则放宽至160°，若仍无方案则自动跳转下一组数据。同时校验吊绳长度大于圆直径，不合格组自动淘汰，若无满足要求的吊装方案则提示“未找到”。

2.6 吊点的 SACS 验证

系统自动修改 SACS 文件，计算 UC 值(小于0.85即合格)，并校验吊绳力、吊钩力与预选吊索具、吊机匹配度，

通过验证即为可行方案。

3 实验

基于图1所示甲板片 SACS 文件自动计算其主梁交点，以重心为圆心生成半径数据表，共有11个不同的数据。以其中8号交点及重心为圆心画圆，与主梁相交得11个交点，形成11种可行方案。

由文中2.3章节的公式(1)和公式(2)可以计算得到吊钩力为159.43T，吊绳力为542.5KN。

基于吊装圆直径14176mm，系统自动匹配数据库中合格的吊机、钢丝绳及卸扣。最终钢丝绳选择了 $\Phi 75\text{mm} \times 24\text{m}$ (514KN)型号，其直径75mm，工作长度为24m，最大能力为514KN。最终卸扣选择的是85T卸扣，最大负载能力为85T。吊机最终选择Manitowoc750T1#吊机，吊机基本工况如下表所示。

表1 吊机作业信息表

Tbl. 1Crane Ops Info

属性名称	属性值
吊车型号	Manitowoc750T 1#
主臂/m	73.2
回转半径/m	21
起重机配重/T	223.17
车体配重/T	145.15
超起配重/T	110.68
超起半径/m	18
吊车额定起重量/T	255.1
结构重量/T	144.61
吊绳重量/T	2.76
卸扣重量/T	0.28
吊钩重量/T	11.385
动态放大系数	1.05
总体吊装重量/T	166.99
吊机利用率	65.46%

结合现场障碍物分布，以65m为半径初步筛选吊机站位，以此划定吊点布置范围。

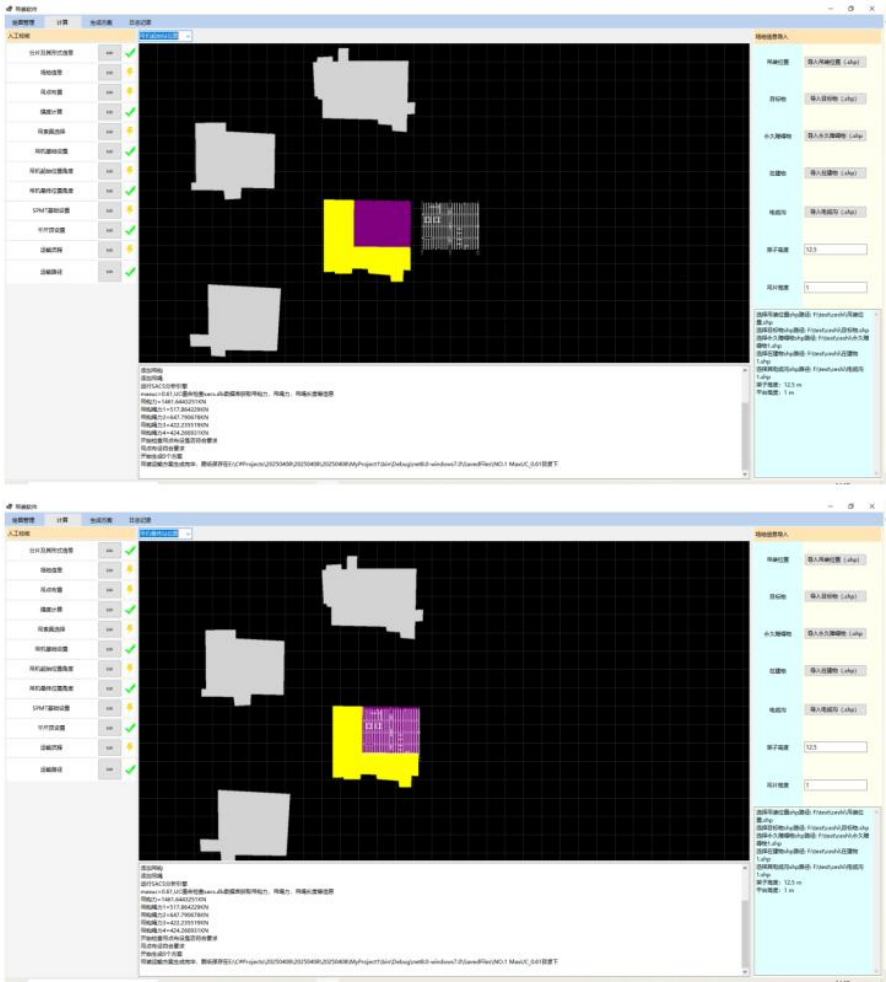


图 2 现场布置图(灰色为障碍物, 黄色为目标位置, 紫色为吊装位置, 白色为甲板片)
Fig. 2 Site Layout

如图 2 所示, 甲板片可置于目标东侧, 吊机可布置于甲板片东侧, 存在可行站位。此时, 8 号交点的方案证实存在可行性, 在实际运算过程中会根据夹角筛选原则最终保留 1 个方案。所保留的方案如图 3 所示。

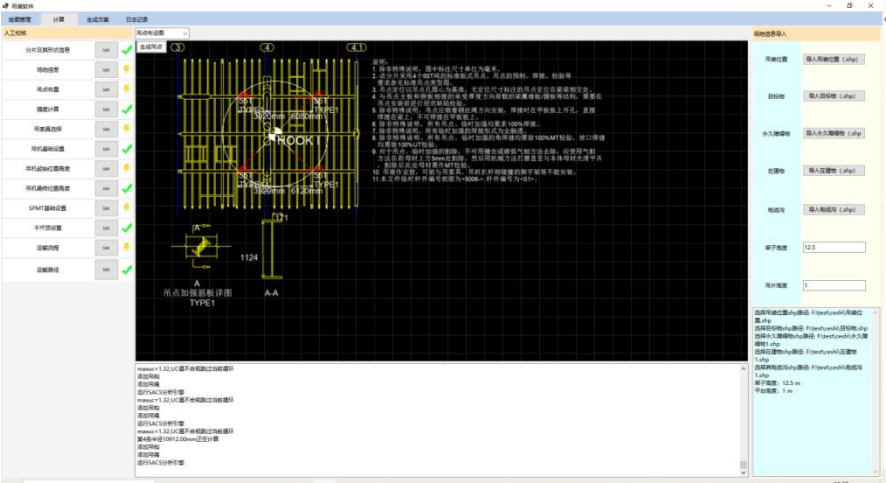


图 3 吊点布置图
Fig. 3 Lifting Point CAD

最终方案经 SACS 验证合格, 其中计算得到吊钩力为 1461.64KN, 4 个不同吊点的吊绳力分别为 517.86KN, 647.79KN, 422.24KN, 424.27KN。最大 UC 值为 0.61, UC 值达标且吊机、吊绳及卸扣均满足要求。

4 结论

本文提出一种智能吊点布设方法, 通过多条件筛选与 SACS 验证自动生成最优方案, 解决依赖专家经验、稳定性差、成本高的问题。标准化流程确保可靠性, 消除人为差异。实验表明, 该方法能自动适配不同规则并通过验证, 具备工程应用潜力, 实现吊装管理智能化优化。

参考文献

- [1] 陈志硕, 韩虎臣, 孙晓飞, 等. 甲板片预制一体化工艺分析[J]. 山东化工, 2024, 53(24): 196-199+202.
 - [2] 于淼, 张刚, 赵特, 等. 基于 SACS 甲板片龙门吊吊装研究[J]. 石油和化工设备, 2024, 27(04): 175-179.
 - [3] 孙超, 金利华, 朱海山. 海洋平台分片预制吊装工艺方法简述[J]. 工程建设与设计, 2018, (17): 207-209.
 - [4] 张国荣, 徐丰芹, 孙松. 船海工程大型模块建造预组技术[J]. 船舶与海洋工程, 2024, 40(04): 46-51.
 - [5] Song S, Zhao Y, Liang F, et al. Optimization of Lower Suspension Point Position in Attached Cantilever Scaffold[J]. Buildings, 2024, 14(9): 2592.
 - [6] 郭宁, 杨风艳, 黄先超, 等. 海洋平台甲板片吊点布设方法优化[J]. 中国海洋平台, 2018, 33(02): 61-66.
 - [7] 李记忠, 黄怀州, 张海荣, 等. 吊机底座处吊点设计及方案研究[J]. 石油和化工设备, 2023, 26(04): 24-26+23.
 - [8] 张海荣, 李记忠. 导管架吊点设计方案研究[J]. 南方农机, 2024, 55(S1): 124-127+148.
 - [9] Yu S, Jin Y, Renjun X, et al. Dynamic positioning model of offshore oil drilling platform based on OIPSO algorithm[J]. Future Generation Computer Systems, 2021, (prepublish):
 - [10] 徐善辉, 黄先超, 姜立群, 等. 板式吊点标准化在海洋工程中的应用[J]. 石油化工建设, 2016, 38(02): 39-42.
- 作者简介: 杨风艳 (1977—), 女, 山东阳谷人, 高级工程师, 硕士, 主要从事海洋装备工程设计工作。
- 通信作者: 郭盈秀 (2002—), 女, 山东菏泽人, 学士, 主要从事海洋工程智能化工作。