

养殖工船深海取水管收放装置结构设计与分析

赵雷刚, 程涛, 李洪强

武汉船用机械有限责任公司, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年11月27日; 录用日期: 2022年12月23日; 发布日期: 2022年12月31日

摘要

养殖工船在海洋环境条件下, 取水管收放过程负载大、对塔架稳定性要求高, 针对养殖工船取水管收放塔架功能进行了结构设计, 并分析了各使用工况, 通过有限元分析进行结构强度和屈曲分析, 通过分析, 结构强度和稳定性满足要求, 设计合理。

关键词

养殖工船, 取水管收放装置, 塔架

Structure Design and Analysis of the Recovery and Release Device for the Breeder Ship's Deep Sea Water Intake Pipe

Leigang Zhao, Tao Cheng, Hongqiang Li

Wuhan Marine Machinery Pliant CO., LTD, Wuhan Hubei

Received: Nov. 27th, 2022; accepted: Dec. 23rd, 2022; published: Dec. 31st, 2022

Abstract

Under the conditions of marine environment, the recovery and release device has a large load and high requirements for the stability of the tower. The paper has carried out the structural design based on the function of the water intake pipe recovery and release tower, and has analyzed the structural strength of various working conditions. Through finite element analysis, the structural strength and stability meet the requirements and the design is reasonable through analysis.

Keywords

Breeder Ship, Recovery and Release Device, Tower



1. 引言

高价值的小黄鱼、三文鱼、石斑鱼养殖环境对水体温度有较高的要求，需时刻维持养殖舱内温度恒定，海洋表面的海水温度范围随着季节变化较大，不能满足高价值鱼类的水体环境恒定低温度要求。在海平面以下约 200 到 300 米，有一段温度恒定在 5℃左右的变水层，若利用此水体维持养殖舱内的较低温度养殖环境，将大幅降低养殖成本。针对 200 到 300 米水深的取水方法，采用可回收的刚性取水管进行取水，当在台风恶劣海况来临之前，可快速分段回收储存到养殖工船甲板，这就需要设计一套满足要求海洋运动环境、整个取水管系负载提升要求的取水管收放装置[1]。

2. 取水管收放装置功能和参数

取水管系收放装置用来实现对浸没在海水中一定深度的取水管系进行提取，并移送至甲板指定区域时，将取水管系与伸缩组件相连，随着伸缩组件向其移动方向的伸长与缩进，使取水管系能够相对塔架做横向移动，升降组件连接伸缩组件，并使得伸缩组件能够相对塔架上升和下降，进而使取水管系能够相对塔架做纵向移动[2]。其设计参数要求如表 1 所示：

Table 1. Key performance of recovery and release device for water intake pipe

表 1. 取水管收放装置关键性能指标要求

| 序号 | 工况名称 | 关键性能指标 | |
|----|-------|--------------|-------------------|
| 1. | 取水管提升 | 提升装置最大动态负载能力 | 1500 kN × 6 m/min |
| 2. | 取水管下放 | 提升装置最大动态负载能力 | 1500 kN × 6 m/min |
| 3. | 取水管转移 | 提升装置取水管转移载荷 | 60 kN × 6 m/min |

取水管参数：总长约 300 m，口径 DN900，外径 914 mm，内径 882 mm，单根长 12 m，材料 Q355B。

3. 结构设计

提升装置由门架组件、下环梁组件、上环梁组件、提升油缸等组成，主要材料采用 Q460NC 正火轧制钢板，具体组成如图 1 所示。

3.1. 门架组件

门架组件采用分段设计，上下两段采用对称设计，每一段均为桁架式结构，由 30~50 mm 钢板、200*100 mm 矩形钢等焊接而成。

门架主要由立柱和横梁组成，立柱均布有若干插销孔，用于支撑上环梁组件、下环梁组件中的插销，进而承载上下环梁传递过来的负载。横梁主要起连接立柱和加强结构刚度的作用。

3.2. 下环梁组件

下环梁组件由下环梁、插销油缸、插销等组成。下环梁由各类钢板、工字钢等焊接而成，上面设置有提升油缸安装耳板，插销油缸安装耳板，插销安装耳板，用于安装提升油缸、插销油缸、插销等。如图 2 所示。

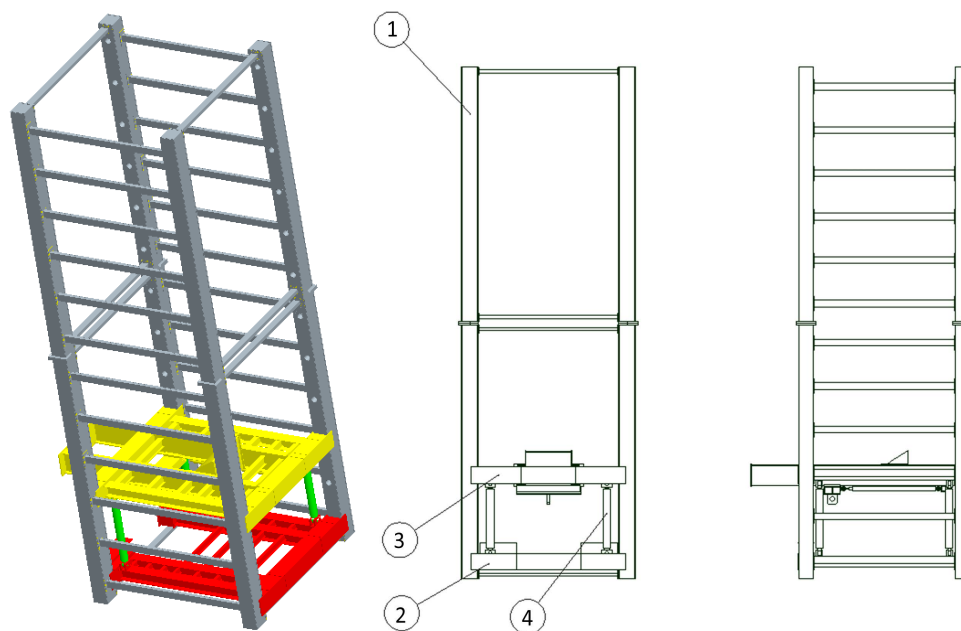


Figure 1. Outline drawing of the lifting device; ① Gantry components; ② Lower ring beam assembly; ③ Upper ring beam assembly; ④ Lifting cylinder

图 1. 提升装置外形图; ① 门架组件; ② 下环梁组件; ③ 上环梁组件; ④ 提升油缸

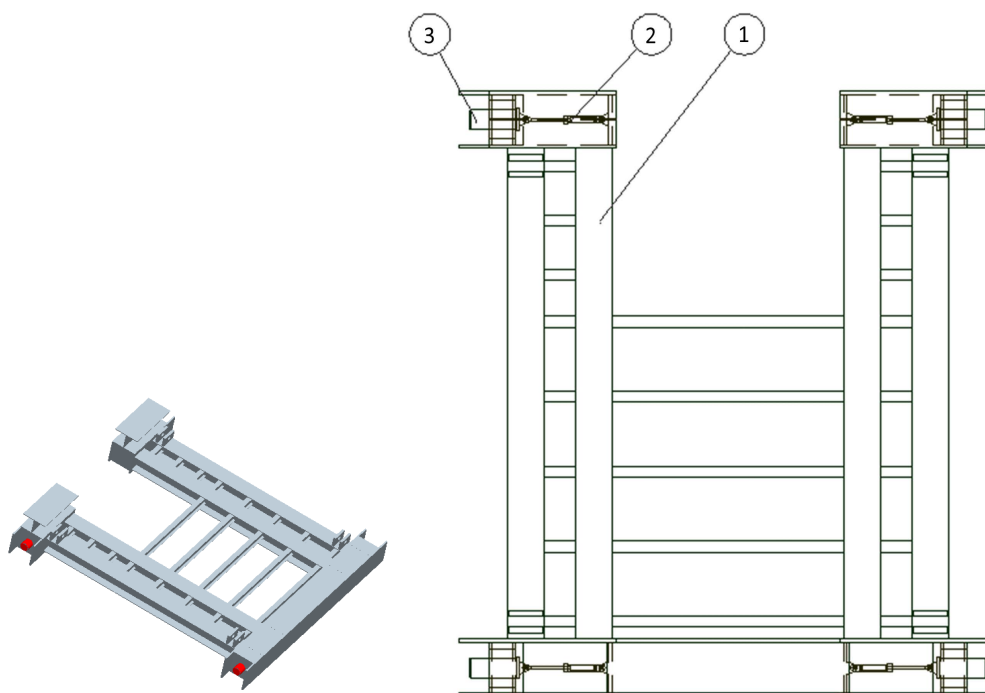


Figure 2. Outline drawing of the lower ring beam assembly; ① Lower ring beam; ② Latch cylinder; ③ Latch

图 2. 下环梁组件外形图; ① 下环梁; ② 插销油缸; ③ 插销

3.3. 公式环梁组件

上环梁组件由上环梁、插销油缸、插销、平移油缸、移动吊耳等组成。上环梁由各类钢板、工字钢

等焊接而成。上面设置有提升油缸安装耳板，插销油缸安装耳板，插销安装耳板，平移油缸安装耳板、移动吊耳滑轨，用于安装提升油缸、插销油缸、插销、平移油缸、移动吊耳等。上环梁上还设计有取水软管导向架，用于给取水软管导向，以配合软管绞车收放取水软管。移动吊耳滑轨拟采用黄铜板，减少摩擦力。如图 3 所示：

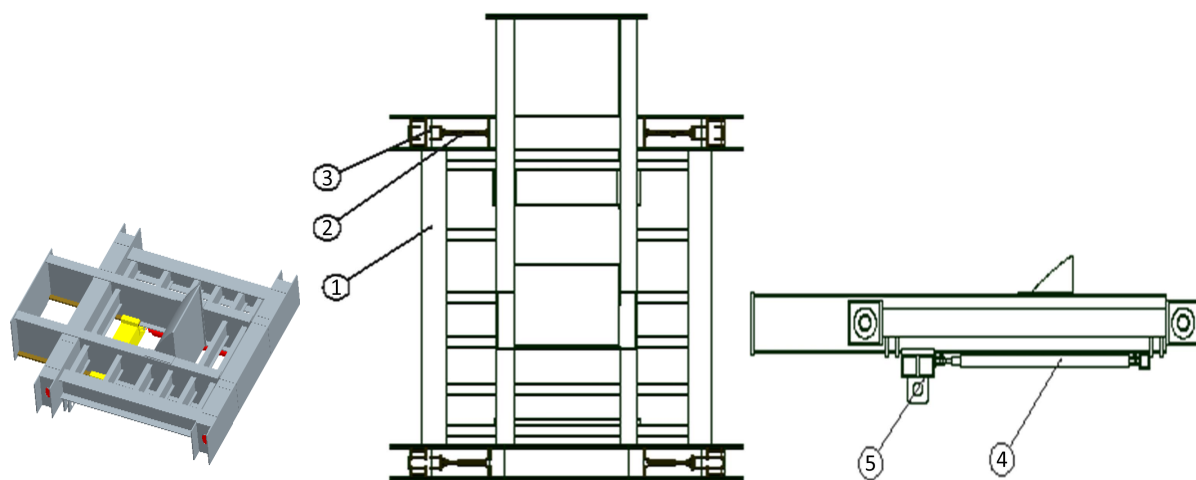


Figure 3. Outline diagram of upper ring beam assembly; ① Upper ring beam; ② Pin cylinder; ③ Latch; ④ Translating cylinder; ⑤ Move the lifting lugs

图 3. 上环梁组件外形图；① 上环梁；② 插销油缸；③ 插销；④ 平移油缸；⑤ 移动吊耳

3.4. 提升油缸

当下环梁插销插入在门架中，上环梁插销缩回时，提升油缸活塞伸出用于将上环梁顶起；当上环梁插销插入在门架中，下环梁插销缩回时，提升油缸活塞缩回用于将下环梁提起。

提升油缸采用双作用油缸，为保证多个提升油缸的同步性，提升油缸带行程传感器，可以实时监测提升油缸行程。

4. 结构分析

4.1. 取水管收放装置使用工况

取水管收放装置使用工况如图 4 所示：

1) 上环梁组件攀升工况：此时下环梁组件油缸伸出，活塞插入门架组件，整个取水管系负载通过上环梁组件、提升油缸、下环梁组件传递到门架组件，此工况上环梁组件将带动整个取水管系负载通过提升油缸上移。

2) 下环梁组件提升工况：上环梁组件油缸活塞伸出到门架组件，下环梁组件油缸缩回，提升油缸回缩带动下环梁组件上升，此时取水管系负载由上环梁组件通过活塞传递到门架。

3) 取水管横向移动工况：此时取水管提升到一定高度，养殖工船甲板上取水管系固定工装支撑整改取水管系，提升到一定高度的取水管与取水管系脱离，并通过上环梁组件横移到门架外部待转移，此时上环梁组件承受单根取水管负载。

4.2. 结构强度及屈曲分析

在 WORKBENCH 中，设置全局网格尺寸为 40 mm，并对插销、油缸、油缸支座等结构进行细化。薄板结构使用扫略网格划分方法，划分为实体壳单元，插销及油缸结构划分为实体单元。在此基础上进

行结构强度分析,基于各工况对取水管提升装置施加相应载荷,进行综合位移和应力分析(如图5) [3] [4]。

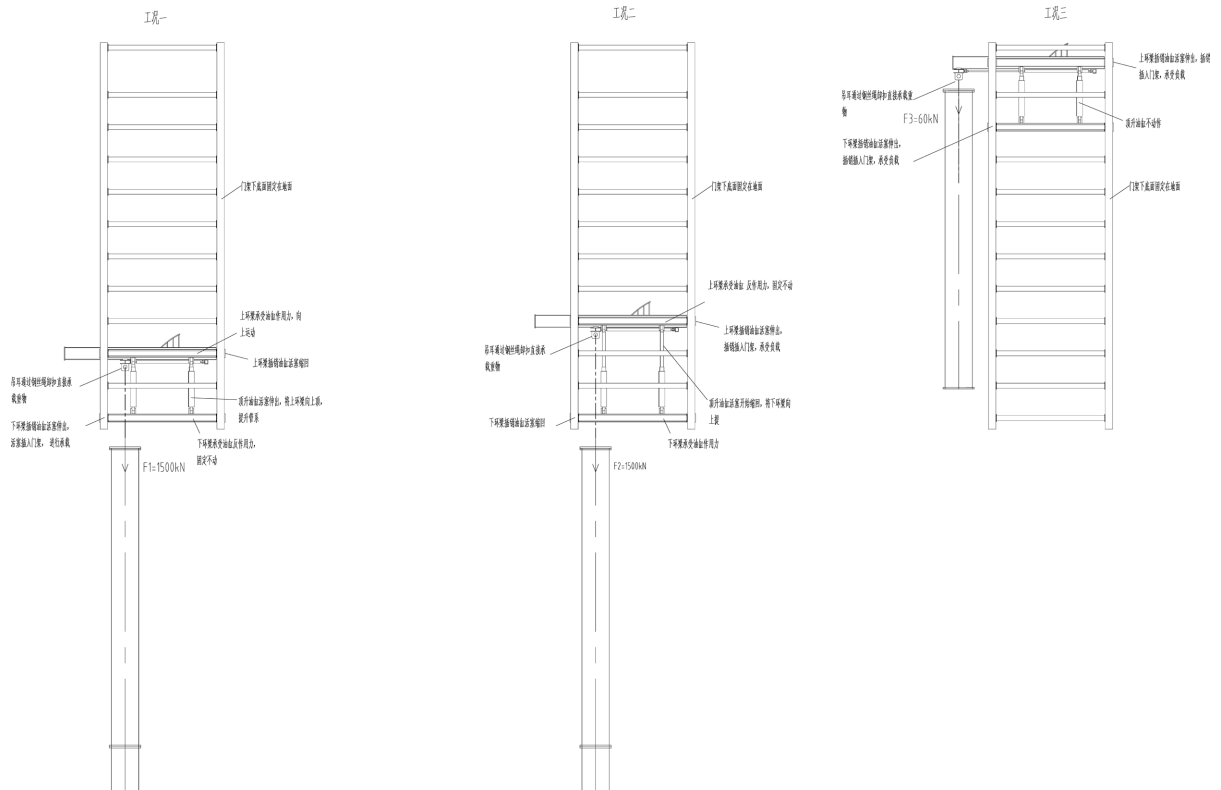


Figure 4. Working conditions of water intake pipe retracting device
图 4. 取水管收放装置使用工况

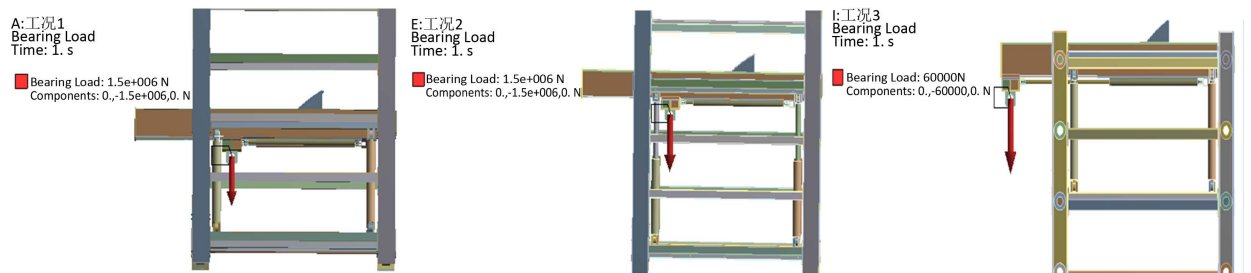


Figure 5. Load of each working condition of the water intake pipe retracting device
图 5. 取水管收放装置各工况载荷

提升装置主要板材结构材料为 Q460NC, 不同板厚下屈服强度及许用应力如表 2 所示:

Table 2. Q460NC material performance parameters
表 2. Q460NC 材料性能参数

| | 板厚 ≤ 16 mm | 1 板厚 > 16~40 mm | 板厚 > 40~63 mm |
|----------|------------|-----------------|---------------|
| 屈服强度/MPa | ≥460 | ≥450 | ≥430 |
| 许用应力/MPa | 418 | 409 | 390 |

通过有限元分析,从图 6 和图 7 中可以看出,提升装置板件垂直连接处及插销套筒边缘位置存在

局部应力集中现象，应力超过许用应力，且范围很小，不影响结构正常使用，且单元平均应力均低于材料屈服强度，结构满足强度要求。提升装置各工况下一阶载荷放大系数最小为 1.87，结构满足稳定性要求。

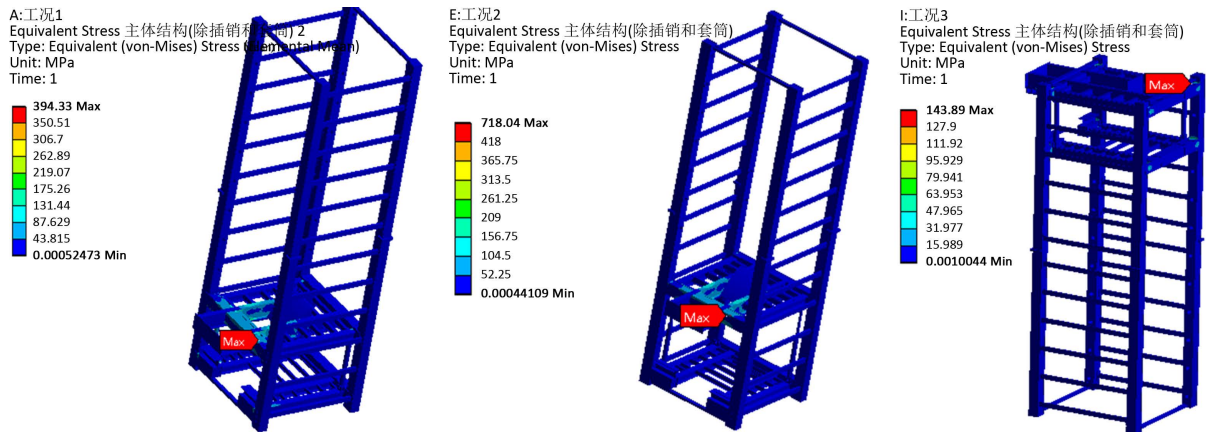


Figure 6. Comprehensive stress distribution cloud of each working condition of the main structure
图 6. 主体结构各工况综合应力分布云图

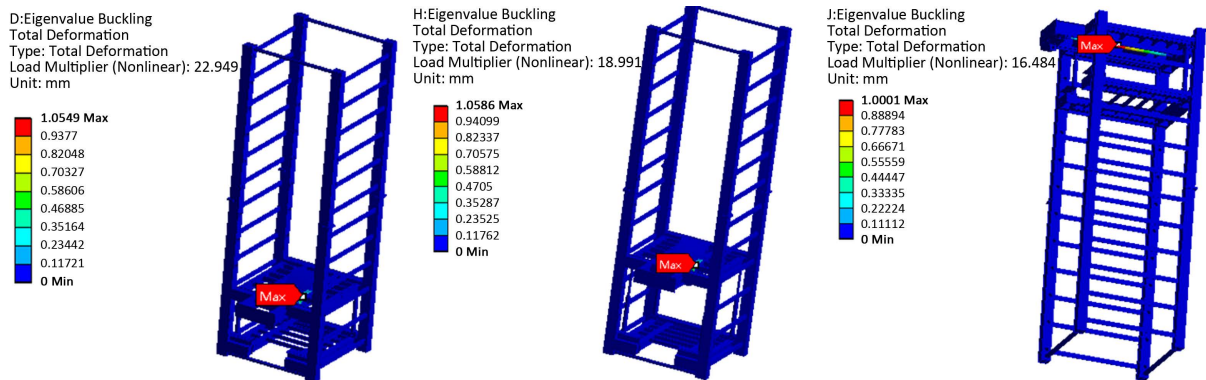


Figure 7. First-order buckling mode of each working condition of the main structure
图 7. 主体结构各工况一阶屈曲模式

5. 结论

海洋环境条件下养殖工船取水管收放负载大、对塔架稳定性要求高，本文针对养殖工船取水管收放塔架功能进行了结构设计，并分析了各使用工况，通过有限元分析进行结构强度和屈曲分析，通过分析，结论如下：

- 1) 取水管收放塔架结构设计合理，能够满足取水管系大负载提升要求；
- 2) 通过有限元分析，取水管收放装置结构强度和稳定性满足要求。

基金项目

工业和信息化部：可移动式养殖工船工程开发及关键系统研制(工信部装函[2019]360号)。

参考文献

- [1] 李志雨, 童波, 邵武豪. 采用循环水技术的大型养殖工船总体设计探讨[J]. 船舶, 2022, 33(6): 20-29.

- [2] 高瑞, 王庆伟, 张彬. 养殖工船快速性仿真分析及试验验证[J]. 船舶工程, 2020(S2): 6.
- [3] 胡于进. 有限元分析及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- [4] CAD/CAM/CAE 技术联盟. ANSYS Workbench 2020 有限元分析从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2020.