

钻采提升系统负荷试验设计及计算研究

郭晓东

上海中远海运重工有限公司 上海 201913

摘要: 在常用钻井提升系统负荷试验方案研究的基础上, 结合对某钻采船钻采提升系统设计原理、受力特点的研究, 创新设计了一种全新钻采提升系统负荷试验装置。经对比, 方案切实可行, 满足钻采提升系统特点和现场建造状态需求, 同时经有限元分析, 方案整体及局部强度满足试验要求。

关键词: 负荷试验; 提升系统; 试验装置; 有限元分析

中图分类号: U663.9 **文献标志码:** A

Design and Research of Loading Test about Drilling & Hoisting System

Guo Xiaodong

COSCO Shipping Heavy Industry (Shanghai) Co.,Ltd., Shanghai 201913, China

Abstract: Based on commonly used drilling and hoisting system loading test plan, together with the research on the drilling and hoisting system characteristics of a certain drilling ship, a new loading test plan for drilling and hoisting system has been innovatively designed. After comparison, the new plan is feasible and meets the characteristics of the drilling and hoisting system and the requirements of on-site construction status. Finally, finite element analysis shows that the overall and local strength of the design meets the test requirements.

Keywords: Loading test; Hoisting system; Test device; FEA

Classification number: U663.9 **Document Mark Number:** A

引言

无论是工程研究、产品开发、还是质量控制、故障诊断都离不开性能试验^[1]。钻井提升系统为海上钻井平台的关键装备, 肩负着安装游吊系统、顶驱、自动化工具, 起升和下放钻具、套管、隔水管和井下器具等使命^[2]。为了提高钻井系统的安全性, 减少设备因质量不良造成服役期间引起故障及隐患, 需要在设备完成安装调试后进行负荷试验, 以验证其功能达到设计预期。

本文以某钻采船钻采提升系统为研究对象, 对负荷试验方案进行选型优化, 结合本船钻采提升系统特点和现场建造状态需求, 创新设计一种全新钻采提升系统负荷试验方案, 并经有限元分析确保方案整体及局部强度满足提升907吨载荷的试验要求。

1 钻采提升系统简介

钻采提升系统如图1所示, 整个系统固定在钻台上, 系统由锚固点, 钢丝绳, 滑车系统, 被提升设备(本图被提升设备为顶驱)串联组成, 由液压顶升系统顶升滑车系统升降, 钢丝绳保持定长, 从而实现设备的提升或下降。根据对

提升系统原理研究, 可得到提升系统工作时, 钻台受力特点如图2所示, 实际工作时位于井口中心向上的拉力为被提升设备受力, 此力并不作用在钻台上。

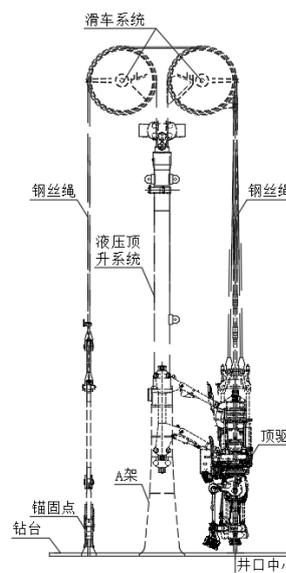


图1 钻采提升系统示意图

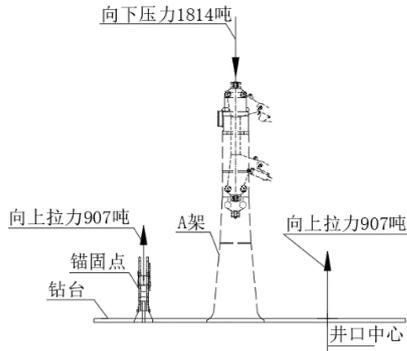


图2 钻采提升系统作用于钻台受力

2 负荷试验装置对比选型

为验证钻采提升系统性能，需要同时验证锚固点受向上拉力907吨，由力的合成原理可知，A架承受锚固点拉力和

被提升设备拉力的二力合成，由于两力平行，因此，A架承受向下压力达到了1814吨，为此，需要设计一负荷试验装置，承受向上拉力907吨，同时，该力的作用线位于钻台中心处。经研究本船主船体结构、钻台结构、设备布置，同时结合现场建造状态，设计了如下三个负荷试验方案：

2.1 方案一：负荷试验点位于主船体区域

方案一拟将负荷试验受力点设置在月池区域主船体上，如图3所示，在月池区域主船体上设置4个吊耳，使用2部滑车、2对钢丝绳，4枚卸扣将环形钢丝和4个吊点连接起来，同时在钻采提升系统与环形钢丝之间使用2枚卸扣及2个称重传感器进行连接，通过钻采提升系统向上提升拉伸主船体吊耳从而使钻采提升系统承受载荷，直至达到预定载荷要求。

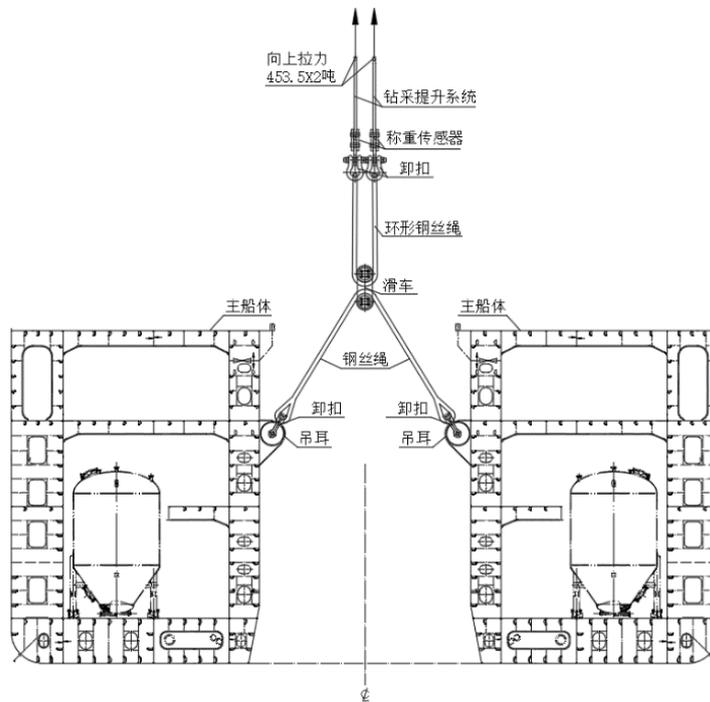


图3 方案一：负荷试验点位于主船体区域

2.2 方案二：负荷试验点位于钻台区域，使用吊卡抱箍拉伸

方案二拟将负荷试验受力点设置在钻台区域月池中心处，如图4所示，负荷试验装置底部基座与钻台中心强结构

连接，上部变截面类似钻杆结构与钻采提升系统吊卡进行连接，使用2枚卸扣将吊卡和称重传感器连接，称重传感器再与钻采提升系统连接，通过钻采提升系统向上提升吊卡从而使钻采提升系统承受载荷，直至达到预定载荷要求。

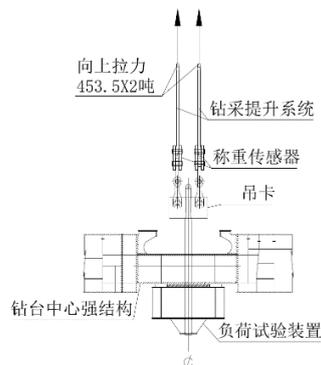


图4 方案二：负荷试验点位于钻台区域，使用吊卡抱箍拉伸

2.3 方案三：负荷试验点位于钻台区域，使用环形钢丝绳提升

方案三拟将负荷试验受力点设置在钻台区域月池中心处，如图5所示，负荷试验装置底部基座与钻台中心强结构连接，通过环形钢丝绳绕过装置底部圆管，环形钢丝绳上部采用2枚卸扣、2个称重传感器与钻采提升系统连接，通过钻采提升系统向上提升拉伸钢丝绳从而使钻采提升系统承受载荷，直至达到预定载荷要求。

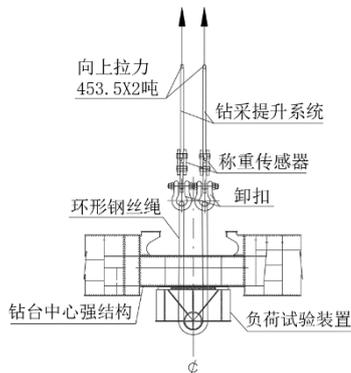


图5 方案二：负荷试验点位于钻台区域，使用环形钢丝绳拉伸

2.4 负荷试验方案优缺点对比

对比以上试验方案，各方案特点明显，对比结果见表1，结合实船需求，本船钻采系统负荷试验方案最终选取方案三。

表1 各负荷试验方案优缺点对比

方案	优点	缺点
方案一	试验时钻台区域受力与钻采提升系统工作时钻台受力比较接近	钢丝绳较长、卸扣、滑车使用较多，试验成本较高
方案二	试验装置全为钢结构，设计简单，试验成本最低	试验装置需要从钻台底部插入，尤其是装置拉伸杆件较长，与钻台底部设备干涉较大，试验装置作用于钻台结构，增加了钻台载荷
方案三	试验装置为钢结构、钢丝绳、卸扣的组合，连接及操作方便，与钻台底部设备干涉较小	试验成本虽然相对于方案一低，但相对于方案二，试验成本偏高，试验装置作用于钻台结构，增加了钻台载荷

3 负荷试验装置强度计算

根据选定的负荷试验方案，为保证试验的可靠性和安全性，特进行试验装置及钻台结构有限元强度分析。

3.1 有限元模型及载荷

为准确评估试验方案对钻台及船体结构的影响，有限元模型包含了整个钻台区域，钻台下船体结构区域，试验装置等，模型单元大小约150mmX150mm；对于井架，A架采用多点约束刚性单元（MPC）进行模拟。整体模型如图6所示，井架载荷作用在井架MPC顶点处；A架载荷如图7所示，A架自重及试验载荷共同作用在A架顶点处；锚固点载荷如图8所

示，锚固点试验载荷作用在锚固点圆心处；试验装置受力位置在圆管与钢丝绳接触线上，根据有限元网格划分节点数进行受理解析，圆管受力分解如图9所示，受力总节点数为11个，圆管受力加载见图10所示，载荷方向均指向圆心，沿半圆周均匀分布。

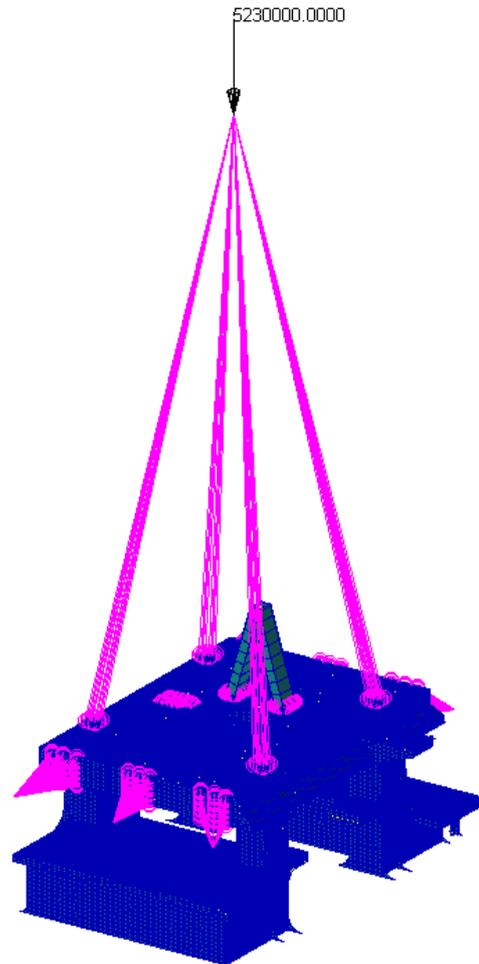


图6 整体模型及井架载荷示意图

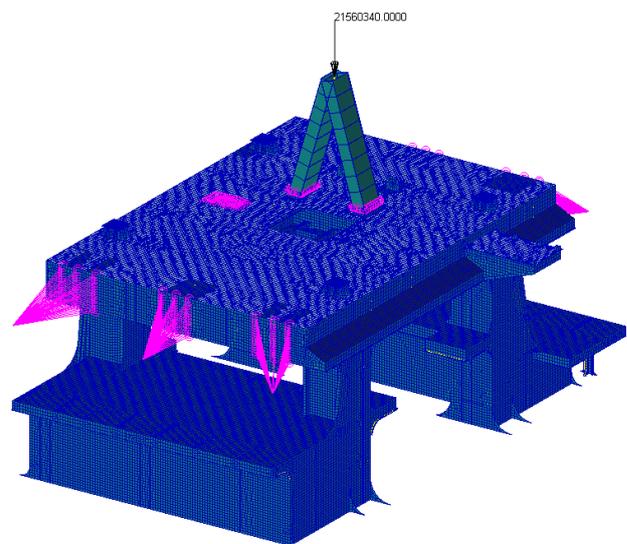


图7 A架载荷示意图

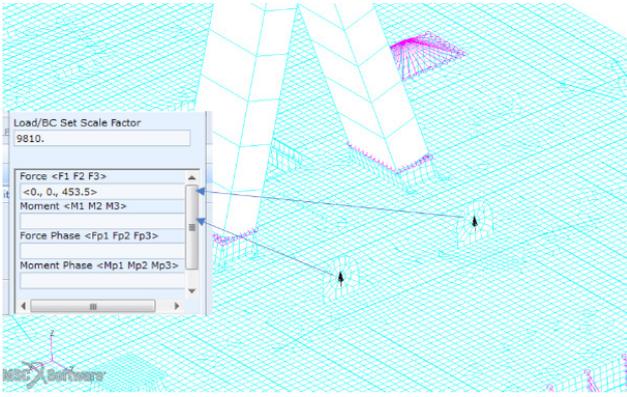


图8 锚固点载荷示意图

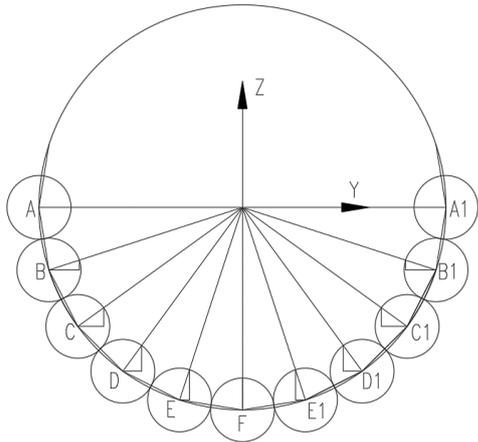


图9 圆管与钢丝绳连接处受理解析示意图

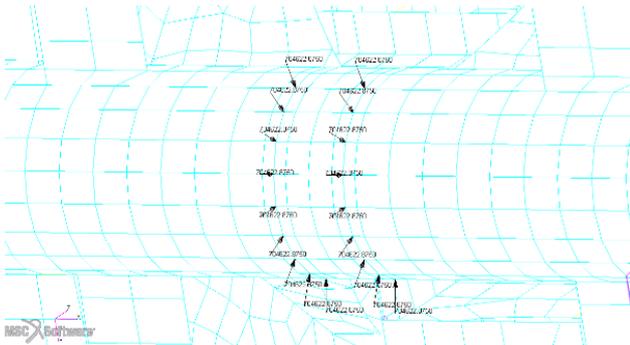


图10 试验装置受力示意图

Patran 2018 31-Jul-23 13:27:14
Fringe: LCsling, Static Subcase, Stress Tensor, von Mises, Average, 2 of 3 layers

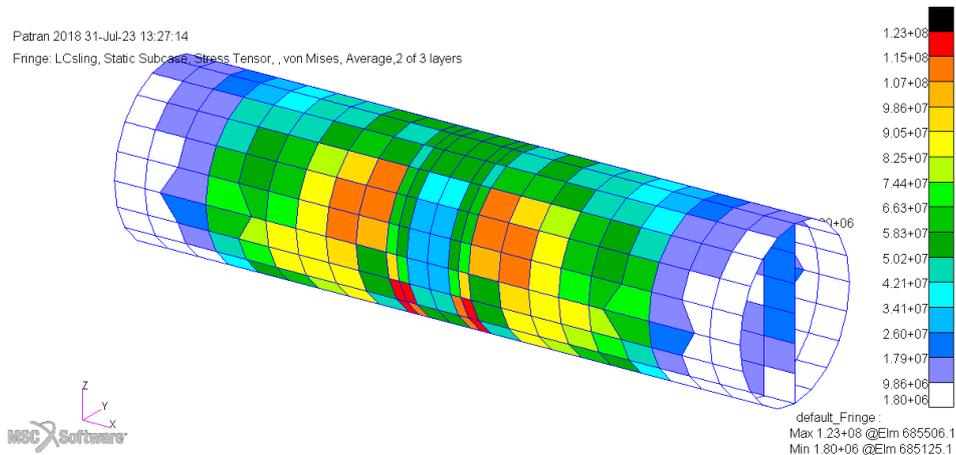


图11 试验装置与钢丝绳接触位置应力云图

3.2 结构安全系数

根据规范^[3],试验结构考虑如重量重心系数、动态放大系数、扭转系数、锁具偏差系数、重要性系数、材料系数、载荷系数、不均匀系数,各系数取值见表2所示。试验装置接触钢丝绳位置参照吊点要求实取安全系数2.81,实验装置其余位置参照吊点支撑结构实取安全系数2.48,钻台及船体结构参照其他结构要求实取安全系数2.16。

表2 结构安全系数

序号	系数分类	取值	备注
1	重量重心系数	1.05	考虑传感器读数误差
2	动态放大系数	1.00	本次试验属于静态拉伸
3	扭转系数	1.00	试验工装与钻采提升系统采用钢丝绳连接并且两者均由钻台固定
4	锁具偏差系数	1.25	钢丝绳、卸扣、传感器、钻采提升系统制造公差引起
5	重要性系数	1.30	吊梁、吊点
		1.15	吊点支撑结构
		1.00	其他结构
6	材料系数	1.15	钢结构材料
7	载荷系数	1.30	LRFD方法
8	不均匀系数	1.10	钢丝绳绕过圆管时圆管两侧钢丝绳载荷分配不均

3.3 有限元计算结果

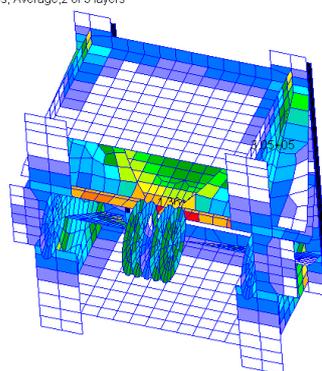
有限元计算评估结果汇总见表3所示,应力云图如图11-14所示。计算结果显示,吊点、吊点支撑结构及其他结构的最大组合应力均小于许用应力,负荷试验设计方案满足强度及功能要求。

表3 最大应力汇总

结构位置	最大组合应力	许用屈服应力	是否满足
	MPa		
试验装置与钢丝绳接触位置	123	126	是
试验装置	136	143	是
钻台及船体结构	157	164	是

Patran 2018 31-Jul-23 13:28:03

Fringe: LCsling, Static Subcase, Stress Tensor, , von Mises, Average,2 of 3 layers

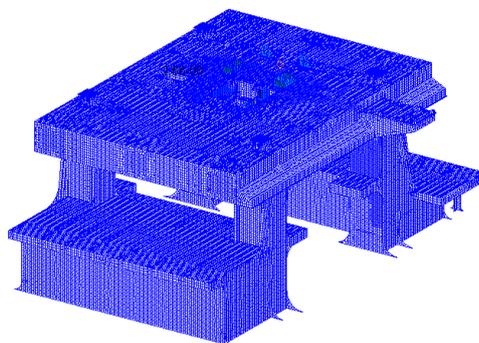


default_Fringe
Max 1.36e+08 @Elm 685354.1
Min 3.05e+05 @Elm 678817.1

图12 试验装置其余位置应力云图

Patran 2018 31-Jul-23 13:31:02

Fringe: LCsling, Static Subcase, Stress Tensor, , von Mises, Average,2 of 3 layers

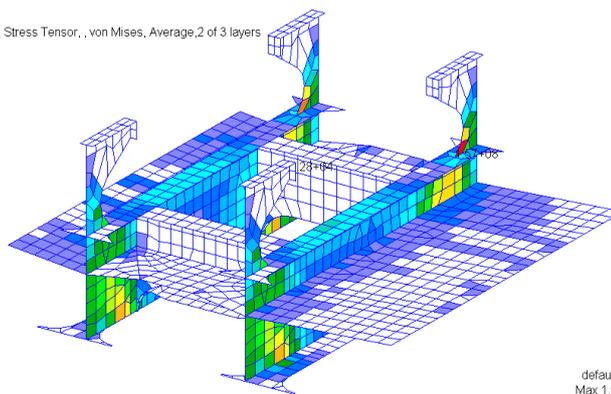


default_Fringe
Max 1.57e+08 @Elm 684387.1
Min 2.66e+08 @Elm 413073.1

图13 钻台及船体结构整体应力云图

Patran 2018 31-Jul-23 13:32:44

Fringe: LCsling, Static Subcase, Stress Tensor, , von Mises, Average,2 of 3 layers



default_Fringe
Max 1.57e+08 @Elm 684387.1
Min 2.28e+04 @Elm 684090.1

图14 钻台中心附近结构局部应力云图

4 结论

1、文章通过三种负荷试验方案对比选型,分析了各方案的优缺点,得到了满足本项目需求的合适方案,各方案均有其适用特点,对同类型的负荷试验设计具有较好的借鉴意义。

2、方案三底部采用环形钢丝环绕圆形管架进行拉升并将力传递到结构上,免除了底部连接卸扣的使用,在降低试验成本的同时使装置与钢丝绳接触部位受力更均匀。

3、在计算结果满足试验要求基础上,方案设计时在底部环形钢丝与圆形管架接触位置额外增加了一半圆形覆板,进一步减小了接触点应力峰值,使得结构安全进一步提升。

4、通过有限元计算评估结构强度,针对结构薄弱点有针对性加强,节省了试验成本,同时进一步增强了试验的安全性。

参考文献:

[1]中国石油大学(北京),硕士学位论文,提升系统试验装置的设计.2007.

[2]石油矿场机械,非海洋平台环境下海洋双井口井架载荷试验装置设计_罗强,2019.

[3]DNVGL-ST-N001, Marine operations and marine warranty, 2016.