

Analysis and treatment of common and typical faults of FPSO base crane

Chuang Du

CNOOC (China) Co., Ltd. Zhanjiang Branch, Zhanjiang, Guangdong, 524057, China

Abstract

FPSO (floating production and oil storage device) as the transfer of people and goods, it is essential to ensure its stability and reliability. Through the analysis of crane mechanical structure and hydraulic system, working principle, common faults and important parts maintenance points, and combined with the maintenance experience of offshore FPSO crane, summarizes the crane fault analysis methods and solutions, through this article to provide field maintenance personnel with a maintenance ideas, further improve the maintenance skills of maritime line staff, to make greater contribution to the "Marine energy power strategy".

Keywords

FPSO crane gear box hydraulic system reducer spindle valve energy storage device, multi-channel valve

FPSO 基座式吊机常见及典型故障分析处理

杜闯

中海石油(中国)有限公司湛江分公司, 中国·广东 湛江 524057

摘要

FPSO(浮式生产储油装置)基座式吊机作为转运海上人员与货物所必须的关键设备,保障其稳定性与可靠性至关重要。本文通过分析吊机的机械结构与液压系统,工作原理,常见故障以及重要零部件检修要点,并结合海上FPSO多种型号吊机的检修经验,总结出吊机故障分析方法和解决措施,通过此篇文章给现场维修人员提供一种维修思路,进一步提高海上一线员工的维修技能,为“海洋能源强国战略”作出更大的贡献。

关键词

吊机; 液压; 减速机; 梭阀; 储能器

1 吊机简介

1.1 吊机原理介绍

吊机是将电机的电能转换为泵的液压能起重机械。吊机主要包括起升机构(主钩与副钩)、回转机构、变幅机构、金属结构等。起升机构是吊机的基本工作机构,FPSO吊机起升系统是由主副钩和绞车组成,通过液压马达取动绞车实现升降重物。变幅机构通过钢丝绳和滑轮实现吊臂的起升与下降,实现工作范围的变化,吊臂起升时工作半径减小,下降时工作半径增大。回转机构通过液压马达带动回转齿轮箱,使机体实现360°无死角回转。金属结构是吊机的骨架,主要承载件有吊臂、A支架,绞车支撑,滑轮,将军柱等。

吊机结构图主要部件,主要包括回转轴承体,主钩(额定载荷20T)与副钩(额定载荷5T),回转齿轮减速机(此

吊机有2个),主副钩与吊臂滚筒绞车,吊臂销轴,操作维修平台,吊臂钢丝绳等。

1.2 吊机的负载曲线

根据API 2C(美国石油协会吊机使用规范)与厂家吊机的使用手册要求,吊机使用过程中需严格遵守负载曲线,严禁超载使用。如下图1,此吊机的最大工作半径在33m处,主副钩都能满载5T货物,但是如果是主钩,在满载情况下,它的最大工作半径在15m处。吊车司机和维修人员需掌握负载曲线,这样才能做到心中有数。

1.3 吊机常见故障以及解决措施

以下表格1为吊机常见故障与处理措施,可以解决日常故障,维修人员应熟练掌握原因分析方法与解决措施,才能在维修中做到游刃有余。

【作者简介】杜闯(1990-),男,中国陕西渭南人,本科,工程师,从事海上采油机械设备维修优化研究。

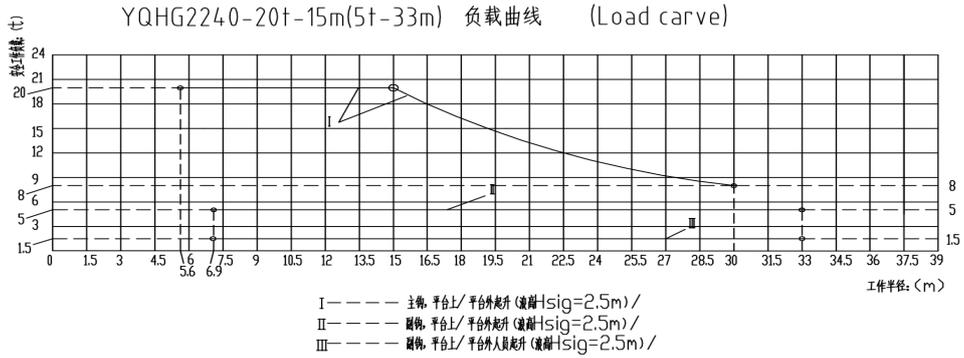


图 1 吊机负载曲线

表 1 吊机常见故障与处理措施

故障类型	原因分析	解决措施
吊机不动作	电器接线故障，电路停电	检查电路是否接线错误或接头损坏
	液压油箱中油量不足	检查油位高度，加油至规定油位
	油压不够	调节主控制阀升高油压
	油滤器堵塞，泄露	检查、清洁或更换滤器
控制杆不能返回	控制阀弹簧损坏	检查、清洁或更换弹簧
	控制阀的滑动阀块卡阻	修理或更换阀芯
	控制连接杆故障	检查、调节或更换
软管破裂及油泄漏	调节压力太高	重新调节并适当降低压力
	软管安装不正确	拆下后重新安装或更换
	软管松动	紧固软管接头
提升无力或不能上升	主控制阀的安全阀调节压力不足	检查并适当升高压力，但不能超过规定值
	油马达内部故障	修理或更换
吊钩不能下降	平衡阀的动作不正常	检查、清洁、修理
	油马达内部故障	修理或更换
应急下放回回转不动作	应急关闭阀没有转换	移动应急关闭阀手柄到应急下放位置
	平衡阀堵塞	修理或更换
	手动泵无压力	修理手动泵

2 吊机典型故障分析及解决措施

2.1 故障描述

此故障为液压系统，电气系统和机械系统的综合故障，具有一定的难度，通过此故障，阐明吊机故障查找方法与思路。此故障发生在 2023 年，FPSO 基座式吊机连续工作 3 个小时左右，突然出现一声异响，导致左右转都出现限位情况，一直在一个扇形范围内回转，无法 360° 回转，并且手柄回到中位，吊臂还会出现反弹现象。其他动作：变幅，主副绞车都正常。当解决回转故障后，运行几个小时，又出现回转不能左转，左回转较慢的故障，测试其他动作都正常。

2.2 故障原因分析

第一，左右回转限位反弹问题分析。

①回转电磁阀故障，有时可以吸合，有时不能吸合，导致压力不能持续建立（之前有过类似故障）；

②手柄油路故障，导致控制油路无法接通或油量过少，无法打开多路阀；

- ③管线脏堵，无法建立高压；
- ④回转主油路平衡阀故障导致回油不畅；
- ⑤回转刹车，齿轮箱故障导致无法回转；
- ⑥回转轴承出现故障（最严重的故障，需要拆卸吊机，难度巨大）。

第二，向右回转正常，不能向左回转问题分析。

- ①向左回转电磁阀故障；
- ②左转时手柄控制油路未打开；
- ③控制油路无压力；
- ④系统其他故障。

3 故障解决措施

3.1 左右回转限位反弹问题分析

3.1.1 电磁阀故障

维修人员通过查询液压图纸，此回转电磁阀为两位四通换向阀。通电状态为工作位置，通电状态只要阀芯被吸附，

就证明是正常的。测试发现向右回转电磁阀断电无法回常态位，这也是一个故障，但是不是导致不能回转的原因。测试阀芯通道也未见堵塞。（液压图纸其实只需要工作位置就可以，其实可以完全去掉此电磁阀，换成一块板即可，此次先不更换，以后故障解决后再行变更改造。）

3.1.2 手柄左右回转窜油

提前做好标记，提前了解手柄的液压图纸，拆除旧的手柄，更换新的手柄，启动测试，故障仍未消除。此次在解决回转限位故障后，还出现左不转右转故障（后面单独介绍），此时还单独测试手柄，将管线1和管线3互换，排除手柄左位不正常的故障。

3.1.3 管线脏堵

先将回转管线做好标记，依次拆开控制油路管线拆除，用干净的仪表气进行吹扫，未发现脏堵现象，液压油也是比较干净的，重新启机测试故障仍未消除，将此故障排除。

3.1.4 回转主油路平衡阀故障导致回油不畅

调节回转平衡阀压力（S02），现将压力调到最小，保证有压力就能打开，将阻力降到最小，启动测试，回转故障依旧未能解决，最后将左舷吊机平衡阀换上，故障也未能解决，所以排除主油路平衡阀故障。

3.1.5 回转马达，回转刹车，齿轮箱故障导致无法回转

①马达故障：维修人员将2个回转马达拆除，启动液压泵让马达空转，此时马达未出现卡组，排除马达故障。马达空转过程中，因刹车是打开的，吊臂随风会摆动一点角度，此时很明显看到右边齿轮箱输入轴在快速转动，而左边齿轮箱输入轴就未转动，判断左边齿轮箱一定出现故障，右边齿轮箱还不能排除。

②刹车故障：维修人员在刹车油路接入压力表，测试回转压力在100bar左右，刹车是可以完全打开的，排除刹车故障，再根据测试马达时的现象判断，大概率是齿轮箱的故障。

③齿轮箱故障：维修人员排除油路，刹车等故障后，只剩下齿轮箱故障。将右边齿轮箱马达装回，测试，故障仍未消除。鉴于此，对两个齿轮箱进行拆检，发现左边齿轮箱第三级行星轮已经断轴，右边齿轮箱第一级行星轮齿与盖板接触，导致出现挤压与摩擦，盖板已经出现齿轮压痕，回转齿轮到压痕位置就无法转动，出现限位情况，由于齿轮受回转力矩，导致手柄回中位时出现向相反方向回转的现象。故障如下图位置所示。初始原因分析为齿轮箱与机体螺栓松动，导致行星轮与太阳轮转动配合较差，前期故障未被发现，最后导致出现断轴情况，故障如图2所示。

更换两个新的齿轮减速箱后，启机测试，左右回装都可以360°转，此时故障已经解除，只是左转时会出现延时1-2S才动作，先让吊车司机使用，吊车司机反映吊车不能向左回装，向右正常，此时又出现新故障。

此时故障可以排除回转齿轮箱，刹车，马达等的故障。

3.2 向右回转正常，不能向左回转问题分析：

3.2.1 向左回转电磁阀故障

重新检查电磁阀，电器部门对线圈测量，无故障，维修人员又将电磁阀进行旁通（直接让管线相连），启机测试此故障未解决，因此排除此故障。

3.2.2 左转时手柄控制油路未打开

跟前面测试方法一致，故障仍未解决。

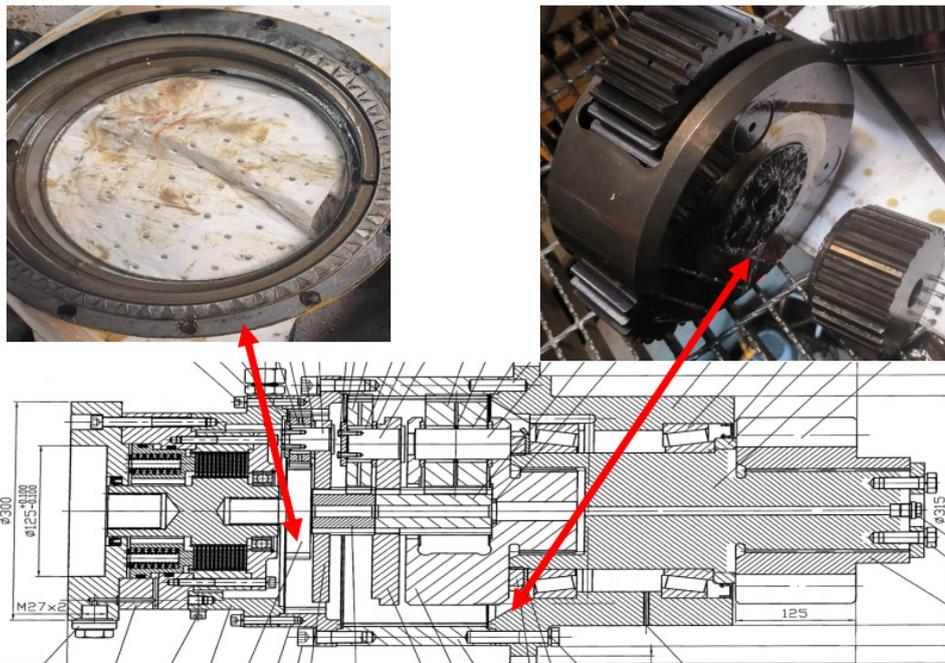


图2 回转齿轮箱

3.2.3 控制油路无压力

将压力表接入左转控制油路测试，左转系统确实没有控制压力，并且只有左转时没有控制压力，此时，根据液压图纸已经无法判断故障，需要对现场进行逐一排查。

3.2.4 系统其他故障

在吊机回转舱室内，维修人员对照液压图纸，进行管线阀门一一比对，发现现场的回转液压回路多出一路，多出部分为储能器加梭阀，维修人员将梭阀放入图纸对应位置在

进行分析，终于找到问题所在，当吊机向左回转时，控制油路梭阀球阀芯未到位（密封不严），导致控制油路 ks1 直接流经 ks2 回油箱，控制油路无压力，自然不能打开多路阀回转左位阀芯，左转无动作。而右转阀芯位置正常，所以出现右转左不转的故障。

液压回路流程如下图 3 液压原理图所示（加装此回路目的是为了左右回转时有背压，动作过程会比较平稳顺滑，减少吊机的抖动）。

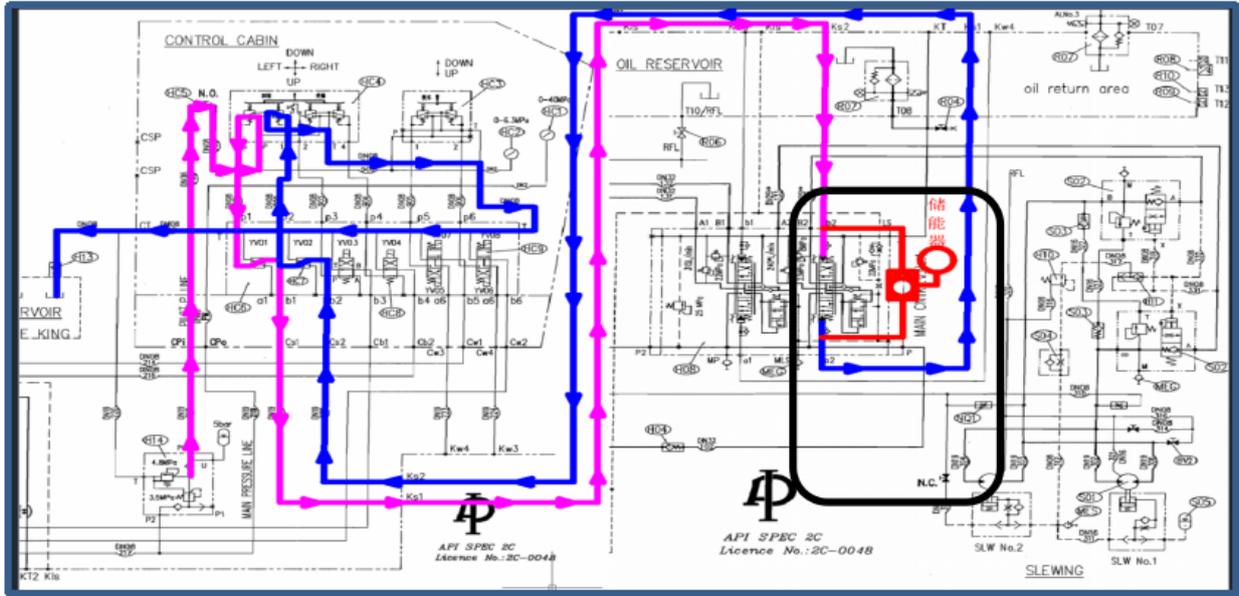


图 3 液压原理图

4 效果

在解决上述问题之后，吊机操作人员启动了吊机进行全面的测试。令维修人员满意的是，所有的功能都运行正常。为了进一步验证吊机的稳定性，维修人员让吊机连续空转了一个小时。在这个过程中，吊机的转动非常平稳，没有出现任何明显的顿挫感。这也充分表明，之前的故障已经被彻底排除。

在后续的吊装作业中，吊机操作人员密切关注吊机的状态，没有再出现类似的故障。这证明了维修人员的维修工作是成功的，并且吊机已经恢复到最佳的工作状态。维修人员继续监控吊机的运行情况，确保吊机始终保持高效和可靠的性能。

5 评价

此次吊机故障查找涉及液压、电气、齿轮箱等多个专

业领域，以及变更管理方面的问题，属于难度较大的故障。通过维修人员通过多方查找、仔细比对和逐一分析方法，最终成功解决问题，确保了吊机的安全运行，并为后续工作提供了保障。

从这次故障维修中，维修人员应吸取经验教训，加强日常维护保养的认真程度，并与吊车司机保持密切沟通，及时反映异常情况，避免形式主义，做到防患于未然。在进行性能改造时，必须及时更新图纸，并对变更进行妥善管理，确保原有图纸被正确标记为不可用状态，不能误导后面进行吊机维修或者管理的人员。

参考文献

- [1] 杨培元. 朱福元《液压系统设计简明手册》[M]. 机械工业出版社, 2005: 167-177
- [2] API Spec 2C-2020,海上平台起重机规范[S]
- [3] 玉誉斌《基座式吊机》[M]. 国营华南船舶机械厂, 2006 (1-26): 81-90