

油田修井无人作业平台设计与研究

李波¹, 柳青¹, 尹辉骆², 嘉鹏¹, 雷晓燕¹

¹克拉玛依众城石油装备研究院股份有限公司 新疆克拉玛依

²克拉玛依市建业能源股份有限公司 新疆克拉玛依

【摘要】随着石油工业突飞猛进的发展,对油田井下作业装备和作业技术水平有了更高的需求。然而目前油田小修作业处于相对传统的半机械化作业模式,存在作业劳动强度大、作业人员多、安全风险点多、作业效率低等一系列问题。油田修井无人作业平台通过自动化控制系统实现油管起下、对中、扶正、上卸扣,能有效降低人员劳动强度;通过井口无人化作业,实现井口作业本质安全;通过设备替代人工连续作业,提高整体作业效率。

【关键词】油田小修作业;无人作业平台;远程控制

【基金项目】本文系克拉玛依市科学技术局重点科研项目:油田智能化修井装备研发与产业化应用项目

【收稿日期】2025 年 2 月 15 日

【出刊日期】2025 年 3 月 31 日

【DOI】10.12208/j.sdr.20250022

Design and research of unmanned operation platform for oilfield well repair

Bo Li¹, Qing Liu¹, Huiluo Yin², Peng Jia¹, Xiaoyan Lei¹

¹Karamay Zhongcheng Petroleum Equipment Research Institute Co., Ltd, Karamay, Xinjiang

²Karamay Jianye Energy Co., Ltd., Karamay, Xinjiang

【Abstract】 With the rapid development of the petroleum industry, there is a higher demand for oilfield downhole operation equipment and operational technology. However, the current oil field minor repair operations are in a relatively traditional semi mechanized operation mode, which has a series of problems such as high labor intensity, multiple operators, multiple safety risk points, and low operational efficiency. The unmanned operation platform for oilfield well repair realizes the lifting, centering, straightening, and loosening of oil pipes through an automated control system, which can effectively reduce the labor intensity of personnel; By unmanned operation at the wellhead, the intrinsic safety of wellhead operations can be achieved; Replacing manual continuous work with equipment to improve overall work efficiency.

【Keywords】 Oilfield minor repair operations; Unmanned homework platform; Remote control

引言

井口作业区域是油田井下作业高风险区,也是小修工序中劳动力密集点;传统模式下,井口作业依然沿用人工协助起下管柱模式,如发生井喷失控,会带来极大的人员伤亡隐患^[1];井口无人作业平台通过信息化远程控制系统对作业平台的各设备模块进行精确化控制,以实现修井过程中危险区域自动化作业,使各工序可靠联动并达到作业标准;同时结合油田作业现场及工况,进一步提高无人作业平台与实际应用匹配度的综合性工艺技术^[2]。

1 油田小修作业井口无人作业平台设计思路

石油修井作业是石油开采、生产过程中重要工程,在生产过程中,油、气井经常会发生一些故障,导致井减产,甚至停产,为维持油、气井正常生产必须进行维修,恢复或提高其生产能力^[3]。小修作业范围一般为更换生产管柱、检泵、清蜡、冲砂、简易打捞等,难度相对较小,但涉及工序环节较多,灵活性要求高,因此目前更多的依靠人员足量配置完成作业,智能化配套设备落地应用困难^[4]。传统小修作业所采用的简易平台仅用于人工工作操作区域使用,在

作者简介:李波(1988-)男,汉族,四川省兴文县,本科,主要研究方向:油田修井机及修井作业配套设备改造。

小修过程中较多人力集中在井口附近, 一旦操作人员在操作过程中出现失误或井喷失控, 会造成较大的多人伤害事故, 因此为避免这种情况的发生, 设计、研发井口无人作业平台替代危险区域人员操作具有较高的社会、公众意义^[5]。

在传统的小修作业实际操作中, 由人工操作修井机起下管柱作业, 人工采用管钳或者液压钳上卸扣油管 and 抽油杆, 移送管杆采用人拉肩扛^[6]。工作劳动强度大, 现场工作环境恶劣, 极易发生磕伤砸伤安全事故。而井口无人作业平台集成液压钳、扶正机械手、送钳机构、对中机构、气动卡瓦作为执行单元替代人工完成小修工序井口操作作业动作, 能够有效降低劳动强度和作业风险, 减少人员配置, 有效达成环保要求^[7]。在起下油管操作中, 司钻人员通

过在司钻房或控制台远程控制, 扶正机械手精准接/送管杆; 对中机构联动在下油管时进行井口油管对接; 送钳机构将液压钳送至管箍后锁紧上卸扣^[8]; 同时可对全工序流程及平台各执行单元进行运行监控。

2 结构组成及功能

2.1 平台主体

外形尺寸(长×宽×高)为2400×2100×750mm (详见图1), 由方管、钢板等构成一个封闭的矩形框架, 上面铺有防滑钢格板, 操作人员可在上面作业。底座能收集油管中的液体并通过排污管进行集中回收, 防止油管中的液体污染地面环境。

平台主体集成有转接法兰, 可连接防喷器和气动卡盘(详见图2); 整个平台配备安全防护栏、踏步梯等设施, 确保人员操作、检修的安全。

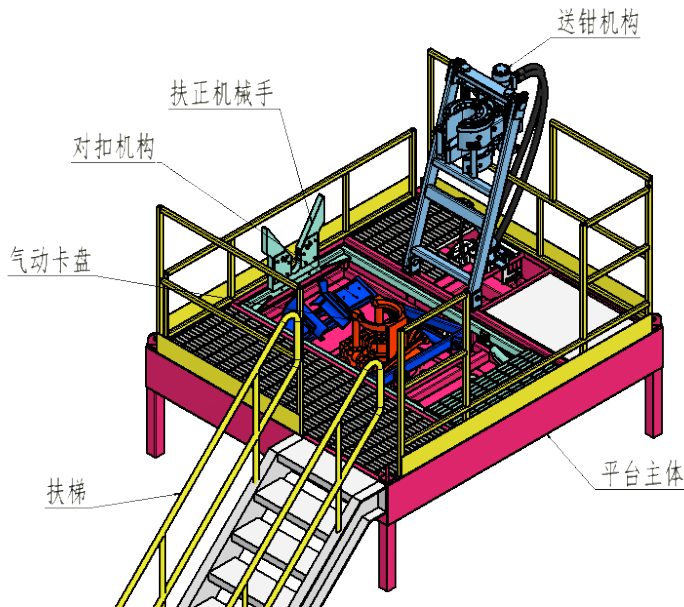


图1 井口无人作业平台整体结构图

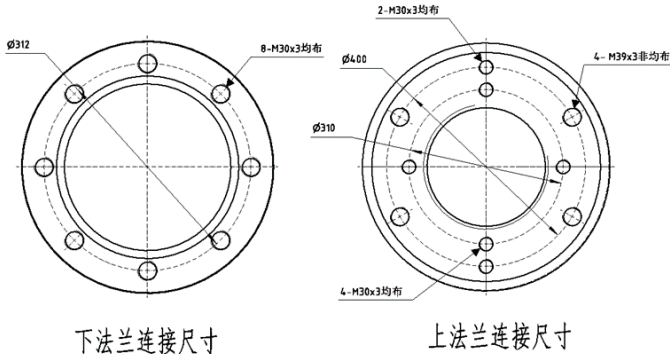


图2 转接法兰尺寸

2.2 送钳机构

由油缸、旋转摆架、吊杆、吊板、液压动力钳等组件装配而成。

功能：支撑液压动力钳并利用液压油缸驱动实现送钳机构的往复运动。工作时，送钳机构把液压动力钳送至井口并通过主钳和背钳咬合油管，进行油管的上扣和卸扣，完成后，恢复初始状态；所有动作的通过液压进行驱动。

机构各组件采用的插销或螺栓的方式组装，可拆卸放倒运输。机构通过耳座的方式安装于主体平台上面。

(1) 液压动力钳：用于油管的卸扣或上扣，通过插销的方式悬吊与吊板上；

(2) 吊杆：固定吊板；

(3) 旋转摆架：通过油缸的伸缩，可将液压动力钳送至井口位置。

2.3 扶正机械手

由叉子、油缸、转轴以及摆臂组成，通过轴承座安装于平台底座上面，非工作状态可放置于平台内。此机构通过油缸的伸缩，旋转机构将油管送至指定的位置。

(1) 叉子：内部安装弹簧卡位机构，用以卡住油管，使其跟随机构的运动，送至指定的位置。

(2) 油缸：给机构提供动力源，使其旋转摆动（详见图3）。

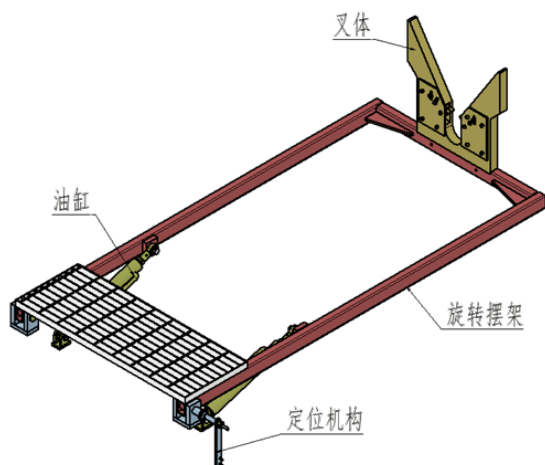


图3 扶正机械手

2.4 对扣机构

由油缸、气缸、对中瓦片、旋转摆架等组成，通过耳座固定于平台底座上面，非工作状态平躺隐藏

于平台主体内。机构用于下油管过程中，丝扣与节箍的对接。

(1) 油缸：提供动力源，使机构摆动；

(2) 气缸：连接瓦片，使瓦片闭合或打开；

(3) 对扣瓦片：闭合时，夹住井口的油管节箍，使将要下入的油管丝扣能与井口油管的节箍对接（瓦片根据油管的大小进行更换）（详见图4）；

(4) 旋转摆架：通过油缸的伸缩，使其运动至指定位置，便于下一步工序的开展。

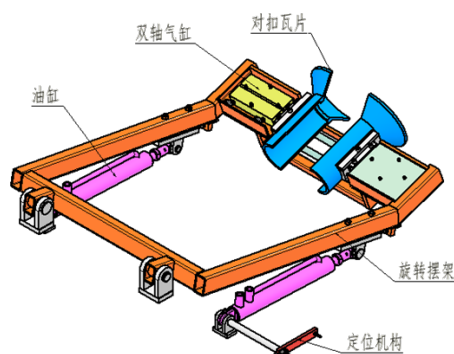


图4 对扣机构

3 关键执行单元工作原理

3.1 对中机构工作原理

由油缸、气缸、对中瓦片（防喷溅筒）、旋转摆架等组成，通过耳座固定于平台底座上面，非工作状态（待机位传感器）平躺隐藏于平台主体内。

(1) 油缸：提供动力源，使机构摆动；

(2) 气缸：○1 连接瓦片并使瓦片闭合或打开，辅助下油管过程中两根油管对丝扣；○2 连接防喷溅筒，辅助起油管过程中，防止油管内的油水混合物四溅。

(3) 对中瓦片：闭合时，夹住井口的油管节箍，使将要下入的油管丝扣能与井口油管的节箍对接（瓦片根据油管的大小进行更换）；

(4) 防喷溅筒：安装于对中机构上，主要是用于起油管的过程中，在卸扣完成后，防止油管内部的存水四溅，最大可能防止油水不落地，并收集于平台内部，进行处置。

(5) 旋转摆架：通过油缸的伸缩，使其运动至指定位置，便于下一步工序的开展。

(6) 接近开关：包括两个位置，工作位和待机位；工作位即运动至井口，可实现丝扣对接、防喷溅

的功能：待机位即隐藏于平台内，等待其他工序的开展，直至需要使用。

3.2 扶正机械手工作原理

扶正机械手由接管装置、油缸、定位装置、铰座以及摆臂组成，通过轴承座安装于平台底座上面，非工作状态可放置于平台内。此机构通过油缸的伸缩，旋转机构将油管送至指定的位置。

(1) 接管装置：内部安装弹簧卡位机构，用以卡住油管，使其跟随机体的运动，送至指定的位置（详见图 5）。当油管由叉体口进入并撞击阻挡片进入卡管位后，进入由扭簧控制阻挡片的阻力（阻力大小仅维持阻挡片归位，如图 6 所示位置），可轻易卡入，此时的油管可跟随接管装置运行（脱离需克服拉簧的

阻力）；当确实需要脱离接管装置时，需克服拉簧的拉力（阻力较大），且需要借助外力，即油管丝扣对接完好并在扶正机构作用下脱离卡管位置。

(2) 油缸：给机构提供动力源，使其旋转摆动。

(3) 定位装置：随摆臂旋转，与传感器联合使用，定位不同的摆动位置（详见图 7）。

① 接管位：下油管过程中，接住由传输机输送过来的油管；起油管过程中，送管的最终位置，此时由传输机接住油管；

② 井口位-下油管送至多中机构内对丝扣；起油管时送管的开始；

③ 待机位：即隐藏于平台内，等待其他工序的开展，直至需要使用。

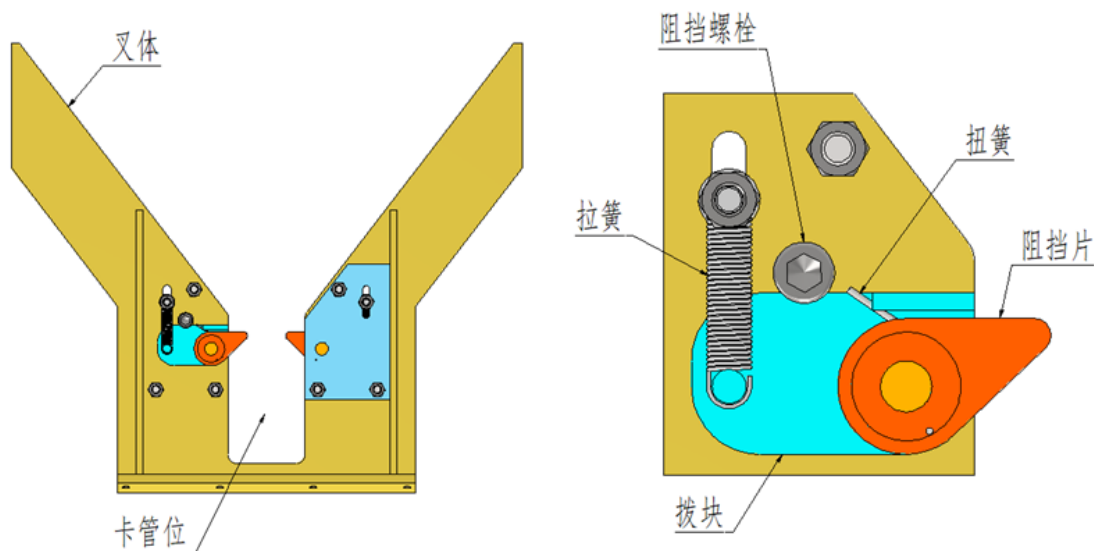


图 5 弹簧卡位机构

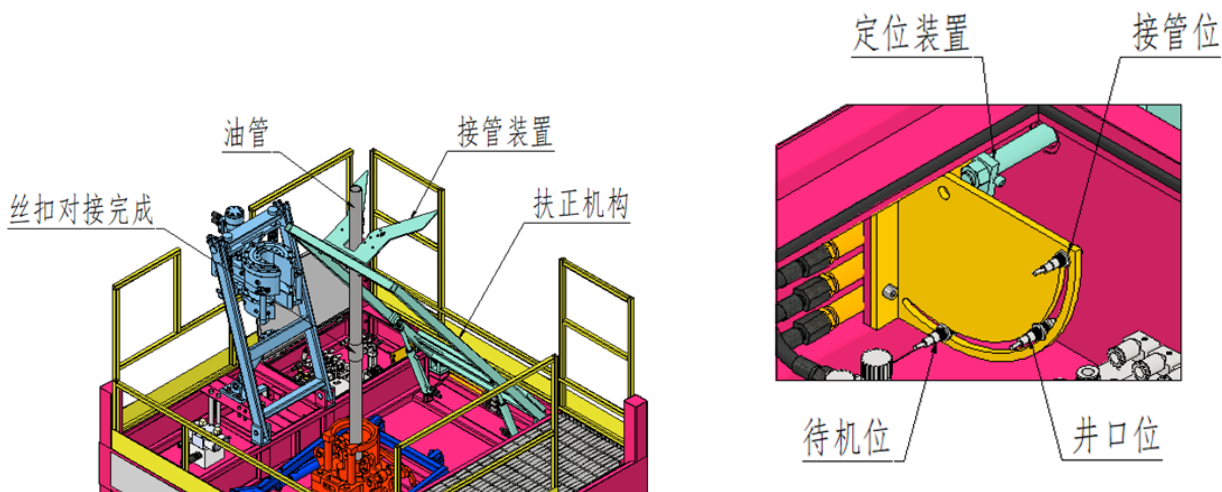


图 6 接管装置平台

图 7 井口位-下油管送至多中机构内对丝扣

4 总结

综上所述, 本文针对油田小修作业时间长、重复作业频繁、员工劳动强度大、安全隐患高等问题, 提出一种新型的小修作业井口无人作业平台的设计思路。该技术方案满足了石油工业技术发展的需要, 满足了油田小修作业高度自动化的要求, 对油田小修作业自动化设备技术的发展有一定的借鉴作用。该项技术一旦投入使用, 必然会有很好的市场推广前景。

参考文献

- [1] 左远涛. 油田修井作业自动化装备探究[J]. 中国设备工程, 2022(10):162-164.
- [2] 张敬, 聂永晋, 徐连会, 曲博林. 小修自动化作业设备现状及发展[J]. 设备管理与维修, 2021(17):147-148.
- [3] 孟凡贵, 王晓雷, 刘永勤. 渤海油田无人平台批量修井敏感性研究[J]. 天津科技, 2021, 48(03):25-28+31.
- [4] 李龙. 自动化修井机现状及发展趋势分析[J]. 设备管理与维修, 2020(09):127-129.
- [5] 吴错. 基于 HSE 模式的大庆油田钻修井作业风险管理系统设计及应用实践[J]. 安全, 2022, 43(5):75-80.
- [6] 孟凡贵, 王晓雷, 刘永勤. 渤海油田无人平台批量修井敏感性研究[J]. 天津科技, 2021, 48(3):25-28+31.
- [7] 缪明才, 郭子江, 范新冉, 张杰. 修井作业自动化技术现状及胜利油田的创新[J]. 石油矿场机械, 2019, 48(3):68-73.
- [8] 吴占民, 陈国宏, 王赞, 王攀, 龚明. 渤海油田低效井深层侧钻方案设计关键技术研究[J]. 北京石油化工学院学报, 2024, 32(3):38-41.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS