

The Application of Underwater Remote Controlled Robot in Horizontal Oil Production Tree of Deepwater Oilfield A

Hao Jin

Shenzhen Branch, CNOOC (China) Co. Ltd., Shenzhen Guangdong
Email: jinhao@cnooc.com.cn

Received: Sep. 30th, 2017; accepted: Nov. 7th, 2017; published: Apr. 15th, 2018

Abstract

ROV (Remote controlled underwater robot with cable) was an important tool of modern water operation, and it had the functions of undersea exploration, observation and operation etc. With the advantages of high reliability and high security, it has become a new operating machinery in the offshore oil industry. The present situation of the development of ROV and its application in marine petroleum engineering are introduced. According to the characteristics of China's marine environment and the development and maintenance requirements of marine oil, the key technologies and development trends of the future ROV are proposed for the purpose of promoting the innovation and development of ROV in the offshore oil industry.

Keywords

Offshore Oil, Deep Water, Remote Controlled Robot, Horizontal Oil Production Tree

遥控机器人在深水A油田卧式采油树作业中的应用

金 颢

中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 广东 深圳

作者简介: 金颢(1984-), 男, 工程师, 现主要从事海洋钻完井技术管理与研究工作。

Email: jinhao@cnooc.com.cn

收稿日期: 2017年9月30日; 录用日期: 2017年11月7日; 发布日期: 2018年4月15日

摘 要

有缆遥控水下机器人(ROV)是现代水下作业工具, 具有水下勘探、观察和作业等功能, 并凭借着高可靠性和高安全性的优势, 成为了海洋石油行业的新兴作业机械。介绍了ROV的技术发展现状和南海东部海域A深水油田工程安装中的应用情况。根据海洋环境特点和海洋石油的开发实际需求, 提出了未来ROV需要具备的关键技术和发展趋势, 以期推动ROV在海洋石油行业中的创新和发展。

关键词

海洋石油, 深水, 遥控机器人, 卧式采油树

Copyright © 2018 by author, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

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



Open Access

1. 前言

有缆遥控水下机器人是人类认识、开发海洋的必要工具之一, 也是建设海洋强国、捍卫国家安全和实现可持续发展的必需技术手段[1]。

海洋机器人的发展经历了4个时期: 20世纪60年代, 载人潜水器(HOV)的出现是第1阶段的标志; 第2阶段, 在20世纪70年遥控水下机器人(ROV)迅速发展[2]; 第3阶段大约为20世纪80年代, 以自主水下机器人(AUV)的发展和水面机器人(USV)的出现为特征; 现阶段已经进入了混合型水下机器人的时代。根据ROV在海洋石油行业中的应用现状和未来发展需求, 提出了ROV发展的关键技术和趋势, 对海洋石油设施检查、维护和维修具有一定的指导意义。

南海东部海域A深水油田距香港240 km, 井口区域水深约300 m。该油田采用水下井口开发模式, 油气通过海底管道输送至浮式生产贮油系统。油田应用的水底卧式采油树在建造期间和现场安装期间应用了遥控机器人参与作业。

2. ROV 及卧式采油树

ROV与潜水员相比, 其在深水作业中的作业时间不受限制, 由地面控制单元的远程操作, 运行环境

相对安全,操作深度可达 3000 m 以上;水下操作功率大,能完成潜水员无法完成的工作;支持较少的设备,操作和维护比饱和潜水作业容易。水下采油树是一种控制和调节油井产量的装置,为钢丝绳、电缆和连续油管作业提供了条件和通道。根据其结构,可分为立式和卧式两种[3] [4]。深水油气田开发中通常使用一种水平的卧式采油树。该种树的结构设计对 ROV 操作更加友好,使用机械手或扭矩工具来控制树的阀门较为方便。

南海东部海域 A 深水油田使用的卧式采油树的工作压力级别为 5000 psi (34.5 MPa),采油树主体为普通碳钢铸造,与产出液接触的面选用 HH 等级材料,主通径为 4.5 in,重量约为 38 t。该项目使用的 ROV 功率为 125 马力,包括 1 个七功能机械手,具备常规观察、提供液压及大功率扭矩的机械操作功能。

3. ROV 安装卧式采油树作业

3.1. ROV 参与系统整体测试

每批次卧式采油树在投入使用之前均需进行一系列试验测试,如工厂测试和系统完整性测试(SIT)等。工厂测试可以检验设计是否合理及发现加工制造过程中的质量和工艺问题,并为后续的 SIT 打下基础。SIT 的主要目的是测试包括 ROV 在内的相关安装设备与采油树系统的兼容性,ROV 与采油树之间界面是否设计合理,安装工具之间是否有相互干涉的现象。同时使客户和其他相关合作方熟悉设备系统以及作业流程等,为后续现场安装做好准备工作。

ROV 在系统整体测试作业中主要参与采油树面板上阀门开关工具的就位、操作应急剪切管和拔插采油树帽上的液压和电源插头等。模拟就位采油树安装期间所需的修井控制系统(IWOCS),并开展相应操作。卧式采油树的部分部件和设备在水底条件下设计为可更换,如卧式采油树中央控制器、流量阀和油嘴等。在 SIT 测试过程中,ROV 需要实际操作上述可更换配件的拆装作业。采油树系统复杂,液相、电路及机械界面多,在设计过程中难免发生干涉的情况,通过 SIT 可以有效发现系统设计中的问题,为高效开展现场作业打下坚实的基础。

在南海东部海域 A 深水油田卧式采油树 SIT 过程中用到设备包括:118 t 吊车、升降机、ROV (100 HP),可提供 10000 psi 液压,水下拖拽力约 3000 N)。

3.2. 现场海底外观巡查

ROV 按照作业设计对水下采油树或井口结构进行外观检查,以确定目标对象及其附近的海底没有障碍物,任何一个障碍可能影响采油树安装和回收作业的顺利开展;作业过程中,观察记录井口的水平度,阀门指示器的状态,指导地面工程师制定可行方案和进行相应操作;在所有安装工程完成后,ROV 还将对作业对象及周围环境进行全面的外观巡查和录制视频并存档。

3.3. 揭开/关闭井口盖

在安装作业前,ROV 下潜至水下井口处,使用机械手将井口盖揭开,并将其放置在井口底板附近合适的位置。在揭开井口盖后,如发现井口密封面上有海生物堆积,ROV 可更换专用的清洁和打磨工具对密封面进行清洁和抛光处理。在完成采油树安装作业后,ROV 将井口盖回位。

3.4. 追踪/监视采油树下入

卧式采油树通过绳缆或钻具从钻井船或工程船下放至水下井口的过程中,深海海流等环境因素可能带来一些不利影响。为了实时定位卧式采油树的深度信息并确保树的安全,ROV 需要在采油树下入水底的过程中不间断地跟踪和观察目标。由于海浪原因,钻井船或工程船一直存在纵向上的升沉运动,运动

周期 3 s 左右, ROV 为了消除该种高频运动影响, 实时跟踪采油树的位置, ROV 的脐带线缆要补偿、消除该种不利因素。

3.5. 辅助采油树与井口连接

在卧式采油树与水下井口对接操作中, 由 ROV 从不同角度观察两者之间的相对位置, 有条件的情况下可以考虑使用 2 台 ROV 从不同角度观察, 以减少对接时间, 提高工作效率, 降低碰撞风险。安装作业船舶操作员根据 ROV 操作员提供的位置参数调整船舶水平位置, 同时水底卧式采油树相对井口的位置也相应得到调整, 直到两者成功连接。

3.6. 调整卧式采油树艏向

由于安装的卧式采油树需与水下生产系统中的其他管汇接口对接, 因此采油树的艏向方位有较高的安装要求。按照设计要求, A 油田的卧式采油树的安装方位精度要求小于 5° 。在从工程船或钻井船入下的水下采油树的方位是随机的, 因此在采油树与井口连接前必须按照设计要求调整采油树的方向, 以方便正确安装在采油树和其他海床结构之间的连接管汇。采油树上有对接孔, ROV 通过该孔与采油树刚性对接为一体。ROV 利用自身带有的高精度罗经仪确定方位, 随后螺旋桨推力调整至设计所需的采油树方位。在操作过程中, 另一个 ROV 在附近观察 ROV 和采油树的位置。通过应用该安装方法, A 油田的 8 颗采油树成功安装并达到安装精度要求。

3.7. 锁定/解锁

完成卧式采油树和井口对接后, ROV 需要在采油树面板上的液压注入通道内插入注压工具, 通过 ROV 系统内的高压泵注入高压推动采油树锁定井口头的液压缸, 从而将卧式采油树牢牢锁定在井口头上, 逆过程可将采油树从井口解锁。A 油田采油树的锁紧压力为 3500 psi (24.1 MPa)。

3.8. 完整性测试

采油树安装完成后, 为了验证采油树与井口连接的密封完整性, ROV 从采油树面板上相应的注压通道注入压力。A 油田采油树的密封性试验压力为 3500 psi (24.1 MPa)。在测试过程中, ROV 观察压力表的变化, 15 min 内压力没有下降, 表示测试成功, 采油树的安装基本完成。

4. 技术发展方向

4.1. 工具携带能力待提高

海洋石油钻井平台及机具费用昂贵, 每天动辄数百万人民币, 保证作业的连续性对项目控制成本至关重要。由于当前工业应用 ROV 的专一性, 导致其在完成采油树安装的某个步骤和进行下一个任务前需要出水更换工具[5] [6]。每次更换工具起下、改装和测试的时间平均需要 3~5 h, 对深水平台来说是个不小的成本负担。往往一颗采油树安装期间需要多种工具, 据统计 A 油田在采油树安装期间, 平均更换工具的时间为 3 h 左右。

虽然当前的 ROV 具备一定多工具的携带能力, 但深水 ROV 应朝着一次安装全部工具的方向继续研发, 以减少频繁起下更换工具的时间, 既可以降低作业成本, 也可以降低起下作业过程中的风险[7] [8]。

4.2. 应研发更高效的工具

在 A 油田安装采油树的过程中, 锁紧采油树后, 发生压力测试过程不能稳压的情况。其解决方式为解锁采油树与井口连接, 对井口密封面进行重新深度打磨, 最终重新安装采油树并试压合格, 解决复杂

情况。主要原因是 ROV 工具打磨井口的效率低, 达不到精度要求。

应在提升相关工具的效率上开展技术工作。另外, 应研发 ROV 可携带的光洁度检测工具, 尽量减少依赖人为主观判断, 为技术决策提供科学手段, 避免返工。

4.3. 高清和广域视频技术研发

在安装卧式采油树过程中, 采用 2 台 ROV 配合作业, 其中一台 ROV 主要起观察作用, 观察正在施工 ROV 的脐带缆状态及与其他水下已安装的设施的相对位置。陆相广域视频技术(360°摄像技术)较为成熟, 已投入工业应用。如能将陆相的广域视频技术应用到水下遥控机器人安装卧式采油树作业过程中, 将可以让 ROV 全方位的观察自身周围的环境, 即节约一台 ROV 的成本。

4.4. 导航与定位系统

由于上覆海水的影响, 定位与导航技术是 ROV 在水下作业时正常安全运行的首要保障, 是一项技术复杂程度很高的系统。目前用于水下导航的技术有引力导航系统, 重力导航系统, 惯性导航系统, 地磁场导航系统, 海底地形导航系统, 长基线、短基线和光纤陀螺与多普勒计程仪组成推算导航系统等[9] [10]。不同技术之间优缺点明显, 技术的选择或者开发也是 ROV 行业的一大难题。高精度的可靠定位系统往往成本较高, 系统复杂, 如 A 油田应用的长基线方式定位需要提前用工程船布置 6 个信标才能确保其正常工作。因此, 在不降低系统精度的同时, 利用先进技术, 进一步降低系统的复杂性是未来应该努力的方向。

5. 结语

随着深海油气勘探的深入和 ROV 技术的不断发展, ROV 在深水油气田开发过程中得到了越来越广泛的应用和实践。ROV 在南海东部海域 A 深水油田卧式采油树安装作业中起到非常关键的作用, 为正常推进作业进度及提升施工质量提供了有力保障。

参考文献

- [1] 朱康武. 作业型 ROV 多变量位姿鲁棒控制方法研究[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [2] 黄明泉. 水下机器人 ROV 在海底管线检测中的应用[J]. 海洋地质前沿, 2012, 28(2): 52-57.
- [3] 晏勇, 马培菽, 王道炎, 等. 深海 ROV 及其作业系统综述[J]. 机器人, 2005, 27(1): 82-89.
- [4] 吴水华, 刘景泰. 遥操作机器人系统软件组织体系结构[J]. 机器人, 2003, 25(7): 731-736.
- [5] 滕宇浩, 张将, 刘健. 水下机器人多功能作业工具包[J]. 机器人, 2002, 24(6): 492-496.
- [6] 张立勋, 刘乃钊, 王启明, 等. 水下机器人作业机械手液压自动对接腕[J]. 机床与液压, 1996, 24(2): 33-35.
- [7] WHOI Marine Operations-NDSF Vehicles Overview. <http://www.who.edu/marine/ndsf/vehicles/>, 2003-10-13.
- [8] 边志刚, 黄东武, 李冬. ROV 在海洋测绘中的应用研究[C]//中国航海学会航标专业委员会测绘学组学术研讨会学术交流论文集. 北京: 中国航海学会, 2009.
- [9] 张杰, 纪文亮. 在海洋石油工程项目中 ROV 的基本运作模式[J]. 中国造船, 2007, 48(增刊): 138-140.
- [10] 陈宗恒, 盛堰, 陶军. 遥控水下机器人(ROV)结构综述——以 hysub130-ROV 为例[J]. 海洋地质, 2009(3): 64-71.

[编辑] 帅群

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2471-7185，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：jogt@hanspub.org