

文章编号: 1008-2336 (2023) 02-0099-04

一种新型隔水管快装井口装置设计及应用

向良炜¹, 韩东东², 任鹏举¹, 李 波¹, 罗 伟¹

(1. 中海油能源发展股份有限公司, 天津 300452; 2. 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300450)

摘 要: 常规海上钻井作业, 表层钻进往往使用无环境损伤添加剂的海水膨润土浆作为钻井液, 钻井液和返出岩屑直接进行排海处理, 但随着环保要求的日益严格, 要求海水膨润土浆与所钻岩屑也要进行全回收。然而, 常规的海上钻井表层井口装置多为非封闭型, 而且井口装置制作效率低、作业风险高、稳定性差, 基于此, 设计研发了一种新型隔水管快装井口装置。该装置利用卡瓦以及 BT 密封圈 (BT 密封为一种辅助密封方式) 实现对隔水管的连接与密封, 安装简单且具有良好的密封效果。通过对比常规井口装置与新型井口装置安装工序的时间, 新型快装井口安装简单, 并且降低了热工作业时间, 单井口安装时间由 23 h 降至 2.25 h, 作业时效提升近 10 倍。在垦利 16-1 油田应用后, 大幅提高了作业时效, 节省了钻井成本。

关键词: 隔水管快装井口装置; 钻井提效; 现场应用

中图分类号: TE931.1

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1008-2336.2023.02.099

Design and Application of A New Type of Riser Quick Installation Wellhead Device

XIANG Liangwei¹, HAN Dongdong², REN Pengju¹, LI Bo¹, LUO Wei¹

(1. CNOOC Ener Tech-Drilling & Production Co., Tianjin 300452, China;

2. Tianjin Branch, CNOOC (China) Ltd., Tianjin 300450, China)

Abstract: In conventional offshore drilling operations, surface drilling often uses seawater bentonite slurry without environmental damage additives as drilling fluid, drilling fluid and returned cuttings are directly discharged into the sea. But with the increasingly strict environmental protection requirements, it is required that the seawater bentonite slurry and the drilled cuttings should also be fully recovered. However, the conventional surface wellhead devices for offshore drilling are mostly non-closed, and the wellhead device has low production efficiency, high operation risk and poor stability. Based on this, a new type of riser quick installation wellhead device is designed and developed. The device uses slips and BT seals (BT seal is an auxiliary sealing method) to realize the connection and sealing of the riser, which is simple to install and has a good sealing effect. By comparing the installation time of the conventional wellhead device with that of the new wellhead device, the new quick-fitting wellhead is easy to install and reduces the thermal operation time. The installation time of a single wellhead is reduced from 23 h to 2.25 h, and the operation timeliness is increased by nearly 10 times. After the application in Kenli 16-1 oilfield, the operation efficiency is greatly improved and the drilling cost is saved.

Keywords: riser quick installation wellhead device; drilling efficiency improvement; field application

随着渤海油田勘探开发逐步向深部地层的不断迈进, 常见井身结构急需改进优化^[1-4]。表层深钻技术则成为一个亟需解决的难题^[5], 以往开路海水膨润土浆模式已不能适应表层深钻技术, 同时, 我国对海洋生态环境保护越来越重视, 对渤海、东海和南海海域逐渐实现“零排放”政策, 海洋生态环保压力越来越大, 海洋闭路钻井势在必行。垦利 16-1 油田位于渤海南部海域, 地质油藏条件复杂, 属于典型的“边、小、碎、深”油田, 是“十四五”技术攻关的主要方向, 是新时期渤海油田开发的典型代表。然而油田的

钻井平台位置位于种植资源保护区内, 距离山东省渤海海洋生态红线区仅 200 m, 环保法要求全过程零排放。因此, 如何解决钻井过程中的岩屑排放问题, 是实现垦利 16-1 油田开发的重中之重。

隔水管是石油开采用水下器具的部件之一, 其主要是用来隔绝海水、抗冰、承受井口装置重量以及导入钻具和套管, 以构成泥浆循环的通道^[6-7]。常规钻井表层套管井段采用开眼循环方式钻进, 钻井液及岩屑从海底泥线处返出^[8], 显然不能满足如今的环保要求。随着表层钻进需要闭路循环的井越来越多, 常规的井

收稿日期: 2022-04-26; 改回日期: 2022-07-10

第一作者简介: 向良炜, 男, 1988 年生, 本科, 2012 年毕业于长江大学石油工程专业, 主要从事钻井相关技术的研究与现场应用。

E-mail: xianglw@cnooc.com.cn。

口安装方式工序复杂、时效低的缺陷越来越制约着钻井效率，有必要改进井口安装工艺，提升作业效率，以保护海洋生态环境和提高海洋钻井时效。

1 常规海上表层闭路循环井口装置

常规海上钻井表层井口装置主要是通过隔水导管切割改造完成，主要由隔水管用大小头、隔水导管单根、简易单片法兰、密封胶皮等材料现场加工而成。由于表层钻进多采用海水膨润土浆作为钻井液，对海洋环境的污染性小，因此现场加工的精密度要求不高，装置的密封性欠佳。而装置的现场制作过程会占用大量作业时间与平台空间，而且还具有一定的危险性，严重影响作业时效。以下是常规海上表层闭路循环井口装置的制作使用过程与应用现状。

1.1 制作使用过程

制作与安装流程：

（1）水管提前打磨预置坡口，大小头（图 1）提前焊接在隔水导管上。

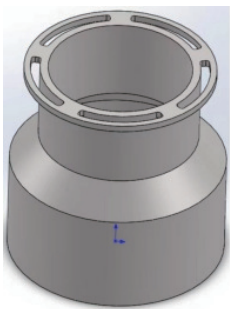


图 1 现场预制大小头简图

Fig. 1 On-site prefabricated large and small head diagram

（2）隔水导管单根按照井口高度进行预制切割（图 2），一般作业需制作 2 根。

（3）将简易单片法兰与预制切割的隔水导管单根进行焊接，共计焊接 4 个法兰盘。

（4）制作简易井口装置返出口（图 3）。

（5）密封胶皮进行裁剪预制，共需 8 个胶皮。

（6）依次将预制好的隔水导管从转盘下入对接，

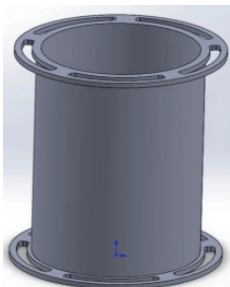


图 2 隔水导管单根简图

Fig. 2 Schematic diagram of single riser

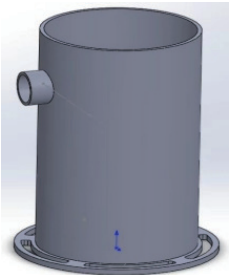


图 3 现场预制返出口简图

Fig. 3 On-site prefabricated return outlet diagram

用螺栓进行连接，密封胶皮进行密封，共需 3 个单根。常规海上表层闭路循环井口装置如图 4 所示。

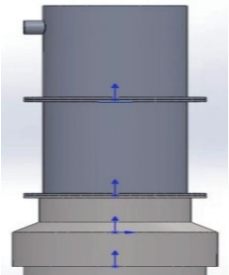


图 4 常规海上表层闭路循环井口装置示意图

Fig. 4 Schematic diagram of conventional offshore surface closed circulation wellhead device

拆散操作流程：①拆除前在隔水导管单根上焊接吊耳；②拆除各连接处螺栓；③切开隔水导管与大小头的连接；④用钢丝绳依次从转盘处提出隔水导管单根和大小头。

1.2 应用情况分析

常规海上钻井表层井口装置在制作过程存在如下问题：（1）隔水管预制的工作量大，占据大量的作业时间；（2）单个部件的体积庞大，大量占据甲板空间；（3）制作过程中全程需吊车配合，占据大量吊车资源；（4）需要大量的热工作业配合，热工作业风险高；（5）井口区域操作时间长，交叉作业风险高。

常规海上钻井表层井口装置在使用过程存在如下问题：（1）装置的稳定性差，特别是大小头与隔水导管焊接处，因钻具晃动常出现脱焊的情况；（2）装置的密封性差，采用简易的胶皮和螺栓连接的方式，经常出现作业过程中井口装置刺漏的情况。

2 新型隔水管快装井口装置

为解决常规海上表层井口装置稳定性差、密封不严的难题，设计制作新型隔水管快装井口装置，通过设计反向卡瓦代替传统的焊接解决稳定性差的难题，通过设计 BT 密封圈和快速井口连接装置系统性地解决传统的井口装置密封性差的难题。同时，通过工具工艺的创新，优化作业流程，大幅度地节省钻井期间

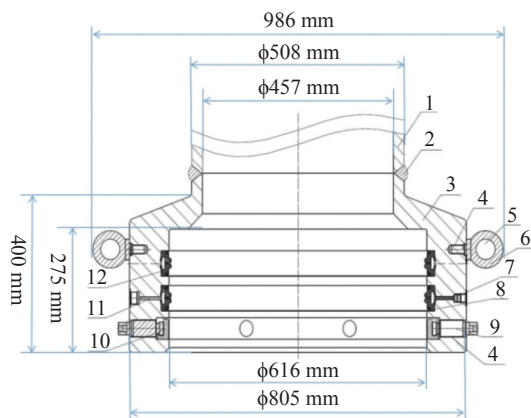
拆装表层井口装置的时间。

2.1 BT 密封原理

BT 密封是一种辅助密封形式, 一般是通过液压方式在装置内注入密封脂使 BT 密封圈膨胀变形, 从而与密封本体紧密接触以实现有效密封。该井口装置即通过向注液凹槽中注脂, 从而挤压 BT 密封圈使其变形并与隔水管外壁紧密接触, 以实现密封的目的。应用 BT 密封方式要注意, 注脂压力和试压压力不能超过隔水管抗外挤压力的 80%, 以防止套管挤压变形而产生的密封失效。

2.2 新型隔水管快装井口装置结构

新型隔水管快装井口装置主要由本体、卡瓦、顶丝、注脂螺栓、BT 密封圈、放压螺栓、吊耳等组成, 装置示意图如图 5 所示。



1、升高管; 2、焊缝; 3、接头本体; 4、螺纹连接; 5、吊孔; 6、吊耳; 7、注油通道; 8、凹槽; 9、顶丝; 10、卡瓦片; 11、排气通道; 12、BT 密封圈。

图 5 新型隔水管快装井口装置示意图

Fig. 5 Schematic diagram of new riser quick-install wellhead device

新型隔水管快装井口装置内部两道 BT 密封圈, 在 BT 密封圈的中间留有一个试压孔, 在其下部有一圈卡瓦, 卡住隔水导管, 保持稳定。BT 密封圈内侧有两道凸起, 外侧有一道凹槽, 注脂后 BT 密封圈向内侧收缩抱住隔水导管, 从而实现密封。BT 密封式快装井口外部有与卡瓦对应的顶丝, 旋转顶丝实现卡瓦的卡住和脱开。外部除试压孔外, 每个 BT 密封圈对应 1 组注脂孔和放压孔, 注脂孔与放压孔处于对角位置。每个孔均有钢印标注。

2.3 新型隔水管快装井口装置原理

现场运用时需要提前打磨隔水导管端面, 预留不超过 30° 的斜面, 安装表层简易闭路井口时, 快装井口头装置插入隔水导管, 通过其下部的倒卡瓦卡住隔水导管, 保持稳定。倒卡瓦上部位置有两道向内侧凸起的 BT 密封圈, BT 密封圈与接头本体内壁之间存在一个周向的容纳空腔, 在隔水管下入到位后注脂, 将空腔内空气完全排尽, 当空腔内充满时, BT 密封

圈被撑起, 与隔水管的外壁紧密接触进而实现密封。最后上紧顶丝, 将快装井口头紧紧固定在隔水导管上, 其上部简易井口应用快速扣进行连接。

相较于现有技术, 新型隔水管快装井口装置通过在接头本体内壁上设置若干卡瓦组件, 实现对插入的隔水管的固定; 同时在接头本体内设置 BT 密封装置, 实现隔水管插入后的密封, 保证形成闭路钻井, 防止钻井泥浆或岩屑入海; 有效解决了现有海洋石油开采中, 海洋表层设置钻井常规简易井口形成的开路钻进会使得岩屑入海造成海洋环境的污染, 并且无法保证井眼安全的难题。

3 现场应用情况

3.1 区域概况

研究区域垦利 16-1 油田位于渤海南部海域, 属于垦利油田群开发体系, 作业水深 13.1 m。海底土质为褐灰色粉质黏土。主要含油层位为上第三系的馆陶组和下第三系的沙河街组, 储层岩性主要为细砂岩: 浅灰色, 成分以石英为主, 次为长石, 少量暗色矿物, 细粒为主, 部分粉粒, 次棱状-次圆状, 分选较好, 泥质胶结, 疏松^[9-11]。尤其是浅部地层, 本身井眼较大, 岩屑又软, 井眼扩大率多, 返出的岩屑量巨大, 如果任由岩屑排放入大海, 对于海洋环境的影响将会是非常恶劣的。另外, 该油田为生态环保区油田绿色开发示范工程, 平台位置距离生态红区仅 200 m, 因此必须达到全过程零排放。

研究区域的零排放要求对表层钻井的井口装置提出了很高的要求, 不仅要能承载巨大量的返出钻井液和岩屑, 也要严格保证密封要求, 还要具有一定的经济有效性, 因此密封性好、制作难度小、作业时效性高的快装井口装置成为研究区域钻井迫切需要解决的技术装备。本研究所制作的新型隔水管快装井口装置满足了上述作业要求, 取得了良好的应用效果。

3.2 现场应用

装置应用前需要打磨隔水导管端面, 预留小于 30° 的外坡角, 再配合气绞车, 下放安装快装密封井口头装置, 泵注密封脂密封, 上紧顶丝将快装密封井口头固定于隔水导管上, 其上通过快速扣连接剩余导管实现表层简易井口密封。新型隔水管快装井口装置如图 6 所示。

安装操作流程:

(1) 隔水管提前打磨预置坡口。

(2) 连接隔水导管, 试压: 上紧顶丝, 使卡瓦抱住隔水导管; 上紧上部注脂螺栓; 连接气源, 注脂; 上部放压孔中黄油呈均匀连续流出时, 关闭气动泵,



图 6 新型隔水管快装井口装置应用图

Fig. 6 Application diagram of new riser quick installation wellhead device

拧紧放压螺栓；打压至 500 psi 稳定，稳压 3 min，降压小于 25 psi 合格。

（3）打压、注脂，安装注脂螺栓：使用手压泵，

介质为液压油进行打压；拧上试压螺栓，连接手压泵试压管线；拆开注脂管线，重复第（2）步注下部密封圈黄油；再次打开注脂泵，观察压力表起压即停止注脂。

拆除操作流程：（1）放压；（2）取下注脂螺栓；（3）卸松顶丝，退开卡瓦；（4）上提拆除快装井口。

3.3 结果分析

新型隔水管快装井口装置表层快装密封井口关键技术，相比传统安装简易井口方式，安装与拆卸更为简单，且重复利用率高，适合多口井批钻作业。具有如下优点：一次吊装到位，工序操作很简易；省略热工作业，作业的安全风险降低；井口连接简单，能快速高效完成；机械化程度高，人员作业安全风险小；密封稳定性好，实现零返工状态。新型快装井口与常规井口安装程序的时间对比见表 1。

表 1 井口安装流程对比表格

Table 1 Wellhead installation process comparison table

	流程	时间/h		配套资源
常规井口	隔水管提前打磨预置坡口	1.5	合计23 h	—
	大小头提前焊接在隔水导管上	3		大小头
	隔水导管单根按照井口高度进行预制切割	4		—
	单片法兰与预制切割的导管单根进行焊接	4		单片法兰
	制作简易井口装置返出口	2		井口装置返出口
	密封胶皮进行裁剪预制	4		密封胶皮
	用螺栓对接隔水导管，密封胶皮进行密封	4.5		螺栓对接
新型快装井口	隔水管提前打磨预置坡口	1.5	合计2.25 h	—
	连接隔水导管，试压	0.25		气动泵
	打压、注脂，安装注脂螺栓	0.5		手压泵

在垦利 16-1 油田整个开发井阶段共使用 22 井次，累计节约钻井工期 115 h，取得良好的应用效果。

4 结论

（1）针对传统表层闭路循环简易井口制作工作量大、稳定性差、热工作业多等难题，研制了一种新型隔水管快装井口装置，能够大幅减少热工作业、有效提高井口装置稳定性，大大降低钻井作业的环境保护风险。

（2）新型隔水管快装井口装置能大幅提升安装表层井口的作业效率，总体井口安装时间由 23 h 降至 2.25 h，作业时效提升近 10 倍，大大降低钻井作业的成本，渤南项目组已完成的 22 井次表层快装密封井口作业，共节约钻井成本约 1000 余万元，平均单井节省 47.6 万元。

参考文献：

[1] 董星亮, 王长利, 刘书杰, 等. 海洋钻井手册[M]. 北京: 石油工业出

版社, 2009: 179-180.

[2] 贺林. 深井钻具稳定器失效分析及设计研究[D]. 成都: 西南石油学院, 2003.

[3] 孔栋梁. 底砾岩地层PDC钻头损坏机理及钻头优化设计研究[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2011.

[4] 耿立军, 蔡金亮, 王晓鹏, 等. 渤海油田探井井身结构优化可行性研究[J]. 化工管理, 2017(25): 200-203.

[5] 陈庭根, 管志川. 钻井工程理论与技术[M]. 东营: 石油大学出版社, 2000.

[6] 弓大为. 海洋隔水管的受力分析[J]. 中国造船, 2003, 44(S1): 317-323.

[7] 张炜, 高德利, 范春英. 钻井隔水管挤毁分析[J]. 钻采工艺, 2010, 33(4): 74-76.

[8] 杨焘, 柯珂, 王剑, 等. 琼东南深水探井井身结构设计探讨[J]. 海洋石油, 2016, 36(3): 98-102.

[9] 罗静, 王贺宁, 华志远, 等. 渤海湾浅层大位移井固井技术[J]. 河南科技, 2021, 40(30): 68-71.

[10] 熊亨, 毛敏, 黄小刚, 等. 渤海湾盆地垦利16-1区块录井综合解释评价方法[J]. 石油天然气学报, 2017, 39(4): 175-181.

[11] 崔国杰, 谢荣斌, 祝国伟, 等. 渤海油田大位移井提速提效创新技术与实践[J]. 中国海上油气, 2019, 31(5): 133-138.