



南海西部钻完井关键技术

NAIHAI XIBU ZHUANWANJING GUANJIAN JISHU

文昌13-6油田 非常规模块钻机技术

李 中 黄 熠 顾纯巍 等编著

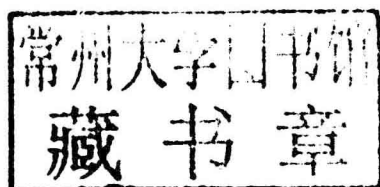


石油工业出版社

键技术

文昌 13-6 油田 非常规模块钻机技术

李 中 黄 熠 顾纯巍 等编著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了文昌 13-6 油田非常规模块钻机设计、建造、调试的过程,着重介绍本模块钻机模块化整改、安装、调试、运行管理技术经验,总结沉淀南海西部在钻修机、模块钻机方面的技术。

本书可供从事海洋石油勘探开发的专业技术人员及相关专业技术人员使用,也可供石油院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

文昌 13-6 油田非常规模块钻机技术/李中等编著.
—北京:石油工业出版社,2017.9
(南海西部钻完井关键技术)
ISBN 978-7-5183-2085-1

I. ①文… II. ①李… III. ①南海-海上油气田-钻机 IV. ①TE53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 208303 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www. petropub. com

编辑部:(010)64523712 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:6.5

字数:150 千字

定价:29.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

从 1992 年至今,南海西部自主设计建造模块钻机的道路已经有 23 年了,期间可分为三个阶段:第一阶段为国外钻修机的引进阶段,这个阶段是对进口钻修机进行现场考察和调研,吸收国外钻修机的设计和建造理念,培养南海西部的工程技术人员;第二阶段为国产设备建造起步阶段,在这个期间,主要是在前期学习和掌握了国外钻修机设计建造经验的基础上,根据南海西部油田的特点,尝试着设计建造中小型海洋钻修机,例如文昌 19-1N、文昌 8-3E 钻修机;第三阶段为海洋钻修机的自主研发阶段,随着设计建造水平的提高,南海西部已经逐步具备了自主设计建造大中型钻修机的能力,特别是文昌 13-6 油田模块钻机的成功建造,使南海西部自营油田钻修机设计建造的能力上了一个新台阶。文昌 13-6 油田模块钻机的建造是近 3 年来南海西部海洋钻修机建造比较成功的案例。

通过 20 多年的努力,南海西部在钻修机、模块钻机的建造方面已经具备了自主研发、设计、建造、调试的能力,这是海油人智慧的结晶。本书以文昌 13-6 油田非常规模块钻机设计、建造、调试的过程为案例,总结沉淀南海西部在钻修机、模块钻机方面的技术。并且,随着南海的大开发,南海西部将有多个油田设计利用模块钻机进行开发,不久的将来,模块钻机建造技术必将得到更广泛的应用,对非常规模块钻机设计、建造、调试的技术总结将为今后的模块钻机的设计、建造作业提供参考和依据。

本书以文昌 13-6 油田非常规模块钻机为例,全书文字简洁、辅以图表,便于读者阅读。

本书虽参考大量文献及资料,并经有关专家多次审查和修改,但由于我们编著水平有限,难免存在不足之处,望读者批评指正。

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 模块钻机定义	(1)
第二节 国内外模块钻机现状	(1)
第三节 文昌 13-6 非常规模块钻机简介	(5)
第二章 非常规模块钻机技术可行性分析	(10)
第一节 背景	(10)
第二节 技术可行性分析	(10)
第三节 文昌 13-6 模块钻机改造后参数	(15)
第四节 文昌 13-6 模块建造前检查	(20)
第三章 非常规模块钻机建造与调试	(22)
第一节 非常规模块钻机建造方案	(22)
第二节 非常规模块钻机建造	(28)
第三节 海上固定平台模块钻机设备安装与调试	(36)
第四章 非常规模块钻机管理	(60)
第一节 项目管理	(60)
第二节 现场作业风险管理	(67)
第三节 防热带气旋(台风)管理	(86)
第五章 模块钻机的发展趋势	(96)
第一节 电驱动模块钻机成主流	(96)
第二节 模块钻机的快速运移	(96)
第三节 模块钻机的机械化、自动化和智能化的发展	(96)
参考文献	(98)

第一章 概 述

文昌 13-6 油田位于距海南省文昌市约 144km 的珠江口西部海域。根据 ODP (Overall Development Plan, 总体开发方案) 研究结果, 在该平台的顶部甲板建造一台 HYZJ50-315DB-1 型模块钻机, 该模块钻机由服务支持模块和钻机模块组成。在支持模块的底层主要布置钻井液系统、钻井泵组和发电机组等设备; 中层主要布置钻井液净化设备、FM200、电气设备、散料间、材料间等; 顶层甲板为管架区, 用于摆放钻杆—钻具及相关作业设备。钻机模块由上—下底座构成, 上底座主要由井架—主绞车、司钻房—钻井仪表、压井—节流管汇、顶驱 VFD 房、转盘、BOP 吊等钻台设备组成。下底座主要由上底座的支撑结构组成。

第一节 模块钻机定义

模块钻机(modularized drilling rig), 即块状钻机, 是指将钻井装置按模块功能、便捷安装的要求, 分装在不同的底座上, 搬家移动时能快速分拆, 分块运输, 到井位后通过简单的安装, 即能实现钻井功能的装置。模块钻机的出现是为了达到降低钻井成本与钻井辅助成本(运输成本和停工成本等)的目的, 从而对钻机提出的模块化设计要求, 进而开发出的高度集装化、具有良好操作性能、安装移运性能和环境适应性能的钻机。与移运式钻机相比, 模块钻机的拆卸、移运和安装均有相当大的优势。虽然模块钻机在移运性上稍逊于移运式钻机, 但模块钻机布置灵活, 钻井能力涵盖范围大, 环境适应能力强, 井架稳定性好, 性价比相对较高。尤其是性能优异的交流变频驱动方式进入钻机行业之后, 由于移运式钻机必须配置用于行车的柴油机, 所以模块钻机在经济和技术上更显出优势。同时, 随着技术的进步, 模块钻机的拆装、运输越来越方便, 效率也更高。

第二节 国内外模块钻机现状

一、国外模块钻机现状

目前在钻机装备制造技术发达的国家(美国、加拿大), 模块化技术已十分成熟, 模块钻机应用已相当普及。其中以 National-oilwell 公司和 Varco 公司为代表, 这些钻机主要有以下特点^[1]:

(1) 模块钻机趋向大型化、结构形式多样化发展。如 Varco 公司生产的 ADS30Q 绞车功率可达 4477kW, 预计钻井深度可达 15000m, 钻井泵的水功率达 2350kW。

(2) 电气传动技术的进步使得传动更加简单, 特别是广泛使用了交流变频驱动技术。比如已开发出 Wirth 和 VarcoADS 齿轮传动单轴绞车, 还可以使用主电动机能耗制动刹车取代辅助刹车。

(3)新型一体化旋升式井架和底座、多节自升式井架的起放更安全,使模块钻机在钻井过程中更稳定,占用井场面积更小。

(4)盘式刹车、顶部驱动钻井装置、立根自动排放机构、铁钻工装置的使用,使钻井智能化、自动化成为现实,使科学钻井成为可能。

(5)模块钻机移运性能不断提高,快速搬迁能力成为模块钻机的关键竞争力。

(6)注重以人为本,更加适应 HSE 要求。美国 National - oilwell 公司制造的 1 台 4000m 钻机,其搬家车次最多不超过 25 车次,而且每个井队班次人员配备需求也少,每班操作人员只要 4~5 人即可。

美国早在 1973 年就开发出了模块钻机,TBA2000 系列的 1800~6000m 级钻机,每个模块质量不大于 14t 可以用直升机吊装,也可以用雪橇、履带、船舶等工具运输。英国石油公司与 Phonex Alaska Technology 公司共同研制的一种轻型自动化模块钻机。这种钻机不仅质量轻,而且模块化程度高,具有灵活性高、能适应恶劣路况搬迁和在狭窄井场进行钻井作业的优点。由于采用自动化管理,整个钻机系统仅需 1 名操作工便可通过计算机控制站完成所有钻进、起下钻和钻杆排放等作业。该钻机主要由钻井模块、固控模块、井底组合(BHA)模块、动力模块、泵模块、大型储罐模块等组成。由井架底座、桅杆式井架、钻井设备和相应的拖车组成的钻井模块,安装在 160 个由液压控制转向的充气轮胎上。与常规钻机相比,这种钻机主要有以下优点:

- (1)自动化程度高,为操作者提供了一个非常安全、清洁的工作环境。
- (2)质量轻、移运性能强,很容易通过解冻的砂砾路、狭窄的桥和冻土带等。
- (3)设计紧凑,模块化程度高,占地面积小,适用于窄小的井场。

该钻机代表了目前世界模块钻机的先进水平,不仅模块化程度高,同时,也在向安全可控和自动化方面迈出了一步。意大利已经开发出可移动式全液压模块钻机,详细参数见表 1-2-1。第 1 台全液压式模块钻机于 1995 年制造完成并投入运行,钩载范围为 980655~2941995kN,目前已经有超过 60 台的全液压式模块钻机在全世界投入使用。全液压式钻机结构简单,操作简便,设备体积较小,更加容易实现模块化。

表 1-2-1 意大利 Drillmec 可移动式全液压系列钻机技术参数

型号	大钩静载 (kN)	最大下压力 (kN)	额定输入功率 (kW)	顶驱扭矩 (N·m)	顶驱行程 (m)	质量(t)
HH-100	892.405	196.133	403	3530	15	43
HH-102	980.665	196.133	418	3530	16	45
HH-150	1333.704	196.133	522	3530	16	50
HH-200	1775.004	196.133	1000	3530	16	55
HH-220	1961.330	196.133	1000	3530	16	60
HH-300	2667.409	294.199	1150	4900	16	90

二、国内模块钻机现状

中国对模块钻机的研究相对国外则较少,1996 年大庆 130 I 型、130 II 型钻机的保存量大约 1000 余台,由于钻井装备更新速度慢,严重制约了国内模块化钻机技术的应用发展。大庆 130 钻机单井拆装时间大约需要 1000h,占地面积约 2100m^2 ,搬一次家共用 55 个车次。由于钻井迁装投入高,经济效益低,加上设备动力部分故障率高,使得井队每班操作人员多达 10 余人。另外,僵化的管理模式使钻井公司无法抽调更多的资金更新装备,使钻机制造商失去研究新型钻机的动力,国内钻井装备市场在长达 20 余年的时间内,几乎全为大庆 130 型钻机所占领。1997 年,随着南阳石油机械厂 2 台 ZJ20K 橇装模块化钻机到加拿大钻井作业,启动了国内模块化钻机的市场需求,也促进了模块化钻机应用技术的发展。

目前国内宝鸡、兰石、江汉石油管理局第四石油机械厂等厂家相继投入到模块钻机的设计开发中。研制出一批满足国内油田要求的模块钻机,其中 NaborsZJ70/4500DB 钻机出口到美国,完全达到了国际化要求。该钻机布局合理,模块化设计程度高。整套钻机设备排列紧凑,占地面积小。同时,此钻机结构设计合理,单元运输模块较少。如钻井泵组和钻井液灌注系统布置在同一个底座上,地面钻井液管汇和闸阀组布置在一个橇座上,绞车与盘刹液压站、固控罐与绞车冷却水箱采用一体化设计,到固控罐电缆槽采用可旋转并能与固控罐一起运输式电缆桥架等结构。钻机橇装移运性好,拆卸、安装、维修方便。钻机底座左右基座、发电机房、偏房、油罐、水罐、VFD 房、固控罐、猫道等设备均设计有标准的自背橇,完全满足自背车运输要求;所有固控罐、电缆槽间的定位连接,固控罐面防雨棚立柱及钻台面风动绞车、液压猫头等固定连接均采用插销结构;固控系统、泵组等所有低压管汇连接处均采用活动压套式接头,安装快捷,拆卸维修方便。

江汉石油管理局第四石油机械厂生产的 BE770 橇装模块钻机,如图 1-2-1 所示,属于模块钻机里快速移动快速安装钻机的范畴。该钻机采用先进的自顶向下设计技术,实现了石油钻机结构形式的重大突破,是国内外首创的全新理念钻机,技术性能达到国际先进水平。适应于平原、戈壁等地区油气田的钻井施工作业。钻深能力 $2800 \sim 5000\text{m}$,轻便的 K 形井架高度 43.3m ,底座采用平行四边形整体起升。该钻机模块化集成程度高,模块数量少,快速移动,快速安装。一把榔头和专用取销工具,即可完成主机拆卸安装。不要吊车,没有高空作业,操作安全可靠。液压油缸整体起升的 K 形直立套装井架,两级伸缩,一级销接,作业承载能力强。平行四边形结构钻台底座、司钻侧底座、司钻对侧底座、中间连接部分各自独立成橇和移运;多重拉杆连接,实现低位安装、整体起升。绞车高台纵向布置,独立驱动,随底座中间连接部分整体运输,减少运输模块,体现了快移快装理念。

三、海洋模块钻机现状

海上和陆上的石油天然气钻井工艺基本相似,所不同的是陆上钻井设备不受场地限制,可以布置得相对分散些,但海上钻井设备必须集中布置在面积不大的海上平台上,平台面积有限,自然条件十分恶劣,操作工况也十分复杂。此外,海洋钻井远离陆地,运输十分困难。这些特点决定了海洋石油钻井设备除了必须达到陆上设备的要求外,其模块化和集成化的程度还应更高。国外很多海洋石油钻机多选配与陆地钻机相同的石油钻机加以模块化后装配到平台上,以便于在海上迅速吊装联接。一般选用钻深能力为 4500m , 6000m , 7600m 和 9000m 的钻

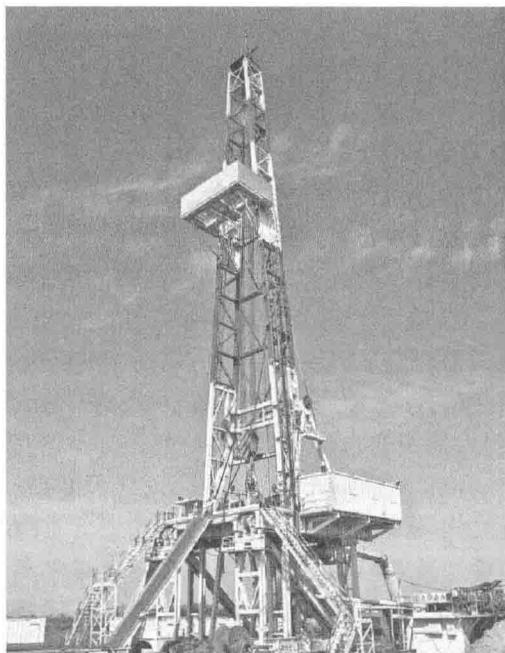


图 1-2-1 BE770 橇装模块钻机

机装配到海洋平台上,对于移动式钻井平台则多选用 6000m,7600m,9000m 和 11000m,乃至更深的钻机。

海洋模块钻机如图 1-2-2 所示。主要由起升系统、旋转系统、钻井液循环系统、动力系统、防喷器系统和控制系统等组成。

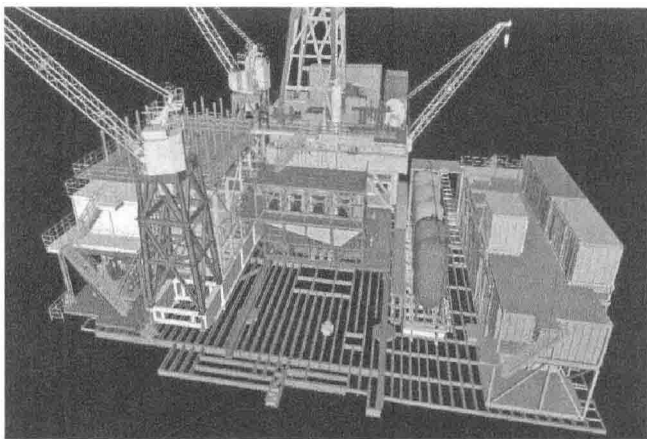


图 1-2-2 海洋模块钻机

钻机模块主要有钻井设备模块(Drilling Equipment Set,DES)、钻井服务模块(Drilling Support Module,DSM)和散料储存模块(P-TANK 模块)等。钻机模块采用陆地建造后装船,整体起吊安装到海洋平台上。也有的海洋模块钻机模块划分较小,采用多次吊装的方式安装到平

台上,如图 1-2-3 所示。



图 1-2-3 海洋钻机模块拆分装运

目前大部分新建的海洋钻机均采用模块化设计,所不同的是各自的模块化程度不同,设计指导的基本思想是:占用甲板面积小;钻机质量轻;钻机建造成本低;采用先进技术优化结构。海洋模块钻机的钻井主体部分和辅助部分普遍采用分开布置,分为固定和移动 2 个部分。主体部分即钻机的移动部分,可以在轨道上实现 x 、 y 方向上滑移,从而到达每一个井位进行钻井作业;辅助部分则固定不动,动力系统、控制系统和循环系统大部分布置在钻机的固定模块中,与移动部分采用各种方式连接,保证固定与移动模块之间的连接安全、可靠。

第三节 文昌 13-6 非常规模块钻机简介

一、文昌 13-6 非常规模块钻机主要技术参数

根据文昌 13-6 油田开发可行性研究的结果,搬迁 HZJ50/315DB-1 平台钻机完成初期钻完井以及后期的修井和调整井作业,文昌 13-6 平台主要结构如图 1-3-1 所示。

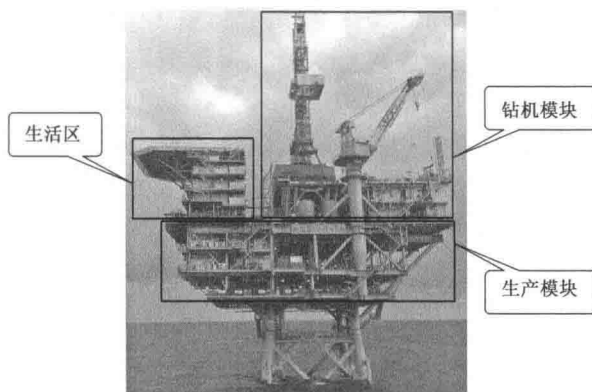


图 1-3-1 文昌 13-6 平台简介

1. HZJ50/315DB-1 钻机主要系统组成

1) 起升系统

起下钻具、下套管、控制钻头送进以及起下完井工具、生产管柱等。主要由起升绞车、游动系统以及悬挂游动系统的钻井井架等组成。

2) 旋转系统

为了转动钻具以不断破碎岩石实现钻进,平台钻机在钻台上配备有顶驱、钻井转盘等装置。

3) 循环系统

为了清洗井底已破碎的岩石并保持连续钻进,平台钻机配备了钻井液循环系统,该系统包括钻井泵、地面钻井液高/低压管汇、钻井液罐/钻井液槽、钻井液净化设备、钻井液配制设备等。

4) 动力设备

平台钻机的动力模块采用交流变频方式驱动绞车、转盘、钻井泵等工作设备。平台钻机自带柴油发电机。

5) 传动系统

传动系统把发动机的能量传递给平台钻机的提升绞车、转盘、钻井泵等设备。

6) 控制系统

指挥平台钻机各系统协调地进行工作,在平台钻机中还装有各种控制设备,如机械、液动或电控制装置以及集中控制台和观测记录仪表等。

7) 底座

HZJ50/315DB-1 钻机的底座主要包括钻台底座、各模块的底座以及各单体设备模块的底座等。

2. HZJ50/315DB-1 钻机模块组成

HZJ50/315DB-1 钻机模块主要由钻井设备模块(Drilling Equipment Set, DES)、钻井服务模块(Drilling Support Module, DSM)和散料储存模块(P-TANK 模块)等组成,如图1-3-2所示。

1) 上底座模块

含井架、顶驱、绞车、游车、大钩、钻台、司钻控制房、转盘、管汇等装置。

钻机上底座作为钻台和钻机井架等的结构支撑,布置在钻机下底座模块上,钻机下底座布置在平台主甲板上。钻机上底座模块通过液压移动装置实现钻台的纵向(平台A、B轴之间)移动使钻机到达不同的井口作业。钻井起升绞车、游动系统、转盘、顶驱系统、立根盒、阻流管汇、压井管汇、气液分离器以及司钻控制房等装置均布置在钻机上底座之上的钻台上。

2) 下底座模块

含钻机移动系统、防喷器等。

钻机下底座布置在平台主甲板上面的A、B轴之间,下底座移动轨道的跨距为14m。钻机下底座主要作为钻机上底座的结构支撑,并通过液压移动装置实现钻台的横向(平台1、2轴

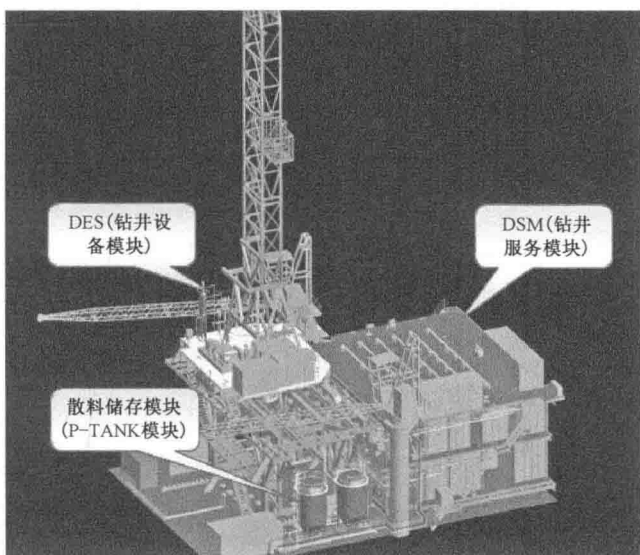


图 1-3-2 文昌 13-6 模块钻机组成

之间)移动使钻机到达不同的井口作业。为钻机配套的防喷器组,主要包括有环形、单闸板、双闸板防喷器等,悬挂在钻机下底座的结构梁上。

3) 动力模块

含柴油发电机组及日用柴油罐,柴油机组单独成橇,便于后期搬迁。所有电力经整流逆变装置后分别驱动钻机的绞车和顶驱及钻井泵。该橇块布置在平台主甲板上。

4) 钻井液和电控系统模块

本模块分两层,底层为钻井液系统,中层为电控系统、压缩机间、FM-200 灭火系统等,管子堆场覆盖在本模块的顶部。

(1) 钻井液系统位于模块的第一层,含钻井泵及其灌注泵组、钻井液振动筛、除砂器、除泥器、离心机、钻井液罐组、混合泵、灌注泵、钻井液池以及散装化学药剂储藏间等设施。散装化学药剂及其配送系统和维修工作层也布置在该模块中。

(2) 钻井液系统和电控系统模块的第二层包括整流逆变装置、MCC 马达控制中心、FM-200 灭火系统等装置。

5) 灰罐模块

灰罐主要由存放水泥、重晶石及土粉的储罐、管汇系统、送灰系统等组成。该模块布置在平台主甲板上,位于钻井液系统和电控系统模块的北侧。

6) 其他模块

固井泵根据作业需要临时租用,放置在井口区附近便于操作的位置。电测绞车、气测装置等,根据作业需要放置在便于操作的位置。

二、HZJ50/315DB-1 钻机立面图和平面布置图

如图 1-3-3 及图 1-3-4 所示。



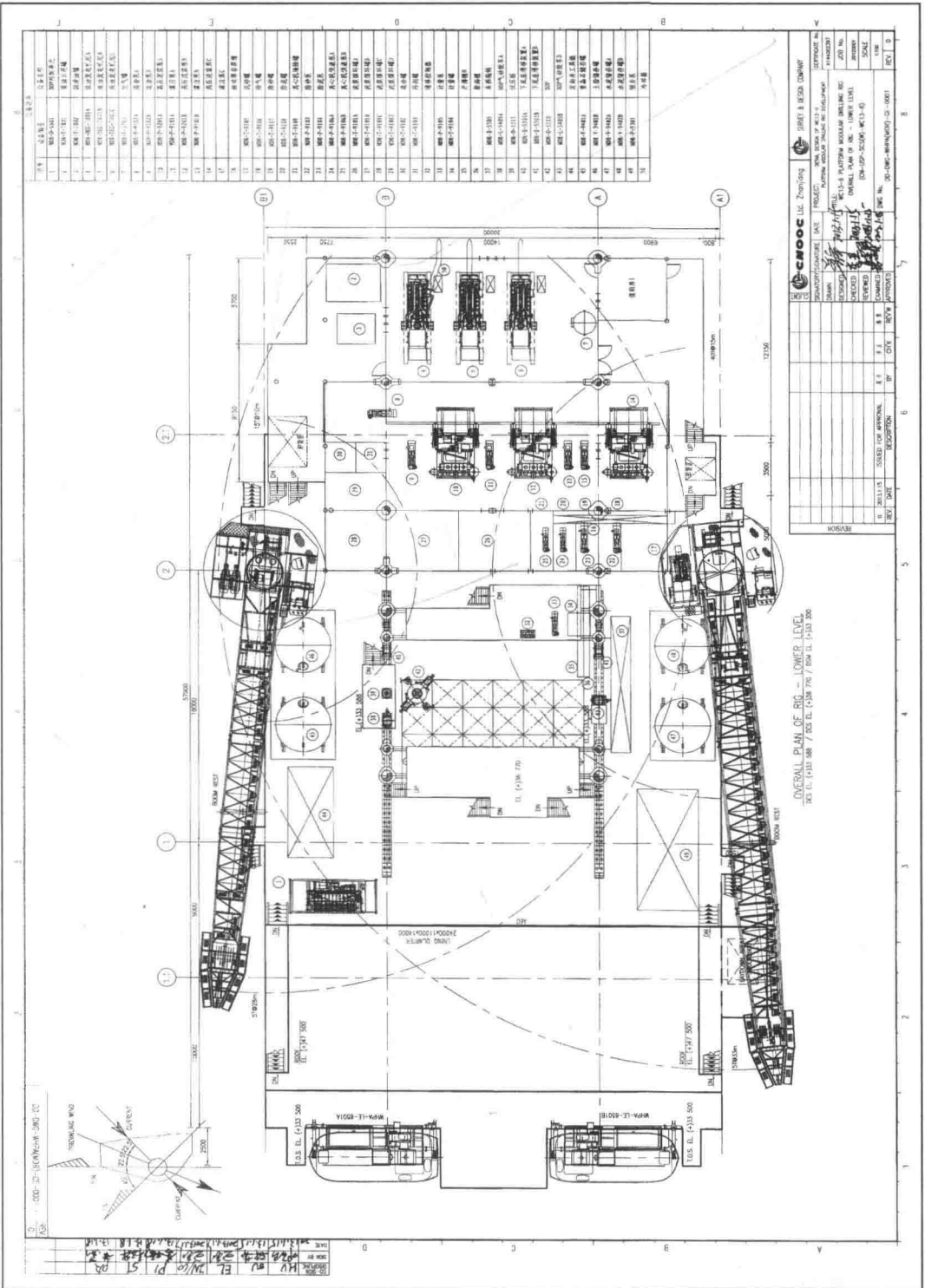


图 1-3-4 文昌 13-6 模块平台甲板图

第二章 非常规模块钻机技术可行性分析

第一节 背景

文昌 13-6 油田属于南海西部海域首个低渗透油田,项目经济性较低,如何降低成本是本项目能否顺利实施的一个基础。ODP 调研期间,了解到渤海有一套闲置钻机,若将该钻机启用,本项目将降低直接投资约 5000 万元人民币,但用旧钻机设备集成新钻机在中国海油钻机建造行业来说还是第一次,能借鉴的经验非常有限,需要打开思维走出一条创新的思路来完成新钻机的建造工作。

第二节 技术可行性分析

一、文昌 13-6 油田作业需求及模块钻机作业能力分析

1. 文昌 13-6 油田作业量

- (1)24in 隔水管的锤入作业;
- (2)横向和纵向移动,覆盖 20 口井井槽;
- (3)初期生产井的钻完井作业;
- (4)后期生产井的大修和各种小修作业;
- (5)后期油藏开发需求在老井眼里进行的侧钻及完井作业;
- (6)预留井槽调整井的钻完井作业。

2. 原钻机的作业能力分析

原 50DB 钻机钻井深度、最大钩载、顶驱系统、井架高度、转盘开口、钻井泵等均能满足文昌 13-6 油田钻完井作业需求,见表 2-2-1。

表 2-2-1 原钻机作业能力分析

钻机	COSL 50DB	设计校核
钻井深度	4500m(5in 钻杆) 额定 5000m(4½in 钻杆)	最大井深 3846m
最大钩载	3150kN	最大钩载 1643kN
顶驱系统	TDS-11SA (最大载荷 5000kN,连续可调工作扭矩 50kN·m)	最大作业扭矩 29.14kN·m
钻井泵	F1600×2 台	满足排量需求
井架高度	45m	满足作业要求
转盘开口	952.5mm(37½in)	满足作业要求

3. 旧模块钻机通过重新布局可满足文昌 13-6 油田的作业要求

旧模块钻机将钻台面、管子堆场、猫道、录井房、随钻测试房等重新布局,合理分配,如图 2-2-1 所示。

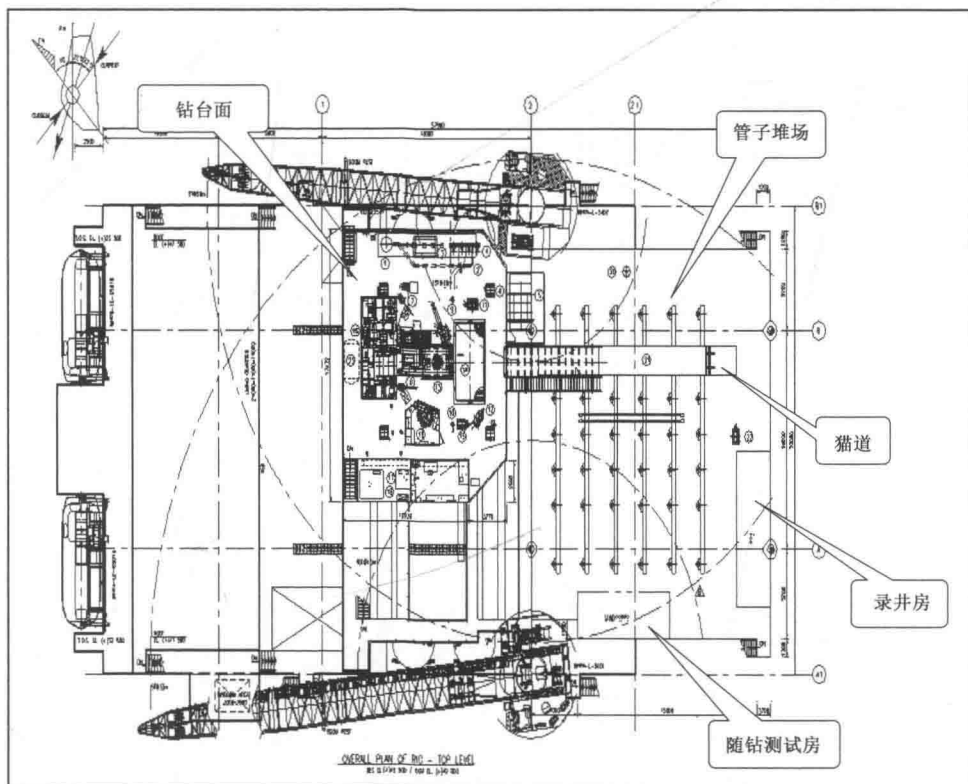


图 2-2-1 旧钻机重新布局

4. 原可搬迁式小模块通过集成后可满足本模块钻机空间的要求

通过将可搬迁式小模块集成,DSM 与 DSM 模块甲板空间合理,满足防喷器组、喇叭管等设备的安装空间,如图 2-2-2 所示。

5. 原钻机单个模块设备需要升级改造

根据在可行性研究阶段对多种钻井方式和机具的比选结果,ODP 推荐文昌 13-6 油田采用平台钻机进行钻完井及后期调整井作业。原钻机集成到新模块钻机上迁至南海海域作业是可行的。虽然原钻机单个模块设备以及甲板空间能满足文昌 13-6 油田作业要求,但设备老化、设备配备不完善、设备资料不齐全等问题突出,需要改造升级,如图 2-2-3、图 2-2-4 所示。

二、模块钻机集成改造技术难点

旧设备集成新模块钻机在中国海油尚属首例,如何高效设计并建造好本套钻机,只能边摸索边实践,具体来讲主要体现在以下几个难点:

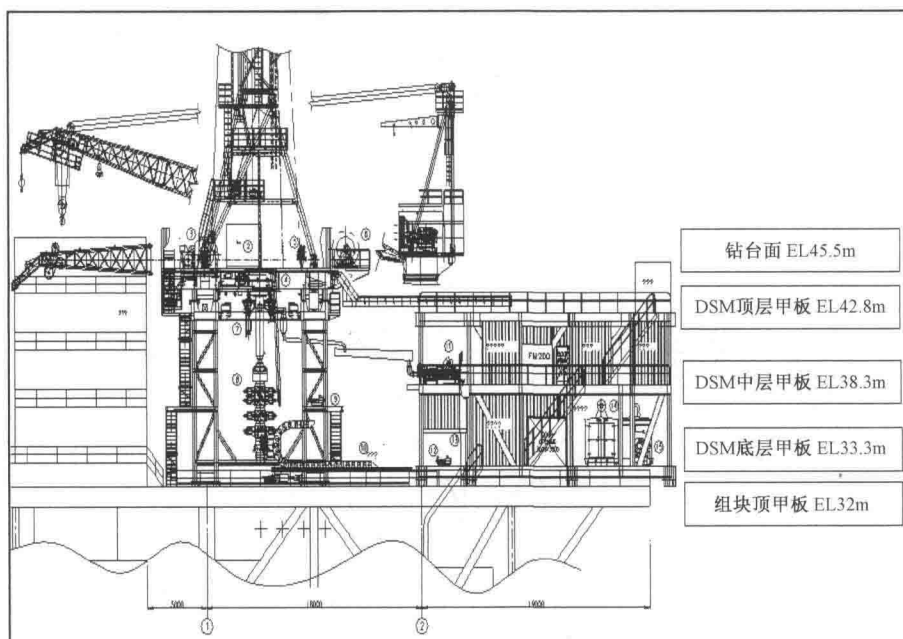


图 2-2-2 原可搬迁式小模块通过集成后



图 2-2-3 设备堆场调研

(1) 如何提高旧设备的利用率,降低新设备采办成本。

原钻机共有近 90 台套设备,经现场调研和检查发现,其中近 1/3 的设备不能使用,如 BOP 吊主链条锈断、钻井液搅拌器减速箱锈穿等;超过 60% 的设备需要中修,其中主设备除配电设备外中修率达 100%;另外,4 台离心泵已经换代,市场上已经难以采购对应配件。通过有效维护保养旧设备,使之恢复功用,可以有效降低采办成本,如图 2-2-5 至图 2-2-10 所示。