

生动的事例案例 科学的风险分析 系统的监督要点

海上油气田安全监督 实用技术手册

穆 剑◎主编

HAISHANG YOUQITIAN
ANQUAN JIANDU
SHIYONG JISHU SHOUC

HAISHANG YOUQITIAN
ANQUAN JIANDU
SHIYONG JISHU SHOUC

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以海洋石油十项施工作业、九项许可作业、七类生产系统设施、四类辅助生产设备设施、五类安全系统设施以及七类其他设施及系统为特定安全监管对象,运用安全系统工程的理论和方法,在深入进行风险分析,以及研究应用法律法规、标准规范和企业规章的基础上,结合安全监管工作实际,撰写了安全监管方案要点,配套编制了安全监督检查表。

本书适合海上油气田安全监管人员现场实施监督检查使用,也可供广大安全监管与管理人員有选择地阅读、使用。

图书在版编目(CIP)数据

海上油气田安全监管实用技术手册/穆剑主编.

北京:石油工业出版社,2012.8

ISBN 978-7-5021-9203-7

I. 海…

II. 穆…

III. 海上油气田-安全监察-技术手册

IV. TE58-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 173541 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 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523553 发行部:(010)64523620

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

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:24

字数:611 千字

定价:96.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《海上油气田安全监督实用技术手册》

编审人员名单

主 编:穆 剑

副 主 编:苗文成 马宏发

编审人员:李博学 彭联合 于长武 王铁刚 孙隆伟

李新福 安海静 杜月明 陈 博 赵有勤

董德国 刘卫华 刘 庆 李义娟 宋志伟

任 录 刘文彪 郭焯民 马欣奕 史贤志

丁小虎

前 言

为了更好地配合《中国石油天然气集团公司安全监督管理办法》的贯彻实施,增强海上油气田企业安全监督与管理人员的安全技术意识和观念,掌握基本知识、方法和理论,提高现场监督检查水平,推动在 HSE 管理体系中的安全监督工作,保障海上油气田安全生产,我们组织了有关油气田企业安全环保监督和管理部門的一批富有经验的安全监督工作者,编写了这部《海上油气田安全监督实用技术手册》。

本书运用安全系统工程的理论和方法,在深入进行风险分析,研究应用法律法规、标准规范和企业规章的基础上,结合监督工作实际,撰写了海洋石油十项施工作业、九项许可作业、七类生产系统设施、四类辅助生产设备设施、五类安全系统设施以及七类其他设施及系统的监督方案要点,配套编制了监督检查表,旨在提供一个较系统、大容量的实用的安全监督参考读物,帮助海上油气田安全监督人员现场实施监督检查,无意成为安全监督检查的标准范本,敬请广大安全监督与管理人员有选择地阅读、使用。

长庆油田分公司安全环保监督部、冀东油田分公司安全环保监督中心、辽河油田分公司安全环保处、大港油田分公司安全环保处、中国石油集团海洋工程有限公司安全环保处参加了本书的编写,编写过程中得到了必维国际检验集团法利科瑞成(天津)安全技术有限公司的大力支持。由于水平有限,本书如有疏漏或不妥之处,敬请广大读者予以指正。

编 者

2012 年 6 月

目 录

第一章 海上油气田安全监督技术	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 风险分析	(21)
第三节 安全监督依据	(37)
第二章 海上施工作业安全监督	(40)
第一节 海上物探施工作业	(40)
第二节 海上钻完井施工作业	(44)
第三节 海上录井施工作业	(57)
第四节 海上测井施工作业	(59)
第五节 海上井下施工作业	(67)
第六节 海上弃井施工作业	(76)
第七节 海洋工程施工作业	(80)
第八节 移动平台拖航就位作业	(90)
第九节 海上运输及守护作业	(99)
第十节 含硫化氢场所作业	(107)
第三章 许可作业安全监督	(111)
第一节 工业动火	(111)
第二节 电气作业	(115)
第三节 高处及舷外作业	(120)
第四节 进入受限空间作业	(126)
第五节 水下作业	(131)
第六节 脚手架作业	(135)
第七节 移动式起重作业	(139)
第八节 管线打开作业	(143)
第九节 动土作业	(148)
第四章 生产系统设施安全监督	(151)
第一节 井口装置	(151)
第二节 油气管系	(154)
第三节 专用容器设备	(158)
第四节 泵类设备	(161)
第五节 天然气压缩机	(165)

第六节 火炬及冷放空系统	(168)
第七节 海底管道及电缆	(171)
第五章 辅助生产设备设施安全监督	(177)
第一节 电气设备及电缆	(177)
第二节 热源和供热系统	(186)
第三节 压缩空气系统	(189)
第四节 柴油系统	(193)
第六章 安全系统设施安全监督	(196)
第一节 火气探测报警控制系统	(196)
第二节 消防系统	(201)
第三节 逃生及救生装置	(209)
第四节 助航标志与信号	(220)
第五节 通信设施	(221)
第七章 其他设施及系统安全监督	(227)
第一节 海上石油设施结构	(227)
第二节 危险物品	(231)
第三节 直升机甲板	(235)
第四节 生活模块	(238)
第五节 起重设备	(242)
第六节 船舶	(246)
第七节 应急管理	(253)
附录 海上油气田安全监督检查表	(257)

第一章

海上油气田安全监督技术

海洋石油勘探开发是一个高风险行业,与陆上油气田有较大的差异,主要体现在开发特点、管理理念、法规标准、专业技术以及监管模式等方面。要做好海上油气田安全监督工作,监督人员必须在风险识别层面系统了解海洋石油开发特点;在安全技术方面了解和掌握全面的安全生产知识和理论方法;在安全合规性方面掌握海洋石油界定范围,研究学习相关法律法规、标准和企业规章并以此为监督依据;在安全监督工作中结合企业特点和监督项目实际,采用正确的监督方法、工具和措施,科学与规范地监督。

第一节 概 述

一、海洋石油概述

1. 海洋石油界定

依据《海洋石油安全生产规定》(国家安全生产监督管理总局令第4号),海洋石油范围包括中华人民共和国的内水、领海、毗连区、专属经济区、大陆架以及中华人民共和国管辖的其他海域,海洋石油界定范围如图1-1所示。

内水是指我国领海基线向内陆一侧的所有海域,是构成国家领水的组成部分,包括海湾、海峡、河口湾、测算领海的基线与海岸之间的海域、被陆地所包围或通过狭窄水道连接海洋的海域,如渤海、胶州湾、吴淞口、珠江口和琼州海峡等均属内水。

领海是指领海基线以外,领海外部界限以内的一定宽度的海域,是受国家主权支配和管辖下的一定宽度的海域。从领海基线量起不得超过12n mile,并规定领海宽度的确定权应当由缔约国决定。根据1992年《中华人民共和国领海及毗连区法》(主席令第55号)规定,我国领海宽度为12n mile。领海是国家领土的组成部分,国家在领海内享有的主权,除外国船舶享有无害通过权外,与内水相同。

海洋毗连区是从领海以外并邻接领海,宽度为12n mile的一带海域。我国有在该海域内的执法权和管辖权,同时应有在该区域进行海洋石油资源的开采权。

海洋专属经济区是我国领海以外并邻接领海的区域,从测算领海基线量起延至200n mile。

我国的大陆架为我国领海以外依据我国陆地领土的全部自然延伸,扩展至大陆边缘的海底区域的海床和底土;如果从测算领海宽度的基线起至大陆外缘的距离不足 200n mile,则扩展至 200n mile。根据《联合国海洋法公约》规定,沿海国对其专属经济区的海洋环境保护和保全享有专属管辖权。我国对专属经济区和大陆架享有主权性权利,有权保护和保全专属经济区和大陆架的海洋石油资源的开采。

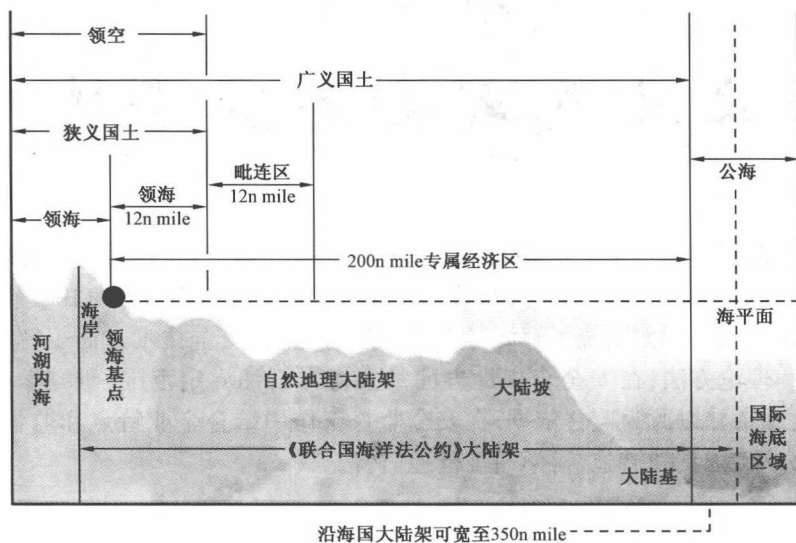


图 1-1 海洋石油界定范围图示

内陆湖泊等水上石油作业参照执行海洋石油作业有关规定。内陆湖泊包括江、河、湖泊和泄洪道等多种形式的水域。

2. 海洋石油设施类型

海洋石油设施通常分为生产设施和作业设施两大类型,是实施安全监督的主要对象。

海洋石油生产设施指以开采海洋石油为目的的海上固定平台、单点系泊、浮式生产储油装置、水下生产系统、海底管道及电缆、滩海陆岸、人工岛和陆岸终端等海上和陆岸结构物。

1) 海上固定平台

海上固定平台是用桩基、座底式基础或其他方法固定在海底,并具有一定稳定性和承载能力的海上结构物,如图 1-2 和图 1-3 所示。

上部生产设施如图 1-4 所示。

2) 单点系泊

单点系泊(single point mooring, SPM)指允许系泊船舶随着风、浪、流作用方向的变化而绕单个系泊点自由回转的系泊方式。海洋石油 SPM 特指设置在足够水深处的、供浮式生产储油装置系泊并实现自由回转的装置,如图 1-5 所示。

3) 浮式生产储油装置

浮式生产储油装置(floating production storage offloading, FPSO)以船或驳船作为支承结构,具有油气处理、原油储存及外输功能的浮式装置。海洋石油 FPSO 通常是一艘安装有生产分

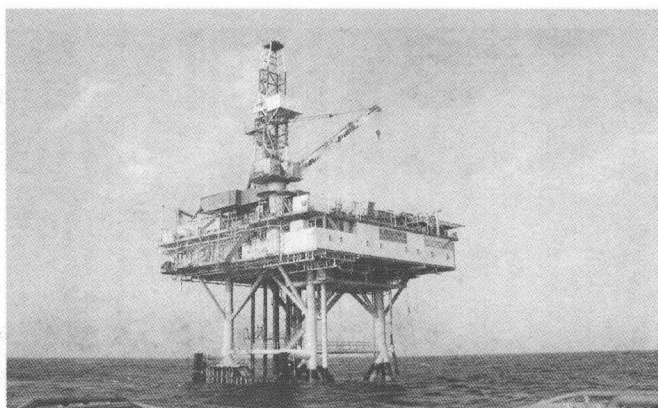


图 1-2 典型固定导管架平台

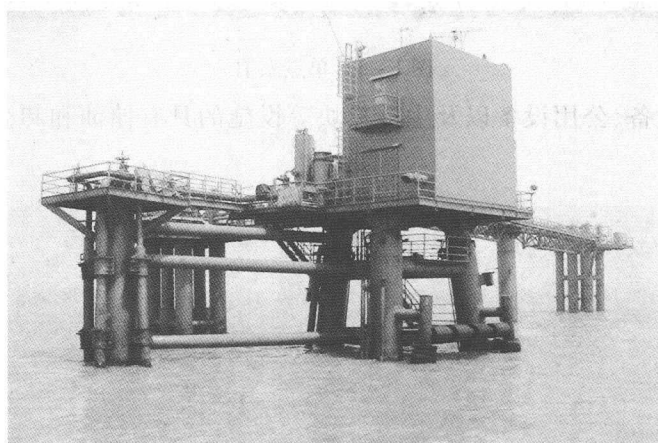


图 1-3 浅海典型固定导管架平台

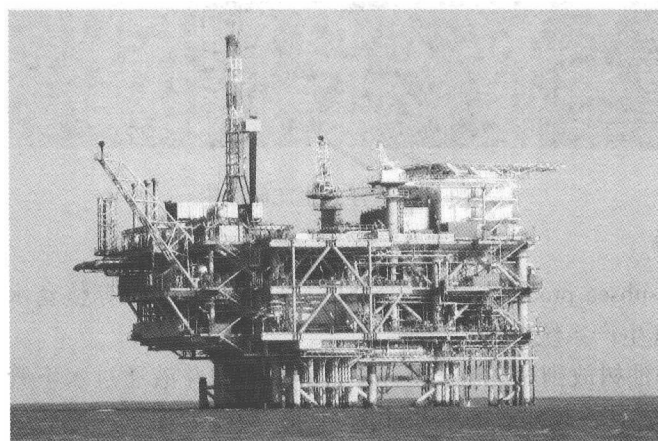


图 1-4 典型中心处理平台

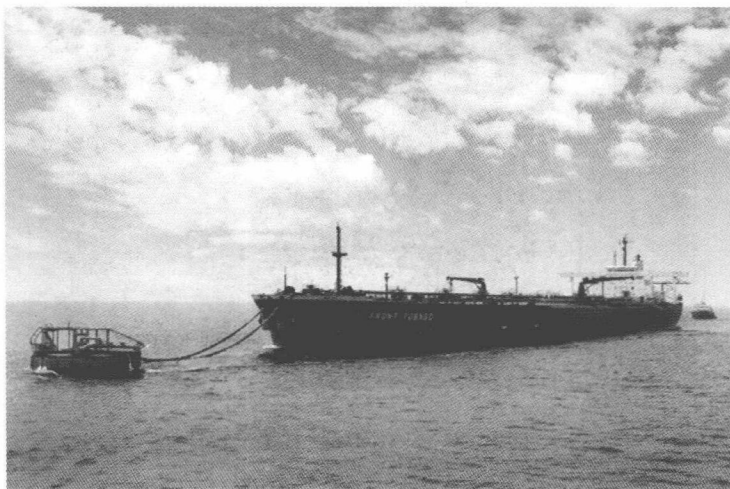


图 1-5 单点系泊

离设备、注水(气)设备、公用设备以及生活模块等设施的具有储油和卸油功能的油轮,如图 1-6所示。

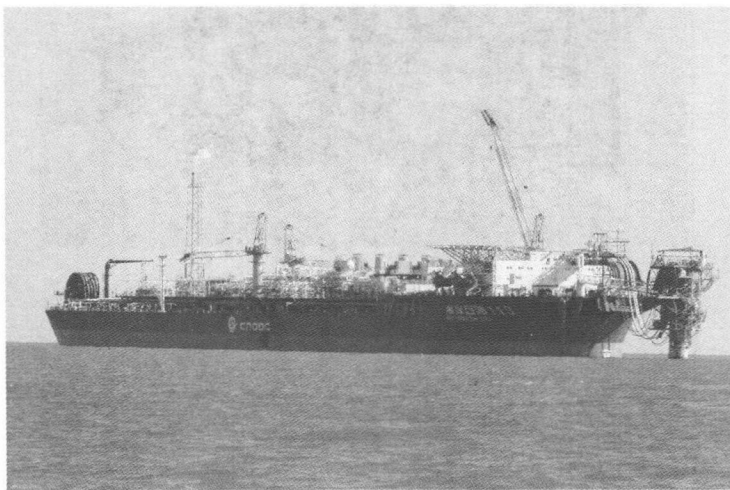


图 1-6 浮式生产储油轮

4) 水下生产系统

水下生产系统(subsea production system, SPS)指由水下井口等整套水下生产设备及海底管道组成的海上油气生产系统。

SPS 通常是将采油树放到海床上,水下采油树采出的井液通过水下管汇输到水下管汇中心,水下管汇中心完成对各井井液的单井计量、汇集、增压后通过海底管线输送到浮式生产系统上进行处理和储运,如图 1-7 所示。

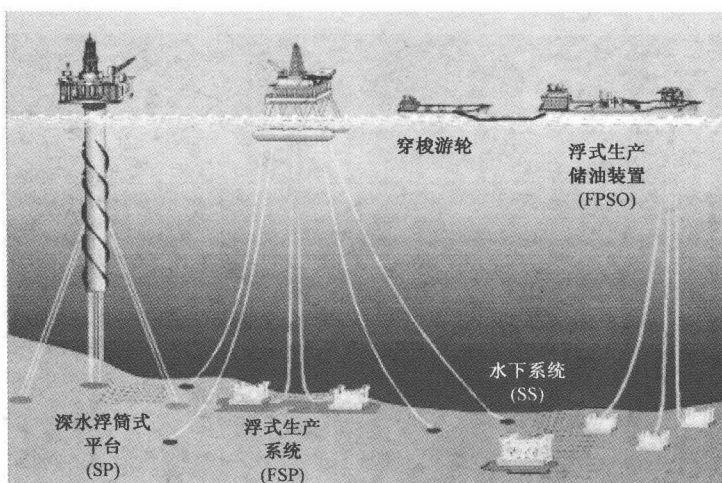


图 1-7 水下生产系统示意图

5) 海底管道及电缆

海底管道是敷设在海底、连续输送单一或混合介质(油、气、水)的单层或多层管道。

海底电缆是将生产所需要的电力和各种控制信号准确有效地传输于海上石油设施之间的多根相互绝缘的导体外包绝缘和保护层制成的导线组。

6) 滩海陆岸

滩海陆岸指在滩海区域内,采用筑路或栈桥等方式与陆岸相连接,在石油作业活动中修筑的滩海通井路、滩海陆岸井台及相关石油设施,如图 1-8 所示。

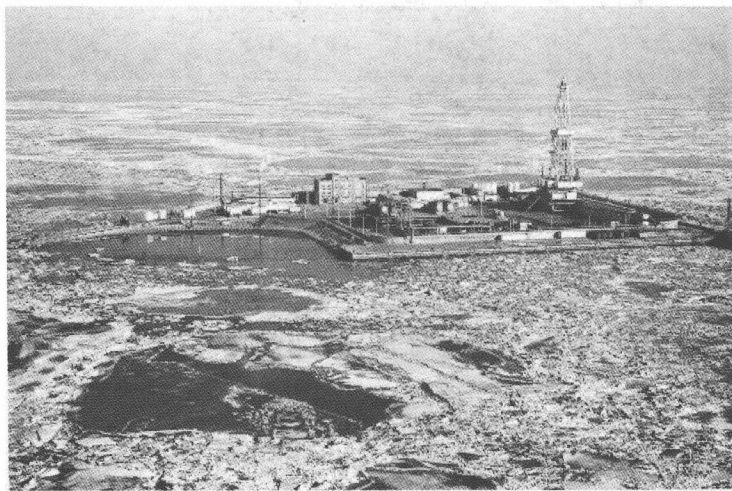


图 1-8 滩海陆岸

7) 人工岛

人工岛指在浅滩海区域采用沉箱结构、泥沙吹填等方法建成的岛式油气生产基地,如图 1-9 所示。

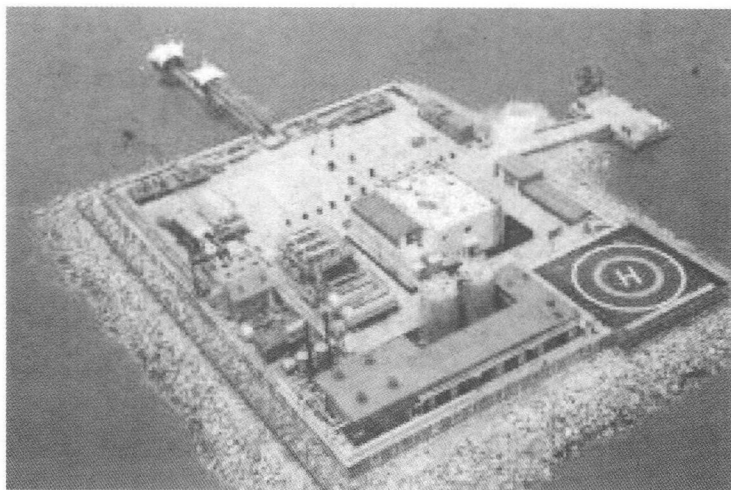


图 1-9 人工岛

8) 陆岸终端

陆岸终端是建造在陆地上,用于接收、处理海上油气田开采出来的油、气、水或其混合物的初步加工处理厂,如图 1-10 所示。



图 1-10 陆岸终端

海洋石油作业设施指用于海洋石油作业的海上移动式钻井船(平台)、半潜式钻井平台(图 1-11)、自升式钻井平台(图 1-12)、物探船(图 1-13)、铺管船(图 1-14)、起重船(大型浮吊)(图 1-15)、多功能支持船(例如固井船、酸化压裂船及多种作业支持船)等设施。

3. 海洋石油开发特点

1) 自然环境恶劣

海浪、海流、海冰与台风、季风的综合作用对油气田生产设施产生巨大的破坏力,以致影响

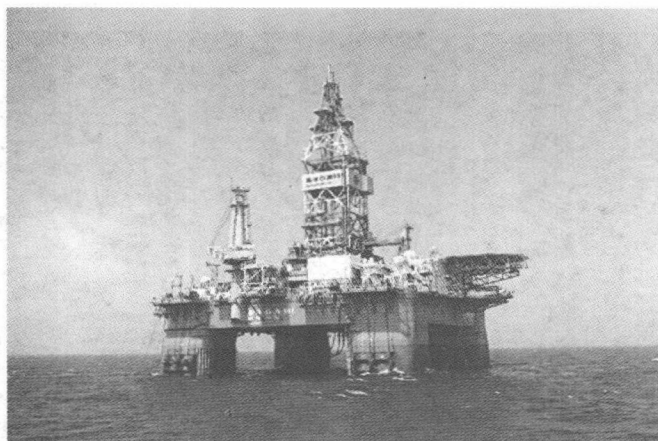


图 1-11 半潜式钻井平台

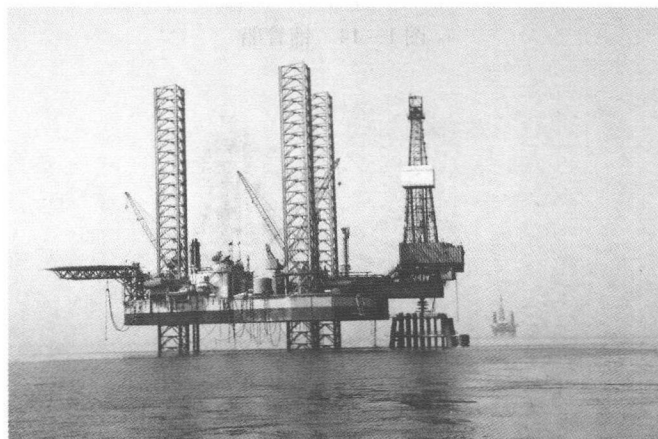


图 1-12 自升式钻井平台



图 1-13 物探船

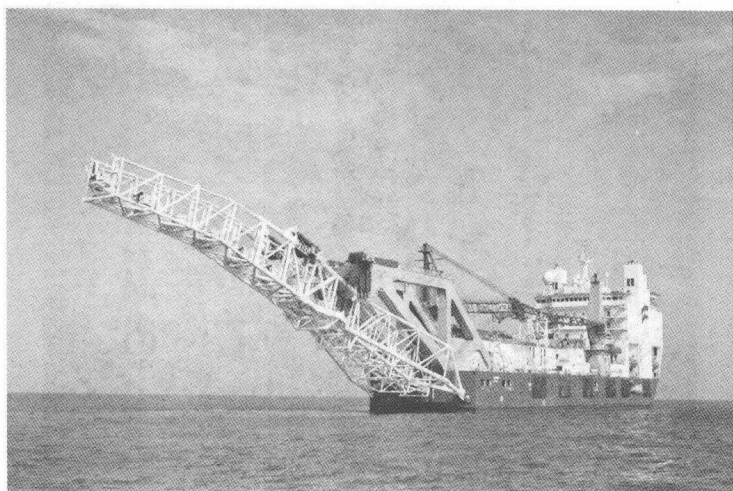


图 1-14 铺管船

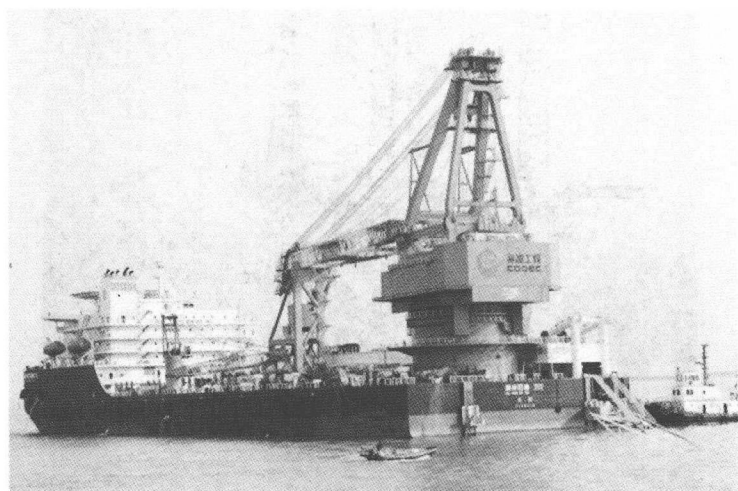


图 1-15 大型海上浮吊

海上正常作业和油气井的正常生产。海上飓风被称为海上气象恶魔,严重威胁着海上平台的安全。1979 年 11 月 25 日,“渤海 2 号”钻井平台在井位迁移时倾覆;1983 年 12 月 25 日,美国阿科公司租用的“爪哇海”号钻井船在南海受台风袭击翻沉,两次事故均造成严重的人员伤亡。图 1-16 和图 1-17 为海上飓风和被飓风吹倒的平台。

2) 生产作业设施独特

主要表现在作业空间狭小、工具装备复杂、环境腐蚀严重等方面。

(1) 作业空间狭小。

海洋石油设备都集中在一个或几个平台上,每个平台一般有 2~4 层甲板,每层甲板面积有限。由于面积约数十平方千米的油气田其开发工作都是在如此有限的空间内进行的,所以

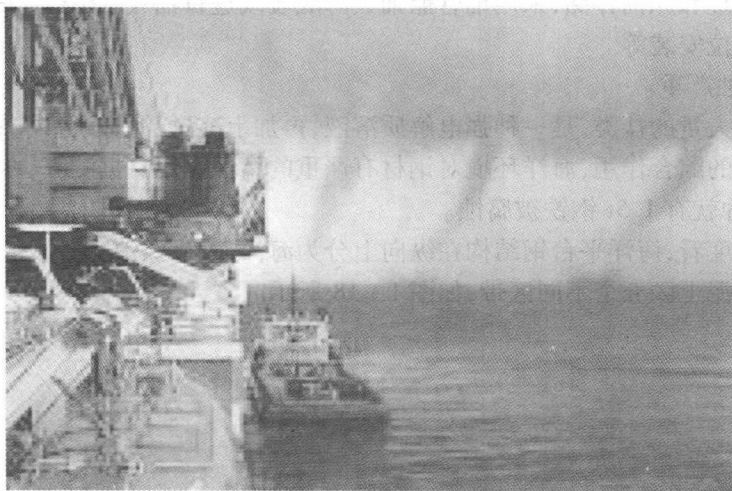


图 1-16 海上飓风



图 1-17 被飓风吹倒的平台

迫使生产井口高度集中,井口间距最大 $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$,最小的达到 $1.5\text{m} \times 1.8\text{m}$,主要为定向井和水平井;开发过程中的调整井数受预留井槽限制;油井作业时,大型设备移动、安装较为困难;工程设施小而全,除了配备与陆上油气田开发生产需要的设施外,还需要增加生活、救生等设施,进一步占用了有效空间。由于空间狭小,设备布置紧凑,作业风险大,有时会因一些很小的事故而引发严重的后果。

(2) 工具装备复杂。

由于海上油气田设备集中,所以地面和水下装备、工具、井下设施都必须考虑在防风浪、防雷电、防火、防爆、防腐蚀、防冰、防撞击等方面所应采取的各项措施,因此,必须采用一些高科技装备和工具,如使用钻井船(自升式、悬臂式)钻井,采用水下采油树采油,采用浮式生产储

油轮进行油气处理和原油存储,采用铺管船铺设海底管线进行油气水输送,采用特大型浮吊进行海上设施的就位安装等。

(3) 环境腐蚀严重。

海水中含有大量的盐类,是一种强电解质溶液,再加上冻融、海雾、台风、暴雨、工业排放物等多重腐蚀环境的综合作用,海洋环境对钢材有严重的腐蚀作用。据测算,在我国被海洋浸泡的钢铁中,每秒钟就有 1.5t 钢铁被腐蚀。

从腐蚀的角度看,海洋平台钢结构在纵向上分为海洋大气区、浪花飞溅区、海洋潮差区、海水全浸区和海底泥土区五个不同区带,如图 1-18 所示。

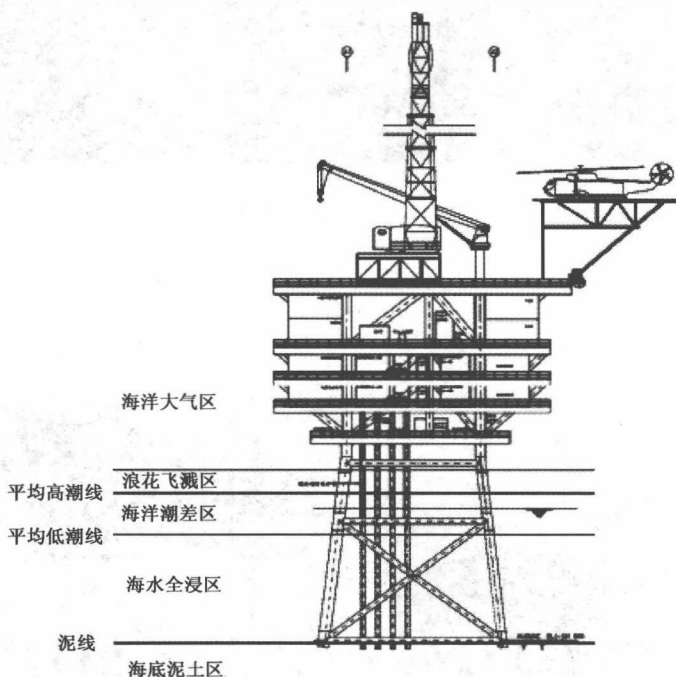


图 1-18 海洋平台钢结构腐蚀分区

浪花飞溅区海水飞溅,干湿交替,氧气供应最充分,腐蚀危害严重。海洋大气区中盐雾含量较高,对海洋平台的上部结构及设备设施有很强的腐蚀作用,与浸于海水中的钢铁腐蚀不同,海洋大气腐蚀基本上属于液膜下电化学性腐蚀。普通碳钢在海洋大气中的腐蚀比沙漠大气中大 50~100 倍。

3) 人员素质要求高

在前期研究阶段,地质油藏人员需要开展深入地地质油藏研究,并判断其风险程度;钻完井和工程设计人员要根据地质油藏研究的成果,研究经济可行、安全的工程方案;在建设阶段,工程人员要进行严格的项目管理,保证按时、按质完成任务。这些工作需要各方面人员具有较全面的知识和丰富的经验。

在生产阶段,由于平台空间有限,自动化程度高,技术和操作人员的数量受到限制,因此,需要这些人员技术全面,资质要求严格。为提高油气田采收率,很多油气田在生产的同时,还

要进行钻井作业,要进行增产措施作业,这种作业大大增加了平台操作的风险,因此,需要各路人员具有交叉作业风险辨识和监控能力,以免出现重大事故。

海洋石油开发面临很多崭新的开发技术和知识,应通过实施多种形式及系统的业务培训,全面掌握海洋石油开发相关知识。

4) 海上保障体系重视程度高

(1) 交通运输要求高。

海上钻完井和油气生产作业远离陆地,即使近海作业,其距离也在数十海里至数百海里以外。随着海上钻探从近海向深海发展,这个距离还将往远处延伸。人员出海作业,生活必需品、钻采装备、器材和物资的供应,以及出现紧急情况时的紧急救援,都依赖于海上交通运输。因此,一支海上钻探队伍,需要配备一支能满足各方面需要的船队,包括具有输水、输油、输灰能力和载运钻井器材物资的三用工作船,保障海上安全作业的守护船、消防船,人员往返使用的直升机和客轮,还有在特殊海域作业的特殊船舶,如冰区使用的破冰船等。

(2) 陆上支持保障及海上应急救援作用凸现。

陆上支持保障(包括陆地管理、生产作业指挥机关及生产与生活保障设施),需要与海上油气勘探开发规模相适应的港口、码头和船队,以便停靠和拖带钻探装备、储存和运送钻井物资,以及为海上作业人员提供往返的交通工具、完备的通信系统、海况气象预报系统等。另外,海上钻采作业时,作业地点不但距离陆地远,而且危及钻井人员生命和钻井装备安全的因素很多,属于高风险作业,因而海上救助和管理也成了陆地支持保证不可缺少的重要组成部分。海上救援涉及的方面多,从平常的防范、险情出现之前的预报到险情发生后的及时救援,都是一个不可分割的系统工程。同时还需要得到社会诸多部门的帮助,彼此协同工作,形成整体力量。海上应急救援应当“养兵千日,用兵一时”,需要有健全的系统、完善的结构,并实行专门的管理。

综上所述,海上油气田开发项目需要从时间、人力、物力、财力等方面考虑作业环境的特殊性、设备机具的复杂性、人员素质的差异性等诸多影响安全管理的要素,同时海洋石油相关的安全环保法律、法规要求高,涉及的政府管理部门多,海洋石油开发企业还要重视并加强与海洋石油作业安全办公室(以下简称海油安办)、海洋局、海事局等政府主管部门、地方相关部门的沟通工作,争取得到各方面的积极支持和配合。由此可见,海洋石油监管工作任务重,难度大。

二、海洋石油监督管理模式

《海洋石油安全生产规定》(国家安全生产监督管理总局令第4号)是海洋石油安全生产的基础性规章,明确了海洋石油生产作业实行作业者负责、政府监管和第三方检验把关的监督管理模式。

1. 企业自身监督

海洋石油作业实行作业者和承包者负责、政府监管和第三方检验把关的监督管理模式。

作业者和承包者应当遵守有关安全生产的法律、行政法规、部门规章、国家标准和行业标准,具备安全生产条件。

作业者和承包者的主要负责人对本单位的安全生产工作全面负责。