



海洋石油工程设计指南

第12册

# 海洋石油工程 深水油气田开发技术

《海洋石油工程设计指南》编委会 编著



石油工业出版社

《海洋石油工程设计指南》

第十二册

海洋石油工程  
深水油气田开发技术

《海洋石油工程设计指南》编委会 编著



石油工业出版社

## 内 容 提 要

《海洋石油工程设计指南》主要内容包括了海洋石油工程所有各专业的设计和施工、HSE (职业卫生、安全与环保)评价报告的编写,以及海上油气田的陆上终端的介绍。

本册包括了第十七篇海洋深水油气田开发技术的内容。第十七篇海洋深水油气田开发技术是按可行性研究的深度编写的,主要介绍了总体设计和单元设计的主要技术特点与技术要求的框架。旨在指导设计人员掌握前期研究阶段立项研究能力和可行性研究设计工作。

本指南适合从事海洋石油工程设计的技术人员和管理人员使用。从事海洋石油工程研究、建设和海上油气田生产管理人员可参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

海洋石油工程深水油气田开发技术/《海洋石油工程设计指南》  
编委会编著. —北京:石油工业出版社,2011.4

(海洋石油工程设计指南)

ISBN 978-7-5021-8281-6

I. 海…

II. 海…

III. ①海上油气田-油田开发

②海上油气田-气田开发

IV. TE5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第023718号

海洋石油工程深水油气田开发技术

《海洋石油工程设计指南》编委会 编著

---

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)64523535 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

---

2011年4月第1版 2011年4月第1次印刷

899×1194毫米 开本:1/16 印张:21

字数:599千字 印数:1—2400册

---

定价:160.00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

# 《海洋石油工程设计指南》

## 编 委 会

主 任：周守为

副主任：曾恒一 李 宁 刘立名 杨树波 安维杰  
蔡振东 汪沛泉

委 员：(按姓氏笔画排列)

尤钊璞 田 楠 白秉仁 仰书陶 吴植融  
李志刚 李新仲 邱 里 陈荣旗 单彤文  
房晓明 姚德彬 姜锡肇 赵英年 栾湘东

秘 书：秦晓彤

## 编 写 组

组 长：安维杰

副组长：蔡振东 汪沛泉

组 员：各册编写人

## 第十二册《海洋石油工程深水油气田开发技术》编写人名单

第十七篇 海洋深水油气田开发技术	编写人	校对入	审核人	统稿人
第一章 概述	谢 彬	王世圣	李新仲	谢 彬
第二章 深水浮式平台及海上安装技术				
第一节 深水浮式平台设计基础	高静坤	王忠畅	杨晓刚	
第二节 深水浮式平台的总体尺度规划	冯 玮	王世圣	谢 彬	
第三节 深水浮式平台的结构规划	王世圣	冯 玮	谢 彬	
第四节 深水浮式平台的总体性能分析	冯 玮	王世圣	时忠民	
第五节 深水浮式平台的结构强度分析	王世圣	冯 玮	时忠民	
第六节 深水浮式平台的疲劳强度分析	王世圣	冯 玮	时忠民	
第七节 深水浮式平台的系泊系统分析	冯 玮	王世圣	时忠民	
第八节 深水浮式平台安装	田 峰	王忠畅	杨晓刚	
第三章 水下生产系统	李清平	安维杰	安维杰	安维杰
第四章 深水海底管道、立管系统及敷设技术				谢 彬
第一节 概述	曹 静	张恩勇	贾 旭	
第二节 深水海底管道	张恩勇	曹 静	贾 旭	
第三节 深水立管系统	曹 静	张恩勇	贾 旭	
第五章 深水模拟试验技术	李 欣 吕海宁	肖龙飞	杨新民	
第六章 天然气水合物开发技术				安维杰
第一节 天然气水合物概述	李清平	喻西崇	安维杰	
第二节 天然气水合物开采技术	白玉湖	李清平	安维杰	
第三节 世界各国天然气水合物钻探取样和试采概况	喻西崇	李清平	安维杰	
第四节 天然气水合物储运技术				
一、天然气水合物快速生成	郑晓鹏	喻西崇	安维杰	
二、天然气水合物储运技术	郑晓鹏	喻西崇	安维杰	
三、天然气水合物的分解技术	郑晓鹏	喻西崇	安维杰	
四、CNG、LNG 和 NGH 储运方案比较	喻西崇	李清平	安维杰	
五、管道中天然气水合物低剂量抑制剂控制技术	姚海元	李清平	安维杰	



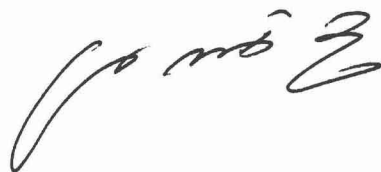
# 序 言

随着海洋石油工业的发展,海洋石油工程设计的技术水平和管理水平在不断进步和提高,海洋石油工程设计队伍也在不断成长壮大。广大工程设计人员在努力借鉴国际先进技术的基础上,发扬勤于探索、勇于实践的精神,从生产实际出发、从中国海洋石油工业的特点出发,完成了大量的工程设计和工程研究任务,创造出了一批国际先进和国内领先工程设计,为海洋石油工业做出了十分重要的贡献。

为适应海洋石油工业的高速发展和不断提高海洋石油工程设计水平的需要,中国海洋石油总公司组织了 200 余位具有丰富实践经验和理论基础的工程设计技术人员,用了近 5 年的时间,在总结既往 20 多年海洋石油工程设计经验的基础上,吸收国际先进设计技术,编写了这套《海洋石油工程设计指南》。该指南聚焦于海洋石油这一专长领域各类工程的设计,内容丰富,具有强烈的中国海洋石油特色,是一部权威的关于海洋石油工程设计的指导性专著,是中国海洋石油总公司“三基”工作的重大成果,填补了国内工程技术界在该领域里的空白。这部指南的出版凝聚了一大批海洋石油工程设计专家和骨干技术人员的心血,也是海洋石油工程界集体智慧的结晶,是值得庆贺的一件大事。相信该指南对于促进海洋石油工程设计水平和设计质量的进一步提高将会起到重要且不可替代的作用。

希望广大工程设计人员,在工作中结合实际,遵循指南,开展工作。同时,还要结合新的技术发展和技术实践对指南不断丰实和完善。

中国海油正在以前所未有的高速度和高质量向国际一流的能源公司的目标大踏步迈进。希望我们的工程设计队伍在技术创新和技术发展上发挥更大作用,把海洋石油工程设计提高到一个更高的水平上。



2006 年 10 月 8 日

# 前 言

编写《海洋石油工程设计指南》的目的是为了总结海洋石油工程设计 20 多年来的经验,吸收国际海洋石油工程科学技术的发展成果,从而指导海洋石油工程设计水平的全面提高。同时也是中海石油研究中心和海洋石油工程股份有限公司自身发展所需要的一项十分重要的基础工作。《海洋石油工程设计指南》的编写与出版是我国海洋石油工程设计发展史上的一个重要里程碑,对海洋石油工程设计水平向国际一流迈进有着重大的意义。从此,我们的海洋石油工程设计更加有章可循;我们的海洋工程建设技术理论基础更加可靠。对于保证和提高海洋工程建设质量和水平有着深远的影响。

中国海洋石油总公司各级领导高度重视《海洋石油工程设计指南》的编写工作。将该指南的编写列入了“三基”工作计划,在人力和财力上给予了大力的支持。中国海洋石油总公司成立了专门的指南编写委员会和编写组,全面负责指导和组织该指南的编写工作。

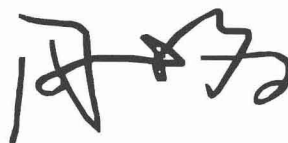
该指南由编写委员会负责筹划和指导,由编写组负责组织中海石油研究中心和海洋石油工程股份有限公司进行具体的编写工作。中海石油研究中心和海洋石油工程股份有限公司动用了 200 余名专业技术人员参加编写和校审工作,共组织了 5 次编委会和 26 次专家审查会。最终出版的指南共由 13 册 18 篇 132 章组成,约 500 万字。中国海洋石油总公司相关职能部门以及中海石油研究中心和海洋石油工程股份有限公司对此项工作的高度重视及体现出的卓越的执行能力与科学态度,是该指南成功出版的关键因素。

该指南的内容囊括了海洋石油地面工程设计的方方面面。其中,海洋石油工程设计概论描述了我国海洋石油工程和海洋石油工程设计发展的历史与基本状况;海上油气田工艺设计,海上油气田机械设备设计,海上油气田电气、仪控、通信设计,海上平台结构设计以及海底管道设计是按详细设计深度要求而编写的,着重强调设计基础、设计内容、设计步骤和设计深度等基本要点以及设计过程中的技术关键;加工设计、安装设计和海上油气田调试是按施工设计的深度编写的,是在以上基础上介绍在更深一步的设计步骤中要继续进行的设计工作的基本内容与主要要求;环境保护、安全评价和职业卫生是按基本设计的深度编写的,它满足第三方评价的要求,是海洋石油工程设计所特有的重要组成部分;浮式生产储油装置(FPSO)选型设计、单点系泊系统选型设计及陆上终端设计是按概念设计深度编写的,部分达到基本设计深度,旨在指导设计人员能掌握重要的概念并编制出有相当深度的基本设计委托书;LNG 接收终端、深水油气田开发技术、海上边际油气田开发技术是按可行性研究的深度编写的,则是简要介绍了总体设计和单元设计的主要技术特点与技术要求的框架。总之,该指南的内容来源于海洋石油工程设计的第一线,有很强的针对性和实用性,对不同领域和各个阶段的海洋工程

设计工作都有十分重要的指导意义。

《海洋石油工程设计指南》的出版是全体编审人员共同努力的结果,是来自于海洋石油工程设计战线上的专家、技术骨干辛勤劳动的结晶,其中一些人已经退休,但他们把经验和心血留给了我们,使我们得以在今后的工作中会做得更好。

目前,海洋石油工程正站在一个高速发展和开创新局面的崭新起点上,指南的出版恰逢其时,影响深远。希望我们的工程设计人员今后能继续发扬优良传统,保持旺盛的进取心、创造力和严谨的作风与科学态度,把海洋石油工程设计水平提到一个新的高度;另一方面也要在实践中不断修正、完善与充实指南。应该说,指南在工作中的使用和对其讨论与丰富才是其价值的最好体现与发挥。希望《海洋石油工程设计指南》常用常新,持续提高!

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王永' (Wang Yong), written in a cursive style.

2006年10月19日



# 总 目 录

---

---

## 第一册 海洋石油工程设计概论与工艺设计

### 第一篇 海洋石油工程设计概论

第一章 海洋石油工程概述

第二章 海洋石油工程设计概述

### 第二篇 海上油气田工艺设计

第一章 海上油气田工艺设计总则

第二章 原油和天然气的基本性质

第三章 油气处理工艺设计

第四章 辅助系统工艺设计

第五章 给水、排水和水处理

第六章 安全消防和救生

第七章 P&I 图设计

第八章 总图设计

第九章 配管设计

附录一 《概念设计、基本设计、详细设计技术文件典型目录》

## 第二册 海洋石油工程机械与设备设计

### 第三篇 海上油气田机械设备设计

第一章 海上油气田机械设备设计总则

第二章 电站装置选型设计

第三章 热站装置选型设计

第四章 吊机选型设计

第五章 泵类设备选型设计

第六章 空气压缩机装置选型设计

第七章 天然气压缩机装置选型设计

第八章 容器类设备设计

第九章 钻/修井装置、设施与海洋工程平台设计

第十章 采暖、通风、空调(HVAC)设计

附录一 《概念设计、基本设计、详细设计技术文件典型目录》之表 4 机械设备

## 第三册 海洋石油工程电气、仪控、通信设计

### 第四篇 海上油气田电气、仪控、通信系统设计

- 第一章 海上油气田开发工程电力系统设计总则
- 第二章 电力系统设计
- 第三章 电力系统的中性点接地和电气设备的安全接地
- 第四章 电力系统的保护
- 第五章 电机拖动应用技术
- 第六章 海底电缆的设计
- 第七章 不间断电源(UPS)系统
- 第八章 导航及障碍灯系统的设计
- 第九章 照明和信号灯系统的设计
- 第十章 电伴热系统的设计
- 第十一章 海上油气田仪控系统设计总则
- 第十二章 常用测量方法选择及仪表选型设计
- 第十三章 仪控系统的设计
- 第十四章 仪控工程设计
- 第十五章 仪表新技术的应用
- 第十六章 海上油气田通信系统概述
- 第十七章 海上油气田通信系统设计
- 第十八章 通信系统方案设计及设备选型

附录一 《概念设计、基本设计、详细设计技术文件典型目录》之表 5 电气、表 6 仪表、表 11 通信

## 第四册 海洋石油工程平台结构设计

### 第五篇 海上平台结构设计

- 第一章 海上平台结构设计总则
- 第二章 导管架设计
- 第三章 平台上部结构设计
- 第四章 生活楼及工作间舾装设计
- 第五章 海上平台防腐设计总则
- 第六章 海上平台防腐设计
- 附录 1 国内现有平台结构设计参考资料
- 附录 2 打桩锤资料
- 附录 3 常用钢材特性表
- 附录 4 常用结构程序使用要点
- 附录 5 附属结构算例

附录一 《概念设计、基本设计、详细设计技术文件典型目录》之表 8 结构、表 9 浮体及舾装、表 12 防腐

## 第五册 海洋石油工程海底管道设计

### 第六篇 海底管道设计

- 第一章 海底管道工艺设计总则
- 第二章 海底输油管道工艺设计
- 第三章 海底输气管道工艺设计
- 第四章 海底多相流混输管道设计
- 第五章 海底输水管道工艺设计
- 第六章 海底管道工艺计算软件
- 第七章 海底管道结构设计总则
- 第八章 海底管道结构设计
- 第九章 海底管道防腐设计总则
- 第十章 海底管道防腐设计

附录一 《概念设计、基本设计、详细设计技术文件典型目录》之表 10 海底管线、表 12 防腐

## 第六册 海洋石油工程结构、焊接、防腐加工设计

### 第七篇 海洋石油工程加工设计

- 第一章 加工设计总则
- 第二章 结构加工设计
- 第三章 焊接加工设计
- 第四章 防腐加工设计

附录二 《施工设计、完工设计技术文件典型目录》之相关部分

## 第七册 海洋石油工程配管、机械、电仪信加工设计及调试

### 第七篇 海洋石油工程加工设计

- 第一章 加工设计总则
- 第五章 配管加工设计
- 第六章 机械设备加工设计
- 第七章 电气、仪表及通信加工设计

### 第九篇 海洋石油工程调试

- 第一章 调试总则
- 第二章 调试准备工作
- 第三章 调试技术文件的编写
- 第四章 调试工作基本要求
- 第五章 调试安全管理
- 第六章 调试的管理

附录二 《施工设计、完工设计技术文件典型目录》之相关部分

## 第八册 海洋石油工程安装设计

### 第八篇 海上石油工程安装设计

- 第一章 安装设计总则
- 第二章 设计规范和标准
- 第三章 设计依据和条件
- 第四章 导管架安装设计
- 第五章 组块安装设计
- 第六章 单点系泊安装设计
- 第七章 沉箱的安装设计
- 第八章 海底管线安装设计
- 第九章 海底电缆安装设计

附录二 《施工设计、完工设计技术文件典型目录》之相关部分

## 第九册 海洋石油工程 FPSO 与单点系泊系统设计

### 第十篇 浮式生产储油装置(FPSO)选型设计

- 第一章 FPSO 选型设计总则
- 第二章 FPSO 方案选择
- 第三章 FPSO 总体设计
- 第四章 FPSO 船体结构设计
- 第五章 FPSO 的发电装置与配电系统
- 第六章 FPSO 的仪表控制系统
- 第七章 FPSO 的生产辅助系统与公用系统
- 第八章 FPSO 的救生与消防系统
- 第九章 FPSO 舾装设计

### 第十一篇 单点系泊系统选型设计

- 第一章 单点系泊系统选型设计总则
- 第二章 单点系泊系统的几种主要形式
- 第三章 国内两种典型单点系泊装置的选型设计

附录一 《概念设计、基本设计、详细设计技术文件典型目录》之表 9 浮体及舾装

## 第十册 海洋石油工程陆上终端与 LNG 接收终端

### 第十二篇 陆上终端设计

- 第一章 陆上终端设计总则
- 第二章 油气处理工艺
- 第三章 供水、排水与消防

- 第四章 供、配电工程
- 第五章 供热及采暖通风
- 第六章 自控仪表
- 第七章 计量
- 第八章 机械设计及维修
- 第九章 防腐、保温、保冷
- 第十章 通信
- 第十一章 总图及运输
- 第十二章 土建工程
- 第十三章 劳动安全卫生和环境保护
- 第十四章 工程经济
- 附录 中国海油已建陆上终端简介

### **第十三篇 液化天然气(LNG)接收终端**

- 第一章 概述
- 第二章 天然气的液化
- 第三章 LNG 运输
- 第四章 LNG 接收终端专用码头
- 第五章 接收站的工艺流程
- 第六章 接收站的主要工艺设备

## **第十一册 海洋石油工程环境保护、安全评价和职业卫生**

### **第十四篇 环境保护**

- 第一章 海洋环境保护论述
- 第二章 海洋石油工程环境影响评价大纲
- 第三章 海洋石油工程环境影响报告书
- 第四章 海洋石油工程环境保护篇

### **第十五篇 安全评价**

- 第一章 “总论”卷中的安全保障部分
- 第二章 “职业卫生、安全与环保”卷中的安全保障部分
- 第三章 安全预评价报告
- 第四章 安全专篇

### **第十六篇 职业卫生**

- 第一章 “总论”卷中的职业卫生部分
- 第二章 “职业卫生、安全与环保”卷中的职业卫生部分
- 第三章 职业卫生专篇

附录一 《概念设计、基本设计、详细设计技术文件典型目录》之表 13 环境保护、表 14 安全评价、表 15 职业卫生

## 第十二册 海洋石油工程深水油气田开发技术

### 第十七篇 海洋深水油气田开发技术

- 第一章 概述
- 第二章 深水浮式平台及海上安装技术
- 第三章 水下生产系统
- 第四章 深水海底管道、立管系统及敷设技术
- 第五章 深水模拟试验技术
- 第六章 天然气水合物开发技术

## 第十三册 海洋石油工程边际油气田开发技术

### 第十八篇 海洋边际油气田开发技术

- 第一章 概述
- 第二章 新型简易钢结构平台技术
- 第三章 单层保温海底管道技术
- 第四章 筒型基础平台技术
- 第五章 可移动式小型生产装置技术
- 第六章 开发边际油气田新思路



# 目 录

## 第十七篇 海洋深水油气田开发技术

第一章 概述 .....	(3)
第一节 深水油气田开发技术概况 .....	(3)
一、深水平台概况 .....	(3)
二、浮式平台的基本功能及系统构成 .....	(6)
第二节 深水平台类型及特点 .....	(7)
一、张力腿平台 .....	(7)
二、深水立柱式平台 .....	(9)
三、半潜式平台 .....	(10)
四、浮(船)式生产储油装置 .....	(10)
第三节 深水油气田开发工程模式及特点 .....	(11)
一、深水油气田开发工程模式 .....	(11)
二、深水油气田开发工程模式的特点 .....	(14)
三、深水油气田开发工程模式的选择 .....	(18)
第二章 深水浮式平台及海上安装技术 .....	(22)
第一节 深水浮式平台设计基础 .....	(22)
一、深水浮式平台设计基础 .....	(22)
二、深水浮式平台设计规范 .....	(28)
三、深水浮式平台设计计算软件 .....	(29)
第二节 深水浮式平台的总体尺度规划 .....	(30)
一、半潜式平台总体尺度规划 .....	(30)
二、张力腿平台总体尺度规划 .....	(35)
三、SPAR 平台总体尺度规划 .....	(37)
四、浮式平台总体尺度规划软件 .....	(39)
第三节 深水浮式平台的结构规划 .....	(43)
一、结构规划原则 .....	(43)
二、结构规划方法 .....	(44)
三、深水浮式平台的结构尺度规划工具软件简介 .....	(46)
第四节 深水浮式平台的总体性能分析 .....	(50)
一、稳性 .....	(50)
二、总体性能分析 .....	(54)
第五节 深水浮式平台的结构强度分析 .....	(60)
一、深水浮式平台的类型及其结构特点 .....	(60)

二、深水浮式平台的载荷分类 .....	(61)
三、深水浮式平台总体结构强度的分析 .....	(63)
四、深水浮式平台的局部结构强度分析 .....	(67)
五、许用应力 .....	(69)
第六节 深水浮式平台的疲劳强度分析 .....	(69)
一、深水浮式平台结构疲劳特点 .....	(69)
二、结构疲劳寿命的计算原理 .....	(70)
三、深水浮式平台的疲劳寿命分析 .....	(73)
四、 $S-N$ 曲线选取 .....	(77)
五、疲劳寿命安全系数的选取 .....	(78)
第七节 深水浮式平台的系泊系统分析 .....	(78)
一、系泊系统概述 .....	(78)
二、环境条件 .....	(80)
三、悬链式系泊系统设计准则 .....	(81)
四、悬链式系泊系统分析方法 .....	(83)
五、张力腿分析方法 .....	(85)
第八节 深水浮式平台安装 .....	(86)
一、安装设计 .....	(86)
二、规范和设计软件 .....	(86)
三、安装设计海况 .....	(87)
四、安装机具的选择 .....	(88)
五、锚固系统的安装 .....	(88)
六、浮式平台结构主体系统安装 .....	(90)
七、浮式平台上部组块安装 .....	(97)
<b>第三章 水下生产系统 .....</b>	<b>(99)</b>
第一节 水下生产系统概述 .....	(99)
一、水下生产系统设计基础与设计原则 .....	(99)
二、水下生产系统总体开发方案 .....	(101)
三、水下生产系统应用场合与特点 .....	(109)
四、水下生产系统工程费用构成 .....	(110)
五、水下生产系统标准体系与常用术语 .....	(111)
六、水下生产系统应用前景 .....	(114)
第二节 水下生产系统的主要设备 .....	(115)
一、水下井口系统 .....	(115)
二、水下采油树系统 .....	(117)
三、油管挂 .....	(123)
四、泥线悬挂系统 .....	(124)
五、水下基盘和管汇 .....	(125)
六、用于水下系统的海底管道端部连接方式 .....	(129)
七、防护系统 .....	(135)

八、维护系统 .....	(135)
九、完井/修井立管系统 .....	(137)
十、典型水下设施安装过程 .....	(137)
第三节 水下油气水分离与流动安全保障技术 .....	(138)
一、水下油气水分离技术 .....	(138)
二、流动安全系统设计简介 .....	(142)
三、采用水下生产系统时海底管道布置形式 .....	(146)
四、崖城 13-4 气田设计案例 .....	(148)
第四节 水下人工举升和增压系统选型设计 .....	(150)
一、基本类型 .....	(150)
二、海底增压系统 .....	(152)
三、水下人工举升方式 .....	(158)
四、选用原则 .....	(163)
第五节 水下生产控制系统 .....	(164)
一、水下生产控制系统的基本类型 .....	(164)
二、水下控制系统组成 .....	(170)
三、水下控制系统功能设计 .....	(172)
四、水下控制系统设计参数 .....	(174)
五、水面控制设备的设计要求 .....	(175)
六、水下控制设备的设计原则 .....	(178)
七、控制脐带缆 .....	(182)
八、控制流体的选择 .....	(183)
九、典型的水下控制系统设计案例 .....	(185)
第六节 水下输配电技术进展 .....	(191)
一、水下输配电系统的基本模式 .....	(191)
二、选型设计要点 .....	(194)
三、水下输配电系统主要设备 .....	(194)
四、传输方式 .....	(194)
第七节 水下生产设备的完整性试验 .....	(195)
一、现场验收检查 .....	(195)
二、陆地试验 .....	(196)
三、浅水试验 .....	(197)
四、深水试验及后期完整性试验 .....	(198)
第八节 水下生产系统的典型投产程序 .....	(198)
一、水下油井启动的典型程序 .....	(199)
二、生产主阀(PMV)泄漏试验程序 .....	(199)
三、环空、井筒、井下传感器现场试验验证 .....	(200)
四、试运转过程 .....	(200)
第九节 典型水下生产系统工程方案 .....	(201)
一、流花 11-1 油田深水开发技术——FPS + FPSO + 25 井水下生产系统 .....	(201)