



海洋石油工程设计指南

第 5 册

海洋石油工程 海底管道设计

《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》

第五册

海洋石油工程
海底管道设计

《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。

本册为第六篇海洋石油工程海底管道设计,是按着详细设计深度要求而编写的,着重强调海底管道专业的设计基础、设计内容、设计步骤、设计深度等基本要点以及设计过程中的技术关键。

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的人员可参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

海洋石油工程海底管道设计/《海洋石油工程设计指南》编委会
编著. —北京:石油工业出版社,2007.7

(海洋石油工程设计指南)

ISBN 978 - 7 - 5021 - 6039 - 5

I. 海…

II. 海…

III. 海上油气田 - 石油工程 - 水下管道:石油管道 - 设计

IV. TE952

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 050967 号

海洋石油工程海底管道设计

《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

2007 年 7 月第 1 版 2009 年 8 月第 2 次印刷

889 × 1194 毫米 开本:1/16 印张:18

字数:492 千字 印数:551—2150 册

定价:99.00 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)

尤钊瑛 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

第五册《海洋石油工程海底管道设计》编写人名单

第六篇 海底管道设计	编写人	校对人	审核人	统稿人
第一章 海底管道工艺设计总则	周晓红	路 宏	安维杰	安维杰
第二章 海底输油管道工艺设计	路 宏	周晓红	陈荣旗	
第三章 海底输气管道工艺设计	周晓红	路 宏	安维杰	
第四章 海底多相流混输管道设计	周晓红	安维杰	安维杰	
第五章 海底输水管道工艺设计	胡章全	周晓红	邱 里	
第六章 海底管道工艺计算软件	周晓红	喻西崇 杨新民	陈荣旗	
第七章 海底管道结构设计总则				王金英
第一节 海底管道结构设计范围	贾 旭	粟 京	粟 京	
第二节 海底管道结构设计的原则	粟 京	贾 旭	贾 旭	
第三节 海底管道结构设计应遵循的规范和标准	何岭弘 徐 阳	贾 旭	粟 京 贾 旭	
第四节 各设计阶段设计文件编制的内容和深度	贾 旭	粟 京	粟 京	
第五节 海底管道结构设计的基础资料	侯 静	何岭弘 徐 阳	贾 旭	
第八章 海底管道结构设计				
第一节 设计基础条件的确认	侯 静	何岭弘 徐 阳	粟 京 贾 旭	
第二节 海底管道路由选择和立管/登陆点位置的确定	侯 静	何岭弘 徐 阳	粟 京 贾 旭	
第三节 设计荷载和荷载组合	侯 静	何岭弘 徐 阳	粟 京 贾 旭	
第四节 运行期强度设计分析	何岭弘 徐 阳 张恩勇	徐 阳 侯 静	粟 京 贾 旭	
第五节 海底管道位置稳定性分析	徐 阳	侯 静	粟 京 贾 旭	
第六节 安装期管道和立管强度应力分析	孙国民	曹 静	赵冬岩	
第七节 保温管道设计与分析	赵冬岩	夏秋玲	曹 静	
第八节 管道跨越分析	孙国民	曹 静	赵冬岩	
第九节 集束(Bundle)管道设计	赵冬岩	夏秋玲	曹 静	
第十节 荷载抗力系数法设计导则	夏秋玲	曹 静	赵冬岩	
第十一节 设计文件的编制	曹 静	夏秋玲	赵冬岩	
第九章 海底管道防腐设计总则	常 炜	李忠涛	安维杰	
第十章 海底管道防腐设计	常 炜	李忠涛	安维杰	

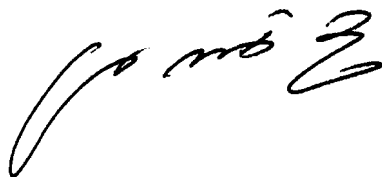
序 言

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。

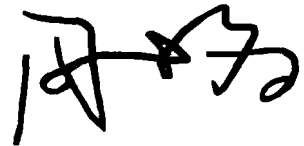
该指南由编写委员会负责筹划和指导,由编写组负责组织中海石油研究中心和海洋石油工程股份有限公司进行具体的编写工作。中海石油研究中心和海洋石油工程股份有限公司动用了 200 余名专业技术人员参加编写和校审工作,共组织了 5 次编委会和 26 次专家审查会。最终出版的指南共由 13 册 18 篇 132 章组成,约 500 万字。中国海洋石油总公司相关职能部门以及中海石油研究中心和海洋石油工程股份有限公司对此项工作的高度重视及体现出的卓越的执行能力与科学态度,是该指南成功出版的关键因素。

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 深水模拟实验技术
- 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

第六篇 海底管道设计

第一章 海底管道工艺设计总则	(3)
第一节 概述	(3)
第二节 海底管道工艺设计范围	(3)
第三节 海底管道工艺设计原则	(5)
第四节 海底管道工艺设计应遵循的规范和标准	(6)
第五节 海底管道工艺设计在各设计阶段设计文件编制的内容和深度	(6)
一、预可行性研究	(6)
二、可行性研究	(6)
三、总体开发方案编制	(7)
四、基本设计	(7)
五、详细设计	(8)
第六节 海底管道工艺设计的基础资料及与其他专业在各阶段的资料交接	(8)
一、建设规模及生产数据	(8)
二、流体性质	(9)
三、环境数据	(11)
四、与其他专业在各阶段的资料交接	(11)
第二章 海底输油管道工艺设计	(14)
第一节 水力计算	(14)
一、沿程摩阻损失	(14)
二、局部摩阻损失	(18)
三、非牛顿流体	(18)
四、水击压力计算	(19)
五、泵出口压力与轴功率	(20)
第二节 热力计算	(21)
一、传热系数 K 值的选取	(21)
二、管道的温降计算	(27)
三、热油管道的摩阻计算	(27)
四、热油管道的安全起输量	(28)
五、热油管道的安全停输时间	(28)

六、海底输油管道保温层厚度的确定	(29)
第三节 其他计算	(29)
一、管道预热投产	(29)
二、管道启动压力计算	(31)
三、海底管道置换计算	(32)
四、热油顶冷油计算	(33)
五、管道壁厚计算	(33)
第四节 输油管道常用设施	(34)
一、输油泵机组	(34)
二、储油设施	(35)
三、加热设备	(36)
四、清管设施	(37)
五、装船设施	(41)
第五节 高凝、高黏原油输送的特点	(41)
一、高凝原油的输送特点	(42)
二、高黏原油的输送特点	(43)
参考文献	(45)
第三章 海底输气管道工艺设计	(46)
第一节 天然气的主要物理化学性质	(46)
一、天然气的组成	(46)
二、气体的标准状态	(46)
三、天然气主要物理参数计算	(46)
第二节 管输天然气气质要求	(53)
一、中国天然气气质标准	(53)
二、国外天然气气质标准	(53)
第三节 输气管道水力计算	(54)
一、水平输气管	(54)
二、地形起伏地区输气管	(55)
三、水力摩阻系数	(55)
四、输气管道流量常用计算公式	(56)
五、用图示法估算输气管的通过能力	(59)
六、输气管流量计算公式基本参数分析	(60)
七、输气管沿线压力分布及计算	(61)
八、输气管末段储气	(62)
第四节 输气管热力计算	(66)
一、不考虑气体的节流效应时管道沿程温度计算	(66)
二、考虑气体的节流效应时管道沿程温度计算	(67)

三、埋地输气管道总传热系数 K 值的计算	(68)
第五节 其他计算	(70)
一、水合物的形成条件估算及防冻剂用量计算	(70)
二、节流允许最大压降的计算	(78)
三、管道的强度计算	(80)
第六节 天然气储存设施	(81)
一、天然气储存目的	(81)
二、天然气储存方式分类	(81)
第七节 输气管道常用设施	(83)
一、压缩机	(83)
二、空气冷却器	(84)
三、清管器和清管工艺	(85)
四、输气管线的干线切断阀	(89)
五、天然气计量设备	(89)
参考文献	(91)
第四章 海底多相流混输管道设计	(92)
第一节 气液两相的特点	(92)
第二节 多相流混输管道的分类	(92)
一、气、液两相混输管道	(92)
二、油、水两相混输管道	(93)
三、油、气、水三相混输管道	(93)
第三节 多相流混输管道计算公式	(93)
一、均相流模型	(93)
二、分相流模型	(95)
三、流型模型	(98)
四、油、气、水三相混输管道压降计算	(102)
第四节 混输管道常用设施	(102)
一、混输泵	(102)
二、段塞流捕集器	(104)
参考文献	(107)
第五章 海底输水管道工艺设计	(108)
第一节 计算	(108)
一、输水管管径	(108)
二、输水管的水头损失	(108)
三、水击问题讨论	(109)
四、海底输水管道计算实例	(112)
第二节 输水管道常用设备	(119)