



# OFFSHORE PRODUCTION ENGINEERING HANDBOOK

# 海上采油工程手册

上

《海上采油工程手册》编写组 编著

石油工业出版社 *Petroleum Industry Press*

# 海上采油工程手册

(上)

《海上采油工程手册》编写组 编著

石油工业出版社

# 海上采油工程手册

(下)

《海上采油工程手册》编写组 编著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书分上、下册。主要包括：海上采油设施；油气水处理、集输及计量；海上采油气工艺及修井设备；油气井测试和海上油气田生产管理。它是在全面、系统总结我国海上采油工程的经验，并吸取了国内外先进采油工程经验和基础上编著的。本书图文并茂，尽量采用图表形式，内容丰富，具有较高的科学性和可操作性。

适合于从事海上采油工程的技术人员和管理人员使用，也可供院校相关专业广大师生参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

海上采油工程手册 / 《海上采油工程手册》编写组编著 .

北京：石油工业出版社，2001.6

ISBN 7-5021-3232-5

I. 海…

II. 海…

III. 海上石油开采 - 技术手册

IV. TE535-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 79243 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

\*

787×1092 毫米 16 开本 87.75 印张 2250 千字 印 1—1500

2001 年 6 月北京第 1 版 2001 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3232-5/TE·2452

定价 (上下册): 236.00 元

# 《海上采油工程手册》

## 编委会名单

主任：戴焕栋  
副主任：张 钧 陈铜台  
委员：周守为 祁保藩 胡振翻 张 强  
陈 壁 朱天升 余克让

## 编审组名单

主 编：张 钧  
副主编：余克让  
成 员：黄庆玉 吉延章 梁明熙 罗国英  
潘荣达 王平双 金晓剑 莫成孝  
胡 速 杨 云 赵英年

## 统稿组名单

组 长：余克让  
成 员：杜 涛 潘荣达 邹昌纯 杨学政

# 《海上采油工程手册》编写和审查人员

## 第一篇

- 第一章 赵英年  
第二章 郭岳新, 审查: 杜涛、梁明熙  
第三章 刘义刚, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第四章 邹义生、朱庆阳、唐显明, 审查: 杜涛、梁明熙  
第五章 第一、九节戴毅, 第二、五节刘兆龙, 第三、四节伍桂光, 第六、七节赵杰英, 第八节王欣, 审查: 杜涛、梁明熙  
第六章 第一~四节李昭文、丁光华, 第五节邓文锋, 审查: 杜涛、梁明熙  
第七章 第一~四节俞进、卓传金、罗承秉, 第五节兰卫华, 审查: 杜涛、梁明熙  
第八章 第一节陈宇飞、王刚发, 第二节王刚发、陈宇飞, 第三节曾庆军、陈宇飞, 第四、五节曾庆军, 第六、八、十节谢仁峰, 第七节陈宇飞, 第九节陈宇飞、郭少儒, 第十一节唐显明、程坚强, 审查: 杜涛、郭永明、梁明熙  
第九章 潘荣达、邓文锋、黄三平, 审查: 潘荣达  
第十章 张勇、刘光诚, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第十一章 胡茂宏、潘荣达, 审查: 潘荣达  
第十二章 潘荣达、张波, 审查: 潘荣达

## 第二篇

- 第一章 王平双  
第二章 柯春茂、潘荣达, 审查: 潘荣达  
第三章 沈夺为、万邦佐, 审查: 潘荣达  
第四章 李成见、郭会敏, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第五章 张树德, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第六章 李成见, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第七章 刘宗昭、刘义刚、沈燕来, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第八章 杨寨、黄庆玉、厉生权, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第九章 王庆华、王淑娣、赵明、孟宏藻, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第十章 第一节胡速, 第二节李伟、顿黎民, 第三节闫为格, 第四节郭金明、黄志强、周根武, 第六节李伟, 第七节胡速, 审查: 胡速、李伟  
第十一章 莫成孝  
第十二章 徐绍诚, 审查: 莫成孝  
第十三章 黄庆玉、俞贵明、刘贵收, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第十四章 唐文波、宋贵民、刘刚芝、安百礼, 审查: 莫成孝

## 第三篇

- 第一章 黄庆玉、陈明、刘贵收, 审查: 吉延章、黄庆玉、邹昌纯  
第二章 第一~三节杜涛, 第四节朱卫诚、杨云, 附录李晓磊  
第三章 陈池、景明仪、潘荣达, 审查: 潘荣达

在编写过程中曾得到中国海洋石油总公司、有限公司领导和同志们的大力支持, 尤其是工程建设部栾湘东等同志的帮助, 在此表示感谢。

《海上采油工程手册》的编写和出版是海油总有关单位，特别是海上采油工程专家共同努力所取得的成果。在这《海上采油工程手册》出版之际，我谨表示祝贺。并对该手册的编写、审查和出版过程中给予支持的各级领导、有关专家和技术人员致以衷心的感谢。

《海上采油工程手册》总结了20多年来我国海上采油方面的工作经验，并吸取了国内外适应于海上油气田开发、生产的先进工艺技术，随着海上新油气田不断地开发、生产的需要，还应完善和补充。该手册的出版标志着海上采油工作已基本进入规范化的管理。

海上采油是油气田开发的一个极为关键的环节和主要的组成部分。它直接影响着油气田的生产产量、操作成本、安全和环境保护等。做好海上采油工作，旨在提高油气田采收率和经济效益，为企业增加价值。我们提倡选择合适的采油工艺，衡量一项工艺技术的适应性，就看它是否能在保证安全和环境保护的条件下，提高油气田采收率和经济效益。因此，要按照市场的要求和油田实际情况，结合公司低成本战略的基本思路，建立和完善一套具有海上油气田开发生产特点的采油配套技术和相关的管理制度，既要具备应用于日常生产的常规技术，又要有解决油气田疑难杂症的特殊工艺，使之成为公司核心竞争力之一。

我祝愿海上采油战线的同志再接再厉，争取更大的成就。

衛留成

2001年5月15日

## 前 言

自 1967 年 6 月渤海海 1 井投产，经过 23 年海上采油，特别是在 1982 年中国海洋石油总公司成立后海上采油得到迅速发展。目前已拥有 33 个采油平台，年产量达到 1800 万吨的水平。在这 23 年中海上采油工程在吸收了国内外先进的技术和经验，已形成了一套较为完整的体系。为总结海上采油工程的经验，规范海上采油作业，特编写了此手册。

《海上采油工程手册》全书分三篇。第一篇为海上油气生产与集输，内容包括：海上油气生产系统；原油处理系统；水处理系统及注水系统；油、气、水计量；公用系统；安全、消防、救生和溢油处理；仪表与自动控制，天然气处理；海上石油终端，陆上终端；海底管道；海底管缆。第二篇为海上采油气工艺，内容包括：油气开采方式选择；油井自喷采油；气举采油；电潜泵采油；射流泵采油；螺杆泵采油；注水与采水；采气工艺；防腐、防垢、防蜡、降粘；地层测试及动态监测；调剖堵水；清除地层污染的方法；海上油田修井机装置；连续油管在采油修井作业中的应用。第三篇为海上油气田生产管理，内容包括：油田生产前期工作的参与和管理；油气田日常生产管理；海上油气田生产设备的管理。该书既有理论，又有实践经验，内容较为丰富。全书文字简洁，并以图表形式为主，具有可操作性。使用对象主要是海上采油各专业技术岗位技术人员，也可供勘探开发各级领导、管理干部和技术人员参考。

《海上采油工程手册》是首次编写，虽参考了国内外大量文献及资料，并经中国海洋石油总公司有关专家多次审查和修改，但由于我们编著水平有限，不足之处望有关领导和专家批评指正，我们将不断地修改、充实、完善本手册，使之更好地适合海上油气田生产的需要。

在此对在本手册编写出版过程中提供资料和参与编著和审查及关心、支持的各级领导、专家及有关人员致以衷心的感谢。



# 总 目 录

## 上 册

<b>第一篇 海上油气田生产与集输</b> .....	(1)
第一章 海上油气田生产系统 .....	(1)
第二章 原油处理系统 .....	(47)
第三章 水处理系统 .....	(92)
第四章 油、气、水计量 .....	(122)
第五章 公用系统 .....	(187)
第六章 安全、消防、救生和溢油处理 .....	(277)
第七章 仪表与自动控制 .....	(315)
第八章 海上气田开采 .....	(379)
第九章 海上石油终端 .....	(485)
第十章 陆上终端 .....	(561)
第十一章 海底管道 .....	(595)
第十二章 海底管缆 .....	(666)

## 下 册

<b>第二篇 海上采油气工艺</b> .....	(679)
第一章 油气开采方式选择 .....	(679)
第二章 油井自喷采油 .....	(685)
第三章 气举采油 .....	(716)
第四章 电潜泵采油 .....	(775)
第五章 射流泵采油 .....	(880)
第六章 螺杆泵采油 .....	(919)
第七章 注水与采水 .....	(941)
第八章 采气工艺 .....	(987)
第九章 防腐、防垢、防蜡和降粘 .....	(1020)
第十章 地层测试及动态监测 .....	(1099)
第十一章 调剖堵水 .....	(1168)
第十二章 清除地层污染的方法 .....	(1185)

第十三章	海上油气田修井机装置 .....	(1207)
第十四章	连续油管技术在采油修井作业中的应用 .....	(1248)
<b>第三篇</b>	<b>海上油气田生产管理</b> .....	<b>(1265)</b>
第一章	油气田生产前期工作的参与和管理 .....	(1265)
第二章	油气田日常生产管理 .....	(1280)
第三章	海上油气田生产设备的管理 .....	(1331)
<b>附录一</b>	<b>封隔器及井下工具推荐使用代表符号</b> .....	<b>(1354)</b>
<b>附录二</b>	<b>常用法定计量单位及其换算</b> .....	<b>(1355)</b>

# 目 录

## 第一篇 海上油气田生产与集输

<b>第一章 海上油气田生产系统</b> .....	(1)
<b>第一节 海上油气生产与集输</b> .....	(1)
一、海上油气田生产的特点 .....	(1)
二、海上油气集输系统 .....	(2)
三、海上油气田生产辅助系统 .....	(3)
<b>第二节 海上油气田生产设施</b> .....	(4)
一、海上生产设施的类型 .....	(4)
二、海上生产设施的选择 .....	(21)
<b>第三节 国内海上油气田生产设施简介</b> .....	(23)
参考文献 .....	(46)
参考资料 .....	(46)
<b>第二章 原油处理系统</b> .....	(47)
<b>第一节 概述</b> .....	(47)
一、原油处理的目的和技术要求 .....	(47)
二、原油处理主要工艺和设施 .....	(47)
<b>第二节 油、气、水分离</b> .....	(52)
一、处理工艺 .....	(53)
二、处理设备及其工作原理 .....	(58)
三、操作运行及常见故障处理 .....	(71)
四、乳化液和化学药剂 .....	(73)
<b>第三节 脱水脱盐</b> .....	(77)
一、电场技术 .....	(77)
二、电脱水脱盐机理 .....	(79)
三、电脱水和脱盐合二为一技术 .....	(81)
<b>第四节 伴生气处理</b> .....	(85)
<b>第五节 闭式排放</b> .....	(87)
<b>第六节 辅助设施</b> .....	(88)
一、换热设备 .....	(88)
二、管线保温保冷和伴热 .....	(89)
三、设备和管线的涂漆标识 .....	(90)

参考文献 .....	(91)
<b>第三章 水处理系统</b> .....	(92)
<b>第一节 含油污水处理</b> .....	(92)
一、含油污水水质、处理目的及要求 .....	(92)
二、污水处理方法 .....	(93)
三、污水处理系统设备及流程 .....	(97)
四、开式排放系统及其污水 .....	(111)
<b>第二节 注水及水质处理</b> .....	(112)
一、注海水 .....	(112)
二、污水回注 .....	(118)
三、注地下水 .....	(120)
四、混注 .....	(120)
<b>第四章 油、气、水计量</b> .....	(122)
<b>第一节 计量有关的油、气性质及参数</b> .....	(122)
一、油与计量有关的性质 .....	(122)
二、天然气与计量有关的性质 .....	(123)
三、油、气的计量参数 .....	(123)
<b>第二节 油、气、水常用计量装置和仪表</b> .....	(124)
一、涡轮流量计 .....	(124)
二、刮板流量计 .....	(128)
三、质量流量计 .....	(130)
四、差压式流量计 .....	(137)
五、电磁式流量计 .....	(142)
六、超声波流量计 .....	(146)
七、多相流量计 .....	(147)
<b>第三节 油(液态烃)计量</b> .....	(150)
一、计量目的 .....	(150)
二、单井(管)生产计量 .....	(150)
三、油田外输油计量 .....	(153)
四、原油(液态烃)销售计量 .....	(153)
<b>第四节 气计量</b> .....	(163)
一、单井气计量 .....	(163)
二、油田总产气量的计量 .....	(168)
三、天然气销售计量 .....	(169)
<b>第五节 水计量</b> .....	(173)
一、油田生产井产水计量 .....	(173)
二、注入水计量 .....	(174)
<b>第六节 计量仪表管理</b> .....	(176)
一、流量计的管理 .....	(177)

二、计量仪表管理规定	(177)
参考文献	(177)
参考资料	(177)
附录 原油和液体石油产品密度、相对密度或 API 重度测定法	(178)
<b>第五章 公用系统</b>	(187)
第一节 概述	(187)
第二节 发电和配电	(188)
一、概述	(188)
二、发电	(188)
三、配电	(197)
第三节 仪表风和工厂风	(203)
一、系统简介	(203)
二、系统设备	(203)
三、系统操作	(208)
四、系统维护	(208)
第四节 柴油、海水、淡水系统	(209)
一、柴油系统	(209)
二、海水提升与供给	(214)
三、淡水系统	(222)
第五节 供热	(227)
一、热介质锅炉系统与水蒸气锅炉系统的比较	(227)
二、热介质锅炉的形成	(227)
三、热介质锅炉系统运行中的注意事项	(228)
四、水蒸气锅炉	(229)
第六节 空调与通风系统	(229)
一、空调系统	(230)
二、通风系统	(240)
第七节 起重设备	(241)
一、起重设备分类	(241)
二、轻小型起重设备	(241)
三、桥式类型起重设备	(244)
四、固定旋转式起重机(吊机)	(244)
第八节 通讯与海事救生设备的配置	(257)
一、规则	(257)
二、通讯能力范围	(257)
三、通讯电源系统	(257)
四、平台对基地通讯系统	(258)
五、平台对守护船、近平台或海上其它装置的通讯系统	(259)
六、平台对空通讯系统	(261)
七、应急无线电设备	(262)

八、气象系统	(263)
九、声力电话系统	(263)
十、海事卫星系统	(263)
十一、(TES)网络系统	(265)
十二、广播系统	(267)
十三、接地系统	(267)
十四、平台通讯设备防雷措施	(267)
十五、海上油气生产区域警示设施	(268)
<b>第九节 生活污水和垃圾处理</b>	(268)
一、生活污水处理	(268)
二、垃圾处理	(273)
<b>参考文献</b>	(274)
<b>参考资料</b>	(274)
<b>附录 海上移动式平台无线电通讯和救生设备配备要求的规定</b>	(274)
<b>第六章 安全、消防、救生和溢油处理</b>	(277)
<b>第一节 安全系统</b>	(277)
一、概述	(277)
二、安全系统设计原则	(277)
三、安全区划分	(277)
四、火气探测系统	(278)
<b>第二节 消防系统</b>	(281)
一、消防水系统	(281)
二、泡沫系统	(283)
三、气体灭火系统	(284)
四、干粉灭火系统	(286)
五、湿式化学灭火系统	(287)
六、直升飞机甲板消防设备	(287)
七、防火控制图	(287)
八、应急部署表	(291)
<b>第三节 救生逃生系统</b>	(291)
一、概述	(291)
二、逃生方式	(296)
三、逃生路线	(297)
四、救生艇	(297)
五、气胀式救生筏	(300)
六、辅助救生设备	(302)
<b>第四节 硫化氢的人身安全防护</b>	(303)
一、概述	(303)
二、硫化氢的人身安全防护	(303)
<b>第五节 海上溢油处理</b>	(306)

一、可选择的溢油处理措施及影响因素	(306)
二、燃烧法	(307)
三、化学处理溢油法	(310)
四、机械撇油法	(312)
五、溢油监察与跟踪	(313)
<b>第七章 仪表与自动控制</b>	(315)
<b>第一节 海洋采油自动化控制系统简介</b>	(315)
一、以现场显示、就地控制为主的方案	(315)
二、就地控制与集中控制相结合的方案	(315)
三、分散集中控制方案	(316)
<b>第二节 自动控制基础知识</b>	(316)
一、管线及仪表图 (P&I 图)	(316)
二、仪表回路图	(317)
三、方框图	(318)
四、梯形逻辑图	(318)
五、自动调节系统	(318)
<b>第三节 中央控制系统</b>	(319)
一、过程控制系统 (PLC)	(319)
二、集散控制系统 (DCS)	(333)
<b>第四节 应急关断 (ESD) 系统</b>	(344)
一、概述	(344)
二、系统组成	(345)
三、ESD 系统的关断等级	(346)
<b>第五节 现场控制盘</b>	(347)
一、现场控制盘所用的控制系统	(347)
二、应用举例	(349)
三、井口控制盘	(354)
<b>第六节 自动检测仪表和自动控制执行器</b>	(358)
一、自动检测仪表	(358)
二、自动控制执行器	(371)
<b>参考文献</b>	(378)
<b>参考资料</b>	(378)
<b>第八章 海上气田开采</b>	(379)
<b>第一节 概述</b>	(379)
一、天然气处理工作内容及主要设备	(379)
二、井口装置	(379)
三、测试分离器	(380)
四、生产分离器	(380)
五、计量	(380)

六、集输	(380)
七、崖 13-1 气田海上平台生产处理流程简介	(380)
八、质量控制和化验室	(381)
九、海上天然气处理的特点	(381)
<b>第二节 井口设备和生产气井的控制</b>	(382)
一、井口装置和海上气田采油树	(382)
二、生产井的监控	(384)
三、井口控制盘	(384)
四、开井和关井操作	(384)
五、井口采油树的定期维护	(386)
六、气井的流量控制	(387)
七、井口采油树的安全保护系统	(387)
八、崖 13-1 气田的控制和操作	(388)
<b>第三节 分离器</b>	(389)
一、海上气田分离器	(389)
二、分离器的结构	(390)
三、分离器的有关计算及操作要点	(392)
<b>第四节 热交换器</b>	(394)
一、换热器的分类	(395)
二、换热器热系数的计算	(395)
三、换热器经济流速及合理压降的确定	(400)
四、换热器的选用及校验	(405)
五、加热器	(405)
六、换热器的常见故障	(409)
<b>第五节 酸性气体处理</b>	(409)
一、天然气脱除酸性气体的方法	(409)
二、胺法脱除酸性气体	(411)
三、氧化铁(海绵铁)法脱除酸性气体	(414)
四、处理方法的选择	(414)
<b>第六节 天然气脱水及水露点控制</b>	(415)
一、含水量的确定	(415)
二、三甘醇(TEG)脱水工艺	(416)
三、脱水系统相关参数的计算	(423)
<b>第七节 脱除液烃及低温分离技术</b>	(429)
一、简介	(429)
二、贫油吸收法	(430)
三、低温分离	(430)
四、低温分离系统的操作	(433)
<b>第八节 天然气田凝析油的稳定</b>	(434)
一、蒸汽压力	(434)



二、凝析油稳定处理系统·····	(437)
三、稳定塔·····	(438)
<b>第九节 天然气的压缩和外输·····</b>	<b>(441)</b>
一、天然气压缩机简介·····	(441)
二、压缩机的分类·····	(442)
三、活塞式压缩机·····	(442)
四、离心式压缩机·····	(451)
<b>第十节 天然气水化物的形成及抑制·····</b>	<b>(459)</b>
一、天然气水化物·····	(459)
二、天然气水化物形成的预测·····	(460)
三、预防天然气水化物形成的措施·····	(472)
四、解除天然气水化物在管线中冰堵的措施·····	(478)
<b>第十一节 天然气产品规格及质量监测·····</b>	<b>(478)</b>
一、天然气产品规格·····	(478)
二、色谱分析仪·····	(479)
三、天然气制冷式露点测定仪·····	(482)
四、崖 13-1 平台天然气质量监测系统·····	(482)
<b>参考文献·····</b>	<b>(484)</b>
<b>参考资料·····</b>	<b>(484)</b>
<b>第九章 海上石油终端·····</b>	<b>(485)</b>
<b>第一节 海上石油终端的概念和类型·····</b>	<b>(485)</b>
<b>第二节 单点系泊系统·····</b>	<b>(488)</b>
一、概述·····	(488)
二、单点系泊装置的类型·····	(488)
三、单点系泊系统的主要部件和主要特点·····	(504)
四、浮式生产储油轮的解脱和回接·····	(508)
<b>第三节 原油储存系统·····</b>	<b>(517)</b>
一、浮式生产储油轮 (FPSO)·····	(519)
二、平台储油罐·····	(539)
<b>第四节 海上终端原油外输·····</b>	<b>(545)</b>
一、穿梭油轮的靠泊和连接作业·····	(545)
二、提油作业程序·····	(553)
三、提油作业所需材料、工具和设备·····	(554)
四、原油的计量·····	(557)
五、原油品质的检验·····	(558)
<b>参考文献·····</b>	<b>(559)</b>
<b>参考资料·····</b>	<b>(559)</b>
<b>第十章 陆上终端·····</b>	<b>(561)</b>
<b>第一节 概述·····</b>	<b>(563)</b>