



当代石油和石化工业技术普及读本

海洋石油开发

中国石油和石化工程研究会 组织编写

廖谟圣 执笔



中国石化出版社

当代石油和石化工业技术普及读本

海洋石油开发

中国石油和石化工程研究会 组织编写

廖谟圣 执笔

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

海洋石油开发/中国石油和石化工程研究会 组织编写.
—北京:中国石化出版社,2006
(当代石油和石化工业技术普及读本)
ISBN 7-80164-955-9

I.海… II.中… III.海上石油开采-普及读物
IV.TE5-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 002331 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850×1168 毫米 32 开本 3.875 印张 70 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

定价:10.00 元

前 言

《当代石油和石化工业技术普及读本》(以下简称《普及读本》)第一版于1999年组织编写,2000年完成全部出版工作。第一版《普及读本》共出版了11个分册,其中上游4个分册,包括勘探、钻井和完井、开采、油气集输与储运系统;下游7个分册,包括石油炼制——燃料油品、石油炼制——润滑油和石蜡、乙烯、合成树脂、合成橡胶、合成纤维、合成氨和尿素。

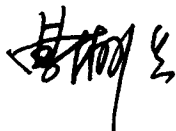
从一开始组织编写《普及读本》,我们就把这套书的读者对象定位在管理人员和非本专业技术人员,立足于帮助他们在较短的时间内对石油石化工业技术的概貌有一个整体了解。这套丛书列入了新闻出版总署“十五”国家科普著作重点出版规划;出版后在社会上,尤其是在石油石化行业和各级管理部门产生了良好影响;为了满足读者的需求,部分分册还多次重印。《普及读本》的出版发行,对于普及石油石化科技知识、提高技术人员和管理人员素质起到了积极作用,并荣获2000年度中国石化集团公司科技进步三等奖。

近年来,石油石化工业又有了快速发展,先进技术不断涌现;海洋石油勘探开发、天然气开发与利用在行业发展和国民经济中的地位越来越重要;随着时间推

移，原有分册中的一些数据已经过时，需要更新；各方面读者也反映，要求继续补充编写一些新的分册等。在征求各方面专家意见的基础上，我们决定对原先出版的11个分册进行修订，并补充编写9个新的分册，包括海洋石油勘探、海洋石油开发、天然气开采、天然气利用、石油沥青、炼油催化剂、炼油助剂、加油站、绿色石油化工。这9个分册分别邀请中海油、中石油、中石化以及中国石油和石化工程研究会相关领域的专家进行编写。原有分册的修订工作主要是补遗、更新、完善，不做大的结构性变动。

《普及读本》第二版修订、增补工作得到了中国石油化工股份有限公司的大力支持；参与丛书修订、编写工作的离退休专家、教授，勤勤恳恳、兢兢业业，其奉献和敬业精神令人感动。在此，谨向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢！

中国工程院院士



二〇〇五年八月八日

《当代石油和石化工业技术普及读本》

编 委 会

主任：曹湘洪

编委：（按姓氏笔画为序）

王子康	王少春	王丙申	王协琴
王国良	王毓俊	尤德华	亢峻星
刘积文	刘镜远	孙梦兰	孙殿成
孙毓霜	陈宝万	陈宜焜	张广林
张玉贞	李润清	李维英	吴金林
吴明胜	法琪瑛	庞名立	赵 怡
官 敬	贺 伟	郭其孝	贾映萱
徐嗶东	秦瑞岐	翁维琬	龚旭辉
黄伯琴	梁朝林	董恩环	程曾越
廖谟圣			

引 言

浩瀚的海洋，占去了地球表面积的三分之二以上。海底蕴藏的石油(包括天然气，下同)资源，约占海陆石油总资源量的60%以上。人类最终将集中关注海底石油等资源开发。众所周知，开发石油资源，需要通过地球物理勘探以初步圈闭确定可储存石油的地块和深度；最终必须通过钻井、钻入数千米深的地层，以证实发现石油的储藏深度与储量；然后制定详细经济的开发方案，通过钻开发井、完井、采油等高技术手段，以获取石油。海洋与陆地石油开发主要不同点是：海洋具有一层汹涌澎湃的海水，而随着水深的增加，开发难度骤增，必须综合采用比陆地高得多的现代高精尖技术，以确保在风、浪、流综合影响下，海洋石油钻井、采油、集油与输送装置可以安全进行作业。

海洋石油开发工程，主要包括运用海洋钻井装置、采油装置，进行开发井的钻井、完井、采油、油气分离处理和油气集输。这些工程技术、工艺与相应的装备，是获取海洋油气的手段。本书的目的在于帮助广大海洋石油工程的管理干部、工人以及石油院校相关专业的师生，了解上述工程技术、工艺与装备。也可作为广大海洋石油开发工程爱好者的科普读物。

目 录

引言

第一章 海洋石油开发概论·····	(1)
第一节 海洋石油开发的意义·····	(1)
第二节 海洋石油开发的特点·····	(3)
第三节 海洋石油开发的总概念·····	(5)
第四节 海洋石油开发的一般程序·····	(6)
第五节 海洋石油开发简史·····	(7)
第二章 采油装置(平台)·····	(13)
第一节 采油装置(平台)的分类·····	(13)
第二节 固定式采油平台·····	(14)
第三节 移动式采油平台·····	(23)
第三章 海洋石油生产钻井和完井工艺·····	(28)
第一节 概述·····	(28)
第二节 海洋石油的生产井钻井方式与工艺 ···	(29)
第三节 预钻井后的平台回接·····	(40)
第四节 平台完井·····	(44)
第五节 浮式钻井后的海底完井·····	(48)
第四章 海洋完井采油设备·····	(51)
第一节 平台完井采油设备·····	(51)

第二节	海底完井采油设备·····	(54)
第三节	近水面完井设施·····	(60)
第四节	平台的机械采油提升系统·····	(61)
第五章	海洋采油的油气水分离处理·····	(62)
第一节	海洋油气水分离处理的特点与原则 ···	(62)
第二节	海洋油气水分离处理的简要过程和 主要设施·····	(64)
第三节	服务于海洋油气水分离处理和平台 其他机能的公用设施·····	(69)
第六章	深海石油开发技术与装备·····	(72)
第一节	深海石油开发概述·····	(72)
第二节	深水石油生产井钻井和完井的 工艺技术要点·····	(74)
第三节	深水海洋石油钻井设施的选择·····	(75)
第四节	深水浮式生产设施技术与设备选择 要点·····	(77)
第七章	海洋油气的储存与输送·····	(81)
第一节	海洋油气集输的特点·····	(81)
第二节	海洋油气集输的总体选择与评价 条件·····	(82)
第三节	海洋油气的储存·····	(83)
第四节	海洋油气输送方式的分类与比较·····	(84)

第五节	海底管道输送·····	(85)
第八章	海洋石油开发工程管理、安全与环保 ···	(92)
第一节	海洋石油开发工程管理的主要 程序、组织和内容·····	(92)
第二节	海洋石油开发工程的安全管理·····	(95)
第三节	海洋石油开发工程的环境保护·····	(97)
第四节	海洋石油开发工程的 HSE 体系 ·····	(99)
第九章	海洋石油开发工程技术和装备的发展 展望·····	(101)
第一节	海洋石油钻井采油新工艺技术 发展展望·····	(101)
第二节	海洋石油钻井采油装置(平台) 发展展望·····	(102)
第三节	主要海洋石油钻井采油和油气 分离设备发展展望·····	(107)
第四节	海洋油气集输设施发展展望·····	(111)
参考文献	·····	(113)

第一章 海洋石油开发概论

海洋约占地球表面积的 70.9%，人类最后需要采出的石油、天然气资源储备在这里。海洋石油(包括天然气，下同)开发是一项高投资、高技术和高风险的系统工程；海洋石油开发具有重要的政治意义和经济价值，也是促进国家科技、经济发展的重要手段。海洋石油开发工程，主要包括海洋采油装置(平台)、开发井的钻井、完井、采油、油气分离处理和油气集输工程技术、工艺与相应的设备，它们均是获取海洋油气的必要手段。

第一节 海洋石油开发的意义

地球的表面积为 5.11 亿平方千米，其中海洋表面积为 3.62 亿平方千米，占了我们人类生活和活动面积与空间的三分之二以上，是人类财富储备的宝库。

在海平面以上的陆地高度平均值为 840 米，而海洋深度平均值高达 3730 米。人类科学技术的发展，使人涉足于月球和宇宙空间，然而深海的奥秘尚未完全探明。全世界海洋深度在 0~200 米的大陆架仅占 7.49% 的海洋面积，而水深在 6000 米以上的也仅占 1.38%；

海洋深度为 200 ~ 1000 米的占 4.42%；1000 ~ 3000 米占 12.88%；海深 3000 ~ 6000 米占了海洋面积的绝大部分，达 73.83%。深水海域海底资源的开发，是当代高新技术追求之重要目标。

海底地形地貌，与人类开发海洋有密切关系，海洋地形大致可分为大陆架、大陆坡、海盆、海沟和海岭等 5 类。大陆架呈 $1/500 \sim 1/1000$ 的平缓坡度；大陆坡是大陆架与洋底之间的过渡带，坡度约为 $1/10 \sim 1/40$ ；世界最深的马里亚纳海沟深度达 11034 米。

石油，是工业的血液，它支撑着国民经济和国防工业的发展。21 世纪是海洋的世纪，海洋石油已经成为人类开发海洋资源的重点。据地质学家的预测，在海底石油天然气总储量约为 1000 ~ 2500 亿吨，是世界 70 多年来探明陆地总储量的两倍，其经济价值约为 10 ~ 25 万亿美元甚至更多。

第二次世界大战前，海洋石油产量占世界石油总产量的比率甚小。战后，随着电子技术、宇航技术、造船工业、机械工业等的飞速发展，带动了海洋石油勘探开发技术的迅速发展，海洋石油开发技术的发展，又反过来促进了其他工业、特别是海洋石油工业的发展。至 1977 年，世界海洋石油总产量占世界石油总年产量的比率已突破 20%，1988 年上升到 22.83%，1994 年升至 27.65%，至 2000 年上升至约 35% 以上，现今超过 38%。巴西、泰国、英国和挪威的油气工业，主要依靠开发海洋油气资源。

1967年6月14日，在我国渤海海-1井发现工业油流，标志着我国海洋石油工业的开始，至今已38年，特别自改革开放以来，发展突飞猛进。海洋石油产量从1971年的8.69万吨，至2003年达3336万吨(国内约3000万吨油当量，其余为国外份额油)；其勘探开发装备从无到有，至今已具有相当规模。2003年，油气产量约占我国海陆总油气产量的20%；2004年，中国海洋石油总公司提出到2010年，实现国内生产5000万米³至5500万米³的油当量(以1000米³天然气折合1米³油计，下同)，海外实现权益油达2000万米³油当量的战略目标。随着陆地油气资源的逐步减少甚至枯竭，向海洋、特别是深海开发石油、天然气，是世界油气工业发展的重要趋势之一。据《能源博览》2004/03/03称：在我国海域全方位调查，圈定了38个油气沉积盆地，初步计算油气资源量可达400(351~404)亿吨以上的油当量，其中近海海域11个油气沉积盆可达213~245亿吨油当量，可见，开发海洋石油对我国经济、政治有着重要的意义。

第二节 海洋石油开发的特点

海洋石油开发与陆地石油开发主要不同点是：海洋具有一层汹涌澎湃的海水，而随着水深的增加，开发难度骤增。故必须使用当代最先进的科学技术，包括造船技术、卫星定位与电子计算机技术、现代机械制造、电

机和液压技术、现代环保和防腐蚀技术等综合技术，以便解决海洋石油开发中的定位、建立海上固定平台或深海浮动式平台及其泊位；解决浮动状态下的海上钻井、完井、油气水分离处理、废水排放和海上油气的储存和输送等问题。为此，必须采用高技术和高额资金的投入。其主要特点是：

(1) 海洋地球物理勘探技术与装备与陆地截然不同。海洋地震勘探必须采用专门的船舶，采用大功率、高压空气压缩机组，驱动宽阵列和长阵列的气枪，产生和释放高能量地震波，穿透 6000 ~ 9000 米的海底地层，由漂浮在离水面一定深度的多道检波电缆接收。而陆地则多用放炮或可控液压、机械震动的震源，效率比海上低很多。

(2) 海上钻勘探井和开发井，必须采用专门的钻井平台(船)、大功率的海洋钻机、适应船体升沉平移运动而保持船位与钻压的专用钻井水下与水面设备；其每口井的成本要比陆地钻井高 5 ~ 10 倍；海上钻井采油的安全风险也大于陆上。

(3) 海上采油与集输，都需要适应海洋的特殊环境，采用与陆地差异很大的高技术性能的采油、集输工艺与装备(如各类生产平台和海底采油装置等)。

(4) 海上钻井、采油作业者的作业器材和生活物资，都需要用船舶或直升飞机运送，受气象影响大，费用高。

(5) 鉴于上述原因，它是一项高风险、高技术、高

投入的系统工程。

第三节 海洋石油开发的总概念

海洋石油开发包括四个主要内容，它们分别是：开发钻井、完井采油、油气分离处理和油气集输。开发钻井：是继勘探钻井之后，为开采(Production)石油所进行的钻井(Drilling)，即钻生产井，而钻生产井的方式有浮式钻井和固定平台钻井两种，并可细分为海底基盘的预钻井(Predrilling)、固定平台钻井、井口平台钻井(用自升式平台钻井或辅助钻井)等；钻井方法通常有丛式集束钻井、定向钻井、水平钻井、井内多支钻井等。完井(Completion)采油，是对已经完钻的生产井中，以一定的作业程序和下入井内作业器具，通过射穿油气层，到安装好采油树，控制油气按照人们的意志能从井中开采油气的过程称为完井；对完井的各井，有计划地开启采油树阀门、控制各井产出原油或以机械提升、化学注入、注水、气举等方式，从井内采出石油，称采油。将从井内采出的混合流体(油、气、水等)，通过物理、机械等方法，分离为达到向外输出标准的原油、天然气和达到排放入海标准的水的整个过程称油气分离处理。为将各采油平台分离处理后的原油、天然气加以集中、储存和通过穿梭油轮或海底油气管线等方式将原油、天然气输送至油气终端称为油气集输。本书将在以下各章分别论述。

第四节 海洋石油开发的一般程序

当海洋油气田经海洋物探和海洋勘探钻井，发现并经证实具有开采价值后，海洋石油开发的一般程序(详见本书第八章)是：

(1) 海洋石油天然气储量必须经过国家有关权威的评审机构(如储量委员会)评审核实。

(2) 进行预可行性或可行性研究。

(3) 编制总体开发方案(Overall Development Plan, 以下简称 ODP)。

(4) 根据批准的 ODP 报告，进行油气田开发工程的基本设计。

(5) 根据批准的 ODP 报告，成立相应的开发项目管理组织；编制详细的工程建设进度计划；进行工程设计和建设项目及关键设备器材的招标、评标、定标和合同签订。

(6) 进行油气田开发工程的详细设计。

(7) 进行油气田开发工程设施的施工建造及其海上运输、安装。

(8) 实施海上结构物和设备的连接及试运转。

(9) 进行油气田开发工程联合调试、验收和投产。

(10) 海上油气田开发的工程营运。

第五节 海洋石油开发简史

1897年，在美国加利福尼亚州萨姆兰德(Summerland)离岸约75米的码头上安装钻机钻井，可视为世界上首次涉入海洋钻井。

1911年，世界上第一座固定平台钻井装置，矗立在美国路易桑纳州的卡多(Caddo)湖上。

1925年，原苏联在里海建造的人工岛上进行石油钻井。

1933年，“盖娜松号”(Giliasso)成为首座坐底式钻井平台。

1937年，由木质桩插入水深4.3米泥底的、距海平面高4.6米的钻井采油平台，首次在墨西哥湾的海上钻井，获得日产85.9米³(540桶)的海底石油。

1953年，一艘巡逻艇改装的第一艘钻井浮船“沙玛瑞克斯号”(SUBMAREX)，采用悬臂式钻井井架，首次在加州岸外进行浮式钻井。

1954年，J. Ray Mc Dermott公司建造了第一艘采用气动机械升降、可移动的自升式石油钻井装置。

1955年，由YF型供应驳船改装的钻井浮船“卡斯1号”(Cuss1)和具有中心船井的钻井驳船“西方勘探者号”诞生。

1956年，美国雪佛隆(Chevron)公司在加州近海，完成了世界上首次海洋采油井最深的采油记录，采油井