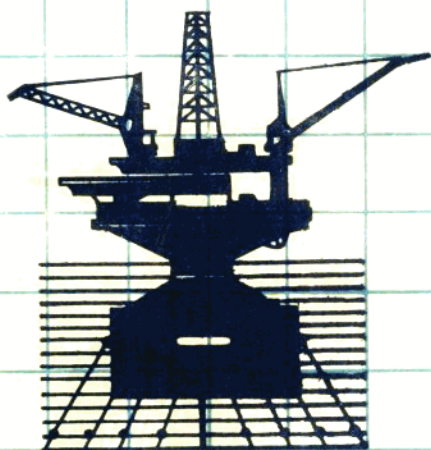


近海边际油田 开发技术



〔比利时〕D.A.菲〔爱尔兰〕J.奥戴

石油工业出版社

近海边际油田开发技术

〔比利时〕D. A. 菲 〔爱尔兰〕J. 奥戴

马志良等译 周元亚校

石油工业出版社

内 容 提 要

本书对近海边际油田开发技术的有关问题进行系统的阐述,对开发技术的现状与发展前景、边际油田的各种开发概念以及各种类型的开发装备进行详细的介绍。全书具有内容全面、资料翔实、图文并茂、明白易懂等特点,书末还有参考文献及附录。

本书可供海洋石油开发有关的技术人员参考,也可作为石油工程、海洋工程、船舶工程、土建工程等专业科技人员及高校师生的参考书。

TECHNOLOGY FOR DEVELOPING MARGINAL OFFSHORE OILFIELDS

D.A.FEE

Commission of the European Communities,
Brussels, Belgium

and

J.O'DEA

Institute for Industrial Research and Standards,
Dublin, Eire

ELSEVIER APPLIED SCIENCE PUBLISHERS LTD
Crown House, Linton Road, Barking, Essex IG11 8JU,
England, 1986

*

近海边际油田开发技术

(比利时) D.A.菲 (爱尔兰) J.奥戴

马志良等译 周元亚校

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京顺义燕华营印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

850×1168毫米 32开本 7³/₄印张 198千字 印1—1,500

1990年6月北京第1版 1990年6月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0419-4/TE·407

定价: 2.70元

译者序

自七十年代开始，近海边际油田的开发技术迅速发展，并为世界各国所瞩目。但有关资料多散见于各种文献与内部研究报告中，尚无对此加以系统论述的著作。本书的出版冲破了这种局面。

我国的海洋石油勘探开发事业方兴未艾，边际油田开发是面前的一项重要任务。为了开阔眼界，借鉴国外开发近海边际油田的经验与教训，我们翻译了这本书。

本书共分六章，其基本内容为：近海边际油田开发技术的现状与发展前景、边际油田的各种开发概念以及各种类型的开发装备。作者以大量调查研究广泛收集各种开发实例和研究、设计成果等翔实资料为基础，用发展的观点对上述基本问题加以说明、分析与总结。

本书的编写特点为：叙述系统、条理清楚、图文并茂，从而必然会导致“明白易懂”。作者在前言中特别指出：“本书的目的在于向一般技术人员读者以明白易懂的方式叙述……”。

凡原文中有明显错误之处，译时均作更正并加译注。

翻译分工如下：郑伟武（第一、二章），竺振宇（第三、四章），马巍（第五、六章）译。马志良统一修改、整理。周元亚负责译稿的校订，对他的真诚合作，工作认真、细致而富有成效，我们谨致深切谢忱。

限于译者水平，误译之处在所难免，请广大读者批评指正。

译者

1989年5月8日

前 言

编写“近海边际油田的开发技术”这本书的想法，起源于我们在1984年10月受爱尔兰能源部委托而准备的报告。当时能源部正在寻求有关资料以选择开发爱尔兰近海暴露区域小型油藏的各种方案，即当时可以采用什么系统；在今后十年中又将有什么新的开发技术；以及采用这些系统开发各种规模油藏的大致费用。

在编写上述报告的过程中，我们发现，虽然所有文献及工业界发言人都承认边际油田技术的重要性，但是，除了有不少耗资甚多的研究和石油公司的内部秘密报告外，没有一本比较全面地阐述边际油田技术的出版物。本书的目的在于向一般技术人员读者以明白易懂的方式叙述这一内容广泛的课题。由于篇幅所限，本书不可能讨论所述各种系统的详细设计情况。如果读者想进一步了解，可以参考书后提供的有关文献。

我们曾征求过石油公司、设计工程师、近海工程顾问、承包商以及研究人员等的意见，得到了许多公司和个人十分有价值的帮助，虽然无法在此一一列举，但对所有曾经给我们以协助、回答各种询问、查找文献资料以及提供文章的各位，谨表深切的谢意。

在此特意对参加书稿审阅和编辑的人员表示感谢，他们是A.R. (Bert) Schultz先生，Intec Engineering公司副总裁，他对技术和费用参数提供了意见；Pat Shannon博士，石油地质部，都柏林大学学院；F.B. (Fergus) Cahill，爱尔兰国家石油公司勘探与生产经理。

还要感谢能源部石油事务部门、都柏林工业研究与标准研究所等组织，感谢他们同意利用他们的报告并将部分材料编入本书。但是，应该强调的是，本书中的观点是作者的观点，并不一定是

能源部石油事务部门或都柏林工业研究与标准研究所的观点。最后，要感谢耐心地打印材料的Anna Kennedy 和完成插图的Heather Gibson。

Derek Fee John O'Dea

目 录

第一章 边际油田的挑战	(1)
第一节 什么是边际油田	(2)
第二节 近海石油技术——历史的展望	(17)
一、勘探钻井	(17)
二、油气生产	(22)
第二章 边际油田开发系统的部件	(27)
第一节 生产支承结构	(27)
一、自升式	(27)
二、半潜式	(29)
三、油轮	(32)
四、驳船	(33)
五、张力腿平台	(34)
六、铰接柱	(37)
七、牵索塔	(38)
八、边际油田生产支承结构的设计准则	(40)
第二节 立管	(42)
一、立管设计准则	(44)
二、工作的立管装置	(45)
三、柔性立管	(48)
四、其它的立管设计	(52)
五、各种立管的比较与评价	(53)
第三节 水下设备	(55)
一、水下底盘	(55)
二、油井	(56)
三、水下管汇	(58)
四、Garoupa油田水下生产系统	(59)
五、Grondin油田试验站	(60)
六、Exxon公司的水下生产系统(Submerged Production	

System, SPS)	(61)
七、Frigg North East气田的水下开发	(62)
八、Central Cormorant油田水下管汇中心	(62)
九、Skuld概念	(63)
十、Poseidon概念	(63)
十一、水下控制系统	(65)
十二、水下设备的维修与保养	(65)
十三、油井修理	(66)
十四、水下设备的技术进步	(67)
第四节 储存系统	(69)
一、油轮式储油系统	(70)
二、驳船式储油系统	(71)
三、铰接柱储油系统	(72)
四、桅式储油系统	(72)
五、结论	(72)
第五节 近海装油系统	(73)
一、近海装油系统的设计考虑	(74)
二、悬链锚腿系泊 (Catenary Anchor Leg Mooring, CALM)	(75)
三、暴露位置单浮筒系泊 (Exposed Location Single Buoy Mooring, ELSBM)	(77)
四、桅式 (SPAR)	(78)
五、单浮筒储油 (Single Buoy Storage, SBS)	(80)
六、转塔系泊油轮 (Turret-Moored Tanker)	(81)
七、单锚腿系泊 (Single Anchor-Leg Mooring, SALM)	(82)
八、单锚腿储油 (Single Anchor Leg Storage, SALS)	(84)
九、铰接装油柱 (Articulated Loading Column, ALC)	(86)
十、軛架塔 (Yoked Tower)	(88)
十一、悬链锚泊塔 (Catenary Anchored Tower, CAT)	(88)

十二、固定塔 (Fixed Tower)	(89)
第六节 处理设备	(90)
一、集油系统 (管汇装置)	(92)
二、分离装置	(92)
三、气处理及排出	(93)
第三章 边际油田技术现状	(94)
第一节 绪言	(94)
一、早期生产	(96)
二、缩减的投资	(97)
三、最大的投资回收	(98)
四、近海开发的最大灵活性	(98)
五、被证实的技术	(99)
六、最小的拆迁清理费	(100)
七、识别油藏的方法	(100)
八、结论	(101)
第二节 自升式系统	(102)
第三节 半潜式系统	(109)
第四节 单体船 (驳) 系统	(130)
第五节 其它有关系统	(135)
第四章 目前和未来的边际油田开发概念	(145)
第一节 以半潜式生产支承结构为基础的概念	(147)
一、Highlander-6000型浮式生产平台	(149)
二、IMFP-300型半潜式生产平台	(153)
第二节 以油轮式生产支承结构为基础的概念	(156)
一、近海石油生产与测试船 (Production and Test Ship, PTS) "Petrojarl" 及 "Golarnor"	(157)
二、单井石油生产系统 (SWOPS)	(159)
三、小油田浮式生产系统 (Floating Oil Patch)	(162)
四、转塔锚泊生产系统 (Turret Anchor Production System, TAPS)	(164)
五、生产油轮概念的发展	(167)
第三节 以自升式生产支承结构为基础的概念	(168)
一、Seaplex 500-4级	(170)

第四节 以铰接塔为基础的概念	(172)
一、水下立管塔	(172)
二、管汇及控制柱 (Manifold and Control Columns, MACC)	(173)
三、管汇及控制柱 (MACC) 系泊的半潜式平台	(175)
四、管汇及控制柱 (MACC) 系泊的油轮	(176)
五、管汇及控制柱 (MACC) 在卫星油田开发中的应用	(177)
六、混凝土铰接柱 (CONAT)	(177)
第五节 深水油田开发概念	(178)
一、浮式混凝土沉箱平台	(178)
二、浮式混凝土单柱塔 (Floating Concrete Monotower)	(180)
三、深水重力塔与深水伽马塔 (Deepwater Gravity Tower, Deepwater Gamma Tower)	(180)
四、T300型混凝土三角架平台 (Concrete Tripod Platform)	(181)
五、三角塔平台 (Tripod Tower Platform, TTP)	(181)
第六节 油田延长生产测试	(182)
第五章 北海浮式生产系统的建造和运行史	(187)
引言	(187)
第一节 Argyll油田的经验	(187)
一、开发的第一阶段 (1975~1980年)	(187)
二、开发的第二阶段——Duncan油田的开发	(191)
三、开发的第三阶段 (1985年)	(193)
四、开发的第四阶段——Innes油田的开发	(197)
五、Argyll油田的继续生产	(197)
第二节 Buchan油田的经验	(199)
一、半潜式生产平台 "Buchan Alpha"	(204)
二、悬链锚腿系泊浮筒及水下设备	(204)
三、处理与外输系统	(204)
四、生产历史	(205)
第六章 边际油田的经济和费用	(207)
第一节 费用参数及其相对重要性与敏感性	(208)

一、不确定性	(208)
二、可采储量	(208)
第二节 边际油田生产系统的费用元素	(211)
一、钻井费及有关费用	(212)
二、生产支承结构及有关设施的费用	(212)
三、外输系统	(216)
四、管线尺寸及单价	(217)
五、使用解除及拆迁清理费	(217)
六、生产作业费	(218)
七、恶劣环境中延长试井费用估算	(220)
八、按日租费计算的租用设备	(220)
九、要购买的设备——基建投资	(221)
参考文献	(222)
附录一 单位转换	(229)
附录二 术语汇编	(230)

第一章 边际油田的挑战

世界上已被证实的石油储量几乎有一半在近海海域，将被发现的石油储量中，估计近海占三分之二以上。但在任何油气勘探区域，大型油田总是首先发现，而小型油气构造，即使发现了，石油公司还是急于开发大型的和更加具商业价值的油田，而使小型构造的石油沉睡地下。

油气构造的级别是属于“商业性的”、“非商业性的”，或是“边际性的”，将取决于经济、技术和政治等许多综合性因素，而和油田的大小没有直接关系。这三个术语的实用定义如下：

商业性的——这一级油气构造的发展前景是，石油公司在采用常规技术进行开发的条件下，经济上可获有吸引力的盈利率。

非商业性的——发展前景是石油公司在可预见的技术和财政情况下无法获得经济收益。

边际性的——发展前景是石油公司只有在选用改进的技术和（或）资金方案的条件下才能获得经济收益。

当前还没有对收益进行评价的通用准则。对于什么是可以接受的盈利率，许多公司认为7%~15%的实质盈利率为可接受的临界值。如果预计的收益低于这一水平，通常就会推迟开发，反之就有希望实行。石油公司也具有与其他经济实体一样的特征——它们不是慈善机构，公司首先开发最具有经济效益的油田是理所当然的事。然而，即使在北纬海况恶劣地区，进行近海勘探和石油生产的历史也已逾十年。在这段时间，已发现了相当数量的边际油田。实际上，由于近来的技术进步和1973年以后石油价格的暴涨，许多当时确认为无商业价值的油气构造现在已划属边际油田。

本书旨在对开发近海边际油田的技术进行相当全面的论述。

尽管是边际油田，但西方世界为了保证其石油生产的连续性，却是非开发不可的。

本书的内容安排和叙述顺序如下：

第一章的余下部分将讨论什么是边际油田，考察一下尚待开发油田的一些数据，并尽量用简洁的历史发展观点加以说明。

第二章将讨论近海开发系统所包含的各种部件。任何近海生产系统的实际设计是根据油田的地理位置和油层的特性确定的。系统的每一个组成部分都有其优点和局限性。

第三章以表格形式列出了使用边际油田技术的油田名称及其开发的有关细节。尽管这些油田中有一些不属于边际油田的范畴，甚至只是刚刚开始规划，它们也把通常只和边际油田经济学有关的减少投资和加速生产等观点收编到计划中去。许多开发边际油田的设想并不新鲜，设想的系统往往包括一些在其他地区或在不同的组合中使用过且已证实为可行的部件。事实上，有几种部件已在各个海区的油田工作了多年。

第四章将总结为开发近海边际油田正在不断提出的各种开发概念。有些概念现在正在用或者是可以用的，而有些则是将来的事。对于迟早要安装的系统，已经做了大量的工作，而至今已提出的许多设想则可能永远不会付诸实施。各种不同概念的参数和限制条件分别在表中列出以便进行相互间的比较。

第五章举出了两个开发实例，以说明一个系统安装就位后能否运转，以及能否按预期的要求运转的问题。

第六章列出了开发系统各种部件的单价以便读者估算某一特定开发方案的费用。对以前各章中所述的各种系统和部件，如果不研究它们的造价和生产作业费用，就很难对它们作出完全的评价。

第一节 什么是边际油田

由上可知，一般边际油田首先被理解为一个经济概念而不是技术概念。如果一个近海油田采用经过实践检验和考验的常规技

术进行开发不能获得适当的收益，这个油田就是边际油田。开发恶劣环境近海油田的典型常规技术是支承钻井、采油综合设备的钢质底盘导管架平台。固定平台开发方式非常适用于蕴藏丰富的近海油田。然而，当考虑用于开发小型油田，而且水深日益增大时，固定式钢平台或混凝土平台就会暴露出如下所述的严重弊端。

(1) 建造周期长 从决定开发到初次产油一般需要长达四年的时间。这样，在任何现金回收之前，一个相当长的时期内需要支出大量资金。

(2) 需要大量的资本 由于固定式平台尺寸巨大，需要筹措大量资金。虽然小型油田平台的顶部载荷变小，但并不能明显地降低结构物的尺寸及造价。这是因为高达80%的结构体是起着抵抗外界波浪力、流力和风力的作用。

(3) 位置特性造成的弊端 由于固定式结构是固定于海底的，因此，当油田衰竭后，它就成为一个主要的不利条件。这对于典型的大型近海油田，如生产时间长达15或20年，将不成其为问题。

然而，当人们研究的是只能生产3~7年的边际油田时，则固定式平台的“不可修改性”使它不能易地重复使用，而必须在油田短暂的寿命内分期偿还。

取代采用固定式平台的途径是考虑应用所谓的“边际油田技术”，也就是具备如下特征的技术：

(1) 低投资 低投资一般会带来较高的生产作业费和较低的可靠性，需要进行权衡；

(2) 开发快 即缩短从开始投资到初次产油的时间；

(3) 适宜于短期使用 用以保证系统转移到其他油田重复使用；

(4) 革新的资金筹措。

关于近海油田开发技术的各种不同的方案将在以后各章讨论，这里首先考察在今后二十年内开发的近海油田中有多少是边

际油田类型的。

到目前为止，北海的开发大多集中在容易发现的大型沉积上。进一步发现象Brent或Forties那样规模的油田看来是不大可能的。急剧上升的油价也不可能补偿剩留下来的那些小型油田的高开发费用。今后将开发较小油田的发展趋势已在表1.1清楚地表明，表1.1是对今后联合王国大陆架开发的估计。油田规模的类似分布也可代表其他近海区域的情况。根据Smith Rea和Hoare Govett的分析研究，到1990年，北海边际油田的开发估计耗资达180亿美元，其中75~80%投资用在联合王国区域。

表1.1 联合王国大陆架将要开发的近海油田的大概数字①

油田规模 (100万桶)	将要开发的油田数
50以下	50
50~100	20
100~150	10
200~500	5
500~1000	1
1000以上	—

①资料来源：“Offshore Business”，Vol.1, 1983, Hoare Govett.

表1.2为西欧近海的一些发现及其开发前景。●

表1.2.1~1.2.7列出了西欧将开发的一些油气田，其中许多属于边际性的范畴。

从表可见，越来越多地开发近海边际性油气田的前景是大有希望的。然而，根据Esso勘探开发公司主管人员的见解，为了获得好的经济效益，将目前北海可采储量5000万桶油田的开发费用降低25%是必要的。

还应记住，每一个近海开发都涉及到作为合作者的政府，政

●由于表1.2的篇幅较大，今将该表划分为表1.2.1~1.2.7等七个分表。其中表1.2.1及表1.2.2为联合王国部分，表1.2.3为挪威部分，表1.2.4为荷兰部分，表1.2.5为丹麦部分，表1.2.6为德意志联邦共和国部分，表1.2.7为爱尔兰部分。表1.2.1~表1.2.7均引自《Offshore Engineer》。——译者

表1.2.1 联合王国部分，可能开发的油田

油气田名称及区块 编 号	作 业 者	说 明
West Heather 2/5	Union	是和Heather 油田主构造没有联系的一个发现（油）。可采储量约为1500万桶
Emerald 2/10a, 2/15, 3/11b	Chevron/Sovereign	1974年发现（油），在新税收制度下宣布具有商业价值。计划进行延长生产测试，并可能采用浮式生产装置。可采储量4000~5000万桶
Lyell 3/2	Conoco	1975年发现（油）。尚需进一步评价
Columba 3/7, 3/8	Chevron/BP	在Ninian 油田南部的边际油田。提到了采用单个钢平台并回接到 Ninian 油田，但要到1985年进行延长生产测试得出结果后才能最后决定。可采储量1亿桶
Bressay 3/28a, 3/27	Chevron/Lasmo	稠油显示，正进行可行性研究
Bruce 9/8a, 9/9b	Hamilton/BP	凝析气田加小块储油构造。由于该区域无管道网，八十年代末以前不大可能开发。估计凝析油 1~1.5 亿桶，天然气 2.4×10^{12} 英尺 ³
Southwest Beryl 9/12a, 9/13	Mobil	据说 John Brown Offshore 公司的可行性研究将集中于浮式生产装置。可采储量 0.6~1 亿桶
Crawford 9/28a, 9/29a	Hamilton	油显示，尚须进一步评价

续表

油气田名称及区块 编 号	作 业 者	说 明
Scapa 14/19	Occidental	由John Brown Off shore公司和Mc Dermott公司进行工程研究。附件B 中1985年底回接到 Claymore 油田的水下开发方案,可望得到批准。可采储量为3500万桶
— 14/20	Texaco	小型油田, 靠近 Tartan 油田, 计划采用水下开发
South Piper 15/17	Occidental	可能采用回接到 Piper 油田的水下开发方案, Piper 油田 现正在减产中。可采储量3000万桶
Ivanhoe and Rob Roy 15/21a	Monsanto	Tartan 油田以南的发现(油)。可采储量0.8~1.2亿桶。由John Brown公司进行可行性研究, 可能采用浮式生产
Galley 15/23	Occidental	1974年发现(油)。地质复杂, 需进一步钻评价井。可能采用单个钢制平台。可采储量5000~7000万桶
Central East & West Brae 16/3, 16/7a	Marathon	正在对几种结构进行评价。如果储量得到确认, 可能采用和North Brae 油田相似的钢平台开发16/3区块
Miller 16/8b	Conoco	油和天然气显示。可能扩展到BP公司的16/7b区块。可采储量约1.1亿桶
'T' block 16/17	Phillips	包括Tiffany油田, Toni 油田, Thelma油田及 Southeast Thelma油田。Tiffany油田可望采用单个钢制平台首先开发, 并有可能扩展到16/12a区块。可采储量0.8~1亿桶