

锦州9-3 ●
锦州20-2 ●
绥中36-1 ●
旅大5-2 旅大
海中28-1 ●
海中34-2/4 ●

平湖油气田
天外天气田

中国近海 典型油田开发实践

周守为 等著



石油工业出版社

中国近海典型油田开发实践

周守为 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是中国海油“十五”期间油田开发实践的系统分析与总结。全书通过对几个典型油田开发案例的分析和解剖,从地质油藏研究、钻采工艺、海洋石油工程技术、投资决策原则等方面论述了海上稠油油田、海相储层砂岩油田以及边际油田开发的做法及配套技术。

本书可供从事海洋石油开发工作的科研和管理人员及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国近海典型油田开发实践/周守为等著.
北京:石油工业出版社,2009.4

ISBN 978-7-5021-7056-1

I. 中…

II. 周…

III. 近海-油田开发-中国

IV. TE34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 037574 号

中国近海典型油田开发实践
Zhongguo Jinhai Dianxing Youtian Kaifa Shijian

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:<http://www.petropub.com.cn>

编辑部:(010)64523543 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技有限公司

印 刷:北京市昌平北七家印刷厂

2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

787 毫米×1092 毫米 开本:1/16 印张:19.25

字数:493 千字 印数:1—1500 册

定价:120.00 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

《中国近海典型油田开发实践》

编辑委员会

主 编：周守为

副主编：张凤久 孙福街

编 委：曹文贤 汪志勇 赵守元

梁惠文 安桂荣 刘 松

罗东红 林金成 王 星

主要撰写人(按姓氏笔画排序)：

代 玲 孙福街 安桂荣 李其正

苏彦春 苏崇华 宋 艺 汪志勇

杨庆红 周守为 赵守元 赵春明

胡光义 胡文杰 曹文贤 曹砚峰

梁 卫 梁惠文 雷 霄

序

我国近海宽广的大陆架约有 110 万平方公里,蕴藏着十分丰富的石油和天然气资源。近海油气田的开发是我国油气田开发的重要组成部分和接替领域。近年来我国近海油气田的开发既继承了以大庆油田为代表的陆上油气田开发的经验;又与时俱进,吸收了当代国际海上油田开发的先进技术和管理经验,并且进一步针对海上油气田开发的特点,创立了一套具有中国特色的开发新理念和新技术,实现了高速开发,取得了丰富的实践经验。将海洋石油高速发展的成功经验进行系统的提炼与总结,无疑是非常有意义的一件事情。

《中国近海典型油田开发实践》包括渤海稠油油田开发、南海海相储层油田开发、海上边际油田开发三部分。全书通过典型油田开发案例的剖析,对促进中国海洋石油“十五”期间石油储量与产量持续稳步增长的技术与成果,进行了全过程、全方位的总结。

本书的编写是海油人对近五年来不断的开发实践活动的再认识和再提高。全书以油藏地质研究为基础,集理念与实施为一体,突出了海洋石油开发工程的特色与创新成果,全面展示了中国海洋石油开发海上油田及经营在生产油田的能力。该书的出版必将是中国近海油田开发理论研究的又一成果。

总结过去是为了今后更好的发展,相信《中国近海典型油田开发实践》一书中典型油田开发做法和成功经验的总结与提升,对类似油田早日投入开发及老油田提高开发水平具有重要的指导意义,是值得同行认真阅读的一本好书。

中国工程院院士



2009 年 2 月

前 言

“十五”期间,依靠管理与技术的不断创新,中国海油进入了一个全新的发展阶段,取得许多令人瞩目的成绩。2005 年在中国近海 $36.04 \times 10^4 \text{ km}^2$ 矿区内,自营与对外合作并举,实现年产原油 $3120 \times 10^4 \text{ m}^3$,占全国原油总产量的 15.3%;年产天然气 $57.53 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国天然气总产量的 10.8%。为了系统反映这一阶段我国海上油田开发方面的科技创新成果,2006 年,主管中国海洋石油总公司科技工作的周守为副总经理亲自策划组织撰写《中国近海典型油田开发实践》一书。以期通过典型案例的回顾与总结,形成中国海油高速高效开发海上油田的科技创新知识体系。使后人加快对企业已有知识的学习与应用,促进海上油田开发领域科技创新和经验知识转化为生产力和核心竞争力,实现海上油田高速高效开发。

“十五”期间中国海油的快速发展离不开石油产量的持续快速增长。而分析“十五”期间中国海油国内矿区原油产量的构成不难看出:老油田(2001 年以前投产的油田)实施增产、稳产及提高采收率措施卓有成效,措施所获得的产量占老油田产量的 30%。新投产油气田及区块,推动了产量的持续增长,占“十五”期间原油产量的 41%,其中新投产油田(或区块)中,稠油油田的产量占据 52.7% 的份额(按照流体划分);当时被认定为经济性较差的“边际油田”,占新投产油田产量的 62.2%(按照油田的经济性划分)。因此本书的着眼点立足于在生产油田的增储挖潜,减缓递减;稠油油田的快速评价,有效开发;边际储量的有效转化,成功动用。在这一思想指导下,经过多次讨论形成本书的编写提纲。周守为副总经理还提出,本书编写的指导思想要以地质油藏研究为主、辅之以工程技术创新,以典型油田为案例,解读产量攀升的轨迹,总结海上油气田开发的新观念、新思维、新技术,以及新的管理和运作模式,展示中国海油开发海上稠油油田、开发海上边际油田和经营管理在生产油气田的能力。

本书共分上、中、下三篇。上篇通过渤海在“十五”期间全面投产的三个大型稠油油田开发案例分析,系统介绍了与稠油油田开发直接相关的地质油藏、钻采工艺、开发工程、管理理念的创新和高新技术的应用,展示了渤海矿区原油产量在低品位资源条件下高速增长的卓然业绩,本篇主要由周守为、孙福街、汪志勇、杨庆红、苏彦春、赵春明、周心怀、刘英、池树根等编写。中篇回顾了南海北部海相储层油田十年(1996—2005 年)连续保持稳产 $1000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上的光辉历程,总结了增储挖潜的研究思路和技术措施,介绍了适应海上高速开采油田增产稳产并获得较高采收率的国内外先进技术和管理经验,本篇主要由赵守元、梁卫、安桂荣、代玲、李彬、苏崇华、雷霄等编写;下篇就如何把处于经济边界的海上油田转化成为能够达到公司预期赢利目标油田的前期研究工作进行了案例剖析,系统总结了中国海油坚持经济效益第一的方针、以油藏为核心的原则和“三新”(新思想、新技术、新方法)、“三化”(标准化、国产化、简易化)的开发策略。本篇主要由周守为、孙福街、梁惠文、胡光义、曹砚峰、胡文杰、李其正、宋艺等编写。此外,曹文贤、徐嘉信、徐启兴等参与了部分编写工作。

本书最终由周守为副总经理审阅定稿。期间得到丁克文、张金庆、梁卫、王庆如、陈荣旗、

朱江、王平双、杨莉、孙立春、李炎波、朱海山、张作启、田立新、高东升、宫薇、赵立昌、刘义刚、衡立群、闫正和、邓晓辉、邹信波、刘丽华、米红刚等同志帮助,在此表示衷心感谢。

本书编撰参阅了大量的内部技术报告与成果,并对一些观点和思路进行了梳理盘点和提炼。但是,尽管各位编撰者作出了极大的努力,终因知识面和业务水平所限,在资料的收集和整理、材料的取舍与综合、案例的引用和表述等方面都难以恰如其分,不可避免的会有一些局限性,会有一些疏漏或不尽如人意之处,敬请谅解指正。

目 录

引言	(1)
----------	-----

上篇 渤海稠油油田开发

第一章 渤海稠油油田开发综述	(9)
第一节 勘探历程及储量增长	(9)
第二节 开发历程与产量增长	(13)
第三节 稠油油田基本类型及开发模式	(20)
第二章 绥中 36-1 油田开发剖析	(23)
第一节 地质油藏特征	(24)
第二节 开发方案研究	(27)
第三节 增产挖潜	(38)
第四节 开发效果	(57)
第五节 开发经验与启示	(66)
第三章 秦皇岛 32-6 油田开发剖析	(68)
第一节 地质油藏特征	(69)
第二节 开发方案研究	(71)
第三节 方案实施与优化	(73)
第四节 油田增产挖潜措施	(87)
第五节 开发效果与启示	(94)
第四章 渤中 25-1 南油田开发剖析	(96)
第一节 地质油藏特征	(97)
第二节 开发方案	(102)
第三节 方案实施与优化	(106)
第四节 开发效果与启示	(133)

中篇 南海海相储层油田开发

第五章 南海海相储层油田开发综述	(137)
第一节 勘探历程与地质储量增长	(137)
第二节 开发历程与产量增长	(140)
第三节 南海海相储层油田的基本类型与开发特点	(144)
第六章 南海海相砂岩储层油田的开发	(146)
第一节 地质油藏特征	(146)

第二节	开发策略及配套技术	(147)
第三节	增储挖潜	(152)
第四节	开发效果与启示	(169)
第七章	南海海相礁灰岩储层油田的开发	(171)
第一节	地质油藏特征	(171)
第二节	总体开发方案及实施	(175)
第三节	调整挖潜	(180)
第四节	开发经验与启示	(195)

下篇 海上边际油田开发

第八章	海上边际油田开发综述	(199)
第一节	边际油田开发研究历程	(199)
第二节	边际油田前期研究的困难与应对策略	(204)
第三节	边际油田的实施效果与开发模式的形成	(217)
第九章	曹妃甸油田群整体开发	(220)
第一节	地质油藏特征	(221)
第二节	油藏研究的难点与对策	(225)
第三节	油田总体开发方案	(229)
第四节	方案实施阶段的管理特点	(233)
第五节	油田开发特点及生产管理	(239)
第六节	开发经验与启示	(242)
第十章	涠西南凹陷边际油田依托开发	(245)
第一节	地质油藏特征	(246)
第二节	油田总体开发方案	(249)
第三节	开发方案编制特点与实施效果	(256)
第四节	油田开发工艺技术	(262)
第五节	开发经验与启示	(264)
第十一章	渤南油气田群海上工程设施综合利用	(267)
第一节	地质油藏特征	(270)
第二节	开发前期研究特色与范例	(274)
第三节	总体开发方案	(279)
第四节	新技术应用	(289)
第五节	开发经验与启示	(293)
参考文献		(295)
结束语		(296)

引言

中国海洋石油总公司(以下简称“中国海油”)是中国第三大国家石油公司和最大的海上油气生产商。中国海油自1982年成立以来一直保持着良好的发展态势。2005年在中国近海 $36.04 \times 10^4 \text{ km}^2$ 矿区内,自营与对外合作并举,实现年产原油 $3120 \times 10^4 \text{ m}^3$ (图1),占全国原油总产量的15.3%;年产天然气 $57.53 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国天然气总产量的10.8%。中国海油国内油气产量在我国油气总产量中占有了一定地位,中国海油的海外业务也获得实质性的发展。截至2005年分布于澳大利亚、东南亚、西非、北美的海外油气资产权益探明油气可采储量 $2.52 \times 10^8 \text{ m}^3$ 油当量,权益原油产量 $226 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。中国海油2005年各项经济指标在中央企业排名稳步前移,利润总额387.7亿元,位居第4位;资产总额1914亿元,位居第11位;销售收入888.8亿元,列第16位(图2)。年纳税金额也由2000年的22亿元增加至2005年的175亿元(图3)。中国海油从名不见经传的小企业实现了历史性的跨越,已经站在向国际一流能源公司跃进的新起点上。

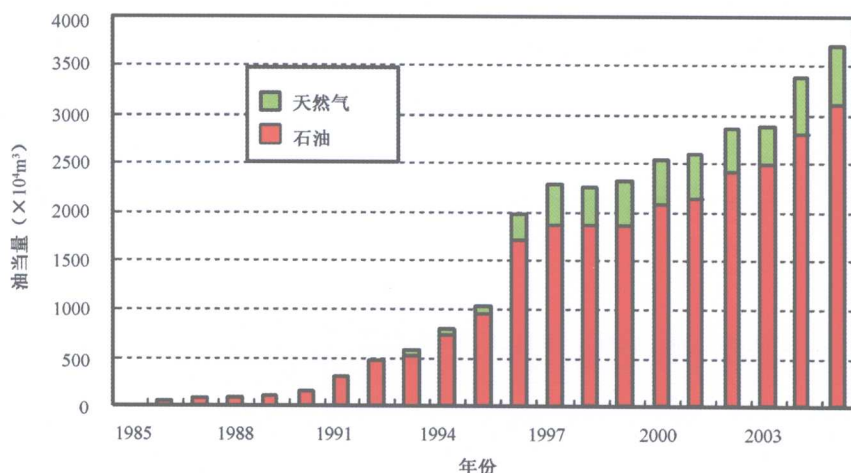


图1 中国海油国内海域历年油气产量统计

2003年出版的《中国近海油气田开发》详实地记述了中国海洋石油总公司2001年以前油气田开发的历程和经验。本书仅就“十五”(2001—2005)期间中国海油在中国近海油田开发过程中通过管理创新、技术发展取得重大成果的一批典型油田进行总结、介绍。

“十五”期间中国海油在我国海域获得55个油气新发现,其中36个为自营勘探发现。成功地评价了47个含油气构造,新增探明石油地质储量 $10.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,探明天然气地质储量近 $2000 \times 10^8 \text{ m}^3$,相当于过去30年探明油气地质储量的1/3。油气储量的快速增长和含油气构造的成功评价,为油气田的开发建设和油气产量的持续增长提供了物质基础,创造了加速发展的条件。

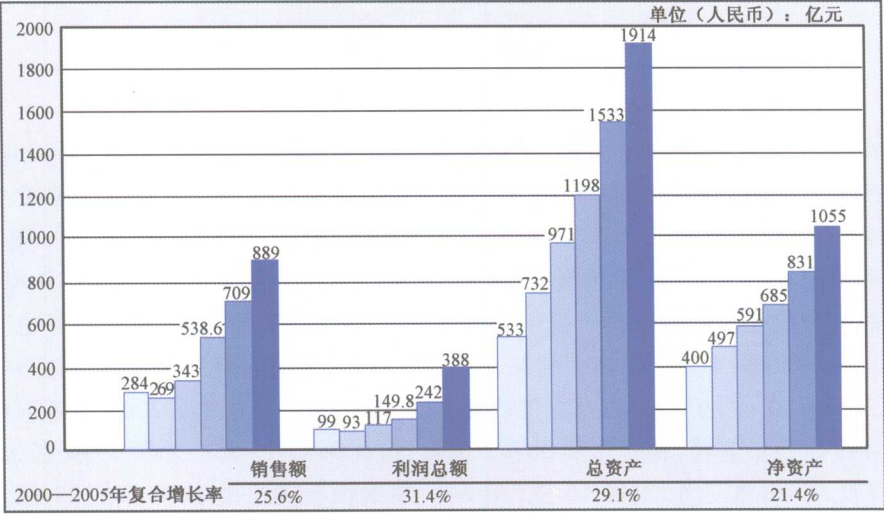


图2 中国海油2000—2005年复合增长率

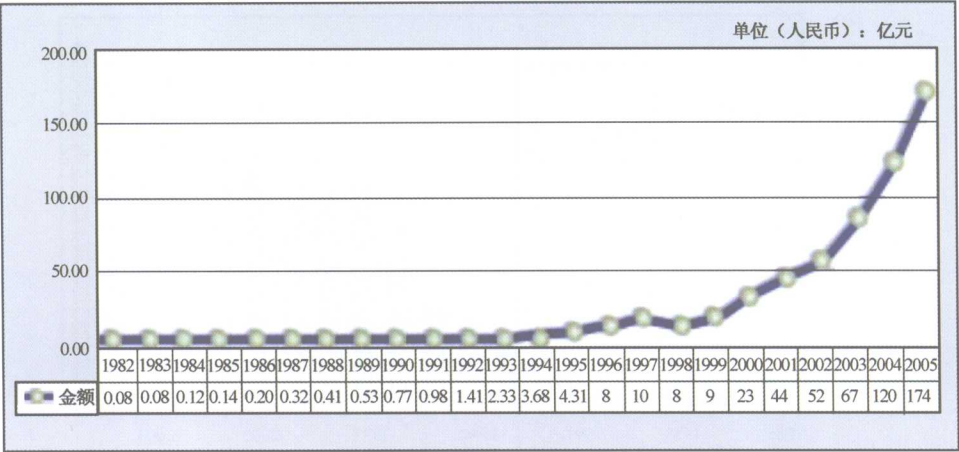


图3 中国海油历年纳税统计

“十五”期间中国海油在国内海域陆续投产了21个新油气田和在生产油气田的6个新区块(平台),共新增动用地质储量 $10.85 \times 10^8 \text{ m}^3$,超过了既往动用地质储量的总和;新增高峰年生产能力达 $2500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上,也接近既往投产油气田实际高峰年生产能力的总和。2005年在生产油气田44个(图4),累计动用石油地质储量 $19.10 \times 10^8 \text{ m}^3$,占中国海油探明石油地质储量($25.81 \times 10^8 \text{ m}^3$)的74%;动用天然气地质储量 $2045 \times 10^8 \text{ m}^3$,占中国海油探明天然气地质储量($4563 \times 10^8 \text{ m}^3$)的44.8%。“十五”期间原油产量从 $2091 \times 10^4 \text{ m}^3$ 上升至 $3120 \times 10^4 \text{ m}^3$ (表1),在替补老油田约20%自然递减的情况下净增产量 $1029 \times 10^4 \text{ m}^3$;天然气产量从 $42.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 上升至 $57.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ (表2),净增 $15 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。五年间累计采油 $1.30 \times 10^8 \text{ m}^3$,累计采气 $234.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,均相当于此前近30年累计产量的总和。

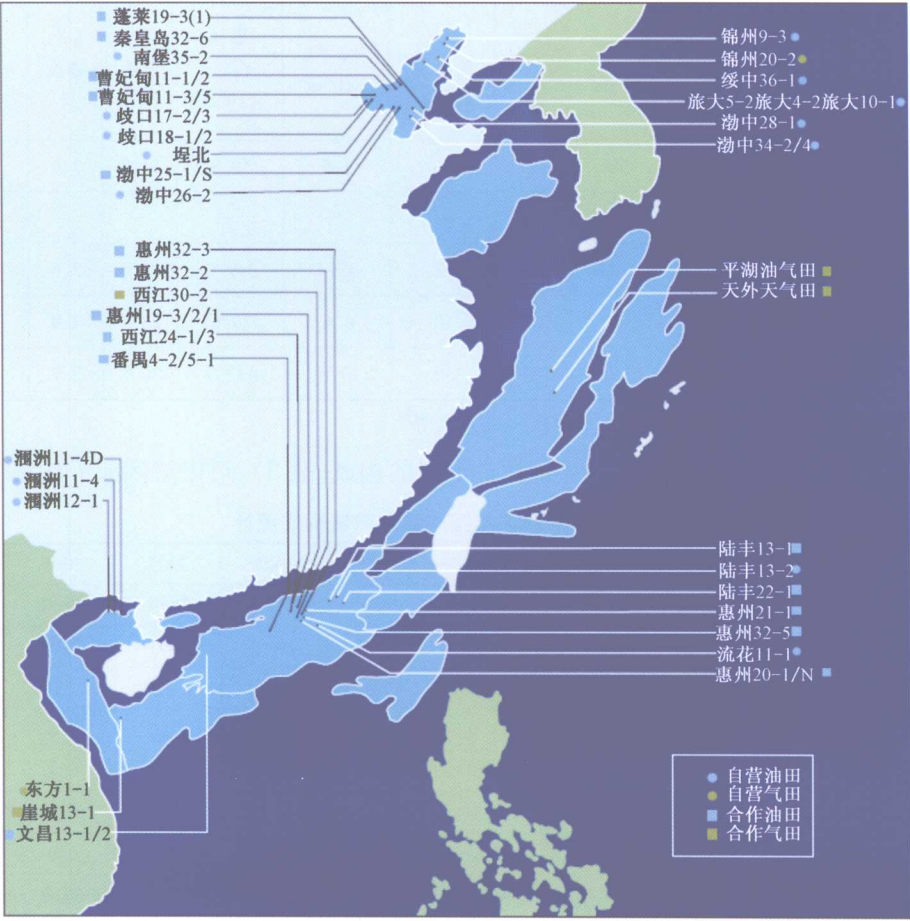


图4 中国海油 2005 年国内在生产油气田分布示意图

表 1 2005 年中国海油在生产油田开采综合数据表

中国海油 分公司	油田数 (个)	产油井数		日产液 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	日产油 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	含水 (%)	年产油 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	累计 产油 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	采出 程度 (%)	采油 速度 (%)	动用 储量 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)
		总井数 (口)	开井数 (口)								
天津	21	756	690	9.56	3.74	58.4	1376	0.73	5.9	1.1	11.91
深圳	15	202	199	4.11	3.65	87.5	1331	1.49	26.0	2.3	5.73
湛江	4	98	91	3.08	1.07	67.8	389	0.34	24.1	2.8	1.36
上海	—	9	8	0.34	0.09	87.7	33	0.04	35.9	2.3	0.10
合计	40	1065	988	17.09	8.55	78.0	3120	2.60	13.4	1.6	19.10

注:不包括已废弃 428 西和 CFD6-1 累计产油 $71.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。采油速度、采出程度、动用储量为原油指标,不包括凝析油。

表2 2005年中国海油在生产气田开采综合数据表

中国海油 分公司	气田数 (个)	产油井数		日产气 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	日产 凝析油 (m^3)	年产 凝析油 ($\times 10^4 \text{ m}^3$)	年产气 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	累计 产气 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	采出 程度 (%)	采气 速度 (%)	动用 储量 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)
		总井数 (口)	开井数 (口)								
天津	1	16	12	150	387	16	5.5	58.3	34.2	2.6	138
深圳	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
湛江	2	25	23	1244	347	13	45.4	349.0	19.6	2.5	1772
上海	1	9	9	182	247	10	6.6	30.6	22.3	4.9	134
合计	4	51	45	1576	981	39	57.5	437.9	20.7	2.7	2043

注:采气速度、采出程度、动用储量为气层气指标,不包括溶解气。

分析“十五”期间中国海油国内矿区原油产量的构成(表3),可以得到如下认识。

表3 2001—2005年国内原油产量构成统计

年度	2000	2001	2002	2003	2004	2005	五年合计
当年总产量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	2091	2154	2433	2510	2819	3120	13034
新投产油田产量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	—	292	731	1012	1493	1818	5346
老油田产量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	2091	1862	1702	1,497	1,326	1,301	7688
老油田综合递减率(%)	—	11.0	8.2	12.5	12.2	1.8	—
老油田无措施产量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	2091	1633	1353	1011	734	651	5382
老油田自然递减率(%)	—	21.9	17.1	25.3	27.5%	11.3	—
老油田措施产量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	—	228	349	486	592	650	2305
措施产量占比重(%)	—	12.3	20.5	32.5	44.7	50.0	—
新投稠油产量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	—	233	493	618	664	809	2817
新投非稠油产量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	—	59	238	394	829	1,009	2529
新投边际油田产量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	—	292	553	662	770	1,049	3326
新投产非边际油田产量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	—	—	178	350	723	769	2020

(1)2001年以前投产的油田(后文简称“老油田”)采取了卓有成效的增产、稳产及提高采收率措施,保持了较低的递减率(平均年递减9.2%),措施所获得的产量占老油田产量的30%(图5);

(2)“十五”期间原油产量的41%来自新投产油气田及区块,推动了产量的持续增长,5年平均年增长率达到8.4%,累计增长49.2%;

(3)在新投产油气田(或区块)中,稠油油田的产量占据52.7%的份额,在海域条件下有效开发稠油油田是“十五”期间科技发展的重大成就(图5);

(4)研究人员多专业通力合作,开拓创新,成功转化了一批被认定为经济性较差的“边际油气田”,在“十五”期间投产的这类油田共产油 $3326 \times 10^4 \text{ m}^3$ (图6),占新投产油田产量的62.2%。

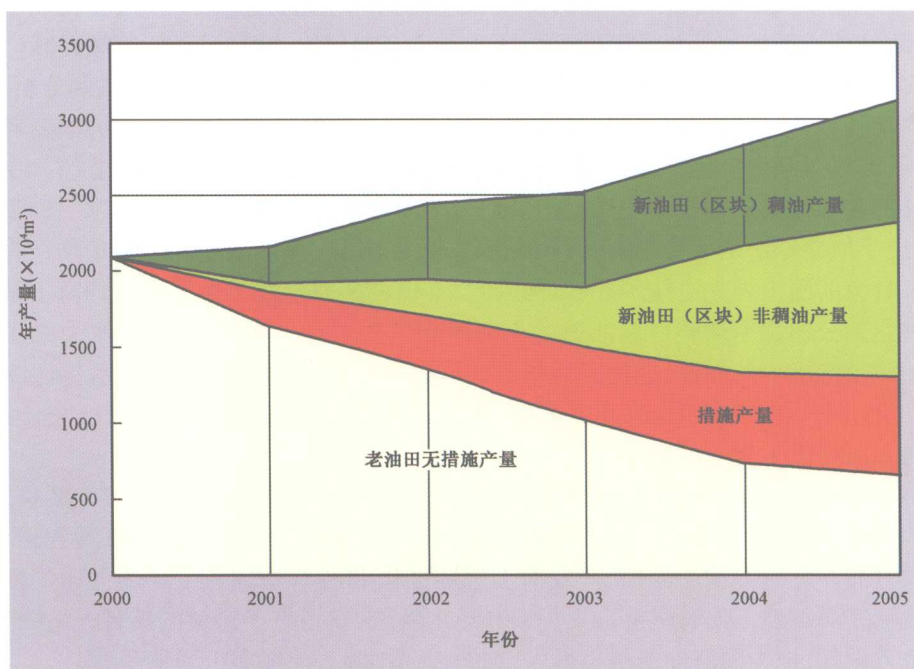


图5 2000—2005年原油产量构成(新投油田按油品分类)

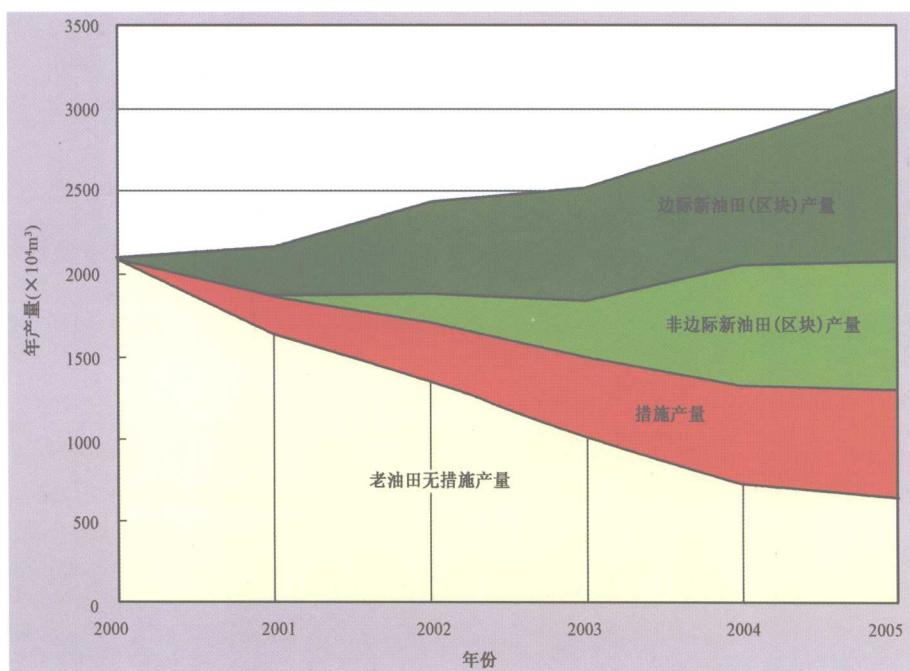


图6 2000—2005年原油产量构成(新投油田按经济性分类)

“十五”期间中国海油原油产量的持续快速增长源于边际储量的有效转化以及成功动用;源于稠油油田的快速评价,有效开发;源于在生产油气田的增储挖潜,减缓递减。

本书上篇通过渤海在“十五”期间全面投产的三个大型稠油油田开发案例分析,系统介绍了与稠油油田开发直接相关的地质油藏、钻采工艺、开发工程、管理理念的创新和高新技术的应用,展示了渤海矿区原油产量在低品位资源条件下高速增长的卓然业绩。中篇回顾了南海北部海相储集层油田十年期间(1996—2005)年年保持 $1000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上产量的光辉历程,总结了增储挖潜的研究思路和技术措施,介绍了适应海上高速开采油田增产稳产并获得较高采收率的国内外先进技术和管理经验。下篇就如何把处于经济边界的海上油田转化为能够达到公司预期赢利目标油田的前期研究工作进行了案例剖析,系统总结了中国海油坚持经济效益第一的方针、以油藏为核心的原则和“三新”(新思想、新技术、新方法)、“三化”(标准化、国产化、简易化)的开发策略,为今后类似油田开发在方案优化、资本运作、统筹协调诸方面提供了有益的启示。

本书编写以地质油藏研究为基础、以工程技术发展为支撑、以典型油田为案例,解读产量攀升的轨迹,总结海上油气田开发的新观念、新思维、新技术,以及新的管理和运作模式,展示中国海油开发海上稠油油田、开发海上边际油田和经营管理在生产油气田的能力。希望由此激励海洋石油工作者坚持自主创新和技术发展,发扬勇于拼搏的精神,迅速把中国海油的竞争力做强,把中国海油的规模做大,加快迈向国际一流能源公司的步伐。

上篇 渤海稠油油田开发

渤海海域位于北纬 $37^{\circ}07'$ ~ $41^{\circ}00'$, 东经 $117^{\circ}33'$ ~ $122^{\circ}18'$, 是由辽东半岛、辽河平原、华北平原和山东半岛所环抱的半封闭内海, 东侧以渤海海峡与黄海相通。海域面积 $7.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中有利油气勘探面积约 $5.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 中国海洋石油所属矿区面积达 $4.43 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

渤海海域内有利于油气勘探的部分在区域地质构造上属于渤海湾新生代含油气盆地, 该盆地是中国目前累计探明石油地质储量最多的含油气盆地。根据全国资源评价对构造单元划分的统一标准并结合渤海海域具体情况, 将渤海海域新生代含油气盆地部分划分为黄骅拗陷、济阳拗陷、渤中拗陷、下辽河拗陷和埕宁隆起 5 个一级构造单元。除渤中拗陷为海域独立的单元外, 其余三拗一隆都是陆上的构造单元向海域的延伸。这 5 个一级单元又划分为 28 个二级构造单元, 包括 13 个凸起和 15 个凹陷, 见图 1。

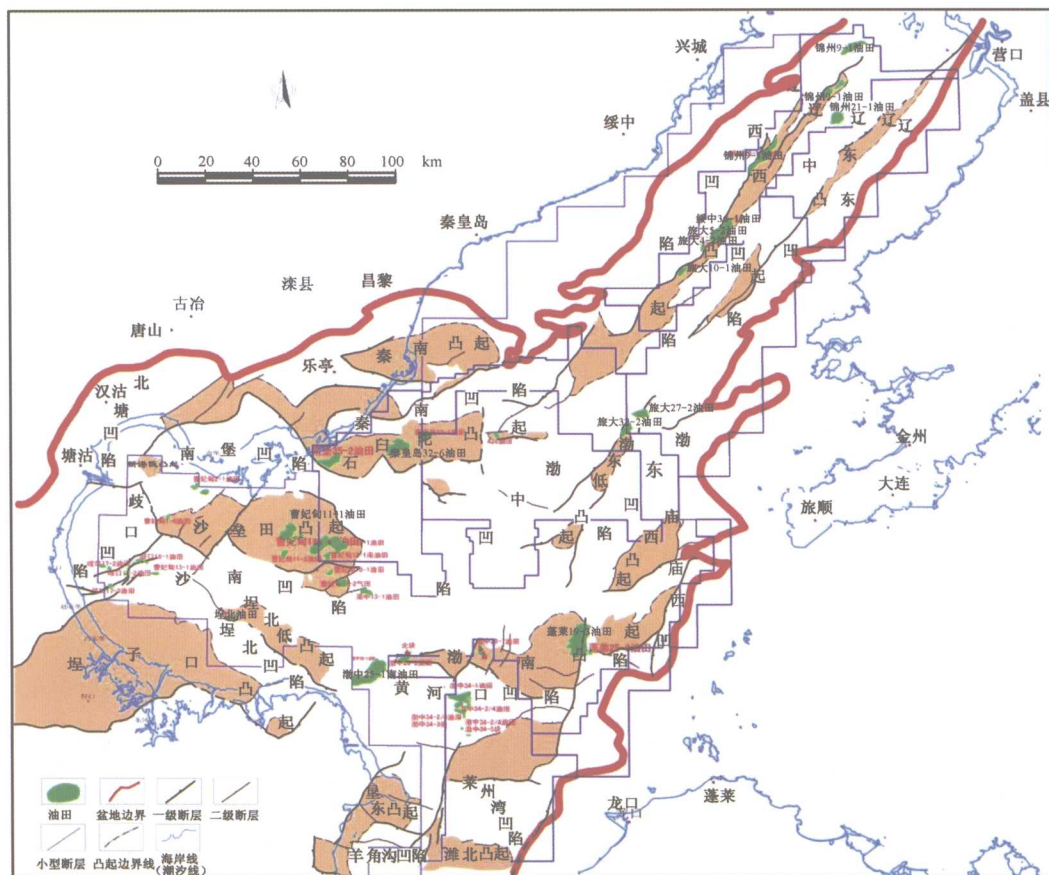


图 1 渤海海域构造单元划分图

自1961年华8井发现工业性油流以来,在盆地的陆地部分相继建成了胜利、大港、华北、辽河、中原、冀东等油气生产矿区。1967年3月完成的海1井开创了渤海海域油气发现的历史,由此在水深5m以上的内海逐步建设起海上油气生产矿区,即渤海矿区,由中海石油天津分公司负责其勘探开发业务。

截至2005年底,渤海矿区累计钻探井480口,发现38个油气田,探明石油地质储量 $18.15 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中稠油(地层原油粘度大于 $50 \text{ mPa} \cdot \text{s}$)油田11个,探明石油地质储量 $12.99 \times 10^8 \text{ m}^3$,占渤海矿区总探明石油地质储量的71.6%。

2005年渤海矿区在生产油田21个,年产原油 $1367 \times 10^4 \text{ m}^3$,天然气 $5.47 \times 10^8 \text{ m}^3$,生产油气当量居国内油气生产矿区的第四位。其中稠油油田8个,开发井总数555口,年产原油 $949 \times 10^4 \text{ m}^3$,占渤海矿区总产油量的69%。

2001—2005年间新投产油田12个,包括秦皇岛32-6、渤中25-1南、蓬莱19-3、曹妃甸11-1等大型油田,其中稠油油田增加了6个。这段时期是渤海矿区原油产量高速增长时期,2005年产油量相当于2000年原油产量的3.45倍。2001—2005年间累计生产原油 $4821 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中稠油产量达 $3672 \times 10^4 \text{ m}^3$,占总产量76%。以上数据表明,近年来渤海稠油油田的开发发展迅速,在渤海矿区乃至中国海油的原油生产中占有十分重要的地位。本篇将重点对此阶段渤海矿区稠油油田开发的主要做法进行剖析并总结经验启示。