

海上油田高效开发技术探索与实践

周守为

(中国海洋石油总公司,北京 100010)

[摘要] 在我国渤海湾相继发现 40 多亿 t 地质储量的原油,但这些原油多为稠油和重油,难以开发,在陆上油田开发经验不能用于海上,又无国际先例可借鉴的情况下,基于海上稠油开发历程及现状,深入分析了海上稠油油田开发面临的主要问题与挑战,有针对性地集成、创新了适合于海上稠油开采的先进技术,逐步建立完善了海上稠油高效开发思路和技术体系。该技术有效降低了油田开发成本,并成功地开发了被国际石油公司称为“21 世纪挑战”的海上最大稠油油田。成功研发了开发海上边际油田的“三一模式”和“蜜蜂模式”,应用于渤海边际油田开发实践,并探索出一套适用于海上油田开发的优快钻完井技术。在此基础上,为了实现渤海油田产量进一步增长和大幅度提高采收率,经过长期技术探索与矿场实践,大胆提出了海上稠油高效开发新模式,即模糊一、二、三次采油界限,通过技术创新和创新技术集成,使油田在投产初期迅速达到高峰产量并高速开采,始终保持旺盛生产能力;采取多枝导流、控制适度出砂、早期注水、注水即注聚、注水注聚相结合等技术;通过以聚合物驱为主的提高采收率技术、多枝导流技术、电潜螺杆泵举升技术和地面除砂工艺等技术体系,在最短的时间内采出更多的原油,达到最大采收率。基于高效开发新模式思想,成功开发了迄今为止世界海上最稠的渤海南堡 35-2 油田,并已在多个油田进行应用。这一创新的认识与实践,不仅为我国海上油田开发探索出一条新路,也为世界海上油田,特别是稠油油田的开发提供了新思路的思考。

[关键词] 海上油田;高效开发;稠油;边际油田;优快钻井;开发模式

[中图分类号] TE53;TE345 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2009)10-0055-06

1 前言

我国海域蕴藏着丰富的油气资源,目前陆地油气产量呈现递减趋势,而国家的石油需求量稳步增长,海上油田产量的持续增长已经成为国家石油产量增长和产量接替的重要组成部分。中国海上已发现各类储量 61×10^8 t,主要集中在渤海海域,其稠油储量已占渤海总储量的 2/3 以上,预计到 2010 年重油产量将占中国海上原油总产量的 60% 以上^[1],因此,海上油田,尤其是渤海稠油油田高效开发对于最大化利用国家宝贵而紧张的石油资源,满足国民经济建设需求具有直接的现实意义和深远的战略影响。

世界稠油开发,陆地油田通常采用热力采油(目前世界上规模最大的提高采收率工程项目^[2]),具体包括蒸汽驱油/吞吐、蒸汽辅助重力泄油(SAGD)、火烧油层、VEPEX 和 THAI 等技术或其他技术结合,矿场实施要求细分层系、注采关系对应、井较浅、井距小、特殊井身结构和采油树,同时设备占地面积大、能耗高、淡水消耗量大、环境稳定和采出液处理设施配套。但是,渤海稠油油田地质条件复杂、构造破碎、河流相储层变化大、多油水系统且关系复杂、油稠、产能低,井距大、井网不规则、油层厚、非均质性严重、埋藏深、储层胶结疏松,水驱采收率和采油速度偏低是其必然结果,井身材质多为普通碳钢,平台空间狭小且使用寿命一般为 20 年、

[收稿日期] 2009-08-08;修回日期 2009-08-13

[基金项目] 国家高技术研究发展计划(“863”计划)(2007AA090701);国家科技重大专项(2008ZX05024,2008ZX05057)

[作者简介] 周守为(1950-),男,四川南充市人,教授级高级工程师,中国海洋石油工程技术中心主任、提高采收率重点实验室主任,研究方向为海洋油气田开发工程;E-mail:zhoushw@cnoc.com.cn

没有淡水资源、海上常有风、浪、流、冰、地震等环境恶劣、地面处理流程紧凑且容量小,以及海洋环境保护和平台安全要求高,显然海上油田在地质油藏和工程方面都难以满足陆地油田热力采油条件,无法直接套用陆地油田,同时世界海上油田没有可借鉴经验,因此,海上油田必须大胆创新高效开发理念并探索相应的基础研究,将其创新突破尽快转变为适用技术,才有可能奠定海上稠油高效开发的坚实基础,并走向油田试验和推广应用。

根据海上稠油油藏开发特点,吸纳国内外相关专业领域的最新成果,经过长期探索和实践,摸索出海上稠油高效开发技术体系,包括稠油少井高产、边际油田开发和优快钻完井等3大技术,实现了渤海海域复杂油田开发,2006年原油产量首次突破了 $1\,500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。在此基础上为了实现渤海油田2010年 $3\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的产量目标,并保持较长时间的稳产增产,经过长期技术探索与矿场实践,凝练出了海上稠油高效开发新模式,并开展新模式产生的新技术探索研究,预期获得巨大的技术效果、经济效益和社会效益。

2 海上油田开发的主要问题与挑战

2.1 海上地质油藏条件复杂

我国近海油田大体分为3大类:中小型轻质油田、特殊岩性油气田、中型稠油油田。其中,近海稠油油田的石油地质储量占海上已发现总地质储量的 $\frac{2}{3}$,主要位于渤海湾油区,对海油的稳产起着关键作用。渤海稠油油田储层为河湖三角洲—河流相沉积的砂体,储层变化大、埋藏浅,含油层数多,含油井段长,存在多油水系统且关系复杂;储层物性好,渗透率高,胶结疏松,油井出砂严重;流体性质较差,具有密度大,黏度高(地下原油黏度 $26 \sim 741 \text{ mPa}\cdot\text{s}$;天然能量不足,边水不活跃。上述这些特点使得海上稠油油田开发难度大。

对于特殊岩性油气田,由于构造复杂,形式多样,断层多,断块面积大小不一;储量规模不大,油水关系复杂,油气藏类型多,如何经济有效地开发这类油田也是海上油田开发所面临的技术挑战。

2.2 海洋油田开发投资大和 risk 高

海上油田开发难题的开发受到地质油藏与海洋环境等地下和地面双重因素影响,开发所面临的问题与陆地有相当大的差异^[3]。海上工程建造、完井和生产操作费用很高,开发建设海上油气田所需投

资及经济效益,受油田规模、油气品质、单井产能、井数、井深,以及水深、离岸距离、海况(浪、流、冰等)、气象等海洋环境诸多因素的制约。因此,海上油气田的开发所采用的技术复杂、投资高、风险大,海上油田开发是否具有经济效益也是必须解决的重要问题。

2.3 海上稠油油田提高采收率受制约因素多

海上稠油油田水驱采收率不高,标定水驱采收率通常在 $18\% \sim 25\%$,实际平均采收率只有 20.2% ,相对于陆地类似油田 $32\% \sim 40\%$ 的采收率还有较大差距。在海上平台使用寿命内提高油田采收率显得尤为重要。但海上油田的稠油油田提高采收率技术受到油藏条件、平台空间与寿命等诸多因素的影响,技术难度较大。

我国海上油田的开发就必然要遇到上述问题,在开发过程中需要解决面临如下挑战:海上稠油油田的经济有效开发、海上油田开发成本的降低、海上边际油田的开发以及海上油田采收率的提高。

3 渤海复杂油田开发技术

海上复杂油田开发技术主要包括海上稠油少井高产技术体系、海上边际油田开采技术体系、海上优快钻完井技术体系。

3.1 海上稠油少井高产技术

针对渤海稠油多、难开发的技术难题,围绕如何实现少井高产,在找准油藏、注海水强采、防砂、上岸4个方面进行技术攻关,形成了海上稠油少井高产技术体系,主要包括远程制导实时油层追踪技术、砾石充填多层防砂技术、注海水强采技术、长距离海底稠油混输技术。该技术能够保证钻头准确进入有效层段,及时补足能量实现强采,并在强采情况下油藏骨架不受损害,能够通过把大量设备放置陆地而降低开发成本。

以渤海绥中36-1油田为例,该油田是20世纪80年代初期发现的大型海上稠油油田,由于油稠、产能低、出砂和开发成本高,陆地经验不适用、国际海上无先例可借鉴。在此情况下,通过攻克70 km长距离海底管线稠油多相混输世界级难题,实现了海上稠油油田的“半海半陆式开发”。在此基础上全面应用海上稠油少井高产技术,使单井产能提高 $2 \sim 3$ 倍,成功高效开发我国海上第一个 $500 \times 10^4 \text{ t}$ 级大型稠油油田,油田投产至今16年仍保持稳产和未出砂的纪录。

海上稠油开发技术在渤海油田得到了全面推广应用,进行仅用千余口开发井建成 $1\ 600 \times 10^4$ m 渤海大油田,该技术大大降低了海上稠油油田经济开发门槛,使渤海约 15×10^8 t 稠油得以成功开发,从而推动渤海勘探形成新领域并获得一系列重大发现。

3.2 海上边际油田开发技术

渤海油田 13×10^8 t 储量属边际油田,利用常规技术不能经济有效开发。针对渤海大量分散的小型油田难以开发的难题,提出了“尽可能依托现有设施、工程设施尽可能简易化、工程设施可重复利用”的开发思路。在该思路指导下,进行开发方案的设计和优化,有针对性地采用一个简易平台、一条管线和一条电缆开发依托现有设施开发 20 km 以内边际小油田,或采用可移动简易采油设施开发远离生产装置的边际油田,逐步形成了后来的“三一模式”和“蜜蜂模式”等边际油田开发模式。

采用上述的海上边际油田开发技术使 13 个边际油田投入开发、27 个边际油田应用此项技术进行设计建造,至今已有 8×10^8 t 边际储量得到开发利用。

3.3 海上优快钻完井技术

针对海上油田开发成本高,钻完井成本占总开发成本 50 % 以上,为了降低开发成本,提出通过快速钻完井降低开发成本的新思路。从缩短建井周期,提高钻机有效利用率与做好储层保护,防止泥浆污染油层两个方面开展技术攻关,形成了海上优快钻完井技术体系,主要包括 10 大钻井关键技术(顶驱钻井技术、PDC 钻井技术、储层保护、组合测井技术、非钻机作业时间固井质量检测技术、表层集中钻井技术、非钻机作业固表层技术、上部井段海水快速钻井技术、一个钻头一个井段一套钻具组合钻井技术、海上丛式井表层套管同深钻井技术)和 7 大完井技术(一趟管柱多层射孔技术、隐形酸完井液技术、隔板传爆技术、一趟管柱多层防砂技术、一变多控技术、优质梯级筛管适度防砂技术、陶粒压裂充填防砂技术)。

通过在渤海油田 666 口井实践,钻井效率提高 3 倍,缩短作业时间 16 063 d,累计节约开发投资 92 亿元。

4 海上油田高效开发新模式

在深入研究国内外油田开发相关领域的最新科

技进展、国家对海洋石油发展的要求、世界石油工业及经营发展趋势和我国海洋油气生产特点的基础上,透彻分析和系统思考我国目前海洋石油开发生产模式,创造性地提出海上油田高效开发新模式。

新模式的基本目的是^[4]:基于目前原油开发领域的先进技术,以最大限度提高原油采收率为原则,以最大经济效益为目标来制定油田开发方案。以最大限度利用现有资源和最大社会效益为目的,将更多原油经济快速地开采出来,不仅是经济效益的要求,更是保护资源、合理利用资源的要求。

海上稠油高效开发新模式的特点是:a. 把最大化提高石油采收率作为油田开发与生产的战略目标,并与勘探放到同等重要的位置上;把“在最短时间内,开采原油达到最大采收率”为油田开发的指导思想。在现阶段,把尽快解决海上聚合物驱油技术使采收率再提高 5 % ~ 10 % 作为此模式的油藏基础及技术保证之一;b. 利用石油开发生产的最新技术,大幅度提高油井产能和油田产量,加快油田开发速度,尽可能缩短一次采油时间;c. 模糊一、二、三次采油界限,把它作为提高采收率和油田高产稳产的系列技术,开展优化、集成和综合应用,实现大幅度提高采收率的同时,大大缩短油田开发时间(见图 1),以获得更大的社会和经济效益。



图 1 海上油田高效开发新模式示意图

Fig. 1 The sketch of novel mode of offshore oilfield effective development

新模式的内涵是:模糊一、二、三次采油界限,通过技术创新和创新技术集成,使油田在投产初期迅速达到高峰产量并高速开采,始终保持旺盛生产能力;采取多枝导流、控制适度出砂、早期注水、注水即注聚、注水注聚相结合等技术;通过以聚合物驱为主的提高采收率技术、多枝导流技术、电潜螺杆泵举升技术和地面除砂工艺等技术体系,在最短的时间内采出更多的原油(见图 2),达到最大采收率。

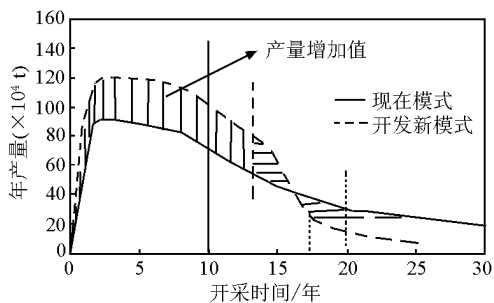


图2 海上油田高效开发新模式的技术效果示意图

Fig. 2 The production sketch of novel mode of offshore oilfield effective development

新模式涉及从注入到油藏、近井地带、井筒和地面等诸多环节,要建立和实现海上油田高效开发新模式,需要面对提高油藏驱替效率、建立井底原油快速流动通道、携砂稠油在井筒中的有效举升及产出物高效处理等技术挑战。具体的关键技术包括:聚合物驱提高采收率技术、多枝导流适度出砂技术与高效举升技术。

4.1 聚合物驱提高石油采收率技术

渤海海域油田提高采收率较为现实的途径是基于聚合物驱的化学驱提高采收率技术,该技术是构成新模式的基础和关键,在海上油田开发新模式中具有十分重要的地位和作用。目前,渤海湾适合聚合物驱和复合驱的油田有13个,地质储量约 9×10^8 t。

在大庆油田,聚合物驱油技术可比水驱提高采收率10%以上,从1996年开始工业化推广,从2003年连续多年聚驱产量在千万吨以上,创造了巨大的经济效益和社会效益^[5,6],陆上油田的聚合物驱提高采收率技术不能直接照搬到海上,需要技术创新才能建立起适合海上油田的聚合物提高采收率技术体系^[7,8]。该技术体系主要包括新型抗盐聚合物、聚合物配注工艺技术、产出物处理技术以及注聚效果改善和评价技术。

4.2 多枝导流适度出砂技术

为驱替流体进入油层和原油流出油层提供快速通道是建立海上油田高效开发新模式的另一关键技术^[9]。

在分支井、稠油冷采基础上,提出多枝导流适度出砂概念。该技术是多枝导流与适度出砂的有机结合,靠多分支井形成高渗透通道的多枝导流,使在疏松砂岩油藏中高排量生产条件下,将出砂程度控制到适度范围变为可能,两者的协调配合形成“多枝

导流适度出砂技术”,就为驱替流体进入油层和原油流出油层提供了快速通道,从而成为建立海上油田高效开发新模式的技术支撑点。

4.3 高效举升技术

在新模式指导下,海上油田以聚合物驱替技术和多枝导流适度出砂钻完井技术可以提高海上油田开发效果和采收率。油井产液含砂和聚合物产出液黏度增加给人工举升带来的困难,解决该问题需要配套高效举升技术,这是海上高效开发新模式得以顺利实施的关键。

经过广泛调研和深入细致的分析,将目光瞄准了大排量螺杆泵采油技术,螺杆泵对含砂量和原油粘度有较高的适应性,但高压头泵排量小^[10],通过研究和实践不断对其进行完善和改进,攻克螺杆泵采油配套关键技术,形成了适合新模式的大排量、含砂流体、含聚流体的高效人工举升技术。

5 海上稠油高效开发新技术探索与实践

5.1 在绥中36-1油田的实践

绥中36-1油田是渤海海域最大的自营油田,在油藏条件、流体性质、开发方式、完井方式和平台工艺条件等方面具有代表性,利于技术推广应用。为了对支撑高效开发模式的新技术进行探索,在该油田分别开展了多枝导流适度出砂、海上稠油聚合物驱提高采收率、高效人工举升等技术的先导性试验。

5.1.1 多枝导流适度出砂先导性试验

先导性试验选在绥中36-1油田C区,地层原油黏度达 $401 \text{ mPa} \cdot \text{s}$,投产后单井产量平均约有 $45 \text{ m}^3/\text{d}$ 。为提高稠油油田的开发效益,2002年在其边部进行大胆尝试,钻了第一口多枝导流适度出砂技术井CF1井。该井水平井段长400 m,采用筛管防砂,4个100~150 m分支采用裸眼完井。其产量达到 $155 \text{ m}^3/\text{d}$ 以上,是周边定向井的3.4倍,开创了多枝导流适度出砂技术在海上应用的先河,证明多枝导流适度出砂技术是开发非常规稠油油田的有效手段。

截止目前为止,在C平台部署了5口多枝导流井,均取了数倍于周边定向井产能的效果。

5.1.2 聚合物驱单井矿场先导试验

先导试验选在绥中36-1油田I期。根据绥中36-1油田注入水矿化度高,尤其是钙镁离子浓度高等特点,选用了抗盐的缔合聚合物。根据海上平

台特点,研制了撬装注聚设备。自2003年9月至2005年5月,在绥中36-1油田J平台的J03井进行聚合物驱单井矿场先导试验,在我国海上油田首次实施了注聚提高采收率技术,J16井见到了明显的增油降水效果(含水由95%降低到50%左右,累增油约 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3$)。先导试验的成功说明海上油田聚合物驱工艺技术可行。

在单井先导试验的基础上,于2005年10月在单井试验区开展了井组矿场试验,并于2007年进行了扩大注聚,截至2009年6月,该油田有注聚井11口,受益油井33口,动用地质储量 $5.657 \times 10^4 \text{ m}^3$,累计增油约 $21 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

海上稠油油田聚合物驱提高采收率技术随后又应用到旅大10-1油田和锦州9-3油田,目前均已见效。

5.2 在南堡35-2油田的实践

南堡35-2油田为疏松砂岩重质稠油油田,北区原油地层原油黏度为 $201 \sim 284 \text{ mPa} \cdot \text{s}$,南区地层原油黏度为 $413 \sim 741 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 。该油田因为原油黏度大,采用常规技术难以开发。在认真研究CF1井的开发规律后,最终优化出的多枝导流井开发方案设计了16口多枝导流井。多枝导流适度出砂井全部采用优质筛管适度出砂,单井钻完井费用较砾石充填防砂节约310万元左右,同时适度出砂井的表皮系数为 $0 \sim 5$,大大降低了近井地带的污染。

该油田北区的4口多枝导流适度出砂井的日产量为 $90.0 \sim 110.0 \text{ m}^3/\text{d}$,平均 $96.0 \text{ m}^3/\text{d}$,是周边定向油井的4.2倍。因南区原油黏度高,12口多枝导流适度出砂井虽然只采单层,但初期平均单井产量达到 $35.2 \text{ m}^3/\text{d}$,投产第1年平均产量 $14.3 \text{ m}^3/\text{d}$,为邻井产量的2倍。

多枝导流适度出砂技术在南堡35-2油田取得了较好的开发效果,攻克了世界级海上稠油油田开发的难题,为渤海已发现的一批稠油油田的后续开发探索出了成功的道路。同时,该油田的成功开发是多枝导流适度出砂技术应用成功的典型代表,它标志着海上油田高效开发新模式所需要的钻完井技术得以建立。

多枝导流适度出砂技术随后又在秦皇岛32-6油田、旅大10-1油田、埕北油田和渤中25-1南油田进行了大规模推广应用,并取得显著效果。

5.3 在旅大10-1油田的实践

旅大10-1油田发现于2002年,主要含油层系

为东营组东二下段,油藏类型属于在纵向上存在多个流体系统的构造层状油气藏。旅大10-1油田主力油组二油组地质储量为 $3.738 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。该油田于2005年1月开始油井陆续投产,至2005年7月底全部油井投产,2006年3月开始注聚。

所采用的技术包括在绥中36-1油田试验成功的注聚提高采收率技术、在南堡35-2等油田成功应用多枝导流适度出砂技术。多枝导流适度出砂技术的应用,创造了渤海油田单井日产超千方的纪录。截至2009年6月底,该油田聚驱动用地质储量 $3.729 \times 10^4 \text{ m}^3$,累计增油约 $13 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

对一个新油田,把海上油田高效开发新模式思想贯彻在油田开发的始终,在开发方案设计、钻完井设计、油藏方案研究等方面综合考虑,充分发挥油田潜能并最终获得尽可能高的石油采收率,旅大10-1油田就是采用海上油田高效开发新模式的第一个油田。

6 结语

“九五”和“十五”期间,针对渤海油田特殊情况,发展了渤海复杂油田开发技术,其核心技术体系包括:稠油少井高产开发技术、边际油田开发技术和优快钻完井技术,攻克了海上稠油油田经济有效开发的世界性难题,首次实现渤海油田2006年产量突破 $1.500 \times 10^4 \text{ m}^3$,预计2010年将达到 $3.000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

为了大幅度提高采收率和开发效果,大胆提出了海上稠油高效开发新模式,目的是:基于目前原油开发领域的先进技术,以最大限度提高原油采收率为原则,以最大经济效益为目标来制定油田开发方案。以最大限度利用现有资源和最大社会效益为目的,将更多原油经济快速地开采出来,不仅是经济效益的要求,更是保护资源、合理利用资源的要求。

海上稠油高效开发新模式已经得到国内外专家的肯定,并纳入到国家重大专项项目研究,已经开展其新技术探索,包括海上开发地震技术、海上稠油化学驱油技术、多枝导流适度出砂技术和丛式井网加密及综合调整技术,这些技术的突破将为海上稠油提高采收率闯出一条新路子。

参考文献

- [1] 周守为. 海上稠油高效开发新模式研究及应用[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(6): 1-4
- [2] 张义堂. 热力采油提高采收率技术[M]. 北京: 石油工业出版社

- 社,2006
- [3] 周守为. 中国近海典型油田开发理论与应用[M]. 北京:石油工业出版社, 2009
- [4] 周守为. 海上油田高效开发新模式探索与实践[M]. 北京:石油工业出版社, 2007
- [5] 王德民,程杰成, 吴军政,等. 聚合物驱油技术在大庆油田的应用[J]. 石油学报,2005,26(1):74-78
- [6] 沈平平. 提高采收率技术进展[M]. 北京:石油工业出版社, 2006
- [7] Zhou Wei, Zhou Shouwei, Zhang Jian, et al. Key Technologies of Polymer Flooding in Offshore Oilfield of Bohai Bay[C]. 2008 SPE 115240
- [8] 周守为,韩明,向问陶,等. 渤海油田聚合物驱提高采收率技术研究及应用[J]. 中国海上油气,2006,18(6):386-389
- [9] 周守为,孙福街,曾祥林,等. 稠油油藏分支井适度出砂开发研究[J]. 石油勘探与开发,2008,35(5):135-140
- [10] 刘玉章. 采油工程技术进展[M]. 北京:石油工业出版社, 2006

Exploration and practice of offshore oilfield effective development technology

Zhou Shouwei

(China National Offshore Oil Corp., Beijing 100010, China)

[Abstract] More than 4 billion tons reserves has been found in China's Bohai Bay. However, most of the reserves are from heavy oil, which is hard to develop. The offshore heavy oil development could neither directly use onshore experience for the reference nor learn from international example. In this paper, the main challenges were analyzed and presented for offshore heavy oil development based on the characteristics of offshore oil field. The advanced heavy oil exploitation technology was integrated into the technology system, which was successfully introduced to develop the offshore heavy oil field named by international experts as one of the most challenging technologies in the 21st century. With the novel "THREE ONE MODE" and "BEE MODE" developed, many marginal oil fields can be developed economically in Bohai Bay. And the Optimized Fast Drilling Technology adapting to offshore oilfield development was developed which could significantly reduce the drilling cost. In order to achieve the further growth of producing rate and enhanced oil recovery in Bohai oil field, the novel mode of offshore heavy oil efficient development was established after a long-term technology research and field practice. Different to the conventional development mode, this mode does not emphasize the primary, secondary, and tertiary recovery stages. It is a series of technologies which integrate, optimize, innovate and comprehensively apply in the three stages to increase production rate in early stage and prolong the high speed development time. It makes early stage water flooding, polymer flooding, polymer injection while water flooding as the policy of development technologies. Polymer flooding, as the main EOR technology, with drilling and production support technology system in multilateral wells, limited sand management and electric submersible progressive cavity pump technologies are integrated in the oil field operation to obtain the maximum benefits in the minimum time. With the efficient development mode of offshore oil field, NB35-2 heavy oil field in Bohai Bay, with the most viscous heavy oil in the world, was successfully developed. And currently the mode has been widely applied to more offshore oil fields. The theory and practice offers not only a novel method to develop China offshore oil field but also new ideals for the development of global offshore oil fields, especially for the heavy oil fields.

[Key words] offshore oil field; efficient development; heavy oil; marginal oil field; the optimized fast drilling; development mode