

江尚昆, 王德英, 孙哲, 等. 渤海油田油气勘探阶段及储量增长潜力[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(2): 48-54.

JIANG Shangkun, WANG Deying, SUN Zhe, et al. Oil and gas exploration stage and potential of reserve growth of the Bohai Oilfield[J]. Marine Geology Frontiers, 2022, 38(2): 48-54.

# 渤海油田油气勘探阶段及储量增长潜力

江尚昆, 王德英, 孙哲, 彭靖淞, 赵弟江

(中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300459)

**摘要:**近 20 余年来, 渤海油田发现了一大批大中型油气田, 储量持续高速增长, 但近年来渤海油田油气勘探面临的挑战越来越大。勘探阶段对油气勘探具有重要的意义, 不同的勘探阶段, 其储量增长的特征、规律不同, 勘探的思路和方法也不相同。在总结前人研究成果的基础上, 综合分析大中型油气田的发现数量、油气探明程度、探明速率、探井控制面积、储量增长曲线及其变化特征等多因素, 指出渤海油田目前处于勘探高峰早期阶段。渤海油田储量仍将保持高速增长的趋势, 但浅层、中层和深层储量将逐渐呈差异化增长的特征: 浅层油气勘探程度相对较高, 但仍处于勘探高峰早期阶段, 在未来不长的时间可能进入勘探高峰晚期阶段, 发现大中型油气田的数量将逐渐减少, 中小型油气田数量的比重将逐渐增大, 在寻找大中型油气田的同时, 浅层应该加强中小型油气田的勘探, 加强一体化勘探和油田内部挖潜, 加强隐蔽油气藏勘探; 中-深层油气勘探程度较低, 处于勘探高峰早期阶段前期, 储量将高速增长, 将是推动渤海油田储量持续稳定增长的主要领域, 中-深层应该以寻找大中型油气田为主要目标, 以新理论新技术提高勘探成功率。

**关键词:**勘探阶段; 探明程度; 储量增长; 渤海海域; 渤海油田

中图分类号: P744.4

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2020.153

## 0 引言

渤海位于我国渤海湾盆地东部, 是我国唯一的内海, 平均水深 18 m。海域面积约 7.3 万 km<sup>2</sup>, 可供勘探面积约 5.1 万 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>, 中国海洋石油矿区面积约 4.5 万 km<sup>2</sup>。自 20 世纪 60 年代开展油气勘探以来, 经过几代渤海石油人的努力, 渤海海域已成为我国第 2 大原油生产基地, 也是我国近海最大的原油生产基地。截至 2017 年年底, 渤海油田共落实石油地质储量超过 60 亿 t, 发现油气田 80 余个, 其中大中型油气田 50 余个<sup>[2]</sup>, 大中型油气田储量约占渤海油田总储量的 80%。大中型油气田的持续发

现为渤海油田储量增长做出了主要贡献。

渤海油田油气勘探取得了丰硕的成果<sup>[3]</sup>, 随着勘探程度的不断提高, 构造圈闭越来越少, 越来越破碎, 发现大中型油气田的难度越来越大, 勘探面临新的挑战。除了加强油气勘探理论创新外, 还应该思考渤海油田目前所处的勘探阶段。不同的勘探阶段, 储量发现的特征、规律也不相同, 油气勘探的思路、策略及部署也应该有所差异。因此, 正确定位油田所处的勘探阶段, 对油气勘探乃至油田的发展具有非常重要的意义。

## 1 勘探阶段划分方法

勘探阶段既是探区投入地震、钻井等工作量的反映, 也是对探区勘探程度定性认识的反映。目前, 一般将含油气盆地划分为 3 个油气勘探阶段, 即早期阶段, 高峰阶段和萎缩阶段, 其中高峰阶段又细分为早期和晚期<sup>[4]</sup>。勘探阶段划分指标主要包括油气田发现数量及规模、油气探明程度、探明速率、探井控制面积以及储量增长曲线等<sup>[5-6]</sup>(表 1)。

收稿日期: 2020-09-24

资助项目: 中海石油(中国)有限公司“七年行动计划”重大科技专项课题“渤海油田上产 4000 万吨新领域勘探关键技术”(CNOOC-KJ 135 ZDXM 36 TJ 08 TJ)

作者简介: 江尚昆(1982—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事油气勘探综合地质方面的研究工作。E-mail: jiangshk@cnooc.com.cn

表 1 勘探阶段划分标准

Table 1 Division standards for oil and gas exploration stages

勘探阶段	储量发现早期阶段	储量发现高峰阶段		储量发现萎缩阶段
		早期	晚期	
油气田发现数量及规模	初步突破, 发现少量油气田	大中型油气田发现高峰期	油气田规模逐渐减小	老油田滚动
勘探目标	含烃-区带评价	圈闭预探为主	油气藏评价	滚动勘探为主
探明程度	复杂盆地 <15% 简单盆地 <20%	15~35%	35~55%	>55%
探明速率	<1%	>1.5~2%	1%~1.5%	<1%
储量增长曲线形态	逐渐上升, 斜率平缓	快速上升, 斜率逐渐变大	较快上升, 斜率较大且逐渐减小	缓慢上升, 斜率逐渐趋于平缓
探井控制面积(km <sup>2</sup> /口)	>100	25~100	5~25	<5

(1) 勘探早期阶段

盆地处于早期或者区域勘探, 勘探取得初步突破, 发现少量油气田和个别较大油气田, 每口探井控制面积 > 100 km<sup>2</sup>, 储量增长曲线缓慢上升, 油气探明速率 < 1%, 多认为油气探明程度一般 < 15% 或 20%。

(2) 勘探高峰早期阶段

勘探思路较为成熟, 为大中型油气田发现的高峰期, 以预探目标为主, 每口探井控制面积介于 25~100 km<sup>2</sup>, 储量增长曲线表现为快速上升的特征, 该段曲线斜率较勘探早期阶段明显增大, 油气探明速率 > 1.5%~2.0%, 油气探明程度为 15%~35% 或 20%~40%。

(3) 勘探高峰晚期阶段

油气勘探思路成熟, 大中型油气田的数量逐渐减少, 发现的油气田规模逐渐减小, 勘探目标以油气藏评价为主, 每口探井控制面积 5~25 km<sup>2</sup>, 储量增长曲线仍然为较快上升, 但增速放缓为 35%~55% 或 40%~60%。

(4) 勘探萎缩阶段

为勘探高成熟阶段, 整体以滚动勘探为主, 每口探井控制面积 < 5 km<sup>2</sup>, 储量增长曲线上平缓, 探明速率 < 1%, 曲线斜率小于勘探高峰晚期阶段, 油气探明程度一般 > 55% 或 60%。

虽然勘探阶段划分的判断指标较多, 但多为定性指标, 可操作性不强。目前比较常用的方法是利用盆地油气探明程度来划分(图 1), 这种方法定量且直观, 但可靠程度受 2 方面制约: ①由于油气探明程度受资源量的制约, 而含油气盆地的资源量准确值难于获取, 且在不同阶段计算的资源量往往差异较大<sup>[7]</sup>, 即使在同一阶段, 由不同的资源评价方法计算的资源量也不相同, 从而导致探明程度不一致; ②不同勘探阶段探明程度虽然有较为明确的界限值, 但在不同地区, 由于勘探手段方法及策略的不

同, 勘探节奏往往差异较大, 这些界限值可能存在差异。如国外墨西哥湾中、西部浅水区油气勘探早期阶段、勘探高峰早期阶段和勘探高峰晚期阶段结束时, 油气探明程度分别为 8%、48% 和 58%, 而胜利油区则分别是 18%、37% 和 > 68%<sup>[8]</sup>。同样地, 诸如探明程度、探明速率和探井控制面积等指标的界限值并不适应于每个含油气盆地, 甚至不适应于同一个盆地的不同地区。

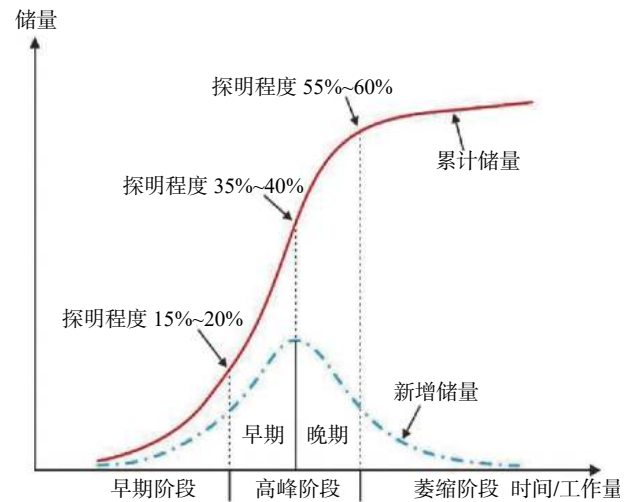


图 1 勘探阶段划分

Fig.1 Division of oil and gas exploration stages

勘探阶段划分的关键指标是储量增长曲线的形态, 勘探早期阶段储量增长曲线缓慢上升, 曲线斜率小且增长缓慢。在勘探高峰早期阶段, 随着大中型油气田的大规模发现, 储量增长曲线快速上升, 斜率急剧增加, 表现为高陡的“凹”形。在勘探高峰晚期阶段, 储量增长曲线上平缓, 斜率逐渐减小, 表现为“凸”形。在勘探萎缩勘探阶段, 储量增长曲线趋于平缓, 曲线斜率小, 逐渐接近水平。在勘探阶段划分的过程中, 应当以分析储量增长曲线的形态及斜率变化为核心, 多指标综合, 才能得出准确的结果。

## 2 渤海油田勘探阶段及其特征

渤海油田油气勘探早期开展航空磁测及地球物理勘探试验<sup>[9]</sup>,于1966年在西南部海域钻探第1口探井——海1井,成功地在新近系明化镇组获得工业油流<sup>[10]</sup>,由此拉开了渤海海域油气勘探的序幕。

在渤海油田早期油气探索阶段,我国海洋石油工业刚刚起步,资金、技术及海域第一手地质资料都严重缺乏,对海域的地质情况认识不清楚,勘探方向不明确,主要借鉴渤海湾盆地陆地油田的勘探经验,但整体勘探成效不理想,仅发现少数大中型油气田,探井控制面积 $>500\text{ km}^2/\text{口}$ ,油气探明程度 $<5\%$ ,储量增长缓慢,表现出勘探早期阶段的特征。自20世纪80年代以来,渤海油田执行对外合作与自营勘探并举的勘探方针,得益于地质资料的日益丰富、理论创新和新技术的应用以及探井工作量逐渐增加,发现了大批大中型油气田,储量持续高速增长,油气探明程度约为35%,呈现出勘探高峰早期阶段的特征。通过细致分析渤海油田储量增长曲线的形态(图2),综合勘探阶段划分的多项指标,认为渤海油田经历了勘探早期阶段和勘探高峰早期阶段,目前处于勘探高峰早期阶段。

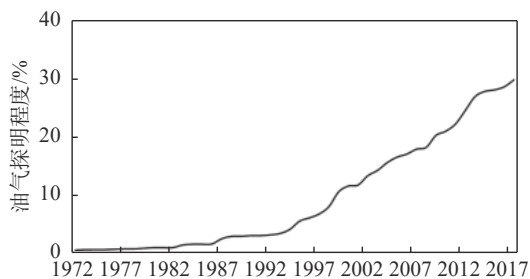


图2 渤海油田储量增长曲线形态

Fig.2 The reserve growth curve of the Bohai Oilfield

### 2.1 勘探早期阶段(1966—1991年)

渤海油田早期勘探阶段主要是经验借鉴的勘探阶段,主要包含2个勘探历程。

#### (1) 以凸起潜山为主的摸索时期

二维地震资料仅覆盖部分重点区域,且测网密度低,对海域的地质情况认识不清楚,勘探方向不明确。因此,该时期油气勘探的指导思想是借鉴渤海湾盆地陆地油田的勘探经验,尤其是任丘潜山大油田的发现,渤海油田确立了以新近系凸起和潜山为勘探领域的勘探思路。限于当时的技术手段和

地质认识,对潜山油气成藏规律认识不足,导致成效不理想,主要发现了埕北和锦州20-2等一批中小型油气田及含油气构造,没有较大的油气田发现,发现地质储量约3亿t,经济效益不佳。

#### (2) 以古近系为主的勘探时期

20世纪80年代开始,渤海湾盆地陆上胜利和辽河油田在古近系相继获得重要发现后,渤海油田转而借鉴其成功勘探经验,展开了以古近系为主的勘探,认为大型披覆背斜是油气大规模聚集的有利场所,并将古近系东营组大型三角洲作为重点勘探对象。同时,渤海油田积极执行对外合作与自营勘探并举的勘探方针,但多家外国公司在渤海海域进行了大规模的勘探投入,均无商业发现。虽然合作勘探总体成效不佳,却为渤海油田积累了丰富的地质资料,渤海海域大部分都有二维地震测网覆盖,重点地区实现了三维地震覆盖。合作勘探也为渤海油田自营勘探积累了丰富的勘探经验。在数字地震及小面积三维地震技术的运用下,自营勘探取得重要进展,陆续发现了绥中36-1和锦州9-3等油田,油气藏类型以潜山披覆大中型油田为主,发现地质储量超7亿t。

从勘探早期阶段的勘探历程可以看出,该阶段渤海油田以区带评价为主,仅发现少数几个大中型油气田。每年发现的 $>1000\text{ 万 t}$ 储量规模的构造数量只有1~2个。探井控制面积 $>200\text{ km}^2/\text{口}$ 。储量增长曲线缓慢上升,斜率小,油气探明程度仅为4%,年探明速率 $<0.2\%$ ,油气探明程度和探明速率都明显低于周边陆地油田。渤海油田勘探早期阶段持续了26年,仅钻探200余口探井,钻探圈闭80余个,圈闭地质成功率和商业成功率则分别达到了80%和40%,单井控制储量不到200万t。

### 2.2 勘探高峰早期阶段(1992年至今)

勘探早期阶段的勘探实践表明,简单借鉴陆地油田勘探经验,并不完全适合渤海油田的实际情况。为此,深入研究渤海海域石油地质条件,通过自主创新,渤海油田迎来了储量增长高速增长期,主要包括3个时期。

#### (1) 以新近系为主的勘探时期

在经验借鉴进行勘探的过程中,石油工作者逐步认识到渤海海域晚期构造活动强烈等特点,创新建立“晚期成藏理论”和“浅层油气运聚理论”,从而将勘探重点由潜山和古近系转向新近系,由此发现了秦皇岛32-6和渤中25-1等一大批新近系大中

型油气田, 累计发现石油地质储量超 18 亿 t, 掀起了新近系勘探的高潮。同时, 海上稠油油田的成功开发, 对凸起区新近系油气勘探也起到了积极的推动作用, 对渤海油田稠油勘探和开发都具有重要的意义。

### (2) 多层系立体勘探时期

随着凸起区勘探程度的增加, 新近系勘探难度越来越大, 勘探逐渐进入低潮, 需要转变思路。通过全面深入分析前期油气勘探积累的大量地质资料, 系统总结渤海海域石油地质条件和勘探成果, 认识到渤海海域活动断裂带分段、分期次的时空演化对油气成藏具有差异控制的作用, 创新提出活动断裂带油气差异富集理论, 从而确立了多层系立体勘探的策略。为此, 渤海油田提出了寻找规模型优质油气田的指导思想, 将勘探领域从凸起稳定区转向活动断裂带, 在区域研究、整体解剖的基础上, 应用联片三维地震资料和配套勘探技术, 开展多层系立体勘探, 成功发现了锦州 25-1 和蓬莱 9-1 等一批大中型高产优质油气田, 累计石油地质储量超 25 亿 t, 油气勘探达到新的高潮。

### (3) 精细勘探时期

渤海油田经过几十年的发展, 勘探程度不断提高, 构造圈闭越来越小且越来越破碎, 以简单的大型构造圈闭为主的勘探思路已经难以保证油田储量的稳定增长。渤海油田已进入精细勘探阶段<sup>[11]</sup>。在这种形势下, 需要不断利用新的物探技术, 精雕细刻, 把过去难以识别的构造识别出来, 还要把中小型破碎断块集成大中型目标, 形成横向叠置、纵向叠覆的新型大中型油气田。在这种思路的指导下, 发现了渤中 29-6 和渤中 36-1 等油田, 石油地质储量超过 7 亿 t。

渤海油田在勘探高峰早期阶段(1992 年至今)发现了 40 多个大中型油气田, 绝大部分大中型油气田都发现于这个阶段。该阶段每年发现的 >1 000 万 t 储量规模的构造数量多为 3~8 个, 多为 4~5 个。

勘探以预探目标为主, 比重达到 50%~75%, 每口探井控制面积约 50 km<sup>2</sup>。油气储量持续高速增长, 储量增长曲线陡峭, 斜率大, 油气探明程度约为 35%, 年探明速率接近 2%, 并且储量增长未出现明显放缓的迹象, 表明渤海油田目前仍处于储量高速增长阶段, 表现为勘探高峰早期阶段的特征——持续时间长、发现储量多, 并呈现多个增长高峰。第 1 个储量增长高峰期为 1992—2005 年, 大体相当于以新近系为主的勘探时期, 持续了 14 年, 共钻探井 280 余口, 钻探圈闭 110 余个, 圈闭地质成功率和商业成功率分别达到 80% 和 37%, 每口探井控制面积约 100~200 km<sup>2</sup>, 单井控制储量超过 700 万 t, 年均探明速率为 1.3%。第 2 个储量增长高峰期为 2006—2014 年, 大体对应多层系立体勘探时期, 持续了 9 年, 共钻探井 370 余口, 钻探圈闭 120 余个, 圈闭地质成功率和商业成功率分别达到 75% 和 35%, 每口探井控制面积约 50~100 km<sup>2</sup>, 单井控制储量约为 400 万 t, 年均探明率为 1.6%, 大于第 1 个增长高峰期的探明率, 反映了储量增速进一步加快。第 3 个储量增长高峰期为 2015 年至今, 大体对应着精细勘探阶段, 每口探井控制面积 <50 km<sup>2</sup>, 单井控制储量约为 393 万 t, 年均探明率为 1.7%, 高于第 2 个增长高峰期。这表明, 虽然近年来渤海油田勘探难度越来越大, 但储量仍在以更快的速度增长, 并未呈现放缓的迹象, 也就是说渤海油田储量增长并未进入勘探阶段晚期, 未来储量仍将维持高速增长的趋势。

需要指出的是, 由于钻井技术及资金投入等因素, 渤海油田每年钻探的探井都较少, 尤其是勘探早期阶段, 平均每年探井不到 10 口。这种相对慢节奏的勘探, 造成渤海油田油气探明速率明显低于周边陆地油田。近年来, 渤海油田每年新增探井数呈快速增多的趋势, 勘探节奏越来越快, 面临的问题越来越复杂, 未来储量增长可能会呈现新的特征。总结渤海油田各个勘探阶段的主要特征见表 2。

表 2 渤海油田各个勘探阶段的主要特征

Table 2 The main characteristics of oil and gas exploration stages

勘探阶段	储量发现早期阶段	储量发现高峰阶段早期		
		第1个增长高峰期	第2个增长高峰期	第3个增长高峰期
年代	1966—1991年	1992—2005年	2006—2014年	2015年至今
探明程度/%	≤4	4~20	20~33	>33
年探明速率/%	<0.2	1.3	1.6	1.7
探井控制面积/(km <sup>2</sup> /口)	>200	100~200	100~50	<50

### 3 储量增长潜力分析

国内外近海油气含油气盆地及渤海湾盆地陆上油田的勘探实践表明<sup>[7]</sup>,勘探高峰阶段结束时油气勘探程度可达56%~80%以上。渤海油田目前整体处于勘探高峰早期阶段,探明程度仅为35%,渤海海域油气资源基础雄厚,油气勘探仍具有很大的潜力,储量仍将高速增长。

渤海湾盆地陆上油田以济阳坳陷勘探程度最高。在前30多年,济阳坳陷基本都是围绕着构造油气藏开展勘探,发现了一批大中型油气田,实现了储量的快速增长。从20世纪90年代中期开始,随着构造油气藏勘探程度的不断提高,济阳坳陷油气勘探的难度不断增加。为了实现储量的持续增长,济阳坳陷及时将勘探的重点转向隐蔽油气藏和特殊油气藏,通过地质理论创新,深入研究油气成藏规律,积极拓宽勘探领域,形成了适应砂砾岩隐蔽油气藏、潜山油气藏和火成岩油气藏勘探的技术系列,促进了济阳坳陷储量持续稳定增长。济阳坳陷在进行隐蔽油气藏勘探之前面临的问题,与渤海油田目前面临的情况非常相似,因此要坚定信心,渤海油田面临的困难只是暂时的,通过科技创新可以实现储量的持续稳定增长<sup>[12-13]</sup>。

渤海油田油气勘探存在着勘探程度非常不均衡的问题,不同地区、不同层位、不同埋深其勘探程度存在较大的差异。已发现油气地质储量构成表明(图3),渤海油田约78%的储量分布在浅层(埋深<2000 m),13%的储量分布在中层(埋深介于2000~3500 m),9%的储量分布在深层(埋深>3500 m)。目前,渤海油田油气勘探主要集中在浅层,中-深层发现的储量较少,表明不同深度油气勘探程度差异较大。勘探程度的不均衡性蕴藏着巨大的勘探潜

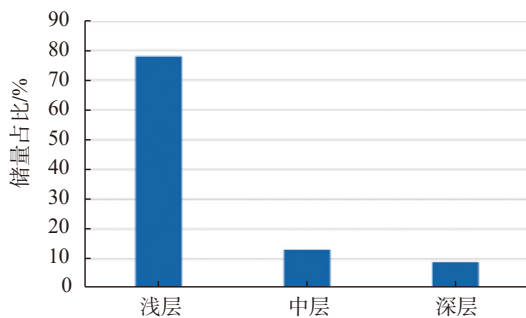


图3 渤海油田油气地质储量构成

Fig.3 The composition of oil and gas reserves of Bohai Oilfield

力。不同深度油气储量将呈现不同的增长特征,对其勘探应该采取不同的思路。

#### 3.1 浅层油气勘探

渤海油田浅层油气探明程度约为38%,略高于渤海油田35%的探明程度,其勘探阶段与渤海油田整体所处的勘探阶段应该是一致的,即处于勘探高峰阶段前期。近年来渤海油田浅层发现大中型油气田的难度越来越大,反映了浅层可能处于由勘探阶段高峰期早期向晚期转变的过渡期,在未来不长的时间浅层可能进入勘探高峰晚期阶段。

根据勘探高峰阶段储量增长的特征,浅层发现的油气田规模将由大中型油气田为主转为中小型油气田为主,勘探目标将由预探目标为主转为油气藏评价甚至滚动勘探为主,储量仍将高速增长,但增长速率将逐渐回落。浅层油气勘探技术成熟,成功率高,钻井周期短,勘探成本相对较低,通过增加探井工作量能有效促进储量快速增长。浅层勘探将是渤海油田未来较长时间储量增长的主要途径。

浅层油气勘探在寻找大中型油气田的同时,应该加强中小型目标的勘探,加强滚动勘探,以勘探开发一体化带动油田周边勘探和油田内部挖潜。在低勘探程度区,继续坚持以构造圈闭为主进行勘探,而在勘探程度较高的地区,勘探目标则要由构造圈闭逐渐过渡到隐蔽圈闭。根据周边陆地油田的勘探经验,隐蔽油气藏是勘探程度较高的地区储量增长的最重要领域,应该加强浅层岩性圈闭和复合圈闭等隐蔽油气藏的勘探,并进行科技攻关,解决地层、岩性圈闭刻画难度大、砂体连通性识别难、优质储层分布不清、成藏主控因素不明等难题。明化镇组岩性油气藏、馆陶组隐蔽圈闭和浅层沙一二段构造-岩性油气藏是浅层隐蔽油气藏勘探的主要目标,勘探潜力大。

#### 3.2 中-深层油气勘探

随着浅层油气勘探的难度逐渐增大,渤海油田进入精细化勘探时期。由于海域勘探成本相对较高,对储量规模有一定的要求,因此太小的圈闭不具备勘探价值,海域勘探现阶段仍需以寻找大中型油气田为主。中-深层油气资源潜力大,探程度较低,将成为渤海油田油气储量增长的接替领域。近年来渤海油田中-深层勘探也取得了重大突破,发现了渤中19-6、渤中13-1南等大中型油气田<sup>[14]</sup>,展示

出巨大的勘探潜力。

目前, 中层和深层油气探明程度分别约为 28% 和 25%, 远低于浅层勘探程度。中层钻遇含油气藏圈闭超百个, 但大部分规模较小, 发现的大中型油气田数量较少。造成这种现象的原因可能是由于很多中层圈闭是浅层圈闭的兼探目标, 不是主要勘探层系。深层仅钻探少数圈闭, 但发现了渤中 19-6、秦皇岛 29-2 东等大中型油气田。中-深层勘探程度较低、探井控制面积大、以预探目标为主、储量发现以大中型油气田为主, 整体表现出勘探高峰早期阶段前期的特征。从储量增长趋势来看, 在持续投入探井工作量的情况下, 中-深层储量将会快速增长, 且以大中型油田发现为主。

由于中-深层油气勘探钻井成本和经济门槛较高, 对油气藏规模要求更高, 油气勘探应该以寻找大中型油气田为主要目标。同时, 中-深层面临的也面临着很大困难, 包括复杂构造演化背景下潜山储层发育机制不明、古近系优质储层的发育规律不清、中-深层地震资料品质差、高温高压环境下钻井难度大等难题<sup>[15-16]</sup>, 需要精细沉积与储层研究、提高钻井成功率、降低钻井成本, 以技术进步和理论创新推动中-深层油气勘探, 实现渤海油田储量持续稳定增长。

## 4 结束语

渤海油田历经 60 余年勘探, 经历了以新近系凸起和潜山为主的摸索阶段、以古近系为主的勘探阶段、以新近系为主的勘探阶段和多层系立体勘探阶段, 目前处于精细勘探阶段。渤海油田勘探早期阶段由于资金投入和技术等原因, 每年投入的探井工作量非常少, 发现的油气田数量和储量都较少; 渤海油田目前处于勘探高峰早期阶段, 储量增长并未呈现放缓的迹象, 储量仍将持续高速增长。虽然浅层是目前渤海油田储量增长的主力深度, 但发现

大中型油气田的难度越来越大, 未来储量发现将会以中小型油气田为主, 应该加强滚动勘探和隐蔽油气藏勘探。渤海油田未来新的储量增长点将是中-深层, 且将以大中型油气田发现为主, 但需要攻克中深层地震品质及储层预测技术。

### 参考文献:

- [1] 薛永安, 韦阿娟, 彭靖淞, 等. 渤海湾盆地渤海海域大中型油田成藏模式和规律[J]. 中国海上油气, 2016, 28(3): 10-19.
- [2] 刘小平, 周心怀, 吕修祥, 等. 渤海海域油气分布特征及主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 497-509.
- [3] 牛成民, 陈国成. 科技创新支撑渤海油田高质量发展[J]. 海洋地质前沿, 2020, 36(11): 1-1.
- [4] 钱基, 韩征. 渤海湾盆地与苏北盆地勘探潜力对比研究[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(1): 15-18.
- [5] 翟中喜, 白振瑞. 渤海湾盆地石油储量增长规律及潜力分析[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 88-94.
- [6] 查全衡, 何文渊. 中国东部油气区的资源潜力[J]. 石油学报, 2003, 24(5): 1-9.
- [7] 杨万芹. 济阳拗陷石油资源勘探潜力及增储领域分析[J]. 中国石油勘探, 2010, 15(4): 36-39.
- [8] 张宽. 国内外近海含油气盆地储量发现阶段实例分析及规律性认识[J]. 中国海上油气, 2010, 22(3): 143-154.
- [9] 钟锴, 朱伟林, 薛永安, 等. 渤海海域盆地石油地质条件与大中型油气田分布特征[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(1): 92-100.
- [10] 许红, 蔡瑛. 渤海海域油气勘探进展与前景展望[J]. 海洋地质动态, 2007, 23(5): 26-29.
- [11] 薛永安. 精细勘探背景下渤海油田勘探新思路与新进展[J]. 中国海上油气, 2017, 29(2): 1-8.
- [12] 潘元林. 从济阳拗陷石油储量 20 年持续高速增长看老区勘探[J]. 当代石油化工, 2005, 13(7): 21-26.
- [13] 郭元岭, 赵乐强, 石红霞, 等. 济阳拗陷探明石油地质储量特点分析[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(33): 33-36.
- [14] 徐长贵, 于海波, 王军, 等. 渤海海域渤中 19-6 大型凝析气田形成条件与成藏特征[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(1): 25-37.
- [15] 宛良伟, 官大勇, 李晓辉, 等. 辽东湾地区沙二段差异富砂类型及地震响应特征[J]. 海洋地质前沿, 2020, 36(6): 36-44.
- [16] 杜晓峰, 牛成民, 彭文绪, 等. 渤海海域歧南断阶带古近系沉积体系及控制因素[J]. 海洋地质前沿, 2010, 26(8): 1-7.

## Oil and gas exploration stage and potential of reserve growth of the Bohai Oilfield

JIANG Shangkun, WANG Deying, SUN Zhe, PENG Jingsong, ZHAO Dijiang

(Tianjin Branch of CNOOC (China)Ltd., Tianjin 300459, China)

**Abstract:** In the past 20 years, a great number of large and medium-sized oil and gas fields have been discovered in the Bohai Oilfield and the reserve growth rate is quite high. However, in recent years, oil and gas exploration there is faced with difficulties and challenges. The determination of exploration stage is of critical significance to oil and gas exploration. The characteristics and status of reserves growth are different in different exploration stages, and so are the exploration strategies and methods. Upon the basis of previous researches, this paper comprehensively analyzed the number of large and medium-sized oil and gas fields, the degree of oil and gas exploration, the proven rate, the controlled area of exploration wells, and the reserve growth curve and its variation in the Bohai Sea. It is found that the Bohai oilfield is remained in the early stage of an exploration peak. The reserves of Bohai oilfield will still maintain a rapid growth trend in a period. However, the reserves growth in the shallow, middle and deep layers might be quite different in characteristics. In addition to continuously looking for large and medium-sized oilfields, the rolling exploration of surrounding oilfields and subtle reservoirs should be strengthened for the shallow oil and gas fields, which have a relatively high exploration degree and remain in the exploration peak stage, or will enter the late stage of the exploration peak in the near future. However, the exploration degree for middle and deep oil and gas remains relatively low, and is still in the early stage of the exploration peak, the reserves will rapidly increase in the future. They are the main fields to retain the sustainable high-speed growth of reserves in the Bohai oilfields. We should still take large and medium-sized oil and gas fields as the main exploration targets by improving the exploration success rate with new theory and new technology.

**Key words:** exploration stage; proved degree; reserve growth; Bohai Sea area; Bohai Oilfield