

中国石油未来油气勘探重点领域分析

薛良清 董大忠 李小地 杨 涛 张光亚

袁选俊 张映红 张宝民 贾进华

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘 要 根据近年来的研究认识与勘探成果分析, 未来几年中国石油油气勘探主要集中于如下五大重点领域: 大面积低渗透岩性油气藏、成熟区复杂隐蔽油气藏、前陆盆地复杂构造油气藏、海相碳酸盐岩油气藏和渤海湾滩海第三系油气藏。

关键词 中国石油 油气勘探 重点领域

经过几代勘探工作者的不懈努力, 我国陆上主要含油气盆地的勘探取得了令人瞩目的成就, 主要勘探目的层系已进入油气勘探的相对成熟阶段, 未来油气勘探的重点主要集中于大面积低渗透岩性油气藏勘探、成熟区复杂隐蔽油气藏勘探、前陆盆地复杂构造油气藏勘探、海相碳酸盐岩油气藏勘探和渤海湾滩海第三系油气藏勘探。

1 大面积低渗透岩性油气藏

自“八五”以来, 低渗透岩性油气藏勘探成为股份公司储量增长的主体, 年增储量中低渗透储量一般占新增储量的41%~54%。“九五”期间, 低渗透储量所占比例增加到45%~60%。2001年新增储量中, 低渗透储量仍占重要地位。

通过近年来对大面积低渗透岩性油气藏勘探成果的系统总结和研究, 对其成藏条件和规律有了较为清楚的认识。

(1) 坳陷型盆地是地层岩性油气藏发育的主要盆地类型, 大型三角洲前缘砂体是岩性油气藏发育的有利相带。

大面积低渗透岩性油气藏实际上是在一定构造背景下的岩性油气藏群, 主要分布在大型坳陷型湖盆的

三角洲前缘或半深湖相区。这种油气藏表现为多套薄互含油气砂层在平面上叠合连片, 显示出储量面积大、储量丰度低、储层渗透率低、单井产量低的特征。

松辽盆地白垩系和鄂尔多斯盆地中生界发育大型坳陷型盆地湖相沉积, 湖盆宽缓、水面广, 发育多个大型三角洲沉积体系, 为大面积岩性油气藏的形成提供了良好的基础。松辽盆地青山口组大型湖泊三角洲前缘相控制了高台子油层的岩性油藏在平面上和纵向上的分布。姚家组一段低位三角洲前缘相带由盆地内部向外逐渐扩展, 从而使前缘相带砂体在平面上大面积分布, 形成了葡萄花油层的岩性油藏在平面上的大连片。姚二、三段水进型三角洲沉积体系的发育决定了其在三角洲前缘相带更有利于萨尔图岩性油藏的形成。青一段和嫩江组的湖侵泥岩构成了萨葡高油层的区域顶底板条件, 是萨葡高油层成为盆地中主要含油组合, 萨喇杏油田均属于此组合。鄂尔多斯盆地在三叠纪时多期三角洲叠合发育, 形成志靖—安塞、盐定、陇东和富县—黄陵等大型三角洲。这些三角洲砂体厚度大、分布面积广、后期构造变形微弱, 从而形成了大面积分布的岩性油藏。根据勘探成果和石油地质条件综合分析, 其三角洲前缘主砂带油气最富集而且易于形成高产。

(2) 优质主砂带油气富集、单井产量高。

勘探结果表明,平缓的拗陷湖盆内发育的大面积岩性油气聚集虽然从聚集总量来说数量可以很大,但因孔渗条件限制,加之油水分异不充分与油柱高度不够大,总体聚集呈低丰度。只有在一些特殊条件下,才有可能形成孔渗条件较好、丰度较高的储量区块。大型三角洲体系中的水下分流河道和河口坝砂体是最好的储集体,形成石油聚集后往往丰度高、产量高。

(3) 鼻状构造、裂缝带、构造背景与三角洲前缘砂体叠合区是大面积岩性油藏中主要油气富集区。

近年来的勘探和研究表明,直接伸入生油拗陷内部鼻状构造、低孔低渗砂体中发育的裂缝带、大坡度斜坡背景上分布的主砂带以及有一定起伏背景的断层—岩性圈闭中形成油气富集区块,使低丰度背景下的大面积岩性油气藏贫中有富,这类目标单井日产与储量丰度相对较高,储量的经济性也比较好。

大面积低渗透岩性油气藏勘探的重点地区为松辽盆地长垣两侧的白垩系地层—岩性油藏、鄂尔多斯盆地中生界地层—岩性油藏、准噶尔盆地腹部中生界地层—岩性油藏和川中侏罗系低渗透油藏,预计为 $(9 \sim 14) \times 10^8 \text{ t}$ 的储量规模。

2 成熟区复杂隐蔽油气藏

我国东部的含油气盆地勘探程度相对较高,特别是渤海湾盆地,钻探程度已达每 100 km^2 有8.58口探井,已与美国的勘探程度相当。成熟区的储量增长主要依赖于复杂小断块勘探与复杂岩性体勘探。

2.1 复杂小断块勘探

渤海湾盆地陆上是我国油气勘探高成熟地区之一,经过几十年的勘探,目前盆地的勘探目标由大变小,由简单到复杂,步入以复杂小断块为对象的持续滚动勘探阶段。虽然勘探难度逐渐加大、勘探目标日益复杂,但是,90年代以来,通过加强对渤海湾复式油气聚集带、老井、老资料的重新认识、三维地震的广泛应用及各项新技术、新方法的普及,渤海湾老油区每年仍然能够新增探明石油地质储量 $1 \times 10^8 \text{ t}$ 以

上,其中复杂断块油气藏新增储量在 $2000 \times 10^4 \text{ t}$ 以上,并具有较好勘探效益。

复杂小断块勘探主要集中于富油气凹陷中的二级构造带。富油气凹陷是资源丰度大于 $10 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 的含油气凹陷。在渤海湾探区,中油股份公司拥有探矿权的富油气凹陷有辽河西部凹陷、大民屯凹陷,大港的歧口、板桥、沧州—南皮,冀东的南堡,冀中的霸县、饶阳和深县—束鹿等10个凹陷,盆地资源的90%以上、探明储量的96%以上都集中分布在这些富油气凹陷中。富油气凹陷中多套优质生储盖组合、多种圈闭类型使油气藏纵向叠合、平面连片、储量丰度、单井产量都很高,特别是富油气凹陷中的二级构造带,是进一步精细勘探的主要区带。虽然经过几十年的勘探,二级构造带的主体勘探程度已经比较高,但同样存在较大勘探潜力,特别是二级构造带的翼部勘探程度低,勘探潜力很大。2001年辽河探区在东部凹陷中央背斜带中段、西部凹陷的下台阶构造带的勘探都取得明显效果,成为新增探明储量的主要区域;大港探区在官东背斜南北两翼的多个断鼻圈闭上钻探,形成一个新的千万吨级勘探场面。此外,这些富油气区带的深层和上第三系浅层还是储量增长的新层系。渤海湾盆地二级构造带以断裂构造带为主要特征,断层沟通了深、中、浅层油源,形成上、中、下三套储盖组合、多层含油的格局。以往的勘探主要是沙河街组中下部的中部组合,因此,浅层沙一以上和深层的勘探程度相对较低,通过近几年的一些勘探成果和综合石油地质研究发现,这两套组合的成油地质条件也非常好,勘探前景乐观,理应成为精细勘探的主要层系。

2.2 复杂岩性体勘探

高成熟区的另一种重要勘探对象是复杂岩性体的勘探。随着认识深化和技术进步,含油气盆地中广泛分布的复杂岩性体逐渐成为油气勘探对象。复杂岩性体包括砂砾岩体、火山岩体等。

80年代以来,在渤海湾盆地富油气凹陷的陡坡带、缓坡带、盆地中央洼陷带先后发现了砂砾岩体为聚油单元的油气藏,如在冀中探区廊固凹陷中的大兴

断裂下降盘发现的沙三段水下扇砾岩体油藏,在辽河大民屯凹陷荣胜堡洼陷西北斜坡发现的沈161块沙三段扇三角洲砂砾岩体油藏,西部凹陷东陡坡带台安一大洼断裂带、雷家—冷东沙三段和沙一、二段找到的近源扇三角洲砂砾岩体油藏,在黄骅坳陷歧口凹陷北侧找到的深水密度流水道砂砾岩体油藏,孔店凸起南侧发现的枣园—小集复合冲积扇砂砾岩体油藏等。这些砂砾岩体油藏不仅可以与构造配合形成构造油气藏,而且可以在陡坡带或缓坡带内与断层、剥蚀(侵蚀不整合)、地层超覆和岩性尖灭等多种地质因素配合,形成多种类型复合的油气聚集带。由于这套复杂岩性体油气藏的勘探技术不断完善,对其成藏机理分布规律的认识不断深化,使得复杂岩性体油藏的勘探领域也不断拓展。2001年华北油田分公司成功应用这套技术与认识,在二连盆地巴音都兰凹陷发现了宝力格岩性油田,在乌里雅斯太凹陷南洼找到了砾岩体油藏,在饶阳凹陷大王庄岩性油藏勘探中取得新成果。

另一种复杂岩性体油藏是火山岩为储层的油藏,渤海湾盆地第三系火山作用强烈,伴随盆地发育的各个阶段都有不同程度的火山活动,形成了大面积的火山岩分布。渤海湾盆地钻遇火山岩探井达千口以上,其中获工业性油流井达百口。欧利坨子火山岩油藏勘探是近年火山岩勘探和研究的一个重点地区。欧利坨子位于辽河探区东部凹陷中段,南与热河台、北与大湾相毗邻。受东部凹陷火山活动背景的影响,欧利坨子地区主要有房身泡—沙四及沙三下两套火山岩。其中沙三下火山岩夹于沙三段生油岩之间,还有沙二段、东营组等两套生油岩覆于其上,火山岩中原生及次生储集空间发育,具有良好的成藏条件。欧利坨子火山岩油藏为裂缝—混合孔隙型油藏,油藏埋深一般小于2400m,岩性以火山碎屑岩为主,部分为火山熔岩。储集空间主要为因机械压实及胶结作用而缩小的原生孔隙及因酸性地层水作用而形成的次生孔隙,在断层附近还有因断层活动而形成的裂缝(隙)。1997年欧26井在沙三下火山岩发现油气显示并获得了日产油56t的工业油流,迄今,欧利坨子火山岩油藏已探明含油面积4.3km²,提交探明储量763×10⁴t。

2.3 主要勘探领域

断块油藏是渤海湾盆地最主要的油藏类型,其油气地质储量和产量均占有主导地位。随着科技手段的不断提高,仍可不断地发现新断块、新类型与新层系的“三新”勘探领域。

(1) 复杂断裂构造带中隐蔽的复杂断块、小断块。这些新断块包括复杂构造中未探明储量的新断块和新层系的新断块。包括下为逆断层上为正断层型断块和下正上逆型和薄砂层与交叉断层形成小复杂断块等。它们多分布在基底、盖层构造复杂,地震资料较差的局部构造结合部位。还有一些层间低幅度的小构造,包括小背斜、小断鼻和小断块等。

(2) 复杂断块中的新类型,指那些在复杂断块背景上,断层与陡岸砂砾岩体、湖底扇、河道砂、滩坝砂等构成的复合型复杂断块圈闭、各种小断块型潜山、小火山岩体、生物鲕滩以及各种裂缝性储层与复杂断块形成的复合油藏。它们分布在构造侧翼斜坡、洼陷斜坡部位,圈闭形态各异,分布不稳定,勘探难度较大。

(3) 主力含油气层系外的新层系,包括其上的浅层复杂断块,其下的深层复杂断块。深层是指目标埋藏深度超过3500m的包括沙三下、沙四—孔店组、中生界、上、下古生界和前古生界等层系。

通过评价分析,以下地区值得重视,即辽河探区西部凹陷西斜坡曙光、欢喜岭地区,冷家堡、兴隆台及双南、双台子,东部凹陷的新开、欧利坨子及茨榆坨等目标区;大港探区的北大港、三马地区、板桥、孔店、新村—炮台—塘沽等区块;华北探区的晋县凹陷中南部地区、文安斜坡,饶南地区皇甫村及杨武寨等区块;冀东探区高尚堡、柳赞和老爷庙等区块。

3 前陆盆地复杂构造油气藏

前陆盆地在我国主要分布于中西部地区,是中西部盆地极为重要的组成部分。这些前陆盆地主要有:川西龙门山、鄂尔多斯西缘、柴北缘、柴西南缘、祁连山北缘、准噶尔西北缘、准噶尔南缘、台北缘(博

格达山前)、库车、塔西南昆仑山前和喀什凹陷北缘等。我国前陆盆地油气资源丰富,油气勘探不断取得突破和发现。仅在柴达木盆地、准噶尔西北缘、准噶尔南缘、吐哈、库车、塔西南等几个前陆盆地,石油资源量就达到 $100 \times 10^8 \text{t}$ 以上,天然气资源量 $6.2 \times 10^{12} \text{m}^3$ 以上,分别占中西部油、气总资源量的 36% 和 28% 以上。迄今,已在柴达木盆地、准噶尔西北缘、准噶尔南缘、吐哈、库车、塔西南等几个前陆盆地,发现克拉玛依、卡因迪克、吐谷鲁、柯克亚等油田和克拉 2、呼图壁等气田,累计探明石油地质储量约为 $20 \times 10^8 \text{t}$,天然气地质储量 $6000 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上。但勘探程度总体上仍然很低,勘探潜力很大。

2001 年,前陆盆地的勘探在库车前陆盆地秋里塔克构造带迪那 1、2 号构造、却勒 1 号构造第三系油气勘探取得重要发现,塔西南前陆盆地喀什凹陷北缘阿克 1 井白垩系获高产气流和川西前陆盆地浅层气的勘探又有新的突破,不仅进一步扩大了前陆盆地的勘探成果,展现了中西部前陆盆地良好的勘探前景,而且也深化了前陆盆地的油气勘探认识,提升了前陆盆地的油气勘探技术水平。

(1) 中西部前陆盆地结构复杂,成藏条件优越。

中西部发育的库车、塔西南、准噶尔西北缘、准噶尔南缘、柴达木北缘、西南缘、吐哈北部、川西、鄂尔多斯西缘等前陆盆地主要为中生代前陆盆地,属于一种非典型的前陆盆地。这些前陆盆地具有多旋回叠合特征,一般由 2~3 层结构组成,即中生代(— P_2 晚期)陆相前陆盆地、前前陆盆地和后前陆盆地(新生代再生前陆盆地)三大阶段。晚期再生性显著,构造变形复杂,平面上分区分带、垂向分层的特征明显,往往形成多套生储盖组合。烃源岩以陆相为主,厚度大、有机质丰度高,普遍进入高一过成熟阶段。储层以河湖相砂岩为主,储集条件以中等—差为主。油气主要受上侏罗统和下第三系两套区域性盖层控制,盖层条件中等—好。

(2) 前陆盆地含煤岩系烃源岩既富气也富油,烃类相态主要受成熟度控制,具有巨大的油气勘探潜力。

中西部前陆盆地油气藏相态,除受主力烃源岩类

型控制外,在很大程度上受烃源岩演化程度控制。从中西部前陆盆地资源量的统计看,是既富油也富气。总体上,这些烃源岩是倾气型的,但在生烃早期也可形成大量的石油(包括凝析油)。喜山晚期,强烈的构造运动引起的褶皱—冲断作用,形成大量圈闭,与生烃高峰期匹配,是重要的成藏期,有助于“大气晚成”,而不是过去认为的仅对油气藏起破坏作用。

油气藏成藏关键时刻可分为两种类型:受烃源岩生烃高峰控制的原生油气藏和受后期断裂活动控制的次生油气藏。喜山晚期是诸多烃源岩生烃达到高峰阶段的时期,是主要的成藏期。对于早期形成的油气藏,喜山晚期运动可使之调整或破坏。

(3) 前陆冲断带是前陆盆地主要油气勘探领域。

前陆冲断带是前陆盆地的主要勘探领域,依据其油源条件、冲断带形成期与主成藏期匹配关系、构造样式、是否发育油源断层、封盖层性质及发育程度、晚期断裂活动强度等,可将该带油气潜力分为三类:

① 烃源岩落实,资源丰富,冲断带主要活动期早于或相当于主要成藏期,发育膏盐岩等优质盖层,与被动顶板双重构造有关的断弯背斜圈闭发育,油源断层发育,成藏期晚,或圈闭与叠瓦逆冲断层有关但后期被埋藏,油气保存条件好,该类前陆冲断带勘探前景最好,主要有库车、塔西南昆仑山前、淮南、准西北缘冲断带。

② 油气源丰富,成藏期晚且与主变形期匹配,盖层为泥岩,圈闭样式以基底卷入型反转构造为主。这种类型的前陆冲断带的勘探前景为较好—好,主要有柴达木北缘、柴西南缘、台北缘褶皱冲断带。

③ 具备油源条件,成藏早,后期有抬升作用改造。圈闭主要与叠瓦逆冲断层等有关,盖层以泥岩为主,圈闭和保存条件较差。属于此类型的前陆冲断带,油气勘探前景一般较差。

通过对中西部前陆盆地及其褶皱—逆冲断层带油气地质条件的对比分析,除了正在集中勘探的库车地区外,准噶尔南缘、塔里木西南缘、准噶尔西北缘、柴西南缘、川西、柴北缘等领域也是进一步勘探的重点领域。

4 海相碳酸盐岩油气藏

我国海相碳酸盐岩拥有全国油气剩余资源量的70%, 具有分布面积广、厚度大的特点, 总面积达 $344 \times 10^4 \text{ km}^2$, 厚度最大可达万米。中油股份公司海相碳酸盐岩勘探领域集中分布在塔里木盆地台盆区、渤海湾盆地、鄂尔多斯盆地的下古生界及四川盆地的古生界和中生界。这些勘探领域由于其资源规模较大, 占据重要的勘探地位, 一直是地质家和勘探家们期望实现大规模突破的重要勘探领域。近年来, 由于认识的深化, 技术手段的提高, 碳酸盐岩油气藏的勘探正步入新的发现阶段, 勘探不断取得突破, 加速了碳酸盐岩的油气勘探步伐。碳酸盐岩油气成藏认识的深化, 带动了勘探领域的扩展。

(1) 烃源岩老、成藏时间早、晚期保存是成藏重要条件。

我国海相碳酸盐岩多处于复杂叠合盆地的下构造层, 经历的构造运动期次多, 由此导致其埋藏史、热史、生烃史、运聚成藏史非常复杂, 现今油气藏埋深普遍较大, 圈闭类型复杂多样, 大中型圈闭多以岩性圈闭和内幕断裂—背斜构造圈闭为主。油气藏的流体类型塔里木盆地以油和气为特征, 四川和鄂尔多斯盆地均以气为主。

(2) 风化壳型油气藏仍为重要的勘探领域。

该类油气藏与古隆起上的风化壳有关, 主要发育在古潜山面以下50m或更深的范围内, 其分布与现今局部构造无关, 既可形成大型的、也可形成小型的地层—岩性圈闭油气藏, 如塔里木的轮南、塔河奥陶系油藏、塔中及巴楚地区(塔中1井、山1井、和田河等)以及鄂尔多斯盆地奥陶系风化壳气藏。

这种油气藏储集空间以晚期裂缝及由裂缝所沟通的溶孔和溶洞储集体为特征, 储集体内部缝、孔、洞相互连通, 形态呈准层状或鸡窝状, 非均质性强, 其产能的高低和产量的稳定主要取决于构成风化壳的碳酸盐岩是否具有高的基质孔隙。一般而言, 具有高的基质孔(如粒间孔、晶间孔)碳酸盐岩构成的风化壳储层, 如塔里木盆地牙哈301井寒武系白云岩油藏,

具有高的产能且能稳产。

(3) 内幕孔隙型或裂缝—孔隙型油气藏应成为今后勘探的主攻方向。

这类油气藏分布一般在碳酸盐岩内幕, 呈层状、似层状分布, 油气藏规模大、产能稳定, 是迄今为止所发现的最好的碳酸盐岩油气藏类型, 如四川盆地三叠系和石炭系油气藏。内幕孔隙型或裂缝—孔隙型油气藏的储集空间主要是颗粒灰岩、粒屑灰岩的残余粒间孔、粒间溶孔和白云岩晶间孔等基质孔隙, 并叠加有构造裂缝、溶缝或溶蚀孔洞, 从而构成碳酸盐岩中最好的储集空间和渗滤通道。

事实上, 自任丘古潜山油田发现以来, 人们重视的多是碳酸盐岩风化壳油气藏和裂缝型油气藏, 而对碳酸盐岩内幕孔隙型油气藏认识不足或重视不够。近年来的勘探实践表明, 四川盆地石炭系、三叠系为以内幕孔隙型为主的油气藏。因此, 寻找、发现和预测层位稳定的孔隙型储层, 应成为今后的研究重点和勘探重点, 这对于在碳酸盐岩中尽快发现高产稳产井和大油气田、增加优质储量和提高勘探效益具有重要意义。

(4) 深埋藏溶蚀碳酸盐岩油气藏值得进一步探索。

深埋藏溶蚀型碳酸盐岩油气藏往往沿断裂呈带状或串珠状分布, 主要发育在断裂交点、拐点部位, 油气藏规模大小受断裂规模、与断裂带的远近及深部溶蚀作用强弱控制, 如塔中44井、塔中45井奥陶系等油气藏。深埋藏溶蚀型油气藏的形成机理较复杂, 除与深部溶蚀作用有关外, 还可与深部热流作用有关, 其特征是不受地下潜水面控制, 断裂断多深, 溶蚀作用就发育多深, 且纵向上没有垂直渗流带、水平潜流带和深部停滞带的分异。

深埋藏溶蚀型油气藏的储集体的岩石类型可以是台地边缘礁、滩相灰岩, 如塔中I号断裂带的塔中44、塔中45井奥陶系油藏; 也可以是晚期高位体系域和陆棚边缘体系域局限海台地相针孔白云岩, 如塔中162井下奥陶统白云岩气藏。从沉积相分析, 这些储集体主要为台地边缘相的泥质灰岩、泥晶灰岩、砂质灰岩和砾屑灰岩, 孔隙度0.25%~9.67%, 平均3.1%, 渗透率较低。台缘滩相以淘洗干净的砂屑和鲕粒灰岩

为主,原生粒间孔已被后期成岩改造,现今孔隙度1.52%~2.68%,渗透率小于 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

根据中国碳酸盐岩发育具有厚度大、埋藏深、处于叠合盆地的下构造层这一实际地质情况,预测深埋藏溶蚀型油气藏可能是分布最广的碳酸盐岩油气藏。尽管目前发现的油气藏均为小型油气藏,但不排除存在规模较大的油气藏的可能,因而是值得进一步探索的领域。

(5) 裂缝型油气藏应谨慎勘探。

裂缝型油气藏的规模一般较小,其产能的高低主要与裂缝的数量、产状、规模及连通程度有关,裂缝型油气藏以四川盆地川南二叠系气藏最为典型,在塔里木盆地也有分布。裂缝型油气藏储集岩岩石类型为泥晶灰岩或基质孔隙完全丧失的粒屑灰岩,储集空间主要为裂缝,或在构造裂缝基础上又经溶蚀而形成。储层非均质性强,多分布在构造轴部或断裂带上,主要受构造应力和破裂作用控制。

由于裂缝型油气藏储层变化大、产能不稳定、规模小、勘探风险大,因而应谨慎勘探。

(6) 主要勘探领域。

海相碳酸盐岩油气勘探重点是塔里木盆地台盆区石油勘探和鄂尔多斯、四川盆地的天然气勘探。

塔里木盆地台盆区石油勘探存在广泛的领域,其中近几年勘探拿储量的重点,主要是轮南地区和塔中Ⅰ号断裂带。轮南地区有利勘探面积403km²,区带资源量 $5 \times 10^8 \text{t}$,风化壳储层发育、勘探潜力大,油气充注条件好,保存条件好。但找油关键是寻找和预测风化壳型缝、孔、洞储集体和内幕孔隙型、裂缝—孔隙型储层。塔中地区有利勘探面积2000km²,区带资源量 $20 \times 10^8 \text{t}$ 。找油的关键是寻找和预测奥陶系碳酸盐岩内幕深埋藏溶蚀型有利储层。

四川盆地碳酸盐岩天然气的勘探层系广,主要有三叠系须滩灰岩、二叠系白云岩和志留系白云岩与粒屑灰岩。重点勘探区带为川东北三叠系须滩灰岩、川西北二叠系白云岩、川西南三叠系、川南志留系白云岩和粒屑灰岩。

在鄂尔多斯盆地奥陶系风化壳仍然是一个重要的勘探领域,但同时更应重视奥陶系内幕的勘探。

5 渤海湾滩海第三系油气藏

渤海湾滩海(水深小于5m)面积近 $1.76 \times 10^4 \text{km}^2$,中油股份公司探区内滩海勘探面积7700km²,约占滩海总面积的44%。渤海湾滩海是渤海湾盆地的重要组成部分,是陆地向海域的自然延伸,因此,滩海的地质结构和石油地质条件除具有海域特征外,也具有与陆上相同或相似的特征。根据近期渤海海域的几个大型发现,对整个滩海的油气生成与成藏条件分析,滩海地区存在生烃层系多、含油层系多的特点,是一个较陆上石油地质条件更优越的有利远景区。

根据最新资源评价结果,中油股份公司探区滩海地区拥有石油资源量约 $22 \times 10^8 \text{t}$,天然气资源量 $4235 \times 10^8 \text{m}^3$,拥有21个目标区带,圈闭资源近 $9.0 \times 10^8 \text{t}$ 。截至2000年底,中国石油渤海湾滩海地区已发现并探明月海、笔架岭、张巨河、赵东等油田,累计探明石油地质储量 $2.26 \times 10^8 \text{t}$,探明天然气地质储量 $33.26 \times 10^8 \text{m}^3$,油气探明率分别为10.3%和0.86%,勘探潜力很大。为加速滩海的勘探进程,近年来加强了滩海的石油地质综合研究,特别是加强了区带评价和优选工作,2001年在辽河滩海、冀东滩海和大港滩海新发现和落实了一批有利勘探目标。同时对滩海的油气藏形成条件也有了更深入的认识。

(1) 潜山低凸起控制滩海主要油气分布。

渤海湾盆地晚期的向海沉降,决定了辽西、辽东、埕宁等大型隆起区的向海倾伏。这些大型隆起的倾伏端(低凸起)不仅具有长期持续的聚油背景,同时还接受了较为发育的第三系披盖层,成为渤海湾盆地潜山和潜山披覆构造最发育、储盖配置最优越的地区,也是寻找大中型油气田的最佳领域。目前发现的8个亿吨级或超亿吨级油田均分布在渤海湾海域及滩海的低起上。在海域,低凸起上第三系的探明储量已经占到海域探明储量的70%以上,充分表明海域和滩海低凸起对油气资源的控制作用。但滩海这一比率略有降低,低凸起控制的圈闭资源量大约为滩海圈闭资源总量的30%~40%,主要原因在于披覆层变薄,局部表现为高凸起特征。由于低凸起目的层埋深

浅、圈闭规模较大, 因此, 仍将成为未来几年主要的勘探目标。

(2) 滩海主要发育上部成藏组合。

渤海湾盆地沉降中心由盆地边缘部分向海域迁移。边缘部分形成以始新统为主的下部含油气组合, 如惠民—东营凹陷的平方王油田、沧东—南皮凹陷的王官屯油田、大民屯凹陷的大民屯油田等。始新世晚期至渐新世早期, 沙河街组沉降中心向海推进, 到达今海岸附近及辽东湾北部地区, 形成以沙河街组为主体的中部成藏组合。渐新世晚期至中新世沉降中心移向现今海域, 主要目的层为东营组及上第三系, 形成上部成藏组合, 如孤岛、埕北和港东、港西等油田。这种呈半环状由外向内由陆向海变新的油田群分布是渤海湾油气分布的重要特征。在海域, 上部组合以上第三系为主要勘探层系, 滩海的地质结构上具有从陆向海过渡特征, 主要目的层为下第三系东营组及上第三系。由于两者均以下生上储为主要特征, 从而要求具有持续发育的油源断层输导油气。

(3) 滩海具有两种主要的油藏类型。

滩海勘探受经济性制约, 通常要求具有较大的圈闭资源规模。勘探实践表明, 滩海具有经济开采价值的远景目标主要为受低凸起控制的上第三系披覆构造—岩性油藏和分布在凹陷带内的下第三系挤压背斜型构造油藏。

潜山披覆构造—岩性油藏一直是海域和滩海勘探的重点。早期勘探主要集中在具有东营组披覆或超覆的低凸起带, 1999年 PL19-3 的发现突破了这一禁锢, 结合后期发现的 CFD11-1 成藏条件分析, 即使在只有上第三系披覆的高凸起带上, 只要有充足的油源、有效通道和有利的储盖配置都可能形成一定规模的油气藏。迄今滩海和海域发现的 8 个亿吨级及超亿吨级油田均具有低凸起背景。

挤压背斜型远景目标大多具有较大的圈闭资源规模, 但是由于构造断裂复杂化, 资源分布不集中, 对构造成像技术要求高, 同时具有较大埋深, 因此, 勘探的技术经济问题一直是关注的焦点。在渤海湾滩海, 挤压背斜的潜在资源量达到近 $9.0 \times 10^8 \text{t}$; 在海

域, 这类远景区带的潜在资源量大约也在 $(8 \sim 10) \times 10^8 \text{t}$ 左右。迄今已经在渤南凸起渤中 25-1 构造获得几千万吨的储量, 在葵花岛构造发现近百米油气层和 $1600 \times 10^4 \text{t}$ 储量, 在辽东凸起南端的旅大 22-1 构造的东营组和沙河街组也获得日产近 50t 的油气流。因此, 挤压背斜型油藏是渤海湾滩海和海域勘探重要的接替领域, 目前研究的重点是做好这类油藏特征分析和经济评价。

(4) 富油气凹陷的低凸起是滩海第三系的主要勘探领域。

根据渤海湾海域第三系多凸、多凹、多向供油的结构, 可以粗略地划分出辽中、渤中和歧口含油气系统, 分别以辽中、渤中和歧口三个富生烃凹陷为主要油源, 其石油经济资源量达到 $14.9 \times 10^8 \text{t}$, 占渤海海域石油经济资源量的 77.2%。目前的亿吨级油田主要环绕渤中凹陷和辽中凹陷分布, 充分展示富凹陷对油藏规模及分布的控制作用。歧口凹陷富含油气, 资源丰度达到 $35 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$, 但是目前在滩海尚未取得突破, 应当成为今后勘探的主要研究目标区。渤海湾海域在低凸起上发现了 PL19-3、CFD11-1、QHD32-6、NB35-2 等油田, 这些成功经验将有效地指导滩海地区的油气勘探。

基于以上认识和目标区资料准备程度, 2001 年重点对辽河滩海燕南潜山带和葵花岛构造带进行精细研究和评价, 对滩海地区 19 个区带进行梳理和排队。根据目前的研究程度认为, 辽河滩海有利远景目标为燕南潜山披覆构造、中央潜山披覆构造、荣北浅层构造、葫芦岛潜山披覆构造和月东浅层构造, 圈闭资源量为 $1.57 \times 10^8 \text{t}$ 。大港滩海有利远景目标为润南潜山披覆构造、新港潜山披覆构造和埕北潜山披覆构造, 圈闭资源量为 $1.27 \times 10^8 \text{t}$ 。冀东滩海有利远景目标为北堡浅层构造、南堡浅层构造、老堡浅层构造、蛤坨浅层构造和高尚堡浅层构造, 圈闭资源量为 $1.26 \times 10^8 \text{t}$ 。

致谢 在成文过程中, 赵政璋、赵文智、顾家裕、吴国干、赵贤正等提出许多有益的建议, 牛嘉玉、黄旭楠、李峰、张国生、冯有良等参加部分工作, 一并表示诚挚的谢意!

ABSTRACTS

Analysis of PetroChina's Key Area of Future China Oil and Gas Exploration/ Xue Liangqing, Dong Dazhong, Li Xiaodi, Yang Tao, Zhang Guangya, Yuan Xuanjun, Zhang Yinghong, Zhang Baomin and Jia Jinhua// *China Petroleum Exploration and Development Research Institute, Beijing 100083*

Based on analysis of the study and exploration results in the recent years, PetroChina's oil and gas exploration efforts will be focused on the following five major areas in the upcoming years: low permeability lithologic oil and gas reservoir in large areas, subtle and complex mature hydrocarbon province, foreland basin complex reservoir, marine carbonate rock reservoir and beach Tertiary reservoir of Bohai Bay.

Key words: PetroChina, oil and gas exploration, key area

Development Direction of the Oil and Gas Exploration in Bohai Bay Basin/ Wang Yujun // *Exploration Research Institute under CNOOC Petroleum Research Center, Gaobeidian, Hebei Prov.014010*, Wu Huayuan // *Huabei Oil Field, Renqiu, Hebei Prov.062552*, Tian Zaiyi // *China Petroleum Exploration and Development Research Institute, Beijing 100083*

The exploration degree is relatively high for the onshore area of the oil and gas bearing basin of Bohai Bay. Good results have been achieved in exploration of the area. Many experts have made in-depth study of this area with a lot of works published. Recently, some experts have proposed in their papers the viewpoint of "over-all reconnaissance of shallow layers...." In the author's opinion, this viewpoint needs to be further discussed. This paper proposes that choice of a target layer be discussed as a substantial issue.

Key word: Bohai Bay, oil and gas exploration, development direction

Exploration of Subtle Oil Reservoir in Bayindulan Sag of Erlian Basin/ Li Zhengwen, Yin Hongping, Chang Liang, Wang Qi, Yang Dexiang and Cui Zhouqi// *Exploration and Development Research Institute of PetroChina Huabei Oilfield Company, Renqiu, Hebei Prov.062552*

The oil and gas exploration in Bayindulan Sag has witnessed 20 years of pains-taking efforts. With understanding of the key factors and new ideas concerning oil and gas exploration through careful studies, the significant breakthrough in exploration was made in 2001, creating a precedent for the exploration of the subtle reservoir in Erlian basin. The paper reviews in detail the exploration history, elaborates the complicated geologic conditions, makes a detailed summary of the breakthrough process and provides experience in oil and gas exploration of the similar sags.

Key words: Erlian Basin, Bayindulan Sag, Subtle reservoir, exploration

Research on Low-position Concealed Buried Hill Oil and Gas Reservoirs at Chezheng Sag of Jiyang Depression/ Li Jiagui, Song Chuanchun, Yuan Jilu and Ge Ruiquan// *Geological Logging Company of Shengli Petroleum Administration Bureau, Dongying, Shangdong Prov. 257200*