

Understanding and Practice of Fine Exploration in Mature Exploration Areas—Taking the Western Slope of the Western Depression of Liaohe River in China as an Example

Hongtao Mao

Research Institute Exploration and Development Research Institute of Liaohe Oilfield of CNP, Panjin, Liaoning, 124010, China

Abstract

The Western slope regions of Western Sag is a key zone of petroliferous sag in the Liaohe Depression. It has undergone more than 40 years of exploration and development and has entered a highly mature exploration stage. In this paper. Based on the core problems of exploration of different formation in the area and guided by the exploration theory of stratigraphic lithologic oil and gas reservoirs, basis, the fine research on the key elements of reservoir formation is carried out as follows: ① refine on the paleogeomorphology and sediment source of the base in the Sha-4 Formation, and pay attention to the exploration of gully filled fan body; ② refine on the sedimentary system of lower Sha-3 Formation, and attach importance to low-resistance oil and gas reservoir exploration; ③ refine on the hydrocarbon accumulation of turbid sand in the middle and upper Sha-3 Formation, and attach importance to the exploration of fine sand reservoir in the thin layer sandstone target of the non-main channel; ④ refine type of oil and gas reservoir, and give priority to the search for lithologic targets in the background of low filling sediments. Through the transformation of geological understanding and the application of targeted exploration techniques, several high-efficiency oil and gas discovery wells have been successfully deployed in the Western Slope area in recent years, and a number of high-quality reserves have been submitted, which have played an important role in supporting the increase and stabilization of Liaohe Oilfield.

Keywords

western slope regions of western sag; petroliferous depression; refined exploration; low-resistance oil and gas reservoir; exploration techniques

成熟探区精细勘探认识与实践——以中国辽河西部凹陷西斜坡为例

毛洪涛

中国石油辽河油田公司分公司勘探开发研究院, 中国·辽宁 盘锦 124010

摘要

西部凹陷西斜坡是辽河富油气凹陷的重点区带,目前已进入高成熟勘探阶段。针对该区不同层系勘探面临的核心问题,以地层岩性油气藏勘探理论为指导,开展了老区精细地质研究工作,主要体现在四各方面:①精细沙四段基底古地貌和沉积物源研究,重视沟谷充填扇体的勘探;②精细沙三下段沉积体系研究,重视低阻油气层勘探;③精细沙三中上段浊积砂体成藏研究,重视非主沟道薄层砂岩目标;④精细沙二段油藏类型研究,优先寻找低位充填沉积背景下的岩性目标。通过地质认识的转变及针对性的勘探技术的应用,近年在西斜坡地区成功部署了多口高效油气发现井,并提交了一批优质储量,为辽河油田的增储稳产起到重要的支撑作用。

关键词

西部凹陷西斜坡;富油气凹陷;精细勘探;低阻油气层;勘探技术

1 引言

成熟探区是指勘探开发时间长、主产区资源探明程度高的地区。西部凹陷西斜坡是中国著名的斜坡型复式油气

聚集带,资源丰度和储量丰度分别为 $130.04 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ 、 $107.7 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$,占整个西部凹陷的储量的 62.3%,资源量的 54.9%,而最为富集的曙一区单位面积最大储量达到 1407 万吨。该区经历 40 多年的勘探开发,已累计上报探明石油地质储量 $9.73 \times 10^8 \text{t}$,资源探明率高达 79.7%,为典型高成熟探区,

【作者简介】毛洪涛(1977-),男,中国陕西凤翔人,硕士,工程师,从事油气勘探及部署等研究。

四次资评表明西斜坡剩余资源量仍有 2.48 亿吨,对该区开展精细勘探研究工作是势在必行。

2 精细勘探背景下的地质再认识

西斜坡整体斜坡带地层在三个大型鼻状隆起的控制下,形成了油气富集的总体构造格局,古近系的各套层系的成藏要素和控因具有明显的共性特征,但从油气纵向和平面分布来看,各层系又存在不同的成藏特点,造就了该区油气纵向和平面分布不均。只有对不同目标层系进行深入细致的构造、沉积特点和控藏方式分析,本区勘探才能有所突破。主力含油层系的成藏模式和控制因素是否概括全面,非主力层系以往的成藏地质认识是否合理,直接制约了能否具有规模发现的可能,这些都是精细勘探的主要任务。本次研究通过加强西部凹陷西斜坡的基础地质精细研究工作,分层系深入挖掘大量基础资料所蕴含的地质信息,从而修正和完善不同层系油气成藏主控因素,以此为指导选择目标区进行精细勘探。

2.1 精细沙四段基底古地貌和沉积物源研究,重视沟谷充填扇体的勘探

2.1.1 古地貌基底重新认识

长期认为西斜坡沙四段超覆油气藏主要形成于斜坡边缘部位,但通过古地貌基底和沉积物源的精细分析发现,西斜坡复杂的基底结构和构造演化特征决定了沙四段具有整体形成地层超覆的背景。整个西斜坡具有隆洼相间的基底结构,同时斜坡构造演化过程为先洼后斜,早期沙四段主要发育反向断层,造成了沙四段的沉积具明显填平补齐特征,沙四段广泛超覆于太古界或者中生界的隆起之上。

整个西斜坡基底结构具有明显的南北差异性,北部曙光—齐家潜山带呈北东向斜坡山,其中曙光潜山基底自洼陷向斜坡边缘抬升,形成了北东向的高、中、低三排潜山带,杜家台、齐家潜山带基底构造位置基本平行于曙光中潜山,这三大潜山带对物源砂体具有明显的横向分割作用,使得砂体向潜山带侧翼及高部位超覆充填沉积,同时基底在斜坡中低部位形成了齐家—杜家台古沟槽、杜家台—曙光古沟槽的古地貌背景,而中南部欢喜岭—西八千潜山则为典型的单面山,成北西向带状分布,平行于主物源方向,基底结构相对简单。

2.1.2 物源体系研究

从沙四段的沉积物源来看,自北向南,依次发育西

八千、欢喜岭、齐家—杜家台、曙光物源四大物源体系,物源分析表明齐家—杜家台沙四段物源受胜利塘石英岩潜山带和齐家太古界潜山基底的影响,石英含量最高能够达到 70% 左右,而重矿物以太古界的变质岩为主,同时成份成熟度相对较高,泥杂基含量低,良好的物源条件使齐家—杜家台沙四段深层砂体具有较大的勘探潜力,为该区沙四段地层油气藏勘探的首选目标。

研究区沙三下段为一套水进期形成的低位域砂体,目前已在斜坡的构造高部位发现了大量的构造油气藏,在以往勘探过程中发现在斜坡的南部地区,零星出现一些出油气井点呈现低阻油层的特征,同时部分低阻油层被误解释成为水层,造成油气藏发现的漏失。对这些老井的重新认识、评价,继而总结本区低阻油层形成的地质条件,预测具有相同地质条件发育低阻油层的有利区,是快速、有效开展精细勘探研究的重要途径。在确定了本区沙三下段沉积体系特征的基础上,对比分析扇三角洲前缘大部分为这种砂泥岩薄互层的类型,围岩泥岩对电阻率的影响较大。所以综合沉积因素得出了西八千沙三下段主要为扇三角洲前缘砂体,易于形成低阻油气藏。

同时,沙三下段时期的古地貌存在南北地形坡度差异,南部坡度较小,造成水动力较弱也是低阻形成的重要原因。

2.2 精细沙三中上段油积砂体成藏研究,重视非主沟道薄层砂岩目标

西斜坡在沙三中、上段沉积时期,湖盆处于深陷期,沉积水体范围达到最大,这一地质历史时期斜坡带为重力流活动的鼎盛时期,发育了大规模的浊积砂体,这些浊积砂体形成的大规模构造圈闭所剩无几,通过对主沟道与非主沟道相带浊积砂体成藏差异的分析,证实了沙三中上段重力流浊积主沟道砂体往往依靠构造条件成藏,而非主沟道砂体具有岩性成藏的有利条件,应予以高度重视,其主要地质依据有以下几个方面:

第一,沙三段深陷期,形成了巨厚的生油岩,与浊积岩体组合成为互层式和透镜式的生储盖组合,一般为自生自储,其初次运移可分为上下排烃和侧向供给方式。主沟道外的相带,多为薄储层,互层式生储盖组合关系,排烃模式有利。

第二,主沟道外的砂体砂地比相对较低,砂泥岩互层频繁,易于在差异压实作用下形成岩性圈闭及有利的同沉积构造。由于砂泥岩压实率的这种差异性^[1],在 20m 埋深的条件下,

压实率就能够相差 12.6 倍, 这种砂泥岩的差异压实导致了水道的变迁, 从而形成了大量岩性圈闭体。其主要形成机理是为浊流为多期次、事件性流动的一个特点。本区沙三中上段就形成了多套含油层系的浊流油藏。

第三, 主沟道砂体依附于同沉积断层成为油气输导通道, 而非主沟道砂体连续性差, 输导作用不明显, 本区缓坡带发育的大量主沟道浊积体往往成为沙三段生成油气的主要输导通道, 在主沟道砂体与断层的作用下将油气向上台阶运移, 而非主沟道砂体的连续性差, 同时距离油源断层较远, 疏导作用不明显, 易于成为岩性油气藏聚集的场。

因此, 对于沙三中上段浊积砂体的勘探, 目前阶段应以寻找主沟道相带外的沟道侧缘砂体为主, 这些砂体处于生油岩的包围之中, 油气充满程度高, 含油砂体连通性差, 保存条件较好。

3 成熟探区精细勘探主要做法及关键技术

方法技术进步是发现和成熟探区勘探成功率的有效手段。中国老油气区规模勘探阶段, 由于方法技术的限制, 漏失了一些常规方法技术不易发现的油气层^[9]。正确的地质认识加之有效的勘探技术方法, 对老区勘探具有决定性的意义。

3.1 精细地层对比

从前述的地质认识分析证实, 该区沙四段和沙二段均具备充填沉积的地质条件, 而这种地层发育的特点决定了以传统层组为单元的地层对比方法远远不能满足目前精细勘探的需求。针对这一问题, 根据沉积旋回与基准面升降为主要划分标准, 将主要目的层以砂层组为单元开展精细地层对比, 落实不同时期砂体变化特征, 从而建立目的层的高精度地层格架。

对沙四段地层油气藏而言, 针对不同时期的砂层组的超覆点不同, 通过对周边古隆起的探明储量区的井分析为基础, 选择 200 多口探井, 300 多口开发井, 按照沉积旋回、曲线划分的原则, 将砂体分为三套砂层组, 三套砂层组的分别对应于水进的三个时期, 从而落实了不同时期充填砂体的超覆和尖灭点, 有效指导了具体井点的井位部署。

3.2 古地貌沟谷砂体精细刻画技术

裂隙初期砂砾岩体充填受控于古地貌沟谷, 沟扇对应明显, 精细古沟谷刻画是砂体预测基础。对沙四段沟谷地层充

填型砂体的刻画, 重点是要查清盆地裂隙初期、填平补齐沉积作用下对沉积水系和物源砂体起输导、遮挡和分隔作用的基底古地貌在三维空间的分布状况。近年来在该区通过借鉴前人古地貌刻画研究技术, 采用三维地震资料分析定性、构造演化定发展、古厚度定量和三维地貌建模技术可视化成图的综合研究方法, 在剥蚀厚度恢复、去压实校正、古水深与海平面变化校正和均衡校正基础上对不同层系古地貌进行恢复^[9]。

3.3 低阻油层识别技术与老井复查

通过上述对沙三下段的沉积体系再认识, 明确了低阻油气层的成因机制, 对于这类地质条件成因的低阻油层, 主要做法有两点。一方面, 通过类比法识别低阻油层, 主要是将已知出油井的电性特征与目的井进行对比, 同时通过不断实践, 对本区油水图版进行修正, 形成了针对该区低阻特征的油水关系图版。另一方面, 在精细小层砂体对比的指导下, 对已知出油的低阻油层横向追踪对比, 来进一步验证未知井的含油性。

3.4 浊积砂体储层预测技术

针对沙三中上段非主沟道相带砂体的认识, 从技术上对这些有利砂体开展了针对性的储层预测工作, 砂体成因机制和岩石物理分析表明厚层状的浊积砂体常规的储层反演以波阻抗差异为基础, 只针对寻找砂体为目标, 对区分储层的好坏具有一定的局限性, 有必要结合砂体的沉积成因机制分析, 针对有利储层的特征来进行预测。地质分析表明主沟道外的有利相带基本以颗粒流和液化流为主的重力流机制形成的砂体, 在测井响应上表现为一定幅度的自然电位偏移, 这样结合多属性自然电位反演对波阻抗进行曲线重构, 从而达到预测有利储层分布的目的。

4 精细勘探成效

通过加强基础地质精细研究及关键勘探技术的应用, 西部凹陷西斜坡近年来实现了老区勘探的新突破。

第一, 曙光—齐家沙四段地层岩性油气藏展现良好勘探前景, 近年以沙四段基底古地貌和物源体系重新认识为指导, 通过精细地层划分及沟谷扇体刻画, 确定了杜家台扇体和曙光扇体两大有利目标, 并进行综合评价和部署;

第二, 斜坡南部西八千地区沙三下段获得突破, 通过地质认识的转变, 在该区确定了以寻找扇三角洲前缘砂体为主

要目标的勘探思路,在该区部署钻探的锦323井,完井后测井解释均为水层,但通过低阻油层成因认识分析,对低阻有利层段提出试油建议,地层测试后,平均液面2611.6m,折算日产油13.1t,日产气3680m³,累计产油12.137m³,同时评价以锦323井周边为代表的低阻有利区近35km²,扩大了该区的勘探领域。

5 结语

第一,本次研究主要在沙四段地层油气藏、沙三下段低阻油气藏、沙三中上段重力流油气藏及沙二段岩性油气藏四个方面取得了一定的认识,同时分析了各个层系的主要勘探方向,并取得了较好的勘探效果。

第二,西部凹陷西斜坡地区作为典型的富油气凹陷有利

区带,构造及成藏条件复杂,呈现出不同层系、不同区域均有可能分布油气藏,发育多种油气藏类型。加强基础地质研究,重建成藏模式,正确剖析成藏控因是精细勘探成功的基础。

第三,随着目前勘探技术水平的提高,针对制约勘探地质问题,采用关键性新方法、新勘探技术的应用是斜坡带精细勘探成功的保障。

参考文献

- [1] 关德范. 差异压实构造与油气[J]. 大庆石油学院学报,1982(1):17-25.
- [2] 侯连华,邹才能,匡立春,等. 老油气区精细勘探潜力与方法技术[J]. 石油与天然气地质,2009,30(1):108-115.
- [3] 高志前,侯伟,樊太亮,等. 辽河滩海东部凹陷古地貌特征及其对沉积一层序的制约[J]. 中南大学学报(自然科学版),2015(2):27-28.