# **Exploration Breakthrough Inspirations of Chunhui Oilfield in** the Northern Junggar Basin\*

# Chuanhu Liu<sup>1</sup>, Xuezhong Wang<sup>2#</sup>, Weijun Xi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Shengli Oilfield Company, Sinopec, Dongying <sup>2</sup>Xinchun Oil Production Plant, Shengli Oil Company, Sinopec, Dongying Email: #wxzxlywlt@sina.com

Received: Dec. 13th, 2011; revised: Dec. 27th, 2011; accepted: Jan. 14th, 2012

**Abstract:** Shengli Oil Company found Chunhui Oilfield in the Northern Junggar Basin in 2011. By exploration practice on thick accumulation and thin giving since 2002, especially based on 3-D seismic + prestack migration, drilled 8 wildcat, achieved exploration breakthrough at shallow layer of halaalate mountain block. Its development main body is shallow super heavy oil, where commercial oil flow has been obtained by steam soaking, already drilled horizontal well to popularization and application HDNS technology. Practice shows that Chunhui Oilfield has broad prospect for exploration and development.

Keywords: Shallow; Super Heavy Oil; Exploration; Shengli-Xinjiang Exploration Area; The Northern Junggar Basin

# 准北春晖油田油气勘探快速突破的三点启示\*

刘传虎1、王学忠2#、席伟军2

<sup>1</sup>中国石化股份有限公司胜利油田分公司,东营 <sup>2</sup>中国石化股份有限公司胜利油田分公司,新春采油厂,东营 Email: \*wxzxlywlt@sina.com

收稿日期: 2011年12月13日;修回日期: 2011年12月27日;录用日期: 2012年1月14日

摘 要: 2011年,中石化胜利油田分公司在准噶尔盆地北缘哈山地区勘探发现了春晖油田。哈山1地区位于乌夏断裂带上盘哈山前缘,该区石炭系、二叠系、侏罗系和白垩系都见到了较好的油气显示或工业油流,说明其具备良好的油气成藏条件和勘探前景。经过 2002年以来的勘探实践,特别是 2010年以来在三维地震 + 叠前偏移处理、钻探预探井8口基础上,取得了哈山浅层区块的勘探突破。通过研究,玛湖凹陷以及哈山逆冲带下的二叠系烃源岩都能作为哈浅1地区的油源,而哈浅1井侏罗系原油主要来源于二叠系风城组烃源岩;二叠系烃源岩早期生成的油气先通过断裂运移出来在附近的二叠系、三叠系储层中聚集成藏,后期由于构造作用导致油气沿断裂和不整合面向上运移,在构造高部位的侏罗系和白垩系的有利圈闭中聚集成藏,浅层油藏遭受次生破坏和生物降解。哈山区块开发主体属于浅层超稠油,经过蒸汽吞吐获得了工业油流,已开始钻探水平井,推广应用 HDNS 技术。研究表明,春晖油田有资源、有手段,前途光明。

关键词:浅层;超稠油;勘探;胜利新疆探区;准噶尔盆地北缘

#### 1. 引言

2001年以来,中石化胜利油田在新疆探区发现了

\*基金项目:国家科技重大专项《准噶尔盆地碎屑岩层系大中型油气田形成规律与勘探方向》(2011ZX05002-002)。 \*通讯作者。

浅层稀油的春光油田、深层稀油的永进油田、浅层超稠油的春风油田、浅层特稠油的春晖油田,探明石油地质储量 7490 万吨,控制石油地质储量 11,261 万吨,预测石油地质储量 5071 万吨,已经建成年生产能力

95 万吨。形成以高精度三维地震采集和解释为代表的 勘探技术,以 HDNS 为特色的浅层超稠油的开发技术。春晖油田已实施 8 口探井,7 口井见良好油气显示,5 口井热采获工业油流,其中哈浅 1 地区八道湾组上报控制 + 预测石油地质储量 5330 万吨。但试采井稳产难度很大,距离该油田整体探明和规模开发还有差距,在投资和时间双约束条件下,如何把春晖油田迅速培养成为中石化"西部快上产"的战略接替阵地,亟需认真总结春晖油田发现过程中的成功做法,为扩大勘探成果提供指导借鉴。

#### 2. 勘探成果综述

2011 年初,胜利油田整体部署了哈山西地区勘探工作。哈浅 1 井位于乌夏断裂带哈山南缘斜坡带,2011年5月27日完钻,完钻井深1250m,测井解释白垩系油层12.9 m/2层,侏罗系八道湾组油层15.5 m/2层。八道湾组(435.2~452.7 m)蒸汽吞吐获10.5 t/d 工业油流(表1),从而发现了春晖油田。

哈浅1井突破后,技术人员充分利用哈山西三维 地震资料,研究了该区构造、沉积特征和成藏条件, 预测了有利区带,分两个轮次部署实施了哈浅2等7 口探井,成功6口。

# 3. 启示之一: 坚持实践是根本

哈山地区属准西北缘褶皱-冲断带的一部分,形成于二叠系-侏罗系,石炭系-二叠系以逆冲构造为主,侏罗系以上为超剥沉积。20世纪80年代,中石油在南侧前缘冲断带发现的凤城、夏子街、乌尔禾油田发育侏罗系次生稠油油藏,埋深120~600 m<sup>[1,2]</sup>。按照稳步推进的勘探思路<sup>[3]</sup>,中石化2002年钻探英1井、2005年钻探新1井、2006年钻探胜红1井,2008年钻探北浅1等4口井,其中北浅4井在719.3 m见黑色沥青质,含量为15%,呈缝状分布。侏罗系底块砂及其下不整合面为油气有利疏导层,其上倾尖灭带为油气有利聚集部位。风化粘土层在上覆沉积物压实作用下岩性较致密,是一套良好的封盖层。

2009 年,中石化对新疆探区做出区块调整,将 4 个盆地 23 个区块探矿权划归胜利油田,打响了西部增储上产进攻战。从"战略展开、战略突破、战略准备"三个层次,按照"整体评价,排队优选;分清层次,序次推进;突出重点,找准关键;强化预探,力争突破"部署原则。从探井分布可以看出勘探思路的不断优化,艰苦卓绝的探索在 2011 年终成正果(图 1、图 2)。

地层	井号	井段, m	有效厚度,m	孔隙度,%	渗透率,10 <sup>-3</sup> μm²	含油饱和度,%	岩性	解释结论
白垩系	哈浅 1	283.1~301.3	-	31.5	420	86.7	中砾岩	含油水层
侏罗系	哈浅 1	435.2~452.7	10.0	18	58	45.6	棕褐色油浸细砂岩	油层
侏罗系	哈浅 2	333.5~355.9	16.8	19.3	158	43.0	黑褐色富含油细砂岩	油层
侏罗系	哈浅4	544.9~566.4	18.0	20.1	71.4	41.5	灰褐色油浸细砂岩	油层
侏罗系	哈浅 5	575.3~597.8	16.1	23.7	114	50.8	灰褐色油浸细砂岩	油层
侏罗系	哈浅 8	572.9~591.4	4.8	19.1	49	47.1	灰褐色油浸细砂岩	油水同层
石炭系	哈浅 4	685.0~685.7	一类层	30.1	437	51.0	凝灰岩	油层

Table 1. Drilling achievements statistic of Hashan area in Junggar Basin 表 1.准噶尔盆地哈山地区钻探成果统计

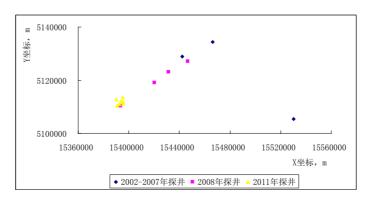


Figure 1. Exploration thinking constantly optimize from exploration wells distribution of Hashan area 图 1. 从探井分布看哈山地区勘探思路的不断优化

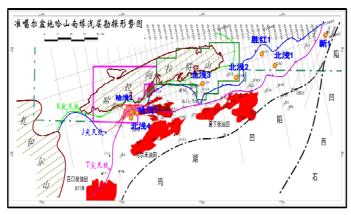


Figure 2. Exploration wells distribution of Hashan area 图 2. 哈山地区探井分布图

# 4. 启示之二: 地震先行是关键

2010 年实施哈山西三维地震采集,采用 87 束测线,满次覆盖面积 323 km², 25 × 50 面元, 1 ms 采样、8 s 记录,20,333 炮、3 Tb 的数据量。在处理技术上,利用 Tomodel 软件层析反演技术解决了资料的近地表校正问题<sup>[4]</sup>;利用区域异常噪音衰减技术有效衰减强能量噪音;采用地表一致性反褶积处理技术,解决了由于激发接收条件不同造成的频率差异,提高地震子波的一致性。采用叠前偏移,CRP 技术代替 CMP 叠加技术,哈山新老地震资料对比,构造形态发生了很大变化,成像精度明显提高;信噪比明显提高,地质现象得到更好地反映(图 3)。

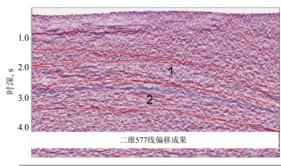
# 5. 启示之三: 重视基础研究

列宁说过,没有革命的理论,就不会有革命的实践。从目前钻遇油层特征判断,哈山工区侏罗系油藏(古生新储)为断裂控制的构造油气藏;白垩系油藏(古生新储)为沥青封堵的地层油气藏;石炭系(新生古储)和二叠系油藏(自生自储)为受断裂控制的构造-地层复合油气藏。

#### 5.1. 烃源岩分析

乌夏地区紧邻玛湖凹陷,在玛湖凹陷发育有下二叠统佳木河组、风城组和中二叠统下乌尔禾组三套较好的烃源岩,乌夏地区乌尔禾油田、风城油田的原油主要来自于东南方玛湖凹陷二叠系风城组和下乌尔禾组烃源岩。哈浅6井钻探证实,哈山逆冲带底部二叠系凤城组泥岩 S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>大于 4(表 2),为较好烃源岩,

 $T_{max}$  达到  $430^{\circ}$ C,达到成熟阶段,表明山前逆冲带底部的二叠系烃源岩具备生烃能力。



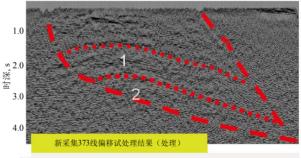


Figure 3. Compared with new and old seismic data of Hashan area 图 3. 哈山地区新老地震资料对比

Table 2. Pyrolysis analysis on Permian source rock of Haqian 6 well

表 2. 哈浅 6 井二叠系烃源岩热解分析

井号	井深,m	n 岩性	So, mg/g	S <sub>1</sub> , mg/g	S <sub>2</sub> , mg/g	T <sub>max</sub> , °C
哈浅6井	1590	灰色泥岩	0.0043	0.0494	3.3543	423
哈浅6井	1920	深灰色泥岩	0.0122	0.092	2.9174	429
哈浅6井	2350	灰色泥岩	0.0012	0.0701	2.3511	437
哈浅6井	2380	深灰色泥岩	0.0002	0.1697	2.2219	441
哈浅6井	2400	深灰色砂质泥岩	0.0002	0.2031	3.8241	445
哈浅6井	2438	深灰色灰质泥岩	0.0003	0.1623	4.3423	436

#### 5.2. 油源对比分析

哈浅 1 井八道湾组原油为断裂带上盘风城油田的生物降解稠油。TIC 总离子图上鼓包现象明显(图 4),正构烷烃部分缺失,可见表征生物降解作用的 25 降藿烷,说明原油遭受生物降解<sup>[5]</sup>。伽马蜡烷含量较高,伽马蜡烷指数为 0.67,Ts/Tm 为 0.39,三环萜烷含量相对较高,C20-C21-C23 三环二萜烷呈"上升型",含量依次升高,其中 C20/C21 三环萜烷为 0.72,C21/C23 三环萜烷为 0.70,22S/(22S + 22R)C31 升藿烷为 0.53,莫烷/藿烷为 0.4,升藿烷指数为 0.16,C29(藿烷 + 莫烷)/C30(藿烷 + 莫烷)为 0.74,三萜烷/五环萜烷为 0.82, $\beta$ -胡萝卜烷含量中等,孕甾烷含量中等,这些特征和乌夏地区原油特征相似,故来源于风城组烃源岩。

哈浅 1 井饱和烃碳同位素 δ13C 值为–30.6‰,芳烃为–29.2‰,非烃为–28.9‰,非烃为–28.6‰,和二叠系风城组烃源岩接近(图 5)。哈浅 1 井八道湾组原油与凤城组烃源岩标志化合物的分布特征相似(图 6),判断哈山地区侏罗系原油源于玛湖凹陷二叠系风城组烃源岩。

#### 5.3. 油气成藏期次分析

哈山地区侏罗系油藏源于古源型次生油气,烃源岩为二叠系风城组和下乌尔禾组,风城组于印支期-三叠纪进入生烃高峰期,下乌尔禾组侏罗纪末进入生烃成熟期,存在烃源岩的多期排烃性。前人包裹体分析的侏罗系均一化温度多超过 80℃,但哈山地区侏罗系最大埋深所经历的地层温度也不超过 60℃(图 7),判断哈山地区侏罗系为燕山晚期成藏,断裂沟通深层油源(图 8)。

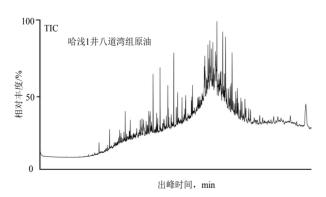


Figure 4. Biomarker of crude oil in Badaowan formation of Haqian 1 well 图 4. 哈浅 1 井八道湾组原油生物标志化合物特征

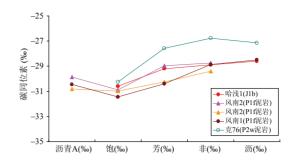


Figure 5. Carbon isotope comparison between source rock and Haqian 1 well crude oil 图 5. 哈浅 1 井和烃源岩的碳同位素对比

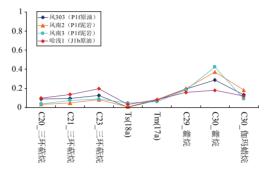


Figure 6. Biomarker comparison between phoenix and Haqian 1 well crude oil

#### 图 6. 哈浅 1 原油和凤城组的生物标志化合物对比

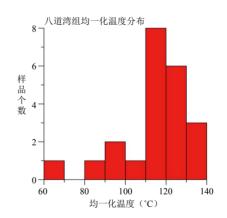


Figure 7. Homogenization temperature distribution map inclusion of Jurassic in Wuxia area

#### 图 7. 乌夏地区侏罗系储层包裹体均一化温度分布图

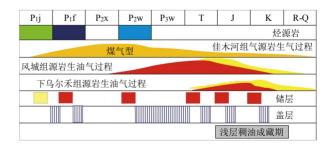


Figure 8. Shallow heavy oil accumulation event schematic diagram of Hashan area

图 8. 哈山地区浅层稠油成藏事件示意图

Copyright © 2012 Hanspub

# 5.4. 沉积特征研究

哈浅 1 井八道湾组岩性为棕褐色油浸细砂岩(图 9),核磁孔隙度 17%~25%,测井孔隙度 11%~26%,为中孔储集层。1) 岩性组合特征,下部为块状灰色砂砾岩,上部以灰色、棕灰色泥岩夹煤层,呈不对称二元结构;2) 电性特征,自然电位和电阻率曲线呈钟形、箱型,反映牵引流的沉积作用。岩性物性控制油气分布,在沉积相分析基础上,落实了有利含油区域(图 10)。

### 5.5. 油气成藏模式

哈山地区地层由南东向北西逐渐抬高。受南西 -北东向逆断层影响,发育南西 - 北东走向的正、逆断 层,断层、骨架砂体和不整合面构成了油气运移的良好通道网络。埋藏浅,构造部位高,保存条件差,轻组分散失,形成稠油油藏。80℃时原油粘度 14,139 mPa·s(表 3),属低含硫特稠油油藏。地层水主要为NaHCO3型,矿化度 3077 mg/L。

哈山地区重点勘探领域为浅层超剥带和山前冲断带。通过哈浅 1 等 8 口井钻探,八道湾组控制石油地质储量 5000 万吨。整体构造为走滑冲断构造模式,分上构造层和下构造层,平面上形成 3 个区带:自北向南为前缘冲断带、逆冲叠加带和后缘走滑带。逆冲断裂下盘发育下二叠统地层为主,发育背斜、断背斜构造;推覆体以石炭系为主,发育背斜、断背斜构造。

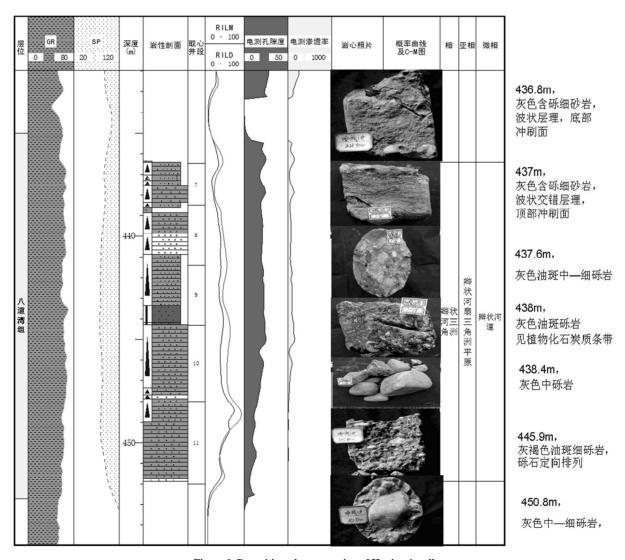


Figure 9. Deposition phase mapping of Haqian 1 well 图 9. 哈浅 1 井沉积相图

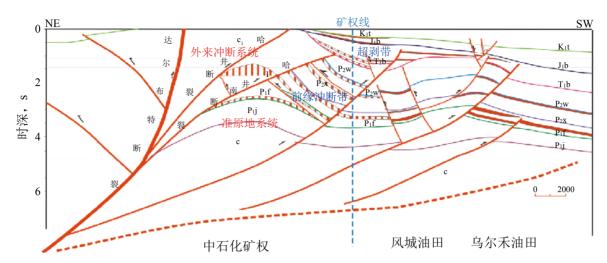


Figure 10. The sedimentary features of Hashan area 图 10. 哈山地区油藏沉积特征

Table 3. Crude oil properties statistical table of Hashan area 表 3. 哈山地区原油物性统计表

井号	原油密度 (g/cm³)	原油粘度 (80℃)	凝固点 (℃)	初馏点 (℃)	含蜡 (%)	含硫 (%)
哈浅1井	0.9808	11,350	34	234	4.23	0.5
哈浅 2	0.9915	10,606	38	222		0.47
哈浅 4	0.9776	6879	28	218	17.88	0.48
哈浅 5	0.9876	16,676	32	164		0.43

哈浅 4 井钻遇到石炭系油层。准噶尔盆地北缘在晚古生代时期地处古亚洲洋构造域,构造背景极其复杂。发育沟弧盆、残留洋(海)盆及陆间裂谷等多种构造环境,可能发育较大规模的浅海相石炭系地层及烃源岩。区内风 30 井、重 27 井、百重 8 井等在石炭系见到良好的油气显示,认为油气主要来自于逆冲断裂下盘,断层上下盘油气活跃,油气通过主要逆冲断裂向上运移,在冲断带构造圈闭及石炭系圈闭中成藏。

研究表明,侏罗系和白垩系底部稠油油藏主要成藏模式为远源混向阶梯状输导晚期成藏模式(图 11)。 浅层油藏由于埋藏浅,构造部位高,保存条件差,轻组分易散失,温度适宜微生物活动,易遭受生物降解和水洗作用形成稠油油藏。哈山石炭系成藏模式和浅层侏罗系油藏相似,存在远源阶梯状输导和近源垂向输导的成藏模式。逆冲带下的二叠系风城组油藏,由于风城组具备生烃条件,有可能自生自储。

#### 6. 开采对策

油稠是哈山地区开发上面临的最大挑战,实现储

量升级亟需提高单井产能。2011年6月,哈浅1井八道湾组试油(435.2~452.7 m),孔隙度23.7%,渗透率120×10 $^{-3}$  μm $^2$ ,射开438.0~445.0 m,孔密16孔/m。用绕丝筛管砾石充填防砂+注采一体化管柱,注氮气10,998 m $^3$ ,注蒸汽1125 t,日产油10.5 t/d,峰值产量15.8 t/d,到7月9日注灰上返,累产油60 t。哈浅2井注蒸汽试油(井段335.5~355.9 m),峰值日产油14.2 t/d,目前日产油6.7 t/d,累产油142 t。在开采技术上借鉴了春风油田的经验 $^{[6]}$ ,即 HDNS技术(水平井+注油溶性降粘剂+注氮气+注蒸汽)。

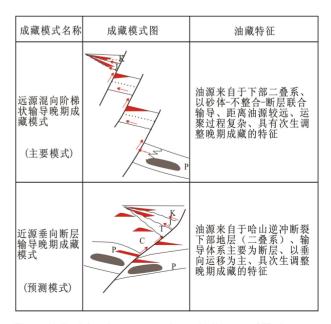


Figure 11. Pool-forming pattern schematic diagram of Hashan area 图 11. 哈山地区油气成藏模式示意图

Copyright © 2012 Hanspub

2011 年 10 月,油藏评价井(哈浅 1-平 1 井)完钻井深 854 m,垂深 342.8 m,造斜点在 57 m,水平位移 641.6 m,位垂比达到 1.9:1,挤降粘剂 20 t,注氮气 40,005 m³,注蒸汽 1511 t,投产后,日产油 11.3 t/d。哈浅 1-平 3 井 2011 年 12 月完钻,注入柴油 20 t,氮气 70.045 m³,蒸汽 1030 m³,日产油 2~12 t。

#### 7. 结论

- 1)上级领导的支持帮助和技术创新至关重要。春 晖油田较好的资源潜力、较低的勘探程度是勘探不断 取得突破的基础,具备取得大突破的物质基础;勘探 投入是不断取得突破的保障,跨越式的发展必然需要 更大的勘探投入作为保障;勘探开发工程一体化运行 是提高工作质量、加快勘探节奏的有效手段,探井着 眼区带,滚动评价落实储量,开发提前介入,工程贯 穿始终。
- 2) 哈山地区重点勘探领域为浅层超剥带和山前冲断带,油藏埋深 283~700 m, 侏罗系和白垩系稠油成藏模式为远源混向阶梯状输导晚期成藏模式。侏罗系原油来源于二叠系风城组烃源岩,油藏为断裂控制的构造油气藏,白垩系油藏为沥青封堵的地层油气

- 藏,石炭系和二叠系油藏为受断裂控制的构造-地层复合油气藏。研究表明,春晖油田有资源、有手段,前途光明,油气工作要稳中求快。
- 3) 当前,哈山区块最现实的开发目标是八道湾组 浅层,最大挑战是油稠,最大优势埋藏浅,与永进油 田等 6000 m 深层比较,仍然具有较大的建产优势, 应用 HDNS 技术获得了工业油流。相信,通过借鉴国 内外开发特稠油的成功经验,规模开发春晖油田指日 可待。

# 参考文献 (References)

- [1] 何登发, 陈新发, 张义杰. 准噶尔盆地油气富集规律[J]. 石油学报, 2004, 25(3): 1-10.
- [2] 新疆油气区石油地质志(上册)编写组. 新疆油气区准噶尔盆地[M]. 北京: 石油工业出版社,1993: 8,9,385-386.
- [3] 赵殿栋, 刘传虎. 准噶尔盆地油气勘探潜力及方向[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(1): 1-5.
- [4] 刘传虎. 地震属性与非构造油气藏勘探[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(5): 485-488.
- [5] 霍进,吴运强,赵增义. 准噶尔盆地风城地区稠油特征及其成因探讨[J]. 特种油气藏,2008,15(2):25-27.
- 6] 王金铸, 王学忠. 春风油田排 601 区块浅层超稠油 HDNS 技术先导试验效果评价[J]. 特种油气藏, 2011, 18(4): 59-63.