

文章编号: 0253-9985(2002)02-0174-05

高北隐蔽油气藏特征及勘探方法

王旭东, 卢桂香

(中国石油冀东油田, 河北唐山 063004)

摘要: 高北隐蔽油气藏位于南堡凹陷高尚堡潜山北翼。过去一直认为该油藏为受断层控制的构造油气藏。但通过对骨架砂岩厚度和物源方向重新分析后发现, 该油藏为“泥包砂”型, 是典型构造背景下的岩性油气藏。油气藏具有初期产能高, 后期递减快的特征。该油气藏的勘探过程表明在寻找隐蔽油气藏时, 应从储层沉积微相研究入手, 对储层进行地震反演, 利用综合分析结果确定油气藏类型。

关键词: 隐蔽油气藏; 物源; 砂岩骨架; 产能; 勘探方法; 高北地区

第一作者简介: 王旭东, 男, 35 岁, 工程师, 石油地质

中图分类号: TE132.1

文献标识码: A

高北隐蔽油气藏位于南堡凹陷高尚堡潜山北翼的高北断层上升盘, 其勘探过程经历了多次反复^[1]。通过十余年的勘探, 已先后于下第三系沙河街组三段 1~5 亚段等 5 套地层中见到油气显示, 其中 2~3 亚段已获工业油气流。

1 特征

1.1 自然产能

油井初期大都能自喷生产, 自然产能高, 生产压差大, 但各油组产能差异较大(表 1)。由于高 5 区块是异常高压油藏, 油井投产初期能形成大压差生产, 因此油井自然产能高。II, III 油组

属中渗储层; IV, V 油组属低渗储层。断块西部投产较早的井大部分生产层位为 II, III 油组, 产量相对较高, 但 V 油组产能最低。从统计的 10 口生产井看, 平均生产压差 9.49 MPa, 日产油在 22 t 以上(表 2)。

高 5 区块油井虽然初期产量较高, 但由于主要靠弹性开采, 生产压差过大, 使得排出和供给不能达到相对平衡, 所以产量递减快, 油井投产初期表现尤为突出, 由于各油组油层物性不同, 在投产初期产量递减率的大小也有所不同。油层物性较好的 II, III 油组递减率相对较小; 而 IV, V 油组油层物性差, 递减率相对较高。

表 1 高 5 区块部分自喷井投产情况

Table 1 Operation for some flowing Wells in No. 5 block of Gaobei region

井号	投产期 /年	层位	层号	井段/m	厚度 /m	工作 制度	初期日产量		自喷期 /月	试油情况
							油/t	水/m ³		
高 2 井	1986	E _{s3} ³ III	无, 7, 8, 9	3 171.3~ 3 229.0	17	5 mm	28.73	44.93	33	-
高 5 井	1982	E _{s3} ³ II, III IV, V	13, 15, 16, 17, 20, 22, 27, 28, 29	3 133.0~ 3 511.4	39.8	3 mm	159.4	48.5	26	-
高 14 井	1989	E _{s3} ³ IV	26, 30, 32, 37, 28	3 611.0~ 3 728.0	21	9 mm	11.13	2.4	18	-
高 26~ 24 井	1993	E _{s3} ³ II	35	3 267.8~ 3 271.8	4.0	4 mm	44.23	0	1	试油 4 mm 油 48.5 t/d
高 28~ 26 井	1992	E _{s3} ³ II	34	3 109.0~ 3 111.3	2.3	5 mm	68.51	28.22	4.5	试油 4 mm 油 187.2 t/d
高 36~ 34 井	1996	E _{s3} ³ IV, V	51, 52, 63	3 592.0~ 3 762.3	4.3	6 mm	30.3	0.81	0.5	

高 5 区块属中低渗、低饱和复杂岩性断块油藏, 由于受岩性和断层控制, 边水水体小且不活跃, 试采井主要是靠弹性能量开采, 尽管高 5 区块属中、低渗岩性断块油藏, 但它与一般断块油藏又有

所不同, 是异常高压油藏, 油层流体压缩系数大, 地饱压差大, 原始气油比较低, 地层压力系数一般高于静水柱压力 0.2~0.41, 原始压缩系数 $7.76 \times 10^{-4} \sim 12.85 \times 10^{-4} \text{MPa}^{-1}$, 地饱压差达 26.7~48.51 MPa, 原始溶解气油比 33~42 m³/t, 可见高 5 区块油藏弹性能量大, 溶解气驱能量很小(表 3)。

收稿日期: 2001-08-29

表 2 高 5 区块油井自然产能

Table 2 Potential productive capability of oil- wells in No. 5 block of Gaobei region

井号	层位	生产厚度 /m	油层压为 /MPa	油 井 自 然 产 能				
				流压 /MPa	生产压差 /MPa	日产油量 /t	日采油强度 /t•m ⁻¹	日采油指数 /t•(MPa) ⁻¹
高 5	II	10	38.64	31.17	7.74	22.3	2.23	0.288 1
N27	II	25.0	40.9	31.2	9.7	28.5	2.23	0.117 5
G28- 28	II	7.5	41.69	36.48	5.21	57.6	7.68	1.474 1
G26- 24	III	4.0	36.07	27.5	8.57	41.4	10.35	1.207 7
G36- 32	III	11.6	40.44	30.87	9.57	22.2	1.49	0.199 9
G34- 28	III	17.2	40.46	34.08	6.38	25.6	1.49	0.233 3
G2	III, IV	15	39.6	32.74	6.86	57.8	3.85	0.561 7
G32- 28	IV	8.8	45.26	33.3	11.96	24.4	2.77	0.231 8
G36- 34	IV, V	6.3	39.95	33.0	6.95	30.3	4.8	0.692 0

表 3 高 5 区块高压物性参数

Table 3 Parameters of high pressure physical property of oil- wells in No. 5 block of Gaobei region

井号	层位	地层压力 /MPa	饱和压力 /MPa	地饱压差 /MPa	原始气油 比/m ³ •t ⁻¹	原油压缩 系数/10 ⁻⁴ MPa ⁻¹	原油体积 系数
高 5	II	31.5	4.8	26.7	33	8.6	1.149 5
高 5	III	44.72	6.0	38.72	38	7.76	1.157 6
G34- 28	III	40.46	6.2	34.26	38	8.5	1.157 3
G2	IV	39.0	7.4	31.6	42	12.85	1.162 6
G34- 32	V	50.67	2.16	48.51			

高 5 区块的综合压缩系数为 21.94×10^{-4} MPa⁻¹(表 4),若地层压力保持在 33 MPa(在静水柱压力附近)饱和压力时,靠弹性能量可以采出地质储量的 4.63%和 8.43%,可见油藏弹性能量较大。

表 4 高 5 区块 E_{s3}^{2+3} 油藏弹性采收率测算

Table 4 Estimation of elastic recovery rate of oil reservoir in 3rd Member of Shahejie Formation in No. 5 block of Gaobei region

计算参数选值				压缩系数/10 ⁻⁴ •MPa ⁻¹				压力/MPa			弹性采收率	
$T_{地}/^{\circ}\text{C}$	$\Phi/\%$	$S_o/\%$	$S_{w}/\%$	C_f	C_o	C_w	C_t	P_i	P_b	$P_i - P_b$	$P_i = 33/\text{MPa}$	$P_i = P_b/\text{MPa}$
110	19.4	62	38	5.3	9.74	5.97	21.94	42	7.4	34.6	4.63	8.43

高 5 区块随着地层压力的下降,油井生产能力减弱。这是因为靠弹性开采使流动压力随地层压力下降而不断下降,靠大压差生产的局面越来越难以维持(表 5)。

表 5 高 5 区块弹性产率

Table 5 Elastic productive rate of oil- wells in No. 5 block of Gaobei region

井号	原始地层压力/MPa	投入生产后		阶段产油量/t	弹性产率/t•MPa ⁻¹
		测压时间/年	压力/MPa		
G2	40.45	1981	32.46	3 528	441.5
G32- 28	45.58	1985	37.83	3 322	428.6
G34- 32	51.68	1998	37.61	5 835	414.7

1.2 油藏类型

高北地区油藏位于高北断层上升盘,该断鼻圈闭面积 5 km²,主要目的层沙河街组三段高点埋深 3 100 m,闭合幅度 300 m(图 1)。油源主要来自拾

场次凹沙河街组三段 4~ 5 亚段和 2 亚段烃源岩,储集层主要为沙河街组三段 3 亚段的中- 细砂岩,具有良好的生储盖组合。自发现到上报储量以来,一直认为其主要为受断层(块)控制的构造层状油藏,但经过多年的滚动勘探开发实践及最新地质研究成果认为,受岩性的影响非常大,属于“泥包砂”,是典型的“构造背景下的岩性油气藏”。

(1) 在高尚堡整体潜山披覆背斜构造背景下,高北地区位于背斜的北翼,高 5 区块位于构造北翼高北断层的上升盘。从高 5 区块沙河街组三段骨架砂岩等厚图看(图 2),目的层沙河街组三段总体是一个位于高北断层上升盘的较为完整的断鼻。断鼻构造高点位于南部高 2 井附近,地层倾向北东,倾角 7~ 10°;同时,地层及骨架砂岩向北方逐渐加厚。

(2) 本区为扇三角洲沉积,物源主要来自于 NE 和 NW 两个方向。由 NE 向 WS,沉积物由粗变细,

地震速度由高变低。高5区块各油组位于扇三角洲前缘水下分流河道上,不同油组的砂层互相叠置,纵向上沙河街组三段各油组均有油层分布;主要储集层为中、细砂岩,有利于储集油气。

(3) 具有代表性的沙河街组三段 II 油组骨架砂岩(厚度大于 3 m、细砂以上粒级) 百分比图显示:

砂层自北向南逐渐减薄,有尖灭的趋势,一方面说明当时的沉积物源主要来自于北方,另外也说明当时是向南部超覆沉积,从而反映出南部构造高部位地层厚度小,砂层厚度薄,物性较差,含油性不如北部构造较低部位好的岩性油藏特点(图 2)。

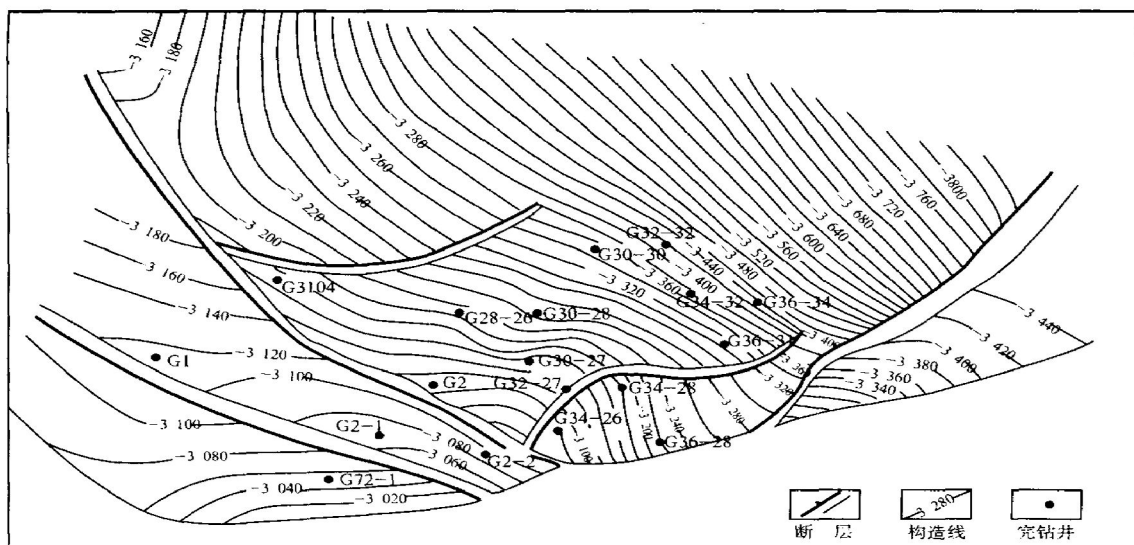


图1 高北地区沙河街组三段圈闭特征

Fig. 1 Characteristic of trap in interval- 3 of Shahejie Formation of Gaobei region

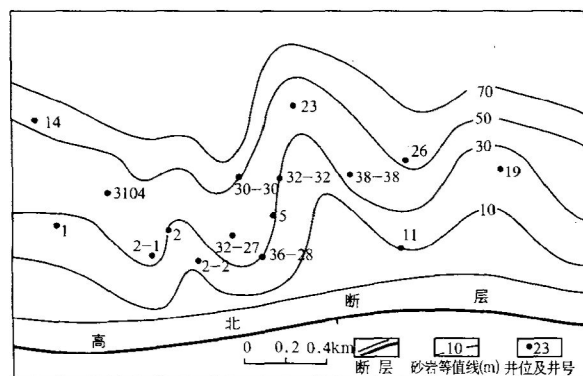


图2 高北地区沙河街组三段 II 油组骨架砂岩等厚图

Fig. 2 Sandstone isopach sketch map for III group oil in interval- 3 of Shahejie Formation of Gaobei region

(4) 高5区块试油或投产所测压力系数自南向北有增大的趋势,断鼻腰部有高压异常层,压力系数高达1.3~1.4,向南逐渐过渡为正常压力带。

(5) 高5区块沙河街组三段油层、含油面积受构造控制作用不明显,油层最厚的位置不在构造高部位—高北断层上升盘附近,而在断鼻构造的腰部。

(6) 高5区块目前为弹性开采阶段,累计产量与油层等厚图形态基本一致,最高产量的井位于断鼻腰部,其轴向平行于高北断层。

综上所述,在构造高部位,岩性较细,油层少,

压力系数正常;构造腰部,岩性中等,油层层数多,厚度大,压力系数高、产量高;在构造低部位,岩性变粗,物性变差,油层层数较少,且纯油层更少,多为油水同层,压力系数较高,从而说明高5区块油气藏为构造背景下的岩性油气藏。

2 勘探方法

2.1 储层沉积微相研究

根据前人研究结果^[2],高北地区沙河街组三段 2~3 亚段为一套近物源、短距离搬运、快速堆积的扇三角洲沉积,可进一步划分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘、前扇三角洲—滨浅湖亚相。储集体为扇三角洲水下分流河道砂体和前缘席状砂。II 油组沉积物源主要来自北偏东及北西方向,区内主要以水下分流河道为主,砂层厚度由 NW 向 SE、NE 向 SW 逐渐变薄,高5区块主要位于扇三角洲前缘亚相带上,储层含砂率在 20%~40% 之间。II 油组沉积物源主要来自于北部。储层厚度由 WN 向 ES、NE 向 SW 方向变薄,高5区块主要位于扇三角洲前缘—前扇三角洲亚相带上,储层含砂率在 25%~35% 之间。IV 油组沉积物源主要来自于北部,储层厚度北部厚,向西南方向逐渐变薄。高5区块位于扇三

角洲前缘-前扇三角洲亚相带上,储层含砂率在 15%~25%之间。V油组沉积物源主要来自于东北部,储层分布特征与IV油组类似,储层含砂率小于20%。

2.2 储层地震反演

根据已经完钻井的地层对比结果,在高北地区沙河街组三段2~3亚段选取了6套发育相对集中的油层段进行储层反演。具体方法与步骤如下。

(1) 利用钻井、测井资料、合成地震记录和地震资料对砂岩储层测井响应特征、地震响应特征、波阻抗特征与岩性关系进行分析,总结出砂岩储层对应的特征标志,为储层反演及描述打基础。

(2) 利用合成地震记录对油层进行精细对比、标定。

(3) 利用 Geoframe 地震地质综合解释系统,解释6套油层的顶面,制作6套油层顶面构造图(图3)。

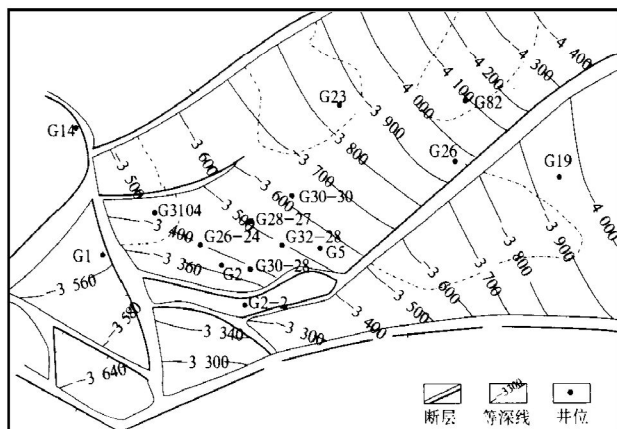


图3 高北地区沙河街组三段IV油组底界构造图

Fig.3 Structural sketch map of bottom boundary for IV group oil in interval-3 of Shahejie Formation of Gaobei region

(4) 利用二步法优化反演对高北地区常规处理地震资料和高分辨率地震资料分别进行了反演处理,分析两种地震资料反演后的特点。为储层二次标定,追踪解释打下基础。

(5) 在波阻抗反演的基础上,通过地质统计的方法,计算6套油层的砂岩厚度平面图(图4),描述不同层系的砂体分布特征和沉积特点。

(6) 在区域地质规律的指导下,结合6套油层的砂岩厚度图,在反演的波阻抗剖面进行储层二次标定,对油组内的砂岩集中段进行追踪解释,指出可能的岩性尖灭线。

(7) 利用构造解释结果及预测的砂岩厚度,获得6套油层的综合评价图(图5)。对6套油层的构

造、储层的优化配置进行分析及综合评价。

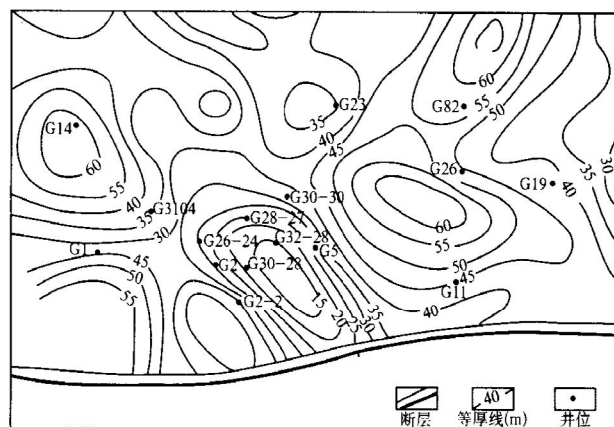


图4 高北地区沙河街组三段IV油组砂岩等厚图

Fig.4 Sandstone isopach map for IV group oil in interval-3 of Shahejie Formation of Gaobei region

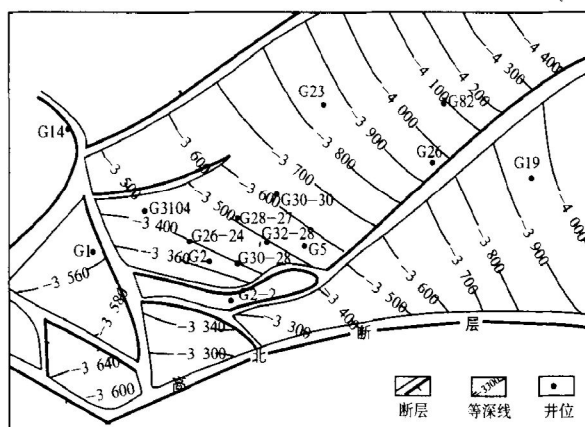


图5 高北地区沙河街组三段IV油组综合评价图

Fig.5 Comprehensive evaluation sketch map for IV group oil in interval-3 of Shahejie Formation of Gaobei region

2.3 综合地质研究

地层对比、沉积微相及储层反演三者相结合。在钻井较多的开发区块,通过精细地层对比,确定该区块地层发育特点、纵向上油层分布层位以及储集层在邻井间的变化特点;然后向外扩展到非开发区块,初步掌握该地区地层厚度的变化方向、砂层(储集层)的分布发育范围,统计砂层厚度、颜色、含有物等,作出该地区砂岩等厚图及含砂率图等基础图件;在此基础上,通过高分辨率地震资料的精细储层反演,勾划出比较准确的储集层分布发育范围,提出有利目标区块,提供探井、滚动探井井位意见。

参考文献

- 杜志强,魏忠文,王旭东.南堡凹陷高5区块油气藏特征[J].石油与天然气地质,2000,21(4):354~356
- 周海民,魏忠文,曹中宏,等.南堡凹陷的形成与油气的关系[J].石油与天然气地质,2000,21(4):345~349

CHARACTERISTICS OF GAOBEI SUBTLE HYDROCARBON RESERVOIR AND EXPLORATION METHOD

Wang Xudong Lu Guixiang

(Jidong Oil Field, Petro- China, Tangshan, Hebei)

Abstract: Gaobei subtle hydrocarbon reservoir is situated in northern flank of Gaoshangpu buried hill of Nanpu depression. The reservoir was formerly considered to be a structural hydrocarbon reservoir controlled by the fault. It is discovered by re- analyzing thickness of the skeletal sandstone and orientation of material sources that the reservoir is a type, composed of “sand wrapped by mud”, of litho- reservoir against structural background with feature of high production of energy initially and degrading quickly late on. Exploration process for the reservoir indicates that a thorough study of micro- sedimentary phase of reservoir shall be emphasized in the first place when searching for subtle hydrocarbon reservoir, restoring the reservoir by means of seismic inversion, defining the type of hydrocarbon reservoir by studying on comprehensive analysis results.

Key words: subtle hydrocarbon reservoir; material source; sandstone skeleton; energy productivity; exploration method; Gaobei region

(上接 161 页)

洲和湖相沉积物, 与生油岩侧向相邻, 为岩性油气藏勘探较有利地区。

参 考 文 献

1 顾家裕. 陆相盆地层序地层学格架概念及模式[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 6~ 10

2 薛良清. 层序地层学研究现状、方法与前景[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(5): 8~ 13

3 朱筱敏. 层序地层学原理及应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998

4 陈开远, 孙爱霞, 杜宁平. 成油体系中的层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(3): 221~ 226

5 刘震, 吴因业. 层序地层框架与油气勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999

SUBTLE TRAPS AND PREDICATION OF FAVORABLE AREAS IN SOUTHERN SONGLIAO BASIN

Li Qun

(Petroleum University, Beijing)

Abstract: Southern Songliao basin can be divided into 4 types of litho- trap and composite trap namely, channel sandbody, progradational leafy sandbody, fault- litho- trap and structural- litho- trap. Channel sandbody in seismic profile displays strong amplitude, preclination of low frequency and down concave reflection. If river bank is steep, the river bed can be defined by termination point of horizontal reflection, point sandbar showing slightly convex while channel displaying the characteristic of concave. Progradational reflection configuration of the progradational leafy body shows gentle downlap or toplap. Deltaic sheet sandbody can be defined by warped part of progradational bed or warped part of toplap pinch out bed. Branch channel sandbody can be identified by the abnormality of structure and waveform through amplitude. Changes for amplitude and waveform in strata series of deltaic progradation are closely connected with the sandbody. Daqingzijing area and southeastern source area are believed to be favorable prospecting oil and gas reservoirs while Qianan- Gudian area is considered to be relatively favorable prospecting oil and gas reservoir.

Key words: Songliao basin; sequence stratigraphy; subtle trap; channel