

文章编号: 1001- 6112(2004)06- 0553- 04

# 渤海湾盆地东濮凹陷 上古生界潜山油气成藏条件评价

胡宗全, 王传刚, 张玉兰, 张福顺, 周新科

(中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:** 与济阳拗陷对比, 渤海湾盆地东濮凹陷具备潜山油气成藏的基本条件。以已有的钻井作控制, 提取了各关键井的储层条件、烃源条件和盖层条件作为成藏条件评价的源参数, 以油气显示级别作为成藏条件的指示参数, 建立了神经网络数学模型, 对东濮凹陷各关键井上古生界潜山的油气成藏条件进行评价。通过对 3 种评价源参数的分布进行平面分区, 对东濮凹陷上古生界的成藏条件进行了平面预测, 结果表明中央隆起带是上古生界潜山油气勘探的最有利地区。近期文古 2 井在上古生界的工业油气流突破证实了模型的预测结果。对该油气藏的解剖表明, 在煤系之上的、埋藏较浅的、厚层粗粒的砂岩应是上古生界勘探的主要目的层。

**关键词:** 成藏条件; 数学模型; 潜山; 上古生界; 东濮凹陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122. 3

文献标识码: A

## 1 东濮凹陷潜山基本成藏条件分析

东濮凹陷位于渤海湾盆地临清拗陷的南端。截至目前, 该凹陷已完钻潜山探井 47 口, 在太古界、下古生界、上古生界和中生界等多个层系见到较好的油气显示, 有 5 口井获低产油流, 最近在文古 2 井上古生界石千峰组首次突破了东濮凹陷潜山的工业油气流关, 预示着东濮凹陷上古生界潜山油气藏良好的勘探前景。

与济阳拗陷潜山的成藏条件相对比(表 1), 东

濮凹陷在中央隆起带的潜山主要为后成潜山, 储层遭受的风化时间和强度都不及济阳拗陷, 导致储层条件较差, 以低孔低渗为主<sup>[1,2]</sup>。但是东濮凹陷潜山同样具有良好的烃源条件, 除下第三系可以供给充足的油源外, 上古生界煤系地层还有较好的“二次生气”能力<sup>[3-5]</sup>, 这已经被文 23 气藏所证实<sup>[6,7]</sup>; 并且上古生界、中生界的泥岩均可作为直接盖层, 下第三系发育的泥岩和盐岩可以作为很好的区域盖层, 成藏配置条件较好, 说明东濮凹陷潜山具备基本的油气成藏条件。

表 1 东濮凹陷与济阳拗陷潜山的油气成藏条件对比  
Table 1 Comparison of hydrocarbon pool-forming conditions in the buried hills of the Dongpu Sag and the Jiyang Depression

凹陷及地区	潜山发育特征		油源条件	储层条件	生储配置	储盖配置	现今勘探效果	成藏条件综合评价
	性质	数量						
滩海	先成	多	好	好	好	较好	好	很好
车镇	先成	多	好	好	好	好	好	很好
沾化	先成	多	好	好	好	好	好	很好
东营	先成	较多	好	较好	好	较好	较好	好
惠民	先成、后成	较多	较好	中一差	较差	好	较差	较好
东濮	先成、后成	多	好	中一差	较好	较好	较差	较好

收稿日期: 2004- 03- 31; 修订日期: 2004- 10- 21.

作者简介: 胡宗全(1971—), 男(汉族), 河南光山人, 高级工程师、博士后, 专业方向为储层与油藏地质。

## 2 东濮凹陷上古生界潜山成藏评价

### 2.1 预测数学模型

神经网络数学模型以其在模式识别和参数预测方面的高精度而在石油地质领域得到广泛应用<sup>[8,9]</sup>。以潜山探井的储层条件、油源供给状况和盖层条件作为评价成藏条件的源参数,以油气显示级别作为油气成藏条件的指示参数,通过对3种地质条件与油气显示级别进行分级量化,再运用非线性神经网络模型建立评价源参数与指示参数之间的对应关系。运用该数学模型可以对新的源参数组合进行输出参数预测。

东濮凹陷上古生界储层依据孔隙度的高低进行分级赋值,孔隙度由高到低依次赋值 iv, ㊟ ㊠ 东濮凹陷上古生界 iv类储层主要分布于西部洼陷西斜坡; ㊟类储层主要分布于东明集地区和毛4—龙古2井区及中央隆起带和长垣地区; 三春集一带储层较差,为 ㊠类。烃源条件以中央隆起带为中心呈环带状分布,向外依次为 A, B, C 3类。盖层条件在凹陷内发育好,为1级;在东明集和毛4井区的二台阶潜

山带也有发育,为2级;而在兰聊断裂上升盘凸起的大部分地区盖层不发育,为3级(图1)。

通过对各关键井上古生界的储层条件、烃源条件和盖层条件进行定量赋值,与相应的油气显示级别组成训练数学模式向量。其中油气显示赋值分为4级:测试见油气、含油含气为1级;油斑、油迹为2级;荧光和气测显示为3级;无显示为4级(表2)。

经模型回判计算,42口井共有27口井正判,占65.9%;另有12口井为邻级误判,占29.3%;错判

表2 东濮凹陷上古生界潜山成藏条件评价数据表  
Table 2 Evaluation data of pool-forming conditions for the Upper Paleozoic buried hills in the Dongpu Sag

序号	井名	储层	烃源	盖层	显示	回判评价结果	回判效果
1	长1	2	3	2	4	4	正判
2	长2	2	3	2	4	4	正判
3	长3	2	3	2	4	4	正判
4	春古1	3	3	2	4	4	正判
5	春古2	1	3	2	2	3	邻级误判
6	春古3	3	3	2	4	4	正判
7	春古4	3	3	2	4	4	正判
8	东1	1	2	2	4	4	正判
9	东3	1	3	2	4	3	邻级误判
10	东古2	1	2	2	4	4	正判
11	范古1	2	3	1	4	4	正判
12	范古2	2	2	2	4	3	邻级误判
13	范古3	2	2	1	4	3	邻级误判
14	胡古1	1	1	1	4	2	错判
15	黄古1	3	3	2	4	4	正判
16	开1	2	3	2	4	4	正判
17	开17	1	1	1	1	2	邻级误判
18	开33	2	2	2	1	3	错判
19	开35	1	1	1	1	2	邻级误判
20	开40	1	1	1	1	2	邻级误判
21	开9	3	3	2	4	4	正判
22	兰古1	3	3	2	4	4	正判
23	龙古1	1	2	3	2	2	正判
24	龙古3	1	2	3	4	4	正判
25	马古1	2	3	2	4	4	正判
26	马古11	3	2	2	4	4	正判
27	马古2	3	3	2	4	4	正判
28	马古5	2	2	2	4	3	邻级误判
29	马古6	2	3	2	4	4	正判
30	毛3	1	2	1	4	4	正判
31	毛4	1	2	2	4	4	正判
32	毛5	1	2	1	3	4	邻级误判
33	毛6	1	2	1	4	4	正判
34	毛8	1	2	1	4	4	正判
35	明古1	2	2	1	3	3	正判
36	濮深1	2	2	1	4	4	正判
37	庆古1	1	1	1	3	2	邻级误判
38	庆古2	1	1	1	2	2	正判
39	宋1	1	3	2	4	3	邻级误判
40	卫古1	2	2	2	4	3	邻级误判
41	文古1	2	1	1	1	1	正判

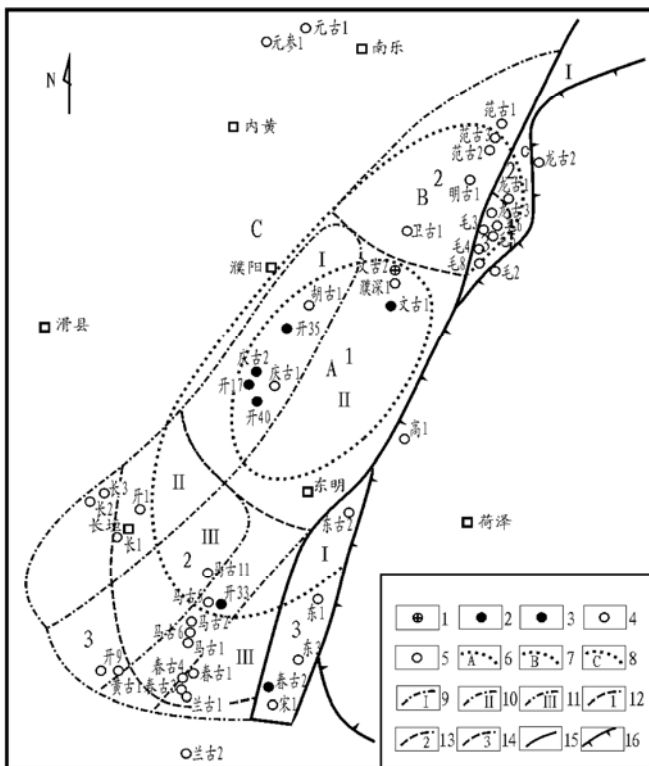


图1 东濮凹陷上古生界潜山成藏条件

1. 工业油流井; 2. 低产油流井; 3. 油斑油迹显示井; 4. 荧光气测显示井; 5. 无显示井; 6. 烃源条件好; 7. 烃源条件较好; 8. 烃源条件差; 9. 高孔隙度储层; 10. 中孔隙度储层; 11. 低孔隙度储层; 12. 盖层条件好; 13. 盖层条件中等; 14. 盖层条件差; 15. 断层; 16. 地层缺失区

Fig. 1 pool-forming conditions of the Upper Paleozoic buried hills in the Dongpu Sag

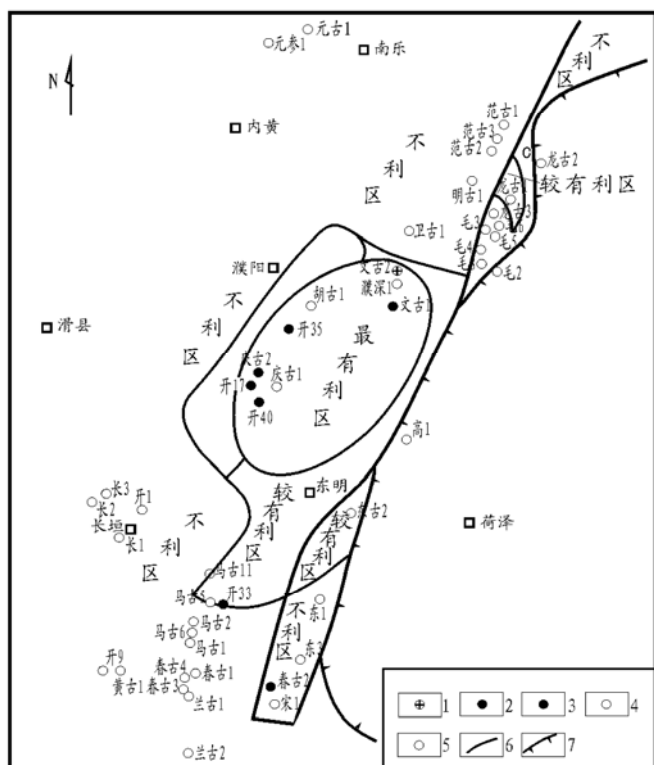


图 2 东濮凹陷上古生界潜山成藏条件综合评价图

- 1. 工业油流井; 2. 低产油流井; 3. 油斑油迹显示井;
- 4. 荧光气测显示井; 5. 无显示井; 6. 断层; 7. 地层缺失区

Fig. 2 Comprehensive evaluation of pool-forming conditions for the Upper Paleozoic buried hills of the Dongpu Sag

的仅有 2 口井, 占 4.8%。由于邻级误判多产生于有显示的井中, 只是评价的级别有误差, 其评价效果是可以接受的。正判和邻级误判合计占总样本数的 95.2%, 说明模型的回判预测符合率较高(表 2)。

### 2.2 评价结果分析

运用模型对平面上的各个分区进行预测。中央隆起带和西部洼陷内侧油源条件好, 储层条件较好, 盖层发育, 是成藏条件最有利区; 西部洼陷带外侧储层和盖层条件好, 油源条件较好, 是成藏条件有利区; 中央隆起带向外, 油源条件较好和储层条件较好, 盖层条件好, 为成藏较有利区; 东濮凹陷南北两侧向外油源条件变差, 在兰聊断裂上升盘则缺少有

效盖层, 均评价为不利区(图 2)。东濮凹陷上古生界成藏条件平面预测结果表明, 在凹陷内部盖层条件良好的情况下, 油源条件对潜山成藏的控制至关重要。如中央隆起带的储层条件不及西部洼陷带但油源条件更好, 其评价级别就更好; 在中央隆起带向外油源条件较差的地区, 成藏条件较差。大量的潜山油气藏勘探实例也表明, 距有效烃源近是控制潜山成藏的重要条件<sup>[10]</sup>。

### 3 典型油气藏分析

最近对东濮凹陷中央隆起带的文古 2 井进行完井测试, 在上古生界石千峰组 3 813.5~ 3 834.3m 井段喜获天然气 1.1 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d, 油 6.09 t/d 的工业油气流。

文古 2 井圈闭为一背斜构造背景上的断块。在圈闭主体部位, 上古生界与中生界之间呈平行不整合-整合接触, 中生界与下第三系之间为角度不整合接触, 上古生界地层在上倾方向上被西侧的断层遮挡。

文古 2 油气藏产层为上古生界石千峰组的一套砂层组, 共有 3 个单砂层组成。其中最下面的一层为含砾砂岩, 上面两层为泥质粉砂岩, 由下向上 3 层砂岩的电测解释孔隙度分别为 12.6%, 5.7% 和 10.8%。纵观文古 2 井上古生界地层, 储集岩总体发育程度较差。若粒度大于粉砂岩视为潜在储集岩, 仅占上古生界总厚度的 18.1%; 真正可能形成有效储集岩的岩性主要为含砾砂岩, 仅占总厚度的 8.5%, 但含砾砂岩单层厚度较大, 平均在 5 m 以上(表 3)。

文古 2 油气藏的形成, 有赖于烃源、储盖层和圈闭等综合因素的有机配置(图 3)。断背斜的构造背景, 邻近下第三系烃源洼陷, 上古生界自身具有较好的生气能力, 沙三段内发育的盐岩和泥岩可以作为

表 3 文古 2 井上古生界岩性统计表

Table 3 Lithological statistics of the Upper Paleozoic in well Wengur 2

类别	岩性	层数/层	单层厚度/m			总厚度/m	占地层总厚度百分比, %
			最大	最小	平均		
非储集岩	泥岩(煤)	173	10.5	1.0	2.8	476.0	64.1
	粉砂质泥岩	89	5.5	1.0	1.25	111.0	14.9
	泥质粉砂岩	10	6	1	2.14	21.5	2.9
	小计	272	10.5	1	2.2	608.5	81.9
储集岩	粉砂岩	46	6.5	1	1.53	70.8	9.5
	含砾砂岩	12	11.5	1	5.29	63.5	8.5
	小计	58	11.5	1	2.3	134.3	18.1
合计		330	11.5	1	2.3	742.8	100

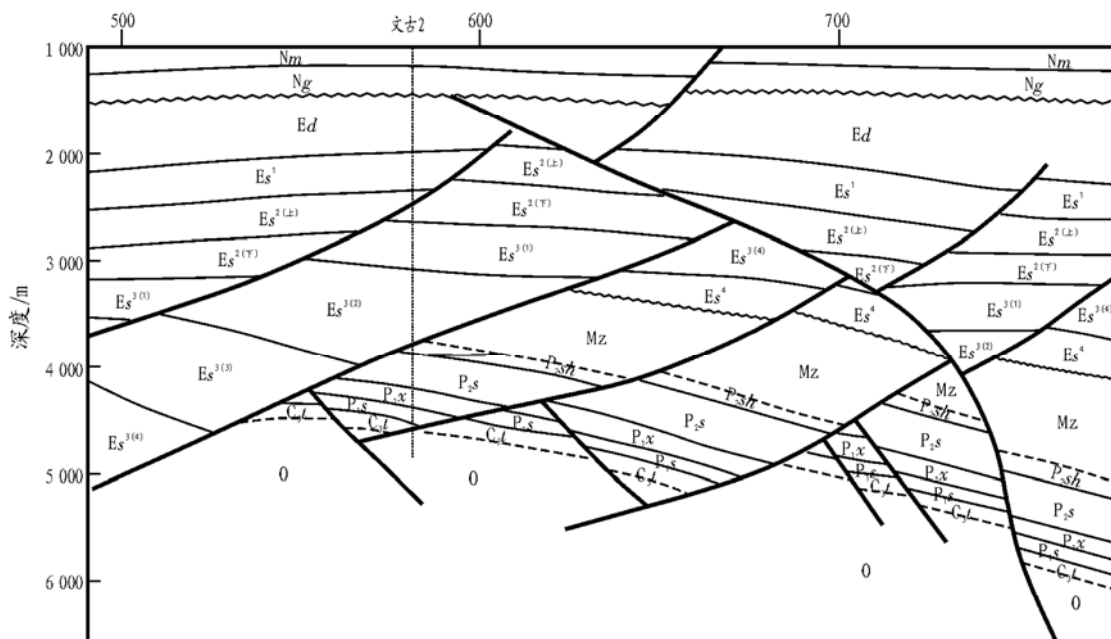


图3 文古2井上古生界油气藏剖面图

Fig. 3 Profile of the Upper Paleozoic hydrocarbon pools in well Wengur 2

良好的盖层, 隆起高部位上古生界埋深相对较小, 储层物性较好, 这些都是成藏的有力因素。文古2井获工业油气流, 有力地证明了东濮凹陷中央隆起带上古生界具有较好的油气成藏条件, 也证实了评价模型的预测效果。

#### 4 结论

1) 综合油源条件、储层条件和盖层条件所建立的成藏条件评价数学模型可以减少单一因素评价的风险, 定量模型可以降低主观因素的影响, 从而提高预测的精度。对东濮凹陷上古生界潜山的实际应用被近期的勘探实践所证实, 所预测的成藏条件平面评价图对下一步该凹陷上古生界的油气勘探具有一定的指导意义。

2) 在东濮凹陷, 烃源条件是控制上古生界成藏的决定性因素, 应该在下第三系烃源和上古生界自生天然气的有效供烃范围内进行勘探。中央隆起带兼为下第三系和上古生界来源油气的运移指向区, 上古生界煤层、泥岩和下第三系盐岩发育, 是有利的盖层, 该区是上古生界勘探的最有利地区。

3) 东濮凹陷上古生界储层总体发育条件较差, 较厚层的、粗粒的砂岩物性较好, 在煤系之上砂岩所受的胶结作用比邻近煤层的弱, 并且埋深相对较小,

压实作用强度相对较低, 储层条件较好, 勘探成本相对又较低, 是主要的勘探目的层。

致谢: 研究中得到许化政教授的精心指导, 谨致谢忱!

#### 参考文献:

- 1 刘玄焯. 东濮凹陷潜山的地质特征与储层分析[J]. 石油地球物理勘探, 1994, 29(增刊1): 144~ 148
- 2 袁先春, 赵新国, 刘小红等. 东濮凹陷古潜山勘探潜力分析[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(2): 29~ 32
- 3 曾大乾, 杨依超, 刘振兴等. 东濮凹陷文留地区天然气成藏模式[J]. 江汉石油学院学报, 2000, 22(4): 10~ 13
- 4 李如汉, 陈洪丽, 李银花等. 东濮凹陷文23气藏成藏条件分析[J]. 江汉石油学院学报, 2000, 23(4): 23~ 25
- 5 梁生正, 杨国奇, 田建章等. 渤海湾叠合盆地大中型天然气田的勘探方向[J]. 石油学报, 2001, 22(6): 1~ 4
- 6 梁生正, 谢恭俭, 马 郡等. 华北石炭-二叠系残留盆地天然气勘探方向[J]. 天然气工业, 1998, 18(6): 16~ 20
- 7 费宝生. 华北探区勘探方向的浅见[J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(4): 1~ 4
- 8 冉启全, 李士伦, 李元元. 用神经网络模式识别沉积微相[J]. 石油勘探与开发, 22(2): 59~ 63
- 9 刘力辉, 常德双, 殷学军等. 人工神经网络在预测储层中的应用[J]. 石油地球物理勘探, 1995, 30(增刊1): 90~ 95
- 10 苟华伟, 董秀芳, 田淑云. 塔里木盆地和渤海湾盆地潜山圈闭类比分析[J]. 石油实验地质, 1996, 18(3): 229~ 235

(下转第561页)

**Abstract:** The Tong-Wang fault belt is located at the south slope of Dongying Sag, Jiyang Depression. The vertical characteristics of geotemperature and formation pressure system (T-P system) is shown as overpressure multiple T-P system: normal T-P system in the upper formations and overpressure T-P system in the lower formations. The Lower Tertiary in this area is covered by relatively stronger power environment. Structural and stratigraphic reservoirs in this area are mainly controlled by fluid potential, and are distributed at relatively weaker fluid potential place. Lithological reservoirs, not restricted by fluid potential, exist at both relatively weaker and higher fluid potential places. Sand bodies and faults are main carrying beds for lateral and vertical oil and gas migration, while unconformity is also important for oil and gas lateral migration. Ladder-like migration is the distinct characteristics of oil and gas migration in the study area.

**Key words:** Temperature-Pressure system; fluid potential; conducting system; pool-forming dynamics; the Dongying Sag; the Bohaiwan Basin

*(continued from page 556)*

## EVALUATION ON THE HYDROCARBON POOL-FORMING CONDITIONS OF THE UPPER PALEOZOIC BURIED HILLS IN THE DONGPU SAG OF THE BOHAIWAN BASIN

HU Zong-quan, WANG Chuan-gang, ZHANG Yu-lan, ZHANG Fu-shun, ZHOU Xin-ke

*(Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China)*

**Abstract:** Compared with the Jiyang Depression, the Dongpu Sag of the Bohaiwan Basin has the basic conditions of forming buried hill hydrocarbon reservoirs. Under the control of key wells, the developing conditions of source rocks, reservoirs and caprocks were extracted as input parameters, the grade of hydrocarbon shows was used as indicator parameters, and a neural network mathematical model was constructed to evaluate the hydrocarbon pool-forming conditions of the Upper Paleozoic buried hills in various key wells of the Dongpu Sag. By subdividing the distribution areas of the three types of input evaluation parameters, the pool-forming conditions of the Upper Paleozoic buried hills in the Dongpu Sag were predicted on the plane, which showed that the central uplift zone had the best prospects. Well Wengu-2 achieving industrial productivity for the first time in the Upper Paleozoic buried hills in the Dongpu Sag proved the predicting accuracy of the model. The characteristics of the Wengu-2 hydrocarbon pool indicated that the coarse and thick sandstone above coal measures had lower depth, and should be the main target layers of exploration in the Upper Paleozoic.

**Key words:** hydrocarbon pool-forming condition; mathematical model; buried hill; the Upper Paleozoic; the Dongpu Sag; the Bohaiwan Basin