

圈闭含油气概率赋值标准及其在塔里木盆地的应用

李娜,闫相宾,蔡利学

(中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:圈闭含油气概率赋值标准是圈闭含油气性量化评价的基础,是勘探风险分析的重要内容。从圈闭成藏的地质过程出发,鉴于圈闭、充注、储集和保存4项成藏条件相互独立、缺一不可,因此采用这4项成藏条件作为主因子,并用其各自概率的乘积表示圈闭的含油气概率。对于纵向上由多个目的层组成的圈闭,其含油气概率是指至少有一个层圈闭发现油气的概率。在不同类型油气藏成藏主控因素及不同地区风险关键因素分析的基础上,进一步细化4项主因子,分别提出了存在和有效两类子因子。根据木桶短板效应原理,提出若各子因子关键参数独立,则其关键参数发生概率相乘即为圈闭含油气概率;若子因子关键参数相关,则取风险最大者与其他子因子概率相乘表示圈闭的含油气概率。同时,根据资料的相关程度、丰富程度、控制程度和质量评价,建立了概率赋值原则以及4项主因子及其子因子概率赋值标准,并将含油气概率分为5级。圈闭的含油气概率越大,地质风险越低;反之亦然。该方法在塔里木盆地实际应用,取得较好效果。

关键词:概率因子;参数赋值;含油气概率;圈闭评价;塔里木盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Assignment standard for hydrocarbon-bearing probability of traps and its application in Tarim Basin

Li Na, Yan Xiangbin, Cai Lixue

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

Abstract: Assignment standard for hydrocarbon-bearing probability of traps is the basis of quantitative assessment hydrocarbon potential of traps and has played a very important role in exploration risk analyses. Four key reservoiring elements including trap, charging, reservoir and preservation were chosen to be the major factors to represent hydrocarbon-bearing probabilities of traps with the products of their individual probabilities. For traps composed vertically of several target reservoirs, the hydrocarbon-bearing probability refers to the probability of founding oil or gas in at least one target reservoir of the trap. Each of the four factors was further divided into two subfactors—occurrence subfactor and effective subfactor—based on different reservoiring controlling mechanisms and risk analyses of various oil or gas reservoirs. By applying the Barrel Effect principle to our calculation, we proposed that if all the key parameters of the subfactors were independent from one another, then the hydrocarbon-bearing probability would be the product of probability of key parameters; on the other hand, if the subfactors were related to one another, then the probability would be the product of probability of key parameter with the maximum risk multiplying that of other subfactors. Based on the relevance, availability, controlling level and quality of data, we established the principle for probability assignment and set up standards for assigning the probabilities to the factors and subfactors and a 5-level hydrocarbon-bearing probability system. According to the system, the bigger the probability of trap contains hydrocarbon, the lower the geological risks, and vice versa. Implementation of the method in Tarim basin has been proven positive.

Key words: probability factor, parameter assignment, hydrocarbon-bearing probability, trap evaluation, Tarim Basin

圈闭含油气性评价是勘探风险评估的重要内容。自20世纪90年代以来,勘探风险分析技术已成为国际油公司勘探目标评价、优选、决策的实用技术方法,其核心是用风险概率法定量表征圈闭评价的含油气性及资源价值等参数。圈闭含油气概率是指在油气有利

区带内,预测圈闭钻探发现油气的地质可能性。通常圈闭的含油气概率越高,圈闭的地质风险越小;反之亦然。对于纵向上由多个目的层组成的圈闭,其含油气概率是指至少有一层发现油气的概率。由于圈闭含油气概率计算是圈闭油气资源量估算与经济评价的基

础,因此含油气概率客观准确表征和量化评价至关重要,并影响预探部署决策^[1]。

尽管不同油公司考虑的风险因素与参数侧重点有所不同,但基本上均采用油气成藏要素概率乘积表征圈闭的含油气概率,而且形成了相应的评价参数体系(表 1)。但对圈闭含油气评价的主因子和子因子参数体系概率赋值,没有建立起量化赋值标准,而且没有科学区别子因子参数体系中不相关与相关条件下的主因子概率求取的方法与差异。个别油公司采用赋予概率子因子不同权重,并通过权重加和得到主因子概率,明显与概率论不符。另外,国内大部分油公司目前仍采用对圈闭的“生、储、盖、圈、运、保”成藏要素进行“好、中、差”定性分析或打分评价,未能实现用统一风险准则和方法处理表征圈闭成藏要素的风险和不确定性,进而影响在统一平台上对不同地区、不同领域圈闭的含油气性与资源价值的评价优选决策^[2]。

因此,本文在不同类型油气藏成藏主控因素及不同地区风险关键因素分析的基础上,进一步细化了圈闭、充注、储集和保存 4 项主因子,分别提出了两类子因子,即存在子因子和有效子因子。并根据木桶短板效应原理提出:若子因子关键参数独立,则其概率相乘为圈闭含油气概率;若子因子参数相关,则取风险最大者与其他子因子概率相乘表示圈闭的含油气概率。同时,根据资料置信程度,建立了赋值原则和标准,使含油气评价更注重地质风险分析以及其结果更客观合理。该方法在塔里木盆地实际应用,取得较好效果。

1 含油气概率表征及参数体系

1.1 含油气概率表征

根据油气成藏系统理论,认识和分析油气生成、运移、聚集和保存的成藏动态过程,尽管不同地区的地质特征不同,但对于有利区带内的有效圈闭,如想钻探获得工业油气流,必须同时具备圈闭形成、储层沉积、油气充注和后期保存 4 个成藏条件。此 4 项条件互相独立、缺一不可,并且要保证其有效性,即相关条件务必满足其评价下限值。根据概率论原理,相互独立事件同时发生的概率等于每一事件单独发生概率的乘积(乘法定理)。通过对圈闭 4 项成藏条件的地质分析和概率赋值,可以定量评价圈闭的含油气性^[2-3]。圈闭的含油气概率表征为:

$$P_g = P_{\text{圈闭}} P_{\text{充注}} P_{\text{储层}} P_{\text{保存}} \tag{3}$$

1.2 多层圈闭含油气概率表征

在许多有利区带内,通常圈闭包含多个目的层。这些目的层的成藏要素可能是互相独立的,也可能在成藏过程中某些成藏条件是相关的。一个圈闭中地质因素的相关性是普遍存在的,尤其是烃类的充注和圈闭因素。因此在计算多目的层圈闭的含油气概率时,首先要判断各层之间的相关性(有无共同地质风险或是否有共享的概率因子)^[3-4]。

表 1 不同油公司圈闭含油气概率评价参数体系及表征方法
Table 1 Parameter systems and their characterization methods for assessing hydrocarbon-bearing probability in traps of different petroleum companies

公司	概率因子	参数体系	表征方法
Chevron	圈闭、烃源岩、储层、匹配	a. 圈闭:圈闭的存在、特征与盖层的完整性 b. 烃源岩:烃源的存在、质量、成熟度 c. 储层:储层的存在、质量 d. 匹配:运移通道、时间匹配	$P_g = \prod P_i \tag{1}$
Exxon	烃源岩、储层、圈闭、运移、时间匹配	a. 烃源岩:有机质数量、类型、成熟度 b. 储层:厚度、断层、孔隙度 c. 圈闭:存在、类型 d. 运移:输导层 e. 时间匹配:时间配置	$P_g = \prod P_i \tag{1}$
马来西亚石油公司	烃源岩、储层、圈闭	a. 烃源岩:有机质数量、类型、成熟度 b. 储层:厚度、物性 c. 圈闭:存在、特征的完整性	$P_g = \prod P_i \tag{1}$
中海油	烃源岩、圈闭、盖层、储层、运聚匹配	a. 烃源岩:烃类总量、成熟度 b. 圈闭:圈闭的存在、特征 c. 盖层:顶部盖层、断层、底板 d. 储层:产状、质量 e. 运聚匹配:时间、运移通道、保存/破坏条件	$P_g = \prod (\sum P_{ij} Q_{ij}) \tag{2}$

注: P_g 为圈闭含油气概率; P_i 为各因子存在概率; P_{ij} 为各子因子存在概率; Q_{ij} 为各子因子权重。

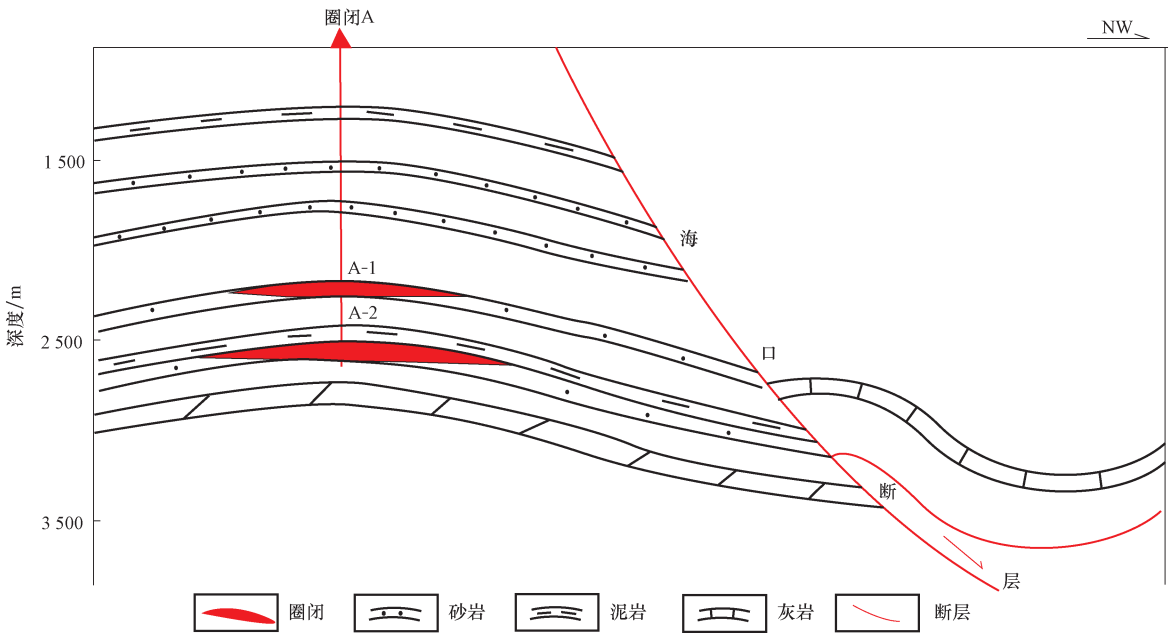


图1 包含不同层圈闭的圈闭 A 示意图

Fig. 1 Schematic diagram showing trap A containing several different target reservoirs

多层圈闭的含油气概率用至少一层发现油气的概率来表征。若各层圈闭相互独立,则计算公式如下:

$$P_g = 1 - \prod P_{i\text{失败}} \quad (4)$$

若各层圈闭之间具有相关性,即有共享的风险概率因子,则其含油气概率表征如下:

$$P_g = P_{\text{共享}} (1 - \prod P_{i\text{失败}}) \quad (5)$$

例如圈闭 A (图 1) 有两个层圈闭 A-1 和 A-2。经地质分析认为,油气充注和圈闭是这两个层圈闭成藏的共同地质风险,即该圈闭的充注概率和圈闭概率具有相关风险,且各层的概率主因子赋值如表 2,则圈闭 A 的含油气概率计算过程如下:

$$P_{\text{共享}} = P_{\text{圈闭}} P_{\text{充注}} = 0.60 \times 0.80 = 0.48 \quad (6)$$

A-1 层圈闭独立因子的成功概率为:

$$P_{\text{储层A-1}} P_{\text{保存A-1}} = 0.80 \times 0.70 = 0.56 \quad (7)$$

则 $P_{\text{A-1失败}} = 1 - 0.56 = 0.44 \quad (8)$

A-2 层圈闭独立因子的成功概率为:

$$P_{\text{储层A-2}} P_{\text{保存A-2}} = 0.50 \times 0.60 = 0.30 \quad (9)$$

则 $P_{\text{A-2失败}} = 1 - 0.30 = 0.70 \quad (10)$

则圈闭 A 的含油气概率为:

$$\begin{aligned} &P_{\text{共享}} (1 - P_{\text{A-1失败}} P_{\text{A-2失败}}) \\ &= 0.48 (1 - 0.44 \times 0.70) \\ &\approx 0.33 \end{aligned} \quad (11)$$

1.3 含油气概率参数体系

按照评价参数体系设计的科学性、系统性、可操作性及层次性要求,结合影响圈闭成藏“生、储、盖、圈、运、保”六大要素的关键参数,从油气成藏的过程出发,将圈闭含油气评价分解为圈闭、充注、储层和保存 4 项

主因子。可以看出,每个成藏条件主因子均由存在和有效两个必要因素构成(表 3)。

因此,把 4 项主因子分解成存在和有效两类子因子。8 项子因子所包含的关键地质参数见表 3,其中有效子因子关键参数要求大于资源评价下限值。

根据木桶短板效应原理,通过子因子概率计算主因子概率时,若子因子参数各自独立,采用各参数概率乘积表示主因子的概率,例如充注概率必须是其 3 个子因子中的有效烃源岩、有效运移、时空配置的概率乘积;若子因子参数具有相关性,则用其中参数概率最低的概率值表示主因子或子因子的概率,例如圈闭存在概率中的资料品质及控制程度参数和井-震关系匹配

表 2 圈闭 A 各层圈闭概率因子

Table 2 Probability factors for traps in each target reservoir of trap A

层圈闭	圈闭概率	充注概率	储层概率	保存概率
A-1	0.60	0.80	0.80	0.70
A-2	0.60	0.80	0.50	0.60

表 3 圈闭含油气概率评价参数体系

Table 3 Parameter system for assessing the hydrocarbon-bearing probabilities of traps

主因子	子因子	关键参数
圈闭条件	a. 圈闭存在	圈闭面积和幅度等落实程度
	b. 圈闭有效性	圈闭顶底板条件、侧向封堵条件
充注条件	a. 有效烃源岩存在	有机质丰度与成熟度
	b. 有效运移聚集	有效的运移通道、时空配置关系
储层条件	a. 储层存在	有利相带分布
	b. 储层有效性	储层厚度、储层物性(孔渗条件)
保存条件	a. 盖层存在	盖层厚度及其分布区域
	b. 后期破坏作用	后期破坏作用强度

性、正反演模型吻合度以及圈闭相关图件的精度有极大相关性,对圈闭存在因子概率赋值必须用最小的参数概率值表示。对包含多个目的层的圈闭含油气概率,用至少有一层发现油气的概率表述。随着圈闭勘探目的层增加,圈闭的含油气概率会随之增大,计算时需考虑其不同目的层之间的相关性,即各目的层有无成藏条件共同地质风险。

可见,评价参数的选择将影响圈闭风险预测的可靠程度。子因子的关键参数在圈闭评价中有较大不确定性,不同地区、不同类型的圈闭又有所不同。子因子参数层体系的构建是圈闭含油气性评价的基础和重点,也是不同油公司勘探风险分析的难点与核心。本文所建立的圈闭含油气概率评价是一个基于4项主因子、8项子因子及其参数体系的一个递进层次的三级系统,真正实现了用统一风险分析处理准则对不同地区圈闭含油气性进行定量评估。

2 含油气概率赋值标准

2.1 含油气概率赋值原则

成藏条件主因子和子因子发生的概率,取决于各地地质成藏条件中主要因素是否存在以及对其有效性的判断。这种判断是基于资料控制程度上的主观认识,资料越丰富,质量越好,证据越直接,可信度越高,预测越客观。因此,资料的相关程度、丰富程度、控制程度和质量评价就是资料置信程度评价,决定了含油气概率赋值原则。

由于勘探对象和勘探程度的不同,获得资料的置信程度也有差异,已有资料对各成藏条件主因子和子因子的证实程度就不同,从而影响对成藏条件主因子和子因子发生概率的预测。预探圈闭附近若已有油气田发现或油气显示,则说明预探圈闭所在区带具备油气成藏条件,证实该圈闭烃源条件有利;若过预探圈闭的二维地震测网密度大或为三维地震控制,资料品质又好,解释对比合理,又有钻井控制,则说明圈闭可靠,圈闭要素准确。因此,资料置信程度在地质风险分析和含油气概率赋值中起着重要的作用^[5]。

根据对成藏条件的认识程度和资料的丰富程度,将概率赋值划分为5个区间,总的赋值原则如下:①有充足的地质资料证实某条件很可能存在且有效,赋值范围 $[0.8, 1]$;②有一定的地质资料证实某条件有可能存在且有效,赋值范围 $[0.6, 0.8]$;③现有的资料条件下,不能肯定也不能否定某条件是否存在或是否有效,赋值范围 $[0.4, 0.6]$;④有地质资料证实某条件有可能不存在或无效,赋值范围 $[0.2, 0.4]$;⑤有地质资料证实某条件很可能不存在或无效,赋值范围 $[0, 0.2]$ 。

2.2 含油气概率赋值标准

圈闭评价资料大致概括为钻井、地震、化探、重磁和其他等5类数据资料。这5类数据的相关程度、控制程度和质量对成藏特征描述和成藏因素预测的可靠程度有所不同。因此,根据不同资料的置信程度,进一步对圈闭含油气概率主因子和子因子详细赋值标准进行了量化(表4)。

圈闭含油气性评价就是分析资料的置信程度和成藏条件发生的可能性。以往对资料因素在勘探风险中的重要程度没有足够认识,而本文将资料置信程度作为一个主要因素,参与到圈闭含油气概率的预测中去,强化了资料因素在各成藏条件主因子和其子因子中的评价作用,加强了勘探风险分析技术的应用,使得圈闭含油气性评价更科学、客观、有效^[6-7]。

2.3 圈闭含油气概率等级划分

由于圈闭含油气概率是指圈闭钻探发现油气的地质可能性,因此圈闭含油气概率越高,圈闭地质风险越小;而圈闭含油气概率越小,则圈闭地质风险越大。为了便于在实际生产应用中对风险进行统一管控,将圈闭含油气概率划分成5个等级。其中,极低风险圈闭的含油气概率大于0.50,此类目标一般圈闭落实非常可靠,油气成藏条件优越;低风险圈闭的含油气概率为0.25~0.50,该目标一般圈闭落实可靠,油气成藏条件好;中等风险圈闭的含油气概率为0.10~0.25,这类目标一般圈闭落实可靠、成藏条件较好,或者是圈闭落实较可靠、成藏条件好;高风险圈闭的含油气概率分布在0.05~0.10,一般圈闭落实较可靠,成藏条件较好;极高风险圈闭的含油气概率小于0.05,圈闭落实程度差,或者至少有一项成藏要素差。

3 在塔里木盆地的应用

3.1 概况

塔里木盆地是我国未来油气的重要接替阵地,圈闭的识别、描述、评价和优选工作尤其是如何优选已发现的储备圈闭择优钻探评价是关键,也是关系该盆地油气预探成败的关键。本文以塔里木盆地SN圈闭为例,采用上述含油气概率赋值标准开展系统评价。SN圈闭位于塔中北坡,为奥陶系岩溶缝洞型圈闭(图2,图3)。圈闭面积111.8 km²,目的层为奥陶系鹰山组^[8-9]。

3.2 含油气概率赋值及计算

根据上文提出的含油气概率参数体系和赋值标准,基于钻前的地质认识,对SN圈闭含油气概率4项主因子参数概率赋值如下。

表 4 圈闭含油气概率赋值标准

Table 4 Assignment standard for hydrocarbon-bearing probability in traps

赋值区间	$P_{\text{圈闭}}$	$P_{\text{充注}}$	$P_{\text{储层}}$	$P_{\text{保存}}$
[0.8,1]	① 剖面一级品率达到 90% 以上,圈闭被地震测线完全控制,面积大于三维地震面元或二维地震测网; ② 井-震关系匹配好,可准确标定目的层和进行储层预测; ③ 正演模型结构合理,正演结果与地震剖面特征相似性大于 90%; ④ 解释合理,图件精度高且齐全,证明圈闭存在	① 钻井和地震资料证实烃源岩存在; ② 有效的运移通道显然存在,几何形态和有效性在地震剖面上十分清楚; ③ 圈闭是在排烃主幕前形成	① 根据多口钻井和地震资料有效储层显然存在; ② 储层的厚度、物性明显好于资源评价设定的下限值(或者明显大于计算资源量概率在 P_{90} 时的厚度等)	① 钻井和地震资料表明盖层显然存在; ② 圈闭顶部盖层为整合封挡,无需底封或侧封; ③ 按照压力预测值,盖层未发生破裂,未见构造破裂的证据
[0.6,0.8)	① 剖面一级品率达到 80% ~ 90%,目的层段地震剖面中有 50% 以上的相位能够连续追踪,有“十”字测线通过圈闭,地震资料基本满足边界刻画要求; ② 井-震关系匹配较好,较准确标定目的层和进行储层预测; ③ 正演模型可靠,正演结果与地震资料可比性较好,符合率 70% 以上; ④ 解释较合理,图件精度较高且齐全,证明圈闭可能存在	① 钻井和地震资料证实烃源岩可能存在; ② 有效的运移通道可能存在,几何形态和有效性在地震剖面上十分清楚; ③ 圈闭是在排烃主幕前形成	① 储层的存在至少为 1 口井的资料证实,地震资料证实勘探目标中有储层存在; ② 储层的厚度、物性大于或等于资源评价设定的下限值(或者大于或等于计算资源量概率在 P_{90} 时的储层厚度等)	① 盖层的存在至少为 1 口井的资料证实,按照地震资料勘探目标中有盖层存在; ② 在最不利的情况下构造破裂的风险依然很小,后期破坏作用较弱
[0.4,0.6)	① 剖面一级品率低于 50%,目的层段地震剖面中可连续追踪的相位在 50% 以下; ② 有一条或两条平行的测线通过的圈闭,井-震关系匹配较差,不能准确标定目的层和进行储层预测; ③ 地震切片不能反映岩性、地层等非构造类圈闭的沉积模式,圈闭的边界无法确定; ④ 解释基本合理,图件基本齐备	① 钻井和地震资料不能肯定也不能否定烃源岩是否存在; ② 有效的运移通道可能存在也可能不存在,几何形态和有效性在地震剖面上不清楚; ③ 无法确定圈闭是否在排烃主幕前形成	① 钻井、地震及相关的沉积、成岩模式既不能肯定也不能否定有效储层的存在; ② 不能确定储层厚度、物性是否大于资源评价设定的下限值(或者无法确定是否大于计算资源量概率在 P_{90} 时的储层厚度等)	① 按钻井或者地震资料,不能肯定也不能否定盖层的存在; ② 压性或扭压断层、张性断层,后期破坏作用中等
[0.2,0.4)	① 剖面一级品率达到 80% ~ 90%,目的层段地震剖面中有 50% 以上的相位能够连续追踪,有“十”字测线通过圈闭,地震资料基本满足边界刻画要求; ② 井-震关系匹配较好,较准确标定目的层和进行储层预测; ③ 正演模型可靠,正演结果与地震资料可比性较好,符合率 70% 以上; ④ 解释较合理,图件精度较高且齐全,证明圈闭可能不存在	① 钻井和地震资料证实烃源岩可能不存在; ② 有效的运移通道可能不存在,几何形态和有效性在地震剖面上不十分清楚; ③ 圈闭可能不是在排烃主幕前形成	① 钻井、地震资料及沉积和成岩模式表明,储层有可能缺失; ② 储层的厚度、物性小于资源评价设定的下限值(或者小于计算资源量概率在 P_{90} 时的储层厚度等)	① 根据钻井和地震资料盖层有可能缺失,储层压力资料说明盖层的封盖能力可能变差; ② 盖层也可能因构造作用而发生破裂,后期破坏作用强烈
[0,0.2)	① 剖面一级品率达到 90% 以上,圈闭被地震测线完全控制,面积大于三维地震面元或二维地震测网; ② 井-震关系匹配好,可准确标定目的层和进行储层预测; ③ 正演模型结构合理,正演结果与地震剖面特征相似性大于 90%; ④ 解释合理,图件精度高且齐全,证明圈闭不存在	① 钻井和地震资料证实烃源岩不存在; ② 有效的运移通道不存在,几何形态和有效性在地震剖面上十分不清楚; ③ 圈闭不是在排烃主幕前形成	① 据钻井和地震资料有效储层不存在; ② 厚度、物性明显小于资源评价设定的下限值	① 钻井和地震资料表明盖层显然缺失或盖层因构造作用而发生破裂,后期破坏作用强烈

3.2.1 圈闭主因子概率

1) 圈闭存在

该圈闭由三维地震资料落实,主要目的层地震资料品质是 1 类,三维地震面元 25 m × 25 m,圈闭面积 111.8 km²,根据前期同一地区类似油藏识别技术方法和资料品质等需求,此项参数概率赋值取 0.90;其次,圈闭目的层地质属性由该区 SN1 和 SN4 井合成记录准确标定,目的层可连续追踪对比,井-震关系匹配度高,参数概率赋值 0.90;另

外,在统计塔中地区钻井揭示的奥陶系碳酸盐岩岩溶储层特征的基础上,建立缝洞型储层的地震-地质模型^[10],通过基于非均匀介质的地震波场正演模拟 SN 圈闭(图 4),模型结果与地震资料岩溶储层的反射特征符合度大约为 90%,因此正-反演模型参数概率赋值 0.80%。

此外,该圈闭解释方案及图件采用全三维解释技术,成果图件齐全(图 5),精度满足岩溶缝洞型圈闭识别和行业技术标准要求,该项参数概率赋值 0.90。上述 4 项参数具有相关性,因此圈闭子因子存在概率是

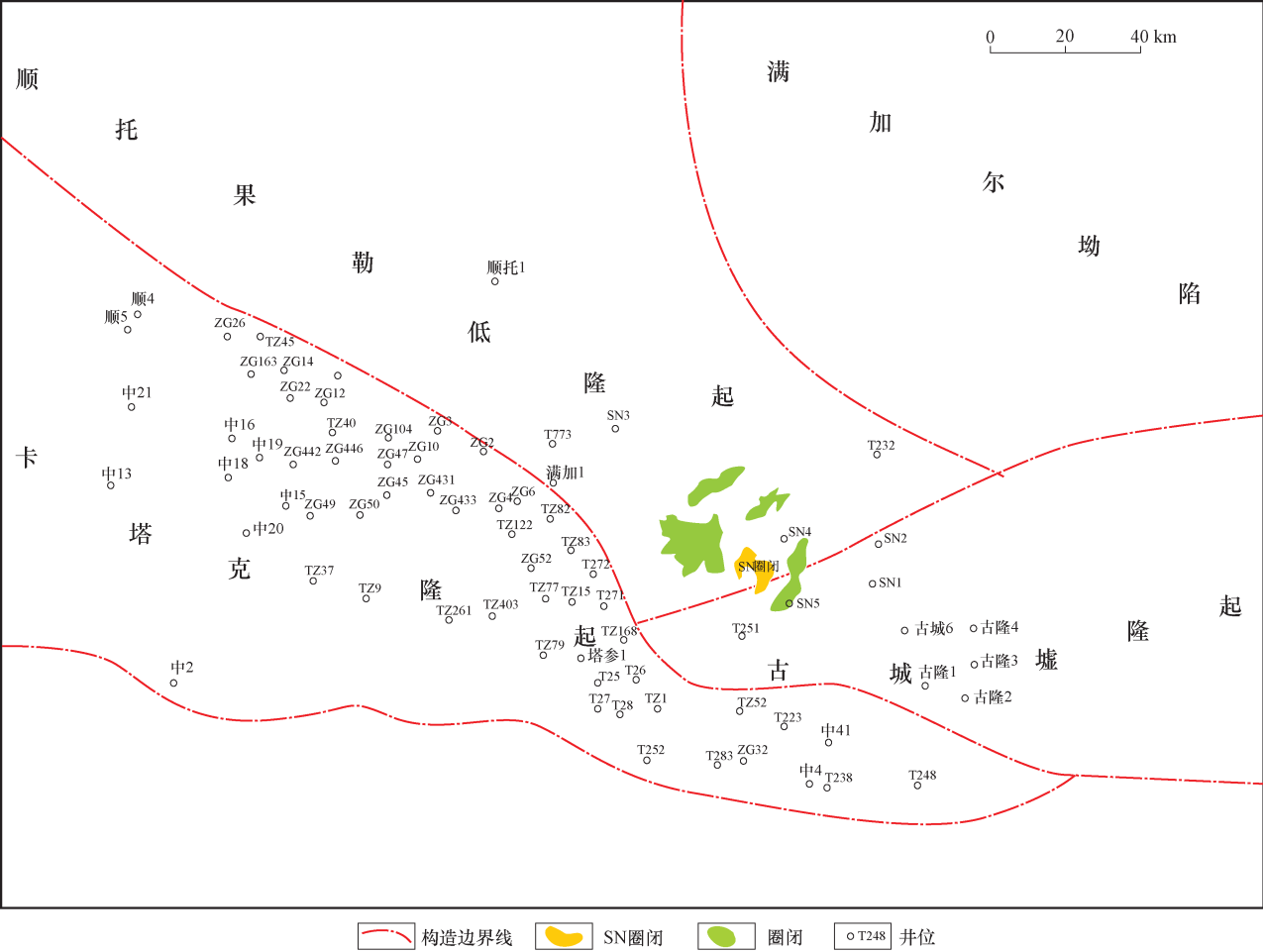


图 2 塔里木盆地 SN 圈闭构造位置
Fig. 2 Map showing the location of SN trap in Tarim Basin

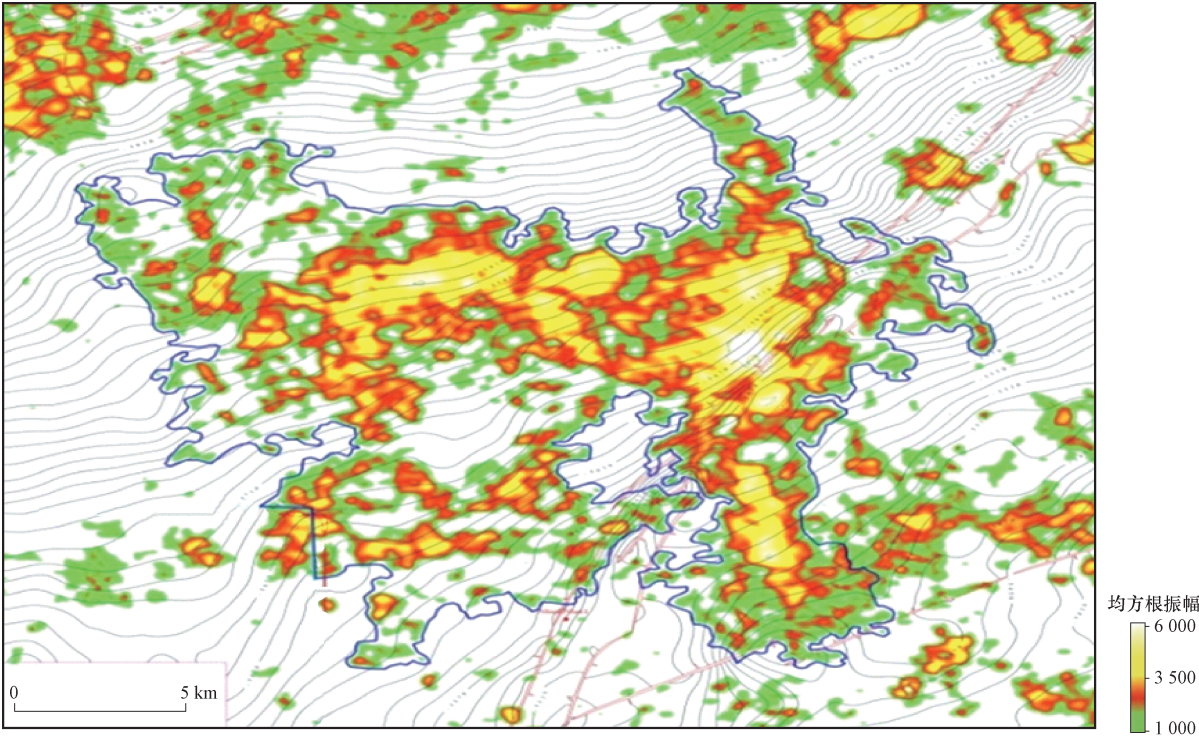


图 3 SN trap distribution map with the predicted karst reservoirs overlaid in Tarim Basin

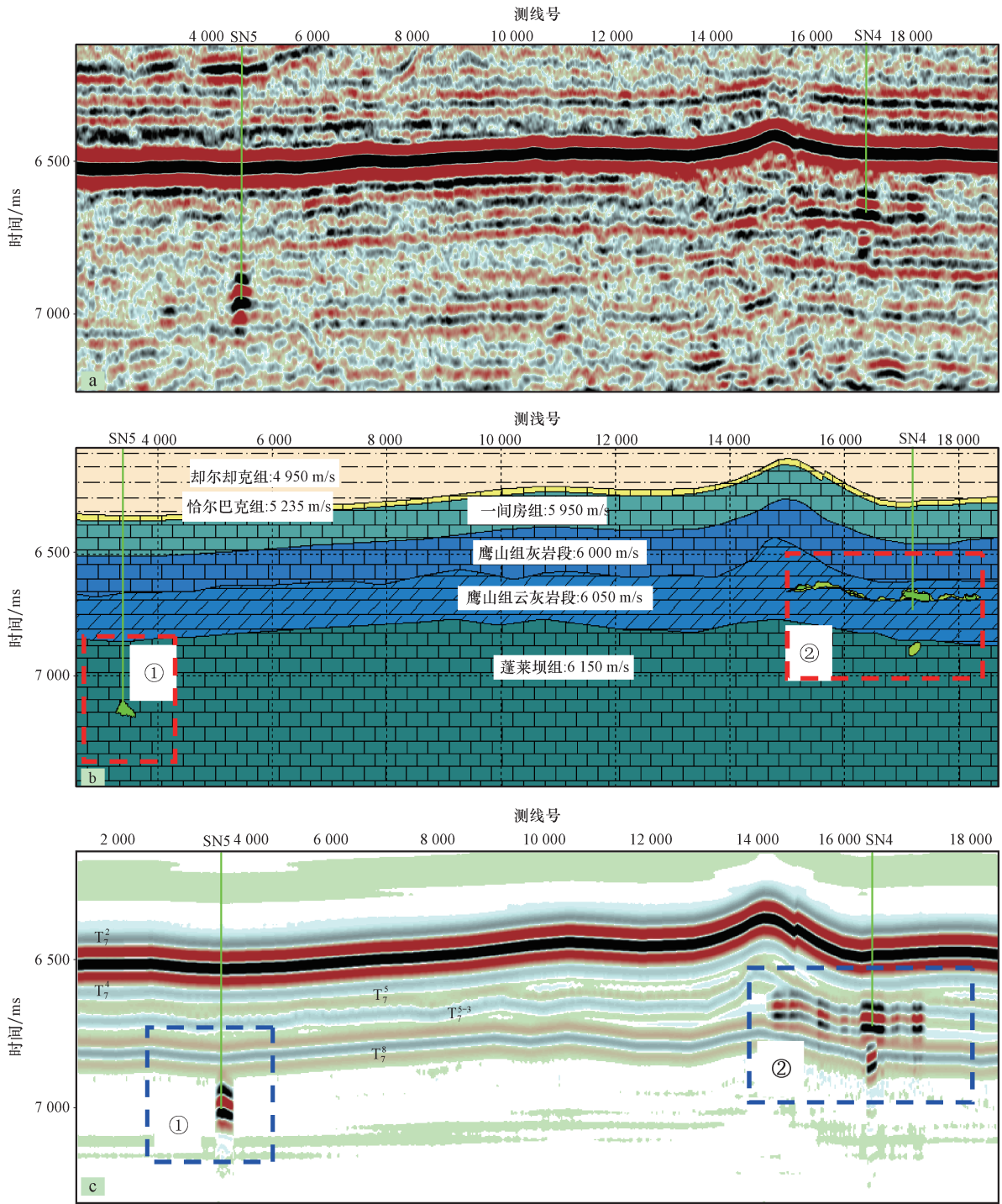


图4 塔里木盆地SN地区奥陶系正演模型

Fig.4 Forward modeling of the Ordovician in SN area of Tarim Basin

a. SN5—SN4 井连井地震时间平偏移剖面;b. SN5—SN4 井连井地震模型;c. SN5—SN4 井连井正演剖面
①,②对比目的层

上述参数概率中最低的正反演模型概率值0.80。

2) 圈闭有效

该圈闭位于岩溶储层发育区,经资源量计算圈闭天然气资源量为 $384 \times 10^8 \text{ m}^3$,可采资源量 $269 \times 10^8 \text{ m}^3$,圈闭有效性取值为1。

因此,SN5号圈闭的圈闭主因子概率为 $0.80 \times 1 = 0.80$ 。

3.2.2 充注主因子概率

1) 有效烃源岩存在

SN地区位于塔中I号断裂带下盘,古城墟隆起西部倾没端,现今构造整体为西北倾的单斜。SN地区毗邻满加尔坳陷寒武系—中、下奥陶统优质烃源区,油源丰富^[11]。构造演化分析,从加里东中期Ⅲ幕至今一直

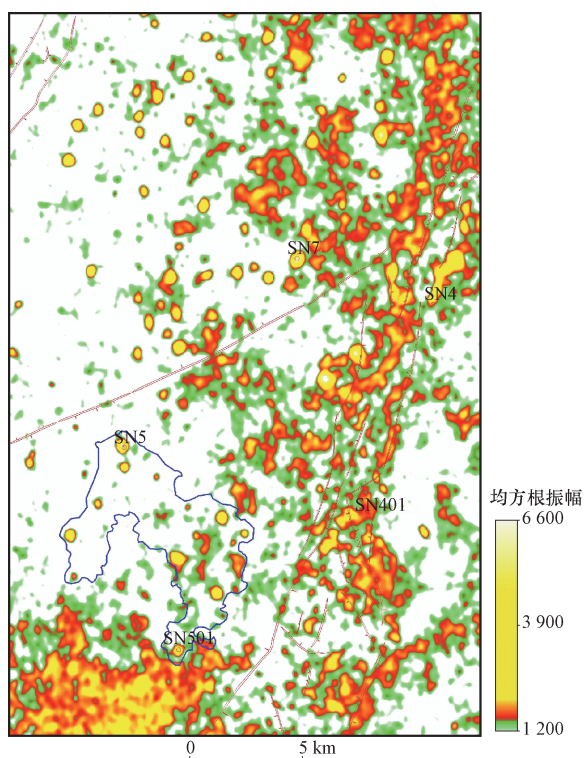


图5 塔里木盆地 SN 圈闭鹰山组均方根振幅平面图

Fig. 5 Mean square root amplitude map of the Yingshan Formation of trap SN in Tarim Basin

处于满加尔生烃坳陷至卡塔克隆起的斜坡部位,油气聚集有利。SN 圈闭所在地区已发现多口高产油气流,如 SN4、古隆 1 和古城 6 井等,表明有效的烃源岩肯定存在,此参数概率赋值为 1。

2) 有效运移聚集

与 SN5 号圈闭同一地区、同一类型的 SN1 和 SN4 号圈闭已获高产油气流,表明圈闭时空匹配关系好,概率赋值 1;另外,该地区长期处于油气运移方向上,

全三维解释出的断裂很可能成为油气运移有效通道^[12],概率赋值 0.70。

由于此两项因子相互独立,充注主因子概率是: $1 \times 1 \times 0.70 = 0.70$ 。

3.2.3 储层主因子概率

1) 储层存在

从该区完钻的 SN1 和古隆 2 井在奥陶系鹰山组揭示较好储层,储层在地震剖面上呈明显串珠状反射^[13],通过地震追踪对比发现 SN 圈闭奥陶系储层也呈串珠状反射(图 6),现有资料表明储层存在概率为 0.80。

2) 储层有效性

储层的有效性指该储层的有效厚度和孔隙度至少等于资源评价中设定的下限值。目前技术条件下 SN 地区奥陶系勘探目的层有效厚度至少大于 10 m,已有钻井标定和地震追踪对比及反演预测 SN 圈闭奥陶系储层厚度为 54 m,储层有效参数概率为 0.90。因此储层主因子概率是: $0.80 \times 0.90 = 0.72$ 。

3.2.4 保存主因子概率

1) 盖层存在

塔中北坡实钻资料证实,上奥陶统发育一套巨厚的桑塔木组/却尔却克泥岩盖层。该泥岩盖层厚度大,厚 200 m 以上,岩性纯,压实作用较强,岩性致密,是良好的区域盖层^①。SN5 号圈闭上覆巨厚桑塔木组区域分布盖层,该层存在概率为 1。

2) 后期破坏作用

SN5 号圈闭与邻井类似油气藏上断裂相分布和活度强度相当,该层有效性概率赋值 0.80。

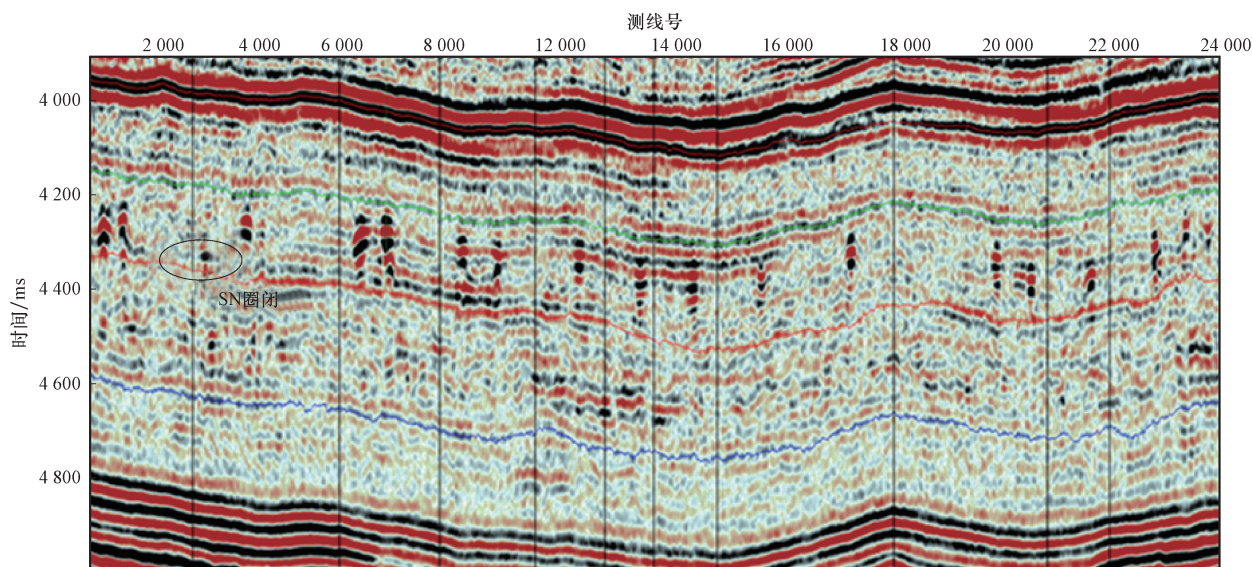


图6 过 SN 圈闭地震剖面

Fig. 6 Seismic profile across trap SN

① 杨林. 塔里木盆地中石化西部圈闭评价模板参数的确定及应用. 中国石化西北油气分公司, 2013.

因此,保存主因子概率是: $0.80 \times 1 = 0.80$ 。

综上分析,作为单一目的层奥陶系顺南5号圈闭含油气概率为: $P_g = 0.80 \times 0.72 \times 0.70 \times 0.80 = 0.32$ 。

SN圈闭已实施钻探,目前中途测试在鹰山组试获工业气流,测试期间最高气产量为 $38\,714\text{ m}^3/\text{d}$ 。

4 结论

1) 通过圈闭成藏过程分析,采用圈闭、充注、储层和保存4项主因子概率乘积表示圈闭的含油气概率。对于纵向上由多个目的层组成的圈闭用其至少有一个层圈闭发现油气的概率表示,并建立了圈闭含油气概率评价的4项主因子及其子因子和参数体系。

2) 根据资料的相关程度、丰富程度、控制程度和质量评价,构建了圈闭含油气概率赋值原则和量化标准,实现了用统一风险准则和技术方法处理表征不同地区圈闭成藏要素的风险和不确定性。

3) 应用该圈闭含油气概率赋值标准在塔里木盆地实际应用,使圈闭含油气评价更注重地质风险分析,其结果更客观合理。

4) 随着勘探的深入,直接相关性资料越来越多,其控制程度也会越来越高,对地质评价参数进行不断修正和补充,地质风险也就越来越低。因此,地质风险评价始终贯穿于整个勘探过程。

参 考 文 献

- [1] Rose P R. Risk Analysis and management of petroleum exploration ventures[C]//AAPG method in exploration serious, No 12. Tulsa: PennWell Corporation, 2001:125-127.
- [2] 陈国民. 油气圈闭综合评价参数体系的构建[J]. 重庆科技学院学报, 2010, (4):11-12.
Chen Guoming. Construction of the parameter system for the comprehensive evaluation of hydrocarbon trap[J]. Chongqing University of Science and Technology, 2010, (4):11-12.
- [3] Jan-Erik K, Bundiit C, Simplicil P C. The CCOP guidelines for risk assessment of petroleum prospects[R]. Professional Paper of Coordinating Committee for Offshore Prospecting in Asia, 2000:4-21.
- [4] 蔡利学, 闫相宾. 新区预探圈闭优选的含油气概率与战略价值评价方法[J]. 大庆石油学院学报, 2007, 31(2):28-30.
Cai Lixue, Yan Xiangbin. Evaluation of hydrocarbon bearing probability and strategic value of new traps in the preferred method[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2007, 31(2):28-30.
- [5] SY/T 5520—1996, 中华人民共和国石油天然气行业标准:圈闭评价技术规范[S]. 北京:中国标准出版社, 1996.
- [6] SY/T 5520—1996, Petroleum and natural gas industry standards of the People's Republic of China: Technical specification for trap evaluation[S]. Beijing: Chinese Standard Press, 1996.
- [7] 闫相宾, 刘超英, 蔡利学. 含油气区带评价方法探讨[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6):857-864.
Yan Xiangbin, Liu Chaoying, Cai Lixue. A discussion on methods of play assessment[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(6):857-864.
- [8] 武娜, 郭秋麟, 梁坤, 等. 用新思路评价冀中坳陷深县凹陷油气勘探风险[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3):326-333.
Wu Na, Guo Qiuling, Liang Kun, et al. Risk assessment for oil and gas exploration with new approaches in the Shenxian Sag of Jizhong Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(3):326-333.
- [9] 金晓辉, 闫相宾. 塔里木盆地油气勘探实践与发现规律探讨[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1):45-52.
Jin Xiaohui, Yan Xiangbin. A discussion on gas and oil exploration activities and discovery patterns in the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(1):45-52.
- [10] 宋传春. 准噶尔盆地中国石化探区油气勘探方向探讨[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(4):453-457.
Song Chuanchun. Direction for future oil & gas exploration in SIN-OPEC's exploration area in Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(4):453-457.
- [11] 米利军, 张厚和. 中海油勘探投资组合系统开发与应用[J]. 中国石油勘探, 2008, (5):70-74.
Mi Lijun, Zhang Houhe. Development and application of exploration portfolio systems of CNOOC[J]. China Petroleum Exploration, 2008, (5):70-74.
- [12] 华晓莉, 罗春树, 吕修祥, 等. 塔中北斜坡奥陶系鹰山组碳酸盐岩高阻层分布特征及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(3):323-331.
Hua Xiaoli, Luo Chunshu, Lü Xiuxiang, et al. Distribution and significance of high-resistivity carbonates of Ordovician Yingshan Formation of northern slope of Tazhong area, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(3):323-331.
- [13] 刘忠宝, 杨圣彬, 焦存礼, 等. 塔里木盆地巴楚隆起中、下寒武统高精度层序地层与沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(1):70-76.
Liu Zhongbao, Yang Shengbin, Jiao Cunli, et al. High resolution sequence stratigraphy and sedimentary characteristics of the Middle-Lower Cambrian in Bachu Uplift, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(1):70-76.
- [14] 杨俊, 姜振学, 向才富, 等. 塔里木盆地塔中83—塔中16井区碳酸盐岩油气特征及其成因机理[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(1):101-110.
Yang Jun, Jiang Zhenxue, Xiang Caifu, et al. Carbonate reservoir characteristics and their genetic mechanisms in Tazhong83 - Tazhong16 wellblock, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(1):101-110.

(编辑 李 军)