

鄂尔多斯盆地伊盟隆起什股壕区带气藏类型

齐荣

(中国石化华北油气分公司 勘探开发研究院,河南 郑州 450006)

摘要:鄂尔多斯盆地伊盟隆起什股壕区带下二叠统山西组和下石盒子组发育岩性气藏和背斜气藏,为深入研究该区成藏规律和提高水平井的实施效果,对气藏的几何形态及其类型详细研究很有必要。利用钻井和地震资料,结合气、水层解释和测试成果,解剖了典型气藏的平面和剖面几何形态,分析了相关圈闭遮挡因素,将研究区气藏分为5种类型。纵向上,下石盒子组2段和3段主要发育岩性气藏,盒1段主要发育背斜气藏,山西组主要发育地层超覆气藏和构造-岩性复合气藏。平面上,区带西部斜坡区主要发育岩性气藏和地层超覆气藏,东部隆起区主要发育背斜气藏和构造-岩性复合气藏。研究区层间断层比较发育,除发育有小型断块气藏外,一些岩性气藏和背斜气藏被层间小断层切割,几何形态有所改变,利用三维地震资料可以精细地确认研究区气藏的几何形态。

关键词:气藏几何形态;岩性气藏;背斜气藏;气藏类型;什股壕区带;伊盟隆起;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Gas reservoir types in Shiguhao area of the Yimeng Uplift, Ordos Basin

Qi Rong

(Exploration and Production Research Institute, SINOPEC North China Company, Zhengzhou, Henan 450006, China)

Abstract: Lithologic and anticlinal gas reservoirs were developed in the Lower Permian Shanxi Formation and Lower Shihezi Formation in Shiguhao area of Yimeng Uplift, Ordos Basin. In order to study the hydrocarbon accumulation rules and optimize emplacement of horizontal wells, it is essential to analyze the geometries and types of the gas reservoirs. Based on drilling and seismic data in combination with identification of gas and water layers and test results, this paper analyzed the geometries on plane and sectional views of typical gas reservoir and researched the mainly factors that influence the sealing of gas reservoirs. Five types of gas reservoirs are recognized in the study area. In vertical, lithologic gas reservoirs are mainly developed in the P_1x^2 and the P_1x^3 , anticlinal gas reservoirs are mainly developed in the P_1x^1 , stratigraphic overlapping gas reservoirs and structural-lithologic gas reservoirs are the predominant types in the Shanxi Formation. On the plane, lithologic and stratigraphic overlapping gas reservoirs are mainly developed in the slope belt of western Shiguhao area; anticlinal and structural-lithologic gas reservoirs are mainly developed in uplift belt of eastern Shiguhao area. Meanwhile, interlayer faults are well developed in Shiguhao area. In addition to small scale fault block gas reservoirs, some lithologic and anticlinal gas reservoirs are cut by interlayer faults, changing their geometries. By using three-dimensional seismic data, the geometries of gas reservoirs can be depicted accurately.

Key words: geometry of gas reservoirs, lithologic gas reservoir, anticlinal gas reservoir, gas reservoir type, Shiguhao area, Yimeng Uplift, Ordos Basin

什股壕区带位于鄂尔多斯盆地北部伊盟隆起杭锦旗断阶带东部,其南以泊尔江海子断裂为界与伊陕斜坡相邻(图1),基底为太古界变质结晶基底。现今构造继承了燕山期的构造格局,整体为向南西倾斜的平缓斜坡,倾角为 $2^\circ \sim 5^\circ$ 。早古生代什股壕区带处于相对隆起的状态,缺失沉积。晚古生代发育了由北向南的辫状河三角洲、冲积扇和辫状河沉积体系,储层为辫

状河道和心滩砂体,孔隙度平均值为11.2%,渗透率平均值为 $1.56 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于低孔、低渗储层。前期的勘探基本明确什股壕区带主要含气层位为下石盒子组,气藏类型主要是与构造有关的类型,气水关系较为复杂^[1-8]。

随着近年来勘探思路的转变和研究的深入,逐步揭示了研究区下石盒子组上部的盒2、盒3段主要发

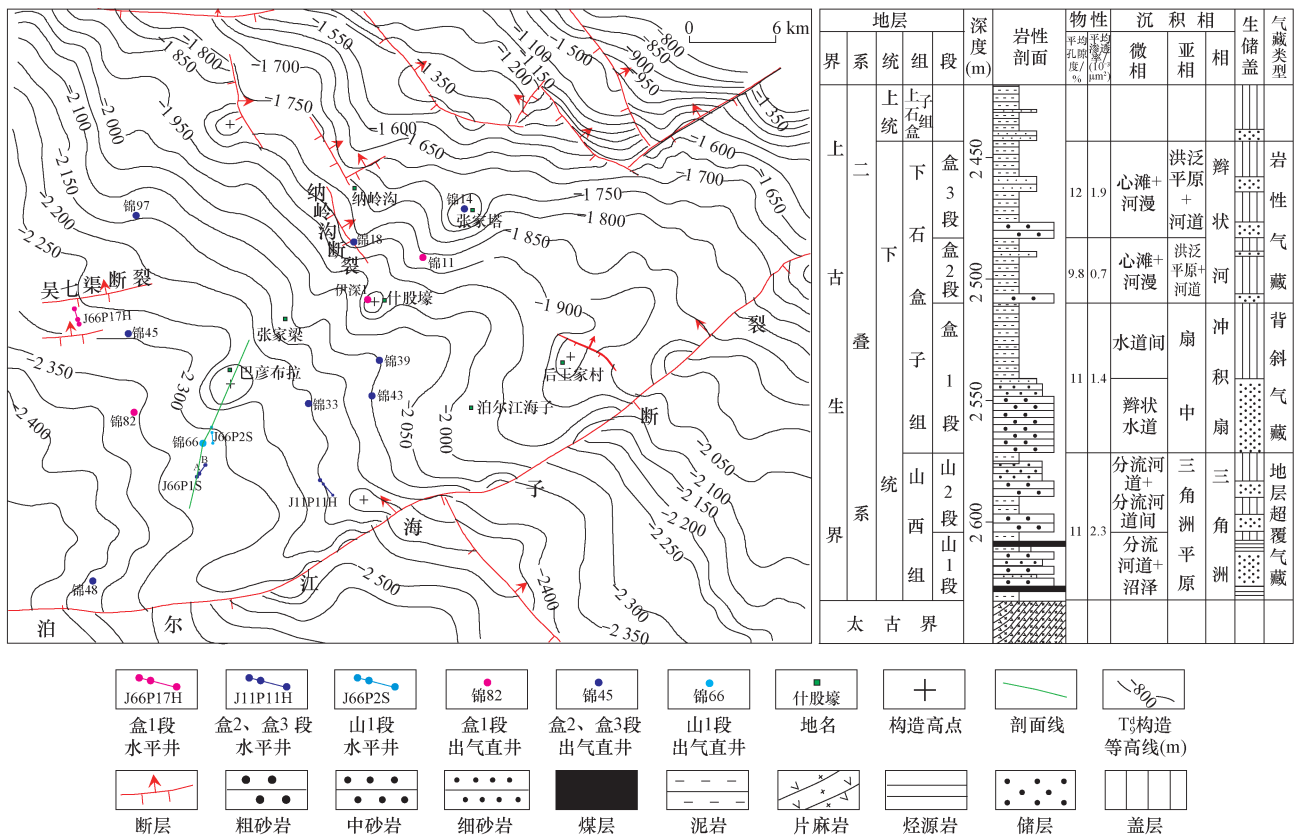


图1 伊盟隆起什股壕区带地理位置与地层综合柱状图

Fig. 1 Location and composite stratigraphic columnar section of Shiguhao area, Yimeng Uplift

育数量众多的岩性气藏。受基底古地貌的控制和后期构造活动的影响,研究区小型背斜构造和层间断层比较发育,形成岩性圈闭和构造圈闭共存的格局。本文在构造解释、层序和沉积相分析、有效储层评价以及圈闭含气性评价等研究成果的基础上,通过对典型气藏类型的分析解剖,认为在下石盒子组存在一个区域气水界面,位于其下部的盒1段。盒1段顶部发育背斜气藏,剖面上成串珠状“气帽子”分布^[9]。在盒1段之上的盒2、盒3段则以岩性气藏为主,在基底凸起处发育山西组地层超覆尖灭气藏,空间上气藏类型有一定分布规律。从三维地震资料的解释可以看出,层间断层在一定程度上改变了气藏的几何形态,对气藏中流体的分布和圈闭的有效性都有影响,甚至改变了气藏类型。这一因素对今后井位确定和水平井轨迹设计有着较大影响。因此,利用地质和地震资料对圈闭类型及其几何形态进行详细刻画,不仅能深入认识研究区的成藏规律,也对勘探开发部署有着实际的技术支撑作用。

1 气藏分类依据及划分方案

盒1段气层只出现在局部构造高部位,单井剖面上,测、录井特征表现为“随钻气测异常+深侧向电阻率值”在厚砂层段自上而下有一个变低的“突降拐点”^[9],这是盒1段气藏单井气水界面的标志。在地

震剖面上,盒1段的河道砂体厚度与 T_d 波峰反射强度呈正相关。当含气性变好时,在地震剖面上表现为 T_d 之上的强波谷反射特征。盒2段和盒3段的河道砂体在地震剖面上呈现 T_d 或 T_g 波峰“短轴强反射”,测、录井特征表现为明显随钻气测异常和高声波值、高电阻率值。根据上述认识,将单井的气、水层识别成果与地震资料结合,进一步识别气藏的几何形态,从而准确判断气藏类型。

根据圈闭成因法分类原则,结合气藏剖面和平面上几何形态及遮挡条件^[10-18],将研究区气藏类型划分为五种基本类型,分别是岩性气藏、断块气藏、背斜气藏、构造-岩性复合气藏和地层超覆气藏(图2)。

2 典型气藏特征

2.1 岩性气藏

典型的岩性气藏发育在区带西部平缓斜坡部位的盒2段和盒3段(图2),主要受控于沉积河道砂体。受区域沉积环境变迁的影响,下石盒子组上部的盒2、盒3段河流规模远小于盒1段,是辫状河沉积向曲流河沉积演变的一个阶段,河道规模小,宽度不大,厚度较薄(盒2段砂岩厚度5~15 m,盒3段砂岩厚度2~10 m),砂/地比值低于0.2,易形成有效的侧向遮挡

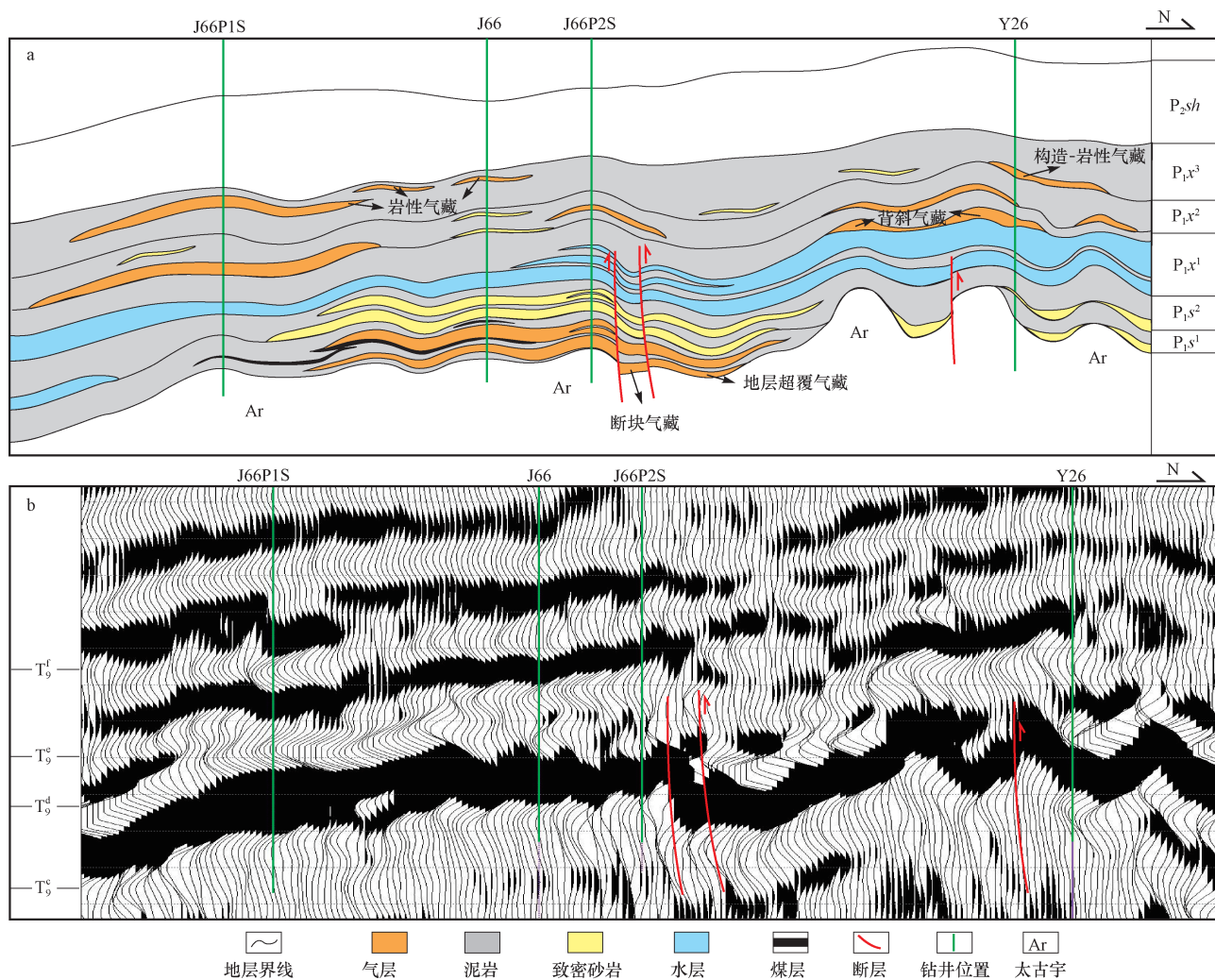


图2 伊盟隆起什股壕区带过 J66 井—J66P2S 井气藏解释剖面(剖面位置见图1)

Fig. 2 Gas reservoir interpretation profiles tied to Well Jin66 and J66P2S in Shiguahao area, Yimeng Uplift(see Fig. 1 for the profile location)

P_{1sh} . 下二叠统上石盒子组; P_{1x^3} . 下二叠统下石盒子组3段; P_{1x^2} . 下二叠统下石盒子组2段;

P_{1x^1} . 下二叠统下石盒子组1段; P_{1s^2} . 下二叠统山西组2段; P_{1s^1} . 下二叠统山西组1段

a. 过井气藏解释剖面;b. 过井气藏地震剖面

(图2),这是盒2段和盒3段多发育岩性气藏的基本条件。上覆上石盒子组的厚层泥岩是区域盖层,为下石盒子组气藏提供了良好的保存条件。在横切河道(东西向)方向上,地震剖面上盒2、盒3段厚砂体呈短轴强反射,顺河道方向上,则是 T_9^e 连续的强反射(图3)。什股壕区带岩性气藏含气饱和度高,数量多,适宜水平井部署和施工。

2.2 断块气藏

研究区典型的断块气藏见锦45井盒2气藏(图4a)。该气藏是一条南北向河道砂体被两条东西向断层切割,形成一个小断块气藏。该类气藏数量目前已经认识清楚的还较少,但随着解释程度的不断提高,推测数量应该较多。钻井部署时应注意避开断层,以免引起复杂情况发生,如压裂试气时串通下部盒1段水层。

2.3 背斜气藏

研究区的背斜构造数量不多,且闭合面积不大,一般小于 5 km^2 ,主要有挤压型背斜和受古地貌控制的披覆型背斜两种,背斜气藏多发育在盒1段和山西组,在区带东部隆起区的盒2、3段也可见到背斜气藏。盒1段为典型的辫状河沉积,河道砂体纵向上多期叠置、厚度大($20 \sim 50 \text{ m}$)、粒度粗,横向上连续性好,砂/地比值平均大于0.45,不易形成岩性圈闭,当背斜构造与砂体匹配时,可以形成小规模背斜气藏。目前已在研究区发现面积大于 1 km^2 的背斜圈共19个,估算地质储量 $66 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2.3.1 挤压型背斜气藏

锦82井所处的构造为典型的挤压型背斜气藏(图4b),盒1段(P_{1x^1})顶部气层稳定产气量 $2.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

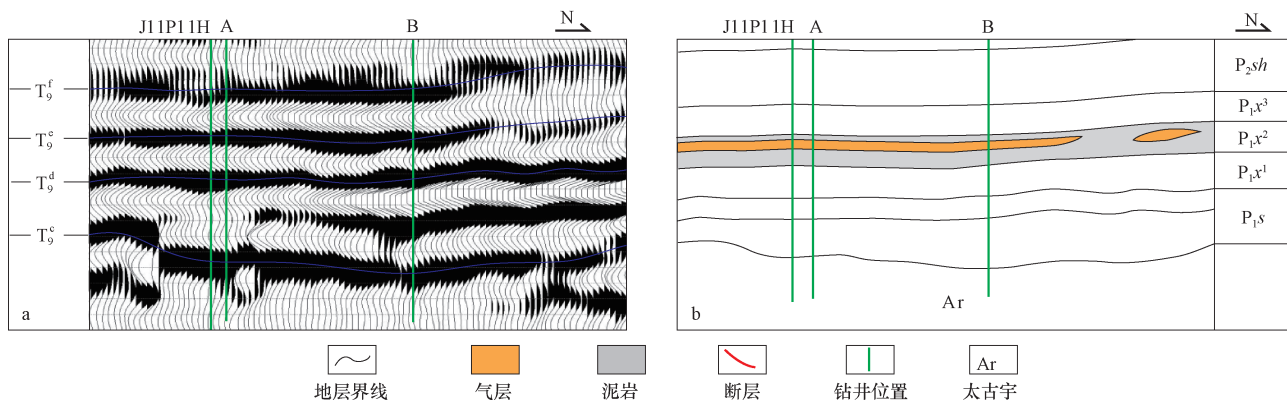


图3 伊盟隆起什股壕区带 J11P11H 井盒 2 段岩性气藏解释剖面

Fig. 3 Lithologic gas reservoir interpretation profiles of the P_1x^2 tied to Well J11P11H in Shiguohao area, Yimeng Uplift

P_1sh . 下二叠统上石盒子组; P_1x^3 . 下二叠统下石盒子组 3 段; P_1x^2 . 下二叠统下石盒子组 2 段;

P_1x^1 . 下二叠统下石盒子组 1 段; P_1s . 下二叠统山西组

a. 过井地震剖面; b. 过井解释剖面

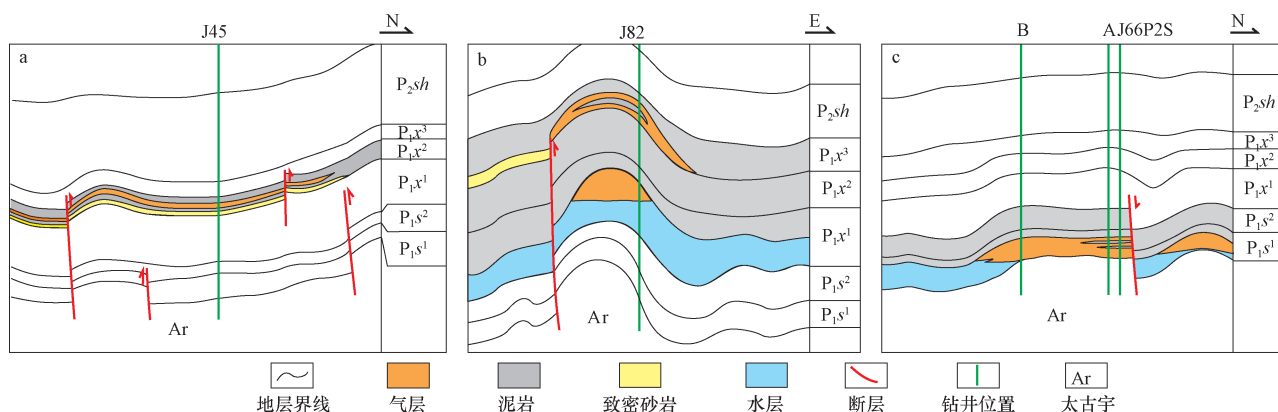


图4 伊盟隆起什股壕区带锦 45 井(a)、锦 82 井(b)和 J66P2S(c)气藏解释剖面

Fig. 4 Gas reservoir interpretation profiles of Well Jin45 (a), Jin82 (b) and J66P2S (c) in Shiguohao area, Yimeng Uplift

P_1sh . 下二叠统上石盒子组; P_1x^3 . 下二叠统下石盒子组 3 段; P_1x^2 . 下二叠统下石盒子组 2 段;

P_1x^1 . 下二叠统下石盒子组 1 段; P_1s^2 . 下二叠统山西组 2 段; P_1s^1 . 下二叠统山西组 1 段

该气藏完全受背斜构造控制,圈闭面积 4.69 km^2 ,气、水界面位于海拔 -1030 m ,气藏高度为 30 m ,含气面积为 1.62 km^2 ,计算该背斜气藏地质储量为 $4.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2.3.2 断背斜气藏

当背斜一侧被断层切割,断层对气藏起封堵作用时就构成断背斜气藏。典型如 J66P2S 井山 1 气藏(图 4c),背斜北部河道砂体的上倾方向发育一条正断层, J66P2S 井位于断层南侧断背斜高部位,试气获 $6.58 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 高产气流。

2.3.3 受断层改造的背斜气藏

研究区的二级断层多切割盒 1 段及以下地层,地震剖面可以看到一些背斜气藏受断层改造,多发育在盒 1 段和山西组。吴七渠背斜盒 1 段是一个位于基底

凸起上的披覆背斜(图 5),背斜长轴 2.3 km ,后被两侧的断层改造,其几何形态受到影响,在吴七渠断层南侧背斜高部位实施了 J66P17H 井,水平段长 1054 m ,试获工业气流,而在背斜以南低部位的 J66P16H 井盒 1 段见水层,说明断层未破坏气藏,背斜气藏的含气格局没有改变。

2.4 构造-岩性复合气藏

构造-岩性复合气藏多发育在区带东部隆起带部位的盒 2 段和盒 3 段,数量较少。此类构造多为基底披覆型背斜,后期上古生界不同层位的地层在基底高点形成披覆沉积。

在背斜和鼻状等局部构造背景的基础上,叠加有利的沉积微相,是控制构造-岩性气藏形成和展布的主控因素(图 2)。Y26 井所处位置为基底凸起上的二叠系下部形成的披覆背斜构造,盒 2 段河道砂体在背

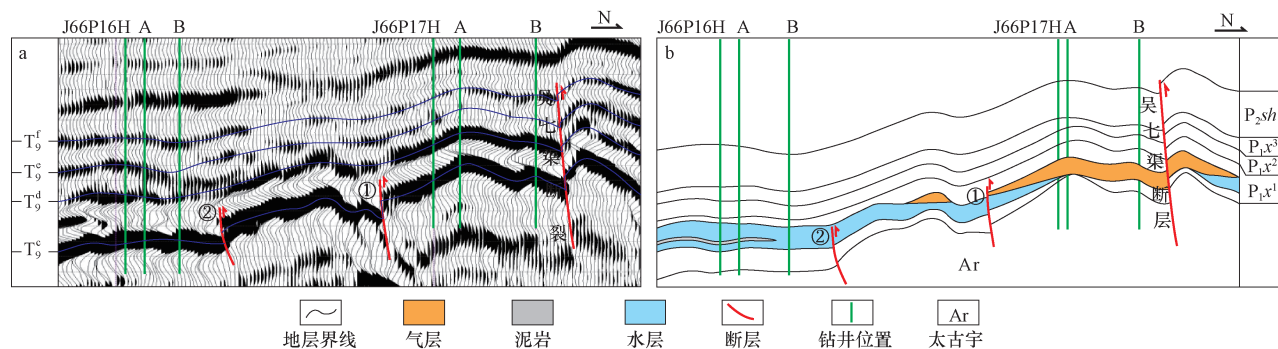


图5 伊盟隆起什股壕区带 J66P17H 盒1段背斜气藏解释剖面

Fig. 5 Anticlinal gas reservoir interpretation profiles of the P_1x^2 tied to Well J66P17H in Shiguohao area, Yimeng Uplift

P_1sh . 下二叠统上石盒子组; P_1x^3 . 下二叠统下石盒子组3段;

P_1x^2 . 下二叠统下石盒子组2段; P_1x^1 . 下二叠统下石盒子组1段

a. 过井地震剖面; b. 过井解释剖面

斜翼部形成构造-岩性气藏。本区构造-岩性气藏含数量较少、规模小,适合直井开发。

2.5 地层超覆气藏

地层超覆气藏目前仅在研究区西南部 J66 井区(图2)山西组发现。晚古生代早期,沉积地层开始向泊尔江海子断裂以北的古隆起超覆沉积。太原组在断裂以北分布局限,山西组则全区有分布,但呈南厚北薄,在断裂附近山西组发育沟谷充填沉积,向北往往在基底凸起处减薄尖灭,形成地层超覆气藏。该气藏目前在山1组气层有两口钻井试气, J66 井稳产气 $2.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, J66P2S 井稳产气 $6.58 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 进一步寻找更多的此类气藏应以基底古地貌刻画为基础,古凸起间的沟谷充填河道是最有利的目标。

3 气藏分布特征及其意义

3.1 分布特征

通过对研究区气藏类型的研究,可以看到各类型气藏在空间上的分布规律。纵向上,盒2段和盒3段主要发育岩性气藏,盒1段主要发育背斜气藏,山西组主要发育地层超覆气藏和构造-岩性复合气藏。平面上,区带西部斜坡区主要发育岩性气藏和地层超覆气藏;东部隆起区主要发育背斜气藏和构造-岩性复合气藏。

总体来说,在研究区由西向东,由斜坡带到隆起带,构造因素对气藏的控制作用逐渐加强,气藏类型由岩性气藏转变为背斜-岩性气藏;从下部到上部,构造因素对气藏的控制作用逐渐减弱,气藏类型由背斜气藏转变为岩性气藏。

3.2 意义

利用地质和地震资料对气藏类型及几何形态进行

详细刻画,并分析不同气藏类型的成因、特征和勘探开发潜力,不仅能深入认识研究区的成藏特征,也对勘探开发部井方式的选择具有指导意义。层间断层在一定程度上改变了气藏的几何形态,对气藏中流体的分布和圈闭的有效性都有影响。不同气藏类型分布、规模和勘探开发潜力均存在差异,对勘探开发部井方式的选择也有较大影响。西部斜坡带盒2段+盒3段气藏可多选择水平井钻井方式,东部隆起带则多选择直井钻井方式。在有二级断层发育的气藏部井时,首先选择直井方式部署在断层控制的高部位一侧,若为水平井则应避开断层,选较宽缓高部位一侧。

4 结论

1) 根据圈闭成因法,结合气藏剖面和平面几何形态及遮挡条件分析,将研究区气藏类型划分为五类,分别是岩性气藏、断块气藏、背斜气藏、构造-岩性复合气藏和地层超覆气藏。

2) 初步确定了研究区不同气藏类型的空间分布特征:自西向东,由斜坡带到隆起带,构造因素对气藏的控制作用逐渐加强,气藏类型由岩性气藏转变为构造-岩性复合气藏;自下而上,构造因素对气藏的控制作用逐渐减弱,气藏类型由背斜气藏转变为岩性气藏。

致谢:感谢论文编写中李良院长的悉心指导,无论是在论文的图件还是文字方面,李院长都十分细心地提供宝贵的修改意见,在此表示真诚地感谢。感谢百忙中抽出时间对本文进行评审并提出宝贵意见的各位领导、专家!

参考文献

- [1] 李良,袁志祥,惠宽洋,等.鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气聚集规律[J].石油与天然气地质,2010,21(3):269-271.
Li Liang, Yuan Zhixiang, Xi Kuangyang, et al. Accumulation regulari-

- ty of upper Paleozoic gas in north Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 21(3): 269–271.
- [2] 田景春, 刘伟伟, 王峰, 等. 鄂尔多斯盆地高桥地区上古生界致密砂岩储层非均质性特征[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(2): 183–189.
- Tian Jingchun, Liu Weiwei, Wang Feng, et al. Heterogeneity of the Paleozoic tight sandstone reservoirs in Gaoqiao Area of Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(2): 183–189.
- [3] 王朋岩, 刘凤轩, 马锋, 等. 致密砂岩气藏储层物性上限界定与分布特征[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(2): 238–243.
- Wang Pengyan, Liu Fengxuan, Ma Feng, et al. Upper limit and distribution of physical property of tight gas sands[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(2): 238–243.
- [4] 张兴良, 田景春, 王峰, 等. 致密砂岩储层成岩作用特征与孔隙演化定量评价——以鄂尔多斯盆地高桥地区二叠系下石盒子组盒8段为例[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(2): 212–217.
- Zhang Xingliang, Tian Jingchun, Wang Feng, et al. Diagenetic characteristics and quantitative porosity estimation of tight sandstone reservoirs: A case from the 8th Member of Permian Xiashihezi Formation in the Gaoqiao region, Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(2): 212–217.
- [5] 惠宽洋, 袁卫国, 聂武军. 杭锦旗地区上古生界油气成藏规律与油气水分布规律研究[R]. (内部报告), 2002.
- Xi Kuangyang, Yuan Weiguo, Nie Wujun. Hydrocarbon accumulation and distribution regularity of upper Paleozoic gas in Hang Jinqi[R]. (Internal Report), 2002.
- [6] 张杰, 薛会, 王毅, 等. 鄂北杭锦旗探区上古生界天然气成藏类型[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2009, 24(3): 1–6.
- Zhang Jie, Xue Hui, Wang Yi, et al. Accumulation types of Neopaleozoic gas in Hangjinqi block of north Ordos Basin[J]. Journal of Xi'an Shiyou University(Natural Science Edition), 2009, 24(3): 1–6.
- [7] 郑喜强, 严岗. 鄂尔多斯盆地北部杭锦旗地区油气圈闭类型研究[J]. 勘探地球物理进展, 2006, 29(4): 279–284.
- Zheng Xiqiang, Yan Gang. Types of hydrocarbon traps in Hangjinqi area of northern Ordos Basin[J]. Progress in Exploration Geophysics, 2006, 29(4): 279–284.
- [8] 薛会, 王毅, 毛小平, 等. 鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气成藏期次_以杭锦旗探区为例[J]. 天然气工业, 2009, 29(12): 9–12.
- Xue Hui, Wang Yi, Mao Xiaoping, et al. The timing of gas pooling in the Upper Paleozoic in the northern Ordos Basin: A case study of the Hangjinqi Block[J]. Gas Technology, 2009, 29(12): 9–12.
- [9] 齐荣. 东胜气田盒1背斜气藏气水界面识别及其意义[J]. 石油地质与工程, 2015, 29(增刊): 65–68.
- Qi Rong. Gas/Water interface identification and significance in anticlinal gas reservoir of Member 1 in Dongsheng Gas field[J]. Petroleum Geology & Engineering, 2015, 29(supplement): 65–68.
- [10] 张一伟, 熊琦华, 王志章, 等. 陆相油藏描述[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- Zhang Yiwei, Xiong Qihua, Wang Zhizhang, et al. Nonmarine reservoir description[M]. Bei Jing: Petroleum industry press, 1997.
- [11] 王志章, 石占中. 现代油藏描述技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.
- Wang Zhizhang, Shi Zhanzhong. Modern reservoir description[M]. Bei Jing: Petroleum industry press, 1999.
- [12] 李庆忠. 走向精确勘探道路[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- Li Qingzhong. The way to obtain a better resolution in exploration[M]. Bei Jing: Petroleum industry press, 1997.
- [13] 高帮飞, 邓军, 王庆飞, 等. 鄂尔多斯盆地非构造气藏类型[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2007, 29(2): 38–41.
- Gao Bangfei, Deng Jun, Wang Qingfei, et al. Type of nonstructural gas reservoirs in Ordos Basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology(J. JPI), 2007, 29(2): 38–41.
- [14] 杨华, 付金华, 魏新善, 等. 鄂尔多斯盆地天然气成藏特征[J]. 天然气工业, 2005, 25(4): 5–81.
- Yang Hua, Fu Jinhua, Wei Xinshan, et al. Gas accumulation characteristics in Ordos Basin[J]. Gas Technology, 2005, 25(4): 5–81.
- [15] 付金华, 段晓文, 席胜利, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界气藏特征[J]. 天然气工业, 2000, 20(6): 16–18.
- Fu Jinhua, Duan Xiaowen, Xi Shengli, et al. Gas reservoir characteristics of upper Paleozoic in Ordos Basin[J]. Gas Technology, 2000, 20(6): 16–18.
- [16] 赵忠英, 柳广弟, 孙明亮, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气藏类型辨析[J]. 现代地质, 2010, 24(4): 703–708.
- Zhao Zhongying, Liu Guangdi, Sun Mingliang, et al. Gas reservoir types analysis of upper Paleozoic in Ordos Basin[J]. Geoscience, 2010, 24(4): 703–708.
- [17] 李建忠, 郭彬程, 郑民, 等. 中国致密砂岩气主要类型、地质特征与资源潜力[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(4): 608–615.
- Li Jianzhong, Guo Bincheng, Zheng Min, et al. Main Types, Geological features and resource potential of tight sandstone gas in China[J]. Natural Gas Geoscience, 2012, 23(4): 608–615.
- [18] 朱彤, 叶军. 川西坳陷致密碎屑岩气藏类型划分及特征[J]. 石油实验地质, 2004, 26(6): 537–541.
- Zhu Tong, Ye Jun. Types and characteristics of tight clastic rock gas pools in the west Sichuan depression[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26(6): 537–541.

(编辑 张玉银)