

文章编号:1673-8926(2011)02-0015-05

吐哈盆地柯柯亚—鄯勒地区致密砂岩气 形成机制与分布预测

黄志龙¹, 柳波¹, 闫玉魁², 张代生², 涂小仙², 陈建琪²

(1. 中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室; 2. 中国石油吐哈油田公司勘探事业部)

摘要:柯柯亚地区具有形成致密砂岩气的条件,即有利于形成致密砂岩气藏的异常压力封隔层、良好的气源条件以及特低孔、低渗储层的广覆式分布。由于该区独特的地质条件,在3 000 m附近发育了一套封隔层,形成了上、下2种压力系统,且各系统内的油气地球化学特征不同。致密砂岩气藏上部为正常压力系统,具有边底水构造。下部压力系统内的气藏具有以下特点:①深部典型的自生自储式组合,具有良好的气源条件;②普遍含气,且甜点具有工业价值;③含气砂岩与甜点之间没有分隔界面,在高陡构造部位产生一定的气水分异;④气层具有异常高压,封隔层的存在有利于气藏的保存。根据致密砂岩气藏的成藏特点,对柯柯亚—鄯勒地区有利于形成致密砂岩气藏的范围进行了预测。

关键词:封隔层;异常压力;致密砂岩气;成藏

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A



0 引言

柯柯亚—鄯勒地区下侏罗统油气显示丰富,勒7井试油结果为含油气层,勒2井试油结果为含气水层,勒3井日产油2.18 t、日产气3 000 m³,照4井日产气8 000 m³。2007—2008年,在柯柯亚构造部署钻探柯19井、柯20井,其中柯19井日产油4.51 t、日产水0.07 m³、日产气4.8×10⁴ m³,开拓了北部山前带下侏罗统天然气勘探新层系。

虽然柯柯亚地区已被证实下侏罗统具有丰富的天然气资源,但对其成藏类型和形成机制存在一定的争议。因为气藏类型不同,其成藏条件、机理与分布模式也不同,导致其勘探和开发思路也完全不同^[1]。作为一种非常规的复杂的天然气藏,国内外许多学者都对其形成与分布、成藏机理及开发方式等进行了研究^[2-4]。有人认为它属于致密砂岩气藏,而有人认为它是受构造控制的以常规机理形成的

致密气藏。

通过对柯柯亚—鄯勒地区探井目的层的储层物性及孔隙演化、异常压力分布特点进行研究,笔者认为该区存在分布于封隔层之下的压力异常带^[5-6],所以具有形成致密砂岩气藏的条件。该类气藏储层还具有成岩作用强、物性差、孔隙结构异常复杂、非均质性强等特点^[7]。其中,孔隙度<10%,渗透率<1 mD^[8],且主要以低孔、低渗含气层形式存在^[9-10]。因此,对致密砂岩气的认识可以更好地指导柯柯亚—鄯勒地区天然气的勘探,同时,对认识整个吐哈盆地天然气藏类型有重要的指导意义。

1 致密砂岩气形成条件

1.1 封隔层和异常压力分布

研究表明,柯柯亚—鄯勒地区下侏罗统普遍存在异常压力,形成了不同于中侏罗统的压力系统,这为深层致密砂岩气的形成提供了有利条件。造成异常压力的是一套分布于该区的封隔层(图1),其大致出现在相同的深度段(3 000 m左右),沿着西山

收稿日期:2010-05-20;修回日期:2010-07-12

基金项目:国家重点基础研究发展计划“973”项目“中低丰度天然气藏大面积成藏机理与有效开发的基础研究”(编号:2007CB209503)资助。

第一作者简介:黄志龙,1962年生,男,博士,博士生导师,主要从事天然气地质、油气运聚与成藏研究。地址:(102249)北京市昌平区中国石油大学地球科学学院。电话:(010)89734162。E-mail:huang5288@163.com

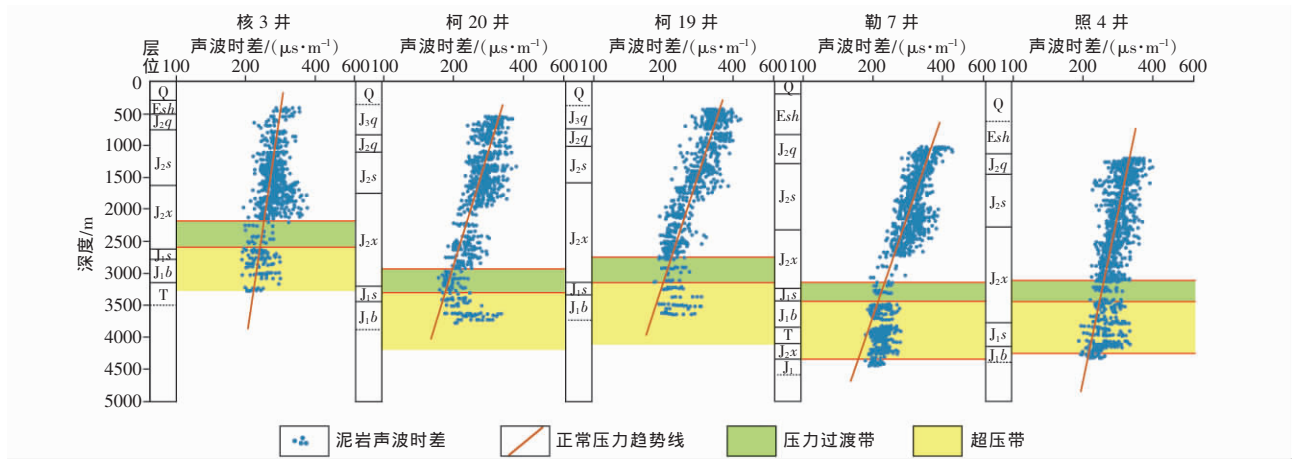


图 1 柯柯亚—鄯勒地区异常压力
Fig. 1 Abnormal pressure in Kekeya-Shanle area

窑组底—三工河组顶分布,是沉积厚度为 60~120 m 的深灰色泥岩段,其控制了压力封闭范围,从而形成了该区普遍发育的地层异常压力。

封隔层的存在使该区形成了 2 种压力系统,且

分别表现出不同的油气地球化学特征(图 2)。特征剖面表明,纵向上赋存于 2 700 m 以下地层的原油为 ₂ 型煤型油,其孕甾烷、升孕甾烷、三环萜、五环三萜的含量明显不同于浅层的 ₁ 型煤型油。因此,

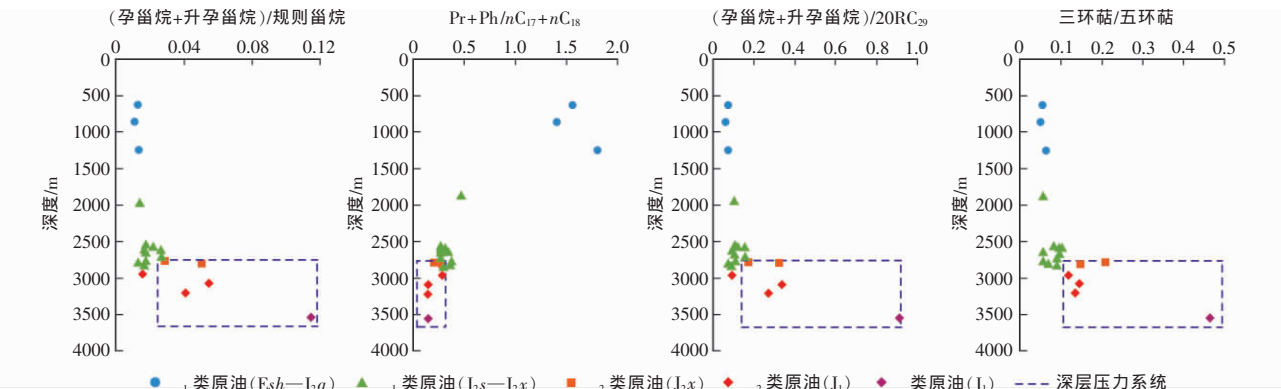


图 2 柯柯亚—鄯勒地区原油地球化学特征
Fig. 2 Geochemical characteristics of crude oil in Kekeya-Shanle area

封隔层上、下是 2 种不同的压力系统。

1.2 封隔层的成因

封隔层的形成一般与水热增压作用有关,也与该区的地质条件密不可分,其主要作用如下。

(1) 岩性封隔。该区普遍发育的西山窑组下段的煤层以及三工河组上段的“毯子层”泥岩本身具有良好的封闭能力,这些致密岩性的地层可以形成岩性封隔。同时,该段源岩的生烃作用也会使孔隙流体体积增大而形成超压。

(2) 成岩封隔。按照成岩演化序列划分,柯柯亚—鄯勒地区的封隔层段均处于中成岩 B 早期(图 3)。该期以胶结作用为主,孔隙度普遍<10%,岩石致密,处于次生孔隙减少带,从而形成了成岩封隔。

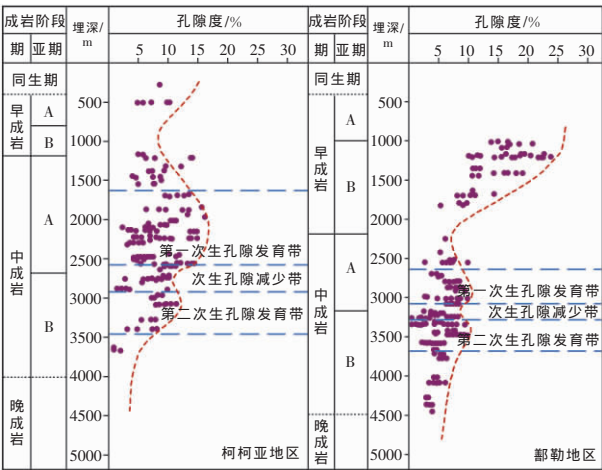


图 3 柯柯亚—鄯勒地区孔隙演化图
Fig. 3 Porosity evolution in Kekeya-Shanle area

(3) 黏土矿物脱水作用。在成岩演化过程中,蒙脱石逐渐转化为伊利石。因伊利石不含层间水,当转化为自由水后,孔隙间流体体积发生膨胀而形成高压。研究表明,当高岭石相对含量<40%,且伊利石相对含量>50%时,有利于封隔层的形成(图4)。

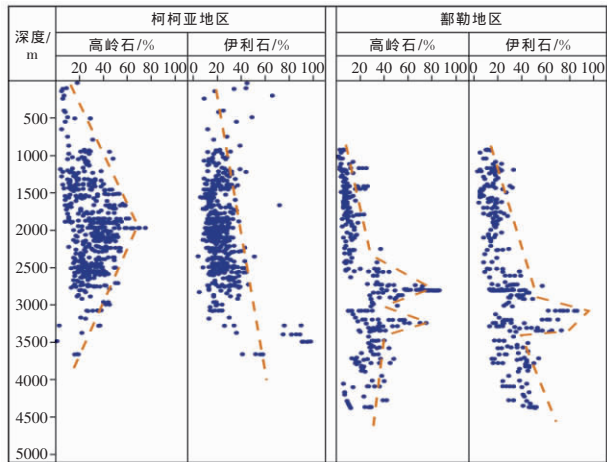


图4 柯柯亚—鄯勒地区黏土矿物演化图
Fig. 4 Clay minerals evolution in Kekeya-Shanle area

1.3 致密砂岩控制天然气藏类型

下侏罗统储层主要发育微细孔喉,最大汞增量对应直径>1.5 μm,孔喉分布呈单峰且偏向细孔喉一侧,优势孔喉半径一般为0.6~6 μm,排驱压力一般<1 MPa(图5)。在这种特低孔、特低渗、微细孔喉的储层条件下,深层气运聚主要以源、储压差体积流和浓度控制扩散流为主。而浮力只有在构造幅

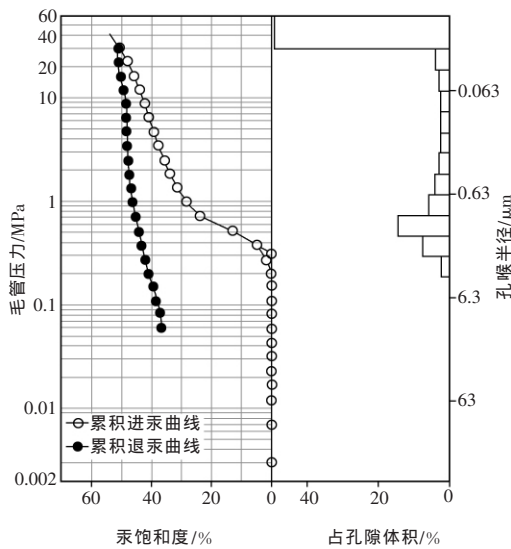


图5 柯19井J_{1b}储层压汞曲线
Fig. 5 Mercury penetration curve of J_{1b} reservoir in Ke 19 well

度较高的部位起作用,并使该部位气水发生一定的分异,对于斜坡和凹陷部位,浮力不起作用或作用很小。

柯柯亚—鄯勒地区下侏罗统主要是辫状河三角洲、扇三角洲沉积,砂岩普遍发育,且厚度大、连通性好、平面分布稳定。该砂体均在垂向上与水西沟群煤系源岩直接接触(图6),生成的天然气直接进入储层。由于受物性较差储层的毛细管阻力和封隔层的限制,天然气难以进行大范围的侧向、垂向

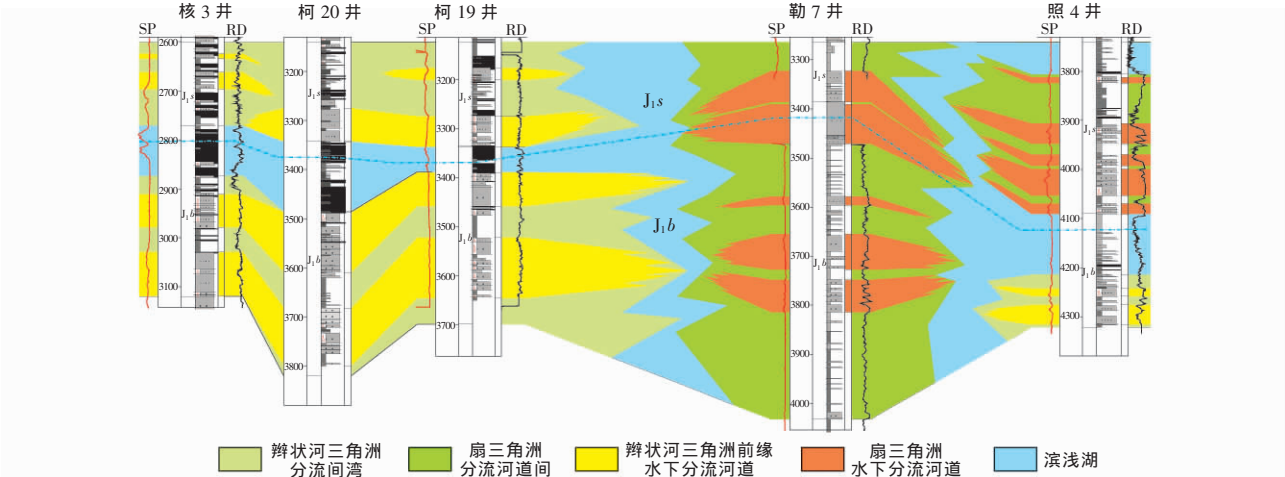


图6 柯柯亚—鄯勒地区八道湾组连井相图
Fig. 6 Well tie sedimentary facies of Badaowan Formation in Kekeya-Shanle area

运移,从而使三角洲砂体普遍含气。

2 成藏特点

致密砂岩气中的甜点指的是致密砂岩含气范

围内低渗透带中的相对高渗透率砂体。天然气在进入三角洲砂体后,由于甜点的毛细管阻力较小,周围的天然气会向其运移,当达到一定的饱和度后便具有工业开采价值。

综上所述,致密砂岩气藏具有以下特点:受沉积及成岩控制,局部发育甜点的低孔渗砂岩普遍含气,其中甜点富气;含气砂岩与甜点气藏之间没有分隔界面,高陡构造部位有一定的气水分异;甜点可成为商业气藏,是重要的天然气勘探开发新领域(图7)。

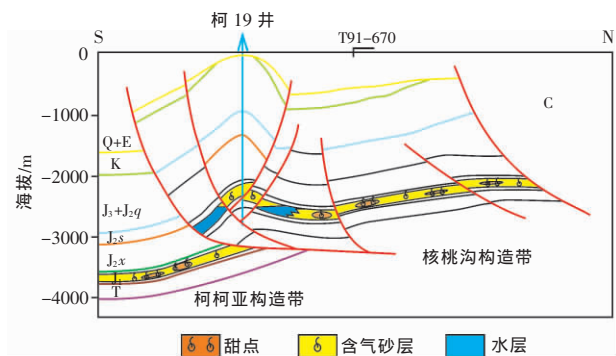


图7 致密砂岩气成藏特征图

Fig. 7 Accumulation characteristics of tight sandstone gas

3 柯柯亚—鄯勒致密砂岩气分布预测

水西沟群致密砂岩气藏,由一种无常规封闭条件(构造、岩性或地层的闭合条件)的天然气聚集,是大规模分布在低孔、低渗储集层中且主要靠毛细管力封闭的天然气聚集体,其局部发育甜点气藏,其分布范围主要受三方面的影响。

(1) 分布在烃源岩生气范围内。致密砂岩气形成的基本条件之一就是要要有源、储广覆式接触,在该区主要表现为源、储垂向叠置。烃源岩与砂体直接接触,有利于天然气通过超压、扩散充注而形成天然气聚集。

(2) 异常压力的分布。致密砂岩气储层的孔隙度普遍<10%,渗透率<1 mD,毛细管阻力强。异常压

力控制了天然气的充注和运移,是形成致密砂岩气藏的关键因素之一。

(3) 砂体广泛分布。在异常压力分布的范围内,直接与烃源岩叠置的砂体整体含气,局部发育的甜点为商业气藏,相对富气。含气砂岩具有潜在的经济价值,是重要的天然气勘探开发新领域。

图8表明,同样处于致密砂岩气分布范围内的核3井,由于孔隙度<5.5%,渗透率<0.1 mD,目前无工业性气藏。

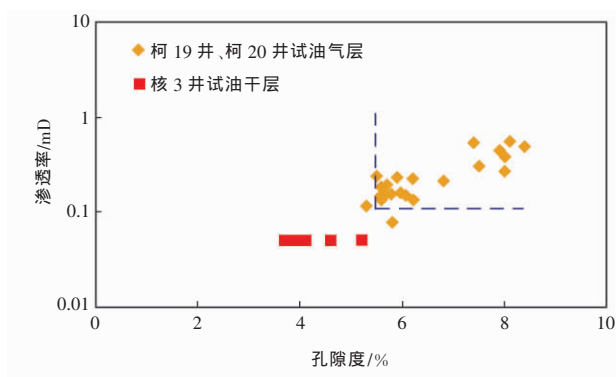


图8 巴喀油田J₁试气层孔隙度和渗透率交会图

Fig. 8 Crossplot of porosity and permeability of J₁ trial gas producing formation in Baka Oilfield

鄯勒—丘陵地区的次生孔隙死亡线埋深为4 200 m左右,而柯柯亚地区,由于构造抬升较强使次生孔隙死亡线埋深大约为3 800 m。超过3 800 m埋深时,由于成岩作用的改造,储层孔隙度普遍<5%,此时致密的储层会形成与源岩相近的地层压力,使生成的烃类难以排出。因此,柯柯亚—鄯勒地区致密砂岩气藏的分布范围是:在烃源岩超压的分布范围内,埋深<4 000 m、砂体与烃源岩直接叠置、砂岩孔隙度<10%、渗透率<1 mD的致密储层(图9)。

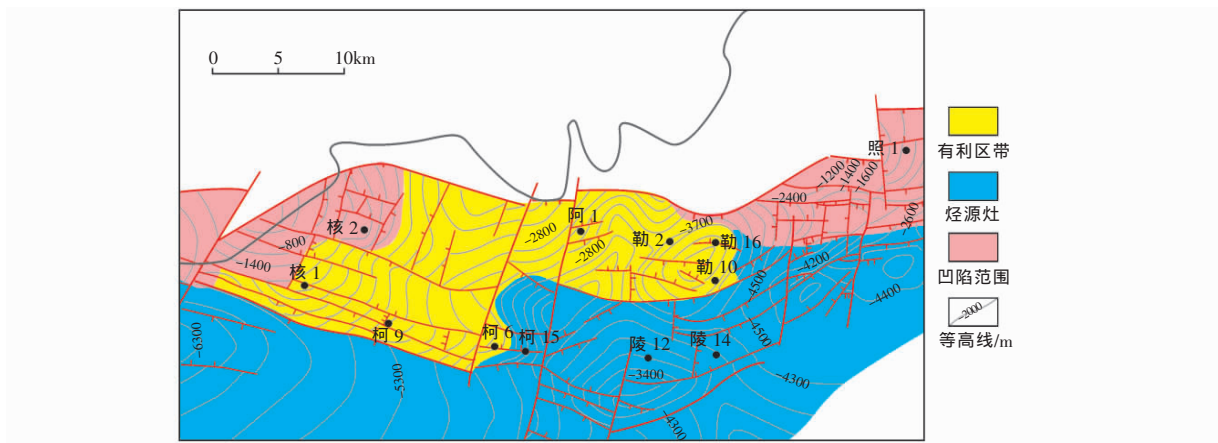


图9 吐哈盆地柯柯亚地区J₁致密砂岩气分布预测

Fig. 9 Distribution prediction of J₁ tight sandstone gas in Kekeya area, Tuha Basin

4 结论

(1) 柯柯亚—鄯勒地区的封隔层埋深为 3 000 m 左右,在纵向上将该区分为 2 种压力系统,上部为常压系统,下部为超压系统,且分别表现出不同的油气地球化学特征。封隔层的形成受控于该区的地质条件,主要有三方面的作用:岩性封隔、成岩封隔及黏土矿物脱水。

(2) 该区下侏罗统致密砂岩气藏的成藏特点主要有:源、储垂向叠置;气层具有异常高压;普遍含气,且含气砂岩与甜点之间没有明显的分隔界面;含气储层具有特低孔、特低渗、微细孔喉的特点;以源、储压差体积流和浓度控制扩散流为主要的聚集方式。

(3) 根据烃源岩生气范围、异常压力的分布、致密砂岩分布范围以及成岩演化特点,预测出柯柯亚—鄯勒地区的致密砂岩气藏的分布范围较大,是吐哈盆地重要的勘探领域。

参考文献:

- [1] 姜振学,林世国,庞雄奇.小草湖地区西三套组致密砂岩气藏类型判识[J].天然气工业,2006,26(9):4-7.
- [2] 王金琪.中国大型致密砂岩含气区展望[J].天然气工业,2000,20(1):10-16.
- [3] 李明诚.石油与天然气运移[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [4] 宫秀梅,曾斌辉,邱楠生.淮北凹陷深层致密砂岩气成藏特征[J].天然气工业,2005,25(6):7-10.
- [5] 朱家蔚,强启厚,许化政.东濮凹陷天然气类型及形成条件[J].天然气工业,1984,4(1):8-13.
- [6] 关德师,牛嘉玉,郭丽娜,等.中国非常规油气地质[M].北京:石油工业出版社,1995.
- [7] 李绍霞,张晋言,刘兵开.利用核磁共振信息评价致密砂岩气层[J].石油仪器,2008,22(3):54-57.
- [8] 戴金星,裴锡古,戚厚发.中国天然气地质学(卷一)[M].北京:石油地质出版社,1992:190-206.
- [9] Spencer C W. Review of characteristics of low-permeability gas reservoirs in Western United States[J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(5): 613-629.
- [10] 刘远征,罗红,刘欣.阜新盆地沙海组三段浅层致密砂岩储层特征及成岩作用[J].地质找矿论丛,2008,23(1):77-81.

Formation mechanism and distribution prediction of tight sandstone gas in Kekeya-Shanle area, Tuha Basin

HUANG Zhi-long¹, LIU Bo¹, YAN Yu-kui², ZHANG Dai-sheng², TU Xiao-xian², CHEN Jian-qi²

(1. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. Department of Exploration, Tuha Oilfield Company, PetroChina, Hami 839009, China)

Abstract: There are good conditions for forming tight sandstone gas in Kekeya area, Tuha Basin, including abnormal pressure sealed formation, good conditions of gas source and wide distribution of extra-low porosity and low permeability reservoirs. Because of the unique geological conditions in this area, it developed a set of sealed formation at the depth of about 3 000 m, formed the upper and lower pressure system, and the geochemical characteristics of petroleum are different. The upper tight sandstone gas reservoir has normal pressure system and bottom water structure. The tight sandstone gas reservoir of the lower pressure system has the following characteristics: the gas source condition is good and it is typically self-generating and self-preserving; the gas is widespread in the tight sandstone and the “sweet spots” are of industrial value; there are no closed water-oil interface between gas sand and the “sweet spots” gas reservoir except for the higher tectonic position; the gas reservoir has overpressure and gas is well preserved with the sealed formation. According to the forming characteristics of tight sandstone gas reservoir, the range of the tight sandstone gas reservoir in Kekeya-Shanle area is predicted.

Key words: sealed formation; abnormal pressure; tight sandstone gas; reservoir-forming

(本文编辑:涂晓燕)