

常规与非常规油气关系研究现状与发展趋势

徐祖新¹,姜文亚²,刘海涛¹

(1.中国石油勘探开发研究院,北京 100083; 2.中国石油大港油田分公司 勘探开发研究院,天津 300280)

摘要:针对常规与非常规油气的地质理论研究已经较为深入,但是对于常规与非常规油气关系的研究还很少。为此,从形成时间、空间分布和油气资源量3个方面,对常规与非常规油气关系的研究成果进行综述,提出目前研究中存在的问题,并分析常规与非常规油气关系研究的发展趋势。研究结果表明,常规油气与源储接触型非常规油气的形成时间具有先致密后成藏、先成藏后致密和边致密边成藏3种关系。常规油气一般分布于构造高部位,而非常规油气一般分布于盆地中心或斜坡部位,常规与非常规油气资源量满足油气资源分布三角图关系。但是在常规与非常规油气形成时间关系的主导作用、过渡带油气空间分布特征、不同级别构造单元油气资源量关系以及常规与非常规油气边界的确定等方面仍存在问题。未来常规与非常规油气关系研究的发展趋势应着重于针对烃源岩生排烃全过程、细粒沉积学、油气资源评价以及油气富集规律的研究。

关键词:常规油气 非常规油气 形成时间 空间分布 油气资源量

中图分类号:TE112

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2016)03-0014-06

Research status and development tendency of the relationship between conventional and unconventional oil and gas

Xu Zuxin¹, Jiang Wenya², Liu Haitao¹

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing City, 100083, China;

2. Exploration and Development Research Institute, Dagang Oilfield, CNPC, Tianjin City, 300280, China)

Abstract: There are a lot of theoretical studies of conventional and unconventional oil and gas. However, the study of the relationship between conventional and unconventional oil and gas is still rare. In view of this, from the aspects of formation time, space distribution and the amount of oil and gas resources, research results of conventional and unconventional oil and gas were summarized; the problems in the research of conventional and unconventional oil and gas were pointed out, and the development trend of the conventional and unconventional oil and gas was analyzed. The results show that there are three types of relationships between conventional oil and gas and unconventional oil and gas characterized of reservoir-source contact: reservoir getting tight prior to hydrocarbon charging, reservoir getting tight after hydrocarbon charging and reservoir getting tight contemporaneous with hydrocarbon charging. Conventional oil and gas are mainly distributed in the higher part of the structure, and unconventional oil and gas are generally distributed in the center of the basin or the general slope. The relationships between conventional and unconventional oil and gas resources are consistent with those in the triangle diagram of oil and gas resources distribution. But there are still problems for the conventional and unconventional oil and gas: the formation time, the transition belt of oil and gas distribution, the relationship of oil and gas resources between different structural units and the determination of unconventional oil and gas boundary. In the future, more attention should be paid on the researches of whole process of hydrocarbon generation and expulsion, fine-grained sedimentology, oil and gas resources evaluation and accumulation of oil and gas.

Key words: conventional oil and gas; unconventional oil and gas; formation time; spatial distribution; oil and gas resources

收稿日期:2016-01-11。

作者简介:徐祖新(1988—),男,湖北枝江人,在读博士研究生,从事非常规油气地质与评价方面的研究。联系电话:13718764780, E-mail: xuzuxin-20081234@163.com。

基金项目:国家科技重大专项“渤海湾盆地北部油气富集规律与增储领域研究”(2011ZX05006-005)。

世界油气工业历经150余年的发展,在背斜理论^[1-3]、圈闭理论^[4-5]、油气生成与运移理论^[6-9]、含油气系统理论^[6-13]、陆相生油理论^[14-15]、源控论^[16-17]、复式油气聚集带理论^[18-20]等地质理论的指导下,不断发现常规大型油气田。伴随世界油气需求的持续增长与常规油气产量的不断下降,具有较大资源潜力的非常规油气逐渐成为油气勘探研究的新领域,且对非常规油气的发现也日趋增多,煤层气、致密气、致密油、页岩气及页岩油等已经成为目前研究的热点。

在理论上,前人对常规油气和非常规油气的研究已经比较深入,对二者的差异也进行了许多研究,认为其本质的区别在于是否受圈闭控制、是否连续分布、单井是否有自然工业产量等^[21]。常规油气研究的灵魂是成藏,目标是确定圈闭是否有油气;非常规油气研究的灵魂是储层,目标是确定储集油气的资源量。但是,在研究方法和理论上尚未涉及常规与非常规油气之间的相互关系,且缺乏科学性与系统性。研究常规与非常规油气的关系,一是可以将烃源岩生排烃时期与不同类型储层形成时间进行匹配,明确盆地或凹陷中发育的油气资源类型;二是可以确定不同类型油气在空间上的分布特征,对常规油气进行勘探的同时兼顾非常规油气;三是可以预测常规与非常规油气资源量的关系,明确剩余资源潜力的主要油气类型。因此,对常规与非常规油气关系的研究对于今后的油气勘探具有指导作用,有利于采用协同开发的方式进行油气开采。

1 研究现状

1.1 常规与非常规油气形成时间的关系

烃源岩和生烃作用是油气藏形成的物质基础和前提,因此其他油气成藏要素和作用的存在和发生,在时间上都要与烃源岩大量生排烃时期构成有效匹配,这样油气藏才能得以形成。

对于来自同一烃源岩的油气来说,非常规油气(页岩油、页岩气和煤层气等)的形成时间早于常规油气。也就是说,如果在构造高部位发现了常规油气,那么在供烃方向上肯定存在形成时间更早的非常规油气^[22]。据此,可以为油气勘探方向提供参考。

常规油气与源储接触型非常规油气(致密油、致密气等)的形成时间较为复杂,可大致分为3种情况:先致密后成藏、先成藏后致密和边致密边成藏。姜振学等将致密砂岩气划分为先成型致密气

和后成型致密气2种类型^[23],这2种致密气储层的演化历史不同,相应的油气空间分布特征也不同。近年来,随着致密油气勘探开发的逐步深入,中国学者对储层致密化与油气成藏的耦合关系进行了初步探讨。例如王威通过分析地质历史时期储层孔隙演化规律,并结合储层流体包裹体均一温度,确定四川盆地元坝地区须二段为先致密后成藏^[24]。

1.2 常规与非常规油气空间分布的关系

Richard等首先提出常规与非常规油气空间分布模式,并预测常规与非常规油气在空间分布上存在一个过渡带^[25](图1)。其常规与非常规油气空间分布模式主要反映常规与非常规油气的类型及其空间分布位置,对二者的油气空间分布规律及过渡带内油气聚集特征并未进行详细研究。此后,中外学者对常规与非常规油气空间分布模式进行了修改和完善,例如邹才能等在常规与非常规油气空间分布模式中加入碳酸盐岩气藏和变质岩裂缝气等^[26]。但是对比中外常规与非常规油气空间分布模式发现,二者较为一致,均包括各种油气资源类型。

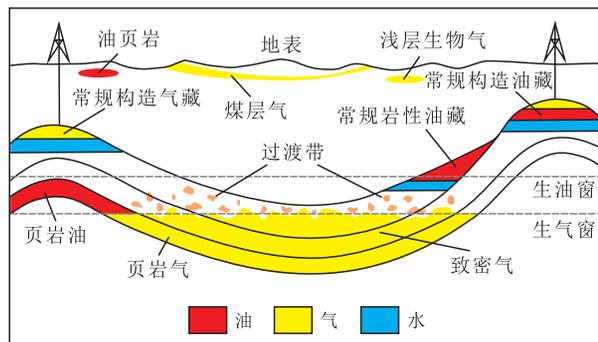


图1 常规与非常规油气空间分布模式

Fig.1 Spatial distribution pattern of conventional and unconventional oil and gas

Law通过对北美致密气的研究,认为其油气空间分布存在一定规律^[27]。即由盆地中心的致密气向油气混合聚集带过渡,最后过渡到盆地边缘的常规油气,并认为造成这种油气空间分布格局的原因主要是压力作用,致密气一般发育于异常低压带。

1.3 常规与非常规油气资源量的关系

1977年,美国地质学家Gray提出油气资源分布三角图概念^[28],后来也有学者对三角图进行一些修改^[29-30],但基本概念没有变化。油气资源分布三角图的顶部为常规油气,其开采技术难度较小,开采成本较低,原油的品质较好,占总油气资源量的比例较小。非常规油气的开采技术难度较大,开采成本较高,原油的品质较差,但占总油气资源量的比例较大。

Old等提出北美天然气和致密气资源分布三角

图,认为天然气资源也符合油气资源分布三角图关系,而且美国的致密气总资源量、未探明资源量、可采资源量和探明储量也呈油气资源分布三角图关系^[31]。Martin等基于“资源三角”理论,对圣胡安、绿河、阿帕拉契亚、尤因塔—皮申斯、伊利诺斯、黑勇士及风河等7个成熟盆地的常规油气资源与非常规天然气资源的关系进行研究,发现这7个盆地的油

气资源分布同样符合油气资源分布三角图关系,其常规油气资源量占各盆地总可采资源量的10%~20%,而非非常规天然气资源量占80%~90%^[32]。

Cheng等在Martin等研究的基础上又对北美其他18个成熟盆地进行研究,结果表明,北美25个成熟盆地常规与非常规油气的技术可采资源量的平均比值约为1:4^[33](图2)。

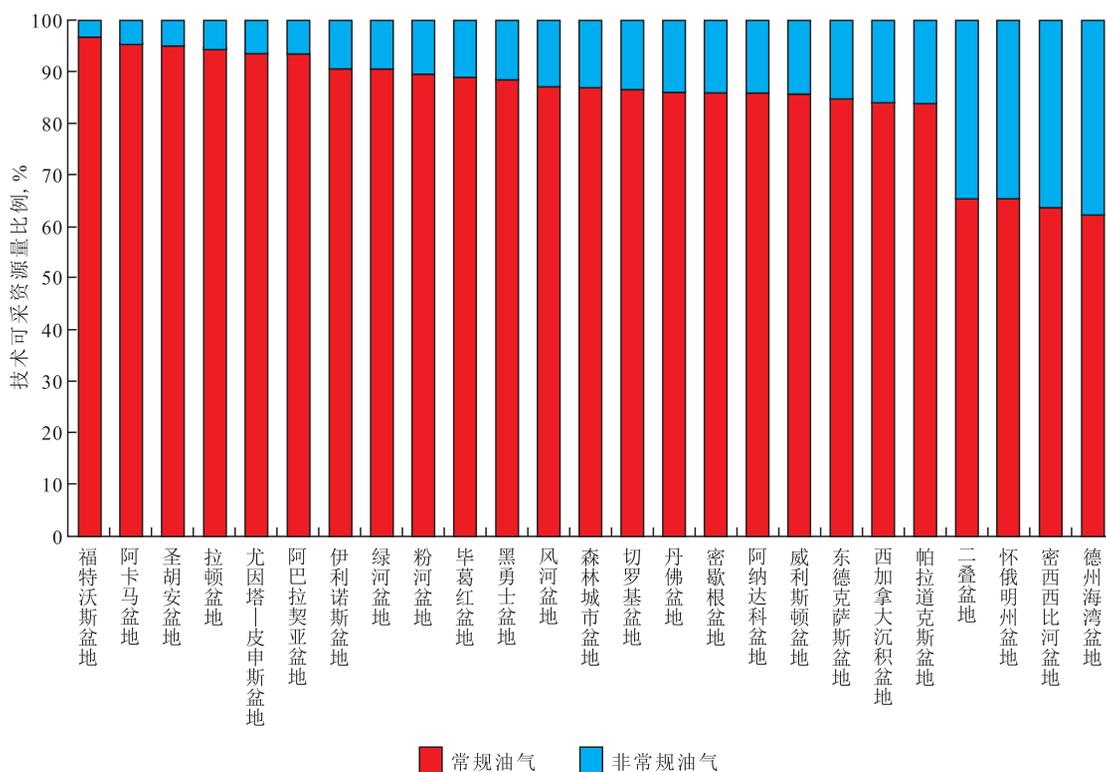


图2 北美25个成熟盆地常规与非常规油气的技术可采资源量关系

Fig.2 Relationship of technically recoverable resources between conventional and unconventional oil and gas of 25 mature basins in North America

综上所述,常规与非常规油气资源量具有如下关系:①当油气生成和排出的总资源量确定时,常规与非常规油气将根据区域上不同的时空组合特征进行运移和富集;②当时间或空间要素确定时,常规与非常规油气将依据油气形成条件进行总资源量的分配。

2 存在问题

前人对常规与非常规油气在形成时间、空间分布和油气资源量3个方面的关系进行了一定的研究^[22-32]。但是,将常规与非常规油气作为一个整体来开展二者关系的研究尚处于起步阶段,还有待于进一步深化。具体来说,主要存在4方面的问题。

2.1 常规与非常规油气形成时间关系的主导作用

根据储层致密化时间与油气成藏时间的先后

关系,可以将致密油气的形成时间分为先致密后成藏、先成藏后致密、边致密边成藏3种。目前中外在这方面的研究还很少,研究结论也存在一定分歧。邓秀芹等认为鄂尔多斯盆地延长组长6段—长8段储层在烃源岩生排烃时期尚未致密,为先成藏后致密^[34]。王学军等根据鄂尔多斯盆地实测孔隙度与TTI值建立经验公式,计算出长3段成藏期古孔隙度和渗透率均较低,为致密储层,长8段成藏期储层亦很致密,两者均为先致密后成藏^[35]。由此可见,常规与非常规油气形成时间关系的研究仍须进行更细致的工作,而且须在此基础上进一步研究以何种形成时间关系起主导作用。只有在明确油气形成时间先后关系的基础上,才能更好地指导对油气分布规律的研究与认识。

2.2 常规与非常规油气过渡带的油气空间分布特征

常规与非常规油气在空间分布上存在过渡带,

但是对于过渡带内油气聚集特征和分布规律并没有开展详细的研究。过渡带内究竟是以常规油气分布占主导,还是以非常规油气分布占主导,目前还不清楚。众所周知,常规与非常规油气的勘探思路和开发方案存在较大差异,只有在落实过渡带内油气分布特征的基础上,才能有针对性地开展油气勘探开发工作。

2.3 不同级别构造单元常规与非常规油气资源量的关系

对于常规与非常规油气资源量关系的研究大多建立在探明储量统计的基础上,并未从成因角度研究二者资源量的比例关系。而常规与非常规油气成因类型多样,比例关系复杂,北美25个成熟盆地常规与非常规油气资源量的比例关系为1:1.6~1:32。此外,中外对常规与非常规油气资源量的统计大多基于整个盆地范围,而对于盆地内一级或二级构造单元内二者资源量的比例关系并未进行细致研究。在坳陷或凹陷内,二者资源量的关系是否存在比例关系,非常规油气资源量是否仍然大于常规油气资源量,这些问题都还有待于进一步研究。

2.4 常规与非常规油气边界的确定

目前关于常规与非常规油气的边界是综合储层物性、经济和开采技术等来确定的,但均是人为标准,并不能深刻反映二者关系的内涵。常规与非常规油气的概念出现于20世纪70年代,常规油气是以当时主体技术可以实现经济开发的油气;而非常规油气是已知其客观存在,甚至蕴藏可观却无法实现经济开发的油气^[36-39]。这一概念对常规与非常规油气划分出一个并不十分严格的界线,特别是那些处于常规与非常规油气边缘的油气类型。例如,长期作为常规油气主力储层的砂岩储层,随着砂岩储层物性的不断降低,致密砂岩气成为最早获得突破的非常规油气类型之一。究竟如何划分常规与非常规油气的边界,还须进一步研究。

3 发展趋势

未来常规与非常规油气关系研究应针对目前存在的问题,探索理论突破与方法创新,使得常规与非常规油气关系研究得到广泛重视,并取得突破性进展。常规与非常规油气关系研究的发展趋势主要包括烃源岩生排烃全过程、细粒沉积学、油气资源评价和油气富集规律研究4个方面。

3.1 烃源岩生排烃全过程定量化研究

烃源岩的质量在根本上控制油气藏的规模。

尽管常规与非常规油气的形成条件有许多不同,但是在烃源岩必须具有高有机质含量这一点上是相同的,因为只有大量生烃才能大量排烃或大量残留烃,否则常规与非常规油气都难以形成。此外,对同一烃源岩来说,当其生烃量一定时,其排烃量与残留烃量具有互补性,即排烃量大、残留烃量就小,反之亦然。因此,除了强调经过生成、排出、运移、聚集、保存过程后聚集成藏的油气资源,同时还须强调滞留于烃源岩内和近源充注于致密层中的油气,应该从烃源岩生排烃全过程的角度开展烃源岩评价,对烃源岩及其资源潜力进行全面研究。

3.2 细粒沉积学研究

随着全球页岩油气、致密油气的勘探开发,细粒沉积学已成为中外学者研究的前沿领域^[40]。传统的碎屑岩沉积学研究内容与方法已不能完全满足细粒沉积岩研究的需求,亟需建立行之有效的研究体系;且针对细粒沉积岩研究程度总体较低,亟需加强对岩石微观组构与宏观分布规律等方面的剖析,建立不同类型细粒沉积岩的成因模式,为有利沉积相带的预测提供理论支撑。同时,细粒沉积与粗粒沉积密切相关,须加强整体性研究,揭示二者之间的相互控制作用与机理,预测细粒沉积和粗粒沉积的空间分布模式,为常规与非常规油气空间分布特征研究奠定良好的基础。

3.3 油气资源评价研究

目前常规油气资源评价技术已比较成熟,而非常规油气资源的类型众多,地质特征差异明显,研究程度不尽相同,不可能使用统一的方法进行简单评价。郭秋麟等系统总结中外几种非常规油气资源评价方法,其中针对煤层气、天然气水合物、油页岩和油砂矿等资源的评价方法以体积法为主^[41-42]。中外学者针对致密砂岩气、致密油和页岩气资源的评价方法具有较大差异,中国学者较多采用类比法和成因法,而国外更倾向于使用类比法和统计法。就类比法而言,中国学者使用资源丰度类比法更多,而国外使用FORSPAN法及其改进法更多^[43]。

3.4 油气富集规律研究

自提出含油气系统以来,其在油气富集规律研究中倍受关注。但是,含油气系统仅针对从烃源岩到圈闭的研究范畴,更多的关注于成烃作用与成藏作用二者之间的时空耦合关系的研究,却忽视了成盆作用和成储作用与成烃作用和成藏作用四者之间的时空耦合关系的研究。在油气富集规律研究方面,目前针对成盆作用、成烃作用、成储作用和成藏作用四者之间的时空耦合关系的研究很少,而将

常规与非常规油气作为一个整体来开展油气富集规律研究则更少。成盆作用、成烃作用、成储作用和成藏作用如何控制常规与非常规油气的富集程度?如何影响常规与非常规油气的空间分布?如何分配常规与非常规油气的资源量?针对这些问题还须进一步研究。

4 结论

针对常规与非常规油气关系的研究对于油气勘探开发具有指导作用,有利于采用协同开发的方式进行油气开采。常规油气与源储接触型非常规油气(致密油、致密气等)的形成时间具有先致密后成藏、先成藏后致密和边致密边成藏3种关系,二者的空间分布呈现一定的规律性,且常规与非常规油气资源量满足油气资源分布三角图关系。在常规与非常规油气形成时间关系的主导作用、过渡带油气空间分布特征、不同级别构造单元油气资源量关系以及常规与非常规油气边界的确定等方面仍存在一定问题,是下步常规与非常规油气关系研究的重点。烃源岩生排烃全过程量化研究、细粒沉积学研究、油气资源评价研究以及油气富集规律研究则是常规与非常规油气关系研究未来的发展方向。

参考文献:

- [1] White I C. The geology of natural gas [J]. *Science*, 1885, 5(125): 521-522.
- [2] Price P H. Evolution of geologic thought in prospecting for oil and natural gas [J]. *AAPG Bulletin*, 1947, 31(4): 673-697.
- [3] Wilson W B. Proposed classification of oil and gas reservoirs [C]// Wrather W E, Lahee F H. *Problems of Petroleum Geology*. Tulsa: AAPG Memoir, 1934: 433-445.
- [4] Levorsen A I. *Geology of petroleum* [M]. San Francisco: Freeman W H and Company, 1956.
- [5] Levorsen A I. *Geology of petroleum* [M]. 2nd ed. San Francisco: Freeman W H and Company, 1967.
- [6] Tissot B P, Welte D H. *Petroleum formation and occurrences* [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1978.
- [7] Hunt J M. *Petroleum geochemistry and geology* [M]. San Francisco: Freeman W H and Company, 1979.
- [8] Pratsch J C. Vertical hydrocarbon migration: A major exploration parameter [J]. *Journal of Petroleum Geology*, 1991, 14(3): 429-444.
- [9] Price L C, Wenger I M. The influence of pressure on petroleum generation and maturation as suggested by aqueous pyrolysis [J]. *Organic Geochemistry*, 1992, 19(1/3): 141-159.
- [10] Magoon L B, Dow W G. The petroleum system—from source to trap [M]. Tulsa: AAPG Memoir, 1994: 1-655.
- [11] 赵文智,何登发.含油气系统理论在油气勘探中的应用[J].勘探家,1996,1(2):12-19.
Zhao Wenzhi, He Dengfa. Application of petroleum system in petroleum exploration [J]. *Explorationist*, 1996, 1(2): 12-19.
- [12] 赵文智,何登发.中国复合含油气系统的概念及其意义[J].勘探家,2000,5(3):1-11.
Zhao Wenzhi, He Dengfa. Concept and its significance of composite petroleum system in China [J]. *Petroleum Explorationist*, 2000, 5(3): 1-11.
- [13] 赵文智,何登发,池英柳,等.中国复合含油气系统的基本特征与勘探技术[J].石油学报,2001,22(1):6-13.
Zhao Wenzhi, He Dengfa, Chi Yingliu, et al. Major characteristics and exploration technology of multi-source petroleum systems in China [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2001, 22(1): 6-13.
- [14] Pan C H. Nonmarine origin of petroleum in North Shensi and the Cretaceous of Szechuan, China [J]. *AAPG Bulletin*, 1941, 25(11): 2 058-2 068.
- [15] 田在艺.中国陆相沉积生油和找油论文集[M].北京:石油工业出版社,1960.
Tian Zaiyi. *Proceedings of oil generation and exploration in continental deposit in China* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1960.
- [16] 胡朝元.生油区控制油气田分布——中国东部陆相盆地进行区域勘探的有效理论[J].石油学报,1982,3(2):9-13.
Hu Chaoyuan. Source bed controls hydrocarbon habitat in continental basins, east China [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1982, 3(2): 9-13.
- [17] 胡朝元.“源控论”适用范围量化分析[J].天然气工业,2005,25(10):1-7.
Hu Chaoyuan. Research on the appliance extent of “source control theory” by semi-quantitative statistics characteristics of oil and gas migration distance [J]. *Natural Gas Industry*, 2005, 25(10): 1-7.
- [18] 邱中建.加速渤海湾油气勘探的几点想法——复式油气聚集(区)带机理[M].北京:中国石油勘探开发研究院档案馆,1974.
Qiu Zhongjian. Several thoughts on accelerating the petroleum exploration in Bohai Bay Basin: formation mechanism of complex petroleum accumulation zones [M]. Beijing: Archives of PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, 1974.
- [19] 胡见义,徐树宝,童晓光.渤海湾盆地复式油气聚集区(带)的形成和分布[J].石油勘探与开发,1986,13(1):1-8.
Hu Jianyi, Xu Shubao, Tong Xiaoguang. Formation and distribution of complex petroleum accumulation zones in Bohaiwan Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1986, 13(1): 1-8.
- [20] 李德生.渤海湾盆地复合油气田的开发前景[J].石油学报,1986,7(1):1-21.
Li Desheng. Prospect of the composite mega structural oil and gas field in Bohai gulf of China [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1986, 7(1): 1-21.
- [21] 邹才能.非常规油气地质[M].北京:地质出版社,2013:1-91.
Zou Caineng. *Unconventional petroleum geology* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2013: 1-91.

- [22] 张金川,金之钧,袁明生,等.油气成藏与分布的递变序列[J].现代地质,2003,17(3):323-330.
Zhang Jinchuan, Jin Zhijun, Yuan Mingsheng, et al.Mechanic spectrum for the migration and accumulation of hydrocarbons[J].Geoscience,2003,17(3):323-330.
- [23] 姜振学,林世国,庞雄奇,等.两种类型致密砂岩气藏对比[J].石油实验地质,2006,28(3):210-219.
Jiang Zhenxue, Lin Shiguo, Pang Xiongqi, et al.The comparison of two types of tight sand gas reservoir[J].Petroleum Geology & Experiment,2006,28(3):210-219.
- [24] 王威.四川元坝地区须二段致密砂岩储层孔隙演化与天然气成藏[J].成都理工大学学报:自然科学版,2012,39(2):151-156.
Wang Wei.Pore evolution and gas accumulation in tight sandstone reservoir of Member2 of Xujiahe Formation in Yuanba area of Sichuan, China[J].Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition,2012,39(2):151-156.
- [25] Richard M, Pollastro, Ronald J Hill, et al.Assessing undiscovered resources of the Barnett-Paleozoic total petroleum system, Bend Arch-Fort Worth Basin Province, Texas [C].Fort Worth: AAPG Southwest Section Meeting,2003:1-17.
- [26] 邹才能,杨智,张国生,等.常规-非常规油气“有序聚集”理论认识及实践意义[J].石油勘探与开发,2014,41(1):14-27.
Zou Caineng, Yang Zhi, Zhang Guosheng, et al.Conventional and unconventional petroleum “orderly accumulation”: Concept and practical significance [J].Petroleum Exploration and Development,2014,41(1):14-27.
- [27] Law B E.Basin-centered gas systems[J].AAPG Bulletin,2002,86(11):1 891-1 919.
- [28] Gray J K.Future gas reserve potential western Canadian Sedimentary Basin [C].Calgary: Canadian Gas Association's 3rd National Technical Conference,1977:21-24.
- [29] Masters J A.Deep basin gas trap, western Canada[J].AAPG Bulletin,1979,63(2):152-181.
- [30] Holditch S A.The effect of globalization upon petroleum engineering education [C].Houston: SPE Annual Technical Conference and Exhibition,2004:26-29.
- [31] Old S, Holditch S A, Ayers W B, et al.Prise: Petroleum resource investigation summary and evaluation [R].SPE 117703,2008:1-16.
- [32] Martin S O, Holditch S A, Ayers W B, et al.Prise validates resource triangle concept[J].SPE Economics & Management,2013,2(1):51-60.
- [33] Cheng K, Wu W, Holditch S A, et al.Assessment of the distribution of technically-recoverable resources in North American Basins [R].SPE 137599,2010:1-11.
- [34] 邓秀芹,刘新社,李士祥.鄂尔多斯盆地三叠系延长组超低渗透储层致密史与油藏成藏史[J].石油与天然气地质,2009,30(2):156-161.
Deng Xiuqin, Liu Xinshe, Li Shixiang.The relationship between compacting history and hydrocarbon accumulating history of the super-low permeability reservoirs in the Triassic Yanchang Formation in the Ordos Basin[J].Oil & Gas Geology,2009,30(2):156-161.
- [35] 王学军,王志欣,陈杰,等.鄂尔多斯盆地镇北油田延长组石油运聚机理[J].石油勘探与开发,2011,38(3):299-306.
Wang Xuejun, Wang Zhixin, Chen Jie, et al.Petroleum migration and accumulation of the Yanchang Formation in the Zhenbei Oilfield, Ordos Basin [J].Petroleum Exploration and Development,2011,38(3):299-306.
- [36] 王勇,宋国奇,刘惠民,等.济阳拗陷页岩油富集主控因素[J].油气地质与采收率,2015,22(4):20-25.
Wang Yong, Song Guoqi, Liu Huimin, et al.Main control factors of enrichment characteristics of shale oil in Jiyang depression[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2015,22(4):20-25.
- [37] 赵可英,郭少斌,海陆过渡相页岩气储层孔隙特征及主控因素分析——以鄂尔多斯盆地上古生界为例[J].石油实验地质,2015,37(2):141-149.
Zhao Keying, Guo Shaobin.Characteristics and main controlling factors of shale gas reservoirs in transitional facies: A case study of Upper Paleozoic in Ordos Basin [J].Petroleum Geology & Experiment,2015,37(2):141-149.
- [38] 王磊,李克文,赵楠,等.致密油储层孔隙度测定方法[J].油气地质与采收率,2015,22(4):49-53.
Wang Lei, Li Kewen, Zhao Nan, et al.Methods research of porosity determination for tight oil reservoir [J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2015,22(4):49-53.
- [39] Singh K, Holditch S A, Ayers W B Jr.Basin analog investigations answer characterization challenges of unconventional gas potential in frontier basins[J].Journal of Energy Resources Technology,2008,130(4):875-884.
- [40] 庞军刚,李赛,杨友运,等.湖盆深水区细粒沉积成因研究进展:以鄂尔多斯盆地延长组为例[J].石油实验地质,2014,36(6):706-711.
Pang Jungang, Li Sai, Yang Youyun, et al.Study progress of origin of fine-grained sedimentary rocks in deep-water area of lacustrine basin: Taking Yangchang Formation in Ordos Basin as an example [J].Petroleum Geology & Experiment,2014,36(6):706-711.
- [41] 郭秋麟,周长迁,陈宁生,等.非常规油气资源评价方法研究[J].岩性油气藏,2011,23(4):12-18.
Guo Qiulin, Zhou Changqian, Chen Ningsheng, et al.Evaluation methods for unconventional hydrocarbon resources [J].Lithologic Reservoirs,2011,23(4):12-18.
- [42] 邱振,邹才能,李建忠,等.非常规油气资源评价进展与未来展望[J].天然气地球科学,2013,24(2):238-246.
Qiu Zhen, Zou Caineng, Li Jianzhong, et al.Unconventional petroleum resources assessment: Progress and future prospects [J].Natural Gas Geoscience,2013,24(2):238-246.
- [43] 陈元千,周翠.中国《页岩气资源/储量计算与评价技术规范》计算方法存在的问题与建议[J].油气地质与采收率,2015,22(1):1-4.
Chen Yuanqian, Zhou Cui.Problems and recommendations for the Regulation of shale gas resources/reserves estimation in China [J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2015,22(1):1-4.