

文章编号:0253-9985(2012)04-0561-10

中国中西部四大盆地碎屑岩油气成藏体系及其分布规律

胡宗全,尹伟,伍新和,高金慧,李松,刘春燕,陈纯芳

(中国石化石油勘探开发研究院,北京100083)

摘要:中西部四大盆地(鄂尔多斯、四川、准噶尔和塔里木)晚古生代以来经历了台内拗陷、陆内拗陷及(类)前陆盆地的演化过程,以发育碎屑岩为特色,陆内拗陷发育大面积分布的烃源岩,类前陆盆地发育较厚的优质烃源岩,奠定了碎屑岩层系良好的资源基础。碎屑岩层系发育内源、外源和混源3大类6个亚类油气成藏体系。内源成藏体系是寻找大中型油气田的主要领域,在四大盆地间具有下气上油、北早南晚和向南天然气增多的分布规律。成藏与富集主控因素是烃源岩与储层的配置关系,沉积斜坡和山前冲断带是此类成藏体系的有利勘探区带。外源成藏体系的分布与内源成藏具有明显的互补特征,从而拓展了碎屑岩油气勘探的层系和地区。外源油气成藏体系在四大盆地间分布具有南多北少的特征。成藏与富集主控因素是海相层系的油气资源条件和垂向输导体系。海相层系的古隆起区与中、新生代的断裂发育区,是寻找外源油气成藏体系的有利地区。

关键词:成藏体系;油气富集;碎屑岩层系;中国中西部

中图分类号:TE112.3

文献标识码:A

Petroleum accumulation systems of clastic strata and their distribution in the four large-sized basins in central-western China

Hu Zongquan, Yin Wei, Wu Xinhe, Gao Jinhui, Li Song, Liu Chunyan and Chen Chunfang

(SINOPEC Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: Since the Late Paleozoic, the four large-sized basins (i. e. Ordos, Sichuan, Junggar and Tarim) in central-western China have experienced a similar evolution process from cratonic depression to intra-continental depression and finally to foreland (pseudo-foreland) basin, and their deposition features in thick clastic rocks. Hydrocarbon source rocks were widely developed in the intra-continental depressions, while thick high-quality source rocks were deposited in the pseudo-foreland basins, providing favorable basis for hydrocarbon accumulation in the clastic strata in the four basins. There are three types (inner-sourcing, out-sourcing and hybrid-sourcing) and six subtypes of petroleum accumulation systems. The inner-sourcing petroleum accumulation system is the major target for large- and medium-sized oil/gas reservoirs. For the inner-sourcing systems in the four basins, their oil and gas distribution has features of oil in upper part and gas in lower part as well as more gas to the south, their hydrocarbon accumulation were developed early in the north and late in the south. The temporal and spatial combination of source rock and reservoir is the major factor controlling hydrocarbon accumulation and enrichment. Slope zone and piedmont thrust belt are play fairways for these inner-sourcing systems. The distribution of the out-sourcing and inner-sourcing system are significantly complimentary, so greatly broadening the area and horizons for petroleum exploration in the clastic strata. The out-sourcing systems are distributed mainly in the south parts in the four basins. Hydrocarbon resource condition of marine strata and vertical migration pathways are major factors controlling hydrocarbon accumulation and enrichment in the out-sourcing systems. The paleo-uplift zones of marine strata and the Meso-Cenozoic faults zones are the play fairways for petroleum exploration in

收稿日期:2012-02-10;修订日期:2012-07-11。

第一作者简介:胡宗全(1971—),男,博士,教授级高级工程师,油气地质与勘探、沉积学与储层地质学。

基金项目:国家科技重大专项(2008ZX05002-006)。

the out-sourcing system.

Key words: petroleum accumulation system, hydrocarbon enrichment, clastic strata, central-western China

1 碎屑岩层系油气成藏条件

中西部四大盆地(鄂尔多斯、四川、准噶尔和塔里木)晚古生代以来主要发育碎屑岩层系,均先后经历台内坳陷、陆内坳陷、类前陆盆地的演化过程,即构造-成盆演化具有“同序”特征,决定了四大盆地碎屑岩层系成烃-成藏的宏观相似性,但四大盆地经历不同类型盆地的时代和持续时间存在差异性,即“异时”特征,决定了成藏组合所处层系的差异性。

石炭纪,中西部四大盆地经历了广泛的海侵作用,其中四川盆地主体发育碳酸盐岩台地相沉积,尚未进入碎屑岩沉积旋回;塔里木盆地和鄂尔多斯盆地虽然仍为海相沉积旋回,但已局部见碎屑岩沉积;准噶尔盆地发育海相断陷盆地的碎屑岩和火山岩沉积组合^[1](图1)。

二叠纪,中西部四大盆地及周缘具有“北聚南离”的宏观构造背景,南部的四川盆地仍为克拉通盆地;同时,构造汇聚作用表现东部先于西部的

特点,西部的塔里木盆地局部地区仍存在海相沉积,而北部的准噶尔盆地和东部的鄂尔多斯盆地则整体演化为陆内坳陷盆地,进入碎屑岩沉积旋回。这些陆内坳陷盆地的范围较大,发育大面积的优质烃源岩,具备良好的资源基础,如准噶尔盆地下二叠统油源岩、鄂尔多斯盆地下二叠统煤系气源岩(图1)。

三叠纪,区域挤压背景进一步加强,南部的四川盆地演化为陆内坳陷,开始进入陆相碎屑岩沉积旋回,发育优质的煤系气源岩;鄂尔多斯盆地陆内坳陷的主体向盆地西南部迁移,水体深度加深,发育优质油源岩;塔里木盆地由于构造变动性强,盆地内部早期多隆多凹的构造格局决定了难以形成统一的、较大型的陆内坳陷,烃源岩沉积条件相对较差(图1)。

侏罗纪,四大盆地均进入类前陆盆地演化阶段,导致早期盆地的叠复和烃源岩的演化,同时在前陆区可形成巨厚的优质烃源岩,如准噶尔盆地的油源岩、塔里木盆地库车坳陷的气源岩和四川盆地的油源岩(图1)。

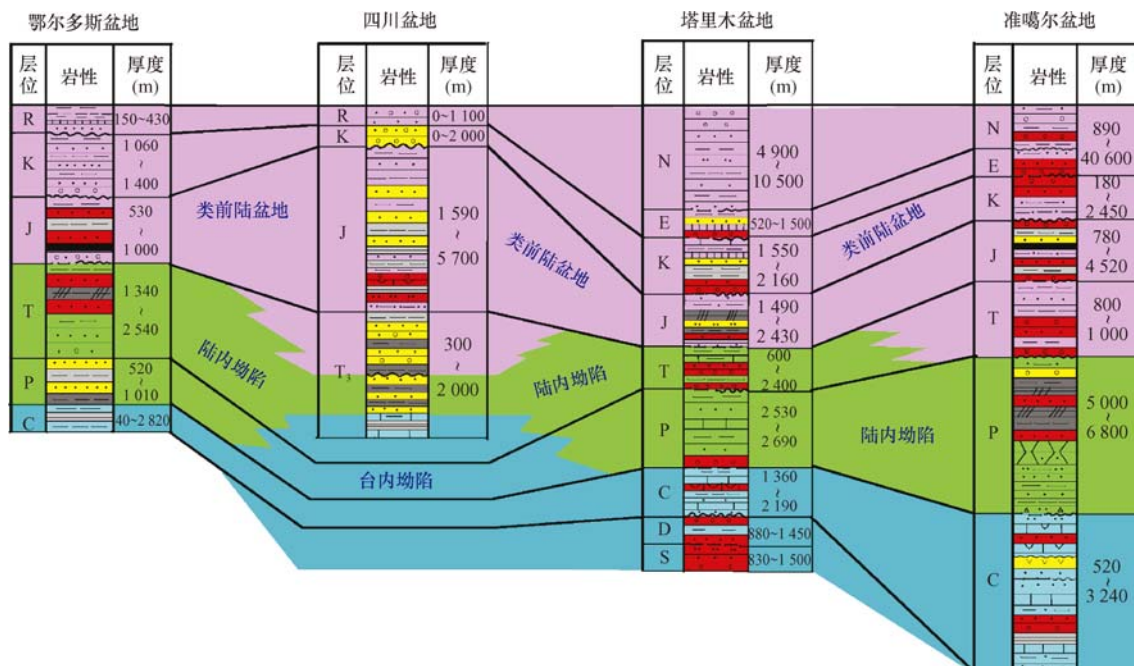


图1 中西部四大盆地晚古生代以来盆地类型与油气地质条件对比

Fig. 1 Comparison of petroleum geology and basin types of the four basins in central-western China since the Late Paleozoic

白垩纪以后,挤压作用进一步增强,盆地受压收缩或掀斜,如鄂尔多斯盆地大部分地区隆升;四川盆地类前陆盆地的规模缩小;准噶尔盆地和塔里木盆地在周缘发育类前陆盆地。伴随盆地改造作用的增强,早期形成的油气藏向上覆层系、向构造高部位、向盆地周缘调整、散失或再次聚集成藏,决定了碎屑岩层系晚期定型、次生调整的特征(图1)。

2 碎屑岩层系油气成藏体系

2.1 油气成藏体系分类

油气成藏体系研究要以油气藏为中心进行剖析研究^[2]。基于大量的油气藏解剖,根据碎屑岩层系油气来源的不同,将中西部四大盆地碎屑岩含油层系划分为3大类6个亚类成藏体系。3大类分别是内源型、外源型和混源型成藏体系(图2;表1),内源型成藏体系是指碎屑岩层系内油气来源于碎屑岩层系烃源岩的成藏组合,外源型成藏体系是指碎屑岩层系油气来源于海相碳酸盐岩层系烃源岩或海相碳酸盐岩油气藏的成藏组合,混源成藏体系是指二者兼有。其中内源型成藏体系又细分为近源和远源2个亚类,外源型成藏体系细分为次生和外源原生2个亚类,混源成藏体系细分为陆相为主和海相为主2个亚类。

2.2 成藏特征分析对比

2.2.1 成藏期对比

内源成藏体系油气成藏期次与烃源岩的生烃演化过程关系密切,关键成藏期与生排烃高峰期基本一致。燕山中、晚期是内源近源成藏体系关键成藏期;外源成藏体系油气成藏期次主要受控于油源断裂的活动期,具有典型的晚期成藏特征。喜马拉雅晚期是外源成藏体系的关键成藏期和内源成藏体系的调整定型期。

2.2.2 成藏与富集主控因素对比

中西部四大盆地碎屑岩层系不同成藏体系的成藏特征存在差异性(表1)。

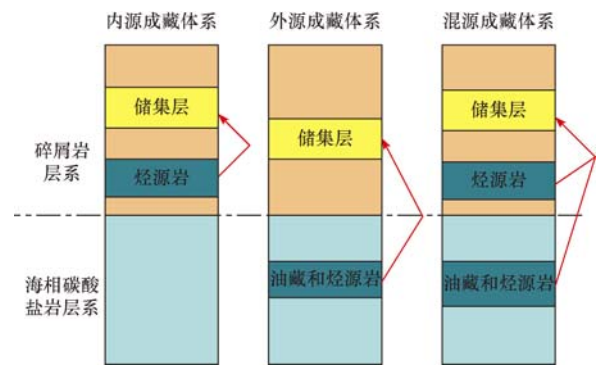


图2 中西部四大盆地碎屑岩层系油气成藏体系分类

Fig.2 Classification of petroleum accumulation systems of clastic strata in the four basins in central-western China

表1 中西部四大盆地碎屑岩层系各成藏体系生储配置特征对比

Table 1 Temporal and spatial combinations of source and reservoir rocks of different petroleum accumulation systems in clastic strata of the four basins in central-western China

类型	亚类	典型代表	生储配置特征	运移特征
内源	近源	川西须家河组	生、储纵向交互,呈典型“三明治”结构	几乎不需要运移,就近成藏
	远源	准中侏罗系	生、储相距远,具有“跨越式”成藏特征	必须经过较长距离运移才能成藏
外源	次生	塔河上古生界-中生界	烃源为海相油藏,源、储之间必须有输导体系,尤其是藏、源断裂的导通	运移距离长,油气沿断裂垂向运移特征明显,具有三次运移特征
	原生	塔中志留系-泥盆系	生、储侧向相邻	主要为沿区域不整合面和优质砂体侧向运移
混源	陆相为主	川东北通南巴 马路背须家河组	生、储纵向交互,呈典型“三明治”结构	陆相烃源就近成藏,海相烃源必须有断层的垂向运移
	海相为主	巴-麦地区 石炭系-二叠系	烃源主要为海相油藏,源、储之间必须有输导体系,尤其是藏、源断裂的导通	油气沿断裂垂向运移特征明显,具有三次运移特征

内源近源成藏体系生、储空间配置具有生、储纵向交互,呈典型“三明治”结构;具有运移距离短、就近成藏的特征,油气富集主控因素主要为强生烃灶和有利相带。

内源远源成藏体系生储相距远,油气必须经过较长距离运移才能成藏,油气沿油源断层向上运移,具有明显的“跨越式”成藏特征,油气富集主控因素为强生烃灶和输导体系。

外源次生成藏体系的烃源为海相油藏,断裂是油气垂向运移的主要通道,油气富集主控因素为输导体系的有效性和下伏海相碳酸盐岩油藏的规模。

外源原生成藏体系生储侧向相邻,海相烃源岩生成的油气主要沿区域不整合面和优质砂体侧向运移至碎屑岩层系聚集成藏,油气富集主控因素为储集条件和保存条件。

以陆相为主的混源成藏体系生储纵向交互,陆相烃源就近成藏,海相烃源必须有断层的垂向

运移,油气富集主控因素为强生烃灶和有利相带。

以海相为主的混源成藏体系的烃源主要为下伏的海相油气藏,断层的输导作用对成藏起关键作用,油气富集主控因素为输导体系的有效性和下伏海相碳酸盐岩油藏的规模(表1)。

3 油气成藏体系分布规律与勘探方向

3.1 碎屑岩层系内源油气成藏体系分布规律

3.1.1 各盆地内源油气成藏体系

内源油气成藏体系是碎屑岩层系寻找大中型油气田(藏)的主要领域,决定该领域勘探潜力的关键因素是碎屑岩层系是否具有大面积、优质的、生烃强度高的烃源岩。

鄂尔多斯盆地碎屑岩层系主要发育石炭系-二叠系煤系气源岩和三叠系延长组油源岩(图3)。

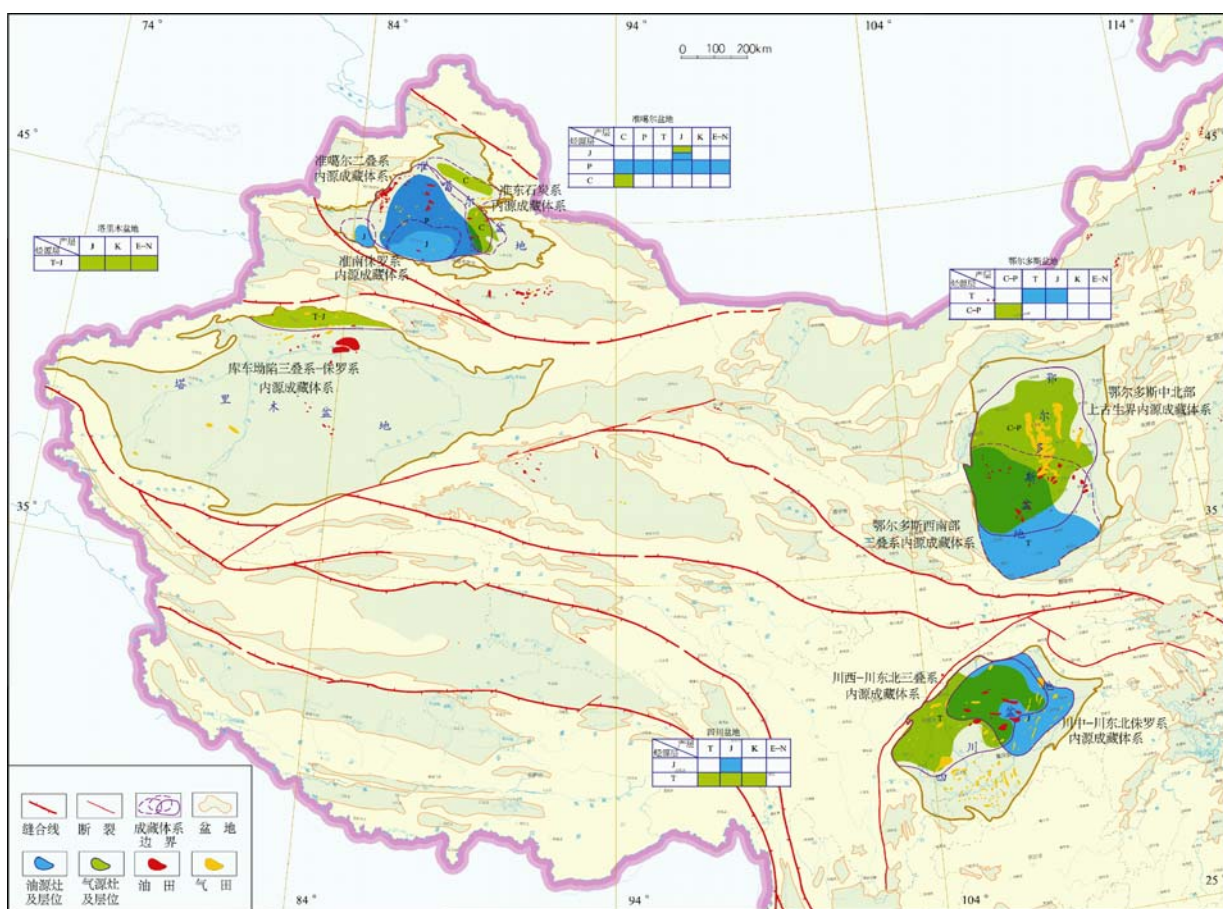


图3 中西部四大盆地碎屑岩层系内源成藏体系分布

Fig. 3 Distribution of the inner-sourcing systems in clastic strata of the four basins in central-western China

其中石炭系-二叠系气源岩分布范围广,具有形成大中型气田(生烃强度大于 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$)的烃源灶面积占全盆地的70%左右,分布于盆地的中部稍偏北。苏里格、大牛地、乌审旗、榆林等大中型气田的天然气均源自此套烃源岩^[3-5],为石炭系-二叠系同层系成藏,但向盆地边缘方向,天然气有由下部层系向上部层系运移的趋势。三叠系延长组油源岩主力烃源灶(生烃强度大于 $50 \times 10^4 \text{ t}/\text{km}^2$)的分布范围占全盆地的40%~50%,分布于盆地的西南部,是西峰、姬塬、镇泾等大中型油田的烃源岩^[6-7],以三叠系延长组同层系成藏为主,但在盆地内部侏罗系延安组大型古河道发育地区和西部断裂带,三叠系形成的原油可以通过断裂和下切河谷运移到侏罗系成藏,如马岭油田^[8]。

四川盆地碎屑岩层系主要发育三叠系须家河组煤系气源岩^[9-10]和侏罗系油源岩(图3)。其中三叠系须家河组的主力生烃灶分布于川西-川东北地区,主力烃源灶(生烃强度大于 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$)面积占全盆地的50%左右,是川西新场须家河组须二、须四气藏、川中广安须家河组气田的气源岩,同时,在川西坳陷的局部隆起带,须家河组形成的天然气向上覆的侏罗系、白垩系运移并形成一些中小型的气藏。四川盆地侏罗系烃源岩既有油源岩、又有气源岩,烃源灶分布于川中-川北地区,分布范围占全盆地的40%~50%,形成一些中小型的油气藏,如大安寨组油藏。

准噶尔盆地碎屑岩层系主要发育石炭系气源岩^[11]、二叠系油源岩和侏罗系油气源岩(图3)。其中二叠系油源岩分布范围广(生烃灶面积占全盆地面积的50%~60%)、生烃强度高(一般大于 $50 \times 10^4 \text{ t}/\text{km}^2$),是主力烃源岩系。目前发现的大中型油气田均来源于此套烃源岩,从石炭系到古近系多层系均可成藏。侏罗系煤系气源岩分布范围广,但成熟度低,在盆地南缘演化程度较高而有效性较好,在南部和腹部地区发现了源自侏罗系的油气藏,但一般仅在侏罗系内部成藏。石炭系烃源岩分布于盆地东北部地区,演化程度较高,以生气为主,是克拉美丽石炭系气田的气源岩,为同层系成藏。

塔里木盆地碎屑岩层系发育三叠系、侏罗系气源岩(图3),主要分布于库车坳陷,两套烃源岩

继承性发育,烃源岩、生烃灶的空间分布吻合度较高,库车坳陷总面积的80%以上的地区的总生气强度大于 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,最高可达 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上^[12],可以在侏罗系及其以上多个层系中成藏,发现了克拉2(产层E+K)^[13]、依南2(产层J)、吐孜1(产层N,K,J)等大中型气田。

3.1.2 内源油气成藏体系分布规律

1) 下气上油

中西部四大盆地碎屑岩层系内源油气成藏体系的分布层系具有下气上油的规律,主要是由于位于三大克拉通的鄂尔多斯、四川盆地、塔里木盆地在由古生代海相沉积向中生代陆相沉积转换过程中,早期经历了陆内坳陷海陆交互或类前陆盆地湖沼相煤系气源岩沉积阶段,晚期经历了湖盆水体加深沉积油源岩的阶段,如鄂尔多斯石炭系-二叠系发育近海湖沼气源岩,三叠系为湖泊相油源岩;四川盆地上三叠统为近海湖沼气源岩,侏罗系为湖泊相油源岩;塔里木盆地的三叠系和侏罗系湖沼,以生气为主,有一定生油能力。准噶尔盆地石炭系发育海相气源岩,二叠系、侏罗系发育湖泊相油源岩。

2) 北早南晚

北部的准噶尔盆地,碎屑岩烃源岩的发育层系从石炭系、二叠系到侏罗系,鄂尔多斯盆地从石炭系-二叠系到上三叠统,侏罗系也有品质较好的烃源岩,但由于演化程度低而有效性差,而南部的四川盆地、塔里木盆地碎屑岩烃源岩的发育层系为三叠系和侏罗系。造成中西部四大盆地碎屑岩层系北早南晚的主要原因可能与中国大陆的拼合是由北向南进行的,北部先于南部进入陆内演化旋回,从而造成北部盆地的碎屑岩层系烃源岩发育层系较早。从准噶尔盆地的石炭系、二叠系、侏罗系烃源灶的分布来看,也具有明显的向南迁移的特征,鄂尔多斯盆地的石炭系-二叠系烃源灶到三叠系烃源灶也呈现向南迁移的特征。

3) 向南天然气增多

中西部四大盆地碎屑岩层系的油气分布具有向南天然气比例增多的特征。北部的准噶尔盆地,目前碎屑岩层系的油气发现是油明显多于天然气,呈现石油全盆成藏、天然气局部成藏的特征;北部的鄂尔多斯盆地碎屑岩层系油气均很丰富,呈现天然气全盆成藏、石油半盆成藏的特征;

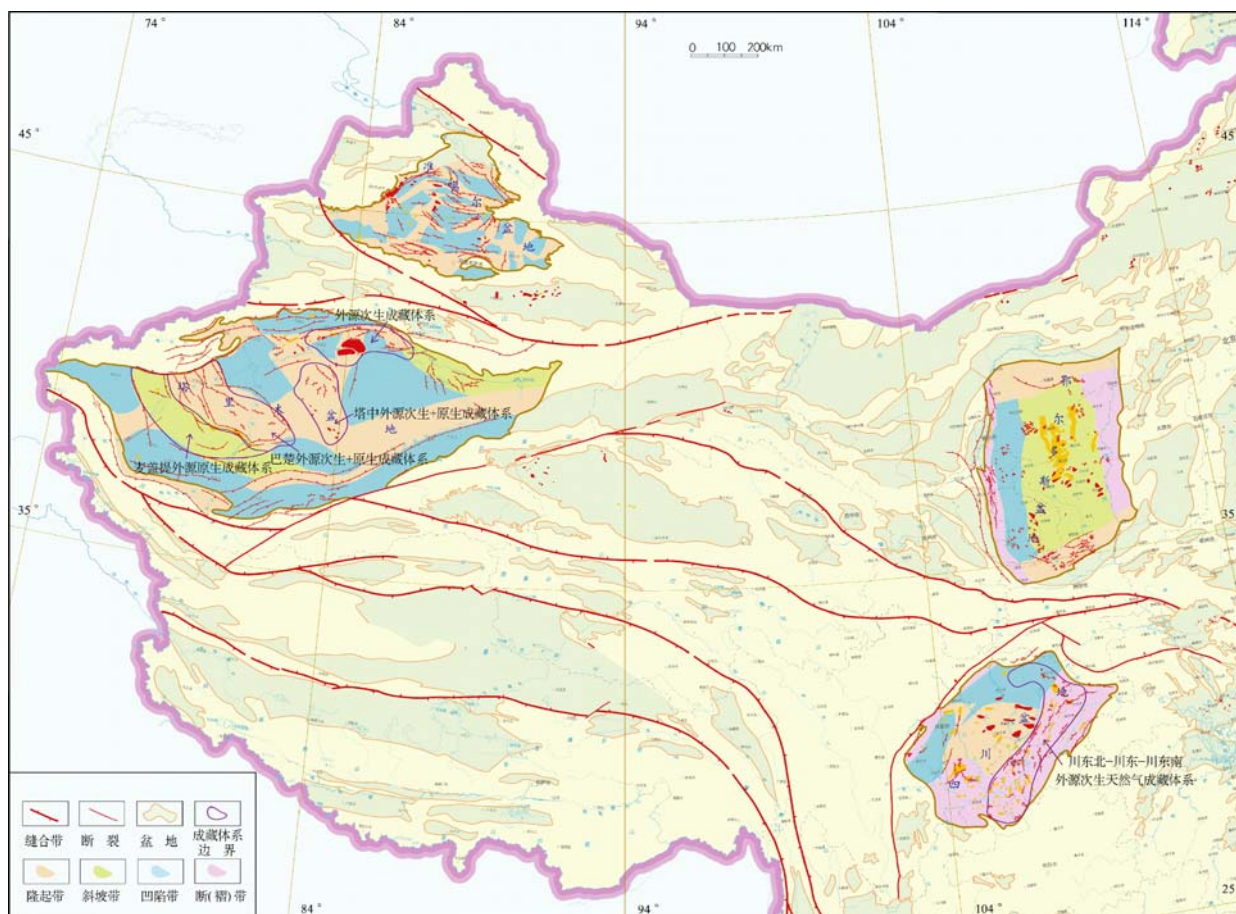


图4 中西部四大盆地碎屑岩层系外源成藏体系分布

Fig. 4 Distribution of the out-sourcing systems in clastic strata of the four basins in central-western China

南部的四川盆地和塔里木盆地碎屑岩层系主要为天然气,见少量石油。

3.2 碎屑岩层系外源油气成藏体系分布规律

3.2.1 各盆地外源油气成藏体系

外源油气成藏系统的油源是海相层系烃源岩或海相油气藏。由于准噶尔盆地石炭系及其以上均属于碎屑岩层系,因此没有此类成藏体系。鄂尔多斯盆地海相层系在下古生界发现了靖边大气田,主力气源是石炭系-二叠系煤系烃源岩,可能存在海相层系的烃源贡献,但有争议,目前尚缺少海相烃源岩生成的天然气到上古生界及其以上的碎屑岩层系成藏的实例。从盆地结构上看,靖边气田位于下古生界古岩溶斜坡,气田主体区石炭

系底部的铝土岩盖层分布稳定且断裂不发育,这正是靖边气田得以保存的必要条件,也造成天然气难以从海相层系向上部的碎屑岩层系运移形成外源次生气藏。但在塔里木盆地,三大古隆起及其围斜区是海相层系油气聚集的有利地区,同时古隆起区发育多期断裂、不整合和碎屑岩储层,海相层系烃源岩形成的油气或早期形成的油气藏易于向上运移到碎屑岩层系形成油气藏。在塔北隆起区,主要形成以塔河三叠系为典型的外源次生成藏体系^[14-17](图4);在塔中隆起及围斜区,既可以形成外源次生油气藏,也可能在志留系、泥盆系形成外源原生气藏,如最近发现的顺9井志留系油藏;在巴楚隆起,以形成外源次生油气藏为主;在麦盖提斜坡区,发育以巴开8井泥盆系油藏为代表的外源原生气藏。

3.2.2 外源油气成藏体系分布规律

1) 南多北少

从目前中西部四大盆地碎屑岩层系发现的外源油气藏,主要分布于南部两个盆地,即塔里木盆地和四川盆地(图4)。分析其原因主要有两个:一是塔里木盆地和四川盆地海相层系的烃源岩条件优越,油气资源丰富,下伏海相层系向上部碎屑岩层系运移形成外源油气藏;二是南部的两个盆地,在燕山期以来,尤其是喜马拉雅期以来的断裂作用较强,为油气从下伏海相层系向上覆碎屑岩层系运移成藏提供了良好的垂向运移通道。

2) 与内源成藏体系具有消长与补充关系

外源成藏体系与内源成藏体系之间具有明显的消长关系。发育内源成藏体系的准噶尔和鄂尔多斯盆地,碎屑岩层系不发育外源成藏体系,而碎屑岩层系总体油气资源不占主体的塔里木盆地和四川盆地,在碎屑岩层系既存在内源成藏体系,也存在外源成藏体系,但两类成藏体系在盆地内部的分布也呈现相互消长和补充的关系,如在塔里木盆地的库车前陆区,碎屑岩层系主要发育内源成藏体系而不发育外源成藏体系,而在台盆区,碎屑岩内源成藏体系不发育,以外源成藏体系为主;与之类似,在四川盆地,川西-川中地区碎屑岩层系发育内源成藏体系而少见到外源油气藏,川东地区内源成藏体系不发育但见到外源气藏(图4)。

分析其原因,外源成藏体系主要分布于海相层系的古隆起和后期断裂发育区,这些地区不利于碎屑岩层系形成大面积分布的内源油气藏,而燕山期—喜马拉雅期以来稳定的斜坡区或前陆凹陷区,是碎屑岩内源油气成藏的有利地区,而这些地区既不是海相烃源岩的发育区,也不是形成海相大油气田的有利地区,也没有良好的垂向运移条件,一般不利于在碎屑岩层系中形成外源油气藏。正是由于外源成藏体系对内源成藏体系的互补作用,造成中西部四大碎屑岩层系的油气在平面上大面积分布,几乎在中西部四大盆地内所有的区带都可以成藏,同时在垂向上的众多层系可以成藏,从上古生界、中生界一直到新生界都存在大中型油气田,

具有广阔的勘探潜力。

3.3 油气成藏体系区带分布规律

中西部四大盆地构造变形的差异性决定了成藏体系和油气藏类型分布的差异性,但在中西部四大盆地不同构造区带,碎屑岩层系形成的成藏体系和油气藏类型、多少、大小都存在一定的规律。

3.3.1 沉积斜坡

指碎屑岩层系的沉积斜坡,是沉积水体快速加深的沉积区域,易发育半深湖-深湖烃源岩与三角洲前缘储集砂体互层的有利生储盖组合,主要为内源近源成藏体系,以发育大面积较大型岩性油气藏(群)为特点(图5a)。典型代表有四川盆地川西坳陷-斜坡上三叠统,鄂尔多斯盆地伊陕斜坡上古生界和上三叠统。

3.3.2 构造斜坡

由于构造抬升或掀斜形成的斜坡。抬升和掀斜作用常导致海相碳酸盐岩层系的差异剥蚀,同时在不整合面之上存在碎屑岩层系的超覆。海相烃源岩形成的油气向上倾方向或沿不整合面向盆地四周运移,在碎屑岩层系地层尖灭带形成外源原生油气藏,以发育大型地层油气藏为主(图5b)。典型代表是塔里木盆地三大古隆起斜坡区的志留系和泥盆系油气藏。

3.3.3 古隆起

主要指在海相碳酸盐岩层系发育的隆起,但在碎屑岩层系中已不具备明显的隆起形态。古隆起是下伏海相碳酸盐岩层系最有利的油气聚集和富集场所,常形成大型-超大型的海相油气田,这为上覆碎屑岩层系形成外源次生油气藏提供了充足的油气源。一般古隆起两侧都发育一些深大断裂,沟通海相大油气田与上覆碎屑岩储层之间的联系,油气沿断裂向上运移至碎屑岩输导层,然后沿输导层作横向运移,在遇到圈闭时形成油气藏。该类油气藏主要为较小型的构造或岩性油气藏,但常沿断裂成群成带出现,具有层系多、数量多、单个规模较小的特点(图5c)。典型代表是塔河地区的碎屑岩层系油气藏。

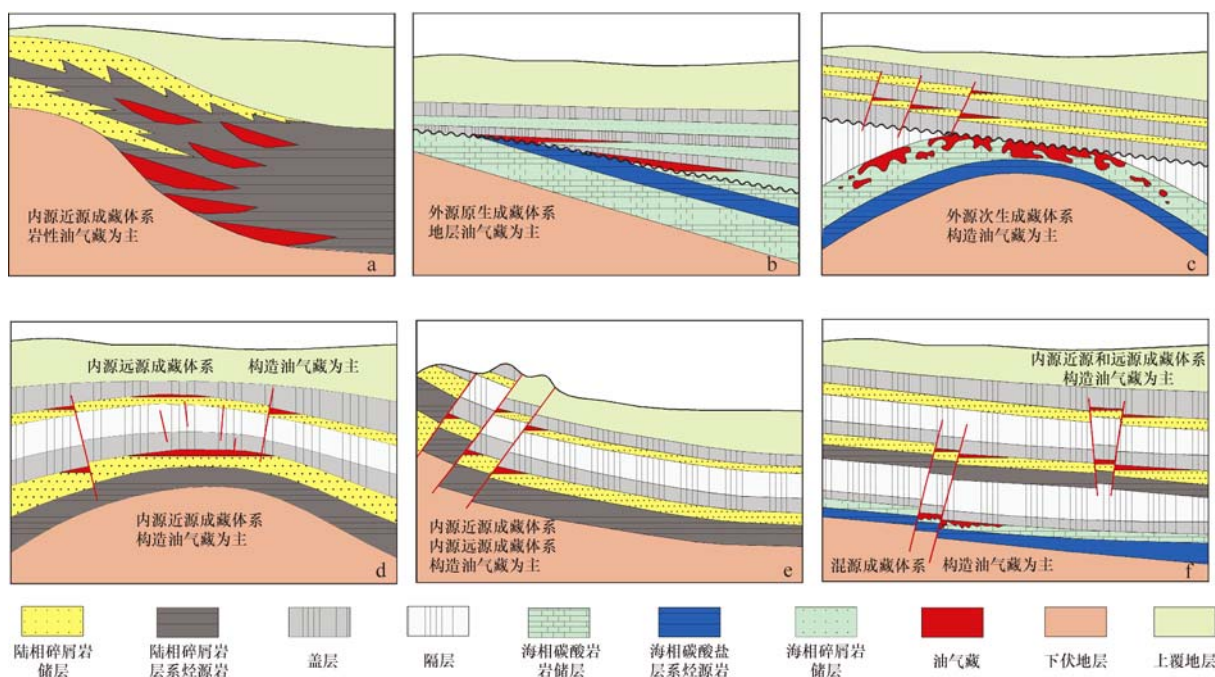


图5 中西部四大盆地碎屑岩层系油气成藏体系碎屑分布区带

Fig. 5 Map showing petroleum accumulation system distribution in clastic strata of the four basins in central-western China

a. 沉积斜坡; b. 构造斜坡; c. 古隆起; d. 隆起; e. 山前冲断带; f. 断裂带

3.3.4 隆起

指碎屑岩层系发育的隆起。在靠近烃源岩系的储层中直接形成内源近源油气成藏体系,以较大型的构造油气藏为主。在隆起上常发育断裂和低序次的断层,甚至裂缝,形成垂向输导通道,在上覆层系中形成次生的内源远源油气藏,规模相对较小(图5d)。典型代表是川西坳陷孝泉-丰谷背斜构造带的侏罗系和白垩系。

3.3.5 山前冲断带

主要分布于盆地挤压边缘,形成一系列的逆冲推覆断块或断片。盆地深部碎屑岩层系烃源岩形成的油气向逆冲带运移,遇同层断块圈闭先充注形成内源近源油气藏,同时油气继续沿断层和输导层向盆地周缘和上覆层系运移,形成内源远源油气藏,两类油气藏均以构造油气藏为主(图5e)。典型代表是准噶尔盆地西北缘、川西坳陷龙门山前冲断带、库车坳陷山前冲断带等。

3.3.6 断裂带

指在盆地内部相对稳定区发育的断裂带。深

大断裂沟通了下伏的海相烃源岩(或古油藏)与上覆的碎屑岩层系,可形成外源次生成藏体系或混源成藏体系(图5f),典型代表是川东北和塔里木盆地巴麦地区的碎屑岩层系。碎屑岩内部的断裂常常沟通碎屑岩烃源岩与上覆碎屑岩储层,形成内源远源成藏体系,同时在邻近烃源岩的储层中形成内源近源成藏体系(图5f),典型代表是准噶尔盆地中部中生界。

4 结论

1) 晚古生代以来,中西部四大盆地先后经历了台内坳陷、陆内坳陷、(类)前陆盆地的演化过程,陆内坳陷发育大面积分布的烃源岩,类前陆盆地发育较厚的优质烃源岩,奠定了碎屑岩层系良好的资源基础。

2) 中西部四大盆地碎屑岩层系发育内源、外源和混源3大类6个亚类油气成藏体系。内源成藏体系的成藏与富集主控因素是烃源岩与储层的配置关系,外源成藏体系的成藏与富集主控因素是海相层系的油气资源条件和垂向输导体系。

3) 内源油气成藏体系是碎屑岩层系寻找大

中型油气田的主要领域,分布范围广、资源潜力大,在四大盆地间具有下气上油、北早南晚和向天然气增多的分布规律,围绕强生烃灶分布和运移主要指向区是有利的成藏区,优质储层分布区是油气富集区。

4) 外源油气成藏体系的分布与内源成藏具有互补特征,从而拓展了碎屑岩层系油气勘探的层系和地区,四大盆地间分布具有南多北少的特征,早期古隆起、古斜坡是海相层系油气资源的有利分布区。如果同时存在中新世代的断裂作用,这些地区就是寻找外源油气成藏体系的有利地区。

5) 4 大类 6 个亚类的构造-沉积区带控制着碎屑岩油气成藏体系的分布,在沉积斜坡带发育内源近源成藏体系,构造斜坡带发育外源原生成藏体系,在古隆起带发育外源次生成藏体系,在隆起带发育内源远源成藏体系,在断裂带发育外源次生或混源成藏体系,在山前冲断带发育内源远源成藏体系。

参 考 文 献

- [1] 杨辉,文百红,张研. 准噶尔盆地火山岩油气藏分布规律及区带目标优选——以陆东-五彩湾地区为例[J]. 石油勘探与开发,2009,36(4):419-427.
Yang Hui, Wen Baihong, Zhang Yan, et al. Distribution of hydrocarbon traps in volcanic rocks and optimization for selecting exploration prospects and targets in Junggar Basin; case study in Ludong - Wucuiwan area, NW China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2009, 36(4): 419-427.
- [2] 金之钧. 叠合盆地油气成藏体系研究思路与方法——以准噶尔盆地中部地区油气藏为例[J]. 高校地质学报, 2011, 17(2): 161-169.
Jin Zhijun. Methods in studying petroleum accumulation systems in a superimposed basin: a case study of petroleum reservoirs in the central Junggar basin [J]. Geological Journal of China Universities, 2011, 17(2): 161-169.
- [3] 赵林,夏新宇,戴金星,等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气富集的主要控制因素[J]. 石油实验地质, 2000, 22(2): 136-139.
Zhao Lin, Xia Xinyu, Dai Jinxing, et al. Major factors controlling the enrichment of the Upper Paleozoic natural gas in the Ordos Basin [J]. Experimental Petroleum Geology, 2000, 22(2): 136-139.
- [4] 袁志祥. 鄂北塔巴庙、杭锦旗地区古生界天然气勘探前景分析[J]. 天然气工业, 2001, 21(增刊): 5-9.
Yuan Zhixiang. An analysis of the natural gas exploration potential of Paleozoic at Tabamiao and Hangjin Banner Regions in north Ordos Basin [J]. Natural Gas Industry, 2001, 21 (supplementary issue): 5-9.
- [5] 李熙喆,张满郎,谢武仁. 鄂尔多斯盆地上古生界岩性气藏形成的主控因素与分布规律[J]. 石油学报, 2009, 30(2): 168-175.
Li Xizhe, Zhang Manlang, Xie Wuren. Controlling factors for lithologic gas reservoir and regularity of gas distribution in the Upper Paleozoic of Ordos Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(2): 168-175.
- [6] 吉利明,吴涛,李林涛. 鄂尔多斯盆地西峰地区延长组烃源岩干酪根地球化学特征[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(4): 424-428.
Ji Liming, Wu Tao, Li Lintao. Geochemical characteristics of kerogen in Yanchang formation source rocks, Xifeng Area, Ordos Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(4): 424-428.
- [7] 段毅,吴保祥,郑朝阳. 鄂尔多斯盆地西峰油田油气成藏动力学特征[J]. 石油学报, 2005, 26(4): 29-33.
Duan Yi, Wu Baoxiang, Zheng Chaoyang, et al. Pool-forming dynamic properties of Xifeng Oilfield in Ordos Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(4): 29-33.
- [8] 刘军锋,段毅,刘一仓,等. 鄂尔多斯盆地马岭油田成藏条件与机制[J]. 沉积学报, 2011, 29(2): 410-416.
Liu Junfeng, Duan Yi, Liu Yicang, et al. Formation conditions and mechanism of oil reservoir in Maling Oilfield, Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(2): 410-416.
- [9] 戴金星,倪云燕,邹才能,等. 四川盆地须家河组煤系烷烃气碳同位素特征及气源对比意义[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(5): 519-529.
Dai Jinxing, Ni Yunyan, Zou Caineng, et al. Carbon isotope features of alkane gases in the coalmeasures of the xujiahe formation in the Sichuan Basin and their significance to gas-source correlation [J]. Oil and Gas Geology, 2009, 30(5): 519-529.
- [10] 苏永进,唐跃刚,张世华,等. 川西坳陷上三叠统天然气成藏主控因素及形成模式[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 107-113.
Su Yongjin, Tang Yuegang, Zhang Shihua, et al. Main controlling factors and patterns of gas accumulation in the Upper Triassic of the western Sichuan depression [J]. Oil and Gas Geology, 2010, 31(1): 107-113.
- [11] 达江,胡咏,赵孟军,等. 准噶尔盆地克拉美丽气田油气源特征及成藏分析[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 187-192.
Da Jiang, Hu Yong, Zhao Mengjun, et al. Features of source rocks and hydrocarbon pooling in the Kelameili Gasfield, the Junggar Basin [J]. Oil and Gas Geology, 2010, 31(2): 187-192.
- [12] 赵孟军,卢双舫,王庭栋,等. 塔里木盆地天然气成藏与勘探[M]. 北京:石油工业出版社, 2003.
Zhao Mengjun, Lu Shuangfang, Wang Tingdong, et al. Natural gas pool forming and exploration in the Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.
- [13] 付晓飞,吕延防,孙永河. 克拉2气田天然气成藏主控因素

- 分析[J]. 天然气工业, 2004, 24(7): 9-11.
- Fu Xiaofei, Lu Yanfang and Sun Yonghe. Analyzing the main control factor of forming Kela-2 gas Field[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(7): 9-11.
- [14] 吕海涛, 陈红汉, 唐大卿, 等. 塔河地区三叠系油气充注幕次划分与成藏时期确定[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(3): 300-309.
- Lu Haitao, Chen Honghan, Tang Daqing, et al. Determination of hydrocarbon charging events and timing of accumulation in the Triassic of Tahe area, the Tarim Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2009, 30(3): 300-309.
- [15] 丁勇, 王允诚, 黄继文. 塔里木盆地塔河地区三叠系油气勘探现状与对策[J]. 石油实验地质, 2008, 30(6): 552-573.
- Ding Yong, Wang Yuncheng, Huang Jiwen. Exploration actuality and countermeasure of the Triassic oil reservoirs in Tahe Oil-field of the Tarim Basin[J]. Petroleum Geology and Experiment, 2008, 30(6): 552-573.
- [16] 周红涛, 柳建华. 核磁共振和MDT测井在塔河油田碎屑岩储层评价中的应用[J]. 石油物探, 2011, (5): 526-529.
- Zhou Hongtao, Liu Jianhua. Application of nuclear magnetic resonance and MDT logging in the complex clastic reservoir in Tahe Oilfield[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2011, (5): 526-529.
- [17] 姜涛, 逢铭玉, 胡洪浩, 等. 渤海湾盆地新北油田网毯式油气成藏体系[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(3): 5-8.
- Jiang Tao, Peng Yuming, Hu Honghao, et al. The meshwork-carpet type oil and gas accumulation system in the Xinbei oil-field, Bohai Bay basin[J]. Petroleum Geology and Engineering[J], 2010, 24(3): 5-8.

(编辑 高岩)

(上接第544页)

参 考 文 献

- [1] Energy Information Administration. U S crude oil production, Imports & Exports [EB/OL]. [2012-05]. http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_move_wkly_dc_nus-z00-mbblpd_4.htm.
- [2] Ledingham, Glen W, Santiago Pool, Kern County, California; Geological note[J]. AAPG Bulletin, 1947, 31(11): 2063-2067.
- [3] Energy Information Administration. Annual energy outlook 2012 [EB/OL]. [2012-02]. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=4910>.
- [4] The unconventional oil subgroup of the resources & supply task group. Potential of North American Unconventional oil resource [M]. Working Document of the NPC North American Resource Development Study, 2011: 8-11.
- [5] National Resources Canada. North American tight oil [EB/OL]. [2012-05]. <http://www.nrcan.gc.ca/energy/sources/crude/2114#oil1>.
- [6] National Energy Board. Tight oil developments in the Western Canada sedimentary basin [EB/OL]. [2011-12]. <http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmrn/nrgyrprt/l/tghtdvlpmntwscb2011/tghtdvlpmntwscb2011-eng.html>.
- [7] Canadian Society for Unconventional Resources. Understanding tight oil [EB/OL]. [2011-11]. http://www.csur.com/images/CSUG_publications/TightOil_v2.pdf.
- [8] 贾承造, 郑民, 张永峰. 中国非常规油气资源与勘探开发前景[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(2): 129-136.
- Jia Chengzao, Zheng Min, Zhang Yongfeng. Unconventional hydrocarbon resources in China and the prospect of exploration and development[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(2): 129-136.
- [9] 邹才能, 朱如凯, 吴松涛, 等. 常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望——以中国致密油和致密气为例[J]. 石油学报, 2012, 2(33): 174-187.
- Zhou Caineng, Zhu Rukai, Wu Songtao, et al. Types, characteristics, genesis and prospects of conventional and unconventional hydrocarbon accumulations: taking tight oil and tight gas in China as an instance[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(2): 174-187.
- [10] 李玉喜, 张金川. 我国非常规油气资源类型和潜力[J]. 国际石油经济, 2011, 3: 61-67.
- Li Yuxi, Zhang Jinchuan. Types and potential of China's Unconventional resources[J]. International Petroleum Economy, 2011, 3: 61-67.
- [11] 张抗. 从致密油气到页岩油气——中国非常规油气发展之路探析[J]. 国际石油经济, 2012, 9: 9-15.
- Zhang Kang. From tight oil & gas to shale oil & gas—An approach to developing unconvention oil & gas in China[J]. International Petroleum Economy, 2012, 9: 9-15.
- [12] Trager Earl A. A resume of the oil shale industry, with an outline of methods of distillation [J]. AAPG Bulletin, 1920, 4(1): 59-71.
- [13] Encyclopedia Britannica. Shale oil (petroleum) [EB/OL]. <http://www.britannica.com>.
- [14] Chris Nelder. Energy independence, or impending oil shocks? [EB/OL]. [2012-02]. <http://www.smartplanet.com/blog/energy-futurist/energy-independence-or-impending-oil-shocks/375>.
- [15] Energy Information Administration. Review of emerging resources: US shale gas and shale oil plays [EB/OL]. [2011-07]. <http://www.eia.gov/analysis/studies/usshalegas/>.

(编辑 高岩)