

中国海相克拉通盆地古隆起的活动性与油气分布

孙冬胜¹⁾, 李双建¹⁾, 云金表²⁾, 孙宜朴¹⁾, 孙润轩³⁾

1) 中国石化石油勘探开发研究院, 北京, 100083;

2) 页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室, 北京, 100083;

3) 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京, 102249

内容提要:中国海相克拉通盆地具有时代老、规模小、多期活动、稳定性差的特点,因此海相盆地古隆起的规模相对较小,而且活动性较强,本文根据古隆起的地质结构和构造活动性,将其分为稳定型、反转型、迁移型、沉没型和肢解型 5 种类型,并结合最新的勘探进展对各类古隆起的控油气作用进行了剖析,研究表明:稳定型古隆起的油气主要富集在隆起的核部与斜坡部位,反转型古隆起油气主要富集在斜坡和枢纽带,迁移型古隆起主要富集在斜坡部位,沉没型和肢解型控油气作用较弱;随着油气勘探向深层拓展,油气“近源、优储”的成藏特征更为明显,古隆起斜坡部位邻近烃源岩的短期暴露溶蚀储层和多期断裂发育带是油气新发现的重要地区,古隆起与古老拉张槽叠加部位,具有优越的成藏匹配关系,成为深层油气勘探的新热点;塔里木盆地塔中-塔北古隆起下斜坡部位的阿满过渡带、鄂尔多斯盆地中央古隆起深层元古宙拉张槽两侧、四川盆地川中古隆起深层震旦纪-寒武纪拉张槽两侧等地区是海相深层大型-超大型油气田富集的有利地区。

关键词:克拉通盆地;古隆起;斜坡;油气分布;塔里木盆地;四川盆地;鄂尔多斯盆地

古隆起是某一地质时期形成的隆起构造,在后期它基本上呈继承式发育,但有些也可消失,甚至可变成拗陷。古隆起是大型海相克拉通盆地内重要的构造单元,具有明显的控油气作用,是油气富集的地区(Zhang Zongming et al., 1997; He Dengfa et al., 1997, 2008a; Wang Zecheng et al., 2006; Zhao Wenzhi et al., 2007; Pang Xiongqi et al., 2011; Jin Zhijun et al., 2011; Han Keqiu et al., 2014; Liu Shugen et al., 2015)。世界上多数富油气克拉通盆地中,围绕着古隆起及其斜坡部位均发现了大量的油气田,如俄罗斯的西伯利亚盆地、北美的二叠纪盆地和北非的伊利兹、锡尔特盆地等(Zhai Guangming, 2005; Wang Zecheng et al., 2006)。这些盆地处于稳定板块的内部,远离造山带边缘,因此古隆起继承性强,古隆起周缘油气藏类型相对简单,油气分布规律性强。与此相比,中国海相克拉通盆地发育在板块规模相对小,受古亚洲洋构造域、特提斯构造域、东太平洋构造域和喜马拉雅构造域多期多方向构造运动的影响,具有时代老、规模小、多期

活动、稳定性差的特点,因此古隆起的规模相对较小,而且活动性较强,油气藏普遍具有晚期调整定型的特点。

近 5 年来,中国海相三大盆地中围绕着古隆起及其斜坡部位的油气勘探取得了重大进展,发现了一系列的大中型油气田和重要的油气显示,如,四川盆地乐山-龙女寺古隆起上的安岳气田、鄂尔多斯盆地中央古隆起靖边气田膏盐岩盐下新层系(马五⁷、马五⁹)、塔里木盆地塔中隆起北坡、塔北南坡奥陶系新领域等等。与前期发现的油气田相比,新发现的油气田深度更深、储层类型更加多样、油气成藏过程更为复杂。这些油气藏的成藏过程如何受古隆起演化的影响?不同构造部位古隆起油气的富集程度为何差异巨大?哪些地区还有可能成为古隆起勘探的有利部位?这些问题都是海相油气勘探面临的重大问题。

前人对海相盆地古隆起开展了大量的研究,涉及到古隆起的类型、成因机制、控油气作用等多个方面(Li Xiaoqing et al., 2001; Huang Jiansong et

注:本文为国家科技重大专项(编号 2016ZX05005-001)、国家重点基础研究发展计划(编号 2012CB412800)和国家自然科学基金项目(编号 40739904)联合资助成果。

收稿日期:2016-03-08;改回日期:2016-05-13;责任编辑:周健。

作者简介:孙冬胜,男,1964年生。教授级高级工程师,主要从事石油地质研究工作。Email:sunds_syky@sinopec.com。

al., 2005; Xie Guoai et al., 2005; He Dengfa et al., 2008a, 2008b; Jiao Zhifeng et al., 2008; Huang Jizhong, 2009; Wu Guanghui et al., 2009; Wu Guanghui et al., 2012; Li Wei et al., 2014; He Bizhu et al., 2015)。本文针对中国西部三大海相盆地——塔里木盆地、四川盆地和鄂尔多斯盆地,重点分析古隆起的形成、改造和定型过程,根据构造活动性进行古隆起分类,总结不同类型古隆起的油气分布规律和富集机理,以期海相油气勘探提供参考与借鉴。

1 古隆起形成演化与油气分布

1.1 塔里木盆地古隆起

塔里木盆地台盆区主要发育塔北、塔中、塔西南和巴楚4个古隆起(图1),古隆起的最初形成于中奥陶世末期,该期是塔里木板块的构造环境由离散向聚敛转变的重要时期,塔里木盆地周缘处于一种挤压动力学环境中(Jiao Zhifeng et al., 2008; Zhang Guangya et al., 2015)。受这种区域性压扭应力场控制,塔里木板块北缘和东南缘发生挠曲和冲断破裂变形,塔里木盆地内部形成隆坳相间的构造格局。塔北、塔中和塔西南三大古隆起发育并具雏形,形成南北高而中间(北部坳陷)低的古地形格局,在盆地内形成了上奥陶统与中下奥陶统间广泛分布的沉积不整合(T_7^4),反射层序底面可见上奥陶统向隆起区超覆沉积现象,隆起区下奥陶统被剥蚀(图2)。

此后塔里木盆地基本保持了稳定的沉积-构造格局,经历了晚奥陶世和中晚志留世两期局部剧烈的抬升剥蚀,在海西晚期二叠纪沉积后,塔西南隆起带,塔北隆起大部分保留下来。塔中隆起带由于阿瓦提拗陷的出现和塘古巴斯拗陷的扩大而使其范围大大缩小,仅仅保留了隆起中间部分。到了三叠系沉积后, T_7^4 反射界面的古构造特征与海西晚期时基本一致,保留较好的只有塔北隆起和塔中隆起,只是此时期古隆起的范围有所变小,古构造幅度变化不大,塔北古隆起仍是南倾大型斜坡。塔中隆起范围明显缩小,西与巴楚隆起基本不相连,走向仍为NW-SE向,隆起幅度2000m左右。燕山晚期—喜马拉雅早期时,塔里木盆地周缘经历了强烈的挤压变形, T_7^4 反射界面古构造总体特征与海西晚期时的特征一致,北为南倾的塔北古斜坡,其幅度变陡,南为残留和田古隆起,隆起幅度增大。中部为塔中古隆起,此时期该古隆起西与巴楚隆起又相连在一起,但隆起幅度有所变小,幅度1500m左右。喜马拉雅晚期,受周缘强烈造山运动的影响,塔西南和塔北坳陷强烈沉降, T_7^4 反射界面构造面貌受到强烈改造,塔西南隆起彻底沉没,巴楚隆起隆升幅度增大,塔北隆起古生界之上地层发生翘倾,明显呈现出北倾特征,塔中隆起由于远离造山带受影响较小。

古隆起和古斜坡在塔里木盆地中的控油气作用最为明显,目前为止海相层系几乎所有的油气发现都集中在古隆起和古斜坡区(图1),截止2014年底,塔

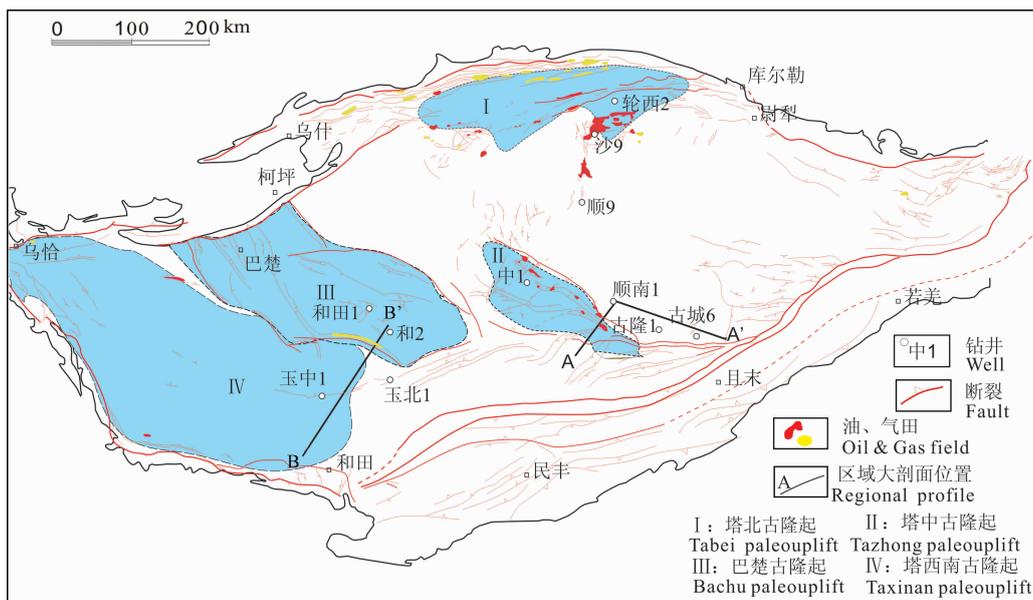


图1 塔里木盆地古隆起与油气分布

Fig. 1 Paleo-uplift and hydrocarbon distribution in Tarim Basin

部地层形成良好的储集层段,主要在岩溶斜坡的岩溶斜坡残丘、残台上发育。石炭系泥岩、残积铝土岩和马家沟组膏盐共同对风化壳地层形成了上覆或上倾方向的直接盖层,形成了风化壳圈闭,为油气的聚集提供了储集、圈闭场所。由于古隆起核部剥蚀严重、而且晚期埋藏成为构造低部位,因此现今的油气发现主要集中在古隆起的斜坡部位(图2)。截止2014年底,中央古隆起东侧的靖边气田探明储量 $6619.26 \times 10^8 \text{ m}^3$ 天然气,是中国最大的海相天然气田(国土资源部,2015)。

1.3 四川盆地古隆起

四川盆地海相层系古隆起主要形成于加里东期和印支期(图3)。震旦纪—志留纪为加里东期古隆起形成期,四川盆地内主要发育了乐山-龙女寺古隆起,其分布面积约占盆地的1/3,经过泥盆纪—石炭纪的暴露剥蚀,二叠纪—侏罗纪为古隆起的持续埋藏期,受晚三叠世以来龙门山前陆盆地巨厚的陆相沉积影响,古隆起高点向南东方向迁移,晚白垩世以来随着盆地整体抬升和差异变形,古隆起与周边地层高差进一步拉大,并被分割成威远和磨溪两个高点(Deng Tao,1996;Hong Qingyu et al.,1997;Liu Shugen et al.,2009)。印支期古隆起形成于中三叠世末期,主要控制志留系及其以上地层的古地貌特征,以志留系顶面的古构造演化为代表,四川盆地印支期古隆起主要分布在川东的泸州—重庆—开江一带,其中以泸州周缘最为明显,该古隆起锥形在石炭

纪末就有发育,中晚二叠世末的东吴运动古隆起进一步加强,隆起核部二叠系茅口组受到不同程度的剥蚀,中三叠世为古隆起发育的高峰期,隆起核部雷口坡组和嘉陵江组受到剥蚀(Han Keqiu,1995;Zhang Tingshan et al,2008),自中三叠世—晚侏罗世古隆起一直稳定存在,但受晚白垩世以来来自雪峰山造山带的挤压变形,古隆起被肢解,形成川东高陡背斜带的一部分。

川中古隆起对震旦系—下古生界油气成藏控制较为明显,除了已发现的安岳和威远气田以外,该隆起上大部分钻井在震旦系—奥陶系都见到了丰富的储层沥青(Sun Wei et al.,2007;Liu Shugen et al.,2009),说明该古隆起对震旦系—下古生界早期成藏具有控制作用。泸州开江古隆起对石炭系—三叠系油气成藏具有控制作用,早期控制了二叠系龙潭组烃源岩沉积和石炭系、二叠系、三叠系岩溶储层的发育(Han Keqiu,1995;Xu Guosheng et al.,2003;Zhang Tingshan et al.,2008;Jiang Ziran et al.,2014),晚期控制了油田运移的方向,现今天然气藏均发育在古隆起的核部和斜坡部位(图4)。截止2014年底,四川盆地川中和泸州—开江古隆起探明天然气储量 $10513 \times 10^8 \text{ m}^3$,占整个四川盆地海相探明总量的53%(国土资源部,2015)。

2 古隆起活动类型与控油气作用

古隆起由于其形成时间不同,后期历史时期的

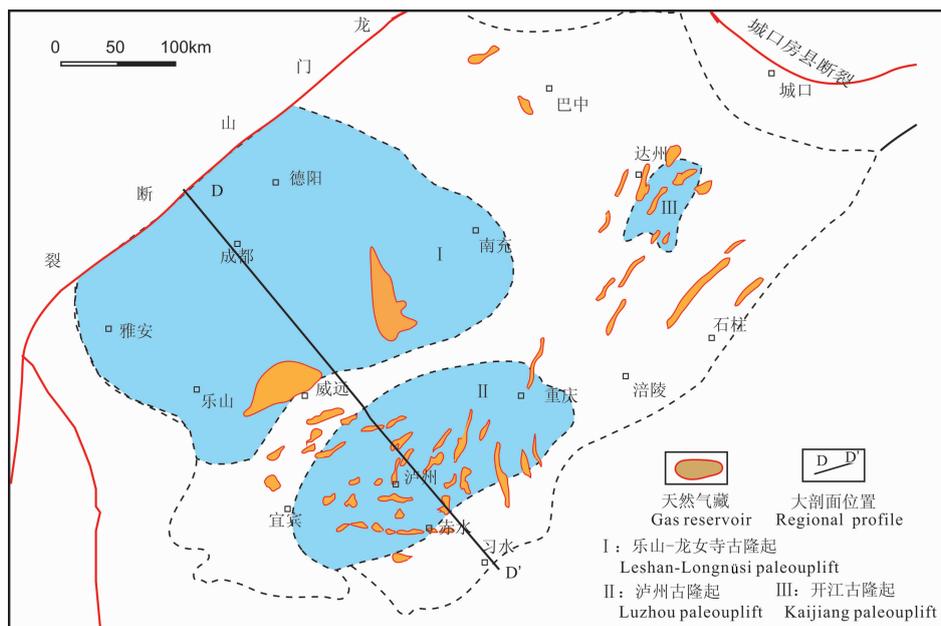


图3 四川盆地古隆起与油气分布

Fig. 3 Paleo-uplift and hydrocarbon distribution in Sichuan Basin

变化差异,从而导致了其储盖组合发育、油气输导、聚集与保存条件的显著差异。前人从古隆起的成因、变形样式和控油气作用类型等方面对古隆起进行过不同角度的分类(Tang Xianming et al.,1993; Ran Qigui,1997; Ren Wenjun et al.,1999; Xie Guoai et al.,2005; Zhao Jingzhou et al.,2007; He Dengfa et al.,2008a,2008b; He Bizhu et al.,2015; Gong Daxing et al.,2015)。本文强调古隆起形成之后活动性,从动态演化的角度对三大盆地古隆起进行了分类,主要分为稳定型、反转型、迁移型、沉没型和肢解型5种类型,不同类型古隆起构造演化过程不同、地质结构类型有差异,因此其控油气作用也有明显差异。

2.1 稳定型古隆起

隆起自形成以后,在相当时期内处于稳定的构造环境,构造变动发生的范围变化不大,地层发育相对较全,局部虽有剥蚀,但程度不大,后期的构造运动形式(中生代或晚古生代)基本以整体升降运动为主。在剖面上具明显的双层结构,断裂和构造主要发育在隆起的形成阶段内,上部断裂和构造则不发育。塔中古隆起为典型的稳定性古隆起。

古构造分析表明,塔中隆起形成于中加里东中晚期,晚加里东一早海西期构造运动基本定型(图4)。塔中隆起多期隆升、构造变形复杂,一方面古生代整体隆起,为碳酸盐岩岩溶发育提供条件,也为良里塔格组台地边缘礁滩相发育、志留纪地层超覆圈闭发育奠定了基础。另一方面中加里东、晚加里东一早海西期构造运动的南北向强烈挤压,为隆起内部构造带、NE向断裂的发育奠定了基础。因此,塔中隆起内部是碳酸盐岩缝洞型地层-岩性圈闭、内幕构造圈闭、碎屑岩构造圈闭等多种类型复合的圈闭发育区,而隆起边缘则是志留系地层圈闭的发育区,塔中地区在奥陶系风化壳岩溶储层、内幕白云岩储层、礁滩相储层和志留系—石炭系砂岩中均发现有工业油气流和规模油气藏。南部塘古巴斯凹陷可能有油气供给,但相对较弱,因此油气发现主要集中在塔中北坡。

稳定型古隆起具有“早期控聚、晚期控保”的成藏优势,古隆起的核部和斜坡区是长期稳定的油气聚集有利区,同时由于晚期构造改造强度弱,区域性盖层得以保存。奥陶系桑塔木组“黑被子”以及良里塔格组下部泥质灰岩段地层,是塔中隆起北坡中下奥陶统油气富集的重要原因,中央高垒带没有奥陶系区域盖层的发育,加里东期形成的古油藏遭受

了一定程度的破坏,海西期石炭—二叠系区域盖层形成之后,保存条件得以重建,尽管如此,迄今为止中央高垒带上仍没有大规模工业油气发现。

2.2 反转型古隆起

隆起形成后,经多次抬升、剥蚀,使核部地层残缺不全,局部裸露基岩,晚期新沉积地层覆盖于剥蚀残余古隆起之上,彻底或者局部改变了古隆起的地层倾向,古隆起构造核部发生小范围迁移,但隆起的构造格架依然存在,如塔北古隆起和川中乐山-龙女寺古隆起。

构造枢纽带是反转型古隆起油气富集的主要地区。枢纽带通常指构造的转折部位,由于构造对地层、地貌的控制作用,枢纽带既是沉积时期的地貌转折部位,也是后期变形隆起后,地层改造的差异区,故构造枢纽带往往是既有改造,也是保存相对有利的区域,因此构造枢纽带是有利于油气聚集。前人关于枢纽带的研究做了大量工作(Li Jianjiao et al.,2009; Jin Zhijun,2011; Wang Weiguang et al.,2011; Wang Zecheng et al.,2012),也普遍认为塔里木盆地存在构造枢纽带,现今塔北隆起南斜坡即是一个早期古隆起剥蚀残留、晚期地层发生过强烈翘倾运动的枢纽带。塔北隆起可划分为中、新生界和古生界两大构造层,上、下构造层构造差异明显。古生界表现为残余的南倾单斜构造,并受到构造、盐岩和岩浆活动的剧烈改造,中、新生界构造形式单一,表现为北倾单斜构造。四川盆地乐山-龙女寺隆起也是早古生代川中隆起经过强烈剥蚀和晚期不均沉降-埋藏的枢纽带,早古生代川中古隆起构造核部位于现今川西坳陷—龙泉山一带,志留期末期的加里东运动造成的强烈剥蚀,将核部地层剥蚀到震旦系,中生代以来,川西前陆盆地的发育,是川中古隆起西部构造高点下沉,新的构造高点向南东方向迁移至乐山—龙女寺一带。目前已发现的大型气田,如安岳和威远气田,均位于现今的构造高部位(图5)。

反转型古隆起枢纽带控油气作用主要体现在三个方面,其一枢纽带是早期的构造斜坡,具有早期成藏的背景;其二枢纽带晚期是古隆起的高点,是晚期油气调整的有利指向区;其三,古隆起核部早期剥蚀强烈,不仅区域盖层被剥蚀殆尽,而且储层也受到剥蚀,因此这些地区可以见到被破坏的古油藏,而枢纽带区域盖层保存良好,因此可以对油气形成长期有效的保存。

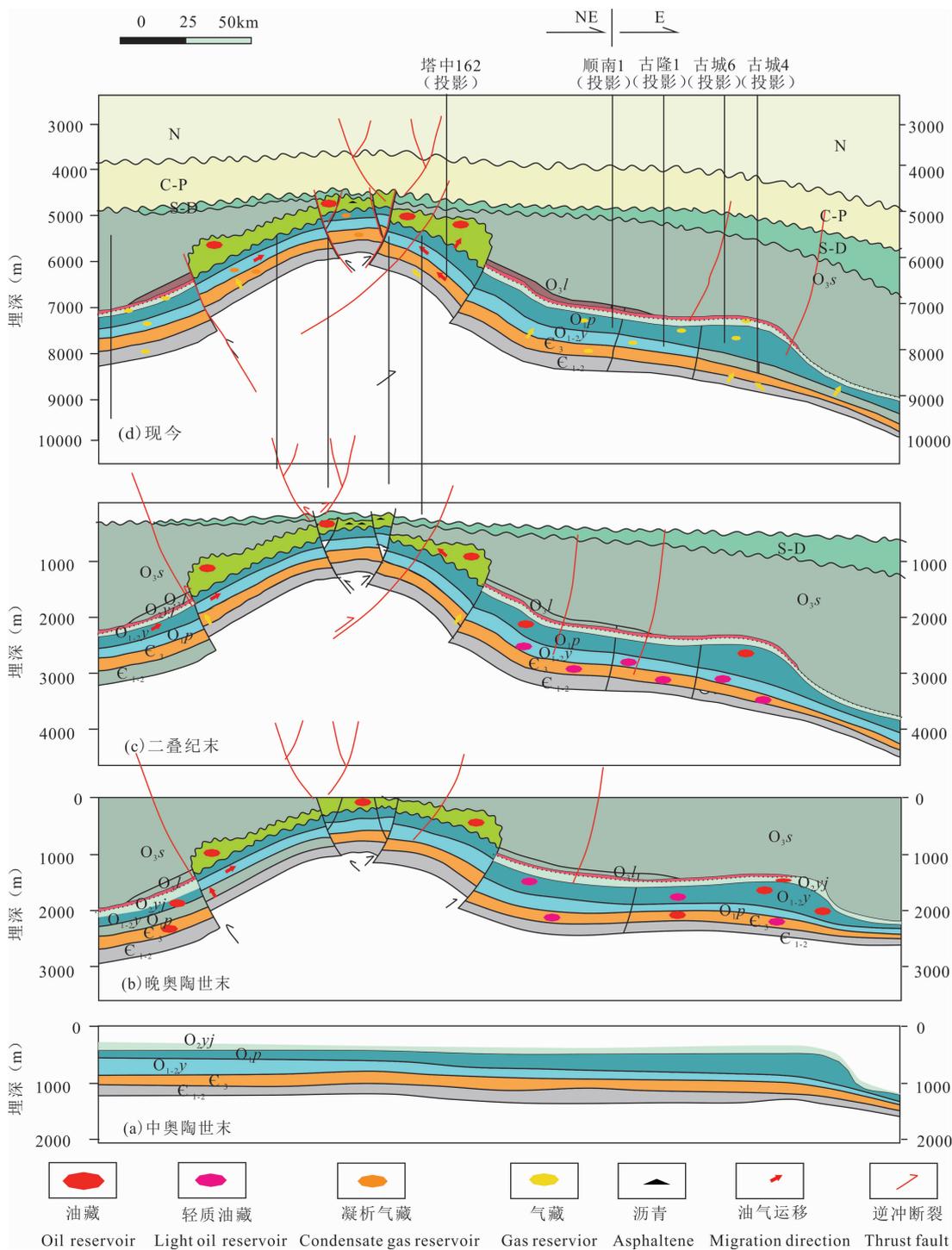


图4 塔中稳定型古隆起形成与演化(剖面位置如图1中A-A'位置)

Fig. 4 The formation and evolution of Tazhong stable paleo-uplift (section A-A' position as shown in figure 1)

O_1p —蓬莱坝组; O_{1-2y} —鹰山组; O_{2yj} —一间房组; O_{3s} —桑塔木组; O_{3l} —良里塔格组
 O_1p —Penglaiba Formation; O_{1-2y} —Yingshan Formation; O_{2yj} —Yijianfang Formation;
 O_{3s} —Sangtamur Formation; O_{3l} —Lianglitage Formation

2.3 迁移型古隆起

隆起形成后,受后期构造运动的影响,隆起高点发生大范围迁移,早期的古隆起地质结构明显消失,如鄂尔多斯盆地中央古隆起(图6)。

鄂尔多斯盆地中央古隆起古构造高点具有迁移性,气藏位于现今隆起斜坡部位,该部位同时是多期变动构造的枢纽带。早白垩世以前,鄂尔多斯盆地中央古隆起具有长期的稳定性,为盆地西、南缘平凉

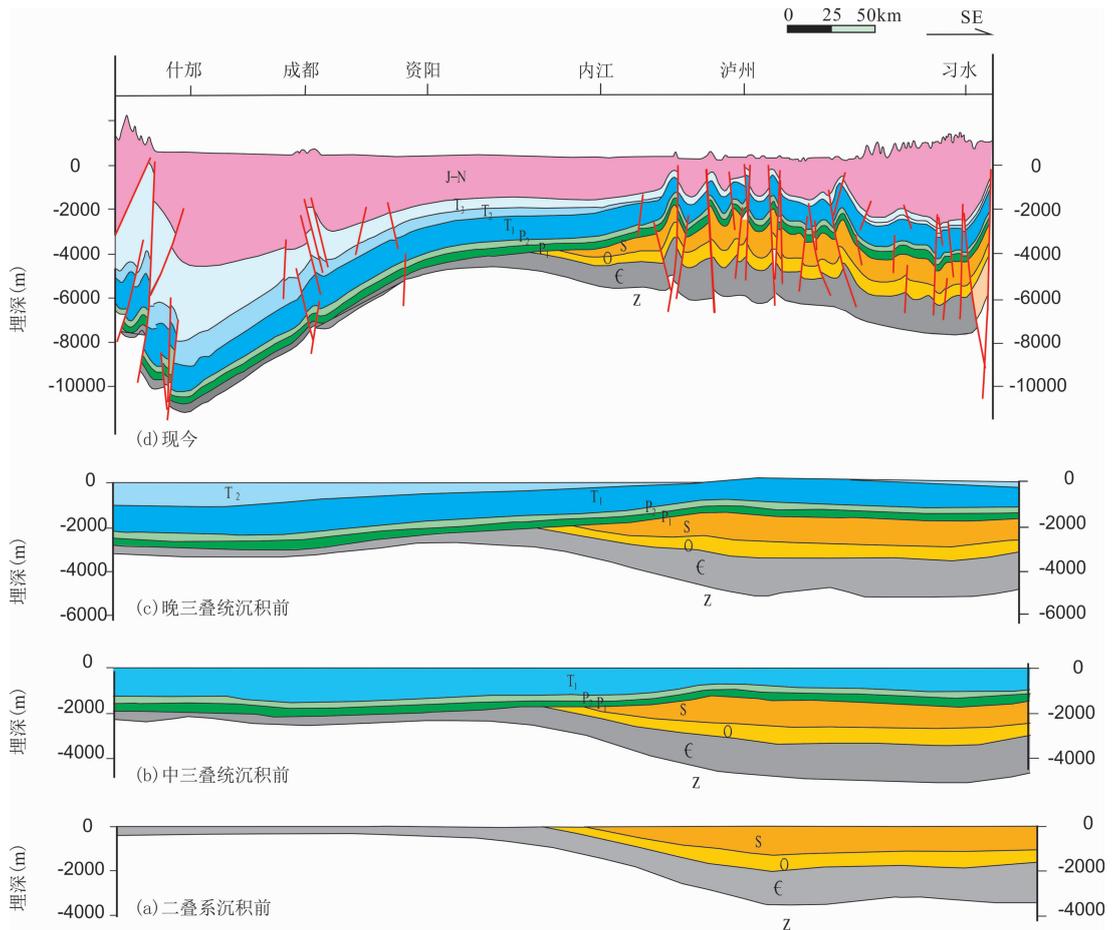


图 5 川中反转型古隆起形成与演化(剖面位置如图 3 中 D—D')

Fig. 5 The formation and evolution of Chuanchong inversion paleo uplift (section D—D' position as shown in figure 3)

组烃源岩生成的原油向古隆起及其周围运聚形成古油藏创造了条件,在 J_2 — K_1 期间,随着古地温的增加,在古油藏内,逐步完成了古油藏向古气藏的转化。早白垩世末至今,随着盆地西倾大单斜的形成和中央古隆起的渐趋消失,古油藏内的热裂解气逐渐向盆地的东北方向实现二次运移,最终到达了靖边风化壳而聚集成藏,甚至部分天然气继续向北东方向运移而到达塔巴庙地区风化壳中成藏,自早白垩世末以来盆地主体呈现的西倾大单斜具有长期性和稳定性,构造活动微弱,控制了天然气的汇聚成藏 (Yuan Suhang et al., 2014)。

2.4 肢解型古隆起

此类古隆起形成后经历了中生代频繁的构造活动,受到强烈的改造,古隆起地质结构面貌发生彻底变化,隆起区早期地层受断裂、岩浆活动的改造和剥蚀作用的破坏而发育不全或者褶皱、冲断成次级构造,如塔里木盆地巴楚古隆起、四川盆地泸州古隆起。

巴楚断隆在现今南北向地质剖面上,为南、北部

高隆、中部低洼的复式隆起带,具单层结构的特征。在平面图上,巴楚断隆周缘被断裂围隔,具典型的断隆特征,现今隆起的油气主要分布在断隆的高部位,都属于典型的晚期调整次生油气藏,如和田河气藏、巴什托普和亚松迪油藏等。

四川盆地的泸州古隆起受燕山期构造运动的影响肢解为多个条带状北东向高陡背斜带,在背斜带发现了数十个二三叠系次生气藏,这些气藏单个规模小,储量多为十几至几十亿方,但是从展布范围来看,其早期成藏受古隆起限制,现今次生气藏主要分布在古隆起的核部和斜坡部位(图 4)。

2.5 沉没型古隆起

此类古隆起是指克拉通内,在古生代发育的其后因构造运动而消失的古隆起。这类古隆起在早古生代隆起特征明显,晚古生代后则逐渐趋于萎缩并逐渐消失,因而在隆起区下古生界发育不全或厚度较薄,对地层具明显的控制作用,晚古生代构造活动逐渐趋于稳定,对地层沉积逐渐失去控制,到末期,

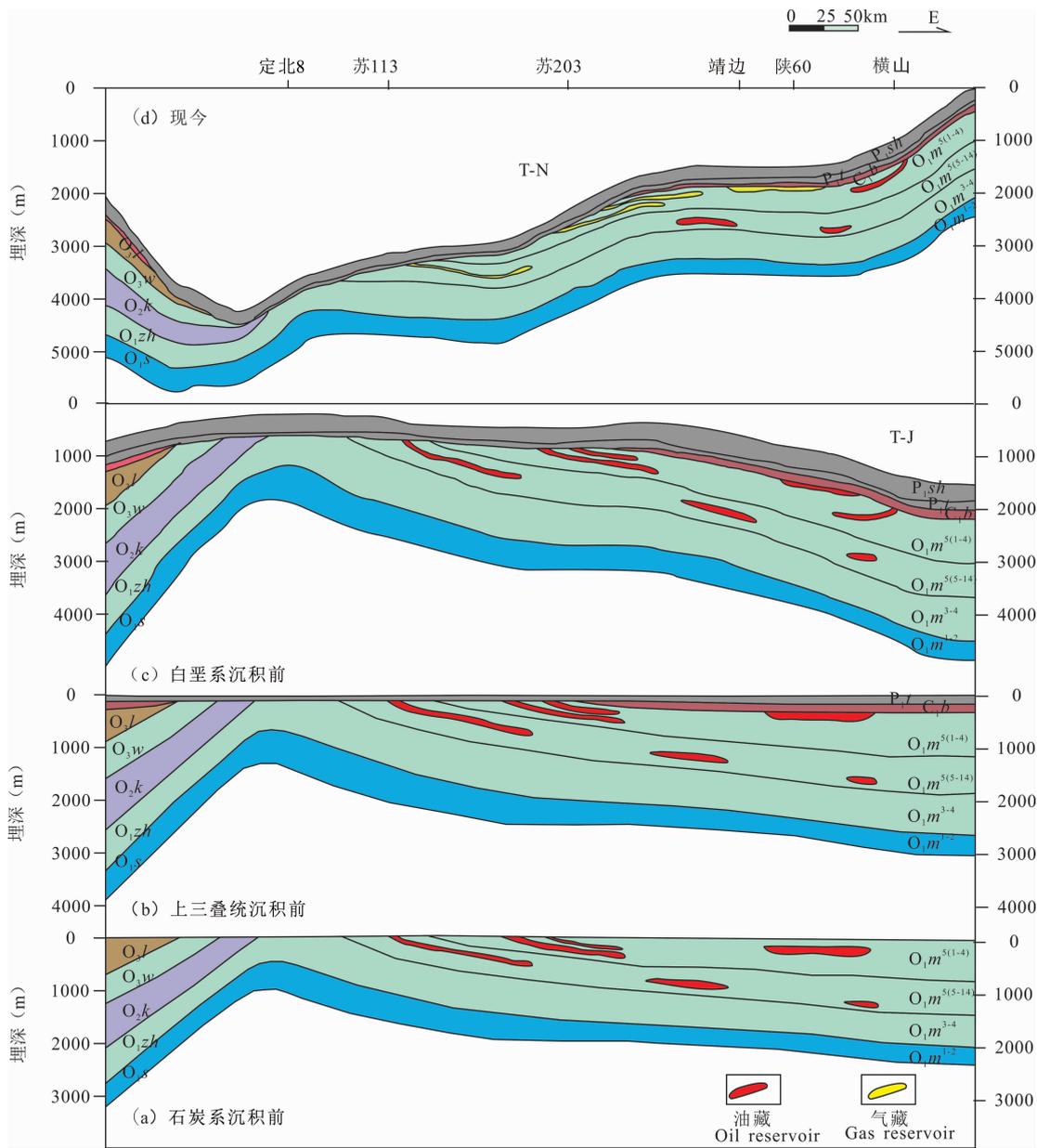


图6 鄂尔多斯中部迁移型古隆起形成与演化(剖面位置如图2中C—C')

Fig. 6 The formation and evolution of migrated paleo-uplift in Ordos basin (section C—C' position as shown in figure 2)

O_1m^{1-2} —马家沟组马一段、马二段; O_1m^{3-4} —马家沟组马三段、马四段; $O_1m^{5(5-14)}$ —马家沟组马五段5~14层; $O_1m^{5(1-4)}$ —马家沟组马五段1~4层; O_1s —三道坎组; O_1zh —桌子山组; O_2k —克里摩里组; O_3w —乌拉里克组; O_3l —拉什仲组; C_1b —本溪组; P_1t —太原组; P_1sh —山西组

O_1m^{1-2} —The 1st and 2nd Member of Majiagou Formation; O_1m^{3-4} —the 3th and 4th Member of Majiagou Formation; $O_1m^{5(5-14)}$ —Section 5~14 in the 5th Member of Majiagou Formation; $O_1m^{5(1-4)}$ —Section 1~4 in the 5th Member of Majiagou Formation; O_1s —Sandaogou Formation; O_1zh —Zuozishan Formation; O_2k —Kelimoli Formation; O_3w —Wulalike Formation; O_3l —Lashizhong Formation; C_1b —Benxi Formation; P_1t —Taiyuan Formation; P_1sh —Shanxi Formation

隆起的构造特征随之消失,如塔西南古隆起。这类古隆起在现今平面构造图上基本无隆起显示,只有在古构造图和剖面上显示清楚。

沉没型古隆起早期对油气成藏具有一定控制作用,但由于晚期处于构造低部位,很难形成或保持大型油气藏。以塔西南古隆起为例(图7),喜马拉雅

期之前油气的运移指向由北向南,喜马拉雅期之后,构造掀斜,油气沿断裂及不整合面由南向北调整,麦盖提斜坡以原油为主,巴楚隆起以天然气为主。

3 古隆起及周缘油气勘探发现新特点

近年来,三大盆地海相油气勘探取得了长足的

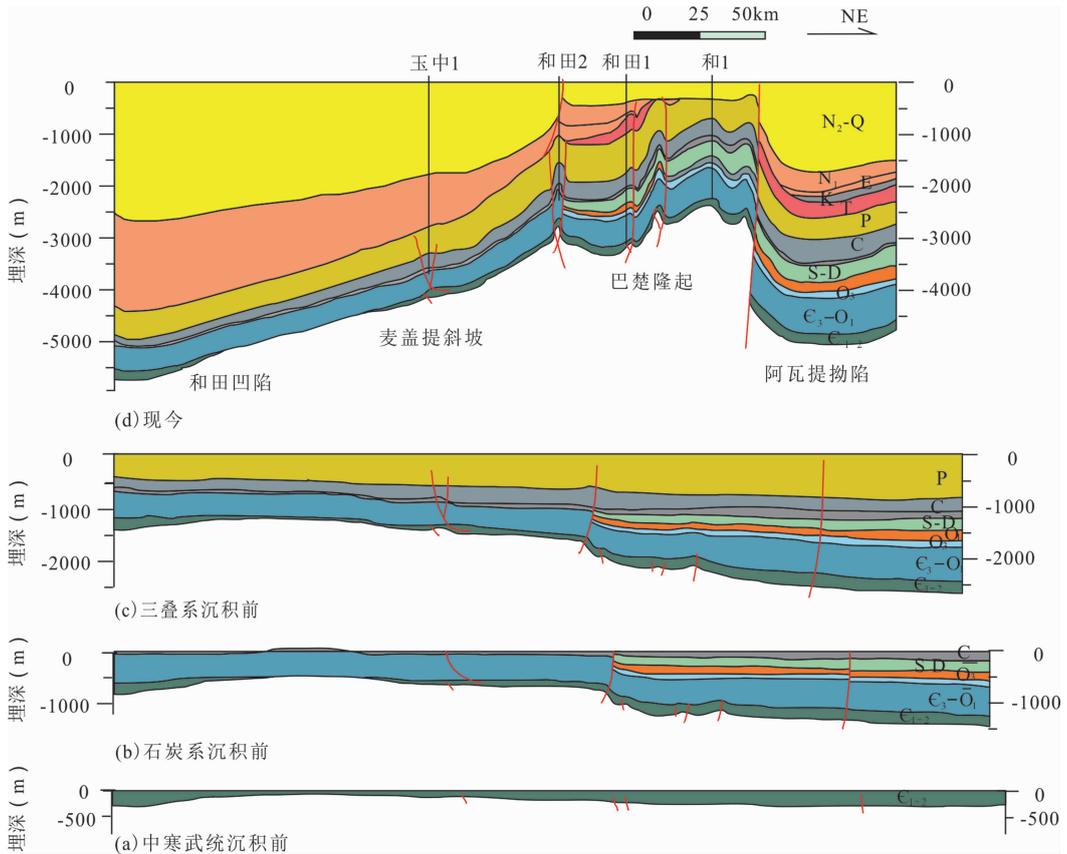


图 7 塔西南沉降型古隆起形成与演化(剖面位置如图 1 中 B—B’)

Fig. 7 The formation and evolution of Taxinan sunked paleo-uplift (section B—B’ position as shown in figure 1)

进步,自 2010 年以来,每年新增储量约 2×10^8 t 油当量(国土资源部,2014),这些油气大部分都与古隆起有关。塔里木盆地塔北隆起的塔河油田外扩,在南部和西部的艾丁与托甫台地区发现新的油气田,塔深 3 井在奥陶系鹰山组获得高产稠油,揭示了古隆起深层的勘探潜力。塔中隆起北坡顺南—古城地区天然气重要突破,奥陶系一间房组—鹰山组多层段获得高产工业气流。四川盆地继普光和元坝二、三叠系礁滩相勘探取得重要发现之后,在川中古隆起震旦系—寒武系勘探取得了一系列的突破,2011 年以来,中石油先后部署的高石 1 井、磨溪 8 井,分别在震旦系和寒武系获得超过百万立方米高产天然气,2014 年 2 月,国土资源部公布,中石油安岳气田磨溪区块特大整装气藏,天然气探明地质储量 $4363 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中,新增探明技术可采储量 $3054 \times 10^8 \text{ m}^3$,成为目前发现的最大的单个、单层整装气藏。鄂尔多斯盆地奥陶系碳酸盐岩勘探领域的不断突破,实现了靖边风化壳气田、靖西中上含气组合、盆地东部岩溶残丘—盐下新层系的有序接替,目前已有三级储量 $8000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。与前期勘探成果相比,近年来

的海相盆地与古隆起相关的油气发现,主要呈现出 3 个新特点:

(1)古隆起斜坡部位低级别层序界面——顺层岩溶和短期暴露岩溶成为新的重要勘探领域:碳酸盐岩风化壳储层的物性受后期埋深影响较小当风化壳储层被再次深埋后,可以延缓化学压实作用和机械压实作用,从而增强了孔隙保存的能力(Ehrenberg et al, 2006; Ma Yongsheng et al., 2010)。除了普遍认可的大型不整合风化壳岩溶储层以外,短期暴露形成的岩溶也可以形成面状展布的优质储层,特别对深层内幕碳酸盐岩储层的油气富集具有重要意义,塔中北坡顺南地区奥陶系深层的勘探证实了这一点。不同于塔北隆起和塔中隆起 T_7^4 (上奥陶统与中下奥陶统之间的界面)界面大型角度不整合形成的岩溶,塔中北坡在 T_7^5 (一间房组与鹰山组之间的界面)和 T_7^8 (鹰山组与蓬莱坝组之间的界面)界面的短期暴露面也发现了规模性岩溶储层。已钻井在一间房组—鹰山组上段、鹰山组内幕以及蓬莱坝组钻揭储层发育段,从已钻井揭示储层类型看,储层的发育主要受早期暴露的大气水淋

滤和后期断层沟通的深部热液改造有关,如顺南4井鹰山组内幕取芯段揭示两种类型的储层分别为:灰岩缝洞型储层和硅质交代—改造后的孔隙型储层,其中早期暴露形成的储层分布广、成层性好,侧向连续性好,是最为有利的储层类型。因此在深层领域即便是短期的暴露,依然对碳酸盐岩储层的形成具有控制作用,一方面早期形成了层状的岩溶孔洞,另一方面孔洞中残留了大气水,能够抑制深埋过程中的充填作用的发生,后期断裂沟通深部酸性流体活动优化了原有的储集空间,如果早期没有储集空间,晚期即使受断裂影响,仍然不能形成优质储层。

(2)深层碳酸盐岩油气近源成藏优势明显,断层和裂缝在成藏中的作用更为关键:碳酸盐岩储层的非均质性较强、连通性差的特点决定了大规模长距离油气运移困难较大,而且对深层和超深层领域而言,地层中水动力较弱,油气运移缺少足够的能量,长距离运移更加困难,所以近源的储层具更为明显的成藏优势,而远源的油气藏多以断层为疏导体系,以垂向运移为主。对全球15个主要碳酸盐岩含油气盆地的235个碳酸盐岩油气藏的油气运移距离做了统计,表明69.8%的油气藏油气从源到储的运移距离在5km以内,而且这些油气藏探明储量占整个探明储量的89.4%,充分说明了近源成藏具有规模效应。我国已发现的海相碳酸盐岩大中型油气田如,塔河油田、靖边气田、普光气田、元坝气田和安岳气田等,都具有近源成藏的特点,而且油气疏导以断裂和微裂缝为主,优质储层和不整合面侧向运移为辅。不同于层状发育的孔、洞,高角度断裂的渗透性受埋深的影响较小,在整个成藏过程中即能起到沟通源储的作用,也能起到增加储层连通性的作用。塔河油田累计产油超过 4×10^4 t的井有321口,占整个开发井总数的20%,基本上都沿着深大断裂分布,这些井贡献的产量占整个产油量的80%,充分说明了断层对塔河油田储层物性和油藏规模具有控制作用。而且随着勘探向超深层领域的扩展,裂缝的重要性越加突出,塔河油田中浅层的中下奥陶统顶面为孔洞型储层,向深层孔洞的比例越来越少,裂缝的比例越来越大,储层类型逐渐变为裂缝孔洞型储层和裂缝型储层。

(3)早期拉张构造与晚期古隆起的叠加对深层油气富集具有重要影响:中国海相盆地古隆起基本上都形成于寒武纪以来,受到秦岭—祁连—昆仑洋和天山洋关闭的影响,克拉通整体处于挤压构造背景

下。在此之前,华南、华北和塔里木板块均处于区域拉张的构造环境中,其中华南和塔里木板块受Rodinia大陆裂解的影响,主拉张期在新元古代(820~700Ma)(Li Z X, 1997; Duan Jiye et al., 2005),一直持续到寒武纪早期,华北板块经历了古元古代末—中元古代早期(1850~1600Ma)、新元古代中—晚期(900~600Ma)两次拉张(Zhai Mingguo et al., 2014)。在克拉通盆地拉张阶段形成的裂陷槽或拉张槽对早期油气形成与聚集有重要影响,如塔里木盆地的满加尔坳拉槽控制了早寒武纪烃源岩的发育(Luo Zhili et al., 2001; Yu Bingsong et al., 2008; Li Jianghai et al., 2015),为塔北和塔中古隆起深层油气成藏提供了物质基础,华北克拉通北缘中—新元古代的燕辽裂陷槽周缘也发现了大量的沥青和油苗,表明其早期具有良好的油气成藏条件。最近在四川盆地发现的安岳气田即位于绵阳—乐至—隆昌—长宁拉张槽东侧,该拉张槽形成于新元古代,一直持续到早寒武世,它的形成控制了震旦纪灯影组岩溶储层、早寒武世烃源岩及其晚期油气成藏输导和封盖体系的发育,此后乐山—龙女寺古隆起的叠加,使得古隆起高点和斜坡部分一直成为油气运移的指向区,喜马拉雅期构造运动的调整使得位于构造斜坡平缓带的高石梯—磨溪地区成为油气富集区(Zou Caineng et al., 2014; Jiang Hua et al., 2014; Xu Chunchun et al., 2014; Wei Guoqi et al., 2015)。

4 古隆起相关的勘探领域探讨

油气勘探成果表明,古隆起的勘探由寻找构造圈闭为主的勘探向寻找岩性圈闭为主的勘探转变,由寻找大型不整合岩溶向寻找短期暴露岩溶转变,由大断裂附近找油气向小型断裂附近附近找油气方向转变,根据古隆起周缘油气分布新特点,塔里木盆地阿满过渡带和鄂尔多斯盆地中元古代裂陷槽两侧是值得关注的勘探领域。

塔中古隆起北坡、塔北古隆起南坡毗邻“阿瓦提”、“满加尔”供烃区,具有近源成藏的优势,已有勘探成果已经证实该区发育厚层的上奥陶统泥质岩,油气整体封盖条件优越。塔中北坡奥陶系内幕似层状岩溶储层发育,成藏条件好,勘探潜力大。中奥陶世末,受加里东中期I幕运动影响,塔中地区整体抬升,使中奥陶统一间房组遭受不同程度的剥蚀,普遍发育岩溶作用,其中塔中隆起区一间房组全部以及鹰山组顶部被剥蚀殆尽,而塔中北坡抬升幅度相对较低,一间房组顶部遭受剥蚀,下部地层连续沉积。

顺南 1 对一间房组—鹰山组顶部裸眼段 6528.24~6690m 携砂酸压获油气,首次确定了塔中北坡发育加里东中期 I 幕储层。目前,已发现的油气成果主要集中在奥陶系内幕似层状岩溶储层中,如古隆 2 井、顺南 1 井、古城 4 井油气主要集中在一间房组与鹰山组顶部储层发育区,古隆 1 井、古城 6 井油气主要集中在鹰山组中下部白云岩储层发育区,早期裂缝多被亮晶方解石充填严重,晚期的构造缝和成岩缝有部分未充填,构成现今的有效储集空间。因此,鹰山组、蓬莱坝组顶面短期暴露溶蚀界面是近期勘探的重点层系。

与四川盆地震旦纪—早寒武世的古地理格局类似,鄂尔多斯盆地周缘在中元古代也发育大型裂陷槽,而且这种构造格局一直持续到寒武纪早期,控制了寒武系烃源岩的分布。中元古代早期,古中国大陆发生裂解,于华北古陆南北两侧分别形成秦祁和兴蒙两个大陆裂陷,且影响到台地内部。其中位于地块南缘的有贺兰裂陷、晋陕裂陷槽或称富县—泾川裂陷槽及豫陕坳拉槽或称宜川裂陷槽,与秦祁裂谷相连,共同组成所谓的三岔裂谷或多臂裂谷系。晋宁期的古构造面貌整体呈现隆坳相间并向西南倾斜的构造格局,在坳陷带地层厚度达 1000m 左右,直到寒武纪,中新元古界顶面古构造仍呈现隆坳相间的构造格局,根据 70 个露头个钻井资料的详细分析表明,中央古隆起两侧的坳拉槽中,下寒武统泥岩和纹层状白云岩的有机碳含量较高(Chen Qilin et al., 2015),有一定的生烃潜力,预示着古隆起斜坡部位中元古代—早寒武纪的裂谷和坳拉槽地区可能成为深层油气勘探的新领域。

5 结论

(1)中国海相盆地继承性古隆起对油气分布起到关键的控制作用,但是由于盆地经历了复杂的构造改造过程,因此盆地内古隆起的活动性强,根据古隆起在长期演化过程中的稳定性强弱和构造改造强度,将其分为稳定型、反转型、迁移型、消失型和肢解型 5 种类型。不同类型的古隆起油气分布规律具有不同特征,其中稳定型古隆起的油气主要分布在构造顶部和斜坡部位,反转型和迁移型古隆起的油气主要分布在其枢纽带,消失型和肢解型古隆起控油气作用较差,油气主要分散在次级构造单元。

(2)随着油气勘探向深层拓展,古隆起及周缘油气分布展现出新的特点,古隆起斜坡区同生期低级层序界面的暴露对深层储层形成有重要的控制作

用,晚期断裂带对深层油气富集有明显影响,古隆起发育前古老拉张裂陷槽的发育值得关注。

(3)塔里木盆地塔中—塔北古隆起下斜坡部位的阿满过渡带奥陶系鹰山组和蓬莱坝组均发育短期不整合岩溶、鄂尔多斯盆地中央古隆起深层中元古代—寒武纪拉张槽发育古老烃源岩、四川盆地川中古隆起深层震旦纪—寒武纪拉张槽两侧由安岳气田向南北方向扩展存在优质储层,这些地区是海相深层大型—超大型油气田富集的有利地区。

致谢:参与本文研究的还有蔡立国、金晓辉、张仲培、彭守涛、刘士林等,在此一并表示感谢。

References

- Chen Qilin, Bai Yunlai, Liao Jianbo, Liu Xiaoguang, Long Liwen, Ma Yuhu. 2015. Distribution characteristics and exploring significance of Cambrian source rock in the deep of Ordos Basin, China. *Natural Gas Geoscience*, 26(3):397~407 (in Chinese with English abstract).
- Deng Kun, ZhangShaonan, Zhou Lifa, Liu Yan. 2011. Formation and tectonic evolution of the Paleozoic central paleouplift of Ordos basin and its implications for oil-gas exploration. *Geotectonica et Metallogenia*, 35(2):190~197 (in Chinese with English abstract).
- Deng Tao. 1996. Tectonic mechanism and pooling models of the Caledonian paleoswell in the Sichuan basin. *Petroleum Geology & Experiment*, 18(4):356~360+401 (in Chinese with English abstract).
- Du Jinhu, Zhou Xinyuan, Li Qiming, Wu Guanghui, Pan Wenqing, Yang Tao. 2011. Characteristics and controlling factors of the large carbonate petroleum province in the Tarim Basin, NW China. *Petroleum Exploration and Development*, 38(6):652~661 (in Chinese with English abstract).
- Duan Jiye, Xia Dexin, An Sulan. 2005. Deep-water sedimentation and sedimento-tectonopaleogeography of the Neoproterozoic-Early Palaeozoic Aulacogen in Kuruktag, Xingjiang. *Acta Geologica Sinica*, 79(1):7~14+147~148 (in Chinese with English abstract).
- Ehrenberg S N, Eberli G P, Keramati M. 2006. Porosity permeability relationships in interlayered lime stone-dolostone reservoirs. *AAPG Bulletin*, 90:91~114.
- Gong Daxing, Zhou Jiayun, Wu Chihua, Li Meng. 2015. Lithofacies paleogeography and salt forming model of Lower-Middle Triassic in the Sichuan basin. *Acta Geologica Sinica*, 89(11):2075~2086.
- Han Keqiu. 1995. The formation of large and medium-sized gas fields and exploration objectives in Kai Jiang paleouplift, Eastern Sichuan basin. *Gas Industry*, 15(4):1~5+107 (in Chinese with English abstract).
- Han Keyou, Sun Wei. 2014. Conditions for the formation of large marine gas fields and gas field clusters in Sichuan Basin. *Oil &*

- Gas Geology, 35(1): 10~18 (in Chinese with English abstract).
- He Bizhu, Jiao Cunli, Xu Zhiqin, Cai Zhihui, Liu Shilin, Zhang Jianxin, Li Haibing, Zhang Miao. 2015. The distribution and migration of paleo-uplifts in the Phanerozoic, Tarim basin. *Earth Science Frontiers*, 22(3): 277~289 (in Chinese with English abstract).
- He Dengfa, Xie Xiaolan. 1997. Petroleum exploration in central paleo-uplifts of craton basin in China. *Petroleum Explorationist*, 02: 11~19+5~6 (in Chinese with English abstract).
- He Dengfa, Li Desheng, Tong Xiaoguang, Zhao Wenzhi. 2008a. Accumulation and distributon of oil and gas controlled by paleo-uplift in poly-history superimposed basin. *Acta Petrolei Sinica*, 29(4): 475~488 (in Chinese with English abstract).
- He Dengfa, Zhou Xinyuan, Yang Haijun, Guan Shuwei, Zhang Chaojun. 2008b. Formation mechanism and tectonic types of intracratonic paleo-uplifts in the Tarim basin. *Earth Science Frontiers*, 15(2): 207~221 (in Chinese with English abstract).
- Hong Qingyu, Huang Ruiyao. 1997. Hydrocarbon accumulation rules of the Caledonian paleo-uplifts in Sichuan basin. *Journal of Southwest Petroleum Institute*, 19(4): 11~18+3 (in Chinese with English abstract).
- Huang Jiansong, Zheng Chongbin, Zhang Jun. 2005. Origin of the central paleouplift in E'erdusi basin. *Natural Gas Industry*, 25(4): 23~26+4~5 (in Chinese with English abstract).
- Huang Jizhong. 2009. Duality of hydrocarbon accumulation in paleo-uplifts from Sichuan basin. *Natural Gas Industry*, 29(2): 12~17+130 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Hua, Wang Zecheng, Du Hongyu, Zhang Chunming, Wang Ruiju, Zou Niuniu, Wang Tongshan, Gu Zhidong, Li Yongxin. 2014. Tectonic Evolution of the Reservoir Formation Leshan-Longnsvi Paleouplift and of Neoproterozoic. *Sinian Gas Natural Gas Geoscience*, 25(2): 192~200 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Ziran, Lu Zhengyuan, Lu Zonggang, Yang Jian. 2014. Distribution of carbonate fractured and vuggy reservoirs of Maokou Formation in Luzhou paleo-uplift during Dongwu Movement, Sichuan Basin. *Petroleum Geology & Experiment*, 04: 411~415 (in Chinese with English abstract).
- Jiao Zhifeng, Gao Zhiqian. 2008. Formation, evolution and hydrocarbon-controlling geological conditions of major paleohighs, Tarim Basin. *Natural Gas Geoscience*, 19(5): 639~646 (in Chinese with English abstract).
- Jin Zhijun. 2011. The formation and accumulation rules of hydrocarbon in marine sequence, China. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 07: 910~926.
- Jin Zhijun, Yun Jinbiao, Zhou Bo. 2009. Types and characteristics of slope zones in Tarim Basin and their relationship with oil accumulation. *Oil & Gas Geology*, 30(2): 127~135 (in Chinese with English abstract).
- Li Jianghai, Zhou Xiaobei, Li Weibo, Wang Honghao, Liu Zhonglan, Zhang Huagong, Ken Sita. 2015. Preliminary reconstruction of tectonic paleogeography of Tarim basin and its adjacent aeras from Cambrian to Triassic, NW China. *Geological Review*, 61(6): 1225~1234.
- Li Jianjiao, Lv Xiuxiang, Fan Qiuhai, Jiao Weiwei, Wu Jianjun. 2009. The formation of structural pivot and its controlling on the accumulation and distribution of oil and gas in the superimposed basin; An Example from the Tarim basin. *Geotectonica et Metallogenia*, 33(1): 160~167 (in Chinese with English abstract).
- Li Wei, Yi Haiyong, Hu Wangshui, Yang Geng, Xiong Xuan. 2014. Tectonic evolution of Caledonian paleohigh in the Sichuan Basin and its relationship with hydrocarbon accumulation. *Natural Gas Industry*, 34(3): 8~15 (in Chinese with English abstract).
- Li Xiaoqing, Wang Zecheng, Zhang Xingwei, Liu Qin, Yan Jinmei. 2001. Characteristics of paleo-uplifts in Sichuan basin and their control action on natural gases. *Oil & Gas Geology*, 22(4): 347~351 (in Chinese with English abstract).
- Li Z X. 1997. Tectonic history of the major east lithospheric blocks since the Mid Proterozoic; A sythesis. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 109(1): 16~42.
- Liu Shugen, Ma Yongsheng, Cai Xunyu, Xu Guosheng, Wang Guozhi, Yong Ziquan, Sun Wei, Yuan Haifeng, Pan Changlin. 2009. Sinian Lower Paleozoic natural gas accumulation Sichuan Basin. *Journal of Chengdu University of Technology*, 36(4): 345~354 (in Chinese with English abstract).
- Liu Shugen, Sun Wei, Song Jinmin, Ran Bao, Tian Yanhong, Li Zhiwu, Deng Bin, Zhong Yong, Luo Chao, Peng Hanlin, Yin Kewei. 2015. Intracratonic sag paleo-uplift basin-mountain system marine petroleum Sichuan Basin. *Earth Science Frontiers*, 22(3): 146~160 (in Chinese with English abstract).
- Luo Zhili, Luo Ping, Liu Shugen. 2001. Exploration and new ideas of oil and gas in Paleozoic Tariam Basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 22(5): 365~370 (in Chinese with English abstract).
- Ma Yongsheng, Cai Xunyu, Zhao Peirong, Zhang Xuefeng. 2010. Formation mechanism of deep-buried carbonate reservoir and its model of three-element controlling Reservoir. *Acta Geologica Sinica*, 84(8): 1087~1094 (in Chinese with English abstract).
- Pang Xiongqi, Zhou Xinyuan, Li Zhou, Wang Zhaoming, Jiang Zhenxue. 2011. A model for controlling hydrocarbon and predicting favorable exploration zones of the Tazhong palaeouplift in Tarim Basin, NW China. *Acta Petrolei Sinica*, 32(2): 189~198 (in Chinese with English abstract).
- Ran Qigui, Chen Fajing, Zhang Guangya. 1997. Formation and tectonic evolution of cratonic paleouplifts and its relation to hydrocarbon migration and accumulation in China. *Geoscience—Journal of Graduate School, China University of*

- Geosciences, 11(4): 71~80 (in Chinese with English abstract).
- Ren Wenjun, Zhang Qinglong, Zhang Jin, Guo Lingzhi. 1999. The plate tectonic formation of the central paleouplift in Ordos basin. *Geotectonica et Metallogenia*, 23(2): 92~97 (in Chinese with English abstract).
- Sun Wei, Liu Shugen, Ma Yongsheng, Cai Xunyu, Xu Guosheng, Wang Guozhi, Yong Ziquan, Yuan Haifeng. 2007. Determination and quantitative simulation of gas pool formation process of Sinian cracked gas in Weiyuan-Ziyang area, Sichuan Basin. *Acta Geologica Sinica*, 81(8): 1153~1159 (in Chinese with English abstract).
- Tang Xianming, Hui Binyao. 1993. Central paleohigh and gas accumulation in Ordos basin. *Oil & Gas Geology*, 14(1): 64~71 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zecheng, Zhao Wenzhi. 2006. A role of marine paleo-uplift in reservoir-forming of oil and gas. *China Petroleum Exploration*, 04: 26~32+3~4 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zhentao, Zhou Hongrui, Wang Xunlian, Zhang Yongsheng, Jing Xiuchun, Xing Enyuan. 2015. Ordovician geological events group in the West and South Ordos basin. *Acta Geologica Sinica*, 89(11): 1990~2004.
- Wang Weiguang, Lv Xiuxiang, Yu Lian, Cheng Kenan. 2011. Structural pivot zone and its oil-gas accumulation conditions in Tarim Basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 32(4): 333~337 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zecheng, Jiang Hua, Liu Wei, Gu Zhidong, Wang Tongshan, Jiang Qingchun. 2012. Types of tectonic hinge zone and its effect on hydrocarbon accumulation in carbonate reservoirs of cratonic basins in China. *Acta Petrolei Sinica*, 33(S2): 11~20 (in Chinese with English abstract).
- Wei Guoqi, Yang Wei, Du Jinhu, Xu Chunchun, Zou Caineng, Xie Wuren, Wu Saijun, Zeng Fuying. 2015. Tectonic features of Gaoshiti-Moxi paleo-uplift and its controls on the formation of a giant gas field, Sichuan Basin, SW China. *Petroleum Exploration and Development*, 42(3): 257~265 (in Chinese with English abstract).
- Wu Guanghui, Li Qiming, Xiao Zhongyao, Li Honghui, Zhang Liping, Zhang Xianjun. 2009. The evolution characteristics of palaeo-uplifts in Tarim basin and its exploration directions for oil and gas. *Geotectonica et Metallogenia*, 33(1): 124~130 (in Chinese with English abstract).
- Wu Guanghui, Wang Chunhe, Ma Like, Gao Li, He Jinchuan. 2012. Controlling effects of paleo-uplift slopes on marine carbonate reservoirs in Tarim basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 33(1): 6~9 (in Chinese with English abstract).
- Xie Guoai, Zhang Qinglong, Pan Mingbao, Zhao Shilong, Ren Wenjun, Guo Lingzhi. 2005. Two different genetic types of paleouplift in the Ordos basin and its significance in oil and gas exploration. *Geological Bulletin of China*, 24(4): 373~377 (in Chinese with English abstract).
- Xu Guosheng, Zhao Yihua. 2003. Analysis on the forming mechanism of the Carboniferous gas reservoirs in the Kaijiang paleohigh region of east Sichuan area. *Petroleum Geology & Experiment*, 25(2): 158~163 (in Chinese with English abstract).
- Xu Chunchun, Shen Ping, Yang Yueming, Luo Bing, Huang Jianzhang, Jiang Xingfu, Xie Jirong. 2014. Accumulation conditions and enrichment patterns of natural gas in the Lower Cambrian Longwangmiao Fm reservoirs of the Leshan-Longnüsi Paleohigh, Sichuan Basin. *Natural Gas Industry*, 34(3): 1~7 (in Chinese with English abstract).
- Yu Bingsong, Fan Tailiang. 2008. Sedimentary-tectonic control on the development of muddy hydrocarbon source rocks of Cambrian-Ordovician from Tarim Basin. *Geoscience—Journal of Graduate School, China University of Geosciences*, 22(4): 534~540 (in Chinese with English abstract).
- Yuan Suhang, Fu Jinhua, Xiao Anchen, Sun Liuyiz, Wu Lei, Bao Hongping, Mao Liguang, Oouyang Zhengjian, Xu Bo. 2014. Discussion of the horizontal migration of the Ordovician central Paleouplift in Ordos basin: Evidence from the synsedimentary record. *Journal of Zhejiang University(Sciences Edition)*, 41(1): 100~107 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Mingguo, Hu Bo, Peng Peng. 2014. Meso-Neoproterozoic magmatic events and multi-stage rifting in the NCC. *Earth Science Frontiers*, 21(1): 100~119 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Guangya, Liu Wei, Zhang Lei, Yu Bingsong, Li Honghui, Zhang Baomin, Wang Lidong. 2015. Tarim craton Cambrian-Ordovician prototype palaeogeography oil and gas fields. *Earth Science Frontiers*, 22(3): 269~276 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Tingshan, Chen Xiaohui, Jiang Zhaoyong, Hu Dongfeng, Xie Gangping, Huang Shiwei, Lan Guangzhi. 2008. Controls of Luzhou uplift on sedimentary environment and facies distribution in early and middle Triassic, Chishui, Guizhou province. *Acta Sedimentologica Sinica*, 26(4): 583~592 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zhongming, Jia Chenao. 1997. Palaeo-uplifts in craton basin of Talinu and the exploration objectives. *Journal of Xi'an Petroleum Institute*, 12(3): 8~13+42+4 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Jingzhou, Wang Qinghua, Shi Baohong, Qin Shengfei, Liu Hongjun, Yang Binyi, Cao Qing. 2007. Marine hydrocarbon enrichment rules and palaeouplift-controlling hydrocarbon theory for the Paleozoic Tarim craton basin. *Oil & Gas Geology*, 28(6): 703~712 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Wenzhi, Wang Zecheng, Zhang Shuichang, Wang Hongjun. 2007. Analysis on forming conditions of deep marine reservoirs and their concentration belts in superimposed basins in China. *Chinese Science Bulletin*, 52(S1): 9~18 (in Chinese with English abstract).
- Zou Caineng, Du Jinhu, Xu Chunchun, Wang Zecheng, Zhang Baomin, Wei Guoqi, Wang Tongshan, Yao Genshun, Deng

Shenghui, Liu Jingjiang, Zhou Hui, Xu Anna, Yang Zhi, Jiang Hua, Gu Zhidong. 2014. Formation, distribution, resource potential and discovery of the Sinian-Cambrian giant gas field, Sichuan Basin, SW China. *Petroleum Exploration and Development*, 41(3):278~293 (in Chinese with English abstract).

参 考 文 献

陈启林,白云来,廖建波,刘晓光,龙礼文,马玉虎. 2015. 鄂尔多斯盆地深层寒武系烃源岩展布特征及其勘探意义. *天然气地球科学*, 26(3):397~407.

邓昆,张哨楠,周立发,刘燕. 2011. 鄂尔多斯盆地古生代中央古隆起形成演化与油气勘探. *大地构造与成矿学*, 35(2):190~197.

邓涛. 1996. 四川盆地加里东古隆起的构造机制和成藏模式. *石油实验地质*, 18(4):356~360+401.

杜金虎,周新源,李启明,邬光辉,潘文庆,杨涛. 2011. 塔里木盆地碳酸盐岩大气区特征与主控因素. *石油勘探与开发*, 38(6):652~661.

段吉业,夏德馨,安素兰. 2005. 新疆库鲁克塔格新元古代一早古生代裂陷槽深水沉积与沉积—构造古地理. *地质学报*, 79(1):7~14+147~148.

龚大兴,周家云,吴驰华,李萌. 2015. 四川盆地早中三叠世成盐期岩相古地理及成盐模式. *地质学报*, 89(11):2075~2086.

国土资源部. 2014. 全国各油气田油气矿产探明储量表.

韩克猷. 1995. 川东开江古隆起大中型气田的形成及勘探目标. *天然气工业*, 15(4):1~5+107.

韩克猷,孙玮. 2014. 四川盆地海相大气田和气田群成藏条件. *石油与天然气地质*, 35(1):10~18.

何碧竹,焦存礼,许志琴,蔡志慧,刘士林,张建新,李海兵,张森. 2015. 塔里木盆地显生宙古隆起的分布及迁移. *地学前缘*, 22(3):277~289.

何登发,谢晓安. 1997. 中国克拉通盆地中央古隆起与油气勘探. *勘探家*, 02:11~19+5~6.

何登发,李德生,童晓光,赵文智. 2008a. 多期叠加盆地古隆起控油规律. *石油学报*, 29(4):475~488.

何登发,周新源,杨海军,管树巍,张朝军. 2008b. 塔里木盆地克拉通内古隆起的成因机制与构造类型. *地学前缘*, 15(2):207~221.

洪庆玉,黄瑞瑜. 1997. 四川盆地加里东古隆起成藏规律研究. *西南石油学院学报*, 19(4):11~18+3.

黄籍中. 2009. 从四川盆地看古隆起成藏的两重性. *天然气工业*, 29(2):12~17+130.

黄建松,郑聪斌,张军. 2005. 鄂尔多斯盆地中央古隆起成因分析. *天然气工业*, 25(4):23~26+4~5.

姜华,汪泽成,杜宏宇,张春明,王瑞菊,邹妞妞,王铜山,谷志东,李永新. 2014. 乐山—龙女寺古隆起构造演化与新老界震旦系天然气成藏. *天然气地球科学*, 25(2):192~200.

姜自然,陆正元,吕宗刚,杨坚. 2014. 四川盆地东吴期泸州古隆起与茅口组碳酸盐岩缝洞储层分布. *石油实验地质*, 4:411~415.

焦志峰,高志前. 2008. 塔里木盆地主要古隆起的形成、演化及控油地质条件分析. *天然气地球科学*, 19(5):639~646.

解国爱,张庆龙,潘明宝,赵世龙,任文军,郭令智. 2005. 鄂尔多斯盆地两种不同成因古隆起的特征及其在油气勘探中的意义. *地*

质通报, 24(4):373~377.

金之钧,云金表,周波. 2009. 塔里木斜坡带类型、特征及其与油气聚集的关系. *石油与天然气地质*, 30(2):127~135.

金之钧. 2011. 中国海相碳酸盐岩层系油气形成与富集规律. *中国科学:地球科学*, 07:910~926.

李建交,吕修祥,范秋海,焦伟伟,伍建军. 2009. 叠合盆地构造活动枢纽部位形成及其控油气原理——以塔里木盆地为例. *大地构造与成矿学*, 33(1):160~167.

李江海,周肖贝,李维波,王洪浩,刘仲兰,张华添,塔斯肯. 2015. 塔里木盆地及邻区寒武纪—三叠纪构造古地理格局的初步重建. *地质论评*, 61(6):1225~1234.

李伟,易海永,胡望水,杨庚,熊璇. 2014. 四川盆地加里东古隆起构造演化与油气聚集的关系. *天然气工业*, 34(3):8~15.

李晓清,汪泽成,张兴为,刘琴,燕金梅. 2001. 四川盆地古隆起特征及对天然气的控制作用. *石油与天然气地质*, 22(4):347~351.

刘树根,马永生,蔡勋育,徐国盛,王国芝,雍自权,孙玮,袁海锋,盘昌林. 2009. 四川盆地震旦系下古生界天然气成藏过程和特征. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 36(4):345~354.

刘树根,孙玮,宋金民,邓宾,钟勇,罗超,冉波,田艳红,李智武,彭瀚霖,尹柯维. 2015. 四川盆地海相油气分布的构造控制理论. *地学前缘*, 22(3):146~160.

罗志立,罗平,刘树根. 2001. 塔里木盆地古生界油气勘探新思路. *新疆石油地质*, 22(5):365~370.

马永生,蔡勋育,赵培荣. 2010. 深层超深层碳酸盐岩优质储层发育机理和“三元控储”模式. *地质学报*, 84(8):1087~1094.

庞雄奇,周新源,李卓,王招明,姜振学. 2011. 塔里木盆地塔中古隆起控油模式与有利区预测. *石油学报*, 32(2):189~198.

冉启贵,陈发景,张光亚. 1997. 中国克拉通古隆起的形成、演化及与油气的关系. *现代地质*, 11(4):71~80.

任文军,张庆龙,张进,郭令智. 1999. 鄂尔多斯盆地中央古隆起板块构造成因初步研究. *大地构造与成矿学*, 23(2):92~97.

孙玮,刘树根,马永生,蔡勋育,徐国盛,王国芝,雍自权,袁海锋. 2007. 四川盆地威远—资阳地区震旦系油裂解气判定及成藏过程定量模拟. *地质学报*, 81(8):1153~1159.

汤显明,惠斌耀. 1993. 鄂尔多斯盆地中央古隆起与天然气聚集. *石油与天然气地质*, 14(1):64~71.

汪伟光,吕修祥,喻莲,成克男. 2011. 塔里木盆地构造枢纽带及其油气成藏条件. *新疆石油地质*, 32(4):333~337.

汪泽成,赵文智. 2006. 海相古隆起在油气成藏中的作用. *中国石油勘探*, 04:26~32+3~4.

汪泽成,姜华,刘伟,谷志东,王铜山,江青春. 2012. 克拉通盆地构造枢纽带类型及其在碳酸盐岩油气成藏中的作用. *石油学报*, 33(S2):11~20.

王振涛,周洪瑞,王训练,张永生,景秀春,邢恩袁. 2015. 鄂尔多斯盆地西、南缘奥陶纪地质事件群耦合作用. *地质学报*, 89(11):1990~2004.

魏国齐,杨威,杜金虎,徐春春,邹才能,谢武仁,武赛军,曾富英. 2015. 四川盆地高石梯—磨溪古隆起构造特征及对特大型气田形成的控制作用. *石油勘探与开发*, 42(3):257~265.

邬光辉,李启明,肖中尧,李洪辉,张立平,张现军. 2009. 塔里木盆地古隆起演化特征及油气勘探. *大地构造与成矿学*, 33(1):124

~130.

邬光辉,王春和,玛丽克,高力,何金春. 2012. 塔里木盆地古隆起斜坡对碳酸盐岩油气藏的控制作用. 新疆石油地质, 33(1):6~9.

徐春春,沈平,杨跃明,罗冰,黄建章,江兴福,谢继容. 2014. 乐山—龙女寺古隆起震旦系—下寒武统龙王庙组天然气成藏条件与富集规律. 天然气工业, 34(3):1~7.

徐国盛,赵异华. 2003. 川东开江古隆起区石炭系气藏成藏机理剖析. 石油实验地质, 25(2):158~163.

于炳松,樊太亮. 2008. 塔里木盆地寒武系—奥陶系泥质烃源岩发育的构造和沉积背景控制. 现代地质, 22(4):534~540.

袁苏杭,付金华,肖安成,孙六一,吴磊,包洪平,毛黎光,欧阳征键,徐波. 2014. 鄂尔多斯盆地奥陶纪中央古隆起水平迁移规律—来自于同沉积记录的证据. 浙江大学学报(理学版), 41(1):100~107.

翟明国,胡波,彭澎. 2014. 华北中—新元古代的岩浆作用与多期裂谷事件. 地学前缘, 21(1):100~119.

张光亚,刘伟,张磊,于炳松,李洪辉,张宝民,王黎栋. 2015. 塔里木

克拉通寒武纪—奥陶纪原型盆地、岩相古地理与油气. 地学前缘, 22(3):269~276.

张廷山,陈晓慧,姜照勇,胡东风,谢刚平,黄世伟,兰光志. 2008. 泸州古隆起对贵州赤水地区早、中三叠世沉积环境和相带展布的控制. 沉积学报, 26(4):583~592.

张宗命,贾承造. 1997. 塔里木克拉通盆地内古隆起及其找油气方向. 西安石油学院学报(自然科学版), 12(3):8~13+42+4.

赵靖舟,王清华,时保宏,秦胜飞,刘洪军,杨斌谊,曹青. 2007. 塔里木古生界克拉通盆地海相油气富集规律与古隆起控油气论. 石油与天然气地质, 28(6):703~712.

赵文智,汪泽成,张水昌,王红军. 2007. 中国叠合盆地深层海相油气成藏条件与富集区带. 科学通报, 52(S1):9~18.

邹才能,杜金虎,徐春春,汪泽成,张宝民,魏国齐,王铜山,姚根顺,邓胜徽,刘静江,周慧,徐安娜,杨智,姜华,谷志东. 2014. 四川盆地震旦系—寒武系特大型气田形成分布、资源潜力及勘探发现. 石油勘探与开发, 41(3):278~293.

The Activities of Paleo-uplifts and Distribution of Oil and Gas in Marine Craton Basins, China

SUN Dongsheng¹⁾, LI Shuangjian¹⁾, YUN Jinbiao²⁾, SUN Yipu¹⁾, SUN Runxuan³⁾

1) *Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing, 100083;*

2) *State Key Laboratory of Shale Oil and Gas Accumulation Mechanism and the Effective Development, Beijing, 100083;*

3) *School of Earth Sciences, China University of Petroleum, Beijing, 102249*

Abstract

Marine cratonic basins of China are characterized by old ages, small scale, multiple activities and poor stability. However, the paleouplifts in marine basins are relatively small in sizes but strong in activity. On the basis of geological structures and tectonic activities, paleouplifts have been divided into stable, inversion, migrated, sinked and dismembered types. Combined with the latest progress in oil and gas exploration, this study analyzed controlling effect of each uplift on hydrocarbon accumulation. Results show that oil and gas is mainly concentrated in the core and the slope sections of stable paleo-uplifts, in the slope and the hub areas of inversion paleouplift, the slope of migrated paleo-uplift. The sinked and dismembered paleo-uplifts play a minor role in oil and gas accumulation. With the exploration towards deeper field, the characteristics of "near source and excellent reservoir" are more obvious. The early short-term exposure of karst reservoir and multi period faulted belt on the slope of paleo-uplifts near source rocks is an important newly discovered area for oil and gas. The paleo-uplift and extensional trough superimposed parts have superior accumulation matching relationship, and become new hot spots for deep sequence oil and gas exploration. The Aman transition area of Tazhong and Tabei paleo-uplifts in the Tarim basin, the both sides of Proterozoic extensional groove under central paleo-uplift in the Ordos basin, and the both sides of Sinian-Cambrian extensional groove under central paleo-uplift in Sichuan basin are favorable areas for accumulation of superlarge or large oil and gas fields in deep marine strata.

Key words: Cratonic basin; paleouplift; slope; distribution of oil and gas; Tarim Basin; Sichuan basin; Ordos Basin