

库车坳陷古隆起与盐构造特征及控油气作用

汤良杰^{1,2)}, 余一欣^{1,2)}, 杨文静³⁾, 彭更新³⁾, 雷刚林³⁾, 马玉杰³⁾

1) 中国石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京, 102249

2) 中国石油大学盆地与油藏研究中心, 北京, 102249

3) 塔里木油田分公司勘探开发研究院, 新疆库尔勒, 841000

内容提要:依据钻井和地震资料,在库车坳陷识别出却勒、大北—吐北、克拉苏、依奇克里克和吐格尔明等古隆起以及盐枕、盐推覆、盐墙等盐构造。这些古隆起和盐构造主要分布于克拉苏—依奇克里克构造带和秋里塔格构造带,并都经历了复杂的形成演化过程,两者关系也非常密切。古隆起决定了盐构造的发育位置和形成过程,盐体一般在古隆起顶部发生聚集增厚,形成盐枕和盐墙构造,并在古隆起两翼盐体减薄处形成盐焊接和鱼尾构造等。古隆起和盐构造对库车地区的油气聚集分布起着重要的控制作用,古隆起的发育不仅有利于改善储层质量,其本身也是油气运移的优势指向区,巨厚膏盐层的存在也为油气聚集提供了极好的封盖作用。另外,古隆起和盐构造的叠加构造变形为油气聚集提供了丰富的构造圈闭和隐蔽圈闭,形成的断裂和不整合也构成了有效的油气输导体系。

关键词:古隆起;盐构造;基底断裂;油气成藏;库车坳陷

油气勘探实践表明,盆地中古隆起对油气田(特别是气田)的定位起着十分重要的作用。古隆起是油气聚集的主要场所,这已被认为是普遍规律(戴金星等,1997;邱中建等,1998)。在我国油气资源丰富的中西部盆地地区,发育有数量众多的古隆起,如塔里木盆地的塔北、巴楚和塔中古隆起(张宗命等,1997;徐旭辉,2004;张小兵等,2004;徐国强等,2006)、准噶尔盆地的车排子、陆梁和车莫古隆起(何登发等,2005;况军,2005)、柴达木盆地的南八仙—大红沟、马海古隆起(张敏等,2005)、四川盆地的开江、泸州和大兴古隆起(李晓清等,2001)、鄂尔多斯盆地的中央古隆起(任文军等,1999;黄建松等,2005)。古隆起对油气成藏的控制作用在一系列论著中也都得到了强调(杨俊杰,1991;康玉柱,1992;汤良杰,1996;何登发等,1996,1997)。

库车坳陷位于塔里木盆地北部南天山山前地区,是近年塔里木盆地油气勘探的主战场。随着油气勘探工作的深入,已经认识到库车坳陷发育有丰富的古隆起。此外,库车坳陷另一个较为显著的构造特点就是发育有丰富多样的盐构造,如盐枕、盐推覆构造等,

尤其是在克拉苏构造带和秋里塔格构造带。盐构造与油气资源的密切关系也已得到了全球范围内油气勘探实践的证实(Edgell,1996;Jackson,1996;Volozh et al.,2003;唐祥华,1990;马新华等,2000)。库车坳陷发育的古隆起和盐构造两者之间存在非常密切的关系,并都对油气分布起着重要的控制作用。本文主要利用钻井和地震资料分析古隆起和盐构造特征及其两者之间的形成演化关系,并进而分析两者对油气运移、聚集成藏的控制作用。

1 古隆起形成及分布特征

库车坳陷经历了复杂的构造变形过程,是一个典型的“再生”或“复活”前陆盆地(Lu et al.,1994;刘志宏等,2000)。由于剖面结构复杂,并经历了多期构造变形和剥蚀作用,对古隆起的确认存在一定难度。此外,与塔里木盆地台盆区发育的塔北和塔中等大型古隆起相比,库车坳陷发育的古隆起规模相对较小,幅度也不大,更加增添了通过地震剖面进行识别的难度。目前利用各种资料,在库车坳陷已发现的古隆起主要有却勒古隆起、大北—吐北古隆

注:本文为国家自然科学基金项目(编号 40672143、40472107)、国家“973”项目(编号 2005CB422107)和中国石油塔里木油田分公司项目(编号 41004050009)资助的成果。

收稿日期:2006-12-14;改回日期:2007-01-10;责任编辑:周健。

作者简介:汤良杰,男,1957年生,博士,构造地质学专业。现为中国石油大学(北京)盆地与油藏研究中心教授,博士生导师,主要从事盆地构造分析和石油地质研究。通讯地址:102249,北京市昌平区,中国石油大学盆地与油藏研究中心;Email: tanglj@cup.edu.cn。

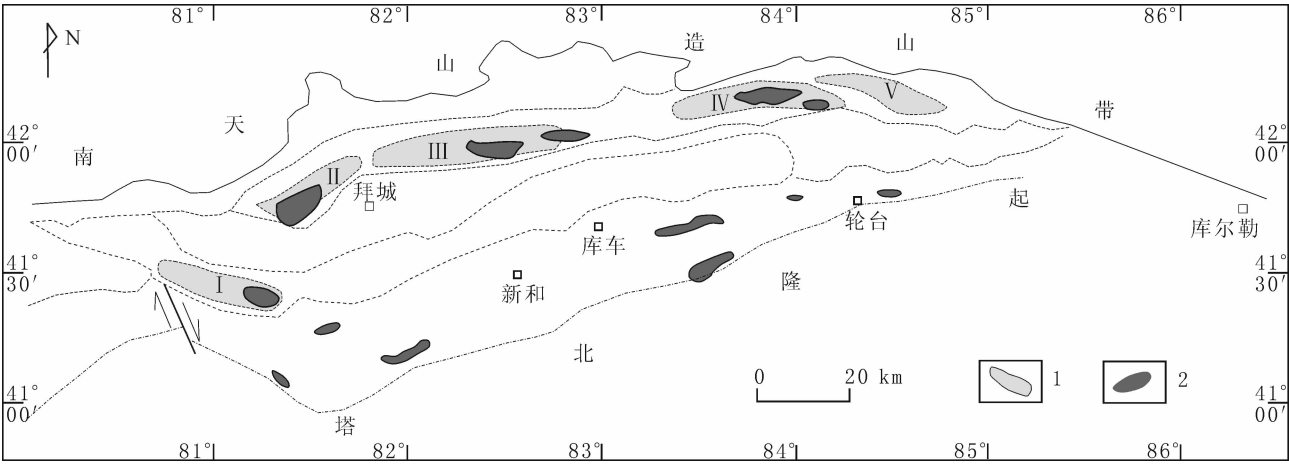


图 1 库车坳陷古隆起与主要油气田分布示意图

Fig. 1 Schematic map of paleo-uplifts and main oil and gas fields in the Kuqa depression

1—古隆起;2—油气田;I—却勒古隆起;II—大北—吐北古隆起;III—克拉苏古隆起;IV—依奇克里克古隆起;V—吐格尔明古隆起
1—Paleo-uplift; 2—oil and gas fields; I—Quele paleo-uplift; II—Dabei-Tubei paleo-uplift; III—Kelasu paleo-uplift;
IV—Yiqikelike paleo-uplift; V—Tugerming paleo-uplift

起、克拉苏古隆起、依奇克里克古隆起和吐格尔明古隆起等,而已发现的油气田也主要是位于这些古隆起区(图 1)。

1.1 却勒古隆起

却勒古隆起位于秋里塔格构造带西段却勒地区,在地震剖面上的表现较为明显(图 2)。此外,剩余重力和航磁研究结果也都证实了却勒古隆起的存在(何毅等^①)。从地震剖面可以看出,在古近系库姆格列木组(E_1-2 km)之下,白垩系厚度基本未发生变化,约为 200 m,表现出平铺特征。侏罗系已基本被剥蚀殆尽,有局部残留,且厚度较薄。古生代地层则是从羊塔克区带和拜城凹陷两侧向秋里塔格构造带逐渐减薄,明显表现出层层削截的特征。在古隆起中部,与白垩系直接相接触的地层是奥陶系。地层的相互接触关系表明,却勒古隆起雏形主要开始形成于加里东中期,在加里东晚期—印支期得到进一步发展,古隆起形态定型期则主要是燕山早期。在白垩系沉积初期,却勒古隆起就已经基本停止了隆升活动。

1.2 大北—吐北古隆起和克拉苏古隆起

大北—吐北古隆起和克拉苏古隆起均位于克拉苏构造带,前者呈北东向展布,与库车坳陷西北边界基本平行,而后者则呈近东西向展布。

钻井资料揭示,大北—吐北古隆起轴部的巴什基奇克组 I、II 段均被剥蚀, TB2 井钻遇的巴什基奇克组 III 段残留厚度为 63 m,而 DB1 井仅为 26.5 m。

古隆起北缘 TB1 井的巴什基奇克组 I 段被剥蚀,残留巴什基奇克组 II、III 段,厚 189.5 m。DB2 井钻遇的巴什基奇克组保存相对完整,厚 257 m,但其厚度小于克拉苏古隆起上巴什基奇克组的残留厚度(图 3)。说明大北—吐北古隆起的形成可能具有继承性,且燕山末期隆升幅度较高(孙东胜,2003)。古近系库姆格列木组则是不整合覆盖于古隆起之上。

与大北—吐北古隆起相比,克拉苏古隆起的隆升幅度有所降低。除 KC1 井巴什基奇克组 I 段被完全剥蚀外,其余各井仅巴什基奇克组 I 段存在不同程度的剥蚀。KL1 井钻遇的巴什基奇克组 I 段残留厚度最小,为 21.5 m,其次是 KL203 井和 KL3 井,残留厚度分别为 57.5 m 和 61 m(图 3)。由此可见,克拉苏古隆起上也存在一系列构造高点,并由西向东降低(图 3)。古隆起上, KC1 和 KL1 巴什基奇克组厚度较小,分别为 252 m 及 261 m,其余各井钻遇的巴什基奇克组残留厚度一般在 322.5~396.5 m 之间。

在过大北—吐北古隆起和克拉苏古隆起的地震剖面上,古近系与中生界的分界面(T_8 反射界面)表现出不同的反射特征。在大北—吐北古隆起地区, T_8 反射界面呈明显丘状强反射,内部隐约可见削截反射特征(图 4a)。在克拉苏古隆起, T_8 反射层则表现为连续且平滑的强反射界面,具有构造剥蚀界面的特征(孙冬胜,2003)(图 4b)。

1.3 依奇克里克古隆起和吐格尔明古隆起

依奇克里克古隆起和吐格尔明古隆起的分布范

围与现今依奇克里克背斜和吐格尔明背斜的位置大致相同。依奇克里克和吐格尔明古隆起分别呈近东西向和北西向展布(图5)。

在依奇克里克古隆起地区,古近系库姆格列木组不整合覆盖在下白垩统舒善河组之上(图5)。与邻区古隆起相比,依奇克里克古隆起上缺失了巴什基奇克组及巴西盖组,说明古隆起形成于燕山末期。YS4井古近系苏维依组直接与侏罗系齐古组相接触,中间缺失了库姆格列木组和白垩系。

吐格尔明古隆起地区的地层接触关系则比较复杂。古隆起南侧,古近系苏维依组直接覆盖在中侏罗统恰克马克组之上,而北侧是古近系苏维依组覆盖在下白垩统舒善河组之上(图5)。MN1井揭示,新近系吉迪克组直接覆盖在中侏罗统克孜勒努尔组之上。依据地层的约束关系,可以判断这次构造运动发生在燕山末期(孙冬胜,2003)。南部地层之间的接触关系反映其剥蚀强度大,说明隆起的构造高点在南部,尤其是阳霞煤矿一带,一直延续至新近系吉迪克组才开始接受沉积。

2 主要盐构造特征

目前已根据野外露头、钻井和地震资料等,在库车坳陷识别出盐枕、盐推覆、盐墙、盐焊接和鱼尾等盐构造类型(汤良杰等,2003a,2003b,2004;余一欣等,2005a,2005b)。这些盐构造的形成都与古近系库姆格列木组和新近系吉迪克组膏盐层的塑性流动变形密切相关。

盐枕构造是库车坳陷最为发育的一类盐构造,可分为稳态盐枕(秋里塔格盐枕)、非稳态盐枕(大宛齐盐枕)和残留盐枕(克拉苏盐枕)三类(汤良杰等,2003a)。秋里塔格构造带西段却勒地区发育的稳态盐枕,在地震剖面上呈ENE向延伸60 km以上,宽10~20 km,长宽比约为5:1。这种盐枕构造底平上凸,其滑脱面为古近系库姆格列木组膏盐层底面,盐枕内部由库姆格列木组膏盐层充填。在挤压应力和沉积差异负载作用下,盐体向背斜核部流动,盐体上涌形成盐拱。盐枕中心部位膏盐层厚度较大,最厚可达4000 m以上,往两侧迅速减薄。盐上为被断层复杂化,但形态还相对完整的宽缓背斜,盐刺穿特征并不明显(图6a、c)。

盐推覆构造主要形成于秋里塔格构造带南侧山前地区,沿ENE方向延伸200 km以上。野外地质调查也发现,该地区盐体大量出露地表,在雨水淋滤、冲刷作用下,形成盐冰川、盐河和盐溶洞等多种

地表盐构造样式。盐推覆构造前缘由库姆格列木组膏盐层组成,逆冲断层断面北倾,倾角较缓。滑脱逆冲断层之上的推覆体由库姆格列木组、苏维依组、吉迪克组、康村组和库车组组成,下盘为库姆格列木组膏盐层充填的盐核背斜(图6a)。上覆层产状与滑脱断层基本平行,膏盐层则沿逆冲断层形成薄板状分布的外来盐席(图6a)。

盐墙主要发育在秋里塔格构造带中段西秋地区,在地震剖面上表现为顶部下凹,底部凹凸不平(图3b)。沿ENE向延伸近40 km,宽约为20 km,长宽比约为2:1。盐墙中部库姆格列木组膏盐层最厚可达4400 m,顶部下凹部位与地表南、北秋里塔格背斜之间的谷地基本对应,盐体刺穿特征较盐枕构造更加明显。在盐墙两侧,库姆格列木组顶面发育有两条滑脱断层。上覆层受其影响,发生远距离滑脱逆冲变形,分别在地表山系南、北两侧形成倒转背斜和断层传播褶皱(图6b)。

由于膏盐层塑性流动而形成的鱼尾和盐焊接等现象在地震剖面上也表现得十分明显(图6a、c)。鱼尾构造一般位于盐枕或盐墙构造的两侧盐体急剧减薄处,形似鱼尾(图6c)。由于盐体朝某一特定方向发生塑性流动,如果原地盐体被运移殆尽的话,则原先被盐层分割的上覆层和下伏层就会焊接在一起,形成盐焊接构造(图6a)。

3 古隆起与盐构造形成演化关系

目前的研究已经证实,基底古隆起和基底断裂对上覆盐构造的形成与演化具有重要的控制作用(Richard,1991;Koyi et al.,1993a,1993b;Stewart et al.,1996;Larsen et al.,2002)。基底古隆起和基底断裂可以决定盐构造的发育位置和形成过程(Koyi et al.,1993b),反过来盐构造也可以影响基底断裂的运动方式(Stewart et al.,1996)。

在库车坳陷,基底古隆起和基底断裂与上覆盐构造的发育也存在密切关系(余一欣等,2006)。如图2所示,却勒地区白垩系底界为区域性角度不整合面,其下伏古生界从拜城凹陷和羊塔克区带两侧向秋里塔格构造带逐渐上倾尖灭,与白垩系呈削截关系,前古近系基底总体表现为两侧受逆冲断裂控制的古隆起形态。古隆起内部还发育有丰富的逆冲断裂,其走向与地表秋里塔格山的走向基本一致,均为ENE。断裂倾向主要为NNW和SSE,断距大多在100~400 m之间,规模大小不等,延伸长度最短的约为10 km,最长的可达110 km。

盐体一般在古隆起顶部聚集增厚,形成盐枕和盐墙构造,而在盐层厚度向两侧拜城凹陷和羊塔克区带急剧减薄的区域一般都发育有基底先存断裂(图 2、6)。基底断裂、古隆起和盐构造三者之间的这种相关性是具有一定成因联系的。基底断裂的活动可以在上覆层中产生弱势区,有利于盐体侵入作用的发生。并随着沉积活动的进行,基底断裂的活动还导致在拜城凹陷中产生沉积差异负载作用,促使盐体向古隆起顶部流动,发生聚集增厚,形成盐枕构造(图 2)。

此外,南秋里塔格山山前地区发育的盐推覆构造受沿库姆格列木组膏盐层顶面发生远距离推覆和滑脱的大型逆冲断裂控制。在该大型逆冲断裂带下部断坪和断坡转折处,其盐下往往出现一个受古隆起翼部基底断裂控制的断坡。该断坡的存在对盐推覆构造的形成具有重要意义。盐体在流动过程中受断坡阻挡,部分盐体的运移方向就会发生转变,向上流动形成逆冲断层和滑脱带,最终演化成为盐推覆构造。

4 古隆起与盐构造控油气作用

前已述及,古隆起和盐构造都与油气聚集成藏有着十分密切的联系。在库车地区,古隆起与盐构造对油气聚集成藏的控制作用主要体现在:①古隆起有利于优质储层的发育;②古隆起是油气运移的指向区;③古隆起和盐构造的叠加构造变形为油气聚集提供了丰富的构造圈闭和隐蔽圈闭;④古隆起和盐构造运动形成的断裂和不整合构成了有效的油气输导体系;⑤巨厚膏盐层的存在为油气聚集提供了极好的封盖作用。

古隆起的沉降和隆升过程控制着沉积岩相的分布,从而影响着储集层的发育。库车坳陷主要的储集层是古近系库姆格列木组底砾岩和下白垩统巴什基奇克组。却勒、克拉苏等古隆起的发育影响了古隆起顶部巴什基奇克组的沉积过程和厚度展布特征。古隆起发育过程中伴随着的褶皱和断裂活动往往也能改善储集层性能。物性分析表明,克拉 2 气田巴什基奇克组Ⅲ段砂岩物性较上部差,Ⅱ段砂岩孔隙度平均在 $12.7\% \sim 15.6\%$ 之间,渗透率平均分布在 $59.2 \times 10^{-3} \sim 115.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间;巴什基奇克组Ⅰ段砂岩孔隙度平均为 13.6% ,渗透率分布范围广,在 $0.021 \times 10^{-3} \sim 241 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间。巴什基奇克组Ⅰ、Ⅱ段砂岩物性条件非常好,反映了古隆起上的淋滤或渗流作用对储层物性的改善作用(孙

冬胜,2003)。

油气在浮力、毛细管力、水动力、构造应力及深部异常压力作用下向浅层发生运移,其中古隆起是油气运聚的首选目标。这一方面与古隆起多为低势区和发育良好的储集砂体及圈闭条件有关。另外,古隆起上发育较多的不整合面,并且古隆起的形成往往伴随断裂构造,具备油气运聚的优势通道。

库车坳陷盐下层、盐层和盐上层在空间上具有三层结构特点,这三层结构既互相联系,又各具特色。古隆起和盐构造的叠加构造变形为油气聚集提供了丰富的构造圈闭和隐蔽圈闭,如盐下层主要发育背冲断块圈闭(突起构造)、断坡背斜圈闭和逆冲断层遮挡圈闭等,在古隆起核部还可能发育有地层剥蚀尖灭圈闭和古潜山圈闭等,盐层内部间互发育的砂岩层由于盐层的塑性流动变形可能会形成断褶构造圈闭和地层圈闭,盐上层则可能发育背斜、断背斜圈闭和逆冲断层遮挡圈闭等。

库车坳陷的主力烃源岩是三叠系—侏罗系煤系地层烃源岩,拜城凹陷是主力烃源岩区。在古隆起和盐构造形成过程中发育的丰富断裂体系和不整合构成了油气长距离运移聚集的输导体系。断裂可成为油气发生垂向运移的主要通道,而不整合则是油气发生侧向长距离运移的主要通道之一。拜城凹陷生成的油气被排出,经过不整合面进行长距离运移,可进入秋里塔格构造带或克拉苏构造带聚集成藏,最远可进入羊塔克区带聚集成藏。

巨厚岩盐盖层的发育则是形成大型油气田的最关键要素。库车坳陷内目前发现的最大气田克拉 2 气田就是以库姆格列木组膏盐层为盖层的。库车坳陷古近系库姆格列木组和新近系吉迪克组膏盐层具有致密、分布范围广等特点,既可以使早期构造圈闭免遭后期构造作用的破坏,也可以为油气聚集提供优质的区域性盖层。

5 结论

库车坳陷在克拉苏—依奇克里克构造带和秋里塔格构造带发育有大北—吐北、克拉苏、依奇克里克、吐格尔明和却勒等古隆起。这些古隆起都经历了复杂的形成演化过程,并影响了地层的沉积过程与展布特征。古近系库姆格列木组和新近系吉迪克组膏盐层的塑性流动也形成了盐枕、盐推覆、盐墙等各类盐构造。古隆起和盐构造两者之间存在密切的形成演化关系,古隆起决定了盐构造的发育位置和形成过程,盐体一般在古隆起顶部发生聚集增厚,形

成盐枕和盐墙构造,并在古隆起两翼盐体减薄处形成盐焊接和鱼尾构造等。

古隆起和盐构造对库车地区的油气聚集分布起着重要的控制作用。古隆起的发育可改善储层物性,有利于优质储层的发育,而且古隆起区本身也是油气运移的优势指向区。古隆起和盐构造的叠加构造变形为油气聚集提供了丰富的构造圈闭和隐蔽圈闭,构造变形过程中形成的丰富断裂系和不整合也可成为油气运移的优势通道。另外,巨厚膏盐层的存在也为油气聚集提供了极好的封盖作用,这也是库车坳陷能形成克拉 2 等大型油气田的最关键要素。

致谢:本文撰写过程中得到了马宗晋院士、贾承造院士、张一伟教授、金之钧教授、刘和甫教授、王清晨教授、吕修祥教授和张光亚博士的指导和鼓励,日本九州大学工学部应用地质研究室 Koichiro Watanabe 教授和曾南石博士参加了野外地质考察并对有关盐构造问题进行了有益的讨论,一并致以深切谢意。

注 释

① 何毅,杨高印. 2000. 库车坳陷中秋里塔格、黑英山、野云沟地区高精度重磁勘探成果报告. 塔里木油田分公司内部报告。

参 考 文 献

戴金星,王庭斌,宋岩. 1997. 中国大中型天然气田形成条件与分布规律. 北京:地质出版社,66~78.

何登发,李德生. 1996. 塔里木盆地构造演化与油气聚集. 北京:地质出版社,154~162.

何登发,谢晓安. 1997. 中国克拉通盆地中央隆起与油气聚集. 勘探家,2(2): 11~19.

何登发,翟光明,况军,张义杰,石昕. 2005. 准噶尔盆地古隆起的分布与基本特征. 地质科学,40(2): 248~261.

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.

康玉柱. 1992. 塔里木盆地古生代海相油气田. 武汉:中国地质大学出版社,158~160.

况军. 2005. 准噶尔盆地古隆起与油气勘探方向. 新疆石油地质,26(5): 502~509.

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.

刘志宏,卢华复,李西建,贾承造,雷刚林,陈楚铭,王国强,范湘涛. 2000. 库车再生前陆盆地的构造演化. 地质科学,35(4): 482~492.

马新华,华爱刚,李景明,姚建军. 2000. 含盐油气盆地. 北京:石油工业出版社,1~111.

邱中建,张一伟,李国玉. 1998. 田吉兹·尤罗勃钦碳酸盐岩油气田石油地质考察及对塔里木盆地寻找的启示和建议. 海相油气地质,3(1): 49~56.

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): 191~

196.

孙冬胜. 2003. 库车前陆盆地大中型气田成藏主控因素研究. 北京:石油大学(北京)博士后研究报告.

汤良杰. 1996. 塔里木盆地演化与构造样式. 北京:地质出版社,114~119.

汤良杰,贾承造,金之钧,皮学军,陈书平,谢会文. 2003a. 库车前陆褶皱带中段第三系盐枕构造. 地质科学,38(3): 281~290.

汤良杰,贾承造,皮学军,陈书平,王子煜,谢会文. 2003b. 库车前陆褶皱带盐相关构造样式. 中国科学(D辑),33(1): 38~46.

汤良杰,金之钧,贾承造,皮学军,陈书平,谢会文,王子煜. 2004. 库车前陆褶皱—冲断带前缘大型盐推覆构造. 地质学报,78(1): 17~25.

唐祥华. 1990. 世界含盐油气盆地中的油气资源. 中国地质,24(7): 27~28.

徐国强,刘树根,李国蓉,武恒志,闫相宾. 2006. 塔中、塔北古隆起形成演化及油气地质条件对比. 石油与天然气地质,26(1): 114~119.

徐旭辉. 2004. 塔里木盆地古隆起的形成和油气控制. 同济大学学报,32(4): 461~465.

杨俊杰. 1991. 陕甘宁盆地地下古生界天然气的发现. 天然气工业,11(2): 1~6.

余一欣,汤良杰,王清华,杨文静,彭更新,雷刚林. 2005a. 受盐层影响的前陆褶皱—冲断带构造特征分析——以库车秋立塔克构造带为例. 石油学报,26(4): 1~4.

余一欣,汤良杰,王清华,杨文静,彭更新,雷刚林. 2005b. 库车坳陷盐构造与相关成藏模式. 煤田地质与勘探,33(6): 5~9.

余一欣,汤良杰,李京昌,杨文静,金文正,彭更新,雷刚林,万桂梅. 2006. 库车前陆褶皱—冲断带基底断裂对盐构造形成的影响. 地质学报,80(3): 330~336.

张敏,尹成明,陈琰. 2005. 柴达木盆地北缘含油气系统与油气勘探方向. 沉积学报,23(1): 143~149.

张小兵,赵锡奎. 2004. 塔里木盆地塔中隆起构造演化与油气关系. 沉积与特提斯地质,24(2): 70~75.

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,12(3): 8~13.

Edgell H S. 1996. Salt tectonics in the Persian Gulf Basins. In: Alsop G I, Blundell D G, Davison I, ed. Salt Tectonics. Geological Society Special Publication No. 100, 129~151.

Jackson M P A. 1996. Retrospective salt tectonics. In: Jackson M P A, Roberts D G, Snelson S, ed. Salt Tectonics: A Global Perspective. AAPG Memoir 65, 1~28.

Koyi H, Jenyon M K, Petersen K. 1993a. The effect of basement faulting on diapirism. Journal of Petroleum Geology, 16(3): 285~312.

Koyi H, Petersen K. 1993b. Influence of basement faults on the development of salt structures in the Danish Basin. Marine and Petroleum Geology, 10(4): 82~93.

Larsen B D, Avraham Z B, Shulman H. 2002. Fault and salt tectonics in the southern Dead Sea basin. Tectonophysics, 346(1~2): 71~90.

Lu Huafu, Howell D G, Jia D. 1994. Rejuvenation of the Kuqa foreland basin, north flank of Tarim basin, northwest China. International Geological Review, 36(12): 1151~1158.

Richard P. 1991. Experiments on faulting in a two-layer cover sequence overlying a reactivated basement fault with oblique-

slip. *Journal of Structural Geology*, 13(4): 459~469.

Stewart S A, Harvey M J, Otto S C, Weston P J. 1996. Influence of salt on fault geometry; examples from the UK salt basins. In: Alsop G I, Blundell D G, Davison I, ed. *Salt tectonics*. Geological Society Special Publication No. 100, 175~202.

Volozh V, Talbot C, Zadeh A I. 2003. Salt structures and hydrocarbons in the Pricaspian basin. *AAPG Bulletin*, 87(2): 313~334.

Paleo-Uplifts and Salt Structures and Their Influence on Hydrocarbon Accumulations in the Kuqa Depression

TANG Liangjie^{1, 2)}, YU Yixin^{1, 2)}, YANG Wenjing³⁾, PENG Gengxin³⁾, LEI Ganglin³⁾, MA Yujie³⁾

- 1) *Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation, Ministry of Education, Beijing, 102249*
- 2) *Basin & Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing, 102249*
- 3) *Research Institute of Tarim Oilfield, Korla, Xinjiang, 840000*

Abstract

Based on well and seismic data, some paleo-uplifts and salt structures have been identified in the Kuqa depression. The Quele, Dabei-Tubei, Kelasu, Yiqikelike and Tugerming paleo-uplifts are located in the Kelasu-Yiqikelike and Qiulitage structural belt, as well as salt pillows, salt nappes and salt walls. The development of salt structures has very close relationships to the paleo-uplifts because the paleo-uplifts exerted important influences on the spatial distribution of salt thickness. Usually, salt bodies thickened on the middle top of basement paleo-uplifts and then formed salt pillows and salt walls, yet salt-weld and salt-fish structures commonly developed in the regions adjacent to the limbs of the paleo-uplifts where the salt thickness obviously declined, resulting from the viscous flowage of salt. In the Kuqa depression, the basement paleo-uplifts and salt structures have governed the hydrocarbon accumulations in that the paleo-uplifts can improve the reservoirs, can be the favorable areas for hydrocarbon migration and thick halite layers also afford very good seals for hydrocarbon preservation. In addition, the structural distortion of paleo-uplifts and salt structures formed many structural and subtle traps, and the faults and unconformities can form good hydrocarbon pathway systems.

Key words: paleo-uplift; salt structure; basement fault; hydrocarbon accumulation; Kuqa depression