

文章编号: 1000 0747(2007) 03 0299 05

塔里木盆地于奇地区奥陶系碳酸盐岩 成藏条件及成藏模式

旷理雄¹, 郭建华¹, 黄太柱², 肖秋苟³

(1. 中南大学地学与环境工程学院; 2. 中国石化西北分公司研究院; 3. 中国石化中南分公司研究院)

基金项目: 中国石化股份有限公司科技项目“塔里木盆地于奇地区油气成藏特征及目标评价研究”(P05009)

摘要: 塔里木盆地阿克库勒凸起北部于奇地区是塔河油区外围重要的油气勘探区。以成盆、成烃和成藏理论为指导, 应用盆地分析、储集层预测、荧光薄片及流体包裹体分析等技术和方法, 综合研究分析了于奇地区中、下奥陶统鹰山组(O₁₊₂y)碳酸盐岩油气成藏条件, 建立了油气成藏演化模式。研究结果表明, 区内油源主要来自阿克库勒凸起南部寒武系一下奥陶统烃源岩, 油源充足, 资源潜力较大; O₁₊₂y 储集层类型为洞穴型、裂缝-孔洞复合型 and 裂缝型, 储集层物性中等, 最有利的储集层分布区位于YQ3井-S104井一带, 盖层的区域封盖和直接封盖能力较好, 但海西晚期构造运动对本区油气保存影响最大。于奇地区至少有4个油气注入成藏期, 其中最重要的油气注入期为海西晚期和喜马拉雅期; 成藏模式为自烃源区侧向排烃、多期成藏, 其演化经历了4个阶段。图4表1参13

关键词: 奥陶系碳酸盐岩; 油气成藏; 荧光薄片; 流体包裹体; 成藏模式; 阿克库勒凸起; 塔里木盆地北部

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

Petroleum accumulation in Ordovician carbonate rocks of Yuqi region in Akekule uplift, Tarim Basin

KUANG Li xiong¹, GUO Jian hua¹, HUANG Tai zhu², XIAO Qiu gou³

(1. School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, China; 2. Institute of Petroleum Exploration and Development, Sinopec Northwest Branch Company, Urumqi 830011, China; 3. Institute of Petroleum Exploration and Development, Sinopec Mid south Branch Company, Changsha 410007, China)

Abstract: The Yuqi Block is an important oil and gas exploration play in the Akekule uplift. The hydrocarbon accumulating conditions in the Yingshan Formation are studied and the accumulation model is established using the techniques of basin analysis, reservoir prediction, fluorescence thin section and fluid inclusion. The oil and gas in the Yuqi Block come from the Cambrian to Lower Ordovician source rocks in the southern Akekule uplift. Yingshan Formation reservoirs are of cave, fracture pore and fracture types, and their physical properties are intermediate. The seal conditions of Lower Carboniferous mudstones are fair, but the late Hercynian structural event is the most important influence element on petroleum preservation. There are at least four oil/gas charges in the Yingshan Formation, and the most important charge periods are Late Hercynian and Himalayan (Cenozoic). The accumulation model is lateral expulsion of hydrocarbon and multistage accumulation, and the evolution has four stages.

Key words: Ordovician carbonate; petroleum accumulation; fluorescence thin section; fluid inclusion; accumulation model; Akekule uplift; northern Tarim Basin

1 区域概况

于奇地区位于塔里木盆地北部沙雅隆起中段的阿克库勒凸起北部, 西邻哈拉哈塘凹陷, 东接草湖凹陷, 北与雅克拉断凸相接, 南邻塔河油区主体, 面积约2348 km² (见图1)。

阿克库勒凸起南部为塔河油区, 发现了塔河1号、塔河2号、塔河3号、塔河4号、塔河5号、塔河6号等一批油气田和一批有利含油气构造, 储量超亿吨, 其主力产层为奥陶系碳酸盐岩。

于奇地区勘探程度相对较低, 1985—1995年曾开展二维地震勘探, 测网密度4 km×4 km至4 km×2 km, 局部达2 km×2 km, 钻井7口。受资料精度及认识程度的限制, 已往有关油气成藏条件及目标评价工作集中于塔河油区^[1-8], 于奇地区研究很少。2004—2005年, 于奇地区进行了三维地震勘探(面积1548.94 km²), 钻井4口, 在三叠系和奥陶系分别获得了油气勘探突破和良好油气显示, 证实为较好的含油气区块。

本文应用盆地分析、储集层预测与评价、荧光薄片分析以及流体包裹体分析等方法^[9-11], 综合研究分析于

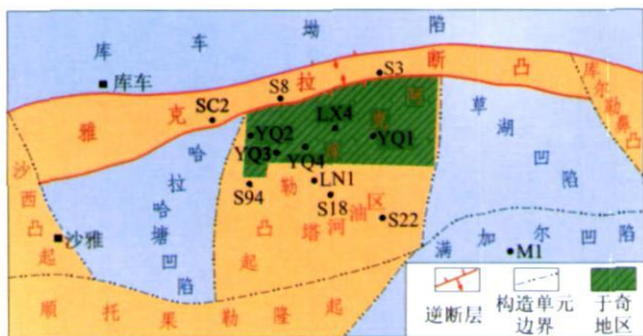


图1 塔里木盆地阿克库勒凸起北部于奇地区构造位置图

奇地区油气成藏条件,建立油气成藏演化模式。

2 油源条件

前人大量研究^[1]证明,阿克库勒凸起主要烃源岩为寒武系一下奥陶统较好至好级别的烃源岩,且主要分布于满加尔凹陷区、凸起的过渡斜坡带及凸起本身。对比分析于奇地区 YQ4 井与塔河油区数口井原油的轻烃指纹、原油碳同位素、生物标记化合物组成及构型,结果表明,无论是全油还是族组成的碳同位素,差异均不大(见表1),表明它们同油源,均来源于寒武系一下奥陶统海相腐泥型烃源岩。

表1 YQ4 井及塔河油区原油的碳同位素分布对比

地区	全油碳同位素(‰)	原油族组成的碳同位素(‰)			
		饱和烃	芳烃	非烃	沥青质
YQ4 井	-31.75	-32.02	-31.54	-31.65	-30.34
塔河油区	-35~ -30	-32.77~ -31.2	-32.24~ -30.19	-32.33~ -30.53	-32.85~ -30.39

据2003年俞仁连等研究成果^[12],于奇地区资源总量为5.5亿t油当量,其中油5.1亿t,气4000亿m³。从层位分布来看,中、下奥陶统鹰山组(O_{1+2y})油、气分别占该地区总资源量的98%和85%。因此,于奇地区O_{1+2y}的资源潜力较大,是塔河油区寻找新储量的接替区之一。

3 碳酸盐岩储集层特征

3.1 储集层岩石学特征

依据多口井的岩心观察及岩石薄片分析结果,于奇地区O_{1+2y}储集层的主要岩石类型是泥晶灰岩、砂屑灰岩、云质灰岩、结晶灰岩、灰质白云岩、白云岩及岩溶岩,其他岩类储集层均发育欠佳。其中,泥晶灰岩、砂屑灰岩发育最好,分布最广,出现频率分别为43.7%和28.8%,是O_{1+2y}的2种主要岩石类型;其次为白云岩,出现频率为12.8%,厚度虽较大却分布局限,仅见

于YQ2井区一带;再次为岩溶岩类,出现频率为6%,虽厚度不大,但在于奇地区西部分布较广。由于碳酸盐岩对成岩作用十分敏感,加上本区经历了多期重大构造变动,因而储集层经历了多期次、多种成岩作用的叠加改造,其中,最主要的成岩作用为胶结、压溶、白云岩化、重结晶、溶蚀、破裂、充填等。上述成岩作用在很大程度上控制着本区O_{1+2y}碳酸盐岩储集层的性质。

3.2 储集层类型、物性特征及分布规律

3.2.1 储集层类型

于奇地区碳酸盐岩储集层可归纳为3种基本类型:①洞穴型,是最好的一类储集层,邻区经钻探常获高产油气流。于奇地区西部斜坡区洞穴型储集层普遍发育,但充填相当严重,洞穴有效性差;东部因探井较少,还未发现洞穴型储集层。②裂缝孔洞复合型,属于较好的一类储集层。例如,于奇地区西部YQ3井岩心中的小型裂缝十分发育,镜下鉴定溶蚀孔隙也比较发育,裂缝和溶孔均被沥青和重质原油充填,具油迹—油斑显示,是较好的储集层。于奇地区东部海西晚期断裂十分发育,地震剖面上与断裂有关的各种杂乱反射显示较多,推测可能发育裂缝孔洞型储集层。③裂缝型,属于相对较差的储集层。于奇地区裂缝型储集层比较发育,如YQ4井一些岩心中裂缝密度可达14条/m。

3.2.2 储集层物性特征

根据于奇地区5口探井16个O_{1+2y}储集层全直径岩心样品分析,孔隙度为1.1%~8.2%(平均2.85%),渗透率为0.005~6.24mD(平均0.5436mD)。这些样品主要反映了碳酸盐岩储集层基质和一部分小型缝、洞的物性特征,具有一定代表性。根据塔里木盆地碳酸盐岩储集层评价标准,本区O_{1+2y}储集层物性条件中等。其中,储集性能相对较好的有2类:一类为与白云岩化有关的颗粒灰岩或砂屑灰岩,岩心中缝合线及小型裂缝发育,镜下发现溶孔也比较发育,为裂缝孔洞复合型储集层,孔隙度和渗透率都相对较大;另一类与岩溶洞穴密切相关。两者因溶蚀缝较发育,一定程度上改善了储集层物性。

3.2.3 储集层分布规律

依据O_{1+2y}岩溶储集层的平面展布特征,并结合钻井、测井、测试等资料,于奇地区O_{1+2y}储集层分布规律如图2所示。

①I类储集层:主要分布在西部YQ3井—S104井一带。该区位于古岩溶地貌的中部缓坡小区,断裂和残丘构造比较发育,十分有利于岩溶作用发育。地震储集层预测结果属于I类储集层的主要发育地带,测井解释本区也发育有I、II、III类储集层。该区油气显

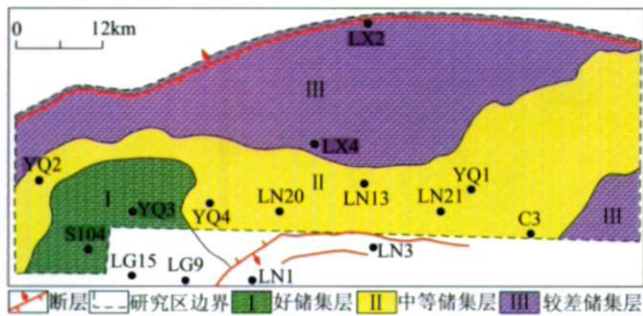


图2 于奇地区 O_{1+2y} 储集层综合评价

示良好,如 YQ3 井和 S104 井都在 O_{1+2y} 中见到多处油迹、油斑显示。

② II 类储集层: 主要位于本区中南部 YQ2 井—YQ4 井—LN13 井—YQ1 井一带。该区位于古岩溶地貌的岩溶斜坡区,局部地区断裂和残丘构造比较发育,比较有利于岩溶作用发育。地震储集层预测结果,该区内发育有 I、II、III 类储集层,测井也解释该区发育有 II、II 类储集层。不利之处是该区充填作用较严重,油气显示也比较微弱。

③ III 类储集层: 主要分布在于奇地区北部,其次为东南部的边缘地带。于奇地区北部在海西运动早期曾长期裸露地表,遭受风化剥蚀,比较有利于地表和渗流带的岩溶作用;不利之处是地处岩溶高地(北部)与岩溶谷地(东南部),不利于岩溶缝洞型储集层的发育且充填严重,地震储集层预测结果,该区为缝洞型储集层欠发育区。如 LX4 井 O_{1+2y} 钻遇较好的天然气显示,曾遇 2 次后效气侵,槽面气泡密集达 40%~100%,点火可燃,持续 40min 以上,但经中途测试为含气水层。

4 保存条件及储盖组合

4.1 储盖组合

于奇地区的区域盖层为下石炭统巴楚组下泥岩段(C_{1b2}) + 双峰灰岩段(C_{1b3}) + 卡拉沙依组上泥岩段(C_{1kl1}),储集层主要为 O_{1+2y} 岩溶缝洞型白云岩、灰岩,构成下储上盖式储盖组合($C_{1b2+3} + C_{1kl1}$ 盖, O_{1+2y} 储)。此外,还存在以 O_{1+2y} 缝洞储集体为储集层、以缝洞储集体周围的 O_{1+2y} 致密灰岩为封盖层的 O_{1+2y} 内幕储盖组合(O_{1+2y} 盖, O_{1+2y} 储)。

从储盖组合配置来看,于奇地区中南部储盖组合相对较好,如 YQ3 井—YQ4 井一带,北部储盖组合差,如 LX4 井区。

4.2 盖层

于奇地区区域盖层 $C_{1b2+3} + C_{1kl1}$ 的泥岩在其南部(LX4 井以南)较厚,一般为 100~200m,占该套地层厚度的 90% 以上。如于奇地区西部 YQ2 井该套地层泥

岩最大单层厚度为 55.0m,累计厚 153m,占该套地层厚度的 97%;中部 YQ4 井 $C_{1b2+3} + C_{1kl1}$ 全为泥岩,单层最厚 58m,累计厚 224.5m;东部 YQ1 井 C_{1b2+3} 泥岩单层最厚 35m,累计厚 173.0m,占 C_{1b2+3} 厚度的 98%。而于奇地区北部的盖层厚度小于 50m,至 LX4 井以北因构造抬升时间长,地层剥蚀严重,石炭系已剥蚀完,三叠系砂砾岩直接覆盖在 O_{1+2y} 之上。

本区区域盖层岩性与塔河油区主体相似,主要为潮坪相沉积。根据塔河油区主体巴楚组盖层物性及突破压力分析结果, I 类盖层样品占 25%, II 类盖层样品占 62.5%,属于很好的区域性盖层。据此推测,于奇大部分地区的区域盖层条件也应该较好。

4.3 海西晚期运动对本区油气保存条件影响

二叠纪末的海西晚期运动对于奇地区有重大影响的一次构造运动,对本区油气保存条件影响较大。它使于奇地区上石炭统及二叠系被剥蚀殆尽,下石炭统也受到不同程度的剥蚀,北部(LX4 井以北)下石炭统全部剥蚀;南部(LX4 井以南)残留厚度一般 250~300m,成藏封闭系统未受严重破坏,下奥陶统油藏可能得以保存。但是,本区及邻区存在自北东流向南西方向的大气淡水,使本区及邻区下奥陶统原油遭到一定程度的水洗氧化、生物降解,成为重质油区。如 YQ3 井 O_{1+2y} 原油密度为 $0.9401g/cm^3$,黏度 $1710.28mPa \cdot s$,属于典型的重质和超重质原油。

印支—燕山期,随着中生界巨厚砂泥岩的沉积,于奇地区及邻区区域性封闭系统得以重建,该期及海西晚期形成的油气藏得以较好保存。

5 圈闭条件

根据三维地震剖面,本区西部 O_{1+2y} 顶面整体为向南西缓倾的单斜构造,东部为向南东陡倾的单斜构造。通过对 O_{1+2y} 顶面构造精细解释与分析,本区奥陶系比较醒目的构造形迹是断裂和残丘,二者常紧密相伴,构成区内的次级断裂残丘构造带。次级构造带内构造相对平缓的地段和次级构造带之间较广地区的地貌形态一般为低丘缓坡,水流比较分散,地表停滞时间较长,流速相对缓慢,携带泥砂较少,具有发育不规则块状岩溶缝洞型储集体的有利条件,因此,该区的圈闭类型整体为岩溶缝洞型及地层不整合岩溶缝洞型,并在其上发育一些次级的残丘圈闭以及断鼻和背斜圈闭。

6 成藏模式

6.1 油气充注期次分析

阿克库勒凸起是长期继承性发展的古凸起。根据

流体势分析,于奇地区及塔河地区均为大片的相对油气低势区,而南部油源区为相对油气高势区,说明于奇地区及塔河地区一直处于烃源区生成的油气运移的指向区,不同地史时期所生成的油气沿寒武系以上的不整合面、断裂及裂缝系统等输导体系持续向于奇地区运移,聚集成藏。下面根据于奇地区储集层流体包裹体均一温度测试结果以及邻区 S94 井储集层荧光薄片资料,对本区油气成藏时期和期次进行分析。

6.1.1 储集层荧光沥青特征与油气注入时期和期次

据于奇邻区 S94 井 O_{1+2y} 储集层荧光薄片样品鉴定,5955~5961m 深度的亮晶粒屑灰岩主要为局部粒间孔、微裂缝、压溶缝等含油,局部粒间孔显黑褐色荧光,微裂缝显黄—橙黄色荧光,压溶缝显淡黄色荧光;6000~6006m 深度的球粒泥晶灰岩主要为裂缝、压溶缝及生物钻孔含油,裂缝及压溶缝显黄色油质沥青荧光和黑褐色沥青质沥青荧光,生物钻孔壁黑色沥青质显沥青荧光;6012~6019m 深度的泥晶粒屑灰岩主要是溶蚀构造缝和微裂缝含油,溶蚀构造缝中残余孔充填的黑色沥青质显沥青荧光,其邻近方解石解理缝显黄色油质沥青荧光。

根据样品中荧光沥青的颜色、赋存产状及其相互关系并结合本区成岩演化序列,于奇地区至少存在 3 期油气充注:① 第一期 of 海西早期,对油气保存有意义的区域盖层($C_{1b2+3}+C_{1kl}$)还没有沉积,保存条件差,该期油气充注所形成的油气藏大多被破坏。② 第二期 of 海西晚期,南部油源区寒武系烃源岩生成的高成熟油气、下奥陶统烃源岩生成的油大量注入岩溶缝洞和构造缝中,此时区域盖层发育,具备较好的油气保存条件,是本区最重要的油气注入成藏期。③ 第三期 of 印支—燕山期,来自南部油源区寒武系生成的气、下奥陶统生成的成熟油运移充注在本区的 O_{1+2y} 储集层中,此时盖层发育,油气保存条件好,该期油气充注对成藏有利。

从以上荧光沥青分析来看,于奇地区 O_{1+2y} 储集层重要的成藏期为海西晚期和印支—燕山期。

6.1.2 流体包裹体均一温度与油气注入阶段

根据储集层中有机包裹体均一温度确定油气藏的形成时间和期次的技术目前已得到广泛应用^[9,11,13]。

于奇地区 O_{1+2y} 储集层盐水包裹体均一温度测试结果,均一温度为 89~152℃,存在 3 个均一温度区间,分别为 89~101℃、107~116℃和 122~152℃。把这 3 个温度区间“投影”到附有古地温演化的埋藏史图上,它们对应的地质时期分别为距今 63.7~79.1Ma、53.5~60.1Ma、31.3~50.2Ma(见图 3)。

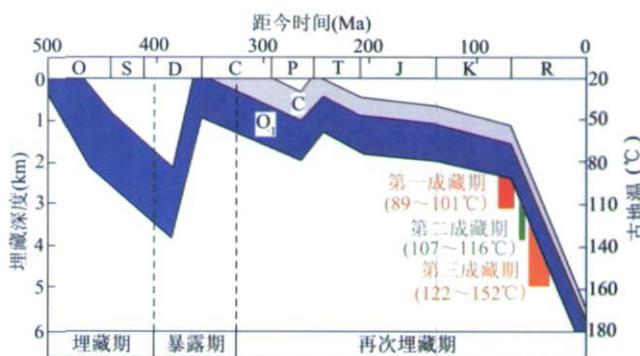


图 3 于奇地区 O_{1+2y} 储集层油气注入期次
(埋藏史据文献[10];修改)

根据前人烃源岩生烃史研究结果^[3],南部油源区的烃源岩在海西晚期已进入生油高峰阶段,到喜马拉雅期大量生成高成熟—过成熟的轻质油、天然气。大量生成的油气分别于燕山晚期、喜马拉雅早期和喜马拉雅中期充注在本区的 O_{1+2y} 储集层中,此时盖层非常发育,油气保存条件较好,有利于成藏。因此,在本区,燕山—喜马拉雅期至少存在 3 个油气注入成藏阶段,即燕山晚期、喜马拉雅早期和喜马拉雅中期。

综合以上储集层荧光沥青和包裹体均一温度分析结果,本文认为,于奇地区至少有 4 个油气注入成藏期,即海西晚期、燕山期、喜马拉雅早期和喜马拉雅中期,其中海西晚期和喜马拉雅期是本区最重要的油气注入成藏期。

6.2 油气成藏模式

受多期构造运动的影响,于奇地区及塔河地区的 O_{1+2y} 成藏体系经历了多期的建立—破坏—重建过程。其成藏模式可归结为:油气主要来自南部烃源区的寒武系—下奥陶统烃源岩,多期排出的烃类沿寒武系以上不整合面、断裂及裂缝系统等输导体系侧向运移,多期聚集成藏。其演化大致经历了以下 4 个阶段。

6.2.1 早期成藏和破坏阶段(加里东晚期—海西早期)

加里东晚期,满加尔凹陷烃源岩开始进入生、排烃高峰,所提供的油气(以油为主)沿中、上奥陶统底、志留系底不整合面向已具雏形的阿克库勒凸起运移,并在于奇地区及塔河地区已形成的少部分圈闭中聚集成藏,形成规模较大的油气藏(见图 4a)。但是中泥盆世末开始的海西早期运动使于奇地区及塔河地区含油气系统的基本要素遭受强烈破坏,导致在加里东晚期—海西早期形成的油气藏大多被破坏,油气大量逸散,现今存沥青或碳质沥青于早期孔缝中。

6.2.2 主要成藏与局部改造阶段(海西晚期)

海西晚期是于奇地区及塔河地区油气运移聚集规模最大的成藏期。在该期,南部油源区提供的成熟型

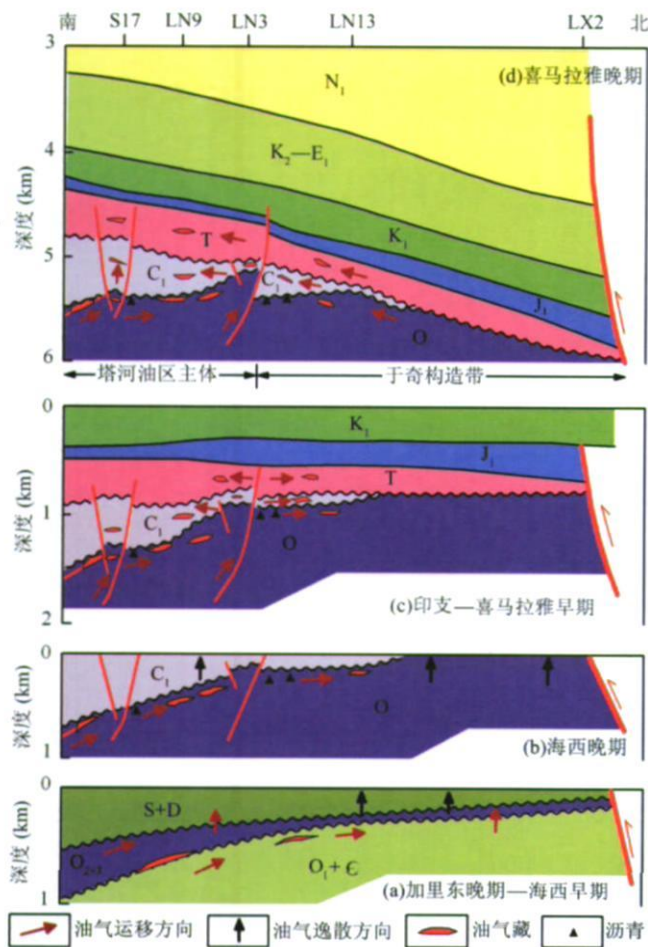


图4 于奇地区及邻区油气成藏模式示意图
(构造演化据闫相宾等,修改)

油气沿志留系底不整合面及输导层向阿克库勒凸起大量运移,并在下奥陶统岩溶缝洞型储集层中聚集成藏(见图4b)。同时,二叠纪末的海西晚期运动使于奇地区上石炭统及二叠系被剥蚀殆尽,下石炭统也受到不同程度的剥蚀。于奇地区南部下石炭统未全部剥蚀,封闭系统未受严重破坏,下奥陶统油藏可能得以保存。但是,西南部存在自北东流向南西方向的大气淡水,使于奇地区西南部及邻区(LG9井区、LG15井区)下奥陶统原油受到一定程度的水洗氧化、生物降解,成为重质油区。

6.2.3 油气藏继承与发展阶段(印支—喜马拉雅早期)

南部油源区烃源岩提供的成熟—高成熟的油气为该期油气藏的形成提供了充足的烃源。中生界巨厚砂泥岩的沉积使于奇地区及塔河地区的区域性封闭系统得以重建,本期及海西晚期形成的油气藏得以较好保存(见图4c)。

6.2.4 油气藏调整与最终定型阶段(喜马拉雅晚期)

由于喜马拉雅晚期厚于3000m的新生界沉积,阿

克库勒凸起区域性封闭系统最终定型,使前期形成的油气藏得以很好保存(见图4d)。在喜马拉雅早期强烈的水平挤压运动中,于奇地区形成了不同于塔河油区主体、对油气运移方向和途径有重要影响的3个结构层:①下结构层为寒武系—奥陶系,塔河油区主体及其南部总体南倾,使南部油源区提供的油气仍可沿奥陶系顶等不整合面向塔河油区运移,而于奇地区总体北倾,接受南部油源区提供的油气可能相对要少。②中结构层为石炭系,塔河油区主体及塔河南部底部南倾、顶部北倾,形成一个大的楔形体,而于奇地区总体北倾,它们主要捕集由断裂运移的油气。③上结构层为中、新生界,塔河南部、塔河油区主体及于奇地区由印支—燕山期的平缓南倾转为区域性北倾。

7 结论

于奇地区油气主要来自阿克库勒凸起南部达较好—好烃源岩级别的寒武系—下奥陶统烃源岩,烃源充足,具有较大的资源潜力。本区 O_{1+2y} 储集层类型为洞穴型、裂缝孔洞复合型和裂缝型,储集层物性中等,最有利的储集层分布于YQ3井—S104井一带。区内发育下储上盖式($C_1b_{2+3}+C_1k_{11}$ 盖, O_{1+2y} 储)和 O_{1+2y} 内幕(O_{1+2y} 盖, O_{1+2y} 储)储盖组合,盖层的区域封盖和直接封盖能力较好,但海西晚期运动对本区油气保存影响较大。圈闭类型主要为岩溶缝洞型、地层不整合岩溶缝洞型,其主要形成期为海西期。本区 O_{1+2y} 储集层至少有4个重要的油气成藏期,即海西晚期、燕山期、喜马拉雅早期和喜马拉雅中期,其中,海西晚期和喜马拉雅期是本区最重要的油气成藏期。本区成藏模式为自烃源区侧向多期排烃、多期成藏,其演化大致经历了4个阶段,即加里东晚期—海西早期的早期成藏和破坏阶段、海西晚期的主要成藏与局部改造阶段、印支—喜马拉雅早期的油气藏继承与发展阶段和喜马拉雅晚期的油气藏调整与最终定型阶段。

参考文献:

- [1] 云露, 闫文新, 赵江. 阿克库勒凸起成藏地质条件及控油规律[J]. 新疆地质, 2001, 19(4): 305-309.
- [2] 林忠民. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征及成藏条件[J]. 石油学报, 2002, 23(3): 23-26.
- [3] 王敦烈, 黎玉战, 俞仁连. 塔里木盆地塔河油田下奥陶统油藏特征及成藏条件分析[J]. 石油学报, 2003, 25(2): 122-128.
- [4] 周永昌, 杨国龙. 塔里木盆地阿克库勒地区油气地质特征及勘探前景[J]. 石油学报, 2001, 22(3): 1-5.
- [5] 张抗, 王大锐, Bryan G Huff. 塔里木盆地塔河油田奥陶系油气藏储集层特征(英文)[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 123-126.

(下转第322页)

反射层的断裂, 主要分布在苏德尔特潜山构造带的中段(见图6), 该期断裂活动不仅产生了大量新裂缝, 同时使早期闭合裂缝再度开启, 因此, 南屯组沉积末期产生的开启裂缝的分布地区为苏德尔特潜山构造带中段。伊敏组沉积末期断裂变形产生了2个北北东向和3个北东东向的走滑断裂带(主扭带, 见图6), 同时形成新的裂缝, 并且使早期闭合裂缝再度开启, 因此, 伊敏组沉积末期有利裂缝发育区主要集中在5个走滑断裂带上。

5 结论

根据断裂的形成演化过程可知, 布达特群沉积后、南屯组沉积末期和伊敏组沉积末期为该区断裂主要活动时期, 同时也是影响潜山裂缝发育的3个主要时期, 布达特群沉积后和南屯组沉积末期产生的裂缝多被后期充填, 开启缝主要受控于伊敏组沉积末期的断裂变形。伊敏组沉积末期断裂活动导致早期闭合缝再度开启和新的开启缝形成, 靠近北北东向断裂的潜山裂缝发育方位基本是北北东向; 靠近北东东向断裂的潜山裂缝的发育方位既有北东东向, 又有北西西向; 受北东东向和北北东向断裂共同控制的区域, 裂缝发育的方位复杂。按 T_s 反射界面断裂密度大于 0.75 条/ km^2 标定布达特群潜山裂缝发育有利区可以得到, 在苏德尔特潜山构造带中段和北段、苏乃诺尔构造带和呼和诺仁鼻构造带中南段裂缝最为发育; 南屯组沉积末期断裂活动产生的开启裂缝有利发育区分布于苏德尔特潜山构造带中段; 伊敏组沉积末期断裂活动产生的开启裂缝有利发育区主要集中在走滑断裂带上。

参考文献:

- [1] 罗群, 庞雄奇. 断陷盆地群的含油气系统特征——以海拉尔盆地乌尔逊、贝尔凹陷为例[J]. 新疆石油地质, 2003, 24(1): 27-30.

- [2] 刘振彪, 陈守田, 张财, 等. 贝尔凹陷的形成机制及其油气分布规律[J]. 石油地球物理勘探, 1999, 34(增刊): 109-112.
- [3] 闫伟林, 葛百成, 鲁红, 等. 海拉尔盆地贝尔凹陷布达特群储层次生孔隙度确定方法[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(1): 100-102.
- [4] 王家亮, 张金川, 张杰, 等. 海拉尔盆地贝尔凹陷的油气运聚分析[J]. 现代地质, 2003, 17(4): 459-465.
- [5] 林爱明. 断层岩与断层模式[J]. 高校地质学报, 1996, 2(3): 295-306.
- [6] 付晓飞, 方德庆, 吕延防, 等. 从断裂带内部结构出发评价断层垂向封闭性的方法[J]. 地球科学 中国地质大学学报, 2005, 30(3): 328-336.
- [7] 张岳桥, 施炜, 廖昌珍, 等. 鄂尔多斯盆地周边断裂运动学分析与构造应力体制转换[J]. 地质学报, 2006, 80(5): 639-647.
- [8] 李东旭, 周济元. 地质力学导论[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [9] 徐开礼, 朱志澄. 构造地质学(第二版)[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [10] McGrath A G, Davison I. Damage zone geometry around fault tips[J]. Journal of Structural Geology, 1995, 17(7): 1011-1024.
- [11] Kim Y S, Peacock D C P, Sanderson D J. Strike slip faults and damage zones at Marsalforn, Gozo Island, Malta[J]. Journal of Structural Geology, 2003, 25(5): 793-812.
- [12] 张君峰, 兰朝利. 鄂尔多斯盆地榆林—神木地区上古生界裂缝和断层分布及其对天然气富集区的影响[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(2): 172-176.
- [13] Kim Y S, David C P, Peacock D C P, et al. Fault damage zones[J]. Journal of Structural Geology, 2004, 26(3): 503-517.
- [14] Odling N E, Harris S D, Knipe R J. Permeability scaling properties of fault damage zones in siliclastic rocks[J]. Journal of Structural Geology, 2004, 26(9): 1727-1747.

第一作者简介: 孙永河(1979), 男, 黑龙江建三江人, 大庆石油学院在读博士, 主要从事油气藏形成与资源评价方面的研究工作。地址: 黑龙江省大庆市, 大庆石油学院地球科学学院, 邮政编码: 163318。E-mail: Syh79218@163.com

收稿日期: 2006-02-11 修回日期: 2006-12-26

(编辑 李建国 绘图 付改荣)

(上接第303页)

- [6] 韩剑发, 王招明, 潘文庆, 等. 轮南古隆起控油理论及其潜山准层状油气藏勘探[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(4): 448-453.
- [7] 刘延莉, 樊太亮, 薛艳梅, 等. 塔里木盆地塔中地区中、上奥陶统生物礁滩特征及储集体预测[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(5): 562-565.
- [8] 朱美衡, 郭建华, 石媛媛, 等. 塔河地区石炭系层序地层及与邻区的对比[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(3): 23-26.
- [9] 陶士振. 自生矿物序次是确定包裹体期次的根本依据[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(2): 154-160.
- [10] Haszeldine R S, Samson I M, Cornfort C. Dating diagenesis in a petroleum basin, a new fluid inclusion method[J]. Nature, 1984, 30(7): 354-357.
- [11] Mclimans R K. The application of fluid inclusion to migration of

oil and diagenesis in petroleum reservoirs[J]. App. Geochem., 1987, 2(2): 585-603.

- [12] 俞仁连, 云露, 罗传容, 等. 塔河油田外围油气勘探前景分析与目标优选[R]. 乌鲁木齐: 中国石化西北分公司研究院, 2003.
- [13] 肖贤明, 刘祖发, 刘德汉, 等. 应用储层流体包裹体信息研究天然气气藏的成藏时间[J]. 科学通报, 2002, 47(12): 957-960.

第一作者简介: 旷理雄(1965), 男, 湖南武岗人, 中南大学副教授, 现为中南大学地学与环境工程学院博士研究生, 主要从事石油地质方面的科研和教学工作。地址: 湖南省长沙市, 中南大学地学与环境工程学院, 邮政编码: 410083。E-mail: kuanglixiong@163.com

收稿日期: 2006-02-19 修回日期: 2007-02-28

(编辑、绘图 王孝陵)