

均适阶段	时代	层序号	体系域	沉积组合	沉积体系	生油点发育情况
广盆形成—坳陷	J _{1q}	VI	高位		扇三角洲	第四套区域盖层
	J _{1q} ²		水进		河流	第三套烃源岩
	J _{1q} ¹	低位	湖泊		第四套优质储层	
	J _{2²-4}	VII	高位		扇三角洲	第三套优质储层
	J _{2²-1}		水进		湖泊	第三套区域盖层
	J _{2²}	高位	河流		第二套优质储层	
	J _{2²-2}	VI	水进		辫状河三角洲	第三套烃源岩
	J _{2²-3}		低位		湖泊	
	J _{1s}	V	水进		湖泊	第二套区域盖层
	J _{1b}		低位		扇三角洲	第三套烃源岩
类前陆	T _{3k}	IV	高位	湖泊	第一套区域盖层	
	T _{3As}		水进	冲积扇	第二套烃源岩	
	T _{3k}		低位	辫状河三角洲	第一套优质储层	
	T ₁	高位	冲积扇			
	P _{2w-P_{2g}}	III	水进	扇三角洲		
陆内裂谷	P _{1q}	II	低位	湖泊		
	P _{1k}		高位	冲积扇	第一套烃源岩	
	P _{1l}	水进	扇三角洲			
	P ₁	I	水进	湖泊		

图2 吐—哈盆地沉积层序及沉积体系演化示意图

Fig.2 Map showing evolution of sedimentary sequence and depositional system in Turpan-Hami basin

响。从吐—哈盆地上述因素之间的关系图上(图2)和以地震、重矿物、砂泥比、岩屑种类及含量为基础作出的沉积相及砂体展布图上可清楚看出它们之间的关系。

1.1 陆内裂谷期的沉积体系及沉积层序

为一套冲积扇—扇三角洲—湖泊沉积体系。可划分为两个沉积层序,即第一层序中的早二叠世水进体系域和高位体系域(P_{1w}-P_{1j});第二层序中的早二叠世晚期的水进体系域(P_{1l})和高位体系域(P_{1h})。在裂谷晚期坳陷阶段,第二层序的水进体系域形成了分布广泛的灰黑色页岩和油页岩,为吐—哈盆地第一套

烃源岩系。

1.2 类前陆期的沉积体系及沉积层序

也为冲积扇—扇三角洲—湖泊沉积体系。可划分为一个完整的沉积层序,称第三层序。包括晚二叠世早期的低位体系域(P_{2q})、中晚期的水进体系域(P_{2w}-P_{2g})和早三叠世的高位体系域(T₁)。该层序反映了盆地北部的博格达山早期隆升而中后期稳定的构造背景。此时期处于干旱—半干旱—氧化环境,未形成烃源岩层,沉积物分选磨圆较差,也未形成物性好的储层。

第四层序包括中三叠世低位体系域(T_{2k})、晚三叠世水进体系域(T_{3hs})和高位体系域(T_{3h})。反映准平原化的完整过程。早期发育冲积扇—扇三角洲沉积体系,中三叠世中晚期以后演变为冲积扇—扇三角洲—辫状河—辫状河三角洲—湖泊沉积体系。该时期的低位体系域发育了分布在盆地南部的第一套优质储层,储层为南物源(图3)的扇三角洲砂体和哈密坳陷东北物源的辫状河三角洲砂体。盆地北部发育了盆地内第二套烃源岩。此期水进体系域沉积了一套主要分布于盆地南带的烃源岩和区域性盖层。此期的高位体系域沉积了一套储集岩,但主要分布在盆地南带托克逊一带,台南地区被剥蚀。

1.3 坳陷期的沉积体系及沉积层序

此期时间长,可分为4个沉积层序,每个层序的沉积体系有所不同。

第五层序为不完整层序,包括早侏罗世的低位体系域(J_{1b})和水进体系域(J_{1s})。早期低位体系域为辫状河—曲流河—冲积扇—扇三角洲—湖泊沉积体系,发育河控沼泽和湖控沼泽的厚煤层,成为吐—哈盆地第三套烃源岩的一部分(煤成油系)。晚期水进体系域时期为河流—湖泊沉积体系,发育分布广泛的厚层泥岩和粉砂质泥岩,为该区第二套区域盖层。但封盖能力较差。

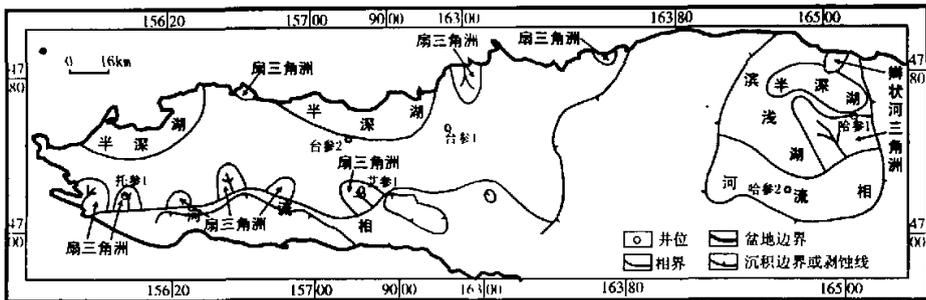


图3 中三叠统克拉玛依组沉积相及砂体展布

Fig.3 A map showing the distribution of sedimentary facies and sandbodies of the Kelayi Formation of the middle Triassic in Turpan-Hami basin

第六层序指中侏罗世西山窑期的低位体系域(J_{2x} 下段)、水进体系域和高位体系域(J_{2x} 上段)。低位域时期西部以河流—漫滩沼泽相为主,东部以湖泊和辫状河、辫状河三角洲相为主,此时继续发育煤系烃源岩。高位体系域时期由于早燕山运动导致盆地南部接受了南物源的大量堆积,沿南部边缘出现了呈线状分布的辫状河三角洲体裙(图4),砂体磨圆分选较好,为盆地内最好的储集层之一。在盆地北部,由于博格达山开始隆升而发育冲积扇—扇三角洲沉积体系,扇三角洲为次于辫状河三角洲的二类储集砂体。

第七层序指中侏罗世三间房期的水进体系域(J_{2s} 下段)和高位体系域(J_{2s} 上段)。前者发育湖泊—冲积扇—扇三角洲沉积体系,形成较广泛的紫红—灰绿色泥岩,为区域性盖层,但封盖质量较差。后者包括盆地北部由于博格达山的明显隆起而导致的冲积扇—扇三角洲—湖泊沉积体系和盆地南部的辫状河—辫状河三角洲—湖泊沉积体系(图5),其中的辫状河三角洲砂体和扇三角洲砂体是该地区最好的储集层之一。南物源的砂体储集性能优于北物源,吐—哈盆地侏罗系油藏约60%分布于此套砂体中。

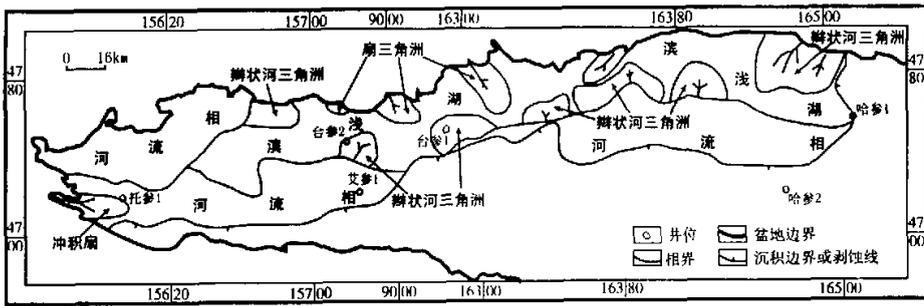


图4 中侏罗统西山窑组沉积相及砂体展布

Fig. 4 A map showing the distribution of sedimentary facies and sandbodies of the Xishanyao Formation of the Middle Jurassic in Turpan-Hami basin

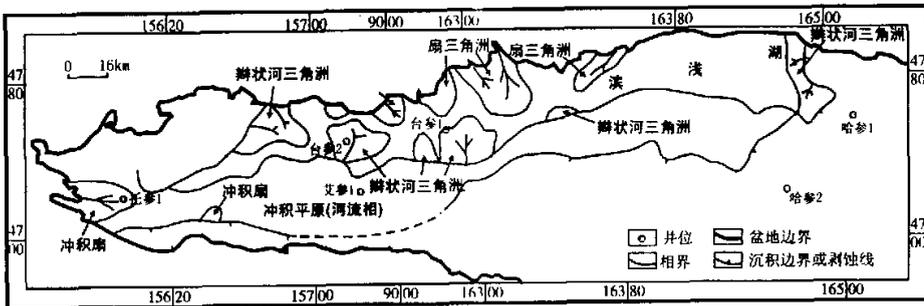


图5 中侏罗统三间房组沉积相及砂体展布

Fig. 5 A map showing the distribution of sedimentary facies and sandbodies of the Sanjianfang Formation of the Middle Jurassic in Turpan-Hami basin

第八层序包括中侏罗世七克台期的低位体系域(J_{2q} 下段)、水进体系域(J_{2q} 上段)和晚侏罗世齐古期的高位体系域(J_{3q})。低位体系域时期,由于博格达山隆升幅度较大,此时期物源以北部为主,在盆地北部形成众多扇三角洲,为较好的储集层。盆地南部以湖泊相为主,储层不发育(图6)。水进体系域时期形成的湖相泥岩是重要的生油层系,为该区第三套生油层系之一,同时也是一套广泛分布的区域性盖层。高位体系域以红色泥岩夹砂砾岩为特征,其泥岩也是区域性

盖层之一,封盖能力较强。

综上所述,一个完整的层序代表一次水进—水退旋回,每一个层序都是一套完整的生储盖组合。水进体系域和低位体系域主要发育生油岩,水进和高位体系域主要发育盖层,高位和低位体系域则发育储集岩。只有生、储、盖层具有最佳时空配置时,方可构成形成油气藏的基础。上述情况也表明,吐—哈盆地构造演化对沉积相和物源有着十分明显的控制作用,而沉积物源和沉积相对砂体的规模、类型、分布及发育状况又

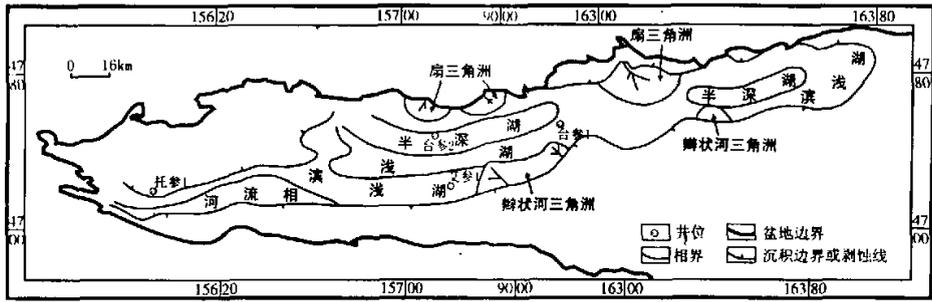


图6 中侏罗统七克台组沉积相及砂体展布

Fig. 6 A map showing of the distribution of sedimentary facies and sandbodies of the Qiketai Formation of the Middle Jurassic in Turpan-Hami basin

具有强烈的影响。

2 盆地南带(台南凹陷)三叠系含油砂体的形成

2.1 扇三角洲砂体原始物性较好

砂岩原始组分中填隙物含量低,原生粒间孔隙较多,绿泥石薄膜的广泛存在使一些原生粒间孔在经过强烈机械压实的情况下部分被保留下来,为后来流体的进入奠定了基础。

2.2 岩浆体和构造热事件提供热源,烃源岩成熟早

据盆地热史研究资料^①,早二叠世盆地内地温梯度高达4.06~4.82℃/100m,自早二叠世晚期桃东沟期温度开始下降,但仍有局部地方发育火成岩体,这些岩浆岩体会使其周围的地层温度升高,但影响范围有限。晚二叠世—晚三叠世,盆地进入人类前陆盆地阶段,地温梯度约为1.82~2.64℃/100m(托克逊凹陷)和2.66~3.00℃/100m(台南凹陷),地层厚度均小于2000m(含三叠系剥蚀厚度550~840m),广大地区的桃东沟群烃源岩在三叠纪末期未进入生油门限。三叠系油气藏的形成显然需要正常地热增温率以外的热源,在印支运动期间,构造运动产生的机械能(构造热事件)加速了二叠系烃源岩的成熟,也对三叠系烃源岩的成熟起到了快速加温作用^②。这些成熟的烃类在印支运动中进入三叠系扇三角洲储层,尔后在漫长的时间中被剥蚀破坏,油藏受到强烈的生物降解成为稠油。

2.3 具有形成次生孔隙的动力学基础

该套含油砂体是吐—哈盆地南带前侏罗系储集层中物性最好的砂体,平均孔隙度23.2%,平均渗透率为 $331 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,特别是台南凹陷西部的艾参1井,马1井等地段,孔隙度均大于25%,95%的样品渗透率大于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。据薄片观察,孔隙中约有60%左右为次生孔隙。中晚三叠世时,上二叠统(部分

地区包括三叠系)的烃源岩成熟并排出有机酸性溶液,印支运动的隆升为有机酸性溶液和地下水的上升提供了条件,使其向上运移进入上覆胶结疏松的砂岩,而且使地下水和地表水得以混合,为达到化学平衡而发生了溶解作用。三叠系由于近地表还发生淋滤作用而形成淋滤孔隙。两类次生孔隙的形成均以斜长石溶解为主,次为方解石溶解,它们与粘土矿物晶间孔相结合,形成较好的储集空间。

2.4 紧邻生油中心,为油气运移指向区

区域研究资料表明,盆地北部台北凹陷在二叠纪桃东沟期和中三叠世时可能为生烃中心。印支运动使盆地南带抬升形成向北倾伏的斜坡,并形成构造圈闭,此时期恰值前侏罗系烃源岩进入成熟期,在北高南低的流体势下油气向南运移^③,因此,该区圈闭不仅捕获了本区生成的油气,而且捕获了来自北部生油中心的油气,成藏组合主要为近源垂向组合和近源侧向组合相结合(图7)。

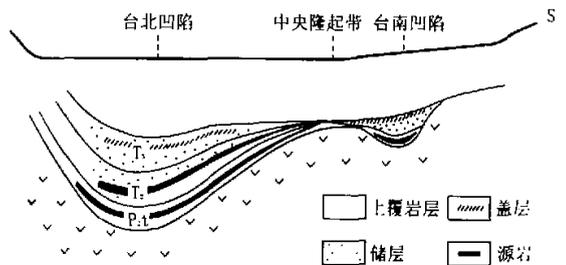


图7 三叠纪油气运移的地质剖面示意图

Fig. 7 Geologic cross section showing the migration of oil and gas in Triassic period

① 柳益群,冯乔,周立发.吐—哈盆地南带前侏罗系油气勘探前景与有利区带评价(研究报告).1997
 ② 周鼎武,柳益群.吐—哈盆地火山岩研究(研究报告).1998
 ③ 柳益群,冯乔,周立发.吐—哈盆地南带前侏罗系油气勘探前景与有利区带评价(研究报告).1997

2.5 油的初次运移与次生孔隙形成期匹配

此时期油的运移紧随溶解作用之后,即溶蚀孔隙产生后不久就被油充填,因此才能抑制成岩作用的进行,使孔隙被保存下来。

2.6 断裂和裂缝是流体运移的主要通道

裂缝包括构造成因和成岩成因的,它们对于岩性较致密(基本为低孔低渗砂岩和泥页岩)地区的油气的初次运移和二次运移均是必不可少的。如台南凹陷艾参1井、玉东1井、玉东2井等油气显示良好的井段均见到非常发育的垂直裂缝和斜交裂缝,许多裂缝被油充填。而象鲁南1井、沙参1井、玉1井等裂缝不发育的井则含油性极差。裂缝的出现还是次生孔隙形成的有利因素,当铝硅酸盐溶解时,被溶解的铝会以络合物的形式迁移出砂岩,从而形成次生孔隙,裂缝恰恰为这种迁移提供了通道。如果流通渠道不具备,则溶解的铝可能参与形成粘土矿物而沉淀下来,实际上并未造成孔隙度的增加,而只是造成孔隙的再分配,在各井段中溶蚀孔隙旁见到有些孔隙被自生的高岭石集合体所充填即为此种结果。

3 盆地北带(台北凹陷)中侏罗统含油砂体的形成

3.1 继承性三角洲砂体,生储盖配置优越

台北凹陷南部自侏罗纪以来继承性发育辫状河三角洲砂体,凹陷北部则继承性发育扇三角洲砂体,剖面上砂体叠置,它们的前缘带水下河道发育,岩石结构成熟度较高,物性较好;两侧的砂体都邻近胜北、丘东两个生油中心,烃源岩层数多,油源较充足,与三角洲砂体呈间互层,有优先捕获油气的优势,上覆七克台组、齐古泥岩厚度大,封盖能力强,为区域性盖层,可谓生、储、盖配置优越。经统计,油气储集在三角洲砂体中的约占65%。

3.2 砂岩原始物性好,次生孔隙发育

台北凹陷中南部的弧形构造带是吐—哈盆地侏罗系油气储量最丰富的油气聚集带。该带共有中侏罗统三个组多套砂体叠置:西山窑组上段砂体最大孔隙度可达17.5%,渗透率 $283 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;三间房组砂体孔隙度3.78%~23.2%,平均14.4%,渗透率 $0.05 \times 10^{-3} \sim 1.151 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $5.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;七克台组砂体孔隙度一般8.8%~28.9%,渗透率一般 $0.11 \times 10^{-3} \sim 973 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在这些孔隙中,原生孔隙为主,多为绿泥石薄膜残余孔和高岭石等粘土矿物的晶间孔,少量为铝硅酸盐矿物溶解产生的次生孔隙。煤系地层富含有机酸,是次生孔隙形成的有利条件,据薛叔浩等研究结果^①该区煤样有机酸浓度高达11~

95mg/g,比泥岩干酪根中的浓度大得多,利于铝硅酸盐矿物的溶解。溶解产生的次生孔隙可占总孔隙的30%。

3.3 构造活动影响强烈

对该区火山岩研究资料表明^②,早燕山运动(发生于西山窑组末期)是一次弱的构造热事件,其提供的热量对中下侏罗统煤系地层的有机质早生早排有较大影响。由于吐—哈盆地的侏罗纪地温梯度自西向东依次升高,因此自东向西依次进入生油门限^[4,5]。油气自中侏罗世中期开始运移,一直持续到第三纪。另一方面,早、中、晚燕山运动均为垂直上升运动(特别是博格达山的上升),不仅对该区物源和沉积相有较大影响,而且改变了该区地层水难以上升和大气水难以下渗的状况,为次生孔隙的形成和产生油气运移动力提供了条件。

3.4 微裂隙运移模式及油气运移指向区

该区砂体均含有普遍的微裂隙。由构造应力和机械压实作用产生的压力加大流体压力,使流体压力超过地应力和岩石张应力产生微裂隙,并克服烃源岩中的阻力,使油气从烃源岩中运移出来。研究结果表明,台北凹陷自三叠纪以来其北部的流体压力梯度总是大于凹陷南部的流体压力梯度,对该区侏罗系砂岩流体包裹体测温所获得的古流体势证实了这一结论^①。因此,台北凹陷生成的油总是先从北部的生烃中心向上运移,然后向南运移,首先进入邻近的物性较好的辫状河三角洲砂体。另一方面,在盆地所受的由北向南的挤压应力作用下,地层中必然形成大量的平行于主压应力方向(为南北向)的张裂缝,张裂缝的产生降低了输导层的毛细管压力,使流体压力梯度在南北方向加大,使油气沿南北方向向张裂缝发育的低流体压力区运移,并优先在背斜顶部(张裂缝发育区)聚集起来。

4 结论

优质储集层特别是含油气储集层的形成关键是要具有各种有利条件的匹配和组合。对于吐—哈盆地这种砂岩原始物性较差、矿物成熟度较低(岩石类型多为岩屑砂岩类)的叠合型盆地来说,含油储层的形成主要取决于:①邻近生烃中心。盆地南带三叠系油藏属于烃类由北向南运聚的侧向油藏组合;盆地北带侏罗系油藏为烃类自下而上运聚的垂向油藏组合。②具良好

① 薛叔浩,应凤祥,郭宏利等.吐鲁番—哈密盆地台北凹陷中侏罗统沉积特征及储层评价.石油天然气总公司“八·五”重点科技攻关项目.1994

② 周鼎武,柳益群.吐—哈盆地火山岩研究(研究报告).1998

的储层。该盆地4套含油砂体均为扇三角洲前缘砂和辫状河三角洲水下分流河道砂体。原始物性较好,在后期构造运动中经历表生成岩作用使砂体物性得到改善,油的运移较早,使次生孔隙易于保存。③晚印支运动和早燕山运动产生的机械热对烃源岩早期成熟起到关键作用,并且具有油的成熟期与圈闭形成期相匹配的良好关系。

参 考 文 献

1 傅家谟,刘德汉,盛国英等.煤成烃地球化学[M].北京:科学出版

社,1990

2 王昌桂,程克明,徐永昌等.吐—哈盆地侏罗系煤成烃地球化学[M].北京:科学出版社,1998

3 黄第藩,秦匡宗,王铁冠等.煤成油的形成和成烃机理[M].北京:石油工业出版社,1995

4 柳益群,吴涛,崔早云等.新疆吐鲁番—哈密盆地的古地温梯度及地质热历史[J].中国科学(D辑),1997,27(5):431~436

5 柳益群,吴涛,冯乔.吐鲁番—哈密盆地古地温梯度及有机质成熟度的确定[J].科学通报,1997,42(3):298~300

Formation Conditions of the Oil-Bearing Sandbodies of Triassic and Jurassic in Turpan-Hami Basin, Xinjiang

LIU Yi-qun¹ Yuan Ming-sheng² LI Hua-ming² WEI Jian-jing¹

1(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069) 2(Turpan-Hami oil Field, Hami Xinjiang 839003)

Abstract

Turpan-Hami basin is a Mesozoic-Cenozoic compound basin with a complex evolutionary history in the Tianshan orogenic belt. It is a typical continental oil and gas-bearing basin of coal-derived hydrocarbon. Forming oil-bearing sandbodies of pre-Jurassic(Triassic) oil and gas accumulation in the southern belt of basin is obviously controlled by sedimentary facies, high geothermal gradient and Indo-China movement. The pluvial delta sandbodies distributed in the southern basin are the first set of good oil-bearing sandbodies because they lie on a suitable place near oil-generation center due to strata uplifting in Indo-China movement, and had a dynamic foundation of producing secondary porosity as well as trapping early-mature oil which heated by magma-bodies and Indo-China structural heat event. The second, third, fourth set of oil-bearing sandbodies of Jurassic in this area are the braided deltas with south terrigenous sediments and pluvial deltas with north terrigenous sediments, and they have the characteristics of multiple layers of sandbodies, strongly repeated in the upper and lower part, with fairly good original physical quality. They depend on coal-measure source rocks and hydrocarbon migrated southwards in short distance.

Key words oil-bearing sandbodies sedimentary facie sedimentary sequence Turpan-Hami basin