

吐哈盆地油气系统的类型与演化特征

李伟 牛嘉玉 赵文智

(石油勘探开发科学研究院地质所, 北京 100083)

吐哈盆地可划分为煤系与非煤系共存类和非煤系类两大类型及托克逊、台北、哈密、南湖4个油气系统。在煤系与非煤系共存类中,托克逊含油气系统含油圈闭主要形成于白垩纪末期,正与二叠、三叠系烃源岩的生烃高峰中侏罗世~白垩纪相匹配,在断裂伴随垂向短距离运移的条件下聚集成藏;台北油气系统的储油圈闭形成于侏罗纪中后期,中下侏罗统煤系烃源岩早白垩世生烃高峰期和二叠、三叠系烃源岩进入生气期相衔接,构成油气聚集系统;哈密油气圈闭形成于侏罗纪末,与三叠系湖相泥岩烃源岩、中晚侏罗世生烃高峰期相一致,亦可富集成藏。非煤类油气系统虽于中侏罗世及侏罗纪末有二叠、三叠系油气形成,但区域性盖层于白垩纪形成时,已错过二叠系的生烃高峰,且又经历了3次较大的破坏,故不利于油气大量聚集。

关键词 油气系统 类型 演化特征 油气藏 形成 分布 吐哈盆地

第一作者简介 李伟 男 32岁 工程师 石油地质与勘探

吐哈盆地面积约为 $5.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其内充填有二叠系~第四系的一套较完整的陆相沉积为主的地层,最大沉积厚度达 8 900 m。东部的哈密坳陷经历了二叠纪的弧后残留盆地、三叠纪的弧后残留坳陷、燕山期及喜山期的山间盆地及第四纪的盆地消亡阶段,西部的吐鲁番坳陷经历了二叠纪的碰撞造山后形成的前陆盆地及裂陷盆地、三叠纪~早燕山期的陆内裂谷盆地、中晚燕山期及喜山期的山间盆地的发展过程^[1]。由于盆地不同地区的演化特点不同,从而造成了油气生成、运聚与保存的较大差异。

1 模式与类型

油气系统是油气生成和聚集的物理-化学动态系统,它要求形成油气藏的一切必需地质要素(如源岩成熟、排烃、二次运移、聚集及保存)与形成这些要素的地质事件在时间或空间上适当地结合起来,才能使不同的有机质在地层条件下转化成油气田^[2]。吐哈盆地为典型的造山带油气系统^[3](图1),该模式的特点主要为:(1)存在区域挤压应力场的作用,如塔里木地块的向北挤压、准噶尔地块的向南挤压;(2)盆地地温梯度低,目前多在 $2.43 \sim 2.79^\circ\text{C}/100 \text{ m}$;(3)非均质沉积严重,表现为北厚南薄的地层分布特点,并且常有老地层遭受剥蚀;(4)储层物性差,以低孔低渗为主;(5)盆地内挤压背斜成排成带展布,并相隔一定的距离,从而有利于油气的运聚;(6)油气的丰度随远离强烈褶皱及大断裂而增大,在极强烈褶皱区有油气的散失,地表有油苗或有油砂出露。

根据吐哈盆地各地区主要烃源岩特点及油气运聚特点划分成两大类、4个独立的油气系统。两大类型为:(1)非煤系类,(2)煤系与非煤系共存类。4个含油气系统为:①托克逊煤系与

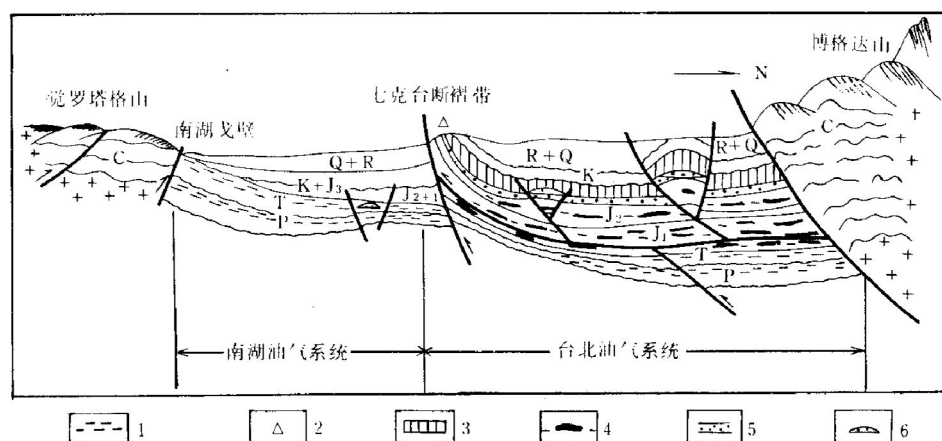


图1 吐鲁番坳陷造山带油气系统模式剖面图

1—暗色泥岩;2—地表油砂;3—区域盖层;4—煤层烃源岩;5—储层;6—油气藏

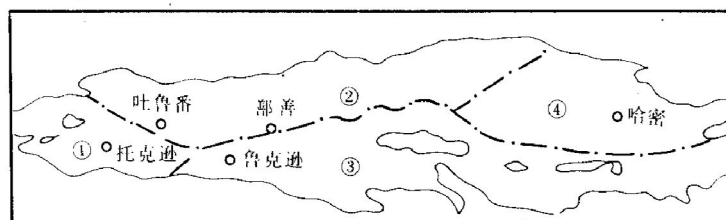


图2 油气系统平面划分图

①—托克逊油气系统;②—台北油气系统;③—南湖油气系统;④—哈密油气系统

非煤系共存油气系统,②台北煤系与非煤系共存油气系统,③南湖非煤系油气系统,④哈密煤系与非煤系共存油气系统(图2)。

2 演化特征

2.1 煤系与非煤系共存类

这类在盆地内占主要地位,包括西南部的托克逊油气系统,北部的台北油气系统,东北部的哈密油气系统。它们在形成的早期都具有很相似的演化特点,但在中后期,尤其是中侏罗世中后期以来,由于构造、沉积的演化不同,造成了油气演化与油气藏形成的较大差异(图3)。

2.1.1 烃源岩类型不同^[4]

从图3可知,这3个油气系统都在二叠及三叠纪中后期形成两大套非煤系地层的烃源岩,且都为湖相泥岩。其中上二叠统的暗色泥岩分布较广,表现为盆地中部薄、北部厚,一般100~300 m,分别在托克逊油气系统的西北部、台北油气系统的中-东部、哈密油气系统内的三堡地区等地有深凹区,是生烃强度最大的分布区。三叠系的分布与二叠系基本相似,在台北及托克逊油气系统内一般厚度为50~200 m,哈密油气系统达600 m。煤系地层中的烃源岩主要形成于早侏罗世~中侏罗世早期,以八道湾组和西山窑组最发育,包括煤岩及煤系泥岩。八道湾组煤岩在托克逊及台北两油气系统内一般单层厚度20~60 m,哈密则以薄层零星分布为特点;煤系泥岩在台北油气系统的胜北次洼、丘东次洼及草湖次洼厚达200 m以上,托克逊油气系统内分布较少,哈密坳陷以东北部为中心,但厚度小于150 m。西山窑组煤岩主要分布于台北

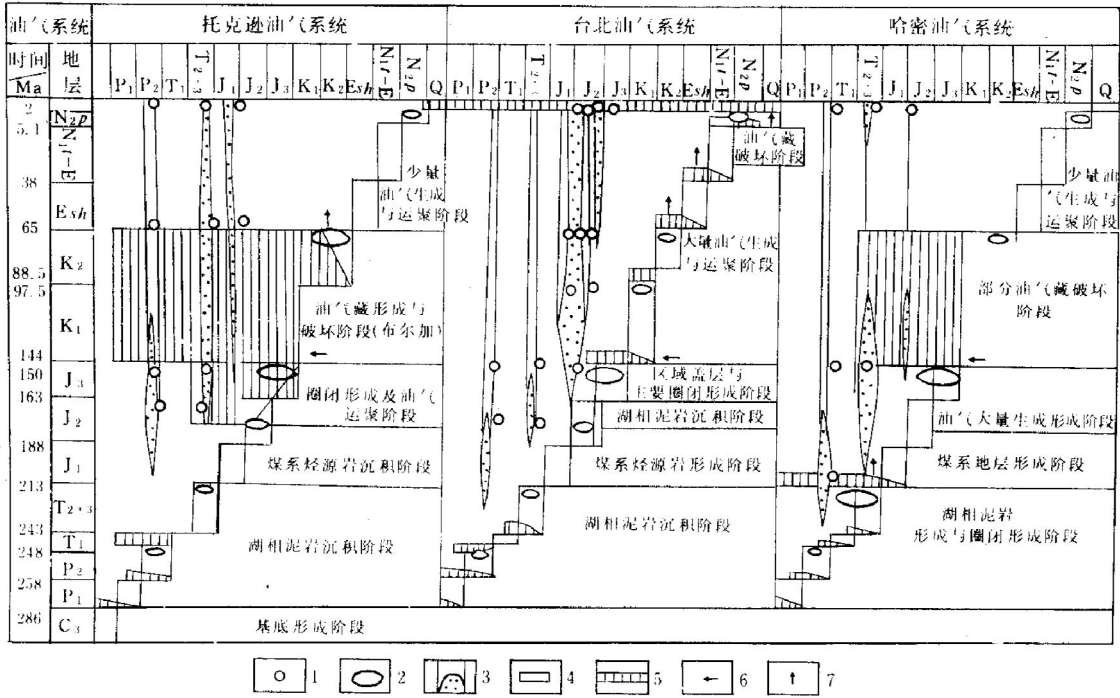


图3 煤系与非煤系共存类各油气系统形成与演化特征对比图
1—油气藏形成的时空位置;2—主要圈闭形成期;3—生气强度;4—沉积期;
5—淋滤剥蚀及其剥蚀地层;6—油气藏形成关键时期;7—地层抬升阶段

油气系统内,一般厚度 20~60 m,累计厚度可达 400 m。在托克逊地区的北部较发育,局部可达 500 m 左右,在哈密三堡地区只有零星分布;煤系泥岩在托克逊、台北两油气系统内较厚,多在 200~400 m,而哈密较薄,多为 100~200 m。

侏罗系非煤系泥岩烃源岩主要分布于台北油气系统的三间房组及七克台组,厚度 50~200 m。

由此可知,托克逊油气系统以二叠和三叠系湖相泥岩烃源岩为主,侏罗系煤系烃源岩为辅;台北油气系统是以侏罗系煤系烃源岩为主,二叠和三叠系及侏罗系中统湖相泥岩为次要烃源岩;哈密油气系统以三叠系的湖相泥岩为主要烃源岩,二叠系的湖相泥岩为次,侏罗系的煤系烃源岩有限。

2.1.2 生烃时期东早西晚

哈密油气系统内的二叠系烃源岩在三叠纪开始生烃,至侏罗纪进入大量生烃阶段;台北油气系统内二叠系烃源岩在三叠、侏罗纪开始生烃,于侏罗纪进入大量生烃阶段;托克逊油气系统内的二叠系于侏罗纪开始生烃,至晚侏罗世-白垩纪进入生烃高峰阶段。因此,二叠系的湖相泥岩烃源岩自东向西(由哈密至托克逊)生烃时间由早变晚。

三叠系的湖相泥岩烃源岩的热演化特点也是哈密油气系统较早,托克逊油气系统较晚。哈密油气系统内,烃源岩于侏罗纪进入生烃门限,中侏罗世-白垩纪进入生烃高峰;台北油气系统内,烃源岩于燕山中期进入生烃高峰;托克逊油气系统内烃源岩于晚侏罗世~早第三纪进入大量生烃阶段,有的现在还有大量烃类生成。

侏罗系煤系烃源岩于中侏罗世后期开始生烃,至早白垩世进入生烃高峰,现今还在大量生

成油气,也有东早西晚的现象。托克逊油气系统内,从晚侏罗世开始生烃,直至现在才初步进入大量生烃阶段;而哈密油气系统内,于早白垩世曾有过一次生烃小高潮,但由于白垩纪时的抬升与剥蚀使油气生成一直处于停滞状态,直到喜山后期才使部分有机质开始生烃,而且其量很少。

侏罗系湖相泥岩在台北油气系统内于早第三纪开始生烃,七克台组则更晚,于现今才部分进入生烃门限。

综上所述,托克逊油气系统内主力烃源岩的热演化高峰期为中侏罗世~白垩纪,台北油气系统内主要烃源岩的生烃高峰期为早白垩世,哈密油气系统内的主要烃源岩的生烃高峰期为中、晚侏罗世。

2.1.3 储层物性西好东差

该盆地油气储层主要为三角洲、扇三角洲分流河道砂体及滨浅湖砂体,有少量的冲积扇砂砾岩体及三角洲前缘水下砂坝及席状砂^[5,6]。3个油气系统中,哈密的储层物性最差,为三叠系储层,孔隙度2%~13.5%,渗透率多在 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 以下,为典型的致密油气储层^[6]。台北油气系统内储层物性为西好东差,东部红台-丘东构造区,为中侏罗统的储层,孔隙度6%~12%,渗透率 $0.05 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为典型的低孔低渗储层,其西部丘陵构造~葡北构造区,储层物性相对较好,孔隙度8%~18%,渗透率 $0.1 \times 10^{-3} \sim 200 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,表现为低孔低渗~中孔中渗的储层。而托克逊油气系统内,不论三叠系还是中侏罗统的储层,都有较好的物性,孔隙度10%~25%,渗透率 $1 \times 10^{-3} \sim 300 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,表现出中孔中渗的特点。

2.1.4 盖层以台北油气系统最好

该盆地的油气盖层都为湖相泥岩沉积。唯一有两套区域性巨厚泥岩盖层的是台北油气系统,不仅存在厚达1450 m的中上侏罗统泥岩盖层,而且还存在厚200~350 m的中侏罗统泥岩的区域盖层,正是由于有这两套区域性盖层,才使得该油气系统内有两套大的含油气组合,即三间房-七克台含油气组合及西山窑含油气组合。哈密油气系统缺少侏罗系的区域性盖层,只在三叠系中有一套局部分布的厚层泥岩,厚约200~300 m。托克逊油气系统内目前还没有发现较厚的区域性盖层,但据地震资料,下侏罗统三工河组在托克逊县城附近可能存在350~400 m的湖相泥岩盖层,三叠系仅在伊拉湖构造中存在50~100 m的局部泥岩盖层。

2.1.5 圈闭形成时间各异

已发现的油气田,都是侏罗纪末期~白垩纪末期的背斜构造,但各含油系统的形成时间不尽一致。台北油气系统内的含油气构造形成于侏罗纪中、后期^[7];托克逊油气系统内的含油气构造形成于白垩纪末;哈密油气系统内的含油气构造形成于侏罗纪末。

2.1.6 油气短距离伴随断裂垂向运移

油气以短距离伴随断裂垂向运移为主,主要表现为:(1)台北油气系统内油气藏全部位于八道湾组煤系地层的有效烃源岩分布区(图4),而分布区以外,不论圈闭、储层配套多好,都无煤系油气显示。(2)垂向油气显示活跃,在成熟有效烃源岩分布的断裂区钻进,90%的井有油气显示,有的显示段达500 m以上,有的岩芯断裂面能明显见到油珠;而在无断裂的油田边外的钻井(如米登油气田西边的米2井等)无任何油气显示。(3)油气藏在垂向上多套重叠并伴随断裂分布。台北油气系统内的油气田在垂向上从上而下为七克台组油藏、三间房组上油气藏、三间房组下油气藏、西山窑组上油气藏、西山窑组下油气藏,并伴随大断裂呈串珠状分布(如温吉桑油气田等)。

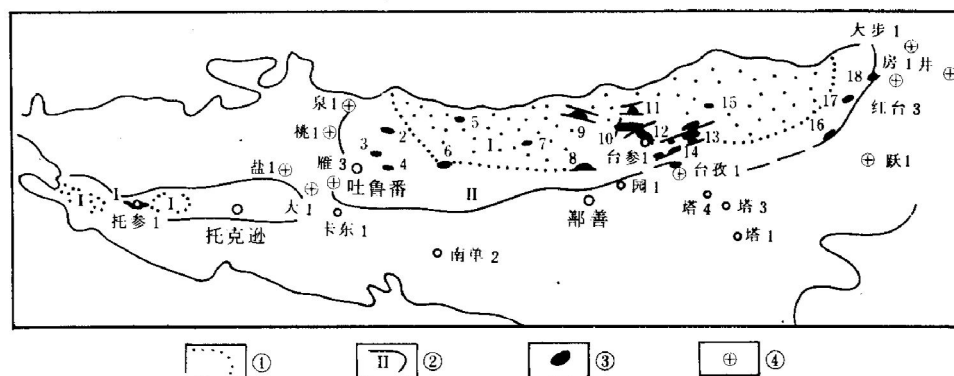


图4 吐鲁番坳陷油气田分布与八道湾煤系有效烃源岩分布叠合分析图

1—伊拉湖油田;2—葡北油田;3—胜南油田;4—神泉油田;5—恰拉坎油田;6—胜金口油田;7—胜北2号含油气构造;8—红南油田;9—巴喀油田;10—丘陵油田;11—鄯善油田;12—鄯善油田;13—丘东~温吉桑油气区;14—七克台油田;15—萨克桑含油气构造;16—疙瘩台气田;17—红台2号油气田;18—红台1号含油构造,①—最有效生油岩,②—有有效生油岩,③—油田,④—新失利井

油气的横向运移在3个油气系统内有明显差异。在托克逊油气系统中,由于三叠系的储层物性较好,三角洲河流相砂体大而发育,虽有利于油气的横向运移,但也不能长距离运移。在台北油气系统内,由于存在沿煤系地层内部的顺层滑脱面,有部分油气在断裂活动期可沿滑脱面作一定距离的运移,但由于断裂形成晚,且其断裂面承压大、易封闭,不利于油气的长期、长距离运移。哈密油气系统内因储层物性很差,油气的横向运移又缺少顺层滑脱面,中上三叠统内部又无不整合面,所以三叠系的油气横向运移是很困难的,只有下侏罗统煤系的少量油气可沿三叠系与侏罗系的不整合面作横向运移。

2.1.7 破坏时期有差别

托克逊油气系统初步形成后于中侏罗世中后期就开始局部挤压抬升,并使三叠系至侏罗系遭受局部淋滤与剥蚀,使形成于布尔加凸起及其边缘的二叠及三叠系油气藏遭到破坏。白垩纪时,由于大规模抬升,使侏罗纪以前较多的油气藏遭受破坏。台北油气系统从初步形成到喜山运动早中期很少受到破坏,仅在侏罗纪末期局部地区(如红台构造区)有破坏,大规模的油气破坏主要发生于喜山末期的构造运动。哈密油气系统形成后经历了两次大的破坏过程,其一为印支末期的构造运动使得三叠及二叠系挤压变形、抬升并遭受淋滤与剥蚀,使二叠系形成的油气藏大量遭受破坏;其二为燕山后期的构造运动,使该油气系统内不仅没有沉积白垩系,而且中生界不同程度地遭受破坏,使三叠系的部分油气藏遭受破坏(如黄田隆起区)。

综上所述可知,托克逊油气系统经历了中晚侏罗世及白垩纪两个破坏阶段;台北油气系统主要经历了喜山末期的构造破坏;哈密油气系统经历了三叠纪末及白垩纪两个破坏阶段。

2.2 非煤系类

这一类主要分布于盆地南部地区,以南湖油气系统为代表,主要特征如下:(1)二叠系烃源岩在印支中期开始生烃,到印支后期~燕山早期大量生烃;三叠系的烃源岩因侏罗纪以来一直没有深埋,直到现今才有少量烃类生成。(2)储层主要为三叠系砂岩,物性较好。但缺乏良好的区域盖层。(3)圈闭主要形成于印支末期,在海西末期、燕山中期及喜山末期也有少量圈闭形成。(4)油气的运聚仍与断裂相依存,主要发生于中晚三叠世及早中侏罗世。(5)油气系统遭受

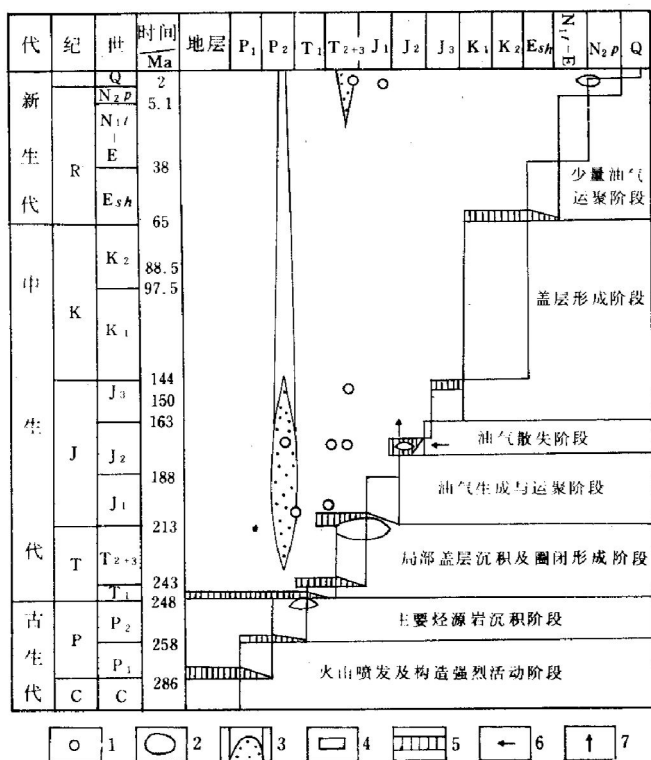


图5 非煤系类油气系统形成与演化特征图

- 1—油气藏形成的时空位置;2—主要圈闭形成期;
3—生油气强度;4—沉积期;5—淋滤剥蚀及其剥蚀地层;
6—油气藏形成的关键时期;7—地层抬升阶段

白垩纪末及其以前的圈闭中有油气藏形成,新生代是该区相对稳定时期,只在喜山期末的强烈构造运动作用下方有新的圈闭及油气藏形成,主要分布于二叠系~下侏罗统。

3.2 台北油气系统

该油气系统大量的储油气圈闭形成于中晚燕山期。从二叠与三叠系的烃源岩演化来看,二叠系于早中侏罗世达生油气高峰,油气主要聚集于印支期及其以前的圈闭中;三叠系于中侏罗世达到生烃高峰,伴随有燕山中期的构造活动,是二叠与三叠系运聚油气的有利时期。侏罗纪末期,由于该区发生了很强烈的构造运动,形成了一系列的背斜圈闭,而此时三叠与二叠系都进入生气阶段,侏罗系煤系烃源岩也开始大量生烃,在二叠、三叠系中有较多的气藏形成,侏罗系中下统中有油藏形成。白垩纪以后是该区相对较稳定的时期,此时的煤系地层一直处于生烃高峰,伴随着燕山后期及喜山期的多次构造活动,大量的油气运聚于中下侏罗统中,同时二叠、三叠系的古油气藏也受到改造或调整,使其部分油气亦运聚到侏罗系中,喜山末期的构造运动是该区最强烈的构造运动,不仅使油气得以大量运聚,油气藏重新调整,而且使火焰山-七克台断褶带的油气藏遭受大量破坏。

3.3 哈密油气系统

该油气系统有两次形成大量圈闭的时期,即印支末期及燕山后期。二叠系烃源岩于早、中侏罗世达生烃高峰;三叠系的生烃高峰是燕山中后期,尤其是侏罗纪末期,与圈闭形成时期配合良好,有利于三叠及二叠系的油气运聚。侏罗系烃源岩于早白垩世生成少量油气,难形成大的油气聚集。从燕山后期的晚白垩世到喜山晚期,该区长期处于抬升状态,很少有油气生成。喜

破坏的时期较早,期次也较多,第1次较大的破坏发生于海西晚期至印支早期,使大量的烃源岩遭受剥蚀;第2次较大的破坏发生于印支末期,使较多隆起区的构造圈闭遭受削顶剥蚀;第3次较大的破坏发生于中侏罗世中后期,大量油气散失。因此,这一类油气系统是不利于大量油气聚集的(图5)。

3 油气藏的形成与分布

3.1 托克逊油气系统

该油气系统的圈闭主要形成于燕山中期及末期,而二叠系烃源岩的最早生烃开始于燕山早期,到燕山中期为生烃高峰;三叠系烃源岩也在燕山中期开始大量生烃。因此,燕山中期及其以前形成的圈闭将在一定的供油范围内聚集油气,但由于强烈地抬升与挤压,部分油气藏遭到破坏;燕山后期,该区为淋滤剥蚀区,是油气藏遭受破坏的主要时期,但由于三叠系及侏罗系烃源岩的生烃及二叠系烃源岩的大量生气,

山末期该区沉降,烃源岩剩余有机质又开始生烃,新的油气藏于二叠、三叠系及下侏罗统中形成。

3.4 南湖油气系统

燕山中期构造活动对该区有一定的影响,有利于油气运聚,在中侏罗世及侏罗纪末有二叠、三叠系油气藏形成;但由于当时没有区域性盖层,形成的油气藏大都是中小型的。当区域性盖层(白垩纪泥岩)形成时,二叠系的生烃高峰早已过去,只有喜山后期三叠系的少量油气生成,难形成较大的油气聚集。因此只有寻找以二叠及三叠系为油源的中小型油气藏及残留油气藏。

4 结 论

(1)吐哈盆地具典型的造山带油气系统特征,可分为煤系与非煤系共存类及非煤系类两大类型,以及托克逊、台北、哈密、南湖等4个油气系统。

(2)在煤系与非煤系共存类中:①托克逊油气系统以二叠及三叠系的湖相泥岩为主要烃源岩,台北油气系统以中下侏罗统的煤系地层为重要烃源岩,哈密油气系统以三叠系湖相泥岩为主要烃源岩;②托克逊油气系统主力烃源岩生烃高峰期为中侏罗世~白垩纪,台北油气系统为早白垩世,哈密油气系统为中晚侏罗世;③储层自西向东变差,盖层在台北油气系统内最好;④圈闭多为燕山中后期形成,但哈密油气系统内有大量印支末期形成的圈闭;⑤油气伴随断裂垂向运移为主,且多为与有效烃源岩相依存的短距离运移;⑥哈密与托克逊油气系统遭受破坏的时间早,而且强度大。

(3)在非煤系类中:①烃源岩主要为二叠系湖相泥岩,而且热演化的生烃高峰较早;②由于区域盖层形成晚,与大量油气生成的时期不匹配,不利于油气富集;③圈闭大都为印支期的背斜构造;④油气系统较早地遭受了3次较大的破坏。

(4)托克逊油气系统内二叠、三叠系与下侏罗统中有较好的找油气远景。台北油气系统内应开拓二叠、三叠系的找气新领域。哈密油气系统内,三叠系与下侏罗统有找油气的远景,但仍应以三叠系为主。南湖油气系统应以寻找二叠、三叠系中小型及残留油气藏为主要目标。

参 考 文 献

- 1 赵文智,袁非,曾晓明. 吐鲁番-哈密盆地的构造特征. 石油学报,1992,13(3):1~17
- 2 Demaison G, Huizinga B J. Genetic classification of petroleum systems. AAPG. Bulletin, 1991;75(10):1626~1643
- 3 Perrodon A. Petroleum systems; models and applications. Journal of Petroleum Geology, 1992, 15(3):319~325
- 4 程克明主编. 吐哈盆地油气生成. 北京:石油工业出版社, 1994. 2~4
- 5 李伟,赵文智. 吐-哈盆地砂岩储集体沉积特征与含油气关系. 石油勘探与开发, 1991, 18(6):103~104
- 6 李伟. 影响吐-哈盆地储层物性的主要因素. 石油勘探与开发, 1992, 19(增刊):230~235
- 7 赵文智,李伟,燕烈灿. 吐鲁番-哈密盆地油气藏类型、特征与油气分布规律初探. 石油与天然气地质, 1991, 12(4):351~363

TYPES AND EVOLUTION CHARACTERISTICS OF PETROLEUM SYSTEMS IN TURPAN-HAMI BASIN

Li Wei Niu Jiayu Zhao Wenzhi

(Geology Branch, Research Institute of Petroleum Exploration & Development, CNPC, Beijing)

Abstract

Turpan-Hami Basin contains two types of source rocks and four petroleum systems such as coal measure-noncoal formation combined type, noncoal formation type and Toksun, Taibei, Hami, Nanhu petroleum systems. Within the first type, oil traps that were mainly formed in Late Cretaceous matched well with the peak period of hydrocarbon generation of Permian-Triassic source rocks, thus forming Toksun petroleum system; the oil traps of Taibei system were formed in Middle-Late Jurassic and matched well with the peak period of hydrocarbon generation of Early-Middle Jurassic coal measures and that of Permian-Triassic source rocks, thus forming Taibei petroleum system; Hami oil traps were formed in Late Jurassic, matched with the peak period of Triassic lacustrine mudstone hydrocarbon generation, and formed Hami petroleum system. As for the noncoal formation system, since its caprocks were formed so late and underwent three serious damages, large amounts of oil and gas were lost, it is not favourable to form large oil and gas pools.