

# 吐哈盆地煤成油形成的地质条件<sup>①</sup>

赵长毅 赵文智 程克明 牛嘉玉 张 研 李 伟

(石油勘探开发科学研究院, 北京 100083)

**提 要** 吐哈盆地是典型的煤成油气盆地。通过对该盆地煤成油形成的地质条件分析, 认为煤成油藏的形成是特定地质条件下的产物。(1)盆地构造演化控制了煤系生储油岩系发育;(2)存在低成熟成烃母质以利于烃类排出;(3)成煤沼泽氧化还原环境与成煤植物差异造成了煤原始富氢程度的不同。下三角洲平原沼泽及分流间湾沼泽是煤成烃发育的有利场所, 流水沼泽相是煤成烃最有利的相带;(4)适合古地温梯度及后续盆地继承发展以保持源岩熟化, 上覆湖相沉积发育以利于烃类的保存;(5)适合的构造挤压条件以利于煤成油的排驱与运移。

**关键词** 吐哈盆地 煤成油 形成条件 油气藏

**分类号** P 618.11, P 618.130.1

**第一作者简介** 赵长毅 男 34 岁 博士 有机岩石学和有机地球化学

## 引 言

虽然人们对煤油共生现象早有认识, 但煤成油研究起步于 60 年代晚期。Hedberg<sup>[1]</sup>、Brooks 和 Smith<sup>[2,3]</sup>等最早论证了澳大利亚吉普斯兰盆地 Latrobe 群上白垩统一下第三系煤系地层的生油能力。随后在澳大利亚库珀/埃罗曼加盆地<sup>[4]</sup>、印度尼西亚马哈坎姆三角洲<sup>[5]</sup>、加拿大马更些一波弗特盆地<sup>[6]</sup>、新西兰的塔拉那基盆地<sup>[7]</sup>、尼日利亚 Niger 三角洲<sup>[8]</sup>、北海默里盆地和挪威近海豪坦班肯地区<sup>[9]</sup>, 以及美国的圣胡安盆地<sup>[10]</sup>等等都相继发现了重要的煤成油聚集。在我国, 虽然在 50~60 年代期间曾发现了鸳鸯湖油田、中坝凝析油气田、冷湖油田、齐古油田和七克台油田, 但却是吐哈盆地煤成油勘探实践, 揭开了在含煤盆地寻找油气田的序幕, 并先后发现了彩南油田和库车坳陷煤成油气田, 同时在珠江口盆地、东海拉尔盆地、三塘湖盆地及焉耆盆地等也相继发现了煤成油气田。

我国煤炭资源极为丰富, 探明储量和预测资源量总计约 5.52 亿吨<sup>[11]</sup>。地史上从寒武纪到第四纪都有煤层形成。重要的成煤期有石炭纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪和第三纪, 侏罗纪是最重要的成煤期。尽管我们已经在含煤盆地发现了一批煤成油气田, 但是煤成油盆地与煤盆地总量相比微不足道, 并非所有聚煤盆地都具有形成油气盆地条件,

一些聚煤盆地的发展结局并未有工业性油气的聚积。因此, 形成煤成油气田的基本地质条件与要素便成了人们关注的焦点。

煤及含煤有机质形成的地质条件与湖相生油岩存在显著的差异性。①湖相有机质形成于相对闭塞的静水环境, 湖生生物群在种类和种属上较沼泽生物显得异常丰富, 水生生物繁茂, 以藻类、动物浮游生物及细菌等以富含蛋白质、脂肪等类脂化合物为特征, 同时湖盆主要河流和溪流所携带的陆源高等植物中抗氧化分解能力较强的成分如孢子花粉、角质等陆源有机质的输入, 也大大丰富了湖相有机质组成, 这是湖相富氢有机质形成的物质基础; 而煤及含煤有机质形成于沼泽相与河流相沉积体系中, 生物群落以陆源高等植物为主, 伴以少量的藻类等水生生物, 植物的木质纤维组织以富含芳香族结构为特征。②湖相为稳定的较深静水的还原环境, 沉积速率适中, 为有机质埋藏、保存和转化创造了十分有利的条件。其生油岩母质类型好, 以腐泥型和混合型为主, 岩石学组成以藻类及其降解产物和壳质组为主, 贫氧低碳富氢; 而煤和含煤有机质形成于沼泽的弱氧化-弱还原水介质到河流的氧化环境, 植物残体氧化分解合成以腐殖型为主的 III 型有机质, 岩石学组成以镜质组和惰质组为主, 富氧高碳贫氢。③湖相生油层厚度大, 生储盖组合配置好, 有机质丰度和类型由湖盆边缘向湖盆内部逐渐变好, 呈

① 收稿日期: 1996-12-30

环带状展布;而煤及含煤有机质则无此特点等等。

煤及含煤有机质与湖相生油岩形成的地质条件差异性,也决定了在含煤盆地寻找油气田,不能简单照搬湖相油气成藏理论。此文对吐哈盆地煤成油气田形成地质条件进行剖析,以期对西北侏罗纪乃至在各时代含煤盆地寻找油气田提供借鉴。

## 1 盆地构造演化性质控制了煤系生储油岩系发育

盆地的基底性质与结构直接控制和影响上覆沉积岩层的展布与岩性岩相变化,对生储油岩系的发育、质量与组合关系有控制作用。吐哈盆地前侏罗系盆地凹入与凸出的形态和现今凹陷、山系及主要构造带延展有很好的对应关系,即反映了这种深部构造对浅层构造形迹的控制作用。吐哈盆地前侏罗纪晚二叠世—三叠纪为前陆~再生前陆盆地发育阶段。在中三叠世以前盆地表现出造山期后地貌反差比较强烈,沉积的分隔性比较明显并具有填平补齐性等特点。中三叠世以后,盆地表现为地貌反差小,沉积连续性与范围比较广泛。早、中侏罗世,沉积演化面貌体现伸展拉张型盆地的沉积特征。气候湿润温暖,植物繁盛,植物群由蕨类植物的节蕨类及真蕨类和裸子植物的银杏类、苏铁类及松柏类组成,以裸子植物占优势,高大松柏类及银杏类相当繁盛。湖泊淤浅作用导致的滨湖—三角洲平原沼泽和河流岸后沼泽发育,形成煤系烃源岩。八道湾组煤层总体形成于盆地充填演化过程中的湖泊扩张阶段,泥炭堆积后未接受充分的氧化分解,厌氧细菌降解作用强烈,表现为煤中镜质组分含量尤其是富氢基质镜质体含量高,煤层相对富氢;西山窑组煤层总体形成于盆地充填演化过程中的湖泊萎缩阶段。与早侏罗世早期水体逐渐加深背景下的三角洲充填相比较,中侏罗世早期为湖泊淤浅的泛盆沉积阶段,沉积区普遍沼泽化,聚煤作用更强。煤岩组成在盆地范围内各区存在明显差异,如哈密坳陷有富惰质组煤而台北凹陷仍然分布富氢煤,表现了西山窑组煤层富氢程度的不均衡性。此阶段由于湖盆汇水小、水浅,汇水分隔性强,湖盆振荡频繁,造成入湖三角洲砂体在纵向和横向上与湖沼共生,从而构成了良好的生储组合。中侏罗世后期(七克台期)盆地进入第二个湖侵期,是盆地侏罗纪以来水体最深、水域最广的时期。凹陷内湖相泥岩发育,构成了盆地区域性盖层,

从而保证了侏罗系油气藏形成所需的生储盖组合的完整性。晚侏罗世中期以后,地壳活动加剧,区域应力场由拉张转为挤压,在盆地东部、西南、了墩隆起与北缘山脉区都发生幅度较大的抬升,周缘山脉趋于高耸,从而改变了早期盆地的沉积面貌,盆地开始缩小并被分割,气候随之由温暖潮湿转为干燥炎热,沉积范围大大缩小,开始了挤压拗陷型盆地的演化阶段。

## 2 低成熟成烃母质的存在与富集有利于烃类排出

### 2.1 煤孔隙分布特征决定了煤中烃类赋存状态与排驱难易程度

煤在热演化过程中,其大分子由于内部键能的差异导致随热力学条件的变化而逐渐降解脱落小分子烃类,脱落的烃类首先与有机固体颗粒表面相互作用,被煤孔隙表面质点所“捕捉”。由于微孔孔壁对烃类分子引力场的重叠作用,造成煤微孔中填充的烃类分子与孔壁之间的键合力更强,微孔对烃类优先吸附,使得煤中烃类的赋存及脱附与煤孔隙分布密切相关。当煤微孔发育时,烃类多被微孔吸附,不易流动;反之,当煤中大孔发育时烃类易排驱移出母体。煤的吸附性强弱及烃类排驱难易程度取决于煤中微孔隙发育程度。后者与煤成熟度密切相关(图1)。低、中演化阶段,煤中 $<20\text{Å}$ 的孔隙体积含量较低,而大孔隙含量相应较高,孔隙度可达10%

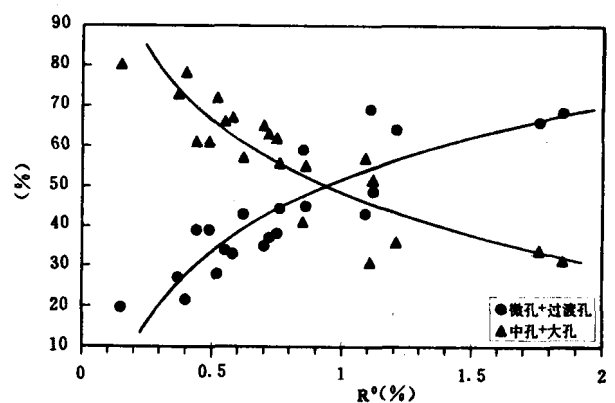


图1 煤孔隙分布特征与成熟度关系

Fig. 1 Relationship between the distribution of coal pores and the maturity

以上;而在气煤晚期至焦煤阶段,煤中 $<20\text{Å}$ 的微孔

孔隙体积可达 50% 左右,大孔隙体积降至 40% 以下,孔隙度降至 10% 以下。因此,具相同生烃量的煤,低中演化阶段生成的烃类易于满足微孔对烃类吸附所需的阈值,多余的烃类易于排出母体;而烃类主要形成于中高成熟阶段时,由于微孔增加因而消耗于孔隙吸附的烃类相应较低演化阶段要多,因此不易满足微孔对烃类吸附所需的阈值。换句话说,当达到煤孔隙饱和吸附阈值时,低煤阶煤所需的生烃量较高煤阶煤所需的生烃量要小,因此,低成熟时期(相当于镜质体反射率  $R^0.9\%$  以前)有利于煤成油的排驱与运移。

## 2.2 吐哈盆地煤中含量占 40% 的具暗褐色荧光的基质镜质体具有早期生烃的特征,是吐哈盆地煤成烃主要贡献组分

一般而言,由高等植物木质纤维组织在正常凝胶化作用条件下形成的典型镜质体,其化学结构主要由具短脂肪链与含氧官能团联结的芳香网络结构组成,不是成油的主要母质。但吐哈盆地煤中基质镜质体由于生物化学阶段细菌等微生物的强烈改造作用,使得其先质得以“改良”,形成富氢镜质体,使其结构中具有氢化芳香结构,比较富含烃基团,有生成液态烃的能力,显微荧光行为和热解气相色谱特征均表明基质镜质体生烃高峰在  $R^0.65\%$ ,具早期生烃特征<sup>[12]</sup>。虽然单位体积的基质镜质体生成液态烃能力较壳质组低约一至二倍,但其在煤中的高含量则大大弥补了单位生烃量低的不足,而成为吐哈盆地煤成烃贡献最主要组分。图 2 为吐哈盆地煤中基质镜质体含量与生烃潜力关系,二者基本呈正相关关系。

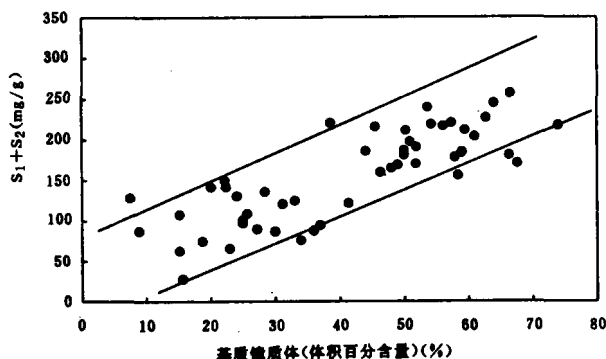


图 2 吐哈盆地煤中基质镜质体含量与生烃潜力关系图

Fig. 2 Diagram showing the relationship between the content of desmocollinite of coal and hydrocarbon generation potential in Tuha basin

## 3 成煤作用差异造成了煤原始富氢性的不同

### 3.1 成煤沼泽氧化还原条件与成煤植物的差异造成了煤富氢程度的不同

盆地类型、沉积水介质条件、成煤植物群落及古地理、古气候条件控制了煤的富氢程度。事实上,煤的前身物即泥炭的形成条件与环境,决定了煤的富氢程度。高等植物转化为泥炭的过程称作泥炭化阶段,泥炭化作用实质是沼泽中有微生物参与下植物残体的复杂的生物化学作用过程。

泥炭的表层即泥炭形成层空气流通,存在大量的喜氧性细菌、真菌,植物残体的氧化分解和水解作用,基本是在泥炭沼泽的表层进行的。此时植物残体转变为简单的有机化合物并形成部分腐殖酸,是腐殖化作用过程,得到的产物一般是贫氢的。该过程如果进行得充分彻底,植物成分将全部分解成水和二氧化碳而不能形成泥炭。实际上由于以下原因使得氧化分解往往是不充分的<sup>[13]</sup>。①地壳沉降或潜水面缓慢上升,致使沼泽覆水程度增强和植物遗体堆积厚度的不断增加;②植物遗体产生的酸性产物抑制了需氧细菌和真菌的生存和活动;③某些植物特有的防腐和杀菌成分等等。当沼泽表面比较干燥,氧气供应充分,但又能适时地被上覆植物残体埋藏而未彻底分解时,常常形成富氧贫氢高碳的丝炭化物质。泥炭层底层处于还原环境中,泥炭形成层中形成和保存下来的各种简单、性质活泼的有机化合物,在缺氧和有矿物质参与下,进行复杂的合成作用,转变为腐殖酸及其新化合物,是富氢的过程。该过程中沼泽水愈还原,厌氧细菌愈发育,并对有机质的改造愈强烈,氢的富集程度亦愈高,因此,生物化学作用过程中,沼泽水介质的还原程度决定了煤的富氢性。

另一方面,成煤植物的不同也可以造成煤富氢程度差异。在水参与下的高压釜模拟实验表明,由纤维素产生的腐殖酸几倍于木质素产生的腐殖酸,而且在一定压力下,纤维素受热可形成沥青,而木质素则转变为芳香酸和酚类化合物。同时,纤维素转化为腐殖组所需的温度只需  $200^{\circ}\text{C}$ ,而木质素则需  $300^{\circ}\text{C}$  的高温。不同门类的植物其纤维素与木质素含量比例不尽相同,因此便造成煤的富氢程度有异。

3.2 下三角洲平原及其上发育的分流间湾沼泽,是煤系烃源岩发育的有利场所;流水沼泽相是煤成烃最有利的相带

有机质高度富集的煤可以形成于各种沉积体系中,煤的沉积环境决定了煤的富氢程度。吐哈盆地煤沉积环境研究表明<sup>①</sup>,在辫状河及辫状河三角洲体系、上三角洲平原河流体系、下三角洲平原、三角洲间湾和湖泊体系中均有煤层的聚集。但不同沉积环境中形成的煤层,其发育程度包括煤层层数、煤层厚度和煤层稳定性等均有差异,同时,成煤植物和沼泽水介质氧化还原程度亦有较大的差异性,因而造成了煤成烃潜力差异性。

辫状河及辫状河三角洲体系发育于构造活动

期,沉积环境不稳定,一般不利于成煤。只有当构造宁静期,辫状河或辫状河三角洲废弃后,才能在河漫滩或分流间湾上发育泥炭沼泽而成煤,或者演化成曲流河及曲流河三角洲体系,发生聚煤作用。若构造稳定期持续时间较长,则可形成厚煤层。成煤植物以裸子植物为主,林下蕨类植物含量较低。哈密三道岭露天矿和大南湖煤矿4号煤层,属于此类沉积环境下的产物。由于该类沉积体系发育于构造活动期中的相对宁静期,沉积环境不稳定,泥炭沼泽表面常出露于潜水面之上,泥炭层常处于氧化环境,因此煤中惰质组含量常常很高(可达35~40%以上),富氢组分含量相对较低,属于干燥森林沼泽相,成烃性很差。

沼泽类型	典型岩性组合	沉积旋回 湖沼河	地势与水动力环境	植被组合	生烃显微组合	生烃潜力 (S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> : mg11C/gC)	氢指数 (mg11C/gC)	实例
河成沼泽			潜水面以上的高位区斜坡					
湖成沼泽			潜水面以下的低位洼地	蕨类植物多于裸子植物	1. 镜质组平均81% 其中结构镜质体占10-20%,基质镜质体占80-90% 2. 惰质组平均10% 3. 壳质组平均	100-400	200-500	吐鲁番凹陷台北地区

图3 吐哈盆地侏罗系不同成煤沼泽环境的煤之成烃性比较

Fig.3 Comparison of hydrocarbon generation potential of coal formed in different Jurassic swamps in Tuha basin

下三角洲平原由于河道显著分叉,因而分流间湾发育,如沉积物供给充分,间湾逐渐充填、变浅,充填至一定程度后,其上植物生长发育,逐渐形成泥炭沼泽,为流水沼泽相。此种类型煤层一般厚度大且层数多,分布亦较稳定,含煤性较好。成煤植物中林下蕨类植物含量较河漫沼泽中升高。蕨类植物多属草本植物,次生木质部不发育,其中纤维素含量远高

于裸子植物,而木质素含量又远低于裸子植物,同时河流和溪流所携带的上游中未被分解的富氢组分在此堆积,这是下三角洲平原沼泽及其衍生的分流间湾沼泽形成的煤,较河漫沼泽形成的煤更富氢的物质基础。另一个方面,由于此类沼泽水体相对较深,泥炭表层常在潜水面以下,沼泽水介质更加还原,厌氧细菌繁育,泥炭沼泽菌解作用强烈,因而所形成的

① 张鹏飞,金奎励等.吐哈盆地中、下侏罗统湖沼沉积环境研究.中国矿业大学北京研究生部内部报告,1995

煤氢含量较高,这是三角洲平原沼泽及其分流间湾沼泽形成的煤更富氢的环境基础。

湖泊沉积体系因常处于水下,因此聚煤作用较差,只是在湖湾处有时可发育一些碳质泥岩和薄煤层,该环境下形成的煤其成烃性最好,但由于该环境成煤性差,因此对煤成烃贡献不大。

曲流河三角洲体系中,河流—三角洲平原以河流作用为主,河道边缘沼泽是最重要的聚煤场所。成煤环境可分为岸后沼泽和泛滥盆地沼泽。岸后沼泽通常呈线形,位于天然堤的外侧,并平行于河道展布。当岸后沼泽面积逐渐扩展,最后占据泛滥盆地的相当大部分,就形成了泛滥盆地沼泽。这种环境下形成的煤层厚度较大,分布稳定,但煤层层数较少。此环境形成的煤,由于厌氧细菌改造程度和成煤植物中蕨类植物相对含量,均介于河漫沼泽和三角洲间湾沼泽之间,因此成烃性好于河漫沼泽而差于三角洲间湾沼泽。

图3概括反映了河成沼泽与湖成沼泽环境下形成的煤之生烃性差异。

#### 4 合适的古地温及后续盆地继承发展,以保持源岩递进性受热并熟化;上覆湖相沉积发育以利于烃类的保存

侏罗纪煤系源岩沉积后,后续盆地的叠置对于母质熟化和油气保存是必不可少的。吐哈盆地晚侏罗世形成的巨厚湖相泥岩的封盖与白垩纪—第三纪盆地的继承发展,是盆地煤系地层油气田得以形成并具较高含油丰度的重要因素。

##### 4.1 合适古地温及上覆岩层的叠置以利于源岩熟化

油气生成是一定热历史条件下的产物。控制烃源岩烃类生成并排出母体的重要因素之一是源岩的热演化程度。只有源岩成熟度达到大量烃类生成所需的成熟度,即生烃高峰所对应的成熟度,所生的烃类方可克服煤及含煤有机质对其吸附并运移出母体。吐哈盆地煤及含煤有机质主要生烃母质为基质镜质体等富氢组分,其生烃高峰相应的成熟度  $R_o$  在 0.65% 左右,因此侏罗煤系有机质有效烃源岩的成熟度  $R_o$  应在 0.6% 以上。在  $R_o$  为 0.6% 以下,尽管煤系有机质生油作用可以发生,但数量有限,尚不能满足煤系有机质对液态烃类吸附所需的阈值。上侏

罗统能否独立成凹并与白垩纪—第三纪盆地继承发展,直接控制着煤系源岩成熟和排烃的时期。吐哈盆地侏罗系与上覆沉积叠置组合,可大致分为三种类型,它们在石油地质条件与含油性方面存在着明显的差异。

①侏罗系源岩沉积厚度较大,而上覆沉积的厚度适中,如台北凹陷(图4a)。侏罗煤系源岩沉积厚度大,为煤系油气生成提供了物质基础,而上覆沉积既可使源岩埋藏到足够成熟的深度,而又不使目的层埋深过大。此类型叠置组合是含油远景最好的一类。

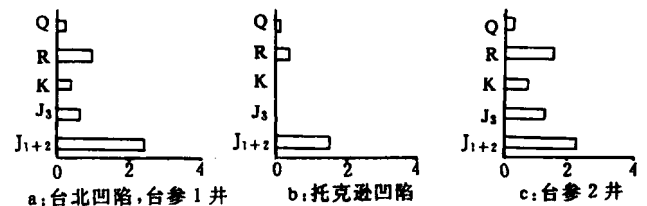


图4 吐哈盆地台北凹陷侏罗系与上覆沉积叠置关系

Fig. 4 Superimposed types between strata of Jurassic system and overlying strata in Tuha basin

②侏罗系的源岩发育,但源岩自沉积后一直未被充分深埋,其上或覆盖了白垩系与第三系或仅覆盖了第三系和第四系,但厚度都不大,典型的如托克逊凹陷(图4b)。由于该类叠置组合煤系烃源岩,在侏罗纪沉积阶段所经受的古地温场高于现今地温场,而且更主要的,由于侏罗纪沉积后,盆地基本上处于抬升背景,或者未沉积原始地层,或遭受剥蚀,上覆沉积厚度小,源岩层埋藏过浅,使源岩层现今所经受的热效应仍低于侏罗纪末所经历的热历史。因而造成侏罗系中下侏罗统煤系源岩,在侏罗纪末期的热成熟“钝化”,现今成熟度仍然处于侏罗纪末所达到的水平。如托克逊中下侏罗统煤源岩,现今所实测的镜质体反射率  $R_o$  为 0.4% ~ 0.5%,在侏罗纪末即已达到了。这个成熟度水平尚未能达到煤系源岩大量生烃的成熟度,因此源岩排烃作用尚未发生。该类型叠置组合含油气远景较差。

③侏罗系的源岩厚度较大,而后续盆地的沉积厚度过大,尤其是新第三系以来的厚度明显过大的沉积叠置类型(图4c)。由于煤系地层富含有机质,在成岩早期陆生植物分解腐化产生大量腐殖酸,使

早期水介质常呈酸性特征,在成岩早期除局部有菱铁矿和碳酸盐胶结外,常常缺乏碳酸盐胶结。因此,煤系储层机械压实作用表现得较为突出。过厚的上覆地层沉积,使得钻探目的层埋深过大,储层储集空

间受到压缩,储层物性受损,勘探找油难度增加,只能以寻找侏罗系作为源岩的次生油气藏为主。这一叠置类型有一定的含油气远景,但找油难度相应增大。

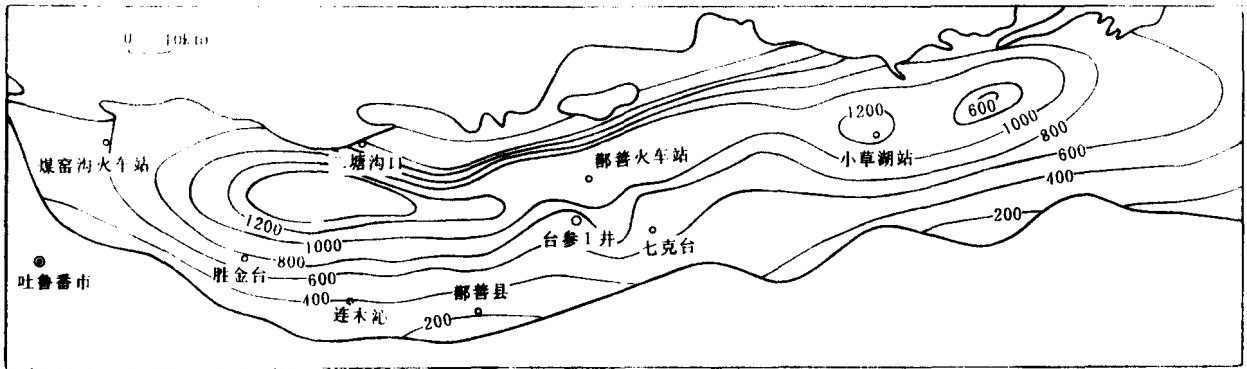


图5 吐哈盆地盖层厚度平面分布图  
Fig.5 Isopach of cap rocks in Tuha basin

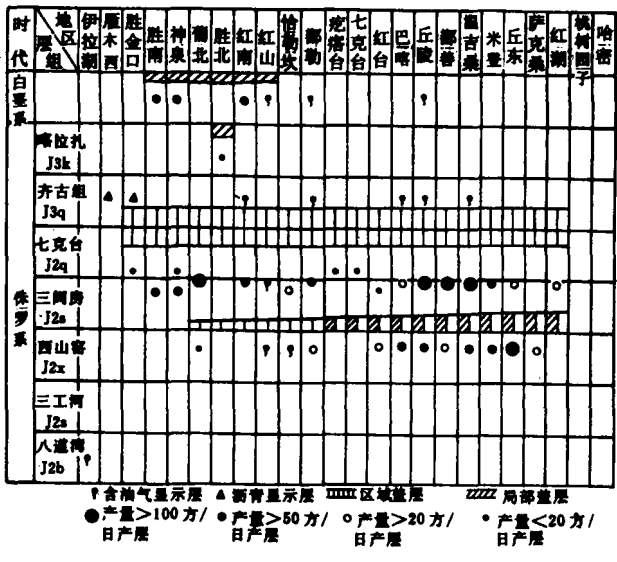


图6 吐哈盆地侏罗系油气产能分布与盖层关系图  
Fig.6 Diagram showing the relation between the distribution of Jurassic petroleum products and cap rocks in Tuha basin

4.2 上覆湖相沉积发育利于烃类的保存

盖层发育程度与封闭性能的优劣,是已运移聚集的油气得以保存而成藏的重要条件之一。煤的物性特征及烃类与煤孔隙相互作用机理,决定了煤成油以轻质油为主。与正常湖相油比较,煤成油对盖

层的质量要求相应提高,因而烃源岩上覆区域湖相沉积的发育,是已运移的油气得以保存的重要条件。盖层的封盖能力是相对的,其封盖性能与沉积环境关系密切。对于泥岩盖层来说,滨浅湖相尤其半深—深湖相泥岩由于质地较纯,岩石粒级更细小,其对烃类的封盖能力远高于河流相与沼泽相泥岩。吐哈盆地中侏罗统两大湖侵期湖相泥岩,构成了侏罗煤系油气的良好盖层(图5)。这两套湖相泥岩发育程度和分布的连续性的差异,确定了它们封闭油气的有效性的不同。盆地已获工业油流并原油成藏条件分析,与空井的钻探失利原因分析也验证了这一点。中侏罗统西山窑晚期至三间房早期的湖侵构成了北部凹陷带第一套盖层。由于此时湖侵范围小,湖域分布局限,水体浅,汇水分隔性强,因而造成此套湖相泥岩有效封盖范围局限,尚不能构成盆地内的区域盖层。中侏罗统七克台期广泛的湖侵,是盆地侏罗纪以来水体最深、水域最广的时期。此期湖侵所沉积的湖相泥岩由于分布广泛,发育连续,沉积厚度较大,构成了北部凹陷带内最重要的区域性盖层。侏罗系煤系油气储量的95%以上,位于该套盖层以下的事实(图6),以及在疙瘩台构造顶部和红台构造顶部,七克组湖相泥岩遭受剥蚀消顶,因而导致该构造带油气逸散实例,也确立了七克台组湖相泥岩区域盖层的封盖作用。而胜北3井及连2井等喀拉

扎组油气藏的形成,皆与后期构造运动形成的断层对七克台组湖相泥岩的切割相关,这种切割作用导致了该套盖层以下的油气调整其上。这从另一个方面证明了七克台组湖相泥岩区域性盖层的重要作用。

### 5 适合的构造挤压条件以利于煤成油的排驱与运移

吐哈盆地侏罗系煤系源岩,在成熟和排烃方面有以下几点特殊性:①生油门限普遍偏大,生油门限为2400~3200m,因此,源岩在进入生油门限以前一般都经过了较充分压实,这为油气一次运移带来困难。②煤系源岩对烃类的吸附性较强,且煤岩孔隙与孔隙内在水的损失,主要发生于成岩作用的早期,即 $R_o < 0.6\%$ 的低熟阶段。而在 $R_o > 0.6\%$ 以后的成熟阶段,煤系源岩保存的孔隙多为微孔,而且油气一次运移的载体缺乏。③煤系源岩本身的封闭性并不理想,在压实过程中产生欠压实的概率极小,因此,自身驱烃条件较差。

正是由于煤系源岩在成熟和排烃条件方面存在上述特殊性,使源岩成熟以后所发生的挤压运动,在油气有效排出中发挥了重要作用。

对吐哈盆地鄯善油气田的解剖分析表明(图7),油气的运聚与构造的挤压之间有密切的对应关系。为鄯善构造提供油气的丘东和胜北凹陷,在侏

罗纪中后期和白垩纪末,曾经出现过产烃高峰期。

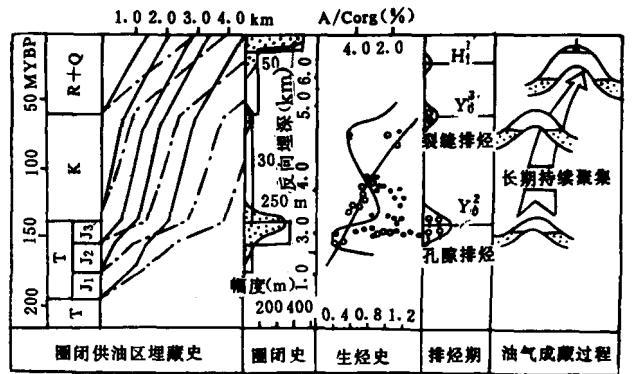


图7 吐哈盆地鄯善油田形成过程分析图  
Fig.7 Formation and maturation process of Shanshan oil-gas pool in Tuha basin

恰恰在两期生烃高峰之后,发生了燕山晚期和末幕挤压构造运动,这既为油气的聚集提供了圈闭,也为油气运移提供了动力。先于两次生烃高峰期生成的鄯善构造不仅在运动中加强了幅度,而且没有遭受破坏又接受了两次挤压运动中输送的油气,从而形成高油柱、充盈丰满的油气藏。

吐哈盆地目前已发现的侏罗系原生油气藏,几乎无一例外地都分布在有一定构造挤压的地区。相反在相对稳定的斜坡和坳陷区,尚未发现侏罗系油气藏(图8)。

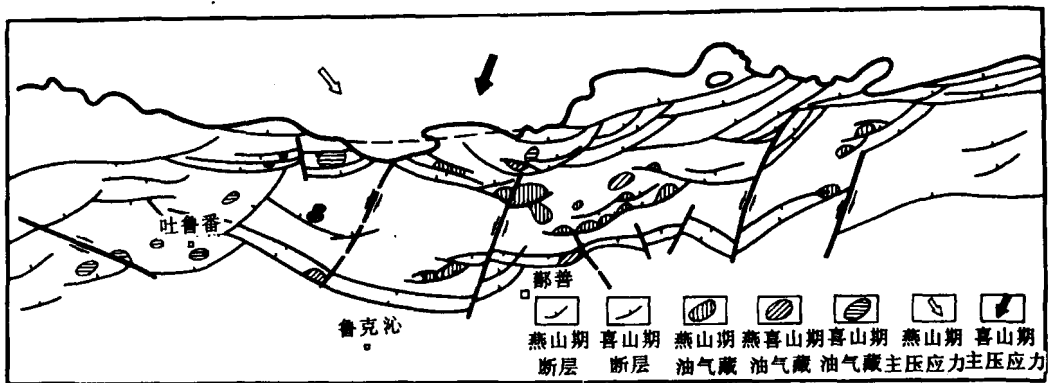


图8 吐哈盆地构造应力场与油气田分布关系

Fig.8 Relationship between the tectonic stress field and the distribution of oil-gas field derived from coal in Tuha basin

确立构造挤压在煤系源岩排烃运移过程中的作用,可使我们对盆地内不同地区侏罗系的含油性给予不同评价。侏罗系煤系油气田应该在符合上述几个条件的构造挤压不强不弱,能产生圈闭而又不破

坏构造的完整性,油源断层发育而又不通至地表的区带上去寻找。

## 参 考 文 献

- [1] Hedberg H. D., Significance of high wax oils with respect to genesis of petroleum, *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.* 1986, 52:736~750.
- [2] Brooks J. D. and Smith J. W., The diagenesis of plant lipids during the formation of coal, petroleum and natural gas - I. Changes in the n-paraffin hydrocarbons. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1967, 31:289~297.
- [3] Brooks J. D. and Smith J. W., The diagenesis of plant lipids during the formation of coal, petroleum and natural gas - II. Coalification and the formation of oil and gas in the Gippsland Basin. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1967, 33:1183~1194.
- [4] Rigby D. and Smith J. W., An isotopic study of gases and hydrocarbons in the Cooper Basin. *APEA Journal.* 1981, 21(1):222~229.
- [5] Durand B. and Paratte M., Oil potential of coals: a geochemical approach, In *Petroleum Geochemistry and Exploration of Europe* (Edited By Brooks J. and Welte D. H.), Blackwell Oxford. 1983, 255~265.
- [6] Snowdon L. R. and Powell T. G., Immature oil and condensate modification of hydrocarbon generation model for terrestrial organic matter, *AAPG. Bull.*, 1982, 66(6):775~778.
- [7] Pilaar W. F. H. and Wakefield L. L., Hydrocarbon generation in the Taranaki Basin, New Zealand, *AAPG. memoir* 35, 1984, 405~424.
- [8] Evamy B. D., Haremboure J., Kamerling P., Knapp W. A., Molloy F. A. and Rowlands P. H., Hydrocarbon habitat of Tertiary Niger Delta. *AAPG.* 1978, 62:1~37.
- [9] Hvoslef S., Larter S. R. and Leythaeuser. Aspects of generation and migration of hydrocarbons from coal-bearing strata of the Hirta formation, Haltenbanken area, offshore Norway, *Advances in Organic Geochemistry*, 1987, 525~536.
- [10] Clayton J. L., Rice D. D. and Michael G. E., Oil-generating coals of the San Juan Basin, New Mexico and Colorado, U. S. A., *Organic Geochemistry*, 1991, 17(6):735~742.
- [11] 中国煤田地质总局. 中国煤岩学图鉴. 北京: 中国矿业大学出版社, 1996.
- [12] 赵长毅等. 吐哈盆地煤中基质镜质体生烃潜力与特征. *科学通报*, 1994, 39(21):1979~1981.
- [13] 杨起, 韩德馨. 中国煤田地质学(上册). 北京: 煤炭工业出版社, 1979.
- [14] 杨起主编. 煤地质学进展. 北京: 科学出版社, 1987.

## Geological Conditions on Forming Oil-gas Field from Jurassic Coals in Tuha Basin

*Zhao Changyi Zhao Wenzhi Cheng Keming  
Niu Jiayu Zhang Yan and Li Wei*

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing 100083)

### Abstract

The Tuha basin is a typical coal-derived oil-gas basin. Through analyzing the geological and geochemical conditions forming coal-derived oil in this basin, the coal-derived oil pool is considered to be formed under a specially designated geological condition. (1) The development of source rocks and reservoir of coal measures is controlled by the tectonic evolution of basin. (2) Low-maturity source materials are favorable for the expulsion of hydrocarbons. (3) Redox environments of coal-forming swamp and coal-forming plants result in the difference of hydrogen-rich degree in coal. Lower delta plain and interdistributary bay swamps are favorable for the development of coal-derived hydrocarbon, and running water swamp facies is the most favorable facies zone for hydrocarbon generation from coal. (4) Appropriate paleogeothermal gradient and inherited development of basin is advantageous to maturation of source rock, and the development of overlying lake deposit is beneficial to the preservation of the expulsive hydrocarbons from coalbed. (5) Suitable tectonic compressing is favorable for the expulsion and migration of coal-derived oil.

**Key words** Tuha basin Coal-derived oil formation condition oil-gas pool