

陆壳碰撞的一种模式与准噶尔盆地 西北缘的油气勘探

伍致中

(新疆石油管理局)

关于陆壳碰撞的类型和形式,国内外学者都有很多的研究和报道。看来,他们的分类原则、方法、名称不尽相同,但都注意到了稳定陆块与造山带之间的陆壳碰撞。如W. R. 迪肯森的造山带与克拉通前陆盆地的相互作用^[1]; A. W. 巴利的A-俯冲带^[2]; 许清华的具有盖层的原地刚性基底与超叠壳楔之间的冲撞作用^[3]等等。

这种陆壳碰撞,据现在查明的情况看,很为普遍。在国外,人们熟知的美国东部阿巴拉契亚山的南段,其西北面古老陆块上的古—中生界稳定型沉积大规模地俯冲到山下去了^[3](图1);此外,阿尔卑斯山、美国西部的科迪勒拉山东侧和苏联乌拉尔山西部亦有类似情况。在国内,准噶尔盆地西北缘的推覆构造是很典型的(图2)。此外,喜马拉雅山地区、柴达木盆地和二连盆地北缘、准噶尔盆地南缘博格达山北麓也已发现,在四川盆地西北部龙门山前、甘肃祁连山北麓、塔里木盆地西南部和北部都已找到。

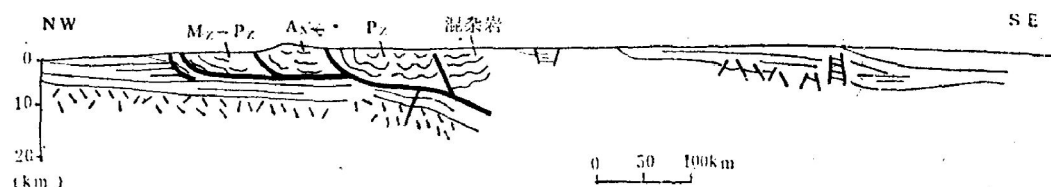


图1 美国阿巴拉契亚山推覆构造图
(引自许清华文章^[3], 略改)

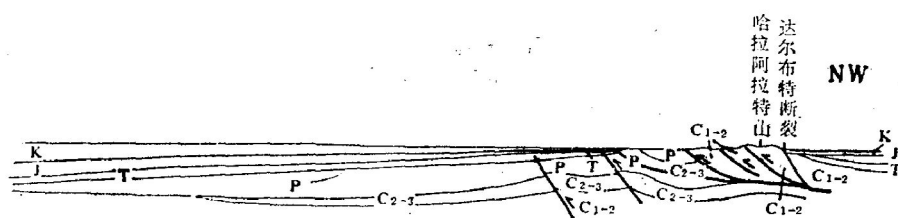


图2 准噶尔盆地西北缘构造剖面图
(引自参考文献^[6])

上述专家和学者们的研究成果,世界范围内具体实例的大量查明,为深入分析这种陆壳碰撞所形成的构造形态和组合及其与油气的关系打下了基础。据此,下面提出一种陆壳碰撞的基本模式以供讨论。

一、基本模式的建立

克拉通的边缘盆地与造山带之间,或者主要由于造山带的主动推覆,或者主要是克拉通古陆块受到推挤主动俯冲,均可发生陆壳碰撞,其参与碰撞的部分构造形态是很复杂的,但其基本组成单元从简说来大致可以分为:(1)仰冲壳(主推覆体);(2)俯冲壳;(3)滑脱楔(次推覆体)(图3)。许清华教授在仰冲壳与俯冲壳间还划有一冲撞混杂岩带^[9]。

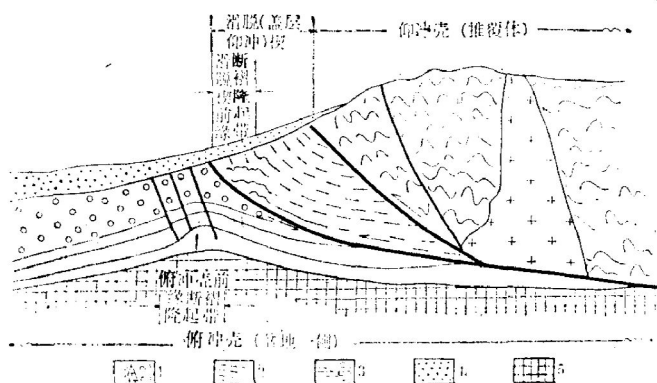


图3 克拉通型盆地与褶皱造山带的
陆壳碰撞基本模式图

- 1—海相褶皱造山岩层及花岗岩体
- 2—滑脱楔中的海相及陆相地层
- 3—俯冲壳盖层中的海相(下)、陆相(上)层
- 4—基本未参与陆壳碰撞的陆相岩层
- 5—古老基底

仰冲壳:一般都是造山带推覆体。当克拉通盆地具弧后盆地性质时,仰冲壳则为岛弧或巨型挤压接合造山带的后(内)侧,此时陆壳碰撞带不见俯冲混杂岩,因它远离洋壳;当克拉通盆地为残余洋壳附近的陆缘盆地时,仰冲壳则为俯冲挤压接合带的前缘,在碰撞带附近存在俯冲混杂岩。不论何种情况,造山带都向盆地方向仰冲推覆,褶皱轴面和断面都是倒向盆地一侧。

俯冲壳:是以古老陆块为基底的边缘盆地,在构造特征上它具有山前拗陷性质。在造山带形成的过程中或盆地发育的早期,有浅海相、海陆交互相的陆缘或残余海的似棱柱体沉积,盖在基底之上,并向造山带加厚。在盆地发育的晚期则为陆相堆积,沉积中心和厚度的增大逐渐向盆内转移。加入俯冲活动的俯冲壳盖层之层位,取决于地壳碰撞活动的延续时间和强度,它可能只有海相层位,但也可能包括全部海、陆相地层。当然,各期的冲撞强度是不一样的,应该有主冲期和余冲期之别。

滑脱楔:它夹于仰冲壳和俯冲壳之间,实际上是俯冲壳的沉积盖层。它可能只有海相地层,但亦能包括陆相地层。滑脱楔下部的滑脱面往往是在下部塑性较大的海相地层之中,这种地层在陆壳碰撞及构造其基本模式的三大部分起着重要作用。滑脱楔中的地层层序常常是颠倒的,但也有正常情况。滑脱楔的活动很大程度上受到仰冲壳的制约,正因为如此,虽然它是俯冲壳的盖层,实际上却变成了仰冲的滑脱楔推覆体。

从模式可以看到,陆壳碰撞的仰冲力和俯冲力相遇最集中的地带,是在滑脱楔前缘,在这里滑脱面最陡,也就是说在该处滑脱楔和俯冲壳两个块体运动的水平分力的对冲是最强的。这种应力集中必然造成构造的复杂化,因而在滑脱楔前缘和俯冲壳前缘,都各存在一个断褶隆起带,其主要褶皱轴面和断面都是倒向盆地一侧的。

滑脱楔前缘断褶隆起带的构造形式,有时以褶皱为主,有时以断块为主,或两者皆备,或只是向造山带一侧倾斜的单斜。当滑脱楔很窄,本身就是一个活动性很强的断块时,上覆的部分陆相地层也为断块(亦属断褶带)之组成部分。

俯冲壳前缘的断褶隆起带,其位置一般都在滑脱楔前缘附近,但有时也在前缘前后隔一定距离,这取决于碰撞活动的强度和期次。

由于陆壳碰撞的结果,使得碰撞带构造位置变得较高,地层多向盆地一侧倾斜。

这种陆壳碰撞的推覆距离可以达到很大,如美国的阿巴拉契亚山南段西侧可达260公里以上^[4]。其俯冲深度虽不如贝尼奥夫带深,但仍可以达几十公里、甚至进入地幔,在这样的深度下,岩石受到热变软化甚至融熔,塑性明显增强,压缩性加大,这是陆壳碰撞推覆距离大的重要因素之一。

另外,不论是仰冲壳或俯冲壳,由于受力状况、物质组成的不均,其运动速度是不一样的,这就造成了它们在运动速度差别极大处产生剪切作用,使壳体破裂而形成剪切扭滑断裂。因此,碰撞带在平面上的形迹,往往是呈一条条弧线展布,仰冲壳(推覆体)前缘向外弧凸,横切面中厚边薄,很似舌状。一个推覆体弧凸与之相对应的俯冲壳,共同构成一个完整的推覆构造。

二、模式与油气

前面已经谈到,克拉通边缘盆地早期有浅海相或海陆交互相沉积,一般都具有良好的生油岩系,晚期的陆相堆积有时也具备一定的生油条件。据W. R. 迪肯森研究^[1],在这种陆壳碰撞带中有较高的热值,特别是俯冲壳盖层冲入推覆体下的一部分更是如此,有利于促进有机质的成油转化作用。

根据上述模式,结合众多的实例,特别是准噶尔盆地西北缘的油气分布特征,可以认为有三个主要的油气聚集领域。

第一个领域(FL),即俯冲壳前缘断褶隆起带。由于它的构造位置较高,往往是它两侧油气运移的指向,油源供给面积大,而且构造裂隙发育,孔渗性增大,加之其上又有良好盖层,因此是油气勘探最有希望的地带,根据它的构造形态和位置,又可以分成三种情况:

FL₁——断褶隆起带处在滑脱楔前缘附近,而且冲入推覆体下的部分呈单斜状,这时该带油气最易集中,而且目的层不太深,是最好的一种情况。

FL₂——类似FL₁,唯冲入推覆体下的部分呈波状起伏,这时滑脱面可能切割了部分油层,油气可以沿滑脱面运移它处,还有一部分油气可以储集在这些低幅度的隆起中,故油气聚集不如FL₁多,为较好的一种情况。

FL₃——当断褶隆起带潜入推覆体下,此时它上部的油层被滑脱面切割,油气通过滑脱面上移散失,从而减少了富集程度,这是较差的一种情况。但是,有时滑脱面切割下伏断褶隆起带靠盆地一侧的一些层位,由于滑脱面的遮挡,往往有丰富的油气聚集。

第二个领域(HL),即滑脱楔前缘的断褶隆起带。滑脱楔本身可能有一些生油潜力,但因它是没有“根”的楔形体,一般体积较小,分布有一定局限,即使热演化程度已达生油门限,其油气供给量仍不如第一个领域丰富;有时下伏俯冲壳的油气沿滑脱面上移于此。以上两种油源的供给,加上这里本身又有一定的圈闭条件和较好的孔渗性,故此带的含油气性不可忽视。不过,整个滑脱楔都存在一个盖层问题,因为在它的上部往往缺失地层较多,只有当某些地段盖层条件好时,才能形成相当丰富的油气藏。

根据下伏俯冲壳的构造形态和位置不同,即上移油气丰度的差异,也可分成三种情况:

HL₁——在FL₃的情况下,这时油气源最丰富;

HL₂——相当于FL₂滑脱面切割了部分油层的情况,这时油气源较丰富;

HL₃——相当于FL₁的情况,这时油气源只有靠滑脱楔本身生油,故油气不甚丰富。

第三个领域(G),未参与陆壳碰撞活动,是推覆构造之盖层,它往往向盆地一侧倾斜加厚,其底部可以接受来自FL、HL二个领域中的散失油气,并逐层向上倾方向运移,形成盖层油藏,这种油藏一般埋藏较浅,油质较重。

三、模式在准噶尔盆地西北缘的应用

1. 有关的地质问题

关于准噶尔盆地的基底性质,从目前资料分析,多趋向于古陆块组成,盆地属克拉通型。它的西北缘在中石炭世开始褶皱回返,早期(中、晚石炭—早二叠世,即原划的中、晚石炭世)沉积了一套浅海相、海陆交互相似棱柱体地层,朝造山带方向加厚,晚期(晚二叠世—现代)都是一套陆相堆积,向盆地一侧加厚。总的说来,它们实际上是一套“山前拗陷型”沉积^[4]。

在盆地西北缘,是属于残余洋壳俯冲后的陆缘(克拉通周缘)性质呢,还是弧后盆地性质?应该说不清楚。其中的一个重要问题是对造山区中的达尔布特断裂是否为一B-俯冲带及其俯冲方向的认识问题。从表面看,沿该断裂有超基性岩体和可能的混杂岩堆积,似属B-俯冲带,但俯冲方向却难以判定,因为在它的两侧都有大量的酸性花岗岩体存在,这种分布状况反过来在一定程度上又动摇着该断裂属B-俯冲带的认识。另外,造山带在石炭—二叠纪时期大规模向盆地方向不均匀推覆过程中,该断裂为什么还能保持很好的一条近似直线?超基性岩体为什么能穿切花岗岩体(γ_2)?加之在哈拉阿拉特山西段可能属二叠纪的地层中还有基性辉绿岩和中性安山玢岩存在(井下也有发现),这些如果能说明达尔布特断裂是晚于褶皱造山时期的二叠纪后期形成,则该断裂为B-俯冲带之说其理就更微了。从地震资料看,该断裂现今的断面是倾向北西,为一正断层,很似断开了推覆构造俯冲壳前缘的中、上石炭—下二叠统。断裂的西北侧的泥盆系—中下石炭统(?)中的主要断面是倾向东南的,而东南侧中、下石炭统中的主要断面是倾向北西的,这可能是两侧造山带并合线或巨型挤压接合带A、B-俯冲带之间构造面的分水线的反映。而现今所见到的达尔布特断裂也许是沿该线附近于二叠纪晚期才形成的。

上述问题的存在,对研究盆地西北缘陆壳特别是造山带早期的形成和发展机理是重要的,但就克拉通型盆地不论属周缘和弧后情况,其碰撞的最后效果,特别是对油气藏的关系来说是很相似的,前述基本模式皆能适用。

从前述的一些地质问题中大体已可了解到,准噶尔盆地西北缘在发生陆壳碰撞前,西北侧为中石炭世隆起的造山带,东南侧为准噶尔古陆块,中间为一周缘或弧后盆地,在盆地发展早期(中、晚石炭—早二叠世)沉积了一套海相、海陆交互相地层。当准噶尔古陆块在海西中晚期开始朝西北方向运动、俯冲,而石炭纪中期褶皱隆起的西准噶尔造山带则朝东南方向仰冲推覆,这就形成了准噶尔盆地西北缘的推覆构造^[5]。

对准噶尔盆地西北缘逆掩断裂带的研究已有很长时间了,但把它深入认识为推覆构造^[6,7],而且是陆壳碰撞的一种形式,这还是近年来的研究成果。从目前所获得的资料看,陆壳碰撞后前述基本模式表现最清楚的地区是克拉玛依、白碱滩—夏子街、红旗坝一带。因为在这里的盆地内有厚达2000—4000米以上的中、上石炭—下二叠统的浅海相似棱柱体沉积,可以作为碰撞中的“缓冲器”^[1],并有滑脱楔形成。在这一地带中可以明显分出两个完整的弧凸状推覆体及其相对应部分共同组成的两个推覆构造:哈拉阿拉特(山)推覆构造和成吉思汗(山)推覆构造。两个推覆构造之间存在扭动过渡带,即百口泉扭动过渡带和夏子街扭动过渡带(图4)。

推覆体为早、中石炭世的海相、海陆交互相浅变质岩层,俯冲壳古老陆块基底上的盖层有中、晚石炭—早二叠世的浅海相、海陆交互相沉积和晚二叠世—现代的陆相堆积。其中参与俯冲活动的最新层,由于成吉思汗推覆构造的推覆活动延续时间较长,最新层位是中、下侏罗统;而哈拉阿拉特推覆构造其推覆活动停滞稍早,最新层位为三叠系。这从时间上也说明碰撞带活动的不均匀性。陆壳碰撞的主要活动期是在二叠纪晚期,已知的最大推覆距是在哈拉阿拉特推覆体下,为20公里以上。

滑脱楔为中、上石炭—下二叠统的上部地层,一些地段还有上二叠统陆相地层。其底部的滑脱面位于中、上石炭—下二叠统之中,滑脱面前缘倾角在30°以上,有的可达60—70°,向深部变缓,最后只有几度的倾斜。该滑脱面会聚了整个滑脱楔和仰冲壳推覆体上所有倒向盆地方向的逆断裂,最后被达尔布特断裂切断(图5)。

2. 推覆构造叙要

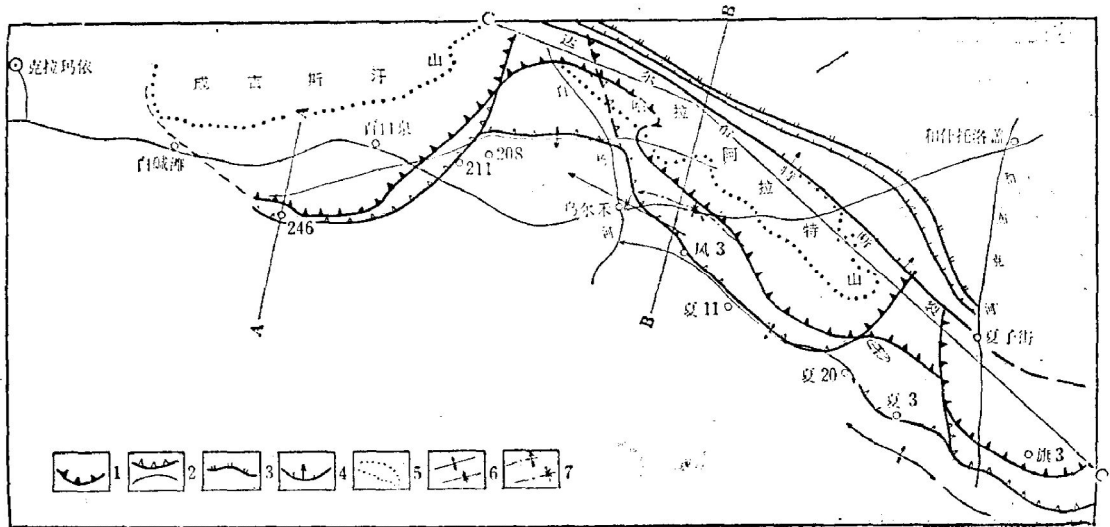
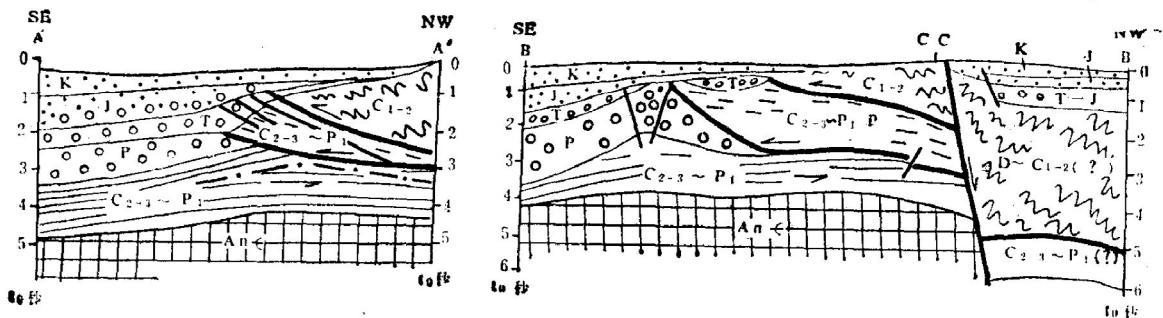


图4 准噶尔盆地西北缘推覆构造示意图

1—仰冲壳前缘线, 2—滑脱楔前缘线(上)、滑脱楔后缘线(下,有单齿), 3—俯冲壳前缘达尔布特断裂切割线, 4—正断层, 5—山区边界线, 6—俯冲壳中之背斜、向斜, 7—滑脱楔中的背斜、向斜。

图5 准噶尔盆地西北缘推覆构造地震反射 t_0 横剖面解释图

哈拉阿拉特推覆构造(图4, 5-BB', 6)

宽约45—50公里, 推覆体前缘呈弧状向SSE方向凸出, 明显地制约着滑脱楔。滑脱楔在弧凸顶部地段窄小, 宽度仅约3公里, 构造强度最大, 有明显的断褶隆起带, 其中还可见到一个完整背斜构造的一段, 而风6—风5井地段实际上是该背斜向西南方向延伸遭到滑脱面切割而只保存的西北翼, 它的构造位置是最高的, 显示的层位也最老。弧凸的翼部则相反, 在西南翼宽约5—6公里的滑脱楔中有一个向西南倾伏的向斜, 它与下伏俯冲壳中的乌尔禾向斜则是两回事; 东北翼, 滑脱楔在夏子街扭动过渡带宽达8公里, 楔体中的地层呈微弱起伏向北西方向倾斜, 前缘的断褶隆起带仍很明显。从现有资料看, 滑脱楔的层位是正常的, 上为二叠系, 下为中、上石炭—下二叠统。

滑脱楔下伏俯冲壳前缘断褶隆起带, 在推覆体弧凸的顶部地段是紧靠甚至潜入滑脱楔前缘, 构造强度也比较大。在翼部则有明显区别: 西南翼它已远离滑脱楔前缘, 呈向南西倾伏的鼻状构造(即原称的乌尔禾鼻隆), 构造强度已有减弱; 东北翼也远离滑脱楔前缘, 呈构造强度相对和缓的背斜构造(即原称的夏子街背斜)。

哈拉阿拉特推覆体及滑脱楔两侧都有扭滑边界断裂存在。东北侧大致距山区的东端3公里有一条NNW向扭滑断裂, 暂可称为哈山东断裂, 断裂之东是夏子街扭动过渡带, 再往东可能还存在一条沿和布克河的扭滑断裂, 可称为和布克河断裂, 这也许是东北部另一个推覆体的西南界; 西南侧有一条大致沿白杨河东侧的扭滑断裂, 可称白杨河断裂。这两条断裂的断面实际上是推覆体翼部的滑动面, 它和中部滑脱面构成一个统一的舌状面。这两条断裂的深度没有断到俯冲壳中去, 更不会向盆地内延

伸,这是要注意的一点。

从纵剖面看(图6),推覆体总的说来是下凸、中厚、边薄的舌状体,其中局部有起伏,甚至存在断裂,使之复杂化。

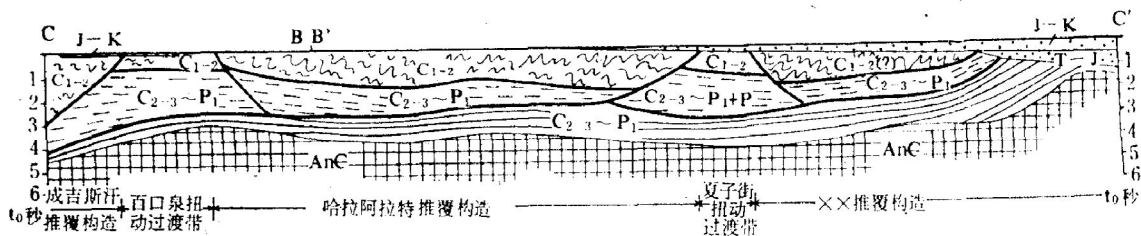


图6 哈拉阿拉特推覆构造地震反射 t_0 纵剖面解释图

卷入陆壳碰撞的最新层位是三叠系,而三叠系的分布主要在俯冲壳中。滑脱楔上除局部有三叠系薄层分布外,主要是侏罗、白垩系陆相超覆沉积盖层,只在西段有较完整的地层层序(图5-BB')。

成吉思汗推覆构造(图4, 5-AA')

南界是大侏罗沟断裂,北以沿克拉苏河西侧约2公里可能存在的克拉苏河断裂为界,推覆体宽45—50公里。前缘呈弧状向东南方向凸出,它制约着滑脱楔的分布,滑脱楔基本上就是推覆体前缘目前探明的一些窄断块,顶部地段宽1—2.5公里,翼部稍宽。西南翼即246井断块之南滑脱楔却不清楚,原因不甚明白;东北翼在克拉苏河断裂以东、白杨河断裂之西南,是两推覆体的扭动过渡地带,滑脱楔宽达10公里。组成滑脱楔的地层:在弧顶部的断块中除个别有二叠系上部地层外,主要是中、上石炭—下二叠统,而三叠系、中下侏罗统也参与了后期的陆壳碰撞活动,组成滑脱楔的最上部层位;在百口泉扭动过渡带中普遍都有中、上石炭统和二叠系。上述地层都是向北西倾的单斜状,其层序是否发生了倒转(特别是南段),目前还难以确定。而断块中的三叠系、中下侏罗统则以平缓地向东南倾斜为主。

在推覆体下伏的俯冲壳断褶隆起带,南起白硷滩经百口泉可能延至哈山构造,笔者称之为百口泉断褶隆起带。在百口泉一段它的位置仍在滑脱楔前缘附近,上部有二叠系。其南的白硷滩—百口泉段则潜入滑脱楔前缘之内侧3—5公里了,这也是推覆构造活动期延续时间长(至早、中侏罗世)的佐证。同时顶部被滑脱面切割,越往南组成它的地层不但无二叠系,而且中、上石炭统也被削掉了一部分,这可能与上述地层往南抬高有关。中、上石炭—下二叠统的上部到中下侏罗统在这一地段于俯冲壳前缘断褶隆起带之后侧直接与滑脱面切交(图5-AA'),利于形成断层遮挡油藏。

前面已经提到,仰冲壳(推覆体)和滑脱楔是互相制约的、受力方向基本一致的组合体,而俯冲壳则是与此对应的、作用力方向相反的块体。哈拉阿拉特和成吉思汗两个推覆构造的俯冲壳,从盖层的构造形态看又是一个基本连续的整体,由西南向东北有百口泉断褶隆起带、乌尔禾向斜、风成城断褶隆起带、“夏子街向斜”、夏子街断褶隆起带。各隆起带的高度有西南高东北低的趋势。

关于克乌断裂,如果从上述论点出发来讨论它的含义,在本文所涉及的地段内就是滑脱楔前缘的滑脱面断裂。果真如此,该断裂在百口泉—乌尔禾地区的延伸位置较原来认识有较大出入(图4)。同时在成因和性质上都和原来的认识有所不同,更不能认为它控制了二叠系的沉积。

3. 含油气评价

中、上石炭—下二叠统是区域性的海相生油层位,总厚2000—4000米以上,向造山带一侧加厚,在盆地一侧逐渐减薄,厚度在1000米以上的分布宽度约20—30公里;二叠系的陆相地层在靠盆地一侧的玛纳斯湖拗陷也可能有生油条件,总厚达4000米以上。以上层系均具有雄厚的生油物质基础,因而油气主要是从下伏的中上石炭—二叠系中运移出来的(图7)。

根据目前掌握并可以进行统一对比的资料,对滑脱楔和俯冲壳前缘的断褶隆起带(HL和FL)的

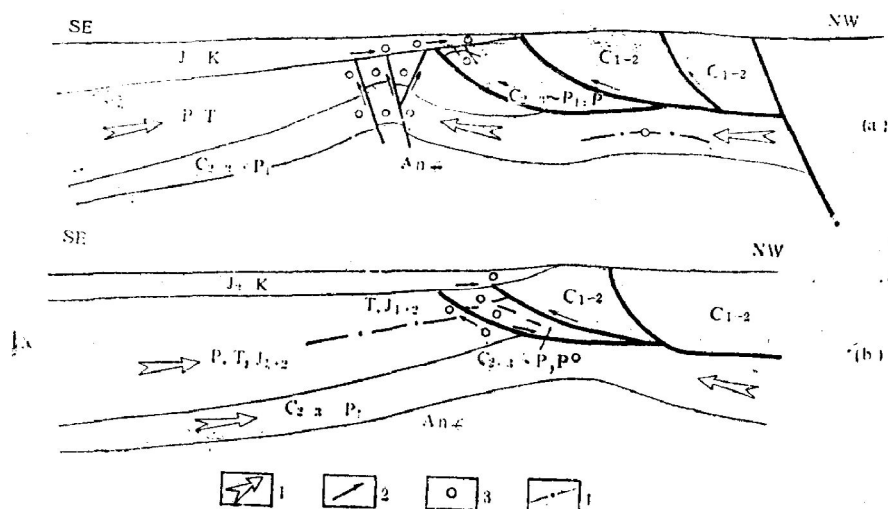


图7 准噶尔盆地西北缘油气运移聚集示意图

1—油源及油气运移方向, 2—油气运移方向, 3—油气聚集带, 4—辅助构造线

含油气条件, 分别列出构造类型、掩伏俯冲壳的位置和形态、盖层条件、目的层及其深度、油气显示情况以及构造幅度或滑脱楔长度等七个指标, 以评分定级的办法进行评价。每个指标分为10分、7分、4分三等, 最后按总分对各地段的含油气性综合评价也分成三级, 即最有利、有利和较为有利。其中: (1) 俯冲壳前缘断褶隆起带上有最有利含油气的地区是: 百口泉断褶隆起带上的百口泉段和风成城断褶隆起带上的风成城段。(2) 在滑脱楔上的断褶隆起带中最有利的含油气地带是: 成吉思汗山前的南段(七区、246井和检188井断块区)。

这里特别要强调的是百口泉断褶隆起带上的百口段, 它目前还未引起人们十分重视。该段不但有宽广的有利勘探面积, 而且在南段的东南坡已有多口井才钻开二叠系的部分地层, 大都有不同程度的含油气显示, 并见工业油流。北段东南坡的外缘钻有一口井, 在二叠系中也有含油显示。问题在于这些井都不是位于构造的最高部位, 而且也未钻开主要的目的层中上石炭—下二叠统。在西南段三叠系也是不可忽视的目的层。因此可以预测该地段是获取工业储量最现实的地区。

关于未参与陆壳碰撞的盖层油藏(G), 它主要是接受俯冲壳和滑脱楔前缘断褶隆起带中运移来的油而形成的浅油层。因此, 凡是在下伏的两种断褶隆起带有油而且封闭条件不十分好的情况下, 皆可形成陆相沉积的盖层油藏。最有利的地带是哈拉阿拉特推覆体前缘的中段和成吉思汗推覆前缘的北段(百口泉段)和南段(白碱滩段)。在百口泉段沿滑脱楔前缘靠俯冲壳一侧1公里宽的地带内, 侏罗系可能形成由滑脱面断层遮挡的油气富集带。

在成文过程中蒋佳华、陈俊湘、周晓吉同志热情提供资料、交换意见, 赵怀平同志清绘了插图, 在此表示感谢。

(收稿日期 1983年10月25日)

主要参考文献

- [1] W. R. 迪肯森, 1979, 板块构造与油气聚集. 郝石生、刘和甫译, 1981, 石油工业出版社.
- [2] A. W. 巴利, 油、气产状的地质动力背景. 全球大地构造与石油勘探, 李汉瑜译, 1978, 石油化学工业出版社.
- [3] 许靖华, 1980, 薄壳板块构造模式与冲撞型造山运动. 中国科学, 第11期.
- [4] 伍致中, 1983, 准噶尔盆地中—上石炭系地层生油前景的地质分析. 新疆石油地质, 第1期.
- [5] 伍致中, 1984, 准噶尔盆地的构造与油气. 新疆石油地质, 第2期.
- [6] 张国俊、杨文孝等, 1983, 克拉玛依大逆掩断裂带构造特征及找油领域. 新疆石油地质, 第1期.
- [7] 尤绮妹, 1983, 准噶尔盆地西北缘推覆构造的研究. 新疆石油地质, 第1期.

A MODEL OF CONTINENTAL CRUST COLLISION IN RELATION TO OIL EXPLORATION IN THE NORTHWESTERN MARGIN OF JUNGGAR BASIN

Wu Zhizhong

(Xinjiang Petroleum Administration)

Abstract

The model of continental collision dealt with in this paper includes mainly three parts: 1) the overriding slices of crust (the main nappe); 2) the decollement wedge (subordinate nappe); and 3) the subducted crust. These three parts comprise a complete series of nappe structures. Along a large collision zone, one can usually find several nappe structures passing to each other with transitional shear belts in between. An arcuate convexed front is quite characteristic of each nappe.

According to the above model, the author has pointed out three promising areas for oil prospecting: 1) the fault-folded uplift zone related to the advanced front of the subducted crust (FL); 2) the fault-folded uplift zone of the decollement wedge front (HL) and 3) continental cap that was undisturbed during continental collision (G). The first zone is most promising in oil prospecting due to its high thermal evolution, favourable position and rich oil source. The second zone is also prosperous, especially in the area HL₁, where the advanced front of the subducted crust is overlain by a nappe due to collision, and oil traps might be cut by the decoupling plane, thus leading to the migration and accumulation of oil and gas in the fault-folded uplift zone of the decollement front.

Nappe structures, such as Hala'ulate and Chengjisihan nappe structures, and the related Baikouquan and Xiaziqie transitional shear belts formed during continental crust collision on northeastern margin of Junggar Basin, are studied. It is suggested that the most promising region in recent oil prospecting is the Baikouquan subarea of Baikouquan fault-folded uplift zone.

澳大利亚的煤成气研究与勘探

根据中澳两国政府间的有关协定,由地质矿产部杨朴、刘正增、冯福闯、张义纲、谢秋元和中国科学院罗斌杰、沈平组成的赴澳大利亚天然气地质考察团,于1984年10月对澳大利亚东部含煤盆地的“煤成气”形成的地质条件以及科研和勘探的经验进行了考察。其间,访问了澳大利亚矿产资源、地质和地球物理局和两个州地质调查所,五个石油公司和六个实验室,听了他们的介绍并分别座谈讨论了煤成气方面的有关问题。

澳大利亚地学界不使用“煤成气”这一术语,而习惯用“含煤盆地的天然气”的称谓。但通过考察和讨论,主客一致认为,澳大利亚目前发现的绝大多数石油和天然气,确实和陆相含煤层系有密切关系。就这些天然气的成因和产状而言,是与我国一般通称的“煤成气”概念一致的。

澳大利亚是世界上在含煤盆地中发现煤成气最多的国家之一。全国共有43个沉积盆地,其中三分之一是含煤成气盆地。因为澳洲大陆自泥盆系至白垩系基本上为陆相沉积,仅东部边缘的二叠系、白垩系和南部边缘的第三系有浅海—滨海相沉积。陆相和滨海相沉积多为含煤层系。最重要的含煤成气盆地有库珀—埃罗曼加、博恩—苏拉特、悉尼、吉普斯兰、佩思、塔拉纳基。1983年澳大利亚产天然气120亿立方米,其中50%产自吉普斯兰盆地,40%产自库珀—埃罗曼加盆地,即90%是煤成气。主要的生储层前者是白垩纪—始新世的拉特罗布煤系,后者是二叠纪吉德杰尔帕群的含煤岩系和侏罗纪的煤系地层。通过野外露头 and 岩心观察,从宏观上来看,库珀—埃罗曼加盆地的二、三叠纪地层跟我国华北、鄂尔多斯盆地的石炭—二叠纪地层很相似。它们都是一套以陆相砂泥岩为主,夹炭质页岩和煤层的地层;甚至于那里的侏罗系也和我国北方某些侏罗系的特点有着相似之处。虽然澳洲的和我国的煤系在沉积盆地性质、母质丰度及其后期演化方面不尽相同,但通过实地观察使我们感到,澳洲的油气形成地质条件并不比我国某些含煤盆地优越;对于我国的煤系地层,特别是华北和鄂尔多斯盆地的石炭—二叠系能否作为油气源岩并形成具有工业价值的油气田,澳洲的实例,在很大程度上使我们解除了疑虑,从而进一步坚信,我国的含煤盆地也是具有勘探煤成气的良好前景。

近十年来,澳大利亚的天然气勘探发展较快。目前,它的天然气产量不仅满足本国的需要,还有出口。1983年,其煤成气产量比1978年增加了40亿立方米。与此同时,还对含煤盆地油气形成机理和勘探开发经验总结了不少具有自己特色的理论。例如和我们座谈讨论的一些著名地质学家、地球化学家和煤岩学家曾分别谈到:

1. 煤系地层中的煤层与分散有机质不仅能生气,还能生油,均能在适当条件下形成工业性气藏或油藏。只要煤里的壳质组达到2%就足以生油。煤层生气更已不是问题。这些在理论上、实验上和勘探实践中都已得到了证明。在澳大利亚,侏罗纪以前的煤系主要是生成了大量的气,如库珀盆地(缺少壳质组)。侏罗—第三纪的煤系则既生成了大量的气又有可观的石油,如吉普斯兰盆地(含大量壳质组)。这主要决定于煤的组分,而它又受植物群演化阶段、气候和沉积环境差异的影响。