

柴达木盆地北缘块断带的石油地质特征

汤锡元 罗铸金

(西北大学地质系)

柴达木盆地北缘块断带是中、新生代陆相沉积区,面积约30000km²,具备生油、储油、盖层、圈闭、运移和保存等各种油气藏形成条件。侏罗系为主要生油层,基底的石炭系为潜在油气源层。本区四个次级构造单元中,以西部洼陷远景最好,中部隆起和东部洼陷次之,埃南斜坡较差。

北缘块断带是柴达木盆地北部的一个一级构造单元,北以赛什腾山、达肯大坂山和中吾农山山前的深断裂与南祁连山相邻,西北以阿尔金山为界,南到昆特依凹陷南缘、陵间断裂和埃南断裂,东部大体以德令哈与夏日哈之间的前中生界老山为界。面积约30000km²(图1)。

一、区域地质概况

柴达木盆地在古生代是一个为地槽所包围的稳定地块,海西晚期-印支期周边地槽相继褶皱隆起,盆区开始下陷,形成了中、新生代的陆相沉积盆地。

盆地北缘紧靠祁连山,中、新生代的断裂、褶皱相当强烈,尤其是以逆冲断层为主的断裂纵横广泛分布,不仅控制着本区的构造格局,也决定了中、新生界的岩性和厚度,故称本区为北缘块断带。

三叠系是盆地的第一个盖层,零星分布在北界断裂带附近,但近年来在冷湖三号井下见到一套深灰色泥岩、粉砂岩、砂岩、底部为砾岩的地层,据孢粉资料应属上三叠统。中、下侏罗统为一套煤系。中侏罗统采石岭组以上全为棕色、紫红色为主的泥岩、砂岩夹灰色砾岩,多为洪积、河流或湖相沉积,岩性和厚度变化都较大。本区地层的主要岩性、厚度和接触关系见表1。

盆地的形成和发展与冈瓦纳大陆同欧亚大陆的多次碰撞紧密相关。盆地是冈瓦纳大陆在中三叠世后首次与欧亚大陆沿龙木错-金沙江缝合带相碰时开始形成的¹⁾。中生界沉积的厚度和范围受块断活动的控制,具有由西北向东南逐渐升高的古地形面貌。上三叠统分布十分局限,主要是一套磨拉石沉积,向盆地内部有变细的趋势。侏罗、白垩系各地层间常见有局部沉积间断,但从区域上看基本上是逐层超覆连续沉积的。本区燕山运动是以断块运动为主。断裂不仅控制了中生界的沉积,断块的差异升降运动还使中生界

本文1985年5月21日收到。

1) 李廷栋等, 1984, 论青海高原地壳演化和隆升机制, 喜马拉雅地质科学国际讨论会论文摘要,

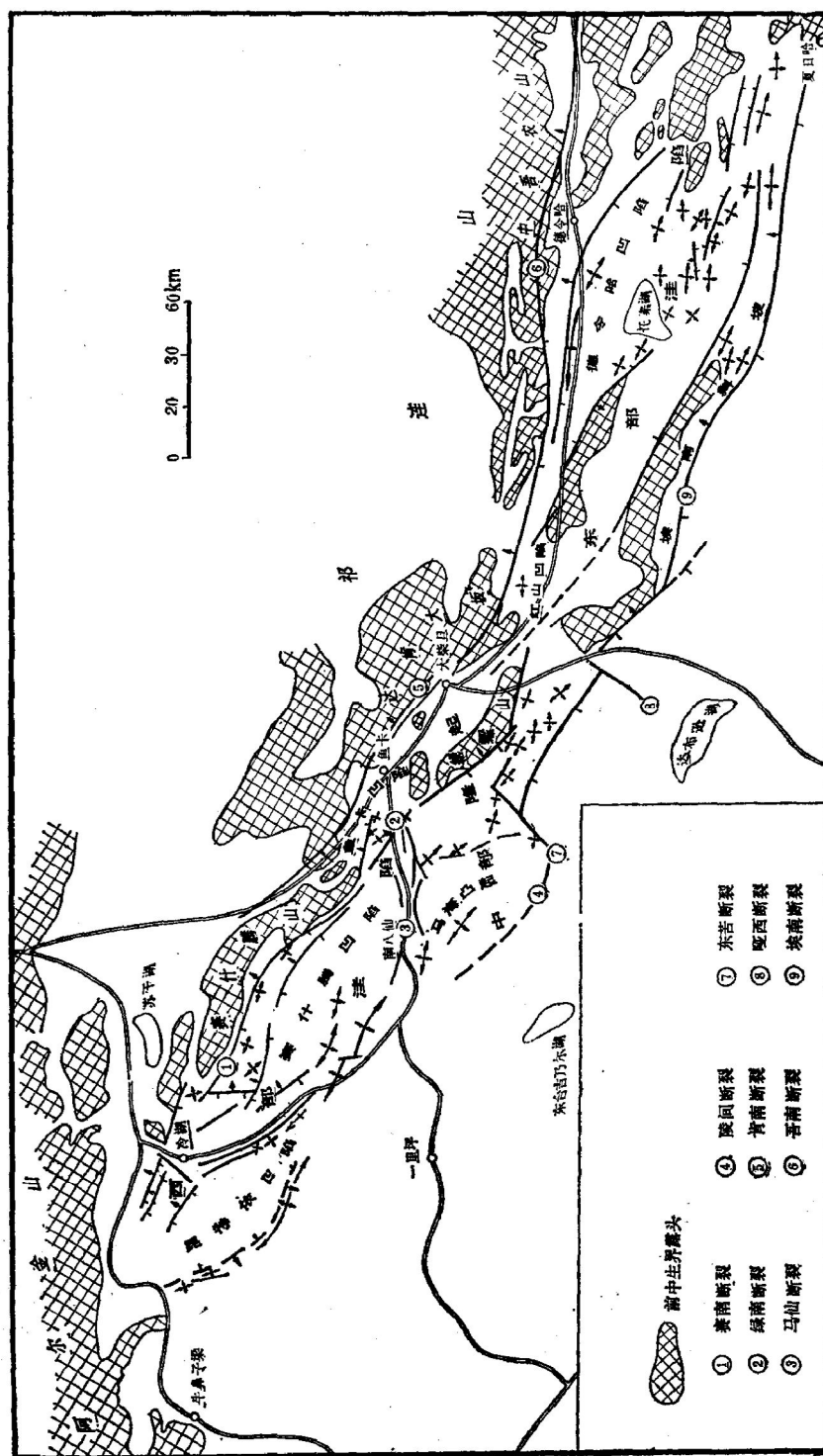


图1 柴达木盆地北缘块断带交通位置及构造纲要图

表1 柴达木盆地北缘地层简表

界	系	统	地层名称	地层符号	厚度(m)	主要岩性	
新生界	第四系	上更新统一全新统		Q_{3+4}	20	洪积、风积和盐湖沉积	
		中、下更新统	七个泉组	Q_{1+2Q}	600	灰色砾岩、砾状砂岩，向盆地内部变为砂岩、砂质泥岩	
	第三系	上新统	狮子沟组	N_3^1s	2200	灰色砾岩、砂岩、砂质泥岩及泥灰岩	
			油砂山组	N_3^{1-2y}	3300	灰色砾岩、砾状砂岩、棕色砂质泥岩、泥岩夹黄绿色砂岩、深灰色泥岩及泥灰岩	
		中新统	上干柴沟组	N_{1s}	1500	黄绿、灰绿色厚层砂岩与棕红色砂质泥岩不等厚互层	
		渐新统	下干柴沟组	E_3x	1800	棕色泥岩、砂质泥岩夹灰绿色砂岩、紫色砂质泥岩及少量灰白色砾岩	
			古始新统	路乐河组	E_{1+2f}	2000	棕褐、紫灰色砾岩、砾状砂岩夹棕色砂岩、泥岩及砂质泥岩
	白垩系		犬牙沟组	Kq	570	浅灰、黄色含砾砂岩、砂岩	
	中生界	侏罗系	上统	红水沟组	J_3h	250	紫色泥岩、土黄色砂岩
			中统	采石岭组	J_{2c}	273	上部为紫红色泥岩、下部为灰黄色含砾砂岩、砂岩
大煤沟组				J_{2d}	1000	黑色页岩、油页岩、黄色砂岩、砾岩夹煤层	
下统		小煤沟组	J_{1x}	100	灰黄、灰绿色砾岩、砂岩、黑灰色页岩、油页岩互层夹煤层		
三叠系		上统	五彩山组	T_{3w}	560	紫灰、灰绿色砾岩夹石英质长石砂岩、煤线及灰岩透镜体	

在后期遭受不同程度的剥蚀, 局部地区中生界已被剥蚀殆尽或与第三系呈轻微不整合接触。但总的看来, 中、新生界构造基本是一致的。

第三纪沉积继续超覆扩大, 沉积中心不断向南迁移, 第三系呈粗-细-粗的完整沉积旋回, 除古、始新世与上覆地层有明显的侵蚀间断外, 其它各层之间多为连续沉积或仅存在局部沉积间断, 油砂山组沉积后本区曾发生过一次轻微的构造运动, 局部地区还有轻微的不整合。第三纪后的构造运动是最重要的一次褶皱运动, 本区大部分褶皱都是此时定型的, 并造成第四系与第三系广泛的角度不整合。

中更新世后的构造运动在盆地内也相当强烈, 并在本区南部边缘和德令哈地区产生了一些褶皱, 但大部地区是以隆起作用为主, 并继续发生逆冲作用, 在靠近断层处早、中更新世地层有时近于直立。这种构造作用至今仍在活动。

本区背斜构造大多属于挤压作用形成的表层褶皱, 另外还有一些是同沉积构造和断层牵引背斜。褶皱多发育在各个断块的结合处, 断块内部褶皱作用轻微, 这也正说明块断活动对褶皱的控制作用。背斜一般较紧闭, 其间的向斜多开阔而平坦; 背斜多不对称, 并往往受扭动作用的影响, 多呈反“S”形、弧形或雁行排列。

根据前中生界基底起伏和构造特征, 将本区划分为西部洼陷、中部隆起、东部洼陷和埃南斜坡四个亚一级构造单元, 以及更多的次一级构造单元(见图1);

二、油气藏形成条件的分析

1. 生油条件

下面主要根据我们所分析的地化资料,对影响油气生成及其数量的基本因素,进行初步讨论。

(1) 有机质丰度 本区第三系有机碳平均值(下同)为0.05—0.09%,氯仿抽提物为0.005—0.008%,总烃为18.9—29.5ppm,其丰度低于公认的生油下限值;侏罗系各剖面都有丰度较高的层段,有机碳一般为0.08—14.72%,氯仿抽提物为0.0022—0.3317%,总烃为4.1—1512.6ppm。其中冷湖、鱼卡、旺尕秀是丰度较高层段比较集中的地区。从层位上看以中侏罗统大煤沟组五、七段较好,一、二、四、六段的丰度也较高。

石炭系有一些样品的地化指标也达到了生油岩的标准,特别是在本区的东部边缘地带。

(2) 有机质类型 由岩石-评价热解仪(Roky-Eval)所获得的氢指数、氧指数资料表明,本区侏罗系的有机物质,除少数为I和II型外,大多数为III型(图2)。图3同样也表明本区侏罗系大部样品的有机质属III型,与图2的结论一致。

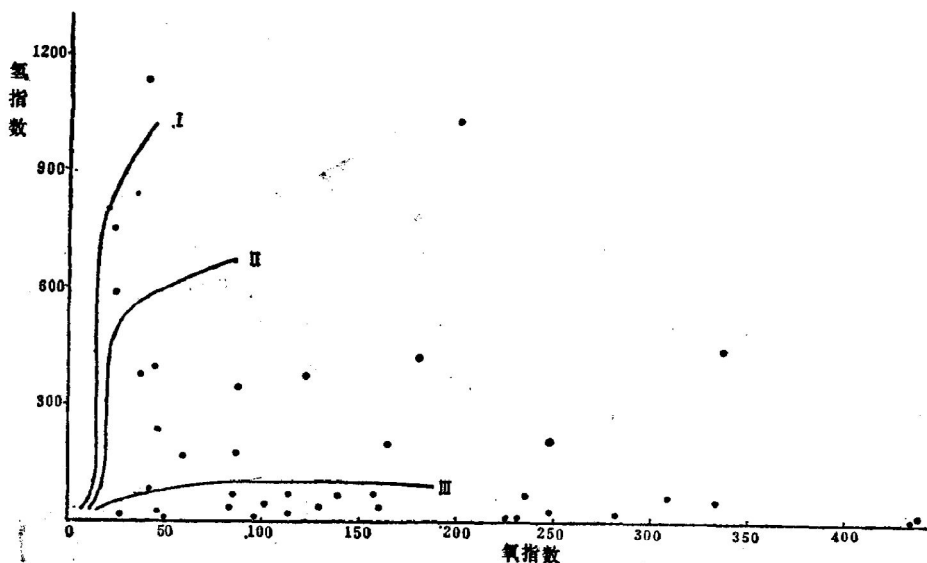


图2 柴达木盆地北缘块断带侏罗系岩样氢指数-氧指数关系图
(有些露头样品氧指数较高,可能是受到风化作用的影响)

石炭系有机质的性质较均一,主要是海生生物,对生油较为有利。

(3) 有机质成熟度 研究结果表明,本区生油门限的 $R_o=0.6\%$,生油峰值的 $R_o=1.15\%$,过成熟的 $R_o=1.35\%$ 。

由表2可以看出,冷湖大煤沟组四至五段处于生油高峰阶段。个别样品反映生油气层已进入热裂解阶段。该组第六段样品系取自埋深较浅的冷湖三号地区,尚未成熟。各剖面的第七段均未成熟。横向上,冷湖地区成熟度最高,向东逐渐降低。至东部边缘的旺尕秀连第五段亦未成熟。

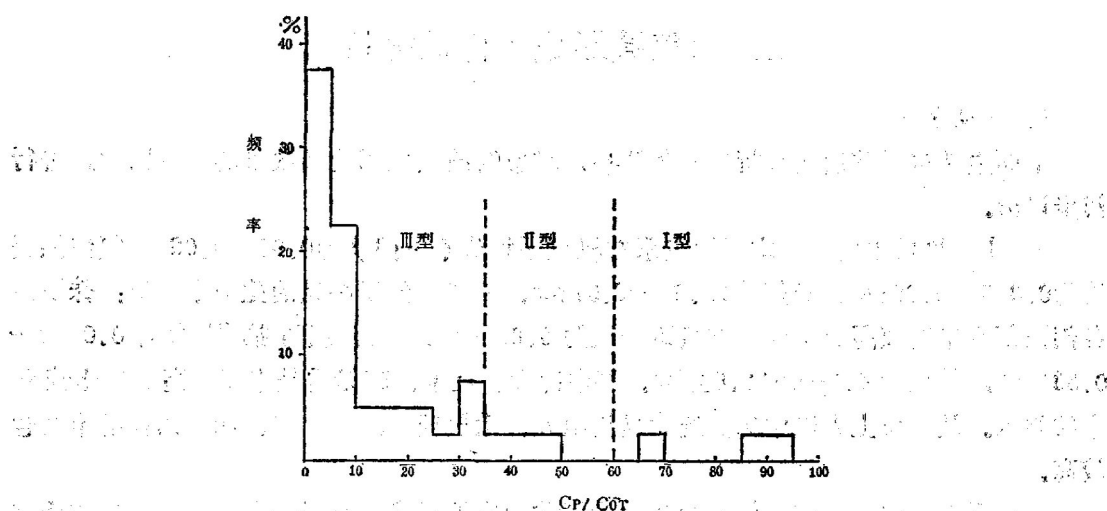


图3 柴达木盆地北缘块断带侏罗纪地层热降解潜率分布频率图

C_P—有效碳, C_{OT}—总有机碳表2 柴达木盆地北缘大煤沟组镜质体反射率(R_o%值)的变化

层 段	冷 湖	鱼 卡	大 煤 沟	德令哈	旺 尕 秀
J ₂ d ₇	缺 失	0.58	0.55—0.65		0.46
J ₂ d ₆	0.49—0.55				
J ₂ d ₅	0.80—1.15	0.75	0.77	0.65	0.44
J ₂ d ₄	1.08—1.35		1.08		

根据旺尕秀石炭系两个样品的资料, $R_o = 1.13—1.15\%$, 正处于生油高峰阶段。红山凹陷东侧石灰沟剖面的石炭系成熟度则较高, $R_o = 1.25—1.55\%$, 存在着热解气的地化条件。因此, 东部盆地基底的老地层同样也具有找油气的远景。

侏罗系在各个剖面上都存在有机质较高的层段, 其类型差别也不大, 但东部勘探效果远不及冷湖地区, 其成熟度低可能是最根本的原因。

2. 储集条件

本区已证实的储层有中侏罗统的大煤沟组、采石岭组和第三系, 它们分别为冷湖三号、鱼卡和冷湖四、五号、马海等油气田的生产层。侏罗系和第三系储层在纵向和横向上的变化都很剧烈, 但从储层分析资料看¹⁾, 每个储层都有渗透性好、孔隙率大、喉道粗、孔隙结构和类型良好的层段, 局部地区也曾发现孔隙度大于20%渗透率大于1mD的层段。

第三系沉积比侏罗系分布广泛, 厚度又大得多, 且其储层物性、孔隙结构和孔隙类型一般较侏罗系好, 埋藏又浅, 因此它可能是本区重要的储层。

另外, 白垩系和基底的风化破碎带也不可忽视, 后者在局部地区的储油物性可能很好。马海尕秀中20井基底闪长玢岩中见到油花, 指出了本区基岩油藏找油的前景。基底内地台型碳酸盐岩地层也是一个有希望的储层。

1) 西北大学地质系, 1981, 柴达木盆地北缘块断带中新生代构造特征及找油方向。

3. 盖层

本区中、新生界主要是砂、泥岩互层，沉积旋回比较明显，几乎每个组都有较厚的泥岩。因此，盖层不是这里评价含油气远景的主要问题。

4. 圈闭

本区靠近祁连山活动区，在其地质发展过程中经历过多次构造运动，形成了多期的褶皱和断裂，同时也相应地产生了多个不整合或假整合，以及岩性和岩相的急剧变化带和尖灭带，为形成众多的圈闭创造了条件。已发现和可能发现的圈闭类型很多。

(1) 背斜圈闭 大部属于挤压作用形成的表层褶皱，它们分布广泛，大都成带成群出现，是本区重要的圈闭类型，如鱼卡油田；其次为同沉积背斜，它们主要分布在昆特依凹陷及德令哈凹陷的南缘；另外还有一些牵引褶皱，多伴随逆冲断层而产生。

同沉积背斜构造较简单，且其形成时间早，牵引褶皱发育史一般也较长，故它们对油气聚集较为有利。表层褶皱形成时间较晚，且其褶皱幅度往往向下变小，褶皱变复杂，常有上下构造不符合的情况，因此不如前者对油气聚集有利。

(2) 断层圈闭 本区断裂极其发育，且以逆冲断层为主^[1]。它们不仅可以形成断块或断鼻构造，还可使其下伏有机质含量特高的巨厚大煤沟组第七段达到成熟，以及造成良好的运移和保存条件。

本区侏罗系和第三系都有形成断层圈闭油气藏的地质条件，并且贯通侏罗系和第三系的深断裂还是形成第三系油气藏的先决条件。冷湖四、五号油田主要就是这种类型的圈闭。

(3) 地层圈闭 本区的多次构造运动使各地层间常存在着不整合或假整合。其中比较重要和分布较广的不整合发生在基底与中生界、中生界与新生界以及中更新统与晚更新统之间，前二者对找油具有较重要的意义。

区内主要的地层圈闭有不整合遮挡、地层超覆和古潜山等。侏罗系的不整合遮挡圈闭比较重要，如冷湖三号油田即是。

地层超覆圈闭多发育在古隆起、古斜坡和古潜山边缘地区，由于本区上述地区分布很广，故是一种值得重视的圈闭类型。马海气田即属此类。本区中生界到第三系沉积是逐渐超覆的，存在着地层超覆圈闭形成的地质条件，特别是侏罗系生、储油层明显地从凹陷中心向四周逐层超覆，其上又为更广泛的第三系所超覆，故侏罗系的地层超覆圈闭是很有远景的。

从构造发展史看，本区古潜山很发育，今后应当注意。

(4) 岩性圈闭 本区频繁的构造运动以及洪积、河流、滨湖相的广泛发育，岩性、岩相横向上变化较大，因而岩性圈闭发育。它们可能是储层上倾方向物性变差或尖灭所形成，也可能是四周均为不渗透岩石所围限的透镜体。在冷湖地区侏罗系和第三系中已发现了不少这类油气藏。近来地震工作还在昆特依凹陷的中生界中发现了古河道砂岩体。另外，成岩期后的一些次生作用也可以形成岩性圈闭。

5. 运移条件

本区中、新生界是在地壳运动频繁振荡作用下沉积的，广泛发育的砂、泥岩互层，使生、储油层的接触面积大为增加，为油气的初次运移创造了极好的条件。

区内虽缺少大面积分布的高渗透层作为输导层,对长距离侧向运移会产生不利影响。但频繁而强烈的构造运动形成众多的不整合和假整合,以及不同级别的断裂,则为油气的二次运移,尤其是为垂向运移提供了良好的通道。冷湖四号北翼和绿梁山西端马海尕秀构造南翼的逆冲带中都发现了长达数公里的油苗带^[1],而第三系油藏也都是沿断裂和不整合运移来的。因此可以认为本区油气初步运移和二次运移的条件都是良好的。

6. 保存条件

依镜煤反射率资料,本区中、新生界变质轻微,大部才处于生油高峰阶段。但石炭系除东缘旺尕秀地区外,大都接近或已达到过成熟阶段,另外石炭纪以后本区还遭受过强烈的构造运动和长期剥蚀,因此对石炭系油气源来说,保存条件是关键。

区内断层大都为逆冲性质,且常呈上陡下缓,其下盘的封闭条件一般很好。地层褶皱强度适中,但个别靠近山系边缘的地带(鱼卡等构造),构造较复杂,褶皱多为狭长的尖顶构造,并常倒转,断裂多;同时后期构造隆起显著,遭受强烈剥蚀,地下水动力又较强,油气保存条件较差。鱼卡原油比重大、粘度高、胶质和沥青质高、无气,周围地区油气显示广泛,都说明其保存条件不好。这是应当注意的。

7. 油气生成和油气藏形成的时间

冷湖地区的地温梯度均在 $2-2.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 之间,已证实的生油层中侏罗统距今约160万年,按康南所作的图表估计^[3],如以大量生成石油的温度为 75°C 来计算,其埋藏深度至少要达到3000m,由于本区地层厚度因地而异,石油大量生成的时间在各地区差别也较大,主要是在渐新世后期开始形成,一直延续到新第三纪或更晚;至今中侏罗统在某些地区的有些层位仍未达到成熟。

第三纪时生成的油气有可能主要是先在侏罗纪和第三纪造就的同沉积圈闭中形成原生油气藏。第三纪末喜山三幕运动是本区褶皱和断裂的主要形成和定型时期。它们不仅造成了大量的圈闭,同时也为油气的垂向运移提供了通道和动力,断裂把侏罗系生油层和第三系储层连通,在第三系有利的圈闭中形成了次生油藏。这次运动还可使早期形成的原生油气藏得到改造,油气重新平衡调整,在新的有利圈闭中形成新的油气藏。一些侏罗系的油藏(如鱼卡和冷湖三号等)也主要是此时形成和定型的。所以喜山第三幕是本区油气藏的主要形成期。

新构造运动在本区十分显著,它又形成了一些新的褶皱和断裂,有些老的断裂也重新活动。它们破坏了原来的油气平衡状态,并产生了某些新的排水窗口,使已形成的油气藏进一步改造和破坏。

三、含油气远景评价

由上述可见,本区已具备形成工业油气藏的一切地质条件。其中又以生油条件最为关键。

区内已证实的生油层系是侏罗系。它是互相分割的小型山前凹陷沉积,最大凹陷面积也不过几千平方公里。其生油层系一般厚约600m,局部地段最厚达2000m,在中部隆起和某些高断块上变薄或缺失,其有机质以Ⅱ型为主,生油潜力较差,有些地区的某些

层位尚未成熟。故本区侏罗系油源层并不十分理想。

本区石炭系厚度可达2000m以上,从岩性和地化指标看也是可以生成油气的。但由于后期遭受过强烈的构造运动和长时期的侵蚀,保存条件较差。然而考虑到石炭系在许多地区为较厚的中、新生界所覆,有可能二次生油,所以寻找以石炭系为油气源(可能以天然气为主)的油气田也是有希望的。

本区逆冲断层和推覆构造发育,且形成早、发育时间长。它们不仅可以形成良好的运移、圈闭和保存条件,推覆体的巨大负荷还可促使富含有机质的大煤沟组第七段达到成熟,甚至造成煤成气的良好生成环境,以及有可能形成新的更为理想的生储盖组合。因此,逆冲断裂带是本区非常有利的含油气地带,应列为重点勘探对象。

根据不同地区油气藏形成条件的特点综合评价如下:

1.西部洼陷处于北东和北西两组拗陷带的交织处^[2],也是本区凹陷发育最早、沉积最厚的地区。侏罗系生油层系分布广而厚,生油条件很好,且具备了较好的储层、盖层、圈闭和保存等条件;目前已先后对28个构造进行了钻探,发现了个4油气田,并在17个构造上见到了油气显示,盆地北缘已发现的各种油气显示也几乎全集中在此(图4)。因此它是今后应重点进行勘探的地区。

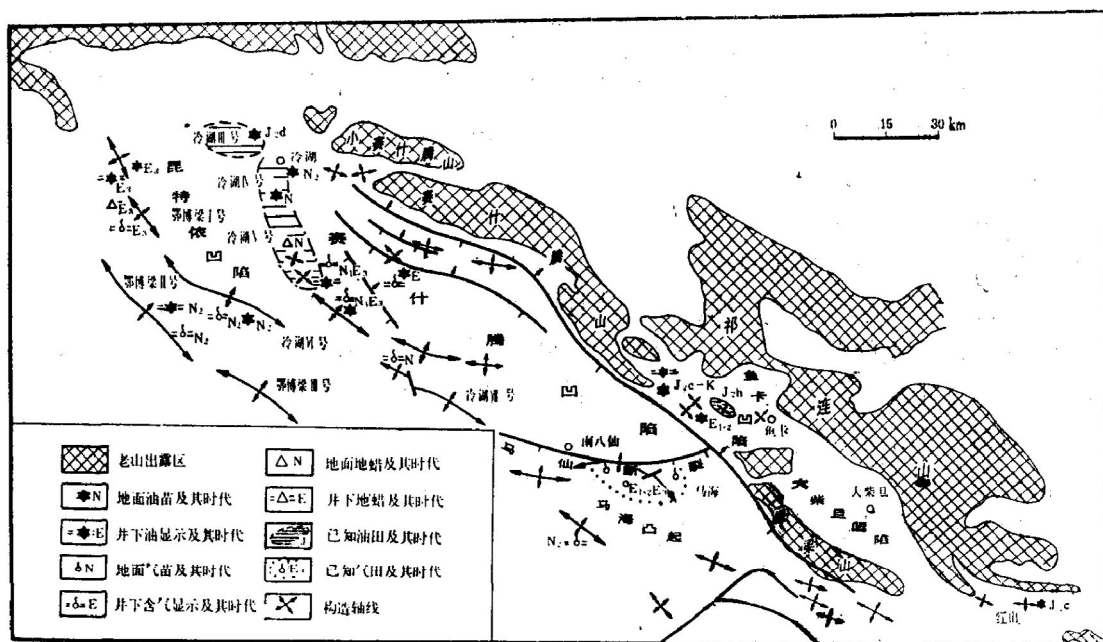


图4 柴达木盆地北缘块断带油气田及油气显示分布图

赛什腾凹陷及其周围地区的目的层埋深适中,推覆构造发育,在推覆体前缘褶皱带及掩覆带的圈闭中含油气更为有利,应首先进行勘探。昆特依凹陷的目的层较深,目前只能先在其周边地区进行钻探。鱼卡凹陷的面积和生油层厚度都较小,且其保存条件也不理想,只能找到一些较小的油田。

2.中部隆起在中生代时处于相对隆起的状态,绝大部分地区侏罗系生油层系缺失或很薄。在中部隆起马海凸起上发现的油气都是沿其南侧斜坡或北侧的马仙断裂运移而来

的, 这里距油源区较近, 隆起幅度高, 是两侧生油凹陷油气运移的指向, 圈闭又很发育, 所以它也是中部隆起最有利的地区, 现已发现马海气田。也正因为油气是由邻区运移而来, 故它很可能是以易流动的气为主。

绿梁山山前带同样处于构造相对隆起部位, 其褶皱断裂也很发育, 但因距油源区较远, 其含油气远景不及马海凸起。至于以第四系为主的大柴旦凹陷, 侏罗系生油层系不发育, 周边又为褶皱山系所包围, 不能靠邻区生油凹陷供油, 故其含油气远景较差。

3. 埃南斜坡圈闭的数量和类型都很多, 储、盖层条件也都具备, 看来这里找油的关键仍是生油层问题。德令哈凹陷南侧的长山大浪潜山带已证实缺失侏罗系, 埃姆尼克山南坡虽有侏罗系分布, 但它们可能是一些围绕于山前彼此分割的一些小型漫滩泥炭沼泽沉积, 生油能力较差。后期又为强烈的构造运动所破坏, 现已很难恢复侏罗系原来沉积时的面貌了。

埃南斜坡南侧的“三湖坳陷”, 已证实新生界是可以生油气的, 埃南斜坡正好处于其北侧的高部位, 是油气运移的指向, 有可能形成油气藏。

4. 东部洼陷有两个有利的生油凹陷——红山和德令哈凹陷(见图1)。因工作程度很低, 侏罗系生油层的分布和厚度至今还不太清楚, 此二凹陷中都有钻到前中生界基底而未发现侏罗系的井。

红山凹陷侏罗系发育时间较早, 厚度也较大, 大煤沟组在此有生油地化指标较高的层段, 最近还在红山构造发现了油苗(见图4)。过去有人因侏罗系中有大面积岩基侵入, 而对其含油评价不高, 但据我们所作同位素年龄测定, 证明这些“侵入体”是元古界花岗岩古地形突起。因而红山凹陷也是有含油气远景的。

德令哈凹陷沉积盖层厚达 3500 m, 背斜和断层很发育, 有些背斜还与基底隆起有关, 同时岩性和不整合圈闭存在的条件也很好。从其生油条件来看, 侏罗系有机质丰度很高, 但边缘露头样品成熟度一般偏低(估计向凹陷中心会变高), 至今未发现任何可靠的油气显示。这里的石炭系生油层系厚约 2000 m, 是柴达木盆地北缘变质程度最低、保存条件和地化指标最好的地区, 也是本区石炭系找油气最有希望的地区。由于该凹陷勘探程度较低, 为了迅速突破出油关, 应先部署一些地震大剖面, 以了解区域构造特征和地层的分布、厚度变化, 并钻少量参数井, 以取得各种地质和物探参数, 特别是有关生油层厚度及其地化指标的资料, 为今后的油气勘探工作提供可靠的依据。

四、结 束 语

柴达木盆地北缘块断带的断裂纵横广泛分布, 控制着本区的构造格局和中、新生界的岩性和厚度。根据本区构造特征和前中生界基底的起伏, 可划分为西部洼陷、中央隆起、东部洼陷和埃南斜坡等四个构造单元。

本区已具备各种油气藏形成条件, 其中以中、下侏罗统生油层最为重要, 基底的石炭系也是一个潜在的新油源层。

西部洼陷是最有利的含油气远景区, 尤以赛什腾凹陷最好; 中部隆起虽生油条件差, 但也有含油气远景; 东部洼陷的某些地区凹陷较深, 同样有含油气远景, 特别是石炭

系，但工作程度较低；埃南斜坡侏罗系生油条件较差，但它有可能得到其南侧三湖坳陷新生界生成的油气。

参 考 文 献

- [1] 狄恒恕, 1984, 柴达木盆地北缘逆掩断裂带及其找油前景, 石油与天然气地质, 第5卷, 第2期。
- [2] 汤锡元等, 1983, 柴达木盆地的波浪状镶嵌构造特征及其对油气的控制, 石油实验地质, 第5卷, 第4期。
- [3] Conan, J., 1974, Time-temperature relation in oil genesis, Bull AAPG, Vol. 38, PP. 2516—2521.

FEATURES OF PETROLEUM GEOLOGY FOR THE BLOCK-FAULTED ZONE IN THE NORTHERN MARGIN OF QAIDAM BASIN

Tang Xiyuan Luo Zhujiu

(Department of Geology, Northwest University)

Abstract

The block-faulted zone in the northern margin of Qaidam Basin is a terrestrial sedimentary region of the Meso-Cenozoic with an area of 30000km². within the province, overthrust faults and folds are well developed with the sediments of the Triassic, Jurassic, Cretaceous, Tertiary and Quaternary. Among them, Jurassic sediments in the type of a piedmont depression, is a major hydrocarbon-producing formation with a thickness of 600m. Organic abundance of which is high, and organic matters are mainly III type which in some places have reached a mature stage. Carboniferous marine sediments of the basement may be a potential hydrocarbon-producing formation. It is believed that all conditions are available for the formation of hydrocarbon reservoirs in this region. Among four secondary tectonic units within the area, Saishiteng sag in the western depression is the most favourable for the prospect of oil and gas, and the central uplift and eastern sag, Ainan slop, on the other hand, is considered to be less favourable.