

准噶尔盆地东部石油地质概况及 油气分布的控制因素

李 溪 滨 姜 建 衡

(新疆石油管理局东部勘探指挥部)

该区的基底是中石炭世的火山岩。生油岩的沉积主要在海西期, 次为印支—燕山期; 油气的生成、聚集主要在燕山期。在北缘克拉美丽山前, 二叠系平地泉组自生自储层的发育决定了油气分布, 其发育区内的中等幅度隆起、断块和鼻状构造是有利于含油的圈闭; 盆地南缘靠近生油凹陷的中等幅度隆起、断隆和秃顶构造的围斜部位是油气分布的有利地带。

准噶尔盆地东部目前勘探范围包括乌鲁木齐以东至奇台, 北界为克拉美丽山, 南至天山, 面积约二万多平方公里。该区五十年代曾做过一些地面地质调查和地球物理工作, 并在一些秃顶构造的高部位及凹陷的斜坡带上钻过少量探井, 但未发现工业油气藏。近几年来在研究东部地质情况及油气分布规律的基础上, 不断开拓勘探新领域, 先后发现了火烧山油田和另外三个具有工业油流的构造。

本文根据近几年的勘探成果, 谈谈该区的石油地质概况, 重点讨论影响油气分布的各种控制因素。

一、石油地质概况

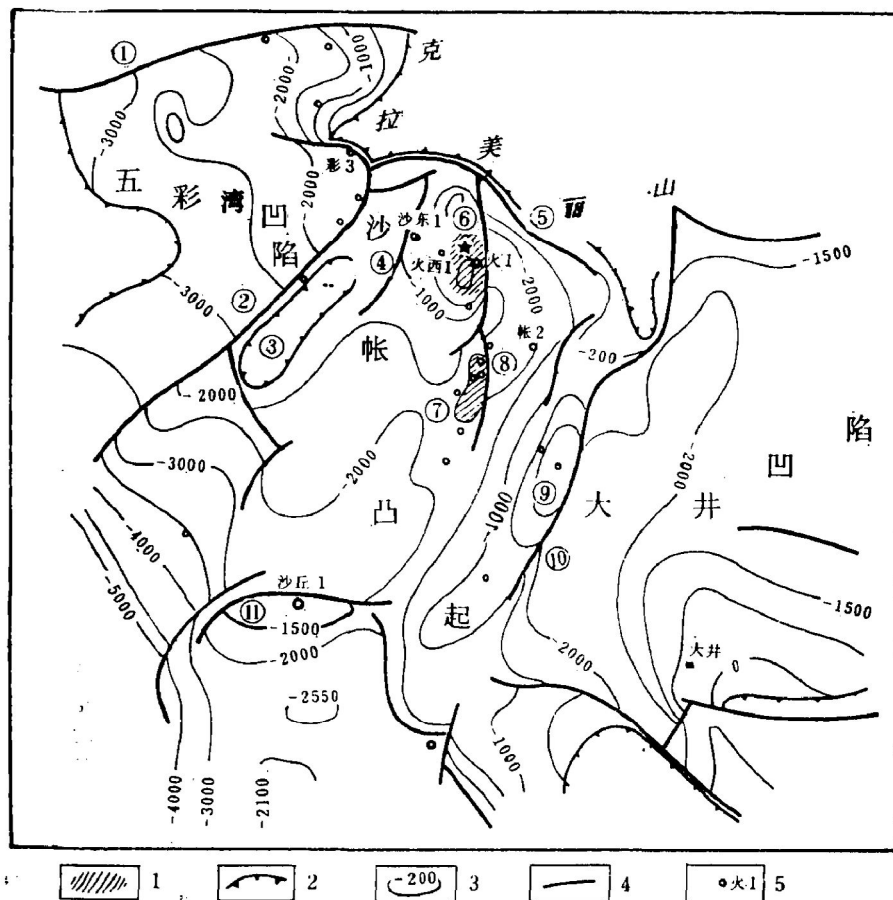
(一) 构造单元的划分和构造发展史

盆地东部按照二叠纪沉积开始时凹陷相间的构造格局、构造特征和构造发展史划分次一级的构造单元。北缘有: 五彩湾凹陷、沙帐凸起和大井凹陷; 南缘有: 吉木萨尔凹陷、阜康凹陷、北三台凸起、东泉堤隆和三台断隆带(图1, 2)。这些构造单元除阜康凹陷在盆地一级构造单元昌吉坳陷的东端以外, 其它均在一级构造单元沙—奇隆起的西部, 是沙—奇隆起次一级的凸起和凹陷。

东部地区基底是中石炭世的安山岩和玄武岩, 在这一套中—基性火山喷发岩中还夹有标志喷发间断的砂质泥岩、炭质泥岩和煤的沉积。石炭纪之后, 本区经历了海西、印支、燕山和喜山运动, 就其影响程度来说, 以海西、燕山运动最为重要。

中石炭世末的海西运动, 使上石炭统或二叠系普遍不整合在中石炭统巴塔玛依内山组之上。本区早二叠世为海相或海陆交互相, 到晚二叠世, 由于克拉美丽山和博格达山的回返, 海槽关闭, 海水退出, 相继演变为山麓、河流和湖沼相。自此以后, 盆地东部漫长的地质历史全为陆相沉积。二叠纪北缘的沉积中心在克拉美丽山前, 厚度由北向南变薄; 南缘沉积中心在天山山前。经二叠纪末的海西运动, 克拉美丽山前沉积中心南移, 原来的沉积中心开始抬升。

本区三叠系与侏罗系之间的不整合表明印支运动的存在, 但影响较大的还是燕山运动。燕山运动的主幕发生在中侏罗世晚期, 上侏罗统普遍缺失, 白垩系与下伏地层呈明显区域角度不整合。经印支和燕山运动, 沙帐地区形成一系列北东向的背斜和高角度逆断层, 将北缘原来二叠纪统一的坳陷分割为五

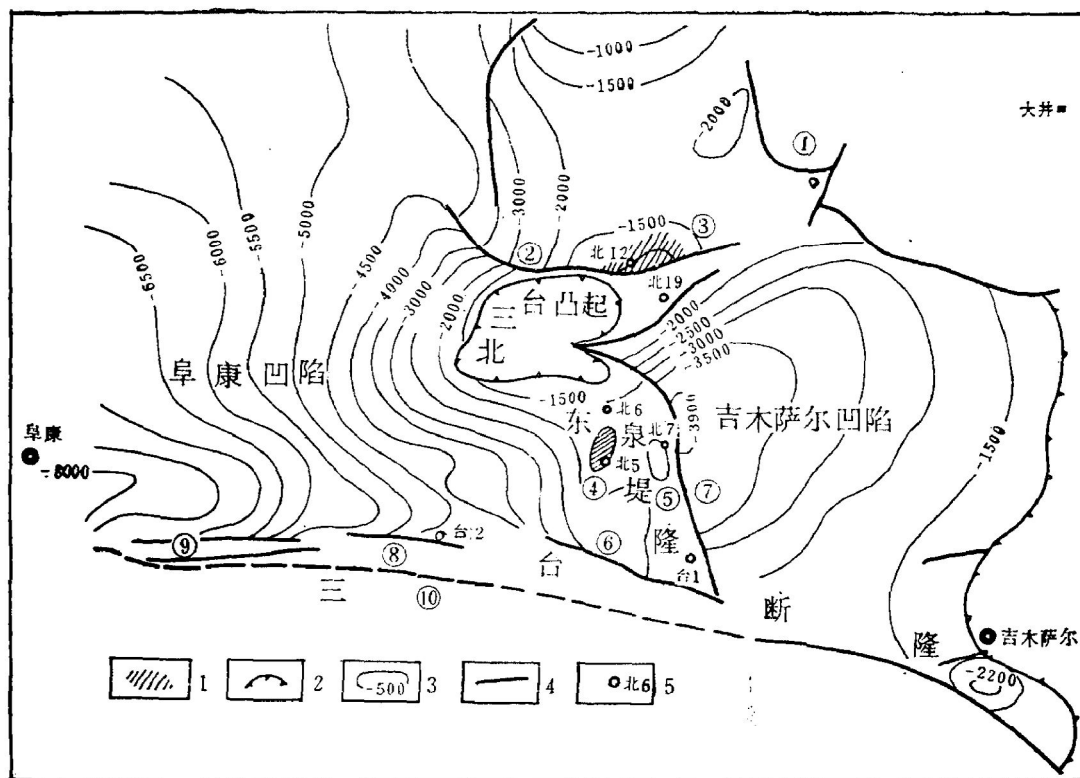
图1 准噶尔盆地东北部 Pt₂₋₁构造图

1—具工业油流构造(★示火烧山油田), 2—地层尖灭线, 3—Pt₂₋₁(平地泉组第二段底面)构造等深线(m), 4—断层, 5—探井及其编号

主要断裂和局部构造名称, ①—滴水泉断裂, ②—沙丘河西断裂, ③—沙丘河构造, ④—沙东断裂, ⑤—火北断裂, ⑥—火烧山背斜, ⑦—火南背斜, ⑧—火东断裂, ⑨—帐篷沟构造, ⑩—帐篷东断裂, ⑪—沙丘构造

彩湾凹陷、沙丘凸起和大井凹陷。北三台凸起和东泉堤隆在石炭纪末已见雏形, 燕山运动时, 北三台凸起抬升剧烈, 致使其主体部位二叠至侏罗系全遭剥蚀, 白垩系直接覆盖在石炭系之上; 与北三台凸起相比, 东泉堤隆抬升较次, 但侏罗系也被剥蚀殆尽。三台断隆带断裂发育、构造复杂, 其东部主要受海西和燕山运动影响, 而西部则主要受喜山运动影响。吉木萨尔凹陷和阜康凹陷在石炭纪以后一直以稳定下沉为主, 印支和燕山运动的形迹主要表现在凹陷与凸起的边界断裂活动及凹陷斜坡带上的不整合和地层缺失。

盆地东部生油岩的形成主要在海西期, 其次才是印支和燕山期。该区印支前古地温梯度为 4—4.5℃/100m, 侏罗系以上地层为 2.5—3℃/100m, 现代地温梯度为 2.5—2.48℃/100m。用 TTI 法对盆地东部油气生成时期进行了计算, 平地泉组生油门限为 1200—1400m, 生油高峰深度为 2000—2200m, 生油结束深度为 2600—2800m。结合盆地沉积史研究推断, 盆地东部平地泉组大面积进入生油门限是侏罗纪初, 侏罗纪中晚期普遍进入高峰, 因此燕山期是主要成油期。盆地东部南缘生油岩热演化史的研究结果也相同。

图2 准噶尔盆地东部南缘 T_{1t_1} 构造图

1—具工业油流构造, 2—地层尖灭线, 3— T_{1t_1} (平地泉组顶面) 构造等深线 (m), 4—断层, 5—探井及其编号
主要断裂和局部构造名称: ①—青格达断裂, ②—北三台断裂, ③—北三台北断鼻构造, ④—东泉堤隆西构造,
⑤—东泉堤隆东构造, ⑥—五梁山断裂, ⑦—西地断裂, ⑧—甘河子北断裂, ⑨—甘河子断裂, ⑩—阜康断裂

(二) 生、储油层

盆地东部可靠生油气层有两套, 即二叠系平地泉组 (克拉美丽山前) 和芦草沟组 (博格达山前), 以及上三叠—下侏罗统的煤系。生油岩的地球化学分析数据见表 1。

平地泉组中下部是低成熟的较好或好生油岩, 为湖相的灰色、灰黑色泥岩、砂质泥岩和钙质泥岩, 厚度由北向南减薄, 火烧山背斜北端井下生油的平地泉组中下部厚 560—650 m, 其南的火南背斜为 340—500 m, 储层为平二段、平三段的细砂岩和粉砂岩。据火 2 井取心 72 块细砂岩样品的分析平均数, 孔隙度为 17%, 渗透率 10 mD; 8 块粉砂岩样品的平均孔隙度为 17%, 渗透率是 2.6 mD。

盆地东部南缘具有两套生油层系, 主力生油层为二叠系上统芦草沟组, 是湖相的灰黑色页岩、油页岩和泥岩, 厚度 90—1100 m, 是低成熟的最好生油岩。三叠系上统小泉沟群为未成熟—低成熟的较好—较差的生油岩, 为湖沼相的灰黑色泥岩、炭质泥岩和灰绿色泥岩, 厚约 1400 m。侏罗系三工河组为黄灰、灰黑及灰色的泥质岩和砂岩, 地面出露厚度 150—830 m, 根据西部邻区的地化分析, 认为它是一套未成熟—低成熟的较差—较好的生油生气岩¹⁾。已经发现工业油流的储层有二叠系上统梧桐沟组和三叠系下统的烧房沟组砂岩; 另外, 三叠系小泉沟群、侏罗系下统三工河组和白垩系在南缘也见到油气显示。

1) 范光华、杨斌, 1985, 准噶尔盆地生油岩评价和油源对比。

表1 盆地东部生油层综合评价表

剖面或井号		小泉沟	大龙口	仓房沟	三工河	彩参1井
层位		T ₃ h	T ₂₋₃ h	P ₂ ² l	P ₂ ¹ l	P ₂ p
有机质丰度	有机碳(%)	1.44/5	1.57/8	10.02/16	4.85/17	22/10
	氯仿沥青A(ppm)	546/5	1113/3	3949/3	4845/3	484/3
	烃含量(ppm)	306/5	301/1	1433/9	649/1	233/3
	S ₁ +S ₂ 毫克烃/克有机碳	2.24/5	3.14/7	46.24/16	28/17	6.64/10
有机质类型	S ₂ +S ₃ IHlo	I ₂ /1 I ₁ /4	I ₁ /1 I ₂ /3 I ₃ /3	I ₁ /1 I ₁ /9 I ₂ /6	I ₁ /9 I ₁ /6 I ₂ /2	I ₁ /2 I ₂ /4 I ₃ /4
	镜下鉴定	I/1	I/2	I/2	I/1	I/1
有机质成熟度	R _o (%)	0.733/1	0.554/1	0.681/5		1.22/1
	T _{max} (℃)	449.6/5	438/7	439/16	440/17	440/10
	总烃/有机碳(%)	2.08/5	2.19/1	1.44/9	1.13/1	1.16/3
	OEP值	0.95/5	1.72/3	1.06/10	1.22/1	1.49-1.9/3
	甾烷 $\alpha\alpha\alpha$ -C ₂₉ 20S 20S+20R	52.7/2		47.05/1		43/1
	综合评价结果	成熟的较差 一较好生油岩	未成熟—低成熟 早期较好生油岩	低成熟早期好 生油岩	低成熟期最 好生油岩	低成熟的较好 生油岩

据范光华、杨斌, 1985, 准噶尔盆地生油岩评价和油源对比。表中分子为分析数据, 分母为样品件数。

(三) 油气显示和具工业油流的构造

博格达山前和克拉美丽山南麓的露头区, 地面油气苗十分丰富。如博格达山山前绵延数百公里的二叠系油页岩, 厚30—60m, 一般为10—20层, 含油率5%以上, 富者达10%, 克拉美丽山帐篷沟二叠系也有薄层油页岩和沥青脉出露。三叠系中的沥青砂岩在南缘分布非常广泛, 侏罗系油气显示以南缘古牧地背斜和北缘沙丘河构造出露的油砂最著名, 尤其是沙丘河的油砂, 面积达0.25 km²。这种多层系发育和多类型的油气显示表明该区有着油气形成、运移和破坏的地质历史, 也预示广阔的石油勘探前景。

迄今已经钻探了五彩湾凹陷、沙帐凸起、北三台凸起、东泉堤隆、三台断隆带和大井凹陷的部分构造, 其中在沙帐凸起、北三台凸起和东泉堤隆发现了具工业油流构造; 另外在五彩湾凹陷和三台断隆带也见到好的油气显示, 显示的时代是石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系和白垩系。四个具工业油流的构造简况如下。

火烧山背斜, 位于沙帐凸起北部, 地表为南倾侏罗系鼻状构造, 地下二叠系才是一个东陡西缓的短轴背斜(图3)。东翼发育一西倾逆断裂, 称火东断裂, 为高角度逆断层, 主要断开二叠系和三叠系, 但构造主体部位未发现断裂, 该构造所钻三口井都试出工业油流, 产层为二叠系上统平地泉组(P₂p)平二段和平三段, 井深1400—1700m, 自喷日产26—50t。

火南背斜, 位于火烧山背斜之南, 东翼为火东断裂南段, 构造主体部位圈闭良好, 在构造高点钻火南1井于井深1800m左右机抽日产油12t多, 产层为平地泉组平三段。

北三台凸起北断鼻构造, 位于北三台凸起秃顶构造的东北翼, 为一贝壳状断鼻构造。该构造钻北12井, 在二叠系梧桐沟组(P₂w)砂岩获工业油流, 日产流4t多, 气五千多立方米(图4)。

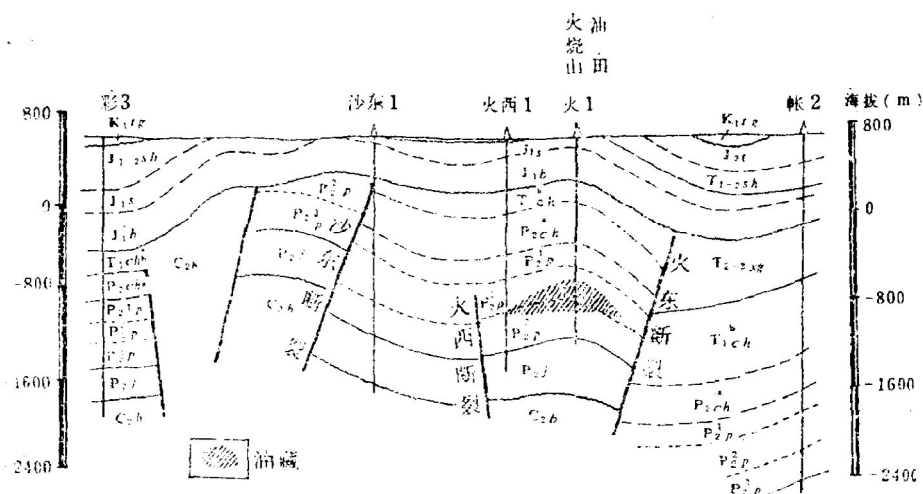


图3 彩3井—帐2井剖面图

(据盆地东部研究队, 1985)

东泉堤隆西构造：为短轴背斜，面积约10km²，分别在三叠系烧房沟组（T_{2s}）的北4井和二叠系梧桐沟组的北5井获工业油流，日产量4—7t（图4）。

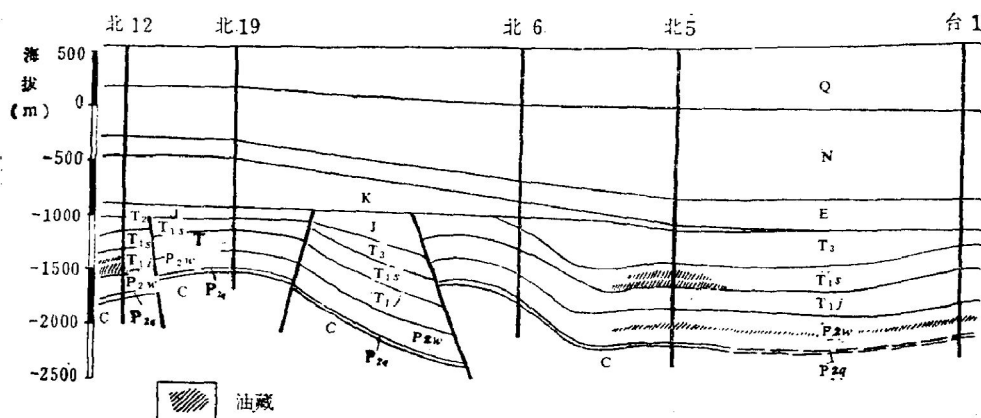


图4 北12井—台1井横剖面图

(据盆地东部研究队, 1985)

二、油气分布的控制因素

一个盆地或地区各种类型油气藏的形成和分布，是各种地质因素互相配置的结果。盆地东部油气分布与生储层的分布及其沉积特点、局部隆起幅度、断裂等诸因素有关，下面以本区已经发现的油气藏和油气显示构造所提供的模式为基础，讨论这些地质因素是如何控制油气分布的。

（一）北缘平地泉组有效的生储盖组合和对油气生储有利的扇—三角洲前缘相带控制了油气分布

上二叠统平地泉组主要分布在克拉美丽山前，该组厚度由北向南减薄至尖灭。根据井下该组生油岩及其储层所产原油的化学指标对比，它们的正构烷烃分布曲线很相似，其 C₂₈（麦角甾烷）/C₂

(谷甬烷)数值接近,二者都富含 γ -胡萝卜烷和 β -胡萝卜烷,说明它们有亲缘关系,为自生自储层。平地泉组按岩性、电性和含油性自上而下可分为三段,平一段是良好的盖层,平三段是主要生储层,平二段也有一定的生储能力。

一般认为很厚的泥岩中缺乏储集层或很厚的砂岩储层中泥岩贫乏都不是生储层的良好组合;而只有生油泥岩和储层砂岩为互层沉积时,才是良好的生储组合。平地泉组平二段中下部和平三段的砂泥岩组合正是这种理想的组合。例如平三段在火烧山背斜厚300多米,根据几口井的钻探结果,储层细



微孔隙发育,厚度大。例如平三段在火烧山背斜厚300多米,根据几口井的钻探结果,储层细砂岩和泥岩互层,厚度大。例如平三段在火烧山背斜厚300多米,根据几口井的钻探结果,储层细砂岩和泥岩互层,厚度大。例如平三段在火烧山背斜厚300多米,根据几口井的钻探结果,储层细砂岩和泥岩互层,厚度大。

据计算,盆地东部北缘平地泉组生油岩总面积为2306km²,总体积为860 km³,可能的聚集量只能满足自储的要求。

平地泉组所具有的生储盖组合和自生自储的特点,又决定了北缘的油气分布。因此,要确定北缘的找油地区,首先就得圈定发育较全的平地泉组的分布范围,然后在此范围内寻找有利圈闭,打出工业油流后再向外扩展。实践证明了这一勘探指导思想的正确性,我们已经在平三段分布区的火烧山背斜和火南背斜发现了工业油流,产层都是平地泉组。另外,在五彩湾凹陷、沙东断块、火东断裂下盘和帐篷沟构造的平地泉组中都发现了良好的油气显示。但是沙南构造的沙南1井、沙丘构造的沙丘1井和大井凹陷的大1井,由于缺失平二段和平三段沉积,都没有发现油气显示。同时,因为平地泉组特别是平二段下部和平三段砂泥岩在平面上有相交错和剖面上相交互沉积的特点,不仅能最有效地捕获油气,而且易于形成各种类型的圈闭,因此在平地泉组分布区,不仅要勘探背斜圈闭,还要注意地层圈闭,不断开拓新的勘探领域。

(二) 中等幅度隆起是找油的有利构造

盆地东部五十年代的探井大都钻在高隆起构造的顶部,如1958年在克拉美丽山前滴水泉鼻状隆起所钻的滴13井,沙丘河构造高点的沙5、沙7井,北三台构造顶部的北1井、北2井,由于这些构造顶部的目的层全遭剥蚀而未发现工业油气。

区内的很多局部构造是在石炭系基岩隆起上发育而成,这些构造的主要隆起期是燕山期,但隆起幅度差异甚大。有些构造上隆幅度很大,形成所谓秃顶构造,这对原来已经形成的油气藏起破坏作用;但是中等幅度隆起则是油气分布的有利地带,所谓中等幅度隆起是相对秃顶构造而言,隆起顶部油藏未遭破坏。根据中等幅度隆起的发展史,可分为两种类型。

第一种是先凹后隆型,例如北缘的火烧山背斜。火烧山地区在二叠纪时靠近沉积生油中心,沉积了厚度较大的平地泉组,二叠纪末的海西运动,克拉美丽山回返,其山前沉积中心南移,原来的沉积中心抬升,燕山运动时抬升尤为剧烈,火烧山背斜正是在这时期形成的,因此可称为先凹后隆型。根据盆地热演化史,沙帐地区二叠系生油层大面积进入门限是侏罗纪初,即埋深1200—1400 m,侏罗纪中晚期(埋深2000—2200 m)普遍进入高峰期。这样,构造的隆起期与油气生成的高峰期一致,生成的油气不断被新形成的构造所捕获。但是有些构造由于隆起幅度太大,不仅使顶部的生储层剥蚀,而且也使构造翼部的油气向顶部运移而散失。例如沙丘河构造,虽然二叠纪时靠近沉积中心,但燕山期隆起幅度太高,推测原来顶部形成的油气藏全被剥蚀破坏,该构造翼部钻的沙11并于二叠系见干油砂和沥青就是油气向顶部逸散的有力证明。

第二种是长期隆起型。隆起上虽缺失一些地层或遭剥蚀,但仍保留有储层和盖层,这种隆起只要邻近生油凹陷,无疑是油气运移的指向。例如东泉堤隆,它夹持于吉木萨尔和阜康两个可能的生油凹陷之间,堤隆从石炭纪末就具雏形,二叠纪时因上隆而缺失生油层芦草沟组,但沉积了梧桐沟组和三叠系烧房沟组,这是南缘两个重要储层,东泉堤隆钻探已获工业油流。

对于大幅度隆起的秃顶构造,虽然其顶部油气藏因剥蚀而破坏,但其翼部有时仍然是油气分布的有利地带。例如北三台凸起的翼部。北三台凸起长30 km、宽18 km,面积540 km²,隆起幅度达1200 m;凸起主要是在燕山运动时剧烈上隆形成,顶部二叠—侏罗系全遭剥蚀(图5);翼部发育有北东和北西向两组断裂。凸起的顶部和靠近顶部的翼部曾钻几口探井,都未发现工业油气,但去年在凸起东北翼的断鼻构造钻北12井获得工业油流。可见,秃顶构造的翼部因不乏储层沉积,故仍可形成多种类型圈闭,如地层圈闭、断鼻圈闭和沥青塞造成的遮挡圈闭等,它们只要邻近油源,很可能有油气分布。

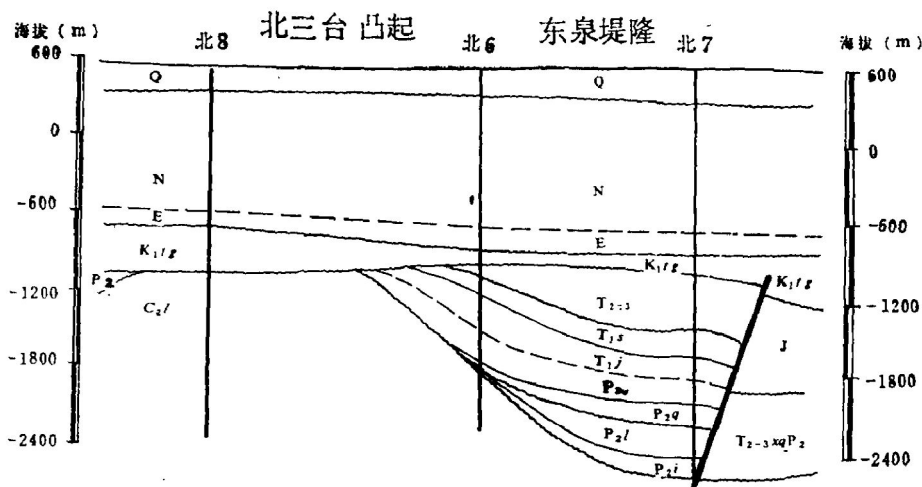


图5 北三台凸起与东泉堤隆剖面示意图

(三) 断裂与油气分布

区内凸起和凹陷大都以断裂为界。例如沙帐凸起东以帐东断裂与大井凹陷分界,西以沙丘河西断裂与五彩湾凹陷相邻。大断裂不仅是构造单元的分界线,而且有些断裂控制了油气的分布。下面以三台断隆带和某些断裂为例讨论其对油气分布的影响。

1. 火东断裂 这是一条沿火烧山背斜、火南背斜东翼发育的逆断裂,长30 km多,断面西倾,主要断开二叠、三叠系,断距1450—2800 m,断层倾角58—73°。火烧山背斜处在断层的上升盘(图3),这一条断裂对油气运移聚集于火烧山构造可能起一定的作用。

在同一地层中,当断裂发育,即产生地层压力梯度的改变,下降盘压力高,上升盘压力低¹⁾。火东断裂也是这样。据钻入火东断裂下盘的火3井试油结果,其平地泉组平三段压力系数为1.13—1.20,而上盘火烧山油田几口井的试油结果压力系数为0.95—0.94(各井海拔基本相同),显然,同一层上盘压力低于下盘。由于流体总是从高压区流向低压区,只要火东断裂封闭性不好,下盘生成的油气必然向上盘运移,这一点已为钻入断层下盘的火3井所证实,火3井平地泉组平三段试油只见油花,而上盘相同层位却获高产油流。

火东断裂的发育必然在周围形成构造裂隙带,这不仅增加了储集空间,而且改善了渗透性,使油井高产。据火烧山岩心分析资料,平地泉组平三段储层细砂岩和粉砂岩平均渗透率为3—10mD,而油井高压物性取样和压力恢复曲线计算的有效渗透率为一百至几百毫达西,当然后者才是地层真实情况的反映,它代表了油井影响范围内地层的平均渗透率,渗透率成几十倍的增加应是由裂隙引起。火烧山背斜钻探中,每口井平均在平地泉组中漏浆泥浆1500多立方米,钻井中取心也见发育的裂隙。至于火烧山背斜平地泉组裂隙成因到底是断层引起还是与背斜构造有关还有待今后进一步研究。

2. 克拉美丽山前断裂带 克拉美丽山前火烧山背斜以北,去年发现一条东西向延伸长约12km的北倾逆断裂,称火北断裂,断开三叠系以下地层,掩覆带宽1—3km,上盘为石炭系,下盘为三叠、二叠系。去年,还在大井凹陷东北缘发现了双井子西断裂,它是一条与火北断裂性质相似的逆掩断裂,长11km,上盘是石炭系和较薄的二叠系,下盘是较厚的二叠系²⁾。

如前所述,平地泉组有良好的生储盖组合,是自生自储层,克拉美丽山前断裂虽然上盘地表是石炭系,而下盘却掩覆着二叠系目的层,所以是油气分布的可能地带。

3. 三台断隆带 三台断隆带位于博格达山前凹陷之北,阜康和吉木萨尔凹陷之南,东西向延伸100km,该带西窄东宽,为数公里至10多公里,断层发育(见图2)。其南界为阜康大断裂;中部东泉堤隆与吉木萨尔凹陷分界的西地断裂一直向南延伸到五梁山断裂,并将断隆分为东西两部分;东部主要断开三叠、侏罗系;西部断裂成雁行排列,主要断开第三系。除西地断裂外,这些断裂都是近东西向

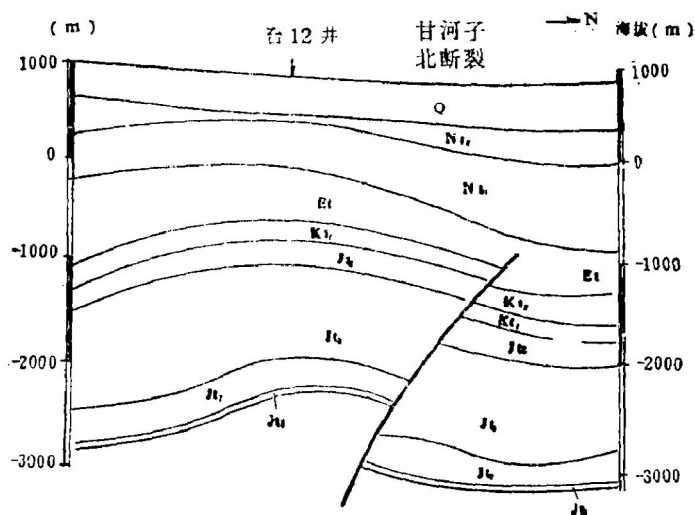


图6 J8565测线地震反射层深度剖面图
(据黄世健, 1985)

1) 马拉开波盆地断块油田分布特点。燃化科技资料, 1973, 第17期。
2) 奚伯雄, 1986, 新疆石油管理局1985年地质调查处年报。

延伸、断面向南倾的逆断裂。断隆带由于夹持于三个生油凹陷之间，特别是南邻的山前凹陷的二叠系芦草沟组是好的生油岩，地面油气苗十分丰富，所以断隆带公认为是油气分布的有利地带，其局部圈闭主要是与断层有关的断块、断层牵引背斜和断层遮挡等。

台2井钻在甘河子北断裂上盘，并将在其西再钻台12井（图6）。图中该背斜之南的阜康断裂未画出，实际上钻探的背斜构造是处在两叠瓦状断层之间。台2井在侏罗系三工河组见到好的显示，揭示断隆带西部及阜康凹陷侏罗系有广阔的勘探前景。

THE SURVEY OF PETROLEUM GEOLOGY AND THE CONTROLLING FACTOR FOR HYDROCARBON DISTRIBUTION IN THE EAST PART OF THE JUNGGAR BASIN

Li Xibin Jiang Jianheng

(East Xinjiang Headquarters of Xinjiang Petroleum Administration)

Abstract

Good results were obtained in exploration in the east part of the Junggar Basin in recent years, and a new oilfield—Huoshaoshan Oilfield and three structures with commercial oil flow were discovered.

The basement of the present area is Middle Carboniferous pyrogenic rocks, and the covering strata has undergone several tectonic movements. The source stage was mainly in the Hercynian, then the Indosinian and Yanshan, the accumulation and destruction of oil and gas was in Yanshan movement.

In the north margin of the Karamaili piedmont, the development of the self-generating and self-reservoiring sequence of the Permian Pingdiquan Formation has controlled the distribution of the oil and gas in this area, that is to say, all those places where the sediments are thick and were not denuded in the late stage are possible zones for hydrocarbon distribution, and all the temperate-amplituded uplifts, fault-blocks and nozes within the zones are favourable structures for hydrocarbon prospecting. In the south margin of the basin, the slope sides of the mid-amplituded uplifts, fault-uplifts and bald-headed structures near the oil generation depression are favourable places for hydrocarbon distribution. Faults in the east part of the basin controlled oil and gas distribution in several aspects.