

文章编号:1006-4095(2006)01-0001-04

三江盆地石油地质条件与勘探前景

胡志方^{1,2}, 马义忠¹, 乔桂林², 于明德², 李 磊², 张留欣²

(1. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083; 2. 中国石化河南油田分公司勘探开发研究院)

摘要:三江盆地作为我国东部中生界唯一的海相和海陆交互沉积盆地,受早白垩世末构造运动的强烈改造,其原型盆地与现今残留盆地存在较大差异,有机质热演化已达成熟—高成熟演化阶段;发育上侏罗统、下白垩统和第三系三套烃源岩,油气源较丰富;多期构造运动和火山活动,形成的两组断裂以及不整合面,为油气运移提供良好的通道和运移动力;圈闭类型较多,定型早,与油气生排烃期形成良好的匹配关系;存在西部、东部两类不同成藏组合的勘探领域,具有较好的勘探前景。

关键词:三江盆地;石油地质条件;资源潜力;勘探前景

中图分类号:TE111.1

文献标识码:A

三江盆地位于黑龙江省东北部三江平原,区域上地跨中俄两国,我国境内因地处黑龙江、松花江与乌苏里江“三江”汇合处而得名,盆地呈北东方向延伸,面积约 33 730 km²(图 1)。

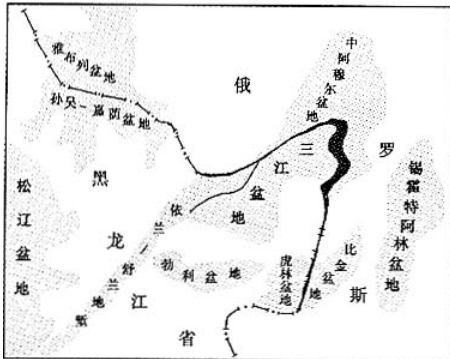


图 1 三江盆地地理位置

三江盆地油气勘探自 1959 年 111 地质队开展地质调查以来,先后完成 1:10 万高精度重力、1:20 万磁力测量、1:20 万磁力测量大地电磁测深(MT)、1:20 万高精度航磁测量等重磁力勘探工作。累计完成二维地震测线 4 881 km,绥滨坳陷测网基本可达 1 km×2 km,前进坳陷仅完成了 4 条呈“丰”型的二维地震概查。已钻基准井 3 口、参数井 1 口、预探井 1 口、地质浅井 2 口,总进尺 13 045.02 m;此外,煤田、地质还钻了大量钻孔。总之,前进坳陷勘探程度较低,而绥滨坳陷虽完成较多二维地震工作量,但钻井工作量较少。

三江盆地作为东北中新生界叠合残留盆地,

万方数据

目前虽未取得油气勘探突破,但已在盆地内及其周边发现多处油气显示,表明三江盆地曾经发生过油气的生成、运移,具备油气成藏的物质基础。

1 石油地质条件

1.1 盆地基底由性质不同的三部份组成,直接影响了盖层的发育和沉积岩石的组成

三江盆地地处中国东部那丹哈达岭造山带的西侧,盆地深部结构位于亚洲东部巨型上地幔隆起带的前端,盆地地壳厚度与松辽盆地相似,均相对较薄,古地温梯度较高;莫霍面的隆起分别与坳陷中、新代沉积区和褶皱区相对应,盆地基底岩性可划分三个大区,具有明显的“西老东新”的特点。

西部为下元古界深度变质岩和元古代及华力西期侵入岩基底;中部主要由晚古生代中度变质岩和华力西期花岗岩基底;东部基底属那丹哈达岭燕山褶皱带的一部分,主要为晚古生代—中生代浅变质岩系及印支—燕山期花岗岩。基底岩性差异反映出三江盆地不同构造单元的性质、沉积岩特征及沉积演化、构造特征等都有显著的不同,也直接控制了盖层的发育和沉积岩石的组成。西部绥滨坳陷盖层主要为一套较厚的侏罗—白垩系沉积和较薄的新生界地层;中部富锦隆起主要为

收稿日期:2005-08-16;改回日期:2005-10-18

作者简介:胡志方,高级工程师,1966年生,1988年毕业于中国地质大学(武汉)矿产系,中国地质大学(北京)在读博士生,现从事地质研究工作。电话:0377-63837463

新生界地层,局部残留较薄的侏罗—白垩系;东部前进坳陷目前认为主要沉积一套厚度较大的新生界和上白垩统地层,局部出露上侏罗—下白垩统地层。盆地沉积充填9套序列(含第四系)、划分12个组,自下而上为中侏罗统绥滨组、上侏罗统东荣组、下白垩统滴道组、城子河组、穆棱组和东山组、上白垩统猴石沟组、海浪组、七星河组和燕窝组、古近系宝泉岭组、新近系富锦组和第四系。

1.2 盆地具“两坳一隆”构造格局

三江盆地为一个中新世代沉积盆地,呈北东向延伸,坳隆相间,分为“两坳一隆”三个一级构造单元,即西部绥滨坳陷、中部富锦隆起和东部前进坳陷(图2);绥滨坳陷为“一凹二凸一斜坡”构造单元,前进坳陷为“二凹一凸”构造格架。盆地除边界大断裂为正断层外,绝大多数为压性和压扭性逆冲断层,主要发育NNW—NW和NE向两组断裂,构成盆地基本的断裂系统,断裂活动存在多期性和继承性^[1]。

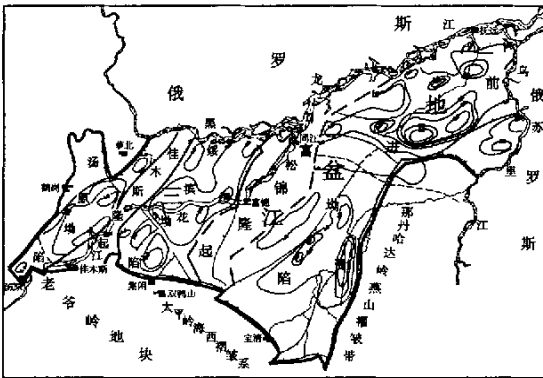


图2 三江盆地构造单元分区

处于特殊构造背景条件下的三江盆地,其构造特征非常复杂,也导致盆地性质具有多重性。总体认为三江盆地东西分异,西部绥滨坳陷可能是中生界沉积为主的裂谷型残留盆地,前进坳陷以新生界沉积为主,新生界具有“填平补齐”作用,坳陷性质具有前陆盆地和裂谷盆地的特点^[2]。

1.3 盆地内存在有三套烃源岩系,自下而上为上侏罗统、下白垩统和第三系

1.3.1 生油岩有机地球化学特征

绥滨坳陷的下白垩统穆棱组、城子河组和上侏罗统东荣组暗色泥岩及煤系地层是主要的烃源岩层,前进坳陷的第三系泥岩是成熟度较低的生物成因气源岩层。

(1)有机质类型与丰度 绥滨坳陷上侏罗统、下白垩统有机质类型以Ⅲ型为主,少量Ⅱ_B型。H/C为0.42~0.67,O/C为0.04~0.15,烃源岩以镜质组和惰质组为主,分别占20%~55%和40%~47%,富氢组分的腐泥无定形和壳质组含量较少,一般低于15%。

绥滨坳陷各层组除有机碳较高(大于1%)外,其余可溶有机质量,岩石热解烃量等均较低,这既与煤系地层特征有关,也有热演化的影响因素。下白垩统穆棱组和城子河组的有机质丰度大致相近。泥质岩中划属非生油岩和好生油岩均较少,属差—中等生油岩(图3)。

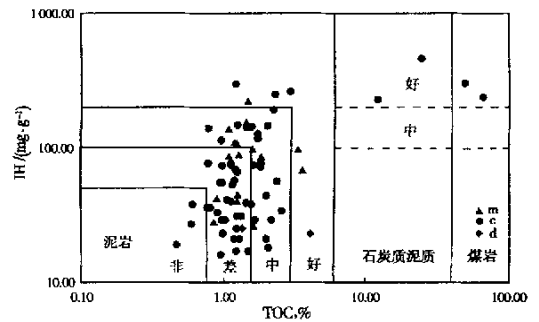


图3 绥滨坳陷生油岩评价 HI—TOC 关系

前进坳陷第三系有机质类型为腐植型干酪根,饱和烃含量为13.8%~33.7%,芳香烃13.4%~20.3%,非烃32.3%~69.7%,沥青质3.1%~29.8%,饱/芳比值1.31。碳同位素样品分析 $\delta^{13}C$ 值为-23.73‰~-28.4‰,多数在-24‰~-25‰,平均为-25.455‰。

前进坳陷第三系烃源岩普遍发育,暗色泥岩有机碳含量0.523%~2.330%,平均1.103%,氯仿沥青“A”含量0.0075%~0.2614%,平均0.1028%,总烃含量0.002%~0.040%,平均0.018%,属好生油岩。而白垩系泥岩有机碳仅为0.198%~0.666%,平均0.375%,氯仿沥青“A”含量0.0110%~0.0193%之间,平均0.0152%,属差—非生油岩。

(2)有机质成熟度 局部火成岩活动(岩浆侵入)所形成的局部高值地热场对有机质热演化有一定的影响,同时,区域地热场对烃源岩演化起到决定性作用,这与盆地深部构造密切相关。滨参1井揭示了多层火成岩夹层,相应镜质反射率值上也出现异常高值点,东荣组 R_o 达1.98%~2.11%,反映其有机质热演化已达成熟—高成熟演化阶段,以生气为主。目前绥滨坳陷中生界埋

藏深度一般都在 300 m 以下,并已全部进入生油 门限(表 1)。

表 1 绥滨坳陷氯仿沥青“A”族组份数据

地层	井号	井深/ m	族组份, %				饱/芳	总烃/ 有机 碳, %	氯仿“A”/ 有机 碳, %	镜质 体反 射率, %
			饱和烃	芳烃	非烃	沥青质				
城子 河组	87-202	429~406	6.8	15.7	17.8	59.7	0.43	0.60	2.69	0.72
		823	11.8	20.0	15.8	52.2	0.59	0.41	5.06	
	111	902	9.3	26.8	23.2	40.6	0.35	3.10	8.60	
		206	940	31.3	25.0	34.4	9.2	1.25	1.57	
东 荣 组	87-202	550	14.5	20.4	29.5	35.6	0.71	1.04	2.79	0.82
		598	18.0	20.1	26.0	35.9	0.90	1.62	4.23	0.67
		615	20.3	19.8	20.6	39.3	1.03	0.91	2.28	0.98

前进坳陷第三系有机质演化程度较低,镜煤反射率 0.39%~0.57%,均属未熟-低成熟演化阶段,具备一定生油气条件。

1.3.2 盆地存在自生自储及下生上储两种生、储、盖组合

(1)储层条件:绥滨坳陷上侏罗统东荣组、下白垩统城子河组和穆棱组地层沉积物主要是近物源快速堆积的砂泥岩,砂岩储集性能差;绥滨坳陷储层孔隙度和渗透率的变化范围分别为 0.67%~7.60%和 $(0.01\sim3.78)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间,属于低孔低渗的储集砂岩。前进坳陷第三系砂岩比较发育,成岩较差,胶结疏松、粒度较粗;砂岩最大单层厚达 15 m;孔隙度和渗透率值都较高,具备良好的储集条件;白垩系地层砂岩较致密坚硬,储层物性较差,但裂隙较发育。

(2)盖层条件:绥滨坳陷中以浅海相沉积为主的绥滨组-东荣组及以湖泊相沉积的城子河组和穆棱组的大套泥岩组合构成了该坳陷的三套区域性的盖层。前进坳陷缺少区域性盖层,从沉积相分析,发育于浓江凹陷和挠力河凹陷中的泥岩只能在局部做为盖层。

(3)生储盖组合特征:①自生自储组合:绥滨坳陷内 $J_3\sim K_1$ 层系内形成的一种生、储、盖组合;前进坳陷第三系暗色泥岩生成低成熟油或生物气,其层系内优质储层和上覆泥岩构成自生自储组合;②下生上储组合:下部煤系地层作为烃源岩,上部上白垩统或第三系为储集层和封盖层的成油气组合。

1.4 油气成藏演化特征

1.4.1 圈闭形成期

猴石沟组末期燕山运动波及到三江盆地,造成了猴石沟组地层的大部缺失或剥蚀,形成了中

生代地层的宽缓背、向斜构造。新生代主要表现为垂向升降运动,没有明显的褶皱构造运动,对先期构造改造微弱。圈闭形成与油气生、运在时间上形成良好的匹配。

绥滨坳陷构造发育史研究表明,坳陷构造形成早,大部分构造在城子河组沉积就形成,穆棱组定型,后期形成的构造相对较少。局部构造大多数发育在二级构造带的枢纽带,如四方林子斜坡带的枢纽带,有利于油气的富集且埋深适中。

1.4.2 油气生烃成藏期

三江盆地绥滨坳陷主要烃源岩发育在上侏罗统东荣组海相暗色泥岩和下白垩统城子河组、穆棱组海陆过渡相暗色泥岩、沼泽相煤岩。根据滨参 1 井热演化资料分析认为,绥滨坳陷中生界有机质均已处于成熟演化阶段以上,其生烃门限深度约在 1 320 m 处, R_0 已达 0.6%。在上侏罗统-下白垩统烃源岩快速沉降已达生油门限,在早白垩世开始大量生烃。但由于早白垩世末东山组沉积后的强烈构造运动,上覆沉积的东山组以致穆棱组都遭受剥蚀,烃源岩热演化处于停滞阶段,虽然晚白垩世-新生界沉积一定厚度的地层,但由于绥滨坳陷高地温梯度和火山热流作用导致烃源岩在早白垩世末就达较高演化程度,后期很难达到二次生烃条件,因此,绥滨坳陷主要生烃期为早白垩世早期-早白垩世末期。

在上侏罗统东荣组-下白垩统城子河、穆棱组烃源岩在早白垩世开始大量生烃时,油气的排烃和运移也就同时发生,而圈闭形成时期发生在晚侏罗-早白垩世末,与油气生排烃形成良好的匹配关系,从而使得绥滨坳陷生成的油气在早白垩世末期就已成藏(图 4)。但由于东山组沉积后的中国东北地区发生强烈的燕山运动第三幕,使

前期地层普遍发生褶皱,表现出中新世之间存在大的角度不整合;在形成大量圈闭同时,上覆东山组以致穆梭组、和部分城子河组都遭受剥蚀,使得前期形成的油气遭受破坏,因此,早白垩世末的构造运动是绥滨坳陷油气成藏的关键时刻^[2]。

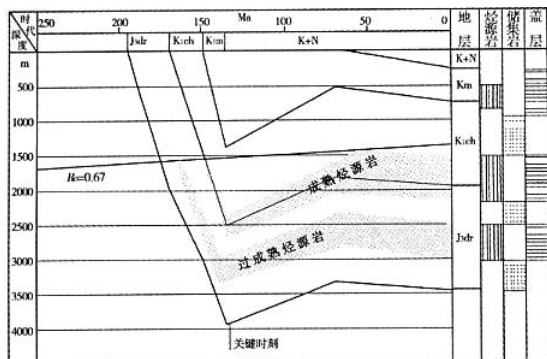


图4 绥滨坳陷滨参1井埋藏史

2 油气勘探前景

2.1 资源潜力

1997年以来,多家单位进行了大量勘探和研究工作之后,评价认为三江盆地总油气资源量为 $(5.0\sim 6.5)\times 10^8$ t油当量。其中绥滨坳陷总油气资源量约为 $(2.0\sim 3.5)\times 10^8$ t油当量,前进坳陷沥青“A”法预测第三系资源量约为 3.0×10^8 t油当量,预计中生界还具备一定油气资源前景。

2004年通过新老二维地震资料的精细解释,在三江盆地共发现和落实圈闭15个,层圈闭29个,层圈闭总面积643.2 km²,层圈闭资源量为 $15\ 721.3\times 10^4$ t。其中,两个主要目的层T₄(城子河组底)反射层圈闭15个,圈闭面积344.7 km²,圈闭资源量 $8\ 965.9\times 10^4$ t; T₅(基岩顶)反射层圈闭14个,圈闭面积298.5 km²,圈闭资源量为 $6\ 755.4\times 10^4$ t。

圈闭类型主要为绥滨坳陷发育的各种背斜、断鼻构造是较好的构造圈闭。此外,还发育与火山岩有关的底辟构造,以及同沉积背斜、岩性尖灭、地层超覆、地层不整合等圈闭。

2.2 存在两类不同成藏组合的勘探领域

(1)绥滨坳陷:主探侏罗系和白垩系背斜和复合型圈闭。绥滨坳陷生烃层段主要发育在东营组、城子河组中上部和穆梭组,在坳陷西部凹陷中

心附近发育有较厚的泥岩层,松花江以北军川农场一带至南部南大林子一带沉积岩厚度大,浅海相和湖相发育,暗色泥岩厚度大,是最有利的烃源岩发育区;四方林子斜坡带紧邻生烃凹陷,主要目的层埋藏适中,又处在北东和南西构造应力的转折带,储层裂缝较发育,是绥滨坳陷优质储层发育地带。该区又紧邻生烃凹陷,东部斜坡是油气运用的有利指向区,因此绥滨坳陷四方林子斜坡,特别是靠近南部地区是绥滨坳陷最有利勘探区带。

(2)前进坳陷:主探第三系背斜,兼探侏罗系和白垩系圈闭。前进坳陷南部挠力河凹陷以新生界沉积为主,坳陷内发育多个对称或近于对称的地堑,第三系宝泉岭组、富锦组暗色泥岩厚约400~500 m,烃源岩有机质丰度高,母质类型为Ⅱ_B~Ⅲ型干酪根,只是成熟度相对较低,R_o值范围在0.39%~0.57%;凹陷内第三系储层物性较好,孔隙度一般在30%左右,属Ⅰ类优质储层。西大林子次凹面积约1 000 km²,新生界沉积厚度较大,埋藏较深,主要目的层一般在1 000 m以下,烃源岩处于成熟演化阶段,具备一定勘探前景,因此,西大林子次凹是前进坳陷目前最有利勘探区带。

3 结语

三江盆地具有较好的油气成藏地质条件。一是发育上侏罗统、下白垩统和第三系三套烃源岩,油气源较丰富;二是经历多期构造运动和火山活动,形成NNW-NW和NE向两组断裂以及不整合面,为油气运移提供良好的通道和运移动力;三是圈闭较发育,类型较多,圈闭形成早(城子河组沉积时)、定型早(穆梭组沉积时),与油气生排烃期形成良好的匹配关系;四是存在西部、东部两类不同成藏组合,具备形成中小型油气田的地质基础,因此预测其勘探前景较好。

参考文献

- 1 张梅生,彭向东,孙晓猛.中国东北区古生代构造古地理格局[J].辽宁地质,1998,(6):91~96
- 2 邹艳荣.东北三江盆地演化分析[J].中国煤田地质,1997,(9):19~21