

三江盆地綏濱坳陷石油地质条件初探

周志祥

迟元林

(大庆石油管理局勘探部 163003)

(大庆石油管理局勘探开发研究院 163003)

三江盆地是中生代碰撞前陆沉降带上的一个叠合盆地。盆内广泛接受了中生代晚侏罗世—新生代海相—陆相的含煤碎屑岩沉积。綏濱坳陷是盆地西部的一个西断东超的箕状断陷,面积5470 km²。坳陷具有良好的成油成气地质条件,并普遍见到煤成气显示,有希望获得中小型气田及油田。

关键词 三江盆地 綏濱坳陷 侏罗系 油气远景评价

第一作者简介 周志祥 男 40岁 工程师 石油地质

一、地质背景

三江盆地位于我国东北边陲,与前苏联中阿穆盆地相连,西部和南部环山,松花江横贯盆地西部,盆地面积33730 km²。

三江盆地是太平洋板块与欧亚板块之间特爾馬-三江-兴凱湖中生代碰撞前陆沉降带上的一个含煤叠合盆地。中、晚侏罗世为弧-陆碰撞前陆盆地;白垩纪—新生代演化为弧后陆源裂谷盆地^{*}。基底主要为元古代变质岩系和花岗岩,局部分布有石炭、二叠系海相浅变质岩;盖层由中、新生代海相—陆相沉积建造组成,最大厚度约5800 m(图1)。

三江地区自古生代末期始基本处于隆起剥蚀状态,直到燕山中期受板块运动的影响才沉降为盆地,形成初期的海相沉积。由于频繁的以断裂活动为主要形式的断块不均衡升降运动,使黑龙江省东部形成一个大型沉降带,三江盆地綏濱坳陷与勃利、鸡西等盆地基本连为一体,广泛接受了中生代晚侏罗世—白垩纪海—陆相的含煤碎屑岩沉积(图2)。

伴随着强烈的断裂活动,岩浆活动十分频繁。侵入岩有燕山期闪长玢岩及花岗岩;喷发岩有燕山期玄武岩、安山玢岩及流纹岩。

新生代有河流—湖泊相为主的含煤碎屑岩建造。第三纪末期伴有喜山期玄武岩喷发,第四系沉积基本覆盖全区,成为现今的平原地貌。

三江盆地的区域构造呈北东向的两隆(佳木斯隆起、富锦隆起)两坳(綏濱坳陷、前进坳陷)相间展布(图3)。

经过近几年的航磁、重力、大地电磁测深、地质浅钻和地震概查等早期评价工作,表明綏濱坳陷具有良好的成油成气地质条件,有希望获得中小型气田及油田。

收稿日期:1990-12-20 改回日期:1991-05-07

* 张 恺等,中国东北含油气亚区中、新生代弧后裂谷盆地和弧上断陷盆地演化特征及其含油气远景评价研究,1983。

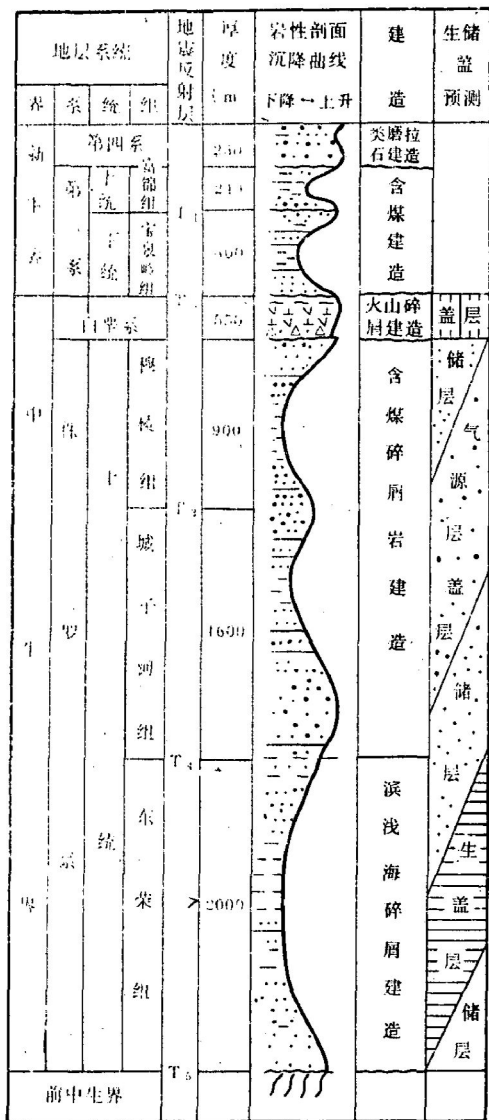


图1 三江盆地综合剖面图

绥滨坳陷位于三江盆地西部，东、西分别以富锦断裂、军川断裂与富锦隆起和佳木斯隆起分界，南、北分别以集贤断裂、黑龙江断裂为界，面积 5470 km²。

二、盖层构造地质特征

绥滨坳陷断裂纵横交错，十分发育，多为张性和张剪性。按走向将断裂大致分为四组，其中以大型的北东、北西向为主，东西和南北向亦有分布，但被北东、北西向断裂切割得支离破碎。大部分断裂具有多期活动的特点，在多次继承性活动中，由于每次受力方向不同而表现出力学性质的转化。断裂在时间和空间上都具有一定的构造次序关系，表现出南北向、东西向形成较早，北东向次之，北西向最晚。南北向和东西向断裂规模一般不大，多形成于晚侏罗世前，切割了盆地基底。北东向断裂规模大、数量多、延伸长，多为同生断裂，在燕山

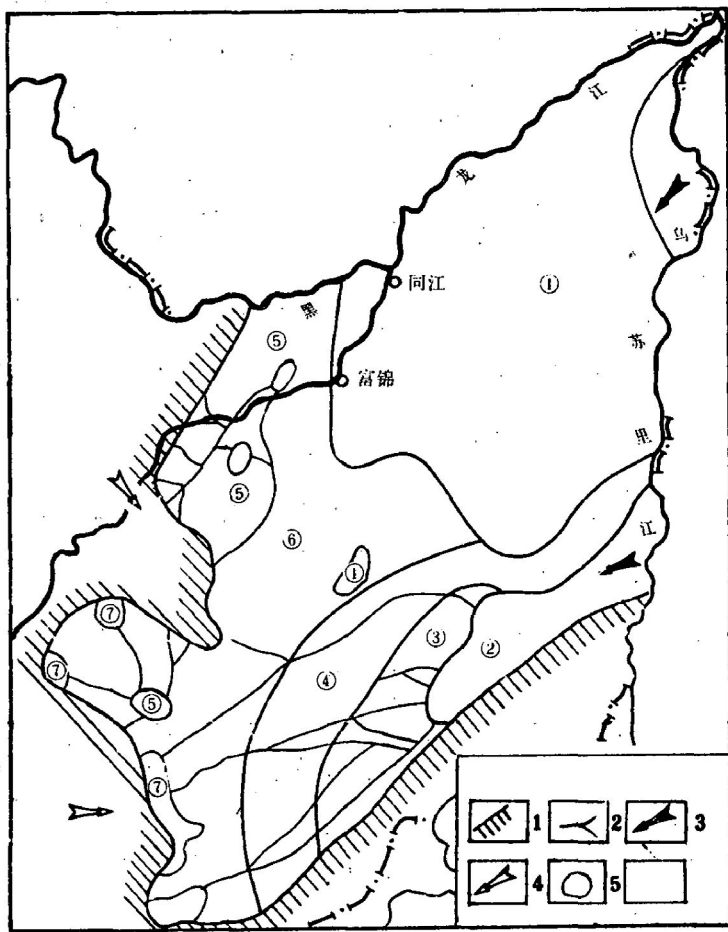


图2 黑龙江省东部城子河组沉积体系图

①—隆起及剥蚀区，②—一浅海，③—一下三角洲平原，④—一上三角洲平原，⑤—一湖泊，⑥—一冲积平原，⑦—一冲积扇，1—沉积边界，2—河流，3—海侵方向，4—剥蚀搬运方向，5—沉积相带边界

中、晚期继承性活动,控制着上侏罗统的沉积,多被北西向断裂所切割。北西向断裂规模宏大,多形成于喜山期,切割了第三系下统及其以下地层。北西向和北东向断裂相互交截,将绥滨坳陷分割成北东向成条,北西向划块的构造格局。三条主要断裂控制了坳陷的形成和范围。

一是绥滨坳陷与佳木斯隆起的分界断裂——军川断裂。为北北东走向的高角度正断层,倾向南东,延伸长度达 100 km, T_5 地震反射层(相当于基岩顶面)上最大断距超过 3000 m,最小断距小于 400 m。该断裂形成于晚侏罗世初,与绥滨坳陷的形成密切相关,控制了坳陷的盖层沉积和地质结构,使绥滨坳陷呈西断东超的箕状断陷特征(图 4)。

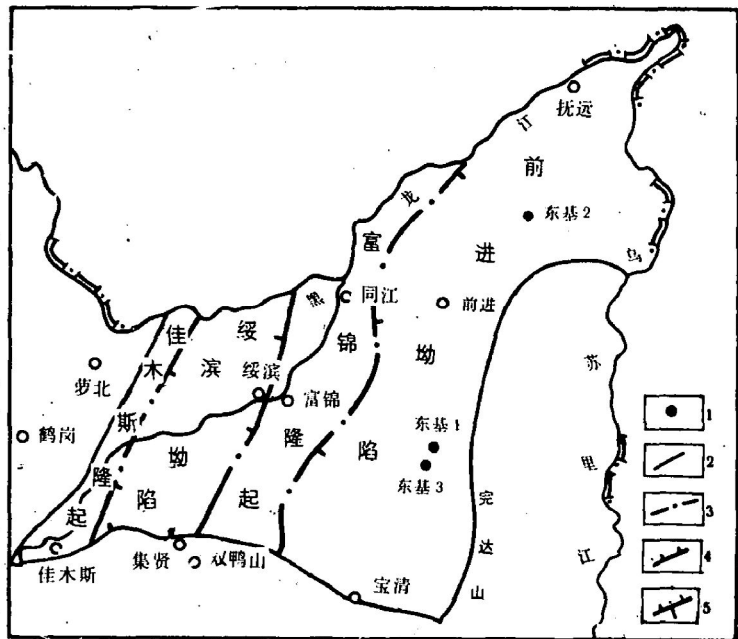


图3 三江盆地构造分区图

1—探井, 2—盆地边界, 3—一级构造分区线,

4—正断层, 5—逆断层

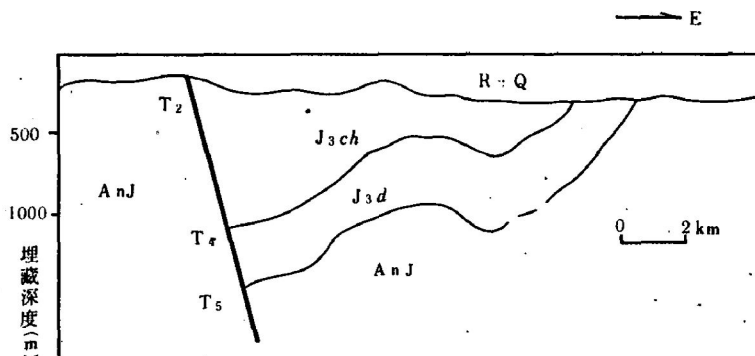


图4 三江盆地绥滨坳陷江北第Ⅶ地震测线剖面图

T_5 —基岩顶面反射, T_4 —上侏罗统东荣组顶面反射, T_2 —白垩系顶面反射, J_{3ch} —上侏罗统城子河组,

J_{3d} —上侏罗统东荣组, AnJ—前侏罗系, R+Q—第三系与第四系

二是坳陷东缘的富锦断裂,走向北北东,延伸长度 130 km。在重力场上为一条北北东走向的梯度带。该断裂形成于海西早期,为老爷岭地块和海西褶皱带之间起控制作用的西升东降的压扭性断裂,使东西两侧产生了明显的差异。到中侏罗世末期,该断裂重新活动,具张扭性特点,东盘上升、西盘下降,并导致比较大的岩浆岩体侵入和火山喷发。

三是分布于坳陷南缘的集贤断裂。为一大型逆冲断裂,走向北西西至近东西向,倾向南,倾角 60° — 80° ,断距大于 700 m,延伸长度达百余公里。该断裂在燕山早期受北东-南西向挤压应力作用基本定型,表现出压-压剪性,它切割了下白垩统及其以前的地层,对地层的保存与破坏起到一定的控制作用。在断裂的下降盘伴生一系列小的逆冲断层。

早期发育的北东向断裂控制了基本为北东走向的条带状构造格局,而后期发生的北西向断裂,在条带状格局的背景上切割成了次级区块,形成一凹(新城-南大林子凹陷)、三凸(中伏屯凸起、福兴凸起、集贤凸起)、二斜坡(永祥斜坡、东辉-东荣块断斜坡)的二级构造格局。

绥滨凹陷岩浆活动较强烈,中、基、酸性岩浆岩及凝灰岩均有分布(图5)。

断裂对岩浆活动起着明显的控制作用。侵入岩主要呈岩墙、岩脉状产出,受断裂控制,在剖面上沿断裂侵入或喷发,平面上沿断裂延伸方向展布。晚侏罗世地层中有凝灰岩层,凹陷北部较发育且分布面积大,南部主要零星的小块体分布。

总体看,绥滨凹陷具有西深(4500 m)东浅(800 m)、南深(5800 m)北浅(300 m)的特点。

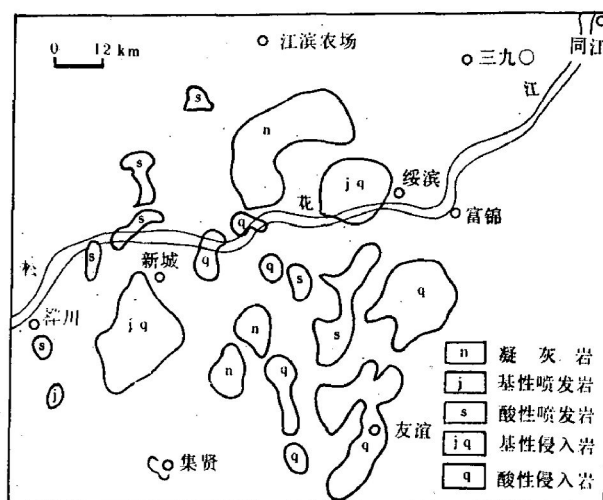


图5 三江盆地西部火山岩分布图

三、盖层沉积概况

绥滨凹陷沉积盖层发育较全,自下而上为上侏罗统东荣组、城子河组、穆棱组,白垩系,第三系下统宝泉岭组、上统富锦组,第四系。

中侏罗世末期,受启莫里期海侵影响,鄂霍次克海的海水沿布列因盆地进入三江地区。在引张力的作用下,西缘军川断裂和东缘富锦断裂之间强烈下陷,致使绥滨凹陷在晚侏罗世东荣期接受了一套滨、浅海碎屑岩沉积。自下而上为滨海—浅海—滨海相的沉积序列。顶部有少许三角洲及河流沉积,表明东荣末期海退已开始。岩性主要为灰白、浅灰、深灰色粉、细、中砂岩夹灰、灰黑色粉砂质泥岩、泥岩和薄层灰绿色凝灰岩,分布面积达4500 km²以上。古地形明显控制着东荣组的分布范围和沉积厚度,地震剖面反映最大厚逾2000 m(西部地区)。地层中含大量双壳类、菊石、沟鞭藻及孢粉等海相生物化石。

城子河组和穆棱组为一套陆相含煤碎屑岩建造。西部地层厚逾2000 m,向东逐渐变薄直至尖灭。

城子河组是继东荣组海水向北退出后发育起来的陆相含煤碎屑岩系。以河流相、三角洲平原相为主,夹有湖泊沉积,其中河流相以曲流河占主导地位。垂向上呈现冲积扇—辫状河—曲流河—湖泊的演变层序。岩性主要为灰白色中细砂岩、深灰—灰色粉砂岩、黑灰色泥岩,夹煤层和数十层薄层凝灰岩,并有燕山期闪长玢岩侵入。由于泛滥平原相和河道间泥炭沼泽相发育,聚煤作用强,因此成为重要的具有工业价值的可采煤层段。地层中含植物、孢粉、双壳及腹足类化石。

晚侏罗世末期,盆地发生萎缩。随着城子河组形成的近海冲积平原不断向北推进,使南部地区完全演化成近海湖盆,河流自周边不断向湖盆汇集,形成湖泊三角洲。穆棱组湖相及

河流相占优势, 形成含煤碎屑岩沉积。在垂向上呈现出河流相—三角洲相—湖泊相的演变序列。岩性主要以灰绿、深灰色粉砂岩、灰黑色泥岩、碳质泥岩夹煤层为主, 并夹有数层凝灰岩。地层中含丰富的植物化石。

白垩纪初, 断裂作用再度加强, 北东向基底断裂活动更加明显, 并伴有火山喷发, 使白垩系以火山喷发堆积占主导地位, 形成火山岩及其碎屑岩建造。岩性以中性火山角砾岩、岩屑凝灰岩、晶屑凝灰岩为主夹砂泥岩, 局部有安山玢岩、安山集块岩、玄武岩、球泡流纹岩等中基性喷发岩。白垩系分布局限, 最大厚度约 220 m。呈假整合上覆在上侏罗统穆棱组之上, 或以不整合直接超覆在西北边缘古老花岗岩体为主的基底之上。

新生代, 绥滨坳陷整体下沉, 演化成河流—湖泊沉积为主的古地理环境。

第三系呈大面积发育, 以不整合直接掩覆在白垩系或侏罗系和古老花岗岩基底之上。下统宝泉岭组厚度约 660 m, 上统富锦组厚度约 250 m。岩性为灰绿、灰、灰褐色泥岩与灰、灰绿、灰黄色粉砂岩、细砂岩呈不等厚互层, 夹褐煤及油页岩层, 底部为灰色粗砂岩、含砾粗砂岩、细砾岩。局部地区见喜山期玄武岩。

第四系为近代冲积、坡积、洪积物, 由腐植土、粘土、粉细砂、松散砂砾等组成。最大厚度约 350 m。

四、石油地质条件

绥滨坳陷具有良好的生、储、盖及其组合与圈闭条件。

坳陷内发育上侏罗统东荣组和城子河组、穆棱组两套烃源岩, 并具有良好的转化条件。

东荣组为滨、浅海沉积环境, 浮游生物等水生生物繁盛, 沉积的灰黑—黑色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩总厚逾 300 m。有机质类型主要为腐殖—腐泥型, 有机碳含量 0.300%—1.675%, 平均 0.866%。转化系数为 24.5mg/g, 氯仿沥青“A”与有机碳含量之比为 13.43—117.00mg/g, 平均为 35.9mg/g (表 1)。

表 1 绥滨坳陷东荣组有机地化综合数据表

井号	厚度 (m)	岩 性	有机碳 (%)	“A” (%)	族组成(%)				HC (%)	“A” C (mg/g)	HC C (mg/g)	饱和烃 芳烃	R ^o (%)
					饱和烃	芳烃	非烃	沥青质					
206	745	灰黑色泥岩	0.931	0.0200						21.48			
	806	灰黑色泥岩	0.866	0.0244						28.18			
	855	泥质粉砂岩	0.688	0.0231						33.58			0.73
	914	灰黑色泥岩	1.675	0.0225						13.43			0.83
	940	粉砂质泥岩	0.875	0.0245	31.3	25.0	34.4	9.2	0.0138	28.00	15.77	1.252	0.89
202	598	灰黑色泥岩	1.028	0.0435	18.0	20.1	26.0	35.9	0.0166	42.30	16.15	0.896	0.67
	615	泥质粉砂岩	0.967	0.0220	20.3	19.8	20.6	39.3	0.0088	22.75	9.10	1.025	0.98
87—8	613	灰黑色泥岩	0.817	0.0137						16.77			0.69
	609	泥质粉砂岩	0.300	0.0351						117.00			

根据古地磁资料, 晚侏罗世的古纬度为 31.3—32.1°(北纬), 表明当时为亚热带气候, 植

物繁茂。真蕨类、裸子植物大量繁殖,为城子河组和穆棱组的沉积提供了丰富的有机质来源,形成绥滨坳陷主力产煤层段。煤系具有多物源、近物源的特点。煤系含煤厚度较大,城子河组和穆棱组中含煤达数十层,单层最大厚度达10余米,煤的远景储量巨大。煤质以气煤、长焰煤为主,镜质组约占85%,丝质组占12%,稳定组占3%,在热演化过程中以成气为主,仅能生成少量的液态烃类。

据坳陷边部煤田钻孔及地震概查等资料推测,坳陷内的城子河组和穆棱组具有稳定的湖相沉积,沉积中心在城南-南大林子一带。湖相区不仅泥岩发育,而且暗色泥岩厚度大。据统计,城子河组灰黑—黑色泥岩、粉砂质泥岩总厚度达250 m,穆棱组暗色泥岩达280 m。暗色泥岩有机碳含量为0.864%—2.700%,平均为1.729%;碳质泥岩有机碳含量为5.725%—19.081%,平均为12.136%。氯仿沥青“A”与有机碳含量之比,暗色泥岩为8.0—50.6 mg/g,平均为20.8 mg/g;碳质泥岩为2.0—19.5 mg/g,平均为9.1 mg/g。穆棱组生烃强度为11.3 mg/g。同时,氯仿沥青“A”各族组分含量具有沥青质>非烃>芳烃>饱和烃的规律。沥青质含量一般在40%以上,而饱和烃含量一般低于10%,饱和烃与芳烃比值较低,平均只有0.55(一般生油岩则大于4)。上述情况表明,城子河组和穆棱组煤系有机质含量尽管很高,但其向石油的转化能力较差,而有利于煤层气的形成,为良好的气源岩(图6)。

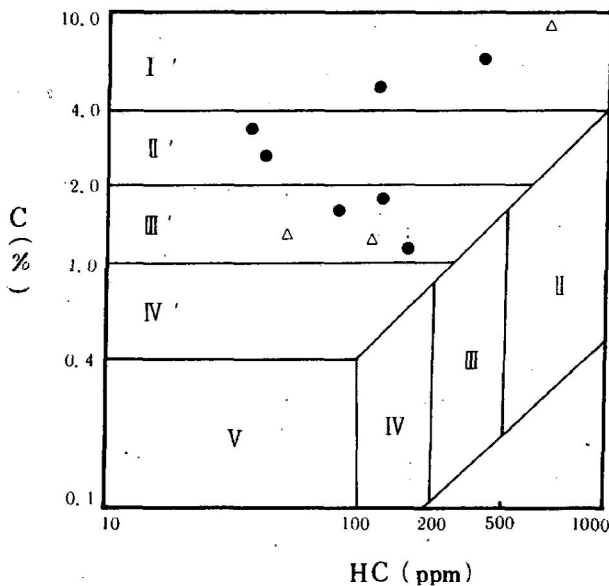


图6 绥滨坳陷油气源岩评价图

I—好生油岩, II—较好生油岩, N—差生油岩, V—差生油岩或非生油岩, I'—极好生油岩, II'—较好生油岩, III'—好生油岩, N'—中等生油岩, ●—上侏罗统城子河组, △—上侏罗统穆棱组

从镜质体反射率看,东荣组为0.67%—0.98%,城子河组和穆棱组为0.62%—0.92%,均进入了成熟阶段。另外,由于深大断裂和岩浆的频繁活动,致使绥滨坳陷在中地温场背景上形成了局部高地温场区,有利于油气的转化。据东荣地区22口煤田钻孔测温资料统计,平均地温梯度为3.0℃/100 m,最高可达5.1℃/100 m。从平面分布看,绥滨坳陷地温梯度具有由东向西升高的趋势。据绥D1井镜质体反射率值推算,绥滨坳陷自1300 m即进入生烃门限,1900 m开始进入高成熟阶段。初步测算,绥滨坳陷石油远景资源量近亿吨;天然气的远景资源量数百亿立方米;煤层气的预测储量为数十亿立方米。

绥滨坳陷上侏罗统砂岩发育,占地层厚度的50%以上,但物性条件较差,多为低孔低渗储层。东荣组砂岩孔隙度为4.4%—11.0%,渗透率为 0.01×10^{-3} — $0.03 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;城子河组和穆棱组砂岩孔隙度为1.9%—13.3%,渗透率为 0.01×10^{-3} —

$1.41 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。因此,侏罗系上统的砂岩储层虽对储油不利,但均能满足气层物性下限的要求。

绥滨坳陷上侏罗统湖相区暗色泥岩发育,除构成良好的油气源岩外,亦属于良好的区域性盖层。另外,凝灰岩也可作为局部盖层。东荣组上部具2层以上厚6—8 m的凝灰岩,横向分布

较稳定;城子河组和穆棱组夹有数十层凝灰岩沉积。由于凝灰岩具有遇水膨胀的特性,对油气也可起到封盖作用。同时,白垩系的火山碎屑岩类亦可作为局部盖层。

总之,绥滨坳陷具有正常叠置型(下生、中储、上盖)、倒置型(下生、上储)和层内型(自生自储)等多种生储盖组合类型。

绥滨坳陷伴随逆断层发育的线状背斜,是理想的构造圈闭。另外,火山岩发育区的底辟构造,以及同沉积背斜、岩性尖灰、地层超覆、地层不整合等亦是良好的圈闭条件。

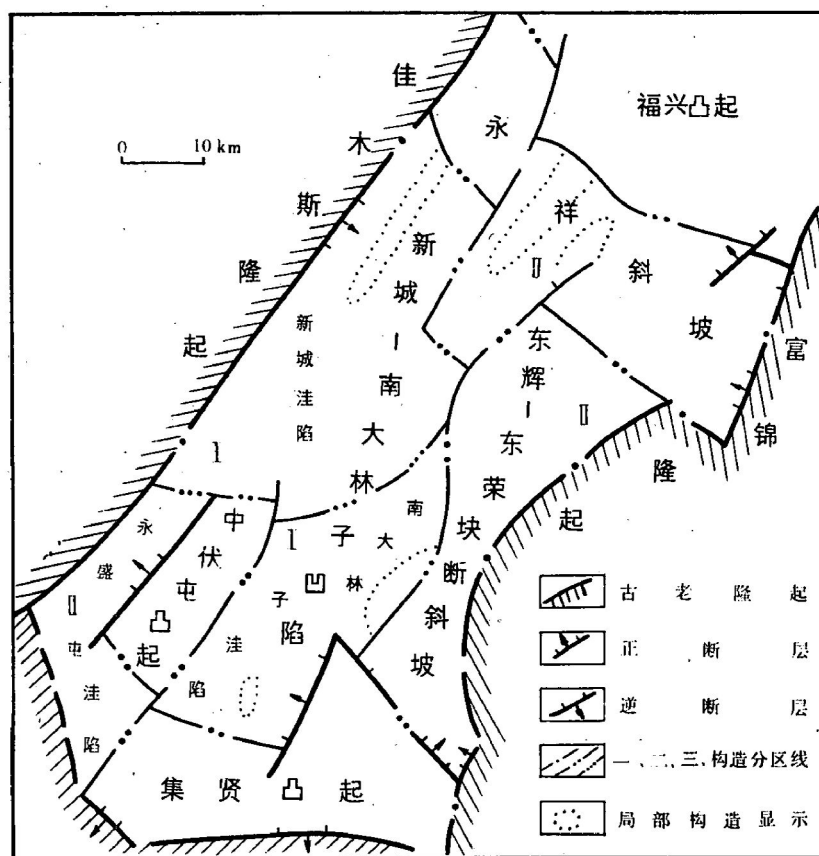


图7 绥滨坳陷油气远景评价图

I—一级远景区, II—二级远景区

目前,绥滨坳陷虽然还未见到直接的油显示,但煤成气显示很普遍。集贤地区煤田竖井含大量甲烷型瓦斯, -150 m 以上瓦斯相对涌出量达 3.95 ml/g;东荣地区钻孔中煤层甲烷型瓦斯 -500 m 以上为 0.5—1.0 ml/g, -500 m 以下为 3.28 ml/g。

根据构造发育史、沉积发育史和热演化史及圈闭、保存等各项地质条件的综合分析,三江盆地绥滨坳陷具有良好的煤成气及一定的石油勘探前景。目前已优选出新城洼陷和南大林子洼陷两个 I 类远景区,永祥斜坡、东辉-东荣块断斜坡、永盛屯洼陷三个 II 类远景区,正在继续开展评价工作(图7)。

PETROLEUM GEOLOGICAL CONDITIONS IN SUIBIN DEPRESSION

Zhou Zhixiang Chi Yuanlin

(Daqing Petroleum Administration)

Abstract

Suibin Depression that covers an area of 5470 km² in the west part of Sanjiang Basin is a half-graben faulted depression which faulted in the west but overlapped in the east. The NE-strike faults formed in the early stage controlled strip-shape structures, while the NW-strike faults developed in the late stage cut the structures into secondary blocks that composed of one sag, three uplifts and two slopes. The depression has fine source-reservoir-cap rock assemblage and trap conditions. The two source beds of Upper Jurassic developed in marine Dongrong Formation and the nonmarine coal-measures of the Chengzhihe and Muling Formations contain abundant organic matter. Organic carbon contents in mudstones are 0.300%–1.675% in Dongrong Formation; 0.864%–2.700% in Chengzhihe and Muling Formations, and the ratio of chloroform extract "A" to that are 13.43–117.00 mg/g in Dongrong Formation; 8.00–50.60 mg/g in mudstone of Chengzhihe and Muling Formations. The organic carbon contents in carbonic mudstone is 5.725%–19.081% in Chengzhihe and Muling Formation, and the ratio of chloroform extract "A" to that is 2.0¹–19.5 mg/g. According to the vitrinite reflectance R^0 , the Dongrong Formation is 0.67%–0.98% and the Chengzhihe and Muling Formations 0.62%–0.92%, all of them have entered into mature stage. The later two formations are mainly gas-generating rocks. Sandstone developed in Upper Jurassic occupies 50% of the total thickness. Its porosity is 1.9%–13.3%, and permeability 0.01×10^{-3} – $1.41 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ which satisfied the lower limit of the physical property of gas reservoir. The Upper Jurassic mudstone, being thick and laterally distributed stably, is favourable caprock. Besides, the tuff and Cretaceous volcanic clastic rocks in local places could also be fine caprocks. The trap condition including linear anticline, diapiric structure, syndepositional anticline, lithologic pinch-out and stratigraphic overlap is good too.

On the whole, the depression has favourable oil-gas forming condition, and quite a few coal-formed gas showings have been found.