

松辽盆地南部天然气分布与成因

徐克昌*

(石油工业部辽河石油勘探局地质处)

松辽盆地二十余年油气勘探实践表明,油气地质储量相差悬殊。从盆地南部来看,探明的天然气地质储量仅占油气地质储量的2%。油田伴生气占天然气总地质储量的91.5%。生化甲烷气占天然气总地质储量的6.4%。煤成气仅占盆地南部天然气总地质储量的2.1%。由此看来,盆地南部天然气勘探程度是很低的。煤成气的勘探,在盆地南部天然气勘探中占的比例就更小了。

随着盆地南部油气勘探向纵深发展,使我们逐渐认识到,盆地南部成气的地质条件是具备的。就我国东部成油成煤沉积盆地而言,侏罗纪是主要的成煤期之一,侏罗系地层分布面积广、厚度大、埋藏深,具湖沼相沉积建造,煤系地层发育,有机质丰度高,母质类型为腐泥腐殖型-腐殖型,是煤成气形成的优越的地质地化条件。

松辽盆地南部包括五个一级构造单元,十三个二级构造带,七十三个局部构造,已探明五个油田,十一个工业油气流地区。

本文采用的地层层序、含油气组合、油层名称,见图4。

一、松辽盆地南部天然气形成的地质地化条件

松辽盆地位于欧亚板块东缘,具有下断上拗双层结构特征的弧后内陆裂谷盆地。它的基底是西伯利亚板块与中朝板块之间的古生代中亚海槽收缩回返的产物。盆地的形成经历了隆、断、拗、褶四个演化发育阶段。

1) 隆起阶段

此阶段是盆地形成的序幕,三叠纪至早中侏罗世,处于隆起剥蚀阶段。

2) 断陷阶段

此阶段经历了晚侏罗世、早白垩世登娄库组、泉头组一二段断陷沉积期。晚侏罗世断陷沉积期,由于地幔上拱,地壳张裂,形成许多分隔性很强的断陷盆地,总面积约20000平方公里。其侏罗系地层占松辽盆地侏罗系地层分布面积的60%(图1)。最大的德惠断陷,面积达3800平方公里,基底埋藏深度3000—6000米,侏罗系沉积厚度达2000米。德惠断陷南面的梨树断陷,面积为1600平方公里,基底最大埋深达1万米,推测侏罗系厚度7000余米。德惠断陷上侏罗统主要沉积了一套含煤系地层,火山岩及火山碎屑

* 参加此项工作的还有吉林油田研究院王诱伟同志

岩沉积建造,暗色泥岩发育,厚达600—700米,有机质丰度高,有机碳达2.556%,母质类型为腐泥腐殖型-腐殖型(H/O原子比值为0.7—0.6, O/C原子比值在0.03—0.06之间),有利于煤成气的形成。

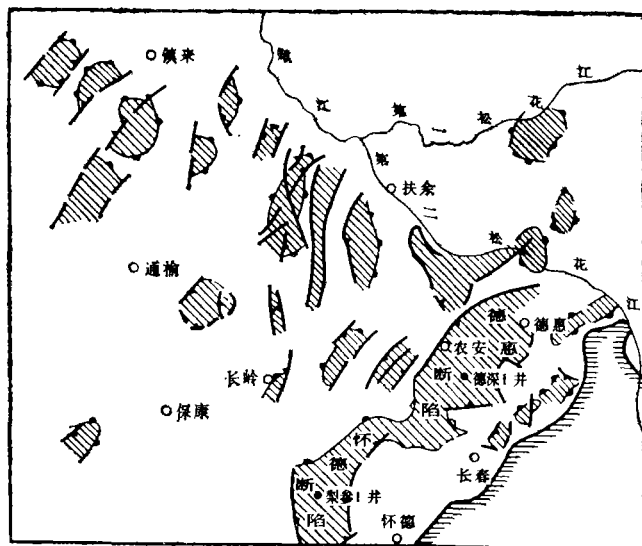


图1 松辽盆地南部侏罗系地层分布图

早白垩世登娄库组,泉头组一二段沉积时,沉积区域逐渐扩大,向上层超覆。实际上是断陷向拗陷沉积过渡阶段。

3) 拗陷阶段

此阶段经历了早白垩世泉头组三、四段、青山口组、姚家组沉积时期。此期,盆地经历了“两兴”“两衰”的发展过程。“两兴”系指白垩系下统青山口组及嫩江组一段沉积时期。由于湖盆两次大幅度沉降,引起两次最大水浸,形成非补偿式的深湖相沉积。青山口组一段湖相面积达3万余平方公里。沉积中心在乾安、大安地区,前者最大沉积厚度达98.5米,后者88米。嫩江组一二段湖相面积达10万余平方公里。沉积中心在乾安、古龙凹陷,最大沉积厚度达29—100米。青一段和嫩一段是盆地两套主要的油源岩,暗色泥岩发育,占地层厚度93—100%。有机质丰度高,有机碳达1.3914—1.9763%。母质类型属腐泥型($H/C > 1.50$, $O/C < 0.066$)。

4) 褶皱阶段

是盆地演化的最后阶段。盆地的东西部及西南部处于褶皱隆起剥蚀阶段,仅在盆地的中央拗陷区接受了上白垩统四方台组、明水组及第三系沉积,沉积中心向西南偏移。明水组一二段面积分别为18000及11000平方公里。沉积中心在黑帝庙地区,最大沉积厚度为243.5米,为一套河流相及浅湖相砂泥岩沉积,有机质丰度高,有机碳含量为2.1285%,母质类型为腐泥型(图2)。

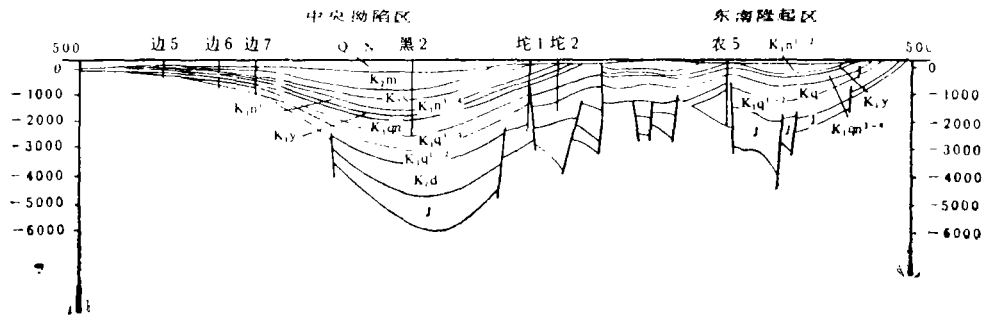


图2 敦化—营城地质剖面图

二、松辽盆地南部天然气分布特征

1. 横向上具有分区性

钻探证实，盆地南部天然气分布领域很广。东西南北中均获天然气藏及气显示。北部英台构造之萨尔图油层及高台子油层已获工业气流。英101井萨尔图油层日产气37.74千方。南部的梨树断陷茅山构造上的梨参1井，在白垩系泉头组一段中，试油结果日产气8.7万方。东部的德惠断陷经过几年的钻探，也展现出广阔的含气前景，不仅在白垩系中含有丰富的油气（日产气最高达11.6万方），而且，在侏罗系上统含煤地层中也获得工业气流。西部的红岗构造，虽然闭合面积仅46.3平方公里。但是，含气层位多，上从明水组，下至萨尔图、高台子油层均获工业气流及气显示。在盆地南部73个局部构造中，有18个发现了工业气藏及气显示。

在横向上，天然气的分布可分为四个区，由西至东分别为生化甲烷气区、伴生气区、油田伴生气区及煤成气区。此外把盆地南部高含CO₂气的混合气也划为一个区（图3）。

2. 垂向上具有分带性

盆地南部天然气具有井段长、层位多的特点。试油结果，储集层最小埋藏深度为157.0米（扶101井），最大埋藏深度3060米（农101井），天然气显示井段长达2900米。

在垂向上，我们把盆地南部天然气分布划分为三个带。

（1）上带：主要为白垩系上统明水组及下统嫩江组第五段两个含气层。

（2）中带：为白垩系下统嫩江组第一、三、四段（黑帝庙油层），姚家组一、二、三段（萨尔图油层）、青山口组（葡萄花、高台子）以及泉头组第三、四段等含油气层（杨大城子、扶余油层）。

（3）下带：主要为白垩系下统泉头组一、二段、登娄库组及侏罗系上统含油气层（农安油气层）。

盆地南部天然气纵横向分区分带性，主要决定于生油气岩发育程度、空间分布状态、盖层封闭程度、生油气母质类型及有机质变质程度。总之，油气的形成与分布，与

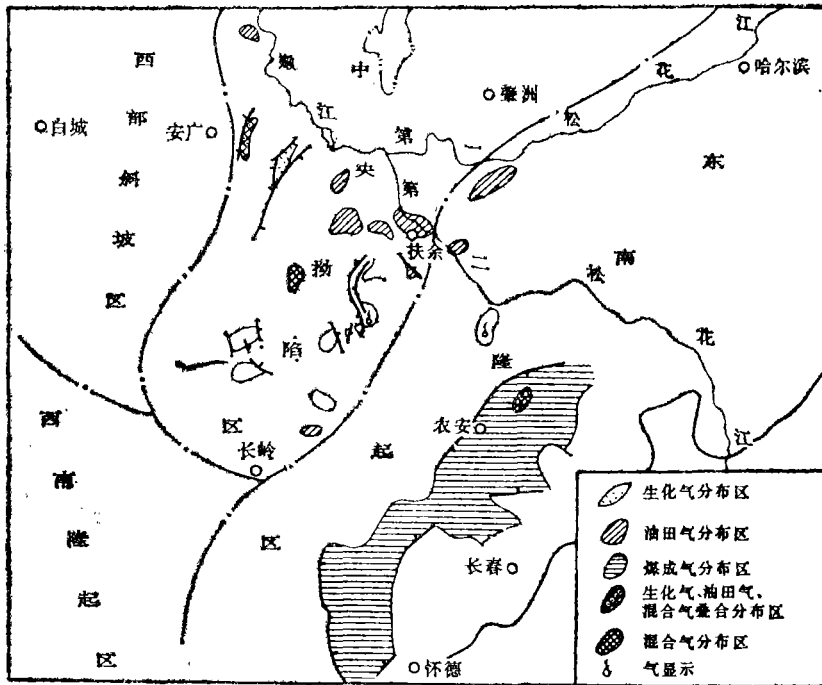


图3 松辽盆地南部天然气横向分区图

含油气沉积盆地（松辽盆地）的形成与演化是密切相关的（图4）。

三、松辽盆地南部天然气有机地化特征

1. 生化甲烷气

天然气的化学组成以甲烷为主。一般含量都大于95%，最高可达99%。重烃含量很低，一般小于0.5%。 $C_1/C_2 + C_3$ 比值高，一般为1000左右，最高达4900。甲烷碳同位素 ($\delta^{13}C_1$) 分布在 -53—-55.0% 之间。具有典型的未成熟的生物甲烷气特征。这种类型的天然气主要分布在上带西区。

2. 油田伴生气

油田伴生气也叫油层溶解气，这种气体甲烷含量比生化气低，一般小于95%。盆地南部最低为62.14%（红26井）。重烃含量高，一般大于5%，最高含量达13.61%（探20井）。 $C_1/C_2 + C_3$ 比值为5.0—200之间，甲烷碳同位素 ($\delta^{13}C_1$) 分布在 -46.3—-50.0% 之间。比生化甲烷气富含 ^{13}C 。这种类型的天然气主要分布在中带、中区。

3. 煤成气

所谓煤成气，我们认为一是指这种气产生于煤系地层中，在煤化过程中形成的天然气。二是产生这种气的母质类型为腐殖型有机质。

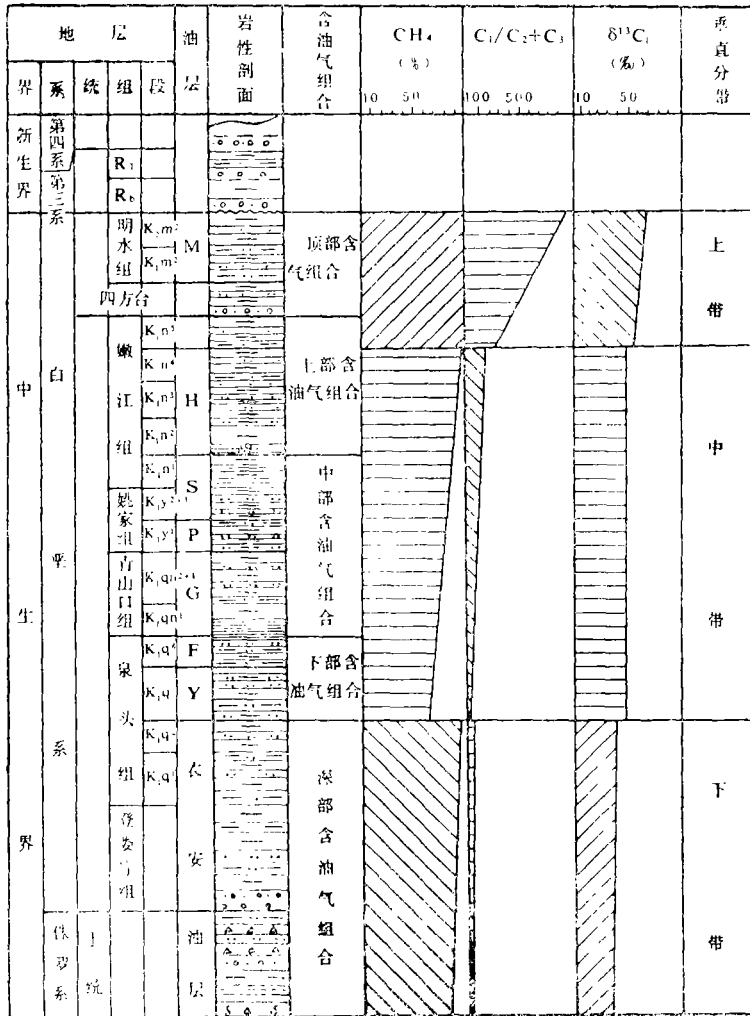


图4 松辽盆地南部天然气垂直分带及特征图

根据德惠断陷26个气体样品分析数据，并与国内外煤成气特征对比，我们认为德惠断陷天然气属于煤成气，其有机地化特征如下：

(1) 德惠断陷天然气产生于侏罗系上统煤系地层中。

(2) 汞含量高，农10井气体中汞含量达18470毫微克/米³。根据戴金星提出的鉴别煤成气汞含量标准，应大于700毫微克/米³，农10井天然气中汞含量远远大于这个标准，故属煤成气。

(3) 在相同的演化条件下，德惠地区天然气甲烷同位素($\delta^{13}C_1$)比值同国内外煤成气($\delta^{13}C_1$)相比较，比值偏低。这种现象我们认为主要是生气母岩中含有腐泥型有机颗粒所致。从整体上来看，德惠地区，侏罗系上统暗色泥岩母质类型为腐泥腐殖型(H/C为0.7—0.6, O/C为0.03—0.06)，接近于腐殖型。

(4) 农101井2360—2348.8米段, 试油结果以产气为主, 并带有凝析油, 呈黄色, 比重 d_4^{20} 为0.7759, 粘度(50℃)为0.84厘泊, 镜质体反射率为1.3%, 处于气肥煤阶段, 这种情况下产生的气是煤成气。

(5) 天然气成分以甲烷为主, 含量占91.0%。重烃含量高, 一般大于5%, 最高达11.44%。 $C_1/C_2 + C_3$ 比值为8—29之间。与中欧煤成气化学组成比较接近。

该类型的气主要分布在下带东区(图4、表1)。

表 1 天 然 气 成 分 表

序 号	井 号	井 深	层 位	CH ₄ (%)	$\frac{C_1}{C_2 + C_3}$		$\delta^{13}C_1$ (‰)
					$\frac{C_1}{C_2 + C_3}$	$\frac{C_1}{C_1 - C_5}$	
1	气 2	381.6—390.0	K ₂ m	95.93	959.3	0.999	-55.09
2	气 3	374.2—388.0	K ₂ m	95.49	596.8	0.998	-54.20
3	大 2	395.0	K ₂ m	96.01	533.4	0.978	-54.10
4	气 17	388.6—384.0	K ₂ m	96.43	741.77	0.999	-53.90
5	气 20	386.6	K ₂ m	92.48	273.0	0.996	-55.90
6	红10-05	1000	K ₁ n ¹	95.85	122.88	0.992	-50.09
7	红 8-4	1203.2—1230.6	K ₁ n ¹	94.47	178.25	0.994	-50.10
8	红 6-62	1186.0—1217.0	K ₁ n ¹	92.38	45.73	0.976	-46.70
9	新 13-7	514.0	K ₁ n ³	98.48	223.8		-46.70
10	吉 31	1201.4—1213.3	K ₁ n ³	87.21	114.4		-48.58
11	新 11-11	508.7—507.0	K ₁ n ³	97.22	88.38		-50.00
12	木 8-13	901.0—932.0	K ₁ q ⁴	89.10	16.35	0.899	-46.40
13	新 141	1305.4—1198.0	K ₁ q ³⁻⁴	84.69	11.40	0.891	-46.30
14	吉 4-6	1295.0—1278.0	K ₁ q ³	73.77	5.36	0.769	-46.20
15	农 10	868.0—708.0	K ₁ q ³	94.5	33.5	0.969	-39.10
16	农 19	780—774.4	K ₁ q ¹	90.49	22.96	0.956	-38.33
17	农 101	3066.0—3022.0	J	92.3	23.5		-39.62

4. 高含CO₂气的混合气

松辽盆地南部高含 CO₂气的混合气, 主要分布在红岗、乾安及万金塔地区。红岗构造高台2油层 CO₂气最高含量达35%, 乾安88.0%, 万金塔99%。CO₂气的来源是碳酸盐岩受热分解产生。CO₂气的 $\delta^{13}C_1$ 值在-2.85—-4.04‰之间, 属于岩石化学成因。此外还含有烃类气体, 来源为油田伴生气或煤成气。

四、松辽盆地南部天然气成因探讨

根据小凯里提出的用天然气中 $C_1/C_2 + C_3$ 的比值和甲烷的 $\delta^{13}C_1$ 值, 综合判断天然气成因类型(见图5):

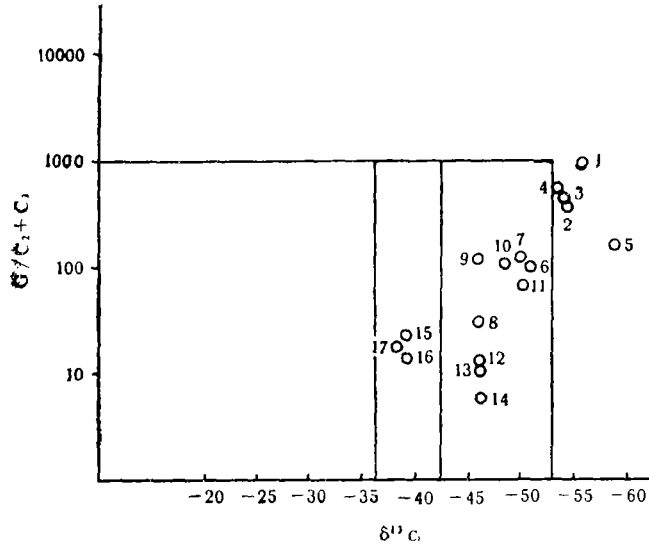


图5 松辽盆地南部天然气成因类型图

松辽盆地南部天然气成因类型可分为：生化甲烷气型、油田伴生气型、煤成气型及高含CO₂气混合气型。这里仅对德惠断陷煤成气的成因进行探讨。

根据镜质体反射率与埋藏深度之间的关系（图6）及其它有机地化指标，对德惠断陷有机质热演化阶段进行了划分，同时我们又参考了段中雄关于煤阶与R°关系的资

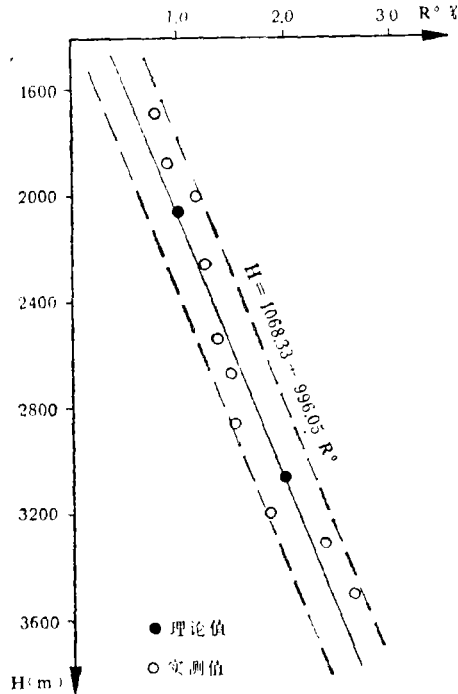


图6 德惠断陷R°与深度关系图

料，对煤阶又进行了划分（表2）。

对德惠断陷煤阶的划分，又可以从煤分析资料得到证实。在农104井，深度为1639.98米，见 2.5 米煤层，煤质经营城煤矿化验室分析，认为是长焰煤。其特征：褐黑色，沥

表 2 德惠地区煤阶划分对照表

煤化作用	演化阶段	煤阶	挥发分 (%)	R [*] (%)	埋深 (米)	主成气阶段	演化阶段	煤阶	R [*] (%)	埋深 (米)	主成气阶段	
成岩作用	未成熟阶段	褐煤	740	< 0.5	1280		未成熟阶段	褐煤	< 0.6	< 1666.0		
变质作用	成熟阶段	长焰煤	737	0.572	2286	主要成气阶段	成熟阶段	低成熟	长焰煤	0.65	1715.0	油气井生期
		气煤	30-37	0.748				3143	气煤	0.80	1865.0	
		肥煤	26-37	0.994	4286		高成熟阶段	肥煤	1.0	2064.0		
		焦煤	16-28	1.306				焦煤	1.3	2363.0		
	过成熟阶段	瘦煤	14-20	1.656	4714		过成熟阶段	瘦煤				
		贫煤	10-20	2.05	5857			贫煤	2.0	3060.0		
		无烟煤	0-20	3.0				无烟煤				
作者	段 中 雄					作者	徐 兑 昌					

青光泽，条带状构造，煤层中有亮煤条带，煤质坚硬，比重大。挥发分为 53.28%，发热量：2945QDT卡/克。

戴金星将煤化阶段分为：前干气期、气油兼生期及后干气期。气油兼生期，煤的变质处于中低阶段，主要是长焰煤至焦煤阶段，形成的煤成气主体是甲烷。甲烷同系物含量在 5—20%，属于湿气型气。而德惠断陷煤成气形成的时期，是油气兼生期阶段，即从长焰煤到焦煤阶段。试油证实在2300米处，产气并见有凝析油，镜质体反射率1.3%，处于高成熟阶段。天然气组分以甲烷为主，但重烃含量也高，达5.0%以上。

综上所述：德惠断陷煤成气形成于煤化作用的中低阶段，即从长焰煤到焦煤的气油兼生期阶段。气体属于湿气型气，并见有少量的凝析油。

五、松辽盆地南部含气有利地区及天然气勘探方向

通过对盆地南部天然气形成的地质地化条件、天然气分布特征、有机地化特征及成因类型探讨，使我们对盆地南部有利含气地区及今后天然气勘探方向有以下几点认识：

1) 盆地南部天然气资源丰富，有利勘探的地区广阔。煤成气的勘探可作为天然气勘探的主要方向。德惠断陷，梨树断陷可作为寻找煤成气的后备基地。

2) 寻找生化甲烷气，有利的勘探地区在盆地的西部，以黑帝庙地区构造群为最佳，平安镇次之。

3) 油田伴生气有利勘探地区位于新立—乾安及其两侧阶地。

六、几点认识

1. 松辽盆地南部天然气分布具横向分区，纵向分带特征。这种分布规律主要受生气母岩发育程度、空间分布状态、盖层封闭程度等因素控制。油气的形成与沉积盆地的发育形成紧密相关。

2. 根据盆地南部天然气有机地化特征，初步认为盆地南部天然气有四种成因类型：生化甲烷气型、油田伴生气型、煤成气型及高含CO₂气混合气型。

3. 德惠断陷煤成气形成于煤化作用的中低阶段，即从长焰煤到焦煤阶段。镜质体反射率为0.65—1.3%，处于油气兼生期。煤成气有干气，也有湿气。

4. 含油气沉积盆地的形成与演化受构造运动控制。在盆地发展的不同阶段，构造运动表现的形式不同，盆地形成的早期，以断陷为主，沉积一套含油气、含煤火山碎屑岩建造。母质类型为腐殖型及腐泥腐殖型，有利于煤成气的形成。盆地形成的中期，以拗陷为主，沉积一套非补偿式的深湖相沉积岩层。母质类型为腐泥型及腐殖-腐泥型，有利于形成石油及油田伴生气。

5. 煤成气资源丰富，寻找煤成气将成为盆地南部近期或长远的主要任务。德惠断陷，梨树断陷是寻找煤成气的有利地区。

(收稿日期：1985年11月11日)

DISTRIBUTION AND GENESIS OF NATURAL GAS IN SOUTHERN SONGLIAO BASIN

Xu Duichang

(Liaohé Bureau of Petroleum Exploration,
Ministry of Petroleum Industry)

Abstract

Taking the petroleum geology of the southern Songliao Basin as background, based on the geological and geochemical condition of the generation of natural gas, this paper studies the analytical data of 320 gas samples and finds out that the natural gases of the southern Songliao Basin could be divided laterally into districts and vertically into zones. According to the organic geochemistry characteristics, four genetic types of gases are recognized. Furthermore, the favourable areas and the guideline for natural gas exploration in southern Songliao Basin are pointed out.