

大巴山前缘震旦系及下古生界 含油气条件探讨

张 力* 张淮先

(四川石油管理局地质勘探开发研究院)

内容提要 大巴山前缘为上扬子准地台北缘的一个台缘拗陷。晚震旦世至志留纪为浅海台地型沉积,有多套良好的生储盖组合。晚震旦世至中三叠世具继承性台缘古隆起,现今构造具“推覆构造”特征。在推覆体之下有明显的重力正异常,可能存在多类型的隐伏圈闭,是勘探油气的有利目标。

主题词 四川东北部 震旦系 下古生界 油气远景

地质概况

大巴山前缘位于四川盆地的东北部。区内褶皱紧密,逆冲断层发育,出露地层较老($Z-T_2$),构造、断裂均呈线型向南西凸出,在构造单元上被称为“大巴山前缘弧形断褶皱带”。其范围北以大巴山(城口)大断裂与秦岭地槽褶皱系接壤,南以万源—巫溪隐伏大断裂与四川盆地川东、川北褶皱带毗邻,西以西乡大断裂与米仓山隆起分隔,东邻鄂西北神农架隆起,面积约1.5万 km^2 。按构造、断裂特征本区可分为两带三区块(图1)。

区内下震旦统为冰积层;上震旦统及下古生界主要为一套碳酸盐局限海台地、开阔海台地相沉积,间有广海陆棚泥质、碎屑岩相,局部地区夹有藻滩、粒屑滩高能相带沉积。除震旦系底与下伏火地垭群呈角度不整合、顶与寒武系呈假整合外,各系间均为整合接触,厚2049~4480m。该区地层、主要岩性

及厚度变化见图2。

由于加里东、海西运动的抬升剥蚀,区内普遍缺失上志留统和泥盆、石炭系。

图2表明,区内灯影组及中上寒武统白云岩十分发育,连续厚度较大,一般 $>100m$,最厚500m,且孔、洞、缝发育,是良好的储集层。在陡山沱组、下寒武统及奥陶、志留系中有大套的暗色泥质岩及碳酸盐岩生油层系,其中泥质生油岩累厚692~1070m,最厚达1252m;碳酸盐岩生油岩累厚441~544m,最厚达682m。这些层系的存在,为油气的生成、储集创造了有利条件。

大巴山前缘由于后期褶断强烈,地层出露较老,对油气保存不利,致使地表油苗、沥青分布普遍。但近年的研究发现,区内从加里东—印支期存在继承性的台缘古隆起,现今构造具“推覆构造”特征,在推覆体之下有明显的重力正异常,并可能存在多类型的隐伏圈闭,是勘探油气的有利战略地区。

* 610051,成都市府青路一段1号。

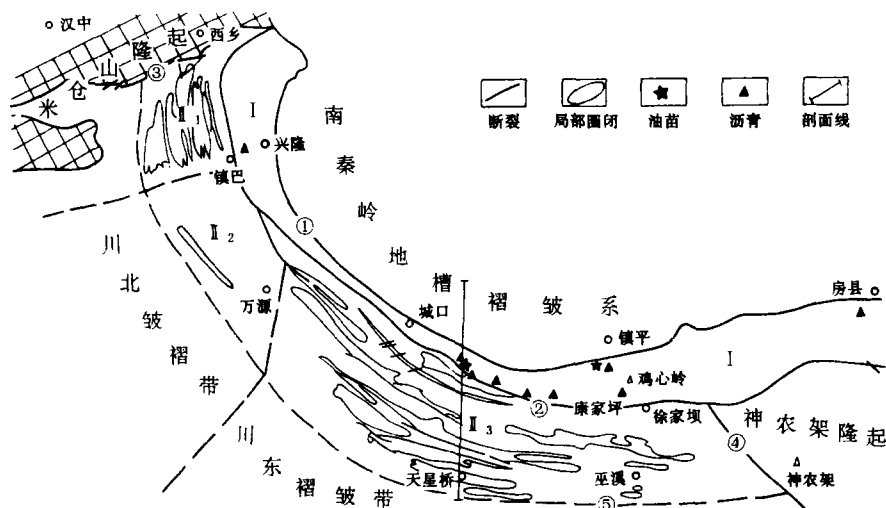


图 1 大巴山前缘弧形褶皱带构造分区图

断裂名称:①大巴山大断裂;②镇巴—康家坪断裂;③西乡断裂;④黑叉河断裂;⑤万源—巫溪隐伏大断裂
构造分区:Ⅰ. 兴隆—城口冲断带;Ⅱ. 万源—巫溪褶皱带(Ⅱ₁. 镇巴褶皱区块;Ⅱ₂. 万源褶皱区块;Ⅱ₃. 巫溪褶皱区块)

地 层			代 号	岩 性	厚 度 (m)
系	统	组			
志留系	中统	纱帽组	S ₂		120~461
	下统	罗惹坪组	S ₁ ²		444~987
		龙马溪组	S ₁ ¹		
奥陶系	上统		O ₃		4.3~23.4
	中统		O ₂		22.5~58
	下统		O ₁		76.2~194
寒武系	上统		← ₃		157~313
	中统		← ₂		204~387
	下统		← ₁		702~1181
震旦系	上统	灯影组	Zb ³		293~836
		陡山沱组	Zb ¹		26~40
	下统	南沱组	Za ²		365~912
		莲沱组	Za ¹		0~427
前震旦系	火地垭群		Pt		>1657

图 2 震旦系及下古生界地层剖面略图

含油气条件

1. 生储盖组合

区内灯影组—志留系有 8 套生储盖组合(表 1),其中以灯影组及中、上寒武统的组合为最好,特点是组合岩性稳定,厚度较大。

灯影组的大套白云岩,连续厚 100~800m,城口木魁河地区质纯粉晶云岩及孔洞层厚 295.3m,针孔层厚 134.5m,单层厚度一般为 0.2~0.5m,最厚达 3m。这些有利储层主要发育于灯影组下段及上段顶部。

中、上寒武统的大套白云岩厚 400~500m,除镇巴以西缺失外,储集条件仅次于灯影组。该套地层质纯白云岩及针孔状白云岩累厚 101.5~206m,明通井、徐家坝、田坝一带细晶云岩及针孔层累厚 15~20m,神农架艾五坪一带白云岩厚达 261.13m,有利储层亦很发育。

下奥陶统除万源以西超覆缺失外,大部地区均分布有碳酸盐开阔海台内滩生屑灰岩、鲕状灰岩,具有一定的储集条件。但因粒屑层薄,稳定性差,孔、渗性不甚理想。

表 1 上震旦统及下古生界生储盖组合评价表

生储盖层	地层	主要岩性	厚度 (m)	组合编号及评价
盖层	O ₃ -S	页岩、砂质页岩	300~580	Ⅶ 差
储层	O ₂	石灰岩	20~80	
生油层	O ₁ ⁴	页岩	23~50	Ⅵ 较好
储层	O ₁ ¹⁻³	石灰岩、白云岩	30~80	
储层	← ₃	白云岩	150~300	Ⅴ 较好
盖层	← ₂ ³	白云岩、膏盐层	60~80	
储层	← ₂ ²	白云岩	40~200	Ⅳ 差
生油层	← ₂ ¹	泥岩、页岩	40~70	
储层	← ₁ ⁴	石灰岩	85~130	Ⅲ 差
生油层	← ₁ ²⁻³	页岩、泥灰岩	150~200	
储层	← ₁ ²	石灰岩	20~70	Ⅱ 差
生油层	← ₁ ²	页岩	60~140	
储层	← ₁ ²	石灰岩	50~63	Ⅰ 最好
生油层	← ₁ ²	页岩、石灰岩	50~100	
储层	← ₁ ¹	石灰岩	0~60	Ⅰ 最好
生油层	← ₁ ¹	页岩	400~500	
储层	Zb ²	白云岩	300~750	Ⅰ 最好
生油层	Zb ¹	页岩	26~40	

2. 生油条件及油气演化

区内上震旦统一志留系生油岩普遍发育,其中以灯影组的含藻云岩、泥质云岩及下寒武统、下志留统暗色页岩的生油条件为最好。下寒武统生油岩一般厚 122~366m,最厚 1268m;志留系生油岩一般厚 525~613m,最厚 799m;灯影组碳酸盐岩生油岩一般厚 192~225m,最厚 302m。这些生油岩均具有沉积稳定、厚度较大、有机质丰富的共同特点。

据区内上震旦统一志留系 5 条地质剖面的岩样分析,生油岩的有机碳含量:暗色泥质岩一般 >0.2%,最高达 3.25%;泥粉晶碳酸盐岩一般 >0.08%,最高达 0.35%。说明两种岩类均具较大的生油能力(表 2)。采用陈盛吉“恢复原始干酪根—热模拟参数”中的方法计算,区内灯影组—志留系的总生气量达 $1.3235 \times 10^{14} \text{m}^3$ 。

表 2 灯影组至志留系的生油指标

地层	南 江		城口双河		城口石溪河		巫溪徐家坝		巴东宋子园	
	C	"A"	C	"A"	C	"A"	C	"A"	C	"A"
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
S		0.03	2.19	0.01	0.10	0.01	0.01	0.01	0.37	0.01
O	0.39 0.14	0.01 0.01	0.13 0.08	0.01 0.02	0.24 0.04	0.01 0.02	1.25 0.09	0.02 0.02	0.14 0.09	0.03 0.03
←	1.23 0.05	0.02 0.03	1.60 0.22	0.01 0.01	0.26 0.10	0.01 0.02	0.40 0.24	0.01 0.02	1.49 0.18	0.02 0.02
Zb ²	0.19	0.08	0.01		0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	0.02

注:表中分子为泥质岩,分母为碳酸盐岩;S 为泥质岩、Zb² 为碳酸盐岩的生油指标。

区内西起镇巴,东至巫溪鸡心岭约 100km 间,灯影组及下古生界地表广泛分布油苗及沥青,说明曾有油气生成。这些油苗及沥青的分布与古构造有密切的关系,如城口石溪河一带的油苗、沥青恰好位于古隆起轴部(图 3)。中三叠世末的印支运动使古隆起

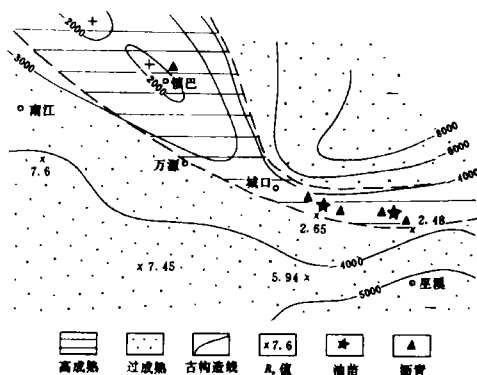


图 3 晚三叠世前灯影组顶面古构造及有机质成熟度图
(据陈盛吉等, 1988)

区上升为陆,成为四川盆地的物源区之一,没有或极少有侏罗纪陆相红层沉积,致使古隆起高部位寒武系的埋深仅 2000~4000m,以此估算生油岩经历的温度为 120~140℃。城口岩石中沥青分析的反射率换算成地层的 R 值,寒武系为 1.98%,奥陶系为 1.51%。由

此认为古隆起部位的生油岩处于高成熟阶段。而古隆起高部位以南(向四川盆地方向),随着地层埋深加大,生油岩的热演化程度也逐渐加深,至巫溪徐家坝一带,寒武系的 R_o 值已达 2.478%,进入到过成熟阶段。因此,大巴山前缘的油气演化受古构造的控制明显,古隆起高部位属高成熟期,故有油苗、沥青广泛分布,而其它广大地区则处于过成熟期,应以生气为主。

古构造面貌

对大巴山前缘古构造面貌及其发展,以往研究甚少。经近年研究发现,区内自晚震旦世到中三叠世末具继承性的台缘隆起特征。

澄江旋回末期,桐湾运动使震旦系顶面遭受剥蚀,并在区内镇巴、万源、城口、神农架等处形成了 4 个剥蚀隆起,闭合度为 50~100m,圈闭面积分别为 450、125、210、45km² (图 4)。

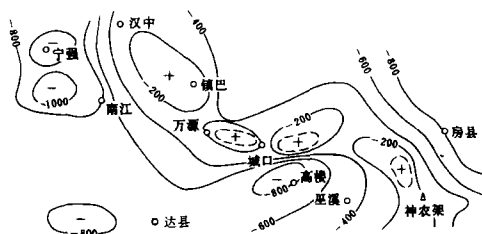


图 4 寒武纪前震旦系顶面古构造图

中晚寒武世,城口—房县有近东西向的隆起带,经奥陶纪逐步发展,到志留纪末,形成汉中、镇巴、巫溪高楼、神农架等 4 个古隆起,闭合度 50~100m,圈闭面积依次为 80、120、30、250km²。隆起带之南、北两侧构造急剧下降,下降高度分别达 3000m 及 7000m。至此大巴山台缘隆起发展成为规模宏大、耸立于上扬子地台北缘的弧形隆起带(图 5)。

海西期二叠纪前,区内除南北两侧有中泥盆统一石炭系分布外,大部地区缺失。至二

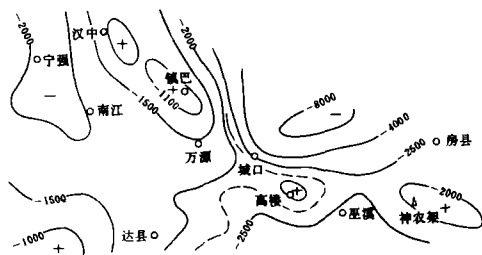


图 5 泥盆纪前震旦系顶面古构造图

叠纪阳新世末,受东吴运动影响,古隆起再次扩大,汉中与镇巴两隆起合二为一,高点向北西偏移,闭合度达 400m,闭合面积达 600km²。高楼隆起闭合度约 100m,闭合面积 170km²。神农架隆起闭合度>200m,闭合面积 360km²。高楼隆起最低,较镇巴—汉中隆起低 1200m(图 6)。

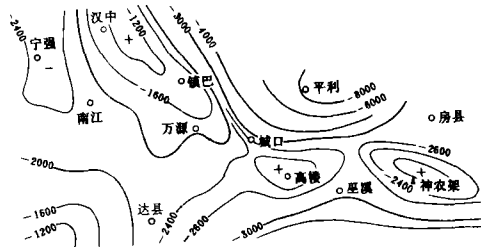


图 6 晚二叠世前震旦系顶面古构造图

印支期晚三叠世前,汉中、镇巴古隆起分离,幅度、面积明显缩小。高楼一带总体呈鼻状形态,仅有微弱的高点存在。神农架地区显示为向东抬升的鼻状隆起(图 7)。

综上,大巴山前缘在长期的地史中,均处

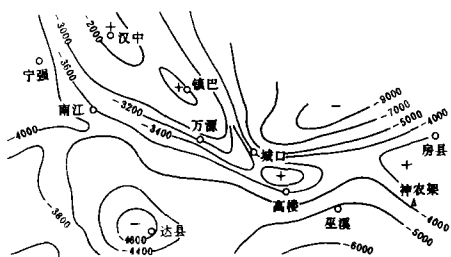


图 7 晚三叠世前震旦系顶面古构造图

于台缘上升活动带上,台缘古隆起的继承发展无疑对油气的早期聚集极为有利。

构造特征

已如上述,本区以出露地层较老,地表褶皱强烈,逆冲断裂发育,上下构造变异复杂为

主要特征。褶皱、断裂在平面上均呈向南西凸出的弧形展布,由北东向南西方向褶皱、断裂由密而疏,由冲断带变为断褶带而后递变为复式背向斜带。区内两带三区块的构造、断裂特征见表 3。

区内北部的兴隆—城口冲断带主要为由

表 3 大巴山前缘地表构造分区特征比较表

特征	兴隆 城口 冲断带	万源 巫溪褶皱带		
		镇巴褶皱区块	万源褶皱区块	巫溪褶皱区块
构造特征	褶皱被冲成叠瓦状断片(镇巴一带)或肢解破碎(城口一带)	褶皱幅度中等,形态较完整,复式背向斜平行排列	褶皱幅度较弱,形态完整,宽缓向斜夹复式背斜	褶皱幅度强烈至中等,形态复杂,西侧为冲断残破的复背斜,东侧相对完整
断裂特征	逆冲断层强烈发育	逆冲断层不发育	逆冲断层不发育	逆冲断层在西侧发育,东侧较弱

北东向南西逆冲的叠瓦状冲断席所组成,出露最老地层为南沱冰积层,一般为下古生界。西部镇巴兴隆一带断裂切割较深,断距较大,一般>4000m,结合重力资料推测,断裂可能切至基底而后滑脱消失,缺乏含油气条件。城口以东的“石溪河破碎带”,主要分上震旦统及寒武系,地表油苗、沥青较多,重力资料反映该区基底埋藏较深,推测在冲断滑脱面之下可能有含油气层和隐伏圈闭存在。

区内南部的万源—巫溪褶皱带,地表出

露上古生界一中三叠统,褶皱形式为冲断背斜和复式背向斜。地表褶皱强烈,向下变缓,断裂发育,上下形态吻合较差。该带除西部镇巴区块外,完整的圈闭背斜较少。

据地层资料,区内震旦—侏罗系各系间的间断面均为假整合接触,由此可以肯定本区褶皱、断裂形成的时期应为喜山期。在喜山期多幕次运动的活动,使秦岭地轴不断向西南方向推挤,从而在本区形成了叠瓦状冲断层及复杂的线型褶皱(图 8)。从图 8 可见,

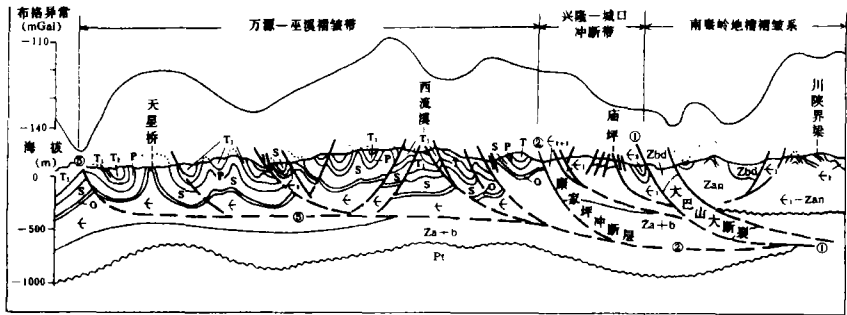


图 8 巫溪天星桥至川陕界梁构造横剖面图
(断裂编号与名称同图 1)

这些逆冲断层大多向下滑脱消失于塑性层中,为上陡下缓的犁式断裂,由此在区内构成了大小不同的冲断片和冲断席,具明显的“推覆构造”特征。通过对褶皱层缩短长度的估算,其主要“推覆体”至少由北东向南西推移了 5~10km。

为了对本区基岩顶面的起伏形态有所了解,根据重力资料计算并编制了天星桥—川陕界梁的基岩顶面深度剖面图(图 8)。从中可看出,在复杂的表层构造之下,有大型的基岩隆起和震旦系隆起存在。在巫溪区块内,东起巫溪两河口,西至明通井可能存在一个震旦系的大型隆起(图 9),高点在西流溪和万古一带,东西长 100km,宽 16km,面积约 1389km²,幅度约 1500m,顶面埋深 4000~6000m。该隆起在早寒武世已具雏形(←,明显向隆起顶部变薄),为一长期继承性的古隆起。在隆起部位灯影组的厚度很大,碳酸盐岩储层厚达 400~500m,其油气前景值得进一步研究。

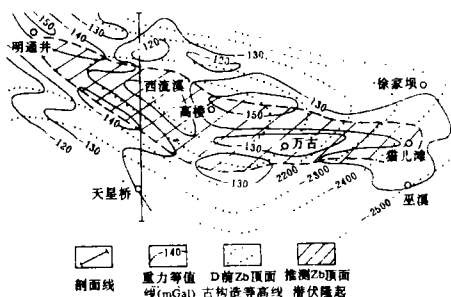


图9 巫溪区块震旦系潜伏隆起综合图
(重力资料引自 1966 年四川石油会战指挥部
307.312 队成果)

据构造特征分析、推断,在地表有背斜而地腹寒武、奥陶系也有背斜构造者,在巫溪区块中有猫儿滩、门洞、天星桥、红花一龙洞及罗盘营等背斜;在镇巴区块中有八封梁、光头山及九龙寨等背斜。对这些构造在进一步的油气勘探中应特别重视。

由于多期假整合及断裂的存在,推断本区地腹可能还有多种类型的隐伏圈闭。如背斜、断鼻、断层遮挡、裂缝、剥蚀尖灭及古岩溶等圈闭。

含油气有利地区

通过对沉积、生储油条件及区域构造等因素的综合分析认为,本区以灯影组和中上寒武统为勘探目的层的含油气有利地区,主要有以下两个:

1. 城口—巫溪潜伏隆起区

该区灯影组厚 832.5m, 孔洞层累厚 134.5m, 粉晶以上白云岩、纯白云岩厚逾 500m。桐湾运动以后至晚三叠世为长期继承性古隆起, 有利于油气的早期聚集。隆起带处于台缘的活动带上, 喜山期多期运动产生的大量裂缝, 有利于改善储渗条件, 促使油气运移、聚集、成藏。重力资料揭示的基底隆起, 是寻找灯影组和下古生界油气富集的有利场所。城口明通井—巫溪猫儿滩的大型隐伏背斜圈闭, 是可能获得大油气田的有利地区。

2. 万源一镇巴简池古斜坡区

该区处于长期台缘隆起的斜坡带上,位于大巴山前缘弧形褶断带向南西凸出的弧顶部位,逆冲“推覆构造”特征明显。地表中生代地层发育,地腹有灯影组一二叠系多套含油气层系,是勘探油气的远景地区。

建议有关部门在万源、城口一巫溪有利含油气区内,开展以灯影组和中上寒武统为目标的专题及综合调查研究,作 1~2 条横穿大巴山前缘的地震大剖面,以探索“推覆构造”之下的隐伏圈闭;在猫儿滩背斜上钻一口区域探井,验证上下构造,取得各类参数,了解含油气情况,以便对该区的含油气条件作进一步的探讨和评价。

陈文辉、陈后莲、周鸿江等参加了此项研究。撰稿中曾得到张声瑜、韩克猷的指导,特此一并致谢。

川东地区飞仙关组储层识别

陆正元*

(成都地质学院石油系)

徐春春

(四川石油管理局川东钻探公司)

包 强

(四川石油管理局地质勘探开发研究院)

内容提要 本文对川东地区飞仙关组储层的常规测井曲线特征进行了全面分析,提出了排除影响储层识别因素的方法,建立了储层识别的定量判别式,为试油气选层提供了依据。

主题词 四川东部 下三叠统 储集层 识别方法

近几年来,川东地区飞仙关组(T_1f)的油气勘探出现了良好的势头,已成为重点兼探层位。但是,钻井剖面中储层段的识别一直是亟待解决的问题。据川东地区1980~1990年测试资料统计,飞仙关组获气、水层的测试成功率较低,这显然不能满足生产的需要。为此,本文对飞仙关组中的储层进行了研究,试图为飞仙关组的天然气勘探开发提供试油气选层依据。

飞仙关组储层的地质特征

早三叠世,由于康滇古陆陆源区影响,四川海域内自西南向东北沉积了一套由陆源碎屑岩逐渐演变为碳酸盐岩的过渡沉积体。川

东地区位于过渡地带,其西南地区岩性及电性四分明显,即一、三段以碳酸盐岩为主,二、四段则以泥质岩为主,属飞仙关相区。而向东、向北,陆源泥影响逐渐减少,岩性四分性变得不明显,逐渐过渡为以石灰岩沉积为主的夜郎相区及大冶相区。油气勘探、研究中,习惯将区内下三叠统下部地层统称为飞仙关组。在岩性四分不明显的地区,只划分出飞四段(T_1f^4),其下笼统称为飞一至飞三段(T_1f^{1-3}),本文沿用此俗。

川东地区飞仙关组储层主要发育在质纯的碳酸盐岩中,即飞仙关相区的 T_1f^1 和 T_1f^3 ,夜郎相区和大冶相区的 T_1f^{1-3} 。储层岩性以亮晶鲕粒灰岩、亮晶砂屑灰岩、粉晶灰岩以及

参 考 文 献

- 1 周希云.四川志留系牙形刺比色及含油气评价.天然气工业,1983,(1)
- 2 黄籍中.四川盆地地下古生界至元古界热演化气及其勘探方向.天然气工业,1986,(4)

- 3 陈盛吉,丰国秀.岩石中沥青反射率与镜体反射率的关系.天然气工业,1988,(3)
- 4 张声瑜,唐创基.四川盆地灯影组区域地质条件及含气远景.天然气工业,1986,(1)

(修改回稿 1992—07—04)

Yan Wansun, Han Yuewen, Li Shaoji and Zheng Yongjian; **Geological and Distributive Characteristics of Gas Condensate Reservoirs in China**. NGI 13(1), 1993: 24~31

Based on statistically analysing the basic parameters and geological conditions of gas condensate reservoirs in China, combining the analysis of typical gas condensate reservoir, this paper summarizes the geological characteristics of the gas condensate reservoirs, analyses the geological factors controlling the forming and distribution of gas condensate reservoirs and points out their rules and characteristics distributing on vertical and horizontal sections of oil and gas bearing region.

Subject Headings: China, gas condensate reservoir, geology characteristic, forming conditions, control action, distribution rule.

Fang Shaoxian, Zhang Hejian, Hou Fanghao, Liang Guisheng, Sun Fengyu, Zhang Kehuai, Yin Yunyi, Guo Yiqiu, Liu Chengzhi and Chen Yuanzhuang; **Study of Diagenesis and Pore Evolution of Sandstone in Tertiary in Tiandong Depression in Bose Basin**, NGI 13(1), 1993: 32~41

This paper expounds the relationships of petrology characteristics, diagenesis, diagenetic stage and pore evolution with oil and gas bearing and migration in Tertiary in Bose Basin in Guangxi Province, especially expounds the diagenetic process combining the diagenetic action, pore evolution with organic acid and CO₂ produced by source rock thermal evolution, finally points out that more attention should be paid to the deep reservoir exploration and especially to the exploration of deep water turbid sandstone body.

Subject Headings: Bose Basin, Tertiary, sandstone, diagenesis, pore evolution, study.

Zhang Li and Zhong Huaxian; **A Discussion on Oil and Gas Bearing Conditions of Sinian and Lower Paleozoic on Dabashan Mountain Frontal Border**, NGI 13(1), 1993: 41~48

Dabashan Mountain frontal border is a platform depression on the north verge of Upper Yangzi Platform. It is a shallow sea step terrian deposit from Late Sinian to Silurian and there are several sets of good source-reservoir-caprock association. It is succession platform paleo-uplift from Late Sinian to Middle Triassic and nowadays structure has the characteristic of "nappe structure". There is an obvious gravity positive abnormality under the nappe and it is possible that there are various types of hidden trap, which is the favourable target for oil and gas exploration.

Subject Headings: northeast Sichuan, Sinian, Lower Paleozoic, oil and gas prospects.