

西昌盆地构造特征和含油气条件分析

刘丽华 徐强 范明祥

(四川石油管理局地质调查处物探研究中心)

刘丽华等. 西昌盆地构造特征和含油气条件分析. 天然气工业, 2003; 23(5): 34~38

摘要 根据西昌盆地首次地震概查资料, 获得了较为可靠的地震成果, 查明的地腹七里坝、尔乌、炭山、罗木大山等 7 个局部构造在上三叠统白果湾组顶界, 其圈闭总面积达 177.5 km^2 。通过解释, 结合七坝 1 井区域探井成果, 对西昌盆地地腹构造的总体分布特征及局部构造进行了较深入的分析、认识, 对盆地内主要断裂的位置和展布特征进行了推断及解释。综合地震地质资料解释了古生界二叠系、志留系、奥陶系、寒武系在西昌盆地的基本分布范围, 其厚度变化的总趋势是: 从西至东、由南往北地层由薄增厚。根据区域地质研究成果, 对局部构造进行了含油气条件分析, 提出位于米市凹陷内的七里坝和炭山背斜以及罗木大山西支东高点是具有油气远景的构造, 为西昌盆地的进一步油气勘探提供了依据。

主题词 西昌盆地 古生代 构造特征 地层评价 油气资源 地震勘探

西昌盆地是位于四川省西南部的小盆地, 地处西昌市东侧的昭觉、喜德、越西等县境内, 面积约 $14\,000 \text{ km}^2$ 。为了了解西昌盆地地下构造特征、地层结构情况和盆地石油地质特征, 四川石油地调处于 1994 年首次在西昌盆地南段进行了 6 条地震测线、剖面长约 399 km 的地震多次覆盖资料采集工作, 并提交了地震成果。1998 年, 四川石油管理局在该盆地七里坝构造钻探了第一口区域探井——七坝 1 井, 钻井揭示该构造地下结构复杂, 构造的地震预测深度也与钻探层位出入较大。因此有必要结合七坝 1 井成果进一步对地震资料进行分析认识, 进一步提高成果可信度。

从所获地震资料质量上看, 本区资料质量普遍较好, 特别是米市向斜区的资料, 反射层次多, 构造形迹、构造关系及断层表现都较清楚。但在该区东西两侧的断裂复杂带, 资料信噪比低, 对构造和断层解释有一定影响。

1994 年之前该区未进行过地震勘探, 地震反射层位、地层厚度、主要反射层反射波基本特征及其横向变化关系均无基本资料。本次解释中, 应用了地面地质和地震相结合、地震反射波场分解、平衡剖面分析等技术, 对测区构造、地层进行了充分解释。通过解释, 基本查明了七里坝、尔乌、炭山、罗木大山等

7 个局部构造及昌东、昌西鼻状构造在上三叠统白果湾组顶界圈闭总面积达 177.5 km^2 。基本查明了黑水河、四开、木佛山、甘洛—昭觉等主要断裂的位置和展布特征。结合地面地质成果及七坝 1 井合理解释了二叠系、志留系、奥陶系、寒武系在西昌盆地的基本分布范围和尖灭部位。

构造分布特征

1. 区域构造位置

西昌盆地为南北向展布的狭长构造盆地, 位于扬子准地台西侧, 横跨康滇台隆和川滇鄂台坳两个二级构造单元。以普雄河—四开断裂带为界, 测区中、西部位于康滇地轴江舟—米市断陷的米市断凹, 测区东部位于上扬子台坳凉山陷褶束的碧鸡山—宁南凹褶束。

2. 构造分布特征

盆地内地面有昌东、三岔河、二担五、解放沟、罗木大山、月吾等南北向线性构造 12 个和位于盆地中部的米市向斜。地表断层众多, 断裂复杂, 主要有木佛山、越西、普雄河、四开、光明村等 20 条伴构造走向延展的大断裂。盆地内地层发育较全, 沉积盖层总厚为 $8\,500 \sim 12\,000 \text{ m}$, 但岩性、岩相变化大。同时, 由于多次强烈构造活动的影响, 盆地内存在寒武

作者简介: 刘丽华, 女, 高级工程师, 1964 年生; 1985 年毕业于原华东石油学院物探专业, 获硕士学位; 长期从事石油地震资料解释及科研工作。地址: (610212) 四川省成都市双流中和成都物探研究中心。电话: (028) 82975338。

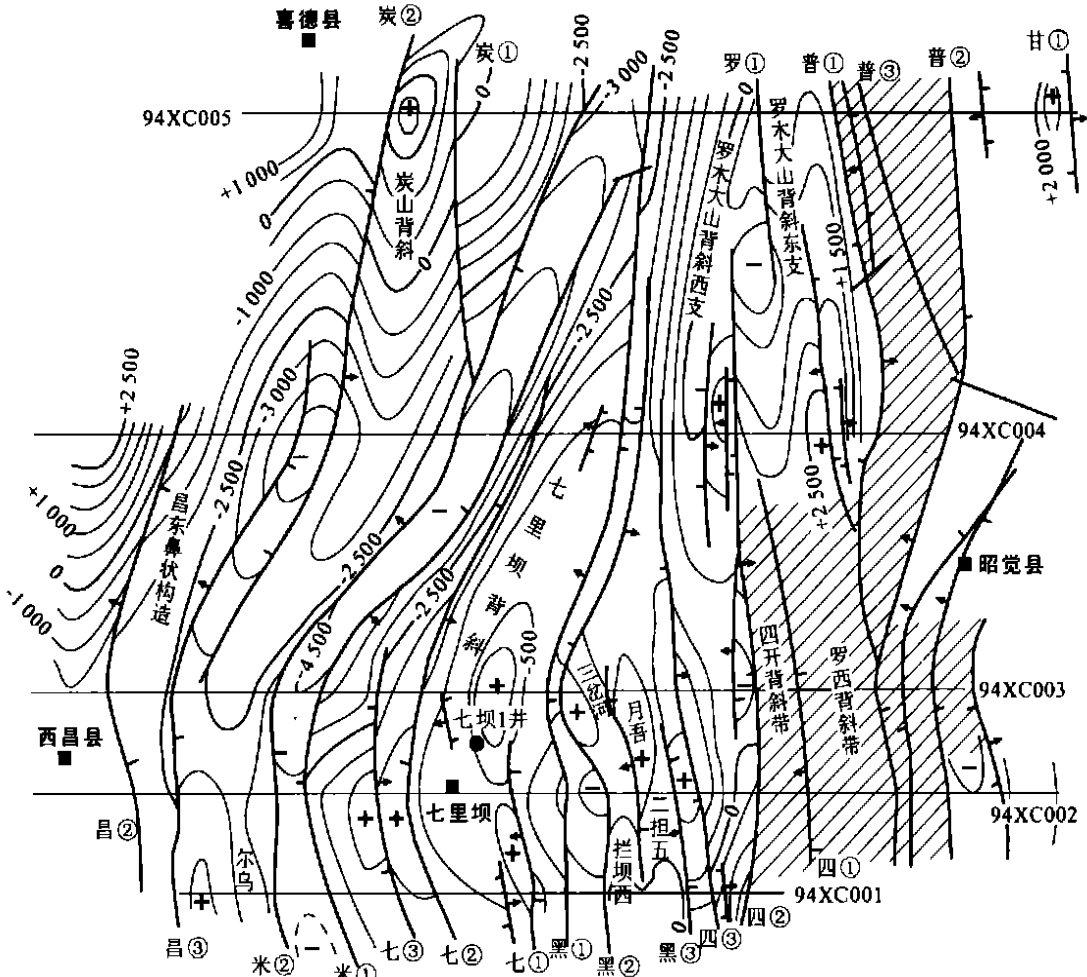
系至二叠系的尖灭现象。

西昌盆地地下构造继承了地表构造的复杂性,构造发育,断层较多。在米市断凹区,地下构造主要分布于米市向斜的两翼。米市向斜西侧构造较简单,背斜分布零星,规模较小;米市向斜东侧,因受黑水河断裂和四开断裂的影响,背斜分布较多,规模大,且结构复杂,如七里坝背斜和罗木大山背斜西支。在碧鸡山—宁南凹褶断束区内,地质结构极其复杂,褶皱强烈,背斜、向斜高陡、狭窄,呈长条状南

北向展布,翼部或轴部伴生有南北向的大规模断裂,且横断层切割厉害。

地震测线控制区内自西而东分布有:昌西和昌东鼻状构造、炭山—尔乌背斜带、七里坝背斜带、三岔河—烂坝西构造带、月吾—二担五背斜带、罗木大山背斜西支构造带、四开背斜构造带、罗木大山背斜东支及罗西背斜等 11 排正向构造(见图 1)。其中较有利的主要背斜特征如下。

(1) 七里坝背斜



km, 短轴为 6.0 km, 闭合度 1 500 m, 闭合面积 55.0 km²。

(3) 罗木大山背斜

地表罗木大山背斜夹于黑水河和普雄河—四开断裂带之间, 因地处米市断凹与碧鸡山—宁南凹褶断束的过渡带, 所以构造形态复杂。地面罗木大山背斜呈“人”字形, 顶部发育有小断层。北倾没端被普雄河断层斜切, 破坏了背斜的完整性。中部高点单一, 向南则分为东、西两轴向南倾没, 东、西两轴以高乐村向斜相隔。

地下罗木大山背斜因受罗①号、四②号、罗③号等断层的影响, 已明显分解为东、西两支轴线, 分别位于罗①号上、下盘, 其间仍以高乐村向斜相隔, 两支均向南倾没, 且东支向南倾没较快。

罗木大山背斜西支整体形态为鼻状构造, 但在该鼻状构造中段, 因局部东倾断层的抬升, 形成了罗木大山背斜西支高点, 并伴有局部牵引断洼。该高点存在于“上三叠统白果湾组顶界”和“下二叠统顶界”, 闭合度 500 m, 圈闭面积 5.5 km²。

断层基本特征

西昌盆地地腹断层发育, 以昌②、米①、米②、黑①、黑②、四①、四③、罗①、普①、普⑤等断层规模较大, 穿层较多, 这些断层具有如下特征:

(1) 以铁沽泸至四开一线为界, 测区西部断层分布较稀疏, 断层走向总体为北北东向, 断层局部段发生扭曲, 多发育在构造翼部; 测区东部断层分布较紧密, 南北向展布, 地下断层与地表一致, 断层常发育在构造轴部或翼部, 与构造平行, 部分断层被东西向控相断层切割。

(2) 除普③号为正断层外, 所有断层均为高角度逆冲断层。多数断层具有延伸长、穿层多且深、断面倾角大、落差大等特征。

(3) 测区西部通达地表的断层较少, 而东部多数断层断至地面。全区出露地表的断层有: 七①、黑①、黑②、四①、四②、罗①、普①、普②、普③、普④、普⑤及甘①号等断层。

(4) 控制地层沉积的区域性大断裂有: ①越西—黑水河断裂(黑①、七①号断层); ②普雄河—四开—交际河断裂带, 该断裂带地面宽达 30 km, 由四①、四②、普④、普⑤、普②、普①等一系列南北向的沿背斜轴部发育的高角度逆冲断层组成; ③甘洛—昭觉断裂(甘①号断层)。区内普雄河—四开—交际河断裂在地史上具有明显的对构造控制作用, 是划分康

滇地轴与上扬子台坳的分界线, 三叠纪时成为玄武岩喷发通道。

(5) 区域性断层控制构造格局, 中、小断层使构造进一步复杂化。

古生界分布特征

1. 古生界沉积特征

由于该区地震资料和钻井资料很少, 加之地震剖面反射层品质较差, 单纯依靠地震反射层特征对比解释古生界还不够, 还必须结合地质研究资料, 了解本区的沉积特征。

本区在震旦纪和古生代时, 构造运动是以拉张作用为主, 因而先后形成早震旦世的裂谷盆地和岩浆喷溢, 古生代中期有一系列南北控相断裂, 泥盆纪时有地堑式断陷沉积以及晚二叠世形成大陆裂谷式玄武岩喷溢活动。这种拉张作用一直持续到中三叠世末期。

晚震旦世和寒武纪是本区海侵最为广泛的时期, 尤其是晚震旦世海侵最广。在地震剖面上可见震旦系和寒武系在本区沉积范围最大。

从晚寒武世末期开始, 在拉张作用的背景下, 黑水河断裂以西以上升为主, 在印支运动以前长期处于古岛链—古陆剥蚀状态, 从图 2 可见黑水河断裂以西, 古生界向西很快尖灭。黑水河断裂以东则以下降为主导, 并以海相沉积为主, 沉积了寒武、奥陶、志留、二叠等地层。

受海西运动一幕——滇黔桂上升运动影响, 本区与上扬子海盆西部一起上升为陆, 并遭受长期风化剥蚀, 因而缺失石炭纪沉积, 地震剖面上未解释有石炭系。

早二叠世开始, 随着全球海平面上升, 该区东部相继淹没, 开始沉积下二叠统。从早二叠世末期开始的东吴运动在本区表现强烈, 主要表现在地壳抬升和强烈的拉张作用, 断裂活跃, 因而沿深断裂(普②、③、①等)发生大范围的陆相玄武岩喷溢活动, 玄武岩喷发属多期性多旋回特征, 并集中分布于大断裂两侧。喷溢中心在测区东侧(图 2), 最厚处达 1 300 余米。由于该区西部古陆区继续抬升, 玄武岩流只到达黑水河断裂东侧。

2. 古生界厚度变化规律

由地震地质综合解释剖面以及各深度剖面所反映的各层厚度可知: 古生界受黑水河、石棉—布拖、甘洛—昭觉等区域性断裂的控制, 在黑①、四①、四②、普①~⑤等大断层两侧古生界沉积厚度均发生

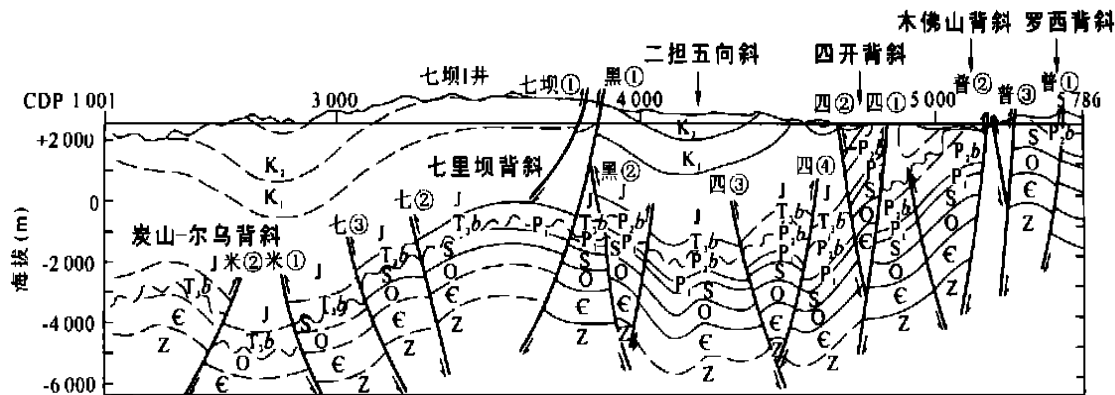


图2 西昌盆地 94XC003 测线地震地质综合解释剖面

变化,其厚度变化的总趋势是:从西至东、由南往北地层由薄增厚,局部构造上厚度有些异常。玄武岩的厚度在大断层附近有增厚现象。

3. 古生界尖灭部位

七坝1井位于黑水河断层(黑①号)西侧的七里坝背斜上,下二叠统厚46.44 m后进入志留系,志留系底界反射向西至七里坝背斜西翼接近米①号断层处与上覆白果湾组底界反射同相轴合并后尖灭,94XC002线清楚地见到地震反射层合并现象。向西至米②号断层,奥陶系开始被白果湾组超复,寒武系向西沉积较广,向西沉积到昌③号断层下盘。二叠系及玄武岩在黑水河断层以东,特征较明显;玄武岩厚度变化较大,由西向东增厚,至普②号断层最厚。

含油气条件分析

1. 生、储、盖组合条件

区域地质研究成果表明,区内有多个生油层系,它们是震旦系灯影组、下寒武统麦地坪组和筇竹寺组、奥陶系临湘组、志留系、下二叠统及三叠系,但主要的生油岩为上三叠统白果湾组、下二叠统及志留系龙马溪组。有利的储层为白果湾组含煤地层、茅口组及栖霞组的生物碎屑灰岩、中志留统韩家店组碎屑岩和下志留统石牛栏组碳酸盐岩、中奥陶统大箐组的砂糖状白云岩、上寒武统二道水组白云岩及上震旦统灯影组下段葡萄状白云岩及渣状白云岩。区内可作为盖层的地层有:上第三系昔格达组、三叠系白果湾组、下二叠统、志留系回龙组、龙马溪组、奥陶系下巧家组及寒武系。在测区西部白果湾组超覆在震旦系至古生界之上,不仅能自生自储,而且在许多地方是古生界的直接区域性盖层。中、下侏罗统有多层泥页岩,也可作为辅助性区域盖层。

2. 圈闭条件

米市断凹区有规模较大的七里坝背斜、炭山背斜及罗木大山背斜西支等,其总面积达177.5 km²,除炭山背斜为地面构造外,均为有利于油气聚集的潜伏构造。

3. 保存条件

测区西部米市断凹区,在新生代为下降沉积区,沉积了较厚(逾1000 m)的侏罗系及白垩系等。地表断裂较少,该区分布有平缓的构造,圈闭面积较大,断层发育在构造翼部,除黑①和七①号断层外均未通达地表,目的层埋藏适中,白果湾组下部泥岩作为区域盖层,其上、中、下侏罗统泥页岩作为辅助区域盖层,应该说油气保存条件较好;测区东部碧鸡山—宁南凹褶断束区,由于地表地质条件复杂,褶皱强烈,断层发育并多发育在构造轴部,破坏了构造的完整性,断层大部分通达地表,同时目的层埋藏浅,白果湾组普遍出露地表被剥蚀,失去了主要盖层,从而使该区油气保存条件差,不利于油气保存。

4. 圈闭含油气评价

本区位于康滇地轴东翼斜坡,处于古生代沉积盆地西边缘,又处于中生代沉积拗陷之中,有利于圈闭捕集各个时期生成的油气和形成多种油气藏类型。

综合地层、构造、生储盖条件分析认为,本区七里坝和炭山背斜以及罗木大山西支鼻状构造的东高点均具有不可忽视的油气远景。

(1) 七里坝背斜

背斜形态可靠,闭合面积大。纵向上,目的层较多,古生界除缺失C、D、P外,其余层系均存在,且志留系向西尖灭在该背斜西翼部,有利的含油气地层组合较多,能形成背斜、地层及不整合油气藏。但是该背斜东翼发育的黑①及七①号断层通达地表,可能对油气保存不利。但从七里坝背斜圈闭构造线

莺歌海盆地束缚水饱和度测井评价方法研究

高楚桥¹ 袁云福¹ 吴洪深² 李茂文² 胡向阳²

(1. 江汉石油学院 2. 中海石油研究中心南海西部研究院)

高楚桥等. 莺歌海盆地束缚水饱和度测井评价方法研究. 天然气工业, 2003; 23(5): 38~40

摘 要 束缚水饱和度是油气层评价的重要参数之一,它是分析储层产液性质,计算油水相对渗透率和产水率的关键参数。莺歌海盆地 D 气田出现的纯气层,其束缚水饱和度在 20%~70% 范围内变化。通过对 D 气田束缚水饱和度影响因素的研究,发现由于岩性细、孔隙结构复杂形成高束缚水含量时,束缚水饱和度不仅与岩石本身物性有关,而且气柱高度对其有较大影响。相同物性的储层,随气柱高度的增大,束缚水饱和度减小;若气柱高度相同,束缚水饱和度随孔隙度的减小而增大。文章给出了束缚水饱和度与孔隙度和自由水界面以上高度的关系。通过实际应用表明,利用这种关系能较好地评价莺歌海盆地天然气层,这对低电阻率油气层及复杂油气层的测井评价有重要参考价值。

主题词 测井解释 束缚水饱和度 电阻率 油气层 孔隙度 气柱 莺歌海盆地

准确计算束缚水饱和度是准确判断油气层的基础。特别是含水饱和度较高的低阻油气层,由于储层多为粉砂岩或泥质细粉砂岩,岩性细,致使储层束缚水含量高,即用电阻率测井信息计算的含水饱和度较高,若不对这一高的含水饱和度进行确切的认识,分辨它是束缚水还是可动水,将有可能漏解释油

气层。

影响储层束缚水饱和度大小的参数很多,主要有孔喉直径、粒度、孔隙度、渗透率、气柱高度等。但孔喉直径、粒度、渗透率的大小均对孔隙度的大小产生影响,因此通过确定束缚水饱和度与孔隙度和气柱高度的关系可由测井信息定量计算束缚水饱和

看,黑①号未破坏其圈闭形态,对圈闭内的油气未破坏,七①号断层仅切割了最低圈闭线,因此背斜顶部油气藏保存条件存在。从七坝 1 井的井口位置来看,七坝 1 井距七①号断层较近,且七坝 1 井未钻至构造高点,未能获油气应与此有关。据钻井分析,在白果湾组有少量油气,说明该背斜仍是有前景的。

(2) 炭山背斜

该背斜形态较可靠,翼部的炭①、炭②号断层未通达地表,但顶部出露白果湾组,并发育几条小断层,部分地段还见到煤系地层,这对白果湾组储集极为不利。白果湾组与寒武系接触,若地下白果湾组泥岩层还较厚或寒武系龙王庙组等盖层还存在,则震旦系灯影组圈闭仍具备较好保存条件。同时,该构造埋藏浅,交通方便,是勘探灯影组的理想构造。

(3) 罗木大山背斜西支东高点

地处康滇地轴东缘,紧靠上扬子台坳。因其处于罗①号断层下盘,为一独立的潜伏背斜。从构造图上看,“白果湾顶”及“下二叠统顶”均有圈闭,从控制圈闭的 004 测线上看,该背斜规模大,形态较完整,反射层品质较好,目的层埋藏浅,古生界齐全,含油气组合地层较多,是一个值得重视的勘探构造。

参 考 文 献

- 1 覃建雄,张长俊等.西昌盆地上三叠统白果湾组砂岩储层次生孔隙成因探讨.中国海上油气(地质),1996;10(2)
- 2 王运生,李云岗等.西昌盆地的形成与演化.成都理工学院学报,1996;23(10)

(收稿日期 2003-05-18 编辑 韩晓渝)

作者简介:高楚桥,副教授,1966年生;1987年毕业于江汉石油学院,1998年在石油勘探开发科学研究院获博士学位,从事测井科研与教学工作。地址:(434023)湖北省荆州市江汉石油学院物探系。电话:(0716)8430415 转 808 或 13508627325。E-mail: gaoqcq@vip.163.com

the overburden pressure, formation pressure, formation temperature and initial formation water saturation as well as the pressure fall-off production of elastic gas drive constant volume gas reservoir without edge water and bottom water, the gas recovery factor at abandonment pressure was studied for the Penglaizhen Formation gas reservoirs in West Sichuan. It is concluded that the recovery factors are 55% and 64% for J_{3p1} and J_{3p2} gas reservoirs respectively; reservoir recovery efficiency is positively correlated with permeability and water saturation is negatively correlated with porosity; and the key to enhance reservoir recovery factor at the abandonment pressure is to control producing pressure drop, so as to avoid a lot of gas' being produced in end gas production stage.

SUBJECT HEADINGS: Overall simulation experiment, Elastic gas drive, Natural gas recovery factor, End gas production

Xiang Dan (*female*), born in 1975, is a postgraduate studying for her doctorate. Add: Shilidian, Chengdu, Sichuan (610059), China Tel: (028) 84078408

LOG ANALYSIS OF THE EFFECTIVE RESERVOIRS AND CAPROCKS IN SEBEI GAS FIELD

Xie Li, Yang Tiyan and Zhang Shenqing (Research Institute of Exploration and Development, Qinghai Oil Field Company). *NATURAL GAS IND.* v. 23, no. 5, pp. 30~ 33, 9/25/2003. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: Sebei gas field is a large-sized shallow sand-shale gas field and the sandshale has a relatively low diagenesis. Through core analysis, it was indicated that there is a little difference between the porosities of sandy rocks and those of shaly rocks and the electrical behaviors of reservoirs are unnoticeable especially for the reservoirs with high shale content, so the reservoirs can't be effectively determined. In light of the characteristics of the reservoirs and caprocks in Sebei gas field, it is proposed in the paper that the reservoirs can be differentiated from the caprocks by displacement pressures. According to the results of core analysis and gas production test, the relations between displacement pressure and shale content, productivity or permeability were set up, which indicates that the displacement pressure is well positively correlated with the shale content and close negatively correlated with permeability; and the larger the difference between the displacement pressure in reservoir and the one in caprock, the higher the productivity. So the reservoir can be well discriminated by the displacement pressure. Through studying the relation between the displacement pressure and log

data, it was found out that the relative value of natural gamma-ray log and the resistivity log are closely related to the displacement pressure, thus setting up their relationships and achieving a suit of logging reservoir evaluation methods suitable for such a shallow biogas field. By use of these methods, the reservoirs in Sebei gas field were reinterpreted and the results were verified by gas production tests, which plays an important role in increasing reserves and production in the gas field.

SUBJECT HEADINGS: Reservoir, Caprock, Displacement pressure, Sebei gas field, Well logging, Evaluation

Xie Li is an engineer. Add: Qilizhen, Dunhuang, Gansu (736202), China Tel: (0937) 8934362

STRUCTURAL FEATURES AND OIL- GAS BEARING CONDITIONS IN XICHANG BASIN

Liu Lihua, Xu Qiang and Fan Mingxiang (Geological Survey Department of SPA). *NATURAL GAS IND.* v. 23, no. 5, pp. 34~ 38, 9/25/2003. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

ABSTRACT: On the basis of the data on seismic reconnaissance carried out in Xichang Basin first, a relatively reliable seismic result was achieved and seven buried local structures, such as Qiliba, Erwu, Tanshan and Luomudashan structures, etc., were found out, their trap area on the top of Baiguowan Formation, Upper Triassic, the principal target zone, being up to 177.5 km² in total. Through seismic interpretation and in consideration of the drilling results of the regional exploration well (well Qiba-1), the overall tectonic features and local structures underground in Xichang Basin were investigated in detail and the position and distribution characteristics of the main faults in the basin were reasonably inferred and interpreted. The basic distribution scopes of Permian, Silurian Ordovician and Cambrian, Paleozoic, in Xichang Basin were determined on the basis of the seismic geologic data's being comprehensively interpreted. The general trend of the change in formation thickness is that the thickness increases from west to east and from south to north. According to the achievements in regional geological research and the analysis of the oil- gas bearing conditions of local structures, it is put forward in the paper that the Qiliba and Tanshan anticlines and the high of the west branch of Luomudashan anticline in Mishi Sag are the structures being of hydrocarbon potential, thus providing basis for further oil and gas exploration in Xichang Basin.

SUBJECT HEADINGS: Xichang Basin, Paleozoic Era, Structural feature, Formation evaluation, Oil and gas resource, Seismic Exploration