

塔里木盆地东南区侏罗系油气勘探前景*

王建国, 王林凤, 周琦

(大庆石油学院秦皇岛分院, 河北秦皇岛 066004)

摘要: 塔里木盆地东南区可划分为塔东南坳陷和塔东南隆起2个构造单元。塔东南坳陷侏罗纪为一箕状断陷, 形成民丰-且末-若羌3个沉积沉降中心, 具南断北超的特点, 阿尔金山为主要物源区, 塔东南隆起为次要物源区。油气主要富集在侏罗系储层中, 煤系及深湖相泥岩是生油岩的主要发育层位, 储层具低孔低渗、成分成熟度和结构成熟度均低的特征, 溶孔和裂隙为主要储集空间。综合分析后认为, 塔东南坳陷具备形成中、小油气田的条件, 应以寻找背斜-断块圈闭为主, 罗布庄隆起与北民丰隆起上的风化壳、民丰环形构造和安迪尔环形构造、于田普鲁与且末其格勒克向盆地的第一排构造带——山前低台阶带为有利勘探区块。

关键词: 塔东南坳陷; 侏罗系; 沉积环境; 生油条件; 储层特征及成因; 含油气远景

第一作者简介: 王建国, 男, 39岁, 副教授(博士), 沉积学与石油地质学

中图分类号: P618.130.1 文献标识码: A

塔里木盆地东南区(以下简称塔东南区), 西起于田, 东至若羌, 北以北民丰-且末-罗布庄断层为界, 南抵东昆仑-阿尔金北侧山前断裂, 东西长约1 000 km, 南北宽约80~170 km, 面积约为 $10.60 \times 10^4 \text{ km}^2$, 勘探及研究程度均较低。塔东南区主要沉积了中-新生界, 其中侏罗系是主要生油层段及勘探目的层, 但目前对侏罗系油气地质条件认识不清楚, 制约了塔东南区的勘探进程。

1 地质背景

1.1 构造单元

侏罗纪塔东南区划分为两个一级构造单元, 即塔东南隆起与塔东南坳陷。

塔东南隆起是一个侏罗纪古隆起, 受北民丰-且末断裂和于田断裂的夹持, 呈狭长形NE向的断垒, 面积 $3.38 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

塔东南坳陷呈镶边状分布于塔里木地块东南缘^[1], NE向展布, 面积为 $7.22 \times 10^4 \text{ km}^2$, 从东至西可进一步划分为若羌凹陷、且末凹陷及民丰凹陷。

塔东南坳陷在侏罗纪为一相对独立的断陷盆地。在地震剖面上多处发现控制侏罗系的正断层, 北民丰断裂下降盘侏罗系明显加厚, 而离开断层侏罗系厚度明显减薄^[2]。

塔东南坳陷向塔东南隆起过渡的斜坡带, 中生

界底超上削明显, 厚度减薄; 而塔东南坳陷南缘中生界砂砾岩相为近源冲积环境产物, 厚度大, 相变快, 深湖相泥岩中夹水下浊积砂体, 同生断层控制边缘相沉积, 具有南断北超箕状沉积特点。

塔东南坳陷沉积充填演化规律表明, 侏罗-白垩纪总体表现为张性构造环境, 白垩纪末由于残余特提斯海闭合, 塔里木盆地曾一度出现挤压构造环境, 形成第三系与下白垩统及其下伏地层之间的广泛不整合^[3]。

早侏罗世塔东南坳陷开始断陷, 沉降速率慢、幅度小; 中侏罗世杨叶期开始急剧断陷, 沉降幅度大, 沉积补偿不足, 形成深湖泥岩沉积; 之后沉降缓慢, 超补偿沉积。在沉降曲线上表现为“凹”面向上的特征。

因北侧塔东南隆起阻隔了塔东南坳陷与塔东湖盆连通, 且塔西南近海湖盆影响也只波及到民丰凹陷于田地区, 南侧又有古阿尔金低山作为屏障, 所以, 塔东南湖盆是个相对独立的箕状断陷盆地。

1.2 沉积特征

本区中生界由冲积扇-辫状河-三角洲-湖泊沉积体系组成, 受构造和气候条件控制, 沉积演化具有明显的规律性(图1)。

沙里塔什组: 全区断裂活动加剧, 断陷持续扩大, 地形高差增加, 形成粗-中砾岩为主的沉积, 砾岩分选差, 横向上岩性不稳定, 相变迅速, 与砂岩、泥岩、煤线组成韵律层, 为典型的冲积扇相近源快

* 国家“九五”重点科技攻关 96-111 项目资助

收稿日期: 2000-03-22

速堆积, 远离物源则形成砂岩为主夹砾岩的辫状河三角洲沉积。

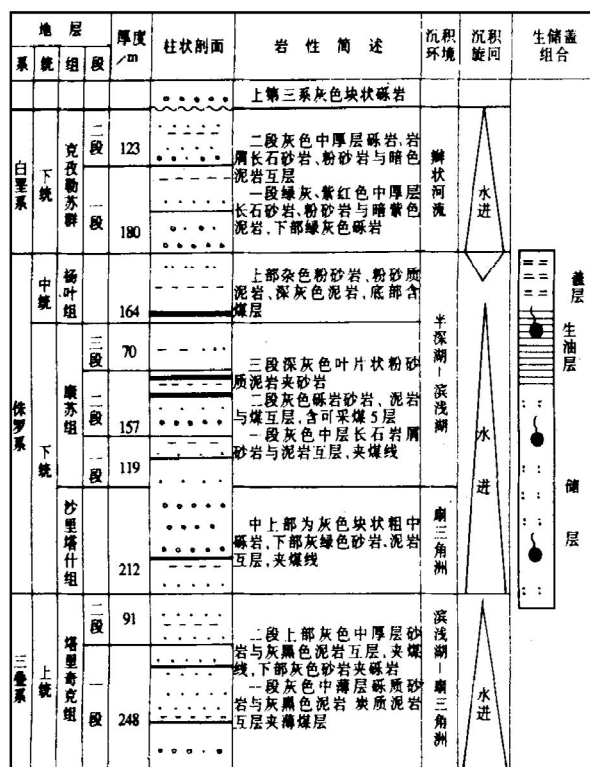


图1 塔东南区中生界柱状剖面图

Fig. 1 Columnar section of Mesozoic in southeast Tarim Basin

康苏组: 与早期构造条件相似, 但湖侵扩大, 前期的填平补齐作用也使地形趋于平缓, 辫状河-三角洲体系广泛发育, 成为聚煤的有利环境, 形成了该区侏罗系的主采煤层, 于田普鲁一带成为凹陷的中心, 沉积了大套的深湖相泥页岩。

杨叶组: 早期砂岩、泥岩、炭质泥页岩、煤层互层沉积, 晚期物源供给不足, 沉积速度减慢, 湖侵达到最大, 形成富含动物化石的黑色泥岩、油页岩等湖湾-深湖相沉积^[4], 黑色泥岩单层最大厚度达到44.42~77.1 m, 成为中生界主要生油层位和区域盖层。

克孜勒苏群: 气候炎热干旱, 但前期的快速充填导致地形填平, 塔里木盆地大面积缓慢沉降, 形成了杂色砂泥岩的咸化湖泊沉积, 夹薄层石膏。克孜勒苏期末, 塔东南抬升为陆地, 缺失晚白垩世地层, 结束了中生代盆地演化历史, 直至第三纪塔里木盆地整体坳陷, 又接受新生代沉积盖层。

通过测量康苏组和杨叶组的交错层理, 得出康苏组平均古流方向为N322°(6个点), 杨叶组为N57°(6个点)。尽管两者夹角近90°, 但总体流向仍从南向北, 由阿尔金山指向塔东南坳陷, 即阿尔金山为主要物源方向。

塔东南坳陷南断北超的盆地性质也决定了物源方向主要来自同生断层一侧, 因为差异升降运动明显, 使得阿尔金山造山带遭受剥蚀, 粗碎屑就近堆积在塔东南盆地的南缘, 形成冲积扇-扇三角洲边缘相沉积。

侏罗纪是塔东南坳陷(盆地)主要断陷期, 受塔东南古隆起与古阿尔金山挟持而接受NEE向槽状堆积, 南部厚度大, 北部厚度小。侏罗系分布范围北起于田-曲曲克苏-休堂-且末北-喀拉科孜-罗布庄, 南至阿尔金山前断裂, 分布面积达 $7.275 \times 10^4 \text{ km}^2$, 形成民丰、且末及若羌3个沉降中心, 最大沉降幅度超过1000 m, 一般沉降幅度达300 m以上。在其格勒克剖面、鲁如沙依剖面均发现单层厚达几十米的黑色泥岩沉积, 表明若羌凹陷、且末凹陷及民丰凹陷存在深湖环境。受基底断(层)块控制呈“串珠”状分布的深湖区总面积约 $3.28 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

塔东南隆起是一继承性古隆起, 南斜坡发育滨湖及浅湖沉积, 为盆地内沉积提供了部分物源^[5]。

2 成藏条件

2.1 油源

油气显示表明, 油气主要富集在侏罗系储层中, 而中-下侏罗统的煤系和深湖相泥岩又是生油岩发育的主要层位, 因而侏罗系自生自储可能性比较大。其格勒克剖面泥岩及煤的镜质体反射率只达到0.56%~0.65%, 却发现了油砂及沥青, 说明煤系地层具早生早排能力, 所见到的油苗无疑是破坏了的古油气藏, 证明了塔东南区具有油气生、排、运、聚、散过程。

我们对鲁如沙依剖面及其格勒克剖面的康苏组和杨叶组进行了系统采样, 共分析样品54块810项次, 主要做了有机碳、岩石热解、沥青化学等3项分析。康苏组生油岩主要是煤、高炭泥岩及泥岩3种类型。塔东南区煤的镜质组含量达86%, 是潮湿森林泥炭沼泽产物, 有利于油气生成。高炭泥岩生烃条件好, 达到好生油岩标准; 其格勒克剖面有机碳达16.20%, 生烃潜力达13.29 mg/g, 氯仿沥青“A”达0.1853%; 鲁如沙依剖面有机碳达14.64%, 生烃潜力达20.72 mg/g。

根据煤系泥岩及湖相泥岩评价标准, 其格勒克剖面康苏组煤系泥岩为差生油岩, 杨叶组湖相泥岩为中等生油岩; 鲁如沙依剖面康苏组煤系泥岩达到

中等生油岩标准,杨叶组湖相泥岩达到好生油岩标准。因而,从生油岩类型看,塔东南区有效生油岩应主要为深湖相泥岩,其次为低位沼泽高炭泥岩及森林沼泽煤系,因而杨叶组比康苏组生油条件更好。

受煤系地层沉积环境影响,塔东南区康苏组干酪根类型主要为 III 型及 II_B 型,而杨叶组变化较大,鲁如沙依剖面杨叶组 15 块泥岩样品,仅有 3 块样品是 II 型的,而 II 型占 12 块,即杨叶组以 II 型干酪根为主,并可见 3 块 II_A 型干酪根。其格勒克剖面杨叶组干酪根类型以 III 型 II 型为主。

镜质体反射率介于 0.49%~0.71% 之间,最高热解峰温度 430~490℃,有机质热演化程度低。于田巴西康苏地区出现异常:镜煤反射率 1.73%~3.39%、最高热解峰温 577~595℃及氢指数 2.98~14.46 mg/g,表明这一区域有机质已达到高成熟-过成熟阶段。

从该区油苗分析,生油岩已进入成熟阶段。含油砂岩的成熟度高于野外生油岩成熟度,说明塔东南坳陷存在深埋的成熟烃源岩区^[6]。

塔东南坳陷地温梯度较塔里木盆地其它区高,距离最近的塔中 1 井及塔东 1 井地温梯度每百米达 2.5~3.1℃,按每百米 2.5℃计算,侏罗系生油岩在中新世晚期已进入大量生油阶段。

2.2 储层

2.2.1 特征

据实测剖面统计,储层占地层厚度的 46.7%~70.1%,其中砂岩占 17.2%~42.7%,砾岩、粉砂岩只占 2.0%~15.7%。储层结构类型偏粗。

据镜下鉴定,岩屑砂岩占砂岩厚度的 19.1%~67.6%,长石砂岩占 22.1%~64.8%,石英砂岩占 9.7%~32.9%,长石砂岩-岩屑砂岩占砂岩厚度的 60% 以上。石英砂岩除其格勒克剖面发育外,其它均不及 10%,表明储层成分成熟度、结构成熟度均较低。

油及沥青主要发现于于田巴西康苏剖面 and 且末其格勒克剖面,主要储存在粒间溶孔、裂缝中,原生粒间孔隙中虽也有(炭质)沥青充填,但此类孔隙极少,对储集意义不大,含油砂岩孔隙类型主要是次生孔隙及裂缝。

孔隙度介于 1.9%~21.1%,平均低于 10%。据 54 块样品统计,孔隙度小于 5% 的样品占 48.1%;孔隙度小于 10% 的样品占 77.8%,可见低

孔特征十分突出。

渗透率平均值低于 $4.2857 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最高达到 $123 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。渗透率小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的样品占 65%,小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 样品占 78%;渗透率介于 $1 \times 10^{-3} \sim 50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 样品占 18%,为低渗储层;中渗储层只占 4%,即只有 22% 达到储层标准。

储层的排驱压力变化较大,介于 0.55~42.5 MPa 之间,一般为 3.25~9.25 MPa,平均可达 6.25 MPa;中值喉道半径一般小于 0.23 μm ,最小非饱和孔隙大于 45.58%,分选系数大于 1.50,负偏度。可见储层喉道细小、孔喉连通性差、储采能力低。

2.2.2 类型

储层物性特征表明,致密储层在该区很发育,占 65% 以上。近源搬运、快速沉积是形成致密储层的内在因素,埋藏压实作用有效地减小了低成熟度砂岩的原生孔隙,胶体作用有效地减小了较高成熟度砂岩的原生孔隙,所以,致密储层形成与沉积环境及成岩作用密切相关^[7]。

2.2.2.1 溶孔储层

颗粒骨架的支撑作用为孔隙水交换提供了空间,易溶组分及早期沉淀的方解石是溶蚀的对象,因而,溶蚀孔隙带多发育于有利的储层沉积相带,从这种意义上说,扇三角洲辫状河道、三角洲的分流河道、水下扇及滨岸砂坝是形成次生孔隙的有利相带。

煤层顶板、底板的砂岩溶蚀作用强烈。泥炭堆积后,在向煤转化过程中,形成大量有机酸,对紧邻的砂岩均有强烈溶蚀,形成溶蚀带。

风化剥蚀界面下的砂岩溶孔发育。因大气淡水的淋滤作用,近地表储层性质发生了根本转化,即使是差储层也可因溶蚀作用及产生裂隙而得以改善。本区中侏罗世末及下白垩世末的两次抬升运动,造成风化剥蚀,因而紧邻这两个不整合面下的储层有利于产生溶蚀带。

2.2.2.2 裂隙储层

碎屑岩裂隙成因基本以构造作用为主,而成岩裂隙不发育。

燕山运动末期构造活动伴生的裂隙最有价值。燕山末期(早白垩世末)地壳抬升剥蚀、褶皱变形,形成了一批圈闭构造,在这些构造应力释放部位裂隙发育。这些构造应力释放部位包括众多的 NEE

向断裂附近或倾没端、环形构造带核部,如山前低台阶构造带、民丰和安迪尔环形构造等。

喜山期是阿尔金断层大规模走滑期,也是侏罗系生油岩生烃高峰期,两者在时间上十分吻合,喜山期构造运动不仅为油气二次运移提供了动力,也使烃源岩与上覆好的储层形成沟通(如上覆第三系砂岩孔隙度平均 19.26%,渗透率达 $9\,083.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$);但这期断裂产生的裂隙对燕山期圈闭也具有明显破坏作用,目前发现的沥青及油均由该期裂隙溢散出来。

另外,基岩风化壳与下白垩统上部剥蚀面亦是裂隙发育有利区带。

3 油气远景分析

3.1 有利的勘探条件

从区域构造、沉积环境及地化条件分析可知,塔东南区侏罗系具有良好的油气勘探条件。

断陷扩张期充填的杨叶组与康苏组是主要生油目的层段,两组地层平均厚度 500 m,一般厚度 400~600 m。其中杨叶组发育深湖相好生油岩,于田厚达 77.1 m,其格勒克厚 44.42 m,鲁如沙依厚 76.35 m,各剖面康苏组炭质泥岩厚 26.5~116 m,因而生油岩平均厚度可达 100 m,约占地层厚度 1/5。

侏罗纪深湖泥岩相区分布面积较大,达 $3.28 \times 10^4 \text{ km}^2$,且多个沉积中心具有深埋特点。塔东南区成熟点埋深约为 2 500 m 左右,除且末凹陷西区未成熟外,其它凹陷生油岩均进入成熟阶段。民丰凹陷中心埋深可达 5 000 m 以上,若羌凹陷中心埋深可达 4 000 m 以上,这两个凹陷已进入生烃高峰期,所以,野外见到了丰富的油气显示;且末凹陷西区由于埋深小于临界深度,因而未见到任何油气显示(图 2)。

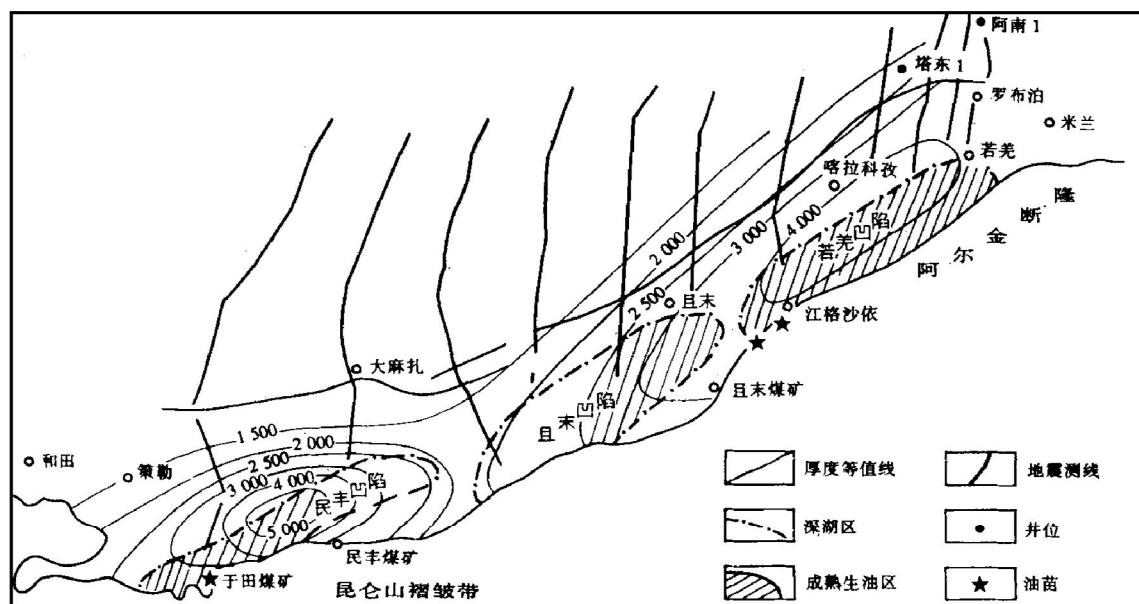


图 2 侏罗系生油岩分布图

Fig. 2 Distribution of source rocks in Jurassic

通过氯仿沥青“A”法计算,油气生成量为 $171.06 \times 10^8 \text{ t}$,排出量为 $34.21 \times 10^8 \text{ t}$,资源量为 $8.55 \times 10^8 \text{ t}$ 。

塔东南盆地具备形成中、小油气田的有利条件,寻找侏罗系油气田,应在成熟生油凹陷范围之内,以寻找早白垩世末期定型的背斜-断块圈闭为主。

3.2 有利的含油气区

塔东南区侏罗系有利勘探区须具备下列条件:有效的储层分布区(图 3);靠近油源区或有油源断

层沟通;保存较好的早白垩世末定型的圈闭构造;上覆有效盖层。综合分析认为,有利勘探区主要有以下几个。

3.2.1 罗布庄隆起与民丰北隆起上的风化壳

罗布庄隆起是一个继承性的古隆起,南邻塔东南坳陷若羌生油凹陷,北邻塔东满加尔生油凹陷,长期风化剥蚀,使该隆起裂隙及溶孔发育。

隆起顶面呈短轴状,近东西向延伸,形成于加里东期,面积约 $1.76 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。罗北 1 井钻探表明,隆起顶部新生界、下白垩统直接覆盖在元古界

之上。隆起顶部起伏不平,一系列小山头形成局部圈闭。地震已证实罗布庄东凸起的潜山-披覆构造以及挤压背斜构造的存在,因而,罗布庄隆起上的

风化壳将是有利的储集区带,与此相似的还有民丰北隆起,后者面积达 $1.62 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

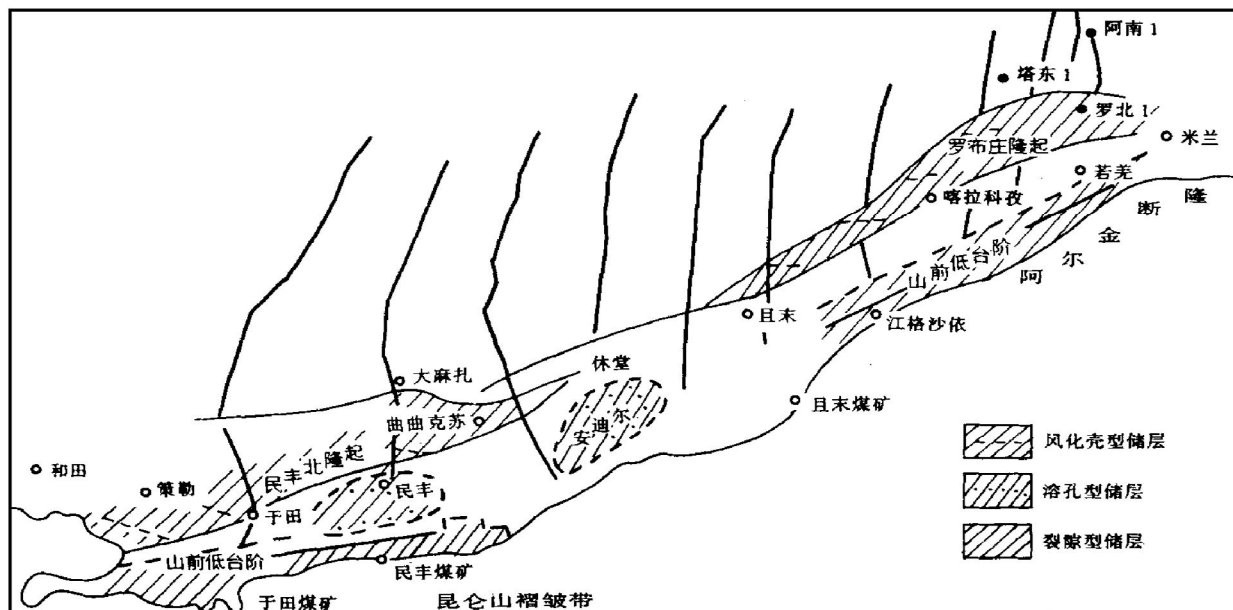


图3 侏罗系有利储层与圈闭评价图

Fig. 3 Evaluation of favourable reservoirs and traps in Jurassic

3.2.2 民丰环形构造和安迪尔环形构造

民丰环形构造位于民丰南,轴向近东西向,面积约 2400 km^2 ;安迪尔环形构造位于安迪尔以南,轴向近东西向,面积约 2400 km^2 [9]。

这两个构造形成于塔东南隆起南斜坡滨浅湖与深湖过渡相带上,斜坡带发育有底超尖灭砂体,而在深湖区有扇三角洲-辫状河三角洲-水下砂体存在,上覆深湖泥岩,纵向上构成塔东南侏罗系理想的生储盖组合。从地震资料看,两个构造侏罗系保存较好,厚度较大,并向南北翘起,受不整合面和断层遮挡,其自身及上覆白垩系、第三系具有有效的储层及封盖条件。

3.2.3 于田普鲁与且末其格勒克向盆地方向的第一排构造构造带——山前低台阶带

在若羌深湖区及民丰深湖区因受当时阿尔金(盆缘)同生断层控制,南部边缘粗相带发育,分流河道砂体及水下扇砂体位于成熟生油岩区附近,具备了富集油气的有利条件。西北侏罗系含油气盆地在山前带的低台阶(如吐哈盆地第一排构造)均发现了丰富油气聚集,在箕状断陷盆地采油或见显示的井也大多位于靠近盆地断裂一侧,并平行于断

陷轴线或断裂带(如阜新盆地),因而,箕状断陷盆地山前低台阶带是重要勘探区。

参 考 文 献

- 1 杨克明,龚铭,艾华国,等. 中国新疆塔里木盆地内变形与油气聚集[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1996. 1~ 15
- 2 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 244~ 263
- 3 李思田. 断陷盆地分析与聚煤沉积规律[M]. 北京:地质出版社,1988. 7~ 43
- 4 王建国,周琦,杜鸿烈. 塔里木盆地东南区中生代沉积环境分析[A]. 见:王宜林. 第五届全国沉积学及岩相古地理学学术会议论文集[C]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1997. 13~ 16
- 5 何登发,李德生. 塔里木盆地构造演化与油气聚集[M]. 北京:地质出版社,1996. 45~ 72
- 6 徐翔,胡民,张渠,等. 塔里木盆地东南断陷区侏罗系含油砂岩地球化学特征[J]. 石油实验地质,1994, 16(4): 345~ 353
- 7 王建国,王衍. 塔里木盆地东南区中生代储层研究[A]. 见:王宜林. 第五届全国沉积学及岩相古地理学学术会议论文集[C]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1997. 226~ 228
- 8 张厚福,张万选. 石油地质学[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 63~ 71
- 9 傅碧宏,丑晓伟,邓云山,等. 塔里木盆地东南缘石油遥感地质的综合分析评价[J]. 新疆石油地质,1997, 18(2): 108~ 113

(下转第267页)

MESO-PALEOZOIC FRACTURES IN CHENGDAO REGION AND THEIR RELATION TO OIL AND GAS

Li Li Dai Junsheng Xie Chuanli

(*Department of Petroleum Resource Science, Petroleum University, Dongying, Shandong*)

Abstract: Two groups of Mesozoic and Paleozoic fractures developed in Chengdao Region, one strike is northeast 30° , the other is nearly east-west. The fractures' dip angles are mostly more than 70° and their width is 0.3~2.0 mm. Most of the fractures formed in Himalayan Period, some of them formed in Yenshan Period. The fractures formed in Himalayan Period are distributed in the south and the north parts of Chengdao Region, they are fine reservoiring spaces and migration passages since their formation time matched well with hydrocarbon expelling stage. The fractures formed in Yenshan Period could form favourable reservoiring spaces and migration passages.

Key words: fractures; Mz~Pz; oil and gas; Chengdao Region

(上接第243页)

SPECIAL SEQUENCE STRATIGRAPHIC MODEL IN NORTH SLOPE OF BAIYUN SAG

Yang Fei¹ Wei Fujun² Peng Dajun¹ Pang Xiong³ Wang Lin⁴ Liu Jian⁴

(*1. Petroleum Department, Chengdu Institute of Technology, Chengdu; 2. CNSPC, Beijing; 3. South China Sea East Company, Guangzhou; 4. Research Institute of Petroleum Exploration, CNSPC, Jingzhou, Hubei*)

Abstract: The north slope of Baiyun Depression possesses a special sequence stratigraphic model. Its stratigraphic gradient is lower and has no shelf break. Fault activities make the throw of fault acting as shelf break, and cause its lowstand system trace to have the characteristics of type-1 sequence of steep slope. The slope consists mainly of basin fan, incised valley and fillings. This new sequence stratigraphic style is called fault controlled type-1 gentle slope sequence.

Key words: sequence stratigraphic; type-1 sequence; steep slope; gentle slope; Baiyun Depression.

(上接第263页)

PROSPECTS OF JURASSIC HYDROCARBON EXPLORATION IN SOUTHEAST TARIM BASIN

Wang Jianguo Wang Linfeng Zhou Qi

(*Qinhuangdao Branch of Daqing Petroleum Institute, Qinhuangdao, Hebei*)

Abstract: The structures in the southeast of Tarim Basin could be divided into two structural units such as southeast depression and southeast uplift. The depression was a dust-pan shape faulted depression in Jurassic, including Minfeng, Qiemo and Ruoqiang three depocenters and subsidence centers. The depression faulted in the south part but overlapped in the north, with Altun Mountains as the primary provenance and then the uplift being secondary. The main reservoirs are Jurassic System, coal measures and deep lake mudstone are the main source beds. It is considered that the depression is favourable for the formation of small- and mid-size oil and gas fields, oil and gas exploration should focus on anticline-fault block traps; the weathered crusts of Luobuzhuang and north Minfeng Uplifts. Minfeng and Andir circular structural belts, Pulu-Qigelek piedmont low terraced structural belt are target areas for oil and gas exploration.

Key words: southeast Tarim Depression; Jurassic System; sedimentary environment; oil-generating condition; reservoir property; reservoir origin; oil-gas prospects