

文章编号: 1000-0550(2000)04-0580-05

塔东南坳陷侏罗系层序地层分析与油气前景^①

周琦 王建国 杜鸿烈

(大庆石油学院石油地质研究所 河北秦皇岛 066004)

摘要 塔东南盆地发育侏罗系陆相煤系地层和白垩系红层, 勘探程度低。为研究中生代地层的分布和对比, 沉积特征及勘探方向, 重点对侏罗系进行了露头层序地层学分析。建立了五个三级层序。层序1以正旋回的冲积扇或辫状河相为主, 储集条件良好, 层序2发育正旋回及反旋回的三角洲相, 具有良好储集条件, 上部有较好的生油岩, 层序3为反旋回的三角洲相及湖相韵律层, 是良好生油层和盖层, 层序4为正旋回的河流相, 层序5为正旋回的干旱气候下冲积扇相, 可形成次生溶孔发育的良好储层。塔东南侏罗系分布广泛, 有良好的油气前景, 是重要的含油气层系。

关键词 层序地层 侏罗系 塔东南坳陷 勘探 油气远景

第一作者简介 周琦 男 1963年出生 硕士 讲师 沉积学与储层地质学

中图分类号 P539 **文献标识码** A

塔里木盆地是长期发展的大型叠合复合盆地, 经历了复杂的地质演化历史。塔里木盆地内部是稳定的克拉通盆地, 周缘是大陆边缘的前陆型盆地, 在不同的板块构造环境下形成多种原型盆地和各具特色的沉积类型^[1~3], 其中塔东南地区最复杂, 研究程度最低。塔东南盆地夹持在昆仑山和阿尔金山与塔里木沙漠之间, 以断裂为界, 整体呈北东东向延伸的狭长矩形, 面积达11.6 km²。其划分为塔东南隆起和塔东南坳陷两个二级构造单元(图1), 是塔里木盆地基底抬升最高的地区。

300 m, 南部与阿尔金山断裂相接, 沉积物厚度于900 m, 最大厚度1500 m。沉积物源主要是南面的阿尔金山元古界变质岩类, 沉积体系分布表现为冲积扇—河流—湖泊组合, 交错层理倾向经统计校正为270°~310°, 倾角20°~30°^②。

1 地层划分

塔东南盆地中生代地层为陆相碎屑岩沉积, 中下侏罗统为杂色河湖相, 上侏罗统至白垩系为红色湖相, 三叠系在本区是否存在还有争议^{[3,4]③}。盆地南缘山前褶皱带不同程度出露侏罗系煤系地层, 但由于喜山运动的强烈造山作用, 昆仑山和阿尔金山向盆地发生大规模的逆掩与仰冲, 造成盆地南缘中生界普遍褶皱变形, 因此地层产状, 与上下岩层接触关系变化较大。塔东南侏罗系分布广, 研究程度相对较高, 岩性特征明显, 上统为粗碎屑红层或杂色层的冲积相沉积, 中下侏罗统通称叶尔羌群, 暗色泥岩发育, 根据岩性和生物群特征与塔西南对比划分为四个组:

K₁ 克孜勒苏群

绿灰色、紫红色砂岩、砾岩与紫红色泥岩互层, 夹薄层石膏, 与下伏侏罗系假整合接触, 为河流冲积相与蒸发浅湖相沉积。

J_{3k} 库孜贡苏组

以紫红色砂砾岩为主夹泥岩, 未获化石, 在区域范围内都比较稳定, 与下伏J₂整合或假整合接触, 属河

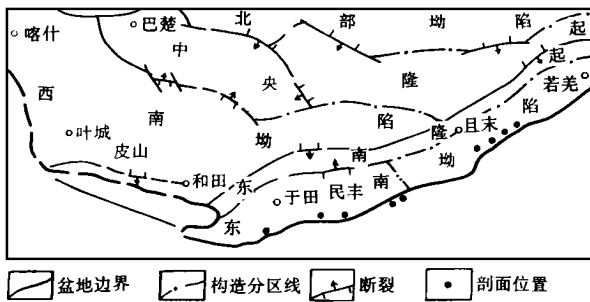


图1 塔东南构造分区和剖面位置

Fig. 1 The tectonic division of the southeast Tarim and section position

塔东南坳陷平面上呈条带状展布, 走向与造山带一致, 剖面上具不对称形态, 靠近造山带一侧沉积物厚, 粒度粗, 盆地一侧沉积物薄, 地震剖面显示侏罗系地层向北面罗布庄凸起超覆沉积, 残余厚度小于

① “九五”国家重点科技攻关项目(批准号: 96-111-01-02)部分研究成果

② 车自成等. 塔里木板块东南边缘与塔东南地区构造特征. 八·五报告, 1994

③ 滇黔桂石油勘探局. 塔里木盆地东南缘大地构造演化研究报告. 1995

流及湖泊沉积。

J_{2t} 塔尔尕组

灰绿色、紫红色砾岩、砂岩、粉砂质泥岩互层的一套杂色碎屑岩系,未见化石,故仅为岩性对比,是冲积扇和辫状河沉积。

J_{2y} 杨叶组

灰黑色泥岩、粉砂质泥岩、炭质页岩夹灰色、灰白色、黄绿色砂岩、砾岩,介壳生物相对丰富,于田普鲁剖面发现了双壳类、腹足类、介形类、叶肢介及轮藻等化石。双壳类化石可建立 *Pseudocarodinia carinata*-*P. ovalia* 组合,相当杨叶组下部的组合带,叶肢介以 *Euestheria* 和 *Sinokotki* 为代表,轮藻化石为 *Aclistochara*,该组合在西北各盆地的中侏罗统地层中广为发现,孢粉化石为 *Classopollis-Disocciatritei* 组合。暗色泥岩及炭质页岩发育,厚度达 80 m 以上,属湖泊相,为中生代层序的密集段,地化指标表明具较好的生油能力^①,是重要生油层段。砂岩中含油砂,是三角洲相沉积。

J_{1k} 康苏组

黄褐色、灰白色、深灰色砾岩、砂岩、粉砂岩夹砂质泥岩、炭质泥岩及煤层,为本区侏罗系的主力煤层,并发育 *Disocciatritei* 孢粉组合,植物化石有 *Cladophlebis* sp., *Czekanowskia* sp., 沉积层序为正旋回,砂砾岩含量 70%~75%,发育大型交错层理,主要为辫状河流,三角洲与沼泽沉积。

J_{1s} 沙里塔什组

黄褐色、浅灰色、浅红色砾岩、砂岩夹少量炭质泥岩,含植物化石 *Cladophlebis suluktensis*, *C. cf. denticulata*, *Podozamites* sp., *Sphenobaiera longifolia*, *Neocalamites* sp., 沉积层序为正旋回,砂砾岩含量大于 85%,砾石大小一般 4~10 cm,砾石成分为浅变质岩类,是冲积扇相洪水片流沉积与沼泽沉积。

区域对比研究看出:平面相由东至西,有粒度逐渐变细,颜色逐渐变深的趋势,离开物源供给区昆仑山越远,其岩石粒度有变细和含煤段相变为炭质泥、页岩段的趋势。

2 层序地层学分析

2.1 层序界面分析

塔东南侏罗系粒度粗、相变快,地层的详细划分和对比较为困难,塔东南拗陷进一步划分为民丰凹陷和且末凹陷,构成两个沉积中心,民丰凹陷根据地震资料解释有古生界的泥盆系、石炭系、二叠系和中新生界地层,地表露头主要是中、新生界,侏罗系及以前的地层

和构造演化可与塔西南地区对比,且末凹陷基底为元古界的变质岩,缺失了古生界,主要发育中、新生界,地表露头有零星的石炭系、二叠系,侏罗系可与塔西南对比,而白垩系以上与塔东地区近似,反映塔里木板块内部的调整和构造演化的阶段性。

侏罗纪随着冈瓦纳大陆的一系列陆块向欧亚板块碰撞和拼合,昆仑造山带形成和发展,塔东南山前陆壳在挤压力作用下挠曲变形产生前陆盆地并充填陆相磨拉石建造。侏罗系与下伏花岗岩、元古界、古生界不整合接触,底部的侵蚀不整合为二级层序界面,中下侏罗统为连续沉积的水进层序,上侏罗统与中下侏罗统为整合或假整合接触,受燕山早期运动的影响昆仑山抬升,气候变得炎热干旱,沉积范围缩小,但山前沉积厚度巨大,下白垩统与上侏罗统为假整合接触,经过抬升剥蚀后再度缓慢沉降形成蒸发湖相的红色碎屑沉积,上白垩统与下白垩统为假整合接触。

按照以不整合面为主要标志的层序划分原则,侏罗系构成一个二级层序,代表一个构造沉降抬升过程^[5-8]。侏罗系内部按照湖侵上超及盆缘暴露削蚀等划分三级层序,代表一个相对水进水退过程,侏罗系分为五个三级层序,每个层序由水进体系域→水退体系域组成。层序 1 底界为区域侵蚀不整合,野外露头由于出现在山前逆冲带都是断层接触,底部发育不完整,相当于 J_{1s},层序 2 底界为湖侵上超面,陆上冲积扇相被三角洲相代替,相当于 J_{1k},层序 3 底界也为湖侵上超面,相当于 J_{2y} 和 J_{2t} 下部,层序 4 底界为盆缘削蚀面,由冲积扇相代替浅湖或河流相,相当于 J_{2t} 上部,层序 5 底界也为盆缘削蚀面,顶界为区域不整合,相当于 J_{3k}。

2.2 民丰凹陷层序地层与环境分析

民丰凹陷古生界地层保存完整,晚二叠世受南侧羌塘板块碰撞抬升缺失三叠系,至侏罗纪开始沉降形成陆相湖盆,侏罗系残余厚度最大达 1 000 m 以上。

层序 1 由三角洲相和河流相构成(图 2)。主要岩相组合 G_m→S_p→F₁→C,交错层理发育,粒度粗,相变快,砂砾岩横向上不稳定,是冲积扇相及三角洲平原沉积。野外露头底部因断层接触而发育不全,但见 C→F₁→S_r→S_p 的反旋回岩相组合,交错层理发育,是水进体系域的三角洲前缘沉积。

层序 2 由三角洲相构成,岩相组合为反旋回 C→F₁→S_r→S_p,交错层理和水平层理发育,颜色暗,是湖侵不断扩大,滨岸沼泽被湖水淹覆,水体加深,滨湖的

① 车自成等.塔里木板块东南边缘与塔东南地区构造特征.西北大学八·五报告.1994

波浪作用形成破坏型三角洲席状砂。

层序3为湖泊相沉积,岩相组合以F1→C为主,局部韵律层Mb→M1→F1,富含动物化石,半深湖—深湖相黑色泥岩发育,是形成生油岩的主要沉积层序。

层序4为河流相沉积,岩相组合正旋回Gm→Sp→St→S1→Fm,紫红色块状泥岩发育,是泛滥平原沉积。

层序5为冲积扇相,岩相组合正旋回Gm→St→F1→Fm,具紫红色调,为干旱气候条件下的冲积扇及河流沉积特征。

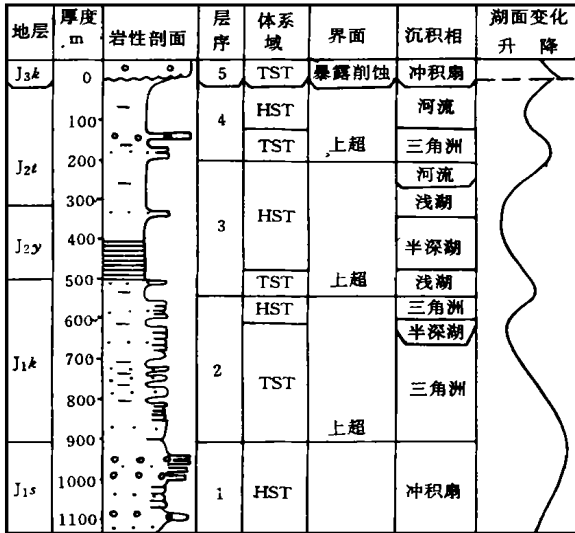


图2 民丰凹陷侏罗系层序划分

Fig. 2 Division of the Jurassic sequence in Minfeng sag

2.3 且末凹陷层序地层与环境分析

且末凹陷侏罗纪开始沉降,侏罗系最大残余厚度达1500 m。

层序1为冲积扇相,岩相组合Gms→St→F1→Fm,粒度粗,相变快,冲刷构造明显,见植物化石和薄煤层,砂砾岩局部有递变层理和交错层理,是冲积扇相洪水片流沉积与沼泽沉积。

层序2为河流—三角洲平原相,岩相组合Gm→St→Sp→C,薄煤层发育。正旋回组合为辫状河相的典型特征,经层序1快速充填沉积后,地势高差迅速降低,辫状河—三角洲平原沼泽沉积占据优势,形成砂砾岩段—炭质泥岩或含煤泥岩的多旋回沉积,植物发育迟缓,具有典型高位沼泽特征。

层序3为三角洲相,岩相组合Gm→Sp→F1→C,煤层厚度大,表明湖进最大,水域最开阔时期,顶部高水位体系域为河流相。此时植物茂盛,长时间连续发育可形成厚煤层(如且末煤矿及于田煤矿主采煤层均大于1.5 m),代表覆水较深、湖水补给的低位沼泽沉

积环境,腐泥煤是沼泽环境的最好生烃母岩。

层序4与民丰凹陷对比,由于盆地边缘顶面的暴露侵蚀作用,缺失该层序。

层序5为冲积扇相,岩相组合Gm→S→Fm,绿灰色和紫红色互层,在冲积扇上短期河道可形成溶孔砂岩,使孔渗性变好,成为良好储层,层序上部的泥岩及上覆下白垩统石膏层构成盖层。

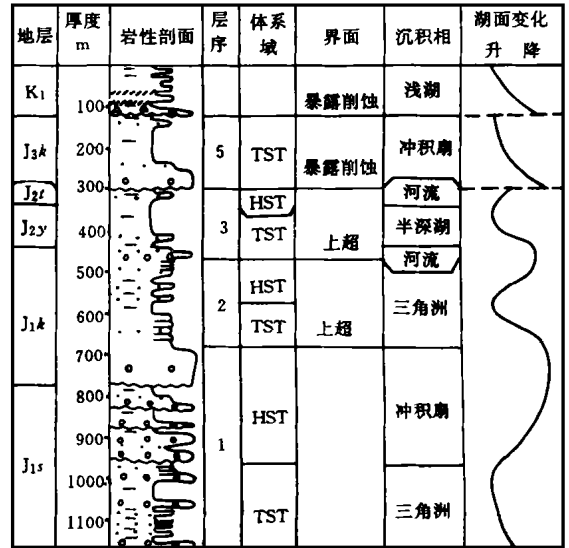


图3 且末凹陷侏罗系层序划分

Fig. 3 Division of the Jurassic sequence in Qiemu sag

3 沉积演化规律与生储盖

中生代是塔里木盆地进入内陆盆地的新时期,四周被当时低矮的天山、昆仑山或丘陵地带环绕,侏罗纪是全球海面上升较高时期,气候温暖潮湿,植被茂盛,陆上湖泊沼泽盆地十分发育,是地质历史上最重要的成煤期之一。塔东南侏罗纪盆地沿山前拗陷呈狭长的带状分布,表现为岩石粒度东粗西细,湖盆水体东浅西深,地势东高西低的地理特征,沉积中心在且末—民丰一带。狭长的湖盆以短轴供源为主,具有多物源,多种沉积体系的特点,沉积组合主要为冲积扇—辫状河—三角洲—湖泊体系,在河滩、滨湖、三角洲平原及扇缘地带沼泽发育,富含煤层和炭质泥岩。沼泽遍布的河流—滨浅湖沉积体系至中侏罗世达到高潮,晚侏罗世开始逐渐衰退。侏罗纪古气候明显变化,可划分为早、晚两期:从晚三叠世晚期—中侏罗世早期,岩性以灰绿、灰黑色泥岩、煤、菱铁矿、泥灰岩等常见,发育丰富的动、植物化石,泥岩中粘土矿物以高岭石为主,蒙脱石较少,反映气候较潮湿,孢粉化石中Classopollis含量丰富,可达50%~90%,与中亚区相比可归为亚热带半湿润型,所以早期为湿热性气候;从中侏罗世晚期

—白垩纪,岩性以红层沉积为主,常见石膏及泥裂,缺少化石和煤层,泥岩粘土矿物以蒙脱石为主,反映炎热干旱气候,所以晚期为干旱性气候。

3.1 侏罗纪沉积演化特征

3.1.1 早侏罗世

早期层序1发育,湖泊尚未形成,印支运动形成的局部高地正遭受剥蚀,是一个冲积扇—河流—沼泽沉积体系发育阶段。在山前地带发育冲积扇—辫状河沉积,其岩性主要为砾岩和砾状砂岩。在盆地内部主要为河流相沉积,发育一套砾状砂岩、砂岩夹煤层及炭质页岩。盆地中心为沼泽相沉积,煤层较发育。

晚期层序2发育,为河流—三角洲—湖泊沉积体系发育阶段,大山前地带发育辫状河。湖泊相沉积以滨、浅湖为主。

3.1.2 中侏罗世

早期层序3发育,为湖侵最大期,形成辫状河—曲流河—三角洲—湖泊沉积体系,发育深湖相沉积,是密集段生油层。地化分析泥岩有机质丰度高,有机碳含量一般0.96%~13.78%,采用生烃潜量评价基本达到了好生油岩标准。有机质类型沼泽相泥岩基本为III型,湖相泥岩为I~II型。有机质热演化程度低。 R_o 介于0.49%~0.71%, T_{max} 介于430~490℃,生油岩在低成熟阶段为主。

晚期层序4发育,为湖退时期,湖泊逐渐消失,气候变得干旱炎热。发育冲积扇—河流沉积体系,主要沉积了一套杂色砂、泥岩和砂质泥岩。

3.1.3 晚侏罗世

层序5发育,沉积范围可能局限在盆地边缘的山前地带,发育冲积扇—辫状河沉积体系,岩性为一套红色砂、砾岩,不产化石。

3.2 生储盖组合特征

塔东南坳陷生油岩有古生界海相碳酸盐岩和侏罗系暗色泥岩,有机地化分析显示为较好生油岩^[9~11],野外观察和岩石薄片中发现大量沥青,说明有烃类生成和聚集过程,具较好的生油条件。盆地边缘相的三角洲和冲积扇砂砾岩是侏罗系最有利的储层,山前低

台阶带是油气圈闭的主要构造位置;储层结构类型偏粗,成分成熟度低,分选磨圆较差,以次生孔缝为有效储集空间。侏罗系储层评价康苏组及沙里塔什组为中等储集层段,其它段为差的储集层段。

塔东南坳陷侏罗纪陆相盆地可划分为五个三级层序,层序3半深湖—深湖沉积的中侏罗统杨叶组为最有利的生油层,同时又是区域性的盖层。在它们之下的砂岩中观察见有沥青、油斑和油浸,发黄绿色、棕黄色萤光,因此层序1和层序2侏罗系下统康苏组和沙里塔什组砂砾岩是最有希望储存油气的,应为最有利的勘探层位,其次为层序5上侏罗统库孜贡苏组和下白垩统克孜勒恰普群,盖层为克孜勒恰普群的湖相泥岩及膏盐层。

参 考 文 献

- 1 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
- 2 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
- 3 康玉柱. 中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价[M]. 北京: 地质出版社, 1996
- 4 范璞. 塔里木油气地质总论[M]. 北京: 科学出版社, 1990
- 5 Wail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: seismic stratigraphy interpretation procedure [A]. In: Bally A W, ed. Atlas of seismic stratigraphy [C]. AAPG, Studies in Geology, 1987, 27: 1~10
- 6 Johnson J G, Klapper G, Sandberg C A. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica [J]. Bull. Geol. Soc. America, 1985, 99: 567~587
- 7 Embry A F. Transgressive-regressive (T-R) sequence analysis of the Jurassic succession of the Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago [J]. Can. J. Earth. Sci. 1993, 30: 30~320
- 8 郭建华, 宫少波, 吴东胜. 陆相断陷湖盆 T-R 旋回沉积层序与研究实例 [J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 8~14
- 9 傅碧宏, 丑晓伟, 邓云山. 塔里木盆地东南缘石油遥感地质的综合分析与评价 [J]. 新疆石油地质, 1997, 18(2): 108~113
- 10 陈荣林, 朱洪发, 陈跃. 塔里木盆地东南断陷区侏罗系沉积特征及含油性研究 [J]. 石油实验地质, 1994, 16(4): 337~344
- 11 徐翔, 胡民, 张渠等. 塔里木盆地东南断陷区侏罗系含油砂岩的地球化学特征 [J]. 石油实验地质, 1994, 16(4): 345~353

Study of Sequence Stratigraphy in Mesozoic Southeast Tarim Foreland Basin

ZHOU Qi WANG Jian-guo DU Hong-lie

(Qinhuangdao Branch of Petroleum Geology Institute, Qinhuangdao Hebei 066004)

Abstract

Tarim basin is a large, complex and multicycle basin, and has a complex geologic evolution history. Nevertheless, little is known about the geology of the Southeast Tarim basin. With the development of oil, people pay more attention to Mesozoic stratum exposed on basin margin. There develop Jurassic terrestrial coal measure strata and Cretaceous red beds. The present paper aims at analysing Jurassic system by use of sequence stratigraphy to study Mesozoic stratum distribution, contrast, sedimentary character, and to build up pattern of sequence stratigraphy. Using unconformity as main mark of different sequences, it shows Jurassic makes up a second order sequence, which represents a structural subsidence-uplift process. Inside Jurassic, lacustrine invasion onlap and basin margin exposure truncation can differentiate the third order sequence, which represents a relative water invasion-water regression process.

Sequence 1 subface is a regional erosion unconformity. It because of appearance on piedmont thrust belt on field outcrop is fault contact and bottom development incomplete. The sequence consists of alluvial fan facies or braided river facies with positive cycle. Its storage condition is good. Sequence 2 subface is lacustrine invasion onlap surface land alluvial fan facies is replaced by delta facies. Delta plain consist of braided river sequence with positive cycle. Delta front and lacustrine facies consist of prograding sequence with counter cycle. The sequence have good storage condition. Its upper part is a coal measure strata and it has fairly good oil source rock. Sequence 3 subface is lacustrine invasion onlap surface. The sequence consists of delta facies with counter cycle and rhythmic unit of lacustrine facies. At this moment lacustrine invasion is the largest. It takes shape of condensed section of deep lake facies. That is good oil source bed and overlying formation. Sequence 4 subface is basin margin truncation surface. That consists of river facies with positive cycle. At this moment, the lake is with small scope, climate change arid and hot. Sequence 5 subface is basin margin truncation surface. Its top surface is regional unconformity, which consists of alluvial fan facies with positive cycle in arid climate. It can become good reservoir that develops secondary dissolved porosity.

Jurassic in southeast Tarim basin distributes extensively with a great thickness. It has good hydrocarbon potential, and is also major hydrocarbon-bearing sequence. In Sequence 3, condensed section of deep lake and semi-deep lake is the most favorable oil source rock. Moreover, it is a regional overlying formation. Sequence 1 and 2 one of the most profitable exploration horizons since sequence 5 and lower Cretaceous Kezileqapu Formation is reservoir, and lacustrine shale and gypsum layer in Kezileqapu Formation is its caprock.

Key words southeast Tarim basin Jurassic sequence stratigraphy exploration hydrocarbon potential