

文章编号: 1000-0550(2006) 03-0378-09

准噶尔盆地东部侏罗纪含煤岩系沉积环境 及基准面旋回划分

胡平¹ 徐恒² 李新兵¹ 吴俊军¹ 阿不力孜¹

(1 中国石油新疆油田分公司 勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834000; 2 新疆油田分公司采油二厂 新疆克拉玛依 834002)

摘要 准噶尔盆地东部侏罗纪处于大型内陆湖盆的东北缘,发育三套稳定分布的煤层,分别位于侏罗系西山窑组下部、八道湾组上部和八道湾组中下部。西山窑组煤层和八道湾组上部煤层形成于湖退型三角洲,煤层厚度大,八道湾组中下部煤层形成于湖侵期滨湖沼泽,厚度薄但分布稳定。准东地区基准面和可容空间变化对聚煤作用及煤系层序结构起着重要的控制作用,侏罗纪受盆地基底差异性沉降的影响,可容空间发生周期性变化,湖退期可容空间向盆地中心迁移,盆地中心及滨岸带以下部位具有较大的可容空间,有利于泥炭保存,形成西山窑组主力煤层和八道湾组上部煤层,这两套煤层在基准面旋回划分中可作为沉积作用的转换面,是时间地层对比的界面。八道湾组中下部煤层具有初始湖泛面性质,可作为层序界面。通过对准东彩 31 井区煤系基准面旋回进行划分对比,合理地解释了彩 31 井区西山窑组油藏油气水空间分布关系,在岩性油气藏识别和油藏精细描述方面取得了良好的效果。

关键词 含煤岩系 沉积环境 基准面 可容空间 高分辨率层序

第一作者简介 胡平 男 1970 年出生 硕士 工程师 区域油气勘探研究

中图分类号 P512.2 P539.2 文献标识码 A

含煤岩系沉积学和层序地层学研究已得到广泛开展,煤层作为一种特殊的生物化学沉积其成因机制存在多样性,在含煤岩系层序划分中具有重要意义,大面积稳定分布的厚煤层可作为等时界面。成煤环境分析是煤系层序地层划分的基础,陆相盆地由于构造和沉积背景不同,河流、三角洲、湖泊等沉积环境均有可能聚煤^[1-5]。陆相盆地与海相盆地控制层序形成的因素存在很大差异,多数学者强调海平面变化与聚煤作用的关系,海侵成煤是海相盆地主要的成煤模式^[6,7],陆相聚煤盆地层序主控因素为构造运动、沉积物供应和气候条件,而盆地的湖平面变化为次要因素^[8],因此,以海侵事件主导的海相聚煤模式不一定适合于陆相含煤盆地,但无论是海相还是陆相含煤盆地聚煤作用与基准面和可容空间变化有关,基准面旋回理论的适用性是一致的。准噶尔盆地东部(简称准东)侏罗纪成煤环境和含煤层序结构具有陆相盆地的特殊性和多样性,不同学者有不同认识,朱筱敏等认为准噶尔盆地东部西山窑组、八道湾组上部煤层形成于进积型三角洲平原,煤层具有等时性^[9];刘豪等认为准噶尔盆地侏罗系煤主要形成于高位和低位域,湖侵期不利于聚煤,煤层具有穿时现象^[10]。为正确认识准东地区侏罗纪煤层在层序地层划分和对比中

的作用,通过煤系沉积环境、沉积特征分析,探讨基准面和可容空间变化与聚煤作用之间的关系,确定煤层在基准面旋回划分中的作用,为高精度地层对比和岩性油气藏的识别提供依据。

1 概况

准噶尔盆地位于哈萨克斯坦古板块、西伯利亚古板块及塔里木古板块的交汇部位,是哈萨克斯坦古板块的一部分^[11]。自晚石炭世—第四纪,准噶尔盆地经历了前陆型海相—残留海相盆地(晚石炭世—早二叠世)、前陆型陆相盆地(中—晚二叠世)、振荡型陆相盆地(三叠纪—早第三纪)、类前陆型陆相盆地(晚第三纪—第四纪)等 4 个构造—沉积演化阶段^[12]。准噶尔盆地侏罗纪为典型的封闭型陆相拗陷盆地,湖水位升降主要受气候和构造因素的控制,中生代准噶尔盆地周边的抬升往往伴随着盆地中心的构造沉降^[13]。整个侏罗纪受低幅度振荡事件的影响,发育多个局部不整合并形成多套煤层^[14]。

准噶尔盆地东部位于卡拉麦里山和博格达山之间(图 1),横跨五彩湾凹陷、白家海凸起、沙奇凸起、阜康凹陷及北三台凸起等构造单元,侏罗系自下而上发育八道湾组(J₁b)、三工河组(J₁s)、西山窑组(J₁x)、

收稿日期: 2005-07-20 收修改稿日期: 2005-10-10

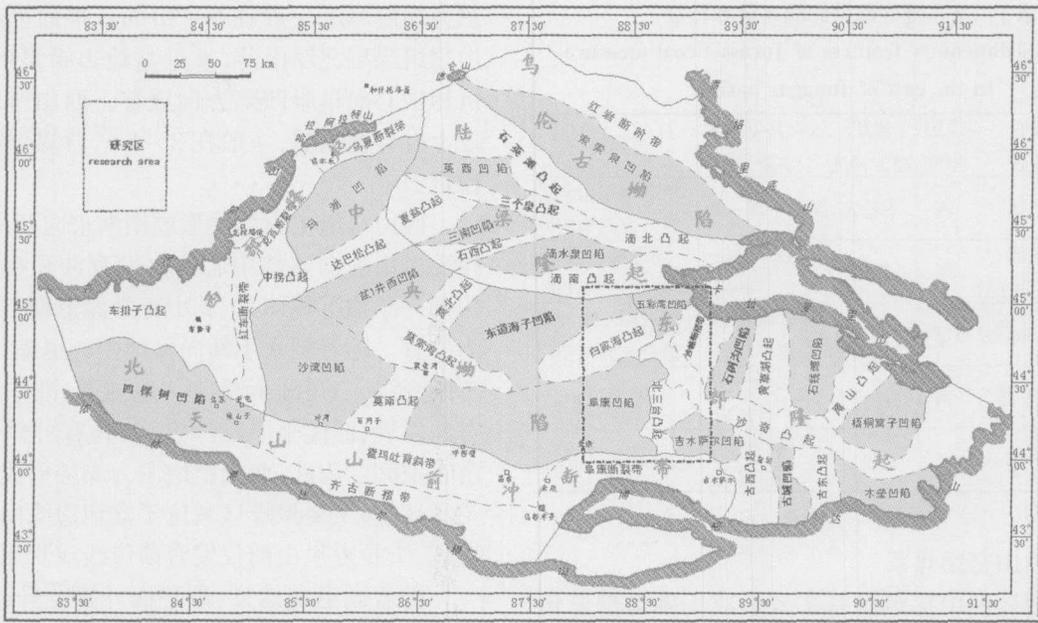


图 1 准噶尔盆地构造单元及研究区位置

Fig 1 Tectonic units in Junggar basin and location of the study area

头屯河组 (J_1t)、齐古组 (J_3q)、喀拉扎组 (J_3k), 其中八道湾组和西山窑组为含煤岩系。受晚印支和燕山中期构造运动的影响, 侏罗系底部、顶部发育区域不整合, 同时燕山早期运动造成侏罗系内部头屯河组与西山窑组区域不整合接触。准东地区八道湾组、三工河组、西山窑组呈现西南厚北东薄沉积特征, 最厚处位于阜康凹陷, 北三台凸起主体部位被剥蚀殆尽。八道湾组厚度一般在 500~700 m, 在北三台凸起—阜康断裂带东段、沙奇凸起高部位八道湾组遭受剥失; 三工河组厚度在 250~650 m 左右, 剥失范围比八道湾组大; 西山窑组一般厚度 150~500 m, 在沙奇凸起—北三台凸起—阜康断裂带东段一带大面积剥失, 剥失范围比下侏罗统大。受燕山早期构造运动的影响, 准东地区头屯河组、齐古组、喀拉扎组厚度分异性大, 总的特征是南厚北薄, 最厚处位于阜康断裂带前缘, 北部整体缺失喀拉扎组, 沙奇凸起和北三台凸起高部位头屯河组、齐古组遭受严重剥蚀。

准东地区侏罗纪主要受晚印支和燕山两期构造运动的影响, 其中早侏罗世晚印支构造运动造成卡拉麦里山发生向盆地方向的仰冲与抬升, 卡拉麦里山成为准东地区主要物源区^[15-16], 自卡拉麦里山前向盆地方向发育冲积扇—辫状河—三角洲沉积体系, 沉积范围波及到准东大部分地区; 南部博格达山经历了三

叠纪的剥蚀后比较平缓, 为次要物源区, 沉积范围小, 在山前发育小型曲流河和三角洲。早中侏罗世研究区气候温暖湿润, 真蕨类繁盛, 银杏类、松柏类及楔叶类非常发育, 同时受盆地基底振荡型运动影响, 发生多期湖侵事件, 在频繁湖进湖退过程中形成多套煤层, 垂向上分别位于八道湾组下部、中下部、上部; 南部博格达山前八道湾组中下部煤层不发育, 上部发育多套薄煤层。西山窑组煤层主要分布于卡拉麦里水系影响的区域, 准东南部由于构造活动加强, 西山窑组向南博格达山方向和北三台凸起超覆和收敛减薄, 博格达山前和北三台地区西山窑组大部分未聚煤。

中晚侏罗世受燕山早期运动影响, 准噶尔盆地基底向东掀斜, 沉积中心南移, 准东地区北部构造活动减弱, 南部增强, 博格达山、北三台凸起强烈隆升成为重要物源区, 沉积、沉降中心南移, 南部物源沉积范围向北扩展, 古气候趋于干旱, 湖盆急骤萎缩、消亡, 主要以河流相沉积为主, 煤层不发育。

2 煤系沉积环境

陆相盆地聚煤受构造运动、气候条件和沉积物供应等多个因素控制, 不同煤系沉积环境存在很大差异 (表 1), 准东地区侏罗系西山窑组和八道湾组煤岩沉积特征各不相同 (图 2 图 3)。

表 1 准东地区侏罗纪煤系沉积特征

Table 1 Sedimentary features of Jurassic coalmeasures in the east of Junggar basin

| 层位 | 发育位置 | 煤层厚度 | 煤层稳定程度 | 共生的主要岩相 | 聚煤环境 |
|------|--------------|------|--------|-----------|----------------|
| 西山窑组 | 上部 | 薄 | 不稳定 | 泥岩—煤—泥岩 | 湖进型三角洲平原分流间湾沼泽 |
| | 下部 (主力煤层) | 厚 | 稳定 | 泥岩—煤—泥—砂岩 | 湖退型三角洲泛滥平原沼泽 |
| | 上部 | 厚 | 稳定 | 砂砾岩—煤—砂岩 | 湖退型三角洲平原分流间湾沼泽 |
| 八道湾组 | 中下部 | 薄 | 稳定 | 泥岩—煤—砂砾岩 | 湖滨沼泽 |
| | 下部 | 薄 | 不稳定 | 砂砾岩—煤—砂砾岩 | 辫状河道间 |

(1) 西山窑组煤系

准东地区西山窑组煤系主要形成于湖退型三角洲,垂向上以发育三角洲平原分流河道和泛滥平原沼泽为特征,分流河道主要沉积中—细粒砂岩;煤层出现在三角洲平原正旋回上部,在地震剖面上对应于 T₁³ 强反射波组,钻井、测井剖面上可识别 2~3 套煤,

主力煤层厚度一般在 5~10 m。平面上准东地区西山窑组煤层北厚南薄,靠近盆地边缘煤层变薄,煤层沉积中心向阜康凹陷方向迁移。西山窑组主力煤层之上发育薄煤层,一般在 2~5 m,薄煤层横向分布不稳定。

西山窑组主力煤层形成期湖水向西南退缩,自卡拉麦里山前向盆地中心依次发育冲积扇—河流—三角洲—湖泊沉积体系,其中正常湖退期三角洲平原最为发育。随着湖水不断向盆地中心退缩,研究区水体不断变浅,三角洲不断向盆地推进,准东地区向泛盆方向发展,泛滥平原沼泽发育,具有可供煤层发育的潜在空间。因此,西山窑组主力煤层形成于泛滥平原沼泽环境,主要聚煤区域位于盆地边缘向湖盆中心过渡区,卡拉麦里山前仅发育薄煤层或炭质泥岩。

随着湖退期结束,湖平面开始上升,湖退型三角洲向湖泊环境演化,湖退期三角洲泛滥平原沼泽聚集的泥炭被湖侵期泥岩迅速埋藏,同时受间歇性水进的影响,局部地区发育三角洲平原分流间湾沼泽,在西山窑组主力煤层之上发育多套不稳定的薄煤层。

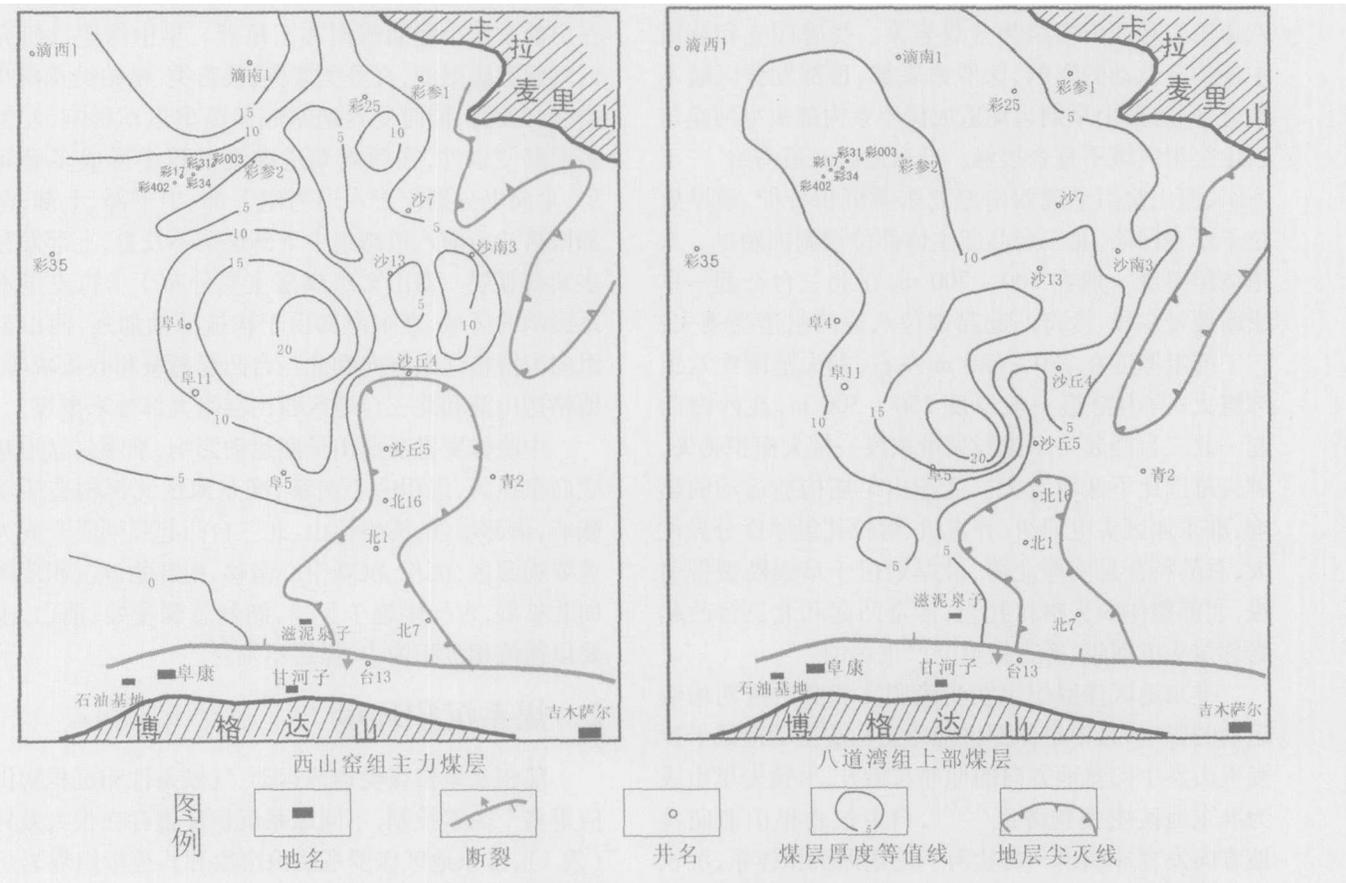


图 2 准东地区侏罗纪主要煤层厚度图

Fig 2 The thickness of Jurassic coals in the east of Junggar basin

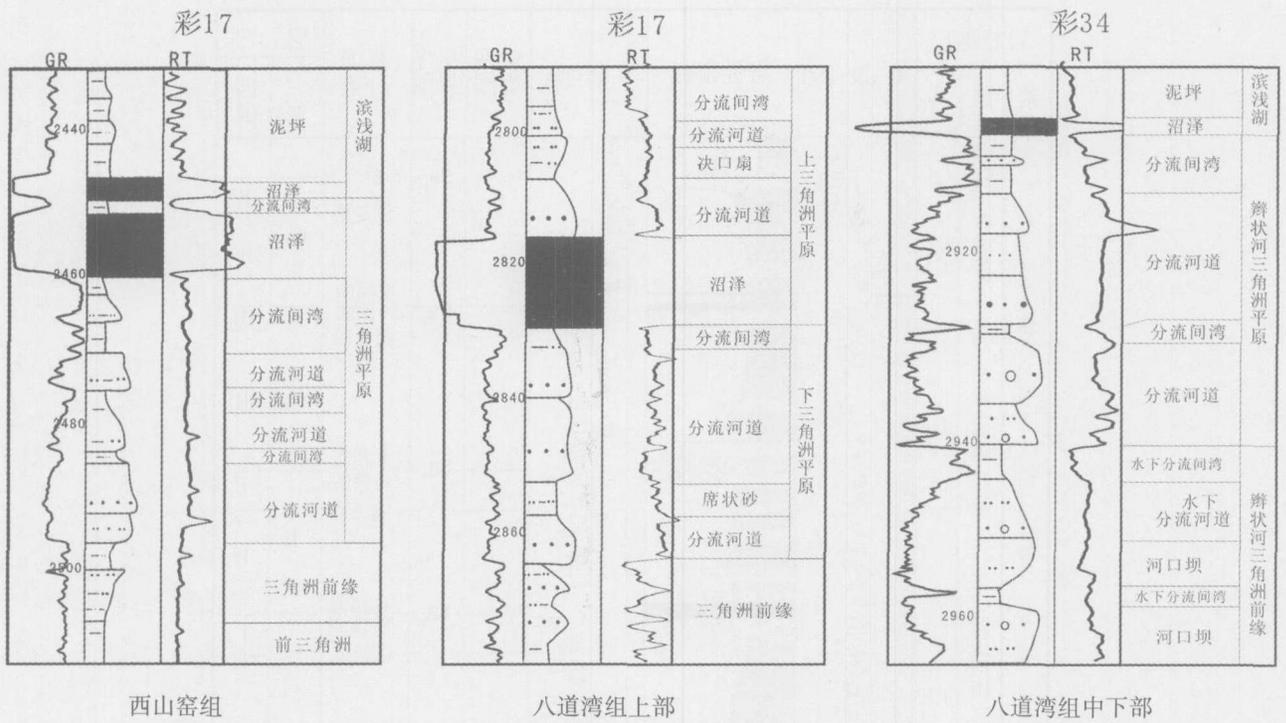


图 3 准东地区侏罗纪主要煤系沉积环境

Fig 3 Sedimentation environments of Jurassic coal measures in the east of Junggar basin

(2) 八道湾组上部煤系

八道湾组上部煤系主要形成于大型湖退三角洲,以发育下三角洲平原分流河道和分流间湾沼泽为特征,垂向上由多个向上变细序列组成,每一个序列底部常为厚层状含砾砂岩。该组合的主体为分流河道沉积,常与决口扇、分流间湾和沼泽沉积共生在一起,上部旋回的上三角洲平原分流河道砂体常直接覆于下部旋回的煤层之上,或侵蚀部分煤层。八道湾组上部煤层较厚,一般大于 10 m,地震剖面上对应于 T_J² 强反射波组,这套煤层向阜康凹陷方向加厚,南部博格达山前仅发育多套厚度不等的薄煤层。

八道湾组上部煤层形成期湖盆萎缩,三角洲向湖盆中心方向不断推进,三角洲前缘朵体由发育到废期的演化过程中,在衰退的三角洲朵体和分流间湾泥炭沼泽发育。由于陆源碎屑供给充分,进积的三角洲平原会慢慢压实下沉形成相对的地下水位上升,增加泥炭堆积空间,特别在废弃的三角洲叶体及其边缘淤浅的分流间湾成为最重要的成煤场所^[17],形成侏罗系厚度最大、分布最稳定的煤层。

(3) 八道湾组中下部煤系

八道湾组中下部煤层是在湖平面上升期的低能滨湖沼泽中形成的,煤层薄,一般 2~3 m,横向分布稳定,钻井、录井一般难以发现,但电测曲线上煤层的

低伽玛、高电阻在泥岩的高伽玛值背景下显得异常突出。

该套煤层形成于八道湾组早期,准东地区在经历了填平补齐沉积之后古地形变得平缓,大面积准平原化,由于湖平面或基准面缓慢上升引起区域性地下水位抬升,低能滨浅湖或湖湾地区湖滨沼泽发育,煤层分布范围广,湖滨沼泽聚煤后直接演化为低能湖泊环境。

3 煤层在高分辨率层序地层中的意义

源于海相地层以基准面旋回为参照格架的高分辨率层序地层分析方法,同样适用于陆相沉积^[18]。煤岩作为一种特殊的岩类,在层序地层研究中有着极其重要的作用,但煤层是否具有等时性存在争议^[9 10 19~22]。随着高分辨率层序地层学发展,煤层受到更多学者关注,准东地区侏罗纪煤层在基准面旋回识别和层序划分中有着非常现实的意义(图 4)。

3.1 基准面和可容空间变化与聚煤作用

大多数煤层代表一种事件沉积,海相聚煤强调海平面变化与聚煤作用的关系,注重强调分布广泛的厚煤层实际上是在基准面或海平面抬升过程中堆积的,煤层底面代表海泛面^[8]。陆相盆地煤层的形成主要受古构造、古气候和古植被等多种因素控制,这些因

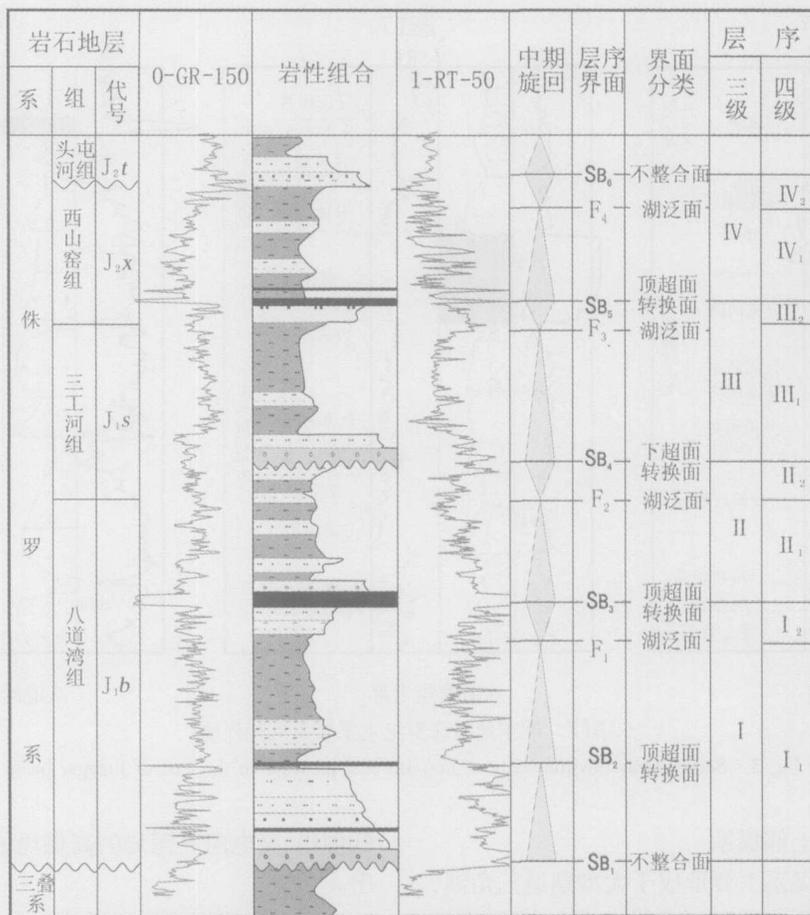


图 4 准东地区侏罗纪煤系沉积序列及基准面旋回划分

Fig 4 Depositional succession and the base-level cycle division of Jurassic coal measure in the east of Junggar basin

素综合作用的结果反映在基准面和可容空间的变化上,大面积厚煤层的发育,需要基准面不断上升提供较大的有效可容空间,构造沉降是产生可容纳空间的主要原因。

准噶尔盆地侏罗纪为一内陆湖盆,碰撞造山造成盆地周边的构造抬升与盆地中心的沉降,盆地基底的构造升降引起湖平面升降,湖平面升降直接影响到沉积体的展布与构成。在盆地基底升降过程中,盆地的几何形态、基底地形发生了变化,盆地发生多次湖进湖退事件^[23]。准噶尔盆地东部侏罗纪正常湖退期湖平面由相对稳定到缓慢下降,湖岸线向湖盆中心推进速度较慢,平原相保存完整,总体上表现为加积到弱进积的沉积特征^[24],有利于泥炭堆积。

三叠纪末的印支运动使准噶尔盆地整体强烈抬升,基准面下降,古地形高差大。侏罗纪早期湖泊范围已大大缩小,物源区大面积扩展,可容纳空间增长率远小于沉积速率,盆地处于过补偿状态,缺乏有利

于泥炭堆积的可容空间,不利于聚煤。

八道湾组早期随着盆地中心构造沉降和盆地周边的构造抬升,在经历了盆地周边的剥蚀夷平与盆地充填之后,基准面上升,有效可容空间向盆地边缘迁移,退积作用增强,可容空间增长速率高于沉积物供应速率,发生区域聚煤作用,但煤层薄。八道湾组中下部煤是在基准面或湖平面上升过程中形成的,煤层底面代表初始湖泛面,表明水体向上变深的事件沉积。基准面上升后期,可容纳空间向盆地边缘增至最大,沉积相带向盆地边缘迁移,物源区大面积收缩,陆源碎屑被堆积在物源区附近^[25],盆地中心覆水过深,且处于欠补偿沉积状态,不利于成煤。

八道湾组中晚期盆地基底发生不均衡沉降,沉降中心位于盆地中央,盆地边缘构造相对抬升,有效可容空间向盆地迁移,湖盆中心向西南迁移,当沉积物供应速率大于可容空间增长速率时产生进积作用。由于盆地基底沉降,盆地方向可容空间大,在进积过

程中不断废弃的三角洲体朵体和分流间湾沉积物遭受强烈压实下沉,造成地下水位和基准面相对上升,当可容空间变化速率与泥炭沉积速率保持一定平衡关系,有利于泥炭的堆积和保存,形成稳定分布的厚煤层^[17]。

西山窑组早期和八道湾组晚期一样,聚煤事件都经历了进积充填、聚煤和退积掩埋阶段,但煤层形成时古构造、古地理背景不同,西山窑组沉积早期盆地基底缓慢沉降,准东地区地势平坦,水动力及沉积物供应速率较八道湾组中晚期弱,受盆地基底差异沉降影响,有效可容空间向盆地中心迁移,湖退型三角洲面积不断扩大,沉积物不断被搬运到盆地中心,在进积充填过程中湖盆逐渐萎缩,当沉积物供应速率小于可容纳空间增大速率,泥炭有足够的堆积空间,而且泥炭被后来的高水位沉积体系迅速埋藏,有利于形成稳定分布的厚煤层。

3.2 煤层在层序划分中的意义

煤层作为一种特殊的生物化学沉积在地层划分、对比中一直受到重视,在传统的岩性地层对比中,在测井、钻井剖面上煤层具有容易识别的岩性特征往往被当作区域标志层。层序地层学发展以来,由于煤层具有强反射波组特征,在地震剖面上具有较好的连续性和可识别性,区域上容易追踪、对比,因此,在建立等时地层格架时往往将区域性煤层视为等时面,作为层序地层对比的标志。

一定意义上基准面抬升过程中形成的煤层底界代表海泛面^[6,7]。张鹏飞认为华北地区石炭、二叠纪煤层与下伏根土岩或古土壤之间为沉积间断面,而煤层本身代表基底暴露后的海侵事件沉积,因此,湖侵期煤层底部可视为等时面^[11]。陆相含煤盆地控制煤岩形成的因素不同,虽然煤层底板不一定是古土壤层^[6],但陆相湖盆同样受基准面周期性升降、湖水的扩张与收缩以及可容空间变化的影响,形成的湖相地层成因上有联系、时空演化上有规律可循^[26],因此,对于陆相盆地可以通过对不整合面、湖泛面、沉积作用转换面等具有时间意义的界面识别建立等时地层格架^[27],而煤层往往作为较好的等时面广泛应用在层序地层研究中^[28]。

准东地区侏罗系西山窑组、八道湾组上部煤层是在盆地基底沉降、可容空间增大的情况下形成的,聚煤事件都经历了进积充填、退积掩埋等过程,这种湖退期成煤模式与海侵成煤不同,在井下煤层底部难以识别出暴露成因的古土壤层,但煤层之上发育稳定分

布的湖侵期泥岩,表明相序发生了突变,无论水深或相序突变都可能代表一种事件沉积或沉积间断,这种沉积间断面可作为层序界面。在地震剖面上西山窑组、八道湾组上部煤层之上常见上超现象,在地震上将上超面作为层序界面。八道湾组中下部煤层处于加积到退积转换面附近,是水体突然变化的产物,具有初始湖泛面性质,在中短期旋回划分中可作为升降旋回转换面。八道湾组下部煤层为非事件沉积产物,分布局限,区域上不具有等时性,在层序地层划分中不具有层序界面性质。

3.3 应用实例

煤层不仅在层序划分中具有重要意义,同时在精细地层对比、岩性油气藏勘探、油藏精细描述中具有重要的应用价值。随着勘探的深入,准东地区侏罗系岩性油气藏已成为主要勘探目标,由于砂层和隔层规模大多很小,如果沿袭传统的层序地层划分、对比,很难取得好的效果,这就需要更高精度的地层对比和划分,以便提高储层、隔层预测的精确性和准确性。

准东地区西山窑组骨架砂体位于西山窑组煤层之下,砂体厚度与煤层相当,在井间地层对比过程中,如果不能准确地确定煤层在基准面旋回和层序中的位置,在地层对比中很容易造成砂体穿时,不利于岩性油气藏的识别。在准东地区彩 31 井区西山窑组油气藏描述初期曾将煤下穿时的砂体连通到一起,人为地将油气藏面积扩大到彩 003 井一线,但实际钻试结果为高部位出水,低部位出油,油藏评价结果与实际试油结果不符。为正确认识彩 31 井西山窑组油藏,在对西山窑组聚煤环境、煤岩地层垂向叠置样式分析的基础上,将区域分布的主力煤层作为等时面(图 5),通过短期基准面旋回划分、对比,发现彩 003 井与彩 31 井区西山窑组主力砂层并不是同一期砂体,通过对油气藏进一步解剖,很容易解释构造低部位为油气层,而油气藏上倾方向彩 003 井试油为油水同层,从而进一步识别出彩 31 井西山窑组油气藏主要受岩性控制。

4 结论

准东地区侏罗纪主要聚煤环境为湖退型三角洲和湖侵期滨湖沼泽,侏罗纪盆地构造差异性沉降引起基准面和可容空间变化对聚煤作用及煤系层序结构起主要控制作用,西山窑组主力煤层、八道湾组上部煤层可作为沉积作用的转换面,是时间地层对比的界面,八道湾组中下部煤层具有初始湖泛面性质,可作

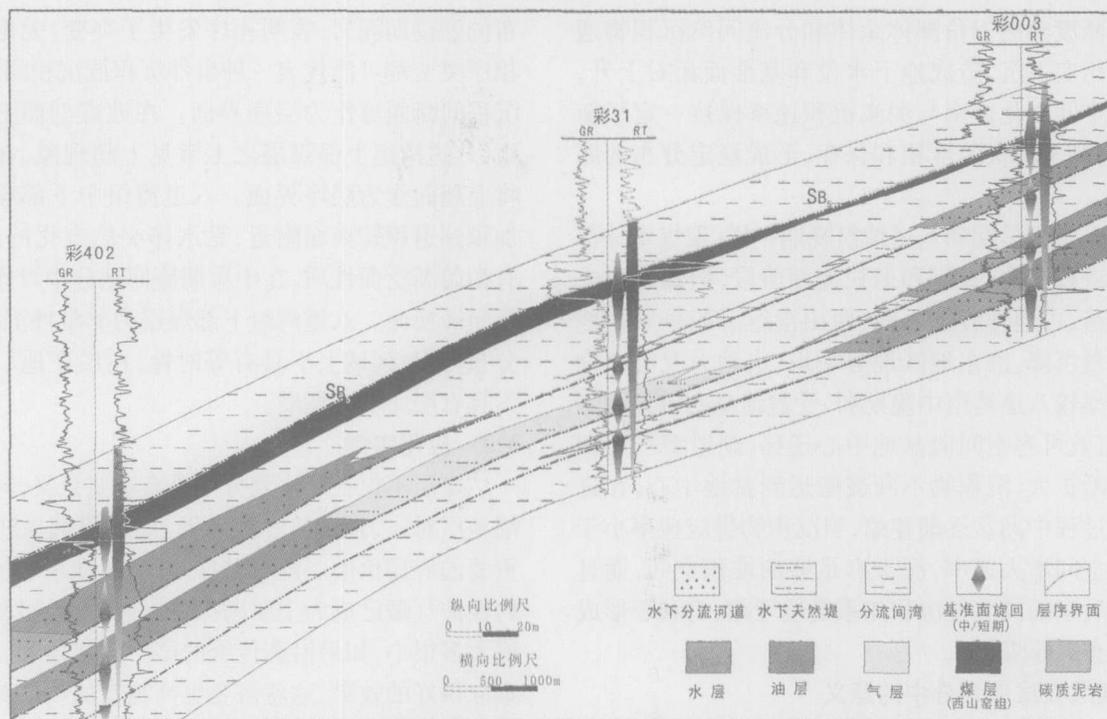


图 5 彩 31 井区侏罗系西山窑组油气藏层序地层精细对比

Fig 5 Accurate correlation of sequence stratigraphy of the Jurassic Xishanyao group reservoir of Well CAI 31 area

为层序界面,应用基准面旋回划分和对比,开展准东地区岩性油气藏识别和精细油藏描述有着非常重要的作用。

陆相拗陷盆地成煤模式与海侵成煤模式不同,陆相盆地构造升降可能造成湖退期成煤或湖进期成煤,正常湖退期可容空间向盆地中心迁移,盆地中心及滨岸带以下部位具有较大的可容空间,有利于泥炭保存;湖进期可容空间向盆地边缘迁移,当可容纳空间增长率略高于沉积物供应速率时,可发生区域聚煤作用。

参考文献 (References)

- 1 张鹏飞. 含煤岩系沉积学研究的几点思考. 沉积学报, 2003, 21(1): 125~128 [Zhang Pengfei. Some considerations on coal measures sedimentology. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(1): 125~128]
- 2 贾高隆, 李永成. 内蒙古鄂尔多斯侏罗纪煤层聚积规律及找煤方向. 中国煤田地质, 1997, 9(1): 22~24 [Jia Gaolong, Li Yongcheng. Accumulation patterns of Jurassic coal seam and trend of finding coal in Ordos, Inner Mongolia. Coal Geology of China, 1997, 9(1): 22~24]
- 3 何志平, 邵龙义, 康永尚, 等. 准噶尔盆地侏罗系八道湾组聚煤作用控制因素分析. 沉积学报, 2004, 22(3): 449~454 [He Zhiping, Shao Longyi, Kang Yongshang, et al. Analysis on controls of the coal

accumulation in the Jurassic Badaowan formation, Junggar basin. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(3): 449~454]

- 4 邵龙义, 张鹏飞, 陈代钊, 等. 滇东黔西晚二叠世早期辫状河三角洲沉积体系及其聚煤特征. 沉积学报, 1994, 12(4): 132~139 [Shao Longyi, Zhang Pengfei, Chen Daizhao, et al. Braid-delta depositional system and its coal accumulating characteristics for the early time of late Permian in the west of Guizhou province and the east of Yunnan province. Acta Sedimentologica Sinica, 1994, 12(4): 132~139]
- 5 桑树勋, 李壮富, 范炳恒, 等. 层序地层格架与煤岩地层对比—层序地层学在山西阳曲煤田普查勘探中的应用. 沉积学报, 2001, 19(4): 556~562 [Sang Shuxun, Li Zhuangfu, Fan Bingheng, et al. Sequence stratigraphic framework and correlation of coal and rock seams—Sequence stratigraphy applied to coal exploration in Yangqu Shanxi. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(4): 556~562]
- 6 李增学, 余继峰, 杜振川. 含煤地层高分辨率层序地层研究的现状与展望. 山东科技大学学报(自然科学版), 2001, 20(4): 8~12 [Li Zengxue, Yu Jifeng, Du Zhenchuan. Status and prospects of the study on the coal-bearing strata with high-resolution sequence stratigraphy. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2001, 20(4): 8~12]
- 7 邵龙义, 陈家良, 李瑞军, 等. 广西合山晚二叠世碳酸盐岩型煤系层序地层分析. 沉积学报, 2003, 21(1): 168~174 [Shao Longyi, Chen Jialiang, Li Ruijun, et al. A sequence stratigraphic interpretation on late Permian carbonate coal measures in the Heshan coal field southern China. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(1): 168~174]

- 8 邵龙义, 冀建伟, 张鹏飞, 等. 含煤岩系沉积学和层序地层学研究现状和展望. 煤田地质与勘探, 1998, 26(1): 4~9 [Shao Longyi, Dou Jianwei, Zhang Pengfei, *et al.* The status and prospects of sedimentology and sequence stratigraphy research on the coal-bearing strata. *Coal Geology & Exploration*, 1998, 26(1): 4~9]
- 9 朱筱敏, 康安, 张琴, 等. 准噶尔盆地东北缘侏罗系含煤岩系层序地层和隐蔽圈闭. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 121~126 [Zhu Xiaomin, Kang An, Zhang Qin, *et al.* Sequence stratigraphy of Jurassic coal-bearing measure and subtle trap in the northeast edge of Junggar basin. *Oil & Gas Geology*, 2002, 23(2): 121~126]
- 10 刘豪, 王英民, 王媛. 浅析准噶尔盆地侏罗系煤层在层序地层中的意义. 沉积学报, 2002, 20(2): 197~202 [Liu Hao, Wang Yingmin, Wang Yuan. Analyses of the significances of Jurassic coal layers in sequence stratigraphy in Junggar basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(2): 197~202]
- 11 陈业全, 王伟锋. 准噶尔盆地构造演化与油气成藏特征. 石油大学学报(自然科学版), 2004, 28(3): 4~8 [Chen Yequan, Wang Weifeng. Structural evolution and pool-forming in Junggar basin. *Journal of the University of Petroleum, China (Natural Science Edition)*, 2004, 28(3): 4~8]
- 12 杨文孝, 况军, 徐长胜. 准噶尔盆地大油气田形成条件和预测. 新疆石油地质, 1995, 16(3): 200~211 [Yang Wenxiao, Kuang Jun, Xu Changsheng. Forming condition and prediction of large oil and gas fields in Junggar basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1995, 16(3): 200~211]
- 13 肖序常, 汤耀庆, 冯益民. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京: 地质出版社, 1992 [Xiao Xu Chang, Tang Yaoqing, Feng Yimin. *Tectonics in Northern Xinjiang and Its Neighboring Areas*. Beijing: Geology Publishing House, 1992]
- 14 张冬玲, 鲍志东, 杨文秀. 准噶尔盆地侏罗系层序地层格架的建立及主控因素分析. 大庆石油学院学报, 2005, 29(2): 10~12 [Zhang Dongling, Bao Zhidong, Yang Wenxiu. Foundation of sequence stratigraphy framework and the analysis of the dominating factors of Jurassic in Junggar basin. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 2005, 29(2): 10~12]
- 15 张琴, 张满郎, 朱筱敏, 等. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗纪物源分析. 新疆石油地质, 1999, 20(6): 501~504 [Zhang Qin, Zhang Manlang, Zhu Xiaomin, *et al.* Analysis of Jurassic sources in east Fūkang slope of Junggar basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1999, 20(6): 501~504]
- 16 鲍志东, 刘凌, 张冬玲, 等. 准噶尔盆地侏罗系沉积体系纲要. 沉积学报, 2005, 23(2): 194~202 [Bao Zhidong, Liu Ling, Zhang Dongling, *et al.* Depositional system frameworks of the Jurassic in Junggar basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23(2): 194~202]
- 17 刘光华. 煤沉积学研究现状与动态. 地学前缘, 1999, 6(增刊): 101~108 [Liu Guanghua. Present situation and development of research on coal-bearing deposits. *Earth Science Frontiers*, 1999, 6(Suppl): 101~108]
- 18 邓宏文, 王洪亮, 李熙喆. 层序地层学基准面的识别、对比技术及应用. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177~183 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xi zhe. Identification and correlation techniques of sequence stratigraphic base-levels and their application. *Oil & Gas Geology*, 1996, 17(3): 177~183]
- 19 吴因业. 吐哈盆地侏罗系含煤沉积层序特征研究. 石油勘探与开发, 1995, 22(5): 34~39 [Wu Yin ye. Study on the sequence stratigraphic characteristics of Jurassic coal-bearing measure of the Turpan-Hami basin. *Petroleum Exploration and Development*, 1995, 22(5): 34~39]
- 20 吴因业. 煤层——一种陆相盆地中的成因层序边界. 石油学报, 1996, 17(4): 28~34 [Wu Yinye. Coal layers——a genetic sequence boundary in continental basins. *Acta Petroli Sinica*, 1996, 17(4): 28~34]
- 21 吴因业. 陆相层序地层学分析的方法与实践. 石油勘探与开发, 1997, 24(5): 7~10 [Wu Yinye. The method and practice of sequence stratigraphic analysis in continental basins. *Petroleum Exploration and Development*, 1997, 24(5): 7~10]
- 22 高山林. 陆相层序地层学若干问题的讨论. 西北地质, 1997, 18(1): 1~7 [Gao Shanlin. Discussion on the sequence stratigraphy in continental basins. *Northwestern Geology*, 1997, 18(1): 1~7]
- 23 王龙樟. 准噶尔盆地中新世代湖水水位升降曲线的建立与剖析. 岩相古地理, 1994, 14(6): 1~13 [Wang Longzhang. Approaches to the curves for the lake-level fluctuations in the Junggar basin during Miocene epoch. *Lithofacies Paleogeography*, 1994, 14(6): 1~13]
- 24 操应长. 断陷湖盆中强制湖退沉积作用及其成因机制. 沉积学报, 2005, 23(1): 84~90 [Cao Yingchang. Sedimentation and its forming mechanism of the forced lacustrine regression in the rift lacustrine basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23(1): 84~90]
- 25 郑荣才, 尹世民, 彭军. 基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析. 沉积学报, 2000, 18(3): 369~375 [Zheng Rongcai, Yin Shiming, Pen Jun. Sedimentary dynamic analysis of sequence structure and stacking pattern of base-level cycle. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18(3): 369~375]
- 26 王洪亮, 邓宏文. 地层基准面原理在湖相储层预测中的应用. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 96~102 [Wang Hongliang, Deng Hongwen. Application of base-level principle in prediction of lacustrine reservoirs. *Oil & Gas Geology*, 1997, 18(2): 96~102]
- 27 李胜利, 于兴河, 张志杰, 等. 珠江口盆地西江30-2油田新近系中新统沉积微相及层序地层分析. 古地理学报, 2004, 6(1): 30~40 [Li Shengli, Yu Xinghe, Zhang Zhijie, *et al.* Sedimentary microfacies and sequence stratigraphy of the Miocene of Neogene in Xijiang 30-2 Oil Field. *Pearl River mouth basin. Journal of Paleogeography*, 2004, 6(1): 30~40]
- 28 魏久传, 李增学, 金秀昆. 淮南煤田二叠系基准面旋回划分与煤聚集规律. 煤田地质与勘探, 1999, 27(5): 4~9 [Wei Jiuchuan, Li Zengxue, Jin Xiukun. The stratigraphic base-level cycle division and coal accumulation regularity of Permian in Huainan coalfield. *Coal Geology & Exploration*, 1999, 27(5): 4~9]

Sedimentary Environments and the Stratigraphic base-level Cycle Division of Jurassic Coal Measures in the East of Junggar Basin

HU Ping¹ XU Heng² LI X in-bing¹ W u Jun-jun¹ A Bu-li-zhi¹

(1 Research Institute of Petroleum Exploration and Development Xinjiang Oil Field Company, PetroChina Karamay Xinjiang 834000;

2 The Second Production Factory Xinjiang Oil Field Company, PetroChina Karamay Xinjiang 834002)

Abstract The eastern Junggar basin located on the northeastern edge of the large down warped lake basin in Jurassic. Mainly three sets of thick coal layers developed in the east of Junggar basin Jurassic strata respectively lying at the bottom of Xishanyao group, the upper part and the lower of the middle part of Badaowan group. The coal layer of Xishanyao group and the upper part of Badaowan group were formed in the stage of lacustrine regression delta and they are thick and stable regionally. The coal layer of the lower of the middle part of Badaowan group was formed shore swamp in the stage of lacustrine transgression and it is thin and stability in region. The coal accumulation environment and stacking pattern are controlled by base-level and accommodation in the eastern Junggar basin. The accommodation is affected by the structural uplift and basement differential subsidence in the eastern Junggar basin in Jurassic. Accommodation move toward the center of the basin in the process of lacustrine regression and there are bulky accommodation below shoreland where peat are preserved advantageously in the upper section of Badaowan group and the bottom of Xishanyao group. The two sets of coal layers may be acted as the transfer surface of sedimentation. The coal layer of the down of the middle part of Badaowan group may be regard as first flood surface of lacustrine and sequence boundary. Based on accurate correlation of the high-resolution sequence stratigraphy, distribution regularity of oil, gas and water of Xishanyao group reservoir can be explained reasonably in the Well CAI 31 area. It has obtained a good effect on the identification of subtle reservoir and precise reservoir description.

Key words coal measures, sedimentary environment, base-level surface, accommodation, the high-resolution sequence stratigraphy