

文章编号 :1000-0550(2001)04-0575-06

准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系层序地层格架的建立

张 琴¹ 朱筱敏¹ 张满郎¹ 况 军² 张年富²

(¹石油大学 北京 102200) (²新疆油田公司 新疆克拉玛依 834000)

摘 要 综合阜东斜坡区侏罗系钻测井及地震资料,将侏罗系划分为六套层序。层序边界识别标志包括不整合面、古生物化石突变面、底砾岩及冲刷面等标志。体系域划分的关键是确定首次湖泛面和最大湖泛面的位置。研究区侏罗系沉积时期存在较为明显的地形坡折带,因此能够确定首次湖泛面的位置,建立起具有地形坡折带的层序地层模型。研究了侏罗系层序形成的主要控制因素,即构造沉降、物质供应速率、气候和基准面升降等。

关键词 侏罗系 层序边界 体系域 层序地层模式 主控因素

第一作者简介 张琴 女 1973 年出生 博士 层序地层学和测井沉积学

中图分类号 P539.2 TE121.3+4 文献标识码 A

层序地层学是一门相对新兴的地层学分支学科,在 20 世纪 70 年代地震地层学的基础上发展起来的。它是根据露头、钻测井和地震资料,结合有关沉积环境和岩相古地理解释,对地层层序格架进行地质综合解释的地层学分支学科。从本质上讲,层序地层学分析提供了被称为层序和体系域地层单元的年代地层格架。这些层序和体系域的几何形态及地层叠置样式是由海(湖)平面相对变化造成的,它们与特定的沉积体系和油气产出具有密切的关系。因此,对特定年代的地层建立层序地层格架,成为层序地层学研究的重要内容。

1 区域地质概况

阜东斜坡区位于准噶尔盆地东北部、昌吉凹陷东端、帐北断褶带中南部与白家海凸起结合部,面积约 5 000 km²(图 1)。侏罗系沉积时期,克拉美丽山前的五彩湾凹陷、白家海凸起与狭义的阜东斜坡组成一个由北向南缓倾的巨大斜坡。由于区内受燕山运动影响较小,由构造作用形成的圈闭不甚发育,因此有必要对阜东斜坡区侏罗系进行层序地层学分析,以寻找隐蔽类型的圈闭。

2 侏罗系层序地层格架的建立

2.1 侏罗系层序划分

阜东斜坡区侏罗系自下而上包括下统的八道湾组和三工河组、中统的西山窑组和头屯河组及上统的齐古组和喀拉扎组。通过地震、钻测井及古生物地层资

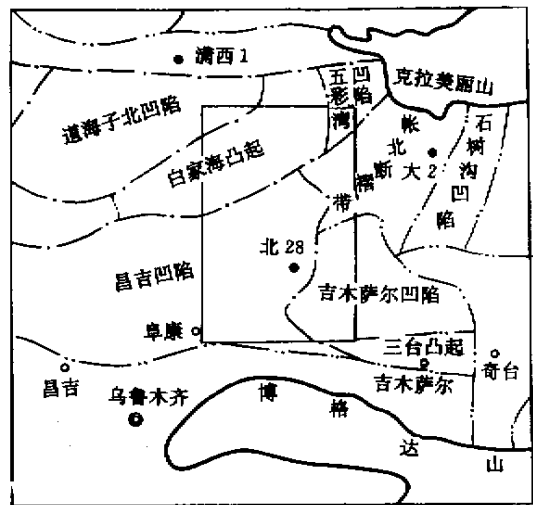


图 1 阜东斜坡区构造位置(方框内)

Fig. 1 The tectonic location of East Fukang Slope(in the square frame) in Junggar basin

料的详细研究,可将本区侏罗系划分为 6 套层序。各层序的边界分别对应于 J¹、J²、J²⁻¹、J³、J⁴、J⁵、K¹等反射波组(表 1 图 2)。另外,根据合成记录,对各地震剖面进行标定并与钻测井的层序地层相结合,实现了研究区内侏罗系在地震、钻测井资料方面层序地层划分的一致性。

2.2 侏罗系层序及体系域界面的识别及特征

2.2.1 层序边界识别特征

确定拗陷型湖盆层序地层样式的关键是如何准确地将相互嵌套的不同级次层序界面划分开来。在阜东

表 1 阜东斜坡区侏罗系层序地层划分方案

Table 1 The sequence stratigraphic division of the Jurassic in East Fukang Slope

地层组	地震波组	地质时代	界面反射终止关系	层序界面	层序	体系域	构造层序
吐谷鲁群 K_1tg	K^{11}	139	上超、整一	区域不整合 (燕山二幕) 局部不整合	VI	AST	JTS_2
喀位孔组 J_3k		J^5	152				
齐古组 J_3q	J^4		173	削蚀、整一 上超、整一	V	HST TST LST	
头屯河组 J_2t		J^3	178	削蚀、整一 上超、下超、整一	IV	HST TST	
西山窑组 J_2x	J^{2-1}			191	顶超、整一 上超、整一	III(含顶部煤层)	HST TST LST
三工河组 J_1s		J^2	205	削蚀、整一 上超、下超、整一	II	HST TST LST	JTS_1
八道湾组上段 J_1b^2	区域不整合 (印支运动)			顶超、整一 上超、整一	【含顶部煤层】	HST TST LST	
八道湾组下段 J_1b^1		J^1	削蚀、整一				
小泉沟群 T_{2-3xq}							



图 2 阜东斜坡区侏罗系层序划分及界面特征(WH9602 测线)

Fig. 2 The sequence stratigraphic division and sequence boundary of the Jurassic in East Fukang Slope

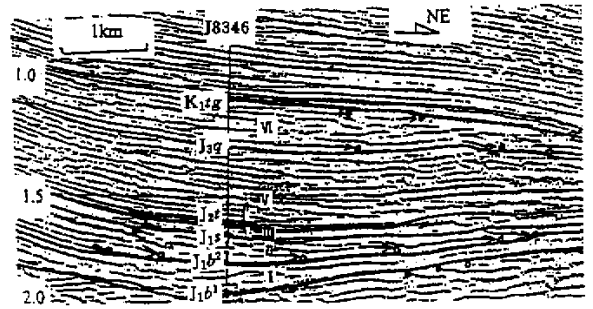


图 3 侏罗系层序划分和层序界面特征(JH8715 测线, 削蚀与上超)

Fig. 3 The sequence stratigraphic division and sequence boundary of the Jurassic(erosion, onlap)

斜坡区侏罗系层序划分中,以钻测井和地震资料 综合考虑构造运动界面、岩性岩相突变以及不整合等标志,来识别不同级次的层序边界。

(1) 不整合接触关系是最可靠的层序边界

因为层序被定义为由不整合及与之可对比的整合面之间的具成因联系的相对统一的沉积地层。研究区内指示层序界面的反射终端类型主要有上超、下超、削蚀、顶超等类型。 J^1 、 J^4 、 K^{11} 代表印支期、燕山 I 幕及燕山 II 幕构造运动面,波及范围广,对下伏地层产生大规模的削蚀。侏罗系内部其它各层序之间也存在局部不整合关系(图 3)。

(2) 层序界面附近,古生物化石的分异度及丰度显著降低

对研究区彩参 2 井侏罗系孢粉化石的分析表明,由于湖平面升降变化和层序边界的形成,层序 II、层序

III 的底界附近孢粉化石分异度及丰度最低,杪椌科、蚌壳蕨科、紫萁科及莲座科孢子显著减少,而在湖侵体系域和高位体系域早期,孢粉化石分异度及丰度明显增大。

(3) 沉积地层岩性突变,发育底砾岩及河道充填沉积,底部发育冲刷面

研究区阜 4 井层序 III 底界发育底砾岩及冲刷面,彩 001 井层序 III 底界亦可见到底部砾岩及侵蚀面,侵蚀面之上为 J_1s 砾岩,其下伏为 J_1b^2 泥岩,在侵蚀面之上扁平泥砾、石英岩砾及炭屑顺侵蚀面排列或叠瓦状排列(图 4)。

(4) 层序界面上测井曲线形状发生突变,层序界面之上发育河道沉积,测井曲线具箱状、钟

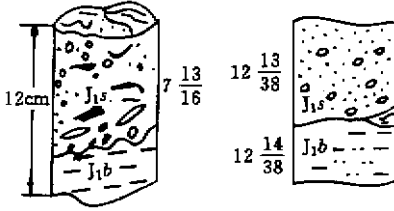


图 4 彩 001 井(左)阜 4 井(右)层序 III 底部冲刷面特征

Fig. 4 The base scouring surface of sequence 3 in well Cai 001(left) and Fu 4(right)

状或复式钟状形态,与下伏地层呈突变接触关系。在北 34 井中,层序 V 底界为这种突变关系,头屯河组河道砂砾岩直接覆盖在三工河组之上,缺失西山窑组,三工河组遭受侵蚀,部分地层缺失。

(5) 层序界面附近沉积相发生突变或跳相

层序界面附近还可看到沉积相的不连续或突变。在彩 18 井剖面上,西山窑组下部煤层(三角洲平原沼泽沉积,属层序 III 的高位体系域)之上发生了新的湖侵,发育滨浅湖泥岩(图 5)。

2.2.2 体系域边界识别及特征

准噶尔盆地侏罗纪时期为陆内拗陷盆地 由干

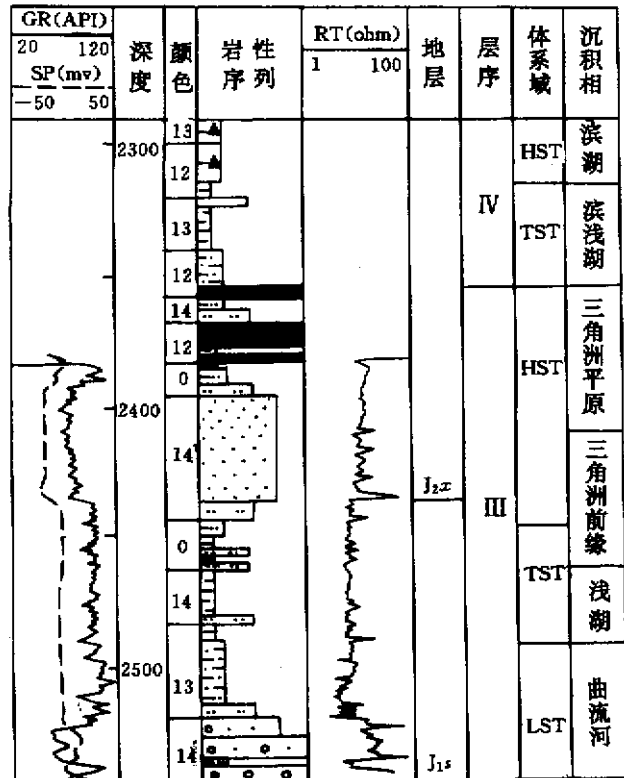


图 5 侏罗系层序 III、IV 之间界面特征

Fig. 5 The sequence boundary between sequence 3 and 4 of Jurassic

拗陷型湖盆地形坡度平缓,不象海相盆地那样明显发育陆棚坡折带,从而难以象海相盆地那样确定低位、湖侵和高位体系域。研究区侏罗系沉积时期,自白家海凸起向昌吉凹陷方向地形较陡,而在彩南至克拉美丽山一带较缓,从而在白家海凸起处形成地形坡折带,因此能够确定首次湖泛面的位置,进而确定出低位、湖侵和高位三种体系域类型。

(1) 河道充填之上的平稳同相轴可指示首次湖泛面

低位体系域形成时,古地形分割分异明显,往往发育孤立的、连续性差的小规模湖泊或低凹地,并大量发育切蚀谷及河流冲积充填, JH8715 剖面中层序 I 的低位体系域为切蚀谷沉积,地震反射表现为局部的上超充填特征,其上面延伸较远、振幅较强的平稳同相轴可看成是首次湖泛面(图 3)。

(2) 煤层或炭质泥岩有时指示首次湖泛面

煤层或炭质泥岩反映了与首次湖泛相关的潜水面的升高,但随着湖平面的迅速上升,泥炭的形成条件将不复存在。如彩 31 井层序 I 的低位体系域为粗中砾岩、砂砾岩及中细砾岩,具三个正韵律,测井曲线呈箱状,为辫状河沉积,其上的湖侵体系域下部为三角洲平原沉积(含两个煤层)及前缘沉积,煤层可作为首次湖泛的标志。

(3) 准层序叠置样式的变化处可作为体系域界面

本区的低位体系域多为河流冲积充填,具有典型的二元结构,表现为垂向加积及退积序列,而湖侵体系域以较深水的湖泊或三角洲沉积为主,其下部通常为向上泥岩厚度加大,砂泥比降低的退积式准层序组,其上部一般为湖相泥岩为主的加积式准层序组,最大湖侵面(HST/TST 分界面)常表现为退积式或加积式准层序组开始向进积式准层序组转变的位置,或由正韵律或微弱正韵律的湖相或前三角洲泥岩、粉砂质泥岩,向上转变为具反韵律的三角洲前缘沉积,向泥质粉砂岩、粉砂岩、细中砂岩演变的转折位置。

(4) 煤层及炭质泥岩有时作为最大湖泛面的标志

在最大湖侵期,气候潮湿,可容空间不断增大,陆源碎屑供给终止,有利于植物的发育及泥炭堆积,煤层形成于潜水面之下,泥炭沉积之上。与首次湖泛面附近煤层及炭质泥岩相比,其厚度更大,连续性更好。如彩 31 井层序 IV 的湖侵体系域为滨浅湖灰色泥岩,高位体系域为滨湖沼泽炭质泥岩及粉砂岩、粉砂质泥岩,炭质泥岩作为最大湖侵的标志(图 5)。

(5) 沉积岩的颜色反映沉积时的古水深变化,有

时可作为体系域划分的依据

沉积地层的颜色、砂泥比、沉积韵律及沉积相变化等均可作为体系域划分的依据。如彩31井层序V的湖侵体系域为浅湖相灰色泥岩,高位体系域为滨湖相灰褐色泥岩夹粉砂岩,阜4井的湖侵体系域为灰色、灰褐色湖相泥岩夹粉细砂岩,其高位体系域为红色、紫红色滨湖及湖泛平原泥岩。

2.3 侏罗系层序地层模式

根据研究区古地形变化特征,结合各层序地层接触关系、主力煤层的展布特征以及首次与最大湖泛面的位置对阜东斜坡区侏罗系进行层序地层分析。在侏罗系层序地层划分中,对体系域命名采用了三分方案,即确定出低位、湖侵、高位体系域。这是因为研究区侏罗系沉积时期存在较为明显的地形坡折带,即自白家海凸起向昌吉凹陷方向地形较陡,而在彩南至克拉美丽山一带较缓,从而在白家海凸起处形成地形坡折带,因此能够确定首次湖泛面的位置,建立具有地形坡折带的层序地层模型(图6)。该模型表明,阜东斜坡区侏罗系层序地层构型明显受湖平面相对升降变化的影响,湖盆陡岸上超点随湖平面升降变化而发生规律性迁移。

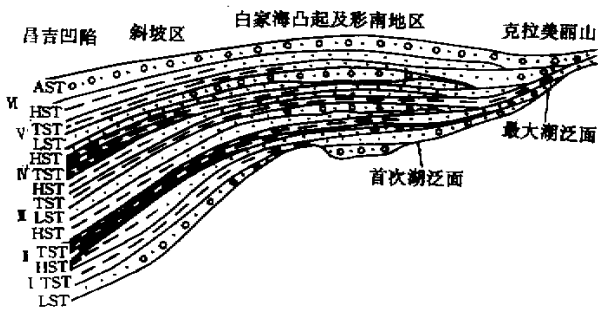


图6 阜东斜坡区侏罗系层序地层模式图

Fig. 6 The sequence stratigraphic model of the Jurassic in East Fukang Slope

阜东斜坡区侏罗系层序I底界面为印支运动构造剥蚀面,其上覆的低位体系域(LST)主要发育冲积扇及辫状河、辫状河三角洲沉积;湖侵体系域(TST)多由退积式准层序组组成,发育湖泊相及三角洲沉积;高位体系域(HST)多由进积式准层序组组成,河流三角洲向湖盆推进,在高位体系域的顶部造成大面积沼泽化,形成一套较厚的煤层沉积。然后在煤层(J^2)之上发生一系列的滨岸上超,反映湖平面上升,形成了层序II的湖侵体系域(TST),由退积式及加积式准层序组组成;高位体系域(HST)由进积式准层序组组成,表现为湖域的缩小及三角洲沉积向湖盆的推进。

层序III、IV与层序I、II类似,主要差别在于层序III的河流为曲流河,沉积物源向北大规模退却,层序III的湖侵范围远远超出现今的盆地边界,湖侵体系域主要为浅湖、半深湖及三角洲前缘沉积;高位体系域(HST)反映大规模的水退,研究区大部分被三角洲平原泥炭沼泽所占据,与层序I高位体系域(HST)相比较,层序III高位体系域煤层的厚度更大,分布更稳定,反映该时期的地形更平坦,河流作用减弱。

在层序III顶部 J^3 对应的煤层之上发生了新的水进水退旋回,即层序IV。该层序沉积时地形平坦,河流作用小,物源供给减弱,在研究区一般为浅湖、滨湖环境,其高位体系域(HST)表现为浅湖范围收缩,水体变浅形成一些滨湖沼泽,沉积一套互层的炭质泥岩及粉砂岩、泥质粉砂岩。

层序IV沉积末期(J_2x 末)燕山运动I幕波及了准噶尔盆地的广大地区,白家海凸起—彩南地区、三台凸起及帐北断褶带均出现较大规模的隆升,造成西山窑组(层序IV)的全部剥蚀或部分剥蚀,形成一些切蚀地形,在一些高地地区,层序V低位体系域未接受沉积。层序V沉积期,主要物源来自盆地南部及东南部,三角洲沉积主要形成于三台及北三台地区,湖侵体系域主要表现为浅湖及滨浅湖区范围扩张,三角洲向南后退;高位体系域沉积期,南部的曲流河及三角洲向北推进至北三台及斜坡区,滨浅湖萎缩,北部的克拉美丽山前至彩南地区主要为泛滥平原沉积。

层序VI沉积期(J_2t 末)古天山隆起更为强烈,白家海凸起至克拉美丽山出现整体隆升,帐北断褶带隆起并趋于定型,导致湖盆的急剧萎缩与消亡,除斜坡区中西部发育局限的小型湖泊外,广大地区为曲流河及泛滥平原所占据,地层北薄南厚,沉降沉积中心位于三台至北三台一带,曲流河主要来自南部及东南部,台22、北27、北34等钻井中可见较厚的砂砾岩河道充填沉积。

2.4 侏罗系层序地层主控因素分析

在陆相湖盆中,形成沉积层序的主要控制因素有构造沉降、物质供应速率、气候和基准面升降等。阜东斜坡区侏罗系层序地层学研究表明,这些因素仍然起主导作用。

2.4.1 构造运动及构造沉降

构造运动是产生不整合边界的主要因素。三叠纪末期的印支运动、西山窑组沉积末期的燕山一幕及侏罗纪末期的燕山二幕是造成研究区侏罗系顶底及内部区域不整合边界的直接因素,也是层序边界最明显的识别标志。而低幅的振荡事件形成了几个局部不整合并促进了煤系地层的形成。另外,构造沉降是产生可

容纳空间的主要原因。准噶尔盆地在早中侏罗世为扩张及低幅振荡期统一的陆内拗陷盆地。盆地北部以抬升为主,阜东斜坡区及腹部稳定沉降,湖盆扩张并远远超出现今的盆地边界。中晚侏罗世后盆地为扩张期及分隔分异期陆内拗陷盆地。西山窑组沉积期末,由于燕山 I 幕构造运动的影响,盆地南缘及东部大幅度抬升,产生湖盆的北东向分隔局面。沉积中心南移,加之气候干旱炎热,导致湖盆的急剧萎缩并消亡。由于燕山运动的影响,盆地南部及研究区东南部、东部的三台凸起及帐北断褶带开始隆起,古地理面貌发生较大的变化,上侏罗统以发育滨浅湖及河流沉积为主。侏罗纪末的燕山 II 幕构造运动对盆地影响较大,形成了横亘盆地的低隆起带。

2.4.2 沉积物供给速率

沉积物供给速率是可容空间增减的一个重要函数。沉积物供给越多,供给速率越快,可容空间越减少。因此,沉积物供给速率和沉降速率的变化可以影响准层序组和体系域叠置样式的变化。在其它条件不变的情况下,若沉积速率大于盆地沉降速率,则易形成前积式地层叠置样式,如研究区侏罗系各层序的高位体系域晚期及低位体系域早期;反之则形成退积式地层叠置样式,如各层序的湖侵体系域。另外,若认为在一定时间内,盆地边缘处的构造沉降是相似的,则沉积物供给的变化也会影响体系域的叠置样式。如假定相对湖平面变化曲线是恒定不变的,当沉积物供给速率较慢时,湖侵体系域沉积占主导地位;当沉积物供给速率处于中等时,湖侵和高位体系域近于同期发育;当沉积物供给速率较高时,高位体系域占主导地位。无论沉积物供给速率快慢,低位侵蚀作用都是同时发生的。阜东斜坡区中下侏罗统沉积时期,物源主要来自北部克拉美丽山地区,南部物源影响范围较小。上侏罗统沉积时期,研究区南北两个物源都已变的非常重要。上述物质供给速率的影响对研究区侏罗系层序地层的形成同样具有明显的控制作用。

2.4.3 气候

气候变化是控制该区层序地层形成演化的重要因素,它控制湖平面升降,并直接控制了沉积环境及沉积岩石类型。根据对阜东斜坡区彩参 2 井的孢粉化石分析可知,气候湿润,湖平面上升,孢粉化石分异度和丰度增加;反之,气候干旱,湖平面下降,孢粉化石的分异度和丰度降低。整体而言,湖侵体系域(TST)晚期及高位体系域(HST)早期气候温暖潮湿,孢粉化石的分异度及丰度显著增加,高位体系域晚期及低位体系域气候趋于变热变干,生物分异度及丰度较小。而层序界面反映较大的环境变化,发生明显的变热变干事件,生

物分异度及丰度较小。此外,晚侏罗世(齐古组-喀拉扎组沉积期),气候干旱炎热,系促使湖盆急剧收缩、消亡的关键因素。

2.4.4 基准面变化

基准面变化是导致可容纳空间增减及相对湖平面升降的主要因素之一。基准面处于不运动变化之中,它相对于地表的波状升降,伴随着沉积物可容空间的变化而发生变化。当基准面位于地表之上时,就提供了可供沉积物沉积的空间,发生沉积作用,任何侵蚀作用亦是暂时的或局部的。当基准面位于地表之下时,可容空间消失,发生侵蚀作用,沉积物发生过路作用。长期的河流或灾变性洪水注入,基准面上升,可容纳空间可能增加,例如在三工河中晚期,沉积物供应受限,气候潮湿,基准面上升,水体加深,湖平面上升到最高点,发育湖泊沉积。在气候干旱的条件下,汇水面积减小,水体变浅,基准面下降,有可能引起湖平面迅速下降,从而大部分湖区遭受剥蚀,形成不整合,随后发生低位体系域,如层序 II 高位体系域、层序 V 高位体系域形成时气候干燥,水体逐渐变浅。

3 结论

(1) 综合阜东斜坡区侏罗系钻测井及地震资料,可以将侏罗系划分为六套层序,层序边界分别对应于 J¹¹、J²、J²⁻¹、J³、J⁴、J⁵、K¹¹等反射波组。根据合成记录,对地震剖面进行标定并与钻测井的层序地层相结合,实现了研究区内侏罗系在地震、钻测井资料方面层序地层划分的一致性。

(2) 在阜东斜坡区侏罗系层序划分中,层序及体系域边界具有明显的识别标志。层序边界识别标志包括不整合面、古生物化石突变面、底砾岩及冲刷面等标志。体系域划分的关键是确定首次湖泛面和最大湖泛面的位置。阜东斜坡区侏罗系沉积时期存在较为明显的地形坡折带,因此能够确定首次湖泛面的位置,建立起具有地形坡折带的层序地层模式。

(3) 侏罗系层序形成的主要控制因素有构造运动和构造沉降、物质供应速率、气候和基准面升降等。构造运动是形成不整合边界的直接因素,也是层序边界最明显的识别标志。构造沉降从根本上控制了可容空间的产生和消亡。沉积物供应速率和沉降速率的变化可以影响准层序组和体系域叠置样式的变化。另外,基准面变化是导致可容纳空间增减及相对湖平面升降的主要因素之一。

参 考 文 献

- 2 顾家裕. 陆相层序地层学格架概念及模式 [J]. 石油勘探与开发, 1995 (4) 3. J. B. Sangree 等. 张宏逵译. 应用层序地层学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 4 蒲仁海, 梅志超, 唐忠华. 准噶尔盆地东部侏罗系陆相层序地层初探 [J]. 新疆石油地质, 1994, 1(4) 335 ~ 341
- 5 王龙樟. 准噶尔盆地中生代陆相层序地层学探讨及其应用 [J]. 新疆石油地质, 1995, 1(4) 324 ~ 330

Sequence Stratigraphic Frame of Jurassic in East Fukang Slope, Junggar Basin

ZHANG Qin¹ ZHU Xiao-min¹ ZHANG Man-lang¹

KUANG Jun² ZHANG Nian-fu²

(¹ University of Petroleum, Beijing 102200) (² Xinjiang Oilfield Company, Karamayi Xinjiang 834000)

Abstract

This paper is concerned about the study of sequence stratigraphy of Jurassic in East Fukang Slope, Junggar Basin. East Fukang Slope is located in Northeast Junggar basin, a dipping southwest sloping zone. The area is about 5 000 km². Because Jurassic was rarely deformed by the tectonic movement, there are few structural traps with obvious structural closure in this area. Therefore, it is necessary to seek lithological or stratigraphic traps guided by sequence stratigraphic theory. Jurassic in East Fukang Slope consists of Lower Jurassic, including Badaowan Formation (J₁b) and Sangonghe Formation (J₁s), Middle Jurassic, Xishanyao Formation (J₂x) and Toutunhe Formation (J₂t), and Upper Jurassic, Qigu Formation (J₃q) and Kalazha Formation (J₃k).

Combining with core data, well logging data, seismic data and analysis data in lab, Jurassic could be divided into six sequences, that is: Sequence I (SI (J₁b¹)), SII (J₁b²), SIII (J₁s—J₂x¹), SIV (J₂x²), SV (J₂t) and SVI (J₃q—J₃k) from bottom to top. Moreover, according to synthetic seismic data, the divisions of core and well logging sequence are identical with seismic sequence. The distinguished marks of sequence boundary include: surface of unconformity, the mutation surfaces of fossil, lithology, well logging curve and sedimentary facies, basal conglomerate and surface of scour, coal formation, etc. The definition of the first flooding surface (FFS) and the maximum surface (MFS) is the significant step for the division of systems tract. In the period of Jurassic, due to the steep slope from Baijiahai uplift to Changji sag and the gentle slope from Cainan region to Kelameili Mountain, a slope break formed in the southeast of Baijiahai uplift. Therefore, the FFS can be determined, resulting in the definition of lowstand systems tract (LST), transgressive systems tract (TST) and highstand system tract (HST). In the study area, identified marks of systems tract boundary include the followings: the first steady and continuous seismic axis across the slope break can indicate the FFS; coal formation or danby? can indicate FFS or MFS; the change of lapping style of subsequences and the change of the colour of sedimentary rocks are available as well. LST is mainly composed of prograding subsequence, TST of aggradating and retrograding subsequences, and HST of aggradating and prograding subsequences. Combining with the paleo-topography feature, the distribution of significant coal formation and the position of FFS and MFS, the sequence stratigraphic model or frame has been established in East Fukang Slope. This model shows that the sequence stratigraphic style of Jurassic apparently was influenced by cycle of relative change of lake level, resulting in the onlaps on the steep side of lake basin regularly moving. The principal factors of sequence stratigraphic style of Jurassic include tectonic subsidence, the supplying rate of sediment, climate and the change of base level. Tectonization was the direct one by which the unconformity boundary, the most apparent identified mark, was formed. Tectonic subsidence controlled the generation and consumption of accommodation. The changes of sediment supplying rate and subsidence rate could influence the lapping styles of subsequence sets and systems tract. In addition, the change of base level was one of the most significant factors which resulted in the change of accommodation and relative lake level.

Key words Jurassic, sequence boundary, systems tract, sequence stratigraphic model, control factor