

文章编号: 1009-3850(2000)04-0060-11

准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系沉积特征

张满郎, 朱筱敏, 张 琴

(石油大学, 北京 昌平 102200)

摘要: 通过对准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系的沉积背景、沉积岩成分、结构、构造及岩性序列等综合研究表明, 该区侏罗系具有较好的旋回性, 可划分为 6 个沉积层序和两个构造层序, 侏罗系沉积物具有较低的成分成熟度和中等结构成熟度, 粒度概率图及沉积构造均显示其具有牵引流沉积特征及三角洲沉积序列。在研究区侏罗系发育南、北两大物源区及方向的水系, 据此可识别出辫状河、辫状河三角洲、曲流河、正常三角洲、滑塌浊积扇和湖泊等多种沉积体系类型。

关键词: 沉积旋回及层序; 岩石成分; 结构构造; 沉积体系

中图分类号: P534.52

文献标识码: A

The Jurassic sediments on East Fukang slope of the Junggar Basin, Xinjiang

ZHANG Man-lang, ZHU Xiao-min, ZHANG Qin

China University of Petroleum, Beijing 102200, China

Abstract: The integration of the data on depositional background, compositions, structures and textures, and lithological sequences has revealed that the Jurassic sediments on East Fukang slope of the Junggar Basin, Xinjiang are cyclically well defined, and may be divided into six depositional sequences and two structural sequences. These sediments have low compositional maturity and moderate textural maturity, and display the depositional sequences of traction flow deposits and deltaic deposits viewed from grain-size probability curves and sedimentary structures. The sources of detritus lay to the north and south, as well as other orientations. The depositional systems consist of braided stream, braided delta, meandering stream, normal delta, fluxoturbidite fan and lake systems.

收稿日期: 2000-01-12

作者简介: 张满郎(1963—), 男, 石油大学(北京) 副研究员, 从事沉积学与石油地质学教学科研。

Key words: depositional cycle and sequence; composition; texture and structure; depositional system

阜东斜坡区位于准尔盆地昌吉凹陷的东端, 帐北断褶带中南部与白家海凸起的结合部, 其南邻三台凸起及博格达山前断褶带, 北为陆南凸起和五彩湾凹陷(图 1)。其中, 昌吉凹陷为继承性凹陷, 在早二叠世时为准噶尔南缘前陆盆地的山前凹陷, 侏罗纪仍持续下沉。五彩湾凹陷于早叠世时为克拉美丽前陆盆地山前凹陷的一部分, 至侏罗纪时已填平补齐, 为斜坡区近物源部分。在侏罗纪, 准噶尔盆地处于振荡型陆内拗陷盆地演化阶段^[1], 盆地整体呈北高南低的箕状结构。昌吉凹陷为主要沉降中心, 阜东斜坡呈向南西倾的稳定斜坡并接受相对较深水沉积, 白家海凸起、帐北断褶带以及三台凸起均已上隆, 构成地势较高、水体较浅的沉积区。

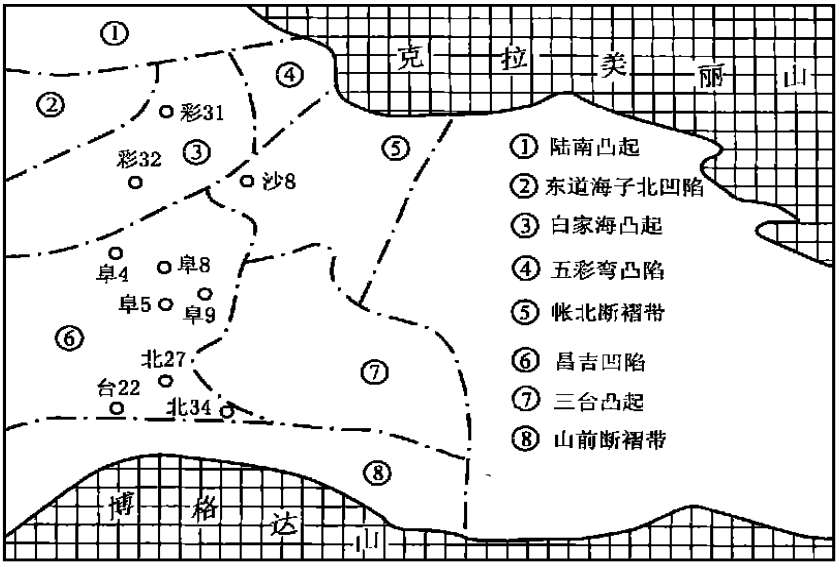


图 1 研究区位置图

Fig. 1 Location map of the study area

研究区北部的侏罗系自下而上可划分为八道湾组(J_1b)、三工河组(J_1s)、西山窑组(J_2x)和石树沟群(J_{2-3sh})。但在研究区中南部的石树沟群又可细分为头屯河组(J_2t)、齐古组(J_3q)和喀拉扎组(J_3k)。侏罗系地层厚度为 800 ~ 1500m, 地层展布总体表现为北薄南厚, 东薄西厚, 多沉积和沉降中心的特点。中北部地层厚度变化梯度小, 呈斜坡特征, 中南部地层厚度变化梯度大, 具有多个沉积和沉降中心。阜 4 阜 8 井区和台 22 井以西地区始终处于沉降中心位置。

1 沉积层序和沉积旋回

根据地震、测井、岩心及生物地层资料综合分析, 阜东斜坡区侏罗系可划分为 6 个沉积

层序及两个构造层序(表 1)。6 个沉积层序分别为层序 I (J_1b^1), II(J_2b^2), III($J_{1s}-J_3x^1$), IV (J_2x^2), V(J_2t), VI(J_3q-J_3k)。层序界面对应的地震反射波组分别为 $J_t^1, J_t^2, J_t^{2-1}, J_t^3, J_t^4, J_t^5$ 和 K_t^1 。其中 J_t^2 和 J_t^3 , 分别代表八道湾组下段顶部煤层及西山窑组下部煤层的地震反射波组, 油田称之为“钢铁反射”, 分布稳定且易于追踪对比。这两个煤层反射具有上超/顶超特征, 在煤层之上发生有新的上超, 表明其上发生过新的水进水退旋回。大范围内分布稳定的厚煤层有较好的等时性, 作为层序界面是可行的^[3,4]。其它反射波组具有上超/削蚀特征, 反映其具不整合性质。

表 1 研究区侏罗纪层序地层特征
Table 1 Sequence stratigraphy of the Jurassic strata in the study area

地层组	层序界面	构造层序	层序	体系域	沉积环境	主 要 岩 性	粒度	颜色	气候		
吐谷鲁群 (K_1tg)	区域不整合 (燕山Ⅱ幕)	JST2	Ⅵ	AST	曲流河	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	红、杂	干热		
喀拉扎组 (J_3k)											
齐古组 (J_3q)			Ⅴ	HST	滨湖及曲流河	中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗	棕黄	半干		
头屯河组 (J_2t)				TST	滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细	灰黄			
				IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄			
西山窑组 (J_2x)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
				TST	滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑			
	煤 层		HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑				
Ⅲ(含顶部煤层)			TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰				
			IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干			
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰	温湿		
八道湾组上段(J_1b^2)	TST			正常三角洲前缘及滨浅湖	粉细砂岩及泥岩	细	深灰				
	煤 层		HST	辫状河三角洲平原及沼泽	含砾砂岩、粉细砂岩、煤层	粗	灰、黑	温湿			
			TST	辫状河三角洲前缘及浅湖	泥岩、粉细砂岩	细	深灰				
IST			辫状河及辫状河三角洲平原	砾岩、砂砾岩夹泥岩	粗	灰					
八道湾组下段(J_1b^1)			区域不整合 (印支运动)	JST2	Ⅴ	HST	滨湖及曲流河			中细/粉细砂岩、砂质泥岩	粗
头屯河组 (J_2t)	TST					滨浅湖	泥岩与粉砂岩互层	细		灰黄	
	IST	曲流河及正常三角洲	中细砂岩、含砾砂岩	粗	灰黄						
小泉沟群 ($T_{2,3,xq}$)	区域不整合 (燕山Ⅰ幕)	JST1	Ⅳ	HST	湖沼	粉细砂岩、碳质泥岩	略粗	灰黑	湿热		
西山窑组 (J_2x)	TST			滨浅湖	粉砂岩与泥岩互层	细	灰黑				
	煤 层	HST	正常三角洲前缘、平原及沼泽	中细砂岩、泥岩、煤层	粗	灰黑	湿热				
Ⅲ(含顶部煤层)		TST	浅湖、半深湖及正常三角洲前缘	泥岩、粉砂质泥岩	细	深灰					
	IST	曲流河及正常三角洲	砾岩、中细砂岩夹泥岩	粗	灰、黄	半干					
三工河组 (J_1s)	局部不整合	JST1	Ⅱ	HST	正常三角洲平原	含砾砂岩、砂质泥岩	粗	灰</			

从沉积岩的岩性特征及其所反映的沉积环境可以看出, 阜东斜坡区侏罗系可划分为 6 个沉积旋回和两个构造层序(表 1)。6 个沉积旋回与表 1 中的沉积层序对应, 其中以层序

I、III、V的旋回性最为完整,发育3个完整的LST、TST、HST体系域。层序II、IV的低位体系域不甚发育,但反映出八道湾组和西山窑组主煤层之上曾经发生过新的水进退旋回。层序VI发育冲积体系域(AST),代表湖盆消亡时的沉积特征。构造-沉积旋回以印支运动和燕山运动形成的区域性不整合来界定。早期构造-沉积旋回($J_{1b}-J_{2x}$)时,北部抬升并提供主要物源,在较为湿润的气候条件下,湖平面不断上升直至最高点后开始下降,沉积物可容空间由小变大再变小,自下而上形成了河流、三角洲、滨浅湖以及沼泽,水体深度由浅变深再变浅的完整沉积旋回。晚期构造-沉积旋回($J_{1t}-J_{3k}$)时,北部物源供给明显减小,南部急剧抬升并持续提供物源,加之古气候渐趋干旱,导致湖平面降低,湖域萎缩并消亡,自下而上主要形成有滨浅湖和河流沉积,水体由深变浅,表现出正韵律旋回特征。

2 侏罗系沉积特征

2.1 成分成熟度和结构成熟度

阜东斜坡区的侏罗系沉积物除了发育灰色/棕褐色泥岩、碳质泥岩和煤层之外,还大量发育有中厚层中细砂岩、砾质砂岩、不等粒砂岩等较粗粒的沉积物。这些较粗粒沉积物具备较低的成分成熟度,稳定矿物石英含量一般低于35%,而不稳定长石和岩屑含量高达60%~80%。杂基含量变化较大,在1%~12%之间。砂砾岩中富含种类繁多的沉积岩、变质岩和火山岩的岩屑,特别是喷出岩岩屑含量高、种类多,发育霏细岩、流纹岩、安山岩、英安岩及凝灰岩等多种喷出岩岩屑,反映母岩类型复杂、沉积区临近物源区的特点。由于侏罗系沉积时期物源供给不同,在不同层系和同一层系不同地区的岩矿特征存在差异,在平面上,随着离物源区距离的变化,沉积物的成分和结构成熟度也发生相应的变化。在研究区北部和南部,稳定矿物石英含量低于中部地区,同层位不稳定岩屑含量中部地区相对较低,反映沉积物搬运距离与成分成熟度有关。阜东斜坡区北部沉积物中杂基含量约5%,以高岭石和绿泥石为主,重矿物以锆石、白钛石、石榴子石为特征,颗粒分选中等,棱角-次棱角状,为颗粒支撑结构;中部沉积物中杂基含量为1%~5%,以高岭石为主,重矿物与北部类似,颗粒分选中等,次棱角-次圆状;南部沉积物杂基含量为2%~12%,以绿泥石、水云母及高岭石为特征,沉积物分选中等,次棱角-次圆状,重矿物以锆石、白钛石、钛铁矿、重晶石和石榴子石组合为特征。从分布层位上说,早期沉积旋回($J_{1b}-J_{2x}$)具有略高于晚期沉积旋回($J_{2t}-J_{3k}$)的成分成熟度,但结构成熟度偏低。

2.2 物源和水系

八道湾组至西山窑组沉积期,以北部物源为主,岩屑含量以五彩湾最高,向研究区中南部逐渐降低。砂岩结构成熟度及砂岩物性由彩南向阜4、阜5井区逐渐变好。在地震剖面上层序II和层序III发育大型“S”型及S斜交复合型前积反射,其前方指向西南,在阜4井以南,阜5井以西地区发育透镜状地震反射,可能代表三角洲前缘滑塌形成的浊积扇砂体。自头

屯河组沉积期开始,南部及东南部成为主要物源,三台地区不稳定重矿物及岩屑含量高,向中北部逐渐降低。地层倾角测井资料处理结果表明,阜东斜坡区中北部与南部古水流方向明显不同,八道湾组—西山窑组沉积期,中北部古水流以 SW,SSW 及 SSE 为主,南部古水流(北 28 井以南)以 NW,NWW 为主,头屯河组沉积期中北部古水流以 SWW 为主,南部古水流则以 NWW,NW 方向为主。研究区中西部的阜 5 井以西、阜 4 井以南地区为多条水系的汇合处。不难看出,由于印支运动的影响,早期构造旋回($J_{1b}-J_{2x}$)表现为北部古克拉美丽山抬升,提供主要沉积物源,研究区呈向南、西南倾斜的斜坡,南部物源占次地位。晚期构造旋回($J_{2t}-J_{3k}$)随着燕山运动的发生和增强,南部的古博格达山及东南部的三台凸起强烈隆升成为主要物源, $J_{2t}-J_{3k}$ 中较粗较厚的河道沉积均发育于南部地区(如北 34、北 27、台 22 等井),在天山北麓的喀拉扎组剖面中发育由黄色/灰色块状砾岩、砂砾岩组成的巨厚的“城墙砾岩”,其分选很差,呈次棱角状,表明盆地南部的构造运动甚为强烈。并在晚侏罗世末期研究区东部抬升,帐北断褶带形成并定型,使湖盆急剧萎缩并消亡。

2.3 孢粉化石组合

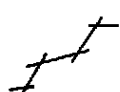
八道湾组沉积时期,气候较为温湿,孢粉化石丰富,可达 39 属 40 余种,蕨类植物孢子含量达 9%~42%,主要为桫欏科、紫萁科、双扇蕨科。裸子植物花粉多,含量为 58%~91%,以松科、原始松柏类、苏铁粉发育为特征。岩石呈深灰色和灰黑色,广泛发育煤层及碳质泥岩,有时可见到叠锥灰岩及菱铁矿层,反映温暖潮湿的还原环境。三工河组沉积的早期,该区发生过一次的变热变干事件,代表亚热带半干旱气候,生物分异度及丰度显著减小,反映干热气候的掌鳞杉科克拉梭粉丰富,南洋杉科无口器类花粉含量变大为增加。三工河组的中期至西山窑期气候又转潮湿,孢粉化石达 35 属 61 种之多。仍以蕨类桫欏科为主,在西山窑组沉积期迎来了侏罗纪的又一重要成煤时期。头屯河组沉积期孢粉化石的丰度及分异度逐渐减小,耐旱的掌鳞杉科克拉梭粉增加,岩石呈褐灰色、棕黄色或杂色,代表亚热带半干旱气候。齐古组—喀拉扎组沉积期,孢粉化石稀少,沉积岩以红色、紫红色、棕红色碎屑岩为主,区域上还发育石膏及钙质结核,为亚热带干旱气候。

2.4 粒度概率图

在石英次生加大和颗粒溶蚀作用不太强烈的沉积物中,可以通过粒度作粒度概率图,并结合对应的岩性和沉积构造特征去判断当时的沉积动力条件,通过粒度概率曲线的组合变化特征去分析沉积环境^[4]。在全面了解阜东斜坡区侏罗系粒度分析的基础上,选择了研究区北部彩 001、彩参 2、彩 18 和彩 31 井,中部阜 4 和阜 5 井,南部台 22、北 27 和北 34 作为典型井,并优选这 9 口井中的 97 块典型样品制作了 97 张粒度概率曲线。根据粒度概率曲线段式、粗细截点位置以及各个次总体的相对含量、斜率可以将阜东斜坡区侏罗系粒度概率曲线分为 6 种类型(表 2),它们均反映了不同的沉积水动力条件和牵引流沉积特征。

表 2 阜东斜坡区侏罗系粒度概率图类型及特征

Table 2 Types and characteristics of grain-size probability curves for the Jurassic sediments on East Fukang slope of the Junggar Basin

类型	曲线形态	出现频率	粗细截点	次总体特征	对应岩性	对应沉积构造
I		48.5%	1~3.5 ϕ	跳跃次总体含量为 50%~90%,斜率 50°~60° 悬浮次总体含量为 15%~30%,斜率为 12°~18°	含粉砂细砂岩、中细砂岩	槽状交错层理、板状交错层理、冲刷面
II		15.5%	0~2.5 ϕ 2~3.5 ϕ	滚动次总体含量为 3%~5%,斜率为 10°~12° 跳跃次总体为 65%~80%,斜率为 40°~50°,悬浮次总体含量为 8%~20%,斜率为 12°~15°	粗砂质中细砂岩、含砾中细砂岩	单向斜层理、叠瓦状构造
III		2.1%	1~3 ϕ	滚动次总体含量为 5%~10%,斜率为 15°~20° 跳跃次总体含量为 90%~95%,斜率为 35°~40°	中细砂岩	平行层理
IV		13.4%	1~3.5 ϕ	跳跃次总体为 15%~50%,斜率为 55°~65°,过渡带含量为 30%~50%,斜率为 30°~40°,悬浮次总体含量为 10%~20%,斜率 10°~12°	中细砂岩、含粉砂细砂岩	楔状交错层理、波状交错层理
V		4.1%	无	悬浮次总体含量为 95%~98%,斜率为 25°~45°	粉细砂岩	平行层理、递变层理
VI		16.4%	多变	多段滚动次总体含量为 5%~30%,多段跳跃次总体含量为 50%~85%,悬浮次总体含量为 5%~10%,斜率为 10°~12°	含砾砂岩、含砂质砾岩、砂砾岩	递变层理、块状层理、冲刷面

由于阜东斜坡区侏罗系沉积条件的差异,在研究区的北部、中部和南部发育有不同类型的沉积环境。沉积环境不同,水动力条件也不同,因而反映水动力条件的粒度概率曲线特征就不同。阜东斜坡区北部侏罗系粒度概率曲线以类型 I、II、IV和 VI为主,特别是类型 I 和类型 II 占主导地位,反映了北部较强的水动力条件和牵引流作用。研究区中部处于水体相对较深的三角洲前缘沉积区,粒度概率曲线以类型 I、IV为特征,含有少量的类型 V、VI。

这种组合特征不仅反映三角洲前缘水下分流河道的牵引流沉积过程,而且反映了河口部位由于河水与湖浪之间相互作用造成粒度概率曲线发育过渡带的特点。在阜东斜坡区南部的三台地区,粒度概率曲线以类型 I、II、III、IV为主要特征,类型 I、II、III反映了三台地区三角洲前缘下水分流河道较强的水动力作用,而类型 IV反映了河口坝部位河水与湖浪的双重水动力作用(表 2)。

2.5 沉积构造和沉积序列

通过对研究区侏罗系 22 口取心井的岩心观察,发现多种类型的、反映牵引流沉积过程的沉积构造(图 2)。这些沉积构造在垂向上构成有序的组合特征,特别是在下侏罗统中表现为三角洲沉积的复合序列特征。在研究区北部和南部的河流沉积和三角洲分支河道沉积中

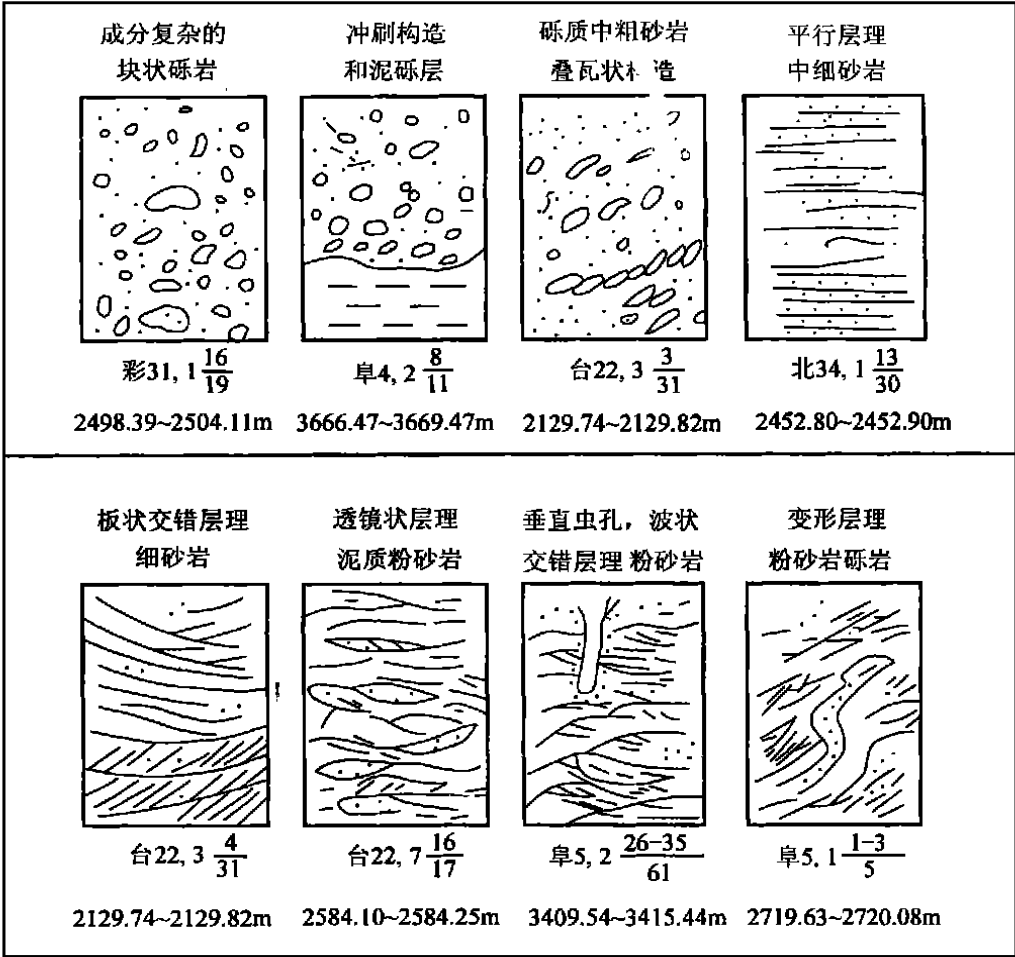


图2 阜东斜坡区侏罗系典型沉积构造

Fig. 2 Representative sedimentary structures of the Jurassic sediments on East Fukang slope of the Junggar Basin

可以见到典型的河道沉积序列,即自下而上为成分复杂的块状砾岩,并时常冲刷下伏棕褐色/灰绿色泥岩,形成冲刷面,然后为具平行层理的中细砂岩和具板状交错层理的中细砂岩。而在研究区中部可以见到三角洲前缘沉积的反韵律特征,即自下而上为具透镜状层理的泥质粉砂岩和粉砂质泥岩、波状交错层理的粉砂岩和槽状交错层理的细砂岩,有时在砂泥岩间互层中可以见到一定量的虫孔等生物扰动构造。在平面上阜东斜坡区北部和南部临近物源区,发育成分复杂的块状砾岩,具叠瓦状构造和具冲刷构造的砾岩,同时发育平行层理和交错层理中细砂岩等沉积构造;而在研究区中部,沉积区相对远离物源区,沉积水体相对较深,水动力相对较弱,因而发育多种交错层理的粉细砂岩、波状交错层理的粉砂岩、透镜状层理和变形层理的泥质粉砂岩和粉砂质泥岩。显然,沉积构造及其岩性组合明显受沉积环境动力的控制,因而在阜东斜坡区表现出明显的分区性。

2.6 沉积体系类型

根据对准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系盆地结构、古地理背景和沉积相标志的综合研究,特别是通过对研究区 22 口侏罗系取心井和大量测井及地震剖面的分析研究,在研究区侏罗系各沉积层序中可识别出曲流河、辫状河、辫状河三角洲、正常三角洲-滑塌浊积扇和湖泊等多种沉积体系类型。在这些沉积体系研究中,在侏罗系层序 I (J_1b^1) 可识别出辫状河及辫状河三角洲沉积体系;在层序 II (J_1b^2), III ($J_{1s}-J_2x^1$) 可识别出正常河流三角洲-滑塌浊积扇沉积体系;在层序 II (J_1b^2)、IV (J_2x^2) 及层序 V (J_2t) 等多个层序中确定有湖泊沉积体系的分布,在层序 III、V 及层序 VI 中识别出有曲流河沉积体系。

3 沉积相及沉积演化

研究区侏罗纪沉积相的展布及其演化按层序发育时期的先后顺序概述如下。

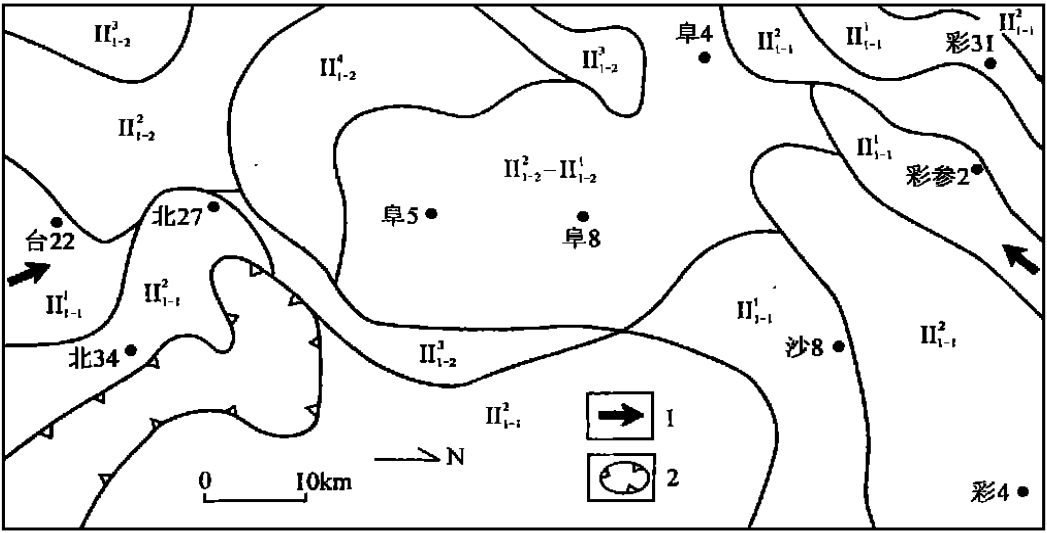


图3 阜东斜坡区侏罗系层序 I 沉积相图

II_{1-1}^1 辫状三角洲平原分支河道; II_{1-1}^2 辫状三角洲平原泥炭沼泽; II_{1-2}^1 辫状三角洲前缘水下分流河道; II_{1-2}^2 辫状三角洲前缘河口坝; II_{1-2}^3 辫状三角洲前缘分流间湾; II_{1-2}^4 辫状三角洲前缘远砂坝。1 古水流方向; 2 剥蚀区

Fig.3 Distribution of sedimentary facies in Sequence I of the Jurassic strata on East Fukang slope of the Junggar Basin

II_{1-1}^1 =distributary channel on the braided delta plain; II_{1-1}^2 =peat bog on the braided delta plain; II_{1-2}^1 =subaqueous distributary channel on the braided delta front; II_{1-2}^2 =channel-mouth bar on the braided delta front; II_{1-2}^3 =interdistributary bay on the braided delta front; II_{1-2}^4 =offshore bar on the braided delta front. 1=palaeocurrent direction; 2=denudational area

层序 I 沉积时期 该沉积期为印支运动后的填平补齐时期,湖平面较低且水域不大,在阜东斜坡区南部的三台凸起和北部彩南地区均发育辫状河或辫状河三角洲平原沉积(图3),以发育正旋回的较粗粒的中厚层(3~10m)砂砾岩沉积为特征,在其上部还发育互层的灰黑色碳质泥岩、粉细砂岩以及煤层。在中部地区,层序 I 发育辫状河三角洲前缘沉积,在阜4、

阜5井区沉积物由厚层褐灰色泥岩、浅灰色粉细砂岩以及碳质泥岩构成的反韵律组成。

层序Ⅱ沉积时期 该期的盆地基地有所下沉,湖平面上升,湖岸线向北、向南以及向东扩展,阜东斜坡区可容空间增大,此时,来自北部北东、北西和南部南东向的古水系在彩南和北三台入湖后形成向阜东斜坡区下倾方向进积的较大型三角洲,主要沉积物为灰色中薄层砂质泥岩、粉细砂岩、中厚层含砾砂岩以及煤层,向上沉积物粒度变粗,砂岩厚度增大,构成反韵律沉积旋回。

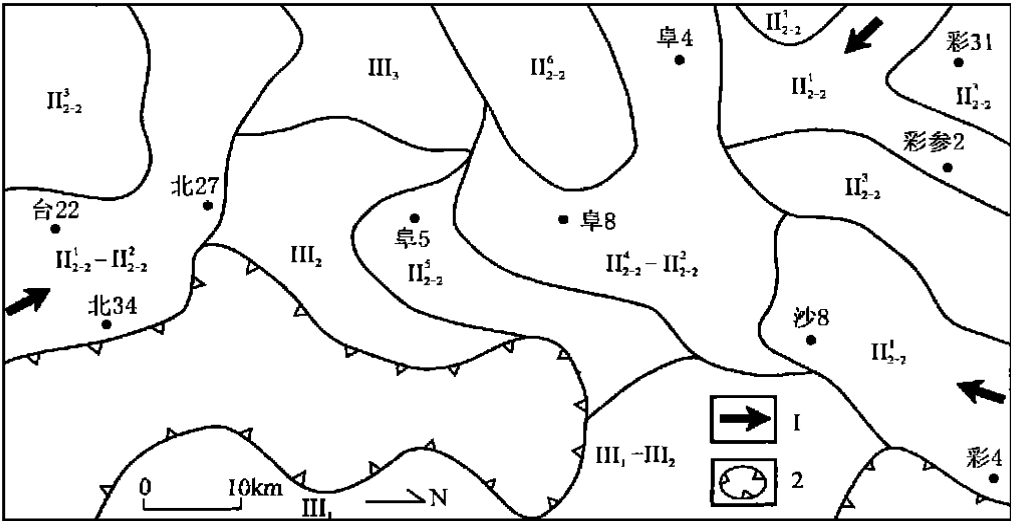


图4 阜东斜坡区侏罗系层序Ⅲ沉积相图

II₂₋₁¹: 正常三角洲平原分支河道; II₂₋₁²: 正常三角洲平原泥炭沼泽; II₂₋₂¹: 正常三角洲前缘水下分流河道; II₂₋₂²: 正常三角洲前缘河口坝; II₂₋₂³: 正常三角洲前缘分流间湾; II₄₋₂¹: 正常三角洲前缘远砂坝; II₂₋₂⁵: 正常三角洲前缘席状砂; II₂₋₃¹: 三角洲前缘滑塌浊积扇; III₁: 滨湖; III₂: 浅湖; III₃: 半深湖。1. 古水流方向; 2. 剥蚀区

Fig.4 Distribution of sedimentary facies in Sequence III of the Jurassic strata on East Fukang slope of the Junggar Basin

II₂₋₁¹=distributary channel on the normal delta plain; II₂₋₁²=peat bog on the normal delta plain; II₂₋₂¹=subaqueous distributary channel on the normal delta front; II₂₋₂²=channel-mouth bar on the normal delta front; II₂₋₂³=interdistributary bay on the normal delta front; II₄₋₂¹=offshore bar on the normal delta front; II₂₋₂⁵=sheet sandbody on the normal delta front; II₂₋₃¹=fluxoturbidite fan on the delta front. III₁=littoral lake; III₂=shallow lake; III₃=bathyal lake. 1=paleocurrent direction; 2=denudational area

层序Ⅱ沉积时期 该时期的地质特征类似于层序Ⅱ,但是气候更加湿润、湖盆水域更加辽阔,沉积物可容空间更加巨大,多水系供源特征明显,从而在阜东斜坡区北部和南部有多条河流入湖形成复合型大型河流三角洲。由于物源供给丰富、沉积速率快,三角洲前缘沉积物处于不稳定状态,在自身重力或其它诱导因素影响下,三角洲前缘沉积物顺坡向前滑塌,在前三角洲或较深湖区形成规模较小的滑塌积扇(图4)。层序Ⅱ的顶部(相当于西山窑组的下部)具有类似于八道湾组下部的煤系沉积特征,是准噶尔盆地又一聚煤沉积时期。

层序Ⅳ沉积时期 该时期在阜东斜坡区北部物源供给不太明显,北部和中部以发育分

布广泛的滨浅湖及滨湖沼泽为特征, 沉积物由互层的中薄层灰色泥岩、粉细砂岩、中厚层中细砂岩以及中薄层碳质泥岩构成。而在阜东斜坡区南部, 来自台 22 井东南侧的物源入湖后形成规模较小的三角洲沉积, 沉积物以褐灰色/浅灰色砂泥岩、粉细砂岩夹碳质泥岩为特征。中晚侏罗世, 气候趋于干旱, 湖平面开始下降, 沉积物的可容空间逐渐变小直至消亡。

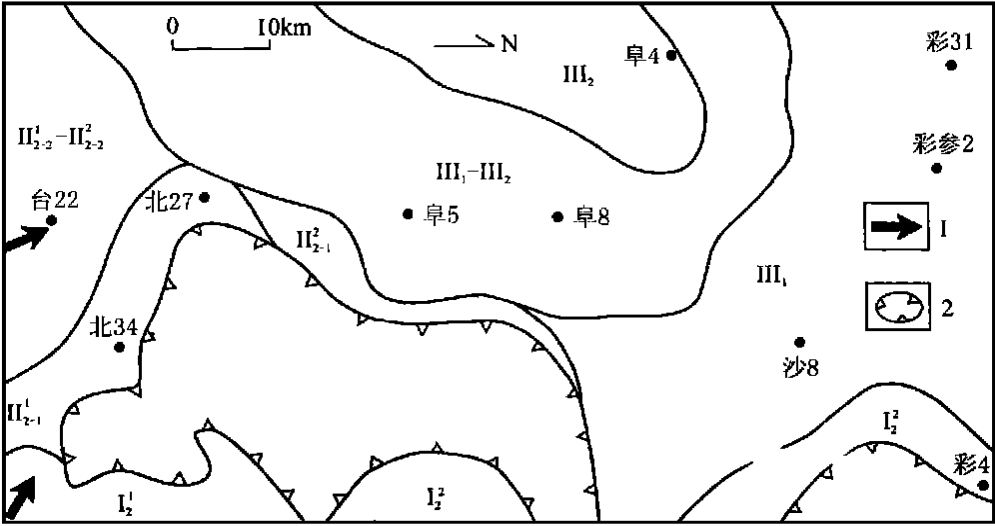


图 5 阜东斜坡区侏罗系层序 V 沉积相图

I_1^1 曲流河河道; I_2^2 曲流河泛滥平原; II_{2-1}^1 正常三角洲平原分支河道; II_{2-1}^2 正常三角洲平原泥炭沼泽; II_{2-2}^1 正常三角洲前缘水下分流河道; II_{2-2}^2 正常三角洲前缘河口坝; III_1 滨湖; III_2 浅湖。1 古水流方向; 2 剥蚀区

Fig. 5 Distribution of sedimentary facies in Sequence V of the Jurassic strata on East Fukang slope of the Junggar Basin

I_1^1 =meandering channel; I_2^2 =floodplain of meandering streams; II_{2-1}^1 =distributary channel on the normal delta plain; II_{2-1}^2 =peat bog on the normal delta plain; II_{2-2}^1 =subaqueous distributary channel on the normal delta front; II_{2-2}^2 =channel-mouth bar on the normal delta front. III_1 =littoral lake; III_2 =shallow lake. 1=palaeocurrent direction; 2=denudational area

层序 V 沉积时期 该时期为头屯河组沉积, 在阜东斜坡区中北部缺乏明显的物源供给, 发育不等厚互层的棕褐色泥岩、浅灰色/棕红色中厚层中细砂岩的滨浅湖沉积, 在南部三台地区, 仍存在来自东南方向的古水流, 在台 22 井区形成三角洲前缘的水下分流河道沉积(图 5), 自下而上由褐灰色含砾不等粒砂岩、灰褐色中砂岩、浅灰色细砂岩和浅棕色泥岩构成水下分流河道正韵律沉积。

层序 VI 沉积时期 该时期为齐古组—喀拉扎组沉积, 这时湖泊趋于消亡, 研究区主要发育红色/杂色的曲流河和泛滥平原沉积。

4 结论

(1) 阜东斜坡区侏罗系沉积地层的岩性及序列特征反映其具有明显的旋回性, 可划分为 6 个沉积层序和两个构造层序。

(2) 孢粉化石组合的垂直演化特征反映气候旋回对沉积层序形成有重要的控制意义。

(3) 研究区侏罗系沉积物具有较低的成分成熟度和中等结构成熟度, 它们在空间分布上的差异及其它方面的证据反映该区侏罗纪发育南北两大物源区及多方向的水系。

(4) 粒度概率图及沉积构造显示该区侏罗系沉积物具牵引流沉积特征。

(5) 研究区侏罗系可识别出多种沉积体系类型。辫状河及辫状河三角洲发育于层序 I, 曲流河、正常三角洲、滑塌浊积扇发育于层序 II 和 III, 湖泊体系主要发育于层序 III、IV、V 的湖侵体系域, 层序 VI 以曲流河占支配地位。沉积环境演化与构造旋回关系密切。

参考文献:

- [1] 况军. 地体拼贴与准噶尔盆地形成演化[J]. 新疆石油地质, 1993, 14(2): 126—131
- [2] 朱筱敏等. 准噶尔盆地的阜东斜坡区侏罗系层序地层和成藏条件分析[R]. 1999.
- [3] HAMOLTON D S and TADROS N Z. Utility of coal seams as genetic stratigraphic sequence boundaries in nonmarine basin; an example from the Gunnedah Basin, Australia [J]. AAPG Bulletin, 1994, 78(2): 267—286.
- [4] 吴因业. 煤层——一种陆相盆地的成因层序边界[J]. 石油学报, 1996, 17(4): 28—34.
- [5] 冯增昭. 沉积岩石学(上册)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993