

# 卡姆斯特煤田侏罗系八道湾组地层 层序及聚煤特征

吴天伟 田继军 木合塔尔·扎日 陈 斌 马 帅 柳 磊

(新疆大学地质与勘查工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830047)

**摘要:**综合利用卡姆斯特煤田钻孔测井、野外露头及古生物化石等资料,应用经典层序地层学基本理论和方法,对卡姆斯特煤田八道湾组进行了层序地层划分,共识别出 SQ1 和 SQ2 两个三级层序,并根据地层叠置样式、沉积旋回特征细分为 6 个体系域。通过沉积基础图件、沉积环境的分析明确了研究区八道湾组沉积演化主要受古地形起伏、古气候条件等古地理因素的综合影响。确定研究区内目的层段主要在高位和低位时期聚煤,湖侵时期不利于聚煤。通过详细研究卡姆斯特煤田八道湾组的沉积环境和聚煤特征,为今后寻找和开发卡姆斯特地区煤炭资源提供地质依据。

**关键词:**卡姆斯特煤田;八道湾组;层序地层;聚煤特征;侏罗系;准噶尔盆地

**中图分类号:**P539.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)05-1312-12

卡姆斯特煤田是准噶尔含煤盆地 5 大煤田之一,其独特的构造-沉积背景和丰富的煤炭资源逐渐受到地质学家的重视<sup>[1-3]</sup>,但是前人的研究多针对整个准噶尔盆地的构造、沉积和古生物等方面进行较深入的研究<sup>[4-14]</sup>,而对于卡姆斯特煤田的研究相对较少。本文以经典层序地层学和现代沉积学的理论为指导,利用近年来最新的勘探资料,主要从单井相、连井剖面相和平面相等几个方面入手,建立含煤岩系的层序地层格架,讨论研究区沉积环境与沉积体系展布特征,分析卡姆斯特煤田八道湾组的沉积特征和聚煤规律。

## 1 研究区地质概况

研究区位于新疆维吾尔自治区北部,地处准噶尔盆地东北缘,隶属阿勒泰地区富蕴县管辖。其大地构造上位于准噶尔盆地东北缘,属欧亚山字型构造东翼及反射弧地带,处于乌伦古坳陷与陆梁隆起的

交合部位。北以乌伦古深断裂为界,南到卡拉麦里深断裂,与准东煤田相邻。区域构造线呈北西-近东西向,构造变形以褶皱为主,断裂次之,面积约 4 500 km<sup>2</sup>(图 1)。

侏罗系沉积时卡姆斯特煤田属于古准噶尔盆地的东北边缘地带。准噶尔盆地是一个从晚古生代开始发育的大型叠合盆地,石炭—二叠纪为断陷阶段,三叠纪为断陷—坳陷阶段,至早中侏罗世为坳陷阶段,此时盆地统一、湖域最广,为泛准噶尔盆地发育时期,该期气候潮湿、温暖、沼泽发育,是最重要的成煤期<sup>[15]</sup>。在整体坳陷的背景下,由于构造作用、气候等因素的影响,使盆地下降速度时快时慢,水体范围时大时小,从而造成各层组之间频繁和短暂的沉积间断,形成平行不整合和微角度不整合<sup>[16]</sup>。侏罗系沉积环境具有盆大水浅、物源充足、坡度缓、河流长、冲积扇在盆地边缘发育并快速发育为河流的特点<sup>[17]</sup>。通过对研究区大量钻孔资料、测井资料、野外露头及

收稿日期:2011-01-06;改回日期:2011-05-09

基金项目:国家自然科学基金项目(40862006);新疆维吾尔自治区科技厅少数民族特培计划项目(200823119);新疆大学“天山学者”特聘教授配套科研项目联合资助。

作者简介:吴天伟,男,1987年生,硕士,主要从事层序地层学与沉积学方面的研究;E-mail:wutianwei\_123@126.com。

通讯作者:木合塔尔·扎日,男,1960年生,教授,硕士生导师,从事区域地质方面的教学和科研工作;E-mail:mhtrz\_xju@sina.com。

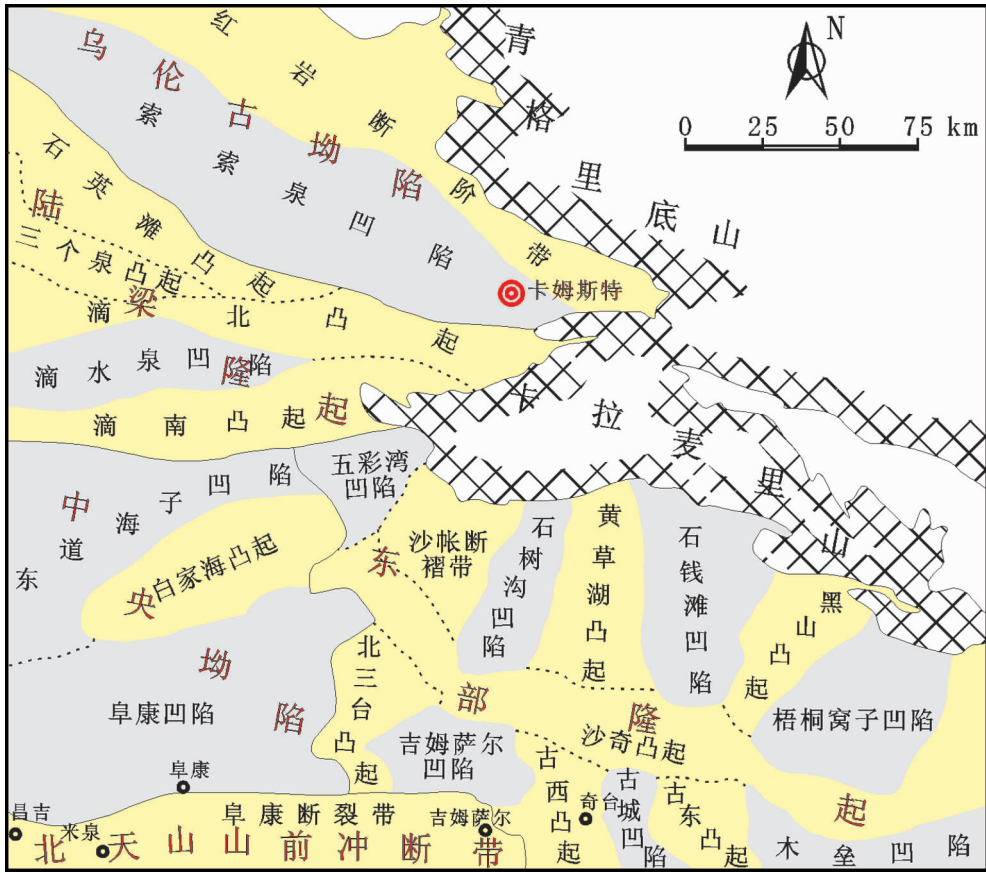


图 1 准噶尔盆地东部构造区划简图(据新疆油田公司修改)  
Fig.1 Tectonic units of east Junggar Basin(after Xinjiang Oilfield Company)

古生物化石资料的分析,发现卡姆斯特煤田侏罗纪为辫状河三角洲沉积体系。主要发育辫状河流、辫状河三角洲、湖泊相沉积。

该区地势东南高、西北低,地层区划属准噶尔地层分区的乌伦古河地层小区,主要聚煤期侏罗纪的含煤岩系称为水西沟群,自下而上被细分为下侏罗统八道湾组(J<sub>1b</sub>)、中统三工河组(J<sub>1s</sub>)、中统西山窑组(J<sub>2x</sub>)以及西山窑组之上的侏罗系上统石树沟组(J<sub>1-2sh</sub>),该组为一湖相红色沉积,不含煤。而研究目的层八道湾组为一套辫状河—辫状河三角洲相含煤陆源碎屑岩沉积体系。研究区内八道湾组沉积厚度为 120~500 m,依据钻孔资料其岩性主要为一套湖滨相、河流相及泥炭质沼泽相间为主体的灰—深灰色、灰绿色粉砂岩和细砂岩。古生物化石主要有: *Phoenicopsis speciosa* Heer, *Lacopteris* cf. *polyddioides* Brongn., *Sphenopteris diamansis* Sze, *Coniopteris hymenophylloides* Brongn., *Cladophlebis* cf. *whitbyensis* (Brongn.), *Thyrsopteris* sp. *Dicksonia?* sp.等。从以上化石资料分析

可知,侏罗系八道湾组时期卡姆斯特煤田气候温暖湿润,盆地内植物繁盛,植物种群得到高度发展,为煤的形成提供了丰富的物质来源<sup>[9]</sup>。

## 2 层序地层分析

层序可以分为不同的级次,根据层序边界(侵蚀不整合面、沉积间断面及其对应的整合面)的类型和分布,以及层序内部特征(地层分布模式、沉积相演变等)可将层序划分为巨层序组、巨层序、超层序组、超层序、层序、体系域、准层序组和准层序<sup>[10]</sup>。本文中卡姆斯特煤田的层序级别包括:层序(三级层序)、体系域和准层序组。

### 2.1 层序界面及辫状河三角洲相的识别

经典层序地层学是在被动大陆边缘构造背景基础上发展起来的,其成因主要归于全球统一的海平面变化<sup>[19]</sup>。层序界面的识别和对比是层序地层分析的关键技术,是进行层序划分、建立层序地层格架的基础<sup>[20]</sup>。通过钻井岩心、测井曲线和地震剖面分析的

基础上,识别的层序界面主要有不整合界面、区域分布的冲刷面和侵蚀面、无沉积作用间断面、岩性突变面、测井曲线突变面、旋回叠加样式的改变和进积—退积转换面等,以此综合分析本区沉积的特征,识别出沉积相旋回变化规律、层序界面及其主要相类型<sup>[21-24]</sup>。

辫状河三角洲的概念最早是由 J.H.McPherson (1987) 提出,定义为由辫状河体系前积到停滞水体中形成的富含砂和砾石的三角洲,辫状分流平原由单条或多条底负载河流提供物质。辫状河三角洲是介于粗碎屑的扇三角洲和细碎屑的正常三角洲之间的一种具有独特性的三角洲。本文主要依据以下几点来确定八道湾组层序界面及辫状河三角洲沉积体系:

(1) 在准噶尔盆地整体拗陷的背景下,可以看到卡姆斯特煤田目的层层序间沉积环境变化明显,沉积相类型有明显的差异性,这表面研究区受印支、燕山运动的影响强烈。八道湾组与下覆老鹰沟组呈角度不整合接触,可作为层序界面划分的良好标志。且在八道湾组与三工河组沉积期间由于拗陷区内部分地区湖水一度干枯,造成其沉积间断,地层为平行不整合接触。在野外露头及岩心中界面上下的沉积物在颜色、岩性与地层叠置关系都有不同程度的反映,具有分布广泛、标志清楚可比性强的特点。

(2) 在测井曲线上主要表现为某种韵律性叠加和有规律的变化,在层序界面曲线形态发生规律的突变。自然电位曲线在界面之上表现为漏斗状组合,界面之下主要为钟形组合,而自然伽马的分异较明显,呈多个微齿化钟型或漏斗形组合。

(3) 辫状河三角洲在侧向上与湖相共生,在垂相上与三工河组湖相沉积相连接,表明其为河湖过渡环境。

(4) 粉细砂岩中发育有大量双向交错层理和浪成交错层理,说明当时具有双向水流及波浪作用的水下环境,规则水平层理的灰绿色泥岩的发育也说明该地层具有水下沉积的特点。

(5) 通过对研究区测井资料的分析,发现八道湾地层具有很高的砂、泥比,垂向上连续叠置的砂体厚度可达数十米,符合辫状河牵引流沉积特征。

2.2 层序划分方案

通过分析选取不同古地理背景下的典型剖面进行层序地层划分,在前人生物地层和年代地层研究的基础上进行空间追索和对比<sup>[25]</sup>,即可建立了卡姆斯特侏罗系八道湾组以四级层序为单元的等时层序地层对比格架(图2)。

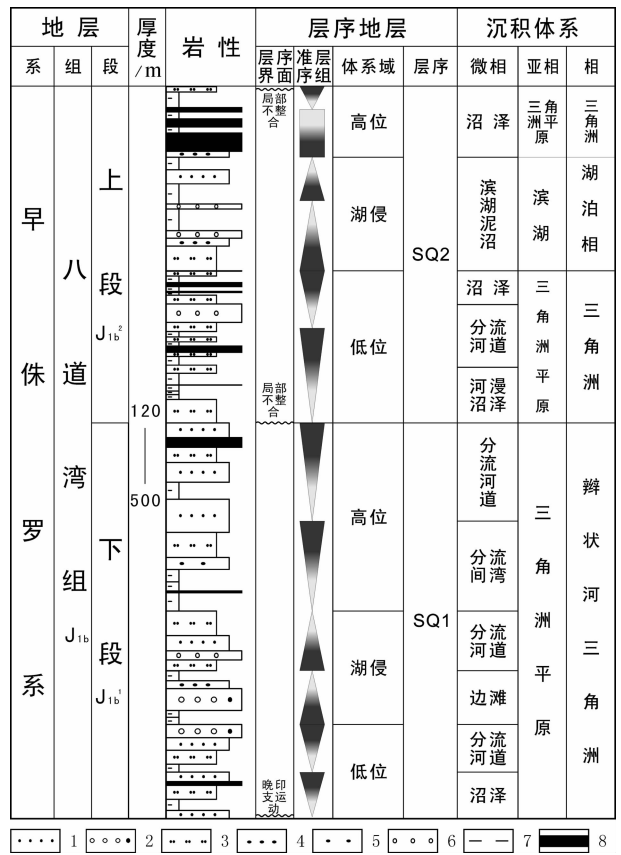


图2 卡姆斯特煤田八道湾组层序划分方案  
1—细砂岩;2—砂质砾岩;3—粉砂岩;4—中砂岩;5—粗砂岩;  
6—砾岩;7—泥岩;8—煤层

Fig.2 Sequence division scheme of Badaowan Formation in the Kamst coalfield

1—Fine sandstone; 2—Sandy conglomerate; 3—Siltstone;  
4—Medium-grained sandstone; 5—Coarse-grained sandstone;  
6—Conglomerate; 7—Mudstone; 8—Coal seam

将卡姆斯特煤田侏罗系八道湾组划分为2个三级层序,根据地层叠置样式、沉积旋回特征、岩性、岩相的变化细分出低位、湖侵和高位体系域,共划分为6个体系域,其中SQ1相当于八道组下段,SQ2相当于八道湾组上段。SQ1时,砂体较厚且分布范围大,而SQ2时,由于湖盆面积增大,多沉积泥岩、泥质粉砂岩,并形成多层煤,砂岩含量较SQ1明显减少。

2.3 层序沉积特征

对单井进行层序地层分析和相分析的目的在于分析沉积环境在垂向上的变化规律。根据收集的资料,在钻/测井剖面上主要是利用准层序组的叠置样式不同来确定首次湖泛面的位置,在陆相拗陷湖盆中多以河流沉积为特征,常表现为多个河流二元结



### 2.3.1 SQ1 特征

低位体系域共发育 2 个进积式准层序组,主要岩性为浅灰色—深灰色粉砂岩、厚层砂砾岩,夹有薄层炭质泥岩,主要为辫状河三角洲平原相,包括了沼泽和分流河道两个微相。

湖侵体系域是水位快速上升时期所形成的一套沉积体系,发育 2 个退积式准层序组,主要岩性为浅灰色的粉砂岩和细砂岩,其中粉砂岩厚度较大,而细砂岩厚度较薄。本段发育滨浅湖相沉积,主要为滩坝沉积微相。高位体系域自下而上发育了 3 个进积式准层序组,1 个加积式准层序组,主要沉积了灰色粉砂岩、灰色细砂岩、薄层灰白色砾岩及黑色煤层, HGG 曲线多漏斗形,岩性从下往上变粗,具有明显的反旋回沉积特征,煤层多在高位体系域底部和上部。本段主要发育了辫状河三角洲平原亚相沉积,自下而上为沼泽—边滩—分流河道—沼泽的旋回沉积。沼泽相多形成煤层, HGG 测钻孔曲线呈指形。

### 2.3.2 SQ2 特征

低位体系域自下而上发育了 2 个进积式准层序组,主要沉积了深灰色粉砂岩和细砂岩、黑色煤层和炭质泥岩,局部富含蕨类和银杏化石。为辫状河三角洲平原亚相沉积,自下而上形成了沼泽—分流间湾的旋回沉积,下部的沼泽微相中含有多层煤。

湖侵体系域自下而上发育了 2 个退积式准层序组,主要岩性为灰色粉砂岩和灰色细砂岩互层。为滨湖亚相沉积,主要为滩坝沉积微相沉积。

高位体系域自下而上发育了 3 个进积式准层序组和 1 个加积式准层序组,主要岩性为灰白色—深灰色粗砂岩、深灰色及粉砂岩、深灰色泥岩、深灰色细砂岩及黑色煤层,砂岩具有波状层理。本段主要发育辫状河三角洲平原亚相,自下而上形成了沼泽—分流河道—分流间湾的旋回沉积。

## 2.4 层序地层构架

综合上述分析,充分考虑层序划分的科学性、合理性以及同全盆地研究的连续性。现通过连井剖面分析确定区内砂体在时间和空间上的展布情况,明确八道湾时期沉积环境的演化规律。但由于八道湾时期地层沉积厚度较大,部分地区资料完整性较差,且现阶段深部煤层开采利用价值小,故本次剖面重点分析 SQ2 层序,而 SQ1 层序只分析高位和湖侵时期。

剖面位于研究区的中、东部,与物源方向呈大角

度相交,因此砂体不连续,大部分砂体呈带状体或透镜体。从整体上看,剖面由东向西逐渐由陆相河控三角洲沉积过渡为湖相沉积(图 4)

在 SQ1 湖侵时期,湖盆面积最大,钻孔 ZK1-2 属浅湖相沉积,主要发育一套厚层粉砂岩沉积,向东到由钻孔 ZK10-1 过渡为辫状河三角洲沉积,岩性为粉砂岩、砾岩和炭质泥岩,反映湖盆水位反复变化,煤层少见;高位时期钻孔 D-1 为深湖相,为一套很厚的粉砂岩。在钻孔 ZK1-2 高位早期由于湖面面积较湖侵时期有所减小,所以在近岸形成沼泽相沉积。高位中期形成厚层砂岩沉积,表明当时湖面水位变化不大,主要为辫状河三角洲相沉积,至钻孔 10-1 东部主要为辫状河道。在高位晚期在钻孔 ZK1-2 发育辫状河三角洲平原沼泽相,而在东部内陆主要为辫状河道相沉积。

在 SQ2 层序低位时期,湖盆水位较低,且卡拉麦里山和青格里底山物源补给充足,在钻孔 ZK1-2 和钻孔 ZK10-1 发育规模较大的辫状河三角洲相沉积,主要为厚层砾岩、砂岩沉积。在两侧东西部钻孔 D-1 和钻孔 35-1 发育有辫状河三角洲平原沼泽。在湖侵时期,首次湖泛面剖面普遍沉积一套较厚粉砂岩,说明当时湖面较大,后发育一套粉砂岩和砂岩互层,表明当时湖面水位变化较频繁,未能形成较好的沉积环境。高位时期,早期在钻孔 D-1 和钻孔 ZK1-2 为辫状河道相沉积,后发育有平原沼泽相沉积,形成较厚煤层。

## 3 沉积演化特征

为了反映研究区各个时期沉积演化特征,首先依据资料完整性、具有代表性、均匀选取的原则,选取了分布于卡姆斯特煤田的 38 口井进行参数统计分析。其次,对每一口钻井中每一层序组的煤层厚度、地层厚度和砂岩及砾岩含量(简称砂岩)进行统计,绘制各时期砂岩等值线图。最后,以砂岩等值线图为基础,参考煤层厚度和地层厚度,建立以湖泛面为等时对比标志的低频旋回基础上,考虑砂体沉积动力学特征,逐级对比中、高频旋回,以达到最大程度保证砂体对比等时性<sup>[26]</sup>。通过综合地质分析,勾绘出了研究各时期的平面微相分布图,分析其沉积演化特征<sup>[6]</sup>。

### 3.1 SQ1 层序

低位时期,沉积中心为乌伦古凹陷区,主要为滨

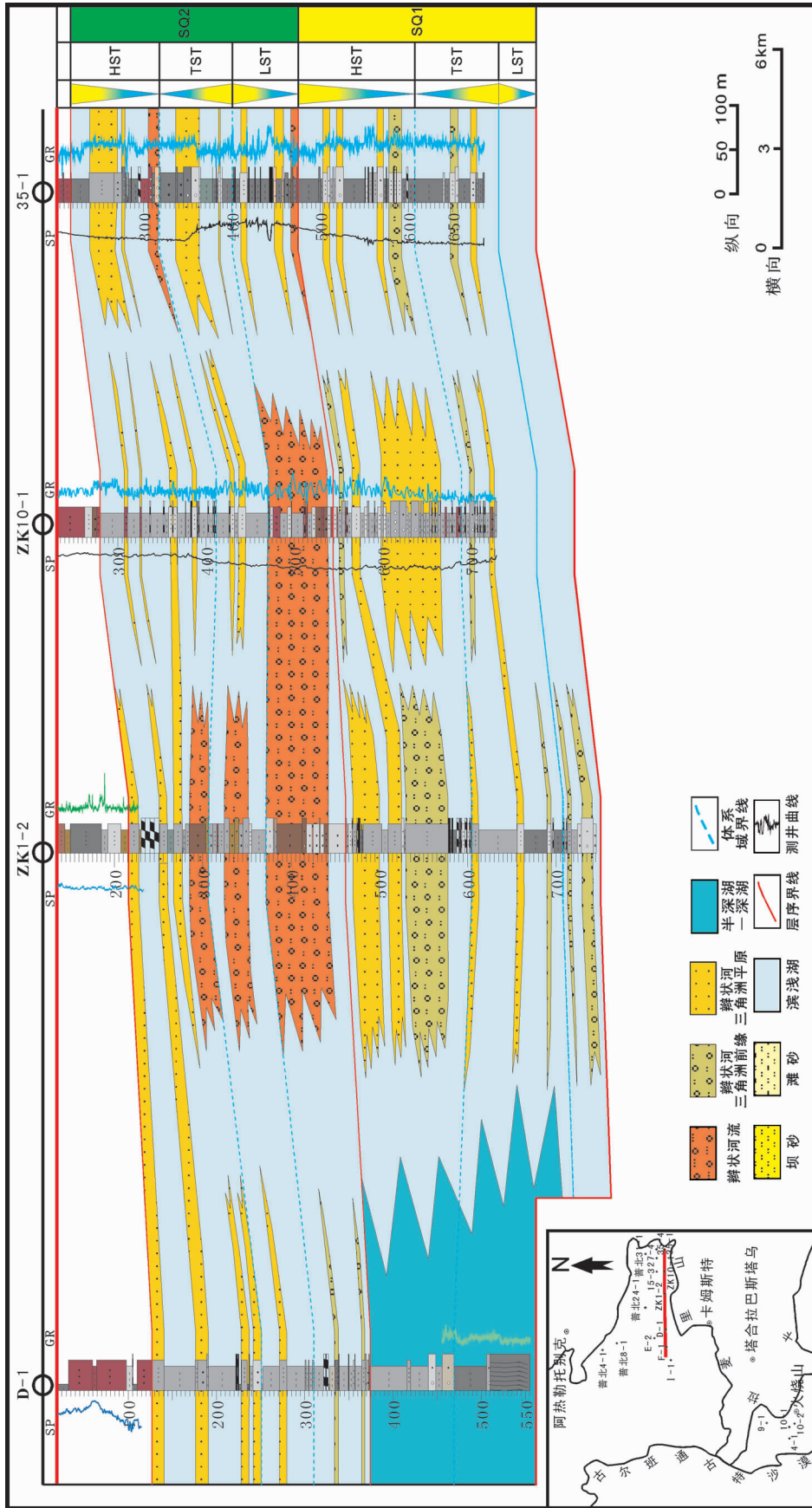


图 4 卡姆斯特煤田东西向剖面图  
Fig.4 EW-trending geological section of the Kamst coalfield

浅湖和半深湖—深湖沉积。来自青格里底山的物源,在阿热勒托别克地区西部发育辫状河三角洲平原,由于物源充足向前延伸,向东沉积中心发育辫状河三角洲前缘。在钻孔普北 4-1 到钻孔 N-3 区发育辫状河三角洲沉积,物源主要来自卡拉麦里山和青格里底山,砂体厚度大,三角洲展布面积巨大,在其两侧主要广泛发育泛滥平原沉积。在钻孔 9-1 至钻孔 10-2 发育辫状河三角洲平原沉积,其东侧为泛滥平原沉积。此时期湖面水位最低,且由于物源充足所以全区形成辫状河三角洲规模较大(图 5)。

湖侵时期,沉积中心没有发生变化,但滨浅湖和半深湖—深湖相沉积面积均显著增大,与低位相比而言,原来区内分布辫状河三角洲规模和展布情况有明显的变化,但三角洲大致位置未发生变,说明物源还是来自卡拉麦里山和青格里底山,只是补给量有所减小。阿热勒托别克地区西部发育的辫状河三角洲平原面积急剧减小,其两侧发育泛滥平原。低位时期中部发育的巨大辫状河三角洲,退至 ZK1-2 到钻孔 15-5 东侧,西侧为滨浅湖相沉积。中西部钻孔 Fu-1 到钻孔 A-1 主要发育泛滥平原。钻孔 9-1 至钻孔 10-2 辫状河三角洲平原也有所减小,两侧发育泛滥平原(图 6)。

高位时期,物源延续湖侵时期方向,但补给量充

足,此时湖面面积与低位时期虽然有所增加,但较之湖侵时期有所减小,湖水减退致使全区普遍发育沼泽相沉积。在阿热勒托别克地区西部发育辫状河三角洲平原与低位时期相似。在钻孔普北 4-1 发育辫状河三角洲。钻孔普北 8-1 西至钻孔 15-3 发育沼泽相。在钻孔 I-1 东主要发育辫状河三角洲沉积,东侧为沼泽相沉积。钻孔 Fu-1 到钻孔西 1-2 发育泛滥平原。南部钻孔 9-1 至钻孔 10-2 仍为辫状河三角洲平原相(图 7)。

### 3.2 SQ2 层序

低位时期,沉积中心仍为乌伦古凹陷区。来自青格里底山物源在阿热勒托别克地区西部发育规模较小的辫状河三角洲平原及前缘相。卡拉麦里山提供的物源在钻孔普北 24-1 至钻孔 35-1 一线发育辫状河三角洲相沉积,两边发育沼泽。中西部地区发大面积泛滥平原。南部钻孔 9-1 至钻孔 10-2 为辫状河三角洲平原相,两侧为泛滥平原相(图 8)。

湖侵时期,滨浅湖和半深湖—深湖相沉积面积均有所扩大,在钻孔普北 8-1 地区来自青格里底山的物源发育辫状河三角洲平原及前缘相沉积。在钻孔普北 24-1 东部发育辫状河三角洲相沉积,两侧均为泛滥平原。南部钻孔 9-1 至钻孔 10-2 为辫状河三角洲平原相,由于来自卡拉麦里山的物源充足

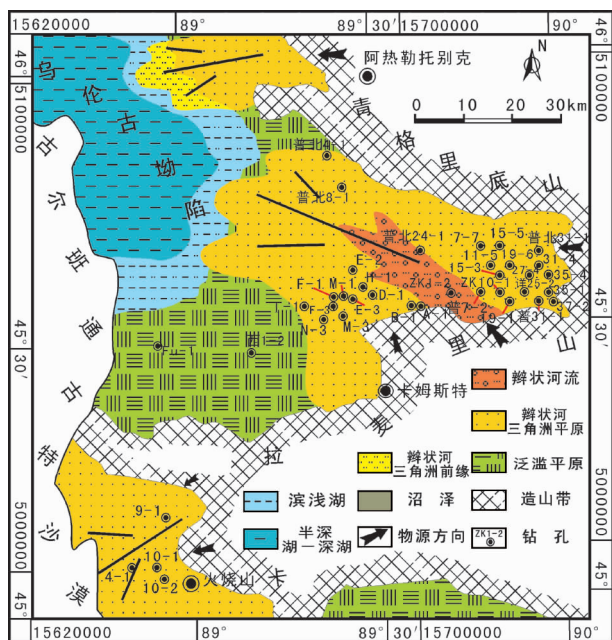


图 5 卡姆斯特煤田 SQ1-LST 沉积相  
Fig.5 Sedimentary facies of SQ1-LST of the Kamst coalfield

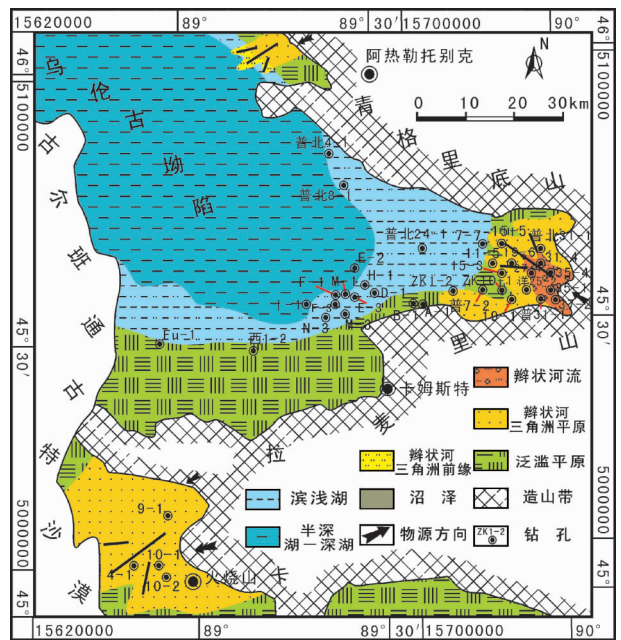


图 6 卡姆斯特煤田 SQ1-TST 沉积相  
Fig.6 Sedimentary facies of SQ1-TST of the Kamst coalfield

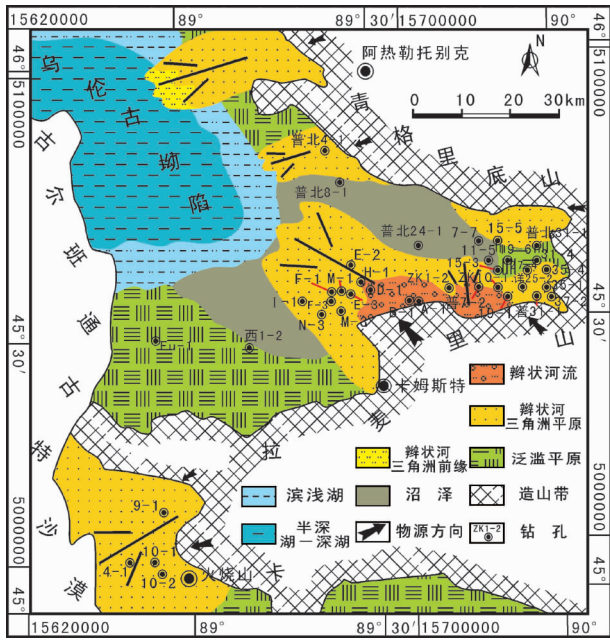


图 7 卡姆斯特煤田 SQ1-HST 沉积相

Fig.7 Sedimentary facies of SQ1-HST of the Kamst coalfield

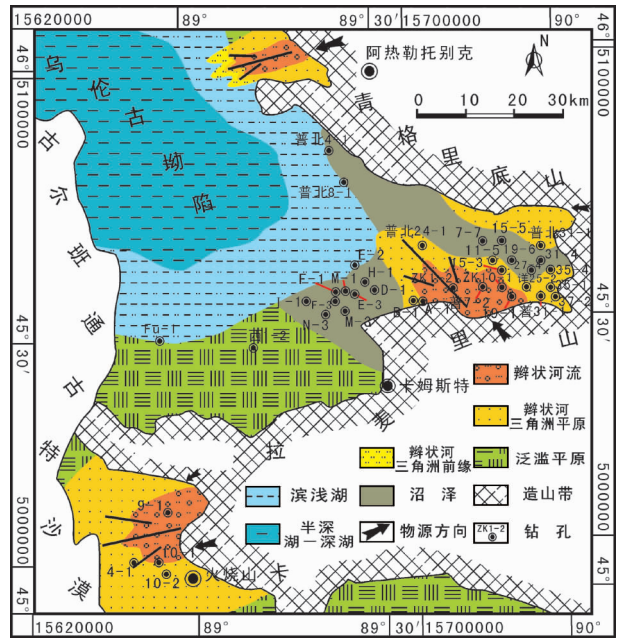


图 8 卡姆斯特煤田 SQ2-LST 沉积相

Fig.8 Sedimentary facies of SQ2-LST of the Kamst coalfield

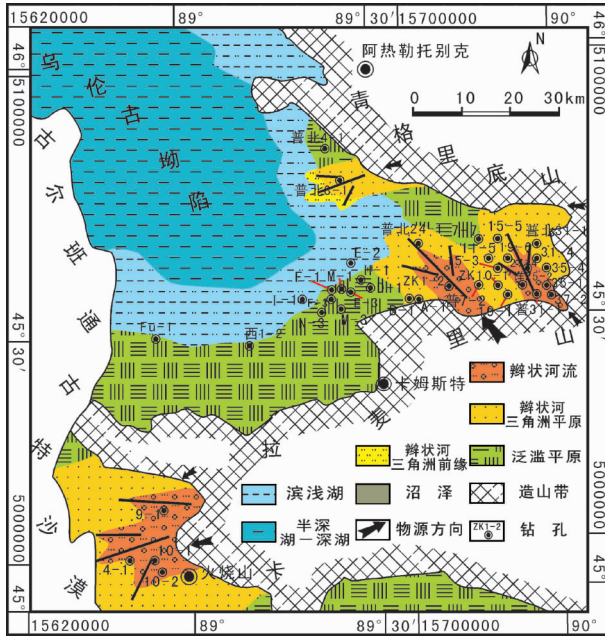


图 9 卡姆斯特煤田 SQ2-TST 沉积相

Fig.9 Sedimentary facies of SQ2-TST of the Kamst coalfield

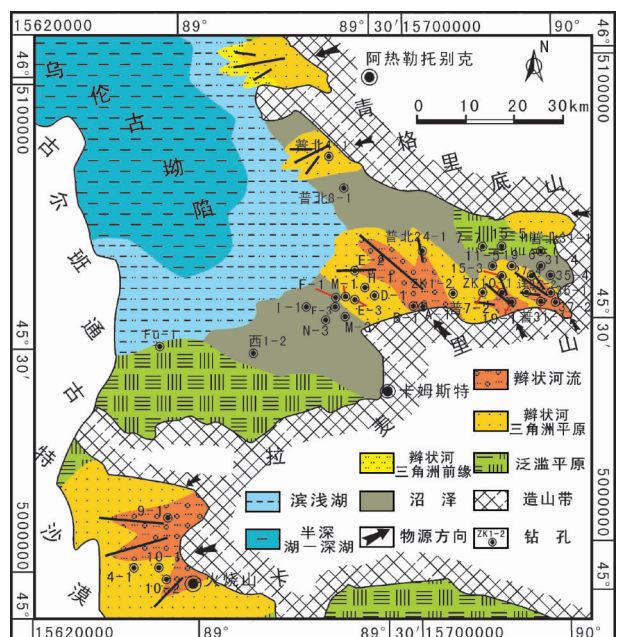


图 10 卡姆斯特煤田 SQ2-HST 沉积相

Fig.10 Sedimentary facies of SQ2-HST of the Kamst coalfield

所以三角洲面积较大,其两侧为泛滥平原(图 9)。

高位时期,来自青格里底山物源在阿热勒托别克地区西部发育辫状河三角洲平原及前缘相。在中东部地区,由于来自青格里底山和卡拉麦里山的物源在此发育三角洲平原,两边发育沼泽和泛滥平原。

南部钻孔 9-1 至钻孔 10-2 仍为辫状河三角洲平原相,两侧为泛滥平原(图 10)。

### 4 聚煤规律分析

卡姆斯特煤田侏罗系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,与海相盆地的海平面变化即海侵成煤模式之间有很大的差异。陆相聚煤盆地层序主控因素为构造运动、沉积物供应、古气候条件,湖平面变化为次要因素,但湖平面的变化速率也直接影响煤层的地理分布和平面展布及厚度<sup>[8]</sup>。基准面旋回的升降变化,明显控制了沉积相带的变迁和空间展布<sup>[23]</sup>。

#### 4.1 构造运动与聚煤关系

卡姆斯特煤田的聚煤环境的形成受到聚煤期前、聚煤期和聚煤期后等三期盆地构造的综合控制作用。

印支运动时期,在盆地内二叠纪构造基底上经三叠纪的填平补齐作用,到侏罗纪原来的小盆格局演变成为大型的内陆盆地,准噶尔地块由于发生拉张、拗陷而形成内陆继承性盆地,为含煤建造的形成提供了较为有利的古地理环境<sup>[2]</sup>。

侏罗纪时期构造运动相对减弱,以总体沉降作用下的小型振荡运动为主,对含煤建造形成极为有利。盆地东部受古地形的影响比较明显,凹陷部分有利于含煤建造的形成,相对凸起区则不利于含煤建造的形成。八道湾期成煤环境受聚煤期构造变化影响强烈,但拗陷区沉降速度和沉积速度相对均衡,对煤层的形成极为有利,加之气候适宜,植物茂盛,

因此成为研究区非常重要的聚煤期。

在含煤建造之后,又经历了燕山运动和喜马拉雅运动的改造作用。燕山运动主要表现为盆地周边挤压作用下的整体抬升和沉积范围的收缩。因此含煤地层发生了强烈的褶皱和断裂,具有推覆构造的特点。喜马拉雅运动主要表现为强烈的挤压和扭动,加剧了推覆构造。构造运动还使得煤层大面积暴露地表,因氧化等作用使煤层发生自燃现象,对煤层保存造成了严重的破坏。

#### 4.2 沉积环境与聚煤关系

沉积环境包括沉积时的岩相古地理条件、古地貌、古植被、古气候、泥炭沼泽类型和沼泽中的水体深度及地球化学条件等,是煤层形成的重要因素<sup>[27-28]</sup>。

八道湾组含煤建造形成初期,受印支运动影响,周缘山脉发生强烈隆升,盆地开始迅速下降,但当时气候温暖湿润,植物繁盛,所以主要以辫状河河流—沼泽环境为主,在湖缘及泛滥平原形成局部范围的泥炭沼泽。八道湾组下段沉积晚期,由于差异升降运动的幅度减小,湖盆收缩,加之前期沉积对起伏地形的填平补齐的作用,使得盆地范围变大,形成地形平坦的大面积河沼区,煤层分布广泛且稳定。后在八道湾组上段又经历第二期成煤沉积。因此卡姆斯特煤田八道湾组煤层主要形成于SQ1和SQ2层序高位

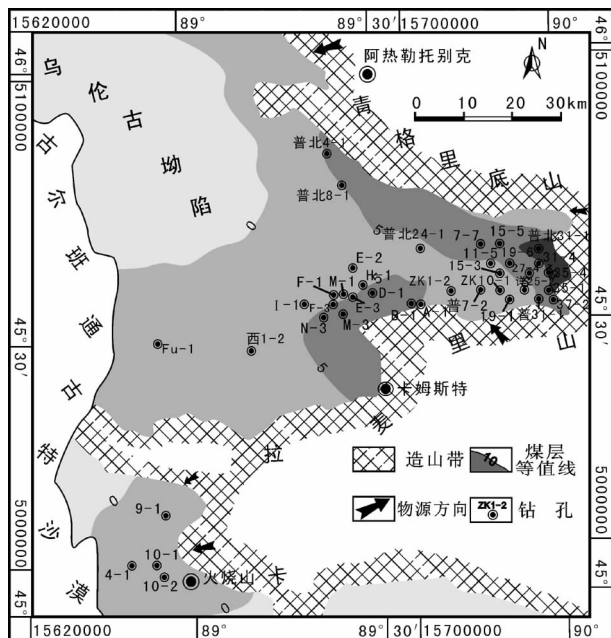


图 11 卡姆斯特煤田 SQ2-LST 煤层厚度  
Fig.11 Coal layer thickness of SQ2-LST of the Kamst coalfield

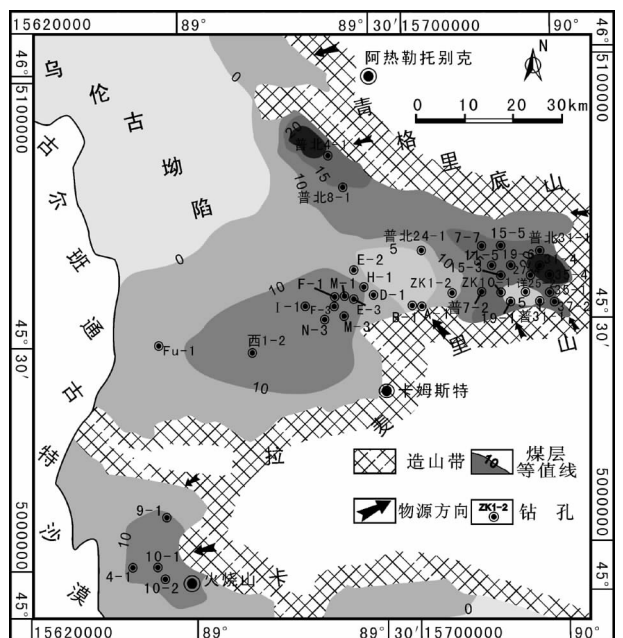


图 12 卡姆斯特煤田 SQ2-HST 煤层厚度  
Fig.12 Coal layer thickness of SQ2-HST of the Kamst coalfield

和低位体系域的晚期,且分布广泛而稳定,湖侵期沼泽环境不发育,不利于聚煤。

富煤带主要在卡姆斯特煤田中东部一带和南部钻孔 9-1 至钻孔 10-2 一带,其煤层的分布位置与这一时期的平面相分析结果具有很好的一致性(图 11~12)。早期随构造变动频繁,河道活动剧烈,侧向迁移显著,聚煤作用较弱,在湖缘及泛滥平原形成局部范围的泥炭沼泽,煤层厚度分布不均。晚期其沉积为湖退环境的一些三角洲分流河道及闭流沼泽,且植物生长茂盛,形成稳定的泥炭沼泽相沉积,所以在钻孔普北 4-1 和钻孔 35-4 地区形成厚煤带,向两侧变薄,具有一定的开采潜力。

## 5 结 论

1) 本文以野外露头、钻钻孔、测钻孔所反映的沉积特征及不整合面为识别标志,在八道湾组共识别出 SQ1 和 SQ2 两个三级层序, SQ1 相当于八道湾组下段, SQ2 相当于八道湾组上段。其中 SQ1 层序中,早期构造变动频繁,主要以辫状河河流-沼泽环境为主,在湖缘及泛滥平原形成局部范围的泥炭沼泽,煤层厚度分布不均。晚期构造运动相对减弱,为有利成煤环境; SQ2 层序由于为湖退环境的一些三角洲分流河道及闭流沼泽,且植物生长茂盛,所以在湖缘及泛滥平原区发育了稳定的泥炭沼泽,且具有聚煤时间长、强度大、分布广的特点,形成了稳定厚度较大煤层。

2) 煤层主要形成于高位和低位体系域的晚期,湖侵期不利于聚煤。在低位体系域发育后期,在研究区中东部地区,局部发育沼泽环境,形成了厚度不大煤层;而在高位体系域时期,湖盆面积大幅收缩,盆地内出现大面积沼泽,有利于成煤,因此在卡姆斯特煤田侏罗系 SQ1 和 SQ2 层序低位域和高位域煤层分布通常较广泛且稳定。

## 参考文献 (References):

- [1] 李永高. 卡姆斯特煤田喀拉萨依西区含煤岩系沉积环境分析[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(2): 19-40.  
Li Yonggao. Coal-bearing strata sedimentary environment analysis in West Karasay Area, Kamst Coalfield [J]. Coal Geology of China, 2009, 21(2): 19-40 (in Chinese with English abstract).
- [2] 王俊民. 准噶尔含煤盆地构造演化与聚煤作用[J]. 新疆地质, 1998, 16(1): 25-30.  
Wang Junmin. Tectonic evolution and coal accumulation of Junggar

- Coal Basin [J]. Xinjiang Geology, 1998, 16(1): 25-30 (in Chinese with English abstract).
- [3] 杨品荣, 顾松竹, 朱宗敏, 等. 准噶尔盆地东北缘卡姆斯特地区下侏罗统中的放射虫硅质岩砾石及其放射虫动物群 [J]. 地质通报, 2007, 26(4): 472-475.  
Yang Pinrong, Gu Songzhu, Zhu Zongmin, et al. Pebbles in radiolarian cherts from the Lower Jurassic in the Kamusite area at the northeastern margin of the Junggar basin [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(4): 472-475 (in Chinese with English abstract).
- [4] 彭勇民, 向奎, 穆同雨. 准噶尔盆地中部 2 区块高分辨层序地层研究[J]. 中国地质, 2008, 35(2): 264-272.  
Peng Yongmin, Xiang Kui, Mu Tongyu. High-resolution sequence stratigraphy of Block 2 in the interior of the Junggar basin [J]. Geology in China, 2008, 35(2): 264-272 (in Chinese with English abstract).
- [5] 方世虎, 郭召杰, 宋岩, 等. 准噶尔盆地南缘侏罗纪沉积相演化与盆地格局[J]. 古地学报, 2005, 7(3): 347-356.  
Fang Shihu, Guo Zhaojie, Song Yan, et al. Sedimentary facies evolution and basin pattern of the Jurassic in southern margin area of Junggar Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(3): 347-356 (in Chinese with English abstract).
- [6] 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[J]. 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 [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(3): 449-454 (in Chinese with English abstract).
- [7] 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[J]. 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 [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(2): 197-202 (in Chinese with English abstract).
- [8] 李德江, 杨俊生, 朱敏敏. 准噶尔盆地层序地层学研究[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2005, 20(3): 60-71.  
Li Dejiang, Yang Junsheng, Zhu Xiaomin. Study on the sequence stratigraphy of Junggar Basin [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2005, 20(3): 60-71 (in Chinese with English abstract).
- [9] 刘柏林, 王启飞, 阎泗民. 准噶尔盆地腹部 Z2 井三叠系地层及沉积特征[J]. 地层学杂志, 2008, 32(2): 188-193.  
Liu Bailin, Wang Qifei, Yan Simin. Triassic stratigraphic and sedimentary characteristics of well Z2 from central Junggar Basin, Xinjiang [J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32(2): 188-193 (in Chinese with English abstract).
- [10] 唐忠华, 黄芸, 张化龙. 准噶尔盆地东部侏罗系沉积相及沉积层序[J]. 新疆石油地质, 1997, 18(4): 330-337.  
Tang Zhonghua, Huang Yun, Zhang Hualong. Sedimentary facies and sequences of Jurassic in eastern Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1997, 18(4): 330-337 (in Chinese with English abstract).

- [11] 陈爱东, 耿文. 推覆构造下的新疆富蕴县扎合坝侏罗系含煤盆地[J]. 中国西部科技, 2008, 7(36):13-14.  
Chen Aidong, Geng Wen. Nappe of Fuyun County, Xinjiang Bbar DamCo-Jurassic Coal-bearing Basin [J]. Science and Technology of West China, 2008, 7 (36):13-14 (in Chinese with English abstract).
- [12] 张海峰, 张建中, 边雪梅, 等. 准噶尔盆地腹部侏罗系层序地层特征[J]. 地层学杂志, 2007, 31(增刊 II):573-580.  
Zhang Haifeng, Zhang Jianzhong, Bian Xuemei, et al. Features of the Jurassic sequence stratigraphy in the center of Junggar Basin[J], Journal of Stratigraphy, 2007, 31(Supp. II):573-580 (in Chinese with English abstract).
- [13] 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[J]. 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[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(2):121-126(in Chinese with English abstract).
- [14] 祁利祺, 鲍志东, 吴博然, 等. 准噶尔盆地西北缘侏罗系展布与层序地层格架特征 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29 (2):261-267.  
Qi Liqi, Bao Zhidong, Wu Boran, et al. Distribution and sequence stratigraphic framework of the Jurassic strata on the northwestern margin of the Junggar Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(2):261-267(in Chinese with English abstract).
- [15] 赵白. 准噶尔盆地形成与演化 [J]. 新疆石油地质, 1992, 13(3):191-196.  
Zhao Bai. Formation and evolution of the Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1992, 13(3):191-196.
- [16] 方国庆, 李育慈, 刘德良. 准噶尔盆地东北缘中-下侏罗纪统层序地层与油气[J]. 地质科学, 2000, 35(4):414-421.  
Fang Guoqing, Li Yuci & Liu Deliang. Sequence stratigraphy of lower-middle Jurassic and Petroleum in the northeast Junggar Basin, Xinjiang,China [J]. Scientia Geologica Sinica, 2000, 35(4):414-421(in Chinese with English abstract).
- [17] 朱筱敏, 张义娜, 杨俊生, 等. 准噶尔盆地侏罗系辫状河三角洲沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(2):244-251.  
Zhu Xiaomin, Zhang Yina, Yang Junsheng, et al. Sedimentary characteristics of the shallow Jurassic braided river delta, the Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(2):244-251 (in Chinese with English abstract).
- [18] 樊太亮, 刘金辉, 韩国华, 等. 新疆塔里木盆地北部应用层序地层学[M]. 北京:地质出版社, 1997:16.  
Fan Tai liang, Liu jinhui, Han Guohua, et al. The Application of Sequence Stratigraphy in Northern Tarim Basin, Xinjiang [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1997:16.
- [19] 郑荣才, 朱如凯, 翟文亮, 等. 川西类前陆盆地晚三叠世须家河期构造演化及层序充填样式 [J]. 中国地质, 2008, 35 (2): 246 - 255.  
Zheng Rongcai, Zhu Rukai, Zhai Wenliang, et al. Tectonic evolution and sequence filling patterns in the western Sichuan foreland-like basin in the Upper Triassic Xujiachean period [J]. Geology in China, 2008, 35 (2): 246-255 (in Chinese with English abstract).
- [20] 倪超, 纪友亮. 饶阳凹陷古近系沙河街组层序地层分析及沉积体系研究 [J]. 中国地质, 2006, 33(1):193-200.  
Ni Chao, Ji Youliang. Sequence stratigraphy and sedimentary system of the Paleogene Shahejie Formation in the Raoyang subbasin[J]. Geology in China, 2006, 33(1):193-200 (in Chinese with English abstract).
- [21] Vail P R, Mitchum R M Jr, Thompsons S. Global-cycles of relative changes of sea level [J]. AAPG Memoir, 1977, 26:83-97.
- [22] Octavian Catuneanu. Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, andpitfalls [J]. Journal of African Earth Sciences, 2002, (35):1-43.
- [23] 樊爱萍, 杨仁超, 韩作振, 等. 惠民凹陷商河砂体储层特征与高分辨率层序地层控制 [J]. 中国地质, 2009, 36(4):819-825.  
Fan Aiping, Yang Renchao, Han Zuozhen, et al. Characteristics of Shanghe sandbody reservoirs and high-resolution sequence stratigraphic control in Huimin sag[J]. Geology in China, 2009, 36 (4):819-825(in Chinese with English abstract).
- [24] 赵永刚, 陈景山, 雷卞军, 等. 川西邛崃县白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组高分辨率层序地层分析 [J]. 中国地质, 2005, 32 (4):674-681.  
Zhao Yonggang, Chen Jingshan, Lei Bianjun, et al. Analysis of high-resolution sequence stratigraphy of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field, Qionglai County, western sichuan[J]. Geology in China, 2005, 32(4):674-681 (in Chinese with English abstract).
- [25] 梅冥相, 马永生, 邓军, 等. 滇黔桂盆地及其邻区石炭纪至二叠纪层序地层格架及三级海平面变化的全球对比 [J]. 中国地质, 2005, 32(1):13-25.  
Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Deng Jun, et al. Carboniferous to Permian sequence stratigraphic framework of the Yunnan-Guizhou-Guangxi basin and its adjacent areas and global correlation of third-order sea-level change [J]. Geology in China, 2005, 32(1):13-25 (in Chinese with English abstract).
- [26] 靳松, 朱筱敏, 钟大康. 扇三角洲高分辨率层序地层对比及砂体分布规律[J]. 中国地质, 2006, 33(1):212-220.  
Jin Song, Zhu Xiaomin, Zhong Dahang. High-resolution sequence stratigraphic correlation of fan deltas and distribution characteristics of sandbodies [J]. Geology in China, 2006, 33 (1): 212-220(in Chinese with English abstract).
- [27] Cross T A. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, Wetern Interior, U.S.A.[C]//Wilgus C K, et al(eds). Sea-level Changes: Anintegrated Approach.Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 1988, (15), 293-308.
- [28] Holz M, et al. Sequence stratigraphy of paralic coal-bearing strata: an overview[J]. International Journal of Coal Geology, 2002, (48):147-179.

## Stratigraphic sequence of the Jurassic Badaowan Formation and coal-forming characteristics of the Kamst coalfield

WU Tian-wei, TIAN Ji-jun, MUHETAER·Za-ri, CHEN Bin, MA Shuai, LIU Lei

(*Geology and Exploration Engineering Institute of Xinjiang University, Urumqi 830047, Xinjiang, China*)

**Abstract:** Based on drilling, logging, field outcrop and fossil data obtained in the Kamst coalfield and using the basic theory and method of classic sequence stratigraphy, the authors divided the sequence stratigraphy of the Badaowan Formation in this coalfield, and identified two 3rd-order sequences of SQ1 and SQ2. According to the style of stratigraphic superposition and cycle of sedimentation, the authors further subdivided them into six system tracts. On the basis of the basic deposition maps and the analysis of sedimentary environment, the authors have revealed that the sedimentary evolution characteristics of the Badaowan Formation were mainly affected by the difference in land forms and palaeoclimate. It is found that the coal-formation of the purpose layers occurred during the period of lowstand and highstand systems tracts, but lacustrine transgression was not conducive to coal accumulation. Through a detailed study of sedimentary characteristics and coal accumulation of the Badaowan Formation in the Kamst coalfield, this paper provides basic data for further coal exploration.

**Key words:** Kamst coalfield; Badaowan Formation; stratigraphic sequence; coal-forming characteristics; Jurassic; Junggar Basin

---

**About the first author:** WU Tian-wei, male, born in 1987, master, mainly engages in the study of sequence stratigraphy and sedimentology; E-mail: wutianwei\_123@126.com.