

# 吉尔嘎郎图凹陷赛汉塔拉组沉积特征 与超厚煤层异地成因分析

吴昕<sup>1,2</sup> 吴冲龙<sup>1</sup> 毛小平<sup>3</sup> 张继吟<sup>1</sup>

(1.中国地质大学(武汉) 武汉 430074;2.集美大学诚毅学院 福建厦门 361021;

3.中国地质大学(北京) 北京 100083)

**摘要** 吉尔嘎郎图凹陷的赛汉塔拉组沉积于基底减速沉降—充填演化阶段,是凹陷进入湖泊萎缩阶段早—中期的产物,其层序地层单元属于水退体系域。自下而上由浅湖相、三角洲相和曲流河相组成。其中的超厚煤层与大量薄层浊积砂岩共生,形成于该凹陷的次级深断槽中,沉积环境应为浅湖和局部较深湖。传统的煤沉积模式难以解释其超厚煤层的成因。通过对煤层和夹矸的沉积学研究,以及凹陷充填序列分析,建立了一种陆相超厚煤层异地成因新模式——“弱风暴及水下泥质、砂质重力流亚模式”,简称为胜利盆地亚模式。推测成煤物质是由远源河流搬运而来的巨量异地高灰泥炭,可能先沉积于滨湖三角洲,后经滑塌和浊流作用转移至浅湖中,并经再次分异、沉积成为超厚的低灰煤层。

**关键词** 超厚煤层 异地煤 煤层成因 二次堆积 煤沉积模式 吉尔嘎郎图凹陷

**第一作者简介** 吴昕 女 1974年出生 博士研究生 讲师 资源环境分析评价 E-mail:nixwu@foxmail.com

**通讯作者** 吴冲龙 男 教授 E-mail:wucl@cug.edu.cn

**中图分类号** P618.11 **文献标识码** A

吉尔嘎郎图凹陷(或称为胜利盆地)位于二连盆地的东南边缘,地处内蒙古锡林浩特市境内。该凹陷东西两侧均以断裂为界,分别与大兴安岭隆起和苏尼特隆起邻接,具东缓西陡的不对称地堑形态。总体走

向NE,长45 km,宽15~20 km,面积约500 km<sup>2</sup>(图1)。其沉积盖层为下白垩统巴彦花群,最大厚度约3 500 m充填序列和沉积特征在二连盆地各凹陷有相似性<sup>[1-3]</sup>。上部的赛汉塔拉组(K<sub>1</sub>bs)赋存有超厚优

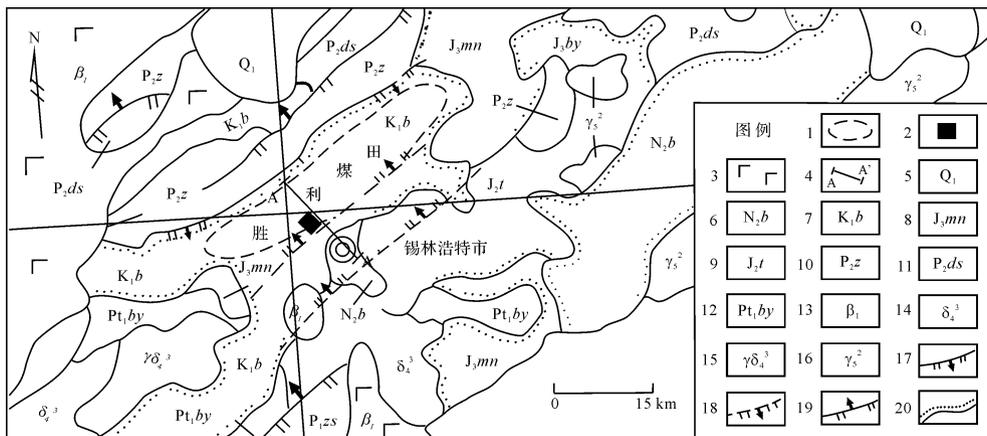


图1 内蒙古锡林浩特市胜利盆地及周缘地区地质简图

1.煤田范围;2.西露天矿位置;3.玄武岩;4.勘探剖面 and 地震剖面位置;5.下更统碎屑沉积;6.新近系上新统宝格达乌拉组;7.下白垩统巴彦花群;8.下侏罗统马尼特庙群;9.中侏罗统土城子组;10.中二叠统哲斯组;11.中二叠统大石寨组;12.元古界宝音图群;13.更新世玄武岩;14.华力西晚期玄武岩;15.华力西晚期闪长岩;16.燕山早期花岗岩;17.盆地边界正断层;18.盆地基底隐伏断层;19.逆断层;20.盆地沉积边界

Fig.1 The geological sketch map of Shengli Basin and surrounding areas, Xilinhaote, Inner Mongolia

质煤层和丰富的煤层气资源<sup>[4]</sup>。其中,富煤带位于凹陷中部,长45 km,宽7.6 km,面积342 km<sup>2</sup>,煤层累计厚度多在200 m以上,最厚处达400 m,单层最大厚度为244.7 m,地质储量224×10<sup>8</sup> t。传统的煤沉积模式难以解释这些超厚煤层的成因,需要通过开展煤层和夹矸的沉积学研究,以及凹陷充填序列的演化分析来进一步揭示。

### 1 研究条件和基本方法

对下白垩统上部赛汉塔拉组(K<sub>1</sub>bs)含煤岩系开展的多年煤炭勘查工作和开采,积累了300余个详细的钻孔岩芯和测井曲线,并且有3个深达百米、面积几平方公里的露天矿坑可供观测;而对下白垩统下部的阿尔善组(K<sub>1</sub>ba)和腾格尔组(K<sub>1</sub>bt)含油气岩系所进行的大量油气勘查工作,提供了近百口钻井岩芯和测井曲线,以及数十条二维地震剖面和近百平方公里的三维地震勘探资料。这些资料,为开展各项研究提供了便利的条件。

本文的研究重点是赛汉塔拉组的沉积特征与超厚煤层成因。在研究中,首先尽可能多地搜集已有的各种成果资料,再通过地震剖面的分析对比,进行以

三级和四级层序为基础的层序地层格架识别和划分;然后通过大量的岩芯观察和露天矿剖面实测,进行煤层和夹矸的露头沉积相标志识别和沉积特征分析;最后通过全凹陷的密集勘探线剖面和钻孔资料对比,进行赛汉塔拉组及其超厚煤层的沉积相和沉积环境分析,形成对超厚煤层成因的认识。

### 2 吉尔嘎郎图凹陷的层序地层学格架划分

吉尔嘎郎图凹陷主要沉积盖层为下白垩统含煤含油气碎屑岩系,其直接基底为侏罗系。上白垩统及新生界基本上缺失,仅见几米厚的第四系松散沉积物(图1)。

该凹陷内的下白垩统含煤含油气碎屑岩系为巴彦花群(K<sub>1</sub>b),由下而上分为阿尔善组(K<sub>1</sub>ba)、腾格尔组(K<sub>1</sub>bt)和赛汉塔拉组(K<sub>1</sub>bs)。从岩相和岩性组合上看,具有显著的下粗、中细和上粗的充填序列特征(图2),显示该拗陷的形成演化经历了初始沉降—填平补齐、快速沉降—湖泊发育和减速沉降—平原化等3个大的沉降—充填演化阶段。

许多研究者先后从不同的角度,对该凹陷开展

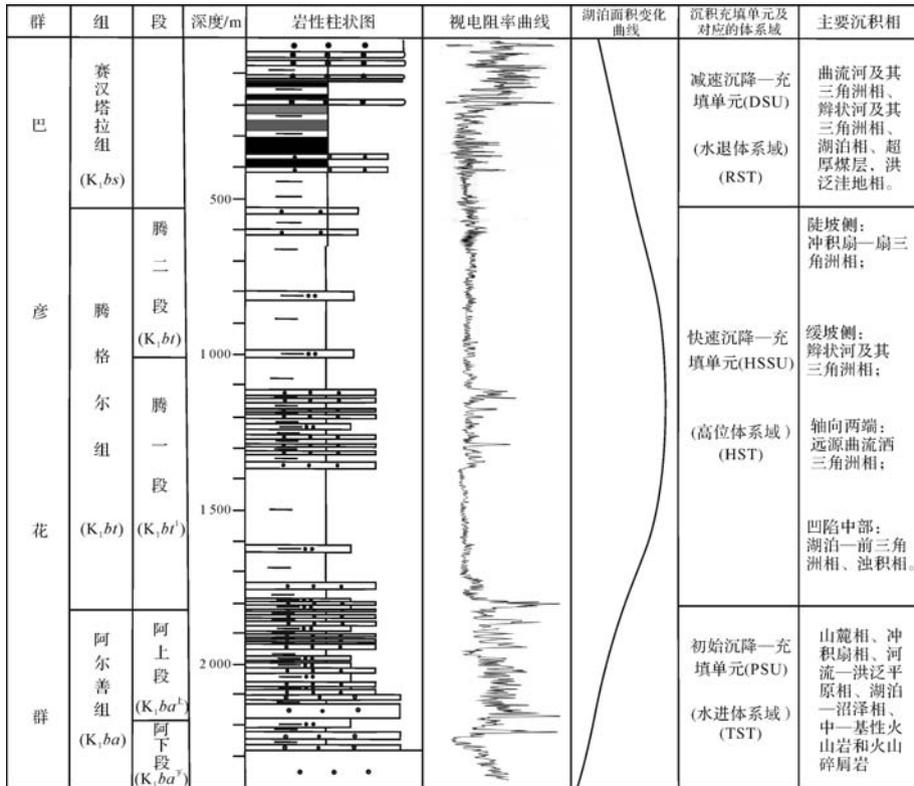


图2 吉尔嘎郎图凹陷下白垩统巴彦花群(K<sub>1</sub>b)充填序列与层序地层单元划分

Fig.2 Basin-fill sequence and sequence stratigraphic units division of Bayanhua Group (K<sub>1</sub>b),

过层序地层学研究<sup>[5-10]</sup>,提出了不同的层序地层划分方案。考虑到吉尔嘎郎图凹陷是一个典型的内陆型断陷盆地,为了深入认识其超厚煤层形成的地质背景、环境条件、时空分布及其与油气的关系,本文采用了以构造—地层分析为主线的格架层序地层学研究思路<sup>[8,11]</sup>。

横穿凹陷的地震剖面显示,在吉尔嘎郎图凹陷的生命周期中,发生过3次构造反转,形成了3个不整合面,即T<sub>6</sub>、T<sub>3</sub>和T<sub>2</sub>(图3)。这种情况,与二连盆地其他凹陷一致<sup>[8]</sup>,但强度稍差。

从盆地总体构造演化的沉积响应角度看,其沉积物面貌呈现出下粗(阿尔善组)、中细(腾格尔组)和上粗(赛汉塔拉组)的填序列,与凹陷整体的3个大的沉降—充填演化阶段相对应,形成3个大的沉降—充填单元。因此,可以将该凹陷的巴彦花群划为一个完整的沉积层序(SQ),于是每一个沉降—充填单元就相当于一个大的沉积体系域。即:

初始沉降—充填单元(PSU-Preliminary Subside-filling Unit;即下粗段),位于层序下部,相当于水进体系域(Transgressive system tract, TST)。该初始沉降—充填单元底部分布中、基性火山岩和火山碎屑岩,下部和中部由山麓堆积、冲积扇、河流—洪泛平原相的粗碎屑岩和局部洼地—湖沼相细碎屑岩构成,上部为规模较大的浅湖相细碎屑岩构成。沉积物总体面貌稍粗,厚度400~800 m,占整个巴彦花群的1/5~1/4。其上部巨厚的洼地—浅湖相泥岩,是该凹陷的主要烃源岩。这种沉积特征,反映了盆地形成初期基底逐步下陷,远程过境河流转变为向洼地汇聚的短程

辫状河流,古地形从起伏不平到出现浅水湖泊的过程。

快速沉降—充填单元(SSU-Speediness Subside-filling Unit;即中细段),位于层序中部,相当于高位体系域(Highstand system tract, HST)。沉积物总体面貌变细,厚1 000~1 600 m,占巴彦花群的1/3~1/2。在凹陷陡坡侧,沉积狭窄的冲积扇—扇三角洲组合;在凹陷缓坡侧,沉积辫状河及其三角洲相组合;在盆地轴向两端,沉积远源曲流河及其三角洲沉积组合;而在凹陷中部则是广阔的浅湖—较深湖—前三角洲相和浊积相组合(图4)。其中,较深湖相的巨厚泥岩,既是良好的烃源岩,也是初始沉降—充填单元所生油气的良好盖层。这种沉积特征,反映了在凹陷基底快速沉降—湖泊发育阶段,湖面扩大到全凹陷、水深最大的状况。

减速沉降—充填单元(DSU-Decelerate Subside-filling Unit;即上粗段),位于层序上部,相当于水退体系域(Regressive Systems Tract, RST)。总体面貌再度变粗,厚约300~600 m,占整个巴彦花群的1/6~1/5。主要岩性是浅湖相泥岩、超厚褐煤层、曲流河及其三角洲砂岩、辫状河及其三角洲砂岩,以及洪泛洼地粉砂质泥岩、粉砂岩和细砂岩。其沉积特征反映了在凹陷减速沉降—平原化阶段,湖泊逐渐被曲流河和辫状河的三角洲淤塞,凹陷两端的河流再度发展成过境曲流河,两侧冲积扇扇面河流和辫状河流转化成支流的平原化过程。

由于图3的T<sub>6</sub>和T<sub>3</sub>所代表的两次构造反转延续时间短暂,既未造成周围隆起的大幅度抬升,也未能

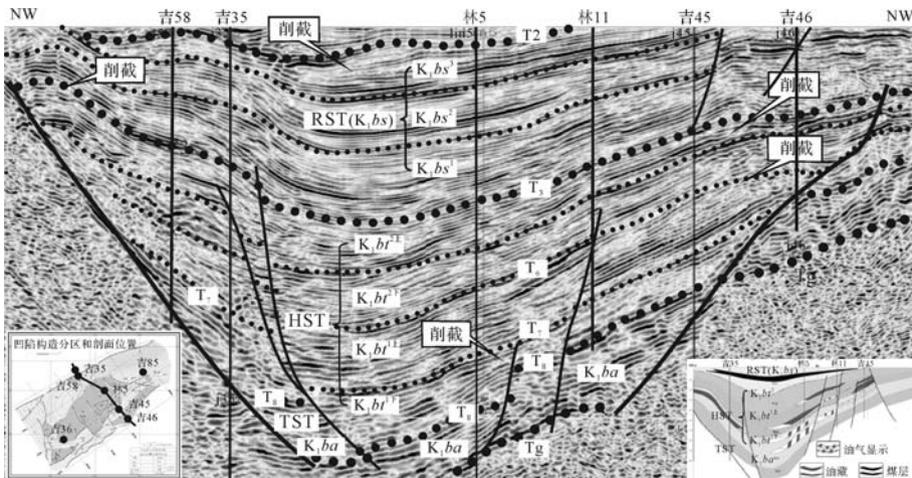


图3 吉尔嘎郎图凹陷中南部的横向地震剖面层序地层格架及能源矿产的空间分布

Fig.3 Sequence stratigraphic framework of transverse seismic profile and energy resources spatial distribution in south central of Jiergalangtu depression

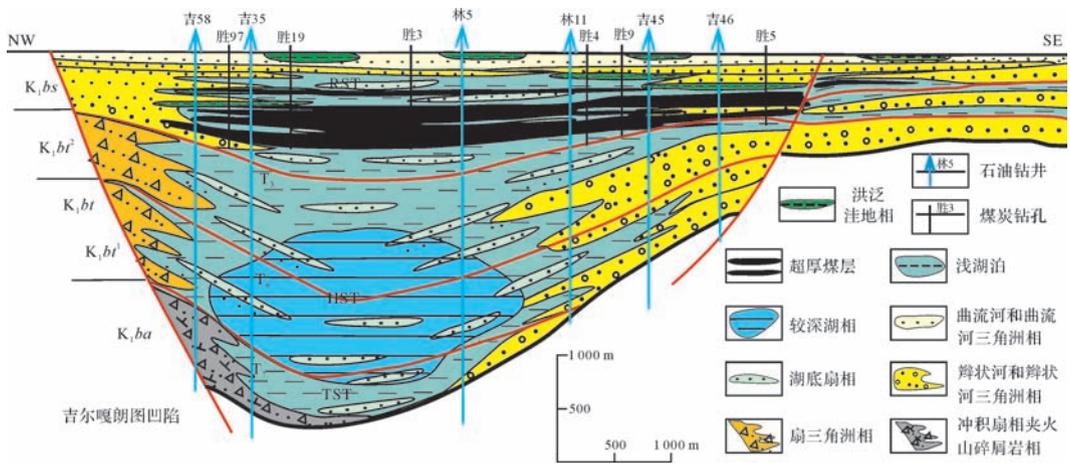


图4 二连盆地吉尔嘎朗图凹陷中南部横向沉积相断面图

Fig.4 Broadwise sedimentary section in the south central Jiergalangtu depression of Erlian Basin

改变该凹陷演化的总体进程,使得凹陷的沉积充填序列较为连续。根据钻孔岩芯和测井曲线,很容易进行凹陷轴向剖面的沉降—充填单元及其对应的体系域对比和划分(图4)。然而,如果以构造反转形成的不整合面( $T_0$ 和 $T_3$ )为界,把凹陷原型分为3个亚原型,则整个沉积充填序列可分为3个次级充填序列、3个次级沉降—充填单元,以及对应的3个次级体系域。只是每个次级充填序列及其对应的沉降—充填单元,都不够典型。

通过以上分析可知,吉尔嘎朗图凹陷的赛汉塔拉组( $K_1bs$ )是凹陷整体演化序列第三阶段早期的产物——总体上的减速沉降—充填单元。这个时期,基底构造沉降开始减速,湖泊开始萎缩但面积和水深仍然较大。根据层位的对应关系,其中的超厚煤层,形成于凹陷基底减速沉降—充填单元的下部和中部,即总体水退体系域的下部和中部。

### 3 吉尔嘎朗图凹陷赛汉塔拉组沉积特征

#### 3.1 赛汉塔拉组的沉积相类型

根据对大量煤炭勘探岩芯的观察,结合露头岩性、岩相特征和测井曲线等资料,在吉尔嘎朗图凹陷的赛汉塔拉组中,识别出了6种相、13种亚相和33种微相(表1)。

#### 3.2 赛汉塔拉组的沉积相分析

本文侧重于通过煤层及其夹矸本身的沉积相分析来揭示煤层的成因机制,而不是象国际学术界惯常所做的那样从煤层的底板或者顶板的沉积相分析<sup>[12-14]</sup>着手。下面结合胜利露天矿露头观察资料,着重介绍与煤层紧密相关的若干沉积相特征。

胜利露天矿位于吉尔嘎朗图凹陷中南部,所揭露的层位属于赛汉塔拉组中上部。通过露头细致观察和剖面实测,为成煤环境分析提供了依据(图5,6)。

表1 所识别出来的吉尔嘎朗图凹陷下白垩统巴彦花群赛汉塔拉组( $K_1bs$ )沉积相类型

Table 1 Type of sedimentary facies of Lower Cretaceous Saihantala Formation ( $K_1bs$ ), Jiergalangtu depression

相	亚相	微相
蛇曲河流	曲流河河床、曲流河平原	曲流河道、天然堤、点砂坝、洪泛洼地
曲流河三角洲	曲流河三角洲平原	曲流河三角洲水上分流河道、曲流河三角洲水上分流河道天然堤、上三角洲平原
	曲流河三角洲前缘	曲流河三角洲水下分流河道、水下分流河道天然堤、水下分流河口近端坝、水下分流河口远端坝、曲流河三角洲前沿席状砂、分流河道间湾
辫状河流	辫状河平原	砾质辫状河道、砂质辫状河道
辫状河三角洲	辫状河三角洲平原	辫状河三角洲水上分流河道、辫状河三角洲水上分流河道天然堤
	辫状河三角洲前缘	辫状河三角洲水下分流河道、辫状河三角洲水下分流河口坝、辫状河三角洲水下分流河道间湾
湖底扇(浊积扇)	扇头	滑塌堆积体、泥质重力流体
	扇中	浊流沟道、浊流沟道间、浊流沟道前缘
	扇缘	浊流远端
湖泊	滨湖、浅湖	滨湖、湖湾、浅湖悬浮沉积、浊积泥炭、滩脊
	较深湖	较深湖泥、浊流



图5 胜利煤田一号露天煤矿南东帮的赛汉塔拉组( $K_1bs$ )中、上段露头  
(数字表示图7中的照片拍摄位置)

Fig.5 Middle and Upper outcrop of Saihantala Formation ( $K_1bs$ ) at southeast side of No.1 open pit, Shengli coalfield  
(the numbers indicate the shooting sites of the photo presented in Fig.7)

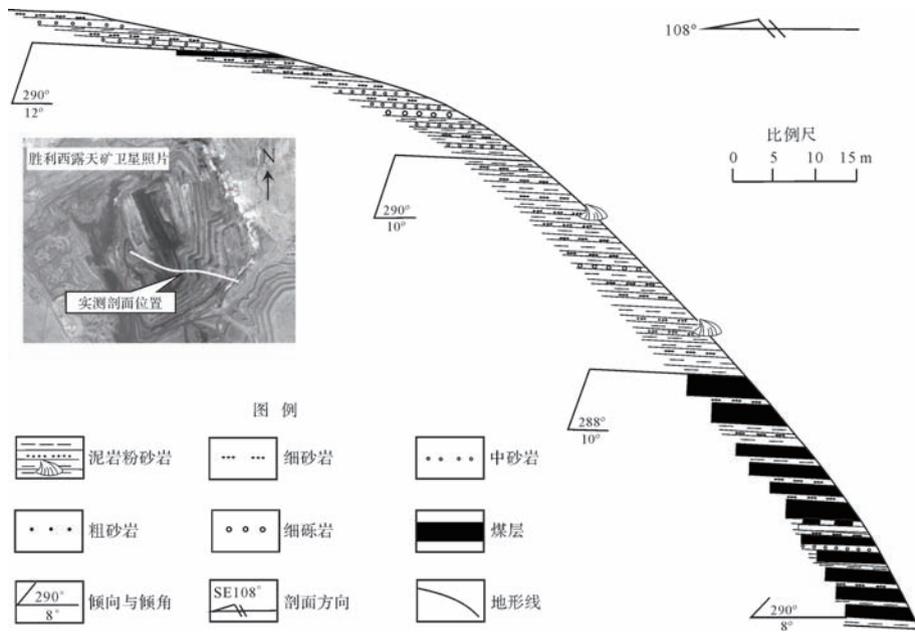


图6 胜利煤田一号露天矿南东帮赛汉塔拉组( $K_1bs$ )中、上段实测剖面

Fig.6 Measured profile of middle and upper of Saihantala Formation ( $K_1bs$ ) at southeast side of No.1 open-pit, Shengli coalfield

在胜利露天矿,出露了赛汉塔拉组中、下部煤层及其间的楔状碎屑沉积物。自下而上由浅湖相、三角洲相和曲流河相组成(图7)。其中,浅湖亚相有浅湖泥炭亚相和浅湖碎屑亚相两类。浅湖泥炭亚相出现在该剖面下部,包含超厚煤层、薄层至中厚层块状泥岩、薄层状具递变粒序的细砂岩和粉砂岩或泥岩、泥质重力等四种微相。在该亚相中,四种微相在层序中交替出现,但煤层占有最大的比

例。这里是超厚煤层发育区的边缘,煤层厚度不是该凹陷最大的,但在合并处也超过了80 m。煤层结构简单,其他三种微相以夹矸形式存在于煤层之中,特别是出现了厚度巨大的泥质重力流扇体。这种具有递变粒序和变形层理的含砂砾的泥质重力流扇体(湖底扇,图7①),与多层薄层状递变砂岩、递变细砂岩和递变粉砂岩共生,显示出了水下重力流特征。

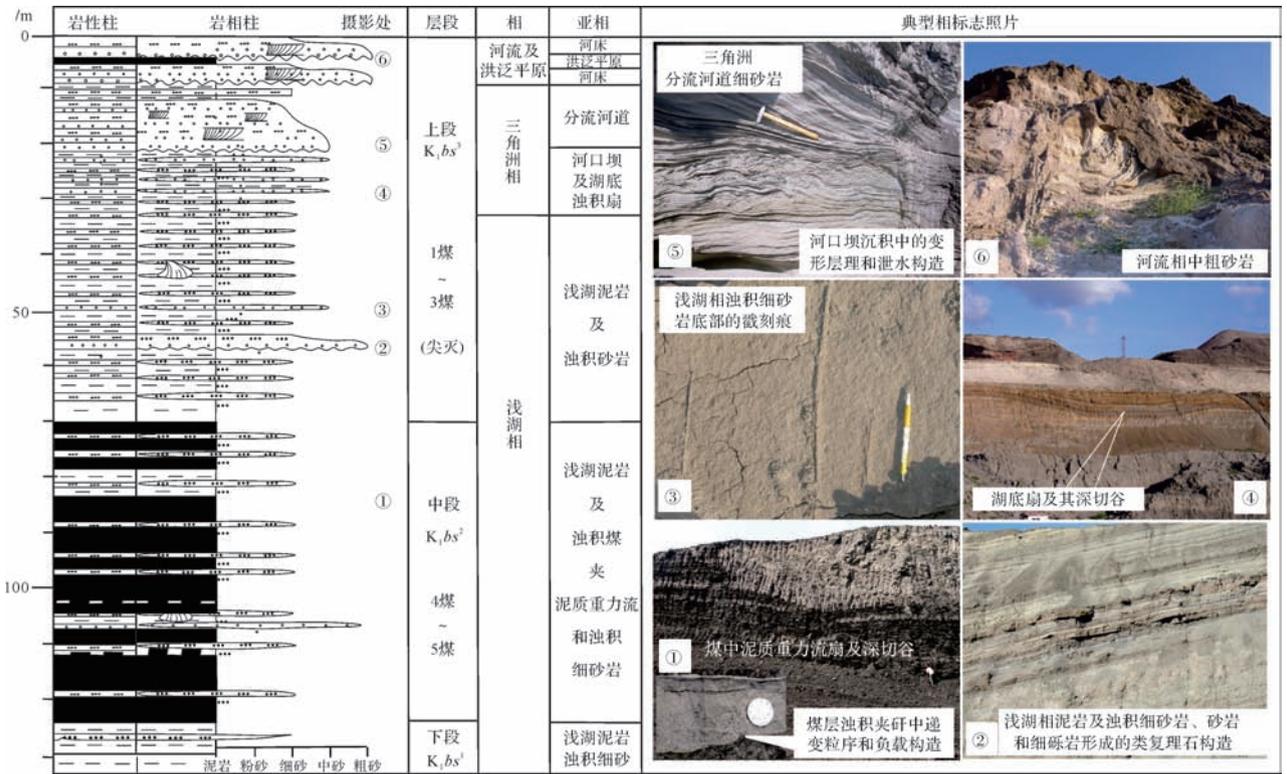


图7 胜利煤田一号露天矿南东帮赛汉塔拉组(K<sub>1</sub>bs)中、上段露头沉积相分析

(测量时下段的6煤未采掘到)

Fig.7 Outcrop sedimentary facies analysis on Middle and Upper of Saihantala Formation (K<sub>1</sub>bs) at southeast side of No.1 open-pit, Shengli coalfield

浅湖碎屑亚相出现于实测剖面中部,属于5煤及其以上各煤层之间的楔状沉积物。由薄层至中厚层状的块状泥岩层和薄层至中厚层状的浊积岩构成。二者频繁交互出现,形成典型的类复理石构造(图7②)。浊积岩的岩石类型既有砾岩、粗砂岩,也有细砂岩、粉砂岩,甚至有内碎屑的泥砾泥岩。常7见块状层理和递变粒序层理,也常见不完整的鲍马序列。在浊积岩层面上,还常见戳刻痕、负载构造(负荷模,图7③),甚至巨大的菱铁矿化树干和巨大的树木根盘。在沉积序列的上部,发育有巨大的冲刷充填构造和深切谷(图7④)。

三角洲相位于剖面上部,河流来自南东方向。自下而上是分流河口坝、间湾和下水分流河道亚相。分流河口坝及间湾亚相由一系列薄层状细砂和泥的互层构成,常见互层层理、小型交错层理、攀升纹理、递变粒序层理和泄水构造(图7⑤),向上砂岩有加厚变粗的趋势。下水分流河道亚相由一套中厚—厚层状灰白色细砂岩及其上的粉砂岩、泥岩构成,其分选、磨圆较好,砂粒成分以石英和长石为主,表明来经过较

长距离的搬运,属于远源河流三角洲。细砂岩底面冲刷较明显,发育大型交错层理。整个三角洲相沉积序列厚约20 m,代表了远源河流三角洲逐步向凹陷中心进积,湖泊被逐步淤塞,而凹陷全境逐步平原化的过程。

曲流河相位于剖面顶部,由曲流河床亚相夹洪泛平原亚相组成。剖面上的曲流河床亚相可见点砂坝微相和河床滞留微相,前者为褐色具大型板状交错层理中粗砂岩,后者为块状和槽状交错层理的含砾粗砂岩(图7⑥);洪泛平原亚相由洪泛洼地和泥炭沼泽微相构成,主要沉积物为灰黑色泥岩、炭质泥岩和高灰劣质煤层。由于接近地表,岩层风化程度较高,河床砂砾岩十分较松散,而泥岩、炭质泥岩和高灰煤层均呈土状。曲流河相的发育,表明吉尔嘎朗图凹陷已经进入了全境平原化晚期,同时也表明该凹陷的演化序列较为完整。

### 3.3 赛汉塔拉组沉积相平面图编制

本项研究根据宏观沉积学和露头层序地层学原理,采用了20条煤田勘探剖面(含100余个钻孔)和

8条石油地震勘探剖面(含30余个钻井)的岩芯和测井资料,以及3个大型露天矿的实测剖面资料。然后,把赛汉塔拉组分成下部(含煤段以下至赛汉塔拉组底面)、中部(含煤段)和上部(含煤段顶部以上至赛汉塔拉组顶面)等3段,分别进行沉积相和沉积环境分析。在编图中,参考并借鉴了内蒙古自治区地质研

究队(1989)编制的赛汉塔拉组地层厚度、含砂率和煤层厚度等值线图。在此基础上,首先利用沉积学原理和平衡剖面原理,把勘探剖面转化为原始沉积剖面,然后再分段进行沉积相综合和沉积环境厘定,最后得到了如图8所示的结果。这组图件,反映了该凹陷在减速沉降—平原化阶段的演化过程。

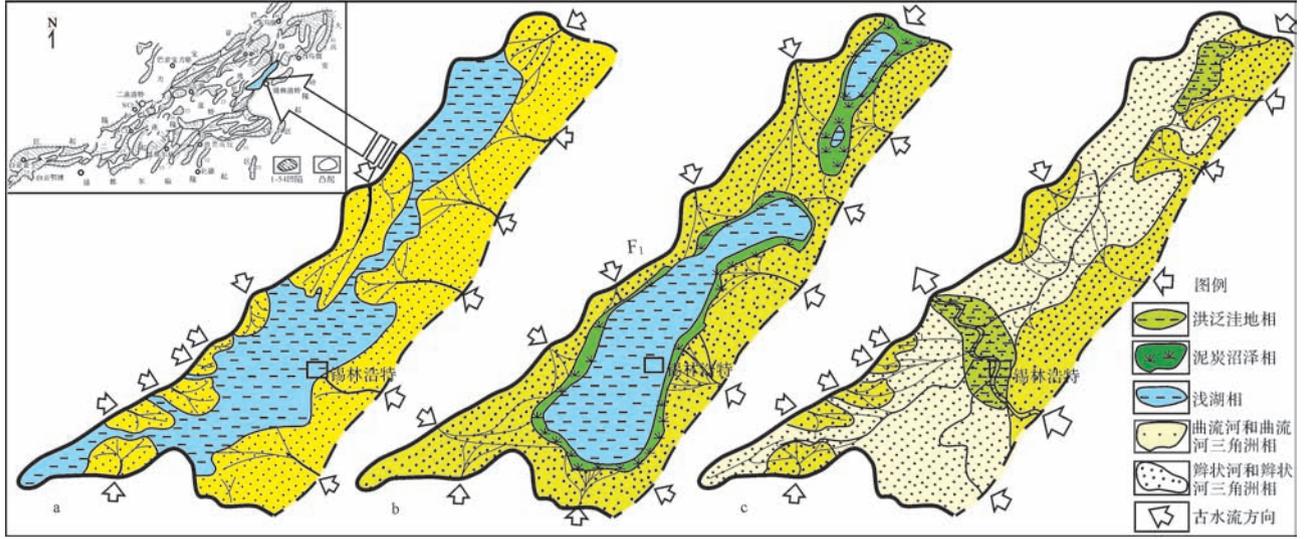


图8 吉尔嘎郎图凹陷下白垩统赛汉塔拉组(K<sub>1</sub>bs)的综合沉积相与沉积环境平面图

a.赛汉塔拉组下部;b.赛汉塔拉组中部;c.赛汉塔拉组上部。黑色粗线表示盆地断裂边界,虚线表示隐伏基底阶梯断裂

Fig.8 Sedimentary facies and environment of Lower Cretaceous Saihantala Formation (K<sub>1</sub>bs) of Jiergalangtu depression

### 4 关于煤层成因的分析

在吉尔嘎郎图凹陷,煤层与顶底板之间、各煤层分层与夹矸之间界限清晰,但并不是沉积间断,而且顶底板和砂质、细砂质夹矸普遍出现递变粒序层理、鲍马序列、负载构造和戳刻痕等浊积构造,甚至出现由多个泥质重力流扇叠置而成的巨大扇体直接进入煤层,构成巨大的冲刷—充填构造的状况(图9)。这表明煤沉积环境并不平静。古植物学研究表明,中国内蒙和东北地区在早白垩世的成煤植物,主要生长蕨类、苏铁类、松柏类和银杏类植物<sup>[15-17]</sup>。这些植物多为非水生的高大乔木。浊积岩夹矸却表明,这些超厚煤层形成于一定深度的水体中。

从沉积充填序列和层序地层学的角度看,该超厚煤层赋存于赛汉塔拉组的中部和下部,正是凹陷整体进入湖泊萎缩阶段的早—中期。这时,湖泊仍有较大面积,沉积环境为浅湖和局部较深湖。煤层夹矸中普遍出现的水下泥质重力流特征,以及顶底板细碎屑岩所具有的较深湖相特征,也表明煤层形成于湖泊环境中。同时,煤层累积厚度(图10c)与赛汉塔拉组的地

层厚度(图10a)分布呈正相关关系,说明了煤层是形成于凹陷的次级深断槽中;而煤层累积厚度与该组的地层含砂率(图10b)分布呈负相关关系,说明煤层形



图9 胜利煤田一号露天矿超厚煤层巨大泥质重力流扇体及夹矸中的递变粒序层理

Fig.9 Large mud gravity flow fan body and graded bedding of gangues in extremely-thick coal seam in No.1 open-pit, Shengli coalfield

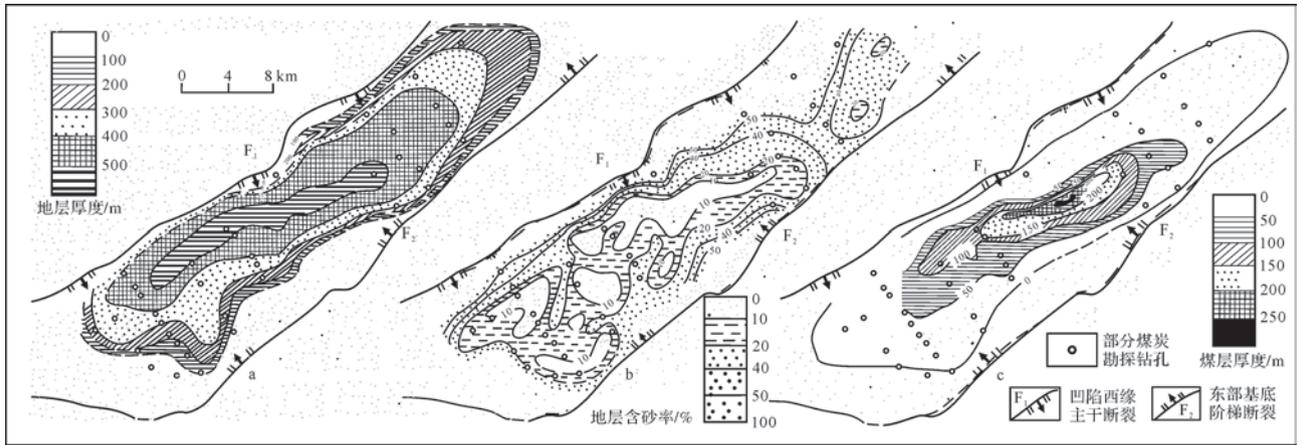


图10 吉尔嘎郎图凹陷赛汉塔拉组的厚度(a)、含砂率(b)、煤层厚度(c)和部分钻孔分布  
(据内蒙古自治区地质研究队, 研究报告, 1989)

Fig.10 The stratum thickness of Saihantala Formation: (a) rate of sand content, (b) and coal bed thickness, (c) spatial distribution

成于砂屑最少的湖泊环境中。这种情况, 与我国辽宁省早白垩世阜新盆地和古近纪抚顺盆地<sup>[18-20]</sup>的情况十分相似。

此外, 在狭小的面积( $<100 \text{ km}^2$ )中和短暂的时间( $<10 \text{ Ma}$ )内, 能生成并堆积如此超厚煤层(累计厚度 $>200 \text{ m}$ 、储量达242亿吨), 也无法用原地生成的机制来解释。试想, 如果此时凹陷内发育漂浮泥炭沼泽, 并且仅靠漂浮泥炭沼泽提供成煤物质, 如何能导致如此之大的成煤物质生成速率? 而如果此时凹陷内是布满高大乔木的森林沼泽, 巨厚的泥质重力流扇如何能深入到沼泽和泥炭层中部, 并且形成巨大的冲刷充填构造? 因此, 需要寻求新的解释。

在寻求新的解释时, 从如下的两个实例中可以得到一些启发: 在马哈卡姆三角洲分流河道间的陆岬上, 沿滨岸线分布长达7 km、朝海方向加积2 km、厚达20 m的高灰分粉未状木质碎屑滩脊<sup>[21]</sup>; 在美国密执安州苏克湖中, 发育有一个由砾石级到粉砂级植物碎屑组成的吉尔伯特型三角洲, 某些地点高灰分泥炭堆积达15 m厚<sup>[22]</sup>。然而, 由于没有找到“使高灰煤转变成低灰煤的适当机制”, McCabe<sup>[13-14, 23]</sup>断然否定了各种异地成煤模式, 转向认为“煤层与其下伏沉积物之间有明显的沉积间断, 煤层形成于废弃的碎屑环境中的平静泥炭沼泽——漂浮沼泽或高位沼泽”。然而, 这里的超厚煤层与其下伏沉积物之间没有明显的沉积间断, 夹矸甚至煤层本身的浊积特征及水下泥质重力流特征则表明沉积环境并不平静。恰恰相反, 吉尔嘎郎图凹陷超厚煤层中的各种沉积学特

征, 给出了一个“能使其中无机碎屑与泥炭碎屑分离的有效机制”, 这就是异地泥炭的二次堆积模式: 由两侧或两端远源河流搬运而来的高灰分成煤物质, 先沉积于滨湖三角洲, 随即受到风暴、湖流、波浪和地震等营力作用, 经滑塌和浊流作用转移至浅湖中, 并经再次分异、沉积成为与浊积砂、泥层共生的低灰煤层。高灰分成煤物质经过滑塌和浊流作用, 变为低灰煤的快速分异机制, 可参考相关的物理模拟实验<sup>[24]</sup>。那些巨厚的泥质重力流, 应是凹陷边缘隆起区突发性泥流直接进入湖泊的产物。

与已有的超厚煤层异地成因模式<sup>[25]</sup>相比较, 这种沉积机制既与“弱风暴及水下泥质重力流亚模式(抚顺盆地亚模式)<sup>[18-19]</sup>”有相似之处, 也与“冲积扇前浅水砂质重力流亚模式(阜新盆地亚模式)”<sup>[20]</sup>有相似之处, 而与“湖相植屑扇三角洲—水下重力流亚模式(先锋亚模式)<sup>[24]</sup>”, 以及湖相植屑三角洲—水下重力流亚模式(小龙潭亚模式)”<sup>[25]</sup>有较大的差别。因此, 可以作为一种独立的亚模式提出, 称为“弱风暴及水下泥质、砂质重力流型亚模式”, 简称胜利盆地亚模式。

## 5 结论

(1) 吉尔嘎郎图凹陷的赛汉塔拉组沉积于基底减速沉降—充填演化阶段, 是凹陷整体进入湖泊萎缩阶段早—中期的产物, 其层序地层单元属于水退体系域。

(2) 赛汉塔拉组自下而上由浅湖相、三角洲相和

曲流河相组成。其中,浅湖相可分为浅湖泥炭亚相和浅湖碎屑亚相。浅湖泥炭亚相出现在层序中、下部,包含超厚煤层、薄至中厚层块状泥岩、薄层状递变层序细砂岩和粉砂岩或泥岩、泥质重力流等四种微相。

(3) 煤层本身及其夹矸的沉积特征表明,吉尔嘎郎图凹陷赛汉塔拉组的超厚煤层,形成于该凹陷的次级深断槽中,沉积环境应为浅湖和局部较深湖浊积环境。

(4) 推测成煤物质由远源河流搬运而来,巨量异地高灰泥炭可能先沉积于滨湖三角洲,后经滑塌和浊流作用转移至浅湖中,并经再次分异、沉积成为超厚低灰煤层。

与已有的超厚煤层异地成因模式相比较,这种煤沉积模式可以作为一种独立亚模式提出,称为“弱风暴及水下泥质、砂质重力流亚模式”,简称为胜利盆地亚模式。

致谢 感谢华北油田研究院和内蒙古自治区地质工程总公司为本项研究提供方便条件和勘探资料,感谢论文审阅专家所提供的宝贵修改意见!

### 参考文献 (References)

- 1 王崇敬,马施民,郭彪,等. 二连盆地群早白垩世含煤地层特征及对比分析[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(4): 106-108, 125. [Wang Chongjing, Ma Shimin, Guo Biao, et al. Analysis on characteristics and correlation of coal-bearing stratigraphy of Lower Cretaceous in Erenhot Basins[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(4): 106-108, 125.]
- 2 王东东,邵龙义,张强,等. 二连盆地群下白垩统含煤地层聚煤特征分析[J]. 中国矿业大学学报, 2013, 42(2): 257-265. [Wang Dongdong, Shao Longyi, Zhang Qiang, et al. Analysis of coal - accumulating characteristics in the lower Cretaceous coal-bearing strata of the Erlian basin group[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2013, 42(2): 257-265.]
- 3 黄澎涛,武学维,马占琴. 内蒙古自治区二连盆地区域构造和聚煤特征[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(增刊1): 9-11. [Huang Pengtao, Wu Xuewei, Ma Zhanqin. Tectonics and coal-accumulating characteristics in Erenhot Basins, Inner Mongolia[J]. Coal Geology of China, 2009, 21(Suppl.1): 9-11.]
- 4 孙斌,邵龙义,赵庆波,等. 二连盆地煤层气勘探目标评价[J]. 煤田地质与勘探, 2008, 36(1): 22-26. [Sun Bin, Shao Longyi, Zhao Qingbo, et al. Evaluation of coalbed gas exploration target in Erlian Basin[J]. Coal Geology & Exploration, 2008, 36(1): 22-26.]
- 5 降栓奇,司继伟,赵安军,等. 二连盆地吉尔嘎郎图凹陷岩性油藏勘探[J]. 中国石油勘探, 2004, 9(3): 46-53. [Jiang Shuanqi, Si Jiwei, Zhao Anjun, et al. Exploration of lithologic oil reservoirs in Jiernalangtu depression of Erlian Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2004, 9(3): 46-53.]

- 6 樊太亮,朱玲. 吉尔嘎郎图凹陷沉积层序几何构型[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(2): 99-105. [Fan Tailiang, Zhu Ling. Geometric architecture of sedimentary sequence in Jirgalongtu depression[J]. Oil & Gas Geology, 1998, 19(2): 99-105.]
- 7 孙景民,庞雄奇,申军山,等. 二连盆地吉尔嘎郎图凹陷非构造油气藏勘探[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(4): 380-382. [Sun Jingmin, Pang Xiongqi, Shen Junshan, et al. Non-structural reservoir exploration in Jiernalangtu sag, Erlian Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2005, 26(4): 380-382.]
- 8 易定红,贾义蓉,石兰亭. 宝饶洼槽下白垩统层序地层与生储盖组合[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(5): 540-543. [Yi Dinghong, Jia Yirong, Shi Lanting. Sequence stratigraphy and source-reservoir-caprock assemblages of Lower Cretaceous in Baorao trough[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2005, 26(5): 540-543.]
- 9 梁宏斌,吴冲龙,李林波,等. 二连盆地层序地层单元统一划分及格架层序地层学[J]. 地球科学, 2010, 35(1): 97-106. [Liang Hongbin, Wu Chonglong, Li Linbo, et al. Unifying division of sequence stratigraphy unit and framework sequence stratigraphy of Erlian Basin[J]. Earth Science, 2010, 35(1): 97-106.]
- 10 王帅,邵龙义,闫志明,等. 二连盆地吉尔嘎郎图凹陷下白垩统赛汉塔拉组层序地层及聚煤特征[J]. 古地理学报, 2015, 17(3): 393-403. [Wang Shuai, Shao Longyi, Yan Zhiming, et al. Sequence stratigraphy and coal accumulation of the Lower Cretaceous Saihantala Formation in Jiernalangtu sag of Erlian Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2015, 17(3): 393-403.]
- 11 吴冲龙,张善文,毛小平,等. 胶莱盆地原型与盆地动力学分析[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2009: 1-18. [Wu Chonglong, Zhang Shanwen, Mao Xiaoping, et al. Analysis on Basin Prototype and Basin Geodynamics of Jiaolai Basin[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2009: 1-18.]
- 12 McCabe P J. Depositional environments of coal and coal-bearing strata [M]//Rahmani R A, Flores R M. Sedimentology of Coal and Coal-bearing Sequences. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2009: 11-42.
- 13 McCabe P J. Depositional environments of coal and coal-bearing strata [J]. Special Publication of the International Association of Sedimentologists, 1984(7): 13-42.
- 14 McCabe P J. Facies studies of coal and coal-bearing strata[C]//Scott A C. Coal and coal-bearing strata-Recent advances. Geological society of London Special Publication, 1987, 32: 51-66.
- 15 陈芬,孟祥营,任守勤,等. 辽宁阜新和铁法盆地早白垩世植物群及含煤地层[M]. 北京:地质出版社, 1988: 1-180. [Chen Fen, Meng Xiangying, Ren Shouqin, et al. Early Cretaceous Plants and Coal-bearing Strata in Liaoning Fuxin and Tiefsa Basin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 1-180.]
- 16 邓胜徽. 内蒙古霍林河盆地早白垩世植物化石[J]. 现代地质, 1991, 5(2): 147-156. [Deng Shenghui. Early Cretaceous fossil plants from Huolinhe Basin in Inner Mongolia[J]. Geoscience, 1991, 5(2): 147-156.]
- 17 孙革,商平. 内蒙古东部霍林河煤田晚侏罗世—早白垩世植物及含煤地层初步研究[J]. 阜新矿业学院学报, 1988, 7(4): 69-76. [Sun Ge, Shang Ping. A brief report on preliminary research of

- Huolinhe coal-bearing Jurassic-Cretaceous plant and strata from eastern Inner Mongolia China[J]. Journal of Fuxin Mining Institute, 1988, 7 (4): 69-76.]
- 18 吴冲龙. 抚顺盆地的滑积煤及超厚煤层的成因模式[J]. 科学通报, 1994, 39(23): 2175-2177. [Wu Chonglong. The genetic models of sliding coal and extra-thick coal seam in Fushun Basin[J]. Chinese Science Bulletin, 1994, 39(23): 2175-2177.]
- 19 吴冲龙, 李绍虎, 黄凤鸣, 等. 抚顺盆地超厚煤层的沉积条件分析[J]. 煤田地质与勘探, 1997, 25(2): 1-6. [Wu Chonglong, Li Shaohu, Huang Fengming, et al. Analysis on the sedimentary conditions of extra thick coal seam from Fushun coal field[J]. Coal Geology & Exploration, 1997, 25(2): 1-6.]
- 20 Wu Chonglong, Li Sitian, Cheng Shoutian. Humid-type alluvial-fan deposits and associated coal seams in the lower Cretaceous Haizhou Formation, Fuxin Basin of Northeastern China[C]. Geological Society of America Special Paper, 1992, 267: 269-286.
- 21 Allen G P, Laurier D, Thouvenin J. Etude Sédimentologique du Delta de la Mahakam [C]. Compagnie Française des Pétroles, (Notes et Mémoires), 1979, 15: 156.
- 22 Treese K L, Wilkinson B H. Peat-marl deposition in a Holocene paludal-lacustrine basin-Sucker Lake, Michigan [J]. Sedimentology, 1982, 29(3): 375-390.
- 23 McCabe P J, Parrish J T. Tectonic and climatic controls on the distribution and quality of Cretaceous coals[C]. Geological Society of America Special Paper, 1992, 267: 1-16.
- 24 吴冲龙, 李绍虎, 王根发, 等. 先锋盆地超厚优质煤层的异地成因模式[J]. 沉积学报, 2006, 24(1): 1-9. [Wu Chonglong, Li Shaohu, Wang Genfa, et al. Genetic model about the extra-thick and high quality coalbed in Xianfeng Basin, Yunnan province, China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 1-9.]
- 25 吴冲龙, 李绍虎, 王根发, 等. 陆相断陷盆地超厚煤层异地堆积的新模式[J]. 地球科学, 2003, 28(3): 289-296. [Wu Chonglong, Li Shaohu, Wang Genfa, et al. New evidence and new model about allochthonous accumulation of extra-thick coalbeds in continental fault basin, China[J]. Earth Science, 2003, 28(3): 289-296.]

## Analysis on Sedimentary Characteristics and Allochthonous Genesis of Extra-thick Seam in Jiergalangtu Depression, Saihantala Formation

WU Xin<sup>1,2</sup> WU ChongLong<sup>1</sup> MAO XiaoPing<sup>3</sup> ZHANG JiYin<sup>1</sup>

(1. China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan, 430074, China;

2. Chengyi University College, Jimei University, Xiamen, Fujian 361021, China;

3. China University of Geosciences (Beijing), Beijing, 100083, China)

**Abstract:** The Saihantala Formation of Jiergalangtu depression deposited in basement subsidence deceleration - filling evolution stage. It was the product of the depression in the early and middle stage of the lake's shrinking-stage. Its sequence stratigraphic units are parts of regressive system tract. From bottom to top, it consists of shallow lacustrine facies, delta facies and meandering river facies. The extra-thick coal seam formed in the deep groove of the depression and symbiosed with a lot of thin layers of turbidity sandstone, its sedimentary environment should have been shallow lake and local deep lake. Traditional coal depositional model can hardly explain the cause of this extra-thick coal seam. Through the sedimentological study of gangue and the analysis of basin-fill sequence, a new model of extra-thick seam continental allochthonous genesis - " sub model of weak storms and underwater muddy and sandy gravity flow " - is established, abbreviated as Shengli basin sub model. The allochthonous coal may have deposited firstly in lake delta, and then transferred to shallow lake by slumping and turbidity, and after secondary differentiation, finally deposited as low ash coal seam.

**Key words:** extra-thick coal seam; allochthonous coal; coal seam genetic; secondary accumulation; coal depositional models; Jiergalangtu depression