

文章编号: 1000-0550(2009) 01-0070-07

鄂尔多斯盆地早二叠世聚煤环境与成煤模式分析¹

陈全红¹ 李文厚² 郭艳琴³ 庞军刚³ 崔军平² 高永祥²

(1 中国海洋石油研究中心 北京 100027; 2 西北大学地质学系 西安 710069

3 西安石油大学 油气资源学院 西安 710065)

摘要 通过分析鄂尔多斯盆地早二叠世煤层分布规律、沉积相及古地理、聚煤环境类型及时空分布,认为主要的聚煤沉积体系为障壁海岸、潮控三角洲及河流(三角洲平原),其中陆相泥炭沼泽及海相泥炭坪是主要的成煤环境。障壁海岸聚煤模式、潮控三角洲成煤模式、河流(或三角洲平原)成煤模式是区内存在的 3 种主要成煤模式,形成了主要的可采煤层。对煤层形成和保存的根本控制因素是与泥炭沉积相关的可容纳空间的变化速率。

关键词 鄂尔多斯盆地 聚煤环境 成煤模式 聚煤控制因素

第一作者简介 陈全红 男 1975 年出生 博士 沉积学及石油地质学 E-mail: chenql@cnooc.com.cn

中图分类号 P512.2 P618.11 文献标识码 A

鄂尔多斯盆地是位于华北克拉通西部的大型克拉通盆地,盆地内自下而上发育三套含煤岩系,主要为石炭—二叠系的本溪组、太原组及山西组,三叠系的瓦窑堡组和侏罗系的延安组及直罗组^[1]。关于该盆地早二叠世太原组和山西组沉积时的聚煤环境与成煤模式的研究,很早就引起了较为广泛的关注^[2-4],提出了各种各样的成煤模式,如具有经济价值的煤层主要出现在障壁海岸、三角洲、河流、湖泊及冲积扇种沉积体系中。但长期以来只重视阐述不同沉积相或沉积体系中,有利于泥炭形成与保存的沉积环境,对这些沉积体系的分布及其对聚煤作用的影响所进行的专门研究则相对少见。而且,北部的贺兰构造带上的晚古生代含煤沉积厚达千米,也明显区别于东侧华北地台区内的同期沉积,应有不同的成煤模式。作者在借鉴前人的研究方法和研究思路的基础上,通过分析早二叠世煤层分布规律,从沉积相及古地理、聚煤环境类型及时空分布特征三个方面来探讨鄂尔多斯盆地早二叠世的成煤模式及聚煤控制因素。

1 煤层分布特征

与华北其他地区一样,下二叠统是盆地内主要的含煤地层,含煤层多达 30 层,可分为西部厚煤带,中部薄煤带及东部厚煤带。西部厚煤带主要分布在呼鲁斯台、石炭井、石嘴山、乌达、棋盘井及横山堡一带,太原组和山西组的煤层总厚度多大于 10 m (图 1,图 2)。在贺兰山南端和西南部的上、下河沿和梁水园

子等地,山西组基本上不含可采煤层,煤层主要分布在太原组中下部,含煤性较差,煤层的厚度变化大,呈透镜状^[5]。在盆地西缘的南部一带含煤性都较差,煤层厚度变化大,主要分布在太原组及山西组山 2 段。从平凉的露头剖面上看,山西组含煤岩系共分三个含煤组。其中的中、下两个含煤组的煤层可采,上含煤组煤质较差,相变亦大。煤层从平凉西北向东南逐渐变厚,煤质由劣变佳。在盆地东部厚煤带分布较广泛,从内蒙古准格尔旗、到府谷、神木、山西的兴县、离石、柳林、大宁、乡宁、以及韩城一带煤厚多在 10 m 以上,但以北部的准格尔旗—保德段为最厚,向南逐渐变薄(图 1,图 2)。中部薄煤带位于中央古隆起部位,呈南北向展布,煤层厚度在 1~10 m。

2 聚煤环境

2.1 沉积相及古地理

沉积相分析是研究聚煤环境与成煤模式的重要基础。聚煤特征、含煤岩系的岩性、岩相组成及其空间组合受控于沉积体系^[6]。通过对区内太原组、山西组主要聚煤层系的岩类及其百分含量、沉积构造、层序组合、指相化石等特征的分析,认为太原组沉积早期主要为堡岛—泻湖沉积及北部的平罗、石嘴山、乌达、乌海、鄂托克旗、伊金霍洛旗、神木及准格尔旗地区的浅水三角洲沉积^[7],但在海侵期间受潮汐影响较明显,多形成潮控三角洲泥炭坪沉积。在南部靠近中央古隆起及物源区一带主要发育潮坪沉积体系

¹ 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(批准号:2003CB214602)、长江学者和创新团队发展计划资助。
收稿日期:2007-11-05 收修改稿日期:2008-01-17

组合,局部发育碳酸盐潮坪,如庆深 1 井区,形成陆源碎屑与碳酸盐岩的混合沉积。与华北地台陆表海沉积相比,盆地西缘在这一时期陆表海碳酸盐台地沉积不发育,仅在中卫一带略有分布,而此时东部的浅海沉积区成煤性较差,多无煤层分布。山西组沉积时海水逐渐退出,平缓的地形使三角洲平原泥炭沼泽沉积发育,形成了广泛分布的厚煤带。三角洲前缘沉积只在灵武、鄂托克前旗、横山、佳县及临县以南,以及环县、镇原、崇信、旬邑、铜川、合阳及韩城以北地区发育,成煤环境逐渐变差。

2.2 聚煤环境的类型

在不同的沉积体系中,煤层赋存于成因地层单元(旋回)中的不同位置,与顶板甚至顶板之上一定距

离内的围岩构成多种的组合关系^[8],形成在区域上具有一定展布规律的各种聚煤环境。根据前人研究,可以说各种沉积体系中都有煤层形成,但主要成煤环境为沼泽。受水动力条件、岩性组合及沉积物特点影响,沼泽相可分为闭流沼泽、覆水沼泽和泥炭沼泽。前两者的聚煤性较差,多形成大量的泥炭沉积。后者为前两者之间的过渡环境,也是主要的聚煤环境。再根据成煤介质的不同,泥炭沼泽又可分为泥炭沼泽(狭义)及泥炭坪(海相)。前者常发育于河流泛滥平原及三角洲平原相之上,按其共生的沉积体系、成煤沉积序列及着生位置可细分为(河流)岸后泥炭沼泽、湖滨沼泽、扇缘泥炭沼泽、三角洲平原泥炭沼泽(图 3);后者发育在受潮汐作用影响的多种环境中,

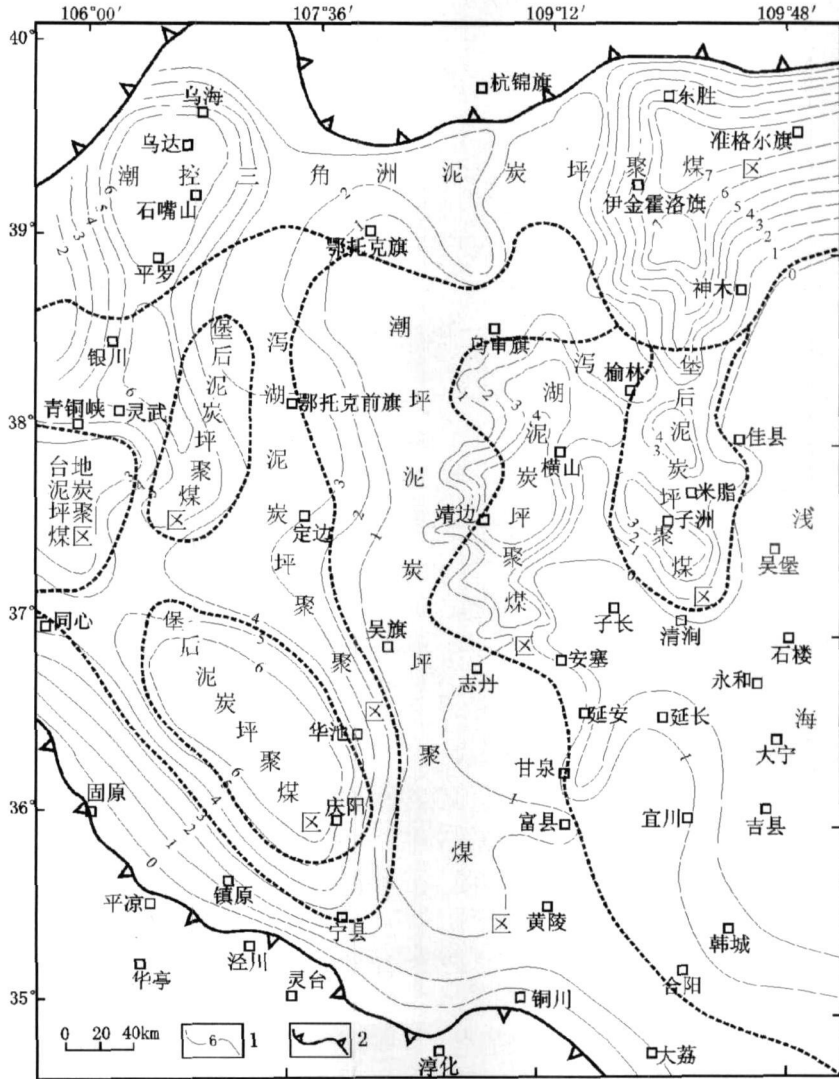


图 1 鄂尔多斯盆地下二叠统太原组煤层及聚煤环境分布特征

1 煤层等厚线; 2 太原组地层剥蚀线

Fig 1 The distribution of coalbed and coal accumulating environment in Taiyuan Group of lower Permian in Ordos Basin

1 the isopach line of coal; 2 denudation line

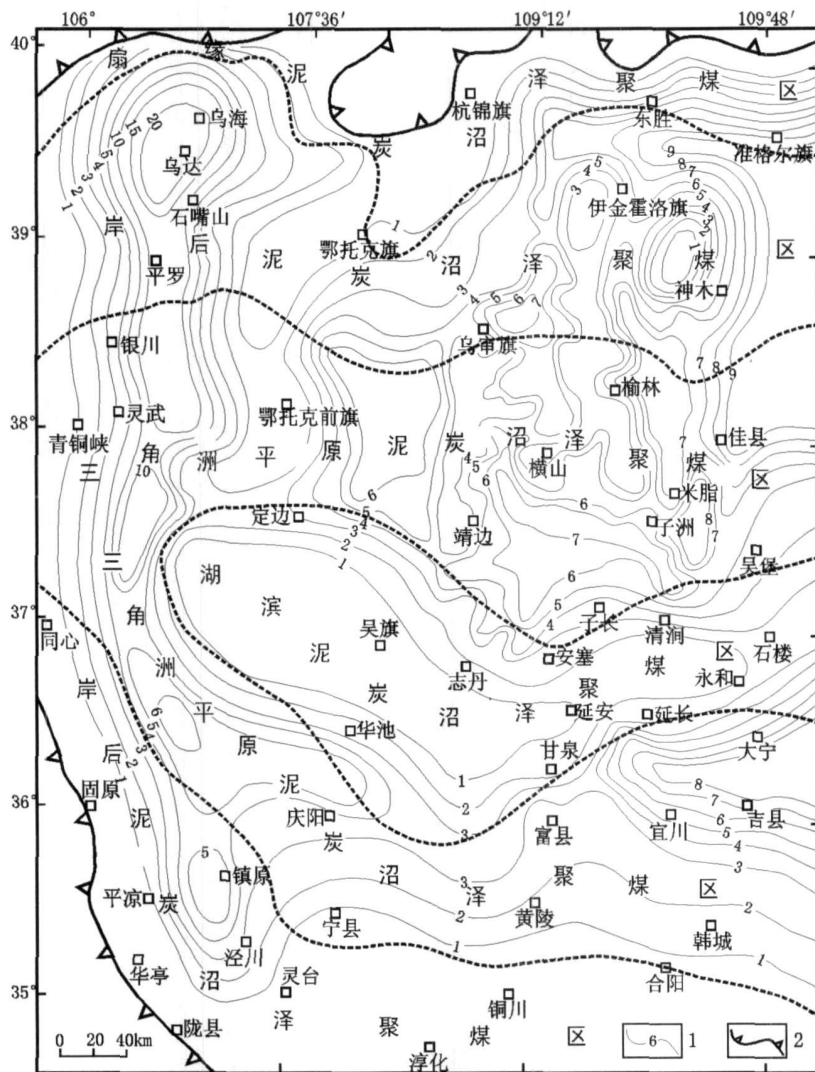


图 2 鄂尔多斯盆地二叠系山西组煤层及聚煤环境分布特征

1 煤层等厚线; 2 山西组地层剥蚀线

Fig. 2 The distribution of coalbed and coal accumulating environment in Shanxi Group of lower Permian in Ordos Basin

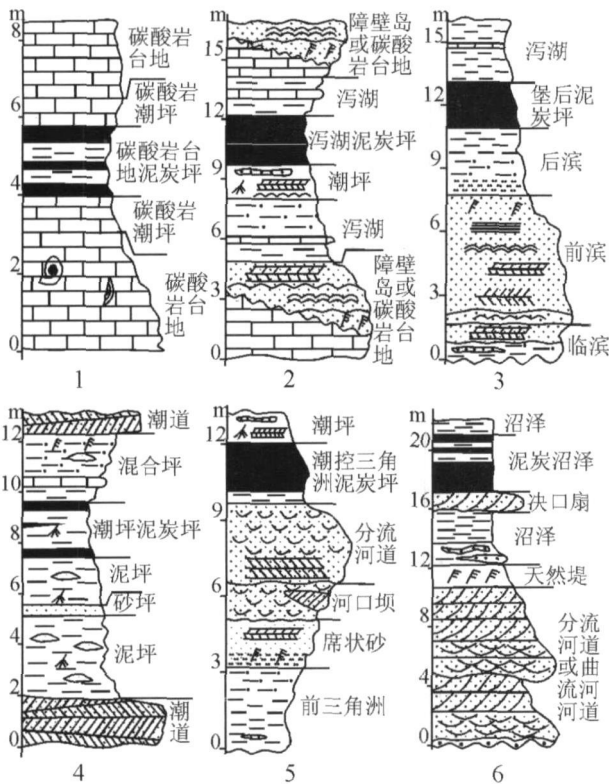
1 the isopach line of coal 2 denudation line

受覆水深度变化的影响较大。按共生的沉积体系、成煤沉积序列及着生位置可细分为泻湖泥炭坪、堡后泥炭坪、潮汐三角洲泥炭坪、间湾泥炭坪、碳酸盐台地泥炭坪等类型^[6]。在盆地内主要的成煤沉积体系为障壁海岸、潮控三角洲及河流(或三角洲平原)沉积体系,形成三种不同的聚煤环境及其模式。

2.3 聚煤环境时空分布特征

泥炭沼泽与泥炭坪是鄂尔多斯盆地的两大基本成煤环境^[9]。在早二叠世海陆过渡环境中,这两种成煤环境在空间上相邻过渡、垂向上共生交替,存在有聚煤时期的有限性和赋煤分布上的差异性,也使这两套成煤环境的地层和煤层的岩石学、地球化学、生物及生态学、沉积学特征明显不同(表 1)。从构造上

看,晚古生代盆地东西厚煤带的分布与成煤期存在的西部断陷—沉降带和东部浅拗带大体一致,薄煤带与中央隆起带的范围基本一致。从沉积环境上看,早二叠世早期,地壳下沉,来自盆地东、西部的海侵进一步向北部及中央古隆起侵漫,潮坪、泻湖和滨岸沉积逐渐超覆中央古隆起^[10],形成了各种海相环境的泥炭坪沉积。其中泻湖泥炭坪分布较广,为主要成煤环境之一,形成的煤层多,厚度大,分布较稳定;堡后泥炭坪聚煤区主要分布在西部的环县、惠安堡和马家滩一带以及东部的乌审旗、榆林、横山、靖边、子长及安塞一带,成煤环境较局限,多分布在后滨的草沼地带,煤层相对稳定;潮坪泥炭坪聚煤区主要分布在盆地南部边缘及中央古隆起地区;在北部平罗—石嘴山—鄂托



1 碳酸岩台地泥炭坪 (据文献 [11] 修改); 2 泻湖泥炭坪 (据文献 [11] 修改); 3. 堡后泥炭坪; 4 潮坪泥炭坪; 5. 潮控三角洲泥炭坪; 6. 岸后 (三角洲平原) 泥炭沼泽

图 3 鄂尔多斯盆地早二叠世主要的成煤序列类型

Fig 3 The main types of coal-forming sequences in the Early Permian in Ordos Basin

表 1 鄂尔多斯盆地早二叠世陆相及海相的聚煤特征及含煤性比较

Table 1 Comparison of coal accumulation characteristics and coal-bearing between continental facies and marine facies in early Permian of Ordos Basin

沉积相	聚煤环境	煤层层数	煤层厚度	煤层稳定程度	显微组分*	地球化学特征*	其它特征*	分布地区
陆相	扇缘泥炭沼泽	少	薄	不稳定	结构镜质多, 富氢镜质组少; 惰质组相对丰富, 以火焚丝质体、碎屑丝质为主; 壳质体一般较少, 以孢子体、角质体为多。	含硫量较低, 多以有机硫的形态存在; 相对富亲陆元素, 如 Al, V, Cr, Y, Cu, Pb, Ba, Th, La, Ce 等; 可溶物饱和和炷主峰碳数高、OEP 值大、 $C_{21} - / C_{22} +$ 值大、 $(C_{21} + C_{22}) / (C_{28} + C_{29})$ 值低。	水介质为酸性、缺氧、微弱的单向水流; 成煤植物为陆地森林、淡水水生草本或浮游植物, 共生生物为淡水生物, 微环境主要取决于地下水位、覆水深度变化和成煤植物群落的分带。	盆地北部边缘
	泛滥平原	较多	薄—中等	不稳定				乌海、卡布其、石炭井、石嘴山、棋盘井、鄂托克旗、乌审旗、伊金霍洛神、平凉
	河漫滩	较多	薄—中等	不稳定				盐池、定边、吴旗、志丹、延安、清涧、永和、横山堡—鄂托克前旗—横山—子洲、环县—庆阳—宜川—大宁一带
	湖滨	少	较厚	较稳定				
海相	三角洲平原	多	特厚	稳定	基质镜质体和团块镜质体多; 壳质组相对丰富, 以角质体、藻类体、根皮体、沥青质体等为主; 惰质组较少, 以半丝质体、粗粒体为主, 贫丝质体。	含硫量较高, 多以黄铁矿的形态存在; 富 Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, R, Sr, P, Cl 等亲海元素; 可溶物饱和和炷主峰碳数低、OEP 值小、 $C_{21} - / C_{22} +$ 值接近、 $(C_{21} + C_{22}) / (C_{28} + C_{29})$ 值极高。	水介质为酸性、缺氧、微弱的潮汐水流; 成煤植物为潮汐适盐植物, 共生生物为半咸水海洋生物或广盐性生物, 微环境主要取决于潮汐作用造成的覆水深度变化和成煤植物的生态分带。	惠安堡、韦洲、石板沟、环县; 榆林、横山、安塞、子洲一带
	三角洲平原	较多	较厚	较稳定				汝箕沟、石炭井、乌海及鄂托克旗、神木一带
	间湾	较多	薄	不稳定				雀儿沟、伊 8 井一带
	海滩	少	薄	不稳定				海原、固原、镇原、呼鲁斯台、阿拉善左旗、吴旗、志丹、富县及中央古隆起
	碳酸岩台地	少	薄	不稳定				中卫、中宁一带

注: 带* 部分引自文献 [6]

克旗—伊金霍洛旗—神木一带, 地形相对平缓, 受海水进退影响, 常常使宽广的潮坪海岸带与潮控三角洲的滨海平原泥炭沼泽相接, 形成潮控三角洲泥炭坪聚煤环境 (图 1, 表 1)。

随着时间推移, 在盆地西部的中宁及东部的延长—子长一带的海侵方向, 有利的聚煤环境逐渐由南向北发展。多由早期的局限台地相开始, 向上过渡为泻湖相、潮坪或泥炭坪相, 成煤后为泻湖相覆盖, 并过渡为障壁岛相或台地相沉积^[11], 最后由潮控三角洲相、潮坪相逐渐过渡到山西组陆相泥炭沼泽成煤环境 (图 3)。但含煤岩系主要为障壁海岸沉积体系, 以泻湖泥炭坪发育规模为最大。从分布区域上看, 太原组煤层在三个地区发育较好: ①在西部的乌达—石炭井—惠安堡—环县一带, 煤厚 8~20 m, 主要为泻湖泥炭坪成煤环境; ④在中北部的准格尔旗—乌审旗, 厚煤带呈 NE—SW 条带状延伸, 煤层厚 16~37 m, 主要为受潮汐控制的潮控三角洲及潮坪相泥炭坪成煤环境; ④在东部的乡宁—合阳一带, 煤层厚 8~24 m, 主要为泻湖泥炭坪成煤环境。

早二叠世山西期, 在大规模海退背景下, 开始进入陆相聚煤环境, 泻湖泥炭坪、堡后泥炭坪及潮控三角洲泥炭坪等主要成煤环境的地位逐渐被三角洲平原和 (河流) 岸后泥炭沼泽所取代 (图 3-6)。此时期河流岸后泥炭沼泽在靠近盆地边缘发育, 如平凉—

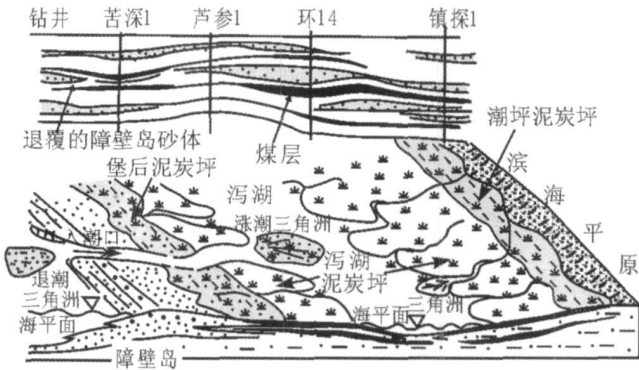


图 4 鄂尔多斯盆地太原组障壁海岸成煤模式
Fig. 4 Coal forming models of the beach-barrier system in Taiyuan Formation, Ordos Basin

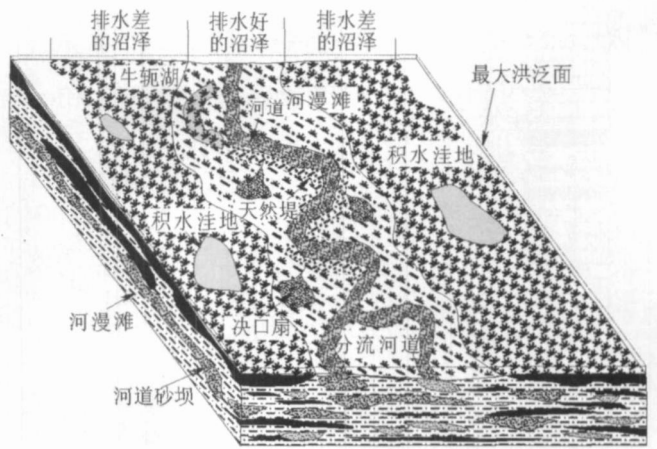


图 6 鄂尔多斯盆地山西组河流(或三角洲平原)成煤模式
Fig. 6 Coal forming models of the river or delta plain in Shanxi Formation, Ordos Basin

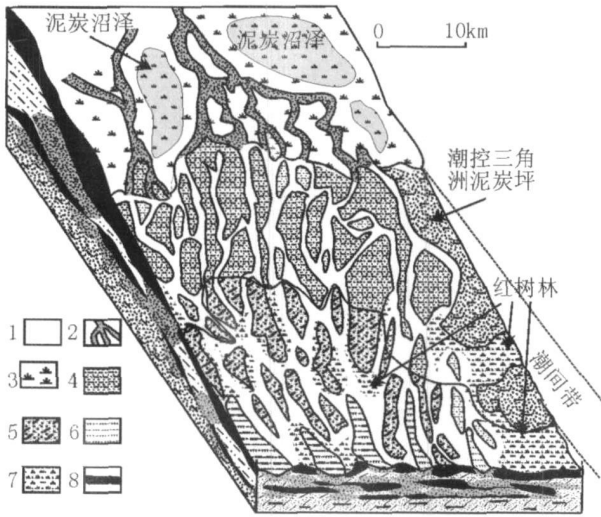


图 5 鄂尔多斯盆地太原组潮控三角洲成煤模式
1. 潮沟-陆棚; 2. 分流河道; 3. 三角洲平原(非潮成的); 4. 潮控三角洲泥炭坪; 5. 潮砂坝; 6. 潮汐谷; 7. 水生沼泽(红树林); 8. 煤层;
Fig. 5 Coal forming models of the tidal delta in Taiyuan Formation, Ordos Basin

三角洲沉积体系发育关系密切, 山西组泥炭沼泽在盆地北部、西部及南部发育最好, 在西北部乌海、陶乐、惠安堡一带, 煤层厚多为 8~14 m, 最厚 22 m; 准格尔旗地区的煤层厚度可达 18 m; 在东南部的大宁、韩城一带, 煤层厚度为 6~13 m。从中二叠世开始, 泥炭沼泽因受地形及沉积体系的控制而趋于消亡, 成煤性逐渐变差, 多不能形成规模煤层。

3 成煤模式

通过对鄂尔多斯盆地西缘晚古生代含煤地层沉积环境、沉积体系分析和聚煤环境的确认, 发现成煤模式与整个华北盆地一致, 在时间上和空间上都存在多样性的特点^[6]。盆地区内扇缘泥炭沼泽、湖滨或湖湾泥炭沼泽、间湾泥炭坪、海滩潮坪泥炭坪及碳酸岩碳酸盐台地泥炭坪成煤沉积体系分布范围相对局限, 持续时间较短, 多形成不可采的薄煤层, 湖泊和冲积扇成煤模式研究的实际意义不大^[6]。区内主要有以下 3 种成煤模式, 形成了主要可采煤层。

3.1 障壁海岸成煤模式

障壁海岸成煤环境由成因上共生的多个沉积系统组成, 常包括平行海岸分布的砂质障壁岛链环境, 障壁岛链后的受潮汐影响的泻湖、河口湾及靠近陆缘的潮坪、海岸沉积环境, 以及由于泻湖与外海交换所形成的潮道及潮汐三角洲环境。煤层主要形成于泻湖泥炭坪、堡后泥炭坪、潮坪泥炭坪及潮汐三角洲泥炭坪环境中, 其中泻湖泥炭坪分布较广泛, 可与堡后泥炭坪连接。而且, 受海水进退及盆地演化的影响, 堡后泥炭坪可与潮汐三角洲泥炭坪连接, 因此, 障壁

海原、阿拉善左旗—石嘴山、伊金霍洛旗—神木一带; 在中部沿中心湖盆呈环带状分布的地区, 如佳县—横山—鄂托克前旗—惠安堡—环县—宜川—大宁一带为三角洲平原泥炭沼泽聚煤环境; 湖滨泥炭沼泽的空间发育与部分河流岸后泥炭沼泽相邻, 范围更为局限, 如定边—吴旗—延安—永和—石楼一带, 成煤性逐渐变差, 煤层厚度多不足 1 m; 扇缘泥炭沼泽环境发育于盆地北部边缘的乌加庙—伊 2 井—杭锦旗—东胜—准格尔旗一带(图 2 表 1)。而且, 随着三角洲萎缩退积, 三角洲平原泥炭沼泽逐渐由南向北推进, 形成了盆地南部煤层分布在山 2 段, 北部逐渐向山 1 段也有分布。从区域分布上看, 厚煤层的发育与

海岸成煤环境可形成大面积分布,层位稳定,厚度较大的煤层。在区域上,这种成煤模式主要分布在西部的灵武、鄂托克旗、定边、惠安堡、马家滩、环县一带以及东部的乌审旗、榆林、佳县、清涧及安塞一带。

3.2 潮控三角洲成煤模式

盆地北部乌海、乌达、呼鲁斯太、鄂托克旗、神木及伊金霍洛旗一带,由于受到潮汐作用的影响,太原组沉积时注入港湾内的沉积物,只能充填在港湾内堆积成小型三角洲。受潮汐和河水双重作用影响非常明显,以分流河道沉积与河道间泥炭沼泽地沉积密切共生的关系为泥炭沼泽的持续发育创造了有利条件,形成较厚且分布稳定的煤层。在泥炭形成过程中由于海水在涨潮时可以通过分流河道进入该体系,反映其格局是一种受潮汐作用影响下的三角洲平原分流河道—潮道混合水道,但主要为陆上淡水条件下沉积,有多条分流河道在港湾内汇聚,形成三角洲平原—潮坪的混合的以泥炭坪成煤为主的成煤模式(图 5)。

3.3 河流(或三角洲平原)成煤模式

山西组主要为一套曲流河冲积平原沉积,主要聚煤场所是岸后的泥炭沼泽微相中,废弃河道充填沼泽为次要聚煤场所。河道边缘地区的沼泽可划分为排水好的和排水差的两种类型。岸后泥炭沼泽是在排水差的封闭沼泽基础上发育起来的,多位于泛滥盆地的低洼处及远离河道处,潜水面较高,停滞水体占优势,并长期保持稳定,陆生高等植物大量生长发育。沉积物供应少或者无沉积物的供应,有机质迅速堆积而沉积面持续地被水覆盖,很少发生氧化,这对于泥炭层的堆积是十分有利的。在适宜的条件下,排水差的沼泽可以扩展到泛滥盆地的广大地段并堆积了广布的泥炭层,从而形成厚度大而稳定的煤层。当有少量的沉积物供应时,则会增加煤的灰份;当细粒沉积物供应丰富时,不能形成泥炭的堆积,而形成炭质泥岩^[5]。煤层厚度与砂体呈现负相关^[12]。山西组的煤层大多在这种环境下生成的(图 6)。

4 聚煤控制因素分析

上述成煤模式表明,用单一的因素难以解释煤层的形成及分布,必须把气候、构造作用、海平面变化等因素与煤炭的研究综合起来,才能阐明煤炭形成和聚集的某些方面的特征^[5]。而且,太原组与山西组聚煤作用中心发生有规律的迁移,这种规律与盆地构造—沉积旋回相吻合^[13,14]。在早二叠世湿热的气候

条件下,盆地内煤系地层分布与西缘裂谷拗陷的充填演化过程相耦合,至下石盒子期,随着北部构造抬升,聚煤作用趋于终止。在这一短暂的聚煤过程中,受气候、构造、海平面等因素的影响^[15],不同沉积环境具有相同或相似的控制聚煤作用的最根本因素,那就是泥炭的堆积和保存需要水位足够的高以覆盖正在腐烂的植物并阻止其被氧化,同时水位又要足够的低以确保活着的植物不被淹死,即可容空间变化速率必须与泥炭沉积速率保持某种平衡关系,才有利于泥炭的堆积和保存。一般认为,泥炭堆积速度为每 4~100 a 堆积 1 mm,即泥炭堆积速度是处于一定范围内的,只要可容空间变化速率与该速度范围保持某种平衡关系,就有利于泥炭的形成和保存^[16]。这与 Cross (1988)的层序地层学模式及 Bohacs 和 Suter 认识一致^[17],即对煤层形成和保存的根本控制因素是与泥炭沉积相关的可容纳空间的变化速率,也就是说泥炭沼泽主要响应于基准面的变化速率而不是其变化方向。

参考文献 (References)

- 李增学,李江涛,韩美莲,等.鄂尔多斯盆地中生界聚煤规律及对多能源共存富集的贡献[J].山东科技大学(自然科学版),2006,25(2): 1-5 [Li Zengxue, Li Jiangtao, Han Meilian, et al. On the coal accumulating law of Mesozoic and its contribution to the concentration of multiple energy resources in Ordos Basin [J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2006, 25(2): 1-5]
- 陈钟惠,彭格林.贺兰山北段及桌子山区太原组的沉积与聚煤环境[J].地质论评,1983,29(4): 351-357 [Chen Zhonghui, Peng Gelin. The sediment and coal accumulating environment of Taiyuan Formation in Zhuo Zishan and the northern of Helan Mountains [J]. Geological Review, 1983, 29(4): 351-357]
- 彭格林.贺兰山北段晚石炭世太原组中段砂体沉积环境及其与含煤性的关系[J].煤田地质与勘探,1984(4): 1-6 [Peng Gelin. The relationship of sandstone sedimentary environment and coal-bearing property of Mid-Taiyuan Formation of Late Carboniferous in the northern of Helan Mountains [J]. Coal Geology & Exploration, 1984(4): 1-6]
- 张永生.内蒙古乌海地区晚石炭世潮周缘沉积体系及其聚煤规律[C]//王英华,鲍志东,朱筱敏编.沉积学及岩相古地理学新进展.北京:石油工业出版社,1995: 183-186 [Zhang Yongsheng. The sedimentary system and the coal accumulating regularities of tide and its periphery in Late Carboniferous in Wuhai Region, Inner Mongolia [C]// Wang Yinghua, Bao Zhidong, Zhu Xiaomin, ed. The New Achievements in Sedimentology and Lithofacies-Paleogeography. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995: 183-186]
- 林畅松,杨起,李思田.贺兰坳拉槽盆地充填演化分析[M].北京:地质出版社,1995 [Lin Changsong, Yang Qi, Li Sitian. The Analysis

- of the Sedimentary Filling Evolution of Helan Aukcogen Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995]
- 6 桑树勋, 陈世悦, 刘焕杰. 华北晚古生代成煤环境与成煤模式多样性研究 [J]. 地质科学, 2001, 36(2): 212-221 [Sang Shuxun, Chen Shiyue, Liu Huanjie. Study on diversity of late Paleozoic coal-forming environments and models in north China [J]. Chinese Journal of Geology, 2001, 36(2): 212-221]
 - 7 魏红红, 彭惠群, 李静群, 等. 鄂尔多斯盆地中部石炭—二叠系沉积相带与砂体展布 [J]. 沉积学报, 1999, 17(3): 403-407 [Wei Honghong, Peng Huiqun, Li Jingqun, et al. Distribution of sedimentary facies belts and sandstone bodies of Permian-Carboniferous in the central part of Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(3): 403-407]
 - 8 秦勇, 傅雪海, 岳巍, 等. 沉积体系与煤层气储盖特征之关系探讨 [J]. 古地理学报, 2000, 2(1): 77-84 [Qin Yong, Fu Xuehai, Yue Wei, et al. Relationship between depositional systems and characteristics of coalbed gas reservoir and its caprock [J]. Journal of Palaeogeography, 2000, 2(1): 77-84]
 - 9 刘焕杰, 桑树勋, 郭英海, 等. 我国含煤沉积学若干问题及展望 [J]. 沉积学报, 2003, 21(1): 129-132 [Liu Huanjie, Sang Shuxun, Guo Yinghai, et al. Some problems and prospect for China on coal-bearing sedimentology [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(1): 129-132]
 - 10 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003 [He Zixin. Evolution and Oil-gas of the Ordos Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003]
 - 11 刘焕杰, 贾玉如, 龙耀珍, 等. 海相成煤论进展 [J]. 沉积学报, 1992, 10(3): 47-56 [Liu Huanjie, Jia Yuru, Long Yaoshen, et al. Progress in coal-forming theory of marine facies [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1992, 10(3): 47-56]
 - 12 韩美莲, 魏久传. 巨野煤田三角洲沉积体系及其聚煤特点 [J]. 沉积学报, 2001, 19(3): 381-385 [Han Meilian, Wei Jiuchuan. Deltaic depositional system and coal accumulation in Juyue coalfield [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(3): 381-385]
 - 13 李增学, 魏久传, 兰恒星, 等. 山东黄县早第三纪断陷盆地低水位和扩张体系域聚煤作用分析 [J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 247-251 [Li Zengxue, Wei Jiuchuan, Lan Hengxing, et al. Coal accumulation in the low stand and high stand systems tracts in the Huangxian Paleogene faulted basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(2): 247-251]
 - 14 李增学, 王明镇, 余继峰, 等. 鄂尔多斯盆地晚古生代含煤地层层序地层与海侵成煤特点 [J]. 沉积学报, 2006, 24(6): 834-840 [Li Zengxue, Wang Mingzhen, Yu Jifeng, et al. Sequence stratigraphy of Late Paleozoic coal-bearing measures and the transgressive coal-bed features in Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(6): 834-840]
 - 15 李增学, 余继峰, 郭建斌, 等. 陆表海盆地海侵事件成煤作用机制分析 [J]. 沉积学报, 2003, 21(2): 288-297 [Li Zengxue, Yu Jifeng, Guo Jianbin, et al. Analysis on coal formation under transgression events and its mechanism in epicontinental sea basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(2): 288-297]
 - 16 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]
 - 17 Bohacs K, Suter J. Sequence stratigraphic distribution of coaly rocks: fundamental controls and paralic examples [J]. AAPG Bulletin, 1997, (81): 1612-1639

The Analysis of Coal Accumulating Environment and Coal Forming Models in Early Permian, Ordos Basin

CHEN Quan-hong¹ LIW en-hou² GUO Yan-qin³ PANG Jun-gang³ CU I Jun-ping² GAO Yong-xiang²

(1. CNOOC Research Center, Beijing 100027; 2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069;

3. Institute of Oil and Gas Resources, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065)

Abstract The analysis of the distribution trait of the coal seam, sedimentary facies and paleogeography, environment types of coal accumulating and the temporal and spatial distribution in the Early Permian of Ordos Basin shows that the main coal accumulating sedimentary systems are beach-barrier, tidal delta and fluvial or delta plain, and the continental mire marshes and the marine peat flat are the main coal-bearing environment. The three main coal-bearing systems are the beach-barrier coal accumulating system, the tidal delta coal-bearing system and the fluvial or delta plain coal-bearing system, which formed the main economic coal-bed. The controlling factor of the formation and protection to the coal-bed is the accommodation space variation rate which is relevant to the peat sediment.

Key words Ordos Basin, coal accumulating environment, coal forming models, controlling factor of coal accumulation