

· 煤田地质 ·

抚顺盆地超厚煤层的沉积条件分析^{*}

吴冲龙 李绍虎 黄凤鸣 张瑞生

(中国地质大学 武汉 430074)

王海清 (陕西省煤田地质局 185 队 榆林 719000)

赵立国 (黑龙江省地质矿产局区测二队 齐齐哈尔 162800)

摘要 根据抚顺盆地早第三纪超厚煤层中异常丰富的成因标志,论证了一种与河流、风暴作用有关的陆相超厚煤层形成新机制——湖成异地—微异地混合堆积机制。在这一新机制中,由风暴上升流(也许还有地震)触发的水下重力流及风暴回流,既驱动湖滨泥炭沼泽和三角洲上的有机碎屑及无机碎屑进入湖泊中心区,又造成泥炭碎屑在较深水环境的再次堆积,从而使其中无机碎屑与泥炭碎屑有效地分离。

关键词 厚煤层 成因 沉积条件 早第三纪 抚顺盆地

中国图书资料分类法分类号 P618.01

作者简介 吴冲龙 男 52 岁 教授 博士生导师 煤与油气地质

1 引言

阜新盆地超厚煤层中的浅水重力流沉积和抚顺盆地超厚煤层中的滑积煤的发现,导致了一种新的陆相超厚煤层形成机制——与风暴及水下重力流作用有关的湖成异地—微异地混合堆积机制的提出^[1,2]。为了进一步证实和完善这一成因机制,作者以抚顺盆地为例,如实地将超厚煤层及其夹矸当作特定条件下的沉积体看待,引入现代沉积学的研究思路与方法,结合宏、微观特征,对抚顺超厚煤层的结构、构造进行了细致的分析。

2 抚顺盆地的基本构造特征及沉积序列

抚顺盆地属对称地堑式裂陷盆地,位于抚顺—密山断陷带西端,邻接下辽河盆地。其走向近东西,残留长度 18 km,残留宽度 3 km。盆地直接基底部分为下白垩统的砂砾岩,部分为太古界鞍山群石榴子组(Arans)的深变质岩系;内部充填了总厚度近

2 000 m 的早第三纪(E_1-E_2)含煤、含油岩系——抚顺群。

抚顺盆地的同沉积构造运动方式可归纳为早期裂陷和晚期拗陷两个类型。其中,与裂陷作用相应的同沉积构造格架型式是:由矩形同沉积正断层网络控制的、边缘阶梯状、基底和盖层键盘状的复合地堑型槽谷。这种同沉积构造格架与古气候等因素相配合,不但从沉积环境方面间接地控制了超厚煤层和油页岩的形成,而且从堆积空间方面直接地控制了超厚煤层和油页岩的厚度分布——纵向同沉积正断层控制了超厚煤层和超厚油页岩总体呈东西向带状展布,而横向同沉积正断层控制了超厚煤层和超厚油页岩分段增厚和减薄。

抚顺盆地的 6 个岩性地层单元(组)在岩相上均有显著差异,反映了它们形成时的沉积环境演变与构造阶段相对应,可作为 6 个成因地层单元看待。它们在垂向上组合成抚顺盆地完整的沉积序列,体现抚顺盆地的古地理环境经历了火山洼地、局部半咸化浅湖、淡化浅湖、深湖、间歇性半咸化浅湖和冲积平原等演化阶段。其中,第 3 成因地层单元即古城子

^{*} 国家自然科学基金项目(49572128)的成果之一

组(E₃g),形成于盆地裂陷作用加速期的淡化浅湖环境中,由超厚煤层构成,厚度 30~60 m,该煤层的主要有泥质重力流沉积、砂质重力流沉积、浅湖黑色泥岩沉积、腐植型碎屑泥炭沉积和腐植-腐泥混合型碎屑泥炭沉积等 5 种类型。前 3 种以夹矸的形式存在,后两种以煤分层的形式存在,二者在剖面上和平面上都常互相过渡。

3 超厚煤层及其夹矸的沉积相

3.1 煤(泥炭)的沉积相

古城子组主煤层的纯煤厚度变化于 10~140 m 之间,在剖面上表现为一系列中厚-厚煤层与泥质粉砂岩夹层的互层。泥炭沉积主要包括腐植型碎屑泥炭沉积和腐植-腐泥混合型碎屑泥炭沉积两种类型。这两类泥炭沉积在水平方向上呈过渡关系,在垂向上则既有过渡关系又有突变关系。垂向上的过渡关系表现在层内,而突变关系表现在层间。

3.1.1 腐植型碎屑泥炭沉积相

腐植型碎屑泥炭沉积的主要岩性相是滑塌层理碎屑腐植煤、块状层理碎屑腐植煤、递变层理碎屑腐植煤和水平层理碎屑腐植煤。由于其中无机物质(包括泥质和岩屑、矿物屑)含量有差别,煤的光泽强度也有差别。一般地说,无机物质碎屑含量越高,光泽越暗淡。根据煤的光泽强度,上述每种岩性相可以划分出 4 种亚相(表 1),同时还可根据煤碎屑的粒度进一步划分出若干种亚亚相。此外,较为常见的岩性相还有碎屑丝炭层、含琥珀的递变层理炭质泥岩、水平层理炭质泥岩、块状层理炭质泥岩和具薄互层层理及滑塌层理的煤-泥晶菱铁矿互层。

肉眼易于识别的煤碎屑组分主要是镜煤条带、镜煤碎屑、丝炭碎屑和琥珀等 4 种。镜煤条带在正常情况下在煤层中的排列大多平行层面,在滑塌的情况下则表现为蛇曲状或其它不规则褶皱形态。为描

述方便,暂以粒度 2 mm 和 0.0625 mm 为界,将镜煤碎屑和丝炭碎屑划分为砾状粗碎屑、砂状细碎屑和粉状微碎屑 3 种。详细的露天矿坑观察、追索和煤岩光、薄片鉴定还发现,各种镜煤条带和透镜体实际上只是各种大大小小的镜煤碎屑的剖面形态,其平面形态多为不规则的多边形,整体呈片状或板状,反映了一种垂向上的压实效应。

滑塌构造的普遍发育,是抚顺盆地古城子组腐植型碎屑泥炭沉积的一个重要特点。从西露天矿的露头情况看,滑塌现象的强度由西向东、由端部向盆地的中心逐渐减弱并消失。每个“滑积煤”层的滑塌构造强度有所不同,而且向东延伸的距离也不同。一般情况是中部强度大、延伸长,走向上可向东追索 3 km 左右;上下部强度小,延伸短,走向上可追索 1 km 左右。滑塌构造强度及延伸距离由下而中、由中而上,均为渐变,显示古城子组沉积期,灾变能量经历了由弱而强,又由强而弱的变化过程。腐植型碎屑泥炭沉积的另一个重要特征,是上述各种岩性相和亚相在同一煤层内无论在横向上还是垂向上,都构成特征的相序列,与风暴作用所触发的重力流沉积有许多相似之处。其主要相序类型有 6 种(图 1a~f)。图中借用了正常碎屑岩的粒度表示法,以柱状图的宽度来表示煤层中无机碎屑的含量变化。为了突出滑塌事件的水动力条件,图上赋予“滑积煤”最大的柱状宽度。仅从西露天矿的情况看,自主煤层中的泥质重力流舌状体向东尖灭处开始,由西而东,腐植型碎屑泥炭沉积的垂向相序类型依次呈 a→b→c→d→e→f 的变化。这与正常碎屑浊流沉积的横向变化也有相似之处,显然与水动力能量的衰减有某种联系。在腐植型碎屑泥炭沉积的 a、b、c 型相序中,有时也能见到粗大的菱铁矿化树杆残块,这些树桩或树干残块的长轴与煤层层面之间,通常呈斜交或近于直交关系,其周围伴生有大量的角砾状泥砾、粉砂

表 1 腐植型碎屑泥炭沉积的岩性相及亚相划分

光泽	滑塌层理碎屑煤	块状层理碎屑煤	递变层理碎屑煤	水平层理碎屑煤
光亮	滑塌层理光亮碎屑煤	块状层理光亮碎屑煤	递变层理光亮碎屑煤	水平层理光亮碎屑煤
半亮	滑塌层理半亮碎屑煤	块状层理半亮碎屑煤	递变层理半亮碎屑煤	水平层理半亮碎屑煤
半暗	滑塌层理半暗碎屑煤	块状层理半暗碎屑煤	递变层理半暗碎屑煤	水平层理半暗碎屑煤
暗淡	滑塌层理暗淡碎屑煤	块状层理暗淡碎屑煤	递变层理暗淡碎屑煤	水平层理暗淡碎屑煤

注:为简单起见,表内各种岩性相和亚相均省略“腐植”二字。

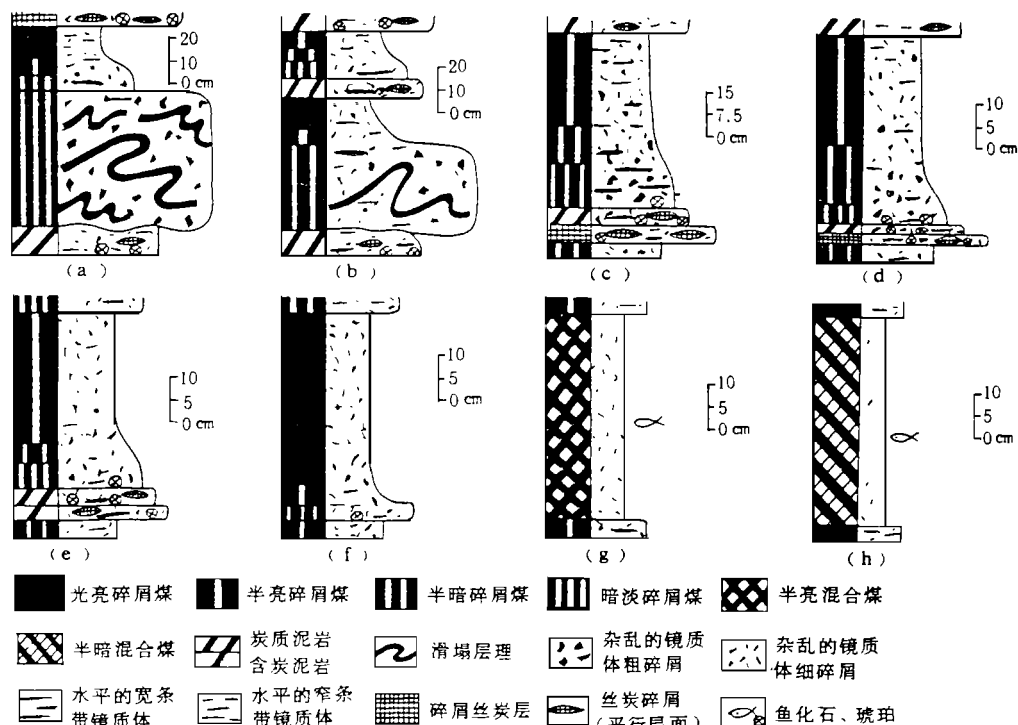


图 1 抚顺盆地超厚煤层中碎屑腐植煤和腐植-腐泥混合煤的相序类型

岩砾、凝灰岩砾和石英质砾。

3.1.2 腐植-腐泥型混合碎屑泥炭沉积相

该沉积类型在抚顺盆地主煤层中所占比例可达 30%。主要岩性相是具块状层理半亮混合煤和块状层理半暗混合煤, 俗称煤精。从煤岩光片与薄片鉴定的结果可知, 它们是腐植型泥炭细碎屑与藻类遗体碎屑的混合物。肉眼与镜下均可见及较粗(中砂-细砾级)的镜煤碎块均匀地分布于较细(粉砂-泥级)的腐植-腐泥基质中, 其中块状层理半亮混合煤的镜煤碎屑稍多且稍粗, 而块状层理半暗混合煤的镜煤碎屑较少、较细, 二者的丝炭碎屑含量都极少。它们与前述腐植型块状层理光亮-半亮细屑煤之间, 还有一系列过渡类型, 即从腐植型块状层理光亮细屑煤到混合煤, 镜煤碎屑和无机碎屑含量逐渐减少, 粒度逐渐降低, 而藻类体碎屑的含量逐渐增多, 其主要垂向层序类型如图 1g、h 所示。在西露天矿西部, 这两种混合煤与各种腐植型碎屑煤呈互层出现于主煤上段的中、下部, 顶底界面清晰, 内中常见体型较大的鱼化石, 可能代表了滑塌事件之后平静的原地较深水沉积。混合煤的单层厚度一般在 30 cm 左右, 属薄-中厚层状, 由西露天矿的西、北、南三面向中心

区增厚, 并且有逐渐取代腐植型碎屑煤的趋势。

3.2 泥、砂夹矸的沉积相

3.2.1 泥质重力流沉积相

这是一种特殊的沉积类型, 多由块状或水平层理含煤屑泥岩、递变层理泥砾泥岩、递变或块状层理球菱铁矿泥岩、递变层理含炭粉砂岩、递变层理或平行层理细砂岩、粉砂岩等岩性相组成。露头分布于西露天矿西部古城子组主煤层中, 井下见于煤田东部龙凤煤矿和老虎台煤矿的 6 煤组及 2~5 煤组夹层中。

这些沉积物均呈灰褐色, 富含金红石砂矿。块状含煤屑泥岩通常具有较大的厚度, 最厚可达 1 m 以上。其中的煤屑呈叶片状、透镜状、微弯, 长 3~20 cm, 宽 4~8 cm, 厚 0.5~2 cm, 分布较均匀, 含量一般为 15%~25%。有的煤屑在泥岩中排列杂乱, 无定向组构, 有的则平行层面。在西露天矿西端, 主煤层中的泥质重力流沉积夹层内曾发现有集中排列的十几个直立树桩, 这些树桩高 0.4~0.6 m, 直径 0.5~0.7 m, 根部展宽 0.7~1.0 m, 根据最小位能原理, 它们处于直立状态最为稳定。由于它们集中出现于泥质重力流沉积层内, 根系底切面与岩层底面平

齐,而树桩顶面从未超出岩层顶面,根系都呈折断状,无其它树干、树枝伴生,树桩周围出现大量扰动构造和变形层理,且有泥砾和其它碎屑岩角砾相伴生,显然是异地堆积而成。

泥质重力流沉积的各种岩性相通常组合成向上变细的垂向序列,反映水流能量的递减过程,其主要类型如图 2 所示。它们在横向上亦有相似的递变系列。在盆地东部,泥质重力流沉积呈舌状夹层分布于主煤层中,其层位较为分散,最大累计厚度可达 90 m,向西变薄尖灭,延伸近 4 km。在盆地西部,水下泥质重力流也呈舌状夹于主煤层中,但层位集中于主煤层中部,累计厚度可达 80 m 以上,向东迅速变薄尖灭,延伸约 3 km。每个泥质重力流沉积层的厚度变化于 30~150 cm 之间,与煤分层呈指状交叠,此消彼长。在西露天矿西部,可以清楚地见到泥质重力流层的厚度从下而上由薄变厚,再由厚变薄,它们沿走向向东延伸的距离,也由小变大又由大变小。这一变化过程,与古城子组中泥质重力流沉积的变化序列相对应,可能反映了古城子组沉积期事件(风暴? 滑塌?)作用能量由弱渐强又由强渐弱的演化过程。

3.2.2 砂质重力流沉积相

主要由递变层理中一细砂岩、平行层理中一细

砂岩、块状层理中一细砂岩、递变层理粉砂岩、递变层理含炭泥岩、递变层理炭屑粉砂岩和块状层理细屑煤等岩性相组成。其垂向相序类型如图 3 所示,常见不完整的鲍玛序列,中下部包卷层理和旋卷层理比较发育,而中上部丘状层理及浪成波状层理比较发育,底部递变层理中一细砂岩含斑性显著,反映风暴重力流堆积特征,底面为起伏不平的风暴侵蚀面。具平行层理和块状层理的中砂岩通常分选良好,这是一种砂质重力回流沉积,主要见于盆地东部龙凤矿,常呈薄至中厚层状夹于煤层或泥岩夹矸层之中,顶底界面清晰且冲刷特征明显,其物源可能是湖滨三角洲。部分泥炭碎屑含量较高的递变砂层,无机碎屑屑向上减少,而有机碎屑屑向上增多,最终过渡为灰分产率很高的碎屑煤。

3.2.3 黑色泥岩沉积相

主要由块状层理黑色泥岩、水平纹理黑色泥岩和块状层理灰色泥岩组成,均为风暴平静期的湖泊沉积物。

块状黑色泥岩常具隐水平层理,层间夹有较多的块状层理细砂岩薄层,薄片巾见及大量石英细碎屑和细胞结构完好的丝炭碎屑,它是盆地东部龙凤矿区上部和中部分层夹矸的主要岩性相类型,并作为上述泥质重力流沉积和砂质重力流沉积的围岩

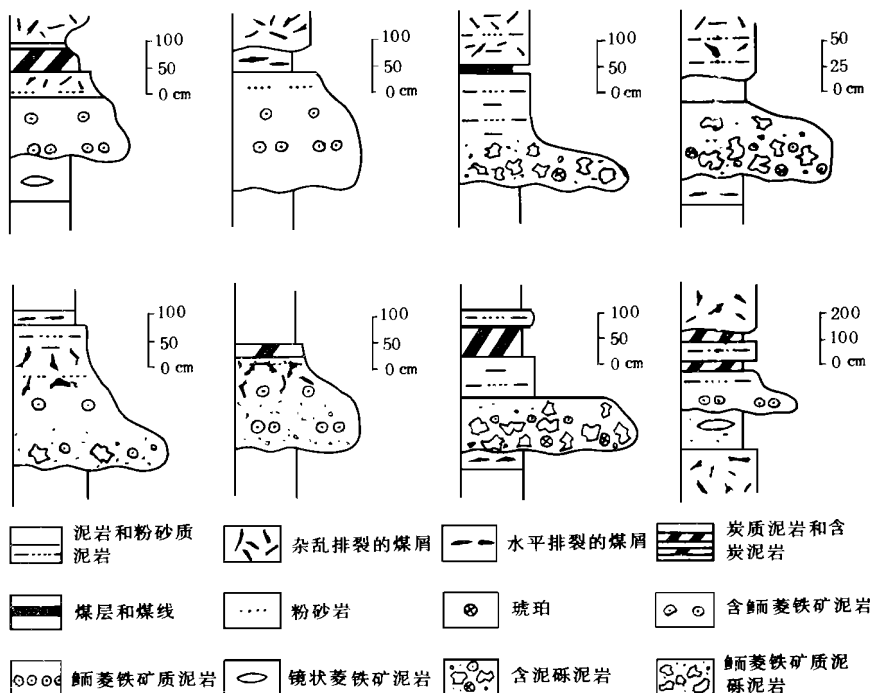


图 2 抚顺超厚煤层中泥质重力流沉积的相序类型

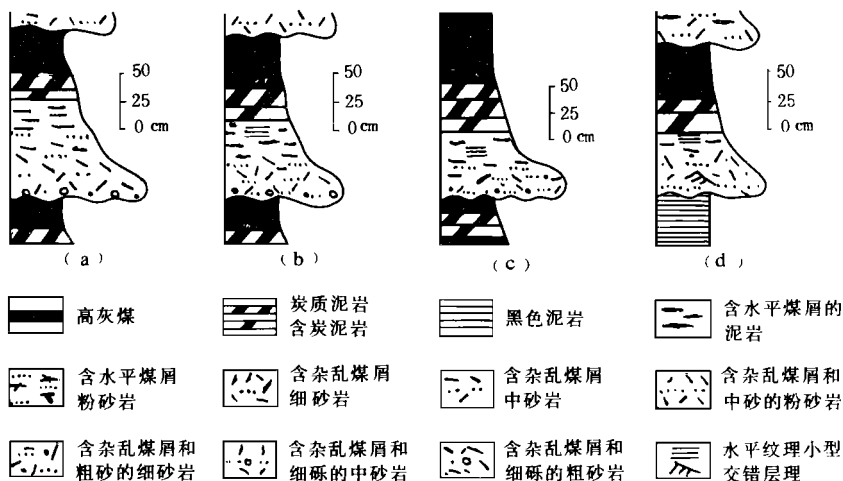


图3 抚顺超厚煤层中砂质重力流沉积的相序类型

而存在。在盆地西部,多见于主煤层底部与栗子沟组交界处,在向湖泊中心的方向上,块状层理黑色泥岩逐渐过渡为水平纹理黑色泥岩,后者的页理极为发育,粒度比块状黑色泥岩更细。

块状层理灰色泥岩呈中厚至厚层状,局部呈巨厚层状,其中有机碎屑含量通常较低,但富含球菱铁矿结核,该种结核直径约1~2 mm,均匀分布于泥岩层中,含量约20%~30%,局部可达60%。层间夹有多个泥晶菱铁矿薄层和巨大的饼状菱铁矿结核层。这种岩性相比块状黑色泥岩更为发育,主要见于主煤层中部,既是煤层的夹矸,也是上述泥质风暴流沉积或砂质重力流沉积的围岩。

4 抚顺盆地超厚煤层异地—微异地混合堆积机制

古城子组异常丰富的成因标志可能揭示了一种与河流、风暴流及水下重力流等作用有关的超厚煤层形成机制。诚然,许多现象可以分别用诸如泥炭沼泽覆水程度的周期性变化、缓岸湖泊沼泽化、陡岸湖泊沼泽化、泥炭岛、漂浮泥炭、沼泽湖、沼泽间河、植物群落的盛衰周期、泥炭沼泽的灾变性摧毁和复苏等观点加以解释^[4]。但是当我们从总体上来把握这些现象时,就会发现其中充满着矛盾,并且还有着其它相伴的许多现象也难以解释。面对前述种种实际资料,我们倾向于抚顺煤田古城子组超厚煤层形成于一种浅湖环境,成煤物质可能来源于湖泊周缘的泥炭沼泽和入湖的河流,特别是东西两侧的河流,

水下重力流和风暴回流作用可能是使湖滨泥炭沼泽和三角洲上的有机碎屑及无机碎屑进入湖泊中心区的一种重要机制^[5],正常条件下的波浪与湖流也能淘蚀并搬运部分物质至湖心。腐植型碎屑滑积煤的普遍发育及其中大量泥质重力流沉积夹层的存在,是这一环境条件和沉积机制可能成立的直接证据。泥质重力层与腐植型碎屑煤在垂向上呈明显接触,甚至构成类复理石的互层结构,而在平面上则呈过渡现象,可能反映了低密度物质(与砂、砾石相比较而言)重力流或风暴流的一种特殊的机械分异过程^[6]。

抚顺煤田古城子组煤层堆积时的环境模式,可以用图4来表示。

综上所述,抚顺盆地超厚煤层可能是异地—微异地—原地混合堆积的,其形成原因可以用腐植型泥炭碎屑河流远源搬运异地堆积+湖滨泥炭沼泽原地生成→腐植型泥炭碎屑风暴及重力流再搬运微异地堆积+湖生草本泥炭碎屑、藻类碎屑原地堆积来说明。风暴和重力流作用既能驱动湖滨泥炭沼泽和三角洲上的有机碎屑及无机碎屑进入湖泊中心区,又能造成泥炭碎屑在较深水环境的二次堆积,从而使其中无机碎屑与泥炭碎屑有效地分离。它不仅能合理地解释抚顺煤田各主要煤层中的各种结构、构造和相序的成因,能合理地解释小型断陷盆地中超厚煤层的物源条件,还能合理地解释具有明显异地堆积特点的低灰分腐植碎屑煤的成因。

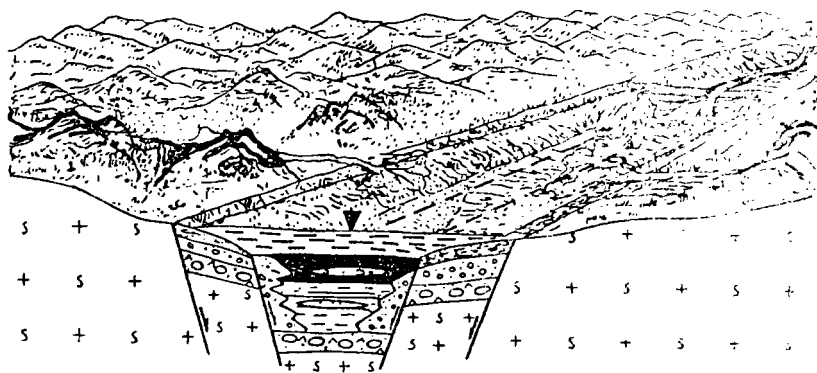


图 4 抚顺盆地老第三系超厚煤层的成因模式

研究工作表明,把煤层及其夹矸当作特定条件下的沉积体看待,引入现代沉积学的研究思路与方法,将宏、微观特征结合起来,对其中的结构、构造进行细致的分析,是全面认识煤相,揭示其成因机理的可靠途径,这不但适合于陆相煤层,也适合于海相煤层。

杨起院士在本项研究中曾给予热情指导和鼓励,李思田、陈钟惠、李宝芳、张鹏飞、刘焕杰、葛宝勋、湛建国和田兴友教授也曾给予各种支持和帮助,谨一并致谢。

参考文献

- 1 吴冲龙,庄新国.在抚顺煤田发现了大量滑积煤.地质科技

情报,1989;8(1):100

- 2 吴冲龙,柴柱,要庆军等.抚顺盆地的同沉积构造演化及其控煤控岩作用.矿床地质,1994;13(增刊):58~60
- 3 吴冲龙.扇缘浅水重力流沉积.见李思田主编.断陷盆地分析与煤聚集规律,北京:地质出版社,1987:52~59
- 4 Teichmuller M *et al.* The geological basic of coal formation. In: Stach E *et al.* eds. Stach's Textbook of coal petrography, 3rd ed. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1982: 5~86
- 5 吴冲龙.抚顺盆地的滑积煤及超厚煤层的成因模式.科学通报,1995;39(23):2175~2177
- 6 Wu Chonglong *et al.* Humid-type alluvial-fan deposits and associated coal seams in the lower cretaceous Haizhou Formation, Fuxin Basin of Northeastern China. Geological Society of America Special Paper 267, 1992(a)

(收稿日期 1996-06-10)

ANALYSIS ON THE SEDIMENTARY CONDITIONS OF EXTRA-THICK COAL SEAM FROM FUSHUN COAL FIELD

Wu Chonglong Li Shaohu Huang Fengming Zhang Ruisheng

(China University of Geosciences)

Wang Haiqing (No. 185 Team of Coal Geology Bureau of Shaanxi Province)

Zhao Ligu (No. 2 Regional Survey Team of Geology and

Mineral Resources Bureau of Heilongjiang Province)

Abstract According to the extremely abundant genetic indicators of the Palaeogene extra-thick coal seam in the Fushun coal field, a new formation mechanism for the continental extra-thick coal seam, i.e., lacustrine allochthonous-microallochthonous mixed peat accumulation mechanism, which is related to the river and storm events, are demonstrated. In this new mechanism, the storm current or subaquatic gravity current induced by storm not only transported the organic and inorganic clasts formed in lakeshore swamp and delta into the central lake, but also redeposited the peat clasts in deeper water environment, separating effectively the inorganic clasts from the peat clasts.

Keywords thick coal seam; genesis; sedimentary conditions; palaeogene; Fushun coalfield