

• 煤田地质 •

抚顺盆地同沉积构造及其对煤和油页岩厚度的控制^{*}

吴冲龙 袁艳斌 李绍虎 (中国地质大学 武汉 430074)

摘要 采用定性分析与定量分析相结合的方法,研究了抚顺盆地的同沉积构造格架及其对超厚煤层和油页岩的控制作用。结果表明,抚顺断陷盆地的同沉积构造格架,是由走向 NEE 和 NNW 的两组同沉积正断层组成的网络。它将盆地划分成一系列走向近东西的次级断陷、断隆。在古气候和碎屑沉积速率等因素的配合下,该盆地的同沉积构造格架通过控制沉积环境和沉积空间,从间接和直接两个方面严格地控制了煤层和油页岩的厚度分布,因此超厚煤层和油页岩整体呈东西条带状分布,并且在次级断陷中显著加厚,而在次级断隆上显著减薄。

关键词 同沉积构造 裂陷槽 拗陷 煤层厚度 构造控制 抚顺盆地

中国图书资料分类法分类号 P542.31

作者简介 吴冲龙 男 52岁 博士导师 教授 国家有突出贡献的中青年专家 煤、油气
地质,数学地质

1 引言

抚顺盆地位于郯庐断裂带东支——抚顺—密山断裂带西端,邻接下辽河盆地。它形成于早第三纪的裂陷旋回中^[1],早于下辽河盆地而与渤海湾盆地的早期断陷及依通盆地相当,属对称地堑式走滑断陷盆地。该盆地横跨于白垩纪断陷之上,直接基底部分为下白垩统砂砾岩,部分为太古界鞍山群石棚子组(A_rans)深变质岩;盆内堆积有总厚度约1600 m的含煤、含油岩系——抚顺群^[2]。主要可采煤层赋存于中部的古城子组(E₂¹g),累计厚度为10~130 m;油页岩覆盖于超厚煤层之上,厚度变化于20~240 m之间。煤层、油页岩及其它沉积物的分布,大致表现为边缘薄而中间厚,与盆地基底的次级断隆、断陷关系密切。

2 同沉积构造及同沉积构造格架

抚顺盆地的同沉积构造有两类,一类是发育于盖层中下部的同沉积正断层及由它们所挟持的次级断陷、断隆,另一类是发育于盖层中、上部的同沉积向斜。

2.1 同沉积正断层

抚顺盆地的同沉积正断层,大致可分为纵向和横向两种。露头与钻孔资料证实,它们大多穿透基底,在成因上可能与基底断块的拆离和旋转有关,因而受控于基底先成断裂网络。断层两盘的厚度差别可达数十至近百米,而且岩性、岩相和煤层结构的突变都极为显著,其垂向距离由下而上逐渐减少,有些甚至消失于盖层中部的计军屯组之中。

纵向同沉积正断层规模较大。抚顺盆地的南北最外侧盆缘断裂已遭破坏与剥蚀,能够识别和分析的纵向同沉积正断层,都属于与盆缘断裂平行的基底断裂(图2)。其走向 NEE—EW,与盆地轴向近于平行,延伸十几公里至几十公里,因遭受一系列横向断层的剪切错移而不甚连续。其垂向距离数百至上千米,倾角60°~90°,现今断面大多向北倾斜。盆地南侧规模最大者是F₂,北侧是F₁₆。分布于现今盆地北侧即向斜北翼的同沉积正断层,在剖面上呈显著逆冲状态,是在沉积期后的逆冲推覆运动中产生的一种逆反现象^[3]。横向同沉积正断层规模较小,走向NNW到近NS,与盆地轴向近于垂直,延伸几百米至几千米,垂向距离几十米至几百米,倾角50°~80°,断面既有东倾也有西倾,沿富煤带轴线曲折延伸的纵向平衡剖面显示,规模最大者是位于煤田东

* 本文为国家自然科学基金资助项目(49572128)的成果之四

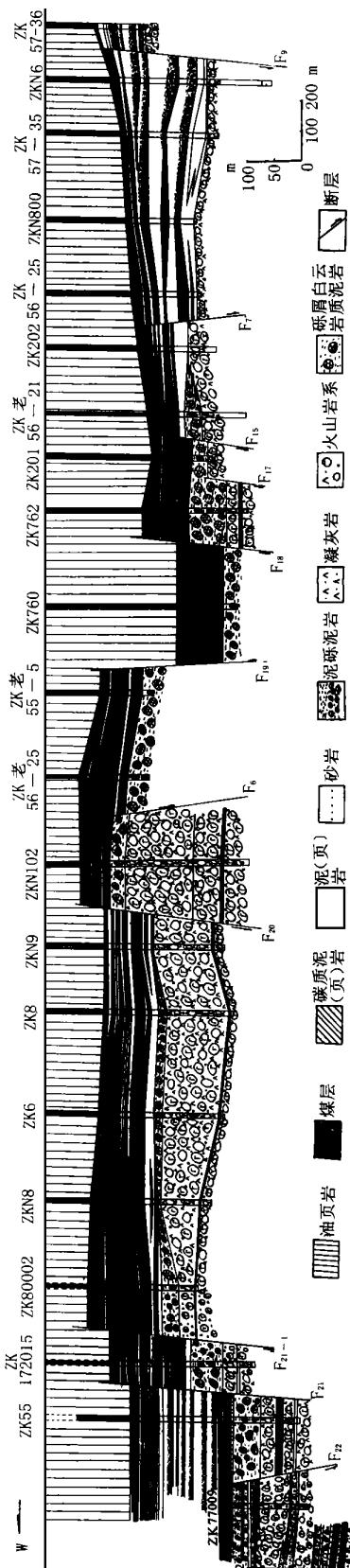


图1 抚顺盆地纵向原始沉积断面(平衡剖面)

部边界上的F₉、老虎台矿北部的F₁₉和西露天矿西部的F₂₁和F₂₂(图1)。

作为一种力学不连续界面,纵、横同沉积正断层都有反复活动的痕迹。

2.2 同沉积向斜

盆地沉积盖层中、上部的西露天组和耿家街组遭受构造破坏和剥蚀较强烈,难以编制完整的平衡剖面,因此该盆地同沉积向斜的识别依据是盖层中部的计军屯组平衡剖面。计军屯组处于断陷和拗陷的转换层位上,其下部发育同沉积断裂而上部发育同沉积向斜,导致该同沉积向斜底面起伏不平、纵剖面总体上呈宽缓的“W”形。同沉积向斜下拗幅度最大处与断块下陷幅度最大处基本对应,表明二者有继承关系。

2.3 同沉积构造格架

抚顺盆地的同沉积构造格架具下断上拗的二元结构,即下部是由同沉积正断层矩形网络控制的复合地堑式槽谷;上部是宽缓而连续的向斜式拗陷。

从平衡剖面上可清楚见及,大致以盆地轴线(纵剖面线所在处)为轴,纵向同沉积正断层两侧相向倾斜,由南北向中心基底呈对称阶梯状下降,各组地层厚度相应呈阶梯状加大。横向同沉积正断层则两两相向或相背倾斜。它们在平面上组合成一系列长轴近东西、相互间略有南北错移的矩形网络(图3)。所挟持的次级断块均呈梯形柱体状,在总体大幅度沉降的背景下,相互间出现相对升降,由此而显示出一系列凹凸相间、形如城朵的次级矩形断陷和断隆,从而控制了各组地层的厚度分布。同沉积向斜与断陷紧密套合,其底面随下方的次级断隆、断陷而起伏,形态较为宽缓、简单,沉积物在核部加厚而在两翼减薄。这表明在盆地演化后期(基底拗陷阶段),差异沉降依然十分显著。

3 盆地的同沉积构造演化

抚顺盆地的同沉积构造运动形式包括基底拆离与旋转、断块差异沉降、基底整体沉降等三种类型,并且可进一步归纳为裂陷和拗陷两大类型。

3.1 基底裂陷演化

在裂陷(构造衰减)作用中,由于受到盆地右旋剪切拉张的构造应力场控制,南北两侧地块及基底断块的主要活动方式是南北、东西双向拆离和断块

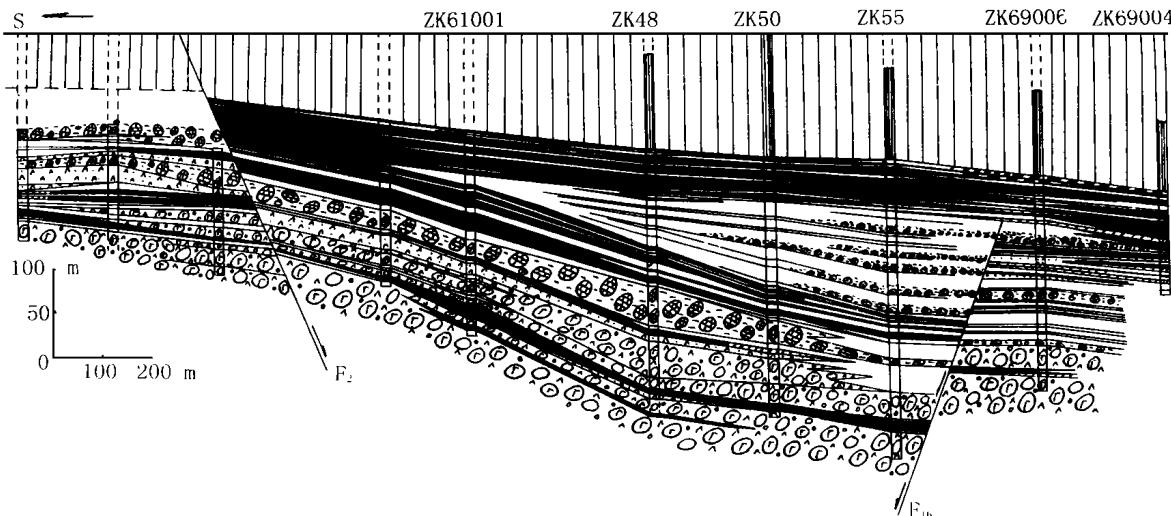


图 2 抚顺盆地横向原始沉积断面(平衡剖面, 图例同图 1)

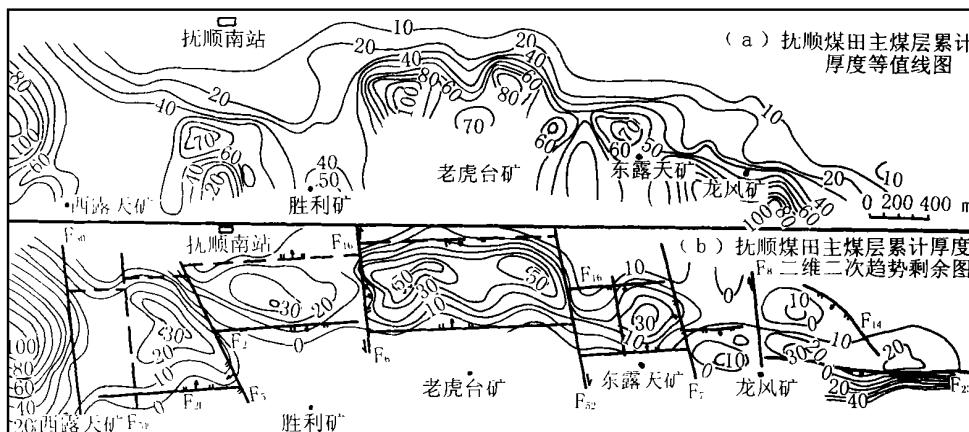


图 3 抚顺盆地古城子组超厚煤层的厚度及其二维二次趋势剩余等值线

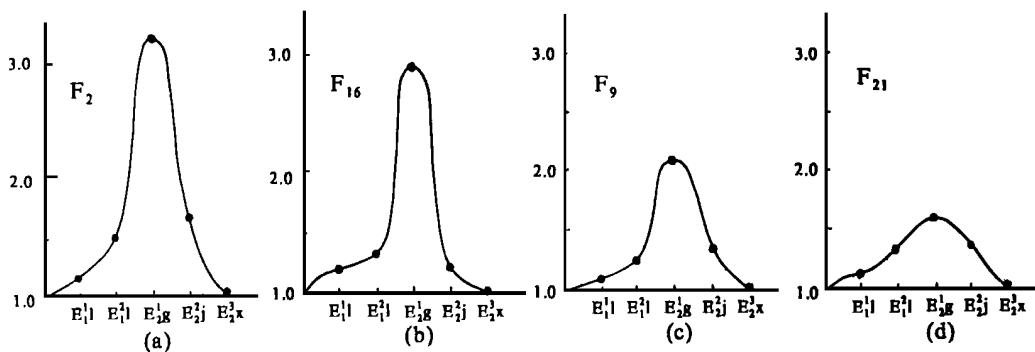


图 4 抚顺盆地同沉积正断层的生长系数

差异沉降。根据断层两盘各组地层的平均厚度差异, 可以计算出各同沉积断层的平均生长系数曲线(图 4)。综合该平均生长系数曲线和岩浆活动资料, 可以看出, 盆地基底拆离—裂陷活动的强度和性质有过

显著变化, 裂陷过程大致可以划分为五个阶段:

初动阶段 ($E_1^{1,1}$), 基底初始拆离裂陷, 触发基性岩浆喷溢, 同沉积断裂活动开始;

加速阶段 ($E_1^{2,1}$), 基底拆离裂陷加速, 基性岩

浆喷溢停止,同沉积断裂活动逐步增强;

高速阶段($E_2^1 g$),基底高速拆离裂陷,多数同沉积断裂活动幅度和速度达到最大值;

减速阶段($E_2^2 j$),基底拆离裂陷减速,多数同沉积断裂活动逐步减弱;

终止阶段($E_2^3 x$),基底拆离裂陷终止,同沉积断裂活动基本结束。

若将盆缘纵向同沉积正断层两盘相邻处的沉积物发育差异归因于盆地基底裂陷,则可根据阶梯状盆缘断裂两盘地层累计厚度之差,近似地估算出盆地基底的裂陷幅度和速率: $E_1^1 l$ 约110 m、 18.3 m/Ma ; $E_1^2 l$ 约100 m、 25 m/Ma ; $E_2^1 g$ 约160 m、 40 m/Ma ; $E_2^2 j$ 约120 m、 30 m/Ma ; $E_2^3 x$ 约40 m、 6.8 m/Ma ; $E_2^4 g$ 约0 m、 0 m/Ma 。盆地基底的拆离和裂陷是一个受控于区域构造应力场的持续过程,这一过程在抚顺盆地发展至西露天组沉积期中断,可能与区域构造应力场转换、岩石圈的构造衰减受到抑制^[4,5]有关。

3.2 基底拗陷演化

盆地基底的拗陷作用,主要是指由岩石圈的热衰减和重力均衡调整所造成整体沉降。热衰减——岩石圈的散热收缩是与基底拆离和裂陷密切相伴的另一种岩石圈衰减作用。通常认为,岩石圈的热衰减开始于主要热事件结束时,所造成的沉降速度随着时间推移而减小^[6,7,8];重力均衡调整开始于水和沉积物沉积初期^[7],所造成的沉降速度则随着时间推移由小而大又由大而小。虽然我们目前还难以分别计算出这两种因素所引起的盆地基底沉降量,但我们可以利用反揭法和差异压实矫正法来计算盆地基底的总沉降量。将总沉降量扣除上述构造衰减量,再用古水深矫正,便可以得到盆地基底的拗陷总量和速率:在老虎台组沉积阶段约为258 m、 43 m/Ma ;栗子沟组沉积阶段约为176 m、 44 m/Ma ;在古城子组沉积阶段为177 m、 44.3 m/Ma ;计军屯组沉积阶段为273 m、 45.5 m/Ma ;西露天组沉积阶段为242 m、 40.3 m/Ma ;而耿家街组沉积阶段只有289 m、 32.1 m/Ma 。

这就是说,由岩石圈热衰减和重力均衡调整造成的盆地基底拗陷作用从老虎台组($E_1^1 l$)沉积期就开始了,并且一开始就具有相当大的沉降速率,只是由于被强烈的裂陷作用掩盖而不易识别。由此而

论,前人关于断陷盆地演化过程中“裂陷和拗陷转换是由岩石圈热衰减和重力均衡调整加剧引起的”认识,似乎应该加以修正。根据上面的分析,可能是区域构造应力场的转换抑制了裂陷作用,而没有妨碍拗陷作用(热衰减和重力均衡沉降)的继续进行。作者设计的数学模拟证实^[5],区域应力场转换成挤压—剪切之后,只要岩石圈的重力均衡调整作用没有结束,盆地基底的沉降就不会停止。可能是某种使岩石圈重力均衡调整提前结束的因素,促成了耿家街组沉积之后盆地基底终止沉降。

综上所述,抚顺盆地的裂陷期开始于老虎台组($E_1^1 l$)底部沉积时,持续到西露天组($E_2^2 x$)下部沉积时;而拗陷期开始于栗子沟组($E_1^2 l$)底部沉积时,持续到耿家街组($E_2^4 g$)顶部沉积时。综合裂陷和拗陷两大构造期,抚顺盆地的构造演化可归纳为这样六个阶段,即初始沉降(初始裂陷、初始拗陷) \rightarrow 加速沉降(加速裂陷、匀速拗陷) \rightarrow 高速沉降(高速裂陷、匀速拗陷) \rightarrow 减速沉降(减速裂陷、匀速拗陷) \rightarrow 缓慢沉降(裂陷渐停、减速拗陷) \rightarrow 终止沉降(拗陷渐停)。

4 同沉积构造对煤层和油页岩的控制作用

通常认为,盆地同沉积构造对煤及沉积矿产的控制作用,主要表现为间接形式——通过控制沉积环境而影响成煤物质及其它成矿物质的生成和聚集。但是抚顺盆地同沉积构造对煤层和油页岩的控制作用,不但表现出间接形式而且表现出直接形式,即通过控制堆积空间而影响成煤物质及其它成矿物质的厚度分布,甚至更为强烈一些。同沉积构造对煤及沉积矿产聚集的这种直接控制形式,在断陷盆地中可能具有普遍意义。

4.1 间接形式的控制作用

陆相盆地的沉积环境是基底沉降速率、碎屑沉积速率、沉积物压实比率、气候变化和湖水面变化的综合效应。上述资料表明,基底沉降速率在抚顺盆地起主导作用。这首先表现在盆地的沉积演化与构造演化同步发展上。抚顺盆地的六个岩石地层单元(组)在岩性与岩相上均有显著差异,可作为六个成因地层单元看待。其垂向组合构成完整的抚顺盆地充填序列,揭示盆地的沉积环境经历了火山洼地 \rightarrow 局部半咸化浅湖 \rightarrow 淡化浅湖 \rightarrow 深湖 \rightarrow 间歇半咸化浅湖 \rightarrow 准平原化等演化历程^[9,10]。它们分别与盆地构

造演化的六个阶段相对应。水体淡咸交替及成煤物质的多寡变化,主要与温湿、干旱气候的交替有关,而水体的深浅变化可能主要与基底沉降速率有关。

上述诸因素的有机配合,使盆地在基底初始沉降—火山洼地阶段,广泛发育泥炭沼泽,沉积高灰分的 B 煤组;在基底加速沉降—局部半咸化浅湖阶段早期,湖泊周缘发育泥炭沼泽,浅湖中堆积具有风暴沉积特征的微异地高灰分 A 煤组,随后泥炭沼泽因气候干旱而消失,聚煤作用中断;在基底高速沉降—淡化浅湖阶段,湖泊周缘及隆起区再次广泛发育泥炭沼泽,浅湖中堆积由河流和风暴作用带来又经再次机械分异了的、厚逾百米的超厚低灰分异地—微异地混合煤层^[7,9];在基底减速沉降—深湖发育阶段,整个抚顺—密山断陷带内水体广布,湖缘泥炭沼泽发育不良,湖泊中堆积了厚达 200 m 厚的油页岩,局部夹异地成因的薄煤层;在基底缓慢沉降—间歇性半咸化浅湖发育阶段,泥炭沼泽消失,湖泊中堆积数百米厚的含钙粉砂质泥岩与不含钙的褐色泥岩互层,未见煤层与油页岩;在基底终止沉降—准平原化阶段,盆地内堆积河流—洪泛平原体系的碎屑物质,也未见煤层与油页岩。

4.2 直接形式的控制作用

在陆相盆地中,碎屑物质和成煤、成矿物质的堆积空间,也是基底沉降速率、碎屑沉积速率、沉积物压实比率、气候变化和湖水面变化的综合效应。从根本上说,基底沉降速率在这里也是起主导作用的,因为没有基底的沉降就没有堆积空间可言。同沉积正断层活动的强度和幅度,正是断陷盆地基底沉降速率在裂陷期的体现。一般地说,由于底流的作用,水下的沉积物表面总是平的,因此次级断陷能比次级断隆提供更大的堆积空间,能接受更多的碎屑物质和成煤、成矿物质。

抚顺盆地的煤层和油页岩都形成于裂陷期,因此其厚度分布明显受到同沉积正断层的控制。纵向同沉积正断层既控制了盆地的轴向,也控制了超厚煤带和超厚油页岩带整体的东西向展布形式;横向同沉积正断层则既控制了基底次级断陷、断隆的形成和分布,也控制了超厚煤块段和超厚油页岩块段的形成和分布(图 3)。

5 几点认识

根据上面的分析,可以得到如下几点认识:

a. 采用定性分析和定量分析相结合的方法来研究同沉积构造和同沉积构造格架,是揭示盆地构造演化及其对盆地内部各种沉积矿产聚集、分布的控制作用的有效方法。

b. 抚顺盆地属走滑断陷盆地,其同沉积构造格架是由走向 NEE 和 NNW 的两组同沉积正断层组成的一系列走同 NEE 的次级断陷、断隆。该盆地同沉积构造运动的裂陷和拗陷作用,基本上同步发生和发展;控制裂陷盆地构造演化的主要地球动力学因素是构造衰减、热衰减和重力均衡调整,它们在盆地的不同演化阶段贡献不同。

c. 该盆地的同沉积构造格架在碎屑沉积速率和古气候等因素配合下,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。其中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——在次级断陷中显著增厚,在次级断隆上显著减薄。

参考文献

- 1 马杏垣,刘和甫,王维襄,汪一鹏.中国东部中、新生代裂陷作用和伸展构造.地质学报,1983;(1):22~32
- 2 杨起,韩德馨主编.中国煤田地质学,上册.北京:煤炭工业出版社,1979:156~159
- 3 Williams G D, Powell C M, Cooper M A. Geometry and kinematics of inversion tectonics. In: Cooper, Williams eds. Inversion tectonics. Geol. Soc. Special Publication, 1989;44:3~15
- 4 吴冲龙.阜新盆地古构造应力场研究.地球科学——武汉地质学院学报,1984;8(2):43~52
- 5 吴冲龙,赵根榕,李思田.盆地构造格架和形成机制分析.见:李思田主编.断陷盆地分析与煤聚积规律.北京:地质出版社,1988:251~304
- 6 Morgan W J. Hotspot tracks and the early rifting of the Atlantic. In: Paper presented to the conference on the processes of continental rifting. Lunar Planet. Inst., Houston, 1981:1~4
- 7 Kinsman D J J. Rift valley basin and sedimentary history of Trailing Continental margins. In: Fisher, Judson eds. Petroleum and global tectonics. Princeton and London: princeton Univestiy Press, 1975:83~126
- 8 McKenzie D P. Some remarks on the Development of sedimentary basins. Earth and Planetary Sci. Letters, 1978;40:25~32
- 9 吴冲龙.抚顺盆地超厚煤层的滑积相及超厚煤层的成因模式.科学通报,1994;39(23):2175~2177
- 10 吴冲龙,李绍虎,黄凤鸣,王海清,赵立国.抚顺盆地超厚煤层的沉积条件分析.煤田地质与勘探,1997;25(2):1~7

(收稿日期 1998-07-14)

伸展背景下陆相地层发育的控制

——以阜新盆地为例

程日辉 (中国地质大学能源系 北京 100083)

王东坡 (长春科技大学 130026) 廖兴明 (辽宁石油勘探局 盘锦 120020)

摘要 陆相地层发育普遍认为是受构造控制的,然而在构造背景下,其它控制因素如水位或水量、沉积物供给量等是如何起作用的呢?根据 Schlische 的伸展盆地定量充填模型,模拟阜新盆地沙海组和阜新组地层的形成,得出一些对陆相地层发育控制的一些认识。在陆相地层发育过程中,层序发育与沉积环境转化是受盆地的构造沉降与可容空间、沉积物供给与沉积物堆积速率、盆地供水量与气候以及沉积作用过程的影响和控制。

关键词 盆地 陆地沉积作用 构造控制 古地理控制

中国图书资料分类法分类号 P512.22

作者简介 程日辉 男 35岁 博士后 副教授 煤、油、气地质及勘探

1 引言

在伸展盆地研究中,一个基本问题是盆地地层第一级控制的定量确定,在缺少海平面资料的非海相盆地尤其突出。传统上沉积环境和沉积作用的每个主要变化被解释成一些“构造”事件(如边界断层活动增加)和主要气候变化的结果^[1]。Schlische 等提出了一个伸展盆地充填的简单(理论)模型。许多

伸展盆地年轻地层不断地超覆在上盘基岩块上,Anderson 等^[2]认为这种超覆样式是伸展盆地随时间体积增长的证据。Leeder 和 Gathorpe^[3]把超覆样式和远离边界断层的盆地枢纽或支轴迁移联系在一起,并把这一概念运用到构造沉积模型上。不仅盆地在体积上随时间增长而且沉积表面也在面积上增长,这是盆地充填的结果。上述认识是 Schlische 模型的基础。笔者将此模型应用于阜新盆地,分析沙海

THE SYNSEDIMENTARY STRUCTURE FRAMEWORK AND ITS CONTROLS ON THE THICKNESS OF EXTRA-THICK COAL BED & OIL SHALE, FUSHUN BASIN, CHINA

Wu Chonglong Yuan Yanbin Li Shaohu (China University of Geosciences)

Abstract In this article, the combinative method of qualitative and quantitative analyses is adopted to study the synsedimentary structure framework and its controls on the thickness of extra-thick coal bed & oil shale. It demonstrated that the synsedimentary structure framework of Fushun fault basin is a network. This network consists of two groups of different strike synsedimentary normal faults, known as NEE and NNW. It divides the basin into a series of sub-subsidence & sub-upheaval. By the co-operation of ancient climate, clastic sediment rate and some other factors, the synsedimentary structure framework of this Basin strictly controls the accumulative thickness distribution of coal bed & oil shale both directly and indirectly, through controlling the sediment environment and sediment space. Therefore, the whole body of extra-thick coal bed & oil shale is distributed as a band through the east-west direction, thickening obviously in the sub-subsidence and then obviously thinning in the sub-upheaval.

Keywords synsedimentary structure;aulacogens;depression;coal seams thickness;tectonic control;Fushun Basin