

三江盆地群城子河组—穆棱组层序地层对比

陈秀艳¹, 刘招君², 何玉平³, 和钟铎², 王剑³

1. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083
2. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061
3. 中国海洋石油有限公司北京研究总院, 北京 100027

摘要 根据露头、岩心、测井、地震、古生物和地化分析资料, 建立三江、勃利、鸡西和虎林盆地城子河组(包括七虎林组、云山组)至穆棱组(珠山组)层序地层格架。通过海侵事件、煤层、古生物证据及构造事件进行盆地间层序地层对比分析, 进一步揭示“统一盆地”概念, 其中构造事件和海侵事件引起的区域不整合和海相夹层是主要对比标志。将三江盆地群统一划分为 8 个层序, 层序 I~VIII 发育遵循由东向西、由南向北逐渐扩展的规律。层序发育主要受控于构造沉降、海平面变化及气候。这是首次将三江地区作为“统一盆地”进行层序分析, 对进一步油气勘探具有指导意义。

关键词 层序对比; 三江盆地群; 城子河组; 穆棱组

中图分类号 P539.2

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)22-0055-05

Sequence Stratigraphy Correlation of Chengzihe–Muleng Formation in Sanjiang Basins

CHEN Xiuyan¹, LIU Zhaojun², HE Yuping³, HE Zhonghua², WANG Jian³

1. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083 China
2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China
3. Research Institute, China National Offshore Oil Corporation, Beijing 100027, China

Abstract Based on the outcrop, core, logging data, seismic profile, palaeontologica and geochemistry materials, sequence stratigraphic framework of Chengzihe (Qihulin and Yunshan Formation) and Muleng Formation (Zhushan Formation) in Sanjiang, Boli, Jixi and Hulin Basin are established. Contrasting and analyzing among basins according to the marine events, coal bed, palaeontologic fossils and tectonic movements, this paper further indicates that Sanjiang Basins is a "uniform basin". Regional unconformity and marine interbeds caused by tectonic movements and marine events are the key marks of basin comparison, and coal bed and palaeontologic biocoenosis influenced by climate are the additional marks. The "uniform basin" can be divided into 8 sequences. Sequence I to VIII develops gradually from east to west and from south to north. Different basin has different quantity of sequence. Boli basin has all the 8 sequences and the sedimentary centre is in Boli Basin. The sequence distribution characteristics are controlled by tectonic, sea level changes and climate. The sea level changes control the sequence deposition, while tectonic controls sequence relict, and the climate controls the lithologic and palaeontologic cycles. It is the first time to study the sequence stratigraphy taking Sanjiang basins as a unit and it has an important significance to further exploration for petroleum.

Keywords sequence correlation; Sanjiang Basins; Chengzihe Formation; Muleng Formation

收稿日期: 2010-09-15; 修回日期: 2010-10-05

基金项目: 国家油气专项(XQ-2004-07-03)

作者简介: 陈秀艳, 博士研究生, 研究方向为沉积层序与储层描述, 电子信箱: xiuyanchen1004@163.com; 刘招君(通信作者), 教授, 研究方向为盆地分析与陆相层序地层学、油页岩资源评价与成矿机制, 电子信箱: liuzj@jlu.edu.cn

0 引言

三江盆地群包括三江、勃利、鸡西、虎林、汤原断陷及鹤岗和宁安盆地。沉积盖层主要为鸡西群和龙爪沟群。对三江盆地群的研究始于 20 世纪 80 年代,主要集中在地层对比及沉积充填规律方面。1986 年,黑龙江省东部中生代含煤地层研究队^[1]首次系统地对龙爪沟群和鸡西群各建组剖面进行详细描述,依据大量古生物和岩性分析资料进行地层对比,为今后的研究提供大量原始资料。然而,受当时古生物鉴定技术的限制,有些古生物种类鉴定不准确。20 世纪 90 年代以后,古生物学者对研究区部分生物属种进行了重新修订,并划分出新的生物组合。1995 年,万传彪等^[2]首次在绥滨地区发现海相与非海相沟鞭藻类共生的层段。2000 年,何承全等^[3]在鸡西盆地首次发现海相沟鞭藻,并推测其地质时代。2002—2003 年,沙金庚等^[4-5]根据生物组合证实了龙爪沟群和鸡西群为早白垩世中、晚期,并进行对比。此后,杨绍芳^[6]从油源、储盖组合、圈闭形成和油气运聚等方面,对三江盆地群的成藏条件进行了综合分析,杨建国等^[7]总结了地层发育的宏观规律,提出了重点勘探层系。20 余年的研究,未能使三江盆地群获得大的工业油流,从而引起了研究者对过去思路的怀疑。近期有些学者提出盆地群的“统一盆地”概念,其原因是现今各盆地之间未见控盆断裂和边缘相沉积^[8]。本文根据 4 条野外实测剖面,10 口井岩心观察,近 60 口井的钻井和录井资料以及大量地震资料进行三江盆地群层序地层对比研究,试图通过城子河组—穆棱组地层内部三级层序旋回相似性,探讨研究区“统一盆地”的可能性。

1 区域地质概况

三江盆地群限于牡丹江断裂、大和镇断裂以及敦密断裂

之间(图 1)^[8],各盆地处于不同的大地构造单元。

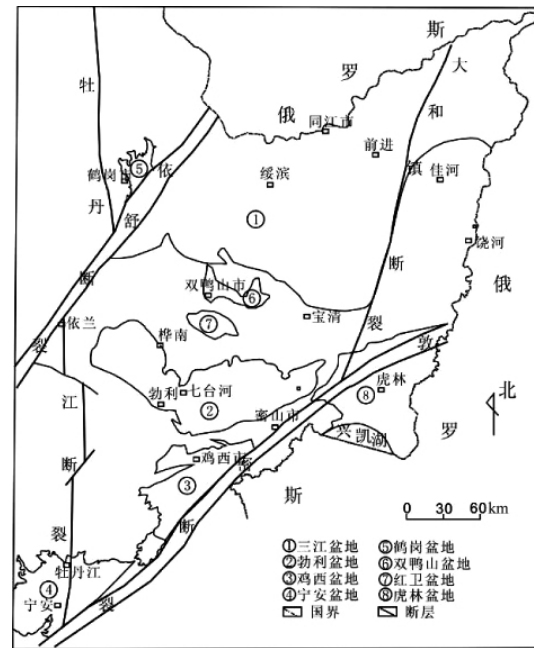


图 1 三江地区大地构造示意图
Fig. 1 Tectonic map of Sanjiang area

研究区发育的中生代地层主要为鸡西群和龙爪沟群。鸡西群城子河组与龙爪沟群七虎林组和云山组可对比,鸡西群穆棱组与龙爪沟群珠山组相对比^[8](图 2)。城子河组(包括七虎林组、云山组)及穆棱组(珠山组)均为含煤碎屑岩建造,地层平均厚度为 750~1000m。从城子河组向上,粗碎屑含量减少,细粒沉积物增加,在城子河组晚期细粒沉积物含量达到最高,至穆棱组中晚期粗碎屑沉积含量开始增加。沉积相类型以扇三角洲和湖泊相为主,发育海相夹层。

年代地层	年龄/Ma	鸡西盆地	三江盆地	勃利盆地		虎林盆地	演化阶段与应力方向	超层序
				西部	东部			
白垩系	下白垩统	99.6	东山组	东山组	东山组	东山组	构造反转	T ₄
		穆棱组	穆棱组	穆棱组	珠山组	珠山组	弧后近海盆地 充填阶段	T ₄₋₁
		城子河组	城子河组	城子河组	云山组 七虎林组	云山组 七虎林组		T _d
		145.5	滴道组	东荣组	裴德组	裴德组	裴德组	T ₄₋₃
侏罗系	上侏罗统	161.2	绥滨组				残留海湾 充填阶段	T ₅
		基底						

图 2 三江地区地层划分对比图
Fig. 2 Strata classification and correlation in Sanjiang area

2 层序地层划分与对比

充分利用现有露头、岩心、钻井、地震等资料,根据岩性突变面、湖泛面、沉积相间断面,测井曲线坎值变化、形态组合,地震同相轴削截、上超等标志,准确识别层序界面,对各

盆地逐一剖析,分别建立三江、勃利、鸡西和虎林盆地城子河至穆棱组层序地层格架。各盆地层序个数不同,三江盆地 6 个,勃利盆地 8 个,鸡西盆地 6 个,虎林盆地 7 个。根据海侵事件、煤层、古生物证据、构造事件对各盆地间层序对比,发现

大部分层序发育旋回具有相似性,揭示该时期可能为“统一盆地”。据此,尝试将研究区统一划分为8个层序并进行对比,城子河组从下至上发育层序 I~V,穆棱组发育层序 VI~VIII。

2.1 海侵事件

海侵事件造成研究区各盆地在城子河组及穆棱组沉积时期发育多期海相夹层,分布范围广。根据岩性及古生物证据,在虎林盆地及勃利盆地东部龙爪沟群下云山组可识别出3次大的海侵事件^[1],其海侵通道是虎林盆地的七虎林河拗

陷。因此,根据海平面升降,可将勃参2井及虎参1井的下云山组划分为层序 I、II、III。海侵发生时,受同一基准面变化影响,盆地间相互连通,导致勃利盆地东部及七虎林河拗陷内层序 I、II、III 相互对应。进一步通过地球化学资料分析,本区在城子河组晚期及穆棱组早期海侵范围达最大,导致绥滨拗陷北部及虎林盆地东部两个方向的海侵南北连通,使得全区受统一湖(海)平面变化控制,因此,城子河组最顶部的层序 V 及穆棱组最底部的层序 VI 在各盆地均可对比(图 3)。

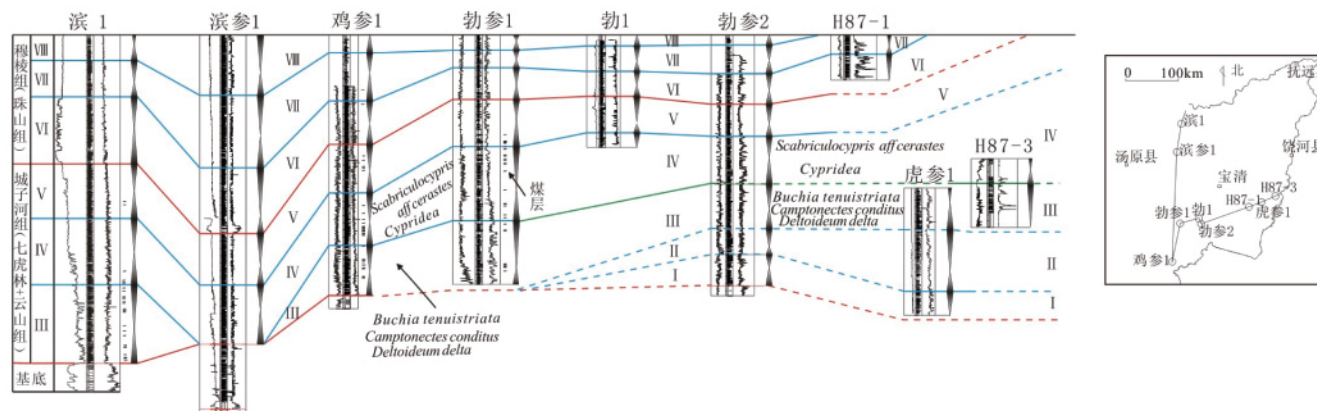


图3 三江地区晚中生代盆地群层序对比图

Fig. 3 Sequence correlation of Late Mesozoic in Sanjiang Basins

2.2 煤层

城子河组、穆棱组是典型的中生代含煤地层,是中国重要的煤炭工业基地。厚煤层发育的必要条件是陆源物质供应相对贫乏,盆地出现泥炭的补偿沉积并与海平面变化相协调,当三者之间维持长期稳定的平衡状态时,才有利于聚煤作用的发生^[9]。因此,煤层发育旋回可用来对比划分三级层序。

根据钻井资料分析,鸡西盆地鸡参1井和勃利盆地勃参1井在城子河组沉积时期可能为连续沉积的同一套含煤建造。此旋回上、中、下部均有煤层发育,依据煤层旋回识别出层序 III、IV、V,其中层序 IV 所含煤层相对较多且集中稳定,而其上、下部层序 III、V 的煤层相对较少,稳定性较差。据此,可将鸡西盆地与勃利盆地中西部发育的层序 III、IV、V 一一对应(图 3)。

2.3 古生物证据

城子河组中下部、上云山组中下部和下云山组上部都发育介形虫 *Scabriculocypris affcerastes* 和 *Cypridea*。城子河组最下部海相夹层、云山区的下云山组上部或云山组中部都发现双壳类化石 *Buchia tenuistriata*、*Camptonectes conditus*、*Deltoideum delta*^[1]。因此,按照古生物旋回可将城子河组下部层序与下云山组上部层序、城子河组中部与上云山组下部层序进行对比,相应鸡参1井与勃参2井层序 III、IV 可进行对比(图 3)。

2.4 构造事件

地震资料显示,东山组及盆地边缘穆棱组顶界面为明显

角度不整合或局部角度不整合(图 4),说明研究区在东山组之后,发生大规模隆升剥蚀作用,有些地区(如勃利盆地东部)东山组全部剥蚀,甚至下伏穆棱组最上部的层序也被剥蚀。自然规律决定现今各盆地穆棱组只保留下部层序 VI、VII、VIII,并且受强烈构造作用影响,有些地区层序 VII、VIII 内部也仅残留水进体系域(图 3)。

3 “统一盆地”层序地层分布特征

对比研究发现研究区层序 I~VIII 发育过程遵循由东向西、由南向北逐渐扩展的规律(图 5)。层序 I、II 是由于海水沿七虎林河拗陷进入研究区而形成,沉积中心在虎参1井附近。层序 III 分布范围从虎林、勃利盆地向鸡西盆地扩展,波及鸡参1井,并且沉积中心已转移至勃参1、勃参2井附近。同时,在绥滨拗陷西北部滨1井附近接受沉积,发育层序 III,而西南部滨参1井不发育该层序,表明绥滨拗陷在城子河组沉积时期从北部开始沉降,并且伴随来自北部的海侵事件。层序 IV 沉积范围进一步扩大,东西向及南北向贯通,“统一盆地”雏形形成,并且该时期为主要成煤期。层序 V 继承沉积后,一次短暂的抬升沉积间断,结束了主要的成煤时期,之后开始穆棱组沉积,发育层序 VI、VII、VIII,湖平面持续上升直到最高位置,此时,也是最大海泛时期,海侵范围最大,来自北部和东部两个方向的海侵已南北贯通,几乎遍及整个研究区。因此,层序 VI、VII、VIII 在各盆地同步发育,且分布范围最大(图 5),但受后期构造作用影响,目前顶部层序仅残留部分体系域。

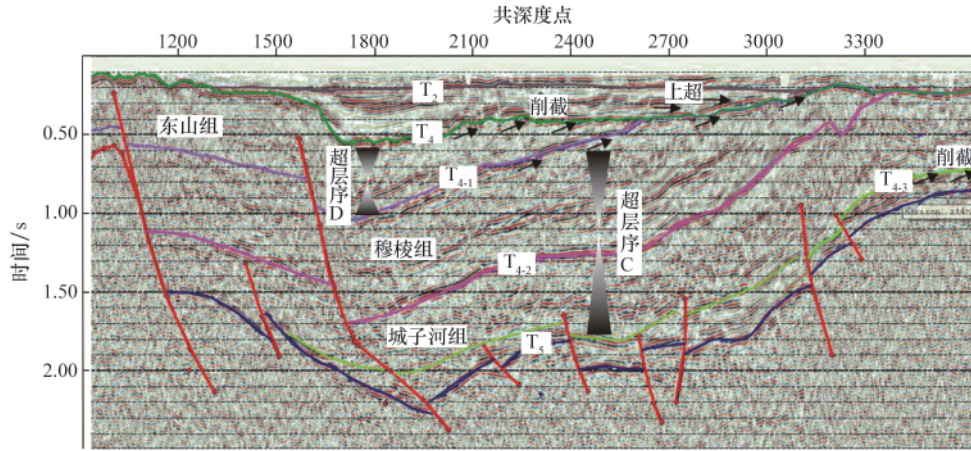


图 4 三江盆地绥滨坳陷地震剖面 45 线

Fig. 4 Seismic profile Inline 45 of Suibin depression in Sanjiang Basin

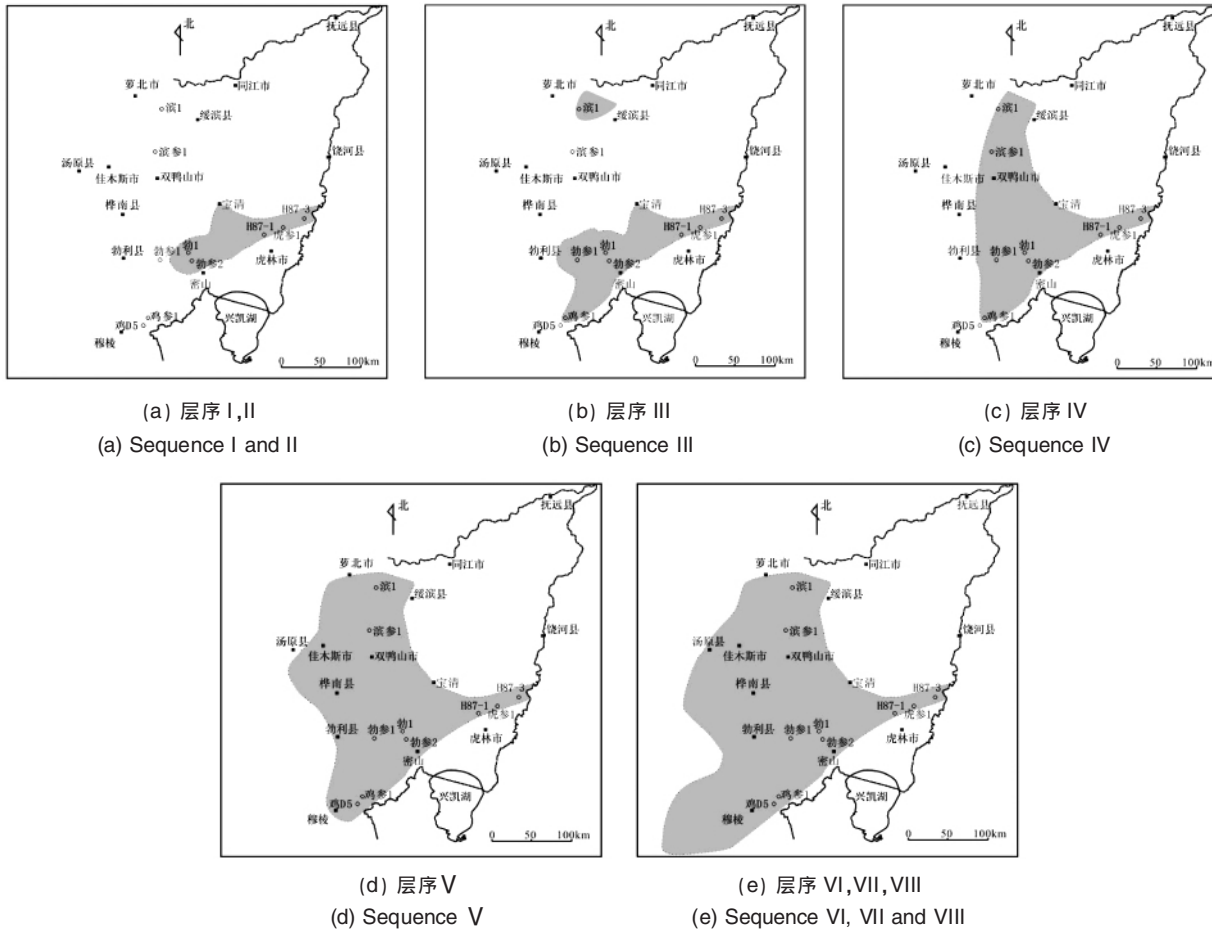


图 5 层序 I~VIII 平面演化示意图 (阴影表示地层分布范围)

Fig. 5 Evolution sketch map of sequence I~VIII (shadow means strata distribution range)

4 层序发育影响因素

控制研究区层序发育的主要因素有构造沉降、海平面变化、气候等^[10]。

4.1 构造因素对层序的影响

该区层序发育的主控因素是构造作用,它控制着城子河

组底界及穆棱组顶界区域不整合面的形成,同时也控制了现今穆棱组残余层序的展布。通过对三江、勃利、鸡西、虎林盆地穆棱组顶部剥蚀量计算,得滨参 1 井,虎参 1 井,虎参 2 井,鸡 3 井,勃 D1 井,勃参 1 井的剥蚀量分别为 396.7,1181.5, 634.18,783,825 和 887m,发现穆棱组与其上覆地层之间的剥

蚀具有区域性,虎林盆地剥蚀量最大,其次为勃利盆地的北部。因此,盆地群中穆棱组层序 VI、VII、VIII 以缓滨拗陷保留最完整,其次为鸡西盆地和勃利盆地,而虎林盆地层序 VIII 完全剥蚀,层序 VII 也仅保留下部体系域(图 3)。

4.2 海平面变化对陆相层序的影响

研究区发生多次海侵事件,并且海侵最先于城子河组早期由虎林盆地东侧侵入^[1],因此,在虎林盆地和勃利盆地东部最先沉积下云山组层序 I、II,之后缓滨拗陷北部海侵通道开启,开始在缓滨沉积层序 III。城子河组晚期和穆棱组早期两个方向的海侵相互连通,并且达最大范围,导致层序 IV、V、VI、VII 受统一基准面变化所影响,在各盆地同步发育(图 3),而该时期也恰恰是全球海平面变化曲线上的最大海泛时期。因此,三江地区作为近海盆地,海侵因素直接影响其层序发育特征。

4.3 气候因素对层序的影响

气候周期性变化通过影响古生物组合、岩石组合和地球化学特征进而控制层序的发育。通过分析反映干旱气候的 *Classopollis* 花粉含量以及煤层数目和厚度的变化,得出研究区气候基本经历了干旱—湿润—干旱的变化过程。此外,锶同位素组成可作为海平面变化的灵敏监视器^[11],气候干燥,海平面下降时,陆地暴露面积增大,引起海水 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值相对增高,反之则降低。以滨参 1 井为例,发现锶同位素比值从城子河组至穆棱组经历了高一低—高的变化(图 6),说明气候同样经历了干燥—湿润—干燥的变化过程,而在城子河组末至穆棱组早期达最大海侵。可见,气候影响沉积层序发育。

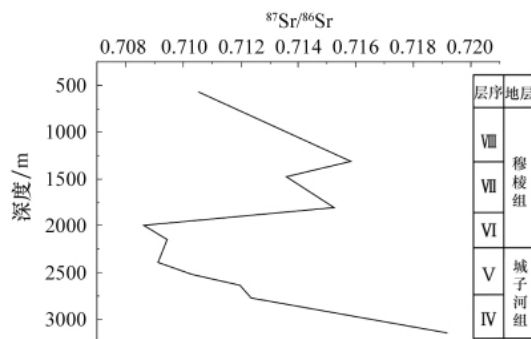


图 6 滨参 1 井锶同位素变化

Fig. 6 Strontium isotopic changes of Bincan 1

5 结论

本文重点对三江盆地群中三江、勃利、鸡西和虎林盆地进行层序地层对比研究。对于三江盆地群,面积达 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$,地处不同构造基底^[9],而在构造、海侵和气候的共同影响下,三级层序旋回具有相似性,进一步揭示了城子河组—穆棱组沉积时期极可能为“统一盆地”。对于这样一个“泛盆”,城子河组晚期和穆棱组早期广泛发育的陆相暗色泥岩和煤层以及海相泥岩可作为良好的烃源岩,周围各物源体系供给的河

流三角洲沉积可作为储集层,只要圈闭条件具备即可成藏。为此,下一步要着重研究“统一盆地”的破坏作用,即何时破坏、如何破坏、破坏结果如何、是否有原生油气藏被破坏而二次成藏等,这对于提高研究区勘探潜力具有重大意义。

参考文献 (References)

- [1] 黑龙江省东部中生代含煤地层研究队. 黑龙江省东部龙爪沟群的研究及其与鸡西群的对比 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1986: 45-120.
Researchers of Mesozoic coal-bearing strata in eastern Heilongjiang province. Study on Longzhaogou Group and its correlation with Jixi Group in eastern Heilongjiang province[M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 1986, 45-120.
- [2] 万传彪, 闫凤兰, 尹楠. 黑龙江集贤地区早白垩世沟鞭藻类和其他藻类[J]. 微体古生物学报, 1995, 12(1): 51-52.
Wan Chuanbiao, Yan Fenglan, Yin Nan. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 1995, 12(1): 51-52.
- [3] 何承全, 孙学坤. 黑龙江省东部鸡西盆地城子河组下部早白垩世欧特里夫晚期海相沟鞭藻类[J]. 古生物学报, 2000, 39(1): 46-62.
He Chengquan, Sun Xuekun. *Acta Palaeontologica Sinica*, 39(1): 46-62.
- [4] 沙金庚. 黑龙江东部早白垩世生物地层学研究的主要进展[J]. 地学前缘, 2002, 9(3): 95-101.
Sha Jingeng. *Earth Science Frontiers*, 2002, 9(3): 95-101.
- [5] Sha J G, Matsukawa M, Cai H W, et al. The Upper Jurassic-lower Cretaceous of eastern Heilongjiang, NE China: stratigraphy and regional basin history[J]. *Cretaceous Research*, 2003, 24: 715-728.
- [6] 杨绍芳. 泛三江盆地成藏系统分析 [J]. 石油天然气学报, 2005, 27(4): 413-415.
Yang Shaofang. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2005, 27(4): 413-415.
- [7] 杨建国, 吴河勇, 刘俊来. 大庆探区外围盆地中、新生代地层对比及四大勘探层系[J]. 地质通报, 2006, 25(9-10): 1088-1093.
Yang Jianguo, Wu Heyong, Liu Junlai. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(9-10): 1088-1093.
- [8] 和钟铎, 刘招君, 陈秀艳, 等. 黑龙江省东部残留盆地群早白垩世沉积相特征及演化[J]. 古地理学报, 2008, 10(2): 151-158.
He Zhonghua, Liu Zhaojun, Chen Xiuyan, et al. *Journal of Palaeogeography*, 2008, 10(2): 151-158.
- [9] 邵龙义, 鲁静, 汪浩, 等. 近海型含煤岩系沉积学及层序地层学研究进展[J]. 古地理学报, 2008, 10(6): 561-568.
Shao Longyi, Lu Jing, Wang Hao, et al. *Journal of Palaeogeography*, 2008, 10(6): 561-568.
- [10] 刘招君, 董清水, 王嗣敏, 等. 陆相层序地层学导论与应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 58-62.
Liu Zhaojun, Dong Qingshui, Wang Simin, et al. Introduction to continental sequence stratigraphy & application[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 58-62.
- [11] 黄思静, 麻建明, 冷德勋. 广西钦州石炭—二叠纪深海硅质岩的锶同位素组成及其地质意义[J]. 沉积学报, 1999, 17(4): 542-546.
Huang Sijing, Ma Jianming, Leng Dexun. *Acta Sedimentology Sinica*, 1999, 17(4): 542-546.

(责任编辑 刘志远)