

文章编号: 1000-0550(2004)03-0449-06

准噶尔盆地侏罗系八道湾组聚煤作用控制因素分析

何志平¹ 邵龙义¹ 康永尚^{2,3} 刘永福¹ 罗文林¹ 齐雪峰⁴

1(中国矿业大学北京校区煤炭资源教育部重点实验室 北京 100083) 2(石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室 北京 102249) 3(石油大学资源与信息学院 北京 102249) 4(中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834000)

摘要 从煤层厚度及其在层序地层格架中的平面展布特征入手,并在分析煤层在层序格架中的发育和分布规律的基础上,探讨了沉积环境、沉积体系演化和湖平面变化对陆相盆地——准噶尔盆地侏罗系层序(八道湾组的主体)聚煤作用的影响。河流泛滥平原、三角洲平原、湖湾等沉积环境的可容空间变化速率和泥炭堆积速率常能保持有利于泥炭沉积的平衡关系,从而成为富煤环境。实质上,沉积环境是聚煤作用控制因素的外在表现形式,而其最根本的控制因素则是可容空间变化速率。在本研究区,主要体现为湖平面变化对煤层分布的控制作用。

关键词 聚煤作用 层序地层 八道湾组 侏罗系 准噶尔盆地

第一作者简介 何志平 男 1973 年出生 在读博士 沉积学 层序地层学

中图分类号 P512.2 P539.2 **文献标识码** A

1 前言

20 世纪 50 年代以来,人们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滨岸、河流—三角洲、冲积扇、砂质辫状河、湖泊以及碳酸盐台地^[1-7]。这些模式详细阐述了在不同沉积相或沉积体系中,有利于泥炭(煤的前驱)形成与保存的沉积环境。随着层序地层学的兴起和发展,人们开始把传统成煤模式和层序地层理论相结合,来认识历史上的成煤作用及其控制因素。McCabe^[8]认为河流—三角洲环境中的煤(泥炭)一般堆积在与海侵密切相关的高水位期的高位沼泽中,泥炭沉积并不是与局部的陆源碎屑沉积供给同时发生的。邵龙义等^[9,10]对石灰岩比较发育的聚煤区的研究发现,聚煤中心的迁移受三级海平面变化(与三级复合层序相对应)的控制,单个煤层的厚度的局部变化则主要受微环境的控制。这些研究为不同盆地类型层序地层格架下聚煤作用的研究提供了很好的思路。本文在借鉴前人的研究方法和研究思路的基础上,通过分析准噶尔盆地侏罗系层序(八道湾组的主体)各层序组地层厚度、砂岩和砾岩厚度及煤层厚度在层序地层格架中的展布特征,从沉积环境、沉积体系演化和湖平面变化三个方面来探讨陆相盆地聚煤作用的控制因素。

2 准噶尔盆地侏罗系层序划分

本次研究对象为陆相沉积,准层序难于识别,以不整合面为界的 Exxon 型层序却比较发育,这些层序多是四级层序,因此,采用 Van Wagoner 等^[11]、Mitchum 和 Van Wagoner^[12]总结的三级复合层序、三级层序组(低位、海侵和高位层序组)、(四级)层序的术语系统。复合层序为由成因上相关的层序构成的地层序列,其中低位、海侵和高位层序组由单个的(四级)层序叠置而成。

依据地震、钻井和露头三种资料的综合分析,把准噶尔盆地侏罗系划分为 7 个三级复合层序(J₁S₁-J₃S₇)、15 个层序组(四级层序的复合)。其中复合层序相当于八道湾组中、下段及上段,复合层序相当于八道湾组上段中上部和三工河组 S₃-S₂₂砂组,复合层序相当于地质分层的三工河 S₂₁+S₁+西山窑的底部,复合层序相当于地质分层的西山窑组,复合层序相当于地质分层的头屯河组,复合层序、相当于地质分层的齐古、喀拉扎组。

本次研究的目的是层为复合层序(以下简称层序),从钻井和露头剖面上,层序可以进一步划分出低位、湖侵和高位层序组。

3 层序 沉积特征

层序 总体上包括侏罗系八道湾组下段、中段和上段的下部地层,在盆地的不同区域所包括的地层稍有不同,它是继三叠纪末印支运动构造抬升之后准噶尔盆地的第一个湖侵—湖退沉积旋回。层序 为侏罗系各层序中平均沉积厚度最大的,地层厚度最大超过 600 m。垂向上由下而上发育粗—细—较粗的完整旋回。图 1 为层序 典型的地层剖面。沉积相垂向演化过程表现为:层序 低位层序组主要由冲积扇、河流相组成,湖侵层序组主要为湖泊相沉积,高位层序组以曲流河、三角洲相沉积为特征。层序 沉积时期气候潮湿温暖,泥炭沉积环境普遍发育(图 2a)。

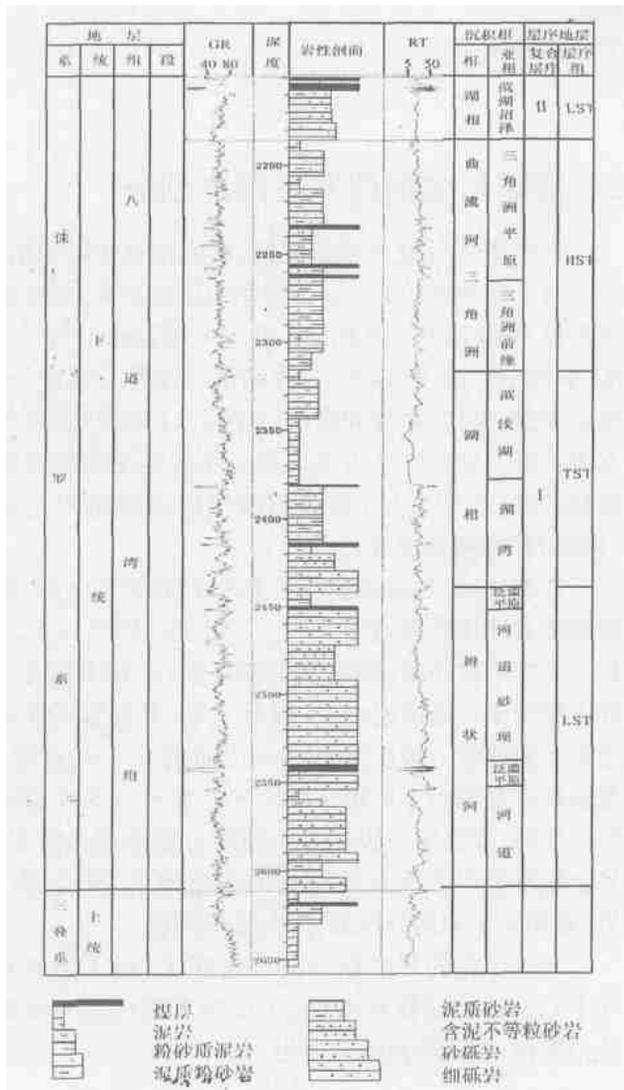


图 1 KE81 井侏罗系层序 地层柱状图

Fig. 1 The strata column of Jurassic Sequence I of Well KE81

3.1 低位层序组沉积相平面展布

层序 低位层序组沉积环境以冲积扇、河流相为主,湖泊相主要分布在昌吉凹陷、盆 1 井西凹陷、乌伦古拗陷西北部和四棵树凹陷,以滨湖和滨浅湖环境为主,目前没有钻井钻遇该相带。盆地范围内广泛发育河流相,以辫状河为主,在湖泊相外缘发育有曲流河。曲流河相主要分布在昌吉凹陷周缘和马桥凸起,细粒辫状河相带在陆梁隆起、乌伦古拗陷北缘、西北缘、东部隆起、南缘有广泛分布。因受近物源区的影响,南缘、西北缘和德仑山德 2 井以东地区发育粗粒辫状河。

3.2 湖侵层序组沉积相平面展布

层序 湖侵层序组沉积环境以湖泊环境为主,湖泊范围巨大,昌吉—玛湖拗陷以及四棵树凹陷、盆 1 井西凹陷都为湖泊覆盖,以浅湖相—滨浅湖相为主体,半深湖相分布在昌吉凹陷及其以西地区。乌伦古拗陷湖泊环境以浅湖为主,沿伦 6 井—伦参 1 井呈南东—北西西方向展布。

由于湖泛的影响,该时期冲积扇及河流相不发育。河流类型以曲流河为主,主要分布在盆地东部隆起地区,辫状河主要分布在西北缘哈拉阿拉特山前,东部隆起北缘—克拉美丽山前也有分布。

与层序 低位层序组相比,湖侵层序组湖盆明显扩大,反映了侏罗纪早期 层序低位层序组填平补齐后的首次大规模湖侵。

3.3 高位层序组沉积相平面展布

层序 高位层序组的一个最大特点是三角洲相特别发育,盆地西北缘、石南凹陷、准东斜坡带、南缘玛纳斯红沟、四棵树凹陷及北缘乌伦古拗陷周缘都有三角洲的分布,尤其盆地西北缘和陆梁南斜坡及准东西斜坡分布着裙带状三角洲复合体,地震剖面上,三角洲前积反射结构清楚。受莫索湾古隆起控制,盆 4—盆参 2 井区出现有受波浪作用改造的滨浅湖水下浅滩微相。河流相以曲流河最为发育,主要分布于西北缘、陆梁隆起及东部部分地区。辫状河仅在德仑山及克拉美丽山前地区分布(图 2b)。

4 层序 煤层分布特征及其与地层厚度和砂岩 + 砾岩含量的关系

为了反映不同构造位置、不同沉积环境煤层厚度的变化,本次研究参照邵龙义对吐哈盆地西山窑组和八道湾组煤层研究的作法^[13],选取了分布于准噶尔盆地西北缘、腹部和东部的 41 口井进行参数统计分析。统计参数包括层序 的煤层厚度、地层厚度和砂

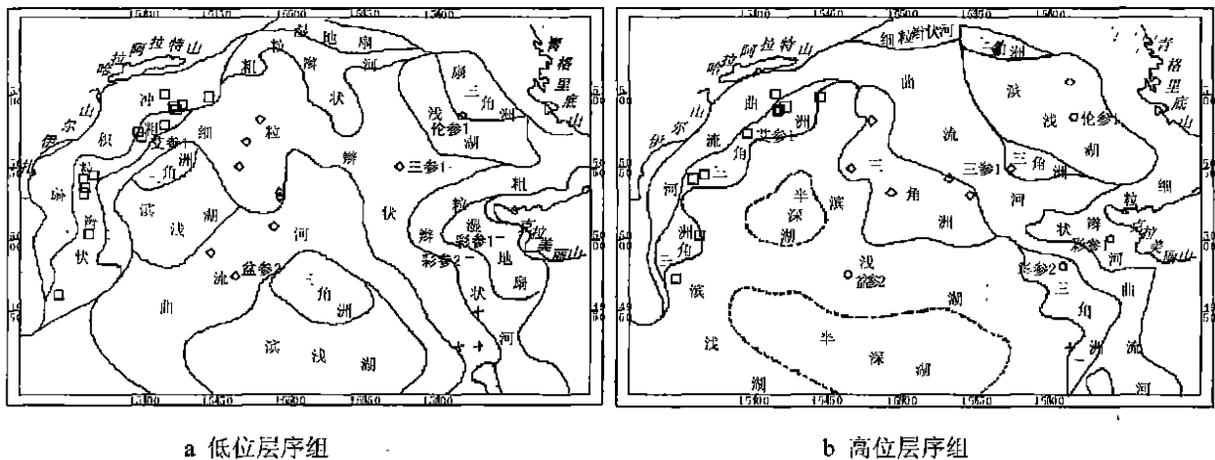


图 2 侏罗系层序 低位层序组和高位层序组沉积相概略图

Fig. 2 Sketch facies map of highstand and lowstand sequence set of Jurassic Sequence I
 , + 为统计煤层厚度的数据点,虚线为推测相界限
 Fig. 2 Sketch facies map of highstand and lowstand sequence set of Jurassic Sequence I
 , + data points with coal thickness, dashed lines represent the facies boundary speculated
 a - lowstand sequence set; b - highstand sequence set

岩 + 砾岩含量,并分层序组绘制它们之间的三维关系图(图 3)。

低位层序组:从图上看,西北缘数据点分布在地层厚度 50~360 m,砂岩 + 砾岩含量大于 50% 的范围内;腹部数据点分布在地层厚度 50~220 m,砂岩 + 砾岩含量小于 80% 的范围内;东部数据点分布在地层厚度 50~150 m,砂岩 + 砾岩含量 30%~90% 的范围内。总厚度最大(17 m)的煤层分布在西北缘,其次(煤层总厚度为 14 m)分布在盆地腹部,其余各点煤层总厚均小于 10 m(图 3a)。西北缘煤层沉积环境为粗粒辫状河和冲积扇相的冲积平原亚相,腹部煤层沉积环境为细粒辫状河和曲流河,东部煤层沉积环境为辫状河和湿地扇。

湖侵层序组:煤层主要分布在西北缘的滨湖亚相和东部的曲流河相,腹部几乎没有煤层的发育。相对于低位层序组来说,各数据点所在区域地层厚度变化较小,分布范围为 60~220 m,西北缘和东部的地层厚度趋于一致,砂岩 + 砾岩含量东部和西北缘都小于 50%。煤层总厚度基本都小于 6 m,大部分数据点的煤层总厚度在 2~4 m 之间,而且主要分布在地层厚度小于 150 m 的范围内(图 3b)。

高位层序组:大部分数据点分布在地层厚度 80~160 m,砂岩 + 砾岩含量小于 50% 的范围内。东部、腹部和西北缘的地层厚度都基本趋于一致,而且煤层沉积基本都集中在三角洲平原亚相沉积环境中。

高位层序组是层序 三个层序组中煤层总厚度最大的,大部分井点的煤层总厚都大于 6 m,而且这些井点的地层厚度在 80~160 m、砂岩 + 砾岩含量在 20%~40% 的范围内(图 3c)。

5 聚煤作用控制因素分析

5.1 沉积环境对聚煤作用的控制

从上述对各层序组含煤井点煤层厚度、地层厚度和砂岩 + 砾岩含量的描述来看,总体上煤层主要发育在地层厚度 60~200 m、砂岩 + 砾岩含量小于 50% 的沉积环境内,即有利于煤层形成的环境为地层沉降幅度较小、粗粒碎屑物质注入相对较少的沉积环境,主要是河流相泛滥平原、三角洲平原、湖湾等沉积环境(图 2)。但西北缘低位层序组的煤层发育有些特别,这主要是由于侏罗纪初期低位层序组沉积时期,西北缘受地形高差大的影响和碎屑物质供应充分,导致形成煤层的沉积环境地层厚度变化大(50~360 m),而且具有高砂岩 + 砾岩含量(>50%)的特征。

5.2 沉积体系对煤层平面分布的控制

从沉积体系演化的角度看,准噶尔盆地层序 经历了冲积扇—辫状河—三角洲—湖泊沉积体系(低位层序组,以冲积扇、辫状河为主)、曲流河—三角洲—湖泊沉积体系(湖侵层序组,以湖泊相为主)、辫状河—曲流河—三角洲—湖泊沉积体系(高位层序组,以曲流河、三角洲为主)的演变,湖泊范围由小变

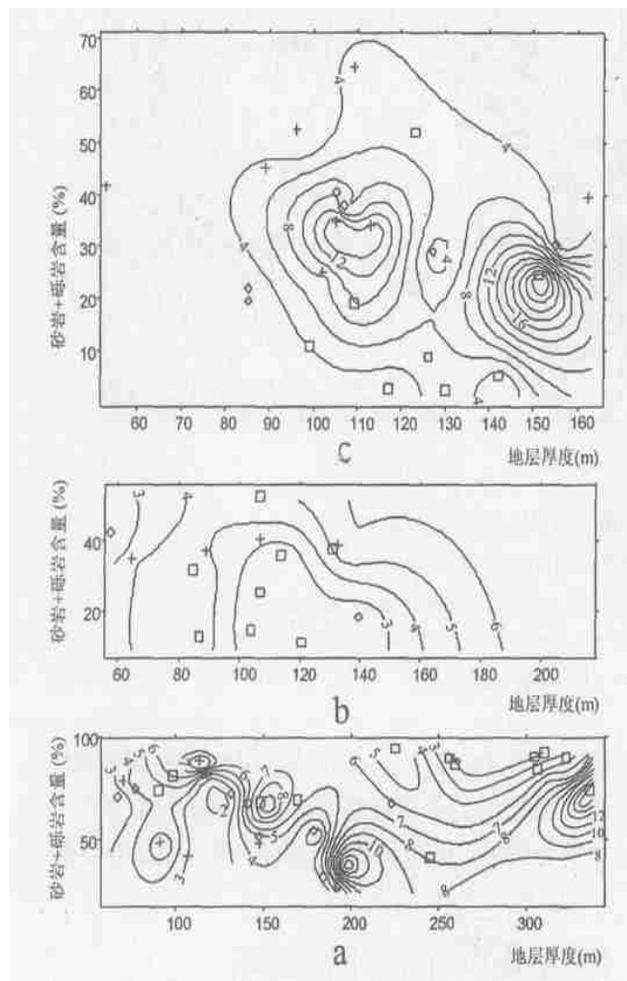


图 3 准噶尔盆地侏罗系层序煤层厚度、地层厚度和砂岩 + 砾岩含量关系图(等值线为煤层厚度, m)
a. 低位层序组; b. 湖侵层序组; c. 高位层序组
西北缘数据点; 腹部数据点; + 东部数据点

Fig. 3 The relationship among the thickness of coals, the thickness of the strata, and the percentage of coarse (sandy and gravelly) sediments of Jurassic Sequence I in Junggar basin. The contour lines represent the thickness of the coals (in meters).

a. Lowstand sequence set; b. transgressive sequence set;

c. Highstand sequence set

Data points spreading in the north - western margin of basin;

Data points spreading in the central area of basin;

+ Data points spreading in the eastern margin of basin

大,再萎缩,极大的影响了煤层在盆地内的分布。最明显的就是腹部地区,在湖泊范围较小的低位层序组和高位层序组沉积时期有分布广泛、厚度较大的煤层分布,而在湖侵层序组沉积时期,由于湖水淹没了整个腹部地区,使得该地区基本没有煤层的发育(表 2)。

5.3 湖平面变化对聚煤作用的控制

前人建立的大量成煤模式表明,在滨岸、河流—

三角洲、冲积扇、砂质辫状河、湖泊以及碳酸盐台地等沉积环境中都出现了具有经济价值的煤层,也就是说这些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^[14],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。因此,可容空间变化速率是煤岩形成和保存的基本控制因素^[15,16]。

准噶尔盆地的古构造特征研究表明,在早侏罗世早期,盆地内部为北西—南东东向展布的两坳两隆的构造格局,这一构造格局至中侏罗世早期才略有变化,即在层序 I 沉积时期,盆地为相对稳定沉降的。那么,可容空间的变化速率主要取决于湖平面的变化速率,因而湖平面的变化速率决定了形成可容空间产生速率与泥炭堆积速率之间平衡关系的地区在盆地内的地理分布位置及平面展布范围,进而决定了煤层的地理分布和平面展布范围,同时保持这种平衡关系时间的长短决定了煤层的厚度。

在低位层序组沉积期和高位层序组沉积晚期,湖平面下降和上升速率较低,可在较大盆地范围内形成可容空间变化速率与泥炭堆积速率之间的平衡关系,而且持续时间较长;而在湖侵层序组沉积期湖平面上升较快,仅在少数地区能够形成这种平衡关系,且持续时间有限。这就是研究区内低位层序组和高位层序组煤层在厚度和平面分布范围上都远好于湖侵层序组煤层的根本原因。

6 结论

本文从侏罗系层序(八道湾组的主体)煤层的厚度、平面展布在层序地层格架中的特点,探讨了沉积环境、沉积体系演化和湖平面变化对陆相盆地准噶尔盆地侏罗纪早期聚煤作用的影响。河流相泛滥平原、三角洲平原、湖湾等沉积环境的可容空间变化速率和泥炭堆积速率常能保持有利于泥炭沉积的平衡关系,从而成为富煤环境。因此,实质上,沉积环境是

表2 准噶尔盆地侏罗系层序 沉积体系演化及煤层特征统计表

Table 2 The thickness and distribution of coals and the evolution of depositional system of Jurassic Sequence I in Junggar basin

层序组	沉积体系	泥炭沉积环境	成煤模式	煤层特征
高位	辫状河—曲流河—曲	三角洲平原、曲	河流—三角洲模式	厚度:1~28 m,平均6.25 m
	流河三角洲—湖泊	河流泛滥平原		分布:东部、腹部、西北缘
湖侵	曲流河—曲流河三角	滨岸沼泽、湖湾	湖泊模式	厚度:2~8 m,平均3.8 m
	洲—湖泊			分布:东部和西北缘,腹部极少
低位	冲积扇—辫状河—辫	冲积平原、辫状	冲积扇和砂质	厚度:2~17 m,平均5.43 m
	状河三角洲—湖泊	河泛滥平原	辫状河模式	分布:东部、腹部、西北缘

注:煤层厚度为单井煤层累计厚度,平均值为多口井煤层累计厚度的平均值。

聚煤作用控制因素的外在表现形式,而其最根本的控制因素则是可容空间变化速率。在本研究区,主要体现在湖平面变化速率对煤层分布的控制作用。然而,陆相盆地具有彼此孤立、类型多样、结构复杂的特征,控制沉积层序的因素较为复杂,准噶尔盆地侏罗系层序(八道湾组的主体)煤层的研究结果是否适用于其它陆相盆地,这需要有进一步的研究工作去证实。

本文成文过程中得到了张鹏飞教授的热情指导和帮助,在此深表谢意!

参考文献(References)

- Shao Longyi, Zhang Pengfei, *et al.* Coal in a carbonate sequence stratigraphic framework: the Upper Permian Heshan Formation in central Guangxi, southern China. *Journal of the Geological Society*, London, 2003, 160:285~298
- 陈代钊,张鹏飞.三角洲平原上网络河的发育与聚煤作用. *沉积学报*,1996,14(3):103~112[Chen Daizhao, Zhang Pengfei. Development and coal accumulation of anastomosed river in delta plain. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1996,14(3):103~112.]
- 邵龙义,张鹏飞,陈代钊,等.滇东黔西晚二叠世早期辫状河三角洲沉积体系及其聚煤特征. *沉积学报*,1994,12(4):132~1398[Shao Longyi, Zhang Pengfei, Chen Daizhao, *et al.* Braid-delta depositional system and its coal accumulating characteristics for the early time of late Permian in the west of Guizhou province and the east of Yunnan province. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994,12(4):132~1398]
- Simth D G. Anastomosed river deposits: modern examples from Canada. In: Collinson J D, Lewin J, eds. *Modern and Ancient Fluvial System*. LAS Spec. Publ. 6,1983. 155~168
- Heward A P. Alluvial fan sequence and megasequence models: with examples from the Westphalian D-Stephanian B coalfields, northern Spain. *Sedimentology*, 1978,25:451~488
- Diessel C F G. Coal bearing depositional system. New York: Springer Verlag, 1992. 721
- Tibert Neil E, Gibling Martin R. Peat accumulation on a drowned coastal braidplain: the Mullins Coal (Upper Carboniferous), Sydney Basin, Nova Scotia. *Sedimentary Geology*,1999,128:23~38
- McCabe P J. Depositional environments of coal-bearing strata. *Internat Assoc Sedimentologists Special Paper*,1984. 13~32
- 邵龙义,刘红梅,等.上扬子地区晚二叠世沉积演化及聚煤. *沉积学报*,1998,16(6):55~60[Shao Longyi, Liu Hongmei, *et al.* Sedimentary evolution and its controls on coal accumulation for the Late Permian in the Upper Yangtze Area. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998,16(4):55~60]
- 邵龙义,张鹏飞,田宝霖,等.黔西织纳地区晚二叠世含煤岩系层序地层及海平面变化. *地质探索*,1993,8:1~10[Shao Longyi, Zhang Pengfei, Tian Baolin, *et al.* Sequence stratigraphy of coal-bearing strata and sea-level fluctuation for the late Permian in China area, western Guizhou province, China. *Geoscience Exploration*, 1993,8:1~10]
- Van Wagoner J C, Mitchum R M, Campion K M, Rahamanian V D. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. *AAPG, Methods in Exploration Series*, No.7. 1990
- Mitchum R M, Van Wagoner J C. High-frequency sequences and their stacking patterns: sequence stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles. *Sedimentary Geology*,1991,70:131~160
- Shao Longyi, Zhang Pengfei, *et al.* Paleoenvironments and paleogeography of the Lower and lower Middle Jurassic coal measures in the Turpan-Hami oil-prone coal basin, northwestern China. *AAPG Bulletin*, 2003, 87(2): 335~355
- Nemec W. Coal correlations and intrabasinal subsidence: a new analytical perspective. In: Kleinspehn K L and Paola C, eds. *New perspectives in basin analysis*. New York: Springer-Verlag,1988. 161~188
- Cross T A. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, Western Interior, U. S. A. In: Wilgus C K, *et al.*, eds. *Sea-level changes: An integrated approach*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 15, 1988. 293~308
- Holz M, *et al.* Sequence stratigraphy of paralic coal-bearing strata: an overview. *International Journal of Coal Geology*, 2002,48:147~179

Analysis on Controls of the Coal Accumulation in the Jurassic Badaowan Formation, Junggar Basin

HE Zhi-ping¹ SHAO Long-yi¹ KANG Yong-shang^{2,3}
LIU Yong-fu¹ LUO Wen-lin¹ QI Xue-feng⁴

1(The Key Laboratory of Coal Resource, Education Ministry of China, China University of Mining & Technology, Beijing 100083)

2(The Key Laboratory of Petroleum and Gas Accumulation Mechanism, University of Petroleum, Beijing 102249)

3(Resources & Information College, University of Petroleum, Beijing 102249)

4(Institute of Exploration and Development of Petroleum, Petro China, Karamay Xinjiang 834000)

Abstract According to the thickness and distribution of coals in a sequence stratigraphic framework, the influence of depositional environments, the evolution of depositional system and the fluctuation of lake-level on the coal accumulation, during the deposition of Jurassic Badaowan formation in Junggar basin, has been discussed. The favorable settings for coal accumulation were the interdelta bay, fluvial plain and delta plain during the earlier Jurassic in Junggar basin, which always kept the balance between the rate of peat accumulation and the rate of accommodation creation, and acted as the expressing form of the basic control of the coal accumulation. In fact, the basic control on coal accumulation was the rate of accommodation increase mainly controlled by the fluctuation of relative lake-level for the Jurassic Badaowan formation in Junggar basin.

Key words coal accumulation, sequence stratigraphy, Badaowan formation, Jurassic, Junggar basin

第八届全国古地理学及沉积学学术会议召开

由中国矿物岩石地球化学学会古地理专业委员会、中国矿物岩石地球化学学会沉积学专业委员会、中国地质学会沉积地质专业委员会、中国地质学会地层古生物专业委员会等单位主办的,由中国石油天然气股份有限公司大庆油田有限责任公司承办的第八届全国古地理学及沉积学学术会议,于 2004 年 8 月 9~12 日,在大庆油田召开。

与会人员来自中国科学院、高校、地矿系统、石油系统、煤炭系统、核工业系统和出版系统等 42 家单位,约 250 人。

会议共收到论文 133 篇,主要集中在古地理学、沉积学、层序地层学、地层学与古生态学、沉积盆地分析、沉积矿产资源、地球物理技术在沉积学及古地理学研究中的应用、实验技术等 8 个方面。其中很多论文紧密结合油田的生产实际,尤其是结合油气勘探和开发实际。

以冯增昭、乔秀夫、吴根耀为代表的学术报告,对海相、陆相及造山带的古地理进行了深入的探讨。以田树刚、姚建新和姜剑虹为代表的学术报告,对地层学最新研究成果进行了介绍和探讨,并指出了学科发展方向。以邓宏文、姜在兴为代表的学术报告,对层序地层学的基本问题进行了讨论,指出要从层序地层形成的背景、物源、湖盆类型等方面整体地进行研究,提出层序地层构成的自相似性特征。以周兴熙、赵霞飞、朱筱敏为代表的学术报告,探讨了各类沉积古环境的油气地质意义,指出沉积古环境受控于构造、气候等各种因素,恢复古地理可以为各类矿产勘探提供有力依据。以冯志强、任延广为代表的学术论文,反映了大庆油田的勘探和开发工作十分重视古地理学和沉积学的指导作用和应用,其研究成果已达到相当高的水平。

会议还评选出 10 篇青年优秀论文,并向优秀论文作者颁发了荣誉证书和奖品。

会议学术气氛浓厚,讨论热烈,是我国古地理学及沉积学学科领域的一次盛会。

第九届全国古地理学及沉积学学术会议将由大庆油田和西北大学承办,于 2006 年在西安召开。