

文章编号:0253-9985(2005)03-0356-05

河流相地层相分异与沉积物体积分配规律

李宏伟¹,袁士义¹,朱怡翔¹,田昌炳¹,范军侠²,闫林¹

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国地质大学能源系, 北京 100083)

摘要:基准面升降伴随着可容纳空间的变化,导致沉积物在不同相域发生剥蚀、搬运、过路、沉积或欠补偿作用而形成旋回性沉积地层。陆相地层等时对比中的同期不等厚现象是相分异与沉积物体积分配作用的地层响应。在平行物源的方向上,岩相类型可以由辫状河相序向曲流河相序以及三角洲相序迁移;而在垂直物源的方向上,岩相类型可以由河流相的河道充填沉积向河道间的溢岸沉积与漫滩沉积变迁,或者由三角洲相的分流河道沉积相变为分流间湾沉积。相分异过程伴随着沉积物的体积分配,使同一时期发育的地层在不同相域内分配的体积不同。古地貌对河流相产层分布具控制作用。古水流的搬运作用形成沿层序界面之上可容纳空间较大的古地貌低势区展布的谷地充填河道砂体。

关键词:层序地层;地层对比;相分异;沉积物体积分配;古河道砂体预测

中图分类号:TE111.3

文献标识码:A

Facies differentiation and sedimentation volume partition of fluvial strata

Li Hongwei¹, Yuan Shiyi¹, Zhu Yixiang¹, Tian Changbing¹, Fan Junxia², Yan Lin¹(1. *Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing;*2. *Energy Department of China University of Geosciences, Beijing*)

Abstract: Elevation and subsidence of base level, accompanying change of accommodation space, leading to denudation, transportation, passing by, sedimentation or undercompensation of sediments in various facies tracts, would result in cyclic sequences. The phenomena of synchronic formations having different thicknesses seen in isochronal correlation of terrestrial formations are the stratigraphic responses to facies differentiation and sedimentation volume partition. In the direction parallel with sources, lithofacies types might change from braided channel facies sequence to meandering stream and delta facies sequences; while in the direction perpendicular to the sources, the fluvial facies might change from channel fill to interchannel washover and flood plain deposits, or the delta facies might change from distributary channel deposit to inter-distributary bay deposit. Facies differentiation accompanied by sedimentation volume partition would result in different volume partitions of synchronous deposit in different facies tracts. Palaeogeomorphology might have controlled the distribution of fluvial facies reservoirs. Transportation of palaeocurrent might lead to the deposition of channel sandbodies on the sequence boundary where valleys have been developed in the palaeogeomorphologic low-land with relatively large accommodation space.

Key words: sequence stratigraphy; stratigraphic correlation; facies differentiation; sedimentation volume partition; paleochannel sandbody forecast

地层划分与对比是一切地质研究工作的基础。地层划分与对比的目的就是要确定一个地区沉积地层在横向上形成的时间序次,为研究工作

奠定可靠的地质基础。传统的河流相地层划分主要是依据岩性、岩相辅以“等厚劈分”的原则来划分小层沉积单元。然而,河流相地层和产层在时

基金项目:国家“973”重点基础研究发展规划项目(2001GB209106)

第一作者简介:李宏伟,男,37岁,博士后,高分辨率层序地层与油气藏评价

收稿日期:2005-04-21

间上和空间上相变快速而复杂,“同期异相”和“同相异期”的现象在河流相地层中十分普遍,若仅以相似的岩性、岩相辅以“等厚劈分”的原则作为河流相地层划分与对比的依据,往往淡化了古地貌对古水流的控制作用,同时也容易引起地层对比中的“穿时”现象,使产层预测工作失去了基础和前提。

深入分析基准面旋回与地层响应的关系、开展地层等时对比、搞清相分异与沉积物体积分配规律,是提高储集体预测精度的保证。

1 基准面旋回与地层响应

基准面升降伴随着可容纳空间的变化,导致沉积物在不同相域发生剥蚀、搬运、过路、沉积或欠补偿作用而形成旋回性沉积地层。这些作用通过不整合面、整合面、过路面以及沉积旋回、地层叠加型式等成因信息,在沉积地层中留下了反映基准面旋回的地层响应^[1]。

基准面下降期,随着可容纳空间的减小,位于过路面之上的古地貌高势区发生剥蚀,古水流的侵蚀下切作用导致层序界面之上沟道化增强,形成切入下伏地层的侵蚀沟谷^[2];过路面附近,既无

沉积作用也无侵蚀作用;过路面以下的古地貌低势区,沉积物在此发生卸载,随着可容纳空间的减小,沉积物不断向盆地方向前积,形成前积楔状体。基准面上升期,随着可容纳空间的增大以及过路面向物源区方向的后退,携砂水流沿前期已沟道化的侵蚀沟谷(残留可容纳空间)发生充填,形成谷地充填河道砂体,谷地两翼由于古水流能量分散,往往形成厚度较薄、以细碎屑为主的漫流或片流沉积。由此可见,受基准面旋回与可容纳空间控制,古水流及其能量沿层序界面并非均匀分布,而是沿可容纳空间较高的古地貌低势区向盆地内汇入。同一时期不同相域内的可容纳空间与古水流分布的差异必然造成沉积物体积的差异分配^[2]以及同期地层的不等厚现象(图1)。

2 相分异与沉积物体积分配规律

陆相地层在其沉积过程中发生着相分异与沉积物体积分配^[3]。同一基准面旋回在不同相域因可容纳空间不同而发生侵蚀、过路、沉积或欠补偿等作用,从而导致沉积物在不同相域沉积的数量与被保存的程度以及岩相类型、岩相组合存在不同^[4]。

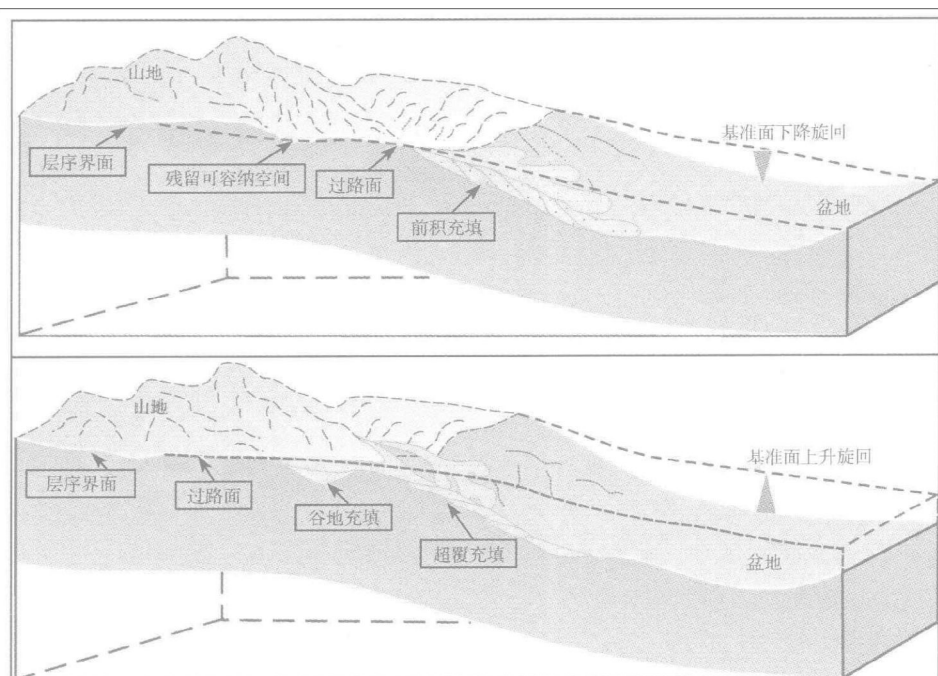


图1 基准面旋回与地层响应关系示意图

Fig.1 Sketch map showing relationship between base level cycles and strata response

在陆相地层中,沉积物的相分异作用主要表现为同期异相。在平行物源的方向上,岩相类型可以由辫状河相序(加积式地层叠置型式)向曲流河相序(侧积式地层叠置型式)以及三角洲相序(前积或退积式地层叠置型式)迁移^[5];而在垂直物源的方向上,岩相类型可以由河流相的河道充填沉积向河道间的溢岸沉积与河漫沉积变迁,或者由三角洲相的分流河道沉积相变为分流间湾沉积。可见,同一时期的地层在沉积过程中发生着相分异,存在着岩相类型与岩相组合在空间上的转变。相分异过程中也伴随着沉积物的体积分配,即同一时期发育的地层在不同相域内分配的体积不同^[6],即存在同期不等厚现象。

基准面下降期,沉积物自剥蚀区向盆地方向搬运,位于过路面之上的古地貌高势区为剥蚀区和搬运区,位于过路面之下的古地貌低势区为沉

积物堆积与卸载区;与河道间或分流间湾部位相比,河口部位的沉积速率较高,河道间或分流间湾部位的沉积速率较低,因此沉积物在河口附近卸载、叠置的结果是形成楔形或丘形的三角洲朵叶体。基准面上升期,随着可容纳空间的增大和过路面向剥蚀区方向的迁移,沉积物自河口一带沿河床退积,位于基准面之下的侵蚀沟谷发生充填形成谷地充填沉积;在垂直物源方向上,沿河道、分流河道及水下分支河道一带的沉积物补给速率与沉积速率高于河道间、分流间湾部位的沉积物补给速率与沉积速率;在河流相中,谷地中的河床往往形成较厚的河道充填沉积,而河床两翼的堤岸与河道间部位则发育厚度较薄的溢岸沉积与河漫沉积。因此,陆相地层中沉积物体积分配的结果是古河道砂体沿过路面之下的古地貌低势区展布(图2)。

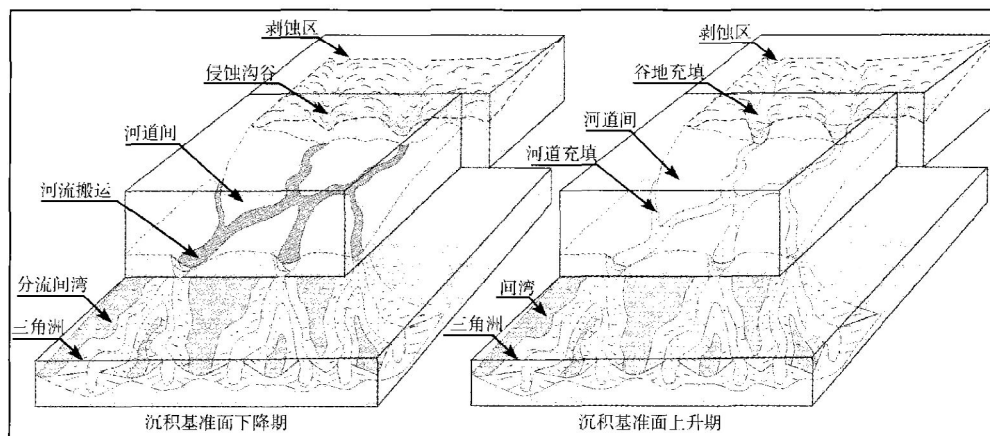


图2 河湖相地层相分异与沉积物体积分配关系示意图

Fig.2 Sketch map showing relationship between facies differentiation and sedimentation volume partition in fluvial and/or lake facies strata

3 典型实例分析

苏里格气田下石盒子组产层为典型的河流相产层^[7],有利的储集砂体为下石盒子组的河道砂体,高产天然气富集区受河道砂储层的控制^[8]。搞清下石盒子组相分异与沉积物体积分配规律是预测储层分布的重要途径^[9]。

地层等时对比的关键是划分基准面旋回、识别基准面旋回的转换面^[10-12]。基准面旋回的转换面分隔了不同时期的沉积地层,基准面旋回反映了地层形成的时间序次,因此基准面旋回对比

具有等时对比意义。可以作为基准面旋回转换面的等时面有不整合面、过路作用面、沉积旋回转换面、沉积间断面或侵蚀充填面。本研究通过钻井基准面旋回与地震不整合面的联合识别,在下石盒子组内部识别出不整合面,即层序界面 SB2。该不整合面为基准面下降半旋回与基准面上升半旋回的转换面。该转换面之上局部井区发育底部滞留砾石沉积,与下伏地层呈突变接触,测井曲线呈箱形-钟形。在高分辨率地震资料(50 Hz 主频)上不整合面 SB2 为上覆地层的下切充填面以及下伏三角洲前积体的顶超面。下石盒子组基准面下降

半旋回底部发育最大洪泛面 mfs 1,为三角洲前积体的下超面;下石盒子组基准面上半旋回顶部发育最大洪泛面 mfs 2,为低电阻、高伽马、分布稳定的泥岩层(图 3)。

在垂物源方向的基准面旋回对比剖面上,发现不整合面 SB2 之上古地貌呈隆、洼相间分布的态势。不整合面上、下的地层在厚度上具有互补性:不整合面之上的地层因基准面上升期的谷

地充填作用而增厚;不整合面之下的地层因基准面下降期的侵蚀冲刷作用而减薄。基准面下降期是侵蚀沟谷形成的主要时期,基准面上升期是携砂水流沿古地貌低势区充填形成河道充填砂体的重要时期,河道间古地貌高势区则以细粒的河漫沉积为主。因此,通过基准面旋回对比,不仅可以发现地层同期不等厚的现象,也为河道砂体预测指出了方向(图 4)。

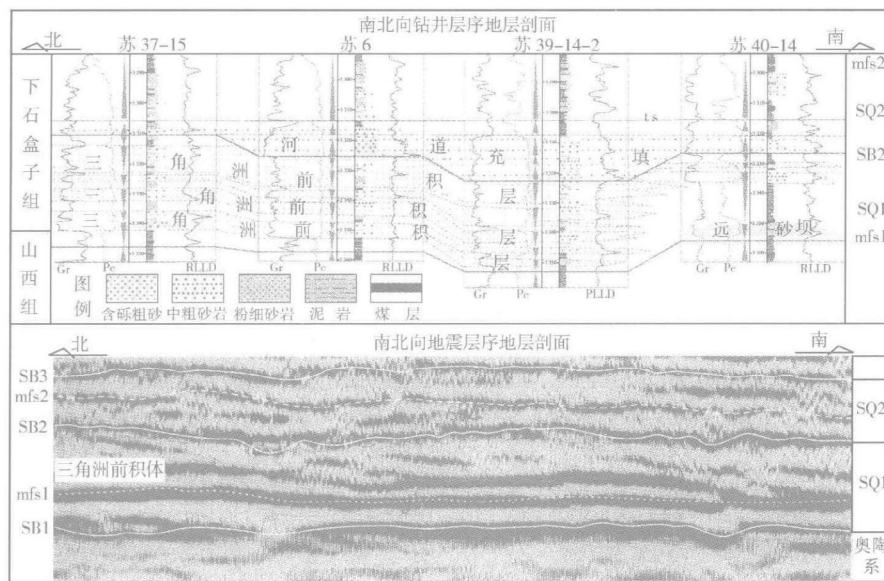


图 3 钻井与地震资料的层序地层综合划分与对比

Fig.3 Correlation of sequence stratigraphy comprehensively divided from well and seismic data

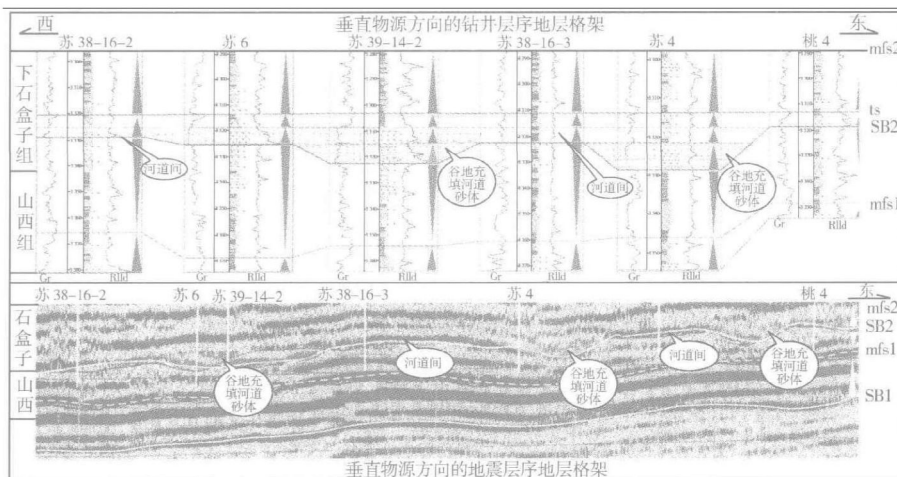


图 4 谷地充填河道砂体在层序地层格架中的分布

Fig.4 Distribution of valley-filled paleochannel sandbodies in sequence stratigraphic framework

4 结论

对于陆相沉积地层而言,同一时期不同相域存在着侵蚀、过路、沉积或欠补偿等不同的地质作用。因此,沉积物在不同相域沉积的体积或被保存的程度不同,从而导致地层等时对比中同期不等厚的现象。

陆相地层对比中同期不等厚现象是相分异与沉积物体积分配作用的地层响应。对于陆相盆地而言,其沉积物主要来自陆上河流的搬运作用。古水流总是沿层序界面之上可容纳空间较大的古地貌低势区向盆地内搬运,沿过路作用面之下可容纳空间较大的古地貌低势区优先充填,从而形成沿层序界面之上可容纳空间较大的古地貌低势区展布的谷地充填河道砂体。因此,开展地层等时对比、搞清沉积物相分异与体积分配规律对陆相地层中的河道砂体储层预测具有重要意义。

参考文献

- 1 邓宏文,王红亮,祝永军.高分辨率层序地层学——原理及应用[M].北京:地质出版社,2002.3~13
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Zhu Yongjun. High resolution sequence stratigraphy—principles and applications[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002. 3~13
- 2 Posamentier H W. Lowstand alluvial bypass systems: incised vs unincised[J]. AAPG Bull, 2001, 85(10): 1 771~1 793
- 3 Posamentier H W. Modifications of the sequence stratigraphic model with emphasis on passive margins[J]. AAPG Bull, 1998, 82 (11): 1 953~1 966
- 4 邓宏文,王红亮.沉积物体积分配原理——高分辨率层序地层学的理论基础[J].地学前缘,2000,7(4):305~313
Deng Hongwen, Wang Hongliang. Principles of sediments volume partition—basis of high resolution sequence stratigraphy[J]. Earth Sci-

- ence Frontiers, 2000, 7(4): 305~313
- 5 Galloway W E. Siliciclastic slope and base-of-slope depositional systems: component facies, stratigraphic architecture, and classification[J]. AAPG Bull, 1998, 82(4): 569~595
- 6 Cross T A. Stratigraphic controls on reservoir attributes in continental strata[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 371~380
- 7 胡文瑄,李文阳,赵政璋.鄂尔多斯深盆地研究[M].北京:石油工业出版社,1993.35~40
Hu Wenxuan, Li Wenyang, Zhao Zhengzhang. Research on deep gas reservoirs, Ordos basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993. 35~40
- 8 闵琪,金贵孝,荣春龙.低渗透油田研究与实践[M].北京:石油工业出版社,1999.17~24
Min Qi, Jin Guixiao, Rong Chunlong. Theory and application on research of low permeability oil and gas fields[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999. 17~24
- 9 李宏伟,邓宏文,王红亮.热欧地区残留可容纳空间分布与储集砂体预测[J],石油学报,2002,23(4):27~32
Li Hongwei, Deng Hongwen, Wang Hongliang. Remained accommodation distribution and sandy reservoirs prediction in Reo area, Liaohe oilfield [J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(4): 27~32
- 10 邓宏文,王红亮.高分辨率层序地层在河流相储层分析中的应用[J].石油与天然气地质,1997,18(2):90~95
Deng Hongwen, Wang Hongliang. Application of high resolution sequence stratigraphy in research of fluvial reservoirs analysis[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(2): 90~95
- 11 邓宏文,王红亮.层序地层地层基准面的识别、对比技术及应用[J].石油与天然气地质,1996,17(3):177~184
Deng Hongwen, Wang Hongliang. Technology and application of base level cycle recognition and sequence stratigraphy correlation[J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(3): 177~184
- 12 邓宏文.美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J].石油与天然气地质,1995,16(2):89~97
Deng Hongwen. American new branch of sequence stratigraphy—high resolution sequence stratigraphy[J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16 (2): 89~97

(编辑:李军)

威远气田老井复查取得突破

近年来,中国石油天然气股份有限公司对威远气田8口井的寒武系洗象池群(相当于娄山关群)开展老井复查,通过测试获商业性气井5口。其中,威远气田构造北部的威26井在井段2 038~2 129 m的洗象池组通过射孔酸化联作获日产天然气 $11.61 \times 10^4 \text{ m}^3$,地层水 125 m^3 ,天然气无阻流量达 $49 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;威52井在洗象池组测试获日产天然气 $6.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。这一发现展示了四川盆地下组合寒武系良好的勘探前景。

(马永生)