

研究简讯

鄂尔多斯盆地白垩系洛河组至环河华池组砂体展布规律研究^①

于波¹⁾ 张忠义²⁾ 刘显阳²⁾ 宋江海²⁾ 宋元威³⁾

1) 西北大学地质系大陆动力国家重点实验室 陕西西安 710069; 2) 长庆油田公司勘探开发研究院 陕西西安 710021;
3) 西安石油大学油气资源学院 陕西西安 710065

摘要:鄂尔多斯盆地洛河组和环河华池组砂岩是白垩系两套重要的含水岩组。通过区域构造背景确定下白垩统地层分布范围,结合沉积相和盆地演化特征分析不同组岩性的发育和分布形态,并利用盆地内丰富的测井资料信息,进行砂体厚度统计。总结出白垩系洛河组砂岩为风成沉积,产状稳定、覆盖面广;环河华池组砂岩由三角洲水下分流河道及滨浅湖滩坝相长石石英细砂岩组成,砂体分布位置以及厚度变化规律有一定的继承性。

关键词:砂体,测井,白垩系,鄂尔多斯盆地,内蒙古

中图分类号:P 534.53

文献标识码:A

文章编号:0253-4959(2008)03-0285-05

鄂尔多斯盆地是我国资源富集、勘探和地质研究程度较高的地区之一,地下水勘察也有较长历史,然而有关白垩纪地层和岩性特征的研究却很少涉及。为了更好地分析和研究白垩系含水岩组分布特征,在前人研究成果的基础上,重点选取穿越白垩纪地层的探井,以测井数据及信息资料为基础,应用单井点剖面和多井连线横剖面的解释技术,经过曲线特征变化规律研究,建立岩性、物性、电性及测井地质参数之间的转换关系,求出地层、砂层和水层的基本参数,查明白垩系岩性特征及分析其分布规律。

一、区域构造背景控制下白垩统地层分布范围

鄂尔多斯盆地在经历了中生界河湖相沉积以后,侏罗纪末期—早白垩世时的燕山运动使区内发生了自三叠纪和侏罗纪后的第三次拗陷。由于盆地周缘上升较快,并形成了新的统一盆地,早白垩世盆内充填沉积了志丹群。然而由于当初盆地升降作用不平衡,东缘缓慢平稳,西缘因受同生边界断裂作用相对下拗深度较大,盆地基本轮廓和特征旋回式再显了晚三叠纪盆地形态——即非均衡不对称盆地,盆地东北部地势较高,向西南逐渐倾斜,西岸成为断陷型隆起陡岸。盆地规模和范围明显较前缩小。在早白垩世时,边界明显较三叠纪时向内收缩。根据沉积相带演化初步推断盆地的南界大致位于宜君老虎塔、铜川焦坪、旬邑、彬县大佛寺、千阳、陇县大杜

阳沟一带;东界大致以横山、安塞、黄陵一线为界;西缘以燕山早期同生构造带为界,分布在桌子山—贺兰山—六盘山以东地区,南段比北段断层影响明显;北界受伊盟隆起区北部乌兰格东西向隆起带控制,分布在杭锦旗—东胜以南地区(杨友运等,2006)。现今,盆地内下白垩统地层面积约占整个盆地的2/3,约180 000km²(图1)。

二、沉积特征及沉积相

洛河组至环河华池组是白垩系的第一个沉积旋回,由于气候发生变化,从干旱过渡到潮湿气候,且水力、风力交替作用,因此岩石类型、岩性特征和厚度在垂向和横向分布规律有较大区别(表1)。

1 洛河组

洛河组是全盆地白垩系砂体最发育的地层,沉积类型包括风成沙漠相、河流相、三角洲相、湖泊相及冲(洪)积相(魏斌等,2006),厚度约200—500m。按岩性组分,沉积韵律、岩相组合变化分为上下两段,其间以区域性灰质砂岩致密层及泥岩段为划分标志。上段以风成长石石英砂岩为主,中细粒结构,杂基含量少,分选极好,颗粒表面有因搬运过程中彼此撞击留下不规则的显微凹坑,风成交错层理、大型斜层理和大型平行层理发育(图2、3)。单层砂体厚度大,分布区域占全盆地总面积的60%—75%,形成了洛河组含水层骨架砂体,其次为粉砂岩和泥

^① 国家重点基础研究发展规划项目(2003CB2146007)与国土资源部“十五”重大项目(1212010331302)。

文稿接受日期:2007-12-21;修改稿收到日期:2008-05-12。

第一作者简介:1979年生,男,新疆克拉玛依人,博士研究生,主要从事油气田地质开发研究。

表 1 鄂尔多斯盆地洛河组至环河华池组岩石地层单位表

Tab. 1 The main lithostratigraphical unit of the Luohe and Huanhe-Huachi formations, Ordos Basin

岩层组	岩层段	厚度(m)	岩石类型	沉积相	气候	二级沉积旋回
环河华池组	上段	200—500	粉细砂岩与泥岩	河湖三角洲相	潮湿	4
	下段	160—460	粉细砂岩与泥岩	河湖三角洲相		3
洛河组	上段	110—430	中细砂岩	风成沙漠相	干旱	2
	下段	0—46	砾岩及含砾砂岩	冲积扇相	半干旱	1

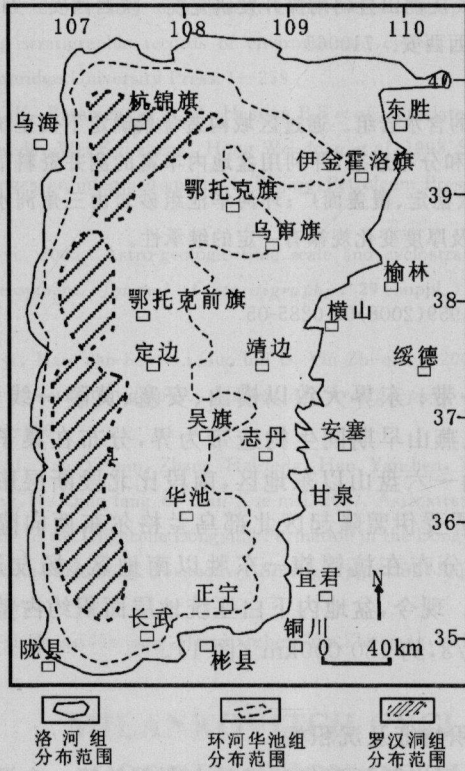


图 1 鄂尔多斯盆地各地层分布图(据杨友运,2006)

Fig. 1 Distribution of the Cretaceous strata in the Ordos Basin (after Yang You-yun, 2006)

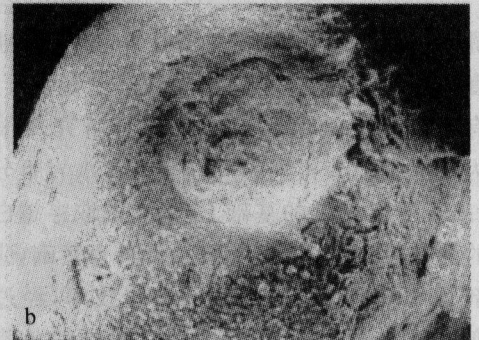
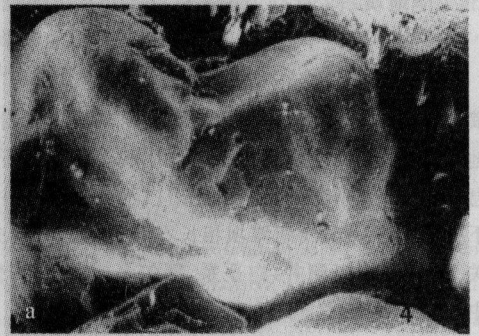


图 2 洛河组风成砂岩石英颗粒表面特征
Fig. 2 Surface features of quartz grain from the Luohe Formation

岩,主要分布在湖盆中心,粉砂岩杂基含量高,并有少量云母碎片。下段底部为含砾砂岩及砾岩,以往称“宜君砾岩”,属于盆缘和盆内古高地附近坡积、残积及冲积相沉积,呈楔状体局部分布,向盆内迅速变薄尖灭。下段上部仍以风成中细砂岩为主,在盆内大部分地区有分布,但盆地中心以及西南凹陷区,风成沉积砂岩中还夹有湖相薄层或透镜状泥岩。

2 环河华池组

洛河期沉积之后,气候由于干旱向温暖潮湿转化,盆地全面下陷,形成以湖泊相和三角洲相的细碎屑岩为主的环河华池组沉积,地层厚度明显大于洛河组,一般为 200—700m,岩石组成具有北粗南细的显著差异,不同地区的岩性差异较大。在盆地中北部以及盆地西南缘,主要分布河流相和三角洲平原亚相,以含砾细砂岩、粗砂岩、中细砂岩为主,夹紫红色

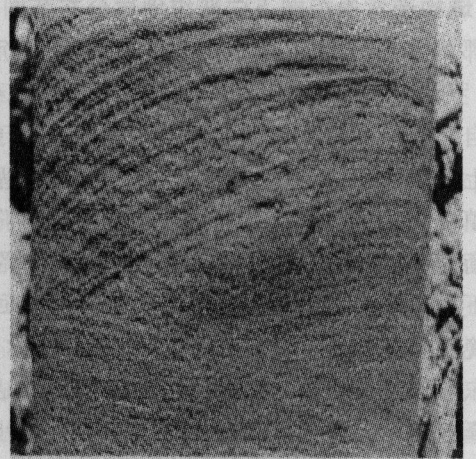


图 3 内蒙古 B2 井(井深 789.15m)洛河组风成砂岩中的交错层理
Fig. 3 The cross-bedding of eolian sandstone from the Luohe Formation of B2 Well in Inner Mongolia

薄层粉砂岩和杂色泥岩;在湖盆内主要为由湖相和

三角洲前缘相细砂岩和泥岩组成,泥岩为主,砂层较薄,多为透镜体,剖面发育两个正韵律层,上旋回段发育三角洲平原分流河道和前缘水下分流河道相砂体,主要分布在盆地北部鄂托克前旗—杭锦旗和西部环县、姬塬等地,累计砂体厚度 20—50m;下旋回段发育冲积扇和三角洲平原分流河道中砂岩,主要见于盆地西北部盐池、环县、耿湾和演武等地,骨架砂体呈带状顺流向盆内延伸,累计砂体厚度 20—40m(杨友运,2004、2006)。在南部湖泊相外侧靠近陆地的许多水体局限区域,发育串珠状盐沼亚相富含石膏的泥岩、粉砂岩夹石膏层,表明局部时段气候干旱、蒸发作用强烈、水体盐度高,这对白垩系地下水水质的形成与演化产生了强烈的影响(谢渊等,2004)。

三、测井响应特征

众所周知,电测井曲线形态是地层岩性和流体性质的电性反映,地层水不是化学纯水,而是一种复杂的溶液。在地层水离子浓度大于井内泥浆的浓度、泥浆柱压力大于地层水压力的条件下,渗透性岩层(如砂层、砾石层、疏松砂岩等)的自然电位呈明显的负异常,若以泥岩的自然电位作为基线,自然电位异常的幅度大致随粗砂岩—中砂岩—细砂岩—粉砂岩—泥岩的顺序递降。岩石颗粒粗,孔隙发育,透水性好,便于浓度高的地层水向浓度低的泥浆扩散,离子扩散的结果,产生了电位差,在浓度较高的砂岩一端带正电荷,浓度较低的泥浆一端带负电荷。随着砂岩粒度变细,泥质成份的增加,岩石孔隙直径变小,地层水被束缚在地层内,溶液的扩散作用随之减弱。同时细小的泥质颗粒对负离子有选择吸附作用,大量负离子被吸附在泥质颗粒表面而不能自由移动,溶液中的正离子向低浓度的溶液扩散就相对地增多,形成与扩散作用相反的电位差。因此,砂岩颗粒变细,泥质成分增加,常常表现为自然电位幅度的降低,而自然伽玛曲线是指示地层泥质含量的最好方法,其曲线幅度表现为增加(图 4)。

岩石的视电阻率值,同样是随粗砂岩—中砂岩—细砂岩—粉砂岩—泥岩的顺序递减的,这是因为岩石的颗粒越细,选择吸附溶液中负离子的能力越强,这些带负电的离子,可吸附一部分正离子而形成自由移动的偶电层结构,在外电场的作用下,产生附加导电性,使岩石的导电能力增强,电阻率值降低,即岩石的视电阻率值随岩石颗粒变细而递减。

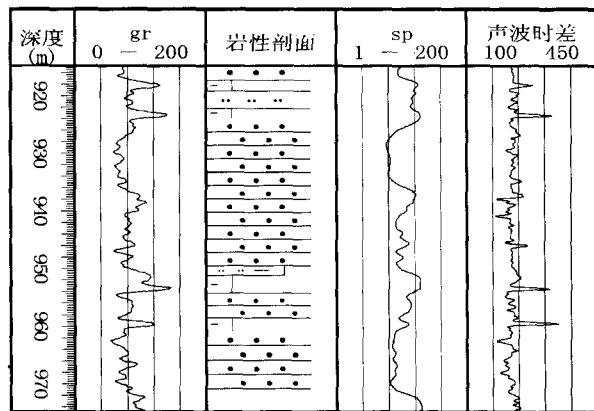


图 4 Yan19 井测井响应特征解译图

Fig. 4 The chart of logging of Yan19 Well

四、不同组的砂岩分布特征

1 洛河组下段砂层厚度分布特征

在全盆地的白垩纪地层中,相对其他层段而言,洛河组下段除在盆地南缘以及西南边缘位于该段底部的冲积相砂砾岩以及其中所夹的薄层泥岩厚度变化大,盆地内大部分地区的砂岩岩性以及粒度均分布比较稳定,特别是东部和北部风成相砂岩更是如此,并且砂体之间连同性、横向延伸性普遍较好,但不同区带中受沉积相变化以及岩相古地理控制,厚度变化也存在较大差异,最大相差 2—3 倍。综观全区,一般的砂岩累计厚度在 90—160m 范围变化,其中在盆地西北部鄂前旗以及杭锦旗西伊克乌素、盆地西部的姬塬、中部的吴旗北以及南部的华池南、灵台等地厚度明显较大,厚约 190—240m;而在盐池、环县西虎家湾、东部的安塞镰刀湾和鄂旗北苏布等地是以泥岩沉积为主,砂岩明显减薄,累计厚度一般 60—80m。

2 洛河组上段砂层厚度分布特征

从统计结果,洛河组上段砂层一般累计厚度在盆地内大部分地区为 120—170m,但绝对值变化较大,其中在盆地北部的杭锦旗西北、鄂前旗地区、盆地西部的环县以北一定边西南的姬塬高地以及盆地南部长武、庆阳、华池悦乐等地厚度均较大,最厚 175—235m;在内蒙乌审旗、宁夏盐池、甘肃环县西部的虎家湾以及陕西黄陵县西部的上珍子和腰坪地区,由于泥岩发育,相对砂岩明显减薄,累计砂岩厚度一般小于 100m。

3 环河华池组砂层厚度分布特征

无论从单井剖面还是区域沉积相以及岩相古地理条件分析,环河组虽然地层厚度大,但砂岩不发育,主要以泥岩沉积为主,砂体为透镜体状,层序呈韵律性变化,侧向厚度不稳定,单层薄。根据剖面沉

积旋回可以分为上下两段,其中上段一般砂岩累计厚度 20—50 m。在环县西虎家湾、姬塬以及鄂托克前旗—杭锦旗等地砂体发育,厚度较大,最厚达 70—100m,而在定边南部山区的胡尖山、志丹县以西的塔畔梁、镇原北部三岔镇、环县东南的元城以及盐池等地,则形成了明显的低值区,一般砂层后 10—30m。

环河组下段地层相对上段砂岩普遍较发育,一般累积厚度通常为 20—40m,最厚达 80—150m,主要分布在盆地西缘的环县以西和西北部的盐池等地,属于冲积扇上游的河道沉积。在盆地内砂层一般较薄,大部分地区的厚度介于 10—40m 之间,但在鄂前旗的苏里格、靖边、乌审旗以东的尔林滩镇、志丹西南—合水张岔、庆阳、灵台以及盆地东南庙湾等地都小于 10m。

另外,在盆地内环河华池组中不同层段的砂体分布位置以及厚度变化规律有一定的继承性,这与沉积体系以及物源供应方向有关。

五、结 论

通过构造特征、沉积相、盆地演化和砂岩测井响应特征的分析,总结出鄂尔多斯盆地白垩系洛河组至环河华池组砂岩的分布规律:洛河组下段为冲洪积物,在横向上地层厚度变化较大,短距离内厚度可产生急剧变化,岩性在空间上多呈扇状、丘状、透镜状展布;洛河组上段以一套风成沉积为主,岩性巨厚层状、块状展布,发育巨型交错层理、板状层理,总之,洛河组含水砂岩产状稳定、覆盖面广;环河华池组岩性变化表现为北粗南细、东粗西细,岩石颜色在北部较杂、在南部较暗。在北部砂体呈现东薄西厚,东北向西南增厚;在南部沉积厚度中心呈近南北向展布,东薄西厚,南薄北厚的特征。

参 考 文 献

- 长庆油田石油地质志编写组编. 1992. 长庆油田. 见: 中国石油地质志 十二. 北京: 石油工业出版社.
- 李明辉, 王 剑, 谢 渊, 毛 郁. 2003. 鄂尔多斯盆地白垩纪岩相古地理与地下水相关性探讨. 沉积与特提斯地质, **23**(4): 34—39
- 陕西省地质矿产局. 1989. 陕西省区域地质志. 北京: 地质出版社. 1—698
- 孙建孟, 陈刚花, 吴文圣, 关 睢, 肖成文, 王焕增. 1999. 用测井资料预测探井碎屑岩储层岩性、物性及敏感性. 测井技术, **23**(3): 218—222
- 魏 斌, 张忠义, 杨友运. 2006. 鄂尔多斯盆地白垩系洛河组至环河华池组沉积相特征研究. 地层学杂志, **30**(4): 367—372
- 谢 渊, 王 剑, 李明辉, 江新胜, 谢正温, 罗建宁, 侯光才, 刘 方, 王德潜, 孙永明, 曹建科, 朱 桦, 王永和. 2004. 鄂尔多斯盆地早白垩世岩相古地理与地下水水质和分布的关系. 地质通报, **23**(11): 1094—1102
- 杨友运. 2004. 鄂尔多斯盆地白垩系沉积特征与展布规律研究. 见: 侯光才, 张茂生. 鄂尔多斯盆地地下水资源与可持续利用. 西安: 陕西科技出版社. 139—145
- 杨友运. 2006. 鄂尔多斯盆地白垩系沉积建造. 石油与天然气地质, **27**(2): 167—172
- 杨友运, 常文静, 侯光才, 王永和, 张蓬勃. 2006a. 鄂尔多斯白垩系自流水盆地水文地质特征与岩相古地理. 沉积学报, **24**(3): 387—393
- 杨友运, 侯光才, 王志华. 2006b. 鄂尔多斯早白垩世自流水盆地特征岩性分布与盆地演化. 兰州大学学报(自然科学版), **42**(3): 25—31
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Shaanxi Province. 1989. Regional geological record of Shaanxi Province. Beijing: Geological Publishing House. 1—698
- Li Ming-hui, Wang Jian, Xie Yuan & Mao Yu. 2003. The correlation of sedimentary facies and palaeogeography and ground water from the Cretaceous strata in the Ordos Basin. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, **23**(4): 34—39
- Sun Jian-meng, Chen Gang-hua, Wu Wen-sheng, Guan Ju, Xiao Cheng-wen & Wang Huan-zeng. 1999. Predicting lithology, petrophysical property and sensitivity of clastic reservoir in exploration wells with logging data. *WLT*, **23**(3): 218—22
- Wei Bin, Zhang Zhong-yi & Yang You-yun. 2006. Sedimentary facies of the Cretaceous Luohe and Huanhe-Huachi formations in Ordos Basin. *Journal of Stratigraphy*, **30**(4): 367—372
- Writing Group of Petroleum Geology of Changqing Oil Field. 1992. Changqing Oil Field. In: Chinese petroleum geology **12**. Beijing: Petroleum Industry Press.
- Xie Yuan, Wang Jian, Li Ming-hui, Jiang Xin-sheng, Xie Zheng-wen, Luo Jian-ning, Hou Guang-cai, Liu Fang, Wang De-qian, Sun Yong-ming, Cao Jian-ke, Zhu Hua & Wang Yong-he. 2004. Relation of the Early Cretaceous lithofacies paleogeography to groundwater quality and distribution in Ordos Basin. *Geological Bulletin of China*, **23**(11): 1094—1102
- Yang You-yun. 2004. Sedimentary feature and deployment method research during Lower Cretaceous in Ordos Basin. In: Hou Guang-cai & Zhang Mao-sheng. Groundwater resource and continuance utilization in Ordos Basin. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press. 139—145
- Yang You-yun. 2006. Cretaceous sedimentary formation in Ordos Basin. *Oil and Gas Geology*, **27**(2): 167—172
- Yang You-yun, Chang Wen-jing, Hou Guang-cai, Wang Yong-he & Zhang Peng-bo. 2006a. Hydrogeological characteristics and lithofacies palaeogeography of Cretaceous Artesian Basin, Ordos. *Acta Sedimentologica Sinica*, **24**(3): 387—393
- Yang You-yun, Hou Guang-cai & Wang Zhi-hua. 2006b. Sedimentary characteristics, lithological distribution and evolution pattern Cretaceous Artesian Basin in Ordos, China. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, **42**(3): 25—31

SANDSTONE DISTRIBUTION OF THE CRETACEOUS LUOHE FORMATION TO THE HUANHE-HUACHI FORMATION IN THE ORDOS BASIN

YU Bo¹⁾, ZHANG Zhong-yi²⁾, LIU Xian-yang²⁾, SONG Jiang-hai²⁾ and SONG Yuan-wei³⁾

1) *Department of Geology, State Key Laboratory of Continental Dynamic, Northwest University, Xi'an 710069;*

2) *Research Institute of Exploration and Development, Changqing Oilfield Company, Xi'an 710021;*

3) *School of Petroleum Resources, Xi'an Petroleum University, Xi'an 710065*

Abstract Sandstones of the Cretaceous Luohe and Huanhe-Huachi formations are important water-bearing formations in the Ordos Basin. The spatial distribution of lower Cretaceous successions has been characterized through regional geological survey. We also analyzed the development of formation rocks and their spatial distribution on the basis of sedimentary facies and basin evolution. In addition, we analyzed the variation of sandstone thickness using well log data in the basin. We conclude that the Luohe sandstones are eolian deposits and they are consistently distributed in a wide area in the Ordos Basin. Sandstones of the Huanhe-Huachi Formation consist of feldspar-quartz fine sands of bar and distributary channel facies, and their spatial distribution and thickness variation show inheritance from underlying successions.

Key words sandrock, well logging, Cretaceous, Ordos Basin, Inner Mongolia