

文章编号: 0253-9985(2001)04-0362-05

靖安油田长6段层序地层分析*

兰朝利¹, 吴峻¹, 李继亮¹, 张为民¹, 何顺利², 谢传礼²

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈构造演化实验室, 北京 100029; 2. 石油大学, 北京 102200)

摘要: 通过对靖安油田长6段13种岩石微相、14种岩石相和7种沉积微相的综合分析, 并根据延长组内9层湖进形成的可对比泥岩层特征, 将长6段划分为一个准层序组(PSS), 3个准层序(PS₁、PS₂、PS₃)。准层序内发育的岩石相、沉积微相严格受控于准层序的发育。在PS₁内, 沉积微相自下而上由浅湖泥相或前三角洲泥-三角洲前缘泥相向上过渡到水下分流河道相, 或由支流间湾相向上过渡为三角洲平原分流河道相, 反映了自下而上水体变浅、沉积物粒度变粗, 准层序控制下由湖侵到湖退的过程。在PS₂内, 自下而上沉积微相由浅湖泥或前三角洲泥-三角洲前缘泥相向上过渡为远砂坝-河口坝再到水下分流河道相, 也反映了水体变浅的准层序发育过程。这两个准层序都反映了自下而上由湖侵到湖退的三角洲体系向湖进积的过程。

关键词: 靖安油田; 长6段; 岩石微相; 岩石相; 单井相; 层序地层

第一作者简介: 兰朝利, 男, 28岁, 博士, 沉积地质学

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

鄂尔多斯盆地是一个经多期构造运动叠合形成的残余内克拉通盆地^[1], 沉积了自古生代以来的多套生储盖组合, 其中上三叠统延长组是一套在内陆湖泊-三角洲沉积体系上发育的重要油气储集层^[2~4], 也是靖安油田的主要含油层系。从长10至长7段(按将延长组划分为10段的方案)为湖盆的形成至全盛阶段, 长6至长3段为三角洲发育至全盛时期, 长2至长1段为湖盆收缩-消亡阶段。在长6段沉积期间, 盆地北缘至东缘的陕北斜坡带上自西向东沉积了吴旗、安塞和延安3个主要的三角洲, 其物源主要来自盆地北部的阴蒙造山带和北东方向的吕梁古陆。吴旗三角洲属深水型, 而安塞和延安三角洲属浅水型^[5]。靖安油田位于鄂尔多斯盆地中部偏北的陕北斜坡上, 介于吴旗和安塞三角洲之间。

本文根据岩芯观察结合测井资料, 对靖安油田长6段进行岩石学和层序地层学分析。长6段为延长组含油气层系中的一个油层组, 可进一步划分为6₁、6₂和6₃3个砂层组。由于6₁和6₂为靖安油田的主要产层, 因此本文将主要对6₁和6₂进行研究, 我们将6₁和6₂划分为6个小层, 即6₁¹、6₁²、6₁³,

6₂¹、6₂²和6₂³。

1 岩石微相

岩石微相分析是岩石相分析和沉积相分析的基础。岩石微相是指薄片上的岩石学特征的总和, 包括碎屑颗粒和填隙物的成分、组构、粒径、分选、磨圆以及胶结物的类型和结构等。本文对碎屑岩的镜下描述术语采用了余素玉和何镜宇的方案^[6]。根据对靖安油田ZJ6, ZJ29, ZJ33, ZJ50, ZJ53和L133等关键井和其余30多口一般描述井的长6段岩芯的研究, 其岩石微相特征表现为: 颗粒的成分为长石(主要为钾长石、钠长石和微斜长石)、石英(包括隐晶集合体和单颗粒)、岩屑(包括花岗岩、喷出岩、变质砂岩、片岩、板岩、千枚岩、片麻岩和沉积岩等)、黑云母和泥砾(其成分主要为绿泥石)等; 填隙物中少见基质而胶结物较多, 基质成分为长石、石英及绿泥石, 胶结物成分有铁方解石、浊沸石、绿泥石、绿-伊混层矿物、自生石英、自生长石、石盐、有机质、碳屑、水云母和黄铁矿等; 碎屑岩的组构见接触和填充两种, 接触见点、线、凹凸接触, 而填充主要见颗粒支撑, 泥基支撑少见, 在部分含泥砾砂岩中可见“砂基”支撑; 碎屑的粒径以细砂级-粘土级为主, 最常见的是细砂、粉砂级及它们之间的过渡类型, 中细砂级和粘土级次之; 碎屑颗粒的分选为好到

* 大庆石油勘探局“长庆靖安油田延长组储层三维精细描述与油藏工程研究”项目资助

收稿日期: 2001-01-09

较好, 反映其经历了较长距离的搬运; 碎屑颗粒的磨圆以次棱角-次圆为主, 反映碎屑颗粒遭受的风化作用不强; 胶结物的类型见基底式(浊沸石或铁方解石构成胶结物) 、孔隙式、接触式(接触处常

见绿泥石薄膜) 和镶嵌式(由石英或长石的自生加大形成) 。根据上述分析, 综合考虑粒径和成分, 可将靖安油田长 6 段划分出 13 种岩石微相(表 1) 。

表 1 靖安油田长 6 段岩石微相划分

Table 1 Classification of lithologic microfacies in Chang 6 member from Jing'an Oilfield

岩石微相	特 征
含泥砾中细粒长石砂岩	泥砾“漂浮”于相互支撑的中细粒级颗粒中, 碎屑以石英和长石为主, 分选较差, 泥砾呈撕裂状或压扁状, 次棱角-次圆状, 多为颗粒支撑, 点、线接触, 孔隙式或接触式胶结
含泥砾中细粒岩屑质长石砂岩	泥砾“漂浮”于相互支撑的中细粒级颗粒中, 碎屑以石英、岩屑(> 25%) 和长石为主, 分选较差, 泥砾呈撕裂状或压扁状, 次棱角-次圆状, 多为颗粒支撑, 点、线接触, 孔隙式或接触式胶结
中细粒长石砂岩	中细粒级, 碎屑以石英和长石为主, 分选好-较好, 次棱角-次圆状, 颗粒支撑, 点、线或凹凸接触, 孔隙式或接触式胶结
中细粒岩屑质长石砂岩	中细粒级, 碎屑以石英、岩屑(> 25%) 和长石为主, 分选好-较好, 次棱角-次圆状, 颗粒支撑, 点、线或凹凸接触, 孔隙式或接触式胶结
细粒长石砂岩	细粒级, 碎屑以石英和长石为主, 分选好-较好, 次棱角-次圆状, 颗粒支撑, 点、线或凹凸接触, 孔隙式或接触式胶结
细粒岩屑质长石砂岩	细粒级, 碎屑以石英、岩屑(> 25%) 和长石为主, 分选好-较好, 次棱角-次圆状, 颗粒支撑, 点、线或凹凸接触, 孔隙式或接触式胶结
细粒含浊沸石长石砂岩	细粒级, 碎屑以石英和长石为主, 浊沸石含量达 25% 以上, 分选较好-差, 次棱角-次圆状, 基质支撑, 线或缝合接触, 基底式胶结
细粒含铁方解石长石砂岩	细粒级, 碎屑以石英和长石为主, 铁方解石含量达 25% 以上, 分选较好-差, 次棱角-次圆状, 基质支撑, 线或缝合接触, 基底式胶结
粉细粒长石砂岩	粉细粒级, 碎屑以石英和长石为主, 分选好-较好, 次棱角-次圆状, 颗粒支撑, 线、凹凸接触, 多见孔隙式或接触式胶结
粉细粒岩屑质长石砂岩	粉细粒级, 碎屑以石英、岩屑(> 25%) 和长石为主, 分选较好-差, 次棱角-次圆状, 颗粒支撑, 线、凹凸接触, 多见孔隙式或接触式胶结
粉粒长石砂岩	粉粒级, 碎屑以石英和长石为主, 有时沿层面见大量碳屑和黑云母, 分选好-较好, 多见次棱角, 颗粒支撑, 线或凹凸接触, 多见孔隙式或接触式胶结
粉砂质泥岩	以粘土级颗粒为主, 夹粉粒级, 粘土以水云母和绿泥石为主, 粉粒级为长石、石英和云母类, 粘土常见鳞片变晶结构, 常见碳屑
泥岩	粘土级, 粘土以水云母和绿泥石为主, 常见碳屑, 偶见黄铁矿

2 岩石相

岩石相是指形成在一定沉积环境中的一套具有特定的物理、化学和生物特征的岩石。可根据其具有不同的岩性特征, 包括成分、粒径、沉积构造和颜色等进行划分。此外, 还需要考虑局部的一些原生沉积属性, 如化石、化学沉积物(成壤钙质结核或蒸发岩等)、古土壤层和煤等。根据对靖安油田的 ZJ6, ZJ29, ZJ33, ZJ50, ZJ53 和 L133 等关键井和其余 30 多口一般描述井长 6 段岩芯的研究, 其砂岩和粉砂岩颜色主要为灰色、灰绿色和褐灰色, 泥岩均为灰黑色或黑色, 表明其沉积环境为偏还原环境;

其沉积构造有块状构造、递变层理、槽状交错层理、楔状交错层理、板状交错层理、平行层理、小波痕层理、攀升层理和水平层理等; 同沉积构造见负载构造、球状构造、枕状构造、滑塌构造、包卷层理和碟状构造等; 在泥岩和砂泥互层中见大量的生物扰动构造和生动遗迹化石, 其中遗迹化石多为 *Skolithos* (石针迹)、*Arenicelites* (沙蝎迹) 及 *Planolites*(漫游迹) 遗迹相组合。此外, 在个别井还见有薄煤层。每个岩石相代表了一次沉积事件^[7]。根据岩石相的定义和上述的岩石微相划分, 并考虑粒径和沉积构造, 靖安油田长 6 段可划分出 14 种岩石相(表 2) 。

表 2 靖安油田长 6 段岩石相划分

Table 2 Classification of lithofacies in Chang 6 member from Jing'an Oilfield

岩石相	沉积构造	沉积机制和沉积环境
块状含砾砂岩相	块状构造	重力流沉积; 河道充填
递变含砾砂岩相	递变层理	重力流沉积; 河道充填
块状砂岩相	块状构造	重力流沉积; 河道、河口坝或远砂坝沉积
槽状砂岩相	单个或成组的槽状交错层理	弯曲脊和舌状波痕迁移形成; 河道、河口坝沉积
楔状砂岩相	单个或成组的楔状交错层理	直脊和舌状波痕迁移形成; 河道、河口坝沉积
递变砂岩相	递变层理	重力流沉积; 河道充填
板状砂岩相	单个或成组的板状交错层理	直脊和舌状波痕迁移形成; 河道、河口坝沉积
平行砂岩相	平行层理	平底(高流态)
小波痕砂岩相	小波痕层理	波痕(低流态)
水平粉砂岩相	水平层理	越岸、废弃河道、远砂坝或消退洪水沉积
水平泥岩相	水平层理	前三角洲、浅湖或废弃河道沉积
块状泥岩相	块状构造, 偶见生物扰动构造	前三角洲、浅湖或废弃河道沉积
小波痕砂泥互层相	小波痕层理, 偶见生物扰动构造	越岸、废弃河道、远砂坝或披盖沉积
(煤) 碳质泥岩相	植物、泥夹层	长植物的间湾或沼泽沉积

3 单井相

以岩石微相分析和岩石相分析为主要内容的岩芯观察描述是单井相分析的基础,而单井相分析则是进行电性分析和井间对比的基础。通过对 L133、ZJ6、ZJ29、ZJ33、ZJ50 和 ZJ53 关键井和其他一般观察井的岩石微相和岩石相分析,并结合其粒度曲线和测井曲线特征,对这 6 口关键井进行了单井沉积微相分析,结果表明长 6 段的 6 个小层与沉积微相有较好的对应关系。沉积微相包括如下类型:浅湖泥相、前三角洲泥-三角洲前缘泥相、远砂坝-河口坝相、水下分流河道相、支流间湾相、三角洲平原分流河道相和分流河道间相,每一小层基本上对应于一种沉积微相。在长 6₂ 沉积时期,其垂向序列为浅湖泥相或前三角洲泥-三角洲前缘泥相(6₂³)→河口坝-远砂坝相(6₂²)→水下分流河道相(6₂¹),其中浅湖泥相仅见于长 6₂³,反应了水体变浅和向上泥质减少而砂质增多的三角洲前缘进积序列;而在长 6₁ 沉积时期,其垂向序列为支流间湾相(6₁³)→三角洲平原分流河道相(6₁²)→三角洲平原分流河道相或分流河道间相(6₁¹)(这一序列主要分布于研究区的北东部分),或浅湖泥相或前三角洲泥-三角洲前缘泥相(6₁³)→水下分流河道相(6₁²)→水下分流河道相(6₁¹)(这一序列主要分布于研究区的南西部分,图 1),这两种序列分布反应了三角洲平原和三角洲前缘的沉积序列。显然,长 6 段沉积期间,研究区主要为三角洲沉积,且三角洲的各个微相发育齐全。此外,根据岩性和电性特征建立了靖安油田长 6 段沉积微相的典型岩-电关系。

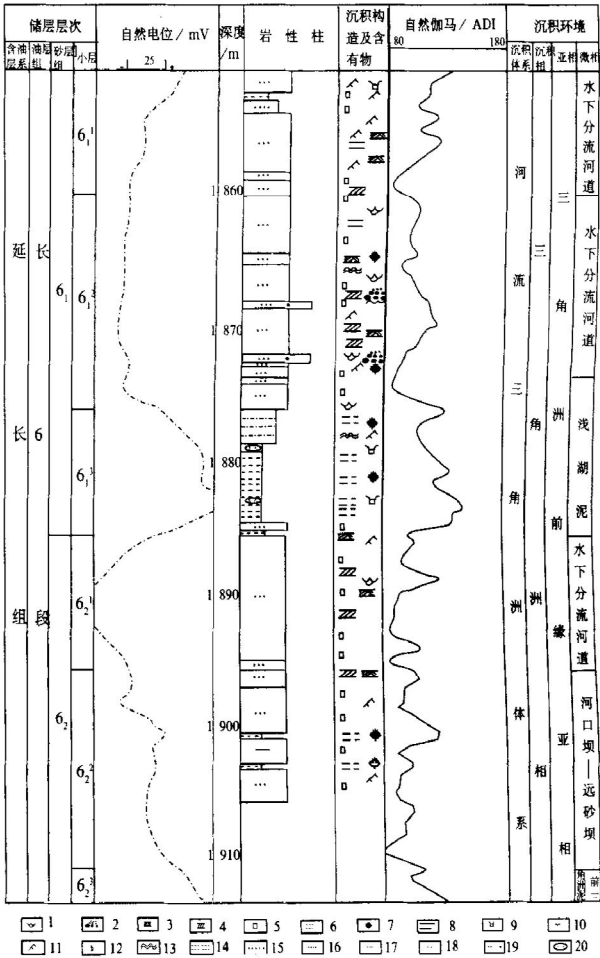


图 1 L133 井长 6 段单井相分析图
Fig. 1 Analysis of single-well facies in Chang 6 member, L133 Well

- 1—槽状交错层理; 2—递变层理; 3—楔状交错层理; 4—板状交错层理; 5—块状层理; 6—水平层理; 7—平行层理; 8—植物化石; 9—潜穴; 10—冲刷面; 11—小波痕层理; 12—同沉积变形构造; 13—波状层理; 14—泥岩; 15—粉砂岩; 16—极细砂岩; 17—细砂岩; 18—中砂岩; 19—含砾砂岩; 20—砂岩透镜体

4 层序地层

受秦岭带中三叠世末期造山运动的影响,在鄂尔多斯盆地西南缘形成了晚三叠世的前渊^[10],而在盆地东北的陕北斜坡上,有大型的入湖河流和面积大、水域广、深度浅、基底平的淡水-微咸水大型湖盆^[2-4]。李思田等^[8]曾将鄂尔多斯盆地东北部的上三叠统划分为一个构造层序,其顶界面为具深切谷特征的层序界面。而前人资料表明^[9],上三叠统延长组的底界面为一假整合面,其下的中三叠统纸坊组顶部地层呈紫红色,岩性粗;局部地层缺失,地层厚度向北变薄,其岩性与电性(视电阻率多呈指状高阻,自然电位负偏幅度大)均与上覆的延长组区别明显。显然,延长组底界面是一个重要的界面,由于纸坊组普遍研究程度不高,在此我们初步将延长组底

界面确定为一层序界面。因此,延长组是在这两个层序界面之间的一个层序。在此基础上,在延长组内划分准层序组。根据延长组内的9层湖进形成的全区可以对比的泥岩层(其特征为分布广,层位稳定,电性特征表现为醒目的高阻尖峰。局部井上见凝灰岩,表明了它可能受控于某种级别的构造运动,代表了重要的湖侵期),将延长组划分为9个准层序组,大致与靖安油田划分的10段相对应。其中,长6段为一准层序组(PSS)。在长6段内,根据位于其中的3期泥岩(分别位于 6_3 、 6_2 和 6_1 的底部,其中后两期代表了相对前者低一级别的湖侵旋回)将其划分出3个准层序,即 PS_1 、 PS_2 和 PS_3 (图2,图中仅列出了其中的两个准层序 PS_1 和 PS_2),分别对应于砂层组 6_1 、 6_2 和 6_3 。

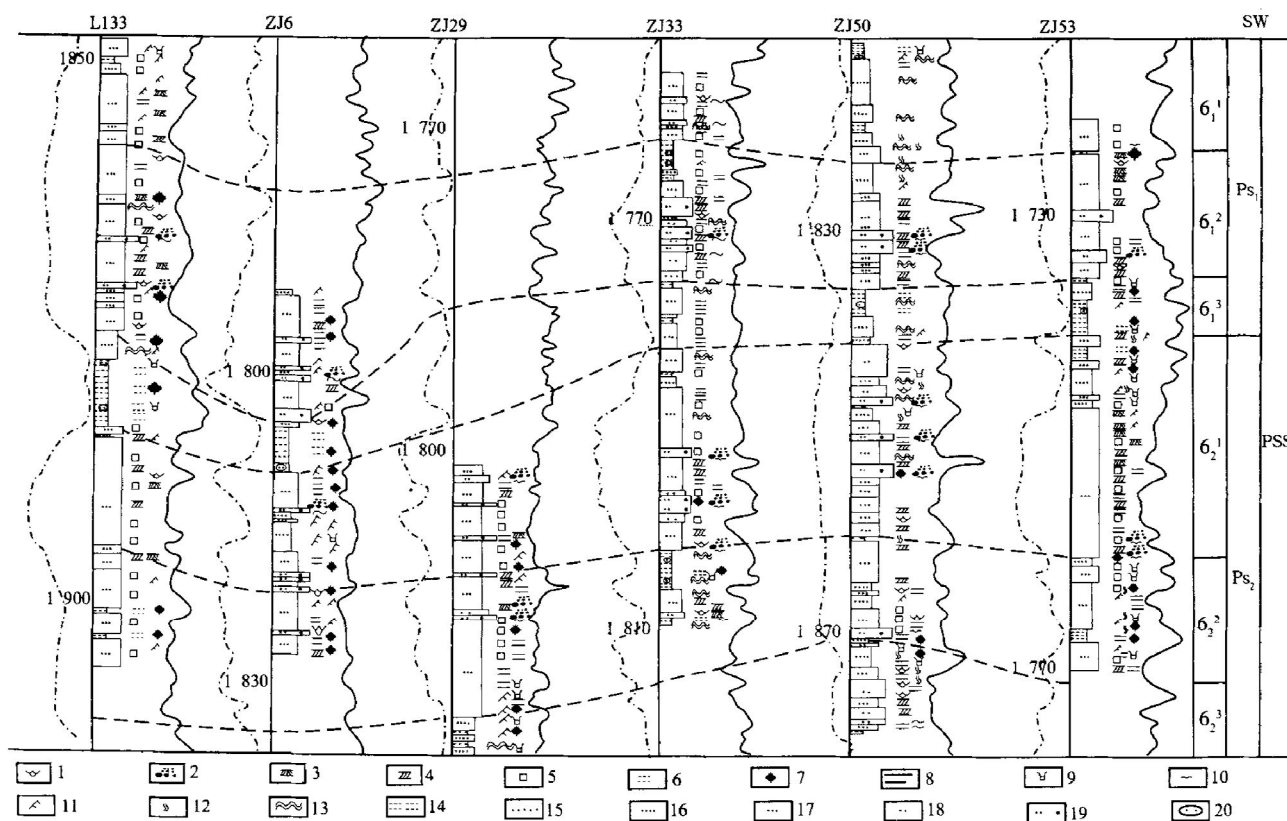


图2 靖安油田长6段层序地层划分图

Fig. 2 Division of sequence stratigraphy in Chang 6 member from Jing'an Oilfield

1—槽状交错层理; 2—递变层理; 3—楔状交错层理; 4—板状交错层理; 5—块状层理; 6—水平层理; 7—平行层理;

8—植物化石; 9—潜穴; 10—冲刷面; 11—小波痕层理; 12—同沉积变形构造; 13—波状层理; 14—泥岩; 15—粉砂岩; 16—极细砂岩;

17—细砂岩; 18—中砂岩; 19—含砾砂岩; 20—砂岩透镜体

PS_1 和 PS_2 的岩石相和沉积微相的发育严格受控于准层序的发育。在 PS_1 内, 自下而上其沉积微相由浅湖泥相或前三角洲泥-三角洲前缘泥相向上过渡到水下分流河道相, 或由支流间湾相向上过渡

为三角洲平原分流河道相。其中, 浅湖泥相主要由水平泥岩相和块状泥岩相这两种岩石相构成, 指示其为水体加深、缺乏物源的静水环境产物; 前三角洲泥-三角洲前缘泥相具有大致相同的岩石相类型, 但

局部井中也常见小波痕砂岩相,反映可能有洪峰期的粗粒物质加入;支流间湾相主要由块状泥岩相、小波痕砂泥互层相和(煤)碳质泥岩相等岩石相构成;水下分流河道相(或三角洲平原分流河道相)中常见块状含泥砾砂岩相、递变含泥砾砂岩相、块状砂岩相、槽状砂岩相、楔状砂岩相、递变砂岩相、板状砂岩相、平行砂岩相以及小波痕砂岩相等岩石相类型,指示了其较强水动力条件下的产物。可见,在 PS_1 内,自下而上碎屑物沉积的水体逐渐变浅,沉积物粒度变粗,反映了准层序控制下由湖侵到湖退的过程。在 PS_2 内,自下而上其沉积微相由浅湖泥相或前三角洲泥—三角洲前缘泥相向上过渡为远砂坝—河口坝相再到水下分流河道相。其中,浅湖泥相、前三角洲泥—三角洲前缘泥相和水下分流河道相 3 种沉积微相具有与上述沉积微相相同的特征,而远砂坝—河口坝相主要由块状砂岩相、槽状砂岩相、楔状砂岩相、递变砂岩相、板状砂岩相、平行砂岩相以及小波痕砂岩相等岩石相构成。同样, PS_2 内沉积微相的垂向变化也反映了一个准层序的发育过程。可见,这两个准层序都反应了自下而上的由湖侵到湖退的三角洲体系向湖进积过程,只是在 PS_1 发育期间,其水体变得更浅,并过渡到三角洲平原沉积,而从 PS_2 到 PS_1 ,其水体总体也是逐渐变浅的,具备了典型的准层序组内准层序叠置的基本特征。

层序地层学从海相到陆相地层的应用历程证实了它对部分陆相环境如前陆盆地中的适用性^[10,11]。然而陆相地层中的控制层序发育的因素很多,陆相地层相变迅速,这给陆相地层对比,进而建立层序地层格架带来了不小的难度。尽管如此,我们对靖安油田长 6 段的层序地层划分表明,在有大型河流进入大型湖泊的陆相沉积区形成的沉积体中,进行层

序地层的划分被证实是可行的。

致谢:参加本研究工作的还有吴亚生、肖义越、高山林和方爱民等;在工作中得到了长庆石油勘探局王道富等和长庆石油勘探局研究院闵琪、张明禄等领导的支持和关心,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 赵重远,刘池洋.残余克拉通内盆地及其含油气性——以鄂尔多斯和四川盆地为例[A].见:中国地质学会编.“七·五”地质科技重要成果学术交流会议论文选集[C].北京:科学技术出版社,1992.610~613
- 2 曾少华.陕北三叠系延长统湖盆三角洲沉积模式的建立[J].石油与天然气地质,1992,13(2):229~235
- 3 谢广成,沈培斋.陕北三叠系延长油层中海绿石的发现及其初步研究[J].地质科学,1991,24(2):129~136
- 4 杨俊杰,李克勤,张东生,等.中国石油地质志(长庆油田)[M].北京:石油工业出版社,1992.40~103
- 5 梅志超,林晋炎.湖泊三角洲的地层模式和骨架砂体的特征[J].沉积学报,1991,9(4):1~10
- 6 余素玉,何镜宇.沉积岩石学[M].武汉:中国地质大学出版社,1989.19~147
- 7 Miall A D. Principles of Sedimentary basin analysis (2nd edn) [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1990. 149~151, 315~327
- 8 李思田,林畅松,解习农,等.大型陆相盆地层序地层学研究——以鄂尔多斯中生代盆地为例[J].地学前缘,1995,2(3~4):133~136
- 9 van Wagoner J C, Mitchum R M, Campion K M, et al. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies[J]. AAPG methods in Exploration Series, 1990, 7: 1~55
- 10 Shanley K W, McCabe P J. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata[J]. AAPG Bull, 1994, 78(4): 544~568
- 11 Posamentier H W, Weimer W P. Siliciclastic sequence stratigraphy and petroleum geology—where to from here[J]. AAPG Bull, 1993, 77(5): 731~742

SEQUENCE STRATIGRAPHY OF CHANG-6 MEMBER IN JIN' AN OILFIELD

Lan Chaoli¹ Wu Jun¹ Li Jiliang¹ Zhang Weimin¹ He Shunli² Xie Chuanli²

(1. Laboratory of Lithosphere Tectonic Evolution, Institute of Geology and Geophysics,
Chinese Academy of Sciences, Beijing, 2. Petroleum University, Beijing)

Abstract: According to its 13 lithologic microfacies, 14 lithologic facies, 7 sedimentary microfacies and the characteristics