

文章编号: 1009-3850(2016)03-0047-13

松辽盆地南部永平地区泉四段沉积微相及沉积演化研究

吴亮君¹, 赵大林², 吕世聪², 王福魁³, 王德海¹

(1. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 中海石油(中国)有限公司天津分公司
渤海石油研究院, 天津 300452; 3. 承德石油高等专科学校, 河北 承德 067000)

摘要: 通过岩心观察、沉积构造、矿物学特征、测井数据对松辽盆地南部永平地区泉四段进行沉积微相的判别, 划分为湖泊相和曲流河三角洲相, 包含2种亚相和3种微相。借助JF229井区密井网条件进行精细小层对比和砂体拆分, 将永平地区泉四段划分为12个小层, 按时间关系划分为9期河道, 以此为依据研究该区沉积演化过程并总结沉积模式。泉四段早期, 全区主要发育较稳定的三角洲前缘沉积。10小层时期伴随有一次短暂的湖侵-湖退, 而后迅速恢复三角洲前缘沉积; 泉四段末期从4小层开始发生广泛湖侵。结合连井剖面, 进一步研究河道性质及演化特征, 为追索有利砂体提供依据。

关键词: 永平地区; 泉四段; 沉积微相; 精细小层对比; 砂体拆分; 沉积演化

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

永平地区位于吉林省松原市东南部(图1), 属于松辽盆地南部东南隆起区登娄库背斜带北倾端上的一个局部构造, 东邻王府凹陷, 西接扶新隆起带。根据前人对松辽盆地的研究^[1-3], 认为松辽盆地南部泉四段经历湖侵-湖退的沉积过程, 但是遭受湖侵-湖退的时间与河道发育的期次并未得到详细的探究。本次研究通过研究区密井网精细小层对比和砂体解剖, 系统地厘定泉四段沉积演化过程。

1 区域构造背景

研究区内地势平坦, 目的层位泉四段顶面构造形态总体表现为一被多条正断层所切割的穹隆背斜构造——扶余一号构造(图2), 形成于青山口组末期、定型于第三系前。由于构造运动, 该区大幅度抬升, 青山口组地层遭受严重剥蚀, 与上覆地层呈不整合接触。

由永平地区地震解释剖面(图3)可以看出, 研究区在白垩系沉积末期受到严重的剥蚀, 构造顶部

仅残存青一段地层45.5m。泉四段地层虽遭到后期构造作用改造, 但地层整体形态尚属均匀, 沉积发生时地势坡度较缓, 符合坳陷期盆地特点, 这种稳定的构造沉降是本区三角洲发育的重要条件之一。

2 岩性特征及沉积相

根据岩石岩性、沉积构造、野外剖面等资料, 结合单井相研究, 本区泉四段主要发育湖泊相和三角洲相(图4), 进一步划分为2种亚相和3种微相。

2.1 岩性特征

泉四段地层岩性自下而上由钙质细砂岩(含泥砾)、细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩及灰绿色或棕红色粉砂质泥岩、泥岩组成。基本都是正旋回, 韵律层之间常见有冲刷面。砂岩发育, 砂地比为25%~30%, 砂泥岩层间隔均匀, 一般为10~20m。

根据JF206井、JF208井、扶125井(图5)及JF243井的岩心综合化验分析结果显示, 本区泉四段主要为泥岩和长石岩屑砂岩。长石岩屑砂岩碎屑

收稿日期: 2014-10-18; 改回日期: 2015-03-06

作者简介: 吴亮君(1991-), 男, 硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: 710332658@qq.com

通讯作者: 王德海(1970-), 男, 副教授, 博士, 主要从事沉积学与石油地质学研究。E-mail: wdh3608@126.com

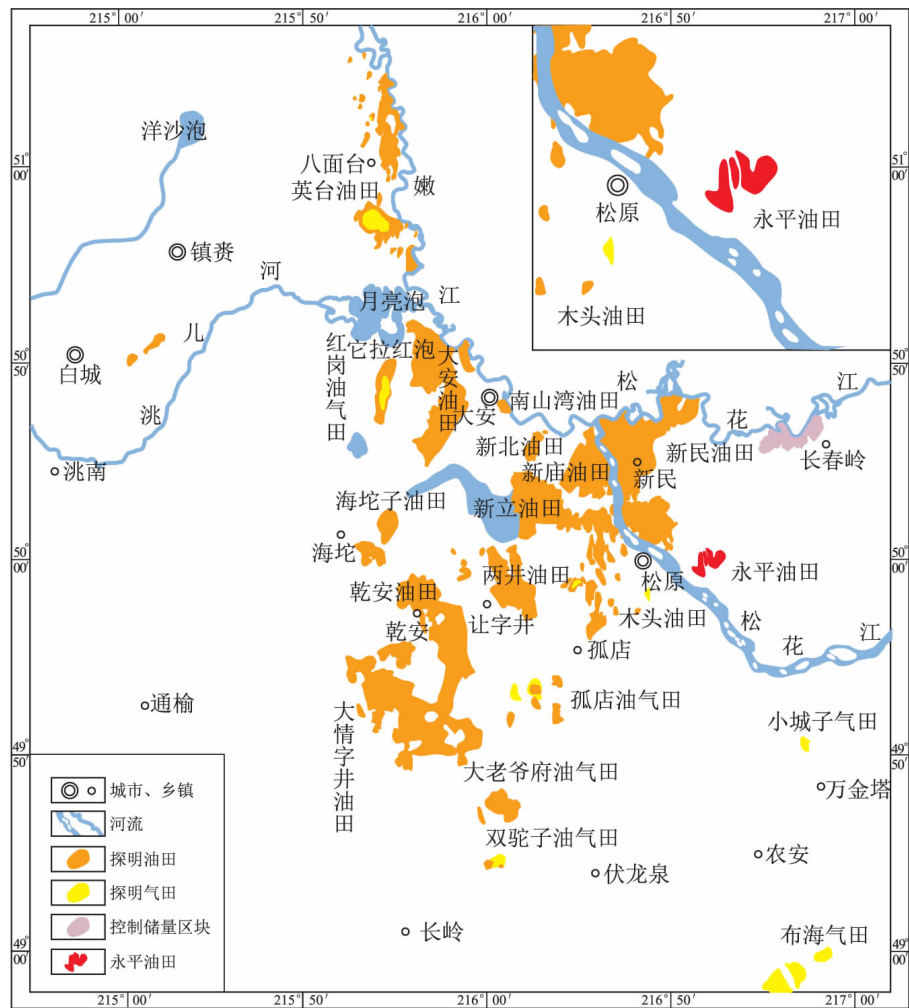


图 1 永平地区位置图 [4]

Fig. 1 Location of the Yongping region(after Luan Haibo, 2011)

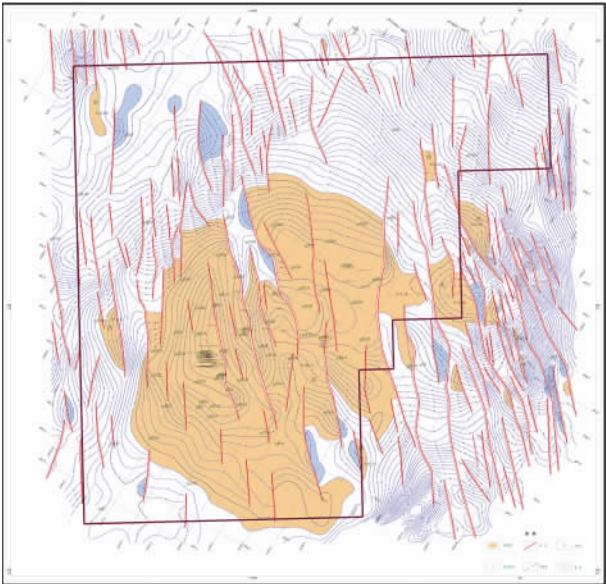


图 2 研究区 T₂ 构造平面图

Fig. 2 Structural plan of the Yongping region

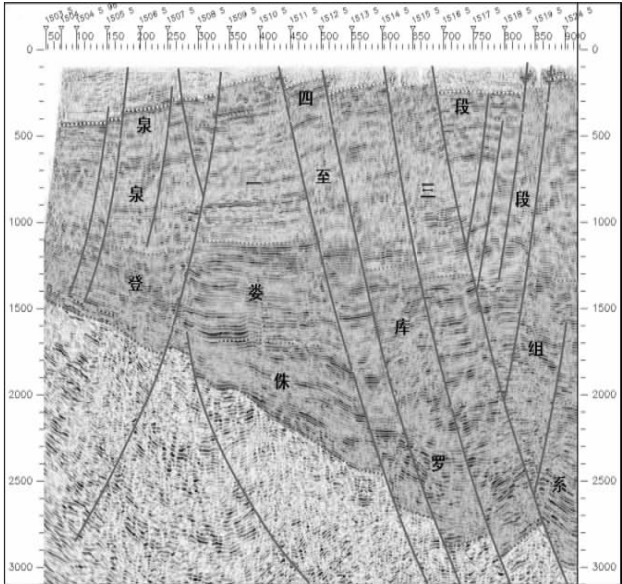


图 3 永平油田地震解释剖面 595.5 测线

Fig. 3 Seismic profile along No. 595.5 line, Yongping Oil Field

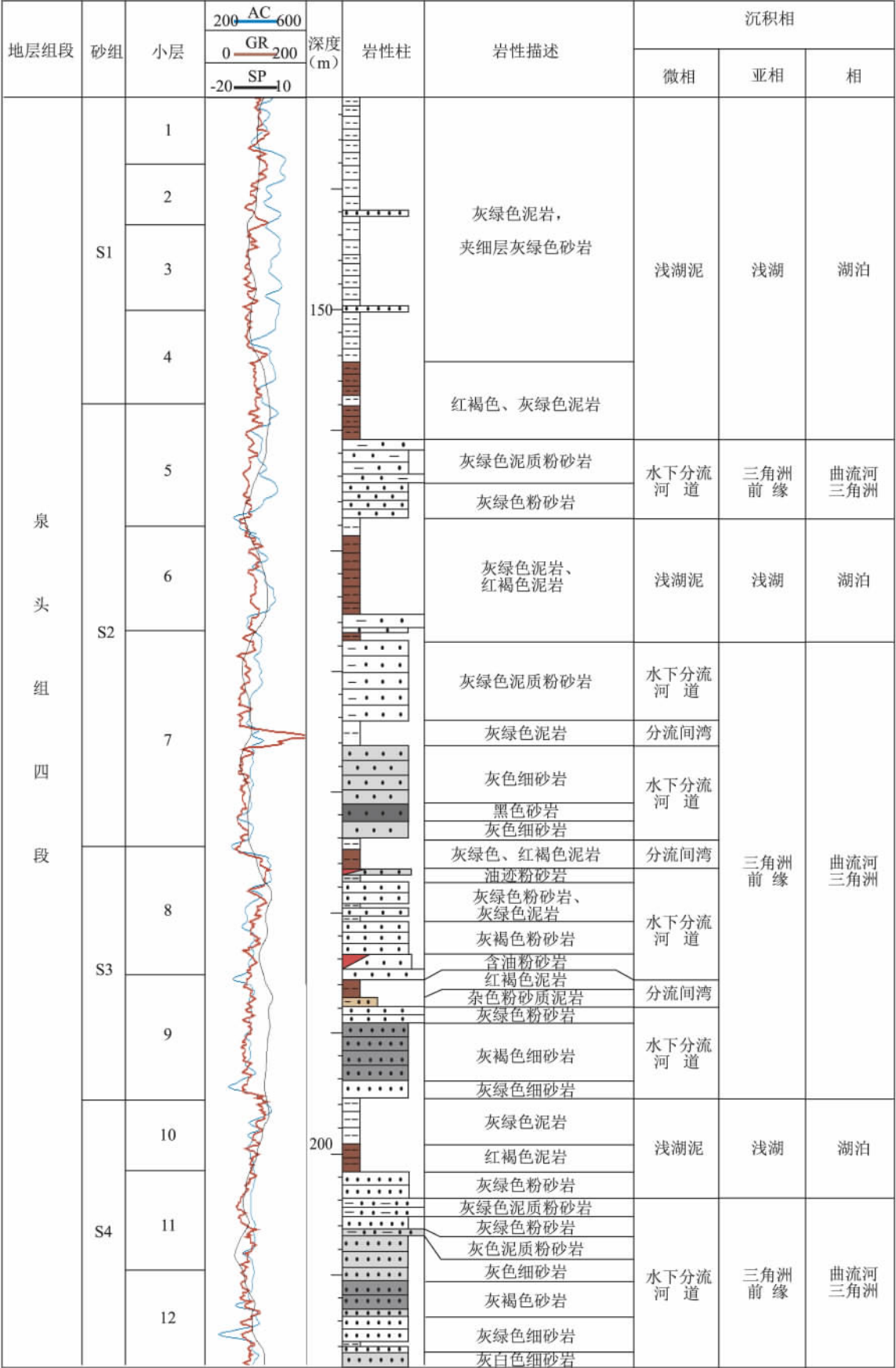


图 4 永平地区 JF208 井地层柱状图

Fig. 4 Stratigraphic column through the JF-208 well in the Yongping region

成分主要为石英、长石、岩屑。其中石英含量为 24% ~ 42%, 平均 30%; 长石含量为 16% ~ 37%, 平均 26%; 岩屑含量为 20% ~ 47%, 主要以火成岩岩屑为主, 与盆地中央凹陷区^[8]相比岩屑较少, 其它成分差别不大。

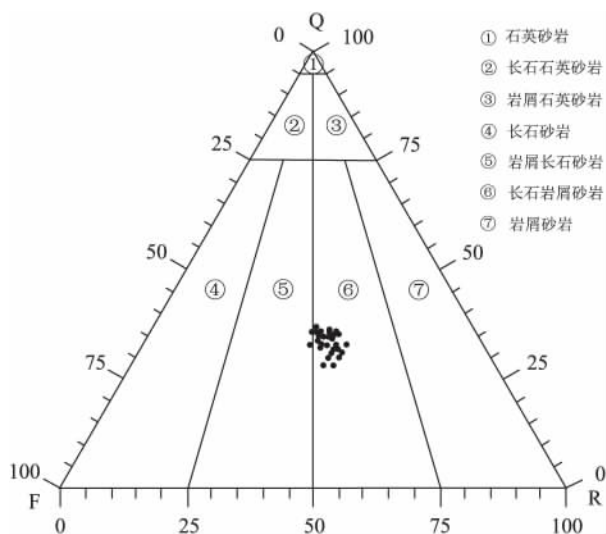


图 5 扶 125 井砂岩成分分类图

Fig. 5 Q-F-R diagram of the sandstones from the Fu-125 well

砂岩中颗粒的粒径分布范围为 0.03 ~ 0.19mm, 粒度中值 0.11mm, 分选系数 1.96, 分选中等, 磨圆为次棱角-次圆状。泥质含量分布范围为 4% ~ 16%, 平均 9.9%, 灰质含量为 1% ~ 19%。钙质胶结常出现于砂岩的底部, 其它部位以泥质胶结为主, 主要胶结类型是孔隙式, 部分为孔隙-接触式。

通过取心井 153 块岩心的储层物性分析资料统计, 储层孔隙度一般为 10.0% ~ 35.0%, 平均为 27%; 渗透率为 $(10 \sim 2048) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。总体表现为中高孔、高渗的特点(图 6)。孔隙度和渗透率整体表现为线性相关, 岩心渗透率随着孔隙度的增大而增大。

研究区沉积物粒度概率曲线主要以两段式为主, 少量三段式(图 7)。跳跃组分与悬浮组分含量高, 滚动组分低, 表明了牵引流沉积的特点。

本区 6 口扶字老井的重矿、薄片等资料揭示, 本区重矿物以石榴石、锆石为主, 含少量电气石、磁铁矿, 自生矿物以黄铁矿为主。参考相邻的扶余地区资料^[10], 扶余油田泉四段物源主要以西南部保康-通榆体系和东南部怀德-长春体系为主。扶余油田东部石榴石、锆石富集, 故永平地区物源可能来自东南部怀德-长春体系和东北部长春岭体系。

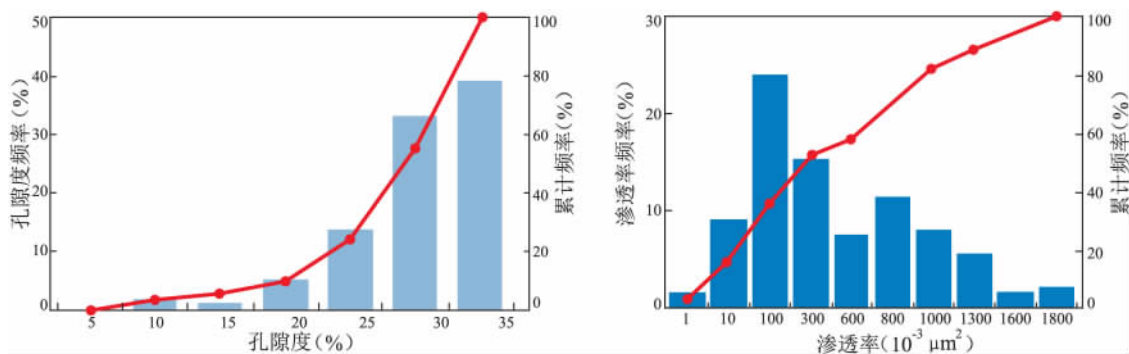


图 6 岩心孔隙度、渗透率分布频率直方图

Fig. 6 Histograms showing the distribution of porosity and permeability of the sandstones from the Yongping Oil Field

2.2 沉积相

泉四段时期, 松辽盆地表现为湖侵特征, 为盆地拗陷的早期, 水体动荡。在湖侵的大背景下, 发育几期短暂的水退。研究区泉四段地层属于河湖过渡相沉积, 其中早期(S4、S3、S2 砂组)属于三角洲相沉积, 晚期(S1 砂组)属于湖相沉积, 整体以曲流河三角洲沉积为主。

2.2.1 岩心观察

通过岩心观察可以看出, 区内岩性主要有灰绿色泥岩、红褐色泥岩、灰色粉砂岩、灰色细砂岩、含

砾粉砂岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩等。主要的层理有平行层理(图 8A)和其它水动力条件丰富的层理。尤其水动力条件丰富的地域分布广, 水体不稳定的区域多, 常可见发育大面积波状-楔状交错层理(图 8B)、波状层理(图 8C)、楔状交错层理(图 8D)。在某些粉砂岩与泥岩的互层中, 由于底部泥质沉积物尚处于可塑状态下, 不均匀的负荷作用使上覆的砂质物陷入到泥质沉积物中, 发育成为重荷模(图 8E)。此外, 可见钙质冲刷面(图 8F), 系地层暴露后被河流冲刷的结果, 代表发生的沉积间断。

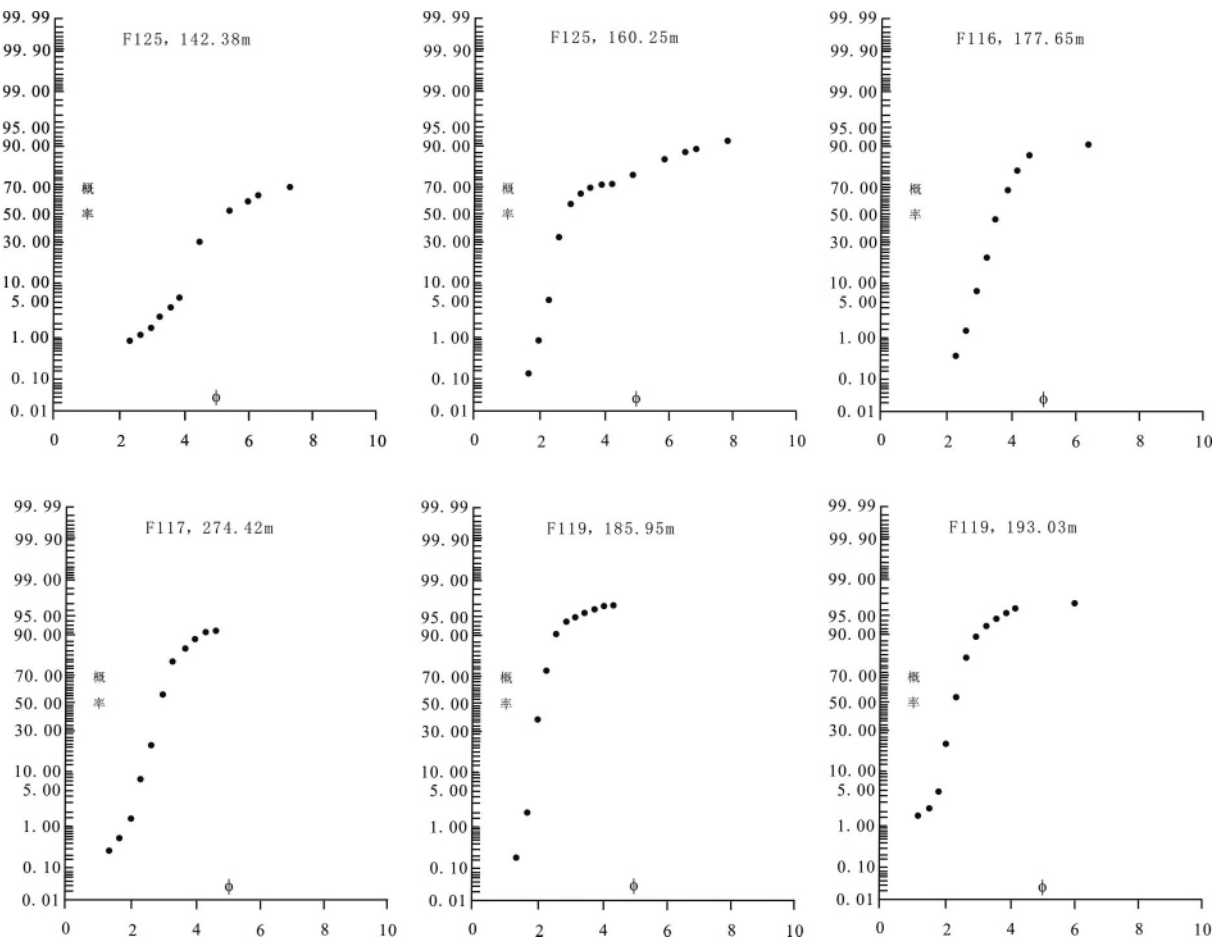


图 7 永平油田粒度概率分布图

Fig.7 Grain-size probability accumulation curves for the sandstones from the Yongping Oil Field

表 1 沉积微相与岩性、测井曲线关系表

Table 1 Summary of sedimentary microfacies, lithology and well logs

相	亚相	微相	岩性	岩心	测井曲线
湖泊	浅湖	浅湖泥	主要发育厚层的泥岩，颜色为灰绿色和褐色		JF243 
		水下分流河道	主要发育灰绿色细砂岩和粉砂岩，发育槽状交错层理		JF208 
曲流河三角洲	三角洲前缘	分流河道间湾	以褐色泥岩和灰绿色泥岩为主，发育少量粉砂岩		JF208 

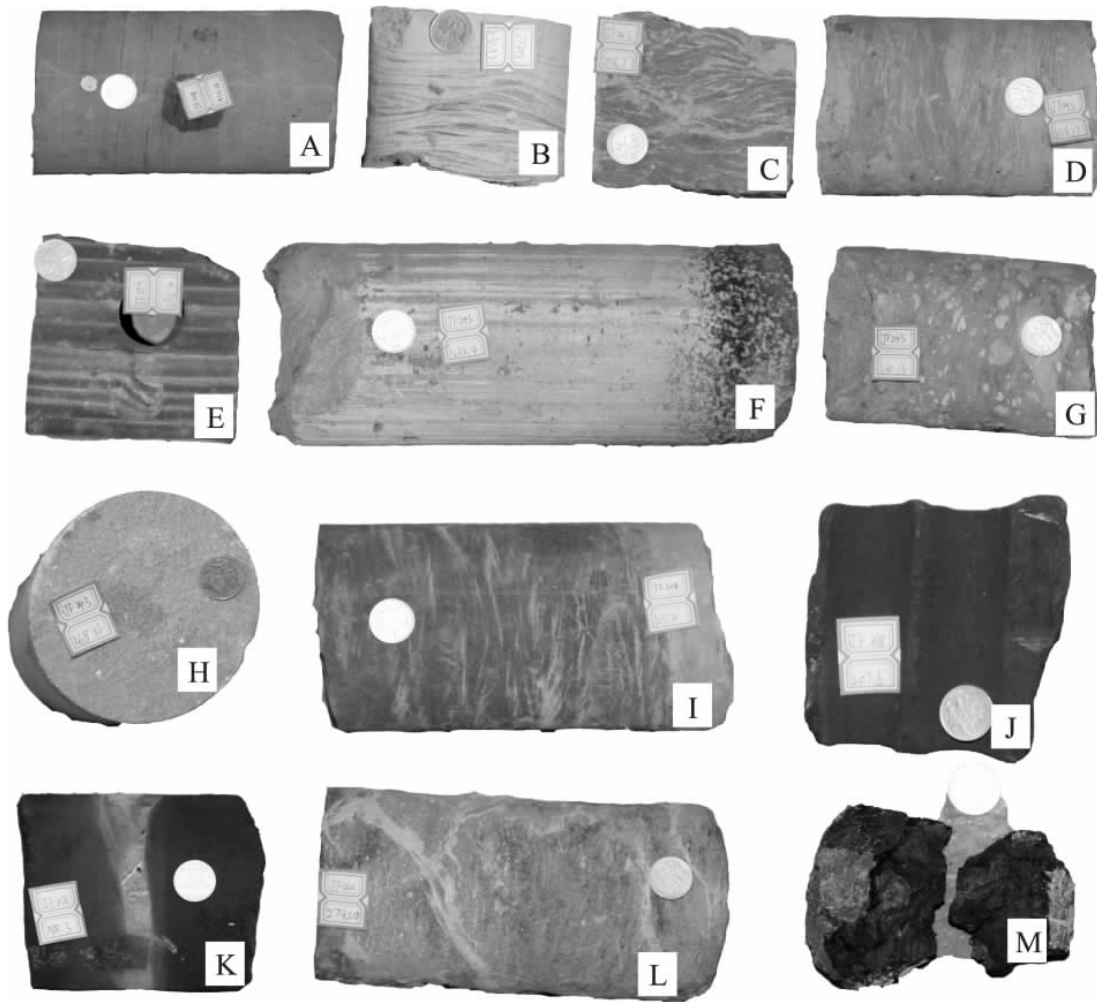


图8 永平地区泉四段岩心照片

A. 平行层理, JF208, 234.36m; B. 波状-楔状交错层理, 灰白色细砂岩, JF243, 270.37m; C. 波状层理, JF243, 257.77m; D. 楔状交错层理, JF243, 256.17m; E. 重荷模, JF243, 232.4m; F. 钙质冲刷面, JF243, 233.4m; G. 块状构造, 含砾细砂岩, JF243, 260.16m; H. 灰白色细砂岩, 含黄铁矿, JF243, 268.86m; I. 交错层理, 油侵细砂岩, JF208, 215.21m; J. 油侵粉砂岩, JF208, 207.6m; K. 钙质夹层, 油侵沿岩性分界分布, JF208, 188.3m; L. 扰动构造, JF220, 274.2m; M. 炭块, JF220, 276.10m

Fig. 8 Pictures for the sedimentary structures from the 4th member of the Quantou Formation in the Yongping region

JF243 井的一些层位发育含砾砂岩(图8G), 砾石大小在0.5~6cm之间。灰白色细砂岩中发育有黄铁矿(图8H), 指示水下还原环境。在S3可见油侵细砂岩(图8I)和油侵粉砂岩(图8J), 与之同时出现的钙质夹层则会对油侵阻挡(图8K), 油侵沿岩性分界面分布。除此之外, 本区生物活动繁多, 发育扰动构造(图8L)。在JF220井区还可见炭块(图8M)。

2.2.2 微相特征

本区泉四段沉积主要表现为弱氧化-弱还原环境, 主体为湖泊相和曲流河三角洲相, 包括浅湖亚相、三角洲前缘亚相。可进一步区分为浅湖泥、水下分流河道、水下分流河道间湾3个微相(表1)。

(1) 浅湖泥 浅湖泥微相主要以泥岩为主, 颜

色有灰绿色、褐色, 厚度较大。含少量粉砂岩或泥质粉砂岩, 多为一个沉积单元时期较为稳定分布的隔夹层, 具有水平层理。在自然电位曲线上表现为近于泥岩基线。

(2) 水下分流河道 水下分流河道是水上分流河道在水下的延伸部分, 是三角洲前缘最主要的微相, 也是发育储层的主要区域。研究区水下分流河道微相主要以灰白色、灰绿色细砂岩与粉砂岩为主, 不同期次的水下分流河道之间常相互叠加沉积, 形成冲刷面。常发育平行层理、槽状交错层理、楔状交错层理等流动构造。底部常发育一套钙质夹层, 表现为正韵律, 测井曲线形态特征以箱形和钟形为主。

(3) 分流河道间湾 分流河道间湾是水下分流

河道之间发育的较为低洼的以泥质沉积为主的区域。研究区分流河道间湾微相发育灰绿色泥岩,夹薄层泥质粉砂岩,生物扰动作用较强。测井曲线以低幅齿状及平直状为主,多见于上下两期砂体之间。

3 河道展布规律

主要通过砂组划分和小层对比探讨河道发育情况。原则是首先选出特征明显的标志层,根据各层之间特征变化规律,将地层划分为不同阶段,再以此为依据进行井位之间的对比研究^[11-13]。

3.1 砂组划分和小层对比

根据本区钻井分布资料(图9),取两条有代表性的 NS、EW 向连井剖面(图10、图11),利用空间互补对比的方式,贯穿砂组特征明显的井。通过联合对比将泉四段由上至下共划分为 12 个小层即 12 个时间单元。其中 I 砂组分为 4 个小层,II 砂组分为 3 个小层,III 砂组分为 2 个小层,IV 砂组分为 3 个小层,并分别对 12 个小层的特征进行描述。

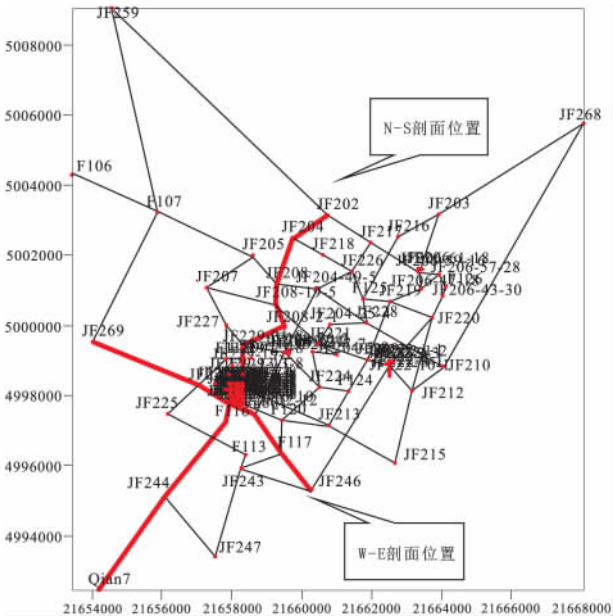


图9 研究区井位图及 NS、EW 向连井剖面位置示意图
Fig. 9 Sketch to show the location of the well sites and NS- and EW-trending well-tie sections in the Yongping region

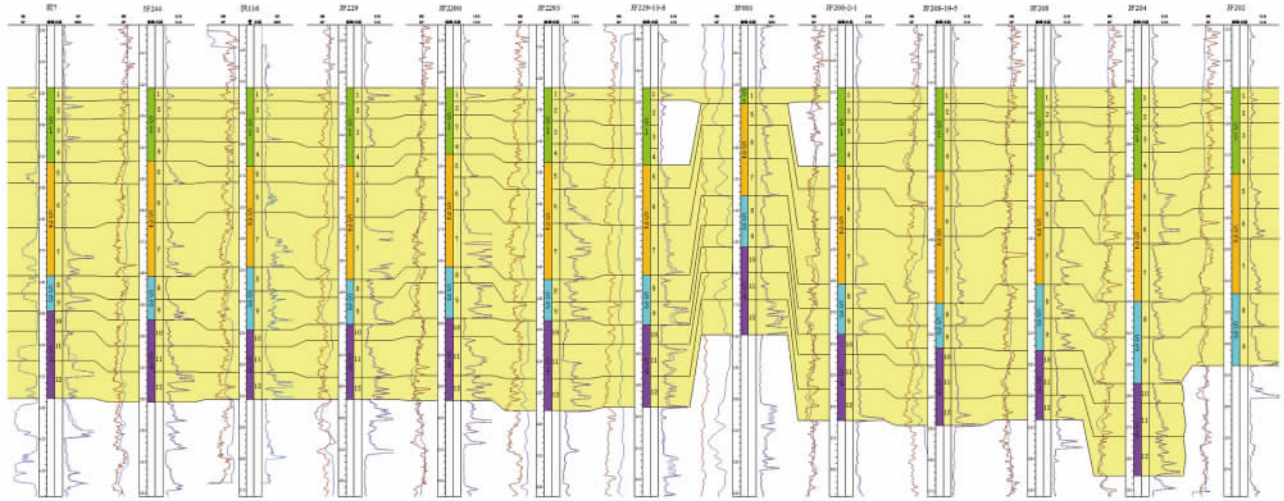


图10 永平地区 NS 向连井剖面
Fig. 10 NS-trending well-tie section in the Yongping region

1 到 4 小层以一套厚层泥岩为主,全区稳定分布,厚度变化不大,自然伽马曲线与自然电位曲线以低幅微齿化为主;5 小层以水下分流河道砂体为主,自然伽马曲线与自然电位曲线为钟形特征,局部为低幅微齿化,局部地区发育湖相泥岩;6、7、8、9 小层以水下分流河道砂体为主,夹薄层泥岩。其中 7 小层和 9 小层厚度较大,发育厚层砂岩,伽马曲线与自然电位曲线表现为箱形和钟形特征。6 小层发育砂泥岩互层,主要体现为“泥包砂”;10 小层多为湖侵泥岩,层厚稳定,自然伽马曲线与自然电位曲线表现为平直形或低幅的齿状特征;11、12 小层以

中厚层砂岩为主,自然伽马曲线和自然电位曲线表现为齿状箱形、钟形特征。

3.2 砂体拆分

借助本区 JF229 井区 100m × 86m 的密井网条件(图12),对 JF229 井区进行单砂体拆分。因河道具有连贯性,故以此为基准辐射全区,研究砂体性质和河道展布特征。

11 小层按照主体沉积特征划分为两期河道(图13):第一期河道沉积范围广而且厚度较大,第二期河道分布范围小、厚度较薄。11 小层上部以泥岩沉积为主,复合河道的中心部位位于 JF229-7-6 处,厚

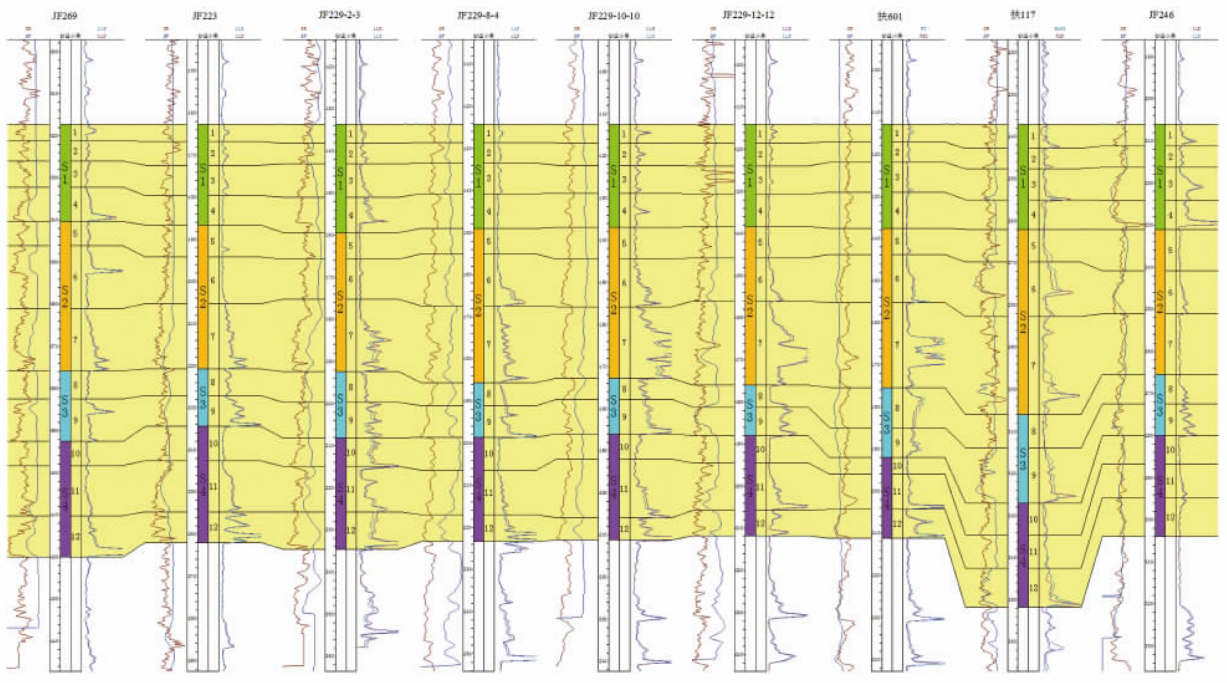


图 11 永平地区 EW 向连井剖面

Fig. 11 EW-trending well-tie section in the Yongping region

度为 9.1m。第一期河道中心位于 JF229-7-6 井处,厚度为 6.1m,河道宽度在 400m 左右;第二期河道向西侧尖灭消失,河道中心位于 JF229-7-4 井处,厚度为 5.5m,河道宽度在 250m 左右。

第一条河道第一期中心位于 JF229-4-8 井,砂厚 3.6m,宽度为 320m 左右(图 14A);第二期中心位于 JF229-4-8 井,砂厚 6m,河道宽度为 950m 左右(图 14B)。第二条河道第一期中心位于 JF229-8-4 井,砂厚 3.2m,距尖灭点约 250m,外推河道宽度在 500m 左右;第二期中心位于 JF229-4-4 井,砂厚为 4.7m,河道宽度在 390m 左右。

7 小层可分为四期河道。第一期河道(图 15A)在整个研究区发育范围广,但厚度薄。北侧河道中心部位位于 JF229-7-6 井,砂厚 4.66m。在连井剖面揭示河道中心至边部的距离为 195m,外推河道宽度在 390m 左右;另一支河道中心位于 JF2293 井,宽度在 460m 左右。第二期河道(图 15B)河道中心部位位于 JF229-6-4 井处,厚度为 6.1m,宽度 260m 左右。第三期河道(图 15C)为河道砂体大量发育时期,井网揭示两支主河道,其中之一中心位于 JF229 井,砂厚 7.1m,河道宽度为 400m 左右。同时期的另一支河道(图 15D)的中心部位位于 JF229-8-8 井,砂厚 5.7m,宽度在 420m 左右。第四期河道(图 15E)在 JF229 井区多井位未发育,整体厚度较薄,多在 1~3m 之间, JF229-3-3 井处河道最大厚度为 3.2m。

5 小层时期沉积作用较弱,河道砂体为一期沉积,夹泥质夹层。根据横切河道剖面,沉积中心部位位于 JF229-7-6 井,厚度为 5.9m,宽度在 380m 左右(图 16)。

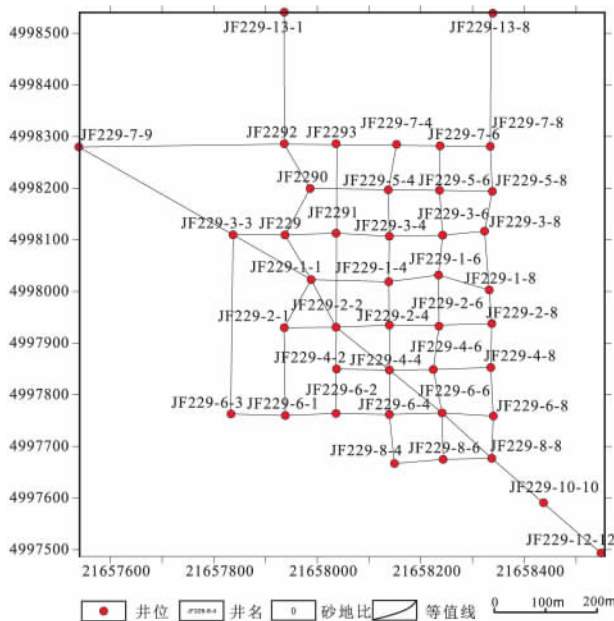


图 12 JF229 井区连井骨架剖面示意图

Fig. 12 Schematic diagram of the well-tie framework section in the JF-229 well field

9 小层时期水动力条件较强,发育两条河道,每条河道均为两期。

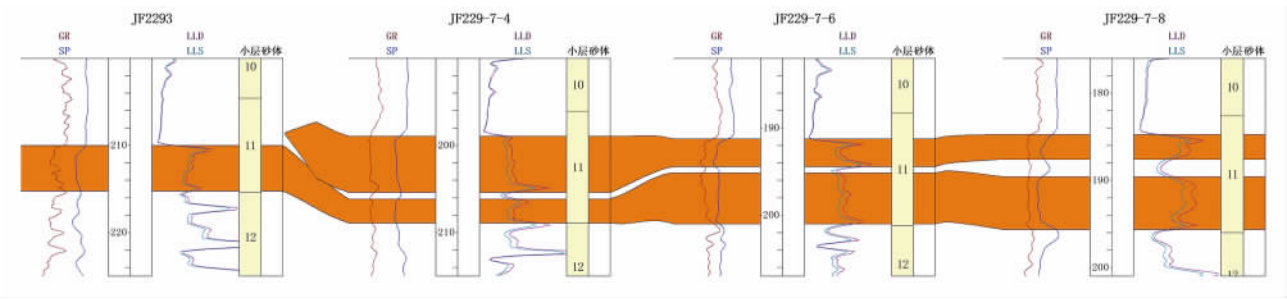


图 13 11 小层河道砂体拆分剖面
Fig. 13 Channel sandstone section across No. 11 layer

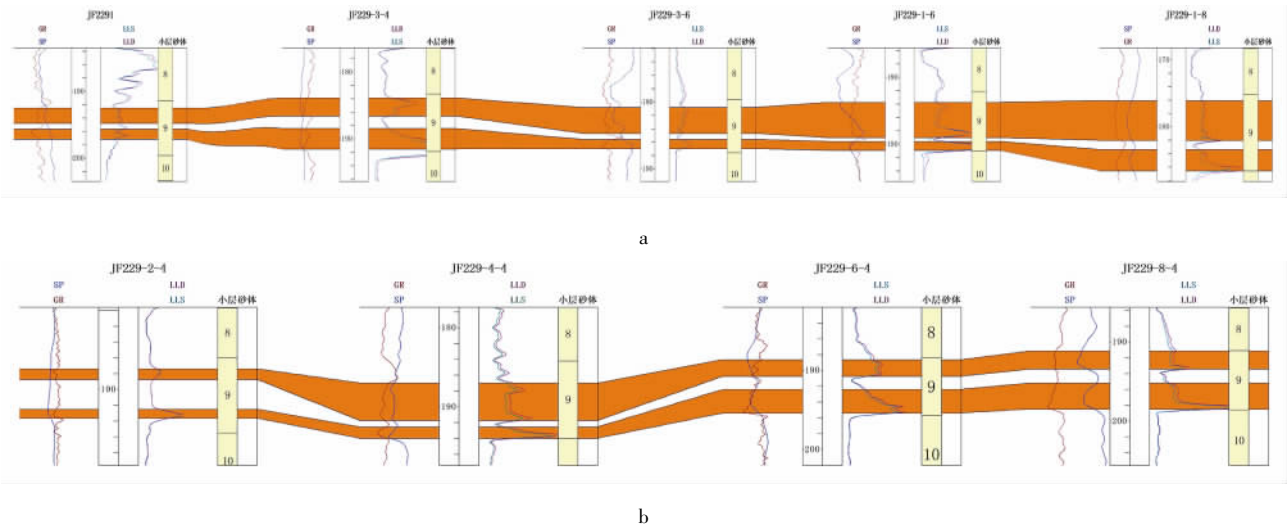


图 14 9 小层河道砂体拆分剖面 1(a) 9 小层河道砂体拆分剖面 2(b)
Fig. 14 Channel sandstone section across No. 9 layer

通过对 JF229 井区河道砂体拆分,可以看出,本区三角洲前缘沉积时期复合河道的宽度虽然较大,但单河道的宽度较窄,多在 200 ~ 600m。单河道的厚度较薄,虽然单期河道中心部位厚度 4 ~ 10m,但河道砂体主体沉积厚度多在 3 ~ 6m。同一时期单河道沉积中心变化较大,河道摆动频繁。单井内较厚的复合砂体往往系单河道中心部位沉积与其它时期单河道的翼部组成,以上因素共同作用导致了储层平面上与垂向上的非均质性。有利砂体位置多处 在河道叠加的部位 [14]。

4 沉积模式及演化

4.1 沉积相平面展布与垂向演化

在野外资料研究、岩心观察描述、沉积相标志识别及小层划分对比的基础上,结合区内砂地比砂厚等值线图以及横-纵向剖面连井分析,绘制本区 1、3、5、7、9、11 小层沉积微相平面图(图 17),以此分析研究区砂体的展布规律以及沉积体系的演化规律。

11 小层沉积时期,本区三角洲发育,与 12 小层相似,整体属于三角洲前缘沉积环境。在区块东北部和东南部地区发育两条水下分流河道,水下分流河道汇聚于区块中部,向 SW、NW 向扩散。研究区中部为河道交汇处,井位控制的 JF204、JF219 井区砂厚大都在 8m 以上,下游支流河道砂厚在 2 ~ 4m 之间,砂地比在 0.4 左右。

10 小层至 9 小层沉积时期,本区整体仍属于三角洲环境。根据岩心、测井资料显示,10 小层时期发生了一次短暂的湖侵-湖退,岩心显示夹中厚层暗色泥岩。9 小层正处于垂向上两期河道之间发生摆动的时期,砂体厚度变化迅速,砂地比变化幅度较大。该时期发育 NE 与 SE 向两条河道,北东向的 JF268 井与南东向的 JF215 井砂厚均在 6m 以上,砂地比 0.9 以上。河道汇聚于中部后往西侧分流成 6 条支流,支流河道砂体发育较稳定,砂厚维持在 8m 左右。

8 小层至 7 小层是本区砂体分布最稳定、砂厚最大的层位,沉积进行时期处于稳定三角洲前缘环境,

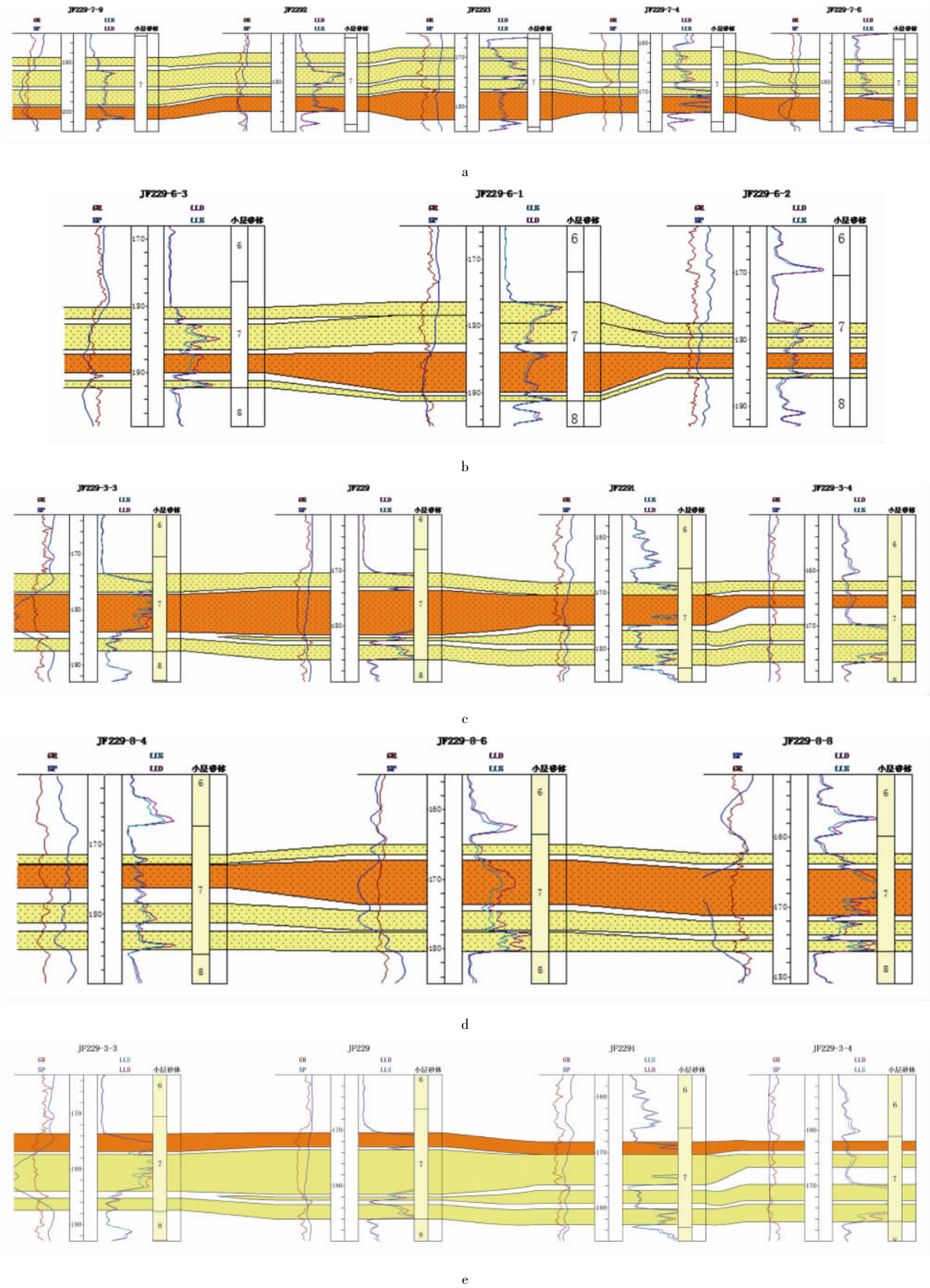


图 15 7 小层第一期(a)、第二期(b)、第三期(c、d)、第四期(e)河道砂体拆分割面
Fig. 15 Channel sandstone sections across No. 7 layer

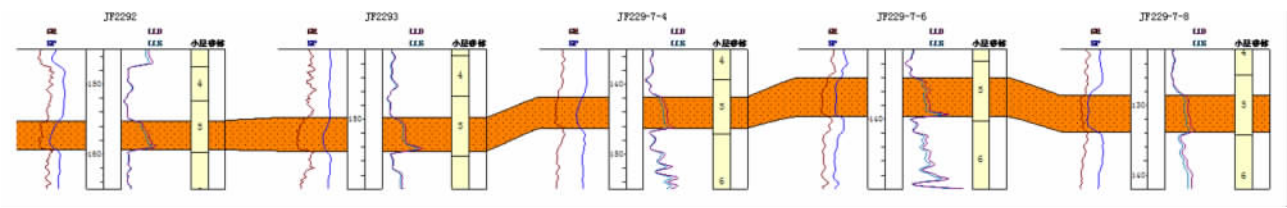


图 16 5 小层河道砂体拆剖面
Fig. 16 Channel sandstone sections across No. 5 layer

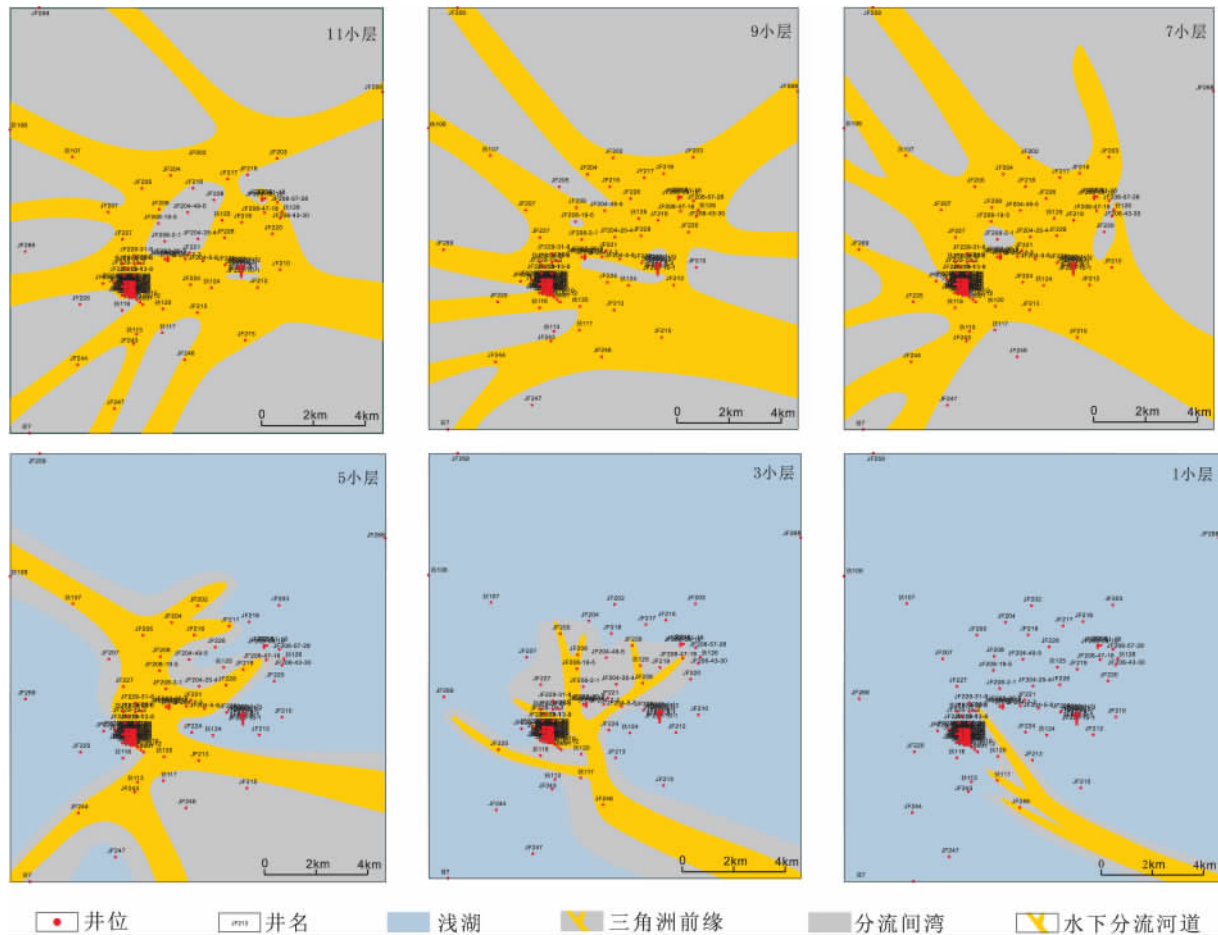


图 17 永平地区泉四段沉积微相展布图

Fig. 17 Distribution of the sedimentary microfacies in the 4th member of the Quantou Formation in the Yongping region

由一条水下分流河道从 NE 侧进入研究区。研究区中心砂地比较高,在 0.69 至 0.8 之间,砂厚 11 ~ 16m,砂体连续展布,连通性较好。河道经过研究区中心后向 NW、SW 向扩散为 8 条支流。本层河道发育多个期次,河道发生连片叠加而形成厚层砂体。

7 小层与 5 小层之间发生第 2 次短暂的湖侵,此次湖侵时间虽很短但是规模较大。由于此次湖侵期三角洲前缘向东南侧退缩,湖相沉积渐渐开始在区内取代三角洲前缘沉积,岩性上表现为大面积泥岩发育。虽然 5 小层的中期发生了湖退,但受此次湖侵影响,研究区水下分流河道数量和规模大大

减小,砂地比减小,砂体变薄。仅发育有一条 SW 向水下分流河道,主河道砂地比在 0.6 ~ 0.8 之间,砂厚在 4 ~ 5m 之间。河道汇聚后向 NW、SW 向放射为 3 条支流,规模均较小。

5 小层之后在全区岩性为一套稳定厚层暗色泥岩,砂体以夹层形式存在于泥岩之中。1 小层至 4 小层中,每小层平均存在的单砂体数目不超过 2 个,厚度不足 1m,属于稳定的浅湖相沉积。此时本区由三角洲前缘环境向浅湖环境过渡完毕。

4.2 沉积演化

根据以上研究,结合盆地区域其它成果资

料^[17-23],建立永平地区泉四段沉积演化模式图(图18)。永平地区处于扶余三角洲上的一个局部部位(红色部分为研究区所在位置),与相邻区域的沉积演化具有一定共通性。研究区泉四段主体发育三角洲前缘,物源方向主要为SE向,来自于怀德-长春沉积体系。区内水下分流河道的频繁摆动造成河道砂体平面上与垂向上的相互切割、叠加形成连片的复合河道砂体。沉积过程中受到3次湖侵-湖退影响,形成砂泥岩互层,泉四段后期发生广泛湖侵,以厚层湖相泥岩覆于砂泥互层之上。

5 结论

(1)永平地区泉四段划分为4个砂组,12个小层。其中Ⅰ砂组4个小层,Ⅱ砂组3个小层,Ⅲ砂组

2个小层,Ⅳ砂组3个小层。主要发育湖泊相和曲流河三角洲相,亚相为浅湖与三角洲前缘,包括浅湖泥、水下分流河道、分流间湾3个微相。

(2)通过JF229井区进行密井网精细小层对比,鉴别出本区发育9期河道,11小层划分为2期河道,9小层划分为2期河道,7小层划分为4期河道,5小层划分为1期河道。单期河道主要为SE—NW向,与大区物源方向一致。河道中心部位厚度在4~10m之间,宽度在200~600m之间。

(3)永平地区泉四段经历三角洲转变为湖泊的发育过程,垂向上划分出3次湖侵-湖退的过程,最终在泉四段末期由三角洲前缘向湖泊完成过渡,进入稳定浅湖相沉积。

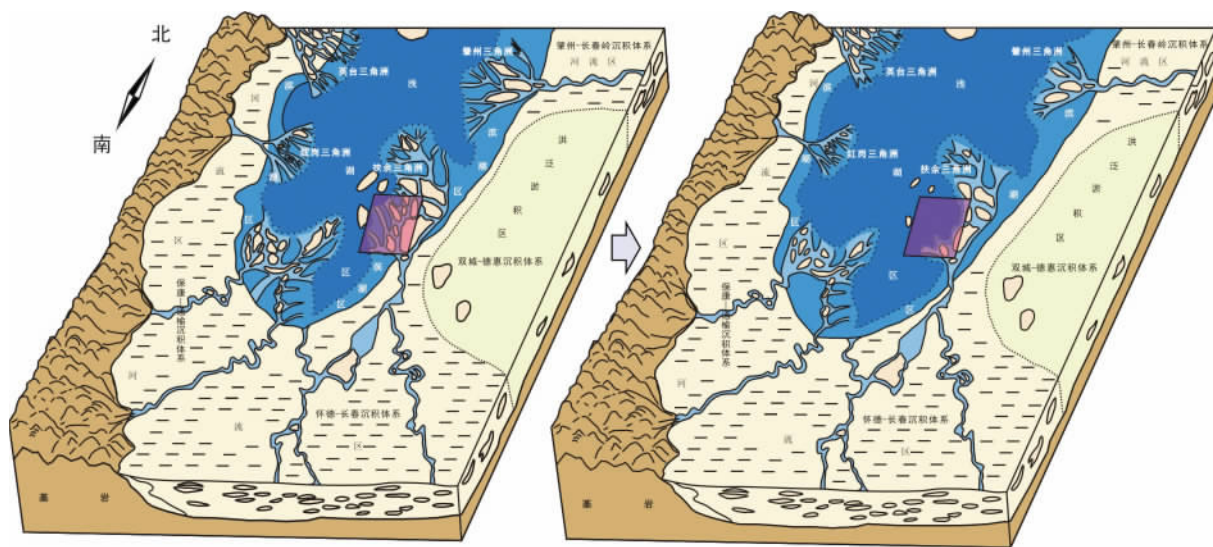


图18 永平地区泉四段沉积演化示意图(据何鲤修改,1993)

Fig. 18 Model showing the sedimentary evolution of the 4th member of the Quantou Formation in the Yongping region(modified from He Li, 1993)

致谢:感谢审稿专家及编辑部老师对本文提出的宝贵建议,在此致以诚挚的谢意!

参考文献:

- [1] 张庆国,鲍志东,宋新民,等.扶余油田扶余油层储集层单砂体划分及成因分析[J].石油勘探与开发,2008,35(2):157-163.
- [2] 关德师,李建忠.松辽盆地南部岩性油藏成藏要素及勘探方向[J].石油学报,2003,24(3):24-27.
- [3] 张鑫.松辽盆地南部泉四段物源判别与沉积特征[J].大庆石油学院学报,2011,35(5):16-21,114.
- [4] 梁昌国,王志章,林承焰.松辽盆地扶余油田白垩系泉四段沉积微相研究[J].西南石油大学学报(自然科学版),2008,30(2):69-73.
- [5] 侯伟,樊太亮,王海华,等.长岭凹陷沉积微相对岩性油气藏的控制作用——以腰英台地区青山口组为例[J].沉积与特提斯地质,2011,31(2):26-33.
- [6] 张庆国,鲍志东,那未红,等.松辽盆地中央坳陷南部白垩统泉头组四段沉积相[J].古地理学报,2007,9(3):267-276.
- [7] 李延平,于坤,姜耀俭,等.松辽盆地泉四段扶余油层地层层序新认识[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2007,37(6):977-982.
- [8] 胡学智,鲍志东,那未红,等.松辽盆地南部扶余油田泉头组四段沉积相研究[J].石油与天然气地质,2008,29(3):334-341.
- [9] 连承波,钟建华,杨玉芳,等.松辽盆地龙西地区泉四段砂岩岩石学特征及其对储层物性的影响[J].沉积与特提斯地质,2010,30(1):61-66.
- [10] 张宇.松辽盆地扶余油田泉头组沉积微相的研究[D].兰州:兰州大学,2010.

- [1] 邓宏文,王红亮,宁宁. 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.
- [2] 孙雨,张金岩,马世忠,等. 扶新隆起带南部扶余油层高分辨率层序地层分析 [J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2013, 37(4): 7-14.
- [3] 封从军,鲍志东,单后铜,等. 三角洲平原复合分流河道内部单砂体划分——以扶余油田中区南部泉头组四段为例 [J]. 石油与天然气地质, 2012(1): 77-83.
- [4] 金振奎,时晓章,何苗. 单河道砂体的识别方法 [J]. 新疆石油地质, 2010, 31(6): 572-575.
- [5] 李军,宋新民,薛培华,等. 扶余油田杨大城子组曲流河相油藏单砂体层次细分及成因 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 119-125.
- [6] 赵大林. 松辽盆地南部永平油田 JF229 井区泉四段沉积环境及单砂体研究 [J]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [7] 刘鸿友,沈安江,王艳清,等. 松辽盆地南部泉头组—嫩江组层序地层学与油气藏成因成藏组合 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(4): 469-473.
- [8] 胡明毅,马艳荣,刘仙晴,等. 大型坳陷型湖盆浅水三角洲沉积特征及沉积相模式——以松辽盆地茂兴-敖南地区泉四段为例 [J]. 石油天然气学报, 2009, 31(3): 13-17.
- [9] 栾海波. 松辽盆地永平油田油藏开发地质与开发部署研究 [J]. 成都: 成都理工大学, 2011.
- [10] 汪海燕. 松辽盆地北部中央凹陷去泉头组四段层序地层及沉积演化研究 [J]. 成都: 成都理工大学, 2009.
- [11] 孙雨,马世忠,丛琳,等. 松辽盆地阜新隆起带南部扶余油层沉积特征及沉积模式探讨 [J]. 沉积学报, 2012, 30(4): 706-715.
- [12] 闫丽萍. 松辽盆地南部泉四段沉积体系分析 [J]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [13] 陈少军,董清水,宋立忠,等. 松辽盆地南部泉四段沉积体系再认识 [J]. 大庆石油地质与开发, 2006, 25(6): 4-8.

Sedimentary microfacies and evolution of the 4th member of the Quantou Formation in the Yongping region, southern Songliao Basin

WU Liang-jun¹, ZHAO Da-lin², LU Shi-cong², WANG Fu-kui³, WANG De-hai¹

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China; 2. Bohai Research Institute of Petroleum, Tianjin Branch, CNOOC, Tianjin 300452, China; 3. Chengde Petroleum College, Chengde 067000, Hebei, China)

Abstract: The 4th member of the Quantou Formation in the Yongping region, southern Songliao Basin is divided, in terms of core examination, sedimentary structure, mineralogy and well logs, into lake and meandering delta facies, including two sedimentary subfacies such as shallow lake and delta front subfacies, and three sedimentary microfacies such as shallow lake mud, subaqueous distributary channel and interdistributary bay microfacies. With the aid of the division and correlation of the layers and sand sets based on the closely-spaced well patterns of JF-229 well field, the 4th member of the Quantou Formation may be subdivide into 12 layers or 9 phases of channels. The delta front deposits once persisted in the study area during the early stage of the deposition of the 4th member of the Quantou Formation. There occurred a short period of transgressive-regressive lake cycles during the deposition of the 10th layer, followed by the delta front deposits again. At the end of the deposition of the 4th member of the Quantou Formation, the wide-spread transgressions were initiated during the deposition of the 4th layer. Finally a sedimentary model is presented for the 4th member of the Quantou Formation, and thus may provide evidence for the delineation of the favourable reservoir sandstones in the Yongping region.

Key words: Yongping region; 4th member of the Quantou Formation; sedimentary microfacies; correlation; sandstone division; sedimentary evolution