

松辽盆地北部他拉哈 - 齐家地区姚一段沉积 与成藏特征再认识

杨玉芳^{1,2}, 钟建华^{1,3}, 司维柳⁴, 倪良田³, 陈志鹏³

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039
3. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061 4. 大港油田 勘探开发研究院, 天津 大港 300280)

摘要: 综合 20 口井岩心和 496 口井测井、录井及分析化验资料, 对松辽盆地他拉哈 - 齐家地区姚一段葡萄花油层进行高分辨率层序地层研究, 提出葡萄花油层北、西部为同沉积构造抬升控制的底部缺失的层序地层新格架。研究区最有利相带砂体为窄而细的末梢河道砂、薄层河口坝及席状砂体, 而研究区北半部大量宽泛的厚层优质河道砂却不含油, 为大面积含水区。研究总结发现, 砂体发育与岩性油气藏分布均受控于一挠曲坡折带, 坡折带以内为低水位体系域沉积质量中心, 砂岩厚薄相间, 可形成地层超覆圈闭; 坡折带之下为 3 个层序低水位和水进体系域三角洲前缘砂体叠合区, 发育的砂岩较薄且连通性差, 是多层位岩性圈闭和上倾尖灭型圈闭发育区; 坡折带之上以水进体系域平原相及前缘相的大量厚层河道砂体为主, 但因连通性好, 油气易散失, 不易形成岩性圈闭, 而成为大范围的含水区。坡折带“控层”“控相”“控砂”“控藏”的理论在本研究区又一次得到极好的应用与验证。

关键词: 沉积特征; 成藏特征; 坡折带控油; 他拉哈 - 齐家地区; 松辽盆地

中图分类号: TE122.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-8527(2010)02-0301-10

Re-explanation for Deposition and Reservoir Characteristics of the First Member of Yaojia Formation in Talaha-Qijia Area of Songliao Basin

YANG Yu-fang^{1,2}, ZHONG Jian-hua^{1,3}, SIW ei-liu⁴, NI Liang-tian³, CHEN Zhi-peng³

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640 China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039 China; 3. Institute of Earth Resources and Information, University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061 China; 4. Dagang Oilfield Exploration and Development Research Institute, Dagang, Tianjin 300280 China)

Abstract By using the high-resolution sequence stratigraphy theory through depositional dynamic analysis, the cores of 20 wells and 496 well logging data, Putaohua reservoir of the Talaha-Qijia area in Songliao Basin is divided as 1 long-term base level cycles, 3 medium-term base level cycles, 8 short-term base level cycles, proposed a new framework with the sedimentary structure lifting control the north and west of Putaohua reservoir. Fine study of sedimentary characteristics reveals that the most favorable facies sandbody is narrow submarine river sandbody, thin channel mouth bar and sheet sandbody. In the northern half of the study area a large number of broad thick favorable submarine river sandbody is not oily but water-bearing zone. It is realized that sandbody development and distribution of lithologic reservoirs are controlled by a slope break. A reawithin slope break is the LST for the center of mass deposition, which is thick or thin layer of sandstone, and can form the stratigraphic overlapped traps. A reawithin slope break is the delta front facies sandstone superimposed zone of LST and TST of 3 sequences with the development of thin sandstone and poor connectivity, and is a multi-layer lithologic trap development zone. A reawithin slope break has a large number of plain and front facies thick channel sand body of TST. Its connectivity is good, so oil and gas are easily lost and difficult to form a lithologic

收稿日期: 2009-07-20 改回日期: 2009-11-15; 责任编辑: 孙义梅。

基金项目: 国家重点基础研究计划“973”项目(2006CB202406); 教育部博士点基金项目(20050425515)。

作者简介: 杨玉芳, 女, 博士研究生, 1977 年出生, 石油地质学专业, 主要从事石油构造地质和油气田开发地质方面的研究工作。Email: yufangyang2005@sina.com

trap. This area had become a large-scale water-bearing zone. All shows that “the slope break controls the distribution of stratum, facies, sands, traps and oil reservoirs” theory has once again been an excellent application and verification in the study area.

Key words deposition characteristic; reservoir characteristic; slope break control trap; the Talaha-Qijia area; Songliao Basin

0 引言

前人对松辽盆地的沉积与成藏特征已做了大量的研究工作^[1-9], 取得了很多成果, 但尚存在一些不足: (1)对于泉头组至姚家组的浅水湖泊-三角洲沉积特征研究较多, 而对于姚一段低水位体系域三角洲沉积特征研究较少; (2)对于大庆长垣地区沉积特征研究较精细, 而长垣以西的向斜区研究较薄弱; (3)对长垣以西地区的认识目前只停留在零散区块的地质研究或单井资料, 没有宏观认识作指导及进一步的精细研究为依据。因此, 油田的扩边、空白区布井及剩余油挖潜十分困难。本文在前人研究的基础上, 以高分辨率层序地层学及沉积学等理论为指导, 通过 20 口井岩心精细观察与描述, 综合利用 496 口井的测井、录井及分析资料, 并结合区域构造演化和其他辅助资料, 对松辽盆地他拉哈-齐家地区姚一段葡萄花油层进行地层精细划分与对比, 将葡萄花油层划分为 1

个长期基准面旋回、3 个中期基准面旋回、8 个短期基准面旋回, 以中期基准面旋回为编图单位编制精细的沉积相平面图, 以较高的精度揭示该区沉积体系的时空展布规律, 这对砂体成因和展布、储层物性和非均质性的研究具有重要意义, 也是油田进行扩边、调整、挖潜、动态分析及剩余油研究的重要地质条件, 并为下一步在向斜区寻找岩性圈闭油气藏提供可靠的地质资料。

1 地质概况

研究区位于黑龙江省大庆市杜尔伯特蒙古族自治县境内, 面积约 3 000 km²; 构造上位于松辽盆地中央坳陷区西北部, 东邻大庆长垣, 西接泰康隆起带, 包括龙虎泡阶地和齐家-古龙凹陷的北半部(图 1)。受基底断裂控制, 整体为一东倾单向斜坡紧邻大型凹陷的构造格局, 钻井揭示该区地层主要由中、新生界组成, 自下而上为上侏罗统、白垩系、古近系、新近系和第四系, 其中

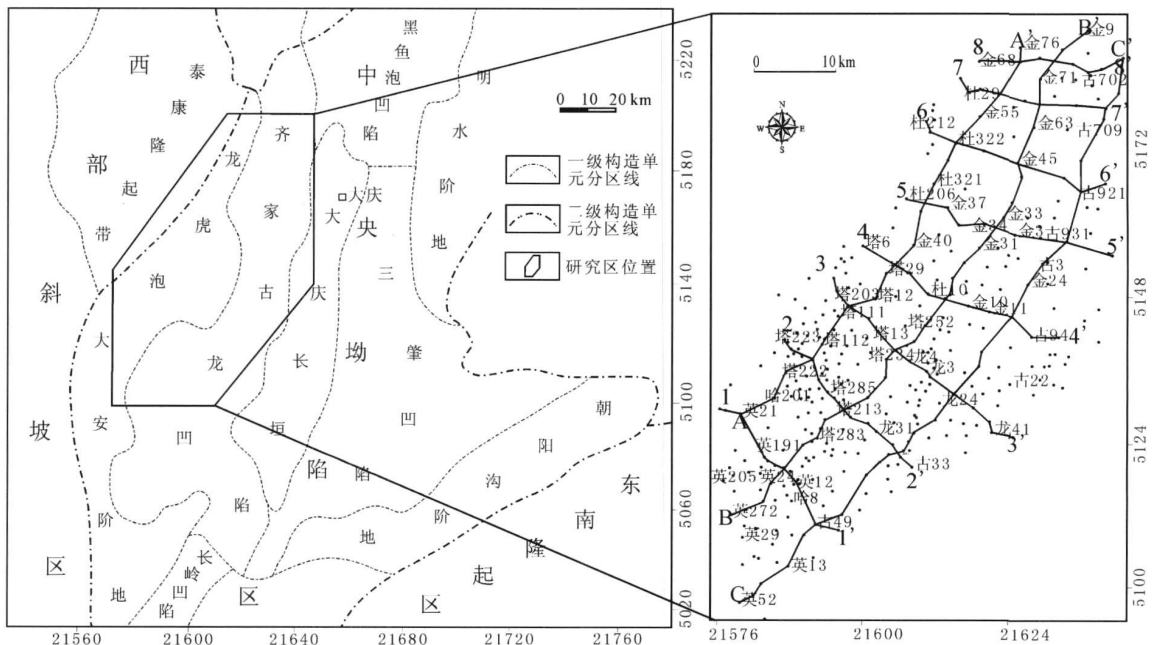


图 1 松辽盆地北部构造单元划分及研究区位置图

Fig. 1 Structural unit division of northern Songliao Basin and location of the study area

下白垩统为主要的沉积岩系,也是主要产油层,自下而上进一步细分为登娄库组、泉头组、青山口组、姚家组和嫩江组。姚家组一段(姚一段)为该区重要的储层及含油层位。葡萄花油层属于松辽盆地北部沉积体系,是由北部讷河-依安物源、西部英台物源及西北部齐齐哈尔物源等延伸形成的三角洲复合体,以三角洲内、外前缘相沉积为主。他拉哈-齐家地区葡萄花油层属于大型凹陷边缘斜坡带成藏,油藏类型主要是复杂的岩性、岩性-断层油藏,为松辽盆地北部重要的岩性油藏分布区。

2 层序地层特征

2.1 层序界面识别

层序界面识别是实现高分辨率层序地层划分与对比的基础和关键,而界面的识别一般有两种情况:(1)区域不整合面及其对应的整合面;(2)规模较大的湖泛面。研究区葡萄花油层顶底皆发育大套前三角洲沉积的湖相泥岩,深湖相泥岩展布稳定,标志明显,易于追踪对比;葡萄花油层本身也多为湖平面以下的三角洲前缘沉积,砂岩相对泥岩变化较大,空间上容易产生尖灭,因而本次研究主要选取湖泛面作为层序界面。

长期基准面即三级层序界面在本区可通过地震相、测井相及岩心、岩性相等标志进行识别。

整个葡萄花油层构成三级层序 VII(全盆地三级层序框架)的基准面上升半旋回,其底界(命名为 SB III 1 界面)为明显的侵蚀间断面,顶界(命名为 SB III 2 界面)为一明显的沉积转换面。SB III 1 界面是基准面初始上升时的最低点、水体最浅(或处于陆上暴露状态,可见根土岩)时的沉积界面,在三角洲沉积体系中,基准面位于最低点时,可容空间最小,沉积物供应最多, A/S 比值达到最小,湖盆整体处于饱和沉积状态,沉积速率较快,水体较浅,多为砂质沉积。随着基准面不断上升,可容空间逐渐增大,沉积物供应减小,至 SB III 2 界面达到最大湖泛期,此时沉积水体最深,沉积暗色泥质沉积。

中期基准面旋回由一系列短期基准面旋回叠加而成。中期旋回的类型受短期旋回的结构类型和构造样式控制,在测井剖面中表现为同一沉积体系中相似或相邻相序的退积-进积组合的测井相转换面或突变面,即该界面之下地层的叠加样式一般为退积式,而该界面之上则应为进积式或加积式地层样式。本区葡萄花油层表现为越过该界面湖水由总体上的向上变深跳跃为另一期的向上变深,该界面为一阶段性的相对最大湖泛面。葡萄花油层在葡 I 3 与葡 I 6 小层顶部沉积时期发育两次较大的水进面,在古龙凹陷及周边沉积一层稳定的泥岩,据此把葡萄花油层划分为 3 个中

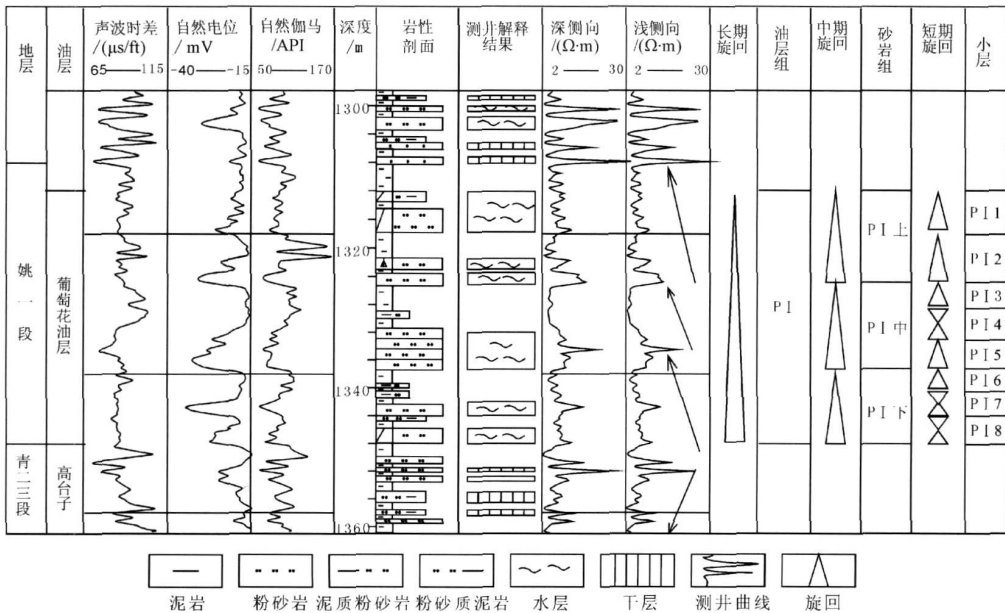


图 2 研究区葡萄花油层高分辨率层序地层划分柱状图(塔 113 井)

Fig. 2 High resolution sequence stratigraphy division of the Putaohua Reservoir of the study area (well Ta113)

期旋回(图2),如塔113井1325.80m处及1337.50m处泥岩即为中期旋回的界面,整体表现为3期快速水进的中期基准面上升半旋回沉积。

短期基准面旋回是高分辨率层序地层格架建立和分析的基础地层单元,其识别主要通过岩心、测井、露头等资料判定。短期旋回的层序结构主要依靠相或相序的变化来确定,它可以是记录有基准面上升期和下降期沉积的、具二分时间单元分界线的完整旋回,或代表仅发育上升期,抑或下降期沉积的不完整旋回。如塔285井1560m处水平层理泥岩即为短期基准面旋回层序界面,他拉哈-齐家地区葡萄花油层可以识别出8个短期旋回。其中,第4、第7与第8个短期旋回均由完整的基准面上升与下降半旋回组合构成。

2.2 地层精细对比方法

地层(短期基准面旋回)精细划分与对比,是平面沉积微相研究的基础,直接影响到储层研究的精准度。以高分辨率层序地层学理论为指导,应用陆相油层对比方法,建立研究区统一而精细的单砂体级等时地层格架。对比遵循的原则如下:

(1)利用葡萄花油层顶底发育的标准层确定长期基准面旋回,葡萄花油层顶部广泛发育低电阻、高伽马层,向上突变为高电阻、低伽马钙质标准层,葡萄花油层中部明显有2个高伽马、低电阻的泥质夹层,为中部标准层,据此将葡萄花组地层分为3个明显的正旋回。葡萄花油层下部大套暗色泥岩中广泛发育3套中低电阻、高伽马的标准层,顶底标准层对葡萄花油层准确对比起到至关重要的控制作用(图3)。(2)依据地层叠加样式和标准层系列组合标志对比中期基准面旋回,中期基准面旋回发育稳定的地层叠加样式。(3)结合河道上平下凹的沉积模式、三维相组合验证方法、同生断层模式、平衡厚度对比法、砂体成因移界法等

确定短期基准面旋回界面,最后以封闭骨架剖面检验并确定短期、超短期旋回对比。

2.3 高分辨率层序地层划分

层序界面的准确识别和地层的精细划分是地层对比的前提条件。Cross的高分辨率层序地层学理论表明,基准面旋回的变化控制不同级别的地层旋回,也必然形成不同级别的层序界面。根据各级次层序界面和湖泛面的层序地层学意义,以及不同级次基准面升降运动所导致的地层旋回过程和沉积学响应特征,结合钻井岩心、测井、沉积特征、地震资料及陆相盆地基准面旋回级别划分方案,将研究区葡萄花油层划分为1个长期旋回、3个中期旋回和8个短期旋回(图2)。其中长期、中期和短期旋回层序分别与前人提出的油层、砂岩组和小层砂体划分方案相当。

2.4 层序地层格架建立

优选平行和垂直物源方向的11条连井剖面(南北方向3条、东西方向8条,图1)进行地层划分与对比,分析地层旋回性和层序特征在纵向和横向的变化,建立研究区葡萄花油层高分辨率层序地层对比格架。

2.4.1 南北向层序剖面

南北向层序剖面平行物源方向,旋回的构造样式明显受物源的远近和所处的构造位置影响。研究区北部靠近物源区,沉积物供给充足,可容纳空间相对较小,河道微相发育,多发生冲刷剥蚀。向湖盆方向远离物源区,沉积物供给较少,可容纳空间逐渐增加,河口坝和席状砂微相发育,多发生垂向加积作用。

南北方向上,剖面A-A'(图4剖面位置见图1)显示,葡萄花油层地层厚度变化较大。塔181-1井最厚,达40m,杜321井最薄,仅为15m。地层厚度差最大为25m,最大减薄率为

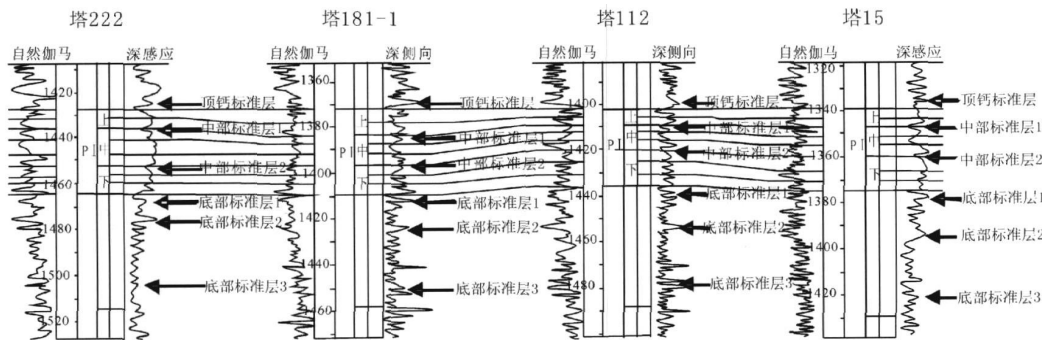


图3 研究区葡萄花油层标准层控制对比

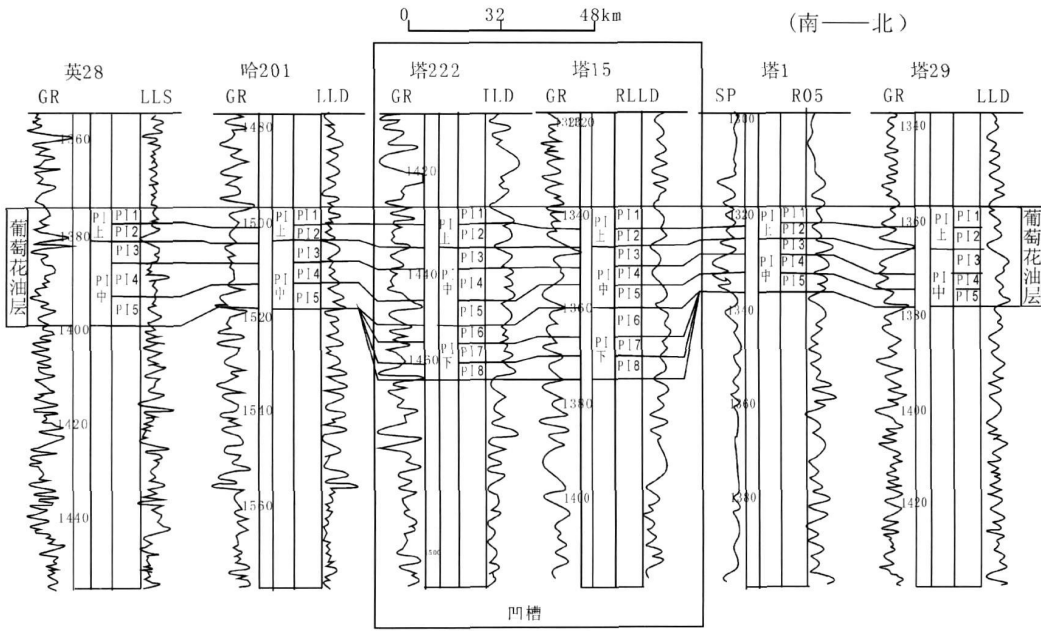


图 4 研究区葡萄花油层南北向层序剖面 (A-A')

Fig. 4 North to south sequence section of Putaohua Reservoir(A-A')

62.5%。剖面中南部地层厚度较大, 最北齐家地区和最西英 21 井区地层厚度较薄。

层序剖面表明: (1)葡萄花油层底部(葡 I 6-8 小层)向北、向西方向缺失。(2)葡萄花油层上部和中部分小层沉积稳定, 向北略微减薄, 没有尖灭。(3)葡萄花油层底部(葡高界面)为一不整合沉积间断面, 对应于地震反射界面 T₁₋₁, 为三级层序分界面。(4)南北方向上, 葡萄花油层地层厚度变化较大, 且变化幅度不均一, 在哈 201 与塔 1 井之间出现一个沉积槽谷(此带发育有利的储层), 笔者认为其原因与高台子时期发育的大量同沉积断层的继承性活动密切相关。

2.4.2 东西向层序剖面

东西向层序剖面近垂直物源方向, 旋回的样式变化主要受构造差异、同生断层、水系位置、沉积微相等因素控制。受构造位置、沉积物供给量、可容纳空间变化等因素影响, 沉积物堆积样式变化较快, 砂体厚度向两侧迅速尖灭。

东西方向上, 剖面 3-3'、剖面 5-5' (图 5 剖面位置见图 1)显示, 龙西地区、龙虎泡南部及古龙凹陷带内地层发育较全。古 573 井区地层最厚, 为 70.5 m, 龙西地区地层较薄, 最薄为塔 1 井 18.5 m。最大厚度差 52 m, 减薄率为 73.8%。

层序剖面表明: (1)葡萄花油层底部(葡 I 6-8 小层)向西逐级缺失, 地层自西北向东南增厚。

(2)凹陷构造带内葡组地层发育较全, 阶地范围内局部地区缺失葡 I 6-8 小层。(3)自东向西, 整体地层呈上超的趋势, 上超面即为不整合面。(4)葡萄花油层中、下部沉积时期为水进早期, 湖面最浅, 河道微相最为发育, 冲刷作用最强。

2.5 层序剖面分析结论及证据

长垣以西地区葡萄花油层为大型凹陷盆地缓坡带河控浅水三角洲沉积体系, 自底部→中部→上部整体为一水进序列沉积, 底部为初始水进期, 顶部为最大水进期, 由下部的高台子湖泊收缩体系域转换为湖泊扩张体系域, 整体为低水位体系域→水进体系域→高位体系域构成, 反映由基准面下降转换为基准面上升的过程。转换面位于葡萄花油层底部, 即此时西部地区(齐家以西、英台西部)构造抬升相对最高、可容空间相对最小、湖盆萎缩最小、水体最浅、三角洲进积最大、冲刷作用最强。葡萄花油层下部地层在西南及西北部地区缺失, 缺失范围向西北逐渐减小, 地层超覆方向为自东南向西北方向。

缺失的依据如下: (1)葡萄花油层下部地层自东向西逐渐尖灭, 与古龙凹陷南部葡 I 8 小层底存在的不整合面一致; 在葡萄花油层底部沉积时期, 在松辽盆地发育一个较大规模的不整合面, 这个不整合面在古龙南地区及大庆长垣上都有发育。(2)英 141-1-1 密闭取心井垂向层序揭示葡萄花

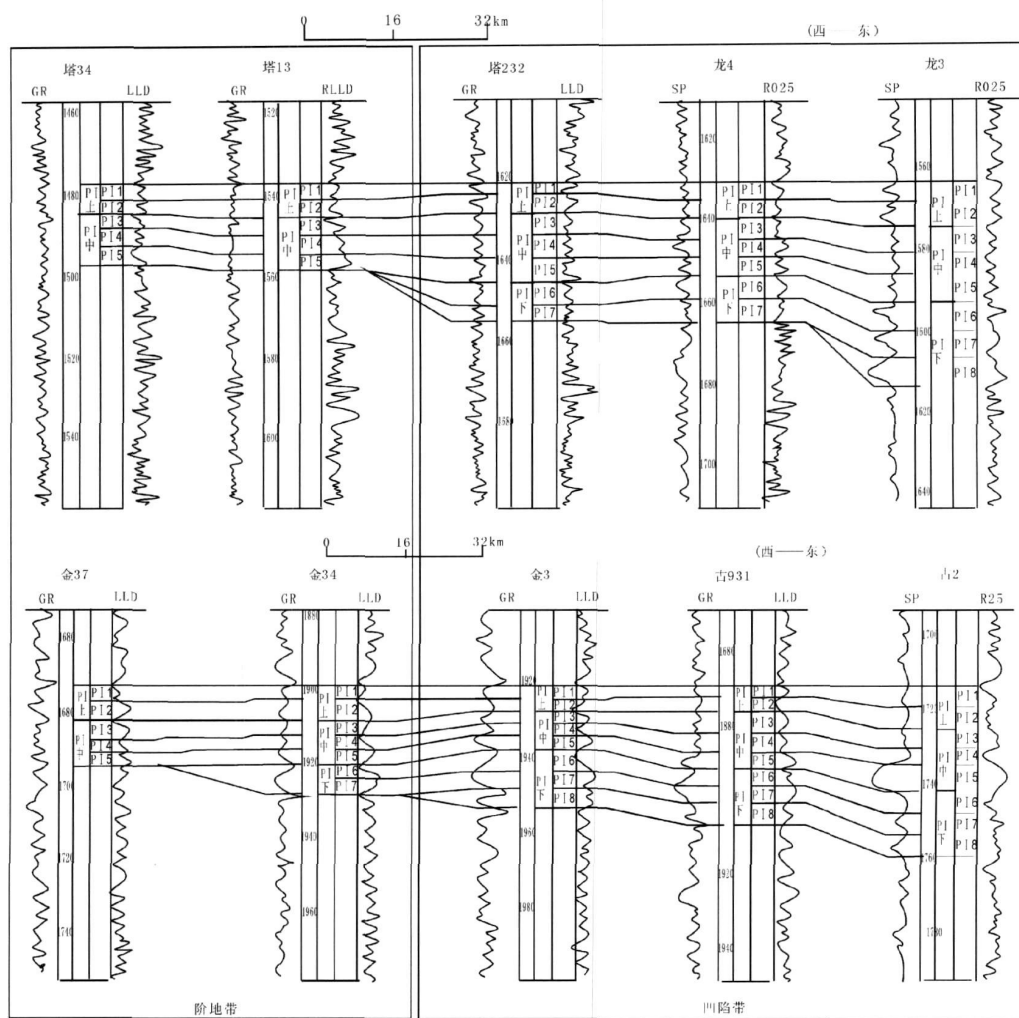


图 5 研究区葡萄花油层东西向层序剖面 (3- 3', 5- 5')

Fig 5 East to west sequence section of Putaohua Reservoir (sections 3- 3', 5- 5')

油层底部 (葡 I 8) 时间单元为最大水退期、葡高界面处可见陆上暴露痕迹。岩心垂向变化为: 根土岩 (1 820 m, 高台子油层高零砂岩组顶部, 三角洲平原亚相) → 浅灰、灰白色块状、平行层理含油粉砂岩 (1 820~ 1 815.8 m, 葡 8- 葡 7, 分流河道、三角洲平原亚相) → 紫红色、杂灰绿色泥质沉积 (1 812 m 和 1 808 m, 葡 7- 葡 6, 泛滥平原、三角洲平原亚相) → 浅灰、灰白色波状层理含油粉砂岩 (1 808~ 1 805 m, 葡 5, 水下分流河道、三角洲前缘亚相) → 浅灰色平行、微波状层理粉砂岩 (1 804 m, 葡 I 5- 葡 4, 河口坝, 三角洲前缘亚相) → 绿、深绿色泥岩、粉砂质泥岩 (1 801 m 和 1 797 m, 葡 4, 葡 3, 水下分流间湾、三角洲前缘亚相) → 灰白色钙质粉砂岩, 显微波状层理, 夹大量薄层泥质条带 (1 786~ 1 780 m, 葡 2, 席状砂, 三角洲前缘亚相) → 深绿色块状泥岩、含粉砂泥岩 (1 775~ 1 773 m, 葡

1, 水下分流间湾、三角洲前缘亚相) → 灰黑、深灰色水平层理泥岩 (1 771.5 m, 萨葡夹层, 前三三角洲泥岩、前三三角洲亚相)。(3) 南北向、东西向层序剖面均表明葡萄花油层 (葡 I 8 小层) 底部为初始水进、湖面最小期。(4) 东西向密集井网层序剖面精细对比准确可信。

3 储层沉积特征

基准面旋回的变化控制储层类型, 短期旋回相对于长期旋回的位置控制着储层沉积特征。葡萄花油层中下部短期旋回砂体相对发育, 含油性好, 构造有利, 是今后剩余油主要挖潜层位。

在短期基准面旋回精细划分的基础上, 绘制长垣以西地区葡萄花油层 400 余口密集探井、评价井及开发井 3 个沉积时间单元的沉积微相, 并将主力河道进行叠合。在这些沉积微相平面上采

纳优势相为主原则, 很好地揭示主力储集砂体的空间展布。沉积微相揭示葡萄花油层垂向演化规律为: 三角洲外前缘席状砂为主(葡萄花油层下) → 三角洲近岸分流平原为主(葡 I & 7小层) → 三角洲内前缘水下分流河道为主(葡 I 7小层) → 三角洲内前缘席状砂为主(葡 I 6小层) → 三角洲外前缘水下分流河道为主(葡 I 5小层) → 三角洲外前缘河口坝、席状砂为主(葡 I 4、3小层) → 三角洲外前缘席状砂为主(葡 I 2小层) → 三角洲外前缘水下分流间湾泥为主(葡 I 1小层) → 前三三角洲暗色泥岩(葡萄花油层上)。

3.1 测井相模式建立

根据区域沉积资料及塔 31 井、古 39 井、古 461 井、龙 10-08 井、龙 124 井、古 463 井、古 83 井、英 141-1-1 等 20 口井岩心观察与大量测井资料的分析, 认为葡萄花油层发育的微相类型有分流河道、泛滥平原、决口扇、水下分流河道、天然堤、河口坝、席状砂、水下决口扇、水下分流间湾等。通过对岩性、电性、物性、含油性等分析, 确定分流河道砂体是研究区主要骨架砂体, 河口坝与席状砂体为辅助型砂体, 且区内沉积物粒度整体稍微偏细, 最粗为中砂(少量), 整体粒度变化不大, 水体在大范围内比较稳定, 但是微

弱的水体动荡非常频繁, 造成同一套单成因砂体往往是由多个不同期次的薄砂体叠置而成, 因此, 在平面上看似大面积连片的砂体往往是由多套独立砂体叠置而成, 其储层垂向非均质性较强, 内部的油水系统可能非常复杂。

在取心井段单井岩心沉积微相精细分析基础上, 用该井层段所对应的测井曲线总结测井相要素特征, 通过分析多井同一微相的测井相要素特征, 总结研究区该微相所共有的测井相要素特征, 建立测井微相模式。通过以上方法建立葡萄花油层测井微相模式(图 6)。

3.2 重点沉积时间单元沉积微相

在地层精细划分与对比的基础上, 时间单元平面沉积微相是认识葡萄花油层储层成因、单砂体展布、油层平面非均质性、开发区扩边及空白区预测的最重要基础。本次研究选取葡 I 下、葡 I 中、葡 I 上 3 个时间单元沉积微相进行重点研究, 通过对沉积微相、断层、构造、动态产能等资料的综合分析, 认清葡萄花油层的油藏类型、聚油规律、控油模式, 这是研究油层精细和驱替规律的基础与关键。

沉积微相揭示长垣以西地区葡萄花油层三角洲前缘亚相发育且以大量密集、或窄或宽的水下

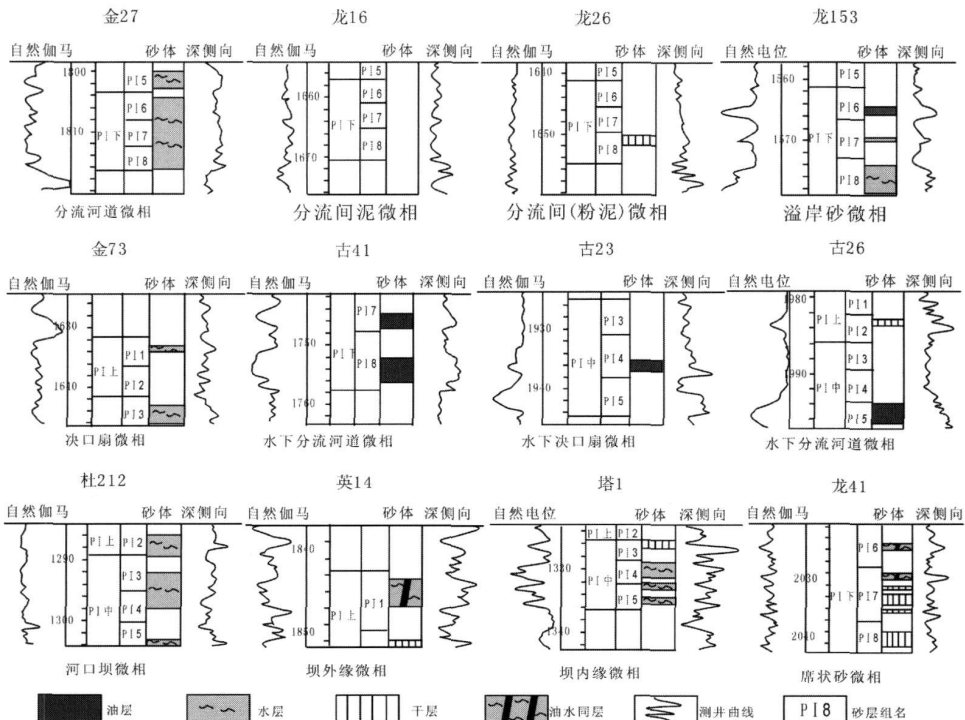


图 6 研究区葡萄花油层测井微相模式

Fig. 6 Logging microfacies model of Putaohua Reservoir

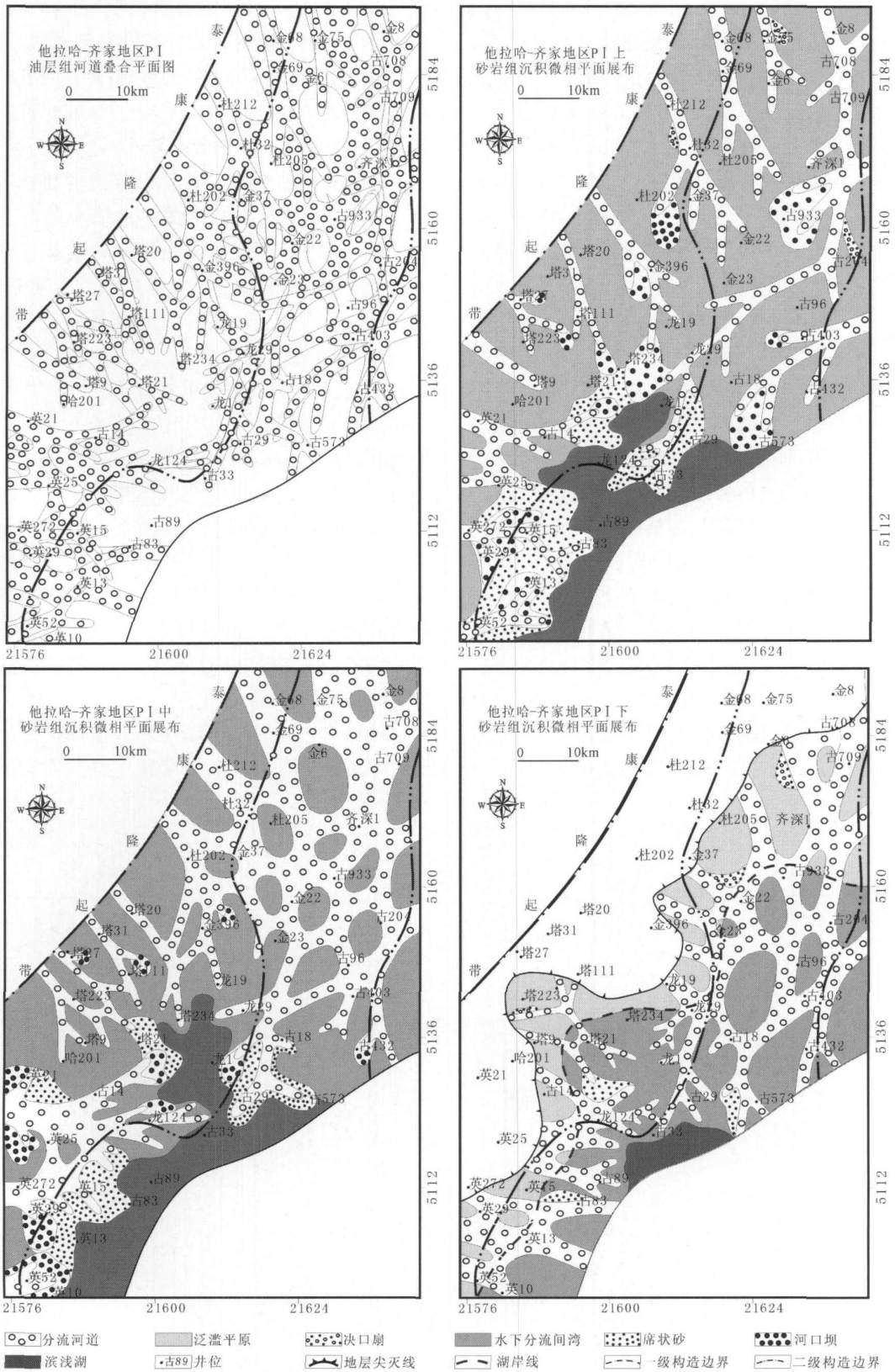


图 7 研究区葡萄花油层各砂岩组主力河道叠合及沉积微相平面图

Fig. 7 The main river channel and sedimentary microfacies plan of Putahua Reservoir

分流河道沉积为主(图 7), 砂体连续且延伸较远, 直至消失变成薄的席状砂。总体上河口坝、远砂坝并不十分发育。分流河道、内前缘相带明显北移, 由于在葡 I 下组时期发生剥蚀作用, 葡 I 中组时期就成为分流河道相带的优质储层范围最大时期, 此时期由北部物源控制的分支河道最为宽泛, 相互交叉成网状, 分布面积最大。

然而, 根据以往的研究成果, 研究区主力含油区主要集中于研究区东南部, 即龙虎泡背斜南半部与英台地区东南一带, 由沉积微相平面图仔细研究分析可知, 已探明含油区主要为水下分流河道尾端砂体、河口坝砂体及席状砂体, 而研究区北半部大面积宽泛的厚层优质河道砂却不含油, 而为大面积含水区(图 8), 可见研究区的最有利相带砂体为窄而细的末梢河道砂、薄层河口坝及席状砂体。这对重新认识该区油藏类型、油水分布规律、布高产能井、水淹方向及剩余油挖潜产生重大影响。

4 成藏规律研究

综合钻井与地震资料研究发现, 葡萄花油层

沉积时期研究区内斜坡部位发育一挠曲坡折带, 经查证, 此坡折带属于泰康 - 大安二级坡折带^[10-11], 发育于拗陷期, 受控于松辽盆地北部讷河 - 依安物源与西部英台物源。

利用高分辨率层序对比剖面及井震联合对比骨架剖面, 我们详细确定研究区内坡折带的分布范围, 其延伸方向基本与湖岸线大致平行(图 9)。

研究区内姚一段沉积期坡折带较缓, 其下没有在经典层序地层学模式中存在的各类粗碎屑集中发育的与重力流有关的“扇体”, 而是发育鸟足状、干枝状三角洲体系。在陆源碎屑岩供应不足的地区发育平原淤积相沉积。坡折带以上主要以水进体系域平原相分流河道及内前缘水下分流河道为主; 坡折带以下主要以低水位进积型三角洲沉积为主, 上覆水进体系域退积型三角洲沉积序列和高位域滨浅湖或平原淤积相沉积, 因此, 垂向上每个层序构成下粗上细的沉积组合。结合平面相图可明显看出, 北部沉积体系以长距离搬运陆源碎屑物质形成大型鸟足状、干枝状三角洲体系为特征, 而西部沉积体系以近物源季节性河流形成的小型三角洲为特征。

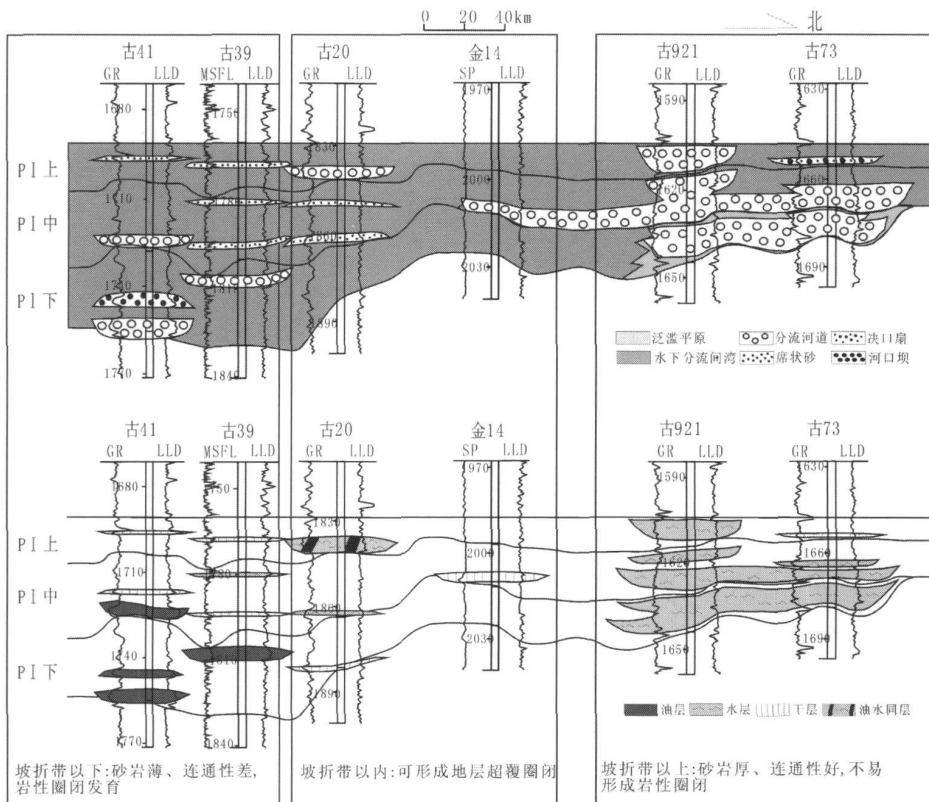


图 8 研究区葡萄花油层南北向剖面沉积相与油层对比图(剖面 C-C')

Fig. 8 North to south sedimentary facies profile and oil layer comparison section of Putaohua Reservoir (section C-C')

- 社, 1985: 166-168
- [11] 李文厚, 林晋炎, 袁明生, 等. 吐鲁番-哈密盆地的两种粗碎屑三角洲 [J]. 沉积学报, 1996, 14(3): 113-120
- [12] 纪友亮, 张宏. 祁连盆地木里凹陷上三叠统辫状三角洲沉积模式 [J]. 石油勘探与开发, 1998, 25(5): 30-33
- [13] 薛良清, Galloway W E. 扇三角洲、辫状河三角洲与三角洲体系的分类 [J]. 地质学报, 1991, 65(2): 141-153
- [14] 李维锋, 高振中, 彭德堂. 侧积交错层——辫状河道的主要沉积构造类型 [J]. 石油实验地质, 1996, 18(3): 298-302
- [15] 李维锋, 高振中, 彭德堂, 等. 塔里木盆地库车坳陷中三叠统辫状河三角洲沉积 [J]. 石油实验地质, 2000, 22(1): 55-58
- [16] 王新征, 韩忠义, 邢凤存, 等. 东营凹陷郝家史南地区下第三系沙二¹⁰辫状河三角洲沉积 [J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(2): 21-22
- [17] 刘智荣, 王训练, 周洪瑞, 等. 准噶尔盆地南缘郝家沟剖面下侏罗统三工河组辫状河三角洲沉积特征 [J]. 现代地质, 2006, 20(1): 77-85
- [18] 郑浚茂, 于兴河, 谢承强, 等. 不同沉积环境储层的层内非均质性——以黄骅坳陷为例 [J]. 现代地质, 1995, 9(4): 501-508
- [19] McPherson J G, Shanmugam G, Moiola R J. Fan-deltas and braid deltas varieties of coarse-grained deltas [J]. Geol Amer Bull, 1987, 99: 331-340
- [20] Fisher W L, McGowen J H. Depositional systems in the Wilcox Group (Eocene) of Texas and their relationship to occurrence of oil and gas [J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1969, 53(1): 30-54

(上接第 310 页)

- [6] 张庆国, 鲍志东, 那末红, 等. 松辽盆地中央坳陷南部下白垩统泉头组四段沉积相 [J]. 古地理学报, 2007, 9(3): 267-276
- [7] 王建功, 王天琦, 卫平生, 等. 大型坳陷湖盆浅水三角洲沉积模式——以松辽盆地北部葡萄花油层为例 [J]. 岩性油气藏, 2007, 19(2): 28-34
- [8] 卓弘春, 林春明, 李艳丽, 等. 松辽盆地北部上白垩统青山口-姚家组沉积相及层序地层界面特征 [J]. 沉积学报, 2007, 25(1): 29-38
- [9] 杨玉峰. 松辽盆地岩性油藏形成条件与分布规律 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(4): 393-399
- [10] 黄薇, 王建功, 赵应成, 等. 松辽盆地坳陷期坡折带特征 [J]. 石油学报, 2007, 28(4): 31-35
- [11] 王建功, 卫平生, 郑浚茂, 等. 挠曲坡折带特征与油气勘探——以松辽盆地南部为例 [J]. 石油学报, 2005, 26(2): 26-29