

The Establishment of High-Resolution Sequence Stratigraphic Framework of Putaohua Reservoir in Puxi Oil Field

Bingyan Zeng, Shizhong Ma, Wenguang Wang, Guangjuan Fan, Dan Zhong

Geoscience College, Northeast Petroleum University, Daqing
Email: 1823609160@qq.com

Received: May 12th, 2014; revised: Jun. 5th, 2014; accepted: Jun. 15th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

As the exploration and development deepening, the requirement on the classificational accuracy of deposition time units becomes higher and higher, and the sequence stratigraphic division of long-time scales is not enough to meet the demand of development. But the research methods of high-resolution sequence stratigraphic framework have highly detailed and accurate characteristics, so it is a new developing direction of sequence stratigraphy. Combining logging, core, seismic and outcrop data, clearing the classification principles of high-resolution sequence stratigraphic framework and giving a reasonable plan, close skeleton section is established. From the standard well, firstly the strata contrast of the wells in backbone profile is accomplished, and then the wells out of backbone and the backbone of the adjacent sections are compared. This method not only ensures a unified standard of the contrast in the region, but also ensures the high resolution of the contrast.

Keywords

Putaohua, High Resolution, Sequence Stratigraphic Framework

葡西油田葡萄花油层高分辨率层序地层格架建立

曾冰艳, 马世忠, 王文广, 范广娟, 钟丹

东北石油大学地球科学学院, 大庆
Email: 1823609160@qq.com

收稿日期: 2014年5月12日; 修回日期: 2014年6月5日; 录用日期: 2014年6月15日

摘要

随着勘探开发过程的不断深入, 对沉积时间单元划分的精细程度也要求越来越高, 长时间尺度的层序地层划分已经不足以满足油田的开发需求, 而高分辨率层序地层格架的研究方法具有高度精细和准确的特征, 是层序地层学的新发展方向。结合测井、岩心、地震和露头等资料, 明确高分辨率层序地层格架的划分原则并且给出合理划分方案, 建立封闭骨架剖面, 由标准井出发, 首先完成骨干剖面上井的层位对比, 再把非骨干剖面井对比到与其相邻的骨干剖面井上, 这样既保证了全区对比具有统一的标准, 又确保了对比的精细程度。

关键词

葡萄花油层, 高分辨率, 层序地层格架

1. 引言

层序地层学的系统理论与方法体系形成于 20 世纪 80 年代, 成为当代地层学和沉积学领域最为引人注目的理论和方法体系。高分辨率层序地层学是一门以精细层序划分和对比技术为依托的, 研究地层基准面旋回变化情况, 最终建立成因格架的地质科学。目前的高分辨率层序地层学是结合测井、岩心、地震和露头等资料, 分析各种类型沉积模式, 建立等时地层格架。目前的地层学研究仍多数停留在较长沉积时间单元的对比, 对于单位沉积时间单元的对比方法的应用仍然不够普遍, 技术仍不够完善。层序地层学为其他地质研究的首要任务, 只有不断地因地制宜地研究和总结不同盆地、不同沉积体系下的高分辨率层序地层理论, 才能使其具有严格可靠性。

葡西油田正处于滚动开发阶段, 目标区开发井十分集中, 占据面积较小, 而探井虽遍布全区, 但相距甚远, 对于水下沉积这种复杂环境而言, 地层格架的建立变得更加困难。除此之外, 部分开发区已有的对比分层存在以下三个问题: 1) 划分标准和方案不统一, 导致同一稳定沉积的油区内小层的划分对比出现多个结果, 给油田的滚动勘探开发带来很大的困难; 2) 已有的划分方案将葡萄花油层分为 11 个小层, 未达到沉积单砂体级别, 不足以满足开发需求; 3) 对于打到断层上的井, 断点位置不准确。

2. 工区概况

葡西地区位于松辽盆地北部中央坳陷区, 其东与大庆长垣葡萄花油田相接, 西至他拉哈 - 古龙向斜中轴线, 南起新肇油田, 北至高西油田, 整体上为向西南倾伏的鼻状构造, 主要产油层为白垩系姚家组一段葡萄花油层, 平均厚度约为 60 m, 可细分为葡 I₁、葡 I₂、葡 I₃ 三个砂组。葡萄花油层为浅水三角洲前缘沉积, 目的层由下至上为一水进过程, 水体不断加深, 因此由下至上河道不断退缩, 砂岩由发育到不发育, 既有岩性纯、孔渗好的储层, 又有含泥、含钙、薄互层的储层[1] [2]。

3. 高分辨率地层格架的建立

高分辨率层序等时地层格架的建立是储层物性研究、储量计算、圈闭刻画、有利区预测等地质研究

的首要基础，地层格架的准确度和精细度直接影响到其他地质研究的准确度。在等时地层格架内完成砂体的等时对比，不仅能够定义等时砂体的年代地层学意义，同时能够描述储集砂体的几何形态和相互关系，进而对储层进行更有效的三维预测和评价，从而为油藏精细描述、储层非均质性及储层建筑结构等研究提供更为可靠的地质模型[3]。

3.1. 划分方案和划分原则

研究区只有三分之二的井具有分层界线。如图 1 所示为目前的划分方案，将葡萄油层共分为 3 个准层序组和 11 个准层序，显然 2、3、4 和 11 小层均未达到单砂体级别的沉积时间单元，所以现有划分方案不够精细，无法满足油田对单砂体储层的研究。新的小层划分应该遵循以下原则：充分尊重原方案，符合沉积层序，垂向单元细分至成因单砂体。首先，原划分方案已在油田勘探开发过程中使用较长时间，虽存在一些问题，但整体上具有其合理性，为了油田的继承性发展，应该在符合地层沉积层序的基础上充分尊重原划分方案，尊重其合理的一面，纠正不合理的一面，而不是全部摒弃，也不是一味地沿用。其次，等时地层格架是建立在沉积层序基础上的，因为地层是以时间为单位沉积的，地层的沉积实际是时间的垂向叠加，在沉积过程中地层逐渐变化最终形成层序，因此，只有符合沉积层序才能建立起地层等时格架。最后，本文高分辨率地层格架中的“高分辨率”主要体现在垂向上的细分程度，也就是细分至成因单砂体级别，单砂体级的地层格架能够充分满足油田各开发项目的精细要求，因此在小层划分过程中要严格遵循这种高度精细的地层划分原则。为了在研究区内统一建立高分辨率地层格架，在充分尊重原分层的基础上，需将现有的 2、3、4 和 11 小层进行细分。

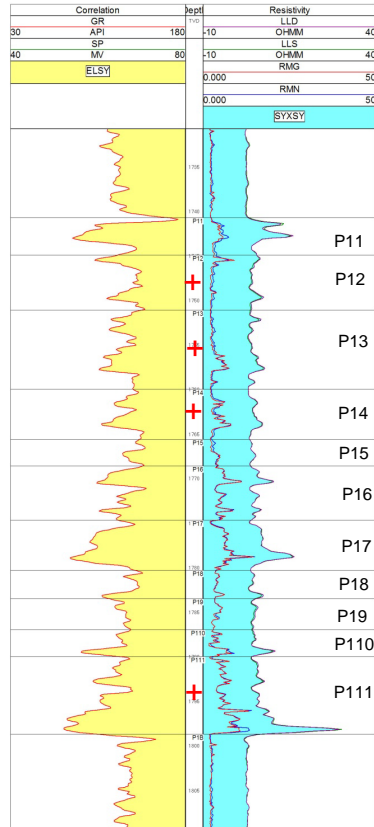


Figure 1. Scheme of layers' divisibility in development zone
图 1. 开发区小层划分方案

3.2. 可分性研究

据统计，目的层中 2、3、4 和 11 小层可两分、可三分，为了确定目的层究竟应该几分，本文对开发井的 2、3、4 和 11 小层进行逐井、逐层研究统计。图 2 为葡萄花油层 2 小层可分性分析图，由图可以明显看出研究区葡萄花 2 小层应该两分。再根据单层沉积微相的统计结果，上部河道、下部河道、二砂体、两期河道、泥岩和粉砂都是可以进行二分的，从统计结果来看，2 小层可二分的井占总井数的 70%，可三分的井占 20%，不可分的井占 10%。因此，全区大部分井的 2 小层是可以二分的。同样方法可以确定 3、4、和 11 也都应该进行二分。

4. 标志层控制之下的小层精细对比

4.1. 标准井的确立

全区所有井的地层对比都是由标准井出发进行对比的，标准井的作用是为研究区其他井的对比提供对比依据和小层划分标准，标准井的合理性和代表性直接决定了整个研究区对比方案的合理性和一致性，因此制定一个完备并且准确的标准井优选原则显得尤为重要。为了在充分尊重原方案的基础上达到全区统一对比，要求标准井的分层界线必须具有全区代表性，能够沿用原划分方案。为了保证标准井的划分界线合理，应该选择具有垂向可分性并且层序清晰完整的井作为标准井，也就是河道砂体发育较多的井。综上所述，标准井的优选应遵循以下原则：1) 河道砂体多；2) 具垂向可分性；3) 界限具有全区代表性；4) 与现划分标准具有沿用性及衔接性；5) 层序清晰完整、界限合理；6) 各小层厚度适中。按照这种原则对已有分层界线的所有井的 11 个小层进行逐井逐层统计，最终优选出 1 口标准井，和 3 口辅助井。如图 3 所示为标准井柱状图，此井位于开发区的南部，由图可发现，此井分层界线明显，河道发育完整，层序清晰，具垂向可分性，现有分层合理可靠，可以作为标准井。图 4 为标准井各层厚度与平均厚度比较图，由图可以看出标准井的各小层厚度与全区各层平均厚度非常接近，达到了厚度适中的原则，具有厚

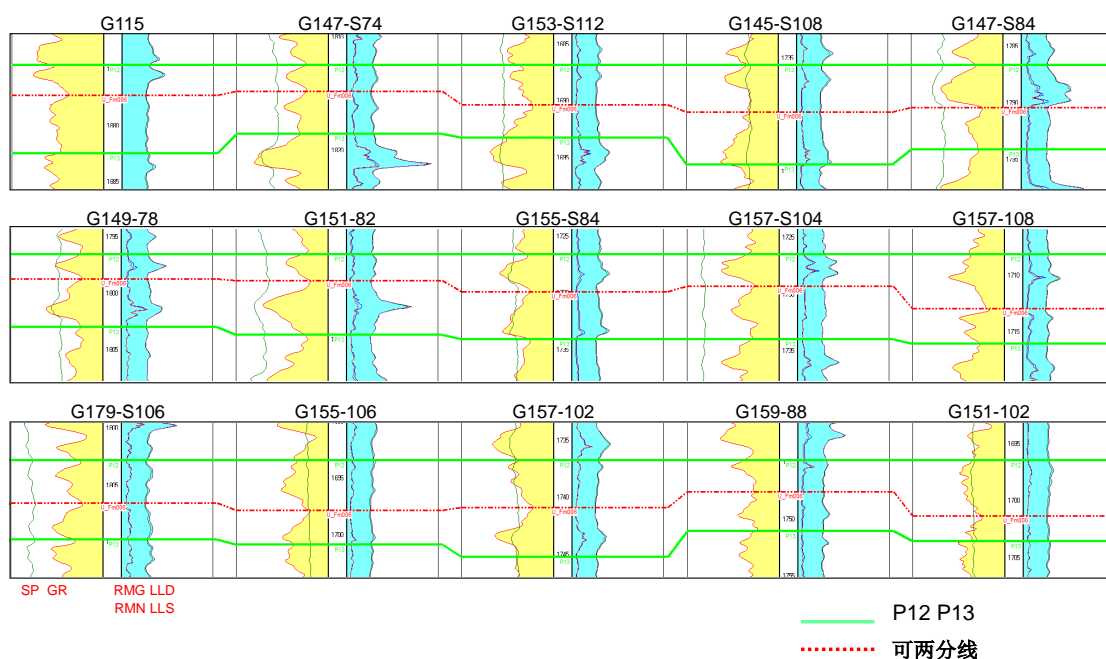


Figure 2. Divisible analysis diagram of P12 layer

图 2. 葡萄花油层 2 小层可分性分析图

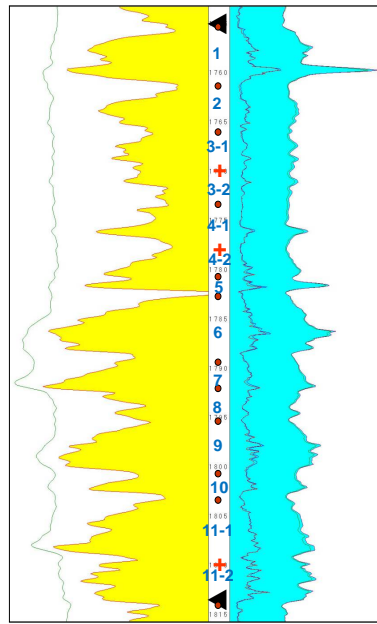
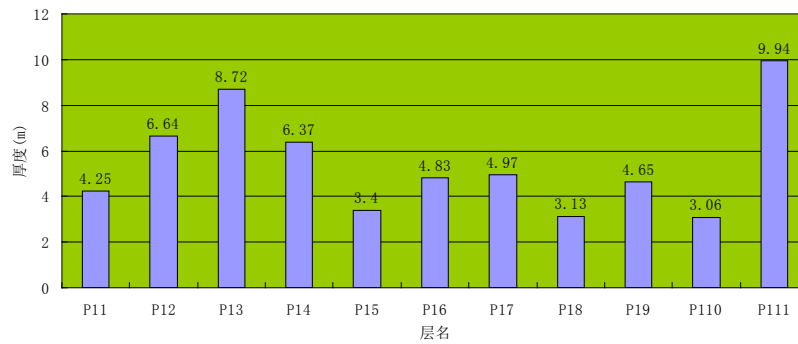


Figure 3. Standard well
图 3. 标准井

各小层平均厚度柱状图



标准井各层厚度

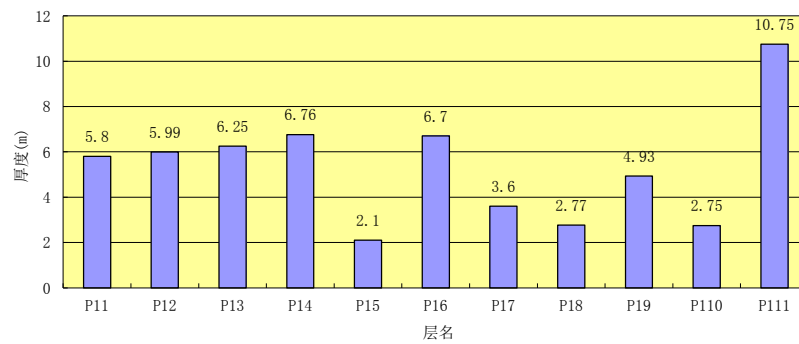


Figure 4. Compare of each layer's thickness between thickness standard well with the average thickness

图 4. 标准井各层厚度与平均厚度比较

度代表性。综上，图 3 中所示井满足了标准井优选的全部原则，可以作为研究区标准井。

4.2. 标志层

在等时地层格架控制下，运用标志层采用多级旋回分级控制原则进行地层对比，可准确控制小层对比不会出现对错层位的问题。葡萄花油层共有 5 个一级对比标志和 2 个二级对比标志。一级对比标志分别位于葡萄花油层的上下各 2 个和中部 1 个。如图 5 所示为葡萄花油层上部标志层，图 6 所示为葡萄花油层下部标志层，二者皆为大套泥岩中的薄夹层，具有如下的曲线特征：发育于大套泥岩之中，电阻率显著升高，伽马由低转高。另 1 个一级标志层是在研究区广泛分布的一套紫红色泥岩，大致位于 5 小层的位置。

两个二级对比标志分别为葡萄花油层的顶底界面，顶底皆发育大套暗色泥岩，为基准面上升至下降转换面。底部由泥岩突变为砂岩[4]，即青山口组水退旋回晚期至姚家组水进旋回早期，是岩性突变面，底部由泥岩突变为砂岩，此时期气候干燥，湖水变浅，丰富的物源供给迅速沉降，形成大型河控浅水三角洲沉积体系。顶部由砂岩突变为泥岩，即姚家组水进旋回晚期至嫩江组水退旋回早期，气候湿润，湖盆水位迅速升高，形成浅水三角洲前缘，平面分布范围可达数十千米，其普遍发育水平层理，富含微生物化石，空间展布稳定，标志明显，可作为中期基准面旋回界面进行等时追踪与对比的依据。

5. 高分辨率层序地层对比

明确了高分辨率层序地层格架的划分原则并且给出合理划分标准，按照平行物源和垂直物源的方向建立封闭骨架剖面，在标准井选取确立之后，在标志层的控制之下即可进行全区小层对比。首先要由标准井出发，在封闭骨架剖面内完成剖面上井的层位对比，这样既保证了全区对比具有统一的标准，又可以根据骨干剖面的封闭性验证对比是否有误。在骨干剖面对比完成之后，再把非骨干剖面井对比到与其相邻的骨干剖面井上即完成了全区所有井的层位对比。

层序对比顺序应是由大到小，层层控制，逐层对比，首先要对比一级标志层，再对比二级标志，在

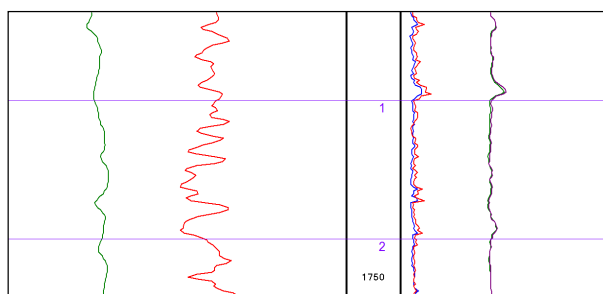


Figure 5. Upper sign strata of Putaohua reservoir

图 5. 葡萄花油层上部标志层

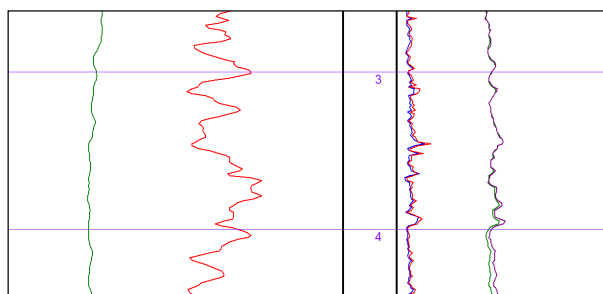


Figure 6. Bottom sign strata of Putaohua reservoir

图 6. 葡萄花油层下部标志层

标志层的控制之下进行“参照等时面”对比，并闭合，再进一步对比各个小层界限。

所有对比界面最后都应实现闭合，否则，需进行重新对比、直至闭合。为了能够快速地找到对比失误井，应该按照封闭骨干剖面形成的各个方形小剖面进行对比，即使是对错了也能快速地找到问题根源，快速解决，既准确又快捷。

6. 结论

- 1) 葡萄花油层可分为 3 个准层序组和 15 个准层序，而非当前的 11 个准层序。
- 2) 葡萄花油层有 5 个一级标志层和 2 个二级标志层。
- 3) 建立在封闭骨架剖面之上的高分辨率地层格架对比最为精细、准确。

基金项目

本文受国家科技重大专项(课题编号: 2011ZX05010-001)及国家自然科学基金项目(批准号: 41272153)资助。

参考文献 (References)

- [1] 李艳丽, 楚泽涵, 岳兴举 (2002) 葡西地区葡萄花油层定量识别与评价方法. *测井技术*, **5**, 380.
- [2] 黄薇, 杨辉熊, 庆利, 等 (2003) 葡西地区岩性油藏勘探部署评价方法及经验. *石油勘探*, **3**, 69.
- [3] 丛琳 (2011) 三肇凹陷东部葡萄花油层高分辨率层序地层及成藏规律研究. 博士论文, 东北石油大学, 大庆, 43-45.
- [4] 杜玉山, 罗群 (2009) “层序等时格架 - 旋回分级控制”联合地层划分对比法及其运用. *石油天然气学报(江汉石油学院学报)*, **2**, 163.