

Research on the Geological Model of Genetic Stratigraphic Framework

—By Taking Chang6-1(1) Subzone in Hulangmao Area of Changqing Oilfield for Example

Ruijie Xie, Yingxiao Wang, Zhipeng Yang, Yuliang Ma

Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources (Yangtze University), Ministry of Education, Wuhan Hubei
Email: 249539680@qq.com

Received: Oct. 10th, 2015; accepted: Jan. 17th, 2016; published: Mar. 15th, 2016

Copyright © 2016 by authors, Yangtze University 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

Based on well drilling and logging data, by using the genetic stratigraphy and high resolution sequence stratigraphic theory, the sequences stratigraphy of Chang6 Reservoir in Hulangmao Area of Changqing Oilfield was analyzed, five mid-cycles were divided, isochronous stratigraphic framework was established in the study area, and single sandbody was depicted on the basis of the study. Superimposed, labyrinth and isolated types of sandbodies were summed up. Geological modeling was carried out for Chang6-1(1) subzone. Seeing from the simulation result, the property of underwater distributary channel microfacies is higher, and its porosity is ranged mainly between 12% and 14%; the property of estuarine bar is better, and its porosity is between 11% and 14%; the property of other microfacies is poor, and its porosity is between 5% and 10%.

Keywords

Genetic Stratigraphy, Sandbody Superimposed Relationship, Geological Model, Chang6-1(1) Subzone, Hulangmao Area

成因地层格架下的地质模型研究

—以长庆油田虎狼峁地区长6-1(1)小层为例

谢锐杰, 王迎晓, 杨志鹏, 马玉亮

油气资源与勘探技术教育部重点实验室(长江大学), 湖北 武汉

作者简介: 谢锐杰(1965-), 男, 教授, 博导, 现主要从事层序地层学与沉积相研究。

Email: 249539680@qq.com

收稿日期: 2015年10月10日; 录用日期: 2016年1月17日; 发布日期: 2016年3月15日

摘要

以钻、测井等资料为基础, 运用成因地层学和高分辨层序地层学原理, 对长庆油田虎狼峁地区长6油层组进行层序分析, 共划分为5个中期旋回, 建立了研究区的等时地层格架。在此基础上进行单砂体的刻画, 总结出单砂体的叠置方式为拼合型、迷宫型和孤立型等3种类型。对长6-1(1)小层进行地质建模, 从建模结果来看, 水下分流河道微相的物性好, 孔隙度主要在12%~14%之间; 河口坝的物性较好, 孔隙度主要在11%~14%之间; 其他微相物性较差, 孔隙度在5%~10%之间。

关键词

成因地层, 砂体叠置关系, 地质模型, 长6-1(1)小层, 虎狼峁地区

1. 引言

长庆油田虎狼峁地区位于陕北斜坡中部, 陕西省靖边与志丹县境内, 以靖安油田为主, 东跨杨米涧和安塞油田杏河区, 西跨吴旗油田东半区。从区域结构来看, 研究区是一个平缓的西倾单斜, 地层倾角不到1°, 坡度6~8(°)/km, 内部结构简单, 局部显示形成低幅的鼻状隆起。主要生油层为长6油层组, 属于典型的低渗透岩性油气藏。笔者以长庆油田虎狼峁地区长6-1(1)小层为例进行了地质建模研究。

2. 高分辨层序地层格架的建立

通过运用地质、测井和地震等各种相关资料, 识别出虎狼峁地区长6油层组不同级别的基准面旋回。首先利用各类岩心资料及其沉积构造和沉积旋回, 分析沉积微相的组合特征来划分出短期基准面旋回; 然后再通过测井曲线的叠加样式和短期旋回的特征来划分出中期基准面旋回。在陆相地层中, 层序的边界为最大湖泛面, 因此选择了研究区易于识别的最大湖泛面作为层序边界, 并根据高分辨层序地层学原理, 将虎狼峁地区长6油层组划分为5个中期基准面旋回, 完成了研究区长6油层组等时地层对比格架的建立(图1)。

3. 高分辨层序格架下的单砂体刻画

一般通过“旋回对比, 分级控制, 不同相带区别对待”[1]的单砂层对比方法, 来确定井间砂体的连通关系。有了正确的井间砂体对比关系, 才能更准确地确定单井钻遇油砂体情况及油层连通率, 从而为合理部署井网密度、提高采收率提供地质依据。

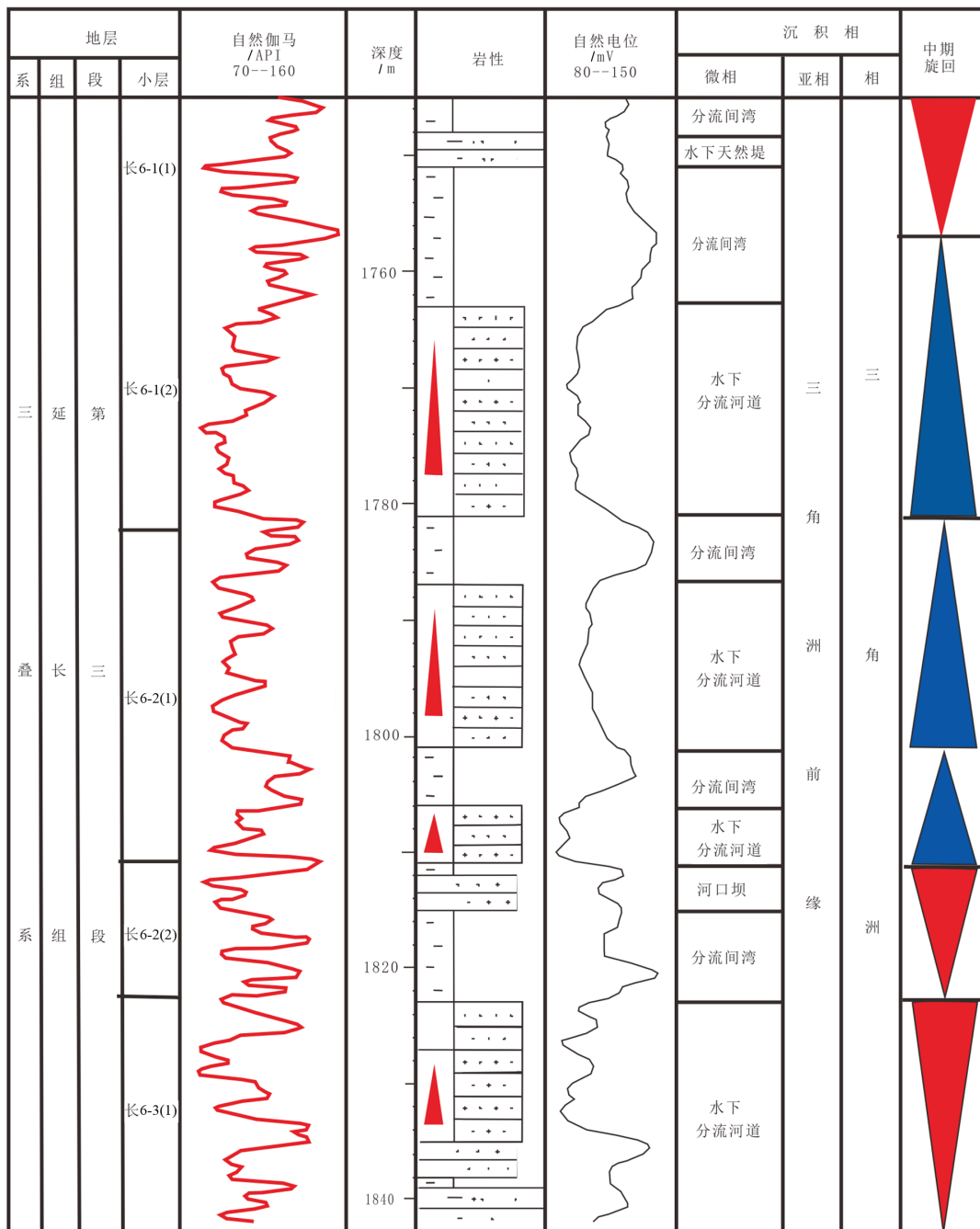


Figure 1. Sequence stratigraphic classification and the single well facies analysis of Liu 124-22 well
 图 1. 柳 124-22 井层序地层划分及单井相分析图

单砂层是指在自身内部垂向上和平面上连续，但与其上、下砂体间被不渗透泥岩等夹层分隔的砂体 [2] [3]。其中存在一些单砂层中的一部分与邻层砂体相连接，在其间没有隔夹层，而内部流体基本上作为一个独立的系统，从而构成独立的油藏。单砂层的划分主要有 2 种方法。

- 1) 单砂层垂向层次划分。在层序划分与对比的基础上建立单砂层的垂向层次划分，按照同一时间单元中测井曲线特征来识别出不同期次的砂体，从而在垂向上进一步划分出单一期次的河道砂体。
- 2) 利用夹层划分单砂层。夹层是指在砂岩层内所分布的相对低渗透层和非渗透层，该分布是不稳定

的,不能有效阻止或控制流体的运动[4]。事实上,在渗流特征一致的连通砂层中的夹层即为单砂层内部夹层,厚度较薄,一般只有几十厘米,延伸较小,其稳定性差。研究区内识别出的夹层主要为泥质夹层,岩性为泥岩、粉砂质泥岩及部分泥质粉砂岩,产生该类夹层的主要因素是减弱的水动力及由于沉积作用而形成的细粒悬浮质物质。一般情况下,在多期河道砂体沉积作用中,从一期河道沉积结束过渡到下期河道沉积开始,会形成短暂的细粒物质沉积,一般认为该类夹层即为泥质夹层。研究区内,泥质夹层较薄,测井曲线表现为自然电位曲线靠近泥岩基线,自然伽马曲线明显升高,微电极电阻率曲线幅度差减小,深、浅侧向电阻率曲线明显减小,个别泥质夹层的自然电位曲线差异不明显。虽然在横向上泥质夹层分布不太稳定,但它仍是 2 期河道沉积边界的重要识别标志。

通过对研究区部分井的单砂层进行分析,总结出单砂层间的叠置方式大致有 3 种:拼合型、迷宫型、孤立型[5]。

3.1. 拼合型

该种类型单砂体连井剖面垂直于物源方向,长 6-1(2)小层和长 6-3(1)小层继承性较好,单砂体间的叠置关系主要呈线-线接触,即拼合型,属于较典型的三角洲前缘亚相沉积。研究区沉积作用活跃,各井间同一层位的单期河道的砂体在厚度上变化较大,说明井间存在不同的单砂体边界。砂体拼合作用明显,呈线-线接触,层内非均质性明显增强。以水下分流河道、河口坝等沉积为主。在纵向上,长 6-1(2)小层的 2 期河道砂体沉积有明显的叠加关系,即垂向上会出现部分叠加式接触,在测井曲线上一般表现出 2 种形式:一种是有泥质夹层或非渗透性夹层的存在,且夹层厚度较大,一般大于 0.2 m,测井响应较为明显;另一种则无明显非渗透性夹层,上、下 2 期单砂体大多连通性较好,测井响应相对不明显,但仍呈叠加式特征(图 2)。

3.2. 迷宫型

该种类型单砂体连井剖面为平行物源方向,整体上砂体连通性较好。其中长 6-2(1)小层主要呈线-点、点-点接触的对接模式,形成似“迷宫”状储层,主要发育水下分流河道和分流间湾沉积微相,表现为 2 期河道砂体向井间方向厚度逐渐变小,连接处 2 口井的砂体测井曲线特征有明显差异(图 3)。

3.3. 孤立型

该种类型单砂体连井剖面为垂直物源方向,由于是多物源供给,接触关系为孤立式。长 6-1(1)小层及长 6-2(2)小层继承性较差,主要为孤立分布;长 6-1(1)小层以分流间湾为主,长 6-2(2)小层以分流间湾与水下天然堤为主(图 4)。

储层砂体的连通性与砂体的叠置方式有关,因此砂体叠置方式的研究对于深入认识储层结构和储层地质模型具有重要意义。

4. 地质模型的建立

4.1. 相模型的建立

沉积相对储层物性有一定的决定性作用,不同的沉积微相在其物性参数的分布与空间相关性是不一致的,该次地质建模采用相控建模技术来建立储层参数分布模型,即先建立沉积微相模型,再以此为基础进行地质建模[6]-[8]。

该次沉积微相建模是在对虎狼垆地区长 6 油层组沉积微相进行了大量研究工作的基础上完成的,直接依据沉积微相平面分布图,将相边界线导入 Petrel 软件中,然后对不同微相的储层特征参数进行变差函数分析,得到各微相储层参数的分布规律,最后利用序贯高斯模拟方法进行模拟(图 5、图 6)。

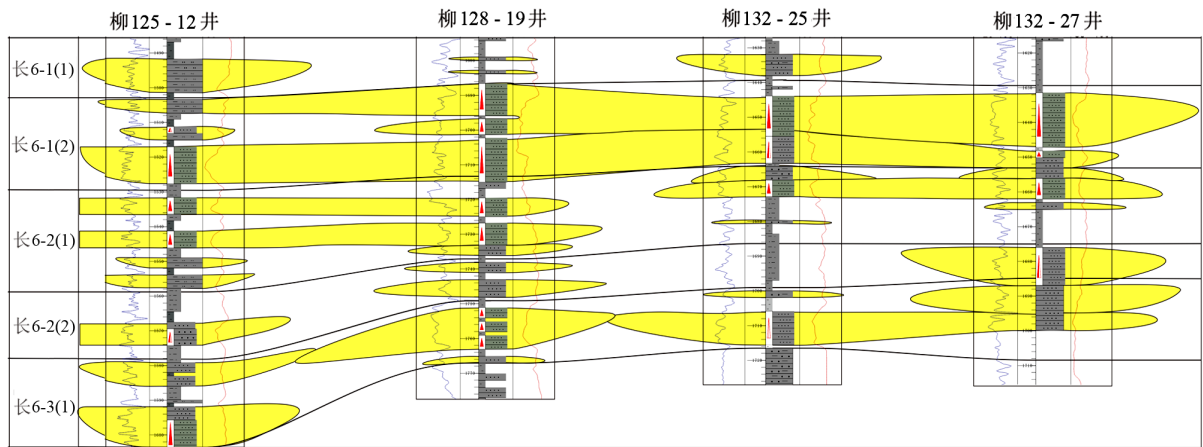


Figure 2. Connected graph of single sand layer of Liu 125-12 well-Liu 132-27 well
图 2. 柳 125-12 井~柳 132-27 井单砂层连通图

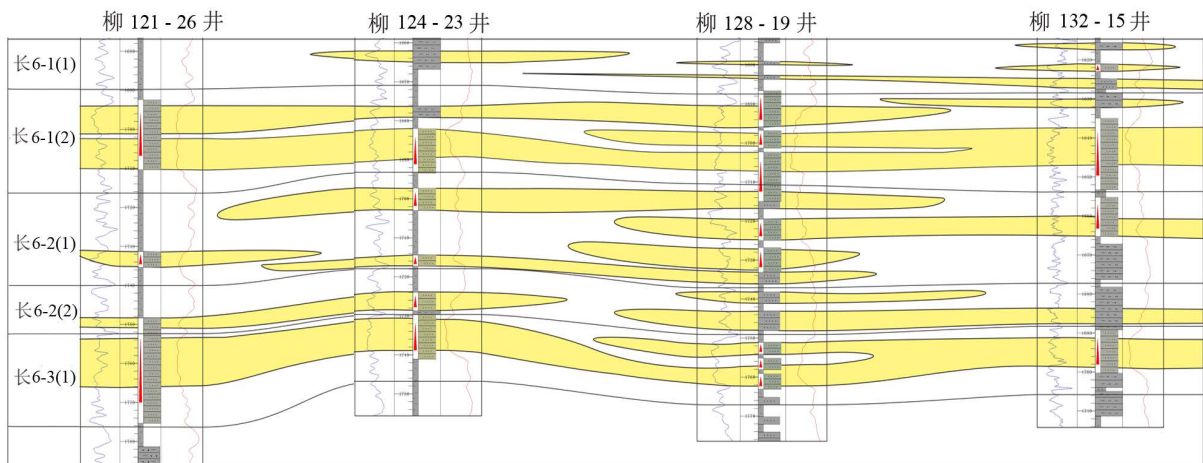


Figure 3. Connected graph of single sand layer of Liu 121-26 well-Liu 132-15 well
图 3. 柳 121-26 井~柳 132-15 井单砂体连通图

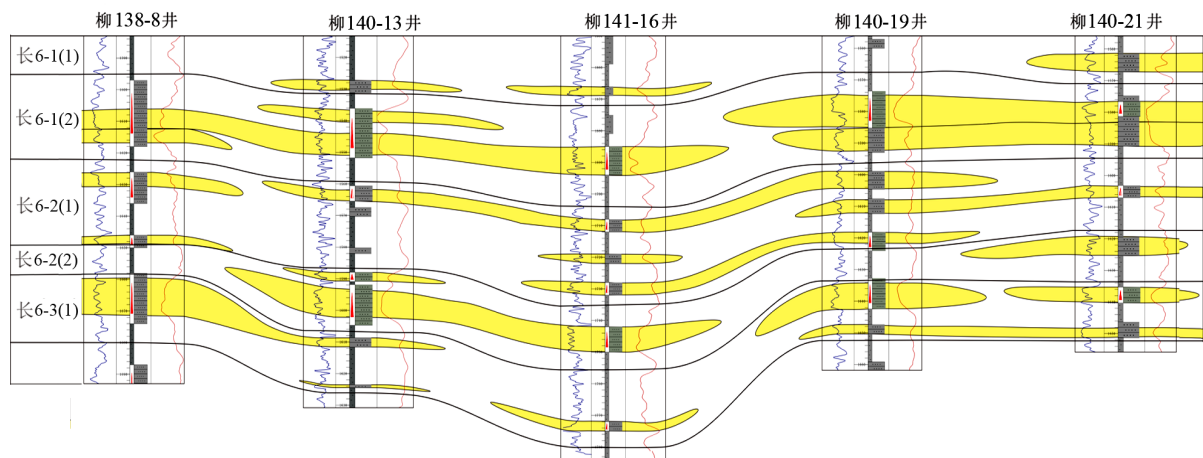


Figure 4. Connected graph of single sand layer of Liu 138-8 well-Liu 140-21 well
图 4. 柳 138-8 井~柳 140-21 井单砂体连通图

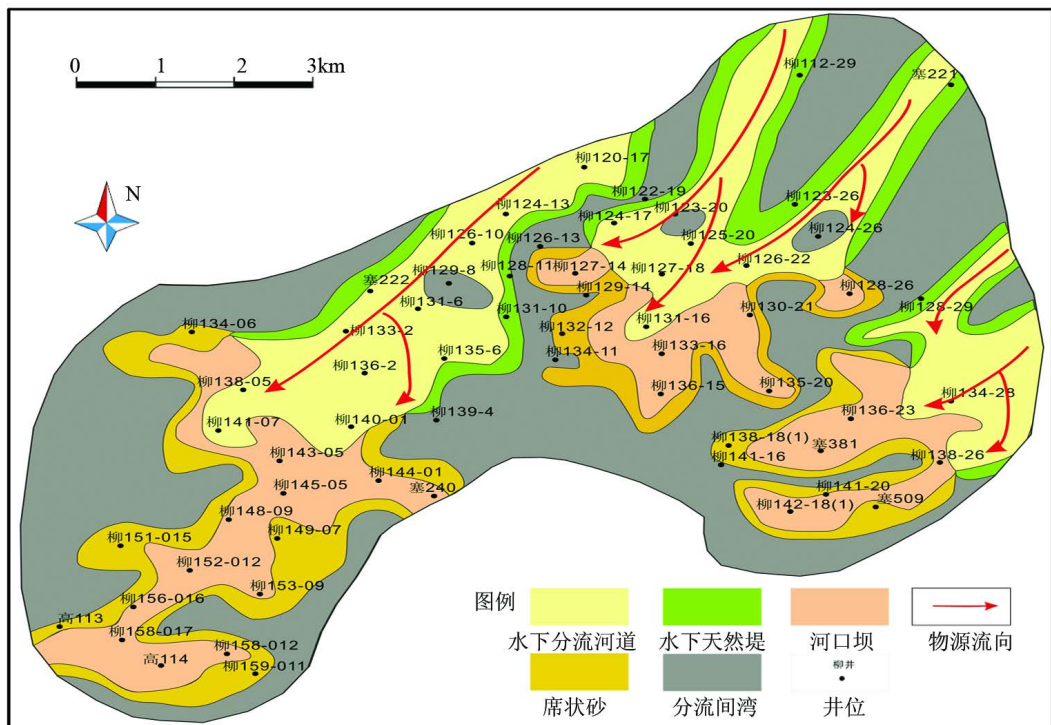


Figure 5. Chang6-1(1) sublayer of sedimentary microfacies
图5. 研究区长6-1(1)小层沉积微相平面图

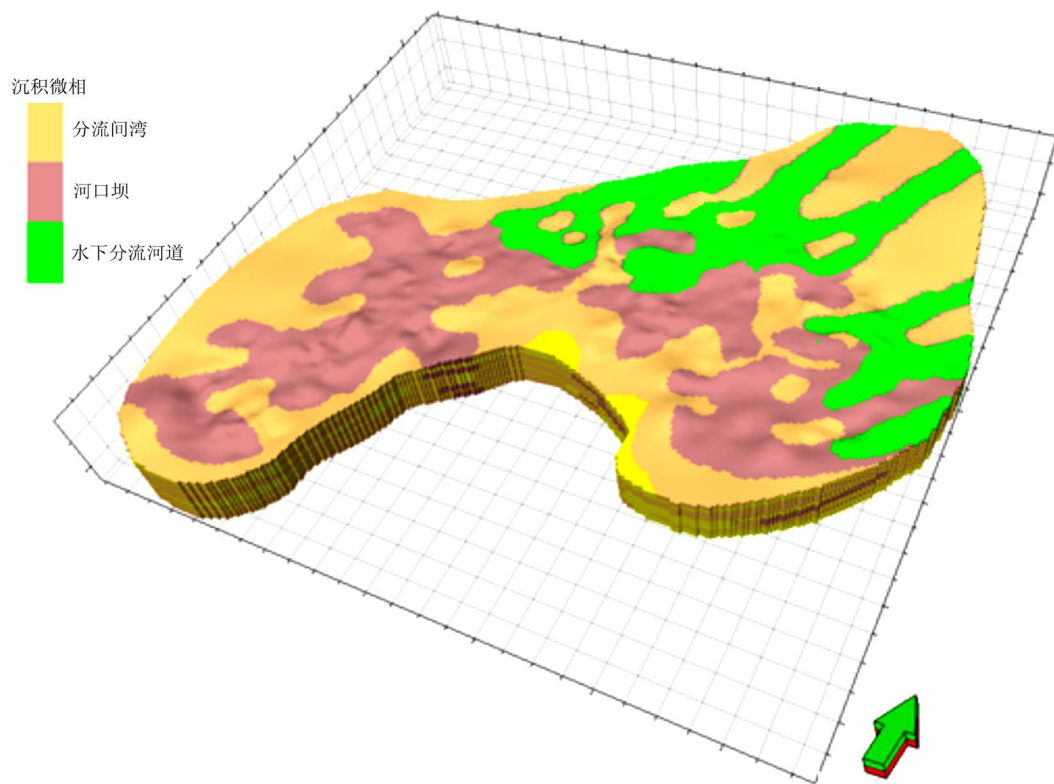


Figure 6. Chang6-1(1) subzone of sedimentary microfacies model is established
图6. 研究区长6-1(1)小层沉积微相模型建立

4.2. 储层属性模型的建立

首先经过资料标准化与环境校正后，进行储层解释模型的建立；然后采用正演法，即利用岩心资料直接刻度测井解释，利用地质多元统计方法建立储层参数与测井信息间的最佳转换关系；在电测解释的基础上，对孔渗饱曲线进行井粗化，将连续数据变为离散数据网格；最后采用序贯高斯模拟法[9]，在沉积微相模型的约束下计算孔隙度、渗透率模型(图 7、图 8)。

根据研究区长 6-1(1)小层的具体建模结果可以看出，长 6-1(1)小层泥质含量较高，物源方向为北部和东部，主要发育分流间湾、河口坝、水下分流河道等微相；长 6-1(1)小层呈多条水下河道发育并向西部汇集；研究区中北部发育水下分流河道微相，其物性好，孔隙度主要在 12%~14%之间，渗透率在 7~15 mD 之间；研究区西部发育河口坝，物性较好，孔隙度分布在 11%~14%之间；其他微相物性较差，孔隙度在 5%~10%之间。

5. 结论

1) 运用成因地层和高分辨层序地层的原理和方法，将研究区划分为 5 个中期旋回，建立了研究区等时地层格架。

2) 在等时地层格架下对单砂层进行雕刻，总结出单砂层的叠置方式为拼合型、迷宫型和孤立型等 3 种类型。

3) 建立了研究区长 6-1(1)小层的地质模型，水下分流河道微相物性较高，孔隙度主要在 12%~14%之间；河口坝的物性较好，孔隙度主要在 11%~14%之间；其他微相物性较差，孔隙度在 5%~10%之间。

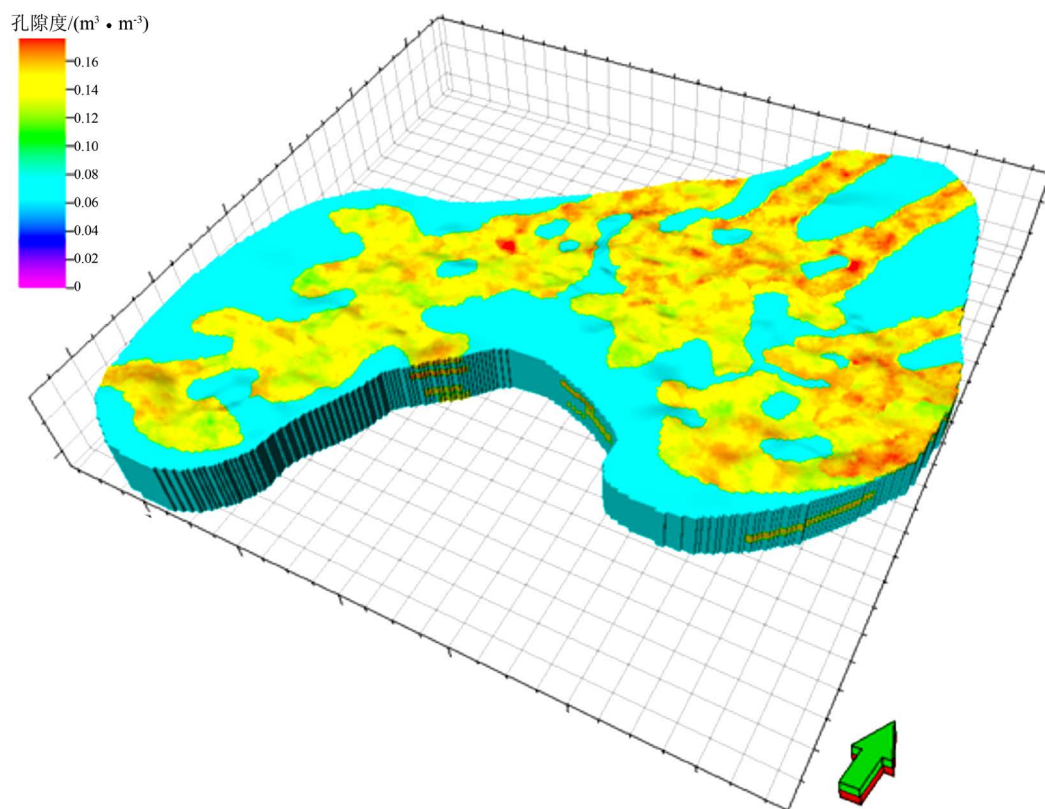


Figure 7. Porosity model of Chang6-1(1) sublayer
图 7. 研究区长 6-1(1)小层孔隙度模型

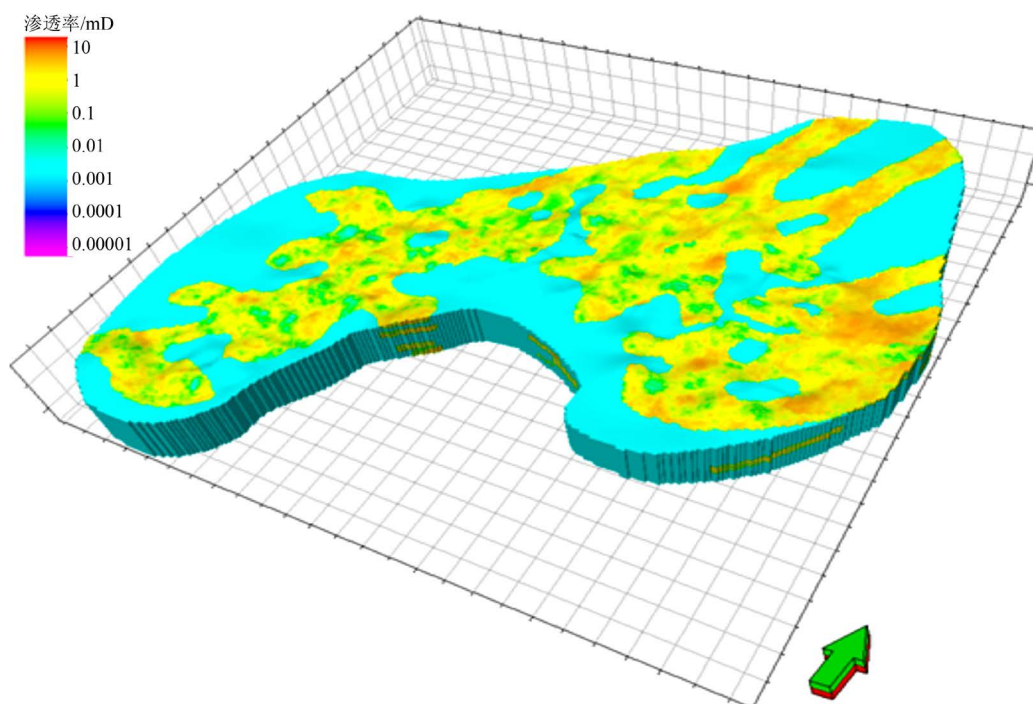


Figure 8. Permeability model of Chang6-1(1) sublayer
图 8. 研究区长 6-1(1)小层渗透率模型

基金项目

自然科学基金项目(41472098); 国家科技重大专项(2011ZX05030-003-004, 2011ZX05030-003-001)。

参考文献 (References)

- [1] 赵翰卿. 高分辨率层序地层对比与我国的小层对比[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(1): 5-12.
- [2] 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.
- [3] 李兴国. 陆相储集层沉积微相与微型构造[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 23-46.
- [4] 束青林, 张本华. 河道砂储层油藏动态模型和剩余油预测[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- [5] 吕明胜, 陈开远, 薛良清, 等. 地层因素对砂体叠置样式的控制[J]. 大庆石油地质与开发, 2011, 30(2): 25-30.
- [6] Walker, R.G. (1979) Facies Models. Geoscience Canada Reprint Series, Canada.
- [7] 李兴国. 陆相储集层沉积微相与微型构造[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 23-46.
- [8] 冯国庆, 陈军, 李允, 等. 利用相控参数场方法模拟储层参数场分布[J]. 石油学报, 2002, 23(4): 61-64.
- [9] Ecker, M.D. and Glfand, A.E. (1999) Bayesian Modeling and Inference for Geometrically Anisotropic Spatial Data. *Mathematical Geology*, **31**, 67-83.