

Research on Prediction of Thin Oil and Gas Reservoir Based on 3D Geological Model

Zeren Zhang^{1,4} Feng Guo¹ Haisheng Yu^{3,4} Guibin Dong³ Wentao Wang^{3,4}

1. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2. Shaanxi Provincial Key Laboratory of Petroleum Accumulation Geology, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

3. BGP INC., China National Petroleum Corporation, Zhuozhou, Hebei, 072751, China

4. National Engineering Research Center of Oil & Gas Exploration Computer Software, Zhuozhou, Hebei, 072751, China

Abstract

In the process of oil and gas exploration, the traditional geological research based on plane and section is often difficult to fully reflect structure, physical properties and oil content of the reservoir, especially thin reservoirs, where effect of seismic and inversion is relatively poor due to resolution scale, that cannot be applied. With the development of computer technology, 3D geological modeling technology has attracted much attention. The purpose of this paper is to discuss the application of 3D geological modeling in oil and gas exploration, and a thin reservoir prediction method based on 3D geological modeling is proposed. With comprehensive geological study and analysis, a fine 3D geological model is built, and the approach for reservoir prediction is verified in A oilfield from Mid-Asia as an example, aiming to provide an effective method for field exploration, especially reservoir prediction.

Keywords

3D geological model; oil and gas reservoir; reservoir prediction

基于三维地质模型的油气薄储层预测方法研究

张泽人^{1,4} 郭峰¹ 于海生^{3,4} 董贵斌³ 王文涛^{3,4}

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西 西安 710065

2. 陕西省油气成藏地质学重点实验室, 中国·陕西 西安 710065

3. 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司, 中国·河北 涿州 072751

4. 油气勘探计算机软件国家工程研究中心, 中国·河北 涿州 072751

摘要

在油气勘探过程中, 传统基于平面及剖面的地质研究往往难以全面反映储层构造及物性、含油性, 特别是对于薄储层来说, 地震及反演因分辨率问题导致应用效果较差, 无法满足生产需求; 而随着计算机技术不断进步, 三维地质模型构建技术备受关注。论文探讨了三维地质模型在油气勘探中的应用, 提出了一种基于三维地质模型的薄储层预测方法, 并以中亚A油田为例, 结合综合地质研究与分析, 构建精细三维地质模型, 通过模型实现了薄储层预测, 并验证其应用效果, 旨在为油气勘探领域特别是储层预测方向的研究提供有效方法。

关键词

三维地质模型; 油气储层; 储层预测

1 引言

近年来, 计算机技术的迅猛发展极大地推动了勘探领域的进步, 其中, 三维地质模型构建技术成为一大亮点。这一技术通过高精度的计算机模拟, 能够真实地反应地下构造, 同时可以建立包括相、储层模型及油藏模型, 同时计算油气储量, 还原地下情况, 从而使研究人员能够更加精确地了解油气资源的分布^[1]。在勘探过程中, 地震及反演由于自身分

辨率约束, 无法准确应用于薄储层分析及预测工作; 而基于平剖面的地质研究亦难以精确描述薄储层展布及物性特征, 对剩余油分布预测不够精确, 无法满足生产需求。论文旨在通过三维地质建模技术的引入, 通过模型实现油气储层特别是薄储层的预测, 为油气勘探提质增效, 降低勘探成本^[2]。

2 三维地质建模技术

三维地质建模技术代表了油气勘探领域的重大进步, 它通过多数据多学科融合, 能够构建出反映真实地下情况的三维地质模型。随着油田勘探开发的不断深入, 三维地质模型逐渐成为了油藏地质研究的重点对象, 作为连接勘探与开

【作者简介】张泽人(1990-), 男, 中国河北涿州人, 本科, 工程师, 从事三维地质建模的软件开发与研究。

发的关键枢纽，三维地质建模是评价开发一体化技术中的重要组成^[3]。

三维地质模型是重要的地震地质研究载体^[4]，是多种数据及研究成果的结合，其中包括：地震解释的断层和层位，井及井分层，测井录井及解释数据，岩心数据，地应力，射孔生产数据等。三维地质模型在油气勘探开发领域的主要用途分为以下几个方面：

①为油藏数值模拟提供静态模型载体，在模拟油藏开发过程中，工作人员需要使用三维地质模型作为基础来实施数值模拟运算，拟合油气田历史开采及生产状况，并通过模拟不同开采方案对油气田开发效果的影响，为未来油气田的开发策略提供科学依据。

②为地震解释人员提供解释成果质控，对于剖面解释的层位及断层，在平面上很难进行质控及比对，而通过三维模型的建立，能够在场景中实时展示构造及细节，可以实现直观的对解释成果进行检查，对解释异常可实时定位处理，确保解释成果的准确性。

③实现油气藏模拟及储量计算，通过利用三维地质建模技术，计算模型油气藏储量，并可同时对地质估算储量，场景中对油气藏进行综合分析，可显著提高了勘探效率及准确性。

随着计算机技术的不断进步，三维地质建模技术在油气勘探行业的应用也越发成熟，在油气勘探领域的价值也将进一步凸显。

3 基于三维地质模型的油气储层预测方法

储层预测是油气勘探和综合研究中的重要内容^[5]，基于合理的储层预测，油田公司可以更加科学得布井，优选钻井位置，制定钻井方案，实际勘探过程中可以显著降低勘探风险，避免不必要的勘探盲区，提高油气资源发现率，从而降低勘探成本，为油气勘探项目的成功开发奠定坚实的基础^[6]。而对于薄储层来说，基于地震的常规属性分析及波阻抗反演技术无法精确分辨储层厚度及物性、展布等特征，难以进行合理有效的储层预测。

结合多种数据类型，在综合地质研究成果基础上，建立高精度的三维地质模型，提出了一套以模型为基础的特别是针对薄储层预测的方法及流程（图1）。首先利用地震解释的层位和断层数据建立三维构造模型，通过井分层数据进行质控；随后利用地震、测井岩相及沉积相分析数据建立岩相模型；最后通过相控约束，应用测井数据解释成果建立孔渗饱和及净毛比模型。通过空间中的储层，可生成有效孔隙度和渗透率分布图，结合净毛比模型，从而可生成有效储层厚度图；通过饱和度模型，结合生产状况可生成储层的剩余油分布图；结合构造趋势，综合分析，可实现储层展布和物性及含油性的预测效果，从而有效地支撑井位优选及部署，并通过实际钻井验证储层预测效果。

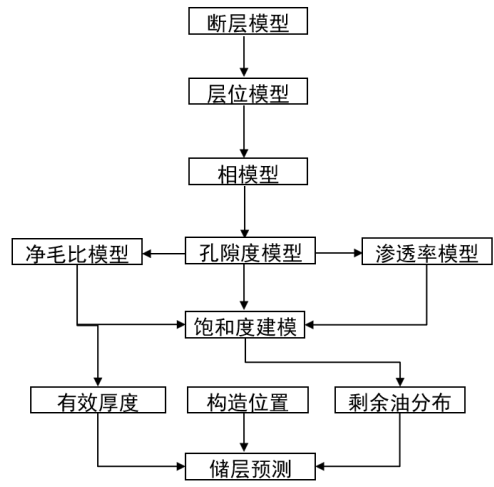


图1 基于三维地质模型的储层预测方法流程图

4 应用效果

论文以中亚 A 油田为例，该油田主要油层具有薄层特点，目的层 FIV 顶深约 1150m，层厚小于 20m，通过测井解释及分析，有效储层厚度小于 10m；通过岩心分析，储层平均孔隙度为 0.135。针对此类储层，使用论文方法，建立高精度三维地质模型，通过模型进行薄储层预测。

断层模型的建立主要利用断层棒数据和断层多边形数据相结合的方法，保证了建模的准确性，本区共建立断层模型 25 条。

随后利用地震解释的层面数据和地质分层数据建立层面模型，共建立层位模型 3 套，并在构造框架基础上生成网格模型。平面网格尺寸为 50m×50m，纵向网格平均厚度为 1m，网格精度：116×176×57，模型总网格数：116 万（图 2）。

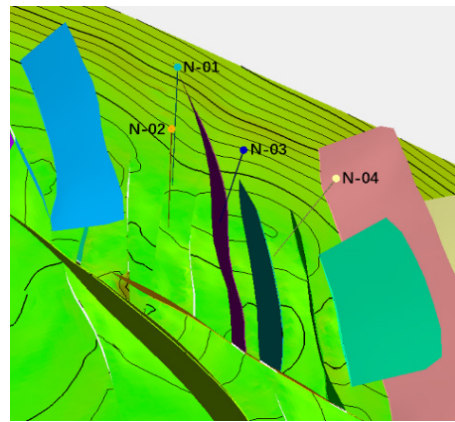


图2 三维构造模型效果图

使用序贯指示模拟方法，结合沉积认识，通过变差函数调整和优化，建立砂体岩相模型（图3）。并对储层砂体模型进行质控，提升模拟效果及精确度。

在岩相模型基础上，使用序贯高斯模拟方法，经变差函数调整及优化，建立工区孔隙度模型（图3），通过孔隙关系计算得到渗透率模型，并根据油水界面指定，完成饱和度模型的建立。

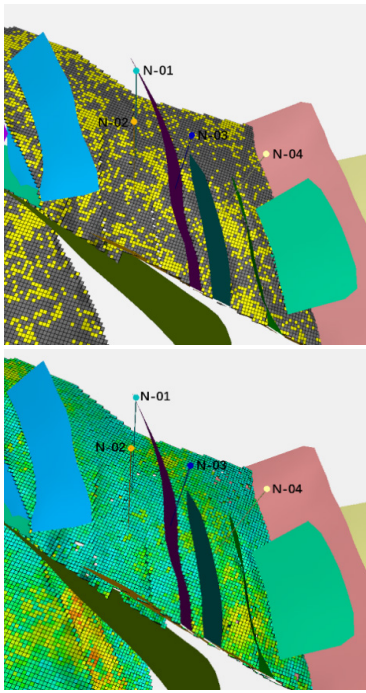


图3 岩相及孔隙度模型效果图

根据孔隙度模型与饱和度模型约束,建立净毛比模型,准确定义了空间中的有效储层及砂体,建立了精确的三维储层及流体模型。随后将模型与连井油藏剖面对比,基于地质认识对模型的含油分布模拟效果进行验证和质控。

应用模型生成储层剩余油分布和构造叠合图(图4),并生成有效砂体厚度图(图4),实现了基于三维地质模型的储层预测,并通过综合分析,结合现有井(N-01、N-02、N-03、N-04),优选钻井井位5口(P-1、P-2、P-3、P-4、P-5),

结合实际钻测,验证储层预测精度。

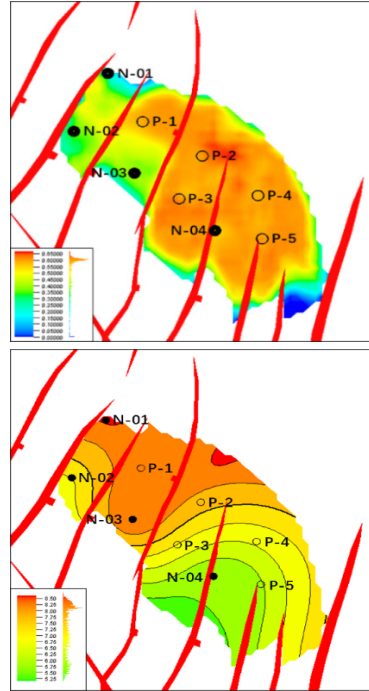


图4 新井剩余油分布和构造叠合图及新井有效厚度图

从表1可以看出,基于三维地质模型的储层预测效果良好,精细反应了有效储层及物性特征,通过实钻对比结果可以看出,模型预测的储层厚度结果误差与实际误差小,通过岩心测量计算得到的物性与模型结果相比亦误差较小。

在实测数据基础上,可对模型进行实时更新和修改,完善模型数据成果,进一步提升模型及后续薄储层预测的精度。

表1 新井预测及实测对比表

井名	井别	目的层	实钻厚度(m)	模型预测厚度(m)	误差	取芯测量孔隙度(m ³ /m ³)	对应深度模型孔隙度(m ³ /m ³)	误差
P-01	油井	FIV	8.5	8.26	2.8%	0.22	0.20	9.1%
P-02	油井	FIV	7.3	7.03	3.6%	0.16	0.18	12.5%
P-03	油井	FIV	8.2	7.74	5.6%	0.18	0.21	16.6%
P-04	油井	FIV	6.3	6.57	4.2%	0.16	0.12	25.3%
P-05	油井	FIV	6.3	5.97	5.2%	0.17	0.17	0.1%

5 结论

基于三维地质模型的油气薄储层预测方法,能够有效提高油气储层勘探与开发的准确性和效率。通过构建高精度的三维地质模型,不仅可以准确预测薄储层的展布及物性特征,还可以用于评估油气藏的开发潜力,为油气田的勘探与开发提供可靠依据。随着三维地质建模技术的不断完善和发展,模型在油气勘探与开发中的应用将会更加广泛和深入。

参考文献

[1] 马元琨,连运晓,鱼雪,等.复杂断块油气藏三维地质建模技术及其应用——以柴达木盆地南八仙油气田为例[J].天然气技术与经

济,2021,15(1):18-23.

[2] 沈贵红,仲学哲,赵慧慧,等.复杂构造油藏精细断层建模方法与应用[J].中国石油大学胜利学院学报,2021,35(3):12-16+26.
 [3] 佟彦明,吴川,谭尘青,等.英西地区中深层目标三维地质建模和开发方案研究[R].北京:斯伦贝谢技术服务公司,2019.
 [4] 罗婷婷,姚振杰,段景杰,等.低渗透油藏储层特征描述及三维地质建模研究[J].辽宁石油化工大学学报,2020,25(3):40-44.
 [5] 荆涛.三维地质建模在热河台油田储层研究中的应用[J].石化技术,2019,21(11):339-340.
 [6] 张昆山,徐传龙.三维地质建模在精细油藏描述中的应用[J].录井工程,2019,30(3):170-176.