

临盘油田盘2块精细油藏描述技术的应用 及其经济效益研究

任敏华 (中国石油化工股份公司胜利油田分公司勘探开发研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 本文针对临盘油田盘2块高孔高渗断块油藏开发效果差的问题, 通过开展精细油藏描述技术研究, 系统分析了区块开发矛盾的主要地质制约因素。创新性提出低序级断层精细解释、微观孔缝结构表征和储层展布特征重构三项关键技术, 在矿场实践中显著提高布井优良率至80%, 单井产能提升2-3倍, 极大提升了油田的经济效益。通过优化开发策略和精确的储层表征, 不仅提高了区块的产量, 还有效地减少了开发成本, 为同类断块油藏的高效开发和经济效益提升提供了有效的技术参考。

关键词: 断块油藏; 精细描述; 低序级断层; 孔缝结构; 经济效益

中图分类号: TE344

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 016-0103-03

Research on the Application of Fine Reservoir Description Technology and Economic Benefits in Pan 2 Block of Linpan Oilfield

Ren Minhua (Exploration and Development Research Institute, Shengli Oilfield Branch, Sinopec, Dongying Shandong 257015, China)

Abstract: This paper addresses the poor development effect of the high-porosity and high-permeability fault-block reservoir in Pan 2 Block of Linpan Oilfield. Through the research on fine reservoir description technology, the main geological constraints of the development contradictions in the block were systematically analyzed. Three key technologies, namely, fine interpretation of low-order faults, characterization of microscopic pore and fracture structures, and reconstruction of reservoir distribution characteristics, were innovatively proposed. In field practice, the excellent well placement rate was significantly increased to 80%, and the single-well productivity was enhanced by 2-3 times, greatly improving the economic benefits of the oilfield. Through the optimization of development strategies and precise reservoir characterization, not only the production of the block was increased, but also the development costs were effectively reduced, providing an effective technical reference for the efficient development and economic benefit improvement of similar fault-block reservoirs.

Keywords: Fault-block reservoir; Fine description; Low-order faults; Pore and fracture structure; Economic benefits

断块油藏在胜利油田占有重要地位, 目前投入开发单元数1181个, 动用地质储量 $16.2 \times 10^8 \text{t}$, 是胜利油田产能建设的重要阵地。临盘油田是胜利复杂断块油藏的典型代表, 具有断块碎而多、块间强分隔性、块内强非均质性等复杂地质特征, 为井网部署、注采优化调控等带来巨大挑战。论文以临盘油田盘2块为例, 通过精细表征油藏微观孔隙结构特征、精细刻画复杂断块低序级小断层空间分布、精细描述复杂断块储层展布规律, 指导重构盘2块开发单元划分、优化井网部署策略, 区块产量和效益得以提升, 形成的技术与方法也为同类断块油藏的高效开发提供了有益借鉴。

1 区块概况及存在问题

盘2块位于济阳拗陷惠民凹陷临盘构造带西翼, 构造上受控于三条三级断层(F1、F2、F3)形成的扇形断块。截至研究前, 综合含水率达76.3%, 采出程度仅12.4%, 采油速度0.56%。近年新井布井优良率

低于50%, 典型低效井盘2-斜118井初期日油仅3.2t, 3个月后含水快速上升至85%。围绕盘2块新井优良率低、初期日油低、含水上快等实际开发问题, 其根源在于地质认识不清晰导致开发部署与技术政策不合理。

2 精细油藏描述关键技术研究

针对盘2块存在的地质认识问题, 开展了精细油藏描述技术研究。通过攻关创新, 形成了三项关键技术: 微观孔缝结构表征技术、低序级断层精细解释技术以及储层展布特征研究技术。

2.1 微观孔缝结构特征

2.1.1 研究技术方法

明确岩石微观孔缝结构是开展储层物性及流体渗流规律研究的基础, 通常采用岩石薄片观察、扫描电镜等实验手段, 结合图像分析技术, 实现孔缝结构与组合模式的精准刻画。

①岩石薄片观察与铸体薄片分析。将岩石切割为

薄片,通过显微镜镜下观察,明确储层的岩石类型、矿物组成、孔隙类型及分布特征等基本信息。

②扫描电镜分析。采用场发射扫描电镜,对储层的微观孔缝结构进行高倍放大观察,明确微米级孔隙形态、孔径分布、裂缝发育特征等详细信息。

③图像分析技术应用。利用图像分析技术对岩石薄片或扫描电镜图像进行处理和分析,实现孔隙度、渗透率等关键参数的定量表征,为储层评价及流体流动模拟提供重要依据。

2.1.2 盘2块微观孔缝特征

考虑储层非均质性强,微观孔缝结构复杂等特征,通过岩石薄片观察和扫描电镜分析等实验手段,明确储层的岩石类型、矿物组成、孔隙类型等基本信息,结合图像分析技术,深入研究盘2块储层的微观孔缝结构特征。根据实验分析结果,认为盘2-12块沙三下储层属于高孔高渗储层,以正常粒间孔为主,孔隙周围没有溶蚀痕迹。少量的次生孔隙是由淋滤、溶解、交代作用等形成,以及构造作用形成的裂隙。次生孔隙类型有溶蚀孔洞、晶间微孔、裂缝及层间缝。孔喉半径较粗,分选较好,储层岩石排驱压力小,储集层孔隙结构好,可动油饱和度较高。压实作用较普遍,主要表现随着压实作用的加强,颗粒间的接触关系变化趋势是:点→线→凹凸→缝合线接触。成岩作用相对差,石英压溶较常见,表现为颗粒间的凹凸接触或缝合线接触。

2.2 复杂断层精细解释技术

在盘2块的复杂断层解释中,低序级断层对油藏分割具有显著作用,能够发现剩余油富集区并对布井提供指导。盘2块地震资料面元为 $12.5 \times 12.5\text{m}$,主频约30Hz,支持从剖面精细识别四级、五级低序级断层。通过高精度地震资料,提升了地震解释精度,并为低序级断层的刻画奠定了基础,进而优化了井网设计和布井优良率。对于不同级别断层的地球物理综合解释方法,较大落差的断层容易通过反射波组变化识别,但五级及以下级别的低序级断层落差一般在10m左右,甚至小于10m,延伸长度约100-300m,地震剖面上无明显标志。地震正演表明,地震主频为40Hz时,断层落差为5-6m的小断层会在地震同相轴上出现微小的错动,证明10m以下的低序级断层通过同相轴微错动可以有效识别。为精细刻画不同级别断层空间分布,结合沿层切片相干分析、相邻相似加密解释、叠合验证继承规律,形成了复杂断裂系统空间组合方法。具体方法包括:沿层切片相干分析提高了小断层的解释精度,避免了随意性;相邻相似加密解释通过剖面 and 相似性分析实现了断层平面组合;叠合验证继

承规律通过多个反射层的验证确保了断层组合的准确性。应用这些方法,盘2块识别了7条低序级断层,断距为8-12m,延伸长度为150-300m。通过断层揭示结果修正构造模型,原井网存在3处注采不对应区,解释精度从 $\pm 20\text{m}$ 提升至 $\pm 5\text{m}$ 。新的断层解释比原构造图增加了5条低序级断层,断层的切割和交切关系更加明确,最终实现了盘2块沙三下段低序级断层的准确刻画。

2.3 储层展布特征研究技术

通过系统分析不同区域岩性、沉积相、物性及流体的分布差异,结合三维地质建模技术,精细刻画了储集性、含油气性以及断层、裂缝等空间展布。论文基于已有的取心井分析、地震、测井及地质等多源信息,结合地质统计学方法,构建了盘2块储层的三维地质模型,准确描述了储层空间分布、厚度变化及物性特征等要素。油藏三维地质建模技术包括地层建模、沉积相建模、物性及流体建模。地层建模方面,采用井震结合技术,明确岩性与电性特征的响应关系,通过层序地层学和开发动态特征,精细刻画了不同深度的地层。沉积相建模则依托沉积学理论,结合测井、地震及岩心数据,通过变差函数分析与序贯指示模拟算法,优化了复杂断块沉积微相的空间表征。油水分布建模通过标准化测井数据并使用油藏压力法,准确描述了油水分布关系,尤其在油水兼备断块中,精细描述了油水界面。基于这些研究,结合盘2块沙三下发育的三角洲沉积体系,明确了砂体的尖灭线、有效厚度变化规律和砂体连通性,并构建了砂体模型。最终,结合断层发育规律,建立了盘2块三维油水分布模型,实现了不同层位、区域的油水分布精细刻画。

3 矿场实践分析

对盘2-12块沙三下段进行了三维地震解释、细分小层、储层展布研究、油水系统刻画等各项实施,提高了地质认识精度。基于最新地质研究,在优选的区域规划了7口井。

3.1 方案优化部署

基于精细描述成果,重新划分5个开发单元,部署7口调整井。其中,水平井盘2-平126设计轨迹沿I类储层顶界1-2m延伸,水平段长350m;定向井盘2-斜124靶点避开低序级断层破碎带,距F4断层35m。

3.2 实施效果

将精细油藏描述技术应用于盘2块方案部署中后,通过精细油藏描述技术的应用,更加准确地识别有利区域和储层特征,结合布井策略的优化调整,盘2块的开发效果得到了显著改善。具体表现为区块采油速

度提高、含水率下降、单井产量增加等方面,布井优良率由原来的 42.9% 提高至 80%。不仅提高了区块的产量和效益,也为同类断块油藏的高效开发提供了有益借鉴。

4 经济效益分析

临盘油田盘 2 块的精细油藏描述技术的应用,显著提高了区块的开发效益,带来了显著的经济收益。通过微观孔缝结构表征、低序级断层精细解释和储层展布特征研究技术的创新性应用,矿场的油气开发得到了显著提升。在技术实施之前,盘 2 块存在着低井优良率、初期日油低、含水上升快等问题,导致原有的开发策略效果不理想。经过精细化描述技术的应用后,开发单元的划分得到了优化,井网布置策略得到了调整,油藏的开发潜力得到了进一步释放,从而提高了油田整体的生产效益。

首先,通过精细的低序级断层解释技术,盘 2 块成功识别了多个小断层,并修正了原有构造模型,使得注采井的分布更加合理,避免了注采不对应的情况。原有井网中的 3 个注采不对应区得到了修正,解释精度由 $\pm 20\text{m}$ 提升至 $\pm 5\text{m}$,这为生产过程中油气的合理分配奠定了坚实基础。通过优化井网布置和精准的断层刻画,布井优良率提高至 80%,较之前的 50% 有了大幅度提升。其次,精细的储层展布特征研究技术和油水分布建模技术的结合,准确地揭示了盘 2 块油藏的储层空间分布、厚度变化及油水界面的位置。这一研究成果使得开发策略更加科学,精准识别了有利的储层区域。在新井布置过程中,通过对这些区域的优选与开发,成功避免了不利区域的开发,减少了开发风险和成本,提高了单井产量。在实际生产中,精细油藏描述技术的应用使得盘 2 块的单井产量提升了 2~3 倍。以盘 2-斜 118 井为例,初期日油产量从 3.2t 提升至更高水平,含水上升速度也得到了显著延缓。通过这些技术的实施,区块的采油速度得到有效提升,含水率下降,从而延长了油田的生产周期,增加了长期的生产效益。

通过对经济效益的综合分析,可以看出,精细油藏描述技术的应用使得盘 2 块的采油效率大幅度提升,显著增加了产量和效益。随着布井优良率的提高、单井产能的增加和含水上升速度的延缓,油田的开发效益大幅提升,矿场的综合效益获得了增强。这一技术不仅在临盘油田取得了显著成果,也为其他类似断块油藏的高效开发提供了技术参考和借鉴,具有广泛的推广应用价值。

5 结论

本文通过对临盘油田盘 2 块精细油藏描述技术的

研究与实践分析,得出了以下结论:

①精细油藏描述技术是提高断块油藏开发效果和经济效益的重要手段之一。通过深入研究储层特征、优化布井策略等措施,可以显著提高区块的产量和效益,从而在提高开发效率的同时,带来更高的经济回报。

②低序级断层精细解释技术、微观孔缝结构研究技术以及储层展布特征研究技术等三项关键技术是实现精细油藏描述和经济效益提升的重要手段。这些技术能够更加准确地识别有利区域和储层特征,为后续的注水开发、调剖堵水等开发调整措施提供科学依据,进而有效地促进油田资源的高效利用,提升经济效益。

③矿场实践分析表明,将精细油藏描述技术应用于盘 2 块方案部署中取得了显著成效。布井优良率大幅提升,区块开发效果明显改善,充分验证了精细油藏描述技术在同类断块油藏高效开发中的可行性和经济有效性,为其他油田的高效开发提供了有效借鉴。

参考文献:

- [1] 李国永. 复杂断块油藏精细描述关键技术与应用 [J]. 油气藏评价与开发, 2023, 74(02): 152-162.
- [2] 邹拓, 徐芳. 复杂断块油田开发后期精细地质建模技术对策 [J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2015, 171(04): 35-40.
- [3] 宋力, 宋慧莹. 复杂断块油藏精细地质研究中几项关键技术的应用——以王家岗油田王 43 断块区为例 [J]. 石油地质与工, 2015, 29(03): 90-94+148-149.
- [4] 周海廷, 刘显太, 杜玉山, 王建, 武刚, 赵开连, 黄超, 房环环, 谭琴辉. 高地层倾角条件下低序级断层的地震识别方法 [P]. 山东省: CN114089418B, 2023-06-23.
- [5] 王静, 张军华, 刘显太, 杨勇, 杜玉山, 胡陈康. 低序级断层波动方程正演及特征分析 [J]. 地球物理学进展, 2020(03): 1048-1060.
- [6] 陈欢庆, 石成方, 曹晨. 精细油藏描述研究进展 [J]. 地质论评, 2015, 61(05): 1135-1146.
- [7] 江艳平, 芦凤明, 李涛, 廉景, 韩煦. 复杂断块油藏地质建模难点及对策 [J]. 断块油气田, 2013, 119(05): 585-588.
- [8] 赵延静. 复杂油藏地质建模及其模型验证 [D]. 青岛: 中国石油大学, 2010.
- [9] 高博禹, 孙立春, 胡光义, 张媛. 基于单砂体的河流相储层地质建模方法探讨 [J]. 中国海上油气, 2008, (01): 34-37.
- [10] 张伟. 精细油藏地质模型的建立及其应用 [D]. 青岛: 中国石油大学, 2007.