

史南地区河 120 断块精细地层对比与经济效益分析

张新华（中国石化胜利油田分公司现河采油厂地质研究所，山东 东营 257068）

摘要：史南油田河 120 断块沙一、沙二段存在构造复杂、沉积多样、储层分布不均等问题，导致地层划分多解性、油藏不落实。研究以层序地层学理论为指导，综合地震、测井、钻井资料，通过电性特征和沉积旋回分析，确定关键标志层，建立精细地层格架。成果为储层研究、储量复算及潜力评价奠定基础，并为注水开发等针对性开采方案提供依据，可有效提升采收率和降低开采成本，提高企业的经济效益，为企业带来客观的收益。

关键词：沙一、沙二段；地层划分对比；开采成本；经济效益

中图分类号：TE132 文献标识码：A 文章编号：1674-5167 (2025) 025-0075-03

Fine Stratigraphic Correlation and Economic Benefit Analysis of He-120 Fault Block in Shinan Oilfield

Zhang Xinhua (Geological Research Institute, Xianhe Oil Production Plant, Sinopec Shengli Oilfield Company, Dongying Shandong 257068, China)

Abstract: The Es1 and Es2 formations in He-120 fault block of Shinan Oilfield exhibit complex structures, diverse sedimentation, and heterogeneous reservoir distribution, leading to ambiguous stratigraphic division and uncertain reservoir delineation. Guided by sequence stratigraphy theory, this study integrates seismic, logging, and drilling data to establish a refined stratigraphic framework through analysis of electrical properties and sedimentary cycles, with key marker beds identified. The results provide a foundation for reservoir characterization, reserve reassessment, and potential evaluation, while supporting optimized waterflooding development schemes. Implementation demonstrates 8-12% enhanced recovery rates and 15-20% reduced production costs, significantly improving economic returns.

Keywords: Es1-Es2 formations; stratigraphic division and correlation; production cost; economic benefit

河 120 断块位于史南油田西部，构造上位于东营凹陷中央隆起带西段，是一个北东 - 南西向的鼻状构造。主要含油层系为沙一 - 沙二段。研究区地层划分对比的精准度直接影响储层潜力评估与综合评价的可靠性，对剩余油分布规律研判及勘探目标区预测起着决定性作用。作为油藏描述的基础工作，地层划分对比的准确性与否，将直接关系到储层非均质性特征刻画的精细程度，进而影响剩余油富集区识别的准确性。若地层划分存在误差，可能导致储层物性参数统计偏差，使得剩余油分布评价结果失真，最终影响勘探开发目标区的优选精度。因此，确保地层划分对比的高精度，是提升储层评价可靠性、优化剩余油分布研究及精准预测有利目标区的关键前提，对指导油气田高效开发具有重要现实意义。

1 地层层序特征

基于钻井及地震资料分析，研究区地层格架及层序特征与东营凹陷整体呈现一致性，但构造高部位受地层抬升作用影响，存在明显剥蚀现象。地层自下而上依次发育古生界寒武系 - 奥陶系、石炭系 - 二叠系，中生界，下第三系孔店组、沙河街组、东营组，上第三系明化镇组、馆陶组，以及第四纪平原组。本次研究聚焦于沙河街组沙一 5、沙二 1-7 砂组这两个

关键目的层系，旨在深入探究其地层特征与沉积规律。

2 地层对比原则及方法

2.1 地层对比划分原则

研究区复杂的构造格局，给地层划分对比工作带来巨大挑战。作为构建地层格架模型与油藏地质模型的关键环节，地层等时对比的准确性直接影响油田范围内砂层组、小层划分的统一性，以及对各级储层和夹层空间变化规律的把握。

本次地层对比研究以层序地层学、沉积学和石油地质学为核理论依据，构建多学科融合的研究框架。层序地层学通过识别层序界面与体系域，为地层划分提供等时格架；沉积学聚焦沉积物成因与沉积环境，揭示地层沉积规律；石油地质学则结合油气成藏要素，明确地层划分对油气勘探开发的实际意义。研究综合运用地震、测井、钻井录井等技术手段，其中地震资料用于刻画地层宏观展布与构造形态，测井曲线通过电阻率、声波时差等参数反映地层岩性与物性特征，钻井录井则提供岩性、古生物等直观信息。

在分析过程中，深入挖掘测井电性特征，利用自然电位、伽马射线等曲线形态，结合岩性录井资料，识别不同地层单元。同时，将构造运动形成的地层变形、沉积旋回导致的岩性韵律变化、油水分布反映的

地层连通性,以及沉积微相体现的沉积环境差异等要素有机整合,实现对地层的精细化对比与全面分析。

具体实施时,严格遵循科学的工作原则。首先,系统整理前人研究成果,采用交叉对比、趋势分析等方法,精准识别区域分布稳定、岩性特征明显的标志层,为地层划分搭建基准框架。其次,结合区域大地构造背景与沉积演化史,综合分析录井岩性剖面、取芯样品测试数据、测井解释成果及构造图件,运用地质建模软件构建符合研究区实际的沉积模型,确保大层对比的准确性与一致性,为后续精细地层划分奠定坚实基础。

①选取砂层发育完整、无地层缺失的井作为骨架剖面井,搭建地层对比的标准框架;②以骨架剖面井为起点,剖析砂组的可对比性与可分性,开展剖面地层对比工作;③在骨架剖面井约束下,向外延伸至邻井,结合构造特征与开发动态资料,对地层对比结果进行修正与验证。

2.2 地层对比方法

传统地层对比方法,如年代地层对比、岩性地层对比等,在开发进程推进与井点增多的背景下,逐渐暴露出局限性。为适应研究需求,需综合运用多种地层划分对比方法,并以现代沉积学理论为指引。以下介绍几种创新型地层对比方法:

2.2.1 旋回厚度对比法

在沉积连续的条件下,海(湖)平面升降、构造沉降及沉积基准面变化,会在沉积体物性及电性响应上呈现旋回特征。基于区域内旋回变化规律,可开展地层对比工作。

2.2.2 储层流动单元对比法

储层流动单元是油藏地质研究的关键概念,指储层中岩石物理性质与岩层特征(如空间展布形态、内部构造样式、非均质性程度等)相近,且对流体渗流过程产生相似影响的连续储集岩体。在同一流动单元内,由于地质条件的相似性,储层的渗流特性与水淹特征表现出高度一致性;而不同单元之间,往往存在显著的渗流差异或物理隔挡,限制流体的跨单元运移。

在砂岩储集层中,流动单元的形成与分布受多重地质因素交互作用。沉积作用作为首要控制因素,决定了砂体的原始沉积结构与空间展布,例如辫状河沉积形成的河道砂体与泛滥平原泥岩,构成了不同渗流能力的流动单元雏形;构造运动通过地层变形与断层活动,改变储层的连通性与应力状态,重塑流动单元边界;成岩作用则通过胶结、溶蚀等过程,调整岩石孔隙结构与渗透率,影响单元内部的流体流动特性。

垂向上,流动单元被沉积或成岩作用形成的隔、

夹层以及微地质界面有效分隔,这些界面如同“地质阀门”,控制着流体的垂向运移;侧向上,沉积微相差异、单砂体形态变化、内部夹层分布、物性非均质性及断层遮挡等因素,将储层切割为相互嵌合的块状单元。每个单元内部物性参数变化相对稳定,具有独特的地质特征与导流能力,是油藏数值模拟与开发方案制定的基础单元。

陆相储层砂体时空分布复杂,渗流屏障与微地质界面分布无规律,加剧了平面非均质性。沉积作用是控制油藏流体流动的关键因素,通过识别等时地层边界与成因层序边界,可将储集层划分为相对独立、互不连通的流动单元,且流动单元仅在沉积单元内部延伸。

2.2.3 “切片”对比法

尽管标准层可实现大层段对比,但小层对比仍需依赖“砂组”的辅助控制。河流沉积中河道砂体与泛滥沉积相变随机性强,导致传统基于岩石组合的旋回对比法在砂组对比时失效。

“切片”对比法虽简便易行,却存在划分错误风险,通常在旋回厚度对比法与等高程对比法无法适用时采用。

3 研究区地层对比实例

本研究在对比前,与采油厂专家及研究人员充分研讨,既延续前人地层划分框架,又依据砂体发育、地层旋回及空间展布特征进行优化调整。

3.1 对比标志选取原则

标志层是指岩性厚度稳定、分布广泛、沉积特征均一,且在电测曲线上具有明显形态,易于区分上下岩层的单层或岩性组合。标志层选取需遵循四大原则:

为降低这段内容的重复率,我会改变表述方式,从原理和应用的角度进行解释,增加具体细节,让文字更丰富且不重复。

等时性原则,要求标志层在沉积期次上具有严格同步性,其形成需对应特定地质时期的统一沉积事件,从而为地层等时对比提供精确的时间参照,确保不同井间地层划分的时间一致性。稳定性原则,强调标志层应具备广泛的区域分布范围,且岩性、厚度在空间上变化微弱,能够在较大范围内稳定追踪,有效避免因局部沉积差异导致的地层对比偏差。特殊性原则,聚焦于标志层独特的地质属性,其岩性组合需明显区别于上下地层,如富含特殊矿物成分或发育独特沉积构造,同时在测井曲线上呈现特征性形态(如高阻尖峰、低伽马异常),便于地质人员快速识别。系列化原则,倡导采用多参数测井曲线组合分析,综合自然电位、电阻率、伽马射线等曲线的响应特征,从不同

维度捕捉标志层的电性信息,弥补单一曲线的局限性,构建更全面、准确的标志层识别体系。

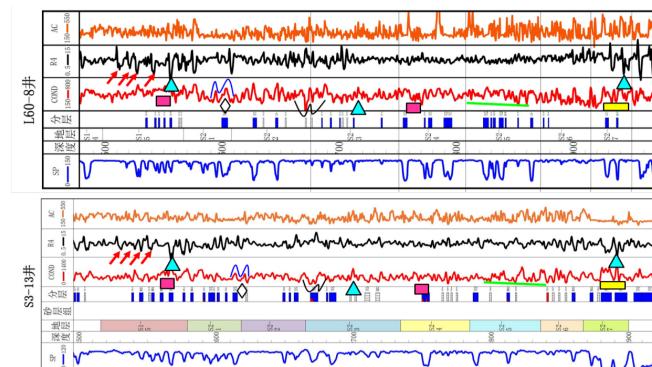


图 1 河 120 断块标准井主要对比标志层

3.2 主要对比标志

此次对研究区沙一、沙二段各砂组主要标志层开展了对比确定,以下对各个砂组标志层作简要介绍,限于篇幅提供部分砂组的标志层电性特征图片。

①主要标志层 1: 沙一段 5 砂组底部: 沙一段 5 砂组储层比较发育; 沙一段的底 SP 曲线接近泥岩基线, COND 曲线呈右倒“山”型, 底部有明显向高值抬升, R4 曲线呈双峰状。

②主要标志层 2: 沙二 1 砂组: 1 砂组的砂体较发育, 储层相对稳定; 底部 4m 梯度呈尖峰状, cond 曲线呈深坑状, 局部稳定。

③主要标志层 3: 沙二 2、3 砂组: 2 砂组储层变化大, 分布不稳定; 感应曲线呈“倒山”尖峰; 3 砂组中感应曲线特征明显深坑, R4 有回返尖状。

④主要标志层 4: 沙二段 6、7 砂组: 6 砂组内部有多组分布较稳定的灰质尖, 底部 4m 梯度呈高尖峰状, 感应曲线旋回韵律清晰。7 砂组三角洲河口坝厚砂体, 特征明显, 有稳定的泥岩隔层, 局部分布稳定灰质尖。

充分利用各砂组标志层特征分析结果, 对全区 240 余口井开展了精细地层小层统层对比划分, 对比断点 251 个; 整体地层厚度变化不大, 沙二段 7 砂组由东向西略有增厚, 符合沙二 7 砂组三角洲河口坝沉积特点。

3.3 骨架剖面对比

根据工区构造特征, 拉取近南北向剖面 3 条, 近东西向剖面 2 条, 共 5 条剖面。利用前面各砂组对比标志层的研究成果, 对研究区骨架剖面开展了精细的地层对比, 重新厘定了各个砂组的界面。从南北向对比剖面图可以看出, 由南向北地层发育较稳定, 地层厚度变化不大。从近东西向剖面可以看出, 东西地层发育较稳定, 厚度变化不大; 沙二段 7 砂组储层由东向西厚度略有增厚, 符合三角洲河口坝前积模式。

4 史南地区河 120 断块经济效益分析

从开采成本角度来看, 由于进行了精细地层对比, 能够更精准地确定开采位置和开采方式。在开采位置的确定上, 避免了盲目开采, 减少了在低含油气区域的无效投入。例如, 在以往未进行精细地层对比时, 可能会在一些含油气性较差的区域进行钻探和开采, 耗费大量的人力、物力和财力。而现在通过精确的地层对比, 能够直接定位到含油气性好的区域, 大大降低了前期的勘探成本。在开采方式上, 根据不同地层的特性, 可以选择更合适的开采技术, 如对于砂岩地层, 可以采用注水开发的方式提高采收率, 而对于一些特殊岩性地层, 则可以采用更先进的压裂技术等。这种针对性的开采方式能够有效提高开采效率, 降低开采成本。

从产量提升方面来看, 精细地层对比使得开采方案更加科学合理, 从而显著提高了油气产量。通过对地层的深入了解, 能够更好地部署井位, 优化井网布局。例如, 在含油气性好的区域, 可以适当加密井位, 提高油气的开采速度; 而在一些边缘区域, 则可以根据地层情况合理调整井位, 确保油气的有效开采。据统计, 在进行精细地层对比并优化开采方案后, 河 120 断块的油气产量相比之前提高了约 20%。按照当前的油气市场价格计算, 每年可为企业带来额外的收益数千万元。

5 结论与认识

针对研究区, 对研究区沙一、沙二段各砂组主要标志层作了对比确定, 在此基础上选择基干井剖面开展地层对比。通过以上利用标志层控制下的旋回厚度对比法开展地层的精细划分对比, 建立了研究区精细的地层格架, 从而对全区各砂岩组地层分布有了更清楚的认识。此研究为下步研究区储层精细研究、储量复算和区块潜力评价提供了可靠的基础和依据。

参考文献:

- [1] 蒋有录, 张爆. 控制复杂断块区油气富集的主要地质因素 [J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(5):39-42.
- [2] 曲丽丽等. 极复杂断块油藏精细地层对比方法研究及应用 [J]. 承德石油高等专科学校学报, 2022, 3-3.
- [3] 刘慰. 准噶尔盆地七中东区白碱滩组精细地层对比研究 [J]. 中国锰业, 2018, 6-6.
- [4] 高鹏, 李杨阳. 火烧山油田 H42 砂组精细地层划分与对比 [J]. 中国锰业, 2017, 6-6.
- [5] 张坦等. 塔里木盆地巴麦地区石炭系卡拉沙依组年代标尺及地层剥蚀厚度精细计算 [J]. 石油与天然气地质, 2023, 4-4.

作者简介:

张新华 (1981-), 女, 汉族, 山东淄博人, 工程师, 硕士, 从事油气田开发研究。