

# 基于三维地震资料的海洋油气藏预测与评价研究

王曦韵

中石化上海海洋油气分公司勘探开发研究院

DOI:10.12238/jsse.v3i2.13477

**[摘要]** 本研究聚焦于基于三维地震资料的海洋油气藏预测与评价,旨在揭示该技术在海洋油气勘探开发中的关键作用与应用价值。通过对相关方法和评价体系的深入探究,分析三维地震资料在海洋油气藏预测中的独特优势,并构建一套科学、全面的海洋油气藏评价体系,为海洋油气资源的高效勘探与开发提供有力的技术支撑与决策依据。

**[关键词]** 三维地震资料; 海洋油气藏; 预测方法; 评价体系

**中图分类号:** P315.73 **文献标识码:** A

## Research on Prediction and Evaluation of Marine Oil and Gas Reservoirs Based on 3D Seismic Data

Xiyun Wang

Institute of Exploration and Development, SINOPEC Shanghai Offshore Oil & Gas Company

**[Abstract]** This study focuses on the prediction and evaluation of marine oil and gas reservoirs based on three-dimensional seismic data, aiming to reveal the key role and application value of this technology in marine oil and gas exploration and development. Through in-depth exploration of relevant methods and evaluation systems, analyze the unique advantages of 3D seismic data in predicting marine oil and gas reservoirs, and construct a scientific and comprehensive marine oil and gas reservoir evaluation system, providing strong technical support and decision-making basis for efficient exploration and development of marine oil and gas resources.

**[Key words]** 3D seismic data; Marine oil and gas reservoirs; Prediction methods; Evaluation system

### 引言

随着全球能源需求的持续增长,陆地油气资源逐渐面临枯竭的困境,海洋油气资源的勘探与开发愈发受到关注。海洋油气藏作为重要的能源储备,其准确预测与科学评价对于提升海洋油气开发效率、降低勘探风险具有重要意义。三维地震技术作为现代地球物理勘探的核心手段之一,在海洋油气藏研究中发挥着不可或缺的作用。该技术通过获取地下三维空间的地震数据,能够详细刻画地下地质构造和地层特征,为海洋油气藏的预测与评价提供丰富且准确的信息,已成为海洋油气勘探领域的关键技术。

### 1 海洋油气藏预测与评价的意义

#### 1.1 保障能源供应安全

海洋油气资源储量巨大,是全球能源供应的重要组成部分。准确预测和评价海洋油气藏,有助于确定具有开发潜力的区域,合理规划开采方案,从而增加油气产量,缓解全球能源紧张局面,保障国家能源供应的稳定与安全。例如,我国南海地区蕴含丰富的油气资源,通过对该区域油气藏的精准预测与评价,已成功开

发多个海上油气田,有效提升了国内能源自给率。

#### 1.2 降低勘探开发成本

海洋油气勘探开发环境复杂、技术要求高、成本巨大。若在勘探阶段对油气藏的认识不准确,可能导致勘探工作的盲目性,增加不必要的勘探成本。通过科学的预测与评价,可以减少勘探风险,避免在不具备开发价值的区域投入大量资金,提高勘探成功率,降低整体开发成本。据统计,采用先进的预测与评价技术后,海洋油气勘探的成本效益比显著提升,部分项目成本降低了约20%-30%。

#### 1.3 促进海洋经济发展

海洋油气产业是海洋经济的重要支柱之一。准确的油气藏预测与评价能够带动相关产业的发展,如海洋石油工程装备制造、海洋工程服务等。同时,油气资源的开发还能创造大量的就业机会,促进沿海地区经济繁荣,推动海洋经济的可持续发展。以北海油田为例,其成功开发极大地促进了英国苏格兰地区的经济增长,带动了当地基础设施建设和相关产业的蓬勃发展。

### 2 基于三维地震资料的海洋油气藏预测的必要性

## 2.1 海洋地质环境的复杂性

海洋地质条件与陆地相比,其复杂程度堪称天壤之别。在广袤无垠的海洋之下,多种独特的地质构造星罗棋布,像断层,它是地壳受力发生断裂,沿破裂面两侧岩块发生显著相对位移的构造形态,其走向、规模和错动方式各异,对海洋地质稳定性和油气分布有着关键影响;褶皱则是岩层在应力作用下发生的连续弯曲变形,褶皱的形态、紧闭程度和轴向等特征,不仅记录了地质历史时期的构造运动,还与油气的聚集和保存密切相关;盐丘是地下岩盐受挤压而向上拱起形成的丘状构造,盐丘的存在会改变周围地层的压力场和流体运移路径,进而影响油气的分布格局。而且海底沉积物的性质和分布更是变化多端,从浅海的砂质沉积物到深海的泥质沉积物,粒度、成分和堆积速率都有极大差异。

## 2.2 提高预测精度的需求

在竞争日益激烈且投资巨大的海洋油气勘探领域,对油气藏预测精度的要求正以惊人的速度日益提高。在实际勘探过程中,哪怕是极其微小的误差,都如同在黑暗中偏离了正确方向的指南针,可能导致勘探方向的严重偏差。这不仅会使勘探工作者错过潜在的油气藏,造成前期勘探资源的巨大浪费,还可能延误项目进度,增加勘探成本。三维地震资料凭借其更高的分辨率,能够将地层中的细微结构清晰展现,就像高精度显微镜一样,把地层界面的起伏和储层内部的细微变化都精准刻画出来,为后续的开发决策提供更准确的依据,帮助决策者在众多开发方案中做出最优选择,降低开发风险。

## 2.3 满足现代油气开发技术的要求

随着海洋油气开发技术的不断进步,一系列高效开采技术如雨后春笋般涌现并广泛应用,其中水平井技术通过在储层中钻出水平方向的井眼,能够大幅增加井眼与储层的接触面积,提高油气产量;多分支井技术则是在一口主井眼上分出多个分支井眼,进一步扩大了开采范围,提高了油气采收率。然而,这些先进技术的成功实施,都离不开对地下地质结构的精确了解。它们需要准确掌握油气藏的几何形态,是规则的块状、长条状还是复杂的透镜状;需要清晰知晓储层分布,包括储层的厚度变化、横向延伸范围;还需要明确油气藏与周边地质体的关系,比如与断层、褶皱等构造的相对位置。从而提高油气开采效率和采收率,为海洋油气资源的高效开发奠定坚实基础。

# 3 基于三维地震资料的海洋油气藏预测方法

## 3.1 地震属性分析

地震属性是指从地震数据中提取的,能够精准反映地下地质特征各类参数,其中比较典型的有振幅、频率、相位等。在实际的油气勘探工作中,通过对三维地震资料展开全面且深入的属性分析,便能够获取与油气藏紧密相关的关键信息。以振幅属性为例,它能够直观地反映地层的反射强度。在油气藏存在的区域,由于储层与周围岩石之间存在波阻抗差异,这种差异就可能导致振幅出现异常变化,比如常见的亮点或暗点现象。亮点通常表示强反射,可能是由于高孔隙度的含气储层与围岩之间形

成了较大的波阻抗反差所致;而暗点则代表弱反射,也许是因为低孔隙度的致密储层或者含油饱和度较高的储层,其与围岩之间的波阻抗对比度较小。再看频率属性,它能够有效反映地层的吸收衰减特性。油气藏中的流体性质会显著影响地震波的频率变化,利用频率切片等先进技术,我们可以将不同频率段的地震信息进行分离和展示,从而更为准确地识别含油气区域。当储层中含有天然气时,地震波的高频成分会被大量吸收,导致频率降低,在频率切片上表现为低频异常区域。

## 3.2 地震反演技术

地震反演是根据地震资料反推地下地质结构和岩性参数的复杂过程。基于三维地震资料的反演技术主要包括波阻抗反演、弹性参数反演等。波阻抗反演是一项极为重要的技术手段,它通过巧妙地将地震数据与测井资料相结合,能够反演得到地下地层的波阻抗剖面。测井资料可以提供地下岩石的准确物理参数信息,如电阻率、声波时差等,而地震数据则能够反映地下地质结构的宏观特征。将两者融合,就如同拼图一般,使得我们能够更为清晰地识别储层的分布范围和厚度。当波阻抗剖面显示出明显的低波阻抗区域时,很有可能就是储层所在位置,因为储层通常具有较高的孔隙度和流体饱和度,导致其波阻抗相对较低。弹性参数反演则可以获取更丰富的岩石弹性信息,比如纵波速度、横波速度等。纵波速度反映了岩石在受到纵向压力时的弹性响应,而横波速度则体现了岩石在受到横向剪力时的弹性特征。通过分析这些弹性参数,有助于我们准确判断储层的岩性和含流体性质,进而大大提高海洋油气藏预测的准确性。例如,当纵波速度与横波速度的比值发生异常变化时,可能暗示着储层中流体性质的改变,这对于判断是否存在油气具有重要的指示意义。

## 3.3 地质统计学方法

地质统计学方法将统计学原理与地质现象紧密结合,专门用于描述和预测地质变量的空间分布。在海洋油气藏预测领域,地质统计学方法发挥着不可或缺的作用。它可以充分利用三维地震资料的空间连续性和变异性,对储层参数进行科学建模和精准预测。例如,通过变差函数分析储层参数在空间上的变化规律。变差函数能够定量地描述储层参数在不同距离和方向上的变化程度,揭示其空间相关性。当变差函数值较小时,说明储层参数在该方向上的变化较为缓慢,空间连续性较好;反之,当变差函数值较大时,则表示储层参数变化剧烈,空间变异性较强。利用克里金插值法对未知区域的储层参数进行估计是地质统计学方法的另一个关键环节。克里金插值法基于变差函数所确定的空间相关性,能够综合考虑已知数据点的位置和数值,对未知区域的储层参数进行最优无偏估计。通过这种方式,我们可以实现对油气藏分布范围和储量的预测,为海洋油气勘探提供有力的技术支持,帮助勘探人员合理规划勘探方案,提高勘探效率和成功率。

# 4 基于三维地震资料的海洋油气藏评价体系探究

## 4.1 地质评价

首先,地质评价堪称海洋油气藏评价体系里最为基础且关键的一环,其涵盖范围广泛,重点聚焦于对地层构造、储层特征以及盖层条件展开深度剖析。在对地层构造的研究中,借助先进的三维地震资料,技术人员能够运用专业的绘图软件与算法,精确无比地绘制出地层构造图。通过这张构造图,可以清晰地观察到断层的走向、规模以及其活动历史,分析褶皱的形态、轴向和紧闭程度等特征,从而全面了解这些构造因素究竟是如何对油气藏的形成起到促进作用,又是怎样影响油气藏的保存状态的。例如,一些大型的背斜构造往往是良好的油气聚集场所,而活动频繁的断层则可能导致油气藏的破坏与散失。

同时,在储层特征评估方面,通过地震属性分析技术,提取诸如振幅、频率、相位等多种地震属性,再结合复杂的反演算法,能够深入地评估储层的岩性,判断其是砂岩、灰岩还是其他类型的岩石。对于孔隙度和渗透率这两个关键参数,更是能够利用一系列数学模型和模拟计算,得出较为准确的数值,进而精确定储层的质量高低和蕴含的开发潜力大小。比如,高孔隙度和渗透率的储层,油气更容易在其中流动和储存,其开发价值也就相对较高。

此外,针对盖层条件的研究,主要是研究盖层的岩性、厚度、连续性以及封闭机制等。通过分析盖层岩石的矿物组成和结构,判断其封闭性的好坏,从而确定盖层对油气藏的保存能力究竟如何。像泥岩等具有低渗透性的岩石,常常能够成为良好的盖层,有效地阻止油气向上逸散。

#### 4.2 储量评价

首先,储量评价在整个海洋油气藏开发流程中,是确定油气藏经济价值的核心关键环节。它以三维地震资料为重要基石,深度融合地质统计学方法与储层建模技术,对海洋油气藏的储量展开科学、严谨的估算工作。首先,专业的地质人员依据精细的地震解释结果,运用空间定位技术和边界识别算法,准确无误地确定油气藏的边界和分布范围。这一过程需要对地震数据进行多轮次的解译和验证,以确保边界的准确性。

然后,利用前期通过地质评价和地球物理分析所建立起来的储层参数模型,针对海洋油气藏不同区域,分别计算其储量。在计算过程中,充分考虑储层参数在空间上的变化规律,运用地质统计学中的克里金插值等方法,对参数进行合理的估计和分布模拟,从而得到每个区域较为精确的储量数值。

最后,为了使储量评估结果更具可靠性和实用性,需要通过不确定性分析。考虑到地震资料的解释误差、储层参数的测量误差以及地质条件的不确定性等多种因素,运用蒙特卡洛模拟等方法,评估储量的可靠性和风险范围。这一结果将为后续油气田开发规划提供至关重要的决策依据,帮助决策者合理安排开发方案,降低开发风险。

#### 4.3 经济评价

首先,经济评价是一项综合性的评估工作,它全面综合地考

虑海洋油气藏开发过程中涉及到的各种成本和收益因素,以此来精准评估油气藏开发的经济效益。在经济评价中,成本因素可谓种类繁多,勘探成本涵盖了前期的地质调查、地球物理勘探、钻井勘探等一系列费用支出;开发成本则包括油气田基础设施建设、设备购置与安装、井网布置等方面的投入;生产成本主要涉及油气开采过程中的能源消耗、设备维护、人员工资等日常运营成本。而收益方面,主要来源于油气产品在市场上的销售所得。

其次,利用三维地震资料所提供的关于海洋油气藏的详细信息,如海洋油气藏的规模、储层分布、流体性质等,借助专业的数值模拟软件和产量预测模型,更准确地预测油气产量随时间的变化趋势以及整个开发周期的长短。同时,紧密结合市场价格的波动情况、国家和地方的税收政策以及其他相关的经济政策等因素,建立起全面且精准的经济评价模型。在这个模型中,通过输入各项成本、收益以及相关经济参数,计算出净现值、内部收益率等关键经济指标。依据这些指标的数值大小,能够直观地判断油气藏的开发可行性和投资价值。例如,若净现值大于零且内部收益率高于行业基准收益率,通常表明该油气藏具有较好的开发前景和投资价值,值得进一步投入开发。

## 5 结论

基于三维地震资料的海洋油气藏预测与评价技术在海洋油气勘探开发中具有重要意义。通过地震属性分析、地震反演和地质统计学等方法,能够实现海洋油气藏的有效预测;构建涵盖地质评价、储量评价和经济评价的综合评价体系,有助于全面评估海洋油气藏的开发潜力和经济价值。随着技术的不断进步和研究的深入,三维地震资料在海洋油气藏研究中的应用将更加广泛和深入,为海洋油气资源的高效开发提供更有力的支持,推动全球海洋油气产业的持续发展。未来,应进一步加强三维地震技术与其他勘探技术的融合,提高预测和评价的精度和可靠性,同时关注新技术的研发和应用,以应对日益复杂的海洋地质条件和不断增长的能源需求。

### [参考文献]

- [1]吴耀乐,邓敏.三维稀疏约束反演方法在海洋地震资料鬼波分离和偏移成像中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(24):125-127.
- [2]邓桂林,丁龙翔,李福元,等.海洋长排列单源单缆准三维窄方位地震资料处理技术[J].物探与化探,2021,43(4):828-834.
- [3]何俊强,李玉,马志波.匹配滤波在海洋三维四分量地震资料拼接中的应用[J].工程地球物理学报,2020,13(6):707-711.
- [4]徐升,DonPham.海洋三维地震资料处理中的静校正方法[J].石油物探,2020,(06):541-544+13.

### 作者简介:

王曦韵(1998--),女,回族,河北省张家口市人,大学本科,助理工程师,石油地质勘探。