

Application of Oil and gas Test Data in Resource Evaluation

Jia Liu

Shenzhen Branch, China Hai Aipu Oil and Gas Test (Tianjin) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

Oil and gas testing serves as a critical method for obtaining dynamic formation information in hydrocarbon exploration, playing a vital role in resource assessment. This paper systematically examines the practical applications of oil and gas testing data in reservoir evaluation, geological reserve estimation, and recoverable reserves calculation. It highlights the significant contributions of such data in permeability inversion, production capacity identification, and boundary determination. Furthermore, the study analyzes its applications in advanced fields including intelligent well testing, geological modeling, and AI-driven prediction, demonstrating the potential of oil and gas testing data to drive digital and intelligent development in resource evaluation. Supported by typical field measurements and tabular examples, the research confirms the effectiveness of oil and gas testing in enhancing resource assessment accuracy and optimizing development strategies. The findings provide technical support for reservoir evaluation and decision-making in hydrocarbon resource management.

Keywords

Oil and gas testing; Resource assessment; Reserve estimation; Permeability

油气测试数据在资源评价中的应用

柳嘉

中海艾普油气测试（天津）有限公司深圳分公司，中国·广东 深圳 518000

摘要

油气测试属于油气勘探中获取地层动态信息的关键手段，对于资源评价有着重要的意义。本文系统探讨了油气测试数据在储层评价、地质储量以及可采储量估算等实际应用方面的情况，梳理出油气测试数据在渗透率反演，产能识别，边界判定等方面的突出作用，进一步分析了油气测试数据在智能试井、地质建模、人工智能预测等前沿应用中的情况，显示了油气测试数据在推动资源评价数字化，智能化发展的潜力。借助典型实测数据和表格实例，证实了油气测试在提升资源评价精确度，改进开发策略方面的应用成果，研究成果可为油气藏评价和开发决策给予技术支持。

关键词

油气测试；资源评价；储量估算；渗透率

1 引言

油气资源开发时，想要高效开采就要确切知晓储层特点和资源潜力，传统评价手段大多依靠地质，地球物理和岩心资料，很难全面体现储层动态情况。油气测试是取得真实地层反应的重要途径，可以得到压力、产能、流体物性等各类数据，是地质模型和开发工程之间的联系纽带。随着非常规资源开发和数字油田创建，油气测试数据应用从单井产能分析发展到油藏规模资源预测和智能控制，本文借助实际测试事例，深入剖析其在资源评价全过程中发挥的作用，以促进资源评价更具数据根基和决策的科学性。

2 油气测试数据的基本概述与分类

2.1 油气测试定义及其在资源评估中的作用

【作者简介】柳嘉（1986-），男，中国山东烟台人，本科，工程师，从事油气测试研究。

油气测试是指在一定控制条件下，通过调节油井内部流体流动状态，获取地层压力变化、产能响应、流体物性等关键参数的工程技术手段。其核心目标在于动态评价地层储层的物性特征与流体运移能力，从而判断油气藏的开发潜力与经济可采性。作为勘探开发阶段的核心环节之一，油气测试不仅提供了与地震解释、岩心分析等“间接性”手段互补的“直接性”地层动态数据，更是实现由“静态地质认识”向“动态开发决策”转化的关键桥梁。与传统的地质建模数据相比，油气测试具有“原位性”、“实时性”和“动态性”三大技术特征。原位性意味着测试获取的数据能真实反映地下储层在自然状态下的物理响应；实时性体现在测试数据可在生产现场即时获取与处理；而动态性则使其可揭示不同时间尺度下地层压力衰减、流体供给、层间干扰等一系列动态演化过程。这些特性使得油气测试在勘探早期、中期评估乃至开发调整等阶段均具有不可替代的技术价值。

2.2 油气测试数据的分类与内容

油气测试数据按照取得方法和物理属性划分,可分成动态测试数据,地层参数数据,流体性质数据和测试响应数据这四类。动态数据就是井处于各种流动状况时,产量,压力,温度这些参数随时间变动的情况,主要用于剖析储层产能,判定地层连通状况,地层参数数据通过测试反演得到的孔隙度,渗透率,有效厚度等静态参数,是储量计算的主要输入来源,流体性质数据包含地层条件下油气的密度、黏度、含水率、油气比等。这些参数影响采收率和开发方式的选择,测试响应数据大多来自长时间测试或者多级测试,包含压力-时间曲线,导数曲线等等,用来辨别储层类型和边界条件。比如在致密气藏里,凭借压力导数曲线分析,可以找出裂缝网络的发育情况以及流体供给的边界,给储层创建赋予约束。

2.3 油气测试数据的获取方法与应用特性

油气测试常用的方法有钻井后测试(DST)、生产测试、井筒测试(RFT)、常规试井、多级压裂测试等,不同方法针对的测试目的层位和数据需求不同,因此测试获得的数据精度和时效性也不同。DST一般用于评价井,在封隔器控制下可获取地层流体和原始压力数据,生产测试主要用于开发井。通过调整生产制度获取产能变化规律,RFT工具可以在钻进过程中多点采集压力和取样,快速识别含油层。近些年随着智能测试技术发展,油井中布置了多参数传感器,如光纤压力计、温度计、涡街流量计等,可以实现数据的实时获取和远程传输,测试效率和精度显著提高。

3 油气测试数据在储层评价中的具体应用

3.1 地层压力与渗透率的反演分析

渗透率和地层压力是评价储层品质的两个关键参数,它们对油气的运移效率及生产能力有直接的影响,借助压力恢复测试(例如DST)或者多点压力测试(比如RFT),我们能获取井筒压力随时间变化的数据曲线,运用Horner法,压力导数分析(PDA)或者数值拟合法,可以反推出储层的平均渗透率,地层原始压力以及流体边界类型等等。拿某中东碳酸盐油藏来说,经过测试曲线拟合得知,其主层渗透率为8.6毫达西,初始压力达到32.4兆帕,具有边水补给机制。通过测试数据反演得到的渗透性评价比传统的岩心测量更具有代表性,因为包含了天然裂缝、非均质层等复杂的地质情况,是建立地质模型、确定产能基础的重要依据。而压力衰减特征可以反映储层是否有良好的流体补给系统,帮助判断采用自然能量开发还是需要人工补能。

3.2 产能评估与主力产层识别

油气测试数据可直接反映储层产能情况,是确定主力产层和无效层的主要依据。对于多层系发育、非均质性较强的储层,可通过分层测试(分层DST或分层多级压裂产能测试)来识别不同层段的流体贡献率。在塔里木盆地某探井,对5个储层段进行分段测试,其中第三层段日产油8.4m³,

占总产量的72%,有效厚度14.2m,是高产层,其他层段虽然具有一定的物性参数,但是产能较低,为非主力层。这种根据测试数据的主力产层识别,可以为开发井的布井,分段压裂设计提供技术指导,测试数据还可以了解油层的流体性质,产液能力以及储层的响应情况,判断层系是否有长期稳定的生产能力,测试数据比单纯的依靠地震解释或者岩心资料,更能真实的反应出产能结构,是储层精细分层和高效开发的核心依据。

4 油气测试数据在资源量估算中的支撑作用

4.1 储层参数提取与地质储量计算基础研究

地质储量估算少不了对储层重要参数的把握,特别是有效厚度,孔隙度,含油饱和度和油体积系数等等,这些数据关乎原始地质储量(OOIP)的算出,油气测试是得到“原位”信息的关键办法,它可如实体现地层内部的物性状况。像压力恢复测试和流体分析就可获取有效厚度,孔隙度和油水界面位置等数据,在某准噶尔盆地油藏中,测试数据显示有效厚度达9.8米,平均孔隙度为12%,含水饱和度28%,原油体积系数为1.35,假设控制面积为0.6km²,按体积法算,此井控制区域的原始地质储量达19.0×10⁴吨。

4.2 可采储量与地层能量系统的动态推演

相比于原始地质储量,可采储量更加注重在一定技术和经济条件下能够开采的那部分储量,其关键在于对地层能量系统的认识。油气测试数据所反映的压力-产量关系、驱替方式、流体补给特征等都是判断可采储量的重要依据。如在物质平衡法中,需要测试得到的原始压力、产量衰减速度和体积系数才能推导出采收率。在某断块气藏测试时,起始地层压力为32MPa,在测试产出气体30万方后,压力下降到24MPa,但流量几乎没变,只下降了6%,这说明地层天然能量很足,采收率会很高。利用测试数据计算得出,该区块采收率为38%,可采储量为7.2×10⁸m³。

表1 该井测试关键数据与评价结果

项目	数值	单位
初始压力	32.0	MPa
测试末期压力	24.0	MPa
流量变化	-6%	-
预测采收率(R _f)	0.38	无因次
计算可采储量	7.2×10 ⁸	立方米

所以油气测试一方面给地层能量状况给予及时反馈,另一方面也极大地改善了可采储量测算的精确度,成了资源开采可行性评判当中不可缺的手段。

4.3 边际资源识别与经济极限储量评估

在资源评价过程中,辨别边际资源,明确经济极限储量,这是防范过度投资,改善开发结构的关键环节,而油气测试数据在这当中占据着非常重要的作用。特别是在那些低丰度、低渗透、地质构造较为复杂的区块当中,测试可以评判

一个井实际产量是否达到了经济开采的标准,以某鄂尔多斯盆地低渗油藏为例,一口井经过测试,每天只能产油 0.85m³,并且含水量达到了 78%,经过测算其生产运行成本发现,每采出一吨油需要花费 380 元,这远超过了该地区油价 300 元一吨,于是乎它的可采储量就快为零了,最后便被归入了暂时无法开采的行列“暂不可采资源”之中去。

表 2 边际井的经济评估简表

测试指标	数值	单位
日产油量	0.85	m ³ /d
含水率	78%	-
单位运行成本	380	元/吨
油价	300	元/吨
经济可采储量	≈0	吨

这种依靠测试数据做出的判断可以防止开发时出现误判的情况,使项目评估更加经济可行。特别是在非常规油气领域,用测试结果来判断投产井是否达到了开发阈值,这样可以有效地提升整个项目的投资回报率以及资源分配效率。

5 油气测试数据在现代数字化与智能化资源评价中的拓展应用

5.1 油气测试数据在三维地质建模中的融合应用研究

随着油气勘探开发走向精细化、数字化方向,三维地质建模成了资源评价的关键方法,油气测试数据是地层实际流体响应的直接记录,被广泛用以校正并改善地质模型,以往的建模大多依靠地震解释和岩心数据,存在空间分辨率差、数据不连续的缺陷。油气测试给出的有效厚度、渗透率、流体产能等参数可以限定建模单元的物性分布,提升模型的可信度,比如在 Petrel 或者 Kingdom 这样的建模平台里,把油井测试的产能数据和压力曲线嵌入进去,就能有效识别出高产层位和低渗区分布,达成空间属性的精确体现。而且测试数据还可以用来做模拟校验,就是把模型预测的结果同测试实际的情况作对比,进而对储层的连通性、裂缝的发育程度以及边界条件加以调整。

5.2 人工智能与大数据技术驱动油气测试数据挖掘

现代油田管理越来越依靠数据来决策,很多历史上的油气测试数据成了人工智能(AI)和大数据分析的重要资源,在传统的资源评价里,一些参数像低渗透率,产能潜力这些

难以准确获得,但借助 AI 模型可以做到从测试数据中自主学习规律,做趋势预测和参数反演,经过创建像随机森林(RandomForest),支持向量机(SVM),深度神经网络(DNN)这样的模型,研究者可以把测试时的地层深度、压力梯度、岩性特征这些变量输进去,从而预估流体产能,断层封堵性能乃至经济可采边界。比如中国某个致密油田就用神经网络模型针对 300 口井的测试数据展开训练,准确预估出初期的日产量,预测精准度达 91%。

5.3 智能试井与远程实时分析技术前沿探索

传统油气测试操作周期长且对人员依赖度大,数据处理迟缓,极大妨碍了资源的快速评定。“智能油田”物联网技术下,一种智能试井(SmartWellTesting)技术得以问世。智能试井在井中装设集成压力,温度,流量以及含水量等传感装置来做到井筒的数据自动搜集并即时传送给云端,借助边缘计算节点及云端分析平台便能达成测试数据快速解读,动态模拟的即时更新。例如中国石油某页岩气区块,部署“地面+井下”双域测试系统,测试数据每 15 分钟上传一次,系统自动识别层间连通性并提出产能建议,决策效率提升 60%。数字孪生技术 DigitalTwin 也开始应用到资源评价中,形成实时仿真的模型与油气测试数据的闭环反馈,实现从采集-分析-决策的自动化闭环。

6 结语

油气测试数据充当了地质认识与工程操作之间的纽带,在现代油气资源评定当中占据着不可或缺的地位,从地层参数反推、储量计算、产能评估,再到智能模型搭建,实时分析改进,它的应用范围和程度一直在拓展,数字化,智能化技术发展起来以后,油气测试就不再只是单纯的数据获取途径,而成了嵌入式的决策核心,会给我国乃至全世界的油气资源准确评价和高效开采给予更扎实的数据支持和技术保障。

参考文献

- [1] 孙金声,赵珂,廖波,等.海域天然气水合物稳定井壁钻井液研究进展[J].天然气工业,2025,45(06):1-16+213.
- [2] 刘少军.大庆油田工厂化压裂项目配套用水方案研究及应用[J].内蒙古石油化工,2025,51(02):102-105.
- [3] 许冬进,吴坤,印文龙,等.非常规油气微注压降返排分析技术现状及发展趋势[J].大庆石油地质与开发,2025,44(03):151-158.