

提高海上探井短时试井资料 快速解释，助力企业经济高质量发展

魏洪涛（中法渤海地质服务有限公司，天津 300457）

摘要：通过前期大量理论研究、生产试验及大量的综合研究，在海上致密油地质评价中逐渐形成了一套新方法、新技术，为海上油气田开发提供了技术支撑。该工艺可实现短时测井资料快速解释，为深部砂岩油藏勘探提供更多有效储量，是海上油气田钻井工程快速解释技术的核心。南海海域主要位于南海北部盆地、东部构造带以及渤海湾盆地南部地区，海陆面积大约占南海总面积的 50% 左右。海域地质条件复杂多变，存在砂岩破碎、气层厚度较小以及含油气基质差异大等问题。“短时测井资料快速解释”是解决上述困难的关键环节。在以往传统测井工作中遇到大量难测井段时都要反复进行人工对比分析后才能定性分析解释，并制定详细井位计划。而新技术及新方法的应用可以极大地缩短现场作业时间及人力成本，提高效率的同时保证工程质量及安全，实现降低成本和钻井工程周期目标。

关键词：海上探井；短时试井；经济发展

1 常规单井流程分析

在常规单井流程中，常规地质研究主要包括井位预测、井径计算、储层描述等环节，每一个环节都需要测井人员认真对待，精心准备。而针对不同的岩性，需要进行不同的测井作业工艺设计，制定井位计划、录井技术人员跟踪测井轨迹，为后续工作的顺利开展奠定基础。

不同测井资料对解释效果有明显影响。在常规单井流程中，地面操作人员要严格按照测斜曲线进行钻进，待套管上完后开始钻井液等测作业。钻至完钻井深时，进行全参数地质解释，保证下一步施工顺利完成。常规下一道工序是井壁注蜡处理、压裂作业等。但在实际生产中也存在一些钻井资料解释不够准确的情况。如该区块 1-5 井部署在陆域进行钻井施工时，主要观察气层分布情况以及是否存在异常；若井段较长或未见天然气出现时需要再做钻头轨迹调整等情况，因此会导致现场作业时间大大增加。该问题严重影响施工效率和质量。

为保证测井过程正常进行并保障钻井工程安全实施，需将各生产环节的工艺流程细化分解到各个工种对应安排施工进度表上来。而南海海域地质条件复杂、地质情况复杂多样，导致了试井过程中的周期较长等问题。常规单井流程可以通过对已有研究成果的整理提高处理效率，缩短钻井周期、减少现场作业时间等方式来解决。

2 短时试井关键技术分析

2.1 试井数据分析

由于短时间试井涉及到测井、解释等多个环节，因此短时间试井必须严格遵守有关规定，严格按照试验方案和步骤进行。根据短时间试井的试验方案和步骤，以及钻前全面分析和验证试井资料，是确定试井参数、目的和方法的前提。试井数据主要包括各参数的测试曲线和测试分析数据。测试曲线主要包括岩心、温度、湿度、压力、岩屑含量。采用“三位一体”测井方法评价随钻段试井，即：测井数据对比分析；检测岩石的孔隙度和粘度；检测温度和地层压力。在试井数据中存在断层、砂层、岩屑含量较高、测井曲线数值变化等情况，会导致最终结果出现误差。因此，短时间试井测试数据必须符合设计要求，才能进行下一步工作。

2.2 试井数据处理

短时试井地层条件复杂，数据处理十分重要。根据地质、生产目的和钻井目的，合理选择测井参数，判断测井数据的精度、速度、含水状态和压力状态。首先是对测井资料进行处理与筛选。目前国内油气井随钻测井资料主要有以下 3 种方式：第一种是单井数据处理，主要包括测井数据处理和井间数据处理。如测井资料、地层资料、岩心资料处理技术及方法；二是针对井壁、钻井施工情况设置专项测试技术；三是针对工程设计中的错误或缺陷造成的结果无法解释

时,进行有针对性的测试。短时试井资料处理应根据技术条件、施工方式等不同情况进行综合评价,既要符合国家有关文件精神,又要符合我国油田生产需要和实际工作中遇到的各种情况。例如:在综合评价油田井壁强度时,应分析随钻测井资料,判断不同井段的地质、生产现象,以便综合评价油田生产井,合理安排下一步的勘探施工措施和方法。另外,当测井资料与岩心记录的现象、预测结果一致时,应及时调整和补充。

2.3 井眼轨迹分析

短时试井井眼轨迹具有良好的时频特性。该轨迹不仅具有良好的地震特征,而且具有良好的随钻特征。在钻井过程中,可利用时频测试工具分析和检测井眼轨迹。同时还能跟踪和测试井眼轨迹。当试井工具与测试参数相同时,当试井轨迹方向与井眼轨迹一致时,试井仪器可称其为“井轨迹”或“曲线”。井眼轨迹是一种有规律的运动轨迹,其运动轨迹由地下地质条件决定,随井眼地层变化较小。通过对井眼轨迹的分析,可以得到整个油气藏的厚度和分布。

2.4 钻头施工分析

钻头施工主要包括钻具安装和调整钻进参数。钻具安装在钻探工程中起着重要作用,它直接影响着钻探过程中的地层参数。准确分析钻具安装参数,确定钻具安装参数。根据钻具的结构、性能和尺寸等因素,确定钻具的安装参数。在钻井施工中,钻具结构直接影响到钻遇地层岩性,因此必须充分了解钻头型号和施工参数,尤其要了解钻具在钻井过程中是否能正常工作。在遇到复杂地层的情况下,应分析钻头,优化调整钻头。钻头施工参数的调整不仅影响钻进参数,而且还影响到井底地质参数的设置。调整井底地质参数时,应尽量贴近钻井液物理参数,如粘度、渗透率等。采用新规格钻井液粘度调节装置,调整钻井液粘度,并根据不同地层类型进行钻具设计与安装,以满足不同地层类型、不同钻遇条件对钻井参数调整性能的要求。

2.5 岩心测量与井筒温度测量分析

钻探作业前,先用一根 1m 长的岩杆在钻机上钻孔,并保持一定距离。为了了解地层含水状态、压力状态和井筒温度数据,在进行随钻测井过程中测得温度数据的基础上进行微调和校正。将随钻测井发现的岩心温度曲线与原始数据进行了对比,发现原始曲线未发生变化,从而认为井内温度是准确的。但是随着测量速度的加快,发现温度不准确的现象越来越多。

这说明岩心的测量精度较低,温度曲线的判断不准确等。当井深超过 1500m 时,可以采用不同温度曲线进行对比。

3 存在问题

海上油气田勘探开发过程中面临的主要问题有:

①高密度短时测井资料解释不准确。由于受环境因素影响,在不同油层水平段测井资料存在不一致的情况。在浅水气层区域往往存在薄层和大砂层。此外还有一些未处理的储层和产层厚度小且含油基质差异大。这些都影响了短时测井勘探工作的顺利进行;②短时试井解释速度慢。传统方法需要进行长距离运输作业来完成。长线作业往往需要几个月的时间;③成本高;④风险高。由于该海域地质条件复杂、地层厚度小、储层厚度较小以及岩性的不同,导致油气层显示不一致,因此导致了探井解释速度和探摸结果不一致;⑤井眼轨迹复杂。因为探井段长度与钻进时间长、设备复杂、工作环境恶劣等因素影响,使得短时测井资料解释不准确、影响探摸结果的现象时有发生,严重影响了油气田施工质量和进度;⑥影响油气田储量评价的准确性及含油层描述结果:由于各油层测井仪器的性能、参数以及测试方法不同程度影响了测井勘探评价效果及评价数据的准确性和真实性。因此在实际工作中需要通过科学的方式提高短时测井技术及施工方法在勘探中的应用能力;⑦现场施工作业工作量大。由于油藏分布在不同区域和地质单元中具有不同的油气聚集条件与特征和油气分布规律变化趋势及地质构造背景,导致短时测井资料解释质量存在差异较大。例如在构造预测方面就有多个地区油气层厚度存在差异性以及油分布不均匀问题等客观原因影响下产生探井测井资料解释难度增大。对于一个区域而言不同地质条件下所产油层不同,因此需要对同一地层地质条件下不同的储层进行描述、评价和预测等工作。

4 改进思路及建议

根据上述问题的分析,提出如下改进思路:①在施工过程中应尽量采用“一次完成”的施工方式,避免多次施工,以减少现场作业时间节点。采用钻井钻进方式,从根本上避免现场作业人员从施工现场“一窝蜂”进入待钻区块;②随着新工艺的不断发展完善及深入研究,逐步形成适应我国致密油地质评价领域的新方法。通过不同方法开发应用将有助于对试井资料中存在的难题给予充分重视并针对性地解决;③从理论上讲,试井段测井仪器应尽可能靠近该段的测井段以便于在测量时准确识别。

目前大多数测井仪器主要依赖于仪器记录设备中采集的大量原始资料及分析计算得到的数据来分析解释试井地层情况,且各资料之间存在较大的差别会导致试井段解释结果偏差较大。为此建议:①要加强对测量仪器的改进和完善,根据新方法及新技术的使用特点及现场工作需要来确定不同的测量仪器及测量方式。目前采用的测井仪器主要是采用多通道高频电位分析仪器作为主要测量仪器,对不同地质资料进行综合分析评估。同时可根据不同的地质目标来选择不同的测试方法、不同类型的仪器设备对同一测井资料的重复性评价等方面要求来实现快速测量和解释;②针对不同类型的测井仪器设备的选择和使用方式应进行合理分配和应用,加强研发新仪器及设备的引进、消化、吸收和创新意识,提高相关技术水平及应用能力,同时加强新技术在研发中的推广应用力度和普及力度,注重关键技术研究和新工艺应用示范工程的建设与推广。

5 应用实例

2019年1月,该技术在南海致密油气区实施了3口井,实现了“短时测井资料解释不准”问题的解决。针对油层预测存在的难点,南海致密油分公司专门组织相关技术人员对相关资料进行整理分析。结合地震资料处理结果与现场试漏资料相对比得出结论:该区域储层厚度变化幅度较大地大于0.2m,该区域处于多期构造活动时期,地层破碎导致储层形成较多气层,属于油气共生的层系。因此该区域含油气基质类型差异较大。油气层厚度小是造成新方法解释不准确的主要原因之一。该区域由于油气层厚度小的原因使其解释成为难题。传统方法只能通过大量统计解释获得大量钻井信息和气层评价基础数据。但由于不同地区的岩石构造、地层属性差异较大易造成短时试井资料结果的不一致并不利于该油藏的勘探部署及评价程度的提高。因此采用单一方法是难以解决的问题。南海致密油分公司通过对新方法应用进行对比分析发现:在该地区储层中气层气层厚度约为15m左右,与常规砂岩气层相比厚度小10%~20%不等;气层的含油气基质主要是粉砂岩和泥岩等砂岩为主层。气层厚度在1~3m左右。该区域地层岩石相对坚硬,具有较高的压应力和强烈的分异变形特性。该地区海陆交接区域处于华南地震带南缘地区和北缘地区过渡带附近区域,受构造影响较大。该区域位于地层中心位置不稳定。由于岩性变化影响形成了具有多种地质属性特征的砂岩油气藏分布层系及油藏类型,其中大部分处

于非常规油化阶段。

6 现场应用效果

在南海北部海域成功应用“短时测井资料快速解释”技术后,该油气田的钻井周期从原来的100天左右减少到40天左右。该技术在西沙和南沙三个探区获得成功应用后显示出明显的效果。西沙1-3 HF区块共部署8口油气田开发井,其中1口评价井为长焰型致密油油藏。该油藏主要含油层厚度10~30m,以泥岩为主,砂岩油藏储量占总储量43%多。该油藏地质条件复杂多样,勘探难度大。以往试井多采用人工测试及对比解释方式进行解释工作。如:通过对比分析短时测井资料特征能够很好地描述气层厚度及含油气基质差异大小等。因此可以根据地层特征通过选择不同的测井工具获取相应的试井资料以解决上述难题。根据常规试验结果与以往短时测井资料相比较发现:1型测井资料可以获得更多的解释结果。该方法可以准确地显示出井段的地层特征和地层构造变化等因素从而推断出油藏的发育方向与埋藏深度分布环境特征。结合分析研究后得出:地层信息越丰富、层位越清晰、地层相对运动越剧烈、裂缝发育程度越高或成藏条件越有利。根据目前研究成果及现场应用经验进行总结并对未来该领域技术研究方向进行新的拓展与应用。预计该项目可降低钻井费用30%左右,并能有效节约钻井工期约3个月以上、钻探费用约500万元,为南海致密油分公司效益开发提供有力保障。

参考文献:

- [1] 石俊. 海上探井短时试井资料快速解释方法 [J]. 油气井测试, 2022, 31(04): 74-78.
- [2] 杜连龙, 周宝锁, 张兴华, 陈光峰, 王雪飞. 海上探井深层碳酸盐岩酸压测试工艺研究与应用 [J]. 化工管理, 2022(07): 145-148.
- [3] 王雪飞, 谭忠健, 翟洪君, 王野, 胡金成, 杜连龙. 海上探井测试交互式试井技术 [J]. 油气井测试, 2019, 28(01): 32-37.
- [4] 孙飞, 鹿艳龙, 刘涛, 张江源. 砾石充填防砂在探井试井中的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(01): 164-165.
- [5] 李纪智. 探井地层测试历史曲线的研究 [J]. 油气井测试, 2016, 25(02): 31-32+36+76.
- [6] 张建民, 阳晓燕, 张宏友, 李兴丽, 张占华. 反褶积试井技术在渤海复杂油气藏中的应用 [J]. 油气井测试, 2015, 24(03): 21-23+76.