

Application of production logging technology in dynamic monitoring of complex reservoirs

Lu Chen

Qinghai Oilfield Testing Company, Haixi, Qinghai, 816400, China

Abstract

Production logging technology, as a sharp tool in the field of oil and gas exploration and development, plays a vital role. It is not only the core tool for the dynamic monitoring of complex oil and gas reservoirs, but also the key to improve the efficiency and benefit of oil and gas resource exploration and development. This paper discusses the specific application of injection and output profile logging, as well as the wide use of production logging technology in reservoir evaluation, engineering monitoring and cementing quality inspection. At the same time, the paper also puts forward the development and optimization strategies such as strengthening the technological innovation ability, promoting the integrated application of technology and strengthening the talent training. Through the comprehensive application of these advanced technologies and management experience, the fine characterization and effective management of oil and gas reservoirs can be realized, so as to further improve the efficiency and benefits of oil and gas exploration and development.

Keywords

production logging; injection profile; output profile; residual oil saturation; complex reservoir

生产测井技术在复杂油气藏动态监测中的应用探索

陈露

青海油田测试公司, 中国·青海 海西 816400

摘要

生产测井技术, 作为油气勘探与开发领域中的一把利器, 扮演着至关重要的角色。它不仅是复杂油气藏动态监测的核心工具, 更是提升油气资源勘探开发效率与效益的关键所在。本文深入探讨了注入剖面测井与产出剖面测井、剩余油饱和度测井等技术的具体应用, 以及生产测井技术在储层评价、工程监测和固井质量检查等方面的广泛用途。同时, 文章还提出了加强技术创新能力、推动技术集成应用和加强人才培养等发展优化策略。通过综合运用这些先进技术和管理经验, 可以实现对油气藏的精细刻画和有效管理, 从而进一步提高油气勘探开发的效率和效益。

关键词

生产测井; 注入剖面; 产出剖面; 剩余油饱和度; 复杂油气藏

1 引言

随着全球能源需求的持续增长, 复杂油气藏的勘探开发成为油气工业的重要方向。生产测井技术作为油气勘探开发的重要手段, 通过测量井孔中各种物理参数的变化, 可以分析和评价地层岩石物理性质和含油气性, 为油气藏的动态监测提供重要依据。

2 注入剖面测井与产出剖面测井的应用

2.1 注入剖面测井的应用

注入剖面测井在石油勘探与开发领域扮演着至关重要的角色。这项技术通过精确测量注入液或气的流动特性, 使

能够深入了解注入流体在地下储层中的具体去向。它不仅能够帮助确定每一注水层的具体吸入量, 还能验证注入操作是否严格遵循了既定的设计方案。在注水井的实际应用中, 注入剖面测井的价值尤为凸显。通过对各注水层吸水情况的细致监测, 该技术能够直观反映地层的非均质性特征, 这是制定和优化注水方案不可或缺的信息基础。更重要的是, 定期的注入剖面测井如同对注水井的一次全面体检, 能够及时发现并预警潜在的井筒问题。例如, 当套管出现损坏或地层发生堵塞时, 注入剖面测井的数据就会出现异常波动, 从而为提供了宝贵的预警信号。这些实时的监测数据对于油藏管理者来说至关重要, 它们不仅有助于及时调整注水策略, 还能有效预防因井筒问题导致的生产中断^[1]。

2.2 产出剖面测井的应用

产出剖面测井是石油开采过程中一项至关重要的技术, 它能够精确地划分产液剖面, 从而深入了解油井的生产

【作者简介】陈露(1985-), 中国青海海西人, 本科, 工程师, 从事测井采集研究。

动态。通过这项技术,可以清晰地了解到每一生产层位的产液情况,这对于制定和调整增产措施具有极其重要的指导意义。在实际操作中,产出剖面测井的数据能够为揭示油井生产过程中的各种细微变化,使能够根据实际情况及时采取针对性的增产措施,从而最大限度地提升油井的产量和效益。此外,时间推移测井作为产出剖面测井的一种重要应用方式,更是为提供了监测生产动态的连续、实时数据。通过对比不同时间点的测井数据,可以及时发现油井生产中的潜在问题,如含水率的上升、产量的下降等。这些问题一旦发现,就能立即采取措施进行干预,从而有效避免生产的中断和效益的下滑。

2.3 综合应用

在油气藏的勘探与开发过程中,将注入剖面测井与产出剖面测井的资料进行综合分析,无疑为油藏管理提供了更为全面且准确的信息基础。这种综合应用的方式,使能够清晰地了解到油气藏的注水动态与产液特性,为油藏的动态监测与管理提供了强有力的支持。具体来说,通过对比和分析注入剖面测井数据,可以掌握注入液在地层中的分布与流动情况,进而评估注水效果与地层响应。而产出剖面测井数据则揭示了各生产层位的产液能力与流体性质,为提供了调整开采策略的重要依据。将这两类数据综合起来,不仅能更准确地把握油气藏的整体动态,还能及时发现并应对生产过程中的各种问题,如注水不均、产液下降等。因此,注入剖面测井与产出剖面测井的综合应用,无疑为油藏的动态监测与管理提供了一种更为科学、高效的手段,有助于实现油气藏的可持续发展与高效利用。

3 剩余油饱和度测井技术的应用

3.1 PNN 测井技术的应用

PNN 测井技术,作为一种先进的测井手段,在油气勘探与开发领域展现出了其独特的优势。该技术通过精确测量那些未被地层俘获的热中子,为提供了一种准确计算剩余油饱和度的方法。这一特性使得 PNN 测井技术在处理低孔隙度、低矿化度这类复杂储层时,依然能够保持高度的准确性和可靠性。在实际应用中,PNN 测井技术为揭示了储层内部剩余油的分布情况,这是制定挖潜措施不可或缺的信息基础。通过对 PNN 测井资料的深入解释和分析,能够清晰地看到哪些区域还蕴藏着丰富的油气资源,哪些区域已经接近枯竭。这些信息不仅有助于优化开采策略,还能指导更有效地实施挖潜措施,从而最大限度地提升油气藏的开采效率和经济效益^[2]。

3.2 俘获测量模式的应用

俘获测量模式,作为另一种重要的测井技术,其工作原理在于测量中子被地层俘获后所释放出的伽马射线强度。这一强度信息,虽然间接,但却能够为提供关于剩余油饱和度的宝贵线索。然而,值得注意的是,该方法在低孔隙度、

低矿化度这类特殊储层中的应用效果并不理想,这主要是因为这些储层的物理特性对 neutron 俘获过程产生了复杂的影响。尽管如此,俘获测量模式并未因此失去其价值。在实际操作中,往往将其与其他测井技术相结合,通过多源数据的综合分析和对比,来提高解释的精度和可靠性。这种跨技术的协同作用,不仅弥补了单一技术存在的局限性,还为提供了更为全面、准确的储层信息。因此,在剩余油饱和度测井领域,俘获测量模式依然扮演着不可或缺的角色,其巧妙运用将为油气勘探与开发带来更多的可能性。

3.3 综合解释方法

在剩余油饱和度的评估过程中,单一测井技术的应用往往存在一定的局限性。为了克服这一挑战,采用了综合解释的方法,将 PNN 测井、俘获测量模式以及其他多种测井技术,如电阻率测井和声波测井等,进行了巧妙的融合。这种多技术综合应用的方式,使能够从多个角度、多个维度对储层进行深入的剖析和解读。每一种测井技术都为提供了关于储层特性的独特信息,而这些信息的叠加和整合,则为构建了一个更为全面、立体的储层图像。在这个图像中,剩余油饱和度的分布情况变得清晰可见,为制定和调整开采策略提供了坚实的科学依据^[3]。

4 生产测井技术的其他应用

4.1 储层评价测井

储层评价测井技术在油气田勘探与开发中占据着举足轻重的地位。这项技术能够深入储层内部,精确测定储层的水淹程度以及剩余油的分布情况,为提供了对储层进行再评价的重要依据。在实际应用中,储层评价测井技术通过收集和分析储层的各种物理和化学参数,帮助构建了一个详尽的储层模型。这个模型不仅揭示了储层的当前状态,如哪些区域已经被水淹、哪些区域还蕴藏着丰富的油气资源,还为预测储层的未来变化趋势提供了可能。这些信息对于制定和调整开发方案至关重要,它们能够指导更有效地利用资源,避免不必要的浪费。因此,储层评价测井技术的应用,不仅提升了对储层状态的精准把握,还为优化开发策略、提高油气采收率提供了有力的技术支撑。

4.2 工程测井

工程测井作为油气田开发过程中不可或缺的一环,为井下作业提供了重要的技术支撑。它不仅能够为提供关于井筒结构、地层特性等方面的详细信息,还能够检查施工效果,确保井下作业的安全和高效进行。在实际操作中,工程测井技术能够实时监测油水井中套管的损伤、腐蚀及变形情况。这些信息对于及时发现并处理潜在的安全隐患至关重要,它们能够指导采取针对性的措施,避免事故的发生。此外,工程测井还能够评价压裂、酸化等增产作业的效果,为调整施工方案、优化增产措施提供科学依据。因此,工程测井技术的应用,不仅提升了井下作业的安全性和效率,还为实现油

气田的可持续开发和高效利用提供了有力的技术保障^[4]。

4.3 固井质量检查测井

固井质量检查测井是油气井完井作业中的一项关键步骤，它对于确保油气井的完整性和长期稳定性具有至关重要的作用。通过这项技术，能够全面检查水泥与套管之间、水泥与地层之间的胶结情况，从而准确评估固井作业的质量。在实际应用中，固井质量检查测井能够为提供关于胶结强度的详细信息，揭示是否存在胶结不良、窜槽等潜在问题。这些信息对于制定后续作业计划至关重要，它们能够指导及时采取补救措施，避免生产过程中的安全隐患。此外，固井质量检查测井的数据还为射孔、试油分析等后续作业提供了重要的参考依据，有助于更准确地了解油气井的产能和潜力。因此，固井质量检查测井的应用，不仅提升了油气井的完整性和稳定性，还为实现高效、安全的油气开采提供了有力的技术保障。

5 生产测井技术的发展优化策略

5.1 提升技术创新能力

为了推动生产测井技术的持续进步与发展，必须将提升技术创新能力作为核心战略。这意味着需要不断加强自主研发的力度，致力于掌握核心技术和关键设备的制造工艺，从而形成具有自主知识产权的技术体系。这不仅有助于在国际竞争中占据更有利的位置，还能确保在技术更新迭代的过程中保持领先地位。与此同时，还应积极引进国内外的先进技术和管理经验，通过消化吸收再创新的方式，不断提升我国测井技术的整体水平。这种开放合作的姿态，不仅能够加速技术的引进和转化，还能促进国内外技术交流与合作，为我国测井技术的国际化发展奠定坚实基础。综上所述，强化技术创新能力是推动生产测井技术持续升级的关键所在。只有不断提升自主创新能力，积极引进先进技术和管理经验，才能在全球测井技术竞争中立于不败之地。

5.2 推动技术集成应用

在油气勘探与开发的复杂环境中，单一技术的应用往往难以满足高效、精准的需求。因此，推动测井技术与地震、地质、钻井等多学科技术的集成应用，成为了提升油气勘探开发效果的关键路径。通过测井技术与地震技术的结合，能够更准确地识别地层的构造特征和油气藏的位置；与地质技术的融合，则有助于更深入地了解储层的物理和化学特性，为制定开采策略提供科学依据；而与钻井技术的协同，则能确保在实施开采作业时的安全性和效率。此外，加强测井数据的综合应用也是提升油气勘探开发效果的重要手段。借助大数据和云计算技术，能够实现对海量测井数据的快速处理

和分析，从而更准确地揭示油气藏的分布规律和开采潜力。这种多学科协同、数据驱动的油气勘探开发模式，不仅提升了勘探开发的效率和准确性，还为实现油气资源的可持续利用提供了有力保障。因此，深化技术集成应用，构建多学科协同的油气勘探开发新体系，是推动油气勘探开发事业持续健康发展的必然选择^[5]。

5.3 加强人才培养与团队建设

在测井技术领域，人才是推动技术创新和产业升级的核心力量。因此，加强人才培养与团队建设，对于提升我国测井技术的整体水平和国际竞争力具有重要意义。为了吸引和留住优秀的测井技术人才，应积极拓宽人才引进渠道，提供具有竞争力的薪酬福利和职业发展机会。同时，通过内部培训、学术交流、国际合作等多种方式，不断提升团队成员的专业技能和综合素质，确保他们能够适应测井技术快速发展的需求。在团队建设方面，应注重优化团队结构，建立高效协作机制。通过明确团队成员的职责和分工，加强沟通与协作，形成优势互补、协同创新的良好氛围。此外，还应注重提升团队的凝聚力和创新能力，鼓励团队成员勇于探索、敢于创新，共同推动测井技术的不断进步。总之，强化人才培养与团队建设是提升我国测井技术整体水平和国际竞争力的关键所在。只有不断引进优秀人才、加强内部培训、优化团队结构并提升团队凝聚力，才能打造出一支高素质、高效率的测井技术队伍，为油气勘探开发事业提供坚实的技术支撑。

6 结论

生产测井技术在复杂油气藏的动态监测中发挥着重要作用。通过综合运用注入剖面测井、产出剖面测井、剩余油饱和度测井以及其他生产测井技术，可以实现对油气藏的精细刻画和有效管理。未来，应继续提升技术创新能力，推动技术集成应用，加强人才培养与团队建设，为复杂油气藏的勘探开发提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 周扬,牛步能,王卓,等.基于测井技术的连续油管应用现状与发展方向[J].测井技术,2024,48(05):565-573.
- [2] 柳志翔.塔河油田稠油井生产测井技术应用效果评价[J].石化技术,2024,31(05):47-49.
- [3] 钱志军.水平井的生产测井技术应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(02):180-182.
- [4] 潜晓晨.水平井的生产测井技术应用[J].化学工程与装备,2023,(08):94-95.
- [5] 董方平.生产测井找窜工艺在油气田开发中的应用[J].科技创新与生产力,2023,44(06):115-117+120.