

石油行业测井技术的应用现状及发展趋势

娄山峰

中石化经纬有限公司胜利测井公司 山东 东营 257100

摘要：石油行业测井技术以其高精度的测量能力和广泛的应用范围，在石油勘探和开发过程中发挥着重要作用。当前，测井技术正朝着多参数融合和智能化方向发展，以更好地适应复杂多变的地下地质环境。同时，测井技术与其他技术的结合也为石油勘探和开发提供了更全面的地质信息。面对挑战和机遇，测井技术需不断创新和突破，以更好地服务于石油行业的发展需求。

关键词：石油行业；测井技术；应用现状；发展趋势

引言：石油作为全球最重要的能源之一，其勘探与开发过程中离不开测井技术的支持。随着科技的进步，测井技术不断发展，为石油行业提供了更为精确和高效的地质信息获取手段。当前，测井技术已广泛应用于石油勘探、开发、生产管理等各个环节，为石油行业带来了革命性的变革。本文将对石油行业测井技术的应用现状进行详细分析，并探讨其未来的发展趋势，以期石油行业的可持续发展提供有力支持。

1 测井技术概述

1.1 测井技术定义

测井技术，顾名思义，是在钻井过程中通过测量井筒周围地层的物理性质来推断地下地质情况的一种技术。它基于地球物理学的原理，利用专门的测井仪器在钻井过程中或钻井完成后，沿着井筒垂直方向对地层进行一系列的测量和测试，收集地层岩性、厚度、物性、含油气性以及其它地质信息。这些测量数据随后被转化为可视化的图表和解释结果，为地质学家和工程师提供关于地下油气藏的重要信息。测井技术的基本原理主要依赖于地层与测井仪器之间的相互作用。例如，电阻率测井利用地层导电性的差异来区分不同的岩层和水体；声波测井则通过测量声波在地层中的传播速度来推断地层的弹性和孔隙度；自然伽马射线测井是通过测量地层中自然放射性的强弱来判别地层中放射性元素的含量和岩性变化。此外，还有中子测井、密度测井、核磁共振测井等多种测井方法，它们分别基于不同的物理原理来探测地层的不同属性。

1.2 测井技术的发展历程

测井技术的发展历程可以追溯到20世纪初，当时主要是为了解决钻井过程中的一些基本问题，如确定井径、井斜和方位等。随着石油工业的发展，测井技术逐渐成为了石油勘探和开发过程中不可或缺的重要工具。

20世纪30年代，随着电阻率测井的出现，测井技术迎来了第一次飞跃。电阻率测井可以测量地层的电阻率，从而间接推断地层的岩性和含油气性，大大提高了油气勘探的成功率。20世纪50年代和60年代，测井技术迎来了第二次重大突破。这一时期，随着电子技术的快速发展，测井仪器开始实现小型化、自动化和数字化，大大提高了测井数据的采集效率和准确性。同时，声波测井、自然伽马射线测井等多种新的测井方法也相继问世，为地质学家提供了更为丰富的地下信息。进入20世纪70年代至今，测井技术不断迎来创新和突破。计算机技术的广泛应用使得测井数据处理和解释能力得到了极大提升，多参数测井、成像测井等新技术不断涌现。此外，随着人工智能、大数据等前沿技术的不断发展，测井数据的自动化处理和智能解释成为可能，预示着测井技术未来更加广阔的应用前景。

2 测井技术在石油行业的应用现状

2.1 测井技术在石油勘探中的应用

在石油勘探领域，测井技术被广泛应用，成为了确保勘探工作高效、准确进行的关键技术之一。测井技术通过获取和分析地下岩石的物理性质，为地质学家提供了丰富的地质信息，对于准确地划分地层、识别油气藏以及评价储层质量等方面都具有重要的意义。（1）地层划分。在石油勘探的早期阶段，测井技术主要用于地层的划分。通过对不同地层的电阻率、声波速度和密度等物理参数进行测量，测井资料可以帮助地质学家确定地层的界面，进而划分出不同的地层单元。这种地层划分是建立地质模型的基础，对于后续的地质解释和油气预测都具有关键的作用。（2）油气藏识别。测井技术在油气藏识别方面发挥着重要作用。通过直接测量地层的含油气性，测井技术能够帮助地质学家识别出油气层和水层。例如，电阻率测井是一种常用的油气识别方法，

油气层的电阻率通常与水层有明显的差异, 这为确定油气藏的边界和范围提供了重要的线索。此外, 测井技术还可以与地震勘探等其他勘探手段相结合, 进一步提高油气藏识别的准确性和可靠性。通过多种测井资料的综合分析, 地质学家可以更好地了解油气藏的空间分布、大小和形态, 为后续的勘探和开发工作提供更为详实和可靠的依据^[1]。(3) 储层评价。在石油勘探中, 储层的评价是至关重要的一环。测井技术通过测量储层的孔隙度、渗透率等关键参数, 为储层评价提供了重要的数据支持。这些参数直接关系到储层的储油能力和开发潜力, 因此, 准确地评价储层对于油气田的开发方案设计和产能预测具有决定性的作用。通过测井技术, 地质学家可以了解储层的岩石类型、物性特征、油气水分布等信息, 进而评估储层的开发潜力和经济价值。这对于制定合理的开发方案、优化资源配置以及提高油气采收率都具有重要的意义。

2.2 测井技术在石油开发中的应用

石油开发阶段是一个复杂而精细的过程, 其中测井技术发挥着至关重要的作用。在这一阶段, 测井技术不仅提供了丰富的地质信息, 还帮助工程师们实时了解地下油藏的动态变化, 为油田的高效开发提供了坚实的技术支持。(1) 油藏描述。在石油开发初期, 测井技术被广泛应用于油藏描述。通过收集和分析大量的测井数据, 工程师们可以详细了解油藏的几何形态、分布范围以及油气水的分布情况。这些信息对于制定合理的开发方案和井网布局至关重要。例如, 通过测井数据, 可以确定油藏的厚度、顶底界面位置以及油水界面的深度, 从而为钻井和采油作业提供精确的地质导向。(2) 储层评价与优化。在石油开发过程中, 储层的性质对于采收率和开发效果具有决定性影响。测井技术为储层的评价提供了直接的数据支持。通过测量储层的孔隙度、渗透率等物理性质, 工程师们可以评估储层的储油能力和开发潜力。同时, 测井技术还可以实时监测储层的变化情况, 如储层厚度、孔隙度等的动态变化, 这对于优化储层改造、提高采收率具有重要意义。此外, 测井技术还可以评估储层的非均质性。储层的非均质性是指储层内部物性参数的变化情况, 它直接影响了油气的运移和聚集。通过测井资料的综合分析, 可以确定储层的非均质性强弱, 为制定个性化的开采策略提供依据^[2]。(3) 动态监测与生产管理。在石油开发过程中, 对油水井的生产动态进行实时监测至关重要。测井技术可以提供油气水产量、压力变化等实时数据, 这些数据对于生产管理具有重要的参考价值。通过实时监测和分析这些数据,

工程师们可以及时了解油井的生产情况, 发现潜在的问题, 并采取相应的措施进行调整和优化。这不仅可以提高油井的产能和效率, 还可以延长油井的使用寿命, 降低开发成本。

2.3 测井技术的优缺点分析

测井技术作为石油勘探和开发中的核心技术之一, 为地质学家和工程师们提供了大量关于地下地质情况的信息。然而, 就像任何技术一样, 测井技术也有其优点和局限性。下面我们将详细分析测井技术的优缺点。优点:(1) 高精度测量: 测井技术能够提供高精度的测量数据, 这些数据对于准确划分地层、识别油气藏以及评价储层质量都至关重要。(2) 连续性好: 测井数据具有连续性好, 能够提供并筒全长的地质信息, 为地质解释提供了完整的数据支持。(3) 解释成果直观: 通过测井资料的综合分析, 我们可以直观地了解地下的地质结构、岩石性质以及油气藏的分布情况, 为勘探和开发工作提供了清晰的地质依据。(4) 多种应用场景: 测井技术不仅在石油勘探和开发中有广泛应用, 还可以应用于煤炭、天然气等资源的勘探和开发, 具有很强的通用性和灵活性^[3]。局限性:(1) 环境因素影响: 测井数据的采集和解释受到多种环境因素的影响, 如井筒条件、地层倾角、泥浆性质等。这些环境因素可能导致测井数据的失真或解释误差, 从而影响测井结果的准确性。(2) 多解性问题: 由于测井响应的复杂性和地层性质的多样性, 某些测井数据可能存在多解性, 即不同的地质条件可能产生相似的测井响应。这使得测井解释具有一定的难度和不确定性, 需要地质学家和工程师们具备丰富的经验和专业知识。(3) 成本问题: 虽然测井技术的成本相对较低, 但在某些复杂地区或特殊井型中, 可能需要采用更高级的测井仪器和方法, 从而增加成本。此外, 随着油田开发的深入, 老井的测井资料可能不足以满足开发需求, 需要重新进行测井作业, 这也增加了开发成本和时间成本。

3 测井技术的发展趋势

3.1 技术创新方向

随着科技的不断进步, 测井技术正在走向一个全新的发展阶段, 其中多参数融合和智能化测井成为了引领未来的两大技术创新方向。(1) 多参数融合。地质情况的复杂性使得单一的测井参数难以全面揭示地层的真实性质。传统的测井方法, 如电阻率测量、声波速度测量等, 虽然能够提供关于地层的某些特定信息, 但往往忽略了地层其他方面的特性。因此, 多参数融合成为了测井技术创新的必然趋势。多参数融合不仅涉及到多种物

理参数的综合分析,还包括化学、热力学等多个领域的参数。这种综合性的分析方法能够更全面地了解地层的岩性、孔隙度、渗透率等多种属性。例如,通过综合电阻率、声波速度、核磁共振等多种参数,可以更准确地识别油气层和水层,提高储层评价的准确性。(2)智能化测井。随着人工智能和大数据技术的崛起,测井数据的处理和分析方式正在发生革命性的变革。智能化测井利用机器学习、深度学习等先进技术,能够实现对测井数据的自动解释和分析,极大地提高了工作效率。智能化测井不仅可以快速处理海量的数据,还能够根据地质情况进行实时预测和监测。通过构建地质模型和优化算法,智能化测井可以预测地层的油气分布、储量大小等信息,为油气勘探和开发提供精准的地质依据。

3.2 与其他技术的结合

测井技术在石油勘探与开发领域中的成功应用,很大程度上源于其与地质、地震以及工程技术等多方面的紧密结合。(1)在地质学领域,测井资料为地质家提供了详细的地下岩石物理信息,如孔隙度、渗透率、含油气饱和度等,从而帮助我们更准确地解读地层岩性、沉积环境以及油气分布等宏观地质背景。地质学为测井技术提供了宏观指导,使得我们能在复杂多变的地质条件下,有效地选择和应用测井方法。(2)地震技术,作为一种大规模的地下成像手段,能够揭示地下构造、断层和油气藏的宏观布局。而测井技术则能够提供更精细的局部信息,如储层的厚度、岩性变化、流体性质等。当这两种技术结合时,我们可以获得既宏观又精细的地下地质图像,从而大大提高油气勘探的成功率。(3)工程技术,尤其是钻井和采油技术,直接关乎油气藏的开采效率和生产效益。测井技术能够为工程设计和优化提供关键参数,如储层的岩石力学性质、流体类型及其分布等。这些信息有助于我们优化钻井轨迹、选择适合的完井方式、制定合理的采油策略,从而提高油气藏的开采效率^[4]。

3.3 测井技术面临的挑战与机遇

(1)挑战:随着全球油气勘探开发的持续推进,地下的地质情况日益复杂,这给测井技术带来了前所未有

的挑战。在深海、极地等极端环境下,测井技术的实施难度大大增加,对技术的精确性和适应性要求更高。同时,地下油气藏的多样性和不确定性也要求测井技术不断提高其分辨率和解释能力。另外,随着全球环保意识的增强,对于测井技术的环保要求也日益严格。如何在保证勘探效果的同时,减少对环境的影响,成为测井技术需要面对的重要问题。这要求测井技术在材料选择、工艺设计等方面不断创新,以满足日益严格的环保要求。(2)机遇:尽管面临诸多挑战,但测井技术的发展同样充满了机遇。全球能源需求的持续增长为测井技术提供了广阔的市场空间。特别是在新能源领域,如页岩气、煤层气等非常规油气资源的勘探开发,为测井技术提供了新的应用领域和发展方向。同时,新技术的不断涌现也为测井技术的发展提供了契机。大数据、人工智能、物联网等技术的应用,为测井数据的处理、解释提供了强大的技术支持。通过新技术的融合应用,可以提高测井技术的智能化水平,提升数据的处理能力和解释精度,进一步拓展测井技术的应用范围和深度。

结束语

随着全球能源结构的转型与升级,石油行业面临着前所未有的挑战与机遇。在这个过程中,测井技术以其独特优势和创新发展,为石油行业的可持续发展注入了强大的动力。未来,随着智能化、大数据等前沿技术的应用,测井技术将进一步提升精度和效率,为石油勘探开发提供更为精确的地质依据。我们有理由相信,测井技术将在石油行业中发挥更加重要的作用,助力石油行业迈向更加繁荣和可持续发展的未来。

参考文献

- [1]李明.石油勘探开发中测井技术的现状与发展趋势[J].科技创新导报,2020,(8),76-77.
- [2]陈凯.测井技术在石油勘探开发中的应用现状与展望[J].现代矿业,2019,(4),56-58.
- [3]陈晓辉.测井技术在石油勘探中的应用及发展趋势[J].油气地质与采收率,2021,8(2),78-81.
- [4]刘志刚.测井技术在石油勘探开发中的应用现状与展望[J].石油勘探与开发,2020,6(5),123-126.