

声学测井技术在石油工程中的应用探索

张 硕 鲁文浩 贾海刚

井下作业公司试油测试大队 甘肃 敦煌 736202

摘要: 随着科技的不断进步,石油工程领域的测量和检测技术也不断地得到了改进和创新。声学测井技术是一种基于声学原理的地球物理测量技术,它在石油勘探和生产领域中具有广泛的应用。本文将对声学测井技术的基本原理、主要技术特点以及声学测井技术的应用和具体应用进行分析和探讨。

关键词: 声学测井技术;石油工程;应用探索

1 声学测井技术的基本原理

声学测井技术是一种利用声波的传播和反射规律对地下地层进行探测和测量的技术。在声学测井技术中,通过向地下发送声波,利用声波在介质中传播时发生的反射、折射和干涉等现象,来确定地下地层的物理性质和构造。声学测井技术是一种非侵入性的测量技术,可以不破坏地层结构和矿床形态,对石油勘探和生产具有重要意义^[1]。

声学测井技术的基本原理是利用声波在不同介质中的传播速度和反射特性来探测地下地层的构造和物理性质。在声学测井中,利用测井仪器向井眼内发射声波信号,声波在介质中传播时会发生反射和折射现象,根据声波在介质中传播的速度和方向变化,可以推断地下地层的物理性质和构造。

声波在地下介质中的传播速度与介质的密度、压缩模量、剪切模量和泊松比等物理性质有关,因此可以通过声波在介质中的传播速度来确定地下地层的物理性质。此外,声波在介质中传播时还会发生反射和折射现象,反射系数和折射系数与介质的波阻抗有关,因此可以通过测量声波在介质中的反射和折射系数来推断地下地层的构造。

2 声学测井技术的主要技术特点

2.1 测量参数全面

声学测井技术可以测量的参数非常多,包括声波的传播速度、频率、周期、波形等等。其中最为重要的参数是声速,因为声速是评估地层物性和含油气性的关键参数之一^[2]。在我国,声学测井技术已经实现了对常规岩石孔隙流体储层的全覆盖,同时还可以测量低速异常、高速异常等参数。这些参数可以为油气勘探和开发提供重要的信息,帮助研究者更加准确地评估地层的物性和含油气性。

2.2 数据处理精度高

声学测井技术所测量的数据非常多,而且需要进行大量的计算和分析。为了保证数据的准确性和可靠性,我国声学测井技术已经实现了自动化处理和数字化记录,同时还采用了多种数据处理方法,如滤波、去噪、校正等等。这些措施可以大大提高数据的处理精度和可靠性,保证了数据的质量和可用性。

2.3 适应性强

声学测井技术可以测量各种类型的地层,包括砂岩、泥岩、碳酸盐岩等等^[3]。而且,随着科技的不断发展,声学测井技术也在不断更新换代,可以实现对复杂地层和多层系储层的测量。因此,声学测井技术的适应性非常强,可以在各种类型的油气储层中进行测量,为油气勘探和开发提供了广阔的空间。

2.4 应用广泛

声学测井技术不仅可以在油气勘探和开发中发挥重要作用,还可以应用于其他领域。例如,在环境监测中,声学测井技术可以测量地下水的流速和流量,从而评估地下水的污染程度和水质状况;在工程勘察中,声学测井技术可以测量地下岩体的物理特性,从而为工程设计提供重要的信息。因此,声学测井技术的应用非常广泛,可以为各个领域提供重要的支持和帮助^[4]。

2.5 国产化程度高

我国的声学测井技术已经经过了长期的发展和积累,已经实现了从仿制到自主创新的跨越式发展。现在,我国已经具备了一系列先进的声学测井设备和技术,如数字声波测井仪、多分量声波测井仪、声波成像测井仪等等。这些设备和技术不仅可以满足国内油气勘探和开发的需要,还可以出口到国外,为我国的油气勘探和开发事业做出了重要的贡献。

3 声学测井技术在石油工程中的应用

3.1 补偿声波测井仪

(1) 地层评估

补偿声波测井仪可以通过测量不同岩层的声波传播时间,评估地层的物理性质,包括密度、孔隙度、弹性模量等。这种测量可以为石油勘探和开发提供重要的数据支持,帮助石油公司确定油藏的规模和性质,从而制定合理的开发方案^[5]。

(2) 油井监测

补偿声波测井仪可以通过测量不同岩层的声波传播时间,对油井进行监测。在油井中安装补偿声波测井仪,可以实时监测油井的工作状态,包括泵压、产量、温度等,从而及时发现油井故障,提高油井的生产效率。

(3) 地层压力测试

补偿声波测井仪可以通过测量不同岩层的声波传播时间,对地层压力进行测试。在地层压力测试中,补偿声波测井仪可以通过测量不同岩层的声波传播时间,确定地层压力的大小和分布情况,从而为石油公司制定合理的生产计划提供数据支持。

(4) 油藏数值模拟

补偿声波测井仪可以通过测量不同岩层的声波传播时间,模拟油藏的动态响应,从而为石油公司制定合理的开发计划提供数据支持^[1]。通过模拟,石油公司可以更好地理解油藏的性质和变化规律,优化开发方案,提高油藏的开采效率。

3.2 长源距声波测井

(1) 测量地层压力和流体饱和度:在油气勘探和开发过程中,地层压力和流体饱和度是非常重要的参数。长源距声波测井技术可以通过测量岩层的声速和密度等参数,来确定地层的压力和流体饱和度。这些参数对于油气开采的设计和控制都非常重要。

(2) 测量岩层含水量和流体性质:在油气勘探和开发过程中,岩层的含水量和流体性质也是非常重要的参数。长源距声波测井技术可以通过测量岩层的声速和密度等参数,来确定岩层的含水量和流体性质。这些参数对于油气开采的设计和控制都非常重要。

(3) 测量岩层孔隙度和渗透率:在油气勘探和开发过程中,岩层的孔隙度和渗透率也是非常重要的参数。长源距声波测井技术可以通过测量岩层的声速和密度等参数,来确定岩层的孔隙度和渗透率。这些参数对于油气开采的设计和控制都非常重要^[2]。

(4) 测量岩层电阻率和弹性波速度:在油气勘探和开发过程中,岩层的电阻率和弹性波速度也是非常重要的参数。长源距声波测井技术可以通过测量岩层的声速和密度等参数,来确定岩层的电阻率和弹性波速度。这些参数对于油气开采的设计和控制都非常重要。

3.3 超声波成像测井方式

(1) 超声波成像测井与其他测井方法的比较

超声波成像测井技术比传统的声波成像技术具有更高的精度和更准确的成像效果。其理论基础是利用超声波在岩层中的传播速度来确定岩层中存在的油、水等组分。它可以在分析油层的能力方面,比其他测井方法更具有显著的优势。此外,对于生产井壁薄的裂缝方面也有很好的应用,可以揭示出很多标准测井不能检测出的小缝隙,在准确度和分辨率方面,也比核磁共振和电子线成像等方法更高。

(2) 超声波成像测井在储层描述中的应用

利用声波鼓泡技术或者高频主动阵列技术,可以获取垂向分辨率最小为1毫米,横向分辨率最小为30毫米的信息,对储层的描述结果是远远超出了现有其他的测井方法的可及性范畴^[3]。这种测井方式的特点在于,它可以通过非常精确的数据来反映储层内部的信息,并在不破坏井部构造的情况下,获取井内及空间内地下信息。

(3) 超声波成像测井在定位小体积油斑方面的应用

超声波成像测井技术的另一个优点在于,它可以识别出很小的油斑,做到从具体的界面分析,再到距离,逐渐递增的分析精度。通过这种测井方法,可以帮助石油工程师更好的确定油层的类型和含油率,提高钻井效率,有效发现并开发潜在的油能资源。

(4) 超声波成像测井在井壁识别方面的应用

超声波成像测井技术可以用来定位井壁内的裂缝和比较缓慢的泉水,从而判断井是否受孔顶的边坡(首口效应)和存在泉水等现象影响。同时,该技术可以识别出平行于井壁的裂缝,帮助工程师快速、准确地检测出井壁裂缝及其发展趋势,保证石油勘探安全^[4]。

3.4 阵列声波测井

(1) 地层测试

阵列声波测井可以用于地层测试,包括测试油气层、水层、岩石层等。通过测量地下介质中的声波信号,可以确定地层的物理性质和化学性质,从而评估油气储量、渗透率、孔隙度等参数。

(2) 油气勘探

阵列声波测井可以用于油气勘探,通过测量地下介质中的声波信号来识别油气的存在和分布。在勘探过程中,可以利用阵列声波测井来确定油气的产量、产能、埋藏深度、饱和和压力等参数,从而提高勘探的成功率和效益。

(3) 油井监测

阵列声波测井可以用于油井监测,包括测量油井的

产量、压力、温度、流量等参数^[5]。通过测量油井中的声波信号，可以了解油井的工作状态，及时发现问题并进行维修，提高油井的生产效率和稳产能力。

3.5 偶极子阵列声波测井研究

偶极子阵列声波测井技术是一种新型的声波测井技术，在石油工程中具有较广泛的应用。该技术具有较高的精度、清晰的成像效果以及相对较高的分辨率，能够提供更为准确可靠的测井数据，对石油工程的油层探测、油藏描述和石油采收等方面具有重要的应用价值。以下是偶极子阵列声波测井技术在石油工程中应用的具体研究现状：

(1) 油层探测与分析

偶极子阵列声波测井技术可以用来分析油藏中的沉积构造，包括岩相、孔隙结构以及水气分布情况等，在探测储层的类型、含量、厚度和形态等方面具有明显优势。通过该技术，可以更精确地感知油层内的油藏信息，为后续的油藏开发和生产提供有效的支撑^[1]。

(2) 油藏描述与分类

利用偶极子阵列声波测井技术可以建立更为准确的油藏描述模型，从而实现对油藏信息的准确提取和识别，包括各种类型的油层、含油含水率等重要参数的判断。此外，偶极子阵列声波测井技术还能进一步实现对油藏的分类，具备很好的应用前景。

(3) 石油采收辅助计划

在石油采收过程中，偶极子阵列声波测井技术可以用来辅助确定采油点和起动注水区域，制定采油方案，改进采油工艺，优化生产效益。同时，该技术还可以用来分析分区油层中的含油率分布，促进提高采油效率，提升油库出油量，实现石油工程更加360度全方位、多维度的优化管理^[2]。

(4) 地下工程的识别与测量

偶极子阵列声波测井技术还可以用来对地下工程进行更为准确的识别和测量，如管道等。它可以通过实时的管道监测，快速准确地发现管道内部存在的损伤或其他问题，在生产安全的保障及维护方面具有显著的意义。

4 声学测井技术在石油工程中的应用前景

随着科技的不断创新和发展，声学测井技术在石油工程领域的应用前景也越来越广阔。

4.1 应用领域不断拓展

声学测井技术可以用于石油工程中的多个领域，如油气藏勘探与开发、井壁中裂缝的监测、特殊岩性的识别、水文地质的研究等。此外，也可以利用该技术识别井壁的物理性质和岩石类型，以及准确测量井壁内的裂缝信息。由此可见，该技术的应用领域不断拓展，未来

在石油工程领域的应用前景非常广阔^[3]。

4.2 精度不断提高

与传统的测井工具相比，声学测井技术在精度方面有了显著的改进。它可以通过非常精确的数据反应出储层内部信息，并不破坏井部构造的情况下获取井内和空间内的地下信息。同时，该技术还可以测量油层与水层之间的距离、油水比及含油饱和度等信息。未来随着软件和硬件技术的不断更新提升，其精度将会进一步提高。

4.3 成本不断降低

随着科技进步，声学测井技术在成本方面也越来越低廉。随着新技术的不断涌现，将有逐渐降低硬件和软件成本的趋势，可以大幅降低资金成本的支出，提高技术的普及和推广。

4.4 可靠性和稳定性不断提高

随着声学测井技术的不断推进和不断创新，它的可靠性和稳定性也得到了提高。这种技术已经越来越受到更多的应用领域的关注，并得到了大力的推广和发展^[4]。未来，随着技术应用的不断深入，声学测井技术的可靠性和稳定性还将不断提高，使其在石油工程中得到更广泛的应用。

4.5 推动石油勘探的实现

声学测井技术在石油勘探领域的应用可以大大提高勘探的准确性和效率，促进勘探工作的顺利实施。声学测井技术在油气勘探中具有前瞻性和创新性，未来的使用将推动石油勘探的实现。

结语

总之，声学测井技术是石油勘探和生产过程中不可或缺的工具之一。它可以帮助石油工程师更好地了解地下地层的结构和性质，从而制定更科学、更有效的钻井和采油方案，提高石油勘探和生产的效率和安全性。

参考文献

- [1]李红卫,杨光明.声学测井技术在油气勘探中的应用[J].江汉石油职业学院学报,2015(2):22-25.
- [2]谢强,姬允斌.声学测井技术在非常规油气勘探开发中的应用[J].石油地球物理勘探,2014(4):804-809.
- [3]殷政平,孙兆潭,邓峰,等.应用声学测井技术提高油气钻井中水力压裂技术的效果[J].西南石油大学学报(自然科学版),2017,39(01):43-49.
- [4]郝鸣飞,张瑜琴.声学测井技术在长庆油田气层水平井生产中的应用[J].天然气地球科学,2011(1):26-30.
- [5]李沛新,程伟洪,殷政平,等.超声成像测井技术与油气勘探和开发的应用[J].石油勘探与开发,2014,41(4):501-511.