

# 石油测井仪器的技术创新

高永涛

中石化经纬有限公司中原测控公司 河南 濮阳 457001

**摘要:** 随着社会经济的发展,人们对石油的需求也在不断增加。在油田开发中,要保证原油的安全供应,进行石油勘探工作就显得格外重要。测井技术又可称为地球物理测井技术,在石油、天然气等领域有着广阔的应用前景。石油测井仪器是现代测井技术的主要工具,其性能的改进和工艺的创新,将会大大促进测井技术的发展。在此背景下,本文阐述了具体的石油测井仪器与设备、石油测井仪器的技术创新方向和创新策略,为下一步的工艺改进和完善奠定基础。

**关键词:** 石油测井; 技术创新; 测井仪器

从古至今,社会发生了三场重要的科技革命,极大地促进了社会的发展。第一次科技革命是发明蒸汽机,带来的是一场巨大的工业革命,将资本主义制度彻底颠覆。第二次科技革命是因电磁与电力被广泛运用,推动了资本与生产力的再一次跨越。第三次科技革命是现代科学技术的出现,以相对论、量子力学、系统论、信息论、控制论等理论为依据,以微电子、生物工程、海洋工程、航天等技术的突破和普遍应用为条件,创建新的技术群和产业群,其中也包括测井技术。众所周知,我国石油测井技术经过了半自动化、全自动化、数字化、数控化等四个发展时期,现已进入到信息测井的研究中。在信息化的背景下,测井技术也终将进入“信息化”“智能化”的新时期。

## 1 石油测井仪器与设备

当前,国内测井设备的发展已经进入到加速数字化测井和启动成像测井的阶段。石油天然气的开采与发展离不开核磁共振测井、成像测井、井间测井、地质导向以及新的地层测量器等,所以加速测井仪器的研发迫在眉睫<sup>[1]</sup>。

### 1.1 电测井

在电测井技术中,成像测井技术如:微电阻扫描成像测井技术、方位电阻率成像测井技术、电成像测井技术、高精度双感应测井技术等,都是今后电测井技术发展的主要方向。目前,电测井的探测领域正在逐步扩大,而井间电磁法、通过套管电阻率等方法的研究也将得到很大的发展。另外,对随钻型的电阻率和地质导向电阻率也值得注意。

### 1.2 声测井

在声波测井方面,目前以阵列声波测井、偶极子和多极子横渡测井、井下声波电视和三维体扫描等为主要

手段,实现了对地层声波参数(声速、声波衰减、声阻抗)和固井界面胶结质量的测量。另外,还有一些诸如井间声波检测、随钻声波测井和地质引导设备等<sup>[2]</sup>。

### 1.3 核测井

在核测井技术上,主要包括自然伽马测井、中子和核磁共振测井三大类型,目前已有30余种核测井技术,可获得约50个数据。核测井技术可用于操眼井、套管井中测取,可显示各种核素微观特性的宏观表征,并可用于反应岩石性质。当前,我国已形成了以双晶碳-氧比伽玛、双晶自然伽马、双Pe岩石伽马能谱测井及脉冲中子测井等多种新型测井工具,其中核磁共振测井更具发展潜力。

### 1.4 测井电缆

在测井布置方面,选择组合功能齐全,测井质量高,工作效率高,兼顾勘探与生产测井的成像地层系统为主要发射方向的装备,高速度电缆遥测值要大于500kb/s。利用先进的微电子、纳米科技为主,在地下电路平面上实现仪器线路的升级。

### 1.5 其他设备

目前,光纤测井工艺和仪器正处于一个新的发展阶段,主要体现在研制适合于测井的多种光纤传感器,使之可以代替传统的传感器;为可以代替传输电路的光路处理技术进行开发;对光纤通信技术进行适当的应用,它可以完全替代频带非常狭窄的电缆遥测系统<sup>[3]</sup>。

## 2 石油测井仪器的技术创新方向

### 2.1 仪器种类创新

探测仪器的创新是指现有的探测器能够针对特定的物理场进行相应的数据收集。在研制一种新的探测仪器的过程中,能够更好地对探测器的种类、数量、排列位置以及探测方式等进行更多的科学的选取,从而使整

体的检测体系得以适当地进行调整,使探测器所收到的信号变得更好,从而让它的适用领域变得更广,并且能够大幅度地提高检测的性能。我国目前采用的新的探测器,与以前所用的探测器比较起来,它的优势主要体现在:一是它的功能比较多,能够检测到的信息也比较完整;二是新型测井设备具有较高的测试精度。以电磁流量计为例,该装置既可以进行上提连续测量流量,也可以进行固定位置的流速测定<sup>[4]</sup>。采用单芯线缆连接到数字控制的地面测井装置上,采用60-80 V的直流电源,电流为80mA左右。在进行连续测井过程中,通过单芯光缆将流体和套管接箍信号送至地表装置,再由地面信号分离电路对其进行处理,形成两个独立的通道。

将接箍接收到的信号转化为模拟信号,并对输入到数字测井现场仪器中进行模拟轨迹的加工与记录,对所采集的数据进行分析,并将其转化为脉冲频率信号,进入数字控制的测井仪器并对其进行脉冲轨迹的分析与记录。在测井技术中,这两种信号被广泛使用,这样就可以很容易地将井下仪器与其他的测井装置相连接。利用数控测井仪器中的注入剖面测井软件,实现测井数据的采集与处理。利用电磁流量测量技术可以有效地克服聚合物注入剖面测井存在的问题。本装置能测定不同部位的流体流速,能根据地层的不同深度进行连续的流速测定,计算出每个注入段的相对注入与绝对注入数量。由于它没有可动部件,因此它不会受到注入液体的粘性和浓度的影响,也不会对注入状态和注入模式产生任何的影响,它是稳定、持久、精确的,而且它不会对实验环境造成放射性污染,具有很高的测井成功率。

## 2.2 探测方法创新

所谓的探测方法创新,就是研究人员对有关方面最近开发出来的新研究结果加以整合,并对其能否用于测井工具进行研究。如果要用人工的方法来产生激发源,那么就必须要利用目前已知的各种方法,比如制作人工电流源等来对信号进行激发<sup>[5]</sup>。如果采用自然边界上的一些信号,则必须对其进行能量和时空特性的分析。以材料学领域的最新发展,以及它的成果,开创出一门崭新的测井技术。通过选择伽马射线源(自然伽马、天然电位、地声场、地热、地应力)等天然源,研究地震波的能量及时空变化规律。如果选择人工激发源,就必须设计人工电流源、脉冲声源、脉冲中子源等多个源,研究在钻孔内激发影响地层属性的各种物性参数(强度、能量、时间及空间)的变化规律。在此基础上,运用新的物理学原理,对物理震源的研究与运用,将会带来一次新的测井技术的跨越与发展。例如,以核磁共振原理为基础的核磁共振成像技术,就是

最先进的测井技术发明。

## 2.3 信号处理方法创新

在信号获取与处理上进行创新的方法,主要体现在利用探测器获取的信息进行数据的处理以及研制相应的测井设备上。对测井仪器所获取的数据进行分析,也是对检测到的原始信号进行分析,并将其进行约简,从而得到有效的信息。在此基础上,对数据采集与处理方法进行创新,并结合相应的计算方法进行研究。通常,在数据收集系统中,都是事先预装一个常用的操作系统,比如微软公司的WINDOWS。但是,这个系统也有一个缺点,那就是只能适用于一般人,而不能适应工业生产的实时需求。针对这一现状,就可以将一款嵌入式的实时操作系统引入到数据采集系统中,以实现数据的快速获取<sup>[6]</sup>。

## 3 石油测井仪器的技术创新策略

### 3.1 地震波勘探

在测线上的不同部位中,利用人工激发的弹性波进行地球的振动的检测,并利用有关设备对大地震动进行测量。将采集到的数据进行数字化处理,进而方便计算机对数据进行处理,从而可以进一步改善数据的信噪比,得到有用的数据,并对实验数据进行解析。在各种介质中,因介质的弹性特性及几何形状的差异,使其传播路径、振动强度及波形等均有改变。因此,利用地震波场中的波速与波速数据,可以得到地震波场的传播轨迹及介质的构造。若要反演出岩体的物理属性,则需要获取地震波的振幅、频率及地层波速等有关参量。实际上,在实际应用中,地震波的传输方式和几何光学方法是类似的,当波传播在介质中传输时,与弹性界面接触的过程中,会产生反射和折射现象。当地震波穿越地质体时,就需要进行透射波探测,而在实践中,通常都是使用P波进行探测。在地质构造中,由于横波、瑞利波等多种转换波的存在,导致了与之对应的地震横波和瑞利波探测。

### 3.2 虚拟现实技术

在石油的勘查工作中,利用虚拟现实技术可以有效地确定石油的准确地点,从而有效地提高石油勘查工作的有效性与精度,对石油勘探的多个环节进行有效的监控,以防止漏失。长期以来,由于石油资源勘查过程中存在着对海量的地质资料进行采集、分析、整理等工作,受传统石油勘查制度的惯性制约,大部分石油开采企业未能对现代化装备及工艺方法进行科学、合理的利用。在进行某一特定的地质勘查工程过程中,需要进行大量的重复勘察,这不仅会降低石油勘查的效果,还会

制约石油开采的发展和应<sup>[7]</sup>。如果将虚拟现实技术引进到工作中,工作人员就能在短期之内完成对有关的资料数据的分析、采集和整理,增强信息数据的全面性、系统性和直观性,帮助勘查人员更加深刻的把握住这些数据。与此同时,利用该技术,可以辅助科研工作者对勘察工程进行建模,从而更好地满足实际勘查需要,实现对地质资料的迅速采集,提升勘查效率、减少勘查周期,为进一步提升勘查质量、多种构造连通奠定坚实的基础。另外,通过对地质资料的处理,可以减少人为操作的错误,促进各种勘查活动的平稳有序进行。石油勘查人员通过对勘查资料进行三维建模,对不同类型的地质资料进行可视化处理,可以有效提升勘查人员对地质资料的认识与直觉经验,进而提升工作效率与品质。

### 3.3 电勘探法

在电法勘探中,必须先对地层中的电、磁分布进行研究。根据各类型地质体具有明显的电性差异,利用各种设备对其进行测试,可以更好地理解该地区的地质结构,进而进行勘查。电法勘探可分为两类,导电法和感应电磁法,在地质构造中,沿地质纵向观察,电阻率呈现出明显的深浅差异,结合根据目标及其周边区域的电阻率分布特征,提出相应的勘探方法。K线剖面法是以电磁、波场为理论依据的。该方法是将实测资料和解释方法有机地融合在一起,打破传统的电阻率测量板法的思想,形成一系列的数值解释手段。K分布的初始应用的是微分二次函数等几个基础参量,但大多都能解决单支曲线的问题。经过学者的持续探讨,K剖面采用一阶、二阶微分及其相应的参数,得到岩石孔隙率的填充因子 $K_v$ 和弱界面的因子 $J_v$ 。利用上述各参量,能较好地反应出岩土所处的各种电性结构,进而更好地防治此类地质灾害。

### 3.4 测井电缆

其核心功能在于保证石油开采过程中的持续、向上和向下的数据传递,使得测井仪器工作更加稳定、安全,而且利用该仪器还可以大幅提升仪器的工作效率。具体实施方式为:第一,实施作业的人员要熟悉电缆的有关特征及工作内容,具备相应的作业技巧,以达到自动调节试验目的。第二,综合考虑各种条件,对测井速率进行科学、合理的设置。通常应该设定在600-800米/小时。这不但保证了资料的顺利传送,也提高了完成日志

记录操作的可能性。第三,选用合适的缠绕方式,避免因缠绕方式的不当导致导线间的损耗而引发安全隐患。另外,施工场地也要有严密的管制,不能把不相干的东西带到伐木区,以防意外。

### 3.5 其他仪器方面

液压发动机和绞车等装置对勘探、开采等领域有着重要的实际意义。应用结果表明,测井液压绞车的工作效果较好。该装置能承载测油电缆卷盘,该测井仪在绞车上具有平稳的收放、收卷性能。在进行测井工作中,必须按照规定的要求,做到标准化、体系架构的优化。在整套测井体系中,由绞车、地面接收及现场照明设施组成的地面施工结构。在现场施工过程中,发电机也扮演着重要的角色,供应全部的测井设备。利用能量传递原理,照明工程场地,为井下设施、设备供电,以此提高探测效率,推动石油开采和管理,提升企业生产力。

结束语:总之,随着我国的快速发展,人们对石油的需求也越来越大。因此,对石油测井技术进行革新,是我国石油资源安全的保证。在测井技术革新方面也要做好保养,延长其寿命,保证其安全运转。近年来,我国已将石油测井技术列为国家重大科学计划,通过不断地进行自主研发,一定能够在石油测井领域取得更大的成就,从而为祖国赢得更大的利益。

### 参考文献

- [1]高跃元.浅谈声学测井技术在石油工程中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(18):178-180.
- [2]贾立鹏.海上石油勘探开发现状及技术分析[J].石化技术,2023,30(04):275-276.
- [3]廖世万.测井技术在石油工程中的应用及发展探索[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(02):196-198.
- [4]王成荣,刘春辉,孟学军等.固体同位素+示踪流量注入剖面测井技术研究应用[J].石油管材与仪器,2021,7(05):69-72+77.
- [5]张亚旭.探讨光纤传感器在石油测井中的应用[J].粘接,2021,48(10):127-131.
- [6]岑炜伟,柴华,伍岳.石油开发过程中地质勘探技术的应用[J].化工管理,2021(24):187-188.
- [7]杜雪威.《测井技术》入选《世界期刊影响力指数(WJCI)报告(2020科技版)》[J].测井技术,2021,45(04):385.