

核磁测井

郭余峰 单秀兰
(大庆石油学院物理系)

1946年,珀塞尔(E. M. Purcell)和布洛赫(F. Bloch)在几乎相同的时间内,用不同的方法各自独立地发现了在物质的一般状态中的核磁共振(Nuclear Magnetic Resonance)现象.所谓核磁共振,就是处在某静磁场中的物质的原子核系统受到相应频率的电磁波作用时,在它的磁能级之间发生的共振跃迁现象.

核磁测井(Nuclear Magnetic Logging)是利用核磁共振现象来测定地层中自由流体的含量、地层的孔隙度、渗透率、含油饱和度,以及划分储集层、确定出水量等问题的测井方法,它具有功能全、精度高等优点.目前,这种测井方法在国外油田已开始应用,并收到很好的效果,被人们誉为“万能测井”.

向取向,并按指数规律增长,即

$$M = M_0 (1 - e^{-t/T_1})$$

式中, M_0 为热平衡的磁化强度;时间常数 T_1 为纵向弛豫时间.

由于氢核的自旋,它在地磁场中将做旋进运动.若地磁场 H_e 不变,改变极化磁场的频率,当它与氢核的旋进频率相等时产生核磁共振现象,其共振频率为 $\omega = \gamma H_e$,这里 γ 为磁旋比.经极化时间 t_p 之后 ($t_p > 5T_1$),快速断开极化磁场,由于极化线圈的暂态特性,极化磁场 H_p 需经时间 t_L 后才降至零.此期间,极化强度 M 将按指数规律衰减,即

$$M = M_0 e^{-t_L/T_1}$$

如图1所示.

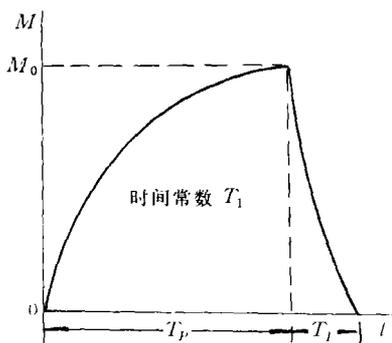


图1 氢核的极化

在地磁场中观察核磁共振通常采用预极化方式,即在垂直于地磁场 H_e 的方向上加一个很强的脉冲极化磁场 H_p (一般要在 $1.5 \times 10^{-2} T$ 以上),使地层中被研究的原子核(通常是氢核)极化,其极化强度 M 将沿着极化磁场 H_p 的方

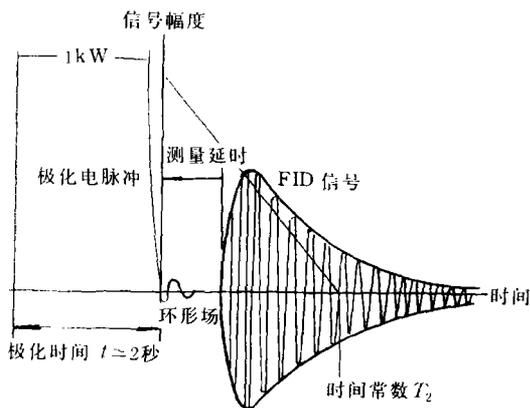


图2 FID信号的测量时序

此时,在与两个磁场方向都垂直的探测线圈中,将接收到一个随时间变化的自由感应衰减信号(FID),其幅度与上述衰减的磁化强度 M 成正比,而时间常数 T_2 称为横向弛豫时

第八届物理学史学术年会 在南开大学召开

1995年10月8日至12日,国内40多个科研、教学与出版编辑单位的60多位物理学史工作者,聚会在南开大学.召开了以纪念X射线发现和现代物理学革命100周年为中心主题的第八届物理学史学术年会.

年会期间,代表们宣读了有关现代物理学史、经典物理学史、中国物理学史以及物理学史教学、普及工作方面的论文,并就物理学史与大中学校物理教学的结合问题进行了深入的讨论.中国科学院高能物理研究所研究员厉光烈、中国科学院自然科学史研究所研究员阎康年、南开大学物理系教授张光寅、宁平治、常树人,分别向大会作了“揭示弱作用的奥秘”、“X射线的发现与现代科学革命”、“光子学——

门新兴的学科”、“放射性100年”、“对混沌现象的认识”等专题学术报告,受到与会代表的热烈欢迎.天津市物理学界老前辈赵景员、杨仲耆教授到会发表了热情洋溢的讲话,表达了对物理学史工作者的殷切希望.

与会代表一致认为,本次年会学术交流信息量大,讨论深入广泛,现代物理学史的研究论文比重明显增加;有关物理学前沿进展的学术报告内容丰富新颖,使代表们开阔了眼界;各项活动安排得紧凑灵活,会议气氛团结愉快.会议增强了国内物理学史界同仁们的团结,增强了把我国物理学史的研究、教学和普及工作推向更高水平的活力.

(南开大学医学院 张庆华 供稿)

间.氢核弛豫时间是地层环境的函数,即与它所处的状态有关.岩石中的氢核及束缚于岩石表面的氢核,其弛豫时间非常短,一般为几百微秒;而在岩石孔隙空间中的流体却有较长的弛豫时间,通常可达几百毫秒.由于横向弛豫时间 T_2 必定小于或等于纵向弛豫时间 T_1 ,为了消除岩石中的氢核及束缚于岩石表面的氢核对FID信号的影响,可在自由旋进开始之后,延迟25—30毫秒再开始测量,如图2所示.

氢核的极化强度 M 与单位体积中氢核的数目成正比,地层中单位体积氢核的数目又与单位体积地层中流体(水或烃)的百分比含量有关,这个百分比含量称为自由流体指数(FFI).因此FID信号可以反映地层中的自由流体指数.当时间 t_L 一定时,自由流体指数与地层的孔隙度线性相关,因此可以根据FID信号来确定地层的孔隙度.

此外,FID信号幅度的大小还与地层中氢核的极化强度 M 在 t_L 期间的衰减快慢有关,即与纵向弛豫时间 T_1 有关.纵向弛豫过程的实质是核自旋与周围介质进行碰撞及交换能量的过程,所以纵向弛豫时间 T_1 直接与孔隙中流体的性质以及岩石性质有关,而含有自由流体的地层通道又与地层的渗透率有关.这样,由测得的自由流体指数可以推得地层的渗透率.

由于岩石孔隙中的油和水的纵向弛豫时间 T_1 不同,因此通过纵向弛豫时间 T_1 的测量,可以区分油层和水层以及确定含油饱和度.

从上面分析可知,FID信号只与地层中的可动流体相对应,而在储集层和非储集层的界面处自由流体指数为零.所以利用自由流体指数来划分储集层的效果相当好,特别是在复杂的地层剖面上划分储集层,核磁测井显示出它的独特优越性.