

能探测伴随粒子的测井中子管

董艾平 李文杰 王 强

(东北师范大学 长春 130024)

摘要 报道一种带有环形 α 粒子探测器的新型测井中子管,它能够给出发射中子飞出方向和产生时刻的指示。测井时利用它给出的中子飞出方向和产生时刻的指示信号可以去除测量中的本底。

关键词 测井中子管, 环形 α 粒子探测器, 本底

中子管利用 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应产生 14MeV 快中子,测井时通过探测快中子与地层中的碳和氧发生非弹性散射产生的特征 γ 射线,确定碳和氧的比例,从而确定地层中油的含量。由于在测井时只有打到地层中的中子才能与被测元素发生核反应,而 $T(d, n)^4\text{He}$ 反应中放出的中子是各向同性的,很显然打向井筒中去的中子不能产生有用的信号,但它与井筒中物质作用发出的 γ 射线也会被 γ 探测器记录,产生大量的本底(干扰信号);此外,即使打向地层中的中子也要经过井壁后才能与被测元素发生反应。以石油测井为例,油井的井壁由钢套管和水泥层构成,中子在穿过井壁时与井壁物质作用也会产生干扰 γ 射线。现有的测井中子管仅有发射中子的功能,无法甄别掉这些本底 γ 信号,所以普通中子管测井本底高,油水分辨力差。而带 α 粒子探测器的中子管通过探测与中子伴生的 α 粒子,使它不仅具有发射中子的功能,还能给出发射中子产生时刻及飞出方向的指示。这种中子管在用于瞬发 γ 射线活化分析时,可用中子产生时刻的指示信号作符合信号,以去掉测量中的本底。

受井筒直径的限制,能探测伴随粒子的测井中子管直径不能大于 60mm,而现有的 α 粒子探测器加在中子管上都使其直径大大超过这个限制。以前国内外研制的带伴随 α 粒子探测器的中子管^[1-2]的 α 粒子探测器为平面型,置于靶的侧面一定距离处,整个管的直径较大,不能下井。我们设计的带圆筒型 α 粒子探测器的测井中子管由普通中子管和圆筒型 α 粒子探测器两部分组成,环绕在靶周围的 α 粒子探测器使它的直径可作得很小。

1 测井中子管的主要性能

在测井中子管上用的 α 粒子探测器必须满足下列条件:

- (1) 中子管的制作过程必须经过 400°C 烘烤及彻底去气;
- (2) 中子管制成后是一个真空器件,管内的器件必须放气率小;
- (3) 漏气率小于 $10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{L/s}$;
- (4) 能够环绕在靶的周围,并且信号容易引出。

经反复试验,我们选用 $\text{ZnS}(\text{Ag})$ 作为中子管上的 α 粒子探测器,因为它能满足上述条件。

我们研制的圆筒型 α 粒子探测器如图 1 所示。在玻璃内表面(真空侧)涂 $\text{ZnS}(\text{Ag})$ 薄层用以探测 α 粒子, ZnS 发

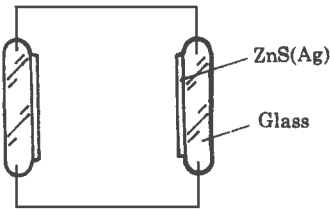


图 1 圆筒型 α 粒子探测器
Fig. 1 A tubular α particle detector

的光经过玻璃传导到真空室外被光电倍增管探测 这种圆筒型 α 粒子探测器不怕烘烤,经高温除气后放气率很低,而且玻璃易与金属封接,漏气率满足中子管真空的要求。

ZnS (Ag) α 粒子探测器的不足之处是时间响应较慢,但其平均衰减时间为 200ns,能够满足目前的研究需要 这种形式的探测器的响应时间还可通过涂别的闪烁物质来改善^[2-3],最终能满足实际应用的需要。

带 α 粒子探测器的测井中子管如图 2所示 该管最大外径 (但此部分为地) 为

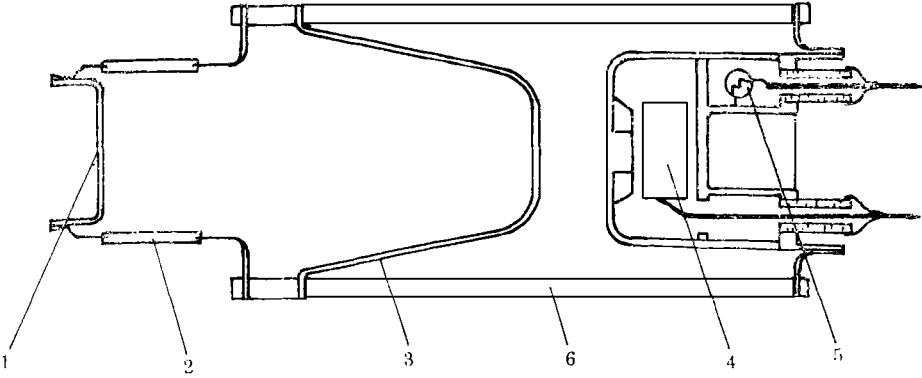


图 2 伴随粒子测井中子管简图

1. 靶, 2. α 粒子探测器, 3. 加速、聚集电极, 4. 离子源, 5. 氘存储器, 6. 陶瓷绝缘管

Fig. 2 A neutron tube with associated α particle detector for well logging

1. Target, 2 α particle detector, 3. Accelerating and focusing electrode, 4. Ion source, 5. Deuterium storage, 6 Ceramic insulating tube

$\varnothing 62\text{mm}$, 需绝缘部分的外径 (实际外径) 为 $\varnothing 42\text{mm}$ 该管制成后已运行 30h, 实践证明运行稳定可靠 图 3为测井中子管的饱和曲线。

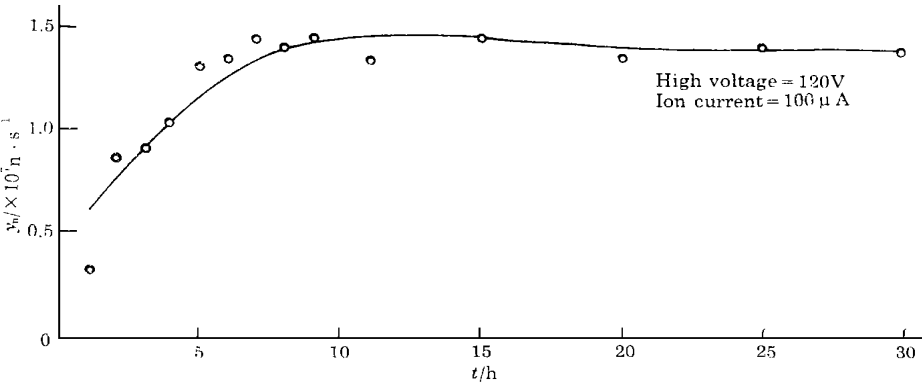


图 3 能探测伴随粒子测井中子管的中子产额饱和曲线

Fig. 3 Saturation curve of neutron yield for the neutron tube

经测试, 这种中子管可达如下性能指标: (1) 中子产额为 $2 \times 10^7 \text{ n/s}$; (2) 累积工作 30h 产额无下降, 估计寿命大于 100h; (3) α 粒子探测效率为 100%, ZnS (Ag) 的厚度大于最大能量 α 粒子的射程, 且每一个 α 粒子激发的光都有一部分被收集; (4) α 粒子探测器发光衰减时间平均为 200ns

2 讨 论

这种新型的带圆筒型伴随 α 粒子探测器的测井中子管的独到之处是:

(1) 由于 α 粒子探测器是圆筒型的, 直径很小, 故这种中子管可做得很细, 适用于油井或矿井探测

(2) 筒型 α 粒子探测器环绕在靶的周围, 它所探测到的 α 粒子所对应的中子都是横向飞出的, 这部分中子打到地层中; 而向井筒打去的中子, α 粒子探测器探测不到和它伴生的 α 粒子信号, 所以将 α 粒子探测器的信号用作 γ 探测器的开门信号, 就能甄别掉打向井筒的中子产生的干扰 γ 射线。

(3) 飞向地层的中子需穿过井壁才能进入地层, 中子与井壁物质相互作用将产生大量的本底 γ 射线。将 α 粒子探测器所给出的中子产生时刻的信号延迟一段时间 (这段时间里中子已飞出井壁) 后再打开 γ 射线探测器的门, 就能甄别掉中子与井壁作用产生的干扰 γ 射线。

这些特点使该中子管在应用中大大优于普通测井中子管。以它为核心还可能发展新的伴随粒子测井方法

参 考 文 献

- 1 董艾平, 李文杰, 王 强, 等. 东北师范大学学报, 1994; (1): 92-99
- 2 Beyerle A, Hurley J P, Tunnell L, *et al.* Nucl Instr Meth, 1990; **A299** 458
- 3 Lehmann W. Solid-State Electronics, 1966; **9** 1107

A new well-logging neutron tube

Dong Aiping Li Wenjie Wang Qiang

(Dongbei Normal University, Changchun 130024)

Abstract

A new neutron tube with an annular alpha particle detector has been reported. Since it gives both direction and time signals of emitted neutrons, the new tube can effectively suppress the γ -ray background in the logging.

Key words Well-logging neutron tube, Annular alpha particle detector, Background