

放射性同位素与射线应用展览会资料

在煤田地质勘探中应用放射性
测 井 的 总 结

山东省革命委员会煤炭工业局地质勘探队

1972.5 北 京

在煤田地質勘探中应用放射性测井的总结

我省煤田地質勘探工作中应用放射性同位素测井是从1959年开始的，由于受刘少奇一类政治騙子的所謂尖端科学只能由少数人来搞的毒害，沒有发动群众，把这项工作搞的神秘化，冷冷清清的，长期跟在苏修屁股后面爬行。1964年以后，由于我国工业水平不断提高，国产的鹵素計数管和鈷⁶⁰放射源可以满足供应，仪器質量有了新的提高，工作比較开展了一些，但是，一套形而上学技术規程象一条枷鎖似的把这项工作又打入了冷宮。伟大的无产阶级文化大革命以来，毛主席的无产阶级革命路綫深入人心，广大群众解放了思想，我国仪器制造业迅速发展，一种新型的光电倍增管、碘化鈉晶体的全部半导体测井仪出现了。煤田地質勘探中不断要求尽快的勘探出更多更好煤田，无岩心鈷井要求测井技术紧密配合，放射性测井才成为勘探中必不可少的手段，使这项工作发挥了显著的作用，而且还存在很大潜力，正在被广大勘探职工重視和研究扩大其应用范围。由于我們水平較低，工作不够全面，現只就我們应用鈷⁶⁰进行放射性测井的情况介紹如下：

一、方法简单介绍：

目前我們应用放射性测井主要有两种方法，即人工伽瑪测井和自然伽瑪测井。

1. 人工伽瑪测井：它的物理基础，主要是用放射性同位素鈷⁶⁰的伽瑪射綫康普頓效应来测定鈷井中岩石的散射伽瑪强度，而岩石的散射伽瑪强度与其本身的密度有关，它們的关系可以下式表示：

$$\mu = \frac{Z}{A} \delta N_0 BE$$

式中：Z—原子序数

(在沉积岩石中 $\frac{Z}{A}$ 近似0.5)

A—原子量

N_0 —阿佛加特罗常数

δ —介質密度

BE—能量为E的量子在該介質中的微觀散射截面。

μ —康普頓吸收系数

故上式中康普頓吸收系数主要与介質密度有关。

根据实验資料，在岩层中主要岩石密度，从表一可知。在煤系地层中，主要围岩为粉砂岩、砂岩、石灰岩的密度都比煤高，并且不管什么牌号的煤，密度变化差不多。图一（放射性测井曲綫在煤层中的反映鈷孔对比图）是一段鈷孔中实测曲綫，从曲綫中可以看出煤层与围岩有突出异常。

2. 天然伽瑪测井主要是記錄地层中的自然放射性强度，在沉积岩的煤系地层中，由于含煤泥質的关系，自然放射性除了找出可能存在的鈾矿以外，主要是用来找不同地質时代的天然放射性平均基值，用以配合其他测井参数求地层时代的界面，对划分地层界面也起一定

表一

岩 石	密度克/cm ³	岩 石	密度克/cm ³
煤 (无烟煤、贫煤、瘦煤、	1.2—1.6	粉 砂 岩	2.0—2.6
气肥煤、焦煤)		砂 岩	2.4—2.7
		石 灰 岩	2.72—以上

作用。

3. 放射性测井记录方法:

放射性测井的记录方式由三个主要部份组成:

- ①伽玛射线接受器, 它是由碘化钠晶体的射线激发发光传至光电倍增管形成电压脉冲。
- ②将电压脉冲的信号变成与射线强度成正比的电流。
- ③将正比射线的电流用自动记录仪记录在与钻孔深度成比例的曲线的感光相记录纸上。

表二是我国 TYFZ-4 型放射性测井仪与苏修 PAPK 仪器的技术特性对比。

表二

技 术 特 性	国产 TYFZ-4型	苏修 PAPK
电 源	两用交流 220 V 直流 30 V	交流 220 V
电 量 消 耗	10W	100W
电 子 线 路	半导体	电子管
体 积 重 量	15公斤	45公斤
接 受 装 置	碘化钠晶体光电倍增管	卤素计数管
时间常数 (最小)	0.5"	3"
线性范围 (最大)	240000脉冲/分	12000脉冲/分
装 源 方 式	铅屏防护快速装源	无防护装源
测 量 提 升 速 度	1000米/小时	200米/小时
操 作 维 护	方 便	复 杂
用 途	可同时测量人工伽玛、天然伽玛、视电阻率、自然电位	只能单测天然或人工伽玛

二、测量技术条件的选择:

放射性测井质量好坏除了与仪器的本身有关以外, 与测量技术条件的选择正确与否有很大关系, 在这一方面我们摸索了一些经验, 主要有如下几个方面:

1. 测程——测程的选择要考虑到被测量的最大脉冲数, 不得超过放射性测井仪的测程的线性范围, 以及它的最大输出电压要大于记录仪的测程的最大记录电压, 前者是说要在仪器的线性范围内测量, 防止曲线被歪曲, 后者是说要使异常在曲线上有较大的反映。测程的线性范围应用标准源进行实际标定后确定。

2. 時間常数——將下井探管停在接近全孔伽瑪平均強度的岩石上，（人工伽瑪或天然伽瑪強度）用準備選用的時間常数（測程和橫向比例尺已选好），記錄一分鐘的強度變化值（即統計起伏），按下式計算統計起伏誤差不超過 5%，該時間常数可被選用，一般在一個地區使用的源強和儀器類型不變可以測量一次，便可確定應採用的時間常數值。

$$P = \frac{\frac{n}{2}}{N} \leq 5\%$$

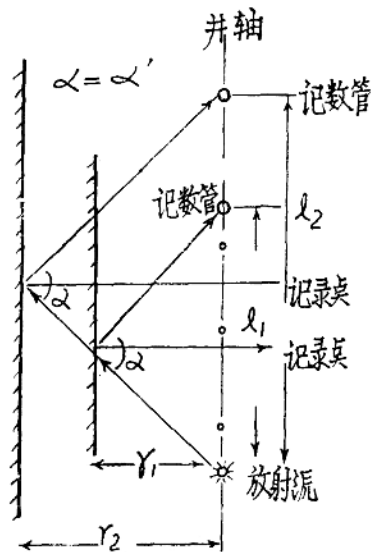
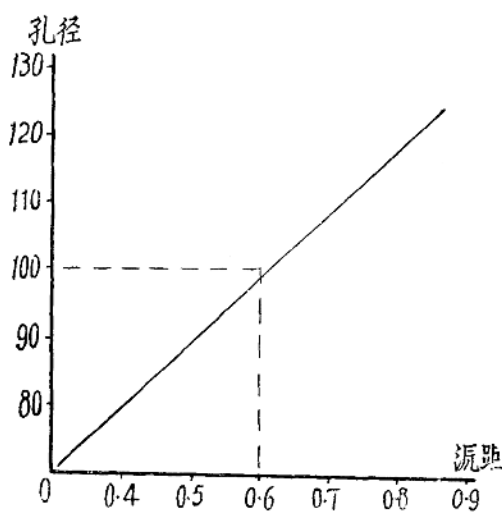
N —平均強度值

n —最大和最小強度值差

3. 源強——源強用的過大，會給人體安全防護帶來困難，用的太小會造成很大的起伏誤差，選擇時要使放射源產生的散射 γ 射綫大於天然 γ 射綫平均強度的 10 倍以上，以消除天然 γ 影響，同時不超過計數管最大計數率和測程最大綫性範圍，一般選用 3~6mc 即可。

4. 源距——源距的大小只與井徑有關，放射源的 γ 射綫與井壁岩石作用後的散射角 α 是一定的（散射角和能量有關，鈷⁶⁰能量為 1.25Mev）要使計數管所處的位置能接收到散射後的伽瑪射綫最大強度為最好，由下兩圖可以看出孔徑增大源距也要相應增大。

經試驗孔徑和源距的關係如下：



5. 電纜提升速度——由於放射性測井儀有時間常数，記錄儀有一定阻尼時間，曲綫記錄速度過快會出現漏記並使曲綫平緩，給解釋工作帶來誤差。為使曲綫符合質量要求，電纜提升速度要按下式計算：

$$V = \frac{3600 \cdot \Delta H}{t_P} = \text{米/小時}$$

式中： ΔH —解釋精度的要求

t_P —系統阻尼時間（或3倍的時間常數）

6. 曲綫橫向比例——要使測井曲綫幅度在有效的記錄範圍內盡量加大，煤层有明显反映为标准，在使用的源强和仪器类型不变的情况下，同一地区，比例尺一般变化不大，其计算方法如下：

$$n = \frac{f_0}{l_0} \cdot \frac{M}{M_0} = \text{脉冲/分/cm}$$

式中

f_0 —校頻器頻率

l_0 —校頻時記錄儀光尺所指示的公分數

M_0 —校頻時的測程

M —測量時的測程

三、放射性測井的地质效果

应用放射性同位素进行煤田测井，在我省來說还是一项新的工作，但是，对于提高钻探效率、提高質量、降低成本已获得很大收效。

1. 正确的划分高电阻煤层和围岩。煤层的围岩是高电阻的如石灰岩砂岩等，过去一直是测井工作中无法解决的难题。在电法曲綫上無論是那种曲綫都是以地层电阻为基础的，煤层的頂板或底板是石灰岩或砂岩的钻孔，就很难找出煤层的厚度和深度。但是应用放射性同位素 ^{60}Co 进行测井，就可清晰的划分出来，如聊城旦鎮井田区第十一层煤頂板是石灰岩，仅用电法是区分不开的，用人工伽瑪测井可以准确划分出煤层的厚度，见图一。

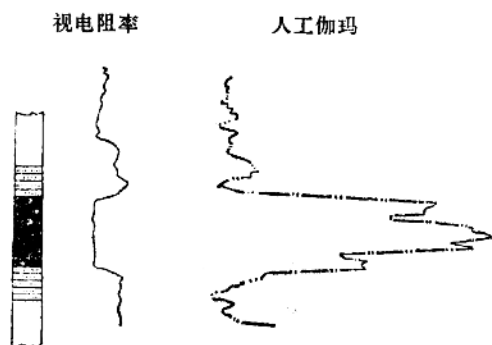
2. 济东胶济沿綫地区，火成岩比較发育，煤层变質成无烟煤甚至天然焦，与围岩均呈現低电阻，用电阻率曲綫定性定厚都不准确，所以过去电测井資料都存有很多問題，严重影响煤层儲量資料的可靠性，然而近年来使用放射性测井，取得显著效果，无烟煤或天然焦均有明显异常，依据测井曲綫便可准确划分煤层，如图二（人工伽瑪曲綫在无烟煤层中的反映）。

3. 在渤海沿岸黄县煤田，造煤期比較晚，煤質为褐煤，地层中泥岩胶結松軟的細砂岩、油頁岩比較发育，在电测曲綫上煤层反映偏厚，原因是油頁岩往往誤为煤层，但在放射性曲綫上，能将煤与油頁岩区别开，这对正确計算煤层儲量、减少钻探取心工作量、提高效率、保証質量起了重要作用。

4. 在魯西平原黄河两岸第四紀、第三紀和煤系地层的时代界面的确定，是关系到今后矿井开采的重要問題，由于地层松軟，用钻探取心来确定，既困难又不准确，利用天然放射性新老地层平均基值的不同，測量天然伽瑪曲綫，可以比較准确的把冲积层第三系煤层的地层界面划分出来，因此大量采用了无心钻进，大大提高了钻探效率。

5. 利用天然伽瑪测井曲綫，可以在煤田勘探中寻找放射性矿床，如在济东煤田，所有第七层煤頂板附近有3米左右非常稳定的含放射性砂岩，給煤层对比、构造推断提供了可靠依据，成为划分地层剖面的标志层。

放射性测井已成为煤田地質勘探中不可缺少的手段，为加速煤田勘探，提供可靠的矿井建設資源，起着重要作用。但是放射性测井仍存在一些不足之处，如影响因素的消除，仪器和方法的改进等等，有待今后不断努力。



图二 人工伽玛曲线在无烟煤层中的反映



四、放射源的安全防护:

放射性同位素所产生的射线对身体有危害，必须注意安全防护，它对人体危害程度，要看所使用的源强，人和源的距离，接触时间以及防护材料和厚度而定。国家规定从事放射性同位素工作人员，每日允许接受的剂量为0.05伦琴，按照测井时的工作条件来计算一下操作人员所接受的剂量:

例如: 使用10毫居里放射源，无铅屏防护时，在仪器上装卸一次需要12分钟，人体与源的最小距离0.25米，操作一次人体接受的剂量为:

$$D = \frac{M \cdot K \cdot t}{R^2} 10^{-4} = \frac{10 \times 13.2 \times 0.2}{0.25^2} 10^{-4} = 0.042 \text{ 伦琴}$$

式中

M—以毫居里为单位的源强 (一毫居里=1.57毫克镭当量)

K— CO^{60} 伽玛常数

t—接触时间 (以小时为单位)

R—人与源的距离 (以米为单位)

可见小于允许剂量。如果有4.5公分的铅屏防护，可使源强减弱10倍。

$$R = \frac{e^{u \cdot x}}{\beta} = \frac{2.718^{0.66 \times 4.5}}{2} \approx 10 \text{ 倍}$$

式中

e —自然对数底

x —铅屏厚度

μ_0 — CO^{60} 窄束伽玛射线在铅中的减弱系数

β — CO^{60} 宽束伽玛射线多次散射而引起物理剂量增长的特征因素值

这样可将10毫居里放射源减弱为1毫居里，就更加安全了。

看来应用 CO^{60} 放射性同位素进行测井时，不必使用复杂的防护设备，只要有足够厚度的铅屏防护就可以安全运输和操作，但要防止污染，根据以往教训，更应注意对放射源的安全存放和保管，防止丢失以及阶级敌人的破坏和捣乱。

工本費0.05元