

# 中子活化测井在萤石矿勘探中应用效果

师立谱 徐风曾 王世传

(山东省地质矿产局物化探大队)

**提要** 本文简要叙述了中子活化测井原位测定萤石矿( $\text{CaF}_2$ )含量的原理及方法技术,以及在两个萤石矿区试生产的成果实例。并着重指出:

1.该方法适用于各种不同类型的萤石矿。选择F作为 $\text{CaF}_2$ 的特征指示元素,在萤石矿无其它元素干扰,方法反映单解。

2.工作证明:该方法可防止由于岩矿心破碎造成的地质取心中漏失的矿体,发现地质工作未确定的薄矿层。并能提供 $\text{CaF}_2$ 含量。

3.在取心率很低的钻孔,提供了真实可靠的 $\text{CaF}_2$ 含量和矿层上下顶板确切位置,避免了钻孔报废、取得了良好的经济效益。

最后文章指出:该方法的精度、灵敏度和工作效率完全满足生产工作的需要。

## 一、原理及方法技术简述

### (一)原理简述

中子活化测井是在钻井中,利用中子去照射钻孔岩层,使岩石中某些稳定核素,变为放射性核素,然后根据放射出伽马射线的能量、强度去计算地层某矿物的含量。尽管中子活化测井方法技术、仪器设备均较复杂,但由于它可以在钻孔原位上直接测定矿物的含量,因此它仍然是一种具有很大前途的核物理测井方法。

中子活化测井原位测定氟化钙含量方法的核物理反应式为: $^{19}\text{F}(n, \alpha)^{16}\text{N}$

主要核物理参数:丰度100%;

中子能域2—4 (MeV);活化截面10 (毫巴)

半衰期:7.3秒;伽马射线能量:2.75 (MeV)强度:1;

6.13 (MeV)强度:59;7.11 (MeV)强度:5

由此看出:伽马射线以6.13 (MeV)为主<sup>1)</sup>

由于活化测井中采用了Am—Be中子源,此源发射中子的能量分布范围主要为2—5 (MeV),10 (MeV)以上能量的中子产额几乎为零,因此核反应 $^{16}\text{O}(n, p)^{16}\text{N}$ 可忽略不计,而其它核反应如: $^{15}\text{N}(n, \gamma)^{16}\text{N}$ ;  $^{28}\text{Si}(n, p)^{28}\text{Al}$ ;  $^{136}\text{Ba}(n, \gamma)^{137}\text{Ba}$ ;  $^{55}\text{Mn}(n, \gamma)^{56}\text{Mn}$ ,均由于中子能域,半衰期或 $\gamma$ 射线能量(包括天然放射性元素)诸因素之差异<sup>[1]</sup>,当测氟时把伽马射线能域下限门阈定为4.3 (Me

1)详细数据参见:《山东地质》第2卷,第2期(1986年)师立谱等:中子活化测井原位测定 $\text{CaF}_2$ 含量应用效果一文。

v) 时, 上述诸反应均对测氟不能形成干扰。从而使测量中只记录氟活化后产生的伽马射线, 因此可以根据记录到的伽马射线强度, 直接求出萤矿石含量。并且由于其半衰期为7.3秒, 可以实现高速连续测井, 测井提升速度为400—700米/小时; 一般1000米以上的孔, 中子活化测井可在2—3天内完成。

### (二) 主要测井方法和技术条件一览表

表1 主要测井方法和技术条件一览表

方法	天然放射性测井	γ—γ测井	中子活化测井
时间常数(秒)	3	1.5	1.5
测井速度(米/小时)	300	600	400—700
源强		(10毫居)	60(居里)
源距(厘米)		40	150
测程	1	3	井场选定
横向比例	250脉冲/分/厘米 ≈ 7γ/厘米	8000—25000脉冲/分/厘米	井场选定

### (三) 模型井及中子活化测量结果

为定量测井需要, 标准模型井的制作和测量是不可缺少的一项工作。在工作期间, 首先建立了模型井, 并作了多次测量。

#### 1. 模型井制作与测量

模型井结构采用卧式钻孔形式。矿层与夹层模块用水泥胶结矿粉及不含氟的砂子做成。矿层模型共做十一种氟化钙含量, 以其代表含量不同的矿层。模型井中子活化测井曲线可用两种不同横向比例(图1), 它是在钻杆内测量的模型井中子活化测井曲线。为便于定量取数该曲线纵向比例采用1:50, 其它条件和实际钻孔相同(见(二)中所述条件)。

#### 2. 模型井测量结果

测量结果是在图1所示的曲线上, 采用全峰法统计的, 计量单位为脉冲/min·m<sup>-1</sup>。将各矿层的统计数据列入表2。用表中所列数据作图, 如图2所示, 活化放射性强度值与模拟矿层Ca F<sub>2</sub>含量有良好的线性关系。活化强度值设y, Ca F<sub>2</sub>含量值设x, 完全符合线性方程:

$$y = bx + a$$

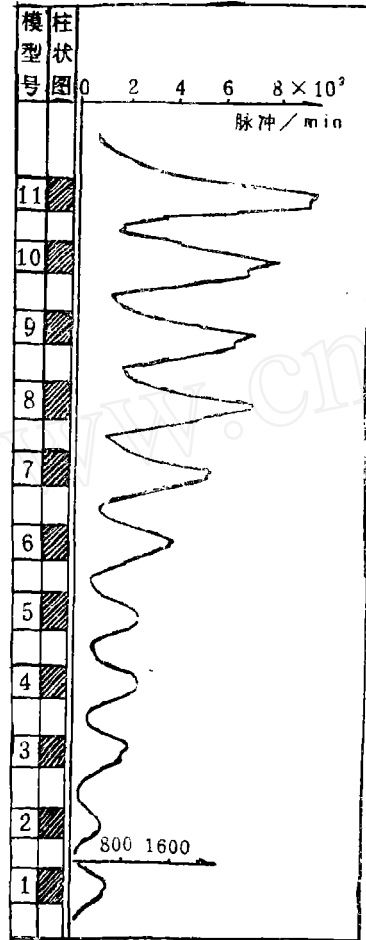


图1 模型井中子活化曲线

表2 模型中子活化测井结果

模型	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一
CaF <sub>2</sub> (%)	5.02	9.47	18.71	23.33	28.46	39.08	49.17	57.90	62.35	70.56	81.34
活化强号(脉冲/min <sup>-1</sup> )	8750	13929	29098	34817	40018	52096	65615	76000	85212	97425	117906

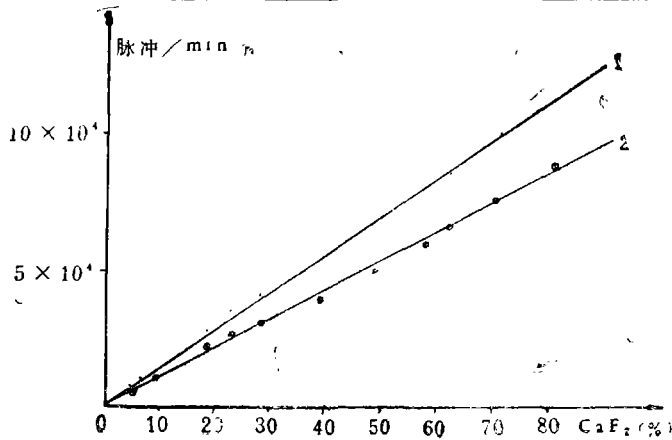


图2 中子活化测井放射性强度与模型井氟化钙含量关系曲线

1—全峰  $r = 0.997$   $a = 1061.23$   $b = 1367.93$  2—半峰  
 $\gamma = 0.999$   $a = 877.87$   $b = 1038.14$

其相关系数为 $r = 0.997$ 。多次重复测量相对误差对 $\text{CaF}_2$ 含量大于10%的矿层，小于 $\pm 10\%$ 。矿层 $\text{CaF}_2$ 含量小于10%时，其相对误差小于 $\pm 15\%$ 。从而表明中子活化测井测定氟化钙含量，其线性范围和测量的相对误差完全满足萤石矿地质普查勘探的需要。

#### (四) 中子活化测井曲线的解释方法

中子活化测井曲线是用来划分萤石矿层的位置、厚度和氟化钙含量的主要曲线，並可以用它来分析岩层萤石矿化程度。本节主要叙述矿层分层原则和氟化钙含量的计算方法。

##### 1. 萤石矿层的确定和界面划分原则

首先确定曲线异常，中子活化测井曲线的特点是它只对含氟地层才有反应，钻孔中不含氟的井段上曲线平直，再加天然放射性的高能 $\gamma$ 射线极少，因此曲线统计涨落几乎表现不出来。所以异常即便在氟含量很低的情况下也可以出现曲线异常。作为可解释的异常，一般幅值必须大于2cm的规则异常。曲线幅值小而集中的地段作为萤石矿化引起，不作为异常对待。矿层是在含量计算后确定的。矿层界面由曲线异常最大幅值来定。对于最大幅值1/2处，它的厚度大于或等于0.5m的，以异常1/2处部位划分界面；对于厚度小于0.5m的异常，其界面确定在最大幅值的1/3的相应位置。

##### 2. 氟化钙含量的计算方法

数据统计：在1:50的中子活化测井曲线上，对每一个需要计算含量的异常，每2mm

(实际上相当于0.1m)取一个数(为 $N_i$ )，一层矿的总计数为 $\sum_1^n N_i$ ，则 $\sum_1^n N_i/H$

(H为层厚度)为该层矿单位厚度的活化放射性强度。

计算氟化钙含量是用上述模型井的测量结果，按直线方程 $y = bx + a$ ，求出a、b

值( $a = 1061$ ,  $b = 1368$ )，改变方程式为 $x = (y - a) \div b$ ，x为欲求的 $\text{CaF}_2$ 含量。y为

矿层单位厚度强度值( $\sum_1^n N_i/H$ )用此法逐个计算出每个异常的含量值。

## 二、野外钻孔测井结果

### (一) 矿区地质特征

两矿区的共同特点：萤石矿层严格受断裂构造控制，同属于热液充填型矿床，矿石自然类型也基本相似，围岩各不相同。现分述如下：

#### 1. 八家矿区

区内出露地层为陈蔡群变质岩系。岩性为含石榴石黑云母片岩和含石榴石黑云母二长片麻岩。区内构造以断层为主，成矿前构造为北西西—南东东向的张性断裂。主断

裂长度在1700 m以上。其产状：倾向为 $185^{\circ} \sim 240^{\circ}$ ，倾角为 $50^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，中段有分支复合现象。断裂带中有断层角砾、断层泥，见有闪长岩、片麻岩角砾、石英脉、萤石脉，局部见有萤石胶结角砾现象。矿脉产于断裂带中，其规模、形态及产状均与断裂带一致。矿石自然类型比较简单。有萤石型：由致密块状或条带状萤石组成，仅含少量石英；石英—萤石型：主要成分为萤石，次为石英，两者紧密嵌接，或脉石英穿插胶结了萤石，此为矿区之主要类型。萤石—石英型以石英、蛋白石为主，次为萤石，属贫矿矿石。

## 2. 妙山矿区

矿区内出露大面积的中生界侏罗系磨山组火山碎屑岩、碎屑熔岩、熔结凝灰岩。构造以断裂为主，褶皱不发育，岩浆活动频繁，尤以燕山晚期酸性岩浆活动为主。矿区控矿构造以北西向张扭性断裂为主，在横向上呈等间距分布。

矿石矿物组分比较简单，主要为：萤石、次有石英、方解石、高岭土，少量铁、锰质矿物。根据矿石的主要化学成分的关系，以出现的相应矿物可划分为七种矿石自然类型。即：萤石型；石英—萤石型；方解石—石英—萤石型；萤石—石英型；方解石—萤石型；萤石—石英—方解石型；萤石—方解石型。

矿石的化学成分主要为： $\text{CaF}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaCO}_3$ 。

从所测妙山矿区ZK1及ZK2孔地质剖面看，矿层围岩为白垩系方岩组和朝川组凝灰质含砾砂岩和粉砂岩，含角砾凝灰岩。矿层与围岩界面清楚。矿层厚度变化不大。

### (二) 岩、矿石的地球物理特征及测井曲线的反应特点

本次测井工作的主要任务是测定萤石矿的氯化钙含量。由于矿区钻孔掉块严重，为了工作安全，所以计划在绳索取心的钻杆内测井，只选用了三种放射性测井方法，故本文只叙述放射性测井方法。

#### 1. 岩、矿石的天然放射性及天然放射性测井曲线特征。

从实际测量结果可以看出，矿区岩、矿石的天然放射性具有比较明显的差别，如表3所示：

表3 矿区岩、矿石天然放射性统计表

矿 区	岩 性	天然放射性( $\gamma$ )	备 注
八家矿区	石英黑云母片岩及黑云母二长片麻岩	20—30	
八家矿区	硅化破碎带	7—11	以硅化程度不同而异
八家矿区	交代石英岩	2—5	同 上
八家矿区	萤 石 矿	1—11	和矿石贫富有关
妙山矿区	砂 砾 岩	28	
妙山矿区	凝灰质含砾砂岩、粉砂岩	13—27	
妙山矿区	萤 石 矿	0.7—4	和矿石贫富有关

从表3所列数据可以看出，八家矿区天然放射性曲线可以划分出萤石矿带，但地层剖面中交代石英岩，硅化带较多，都是低放射性反应，故该曲线能够划出硅化、萤石矿化段，但不能确定萤石矿。妙山矿区矿层的围岩皆为放射性强度较高的岩层，所以萤石矿位置都是低放射性异常，硅化干扰较小。

### 2. 岩、矿石的密度及 $\gamma$ — $\gamma$ 测井曲线的反应规律。

矿区一般岩石的密度为 $2.6\sim 2.7\text{g}/\text{cm}^3$ ，萤石矿密度为 $3.18\text{g}/\text{cm}^3$ 。在地层中，尤其是变质岩石密度并不均匀，它会因重矿物的局部集中而增大。萤石矿石会因氟化钙含量的降低而减少。 $\gamma$ — $\gamma$ 测井曲线反应的是岩、矿层的宏观密度变化。故矿区钻孔测量的 $\gamma$ — $\gamma$ 曲线，受岩矿石密度以及其破碎，扩径的影响。在八家矿区的 $\gamma$ — $\gamma$ 曲线，一般矿层以低值出现，破碎扩径将出现明显的高值异常。妙山矿区岩层为火山沉积岩，其本身密度变化不大， $\gamma$ — $\gamma$ 曲线也较平直，矿层异常突出。矿石的贫富变化曲线上也显示出来。两矿区 $\gamma$ — $\gamma$ 曲线之共同特点：岩矿层的 $\gamma$ — $\gamma$ 强度之比为 $1.3\sim 1.55$ ，矿层以低值出现，异常明显。破碎扩径处以高值出现，它与正常矿层 $\gamma$ — $\gamma$ 强度之比为 $1.61\sim 1.81$ 。根据这些规律，结合天然放射性测量曲线，可以确定比较富的萤石矿。

### 3. 萤石矿的主要化学组分和中子活化测井曲线反映特征。

矿石主要化学组分为 $\text{CaF}_2$ 和 $\text{SiO}_2$ 。由前叙核参数可知：氟元素具有理想的核物理特征。矿区除 $\text{CaF}_2$ 以外，没有其它氟化物。故中子活化测井测量萤石矿，选用元素氟作为指示元素，不受其它矿物的干扰。元素Si具有较好的核物理参数，但测Si则有元素Al的干扰。再则主要任务是测 $\text{CaF}_2$ ，而 $\text{SiO}_2$ 虽然也是萤石矿勘探需要的分析项目，因为仪器设备是专为测氟设计的，所以本次工作没有测硅。

中子活化测井曲线，无论在哪个矿均显示了它的单解性，它只对萤石矿有反应。曲线异常之高低和矿层氟化钙含量紧密相称。目前采用的技术条件，具有足够高的灵敏度，对岩层裂隙中的萤石细脉在曲线上亦有显示。

## （三）中子活化测井结果

在两个萤石矿区，中子活化测井结果解决了如下三个方面的问题：一是证明了中子活化测井在不同类型的萤石矿区的适用性。二是中子活化测井指导地质采样和寻找漏失矿层工作中的作用。三是补充因钻探采取率严重不足而缺少 $\text{CaF}_2$ 含量资料，使钻孔避免报废。现将三方面成果分述如下：

### 1. 中子活化测井原位测定萤石矿氟化钙含量适用于各种类型的萤石矿

中子活化测井测定萤石矿 $\text{CaF}_2$ 含量，是以元素氟为指示元素，由于氟在萤石矿区都是以 $\text{CaF}_2$ 形式出现，则化验分析是以钙为指示元素。而钙在自然界中，有氟化钙、氯化钙、碳酸钙、硅酸钙等，如对样品处理方法不当，就会给分析结果带来误差。比较来看，中子活化测井测氟比用化学分析优越。虽然如此，只要矿心采取率高，矿层矿物分布均匀，两种结

果还是可以对比的(如表4)。

表4 不同类型萤石矿中子活化测井与矿芯分析结果对比

矿区	孔号	采样位置(m)	平均采取率(%)	CaF <sub>2</sub> (%)	矿石类型	测井深度(m)	CaF <sub>2</sub> (%)
燕郊城	ZK13	46.61~52.52	65	18.86	萤石—重晶石型	46.01~51.91	25.72
八家矿区	ZK15	58.56~67.38	96.17	52.26	石英—萤石型	59.26~68.26	55.53
八家矿区	ZK7	163.92~166.93	75	58.21	石英—萤石型	163.15~167.15	59.79
妙山矿区	ZK2	123.23~130.76	91	93.94	萤石型	122.85~131.25	93.60

表中所列数据中, ZK13孔矿心采取率普遍很低, ZK15孔个别样品采取率低, CaF<sub>2</sub>含量也低, 所以两者相差较大, 总的来看两者尚可比较。

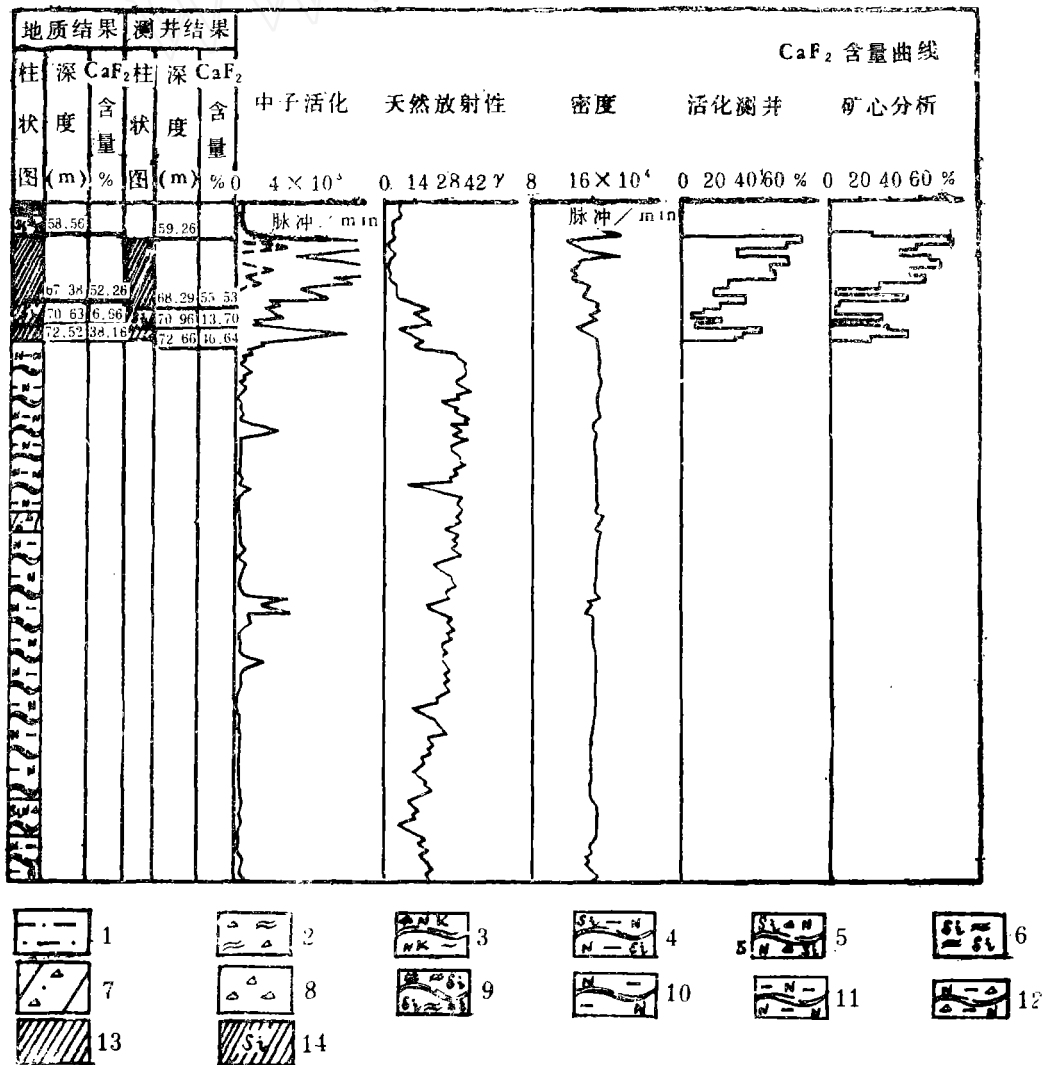


图3 八家矿区ZK15孔中子活化测井曲线图

- 1、浮土；2、硅化破碎带；3、碎裂二长变粒岩；4、硅化斜长片麻岩；5、硅化碎裂斜长片麻岩；
  - 6、交代石英岩；7、破碎带；8、构造角砾岩；9、矿化交代石英岩；10、蚀变、碎裂黑云斜长片麻岩；
  - 11、蚀变斜长黑云母片麻岩；12、碎砾蚀变黑云母斜长片麻岩；13、石英萤石矿；14、萤石矿化
- (包括图5的图例)

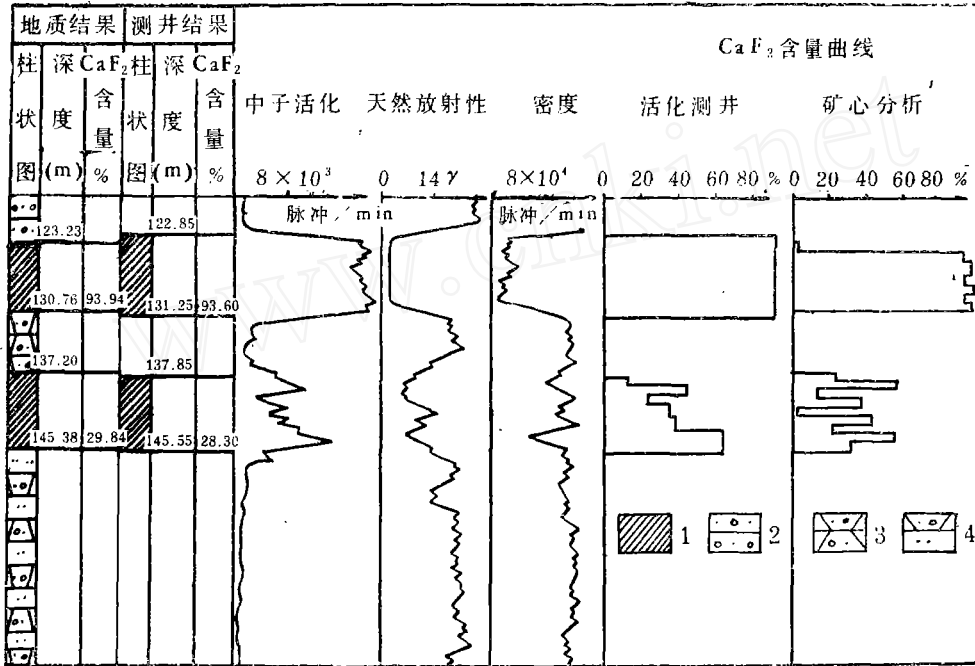


图4 妙山矿区ZK2孔中子活化测井曲线图

- 1、石英萤石矿；2、砂砾岩；3、凝灰质含砾砂岩；4、粉砂岩与凝灰质含砾砂岩互层

图3、图4分别为ZK15孔 ZK2孔 中子活化测井成果图，ZK15孔是八家矿区钻孔，主矿体为“石英萤石矿”，矿层采取率多数样品为100%，只有一个为54%，采样间距小，矿层矿石贫富分得细。中子活化测井曲线和用采样分析结果绘制的含量曲线，其形状极为相似，含量结果也相差不大。

ZK2孔是妙山矿区的钻孔，主矿体为“萤石型”矿石。矿层厚，且矿物分布均匀，整个矿层上下CaF<sub>2</sub>含量变化小，两种结果十分接近。在下部贫矿段，矿心采取率低，中子活化测井曲线的形状和采样分析结果的含量曲线也大体相近，矿层厚度和CaF<sub>2</sub>含量(中子活化厚为7.7 m，CaF<sub>2</sub>含量为28.30%，采样分析厚为8.18 m，所得CaF<sub>2</sub>含量为29.84%)也相差不大。

根据上叙述认为，不同地区，不同岩性和不同的矿石类型并不影响中子活化测井结果。

2. 利用中子活化测井结果指导地质采样，校正矿层厚度，和提供、寻找漏失矿层。

以八家矿区ZK7孔为例来说明本题的结果。本孔是在钻孔终孔后地质采样前进行的测井。地质提供的柱状剖面在163.52—179.07 m见硅化破碎带，岩石描述为“角砾状”构造，“角砾岩被交代石英所胶结”。萤石矿处在227.33—228.68 m及235.02—237.03 m。

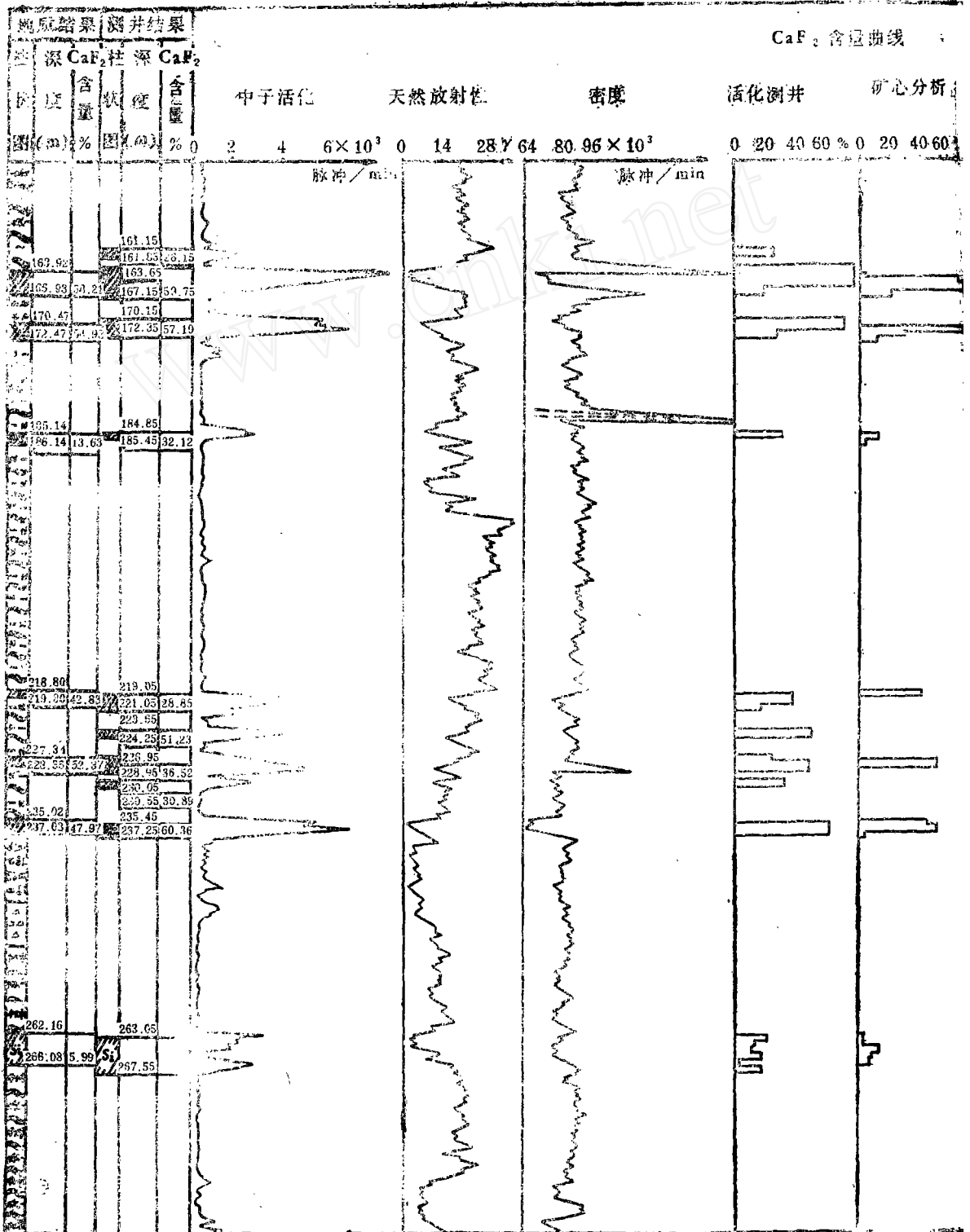


图5 八家村矿区ZK7孔中子活化测井曲线图

(图例同图3)

通过测井工作,由中子活化测井曲线,发现两段较好的矿带即161.15—185.45 m和219.5—237.25 m)第一段中子活化异常高于第二段,而第一段异常带正处于地质定的硅化破碎带位置,第二异常带处于地质确定的萤石矿位置,反应出厚度不等的五个异常。当05时就把测井结果通知了地质队,地质人员采样参考了中子活化测井曲线。从岩心情况看,第一段异常带岩心破碎,采取率低。163.92—174.00 m采取率平均70%。本孔采样尽管参考了中子活化曲线,采样工作还是漏掉了三段较薄的矿层,见图5。

本孔中子活化测井划定萤石矿总计九层,总厚度为十多米,另外在263.05—267.55 m发现较好的矿化带有四米多,平均CaF<sub>2</sub>含量为13.26%,个别地段高于20%。采样分析结果CaF<sub>2</sub>含量大于20%的有五层,总厚度为八米多,测井总增厚5.07 m,在262.16—266.98 m和测井确定矿化带的相应位置,作采样分析,其CaF<sub>2</sub>含量平均百分之几十,此处地质原定为交代石英岩。

ZK7孔用中子活化测井曲线来指导地质取样益处是很大的,至少弥补了由于肉眼难于辨认的取心率低的两层厚度较大,含量较高的矿层。

3. 在矿层上钻探采取率严重不足的钻孔采用中子活化测井可避免钻孔报废。

妙山矿区ZK1孔,就是在矿心采取率太低,钻孔几乎报废的情况下进行测井工作的。在该孔采用三种放射性测井方法,如图6,其结果测井曲线对矿层反应明显。天然

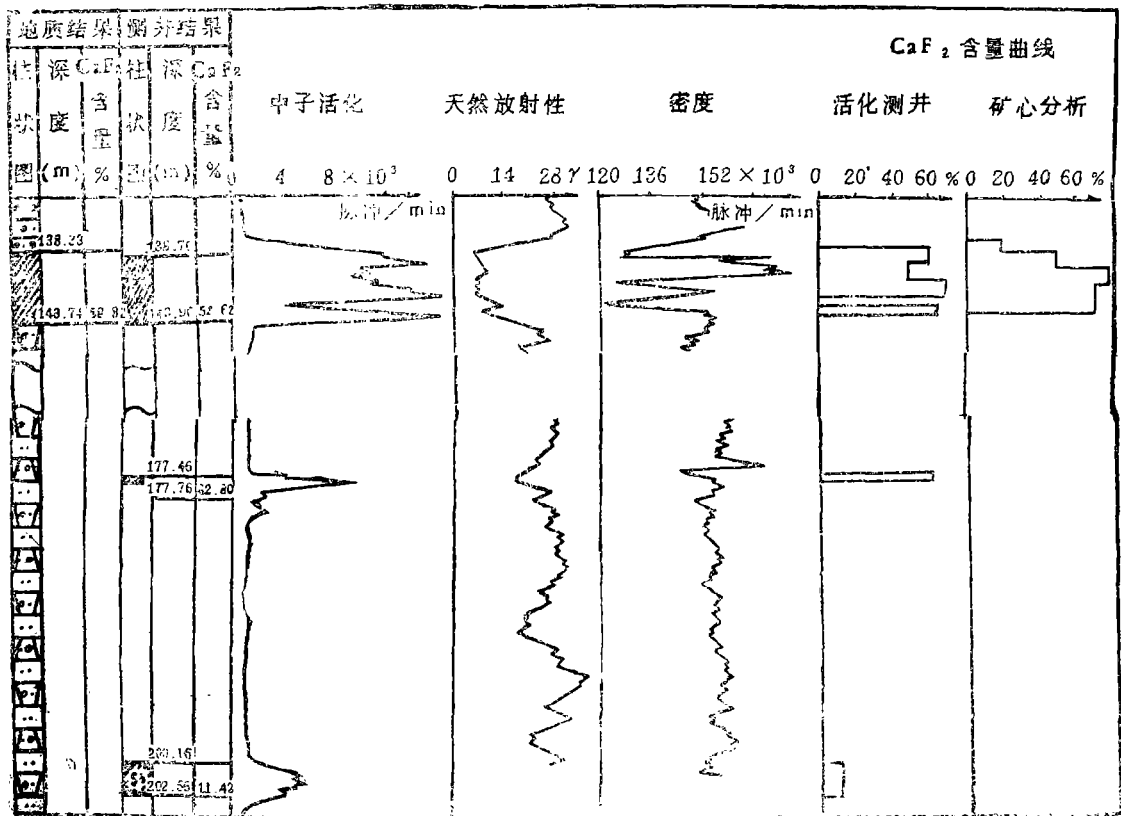


图6 妙山矿区ZK1孔中子活化测井曲线图

(图例同图4)

放射性测井曲线显示了矿带。中子活化测井曲线确定了矿层位置、厚度及 $\text{CaF}_2$ 含量,以及夹矸的厚度。 $\gamma\sim\gamma$ 曲线在139.96~141.26 m矿层处严重破碎。矿石破碎可能是造成矿心采取率不足的主要原因。前三个样,138.33~141.14 m钻探采取率是75%;141.14~143.47 m,矿心采取率只有14%,因此0.7 m的夹矸未能划出。

本孔通过中子活化测井工作,决定不再报废,为国家节约了开支,取得了好的经济效益。

### 三、中子活化法测井测定氟化钙含量所达到的精度和灵敏度

#### (一) 测量精度

为衡量中子活化测井划分矿层位置及计算矿层氟化钙含量的精度,我们是采用重复测量的方法,每个矿层至少测两条中子活化曲线。对每条曲线反应的矿层异常都作定量计算。通过五个孔的统计:解释矿层位置的最大误差为0.2 m;氟化钙含量的相对误差最大为 $\pm 6\%$ 。表5列出三个钻孔四层矿的解释结果。此结果优于试验时期所达到的水平。

表5 重复测量误差统计表

钻孔号	矿层位置(m)	厚度(m)	重复测量 $\text{CaF}_2$ 含量(%)	平均含量(%)	相对误差 $\pm\%$
ZK16	162.23~163.43	1.2	77.39、71.89、77.08、72.81	74.79	4
ZK7	170.25~171.75	1.5	76.40、69.94、75.25 67.30、66.96、69.11	70.83	5
ZK7	219.05~220.15	1.1	37.24、38.41、40.23 39.83、35.84、36.17	37.95	6
ZK2	122.85~131.25	8.4	92.04、95.5、93.58 91.60	93.18	1.7

#### (二) 测量灵敏度

所谓测量灵敏度,就是该方法测量氟化钙含量的最低水平。本次工作原计划提供大于百分之几氟化钙含量值,但矿区要求其含量大于百分之几十的才定为矿层。而中子活化测井曲线反应的灵敏度相当高,工作中符合上文所述异常解释原则的规则异常都作了定量解释。并建议地质队对部分低异常做了采样。两种结果列入表6。

表中所列各矿化段异常都是比较明显的。低于5%的异常重复测量误差较大。和采样分析结果相差大的原因是,采样时难以辨认含量低的矿化岩石,采样位置不与中子活化曲线异常位置重合所引起。对不能形成异常的矿化位置,曲线对萤石细脉也有明显地跃变反应,无法作定量计算,但可说明岩层中有萤石矿物存在。

表 6 低含量中子活化测井与采样分析结果对比表

孔号	测 井 结 果		采 样 分 析 结 果	
	位 置(m)	CaF <sub>2</sub> (%)	采样位置(m)	CaF <sub>2</sub> (%)
ZK16	113.03—113.63 113.63—114.43	4.16 9.71	113.78—114.53	14.97
	116.83—114.13	2.75	116.78—117.58	3.77
	120.23—120.93	1.53	120.48—121.13	0.97
	121.73—122.43	2.36	121.78—122.58	4.17
	124.83—125.43	2.76	124.78—126.68	0.97
	153.13—153.73	8.79	152.98—153.78	7.10
	183.63—184.43	12.14	153.58—184.10	2.03
ZK7	263.05—267.55	13.26	262.93—266.08	5.99

## 四、结 论

### (一) 收获

通过对两个矿区的中子活化测井工作, 我们认为有如下几点收获:

1. 通过不同类型的萤石矿中子活化测井, 证明了该方法可应用于各种类型的萤石矿。选择元素氟作指示元素, 没有干扰, 求得的氟化钙含量是正确的。

2. 在工作过程中, 中子活化测井共校验萤石矿层15层, 总厚42.4 m; 寻找漏失矿层3层, 厚1.9 m; 划分矿化段27段, 总厚度28.7 m, 指导了一个钻孔用该法矿心采样, 避免了丢矿。并对矿层采取率严重不足的一个钻孔, 提供了氟化钙含量数据, 避免了钻孔报废, 收到了好的经济效益。

3. 本方法的工作效率高。连续方式工作可达到常规测井速度, 为其全面推广应用奠定了基础。

4. 下井仪器实现小型化, 不但可以测量金刚石钻进的小口径钻孔, 而且可以在绳索取心的钻杆内测量。目前方法不受孔径限制。

### (二) 发现的问题和建议

#### 1. 关于矿心采样率

几年来通过三个矿区的测井工作, 发现萤石矿层钻探采取率较低, 在工作的两个矿区, 是采用小口径金刚石钻进, 有的钻孔矿心采取率仍然不高, 如ZK7孔, 第一含矿段的平均采取率为70%; ZK1孔一层矿最高采取率达75%, 一个2.6 m厚的矿层其采取率仅有14%。因此钻孔取心丢矿的现象时有发生, 所以我们认为, 要保证勘探工作的工作质量, 采用中子活化测井是十分有利的措施。

2. 测井工作本身尚存在中子源强度较大、不便搬运、操作不便, 从目前工作

情况来看,解决划分矿层,定量计算氟化钙含量大于10%的矿层,可以减小中子源强度。

3.有关曲线解释的方法,今后尚需研究反褶积技术,以提高工作质量和效率。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 师立谱等, 1986, 中子活化测井原位测定氟化钙含量技术及应用。山东地质, 第2卷, 第2期, P31—48。
- [ 2 ] 格拉斯登, 1958, 原子核反应堆理论纲要。科学出版社。
- [ 3 ] 美CE克劳塞梅尔, 1970, 应用 $\gamma$ 射线能谱学, P209—226。(原子能出版社)1977年。
- [ 4 ] D.J.Hughes, et al., 1958, Neutron Cross Sections, BNL—325。

## THE EFFECTIVENESS OF NEUTRON ACTIVATION LOGGING IN EXPLORING FLUORITE DEPOSITS

Shi lipu, Xu Fengzeng and Wang Shichuan

*(The Geophysico-geochemical Prospecting Brigade, Shandong  
Bureau of Geology & Mineral Resources)*

### Abstract

The present paper gives a brief account of the principle and techniques of neutron activation logging for in-situ determination of  $\text{CaF}_2$  content in fluorite deposits and the results of their application in two fluorite ore districts. It is emphasized that (1) this method is applicable to various fluorite deposits. As fluorine is chosen as the indicator element of fluorite, and the fluorite ore contains no other element to interfere, the method always leads to only one solution. (2) the performance has shown that the method can prevent the possible failure to find the main ore beds due to the breaking of the drill cores during the drill core sampling, help to discover thin ore layers undetected by conventional geological means and furnish the values of  $\text{CaF}_2$  content. (3) the method provides reliable data of  $\text{CaF}_2$  content of the ore beds and right positions of their upper and lower boundaries in the drill holes with extremely low core recovery, thus saves the drill holes from being abandoned and yields good economic benefits.