

微机在 γ 能谱中的应用

刘 峰 刘志和 卢 霞

(山东省医学科学院, 250001)

摘要 本工作用计算机对 γ 能谱获取的数据进行了光滑处理, 并通过已知核素在 γ 能谱中的实测数据, 拟合出能量道址表达式, 选取了适宜的数学模型, 对非线性的能量效率曲线进行拟合, 提高了定性定量分析的精度和解谱速度, 在实际应用中获得了满意的效果。

随着核物技术的发展, γ 能谱在海洋湖沼、环境科学等领域的应用越来越广泛。高分辨率探测器问世和应用, 把该项技术推上更高的水平, 一次测量可获得大量核数据, 并可同时定性定量分析多种放射性核素, 由于射线能量与探测效率的变化是非线性的, 而又不遵循一种变化规律, 加之背景值的干扰, 给 γ 能谱的分析造成一定的困难。计算机的应用为 γ 能谱处理提供了很大方便。

1. 能谱平滑

γ 能谱仪获取的数据是随机的, 在被测样品较弱的情况下, 涨落较大, 实验数据统计误差大, 单靠改进电子学仪器, 难以消除有害影响, 因此必须使用数学平滑方法滤去部分噪声。对于提高分析精度, 最常用的谱平滑方法是多项式拟合移动平滑方法, 这种方法的基本思想是在谱上一点两边各取 m 点 (加本身共 $2m+1$ 点), 用一个以该点为中心的 q 阶多项式对这一谱段作最小二乘法拟合, 所得多项式在中心点的值即平滑后的谱数值, 沿着整个谱段作同样的处理, 即可以得到一个平滑后的谱, 公式如下:

$$Y'_i = \frac{1}{N_{m,p}} \sum_{j=1}^m A_{m,j} Y_j + 1 \quad (1)$$

其中 Y_i, Y'_i 分别为实验谱和平滑第 i 道计数, $A_{m,j}$ 为系数, $N_{m,p}$ 为规范化常数, 一旦选定 n, q 之后, 即可查到 $N_{m,p}$ 为规范和 $A_{m,j}$, 适当选择 m 各 q 值。 m 值太大, 易把峰拓宽, 使峰顶计数填入填谷, m 值太小, 平滑效果差, 点数 $N_0 = 2m+1$, 应近似于 FWHMS (半宽度), 一般情况 q 不大于 4, 对于 Ge(Li) 谱一般 $N_0 < 5$, 根据误差理论与实验数据处理, 得 5 点平滑公式:

$$Y'_i = [-3(Y_{i-2} + Y_{i+2}) + 12(Y_{i-1} + Y_{i+1}) + 17Y_i] / 35 \quad (2)$$

(除开始和结尾各 2 道数据的光滑通式)

$$Y'_0 = (69Y_0 + 4Y_1 - 6Y_2 + 4Y_3 - Y_4) / 70 \quad (3)$$

(开始道光滑式)

$$Y'_1 = (2Y_0 + 27Y_1 + 12Y_2 - 8Y_3 + 2Y_4) / 35 \quad (4)$$

(开始第二道光滑式)

$$Y'_{m-1} = (2Y_{m-4} - 8Y_{m-3} + 12Y_{m-2} + 27Y_{m-1} + 2Y_m) / 35 \quad (5)$$

(倒数第二道光滑式)

$$Y'_m = (-Y_{m-4} + 4Y_{m-3} - 6Y_{m-2} + 4Y_{m-1} + 69Y_m) / 70 \quad (6)$$

(最后一道光滑式)
(计算机程序略)

2、能量道址的刻度

能量道址刻度是定性分析的基础,一般采用最小二乘法,假定峰位和能量之间的关系可以用一个多项式表示:

$$E=a_0+a_1p+a_2p^2+\cdots a_np^n \tag{7}$$

利用已知核素的能量测出实际峰位,通过最小二乘法求出系数 $a_l, l=0,1,2,\cdots n$,实践证明,选用二次多项式来表示上述对应关系就足够了。

$$E=a_0+a_1p+a_2p^2 \tag{8}$$

其中: a_0 表示零道的能量; a_1 表示每道的能量; a_2 表示探测系统的非线性恒度,一般是个很小的数。

我们用 680ml 测量杯,比重为 1.3 的样品,用已知能量核素测得实际峰位列于表 1。

表 1 不同能量 γ 射线对应的峰位

能 量(kev)	峰 位	能 量(kev)	峰 位
63.3	74	661.6	855
92.55	112	795	1030
238.6	303	911	1182
295.	377	968	1257
352	451	1120	1454
583	753	1173.4	1525
609	787	1238.4	1610
		1332.5	1733

通过表 1 数据求得各系数为:

$a_0=7.075807; a_1=0.7648906; a_2=-6.427471\times 10^{-9}$ 。代入(8)式中可准确给出每一个 γ 能峰的能量,从而为定性分析提供了依据。

3、效率曲线的拟合

γ 能谱的能量——效率曲线比较复杂,该曲线的准确如何,涉及到定量分析的精度,本工作研究了许多效率曲线拟合模式,通过实验采用了下式并确定了多数值。

$$\ln E=a_1+a_2(\ln E)+a_3(\ln E)^2+a_4(\ln E)^3 \tag{9}$$

$$a_1=4.441837, a_2=1.30829, a_3=-0.2982674, a_4=0.0140842$$

式中 $E(E)=\frac{a_{(E)}}{I(E)A\cdot T} \tag{10}$

$a_{(E)}$ ——峰面积
 $I(E)$ —— γ 射线分支比
 A ——标准源强度
 T ——测量时间

该效率曲线在 70~1400kev 之间有较好的拟合优度。

4、应用

在上述工作的基础上,建立了测定方法,应用于环境样品的测量,并与全国 21 家实验室作了分析对比,获得了很好的实验结果。见表 2。并用此方法对黄河三角洲的污染情况进行了全面调查,结果表明黄河上游属我国核试验场地的下风向区,除受到世界大气中核试验影响外,也受到我国核试验的影响,污染的部分表层土壤及两岸所排放的放射性废物被送到河口,使三角洲增添了新的污染,天然放射性变化不大,但人口放射性有所增加,见表 3。

表 2 对比样品的测定结果(A,10⁻¹B_q/g)

标品号	1		2	
	A	A/参考值	A	A/参考值
238U	4.35	1.104	1.52	0.956
235U	0.202	1.025	0.078	1.025
226Ra	1.28	1.067	1.29	1.000
232Th	0.643	1.073	0.677	1.061
40k	4.28	1.031	5.82	1.023
60C _o	3.74	1.059	2.32	1.018
137C _s	1.21	1.025	0.913	1.047

表 3 黄河入海口土壤放射性核素浓度 (Bq/kg)

采样深度 (cm)	²³⁸ U	²³⁶ R _u	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
0/10	20.8±2.6	23.1±0.7	36.5±1.3	531.9±10.9	1.47±0.16
10/20	26.5±2.6	25.6±0.7	30.2±1.1	530.8±10.8	1.62±0.17
20/30	23.7±2.7	27.4±0.8	39.6±1.3	536.1±10.9	5.01±0.29
30/40	27.0±3.0	27.9±0.8	47.4±1.4	532.3±10.9	5.18±0.30
40/50	28.6±3.0	28.4±0.8	46.9±1.4	505.6±10.6	5.53±0.31
50/60	30.4±3.0	29.7±0.8	42.7±1.4	521.4±10.6	2.88±0.23
60/70	24.3±2.7	26.1±0.7	37.7±1.3	501.7±10.5	2.21±0.20
70/80	27.1±2.8	26.2±0.7	42.0±1.3	465.8±10.1	1.64±0.17
80/90	28.0±2.7	30.0±0.8	45.6±1.4	541.5±10.9	1.42±0.15
90/100	36.9±3.0	26.4±0.7	42.8±1.4	553.3±11.0	1.21±0.13

总之,微机应用于 r 能谱分析,提高了解谱能力,缩短了数据处理的时间,提高了定性定量分析的准确度,扩大了设备的使用范围,除测固体中放射性外,还可测水管、空气中的氡,说明自动化程度较差的设备,通过改造可提高其分析功能。

(参考文献略)

The Computer is Applied to Energy Spectrum

Liu Fong Liu Zhihe Liu Xia

(Shandong Province Academy of Medical Sciences, 250001)

ABSTRACT

By applying computer, the authors took smoothing treatment to data obtained by α -energy spectrum, put together already-known nucleon's data measured in the α -energy spectrum, drew up energy track address expression, then chose suitable math model to make non-linear energy efficiency curve fit well. As a result both qualitative and quantitative analytical precisions were raised, spectrum interpretation was sped up. Satisfactory result was got in the use.

Following development of nuclear physical technology α -energy spectrum is more and more widely used in the field such as oceanography, limnology and environmental science etc. The invention of high-resolution detector brings this technique to higher level, one measure can get a large quantities of unclear data, at the same times it can be used for qualitative and quantitative analysis to many radiation nuclides. For radiation energy relation against detection efficiency is non-linear, no certain rules, and interference of background signals also exists, α -energy spectrum analysis meets some difficulty. Now computer supplies great convenience to α -energy spectrum treatment.

Keywords α -energy spectrum, computer, analysis