

射线减弱系数的能谱测量法

蒋锦江 赵庆昌 严美琼 **韩其健**
张一云 刘亚伦 吴丽萍 周厚全
(四川大学物理系)

摘 要

本文叙述了用能谱法测量物质对 α 或 γ 射线的减弱系数的原理及优点。给出了很宽能区内,标准单质材料铅、铜、铝,中国人体某些器官,体模材料,热释光元件等的测量结果。

在工、农、医领域内应用了核技术之后,辐射损伤及射线对生物体的作用,越来越受到关注。但是,人们不能或很少可能利用活体标本来进行研究。射线对人体的作用,多用生物辐射等效材料来进行判断。

辐射等效是指,模拟材料除具有同真实物体一样的比重外,“就是要求模拟材料能模拟人体对射线的吸收和散射”。^[1]

对 α 和 γ 射线等效的模拟材料,必须具有相同的质量减弱系数和等效原子序数,具有相同的电子密度和电子质量阻止本领及角分布,具有相同的质量能量吸收系数。在这些测量中,减弱系数的测量是最基本的。而且,当射线应用于医疗的诊断和治疗时,射线减弱系数也是一个重要的参数。

过去射线减弱系数的测量,多采用“计数法”,即对某一单能射线,用准直器将它变成窄束,以满足公式 $I = I_0 e^{-\mu x}$ 的条件,由此得到各种能量的减弱系数 μ 。因而,不同能量的射线减弱系数要求不同的单能源。但是,单能源数目有限,因而无法进行测量。

一、射线减弱系数的能谱测量法

射线穿过物质,其强度 I 随穿过物质的厚度 x 的增加成指数衰减,但能量并未改变。因此,只要测量出不同能量的射线,穿过物质前后

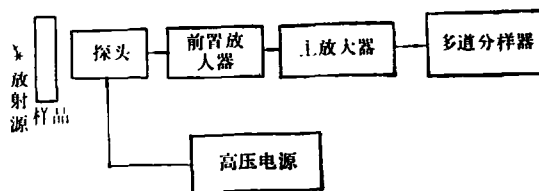
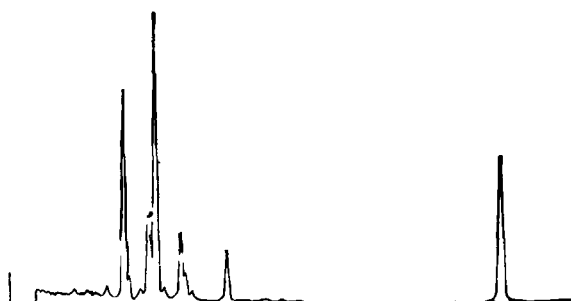


图1 测量系统框图



(a) ^{241}Am 能谱(1024道显示)



(b) ^{60}Co 能谱(4096道显示)

图 2

表 1 单质材料测量结果

吸收物质	密度 (g/cm ³)	放射源	能量(keV)	公认值 $\mu_p(\text{cm}^2/\text{g})$	测量值 $\mu_p(\text{cm}^2/\text{g})$	误差 $\delta(\%)$
Al	2.621	²³⁸ Pu	13.6	10.77	10.61	-1.52
			17.2	5.46	5.41	-0.90
			20.2	3.48	3.30	-5.29
		²⁴¹ Am	59.6	0.280	0.26	-8.9
		¹³⁷ Cs	661.6	0.074	0.077	+4.2
		⁶⁰ Co	1173.2	0.056	0.058	+3.0
Cu	7.897	²³⁸ Pu	13.6	102.68	102.71	+0.03
			17.2	53.34	49.28	-7.6
			20.2	32.24	29.12	-9.6
		²⁴¹ Am	59.6	1.672	1.699	+5.4
		¹³⁷ Cs	661.6	0.0725	0.0720	-0.69
		⁶⁰ Co	1173.2	0.0543	0.0540	-0.55
Pb	11.34	¹³⁷ Cs	661.6	0.1092	0.110	-0.73
		⁵⁴ Mn	834.8	0.0836	0.0774	-7.2
		²² Na	1274.5	0.0579	0.0568	-1.90

的强度 I 和 I_0 以及物质厚度 x , 在满足公式 $I = I_0 e^{-\mu x}$ 的条件下, 就能算出减弱系数 μ 。

用能谱法可将不同能量下的 I 及 I_0 区别开, 因而就能保证测量的单能性, 窄束要求也能得到满足。另外, 同一探测器在相同的几何条件下, 能谱图上的峰康比是一个定值。这就保证了全能峰面积严格与入射射线强度成正比。因而对多能量的混合源, 就可以通过测量不同能量的全能峰面积, 得到相应的 I 及 I_0 , 进而求得减弱系数 μ , 并且一次就能获取多个数据。测量系统框图如图 1 所示。对 ²⁴¹Am 及 ⁶⁰Co 的能谱测量结果如图 2 所示。

二、测量结果

测量中, 采用部分峰面积法。计算公式为 $A = T - B$

$$= \sum_{i=a}^b N_i - \left(\frac{N_a + N_b}{2} \right) \cdot (b - a + 1),$$

其中 N_a 为左边界道临近四道的计数平均值, N_b 为右边道临近四道的计数平均值。

为了检验能谱法的可靠性, 用单质材料铅、铜、铝作吸收物质, 测量结果与文献[2, 3]中的值进行比较, 结果见表 1。

可见, 能量从 13.6keV 到 1332.5keV, 吸收物质密度由 2.6 到 11.34 g/cm³, 质量减弱系数 μ_p 的值在 0.05 与 53cm²/g 的大范围内, 误差大多小于 5% (置信度为 99.7%)。

利用这种方法, 我们测量了中国人的某些器官及肌肉的减弱系数, 如表 2 所示。其中的 $\mu_{p1}, \mu_{p2}, \mu_{p3}, \mu_{p4}$ 为能量分别为 13.6keV, 17.2 keV, 20.2keV 及 59.6keV 的 X 射线的质量减弱系数。

(下转第 620 页)