

GM 计数管的能量响应范围确认

如果要保证 GM 计数管的剂量测量的置信度，就必须刻度出探测系统的 γ 能量响应。由于没有合适的系列单能 γ 辐射源，为此利用康普顿散射原理将强 ^{60}Co 源释放出的 γ 射线转换为系列单能 γ 射线进行探测系统 γ 能量响应的标定。然后拟合出能量响应曲线。

一、原理和方法

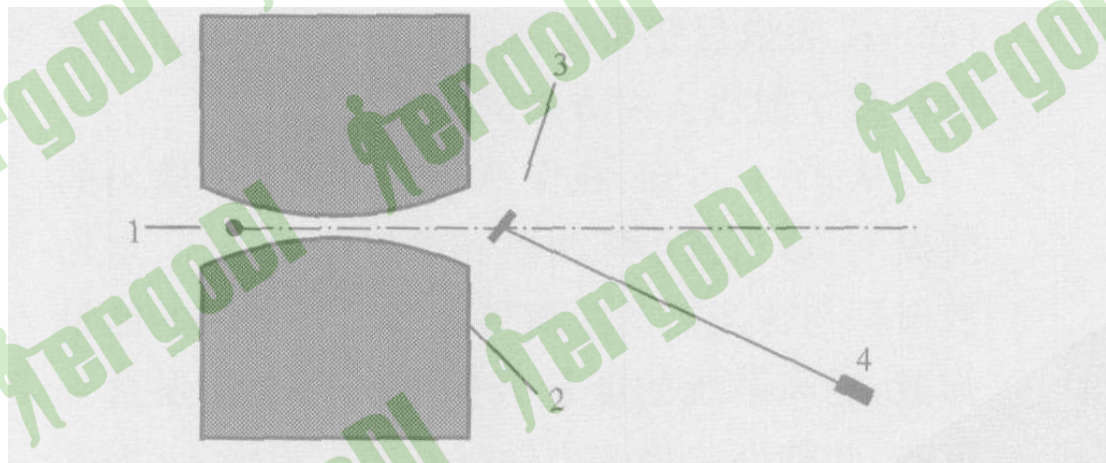
当辐射源 (^{60}Co) 释放的 γ 光子与靶物质 (一般选用 Cu 或 Al) 相互作用时，产生康普顿散射效应。散射光子的能量为：

$$E' = \frac{E}{1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)}$$

m_0 为电子静止质量， θ 为散射 γ 光子的出射角。由上式可知，当确定能量的入射光子与靶物质发生作用时，对于确定的 θ 角，就有与之相对应确定能量的散射 γ 光子产生。

二、主要事项

一般来说，对 GM 计数管能量响应的测定，其要考虑的影响因素多。首先即为辐射屏蔽，对辐射的屏蔽，由于实验环境中的墙壁和地面等散射物的影响，存在大量的空间杂散本底，一般来说在离散射靶 70cm 测点处比本底信号强度高 4 个量级。因此，减少本底干扰、提高信噪比是能量响应标定的关键技术之一。为此可以做如下图所示的设计。



1、放射源；2、准直器；3、散射靶；4、探测器

铅屏蔽的厚度一般为 50cm，用以阻挡放射源放出的 γ 射线直接到达探测系统产生干扰，屏蔽体后壁需开一斜喇叭口，以避免射线经后壁反照到散射靶。同时，为了降低通道内本底的干扰，需对准直器进行特殊设计。一般来说，根据 GM 计数管灵敏区的大小，准直器前喇叭口直径为 4cm，中段口径为 2cm，使放射源释放的 γ 射线照射到斜喇叭口的管壁后不再反射到散射靶上；准直器的后喇叭口直径为 5cm，放探测器一面的斜度要适当，一方面要阻挡放射源释放的 γ 射线直接到达散射角为 25° 的探测器，另一方面要尽量减少 γ 射线经管壁到散射靶的量；不放探测器一面的斜度要以避免 γ 射线经准直器内管壁反射后到达探测器和散射靶上为宜。

另外， γ 光子与靶物质发生作用产生散射了的同时，还伴随有康普顿电子射线的产生。因此在探测器与散射靶之间需放 Fe (约 1mm 厚度) 吸收片以消除电子射线对探测器输出的影响。

对于底要求的能量响应标定一般可采用 θ 角为 35° 、 50° 、 64° 和 87° ，相应的能量为 0.87、0.66、0.52、0.38MeV。

提高探测器的能量分辨率：

由于探测器对散射靶以及散射靶对辐射源都有一定的张角，造成了一定程度的能量弥散，影响探测系统的能量分辨率。因此提高能量分辨率是能量响应标定的另一关键技术。在忽略散射靶对辐射源张角的情况下，散射 γ 能量弥散的量与散射靶和探测器的直径、探测器与散射靶的距离以及散射角度等因素有关。探测系统的能量分辨率的计算公式为：

$$\frac{\Delta E'}{E'} = \frac{\frac{E}{m_0 c^2} \sin \theta (r_1 + r_2)}{[1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)] l}$$

r_1 、 r_2 分别为散射靶和探测器的半径，cm； l 为散射靶与探测器的距离，cm；从式中可知：在保证在探测器有足够输出的前提下，适当减小探测器和散射靶的半径、增加散射靶与探测器的距离可以降低 γ 射线的能量弥散，提高系统的能量分辨率。

而对实验数据最简单的检验，即对采用 ^{137}Cs (0.611MeV) 和 ^{60}Co 采用康普顿散射而获得的能量为 0.661MeV 的射线的灵敏度一致性比对。

三、具体操作：

1、需要设备：标准源 (^{60}Co 和 ^{137}Cs)，铅板等

2、操作：

首先使用 ^{60}Co 源搭建好实验设施，选取不同 θ 角，计算出确定的射线能量，测定 GM 计数管输出脉冲数。再与 ^{137}Cs (0.661MeV) 的计数比对。得出不同能量下的比值。并作出拟合曲线。一般要求能量响应在 30%之内，即比值在 0.7 到 1.3 内。

四、能量响应扩展

GM 计数管对于能量响应存在的一个主要问题是低能段存在着过响应，对裸体计数管而言，无论是用于测量照射量或空气比释能量，还是用于测量新的实用辐射量，其低能段均因过响应而导致仪器能量响应的极大超差。低能段的过响应主要是由于外壳的光电效应引起的。最简单的处理办法即采用重金属包层可以十分有效地抑制 GM 计数低能段（通常是指 65~100keV）的过响应。但如果 GM 计数管灵敏区全部被重金属包层（通常可选用铅、铅锡合金、锡、铜等重金属包层），则 65keV 以下的 γ 射线基本上被吸收掉了，65keV 以下能量响应极低。

改善 GM 计数管能量响应的方法。重金属原子序数越高，厚度越大，抑制低能段响应的效果越强。这就有个寻求选用哪种重金属以及选择最佳厚度的问题。根据长期以来众多仪器选用铅皮作包层的成功经验，一般选用铅包皮，然后通过试验选择最佳厚度。另一个问题是如何适当提高 65keV 以下能量的能量响应，克服该能量段的过抑制问题。其方法是计数管灵敏区适度裸露。一般根据前人经验，对于国产 GM 计数管采用 0.3mm 铅包层和 25%左右的灵敏区裸露较为合适。