

## 快报

塑料闪烁体  $\beta$  射线望远镜的能量刻度\*

徐树威 刘满清

(中国科学院近代物理研究所, 兰州)

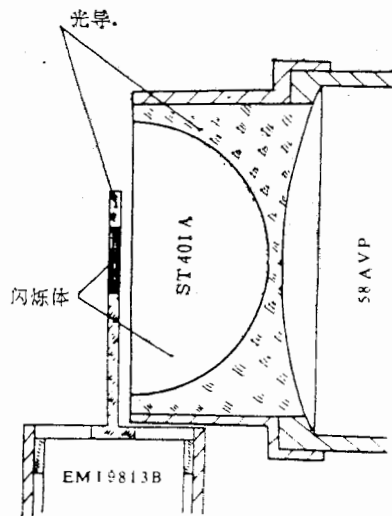
## 摘 要

建立了一台塑料闪烁体  $\beta$  射线望远镜并进行了能量刻度。利用一组端点能量从 0.7MeV 到 6.1MeV 的  $\beta^\pm$  发射体作为参考源, 线性能量刻度的误差仅 35keV。

由于其效率高, 上升时间快和价格低廉, 塑料闪烁体  $\beta$  射线望远镜被广泛用于强  $\gamma$  本底下的  $\beta$  测量, 特别是用于  $\beta$ - $\gamma$  符合测量以提取远离  $\beta$  稳定线核素的  $Q_\beta$  值或  $Q_{EC}$  值。但一般认为其能量分辨差, 能量响应线性不好会引起  $\beta$  谱畸变, 能量刻度不方便, 最终给确定  $\beta$  衰变端点能量造成相当的误差。

1978年 R. Stippler 等人曾利用转换电子谱仪对一台塑料闪烁体  $\beta$  射线望远镜的线性做过检验<sup>[1]</sup>。结果发现有小的非线性, 并引入了一个二级的抛物线项加以修正。他们选用七个  $\beta^-$  发射体作为参考源, 测得的  $\beta$  谱利用费米-居里标绘拟合, 经过非线性项修正后, 端点能量在 1 到 9MeV 范围之内, 能量线性刻度误差为 50keV。1982年 J. M. Wouters 等人做过类似尝试<sup>[2]</sup>。他们选用了五个  $\beta^+$  发射体作为参考源, 端点能量范围较窄 2.7—4.6MeV。没有进行非线性修正, 能量刻度基本上是线性的。但该文仅仅给出了一个实测的参考源 ( $^{39}\text{K}$ ) 的  $\beta$  谱, 其中绝大多数实验点与最佳拟合的费米-居里标绘直线之差都超过了统计误差。因此, 他们有关能量刻度的结果是难以令人信服的。

我们的望远镜是一个  $\phi 100\text{mm}$  的半球形  $E$  探测器和一块  $0.6\text{mm} \times \phi 20\text{mm}$   $\Delta E$  探测器组成(图 1), 它们的选材是国产 ST401A 塑料闪烁体。为了尽可能减少能谱畸变和能量响应的非线性,  $E$  探测器具有半球形<sup>[3]</sup>, 测试源尽可能接近半球中心, 光电倍增管的工

图 1 塑料闪烁体  $\beta$  射线望远镜结构简图

\* 本工作由国家自然科学基金资助。  
本文 1989 年 2 月 27 日收到。

作电压被仔细地选择. 结果发现光电倍增管 (58AVP) 的输出电流, 在 1350V—1450V 的高压范围内, 与入射在其光阴极上的光强度之间保持良好的直线关系. 来自光电倍增管最后一个打拿极的电脉冲被直接送入快放大器. 下列  $\beta$  发射体和  $^{207}\text{Bi}$  内变换电子源被选作参考源:

$$\begin{aligned} ^{204}\text{Tl}(\beta^-) & E_\beta = 763.4 \pm 0.2 \text{keV}; \\ ^{90}\text{Y}(\beta^-) & E_\beta = 2281.5 \pm 2.5 \text{keV}; \\ ^{63}\text{Zn}(\beta^+) & E_\beta = 2345.1 \pm 1.6 \text{keV}; \\ ^{66}\text{Ga}(\beta^+) & E_\beta = 4155 \pm 3 \text{keV}; \\ ^{64}\text{Ga}(\beta^+) & E_\beta = 6143 \pm 4 \text{keV}. \end{aligned}$$

其中  $^{63}\text{Zn}$ ,  $^{66}\text{Ga}$ ,  $^{64}\text{Ga}$  是利用北京高能所质子直线加速器提供的 35MeV 质子束, 经 (p, n) 反应产生的. 58AVP 高压置于 1450V 时, 我们测量了上述参考源的  $\beta^\pm$  谱. 选取高斯型的能量响应函数, 其半宽度 FWHM 与电子的能量的平方根  $\sqrt{E}$  成正比, 比例系数由实测的  $^{207}\text{Bi}$  单能内变换电子的能谱半宽度决定. 然后进行费米-居里标绘(图 2), 最后提取出它们的端点能量. 由图 2 可见在很宽的能量范围之内实验数据与费米-居里标绘拟合得很好. 这表明望远镜的能量响应具有良好的线性. 参考源端点能量范围从 0.7MeV 到 6.1MeV, 无需非线性修正, 本望远镜的线性能量刻度的均方偏差

$$\chi \left( = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Delta E_i)^2}, \text{ 其中 } \Delta E_i \text{ 是指实验点与刻度直线之间的能量差} \right)$$

大约为 35keV(图 3). 这一条刻度直线既适用于  $\beta^-$  衰变, 也适用于  $\beta^+$  衰变. 如果把光电倍增管 58AVP 的高压降到 1350V—1400V 的范围, 线性刻度的上限可以提高到 10MeV.

我们的塑料闪烁体  $\beta$  射线望远镜可以很容易地进行线性能量刻度, 刻度的精度适合在很宽能量范围内对远离  $\beta$  稳定线核素作  $Q_\beta$  值和  $Q_{EC}$  值的测量, 因为测量这些核时统计涨落造成的端点能量的误差通常为 50—100keV.

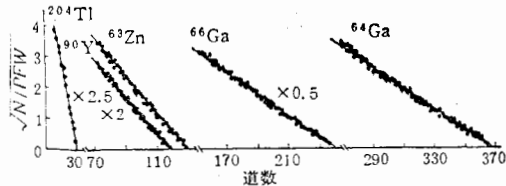


图 2  $^{204}\text{Tl}$ ,  $^{90}\text{Y}$  电子谱和  $^{63}\text{Zn}$ ,  $^{66}\text{Ga}$ ,  $^{64}\text{Ga}$  正电子谱的费米-居里标绘

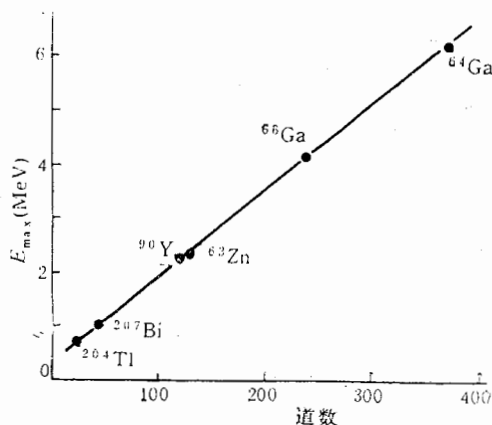


图 3 利用六个参考源对塑料闪烁体  $\beta$  射线望远镜测定出的能量刻度直线

## 参 考 文 献

- [1] R. Stippler et al., *Z. Physik*, **A284**(1978), 95.  
[2] J. M. Wouters, H. M. Thierens, J. Äysto, M. D. Cable, P. E. Hausteijn, R. F. Parry and Joseph Cerny, *Phys. Rev.*, **C27**(1982), 1745.  
[3] K. D. Wünsch, H. Wollnik and G. Siegert, *Phys. Rev.*, **C10**(1974), 2523.

## ENERGY CALIBRATION FOR A PLASTIC SCINTILLATOR BETA-DETECTOR TELESCOPE

XU SHUWEI LIU MANQING

(*Institute of Modern Physics, Academia Sinica, Lanzhou*)

### ABSTRACT

A plastic scintillator beta-detector telescope has been built and calibrated. The uncertainty of linear energy calibration in the range of endpoint energy between 0.7 and 6.1 MeV for both  $\beta^-$ -and  $\beta^+$ -emitters has been tested to be 35 keV.