

幅,不再赘述。

参 考 文 献

[1] Garcia, A. M. et al.: *Introduction to Quantitative*

Cytochemistry I, (Wied, G. L. et al.: eds.), 1966, 239—245, Academic Press, New York and London.
[2] Wheelless, L. L. et al.: *Acta Cytol.*, **19**, 460—464, 1975.

[本文于1983年10月17日收到]

液体闪烁计数器中 EMI 9635 QB 型光电倍增管分压条件的调试

张 廷 逵

(中国科学院生物物理研究所, 北京)

DYS 系列低本底液体闪烁计数器, 均采用英国 EMI 9635 QB 型光电倍增管作主探测器, 该管具有量子效率高、噪声本底低等特点, 同时由于是石英端窗, 可以避免玻璃端窗中⁴⁰K 对本底的贡献, 因而它是一种较理想的探测器件。光电倍增管的分压电路决定了管子各电极间的电场分布和强度, 它是影响管子工作的重要条件, 因此, 仔细调试并选择适宜的分压电路可以使倍增管在最佳状态下工作。本文将我们所做的分压条件调试实验的方法和结果作一介绍。

一、实验条件与方法

调试在液闪实验装置上进行, 两个探头水平放置在七厘米厚的铸铁室内, 外部未再加铅屏蔽。选用了一对蓝光灵敏度各为 $20\mu\text{A}/\text{lm}$ 的光电倍增管。信号幅度观测在日本 SS-6200 脉冲示波器上进行。³H、¹⁴C 充氮去氧密封标准样品由本实验室自制, 标准溶液是英国放射化

学中心生产的³H、¹⁴C-正十六烷。

我们采用³H、¹⁴C 标准样品为软 β 粒子照射源, 在总电压不变的情况下, 分别调试了 R_1 、 R_2 、 R_{13} 和 R_{14} 四个分压电阻。图 1 是 9635 QB 光电倍增管分压电路图, 其中 R_1 、 R_{14} 是首末两个分压电阻, 对电子的收集具有重要影响, 故作重点调试。对所调的每个电阻一般改变了八个阻值, 观察所测指标的变化规律, 从中选出最佳的阻值范围。

二、实验结果

1. 分压电阻值对³H、¹⁴C 坪曲线的影响

液体闪烁计数器在测量一定强度的软 β 辐射源时, 一般也会出现一段坪区, 即在此区内计数率基本上不再随高压的增加而增加。坪曲线的到来说明此时光电倍增管处于把光阴极产生的每个光电子均能记录下来的工作状态, 因此, 液闪仪器能有一个好的坪曲线是重要

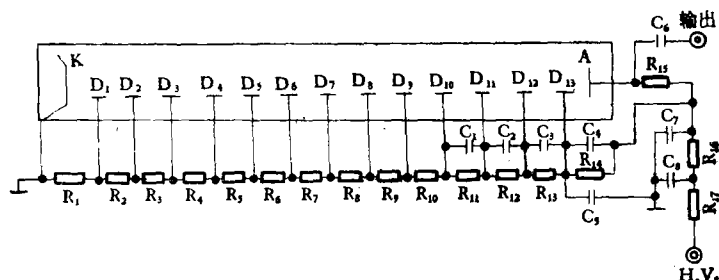


图 1 EMI 9635 QB 光电倍增管分压电路图

$R_1 = 2R - 3R$ $R_2 - R_{13} = R$ $R_{14} = 0.5R - R$ $R_{15} = 15\text{k}\Omega$ $R_{16}, R_{17} = 300\text{k}\Omega$
 $C_1 - C_4 = 510\text{pF}/250\text{V}$ $C_5, C_6 = 4700\text{pF}/3\text{kV}$ $C_7, C_8 = 0.01\mu\text{F}/3\text{kV}$

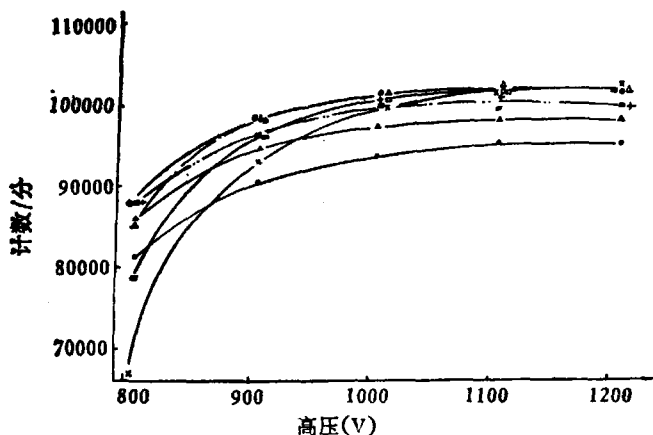


图2 ^3H 坪曲线随 R_1 阻值的变化

● 360kΩ ▲ 560kΩ ■ 750kΩ + 1MΩ ○ 1.2MΩ △ 1.5MΩ
□ 2.0MΩ × 2.7MΩ $R_2 - R_{14} = 560\text{ k}\Omega$

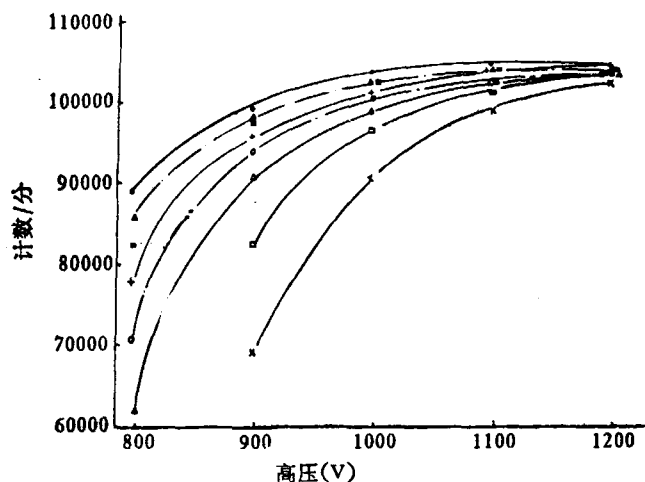


图3 ^3H 坪曲线随 R_{14} 阻值的变化

● 360kΩ ▲ 560kΩ ■ 750kΩ + 1MΩ ○ 1.2MΩ △ 1.5MΩ
□ 2.0MΩ × 2.7MΩ $R_1 = 1.5\text{ M}\Omega$ $R_2 - R_{13} = 560\text{ k}\Omega$

的。坪特性的好坏与多种因素有关，光电倍增管的分压条件即其中之一。

从图2中可以看出，当 R_1 的阻值 $< R$ (560kΩ) 或 $> 4R$ (2.7MΩ) 时， ^3H 坪曲线均不好，计数率低、坪短，结果表明： R_1 的阻值越小或越大，坪特性也越差，当阻值约在 $2R-3R$ 范围内时，坪线为最好，坪上计数率高，坪长可达300伏，坪斜为2%/100伏。 R_1 对单光电子的收集起重要作用，单光电子收集的好， ^3H 的坪也起始得早，而 ^{14}C 的坪曲线除高阻值条件稍差以外，其它各阻值之间均无明显差异，坪长可达400伏。在改变 R_1 的阻值时， R_2-R_{14} 的阻

值均取为 R 。

由图3的坪曲线可见，随着 R_{14} 阻值的增加， ^3H 坪特性也相应地变坏，当 R_{14} 的阻值取在 $0.5R-R$ 之间时坪曲线为最好，坪长达300伏，坪斜为2%/100伏，而 ^{14}C 的坪特性还要更好些。由此可见，就坪曲线而言， R_{14} 取高阻值是无益的。

R_2 和 R_{13} 与 ^3H 坪曲线的关系是：当这两个分压电阻的值在 $2R$ 以下时， ^3H 坪曲线无明显差异，阻值再增大其坪特性也随之变坏，增到2.7MΩ时为最差，看来这两个电阻的阻值取为 R 时，便可获得满意的结果。

2. ^3H 效率与分压电阻值的关系

在低水平测量中，对天然水中氚的测定是应用最广的项目之一。由于 ^3H 的能量很低(最大为18 keV)，加之样品中的氚含量又极微，因而设法提高仪器对 ^3H 的探测效率是很重要的。我们测试了 ^3H 效率随 R_1 、 R_2 、 R_{13} 和 R_{14} 四个分压电阻值之间的变化关系，以便能找出最佳效率时的阻值范围，结果如图4所示。由图中可见： ^3H 效率在 $R_1 < R$ 时为最小，约为60%，当 R_1 的阻值在 $2R-3R$ 范围内时最高，可达65%，其它阻值下的效率均在其间变化，相差 $< 3\%$ 。

随着 R_{14} 阻值的增大 ^3H 效率呈下降的趋势，其中，当 R_{14} 的阻值在约为 $0.25R$

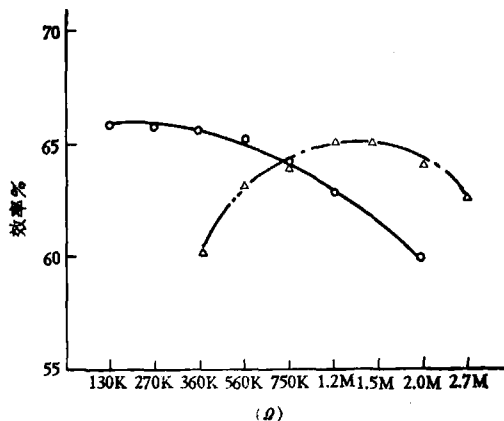


图4 ^3H 效率随 R_1 、 R_{14} 阻值的变化

△— R_1 ○— R_{14}

表1 9635 QB 光电倍增管输出线性与 R_1 、 R_{14} 阻值的关系

分压电阻	电压 (V)	电阻值 (Ω)	360k	560 k	750k	1 M	1.2M	1.5M	2.0M	2.7M
		幅度比								
R_1	900	$^{14}\text{C}, V_{\text{max}}/{}^3\text{H}, V_{\text{max}}$	5.4	5.3	5.7	5.4	5.4	5.5	6.1	7.3
	1000	$^{14}\text{C}, V_{\text{max}}/{}^3\text{H}, V_{\text{max}}$	5.0	4.5	4.5	4.6	4.3	4.7	5.0	5.2
	1100	$^{14}\text{C}, V_{\text{max}}/{}^3\text{H}, V_{\text{max}}$	4.0	4.1	3.8	3.8	4.0	3.9	4.2	4.7
R_{14}	900	$^{14}\text{C}, V_{\text{max}}/{}^3\text{H}, V_{\text{max}}$	5.8	5.5	5.6	6.2	6.4	6.3	6.8	6.8
	1000	$^{14}\text{C}, V_{\text{max}}/{}^3\text{H}, V_{\text{max}}$	4.3	4.5	4.8	5.0	5.0	5.7	7.1	7.0
	1100	$^{14}\text{C}, V_{\text{max}}/{}^3\text{H}, V_{\text{max}}$	3.9	4.0	4.0	4.5	4.6	4.8	5.0	6.1

— R 范围内时效率的变化不明显, 在 65%—66% 之间。当 $R_{14} > 3R$ ($2\text{M}\Omega$) 时效率又降低, 约为 60%。

${}^3\text{H}$ 效率依然是随 R_2 、 R_{13} 阻值的增大而下降, 当 R_2 、 R_{13} 的阻值在 $3R$ 范围内改变时, ${}^3\text{H}$ 效率无显著差异, 因此, 这两个电阻的值取为 R 时, 便可获得最佳的效率指标。

3. ${}^3\text{H}$ 、 ^{14}C 最大信号幅度随 R_1 、 R_{14} 阻值的变化

在一定能量的辐射源作用下, 光电倍增管能输出最大的信号幅度, 是管子增益最佳的表征。我们在日本产 SS-6200 示波器上观测了不同高压下最大信号幅度随 R_1 、 R_{14} 阻值的变化关系, 结果表明: 当 R_1 的阻值在 R 左右, R_{14} 的阻值 $< R$ 时输出信号的幅度最大。随着这两个电阻阻值的增大而信号幅度却随之减小, 增至最大值 ($2.7\text{M}\Omega$) 时, 其信号幅度也最小。

4. 输出线性与分压电阻 (R_1 、 R_{14}) 值及高压的关系

光电倍增管输出的信号幅度与入射的粒子能量之间基本上成正比关系, 而光电倍增管的分压条件则是影响这种线性关系的一个重要方

面。

${}^3\text{H}$ 、 ^{14}C 的能量约相差一个数量级, 我们从二者的信号幅度之比来粗略比较了输出线性的变化规律, 结果见表 1。从表 1 看出, 当 R_1 的阻值在 $3R$ 范围以内, R_{14} 的阻值在 R 左右时, 线性的变化并不明显, 阻值再增加, 线性也变好。同时线性又随电压的增高而变差。看来, 低电压工作条件对改善线性是有益的。

综上所述, 在低本底液闪测量中, R_1 取在 $2R$ — $3R$ 范围, R_{14} 取在 $0.5R$ — R 的范围, R_2 — R_{13} 取 R 为均匀分压, 从 ${}^3\text{H}$ 探测效率、坪特性曲线和信号幅度等指标考虑, 均可获得较满意的效果。但在要求线性好时, R_1 和 R_{14} 可选较高阻值的条件。

工作中得到蒋汉英、邢蕴芳同志的关心帮助, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 王京仁:《核电子技术》, 第 6 页, 原子能出版社, 1977.
- [2] 中国科学院生物物理研究所“液闪”编译组:《液体闪烁计数及其在生物学中的应用》, 科学出版社, 1979.

[本文于 1983 年 12 月 14 日收到]

更 正

本刊 1984 年 6 期第 82 页“磷酸戊糖途径的新修正”一文中有误, 更正如下:

- 1) 图 2 中的“5-②-核酮糖 $\rightleftharpoons$ 5-①-核酮糖”应改为 5-②-核酮糖 $\rightleftharpoons$ 5-②-木酮糖。
- 2) 图 3 中的 C 误排为 8C 化合物应改为 7C 化合物。