

液体闪烁计数的套杯测量方法

董家伦

(西北农学院同位素实验室)

目前,液体闪烁计数法已广泛应用于农业^(1,13-14)、医学、生物学以及其他各个学科里⁽²⁻³⁾。随着液体闪烁技术的进步,应用的规模日益扩大并向纵深发展。液体闪烁计数技术在我国的应用虽然是近一、二十年的事,但发展之快是振奋人心的。

液体闪烁计数技术的基本原理是放射性核素,特别是农业、生物、医学中常用的低能 β 发射体如 ^3H 及 ^{14}C 等,和发光时间极短的闪烁溶液相混,闪烁体接受辐射能,自身受激、退激时发出闪光,它再由光电倍增管接收,经其后的电子学线路变成可测的电信号,加以分析记录下来,根据记录的讯号,可确定放射性核素的活度或能谱特性。

液体闪烁过程主要发生在盛放闪烁溶液及放射性示踪剂的计数杯里,因此,计数杯的材料特性、形状及结构对计数效率有很大影响^(4,5)。曾有人为了提高测定 α 放射性的效率,采用过套杯^(6,15)。所谓套杯是在标准计数杯内放一个小的内杯。内杯盛放闪烁液及待测样品,外杯充以闪烁液。实际上,采用套杯的另一优点是能节约价格昂贵的闪烁液。但是,计数杯内闪烁光向光电倍增管的传输是一个极其复杂的光学过程^(7,8),所以,套杯的最佳条件有必要作进一步的探讨,这对提高计数效率、节约价格昂贵的闪烁溶液,提高测量精度是十分有益的,它对细胞活力的快速测定、 ^{125}I 放射免疫分析、契仑科夫计数有重要的参考价值。本实验是用统计分析方法分析了套杯对本底贡献、对样品计数的影响,以及根据优值确定套杯的最佳组合,并从理论方面作了尝试性的说明。

一、供试材料及试验方法

1. 材料

标准计数杯是由西安262厂提供的低钾玻璃闪烁杯,

内杯是宝鸡市玻璃厂生产的2 ml 安瓿。

外杯介质分别为蒸馏水、粗二甲苯(西安化学试剂厂)、提纯二甲苯、500 厘池的201# 二甲基硅油及闪烁液,闪烁液配方为7gppo+0.1gdmpopop+80g 萘/1l 二甲苯;

所用的内标准源为英国放射化学中心的³H-正十六烷;
供试样品为³H-孕酮废液。

2. 测试方法

套杯组合见表1。

表1 试验组合及检测分析项目

内杯闪烁 液体积 (ml)	外 杯 介 质 * 体 积 (ml)										
	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
0.5	1. 内杯成分 闪烁液配方:7gppo+0.1gDMpopop+80g蔡/11二甲苯;放射性 为 ³ H-孕酮。 2. 测定项目:本底、样品计数率、计数效率。										
1.0											
1.5											
2.0											

* 介质分别为:蒸馏水、粗二甲苯、提纯二甲苯,201# 硅油及闪烁液。

分别向上述组合的内杯中注入闪烁液及等量的³H-孕酮废液,测定本底及样品计数率、部分组合用内标准法测定计数效率,最后对结果(液体量相等,放射性强度相等)作统计分析。

二、结果 及 分 析

(一)套杯的本底

计数杯的本底和计数杯的材料有关。所以历来的研究者们都强调杯材料的重要性。
套杯的本底:既和杯材料有关,又和内/外杯构成的光学界面有关。就其光学界面的本质来讲,除了闪烁光在到达光电倍增管之前各种介质(闪烁杯内杯、闪烁液、闪烁液外杯、闪烁杯内/外杯液面处)中的透射条件外,又有闪烁光在这些介质中的折射与反射条件,还有串光成分等。这些因素对本底的综合贡献见表2。表2反映出一种趋势:不同杯材料、只要内、外杯介质量增加、本底有增加趋势。但是究竟在那种条件下、何种因素起主导作用,在什么条件下光学界面的几何条件为最佳?为了查清这些问题,我们用统计学方法,检查了计数杯材料对本底的贡献;我们也分别检查了内/外杯光学界面几何条件对本底的影响。

当内杯液体一定,对外杯逐渐递增的介质量和所得本底之间作相关性检验。如果相关系数愈接近于1,那么就说明该介质的增加和本底计数的增加具有依赖性,反之,则无此依赖关系。不同介质的相关系数r值如下。

材 料	r
二 甲 苯	0.9748
水	0.9213
闪 烁 液	0.8502
提纯二甲苯	0.7183
201* 硅 油	0.5635

尽管如此,是否可以认为,本底的变化是和供试材料的放射性特性有关呢?试验表明,上述材料各取 15ml 置于标准杯内,所得本底差异不大。因此本底值的变化可能和供试材料对闪烁光的折射、散射特性有关⁽¹⁰⁾。

当不考虑外杯介质特性,仅对外杯/内杯液面高度的比值变化之间作相关性检验,所得结果见图 1。图 1 表明:

1. 套杯的本底和内杯闪烁液的体积有关,内杯闪烁液的量多,本底计数高,闪烁液的量少,本底低。套杯本底的变化,显然是和闪烁液与光电倍增管光阴极之间的几

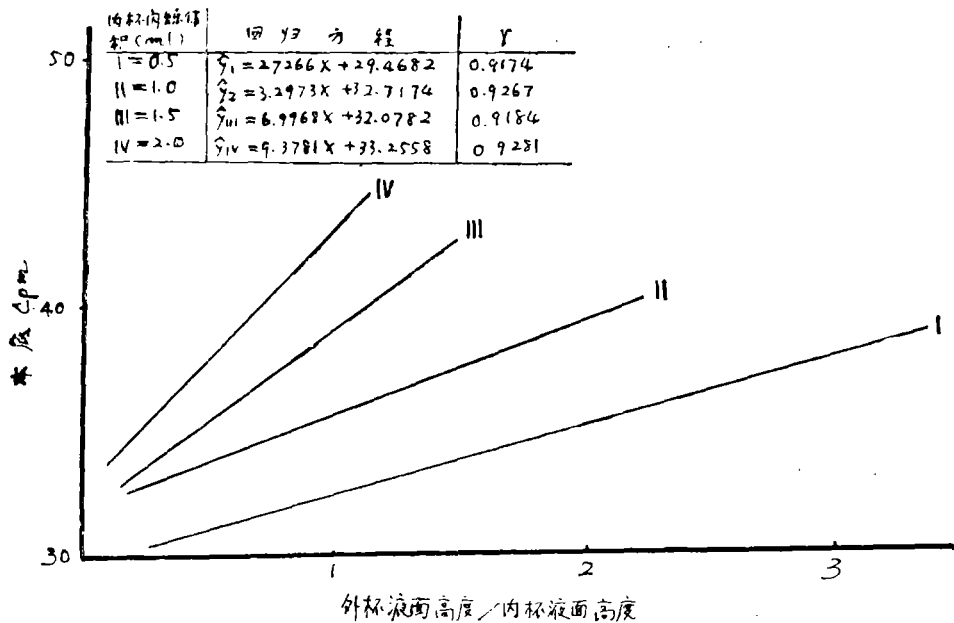


图 1 本底计数和内、外杯液面高度比

何位置有关⁽¹¹⁾, 因为, 闪烁液的量多, 被光阴极收集到的光子多, 液面低, 收集到的光子就少。

2. 外杯/内杯液面高度比值的变化总是由小于 1 (外杯液面低于内杯液面) 到接近于 1 (内、外杯液面相齐) 以至于大于 1 (外杯液面高于内杯液面) 方向变化。这种变化形成了套杯特殊、复杂的闪烁光传输体系。它直接影响着本底及样品计数率, 影响的程度和这一特殊光传输体系与光阴极间几何位置方面的差异有关, 见示意图(图 2)。

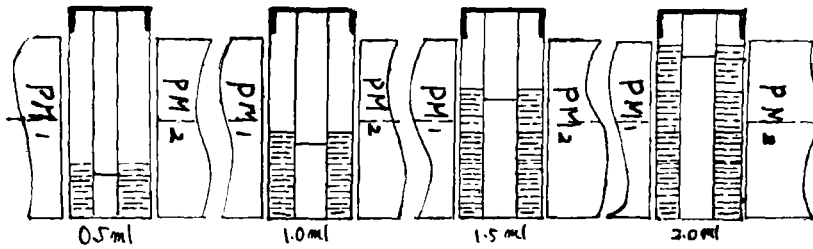


图2 高度比相同、几何位置不同时的套杯

(二) 套杯和样品计数率

试验的第二个项目是检查套杯对计数的影响, 当不考虑外杯介质材料性质时, 所得结果见表3。表3中方差分析表明, 外杯液体的逐渐递增、计数率亦随之递增, 增加外杯液体体积对计数率增加的效果是显著的。

如果进一步对外杯液体量的递增引起计数率的递增作 t 值检验 (和对照——外杯没有任何介质——相比较), 便获得套杯各组合的一系列 t 值。再对 t 值和内、外杯液面高度比之间作相关性检验, 结果见图3。

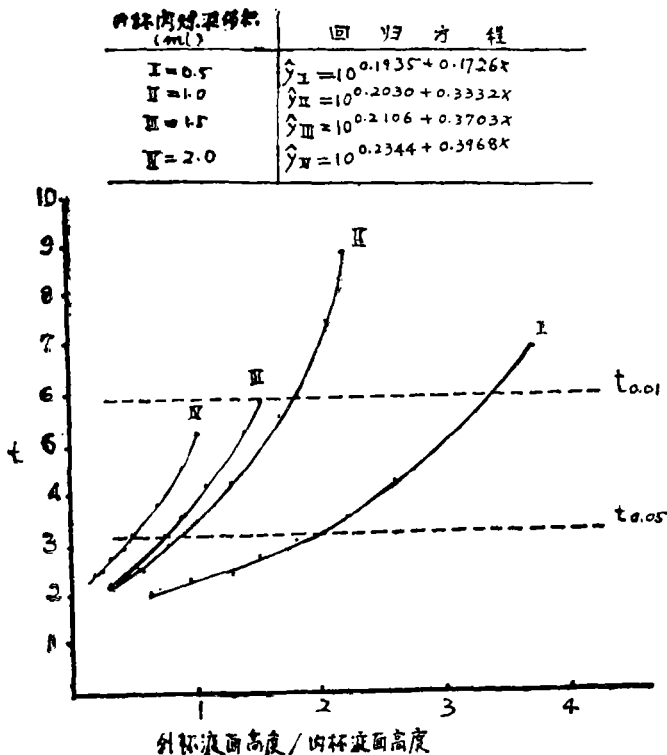
图3 显著性检验 t 值和内/外杯液面高度比

图3中有两条水平虚线: 一条为 $t_{0.01}$ 的值, 另一条为 $t_{0.05}$ 的值。凡超过此限的曲线, 效果才显著或极显著。图3中曲线表明:

内杯闪烁液的量对计数率的提高起着重要的作用。例如, 曲线Ⅲ、Ⅳ的显著性不如曲线Ⅰ、Ⅱ, 这是因为曲线Ⅲ、Ⅳ的内杯原来的溶液量就多, 它们有较好的几何位置, 所得计数率比曲线Ⅰ、Ⅱ要高的多, 外杯递增的液体量对计数率的增加就不如曲线Ⅰ与Ⅱ那样效果显著。

(三) 套杯与优值

全面衡量套杯效果的好坏是优值 $F^{(12)}$, $F = E^2/B$ (E = 计数效率; B = 本底), F 既反映本底又反映计数效率, 因此, 我们用 ^3H - 正十六烷作内标准, 对部分套杯组合计数效率测定, 再根据套杯各组合的本底值求出各套杯组合的优值, 然后对优值和内、外杯液面高度比值作回归分析, 结果见图 4。图 4 表明: 对某一单项值影响较大的套杯组合, 其优值 F 不一定就高。这是因为 F 值还将重要的因素本底考虑在内。所以根据 F 值选择套杯的最佳组合是可行的。

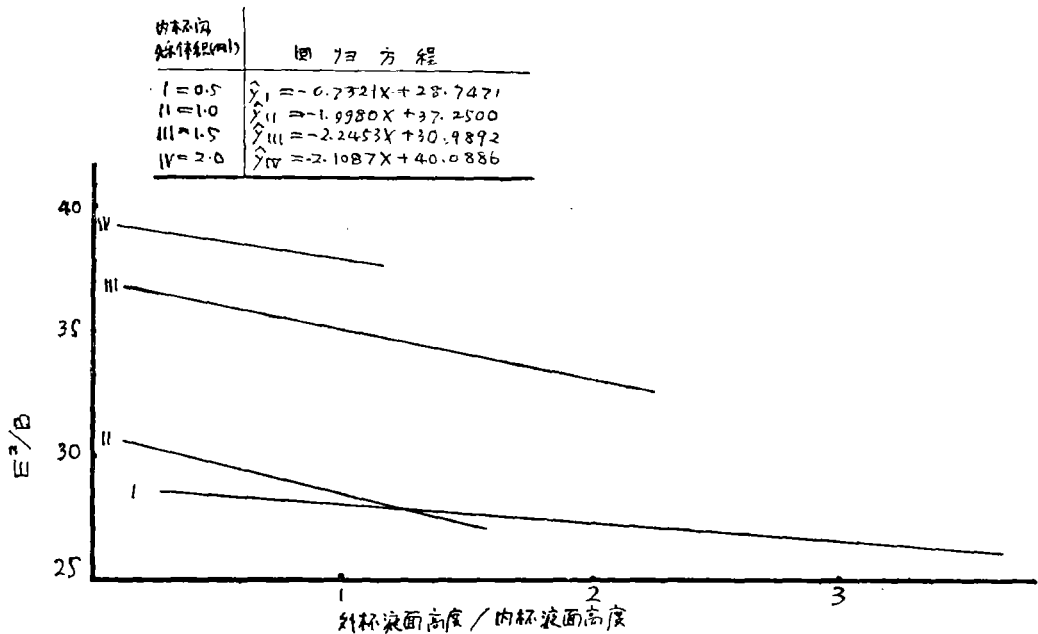


图 4 E^2/B 与内/外杯液面高度比

三、小 结

1. 套杯法比标准杯的优点是显而易见的, 结果见表 4。就节约闪烁液用量看, 套杯的闪烁液用量比标准杯的用量要小得多。测定一个样品用标准杯需 0.75 元, 用套杯只需 0.1 元。

2. 套杯的内外杯液体界面所构成的特殊闪烁光传输体系, 见示意图 (图 5)。从图可以看出: 外杯液面对闪烁光的散射, 使闪烁光以小于临界角的方向穿过计数杯壁, 到达光电倍增管的光阴极。改善闪烁光传输体系是套杯比标准杯优越的根本所在。

表4 套杯与标准杯的比较

闪烁较* (ml)	标准杯(a)	套杯(b)	相对效率 $\frac{b-a}{a} \times 100\%$
0.5	6960±333	15274±609	119%
1.0	12739±112	17770±542	38%
1.5	11214±100	16461±474	46%
2.0	15308±121	19270±722	25%
15.0	19112±136	19270±722	0.8%

* : ³H - 孕酮量相同

3. 通过对套杯各单项因素及综合因素所作的统计分析, 可选出套杯的最佳组合。本试验表明: 套杯中内杯闪烁液体积为2.0ml, 外杯液面以刚刚超过内杯液面时为宜; 试验还表明, 外杯不一定充闪烁液, 用水就可以。

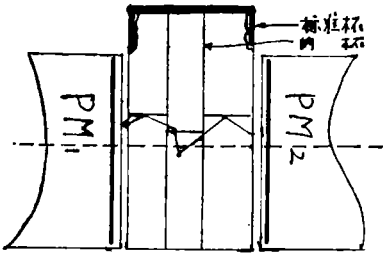


图5 套杯内/外杯液体界面对光传输示意图

参 考 文 献

1. Sasaki, Y. Etal : Soil science and plant nutrition 28, 1 141~145 1982.
2. Dyer, A "An Introduction to Li quid Scintillation counting" London 1974. 董家伦译, 原子能出版社1982.11
3. 液体闪烁计数技术的应用, 黄显太译, 原子能出版社, 1981.
4. 液体闪烁计数及其在生物学中的应用, 科学出版社, 74~84, 1979.
5. Fox, B. W. Techniques of Sample preparation for Scintillation counting 27, 1976.
6. Ashcroft, T, Anal Biochem 37, 268, 1970.
7. Molcolm, P. J. and Stanley, P. E. Int. J. Appl Radiat isotopes , 27, 4, 5, 1976.
8. 杨守礼: 低水平液体闪烁测量, 放射医学, 2, 37~42 1977.

9. Kuc. T and Roganski. *Int J. Appl Radiat isotopes* 30. 7, 452.
10. 液体闪烁计数技术的应用, 黄显太译, 原子能出版社, 1981, 233~246。
11. 董家伦、罗高礼: 串光效应的分析及简单排除, 西北农学院学报, 1, 42~49, 1981。
12. 董家伦、罗高礼、翟延路: 废安瓿瓶可作闪烁计数杯, 西北农学院学报, 4, 79~86, 1980。
13. Vose. P. B. *Introduction to nuclear techniques in Agronomy and plant biology*, 235~327, 1980。
14. L'. Annungiata. M. F. *Radiotracers in Agricultural chemistry*, 263~399, 1979。
15. *Ibid* 14, P115。