

射线物理测量方法

提要汇编

原子能出版社

射线物理测量方法提要汇编

中国科学院原子能研究所编

(内部资料)

原子能出版社

内 容 简 介

本《汇编》以工作提要的形式简要地介绍了中国科学院原子能研究所建立或采用的测量各种射线(包括 α , β , γ , X 射线)和中子的能谱、强度(或通量)、剂量的部分方法和实验设备,也扼要地介绍了一些有关的粒子分辨技术。全册分为带电粒子测量、 γ 射线测量和中子测量三部分,收集了工作提要八十六篇。每个方法简单介绍了测量原理、实验仪器、测量结果(精确度)、优缺点等情况。本书可供从事核物理实验工作和放射性测量工作的同志以及大专院校有关专业的师生参考。

射线物理测量方法提要汇编

中国科学院原子能研究所编

原子能出版社出版

1201 工厂印刷

新华书店北京发行所发行

(内部发行)

开本 787×1092 毫米 1/16 • 印张 5 $\frac{1}{4}$ • 字数 105 千字

1974 年 3 月北京第一版 1974 年 3 月北京第一次印刷

印数 001—4300 定价: 0.70 元

统一书号 15175·006

2271/26

说 明

一九七二年十一月我所曾召开“射线物理测量方法专业会议”。会前，会议筹备组组织有关科研人员编写了本汇编，打印后作为会议上交流的部分内容。会后，又请各提要作者作了修改。现出版作进一步交流，并可供有关科研人员参考。

汇编中所列提要大体上按被测的射线分为三个部分：带电粒子的测量； γ 射线（包括X射线）的测量；中子的测量。如某种方法（或某种装置）可作多种射线测量时，只按其中之一种分类列入。每一部分中的各种方法（或装置），编排时大体上又分别归纳为几类（如测能谱、强度、剂量、通量、截面等等），以便比较。

如需要了解和交流各提要所述工作的详细情况，可与有关工作人员具体联系。对于编印中的缺点和错误，欢迎读者提出宝贵意见。

編 者

一九七三年二月

目 录

第一部分 带电粒子的测量

一、 α 射线的测量

1. α 射线能谱及绝对测量	(1)
2. α 射线能谱分析	(1)
3. 半导体能谱仪	(2)
4. 半导体探测器 α 单道谱仪	(3)
5. 用小立体角法测量 α 放射性的强度	(4)
6. α 小立体角绝对测量	(5)
7. 放射性标准化的量热方法	(5)
8. 2π 大面积多丝正比计数器	(7)
9. 4π 液体闪烁计数器	(7)
10. 鉴定微量放射性元素的乳胶方法	(8)
11. 多探头低本底 α 闪烁计数装置	(10)
12. 假符合法 α 气溶胶快速测量装置	(11)
13. 低本底半导体 α 测量仪	(12)
14. 采用半导体探测器、快放大系统在强 β , γ 场下直接测试 Pu^{239} 的 α 粒子	(12)
15. 密封镭源氢气泄漏的检查方法	(13)
16. 用氢子体平衡比来估计空气中人工放射性污染	(14)
17. 放射性气溶胶的流动取样设备和技术以及测量方法	(15)

二、 β 射线的测量

18. 用铝吸收法测 β 粒子的能量	(16)
19. 流气式 $4\pi\beta$ 正比计数器	(16)
20. $4\pi\beta$ - γ 符合计数方法	(17)
21. 小立体角 β 绝对测量	(18)
22. 用内充气正比计数管对软 β 放射性气体“比放射性”的绝对测量	(18)
23. $4\pi\beta$ G-M计数器的探测效率	(19)
24. $\text{Sr}^{90} + \text{Y}^{90}$ 放射性强度的绝对测量	(20)
25. 用薄塑料闪烁体测量低水平 β 放射性样品	(20)
26. 流气式微弱 β 放射性样品测量装置	(21)
27. 外推电离室	(22)
28. 用斜率比较法鉴别 β 放射性同位素	(23)
29. 用胶片法测 β - γ 混合场个人剂量	(25)

30. 薄膜源的制备	(25)
------------	------

三、其它带电粒子的测量

31. 强本底干扰下带电粒子能谱的测量	(26)
32. 用半导体探测器分辨 p, d, t 和 α 等带电粒子	(27)
33. 带有磁分析器的半导体谱仪分辨粒子技术	(29)
34. 一个飞行时间带电粒子鉴别系统	(30)
35. 氚电离室	(32)
36. 尿中氚的测量	(32)
37. 水中氚的测量——双道液体闪烁谱仪	(33)
38. 空气中氚监测仪	(34)
39. 用测氚放射性的方法来测量出射氚的反应截面	(34)
40. 以测量缓发粒子的方法研究核反应截面与核寿命	(35)

第二部分 γ 射线(包括 X 射线)的测量

41. Ge(Li) γ 谱仪	(37)
42. NaI(Tl) γ - γ 符合谱仪	(37)
43. Ge(Li)-NaI(Tl) γ - γ 符合谱仪	(38)
44. NaI(Tl) 闪烁谱仪	(38)
45. 双晶叠加符合谱仪	(39)
46. 逆矩阵法解析裂变碎片同位素 Ce^{144} - Pr^{144} , Ru^{103} - Rh^{103} , Cs^{137} , Zr^{95} - Nb^{95} , Ru^{106} - Rh^{106} 混合样品 γ 闪烁谱	(40)
47. 用 γ 能谱测定由裂变中子谱照射 U^{235} 和 Pu^{239} 混合物产生的裂变产物中 U^{235} 和 Pu^{239} 各自的裂变数	(41)
48. Purex 流程中总 γ 的测量	(42)
49. 用 γ 吸收法分析铀浓度	(42)
50. 用计数管作 γ 吸收法的探测器测定铀浓度	(43)
51. 4π - γ 电离室	(44)
52. 反应堆内 γ 剂量测量	(44)
53. 低本底 γ 闪烁谱仪	(46)
54. 反符合屏蔽低本底 γ 闪烁谱仪	(47)
55. 空气中 I^{131} 连续自动监测仪	(48)
56. γ 射线顶针电离室	(48)
57. 玻璃剂量计	(49)
58. 强 γ 射线剂量仪	(49)
59. 几种国产 γ , β 个人剂量计衰退性能实验	(50)
60. 用胶片测 γ 个人剂量	(51)
61. 半衰期为毫秒—秒范围的同质异能态测量	(51)
62. 用带电粒子活化分析法测量核反应截面	(52)

63. 混合场中 Pu^{239} 的 X 射线测定——五道谱仪扣除法	(53)
64. 电子俘获核放射性强度的测量	(53)

第三部分 中子的测量

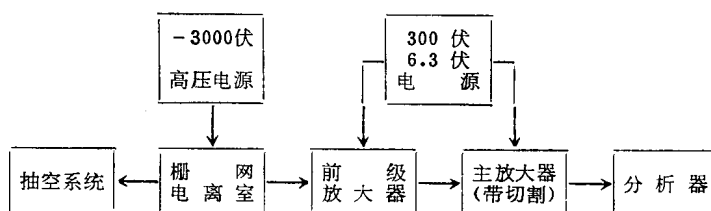
65. 脉冲源飞行时间谱仪	(55)
66. 伴随粒子飞行时间法	(56)
67. 测量低能快中子谱的载锂乳胶二面角法	(57)
68. 测量快中子能谱的乳胶方法	(58)
69. 测量快中子能谱的茛晶体积积分谱法	(59)
70. 茛晶体闪烁快中子谱仪	(59)
71. 用正比计数器测量中子能谱的 $n-\gamma$ 分辨技术	(60)
72. 测量快中子能谱的平均截面法	(61)
73. 用固体径迹探测器测量快中子能谱	(62)
74. 用含氢正比计数管测量单能快中子通量	(63)
75. 用半导体探测器测量 1.0—5.0 兆电子伏能区中子通量	(63)
76. 测量单能快中子通量闪烁望远镜计数器	(64)
77. 反应堆内快谱及快中子通量测量	(65)
78. 反应堆内热中子通量测量	(66)
79. 用锰浴法测量中子源强度	(69)
80. 用伴随粒子法测量中子源的绝对产额	(70)
81. Po-Be 中子源强度的绝对测量	(70)
82. 载镉液体闪烁中子探测器	(71)
83. 4π 型全波中子探测器	(72)
84. 用塑料径迹探测器直接测量快中子	(73)
85. 固体径迹中子个人剂量计	(74)
86. 锂玻璃闪烁体	(75)

一、 α 射线的测量

1. α 射线能谱及绝对测量

(1) 简介 α 放射性能谱测量和分析其 α 放射性同位素的相对及绝对含量, 对于重核特别是超铀元素研究工作的开展具有重要的意义。具有较高分辨率, 高稳定性, 大面积, 低本底以及高效率的 α 栅网电离室谱仪对这一测量工作提供了条件。

本装置测量原理是 α 粒子产生的电离脉冲正比于它的能量。探测 α 粒子的过程是在充有工作气体(如氙气、甲烷)的电离室中, 源电极上放置的 α 源放射出的 α 粒子与工作气体产生电离碰撞, α 粒子的径迹上就产生一连串的正负离子对。栅极能屏蔽在源电极和栅极间运动的正负离子对对收集极的感应。只有在外加电场的作用下, 通过栅极而进入栅极和收集极区间的电子才会在收集极上产生感应, 生成一负脉冲, 再经过低噪声直线性放大, 最后分析记录。其谱仪装置方框图如下。



(2) 主要用途 α 射线能谱及绝对测量在原子核物理的研究工作中, 在核燃料的前、后处理工艺中, 以及各种 α 放射性同位素的测定中都具有广泛的使用价值。它能测量其各 α 同位素的能量, 分辨其能谱结构, 测定其各 α 能谱所相应的同位素及其相对和绝对含量。我们的 α 栅网电离室谱仪自建成至今, 使用性能良好, 曾用于某些 α 核素的研究工作。

(3) 仪器设备 电离室及抽空系统(密封性好, 抽空至 $\sim 10^{-5}$ 毫米汞柱); 前级放大器(低噪声); 主放大器(低噪声, 直线性好); 分析器; 电源(-3000伏, 300伏, 6.3伏); 工作气体: 氙气(纯度99.99%), 甲烷(纯99.9%)。要求薄而均匀的电沉积源, 否则由于源自吸收而影响其能量分辨。

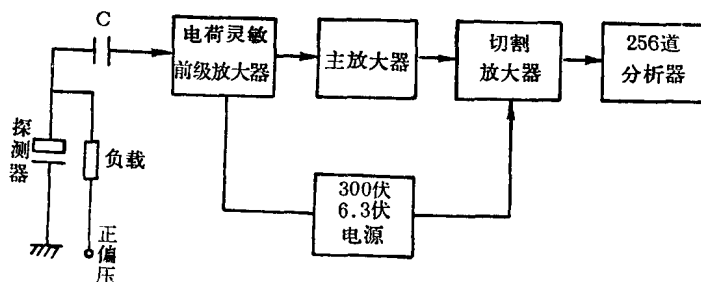
(4) 主要指标 能量分辨率为0.8% (对 Po^{210}); 效率为50% (2π); 稳定性: 八小时工作谱线漂移小于 $\pm 0.3\%$; 本底: 约为30脉冲/小时(能量 >2 兆电子伏)。

(提要作者 乔盛忠)

2. α 射线能谱分析

(1) 简介 α 射线能谱分析为后处理工艺及超铀元素的研究提供了有利条件。我们用金

硅面垒型半导体 α 谱仪对某些重元素的研究作了一些工作。它的探测原理是带电的 α 粒子进入半导体探测器，在灵敏层与束缚电子相互作用，损失其能量产生电子-空穴对，在偏压电场的作用下，这些电子-空穴对发生定向运动，只要选择适当的耗尽层厚度，就能在电极上收集到一定的电荷量 Q ，以适当的电子学仪器配合，便给出入射 α 粒子能量的量度。其谱仪装置方框图如下。



(2) **主要用途** 能作某些重核元素及其它 α 放射性核素的单个和混合能谱测定，测定其能量及某些核素的相对含量，若保持一定的几何形状和进行适当的标定亦能作各 α 核素及某些 α 核素混合能谱的定量测定。

(3) **仪器设备** 金硅面垒型半导体探测器（北京综合仪器厂出品，直径 6 毫米）；电荷灵敏前级放大器（低噪声）；YIII-10 放大器（低噪声，线性好）；切割放大器；256 道分析器；抽空系统；电源（300 伏，6.3 伏）。要求薄而均匀的电沉积源，否则 α 粒子在源中损失能量影响其能谱分辨。

(4) **主要指标** 能量分辨率约为 0.6—0.8%（对 Am^{241} ）；探测效率约为 10%（对 Pu^{239} ）；稳定性：四小时工作期间谱线漂移 0.5%。

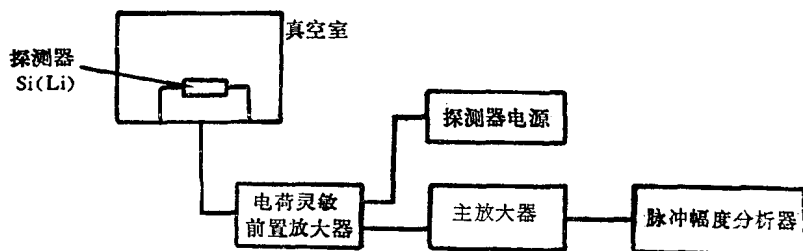
（提要作者 乔盛忠）

3. 半导体能谱仪

半导体谱仪采用半导体探测器为探头测量粒子和射线的能谱。半导体探测器对能量有较高的分辨本领和良好的线性响应，它和低噪音电荷灵敏前置放大器、主放大器及多道分析器一起构成一台性能良好的能谱仪。

面垒型 Si 探测器通常用于探测 α 粒子和重粒子。Si(Li) 探测器可用于测量 α 、 β 及 X 射线能谱。而 Ge(Li) 探测器广泛地应用于 γ 射线能谱测量。

我们建立的半导体谱仪系统，其方框图如下。



探测器可以用面垒型 Si 或 Si(Li) 加低温装置, 亦可用 Ge(Li), 通常使用我所和北京综合仪器厂产品, 前置放大器和主放大器均为我所制做, 256 道分析器为进口产品。

使用 Si(Li) 探测器测试的谱仪性能:

粒子种类	粒子能量, 兆电子伏	半宽度, 千电子伏	分辨率, %
$\alpha(\text{Pu}^{238})$	5.499	20	0.4
$\beta(\text{Ba}^{137m})$	0.655	11.8	1.8

测量条件: 偏压 100 伏, 真空度 10^{-2} 毫米汞柱, 准直孔直径 3 毫米, 温度 $15-20^{\circ}\text{C}$ 。

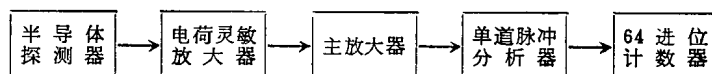
用 Ge(Li) 探测器测量了 γ 射线谱, 对 Cs^{137} 662 千电子伏 γ 射线的分辨率为 0.6% (半宽度 4 千电子伏)。但由于探头没有解决, 探测效率低, 现正制做冷探头。

(提要作者 齐风云)

4. 半导体探测器 α 单道谱仪

(1) 用途 本装置采用金硅面垒型半导体探测器为探测元件。它是为水样品 α 能谱分析而提出的, 也可作为气溶胶样品 α 能谱测量之用。

(2) 基本原理 金硅面垒型半导体探测器实质上是一个 P-N 结的二极管。当 α 粒子射入结的空间电荷区, 即损失能量, 激发了电子-空穴对。如果这时在偏压电路中串有一个相当大的负载电阻, 则获得幅度正比于粒子能量的电脉冲。由于 α 粒子在结上产生的电荷比气体电离室或闪烁探测器上产生的电荷大很多, 因此半导体探测器具有高的能量分辨率。探头输出的脉冲经电荷灵敏放大器放大后, 输入单道谱仪。其方框图如下。



其中电荷灵敏放大器为自制的, XF-51 型线性放大器和 DF-51 型单道脉冲幅度分析器, 均是营口电子仪器厂产品。

(3) 技术指标 1) 电荷灵敏放大器电压放大倍数为 10, 噪声为 11 微伏。

2) 电荷灵敏放大器和主放大器的积分非线性失真系数为 4%。

3) 半导体探测器(直径 26 毫米)在偏压为 160 伏时, 噪声值为 42 微伏, α 脉冲饱和值为 2 毫伏。

4) 装置的能量分辨率: 探测器直径为 26 毫米, 对 Pu^{239} 电镀源分辨率为 3% (不加准直器)。

(4) 使用情况 装置曾用于对本所生产的 α 标准源测能谱, 可以清楚地看出 Pu^{239} 源中还有 α 放射性同位素 Am^{241} 的存在, 其能量为 5.5 兆电子伏。因目前缺少实际的 α 分析样品, 故处于实验阶段。

(提要作者 韩奎初)

5. 用小立体角法测量 α 放射性的强度*

(1) 方法简介 用小立体角法测量 α 放射性的强度, 是基于均匀源在空间各向同性地发射 α 粒子的前提下, 用已知效率的探测器来记录选定立体角内的 α 粒子脉冲计数率, 然后即可求出源的强度。

测量中为使实验源近于各向同性发射(接近点源)的条件和得到适中的计数率, 又由于源和光栏的距离早已超过 α 粒子在空气中的平均射程, 加上为排除空气对 α 粒子散射的影响, 所以整个测量必须在真空中进行。小立体角装置的真空室, 由长为 47 厘米, 直径为 15.3 厘米的钢管构成, 源和光栏托盘是以紧配合方式分别装在真空室的两端, 两者同心度好于 0.05 毫米, 源和光栏距离可以改变, 距离测量精度好于 0.4 毫米, 准直孔直径用万能工具显微镜测量可准到 1 微米。在近光栏端装有带 CsI(Tl) 晶体的光电倍增管, 作 α 粒子探测器。

这台装置建立初期, 由于半导体探测器在真空中工作性能不好, 所以采用光电倍增管作探测器, 其后, 为了测定裂变元素核数目, 采用半导体探测器重建了一台小立体角装置。

这种方法的特点是适于测量中间强度(10^{-3} — 10^2 毫居里范围)的放射性。因为一般量热法对毫居里级 α 放射性测量, 精度并非最好; 而 4π 计数器与电离室法对 0.01 毫居里已无能为力, 恰好小立体角法介于其间, 最适合于测 0.01—10 毫居里的 α 放射性强度。采用此法的好处是: (1) 测量强度范围较大, 精度较高(因决定精度的因素少, 且易于测定); (2) 装置简单, 加工和操作都较方便; (3) 测量与周围环境无关。

(2) 主要用途 能测量 0.001—300 毫居里的 α 放射性强度, 例如用于标定制备的 α 源的强度, 确定制备(α , n)中子源中 α 发射体的装料; 在核物理实验中, 通过测定 α 放射性强度来确定重核的数目(已知同位素成份)。

(3) 装置的主要性能 这种方法的关键是定准几何因子, 要求提供均匀薄源。

为了确定装置性能曾做过下列测量: 计数率随真空度的变化; α 粒子受室壁散射影响的程度; 源几何位置变化(包括方位变动、偏心或轴向移动)引起计数率变化的关系; 计数率随光栏孔径变化的特性鉴定。此外, 还测定了探测记录系统的稳定性和计数漏失情况, 也比较过几种探测器的相对效率。然后依据这些结果确定工作条件, 提供估计各项误差的依据。

(4) 小立体角法测量的精度 应用这台装置曾测 $\text{Pu}^{239}\alpha$ 标准源(强度为 10^5 /分), 精度为 1.03% (有可能做得更低)。

测“挥发性”的 $\text{Po}^{210}\alpha$ 源, 强度在 0.02—130 毫居里, 精度 $\leq 1.5\%$ 。

(5) 测量中存在的一个问题 在当初条件许可下, 曾选用过一些探测器比较其相对效率, 得出 CsI(Tl): 塑料: ZnS(Ag): 强流 α 粒子计数管最佳相对效率为 1:1:0.986:0.992。但曾发现对同一种类不同晶体(甚至半导体)相对效率有一微小变化($\leq 0.5\%$), 这对精确测定 α 放射强度, 还需仔细研究, 目前较有条件作深入的比较, 因可选择半导体或 CsI(Tl) 晶体来比较, 确定其效率不变的范围。

(提要作者 张焕乔)

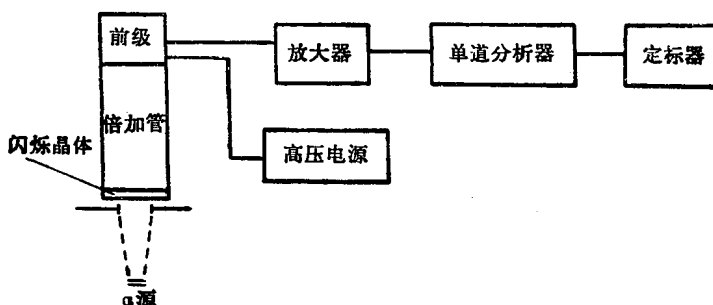
* 详见: 张焕乔等, 用小立体角法测量 α 放射源的强度, 中国科学院原子能研究所内部资料(1964)。

6. α 小立体角绝对测量

(1) 用途 用作 100 毫居里以下 α 源的绝对测量。

(2) 原理 用 CsI, 塑料闪烁体等做为探测元件, 将一薄 α 面源放在真空室内, 测出 α 源对探测器前光栏所张的立体角内之计数, 经几何、反散射、死时间等校正, 最后即可得出源的绝对衰变数。改变源和光栏之间的距离以及光栏的直径, 可得到不同的强度测量范围。

测量装置方框图如下。



(3) 特点 优点是测量强度范围大, 设备简单; 缺点是对源的厚薄、均匀性、几何条件等有一定的要求。

(4) 仪器设备 闪烁体为 20×10 毫米 CsI 晶体, 光电倍加管为 $\Phi\Theta Y-19$, 电子学仪器均为本所生产。光栏直径用光学仪器准确测量。

(5) 设备性能 源与光栏之最大距离约 50 厘米, 曾测量 20—30 毫居里的 $\text{Po}^{210}\alpha$ 面源, 精确度好于 $\pm 3\%$ 。

(提要作者 吴彦礼)

7. 放射性标准化的量热方法

(1) 方法原理 量热法测量放射性主要是用金属物质吸收射线能, 并使之转化为热能, 然后对放射性样品产生的热量进行测量, 基本方程式是

$$\frac{dT}{dt} = \frac{W}{C} - \frac{K}{C} (T - T_0)。$$

式中, T 为吸收物质的温度, C 为热容量, K 为热导系数, T_0 为环境温度, W 为放射性样品的功率。

(2) 方法分类 1) 根据环境条件 T_0 的不同情况可以分为绝热型、半绝热型和等温型三种。

2) 根据不同的测量对象可分为 α , β , γ 量热计三类。

3) 根据不同的使用目的可分为放射性核素量热计、束流量热计、局部吸收剂量量热计

和反应堆内的量热计等。

(3) 使用的仪器设备 1) 作为功率标准用的高稳定的直流电源, 能连续工作 8 小时以上, 稳定度好于 0.05%。

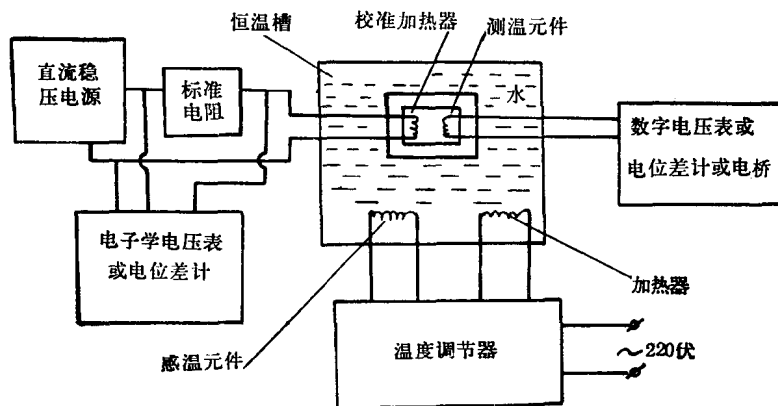
2) 测量设备: 数字电压表或电位差计或电桥。

3) 恒温箱和温度调节器, 温度稳定在 $\pm 0.001^\circ\text{C}$ 以内。

(4) 主要指标和国外动态 对于测量核辐射来说, 与其它方法相比, 量热法是精确度高而灵敏度低的一种方法, 我所测量的样品功率范围为 10^{-5} — 3×10^2 瓦, 相当于 Po^{210} 的强度为 300 微居里—10000 居里。目前, 在精确度上国外可达 0.1—0.3%, 甚至有的可达 0.02%, 灵敏度达到 10^{-8} 瓦, 最高量限可达 4×10^3 瓦。

(5) 主要用途 除作为放射性测量的绝对强度标准之外, 目前它被广泛地用来测量放射性核素的半衰期和 β 平均能量。

(6) 设备和工作情况 以下各套量热计中, 恒温箱、温度调节器是自制的, 各量热计专用一套, 稳压电源和测量设备(数字电压表、电桥、电位差计、检流计等)是共用的。量热计方框图如下。



1) 仿苏YK1型 α 量热计: 灵敏度为 0.01 毫瓦, 相当于 Po^{210} 0.3 毫居里; 测量 30 毫居里时精确度可达 $\pm 2\%$ 。

2) α 量热计、 β 量热计: 灵敏度为 0.05 毫瓦, 相当于 Po^{210} 1.5 毫居里; 精确度, 测量 300 毫居里时可好于 $\pm 3\%$, 除测量 α 源外, 还可以测量低能 β 源。现经常使用。

3) 双生 γ 量热计: 可测量 100 毫居里以上的 Co^{60} 源, 精确度估计为 5%。

4) 简易强钴源量热计: 测量钴源强度范围 100—1500 居里; 精确度为 $\pm 5\%$; 使用情况良好, 解决了在没有热室的条件下于反应堆上进行强钴源的绝对测量问题。

5) 高功率量热计: 热功率测量范围 10—300 瓦; 精确度还没有达到要求, 有待进一步改进。

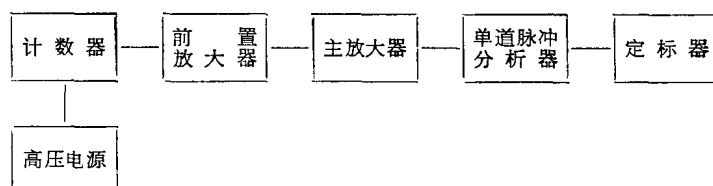
(提要作者 赵福利)

8. 2π 大面积多丝正比计数器

大面积多丝正比计数器，是流气式正比计数器的一种。在一个计数器内装上几根阳极丝，作用相当于彼此并联的几个正比计数器。可以测量大面积放射源。根据需要，可以测量 2π 或 4π 立体角内的放射性强度。

这套装置建立后曾用于测量面积在 150×100 毫米以下的 Co^{60} ， Sr^{90} ， Cs^{137} ， Tl^{204} ， Pu^{239} ， Ca^{45} 等放射源的表面粒子数，作为二级参考源 (2π)。计数器的上阴极为长方盒形法兰盘，下阴极为长方形平面法兰盘，两者通过螺栓联结，用橡皮垫圈密封。阴极材料为黄铜，内表面长 220 毫米，宽 170 毫米，高 32 毫米。阳极丝为直径 0.06 毫米的钼丝，长 210 毫米，它通过聚四氟乙烯绝缘子张于阴极上，共五根，彼此间距 30 毫米，与上阴极距离为 15 毫米。

使用的电子学仪器的方框图如下。



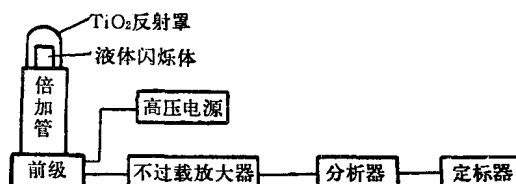
高压电源 GY 型，营口电子仪器厂出品；放大器是本所生产的 DBF-2 型，总放大倍数为 4 万倍，抗过载倍数为 200 倍左右，输出端噪音 5 伏；单道分析器是本所生产的；定标器是北京综合仪器厂 FH-409 型。整个系统死时间为 4.5 微秒左右。测 α 源坪长 400—500 伏，坪斜小于 0.5%/百伏，本底为 100 次/分左右。测 β 源，坪长 300 伏以上，坪斜约 1.5%/百伏，本底 1200 次/分。使用计数气体为甲烷。流气后五分钟计数稳定。

(提要作者 杨栋梁)

9. 4π 液体闪烁计数器

(1) 原理 将放射性溶液与液体闪烁体按一定比例均匀混合，几何效率可接近 100%。在不过载脉冲放大器适当高的放大倍数下， β 射线的积分谱在一段范围内为一直线，将此直线外推到积分甄别阈的零点，经某些不大的校正，即可获得该放射源的绝对衰变数。

单道 4π 液体闪烁计数器方框图如下。



(2) **特点** 4π 液体闪烁计数器主要可用来对 α , β 放射性进行绝对测量。其精确度, 对 α 源可小于 1%; 对 β 源(包括伴有 γ 射线的 β 源), 最大能量在 200 千电子伏以上时可好于 $\pm 2\%$ 。该方法的主要优点是消除了在 α , β 固态源绝对测量中由于源的自吸收所引入的误差。主要缺点是由于光电倍增管的热噪声较高, 若不采取降温等其他措施, 在外推时将引入一定的误差。

(3) **仪器和设备** 高压电源: 营口电子仪器厂生产的 JGY-1 型; 放大器: 英国 NE5202; 分析器: 英国 NE5103; 定标器: 北京综合仪器厂生产的 FH408; 光电倍增管: EMI9514S; 液体闪烁体: 自配, PPO 5克/升, POPOP 0.5克/升, 溶于甲苯(分析纯)。电冰箱: 最低温度可达 -20°C 。

(4) **指标** 该工作目前还在继续进行。仅在两次对 $\text{Sr}^{90} + \text{Y}^{90}$, Co^{60} 放射源的测量中, 获得的初步结果是: 对 $\text{Sr}^{90} + \text{Y}^{90}$ 源与 4π 流气式正比管在 $\pm 1\%$ 以内吻合; 对 Co^{60} 源与 $4\pi \beta\text{-}\gamma$ 符合比较在 $\pm 3\%$ 以内吻合。

(5) **今后的工作** 该设备若采用双道符合方法对 C^{14} , H^3 这样的低能 β 源亦可进行绝对测量, 并可获得较好的精确度。据 1970 年国外杂志上的报道, 对 H^3 的测量已达到 1% 的精确度。 4π 液体闪烁技术在相对测量和放射性同位素的应用中亦有广泛的用途。

(提要作者 姚历农)

10. 鉴定微量放射性元素的乳胶方法

鉴定微量 α 放射性元素的方法, 常用 α 谱仪, 或用化学方法荧光法测定铀、钍等。对于微量 α 放射性元素的鉴定, 乳胶法却具有以下特点: (1) 样品需要量少; (2) 它相当于 4π 探测器; (3) 由于它是径迹探测器并且连续灵敏, 除去能观测到单个粒子径迹外, 还可以看到天然放射系中 α 连续衰变所产生的衰变链, 即 α 星; (4) 不受其他放射性本底的干扰。

(1) **原理** 带电粒子通过乳胶后, 形成径迹, 用显微镜测量其径迹的射程分布, 就决定了 α 粒子的能量, 因而也决定了该 α 放射性元素, 乳胶能量分辨率为 0.3 兆电子伏。

(2) **实验方法** 一般测 α 粒子均选用核-2 型或核-3 型乳胶, 首先将放射性溶液 pH 值调至中性, 然后将溶液滴在乳胶面上, 令其渗入乳胶层中, 吹干后放在氯化钙干燥器内曝光, 曝光后经过显影定影处理, 在显微镜下进行测量。

(3) **实验结果** 我们曾对一未知混合 α 放射性元素进行了测量, 得出其中含有 Po^{210} 。对所测之 α 星进行了分析, 主要是由铀系元素 Ac 开始的 α 连续衰变, 形成了三叉星, 四叉星, 五叉星。

另外, 我们也做了 Np^{237} 纯化分析, 测量 α 粒子的射程分布, 得出了经三次纯化后, Np^{237} 中所含之 Pu^{239} 小于 0.5%, 所用 Np^{237} 溶液浓度仅 6 微克/毫升, 用于分析消耗之 Np^{237} 量仅 0.2 微克。

实验的部分结果示于图 1—4。

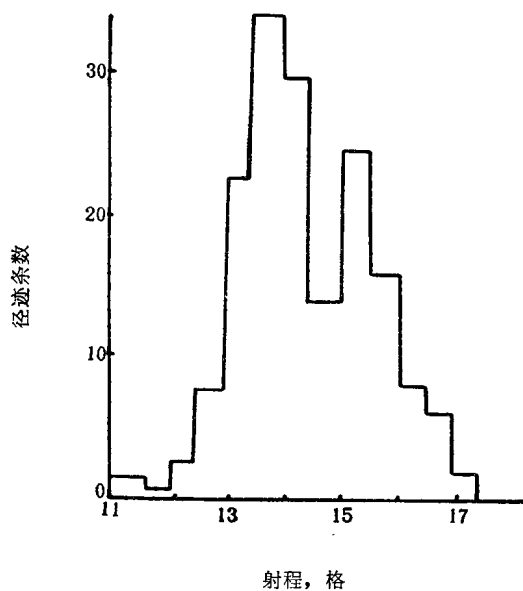


图 1 二次纯化之 Np^{237} 样品中 α 在乳胶上的射程分布

1 格 = 1.47 微米。

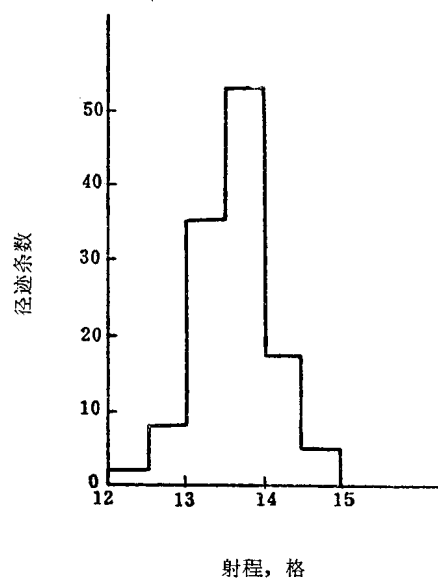


图 2 三次纯化之 Np^{237} 样品中 α 在乳胶上的射程分布

1 格 = 1.47 微米。

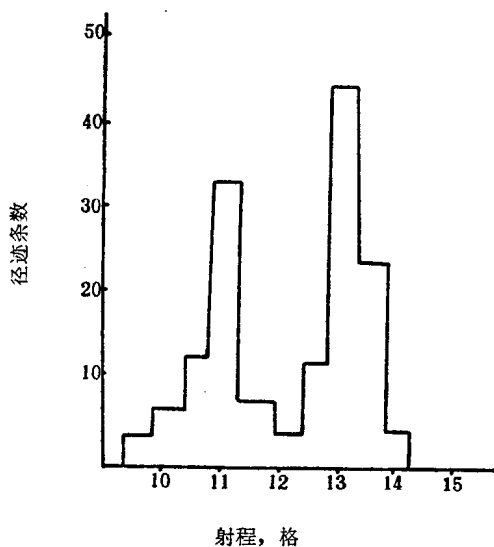


图 3 铀样品中 α 在乳胶上的射程分布

1 格 = 1.47 微米。

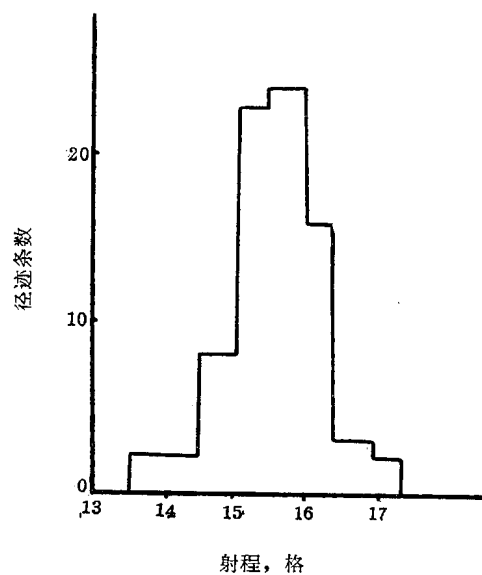


图 4 Pu^{239} 样品中 α 在乳胶上的射程分布

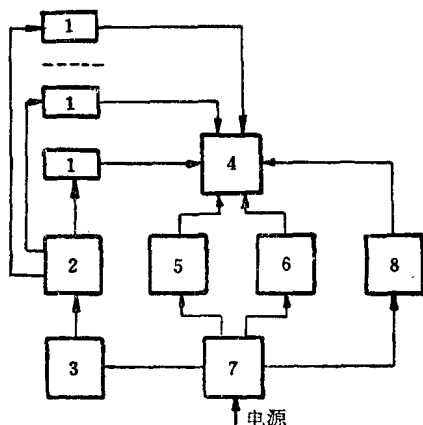
1 格 = 1.47 微米。

(提要作者 刘惠长)

11. 多探头低本底 α 闪烁计数装置*

在从事 α 放射性元素操作的原子能企业中,要预防 α 射线对人体健康的有害作用,必须经常地进行 α 污染的监测。其中以内照射和环境污染两方面的样品的种类较多(如尿、水、土壤和气溶胶等),其放射性强度弱,测量时间长,所以要有相当多数量的弱 α 放射性测量仪表才能解决这一繁重的测量任务。对此种仪表的基本要求是,高的计数效率、低的本底和长时间的稳定性。为此,我们试制了多探头的低本底 α 闪烁计数装置。

本装置基本结构的方框图示于图 1。



1—— α 探头(共六个); 2——高压转换盒(一个); 3——稳定高压电源; 4——二进制定标器组(装有六个相互独立的二进位的定标单元电路); 5——稳定中压电源; 6——普通中压电源; 7——交流稳压器; 8——指示及控制装置。

α 闪烁探头所用的光电倍增管的型号是苏制 $\Phi\Xi Y-19M$ 或国产 GDB-19A。机械部分的设计原则上参照 II-349-2 型装置,但有几处改变较大,使探头的有效探测面积从原为 20 厘米² 增大到 34 厘米²; 探测效率有一定提高。对面积为 20 厘米² 的 Pu^{239} 源,当源到硫化锌(银)屏的距离为 3—4 毫米时,计数效率达 17—33% (4π 立体角内)。

装置上所用的硫化锌(银)屏,其衬托板是有机玻璃的,采用悬浮液沉淀法制成。实验表明,屏具有很低的 α 放射性,但其牢固性较差。本装置各探头的本底约 1—5 计数/小时。

本装置的电子学线路的方块图示于图 2。脉冲振幅甄别器、阴极输出器和二进位的定标单元电路均由稳定的中压电源供电,以保证其可靠性。由于采用了电话通话计数器,拖动电路中的板极电流较大,且是间歇式的,所以其板极电压单独由一台普通的中压电源供给。如果共用稳定的中压电源,则会使此电源的稳定度受到影响。



图 2 α 闪烁探头和二进制定标器组中的线路方框图

1——硫化锌(银)屏、光电倍增管的 α 探头; 2——阴极输出器; 3——脉冲振幅甄别器; 4——二进制定标单元电路; 5——计数器的拖动电路。

* 本工作详见: 韩奎初等, 原子能科学技术, 第 10 期, 861(1965)。