

用 $4\pi\beta$ 计数法绝对测定 ^{228}Ac

熊俊芳 尹鸿岐 毛玉婷 董蓓蕾

(北京铀矿选冶研究所)

本文介绍了无载体 ^{228}Ac 的制备。 $4\pi\beta$ 计数源的源托采用 $6\sim 7$ 微克/厘米²的聚氯乙烯-醋酸乙烯酯聚合物膜,镀金厚度为 $6\sim 10$ 微克/厘米²。用鸡蛋白作浸润剂,所制得的源,膜吸收系数不超过1%。源液量为 $10\sim 40$ 毫克之间在误差范围内无自吸收影响。还测定了 ^{228}Ac 的比放射性强度,相对标准偏差不超过1.3%,准确度好于2%。

由于 ^{228}Ac 半衰期短(6.13小时),测量时必须进行衰变校正,本文总结了一套校正方法,实践证明,该方法简便、可靠。

采用鸡蛋白作浸润剂制出的源,比一般用胰岛素作浸润剂制出的源,物质颗粒较细,分布均匀,有效的减少了自吸收影响。

一、前 言

在制备国家镭基准时,要求测定镭原料中 ^{228}Ra 的含量。由于 ^{228}Ra 与其子体 ^{228}Ac (半衰期为6.13小时)在两天多即达平衡,故测定 ^{228}Ac 的0.907 MeV γ 射线光电峰,便可确定 ^{228}Ra 的含量。为了标定 γ 谱仪对 ^{228}Ac 的0.907 MeV光电峰的探测效率,我们进行了用 $4\pi\beta$ 计数法绝对测定 ^{228}Ac 的研究。

二、基本 原理^[1,4-7]

取出 m 克待测溶液,滴在喷有金的有机膜上,置于干燥器中自然干燥,然后用 $4\pi\beta$ 计数器测得计数率 n (次/分),则溶液的比放射性 C_0 (核衰变数/分·克)可由下式给出:

$$C_0 = \frac{\frac{n}{K_{\text{死}}} - n_{\text{本}}}{K_{\text{膜}} \cdot K_{\text{自}} \cdot m} \quad (1)$$

式中 $n_{\text{本}}$ 为计数管本底计数(次/分), $K_{\text{死}}$, $K_{\text{膜}}$, $K_{\text{自}}$ 分别为计数管死时间漏计数,膜吸收和源吸收校正因子。

目前,尚未见文献报道过用 $4\pi\beta$ 计数法绝对测定短寿命同位素的测量方法。由于 ^{228}Ac 的半衰期短,必须进行衰变校正,我们根据衰变公式,采用了一套简便、可靠的校正方法,它对于其它短寿命同位素的测量也具有普遍意义。该方法简述如下。

设 A_{β} 为 $t_1\sim t_2$ 时间间隔内所测得的计数, R_{t_0} 为 t_0 时刻的计数率,根据衰变规律则有:

$$R_{t_0} = \frac{\lambda}{1 - e^{-\lambda \Delta t}} A_{\beta} \quad (2)$$

若取测量时间 Δt 为 5 分钟, 则根据(2)式, ^{228}Ac 的校正公式为:

$$R_{t_0} = 0.2009 A_{\beta} \quad (3)$$

为了比较多次测量的精度, 将第 2...n 次测得的计数率 R_{t_i} , 都校正到第一次测量的起始时刻(T_0)时的计数率值(R_{T_0})以便比较。若两次测量时间间隔 ΔT 取 7 分钟, 则

$$R_{T_0} = \frac{R_{t_i}}{(0.98)^{n-1}} \quad (4)$$

表 1 列出了根据公式(3)和(4)的衰变率校正数据处理方法。

表 1 衰变率校正数据处理方法

测定时刻	A_{β}	A_{β} 去腐	R_{t_0}	R_{T_0}	\bar{R}_{T_0}
21:44	16508	16118	3237.9	3237.9	3224.4
21:51	16295	15904	3195.1	3237.2	
21:58	15929	15538	3121.6	3204.9	
22:05	15758	15367	3087.2	3212.5	
22:12	15638	15247	3063.1	3229.4	

三、实验部分

1. 无载体 ^{228}Ac 的制备

从硝酸钍中提取出足量的新钍(3 毫升 0.1 N 硝酸溶液)储于 10 毫升的带塞离心管中, 每日用等体积 25% 磷酸二丁酯-四氯化碳(预先与 0.1N 硝酸平衡)萃取, 以除去 ^{228}Th , ^{228}Ac 和 ThB 等。一月后, 新钍源便为纯净的 $^{228}\text{Ra}-^{228}\text{Ac}$ 。用 25% 磷酸二丁酯-四氯化碳将 ^{228}Ac 萃取入有机相中, 用 1 毫升 4 N 硝酸反萃取 ^{228}Ac 至水相。水相用 CCl_4 洗涤后, 置小烧杯中蒸干, 加几滴浓 HNO_3 分解残存有机物, 然后加 1 毫升 HClO_4 加热分解所存痕量有机物, 以 1 毫升蒸馏水洗下 ^{228}Ac 即得无载体 ^{228}Ac 溶液

2. 膜吸收校正

$4\pi\beta$ 源源托为 6~7 微克/厘米² 的聚氯乙烯-醋酸乙烯酯聚合物膜。镀金厚度为 6~10 微克/厘米², 采用夹层法^[2]求膜吸收系数。

$$K_{\text{膜}} = 1 - \frac{e_{\text{膜}}}{2} = 1 - \frac{n_1 - n_2}{2n_1 - n_2}$$

式中 $K_{\text{膜}}$ 为膜吸收校正因子, n_1 和 n_2 分别表示单层膜和夹层膜的计数率, $e_{\text{膜}}$ 为膜对穿过它的 β 粒子的吸收系数。

实验测得本实验 $K_{\text{膜}}$ 不超过 1%。

3. 源的自吸收校正

由于 ^{228}Ac 的半衰期短, 不宜用真空蒸发法制得无自吸收源, 故我们采用不断增加 ^{228}Ac 源液量, 以观察计数率的变化来了解源的自吸收情况。

实验表明,源液量在 10~40 毫克之间可认为无自吸收影响。常用的源液量为 15~25 毫克之间。

4. 浸 润 剂

为了使源液在源托上分布均匀,减少自吸收影响,需在滴加源液前,在有机膜上加一滴浸润剂。据文献报道,过去一般都采用胰岛素作制源浸润剂,近年来采用电喷涂离子交换树脂或硅胶制取高质量薄膜源,但技术较为复杂。本工作通过实验探索出一种效果良好而价廉的鸡蛋白浸润剂。其制法是取鸡蛋白约 0.1 毫升,与约 10 毫升蒸馏水混合,加热至沸,滤去沉淀物,滤液即可作浸润剂。

将两种浸润剂的载源面放大到 140 倍观察,物质分布情况的对比说明,以鸡蛋白浸润剂制出的源,物质颗粒较细,分布也很均匀(如图 1 和图 2)。此外胰岛素价格昂贵,溶液不易保存,使用上亦不如蛋白溶液方便。我们在绝对测定 ^{60}Co 的工作中,也用了鸡蛋白作浸润剂,效果亦比胰岛素好^[8]。

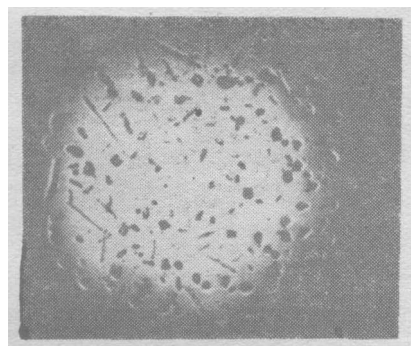


图 1 鸡蛋白作浸润剂的
源面物质分布

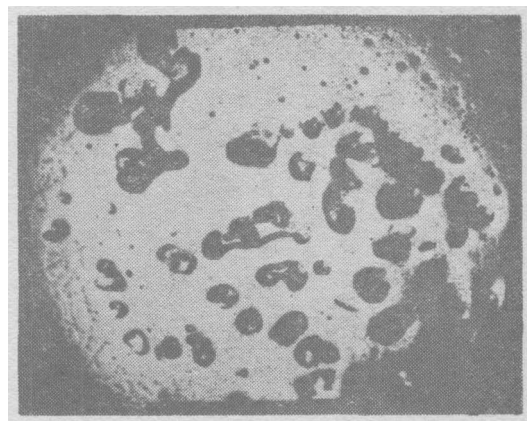


图 2 胰岛素作浸润剂的
源面物质分布

四、方法准确度

本方法测定 ^{228}Ac 的比强度相对标准偏差不大于 1.3%,准确度好于 2%。

唐桐永,李朝栋同志参加过部分实验工作,在此致以谢意。

参 考 文 献

- [1] B. D. Pate et al., *Can. J. Chem.*, **33**, 15, 615, 929; 1656(1955).
- [2] W. B. Man et al., *J. Res. Natl. Bur. Stand.*, **50**, 197(1953).
- [3] L. M. Langer et al., *J. Phys. Rev.*, **77**, 798(1950).
- [4] 熊俊芳、尹鸿岐、毛玉婷、董蓓蓓, $4\pi\beta$ 绝对测定的建立,北京铀矿选冶研究所内部资料(1969年)。
- [5] R. Touzin et al., *Microtecnic*, **XVII**, No. 1(1903).
- [6] N. A. Hallden et al., *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **14**, 529(1963).
- [7] 由良治,河田燕, *Radioisotopes*, **16**, 283(1967).
- [8] 尹鸿岐,放射性比对测量小结,705厂内部资料。