^{208}Po 示踪剂浓度的标定

夏　明　马志邦　张承蕙

（中国科学院地质研究所，北京）

^{208}Po 是实现 ^{210}Pb 方法测定地质年龄必不可少的示踪剂[1]，因此准确标定示踪剂中 ^{208}Po 的浓度（dpm/克）至关重要.

本文目的在于运用国外已知浓度的 ^{208}Po 溶液，通过国产的 ^{210}Po 和 α 谱仪测试标定国产 ^{208}Po 溶液(示踪剂)的浓度.

一、方法与实验

本文采用的方法和实验技术与标定 ^{232}U-^{228}Th 示踪剂中 ^{232}U 浓度相似[2,3].

1. 两个已知浓度 ^{208}Po 溶液是由美国同行提供. ^{208}Po-I：178.08±8.93dpm/克 (1978 年 4 月 3 日)和 ^{208}Po-II：19.14±0.96dpm/克 (1981 年 10 月 13 日).

2. 实验用的 ^{210}Po 和 ^{208}Po 溶液是由 401 所生产和提供的. 将 ^{210}Po 溶液分成任意的两份：高浓度的 ^{210}Po-I 和低浓度的 ^{210}Po-II. 同样，将国产的 ^{208}Po 也分成 ^{208}Po-1 和 ^{208}Po-2.

3. 测定 ^{210}Po 的浓度. 准确称重已知浓度的 ^{208}Po 溶液和待测的 ^{210}Po 溶液，二者放射性强度应相近. 置入 100 毫升烧杯，配成 0.5N HCl，20 毫升，放入直径为 26 毫米的银片，恒温 76℃，3 小时.

4. 标定 ^{208}Po 的浓度. 用上述已测定的 ^{210}Po 和待测的国产 ^{208}Po 溶液，流程与第 3 项相同.

5. 应用 α 谱仪测定钋同位素 α 谱. 放大为 8.5 KeV/道，真空度近于 5×10^{-2} 毛，能量分辨率为 50KeV.

6. 计数误差为 $\pm1\sigma$ (标准误差)，即 α 谱峰面积下的总计数在 10000 以上. 在这种情况下，测试时间一般在 35—60 小时.

7. α 谱的校正主要是短半衰期 ^{210}Po (138,38 天) 核素，它以每天 0.5% 速度衰减. 在一些情况下，^{208}Po 也会带来一定的影响(2,898 年)，它衰变的速度是每天 0.065%.

8. ^{210}Po 和 ^{208}Po 浓度计算公式.

$$^{210}\mathrm{Po(dpm/克)}=\frac{A_{210}\times \mathrm{P}\times W_{\mathrm{P}}}{A_{208}\times W_{\mathrm{S}}},\qquad(1)$$

$$^{208}\mathrm{Po(dpm/克)}=\frac{A_{208}\times \mathrm{S}\times W_{\mathrm{S}}}{A_{201}\times W_{\mathrm{P}}},\qquad(2)$$

式中 A_{210}，A_{208} 分别代表 ^{210}Po 和 ^{208}Po 峰面积下的总计数；S,P——^{210}Po 和 ^{208}Po 在溶液中的浓度，以 dpm/克表示；W_{S},W_{P}——^{210}Po 和^{208}Po 溶液的称重(克).

本文 1983 年 9 月 3 日收到.

9. 误差是根据放射性衰变的统计误差计算的.

二、结　果

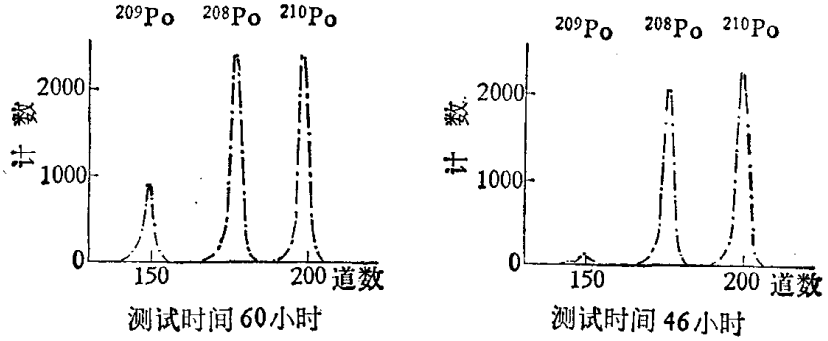
1. 应用 α 谱仪分别检查了 ^{208}Po (国产和美国的)和国产 ^{210}Po 溶液. 结果表明, ^{208}Po 溶液中没有 ^{210}Po, ^{210}Po 溶液中没有 ^{208}Po.

2. 应用已知浓度 ^{208}Po-I 和 ^{208}Po-II 测定 ^{210}Po-I 和 ^{210}Po-II 的浓度,通过公式(1)计算结果列在表 1. 实验测试的 α 谱图见图 1a.

表 1　^{210}Po 的浓度

$^{208}Po + ^{210}Po$	称重(克)		A_{208}	A_{210}	^{210}Po dpm/克	时间校正(天)	^{210}Po dpm/克 1983.8.16 日 11 时
	W_P	W_S					
^{208}Po-I ^{210}Po-I-(1)	0.5036	0.1441	11708	10110	148.78±7.73	1.677	150.04±7.80
^{208}Po-I ^{210}Po-I-(2)	0.5098	0.1424	11241	9481	148.87±7.86	1.760	150.19±7.93
^{208}Po-II ^{210}Po-I-(3)	2.0010	0.4868	11055	32900	151.32±7.60	−1.667	150.06±7.53
^{208}Po-II ^{210}Po-I-(4)	2.0028	0.2252	10808	15106	153.79±7.82	−1.673	152.51±7.76
^{208}Po-II ^{210}Po-I-(5)	2.0525	0.1310	13017	10058	149.45±7.93	4.750	153.05±8.11
平均值							151.17±7.83
^{208}Po-I ^{210}Po-II-(1)	0.5005	1.3913	11113	10796	17.23±0.90	1.677	17.38±0.91
^{208}Po-I ^{210}Po-II-(2)	0.5266	1.3305	11385	9974	17.09±0.90	4.750	17.50±0.92
^{208}Po-I ^{210}Po-II-(3)	0.5107	1.3865	10838	10158	17.02±0.89	1.677	17.16±0.90
^{208}Po-II ^{210}Po-II-(4)	2.0265	1.3257	11506	10439	17.12±0.90	4.750	17.53±0.92
^{208}Po-II ^{210}Po-II-(5)	2.0057	2.0447	9831	13932	17.20±0.88	−1.520	17.07±0.87
^{210}Po-II-(5)*			11351	15817	16.98±0.86	1.677	17.13±0.88
平　均　值							17.33±0.91

* 为 II-(5) 的重复测试数据.



a. ^{208}Po-I 和 ^{210}Po-II-(1)　　b. ^{210}Po-I 和 ^{208}Po-2-(1)

图 1　钋同位素的 α 谱

各种组合测试的平均值, 以 1983 年 8 月 16 日 11 时为准, ^{210}Po-I 的浓度是 151,17±7.83 dpm/克, ^{210}Po-II 为 17.33±0.91dpm/克.

3. 应用上述已知 ^{210}Po-I 和 ^{210}Po-II 溶液标定国产示踪剂 ^{208}Po-1 和 ^{208}Po-2 的浓度. 通过公式(2)计算结果列在表 2. 实验测试的 α 谱图见图 1b.

表 2 的数据给出,以 1983 年 8 月 22 日 11 时为准, ^{208}Po-1 的浓度为 246,03±13.20dpm/克, ^{208}Po-2 为 11.22±0.60dpm/克.

表 2 ^{208}Po 示踪剂的浓度

$^{210}Po + ^{208}Po$	称重(克)		A_{210}	A_{208}	^{208}Po dpm/克	时间校正(天)	^{208}Po dpm/克 1983.8.22日 11时
	W_S	W_P					
^{210}Po-I {^{208}Po-1-(1)	0.2126	0.1262	10375	10380	247.24±13.25	1.307	245.63±13.18
^{208}Po-1-(2)	0.2095	0.1270	11570	12009	251.17±13.37	2.899	247.55±13.20
^{210}Po-II {^{208}Po-1-(3)	2.3264	0.1640	11146	11809	252.75±13.60	5.094	246.38±13.26
^{208}Po-1-(4)	2.6050	0.1800	11470	11823	250.87±13.51	5.094	244.55±13.17
平 均 值							246.03±13.20
^{210}Po-I {^{208}Po-2-(1)	0.2016	2.5078	10439	10115	11.43±0.61	1.611	11.33±0.60
^{208}Po-2-(2)	0.2060	2.5040	10907	10049	11.12±0.60	1.611	11.04±0.59
^{210}Po-II {^{208}Po-2-(3)	2.0057	3.0061	12515	12807	11.48±0.62	5.333	11.18±0.60
^{208}Po-2-(4)	1.7298	2.5839	9923	10248	11.62±0.63	5.333	11.32±0.61
平均值							11.22±0.60

三、讨 论

这种 ^{208}Po 浓度标定方法的可靠性首先取决于初始 ^{208}Po 溶液中已知浓度的准确程度. 不同来源的两种已知浓度 (^{208}Po-I 和 ^{208}Po-II) 多次测定同一份 ^{210}Po-I (或 ^{210}Po-II) 的数据 (表 1),在误差范围内是一致的. 这表明,初始 ^{208}Po 溶液中已知浓度数值是可靠的.

在实验中,所有溶液都是用天秤称重 (表 1 和表 2),精度可以达到万分之一,由它带来的误差与计数的统计误差相比可以忽略不计. 当计数误差达 $\pm 1\sigma$ 时,影响测试数据精度主要来自已知浓度溶液本身的误差. 通过本文这种方法标定的 ^{208}Po 示踪剂 (国产的),其浓度相对误差(5.36%)稍大于美国提供溶液的误差(5.02%),故标定的数据是可靠的.

当 ^{210}Po 的强度远大于 ^{208}Po 的强度或者仪器分辨率不好时, ^{210}Po 的 α 谱峰 (5,30MeV) 低能拖尾会严重的影响 ^{208}Po 的谱峰 (5,116MeV). 即使在仪器能量分辨率相当好的条件下,如 ^{210}Po 强度为 ^{208}Po 的三倍或更大,其低能拖尾也会给 ^{208}Po 峰位造成 1% 或者更大的影响,应予以校正.

钋自镀在银片上的效率一般为 80—90%. 一份溶液相继放入三次银片,第三次镀的钋仅占总计数的 0.2%. 这表明,钋在前两次已基本被镀完. 当溶液中 $^{210}Po + ^{208}Po$ 总强度相对增大时 (>100dpm),残液中剩余钋的份额(第二次钋镀在银片上的计数与总计数之比)可能增加(图 2),似乎表明,溶液中 $^{210}Po + ^{208}Po$ 总强度与钋剩余份额存在着某种正变关系.

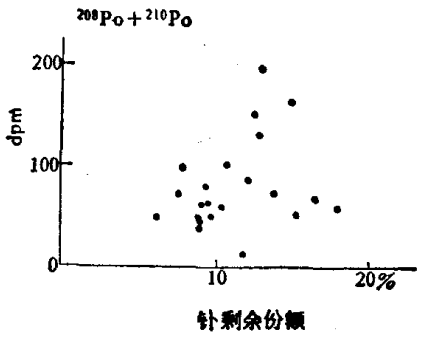


图 2 $^{210}Po + ^{208}Po$ 总强度与钋剩余份额的关系

致谢: 已知浓度 ^{208}Po 溶液是美籍学者顾德隆教授和彭宗宏博士提供的,在此致谢.

参 考 文 献

[1] 夏明等,科学通报, **28** (1983), 5: 291—295.
[2] 夏明等,地球化学, 1982, 3: 277—284.
[3] 夏明等,中国科学, 1979, 8: 792—799.