

重离子活化法测定空气中的铅

龙 敖 靳根明 葛元秀 胡志煜 戴光羲

(中国科学院兰州近代物理研究所)

目前痕量元素的鉴定与测量广泛采用中子活化分析和 X-射线荧光分析等方法。可是对于铅来说,中子活化和色散 X-射线荧光分析法的灵敏度较低,我们采用一种“重离子活化”——“ α 活性测量”的方法,比较满意地解决了这个问题。

重离子活化法的要点是:采用重离子轰击铅的合成反应,即用碳离子轰击铅,生成复合核镭;然后测量生成核的子体氡的特征 α 射线,以确定痕量铅的含量。实践表明,此法测量铅的极限灵敏度可以达到 10^{-8} — 10^{-9} 克。

我们利用这个方法对某城市市区环境空气进行的测量表明,采暖季节铅浓度比平时提高约 20 倍,但仍未超过允许浓度的 10%。此外,还测量了某蓄电池厂制粉车间空气中的铅污染浓度。

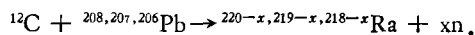
用重离子活化分析法,测量空气中铅浓度,分下面几个步骤进行:空气取样;把样品制成很薄的靶;用重离子束流轰打该靶;最后作脱束 α 射线能谱和产额的测量。

空气取样用抽气过滤法,把空气中以气溶胶形式存在的各种微量元素捕集在滤布上。为了测量日平均铅浓度,空气取样在 24 小时内连续或间歇地进行。用 U 型流量计测出被过滤空气的流量。实验表明,一层 $\Phi\Pi\Pi-15$ 型过滤布已可达到 99.6% 的过滤效率。过滤后,用 3% 的稀硝酸溶解过滤样品中的铅及其无机化合物,并用滤纸滤去其残渣,得到待测的样品母液。

我们采用滴液制靶法制作成适于该实验所要求的核反应的薄靶。将样品母液滴在

1.65 毫克/厘米²厚度的铝箔上,滴痕约为 $\phi 10$ 毫米。待其自然干燥后,再滴上 0.005 毫升的稀凡立水(3% 浓度)覆盖在样品膜上,以防止样品膜脱落。这样就制成有衬的样品靶。同时,为了得到铅含量的标准曲线,我们还按相同的方法制备一系列已知含铅量的标准靶。并且为了消除制靶过程中由于试剂含铅和铝箔含铅造成的沾污,还制备了空白靶,以便减去本底。

使用我所 1.5 米重离子回旋加速器引出的 ^{12}C 离子束轰打上述靶子。碳束能量为 73 Mev,引起了复合核随后级联蒸发几个中子的核反应:



$$(x = 3, 4, 5)$$

该反应生成几种半衰期很短的镭同位素,主要是 $^{214,215,216}\text{Ra}$ 三种。这些镭同位素很快就通过 α 衰变而变成氡的同位素 ^{210}Rn 、 ^{211}Rn 和 ^{212}Rn 。其中 ^{210}Rn 的半衰期为 2.5 小时,衰变的 α 粒子能量为 6.35 及 6.04 兆电子伏。我们从激发函数估算出,测量 ^{210}Rn 判断铅的极限灵敏度比 $^{211,212}\text{Rn}$ 高些,而且, ^{210}Rn 的半衰期也适合于进行辐照积累和脱束 α 测量的要求,所以在这次测量中以它为主要测量对象。

对于辐照过程中生成的镭核用反冲法进行收集。由于复合核镭具有约 4 兆电子伏的反冲能量,可以从样品层中反冲出来,被后面的铝箔停阻而得以收集。这个反冲效率可以通过测量收集箔的活性及未冲出靶留在靶上的活性得到。收集在铝箔上的镭很快衰变成氡同位素。在离子束不断地轰打靶子的情况

下，氦同位素便会积累一定的数量。恒定束流下的积累过程和停照后的衰减过程如图 1 所示。

实际上辐照的离子束不是恒定的。考虑到辐照生成镭核，同时它又不断地衰变，因此实验中采用静电计配以自动记录仪，监测辐射过程中不同时刻的束流值，并以此值来计算放射核产额。

图 2 表示这种“辐照—收集”过程中所使用的装置。准直后的碳离子束约为 $\phi 13$ 毫米，大于靶样品滴痕的直径，这是为了消除样品不均匀所带来的误差。每个靶的束流辐照时间为 2.5 小时。然后取出收集箔和靶，换上另一组靶进行辐照。取出的收集箔和靶分别置入多路测量系统中，采取分时段测量方法进行测量(见图 3)。 α 谱和产额接连测量十

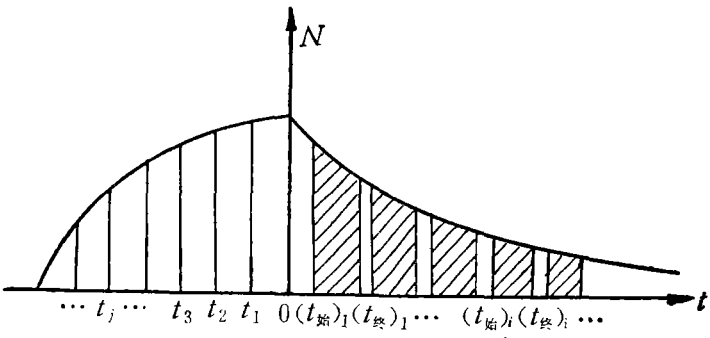


图 1 束流恒定时的产物积累过程和停束后的衰减过程

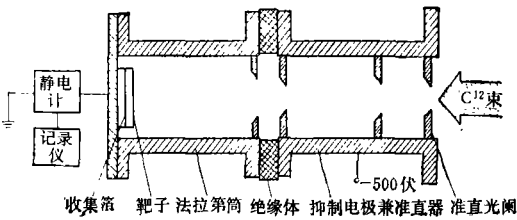


图 2 辐照装置示意图

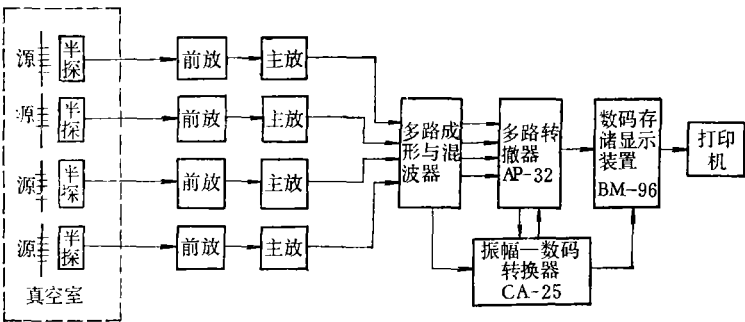


图 3 多路测量系统方框图

次，每次一小时。从分时段记录到的 α 谱，可得到 α 峰的能量及其对应的半衰期，用此来标定被测核的种类。实验表明，这些核主要是氦-210、211 和 212 (见图 4)。

图 5 表示含铅量与氦-210 的 α 活性的关系曲线——标准曲线。该曲线是对一系列已知含铅量的标准靶进行照射而得到的。于是样品靶中的含铅量可根据所测的氦-210 的产额从该曲线上查得。标准曲线中，一条是 74 年测的，对应的极限灵敏度约为 1×10^{-9} 克；

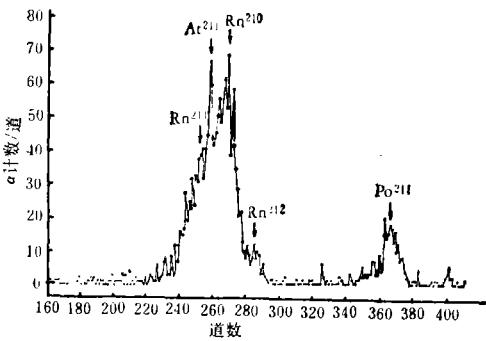


图 4 照射 2.5 小时后对收集箔测得的一个典型 α 谱

另一条是75年测的,由于靶子上涂了胰岛素,可能胰岛素内含铅量较大而提高了本底,极限灵敏度降至 1×10^{-8} 克。

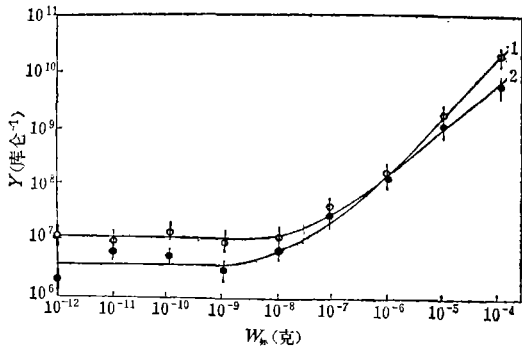


图5 含铅量标准曲线
曲线1 74年测 曲线2 75年测

在表1和表2中列出了我们实际测量的环境大气中和蓄电池厂制粉车间空气中的铅浓度,并与我国规定的最大允许铅浓度(对于环境大气,日平均浓度为1.5微克/米³,对车

间空气为10微克/米³)作了比较。从表1可见,2月份是采暖季节,由于煤炭燃烧的增加,大气中铅污染量增加20倍左右,最高可达 1.24×10^{-7} 克/米³,为最大允许铅浓度的8.2%。

大气中也可能含有气溶胶形式的汞元素。而在¹²C离子轰击下,通过 $Hg(^{12}C, xn)Rn$ 反应,也可能生成氡-210, 211, 212等同位素。为此,我们也测量了 $Hg(^{12}C, xn)Rn$ 反应的表观激发函数。发现在60-73Mev碳离子能区内,汞核产生氡的表观截面比铅核小100倍左右。因此,只有在汞浓度很高的特殊场合,才应考虑汞的作用。

上述重离子活化测铅法,比之广泛采用的能量色散X射线荧光分析法或原子吸收光谱分析法来说,可靠性高、本底低。但此法使用重离子束作为激活源推广应用尚有一定局限性,不宜作长期监测。

表1 某市区环境大气中日平均铅浓度

采样地点	采 样 日 期	体积当量V (米 ³)	过滤效率η采 (%)	含铅量W (克)	铅浓度C (克/米 ³)	相对误差 (%)	C/C允许
I 号	74.11.12—13日	19.4	99.6	1.1×10^{-7}	5.7×10^{-9}	80	0.38%
IV 号	74.11.10—11日	3.14	99.6	5.4×10^{-9}	1.7×10^{-9}	80	0.11%
I 号	75. 2.19—20日	5.94	99.6	7.32×10^{-7}	1.24×10^{-7}	40	8.20%
II 号	75. 2.20—21日	6.61	99.6	3.12×10^{-7}	4.73×10^{-8}	40	3.15%
III 号	75. 2.21—22日	6.50	99.6	7.12×10^{-7}	1.10×10^{-7}	40	7.33%
IV 号	75. 2.22—23日	6.81	99.6	2.60×10^{-7}	3.83×10^{-8}	40	2.55%

表2 蓄电池厂车间空气中铅浓度

采样地点	采样日期	体积当量V (米 ³)	过滤效率η采 (%)	含铅量W (克)	铅浓度C (克/米 ³)	相对误差 (%)	C/C允许
制粉车间	74.9.24日	0.872	99.6	3.30×10^{-4}	3.80×10^{-4}	30	38.0
制粉车间	74.9.26日	0.872	99.6	4.70×10^{-4}	4.06×10^{-4}	30	40.6

(上接第52页)

效果。

在工业废水和城市污水引起水源的污染日趋严重而必须加以控制,对水源的水质要求随着环境保护的需要而逐步提高的今天,

采用臭氧进行水处理的研究试验,在国内外都非常活跃,随着臭氧发生器性能的进步一提高,臭氧在给水处理、工业废水和城市污水处理方面的应用一定会日益推广。