

定期尿氚测定,在未达到氚的最大容许体负荷的情况下容许工人继续操作氚化合物,当发现工人体内达到最大容许体负荷后就由体内含氚量低的工人代替他们,这样可减少工人遭受氚照射的危害。8. 体内氚的促排。为了加速氚自体内的排除,降低对机体的危害,可应用呼吸刺激剂,特别是利尿剂和大量饮水,必要时采用适当升高环境的温度等办法,以促进机体水的代谢,达到促排氚的目的<sup>[26]</sup>。

### 参 考 文 献

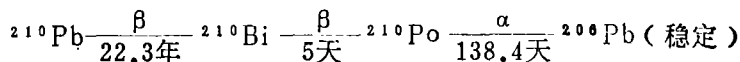
1. Vennart J: Health phys 13: 959, 1967
2. Moghissi AA et al: Health phys 18:255, 1970.
3. Brodsky AE: Health phys 33:94, 1977.
4. Rehnberg BF et al: Health phys 22:31, 1972.
5. McNelis DN et al, Health phys 22:161, 1972.
6. Skibn D: Health phys 25: 184, 1973.
7. Barth J: Health phys 22: 396, 1972.
8. Wheeler JK et al: Health phys 22: 35, 1972.
9. Moghissi AA et al: Health phys 21: 57, 1971.
10. Fitzsimmons CK et al: Health phys 22: 514, 1972.
11. Moghissi AA et al: Health phys 22: 509, 1972.
12. Knapton JD: Health phys 20:345, 1971.
13. Guthrie DG et al: Health phys 22:522, 1972.
14. Günther E: Health phys 27: 139, 1974.
15. Handley TH et al: ORNL-TM-1478, 1966.
16. Jones HG et al: Assessment of Radioactivity in Man Vol. I pp419-430, IAEA Vienna, 1964.
17. Pinson EA et al: J Appl physiol:10 108, 1957.
18. Hutchin ME et al: Health phys 11: 1047, 1965.
19. 吴德昌: 国外医学放射医学分册 1:37, 1980.
20. Lambert BE et al: Health phys 22: 23, 1972.
21. Irlweck k et al: Health phys 30: 407, 1976.
22. 宋妙发译, 国外医学放射医学分册 1:14, 1978.
23. Osborne RV: Health phys 15:155, 1968.
24. Osborne RV: Health phys 12: 1527, 1966.
25. 朱寿彭综述, 国外医学放射医学分册1:9, 1978.
26. Takeda H et al: J Radiat Res 20: 174, 1979.
27. 孙金锴摘译, 国外医学放射医学分册 4: 279, 1979.
28. 魏履新, 国外医学放射医学分册 1:41, 1980.

## 环境样品的铅-210 分析方法

中国医学科学院放射医学研究所 黄星辉综述

卫生部工业卫生实验研究所 朱昌寿 审

由于核工业和环境科学的发展,近年来 $^{210}\text{Pb}$ 及其子体引起人们广泛兴趣和重视。



$^{210}\text{Pb}$ 广泛分布于自然界,是人类天然辐射本底的重要组成。它又是一个嗜骨性核素,人体内的 $^{210}\text{Pb}$ 有70%浓集在骨骼中<sup>[1]</sup>,铀矿工骨骼 $^{210}\text{Pb}$ 含量是普通居民的六十六倍。一些作者<sup>[2~4]</sup>试图通过测定人体组织器官样品中 $^{210}\text{Pb}$ 含量估算矿工的氡子体累积暴露量,已取得较大进展。这就要求我们建立灵敏、简

$^{210}\text{Pb}$ 是铀镭系一个重要成员,它与RaE( $^{210}\text{Bi}$ )、RaF( $^{210}\text{Po}$ )构成衰变链

便和快速的分析方法。本文讨论了环境样品的各种 $^{210}\text{Pb}$ 分析方法,现分述如下。

### 一、样品的预处理

环境样品的成分是十分复杂的, $^{210}\text{Pb}$ 也以多种形式出现。预处理是将样品中铅转变成可溶解的无机盐离子。对 $^{210}\text{Pb}$ 来说,大多数环

境样品可采用干式灰化的方法。干灰化是在空气存在下将样品加热到相当高的温度,充分氧化完成的。有时为了加速灰化加进一些助灰化剂,如磷酸、氢氧化钠、镁和铅的硝酸盐、硼酸等。但离子态氯或以共价键结合的氯的存在能导致铅的挥发损失,磁坩埚的使用,特别是新的磁坩埚能导致铅的严重损失且随着温度升高损失愈烈,因为氧化铅直接形成硅酸铅。灰化时加入硫酸能减缓氧化过程,硝酸的加入使得灰很洁净、但使用时必须小心,以防爆燃造成损失,理想的情况是使用铂皿,上述损失将大大降低。不同作者在分析样品的 $^{210}\text{Pb}$ 时所采用的干灰化温度多为 $500\sim 600^\circ\text{C}$ <sup>[6~7]</sup>。理查德(Richard)用湿灰化和干灰化作比较,证明在 $600^\circ\text{C}$ 干灰化不会导致 $^{210}\text{Pb}$ 的明显损失<sup>[6]</sup>。马哥罗(Magno)用 $^{212}\text{Pb}$ 作示踪剂,在 $500^\circ\text{C}$ 对食品进行干灰化,回收率可达97%,但温度高于 $600^\circ\text{C}$ 则出现了 $^{212}\text{Pb}$ 的有意义的损失<sup>[7]</sup>。干灰化的优点是操作简便、无须空白校正、能处理大量样品。但必须控制好温度,否则将造成损失。

对某些生物样品如尿等宜采用湿灰化,湿灰化大都采用强氧化性的无机酸、有各种不同配伍的混合酸: $\text{HNO}_3\sim\text{HClO}_4$ 、 $\text{HNO}_3\sim\text{HClO}_4\sim\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{HNO}_3\sim\text{H}_2\text{SO}_4$ 等,以 $\text{HNO}_3\sim\text{HClO}_4$ 效果最佳,它适用于各种生物样品。对收集在滤膜上的空气样品宜采用 $\text{HNO}_3\sim\text{H}_2\text{SO}_4$ 。湿灰化可以彻底破坏残存的有机物质、且灰化温度远远低于干灰化温度,对于同时测定样品中 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Po}$ 是十分可取的。但湿灰化耗酸大、对设备腐蚀性强,样品量受到限制且易受试剂污染。

大体积水样建议采用下面图1的流程处理<sup>[8]</sup>。

## 二、铅-210分析方法分类

如果按照最后测量的核素划分, $^{210}\text{Pb}$ 分析方法可以分为3类:一是通过测量 $^{210}\text{Pb}$ - $^{210}\text{Bi}$ - $^{210}\text{Po}$ 链中的 $^{210}\text{Po}$ 推算 $^{210}\text{Pb}$ (简称钋法)。第二类是分离和测定 $^{210}\text{Pb}$ 的直接子体

已酸化的样品30~50升

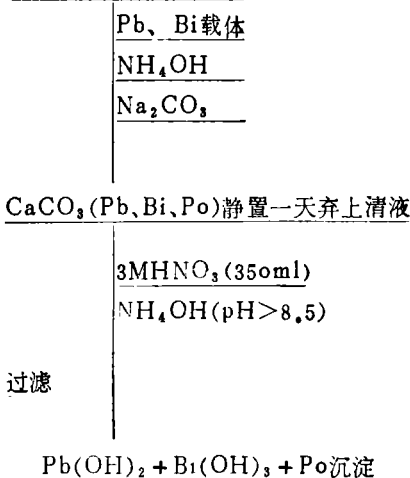


图1 用于 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Po}$ 测定的海水预处理流程图

$^{210}\text{Bi}$ ,推算 $^{210}\text{Pb}$ (简称铋法)。它又可以分为两方面:其一是从已处于放射平衡的待测样品中分离 $^{210}\text{Bi}$ ,进行测量,推算 $^{210}\text{Pb}$ 含量。另一种是将样品中 $^{210}\text{Pb}$ 分离让其生长出足够量的 $^{210}\text{Bi}$ ,或是从待测样品中使 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Bi}$ 和其它核素分离,而它们彼此不分离,放置一定时间让 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Bi}$ 处于放射平衡,测 $^{210}\text{Bi}$ 活性推算原始 $^{210}\text{Pb}$ 含量。最后第三类是直接测定 $^{210}\text{Pb}$ 本身活性(简称直接法)。如果按化学分离手段划分则有自沉积法、离子交换法、溶剂萃取法、共沉淀和纸上电泳法等。笔者认为,后者划分不能概括 $^{210}\text{Pb}$ 分析方法的全貌(如直接法就很难包括),前者则能包括 $^{210}\text{Pb}$ 所有分析方法,比较全面,下面将按这种划分讨论。

## 三、自沉积法(钋法)

利用 $^{210}\text{Po}$ 在某些金属表面自发沉积的性质,分离和纯化钋是一经典而十分有效的分析方法。样品经过消化等预处理变成溶液状态便可以直接沉积,也有经过离子交换、萃取、蒸馏挥发、和共沉淀等方法预分离后再沉积的。在合适的条件下这种沉积过程进行得很快。选择合适金属对特定离子的选择性高,又是一种很方便的制备适于 $\alpha$ (或 $\beta$ )计数的均匀薄层

样源的方法, 这些特点使得自沉积法在某些核素分离上具有独到之处, 如 $^{210}\text{Po}$ 在银片上的自沉积法目前仍不失为低水平 $^{210}\text{Po}$ 分析方法之冠。钋在银片上自沉积已详尽的研究过了<sup>[9~12]</sup>, 并广泛地用于生物和环境样品的 $^{210}\text{Po}$ 和 $^{210}\text{Pb}$ 测定。由于银片法测钋操作简便, 对钋的选择性高, 回收率通常在90%以上, 所以人们很自然的考虑到用测钋来推算 $^{210}\text{Po}$ 。(1)当样品存放两年以上(即超过 $^{210}\text{Po}$ 的5个半衰期)时,  $\text{RaD-RaE-RaF}$ 处于放射平衡, 这时只需用银片一次沉积钋就可以得到 $^{210}\text{Pb}$ 含量。(2)如果样品从采集到分析经历的时间甚短,  $\text{RaD-RaE-RaF}$ 远远没有达到平衡, 这时就需要将第一次沉积后的溶液(绝大部分 $^{210}\text{Po}$ 已分离)放置3~5月或更长, 待样品中 $^{210}\text{Pb}$ 生长出足够量的“新生的 $^{210}\text{Po}$ ”, 再用同样方法在一块新的银片上进行第二次沉积, 通过第二次沉积的 $^{210}\text{Po}$ 量计算原始 $^{210}\text{Pb}$ 含量。如果回收率是稳定的, 则第一次沉积后没分离尽的那部分 $^{210}\text{Po}$ 对第二次沉积的 $^{210}\text{Po}$ 的贡献可以通过计算扣除掉。保险的作法是第一次沉积后, 立即换一片银片再沉积一次, 这时溶液中 $^{210}\text{Po}$ 已所剩无几, 放置3~5月后, 这部分 $^{210}\text{Po}$ 对第二次沉积的贡献可以忽略不计。

用于自沉积的金属还有镍、不锈钢和铜片等。镍片和不锈钢片还可以同时沉积 $^{210}\text{Bi}$ , 达到 $^{210}\text{Po}$ 和 $^{210}\text{Bi}$ 连测的目的, 有关这方面情况将在后面详细介绍。钋法的优点是: 方法经典可靠、操作简便易行, 采用低本底高效率的金硅面垒型 $\alpha$ 探测器大大提高了方法的灵敏度。因此, 目前在 $^{210}\text{Pb}$ 的分析方法中, 钋法仍然为大多数作者所采用。

钋法的缺点是十分明显的: 需要等待很长时间, 存放时可能造成器壁对 $^{210}\text{Po}$ 和 $^{210}\text{Pb}$ 的吸附损失等。

#### 四、铋 法

由于钋法费时, 人们希望能有一个快速测 $^{210}\text{Pb}$ 方法。 $^{210}\text{Pb}$ 的直接子体 $^{210}\text{Bi}$ 的半衰

期只有5天, 大部分情况下, 样品从采集到分析时 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Bi}$ 已处于放射平衡, 这时只需分离并测定 $^{210}\text{Bi}$ , 其 $\beta$ 能量为1.17兆电子伏特便可得到 $^{210}\text{Pb}$ 含量。若样品中 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Bi}$ 没有达到放射平衡, 可以将样品中 $^{210}\text{Pb}$ 分离, 放置约25天(如果样品中 $^{210}\text{Pb}$ 含量很高, 放置时间可以缩短), 测量生长的 $^{210}\text{Bi}$ 推出 $^{210}\text{Pb}$ 含量, 或者只让 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Bi}$ 和样品中其它核素(元素)分离而 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Bi}$ 彼此不分离, 放置25天以上测量 $^{210}\text{Bi}$ 推算 $^{210}\text{Pb}$ 。

用铋法测 $^{210}\text{Pb}$ 方法很多, 各有所长。可以概括为四种方法: (一) $^{210}\text{Bi}$ 在某些金属上的自沉积。(二)离子交换分离。(三)萃取。(四)共沉淀法。现分别介绍如下:

(一)沉积于镍片上的方法快速测定环境样品中 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Po}$ 。

前面谈到钋除了在金属银表面自发沉积外, 还能在其它金属如镍、铜和不锈钢等表面沉积。巴格莱尔(Bagnall)注意到, 在用镍片定量沉积钋时,  $^{210}\text{Bi}$ 也能很好沉积<sup>[13]</sup>。布兰查德(Blanchard)仔细地研究了这一过程<sup>[14]</sup>, 作了钋和铋在镍片上沉积的各种条件实验, 证实这一方法可以定量地在一块镍片上同时回收 $^{210}\text{Bi}$ 和 $^{210}\text{Po}$ , 但也有12%的 $^{210}\text{Pb}$ 沉积, 后来比斯利(Beasley)等人用布氏相同实验条件, 用 $^{210}\text{Pb}$ 作示踪剂证明 $^{210}\text{Pb}$ 在镍片上沉积不足0.5%<sup>[15]</sup>。他认为两者差异可能是镍片纯度不同所致(后者用99%的镍加工成镍片)。我们实验室也作了这方面工作, 证实 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Bi}$ 在镍片上定量沉积的同时,  $^{210}\text{Pb}$ 的沉积可以忽略不计<sup>[16]</sup>。这就提供了一种 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ (测 $^{210}\text{Bi}$ )连测的方法。在测量 $^{210}\text{Po}$ 后用一块6.9毫克/厘米<sup>2</sup>的铝吸收片阻挡 $\alpha$ 和弱 $\beta$ 射线, 测量 $^{210}\text{Bi}$ 活性。我们用镍片自沉积法测定了一些海产食品和矿工生物样品中 $^{210}\text{Po}$ 和 $^{210}\text{Pb}$ 含量, 并用经典的银片自沉积法比较, 证明用镍片自沉积法测定环境样品的 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Po}$ 是可靠的。不锈钢片也具有和镍片相似的性能, 有人用它测量铀矿

工尿中 $^{210}\text{Pb}$ 含量获得成功<sup>(17)</sup>。

## (二) 萃取法

在稳定铅的分析中应用最广的是双硫脲法<sup>(18)</sup>。二苯硫卡巴脲简称双硫脲，是一种既不溶于水也不溶于无机酸的紫黑色结晶粉末，能溶于碱溶液中，形成碱金属双硫脲盐。许多金属都能取代双硫脲分子中一个或两个氢原子，形成两种络合物——单取代络合物或双取代络合物。用少许过量的双硫脲/ $\text{CCl}_4$ 或 $\text{CHCl}_3$ 溶液从弱碱性介质中可以定量萃取 $\text{Pb}$  (I) 这是一种单取代 $\text{Pb}$ -双硫脲盐形式，当有酒石酸盐或柠檬酸盐(约0.1M溶液)存在时，可以防止外来金属生成氢氧化物沉淀，若用氰化物作掩蔽剂(0.2~10%溶液)则只有 $\text{Bi}$ 、 $\text{Tl}$  (I)、 $\text{Sn}$  (I)和 $\text{In}$ 能与铅一道被萃取。

铅很容易与铋分离，因为二者双硫脲盐的萃取常数相差很大，用 $10^{-3}$ ~ $10^{-4}\text{M}$ 双硫脲/ $\text{CCl}_4$  ( $\text{pH}\approx 2$ )和双硫脲/ $\text{CHCl}_3$  ( $\text{pH}\approx 3$ )予萃取可以使铋定量除去。另一种方法是使铅和铋均作为双硫脲盐从碱金属氰化物溶液中一起被 $\text{CCl}_4$ 所萃取，再用稀无机酸(0.01M)反萃取，铅进入水相，铋仍定量地留在有机相中，如用氯仿作溶剂，铅也可以反萃到邻苯二甲酸酐缓冲液( $\text{pH}\approx 3.4$ )中去。 $\text{Tl}$  (I)和 $\text{Sn}$ 的干扰可通过预先氧化排除。

稳定铅和放射性铅分析只是测量这一步不同，稳定铅用原子吸收光谱测定<sup>(19)</sup>，放射性铅的分析是在双硫脲分离铅后测量铋组分的 $^{210}\text{Bi}$   $\beta$ 活性，或是将铅组分放置一定时间后测量生长的 $^{210}\text{Bi}$ 活性。用于铅的放射分离的萃取剂还有很多，如用溴化季胺萃取碘化铅络合物，浓盐酸反萃取从体系中分离铅<sup>(19)</sup>；用DDTC-氯仿萃取和湿灰化后把碘化铅萃入异己酮<sup>(20)</sup>，用甲基异丙基酮一次萃取金属硫氰酸盐，然后用同一溶剂以碘化物形式萃取铅<sup>(21)</sup>以及西尔(Sill)等改进了的，在DDTC-双硫脲萃取后，采用 $\text{BaSO}_4$ 沉淀，定量转移到测量盘从而避免了湿灰化对不锈钢测量盘腐蚀和造成自吸收<sup>(22, 23)</sup>等方法中所使用的萃取

剂。

## (三) 沉淀法

在稳定铅分析中常用到沉淀法。最常用的是硫酸铅和铬酸铅沉淀<sup>(24)</sup>。硫酸铅沉淀的溶解度较小，例如在 $25^\circ\text{C}$ 时，0.3% $\text{H}_2\text{SO}_4$  (约0.03M)中 $\text{PbSO}_4$ 溶解度为4.55毫克/升，当硫酸浓度升高到10% (约1M)时 $\text{PbSO}_4$ 溶解度达到最大值6.68毫克/升，以后随硫酸浓度增高 $\text{PbSO}_4$ 溶解度反而变小。而铬酸铅比硫酸铅更难溶，因而对铅的沉淀形式更为优越，大都能形成很好的结晶，对晶体只需稍许洗涤。哈利(Harley)主编的标准程序手册<sup>(13)</sup>推荐用铬酸铅沉淀法测定尿中 $^{210}\text{Pb}$ ，在磷酸盐共沉淀后，在有铜载体存在下用硝酸钡进行铅的共沉淀，实现和 $\text{Th}$ 、 $\text{Aa}$ 、 $\text{Ca}$ 的分离，又在EDTA中用 $\text{BaCl}_2$ 的共沉淀除去 $\text{Ba}$ 和 $\text{Ra}$ ，加入镍使 $\text{Pb}$ 从螯合物中释放出来，收集铬酸铅，保存沉淀让 $^{212}\text{Pb}$ 和 $^{211}\text{Pb}$ 衰变，待 $^{210}\text{Pb}$ - $^{210}\text{Bi}$ 平衡后测量 $^{210}\text{Bi}$ 活性，计算 $^{210}\text{Pb}$ 含量。安德鲁斯(Andrews)用铬酸铅和硫酸铅相结合的方法从雨水中分离 $^{210}\text{Pb}$ ，通过两次沉淀可以从20升雨水中定量回收铅<sup>(25)</sup>。

沉淀法是一种经典可靠的方法，化学产额用加入钝性铅载体得到。但其在过滤和铺样方面是十分冗长和繁琐的，还能带来 $\beta$ 自吸收。

## (四) 离子交换法

在合适条件下，铅、铋很容易吸附在阴离子交换树脂上从组分中与 $\text{Ra}$ 、 $\text{Ac}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Pa}$ 以及许多非放射性物质分离，再用稀盐酸淋洗铅，稀硫酸淋洗铋，实现铅、铋的最终分离。乔西(Joshi)等用阴离子交换树脂Dowex-1分离空气样品中 $^{210}\text{Pb}$ <sup>(26, 28)</sup>，发现当盐酸浓度很低或在8N以上时铅在柱上的吸附最小，而当盐酸浓度为1.5N时吸附最大。用含有铬载体的样品溶于1.5N盐酸后通过树脂床，铅被吸附，用8N盐酸解吸，洗提出的铅溶液以硫酸盐形式沉淀，放置测定 $^{210}\text{Bi}$ 。

和沉淀法一样，此法也有操作流程冗长繁琐之弊。

铋法小结

综上所述,当样品从收集到分析所经历的时间达到 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Bi}$ 放射平衡时,这时上述任何一种分析方法均可应用,但镍片自沉积法快速简便、无自吸收又优于其它各法。而当样品中 $^{210}\text{Pb}$ 和 $^{210}\text{Bi}$ 没达到放射平衡时,宜从样品中分离铅,放置一定时间(25天左右)测量 $^{210}\text{Bi}$ ,此法快于钋法(钋法放置3~5月)是一中速测 $^{210}\text{Pb}$ 方法。用于此法的分离技术有萃取、沉淀和离子交换法等,镍片自沉积法则不能适用。

## 五、直接测 $^{210}\text{Pb}$ 方法

### (一)液体闪烁测量法

液闪是近年来发展很快的一种软 $\beta$ 射线测量法,实际上液闪法的应用范围已扩大到 $\alpha$ 粒子、低能 $\gamma$ 射线及中子的探测。

$^{210}\text{Pb}$ 衰变由 $\beta$ 、 $\gamma$ 和内转换电子(到 $^{210}\text{Bi}$ 基态)组成,19%电子直接到基态,末端能量61KeV,81% $\beta$ 辐射是到47KeV水平的 $^{210}\text{Bi}$ ,最大 $\beta$ 能量15KeV,47KeV水平在其很快(<3微秒)衰变时转换到 $^{210}\text{Bi}$ 基态,发射出能量30和33KeV之间的实质为L-壳层转换电子。图2是 $^{210}\text{Pb}$ 衰变图。

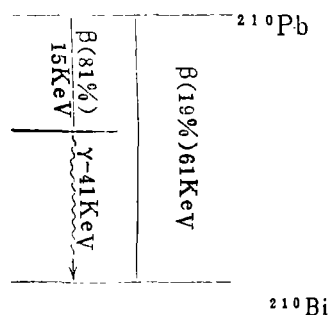


图2  $^{210}\text{Pb}$ 衰变图

费尔曼(Fairman)用液体闪烁计数法有效地探测 $^{210}\text{Pb}$ 的软 $\beta$ (15和61KeV能量),内转换电子和不可转换的 $\gamma$ 射线,总计数率达97%以上,在本底20计数/分,测量时间100分钟可测出 $0.98 \pm 0.58$ 微微居里的 $^{210}\text{Pb}$ 〔27〕。

液闪法的主要特点是放射性物质溶解或悬浮于闪烁液中,或吸附在支持物上,浸入闪烁液,因此与闪烁剂的接触密切,自吸收或吸收

层的吸收较少,几何条件有时接近 $4\pi$ ,对软 $\beta$ 射线的探测特别有效。所以用液闪法可以弥补钋法和铋只能测 $^{210}\text{Pb}$ 子体放射性而不能直接测量其本身发射的弱 $\beta$ 的缺点。只要用前述萃取法或离子交换法等从样品中分离 $^{210}\text{Pb}$ 就可以进行液闪测量。例如双硫脲萃取法能以几种形式在液闪上测量,当Pb和Bi均作为双硫脲盐从碱金属氰化物中一道被氯仿萃取时,可以以氯仿作溶剂,加入闪烁剂进行均相测量,如果是用稀盐酸反萃取Pb,则定量留在双硫脲氯仿中的 $^{210}\text{Bi}$ 也可按上法均相测量,这时水相的铅则用二氧六环作溶剂直接进行 $^{210}\text{Pb}$ 的液闪测量。

目前液闪测量技术受到普遍重视,在国内得到广泛应用。但用它测量环境低含量样品,还需降低仪器本底、减少试剂成本。

### (二) $\gamma$ 谱测量

从图2可以看到, $^{210}\text{Pb}$ 在其81% $\beta$ 辐射达到激发态时,产生47KeV光子,它可以为 $\gamma$ 谱仪所探测。

样品可以不经分离,只需浓集,甚至不经任何处理直接在多道能谱仪上测量。有人将NaI晶体连结一个多道脉冲分析器,不经任何化学分离,直接测量空气样品中 $^{210}\text{Pb}$ 的47KeV $\gamma$ 光子〔28,29〕。艾森布德(Eisenbud)〔30〕用 $8\text{in.} \times 1\text{mm}$ 的CsI(Tl)- $8\text{in.} \times 2\text{in.}$  NaI(Tl)的双晶体进行活体测量,估算铀矿工暴露量和 $^{210}\text{Pb}$ 体负荷的相关关系。双晶体和反符合线路的使用大大降低了本底(在12~200KeV之间本底降低了70%)。

目前 $\gamma$ 谱分析的应用越来越广泛,随着高分辨率晶体出现,如Ge(Li),以及可以加工各种大小厚薄的晶体,从低能到高能 $\gamma$ 光子都可以探测,很适合各种组分分析。但由于整个探测系统昂贵,目前普及尚有困难,在这种情况下,还需根据客观条件选择合适的分析方法。

## 参考文献

1. Blanchard Rl, Health phys 21:499~518, 1971.

2. Holtzman RB, Health phys 9: 385, 1963.
3. Black SC, Health phys 14: 81, 1968.
4. Blanchard RL, Health phys 16: 585, 1969.
5. Holtzman RB, Health phys 18: 105~112, 1970.
6. Joshi LU, Health phys 20: 665~668, 1971.
7. Magno PJ, Health phys 18: 383~388, 1970.
8. Nozaki Y, Anal Chemical Acta 64: 209, 1975.
9. 阿部道子, F9 分析化学(日) 15: 614, 1966.
10. 放射医学, 中国医学科学院分院四室 1: 36, 1976.
11. Flynn WW, Anal chem Acta 43: 221, 1968.
12. Taylor MP, Inter Appl Rad Isotope 15: 665, 1964.
13. Health and Safety laboratory manual of standard procedures NYO-4770 (3rd Ed) 1970.
14. Blanchard RL, Anal Chem 38: 189, 1966.
15. Beasley TM, Anal Chem 41: 541~543, 1969.
16. 黄星辉, 核防护 2: 19, 1980.
17. Norman C, Health phys 17: 125~130, 1970.
18. 金属螯合物的溶剂萃取 徐粹远编译 中国工业出版社 P189, 1971.
19. Petrow HG, Anal Chem 37: 1659, 1965.
20. Langford JC, Anal Chem 41: 1716, 1969.
21. Taluitie NA, Anal Chem 37: 851~854, 1965.
22. Wallace CG, AERE-AM 100, 1965.
23. Sill CW, Anal Chem 49: 302~306, 1977.
24. Treatise ON, Anal Chem part II Vol 6 p69, 1964.
25. Andrews JN, Health phys 27: 307~310, 1974.
26. Joshi LU, Health phys 15: 67~71, 1968.
27. Fairman DF, Anal-Chem 40: 2004, 1968.
28. Gaeggeler H, Earth planet Sci Lett 33: 119~121, 1976.
29. Bruenger FW, Health phys 25: 37~42, 1973.
30. Eisenbud M, Health phys 16: 637~646, 1969.

## 肺摄取胶体肝脾显象剂的问题

北京市肿瘤防治研究所 朱家瑞综述 北京首都医院 周前 审

直径10毫微米~5微米的胶体颗粒注入体内后,作为一种异物能被调理素识别,由网状内皮系统的吞噬细胞摄取,这是网状内皮系统放射性核素显象的原理。进入正常人体的放射性胶体的分布状态取决于两大因素:1.胶体的性质,主要是胶体颗粒的大小;2.器官的血流量。较大的胶体颗粒(1微米以上)对脾脏吞噬细胞的亲和力较强;较小的颗粒(100毫微米以下)则亲和骨髓的吞噬细胞。常用的肝脏显影剂大约直径为300毫微米~1000毫微米,它们大部分被肝脏的枯否氏细胞吞噬。颗粒直径增大时,脾脏显影的机会增加<sup>(1)</sup>。在某些病理情

况下,如肝硬化、门脉高压,由于肝血流量相对减少,脾脏和骨髓吞噬的放射性胶体量增加。其它一些器官如肺、肾等因为含网状内皮细胞的数量很少,淋巴结因局部血流量很低,它们在常规的肝脏胶体扫描时一般是不显影的。肺里的少量放射性只有用“过度曝光”的方法(Overexposed)才能显示。

在胶体的制备过程中,因温度、pH控制不当会形成较大的颗粒(超过10微米)。这些颗粒由静脉注入后可以首先栓塞在肺的毛细血管床中,造成肺显象。这种情况无论是用硫化锑胶体或用钼胶体都可能发生<sup>(2)</sup>。用严格的质量