

用空气发光法简单快速地测量涂样上的 α 射线

Makoto Takiue, Health Phys 39(1); 29~32, 1980(英文)

测量表面沾染的放射性,其目的是为了保持开放的放射性物质存放地方的安全标准。假如沾染表面的几何形状对测量是适宜的,即可用各种表面监测器直接进行测量。但是,当存在干扰辐射时,通常用涂样法进行间接表面监测,此法简单且灵敏度高。常用滤纸涂擦转移放射性,再用适当的计数器进行测量。在选用涂样分析方法时,应首先考虑的因素是简单快速的程序,因为在污染事件发生后要为常规工作制备许多涂样。为此,要尽可能快地测出沾染结果。

在以前文献中,我们曾提出一种新的测量 α 活性的方法,该法是根据激发空气中的氮分子使空气发光。这种方法的显著优点是样品的制备和 α 活性的测量都简便,在涂样法中也易于使用。

用气流正比计数器和 $ZnS(Ag)$ 闪烁剂也可体现出类似的优点,两者常用于涂样测量。但是,相比之下,用空气发光测量 α 射线是更可取的,因为探测器很容易处理,况且没有污染危险。

本研究的目的是详细地探讨空气发光计数法常规测量涂样上的 α 活性的效用。

样品制备,将 ^{210}Po 的硝酸盐和 ^{241}Am 的硝酸盐这两种 α 放射性化合物溶解在0.1N硝酸中,用液体闪烁谱仪测定它们的活性。然后对三种表面进行沾染,将每份1毫升的放射性溶液分别滴加在一块作地板材料用的聚氯乙烯板、一块铝板和一块玻璃板上,使其铺展面积达100平方厘米。将沾染的板在空气中干燥2

天。

用涂纸(直径为25毫米,厚度为30毫克/厘米²)以0.2公斤/厘米²压力数次擦拭每块板限定的100cm²面积。得到的沾染涂样直接放置在空玻璃计数瓶中测量,不使用闪烁剂。

实验,所用的液闪谱仪在500~1000道区(甄别器单位)内具有50%的增益,则可得出涂样最大值。

空气发光法的 α 射线计数效率,可因装在计数瓶中的涂样位置而改变,其大概原因是:(1)涂纸上放射性核素发射的 α 射线的测量是在 2π 几何条件下进行的。(2)空气中光子总产量随着 α 射线径迹增长而增多。(3)向着光电倍增管的发光转移随产生光子的地方而变化。实际测量表明,为了得到满意的结果应将涂纸放置在计数瓶底部。

在 α 射线计数之前,考虑空气发光的脉冲高度分布是必要的。来自空气发光的 α 射线谱其脉冲高度分布很宽。这是因为计数瓶的体积没有大到足以完全吸收 α 射线。这样差的能量分辨能力使得该法不能实际用于 α 射线谱测量。获自不同涂样的脉冲高度分布颇有差异。所观测到的这种差异性,可归因于涂样的 α 射线能量存在局部的自吸收、沾染的类型等等。在常规工作中制备的涂样,在某种情况下,可用薄层粉末或油脂覆盖,这样脉冲高度或计数效率要减小。

结果和讨论,下表列出了 ^{210}Po 和 ^{241}Am 涂样的 α 射线计数效率。

表 空气发光法的射线计数效率(总效率为计数效率与转移系数之乘积)。

沾染材料	样品数	转移系数	涂样的 α 射线计数效率	总效率	转移系数	涂样的 α 射线计数效率	总效率
聚氯乙烯板	21	48.1 \pm 1.4	15.4 \pm 2.0	7.35 \pm 0.93	42.3 \pm 1.2	14.7 \pm 1.0	6.21 \pm 0.39
铝板	21	19.3 \pm 0.5	18.2 \pm 1.3	3.50 \pm 0.23	20.4 \pm 1.1	17.2 \pm 0.7	3.48 \pm 0.14
玻璃板	21	68.1 \pm 2.0	14.9 \pm 1.0	10.1 \pm 0.7	69.8 \pm 1.5	15.5 \pm 0.7	10.8 \pm 0.35

(平均值 \pm 标准误差)

正如所料,由于沾染材料的不同其转移系数也不同,然而, α 射线的计数效率却仅有小的差异。而且,此技术对于该类型辐射监测的测量具有充分的再现性。正常使用的 α 射线的能量没有多大差异;因此,

可测量涂纸上绝大多数 α 放射性核素,其计数效率相同。

用涂擦法监测放射性时,利用空气发光测量 α 射线的主要优点是:(1)用该法测定涂纸上的 α 放射

性核素, 计数效率在10~20%之间, 可足够准确地间接监测表面沾染; (2)由于利用空气作探测物, 样品的制备和 α 射线的测量都比用大多数其它的 α 射线计数法更简单、更快速; (3)在考虑本底计数率(本研究中为9.4计数/分)和 α 射线计数效率条件下, 本法测量沾染的可测下限约为 $1 \times 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$; (4)不必使用液体闪烁剂, 液体闪烁剂可能是致癌的。此外不产生放射性废液; (5)液闪谱仪的自动化样品变化系统和数据处理使得此法进行常规测量更方便易行。

β 和 γ 射线不能使空气发光, 而只有 α 射线不经化学处理就可测量。然而, 当能量大于0.18keV(契伦柯夫辐射电子的能量阈值)的 β 射线和康普顿电子穿透玻璃计数瓶时, 发射契伦柯夫辐射, 此射线能被液闪谱仪测下。当所得到的涂样中存在着 α 和 β 放射性核素时, 可同时用相同的方法测量每种核素, 大体上同液闪测量中应用的双标记样品技术相似。

(王孟才节译 陈文宣校 史元明审)

人骨灰中铀同位素的测定

Fisenne IM等, Anal Chem 52(4), 777~779, 1980(英文)

早期用荧光法, 近来又用中子活化分析法测定了空气、蔬菜、土壤、水、组织和排泄物中铀含量。这两种方法均可检出极少量铀。在95%可信限内, 荧光法的检出极限为1毫微克, 中子活化法的灵敏度为0.05毫微克。然而这两种方法测得的是 ^{235}U 的量, 却不能给出样品中 $^{234}\text{U}/^{235}\text{U}$ 和 $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ 的含量。

曾有文献报告了 α 能谱法可以有效地测定土壤、沉积物和生物样品中铀同位素的浓度。但在这些文献中, 没有报导人骨中铀同位素的测定结果。Welford等人测定了纽约63个脊椎骨样品中铀浓度的平均值是 2.7×10^{-9} 克铀/克灰。Hamilton测定了英国12个脊椎骨样品中铀浓度的平均值是 1.7×10^{-8} 克铀/克灰。前者用的是荧光法, 而后者用的是中子活化法。Welford和Hamilton都报导了日饮食摄入量约为1微克铀/天。从已报导的文献中看出, 英国和美国人骨中铀浓度的估算值有所不同, 这可能是由于地理的差异而造成的。本文提出了一个高产额地从大量骨灰中分离铀, 并用第三种方法—— α 能谱法测定铀的分析方法, 以便确定美国人骨中铀浓度的值。

实 验

试剂和装置, 30% Alamine-336的二甲苯溶液(v/v)与等体积的6M HCl一起振荡5分钟。用分析纯的酸和去离子水制备6M和0.1M HCl、0.1M NaOH、0.3M H_2SO_4 。 ^{235}U 溶液由伊里诺斯州阿灵顿高地Amersham有限公司提供。示踪溶液中 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 活性比是 $2 \times 10^{-6}\%$, $^{234}\text{U}/^{235}\text{U}$ 活性比是 $2 \times 10^{-6}\%$, 用汞阴极电解装置(密执安州, 安亚伯市Eberbach有限公司)和三次蒸馏的汞将铁去除。程序中还使用了

酚酞和百里酚兰指示剂, 100微升吸管、电解池、铂箔和镍箔、铂电极、电磁搅拌器和1.5A电源装置。

样品的制备: 将50克磨细的骨灰置于400毫升烧杯中, 加入0.5~1dpm的 ^{232}U 示踪溶液, 再加入100毫升HCl, 然后置于热板上, 在时而搅拌下温热10分钟。加入70毫升水并搅拌, 得到澄清的溶液, 其酸度应大于5.8MHCl。为了验证样品溶液的酸度, 吸取100毫升样品溶液置于25毫升水中, 以酚酞为指示剂, 用0.1M NaOH溶液滴定到终点。在测得了样品溶液的最初体积之后, 可以适当的稀释或加入HCl。

程序: 将样品溶液洗入盛有50毫升预先洗涤的30% Alamine-336二甲苯溶液的500毫升分液漏斗中, 振荡5分钟, 放置分层。将水相吸入第二个盛有50毫升预先洗涤的30% Alamine-336溶液的500毫升分液漏斗中, 振荡5分钟, 放置分层, 弃去水相(由于铀和铁被萃取到有机相, 因此可以从水相中黄色的消除程度, 来目视估计萃取的效果)。合并Alamine-336相, 用100毫升6MHCl洗涤4次, 每次5分钟, 弃去洗涤液。将100毫升0.1MHCl加入到Alamine-336有机相中, 振荡三次, 每次5分钟, 以提取铀和铁。提取液并入400毫升烧杯中, 弃去有机相。往提取液中加入1毫升 H_2SO_4 , 并蒸发至冒出三氧化硫气体, 滴加 HNO_3 以便除尽一切有机物质。将溶液蒸干, 残留物溶解在几滴HCl中。

为了去除铁, 于样品中加入75毫升0.3M的 H_2SO_4 , 搅拌冷至室温, 往烧杯中加入20毫升汞, 在5A电流下电解此溶液1小时。移出并用水冲洗电极, 用12.5厘米霍特曼42号滤纸, 将溶液滤到250毫升烧杯中, 用水洗涤滤纸和汞(将汞贮存在密闭的玻璃容器