

用 HPGe-γ 谱仪测量水及其悬浮物和底泥中的放射性

陈英民, 李福生, 陈跃, 许家昂, 宋钢

中图分类号: R145; X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2001)01-0021-02

【摘要】 目的 用 HPGe-γ 谱仪测量水及其悬浮物和底泥中的放射性。方法 利用 HPGe-γ 谱仪谱仪测量水、水中悬浮物及底泥中放射性核素的比活度。对水、水中悬浮物及底泥样品分别采用不同的预处理方法。结果 HPGe-γ 谱仪法分析水、水中悬浮物及底泥中的放射性水平, 具有方便、快捷、精确的优点。结论 本方法可广泛应用于环境辐射监测和核应急监测。

【关键词】 HPGe-γ 谱仪; 水; 悬浮物; 底泥; 放射性

水中放射性核素的分析测量一般采用载体共沉淀、离子交换吸附等传统的放射化学分析方法, 程序繁杂, 分析周期长。HPGe-γ 谱仪是具有国际先进水平的核素分析系统, 它分辨率高、本底低采用非破坏性的分析手段, 可同时测量样品中²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 等多个放射性核素, 充分显示其优越性。1997 年我们利用 HPGe-γ 谱仪对小清河、水中悬浮物及底泥中的放射性进行了分析。

1 仪器与设备

1.1 中国原子能研究院研制的 HPGe-γ 谱仪(谱仪型号: CIAE-MMCA 8000), 其能量分辨率(对 1.33 MeV)为 FWHM=1.70 keV, 探测效率(相对³×³NaI(Tl))为 20%, 峰康比为 50/50 keV~2 MeV 积分本底为 2.83 s⁻¹。

1.2 铅室由中国原子能研究院提供, 为 7 500 C 型柱体迭层式铅室。铅料选用存放多年的老铅, 内镶 3 mm 铜衬和 5 mm 有机玻璃套。铅室主要几何参数: 室体高度为 650 mm、内腔高度 500 mm、内腔直径为 400 mm、室壁厚 110 mm。

1.3 标准物质由国防科工委放射性计量一级站提供。标准物质是采集经过放射性污染的土壤作基质, 按一定比例加入本底土, 经粗筛、烘干、细筛、粉碎、混匀等步骤制成。内含已知活度的²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、¹³⁷Cs、⁶⁰Co、⁴⁰K 等核素。

1.4 测量样品杯采用上海辐射环境监理所提供的塑料环型测量杯 Φ75 mm×70 mm。

2 样品预处理

2.1 水样及水中悬浮物的分离 河水采集静置一段时间后, 较大的固体颗粒通过自然沉淀与水分离, 再将液相部分进行抽滤, 分离得到的固体物质与前期沉淀合并为悬浮物, 分离出的水为水样。

2.2 水样 20 L 水样逐渐转移到 5 000 ml 烧杯中, 加入 6 N 盐酸适量加热蒸发, 当液体量浓缩至 50 ml 左右, 转移到 100 ml 烧杯中, 文火浓缩至 20 ml 左右, 转移到已称重的测量杯中, 500 W 红外线灯下烘干, 密封待测。

2.3 悬浮物 200 L 水样分离得到的悬浮物, 再次自然沉淀、虹吸并离心后, 放入大蒸发皿蒸干, 研磨、100 目过筛, 称重后转移到测量杯中密封待测。

2.4 底泥样品 底泥样品经 120 °C 烘干、破碎, 拣去动植物残体及石子, 放入马福炉 450 °C 灼烧 1 h, 以除去有机物质, 研磨后 100 目过筛, 放入测量杯中, 密封以备测量。

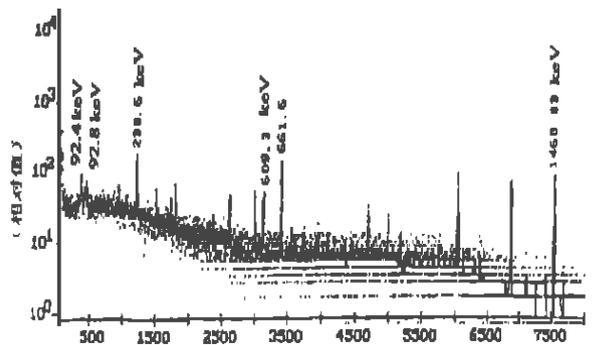
3 标准源的制备

基金项目: 山东省科技攻关项目(97126103 号)

作者单位: 山东省医学科学院放射医学研究所, 山东 济南 250062

作者简介: 陈英民(1966~), 男, 河南商丘人, 助理研究员, 主要从事环境放射性监测研究。

以标准物质作为刻度仪器效率的标准源。标准源的 γ 能谱见附图。



附图 标准源 γ 能谱图

4 全能峰效率刻度

在与样品相同的测量条件下, 测量标准源。获得 92.8, 238.6, 609.3, 661.6, 1173.2, 1332.0, 1460.8 keV 全能峰探测效率。其计算公式为:

$$F_{i标} = S_{i标} / (tA_{i标} \eta_{i标})$$

式中: $F_{i标}$ —全能峰效率; $S_{i标}$ —被刻度的全能峰的净计数; t —测量时间; $A_{i标}$ —标准源中被刻度核素的活度; $\eta_{i标}$ —被刻度的全能峰的分支比。经最小二乘法拟合, 得到能量效率刻度曲线^[1]。

由于所测水样、悬浮物、底泥样品的质量各不相同, 因此对谱仪进行全能峰效率刻度时, 必须对不同质量的标准源分别进行效率刻度。因为水样、悬浮物质量大多在 5~50 g 之间, 底泥质量在 300 g 左右, 所以我们分别取 5, 10, 25, 50, 100, 300 g 标准源进行效率刻度。

经过全能峰效率刻度, 我们得到不同质量样品的能量—效率刻度曲线和各个核素的质量—效率刻度曲线。

5 核素比活度的计算

我们选用²³⁴Th 92.4 keV 和 92.8 keV γ 射线来确定²³⁸U(因 92.4 keV、92.8 keV 两个峰在能谱上合为一个峰, 所以我们以 92.6 keV 作为该全能峰的能量, 以两者分支比之和作为该全能峰的分支比), 选用²¹²Pb 238.6 keV γ 射线来确定²³²Th, 选²¹⁴Bi 609.3 keV γ 射线来确定²²⁶Ra, 选用 661.6 keV γ 射线来确定¹³⁷Cs, 选用 1460.8 keV γ 射线来确定⁴⁰K^[2]。计算公式如下:

$$A_i = S_i / (tF_i \eta_i W) \dots \dots \dots (\text{悬浮物和底泥样品})$$

$$A_i = S_i / (tF_i \eta_i V) \dots \dots \dots (\text{水样})$$

式中: A_i —样品中某核素的比活度, 悬浮物、底泥样品(Bq/kg) 水样(Bq/L); S_i —谱仪对样品中某核素 γ 射线在测量时间

内记录的净峰面积; t —样品的测量时间; F_i —谱仪对样品中某核素 γ 射线全能峰探测效率; η_i —样品中某核素 γ 射线的分支比; W —样品质量(kg); V —水样体积(L)。

6 计算结果

利用高纯锗 γ 谱仪测量小清河水、水中悬浮物和底泥中的放射性水平, 结果见附表。

附表 小清河水、水中悬浮物和底泥中的放射性水平*

样品组别	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
水(Bq/L)	$(24.65 \pm 4.20) \times 10^{-3}$	$(4.82 \pm 1.70) \times 10^{-3}$	$(23.07 \pm 3.51) \times 10^{-4}$	$(2.88 \pm 0.48) \times 10^{-1}$
悬浮物(Bq/kg)	$(3.32 \pm 0.31) \times 10^1$	$(2.65 \pm 0.32) \times 10^1$	$(3.84 \pm 0.31) \times 10^1$	$(4.20 \pm 0.39) \times 10^2$
底泥(Bq/kg)	$(2.51 \pm 0.26) \times 10^1$	$(2.94 \pm 0.17) \times 10^1$	$(3.63 \pm 0.42) \times 10^1$	$(4.29 \pm 0.17) \times 10^2$

注: * 样品数均为 12

7 小结

高纯锗 γ 谱仪分析水、水中悬浮物及底泥中的放射性水平是一种可同时分析多种放射性核素的方便、快捷、精确的方法。该方法可广泛应用于环境辐射常规监测和核应急监测。

[1] GB/T 16140-1995, 水中放射性核素的 γ 能谱分析方法[S].

[2] 核素图表编制组. 核素常用数据表[M]. 第 1 版, 北京: 原子能出版社, 1977, 32-493.

(收稿日期: 2000-06-21)

参考文献:

【工作报告】

浅谈搞好受检者的 X 射线防护

李开信, 胡敢峰

中图分类号: R142 文献标识码: D

X 射线广泛应用于医疗领域(如 CT、X 射线诊断治疗技术等), 为疾病快速诊断提供了重要帮助, 同时也是人们接受人工辐射的最大来源, 若防护不当, 将会给工作人员、受检者带来潜在的危害。尤其是受检者的防护, 是一个易被忽视的问题。

1 提高有关人员的防护知识水平

首先是使用 X 射线设备的医务工作者必须掌握 X 射线的防护知识, 合理应用 X 射线检查。若认为 X 射线检查是对患处直接观察的最佳手段, 于是对一般外伤病人从颈椎到尾骨整体透视检查一遍, 是不合理的。目前放射科日常 X 射线检查的阳性率明显偏低, 不能合理应用 X 射线检查是主要原因之一。

此外, 还应向广大居民进行 X 射线辐射防护知识的宣传, 以便在日常 X 射线诊断和治疗过程中的安全防护得到受检者较好的配合, 力求避免一切不必要的照射。

2 认真贯彻 X 射线应用正当化的原则

2.1 临床医生对影像诊断方法的选择 临床医生在决定申请 X 射线检查以前, 首先要针对患者的病情和各种影像诊断方法的特点, 选择对病人危害小、诊断效果好的方法。如检查孕妇胎儿的发育情况, 应首先选择 B 超; 对胸部疾患的病人, 拟进行 X 射线检查时, 应首选胸片检查, 因为胸片所获得的诊断信息比胸透多, 并可保存, 尤其是给被检者造成的辐射剂量仅为一次胸透的 1/15。

2.2 临床医生与放射科医生对正当化判断双重负责 为了使 X 射线诊断检查得到最有效的应用, 应该改变过去由临床医生申请检查, 放射科医生照单执行的做法。临床医生申请 X 射线检查要进行正当化判断, 并应更多地借助于放射科医生的会诊。放射科医生和有经验的技术员, 对临床医生申请检查项目的适应症和合理性作进一步的分析和评价。临床医生与放射科医生共同商议然后确定适宜的检查方法。这样, 对 X 射线

检查就可以做到利弊权衡、双重负责, 最大限度地提高 X 射线诊断检查的效益。

2.3 严格掌握 X 射线检查的适应症 在临床实践中, 对各种特殊检查以及介入放射学的临床应用, 临床医生一般都能慎重地进行正当化判断, 严格掌握其适应症, 并积极与放射科医生磋商或会诊。而对胸部透视等一般性检查, 往往忽视了正当化判断的重要性。尤其是 CT 检查, CT 多层扫描可使受检者受到较大的照射剂量, 受检者由于不了解 CT 的适应症和相应的潜在危害, 总希望高级复杂设备检查才感心安, 目前 CT 检查与一般胸透一样, 时常出现滥用现象应引起重视。

2.4 严格控制各种体检中的常规胸透 为降低 X 射线检查对公众及其后代可能造成潜在性危害, 应严格控制各种健康查体中的常规胸透, 特别对幼儿入托、中小学生升学的健康查体, 应取消常规胸透, 仅仅对有心肺疾患征兆或有肺部传染性疾病(如肺结核)接触史者, 才适宜进行胸部 X 射线检查, 但要尽可能采用胸部摄片, 减少胸部透视。

2.5 儿童作为受检者的防护更应引起重视 儿童具有较高的辐射敏感性, 同种检查其性腺受照剂量比成人明显增高, 这是因为儿童进行 X 射线检查时, 照射野与儿童身体大小的比例相对来说比较大。因此对儿童应尽量避免一切不必要的照射。新生儿期的胸部 X 射线检查应当禁止。对于儿童没有必要不得进行入院或手术前的常规胸部 X 射线检查。

3 严格操作规程, 避免操作失误

操作失误是人为因素所致, 如需重新检查则更增加了受检查者的受照剂量, 故应避免发生。所以放射技术人员应努力做到认真检查 X 射线设备的防护性能, 仔细制订诊疗方案, 优选投照条件, 细心地进行暗室处理等各个环节, 不断提高业务水平, 严格执行安全操作规程。

对于受检者的 X 射线防护, 随着人们的重视和现代科学技术的发展, 新型设备不断出现, 其防护性能愈来愈好, 各种防护用品愈来愈齐全, 安全操作愈来愈重视, 因而在不影响医疗质量的前提下, 会将剂量合理地降到最低水平。