

青岛地区天然放射性填图技术研究

高 正, 陈鲁宁, 罗江华, 唐 政

中图分类号: X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2009)02-0194-02

【摘要】 目的 探讨适合青岛地区的天然放射性填图技术方法。**方法** 分别采用 FD-3022 γ 谱仪、HPGe γ 谱仪、CKL-3120X- γ 剂量率仪、FD-3017RaA 测氡仪和 ERS-2 型测氡仪测量土壤中核素含量、氡的浓度、土壤表面氡析出率, 并对结果分析比较。**结果** 地表核素含量现场测量与试验室分析平均值的误差: ^{238}U 为 -0.31×10^{-6} , ^{232}Th 为 0.88×10^{-6} , 钾为 0.58%; 空气剂量率直接测量和间接计算结果相对误差为 11%。**结论** 青岛地区天然放射性填图可以选择有限的剖面, 采用地质系统现有的仪器, 按照一系列规范的操作方法, 现场测量剂量率、核素含量和氡析出率。

【关键词】 天然放射; 空气吸收剂量率; 土壤核素; 土壤氡浓度

青岛地区属于花岗岩地区, 有两条较大断裂带, 市区土壤覆盖层很薄。利用和完善目前采用的地质系统找矿用的仪器和方法, 探索适合青岛地区的经济实用的天然辐射填图方法, 可以为本地区进一步开展放射性生态研究、放射性核素在生态系统中的迁移和作用、以及补救战略和减轻危害等工作提供可靠的方法技术保障。

1 布点方法

选取 3 条剖面(尽可能包括所有的岩性、岩相、主要构造带)进行测定, 根据剖面测试结果, 探讨网格点的布设。原则上实行网格布点, 根据剖面测试及城市格局等实际情况, 确定网格大小。在构造带, 按垂直于构造带的方向测量; 岩性变化复杂区按 100m \times 100m 网格布点。

2 测量仪器方法

2.1 γ 辐射剂量率的测量 地表辐射剂量率检测选用 CKL-3120X- γ 剂量率仪, 能量响应: 能量在 25keV \sim 100 keV, 对 ^{137}Cs 参考源辐射响应的差别 $\leq \pm 20\%$; 在 100 keV \sim 3.0 MeV, 对 ^{137}Cs 参考源辐射响应差别 $\leq \pm 10\%$; 有效量程: 10nGy/h \sim 100mGy/h; 相对固有误差: 在标准试验条件下, 仪器的相对固有误差在有效量程范围内 $\leq \pm 15\%$; 正常工作条件连续工作 8h, 指示值变化值 $\leq \pm 10\%$; 角响应: 对 ^{137}Cs 辐射源, 当入射角在 0 \sim 180 $^\circ$ 内变化时, 仪器的角响应相对于校准方向的响应 $\leq \pm 20\%$; 宇宙射线响应: 相对于高压电离室 $\leq \pm 20\%$; 环境温度: 在 -5 \sim +50 $^\circ\text{C}$ 范围内, 测量值与标准实验条件下的测量值

之差 $\leq \pm 25\%$ 。

测点距附近高大建筑物的距离需大于 30m, 探头距离地面 1m 处, 测量时间 120s。

2.2 地表核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 的测量 现场测量采用 FD-3022 γ 谱仪, 其探测器采用 NaI(Tl) 晶体, 直径 75mm、高 75mm; 探测灵敏度: $\leq 0.1\text{ppm}$; 正常工作温度 -10 $^\circ\text{C}$ \sim +40 $^\circ\text{C}$, 相对湿度 $\leq 95\%$ 。

测量方法: 将仪器探头置于地面, 测量时间选定 120s。测点位置选择周边 5m 内无建筑物的平坦地点, 测点坐标采用 GPS 手持卫星定位仪确定。

2.3 土壤氡浓度的测量 土壤氡浓度的测量仪器采用 FD-3017RaA 测氡仪。FD-3017RaA 测氡仪是一种瞬时测氡仪器, 利用静电收集氡衰变的第一代子体 RaA 作为测量对象, 不存在氡射气的干扰影响。FD-3017RaA 测氡仪采用金硅面垒型半导体探测器, 直径 26mm, 面积 531mm 2 , 探测灵敏度 $\leq 300\text{Bq/m}^3$; 本底 < 4 脉冲/h。

测点选择浮土出露大于 10m 2 的地段中心, 以保证检测的氡浓度具有客观性; 取气深度 0.6m; 抽气体积选定 1.5L, 抽气时间不少于 30s; 检测时, 高压加电时间为 2min。具体方法是: 首先打一个深 40 \sim 60cm 的孔, 将取样器插入孔中; 把取样片放入取样盒内, 抽气, 加负高压收集氡子体(RaA), 取出样片, 放入仪器测量盒内进行测量^[1]。

2.4 氡析出率测量 土壤氡析出率的测量仪器选用德国 TRACERLAB 公司生产的 ERS-2 型静电收集式氡采样器。该仪器使用金硅面垒型 α 探测器, 氡衰变产生的带正电的子体在衰变室壁 +2 500V 高压的作用下被收集到探测器表面, 这些子体衰变生成的具有特征能量的 α 粒子被探测器探测到, α 谱仪根据探测到的不同能量 α 粒子的计数给出 α 能

作者单位: 潜艇学院, 山东 青岛 266071

作者简介: 高正(1967 \sim), 男, 山东省人, 副教授, 从事舱室环境教学与研究工作。

使用铅防护屏后, 监护室内的 X- γ 辐射空气吸收剂量率下降到 (71 \sim 115)^[4] nGy/h, 处于室内天然本底辐射水平范围内。

2 结论

虽然床边机的管电流和管电压都不高, 但在医院的住院部病房内使用普遍, 医院往往对床边机摄片时产生的电离辐射泄露重视性不够, 很多医院没有配备专用的移动式铅防护屏, 或虽配备了但因铅屏沉重移动困难而基本不用, 操作人员甚至都没有经过专门培训和考核。监管部门一般重视对各医院放射科射线装置的监管, 往往忽视对放射科之外, 尤其是诸如床边机之类的射线装置的监管。一般医院本身放射科的防护工作较规范, 但病房的放射防护工作就不理想。从监测结果看, 使用和不使用移动式铅防护屏的防护效果截然不同, 医院应对此

引起高度重视, 在使用床边机摄片时必须同时使用移动式铅防护屏, 以免对患者和医护人员造成不必要的伤害。

参考文献:

- [1] 全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组. 全国环境天然贯穿辐射水平调查研究(1983-1990 年)[J]. 辐射防护, 1992, 12(2): 101.
- [2] GB18871-2002, 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
- [3] GBZ177-2006, 便携式 X 射线检查系统放射卫生防护标准[S].
- [4] 张蕊雪, 王利华, 赵福祥. PET/CT 工作场所放射性水平监测及分析[J]. 中国辐射卫生, 2007, 16(1): 48.

(收稿日期: 2008-12-22)

谱,并根据系统参数计算出 ^{222}Rn 和 ^{220}Rn 浓度。现场测量时,将 ERS-2 氡析出率仪的衰变计数室置于平整的土壤表面,周围用土压实密封。设定计数周期为 10min,启动 2 500V 高压开始测量。一般测量 4~5 个周期,采用被动扩散和静电收集的方式测量衰变计数。

3 质量控制措施

3.1 测量规范 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 核素含量及总 γ 的测定按地矿行业标准 DZ/T0205—1999《地面 γ 能谱测量技术规程》进行高精度测量,测定允许误差为: ^{238}U 含量 $\leq \pm 1.5 \times 10^{-6}$; ^{232}Th 含量 $\leq \pm 2.0 \times 10^{-6}$; ^{40}K 含量 $\leq \pm 0.5\%$; 总道含量 $\leq \pm 10\%$ 。

土壤氡浓度测量按核行业标准 EJ/T605—91《氡及其子体测量规范》和国家建设部标准 GB50325—2001《民用建筑工程室内环境污染控制规范》关于现场测量土壤氡浓度的要求进行。

3.2 仪器标定 CKL-3120X- γ 剂量率仪、FD-3017RaA 测氡仪使用前经过一级放射性计量检测站标定。FD-3017RaA 测氡仪本底 < 4 脉冲/h; 换算系数 $J = 146 (\text{Bq}/\text{m}^3)/\text{脉冲}$ 。

FD-3022 γ 谱仪使用前经过一级放射性检定模型站标定,在混合饱和模型上进行检定,其误差为:铀道,1.9%;钍道,2.0%;钾道,-4.6%。

3.3 本底测量 CKL-3120X- γ 剂量率仪、FD-3022 γ 谱仪本底测量采用水面法,在水深大于 5m,距岸边大于 1km 的某水库中心水面上测量了仪器本底。

3.4 仪器稳定性测试 在整个工作期间,利用仪器的工作源和室内固定比对点仪器进行长期稳定性测试。CKL-3120X- γ 剂量率仪单次测量的最大变异系数为 9.42%,平均变异系数最大值为 4.5%。参考源单次测量最大变异系数 6.91%,平均变异系数最大 1.98%。FD-3022 γ 谱仪测定允许误差为: ^{238}U 含量 $\leq \pm 1.5 \times 10^{-6}$; ^{232}Th 含量 $\leq \pm 2.0 \times 10^{-6}$; ^{40}K 含量 $\leq \pm 0.5\%$; 总道含量 $\leq \pm 10\%$ [2]。

3.5 实验室谱仪分析 采用低本底 HPGe γ 谱仪测量系统来测量土壤中的 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 核素的放射性活度浓度。谱仪的能量分辨率($E_{\gamma} = 1.33\text{MeV}$):1.87keV; 相对效率($E_{\gamma} = 1.33\text{MeV}$):48.3%; 积分本底(50~2 000keV):85.2cpm。

根据样品放射性强弱选择测量时间,一般在 6~10h 之间,保证对 ^{226}Ra 的测量误差小于 3% [3]。

4 测量结果分析

4.1 地面核素现场测量与室内分析结果比较 表 1 是 87 个测点的现场测量的特征参数值。实验室采用低本底 HPGe γ 谱仪测量系统分析了相同点位的 87 个样品,测量结果见表 2。在计算平均值时,对小于谱仪探测下限值的铀的含量按下限值计算。

现场测量平均值与试验室分析平均值的误差: ^{238}U 含量的误差为 -0.31×10^{-6} ; ^{232}Th 含量的误差为 0.88×10^{-6} ; 钾含量误差为 0.58%。

表 1 FD-3022 γ 能谱现场测量结果

特征值	$w(\text{U})/10^{-6}$	$w(\text{Th})/10^{-6}$	$w(\text{K})/10^{-2}$
x_{\max}	5.0	37.57	6.67
x_{\min}	0.90	3.97	1.7
\bar{x}	2.18	15.42	3.8
s	0.787	5.88	1.02

表 2 实验室谱仪分析结果

特征值	$w(\text{U})/10^{-6}$	$w(\text{Th})/10^{-6}$	$w(\text{Ra})/10^{-13}$	$w(\text{K})/10^{-2}$
x_{\max}	5.87	37.78	12.9	5.27
x_{\min}	< 0.65	1.38	2.34	0.24
\bar{x}	2.59	14.54	6.72	3.59
s	1.20	4.74	2.43	0.801

4.2 空气剂量率测量值与计算值比较 用 FD-3022 γ 谱仪测量的核素含量值,采用下式 [4] 计算离地面 1m 高空气吸收剂量率:

$$D(\text{nGy}/\text{h}) = 13.08eK(10^{-2}) + 5.674eU(10^{-6}) + 2.495eTh(10^{-6})$$

式中, eK , eU , eTh 分别表示 K, U, Th 的含量。用 CKL-3120 X- γ 剂量率仪直接测量和用 FD-3022 γ 谱仪测量的核素含量间接计算结果见表 3,样品数为 87 个。

用 CKL-3120 X- γ 剂量率仪直接测量和用 FD-3022 γ 谱仪测量的核素含量间接计算结果相对误差为 11%,小于 30%。

表 3 地表 γ 辐射空气剂量率($\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}$)

直接测量算术均值	间接计算算术均值	相对误差
88.9 ± 21.8	100.5 ± 21.4	11%

4.3 土壤氡浓度和氡析出率相关性分析 图 1 表明,土壤氡浓度和氡析出率基本呈正相关关系,但是存在奇异点。其中,测点 5 和测点 9 位于断裂带上,测点 7 的土壤层较厚、保存完好。这正反映了青岛地区地质构造特点。从图 2 可以看出,氡析出率与 ^{226}Ra 活度浓度不存在线性相关性。

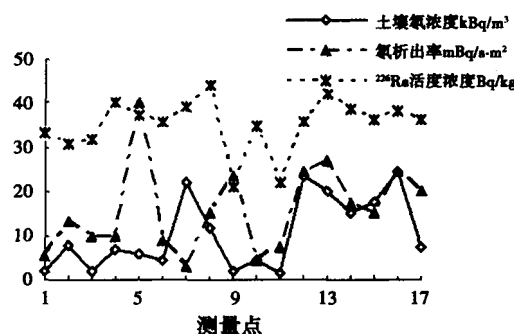


图 1 土壤氡浓度、氡析出率与 ^{226}Ra 活度浓度

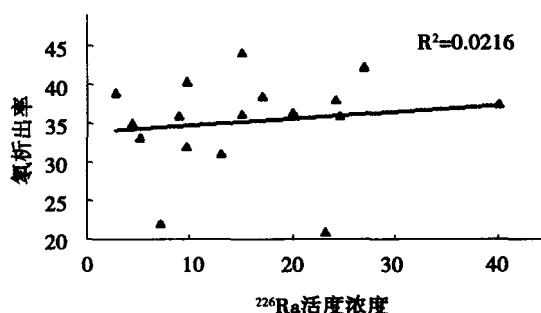


图 2 氡析出率与 ^{226}Ra 活度浓度相关性分析

5 结论与建议

运用现有的地质系统单位的仪器,在一定的方法技术条件下可以满足青岛地区天然放射性测量要求。

青岛地区天然放射性填图可以选择有限的剖面,采用地质系统现有的仪器,按照一系列规范的操作方法,现场测量剂量率、核素含量和氡析出率。同时,采用室内谱仪分析土壤铀(^{238}U)、镭(^{226}Ra)、钍(^{232}Th)、钾(^{40}K)含量,作为质量控制。可以减少现场谱仪和土壤氡浓度测点数量,提高效率。

参考文献:

- [1] CSIC-EJ, EJ/T605-91, 氡及其子体测量规范[S].
- [2] CSIC-EJ, DZ/T0205-1999, 地面 γ 能谱测量技术规程[S].
- [3] SBTS, GB/T13073-91, 岩石样品中 ^{226}Ra 的分析方法[S].
- [4] 奚小环. 生态地球化学与生态地球化学评价[J]. 物探与化探, 2004, 28(1): 11~15.

(收稿日期:2008-12-24)