

青岛地区土壤氡填图技术方法研究

高 正, 李 震, 陈鲁宁, 蒋以山

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)04-0462-02

【摘要】 目的 探讨青岛地区土壤氡填图技术方法。方法 分别采用 FD-3017Ra测氡仪、ERS-2型测氡仪和 HRGe γ 谱仪测量土壤中氡的浓度、土壤表面氡析出率和土壤中核素 ^{226}Ra 的活度。结果 土壤中氡浓度和氡析出率呈正相关关系, 氡析出率与 ^{226}Ra 比活度不存在线性相关性。结论 青岛地区氡填图应该结合氡析出率的测量。

【关键词】 氡填图; 土壤氡浓度; 氡析出率

青岛地区属于花岗岩地区, 主要构造是北东向展布的平缓宽阔的褶皱, 北东向断裂构造甚为发育, 有两条较大断裂带。青岛市区土壤覆盖层很薄, 平均只有 20 cm 左右。因此有必要探索适合青岛地区地质特点的氡填图技术方法。

1 土壤氡浓度测量

1.1 仪器原理 土壤氡浓度的测量仪器采用 FD-3017Ra测氡仪。FD-3017Ra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。

氡射气衰变产生子体 RaA 在初始形成的瞬间为带正电的离子, 本仪器就是利用它的带电特性, 采用加电场的方式对它进行收集, 使 RaA 离子在电场作用下被收集在带负高压的金属收集片上, 在经过一段时间加电收集后, 测量 RaA 的 α 放射性, 其强度与氡浓度成正比, 按下式可直接计算氡浓度:

$$C_{Rn} = J \times N_{RaA}$$

式中: C_{Rn} —氡浓度 (Bq/m³); J—换算系数 (Bq/m³) / 脉冲, 由标定确定, 此系数包含了装置的子体收集效率和探测器效率等因素。

为确保测量道宽内的计数全部由 RaA 的 α 所贡献, 仪器采用固定的大道宽微分测量方法, 其上下阈值范围选在 2.0~

作者单位: 潜艇学院, 山东 青岛 266071
作者简介: 高正 (1967~), 男, 山东省人, 副教授, 从事舱室环境教学与研究工作。

表 2 不同材料的放射性污染去污率¹⁾

表面 材料	一次冲洗去污率(%)				值 (%)	二次冲洗去污率(%)				值 (%)
	样品编号					样品编号				
	1	2	3	4		1	2	3	4	
黑色花岗岩	99.6	99.5	99.8	99.9	99.7	——	——	——	——	——
雅迪高橡胶地板	100	99.5	99.8	99.1	99.6	——	——	——	——	——
黑灰地砖	99.2	99.4	99.8	99.6	99.5	99.6	99.6	99.8	99.7	99.7
白纹墙砖	99.4	99.2	99.1	99.0	99.2	99.5	99.30	99.20	99.30	99.3
PVC板	97.3	98.0	98.5	98.4	98.0	99.1	98.5	99.2	99.6	99.1
绿麻地砖	98.2	98.9	99.4	99.1	98.9	99.8	99.20	99.60	99.70	99.6
黄烟地砖	98.8	98.9	99.1	98.4	98.8	99.0	99.30	99.40	99.00	99.2
黄灰地砖	98.4	98.9	98.9	99.0	98.8	98.4	99.3	99.4	99.1	99.0
蓝色地砖	98.5	98.7	98.8	99.2	98.8	99.4	99.3	99.6	99.6	99.5
玻璃	98.6	99.1	98.6	99.0	98.8	98.6	99.1	98.4	99.10	98.8
白色瓷砖	98.3	98.1	98.4	98.6	98.4	98.7	98.8	98.5	98.90	98.7
中国黑石材	98.8	98.2	97.3	98.1	98.1	99.0	98.9	98.2	98.80	98.7
大理石(树挂冰花)	98.1	97.7	96.30	97.4	97.4	98.2	98.0	97.0	98.0	97.8
白色大理石	97.6	97.2	96.6	97.1	97.1	98.5	98.5	97.9	98.30	98.3
黑灰马可波罗地砖	98.8	96.4	98.2	97.1	96.9	98.4	97.6	98.0	98.0	98.0
油漆厚木板	97.5	96.3	97.0	96.2	96.8	98.4	97.90	98.20	96.60	97.8
大理石(浅芝麻白)	97.1	97.0	96.0	96.4	96.6	97.6	97.90	96.90	97.50	97.5
白橡胶	96.4	95.8	95.5	96.2	96.0	97.3	97.20	96.50	96.80	97.0
高密度板	97.5	96.1	92.9	95.5	95.5	97.8	96.2	93.7	96.40	96.0
彩钢板	95.3	96.1	95.0	95.1	95.4	96.2	96.5	96.8	96.50	96.5
花岗岩(白麻)	95.1	96.3	94.8	95.6	95.4	96.2	97.1	96.8	95.80	96.4
黑胶皮	94.8	92.9	94.9	94.6	94.3	95.5	93.8	95.6	95.80	95.2
大理石(深芝麻白)	95.3	96.1	96.5	93.7	95.4	95.2	96.3	97.5	95.6	96.1
不锈钢板	96.2	95.4	91.0	97.1	94.9	98.1	98.30	97.10	97.60	97.8
福建芝麻白	97.0	94.7	96.0	90.0	94.4	98.2	95.4	96.7	93.70	96.0
花岗岩	90.2	93.0	89.8	93.2	91.6	92.6	94.3	91.9	94.40	93.3%
厚红地砖	77.5	76.6	82.7	74.4	77.8	80.8	80.0	83.6	77.20	80.4
蓝白花地砖	48.4	54.8	61.2	57.5	55.5	53.8	60.0	64.9	61.60	60.1
铅皮	22.0	17.2	18.90	16.0	18.5	23.5	17.90	30.50	17.40	22.3

注: 污染滞留时间为 5 min 污染强度 240~1 600 cps/100 cm²。

二次去污率的两两比较结果为: PVC板、白纹墙砖、黑灰地砖、黄灰地砖、黄烟地砖、蓝色地砖、绿麻地砖与花岗岩有显著性差异 ($P < 0.05$) 说明花岗岩的二次去污率要低于以上几种表面材料。其他材料的两两比较都没有任何差异。

3 结论与建议

(1) 在此次调查中发现, 大多数实验室的墙面采用的是墙面漆或乳胶漆, 一旦发生放射性污染不容易去除, 建议核医学实验室的墙体采用彩钢板或不锈钢等材料;

(2) 实验台面最好选用高密度板 (防火、防水) 或玻璃、橡胶等材料;

(3) 地面选择橡胶地板、地板革、大块瓷砖、大理石、花岗岩等, 但这些材料在选取时最好选择密度大且表面光滑的材料。

因为目前建材市场品种繁杂, 工艺千差万别, 产品更新换代较快, 所以无法提供具体的去污率高的表面材料。去污率在 90% 以上的材料都可以作为选择的对象, 本次实验调查的结果仅供参考, 在具体的表面材料选取上最好选择表面光滑、吸水性差的材料; 材料种类可选取橡胶地板、地板革、玻璃、PVC板、高密度板、石材等。对于石材最好选择密度大且表面光滑的材料。为防止放射性污染的扩散以及放射污染事故的应急处理 (包括污染后的工作场所和受到放射性污染的各类人员的救治) 事先做好准备。

参考文献:

[1] 宋妙发, 符荣初, 刘梨, 等. 材料表面放射性沾染的无水去污技术研究 [J]. 苏州医学院学报, 1999: 487-488

(收稿日期: 2007-04-29)

6 0MeV之间, 保证 2 0MeV以下的低能噪声信号及 RaC的高能 α 均不被记录。

FD-3017Ra测氡仪的主要性能: 灵敏度: $\leq 300\text{Bq/m}^3$; 金硅面垒型半导体探测器, 直径 26mm, 面积 531mm²; 本底 < 4 脉冲 / h 换算系数 J = 146 (Bq/m³) 脉冲。

1. 2 测量方法 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气浓度的要求进行。测点选择浮土出露大于 10m² 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 40~60cm 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 氡析出率测量

2. 1 仪器原理 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见图 1。该仪器使用金硅面垒型 (PIPS) α 探测器, 其工作原理是: 氡进入密封于被测物体表面或自身密封的集氡腔后, 其衰变产生的带正电的金属子体在衰变室壁 +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, 256道 α 谱仪根据探测到的不同能量 α 粒子的计数给出 α 能谱, 微处理器和计算芯片根据 α 能谱识别出 ²¹⁸Po 和 ²¹⁶Po 特征峰, 并根据系统参数计算出 ²²²Rn 和 ²²⁰Rn 浓度。存储器按照设定好的周期记录谱数据和氡浓度数据。

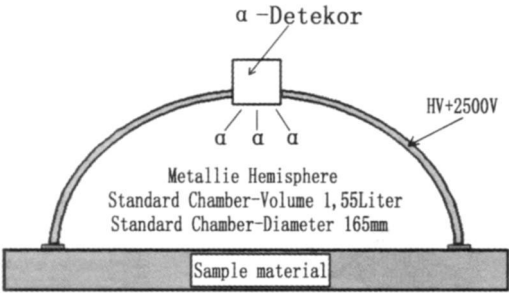


图 1 ERS-2型静电收集式氡采样器测量原理

测量结果的评价和计算由 α 谱仪给出的 α 计数谱完成。ERS-2 具有快速响应、效率高的特点, 仪器自带的微处理器和计算芯片将实时给出以 Bq/m³ 为单位的 ²²²Rn 和 ²²⁰Rn 浓度。仪器软件提供线性拟合、指数拟合与平台估计三种数据处理的方法。见图 2 图 3。

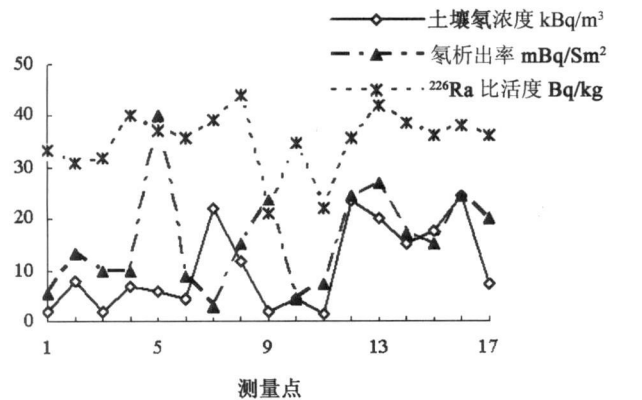


图 2 土壤氡浓度、氡析出率与 ²²⁶Ra 活度浓度

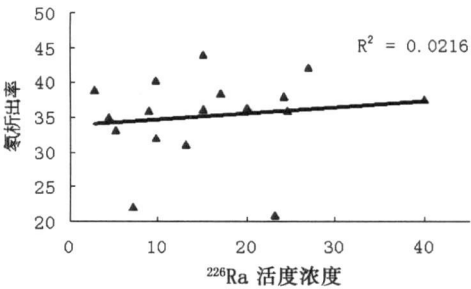


图 3 氡析出率与 ²²²Rn 活度相关性分析

2. 2 现场土壤表面析出率的测量 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室内氡浓度的变化。仪器的液晶屏将显示每分钟的氡浓度值和仪器的系统参数。每个周期末的氡浓度值及其相应的 α 谱数据将被记录和存储到仪器自带的存储器中。

3 土壤核素 ²²⁶Ra 含量测量

将现场采集来的土壤样品在实验室中制样, 通过测量 ²²⁶Ra 衰变系不同子体的特征 γ 辐射来测定母体 ²²⁶Ra 的活度来测量土壤中 ²²⁶Ra 核素的放射性活度浓度。这种测量方法的前提是放射性平衡, 样品密封平衡的时间通常在 20d 以上。

采用低本底 HPG γ 谱仪测量系统, 谱仪的主要性能指标如下: 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 ²²⁶Ra 的测量误差小于 3%^[2]。

4 测量结果与讨论

按照前述方法和技术, 测量了土壤氡浓度、土壤表面氡析出率和土壤中 ²²⁶Ra 核素的活度浓度, 并分析了土壤氡浓度、土壤氡析出率、土壤中 ²²⁶Ra 核素的活度浓度之间的关系。

图 2 的数据表明, 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 3 可以看出, 氡析出率与 ²²⁶Ra 活度浓度不存在线性相关性。

使用 FD-3017Ra 测氡仪可以定性测量土壤氡浓度, 快速找出高氡点。青岛地区断裂构造丰富, 土壤层较薄, 测量土壤氡浓度困难, 尤其是在一些构造带上, 土壤氡浓度不能很好表征青岛地区氡危害水平, 青岛地区氡填图应该结合氡析出率的测量。

参考文献:

[1] 谢学锦, 周国华. 多目标地球化学填图及多层次环境地球化学监控网络——基本概念与方法 [J]. 地质通报, 2002, 21 (12): 809~816
[2] SBT, GB/T13073-91 岩石样品中 ²²⁶Ra 的分析方法 [S].