

## F-HZ-HJ-HFS-0005

### 环境空气—氡的测定—活性炭盒法

#### 1 范围

本方法规定了可用于测量环境空气中氡及其子体的活性炭盒法。本方法适用于室内外空气中氡-222 及其子体 $\alpha$ 潜能浓度的测定。

氡子体 $\alpha$ 潜能：氡子体完全衰变为铅-210 的过程中放出的 $\alpha$ 粒子能量的总和。

氡子体 $\alpha$ 潜能浓度：单位体积空气中氡子体 $\alpha$ 潜能值。

滤膜的过滤效率：用滤膜对空气中气载粒子取样时，滤膜对取样体积内气载粒子收集的百分率。

计数效率：在一定的测量条件下，测到的粒子数与在同一时间间隔内放射源发射出的该种粒子总数之比值。

等待时间：从采样结束至测量时间中点之间的时间间隔。

探测下限：在 95%置信度下探测的放射性物质的最小浓度。

#### 2 原理

活性炭盒法也是被动式采样，能测量出采样期间内平均氡浓度，暴露 3 d，探测下限可达到  $6 \text{ Bq/m}^3$ 。

采样盒用塑料或金属制成，直径 6~10 cm，高 3~5 cm，内装 25~100 g 活性炭。盒的敞开面用滤膜封住，固定活性炭且允许氡进入采样器。如图 2 所示：

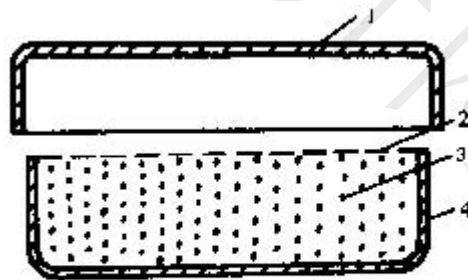


图 2 活性炭盒结构

1—密封盖；2—滤膜；3—活性炭；4—装炭盒

空气扩散进炭床内，其中的氡被活性炭吸附，同时衰变，新生的子体便沉积在活性炭内。用  $\gamma$  谱仪测量活性炭盒的氡子体特征 $\gamma$ 射线峰（或峰群）强度。根据特征峰面积可计算出氡浓度。

#### 3 仪器设备

3.1 活性炭，椰壳炭 8~16 目；

3.2 采样盒，直径 6~10 cm，高 3~5 cm；

3.3 烘箱；

3.4 天平，感量 0.1 mg，量程 200 g；

3.5  $\gamma$  谱仪，NaI (Tl) 或半导体探头配多道脉冲分析器；

3.6 滤膜。

#### 4 操作步骤

##### 4.1 样品制备

4.1.1 将选定的活性炭放入烘箱内，在 120℃ 下烘烤 5~6 h。存入磨口瓶中待用。

4.1.2 装样。称取一定量烘烤后的活性炭装入采样盒中，并盖以滤膜。

4.1.3 再称量样品盒的总重量。

4.1.4 把活性炭盒密封起来，隔绝外面空气。

##### 4.2 布放

4.2.1 在待测现场去掉密封包装，放置 3~7 d。

4.2.2 将活性炭盒放置在采样点上，其采样条件要满足附录 A（补充件）A2 的要求。

4.2.3 活性炭盒放置在距地面 50 cm 以上的桌子或架子上，敞开面朝上，其上面 20 cm 内不得有其他物体。

##### 4.3 样品回收

采样终止时将活性炭盒再密封起来，迅速送回实验室。

##### 4.4 记录

采样期间应记录的内容见附录 A（补充件）A3。

##### 4.5 测量与计算

###### 4.5.1 测量

a. 采样停止 3 h 后测量。

b. 再称量，以计算水分吸收量。

c. 将活性炭盒在  $\gamma$  谱仪上计数，测出氡子体特征  $\gamma$  射线峰（或峰群）面积。测量几何条件与刻度时要一致。

###### 4.5.2 计算

用式（1）计算氡浓度：

$$C_{Rn} = \frac{an_r}{t_1^b \cdot e^{-\lambda_{Rn}t_2}} \quad (1)$$

式中：  $C_{Rn}$  — 氡浓度，Bq/m<sup>3</sup>；

$a$  — 采样 1 h 的响应系数，Bq/m<sup>3</sup>/计数/min；

$n_r$  — 特征峰（峰群）对应的净计数率，计数/min；

$t_1$  — 采样时间，h；

$b$  — 累积指数，为 0.49；

$\lambda_{Rn}$  — 氡衰变常数  $7.55 \times 10^{-3}$ h；

$t_2$  — 采样时间中点至测量开始时刻之间的时间间隔，h。

## 5 质量保证措施

用活性炭盒法测氡的质量保证措施如下。要在不同的湿度下（至少三个湿度：30%、50%、80%）刻度其响应系数  $a$ 。

### 5.1 刻度

5.1.1 把制备好的采样器置于氡室内，暴露一定时间，用规定的蚀刻程序处理探测器，用式（2）计算刻度系数  $F_R$ 。

$$F_R = \frac{n_R}{T \cdot C_{Rn}} \quad (2)$$

式中符号意义见 4.6.2。

5.1.2 刻度时应满足下列条件：

- a. 氡室内氡及其子体浓度不随时间而变化。
- b. 氡室内氡水平可为调查场所的 10~30 倍。且至少要做两个水平的刻度。
- c. 每个浓度水平至少放置 4 个采样器。
- d. 暴露时间要足够长，保证采样器内外氡浓度平衡。
- e. 每一批探测器都必须刻度。

### 5.2 采平行样

要在选定的场所内平行放置 2 个采样器，平行采样，数量不低于放置总数的 10%，对平行采样器进行同样的处理，分析。

由平行样得到的变异系数应小于 20%，若大于 20%时，应找出处理程序中的差错。

### 5.3 留空白样

在制备样品时，取出一部分探测器作为空白样品，其数量不低于使用总数的 5%。空白探测器除不暴露于采样点外，与现场探测器进行同样处理。空白样品的结果即为该探测器的本底值。

## 6 参考文献

GB/T 14582-93

### 附录 A：室内标准采样条件

（补充件）

#### A1 室内空气 D 氡测量的目的

##### A1.1 普查

调查一个地区或某类建筑物内空气中氡水平，发现异常值。

##### A1.2 追踪

追踪测量的目的是：

- a. 确定普查中的异常值；
- b. 估计居住者可能受到的最大照射；

- c. 找出室内空气中氡的主要来源；
- d. 为治理提供依据。

### A1.3 剂量估算

测量结果用于居民个人和集体剂量估算，进行剂量评价。

## A2 标准采样条件

### A2.1 普查的采样条件

A2.1.1 总的要求是：测量数据稳定，重复性好。

A2.1.2 具体条件：

- a. 采样要在密闭条件下进行，外面的门窗必须关闭，正常出入时外面门打开的时间不能超过几分钟。这种条件正是北方冬季正常的居住条件，因此普查测量最好在冬季进行。
- b. 采样期间内外空气调节系统（吊扇和窗户上的风扇）要停止运行。
- c. 在南方或者北方夏季采样测量，也要保持密闭条件。可在早晨采样，要求居住者前一天晚上关闭门窗，直到采样结束再打开。
- d. 若采样前 12 h 或采样期间出现大风，则停止采样。

A2.1.3 选择采样点要求：

- a. 在近于地基土壤的居住房间（如底层）内采样。
- b. 仪器布置在室内通风率最低的地方，如内室。
- c. 不设在走廊、厨房、浴室、厕所内。

A2.1.4 采样时间：对于不同的方法、仪器所需要的采样时间列于表 A1。

### A2.2 追踪测量的采样条件

A2.2.1 总的要求：

- a. 真实、准确。
- b. 找出氡的主要来源。

A2.2.2 具体条件同 A2.1.2 条。

表 A1 普查测量的采样时间

仪器（方法）	采样时间
$\alpha$ 径迹探测器	在密闭条件下，放置 3 个月
活性炭盒	在密闭条件下，放置 2~7d
氡子体累积采样单元	在密闭条件下，连续采样 48 h
连续氡水平监测仪	在密闭条件下，采样测量 24 h
连续氡监测仪	在密闭条件下，采样测量 24 h
瞬时法	在密闭条件下，上午 8~12 时采样测量，连续 2 d

A2.2.3 选择采样点的要求：

- a. 重测普查中采样点；
- b. 为找出氡的主要来源，可在其他地方布点。

A2.2.4 采样时间：追踪测量中的采样时间见 A2.1.4 条。

### A2.3 剂量估算测量的采样条件

#### A2.3.1 总的要求：

a. 良好的时间代表性。测量结果能代表一年中的平均值，并反映出不同季节氡及其子体浓度的变化。

b. 良好的空间代表性。测量结果能代表住房内的实际水平。

#### A2.3.2 具体条件。采样条件即为正常的居住条件。

#### A2.3.3 采样点的选择。在室内布置采样点必须满足下列要求：

a. 在采样期间内采样器不被扰动；

b. 采样点不要设在由于加热、空调、火炉、门、窗等引起的空气变化较剧烈的地方；

c. 采样点不设在走廊、厨房、浴室、厕所内；

d. 采样点应设在卧室、客厅、书房内；

e. 若是楼房，首先在一层布点；

f. 被动式采样器要距房层外墙 1 m 以上，最好悬挂起来。

#### A2.3.4 采样时间。剂最估算测量的采样时间列于表 A2。

表 A2 剂量估算测量的采样时间

仪器（方法）	采样时间
$\alpha$ 径迹探测器	正常居住条件下，放置 12 个月
活性炭盒	正常居住条件下，每季测 1 次，每次放置 2~7 h
氡子体累积采样单元	正常居住条件下，每季测 1 次，每次采样 48 h
连续资用水平监测仪	正常居住条件下，每季测 1 次，每次测 24 h
连续氡监测仪	正常居住条件下，每季测 1 次，每次测 24 h
瞬时法	正常居住条件下，每季测 1 次，每次测 2 d

### A3 采样记录内容

在采样期间必须做好记录，其内容如下：

a. 村庄（街道）、房号、户主姓名；

b. 采样器的类型、编号；

c. 采样器在室内的位置；

d. 采样开始和终止日期、时间；

e. 是否符合标准采样条件；

f. 采样器是否完好，计算结果时要做何修正；

g. 采样温度、湿度、气压等气象参数；

h. 采样者姓名；

i. 其他有用资料，如房屋类型、建筑材料、采暖方式、居住者的吸烟习惯，室内电扇、空调

器等运转情况。

## 附录 B: 剂量估算公式

(参考件)

**B1** 居民吸入氡子体所产生的年有效剂量当量用式 (B1) 计算:

$$H_{E(\alpha)} = 8760 [k_{in} f_{in} c_{pin} + k_{ou} f_{ou} c_{pou}] \quad (B1)$$

式中:  $H_E(\alpha)$  ——年有效剂量当量, Sv;

8 760 ——全年的小时数, h;

$k$  ——居留因子, 脚标 in、ou 分别表示室内外;

$f$  ——剂量转换因子, 脚标 in、ou 分别表示室内外;

$c_p$  ——氡子体 $\alpha$ 潜能浓度,  $J \cdot h/m^3$ , 脚标 in、ou 分别表示室内外。

**B2** 居留因子  $k$ , 由实际调查结果确定, 也可采用国内外的推荐值。

**B3** 居民吸入氡子体的剂量转换因子列于表 B1。子体浓度是以  $J/m^3$  和平衡等效氡浓度两种形式给出的。

表 B1 居民吸入氡子体的剂量转换因子

核素	单位	成人		儿童 (10~10 岁)	
		室内	室外	室内	室外
氡子体	Sv/ ( $J \cdot h/m^3$ )	1.8	2.5	2.7	3.8
	Sv/ ( $Bq \cdot h/m^3$ )	$1.0 \times 10^{-8}$	$1.4 \times 10^{-8}$	$1.5 \times 10^{-8}$	$2.1 \times 10^{-8}$

## 附录 C: 适用于环境空气中氡及其子体的测量方法

(参考件)

**C1** 氡的测量方法

适用于环境空气中氡的测量方法摘要列于表 C1。

表 C1 环境空气中氡的测量方法

方法	采样方式	采样动力	探测器	探测下限	说明
$\alpha$ 径迹蚀刻法	累积	被动式	聚碳酸酯膜 CR-39	$2.1 \times 10^3 Bq \cdot h/m^3$	
活性炭盒法	累积	被动式	NaI (Tl) 或半导体	$6 Bq/m^3$	
双滤膜法	瞬时	主动式	金硅面	$3.3 Bq/m^3$	
气球法	瞬时	主动式	金硅面	$2.2 Bq/m^3$	200 L 气球
连续氡监测仪	连续	主动式	金硅面	$10 Bq/m^3$	
闪烁室法	瞬时或连续	主动式	闪烁室	$40 Bq/m^3$	0.5 L 闪烁室
活性炭浓集法	瞬时	主动式	闪烁室或电离室	$3 Bq/m^3$	

**C2** 子体测量方法

适用于环境空气中氡子体测量方法摘要列于表 C2。

表 C2 环境空气中氡子体测量方法

方法	采样方式	采样动力	探测器	探测下限	说明
被动式 $\alpha$ 径迹蚀刻法	累积	被动式	聚碳酸酯膜 CR-39	$6 \times 10^{-5} \text{J} \cdot \text{h}/\text{m}^3$	
主动式 $\alpha$ 径迹蚀刻法	累积	主动式	聚碳酸酯膜 CR-39	$2.1 \times 10^{-5} \text{J} \cdot \text{h}/\text{m}^3$	用泵或加 静电场
氡子体累积采样单元	累积	主动式	TLD	$1 \times 10^{-8} \text{J}/\text{m}^3$	
库斯尼茨法	瞬时	主动式	金硅面	$1 \times 10^{-8} \text{J}/\text{m}^3$	
马尔柯夫法	瞬时	主动式	金硅面	$5.7 \times 10^{-8} \text{J}/\text{m}^3$	
三段法	瞬时	主动式	金硅面	$2.0 \times 10^{-8} \text{J}/\text{m}^3$	

中国环境信息网