

### 建筑材料氡射气系数的测量方法

Method for measuring radon emanation coefficient of building materials

2020-04-03 发布

2020-10-01 实施

---

中华人民共和国国家卫生健康委员会 发布

# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 测量系统 .....	2
5 样品制备与测量 .....	2
6 不确定度的要求与评定 .....	4
附录 A（资料性附录） 建筑材料氡射气系数测量系统简要示意图 .....	5
附录 B（资料性附录） 建筑材料氡射气系数测量的不确定度评定示例 .....	6
参考文献 .....	8

## 前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准起草单位：中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、合肥水泥研究设计院、南华大学。

本标准主要起草人：邓君、王拓、范胜男、郝述霞、刘晓惠、孙全富、苏旭、章诚、周青芝。

# 建筑材料氡射气系数的测量方法

## 1 范围

本标准规定了采用循环流气方式进行建筑材料氡射气系数测量的方法。  
本标准适用于建筑材料中的氡射气系数测量。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 6566 建筑材料放射性核素限量

GB/T 11743 土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法

GBZ/T 182 室内氡及其衰变产物测量规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**氡浓度** radon concentration

单位体积空气中氡-222的放射性活度。

注:国际单位制(SI)单位为 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

### 3.2

**氡射气系数** radon emanation coefficient

单位时间间隔内,从建材中放出的氡浓度量与同一时间在建材里所形成的氡浓度总量的比值,常用符号  $e$  表示,其数值在 0~1 之间变化。

### 3.3

**$^{226}\text{Ra}$  放射性比活度** specific activity of  $^{226}\text{Ra}$

物质中的核素 $^{226}\text{Ra}$ 放射性活度与该物质的质量之比值。

注:SI单位为  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

### 3.4

**测量腔室** measuring chamber

采用不锈钢或有机玻璃等不易吸附氡的材料制作的,具有良好气密性且留有进出气口的规则容器。

## 3.5

## 测量系统氡泄漏率 radon leakage rate of measuring system

由于测量腔室的气密性问题或管路接口泄露等原因导致整个测量系统回路内氡泄漏的速率。

注：SI单位为  $\text{h}^{-1}$ 。

## 4 测量系统

## 4.1 测量系统构成

建筑材料氡射气系数的测量系统主要由连续测氡仪、测量腔室和相关的连接管路组成。系统构成的示意图参见附录A。

## 4.2 测量系统的一般性能要求

4.2.1 测量系统的氡泄漏率 ( $\lambda_v$ ) 应小于  $0.0007 \text{ h}^{-1}$ 。氡泄漏率的确定可参照 5.2.1~5.2.3 进行。

4.2.2 测量腔室内自由气体体积为测量腔室内部体积与样品体积之差。该体积应大于样品、测氡仪收集腔体体积和气路体积之和的 5 倍以上，以保证所有从建材样品析出的氡能完全释放至测量腔室内。

4.2.3 测量时，测量腔室内温度应在  $20\text{ }^\circ\text{C}\sim 22\text{ }^\circ\text{C}$ ，相对湿度应在 40%~50%。

## 4.3 氡测量仪

氡浓度的测量采用连续测氡仪，宜选用闪烁室、脉冲电离室或半导体等作为探测器的连续测氡仪。连续测氡仪的探测下限应  $\leq 10 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ，且在检定或校准有效期内。

## 5 样品制备与测量

## 5.1 样品制备

用于氡射气系数测量的建材样品采用市售成品，测量前应尽量不改变其尺寸规格，并静置在  $20\text{ }^\circ\text{C}\sim 22\text{ }^\circ\text{C}$  和相对湿度 40%~50% 环境中不少于 24 h。

## 5.2 测量系统氡泄漏率的测量

5.2.1 将某一浓度（约  $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}\sim 800 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ）的氡气充入测量腔室。采用连续测氡仪测量腔室内氡浓度变化，测量时间不少于 7 d。连续测氡仪测量氡浓度的读数周期为 1 h~2 h。

5.2.2 对测量系统内的初始氡浓度  $C_0$  和  $t$  时刻的氡浓度  $C(t)$  按指数衰减规律进行回归，通过式 (1)

获得测量系统氡的有效衰减率  $\lambda_{eq}$ ：

$$C(t) = C_0 e^{(-\lambda_{eq}t)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$C(t)$  ——  $t$  时刻测量系统内的氡浓度，单位为贝可每立方米 ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ )；

$C_0$  —— 测量系统内的初始氡浓度，单位为贝可每立方米 ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ )；

$\lambda_{\text{eq}}$  ——测量系统氡的有效衰减率，单位为每小时 ( $\text{h}^{-1}$ )；

$t$  ——测量时间，单位为小时 (h)。

5.2.3 测量系统的氡泄漏率为测量系统氡有效衰减率  $\lambda_{\text{eq}}$  和氡物理衰减率  $\lambda$  之差，可通过式(2)计算：

$$\lambda_{\text{V}} = \lambda_{\text{eq}} - \lambda \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\lambda_{\text{V}}$  ——测量系统的氡泄漏率，单位为每小时 ( $\text{h}^{-1}$ )；

$\lambda_{\text{eq}}$  ——测量系统氡的有效衰减率，单位为每小时 ( $\text{h}^{-1}$ )；

$\lambda$  ——氡物理衰减率， $0.00755 \text{ h}^{-1}$ 。

### 5.3 最大氡浓度和氡射气系数计算

#### 5.3.1 测量腔室内氡浓度

在放入样品之前测量腔室内的本底氡浓度  $C_{\text{b}}$ ，测量时间不少于 1 h；将建材样品放入测量腔室，密封腔室后，采用连续测氡仪，每隔 1 h~3 h 测量腔室内的氡浓度，连续测量时间不小于 7 d。建筑材料氡射气系数测量系统的搭建和管路连接等参照附录 A。氡浓度的测量参照 GBZ/T 182。

#### 5.3.2 建材放射性核素 $^{226}\text{Ra}$ 比活度

建材样品中放射性核素  $^{226}\text{Ra}$  比活度的测量参照 GB 6566 和 GB/T 11743 进行。

#### 5.3.3 测量腔室内最大氡浓度 ( $C_{\text{max}}$ )

基于腔室内不少于 7 d 的氡浓度连续测量数据，根据式 (3) 通过数据拟合方法求出腔室内最大氡浓度  $C_{\text{max}}$ ：

$$C(t) = C_{\text{b}} e^{(-\lambda_{\text{eq}} t)} + C_{\text{max}} [1 - e^{(-\lambda_{\text{eq}} t)}] \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$C(t)$  ——  $t$  时刻测量腔室内氡浓度，单位为贝可每立方米 ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ )；

$C_{\text{b}}$  ——测量腔室本底氡浓度，单位为贝可每立方米 ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ )；

$\lambda_{\text{eq}}$  ——测量系统氡的有效衰减率，单位为每小时 ( $\text{h}^{-1}$ )；

$t$  ——测量时间，单位为小时 (h)；

$C_{\text{max}}$  ——测量腔室内氡的最大浓度，单位为贝可每立方米 ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ )。

#### 5.3.4 氡射气系数

5.3.4.1 从测量腔室取出样品后，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  条件下干燥、称重，再次干燥，6 h 后再称重，直至恒重，获得恒重状态的样品质量  $m$ 。

5.3.4.2 根据式(4)，计算建材的氡射气系数  $e$ ：

$$e = \frac{C_{\max} V_{\text{air}}}{A_{\text{Ra}} m} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$e$  ——建筑材料氡射气系数，无量纲；

$C_{\max}$  ——测量腔室内氡的最大浓度，单位为贝可每立方米 ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ )；

$V_{\text{air}}$  ——测量系统内自由气体体积，单位为立方米 ( $\text{m}^3$ )；

$A_{\text{Ra}}$  ——建材样品的  $^{226}\text{Ra}$  放射性比活度，单位为贝可每千克 ( $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ )；

$m$  ——恒重状态的样品质量，单位为千克 (kg)。

## 6 不确定度的要求与评定

6.1 在报告检测结果时，应给出不确定度的评定，方法参见附录 B。

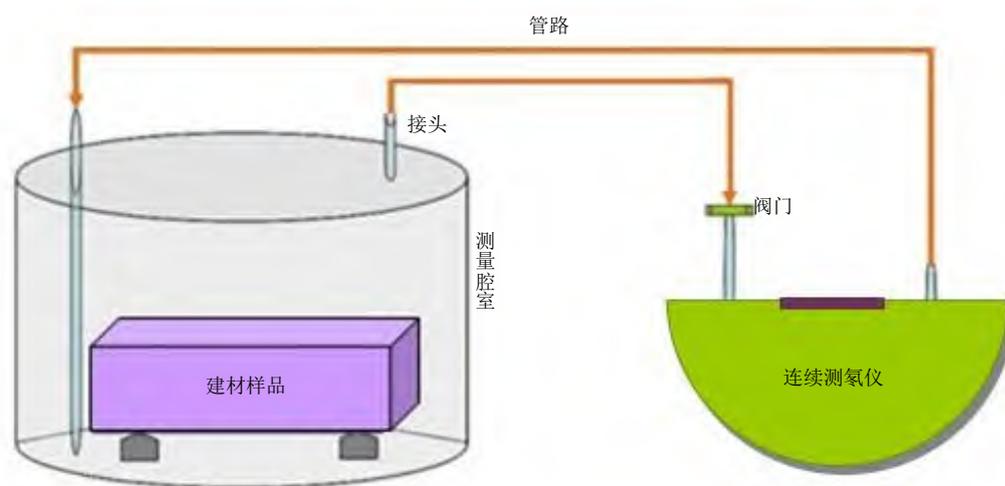
6.2 评定不确定度的分量应按下列类别给出：

- a) 不确定度的 A 类评定：用对重复性条件测量所得量值，进行统计分析的方法评定的不确定度；
- b) 不确定度的 B 类评定：采用非统计分析方法评定的不确定度。

6.3 如果遵从本标准，在实验室条件下，测量系统测量建材氡射气系数的相对扩展不确定度应优于 35% ( $k=2$  或 95%置信度)。

附录 A  
(资料性附录)  
建筑材料氡射气系数测量系统简要示意图

建筑材料氡射气系数测量系统的搭建和管路连接等参照图A.1 进行。



图A.1 建筑材料氡射气系数测量系统简要示意图

附 录 B  
(资料性附录)

建筑材料氡射气系数测量的不确定度评定示例

B.1 氡射气系数测量与计算的不确定度评定包括A类和B类评定

B.1.1 A类不确定度分量主要来源如下:

- a) 氡浓度测量的偏差,  $u_b$ ;
- b) 测量系统自由气体体积测量引入的不确定度分量,  $u_v$ ;
- c) 建材样品的恒重状态质量测量引入的不确定度分量,  $u_m$ 。

B.1.2 B类不确定度分量主要来源包括:

- a) 有效衰减系数引入的不确定度分量,  $u_d$ ;
- b) 建材样品的  $^{226}\text{Ra}$  比活度测量系统引入的不确定度分量,  $u_{\text{Ra}}$ ;
- c) 连续测氡仪的校准偏差,  $u_{\text{Rn}}$ 。

B.2 相对扩展不确定度

建材氡射气系数测量结果的相对扩展不确定度可用式 (B.1) 计算, 包含因子取  $k=2$ :

$$U = 2\sqrt{u_b^2 + u_v^2 + u_m^2 + u_d^2 + u_{\text{Ra}}^2 + u_{\text{Rn}}^2} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$U$  ——建材氡射气系数测量结果的相对扩展不确定度;

$u_b$  ——氡浓度测量的偏差;

$u_v$  ——腔室内自由气体体积测量引入的不确定度分量;

$u_m$  ——建材样品的恒重状态质量测量引入的不确定度分量;

$u_d$  ——有效衰减系数测量引入的不确定度分量;

$u_{\text{Ra}}$  ——建材样品的  $^{226}\text{Ra}$  放射性比活度测量系统引入的不确定度分量;

$u_{\text{Rn}}$  ——连续测氡仪的校准偏差。

## B.3 计算示例

表B.1给出了建材氡射气系数测量不确定度评定中各不确定度分量的典型值，并根据式(B.1)计算不确定评定结果。

表B.1 建材氡射气系数测量各不确定度分量的典型值和不确定结果

$u_b$	$u_v$	$u_m$	$u_{Ra}$	$u_d$	$u_{Rn}$	$U(k=2)$
6 %	3 %	2 %	4 %	8 %	10 %	30 %

参 考 文 献

- [1] GB 50325—2010 民用建筑工程室内环境污染控制规范
- [2] The Standards Institution of Israel. ISRAEL STANDARD 5098, Content of Natural Radioactive Elements in Building Products[S]. Tel Aviv: Reshumot, 2010.
- [3] 张智慧. 空气中氡及其子体的测量方法[M]. 原子能出版社. 1994.
-