

GBZ

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T 182—2006

室内氡及其衰变产物测量规范

Specifications for monitoring of indoor radon and its decay products

2006-11-03 发布

2007-04-01 实施



中华人民共和国卫生部 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 室内氡浓度测量程序	2
5 质量保证	6
附录 A（规范性附录）连续测量法	8
附录 B（规范性附录）驻极体测量法	10
附录 C（规范性附录）测量方法的选择	12
附录 D（资料性附录）住宅氡浓度采样及现场检测原始记录	13
附录 E（资料性附录）非住宅氡浓度采样及现场检测原始记录	14

前 言

本标准参考了美国国家环保局(EPA)《室内氡及其衰变产物的测量方案》(402-R-92-003)和《室内氡及其衰变产物测量装置方案》(402-R-92-004)中的部分内容和原则,对室内氡的采样布点、测量方法、测量报告、结果评价和质量保证等做了规定。

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 为规范性附录,附录 D 和附录 E 为资料性附录。

本标准由卫生部放射卫生防护标准专业委员会提出。

本标准由中华人民共和国卫生部批准。

本标准由中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所起草。

本标准起草人:尚兵、李先杰、朱立、张林、吉艳琴、崔宏星。

室内氡及其衰变产物测量规范

1 范围

本标准规定了室内氡及其衰变产物浓度测量的程序、结果评价和质量保证等技术内容。

本标准适用于住宅、工作场所和公共场所等室内氡及其衰变产物的测量。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 14582 环境空气中氡的标准测量方法
- GB/T 16146—1995 住房内氡浓度控制标准
- GB/T 16147 空气中氡浓度的闪烁瓶测量方法
- GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- GB/T 18883—2002 室内空气质量标准
- GB 50325—2001 民用建筑工程室内环境污染控制规范
- EJ/T 378—89 铀矿山空气中氡及氡子体测定方法
- EJ/T 605—91 氡及其子体测量规范
- EJ/T 825—94 矿用便携式 α 潜能快速测量仪
- EJ/T 1133—2001 水中氡的测量规程
- HJ/T 61—2001 辐射环境监测技术规范
- JJG(核工)024—98 测氡仪检定规程
- JJG(核工)025—98 氡子体浓度测量仪检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 室内 indoor

室内是指人们生活、工作、学习、社交及其他活动所处的相对封闭的空间，包括住宅、办公室、学校教室、医院、候车(机)室、交通工具及体育、娱乐等室内活动场所。

3.2 氡 radon

一种由镭原子衰变产生的原子序数为 86 的无色、无味、无臭的放射性惰性气体。自然界中有几种氡的同位素存在，室内氡仅指 ^{222}Rn 。

3.3 氡衰变产物 radon decay products

也常被称为氡子体，指氡的短寿命衰变产物，主要包括钋-218(^{218}Po)、铅-214(^{214}Pb)、铋-214(^{214}Bi)和钋-214(^{214}Po)。

3.4 氡浓度 radon concentration

单位体积空气中氡的放射性活度，SI 单位为 Bq m^{-3} 。

3.5 平衡当量浓度 equilibrium equivalent(radon) concentration(EEC)

氡与其短寿命衰变产物处于平衡状态，并具有与实际非平衡混合物相同的 α 潜能浓度时氡的活度浓度，SI 单位为 EEC Bq m^{-3} 。

$$EEC_{Rn} = 0.104C(^{218}\text{Po}) + 0.514C(^{214}\text{Pb}) + 0.382C(^{214}\text{Bi})$$

式中:

$C(^{218}\text{Po})$ 、 $C(^{214}\text{Pb})$ 和 $C(^{214}\text{Bi})$ 分别表示 ^{218}Po 、 ^{214}Pb 和 ^{214}Bi 的活度浓度(Bq m^{-3})。

$$1\text{Bq m}^{-3} EEC_{Rn} = 5.56 \times 10^{-6} \text{mJ} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$= 2 \text{Bq m}^{-3} C_{Rn} (\text{若 } F=0.5)$$

3.6 平衡因子 **equilibration factor**

氡的平衡当量浓度与氡的实际浓度的比值,英文符号为 F 。

3.7 瞬时测量 **instantaneous measurement**

在一个相对短的时间范围内测量某时刻浓度值的方法。例如,闪烁瓶法、双滤膜法、气球法、电离室法和 α 潜能法等。

3.8 连续测量 **continuous measurement**

在固定的时间间隔内进行的不间断的并能够得到每一时间间隔结果的测量。

3.9 累积测量 **integrating measurement**

在特定的时间周期(从2天到1年或更长)进行的积分式测量,其结果为该时间段平均浓度。

3.10 标准氡室 **standard radon chamber**

一个特制的密封含氡容器,能对其内部的氡及其衰变产物浓度和有关环境条件加以稳定而均匀的调控并对氡及其衰变产物浓度准确定值。可用于氡及其衰变产物空气浓度测量仪的计量检定。

3.11 刻度 **calibrate**

在已知氡或氡子体浓度的情况下,确定测量装置的刻度系数(灵敏度)或校正因子。刻度有时又称为校准或标定。

3.12 修正因子 **correction factor**

为补偿系统误差而与未修正测量结果相乘的数值因子。

3.13 筛选测量 **screening measurement**

一种快速了解房屋空气中氡浓度的测量程序(一般为短时间封闭门窗式的快速测量),用于判断房屋中的氡浓度是否可能超过国家标准规定的控制水平,以决定是否需要进行进一步的测量。

3.14 跟踪测量 **follow-up measurement**

一种对筛选测量中发现的可能超标的房屋进行的验证式的氡浓度测量程序,以确定被测房屋的氡浓度是否符合国家标准规定的水平,为可能进行的干预和治理提供依据。

3.15 不确定度 **uncertainty**

表征合理地赋予被测量值的分散性而与测量结果相联系的参数。

3.16 相对百分偏差 **relative percent difference(RPD)**

相对百分偏差(RPD)的定义为:

$$RPD = (|X_{\text{测量}} - X_{\text{参考}}|) / X_{\text{参考}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$X_{\text{测量}}$ ——氡浓度的实际测量值, Bq m^{-3} ;

$X_{\text{参考}}$ ——氡浓度的参考值, Bq m^{-3} 。

4 室内氡浓度测量程序

4.1 测量方案

推荐采用筛选测量和跟踪测量的两级测量方案。首先通过一次快速的筛选测量(见表1)确定房屋中氡浓度是否超过国家标准规定的控制水平;对于发现的氡浓度可能超过控制水平的房屋,再通过较长时间更为准确的跟踪测量进行排除或确认(见表2)。

4.2 测量前的准备

由具有现场氡检测经验且掌握测量技术规程的专业技术人员组成检测组,测量前了解被测场所的

基本情况,收集建筑物的类型、用途、建筑年代、建筑材料、周围地质背景、是否进行过有关检测等方面的资料。收集测量期间天气变化趋势资料,避免在大风(风速 $>13.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)或暴雨天气进行测量。

4.3 检测点的选择

4.3.1 布点原则

应选择人员经常停留的房间,住宅应选择卧室(儿童卧室要优先考虑)、客厅或活动室;工作场所应选择办公室、工作间或值班室。如有特殊用房类型可根据具体情况而定。

独立式结构的建筑物(如小型别墅、平房等),尽量选择靠近底层的房间;修建在与地基相连的地下、半地下或一层的所有住人的房间都需要进行检测。

4.3.2 布点的数量

每套住宅至少设2个检测点。大型建筑物布点的数量根据使用面积和现场情况而定。房间使用面积 $<100\text{m}^2$ 时,设2~3个检测点;房间使用面积 $100\text{m}^2\sim500\text{m}^2$ 时,设3~5个检测点;房间使用面积超过 500m^2 时,至少设5个检测点。

对于筛选测量结果超过控制水平的房间,可适当增加检测点的密度。

4.3.3 检测点的高度

原则上与人的呼吸带($0.5\text{m}\sim1.5\text{m}$)高度一致。也可根据房间的使用功能,人员身体的高低以及在房间立、坐或卧时间的长短,来选择采样高度。有特殊要求的可根据具体情况而定。

4.3.4 布点方式

多点采样时应按对角线或梅花式均匀布点,应避开房间的通风口、加湿器和加热装置,离墙壁距离应大于 0.5m ,离门窗距离应大于 1m 。应尽量选择测量期间不易受到阳光直射和人员活动干扰的地方放置。

4.4 筛选测量的要求

4.4.1 房间的封闭

- a) 对于在用房屋:应在测量前12h和整个测量期间关闭所有门窗(除了正常入口和出口)和通风系统,如采用中央空调,测量期间可以使用,但要对进风进行限制,以保持房间空气的相对稳定。测量期间允许短时间开门用于人员出入等。
- b) 对于新建房屋:应在测量前24h和整个测量期间关闭所有门窗、通风系统和中央空调,并持续到测量结束。

4.4.2 测量时间和频率

筛选测量的时间和频率可按表1执行。

表1 筛选测量的时间和频次

测量类型	最小取样(测量)时间和频次	方 法
瞬时测量	上午:8:00-11:00; ≥ 1 次/d,连续2d	闪烁瓶法、双滤膜法、RaA法等
		α 潜能法、三段法等
连续测量	$\geq 2\text{d}\sim 1\text{wk}$	连续测氡仪
		连续工作水平测量仪
累积测量	$\geq 2\text{d}\sim 1\text{wk}$	α 径迹探测器法(主动)
		氡子体累积测量装置(主动)
		活性炭法
	$< 90\text{d}$	α 径迹探测器法(被动)

4.5 跟踪测量的要求

4.5.1 一般原则

在相对长的时间($90\text{d}\sim 1\text{a}$)内采用更为准确可靠的测量方法对筛选测量结果 $\geq 200\text{Bqm}^{-3}$ 的房屋

进行的第二次测量。以得到反映真实情况的空气中氡浓度数据,确定被测房屋内氡浓度是否符合国家标准。跟踪测量的结果必须是可靠和能够被重复的。

4.5.2 长期跟踪测量和短期跟踪测量

跟踪测量分为长期跟踪测量和短期跟踪测量(见表2)。

短期跟踪测量仅限于筛选测量结果 $>1\,000\text{Bq m}^{-3}$ 的高氡房屋的快速核实和确认。

4.5.3 对被检测场所的要求

长期跟踪测量,应在房屋正常使用状态下进行(不需要关闭门窗和通风系统),以客观反映被测房屋内的实际氡浓度。

短期跟踪测量对检测场所的要求参见4.3.1和4.3.2。

4.5.4 测量时间和测量频次

跟踪测量的测量时间和频次可按表2执行。

表2 跟踪测量的时间和频次

方 法	短期跟踪测量	长期跟踪测量
α 径迹法	相对密封条件下,采样30d~90d后测量	正常居住条件,采样90d~1a后测量
驻极体法	封闭条件下,采样2d~7d后测量	正常居住条件,采样90d~1a后测量
活性炭盒法	封闭条件下,采样2d~7d后测量	
氡子体累积测量装置	封闭条件下,2d~7d的连续测量	正常居住条件,采样90d~1a后测量
连续工作水平监测仪	封闭条件下,2d~7d的连续测量	
连续氡监测仪	封闭条件下,2d~7d的连续测量	—

4.6 检测方法

在选定检测方法时,凡有国家标准的一律使用国家标准(GB或GBZ),没有国家标准的优先选用行业标准(EJ)。选用其他方法时,测量系统和操作程序需要通过计量认可,仪器的灵敏度(参考最小探测限 $<10\text{Bq m}^{-3}$)、准确度和精密度必须达到室内测量要求,环境效应(如湿度、气压等)能够排除或可修正。

常用的标准测量方法参见表3。

表3 氡及其衰变产物的标准测量方法

项目	方法名称	标准编号	标准名称	引用标准的有关章节
氡	闪烁室法	GB/T 16147	空气中氡浓度的闪烁瓶测量方法	
	α 径迹法	GB/T 14582	环境空气中氡的标准测量方法	第3章
		EJ/T 605—91	氡及其子体测量规范	第7章
	活性炭盒法	GB/T 14582	环境空气中氡的标准测量方法	第4章
		EJ/T 605—91	氡及其子体测量规范	第8章
	双滤膜法	GB/T 14582	环境空气中氡的标准测量方法	第5章
	RaA法	EJ/T 605—91	氡及其子体测量规范	第6章
	电离室法	EJ/T 825—94	矿用便携式 α 潜能快速测量仪	第3章
	静电收集法	EJ/T 1133—2001	水中氡的测量规程	第8章第2节
	连续测量法	GBZ/T 182—2006	室内氡及其衰变产物测量规范	附录A
	驻极体法			附录B
氡衰变产物	α 潜能法	EJ/T 378—89	铀矿山空气中氡及氡子体的测定方法	第2章第7节
		EJ/T 825—94	矿用便携式 α 潜能快速测量仪	附录B
	三段法	GB/T 14582	环境空气中氡的标准测量方法	附录C

4.7 检测报告

4.7.1 现场记录

检测人员应按规定格式及时真实地认真填写现场检测记录。记录应包括测量房屋的地址、邮编、联系方式、被测房屋的类型、建筑年代、用途、楼层、探测器的位置、测量开始和结束的时间、测量装置的类型、型号、生产厂家、仪器编号和计量部门的检定证书号、现场测量仪器的读数、检测机构的名称、联系方式、检测人员签名等。还应画出测量场所的平面简图,标明测量仪器和门窗的位置。对可能影响测量结果的环境条件及与实验条件不符的情况应一并记录。

4.7.2 可疑数据的剔除

在数据处理前,对任何可疑数据应进行仔细核对,发现有导致数据偏离一般范围的原因后,建议采用 Grubbs 准则进行判别。检验方法可参见 HJ/T 61—2001 附录 A。

有些仪器如半导体式连续测量仪从开始测量到读数平衡需要一定的时间(2h~4h),仪器达到稳定前的测量数据予以剔除。

4.7.3 数据处理

着手数据处理前,要对原始数据进行核对和必要的整理。数据处理包括从采样、分析测量到结果计算的全过程。

在数据处理过程中,要有详细、准确的记录,必须对计算方法、选用的参数、计算结果进行复审。审核无误,审核人签字。

数据有效位数视测量仪器精度和测量结果处理后的不确定度而定。

4.7.4 检测报告

测量结束后 2 周内应提交检测报告。检测报告应包括以下内容:检测房屋的地址、测量开始和结束的时间、使用测量装置的类型、型号、编号和计量部门的检定证书号、测量机构的名称、检测依据、测量结果、监测结论及检验人员、报告编写人员、审核人员、审批人员签名等。

氡浓度的单位采用 Bq m^{-3} ; α 潜能浓度单位采用 EEC Bq m^{-3} ; C_{Rn} 与 EEC_{Rn} 转换的 F 值选取 0.50。

4.8 结果评价

4.8.1 筛选测量的结果评价

当有 2 个及以上检测点时,每个检测点的氡浓度均 $< 200 \text{ Bq m}^{-3}$,取各点检测结果的算术平均值作为该房间的检测值,可判定该房间氡浓度符合国家标准。如果有 1 个以上检测点氡浓度 $\geq 200 \text{ Bq m}^{-3}$,该房间需要进行跟踪测量。进行跟踪测量的时间安排和行动建议可按表 4 执行。

表 4 跟踪测量的时间安排和行动建议

氡浓度* (Bq m^{-3})	采取跟踪测量的时间建议
$> 10\ 000$	测量结束后的 2 个工作日内向当地辐射安全部门报告,1 周内实施短期跟踪测量,并考虑尽可能快地降低氡水平
$> 2\ 000$	测量结束后的 2 周内实施短期跟踪测量,并考虑尽可能快地降低氡水平
$> 1\ 000$	测量结束后的 1 个月内实施短期跟踪测量,并考虑数月内降低氡水平
400~1 000	测量结束后的 3 个月内实施跟踪测量
200~400	测量结束后的 1 年内实施跟踪测量
* :筛选测量其监测点的结果	

4.8.2 跟踪测量结果评价

长期跟踪测量得到的结果可直接采用。短期跟踪测量,取 2 次以上的测量结果的平均值。如果 2 次测量结果,一次 $< 200 \text{ Bq m}^{-3}$,一次 $> 200 \text{ Bq m}^{-3}$,且比值 ≥ 2 ,应增加一次重复测量。

氡浓度 $< 200 \text{ Bq m}^{-3}$ (所有值),该房间氡浓度符合国家标准;

氡浓度 $\geq 200 \text{ Bq m}^{-3}$ (任意值), 超过 GB 50325—2001 新建房屋验收行动水平, 需要考虑采取简单的措施如加强通风, 降低室内氡浓度;

氡浓度 $\geq 400 \text{ Bq m}^{-3}$, 超过 GB/T 18883—2002 的要求, 需要查找原因, 考虑采取干预或降氡措施。

4.8.3 剂量评价

对于年停留时间短且不易采取降氡措施的场所如地下设施、温泉理疗室、旅游溶洞等, 可根据工作人员受到的年有效剂量应小于 GB18871—2002 给出的剂量限值控制氡的照射。

吸入氡及其衰变产物对人员产生的年均有效剂量的估算如下:

$$E_{\text{Rn}} = C_{\text{Rn}} \times t \times D_{\text{gas}} \times 10^{-6} + C_{\text{Rn}} \times F \times t \times D_{\text{progeny}} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

E_{Rn} ——年均有效剂量, (mSv);

C_{Rn} ——氡浓度, (Bq m^{-3});

t ——年暴露时间, (h a^{-1}), 城市居民室内停留因子为 0.8, $t = 24 \times 365 \times 0.8 \approx 7000$;

D_{gas} ——氡的剂量转换因子, ($\text{nSv}/(\text{Bq h m}^{-3})$), UNSCEAR2000 年报告值为 0.17;

D_{progeny} ——氡衰变产物的剂量转换因子, ($\text{nSv}/(\text{Bq h m}^{-3})$), UNSCEAR2000 年报告值为 9;

F ——平衡因子, 世界室内典型值为 0.4, 我国室内典型值为 0.5;

10^{-6} ——nSv-mSv 转换系数。

5 质量保证

5.1 测量装置的校准

5.1.1 一般原则

仪器和测量装置的校准应在获得国家计量授权的标准氡室中进行。标准氡室的氡浓度应能溯源到国家标准或国际氡参考实验室。仪器或测量装置每年至少在标准氡室检定一次, 仪器每次修理或调整后需要重新检定。

5.1.2 主动式测量装置的校准

主动式测量装置包括瞬时或连续氡/氡工作水平测量装置, 这类仪器的刻度的全部过程应按与现场操作一致的测量程序在标准氡室中进行。

测氡仪的校准与检定方法参见 JJG(核工)024-98 中第 5 章。氡衰变产物浓度测量仪的校准与检定方法参见 JJG(核工)025-98 中第 5 章。

5.1.3 被动累积式测量装置的刻度

被动累积式测量装置如活性炭盒、 α 径迹探测器、驻极体离子盒以及衰变产物累积测量装置等需要在标准氡室中暴露一段时间, 然后取出送到实验室分析测量。

被动累积式测量装置的校准要求如下:

- 1) 每次至少选择两种不同的氡浓度水平;
- 2) 每点浓度水平至少放置 10 个探测器或采样器;
- 3) 暴露时间要足够长以保证采样器内外氡浓度达到平衡;
- 4) 暴露结束后探测器需要在低氡的环境下放置一段时间(1h~2h), 以进行必要的时间补偿;
- 5) 活性炭盒需要进行 3 个相对湿度条件($\sim 20\%$ 、 $\sim 50\%$ 和 $\sim 80\%$)的刻度;
- 6) 更换探测器材料或批号需要重新刻度。

5.1.4 测量装置的修正因子可按以下公式计算:

$$K_{\text{修正}} = \frac{Q_{\text{Rn}}}{C_{\text{Rn}}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$K_{\text{修正}}$ ——仪器的修正因子;

Q_{Rn} ——标准氡室提供的氡浓度的标准值, Bq m^{-3} ;

$\overline{C_{Rn}}$ ——仪器测量的氡浓度的平均值, $Bq\ m^{-3}$ 。

5.2 其他质量保证措施

5.2.1 本底测量

每次测量之前需要对测量仪器或装置进行本底测量。

对于主动式探测器,仪器的本底测量应在充以纯 N_2 或无氡空气的条件下进行。检验方法和步骤可参见 HJ/T 61—2001 中附录 C“对低水平测量装置进行泊松分布的检验方法”。

对于被动式探测器,每批都需要留有一定数量(10%或 5~20 只)探测器进行本底测量。需要运输或邮寄时,本底(空白)探测器应与测量用的探测器同时邮寄。被动式探测器的本底随储藏时间的增加而增加,平时应保存在低温密闭的环境。如本底(空白)探测器明显高于最小探测限时,停止使用。

5.2.2 盲样测量

应定期对被动累积探测器进行盲样测量,以检验整个测量体系的可靠性。将探测器暴露在已知氡浓度的环境中,采用测量值与参考值的相对百分偏差(RPD)评价测量结果。

当氡浓度 $<150 Bq\ m^{-3}$ 时: $RPD < 25\%$ 表示结果正常; $25\% \leq RPD < 50\%$ 表示结果可接受,但有失控倾向,应予以注意; $RPD \geq 50\%$ 表示结果超过控制限,测量结果不可信,需要查找原因。

当氡浓度 $\geq 150 Bq\ m^{-3}$ 时, $RPD < 10\%$ 表示结果正常; $10\% \leq RPD < 30\%$ 表示结果可接受,但有失控倾向,应予以注意; $RPD \geq 30\%$ 表示结果超过控制限,测量结果不可信,需要查找原因。

5.2.3 平行测量

根据测量方法和仪器的精度、测量人员的水平,随机抽取占测量总数 10%~20% 的样品进行平行测量。每次平行测量,测定值之差与平均值比较的相对偏差不得超过 20%。

5.2.4 实验室的比对

应定期参加可溯源到国家标准实验室之间的比对,以检查实验室间或测量方法间是否存在系统误差。评价指标参见 5.2.2。

5.2.5 常规的性能检验

应定期(如每周或每次测量之前)按仪器使用手册的要求对仪器和系统进行常规的性能检验,使仪器或测量装置的工作参数如本底、探测效率、刻度系数、时间间隔、泵的流量等处于正常的工作状态。当发现某些参数在预定的控制值以外时,应及时查找原因,进行适当的校正或调整。

附 录 A
(规范性附录)
连续测量法

A.1 探测器类型和原理

三种类型的连续氡测量仪(continuous radon monitors, CRM)如下。

A.1.1 闪烁室型

空气通过滤膜进入闪烁室,氡及其衰变产物发出的 α 粒子使闪烁室内壁上的ZnS(Ag)晶体产生闪光,由光电倍增管把这种光讯号转变为电脉冲,经电子学测量单元放大后记录下来,储存于连续探测器的记忆装置。单位时间内的电脉冲数与氡浓度成正比,因此可以确定被采集气体中氡的浓度。

A.1.2 脉冲电离室型

空气经过滤进入电离室,在电离室灵敏区中氡及其衰变产物衰变发出的 α 粒子使气体电离并产生大量电子和正离子,在电场的作用下这些离子向相反方向的两个不同的电极漂移,在收集电极上形成电压或电流脉冲,这些脉冲经电子学测量单元放大后记录下来,储存于连续探测器的记忆装置。

A.1.3 半导体型

进入收集室的氡气衰变产生的子体大部分带正电荷(主要是 ^{218}Po 正离子),在外加电场的作用下,带正电荷的子体被吸附到半导体探测器表面上,这些子体进一步衰变放出的 α 粒子,由半导体探测器测量并记录下来,储存于连续探测器的记忆装置。根据刻度系数即可确定氡的浓度。如果使用 α 能谱分析技术,可以区分氡与子体,分别给出两者的浓度。采用测量 ^{218}Po (RaA)活度来确定氡浓度,可使仪器具有更快的时间响应。

A.2 主要仪器和设备

A.2.1 闪烁室法

- a) 低本底闪烁室测量仪
- b) 真空泵
- c) 氮气
- d) 硅胶管、接管、止气夹

A.2.2 电离室法

- a) 电离室测量仪
- b) 温湿度计
- c) 干燥剂和干燥管

A.2.3 半导体法

- a) 半导体测量仪
- b) 温湿度计
- c) 干燥剂和干燥管

A.3 一般技术要求

A.3.1 测量仪器必须经校准合格,在有效期内其稳定性和灵敏度符合要求。

A.3.2 仪器修理后需要重新刻度,每台仪器应有单独的刻度系数。

A.3.3 闪烁瓶需要用老化空气或氮气清洗,每使用1 000h后需重新刻度。

A.4 测量程序

A.4.1 使用前应按使用手册的要求对仪器和系统进行检查,如闪烁室的密封性、流量计的流速、电池电压、各种参数、测量模式、时间间隔等应符合测量要求;仪器的本底和稳定性应与校准时一致。

A.4.2 连续测量一般为短期测量,需要事先对测量场所进行封闭,具体要求见 4.4.1。

A.4.3 将仪器放置到选定的测量位置,按校准时的操作程序进行测量。

A.4.4 按 4.7.1 要求进行现场记录。

A.4.5 有些仪器需要 1h~4h 的稳定时间,测量时间至少为仪器稳定后 48h。

A.4.6 测量结束应对现场进行检查,记录下可能影响测量结果的因素及与实验条件不符的情况。

A.4.7 取仪器稳定后的 48h 测量值的算术平均值作为该点的测量结果。

A.5 氡浓度计算公式如下:

$$C_{Rn\text{平均}} = \frac{\sum_{i=1}^n R \cdot K_{\text{修正}}}{n} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$C_{Rn\text{平均}}$ 氡浓度的平均值, $Bq \cdot m^{-3}$;

$K_{\text{修正}}$ 仪器的修正因子;

R 仪器示值, $Bq \cdot m^{-3}$;

n 测量次数。

附录 B

(规范性附录)

驻极体测量法

驻极体环境氡监测器(Electret-Passive Environmental Radon Monitor, E-PERM)是累积氡浓度测量重要方法,本标准参照了 EPA 402-R-92-004 部分测量程序。

B.1 测量原理

含氡空气通过盒壁上的滤膜孔进入离子盒,氡衰变产生的带电粒子在盒内电场的作用下,被带相反电荷的驻极体吸收,驻极体表面电压的改变值与进入离子盒的氡浓度成正比。

B.2 主要仪器和设备

B.2.1 驻极体:直径为 32mm 的聚四氟乙烯 FEP 片。分长期测量(简称 EL)和短期测量(简称 ES)两种,厚度分别为 0.152cm 和 0.0127cm。

B.2.2 离子盒:高 40mm~90mm, $\phi 60\text{mm} \sim 150\text{mm}$,盒材料为导电塑料。

B.2.3 电压读数仪。

B.2.4 参考驻极体:具有稳定电压读数的驻极体。

B.3 一般技术要求

B.3.1 用参考驻极体检查电压读数仪,读数误差 1%。

B.3.2 驻极体探测器正常电压范围在 100V~750V 之间,波动范围 $\leq \pm 3\text{V}$ 。

B.3.3 探测器需刻度合格后方能使用,每种驻极体与离子盒的组合都应有单独的刻度系数。

B.3.4 驻极体元件对 γ 射线敏感,在测量氡的同时,需要测量场所的 γ 辐射本底,通过修正后扣除。

B.4 测量程序

B.4.1 用电压读数仪测量待用驻极体材料的表面电压 V_i (起始电压),然后安装到离子盒上备用。

B.4.2 将离子盒带到测量现场,放置到选定的位置,打开空气交换窗,记录开始测量的时间。

B.4.3 用 γ 照射量率仪测量该点的辐射本底,重复测量 5 次,取算术平均值(BG)。

B.4.4 根据需要放置一定时间后(2d~1a)取下驻极体探测器,测量驻极体的表面电压 V_f (终止电压)。

B.5 氡浓度计算

氡浓度的计算公式如下:

$$CF = A + B \times [(V_i + V_f) / 2] \dots\dots\dots (B.1)$$

$$C_{Rn} = (V_i + V_f) / [(CF \times T) - BG \times f] \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

CF——探测器的刻度系数[V/(Bq dm⁻³)];

A 和 B——分别表示 CF 曲线的截距和斜率;

V_i 和 V_f ——分别表示暴露前后测量的驻极体表面电压值(V);

C_{Rn} ——暴露期间的平均氡浓度(Bq m⁻³);

T——暴露时间(d);

BG——检测点 γ 照射量率(nGyh⁻¹);

f——BG 转换为 C_{Rn} 的系数。

B.6 注意事项

触动驻极体表面会引起驻极体电压下降,因此操作时要特别小心,不能用手触摸。
驻极体保存时应将空气交换窗的盖子拧紧,以减少不必要的电压损失。

附 录 C
(规范性附录)
测量方法的选择

选择测量方法首先应考虑检测目的和时间要求,此外还应了解不同测量方法的适用范围和局限性。室内氡的测量通常在现场完成,环境中的温度、湿度、气压、风速以及仪器的本底、响应时间、饱和水平等都会对测量结果造成影响。操作人员在使用仪器前需要对仪器的原理、性能、影响因素等进行了解,避免由于操作不当引起的误差。表 C.1 和表 C.2 归纳了适用于室内环境中氡及其衰变产物的测量方法和推荐的取样或测量时间以及这些方法的优缺点,供选用时参考。

表 C.1 适用于室内环境氡及其子体的测量方法和推荐的取样或测量时间

方法	探测器类型	取样方式	取样(测量)时间	推荐的采样或测量时间
闪烁室法	闪烁室	主动或被动	瞬时、连续	连续:1d~3d 抓样:~1min
电离室法	电离室	主动或被动	瞬时、连续	2d~7d
半导体法	α 谱或 α 计数器	主动或被动	瞬时、连续	2d~7d
双滤膜法	α 计数器	主动	瞬时	抓样:20min~60min
α 径迹法	固体径迹探测器	主动或被动	累积	主动:2min~14d 被动:30d~1a
活性炭盒法	γ 谱仪	被动	累积	2d~7d
驻极体法	驻极体	被动	累积	快速:2d~7d 慢速:30d~180d
工作水平测量仪	α 谱或 α 计数器	主动	瞬时、连续	抓样:5min~30min 连续:2d~7d

表 C.2 不同测量方法的优缺点

方法	优 点	缺 点
闪烁室法	快速、灵敏度高、取样简单、对住户干扰小、能反映氡浓度的时间变化	需要事先对房间条件进行控制、闪烁瓶本底易增高且清除困难、瞬时取样结果误差较大、对气压敏感
电离室法	灵敏度高、稳定性好、现场能得到结果、能反映氡浓度的时间变化	需要事先对房间条件进行控制、怕振动、对气压敏感、操作人员需培训、费用较高
半导体法	快速、灵敏度高、易操作、现场能得到结果、能反映氡浓度的时间变化	需要事先对房间条件进行控制、对湿度敏感、注意校正氡子体残留对本底的影响、有些仪器需要稳定时间
双滤膜法	快速、灵敏度高、现场能得到结果	需要事先对房间条件进行控制、装置偏重搬动困难、滤膜接口易漏气、操作人员需培训
α 径迹法	操作方便、对住户干扰小、可邮寄、价格低廉、长期测量的最佳方案	现场不能得到结果、低浓度测量的离散度较大、只能得到平均水平、采用高渗透率滤膜应注意 ²²⁰ Rn的影响
活性炭盒法	操作方便、对住户干扰小、价格低廉、结果可靠性强	对温度和湿度敏感、暴露周期必须<7d、只能得到平均水平
驻极体法	测量范围广、稳定性好、易操作、现场能得到结果、在电压允许范围内驻极体材料可多次使用	对湿度敏感、要扣除 γ 辐射的影响、探测器对触摸敏感、只能得到平均水平
工作水平测量仪	快速、灵敏度高、现场可得到结果、能反映氡浓度的变化	需大范围刻度、对流量计、滤膜进行校正、操作人员需培训、有些装置偏重搬动困难、费用较高

附录 D

(资料性附录)

住宅氡浓度采样及现场检测原始记录

I 住户信息

户主姓名_____地址_____邮编_____

联系人姓名_____电话_____Email 地址_____

II 建筑物信息

房屋的类型_____结构_____楼层_____建筑年代_____

建筑材料:主体结构 墙体 地面

通风状况:门窗_____空调_____房间是否封闭_____ 封闭时间_____

制冷设备_____使用情况_____取暖设备_____使用情况_____

III 检测单位信息

检测单位名称_____地址_____

联系人姓名_____资质认证时间_____认证书号_____

Email 地址 _____ 电话 _____ 邮编 _____

IV 检测结果

测量类型	方法依据
1. 直接测量	1. 直接测量法
2. 间接测量	2. 间接测量法
3. 比较测量	3. 比较测量法
4. 校准测量	4. 校准测量法
5. 验证测量	5. 验证测量法
6. 溯源测量	6. 溯源测量法
7. 溯源测量	7. 溯源测量法
8. 溯源测量	8. 溯源测量法
9. 溯源测量	9. 溯源测量法
10. 溯源测量	10. 溯源测量法
11. 溯源测量	11. 溯源测量法
12. 溯源测量	12. 溯源测量法
13. 溯源测量	13. 溯源测量法
14. 溯源测量	14. 溯源测量法
15. 溯源测量	15. 溯源测量法
16. 溯源测量	16. 溯源测量法
17. 溯源测量	17. 溯源测量法
18. 溯源测量	18. 溯源测量法
19. 溯源测量	19. 溯源测量法
20. 溯源测量	20. 溯源测量法
21. 溯源测量	21. 溯源测量法
22. 溯源测量	22. 溯源测量法
23. 溯源测量	23. 溯源测量法
24. 溯源测量	24. 溯源测量法
25. 溯源测量	25. 溯源测量法
26. 溯源测量	26. 溯源测量法
27. 溯源测量	27. 溯源测量法
28. 溯源测量	28. 溯源测量法
29. 溯源测量	29. 溯源测量法
30. 溯源测量	30. 溯源测量法
31. 溯源测量	31. 溯源测量法
32. 溯源测量	32. 溯源测量法
33. 溯源测量	33. 溯源测量法
34. 溯源测量	34. 溯源测量法
35. 溯源测量	35. 溯源测量法
36. 溯源测量	36. 溯源测量法
37. 溯源测量	37. 溯源测量法
38. 溯源测量	38. 溯源测量法
39. 溯源测量	39. 溯源测量法
40. 溯源测量	40. 溯源测量法
41. 溯源测量	41. 溯源测量法
42. 溯源测量	42. 溯源测量法
43. 溯源测量	43. 溯源测量法
44. 溯源测量	44. 溯源测量法
45. 溯源测量	45. 溯源测量法
46. 溯源测量	46. 溯源测量法
47. 溯源测量	47. 溯源测量法
48. 溯源测量	48. 溯源测量法
49. 溯源测量	49. 溯源测量法
50. 溯源测量	50. 溯源测量法
51. 溯源测量	51. 溯源测量法
52. 溯源测量	52. 溯源测量法
53. 溯源测量	53. 溯源测量法
54. 溯源测量	54. 溯源测量法
55. 溯源测量	55. 溯源测量法
56. 溯源测量	56. 溯源测量法
57. 溯源测量	57. 溯源测量法
58. 溯源测量	58. 溯源测量法
59. 溯源测量	59. 溯源测量法
60. 溯源测量	60. 溯源测量法
61. 溯源测量	61. 溯源测量法
62. 溯源测量	62. 溯源测量法
63. 溯源测量	63. 溯源测量法
64. 溯源测量	64. 溯源测量法
65. 溯源测量	65. 溯源测量法
66. 溯源测量	66. 溯源测量法
67. 溯源测量	67. 溯源测量法
68. 溯源测量	68. 溯源测量法
69. 溯源测量	69. 溯源测量法
70. 溯源测量	70. 溯源测量法
71. 溯源测量	71. 溯源测量法
72. 溯源测量	72. 溯源测量法
73. 溯源测量	73. 溯源测量法
74. 溯源测量	74. 溯源测量法
75. 溯源测量	75. 溯源测量法
76. 溯源测量	76. 溯源测量法
77. 溯源测量	77. 溯源测量法
78. 溯源测量	78. 溯源测量法
79. 溯源测量	79. 溯源测量法
80. 溯源测量	80. 溯源测量法
81. 溯源测量	81. 溯源测量法
82. 溯源测量	82. 溯源测量法
83. 溯源测量	83. 溯源测量法
84. 溯源测量	84. 溯源测量法
85. 溯源测量	85. 溯源测量法
86. 溯源测量	86. 溯源测量法
87. 溯源测量	87. 溯源测量法
88. 溯源测量	88. 溯源测量法
89. 溯源测量	89. 溯源测量法
90. 溯源测量	90. 溯源测量法
91. 溯源测量	91. 溯源测量法
92. 溯源测量	92. 溯源测量法
93. 溯源测量	93. 溯源测量法
94. 溯源测量	94. 溯源测量法
95. 溯源测量	95. 溯源测量法
96. 溯源测量	96. 溯源测量法
97. 溯源测量	97. 溯源测量法
98. 溯源测量	98. 溯源测量法
99. 溯源测量	99. 溯源测量法
100. 溯源测量	100. 溯源测量法

测量装置_____ 型号_____ 检定证书号_____

开始测量的时间_____ 结束测量的时间_____

编号	房间	面积(m ²)	位置	仪器读数	修正因子	氡浓度 (Bq · m ⁻³)	标准差	备注
现场情况及布点示意图：								
备注								

检测人:

附录 E
(资料性附录)
非住宅氡浓度采样及现场检测原始记录

I 委托单位信息

单位名称_____地址_____邮编_____
联系人姓名_____电话_____Email 地址_____

II 建筑物信息

房屋的类型_____结构_____用途_____楼层_____建筑年代_____
建筑材料:主体结构_____墙体_____地面_____
通风状况:门窗_____空调_____房间是否封闭_____封闭时间_____
制冷设备_____使用情况_____取暖设备_____使用情况_____

III 检测单位信息

检测单位名称_____地址_____
联系人姓名_____资质认证时间_____认证书号_____
Email 地址_____电话_____邮编_____

IV 检测结果

测量类型_____方法依据_____
测量装置_____型号_____检定证书号_____
开始测量的时间_____结束测量的时间_____

编号	房间	面积(m ²)	位置	仪器读数	修正因子	氡浓度 (Bq·m ⁻³)	标准差	备注

现场情况及布点示意图:

备注

检测人: