



中华人民共和国国家标准

GB/T 16146—2015
代替 GB/T 16146—1995

室内氡及其子体控制要求

Requirements for control of indoor radon and its progeny

2015-06-02 发布

2016-01-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 16146—1995《住房内氡浓度控制标准》。本标准与 GB/T 16146—1995 相比,主要技术变化如下:

- 标准名称改为《室内氡及其子体控制要求》。
- 将原标准中的“住房”改变为“室内”,使标准适用范围有所扩大。但是明确了本标准只适用于室内氡及其子体所致公众照射的控制。
- 新标准分别依据 ICRP 第 65 号出版物(1993)以及 ICRP 关于氡的辐射防护声明(2009)给出了室内氡及其子体的剂量约束值和室内氡浓度的控制值。并将氡浓度控制值的表述由年均平衡当量氡浓度改为年均氡浓度。
- 室内氡浓度控制要求分别以目标水平和行动水平给出,给出的数值与原标准相比有所降低,与国际放射防护委员会和世界卫生组织的最新要求一致。
- 增加了年均氡浓度的测量和估算方法。

本标准由中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会提出并归口。

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、复旦大学放射医学研究所、广西壮族自治区卫生监督所。

本标准主要起草人:尚兵、卓维海、崔宏星、孙全富、陆有荣、刘建香。

本标准于 1995 年首次发布。

室内氡及其子体控制要求

1 范围

本标准规定了室内氡及其子体的控制要求。

本标准适用于室内氡及其子体的控制。

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 50325 民用建筑工程室内环境污染控制规范

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

室内 indoor

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,主要指住宅、幼儿园、学校以及医院等室内场所。

3.2

氡 radon

一种由镭原子衰变产生的原子序数为 86 的元素,是一种无色、无味的放射性惰性气体。

注:自然界中有 3 种氡的同位素存在,室内氡仅指其中的同位素²²²Rn。

3.3

氡子体 radon progeny

氡的短寿命衰变产物,主要包括钋-218(²¹⁸Po)、铅-214(²¹⁴Pb)、铋-214(²¹⁴Bi)和钋-214(²¹⁴Po)。

3.4

氡浓度 radon concentration

C_{Rn}

单位体积空气中氡的放射性活度。

注:单位为 $Bq \cdot m^{-3}$ 。

3.5

氡子体 α 潜能浓度 potential alpha energy of radon progeny

C_p

氡子体 α 潜能是指氡的子体完全衰变到²¹⁰Pb(不包括²¹⁰Pb的衰变)所发射的 α 粒子能量的总和,单位体积空气中氡子体 α 潜能叫做氡子体 α 潜能浓度。

注:单位为 $J \cdot m^{-3}$ 。

3.6

平衡当量氡浓度 equilibrium-equivalent radon concentration

c_{eq}

氡与其短寿命子体处于平衡状态、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。

c_{eq} 与各子体浓度的关系可近似用式(1)计算:

$$c_{eq} = 0.104c_{Po-218} + 0.514c_{Pb-214} + 0.382c_{Bi-214} \dots\dots\dots (1)$$

注: 单位为 $Bq \cdot m^{-3}$ 。

3.7

平衡因子 equilibrium factor

氡的平衡当量浓度 c_{eq} 与氡的实际浓度 c_{Rn} 之比, 用符号 F 表示, 即 $F = c_{eq}/c_{Rn}$ 。

3.8

年均氡浓度 annual-averaged radon concentration

采用 1 年的累积测量、连续测量或用季度测量均值经季节修正得到的年平均氡浓度。

注: 单位为 $Bq \cdot m^{-3}$ 。

3.9

季节修正因子 seasonal correction factor

在同一测量地点, 氡浓度的季度均值与年均值的比值。

3.10

剂量转换因子 dose conversion factor

暴露量与有效剂量之间的转换数值。

注: 单位为 $mSv/(Bq \cdot h \cdot m^{-3})$ 或 $mSv/(J \cdot h \cdot m^{-3})$ 。

3.11

目标水平 target level

对新建建筑物室内氡浓度设定的控制目标值, 用于对新建建筑物的室内氡浓度所致持续照射的控制。

3.12

行动水平 action level

为已建建筑物室内氡浓度设定的采取干预行动的水平, 用于对已建建筑物的室内氡浓度所致持续照射的干预。

4 室内氡及其子体的控制要求

4.1 控制指标

4.1.1 室内氡浓度的控制值

对于室内氡浓度, 优先使用以下的年均氡浓度控制值:

- 对新建建筑物室内氡浓度设定的年均氡浓度目标水平为 $100 Bq \cdot m^{-3}$;
- 对已建建筑物室内氡浓度设定的年均氡浓度行动水平为 $300 Bq \cdot m^{-3}$ 。

4.1.2 室内氡及其子体的剂量控制值

当室内氡浓度达到或超过 4.1.1 的氡浓度控制值时, 应根据实际情况进行氡及其子体浓度对相关
人员所致年均有效剂量的估算(参见附录 A), 并对剂量估算结果应用以下的剂量控制值:

- 对新建建筑物室内氡及其子体设定的有效剂量目标水平为 $3 mSv$;

b) 对已建建筑物室内氡及其子体设定的有效剂量行动水平为 10 mSv。

4.2 控制措施

4.2.1 为使新建建筑物室内氡浓度不超过目标水平,事前应做好建筑物选址和地基选择工作。必要时应对建筑物地基及其附近的地下水源进行氡含量的测量与评估,高氡地区还应采取防氡设计。新建建筑物应使用放射性核素含量符合 GB 6566 和 GB 50325 要求的建筑材料和装修材料。

4.2.2 当新建建筑物室内氡浓度超过目标水平时,应在社会、经济和技术等条件许可下,尽可能采取适宜的、简单可行的补救和防护措施,使室内氡浓度降低到目标水平以下(见 B.1)。

4.2.3 当已建建筑物室内氡浓度超过行动水平时,应采取必要的补救行动和防护行动,以尽可能地降低室内氡浓度、减少可能受到的照射剂量(见 B.1)。

4.2.4 对于年停留时间较短的非住宅类高氡场所,除了采取降氡措施以外,还可以通过控制人员的停留时间,减少吸入氡及子体受到的照射剂量(见 B.2)。

5 室内氡浓度的测量

5.1 室内氡浓度的测量参照 GBZ/T 182。

5.2 为获得与年均氡浓度接近的结果,应进行 3~12 个月的长期测量,以排除月份和季度变化带来的影响。

5.3 小于 6 个月的测量,其结果需要进行季节修正。氡浓度的季节修正计算见式(2):

$$\bar{c}_{Rn,a} = \sum_{i=1}^n \bar{c}_{Rn,i} \div \sum_{i=1}^n f_i \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\bar{c}_{Rn,a}$ ——氡或氡子体浓度的年均值,单位为贝可每立方米($Bq \cdot m^{-3}$);

$\bar{c}_{Rn,i}$ ——第 i 季度氡或氡子体的浓度均值($i=1,2,3,4$),单位为贝可每立方米($Bq \cdot m^{-3}$);

f_i ——季节修正因子(参见表 C.1)。

5.4 不能长期测量时,应根据实际情况适当增加测量频率或按 5.3 对季度的测量结果进行修正,以获得能反映季节变化的年均值。季节修正因子 f_i 可选用当地实测结果;如没有相关资料,可参考附录 C 中的建议值。

附录 A
(资料性附录)

氡及其子体的有关参量及其转换

A.1 个体接受的氡及其子体 α 潜能照射量称为暴露量。其数值是在给定时间 t 内空气中氡浓度 c_{Rn} 、氡子体 α 潜能浓度 c_p 或相应的平衡当量氡浓度 c_{eq} 的时间积分, 计算公式见式(A.1)、式(A.2)、式(A.3):

氡气暴露量 $P_{Rn}(t) = \int_0^T c_{Rn}(t) dt$ (Bq · h · m⁻³)(A.1)

氡子体 α 潜能暴露量 $P_p(t) = \int_0^T c_p(t) dt$ (J · h · m⁻³)(A.2)

氡子体平衡当量暴露量 $P_{eq}(t) = \int_0^T c_{eq}(t) dt$ (Bq · h · m⁻³)(A.3)

暴露量常用 WLM(Working Level Month, 工作水平月)表示。1 WLM 是指在 1 WL 浓度下暴露 170 h 的氡暴露量。与 SI 制单位的换算关系: 1 WLM = 3.54 mJ · h · m⁻³; 1 mJ · h · m⁻³ = 0.282 WLM。1 WL 是指浓度为 3 700 Bq · m⁻³(100 pCiL⁻¹)的氡与其子体平衡时所产生的 α 潜能浓度。与 SI 制单位的换算关系: 1 WL = 20.8 μJ · m⁻³。

A.2 氡及其子体浓度与暴露量之间的转换系数见表 A.1。

表 A.1 氡及其子体浓度与暴露量间的转换系数^a

浓度或暴露量	转换系数
c_p/c_{Rn}	7 400 (Bq · m ⁻³)/(WL)(F=0.5)
c_p/c_{eq}	5.56×10^{-9} (J · m ⁻³)/(Bq · m ⁻³)
c_{eq}/c_p	1.8×10^8 (Bq · m ⁻³)/(J · m ⁻³)
P_p/P_{eq}	5.56×10^{-9} (J · h · m ⁻³)/(Bq · h · m ⁻³)
	1.57×10^{-6} WLM/(Bq · h · m ⁻³)
P_{eq}/P_p	1.8×10^8 (Bq · h · m ⁻³)/(J · h · m ⁻³)
	6.37×10^5 (Bq · h · m ⁻³)/WLM
^a 引自 ICRP 第 65 号出版物(1993)。	

A.3 吸入氡及其子体对相关人员产生的年均有效剂量的估算公式见式(A.4):

$E_{Rn} = \bar{c}_{Rn,a} \times (DCF_{Rn} + F \cdot DCF_{RnD}) \times t$ (A.4)

式中:

- E_{Rn} —— 年均有效剂量, 单位为毫希沃特(mSv);
- $\bar{c}_{Rn,a}$ —— 氡浓度的年均值, 单位为贝可每立方米(Bq · m⁻³);
- DCF_{Rn} —— 氡的剂量转换因子, 暂推荐使用 UNSCEAR 2000 年报告给出的数值: 0.17×10^{-6} mSv/(Bq · h · m⁻³);
- DCF_{RnD} —— 氡子体的剂量转换因子, 暂推荐使用 UNSCEAR 2000 年报告给出的数值: 9×10^{-6} mSv/(Bq · h · m⁻³);
- 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;
- t —— 年停留时间, 单位为小时(h)。

A.4 室内不同氡浓度水平相应的年暴露量和年有效剂量见表 A.2。

表 A.2 室内不同氡浓度水平相应的年暴露量和年有效剂量^a

氡浓度/暴露量/剂量	换算关系				
氡浓度/Bq · m ⁻³	100	200	300	400	600
平衡当量氡浓度/Bq · m ⁻³	50	100	150	200	300
氡子体潜能浓度/μJ · m ⁻³	0.3	0.6	0.8	1.1	1.7
氡气的年暴露量/MBq · h · m ⁻³	0.7	1.4	2.1	2.8	4.2
氡子体的年暴露量/μJ · h · m ⁻³	2.0	3.9	5.9	7.8	11.7
吸入氡气造成的年有效剂量/mSv · a ⁻¹	0.1	0.2	0.4	0.5	0.7
吸入氡子体造成的年有效剂量/mSv · a ⁻¹	3.2	6.3	9.5	12.6	18.9
吸入氡及其子体造成的年有效剂量/mSv · a ⁻¹	3.3	6.5	9.8	13.1	19.6
^a 平衡因子假定为 0.5，氡剂量转换因子 DCF _{Rn} 取 0.17 nSv/(Bq · h · m ⁻³)、氡子体剂量转换因子 DCF _{RnD} 取 9 nSv/(Bq · h · m ⁻³)，年停留时间为 7 000 h。					

附 录 B
(规范性附录)
建议采取的控制措施

B.1 采取降氡措施的建议

室内氡是一种可以控制的有害因素,发现氡浓度超标后,检测机构应尽快通知检测委托人,以便及时采取补救和防护措施或行动,将室内氡浓度降低到目标水平以下。表 B.1 是建议采取的降氡措施与实施时间。

表 B.1 建议采取的降氡措施与实施时间

氡浓度 $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	降氡措施 ^a	实施时间 ^b
100~300	加强自然通风、屏蔽氡源等简单的降氡措施	12 个月内
300~1 000	加强自然通风或增加机械通风、屏蔽氡源、净化除氡等	6 个月内
>1 000	采取上述简单降氡措施不能达到要求的话,可采取永久性的降氡措施,如阻断或去除氡源、进行地基改造等	3 个月内
^a 具体措施建议向专业人士咨询。 ^b 收到检测结果到采取降氡措施的时间。		

B.2 控制停留时间的建议

对于不宜于采取通风降氡的高密闭性建筑(如医院病房、银行、图书馆、博物馆等)和难以实施降氡改造的深层地下室、水处理厂、温泉理疗室等场所,以及超标建筑在实施降氡改造之前,建议采用剂量控制值限制人员的停留时间。

剂量评估时,通常假设在室内的年停留时间为 7 000 h。在室内氡浓度一定和其他量不变的情况下,减少室内停留时间可以成比例地降低吸入氡子体造成的年有效剂量。室内停留时间的选择,取决于所选定的剂量控制要求和室内氡浓度的实际水平。

附录 C
(资料性附录)
季节修正因子

室内氡浓度有明显的季节变化,若实施一年的测量难以做到时,可通过增加测量频率或对短期测量结果进行季节修正的方法,排除季节变化带来的影响,从而获得比较接近实际的年均值。图 C.1 收集了我国 9 个城市氡浓度季节变化的实测结果,归一化处理后得到我国室内氡浓度季节变化的典型修正因子 f_i (表 C.1)。

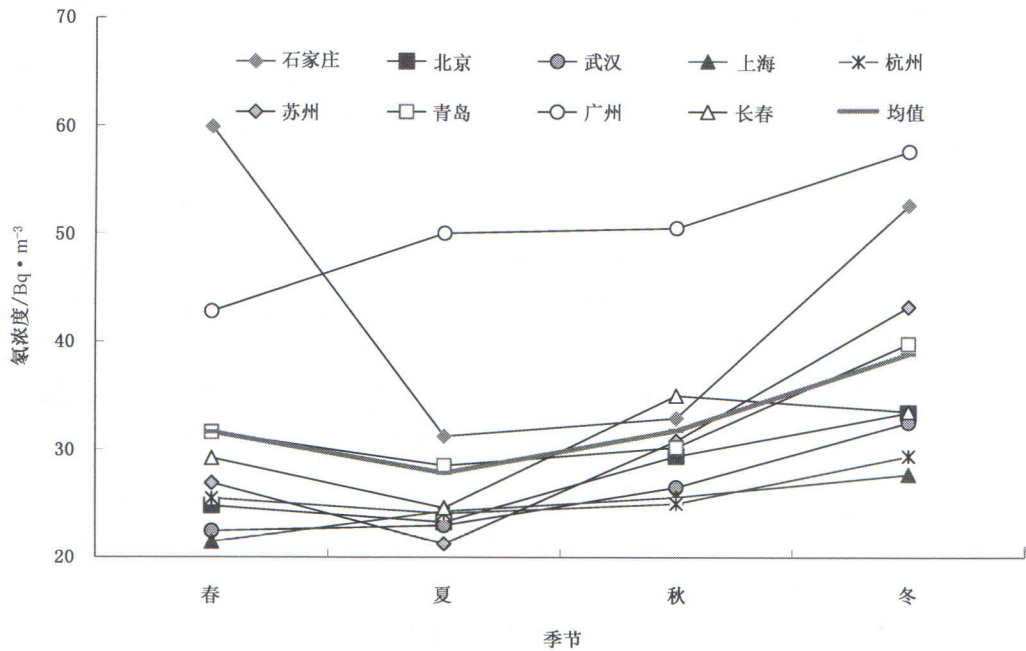


图 C.1 我国部分地区室内氡浓度的季节变化

表 C.1 我国部分地区氡的季节修正因子 f_i

参数		春季	夏季	秋季	冬季
$\bar{c}_{Rn}/Bq \cdot m^{-3}$	范围	21.5~59.9	22.0~50.0	25.0~50.1	27.7~57.6
	均值	31.6	27.8	31.8	38.9
f_i	范围	0.84~1.36	0.71~1.00	0.74~1.13	1.11~1.41
	均值	0.97	0.86	0.98	1.20

参 考 文 献

- [1] ICRP, 1993. Publication 65: Protection Against Radon-222 at Home and at Work.
 - [2] ICRP, 2009. International Commission on Radiological Protection Statement on Radon. Ref. 00/902/09. Available at www.icrp.org.
 - [3] WHO, 2009. World Health Organisation (WHO). WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. WHO Press, Geneva, 2009.
-