

# 室内空气中的氡浓度及其测定方法

浙江人民卫生实验院 陆龙根 叶际达综述 章仲侯\* 朱昌寿\*\*审

## 一、引言

氡是无色无味的惰性气体。 $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$ 、 $^{219}\text{Rn}$ 分别是铀、钍和锕三个天然放射系中的衰变子体。 $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$ 及其短寿命子体是近地面空气中放射性的主要成份。由于地壳、土壤及建筑材料中遍存的天然放射性核素,因此, $\text{Rn}$ 及其子体不仅存在于铀矿山,而且在我们日常生活环境中也到处存在<sup>(1)</sup>。

在 $\text{Rn}$ 的同位素中,因为 $^{222}\text{Rn}$ 的半衰期(3.825天)比 $^{220}\text{Rn}$ (55秒)长得多,而自然界中 $^{219}\text{Rn}$ 的量又极少,所以,从放射防护上值得重视的是 $^{222}\text{Rn}$ ,即氡气。人体吸入氡及其子体的远后效应是肺癌。其中接受最高剂量的是支气管的上皮组织<sup>(1)</sup>。井下铀矿工比普通居民的肺癌发病率高,其原因之一就是由于吸入矿井空气中较高浓度的 $^{222}\text{Rn}$ 及其子体所致<sup>(2)</sup>。

Steinhausler认为,人们虽然已测定了野外天然辐射水平,但是还不足以估算人体所受到的环境本底剂量,因为现今人类的大多数时间是在室内工作、生活和睡眠<sup>(3,4)</sup>。同时,为了节约能源而采取了室内密封式的措施,而导致了室内氡浓度的增加,使居住者接受 $^{222}\text{Rn}$ 照射的剂量也相应增大。随着现代工业的发展,资源的开发和核能的利用,更加引起人们对环境天然辐射本底水平增高的关注。我国南方某些省市,利用含天然放射性核素较高的建材建造住房,使住宅内氡浓度也相应地比一般住宅要高<sup>(5)</sup>。另外,国内外还利用磷石膏作建材。Gessel等指出,使用含有高浓度 $^{226}\text{Ra}$ 的废石膏作为公共建筑物的建材,居住者可能连续受到较高水平的辐照<sup>(6)</sup>。Rundo

等观察到某些住宅中存在着高浓度的氡<sup>(7)</sup>。因此,Stranden<sup>(8)</sup>等认为,在确定本底辐射水平对公众的危害时,考虑室内这些放射性核素的浓度是必要的。为此,各国科学工作者,对各种类型,各种建材的建筑物内的空气中氡浓度及其影响因素进行了长期广泛地观察、探讨和研究。

## 二、影响建筑物内空气中氡浓度的各种因素

室内空气中氡浓度的大小主要取决于建筑材料中天然镭的含量,墙壁和地面中氡的散发率,室内外通风情况等。氡浓度随时间、季节、气象等因素而变化<sup>(1,2)</sup>。这些因素可使氡的浓度改变10倍,有时甚至更大<sup>(2)</sup>。Steinhausler将影响室内空气中氡浓度的因素分成两大类:一是地方性因素,包括建筑材料种类和来源、建筑物的场所、被测房间在建筑物内的位置。二是时间性因素,包括周围墙壁、底层土壤的氡的散发率、通风条件、室外空气中氡浓度和气象条件等。

Porstendorfer等进一步用数学公式表达了室内空气中氡浓度取决于以下几个条件:  
(1) 房间表面氡的发射率( $\text{pCi} \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ );  
(2) 墙表面积 $F$  ( $\text{m}^2$ ) 与房间体积 $V$  ( $\text{m}^3$ ) 的比值,  $F/V$  ( $\text{m}^{-1}$ ); (3) 通风率( $\text{hr}^{-1}$ )  
(4) 室内氡浓度( $\text{pCi} \cdot \text{L}^{-1}$ )。即:  $C_0 = \left[ C_a + \left( e \cdot \frac{F}{V} \right) \right] \left[ 1 - \exp(-\lambda_{\text{Rnt}}) \right]^{(4)}$ 。

式中:  $C_0$ : 室内 $^{222}\text{Rn}$ 浓度 ( $\text{pCi} \cdot \text{L}^{-1}$ );  $C_a$ : 室外 $^{222}\text{Rn}$ 浓度 ( $\text{pCi} \cdot \text{L}^{-1}$ );  $e$ : 室内墙面

\* 苏州医学院

\*\* 卫生部工业卫生实验所

氡的发射率 ( $\text{pCi}\cdot\text{hr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ );  $F$ : 室内墙表面积 ( $\text{m}^2$ );  $V$ : 房间体积 ( $\text{m}^3$ );  $v$ : 房间的通风率 ( $\text{hr}^{-1}$ );  $\lambda_{\text{Rn}}$ :  $^{222}\text{Rn}$  的衰变常数 ( $\text{min}^{-1}$ );  $t$ : 时间 ( $\text{min}$ )。

### 1. 建筑材料的种类

Steinhausler<sup>[3]</sup>认为建筑材料中 $^{226}\text{Ra}$ 和 $^{232}\text{Th}$ 的含量与室内辐射水平密切相关。私人 and 公共建筑物所使用的一般建材中, 如钢筋混凝土、砖等,  $^{226}\text{Ra}$ 和 $^{232}\text{Th}$ 的含量取决于原料(粘土、砂、水泥、石子、矿渣等)。Soltizki等报导了苏联不同的原料中 $^{226}\text{Ra}$ 的含量为: 砂 $4\sim 8\text{pCi}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 砖 $9\sim 14\text{pCi}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 花岗岩 $3\sim 15\text{pCi}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

Gemesi等指出, 用煤灰、烟灰等作为建材的部分代用品所建造的房屋中, 由于它们含有较多的天然放射性物质, 所以引起的辐射本底大于传统的建筑物。在炉内烧过的粘土砖的建筑物中, 氡平均值低于 $1.56\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ , 而煤碴砌块的建筑物室内空气中氡的平均值高达 $5.24\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

美国辐射防护与测量委员会(NCRP)在评价天然本底辐射时指出<sup>[7]</sup>, 木质结构的房子氡浓度最低, 用含镭特别高的砖石建造的建筑物室内浓度最高。在瑞典含明矾页岩的混凝土建筑物中氡浓度高达 $19\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ , 在苏联用砖建造的房子中氡浓度高达 $10\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

Stranden<sup>[8]</sup>等也分别对木质、钢筋混凝土和砖结构的房子作了室内 $^{222}\text{Rn}$ 浓度的测定。相当意外的是木质结构房子内氡浓度大于砖瓦结构的房子内氡浓度。他认为这是因为在挪威绝大多数木质房子只有一层或二层, 因此从地面发射的氡明显高于砖瓦结构的高层室内的氡浓度。

Steinhausler同时还认为, 建筑物内氡浓度除了与建筑物的材料有关外, 作为装饰房间的材料也是室内放射性的可能来源。例如作为地面、墙壁的陶瓷砖等。因为这些材料中的着色原料常含有铀盐。

### 2. 墙壁和地表氡发射率

室内 $^{222}\text{Rn}$ 水平与墙壁和地表的氡发射率

成正比。这个发射率又随建筑材料的来源、性质、多孔性及粉刷或复盖层的类型等因素而变化。在自然通风下, 砖、凝聚料或混凝土的建筑物内氡的平均浓度比室外高几倍, 比木质结构屋也高<sup>[1]</sup>。

由于 $^{226}\text{Ra}$ 的衰变, 在建材中形成了 $^{222}\text{Rn}$ 气体及其子体。它们在建材中扩散, 然后充满整个建材中的微小气孔, 最后进入室内空气中<sup>[8,4]</sup>。从墙壁扩散到室内空气中的氡发射率受到墙表面光洁度、室内温度、湿度等因素的影响。塑料涂料, 可冲洗的厚纸板或金属镶板, 均可降低进入室内空气中的 $^{222}\text{Rn}$ 量<sup>[3]</sup>。Rundo等<sup>[7]</sup>在夏末秋初, 对所卧室内的氡浓度进行了测定, 发现此室内空气中 $^{222}\text{Rn}$ 浓度竟高达 $26\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 。而在此之前, 从其它房子测得的最大值约为 $5\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 。调查表明, 该卧室中的大量氡是从地下土壤中发射出来, 经狭小地板缝, 扩散到卧室内的。

Stranden等<sup>[8]</sup>报导了挪威使用的粘土砖中镭的浓度大于钢筋混凝土中的镭浓度。因此预计砖建筑物室内氡浓度将会高于钢筋混凝土建筑物内氡浓度。但从二种建筑材料的发散系数来看, 10个粘土砖样品的发散系数约为1%; 而15个混凝土样品的发散系数在5~25%之间。所以可以解释混凝土建筑物内的氡浓度反而大于砖建筑物内的氡浓度。他们使用数学公式表示建材和地表的氡发散与建材中镭含量、材料密度、疏松度之间的关系。即
$$f = \frac{\lambda \cdot c \cdot \rho \cdot \eta}{\delta} \quad (1)$$

其中,  $f$ : 室内氡的生长率;  $c$ : 建材中镭的含量 ( $\text{pCi}\cdot\text{g}^{-1}$ );  $\lambda$ : 氡的衰变常数 ( $2.1 \times 10^{-6} \text{S}^{-1}$ );  $\rho$ : 材料密度 ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ );  $\eta$ : 氡的发射率, 即进入住房内的氡的份额;  $\delta$ : 材料的疏松度。

### 3. 室内通风率

室内通风分自然通风和机械通风两种。室内氡浓度与通风率成反比。如果室外氡浓度低于室内, 通过通风将会降低室内氡浓度<sup>[1,8]</sup>。通风半小时后, 室内氡浓度将大致降低到室外大气中氡浓度的水平<sup>[5]</sup>。据Stranden等报

导, 假如室内空气交换率被提高到一个稳定值 ( $1\text{次}\cdot\text{时}^{-1}$ ), 则室内氡浓度从  $32\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$  下降到  $1.46\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 。这说明通风对改变室内氡浓度起着很重要的作用。Caruthers等指出, 当化费的通风成本与建筑物本身的成本相比可忽略不计时, 通过改进通风条件可降低建筑物内的氡和氡子体浓度<sup>[6]</sup>。在某些通风差的地下室,  $^{222}\text{Rn}$ 与其衰变产物的平衡程度受到换气速率的制约。通风差时, 氡与其子体几乎达到放射平衡。通风良好的建筑物内, 平衡受到严重破坏, 因而也就降低了室内氡及其子体的浓度。

#### 4. 建筑物的层高

Steinhäusler认为建筑物底层土壤中氡的发射对建筑物内放射性的贡献是纵向递减的。所以地下室或底层房间的氡浓度高于上层房间中的氡浓度。他用双滤膜法测定了室内外空气中的氡, 得出室内氡浓度高于室外。但发现在15层楼的实验室内氡浓度大致与野外空气中氡浓度相等。在同一建筑物中, 氡浓度与地表上的层高关系是: 最高层的办公室中氡浓度最低, 最低层的地下室中氡浓度最高。但Gémesi等测定了炉内烧过的粘土砖的建筑物中氡浓度与离地面高度的变化情况是: 各层之间的氡浓度差别较少,  $^{222}\text{Rn}$ 浓度几乎接近常数。

#### 5. 气象条件

Steinhäusler的实验结果表明<sup>[8]</sup>, 由于各种气象条件的影响, 即使在一个场所的同一个时期内,  $^{222}\text{Rn}$ 浓度有很大的变动, 因为在进行测定的任何时间里各种气象条件是不完全相同的。这些气象条件包括大气压、相对湿度等。

(1) 大气压 Jonassen于1974年3~5月观测了一钢筋混凝土地下室内空气中 $^{222}\text{Rn}$ 浓度与大气压之间的关系, 该室内空气中 $^{222}\text{Rn}$ 平均浓度为  $5\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 。结果表明, 室内空气中的氡浓度随大气压的升高而下降, 大气压的下降而升高<sup>[8,12]</sup>。当气压下降时, 求得气压和 $^{222}\text{Rn}$ 浓度的直线斜率为  $0.42\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}\cdot(\text{mm-Hg})^{-1}$ , 当气压升高时, 求得的直线斜率为

$0.50\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}(\text{mmHg})^{-1}$ <sup>[12]</sup>, 这是因为墙壁和地面的氡发射率的高低与气压的高低存在着相反作用的缘故。据Jonassen和Stranden报导, 在没有通风的房间里, 当大气压下降1毫米汞柱时, 室内氡平均浓度提高约8%<sup>[12]</sup>和5~7%<sup>[8]</sup>。

#### (2) 相对湿度和温度

室内氡浓度一般随湿度的升高而升高, 随湿度的下降而下降<sup>[13]</sup>。已发现, 湿度对氡发射率的影响与其它因素(特别是气压)相比是次要的。因此在考虑外界因素时, 湿度的影响可忽略不计<sup>[13]</sup>。

室内温度的升高对氡的发射率影响较小。由于温度的升高, 氡发射率最多提高10%<sup>[13]</sup>。

#### 6. 季节与昼夜

空气中氡的浓度是随季节和昼夜而变化的。Steinhäusler的调查表明<sup>[8]</sup>, 尽管通风条件相同, 在起居室和工作室中的氡浓度有较大的日和季节波动。他发现在5月份中午 $^{222}\text{Rn}$ 最低, 在正月最高。Rundo等对砖建筑物中氡浓度值作了观察, 发现下午六点时最低( $0.3\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ ), 早晨五点半最高<sup>[7]</sup>。最大值与最小值的比值夏天最高, 冬天最低<sup>[1]</sup>。Caruthers等<sup>[11]</sup>的测定结果表明, 室内空气中24小时的放射性最大值与最小值之比约为2。Gémesi<sup>[10]</sup>的测定结果约为3。即氡浓度在晚上24点钟的  $0.3\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$  到白天12~16点钟的  $0.1\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$  之间波动。Gémesi还报导了从1971年5月到1972年5月在布达佩斯地面上1米处测得的空气中 $^{222}\text{Rn}$ 的年波动情况, 他认为空气中氡平均浓度在夏季的6、7、8三个月最高, 冬季的12、1、2三个月最低。最大值约为最小值的4倍。即最大值为  $0.4\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ , 最小值为  $0.1\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

### 三、不同条件下建筑物室内空气中 $^{222}\text{Rn}$ 的调查浓度

不同国家各种类型建筑物室内Rn的浓度见表1。

pohl等指出, 正常环境中室内空气 $^{222}\text{Rn}$ 浓度的年平均值为  $0.2\sim 3\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ <sup>[2]</sup>。并认为室内氡一般高于室外。George指出, 纽约市

表1

住宅内的 $^{222}\text{Rn}$ 浓度

地 点	建筑物数目	建筑物类型 和建筑材料	室内 $^{222}\text{Rn}$ 浓度 ( $\text{pCi} \cdot \text{L}^{-1}$ )		备 注	参考文献
			范 围	平均值		
波 兰	28	公寓住宅: 混凝土	0.14~2.14	0.44	在相同通风情况 下的测量结果	〔1〕
	8	凝聚料	0.26~1.10	0.35		
	6	砖	0.08~0.37	0.19		
瑞 典	55	住宅: 木	0.3 ~0.9	0.54	每小时换气4次	〔1〕
	87	砖	0.3 ~2.1	0.91		
	83	混凝土	0.3 ~4.5	1.86		
苏 联		硅酸盐砖	0.12~4.3			〔1〕
		红 砖	0.19~1.10			
		混 凝 土	0.4			
		土 坯 矿 渣	0.3 ~10.0 4.0 ~8.0			
英 国	1	住宅	0.06~0.31	0.16	通风良好 通风不良 通风很差 空 调	〔1〕
	1	住宅	0.2 ~0.7	0.4		
	6	工业厂房	0.005~1.2	0.3		
	4	办 公 楼	0.06~0.35	0.17		
美 波 士 顿 地 区 国 区	7	独户住宅:			每小时换气次数 2~6次 1~3次 5~9次 5~12次	〔1〕
		第一层(木结构)	0.005~0.23	0.07		
		地下室(混凝土)	0.1 ~0.94	0.40		
	3	公寓住宅: 砖	0.01~0.19	0.09		
	4	办公室和实验室	0.02~0.10	0.05		
奥 地 利	750	生活室和工作室	0.75~3.11		不通风关闭门窗	〔3〕
挪 威	20	住宅: 木 混凝土 砖		1.3	在采样前关闭门 窗5小时	〔8〕
				2.0		
				1.0		
美国: 马萨诸塞州 田纳西州 佛罗里达州		住宅: 木 一般住宅 一般住宅		0.07		〔7〕
				1.4		
				1.3		

室内外 $^{222}\text{Rn}$ 日平均浓度为 $0.10 \sim 0.22 \text{pCi} \cdot \text{L}^{-1}$ ,而在保健安全实验室地下室平均氡浓度为 $3.6 \sim 7.8 \text{pCi} \cdot \text{L}^{-1}$ 〔9〕。

#### 四、空气中氡的测定方法

测定环境样品中氡浓度的方法很多。例: Prichard〔10〕和Parks〔10〕分别用液体闪烁计数器快速灵敏地测定水中的氡。Sasser等用Lucas  $\alpha$ 闪烁室测定了北卡罗来纳地表水中的氡浓度〔17〕。美国原子能委员会保健和安全实

验所介绍了脉冲电离室测定大气氡和人体呼出氡〔17〕。有关室内外氡的测定方法,国内也有不少报导。如中国医学科学院放射医学研究所报导了测定 $^{222}\text{Rn}$ 的双滤膜过滤法〔18〕。高益群等人介绍了用双滤膜法测定石煤渣建筑物内氡的水平〔6〕。本文就国内外目前常用的测定方法略述如下:

##### 1. 静电计-电离室法

静电计-电离室法是最经典最可靠的测定

方法。其方法的要点是：将待测空气通过一个装满氯化钙的干燥管，干燥管的出入口处有双层棉絮（或纤维滤膜纸）滤掉空气中的氦子体产物，只允许纯氦进入已抽成真空的电离室。待三小时后，电离室内的氦与其子体达成放射性平衡，然后用静电计测量其电离电流的大小求得空气中的氦浓度。

由于静电计的灵敏度不够高，只能测定大于 $10\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氦浓度，所以限制了此方法的广泛使用。目前一般用于铀矿山调查中。

## 2. 活性炭吸附法

活性炭吸附法<sup>[20]</sup>是静电计-电离室法的发展。它利用活性炭能强烈吸附氦之特性，使灵敏度比静电计-电离室法提高1~2个数量级。活性炭吸附法测定大气中氦的原理是：在干冰作用的低温下（ $-78^{\circ}\text{C}$ ），空气中气态氦能有效地被吸附在活性炭上，接着在约 $300^{\circ}\text{C}$ 下解析出氦，然后收集并测定氦的浓度。此种方法的主要缺点是装置复杂和携带不便。

Countess介绍了活性炭测氦的简单方法<sup>[21]</sup>。把经过改装的含有活性炭的美国军用M I型滤毒罐置于氦源上，以吸收氦气。然后用 $\gamma$ 谱仪进行测定吸附在活性炭内的氦子体。这种方法不必对氦作解吸，因此可以避免氦的损失，同时具有方法简便，成本低，罐容易取得又可重复使用等优点。Countess已用该法测定了铀矿山尾堆，土壤和建筑物内外空气的氦浓度。

## 3. Lucas闪烁室法

由路卡斯（Lucas）创立的闪烁室法，把测量电离电流强度改成计数，从而提高了精确度。通过延长计数时间，降低仪器本底等措施，灵敏度可达 $1\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 。由于闪烁室体积小（ $100\sim 300$ 毫升），故容易携带，操作也方便。

Lucas闪烁室的原理是将待测空气直接充入（或经过滤）Lucas闪烁室，该室是一个平底的小金属室或玻璃室，内壁涂有ZnS闪烁体，待三小时后，测定氦与子体达到放射性平衡时的放射性强度。

## 4. 双滤膜法

由Thomas等<sup>[19]</sup>建立的双滤膜法具有简单、快速、准确、容易掌握、不需要特殊仪器和设备等优点。该方法的灵敏度在 $0.1\sim 10\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间。它的灵敏度取决于管（筒）体积的大小，取样时间和测量时间。一般来说，增加管（筒）的体积，尤其是出入口之间的长度，可提高方法的灵敏度。双滤膜法测定空气中氦的原理是<sup>[18,19,25]</sup>：采用一只圆筒，在筒的出入口处分别装上高效滤膜，当受检空气通过圆筒时，入口滤膜将包括 $^{222}\text{Rn}$ 子体在内的所有固态放射性核素阻挡住，而只允许 $^{222}\text{Rn}$ 进入筒内。 $^{222}\text{Rn}$ 在流经筒内空间时，衰变产生新的固态子体，这些子体的一部分扩散在筒壁上，另一部分随气流到达出口滤膜，并收集在出口滤膜上。出口滤膜上的放射性是 $^{222}\text{Rn}$ 浓度及其它有关因素的函数。因此，可以通过测量出口滤膜上的放射性求出空气中的 $^{222}\text{Rn}$ 浓度<sup>[6,18~20]</sup>。George用一只长165厘米，直径8.4厘米的圆筒，用双滤膜法测定了地下室和建筑物走廊内空气中的氦浓度，他认为用此种方法很容易测定低到 $0.2\text{pCi}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氦浓度<sup>[9]</sup>。

## 5. 气球法

由清华大学工程物理系首先建立的气球法<sup>[22]</sup>快速测氦，其基本原理是：从 $^{222}\text{Rn}$ 衰变到RaD的衰变链中，由于Rn的半衰期为3.825天，在十几分钟内它的放射性活度基本不变，RaA则不同，在10分钟内可达到Rn活度的90%，此后变化很小，20分钟后才达到Rn活度的99%；相对而言，RaC'的增长却较小，10分钟时为Rn活度的1.5%，20分钟时也只有Rn活度的8.1%。也就是说引入纯氦10分钟后的一段时间内，生成的 $\alpha$ 放射性子体中，绝大多数是RaA，而RaC'的放射性可忽略不计。这就使我们有可能在引入氦后的短期内通过测量RaA来推算出Rn。其测量方法是：把通过滤膜去除子体的空气引入体积一定的气球内，放置10分钟使之生成活度接近Rn的RaA，然后将气球内气体通过一块干净的滤膜全部排出，取下

滤膜进行测量。由于滤膜上RaA的活度与气球内的氡浓度成正比,因此只要把某规定时间间隔内的计数乘上某一固定的常数就可以求得氡的浓度。本法的特点是原理简单,方法快速,不需要增加原有设备和人力,灵敏度可达 $n \cdot 10^{-2}$   $\mu\text{pCi} \cdot \text{L}^{-1}$ ,适用于空气中Rn的测定。

## 6. 其它方法

除上述方法测定空气中氡浓度外,还有氡的连续测定法。如前所述,影响室内Rn浓度的因素很多,Rn的浓度的改变也很大。因此,仅仅根据几个样品的一、二次测量,不可能获得有意义的平均值。Thomas等介绍了一种流气式氡监测器<sup>[23]</sup>,它轻巧灵敏,能连续测定空气中的氡浓度,经在实验室中使用数月,获得良好结果。Cowper介绍了一种可以在一周或一周以上的时间内探测Rn平均浓度低于 $1\text{pCi} \cdot \text{L}^{-1}$ 的仪器<sup>[24]</sup>,该仪器不会干扰居民,空气泵留在室外。

## 五、小 结

1. 在一般情况下,建筑物内空气中的氡浓度高于室外空气中的氡浓度。住宅低层内的氡浓度高于上层内的氡浓度。在不同类型的建筑物中,木质结构的房子室内氡浓度最低,砖结构的较高,混凝土和花岗岩结构的最高。

2. 室内氡水平受外界因素的影响很大。为了降低室内氡的浓度,减少广大居民受天然环境辐射水平,室内应经常保持良好的通风,在机械通风空气循环使用的条件下,要注意过滤掉累积的氡子体;室内墙壁天棚可涂上涂料(或贴上厚质纸版)以降低氡的发射。在选择建房场地时,应取天然辐射本底尽可能低的地点。禁止用放射性矿渣等含 $^{226}\text{Ra}$ 量高的材料作为建筑物地基的填料。

3. 许多科学工作者<sup>[2,3,7]</sup>认为:室内氡浓度波动幅度很大,受外界影响的因素很多,

因此要评价一个地区或一个试验场所的氡水平,仅仅根据一、二次的测定结果是不够的。而需要在一年四季里进行长期的系统观测才能获得具有统计学意义的年平均值,并了解其变化幅度。

## 参 考 文 献

1. 电离辐射:水平与效应 第一卷,水平,原子能出版社,1978。
2. Pohl E et al:Health Phys 31:343, 1976。
3. Steinhäusler F:Health Phys 29:705, 1975。
4. Porstendörfer J et al:Health Phys 34:465, 1978。
5. 高益群等:辐射防护 5:16, 1978。
6. Parthasarathy KS:Health Phys 31:187, 1976。
7. Rundo J et al:Health Phys 36:729, 1979。
8. Stranden E et al:Health Phys 36:413, 1979。
9. George AC:Natural Radiation Environment Vol: I P731,CONF-720805-P2, 1972。
10. Gémesi J et al:Natural Radiation Environment Vol: I P751 CONF-720805-P2, 1972。
11. Caruthers LT et al:Health Phys 29:814, 1975。
12. Jonassen N:Health Phys 29:216, 1975。
13. Money M et al:Health Phys 31:456, 1976。
14. Stranden E et al:Health Phys 39:275, 1980。
15. Prichard HM et al:Health Phys 32:577, 1977。
16. Parks NJ:Health Phys 36:207, 1979。
17. 约翰·H·哈利编,程荣林等译,环境放射性监测技术手册,卫生部工业卫生实验所。
18. 中国医学科学院分院 放射医学 1, 1976。
19. Thomas JW et al:Health Phys 18:113, 1970。
20. Budnitz RJ:Health Phys 26:145, 1974。
21. Countess RJ:Health Phys 31:455, 1976。
22. 清华大学工程物理系:铀矿山水冶厂放射性监测方法, P49, 原子能出版社, 1976。
23. Thomas JW et al:Health Phys 36:734, 1979。
24. Cowper G:IAEA-SM-229/100, 1979。
25. Kotrappa P et al:IAEA-SM-229/31, 1979。