

室内表面平均氡析出率阈值探讨

衡阳师范学院 南华大学

谭延亮 肖德涛

主要内容

一、氡的危害与室内氡来源

二、室内氡浓度模型

三、室内表面平均氡析出率阈值分析

(1) 中国南北的划分及室外氡浓度平均值

(2) 北方地区年平均换气率

(3) 南方地区年平均换气率

(4) 室内表面平均氡析出率阈值

四、累积法测量氡析出率

(1) 理论模型

(2) 积氡罩内饱和氡浓度

五、结论

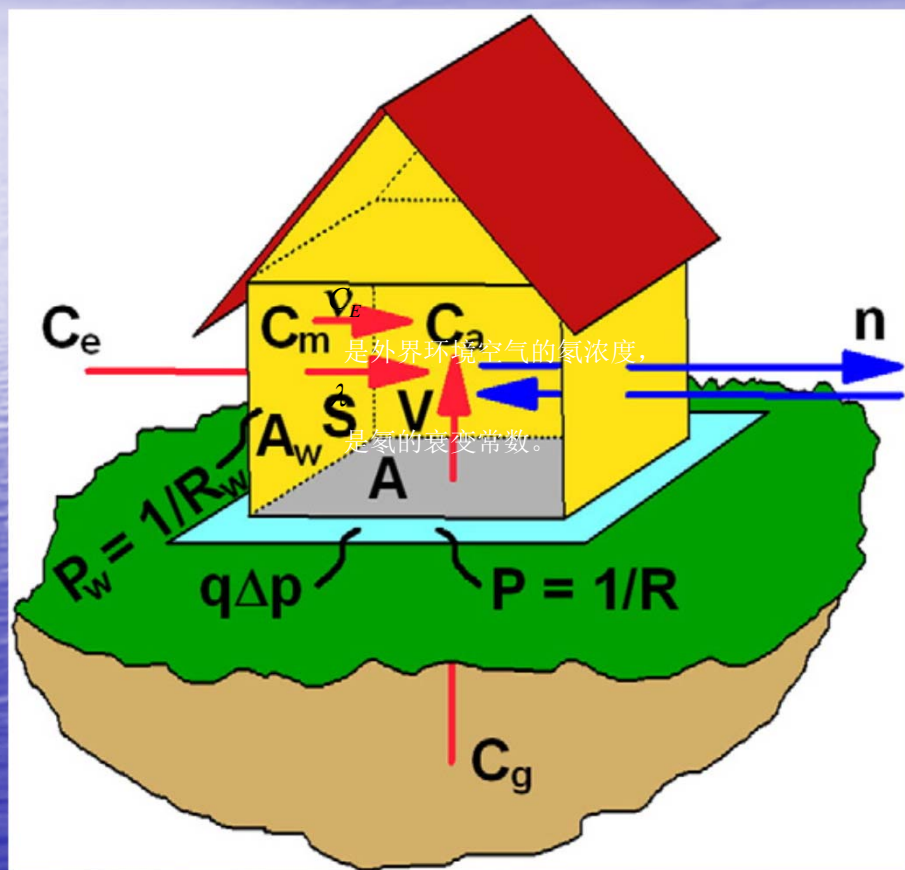
氡的危害与室内氡来源

- 2009年WHO公布的氡与肺癌危险流行病学最新研究结果确认室内氡可以引起普通人群肺癌危险增加，同时，对室内氡采取了更严格的控制标准：**100Bq/m³**
- 室内氡主要来源于建筑物地基和周围土壤、建筑材料和室外空气。

林莲卿:北京地区室内空气中氡的来源

氡源	进入率(Bq·m ⁻³ ·h ⁻¹)	相对份额(%)
房基及其周围土壤	27.5	56.3
建筑材料	10	20.5
室外空气	10	20.5
供水	1	2
家用燃料	0.3	0.7
合计	48.8	100

室内氡浓度模型



我们将复杂模型简化：

- 1、室内表面平均氡析出率
- 2、与室外空气交换

$$\frac{dC_R(t)}{dt} = JS / V - \frac{L}{V} [C_R(t) - C_E] - \lambda C_R(t)$$

S是室内表面积（包括室内地面、墙面和屋顶，不包含氡析出率特别低的门窗），

J是室内表面的平均氡析出率，

V是室内空间体积，

L是室内空气与环境空气换气流率，

C_E是外界环境空气的氡浓度

Bjørn Petter Jelle Development of a model for radon concentration in indoor air

Science of the Total Environment 416 (2012) 343–350

- 当室内氡浓度趋于恒定时,忽略氡的自然衰变,模型可以进一步简化为

$$JS / V = m[C_R(t) - C_E]$$

$m=L/V$ 为换气率

对于刮胶装修工程,认为墙面及屋顶面积(不含门窗)是地面面积的**2.8**倍。一般墙面高度为**2.8**米。带入相关参数:

$$J = m[C_R(t) - C_E] / 1.36$$

不同换气率及室外氡浓度条件下，对室内表面的平均氡析出率要求

(室内氡浓度不超过**100Bq/m³**)

换气率为	$C_E=10\text{Bq/m}^3$ J (Bq.m ⁻² .h ⁻¹)	$C_E=20\text{Bq/m}^3$ J(Bq.m ⁻² .h ⁻¹)	$C_E=30\text{Bq/m}^3$ J(Bq.m ⁻² .h ⁻¹)	$C_E=40\text{Bq/m}^3$ J(Bq.m ⁻² .h ⁻¹)	$C_E=50\text{Bq/m}^3$ J(Bq.m ⁻² .h ⁻¹)
0.1/h	6.62	5.88	5.15	4.41	3.68
0.2/h	13.24	11.76	10.29	8.82	7.35
0.3/h	19.85	17.65	15.44	13.24	11.03
0.4/h	26.47	23.53	20.59	17.65	14.71
0.5/h	33.09	29.41	25.74	22.06	18.38
0.6/h	39.71	35.29	30.88	26.47	22.06
0.7/h	46.32	41.18	36.03	30.88	25.74
0.8/h	52.94	47.06	41.18	35.29	29.41
0.9/h	59.56	52.94	46.32	39.71	33.09

为使室内氡浓度不超过**100Bq/m³**，不同换气率及室外氡浓度条件下，对室内表面的平均氡析出率要求有数量级的差异。

室内表面平均氡析出率阈值分析

中国南北的划分及室外氡浓度平均值

- 秦岭—淮河一线，就是我们常说的中国南北地理分界线，此线南北，无论是自然条件、农业生产方式，还是地理风貌以及人民的生活习俗，都有明显的不同。
- 全球地表空气氡浓度一般在**5-20Bqm⁻³**之间。
- 北方地区我们取平均值：**10Bqm⁻³**。
- 在南方，阳江是国内天然辐射本底最高的地区；珠三角地区土壤氡浓度偏高，深圳市建筑科学研究院调查发现：深圳市土壤氡浓度的平均值超过**50000 Bqm⁻³**，而全国土壤氡浓度的平均值为**7300 Bqm⁻³**，因此对于南方地区我们取室外空气氡浓度**20Bqm⁻³**。

北方地区年平均换气率

- 冬季：主要使用暖气供暖，供暖时间一般为**4**个月，如北京每年**11月15**日至次年**3月15**日为供暖时间，可以认为北方冬季平均时间为**4**个月。冬季一般门窗紧闭，换气率低，可以保守的将换气率定为**0.1/h**。
- 夏季：主要使用空调降温，北方平均使用空调时间定为**3**个月。同样夏季一般门窗紧闭，而且传统的空调是没有换气功能的。带有换新风功能的空调，室内机与室外加了一根塑料通气管，里面有一个风扇，可把室外的新鲜空气排进室内，使室内的空气保持清新，该类新式空调国内保有量非常低。可以保守的将换气率也定为**0.1/h**。
- 春、秋季：时间为**5**个月。为保持室内空气清新，通常房间换气次数**1-3**次/小时，为防止室外灰尘进入室内，目前一般多采用封闭式装修风格，人们一般不会将所有窗户完全开启通风。可以保守的将换气率定为**1/h**。
- 这样年平均换气率为：**0.48/h**。

南方地区年平均换气率

- 冬季：南方地区冬季平均时间短于北方地区，定为**3**个月。主要使用空调、煤炉、电暖器供暖，门窗紧闭，换气率较低，但是房间的密闭性比北方差，可以保守的将换气率定为**0.2/h**。
- 夏季：主要使用空调降温，南方平均使用空调时间长于北方地区，定为**3**个月。可以保守的将换气率也定为**0.2/h**。
- 春、秋季：时间也为**5**个月。可以保守的将换气率也定为**1/h**。
- 这样年平均换气率为：**0.53/h**。

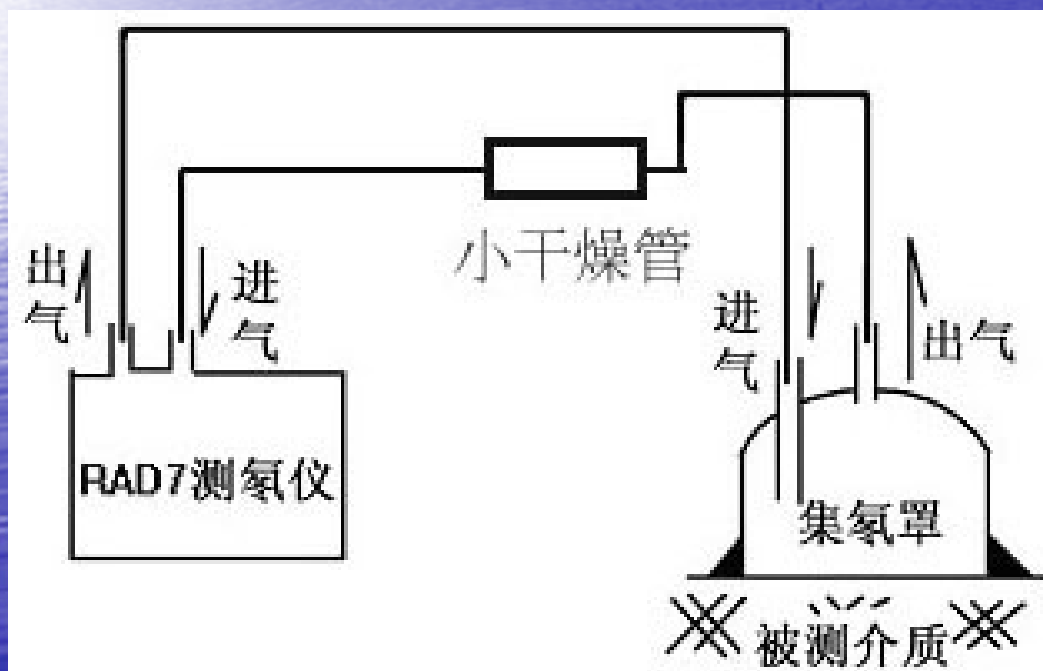
室内表面平均氡析出率阈值

- 南、北地区室外空气氡浓度，分别取**20 Bqm⁻³**、**10 Bqm⁻³**；年平均换气率取**0.53/h**、**0.48/h**。
- 依据理论模型计算得到的室内表面平均氡析出率阈值分别为：
- **31.2 Bq.m⁻².h⁻¹**、**31.8 Bq.m⁻².h⁻¹**。
- 可以统一定为**31 Bq.m⁻².h⁻¹**。

累积法测量氦析出率

理论模型

- 为快速测量氦析出率可以使用一台电子测氦仪测量积氦罩内氦浓度的变化趋势，从而计算得到氦析出率。



$$C(t) \approx \frac{JS_c}{\lambda_e V_c} (1 - e^{-\lambda_e t})$$

式中 J 为被测介质表面氦析出率；
 S_c 为集氦罩的底面积；
 V_c 为循环回路体积（包括集氦罩空间体积、管道空间体积和测氦仪测量室体积）；
 λ_e 为有效衰变常数（包括氦的衰变常数和氦的泄漏和反扩散率）。

积氦罩内饱和氦浓度

问题:

氦浓度测量的准确性决定了氦析出率的准确性。对于疏松的建材，如果其析出率低于阈值，积氦罩内饱和氦浓度将会较低，这对氦浓度的测量提出了更高的要求。

积氦罩高度为**10cm**时，
积氦罩内饱和氦浓度值**C**

有效衰变常数(s^{-1})	$J=31Bq \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$, $C(Bq/m^3)$
0.00001	8611
0.00005	1722
0.0001	861
0.0002	431
0.0003	287
0.0004	215

结论

- (1) 南、北地区室外空气氡浓度分别取**20 Bqm⁻³**、**10 Bqm⁻³**；年平均换气率取**0.53/h**、**0.48/h**。依据理论模型得到室内表面平均氡析出率阈值为**31 Bq.m⁻².h⁻¹**。
- (2) 氡浓度测量的准确性决定了氡析出率的准确性。对于疏松的建材，积氡罩内饱和氡浓度将会较低，这对氡浓度的测量提出了更高的要求。



谢谢！

求批评！ 求指导！