

# 两种不同介质氡析出率测量最佳时间间隔的探讨

李钢

天津市辐射环境管理所 天津 300191

**摘要:** 目的 探寻不同介质表面氡析出率测量的最佳时间间隔。方法 分别对地瓷砖、土壤表面设置不同测量时间间隔进行氡浓度测量,利用相关公式计算氡析出率。结果 氡析出率的测量与时间间隔的选取存在最佳关系。结论 建议测量地瓷砖表面氡析出率最佳时间间隔为 1~2 h,测量土壤表面氡析出率最佳时间间隔为 20~30 min。

**关键词:** 氡浓度; 氡析出率; 测量时间间隔

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2014.04.033

中图分类号: TL75<sup>+</sup>1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2014)04-0368-02

氡析出率是指在单位时间内穿过单位面积的介质表面析出到空气中的氡的浓度,是寻找室内氡污染来源及建材是否合格的一个重要指标,《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325-2010)<sup>[1]</sup>中对建筑主体材料及工程地点土壤表面氡析出率给出了相应的限值。因此,准确测定土壤、岩石、建材等表面的氡析出率,是住房中氡污染治理的一项基础工作,而测定不同介质表面氡析出率的最佳测量时间间隔对于提高测量效率具有一定的现实意义。笔者利用局部静态法<sup>[2-3]</sup>探讨地瓷砖和土壤两种介质表面氡析出率测量所需最佳测量时间间隔。

## 1 测量方法及原理

在被测介质表面扣一个由不透氡材料做成的集氡罩,周围用不透氡材料密封构成一个积累空间。所扣介质表面的氡被集氡罩收集,其浓度随时间增长而增加。集氡罩内单位时间氡浓度增长的数学表达式为:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{ES}{V} - \lambda C \quad (1)$$

式中  $\frac{ES}{V}$  为单位时间集氡罩内氡浓度的变化,  $Bq \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ;  $E$  为被测介质表面氡析出率,  $Bq \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ;  $S$  为集氡罩的底面积,  $m^2$ ;  $V$  为集氡罩空间体积,  $m^3$ ;  $\lambda C$  为集氡罩内氡的衰变引起的氡浓度变化,  $Bq \cdot m^{-3} \cdot s^{-1}$ ;  $\lambda$  为氡的衰变常数  $2.06 \times 10^{-6} s^{-1}$ ;  $C$  为集氡罩内积累  $t$  时刻的氡浓度,  $Bq \cdot m^{-3}$ ;  $t$  为集氡的时间,  $s$ 。

$C$  与  $E$  的关系为:

$$E = \frac{\lambda V}{S(1 - e^{-\lambda t})} (C - C_0 e^{-\lambda t}) \quad (2)$$

式中  $C_0$  为集氡罩内初始氡浓度,  $Bq \cdot m^{-3}$ 。当  $t$  选得较短(1~4 h)<sup>[4]</sup>,此时满足  $\lambda t < 1$ ,公式(2)简化为:

$$E = \frac{(C - C_0) \times V}{S \times t} \quad (3)$$

式中  $E$  为集氡罩内氡浓度按线性增长计算出的氡析出率,  $Bq \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。

## 2 测量的最佳时间间隔实验

**2.1 实验用测量仪器** 本次实验采用德国 sarad 公司生产的 RTM 1688-2 型便携式氡/钍测量仪,分别对地瓷砖及土壤两种介质表面进行氡析出率测量,见图 1 和图 2。



图 1 地瓷砖表面氡析出率测量 图 2 土壤表面氡析出率测量

RTM 1688-2 仪利用<sup>222</sup>Rn 的短寿命子体<sup>218</sup>Po 测量氡浓度,氡气在高压腔室内衰变,衰变后产生<sup>218</sup>Po 粒子与  $\alpha$  粒子,由于  $\alpha$  粒子对一些轨道电子的散射,<sup>218</sup>Po 粒子在一段时间内带正电,这些带电粒子被半导体探测器表面收集,收集到的<sup>218</sup>Po 离子数目正比于腔室内氡浓度。在使用该仪器进行实验时,均选用 fast 模式。该实验仪器处于检定有效期内,修正因子为 1.00。

2.2 测量与结果 选择我单位仪器室内地瓷砖和我市西青区某小区内土壤地面设置不同时间间隔的氡浓度测量。测量结果曲线见图 3 ~ 图 7。

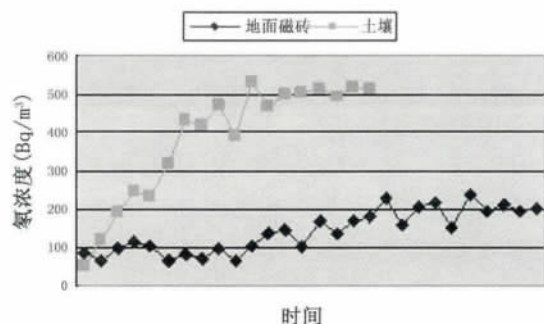


图 3 地瓷砖与土壤 20 min 测量间隔氡浓度曲线

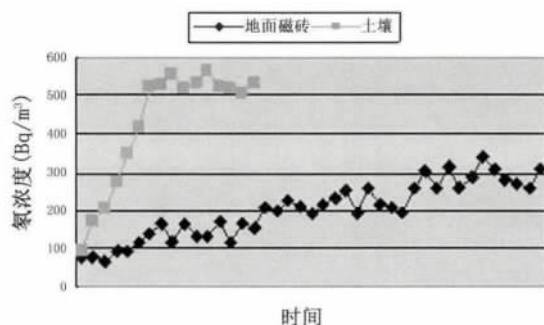


图 4 地瓷砖与土壤 30 min 测量间隔氡浓度曲线

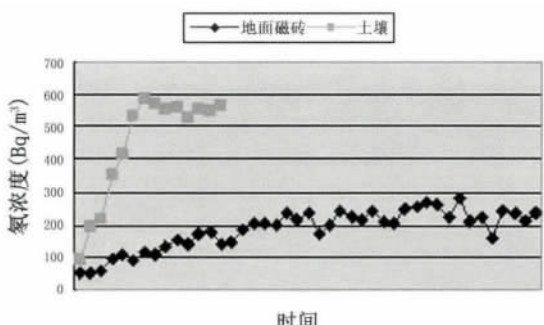


图 5 地瓷砖与土壤 1 h 测量间隔氡浓度曲线

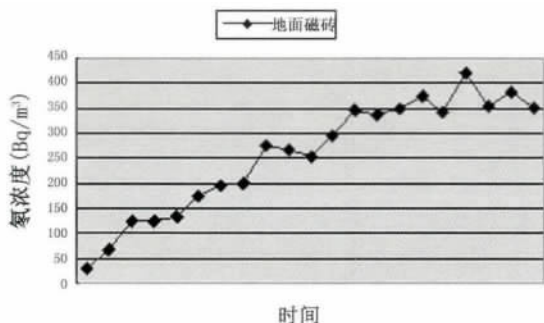


图 6 地瓷砖 2 h 测量间隔氡浓度曲线

从图 3 ~ 图 7 可看出,测量时间间隔越短,氡浓度增长过程的线性越差,对于氡浓度相对较低的地瓷砖,此现象尤为明显。图 3 所示地瓷砖氡浓度的增长甚至不成线性。时间间隔越长,线性虽然越好,但却不满足公式(3)的条件。为寻找最佳测量时间间隔,本实验使用公式(2)计算出从开始测量到氡浓度实现平衡过

程的氡析出率,以此为标准值,对氡浓度增长的过程进行线性拟合,选取符合条件的两点,再利用公式(3)计算出对应的氡析出率,将其与标准值进行比较。结果见表 1 和表 2。

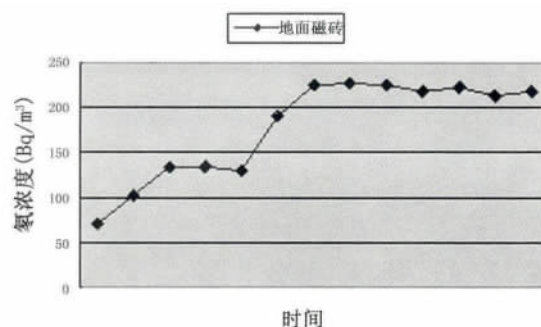


图 7 地瓷砖 3 h 测量间隔氡浓度曲线

表 1 地瓷砖表面不同测量时间间隔氡析出率计算结果

| 序号 | 测量时间<br>间隔 | 公式(2) 计算结果<br>( $\text{mBq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 公式(3) 计算结果<br>( $\text{mBq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 相对偏差<br>(%) |
|----|------------|--|--|-------------|
| 1  | 20 min     | 0.985  | — <sup>1)</sup>  | —           |
| 2  | 30 min     | 0.689  | 0.583  | 15.4        |
| 3  | 1 h        | 0.449  | 0.396  | 11.8        |
| 4  | 2 h        | 0.545  | 0.479  | 12.1        |
| 5  | 3 h        | 0.404  | 0.375  | 7.18        |

注:1) 20 min 间隔情况下,因氡浓度增长无线性规律,无法用(3)式进行计算。

表 2 土壤表面不同测量时间间隔氡析出率计算结果

| 序号 | 测量时间<br>间隔 | 公式(2) 计算结果<br>( $\text{mBq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 公式(3) 计算结果<br>( $\text{mBq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 相对偏差<br>(%) |
|----|------------|--|--|-------------|
| 1  | 20 min     | 6.11   | 5.33   | 12.8        |
| 2  | 30 min     | 6.03   | 5.56   | 7.79        |
| 3  | 50 min     | 4.52   | 4.28   | 5.13        |

### 3 分析与讨论

由结果可见,本次测量的地瓷砖氡析出率为  $10^{-4} \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  量级,与文献[5]中的地瓷砖表面氡析出率水平一致。测量的土壤表面氡析出率为  $10 \text{ Bq}$  量级,处于文献[6]中的北方典型沙壤土氡析出率范围内。

由表 1 可看出,测量地瓷砖表面氡析出率时,如果选取的时间间隔在 30 min 以内,尽管提高了测量效率,但氡浓度增长曲线线性较差,测出的氡析出率偏差较大。因此,推荐选取时间间隔在 1 ~ 2 h 时间段之间,能够获得较好的线性增长曲线。

由表 2 可看出,测量土壤表面氡析出率时,设置的三种时间间隔测出的氡浓度都具有很好的线性增长曲线。因此,在测土壤氡析出率时,可选取 20 ~ 30 min 时间段作为测量时间间隔。这与文献[7-8]的建议较一致。

# 顶空固相微萃取气相色谱法测定尿中三苯

张梦萍 邹薇 孟磊

山东省职业卫生与职业病防治研究院 山东 济南 250062

**摘要:** 目的 建立顶空固相微萃取气相色谱法测定尿中三苯的方法。方法 尿中三苯采用顶空固相微萃取-气相色谱法进行测定,研究并探讨了萃取温度、萃取时间、盐浓度、搅拌速度、解吸温度等因素对尿中三苯萃取量的影响,选定了最佳分析条件。结果 尿中三苯经 75  $\mu\text{m}$ CAR/PDMS 固相微萃取头进行富集,在萃取温度为 50℃ 下萃取 10 min,被测物标准曲线线性关系良好,精密度达到标准溶液各点的相对标准偏差小于 10%;样品加标回收率大于 75%。结论 该方法具有无须有机溶剂、所需样品量较少、操作简单、快速的优点,检测的灵敏度较高,适用于尿中三苯的检测。

**关键词:** 尿;三苯;顶空固相微萃取;气相色谱

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2014.04.034

中图分类号:R134 文献标识码:B 文章编号:1004-714X(2014)04-0370-02

三苯是挥发性有机物(VOCs)的重要成分之一,通常是苯、甲苯、二甲苯的总称。三苯均被列入美国 EPA 的 129 种优先污染物名单中<sup>[1]</sup>,三苯可用作化工生产的中间体,作为溶剂或稀释剂用于油漆、喷漆、橡胶、皮革、油墨等,因此在印刷业、家具制造业及一些化工行业中广泛存在。“三苯”是强血液毒性和致癌物质,可经呼吸道、皮肤和消化道吸收。长期接触较高浓度的苯、甲苯、二甲苯可导致职业病发生的概率增加。测定人尿液中游离三苯的含量,对进一步研究三苯对作业工人的危害具有重要的意义。尿中甲苯的测定国内主要采用的是顶空气相色谱法<sup>[2]</sup>,本文参考有关文献<sup>[3-5]</sup>,较系统的研究了尿中三苯的顶空固相微萃取气相色谱测定法,获得较满意结果。

基金项目:山东省自然科学基金(ZR2011HL036)

作者简介:张梦萍(1976-),女,助理研究员,从事职业卫生监测检验工作。

通讯作者:邹薇 E-mail: zouwei258@163.com

另外,从表 1、表 2 中可见,随着测量时间间隔的增加,测得的氢析出率均呈降低趋势,这是因为计算过程中忽略了氢的泄漏与反扩散的影响,精确测量氢析出率时需要同时对(1)式中的进行泄漏与反扩散的修正<sup>[7]</sup>。由于样本所限,不能针对多种地瓷砖和不同类型土壤进行类似的实验,实验结果存在一定的偶然性,但对于相同量级的氢析出率介质测量,具有一定的指导意义。

## 参考文献

- [1] GB 50325-2010 民用建筑工程室内环境污染控制规范[S]. 北京:中国计划出版社,2011.
- [2] 张哲. 氢的析出与排氢通风[M]. 北京:原子能出版社,1982.

## 1 材料和方法

1.1 仪器 6890N 气相色谱仪(美国安捷伦公司),氢火焰离子化检测器;顶空玻璃瓶(10 mL)。固相微萃取装置(SPME,美国 SUPELCO 公司),75  $\mu\text{m}$ CAR/PDMS(Carboxen/聚二甲基硅烷)涂层的石英纤维针头(美国 SUPELCO 公司);78-1 型的磁力加热搅拌器(江苏省金坛市恒丰仪器制造有限公司)。

1.2 试剂 苯、甲苯、二甲苯(色谱纯,天津市科密欧化学试剂有限公司);硫酸铵(分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司)。

### 1.3 方法

1.3.1 仪器条件 萃取条件:50℃ 恒温水浴 20 min,500 r/min 搅拌条件下萃取 10 min。将萃取头注入进样口,于 120℃ 下解吸 3 min。色谱条件:FFAP 弹性石

- [3] 张哲. 对氢析出率测定的一些看法[J]. 工业安全与环保,1981(4):25-27.
- [4] 陈凌,谢建伦,黄隆. 氢面析出率的测量及相关因素的考虑[J]. 辐射防护通讯,1998,18(6):28-36.
- [5] 张文涛,李正才,武彦英,等. 建筑材料表面氢析出水平调查[J]. 工业卫生与职业病,2007,33(4):241-243.
- [6] 孙凯男,郭秋菊,程建平. 我国部分地区土壤氢析出率的理论模型[J]. 中华放射医学与防护杂志,2004,24(6):581-584.
- [7] 刘小松,丘寿康. 一种较准确而快速测量氢析出率的方法[J]. 辐射防护,2007,27(3):156-162.
- [8] 刘良军. 氢面析出率快速测量方法研究[J]. 南华大学学报(自然科学版),2012,26(3):22-25.

收稿日期:2014-01-17 修回日期:2014-05-15