

• 环境放射性 •

氡浓度测量的时间代表性

金益和 郭秋菊

空气中氡的浓度是随着时间和地点而变化的,因此当我们在分析所测得的数据时,首先就应想到这些数据究竟代表多大的时间和空间范围。特别是室外空气的氡浓度变化范围较大,如果对这一点不了解的话,可能会对好不容易测得的数据做出错误的解释和结论。所谓“氡测量的时间代表性”^[1],就是指你在某地测得的数据可代表多长的时间范围内的空气平均氡浓度,换句话说,你究竟在什么时间测量,所得到的数据最接近 1 d (1 个月、1 年) 的氡浓度的平均值。

最近,利用计算机技术可以长时间地自动进行样品采集和数据处理,并可随时读取所测量并处理好的数据。用这样的方法来测量氡浓度当然是最精密和最理想的。但作为大规模的调查来说,这样装置因其价格、复杂性等原因就不太合适了。它目前还只能是一种局部范围的测量和研究的手段,并以此来对大规模氡浓度调查的测量时间、频度、布局进行研究和指导。本研究就是基于上述的考虑,利用全自动计算机控制的氡测量装置进行长达 5 年的连续测量,来研究氡测量的时间代表性。

一、实验方法

1. 测量装置

(1) 计算机控制自动连续氡测量装置: 室内外氡浓度的连续测量采用 ERM-MK3B 静电聚集氡连续测量装置^[2]。该装置每隔 10 min 给出脉冲计数,每隔 1 h 作 1 次平均氡浓度的计算,每天 24:00 自动存盘。

(2) 氡浓度的累积测量装置: 用 ALOKA, GS-201B^[3] 静电累积氡测量装置与上述 ERM-MK3B 进行同时测量,以作为测量值的比对与校核。

2. 测量地点及采样方法

(1) 采样地点: 室外采样地点选择在空气质量高,受外界影响小的福建省放射卫生防护所内的绿化区。室内采样点选择无水源、燃气和人员出入影响的实验室。

(2) 采样方法: 自 1991 年至 1995 年利用上述 ERM-MK3B 和 ALOKA, GS-201B 氡浓度测量装置进行不间断的采样。在采集氡的同时,进行气象因子(气温、气压、湿度、风速风向、雨量等)的连续测量。

二、结果

1. 1 d 的代表时刻

如果 1 d 只测 1 次的话,究竟在什么时间测量所得的数值最接近 1 d 的平均值?

为分析的方便,我们把氡浓度进行归一化处理,也就是把某瞬时(天、月)的氡浓度与该天(月、年)的平均氡浓度的比值作为某瞬时(天、月)的归一化氡浓度。

图 1 为随机抽取的 1993 年 2、8、10 月份的室外瞬时归一化氡浓度月平均值 1 d 内的变化。从图 1 可见,室外空气中每一时刻的氡浓度不仅变化很大,而且存在明显的周期性的变化规律。其随时间的变化与气温相反,而与气压相似,即清晨最高,下午最低。尤其值得注意的是,不管哪 1 个月,上午 10:00 前后的氡浓度最接近 1 d 的平均值,10:00 的平均归一化浓度为 0.99。因此如果 1 d 只测量 1 次室外氡浓度的话,那么在上 10:00 前后测得数值最接近 1 d 的平均值。

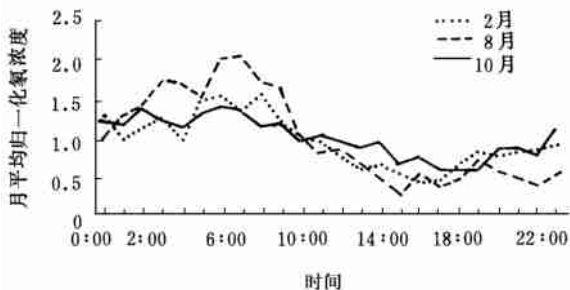


图 1 福州市室外平均归一化氡浓度日变化(1993 年)

图 2 所示为 1991 年 9 月和 11 月、1993 年 7 月和 9 月室内平均归一化浓度的日变化。由于室内氡浓度的相关因子较多,因此测量地点选择在没有水源和燃气的底层实验室,在密闭门窗没有人员出入的条件下连续测量 10 d,取中间 1 周的数据进行平均,以排除可能的干扰因子。从图 2 可见,每天室内氡浓度的变化与室外有相似的规律,但变化幅度明显小于室外。其时间代表性没有室外明显,但在上午 9:00~10:00 和晚上 21:00~22:00 的氡浓度值接近 1 d 的平均值,其归一化浓度分别为 0.89~1.36 和 0.92~1.03。如果 1 d 只

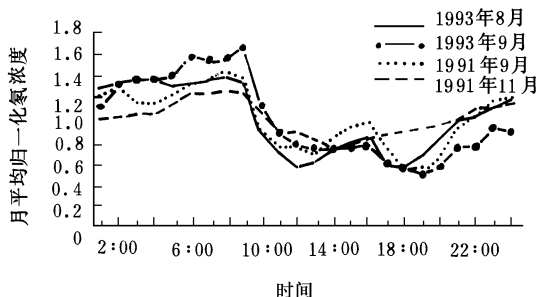


图 2 福州市室内平均归一化氡浓度的日变化

作者单位: 350001 福州,福建省劳动卫生职业病研究所(金益和);北京大学技术物理系(郭秋菊)

测 1 次室内氡浓度的话,最好在 21:00~ 22:00。因上班时间等原因,为方便起见,在上午 9:00~ 10:00 测量也可得到接近 1 d 的平均值的测量值。

2. 1 个月所必要的测量天数

图 3 为 1991~ 1995 年,每年随机抽取 1 个月的日平均氡浓度的变化图。从图中可见,在 1 个月中,氡浓度没有像 1 d 或 1 年那样随时间或季节有周期性的变化,可以说找不出任何可循的变化规律。因此不能引用类似上述的研究方法,即设法寻找某 1 d,只需测量该天的氡浓度就可代表该月的平均氡浓度。我们采用下述方法,在 1 个月内连续测量若干天,观察究竟需要连续测量几天,其平均值才可以在月平均值的满意的范围之内。具体地说,就是在 1 个月中分别连续测量 1、2、3、4、5、6 d 的室外氡浓度,并分别计算其平均值。每种测量方式均有 31 个平均值。以连续测量 3 d 为例,就是在 1、2、3 日,2、3、4 日,3、4、5 日,……,29、30、31 日进行连续测量,并分别计算出平均值。平均值数目不足 31 个时,再随机抽取 3 d 进行测量来补足到 31 个平均值。其他测量方式以此类推。

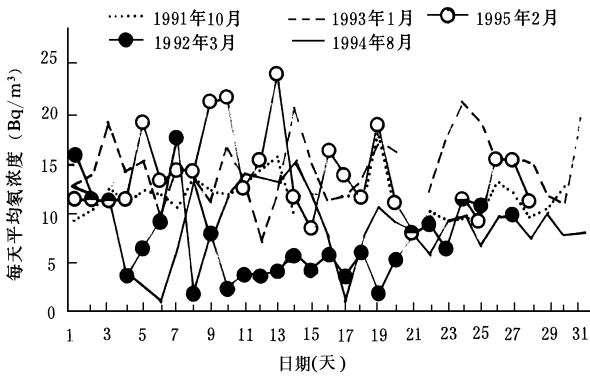


图 3 福州市室外氡浓度的月变化

表 1 每月 31 个平均测量值在月平均值 ±σ 范围内的几率(%)

连续测量 天数	1993 年 3 月	1994 年 8 月	平均
1	71.0	70.0	70.5
2	74.2	66.7	70.4
3	87.1	80.0	83.6
4	90.3	86.7	88.5
5	93.5	93.3	93.4
6	96.8	93.3	95.1

表 1 就是 6 种不同测量方式的 31 个平均值在(月平均值 ±σ)范围内的几率。

结合上一节的叙述,可得出结论,如每个月连续测量 6 d 氡浓度,测量时间为上午 10 时,则其 6 d 的氡浓度平均值在(月平均值 ±σ)范围内的几率为 95%。

室内氡浓度的变化幅度小于室外,因此上述结论也适合室内,只要把每天的测量时间改为 9:00~ 10:00 或 21:00~ 22:00 即可。

3. 1 年的代表月

从上述结果自然可以得出结论,如果每天测量 1 次,1 个月连续测量 6 d,则 1 年 12 个月测量所得数据的平均值就应该是全年氡浓度的平均值。但是氡浓度的季节变化是有一定规律性的,只要掌握了其变化规律,就可适当的减少测量次数,同样可得到较好的效果。

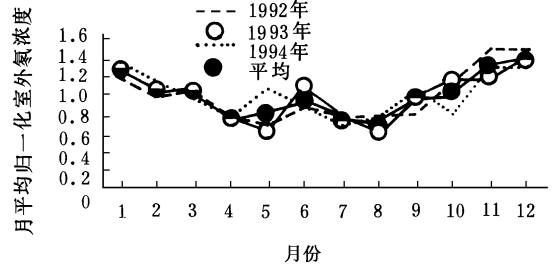


图 4 1992 年~ 1994 年室外月平均归一化氡浓度变化

图 4 所示为 1992 年至 1994 年室外月平均归一化氡浓度的变化。可见每年的 2~ 3 月和 9~ 10 月的平均浓度最接近全年的平均值。其 3 年的月平均归一化氡浓度分别为 1.07 ~ 1.01 和 0.94~ 1.03。

如上所述,1 年中 2~ 3 月和 9~ 10 月的平均氡浓度最接近全年的平均值,因此可从上述每组中抽取月平均值,再平均即为年平均值,也可单独将上述两个时期内测量 1 个月平均值作为年平均值。室内氡浓度的季节变化规律与室外相似^[4],也可直接引用上述结论。

三、结论

福州地区,在 2~ 3 月或 9~ 10 月,每月连续测量 6 d,每天测量时间室外为 10 时,室内为 9:00~ 10:00 或 21:00~ 22:00,即可得到近似于 1 d、1 个月和 1 年的平均室内外氡浓度。上述结论因各地的气象、地质等条件不同不一定完全适用,应该具体地区具体分析。本分析方法和结果可作参考。

参 考 文 献

- 1 下道国. イド 測定的时间代表性. 大 中の イド 族と 环境放射能. 东京: 日本原子力学会. 1995. 235-237.
- 2 Iida T, Ikebe Y, Suzuki K, et al. Continuous measurement of outdoor radon concentrations at various locations in East Asia. Environ Int, 1996, 22: S139-S143.
- 3 Iida T, Ikebe Y, Shimo M, et al. An electrostatic integrating ²²²Rn monitor with nitrate film for environmental monitoring. Health Phys, 1988, 54: 139-145.
- 4 金益和、饭田孝夫、池边幸正,等. 用累积法对中国部分城市室内外²²²Rn 浓度的调查. 中华放射医学与防护杂志, 1996, 16: 363-365.

(收稿日期: 2001-02-05)