

提高土壤氡浓度测定效率的方法

高超, 葛良全, 郭生良

(成都理工大学核技术与自动化工程学院, 四川 成都 610059)

摘要:采用测量 粒子能量的方法来确定氡及其子体的浓度, 找出测量规律及提高测量效率的方法。通过实验建立了提高土壤中氡浓度的测量效率的模型。

关键词:氡; 测定; 土壤

中图分类号: X837 **文献标识码:** C **文章编号:** 1006-2009(2007)04-0058-02

氡是由铀等放射性元素衰变产生的一种无色、无味的放射性气体。氡在自然界中有多种同位素, 环境测定所指的氡是 ^{222}Rn 。室内空气中氡浓度的高低, 与房屋地基下土壤和建筑材料中氡的浓度高低有关, 室内空气氡主要来源于土壤, 因此对土壤中的氡进行定量测定十分必要。土壤氡浓度测定的方法有瞬时法和累积法, 由于几种累积法测定耗时间都较长, 一般要数周甚至几个月, 现就最适合场地测定的瞬时法进行讨论^[1-5]。

1 仪器及工作原理

测定仪器为 KZ-D02D 型 能谱测氡仪。仪器工作原理是以金硅面垒型半导体探测器作为探测器, 将 粒子能量转换成电信号, 且电信号幅度正比于 粒子的能量。氡及其子体的衰变主要是 衰变, 可以通过测定 粒子的能量来确定氡及其子体的浓度。

2 提高氡浓度测定效率的模型

为了提高 ^{222}Rn 浓度的测定效率, 需要建立合适的氡浓度测定模型。由于 ^{218}Po 的半衰期 ($t_{1/2}$) 为 3.05 min, 讨论一种以 3.05 min 为基本时间单位来确定测定 ^{222}Rn 浓度的方法。

假设测氡仪有一个理想的抽气泵, 在抽完气后能在极短 (可以忽略不计) 的时间内完成排气工作, 且把抽气时间、测定时间、各个测点之间的间隔时间都设为 3.05 min 的整数倍。现将抽气时间、测定时间、各个测点之间的间隔时间都设为 3.05 min, 对该测定方法进行分析。

令 N'_1, N'_2, \dots, N'_m 分别为测点第 1 次测定, 测点第 2 次测定, \dots , 测点第 m 次测定的总计数——

测氡仪所记录的数值, 它们之中除测点第 1 次测定以外, 其他各点都包括了前面各个测点的残留部分, N_1, N_2, \dots, N_m 分别为测点第 1 次测定, 测点第 2 次测定, \dots , 测点第 m 次测定的氡所引起的真实计数, 则有

$$N'_m = \left(\frac{1}{2}\right)^{3(m-1)} N_1 + \left(\frac{1}{2}\right)^{3(m-1)-1} N_2 + \dots + \left(\frac{1}{2}\right)^{3(m-(m-2)-1)} N_{m-1} + N_m \quad (1)$$

$$\text{令 } A = \left(\frac{1}{2}\right)^{3(m-1)} N_1 + \left(\frac{1}{2}\right)^{3(m-1)-1} N_2 + \dots + \left(\frac{1}{2}\right)^{3(m-(m-2)-1)} N_{m-1} \quad (2)$$

$$\text{则有 } N'_m = A + N_m, \text{ 即 } N_m = N'_m - A \quad (3)$$

被抽进气缸内的氡气 (^{222}Rn) 经过 3.05 min 后, 它所衰变的原子核数为:

$$N_{m^{222}\text{Rn}} = N_{m^{222}\text{Rn}0} e^{-222\text{Rn}T} = N_{m^{218}\text{Po}} \quad (4)$$

由于 N_m 为经过 2 倍 ^{218}Po 的半衰期后所记录的 ^{218}Po 的已经衰变了原子核数, 故:

$$N_{m^{218}\text{Po}} = 4N_m, \text{ 所以 } N_{m^{218}\text{Po}} = 4(N'_m - A), \text{ 亦即}$$

$$N_{m^{222}\text{Rn}0} = \frac{N_{m^{222}\text{Rn}}}{e^{-222\text{Rn}t}} = \frac{N_{m^{218}\text{Po}}}{e^{-222\text{Rn}T}} = \frac{4(N'_m - A)}{e^{-222\text{Rn}t}} \quad (5)$$

根据需要对 (2) 式修正, 可方便地把 (5) 式中所用到的抽气时间、测定时间、各个测点之间的时间间隔都设为 ^{218}Po 的半衰期的任意整数倍的模型中去。

(5) 式为 t (抽气时间、测定时间、各个测点之间的间隔时间) 为 3.05 min 整数倍的测定方法的

收稿日期: 2007-04-23; 修订日期: 2007-05-16

作者简介: 高超 (1983—), 男, 黑龙江甘南人, 硕士研究生, 研究方向为环境辐射场及辐射检测技术。

理论依据, N_1, N_2, \dots, N_m 之间是有一定的相关关系的, 且由 (5) 式还可由仪器计数反推 ^{222}Rn 浓度的真实值, 由此建立氡测定模型。

3 土壤中氡的实际测定及分析

^{222}Rn 的衰变子体是 ^{218}Po , 测定其子体的浓度

就可以知道 ^{222}Rn 的浓度。 ^{218}Po 的半衰期为 3.05 min, 所以选择 3.05 min (实测选择 3 min) 为时间间隔, 在温度 25℃, 相对湿度 75% 的条件下对成都某高校内 4 个点进行了实地测定, 见图 1, 其中 (a) (b) (c) 和 (d) 分别为 1#、2#、3# 和 4# 测点。

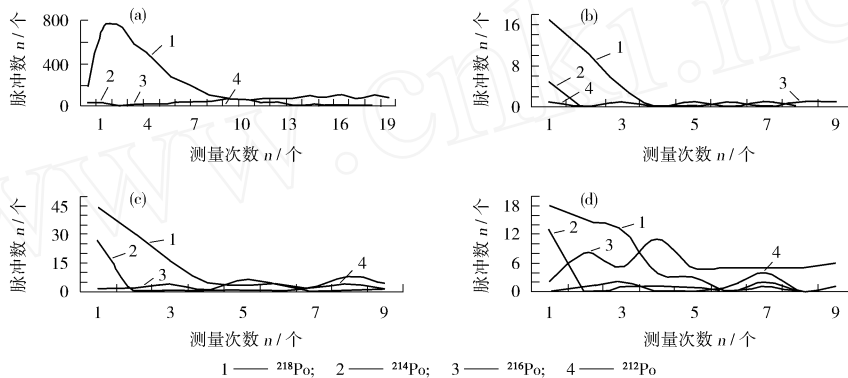


图 1 各测点土壤氡数据曲线

由图 1 可见: 测定结果呈一定的规律变化, 第 1 次测值几乎是第 2 次的 2 倍, 即可认为是满足关系式 $n_1 = 2n_2$, 这说明仪器内部所测得氡衰变得比较彻底, 即在 3 min 内原先积累的 ^{218}Po 大部已衰变; ^{218}Po 的衰变是没有规律的, 数据的变化也很复杂, 第 1 个 3 min 氡浓度比第 2 次低, 即 ^{218}Po 还在积累, 到第 2 次才达到最高峰。

在相同环境条件下进行对比实验。将测定时间分别设为 1 min、2 min、3 min, 实测中排气时间可缩短, 但无法为 0。若把排气设为 2 min, 测定时间也设为 2 min, 虽然 ^{218}Po 是呈衰减趋势的, 由于测定时间不是半衰期的整倍数, 把 3 次计数的测定时间相加, 是 2 个半衰期的时间。但是前 3 个数据之和与后 3 个数据之和并不成 1/4 关系, 说明仪器里的氡气还没有排尽, ^{218}Po 还有积累, 测定的结果比真实值大。排气时间和测定时间设为 1 min 的实验结果与之类似。若排气设为 3 min, 测定时间也设为 3 min, ^{218}Po 呈衰减趋势, 虽然在衰变过程中也有积累, 但测定时间 3 min, 刚好是 ^{218}Po 的半衰期, 故第 1 个计数能正确反映氡的浓度。由于 ^{218}Po 有积累, 测定的时间也要相对长些, 30 min 后, 仪器里面的氡浓度和空气的氡浓度相当, 又可以进行下

一次的测定。对比实验结果表明, 设定净化时间为 3 min, 测定时间也为 3 min 的测试条件, 不但可有效地提高测氡的效率, 还能得到较好的测定效果。

4 结论

从放射性气体氡及其子体的基本性质和其衰变规律出发, 建立氡浓度测定模型。经实际工作检验, 测定方法简单、准确, 有利于提高土壤氡浓度的测定效率。

[参考文献]

- [1] 吴慧山, 梁树红. 氡测量及实用数据 [M]. 北京: 原子能出版社, 2001: 14 - 21.
- [2] 俞誉福. 环境放射性概论 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1993: 199 - 201.
- [3] US EPA. 环境中氡来源及危害 [M]. 赵亚民, 译. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 124 - 135.
- [4] 王喜元, 朱立, 吕磊, 等. 中国土壤氡概况 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 185 - 199.
- [5] 齐文启, 陈光, 席俊清, 等. 放射性核素污染及监测 [J]. 环境监测管理与技术, 2003, 15 (4): 10 - 12.

本栏目责任编辑 薛光璞