

CNIC-00364

BNIF-0002

CN9100169

# 中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

环境氡浓度绝对测量方法

ABSOLUTE MEASUREMENT METHOD OF  
ENVIRONMENT RADON CONTENT

*(In Chinese)*



原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00364

BNIF-0002

# 环境氡浓度绝对测量方法

## ABSOLUTE MEASUREMENT METHOD OF ENVIRONMENT RADON CONTENT

*(In Chinese)*

汲长松

(北京核仪器厂)

中国核情报中心

原子能出版社

北京·1989.11

## 目 录

引言.....	( 5 )
1 双滤膜法测氡的工作原理.....	( 5 )
2 实验装置.....	( 6 )
3 测量参数.....	( 8 )
4 实验.....	( 10 )
5 小结.....	( 12 )
参考文献.....	( 12 )

## CONTENTS

INTRODUCTION .....	( 5 )
1 PRINCIPLE OF DOUBLE FILTER RADON CONTENT MEASUREMENT .....	( 5 )
2 APPARATUS.....	( 6 )
3 MEASUREMENT PARAMETER.....	( 8 )
4 EXPERIMENT .....	( 10 )
5 BRIEF SUMMARY.....	( 12 )
REFERENCES .....	( 12 )

# 环境氡浓度绝对测量方法

汲长松

(北京核仪器厂)

## 摘 要

采用基于托马斯双滤膜绝对测氡原理制的40L衰变室,可移式环境氡气浓度测量装置,测量了已知氡浓度理论值的样气的浓度,从而用实验方法验证托马斯双滤膜绝对测氡方法,并测出该方法的固有误差,该装置的置信度为95%,灵敏度优于 $0.37\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ,固有误差小于10%。结果表明本装置的结构参数,测量参数的选取是合理的,实验方法的设计是可取的。该方法从理论上与实验技术方面排除了氡与其子体放射性平衡程度、结合态子体占总子体的比分以及带电子体所占的比分对测量结果的影响。托马斯双滤膜绝对测氡公式不仅对直筒型衰变室成立,对于出口滤膜直径远小于入口滤膜直径的条件下托马斯公式的适用性进行了验证。

# ABSOLUTE MEASUREMENT METHOD OF ENVIRONMENT RADON CONTENT

Ji Changsong

(BEIJING NUCLEAR INSTRUMENT FACTORY)

## ABSTRACT

A portable environment radon content device with a 40 liter decay chamber based on the method of Thomas double filter radon content absolute measurement has been developed. The correctness of the method of Thomas double filter absolute measurement has been verified by the experiments to measure the sampling gas density of radon that the theoretical density has been known. In addition, the intrinsic uncertainty of this method is also determined in the experiments. The confidence of this device is about 95%, the sensitivity is better than  $0.37 \text{ Bqm}^{-3}$  and the intrinsic uncertainty is less than 10%. The results show that the selected measuring and structure parameters are reasonable and the experimental methods are acceptable. In this method, the influence on the measured values from the radioactive equilibrium of radon and its daughters, the ratio of combination daughters to the total daughters and the fraction of charged particles has been excluded in the theory and experimental methods. The formula of Thomas double filter absolute measuring radon is applicable to the cylinder decay chamber, and the applicability is also verified when the diameter of exit filter is much smaller than the diameter of inlet filter.

# 引 言

大气环境中氡放射性活度的测量可以归为三类：(1) 氡浓度的测量；(2) 氡的总子体活度或子体潜能浓度（工作水平）的测量；(3) 氡的各种子体浓度的测量。与子体活度的测量不同，大气环境中氡浓度的测定具有多方面的意义：确定氡在天然辐射中所占的比份；大气示踪研究及地震预报。

测量氡放射性活度的方法可划为两类：第一类要求或假定氡与其子体之间处于放射性平衡状态。第二类是将氡子体从被测气体中清除出去，然后进行测量。双滤膜测氡法属于后一类。

迄今，测量大气环境氡浓度的方法已有多种，如活性炭吸附法、电离电流（静电计）法、静电场收集法、无动力扩散法、静电场过滤子体法、双滤膜相对测氡法与气球法等。但是，所有这些方法都属于相对测量法，即用这些方法进行氡浓度测量之前，必须用已知浓度的标准氡气对装置进行刻度（标定）。

1969年，托马斯（J. W. Thomas）在对双滤膜相对测氡法进行了深入研究之后，推导出了托马斯公式<sup>[1]</sup>。应用这一公式，测氡装置无须进行刻度便可由测得的出口滤膜 $\alpha$ 放射性活度计数，直接计算出被测气体中氡气的含量。托马斯公式的导出，将双滤膜测氡法从相对测量方法发展成绝对测量的方法。

本工作的主要目的是用研制成的 $^{222}\text{Rn}$ 衰变室、可移式环境氡浓度测量装置，测量已知氡浓度理论值的样气的氡浓度，从而用实验方法验证托马斯双滤膜绝对测氡方法，并测出该方法的固有误差。

## 1 双滤膜法测氡的工作原理

### 1.1 双滤膜相对测氡法

该方法最早是法国图卢兹大学的 J. Fontan 提出的<sup>[2]</sup>。图1给出了双滤膜测氡的基本原理。含氡样气穿过入口滤膜A时，除了氡气以外的所有形式的放射性物质全部被滤去，其中包括氡的各种子体。通过A膜的含氡样气中的氡，在衰变室B内衰变时不断经历衰变而成为子体核。在出口滤膜近处的这些氡子体被沉积在出滤膜C上，而被 $\alpha$ 粒子探测器D所探测，得到计数X。

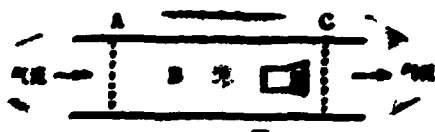


图1 双滤膜法测氡原理示意图

A——入口滤膜； B—— $^{222}\text{Rn}$ 衰变室； C——出口滤膜； D—— $\alpha$ 粒子探测器。

将已知氡浓度的标准样气，按选定的采样方式（采样流速与采样时间）输进双滤膜测氡装置，然后用探测器D测得的计数，除以氡浓度值，所得的商就是刻度（标定）系数（通常称作“K值”）其单位为 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{计数}^{-1}$ 。这也就是对双滤膜相对测氡装置的刻度。双滤膜



算与试验，确定了不等口径衰变室结构（见图2）。其有效容积为38.2L，入口滤膜直径为60mm，出口滤膜直径为60mm。

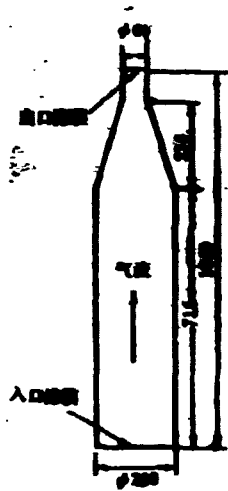


图2 衰变室结构示意图

**滤膜** 入口滤膜A的作用是将被采样气体中预存的氡子体全部滤去，仅仅让氡气及样气中其它的气体组分通过而进入衰变室B；对入口滤膜材料的选择标准是：过滤效率高、阻力小。本实验选用玻璃纤维滤膜，两层叠加使用，对气溶胶的过滤效率达99.96%。

**出口滤膜C**的功能是收集衰变室B内生成的氡子体，形成α活性样品源，进行α粒子探测。因此出口滤膜材料应具有过滤效率高，对α气溶胶的表面收集性能好（或对α粒子的自吸收效应弱），同时自身的α放射性本底低等特性。本实验选用LXGL-15-1型滤布作为出口滤膜材料。

**流量计** 其功能是测定采样气流的流速。本实验采用了孔板式水柱压强差流量计。其优点是带有放射性的气流不流经流量计，可防止被污染。

**采样动力** 采用负载特性好的刮板型空气采样泵。

采样装置的工作原理示于图3。

## 2.2 测氡计数装置

α粒子探测器由较大面积（ $\phi 65\text{mm}$ ）的硫化铊（铟）闪烁体，配用GDB-76D型低本底型光电倍增管与射线跟随器组成。当用 $^{239}\text{Pu}$ -α源测定探测器的4π效率 $E=0.40$ 时，计数装置的自身本底 $<10$ 脉冲· $\text{h}^{-1}$ 。测氡计数装置配用的电子学单元及工作原理，示于图3。

## 2.3 标准浓度氡产生器

通常将Ra-226液体源密封一定时间以便获取一定数量的氡。而双滤膜绝对测氡法固有误差的确定以及双滤膜相对测氡法的刻度，需要氡产生率恒定的氡产生器。为此目的，本工作专门制作了可提供与典型环境相近的标准浓度氡的产生器。可配用的镭源为固体粉末源或液体源。实验数据表明，液态镭源具有更好的氡气脱附效果。本工作所用的标准浓度产生器的方框图示于图3。所用液体镭源为 $1.084 \times 10^{-6}$ ， $2.710 \times 10^{-7}$ 与 $1.259 \times 10^{-7}\text{g}$ 。用称量法计量，精确度优于百分之一。



过滤器的作用是对载气进行过滤，同时加湿以防止干燥被弄脏和流失。缓冲瓶的作用是在气流过大时，收集从干燥瓶带出的放射性液滴。流量计1计量载气的流速( $\sim 0.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ )。压气泵将载气以正压压入滤瓶，将载气从液体源中赶出。这样可防止高浓度载沾污气泵。另外，它与测气装置的负压抽气泵相配合，使被测气体在被采样，即通过过滤器之前，不经过空气泵。这种正压空气泵→载气源→过滤器→负压空气泵系统的设计，避免了空气泵对标准浓度载的吸附损失，对于固有误差测量的准确度具有重要贡献。这也符合国际电工委员会有关标准<sup>[1]</sup>的规定。气球I、II分别为载气和稀释气的无氧本底气体源。它们由无氧高压氮气瓶不断充气。这样通过气球进行减压，消除了因操作失误而可能导致的液体干燥瓶跳出的事故隐患。

倘若要求配制的标准浓度载气的浓度 $C_s$ 比环境空气中的载浓度高出一个数量级以上时，可以用环境空气作为低载(含量)稀释气体，代替无氧氮气源。气球I与II也可以省去。此时应在测量计数 $X$ 中，减去稀释气体的本底贡献 $X_{\text{本底}}$ ，然后再代入(1)式进行标准浓度载的浓度计算。当实验时间较长时，还应注意环境中载气浓度漂移造成的影响。

图3给出本工作采用的，确定双滤膜绝对测载法固有误差的实验方框图。

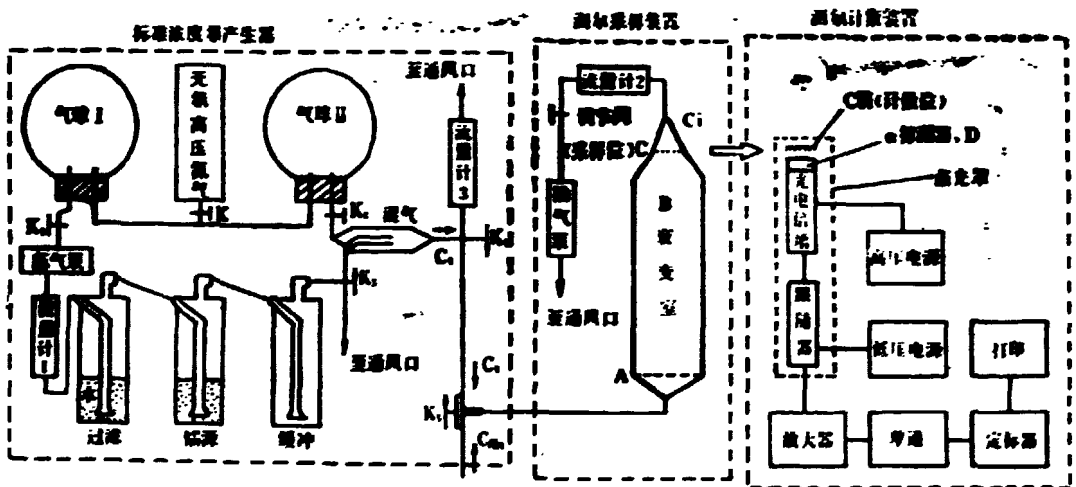


图3 确定双滤膜绝对测载法固有误差的实验原理图

### 3 测量参数

#### 3.1 探测器计数 $X$

由衰变链可见，在滤膜C上用 $\alpha$ 粒子探测器D测出的计数 $X$ ，对应着 $\text{RaA}$ 和 $\text{RaC}'$ 发射的 $\alpha$ 粒子计数。由于子体 $\text{RaC}'$ 的半衰期很短( $10^{-4} \text{ s}$ )，我们可以认为由 $\text{RaC}$ 衰变而生成的 $\text{RaC}'$ 核(衰变分支比为99.98%)，“瞬即”衰变成 $\text{RaD}$ 核。因而子体 $\text{RaC}'$ 核的 $\alpha$ 放射性活度可以近似由子体 $\text{RaC}$ 核的 $\beta$ 活度所代替。这样，C膜上的 $\alpha$ 衰变数，或与其相对应的 $\alpha$ 粒子测量计数 $X$ ，便由膜上沉积的 $\text{RaA}$ 和 $\text{RaC}$ 核的放射性活度或核数确定。

用子体 $\text{RaC}$ 的 $\beta$ 活度取代子体 $\text{RaC}'$ 的 $\alpha$ 活度这一措施，对于实测数据的处理所产生的误

量，还小于实验中其它的误差，可忽略不计。但由于将级联衰变的衰变链减少了一级，这给理论计算带来极大的简化。

### 3.2 流量 $q$

空气动力学导出，不出现紊流的雷诺数 $Re$ 的精确表达式<sup>(1)</sup>为：

$$Re = \frac{dq}{\nu} \quad (2)$$

式中， $d$ 为管道的直径，(cm)； $q$ 的单位为 $\text{cm}^3/\text{s}$ 。一般认为层流向紊流过渡发生于 $Re \approx 2100$ 。于是，将 $Re \leq 2100$ 代入(2)式，得

$$q \leq 282.5d \quad (3)$$

(3)式即是托马斯双滤膜法绝对测量的空气动力学条件。通常保守地取

$$q_{\max} = 150d \quad (3')$$

对于本装置， $d = 24\text{cm}$ ，据(3')式得 $q_{\max} = 3600\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 216\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。正常测量时推荐选 $q = 120\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。本实验的目的是确定测量方法与测定固有误差，受标准浓度氧气数量的限制，选 $q = 30\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

### 3.3 扩散修正因子 $F_1$

当氧气在衰变筒内流越时，一部分氧原子核衰变成 $\text{RaA}$ 子体核。其中一部分 $\text{RaA}$ 核在到达出口滤膜C之前，由于扩散而沉积到室B的壁上，C膜只捕集到剩余的那一部分。 $F_1$ 值即代表后者占在室B内生成的 $\text{RaA}$ 核总数的比。

由于 $\text{RaA}$ 核是在氧原子由A膜向C膜流越的过程中产生的，因此描述这类扩散现象的微分方程中含有“源项”。C. W. Tan<sup>(2)</sup>给出了这一方程的部分数字解。 $F_1 = F_1(\mu)$ ， $\mu = \pi DL/q$ 。其中 $\pi = 3.1416$ ， $D = 0.085\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ， $D$ 是 $\text{RaA}$ 核的扩散系数。 $L$ 是入口滤膜A与出口滤膜C之间的距离(cm)。部分 $F_1$ 值列于附表1。本实验装置中， $L = 104\text{cm}$ ，故 $\mu = 0.0523$ ，相应的 $F_1(\mu = 0.0523) = 0.672$ 。

### 3.4 衰变修正因子 $Z$

考虑采样过程中的等待时间及计数过程中，子体衰变影响的因子。它是采样时间 $t$ ，采样结束至开始计数的等待时间 $T_1$ ，以及计数结束时刻 $T_2$ 的函数。 $t$ 、 $T_1$ 与 $T_2$ 的关系示于图4。累积方程给出采样过程中及结束时刻 $t$ 时，在滤膜C上沉积的 $\text{RaA}$ 、 $\text{RaB}$ 及 $\text{RaC}$ 子体的核数，Bateman衰变方程给出 $T = 0$ 至 $T_1$ ，及 $T_1$ 至 $T_2$ 时间间隔内，滤膜C上发射出的 $\alpha$ 粒子数。由此

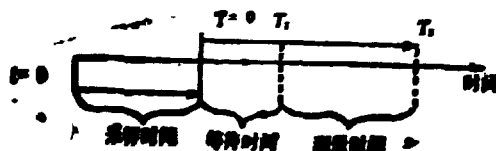


图4 采样时间 $t$ ，计数时间 $T_1$ - $T_2$ 关系

可导出托马斯公式中的衰变修正因子 $Z$ 的表示式：

$$Z = 4.504AF + 164.69BG - 93.31CH \quad (4)$$

式中  $A = e^{-\lambda_2 T_1} - e^{-\lambda_2 T_2}$ ； $B = e^{-\lambda_3 T_1} - e^{-\lambda_3 T_2}$ ； $C = e^{-\lambda_4 T_1} - e^{-\lambda_4 T_2}$ ；

$$F = 1 - e^{-\lambda_1 t}；G = 1 - e^{-\lambda_2 t}；H = 1 - e^{-\lambda_3 t}$$

式中的 $\lambda$ 为衰变常数，脚标2、3、4分别对应于子体 $\text{RaA}$ 、 $\text{RaB}$ 和 $\text{RaC}$ ， $Z$ 的部分值列于附表2

中。本实验中，采样时间  $t=30\text{min}$ ， $T_1=0.6\text{min}$  与  $T_2=00.6\text{min}$ ，由附表2查得  $Z=20.535$ 。

### 3.5 探测效率 $E$

探测器D对 $\alpha$ 粒子的探测效率 $E$ 也是本实验装置的实验参数。它通过实验测定（按选取），用 $^{239}\text{Pu}$ 标准 $\alpha$ 面状源（二级参考源，表面粒子发射给出值的测量误差 $<5\%$ ），活性区直径约为 $\phi 30\text{mm}$ 。 $^{239}\text{Pu}$ 发射的 $\alpha$ 粒子的主要能组及比分为：5.155MeV（73.3%）；5.143MeV（15.1%）及5.105MeV（11.5%）<sup>[9]</sup>。调整探测效率 $E$ 时，将环-239源置于距ZnS(Ag)闪烁体表面约1mm处，得到量为接近“2x”的几何条件。调整高压电源，或放大倍数，或计数甄别阈，使测到的积分计数（或计数率）等于 $^{239}\text{Pu}$ 标准源表面粒子发射（或发射率）的80%，则4 $\pi$ 探测效率 $E$ 为0.40。

### 3.6 过滤效率 $F$

采用“两层过滤法”对出口滤膜的过滤效率 $F$ 进行实验测定。取待测滤膜两层叠加在一起，进行空气采样过滤。然后分别测量前、后滤膜收集面的 $\alpha$ 计数率 $n$ ，则

$$F = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad (5)$$

式中， $n_1$ ——前滤膜的收集面 $\alpha$ 计数率；

$n_2$ ——后滤膜的收集面 $\alpha$ 计数率。

测得的 $F$ 值随储存时间、存放环境及产品型号而稍有差异，本实验取 $F$ 的典型值为0.95。

### 3.7 装置灵敏度

对于低水平放射性测量装置，灵敏度是表征其技术性能水平的关键指标。本工作选用95%置信概率时装置的探测下限作为装置的灵敏度。其物理意义是：当测到的净计数大于探测下限时，含氧样气不大可能被漏测，对应于探测下限的氧浓度，就是这套装置可以测到的最低浓度氧，即灵敏度。

对应95%置信概率的探测下限 $X_D$ 为

$$X_D = 4.4 \sqrt{\frac{n_b}{t}} \quad (6)$$

式中， $n_b$ ——无氧时的本底计数率；

$t$ ——本底计数测量时间。

将 $X_D$ 作为装置的测量计数 $X$ 代入式(1)，所得的氧浓度值 $C_{95}(X_D)$ ，就是本装置的95%置信概率（度）灵敏度。

## 4 实验

### 4.1 氧的产生率与标准氧浓度 $C$

质量为 $M$ （单位：g）的放射性 $\text{Ra-226}$ 的氧产生率 $I_{\text{O}_2}$ 可由公式

$$I_{\text{O}_2} = \lambda_{\text{Ra}} \cdot \lambda_{\text{O}_2} \frac{M}{226} A_0 \quad (7)$$

算出。其中 $\lambda_{\text{Ra}}$ 与 $\lambda_{\text{O}_2}$ 分别为 $\text{Ra}$ 和 $\text{O}_2$ 的衰变常数； $A_0$ 是阿伏伽德罗常数。将它们的数值代入后，得

$$I_{\text{O}_2} = 7.671 \times 10^4 M \text{Bq} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7')$$

假定所产生的氧全部折出，那么使用无氧本底气体与所产生的氧气混合，便可配制出具有各种

浓度的氦标准气。若载氦混合气的气流速度为 $q(\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$ ，则氦标准气浓度的约定真值 $C_i$ 为：

$$C_i = \frac{I_{\text{Ra}}}{q} = 4.603 \times 10^9 \frac{M(\text{g})}{q(\text{L}\cdot\text{min}^{-1})} \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3} \quad (8)$$

为了获得与典型环境相近的标准浓度的氦气，对于 $q=30\sim 100\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ 流速条件下，Ra-226源应选取 $10^{-7}\sim 10^{-8}\text{g}$ 量级。本工作选用的Ra-226源数据，及其配成的氦浓度约定真值 $C_i$ 分别列于表1第2、3栏内。

#### 4.2 托马斯法测定氦浓度 $C_i$

根据已测定的实验参数 $E$ 、 $F$ 及 $V=38.2\text{L}$ ，连同已算出的 $F_i$ 与 $Z$ 修正因子值，代入(1)式得

$$C_{\text{Ra}} = 8.3 \times 10^{-3} \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3} \quad (1')$$

按图3将测氦采样装置与计数装置接通实验装置。将开关 $K_5$ 拧向 $C_{\text{Ra}}$ 待测样气方向，使待测样气通入测氦采样装置的入口。由处于采样位(置)的出口滤膜 $C$ 进行采样。采样 $t$ 时间之后，停止采样。在 $T_i$ 时间内将膜 $C$ 移入测氦计数装置的计数位(置)，进行 $\alpha$ 粒子计数。 $T_i$ 时刻测得计数 $X$ 。由式(1')计算出所测之样气的氦浓度 $C_{\text{Ra}}$ 。对于已知氦浓度约定真值 $C_i$ 的样气，其托马斯法测量浓度 $C_{\text{Ra}}$ 给予专门的符号 $C_i$ 。

表1 托马斯法绝对测氦法固有误差测量结果

No.	Ra-226量, g	氦浓度约定真值 $C_i, \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$	氦气本底计数* (1h)	计数 $X$ (1h)	氦浓度测量值 $C_i, \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$	固有误差 $I, \%$	统计误差 $\%$
1	$1.084 \times 10^{-8}$	166.24	19	2102	174.99	+5.3	2.2
2			19	2188	174.95	+5.2	2.2
3	$2.710 \times 10^{-7}$	41.55	19	536	42.18	+1.5	4.4
4	$1.259 \times 10^{-7}$	19.52	19	284	19.17	-1.8	6.1
5			19	279	19.15	-1.9	6.2
6			19	304	19.26	-1.3	5.9

\* 相应于 $1.5\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}(4 \times 10^{-11}\text{Ci}\cdot\text{L}^{-1})$ 氦浓度

#### 4.3 测定固有误差

将图3所示的标准浓度氦产生器的开关 $K_1$ 、 $K_2$ 置于“至通风口”位置，开动压气泵，调节流量使流量计I显示的流量约为 $0.5\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ，将积存在氦发生器内的氦气赶出排入通风口。实验证明，每次实验前排气半小时即可基本排净，然后将转换开关 $K_3$ 接通混气器，同时打开 $K_5$ ，气球II中的氦气在稍高于 $101.3\text{kPa}(1\text{atm})$ 压力下进入混气器。调节 $K_2$ ，使流量计3的指示为 $q=30\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ 。这时由混气器输出的气体便是已知浓度的标准氦气。其浓度的约定真值由镭-226的量根据式(8)进行计算。用本工作所选用的镭源，配制出的标准氦气的理论浓度值 $C_i$ 列于表1第3栏内。

将转换开关 $K_3$ 接向测氦装置，同时将开关 $K_5$ 拧向标准浓度氦气 $C_i$ 方向，把具有理论氦浓度 $C_i$ 的气体输向测氦装置，独立地对其氦浓度进行绝对测定。结果为 $C_i$ 。比较相应的 $C_i$ 与

$C_1$ 值,便得出装置(与方法)的相对固有误差。

$$I = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad (9)$$

测量值固有误差的计算结果列于表1第7栏内。为便于估价分析,在第8栏内给出了计数 $N$ 的统计误差。

不难看出,本方法与装置在接近典型环境的氡浓度条件下,绝对测定氡浓度的固有误差小于10%。

## 5 小 结

用本实验装置验证了接近典型环境氡浓度条件下( $n \times 3.7 \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ ),托马斯双滤膜绝对测氡法,固有误差小于10%。结果表明本装置的结构参数、测量参数的选取是合理的,实验方法的设计是可取的。

本装置属可移式。 $q=120 \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $t=1 \text{h}$ ,  $T_1=0.5 \text{min}$ 与 $T_2=60.5 \text{min}$ 时,其95%置信度灵敏度优于 $0.37 \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 。在此基础上设计了FT626型环境氡氡仪。经改进该仪器可兼测氡氢子体。

托马斯双滤膜绝对测氡公式,不仅对直筒型衰变室(入口滤膜、衰变室与出口滤膜直径皆相等)成立,对于出口滤膜直径远小于入口滤膜直径的情况也适用。

本工作将表示出口滤膜过滤效率的因子 $F$ 引进托马斯公式的分母内,从而使该公式的应用范围扩大到 $F \approx 1$ 的场合。

托马斯双滤膜氡浓度绝对测量原理,从理论上提供了环境氡浓度绝对测定的准确方法。该方法从理论上与实验技术方面排除了氡与其子体放射性平衡程度、结合态子体占总子体的比分以及带电子体所占的比分对测量结果的影响。

马连江、邓维勇等同志参加了部分工作。

## 参 考 文 献

- [1] Jess W Thomas and Philip C Leclerc Health Physics, 1970, 18, 113
- [2] J Fontan. The Quantitative Determination of Gaseous Radioelements, Which Yield Radioactive Daughter Products University of Toulouse. ANL-TRANS-45, 1964.
- [3] 解群.核防护, 1977, 1~2, 19
- [4] IEC Standard 579 First Edition, 1971
- [5] C W Tan. Diffusion of Disintegration products of Inert Gases in Cylindrical Tubes. Int. J. Heat Mass Trans., 1969, 12, 471
- [6] 刘译祚.常用放射性衰变纲图,北京,原子能出版社,1982.
- [7] 汲长松等, FT626型环境氡氡仪(待发表)。

附表1 扩散损失修正因子 $F_t(\mu = \pi DL/q)$

$\mu$	$F_t$	$\mu$	$F_t$
0.005	0.877	0.25	0.420
0.008	0.849	0.30	0.384
0.01	0.834	0.35	0.349
0.02	0.778	0.40	0.324
0.03	0.737	0.45	0.302
0.04	0.706	0.50	0.282
0.05	0.678	0.60	0.248
0.06	0.654	0.70	0.220
0.07	0.633	0.80	0.197
0.08	0.614	0.90	0.178
0.09	0.596	1.00	0.162
0.10	0.580	1.50	0.110
0.12	0.551	2.00	0.083
0.14	0.525	2.50	0.067
0.16	0.502	3.00	0.056
0.18	0.481	4.00	0.042
0.20	0.462	5.00	0.033

$\pi = 3.1416$ ;

$D$ ——扩散系数, 对RaA原子取 $0.085\text{cm}^2/\text{s}$ ;

$L$ ——衰变筒长,  $109.7\text{cm}$ ;

$q$ ——采样流速,  $\text{cm}^3/\text{s}$ ;

$F_t$ ——在衰变筒内产生、考虑扩散损失后, 到达出口滤膜的原子份额

附表2 衰变修正因子 $Z(t, T_1, T_2)$

$t$ , min	$T_1$ , min	$T_2$ , min	$Z$
5	1	6	1.672
5	1	15	2.597
5	1	30	3.411
5	1	100	6.314
10	1	6	2.312
10	1	15	3.803
10	1	30	5.425
10	1	100	11.068

表

$t, \text{min}$	$T_1, \text{min}$	$T_2, \text{min}$	$Z$
15	1	6	2.658
15	1	15	4.634
15	1	30	7.070
15	1	100	15.281
30	1	30	11.121
30	1	60	19.184
30	0.5	30	12.249
30	0.5	60	20.535
60	1	31	20.229
60	1	61	33.691
60	0.5	30.5	20.632
60	0.5	60.5	34.184

# CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

书号15175-00364

P.O.Box 2103

Beijing, China

China Nuclear Information Centre