

# RTM—2100型 Rn /Th连续测量仪测量特征

崔宏星, 曹吉生, 尚 兵

中图分类号: TL81 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)02-0217-02

**【摘要】** 目的 通过在我国标准氡室的比对及不同环境条件下实际测量来检验 RTM-2100Rn /Th连续测量仪测量效果。方法 采用标准氡室刻度, 不同湿度条件下测量, 在普通房间、地下室及土壤中与其他测氡仪比对测量。结果 仪器工作稳定, 响应时间短, 不受湿度影响, 量程宽, 应用范围广。结论 RTM-2100Rn /Th连续测量仪是一款非常实用的 Rn /Th连续测量仪器。  
**【关键词】** Rn /Th连续测量仪; 响应时间; 湿度影响

静电收集  $\alpha$ 能谱法氡探测器是近年来发展起来的环境中氡浓度的连续测量方法。由于测量结果可靠、自动化程度高、使用方便, 在氡测量中得到广泛应用。由德国 SARAD 公司生产的 RTM-2100Rn /Th连续测量仪, 采用高压静电收集、大面积金硅面垒型 (PIPS)  $\alpha$ 探测器及多道  $\alpha$ 谱分析器 (Multi channel analyser MCA), 结合微机处理系统及专用软件等先进技术, 可直接用于环境中  $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$ 的测量。该仪器的重要特点是设置了湿度传感器, 可排除湿度的影响。另外增加简单配件还可用于土壤、水中及材料氡表面析出率的测量。以下就我们对该仪器的测试和应用情况作一介绍。

## 1 仪器的结构及测量原理

图 1为 RTM-2100Rn /Th连续测量仪。该仪器主要由采样泵,  $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$ 收集室, 专用  $\alpha$ 粒子探头, 电气系统等组成。使用交流及蓄电池组共电, 一次充电可连续工作 48h。测量原理: 见图 2 用泵将含氡气体引入收集室, 氡衰变产生的带正电荷的粒子在外加电场的作用下被收集到探测器表面, 根据  $\alpha$ 粒子的特征峰 ( $^{218}\text{Po}$  6.0MeV;  $^{216}\text{Po}$  6.78MeV;  $^{214}\text{Po}$  7.69MeV;  $^{212}\text{Po}$  8.78MeV)对应的计数率和采用标准  $^{222}\text{Rn}$ 和  $^{220}\text{Rn}$ 气体得到的刻度系数可确定被测场所  $^{222}\text{Rn}$ 或  $^{220}\text{Rn}$ 的浓度<sup>[1]</sup>。



图 1 RTM—2100Rn /Th连续测量仪

## 2 仪器的校准

RTM-2100有 2种测量模式,  $^{222}\text{Rn}$ 模式和  $^{220}\text{Rn}$ 模式, 测量时间间隔在 1~120min 可根据实际需要选择测量模式和时间。在南华大学标准氡实验室, 采用已知浓度的  $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$ 对

仪器进行了校准。

2.1  $^{222}\text{Rn}$ 的校准 采用已知恒定的  $^{222}\text{Rn}$ 浓度对  $^{222}\text{Rn}$ 模式的测量结果进行校准, 根据常规测量要求, 时间间隔选择在 60min 选择 2个不同水平的氡浓度, 低浓度参考水平 647Bq / m<sup>3</sup>, 高浓度参考水平 10 833Bq / m<sup>3</sup>, 总测量时间为 12h。由表 1 结果可见, 高、低浓度的校准因子 ( $F_{222\text{Rn}}$ )分别为 0.96和 0.94, 小时值的离散度在 8.1%~8.8%。

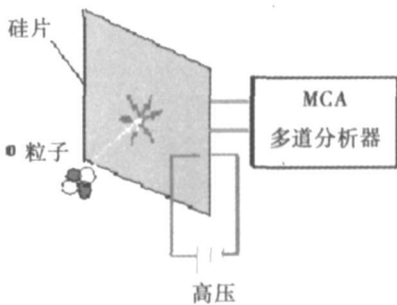


图 2 测量原理

表 2是在不同的  $^{222}\text{Rn}$ — $^{220}\text{Rn}$ 混合条件,  $^{222}\text{Rn}$ 测量的结果。 $^{220}\text{Rn}$ 浓度在 10 000 Bq / m<sup>3</sup>对  $^{222}\text{Rn}$ 的测量没有明显影响。

表 1 纯  $^{222}\text{Rn}$ 浓度条件下测量结果 (Bq / m<sup>3</sup>)

	氡室参考浓度	显示浓度	$F_{222\text{Rn}}$
低浓度	647	606±54	0.94
高浓度	10 833	10 429±852	0.96

表 2  $^{222}\text{Rn}$ — $^{220}\text{Rn}$ 混合条件下的测量结果 (Bq / m<sup>3</sup>)

$F_{222\text{Rn}}$	$^{222}\text{Rn}$ 参考浓度	$^{220}\text{Rn}$ 参考浓度	$^{222}\text{Rn}$ 显示浓度
26 639	11 330	29 875	1.12
9 128	13 153	9 549	1.05
8 394	11 045	8 375	1.00

表 3  $^{220}\text{Rn}$ 的测量结果 (Bq / m<sup>3</sup>)

	$^{220}\text{Rn}$ 参考浓度	显示浓度	$F_{220\text{Rn}}$
低浓度	12 278	5 268	0.43
	12 364	5 377	0.43
高浓度	5 679	2 478	0.44
	5 117	2 652	0.52
	5 906	2 823	0.48

2.2  $^{220}\text{Rn}$ 的校准 采用已知  $^{220}\text{Rn}$ 浓度对  $^{220}\text{Rn}$ 模式的测量结果

作者单位: 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所, 北京 100088  
作者简介: 崔宏星 (1965~), 男, 山东省人, 主管技师, 从事放射性工作。

果进行了校准,时间间隔选择在 60min 选择了高低 2 个水平 5 种浓度,低浓度参考水平  $5\ 100\sim 5\ 900\text{Bq}\ \text{m}^{-3}$ ,高浓度参考水平在  $12\ 000\text{Bq}\ \text{m}^{-3}$ ,总测量时间为 12h 结果列入表 3。从测量结果可见,该仪器的显示浓度明显低于  $^{220}\text{Rn}$  室的参考浓度,校准因子 ( $F_{^{220}\text{Rn}}$ ) 的平均值仅为 0.46。

目前国际上还没有建立  $^{220}\text{Rn}$  的刻度标准,有关  $^{220}\text{Rn}$  测量装置的校准的报道也非常有限。这仅是一次尝试,其原因还有待于进一步的研究。

### 2.3 RTM-2100 连续测量仪对 $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$ 的响应

为检验仪器对  $^{222}\text{Rn}$  的响应时间,将仪器的测量模式设置为“Fast radon”,放入进标准  $^{222}\text{Rn}$  中即刻进行测量,通过仪器视窗显示的瞬时测量值的变化来判断仪器是否达到平衡;检验仪器对  $^{222}\text{Rn}$  的响应时间,采用同样的方法,只需将仪器的测量模式转换为“Thoron”。图 3 显示的是测量仪在不同模式下分别在标准  $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$  室中的测量记录。可以看出:在“Fast radon”模式下,仪器需要 2~3h 达到平衡,而测  $^{220}\text{Rn}$  只需 1~2min 就可达到平衡,这与  $^{220}\text{Rn}$  半衰期短有关。

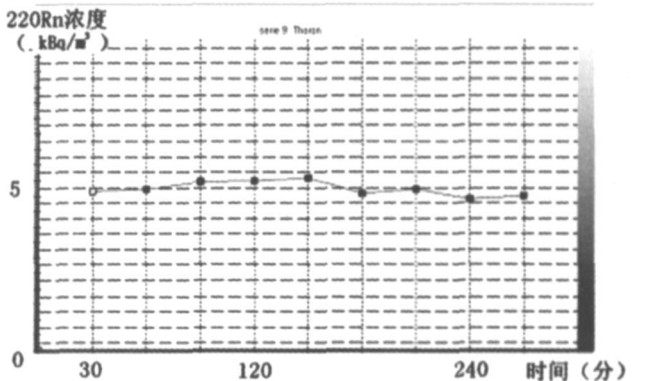
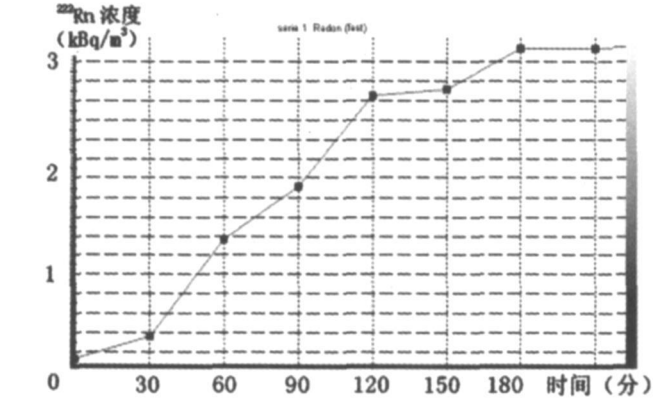


图 3 RTM-2100Rn/Th 连续测量仪对  $^{222}\text{Rn}$ 、 $^{220}\text{Rn}$  的响应时间

2.4 湿度影响 RTM-2100 通过静电聚集的方法来浓集氡子体,湿度可对静电产生影响,导致测量结果偏低。一般的解决方法是在仪器的进气口安装干燥器,对进气进行除湿。这样对操作和携带带来不便。RTM-2100 带有湿度传感器,通过内设模式自动校正,以排除环境湿度的影响。

为检验仪器排除湿度的效果,在氡室内中选择了 2 种不同的湿度进行了测试。氡浓度和湿度的变化如图 4 所示。可见当测量环境的相对湿度在 32%~90% 变化时,仪器的测量结果不受影响,该仪器有较好的抗湿性能。

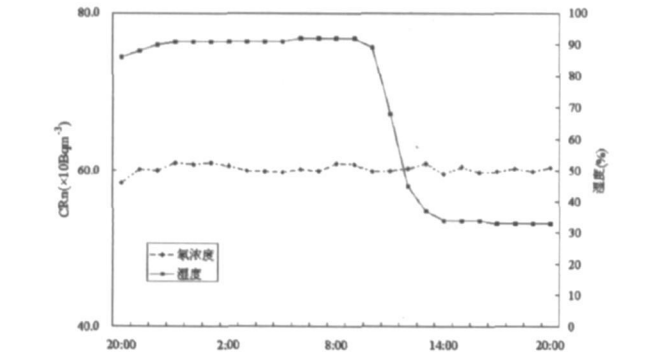


图 4 湿度影响实验

### 3 现场测量与比对

分别选择不同的氡水平和不同的现场与国内外同类仪器进行了比对。比对仪器包括美国 DURRIDGE 公司的 RAD7 型电子连续专业测氡仪、日本名古屋大学研制的 ERM 氡连续测量仪、我国核工业航测遥感中心生产的 HDC 土壤测氡仪。由

表 4 结果可见,RTM-2100 的测量结果与上述仪器相吻合。相对百分偏差 (Relative percent difference, RPD) 在可接收范围 ( $< 30\%$ )<sup>[1]</sup>。

表 4 与国内外同类仪器  $^{222}\text{Rn}$  的比对结果 ( $\text{Bq}\ \text{m}^{-3}$ )

	仪器	测量时间 (h)	测量结果	RPD (%) <sup>1)</sup>
地面房间	RTM-2100	4	$21.9\pm 1.4$	1.8
	ERM		$22.3\pm 0.4$	
地下室	RTM-2100	4	$353\pm 114$	2.8
	RAD7		$354\pm 148$	
土壤	RTM-2100	4	$7354\pm 503.7$	1.3
	HDC		$7453\pm 384.1$	

注: 1)  $\text{RPD} = (|X_1 - X_2|) / X_2 \times 100\%$

### 4 结论

RTM-2100 具有响应快,抗湿度干扰强,方便携带,测量结果可靠等优点,适用于环境  $^{222}\text{Rn}$  浓度测量。对于  $^{220}\text{Rn}$  测量还需要进一步的探讨。

### 参考文献:

[1] 张智慧. 空气中氡及其子体的测量方法 [M]. 北京: 原子能出版社, 1994.  
[2] 美国国家环保局. National Radon Proficiency Program: Guidance on Quality Assurance [R]. EPA 402-R-95-012 1997.

(收稿日期: 2007-03-28)