
SARAD 测量仪器用户手册

RTM1688-2

氦钍测量仪

使用说明书

目录

1	仪器的基本操作	4
1.1	仪器简介	4
1.2	初次使用仪器	5
1.3	软件初始化与设置	6
1.4	进行测量	8
1.5	使用软件读取数据	9
2	进行实际测量	13
2.1	如何根据不同测量环境来调整测量方案	13
2.1.1	不同氡浓度环境下测量周期的选择	13
2.1.2	快速模式和慢速模式的选择	13
2.2	测量一般室内空气氡浓度	13
2.2.1	室内空气中的氡	13
2.2.2	测量准备和仪器设置	14
2.2.3	测量和读取数据	14
2.2.4	数据的分析	14
2.3	测量水中的氡浓度	17
2.3.1	水体中的氡	17
2.3.2	测量准备和仪器设置	17
2.3.3	测量和读取数据	18
2.3.4	数据的分析	19
2.4	测量土壤的氡浓度	21
2.4.1	土壤气中氡与土壤氡析出率	21
2.4.2	测量准备和仪器设置	21
2.4.3	测量和读取数据	23

2.4.4	数据的分析	23
2.5	测量地下空间、矿井中空气的氡浓度.....	25
2.5.1	地下空间中的氡.....	25
2.5.2	测量准备和仪器设置	25
2.5.3	测量和读取数据.....	25
2.5.4	测量结果分析	26
2.6	测量材料的氡析出率	28
2.6.1	材料中的氡析出.....	28
2.6.2	测量准备和仪器设置	28
2.6.3	测量和读取数据.....	28
2.7	测量结果可能出现的问题	28
2.8.1	测量误差与下限.....	31
2.8.2	测量结果的波动.....	33
2.8.3	测量能谱分析	34
2.8.4	测量中可能出现的问题.....	35
3	维护、注意事项与简单问题排除.....	36
3.1	日常维护.....	36
3.1.1	电源与电池	36
3.1.2	储存保养.....	36
3.2	使用注意事项	36
3.3	简单问题排除	37

1 仪器的基本操作

1.1 仪器简介

RTM1688-2 型采用一键式操作，现场使用简单便携。

首先对仪器面板进行简要的介绍（见图 1.1.1 和 1.1.2）：

正面：



图 1.1.1 仪器面板正面

底面：



图 1.1.2 仪器底面

1.2 初次使用仪器

刚刚收到的全新的仪器，需要安装保险丝和过滤器，出厂时会随机配件附带。保险丝应安装在仪器底面的保险丝插孔，过滤器应安装在仪器前面板的进气孔。

保险丝安装方法：使用螺丝刀旋开底座的保险丝插孔，然后将保险丝插入保险丝插孔旋钮盖中，然后再将保险丝连同旋钮盖一起插入插孔中旋紧即可。（见图 1.2.1 与图 1.2.2）



图 1.2.1 保险丝与旋钮盖



图 1.2.2 插入保险丝

图中左图为保险丝和保险丝旋钮盖，右图为插入保险丝。

过滤器安装方法：将软管插在进气孔（有 IN 表示），然后将过滤器插入软管中。（见图 1.2.3 和图 1.2.4）



图 1.2.3 过滤器



图 1.2.4 安装好的过滤器

完成这两个步骤后，仪器启动就准备就绪了。初次启动或者断电后启动时，屏幕会显示：

Please set clock
Before starting
the first sample

这时需要连接电脑进行校时，具体方法参考“1.3 软件初始化与设置”中进行。

仪器正常待机时，屏幕会显示仪器型号和序列号：

RTM1688 SN:00001

另外每次使用前建议先进行一次充电。通常连接外置电源适配器 3-4 小时后即可完成充电。

1.3 软件初始化与设置

使用 RS232 或 USB 接口连接线（老型号无 USB 接口）连接仪器和电脑，安装随机光盘中的 driver 驱动软件和 Radon Vision 软件。插入连接线后会提示安装新硬件，等待其安装完成。安装完成后，启动 Radon Vision 软件。

为完善仪器功能，让用户更方便的使用仪器，SARAD 会对软件进行升级，获取更新的软件请登录 SARAD 官方网站（www）或者联系 SARAD。

首次使用 Radon Vision 可能会弹出提示窗口要求输入 10 位的仪器许可编号，不输入仪器许可编号，电脑端软件将不能读取和保存测量数据，但仍可进行仪器设置。没有提示要求许可编号时不会受此影响。

Radon Vision 软件启动如图 1.3.1：



图 1.3.1 Radon Vision 软件初始界面

数据线连接完成后，点击进行自动连接，连接成功会弹出窗口显示仪器型号和序列号，如果未能自动连接，请选择软件左上角的选择 COM 口进行手动连接。

接下来点击右上角的进行设置，弹出设置界面（见图 1.3.2），相关设置选项功能如下：

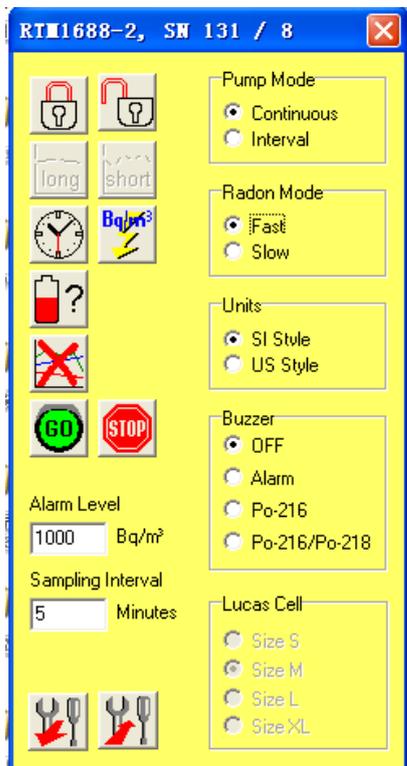
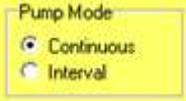
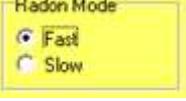
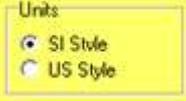


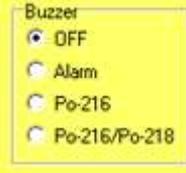
图 1.3.2 软件设置界面

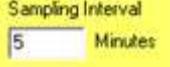
-  将仪器时间与电脑同步
-  测量电池电压
-  删除所有数据
-  读取最近一次测量结果
-  软件端控制仪器开始/停止测量
-  锁定/解锁仪器。
-  读取/写入仪器配置。

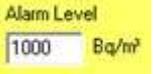
 泵运行模式：连续/间隔。

 氡测量模式：快速/慢速。

 单位：公制/英制。

 蜂鸣器设置。

 测量周期设置，单位：分钟。

 告警阈值。

(1) 软件初始化

点击同步仪器时间至电脑，点击删除过去历史数据。另外当仪器曾经断电或者电池耗尽后再次使用时也应进行初始化。

(2) 软件设置

测量周期在 Sampling Interval 窗口中设置输入，单位：分钟。可设置 1-255 分钟（旧型号为 1-127 分钟）。

氡测量模式在 Radon Mode  中设置，当设置测量周期短于 120 分钟时，

 中必须设置为 Fast，设置为 120 分钟以上时可选择设置为 Slow。设置较长的测量周期并使用 Slow 模式有助于提高测量精度

 可锁定/解锁仪器。点击  锁定仪器后，仪器可通过前面板 TOGGLE 键启动测量，但不能停止测量；点击  解锁后，仪器前面板按键恢复正常。使用该功能可避免无关人员或者误操作干扰测量，对软件端控制仪器无影响。

 软件端控制仪器开始/停止测量。当仪器连接到电脑时，可以远程操控仪器进行测量。 仪器开始测量， 仪器停止测量。

其他选项通常无需设置。

设置完成后点击  将设置写入仪器。

由此仪器准备工作完成，可以开始测量了。

1.4 进行测量

仪器完成的启动准备和软件设置之后，可以开始测量

(1) 开始测量

可通过仪器面板或软件端进行。

- 单击 TOGGLE 键，数秒内仪器就会启动按照预设周期开始测量。
- 在仪器与电脑连接时，可使用 Radon Vision，在设置界面  中的单击  开始测量。

(2) 测量时读取测量数据。

刚刚开始测量进行时，单击 TOGGLE 键，会显示第一个数据所需时间（分钟）：

RTM1688 SN:00001	仪器型号、序列号
Wait 15 Minutes for the first data	距离第 1 个数据还需 15 分钟

再点击一次 TOGGLE，会显示当前时间以及测量的一些设置：

>>12/10/31 10:35	年/月/日 时间
ALM: 1000Bq/m ³	报警阈值
CONT. BUZZ.OFF	蜂鸣器关闭

在点击一次 TOGGLE 返回前画面。

当完成一次测量后，点击 TOGGLE 可查看最近一次氡浓度 (Radon*或者 Radon) 测量结果：

Radon*	10:40	氡浓度模式、时间
1065Bq/m ³ ±15%		测量氡浓度和统计误差
#1	1/15Min	测量序号、下一次测量进行时间/测量周期

如果显示为 Radon*，即为快速模式下氡浓度；显示 Radon 即为慢速模式氡浓度。仪器只能显示最近一次的测量结果，如需查看历史数据，需连接电脑。

继续点击 TOGGLE，会显示其他测量结果。

钍射气浓度 (Thoron)：

Thoron	10:40	钍、时间
121Bq/m ³ ±35%		测量钍浓度和统计误差
#1	1/15Min	测量序号、下一次测量进行时间/测量周期

本次测量从开始到现在的统计平均值：

Average	0.3Hrs	平均值、累计测量时间
Rn:	1065Bq/m ³	氡平均浓度
Tn:	121Bq/m ³	钍平均浓度

环境参数和电池电压：

Ambient	10:40	环境参数
22.0°C	1022mbar	温度、大气压强
28%rH	12.82V	相对湿度、电池电压

部分测量设置：

>>12/10/31 10:35	年/月/日 时间
ALM: 1000Bq/m ³	报警阈值
CONT. BUZZ.OFF	蜂鸣器关闭

在周围照明不佳时可点击或者按住 LIGHT 来启用背光。

(3) 停止测量

如需中止测量，按住 TOGGLE 键，当听到蜂鸣器 4 声提示音之后松开按键，测量即可停止，停止测量后则无法通过仪器显示屏读取数据，只能连接电脑读取。也可以使用软件停止测量，在使用 Radon Vision，在设置界面中的单击停止测量

1.5 使用软件读取数据

启动 Radon Vision 软件，按照前述步骤连接仪器。

点击  读取数据，这时会弹出读取小窗口。当数据量较多时，读取时间可能较长并且软件会出现未响应，这时请耐心等待读取完成。

数据读取完成如下图所示：

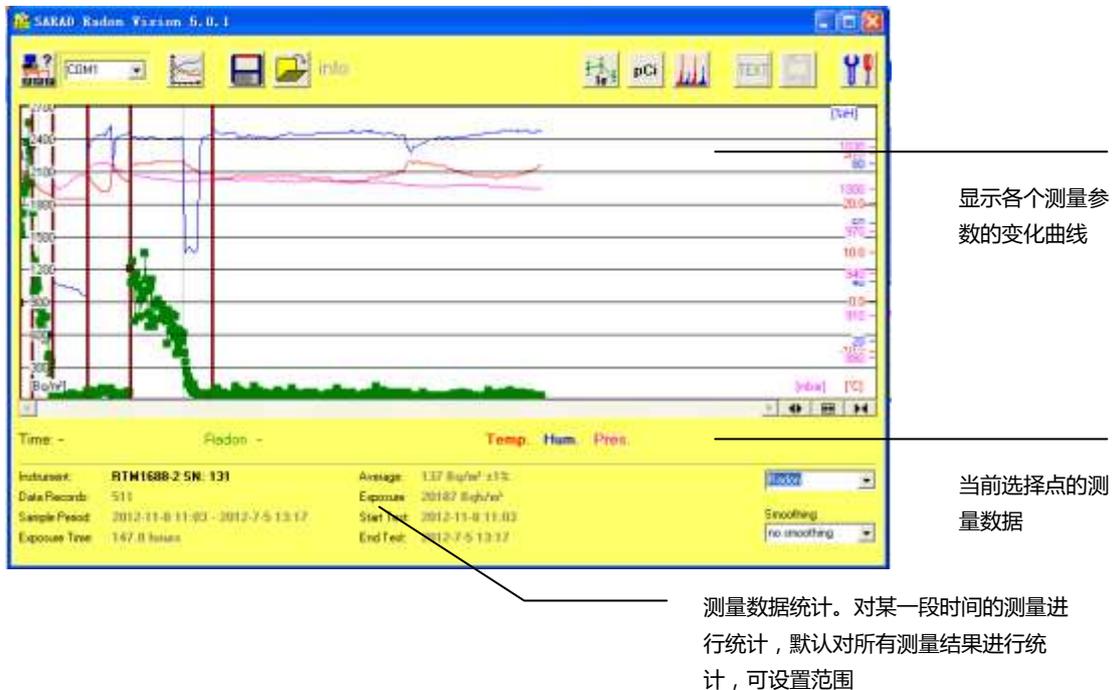


图 1.5.1 软件读取完成

要查看测量的氡浓度时候，需要进行选择。在软件窗口右下部选择（见图 1.5.2）。



图 1.5.2 氡浓度模式选择

测量周期在 120 分钟以内时选择 Radon*(fast)模式，超过 120 分钟则选择 Radon 模式，Thoron 为钍射气浓度，选择后显示图表会即时更新。

如果没有选择合适的模式，显示的测量结果可能不准确！

下图中的曲线即为仪器测量结果，图中棕色的竖线将不同地方的测量结果分隔开来（如图中有 5 条棕线分隔成的 6 次不同的测量）。

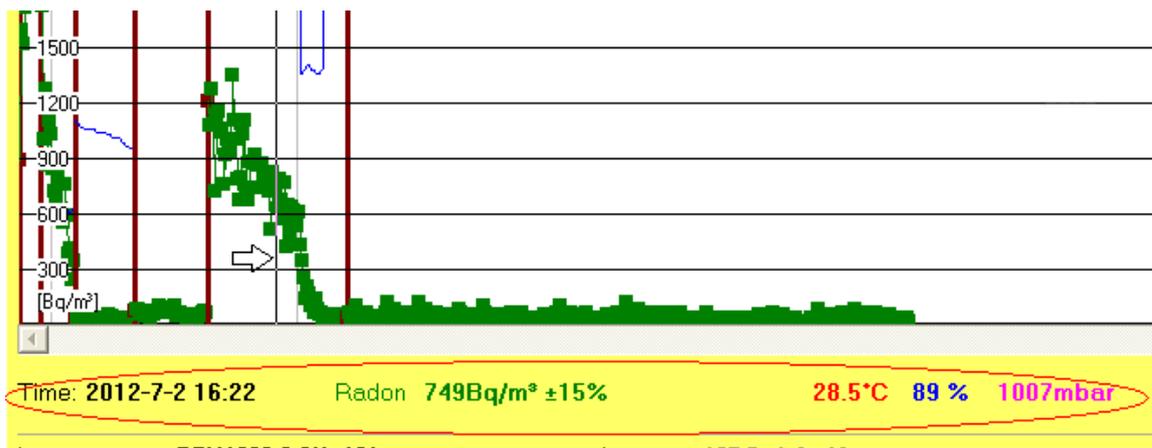


图 1.5.3 选择数据信息

将鼠标在图表中移动，图表下方就会显示当前鼠标停留位置对应的时间（Time）、氡浓度（Radon）、温度（Temp.）、相对湿度（Hum.）以及气压（Pres.）。（见图 1.5.3）

当数据点显示过多难以观察时，可以通过调整   来调节横坐标宽度， 为扩展横坐标， 为缩小横坐标。

 为添加误差标志（ 1σ 置信区间下的放射性统计误差）； 为转换单位为皮居里；

 可保存当前读取的数据； 可打开电脑上已保存的数据。

使用鼠标单击图表选择一段区间，可查看该区间内的统计信息。如图 1.5.4 所示操作。注意下面的时间戳，在想查看的区间开始位置点击一次鼠标左键，在区间的终止位置点击一次鼠标左键。

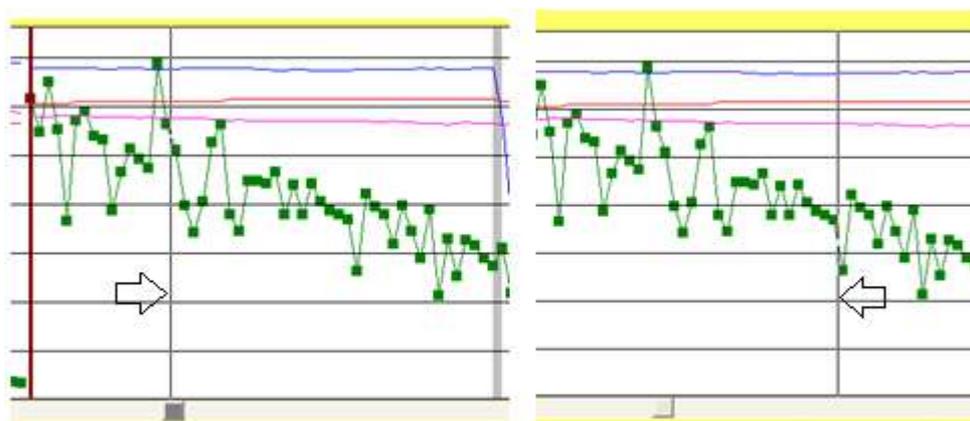


图 1.5.4 选定区间数据

点击后，该区间背景会变成黑色。并且下面会显示该区间的相关统计数据（见图 1.5.5）。



图 1.5.5 区间数据统计

如图 1.5.5 所示，选定的区间记录了 21 个数据，从 2012 年 7 月 2 日的 12:22 到 15:52，选定时间段 3.5 小时，测量的平均浓度为 $823\text{Bq/m}^3 \pm 3\%$ 。

在选定区间的情况下点击 ，可以查看到该区间探测器测量的 α 能谱。

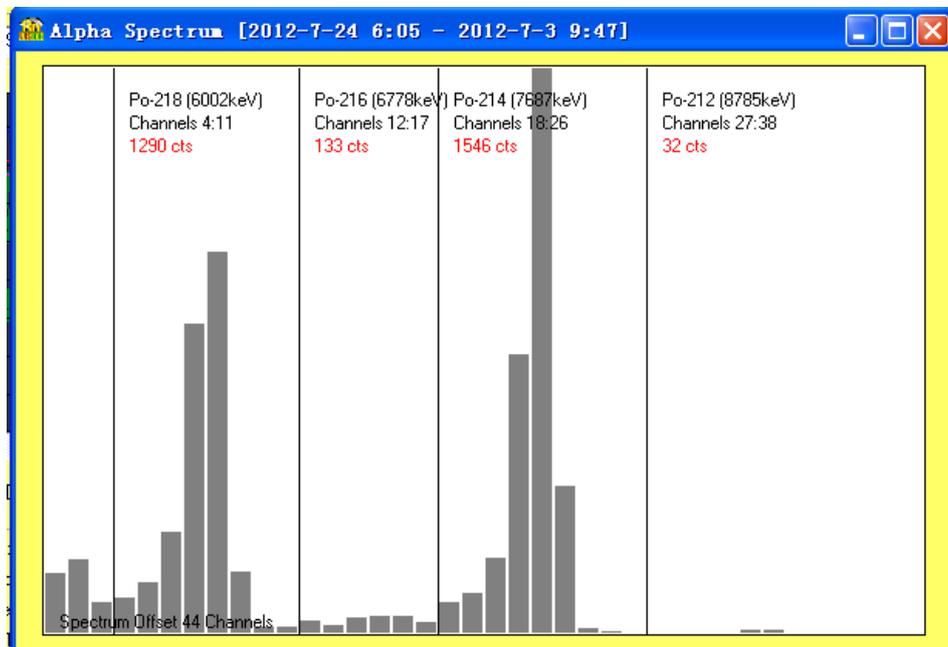


图 1.5.6 测量 α 能谱

 可将该区间测量结果导出为文本文档（txt 格式），之后可用 EXCEL 导入文本文档来进行数据统计计算。

2 进行实际测量

2.1 如何根据不同测量环境来调整测量方案

实际测量中，我们需要测量各种不同环境中的气体氡浓度，为此我们需要对仪器的测量参数进行一些调整（主要是测量周期），另外可能还需要使用一些附件。

2.1.1 不同氡浓度环境下测量周期的选择

按照测量场合，我们把氡测量的环境分为四大类：分别是一般室内氡、水中氡、土壤中氡以及地下空间和矿井，另外材料氡析出也属于测量范围，材料氡析出则完全受测量控制条件以及材料影响。

常见测量环境的推荐测量周期：（仅供参考，以实测为准）

- 一般室内氡浓度 推荐测量周期 60-120 分钟
- 水中析出氡浓度 推荐测量周期 10-15 分钟
- 土壤气氡浓度 推荐测量周期 5 分钟
- 土壤表面析出氡 推荐测量周期 10 分钟
- 地下室和矿井 推荐测量周期 15-30 分钟

测量周期选择方面，可以根据需要适当延长或者减少。使用更长的测量周期能获得更准确的测量结果，而当现场条件不允许较长周期测量时，可适当缩短周期。

2.1.2 快速模式和慢速模式的选择

仪器会根据探测器测量的计数同时进行快速模式和慢速模式的计算，用户只需要选择是使用快速模式还是慢速模式的测量结果。快速模式有更短的响应时间，而慢速模式有更高的测量精度。

快速模式和慢速模式仪器探测灵敏度：

快速模式 Fast : 3 cpm/(kBq/m³)

慢速模式 Slow : 7 cpm/(kBq/m³)

快速模式对氡浓度变化的反应时间为 15 分钟，慢速模式对氡浓度变化的反应时间为 2 小时。任何测量周期都可以选择使用快速模式测量值，但是当测量周期长于 2 小时，选择慢速模式测量值可以获得更准确的数值，慢速模式测量值只有在测量周期长于 2 小时才有意义。

2.2 测量一般室内空气氡浓度

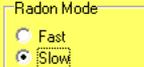
2.2.1 室内空气中的氡

室内空气中氡一般主要来自于房屋建材，建材成分对室内氡浓度影响较大，另外楼房的一层或者平房等，地面地板的缝隙也会有土壤析出氡泄露。除建材影响之外，由于氡极易扩散，房屋通风状态也对氡浓度有较大影响，紧闭门窗的室内氡浓度明显高于开启门窗时的浓度。

由于室内氡浓度通常较低，因此往往需要比较长的测量周期，测量时应关闭门窗，减少外部环境变化干扰。

2.2.2 测量准备和仪器设置

1、检查仪器电源情况，使用前应充电 3-4 小时，建议测量时使用外置电源适配器。检查进出气口是否堵塞，进气口是否安装好过滤器。

2、使用 RadonVision 软件中的设置功能 ，将测量周期  设置为 120(分钟)，测量模式  选择为 Slow，同时注意进行校时 。如测量周期短于 120 分钟，测量模式应设置为 FAST，设置完成后点击  写入。

由于测量时间较长，测量人员往往不能一直在现场值守，为避免其他人员误操作仪器导致测量意外中止，可以在设置  中使用锁定功能，点击  启用，这时仪器可启动测量但将无法在仪器上停止测量，需连接电脑后再点击  解锁后仪器才能进行操作。

3、在新鲜空气中点击 TOGGLE 键启动仪器进行 5 分钟清洗，将仪器内气体残余的氡吹出。注意，之前进行了测量，特别是在较高氡浓度环境进行测量的话，仪器应隔 2 小时再进行使用，以便让仪器之前测量中所残余的氡子体衰变完全。同时此过程中可以检查仪器进出气情况。

2.2.3 测量和读取数据

1、将仪器移动至待测位置，单击仪器面板的 TOGGLE 键，仪器启动后即可离开，关闭门窗并记录开始时间。

2、等待测量结束。仪器每经过一个测量周期时间会得出一系列测量值，包括氡浓度、温度、湿度、气压等，可在每个测量周期完成后点击 TOGGLE 键查看。但是为了降低干扰，建议等待整个测量结束后将仪器连接至电脑进行读取数据。测量结束时人工记录结束时间以备查。

3、建议测量 6 个数值取其平均值作为实测值。

2.2.4 数据的分析

以下是某房屋室内氡浓度测量结果，使用 2 小时测量周期，Slow 慢速模式：

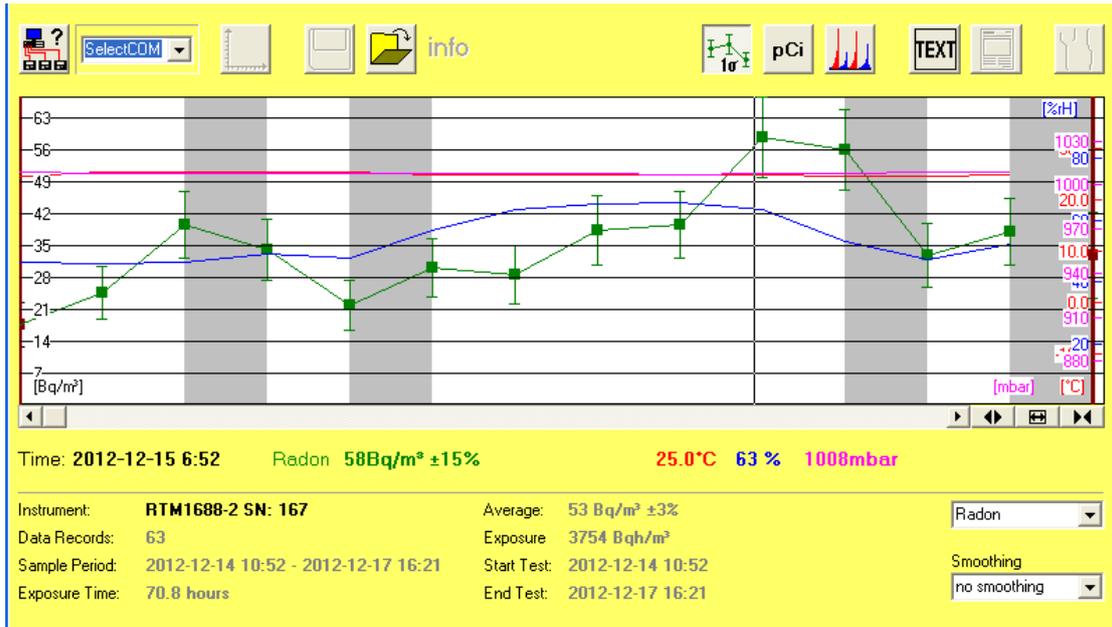
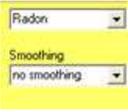


图 2.2.1 空气氡浓度测量

选择软件模式  为 Radon 即慢速模式，选定整个测量区间。

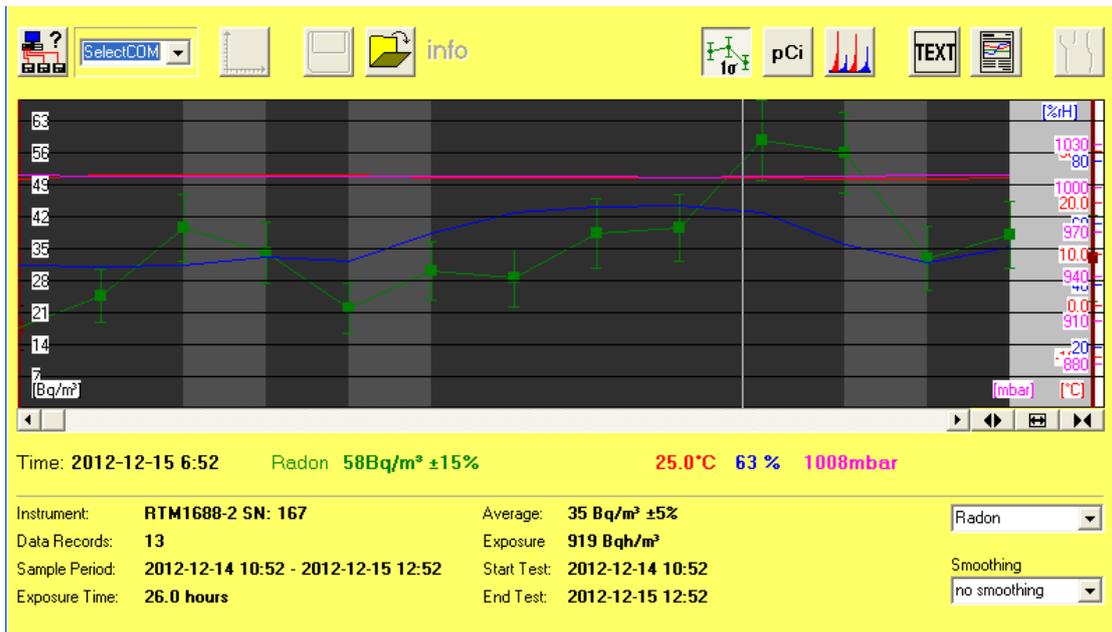


图 2.2.2 选定测量区间

可以看到选定区间的统计信息，氡平均浓度为 35Bq/m³。为确认仪器状态，我们可以查看本次测量的能谱，点击  即可。

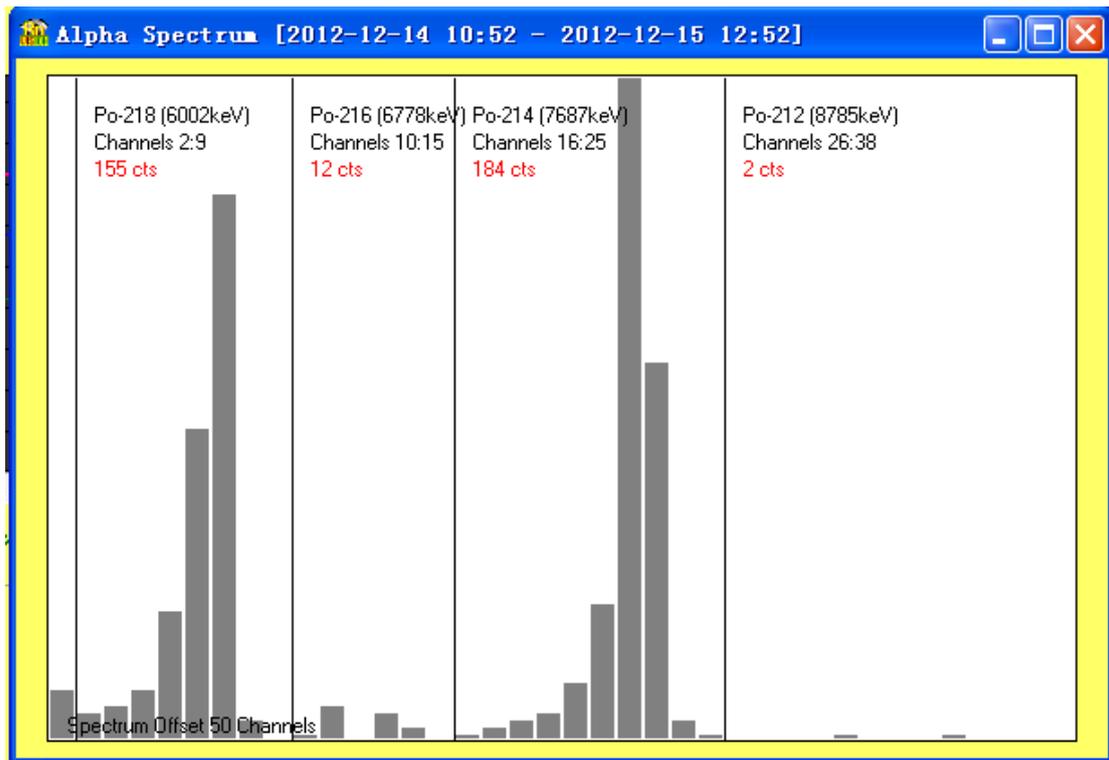


图 2.2.3 测量能谱

图中可以看到 2 个峰，分别是 Po-218 和 Po-214 峰（参见图中标记），这就是氡-222 衰变子体所形成的峰。通常如果能观察到

由于测量时间较长，数据较多，为了便于观察变化趋势，可以使用 smoothing 平滑功能。点击右下角的 Smoothing，在下拉列表选择，可选选项从 +/- 1 period 到 +/- 6 periods，数字越大会带来更高的平滑效果。

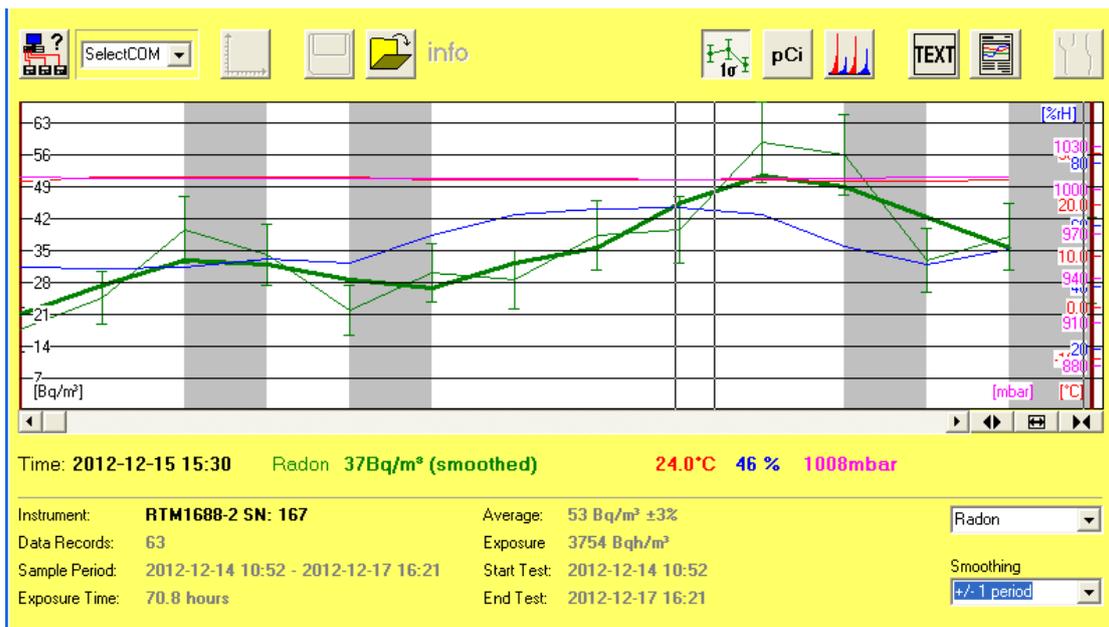


图 2.2.4 平滑测量曲线

注意！平滑后曲线显示值已经不是实测值，有 smoothed 后缀。

2.3 测量水中的氡浓度

2.3.1 水体中的氡

自然水体中的氡主要来自于土壤和岩层，因此水源对水中氡含量影响很大，通常地表水含氡量很低，地下水含氡量很高，自来水含氡量则受源地影响。另外，水中镭浓度测量也往往使用水氡测量方法。

水中氡浓度测量方法一般为测量水中析出氡浓度，RTM1688-2 型测氡仪测量水样中氡浓度通常采用的方法是，向待测水样中鼓气，让气体在闭合回路中循环，一段时间后析出氡浓度与水中剩余氡浓度达到饱和时测量气体中析出氡浓度，然后使用我们提供的 Radon in water 计算软件，可以很方便的将析出氡浓度转换计算得出水中氡浓度。

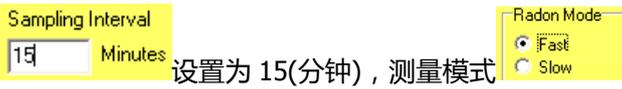
水中氡极易受振动、加热等因素影响析出，因此水中氡浓度测量应尽量在现场进行，并且尽量避免采样过程中振动水样，如现场条件不允许现场测量，也应将水样储存在密闭容器中就近测量。

RTM1688-2 还可用于基于水氡测量原理的水镭浓度测量，并且可组建户外水氡浓度测量站点，关于这方面的信息请联系 SARAD。

2.3.2 测量准备和仪器设置

1、检查仪器电池状况，建议使用前进行 3-4 小时充电，检查仪器进出气孔。

2、将仪器连接至电脑，使用 RadonVision 软件中的设置功能。将测量周期

 设置为 15(分钟)，测量模式 选择为 Fast，同时注意进行校时。设置完成后点击 写入。

如果对地表水，如江河、湖泊水，进行测量，测量周期可能需要设置 30 分钟甚至更长。

3、准备水氡测量附件。附件最少应包括一个单管鼓泡瓶和两根塑胶管。鼓泡瓶应带有刻度指示并能进行直接采样，塑胶管用于连接鼓泡瓶和仪器，不可使用橡胶管。（图 2.3.1 和图 2.3.2 为 SARAD 的选配附件）然后对整个附件中的空气体积进行计算，包括鼓泡瓶（SARAD 提供的选配水氡测量瓶总体积为 680ml）、塑胶管以及仪器内部腔室（RTM1688-2 内部总体积为 250ml）。



图 2.3.1 SARAD 选配的水氨测量附件（未组装）



2.3.2 SARAD 选配的水氨测量附件（已组装）

4、将仪器和附件移动至待测地点。

2.3.3 测量和读取数据

- 1、连接管线，但取下采样瓶，在新鲜空气中启动仪器 5 分钟，用新鲜空气中吹出管线和仪器中残余氨。如果刚刚仪器对高氨浓度环境进行了测量，则应在新鲜空气中运行至少 15 分钟。
- 2、使用采样瓶采样。将采样瓶灌满待测水样然后倒出，反复 3 次以清洗采样瓶，然后进行采样，采样时为避免氨提前析出，应尽量让水缓慢进入采样瓶，移动时同时减少振荡。

3、完成采样后将采样瓶连接管线。**注意仪器的进口气口！**RTM1688-2 的出气口（OUT 标示）应连接至单管鼓泡瓶插入液面下的导气管一端，进气口（IN 标示）连接另一端，气体应由导气管进入水中，鼓出气泡，将水中氨析出。

启动前请检查管线，如管线接反会将水吸入仪器，可能导致仪器损坏！如果仪器确实发生进水，请立即停止测量，拔出仪器底部的保险丝，然后联系您的供应商或向 SARAD 寻求帮助。

4、确认管线连接无误之后，单击仪器面板的 TOGGLE 键启动测量（见图 2.3.3）。



图 2.3.3 进行水氨浓度测量

刚刚启动时需密切注意鼓泡情况，如发现水进入塑胶管，应立即压住并拔出进气管线，按住 TOGGLE 停止测量。重新开始采样等步骤，并进一步检查管线连接。

5、等待测量结束。可中途读取数据，也可等待测量结束后连接电脑读取。

6、建议测量 6 个数据取其平均值作为实测值。

2.3.4 数据的分析

图 2.3.4 是某居民楼自来水析出氨浓度测量结果（15 分钟测量周期，Fast 快速模式）：

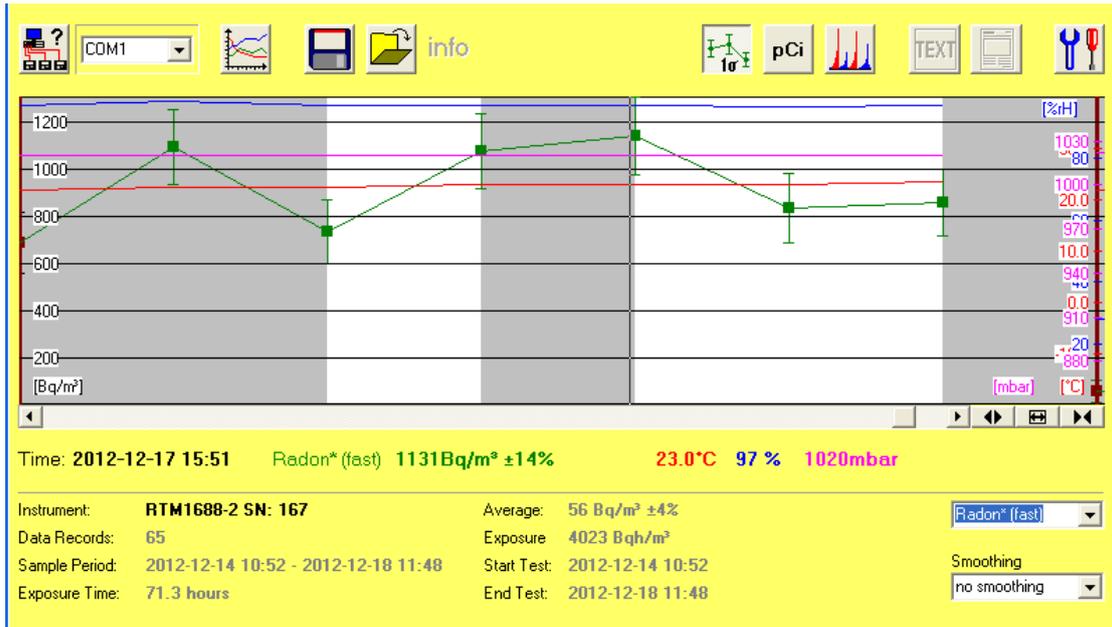


图 2.3.4 水氡浓度测量结果

选择软件为 Radon*(fast)快速模式，其中第一个数据由于是最初 15 分钟的测量结果，因此应该抛弃，从选择第二个数据点开始的测量数据作为有效数据，见图 2.3.5。

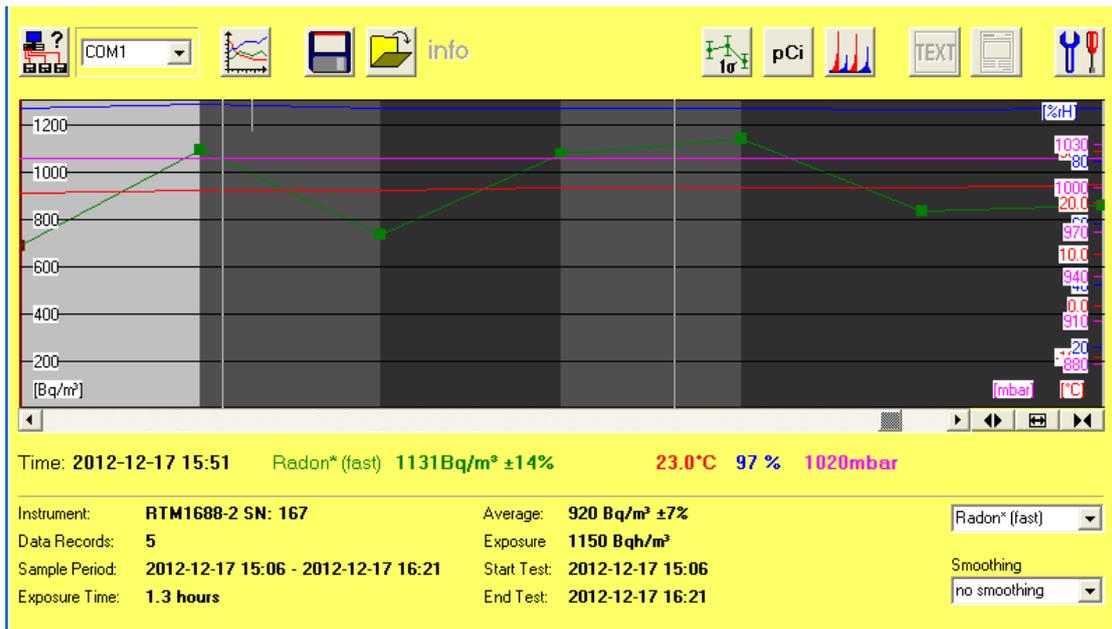


图 2.3.5 选定区间测量数据

这时可以看一下下半部分区域可以看到对选择部分的统计数据，如这次测量的平均值为 920 Bq/m³ ±7%。如果对本次测量结果的可靠性存在疑问，可以查看能谱对仪器状态予以确认。点击即可。

在得出析出氡测量结果之后还需要计算得出水体中氡浓度。

SARAD 还附带提供 Radon in Water 这款软件，只需输入测量数据和参数即可很方面的计算出水中原有氡浓度，见图 2.3.6。

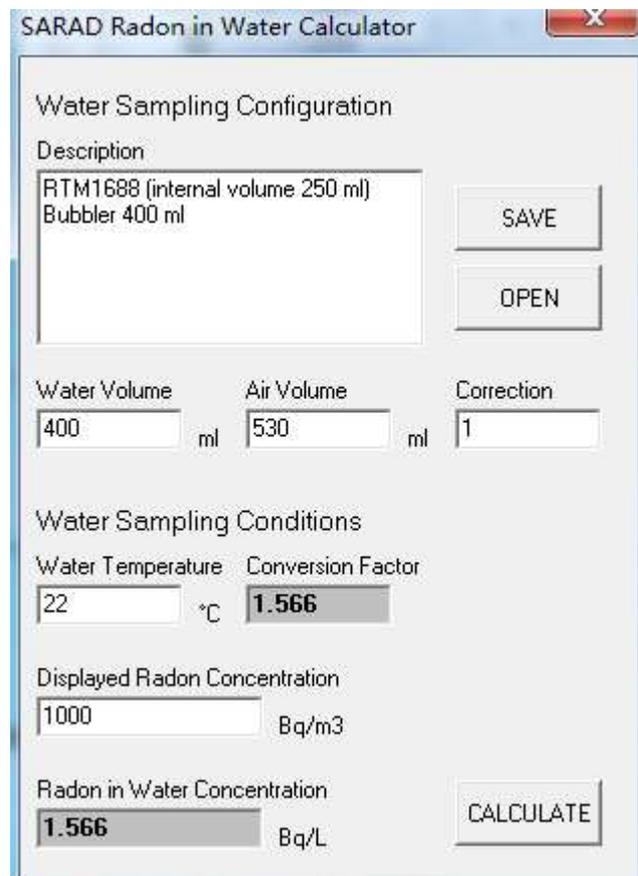


图 2.3.6

在软件输入窗口中输入：

水体积 “Water Volume”

空气体积 “Air Volume”（包括 RTM1688 内部体积 250ml 以及采样瓶除水以外的体积和管线内部空间，SARAD 选配采样瓶总体积为 680ml）

温度 “Water Temperature”

测量氡浓度 “Displayed Radon Concentration”

最后点击 CALCULATE 进行计算，即可得出原始水中氡浓度 “Radon in Water”。

Correction 为校准系数，通常填 1 即可。

2.4 测量土壤的氡浓度

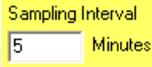
2.4.1 土壤气中氡与土壤氡析出率

土壤氡浓度测量主要是两个方面，分别是土壤气中氡浓度与土壤氡析出率。土壤气中氡浓度是指土壤内部的气体中所含氡的浓度，通常该浓度都极高，可达 $6000\text{Bq}/\text{m}^3$ 以上，深层土壤或含镭量高的土壤浓度可能更高，通常直接钻孔后抽取土壤气进行测量；土壤氡析出率指土壤表层氡析出速度，一般氡浓度稳定后可达 $2000\text{Bq}/\text{m}^3$ 以上，通常是在密闭空间中连续测量多次氡浓度，计算氡浓度增加速度。

土壤氡测量前 48 小时内，测量地点不应有降雨。

2.4.2 测量准备和仪器设置

- 1、检查仪器电池状况，建议使用前充电 3-4 小时。检查进口气口和过滤器。
- 2、将仪器连接电脑，使用 RadonVision 软件中的设置功能 .

- 对土壤气中氡浓度测量时，将测量周期  设置为 5(分钟)
- 对土壤表面析出率进行测量时，将测量周期  设置为 15 (分钟)，测量模式  选择为 Fast，同时注意进行校时 。

设置完成后点击  写入。

3、准备测量附件。

- 测量土壤气附件主要有：土壤气体取样器，采样器转接口，塑胶管若干。
- 测量土壤表面氡析出附件主要有：土壤析出采样附件，塑胶管若干。土壤氡析出测量附件准备完成后需对其体积进行计算，包括采样箱、管线以及仪器内部腔室（130ml）。

关于 SARAD 的选配土壤测量附件的详细信息，请联系我们或者您的仪器供应商。

4、移动至测量现场，准备测量。测量前应在新鲜空气中启动仪器 5 分钟时间，但是如果刚刚已经对土壤等高氡浓度进行过测量，则应将新鲜空气清洗时间延长到 15 分钟。

- 进行土壤气测量时，应避免选择有积水和砂石较多的地点钻孔，通常钻孔深度设置为 1-1.5m，钻孔后应将采样器附近的土壤重新压实。之后安装转接口和塑胶管连接仪器，建议使用较长的管线连接以便在意外吸水时能够有足够时间停止测量。



图 2.4.1 土壤析出率测量

- 进行土壤析出率测量时，同样也应避免选择积水和砂石较多的土壤。清理表层的落叶、碎石等杂物，按照土壤析出率附件外形清理出一片平整土壤表面安放采样箱，然后用土壤覆盖在采样箱四周。之后用塑胶管将采样箱和仪器连接成一个闭合回路（见图 2.4.1）。

2.4.3 测量和读取数据

- 1、确认安装连接无误后，点击 TOGGLE 键开始测量。记录开始时间。

测量土壤析出率可无需值守。到测量完成时停止测量即可。

当对土壤气进行测量时应有人值守，原因是：土壤中可能存在流动水，可能会伴随抽气过程被抽入。如发现管中出现液态水，应立即压住管线阻止水继续进入，同时停止测量。如发生意外进水事件，请将仪器底部保险丝拔出，然后联系 SARAD 或者仪器供应商。

- 2、等待测量完成。可中途读取数据，也可测量结束后在电脑上读取。测量完成时应记录结束时间

- 3、建议测量 6 个数值取其平均值进行测量。

2.4.4 数据的分析

- 1、对土壤气的测量

图 2.4.2 是使用 RTM1688-2 对土壤气进行测量的结果，测量周期为 5 分钟。

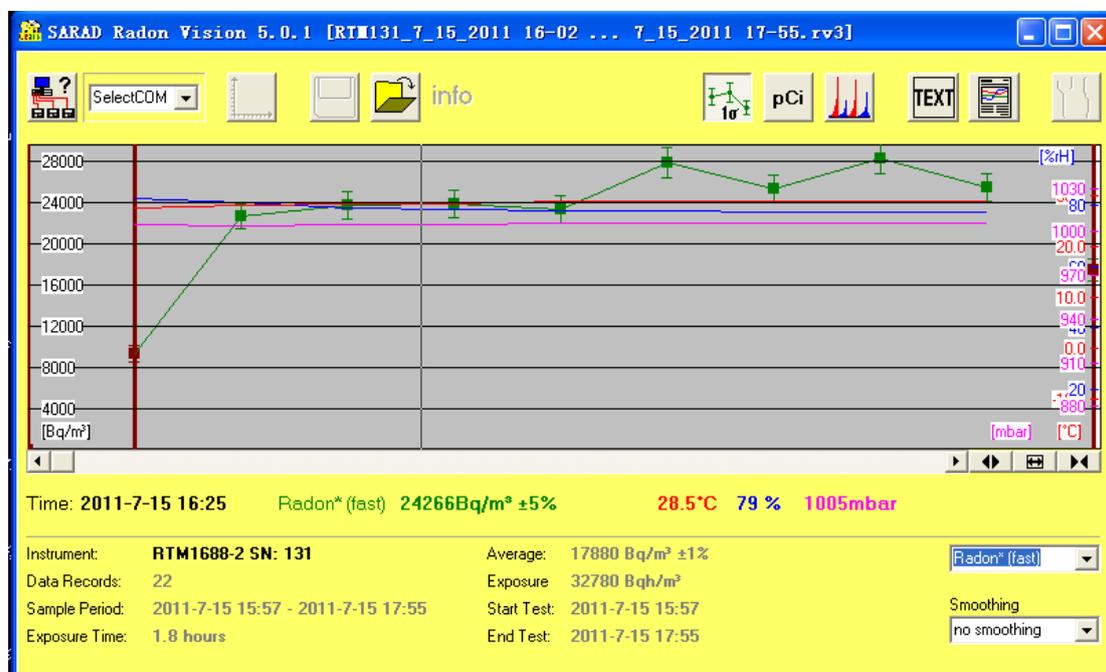


图 2.4.2 土壤气氡浓度测量结果

软件选择 Radon*(fast)模式，考虑到从开始测量到放射性平衡所需时间，前 15 分钟内的测量数据为无效，因此选择第三个数据到最后一个数据这段区间（图 2.4.3）。

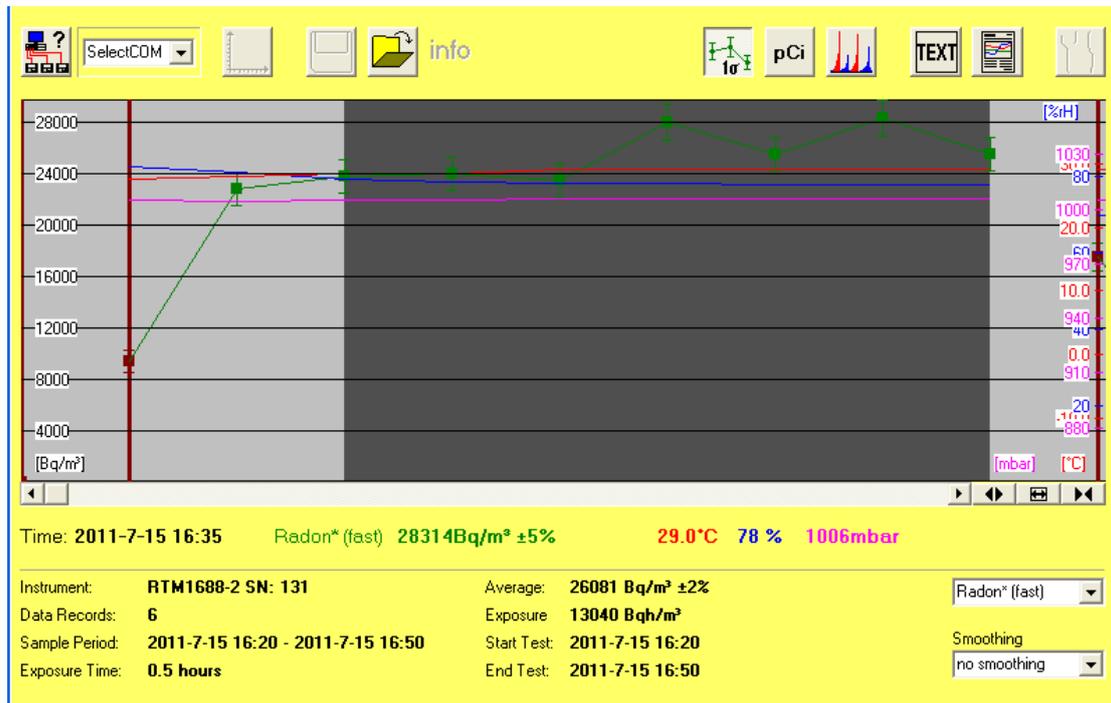


图 2.4.3 选定区间测量结果

下部可以很清楚的看到所选择的有效区间的统计情况，平均氡浓度为 26081Bq/m³±2%，浓度非常高。为了确认这次测量仪器是否工作正常，我们可以观察测量这段区间的能谱。

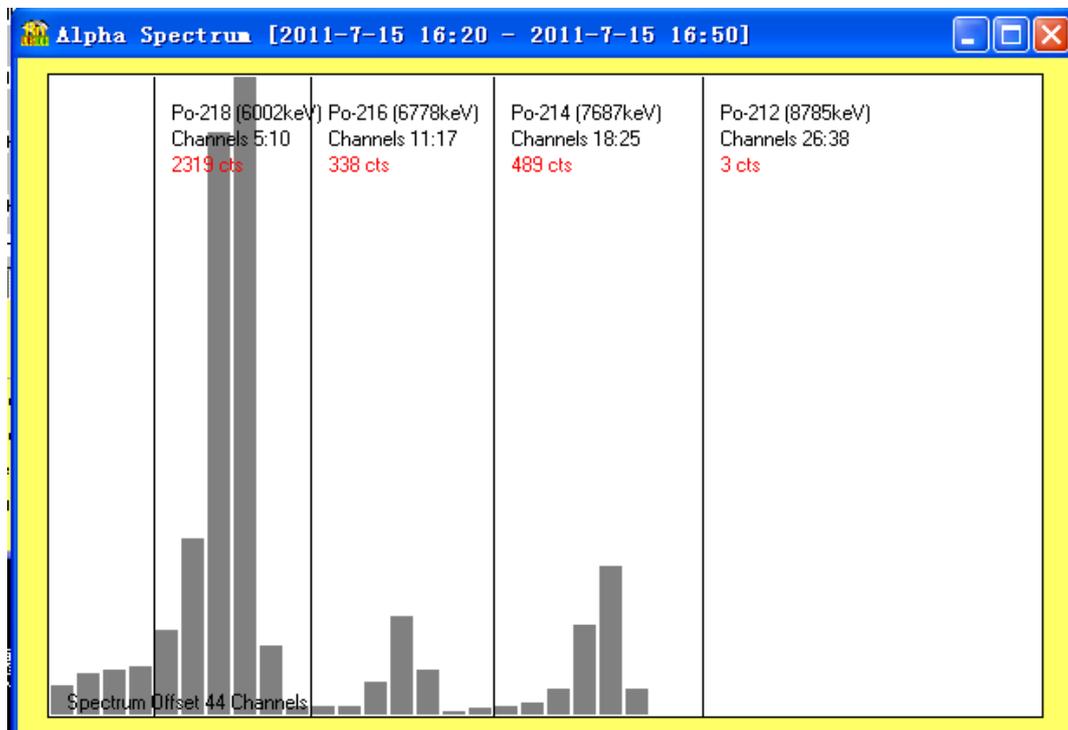


图 2.4.4 能谱测量结果

上图能谱中很清楚的可以观察到 3 个能峰，Rn-222 形成的 Po-218 峰以及 Po-214 峰，由于本次测量时间较短（不到 1 小时），因而 Po-214 峰计数不高。另外土壤测量中常见的 Rn-220（钍射气）形成的 Po-216 峰也很明显。因此我们认为这次测量结果是可靠的。

2.5 测量地下空间、矿井中空气的氡浓度

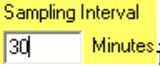
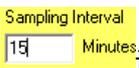
2.5.1 地下空间中的氡

地下空间包括地下室、洞穴、矿井等，这些环境周围土壤会释放大量氡，加上地下室等空间普遍通风状况不佳，因此地下空间内氡浓度普遍较高，浓度都在数百 Bq/m³ 以上，通风较差的甚至可达上千 Bq/m³，部分铀矿井甚至能达到上万 Bq/m³ 的浓度。

对地下空间进行测量，与对一般室内空气测量类似，但是由于氡浓度更高，可使用更短的测量周期。对一般地下室测量，仪器测量周期可设置在 30 分钟；对于矿井的测量，可视情况设置在 15-30 分钟。考虑到这些地下设施可能存在通风设施或者工作人员活动，因此测量建议选择在对空气对流相对较少的地方进行。

2.5.2 测量准备和仪器设置

1、检查仪器电池状况，建议使用前充电 3-4 小时。检查进出气口和过滤器。

2、将仪器连接电脑，使用 RadonVision 软件中的设置功能。对地下室中氡浓度进行测量时，建议将测量周期  设置为 30（分钟），对矿井中氡浓度进行测量时，建议将测量周期  设置为 15（分钟），测量模式  选择为 Fast，同时注意进行校时。设置完成后点击  写入。

特别的，在对铀矿井等氡浓度很高的场合进行测量时，测量周期可设置为 5 分钟。

考虑到测量地点可能有其他工作人员，为避免其他人员误操作仪器导致测量意外中止，可以在设置  中使用锁定功能，点击  启用，这时仪器可启动测量但将无法在仪器上停止测量，需连接电脑后再点击  解锁后仪器才能进行操作，可通过人工记录测量起止来确定有效数据范围。

4、在新鲜空气中点击 TOGGLE 键启动仪器进行 5 分钟清洗，将仪器内气体残余的氡吹出。同时此过程中可以检查仪器进出气情况。

2.5.3 测量和读取数据

1、在矿井中使用仪器，请优先遵守相关安全制度。

2、将仪器移动至待测位置，注意避开可能有水和通风量较大的位置。单击仪器面板的 TOGGLE 键，仪器启动后即可离开，注意记录开始测量时间以备查。

3、等待测量结束。记录测量结束时间以备查。

4、建议测量 6 个数值取其平均值作为实测值。（测量周期短于 15 分钟时，最初 15 分钟内的数据为无效数据）

2.5.4 测量结果分析

图 2.5.1 为一地下设施内的氡浓度，设置测量周期为 10 分钟。查看数据时注意请选择 Radon*(fast)，并显示误差。

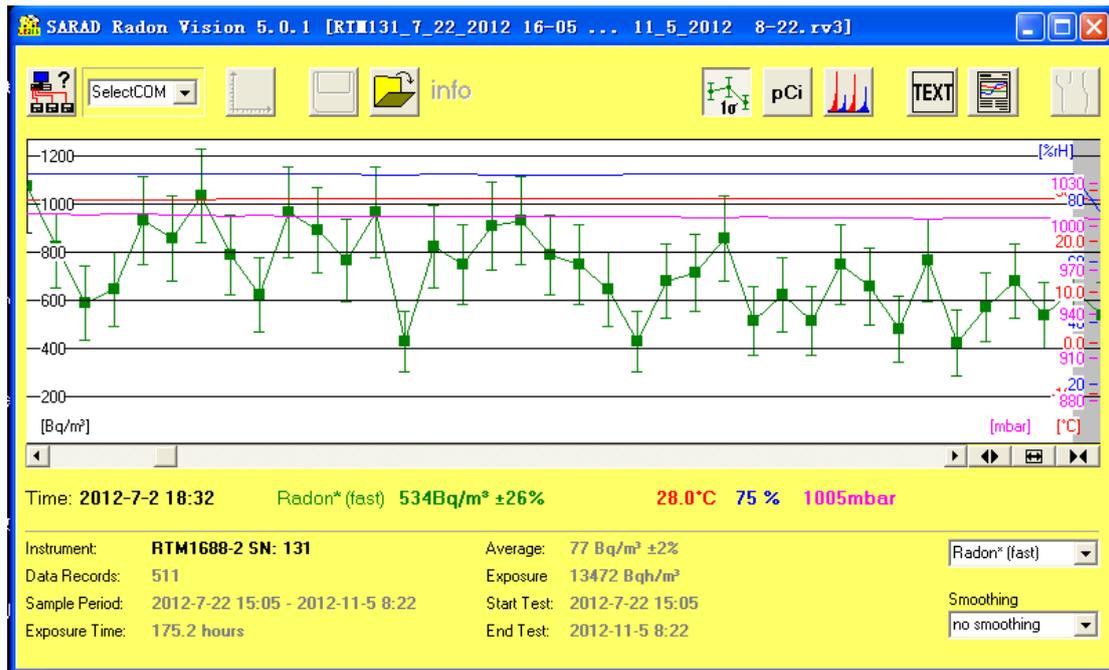


图 2.5.1 某地下空间内空气氡浓度测量结果

选定整个测量区间，可以看到这次测量的统计情况。

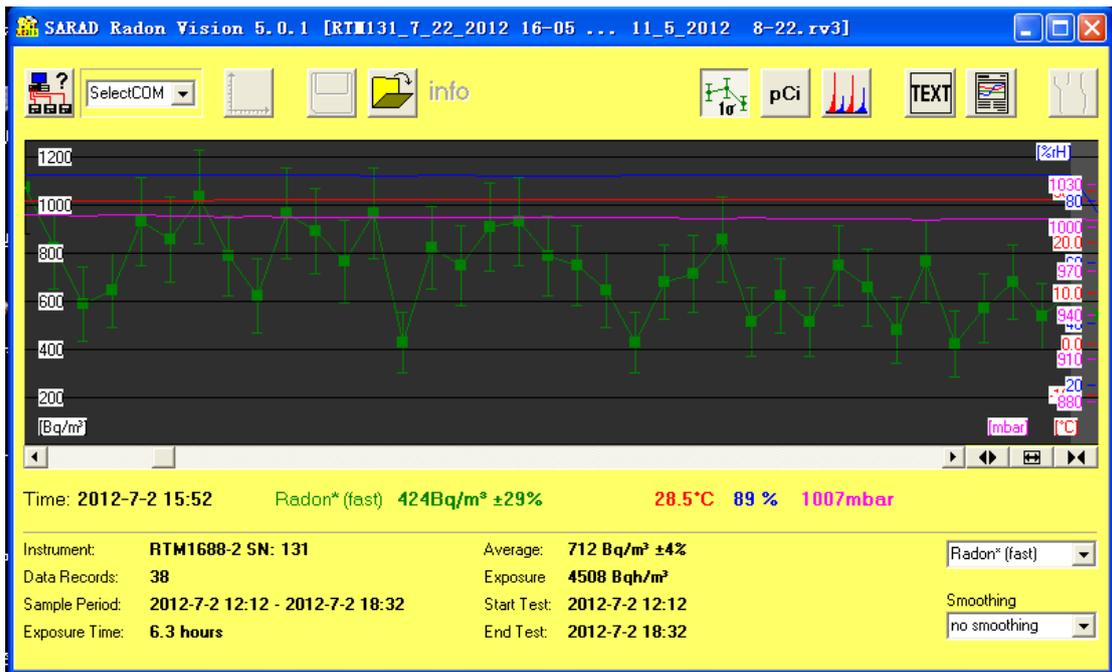


图 2.5.2 选定区间测量数据

如上图所示，测量时间 6.3 小时，记录了 38 组数据，平均浓度为 $712\text{Bq}/\text{m}^3 \pm 4\%$ 。注意图中点的分布，前半段数据有周期性的波动出现（大约 1 小时间隔），应结合测量地点附近的通风变化记录进行分析，后半段数据较为平稳。

这次测量数据较多，为了观察变化趋势，我们可以使用软件的平滑功能，平滑曲线在观察大量测量数据的整体变化趋势时有很大帮助。点选右下角的 Smoothing，在下拉列表选择，可选项从 +/- 1 period 到 +/- 6 periods，数字越大会带来更高的平滑效果。

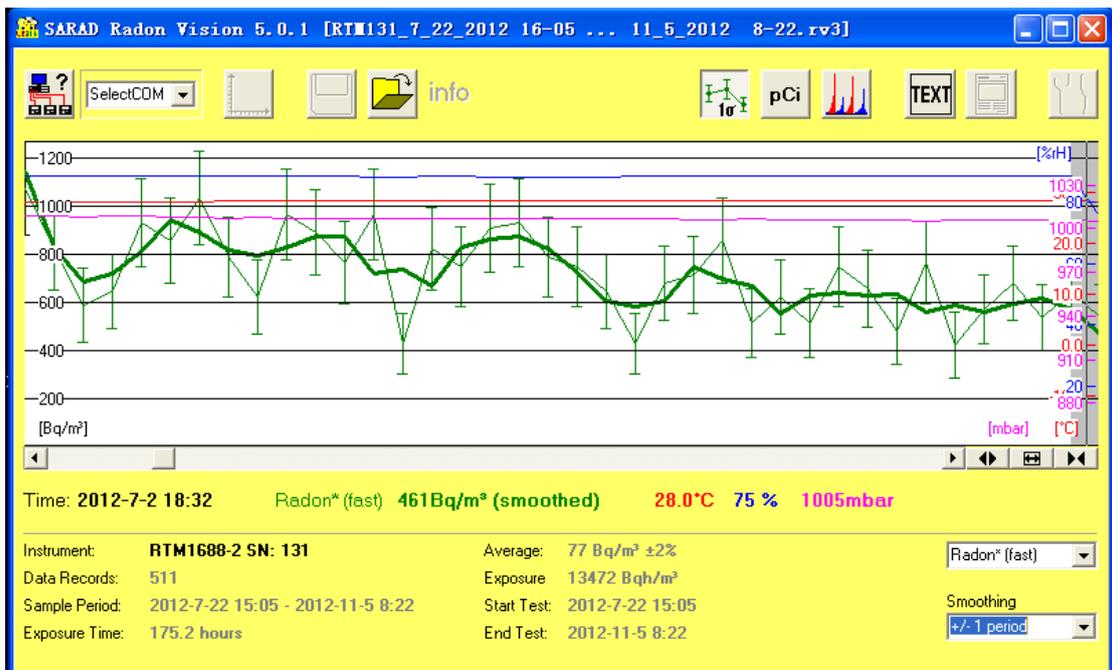


图 2.5.3 平滑测量曲线

注意！平滑后曲线显示值已经不是实测值，有 smoothed 后缀。

2.6 测量材料的氡析出率

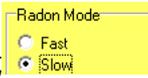
2.6.1 材料中的氡析出

建材中氡释放主要受建材的材料以及孔隙度等影响，例如花岗岩由于含铀量高因而氡释放也较高，另外一些使用废渣的建材也往往会含有较高的镭。

RTM1688-2 对材料的氡析出率测量与土壤氡析出率测量类似，都使用主动抽气式闭合循环测量，只是土壤测量是原位测量，而材料测量是采样后放入容器中进行测量。一般送检测用建材，析出的氡浓度都会较低，而且考虑到相关检测机构对测量精度要求较高，因此测量周期应设置较长，建议设置 2 小时周期，如需进一步降低误差可提高到 4 小时。

2.6.2 测量准备和仪器设置

- 1、检查仪器状态，包括进出气口和滤膜安装情况，建议连接电源适配器。
- 2、准备待测材料样品。对样品进行清理并且计算样品表面积。
- 3、准备测量附件，包括盛装样品的容器以及连接用的塑胶管，并计算整个空间体积，包括容器、管线以及仪器内腔室（RTM1688 为 130ml）。容器容量选择方面，应使得被测样品表面积（ m^2 ）与净空气体积（整个回路空间体积扣除样品体积）之比为 2:1。

- 4、使用 RadonVision 软件中的设置功能 ，将测量周期  设置为 120(分钟)，测量模式  选择为 Slow，同时注意进行校时 ，设置完成后点击  写入。

2.6.3 测量和读取数据

- 1、连接容器和管线，不放入样品，启动仪器测量空气氡本底。建议测量 6 个测量周期。
- 2、空气本底测量完成后，放入样品并重新连接容器和管线，启动仪器测量有样品时的氡浓度。建议测量 6 个测量周期。

2.7 测量结果可能出现的问题

在完成一次测量之后，我们首先要做的是判断这次测量是否可靠，而测量结果的可靠往往取决于测量方法，一些异常的测量结果往往都是由于测量过程中的错误和干扰导致的。测量时如果能对测量环境附近发生的变化（主要是通风方面）进行记录，对于分析测量结果会有很大帮助。

关于如何判断和处理，这里我们举一些异常的测量数据。

1、测量曲线中断

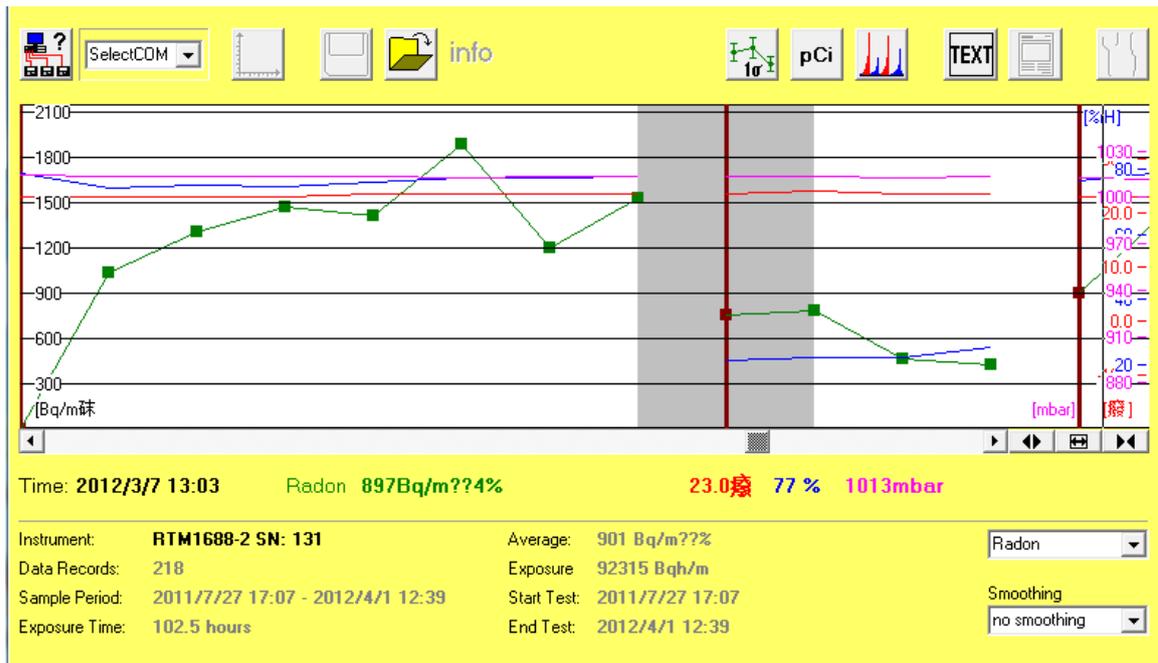


图 2.7.1 异常测量干扰

如图 2.7.1 所示，测量到的曲线在中间断开了，被一根棕色线分割开。如果一次完整的测量中曲线断开，那表明中途测量曾经被其他人中止后又被启动；而那段灰色区域，代表仪器发生了移动（仪器内置有位移传感器）。如果发生上述情况，那么表明测量中有其他人对仪器进行了干扰。

另外，当结束测量时仪器已经停止运行，且测量到的最后一个数据时间与人工记录的测量结束时间不同时，仪器也可能被人为中止或者电量耗尽自行停止。

2、仪器显示 B.D.L 并且测量数值为 0

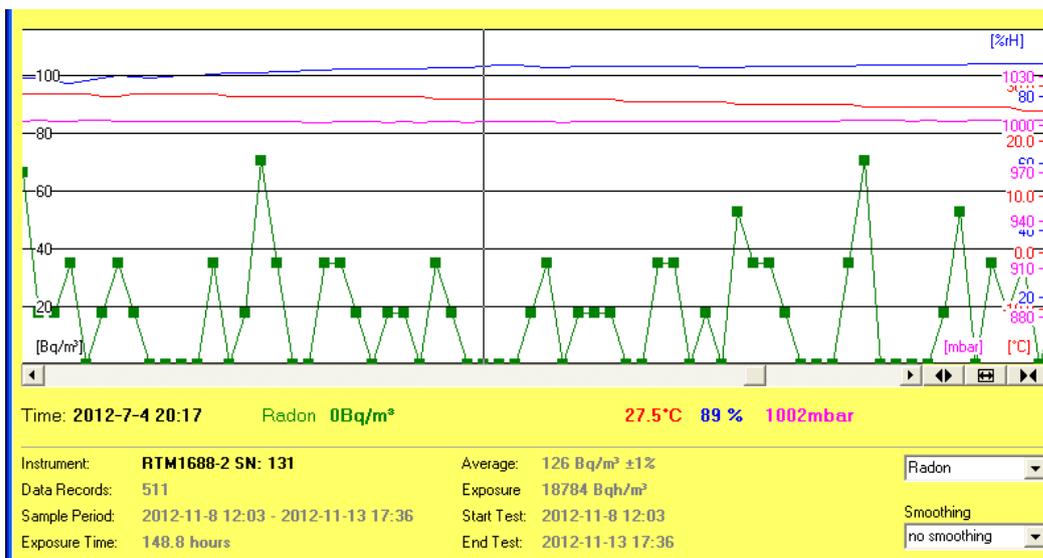


图 2.7.2 测量数据为 0

如图 2.7.2 所示，对室内氡浓度进行测量，设置周期为 10 分钟，可以看到很多氡测量值均为 0，仪器上大多数测量结果为 B.D.L（低于探测限值），部分不为零的值显示误差也很大（统计误差可达 100%以上）。这是由于氡浓度较低而测量周期设置过短造成的。

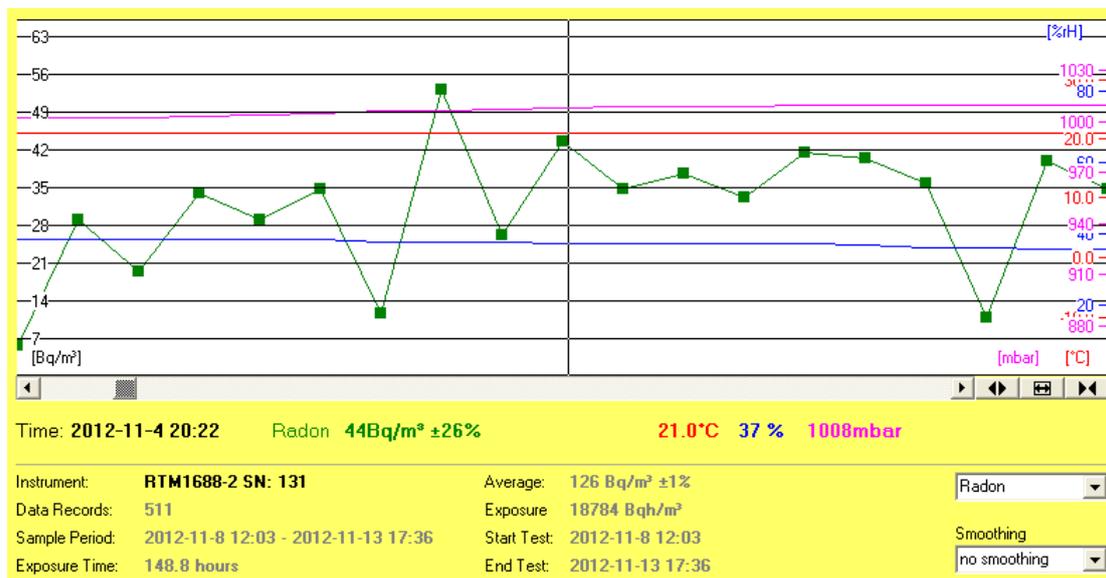


图 2.7.3 改进后的测量结果

如图 2.7.3，同样对室内氡浓度进行测量，设置周期延长到了 1 小时，可以看到氡测量值显著平稳，完全没有之前的大量零值，测量相对误差也大大下降。

3、检查仪器情况和测量结果

完成一次测量后，同样应该对仪器本身情况进行检查。最有效的做法，就是检查测量能谱。

使用 Radon Vision 软件，在图表中点击想查看的区间，然后点击  查看能谱。

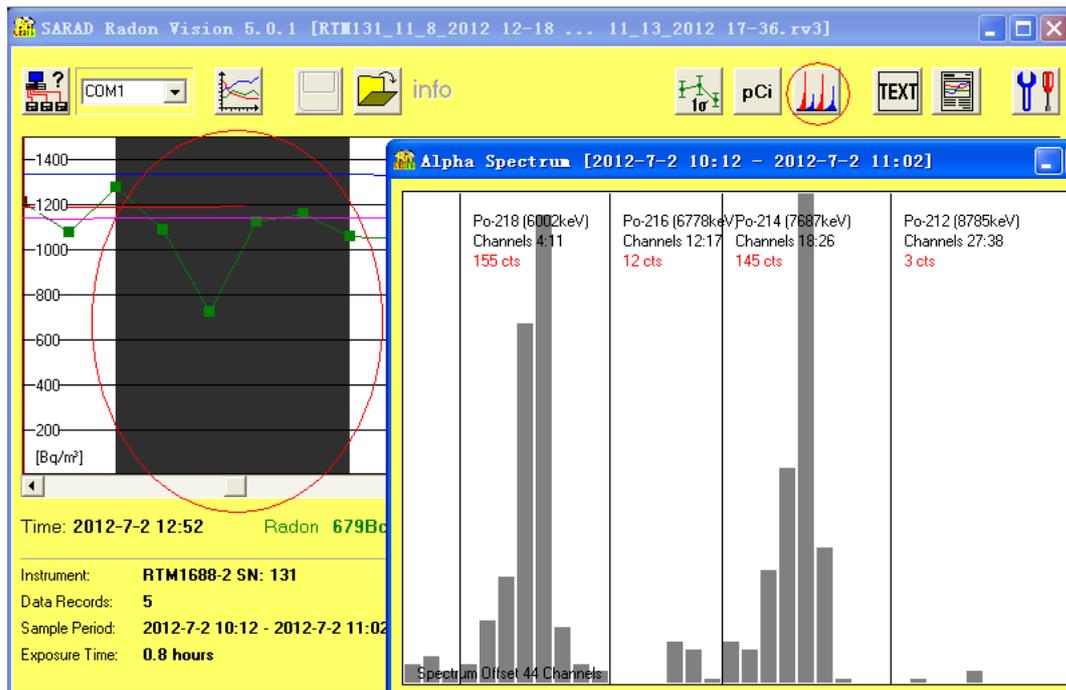


图 2.7.4 查看区间能谱显示

如上图所示，右侧的柱状图表即为左侧黑色区间的测量能谱，能看到 2 个峰，这两个峰是由 Rn-222 的子体 Po-218 和 Po-214 形成的。通常来说，如果能在能谱中观察到这种峰的形象，即代表仪器探测器测量正常。测量中最多可能出现 4 个峰，实际峰的数量和形状取决于测量现场 Rn-222 和 Rn-220 的浓度和测量周期。

氡浓度很低的时候，应该选择更大的区间，才能看到能峰的存在。

关于能谱的更多信息，请联系 SARAD 获得更多支持。

2.8.1 测量误差与下限

测量不可避免的会存在有误差，尤其是在放射性测量中，由于放射性统计涨落导致的统计误差是测量的最主要的误差。

统计误差的产生原因是放射性衰变的随机性。大量的氡-222 原子的一般会在 3.82 天后数量减少一半，浓度越高，单位时间内衰变的放射性核素的量会越稳定，反之，低浓度情况下，单位时间内衰变的放射性核素的量的波动也会越大。由于 RTM1688-2 测量的是放射性核素的活度浓度，同样受此波动影响，因此即使在外界真实氡浓度恒定的情况下，也会有着一定的涨落。

统计误差 E，当置信度为 k-σ 时，可以使用以下公式进行估算：

$$N = C(Rn) * T * S,$$

$$E[\%] = 100\% * k * 1 / \sqrt{N};$$

式中，N 为计数，C (Rn) 为估计氡浓度，T 为测量时间，S 为仪器灵敏度（对 RTM1688-2，快速模式为 3 cpm/(kBq/m³），慢速模式为 7 cpm/(kBq/m³)）。

RTM1688-2 型氡钍测量仪内部软件以及集成了统计误差计算功能，会给出测量值的在当前统计误差下可能的氡浓度真值范围。

表 2.8.1 是几个常用测量周期下，RTM1688-2 型氡钍测量仪的测量氡浓度时的典型放射性统计误差（1-σ置信度，即 63.2%）：

表 2.8.1 快速模式下不同浓度和周期下典型测量统计误差

	0.02 kBq/m ³	0.2 kBq/m ³	1 kBq/m ³	10 kBq/m ³
5 分钟	>100%	57.74%	25.82%	8.16%
10 分钟	>100%	40.82%	18.26%	5.77%
30 分钟	74.54%	23.57%	10.54%	3.33%
1 小时	52.70%	16.67%	7.45%	2.36%

表 2.8.2 慢速模式下不同浓度和周期下典型测量统计误差

	0.02 kBq/m ³	0.2 kBq/m ³	1 kBq/m ³	10 kBq/m ³
2 小时	24.40%	7.72%	3.45%	1.09%
4 小时	17.25%	5.46%	2.44%	0.77%

实际测量时，我们当然希望尽量降低误差，当实际情况允许时，可以延长测量周期，增大计数量，能有效降低统计误差，当测量周期超过 2 小时时，可以使用慢速模式以进一步降低统计误差。

放射性统计误差外的其他因素影响相比极小，通常不作为主要因素考虑。

测量下限是指仪器在给定的测量时间内所能测量到的最小不为零的数值。

在给定的测量时间内，最少需要测量到一个计数，才能得出一个不为零的测量值。当氡浓度极低，而测量周期也很短的话，测量到的计数很可能就是 1 或者 0，由于放射性统计涨落，将会经常出现连续的测量周期内 0 个计数，而某个测量周期测量计数为 1 这样的情况。这时进行计算，计数为 0 的测量周期内氡浓度为 0，而计数为 1 的测量周期内氡浓度却很高。为了避免这个情况，需要设置一个足够长的测量周期。

测量周期越长，测量下限就会越低。

当仪器在一个测量周期内所测量到的计数小于 16 时，统计涨落应使用泊松分布来推算。下表 2.8.3 给出了 3 个不同置信度下测量下限所需的平均计数值

表 2.8.3 不同置信度下所需平均计数值

置信度	所需平均计数值
63.2%	1
95%	3
99.75%	6

不同测量周期下，测量下限的计算公式：

$$C=N/(T*S)$$

式中 C：测量下限；N：所需要的平均计数值（参见上表）；T：预设的测量周期；S：仪器灵敏度。

表 2.8.4 是几个常用测量周期下的仪器探测下限（2σ置信区间，95%）：

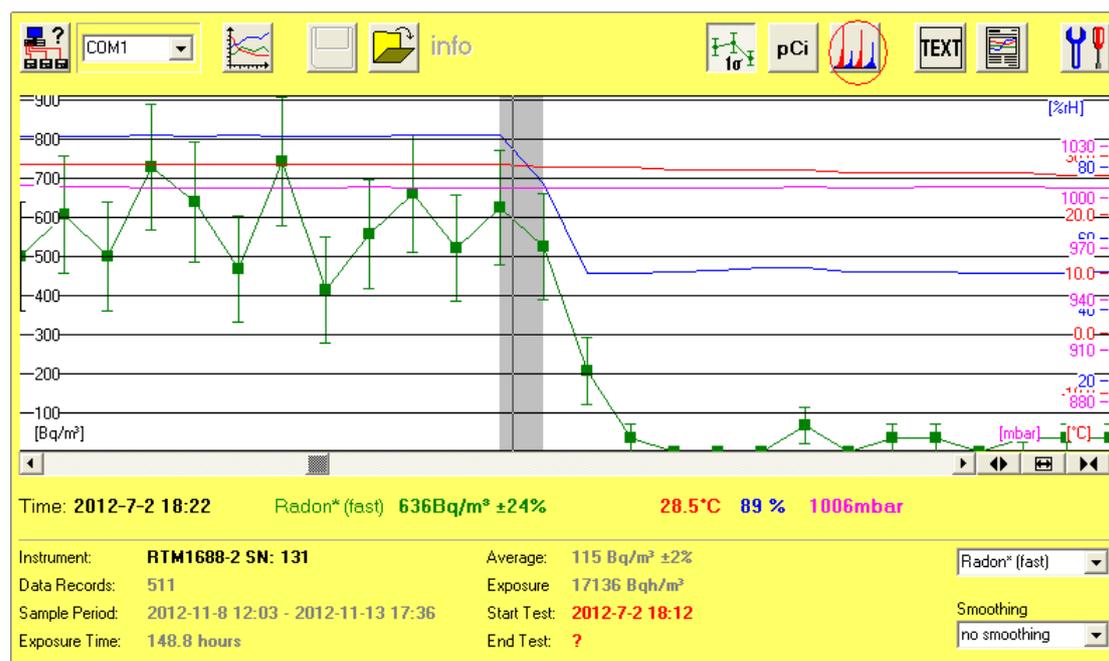
表 2.8.4 常用测量周期下仪器探测下限

测量周期	5min	15min	30min	60min	120min	240min
探测下限	200Bq/m ³ (快速)	67Bq/m ³ (快速)	33Bq/m ³ (快速)	17Bq/m ³ (快速)	8/4 Bq/m ³ (快速/慢速)	4/2 Bq/m ³ (快速/慢速)

2.8.2 测量结果的波动

氡浓度测量由于受放射性统计涨落影响，测量必然会出现波动。这时我们要对其进行判断，是由于统计涨落导致的波动，还是由于环境中氡浓度确实发生了变化。

Radon Vision 软件中带有显示误差的功能，点击软件界面上的  开启。

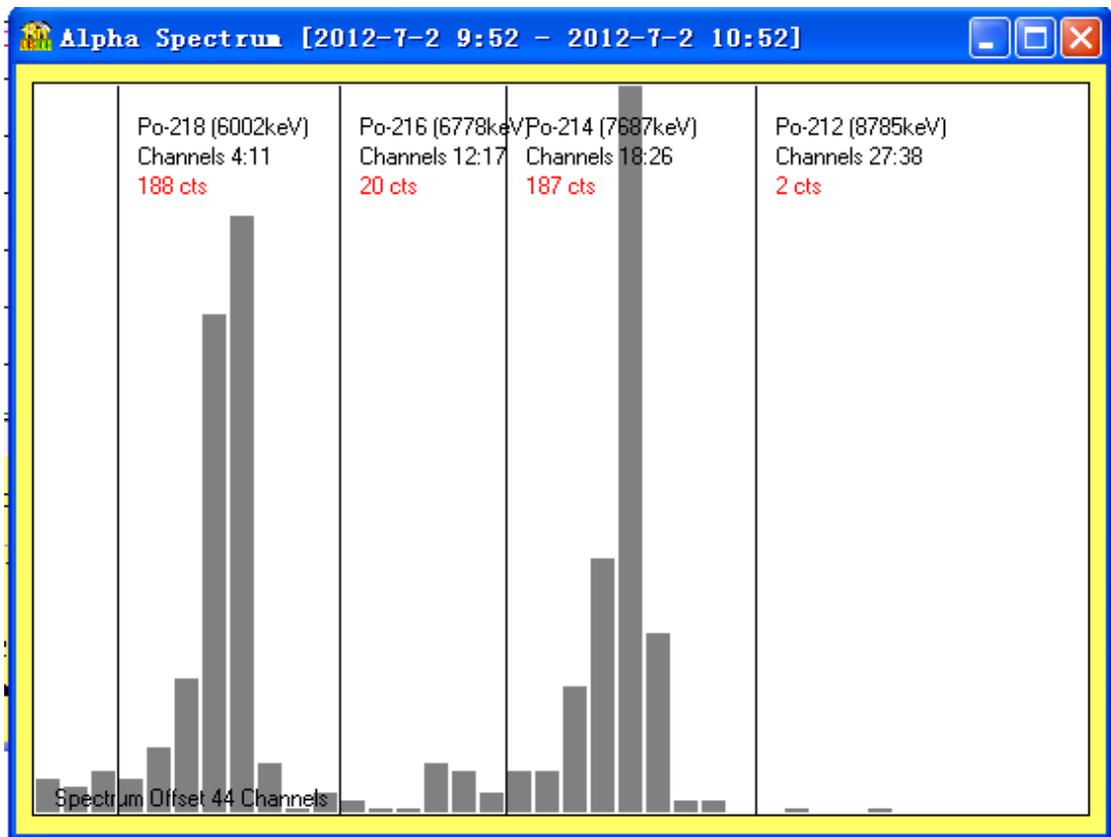


如上图所示，开启误差显示后，每个测量点上下都出现了一个线段，这个线段范围即是 1σ 置信度下的统计误差范围，氡浓度的真值在该范围内。

先看前半段的测量曲线，可以看到大多数数据点的误差范围是有重合的，这时我们认为这段时间内氡浓度基本是稳定的，曲线的波动是由于统计误差波动造成的。曲线的中间氡浓度开始下降，测量值的误差范围也无法与之前测量值的误差范围相重合，这时我们认为氡浓度发生了变化，曲线的波动是由于氡浓度发生变化造成的。

2.8.3 测量能谱分析

之前简介了 RTM1688-2 的探测器测量到的能谱，这里我们将对测量能谱进行一个比较详细的介绍。



上图中从左到右共 5 片区域，可以看到分别是 Po-218、Po-216、Po-214、Po-212 区域，下面红色数字如 188cts 代表该区域的计数。仪器将探测器记录到的这个计数进行计算后得出氡钍浓度。

Po-218 和 Po-214 区域决定氡 ($Rn-222$) 浓度，Po-216 和 Po-212 区域决定钍射气 ($Rn-220$)。由于环境中钍射气浓度一般很低，所以在 Po-216 和 Po-212 区域往往看不到峰，但是也有例外，在对土壤气进行测量时，往往能测量到很高的钍射气，这时就可能观察到 3 个甚至 4 个峰。

最左侧的区域的计数主要是 Po-210 形成的，Po-210 对于非能谱测量型的氡测量仪会产生严重的干扰，但是对 RTM1688-2 没有任何影响。

氡浓度很低的时候，可能不会形成上图这样理想的峰形，这时需要增大选择的区间范围。

2.8.4 测量中可能出现的问题

- 1、仪器屏幕显示氡测量结果为 B.D.L，软件读取氡测量结果多为 0。

这是因为氡浓度较低，而测量周期又设置过短。这时仪器测量计数很低，因而统计误差很高（大于 100%），这时仪器屏幕对测量结果就会显示 B.D.L。

解决方法：延长测量周期，重新测量。

- 2、前几个测量数值偏低或偏高。

仪器测量氡浓度存在一个最小反应时间，运行在快速模式下为 15 分钟，运行在慢速模式下为 2 小时。这个反应时间是由氡子体的放射性平衡时间决定的，待测环境中的氡从进入仪器到达到平衡最低需要大约 15 分钟，因此刚刚开始测量 15 分钟以内的测量数据是无效的。

解决方法：快速模式下应抛弃前 15 分钟内的测量数据。

- 3、仪器屏幕显示与软件显示结果不尽相同。



这时应注意仪器选择的软件显示模式是否正确，Radon 对应的是慢速模式下的氡浓度测量（此时测量周期应大于 2 小时），Radon*(fast)对应的是快速模式下的氡浓度测量。

3 维护、注意事项与简单问题排除

3.1 日常维护

3.1.1 电源与电池

RTM1688-2 仪器可使用内置的 12V 电池工作，全新的充满电的电池可连续工作 96 小时以上，也可使用外置电源适配器直接 220V 的市电。

建议每次使用内置电池测量前和储存前对仪器进行充电，仪器充电 3-4 小时即可充满且无需担心过充电。

3.1.2 储存保养

仪器的维护和维护并不需要特别的条件，与一般仪器储存类似，避免储存在高温、低温、高湿环境与水以及腐蚀性物质接触即可。平时为避免异物进入仪器进口气口，可用短塑胶管两端套在进口气口以密闭。长期储存时，为避免可能的电池过放电导致的损坏，建议拔出底部的保险丝储存，并且每月进行充电。

3.2 使用注意事项

1、建议每次测量前校时。

仪器是按照时间顺序储存数据的，如果仪器在没有校时情况下进行测量，使用软件读取时可能出现错误。

2、必须使用过滤器进行测量。

RTM1688-2 使用外置过滤器滤去气体中已有的氫子体以及尘埃颗粒，如果不使用过滤器进行测量，不仅测量结果会有偏差，吸入的尘埃还可能导致内置薄膜泵损坏。

3、连续测量时应对仪器进行清洗。

连续进行多次不同测量

4、建议定期备份和清空储存器数据。

仪器的内置储存器可储存 511 个测量数据，足够应对大多数场合，但是仍然建议在测量大量数据后及时读取数据进行存档。储存器存满后，进行新测量时，最早的测量数据将被覆盖，数据在电脑中做好备份后建议清空仪器储存器，这样可以加快以后读取数据速度。

5、避免仪器进水。

仪器并未考虑防水，野外使用仪器应避免其遭到雨淋。抽气时应特别注意防止水吸入，发现开始吸入水时，应立即压住进气管线并停止测量。如发生意外吸入水事件，应拔出底部的保险丝断电，并联系 SARAD 寻求帮助。

3.3 简单问题排除

RTM1688-2 型氡钍测量仪已经经过了大量实践应用考验，每台仪器出厂时也经过了性能测试，但是实际应用中不可避免的会出现一些问题。

以下简述一些使用中可能问题以及解决方法。

问题描述	可能原因和解决方法
屏幕无显示。	电池电量耗尽。应连接电源适配器进行充电。
屏幕显示 LOW BATTERY。	电池电量不足。应连接电源适配器进行充电。
测量中途自动停止。	电池电量不足。应连接电源适配器进行充电
软件无法连接仪器。	连接线未插好或 COM 口设置不正确。应检查连接线情况，并且尝试设置其他的 COM 口。
软件读取数据后不断出现错误提示，软件数据显示区域显示不正常。	测量数据中存在有未校时数据。应清空现有数据，然后充满电校时后重新测量。
仪器运行中，按 TOGGLE 键无法停止。	软件对仪器设置了锁定。将仪器连接至电脑在设置界面中解锁