

黄仁桂、陈俊松、周红艳等,2019,地震氡观测仪计量检定系统与实验分析,中国地震,35(4),666~675.

地震氡观测仪计量检定系统与实验分析

黄仁桂^{1,2)} 陈俊松³⁾ 周红艳^{1,2)} 宁洪涛^{1,2)} 毛华^{1,2)}

1) 江西省地震局,南昌 330039

2) 地震监测氡观测仪器检测实验室,南昌 330039

3) 中广核贝谷科技有限公司,南昌 330039

摘要 本文介绍了地震氡观测仪计量检定系统(氡室)的建设背景及结构组成。氡室具有氡体积活度(氡浓度)实时监测、动态补氡、氡期望值可调、稳定性好等特点。在氡室调试实验中进行了氡室的漏气率实验及4次补氡实验,计算出氡室的氡漏气率为0.0001393Bq/min,氡发生率为23.35Bq/min。根据《测氡仪检定规程》(JJG 825—2013)的技术要求进行计量效能验证,表明氡室的氡体积活度(氡浓度)为800Bq/m³、1500Bq/m³、3000Bq/m³、6000Bq/m³和15000Bq/m³时,连续8h稳定性均优于5%;为6000Bq/m³时,72h稳定性优于5%,符合国家计量技术规范对氡室计量标准的要求。

关键词: 氡观测仪 地震 氡室 计量检定 实验

[文章编号] 1001-4683(2019)04-0666-10 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

中国地震多发且震情具有分布广、灾情重、影响大等特点,地震监测预报科学研究工作可有效地提高我国地震灾害防治能力(李宣瑚,1982;张炜等,1987;杜学彬等,1996)。氡观测是国际上通用的有效地震监测手段之一,也是我国地震水化台网观测中重要的测项之一,在地震趋势分析与短临震情研判中发挥着重要作用(Crockett et al,2006;Erees et al,2007;Ren et al,2012)。地震台网是对深层地下水(或温泉)中的溶解气、逸出气以及断裂带(或土壤)中的气体进行连续氡观测研究,具有观测网点多样化、观测浓度范围广、观测环境差异大的特点,对仪器的稳定性、连续性等性能指标要求高。氡观测仪作为测量氡浓度水平的计量器具,包含在国家强制检定计量器具目录中,根据国家计量法规定必须执行定期检定工作。目前,系统内采用的固体氡气源校准装置面临运输受管控、校准不及时、操作步骤复杂等问题,造成系统内氡观测仪无法实现统一校准,对观测资料质量产生严重影响(任宏微等,2013)。我国环保、国土资源、核工业、高校及计量院等系统已建有满足本行业需求特点的氡观测技术计量检定系统,主要服务于大气、土壤、地表水或铀矿探测等非连续氡观测仪的检

[收稿日期] 2019-02-22; [修定日期] 2019-10-12

[项目类别] 中国地震局地震科技星火计划项目(XH18025Y、XH2003Y)和中国地震局监测、预测、科研三结合课题(3JH-201902013、3JH-201902012)共同资助

[作者简介] 黄仁桂,男,1986年生,工程师,主要从事测氡仪器研发及其计量校准工作。E-mail: 511419387@qq.com

陈俊松,通讯作者,男,1990年生,助理工程师,主要从事地震氡观测仪器研发。E-mail:965996059@qq.com

定与校准,但其无法满足适合地震氡观测特点的连续氡观测仪的校准需求(刘耀炜等,2015;张磊等,2016;Fischer,2015)。因此,建立地震氡观测仪计量检定系统(氡室),在地震监测预报科学研究工作中显得十分必要与紧迫。

在中国地震局的支持下,江西省地震局建设了地震监测氡观测仪检定平台,主要服务于行业内闪烁法、电离法和半导体法氡观测仪的检定和校准。本文主要介绍了计量检定系统功能,分析了相关实验结果。

1 地震氡观测仪计量检定系统简介

为了使地震系统氡观测仪能够计量溯源至国家一级计量标准,使用国家计量技术规范《测氡仪检定规程》(JJG 825—2013)(国家质量监督检验检疫总局,2014)中的检定条件作为地震氡观测仪计量检定系统标准,使地震行业的氡观测仪可与行业外的测氡仪进行计量比对,也为将来地震氡观测仪计量检定系统(氡室)的开放服务奠定基础。

1.1 氡标准计量参考仪器

地震氡观测仪计量检定系统(氡室)采用便携式 AlphaGUARD PQ2000pro 测氡仪作为标准浓度参考和计量溯源的仪器。该仪器使用电离法测氡原理,其测量腔室采用由中央金属阳极丝和周围金属阴极壁构成的圆柱筒型高压电场结构,氡气在进入腔室内进行逐级衰变时发射高能量 α 粒子,这些 α 粒子使腔室内的空气分子发生电离,其中电离出的电子在电场作用下被阳极丝收集后,通过负载输出脉冲电压信号并形成 α 能谱,根据 α 能谱中特定幅度的计数率与腔室内氡浓度成正比的原理,计算得到氡浓度值。

AlphaGUARD PQ2000pro 测氡仪适用于氡浓度连续监测,具有氡浓度梯度快速响应和环境参数测量功能,可使用被动扩散式和主动吸气式 2 种测量模式,DateEXPERT 软件可实现计算机控制数据查询下载功能。AlphaGUARD PQ2000pro 测氡仪的主要技术指标为:①测量方式:HV=750V 脉冲电离室, α 能谱测氡;②灵敏度:在 $100\text{Bq}/\text{m}^3$ 氡浓度情况下,计数 $\geq 5\text{cpm}$;③测量周期:被动扩散式 10min 或 60min,主动吸气式 1min 或 10min;④氡浓度测量范围:2~2000000 Bq/m^3 ;⑤操作环境:-10~50 $^{\circ}\text{C}$ 、700~1100Mbar、0~99%RH;⑥内置电池容量支持 10 天连续测量,最大可存储 4 个月的数据。

AlphaGUARD PQ2000pro 测氡仪具有优异的稳定性和准确性,得到了国际氡计量机构的广泛认可,例如,在美国环境测量实验室、澳大利亚辐射实验室、日本国立放射科学研究所、中国计量科学研究院及各省级计量院等机构的氡计量检定系统中,均使用 AlphaGUARD PQ2000pro 测氡仪作为标准浓度参考和计量溯源的仪器。在地震氡观测仪计量检定系统(氡室)中,AlphaGUARD PQ2000pro 标准测氡仪计量溯源至中国计量科学研究院,使地震系统氡计量标准与国际接轨,实现地震氡观测数据与行业外的交流与比对。该仪器的检定结

表 1 AlphaGUARD PQ2000pro 测氡仪的检定结果

检定实验点 序号	标准参考值 /($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)	仪器测量值 /($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)	体积活度响应 R	体积活度响应平均值 \bar{R}	相对固有误差 E
1	1075.00	1136.20	1.057		
2	10250.00	10726.40	1.046	1.055	-0.85%
3	28297.00	30080.00	1.063		

果如表 1 所示,符合《测氦仪检定规程》(JJG 825—2013)对氦体积活度(氦浓度)测量仪的技术要求。

1.2 检定器具

地震系统氦观测仪计量检定系统(氦室)采用东华理工大学研发的多功能氦室自控技术,由中广核贝谷科技有限公司承建。该系统结构组成主要包括温湿度调控氦箱、固体氦发生器、输补氦气路装置、降氦排放系统、氦室控制及管理系统和 UPS 电源,如图 1 所示。

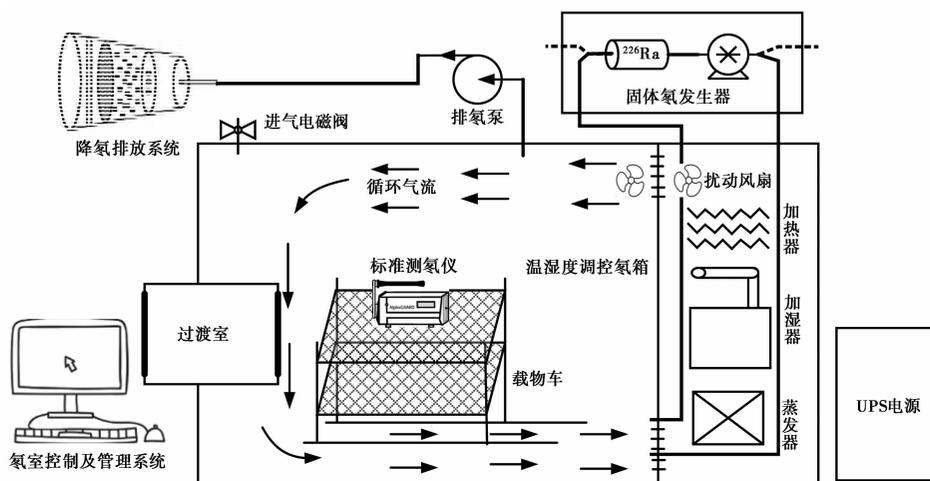


图 1 地震系统氦观测仪计量检定系统组成结构

地震氦观测仪计量检定系统(氦室)采用流气式固体氦发生器,在温湿度调控氦箱内形成持续稳定的氦浓度环境。由于氦室内氦气的衰变、泄露及被采集;导致氦浓度逐渐降低,氦室控制系统会通过间歇补充氦气的方式使氦室内氦浓度在一定误差范围内($\epsilon \leq 0.5\%$)保持动态稳定。氦室控制系统通过常量补充氦气方式补充氦气,使氦浓度达到稳定,并使用氦标准参考仪器测定出的或通过理论计算出的氦浓度值与氦室氦浓度期望值进行比较,当氦浓度值小于或等于固定值(期望值减去其误差下限 ϵ),系统自动开启氦发生器,进行间歇补充氦气,保证氦室在检定工作期间保持相对稳定的氦浓度环境(张洋等,2017;刘宏章等,2009;张雄杰等,2012;杨志杰等,2015;唐方东等,2013),氦室动态补氦原理流程如图 2 所示。

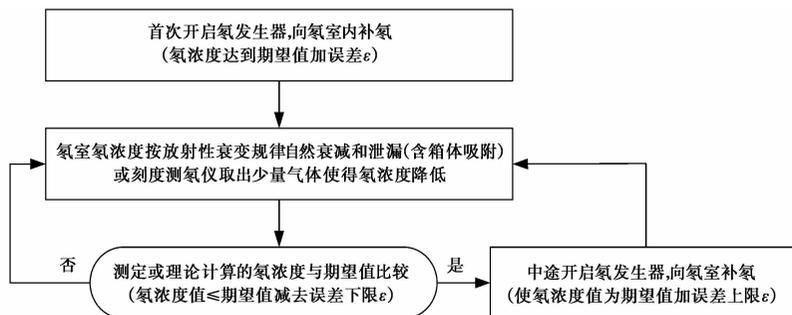


图 2 氦室动态补氦原理流程

地震氡观测仪计量检定系统(氡室)实现了氡浓度和环境参数的自动调控与在线监测,可提供设计范围内任意氡浓度量值,并保持在规定时间段内的均匀与稳定状态,可开展地震氡观测仪检定和校准以及相关实验研究。该系统主要特点包括:①检定区净容积约 4m^3 ;②温湿度自动控制及在线监测功能;③氡浓度自动补充及调节,保持动态衰变平衡状态;④标准氡浓度在线连续监测、浓度变化快速响应;⑤氡室气密性好,氡泄露极少;⑥氡气排放净化处理;⑦系统自动化控制。

2 地震氡观测仪计量检定系统实验

地震氡观测仪计量检定系统(氡室)建设完成后,经过多次实验调试、计算氡发生器的氡发生率,保证了氡室控制系统能够准确、定量地补充氡气。该氡室的氡体积活度(氡浓度)设计范围为 $600\sim 20000\text{Bq}/\text{m}^3$,依据《测氡仪检定规程》(JJG 825—2013)(国家质量监督检验检疫总局,2014)和地震氡观测实际情况,选择 $800\sim 3000\text{Bq}/\text{m}^3$ 的常规测氡仪检定范围和大于 $3000\text{Bq}/\text{m}^3$ 的地震氡观测仪检定范围进行氡室的漏气率测定和 4 次补氡调试实验。

2.1 氡室漏气率测定

氡室的温湿度调控氡箱设计为 1 个密闭的空间,其内部温湿度环境稳定且可控,其空间内充满浓度均匀的氡气。每次氡室正式开始调控前,均需进行一次漏气程度的气密性检查,通过排氡泵抽取 20s 后,使氡箱过渡室两侧的橡胶手套保持垂直状态 2min 左右。

氡箱内氡气量增长来源于固体氡发生器内 ^{226}Ra 源衰变产生的氡气,并减去氡自身衰变量和氡箱的泄露量,准确定量地向氡箱内补充氡气的前提是需要测定氡室的漏气率。氡室的漏气率测定实验步骤为:①在密闭的氡箱内补充尽可能高浓度的氡气;②关闭氡浓度控制阀,保持温湿度调控及气流扰动,使用氡标准参考仪器连续测量氡箱内氡浓度值。根据放射性衰变规律,漏气率与氡箱内的氡浓度呈指数变化,则实测氡浓度 C_{Rn} 与初始氡浓度 C_0 的函数关系如下式所示(张俊奎,等,2010)

$$C_{\text{Rn}} = C_0 \cdot e^{-(\lambda_{\text{R}} + \lambda_{\text{L}}) \cdot t} \quad (1)$$

式中, C_{Rn} 为氡标准参考仪器实测氡浓度 (Bq/m^3); C_0 为氡箱衰减实验的初始氡浓度 (Bq/m^3); λ_{R} 为氡的衰变率常数 ($0.0001259\text{Bq}/\text{min}$); λ_{L} 为氡室的漏气率 (Bq/min); t 为累积衰变时间 (min)。图 3 为第 1 次调试实验之后进行的漏气率实验,对其实际氡浓度曲线进行指数拟合,计算出氡室的漏气率 λ_{L} 为 $0.0001393\text{Bq}/\text{min}$ 。

2.2 氡室补氡调试实验

根据氡发生率 ν_{Rn} 和泄漏率 λ_{L} 参数可计算出氡室调试实验期间的补氡时间。在氡箱温湿度稳定且气密性良好的情况下,将氡箱内氡标准参考仪器测定的氡浓度值作为起始氡浓度,输入目标氡浓度后开始补氡,则系统自动计算出首次补氡时间及理论氡浓度稳定控制期间的动态补氡时间。

图 4 为氡室运行中,目标氡浓度在 $1500\text{Bq}/\text{m}^3$ 时,理论氡浓度计算值的动态变化过程。每个目标氡浓度的补氡及稳定运行过程被划分为 4 个时间区段。区段 1 为补氡前氡箱内起始氡浓度测量的阶段;区段 2 为目标氡浓度首次补氡的过程段;区段 3 为氡箱内氡浓度形成衰变平衡的阶段;区段 4 为开展计量检定实验的阶段。首次理论补充氡气浓度的上限为目标氡浓度加误差 ε (即 $1507.5\text{Bq}/\text{m}^3$),首次补氡时间为 t_1 ;进入稳定控制期间,当理论氡浓度

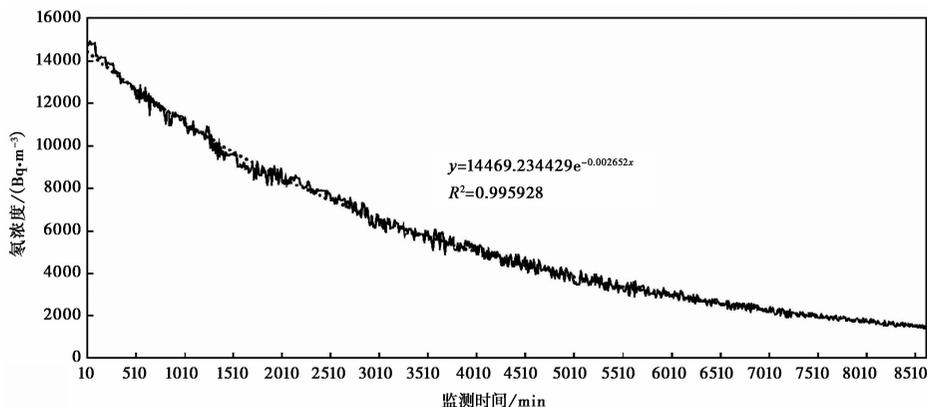


图3 氡室漏气率测定实验氡浓度监测数据

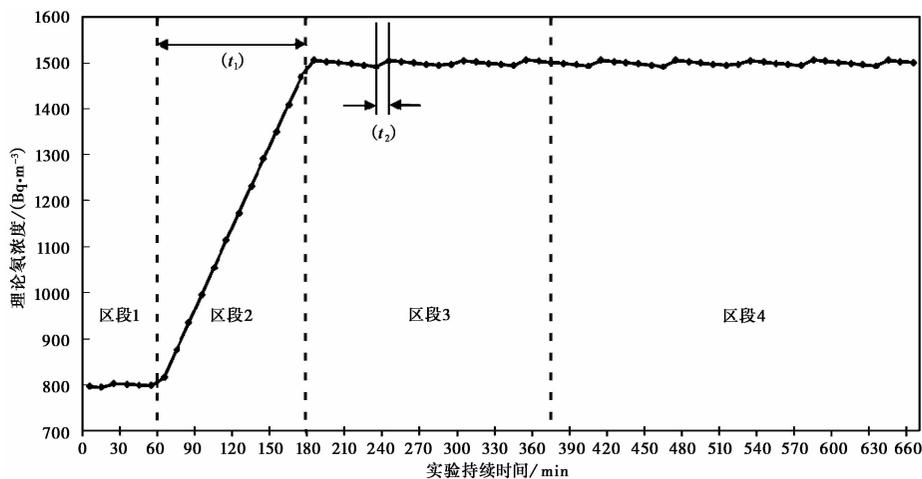


图4 氡室运行中氡浓度理论计算值动态变化过程

低于目标氡浓度与误差 ε 的差值时,氡室自动补氡至氡浓度上限值,稳定运行期间动态补氡时间为 t_2 。

首次测定氡室的漏气率后,根据固体氡发生器内²²⁶Ra源的活度估算出氡发生率 ν_{Rn} 为 26.2Bq/min,以此参数在第1次实验中进行了目标氡浓度为 800Bq/m³、3000Bq/m³、10000Bq/m³ 和 1200Bq/m³ 的调试运行。图5、6分别为4次实验中检定阶段前8h的每小时平均氡浓度值数据,由图5可见,在高目标氡浓度下实际监测氡浓度值下降明显,估计是氡室的漏气率测量值不准确造成的,因此重新进行了1次漏气率实验并更新系统参数。第2次进行了目标氡浓度分别为 800Bq/m³、3000Bq/m³、6000Bq/m³ 和 8000Bq/m³ 的调试实验。然后使用第2次实验数据计算氡发生率 ν_{Rn} 为 24Bq/min,更新氡发生率之后继续进行第3次实验,目标氡浓度为 800Bq/m³、4000Bq/m³ 和 6000Bq/m³;第4次实验中目标氡浓度分别为 800Bq/m³、1500Bq/m³ 和 8000Bq/m³。4次调试实验及漏气率实验均在氡室温度 25℃、湿度 30%的条件下进行。

2.3 实验数据分析

将检定阶段中第1小时的平均氡浓度作为氡箱内首次补氡结束后的实际氡浓度 C_{Rn} 。

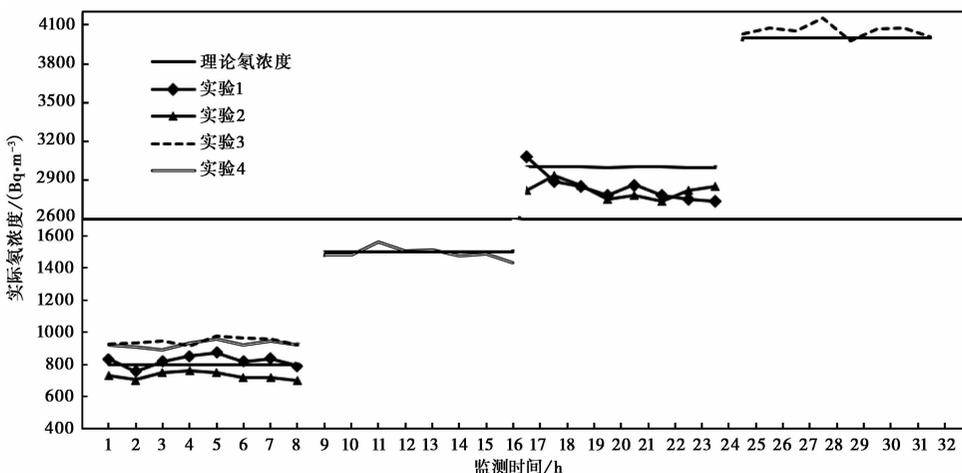


图 5 氦室 4 次调试实验中低目标浓度氦动态数据

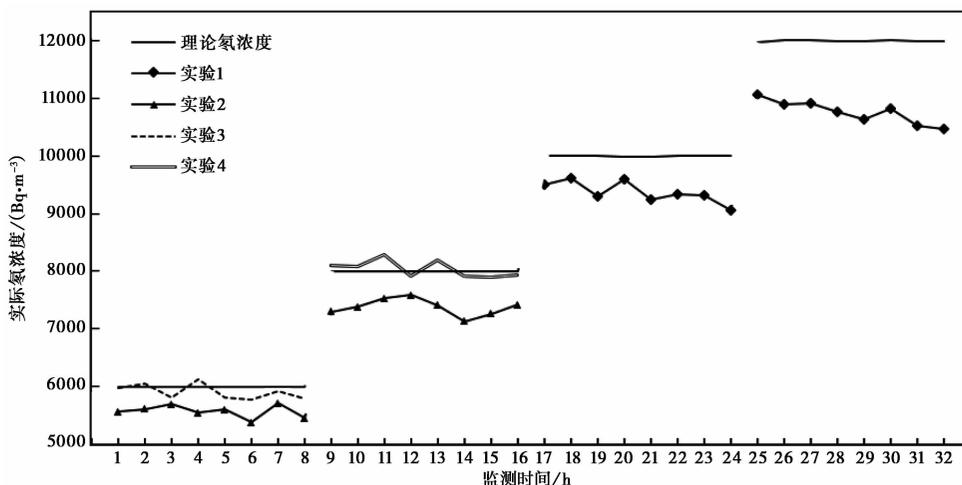


图 6 氦室 4 次调试实验中高目标浓度氦动态数据

由于首次补氦完成后氦箱内进入了大量的氦气,导致氦室原有的衰变平衡状态被破坏,因此从图 4 可以看出,需要 3h 的衰变平衡时间(何林锋,等,2013)。首次补氦的起始氦浓度为 C_0 ,补氦结束后实际氦浓度 C_{Rn} ,则可使用下式计算相关参数

$$C_{Rn} = C_0 \cdot e^{-(\lambda_R + \lambda_L) \cdot t_1} + \frac{\nu_{Rn}}{(\lambda_R + \lambda_L) \cdot V} (1 - e^{-(\lambda_R + \lambda_L) \cdot t_1}) \quad (2)$$

式中, C_{Rn} 为检定阶段中第 1 小时的平均氦浓度 (Bq/m^3); C_0 为首次补氦的初始氦浓度 (Bq/m^3); λ_R 为氦的衰变率常数,取值 $0.0001259 Bq/min$; λ_L 为氦室的漏气率 (Bq/min); t_1 为首次补氦时间 (min); ν_{Rn} 为氦发生率 (Bq/min); V 为氦箱体积 (m^3)。

已知氦箱有效体积为 $4.19 m^3$,氦漏气率 λ_L 为 $0.0001393 Bq/min$,使用第 3、4 次补氦实验的起始氦浓度、稳定氦浓度及补氦时间计算各自的氦发生率,结果如表 2 所示。由于 2 次目标氦浓度 $800 Bq/m^3$ 时检定阶段的实际氦浓度与期望值偏差过大,因此只考虑另外 4 组氦发

表 2 氦发生率计算结果

实验编号	起始氦浓度 /(Bq·m ⁻³)	目标氦浓度 /(Bq·m ⁻³)	稳定氦浓度 /(Bq·m ⁻³)	补氦时间 /min	氦发生率 /(Bq·min ⁻¹)
3	57	800	929	147.5	25.31
	912	4000	4027	626.9	23.61
	3917	6000	5968	480.8	23.39
4	31	800	922	151.2	25.22
	898	1500	1480	110.2	23.44
	1452	8000	8107	1603.7	22.96

生率实验计算值,得到平均氦发生率为 23.35Bq/min。

默认固体氦发生器中²²⁶Ra源产生的氦气是100%析出,但实际上析出率受到气体中氦浓度和湿度等因素的影响。气体中氦浓度越低,气体与²²⁶Ra源形成的浓度差则越大,会导致²²⁶Ra源中的氦气更容易析出;气体中湿度越大,越容易阻碍²²⁶Ra源中的氦气析出。分析2组目标氦浓度为800Bq/m³时出现的实际氦浓度与目标期望值偏差过大的原因,认为是²²⁶Ra源析出率相对于其它较高的氦浓度环境较大,导致实际氦发生率大于理论计算值。

3 地震氦观测仪计量检定验证

为建设符合国家及地震行业计量检定水平需求的氦室,进行了1次完整的补氦实验,以满足地震氦观测仪计量检定系统的验收工作需要。设置目标温度25℃、目标湿度30%、目标氦浓度为800Bq/m³、1500Bq/m³、3000Bq/m³、6000Bq/m³和15000Bq/m³。表3结果显示出5组实验数据的8h稳定性、氦体积活度(氦浓度)可调控范围和测量范围等指标,全部符合国家计量技术规范《测氦仪检定规程》(JJG 825—2013)(国家质量监督检验检疫总局,2014)中对氦室计量标准的要求。

在目标氦浓度800Bq/m³的氦室补氦验证实验中,为了避免出现实际氦浓度偏大的情

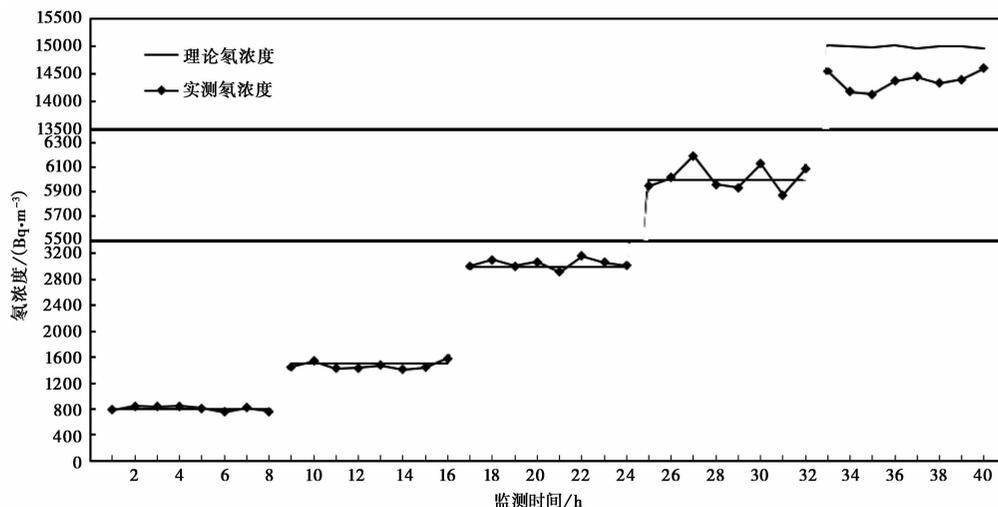


图 7 地震氦观测仪计量检定系统的验收实验数据

表 3 氡室计量检定能力验证结果

目标氡浓度 /(Bq·m ⁻³)	浓度上限 /(Bq·m ⁻³)	浓度下限 /(Bq·m ⁻³)	平均氡浓度 /(Bq·m ⁻³)	8h 平均稳定性偏差 /%
800	804	796	808	1
1500	1507.5	1492.5	1471	-1.93
3000	3015	2985	3043	1.43
6000	6030	5970	6017	0.28
15000	15075	14925	14383	-4.11

况,补氡时将起始氡浓度调大至 100Bq/m³。如图 7 所示,在 800Bq/m³ 的 8h 检定阶段,实际氡浓度波动平稳,最大波动为-5.62%,平均稳定性 1%。在目标氡浓度 15000Bq/m³ 的氡室补氡验证实验中,8h 检定阶段的实际氡浓度明显未达到氡浓度期望值,主要原因是氡发生器中²²⁶Ra 源的析出率降低,导致实际的氡发生率下降,补入的氡气量不足,但 8h 内检定阶段的实际氡浓度的稳定性为-4.11%,符合要求。

为验证氡室的长期稳定性能,选择在目标氡浓度 6000Bq/m³、目标温度 25℃、目标湿度 30%的条件下做补氡实验。起始氡浓度为 28Bq/m³,在第 22 小时首次补氡完成,3 小时后进入计量检定的稳定阶段并保持 72h,氡箱内的理论氡浓度、实测氡浓度、实测温度和实测湿度监测结果如图 8 所示。72h 的平均实测氡浓度为 5910.73Bq/m³,重复性为 2.02%;整个实验阶段实测温度的最大波动量 ≤1℃、实测湿度的最大波动量 ≤4%,且氡室温度调控范围(-10~50℃)、湿度调控范围(20%~90%)均符合国家计量技术规范《测氡仪检定规程》(JJG 825—2013)(国家质量监督检验检疫总局,2014)中对氡室环境条件的要求。

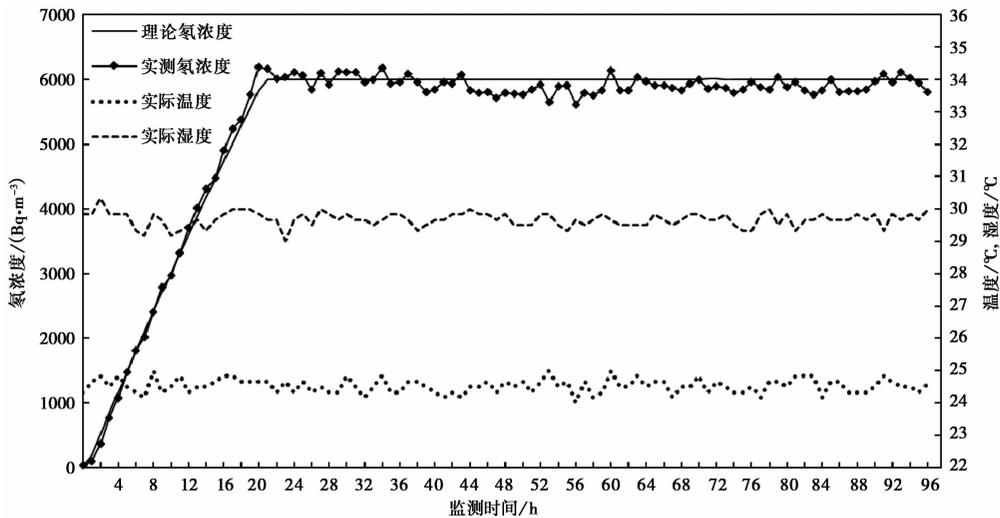


图 8 氡室长时间稳定性验证数据

4 结论与讨论

地震氡观测仪计量检定系统(氡室)的氡箱由钢化玻璃及不锈钢骨架组成,具有吸附氡

少、抗压、可视、防静电等特点;氡浓度采用动态补氡方式,以微控制器为核心,能连续自动地进行氡浓度调节,具有误差小、稳定性好等特点;控制软件采用计算机软件全程控制与监测,操作简单且扩展性好。依据国家计量技术规范《测氡仪检定规程》(JJG 825—2013)(国家质量监督检验检疫总局,2014)中的检定条件,氡标准参考仪器以及氡室的计量标准和环境条件均符合要求,但针对实验分析中遇到的问题,需要做以下改进:

(1)目前氡室采用一路氡发生器装置,建议考虑修改为由大、小两种发生率的氡发生器并行控制。针对低浓度期望值,使用小发生率的氡发生器;针对高浓度期望值,使用大发生率的氡发生器;如需要特别高的氡浓度期望值,两路氡发生器同时工作。

(2)目前氡室控制与管理软件中有“辅氡箱”补氡控制功能,建议考虑再增加1个辅氡箱装置,实现控制一套氡发生器对2个氡箱进行动态补氡,扩展地震氡观测仪计量检定系统的工作效率及范围。

(3)固体氡发生器装置的进气口应安装干燥装置,且需定期更换,保证氡发生器内 ^{226}Ra 源始终保持干燥;如果开展模拟氡箱内湿度 $>85\%$ 环境下的补氡实验,需注意连续实验时间不应超过2天。

(4)地震系统内存在不同观测类型的氡观测仪,因此氡室检定方法应尽可能与实际测量方式相同,连续气氡仪器应采用循环流气式测量方法进行检定,人工水氡仪器应采用取气密封静置测量方法进行检定。

参考文献

- 杜学彬、张新基、张慧,1996,中国大陆地震水氡短临异常的空间特征研究,地震学报,18(3),358~364.
- 国家质量监督检验检疫总局,2014,JJG 825—2013 测氡仪检定规程,北京:中国标准出版社.
- 何林锋、徐一鹤、唐方东,2013,标准氡室氡体积活度测量的影响因素探讨,核电子学与探测技术,33(10),1199~1202.
- 李宣瑚,1982,唐山地震前京津地区水氡异常场的某些特征,地震地质,4(1),57~66.
- 刘宏章、张雄杰、汤彬,2009,氡室平衡状态对监测曲线的影响及修正,核电子学与探测技术,29(2),429~431,435.
- 刘耀炜、任宏微、张磊等,2015,鲁甸6.5级地震地下流体典型异常与前兆机理分析,地震地质,37(1),307~318.
- 任宏微、刘耀炜、孙小龙等,2013,单孔同位素稀释示踪法测定地下水渗流速度、流向的技术发展,国际地震动态,(2),5~15.
- 唐方东、赵超、何林锋等,2013,氡-220 体积活度参考标准的建立,核技术,36(11),110401.
- 杨志杰、李则书、侯胜利等,2015,氡子体体积活度的液体闪烁计数方法研究,计量学报,36(3),328~332.
- 张俊奎、汤彬,2010,一种测定氡室漏气率的新方法探讨,核电子学与探测技术,30(11),1525~1528,1536.
- 张磊、刘耀炜、任宏微等,2016,氡氧稳定同位素在地下水异常核实中的应用,地震地质,38(3),721~731.
- 张炜、邢玉安、邢如英,1987,地下水中氡含量离散度变化与地震的短临前兆,地震学报,9(3),312~318.
- 张雄杰、张叶、汤彬等,2012,密闭型氡室中放射性平衡变化规律的探讨,核电子学与探测技术,32(2),192~195.
- 张洋、徐明、孙高峰等,2017,氡室建标中几个技术问题的解决办法,计量学报,38(2),234~237.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2015,GB/T 13163.4-2014 辐射防护仪器 氡及氡子体测量仪 第4部分:含氡同位素及其子体参考大气的产生设备(氡环境实验系统),北京:中国标准出版社.
- Crockett R G M, Gillmore G K, Phillips P S, et al, 2006, Radon anomalies preceding earthquakes which occurred in the UK, in summer and autumn 2002, Science of the Total Environment, 364(1~3), 138~148.
- Erees F S, Aytas S, Sac M M, et al, 2007, Radon concentrations in thermal waters related to seismic events along faults in the Denizli Basin, Western Turkey, Radiation Measurements, 42(1), 80~86.
- Fischer J, 2015, Progress towards a new definition of the kelvin, Metrologia, 52(5), S364.
- Ren H W, Liu Y W, Yang D Y, 2012, A preliminary study of post-seismic effects of radon following the M_s 8.0 Wenchuan

earthquake, Radiation Measurements, 47(1), 82~88.

Metrological Verification System of Seismic Radon Observation Instrument and Its Experimental Analysis

Huang Rengui^{1,2)} *Chen Junsong*³⁾ *Zhou Hongyan*^{1,2)} *Ning Hongtao*^{1,2)} *Mao Hua*^{1,2)}

1) Jiangxi Earthquake Agency, Nanchang 330039, China

2) Seismic Radon Observation Instrument Testing Platform, Nanchang 330039, China

3) CGN Begood Technology Co., Ltd., Nanchang 330039, China

Abstract This paper introduces the construction background and structure of the metrological verification system of seismic radon observation instrument, namely, the radon chamber which possesses the advantages of real-time monitoring of radon concentration, dynamic radon supplement, adjustable expected value of radon supplement and stability. Through the radon leakage rate experiment and four-round radon supplement experiment, this paper concludes that the radon leakage rate of the radon chamber is up to 0.0001393Bq/min and the radon incidence rate reaches 23.35Bq/min. According to the technical requirements of JJG 825-2013 Verification Regulations for Radon Measuring Instruments, the stability of radon chamber is better than 5% in the 8-hour verification stage of 800Bq/m³, 1500Bq/m³, 3000Bq/m³, 6000Bq/m³ and 15000Bq/m³, and also better than 5% in the 72-hour verification stage of 6000Bq/m³, which meets the requirement of radon chamber measurement standard in National Metrology Technical specification.

Key words: Radon observation instrument; Earthquake; Radon chamber; Metrological verification; Experiment