

数字化测氡流程中的技术问题及其解决方案

吴永信, 张惠芳, 钟 心, 陈兰庆
(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:通过实验和实际工作发现并分析了数字化测氡流程及仪器校准中存在的一些急需解决的问题, 并就脱气、气路堵塞、闪烁室中气体快速交换、仪器校准、基础条件选择等问题提出了具体的解决办法。

关键词: 数字化测氡; 技术; 仪器

中图分类号: P315.72⁺4 文献标识码: B 文章编号: 1000-0844(2008)04-0396-04

The Technique Problems and Solve Project in Digital Radon Measure Process

WU Yong-xin, ZHANG Hui-fang, ZHONG Xin, CHEN Lan-qing
(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: In experiment and work practice, some problems which are needed to be solved urgently in the digital radon measure process and instrument calibration are founded and analyzed. In this paper, the concrete solutions for these problems, such as gas separating from water, pipe blocking, gas rapid exchanging in scintillation chamber, instrument calibration and foundational condition choice, are put forward.

Key words: Digital radom measure; Technique; Instrument

0 引言

数字化测氡项目投入观测后, 前兆专家和地震分析预报专家从不同的角度提出了许多问题。改进测量流程, 解决存在的问题, 使观测资料在地震分析预报和地震科学研究中发挥作用, 是当前地下流体观测中的重大课题。很多专家和观测人员都已做了大量的工作。通过实验我们发现了一些在数字化测氡流程和标定中的一些非常重要的技术问题, 并就不同的问题提出了解决方法。

1 实验与结果分析

1.1 实验 1

1.1.1 实验方法

本实验的目的是研究在数字化观测中出现的仪器及其解决办法; 同时研究和解决数字化测氡的仪

器标定问题。实验仪器为 SD-3A 型氡气测量仪及配套的采集器和 Rd-1025 型数字化测氡仪器标定源。

仪器设置: 通过测坪曲线确定高压为 -720 V; 摘去了电磁阀; $C_0 = 1, C_1 = 1, C_2 = 0000, C_3 = 2^{[1]}$ 。

Rd-1025 型数字化测氡仪器标定源在使用前用流量为 1 L/min 的清洁空气冲洗 1 小时。分别用微型泵将流通式氡气源中 ^{226}Ra 瞬时产生的氡射气从闪烁室的进气口推入闪烁室的办法, 和在闪烁室的出气口抽气将氡气抽入闪烁室的办法, 用不同的流量往闪烁室送入标准氡射气。采用“立即采样”的方式打印计数。仪器的连接方式见图 1。

1.1.2 实验结果与分析

采用推入方式的原因是为了和实际观测过程一

收稿日期: 2008-01-14

中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2008058

作者简介: 吴永信(1951-), 男(汉族), 甘肃秦安人, 高级工程师, 主要从事地震地下流体观测技术及其地下流体预报地震研究。

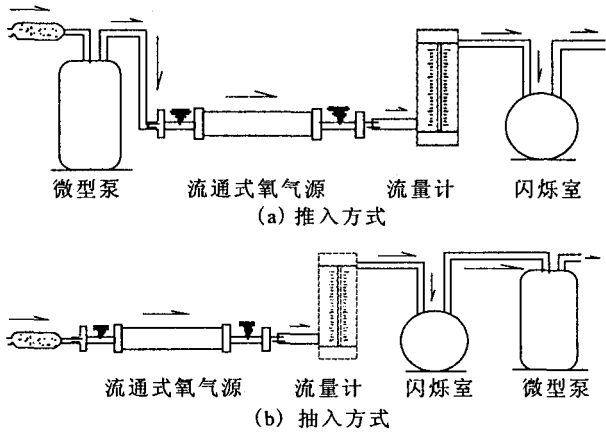


图1 仪器连接方式示意

Fig.1 Sketch of the instruments connecting.
致。因为在实际观测中不论是脱出的溶解氦还是溢出氦都是在没有驱动力的自然条件下流入闪烁室的。

表1 推入方式不同流量下的计数率

序号	流量/ [L·min ⁻¹]	不同流量下的计数率/ [脉冲·min ⁻¹]						平均值/ [脉冲·min ⁻¹]
1	1.0	262	283	248	262	233		258
2	0.9	255	271	253	263	252		259
3	0.8	282	270	299	247	259		271
4	0.7	254	256	261	241	276		258
5	0.6	242	248	255	288	281		263
6	0.5	332	320	298	324	316		318
7	0.4	291	335	325	315	332		319
8	0.3	292	323	353	341	338		329
9	0.2	336	337	362	335	346		343
10	0.1	559	457	393	345	366		425
11	0.09	360	274	365	375	401		375
12	0.08	391	365	366	366	442		386
13	0.06	407	394	395	402	407		401
14	0.04	383	412	389	404	369		391
15	0.02	356	387	408	431	394		395
16	0.01	402	420	429	388	419		412
17	0.006	413	372	360				382

表2 抽入方式不同流量下的计数率

序号	流量/ [L·min ⁻¹]	不同流量下的计数率/ [脉冲·min ⁻¹]						平均值/ [脉冲·min ⁻¹]
1	1.0	353	352	347	374	379		363
2	0.8	459	506	505	524	569		526
3	0.5	936	1 148	1 234	1 257	1 265		1 226
4	0.3	1 596	2 183	2 310	2 355	2 258		2 277
5	0.1	2 514	3 849	4 725	5 248	5 508		4 833
6	0.06	5 777	7 581	9 512	10 342	10 703		9 535
7	0.04	11 060	11 425	11 842	12 545	13 528		12 335
8	0.02	14 071	14 632	14 858	12 580	16 093		15 216
9	0.01	17 435	17 753	18 563	19 061	20 258		18 909
10	0.006							

从表1和图2(b)可以看出,在推入方式下随着流量的变化计数率变化几乎不变,或者说变化幅度

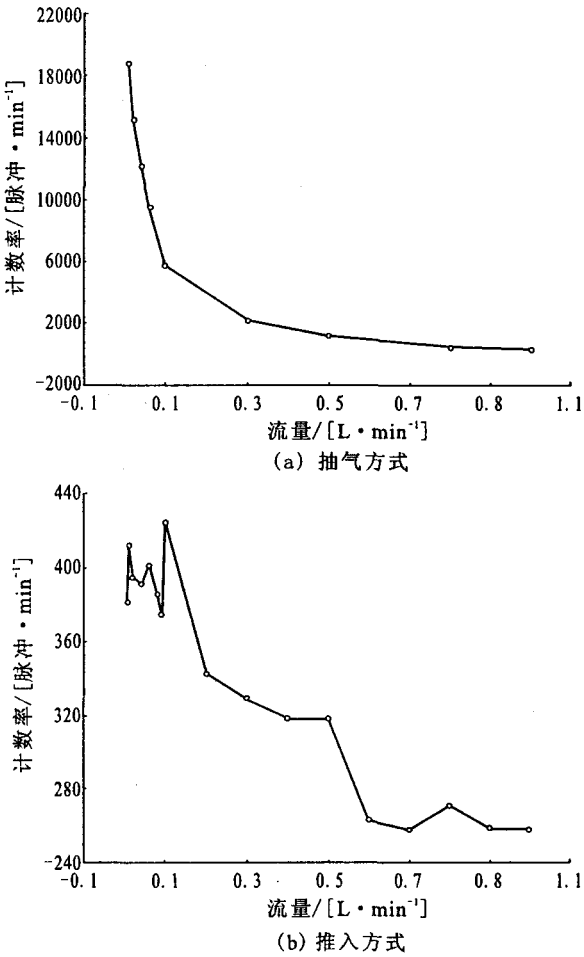


图2 不同流量时的计数率

Fig.2 Count rates at different flow in both method.

很小。而表2和图2(a)显示,在抽入方式下随着流量的变化计数率变化很大。抽入方式的结果和文献[2]的结果是一致的。根据流通式氦气源的工作原理,²²⁶Ra每分钟产生的氦射气的量基本是恒定的,改变载气的流量就相当于改变氦气浓度,同时改变氦在闪烁室中的通过时间,相应的计数率应该有明显的变化。由表2可见,在抽入方式下,流量由1 L/min变到0.01 L/min,计数率由363脉冲/min变到了18 909脉冲/min。而在推入方式下,流量由1 L/min变到0.01 L/min,计数率由258脉冲/min仅变到412脉冲/min,相差甚远(表1)。分析其原因,是因为推入方式不能使闪烁室中的气体尽快交换。闪烁室中的气流并不是人们所想象的后面的推着前面的往前流动。由于闪烁室有一定的容积,气体进入后首先向整个空间扩散,然后从一个很小的出口挤出去。这时不能保证出去的就是先进来的。特别是在流量比较小的情况下,后面的气体推不动前面的气体,所以不能及时交换甚至于不交换。在流动的气体成为气流后,很可能后进的气体直接随

气流从出口流出去,而在形成的死区内气体永不交换,而它们占据着相当的闪烁室表面。测到的实际上在很大程度上是过去留在闪烁室中的成分(气体流量较大的溢出气例外)。由表2可以看出,即使在抽入这种强行的方式下,每改变一次流量,用立即采样方式工作,计数间隔为5分钟,第一个数都明显不正确。可见使气流完全交换的困难。由此得出结论,数字化测氦必须解决气体在探头中的快速交换问题。

以上实验可能存在一些问题,比如微型泵能否倒着用的问题。若能用具有一定压力的氮气或干净的压缩空气代替微型泵可能说服力更强。

实验数据还说明,SD-3A型仪器的灵敏度是高的,问题出在测量流程中。

1.2 实验2

在《地震及前兆数字观测技术规范》(试行)地

下流体观测附录的4.3中,4.3.3标定第2条标定操作规程(6)规定:“...第一个整点测量值,可检查此次标定操作是否成功。1小时后,即第二个整点观测值为标定测量值”。这是完全错误的,因为在数字化观测中不是氦气进入闪烁室1小时以后才计数。任何化学量的测量仪器的标定,都是在同样的测量流程下输入已知量的标准物质进行测量,从而算出仪器的刻度值。如果测量和标定采用了不同的流程,则完全可能得出不同的结果,这种标定毫无疑义。实验2比较了立即计数和1小时后计数的差别。从表3看出,1小时后计数的计数率是立即计数的计数率的2倍。

1.3 实验3

由于放射性测量的特性,测量时间的控制十分重要,实验3采用氦气进入闪烁室后5分钟内依次计数的方法,结果见表4。

表3 立即计数和1小时后计数的实验结果

仪器型号 及编号	底数 /[脉冲·min ⁻¹]	立即计数		1小时后计数	
		日期时间	计数率/[脉冲·min ⁻¹]	计数日期时间	计数/[脉冲·min ⁻¹]
SD-3A(025)	29	2002-05-22T10:47	1 007	2002-05-22T11:47	2 360

表4 5分钟内计数开始时间对计数率的影响

时间 /min	101号闪烁室		677号闪烁室		102号闪烁室		202号闪烁室	
	计数率/ [脉冲·min ⁻¹]	相对误差 /%	计数率/ [脉冲·min ⁻¹]	相对误差 /%	计数率/ [脉冲·min ⁻¹]	相对误差 /%	计数率/ [脉冲·min ⁻¹]	相对误差 /%
1	1 619		1 586		1 588		16.05	
2	1 814	12.04	1 801	13.56	1 845	16.18	1 750	9.03
3	1 954	20.06	1 986	25.22	1 985	23.30	2 020	25.86
4	1 993	23.10	2 072	30.64	2 080	30.98	2 008	25.11
5	2 150	32.05	2 246	41.61	2 161	36.08	2 209	37.63

2 在实际工作中发现的其它问题

(1) 脱气问题。由于各泉井的自然条件不一样,脱气问题难以统一设计,所以各自采取了不同的办法。脱气装置不一样,脱气效率差别很大。没有统一的技术要求,以致脱气效率本身不稳定。

(2) 气路堵塞。张掖西武当泉于1995年投入观测,由于泉水涌水量大,脱出气的量比较大,记录情况较好,但有时发现突然没有计数了,经现场查实为气路堵塞,原因是脱出气中含有水蒸气,而祁连山昼夜温差较大,当气温降低时脱出气中的水蒸气凝结成一个小水珠,堵在连结胶管中,所以计数率降为零。经了解这个问题是一个普遍的问题。

(3) 关于仪器的底数问题。在人工观测中,每次观测后都要将仪器的底数降到规定的范围之内,而在数字化观测中是不排底数的。由于在长期的观测过程中永远不排底数,虽然经过一定的时间以后

底数保持了一定的不变的量值,但对大多数氦含量不高的测点来说,可能造成底数远大于氦含量的情形,以致噪声远大于信号的问题发生。

3 对数字化测氦的几点改进意见

(1) 脱气问题

在现行的数字化测氦流程中各地所采用的脱气办法不一样,大多采用了打散法、搅动法和滤网划过法^[34]。这几种办法的共同之处是在水的上部留出一定的气体空间,其大小不一。有的为了稳定,还将气体先引入一个大的容器中,然后再从这里通向闪烁室。通过多方了解,认为气体空间的大小要通过实验,大不如小,引向一个大空间的办法更不可取。因为脱出的气体本来就不多,先溶入一个大的空间,那进入闪烁室的只是整个大空间气体中的一小部分,无形中降低了灵敏度。也相当于在此进行了大幅度的平滑,本来可以测到的变化测不到了。但它

的好处是让气中的水蒸汽充分分离,以免进入闪烁室。对于那些温泉可以采用延长管道或冷却管的办法,尽量减小这样空间。要控制和稳定水的流量。

(2) 闪烁室中气体交换和底数问题的解决办法
由于各泉井的自然条件不一样,不好规定一个统一办法。在SD-3型测氡仪中,设计了一个电磁阀,将流通方式计数改变为截取闪烁室中的部分进行计数,但这种方式没有解决气流的交换问题。

若在SD-3型仪器的基础上再设三个电磁阀和三通管,如图3所示,则在不测量时电磁阀A打开,电磁阀B关闭,来自脱气装置或者井口的气体通过电磁阀A流出,不进入闪烁室;计数前2分钟,电磁阀A和B关闭,C打开,同时启动微型泵将闪烁室抽空1~2分钟;然后电磁阀A和C关闭,而电磁阀B打开放入气体,强行使闪烁室的气体交换:最后关闭B打开A,并立即计数。计数完成后打开A,再启动泵将闪烁室抽空,等待下一次计数重复上述过程。也可以关闭电磁阀A,电磁阀B、C都打开,启动微型真空泵,控制一定的流量,边抽边计数,计数完后A打开,B和C关闭。需要说明的是,两种方法原理不同,结果也必然不同,所以在仪器校准时也要采用不同的方法。前者可以用现用的固体氡气源,而后者必须用流通式氡气源。

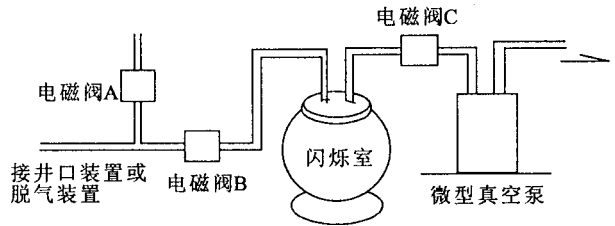


图3 数字化测氡流程改进意见示意图
Fig.3 Sketch of improved digital measure radon process.
这样做的好处一是无需大的设备投资,二是可以解决气体不交换的问题。同时可以保证底数保持在一定的程度上。当然这些还只是设想,没有经过实验验证,有待进一步做工作。

(3) 流量问题
测量过程中应采取一定措施测量或控制气体的流量,因为计数率与流量^[2]有关。如果是溶解气时还应测量脱气水的流量,计算出多少水脱出了多少气,其中含有多少量的氡。此外仪器标定中采用的流通式氡气源虽然每分钟产生的氡气是定量的,但它被多大流量的空气带出来其计数率是大不一样的^[2],所以标定时采用的流量与实际测量时的流量一致才对。

(4) 仪器的校准(标定)问题
在化学观测仪器的校准中通常采用的方法是测定已知样,反算出仪器的格值(正确的计量术语为“校准系数”)^[5],然后用同一测量流程(或方法)测定未知样,用仪器的格值(“校准系数”),算出其含量或浓度。所以要正确解决数字化测氡的仪器校准问题,首先要解决测量流程中的问题,从而确定测量流程,才能确定仪器校准流程。因为测量流程必须和仪器校准流程完全一致,否则校准没有意义。

对数字化测氡而言,校准结果应是一条随流量变化的曲线,而不是一个值。
值得指出的是,如果采用文献[1]的观测办法,瞬间关闭闪烁室的进气口。截取已进入闪烁室的氡气进行计数,此时所用的流通式氡气源的值决不是源的标称值。因为源的标称值是1分钟内源材料(一般是镭或镭的化合物)由于衰变而产生的氡气的活度值,这些氡要够1分钟的时间才能产生,而且用多大流量的气体带出其浓度不一样的。截取是一瞬间的事,在此瞬间源产生多少氡不知道,所截取的氡又是多少也是不知道的,所以这种方式是不能用于仪器校准,除非能算出此时此刻截取的氡的准确活度值。

(5) 气路堵塞问题
为了避免水蒸汽凝结成水珠堵塞气路,要根据气体的流量尽量采用内径较粗的胶管,避免平直和下弯,应借用重力使冷凝的水珠流出气路。如图4所示

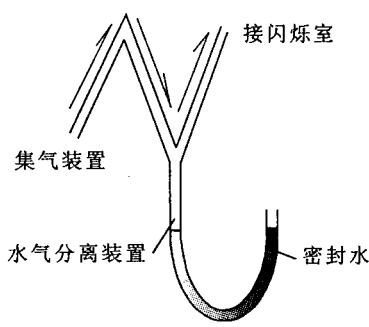


图4 气路及水气分离装置示意图(据张朝明)
Fig.4 Sketch of set for gas separate from water.

(下转 404 页)

4 结论

(1) 南黄海地震主要集中在南部盆地中南部20号断裂(盐23-南19断层)附近,也就是勿南沙隆起与南部盆地交界的区域,并且中强地震往往位于规模较大的活动断裂附近。

(2) 南黄海地震的发生主要受到走向NE~NEE向断裂的控制,沿NEE和EW方向断层的地震比NW和NWW-NEE方向的地震多,说明NEE和EW方向断层比NW和NWW-NEE向断层活跃。

(3) 绝大多数地震受到多组活动断裂的影响,比如位于南黄海南部的13、14、15、16号地震。

[参考文献]

- [1] 陈新,毛正毅,汪福田. 南黄海地质及地震[J]. 地震地质, 1991,13(3):205-212.
- [2] 龚健雅. 地理信息系统基础[M]. 北京:科学出版社,2000:232-243.
- [3] 许巍龄. 苏北南黄海地质构造特征[J]. 上海地质, 1987,(3): 54-64.

- [4] 沿海大陆架及毗邻海域油气区石油地质志编写组. 中国石油地质志[M]. 北京:石油工业出版社,1987:301-366.
- [5] 屈春燕,叶洪. 利用GIS分析活动断裂与地震的相关性[J]. 地震研究,2000,23(1):72-75.
- [6] WU Ning-fen, ZHOU Zu-yi, LAO Qiu-yuan, et al.. GIS-Based study on the relationship between earthquakes and active faults in Shang Hai and its adjacent offshore region, east China[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2005,29(1):34-43.
- [7] 徐映深,李瑞璐. 南黄海6.2级地震构造背景的初步探讨[J]. 地震学刊, 1985,(1):93-97.
- [8] 袁迎如. 南黄海南部的活动断裂[J]. 海洋科学, 1988,(2): 8-12.
- [9] 杜巧玲. Mapinfo7 中文版[M]. 北京:清华大学出版社,2005: 168-174.
- [10] 李东平,卢爱刚,孙建国. 基于GIS的地震专题图制图中的功能开发[J]. 西北地震学报,2006,28(3):285-287.
- [11] 宋俊高,朱元清. GIS技术应用于城市防震减灾工作[J]. 西北地震学报,2002,24(1):85-91.
- [12] 张苏平,王兰民,马尔曼. GIS技术和神经网络模型在地震地质灾害小区划中的应用研究[J]. 西北地震学报, 2003,4(25):331-337.

(上接399页)

(6) 基础条件选择

不管是脱气方式还是溢出气方式,都要有一定的气量。作者认为不能小于闪烁室的容积,即37 mL/min。否则就不适合数字化观测。此外还要有一定的压力。

以上是作者通过实验和多年的工作和研究,提出的一些意见和思考,供同行们在工作实践中参考,欢迎大家实验和指正。

[参考文献]

- [1] 中国地震局. 地震及前兆数数字化观测技术规范(试行)[M]. 北京:地震出版社,2001.
- [2] 吴永信,陈兰庆,李彤起. 数字化测氢的实验研究[J]. 西北地震学报,2001,23(1):60-65.
- [3] 武建华,邢玉安,朱自强,等. 数字化测逸出氢替代模拟测水氢的理论与实践[J]. 地震,2002,22(4):100-105.

- [4] 唐光伟,贾东旭,宋贤志,等. 数字化测氢脱气装置的安装与调试[J]. 东北地震研究,2007,23(1):78-83.
- [5] 吴永信,钟心,陈兰庆. 氢气固体源的准确度、稳定性和重复性及其影响因素研究[J]. 西北地震学报,2006,28(2):184-188.
- [6] 胡凤英,王志敏,谢健健,等. 河南安阳汤参1井数字化氢与模拟水氢观测资料的对比研究[J]. 西北地震学报,2004,26(4): 377-379.
- [7] 王雪莹,陶月潮,张朝明,等. 庐江台人工测氢与数字化自动测氢对比分析研究[J]. 地震地磁观测与研究,2002,23(3):26-32.
- [8] 郑小菁,陈莹. 福建数字地下流体网对远处大震映震能力分析[J]. 国际地震动态,2007,(3):31-37.
- [9] 高小其,邓志辉,车用太. 我国地震地下流体数字化观测的现状[J]. 内陆地震,2004,18(4):317-319.
- [10] 朱方保,王雪莹,张朝明,等. SD-3A型自动测氢仪在观测中值得注意的几个问题[J]. 地震地磁观测与研究,2007,28(1):96-102.