

湟源台麻尼泉点气氦脱气及氦探测装置改造*

白占孝¹, 李延京², 罗宾生¹, 邱鹏成³

(1. 青海省地震局 湟源地震台, 青海 湟源 812100; 2. 青海省地震局 乐都地震台, 青海 乐都 810700;
3. 青海省地震局监测中心, 青海 西宁 810001)

摘要: 针对 SD-3A 自动仪器连续数字化自动观测这一技术的基础环节存在的诸多问题, 通过对湟源麻尼台的脱气装置进行了反复试验、改造, 最终研制完成的脱气装置在麻尼台气氦观测中获得良好效果, 改造后数据动态变化明显, 整点观测值的离散度明显减小, 达到了预期的效果。

关键词: SD-3A; 气氦观测; 脱气装置

中图分类号: P315.622

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2014)增刊-0138-04

0 引言

“九五”期间, 中国地震局对全国的大部分水化学观测台站进行了数字化改造, 台站使用数字化仪器后, 观测技术发生了重大变化。在水氦观测过程中, 各观测泉的实际情况不同, 有的是上升泉, 有的是下降泉, 有的是冷水泉, 有的是热水泉, 因此, 观测系统的重要部分——脱气装置须由使用观测仪器的台站, 根据观测点的具体情况设计、制造(国家地震局科技监测司, 1994)。监测地下水中气体的动态变化是地下流体地震前兆监测的主要手段之一。由于地下水中逸出气参与地下水的深循环, 物理化学性质活跃, 迁移速度快, 且较少受到地表大气的混入干扰, 携带的信息量较为丰富, 因而受到地震学者的重视。从理论上讲, 一个能反映和携带地震前兆信息的井孔、一套科学的井口气水分离集气装置和一台性能良好的观测仪器相结合, 才能构成一个完整的理想地下流体监测技术系统。井口集脱气装置, 严格地说应称为井口气水分离集气装置, 它是实现气体数字化观测的重要基础环节, 对于获得真实可靠的观测结果具有重要的作用。自 20 世纪 70 年代以来, 国内外地震学者为了实现数字化的测氦技术, 曾研制了不同种类的脱气装置(瓦尔沙尔, 1989; 中谷正生等, 1991; 张炜等, 1992)。但由于受“自然脱气法”思路的限制, 这些脱气

装置均不同程度存在 4 个方面的问题: (1) 脱气(气水分离)效率低; (2) 气水分离面以上的气体积累和运移的空间太大(有的可达几百升), 观测结果不能客观反映地下水中气体的微动态; (3) “自然脱气法”脱出的气体压力低, 气路易被堵塞; (4) 装置内气、水分离的截面积较大, 当井水流量引起动水位变化幅度较大时, 空气被回吸到观测仪器内, 导致观测结果产生较大的误差(苏永刚等, 2005)。湟源麻尼台泉从 2004 年开始, 采用中国地震局分析预报中心研制的 SD-3A 型自动测氦仪进行观测。通过多次试验改进脱气装置, 取得良好效果, 原来的数据都在 2.15 Bq/L 左右, 改造后数据动态变化明显, 达到了预期的效果。整点观测值的离散度明显减小, 观测值的稳定性明显增强。

1 麻尼泉点气氦观测概况

湟源麻尼台泉点位于青海省湟源县波航乡麻尼台村, 距台站观测室东北 3 km 处, 地质构造西为日月山构造带, 南北分别为拉脊山、达坂山构造带, 初步判定为下降泉, 裂隙岩性为片麻岩(哈辉, 2005)。观测背景主要受气象因素影响, 特别是降雨影响。水温年变化范围为 4℃~6℃, 麻尼泉点水流量变化范围为 0.07~0.3 L/s, 水流量大(超过 0.15 L/s)产生的气体就越多, 气体会自动压入氦探测装置闪烁室; 水流量较小(低

* 收稿日期: 2014-08-30.

于 0.15 L/s 或 0.10 L/s),水撞击产生的气体较少,压不到闪烁室内,就不会有理想的氡值,人工采样观测水氡年变化为 $70\sim 150\text{ Bq/L}$ 。由于“十五”脱气装置全国统一,未按特定台站实际考虑,数据都在 2.15 Bq/L 左右。2012年12月开始,在青海省地震局牵头带领动下对脱气装置进行了改造(图1),实质上自行设计的脱气装置不是脱不出气体,而是气体太少压不上来,通过气泵抽气解决了这个问题。当时的脱气装置类似于模拟水氡鼓泡,在集气箱外增加一个循环泵,将空气注入集气箱底部增加循环,但是经过半年的运行,产出数据不理想,出气口流量会随着循环泵的长期使用逐渐变小,无法真正显示出实际观测数据的变化量。针对这一情况,2013年9月10日,笔者对脱气装置进行了专项改造。

2 气氡脱气和氡探测装置

气氡仪器有两种工作方式:一是测流水中的逸出气氡;二是测断层气氡。测逸出气氡不安装气泵,三通电磁阀底部右面的一个通道是封死的,气体由上面的一个通道流入,气路(闪烁室、电磁阀、脱气装置所连接的气路整体)平时是畅通的,整点测量时关闭气路;测断层气氡安装有气泵,三通电磁阀的3个通道均要发挥作用,电磁阀上底部右面的通道平时密闭,整点观测时打开,如果直接用断层氡探测装置测量逸出气氡,就会将脱气装置内的水吸入闪烁室,所以,改造的实质是将断层氡探测装置内的三通电磁阀底部的2个通道所接的气路软管对调,这样,水就不会被抽上来,注意工作方式需打到“2”上。上述改进尤其适用于流量很小的井泉。

湟源气氡原来使用的是“自然脱气法”(张炜等,1992)。进、出水管直径均为6分管,进水口与出气口在同一平面,井水有一定的流速和压力,通过进水口进入到脱气装置中,再冲击到水面形成旋涡产生气泡,装置内始终有一定体积的动态水,但是由于水温过低、脱气装置不合理,几乎脱不出气体,脱离出的氡气通过排气口进入闪烁室(图1)。使用此脱气装置观测的气氡测值如图2所示,所测氡值在 2.15 Bq/L ,而由模拟水氡测出的氡值为 149.1 Bq/L (2013年4月3日从出水

口采样),表明集气箱几乎无法脱出气体。

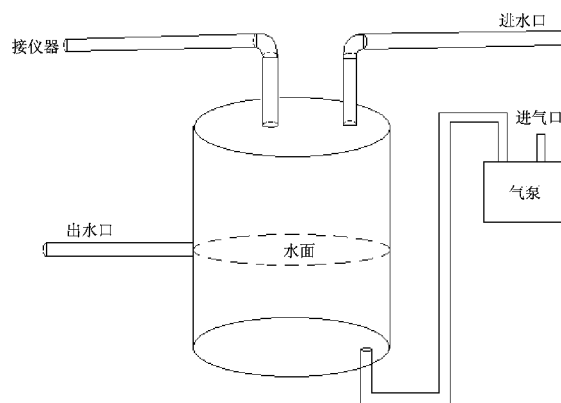


图1 原脱气装置示意图

Fig. 1 Sketch of the original radon degassing device

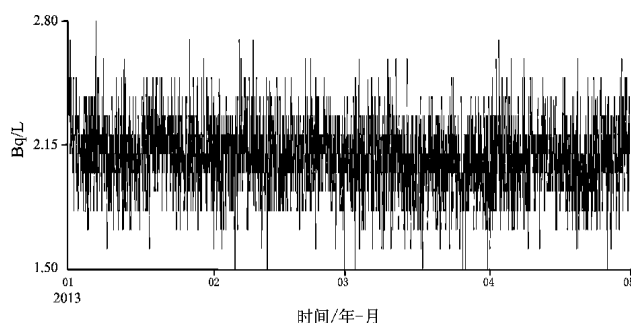


图2 2013年1~4月湟源气氡整点值曲线

Fig. 2 Hour value curve of gas radon at Huangyuan Station from Jan. to Feb., 2013

3 改造脱气装置

针对使用原脱气装置的低值问题,分析其原因,对原装置不合理的地方进行了重新加工改进,先后共改造7次,改造过程中的数据变化如图3所示,改进之处为:(1)采用不锈钢材料焊接制作,以保证美观耐用,装置高度和原来一致,为便于加工,降低制作成本,横截面脱气装置选用建筑用Pvc管。优点是选材容易,易于加工,制作成本低,防腐性能好,缺点是该材料制作的脱气装置只适宜冷泉;(2)脱气装置的结构。由于湟源麻尼台泉为冷泉,水温不高,水温年变化范围 $(5\pm 1)^{\circ}\text{C}$,水流量 1 L/s 左右,水中氡含量较高(人工观测年平均值 150 Bq/L)。在泉水的出露点,用一个长 3 m ,直径 6 cm 的铸铁水管,将泉水从山中

的出露点引出。脱气装置的进水口接在铸铁管的出口,水进入脱气装置后,通过一个特设的圆盘,将水流打散,再通过圆盘周围的小圆孔,靠重力作用使水自然流下,水在集气箱内下降高度有 35 cm。溢出氡在脱气装置中的一个相对密封的环境中储存。每次集气箱改造后所观测到的数据与模拟水氡值进行对比,数据差很大,而且气氡值数据日变化幅度超范围。装置 1 由于采用的是模拟水氡的鼓泡方式,经过专家评定为不符合规范,数据不可用。自 2013 年 9 月 10 日开始,前两个装置的脱气原理都是水撞击水产生气体。第三次改进装置结构基本没变(底部焊接气阀),增加了鼓泡环节(即在氡探测装置内增加一个气路独立的气泵)吸入空气鼓泡,气泵电源与电磁阀共用,

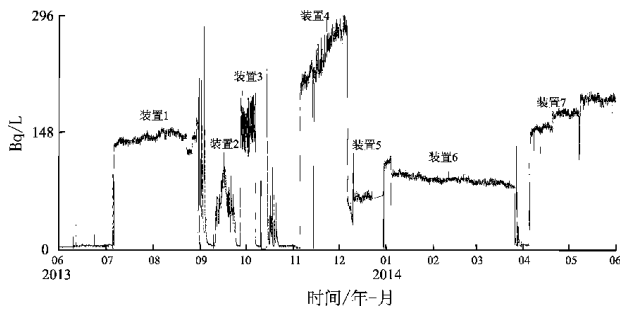


图 3 改造过程中湟源气氡整点值曲线

Fig. 3 Hour value curve of gas radon at Huangyuan Station during the refitment

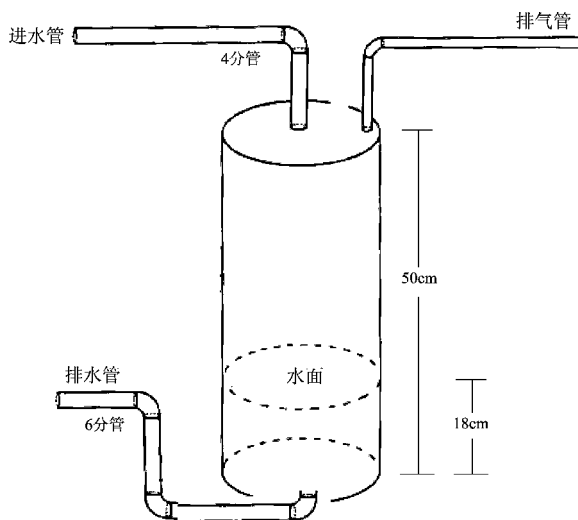


图 4 改造后的脱气装置示意图

Fig. 4 Sketch of the radon degassing device after the refitment

但是经过半年的运行,发现产出数据不理想,出气口流量会随着循环泵的长期使用逐渐变小,无法真正显示出实际观测数据的变化量;第四次改进装置结构也没变,气泵气路与闪烁室连接,电源与电磁阀分离,接在仪器厂家设计的气泵电源插头上,缺陷依然是气体过多并不可控制,后在排气装置上部又焊接了一个排气阀分流一部分气体,数据相对稳定并逐渐下降,缺陷是分流的气体是非定量化的,氡值失去了趋势性变化。总之,通过气泵吸入空气鼓泡并人为调节分流阀的方法,会导致氡值变化不稳定,数据不科学。最后,比较成功的为 2014 年 1~5 月进行的两次改造。这两次改造主要是增加气泵,改变电磁阀气路,由自动进气改为抽气。这样改造的主要原因是泉水流量较小,气体不能自动压入闪烁室,最后一次改造将排气管位置置于箱体边缘,脱气装置如图 4 所示。

4 对脱气装置制作的几点认识

4.1 脱气装置密封性对观测值的影响

一个合格的脱气装置,首先必须保证其是一个气体的密闭系统,特别是进水口、出水口两个流动口不能有气体泄漏,在湟源麻尼台泉的脱气装置中,进水管和出水管中充满水,保障脱气装置的密封,效果较好。

4.2 集气箱容积对观测值的影响

在脱气装置的研制试验过程中,我们认识到,增大集气箱的容积,可以较好的消除自动观测中产生的观测值突跳现象。脱气装置的滤波作用主要取决于集气仓的容积。加大集气箱体积可以消除尖脉冲,但会导致观测值变化滞后,不能较好地反映气氡的快速变化。因此,集气箱的容积须通过试验来确定。笔者通过 7 次试验改造,将脱气装置的集气箱的容积,从原来的 4 L 加大到 6 L。定型后的装置于 2014 年 4 月 10 日 17 时开始观测,第一次观测到的氡值为 153.2 Bq/L,与此同时,模拟水氡观测到的数据是 187 Bq/L,4 月 20 日和 5 月 5 日对进水口改造,气氡实际测值与模拟水氡吻合,其后观测值变化基本稳定。

第 7 次脱气装置改造后观测到的数据达到了脱气装置改造目的,即尖脉冲消失,数据变化平稳。

测值整体增大, 均方差减小, 超过3倍均方差的数
据个数显著减少。

5 结论与讨论

(1) 脱气装置在观测过程中, 同一个滤波器,
在同一个观测泉, 不同结构的脱气装置会产生出
不同的观测结果。

(2) 在条件许可的情况下, 有必要对不同容
积的集气装置, 进行分步对比观测, 找出既符合
气氡实际变化规律, 又能较好提取地震前兆异常
信息的溶解气氡(R_n)与脱气装置的容积(V)
之间的关系。

(3) 使用不同的气氡脱气装置会产生不同的
观测效果, 目前因观测点自身因素的不一致, 脱

气装置也没有统一的模式。因此各台应根据每个
测点的特点和实际情况, 设计制作出适合的装置,
通过湟源麻尼台气氡装置的改造经验, 类似的观
测点可以参考借鉴。

参考文献:

- 国家地震局科技监测司. 1994. 地震地下流体观测技术[M]. 北京: 地震出版社.
- 哈辉. 2005. 青海省地震监测志[M]. 北京: 地震出版社.
- 苏永刚, 高曙德, 杨莉, 等. 2005. 气氡观测脱气装置改造的试验研究[J]. 地震地磁观测与研究, 10(5): 71-75.
- 瓦尔沙尔 M. 1989. 地震水文地球化学前兆[M]. 张炜译. 北京: 地震出版社.
- 张炜, 王吉易, 鄂秀满, 等. 1992. 水文地球化学预报地震的原理与方法[M]. 北京: 教育出版社.
- 中谷正生, 森俊哉, 田边清人, 等. 1991. 水氡异常与地震相关性的统计研究[J]. 黄振义译. 地震(日), 44(2): 335-343.

Refitment of Radon Degassing and Dection Device at Huangyuan Mani Station

BAI Zhan-xiao¹, LI Yan-jing², LUO Bin-sheng¹, QIU Peng-cheng³

(1. Huangyuan Seismic Station, Earthquake Administration of Qinghai Province, Huangyuan 812100, Qinghai, China)

(2. Ledu Seismic Station, Earthquake Administration of Qinghai Province, Ledu 810700, Qinghai, China)

Abstract

Because of there still exists many problems in basic factor of gas water separating in the technology of the continuous digital automatic observation by SD-3A automatic instrument, the degassing device of gas radon measurement at Huangyuan Mani Station had been tested and refitted repeatedly. After the refitment, the degassing device received a good result in observation at Huangyuan Mani Station, such as the dynamic variation of data was obvious, and the dispersion of hour observation value decreased obviously, which achieved the expected result.

Key words: SD-3A; gas radon observation; degassing device