

# 德令哈台尕斯井气氡仪脱气装置改造试验\*

文 勇<sup>1</sup>, 邱鹏成<sup>2</sup>, 张 敏<sup>1</sup>, 孟 鑫<sup>1</sup>, 李国佑<sup>2</sup>, 吴 哲<sup>2</sup>

(1. 青海省地震局 德令哈地震台, 青海 德令哈 817099; 2 青海省地震局, 青海 西宁 810001)

**摘要:** 通过对2007年12月至2014年7月德令哈尕斯井气氡的数据分析, 得出以下结论: 同一个观测点, 不同脱气装置会产生出不同的观测结果; 冷水井和温泉井用同一脱气装置, 所观测到的数据也不相同; 脱气装置出气口和仪器进气口之间的气管距离越短越好, 过长容易引起氡值的不稳定。针对德令哈地震台尕斯井气氡数据长年不可用, 数据变化不稳定且幅度大的实际情况, 对脱气装置进行反复试验、改造, 研制完成的脱气装置在尕斯井气氡观测中获得良好效果, 气氡整点观测值稳定, 数据变化形态在5 Bq/L之内, 数据真实可靠, 无超差, 研究结果达到了预期的目的。

**关键词:** 气氡观测; 脱气装置; 改造试验

中图分类号: P315.622

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2014)增刊-0133-05

## 0 引言

随着地震监测预报研究的不断深入和发展, 人们震要了解更多的信息, 要了解地震前氡的微动态变化, 要求监测氡异常变化的全过程, 因此提出了研制智能化的连续自动测氡仪, 即氡的数字化观测技术的规划。氡的数字化观测技术是实现仪器自动取样、自动进行观测、自动进行运算, 并将测量计算结果自动发送的一整套技术。“九五”期间研制的SD-3A型自动测氡仪是每日24个整点进行连续自动观测的数字化测氡仪(中国地震局监测预报司, 2007)。

“十五”网络项目, 在德令哈台尕斯井架设了SD-3A自动测氡仪, 于2007年12月开始接收数据, 由于各种原因, 工作一段时间之后, 该仪器一直处于不正常工作状态, 表现为所产出数据波动较大、不稳定, 数据突高突低, 其间会有2~3个月出现数据稳定变化, 变化整点值数据约为80 Bq/L, 从2010年1月开始至2013年8月, 整点值数据基本上低于10 Bq/L, 偶有几个月测值120~160 Bq/L之间大幅度变化, 2013年在青海省地震局监测中心的支持帮助下, 对脱气装置进行了改造, 经过多次试验, 制作了新的气氡脱气装置, 经过将近5个月的运行, 观测数据变化稳定、

日变幅较小, 达到了预期目的。

## 1 尕斯井基本情况

德令哈尕斯井距德令哈市区东南方向约28 km处, 该井东南方向约10 km处有一个面积为32.5 km<sup>2</sup>的咸水湖(尕斯湖), 位于大面积的盐碱滩中, 此处较德令哈其他地方地势较低, 地下水较丰富, 离观测井约3 km处一村庄由于地下水位抬升已整体搬迁。观测井深约68 m, 为自流井, 海拔2 900 m, 水温3.2℃~10.1℃, 流量0.5 L/s。气氡于2007年12月开始观测, 记录较完整, 但由于人为和仪器自身的原因, 前期记录稳定性较差。

## 2 原装置存在的问题

尕斯井水点装置如图1所示, 采用“自然脱气法”装置分为上下两个部分, 水流从进水口流入, 通过流速碰击装置底部的凸起部分产生气泡, 在水面处逸出, 成为逸出氡(张炜等, 1992)。

(1) 安装时, 对主水管阀门人为进行调节, 将主水管阀门全部关闭, 提高井口水位, 这样影响到水位仪器的正常观测。

(2) 脱气装置的进水管过细(直径10 mm), 靠水流的撞击作用产生气泡, 人为控制载入的空

\* 收稿日期: 2014-08-30.

基金项目: 中国地震局地震科技星火计划项目(XH12050)资助.

气量。

(3) 尕海井为自流井, 气氡和动水位同井观测, 在动水位状态下观测水位, 这一类方案由于井水的流失造成的水头损失, 在不同程度上抑制了水位变化的信息量, 从而未能同时满足水位观测对井孔理想观测状态条件的要求 (蔡作馨等, 2000)。水流极不稳定, 忽大忽小, 也造成了所观测到的氡值变化较大, 数据起伏, 无法正常观测到日变形态。

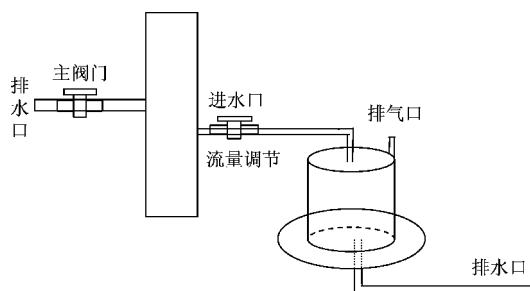


图1 原脱气装置

Fig. 1 The original degassing device

由于以上原因, 尕海井气氡观测数据不稳定, 有大量的单点突跳, 长时间致使数据低于 10 Bq/L, 为不可用数据 (图 2); 同井观测还有一台动水位仪, 多年观测季度检查不合格, 超差较大, 所以对尕海井的脱气装置进行改造是必然的。

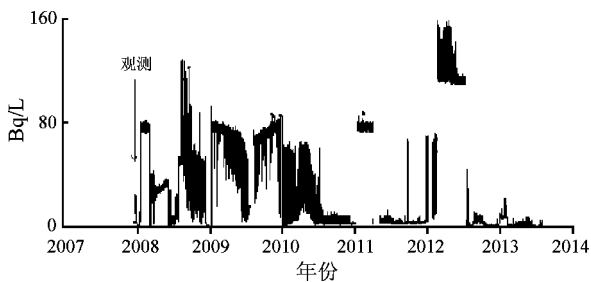


图2 改造前气氡整点值数据 (2007 - 12 - 09 ~ 2013 - 08 - 01)

Fig. 2 Hour value data of gas radon before refitment from Dec. 9, 2007 to Aug. 1, 2013

### 3 新装置改造试验

#### 3.1 脱气装置第1次改造

根据尕海井地下水位较高, 水流量比较大的情况, 脱气装置采用 5 mm 钢板, 按规格 (长

40 cm, 高 30 cm) 焊接成长方体脱气箱, 在箱子底部用同样的厚度钢板焊接一个  $\Delta$  形状三角物, 并在距离进水管的出水口约 18 cm 处打洞, 这样做的目的是让水从出水口流出后直接撞击三角物产生第一次气泡, 水流通过三角形状物上的小洞, 撞击箱体底部形成二次撞击, 产生第二次气泡。为了增加撞击的力度, 将进水管换成 32 mm, 加大水流量, 并在箱底排水处安装了 3 个排水管 (一个 25 mm、两个 32 mm), 根据现场情况进行排水调节 (图 3)。在现场试验时, 将排水管主阀门全部打开, 不再人为控制流量, 在取样口流量的大小对水氡观测值会产生一定影响, 流量大观测值高, 流量小观测值低 (邵永新等, 2006)。脱气装置安装完成后, 现场测量氡值为 50 Bq/L, 通过几天的观察发现数值开始逐步下降。下降的原因因为脱气装置体积过大, 使得观测值变化滞后, 不能较好地反映气氡的快速变化 (苏永刚等, 2005)。该装置本身脱气量较少且不稳定; 排水管内存在空隙, 脱出的气体可随流水排出。

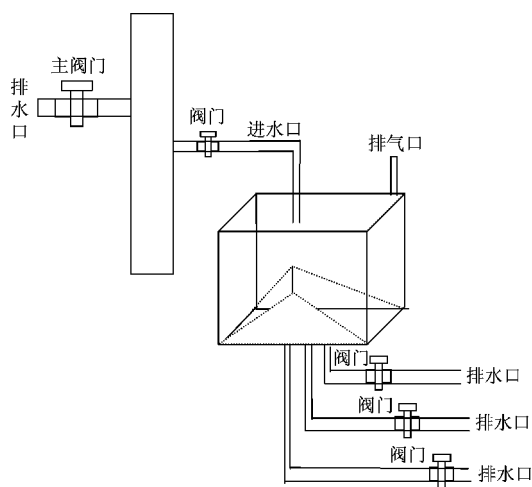


图3 第1次改造脱气装置

Fig. 3 Degassing device of the first refitment

#### 3.2 脱气装置第2次改造

2013 年 9 月 6 日对脱气装置进行第 2 次改造, 取掉了箱子底部的三角形物, 让水直接撞击水面, 产生气泡进行观测, 安装完成后, 现场进行了取数, 数值为 22 Bq/L, 比第一次改造完的数值要低将近 30 Bq/L。因脱气箱体积较大, 观测值会滞后, 所以需等待几天, 在等待期间观察数据变化情况, 发现数据一直缓慢下降。通过这 2 次的改

造，发现数据都是呈缓慢下降趋势，判断可能是脱气装置体积过大，于是我们进行了第3次改造。

### 3.3 脱气装置第3次改造

2013年9月28日至10月6日对脱气装置进行了第3次改造，此处需说明的是在2013年9月26日因仪器供电出现故障，对仪器进行了重启造成了数据突跳变化；2013年9月30日将井孔主排水管道阀门全部打开，改变了脱气装置进水管流量忽大忽小的问题，并将进水管改为20 mm。之前的2次改造将进水管改为32 mm，目的是加大出水量，水氦测值的高低取决于氦气从水样里脱出的多少，水样中脱出氦气的多少又取决于氦在水样中的溶解度，水样中的溶解度又取决于所取水样的温度（张文男等，2014）。脱气装置内部通过撞击产生大量的气泡，加大出水口，水的流量增大，降低了水的流速，而且主管道的主阀门全部打开，水自然流出，这样做实际上减少了水流的冲击力度。

流量是影响气体变化的重要因素，但流量与气体含量之间的数量关系较复杂，没有明显的统计规律（刘快胜，魏青珂，1991）。将排水管改成2个（分别为25、32 mm），并增加一个U型管，使箱体内水面保持稳定，排水管的位置从箱体的中间换到边上，让流进箱体的水直接撞击水面，产生气泡。改变箱子成高度为35 cm，直径17 cm的圆柱体，外型更为美观（图4）。此次改造完后，所测氦值非常稳定，最高氦值43.5 Bq/L，最低氦值37.7 Bq/L，日变化幅度5.8 Bq/L，但在11月1日季度检查结束后，氦值下降至34 Bq/L左右，分析其原因是与闪烁室密封不好有关。持续至12月20日，因天气较冷出气口产生少量冰渣使通气管

受阻导致氦值持续下降，2013年12月26日，对气氦仪器进行标定（图6）。

### 3.4 脱气装置第4次改造

从2014年1月1日开始对气氦仪进行第4次改造。因为仪器标定结束后，氦值下降至2.2 Bq/L，该时间段正是杂海地区一年中最冷的时候，温度在-20℃以下。检查仪器出气口、过滤球，发现有部分水汽存在，于是清除出气口冰渣，更换过滤球，发现氦值仍为2.2 Bq/L。需要说明的是第四次改造前，经过试验，把箱体高度由35 cm缩短为30 cm，数据下降可能与此有关。考虑到水流不稳定，在脱气装置上加装储水罐以保持进水流量稳定（唐光伟等，2007），但效果并不好。

对仪器进行全面检查，初步认定气氦仪闪烁室故障导致，原因是仪器长时间在室内进行标定，标定完成后直接安装，杂海井温度低于-20℃，由热变冷导致仪器内部出现水蒸汽（张新基等，1993）导致数据过低。参考相关文献后，将出气口至进气口的气管距离缩小（由2.3 m缩为1.2 m），使主机尽量靠近脱气装置（邱鹏成等，2007），主机比脱气装置的高度稍高，但不能太高，将主机高度向下调节，使出气口气管呈小幅度上升至仪器进气口。脱气装置底部加U型管，经多次试验发现高度为9 cm最为合适，箱体直径27 cm，高度30 cm（图5）。改装完成后，所测量氦值在58.9~62.4 Bq/L之间变化，2014年2月4~6日，因为季度检查结果很差，连续3次进行季度检查，季度检查后发现氦值大幅上升，这和之前的仪器做完季度检查后数据有下降或上升的变化一致，其原因还是与氦

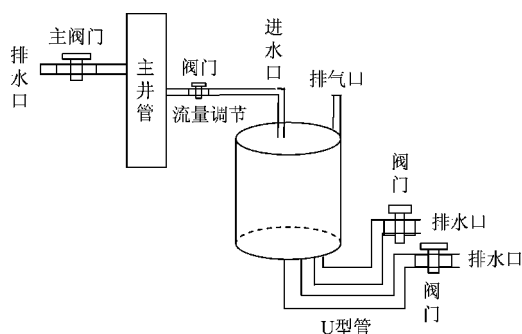


图4 第3次改造脱气装置

Fig. 4 Degassing device of the third refitment

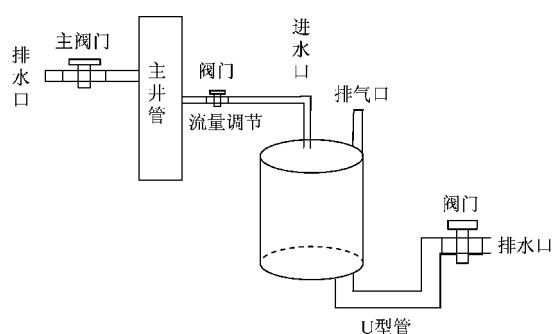


图5 第4次改造脱气装置

Fig. 5 Degassing device of the fourth refitment

探测装置内部闪烁室密封不好有关,因此2014年4月11日对氡探测装置进行了更换,之后的数据曲线都保持稳定,目前氡值保持在65.5~70.5 Bq/L,数值稳定,日变形态稳定,没有大幅度的突跳变化,改造达到预期目的(图6)。

通过一系列的改造,笔者认为,气氡观测的井口装置主要由脱气—集气装置和缓冲器组成,脱气—集气装置是气氡仪获得真实、稳定、可靠数据的关键环节,缓冲器是保证仪器连续正常工作的关键环节(任佳等,2006)。

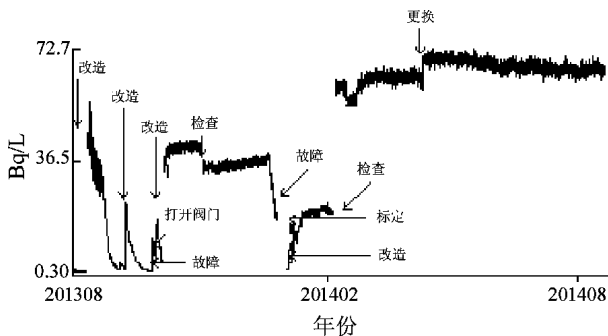


图6 改造和改造完成后气氡数据整点值变化曲线  
(2013-08-01~2014-07-29)

Fig. 6 Curve of hour value data of gas radon  
of refitment and after refitment from Aug. 1,  
2013 to Jul. 29, 2014

## 4 结论

(1) 在完成一系列安装与改造后, 氡海水点数字化气氡观测数据正常, 氡值基本稳定、数据真实可靠, 近2个月所测量氡值大都维持在65.5~70.5 Bq/L之间。

(2) 同一个观测水点, 不同的脱气装置, 会

产生出不同的观测结果, 应根据自身水点的情况进行试验改造。

(3) 冷水井和温泉井用同一个脱气装置, 所观测到的数据也不相同。

(4) 脱气装置出气口和仪器进气口之间的气管距离越短越好, 过长容易引起氡值的不稳定。

(5) 主出水管主阀门可以开到最大, 不需人为控制流量大小, 同井观测动水位仪器季度检查结果符合规范要求, 相对误差小于2%。

(6) 脱气装置箱体的大小, 要根据每个井点的情况改变, 不可一概而论。

## 参考文献:

- 蔡作馨, 蔡诗凰, 邓宁, 等. 2000. 地震地下水单井综合观测方法研究 [A]//中国地震学会. 2000. 中国地震学会第八次学术大会论文摘要集[C].
- 刘快胜, 魏青珂. 1991. 地震水化观测点的引水装置研究[J]. 地震, (5): 67-68.
- 邱鹏成, 白占孝, 常振广, 等. 2007. 对气氡脱气装置改造的几点认识 [J]. 地震地磁观测与研究, 2(3): 87.
- 任佳, 张纳莉, 王长江. 2006. 怀4井数字气氡固体潮潮汐效应初步研究[J]. 华北地震科学, 24(1): 57.
- 邵永新, 李君英, 刘学领, 等. 2006. 王3井水氡、水汞观测资料分析 [J]. 华北地震科学, 24(3): 36.
- 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, 26(5): 72-73.
- 唐光伟, 贾东旭, 宋贤志, 等. 2007. 数字化测氡脱气装置的安装与调试[J]. 东北地震研究, 23(1): 80-81.
- 张炜, 史勇, 张平. 1992. 地下水中选出气氡的研究——水化地震前兆新项目探索[J]. 中国地震, 8(1): 18-25.
- 张文男, 黄春玲, 高振强. 2014. 夏县地震台热水井溶解水氡干扰因素分析[J]. 地震地磁观测与研究, 35(1/2): 207.
- 张新基, 张炜. 1993. 地下水逸出气和溶解氡观测系统的合理设计 [J]. 地震, (4): 48.
- 中国地震局监测预报司. 2007. 地震地下流体理论基础与观测技术(试用本)[M]. 北京地震出版社.

## Refitment Test of Radon Degassing Instrument Device in Gahai Well at Delingha Station

WEN Yong<sup>1</sup>, QIU Peng-cheng<sup>2</sup>, ZHANG Min<sup>1</sup>, MENG Xin<sup>1</sup>, LI Guo-you<sup>2</sup>, WU Zhe<sup>2</sup>

(1. *Delingha Seismic Station, Earthquake Administration of Qinghai Province, Delingha 817099, Qinghai, China*)

(2. *Earthquake Administration of Qinghai Province, Xining 810001, Qinghai, China*)

### Abstract

Analyzing the gas radon data in Gahai well at Delingha Seismic Station from Dec. , 2007 to Jul. , 2014, we obtain the result as follow: The different degassing device produces the different observation results at same observation point, the data is different in cold water well and spring well which were installed the same degassing device, and the length of air tube between the air outlet and the air inlet of degassing device should be as short as possible, if the air tube is too long, it is easy to cause the instability of the radon value. According to the gas radon data cannot be used for many years, the change of data is not stable and shows large amplitude, the degassing device has been tested and refitted repeatedly. The degassing device received a good result in observation in Gahai well at Delingha Seismic Station after the refitment, and the hour observation value of gas radon is stable, dynamic variation of data is within 5 Bq/L. So the data is true, reliable, and has no error, and the results achieved the expected objective.

**Key words:** gas radon observation; degassing device; refitment test