

水氡观测中 K 值标定探讨*

陈永花¹, 李延京², 张超美¹, 罗宾生¹, 马 丽¹

(1. 青海省地震局 湟源地震台, 青海 湟源 812100; 2. 青海省海东地区地震局 乐都地震台, 青海 乐都 810700)

摘要: 通过深入研究水氡观测中标定 K 值意义, 使用平行样观测等方法检测 K 值的准确性, 并基于实际工作中总结的经验, 归纳出提高水氡观测中标定 K 值的准确性和可靠性的方法, 使观测氡值真实反映地下水中氡浓度变化情况, 为获取地震孕育与发生提供更可靠的信息。

关键词: 水氡观测; K 值标定; 可靠性检验; FD-125 氡钍分析器

中图分类号: P315.63

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2014)增刊-0072-04

0 引言

氡是天然的放射性元素, 溶解于水, 在地下水中广泛分布、迁移扩散, 有较强的映震效能, 可通过观测水中氡含量的变化来获取地震孕育与发生的信息。水氡浓度观测是我国目前地震水文地球化学监测台网的主测项目, 模拟观测水氡在我国地震短临预报中发挥了一定的作用, 准确地从水氡观测数据中提取出地震异常信息会对地震预报起到非常重要的作用。为了提高水氡观测质量, 研究水氡动态及异常分析, 许多专家学者在水氡观测方面积累了丰富的研究成果(车用太等, 1995, 1997; 杜鹃等, 2012; 丁平, 叶忠, 2003; 廖丽霞, 2008; 马延魁, 2002; 王长岭等, 1999; 张炜等, 1988)。水氡观测预报地震的基础是需要可靠的水氡数据, 得到可靠数据需要正确标定仪器。本文对水氡观测仪器标定时需注意的一些问题做了分析, 从湟源台模拟水氡观测中总结技术要领、注意事项等, 文中数据是使用湟源台 FD-125 型氡钍分析器实际标定得到的结果为实例, 总结如何提高闪烁室 K 值的准确性和可靠性, 使所测水点的氡值浓度更准确、可靠。

1 水氡观测中标定 K 值的意义

测氡仪器的标定, 就是在正常工作环境下, 用一已知氡含量的标准镭源, 与平行测定样品相

同的方法和操作步骤进行测量, 求得仪器标定值 K 作为测定计算未知样品中氡浓度的衡量标准。目前采用的固体氡气源法, 是利用密封的大体积容器里放置的固体²²²Ra 源中蜕变的氡气标定仪器。由于该源的强度已知, 氡达到放射性平衡的体积也已知, 故可得知放射出的氡量, 每次标定只要量取部分(约0.1%)即可。对于 FD-125 型氡钍分析器而言, 标定 K 值采用的公式为

$$K = \frac{0.037 \times P_{ci}}{N - N_0} \quad (1)$$

式中, K 为闪烁室标定 K 值 [Bq (脉冲/min)]; P_{ci} 为固体氡气源装置上标称氡射气剂量分配值 (uCi); N 为标定 FD-125 时的脉冲读数; N_0 为相应仪器的本底读数。 K 值一经标定确定后不得随意更改(张清秀, 林国元, 2002)。

K 值在氡值计算中的运用为

$$R_n = \frac{K(N - N_0)}{V \times e^{-\lambda t}} \quad (2)$$

式中, R_n 为氡 (Bq/L); K 为闪烁室标定 K 值 [Bq (脉冲/min)]; N 为闪烁室计数法的水样读数 (脉冲/min); N_0 为本底读数 (脉冲/min); V 为水样体积 (L); t 为取水样到开始鼓泡的间隔时间; $e^{-\lambda t}$ 为氡衰变函数值(车用太, 陈建民, 1995)。所以在获得氡浓度计算中, K 值起着举足轻重的作用, K 值标定不准确会使氡值偏离其真值, 影响氡

* 收稿日期: 2014-08-30.

值的准确性和可靠性，不能真实反映地下水中氡浓度的变化，给地震预报研究带来不便。

2 标定操作要点

在标定过程中应该注意每一个细节。首先，用自动定标器的自检功能检测脉冲数是否正常，然后用万用表测量实际高压输出与表头指示及高压调节器指示是否一致，如果不一致以万用表测量的输出高压为准，否则会导致选定工作高压出错。再用 α 检查源做“高压—工作计数率曲线”，用干净的闪烁室做“高压—本底计数率曲线”、“阈值选择曲线”。“阈值选择曲线”可依照规范要求选做。“高压—工作计数率曲线”和“高压—本底计数率曲线”相互结合选择“坪”区，确定闪烁计数器和闪烁法测氡仪的最佳工作状态作为仪器的工作高压。为保证闪烁室易冲洗，工作高压尽量不要选在坪区尾端。

接下来便可进行 K 值标定，标定闪烁室 K 值前，检查闪烁室、真空表、乳胶管等密封情况是否符合 10 min 漏气小于 1 333.22 Pa。一切准备就绪后，测闪烁室本底 10 min 不得超过 150 个脉冲，将闪烁室与镭源连接好，抽真空不少于 2 min，然后将标准镭源鼓入闪烁室，步骤为：进气 15 s→吸源 15 s→鼓入 40 s→关闭，在这一环节应注意的是闪烁室与镭源之间不论是连接方式还是操作手法，每一次都尽可能保持一致，包括每一个细节，如夹子夹的位置等，这样每次标定出的 K 值结果非常接近。从镭源鼓入闪烁室开始时间计时静置 1 小时后读数，读数 10 min 的脉冲数按 K 值计算公式计算（若闪烁室 $K > 0.009$ ，为报废闪烁室）。按照此步骤重复 3~5 次，剔除相对误差大于 $\pm 5\%$ 的 K_i 值后，取三次以上合格 K_i 值（不足 3 次的要重新标定）的算术平均值作为仪器的新 K 值，此为仪器最终标定 K 值。 K 值相对误差计算公式为

$$S = \frac{K_i - \bar{K}}{\bar{K}} \times 100\% \quad (3)$$

式中， K_i 为各次标定 K 值（国家地震局，1985）。读数完成应立即接真空泵冲洗闪烁室，镭 Ra 对闪烁室污染比较严重，衰变也比较慢，所以需反复冲洗。

3 闪烁室标定 K 值可靠性检查

在日常工作中每一台仪器都配有 3 个闪烁室，做平行样观测使用，通常用两个闪烁室观测，氡值观测结果出现超差时用另外一个闪烁室做重测样，若闪烁室 K 值标定有偏差，平行样观测氡值就会出现频繁超差，利用这一特征对 3 个闪烁室进行平行样观测，检查 K 值的准确性和可靠性。平行样之间相对偏差按规范要求，各观测水点含氡浓度不同要求不同：井泉水氡浓度小于 18.5 Bq/L 的平行样相对偏差 $< \pm 10\%$ ；井泉水氡浓度为 18.5~111 Bq/L 的平行样相对偏差 $< \pm 8\%$ ；井泉水氡浓度大于 111 Bq/L 的平行样相对偏差 $< \pm 5\%$ 。3 个闪烁室氡平行样观测结果按平行样测值相对偏差公式计算（国家地震局，1985）：

$$\delta = \frac{x_1 \times x_2}{x} \times 100\% \quad (4)$$

各闪烁室所测氡值之间是否有超差现象，如果没有超差现象，可确定每个闪烁室的标定 K 值都是准确的，如果超差现象频繁出现，检查各方面原因，排除干扰因素后，仍然超差，表明 3 个闪烁室中有标定不准确的 K 值，此时，应查找原因，重新标定，标定结束后，再按上述方法将 3 个闪烁室进行平行样观测，直到 3 个闪烁室平行样观测稳定，才可确定标定 K 值是准确、可靠的。

仪器的标定 K 值是用来校正各闪烁室之间的误差的，如果校正不准确，计算出的氡值就会有偏差。标定人员每次标定出 K 值后，按此方法检查确定的 K 值一定是准确、可靠的。这样就彻底避免了 K 值造成的氡浓度观测偏差。

4 定标器与闪烁室配套使用的建议

根据《地震水文地球化学观测技术规范》（国家地震局，1985）：一台仪器的“坪”曲线一经测出工作高压就可选择确定，即使配用任何一种自动定标器都是一致的；并且在确定的工作高压下脉冲计数率值基本为一定值，不大于 $\pm 5\%$ 范围。“坪”曲线是针对光电倍增管而做的，是检测光电倍增管的工作性能是否稳定。

日常工作中一台 FD-125 氡钍分析器配有两个定标器,分主用仪(定标器)和备用仪(定标器),按此说法主用仪一经测出高压,备用仪便不需要做“坪”曲线。那么,主用仪标定使用的闪烁室 K 值与备用仪是否可以通用?

由图 1 可见,通过主用仪和备用仪配用相同闪烁室做氡值对比观测,主用仪与备用仪的氡值观测结果显示误差在 ±8% 范围内,按上面说法及此测试结果,闪烁室 K 值可与任何一台定标器配用。

主用仪和备用仪用相同闪烁室分别进行 K 值标定,结果如下:

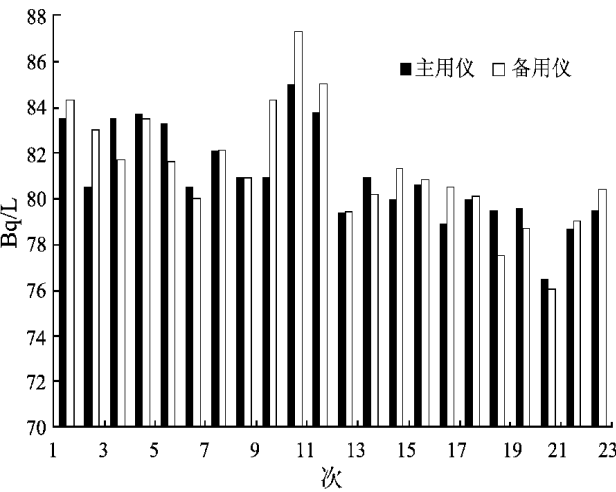


图 1 主用仪和备用仪氡值观测对比
Fig. 1 Comparison of radon observation value recorded by main and standby instruments

一台 FD-125 氡钍分析器用两个不同型号的定标器(FH-463A 和 BHC-336)分别做高压坪曲线,选定高压相同,再分别对同一闪烁室进行 K 值标定。对不同型号的定标器做相同测试,同一闪烁室用两个不同编号的定标器(028 和 145 号)标出 K 值,从表 1、2 中可以看出, FH-463A 编号分别为 028 号和 145 的定标器同时标定 083#、507# 闪烁室 K 值, BHC-336 编号分别为 20110030 与 2013028 的定标器同时标定 004#、005# 闪烁室 K 值,都有不同程度的偏差。

表 1 中测试结果,假定 FH-463A 编号为 028 的定标器为主用仪,编号为 145 的定标器为备用仪,028 号定标器与 083 闪烁室配套标出 K 值为 7.64×10^{-3} , 145 号定标器只做基本检查,如果 028 号定标器观测过程中出现故障,更换 145 号定标器观测,按表 1 中 K 值偏差 4.4% 计算,日常观测氡值无形中使水氡浓度偏离其真值 4.4%,虽然这个范围在规范规定的氡值超差范围,但和水氡浓度的真实值有偏离。

从以上测试中得出结论:建议定标器与闪烁室配套使用,在任何情况下更换定标器后,都要对闪烁室 K 值进行重新标定,可以避免更换定标器造成的氡值偏差。表 1 中 FH-463A 与表 2 中 BHC-336 不同编号定标器配同一闪烁室标定 K 值偏差对比可以看出, FH-463A 较 BHC-336 K 值偏差大,原因是否与 BH-336 是新仪器,其性能各方面比较稳定有关,还需进一步测试。

表 1 FH-463A 不同编号定标器配同一闪烁室的标定 K 值对比

Tab. 1 Comparison of K value of the FH-463A scaler calibration in different numbering equipped with the same scintillation chamber

定标器 型号	闪烁 室号	标定 K 值的 年份	用 028 号定标器标出的 K 值[Bq/(脉冲/min)]	用 145 号定标器标出的 K 值[Bq/(脉冲/min)]	028 号、145 号定标器标同一 闪烁室的 K 值偏差(%)
FH-463A	083#	2006	7.64×10^{-3}	7.98×10^{-3}	4.4%
		2007	7.94×10^{-3}	8.11×10^{-3}	2.1%
	507#	2006	8.18×10^{-3}	8.47×10^{-3}	3.5%
		2007	8.23×10^{-3}	8.72×10^{-3}	5.8%

表 2 BHC-336 不同编号定标器配同一闪烁室的标定 K 值对比

Tab. 2 Comparison of K value of the BHC-336 scaler calibration in different numbering equipped with the same scintillation chamber

定标器 型号	闪烁 室号	标定 K 值的 年份	用 20110030 号定标器标出的 K 值[Bq/(脉冲/min)]	用 2013028 号定标器标出的 K 值[Bq/(脉冲/min)]	20110030 号、2013028 号定标器标 同一闪烁室的 K 值偏差(%)
BHC-336	004#	2014	7.80×10^{-3}	7.74×10^{-3}	0.8%
	005#	2014	7.57×10^{-3}	7.43×10^{-3}	1.9%

5 结论

氡值的可靠性被诸多因素影响，如人为干扰、自然干扰、仪器性能等，为了确保每日观测氡值的连续、准确、可靠，尽量减少各种干扰因素，除了从取样到读数要求每日定时、定点、定量外，氡值在计算过程中使用的 K 值标定一定要进行精确标定、检测，如果 K 值本身不准确，氡值就不能准确反映地下水中氡浓度的变化情况，因此，仪器的标定检查及 K 值标定结果的准确性和可靠性非常重要。通过测试，笔者得出以下基本结论：

- (1) 标定过程中的每一个环节都要认真仔细完成，每次标准源鼓入闪烁室的步骤一定要一致。
- (2) 标定结束后利用平行样观测检测 K 值是否准确、可靠。
- (3) 定标器与闪烁室尽量配套使用，减少误差。

参考文献：

- 车用太,陈建民. 1995. 地震地下流体观测技术[M]. 北京:地震出版社.
- 车用太,鱼金子,刘五洲. 1997. 水氡异常的水动力学机制[J]. 地震地质,19(4):353-357.
- 丁平,叶忠. 2003. 对水氡仪器故障及自然因素造成的异常分析[J]. 高原地震,15(4):67-68.
- 杜鹃,屠泓为,苟智栋. 2012. 西宁、湟源台 1986 年以来水氡映震特征分析与探讨[J]. 内陆地震,26(1):90-96.
- 国家地震局. 1985. 地震水文地球化学观测技术规范[M]. 北京:地震出版社,10-12,82.
- 廖丽霞. 2008. 模拟水氡异常判别[J]. 内陆地震,22(2):143-150.
- 马延魁. 2002. 民和水氡正常动态与异常变化特征分析[J]. 高原地震,14(2):65-68.
- 王长岭,张慧,张佩山. 1999. 1990 年共和 7.0 级地震水化学前兆场特征[J]. 西北地震学报,21(1):1-6.
- 张清秀,林国元. 2002. 试论水氡观测中仪器 K 值的使用[J]. 地震学刊,22(2):51-53.
- 张炜,车用太,李宣瑚. 1988. 地震监测与预报方法清理成果汇编—地下水分册[M]. 北京:地震出版社.

Discussion on K -value Calibration in Water Radon observation

CHEN Yong-hua¹, LI Yan-jing², ZHANG Chao-mei¹, LUO Bin-sheng¹, MA Li¹

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

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

Abstract

Making an intensive study of the significance of K -value calibration in water radon observation, we test the accuracy of K -value by parallel sample observation method etc. Based on the summary of the experience from practical work, we generalize the method of improving the accuracy and reliability of K -value calibration in water radon observation to make sure the water observation radon value could reflect the real variation of radon concentration in groundwater, and could provide the reliable information for obtaining the preparation and occurrence of earthquake.

Key words: water radon observation; K -value calibration; reliability verification; FD-125 Radon and Thorium analyzer