

地震预报工作中水氡测量的部分改进

杨 明 德

(兰州地震研究所)

利用地下水中氡的含量变化预报地震,是比较有希望解决地震预报的方法之一。但是,水氡含量的测量,是比较难以准确测定的。尽管我们采用精密的测量仪器、控制好环境条件并且十分小心地操作,每次测定的结果还很可能不一致,甚至有很大的差别,这是放射性物质的特殊性质所决定的。

从目前国内水氡工作的状况来看,使用的测量仪器仍然是以静电计为主,操作方法虽大同小异,但从整个来看,测量放射性的时间与测量仪器本底的时间仍然是人为规定的(本应由计算确定);有些还主张氡进入仪器后封闭1—3小时;仪器的标定问题也比较大,按规范标定仪器,标定出的格值误差达10%左右。本文仅就仪器的选择与标定谈一些改进意见。

一、仪 器 的 选 择

对于这个问题,只有通过放射性理论才能得到比较满意的解决。由此,引出放射性测量中常用的单位时间内的计数 n_s 的表达式:

$$n_s = n_c - n_b \pm \sqrt{\frac{n_c}{t_c} + \frac{n_b}{t_b}}$$

式中 n_c 为单位时间内放射源(氡)和本底的计数, n_b 为单位时间内仪器的本底计数, t_c 为测量放射源(氡)的时间, t_b 为测量本底的时间, $\sqrt{\frac{n_c}{t_c} + \frac{n_b}{t_b}}$ 为标准误差。此式在放射性测量中应用非常广泛。由此式可以引出水氡测量中应用的相对标准误差计算公式:

$$X\% = \frac{\sqrt{\frac{n_c}{t_c} + \frac{n_b}{t_b}}}{n_c - n_b} \quad (1)$$

令此式为(1)式, $X\%$ 为相对标准误差,该误差是由于放射性涨落而引起的测量误差。例如,某地震台的水氡测量,使用的仪器是静电计,测仪器本底时间 $t_b = 2$ 分,本底读数 $n_b = 0.1$ 格/分,水氡测量时间 $t_c = 2$ 分,读数 $n_c = 3$ 格/分,应用(1)式计算得 $X = 42.8$,所以该台水氡测量的相对标准误差为42.8%。

在有本底的情况下,应如何正确分配测量放射性的时间 t_c 与测量本底的时间 t_b ,才能使测定结果误差最小呢?为此,还必须根据 n_s 表达式引出下面的计算式:

设规定在时间 T 内作放射性测量,故 $t_c + t_b = T$, $t_b = T - t_c$,标准误差为:

$$\sqrt{\frac{n_c}{t_c} + \frac{n_b}{t_b}} = \sqrt{\frac{n_c}{t_c} + \frac{n_b}{T - t_c}}$$

它的最小值可以用微分的方法求得:

$$\frac{d}{dt_c} \sqrt{\frac{n_c}{t_c} + \frac{n_b}{T - t_c}}$$

由此得出:

$$\frac{n_c}{t_c^2} = \frac{n_b}{(T - t_c)^2} = \frac{n_b}{t_b^2}$$

所以:

$$\frac{t_c}{t_b} = \sqrt{\frac{n_c}{n_b}} \quad (2)$$

令此式为(2)式。由(2)式可以看出:当测放射性的时间 t_c 和测本底的时间 t_b 的比值等于放射性计数(加本底)和本底计数的平方根的比时,标准误差最小。

在水氡测量中,用(1)式和(2)式联解,即可确定出 t_c 和 t_b 。 X 值常取1.2.3.4.5, X 值太大是我们所不希望的,可根据各测点的具体情况以及对资料精度的要求来选定 X 值, n_c 应选取几次试测中最低的为准, n_b 要选试测中最高的为准,这样才能保证所需的测量精度。而 t_c 和 t_b 计算出来后,应尽量选取便于记忆的整数,如 $t_c = 8.7$ 分则取为10分; $t_b = 1.8$ 分则取为2分,以此类推。

计算中,若使用的仪器是静电计,有的测点 $n_b = 0$,则(2)式无意义。实际上,在放射性测量中除仪器首次使用外,均有本底, n_b 不可能为“0”,只是灵敏度太低的静电计测量不出来罢了,而射气仪不管放置多久,均能测出本底。

这里,仍以某台水氡测量为例:

用静电计时 $n_c = 3$ 格/分, $n_b = 0.1$ 格/分

用射气仪时 $n_c = 70$ 脉冲/分, $n_b = 5$ 脉冲/分

令 $X = 1, 3, 5$, 分别用(1)式和(2)式联解就可以计算出相应的 t_c 和 t_b :

相对标准 误差	静 电 计		射 气 仪	
	t_c	t_b	t_c	t_b
$\leq 5\%$	2 小时36分	2 6 分	8.3分	2.3分
$\leq 3\%$	5 小时37分	1 小时	29.2分	8.1分
$\leq 1\%$	60小时19分	10小时46分	3 小时29分	5 8 分

从上表可以看出:静电计存在着无法克服的弱点,要达到相对标准误差 $\leq 5\%$ 都不能实现。这里的 t_c 表示拉开静电计放电开关以后,需连续测量2小时36分,再放下放电开关,而实际上,一般的测点不到半个小时仪器中的石英丝却早已跑出了视野。静电计不可能连续长时间地测量来达到所需的观测精度,此外它较射气仪灵敏度低2.5倍,这些都是静电计的致命弱点。

在仪器的选择上,FD125型和FD128型室内射气仪有许多优点,在电源稳定的地方应广泛采用,但不少台站因市电往往都达不到仪器的要求,电压变化太大,目前暂时无法普及。所以,选择的仪器应在FD118G射气仪的基础上改进。将FD118G射气仪改成代计数器的

交直流两用的室内仪器,在电源不稳的地方可采用干电池,就可避免电源变化的影响。其探头部分的进排气孔最好改成弯曲形状,以防止外界光线透入仪器而带来干扰。FD125型室内射气仪的时间自动控制部分也需稍加改进,去掉1秒以下的时间控制,增加20分、30分、1小时、2小时的时间自动控制。

二、水氢仪器标定方法的改进

从目前已发表的水氢资料来看,不少测点的质量是不太高的,也不能保证长期可靠,有些测点从表面上看去是连续的,但资料的可靠性不太高。以致使我们利用水氢资料来判断趋势性异常、捕捉大地震,带来很大困难。造成这种状况的主要原因除使用的仪器和操作问题之外,还有一个重要的问题是仪器的标定。按规范标定出的仪器格值误差偏大,一般为10%左右,个别测点的标定误差竟达100~200%,操作者自己都不敢相信,有的就干脆长期不标定仪器,这就很成问题了。所以,水氢仪器的标定方法,很有改进的必要。

按规范标定仪器,需冲洗标准镭源。在冲洗的过程中,除少数操作不小心,容易造成镭源的损失外,还有能否保证将镭源冲洗到恰到好处,即不干扰仪器的标定,这是比较难以控制的。有些操作者将镭源长时间地冲洗,溶解在源中的氢就减少,而闪烁室是固定的,脱气并不很充分,不能将积累的氢都赶入仪器,仍有积累的部分氢溶解在液体源中;而有些操作者,冲洗镭源又不太充分,溶解在源中的氢也比较多,标定时,除积累的氢外,还有冲洗不净而溶解在源中的部分氢也进入了仪器。所以,冲洗镭源不易准确控制,往往也带来了干扰。

改进的标定方法仍然是采用液态标准镭源,改进的主要地方是不冲洗标准源。因为仪器的标定一般是数月才标定一次,而镭源中的氢的积累当超过一月后,就达到饱和,氢的含量再不随时间而增加了,而是处于放射平衡状态,氢的积累系数为1。当需标定仪器时,不必冲洗镭源,直接将氢驱入闪烁室进行标定。这种办法使氢的浓度增加了三倍左右,由(1)式可知,X值将减小,而且还减少了人为干扰,可以使仪器的格值标定误差下降到3~5%。从而,提高了水氢资料的可靠性和连续性。

从实践来看,改进后的观测方法也是可行的。甘肃省武都地震台采用改进后的仪器和方法测氢,仪器的格值在1974年11月至1976年2月为0.0044(埃曼·升/ $\frac{\text{脉冲}}{\text{分}}$),1976年2至6月为0.0043,8月16日7.2级强震发生后检查仪器,格值仍为0.0043。平时作过多次平行实验均表明,测量误差小于或等于5%,所以,武都台的水氢资料是比较可靠的,并在震前数月,利用武都水氢的长趋势异常在内部作了比较成功的试报。