

表面放射性污染监测仪器的检测能力^{*}

张凤翔 任伟 韩淑萍

(中国辐射防护研究院)

本文讨论了表面放射性污染监测仪器的检测能力及其与实用中检测速度的关系,以此为实施监测的操作者提供参考。

关键词 表面放射性污染监测仪 检测能力 检测速度

1 引言

核技术的广泛应用,使对表面放射性污染监测仪器的需求迅速上升。在种类繁多的表面污染监测仪器中,选择适用机型是实施监测的首要问题。作为选择的重要依据之一便是仪器的检测能力。EJ/T 586-91^[1]规定以最小可探测发射率表示仪器本身的探测限值,GB18871-2002^[2]给出的表面放射性污染控制水平——即单位面积上污染物的分布状态等因素时,经过换算可以得到监测仪探测窗口单位面积最小可探测发射率。作为仪器检测能力的表示,后者从而成为选择仪器的定量依据。

2 具体环境中监测仪的检测能力

在具体的使用环境中,若表面放射性污染监测仪器的本底计数率为 N_b ,且其变化可以忽略,则此时该监测仪所保有的最小可探测发射率为

$$(MDER)=P(N_b/T)^{0.5}/E_{\text{eff}} \quad (1)$$

其中 T 为本底测量时间; P 为与某一给定置信度的结果相对应的标准偏差倍数,置信度为 99% 时 $P=2.33$; E_{eff} 为 2 探测效率。根据 EJ/T 586-91 的规定,仪器的合格指标:对适用于核素和 核素的仪器来说分别为 20/s 和 200/s^[1]。

若监测仪的探测器窗口大小不同,分别为 A_1 及 A_2 ,那么对 $A_1 < A_2$ 的两个同类型探测器来说,本底计数率 N_{b1} 和 N_{b2} 大致成立

^{*}通讯员钱仲敏推荐。

$$N_{b2} = \frac{A_2}{A_1} N_{b1} \quad (2)$$

所以二者的最小可探测发射率(MDER)₁和(MDER)₂满足：

$$(MDER)_2 = (A_2/A_1)^{0.5} \cdot (MDER)_1 \quad (3)$$

表面放射性污染监测用探测器多为平面窗口,可以认为其本底计数在窗口上均匀分布。若窗口面积为 A,则单位面积窗口的本底为

$$N_{b0} = A^{-1} \cdot N_b \quad (4)$$

所以相对监测仪器的 MDER 来说,单位面积窗口的最小可探测发射率

$$(MDER)_0 = A^{-0.5} \cdot (MDER) \quad (5)$$

3 具体检测过程中监测仪的检测能力

表面放射性污染属突发事件,随机性很强,常常是既不知其污染量,也不知污染范围。正是由于后者,所以仪器的探测器窗口难以与表面受污面积相匹配。所以,这种检测一开始就不可避免地具有试探性。这样,探测器窗口与污染面的配合就具有多种可能。为简化讨论,可以重点关注如下的两种典型情况:面对污染面积,若探测器窗口较小时,必然要采用探头扫描的方式,步进式地依次测量;当窗口面积较大时,探测器也可能覆盖全部受污区域而无须扫描。显然,探测器不同的扫描过程决定了仪器在污染监测现场的检测速度。

当污染面积 $A_c = A$ 时,探测器窗口与受污表面局部一一对应;而 $A_c < A$ 时,探测器窗口对整个面积 A_c 无须扫描,但探测器的全部本底都计入了测量结果。所以此时的单位面积最低可探测发射率

$$(MDER)_{0c} = (MDER)_0 = A^{-0.5} \cdot (MDER) \quad A_c = A \quad (6.1)$$

$$\text{和} \quad (MDER)_{0c} = A_c^{-0.5} \cdot (MDER) \quad A_c < A \quad (6.2)$$

应当注意,根据监测仪在测量过程中所能达到的检测能力所推算出来的单位面积上污染物的活度数必须低于 GB 18871-2002 给出的表面放射性污染控制水平。

4 监测仪的检测能力和检测速度之间的关系

以满足式(2)的两个探测器用于同一污染面积 A_c 的监测,且 $A_1 < A_2 < A_c$,则单位面积最低可探测发射率分别为:

$$(MDER)_{0c1} = A_1^{-0.5} \cdot (MDER)_1 \quad (7.1)$$

$$\text{和} \quad (MDER)_{0c2} = A_2^{-0.5} \cdot (MDER)_2 \quad (7.2)$$

将式(3)代入式(7.2),得

$$(MDER)_{0c2}=A_1^{-0.5} \cdot (MDER)_1 \quad (8)$$

此结果说明,在需要进行扫描的多次测量中,采用较大的窗口的探测器时,在保证相同的检测能力的情况下,能争取到较快的检测速度。

若与上述情况相反, $A_c < A_1 < A_2$, 则相应地有

$$(MDER)_{0c1}=A_c^{-0.5} \cdot (MDER)_1 \quad (9.1)$$

和
$$(MDER)_{0c2}=A_c^{-0.5} \cdot (MDER)_2 \quad (9.2)$$

显然由于 $(MDER)_2 > (MDER)_1$, 所以 $(MDER)_{0c2} > (MDER)_{0c1}$ 。因此,此时过大的窗口面积,非但对提高检测速度无益,还只能带来较差的检测能力。

若 $A_1 < A_c < A_2$, 则可相应地有

$$(MDER)_{0c1}=A_1^{-0.5} \cdot (MDER)_1 \quad (10.1)$$

和
$$(MDER)_{0c2}=A_c^{-0.5} \cdot (MDER)_2 \quad (10.2)$$

以式(3)代入式(10.2)得

$$(MDER)_{0c2}=A_1^{-0.5} \cdot (A_2/A_c)^{0.5} (MDER)_1 \quad (11)$$

所以

$$(MDER)_{0c2}=(A_2/A_c)^{0.5} (MDER)_{0c1} \quad (12)$$

显然,这应该是前两种情况的综合:即探测器窗口的大小相比受污面积由小到大变化时,以二者相等为界,在此以前(包括相等),随窗口面积变大,则可以在保持相同的检测能力情况下,提高检测速度,过此以后,窗口再大,检测速度也不会变快,而检测能力反而有所下降。

实际上,监测仪探测器的选择常常难以兼顾测量速度和检测能力,应根据具体的情况,在二者之间根据需要选择适用的探测器及其窗口面积。

4 参考文献

- 1 EJ/T 586-91 固定式个人表面和辐射监测装置。
- 2 GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准。