

海拔高度对 β 参考辐射剂量标准值影响的修正

陈慧莉 张庆利 姚小丽 韩 晨 张延生

(中国辐射防护研究院, 太原, 030006)

介绍了海拔高度对 β 参考辐射剂量标准值影响的修正方法。验证实验表明: 对低能 β 参考源, 由于海拔高度的影响, 必须修正辐射路径上空气密度变化对 β 参考辐射剂量标准值的影响。

关键词 海拔高度 β 参考辐射 剂量 修正

中图法分类号 TL 929

监测 β 辐射的 β 剂量仪和剂量计均需进行校准。校准结果与校准条件有关。用不同照射条件的参考辐射(如点源, 平面源), 校准结果可能有很大差别。为了保证监测结果的可靠性, ISO 制定了统一的 β 参考辐射标准(ISO 6980), 我国也颁布了国家标准 GB 12164-90。

任一 β 参考辐射, 其校准位置的 β 剂量率值由授权的计量部门用认证合格的外推电离室系统或参考传递仪表测量而得。计量部门给出的校准位置的 β 剂量(率)数据往往都是特指在参考条件下的测量结果。如果用户的地点不同, 海拔高度不同, 空气密度则与标准中的参考值有异, 必须对计量部门证书上给出的 β 参考辐射校准位置的标准值进行适当的校正。

1 修正方法

1.1 PTB 方法

德国技术物理学院(PTB)在 β 参考辐射的定度证书中除给出其在校准位置 β 剂量率的标准值外, 还给出了由于空气密度变化的修正方法^[1]。气压温度比 p/T ($\text{kPa} \cdot \text{K}^{-1}$) 在 0.340-0.350 范围内, 对能量较高的参考源, 如 $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ 和 ^{204}Tl , 修正系数 K_{PTB} 分别为 1.000 ± 0.001 和 1.000 ± 0.003 , 即可以不必修正; 对低能 β 参考源 ^{147}Pm , 则必须按下式修正:

$$K_{\text{PTB}} = 1.002 \exp(-14.5 p/T) \quad (1)$$

PTB 证书中同时说明, 当空气密度变化大于 2% 时, 用式(1)修正的误差较大。

1.2 Pruitt 方法

Pruitt 等在一可变气压的大环境实验室中, 对海拔高度的影响进行了模拟实验。结果表明: 在海平面到海拔高度 3.7 km 范围内, 空气密度对参考源 ^{204}Tl 和 $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ 的影响较小, 对

陈慧莉: 女, 59 岁, 辐射防护计量学专业, 研究员

收稿日期: 1998-04-07

^{147}Pm 的影响较大。他们给出的对 ^{147}Pm 源的空气密度修正系数公式为:

$$K_{\text{Pruitt}} = I/I_0 = 1 + \alpha X + \beta X^2 \quad (2)$$

$$X = 1 - \rho/\rho_0 \quad (3)$$

式中: I 和 I_0 分别为测量和参考条件下的电离电流; ρ 和 ρ_0 分别为测量条件和参考条件下的空气密度; α β 为经验参数, 它们与电离室窗厚有关^[2]。

1.3 补偿法

海拔高度的影响本质上是空气密度变化的影响, 也就是参考源和外推室间空气层总有效厚度变化的影响。因此, 在源和电离室间加一层吸收膜, 其厚度为实际测量条件下源和电离室窗间空气总有效厚度与标准参考条件下的总有效厚度之差。这样测量的结果事实上就是已对空气密度的变化进行了修正。

2 实验验证

用经过上级计量主管部门认证的 β 外推室系统(一级标准)测定 β 参考辐射校准位置的 β 剂量率(该 β 参考辐射有 PTB 校准证书), 按照本实验室的实际测量条件对前述 3 种校正方法进行实验验证。

2.1 实验及测量结果

把 ^{147}Pm 源放在校准架的源托上, 将外推室放在校准位置上, 源表面到电离室窗表面的距离为 20 cm。在离源 10 cm 位置上安装一特殊设计的展平过滤器, 外推室窗厚为 $2.6 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。以上实验布置与 PTB 测量时的参考条件一致。实验装置简图示于图 1。本实验室环境测量条件如下: 温度 $T = 293.15 \text{ K}$; 气压 $p = 93.0 \text{ kPa}$; $p/T = 0.317 \text{ kPa} \cdot \text{K}^{-1}$; 湿度 $r = 60\%$ 。对 ^{147}Pm 源, 测出的平均电离电流 I 对电离室极间距离 d 的外推曲线示于图 2。

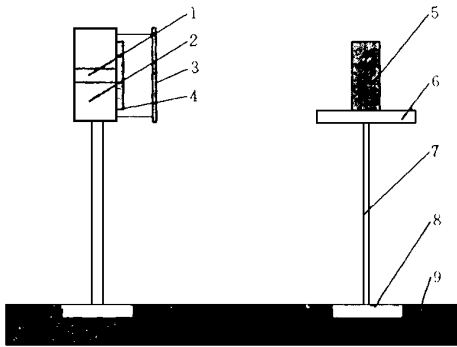


图 1 实验装置简图

Fig 1 Schematic diagram of experimental set-up

- 1—— β 参考源 ^{147}Pm ; 2——源架; 3——展平过滤器;
4——快门; 5——外推室; 6——角响应托盘;
7——升降杆; 8——小车; 9——轨道

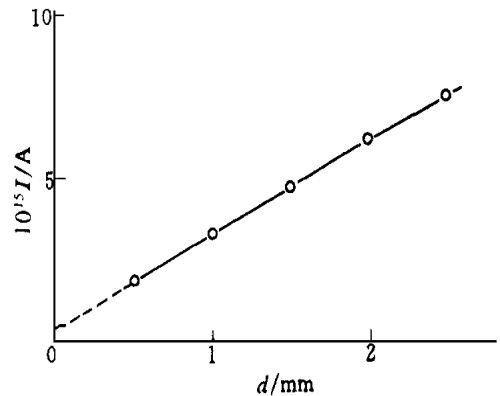


图 2 外推曲线

Fig 2 Extrapolation curve

根据外推曲线斜率及电离室参数和测量时的环境参数得到组织的 β 吸收剂量率^[3]为:

$$D_g = 0.133 \mu\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4)$$

测量结果的总不确定度为 7.6 %^[3]。

2.2 对剂量标准值的修正

2.2.1 利用公式修正 PTB 证书给出的在参考条件下组织吸收剂量率的标准值为:

$$D_{\text{sPTB}} = 0.411 \mu\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1} \quad (5)$$

半衰期、湿度和穿透率修正因子 K_f 、 K_h 和 K_t 分别为 $K_f = 0.432$ 、 $K_h = 0.9936$ 、 $K_t = 0.56$ (外推室窗质量厚度 $2.6 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$)。这里, K_f 、 K_h 和 K_t 与海拔高度无关。空气密度修正因子分别按 PTB 和 Pruitt 方法计算得到: $K_{\text{PTB}} = 1.5077$; $K_{\text{Pruitt}} = 1.3322$ 。

将标准值 D_{sPTB} 进行半衰期、湿度和穿透率修正后,再用 PTB 方法和 Pruitt 方法进行密度修正。修正后的 D_{sPTB} 与实验测量的 D_g 进行比较。比较结果列于表 1。

表 1 修正后的标准值 D_{sPTB} 与测量值 D_g 的比较

Table 1 Comparison between corrected standard value D_{sPTB} and measured value D_g

$D_{\text{sPTB}}/\mu\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$	$D_{\text{sPTB}}/\mu\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$			D_{sPTB}/D_g
	未经密度修正	PTB 法修正密度	Pruitt 法修正密度	
0.411	0.099			0.74
		0.149		1.12
			0.132	0.99

从表 1 可以看出: 当空气密度变化较大 (海拔高度变化大) 时, 用 PTB 修正公式不再有效, 而 Pruitt 的修正公式误差较小。

2.2.2 利用补偿法进行修正 在参考条件下, 空气密度 $\rho_0 = 1.1995 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ($T = 293.15 \text{ K}$, $p = 101.3 \text{ kPa}$); 实验条件下密度 $\rho = 1.10759 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ($T = 293.15 \text{ K}$, $p = 93.0 \text{ kPa}$)。实验时源与电离室窗间的距离为 20 cm, 参考条件与实验条件下的空气密度变化所造成的由源表面至电离室窗表面路径上空气有效厚度之差相当于质量厚度 $1.8 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。在源和外推室之间加 $1.8 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 厚的吸收片后, 实测吸收剂量率为 $0.102 \mu\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$, 与未经密度修正的 D_{sPTB} 标准值 $0.099 \mu\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$ 仅相差 3 %。

3 结论

1) 以上实验验证和修正结果表明: 海拔高度变化较大时, 对参考辐射低能源给出的剂量标准值必须进行空气密度修正。

2) 本 β 剂量刻度室空气密度变化一般为 8 %, 已不满足 PTB 修正公式要求的条件。实验结果表明: 这种情况下, 若不修正, 误差很大 (12 %); 按 Pruitt 方法修正后, 与测量结果相差不到 2 %, 在不确定度范围内符合。

3) 本研究实验结果表明: 在本实验实际条件下, 加适当厚度 ($1.8 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$) 吸收片后的实测结果与 PTB 证书给出的标准值相差不到 3 %。因此, 用吸收片法既简单又合理, 可在实际中采用。

参 考 文 献

- 1 联邦德国 PTB-Bericht Beta Reference Radiation PTB 证书 1986
- 2 Pruitt JS. The Effect of Altitude on Beta Ray Source Calibrations Radiat Prot Dosim, 1985, 11: 151.
- 3 陈慧莉, 张延生, 张敏, 等. β 参考辐射的建立 原子能科学技术, 1994, 28(3): 200

CORRECTION OF THE EFFECT OF ALTITUDE ON STANDARD DOSE VALUE FOR REFERENCE β RADIATION

Chen Huili Zhang Qingli Yao Xiaoli Han Minchen Zhang Yansheng

(China Institute for Radiation Protection, Taiyuan, 030006)

ABSTRACT

A reasonable and convenient correction method is introduced for the altitude influence on standard dose value of reference β radiation. It is showed by experiments that for low energy β reference sources, one must correct the variation of air path density which is induced by the changes of altitude.

Key words Altitude β reference radiation Dose Correction

(from page 486)

AN EXPLOSIVE AND DRUG DETECTING METHOD BASED ON ASSOCIATED PARTICLE IMAGING

Xu Sida Zhu Weibin

(Department of Physics, Tsinghua University, Beijing, 100084)

ABSTRACT

In the paper the basic principle, important characteristics and recent research development on an explosive and drug detecting method based on associated particle imaging are reviewed.

Key words Detection Explosive Drug Associated particle imaging