

FD-71型闪烁辐射仪测量天然环境辐射的主要技术性能

王其亮

(中国预防医学中心工业卫生实验所)

关键词: FD-71闪烁辐射仪[NaI(Tl)] 环境辐射 量程范围 均匀性 重复性 稳定性

FD-71闪烁辐射仪在天然本底调查和建筑材料卫生标准的研究等方面得到了较广泛的应用。从天然环境辐射测量的观点出发,曾报道过用FD-71测量天然环境辐射的读数修正方法和在不同的环境中与高压电离室、塑料闪烁辐射仪比对测量的结果^[1]。本文将报道FD-71测量天然环境辐射场所具有的一些主要技术性能,包括探测下限、量程范围、均匀性、重复性、稳定性和对复杂环境条件的耐受能力等。本文的实验结果一般是利用环境辐射场得到的。仪器的刻度方法和读数修正公式均与文献[1]一致。

1. 探测下限

天然环境辐射是很微弱的,要求测量环境辐射的仪器相当灵敏,照射量率仪器应能测量 $1\mu\text{Rh}^{-1}$ 以下的 γ 辐射水平^[2]。FD-71对地球 γ 辐射的探测下限约为 $0.5\mu\text{Rh}^{-1}$ (表1)。这主要是由于FD-71对地球 γ 辐射的响应非常灵敏,比对 ^{226}Ra 刻度源的 γ 辐射具有高出1倍的响应。在低水平情况下,FD-71的测量值平均比高压电离室偏低3%(表1),为了对被测辐射场的非均匀性有个概貌的了解,表1中同时列出了电离室的测量范围和变异系数(相对标准差)。

表1 FD-71对低水平地球 γ 辐射的测量(μRh^{-1})

测点号	测点数	FD-71 修正值($\bar{X}_F$)			电离室测定值($\bar{X}_H$)			$(\bar{X}_F/\bar{X}_H) \pm \sigma$
		范 围	均 值	变异系数 (%)	范 围	均 值	变异系数 (%)	
1	7	0.20—0.42	0.34	23.5	0.22—0.67	0.42	33.3	0.880 ± 0.337
2	6	0.44—0.50	0.46	6.50	0.30—0.50	0.45	17.8	1.063 ± 0.246
3	5	0.44—0.54	0.50	10.0	0.40—0.60	0.48	16.7	1.057 ± 0.190
4	5	0.34—0.50	0.44	11.4	0.50—0.60	0.54	11.1	0.811 ± 0.125
5	5	0.40—0.80	0.61	26.2	0.50—0.70	0.58	14.5	1.052 ± 0.209
6	4	0.50—0.70	0.57	15.8	0.60—0.70	0.68	7.40	0.847 ± 0.128
7	8	0.50—0.81	0.66	20.6	0.55—0.95	0.74	17.7	0.900 ± 0.122
8	8	0.80—0.95	0.86	7.00	0.70—1.00	0.84	12.6	1.044 ± 0.154
9	6	0.85—1.35	1.02	17.6	0.80—1.20	1.07	14.0	0.957 ± 0.133
10	8	1.54—2.29	1.45	24.3	1.00—2.30	1.39	33.4	1.079 ± 0.162

从表1中两种仪器测量结果的比较,可以认为用FD-71闪烁辐射仪测量低水平地球 γ 辐射是可行的。

2. 量程范围

FD-71说明书给出的仪器量程范围是 $0-1000\mu\text{Rh}^{-1}$ 。但由于仪器具有能量响应,所以它对地球 γ 辐射的“有效”测量范围约为 $0.5-500\mu\text{Rh}^{-1}$ 。在环境中已测量过的辐射水平在 $0.5-125\mu\text{Rh}^{-1}$ 的范围。测量结果表明,用FD-71测量几个 Rh^{-1} 以上的水平时,它和高压电离室的测值一般在10%以内相一致^[1],测量 $1\mu\text{Rh}^{-1}$ 左右的低辐射水平时,二者可在20%以内一致

(见表1)。

3. 均匀性

均匀性系指用不同的FD-71 仪器测量同一个量而获得的结果彼此离散的程度。本文用变异系数表示仪器的均匀性。表2 反映的 FD-71仪器的均匀性。表中数据是1982、1983和1984 年分别在北京、南宁和兰州举行的 FD-71比对会议测量的结果^[3]。由表2 可知, 辐射水平在几个 μRh^{-1} 以上时, 不同仪器测量值的变异系数在5%以下。辐射水平在 $2\mu\text{Rh}^{-1}$ 以下时, 变异系数为10—15%。而且变异系数有随辐射水平增加而降低的趋势。

4. 重复性

重复性系指用同一台仪器连续测量同一个量而获得结果的离散程度, 这里用变异系数表示仪器的重复性。表3 表示 FD-71测量的重复性。每次测量随机读取15个数, 将其均值作为一次测量的值。1—3号测点, 均为同一个人读数, 但都是在相对均匀的环境辐射场中不同的点上测量的结果, 变异系数包括了辐射场的微小变化。4 号测点是从专业人员中随机抽出34 人, 用同一台 FD-71在同一环境点上测量的结果, 变异系数包括了不同人员操作引进的差异。由表3 可见, FD-71 重复测量值的变异系数不大于3%。

表2 FD-71 闪烁辐射仪的均匀性(μRh^{-1})

测点号	FD-71 数	范围	均值*	变异系数 (%)
1	63	1.0—1.8	1.3 (1.2)	14.6
2	53	1.2—2.0	1.6 (1.6)	10.6
3	63	1.4—2.4	2.0 (1.9)	12.5
4	60	4.0—4.5	4.2 (4.4)	3.81
5	45	4.1—5.2	4.6 (4.8)	4.78
6	85	5.0—6.5	5.8 (5.7)	2.93
7	36	6.2—7.1	6.5 (6.8)	3.87
8	62	6.4—9.4	8.4 (8.4)	4.64
9	85	9.3—10.5	9.9 (9.6)	2.32
10	90	10.5—12.2	11.3(11.1)	2.92
11	93	11.3—13.9	12.9(12.4)	3.57
12	44	13.5—15.2	14.4(14.2)	2.36
13	45	15.5—16.9	16.2(16.4)	1.98
14	43	30.2—32.7	31.7(31.6)	1.67
15	43	57.2—61.7	59.4(59.1)	1.80

* 括号内数值为高压电离室测量

表3 FD-71 的测量重复性(μRh^{-1})

仪器 序号	测点号	测量 次数	范 围	均值	变异系数 (%)
1	1	20	3.8—4.1	3.9	1.93
2	2	17	4.0—4.1	4.05	1.27
3	3	8	5.0—5.3	5.2	2.72(2.27)*
4	4	34	12.7—13.6	13.3	1.43

* 括号内数值为高压电离室测量的变异系数

5. 稳定性

稳定性是环境辐射仪的重要特性之一, 它代表仪器具备的保持刻度的能力。表4 表示同一台 FD-71稳定性的实验值。测量点选在室内和室外大面积的水泥地面上, 认为其辐射水平随时间的变化很小。在7—9个月期间, 在各点分别间隔测量5—19次。由表4 可知, FD-71 的长期稳定性是良好的, 变异系

表4 FD-71 长期稳定性的实验值(μRh^{-1})

测点号	测量日期	测量次数	范 围	均值*	变异系数(%)
1	1982.8.7—1983.2.28	15	11.4—11.9	11.7(11.8)	1.14
2	1982.5.20—1983.2.28	19	14.2—14.8	14.5(14.3)	1.17
3	1982.5.20—1983.3.3	11	10.5—11.0	10.6(10.5)	1.59
4	1982.5.20—1983.3.3	7	12.2—12.9	12.3(12.3)	2.14
5	1982.5.20—1983.1.13	5	11.0—11.5	11.3(11.5)	2.04
6	1982.5.20—1983.1.13	5	12.5—13.0	12.6(12.3)	1.77

* 括号内数值为高压电离室测量

数约为1—2%。

表5是多台FD-71统一刻度一年之后与高压电离室测定结果的比较。FD-71的测定均值和高压电离室在5%以内相符合,而FD-71测定值比高压电离室平均偏高2%。FD-71测定值的变异系数在4%以内。

6. 对环境条件的耐受能力

由于环境辐射仪的工作场所多为现场,所以必须能耐受各种恶劣的环境条件(如温度、湿度和运输等),否则,其使用范围将受到限制。FD-71是野外地质探矿仪器,所以,它不仅具有轻便、低功耗的特点,而且对恶劣环境也具有较好的耐受能力。它对环境温度和湿度的变化反映不灵敏。在原包装情况下,能够耐受住各种运输的考验。FD-71三次比对的温度变化范围大约为17—37℃,运输距离较远的可达几十公里至200公里。在北京比对时,除了一台出厂时间较早的仪器,南宁和兰州比对各有一台本来就有毛病的仪器临时出现过故障外,其余几十台仪器均能耐受住运输的考验。三次比对结果证明^[3],FD-71也能适应环境温度的变化,这与实验室得到的结果一致。在实验室条件下,在0—45℃的温度范围内,实验了12个温度点,FD-71在12个温度下读数的变异系数为2%。

到目前为止,FD-71随高压电离室已经测量过23个省(区、市)的部分地区,所遭到的环境温度范围约为-15℃(北方冬季)至+55℃(新疆吐鲁番盆地的7月份气温);所经历的湿度变化范围也是较大的,有新疆、青海、西藏等的干燥气候,也有我国南方的梅雨季节;它还经历过各种道路的长途运输,从没出现过由于运输造成的仪器工作不正常。总之,FD-71能够耐受一般可遇到的各种恶劣的环境条件。

本文承蒙史元明副教授的指导和审阅,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 王其亮等,中华放射医学与防护杂志,4,4,43(1984)。
- [2] NCRP, NCRP Report, 50, 76 (1976)。
- [3] 王其亮等,中华放射医学与防护杂志,5,4,266(1985)。

(1984年10月23日收到)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(上接第26页)

表1 对五批不同探测器连续观察的结果

(单位:只)

批数	装配总数	一次性合格数	热处理数	总成品数
1	6	4	2	5
2	4	2	2	3
3	6	4	2	5
4	6	3	3	5
5	6	3	3	5

表2 器件热处理后,在80V偏压条件下
反向漏电流 I_L 、噪声 N 随时间的变化

日期	2月28日	29日	3月1日	2日	6日	8日	12日
$I_L(\mu A)$	0.18	0.18	0.17	0.19	0.23	0.22	0.24
$N(kcV)$	9.1	9.2	9	9	9.5	9.2	9.2

注:探测器经过两周的考验后提供使用。表中 I_L 和 N 值的微小变化与测量系统、环境等因素有关。

本工作是在jack T. Wolton制备面垒探测器的工艺基础上进一步研究的结果,特此致谢。

(1986年2月3日收到)

acid without NH_3 and the powder of ammonium sulfate with NH_3 .

Keywords: electron beam irradiation removal of SO_2 absorbed dose

A new method of treating unstable noise and breakdown phenomenon in surface barrier detectors

Shen Haoyuan

(Shanghai Institute of Nuclear Research, Academia Sinica)

A new method of treating noise and breakdown phenomenon in transmission surface barrier detectors is reported. While a reverse bias is applied to the devices, the devices warm-up for short time and then cool down to room temperature, some may be recovered to normal characteristics. The result indicated that production rate of detectors were raised from 50—66% to about 80% by this method

Keyword: surface barrier detector

Characteristics of FD-71 scintillation radiometer for measurement of natural environmental radiation

Wang Qiliang

(Institute of Industrial Hygiene, China National Centre for Preventive Medicine)

FD-71 NaI(Tl) scintillation radiometer is a sensitive, simple and portable instrument. The characteristics for this radiometer are described in this paper.

The detection capability of FD-71 radiometer is $0.5\text{--}500 \mu\text{Rh}^{-1}$ for terrestrial gamma radiation. The differences of the readings between different instruments are generally within 5% and the differences in reproducibility and stability of different instruments are within 3% and 5%, respectively.

Keywords: FD-71 scintillation radiometer (NaI(Tl)) environmental
radiation flux range uniformity reproducibility stability

Determination of ancient ceramics reference material by neutron activation analysis

Li Huhou

(Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences)

Sun Jingxin Wang Yuqi

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

Lu Liangcai