

利用稳定辐射场估算仪器的宇宙射线响应值

吕 魁, 张 斌, 刘 明

中图分类号: TL81 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)02-0215-01

【摘要】 目的 介绍一种简便的方法测量并估算剂量率仪器的宇宙射线响应值。方法 将各种剂量率仪器在稳定辐射场中测量天然辐射剂量率, 减去稳定场中陆地 γ 辐射剂量率的参考值, 估算出剂量率仪器的宇宙射线响应值。并将估算值与湖面实测值进行比较。结果 估算值与实测值经统计检验是符合的。结论 稳定场估算法较简便, 可以作为湖面测量的一种补充方法。

【关键词】 宇宙射线响应; 稳定辐射场; 剂量率

天然本底辐射主要由宇宙射线和陆地 γ 射线组成。在普通本底地区, 宇宙射线的剂量率约占天然本底辐射外照射剂量率的 (30~40)%^[1]。我国幅员辽阔, 地磁纬度 λ_m 南以海南岛 (7.3°N) 北以黑龙江漠河 (42°N) 计, 跨越 34.7°N 恰处宇宙射线纬度效应较大区域^[2]。同时, 各种不同的剂量率仪对宇宙射线的响应值 (以下简称宇响值) 差别较大, 以高压电离室的响应值作为归一因子, 其他类型仪器对宇宙射线的响应因子约为 0.75~0.91^[3]。因此测算天然陆地 γ 辐射水平时, 其准确性在很大程度上取决于对宇宙射线响应值的扣除。国标《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》^[4] 中对宇宙射线的测量作了详细的规定。但依据该规范中的要求, 每台仪器均应在水深大于 3m 距岸大于 1km 的淡水湖面上测量。而且仪器损坏修复后, 也要在水面测宇响值, 这对大多数单位来说是难以做到的。

在全国环境天然贯穿辐射水平调查 (1983-1990) 期间, 许多单位均建立了稳定辐射场^[5], 笔者提出利用稳定辐射场 (以下简称稳定场), 对仪器的宇响值进行测量。

1 测量仪器和方法

1.1 仪器 选用灵敏度较高的高气压电离室作为对稳定场进行长期测量的仪器。所选仪器为中国原子能科学院研制的 YB-II 型高气压电离室, 能量响应范围 60keV~8MeV, 灵敏度因子 $14.6 \times 10^{-16} \text{ Ah/nGy}$ 。同时用其他类型的仪器进行比对测量, 以验证本方法的有效性。所用仪器有: 山东省即墨市微机应用研究所制造的 2 台 JW 3104 型便携式微电脑 X- γ 剂量率仪, 能量响应 25keV~3MeV; 3 台北京核仪器厂制造的 BH 3103A 型 X- γ 剂量率仪, 能量响应 25keV~3MeV。以上仪器均在中国计量院或上海计量院的检定有效期内。

1.2 稳定辐射场的建立 首先要选择一台灵敏度高并对宇宙射线响应好的仪器, 其宇宙射线响应值应按国标要求在淡水面上测定。稳定辐射场选在人为活动影响小、周围条件比较稳定之处。我们将稳定场选在江苏省辐射环境监测管理站的楼顶 (以下简称 1 场), 以 YB-II 高气压电离室作为基准仪器, 对稳定场的天然贯穿辐射剂量率长期测量并扣除仪器的宇响值。取其长期测量的平均值作为辐射场的参考值, 反映稳定场的陆地 γ 辐射剂量率水平。

1.3 利用稳定场值估算其他仪器宇响值 假设在稳定场以基准仪器长期测得陆地 γ 辐射剂量率平均值为 \bar{D} (nGy/h), 宇响值未知的仪器在稳定场中测得剂量率值为 D (nGy/h), 则该台仪器在稳定场中的宇响值估算为:

$$D_{\text{估}} = D \cdot \bar{D} \quad (1)$$

该公式虽然简单, 但稳定场参考值的建立需要长期坚持测量, 前期的工作量较大。但稳定场建立后, 其他仪器测宇响值则相当方便。

1.4 宇响值修正 在用淡水水面处宇响值实测结果换算到稳定场处的宇响值时, 须进行经纬度和海拔高度的修正。其关系式为^[2,6]:

$$D_{\text{稳}} = \frac{D_{\text{稳宇}}}{D_{\text{水宇}}} D_{\text{水}} \quad (2)$$

式 2 中 $D_{\text{水}}$ 是淡水水面处仪器的宇响值; $D_{\text{稳}}$ 是修正后稳定场处的仪器的宇响值; $D_{\text{稳宇}}$ 是稳定场处宇宙射线经验公式计算值, $D_{\text{水宇}}$ 是淡水面上宇宙射线经验公式计算值。以上各值的单位均为 nGy/h

其中 $D_{\text{稳宇}}$ 和 $D_{\text{水宇}}$ 的按下面的经验公式计算^[2,6]:

$$D_{\text{宇}} = (I_0 + 0.0098\lambda_m) \exp(7.27 \times 10^{-5} \cdot h^{1.184}) \times 15.0 \quad \lambda_m > 13^\circ \text{N} \quad (3)$$

$$D_{\text{宇}} = (I_0 + 0.127) \exp(7.27 \times 10^{-5} \cdot h^{1.184}) \times 15.0 \quad \lambda_m \leq 13^\circ \text{N} \quad (4)$$

式中: I_0 是 $\lambda_m = 0$ 和 $h = 0$ 时的宇宙射线电离量值, 单位为 $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; h 是计算点的海拔高度, m; λ_m 是计算点的地磁纬度, °N。由计算点的地理纬度 λ 和地理经度 φ 按下式计算:

$$\sin \lambda_m = \sin \lambda \cos 11.7^\circ + \cos \lambda \sin 11.7^\circ \cdot \cos(\varphi - 291^\circ) \quad (5)$$

2 估算结果验证

为了验证用稳定场估算宇响值是否可靠, 将前述多台仪器各自估算出的宇响值与全国环保系统 γ 辐射剂量率比时实测数据以及江苏省辐射站在连云港石梁河水库的实测数据进行比较, 结果列于表 1。

表 1 稳定场宇响值估算结果与实测值比较 (nGy/h)

测量仪器	稳定场宇响估计值 $D_{\text{估}}$	水面实测值 $D_{\text{水}}$	修正到稳定场宇响值 $D_{\text{稳}}$
YB-II	32	31 ¹⁾	31
JW 3104(701)	17	19 ¹⁾	19
JW 3104(702)	20	22 ¹⁾	22
BH 3103A(016)	14	16 ¹⁾ , 20 ²⁾	16, 18
BH 3103A(029)	20	24 ²⁾	22
BH 3103A(024)	17	16 ³⁾	16

注: 1) 该数据为 1998 年环保系统环境 γ 辐射剂量率比时时在梁山湖实测数据。2) 该数据为 2002 年环保系统环境 γ 辐射剂量率比时时在四川三岔湖实测数据。3) 该数据为江苏省辐射站在连云港石梁河水库实测数据。

以上数据中, 因四川的经纬度和海拔与江苏省差别较大, 其水面实测宇响值修正到稳定场处的宇响值时有差别, 其他实测值与修正值的差别小于 1nGy/h。对以上数据中估计值与修

作者单位: 江苏省辐射环境监测管理站, 江苏 南京 210036
作者简介: 吕魁 (1974~), 男, 河南商丘人, 硕士, 工程师, 从事放射环境监测工作。

正后的实测值进行成对数据检验, 成对数据差 $X_i = D_{估i} - D_{稳i}$, 则假设 $H_0: \mu_X = 0$; $H_1: \mu_X \neq 0$ 在水平 $\alpha = 0.05$ 下, 经 t 检验 $|t| = 2.09 < t_{0.025} = 2.45$ H_0 成立。说明在 95% 置信水平下, 未发现用稳定场来估算仪器的宇响值与实测法结果差别有显著性。

3 讨论

这种方法实质上是把稳定场的陆地 γ 辐射剂量当做本底予以扣除。一般情况下, 陆地 γ 辐射剂量在天然辐射外照射剂量中占 5% 左右, 这就造成这种方法的误差较大。如果所选稳定辐射场的剂量率较低, 测量误差会有所减少。但这种方法在实际工作中比较简便, 依据前文对比结果来看, 与湖面实测值比较接近。考虑到许多单位很难找到符合国标要求的淡水湖, 那么建立一个稳定辐射场, 对新买仪器进行宇响值测量, 还是有一定意义的。同时稳定辐射场还可做为检验仪器稳定性的手段, 并可利用它评估仪器状态对监测数据的影响^[7]。本方法实质上是给稳定辐射场多增添了一项使用功能, 同时并没有增加额外工作量。从这个意义上讲, 还是值得推广的。

参考文献:

[1] 于水, 王功鹏, 关首任. 低大气层宇宙射线剂量水平及机组人员受照剂量的研究 [J]. 辐射防护, 1997, 17(2): 103
 [2] 岳清宇, 金花. 低大气层中宇宙射线电离量的分布测量 [J]. 辐射防护, 1988, 8(6): 401-408
 [3] 任天山, 林莲卿, 陈志鹏, 等. 宇宙射线电离量的测定和几种探测器对宇宙射线的响应 [J]. 辐射防护, 1987, 7(8): 188
 [4] GB/T 14583-93 环境地表 γ 辐射剂量率测定规范 [S].
 [5] 全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组. 全国环境天然贯穿辐射水平调查研究 (1983-1990年) [J]. 辐射防护, 1992, 12(2): 96
 [6] HJ/T 61-2001 辐射环境监测技术规范 [S].
 [7] 何振芸, 朱兴胜, 黄乃明, 等. 世界室外辐射剂量率水平数据的变化及在环境监测中应予注意的问题 [J]. 辐射防护通讯, 2001, 21(4): 10

(收稿日期: 2006-09-26)

【工作报告】

一台中高频 C形臂 X射线机的故障排除

郑传斌, 吴凡, 赵娜, 王思红, 刘晋

中图分类号: TL75⁺2.3 文献标识码: D

1 设备与方法

1.1 设备 该设备是意大利生产的 Euocolimbus C形臂 X射线机。

1.2 故障现象 在介入手术过程中监视器突然没有图像, 但监视器显示有 X射线产生的指示。

1.3 故障分析 从故障现象分析, 首先要考虑影像增强器内的摄像机, 其次考虑束光器是否完全关闭, 最后考虑机器的控制电路是否出现故障。

1.4 故障检修 第一步: 拆开影像增强器取出摄像机, 用它对准其他物体摄像, 监视器显示有图像, 说明摄像机正常。第二

步: 检查束光器。拆开 X射线球管, 操作束光器控制键, 把束光器打到最大后曝光, 故障现象不变, 说明束光器工作正常, 不会引起上述故障。第三步控制电路检修: 打开控制台护板, 检查各接插件和保险管, 未发现异常现象。在判断故障电路时, 首先需要检查机器有无高压。转换机器功能键至摄影功能, 给某一物体摄影, 经显、定影处理后, 胶片无图像, 该试验说明监视器 X射线产生的指示只能证明机器的自检电路是正常的, 机器其实并未真正产生 X射线, X射线机可能没有产生高压, 接下来检修高压电路。线路连接见图 1

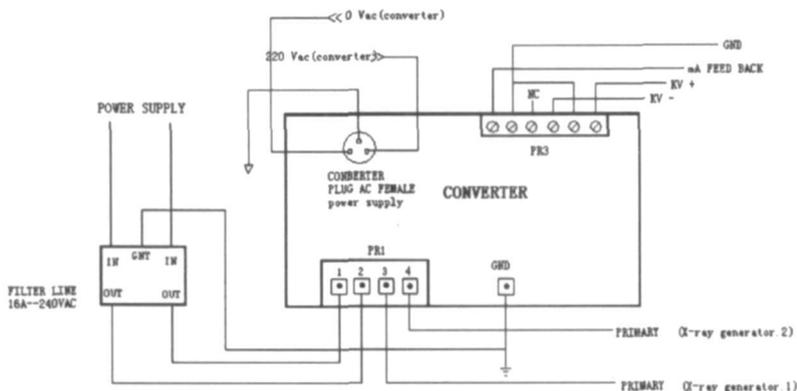


图 1 该 X射线机电路图

把 X-ray generator的 1、2 端和 FILTER LINE的 OUT端断开, 拆除 CONVERTER(逆变器), 测量与 CONVERTER(逆变器) 1、2 输入端连接的两个 660V 50A 的保险管, 发现其已熔断。更换新保险管后作通电试验, 机器总电源开关跳闸。断开 CONVERTER(逆变器)的 3、4 端, 机器故障同前, 说明 CONVERTER(逆变器)电路中有短路现象。检查直流电源, 应用数字万用表电阻档测量 36MB 80A 整流块, 万用表指示元器件是好的。检查逆变电路, 电路的重要组件是 IGBT管, 用万用表测量发现 IGBT管全部击穿, 继续检查与 IGBT管相连的元件, 发

现一个二极管和效应电容被击穿。更换以上元件后重新试机, 机器恢复正常。

2 体会

中高频(也称逆变式) X射机, 是将工频电源整流、滤波, 形成直流电源, 经高压初级的 IGBT管向高压发生器供电, 再经倍压整流后加到 X射线管。逆变电路分为三部分①直流电源②直流逆变③逆变控制。在中高频 X射线机维修时要特别注意以下几项: ①主电路中主电容在关电后存有电荷, 必须待放电完毕才能检测, 以防电击。②更换 IGBT管时, 必须采用与原来同型的 IGBT管。