

X、 $\gamma$  射线测量仪器的选择及合理使用

李舟

中图分类号: TL81 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2005)02-0145-02

**【摘要】** 目的 简述几种常用 X、 $\gamma$  射线检测仪器的性能结构和正确使用办法。方法 根据仪器的性能特点对其进行分析和比较。结果 针对不同的辐射场所推荐不同性能的测量仪器。结论 正确选择测量仪器是准确评价放射工作场所安全性的质量保证。

**【关键词】** X、 $\gamma$  射线; 测量仪器; 合理使用

用于 X、 $\gamma$  辐射场中检测射线的仪器种类繁多, 一般大致分为两类: 一类为定性测量装置, 如各类射线报警仪、个人剂量仪以及一些结构原理简易的现场监测仪器, 通常这类仪器大部分是为监控、查找辐射源或预防辐射现场出现意外情况而设计的, 其特点是灵敏度高、反应快, 且重量轻、体积小、操作简单、便于携带, 当射线超过一定阈值时, 仪器报警提示。但此类仪器测量误差大, 只能达到快速定性、粗略测量的目的。另一类为定量测量装置, 如针对不同射线种类采用不同探头原理设计的监测仪器, 其特点是可根据辐射源不同的能量范围和不同的剂量范围对辐射场进行较为准确的测量, 且性能稳定、仪器测量误差小, 能达到定性和定量测量的目的。在放射防护工作中, 定量测量装置占主导地位, 而正确选择和使用这类现场检测仪器是值得研究和探讨的。

## 1 材料和方法

## 1.1 常见辐射检测仪器 RGD-3A 热释光剂量仪和剂量计、

表 1 仪器性能比较

仪器型号	探头类型	能量范围	时间响应	测量范围	显示方式
BH3103A	塑料闪烁体+硫化锌晶体	36 keV ~ 3 MeV	$\mu$ s 级	0 ~ 0.1 mGy/h	数字式
CKL3130	塑料闪烁体+硫化锌晶体	25 keV ~ 3 MeV	$\mu$ s 级	0 ~ 10 mGy/h	数字式
FD-71A	碘化钠晶体	能响单一	< 0.5 s	0 ~ 0.01 mGy/h	指针式
FD-3013A	碘化钠晶体	能响单一	< 0.5 s	0 ~ 0.2 mGy/h	数字式
FJ-347A	电离室	10 keV ~ 10 MeV	3 ~ 8 s	0 ~ 10 Gy/h	指针式
BABYLINE31	电离室	10 keV ~ 10 MeV	1 ~ 10 s	0 ~ 1 Gy/h	指针式
451P	电离室	25 keV ~ 1 MeV	1.8 ~ 5 s	0 ~ 50 mGy/h	数字式

经过修正<sup>[1]</sup>可以得出本底值和某段能量的辐射值。因 BABYLINE-31 型和 FJ-347A 型 X、 $\gamma$  剂量率仪的最低量程为  $10 \mu$ Gy, 加之在最低量程档时仪器指针漂移大, 故环境本底无法测出。

## 3 讨论

用于 X、 $\gamma$  射线场所的测量仪器有相应的性能要求, 但笔者认为有两点比较重要, 一是考虑仪器的能量响应, 二是考虑仪器的时间响应, 现根据几个不同的辐射场所分别进行讨论。

3.1 测量医用诊断 X 射线机场所 测量仪器应在 10 kV ~ 120 kV 的低能部分有较好的能量响应, 方能达到较为准确的测量。如 BABYLINE-31 型和 FJ-347A 型采用电离室的探头, 能量响应范围 10 keV ~ 10 MeV, 451 P 型的能响范围 25 keV ~ 1 MeV, 是比较理想仪器; BH-3103A 型和 CKL-3130 型采用塑料闪烁体加硫化锌晶体补偿的探头, 能量响应范围 25 keV ~ 3 MeV, 基本上也能满足医用诊断 X 射线机场所低能部分的测量。从时间响应来看, 医用诊断 X 射线机透视曝光的时间在 10 s 以上时, 以上几种仪器都可测量。若摄片的曝光时间在 0.1 ~ 1.5 s 之间

BABYLINE-31 型 X、 $\gamma$  剂量巡测仪(以下简称 BABYLINE-31 型)、451P 型 X、 $\gamma$  巡测仪(以下简称 451P 型)、FJ-347A 型 X、 $\gamma$  剂量率仪(以下简称 FJ-347A 型)、BH-3103A 型 X、 $\gamma$  剂量率仪(以下简称 BH-3103A 型)、CKL-3130 型 X、 $\gamma$  剂量率仪(以下简称 CKL-3130 型)、FD-71A 型辐射仪(以下简称 FD-71A 型)、FD-3013A 型辐射仪(以下简称 FD-3013A 型)等, 以上设备和装置的技术资料及说明书、计量部门的检定和测试证书。

1.2 方法 选择不同的 X、 $\gamma$  辐射场, 在相同时间、相同条件下将比对的仪器在相同位置进行测量, 并将现场实验测量结果进行数据处理、统计分析。

## 2 几种常见仪器性能比较(表 1)

其中 BH-3103A 型和 CKL-3130 型 X、 $\gamma$  剂量率仪属于环境级的测量仪器, 因此他们的量程比较小, 即可测量辐射环境的本底值, 又可测量低剂量段的数值, 是比较理想的常用仪器。FD-71A 型和 FD-3013A 型辐射仪量程也比较小, 作为环境测量

时, FJ-347A 型的时间响应是 3 ~ 8 s, 则无法收集到射线; BABYLINE-31 型的时间响应为 1 ~ 10 s, 只有当摄片曝光时间在 1 s 以上该仪器才能够响应, 但从响应到最大值则要视射线量的大小和曝光持续时间, 如测量仪器指针一直在上升表明正在收集射线, 只有当指针恒定时, 方能达到最大值, 故也会出现较大的误差; 451 P 型的时间响应为 1.8 ~ 5 s, 同样也不能满足 1.5 s 以内曝光时间的射线测量。BH-3103A 型和 CKL-3130 型采用数字式表头, 且时间响应都是  $\mu$ s 级的, 但 BH-3103A 型设计的采样测量时间是 1 s, 中间间隔 2 s 循环测量(不能改变此设置), 如摄片曝光时间正好落在测量的 1 s 里, 数据是可信的, 否则将随着曝光时间和采样时间错位的程度出现相应误差, 有时甚至捕捉不到射线。而 CKL-3130 型采用了 1 ~ 99 s 可调式测量时间的设计, 突出了采样时间上的优势, 克服了摄片曝光时间短、射线不易收集的难题, 基本上可满足医用诊断 X 射线机场所及环境的测量。而 FD-71A 型和 FD-3013A 型等采用碘化钠晶体探头的仪器, 能量响应的局限性很大, 其低能部分响应极差, 故在医用诊断 X 射线机场所是根本无法测出较为准确的数据。

3.2 测量医用加速器场所 首先要考虑检测仪器的能量响应是否能达到要求, 因为医用加速器场所杂散射线能量是比较复杂的, 测量这些漏射线和环境剂量时, 测量仪器的能量响应必

须范围宽且成线性,方能达到较为准确的测量。其次由于医用加速器的照射时间一般都大于 10 s,故 X 射线能量在 10 MV 和电子能量在 10 MeV 以下的医用加速器,采用 BABYLINE-31 型和 FJ-347A 型此类仪器以及热释光剂量计法测量比较合理。若能量在 10 MeV 以上的医用加速器,应采用能量响应适合的测量装置或热释光剂量计法(经过能量刻度)测量比较理想,而表 1 中的仪器性能均达不到该场所测量的要求。

3.3 测量  $\gamma$  放射源的工业探伤和医用放射治疗场所 由于放射源的能量都是已知和固定的,且照射(曝光)时间不受限制,故测量仪器只要达到能量响应和量程范围的要求即可测量;测量 X 射线的工业探伤和医用放射治疗场所时,因照射(曝光)时间也比较长,常用仪器的时间响应不成问题,只要能量响应在 100 keV ~ 1 MeV 之间有较好的线性,均能达到要求。

3.4 热释光剂量计 用经过能量刻度的热释光剂量计法测量各种辐射场所应当是比较准确的,但在一个场所需要布放若干测量点才能了解剂量分布情况,且现场不能反映测量结果以采取及时的防护措施,需将剂量计带回实验室测量后方可作出评价。另外,在不同时间、不同条件下的测量也给计算带来很大

麻烦,故此法工作量大、效率低,除能量在 10 MeV 以上的医用加速器和特殊环境下的测量外,一般现场很少采用。

正确选择测量仪器是准确评价放射工作场所安全性的质量保证。目前,相关国家标准对放射工作人员和公众的受照剂量都给出剂量限值<sup>[2]</sup>,但并没有对所有的辐射场所规定检测仪器的性能指标<sup>[3]</sup>,假如测量仪器选择使用不当,数据测量不准确,如何对放射工作场所以及放射工作人员和公众作出正确的辐射剂量估算。纵观近几年的相关文献报道,时常有一些由于仪器选择不合理而出现不规范的检测数据和不准确的评价。故建议相关国家标准中,应明确测量仪器的使用范围和性能指标,为正确评价各类放射性场所的安全性提供科学规范依据。

参考文献:

- [1] 欧向明,赵士安. FD71A 型  $\gamma$  辐射仪的性能及正确使用[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2002, 22(4): 238.
- [2] GB18871-2002, 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
- [3] GBZ117-2002, 工业 X 射线探伤卫生防护标准[S].

(收稿日期: 2005-01-16)

【工作报告】

# 承德外八庙氡水平

贾立芳<sup>1</sup>, 刘风霞<sup>1</sup>, 曾强<sup>1</sup>, 唐辉<sup>2</sup>, 张晓民<sup>1</sup>, 王勇<sup>2</sup>, 白志军<sup>2</sup>, 付学峰<sup>1</sup>, 刘美霞<sup>1</sup>

中图分类号: R145 文献标识码: D

承德外八庙是享誉中外的游览圣地,是我国重要文物保护单位,其中罗汉堂、安远寺与涌仁寺由于种种原因未能向游客开放,其他五座庙宇每年接待游客近百万人次。由于承德地处山区,外八庙周围多岩石分布,如通风不畅,易引起建筑内氡浓度过高,在以往的测量中,我们发现这些场所中氡浓度有超过由 ICRP 从职业照射最大允许值导出非职业人员最大允许值 37 Bq/m<sup>3</sup><sup>[1]</sup>的情况。经改善通风条件等措施后,我们进一步测量了这些景点及服务区氡浓度水平,以保证游客及工作人员的身体健

### 3 结论及分析

本次监测结果明显低于 20 世纪 90 年代初期测量值,当时须弥福寿之庙办公室氡浓度值高达 58.4 Bq/m<sup>3</sup>,最低浓度位于须弥福寿之庙内,氡浓度值为 22.6 Bq/m<sup>3</sup><sup>[1]</sup>,其最低浓度仍高于本次测量最高值 18.5 Bq/m<sup>3</sup>,说明景点通风措施明显改善。根据我国放射卫生防护基本标准 GB18871-2002 规定,公众中个人全身受到的年有效剂量当量应低于 1 mSv,按文献提供的数据,假定工作人员年工作时间为 2 000 h,呼吸率为 20 L/min (1.25 m<sup>3</sup>/h, 10 m<sup>3</sup>/d 或 2 500 m<sup>3</sup>/a),当吸入 1 Bq/m<sup>3</sup> 的等效平衡浓度氡时,一年内吸入的氡子体 a 潜能为 1.4 × 10<sup>-5</sup> Ja<sup>-1</sup>,当受照为 1 WLM 时,吸入的氡子体 a 潜能为 4.4 × 10<sup>-3</sup> Ja<sup>-1</sup>,根据 UNSCEAR1982 年报告给出的建议值,吸入氡子体释放的 a 潜能 1J 使呼吸系统受到的剂量当量,职业人员为 2.5 SvJ<sup>-1</sup>,当氡子体产生的照射为 1 Bq/m<sup>3</sup> 或 1 WLM 时,职业人员吸入氡子体使肺部受到的剂量当量分别为 3.5 × 10<sup>-5</sup> Sv 及 10 × 10<sup>-3</sup> Sv<sup>[2]</sup>,估算出外八庙工作人员的年有效剂量当量,见表 2。

表 2 外八庙工作人员的年有效剂量(mSv/a)

景点	普宁寺	普陀宗胜之庙	须弥福寿之庙	普乐寺	普佑寺
剂量	0.15	0.06	0.15	0.05	0.09

由表 2 可见外八庙工作人员所受照射年有效剂量当量范围为 0.09 ~ 0.15 mSv/a,该值为正常辐射水平,对于只作短暂停留的公众来说,在公共场所受到的剂量当量要远低于 0.15 mSv/a,承德外八庙游览区氡浓度不会给工作人员及游客造成健康危害。

参考文献:

- [1] 周连江,杨彦文,周开建,等. 用核径迹法测定承德风景名胜区的氡[J]. 中国辐射卫生, 1993, 2(2): 69-70.
- [2] 王作元. 氡及其子体的特性及其剂量估算考虑[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1984, 4(3): 67.

(收稿日期: 2004-10-01)

### 1 研究对象及研究方法

1.1 研究对象 本次调查了承德外八庙中的 5 个,每个庙宇至少选 3 个点进行测量,如发现各监测点少且结果相差较大,增加监测点数直到测量结果能均匀分布。

1.2 研究方法 采用美国 1027 连续测氡仪,在景点正常工作时间进行,高度距地面 1 m,选取工作人员及游客经常出现的位置作为测量点。仪器经计量部门认证合格。

### 2 监测结果

各庙宇氡浓度监测结果见表 1。

表 1 各景点氡浓度监测结果(Bq/m<sup>3</sup>)

景点	氡浓度范围	均值	标准差	测量点数
普宁寺	3.7~18.5	11.1	4.5	12
普陀宗胜之庙	3.7~7.4	4.4	1.6	5
须弥福寿之庙	3.7~18.5	10.5	6.6	15
普乐寺	3.7	3.7	0	4
普佑寺	3.7~11.1	6.8	2.8	6