

MC—3C 型核子湿度密度仪的辐射防护

黄冬明<sup>1</sup>, 李 炜<sup>2</sup>, 张显鹏<sup>2</sup>, 张丹枫<sup>3</sup>

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004—714X(2005)01—0044—01

【摘要】 目的 为 MC—3C 型核子湿度密度仪操作者提供防护措施。方法 通过现场调查和辐射水平监测, 研制短途搬运防护车。结果 对核仪表储存、运输、搬运、测量等全过程提出了有效防护措施。结论 应用该类核仪表必须采取防护措施, 采用短途搬运防护车可使操作者的受照剂量减少 82.6%~98.1%。

【关键词】 核仪表; 辐射水平监测; 辐射防护

核子湿度密度仪(以下简称核仪表)系快速、准确、无破损测量各种土层、沥青、混凝土等建筑材料的密度和含水量的仪器, 广泛用于公路、水库、江河堤坝建设的质量检测, 由于核仪表是利用被测材料对射线( $\gamma$  射线和中子辐射)的吸收多少来判断湿度和密度的, 故在储存、运输和使用过程中应做好辐射防护, 以确保操作者和公众的健康与安全。

1 放射源

核仪表装有两个放射源, 其有关数据见表 1。

2 辐射水平

表 2 核湿度密度仪辐射水平( $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ )

核仪表状态	距仪表 5 cm				距仪表 100 cm				操作位 <sup>2)</sup>
	前	后	左	右	前	后	左	右	
储源状态	26.7	36.3	30.8	22	2.34	2.23	4.21	3.76	
工作状态源处于地表	73.7	106.2	12.6	82.1	4.35	3.22	3.32	3.81	7.3
工作状态源处于地下 15 cm	38.7	38.2	11.4	52.1	1.61	2.48	3.25	1.91	8.9

注: 1) 辐射水平指  $\gamma$  射线与中子剂量之和; 测试仪器为美国 451P 型加压电离室 X、 $\gamma$  巡测仪和美国 190N 型中子测量仪; 测试数据由山东省疾控中心辐射防护安全所提供。2) 操作位指操作者在操作时胸部所处位置。

3 工作场所控制水平

国家职业卫生标准《含密封源仪表的卫生防护标准》(GBZ125—2003)规定, 发射  $\gamma$  射线或中子辐射的核仪表, 距核仪表外围 5 cm 及 100 cm 处的剂量当量率若分别小于  $25\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  或  $2.5\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ , 在工作场所对人员的活动范围不受限制; 若分别大于  $25\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  或  $2.5\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  则在距核仪表 3 m 的区域内不应有人进入。表 2 中的数据表明, 无论核仪表处于储源状态

对核仪表在储存状态和工作状态下, 距核仪表表面 5 cm 和 100 cm 处不同方位的  $\gamma$  射线与中子辐射的辐射水平进行了监测, 其总的辐射水平列于表 2。

表 1 放射源的类型与特性

类型	放射性核素	放射性活度 GBq(mCi)	半衰期 (a)	射线能量(MeV)	
				平均	最大
$\gamma$ 源	$^{137}\text{Cs}$	0.37(10)	30.17	0.662 <sup>1)</sup>	
中子源	$^{241}\text{Am}-\text{Be}$	1.85(50)	432	4.5 <sup>2)</sup>	11.5

注: 1)  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$  射线的能量为单一能量; 2)  $^{241}\text{Am}-\text{Be}$  中子源发射的中子为连续能谱, 其平均能量为 4.5 MeV。

还是工作状态, 其辐射水平均在后一种剂量率范围内, 因此, 对每一个操作步骤, 必须采取相应的防护措施, 以确保操作人员及周围人员的安全。

4 防护措施

4.1 核仪表储存 根据国家职业卫生标准 GBZ125—2003 规定和表 2 中所列辐射水平, 核仪表应存放在单独房间内(专用库房或无人停留的房间), 以免无关人员受到不必要的照射, 并要加锁保管, 防止放射源丢失。

4.2 核仪表运输 核仪表运输分为长途运输和短途搬运。

长途运输指将核仪表从储存库房提出装在汽车上运往测

作者单位: 1 山东交通学院, 山东 济南 250025; 2 山东省疾病预防控制中心; 3 山东省医学科学院放射医学研究所  
作者简介: 黄冬明, 男, 山东临清人, 工程师, 从事公路建设工作。

治疗室内工作时间最长约 208 h, 实际测得治疗床附近工作人员操作处的剂量率超过  $2.0\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 因此工作人员年剂量为  $0.42\text{mSv}$ , 二是控制室等工作场所所接受的照射:  $8(\text{h})\times 5(\text{d})\times 50(\text{周})\times 0.37(\text{控制室辐射})=0.74\text{mSv}$ , 年受照总剂量为  $1.16\text{mSv}$ , 满足剂量限制的要求。

5 讨论

该医院的立体定向  $\gamma$  射线体部治疗系统工作场所有治疗室、控制室和定位室等组成, 布置合理; 治疗室为控制区, 其他区域为监督区; 有辐射标志; 有各项连锁; 机房墙、顶棚、门外的剂量率水平符合国家标准要求; 臭氧浓度达到国家标准; 机房面积符合国家标准要求。

参考文献:

[1] GB/T16136—1995  $\gamma$  远距离治疗室设计的放射防护要求[S].  
[2] IAEA 安全丛书, 国际电离辐射和辐射源安全的基本[S].  
[3] Q/19SZA001—1999 立体定向伽玛射线全身治疗系统[S].  
[4] GB4792—84 放射卫生防护基本标准[S].  
[5] GB16351—1996 医用  $\gamma$  射线远距离治疗设备放射卫生防护标准[S].  
[6] 卫防字 2000 第 109 号, 军队放射防护监督实施办法[S].

(收稿日期: 2004—05—26)

低本底测量系统测定水中的放射性

谭汉云

中图分类号: TL81 文献标识码: B 文章编号: 1004—714X(2005)01—0045—02

【摘要】 目的 探讨了影响测量结果的试验条件及变化规律, 分析水中矿化度与其放射性的相关性。方法 使用 IN20 低本底测量装置, 对标准源的选择、取水量、测量时间及残渣放置时间、矿化度等进行试验分析。结果 使用本测量系统, 标准源选为<sup>239</sup>Pu、取水量至少 2 L、测量时间为 6 h 为宜, 水库水残渣放置 3 d 后, 总 α、总 β 读数稳定, 水中矿化度与放射性成正比关系。结论 使用上述条件进行水中的放射性测量, 结果满意。

【关键词】 总 α; 总 β; 放射性; 水

随着核科学在能源、工业和医学方面的应用, 放射性核素对环境的污染也逐渐增多, 为评价放射性造成的危害, 对饮用水中放射性的准确测定, 定期对水质质量进行监测显得尤其重要。我们从 1989 年开始对出厂水、管网水和水源水中总 α、总 β 放射性进行监测, 到 2001 年 6 月参照《生活饮用水卫生规范》<sup>[1]</sup> 测量水中总 α、总 β, 下面对影响测量结果的几个试验条件进行分析。

1 仪器和试剂

IN20 低本底测量装置(法国), 高温炉, 电热板, 红外线干燥灯, <sup>239</sup>Pu(中国计量科学研究院), 乙醇丙酮混合液: 按 1:1(V/V) 配制, 氯化钾(国家标准物质研究中心)。

2 样品处理及测量

作者单位: 广州市疾病预防控制中心, 广东 广州 510080  
作者简介: 谭汉云(1964~), 女, 广东新会人, 副主任技师, 从事卫生检验检测工作。

试现场。根据表 2 所列储源状态下的辐射水平, 应选用面包车或小货车装运, 汽车司机及伴随人员要距核仪表至少 1.5 m 以上。

短途搬运指在测试现场从一个测点转移至另一个测点的过程。一般在施工现场(如公路建设)要测多个点, 如每隔 50 m 就要测一个点。可连续测 10 个点。对这种短途转运不宜直接手提核仪表搬运, 因搬运者躯干距核仪表仅 20~30 cm, 受照剂量较大, 应采用专用短运工具。为此, 我们研制了一种专用防护车。该车车身长 90 cm, 宽 50 cm, 推车把手臂长 40 cm, 底盘之上的远端固定一个盛放核仪表的防护箱, 防护箱内径长 45 cm, 宽 35 cm, 三面高 20 cm, 朝向把手的一面高 40 cm, 由防中子材料含硼石墨板和屏蔽 γ 射线的铅板制成。防护箱之前端, 另设一个长 45 cm, 宽 20 cm 的小工具箱, 存放打孔用的导板、钻钎和锤子。防护车底盘之下安装 4 个万向轮。使用这种防护车一是使受照距离从 30 cm 之内延长至 100 cm 以上; 二是增加了对中子与 γ 射线的屏蔽防护, 这两项措施可使搬运人员的受照剂量减少 82.6%~98.1%(详见表 3)。

4.3 核仪表测量 在测量前用导板和钻钎准备测孔时, 要将核仪表移至 3 m 之外。将 γ 源金属杆放入测孔以及按键盘和观察显示器读数时, 操作者要尽可能使身体躯干部位、眼睛和甲状腺远离仪表放射源, 而且动作要准确、迅速, 尽量缩短照射时间。

5 讨论

5.1 自主防护措施 MC-3 型核子湿度密度仪是一种自动化程度较高的核仪表, 应用比较广泛而方便。但由于它装有 γ 源和中子源, 又是在野外现场测试, 故在测量时难以采用封闭性

2.1 样品处理 取 2 L 已酸化的水样(每 1 L 水样加 20 ml 硝酸)分次加入 2 000 ml 烧杯中, 使水样体积不超过烧杯容积的一半, 在可调温电热板上加热, 蒸发浓缩至 50 ml, 冷却。将浓缩液转入已预先在 350 ℃下恒重的瓷蒸发皿, 用少量水分次洗涤烧杯, 洗涤液并入瓷蒸发皿, 置于红外灯下小心加热、蒸干。将蒸发皿连同残渣放入高温炉, 350 ℃灰化 1 h, 取出放入干燥器中冷却至室温。

2.2 样品源的制备 准确称量固体残渣质量后, 用研钵将固体残渣研细, 用数滴丙酮把残渣粉末和成泥, 用压样器将固体粉末铺设均匀、平整。在红外灯下烘干, 之后放入干燥器中冷却, 再准确称取测量灰样 0.0706 g 放入已称量的样品盘中。

2.3 测量 将样品盘放在预先用 α、β 标准源刻度过并测定了本底的 IN20 低本底测量装置中进行测量。

3 结果和讨论

3.1 标准源的选择 水中所含有的 α、β 放射性核素很多, 我

表 3 MC-3C 型核子湿度密度仪短途搬运防护车防护效果<sup>1)</sup>

		相当于操作者身体主要部位 剂量当量率(μSv·h <sup>-1</sup> )				
		头部	胸部	腹部	手	下肢
中子 剂量	手提搬运	1.07	1.4	2.04	5.7	5.7
	采用防护车	0.01	0.34	0.13	0.13	0.01
	防护效率 <sup>2)</sup> (%)	99.1	75.7	93.6	97.7	99.8
γ 剂量	手提搬运	1.2	2.5	4.0	6.3	12.6
	采用防护车	0.34	0.34	0.4	0.34	0.34
	防护效率(%)	71.7	86.4	90.0	94.6	97.3
中子 γ 总 剂量	手提搬运	2.27	3.9	6.04	12	18.3
	采用防护车	0.35	0.68	0.53	0.47	0.35
	防护效率(%)	84.6	82.6	91.2	96.1	98.1

注: 1) 测试仪器: 美国 451P 型 XY 巡测仪和美国 190N 型中子测量仪, 测试数据由山东省疾控中心辐射防护安全所提供; 2) 防护效率系指采用防护车后与手提搬运相比剂量减少的百分数。  
较好的屏蔽防护, 只能采用时间防护和距离防护这两种由操作者自身决定的自主防护措施, 即操作者有意识尽可能远离放射源, 缩短操作时间, 以降低受照剂量。为此, 操作者就必须接受测量技术与防护知识的培训, 做到熟练掌握测量技术, 增强防护意识, 有较高的安全文化素养。

5.2 防中子材料 对中子的屏蔽防护, 我们试用含硼石墨代替含硼石蜡或聚乙烯, 同样可达到防护要求, 而且易于加工制作。