

# 武汉市放射源单位监测结果调查与分析

王新国, 刘建安, 黄兆慧, 杜金海

中图分类号: R145; X591 文献标识码: D 文章编号: 1004-714X(2003)03-0154-01

**【摘要】** 目的 调查武汉市 2002 年放射源单位办证及放射源使用与管理情况, 并对放射源工作现场放射性剂量进行监测分析。方法 对放射源容器表面 5 cm 和 100 cm 处上下左右前后 6 个方向进行测量读数, 并取其均值。结果 给出了武汉市放射源使用及监测的基本情况, 放射性警戒标志使用率为 32%, 个人防护用品配备率为 56%, 放射工作人员个人剂量佩戴率为 38.2%, 现场监测的中子水分仪放射性平均剂量超过国家标准。结论 此次调查结果对我市今后的放射卫生监督工作具有一定的参考价值。

**【关键词】** 放射源; 放射性剂量; 现场监测

目前, 放射源在我国工业、农业、医疗、科研和教育等领域的应用日益广泛, 对促进我国经济发展和社会进步发挥了重要作用。但是, 放射源是一种危险物品, 如果使用、保管不善, 致使放射源丢失、被盗就会对人民生命财产和公共安全造成很大危害。为此, 就我市 2002 年生产、使用、销售放射源单位基本情况 and 含密封源仪表辐射剂量水平进行了一次监测调查。现报告如下。

## 1 监测仪器及方法

1.1 监测仪器 含密封源仪表周围剂量用 FD-3013 型数字  $\gamma$  辐射仪测试, 中子用 FJ-342G1 中子剂量仪测试, 两种仪器使用前均经湖北省计量局进行校正。

1.2 监测方法 依据规定的监测条件和方法<sup>[1]</sup>, 在含密封源仪表工作场所距源容器表面 5 cm 处、100 cm 处上、下、前、后、左、右 6 个方向进行测试读数, 每个方向测量 3 次, 取其均值进行评价。

1.3 评价标准 含密封源仪表的使用场所距源容器表面 5 cm 处的剂量当量 H 控制值: 人员活动范围不限制剂量当量控制值  $H < 2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 1 m 区域内很少有人停留剂量当量控制值  $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \leq H < 25 \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 3 m 区域内不可能有人进入剂量当量控制值  $25 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \leq H < 250 \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。距源容器表面 100 cm 处的剂量当量 H 控制值: 人员活动范围不限制剂量当量控制值  $H < 0.25 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 1 m 区域内很少有人停留剂量当量控制值  $0.25 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \leq H < 2.5 \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ; 3 m 区域内不可能有人进入剂量当量控制值  $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \leq H < 25 \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。含密封源仪表放射工作场所一般符合“1 m 区域内很少有人停留剂量当量控制值”要求。

## 2 调查结果及分析

### 2.1 含密封源仪表的使用与管理情况

2.1.1 含密封源仪表单位分类 此次调查单位分使用含密封源仪表单位(包括闲置放射源单位)和销售含密封源仪表单位两类, 使用单位共 45 家, 销售单位 5 家, 两者合计共 50 家(不含省管单位)。

2.1.2 含密封源仪表办证情况 共有 3 家含密封源仪表使用单位(1 家停产、2 家倒闭)未办理《放射性同位素工作许可证》, 办证率为 94.0%。

2.1.3 含密封源仪表的使用情况①全市使用放射性警戒标志的含密封源仪表单位有 16 家, 占总数的 32%; ②个人防护用品配备率为 56%。③含密封源仪表单位共有放射工作人员 317 人, 289 人办理了《放射工作人员证》, 办证率为 91.2%; 个人剂量佩戴数为 121 人, 占总数的 38.2%。可以看出, 我市在放射

源管理上距相关法律法规<sup>[2,3]</sup>要求还存在相当大的差距, 特别是放射性警戒标志的使用, 个人防护用品的配备以及放射工作人员个人剂量计佩戴等环节的管理上存在较大问题。分析原因可能有以下几方面: 卫生监督管理力度下降; 含密封源仪表使用单位自身对放射工作的重视程度不够, 单位内部管理很差, 导致放射防护规章制度不全无放射防护管理小组, 从而使各项放射防护管理未能落实到位; 放射工作人员自身防护意识差。很多一线操作工缺乏对放射线的正确认识, 不按程序操作。

2.2 检测仪表的使用场所和相应的泄露射线控制量监测结果(见表 1)

表 1 检测仪表的使用场所和相应的泄露射线控制量监测结果( $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ )

类型	台数	距源容器		周围环境
		表面 5 cm 处	表面 100 cm 处	
料位计	33	20.2±4.8	1.8±1.1	0.25±0.04
核子秤	13	23.5±6.6	1.4±0.5	0.24±0.04
密度计	12	13.7±3.5	1.1±0.4	0.26±0.03
厚度仪	7	23.6±7.9	2.6±1.5	0.23±0.04
液位计	6	14.9±4.1	2.1±1.2	0.26±0.03
中子水分仪	4	34.7±5.6	2.8±1.4	0.21±0.04
合计	75	21.8±5.4	2.0±1.0	0.24±0.04

从表 1 监测结果可看出, 中子水分仪的源容器表面 5 cm 处及 100 cm 处放射性剂量超过“1 m 内区域很少有人停留控制值”的控制标准限值。其他五种类型的核仪表监测结果均值在此标准范围内, 但也有些监测点监测值超过此标准。由此可见, 加强含密封源仪表的防护, 保护操作工人身体健康是今后职业卫生监督管理工作中值得关注的问题。

## 3 建议

3.1 加强含密封源仪表单位的自身管理意识 单位领导的重视程度直接决定了放射源管理工作的好坏, 要落实管理责任制, 全面提高单位领导的安全防护意识, 定期组织放射防护法规知识的学习, 提高认识, 加强自身安全管理。

3.2 加强放射工作人员的培训 放射工作人员必须定期加强防护专业知识培训, 强化安全防护意识。目前, 武汉市内放射工作人员培训率较低, 因此要大力加强放射防护法规知识宣传工作, 全面提高我市放射工作人员素质, 做到放射防护实践的正当化、放射防护的最优化和个人剂量限值。

3.3 加大对含密封源仪表单位的监督管理执法力度 市卫生行政部门、市公安局和环保部门要进一步加强合作, 统一协调布置工作。力争每年进行一至两次大型放射源专项整治工作, 发现问题及时解决, 保证放射源帐物清楚、废弃及闲置放射源得到及时有效的处理。

(下转第 156 页)

作者单位: 武汉市卫生监督所, 湖北 武汉 430022  
作者简介: 王新国(1972~), 男, 湖北武汉人, 主管技师, 主要从事放射卫生研究。

浸没照射剂量换算系数,  $Sv(s^{\circ}Bq^{\circ}m^{-3})^{-1}$ 。

同样假设每周发生一次事故, 利用公式(2) 计算得到烟羽浸没照射剂量列入表 2。

表 2 空气浸没照射所致公众年有效剂量( $\mu Sv/a$ )

核素	烟羽浸没照射剂量换算系数 $g_B$ , 年有效剂量 <sup>1)</sup>	
	$Sv(s^{\circ}Bq^{\circ}m^{-3})^{-1}$	$D_T, \mu Sv^{\circ}a^{-1}$
$^{99m}Tc$	$3.1 \times 10^{-15}$	$1.4 \times 10^{-3}$
$^{18}F$	$1.0 \times 10^{-13}$	$44 \times 10^{-3}$

注: 1) 假设每周发生一次事故, 所以年有效剂量乘以系数 0.142 (1/7)

2.1.3 剂量汇总 由表 2 及表 3 数据可知,  $^{18}F$  的内照射剂量大于 $^{99m}Tc$ , 故以 $^{18}F$  为例, 将其空气吸入和浸没照射年有效剂量相加, 得出各年龄组成员的年最大有效剂量很接近, 约为 0.05  $\mu Sv/a$ 。

2.2 贯穿辐射 从 $\gamma$  射线能量、分支以及操作量综合分析, 主要应该考虑 $^{18}F$ 。以一名患者静脉注射 0.185GBq (5mCi) 接受 $^{18}F$  扫描, 时间为 110 min, 另一名患者在等待室提前 3 min 静脉注射 0.185 GBq  $^{18}F$  药液, 通道一侧用 6 mm 铅屏风遮挡。在估

算环境中敏感位置的剂量率时, 不仅要考虑正在扫描病人的剂量贡献, 还要考虑等候病人的剂量贡献。按照图 1 的装置布局, 求出扫描室周围最大剂量率, 数值见表 3。

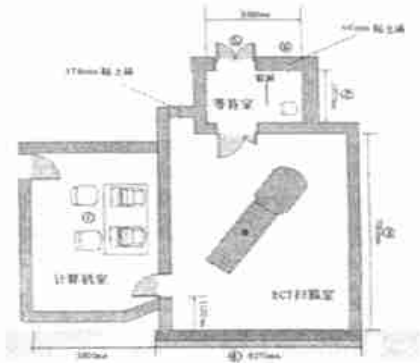


图1 评价 ECT 场所示意图  
(ECT 扫描室的两道铅门含 4 mm 铅, 等待室外铅门含 5 mm 铅。候诊病人旁边移动式铅屏风含 6mm 铅)

表 3 ECT 周围不同位置的剂量率<sup>1)</sup>( $\mu Sv/h$ )

辐射源	ECT 装置周围不同位置						
	ECT 控制室 操作台	等待室外 东北墙角	ECT 机房东 侧墙外	ECT 机房 后院	等待室 防护门外	等待室 北墙	ECT 机房 顶棚
扫描病人	0.09	0.05	0.09	0.06	0.12	0.002	0.25
等候病人	0.004	0.21	0.003	0.002	0.23	0.10	0.25
总剂量率 <sup>2)</sup>	0.09	0.25	0.09	0.06	0.32	0.10	0.44

注: 1) 第二个病人扫描前 20 min 注射药。扫描病人注射活度 187 MBq, 距离病人 1 m 处的剂量率为 15  $\mu Sv/h$ 。  
2) 总剂量考虑了扫描过程中 $^{18}F$  的衰变。

2.2.1 工作人员受外照射剂量估计 重点考虑 $^{18}F$  注射和摆位的工作人员,  $^{99m}Tc$  注射和摆位的工作人员, 受照剂量, 计算机控制室内工作人员, 办公室办公的工作人员的受照剂量。

假设 $^{18}F$  采用三通导管注射, 注射时间 10 s,  $^{99m}Tc$  采用直接注射方式, 注射时间约为 30 s。全年开机 600 h。从事注射和摆位的工作人员每年只工作 2 个月, 然后轮换其他工作。可见, 从事不同工种的几种工作人员(注射、摆位、控制)的年受照剂量介于 0.1~1.5mSv, 如表4所示。如果一年内, 工作人员

表 4 不同工种工作人员年受照当量剂量

工作人员	$(\mu Sv/h)^{1)}(人)^{2)}(h)^{3)}$			年有效剂量 (mSv)
$^{18}F$ 药物注射	400	80	0.25	0.10
$^{99m}Tc$ 药物注射	192	400	3.3	0.63
$^{18}F$ 扫描摆位	200	80	2.7	0.54
$^{99m}Tc$ 扫描摆位	111	400	13.3	1.5
计算机室操作	0.11	400	600	0.06
资料室办公	0.12		732	0.09

注: 1) 剂量当量率。手持注射器注射活度为 1 MBq, 容量为 5 ml  $^{18}F$  药液时, 对距 30 cm 处人的深部当量剂量率为  $1.8 \times 10^{-3} mSv/h^{[3]}$ 。手持注射器注射活度为 1 MBq, 容量为 5 ml  $^{99m}Tc$  药液时, 对距 30 cm 处人的深部当量剂量率为  $2.6 \times 10^{-4} mSv/h$ 。2) 全年累计检查人数。3) 全年累计工作时间。

将注射、摆位和计算机控制全部轮换一次的话, 年受照剂量可

达 2.3 mSv, 小于工作人员剂量约束目标值 5 mSv。

2.2.2 公众受外照射剂量最大值估计 从表 3 可见, 等待室外剂量当量率较大。此处停留人员有可能受到来自等待室病人和扫描室病人的 $\gamma$  射线照射。假设仪器全年检查 400 人次, 候诊人数在候诊室累计停留时间为 200 h, 表 5 给出了不同地点公众可能的最大受照剂量, 可见, 外照射的年有效剂量介于 0.5~2.2  $\mu Sv$  之间, 加上内照射的贡献 0.05  $\mu Sv$ , 公众的年受照剂量不会超出 3  $\mu Sv$ , 是设定的目标管理值 50  $\mu Sv$  的 1/15。

表 5 公众受外照射剂量最大值估计

位置	与源的 距离(m)	剂量当量 率( $\mu Sv/h$ )	居留因子	年有效剂 量( $\mu Sv$ )
等待室铅门外	3.7	0.36	1/32	2.2
等待室北墙外	1.8	0.12	1/16	1.5
ECT 围墙外	4.87	0.08	1/32	0.5

参考文献:

[ 1 ] GB 8703—1988 辐射防护规定[ S ]

[ 2 ] 国际原子能机构. 安全丛书 No. 115: 国际电离辐射防护和辐射源安全基本安全标准[ M ]. 维也纳: 国际原子能机构, 1997.

[ 3 ] Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook . Radiation Protection Dosimetry. 1998, 176(1—2).

(收稿日期: 2002—09—09)

(上接第 154 页)

3.4 要加强放射工作人员的现场防护 由于源容器表面放射性剂量较大, 一旦发生人员超剂量照射或放射源丢失事件后果将非常严重。因此要做到放射工作现场放射警戒标志张贴醒目, 放射工作人员个人剂量计佩戴正常, 并且要配备必要的现场检测设备和防护用品。

参考文献:

[ 1 ] GB 16368—1996, 含密封源仪表的放射卫生防护标准[ S ].

[ 2 ] GB 4792—84 放射防护基本标准[ S ].

[ 3 ] 卫生部令第 17 号, 放射工作卫生防护管理办法[ S ].

(收稿日期: 2002—12—09)