

伴生 X射线电器产品电离辐射水平研究

刘文华, 张小俊, 马庆录, 李玉芝, 王合迅, 马磊, 马宏志

中图分类号: R145 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)04-0466-01

【摘要】 目的 调查了解青海省民用计算机视频终端 (VDI) 和彩色电视机 (TV) 的电离辐射水平。方法 采用热释光剂量计法 (Mg C₂ P) 粉末 (TLD), 分别用塑料管、保鲜膜、圆珠笔芯三种包装材料进行封装制作成剂量计。结果 液晶显示器表面照射量、吸收剂量和年吸收剂量水平分别为: $1.87 \times 10^{-8} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $6.34 \times 10^{-4} \text{ mGy} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $0.17 \text{ mGy} \cdot \text{a}^{-1}$, 明显低于普通显示器表面照射量、吸收剂量和年吸收剂量水平, 分别为: $1.86 \times 10^{-7} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $6.29 \times 10^{-3} \text{ mGy} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $1.69 \text{ mGy} \cdot \text{a}^{-1}$, 差异有显著性 ($P < 0.05$)。结论 人们常规使用计算机、看电视机眼晶体接受的剂量未超过国家限值。

【关键词】 伴生 X射线电器产品; 电离辐射水平; 剂量限值

随着社会的发展和科学技术的普及, 利用电子束激发荧光屏的伴生 X射线电器产品如计算机视频终端 (VDI) 和彩色电视机 (TV) 已广泛应用于各行各业和千家万户, 无疑给社会带来巨大的利益, 但增加了公众的集体剂量负担, 产生了相应的忧虑, 尤其在我省天然本底外照射所致人均年有效剂量水平高于大部分省份, 高居全国第二位。调查我省民用 VDI 和 TV 产品的电离辐射水平十分必要。本课题选择的电离辐射剂量检测方法在我省应用非常成熟, 进行累积剂量监测, 其最大特点是不影响 VDI 和 TV 的正常使用和工作, 这是任何一种仪器不可比的。现将结果总结分析如下。

1 调查内容和方法

1.1 调查内容 在办公场所抽取不同显示屏的计算机共 103 台, 居民家庭选择不同型号、不同尺寸彩色电视机 108 台作为监测对象, 测定表面累积剂量, 推算出空气照射量, 吸收剂量, 年吸收剂量。

1.2 材料和方法

1.2.1 热释光剂量计制作 我国目前尚无专用的 VDI 和 TV 剂量监测仪器, 由于彩色 TV 和 VDI 泄漏的 X 射线能量低和剂量小等原因, 给剂量检测工作带来一定的困难。本课题选择研制的 LiF(Mg C₂ P) 粉末剂量计 (TLD), 具有灵敏度高、探测阈值低、能量响应好、线性范围宽、测量误差小、稳定性好、价廉等诸多优点。热释光材料制作中严格剔除杂质, 避免不同批次粉末混合使用。将 LiF(Mg C₂ P) 粉末退火温度控制在 $(240 \pm 3)^\circ\text{C}$, 退火 10 m 速冷, 减少假荧光影响辐射本底值。粉末分别用塑料管、保鲜膜、圆珠笔芯三种包装材料进行封装制成剂量计, 每枚剂量计装粉末 100 mg 。

1.2.2 现场调查和监测 三种剂量计同时贴放在彩色电视机和计算机终端显示屏中心上方表面, 操作者每日填写开机运行时间表, 详细记录剂量计监测时间, 监测一定累积时间后收回剂量计, 照射回收的剂量计用北京防化院产 RGD-3B 型热释光测定仪进行测定。用分样器分成三个平行样, 每份控制在 $(33 \pm 2) \text{ mg}$ 测定三个平行数据, 取平均值代表监测点的实测值。由公式 1 计算出结果

$$X = [(A - B) \cdot K] / d \quad (\text{公式 1})$$

式中: X 显示屏表面的照射量 ($\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$); A TLD 实测值 (计数); B 本底实测值 (计数); K 热释光剂量计的刻度系数。

1.2.3 质量控制 实验室操作人员多次参加过全国个人剂量监测培训, 剂量监测系统定期参加国家疾病预防控制中心组织的盲样比对, 评定值与约定真值在 $\pm 1\%$ 以内, 考核结果本监

测系统偏差在 $\pm 7\%$ 以内, 优于规定值, 室间质量控制考核成绩优秀。整个 TLD 测读系统选择了最佳条件和状态。

2 结果

2.1 不同 TLD 包装材料对低能 X 射线的吸收校正 (表 1)

表 1 不同包装材料 TLD 对低能 X 射线的吸收

包装材料	材料面密度 ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$)	VDI ($\times 10^{-7} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	彩色 TV ($\times 10^{-8} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)
保鲜膜	0.91	1.26	9.75
圆珠笔芯	38.28	1.14	9.95
塑料管	61.23	2.99	7.65

LiF 粉末的外包装材料对低能 X 射线有吸收作用, 包装材料越厚吸收剂量越多, 而测到的 X 射线量越少。严重地影响了检测结果, X 射线信息近似零吸收是最理想的。由表 1 可见不同包装材料的热释光剂量计测定 VDI 和 TV 表面剂量水平, 反映出不同材料对辐射剂量的吸收, 显示出计量值随包装材料面密度增加而减少。测定结果表明塑料薄膜对低能 X 射线的吸收最少, 是最理想的包装材料, 但塑料薄膜易破损不易包装, 在实际监测中不宜采用。塑料管易封装, 牢固耐用, 适合 VDI 和 TV 剂量监测。但塑料管对射线吸收比保鲜膜高, 辐射剂量监测值均经以下吸收因子校正^[1]。

$$f_{\text{吸}} = X_0 / X_x = 1.82 \quad (\text{公式 2})$$

式中: $f_{\text{吸}}$ 吸收校正因子; X_0 保鲜膜包装剂量计测得照射量 ($\text{C} \cdot \text{kg} / \text{d}$); X_x 塑料管包装剂量计测得照射量 ($\text{C} \cdot \text{kg} / \text{d}$)。

2.2 计算机 VDI 表面剂量水平 (表 2) 由表 2 可见, 液晶显示器表面照射量、吸收剂量和年吸收剂量水平明显低于普通显示器, 差异有显著性 ($P < 0.05$)。

表 2 不同显示器 VDI 表面剂量水平

显示器	台数	照射量 ($\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	吸收剂量 ($\text{mGy} \cdot \text{d}^{-1}$)	年吸收剂量 ($\text{mGy} \cdot \text{a}^{-1}$)
普通	62	1.86×10^{-7}	6.29×10^{-3}	1.69
液晶	41	1.87×10^{-8}	6.34×10^{-4}	0.17

2.3 彩色电视机表面辐射剂量水平

2.3.1 不同型号彩色电视机表面剂量水平 (表 3) 表 3 表明, 彩色 TV 照射量、吸收剂量和年吸收剂量均值在各种型号之间的差异不存在统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 3 不同型号彩色电视机表面剂量水平

型号	台数	照射量 ($\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	吸收剂量 ($\text{mGy} \cdot \text{d}^{-1}$)	年吸收剂量 ($\text{mGy} \cdot \text{a}^{-1}$)
TCL	36	9.80×10^{-8}	3.32×10^{-3}	1.21
海信	32	1.08×10^{-7}	3.65×10^{-3}	1.33
创维	27	1.06×10^{-7}	3.60×10^{-3}	1.32
进口	13	1.00×10^{-7}	3.39×10^{-3}	1.24
均值	108	1.03×10^{-7}	3.50×10^{-3}	1.28

2.3.2 不同尺寸彩色电视机表面辐射剂量水平 (表 4) 表 4

γ辐照装置安全性设计与防护管理

包建忠, 陈秀兰, 翟建青, 曹 宏

中图分类号: TL75 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)04-0467-02

【摘要】目的 确保 γ辐照装置的安全, 杜绝发生任何放射性事故。方法 依据国家相关标准严格要求。结果 从设计到运行, 制定一系列有效措施, 加强放射防护管理, 使 2座 γ辐照装置保持了良好的运行状态。结论 只要严格按照国家标准进行设计, 加强管理就能保证 γ辐照装置的安全。

【关键词】辐照装置; 安全设计; 防护管理

近年来, 核辐照应用技术在我国发展迅速, 目前已在农作物诱变育种、农副产品杀虫保质、食品贮藏保鲜、医疗卫生用品、中成药消毒灭菌、高分子辐射聚合、交联和材料改性等方面得到广泛应用, 产生了较好的社会和经济效益^[1]。全国现有各种用途的大小辐照装置 150多座, 其中设计装源能力 11.1 PBq(30万 C⁶⁰)以上的商用辐照装置已达 101座, 还有 6座正在建设中。然而, 随着 γ辐照装置数量增多, 装源活度增强以及使用频率的提高, γ辐照装置的安全运行与防护管理显得尤为重要^[2,3]。因此, 如何对 γ辐照装置进行安全性设计, 采取有效的防护管理措施, 确保 γ辐照装置正常运行, 提高经济效益, 已成为我们急需解决的新问题。

1 我所 γ辐照装置现状

我所现有 γ辐照装置 2座, 分别是 3.7 PBq辐照源(简称小源)和 18.5 PBq辐照源(简称大源)。其中小源始建于 1975年, 当时装源活度 5.55×10^{13} Bq, 1985年经改造扩建, 设计活度达 3.7 PBq, 并分别于 1986年、1989年、1993年、1995年、1998年和 2001年六次增源, 现实装源活度 1.9 PBq, 源棒为国产源, 源架单板状排列, 静态辐照。大源建于 2003年, 设计活度 18.5 PBq, 放射源从加拿大进口, 源架为单板状排列, 动态辐照, 经三次增源, 目前放射源活度为 11.1 PBq。辐照产品主要有水晶、医疗用品、中成药、农副产品、动物饲料、电线和热缩材料以及化工助剂等, 十几年来, 我所在上级主管部门的领导和全体工作人员的共同努力下, 认真抓好安全防护管理工作, 大

作者单位: 江苏黑下河地区农业科学研究所 江苏 扬州 225007
作者简介: 包建忠(1965-)男, 江苏南通市人, 副研究员, 从事辐射加工管理和安全防护工作。

表明, 73.7 cm(29吋)彩色 TV表面照射量、吸收剂量和年剂量均值高于 86.4 cm(34吋), 但统计学处理差异无显著性 ($P > 0.05$)。

表 4 不同尺寸彩色电视机表面剂量水平

尺寸	台数	照射量 (C ⁶⁰ kg ⁻¹ d ⁻¹)	吸收剂量 (mGy d ⁻¹)	年吸收剂量 (mGy a ⁻¹)
73.7 cm(29)	62	1.09×10^{-7}	3.72×10^{-3}	1.34
86.4 cm(34)	46	9.43×10^{-8}	3.19×10^{-3}	1.16

3 讨论与分析

(1)国家标准规定公众受照射的年有效剂量限值为 1 mSv/a, 皮肤当年剂量限值为 50 mSv/a, 眼晶体年当量剂量限值为 15 mSv/a^[2]。显象管发射的 X射线对人体的照射忽略空气的吸收, 则可认为照射量与距离的平方成反比。若距离增加一倍, 照射量既减少到原来的四分之一^[3]。而人们使用计算机距离一般为 50 cm左右。看电视一般在 3 m以外^[1], 眼晶体接受的剂量未超过国家限值。所以, 长期看电视和从事计算机工

作的人员累积剂量不会超过剂量限值。

2 辐照装置的安全性设计

2.1 屏蔽防护

2.2.1 屏蔽防护 遵照 GB17568-1998《γ辐照装置设计建造和使用规范》^[4]和 GB10252-1998《钴-60辐照装置的辐射防护与安全标准》^[5]进行设计。设计按放射工作人员年剂量限值为 5 mSv, 公众个人按年剂量限值 0.1 mSv作为设计目标值, 并取 2倍安全系数。

2.2.2 防护墙 以水泥混凝土筑成, 东、西、南、北以及顶层防护墙的厚度分别为: 2.0 m, 2.1 m, 2.1 m, 2.0 m, 迷宫通道转弯次数和其长度, 均能保证通道出口处的剂量当量低于放射性工作人员相应的剂量当量率限值。

2.1.3 贮源水井 为长 3.8 m, 宽 1.6 m, 深度 7 m, 水井分源架贮存区、钴源容器暂存区、子源板支架以及废源贮架存放区, 并壁采抗渗混凝土内衬不锈钢材料衬里, 同时建有贮源水井水质监测系统, 定期分析水中 β浓度的变化。

2.2 源架排列 源架外形尺寸: 1900 mm × 120 mm × 1820 mm, 源架内装 8块子源板(按横向 2行, 竖向 4列方式排列; 每个子源板可插入 15~18根源棒, 源棒间距 40 mm); 源架长度方向的两端面, 上下均设置有导向轮(共 4组导向轮), 使源架能沿导向绳上下滑动。

2.3 提升机构 提升机构主要由带制动电机、减速器、干式多片离合器、卷筒、定滑轮组、提升钢丝绳、机座、手摇降源等机构组成。主要技术参数: 提升重量 150 kg, 提升高度 7.5 m, 提升

作的人员累积剂量不会超过剂量限值。

(2)计算机液晶显示器靠的热释电极发光, 显示器不会产生电磁辐射和声辐射, 无辐射无闪烁, 具有很大的辐射安全优势。而普通电视机是以阴极射线管显示方式的显示器, 可产生电离辐射(低能 X射线)、非电离辐射及声辐射。显示器产生的 X射线大部分被荧光屏前加的铅玻璃吸收, 部分泄漏。本课题表明液晶显示器计算机表面辐射剂量水平明显低于普通荧光屏表面剂量, 略高于天然本底水平。为尽可能降低操作人员剂量, 尽量使用液晶显示器。

参考文献:

- [1] 范淑渝, 孙福印. 用热释剂量计测定计算机视频终端的电离辐射水平[J]. 中国辐射卫生, 2000, 9(3): 134
- [2] GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本准 [S].
- [3] 张丹枫. X线诊断防护手册. 太原: 山西科学教育出版社, 1985: 42-4

(收稿日期: 2007-07-24)