

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, 产生了较好的社会效益和经济效益<sup>[1]</sup>。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 Ci) 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<sup>[2-3]</sup>。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  $5.55 \times 10^{13}$  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 ( $C\ kG^{-1}\ d^{-1}$ )	吸收剂量 ( $mGy\ d^{-1}$ )	年吸收剂量 ( $mGy\ a^{-1}$ )
73.7 cm(29 吋)	62	$1.09 \times 10^{-7}$	$3.72 \times 10^{-3}$	1.34
86.4 cm(34 吋)	46	$9.43 \times 10^{-8}$	$3.19 \times 10^{-3}$	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  $1\ mSv$ , 皮肤当量年剂量限值为  $50\ mSv$ , 眼晶体年当量剂量限值为  $15\ mSv$ <sup>[4]</sup>。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<sup>[3]</sup>。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<sup>[1]</sup>, 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

小 γ 辐照装置均保持了良好的运行状态, 至今未发生任何放射性事故, 保证了科研和生产的顺利进行, 取得了较好的社会效益和经济效益。

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》<sup>[4]</sup>和 GB10252-1998《钴-60 辐照装置的辐射防护与安全标准》<sup>[5]</sup>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、2.1、2.1、2.1、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:  $1900\ mm \times 120\ mm \times 1820\ mm$ ; 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. 用热释光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)

速度 0.13 m/s;源架工作位置重复偏差  $\pm 10$  mm;电动机功率 1.1 kW。

#### 2.4 安全联锁装置

2.4.1 防止钴源超程运行 ①在升降源处装有上下两个限位开关,以确保源升降到位。②在钴源工作位上方设置两只防倒相开关,防止因外线倒相而出现超程运行。③装有脉冲转换高度显示装置,便于操作人员能及时知道源架所处的位置。

2.4.2 防止降源受阻 ①源架两侧套在两根导向钢丝绳上,保证钴源在固定位置垂直上下运行。②井盖上装有防护罩,防止受照物品吊框影响钴源正常升降。③井底有一凹槽底座与栅板源架配套,保证钴源降到井底。

2.4.3 防止人员误入辐照室 ①入口门上标有明显的放射性标志。②辐照室门口上方设工作状态报警灯,源在工作位,红灯亮,源在安全位,绿灯亮。③防护门与升降源定位开关联锁。源在工作位,防护门无法打开;若强行打开防护门,源则自动降至安全位。④迷道内四道光电控制器与源升降联锁,触发任何一道光电,均实现自动降源。⑤便携式剂量仪和控制台联锁,工作人员不携带剂量仪,防护门不能打开。⑥迷道内装有固定式  $\gamma$  剂量仪,控制台上可显示即时剂量,并给出声响信号。

2.4.4 防止辐照室有人时升源 ①辐照室照明系统与控制系统联锁,迷道内装有报警铃,升源前发出撤离的声响及闪光信号。②辐照室内装有三个复位按钮,安全员在升源前确认辐照室内无人后,按下复位按钮,钴源方可升起。③辐照室至迷道内装有降源拉线开关,误留人员可拉动拉线开关,实现紧急降源。

2.4.5 事故降源 ①货物传输链过载和断链保护。②装货区与下货区分别设有紧急按钮。③断电自动降源,源架靠自重下降至井底。

2.5 通风系统 机房设置在辐照室的屋顶上。室外风帽高出房顶 6m。进风为自然进风,由迷道口进入,排风为机械排风。二台风机(型号为 4-72 5# N=2.2 kW)工作,辐照室的换气率为 25次/h,足以保证加工一天后很短的时间内(约 15.5 min),使  $O_3$  和  $NO_x$  的水平分别  $< 0.05$  mg/m<sup>3</sup> 和  $< 0.03$  mg/m<sup>3</sup>,低于 GB3095-1996《环境空气质量标准》中的有关导出限值,符合 GB16297-96《大气污染物综合排放标准》。

2.6 小源改造 为了适应科研、开发及生产需求,1985年我所对小源进行改造,经过有关专家对原有辐照装置的基础和改造可行性的论证,提出了增加筒体屏蔽防护厚度 147mm,增加筒体顶部屏蔽防护厚度 5mm,工作水井深度为 4m 的改造设计方案。根据论证方案,我们认真组织实施,严把施工质量关,终于把小源的装源活度由  $5.55 \times 10^{13}$  Bq 扩大到  $3.7$  PBq。与此同时,我们对小源的升降、联锁等系统也进行了重新设计和改造,经多年的实践证明:该改造方案合理,质量可靠,运行安全。每次增源后,请省市有关部门对辐照室内、外环境剂量水平进行检测,结果均符合国家有关规定标准。

#### 3 安全防护管理措施

辐照装置的安全性除了上述介绍的合理可靠,操作简便的设计外,更重要的保证还在于有效的安全防护管理。具体我们做了以下工作:

3.1 健全安全管理组织机构 中心在经理的统一领导下,成立了以总经理为主任,各相关负责人、技术人员为成员的安全管理委员会,下设剂量防护组、安全运行管理组、加工工艺组、质量监测组、事故处理组、倒装源工作组,各工作组明确分工与职责,以确保辐照装置运行安全,万无一失。

3.2 强化安全防护意识,立足防范,从源头抓起 牢固树立“安全第一”的思想,正确处理安全与生产、时间、货源、效益等方面的矛盾关系,始终把安全防护管理贯彻于工作的始终。

3.3 健全安全管理制度,检查监督并举 根据国家有关条例,结合其他单位的先进经验,我所制定了辐照装置安全管理制度、操作规程、事故处理程序、故障对策、产品质量管理制度、剂量(环境和个人)监测存档制度、维修保养制度、工作人员培训制度、仪器校准、剂量跟踪制度、产品检验制度以及防火防盗等十几项规章制度,这些制度的建立和不断完善,使安全防护管理工作有据可依、有章可循。同时,为了使制度得以贯彻落实,我们不断加强领导检查监督,并利用包干、评比、奖惩等手段,使大家变被动为主动地执行制度,从而使安全防护管理的各项工作有序地进行。

3.4 加强理论和技能培训,提高人员素质 多年来,我们通过送出去、请进来的办法,不断引进、挖掘和培养安全防护管理人才,根据各人的工作岗位,先后安排有关人员参加了全国农用钴源技术应用、辐射防护、辐射加工剂量测量等各种培训班,取得了相应的合格证书及放射性工作上岗许可证,使其成为辐照装置安全操作、剂量测量、卫生防护等方面的业务骨干,在辐照装置运行过程中解决可能出现的各种问题。

#### 4 几点体会

(1)无论是大型辐照中心,还是中小型辐照装置,安全防护管理始终是工作的重中之重。任何时候,任何人都不能忽视安全工作,特别是领导要高度重视,并且坚持不懈,以身作则,从而为安全防护管理创造良好的氛围。

(2)安全防护管理离不开制度建设,有了完整的管理制度,安全防护管理工作才有章可循,而制度必须通过检查监督去落实。特别要注意的是,在辐照装置运行过程中,要定期对安全防护设施进行检查更换和维修保养,千万不能带“病”工作。

(3)除了保证辐照装置运行安全外,产品的安全(质量)也至关重要。只有建立准确可靠,溯源性好的剂量测量体系<sup>[6]</sup>,不断改进辐照工艺,加强产品质量跟踪,产品的安全才有保证。

(4)安全防护管理工作人的因素是关键。建立合理的管理人才队伍,加强理论知识再教育和培训<sup>[3]</sup>,发挥各人潜能,充分调动大家的积极性,将直接影响管理工作的成效。

(5)倒装源是安全防护管理中比较重要的部分<sup>[7]</sup>,源的运输、吊装、检测、倒装、井水处理等都比较危险复杂,如果发生事故,后果不堪设想。因此,每次倒装源都必须严格按操作规程进行,加强现场剂量监测,以确保万无一失。

(6)放射工作单位的源并不是退役源的最终处置场所,退役源处理一直是安全防护管理工作的头等大事。盼请有关部门建立一套退役源处理程序,使辐照防护管理工作无后顾之忧。

#### 参考文献:

- [1] 宋玉芳,杜治琴.全国  $\gamma$  辐照加工装置抽查情况分析[J].中国辐射卫生,1993 2(2):49.
- [2] 范深根.钴-60辐照装置安全技术措施和经验[J].原子能科学技术,1989 23(3):88.
- [3] 范深根.安全文化的由来和作用[J].中国辐射卫生,1994 3(2):123.
- [4] GB10252-1996 钴-60辐照装置的辐射防护与安全标准[S].
- [5] EJ-377-89 钴-60辐照站的辐射安全防护设计规范[S].
- [6] 沈庆康,曹宏,包建忠,等.钴室周围环境  $\gamma$  辐射监测与评价[J].中国辐射卫生,1994 3(3):169.
- [7] 包建忠,沈庆康,陈秀兰,等.钴室倒装源的安全操作与剂量监测[J].中国辐射卫生,1996 5(4):230.

(收稿日期:2007-06-25)