

某医院直线加速器工作场所辐射环境监测及评价

李 强, 马君健

中图分类号: TL75⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2011)04-0463-02

【摘要】 目的 监测和评价某医院直线加速器正常运行时对周围环境及公众的辐射影响。方法 对直线加速器工作场所辐射环境进行监测, 根据监测结果估算职业人员和公众人员年有效剂量, 并评价其对周围环境影响程度。结果 该直线加速器工作场所对周围环境及公众辐射影响较低, 符合国家相关标准的要求。结论 该直线加速器在正常运行时, 对周围环境及公众是安全的, 但防护屏蔽设计过厚, 不符合辐射防护最优化原则。

【关键词】 直线加速器; 环境监测; 公众辐射

针对某医院在用直线加速器运行的实际情况, 笔者在进行辐射环境现状调查监测的基础上, 对工作场所进行辐射水平监测和屏蔽措施效果评价, 估算职业工作人员和公众人员可能接受的辐射年有效剂量, 综合评价对周围环境的辐射影响。

1 对象与方法

1.1 研究对象 美国瓦里安公司生产的 23EX 直线加速器一台, X 射线能量为 6MV、15MV 两档, 电子线能量为 6~22MeV 六档, X 射线输出剂量率为 100~600cGy/min, 电子线输出剂量率为 100~1 000cGy/min, 照射野尺寸为 40cm×40cm。

直线加速器机房包括治疗室、控制室、水冷机房、辅助间等, 为单层建筑。加速器治疗室由治疗室主体、迷路和防护门组成, 加速器治疗室内部尺寸为 10.78m×10.19m×3.1m。防护门为 29mmPb 当量(防中子型, 防中子材料为 30mm 硼砖、190mm 石蜡)。治疗室设“L”型迷路, 迷路长度为 10.5m。加速器机房墙体屏蔽材料为重晶石混凝土, 东墙为 1 500mm; 南墙主屏蔽墙为 2 300mm, 副屏蔽墙为 1 300mm; 迷路内墙厚度为 970mm; 西墙主体段为 680mm, 西墙迷路内口段为 1 400mm; 北墙主屏蔽墙为 2 400mm, 副屏蔽墙为 1 350mm; 室顶主屏蔽墙为 2 700mm, 副屏蔽墙为 1 600mm。治疗室通风约 4 次/h。加速器机房周围环境现状为道路和空地, 无人员长时间居留。

1.2 仪器 防护级监测仪器为美国 INOVISION 公司生产 451P 加压电离室巡测仪, 中子监测仪器为 190N 中子巡测仪。均经过法定计量检定合格, 并在有效期内。

1.3 监测方法

1.3.1 监测工况 开机状态, 体模, 加速器 15MV X 射线、照

射野 40cm×40cm, 主射束分别向下、向北、向南、向上进行照射。

1.3.2 年受照时间 加速器治疗人数 40 例/d, 开机时间 2min/人, 则每天受照时间共 1.3h, 每年工作 260d, 则年受照时间为 338h。

2 结果与评价

2.1 X 射线监测结果 23EX 型直线加速器 X 射线选择最大 15MV 档, 照射野 40cm×40cm 的开机情况下, 监测得知, 防护门外 X 射线辐射水平最大, 为 0.987μSv/h。可见, 加速器机房在现场监测工况条件下, 各监测点辐射水平均符合标准要求^[1]。具体结果见表 1。

2.2 中子监测结果 10MV 以上高能加速器产生的 X 射线伴随有少量光中子。光中子是由加速器靶中产生的高能光子与靶、准直器和限束系统的金属材料(如钨、铁、铅、铜、铝等)的原子核发生巨大共振反应而产生^[2]。本加速器现场监测时, 机房各屏蔽墙外均未检出中子剂量, 防护门外中子剂量率为 0.01μSv/h。

2.3 感生放射性 直线加速器感生放射性主要由中子引发的感生放射性核素主要有空气中的¹⁶N(7.4s)和⁴¹Ar(1.83h); 偏转磁铁中的⁶²Cu(9.7min)、⁶⁴Cu(12.8h)、⁶⁶Cu(5min); 混凝土中的²⁷Mg(9.5min)、²⁴Na(14.9h)、²⁸Cu(2.3min)等等。现场监测时, 加速器在 15MV X 射线条件下开机 40s, 开机结束后 20s 进入机房监测, 工作人员摆位处的感生放射性辐射水平为 0.725μSv/h。

2.4 非辐射有害气体 直线加速器开机运行时, 产生的 X 射线与空气相互作用可产生少量臭氧(O₃)和氮氧化物(NO₂), 氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3, 室内非辐射有害气体以 O₃

作者单位: 山东省分析测试中心, 山东 济南 250014
作者简介: 李强(1982~) 男, 硕士, 从事环境影响评价工作。

(3) 适当加大导线的相间距, 增加导线离地距离, 也可起到降低可听噪声的作用。

(4) 在导线表面上涂抹憎水涂料, 减少雨水水滴沿导线随机分布的电晕源点, 减少电晕放电, 达到降低可听噪声的目的。

(5) 采用子导线非对称分裂方式, 可使每相子导线上电荷均匀分布, 降低导线表面最大场强, 但这种排列方式对线路施工检修、辅助金具的材料工艺、防导线舞动以及杆塔应力设计等要求较高^[2]。

(6) 采用扩径导线或异型导线(外层为梯形或 Z 形结构), 可减少电晕放电和导线表面最大场强, 以降低可听噪声。

6 小结

可听噪声是特高压交流输电线路设计的主要控制因素, 国际上对可听噪声尚无统一和指导性的限值, 但一般控制在 50

~58dB(A); 我国在工程中采用的 55dB(A) 的限值处在中等水平。1 000kV 特高压交流线路可听噪声主要发生在阴雨天气, 晴好天气时较少发生电晕放电因而噪声值较小。采用对单相导线进行叠加的计算方法, 对于典型的 1 000kV 交流输电线路, 影响可听噪声的主要因素有相间距、分裂间距、导线对地距离、横向距离等。降低特高压交流线路可听噪声的主要途径是通过工程措施降低导线表面最大场强, 尽量减少电晕放电。

参考文献:

- [1] 郭雄. 1000kV 级交流输电线路电磁环境的研究[J]. 电力设备, 2005, 6(12): 24-27.
- [2] 叶鸿声, 袁志磊, 赵连岐. 降低特高压输电线路电晕可听噪声的措施[J]. 电力建设, 2007, 28(8): 1-5.

(收稿日期: 2011-09-03)

为主。 O_3 的室内浓度与有用 X 射线束的输出率、射野面积和机房容积有关。 O_3 在空气中的自身分解时间为 50min。机房内空气中产生的非辐射有害气体主要靠通风换气来控制。该加速器机房已设排风系统,管道为“Z”形穿墙设计。进风口位于治疗室室顶四个角处,距地高度 3.1m;排风口位于治疗室北墙东北角,距地高度 0.1m。加速器开机时风机开启,风量 3 000 m^3/h ,治疗室通风约 4 次/h,符合标准要求^[3]。

表 1 加速器工作场所 X、 γ 射线辐射水平监测结果

监测点位	辐射水平($\mu Sv/h$,平均值)			
	主射束 向下	主射束 向北	主射束 向南	主射束 向上
防护门外(西段)	0.987	0.887	0.789	0.657
防护门外(中段)	0.879	0.879	0.924	0.741
防护门外(东段)	0.906	0.921	0.893	0.856
治疗室北墙外(西段)	0.173	0.231	0.189	0.169
治疗室北墙外(中段)	0.181	0.228	0.176	0.178
治疗室北墙外(东段)	0.201	0.214	0.189	0.145
治疗室东墙外(北段)	0.211	0.198	0.199	0.162
治疗室东墙外(中段)	0.171	0.176	0.201	0.192
治疗室东墙外(南段)	0.146	0.199	0.203	0.193
治疗室南墙外(东段)	0.198	0.178	0.214	0.187
治疗室南墙外(中段)	0.213	0.196	0.220	0.198
治疗室南墙外(西段)	0.220	0.207	0.219	0.205
迷路外墙外(水冷机房)	0.204	0.187	0.198	0.206
迷路外墙外(辅助间)	0.173	0.178	0.199	0.197
迷路外墙外(控制室)	0.197	0.206	0.189	0.186
室顶外(北段)	0.169	0.210	0.178	0.203
室顶外(中段)	0.198	0.164	0.189	0.209
室顶外(南段)	0.187	0.171	0.177	0.213

注:表中数据未扣除天然 γ 辐射本底。

2.5 年有效剂量估算与评价 实际工作时,使用 15MV X 射线治疗方式只占一部分,出于偏安全考虑,对相关工作人员年有效剂量估算时,均按照 15MV X 射线治疗方式下各评价点位的剂量率进行计算。

表 2 加速器机房外有关人员辐射年有效剂量及评价

停留人员描述	停留 因子 ^[1]	最大辐射剂量 ($\mu Sv/h$)	最大年有效 剂量(mSv/a)	年管理剂量 约束值(mSv/a) ^[4]	是否 合格
防护门外,候诊区慰问者	T = 1	0.987	0.333	0.5	是
机房北墙外,走廊公众人员	T = 1/16	0.231	0.004	0.1	是
机房东墙外,走廊公众人员	T = 1/16	0.211	0.004	0.1	是
机房南墙外,空地公众人员	T = 1/16	0.220	0.005	0.1	是
机房西墙外,控制室职业人员	T = 1	0.206	0.069	2	是

职业工作人员在控制室内接受的年有效剂量约为 0.069 mSv/a ,而在给患者摆位时接受的年有效剂量约为 0.628 mSv/a ,约为控制室内接受的辐射剂量的 9 倍多。由此可知,对于 10MV 以上的医用直线加速器工作人员而言,接受的辐射剂量主要来自给患者摆位过程。因此,对这些工作人员而言,做好患者摆位期间的防护是至关重要的。因感生放射性核素半衰期较短,所以在给患者治疗后,适当延迟进入治疗室的时间,可明显降低工作人员的受照剂量。

2.5.1 机房外有关人员年有效剂量估算 估算公式如下:

$$H = Dr \times t$$

式中 H 为年有效剂量 Sv/a ; Dr 为剂量率 Sv/h ; t 为年受照时间。加速器机房外职业人员、慰问者和周围公众可能接受的最大辐射年有效剂量及评价见表 2。

2.5.2 摆位人员年有效剂量估算 现场监测时,加速器机房内工作人员摆位处感生放射性辐射水平为 0.725 $\mu Sv/h$,每位患者摆位时间约为 5min,根据该院的年工作负荷,摆位人员所接受的感生放射性外照射年剂量值约为 0.725 $\mu Sv/h \times 867h/a = 0.628mSv/a$ 。考虑到摆位人员一般也为控制室操作人员,因此对摆位人员剂量估算时,加上操作位处所受的年有效剂量,即摆位人员年有效剂量为 0.628 $mSv/a + 0.069mSv/a = 0.697mSv/a$ 。

由表 2 计算结果及摆位人员年有效剂量估算可知,该院加速器职业工作人员最大年有效剂量为 0.697 mSv/a ,慰问者最大年有效剂量为 0.333 mSv/a ,公众人员最大年有效剂量为 0.005 mSv/a ,满足标准要求^[4]。

3 讨论

设施工房辐射本底水平外,其余各点均接近于天然 γ 辐射本底水平。直线加速器属 II 类射线装置,为中危险射线装置,事故时可以使受照人员产生较严重放射损伤,大剂量照射甚至导致死亡。因此,加速器的防护与管理必须高度重视。其中最关键的防护要点是在加速器机房屏蔽设计时,要保证屏蔽厚度满足辐射安全防护要求。但须注意的是,在防护屏蔽设计时,要遵循辐射防护最优化原则,既能保证屏蔽厚度满足防护要求,又不能过厚造成不必要的经济浪费。从本项目来看,除加速器机房防护门外辐射水平高于天然 γ 辐射本底水平外,其余各点均接近于天然 γ 辐射本底水平,屏蔽厚度明显过厚。特别是室顶的防护厚度还大于其他四周防护墙的厚度,更不合理,不符合辐射防护最优化原则^[4]。造成这一问题的原因,主要是加速器机房建设时,未按照辐射防护法规要求履行报批手续,设计方案未经辐射安全防护专业部门评价与技术指导,盲目施工建设所造成的,这应引起建设单位和辐射环境监管部门高度注意,避免将来类似情况的发生。

参考文献:

- [1] GBZT201.1-2007 放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分:一般原则[S].
- [2] 张丹枫,赵兰才.辐射防护技术与管理[M].南宁:广西民族出版社,2003:394-399.
- [3] GBZ 126-2002 医用电子加速器卫生防护标准[S].
- [4] GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源基本安全标准[S].

(收稿日期:2011-04-09)