

# 上海医用直线加速器机房辐射屏蔽调查

陈瀚文

上海市金山区环境监测站, 上海

收稿日期: 2023年7月8日; 录用日期: 2023年8月9日; 发布日期: 2023年8月21日

## 摘要

为了解上海市医院医用直线加速器机房辐射屏蔽性情况, 选取了上海市3家拥有直线加速器的医院, 根据加速器机房的实际情况, 6MV无均整过滤器条件下, 设计了辐射监测的布点, 每个医院的医用加速器机房均布置了12个采样点, 使用伽马辐射监测仪测定监测点数据, 评价了测量结果。结果表明: 三家医院医用直线加速器机房辐射剂量率测量结果远小于国标要求, 直线加速器工作时不会对医务人员以及附近活动的患者产生危害。

## 关键词

辐射屏蔽, 医用直线加速器, 辐射监测

# Investigation of Radiation Shielding in Shanghai Medical Linac Machine Room

Hanwen Chen

Shanghai Jinshan Environmental Monitoring Station, Shanghai

Received: Jul. 8<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 9<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 21<sup>st</sup>, 2023

## Abstract

In order to understand the radiation shielding of medical linear accelerator rooms in Shanghai hospitals, three hospitals with linear accelerators in Shanghai were selected. According to the actual situation of the accelerator rooms, under the condition of 6MV without homogenizing filter, the distribution points of radiation monitoring were designed, and 12 sampling points were ar-

ranged in the medical accelerator rooms of each hospital. The data of the monitoring points were measured by gamma radiation monitor and the measurement results were evaluated. The results show that the radiation dose rate measurement results of the medical linear accelerator room in the three hospitals are far less than the requirements of the national standard, and the linear accelerator will not cause harm to medical staff and nearby patients.

## Keywords

Radiation Shielding, Medical Linear Accelerator, Radiation Monitoring

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前肿瘤患者的数量急剧上升,恶性肿瘤成为危害人类健康和生命安全的重大疾病之一[1],恶性肿瘤的治疗方法多样,如:化学治疗,放射治疗。医用直线加速器、质子重离子加速器、质子加速器、重离子加速器、 $\gamma$ 刀、射波刀及后装等用于放射治疗[2] [3]。放射治疗治疗精度较高,费用合适,是恶性肿瘤患者减轻临床症状、延长生命周期、改善生活质量的最有效、最常规的治疗手段之一[4]。因此医用直线加速器的使用越加频繁、广泛,而应用医用直线加速器射线治疗患者时,加速器相关的防护与安全问题受公众及专业人士的关注度大幅度提高[5] [6] [7] [8]。医院直线加速器机房的屏蔽防护设计被提出了更高的要求[9] [10] [11] [12]。上海医院医用直线加速器机房辐射屏蔽情况鲜有人报道。机房防护设计既要确保防护设施外的放射性水平达到国家限值要求,保证公众及相关工作人员生命安全,同时要避免因过度防护造成经济和资源的浪费。

## 2. 检测与方法

### 2.1. 医用直线加速器参数

以上海三家医院 A、B、C 的医用直线加速器的机房为研究对象,该加速器为 U 厂家制造,该加速器使用光子线进行放射治疗,拥有 2 种模式,6 MeV 均整模式(FF),其最大输出剂量率为 600 MU/min 及 6 MeV 非均整模式(FFF),其最大剂量率为 1400 MU/min。

医用直线加速器一般示意图如图 1 所示, A1 为直线加速器的旋转机架,机甲顺时针、逆时针均可旋转 180°;当加速器机甲角度在逆时针 90°时,定义该角度为 270°;此时机甲角度为 0°,机甲旋转轨迹见图 2。A2 为旋转治疗头,治疗头顺时针、逆时针也可分别旋转 180°;治疗头等中心处 X 射线最大开野 40 cm × 40 cm。A4 为治疗病床,患者治疗前,治疗技术员对患者进行摆位,同时利用模体将患者固定在治疗床上,以防治疗过程中,患者的位置发生变化。A3 为治疗时,射线出线模拟图。

### 2.2. 检测仪器及其参数

MS-RJ38-3602 型枪式辐射巡测仪,简称  $\gamma$  枪。探测器采用 NaI,灵敏度: 1  $\mu$ Sv/h  $\geq$  350 cps,能量范围: 30 keV~3 MeV,能量响应: 30 keV~3 MeV;其具有灵敏度高,测量范围大,能量响应特性好,多档测量时间等特点,常用于环境辐射检测。仪器在检定有效期内使用。

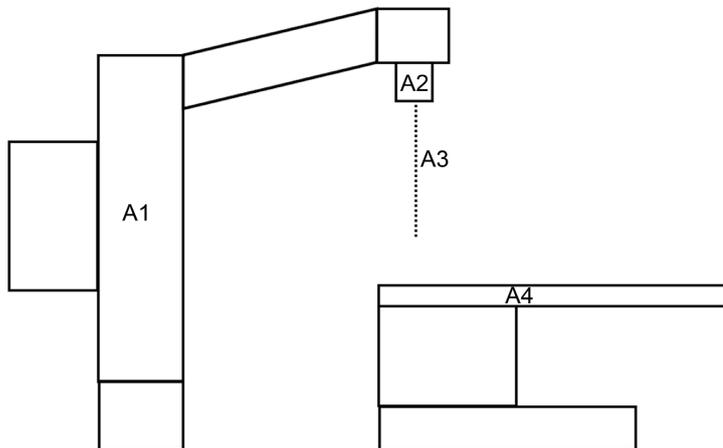


Figure 1. Schematic diagram of medical accelerator

图 1. 医用加速器示意图

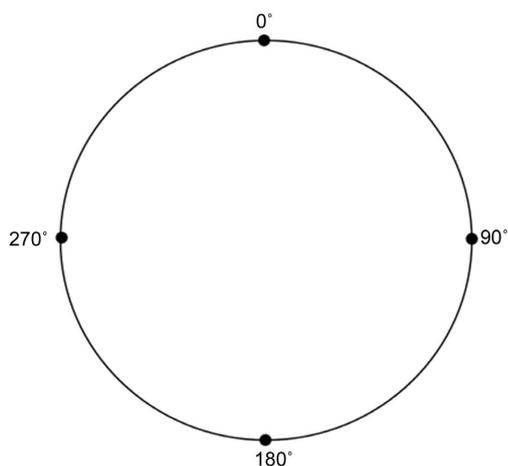


Figure 2. Schematic diagram of the frame rotation trajectory

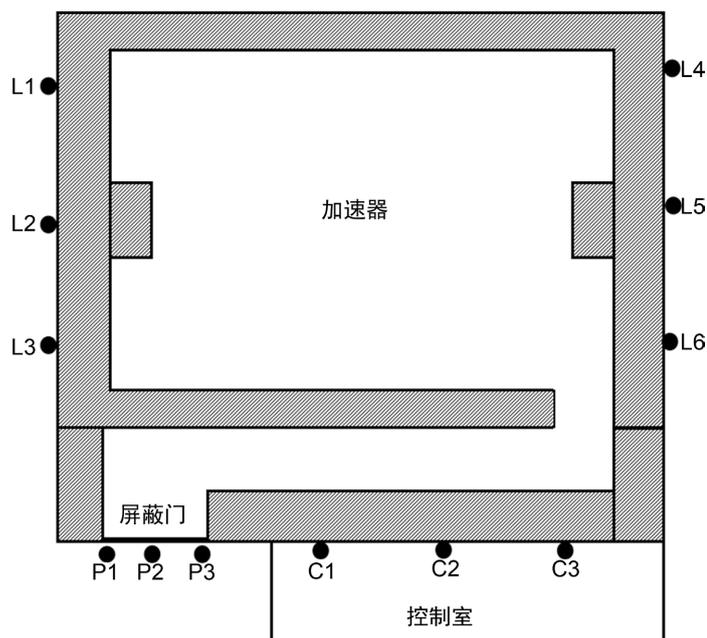
图 2. 机架旋转轨迹示意图

### 2.3. 检测方法

图 3 为加速器加速器机房示意图，机房的墙面都是由钢筋混凝土及铅板混合组成。加速器位于治疗室内，处于加速器中心位置；加速器左墙、右墙为主屏蔽墙，如图中点 L2 和点 L5 处；治疗室出来为一条迷道；机房门口为 1 屏蔽门；控制室一般在机房门口，放疗技术人员在此工作。

依据法规 GBZ/T201 放射治疗机房辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房的要求进行布点及测量，该加速器的最大剂量为 1400 MU/min，因此模式选择 6 MeV 非均整模式(FFF)，将加速器的射野开到最大处 40 cm × 40 cm，旋转加速器的机架分别为 180°、90°、270°，旋转机头为 0°。分别测量主屏蔽墙，屏蔽门外，操作台处的射线剂量，主屏蔽墙外测量 L1、L2、L3、L4、L5、L6 等 6 个点，屏蔽门外测量 P1、P2、P3 等 3 个点，操作室测量 C1、C2、C3 等 3 个点，总计 12 个检测点；具体布点见图 3。

当机架角度为 180°时，检测 L1、L2、L3、L4、L5、L6、P1、P2、P3、C1、C2 及 C3 等 12 个点辐射剂量率；当机架角度为 90°时，检测 L1、L2、L3、P1、P2、P3、C1、C2 及 C3 等 9 个点辐射剂量率；当机架角度为 270°时，检测 L4、L5、L6、P1、P2、P3、C1、C2 及 C3 等 9 个点辐射剂量率每个检测点测量高度为 1.2 m，距离墙面距离为 0.3 m，且每个检测点需测量 3 次后求平均值，以减小测量误差。 $\gamma$  枪测量前需扣除本底，测量时间选择 10 s 档，测量数据稳定后读取，此时的测量数据为有效数据。



**Figure 3.** Schematic diagram of linac machine room  
**图 3.** 直线加速器机房示意图

## 2.4. 评价指标

放射治疗机房辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房的要求，主屏蔽墙及屏蔽门处的辐射剂量 $<10 \mu\text{Sv/h}$ ，操作室 $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

## 3. 结果与讨论

A、B、C 三家医院机甲角度在  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $270^\circ$  主屏蔽及屏蔽门处环境辐射的测量结果见表 1：

**Table 1.** The mechs of A, B and C hospitals are exposed to ambient radiation at  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  and  $270^\circ$  main shielding and shielding doors

**表 1.** A、B、C 三家医院机甲角度在  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $270^\circ$  主屏蔽及屏蔽门处环境辐射

机甲角度	机甲角度 $180^\circ$			机甲角度 $90^\circ$			机甲角度 $270^\circ$			
	医院	A 医院	B 医院	C 医院	A 医院	B 医院	C 医院	A 医院	B 医院	C 医院
主屏蔽 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	L1	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	/	/	/
	L2	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	/	/	/
	L3	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	/	/	/
	L4	0.09	0.09	0.09	/	/	/	0.09	0.10	0.11
	L5	0.08	0.09	0.09	/	/	/	0.10	0.11	0.11
	L6	0.08	0.10	0.09	-	-	-	0.09	0.09	0.10
屏蔽门 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	P1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.1	0.09	0.10
	P2	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09
	P3	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09

由上表可知, 仪器的测量数据存在统计涨落, 主屏蔽与屏蔽门处的辐射测量值不受机架旋转角度的影响; A、B、C 三家医院加速器机房环境辐射测量值在误差范围内一致。三家医院加速器机房主屏蔽与屏蔽门处环境辐射测量值均远小于  $10 \mu\text{Sv/h}$ , 符合法规要求。

A、B、C 三家医院机甲角度在  $180^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $270^\circ$  控制室处环境辐射的测量结果见表 2:

**Table 2.** A、, B, C three hospital mecha Angle at  $180^\circ$ ,  $90^\circ$  and  $270^\circ$  control room environmental radiation  
**表 2.** A、B、C 三家医院机甲角度在  $180^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $270^\circ$  控制室处环境辐射

机甲角度		机甲角度 $180^\circ$			机甲角度 $90^\circ$			机甲角度 $270^\circ$		
医院		A 医院	B 医院	C 医院	A 医院	B 医院	C 医院	A 医院	B 医院	C 医院
控制室 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	C1	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.12	0.09	0.10
	C2	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.12	0.12	0.11
	C3	0.11	0.10	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11

由表 2 可知, 三家医院加速器机房控制室内处环境辐射测量值均远小于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ , 与加速器旋转角度无关。

未来该厂直线加速器机房进行验收或检测时, 只需在  $6 \text{ MeV}$  非均整(FFF)模式下, 测量机架旋转角度为  $180^\circ$  时, 所布置 12 个检测点(L1、L2、L3、L4、L5、L6、P1、P2、P3、C1、C2 及 C3)的环境辐射即可。但是不同厂家生产的不同型号的医用直线加速器和防护设计不同的机房, 该结果及检测方法不一定完全适用; 不同机构进行直线加速器机房环境辐射监测时, 需根据加速器配置及机房结构的实际情况进行合理布点与测量。

#### 4. 结论

本文调查了上海三家医院医用直线加速器的机房辐射屏蔽情况, 在  $6 \text{ MeV}$  非均整(FFF)模式下, 由测量结果可知: 1) A、B、C 三家医院加速器机房主屏蔽与屏蔽门处环境辐射测量值均远小于  $10 \mu\text{Sv/h}$ , 控制室内境辐射测量值均远小于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。2) A、B、C 三家医院直线加速器机房辐射屏蔽效果非常好, 加速器工作时不会对医务工作人员、等候患者及公众产生危害。3) 未来对只有  $6 \text{ MeV}$  射线能量的医用直线加速器机房进行验收时可参照本方法, 可将繁琐的检测过程简化, 减少检测时间和步骤。

#### 参考文献

- [1] 张晓智, 杨蕴一, 孙宇晨, 等. 精准放疗的现状与进展[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2020, 41(5): 633-638.
- [2] 田静, 韩丹, 周涛. 肿瘤放射治疗技术的发展及应用研究[J]. 中国医刊, 2022, 57(10): 1064-1067.
- [3] 罗宏涛, 石健, 刘锐锋, 等. FLASH 放疗研究现状的可视化分析[J]. 中华肿瘤防治志, 2023, 30(2): 104-113.
- [4] 郎锦义. 中国放疗三十年回顾、思考与展望[J]. 肿瘤预防与治疗, 2017, 30(1): 1-4.
- [5] International Atomic Energy Agency (2006) IAEA Safety Reports Series No.47. Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities. IAEA, Vienna.
- [6] 曹兴江, 周献锋, 杨春勇, 等. 江苏省医用电子加速器质量控制和防护水平监测结果分析[J]. 中国职业医学, 2014, 41(1): 84-86.
- [7] 郑亚琴, 康亚军, 褚薛刚, 等. 剂量率参考控制水平对加速器屏蔽设计的影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2015, 35(2): 139-141.
- [8] 张秀文, 张永寿, 郑庆海, 等. 医用电子直线加速器基本原理与职业防护[J]. 中国医学装备, 2012, 9(4): 18-22.
- [9] 中华人民共和国卫生部. GBZ126-2011. 电子加速器放射治疗放射防护要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

- 
- [10] 中华人民共和国卫生部. GBZ/Z201.1-2007. 放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [11] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T201.2-2011. 放射治疗机房辐射屏蔽规范第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [12] 国家质量监督检验检疫总局. GB18871-2002. 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.