

南京市第二医院改建1座医用直  
线加速器机房项目竣工环境保护  
验收监测报告表

报告编号：瑞森（验）字（2025）第048号

建设单位：南京市第二医院

编制单位：南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二五年十二月

## 目 录

表1 项目基本情况 .....	1
表2 项目建设情况 .....	9
表3 辐射安全与防护设施/措施 .....	17
表4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定 .....	31
表5 验收监测质量保证及质量控制 .....	37
表6 验收监测内容 .....	39
表7 验收监测 .....	40
表8 验收监测结论 .....	46
附图1 本项目地理位置示意图 .....	48
附件1：项目委托书 .....	50
附件2：项目环境影响报告表主要内容 .....	51
附件3：辐射安全许可证及辐射工作人员相关信息 .....	69
附件4：辐射安全管理机构及制度 .....	79
附件5：辐射工作人员培训证书及健康证明 .....	95
附件6：个人剂量监测报告 .....	114
附件7：工作场所屏蔽建设情况说明 .....	125
附件8：竣工环保验收检测报告 .....	126
附件9：验收检测单位CMA资质证书 .....	133

表 1 项目基本情况

建设项目名称	南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目				
建设单位名称	南京市第二医院 (统一社会信用代码: 1232010042580096XJ)				
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建				
建设地点	南京市鼓楼区钟阜路1-1号钟阜院区放疗中心一层加速器2室				
源项	放射源		/		
	非密封放射性物质		/		
	射线装置		1台医用直线加速器		
建设项目环评批复时间	2025年4月25日	开工建设时间	2025年5月		
取得辐射安全许可证时间	2025年9月19日	项目投入运行时间	2025年9月		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025年9月	验收现场检测时间	2025年8月18日		
环评报告表审批部门	南京市生态环境局	环评报告表编制单位	南京瑞森辐射技术有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	/	辐射安全与防护设施施工单位	/		
投资总概算	2650万元	辐射安全与防护设施投资总概算	20万元	比例	0.75%
实际总概算	2650万元	辐射安全与防护设施实际总概算	20万元	比例	0.75%
验收依据	<b>1.建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度:</b> (1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014年修订版), 中华人民共和国主席令第九号, 2015年1月1日起实施; (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(修正版), 中华人民共和国主席令第二十四号, 2018年12月29日发布施行; (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 中华人民共和国主席令第六号, 2003年10月1日起实施;				

(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；

(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行；

(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部第 20 号令，2021 年 1 月 4 日公布，自公布之日起施行；

(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日公布施行；

(8) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；

(9) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；

(10) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函〔2016〕430 号；

(11) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日起施行；

(12) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正本），2018 年 5 月 1 日起实施。

## **2.建设项目竣工环境保护验收技术规范:**

(1) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）；

(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；

(3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；

(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

	<p>(5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(6) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(8) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020)；</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)；</p> <p>(10) 《公共场所集中空调通风系统卫生规范》(WS 394-2012)。</p> <p><b>3.建设项目环境影响报告表及其审批部门审批文件：</b></p> <p>(1) 《南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目环境影响报告表》，南京瑞森辐射技术有限公司，2025年3月，见附件2；</p> <p>(2) 《关于南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目环境影响报告表的批复》，审批文号：宁环辐(表)审〔2025〕16号，南京市生态环境局，2025年4月25日，见表四。</p> <p><b>4.其他相关文件：</b></p> <p>无其他文件。</p>
<p>验收执行标准</p>	<p><b>环境影响评价文件和批复的标准要求：</b></p> <p>环评及批复中的《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)等标准自批复后未发生变化。</p> <p><b>人员年受照剂量限值：</b></p> <p>(1) 人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中所规定的职业照射和公众照射剂量限值：</p>

表1-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

(2) 根据本项目环评及批复文件确定本项目个人剂量约束值，本项目剂量约束值见表1-2。

表1-2 工作人员职业照射和公众照射剂量约束值

项目名称	适用范围	剂量约束值
南京市第二医院 改建1座医用直线加速器 机房项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
	公众照射有效剂量	0.1mSv/a

#### 辐射管理分区：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

##### (1) 控制区

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限值潜在照射的范围。

##### (2) 监督区

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

#### 工作场所布局要求：

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要

求，本项目医用直线加速器机房、后装机房布局应遵循下述要求：

### 5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

### 工作场所放射防护安全要求：

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求，本项目医用直线加速器机房放射防护应遵循下述要求：

### 6.1 屏蔽要求

#### 6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面30cm处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面30cm处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列1)和2)所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录A选取），由以下周剂量参考控制水平（ $\dot{H}_c$ ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶, 机房顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平可按 $100\mu\text{Sv/h}$ 加以控制(可在相应位置处设置辐射告示牌)。

根据《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)中相关规定及本项目医用直线加速器机房内设备周开机治疗时间, 估算得到机房外30cm处的周围剂量当量率参考控制水平 $H_c$ , 见表1-3。

表1-3 加速器2室外30cm处的周围剂量当量率参考控制水平

参考点*		居留因子 T	使用因子 U	周剂量控制值 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	周工作时间 (h)	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )			
						$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	$H_c$	
加速器2室	南墙主屏蔽	控制室	1	1/4	100	12.5	32	2.5	<b>2.5</b>
	屋顶主屏蔽	仓库	1/16	1/4	5		25.6	10	<b>10</b>
	南墙次屏蔽	水冷机房	1/20	1	100		160	10	<b>10</b>
		控制室	1	1	100		8	2.5	<b>2.5</b>
	屋顶次屏蔽	仓库	1/16	1	5		6.4	10	<b>6.4</b>
	侧屏蔽墙	5号楼走廊、库房	1/5	1	5		2	10	<b>2</b>
	迷路墙外	加速器1室	1/2	1	100		16	10	<b>10</b>
	迷路外墙	加速器1室	1/2	1	100		16	10	<b>10</b>
	迷路入口防护门(g点)		1/8	1	5		3.2	10	<b>3.2</b>

注: 1、加速器2室北侧为南京城墙城北段遗址(墙体), 人员不可达;  
2、表中居留因子、使用因子、工作时间取值均参考环评文件。

#### 防护用品及防护设施配置要求:

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)的要求, 本项目医用直线加速器机房防护用品及防护设施的配置应满足下述要求:

#### 6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所, 应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等;

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮存容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：

a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；

f) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。

#### **安全管理要求及环评要求：**

《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及环评报告、环评批复中的相

	<p>关要求。</p>
--	-------------

表 2 项目建设情况

**项目建设内容:**

南京市第二医院创建于1933年，是集医疗、教学、科研、预防为一体的三级甲等医院。医院共设钟阜院区、汤山院区两个院区，分别位于鼓楼区钟阜路1-1号和江宁区康复路1号。

南京市第二医院钟阜院区放疗中心一层建设有2座医用直线加速器机房，在加速器2室内配备有1台Siemens PRIMUS型医用直线加速器（X射线能量：6、15MV），已于2005年4月30日取得原江苏省环境保护厅的批复文件，并于2010年5月14日通过竣工环保验收。该设备运行至2018年5月，因维修率较高已基本暂停使用，医院于2024年8月对设备进行拆除回收。为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，南京市第二医院在钟阜院区放疗中心一层加速器2室内配备1台医科达Infinity型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，电子线：6、8、10、12、15MeV）用于肿瘤的放射治疗，对加速器2室进行改建（增加南墙、西墙和迷道内墙厚度，更换防护门）以满足配备的医科达Infinity型医用直线加速器在开展放射治疗活动过程中的屏蔽防护效果要求。本项目现已于2025年4月25日取得了南京市生态环境局的环评批复（宁环辐（表）审（2025）16号），环评报告表详见附件2。

目前，南京市第二医院现有核技术利用项目均已取得许可，辐射安全许可证（证书编号：苏环辐证[01288]）见附件3。

本项目建设地点位于南京市鼓楼区钟阜路1-1号南京市第二医院钟阜区内，院区东侧福连路、钟阜路1号小区（居民区）和钟阜路1-11号院（居民区），东南侧为钟阜路，西南侧为钟阜路小区（居民区），西侧为金阜雅苑（居民区），北侧为南京城墙城北段遗址（墙体，人员不可达，现为军事管理区）。本项目50m评价范围除北侧紧临南京城墙城北段遗址（墙体，人员不可达，现为军事管理区）外，其余方向均位于院区边界内，项目地理位置示意图见附图1，项目周边关系图见附图2。

本次验收，南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目射线装置使用情况见表2-1，项目环评审批及实际建设情况见表2-2。

表2-1 改建1座医用直线加速器机房项目射线装置使用情况

射线装置					
名称	活动种类	类别	规格型号	技术参数	工作场所名称
医用直线加速器	使用	II类	医科达Infinity型	X射线能量：6、10MV， 电子线能量：6、8、 10、12、15MeV	钟阜院区放疗中心一层 加速器2室

截止验收检测时，南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目已建设完成，相关配套设施与防护设施同步建成，已稳定运行，具备竣工环境保护验收条件。南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目建设内容与环评及其批复一致，无变动情况。

本次验收项目投资总概算为 2650 万元、辐射安全与防护设施投资总概算为 20 万元，实际总概算为 2650 万元、辐射安全与防护设施实际总概算为 20 万元，项目环评审批及实际建设情况见表 2-2，由表可知，本项目建设情况及周围环境与环评及其审批意见一致。

表2-2 南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目环评审批及实际建设情况一览表

项目建设地点及其周围环境													
项目内容	环评规划情况						实际建设情况						备注
建设地点	南京市鼓楼区钟阜路1-1号						南京市鼓楼区钟阜路1-1号						与环评一致
周围环境	加速器2室	东侧	加速器1室和大厅				加速器1室和大厅				与环评一致		
		南侧	控制室和水冷机房				控制室和水冷机房				与环评一致		
		西侧	5号楼				5号楼				与环评一致		
		北侧	南京城墙城北段遗址（现为军事管理区）				南京城墙城北段遗址（现为军事管理区）				与环评一致		
		上方	仓库和露天平台				仓库和露天平台				与环评一致		
		下方	土层				土层				与环评一致		
射线装置													
装置名称	环评规划情况						实际建设规模						备注
	型号	技术参数	数量	类别	活动种类	使用场所	型号	技术参数	数量	类别	活动种类	使用场所	

医用直线 加速器	医科达 Infinity型	X射线能量：6、10MV， 电子线能量：4、6、8、 10、12、15MeV X射线最大剂量率： 10MV时600cGy/min， 6MV时1400cGy/min（3F 束流模式） 电子线最高剂量率： 1000cGy/min	1	II类	使用	钟阜院区 放疗中心一层 加速器2室	医科达 Infinity型	X射线能量：6、10MV， 电子线能量：6、8、10、 12、15MeV X射线最大剂量率： 10MV时600cGy/min， 6MV时1400cGy/min（3F 束流模式） 电子线最高剂量率： 1000cGy/min （带CBCT图像引导功能）	1	II类	使用	钟阜院区 放疗中心一层 加速器2室	与环评 一致
<b>废弃物</b>													
名称	环评规划情况									实际建设规模			
	状态	核素名称	活度	月排 放量	年排 放量	排放 口 浓度	暂存 情况	最终 去向					
加速器靶等组成部件	固体	/	/	/	/	/	暂存	在更换或退役时，应开展辐射水平检测，若不能满足相关标准要求，应作为放射性废物交由资质单位回收处置。	与环评一致				
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧常温下约50分钟可自行分解为氧气。	与环评一致				

## 源项情况:

### 1、辐射污染源项

由改建1座医用直线加速器机房项目工作原理和 workflow 可知,本项目主要产生以下污染:

(1) X射线外照射:医用直线加速器以X射线模式运行时,从加速器电子枪里发出来的电子束,在加速管内经加速电压加速,轰击到钨金靶上,产生X射线。发射出来的X射线主要用于治疗,治疗剂量与剂量率的大小、加速器电子能量、受照射的靶体材料、电子束流强度、电子入射方向、考察点到源的距离等因素有关。

本次新增的1台医科达Infinity型医用直线加速器X射线最大能量为10MV,附带有CBCT(最大管电压为150kV,最大管电流为1000mA)调强剂量验证功能,由于X射线的贯穿能力极强,将对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染。

(2) 电子束:当医用直线加速器按电子束模式运行时,从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人。产生的电子属初级辐射,贯穿物质时受物质库仑场的影响,贯穿深度有限。

(3) 中子:南京市第二医院配备的医用直线加速器,X射线能量为6、10MV。依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)规定(§ 4.3.2.5),当加速器X射线 $\leq 10MV$ 时,中子及其影响可忽略。

医用直线加速器在运行时产生的高能电子束,因其贯穿能力远弱于X射线,在X射线得到充分屏蔽的条件下,电子束亦能得到足够的屏蔽。因此,在医用直线加速器电子束治疗时间时,电子线对周围环境辐射影响小于X射线治疗,可忽略对外环境的影响。

因此,本项目医用直线加速器开机期间,产生的X射线为主要辐射环境污染因素。

(4) 放射性固体废物:医用直线加速器靶物质(件)以及机头等金属部件由于受电子的轰击会产生较强的感生放射性,机器退役(约使用10年)后更换下来的加速器靶等组成部件应开展辐射水平检测,若不能满足相关标准要求,

应作为放射性废物交由资质单位回收处置。

## 2、非辐射污染源项

### (1) 废气

医用直线加速器在工作状态下，机房内的空气因电离产生的少量臭氧和氮氧化物可通过通风系统排至室外，臭氧常温下约 50 分钟可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

### (2) 固体废物

工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

### (3) 废水

主要是工作人员产生的生活污水，将进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

## 工程设备与工艺分析：

### 1、工作原理

医用直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，医用直线加速器是利用具有一定能量的高能电子与大功率微波的微波电场相互作用，从而获得更高的能量。这时电子的速度增加不大，主要是质量不断变大。电子直接引出，可作电子线治疗，电子打击重金属靶，产生韧致辐射发射 X 射线，作 X 射线治疗。

医用直线加速器至少要包括，一个加速场所（加速管），一个大功率微波源和波导系统，控制系统，射线均整和防护系统。医用直线加速器按照微波传输的特点分为行波和驻波两类，其基本结构和系统包括电子枪、微波功率源（磁控管或者速调管）、波导管（隔离器、RF（射频微波源）监测器、移相器、RF 吸收负载、RF 窗等）、DC 直流电源（射频发生器、脉冲调制器、电子枪发射延时电路等）、真空系统（真空泵）、伺服系统（聚焦线圈、对中线圈）、偏转系统（偏转室、偏转磁铁）、剂量监测系统、均整系统、射野形成系统等，分别安装于治疗头、固定机架、旋转机架、治疗床、控制台等处。

南京市第二医院于钟阜院区放疗中心一层加速器 2 室内配备 1 台医科达 Infinity 型医用直线加速器，其 X 射线能量：6、10MV，6MV 时最大剂量率为 1400cGy/min、10MV 时最大剂量率为 600cGy/min，电子线能量：6、8、10、

12、15MeV。本项目医用直线加速器设备外观和设备铭牌见图 2-1。



图 2-1 本项目医用直线加速器设备外观图和设备铭牌

## 2、工作流程及产污环节

医用直线加速器工作流程及产污环节分析见图 2-2，其工作流程如下：

1) 患者在经诊断确诊需要进行放射治疗后，根据病灶的部位确定定位体位，通过模拟定位机（依托放疗中心现有 1 台 Brilliance CT Big Bore 型 CT 模拟定位机）扫描采集影像资料，用于确定靶区位置、形状和大小；

2) 放疗医师根据医学影像临床诊断资料，提出放射治疗方案和精确治疗计划，做好放射治疗的质量保证和质量控制工作。在放射治疗前根据临床检查结果制定详细的放射治疗计划，包括放射治疗的类型、靶组织剂量分布、分割方式、治疗周期等；对放射治疗计划进行核对、签名确认与存档；对靶区外重要

组织器官的吸收剂量进行测算，按病变情况，在保证治疗要求的前提下，采用适当技术和措施使正常组织与器官处于可合理达到的最低剂量水平；

3) 物理师根据医师要求设计放射治疗计划，并经放疗医师确认后，放疗技师领患者进入治疗室，对患者进行摆位；

4) 技师确认治疗室内无其他人员滞留，确认各类按钮工作正常后，关闭防护门；

5) 技师在控制室内设置参数（首次放疗前，采用医用直线加速器配备的CBCT进行放疗计划验证，会产生X射线，治疗室内的空气会电离产生臭氧和氮氧化物），按照医疗方案调整好出束时间、角度、剂量，然后进行出束治疗。治疗过程，会产生X射线、电子线，治疗室内的空气会电离产生臭氧和氮氧化物；

6) 治疗结束后，停止出束，解除定位，关闭系统，患者离开治疗室。

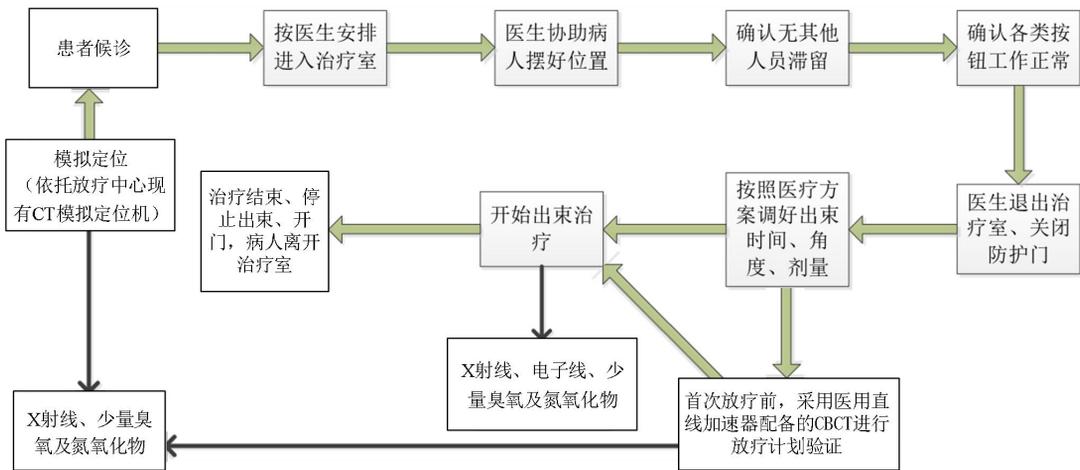


图 2-2 本项目医用直线加速器工作流程及产污环节示意图

表 3 辐射安全与防护设施/措施

**辐射安全与防护设施/措施****1、工作场所布局**

**选址：**本项目加速器 2 室位于钟阜院区放疗中心一层，机房位于建筑物底部，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中关于选址的规定。

**布局：**加速器2室东侧为加速器1室和大厅，南侧为控制室和水冷机房，西侧为5号楼，北侧为南京城墙城北段遗址（墙体，人员不可达，现为军事管理区），上方为仓库和露天平台，下方为土层。医用直线加速器机房控制室与治疗室分离，控制室位于治疗室南侧，治疗室采用直迷路设计，符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中“其他治疗机房均应设置迷路”等规定，布局合理。

**辐射防护分区：**本项目将加速器 2 室治疗室、迷路作为辐射防护控制区，将控制室、水冷机房及防护门外 1m 区域（在地面粘贴地标并标识监督区）划为监督区，辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目医用直线加速器机房平面布置及分区示意图见图 3-1。

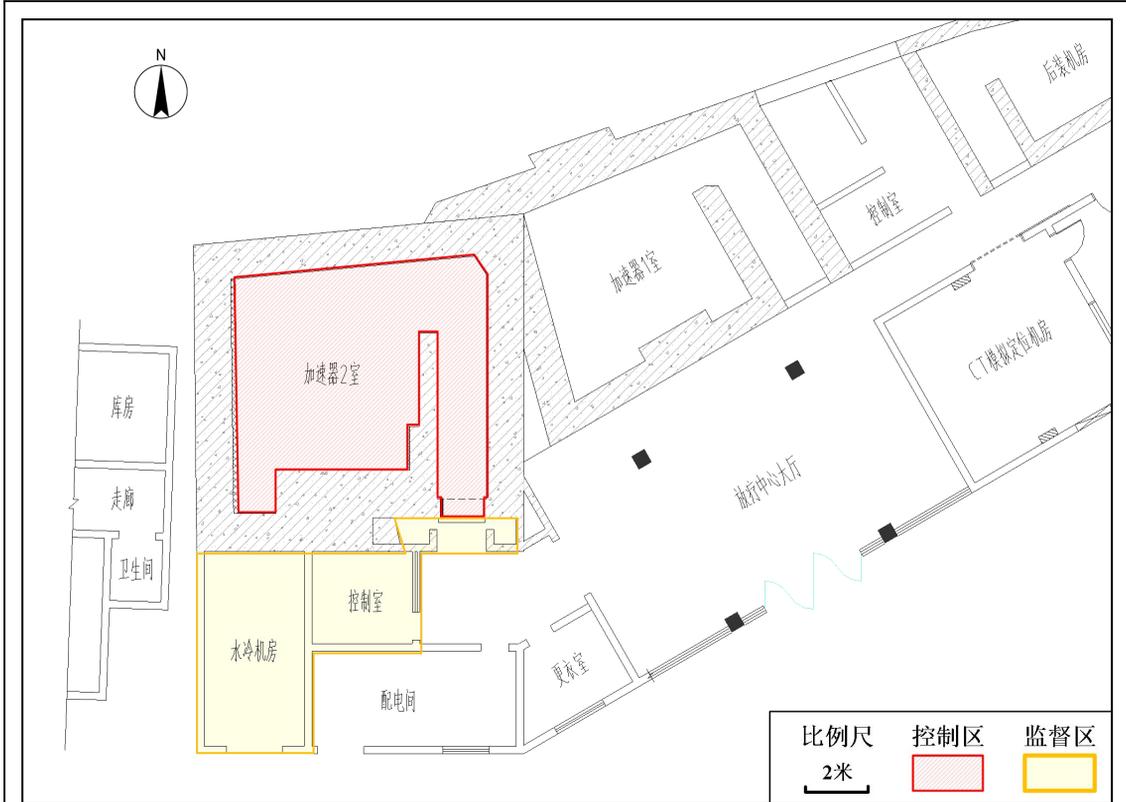


图3-1 钟阜院区放疗中心一层加速器2室平面布置及分区示意图

## 2、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目医用直线加速器机房屏蔽设施建设情况见表3-1，屏蔽防护示意图见图3-2。

表3-1 医用直线加速器机房屏蔽防护设计及落实情况一览表

屏蔽位置		环评要求防护设计		落实情况	备注	
钟阜院区放疗中心一层 加速器2室	北墙	主屏蔽区	120cm混凝土	120cm混凝土	与环评一致	
	西墙	侧屏蔽区	120cm~120.4cm混凝土 +15cm重晶石混凝土	120cm~120.4cm混凝土 +15cm重晶石混凝土	与环评一致	
	南墙	主屏蔽区	西段	263cm混凝土（半宽度为212cm）	263cm混凝土（半宽度为212cm）	与环评一致
			东段	263cm混凝土（半宽度为171~192cm）	263cm混凝土（半宽度为171~192cm）	与环评一致
	南墙	次屏蔽区	西段	122.5cm混凝土	122.5cm混凝土	与环评一致
			东段	153cm混凝土	153cm混凝土	与环评一致

东墙	迷路内墙		北段58cm混凝土（长度为300cm），南段88cm混凝土+10cm重晶石混凝土	北段58cm混凝土（长度为300cm），南段88cm混凝土+10cm重晶石混凝土	与环评一致
	迷路外墙		120cm混凝土	120cm混凝土	与环评一致
屋顶	主屏蔽区	西段	300cm混凝土（半宽度为193.6cm）	300cm混凝土（半宽度为193.6cm）	与环评一致
		东段	300cm混凝土（半宽度为206.4cm）	300cm混凝土（半宽度为206.4cm）	与环评一致
	次屏蔽区		180cm混凝土	180cm混凝土	与环评一致
防护门		18mm铅板+10cm含硼聚乙烯		18mm铅板+10cm含硼聚乙烯	与环评一致

注：混凝土密度为2.35g/cm<sup>3</sup>，铅板密度为11.3g/cm<sup>3</sup>，重晶石混凝土密度为4.2g/cm<sup>3</sup>。

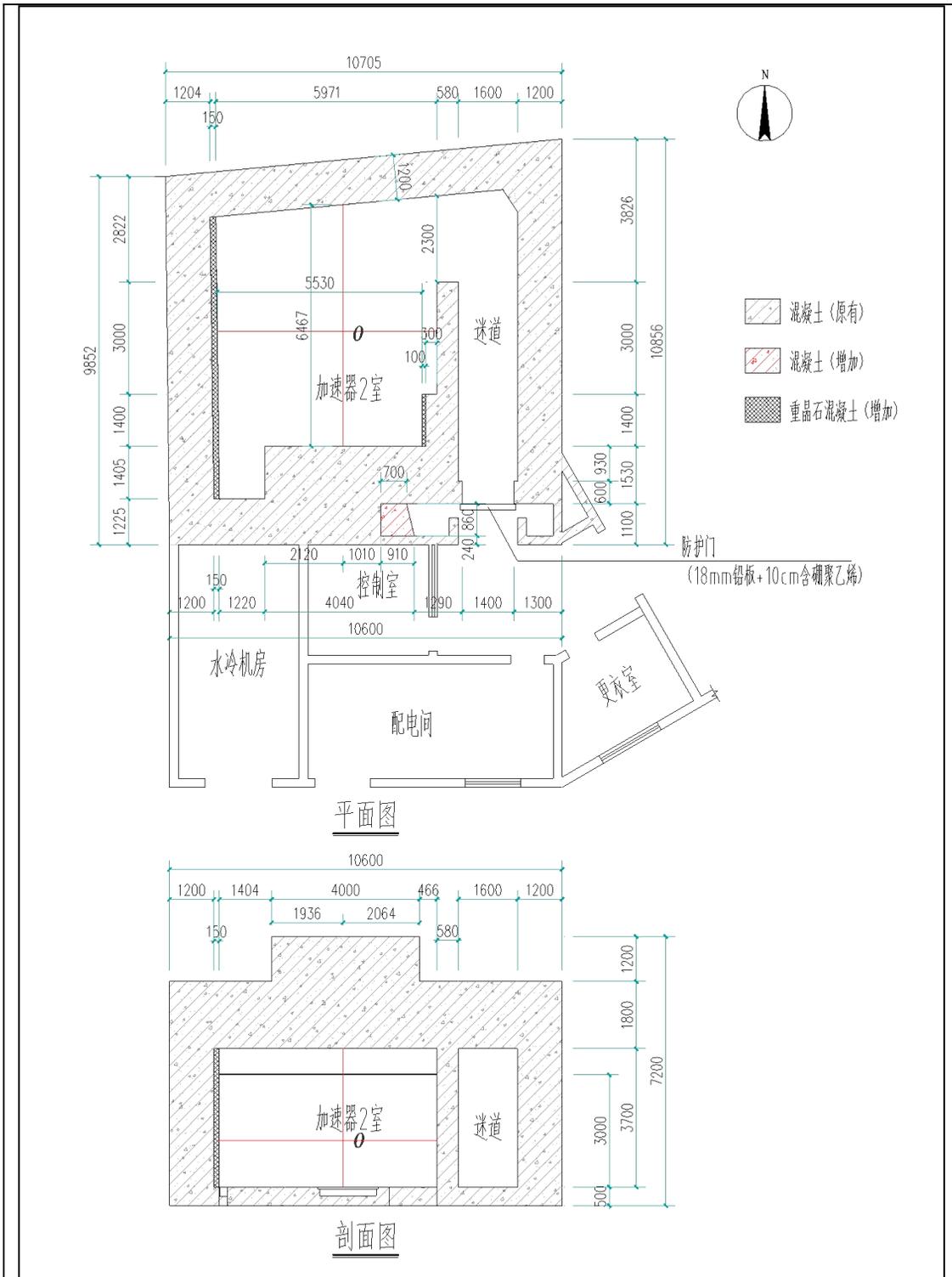


图3-2 钟阜院区放疗中心一层加速器2室屏蔽防护示意图

### 3、辐射安全与防护措施

#### (1) 工作状态指示灯和电离辐射警告标志

本项目医用直线加速器机房防护门上方设置工作状态指示灯，工作状态指示灯见图3-3。机房防护门、放疗中心入口处均粘贴有电离辐射警告标志和中文

警示说明，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。



(a) 机房防护门

(b) 放疗中心入口处

图3-3 工作状态指示灯和电离辐射警告标志

## (2) 闭门和防夹装置

本项目医用直线加速器机房防护门为电动推拉门，设有防夹装置及曝光时关闭机房门的闭门装置。

## (3) 门机联锁

本项目医用直线加速器机房防护门设置有门机联锁装置，只有防护门关闭到位时才能启动设备工作，机房内设有从室内开启机房门的装置且防护门设有防夹装置。

## (4) 视频监控和对讲系统

医院在医用直线加速器机房与其控制室内设置双向语音对讲装置。经现场核查，该对讲系统运行正常。

医院在医用直线加速器机房治疗室内和迷道均设置了监控装置，监控装置做到了全方位无死角，监控装置显示终端设置在控制室内，便于观察到患者状态，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中的相关要求。视频监控和对讲系统见图3-4。

### (5) 急停按钮

本项目医用直线加速器机房控制室操作台上及机房内设备上均设有急停按钮，当出现紧急情况时，按下急停按钮即可关闭设备。经验证检查，按下控制室操作台上的急停开关，医用直线加速器即可停止出束。急停装置见图3-5。



图3-4 视频监控和对讲系统



图3-5 急停按钮

### (6) 人员监护

医院为本项目配备1名辐射安全管理人员和12名辐射工作人员（名单见表3-2，培训考核证明见附件5），并对其进行健康体检及个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

表3-2 本项目配备的辐射工作人员名单

姓名	性别	学历	工种	培训合格证书编号	工作场所
束俊玫	女	研究生	辐射安全管理人员	FS23JS2200734 (辐射安全管理)	钟阜院区
王礼学	男	研究生	医师	FS23JS0200343 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心

鲁世慧	女	研究生	医师	FS23JS0200310 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
曹群	男	本科	技师	FS23JS0200319 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
吴悦	男	本科	技师	FS23JS0200328 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
杜傲宇	男	本科	物理师	FS23JS0200311 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
刘前	男	本科	技师	FS23JS0200309 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
周彤	男	本科	技师	FS22JS0200516 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
赵飞	男	本科	技师	FS22JS0200515 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
童金龙	男	研究生	医生	FS23JS0200448 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
于凤雪	女	本科	护士	FS23JS0200352 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
宣亮	男	研究生	医师	FS24JS0200003 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心
刘振扬	男	研究生	物理师	FS24JS0200389 (放射治疗)	钟阜院区 放疗中心

医院配备有固定式剂量报警仪1套、辐射巡测仪1台及个人剂量报警仪6台，本项目配备的辐射监测仪器见图3-6，清单见表3-3。



(a) 固定式剂量报警仪

(b) 辐射巡测仪



(c) 个人剂量报警仪

图3-6 辐射监测仪器

表3-3 本项目配备的辐射监测仪器清单

仪器名称	数量	型号	购买日期	性能状态	使用场所
环境监测X、 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪	1	FD-3013B型	2012.4.30	良好	钟阜院区
固定式辐射监测仪	1	YC-HM186N型	2025.8.18	良好	钟阜院区放疗中心加速器2室
个人剂量报警仪	2	RG1100型	2023.6.1	良好	钟阜院区放疗中心
X、 $\gamma$ 个人剂量仪	1	FJ3500型	2008.10.24	良好	钟阜院区放疗中心
X、 $\gamma$ 辐射个人剂量当量率	3	BG2010型	2019.12.11	良好	钟阜院区放疗中心

#### 4、“三废”治理情况

##### (1) 废气

本项目医用直线加速器机房内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物，通过通风系统排至室外，排风口设置于距地面 30cm 处（见图 3-7），臭氧常温下约 50 分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

本项目医用直线加速器机房内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等气体，通过机房内的机械通风装置排放，进风口与排风口位置对角设置。医用直线加速器机房进风口设置于治疗室内和隔断墙后设备区北部吊顶处，排风口设置于治疗室内东南角和西南角，排风口下沿距地面约 30cm 处，排风管道由治疗室西南角原有的地下“U”型穿墙管道至水冷机房，再向西穿出墙体后沿放疗中心外墙到达建筑楼顶排至室外。排风口尺寸均为 48cm×60cm，2 个排风口排风速率分别为 0.83m/s 和 0.62m/s，治疗室容积为 153m<sup>3</sup>，由此可知治疗室内空气每小时交换次数为 9.8 次，符合相关标准的要求。医院在日常工作中，应加强机房内的通风管理，确保机房通风效果满足相关要求。医用直线加速器机房通风装置见图 3-7。

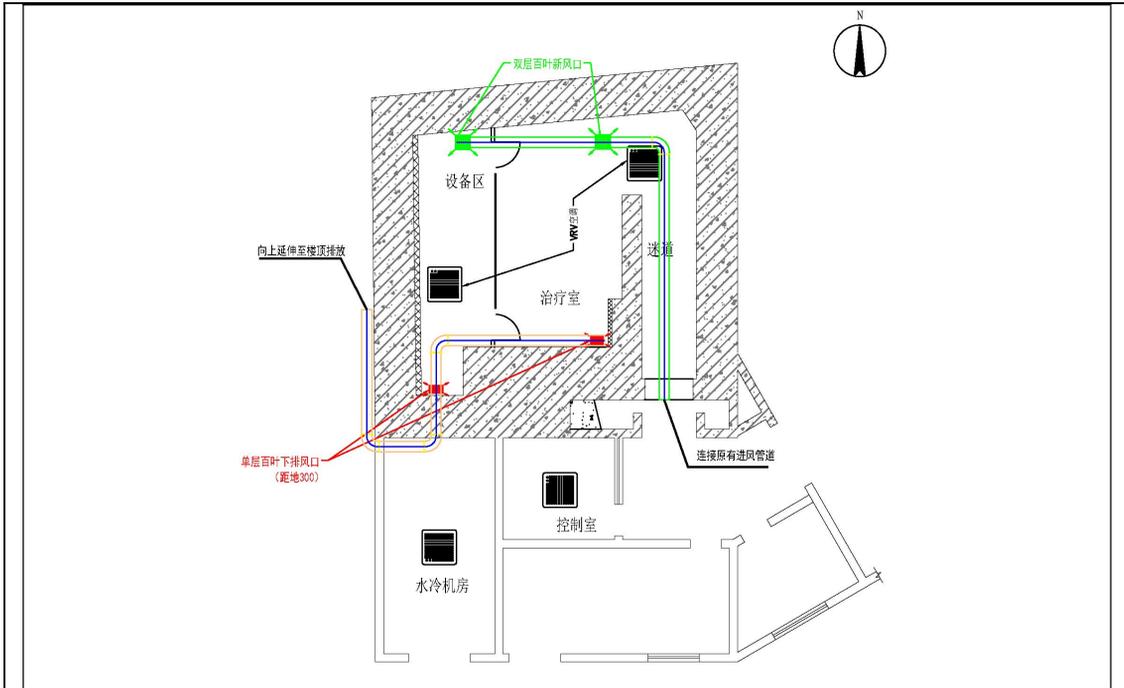


图3-7 医用直线加速器机房内通风装置

### (2) 固体废物

本项目工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

### (3) 废水

本项目工作人员产生的生活废水，进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

本项目废物的产生及治理情况属于环评及其批复一致，无变动情况。

## 5、辐射安全管理制度

医院已成立辐射安全与环境保护管理机构，以文件形式明确了管理人员职责，并根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、环评及批复中的要求，针对所开展的核技术利用项目制定了辐射安全管理规章制度（见附件4），清单如下：

- （1）《南京市第二医院关于调整辐射安全与防护管理领导小组的决定》
- （2）《直线加速器操作规程》
- （3）《岗位职责》
- （4）《辐射防护和安全保卫制度》
- （5）《设施设备维护与维修制度》
- （6）《射线装置使用登记制度》
- （7）《辐射工作人员培训计划》
- （8）《辐射工作人员健康管理制度》
- （9）《个人剂量监测制度》
- （10）《辐射环境监测方案》
- （11）《辐射事故应急预案》

以上规章制度能够满足医院辐射安全管理需要，所制定的辐射事故应急处理制度能够满足放射应急管理需要，符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、环评及批复中的要求。

表3-4 南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目环评及批复落实情况一览表

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
辐射安全管理	<p>管理机构：建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。</p> <p>管理制度：制定操作规程、放射诊疗工作职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度；根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。</p>	建立健全辐射安全与防护管理规章制度。	<p>已成立辐射安全与环境保护管理机构，已制定以下管理制度：《南京市第二医院关于调整辐射安全与防护管理领导小组的决定》《直线加速器操作规程》《岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《设施设备维护与维修制度》《射线装置使用登记制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射工作人员健康管理制度》《个人剂量监测制度》《辐射环境监测方案》《辐射事故应急预案》，见附件4。</p>	已落实
辐射安全和防护措施	<p>屏蔽措施：加速器2室四侧墙体及顶面采用混凝土结构、防护门采用铅防护门进行辐射防护。</p>	<p>项目的建设和运行应严格执行国家有关法律法规及标准的要求，辐射工作人员及周围公众的年受照有效剂量应低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相应的剂量限值要求。</p>	<p>屏蔽措施：医用直线加速器机房四侧墙体及顶面采用混凝土结构、防护门采用铅防护门进行辐射防护。</p> <p>辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中人员剂量限值要求及本项目剂量约束值的要求。</p>	已落实
	<p>安全措施：加速器2室设置门机联锁装置，并设置急停按钮、视频监控系统及对讲装置，防护门外设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，加速器2室拟设置从室内开启治疗机房门的紧急开门装置，防</p>	<p>项目应严格辐射工作场所的分区管理，按要求安装联锁装置、急停开关、监控对讲系统、工作状态指示灯和电离辐射警告标志等，并定期检查，确保各项辐射安全装置正常工作。</p>	<p>安全措施：本项目将加速器2室治疗室、迷路作为辐射防护控制区，将控制室、水冷机房及防护门外1m区域（在地面粘贴地标并标识监督区）划为监督区。医用直线加速器机房设置门机联锁装置，并设置</p>	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	护门拟设有防挤压功能。在治疗室内设置固定式剂量监测报警装置。加速器2室内拟设置强制排风系统，进风口拟设在放射治疗机房上部，排风口拟设在治疗机房下部，进风口与排风口位置拟对角设置，通风换气次数拟不小于4次/h。		急停按钮、视频监控系统及对讲装置；防护门外设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	辐射安全管理人员和辐射工作人员应定期开展辐射安全与防护知识培训，经考核通过后方可上岗，并建立个人剂量档案和职业健康档案，配备必要的个人防护用品。	本项目共配备有12名辐射工作人员，均已取得辐射安全与防护知识考核合格证书，详见附件5。	已落实
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司对辐射工作人员进行个人剂量监测，个人剂量监测报告见附件6。	
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。		医院已组织辐射工作人员定期进行职业健康体检，体检合格后上岗操作。已建立职业健康档案。体检详见附件5。	
监测仪器和防护用品	已配备辐射巡测仪 1 台。	落实监测计划，定期对工作场所辐射环境进行监测并建立监测档案，配备必要的辐射巡测仪和人员剂量报警仪。	本项目现已配备固定式剂量报警仪1套、辐射巡测仪1台及个人剂量报警仪6台，辐射工作人员工作时随身携带个人剂量报警仪，医院定期对项目周围辐射水平进行检测并记录。 每年请有资质单位对辐射工作场所进行监测。	已落实
	拟配备固定式剂量监测报警装置 1 套。			
	拟配备个人剂量报警仪 2 台。			
辐射监测	/	根据实际运行情况，对检修更换下来靶物质及相关部件开展辐射监测，对产生感生	本项目医用直线加速器退役时将按要求履行退役手续。	已落实

核查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
		放射性的废靶件按照放射性废物管理要求规范处置。项目退役按要求履行退役手续。		

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

## 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定：

## 1、环境影响报告书（表）主要结论与建议：

## 表13 结论与建议

## 结论

## 一、项目概况

为了更好地为患者服务，提高医院的医疗质量，根据规划，南京市第二医院拟对钟阜院区放疗中心一层加速器2室进行改建（增加南墙、西墙和迷道内墙厚度，更换防护门），并配备1台医科达Infinity型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，电子线：4、6、8、10、12、15MeV），用于肿瘤的放射治疗。

## 二、项目建设的必要性

本项目的建设，可为医院提供多种诊断、治疗手段，有着重要临床应用价值，可为患者提供放射治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平。

## 三、实践正当性

本项目的运行，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

## 四、项目产业政策符合性分析

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年修改）中“限制类”、“淘汰类”项目，项目符合国家产业政策。

## 五、选址合理性

南京市第二医院钟阜院区位于南京市鼓楼区钟阜路1-1号，院区东侧福连路、钟阜路1号小区（居民区）和钟阜路1-11号院（居民区），东南侧为钟阜路，西南侧为钟阜路小区（居民区），西侧为金阜雅苑（居民区），北侧为南京城墙城北段遗址（现为军事管理区）。

本次改建1座医用直线加速器机房项目周围50m评价范围除北侧紧临南京城墙城北段遗址（现为军事管理区）外，其余方向均位于院区边界内。项目运行

后的环境保护目标主要为医院辐射工作人员、院区内的其他医护人员、病患及陪同家属、6号楼（家属楼）公众和院外南京城墙城北段遗址（现为军事管理区）处其他公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）要求，本项目建设址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目建设址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元；本项目为核技术利用项目，根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

本项目位于钟阜院区放疗中心一层西部，周围无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。加速器2室控制室与治疗室分离，区域划分明确；设置直迷道，迷道口设有铅防护门。本项目选址与布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求。

## 六、辐射环境现状评价

南京市第二医院本次改建1座医用直线加速器机房项目拟建址周围环境辐射剂量率在（51~67）nGy/h之间，位于江苏省环境天然 $\gamma$ 辐射水平涨落区间。

## 七、环境影响评价

本项目加速器2室不涉及土木工程，仅需对机房内部部分墙体进行改造以满足拟配备的医科达Infinity型医用直线加速器在开展放射治疗活动过程中的屏蔽防护效果要求，并进行少量的开槽施工、装修与装饰等工作，医院在施工阶段计划采取污染防治措施，将施工期的影响控制在医院院内局部区域，对周围环境影响较小。

根据理论估算结果，南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生

的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv）。

#### 八、“三废”的处理处置

医用直线加速器靶物质（件）以及机头等金属部件由于受电子的轰击会产生较强的感生放射性，机器退役（约使用10年）后更换下来的加速器靶等部件应开展辐射水平检测，若不能满足相关标准要求，应作为放射性废物交由资质单位回收处置。

加速器2室内的空气在X射线作用下分解，产生臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排入大气。加速器2室拟设计有机械通风装置，进风口与排风口位置拟对角设置，加速器2室进风口拟设在治疗室北部西端和中部吊顶处，排风口拟设在治疗室东南角和西南角，下沿距治疗室地面0.3m高，每小时通风换气次数约为5.0次/h。机房内产生少量的臭氧、氮氧化物通过通风系统排至室外，臭氧在常温下约50分钟可自行分解为氧气，对周围环境影响较小；工作人员和部分患者产生的生活污水，由医院污水处理系统统一处理；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

#### 九、主要污染源及拟采取的主要辐射安全防护措施

南京市第二医院拟配备的医科达Infinity型医用直线加速器的X射线最大能量为10MV，医用直线加速器开机期间，产生的X射线为主要辐射环境污染因素。本项目加速器2室入口处拟设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯和门机联锁装置，机房内外均设置有急停按钮及监控装置，控制室通过监视器与对讲机与治疗室联络，加速器2室拟设置从室内开启治疗机房门的紧急开门装置，防护门拟设有防挤压功能，加速器2室治疗室迷道的内入口处拟设置固定式辐射剂量监测仪并拟有报警功能，其显示单元拟设置在控制室内，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的安全管理要求。

#### 十、辐射安全管理评价

南京市第二医院已设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责

辐射安全与环境保护管理工作，并以医院内部文件形式明确其管理职责。医院拟制定辐射安全管理制度，建议根据本报告的要求，对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建立符合本院实际情况的、完善可行的辐射安全管理制度，并在日常工作中落实。

南京市第二医院已为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，建立个人职业健康监护档案。南京市第二医院已配备有辐射巡测仪1台，拟为本项目新配备固定式剂量监测报警装置1套和个人剂量报警仪2台，用于辐射防护监测和报警。

综上所述，南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

#### 建议和承诺

一、该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

二、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

三、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

四、医院取得本项目环评批复后，应及时申请辐射安全许可证，按照法规要求开展竣工环境保护验收工作，环境保护设施的验收期限一般不超过3个月，最长不超过12个月。

## 2、审批部门审批决定

# 南京市生态环境局

宁环辐(表)审〔2025〕16号

## 关于南京市第二医院改建1座医用直线加速器 机房项目环境影响报告表的批复

南京市第二医院：

你单位报送的《南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目环境影响报告表》相关材料收悉。经研究，批复如下：

### 一、项目主要建设内容

该项目为医用直线加速器项目，地址位于南京市鼓楼区钟阜路1-1号。本期拟对钟阜院区放疗中心一层加速器2室进行改建，并配备1台医科达Infinity型医用直线加速器（X射线能量：6、10MV，剂量率：1400cGy/min），属于使用II类射线装置。

二、根据环境影响报告表结论，该项目在认真落实各项环境保护措施后，从环境保护角度分析项目建设具备可行性。我局原则同意该环境影响报告表。

三、在工程建设和运行中要认真落实《报告表》中提出的各项环境保护措施，并做好以下工作：

（一）项目的建设和运行应严格执行国家有关法律法规及标准的要求，辐射工作人员及周围公众的年受照有效剂量应低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应的剂量限值要求。

（二）项目应严格辐射工作场所的分区管理，按要求安装连锁装置、急停开关、监控对讲系统、工作状态指示灯和电离辐射警告标志等，并定期检查，确保各项辐射安全装置正常工作。

（三）建立健全辐射安全与防护管理制度，辐射安全管

理人员和辐射工作人员应定期开展辐射安全与防护知识培训，经考核通过后方可上岗，并建立个人剂量档案和职业健康档案，配备必要的个人防护用品。

（四）落实监测计划，定期对工作场所辐射环境进行监测并建立监测档案，配备必要的辐射巡测仪和个人剂量报警仪。

（五）根据实际运行情况，对检修更换下来的靶物质及相关部件开展辐射监测，对产生感生放射性的废靶件按照放射性废物管理要求规范处置。项目退役按要求履行退役手续。

四、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度，落实各项环境保护措施。该项目竣工后，应依法申领辐射安全许可证并按规定开展竣工环境保护验收。在取得辐射安全许可证且验收合格后，项目方可投入正式运行。本项目施工期及运行期的环境监督管理由鼓楼生态环境局组织实施，市生态环境综合行政执法局不定期抽查。

五、该项目的环境影响报告表经批准后，项目的性质、规模、地点、防治污染措施等发生重大变动的，你单位应当重新报批项目的环境影响报告表。

六、该项目的环境影响报告表自批准之日起超过五年，方决定该项目开工建设的，其环境影响报告表应当报我局重新审核。

南京市生态环境局

2025年4月25日

抄送：市生态环境综合行政执法局，鼓楼生态环境局，南京瑞森辐射技术有限公司

表5 验收监测质量保证及质量控制

## 验收监测质量保证及质量控制：

## 1、检测单位资质

验收检测单位获得 CMA 资质认证（221020340350），见附件 9。

## 2、检测人员能力

参与本次验收检测人员均符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求：验收检测人员已通过上岗培训。

## 3、监测仪器

本次监测仪器符合南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，检测所用设备通过检定并在有效期内，满足检测要求。

监测仪器见表 5-1。

表5-1 监测仪器

序号	仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
1	X-γ剂量率仪	AT1123	NJRS-106	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2025-0014342 检定有效期限：2025.2.24~2026.2.23
2	风速仪	HT625B	NJRS-136	检定证书编号：H2025-0041796 检定有效期限：2025.4.30~2026.4.29
3	固体水模	/	NJRS-084	/

## 4、质量控制

本项目检测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过计量认证（证书编号：221020340350，检测资质见附件9），具备有相应的检测资质和检测能力。检测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，实施全过程质量控制。

## 数据记录及处理：

（1）将辐射剂量仪（型号：AT 1123）开机预热，手持仪器，一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为1m。仪器读数稳定后，读取数据，读取间隔不小于10s。

（2）通风风速：将风速仪探头放在医用直线加速器机房排风口处测量风

速，保持探头稳定，待仪器示数稳定后读取数据。

## 5、检测报告

检测报告的编制、审核、出具严格执行南京瑞森辐射技术有限公司质量管理体系要求，出具报告前进行三级审核。

## 表 6 验收监测内容

### 验收监测内容:

#### 1、检测期间项目工况

2025年8月18日，南京瑞森辐射技术有限公司对南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目进行了现场核查和验收监测，检测期间工作场所的运行工况见表6-1。

表6-1 验收监测工况

射线装置			
设备名称	设备型号	设备参数	检测工况
医用直线加速器	医科达 Infinity 型	X 射线能量：6、10MV， X 射线最大剂量率：6MV 时 1400cGy/min； 10MV 时 600cGy/min	6MV、1400cGy/min； 10MV、600cGy/min

#### 2、验收检测因子

根据项目污染源特征，本次竣工验收检测因子为工作场所X- $\gamma$ 周围剂量当量率、通风口风速。

#### 3、检测点位

对医用直线加速器机房工作场所周围环境布设检测点，特别关注防护门及屏蔽墙外30cm处，检测设备运行状态、非运行状态下的X- $\gamma$ 辐射剂量率和机房内通风口风速，每个点位监测5个数据。

#### 4、检测分析方法

本次检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）的标准要求进行检测、分析。

表 7 验收监测

## 验收监测期间生产工况记录：

被检单位：南京市第二医院

检测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测日期：2025年8月18日

天气：多云 温度：38℃ 湿度：48%RH

检测项目：X- $\gamma$ 周围剂量当量率，通风口风速

验收监测期间运行工况见表6-1。

## 验收监测结果：

## 1、辐射防护检测结果

本次检测结果详见附件 8。本项目钟阜院区放疗中心一层加速器 2 室周围 X- $\gamma$ 辐射剂量率检测结果见表 7-1，检测点位见图 7-1。

表 7-1 (a) 加速器 2 室周围 X- $\gamma$ 辐射剂量率检测结果 (10MV, 600cGy/min)

测点编号	点位描述	测量结果 (nSv/h)	设备状态
1	防护门外 30cm 处 (左缝)	<MDL	射线朝南， 照射野：0.5cm×0.5cm
2	防护门外 30cm 处 (中间)	<MDL	
3	防护门外 30cm 处 (右缝)	24	
4	防护门外 30cm 处 (下缝)	3.3E+02	
5	南墙外 30cm 处	6.6E+02	射线朝南，准直器角为 45°，无模体
6	操作位	36	
7	南墙外 30cm 处	1.66E+03	射线朝南，等中心处 放置固体水模
8	南墙外 30cm 处	31	
9	东墙外 30cm 处	<MDL	
10	东墙外 30cm 处	<MDL	射线朝下，等中心处 放置固体水模
11	东墙外 30cm 处	<MDL	

12	西墙外 30cm 处	21	
13	西墙外 30cm 处	<MDL	
14	西墙外 30cm 处	<MDL	
15	距机房楼上地面 30cm 处	1.74E+03	射线朝上，准直器角为 45°，无模体
16	距机房楼上地面 30cm 处	3.4E+02	射线朝上，等中心处放置固体水模
17	距机房楼上地面 30cm 处	4.5E+02	

注：1、测量结果已扣除本底值，本底值为 125nSv/h，最低探测水平（MDL）为 17nSv/h；

2、设备状态未备注照射野状态时，照射野为最大照射野，即 40cm×40cm；

3、机房北侧和下方为土层，人员均无法到达。

表 7-1 (b) 加速器 2 室周围 X-γ 辐射剂量率检测结果 (6MV, 1400cGy/min)

测点编号	点位描述	测量结果 (nSv/h)	设备状态
1	防护门外 30cm 处 (左缝)	<MDL	射线朝北，等中心处放置固体水模
2	防护门外 30cm 处 (中间)	<MDL	
3	防护门外 30cm 处 (右缝)	<MDL	
4	防护门外 30cm 处 (下缝)	53	
5	南墙外 30cm 处	<MDL	射线朝南，准直器角为 45°，无模体
6	操作位	<MDL	
7	南墙外 30cm 处	<MDL	射线朝南，等中心处放置固体水模
8	南墙外 30cm 处	<MDL	
9	东墙外 30cm 处	<MDL	
10	东墙外 30cm 处	<MDL	射线朝下，等中心处放置固体水模
11	东墙外 30cm 处	<MDL	
12	西墙外 30cm 处	<MDL	
13	西墙外 30cm 处	<MDL	
14	西墙外 30cm 处	<MDL	

15	距机房楼上地面 30cm 处	18	射线朝上，准直器角为 45°，无模体
16	距机房楼上地面 30cm 处	<MDL	射线朝上，等中心处放置固体水模
17	距机房楼上地面 30cm 处	<MDL	

注：1、测量结果已扣除本底值，本底值为 125nSv/h，最低探测水平（MDL）为 17nSv/h；

2、照射野为最大照射野，即 40cm×40cm；

3、机房北侧和下方为土层，人员均无法到达。

由表 7-1 检测结果可知，当钟阜院区放疗中心一层加速器 2 室内医用直线加速器（型号：Elekta Infinity 型）正常工作（检测工况：10MV X 射线、600cGy/min 或 6MV（3F）X 射线、1400cGy/min）时，机房周围的 X-γ 辐射剂量当量率最大为 1.66E+03nSv/h（已扣除本底值），符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的标准要求。

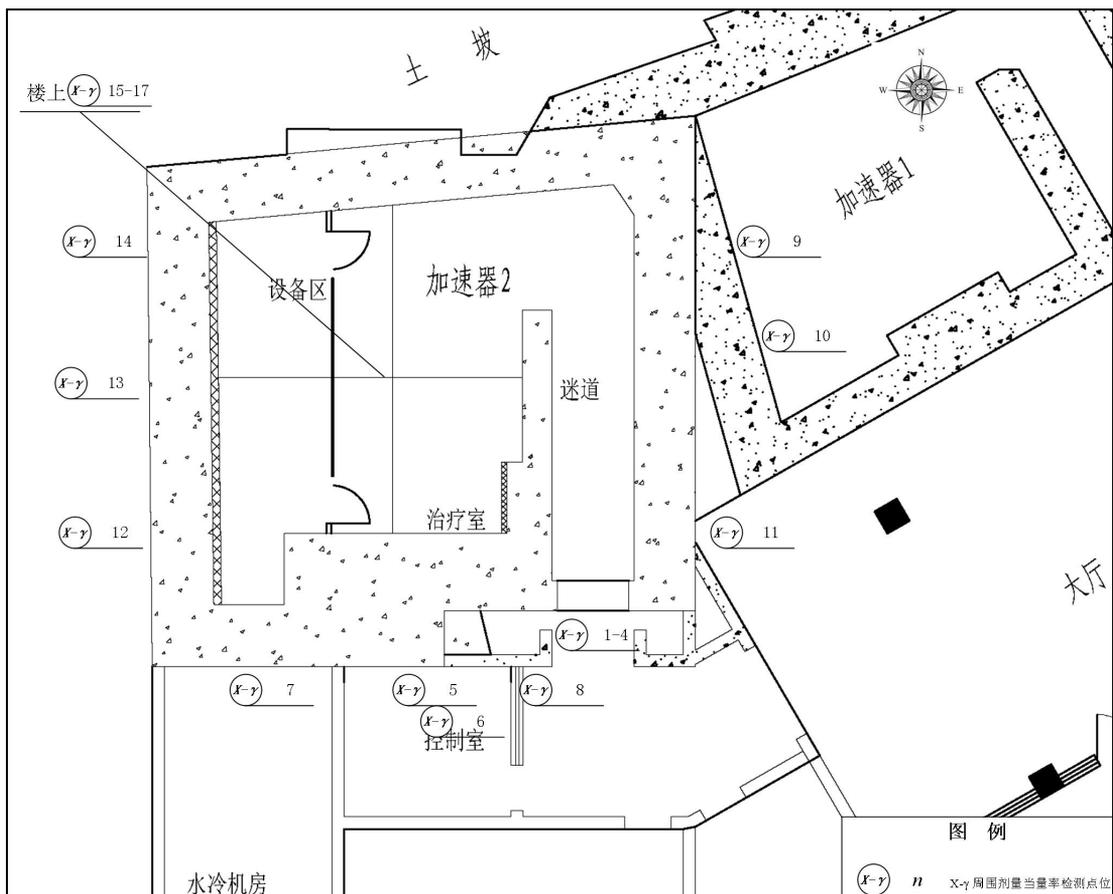


图 7-1 加速器 2 室周围 X-γ 辐射剂量率检测点位示意图

本项目钟阜院区放疗中心一层加速器 2 室内通风口风速监测结果见表 7-2。

表7-2 加速器2室内通风口风速检测结果

点位描述	测量结果 (m/s)	
	加速器2室	西排风口
东排风口		0.62

经现场检测，加速器2室内2个排风口排风速率分别为0.83m/s和0.62m/s，排风口尺寸均为48cm×60cm，治疗室容积（包含迷道）为153m<sup>3</sup>，由此可知治疗室内空气每小时交换次数为9.8次，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“治疗室通风次数不小于4次/h”的要求。

## 2、辐射工作人员和公众年有效剂量分析

根据本项目现场检测结果，对项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行计算分析，计算已扣除环境本底剂量率。

### （1）辐射工作人员

目前南京市第二医院为本项目配备12名辐射工作人员，满足本项目目前的配置要求。本项目辐射工作人员采用个人累计剂量监测结果计算其年有效剂量。医院已委托南京瑞森辐射技术有限公司开展辐射工作人员个人剂量检测，根据建设单位提供的近一年度个人剂量检测报告（报告编号为：瑞森（剂）字（2025）第0181号、瑞森（剂）字（2025）第0587号、瑞森（剂）字（2025）第0949号、瑞森（剂）字（2025）第1391号，见附件6），其辐射工作人员个人累积剂量监测及预算结果见表7-3。

表7-3 辐射工作人员个人累积剂量监测结果 (mSv)

姓名	岗位	编号	监测结果 (mSv)				年受照剂量*	剂量约束值
			2024.10.10 ~ 2025.1.9	2025.1.10 ~ 2025.3.24	2025.3.25 ~ 2025.6.24	2025.6.25 ~ 2025.9.24		
王礼学	医师	1111553010096	0.05	0.02	0.07	<MDL	0.16	5
鲁世慧	医师	1111553010097	0.02	0.02	0.05	<MDL	0.11	5
曹群	技师	1111553010099	0.02	0.02	0.02	<MDL	0.08	5

吴悦	技师	1111553010100	0.02	0.02	0.12	<MDL	0.18	5
杜傲宇	物理师	1111553010101	0.02	0.02	0.13	<MDL	0.19	5
刘前	技师	1111553010102	0.02	0.02	0.03	0.07	0.14	5
周彤	技师	1111553010103	0.02	0.02	0.02	0.07	0.13	5
赵飞	技师	1111553010104	0.04	0.04	0.09	<MDL	0.19	5
童金龙	医生	1111553010106	0.02	0.02	0.02	<MDL	0.08	5
于凤雪	护士	1111553010108	0.04	0.02	0.02	<MDL	0.10	5
宣亮	医师	1111553010126	0.02	0.02	0.02	<MDL	0.08	5
刘振扬	物理师	1111553000141	0.02	0.02	0.09	<MDL	0.15	5

注：除 2025.1.10~2025.3.24 周期的调查水平的参考值为 0.83mSv、MDL 为 0.03mSv，其余周期的调查水平的参考值均为 1.25mSv、MDL 均为 0.04mSv。

根据医用直线加速器机房现场检测结果，对项目运行期间辐射工作人员和公众的年有效剂量进行估算，结果见表 7-4。

表 7-4 医用直线加速器机房周围公众及辐射工作人员年有效剂量分析<sup>1)</sup>

关注点位		最大检测值 <sup>2)</sup> (nSv/h)	人员性质	居留因子	年工作时间 (h)	年有效剂量 <sup>3)</sup> (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)
钟阜院区放疗中心一层加速器室	防护门外	3.3E+02	公众	1/8	625	0.03	0.1
	南墙外	6.6E+02	职业人员	1		0.41	5
		1.66E+03	公众	1/20		0.05	0.1
	操作位	36	职业人员	1		0.02	5
	东墙外	<MDL	职业人员	1/2		<0.01	5
	西墙外	21	公众	1/5		<0.01	0.1
	上方	1.74E+03	公众	1/16		0.07	0.1

注：1、计算时已扣除环境本底剂量；

2、选取两种工况下参考点处辐射剂量率较大值进行保守计算；

3、工作人员的年有效剂量由公式  $E_{\text{eff}} = D \cdot t \cdot T \cdot U$  进行估算，式中： $E_{\text{eff}}$  为年有效剂量， $D$  为关注点处剂量率， $t$  为年工作时间， $T$  为居留因子， $U$  为使用因子（取值参照环评文件）。

由表 7-3 可知，根据南京市第二医院提供的个人累积剂量监测报告，结果显示本项目辐射工作人员个人累积剂量最大为  $0.19\text{mSv/a}$ ，个人剂量未见异常。由表 7-4 可知，根据现场实际检测结果显示，叠加本项目致机房外辐射工作人员有效剂量最大为  $0.41\text{mSv/a}$ （已扣除环境本底剂量），低于本项目辐射工作人员个人剂量约束值。

## （2）公众

本项目评价的公众为辐射工作场所周围的非辐射工作人员，计算方法同辐射工作人员。计算结果见表 7-4。由表可知，公众年有效剂量不超过  $0.07\text{mSv/a}$ （已扣除环境本底剂量），低于本项目周围公众个人剂量约束值。

综上所述，本项目周围辐射工作人员和公众年最大有效剂量根据实际检测结果计算和个人剂量检测报告结果为：辐射工作人员有效剂量最大为  $0.60\text{mSv/a}$ （ $0.19\text{mSv/a}+0.41\text{mSv/a}$ ），周围公众年有效剂量不超过  $0.01\text{mSv/a}$ （已扣除环境本底剂量）。辐射工作人员和公众年有效剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）限值的要求（职业人员  $20\text{mSv/a}$ ，公众  $1\text{mSv/a}$ ），并低于本项目剂量约束值（职业人员  $5\text{mSv/a}$ ，公众  $0.1\text{mSv/a}$ ），同时能够满足环评文件中剂量约束值要求。

表 8 验收监测结论

**验收监测结论:**

南京市第二医院改建 1 座医用直线加速器机房项目已按照环评及批复要求落实辐射防护和安全管理措施，经现场检测和核查表明：

1) 南京市第二医院在钟阜院区放疗中心一层加速器 2 室内配备 1 台医科达 Infinity 型医用直线加速器（X 射线能量：6、10MV，电子线能量：6、8、10、12、15MeV），用于开展医疗诊断和介入治疗。

本项目实际建设规模及主要技术参数与《南京市第二医院改建 1 座医用直线加速器机房项目环境影响报告表》及其环评批复一致，本次验收项目投资总概算为 2650 万元、辐射安全与防护设施投资总概算为 20 万元，实际总概算为 2650 万元、辐射安全与防护设施实际总概算为 20 万元。

本期已投入运行的项目内容与环评及其批复要求一致，无变动情况；

2) 本次南京市第二医院改建 1 座医用直线加速器机房项目工作场所屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实。在正常工作条件下运行时，工作场所周围所有检测点位的 X- $\gamma$ 辐射剂量率、通风速率均能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求；

3) 辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中人员剂量限值要求及本项目剂量约束值的要求；

4) 本项目医用直线加速器机房防护门上方均设置工作状态指示灯和电离辐射警告标志；医用直线加速器机房防护门为电动推拉门，设有防夹装置及曝光时关闭机房门的闭门装置；本项目医用直线加速器机房防护门设置有门机联锁装置；医用直线加速器机房与其控制室内设置双向语音对讲装置；医院在医用直线加速器机房治疗室内和迷道均设置了监控装置，医用直线加速器机房控制室操作台上及机房内设备上均设有急停按钮。以上辐射安全措施满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的标准要求；

5) 非放射性“三废”处置情况：本项目医用直线加速器机房内的空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过通风系统排至室

外；工作人员产生的生活垃圾，分类收集后交由城市环卫部门处理；工作人员产生的生活污水，进入医院污水处理系统，处理达标后排入城市污水管网；

6) 医院配备了1套固定式剂量报警仪、1台辐射巡测仪及6台个人剂量报警仪等辐射监测仪器；

7) 本项目共配备有12名辐射工作人员，均已通过辐射防护安全与防护知识培训考核，并获得培训合格证书；本项目辐射工作人员已开展个人剂量监测和个人职业健康体检，并建立个人剂量和职业健康档案；医院已设立辐射安全管理机构，并建立辐射安全管理规章制度；医院制定了辐射事故应急处理制度并定期组织工作人员进行演练。满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求。

综上所述，南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目与环评报告内容及批复要求一致。本次验收南京市第二医院改建1座医用直线加速器机房项目环境保护设施满足辐射防护与安全的要求，检测结果符合国家标准，满足《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定要求，建议通过竣工环境保护验收。

#### 建议：

1) 认真学习《中华人民共和国放射性污染防治法》等有关法律法规，不断提高核安全文化素养和安全意识；

2) 积极配合环保部门的日常监督核查，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。每年请有资质单位对项目周围辐射环境水平检测1~2次，检测结果上报生态环境主管部门。



附图 1 本项目地理位置示意图