

南京一民医院有限公司新建放射
诊疗项目竣工环境保护（分期）
验收监测表

报告编号：瑞森（验）字（2022）第057号

建设单位： 南京一民医院有限公司

编制单位： 南京瑞森辐射技术有限公司

二〇二二年十二月

建设单位：南京一民医院有限公司

法人代表（签字）：刘大林

编制单位：南京瑞森辐射技术有限公司

法人代表（签字）：王爱强

项目负责人：

填表人：

建设单位（盖章）：南京一民医院有
限公司

电话：025-69026700

传真：

邮编：210000

地址：江苏省南京市江宁区东山街道
上高路86号

编制单位（盖章）：南京瑞森辐射技
术有限公司

电话：025-86633196

传真：

邮编：210003

地址：南京市鼓楼区建宁路61号中央
金地广场1幢1317室

目 录

表一 建设项目基本情况.....	1
表二 建设项目工程分析.....	9
表三 辐射安全与防护设施/措施.....	16
表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定.....	28
表五 验收监测质量保证及质量控制.....	32
表六 验收监测内容.....	34
表七 验收监测期间生产工况.....	35
表八 验收监测结论.....	40
附件1：项目委托书.....	42
附件2：项目环境影响报告表主要内容.....	43
附件3：项目环境影响报告表批复文件.....	53
附件4：辐射安全许可证及辐射工作人员相关信息.....	55
附件5：辐射安全管理机构及制度.....	62
附件6：辐射工作人员培训证书及职业健康体检报告.....	93
附件7：个人剂量委托检测协议和个人剂量监测报告.....	103
附件8：竣工环保验收监测报告.....	109
附件9：验收监测单位CMA资质证书.....	116
附件11：加速器机房屏蔽建设情况说明.....	123
建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表.....	124

表一 建设项目基本情况

建设项目名称	新建放射诊疗项目竣工环境保护（分期）验收				
建设单位名称	南京一民医院有限公司 (统一社会信用代码: 91320115MA1W9RT21H)				
建设项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 退役				
建设地点	江苏省南京市江宁区东山街道上高路86号				
源项	放射源（类别）	非密封放射性物质 （场所等级）	射线装置 （类别）	退役项目	
	/	/	II类	/	
建设项目 环评批复时间	2019年2月1日	开工建设时间	2019年2月		
取得辐射安全 许可证时间	2022年8月24日	项目投入运行时间	2022年8月		
退役污染治理 完成时间 （退役项）	/	验收现场监测时间	2022年7月4日 ^①		
环评报告表 审批部门	（原）南京市环 境保护局	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	中外建华诚城市 建筑规划有限公 司	辐射安全与防护设 施施工单位	无锡卓越医用工程有限 公司		
投资总概算	3000万 ^②	辐射安全与防护设 施投资总概算	300万 ^②	比例	10% ^②
实际总概算	512.7万 ^③	辐射安全与防护设 施实际总概算	266.7万 ^③	比例	52% ^③
<p>①本次验收监测在设备调试期间进行，监测期间项目尚未正式投运；</p> <p>②根据环评文件，新建放射诊疗项目的总投资金额；</p> <p>③根据医院提供资料，医用直线加速器项目的实际投资金额，详见表2-2。</p>					
验收依据	<p>建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度：</p> <p>（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订），2015年1月1日起实施；</p> <p>（2）《中华人民共和国环境影响评价法》（修正版），2018年12月29日发布施行；</p> <p>（3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，全国人大常务委员</p>				

会，2003年10月1日起施行；

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

(5) 《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；

(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修正本），生态环境部部令 第7号，2019年8月22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》，环境保护部令 第18号，2011年5月1日起施行；

(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令 第16号，2021年1月1日起施行；

(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环境保护总局（环发〔2006〕145号文）；

(10) 《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；

(11) 《江苏省辐射污染防治条例》，2018年修改，2018年5月1日起实施；

(12) 《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；

(13) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令 第55号，2007年11月1日起施行；

(14) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》生态环境部公告[2018]第9号，2018年5月15日印发；

(15) 《关于印发〈污染影响类建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》，生态环境部办公厅，环办环评函[2020]688号，2020年12月13日印发。

建设项目竣工环境保护验收技术规范：

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);
- (2) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) ;
- (3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021) ;
- (5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019) ;
- (6) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020) ;
- (7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) ;
- (8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) ;
- (9) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011) ;
- (10) 《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) ;
- (11) 《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) 。

建设项目环境影响报告书（表）及其审批部门审批文件：

- (1) 《新建放射诊疗项目环境影响报告表》，南京瑞森辐射技术有限公司，2018 年 9 月。见附件 2；
- (2) 《南京一民医院有限公司新建放射诊疗项目环境影响报告表批复意见的函》，（原）南京市环境保护局，审批文号：（宁环辐(2019)003 号，2019 年 2 月 1 日。见附件 3；

其他相关文件：

- (1) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

验收监测 执行标准	人员年受照剂量限值：		
	(1) 人员年有限剂量满足《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：		
	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； ③眼睛体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。	
	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； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。	
	(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，本个人剂量约束值见表1-2。		
	表 1-2 工作人员职业照射和公众照射个人剂量约束值		
	项目名称	适用范围	管理目标值
	新建放射诊疗项目	职业照射有效剂量	5mSv/a
公众有效剂量		0.1mSv/a	
<p>注：本项目环评时公众个人剂量约束值为0.25mSv/a，根据HJ 1198-2021等最新管理要求，公众个人剂量约束值取0.1mSv/a。</p> <p>辐射管理分区：</p> <p>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。</p> <p>(1) 控制区</p> <p>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。</p>			

（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。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021），医用直线加速器工作场所分区应遵循以下原则：

5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

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工作场所选址及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。

5.1.3 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维修的房间）形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。

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），本项目医用直线加速器的辐射安全与防护设施应满足下述要求：

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求**6.1 屏蔽要求要求**

6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于10MV的X射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

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 ：

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： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 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）。

6.1.5 使用中子源开展后装治疗的治疗室内应配备符合需要的应急贮源水池或聚乙烯罐等满足中子屏蔽的措施，保障放射源的安全暂存，并实行双人双锁管理。

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，贮源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运输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；

d) 质子/重离子治疗装置安全联锁系统还应包括清场巡检系统、门钥匙开关（身份识别系统）。质子/重离子治疗室、加速器大厅和束流运输通道应建立分区清场巡检和束流控制的逻辑关系，清场巡检系统应考虑清场巡检的最长响应时间和分区调试情况的联锁设置。日常清场巡检时，如超出设定的清场巡检响应时间，需重新进行清场巡检；

e) 质子/重离子治疗装置应考虑建立调试、检修、运行维护人员的人身安全联锁系统，将调试、检修、运行维护人员的受照剂量与进入控制区的权限实施联锁管控；

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。

医用直线加速器项目还应满足《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）、《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）及《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）等标准的相关要求。

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、环评批复中的相关要求。

表二 建设项目工程分析

项目建设内容:

为了更好的为患者服务，提高医院的医疗质量，南京一民医院有限公司开展新建放射诊疗项目，根据规划，于放射楼负二楼新建1座医用直线加速器机房并配备1台医用直线加速器、于放射楼一楼新建核医学科、于门诊住院楼三楼新建2座DSA机房并配备2台DSA。该项目于2018年9月完成项目的环境影响评价文件编制，于2019年2月1日取得了原南京市环境保护局关于本项目的环评批复文件(宁环辐（2019）003号)。

2021年，新建放射诊疗项目中核医学科项目、1台DSA项目相继建设完成，并于2021年12月13日完成了竣工环境保护（分期）验收（详见附件10）；目前，医院1台医用直线加速器项目建设完成，污染防治设施同步建成，具备竣工环境保护验收条件，为本期验收项目；另1台DSA项目待建设完成后另行验收。

南京一民医院有限公司新建放射诊疗项目验收情况见表2-1。

表2-1 本次验收项目基本情况一览表

项目名称	项目内容	验收情况
新建放射诊疗项目	核医学科项目 (丙级非密封放射性物质工作场所)	2021年12月验收
	1台DSA项目 (II类射线装置)	
	1台医用直线加速器项目 (II类射线装置)	本期验收
	1台DSA项目 (II类射线装置)	尚未建成，建成后另行验收

南京一民医院有限公司于2022年8月24日重新申领了辐射安全许可证，证书编号：苏环辐证[A0940]，许可种类和范围为：使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，使用丙级非密封放射性物质工作场所。有效期至2024年8月11日。辐射安全许可证见附件4。

本次验收1台医用直线加速器项目环评时拟采购加速器型号为医科达Infinity，X射线能量为6、10MV，电子线能量为6、8、10、12、15MeV；实际建成配置的加速器型号为医科达Synergy，X射线能量为6、10MV，电子线能量为6、8、10、12、15MeV。加速器仅型号发生变化，主要技术参数与环评一致。对照《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》（环办环评函

[2020]688号），该变动不属于重大不变动。本项目其他建设内容与环评及其批复一致，无变动情况。

本期医用直线加速器项目投资情况见表2-2，项目环评审批及实际建设情况见表2-3。

表2-2 医用直线加速器项目投资金额一览表

序号	工程内容	投资金额（单位：元）
1	装饰机电工程 （含装饰、电气、给排水、排风）	
2	防辐射工程	
3	辐射监测设备	
4	防辐射图件工程	
5	设计及监理费	
6	措施费	
7	税金	
合计总投资		
辐射安全与防护设施总投资		

表2-3 医用直线加速器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	江苏省南京市江宁区东山街道上高路86号						江苏省南京市江宁区东山街道上高路86号				与环评一致	
周围环境	医用直线加速器项目	东北侧	院内道路、麟鸿路				院内道路、麟鸿路				与环评一致	
		东南侧	院内道路、后勤楼				院内道路、后勤楼				与环评一致	
		西南侧	门诊住院楼				门诊住院楼				与环评一致	
		西北侧	院内道路、规划道路				院内道路、规划道路				与环评一致	
		上方	隔层				隔层				与环评一致	
		下方	土层				土层				与环评一致	
射线装置												
射线装置名称	环评建设规模						实际建设规模					
	型号	数量	最大能量	剂量率	类别	使用场所	型号	数量	最大能量	剂量率	类别	使用场所
医用直线加速器	医科达 Infinity	1台	X射线能量：6、10MV	X线：10MV时 600cGy·m ² /min	II类	放射楼负二层	医科达 Synergy	1台	X射线能量：6、10MV	X线：10MV时 600cGy·m ² /min	II类	放射楼负二层

			电子线能量： 6、8、10、 12、15MeV	电子线： 600cGy·m ² /min					电子线能量： 6、8、10、 12、15MeV	电子线： 600cGy·m ² /min		
注：加速器仪型号有变动，主要技术参数无变化。												
废弃物												
名称	环评建设规模								实际建设规模			
	状态	核素 名称	活度	月排放量	年排放总 量	排放口浓 度	暂存情况	最终去向				
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入 大气，臭氧常温下 约50分钟可自然分 解为氧气	与环评一致			

污染源项分析：

1、辐射污染源项

由本项目工程分析和产污环节可知，医用直线加速器项目主要产生以下放射性污染：

X射线：当加速器以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。该院购置的直线加速器X射线最大能量为10MV，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。

电子束：当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器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伦场的影响，贯穿深度有限。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，在加速器电子束治疗时，电子线对周围环境辐射影响小于X射线治疗。

2、非辐射污染源项

废气：本项目医用直线加速器出束过程中产生的X射线，会使机房内的空气电离，产生少量臭氧和氮氧化物。少量臭氧和氮氧化物经机房排风系统排入大气，臭氧常温下约50分钟后可自然分解为氧气；氮氧化物产量约为臭氧三分之一，对环境影响较小。

固体废物：本项目医用直线加速器工作过程不产生固体废物；工作人员及病人会产生少量生活垃圾，经分类收集后交由城市环卫部门处理。

废水：本项目医用直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不产生废水；工作人员及病人会产生少量的生活废水，经院内污水处理站处理后排入市政污水管网。

工程设备与工艺分析：

1、工程设备及工作原理

放疗是癌症三大治疗手段之一。是用各种不同能量的射线照射肿瘤，以抑制和杀灭癌细胞的一种治疗方法。放疗可单独使用，也可与手术、化疗等配合，作为综合治疗的一部分，以提高癌症的治愈率。放疗的基本目的是努力提

高放疗的治疗增益比，即最大限度地将放射线的剂量集中到病变（靶区）内，而使周围的正常组织和器官少受或免受不必要的照射。

电子直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，电子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线治疗。

电子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。

当医用电子直线加速器加上高压后，即产生多种类型的辐射，可大致分为瞬时辐射和剩余辐射。瞬时辐射是指被加速的电子束、以及其与靶材料相互作用产生的高能X射线，此外，当电子束打靶能量 $\geq 10\text{MeV}$ 时，其韧致辐射产生的高能X射线能量还将与直线加速器的高Z重金属靶材产生（ γ 、n）反应，产生中子。直线加速器产生的高能电子束、高能X射线和中子，可能会对工作人员和公众产生辐射危害。

剩余辐射是指由于中子活化使加速器及周围环境产生短寿命的感生放射性核素，包括固态感生放射性和气态感生放射性。电子直线加速器中产生的感生放射性从物理机制上可分为直接和间接两个过程。直接过程为韧致辐射光子与加速器部件发生的光核反应；间接过程则主要为光核反应所释放的光中子与加速器部件发生的中子俘获反应，即中子活化。由中子活化产生的放射性核素大多为丰中子核素，其衰变方式多为 β -衰变。一般停机数小时后，感生放射性即可达到可忽略的水平。本项目医用直线加速器X射线能量不大于10MV，中子对外环境的影响可忽略。

2、工作流程及产污环节

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。因此，本项目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。

有害气体：在加速器开机运行时，产生的X射线与空气中氧气相互作用可产生少量臭氧和氮氧化物。由于正常情况下氮氧化物的产额约为臭氧的1/10，因此主要考虑臭氧的环境影响。

医用直线加速器放疗流程见图2-1。

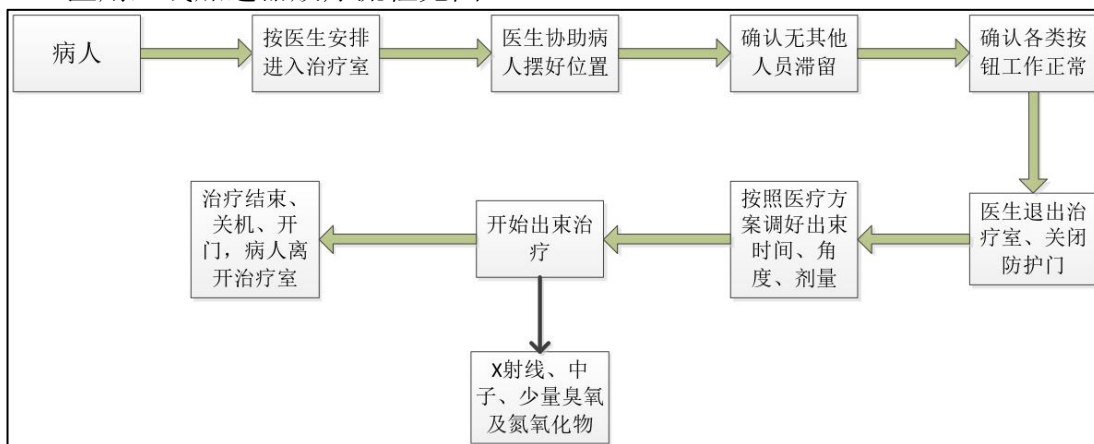


图2-1 本项目医用直线加速器工作流程及产污环节示意图

表三 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**

布局：本项目拟在放射楼负二层新建1座医用直线加速器机房并配备1台X射线能量最大为10MV的医用直线加速器，用于放射治疗。加速器机房控制室与治疗室分离，治疗室面积约93.48m²（不含迷道）；加速器机房设置“L”型迷路，迷路口设有防护门；有用线束仅向东墙、西墙、地面及屋顶照射。本项目加速器机房布局符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的标准要求，布局合理。

辐射防护分区：为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目拟将屏蔽产生射线的直线加速器治疗室作为辐射防护控制区，严格控制人员进出，并在治疗室入口处设置电离辐射警告标志；拟将控制室作为辐射防护监督区。本项目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》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定要求。

放射楼负二楼医用直线加速器机房平面布置及分区见图3-1。

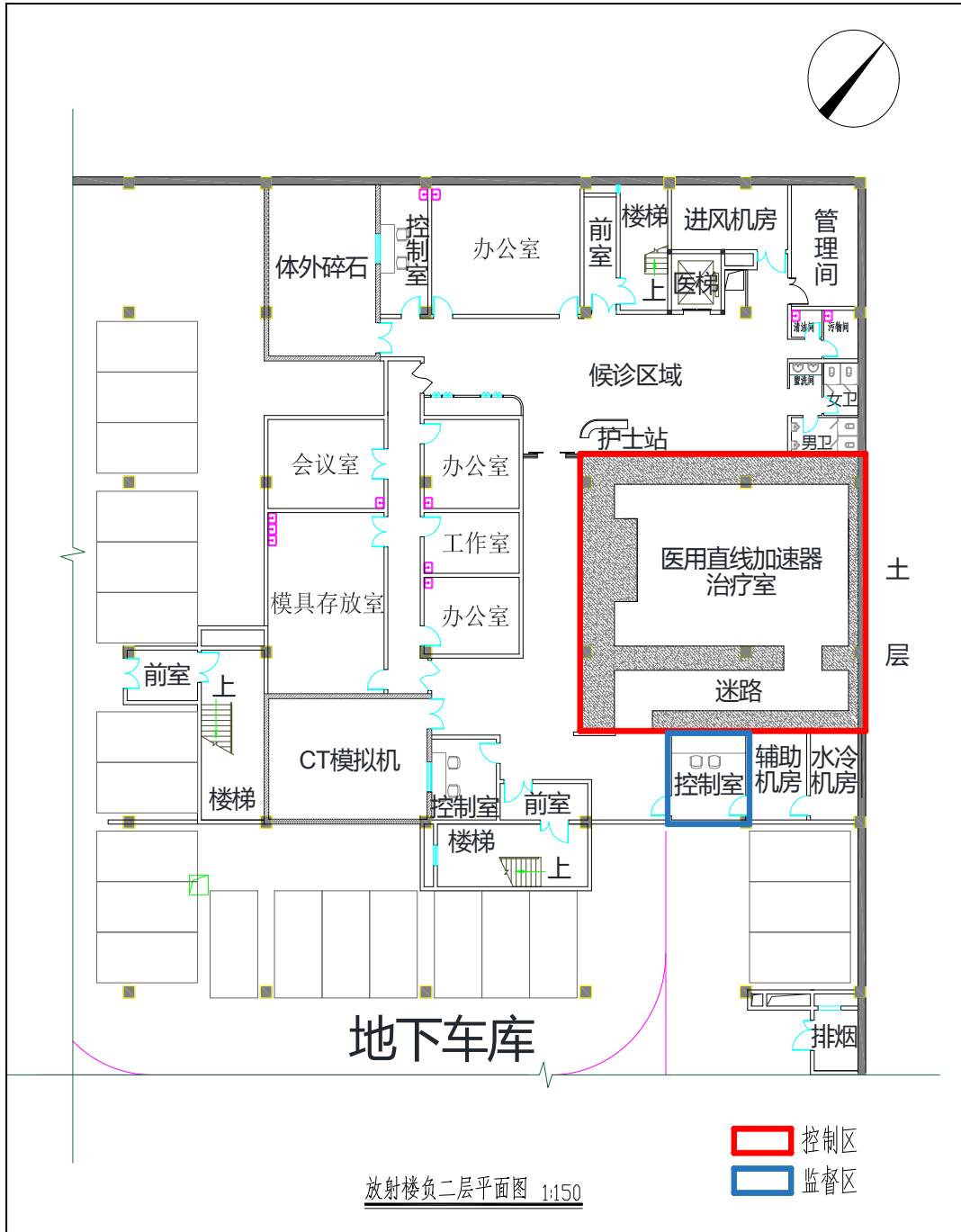


图3-1 放射楼负二楼医用直线加速器机房平面布置及辐射防护分区示意图

2、工作场所屏蔽设施建设情况

本项目加速器机房位于放射楼负二楼，采用混凝土浇筑结构，迷路入口设铅防护门。医用直线加速器机房具体屏蔽设计参数见表3-1。

表3-1 医用直线加速器机房屏蔽设计参数

屏蔽防护设计		屏蔽材料及厚度		落实情况
		环评设计情况	实际建设情况	
东墙	主/次屏蔽区	90cm砼	90cm砼	已落实辐射屏蔽防护建设
南墙	迷道内墙	120cm砼	120cm砼	
	迷道外墙	100cm砼	100cm砼	
西墙	主屏蔽区	300cm砼（宽度为410cm）	300cm砼（宽度为410cm）	
	次屏蔽区	180cm砼	180cm砼	
北墙	侧屏蔽区	150cm砼	150cm砼	
屋顶	主屏蔽区	290cm砼（宽度为410cm）	290cm砼（宽度为410cm）	
	次屏蔽区	170cm砼	170cm砼	
防护门		15mm铅板+150mm含硼（6%）石蜡	15mm铅板+150mm含硼（6%）石蜡	

本项目机房线路敷设采用电缆沟设计，穿墙U型管道，电缆沟不会破坏治疗室墙体屏蔽效果；治疗室送风/排风管道口设置格栅，管道狭长且采用多次弯折设计，能够有效避免辐射泄露。

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

本项目加速器机房入口处设置有电离辐射警告标志及醒目的工作状态指示灯，灯箱处设警示语句，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规范的电离辐射警告标志的要求。防护门为电动门且带防夹功能，工作状态指示灯与防护门、加速器均进行连锁，现场核查连锁装置运行正常。本项目工作状态指示灯及电离辐射警告标志见图3-2。



图3-2 工作状态指示灯和电离辐射警告标志

(2) 视频监控及对讲装置

医院为防止治疗过程中的误操作、防止工作人员和公众受到意外照射，在加速器机房控制室与治疗室设置双向语音对讲装置，治疗室内设置多处视频监控探头，监视器设于控制室。工作人员可在控制室观察治疗室内情况，并通过语音对讲装置与治疗室内患者、指导摆位工作人员交流。经现场核查，对讲系统、监控系统运行正常。加速器监控和对讲装置现场照片见图3-3。





图3-3 加速器机房视频监控和对讲系统

(3) 紧急停机和开门按钮

本项目加速器机房控制室、治疗室内及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。加速器机房迷道口内侧墙壁上设置一处紧急开门按钮，加速器出束治疗时，若有人员误留在机房内，可按下紧急开门按钮打开防护门；而由于防护门与加速器设置联锁，因此当此按钮被按下时，加速器也随即停机。现场核查联锁装置运行有效。本项目加速器机房内及控制台急停按钮见图3-4，迷道口内侧紧急开门按钮见图3-5。





图3-4 加速器治疗室和控制室急停按钮



图3-5 迷道口内侧开门按钮

(4) 固定式辐射监测仪

本项目医用直线加速器工作场所安装固定式辐射剂量监测仪，监测探头设

于迷道内墙上方，显示面板安装在控制室，工作人员可在控制室实时监测治疗室内辐射剂量水平。固定式辐射监测仪见图3-6。



图3-6 固定式辐射监测仪

(5) 人员监护

医院为本项目配备4名辐射工作人员，均已参加辐射安全与防护培训并且考核合格。辐射工作人员培训证书见附件6，名单见表3-4。

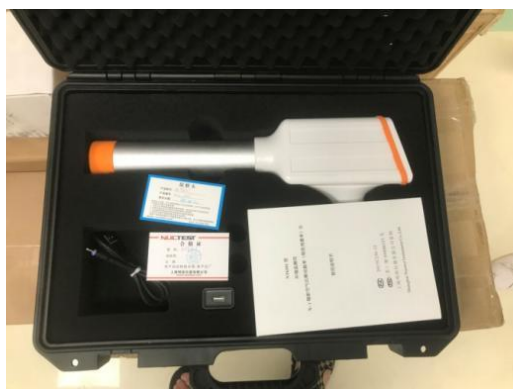
表3-4 本项目配备的职业人员名单

姓名	性别	学历	工种/岗位	培训合格证书编号	工作场所

医院已安排工作人员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，详见附件6、附件7。医院已为本项目配备1台辐射巡测仪和4台个人剂量报警仪，为工作人员均配备了个人剂量计。本项目自主监测仪器配置情况见表3-5，监测仪器实实物图详见图3-7，现场核查各仪器正常可用。

表3-5 本项目自主监测仪器配置情况一览表

序号	仪器名称	规格型号	数量	生产厂家	配置地点
1	辐射巡测仪	NT6101	1台	上海明核仪器有限公司	医生办公室
2	个人剂量报警仪	FJ2000	4台	山西中辐核仪器有限责任公司	人员随身携带



辐射巡测仪



个人剂量报警仪

图3-7 本项目配备剂量检测仪器

4、其它环境保护设施

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、氮氧化物等有害气体，本项目机房采用动力排风装置将臭氧及氮氧化物排入大气，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）第8.4条款的要求：放射治疗机房设置强制排风系统，进风口设在放射治疗机房上部，排风口设在治疗机房下部，进风口与排风口位置对角设置，以确保室内空气充分交换。本项目通风系统见图3-8。



加速器治疗室进风口



加速器治疗室中央空调



加速器治疗室排风口

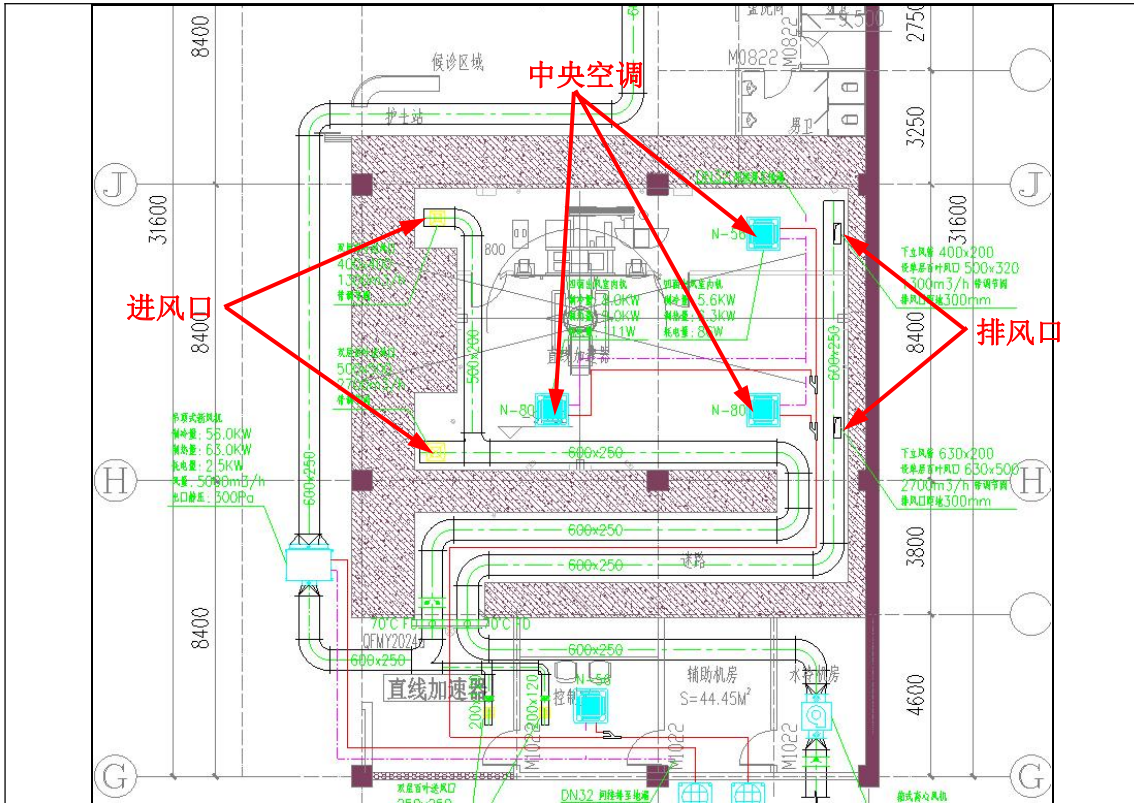


图3-8 本项目通风系统

5、辐射安全管理制度

医院根据《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》，针对所开展的放射性诊疗活动制定了相应的辐射安全与防护管理制度，清单如下：

- 1) 《关于成立辐射安全管理组织机构的通知》
- 2) 《南京一民医院有限公司辐射事故应急措施预案》
- 3) 《南京一民医院放射防护管理制度》
- 4) 《南京一民医院放射工作人员职业健康体检及个人剂量监测管理制度》
- 5) 《南京一民医院放射教育培训制度》
- 6) 《放射诊疗安全防护管理制度》
- 7) 《加速器控制室、机房工作制度》
- 8) 《加速器责任人制度》
- 9) 《放疗科设备故障报修制度》
- 10) 《加速器管理保养检查制度》
- 11) 《主管物理师（物理师）的岗位职责》
- 12) 《放疗主管技师岗位职责》

13) 《放疗技师（技师）岗位职责》

14) 《直线加速器治疗操作规程》

15) 《辐射监测计划》

16) 《放射防护管理目标值》

以上辐射安全与防护管理制度满足《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》的相关要求。医院已落实环境保护部令第3号、环境保护部令第18号、环评及批复提出的要求，医院具备从事医用直线加速器等技术应用项目工作的能力。

辐射安全管理机构及规章制度详见附件5。

表3-6 新建放射诊疗项目（本期：1台医用直线加速器）环评及批复落实情况一览表

检查项目	“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。	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构	医院已成立辐射安全管理组织机构，以文件形式明确人员职责。详见附件5。	已落实
辐射安全和防护措施	辐射防护屏蔽建设：直线加速器机房东墙为90cm混凝土，南侧迷道内墙为120cm混凝土、外墙为100cm混凝土，西墙主屏蔽区为300cm混凝土（宽度为410cm）、次屏蔽区为180cm混凝土，北墙为150cm混凝土，屋顶主屏蔽区为290cm混凝土（宽度为410cm）、次屏蔽区为170cm混凝土。	项目的建设和运行，必须严格执行国家有关法律、法规、标准及环评批复中的要求，确保实验室工作场所周围环境辐射剂量能满足辐射防护的要求。	机房屏蔽建设：直线加速器机房东墙为90cm混凝土，南侧迷道内墙为120cm混凝土、外墙为100cm混凝土，西墙主屏蔽区为300cm混凝土（宽度为410cm）、次屏蔽区为180cm混凝土，北墙为150cm混凝土，屋顶主屏蔽区为290cm混凝土（宽度为410cm）、次屏蔽区为170cm混凝土。	已落实
	辐射安全措施：1、设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；2、机房设计通风装置，通风换气频率为不低于4次/h，加速器机房进出风管道避开主射线方向；3、加速器机房电缆线布设拟采用“U”型穿墙管道，电缆沟不会破坏治疗室墙体的屏蔽效果；4、防护门搭接方式：门与墙之间的间隙小于1cm，门四周与墙体及地槽的重叠宽度应大于门缝的10倍；5、安全联锁装置：除直线加速器自身所带的安全联锁外，机房应设置门-机联锁；6、紧急停机装置；7、监视和对讲装置。	认真落实报告中提出的环保措施，确保辐射安全。	辐射安全措施：1、设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；2、机房设计通风装置，通风换气频率为不低于4次/h，加速器机房进出风管道避开主射线方向；3、加速器机房电缆线布设拟采用“U”型穿墙管道，电缆沟不会破坏治疗室墙体的屏蔽效果；4、防护门搭接方式：门与墙之间的间隙小于1cm，门四周与墙体及地槽的重叠宽度应大于门缝的10倍；5、安全联锁装置：除直线加速器自身所带的安全联锁外，机房应设置门-机联锁；6、紧急停机装置；7、监视和对讲装置。	已落实
辐射安全管理制度	操作规程、岗位职责、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、放射性同位素使用登记制度、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按	建立健全辐射安全与防护管理规章制度。	已制定《南京一民医院有限公司辐射事故应急措施预案》、《南京一民医院放射防护管理制度》、《南京一民医院放射工作人员职业健康体检及个人剂量监测管理制度》、《南京一民医院	已落实

检查项目	“三同时”措施	环评批复要求	执行情况	结论
	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。		放射教育培训制度》、《放射诊疗安全防护管理制度》、《加速器控制室、机房工作制度》、《加速器责任人制度》、《放疗科设备故障报修制度》、《加速器管理保养检查制度》、《主管物理师（物理师）的岗位职责》、《放疗主管技师岗位职责》、《放疗技师（技士）》、《直线加速器治疗操作规程》、《辐射监测计划》、《放射防护管理目标值》等规章制度。	
人员配备	辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	要妥善保管辐射工作人员个人剂量与职业健康档案，定期对辐射工作人员进行辐射安全与法律、法规等方面的培训，提高核安全文化意识。	本项目 4 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护知识培训并取得培训合格证书，目前均在有效期内。	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，加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。		辐射工作人员均进行个人剂量监测，医院为工作人员建立个人剂量监测档案。	已落实
	辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。		辐射工作人员均进行职业健康体检，医院为工作人员建立职业健康档案。	已落实
监测仪器	为新建放射诊疗项目配备 1 台辐射巡测仪、8 台个人剂量报警仪、1 台表面沾污仪	/	已为医用直线加速器项目配备 1 台辐射巡测仪、4 台个人剂量报警仪	已落实
辐射监测	/	每年委托有资质的单位对项目周围环境辐射剂量进行 1-2 次监测，并出具监测报告。	每年请有资质单位对辐射工作场所进行监测。医院定期对场所周围环境辐射剂量率进行监测。	已落实

表四 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、实践正当性**

南京一民医院有限公司拟新建1座直线加速器机房并配备1台医用直线加速器（X线最大能量10MV）、1处丙级非密封放射性物质工作场所（含1座PET/CT机房）、2座DSA机房并配备2台DSA（最高管电压150kV，最大管电流1250mA）。本次新建放射诊疗项目位于放射楼及门诊住院楼内，项目建设地点为：放射楼负二层新建1座医用直线加速器机房，放射楼一层新建1处丙级非密封放射性物质工作场所，门诊住院楼三层新建2座DSA机房。本项目均用于医院开展放射诊疗工作，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）辐射防护“实践正当性”原则。

二、选址合理性

南京一民医院有限公司位于江苏省南京市江宁区东山街道上高路86号，医院东北侧依次为麟鸿路、空地，东南侧为公园路，西南侧为上高路，西北侧为规划道路及南京平达投资管理有限公司研发楼。项目50m范围内无学校、居民楼等环境敏感点，选址可行。各放射诊疗设备机房以及丙级非密封放射性物质工作场所均划分了控制区及监督区，其中丙级非密封放射性物质工作场所控制区和监督区内病人及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，相关配套布局能够保证工作程序沿着相关房间单向开展，能够有效防止交叉污染，控制区内设置有注射后病人专用厕所，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，布局合理。

三、辐射环境现状

南京一民医院有限公司本次新建放射诊疗项目拟建址周围本底辐射剂量率在103nSv/h~109nSv/h之间，与江苏省环境天然贯穿辐射水平调查结果相比较，均未见异常。

四、环境影响评价

根据理论估算结果，南京一民医院有限公司新建放射诊疗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的目标管理值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.25mSv）。

五、辐射安全措施评价

南京一民医院有限公司核医学丙级非密封辐射工作场所控制区出入口拟设置“当心电离辐射”警告标志；医用直线加速器机房、PET/CT机房、DSA机房入口处拟设置“当心电离辐射”警示标识和工作状态灯。其中医用直线加速器机房、PET/CT机房设置有门机联锁装置，DSA机房设有闭门装置，各射线装置机房内外均设置有急停按钮，符合《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）及《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013）中的要求。本项目配备的3枚⁶⁸Ge校准源存放于核医学科设备间保险柜中，设备间设置双人双锁，并安装有红外报警装置并与医院保安处联网，确保贮源场所具备“防火、防盗、防泄漏”的安全措施。

六、辐射安全管理评价

南京一民医院有限公司需设立辐射安全与环境保护管理机构，制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫、设备检修维护、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等辐射安全管理制度。

公司需为本项目11名辐射工作人员配置个人剂量计，且定期送有资质部门监测，建立个人剂量档案；定期进行辐射工作人员健康体检，建立个人职业健康监护档案。公司还需为本次放射诊疗项目配备1台辐射巡测仪、1台表面沾污仪及8台个人剂量报警仪。此外，公司应根据GBZ 130-2013的要求，为辐射工作人员和受检者配备足够数量的个人防护用品和辅助防护设施。

综上所述，南京一民医院有限公司新建放射诊疗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，该公司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，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1、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。

2、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。

3、定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

4、建议建设单位与规划部门沟通，报备地下加速器机房建设，限制其东北侧地下空间开发。

5、本项目建筑改造所涉及的建筑安全问题应向设计和施工单位咨询。

2、审批部门审批决定

南京一民医院有限公司新建放射诊疗项目环境影响报告表批复意见的函

南京一民医院有限公司：

你单位报送的《新建放射诊疗项目》相关材料收悉。结合江宁区环保局的预审意见，经研究，批复如下：

一、本项目拟在南京市江宁区东山街道上高路86号南京一民医院有限公司放射楼及门诊住院楼内新建1座直线加速器机房并配备1台医用直线加速器（X线最大能量10MV）、1处丙级非密封放射性物质工作场所（含1座PET/CT机房）、2座DSA机房并配备2台DSA（最高管电压150kV，最大管电流1250mA）。项目周围50m范围内无学校，居民区等敏感点：

二、该实验室场所拟按环评要求设计和建设，辐射安全措施符合相关标准。工作场所拟配备1台巡测仪，1台表面沾污仪，8台个人剂量报警仪；

三、根据环评结论，本项目在实施了环评报告表中所提出的各项防护措施和管理要求后，放射工作人员和公众的年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值及本项目管理目标要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.25mSv）；

四、该单位拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，计划安排相关工作人员参加辐射安全培训及负责辐射安全防护工作，安排相关工作人员参加个人剂量监测和职业健康体检。制订了相应的辐射安全规章制度、辐射事故应急

预案和相应的监测计划：

根据环评结论，在落实报告表所提出的污染防治措施前提下，从环保角度分析，项目建设可行。你单位在工程建设和运行中要认真落实报告表中提出的环保措施，确保辐射安全，并做好以下工作：

1、项目的建设和运行，必须严格执行国家有关法律、法规、标准及环评批复中的要求，确保实验室工作场所周围环境辐射剂量能满足辐射防护的要求：

2、建立健全辐射安全与防护管理规章制度，妥善保管辐射工作人员个人剂量与职业健康档案，定期对辐射工作人员进行辐射安全与法律、法规等方面的培训，提高核安全文化意识；

3、每年委托有资质的单位对项目周围环境辐射剂量进行1-2次监测，并出具监测报告；

4、若出现辐射事故，立即启动本单位辐射应急预案，并立即向环保和卫生等相关部门报告；

5、如项目工作地点、使用范围等发生变化，须重新申报并办理环评审批；

6、本批复只适用于以上核技术应用项目，其他如涉及到非放射性污染项目按规定另行报批；

7、项目安装完备后建设单位须及时向我局申办环保相关手续，在取得辐射安全许可证并按规定验收合格后，方可投入正式运行。

表五 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、监测单位资质

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

2、监测人员能力

参与本次验收监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：验收监测人员已通过上岗培训。检测人员资质见表 5-1。

表 5-1 检测人员资质

序号	姓名	证书编号	取证时间
1			
2			

3、监测仪器

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

监测仪器见表 5-2。

表5-2检测使用仪器

序号	仪器名称/型号	仪器编号	主要技术参数
1	X- γ 剂量率仪 (AT1123)	NJRS-107	能量响应：15keV~10MeV 测量范围：50nSv/h~10Sv/h 检定证书编号：Y2022-0014547 检定有效期限：2022.03.05~2023.03.04
2	中子周围剂量当量率仪 (FH40G+FHT762)	NJRS-022	能量响应：0.025eV~5GeV 测量范围：1nSv/h~100mSv/h 检定证书编号：DLjs2022-00700 检定有效期限：2022.04.01~2023..3.31
3	水模	NJRS-084	/
4	风速仪 (F30J)	NJRS-065	检定证书编号：H2021-0118791 校准有效期限：2021.12.13~2022.12.12

4、质量控制

本项目监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，监测

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）的要求，实施全过程质量控制。

数据记录及处理：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，每个点位读取5个数据，读取间隔不小于10s。

5、监测报告

监测报告的编制、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。

表六 验收监测内容

验收监测内容:

1、监测期间项目工况

2022年7月4日，南京瑞森辐射技术有限公司对南京一民医院有限公司医用直线加速器项目进行了现场核查和验收监测，监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

设备名称型号	技术参数	验收监测工况	使用场所
医用直线加速器 (Synergy)	X射线: 6、10MV 电子线: 6、8、10、12、 15MeV	10MV X射线, 600cGy/min, 40cm×40cm 射野	放疗科医用直 线加速器机房

注：监测工况为加速器额定最大工况、最大剂量率模式。

2、验收监测因子

根据项目污染源特征，本次竣工验收监测因子为工作场所X- γ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和排风口风速。

3、监测点位

对医用直线加速器工作场所周围环境布设监测点，特别关注控制区、监督区边界，监测医用直线加速器运行状态、非运行状态下的X- γ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和医用直线加速器机房内通风风速，每个点位监测5个数据。

4、监测分析方法

本次监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-021）、《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）和《公共场所集中空调通风系统卫生规范》（WS 394-2012）、《辐射防护仪器中子周围剂量当量（率）仪》（GB/T 14318-2019）的要求进行监测、分析。

表七 验收监测期间生产工况

验收监测期间生产工况记录：

被检单位：南京一民医院有限公司

监测实施单位：南京瑞森辐射技术有限公司

监测日期：2022年7月4日

天气：多云，32℃，62%RH

监测因子：X- γ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和排风口风速

验收监测期间生产工况见表6-1。

验收监测结果：

1、辐射防护监测结果

本次监测结果详见附件8。本项目工作场所周围环境X- γ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和排风口风速监测结果见表7-2~表7-4，监测点位见图7-1。

表7-2 医用直线加速器机房周围X- γ 辐射剂量率检测结果

测点编号	点位描述	测量结果(μ Sv/h)	设备状态
1	防护门外30cm处（左缝）	0.10	射线朝东，等中心处放置模体
		0.13	射线朝西 照射野：0.5cm \times 0.5cm
2	防护门外30cm处（中间）	0.11	射线朝东，等中心处放置模体
		0.12	射线朝西 照射野：0.5cm \times 0.5cm
3	防护门外30cm处（右缝）	0.10	射线朝东，等中心处放置模体
		0.11	射线朝西 照射野：0.5cm \times 0.5cm
4	防护门外30cm处（上缝）	0.11	射线朝东，等中心处放置模体
		0.13	射线朝西 照射野：0.5cm \times 0.5cm
5	防护门外30cm处（下缝）	0.12	射线朝东，等中心处放置模体
		0.13	射线朝西 照射野：0.5cm \times 0.5cm

6	南墙外30cm处（穿线孔）	0.12	射线朝西，等中心处放置模体
7	南墙外30cm处	0.11	
8	南墙外30cm处	0.11	
9	操作位	0.10	
10	西墙外30cm处	0.11	射线朝西，等中心处放置模体
11	西墙外30cm处	0.10	射线朝西，准直器角45°，有用线束方向无模体
12	西墙外30cm处	0.11	射线朝西，等中心处放置模体
13	北墙外30cm处	0.12	射线朝下，等中心处放置模体
14	北墙外30cm处	0.14	
15	北墙外30cm处	0.13	
16	距机房楼上地面100cm处	0.12	射线朝上，等中心处放置模体
17	距机房楼上地面100cm处	0.13	射线朝上，准直器角45°，有用线束方向无模体
18	距机房楼上地面100cm处	0.12	射线朝上，等中心处放置模体
19	控制室内	0.10	关机

注：1、测量结果未扣除本底值；
 2、机房下方及东侧均为土层；
 3、未特别注注射野的均为40cm×40cm最大射野。

表7-3 医用直线加速器周围中子辐射剂量率检测结果

测点编号	点位描述	测量结果（μSv/h）	备注
1	防护门外30cm处（左缝）	<0.001	射线朝西 照射野：0.5cm×0.5cm
2	防护门外30cm处（中间）	<0.001	
3	防护门外30cm处（右缝）	<0.001	
4	防护门外30cm处（上缝）	<0.001	

5	防护门外30cm处（下缝）	<0.001	
---	---------------	--------	--

由表7-2、表7-3可知，本次检测，当此医用直线加速器（型号：Synergy）正常工作（检测工况：10MV X射线、600cGy/min、40cm×40cm）时，机房周围的X-γ辐射剂量当量率为（0.10~0.14）μSv/h，机房周围的中子辐射剂量率为<0.001μSv/h，符合《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）的标准要求。

表 7-4 医用直线加速器机房通风口风速检测结果

检测点位描述		通风口风速（m/s）
医用直线加速器机房	排风口（东墙南侧）	3.40
	排风口（东墙北侧）	2.03

经现场核查，东墙南侧排风口尺寸为48cm×62cm、北侧排风口尺寸为48cm×30cm，两个排风口合计排风速率为 $0.48 \times 0.62 \times 3.40 + 0.48 \times 0.34 \times 2.03 = 1.31 \text{m}^3/\text{s}$ ，即4724.3m³/h。本项目治疗室容积为320m³，则治疗室内每小时换气次数为4724.3/320=14.7次，换气次数满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求。

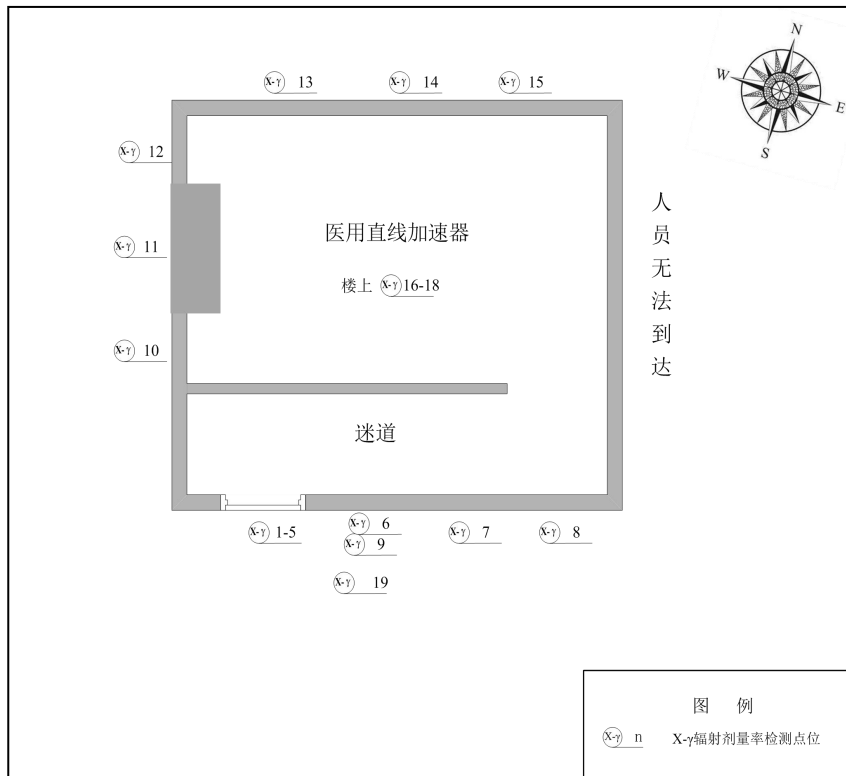


图 7-1 监测点位示意图

2、辐射工作人员和公众年有效剂量分析

根据本项目现场监测结果及建设单位提供的辐射工作人员个人剂量监测报告，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，计算未扣除环境本底剂量率。

（1）辐射工作人员

目前南京一民医院有限公司为本项目配备4名辐射工作人员，满足医用直线加速器日常工作的配置要求。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。根据医院提供的2022年第三季度个人剂量监测报告，报告编号为：瑞森（剂）字（2022）第3273号，其辐射工作人员个人累积剂量监测结果见表7-5。

表 7-5 辐射工作人员个人累积剂量监测结果

姓 名	监测编号	工种/岗位	2022年第三季度 (单位: mSv)	累积剂量 (mSv)

由表7-5可知，根据建设单位提供的辐射工作人员个人累积剂量监测报告，结果显示截止验收时本项目辐射工作人员个人剂量累积监测结果最大为0.02mSv，1个季度的监测结果未见异常。

（2）公众

本项目评价的公众为本项目辐射工作场所周围50m范围内的非辐射工作人员。根据本项目实际监测结果，医用直线加速器机房周围公众可达处最大监测值为0.14 μ Sv/h，结合周围公众居留情况，对公众人员年有效剂量进行计算分析，结果见表7-6。

表 7-6 本项目周围公众人员年有效剂量分析

场所或关注点位	最大监测值 (μ Sv/h)	人员 性质	居留 因子	年工作 时间 (h)	人员年有效剂 量 (mSv/a)	个人剂量约 束值 (mSv/a)
北墙外 30cm 处	0.14	公众	1/4	1000	0.035	0.1

注：本项目环评时公众个人剂量约束值为 0.25mSv/a，根据 HJ 1198-2021 等最新管理要求，公众个人剂量约束值取 0.1mSv/a。

由表 7-6 可知，本项目周围公众年有效剂量最大不超过0.035mSv，低于本项目公众管理目标剂量约束值要求。

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 20mSv/a，公众 1mSv/a），并低于本项目管理目标剂量约束值（职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a），与环评文件一致。

表八 验收监测结论

验收监测结论:

南京一民医院有限公司新建放射诊疗项目的医用直线加速器已按照环评及批复要求落实辐射防护和安全管理措施，经现场监测和核查表明：

1) 南京一民医院有限公司于影像楼负二楼放疗科新增1台医用直线加速器（医科达Synergy型，X射线最大能量10MV，电子线最大能量15MeV，属II类射线装置），用于开展放射治疗。该项目已于2019年2月1日取得了南京市生态环境局关于本项目的环评批复文件(宁环辐（2019）003号）。

本项目医用直线加速器环评时拟购型号为“医科达Infinity”，实际建成采购的设备型号为“医科达Synergy”，设备技术参数与环评一致，不属于重大变动。项目其余建设情况与环评及其批复要求一致，无变动情况。

2) 本项目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，工作场所周围所有监测点位的X- γ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和治疗室通风换气次数等均能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

3) 本项目辐射工作人员和公众年有效剂量均能满足《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管理目标剂量约束值要求；

4) 本项目加速器机房防护大门上设置电离辐射警告及中文警示说明；防护大门上方设置工作状态指示灯、与加速器出束联锁的照射信号指示器；防护门设置门机连锁；加速器治疗室、控制室均设置急停按钮，治疗室与控制室之间设置双向语音对讲装置；加速器机房内设置多个视频监控，监视器设于控制室操作台上；控制室操作台上设置加速器物理钥匙开关；加速器治疗室内设置强制排风系统；加速器治疗室与控制室之间设置U型穿墙线管，不破坏机房墙体的整体屏蔽效果。本项目医用直线加速器机房辐射安全措施符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、环评报告及批复的要求。

5) 医院为本项目配备了1台辐射巡测仪、4台个人剂量报警仪，用于辐射监测和报警，满足环评及批复的要求。

6) 本项目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职业健康体检，并建立个人剂量档案和职业健康档案；医院设立了辐射安全领导小组，以文件形式明确了管理人员职责，并建立内部辐射安全管理规章制度，满足环评及批复的要求。

综上所述，南京一民医院有限公司新建放射诊疗项目（医用直线加速器）建设情况在环评报告内容及批复范围内。本期验收，1台医用直线加速器项目辐射安全保护措施及环境保护设施满足辐射安全防护与环境保护的要求，监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，建议通过验收。

建议：

1) 新建放射诊疗项目另1台DSA建设完成后，及时履行竣工环保验收手续；

2) 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；

3) 积极配合环保部门的日常监督检查，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监测1~2次，监测结果上报生态环境保护主管部门。