编号：BG-ZFFB24220083

核技术利用建设项目

江南大学附属医院射波刀机房

改建项目环境影响报告表

（公示稿）

江南大学附属医院

2024年8月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江南大学附属医院射波刀机房
改建项目环境影响报告表

建设单位名称：江南大学附属医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：江苏省无锡市滨湖区和风路 1000 号

邮政编码：214000　　联系人：***

电子邮箱：******　　联系电话：***

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">江南大学附属医院射波刀机房改建项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">江南大学附属医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>过忆</td><td>联系人</td><td>***</td><td>联系电话</td><td colspan="2">*****</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">江苏省无锡市滨湖区惠河路 200 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">江苏省无锡市滨湖区和风路 1000 号江南大学附属医院（南院区）</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>3000</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>100</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>3.33%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ☑改建 ☐扩建 ☐其它</td><td>占地面积(m^2)</td><td>215</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="5">☐I类 ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐I类（医疗使用） ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位概况

江南大学附属医院（以下简称“医院”）为国家 211、双一流大学江南大学直属附属医院，是市委、市政府优化“健康无锡”战略布局和深化“市校共建”项目整合原市三院、市四院建立的一所集医疗、教育、科研、预防、保健、康复为一体的大型现代化三级甲等综合性医院。医院位于江南福地无锡，比邻江南大学，设南北两个院区，专科设置齐全，人才梯队合理，医疗设备精良，床位总规模 2210 张，员工近 3000 名，博士 151 名，正副教授 187 名，硕博士导师 97 名。医院围绕“勇做无锡医疗卫生事业改革发展领头雁”目标定位，以人才建设、科教创新、“互联网+”技术为支撑，努力建设“国内一流、省内领先、特色鲜明的研究型医院”。

医院为国家创伤区域医疗中心建设单位，设有创面修复技术教育部工程研究中心、江苏省烧伤紧急医学救治中心、江苏省烧伤诊疗中心、江苏省中西医结合烧伤诊疗中心、上海分子影像学重点实验室临床转化中心、无锡市肿瘤研究所、无锡市转化医学研究所、无锡市中西医结合研究所、无锡市烧伤研究所、无锡市肝胆外科研究所，无锡市有毒物质救治中心，无锡市核医学诊疗中心、无锡市肿瘤疾病诊疗中心、无锡市肿瘤筛查技术指导中心、无锡市临床医学中心，拥有盛志勇、付小兵、阮长耿、李兆申 4 个国家级院士工作站，并与美国杜克大学肿瘤研究所建立“姊妹医院”。

医院共有两个院区，分别位于江苏省无锡市滨湖区惠河路 200 号（北院区，医院注册地）和江苏省无锡市滨湖区和风路 1000 号（南院区，本项目拟建地）。

医院目前已取得江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证[00290]，许可种类和范围为“使用III类、V 类放射源；使用II类、III类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至 2027 年 11 月 10 日。医院辐射安全许可证见附件 3。

1.1.2 建设目的和任务由来

目前江南大学附属医院南院区肿瘤中心 B 楼（地下一层，地上 3 层），地下一层为放疗科和核医学科回旋加速器机房及配套放射性药物生产场所，地上 1 层为核医学科核素诊断场所，地上 2 层为核医学科核素治疗场所，地上 3 层为体检中心用房）。地下一层放疗科有 5 间加速器机房（从北至南编号依次为 1~5 号直线加速器机房），5 间加速器机房的建设已于 2019 年 11 月取得江苏省生态环境厅批复，文号为苏环辐（表）审[2019]30 号（见附件 4）。现 5 间直线加速器机房均已建成，其中位于北侧的 3 间直线加速器机房（1 号~3 号直线加速器机房）均已各安装 1 台直线加速器，并于 2022 年 11 月完成竣工环境保护验收。剩余南侧的 2 间直线加速器机房（4 号和 5 号直线加速器机房）尚未安装射线装置。

根据医院计划，为进一步拓展放疗科诊疗内容，满足不同患者的诊疗需求，优化医疗资源布局，增加优质医疗资源供给，拟不再安装使用原 5 号机房的直线加速器，将原 5 号直线加速器机房改造为射波刀机房，在机房内安装使用 1 套台射波刀用于放射治疗。射波刀由加速器机器人系统、6MV 小型化直线加速器系统、诊断级 X 射线图像引导系统（3 个 X 射线球管，最大管电压为 150kV，最大管电流为 500mA）、AI 治疗计划系统和治疗床机器人系统组成。

本项目射波刀的参数和相关信息均由设备厂家江苏瑞尔医疗科技有限公司提供。江苏瑞尔医疗科技有限公司现持有无锡市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号：苏环辐证[B0504]，许可的种类和范围：生产、销售、使用 II 类射线装置，其辐射安全许可证见附件 12。

医院现有 5 间直线加速器机房情况见表 1-1 和图 1-1。医院 5 间直线加速器机房场所位置见附图 3。

表 1-1　医院现有 5 间直线加速器机房情况表

工作场所		环评情况	验收情况	备注
医院南院区放疗科	1 号直线加速器机房	苏环辐（表）审[2019]30 号	于 2022 年 11 月完成竣工环境保护验收	已安装有型号为 VitalBeam 的直线加速器并已投入运行
	2 号直线加速器机房			
	3 号直线加速器机房			
	4 号直线加速器机房		/	尚未安装射线装置
	5 号直线加速器机房		/	尚未安装射线装置，**本项目计划改建机房**

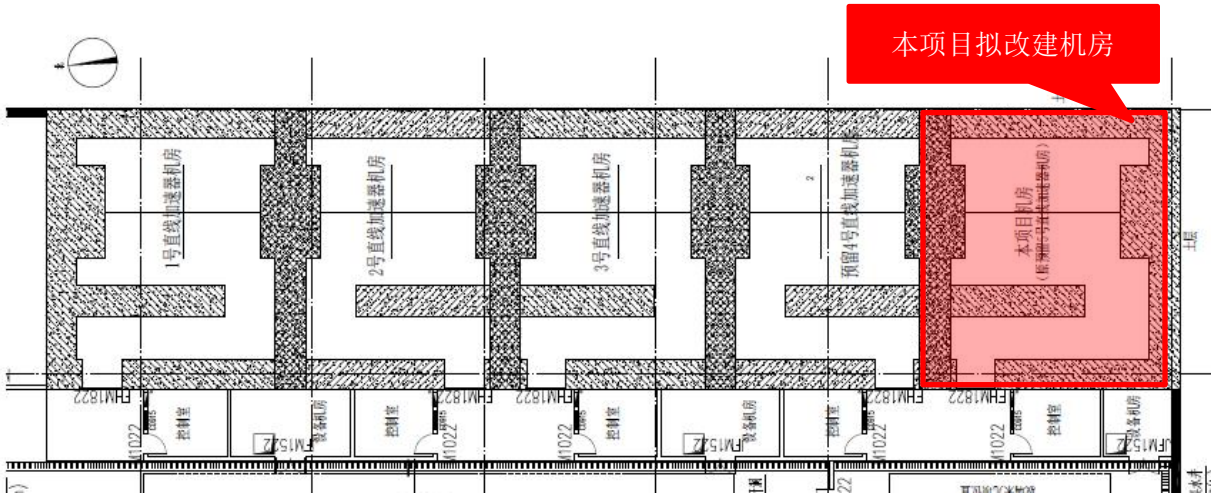


图 1-1　医院现有 5 间直线加速器机房设置情况

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等的规定，本项目在实施前须进行环境影响评价。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部，国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号），上述射波刀（含 6MV 小型化直线加速器系统）属于粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价类别为编制环境影响报告表。

为此，江南大学附属医院委托中辐环境科技有限公司开展“江南大学附属医院射波刀

机房改建项目（以下简称‘本项目’）”的环境影响评价工作。评价单位在现场踏勘、收集有关资料和委托现状监测的基础上，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制了本环评报告表，供生态环境行政主管部门审查。

1.1.3 项目建设内容和规模

医院拟在肿瘤中心 B 楼地下一层东南方位的 1 间预留 5 号直线加速器机房改造为射波刀机房，机房内新增 1 套射波刀，其含 1 台小型化直线加速器，最大 X 射线能量为 6MV，距靶 0.8m 处 X 射线最大剂量率为 6×10^{8}μGy/h，属 II 类射线装置；配套诊断级 X 射线图像引导系统由 3 个 X 射线球管（最大管电压均为 150kV，最大管电流均为 500mA）及探测器等相关功能组件组成。本项目建设内容与规模一览见表 1-2。

表 1-2 本项目建设内容与规模一览表

装置名称	型号	类别	数量	技术参数		用途	工作场所
射波刀	3RS	II类	1 套	X 射线最大能量	6MV	肿瘤治疗	医院南院区肿瘤中心 B 楼地下一层东南方位本项目拟建机房
				距靶 0.8m 处 X 射线最大剂量率	6×10^{8}μGy/h		
				配套 X 射线球管（3 个）最大管电压/最大管电流	150kV/500mA		

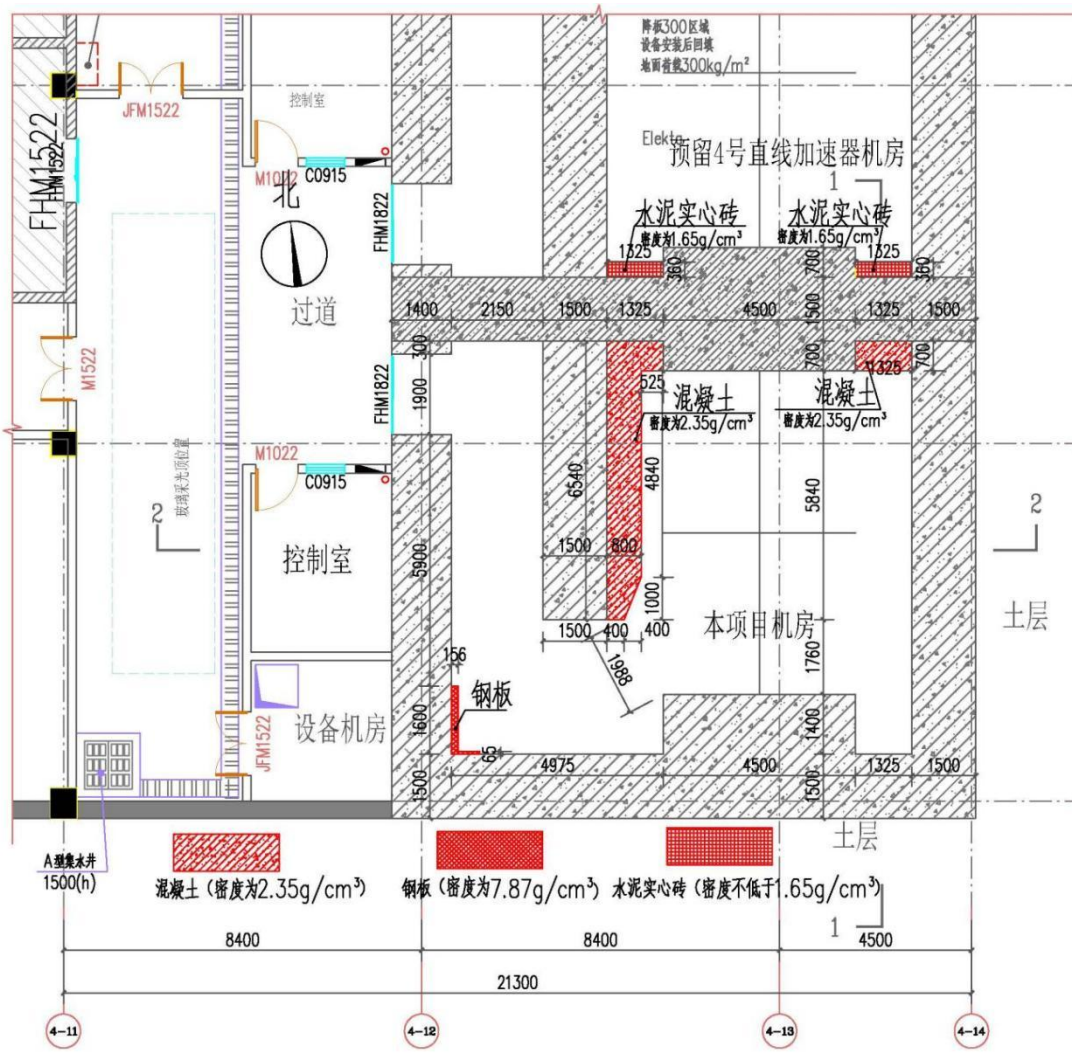
本项目拟建射波刀机房为预留 5 号直线加速器机房改造，其中，东墙、顶棚以及防护门的屏蔽防护设计不变，仅对南墙、北墙和西墙（迷路内墙、迷路外墙）采用混凝土、实心砖或者钢板进行延长或加厚，具体屏蔽防护设计改造方案见表 1-3 和图 1-2。

表 1-3 本项目改建机房屏蔽防护设计改造一览表

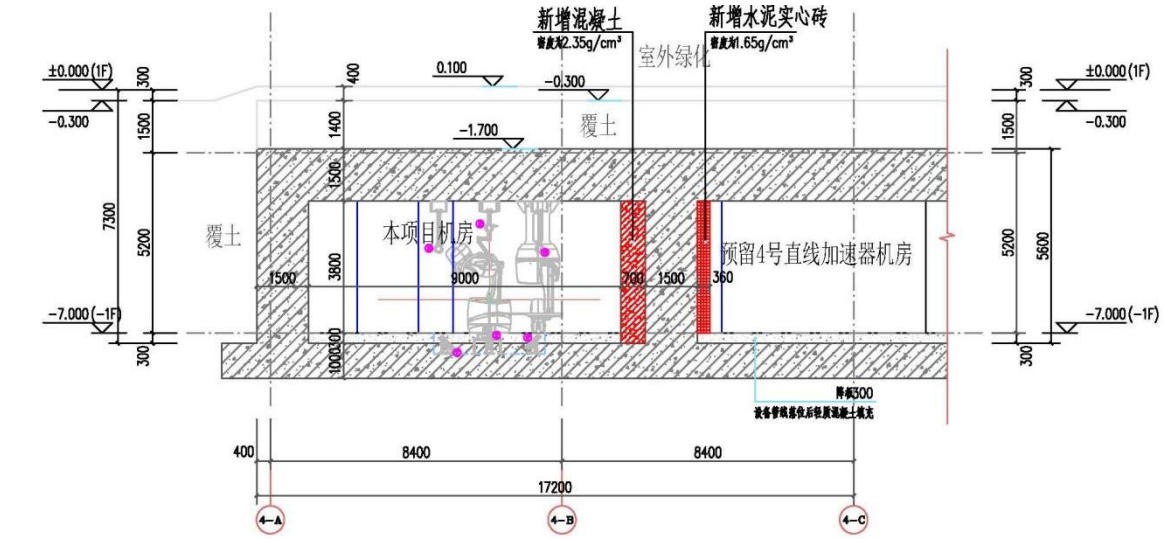
屏蔽体		屏蔽防护设计		
		改造前	新增防护材料（见图 1-2）	改造后
东墙（原机房侧屏蔽墙）		1500mm 混凝土	无	1500mm 混凝土
南墙	原机房主屏蔽墙	2900mm 混凝土	无	2900mm 混凝土
	原机房次屏蔽墙	1500mm 混凝土	在南墙与迷路外墙相接处新增长 500mm、厚 65mm、高 3800mm 的钢板	1500 混凝土+局部 65mm 钢板
北墙	原机房主屏蔽墙	2900mm 混凝土	无	2900mm 混凝土
	原机房次屏蔽墙	1500mm 混凝土	在机房内原北侧屏蔽墙两侧各新增长 1325mm、厚 700mm、高 3800mm 的新混凝土；在机	2200mm 混凝土+360mm 水泥实心砖

			房外与本机房相接的原预留 4 号机房侧屏蔽墙两侧各新增长 1325mm、厚 360mm、高 3800mm 的水泥实心砖	
西墙	迷路内墙	1500mm 混凝土	在迷路内墙机房内侧新增长 4840mm~5840mm、厚 400mm~800mm、高 3800mm 混凝土	1900mm 混凝土 ~2300mm 混凝土
	迷路外墙	1400mm 混凝土	在迷路外墙与南墙相接处新增长 1600mm、厚 156mm、高 3800mm 的钢板	1400mm 混凝土+局部 156mm 钢板
顶棚	主屏蔽区	2900mm 混凝土 +400mm 回填土	无	2900mm 混凝土+400mm 回填土
	次屏蔽区	1500mm 混凝土 +1700mm 回填土		1500mm 混凝土 +1700mm 回填土
防护门		7mm 厚铅板 +110mm 聚乙烯板 50mm 厚含硼聚乙烯板+8mm 厚铅板	无	7mm 厚铅板+110mm 聚乙烯板 50mm 厚含硼聚乙烯板+8mm 厚铅板
本项目射波刀机房为原直线加速器机房改造，原直线加速器机房设计为有用线束向南北主屏蔽墙照射，不朝向迷路，而本项目射波刀为有用线束朝向各个方向的治疗模式。因此，原直线加速器机房次屏蔽墙和迷路墙体均需加厚，才能达到相关标准的要求。另外，为了减弱防护门的压力，同时也考虑到施工的便利性，因此增加迷路内墙增加 400mm~800mm 的混凝土厚度。				

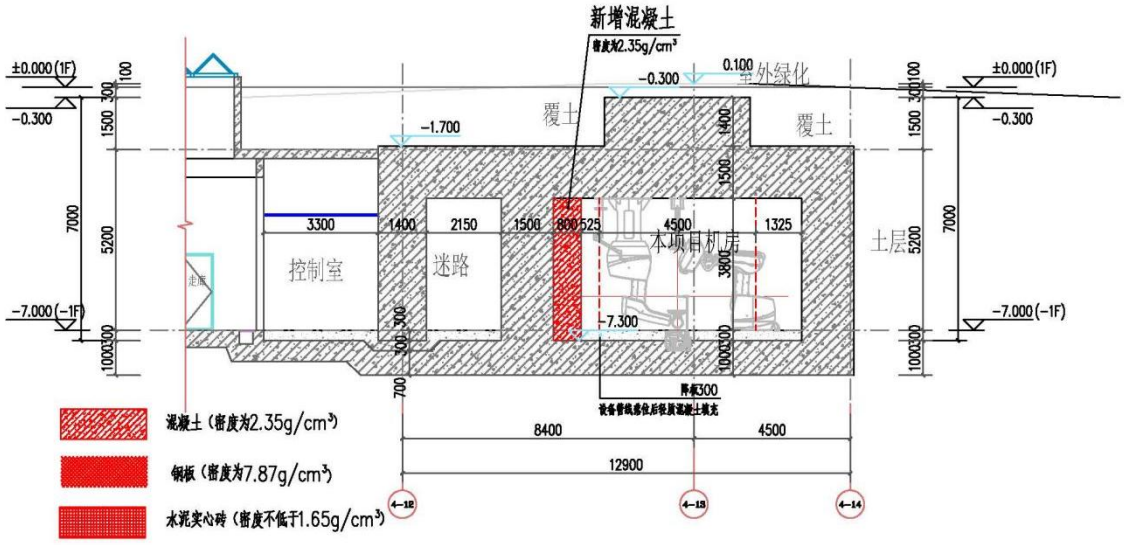
注：混凝土密度不小于 2.35g/cm^3，水泥实心砖密度不小于 1.65g/cm^3，钢板密度不小于 7.87g/cm^3。



机房防护尺寸平面图 1:100



1-1剖面图 1:100



2-2剖面图 1:100

图 1-2　本项目改建机房屏蔽防护设计改造平面和剖面图

1.1.4 人员配置和工作时间

本项目不新增用房和辐射工作人员，项目前期拟配置 3 名辐射工作人员，其中医生 1 人，技师 1 人，物理师 1 人，均为医院从放疗科原有辐射工作人员内部调配，存在兼岗和操作其他射线装置情况。

本项目辐射工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

表 1-4　本项目相关辐射工作人员配备情况表

序号	工作场所	岗位类别	人数	姓名	辐射安全与防护考核成绩单编号
1	肿瘤中心 B	放疗科医生	1 名	朱涛	FS23BJ0200512

2	楼地下一层本项目机房	技师	1 名	金春	FS23BJ0200497
3		物理师	1 名	魏志宏	FS22BJ0200174

本项目辐射工作人员均从在岗放疗科科工作人员中调配，兼任原放疗科和本项目工作，现有辐射工作人员均已在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格。本项目辐射工作人员培训情况、个人剂量监测结果和上岗证书如附件 11 所示。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 医院地理位置

江南大学附属医院分为南、北两个院区，本项目拟建于南院区，拟建地点位于江苏省无锡市滨湖区和风路 1000 号。项目地理位置见附图 1。

江南大学附属医院南院区被前杨道分为东西两个部分，东部主要为肿瘤中心 A 楼和 B 楼、在建国家创伤区域医疗中心和远期发展用地，西部主要为门诊医技楼、病房楼和食堂。江南大学附属医院南院区东侧为万顺道；南侧为和风路；西侧为蠡湖大道，隔路为江南大学；北侧为蠡湖，隔湖为融创壹号院。项目地理位置见附图 1。项目周边环境见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

（1）肿瘤中心 B 楼和本项目机房周边环境关系

肿瘤中心 B 楼东侧为院内绿化园林和远期发展用地（目前为机动车停车场）；南侧为国家创伤区域医疗中心（在建）；西侧为非机动车停车场及下沉广场；北侧为过道和肿瘤中心 A 楼。肿瘤中心 A 楼和 B 楼共用地下一层建筑。

本项目拟改建机房位于医院南院区肿瘤中心 B 楼地下一层东南方位的 1 间预留直线加速器机房，机房距离北侧肿瘤中心 A 楼（地面部分）约 55m；距离西侧肿瘤中心 B 楼（地面部分）约 23m；距离南侧在建国家创伤区域医疗中心约 20m；距离西侧机动车停车场约 35m。

（2）本项目机房四至环境关系

本项目机房东侧和南侧为土层；西侧为等候区、控制室和设备用房；北侧为预留 4 号加速器机房，上方为室外绿地，无地下层（下方为土层）。地下一层平面布局见附图 5。

1.2.3 选址合理性分析

本项目利用原有已建放射治疗机房进行改造建设，不新增用地，机房东侧、南侧和地下均为土层，本项目机房实体屏蔽物边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑、道路及

绿化，无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。本项目利用的原有放射治疗机房的建设已通过相应的环评审批，与放疗科其他直加机房集中布置，位于所在建筑物的底层一端，机房相邻区域无人员长期居留场所，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，周围也没有人员流动性大的商业活动区域，选址符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中关于放射治疗场所选址的要求，故本项目的选址是合理的。

1.3 产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域内的运用。对照《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委令2024年第7号），本项目的建设属于第一类“鼓励类”第十三项“医药”第4款“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，**高端放射治疗设备**，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”。因此，本项目符合国家现行的产业政策要求。

1.4 实践正当性分析

本项目实施目的在于开展放射治疗工作，最终目的是为了治病救人，本项目的建设可以更好地满足肿瘤患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。本项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射治疗过程中，对射波刀的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对其安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射波刀的情况下，可以将本项目产生的电离辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.5“三线一单”相符性分析

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），本项目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；

具体见附图 7；根据《江苏省 2023 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》并查询江苏省生态环境分区管控综合服务（网址：http://ywxt.sthjt.jiangsu.gov.cn:8089/sxydOuter/#/Login）可知，本项目所在区域为重点管控单元，不涉及优先保护单元，具体见附图 8。本项目未占用生态红线区域，不属于耗能高、产能过剩的产业；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生态环境分区管控的相关要求。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

1.6.1 原有核技术利用项目许可情况

医院现持有江苏省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证[00290]，许可种类和范围为：“使用III类、V 类放射源；使用II类、III类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至 2027 年 11 月 10 日。医院辐射安全许可证件见附件 3。

许可内容包含使用 1 枚III类 ^{192}Ir 放射源（后装治疗），3 枚 V 类 ^{68}Ge 校验源；南院区医用回旋加速器中心生产 ^{15}O、^{13}N、^{18}F、^{11}C 核素；南院区肿瘤中心 B 楼一层核医学科使用 ^{15}O、^{13}N、^{18}F、^{11}C、^{89}Zr、^{90}Y、^{201}TI、^{227}Th、^{99m}Tc、^{89}Sr、^{153}Sm、^{188}Re、^{223}Ra、^{32}P、^{177}Lu、^{131}I、^{125}I、^{124}I、^{68}Ga、^{67}Ga、^{64}Cu 和 ^{225}Ac 核素的乙级非密封工作场所，销售 ^{18}F、^{99m}Tc、^{131}I、^{89}Zr、^{177}Lu、^{68}Ge（^{68}Ga）核素；介入治疗中心使用 ^{125}I（粒子源）、^{90}Y、^{99m}Tc 核素的乙级非密封放射性工作场所；北院区 CT 楼一层 CT2 室/放疗中心 CT3 室、北院区放疗中心一层 DSA 室、北院区住院楼六楼、十三楼、北院区住院楼十四层手术室 3（C 臂机）、南院区门诊楼四层手术室 19、20（C 臂机）、南院区住院楼十楼和核医学科使用 ^{125}I 粒子源；临床试验研究中心使用 ^{14}C 核素的丙级非密封工作场所；使用回旋加速器 1 台、直线加速器 4 台、DSA5 台以及 CT 等III类射线装置 49 台。

1.6.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院原有核技术利用项目均已取得环评批复，现投入使用的内容均已取得许可登记和通过竣工环保验收，医院原有核技术利用及许可情况见表1-5~1-7.，相关环评批复和环保验收意见见附件4。

表 1-5　医院原有放射源使用情况

序号	核素名称	总活度(Bq)/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	许可情况

1	^{192}Ir	$3.7\times10^{11}Bq\times1$	III	使用	后装治疗	放疗科	已许可
2	^{68}Ge	$4.6\times10^{7}Bq\times2$	V	使用	刻度/校准源	核医学科	已许可
3	^{68}Ge	$9.2\times10^{7}Bq\times1$	V	使用	刻度/校准源	核医学科	已许可

表 1-6　医院原有非密封放射性物质使用情况

序号	核素名称	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	工作场所名称	活动种类	**许可情况**
1	^{15}O	1.48E+06	3.70E+11	核医学科	使用	已许可
2	^{13}N	1.48E+06	3.70E+11	核医学科	使用	已许可
3	^{18}F	1.48E+07	3.70E+12	核医学科	使用	已许可
4	^{11}C	1.48E+06	3.70E+11	核医学科	使用	已许可
5	^{89}Zr	1.48E+09	3.70E+11	核医学科	销售，使用	已许可
6	^{90}Y	3E+7*	3E+11	核医学科	使用	已许可
7	^{90}Y	5.55E+08	5.55E+11	核医学科	使用	已许可
8	^{201}Tl	1.85E+06	4.62E+11	核医学科	使用	已许可
9	^{227}Th	1.85E+08	7.40E+08	核医学科	使用	已许可
10	^{99m}Tc	1.48E+05	1.48E+10	核医学科	使用	已许可
11	^{99m}Tc	3.70E+07	9.25E+12	核医学科	销售，使用	已许可
12	^{89}Sr	3.70E+06	9.25E+10	核医学科	使用	已许可
13	^{153}Sm	3.70E+07	9.25E+11	核医学科	使用	已许可
14	^{188}Re	3.70E+07	9.25E+11	核医学科	使用	已许可
15	^{223}Ra	7.40E+07	7.40E+07	核医学科	使用	已许可
16	^{32}P	1.75E+07	4.38E+11	核医学科	使用	已许可
17	^{177}Lu	7.40E+08	1.85E+12	核医学科	销售，使用	已许可
18	^{125}I（粒子源）	2.775E+08	1.03125E+12	核医学科	使用	已许可
19	^{125}I	3.70E+07	8.88E+11	核医学科	使用	已许可
20	^{124}I	7.40E+07	7.40E+09	核医学科	使用	已许可
21	^{131}I	3.700037E+9	2.59092E+12	核医学科	销售，使用	已许可
22	^{68}Ge（^{68}Ga）	1.85E+08	3.70E+11	核医学科	销售，使用	已许可
23	^{67}Ga	3.70E+07	8.88E+10	核医学科	使用	已许可
24	^{64}Cu	3.70E+06	3.70E+09	核医学科	使用	已许可
25	^{225}Ac	1.85E+08	7.40E+08	核医学科	使用	已许可
26	^{125}I（粒子源）	1.924E+07	9.2352E+11	北院区 CT 楼一层 CT2 室/放疗中心 CT3 室	使用	已许可
27	^{125}I（粒子源）	1.924E+07	9.2352E+11	北院区放疗中心一层 DSA 室	使用	已许可
28	^{125}I（粒子源）	1.924E+07	9.2352E+11	北院区住院楼六楼、十三楼	使用	已许可
29	^{125}I（粒子源）	1.924E+07	9.2352E+11	北院区住院楼十四层手术室 3（C 臂机）	使用	已许可

30	^{125}I（粒子源）	1.85E+07	6.875E+10	介入治疗中心	使用	已许可
31	^{99m}Tc	1.48E+05	1.48E+10	介入治疗中心	使用	已许可
32	^{90}Y	2E+07	2E+11	介入治疗中心	使用	已许可
33	^{14}C	3.38E+06	6E+8	临床试验研究中心	使用	已许可
34	^{125}I（粒子源）	1.924E+07	9.2352E+11	南院区门诊楼四层手术室19、20（C臂机）	使用	已许可
35	^{125}I（粒子源）	1.924E+07	9.2352E+11	南院区住院楼十楼	使用	已许可
36	^{15}O	2E+08	5E+12	医用回旋加速器中心	生产	已许可
37	^{13}N	2E+08	5E+12		生产	已许可
38	^{18}F	3.7E+08	9.25E+12		生产，销售	已许可
39	^{11}C	3.7E+08	9.25E+12		生产	已许可

表 1-7 医院原有射线装置情况一览表

序号	设备名称	规格型号	射线装置类别	管电压(Kv)	管电流(mA)	数量(台)	安装位置	许可情况
1	直线加速器	Elekta synergy	II 类	最大 X 射线能量：10MV		1	北院放疗小区	已许可
2	DSA	Innova pathfinder-3100	II 类	120	1000	1	北院区导管室	已许可
3	DR 摄片机	Digital Diagnost	III 类	120	630	1	北院区影像科 1 号	已许可
4	胃肠机	Luminos Fusion	III 类	150	800	1	北院区影像科 4 号	已许可
5	全景牙片机	Xc-Digital	III 类	50	10	1	北院区影像科 2 号	已许可
6	DR 摄片机	幻影无线	III 类	150	630	1	北院区影像科 5 号	已许可
7	多层面 CT	Optima CT660	III 类	140	760	1	北院区 CT 一室	已许可
8	西门子 CT	Sensation 64	III 类	140	650	1	北院区 CT 二室	已许可
9	PET-CT	Biography64	III 类	140	665	1	南院区肿瘤中心 B 楼一层 PET/CT 机房 2	已许可
10	回旋加速器	HM-10	II 类	最大 X 射线能量：10MV		1	南院区肿瘤中心 B 楼负一层回旋加速器机房	已许可
11	双能 x 线骨密度测量仪	XR-600	III 类	高能峰值 80Kev	稳恒阳极电流 1.3MA	1	南院区肿瘤中心 B 楼二层骨密度仪机房	已许可
12	SPECT	Discovery	III 类	140	480	1	南院区肿瘤中	已许可

		NM/CT670					心楼 B 楼一层 SPECT/CT 机房 1	
13	碎石机	CS-2012A-3D	III 类	110	5	1	南院区门诊楼四层碎石室	已许可
14	DR	Digital Diagnost 3	III 类	150	1000	1	南院区门诊楼一层 X 线摄片室 2	已许可
15	移动 DR	SM-50HF-B-D-C	III 类	150	500	1	南院区移动使用	已许可
16	C 臂机	GE OEC Fluorostar Compact D	III 类	100	20	1	南院区门诊楼四楼手术室 24	已许可
17	C 臂机	BV Endura	III 类	100	30	1	南院区门诊楼四楼手术室 23	已许可
18	C 臂机	BV Libra	III 类	100	20	1	南院区门诊楼四楼手术室 19	已许可
19	乳腺钼靶机	Mammomat inspiration	III 类	35	188	1	北院区影像科乳腺钼靶机房	已许可
20	移动 DR	Optina XR220amx	III 类	125	220	1	北院区肠道门诊	已许可
21	模拟定位机	SL-IP	III 类	125	500	1	南院区肿瘤中心 B 楼负一层模拟机 1 室	已许可
22	牙片机	Intraos70	III 类	70	7	1	北院区门诊三楼牙片机房	已许可
23	医用电子直线加速器	Vitalbeam	II 类	X 射线能量为 6、10MV，射线等中心最大剂量率分别为 8.40×10^{8} 和 3.6×10^{8}μGy/h；电子射线能量为 6、9、12、16、20MV，射线等中心最大剂量率为 6.00×10^{8}μGy/h		1	南院区肿瘤中心 B 楼负一层加速器机房 1	已许可
24	医用电子直线加速器	Vitalbeam	II 类			1	南院区肿瘤中心 B 楼负一层加速器机房 2	已许可
25	医用电子直线加速器	Vitalbeam	II 类			1	南院区肿瘤中心 B 楼负一层加速器机房 3	已许可
26	胃肠机	Luminous Fusion	III 类	150	800	1	南院区门诊楼一层胃肠检查室	已许可
27	方舱 CT	Optima CT620	III 类	140	562	1	南院区发热门诊	已许可
28	DR	Digital Diagnost C50 65	III 类	150	1000	1	南院区门诊楼一层 X 线摄片室 1	已许可
29	DR	Digital Diagnost C50 65	III 类	150	1000	1	南院区门诊楼一层 DR 机房	已许可
30	CT	Revolution CT	III 类	140	740	1	南院区门诊楼一层 CT 室 1	已许可

31	CT	IQON Spectra1 CT	III 类	140	1000	1	南院区门诊楼一层 CT 室 2	已许可
32	CT 模拟定位机	Discovery RT	III 类	140	800	1	南院区肿瘤中心 B 楼负一层 CT 模拟定位机房	已许可
33	DSA	UNIQ Clarity FD20C	II 类	125	1000	1	南院区门诊楼一层 DSA 机房	已许可
34	DSA	Discovery IGS 7OR	II 类	125	1000	1	南院区门诊楼四层 22 号手术室	已许可
35	DSA	Azurion 7 M12	II 类	125	1000	1	南院区病房楼三层 DSA 机房	已许可
36	牙片机	FOCUS	III 类	70	7	1	南院区门诊楼五层牙片机房	已许可
37	口腔 CT	OP300-1	III 类	90	14	1	南院区门诊楼五层口腔 CT 机房	已许可
38	SPECT/CT	Symbia Intevo 6	III 类	130	345	1	南院区肿瘤中心 B 楼一层 SPECT/CT 机房 2	已许可
39	CT	uCT 530	III 类	140	420	1	南院区门诊楼一层 CT3 室	已许可
40	移动 DR	DRX-Revolution	III 类	150	400	1	南院区内移动使用	已许可
41	C 臂机	BV Pulsera	III 类	110	30	1	南院区门诊楼五层第七检查室	已许可
42	DR	Digital Diagnost	III 类	150	1000	1	南院区门诊楼一层急诊 DR 机房	已许可
43	DR	Multix fusion max 翔龙 Max（配置（一））	III 类	150	1000	1	南院区肿瘤中心 B 楼三层 DR 机房	已许可
44	乳腺机	GIOTTO IMAGE 3D	III 类	35	155	1	南院区门诊楼一层乳腺摄片室二	已许可
45	CT	uCT 760	III 类	140	667	1	南院区门诊楼一层急诊 CT 室	已许可
46	DSA	UNIQ FD20	III 类	125	1000	1	南院区门诊楼一层介入 DSA 机房 2	已许可
47	CT	uCT 530	III 类	140	420	1	南院区肿瘤中心 B 楼三层 CT 机房	已许可
48	C 臂机	BV Libra	III 类	110	20	1	北院区住院楼 14 楼手术室 3	已许可
49	DR 摄片机	DR-F	II 类	125	630	1	北院区影像科 3 号机房	已许可

1.6.3 医院原有核技术利用项目管理情况

（1）辐射安全防护管理机构

根据相关法律、法规、规范的要求，医院已成立医院辐射安全与环境保护管理领导小组，并明确了成员职责。

（2）辐射工作制度

医院已制定了《辐射安全事故应急预案》、《放射防护管理制度》、《放射人员培训、个人剂量、辐射环境监测管理制度》、《放射性废物管理制度》、《个辐射防护和安全保卫制度》、《放射工作人员职责》等综合规章管理制度。已有管理制度较健全，基本能够满足原有辐射防护管理需要。

（3）辐射安全与防护培训情况

医院拥有较稳定的放射诊疗技术队伍，现有辐射工作人员均参加辐射防护与安全培训（国家核技术利用辐射安全与防护培训与考核平台组织或医院自行组织），并考核合格。医院应组织辐射工作人员按时接受再培训。

（4）个人剂量监测及职业健康体检情况

辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，建立剂量健康档案并终生存档保存，个人剂量计最长不超过 90 天送检一次。医院委托江苏睿源检测技术有限公司开展了辐射工作人员剂量监测，现有辐射工作人员个人剂量监测报告见附件 9。由监测报告结果可以看出：个人剂量剂均为完好状态，2023 年 3 月~2024 年 3 月连续四个季度的辐射工作人员个人剂量监测结果显示，医院辐射工作人员个人剂量监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值，即年剂量约束值 5mSv。

医院已为辐射工作人员进行了上岗前和在岗期间的职业健康检查，体检结果表明现有辐射工作人员可继续放射工作。

（5）辐射工作场所情况

医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警告标志、报警装置和工作状态指示灯等。根据放射诊断不同项目实际情况，医院划分有辐射防护控制区和监督区，并采取了分区管理，进行了积极、有效的管控。

现有辐射设备辐射安全防护措施在竣工验收时已进行查验，通过环保验收，且每年均进行检查并委托有广州南方医大医疗设备综合检测有限责任公司进行场所检测，近三

年监测结果均满足标准要求，医院现有辐射工作场所辐射安全防护措施满足要求。

（6）辐射应急演练和年度评估

医院已制定《辐射安全事故应急预案》（见附件 8），定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，并及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经与医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

医院执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，医院对现有放射源、非密封放射性物质和射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/ 活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
	以下空白							

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
	以下空白									

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
1	射波刀	II类	1	3RS	电子	X 射线：6MV	6MV 下距靶 0.8m 处 X 射线最大剂量率为 6×10^{8}μGy/h；配套 X 射线球管（3 个）最大管电压均为 150kV，最大管电流均为 500mA	肿瘤治疗	肿瘤中心 B 楼地下一层本项目拟改建预留 5 号直线加速器机房	新购

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
	以下空白								

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
	以下空白												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	排放至大气外环境中，经大气扩散稀释。臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气。

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3；年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过；2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订），中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日施行修订版； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过，自 2003 年 9 月 1 日起施行；2016 年 7 月 2 日第一次修订；2018 年 12 月 29 日第二次修订），中华人民共和国主席令第 48 号，2018 年 12 月 29 日施行修订版； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过），中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订），自 2017 年 10 月 1 日起施行修订版； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，（2005 年 9 月 14 日经中华人民共和国国务院令第 449 号公布，2014 年 7 月 29 日经中华人民共和国国务院令第 653 号修订，2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令第 709 号修订），自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修正，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修正，2019 年 7 月 11 日经生态环境部令第 7 号修改，2020 年 12 月 25 日经生态环境部令第 20 号修改），2021 年 1 月 4 日施行修改版； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 4 月 18 日环境保护部令第 18 号），自 2011 年 5 月 1 日起施行； （8）《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），自 2017 年 12 月 5 日起施行； （9）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和

国生态环境部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行；

（10）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号公布，自 2024 年 2 月 1 日起施行；

（11）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），自 2020 年 1 月 1 日起施行；

（12）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号），自 2021 年 3 月 15 日起施行；

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

（14）《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》（环发[2006]145 号），自 2006 年 9 月 26 日起施行；

（15）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），江苏省人大常委会公告第 2 号，自 2018 年 5 月 1 日起施行；

（16）《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》（苏环规〔2019〕4 号），江苏省生态环境厅，2019 年 11 月 19 日印发；

（17）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政办[2018]74 号），江苏省人民政府，2018 年 6 月 9 日发布；

（18）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发[2020]1 号），江苏省人民政府，2020 年 1 月 8 日发布；

（19）《江苏省 2023 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》，江苏省生态环境厅，2024 年 6 月 13 日发布；

（20）《省政府办公厅关于印发江苏省辐射事故应急预案的通知》（苏政办函[2020]26 号），江苏省人民政府办公厅，2020 年 2 月 19 日发布；

（21）《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150 号）；

（22）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；

（23）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 25 日发布；

	（24）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187 号，2021 年 5 月 28 日发布。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （6）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （7）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）； （8）《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）； （9）《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）； （10）《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）； （11）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）。
其他	（1）环境影响评价委托书； （2）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（刘明、王承保。辐射防护，1993 年第 13 卷第 2 期）； （3）医院提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，本次辐射环境评价范围取拟改建机房实体屏蔽物边界外 50m 的区域为评价范围。评价范围示意详见附图 4。

7.2 保护目标

根据现场踏勘情况，本项目辐射工作场所边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑、道路及绿化。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）中生态保护目标的内容，本项目评价范围内不涉及重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等。本项目环境保护目标为评价范围内从事本项目的辐射工作人员、医院其他非辐射工作人员和公众成员。具体详见表 7-1。

表 7-1 项目环境保护目标一览表

环境保护目标	方位	与场所边界的最近距离（m）		规模	人员类别
		水平	垂直		
控制室工作人员	西侧	紧邻	0	3 人	职业人员
设备机房人员	西侧	紧邻	0	平时无人员居留	公众人员
等候区公众	西侧	紧邻	0	流动人群	
预留 4 号加速器机房公众	北侧	紧邻	0	目前无人员居留	
室外绿地公众	上方	0	+5	约 100 人次/天	
肿瘤中心 A 楼公众	北侧	55	+5	约 200 人次/天工作人员，其余为流动人员	
肿瘤中心 B 楼公众	东侧	23	+5	约 200 人次/天工作人员，其余为流动人员	
在建国家创伤区域医疗中心工地公众	南侧	20	+5	约 80 人次/天	
机动车停车场公众	西侧	35	+5	流动人员	
评价范围 50m 内其他公众人员	/	/	/	约 500 人次/天	
注：+代表其地面高于本项目用房地面。					

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值和剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

表 7-2 剂量限值的相关内容

相关条款	具体内容

B1.1 职业照射	B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： a)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； d）四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。
B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值： a）年有效剂量，1mSv。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，剂量约束值通常应在公众照射剂量限值的 10%-30%范围之内。同时，《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），本项目职业人员和公众剂量约束值如下：

对于职业人员，本项目取不超过 5mSv 作为年剂量约束值；对于公众，本项目取不超过 0.1mSv 作为年剂量约束值。

7.3.2《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）

（1）工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

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$\dot{H}_{c,d}$（μSv/h）

机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤100μSv/周；

机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤5μSv/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$\dot{H}_{c,max}$（μSv/h）：

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

人员居留因子 T≤1/2 的场所：$\dot{H}_{c,max}$≤10μSv/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 250μSv 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 100μSv/h 加以控制可在相应位置处设置辐射告示牌）。

表 7-3 本项目机房各关注点导出剂量率参考控制水平

关注点		T	t（h）	$\dot{H}_{c,max}$（μSv/h）	$\dot{H}_c$（μSv/周）	$\dot{H}_{c,d}$（μSv/h）	
						计算值	最终取值
a	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1/2	40	10	5	5	5
b	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1/2	40	10	5	5	5
c	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1/2	40	10	5	5	5
f	西侧墙外 30cm（控制室）	1	40	2.5	100	50	2.5
k	西墙外 30cm（设备机房）	1/16	40	10	5	40	10
g	防护门外 30cm 处（等候区）	1/8	40	10	5	20	10
l	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1/16	40	10	5	40	10
m_1	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1/16	40	10	5	40	10
m_2	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1/16	40	10	5	40	10

（2）辐射工作场所分区

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）。

（3）通风要求

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

7.3.3 根据《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）

5.3.3 机器人臂射波刀治疗

机器人臂射波刀（Robotic Arm Cyberknife）是一种非等中心照射的适型调强加速器放射治疗装置。将小型加速器固定安装在机器人前臂，加速器在机器人臂的带动下可由空间任何方向以准直束线精确定位照射，并按治疗计划实现各方向小照射野适形调强放射治疗。治疗装置带有实时 X 射线立体定位跟踪设备。

附录 D 的 D.3 列举了示例装置的性能、示例放射治疗工作负荷及机房屏蔽要点。

D.3.3 治疗机房屏蔽要点

D.3.3.1 各面均按有用束（U<0.05）考虑机房屏蔽；

D.3.3.2 机房外的剂量率参考控制水平$\dot{H}_c$建议取为 10μSv/h。

7.3.4 参考资料

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，刘明、王承保。辐射防护，1993 年第 13 卷第 2 期。

表 7-4　江苏省环境天然γ辐射水平（单位：nGy/h）

	原野γ辐射剂量率	道路γ辐射剂量率	室内γ辐射剂量率
范围	33.1～72.6	18.1-102.3	50.7～129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0
注：评价时采用“范围”作为辐射现状评价的参考数值。			

7.3.5 本次核技术利用项目限值要求汇总

表 7-5　本项目人员受照剂量限值要求汇总

人员类型	年有效剂量限值	剂量约束值
职业人员	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：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	不大于 5mSv/a
公众	实践使公众中有关关键人群的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv	不大于 0.1mSv/a
标准依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）	《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）

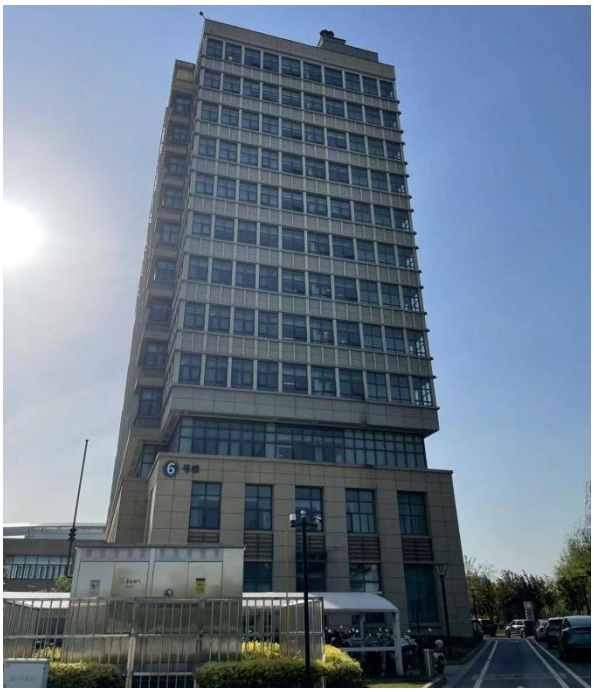
表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于江南大学附属医院南院区，即江苏省无锡市滨湖区和风路 1000 号。南院区东侧为万顺道；南侧为和风路；西侧为蠡湖大道和蠡湖大道快速路，隔路为江南大学；北侧为蠡湖，隔湖为融创壹号院。项目地理位置见附图 1。

本项目拟改建机房为肿瘤中心 B 楼地下一层东南角的原 5 号直线加速器机房，项目周围环境现状见图 8-1。

<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>本项目拟改建机房（原5号直线加速器机房）</td><td>机房西侧：控制室</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>本项目拟改建机房内部1</td><td>本项目拟改建机房内部2</td></tr>
</table>

	
机房西侧：设备机房	机房上方：绿化
	
机房地面上方北侧肿瘤中心A楼	机房地面上方南侧在建国家创伤区域医疗中心

	
机房地面上方东侧机动车停车场	机房地面上方西侧肿瘤中心B楼

图8-1　本项目拟改建机房周围环境现状图

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 环境现状评价对象

本项目拟改建机房及周边环境

8.2.2 监测因子

γ辐射剂量率

8.2.3 监测点位

环境现状监测报告考虑兼顾点位现状可到达性的条件下，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）在项目拟建机房及周边布设监测点，γ辐射剂量率在各监测点距地面 1 米处进行监测。

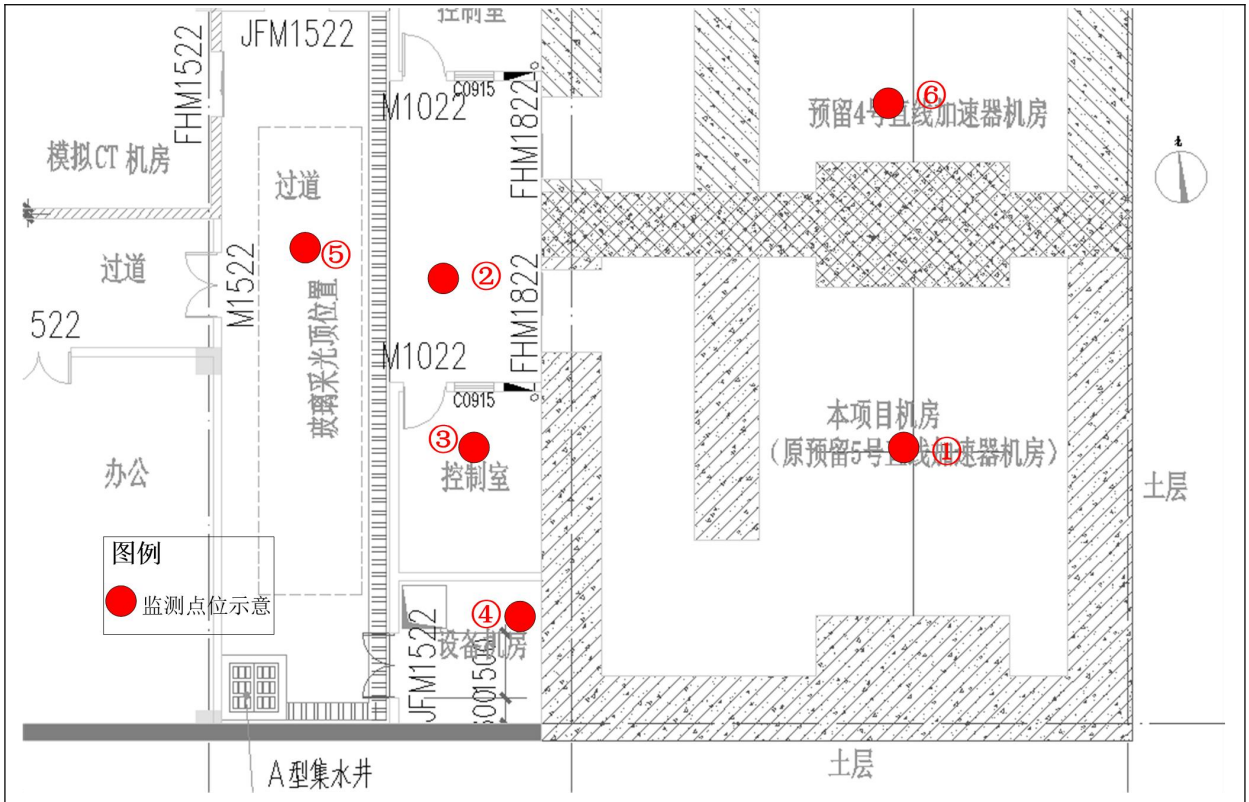


图 8-2　本项目拟改建机房及四周辐射质量现状监测点位

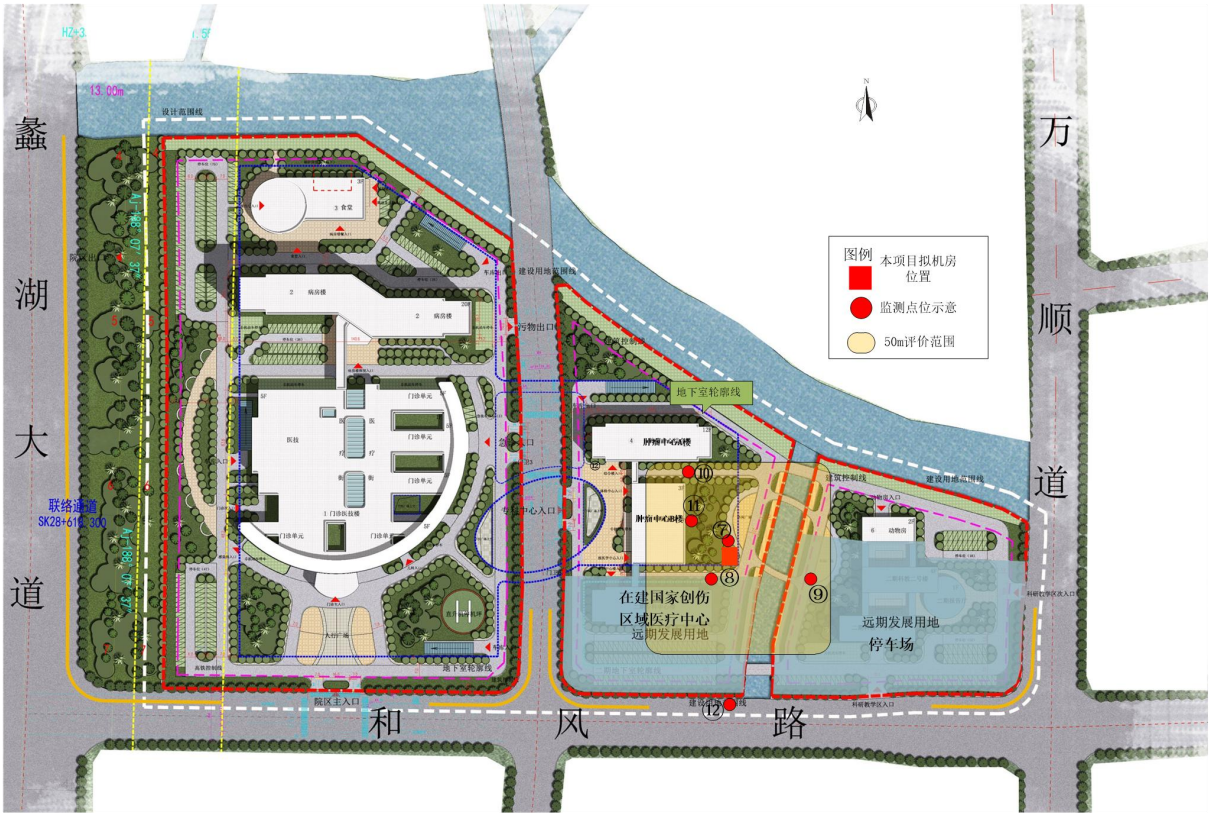


图8-3　本项目周边辐射环境质量现状监测点

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.5.1 监测方案

（1）监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

（2）监测日期：2024 年 5 月 10 日

（3）监测方式：现场检测

（4）监测依据：

《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

（5）监测频次：依据 HJ 1157-2021 标准予以确定

（6）监测工况：辐射环境本底（监测时，附近射线装置机房未开机）

（7）监测方法：测量时探头距离地面约 1m，仪器读数稳定后，每个监测点测量 10 个数据取平均值。

（8）天气环境条件：温度 28℃；相对湿度 40%RH；晴

（9）监测报告编号：BG-GAHJ24380319-R

（10）监测仪器：

表 8-1　监测仪器参数表

仪器名称	X、γ辐射剂量当量率仪
仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTITIC
仪器编号	05035404
能量范围	30keV～4.4MeV
量　　程	主机：10nSv/h～100mSv/h；探头：1nSv/h～100μSv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院，华东国家计量测试中心
校准证书	2024H21-10-5119258001
校准日期	2024 年 03 月 05 日

8.3.2 质量保证措施

（1）本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有浙江省市场监督管理局颁发的资质认定证书，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

（2）采用国家有关部门颁布的监测标准方法，监测人员持有合格证书上岗。

（3）监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

（4）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

（5）监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

（6）监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2　拟改建机房及周边γ辐射剂量率监测结果表

监测点编号	测量位置	监测结果（nGy/h）	备注
1	拟改建机房内	90.4±1	室内
2	拟改建机房防护门外	82.3±1	室内
3	拟建控制室	82.1±2	室内
4	设备机房	81.7±1	室内
5	过道	80.9±1	室内
6	拟改建机房北侧预留 4 号直线加速器机房内部	89.4±2	室内
7	拟改建机房顶部绿地	64.6±2	草坪
8	在建国家创伤区域医疗中心前	55.2±2	水泥地面
9	停车场	58.4±2	水泥地面
10	肿瘤中心 A 楼和 B 楼中心之间地面道路	72.5±1	水泥地面
11	肿瘤中心 B 楼东侧	66.0±1	水泥地面
12	和风路	55.6±2	沥青道路

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；

3、环境γ辐射空气吸收剂量率=仪器读数平均值×仪器校准因子 k_1×仪器检验源效率因子 k_2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3×测量点宇宙射线响应值 Dc，校准因子 k_1 为 1.23，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy，k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，测量点宇宙射线的响应值为 10nGy/h。

8.4 环境现状评价

根据环境现状监测报告监测结果可知，本项目拟建辐射工作场所周边室内γ辐射剂量率在 80.9nGy/h~90.4nGy/h 之间，道路γ辐射剂量率在 55.2nGy/h~72.5nGy/h 之间，原

野γ辐射水平为 64.6nGy/h。由《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，江苏省道路γ辐射剂量率在 18.1nGy/h~102.3nGy/h 之间，原野γ辐射剂量率在 33.1～72.6nGy/h 之间，室内γ辐射水平在 50.7～129.4nGy/h 之间，可见本项目拟建辐射工作场所及周围γ辐射剂量率基本处于当地本底水平范围之内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

本项目拟新增射波刀主要由加速器机器人系统、6MV 小型化直线加速器系统、诊断级 X 射线图像引导系统、AI 治疗计划系统、治疗床机器人系统、光学位置传感器（选配）组成，其外形结构示意见图 9-1。



图 9-1　本项目射波刀外形结构示意图

（1）加速器机器人系统

加速器机器人系统是射波刀的重要组成部分，主要包括 KUKA 六自由度机械臂，控制柜和机器人控制软件。加速器系统安装在机器人机械臂头端，由机器人机械臂带动加速器围绕患者在前、后、左、右、上、下六度空间自由转动，按照计算机预设的路线，机械臂可将加速器调整到任意预设位置对靶区投照射线，每到一个预设治疗点，机械臂停止运动，加速器对靶区投照相应的放射剂量。

（2）6MV 小型化直线加速器系统

小型化直线加速器系统是紧凑型的 X 波段直线加速器，能产生 6MV 能量的 X 射线，加速器安装在机器人控制的机械臂上，配有 12 个准直器，准直器直径从 5mm 到

60mm。

加速器系统的核心器件由电子枪、加速腔、磁控管、环流器、调制器等构成，电子枪发射电子注入加速腔，磁控管产生的微波在加速腔轴线上形成加速电场，该电场把电子加速到 6MV 能量，轰击金属靶，产生韧致 X 射线，该射线经过准直器限束整形后，用于治疗肿瘤等。

（3）诊断级 X 射线图像引导系统

图像引导系统主要包括 X 射线发射装置、X 射线成像装置和图像引导软件，采用立体平面成像技术，通过计算机控制两组由 kV 级（诊断级）X 射线管组件、高压发生器、平板探测器、曝光控制器组成的成像硬件系统，对患者的解剖结构或外部植入标记进行两个方向的透视投影，取得一对交角 X 射线投影图像；对获得的二维 X 射线投影图像和用于放射治疗计划的三维 CT 图像，进行 2D-3D 图像配准和 2D-3D 几何转换，精确探测出患者（病灶）在放疗设备上的摆位误差，据此引导放疗设备移动治疗床，校正患者位置，分别对高低位摆位进行验证，实现对患者在治疗前的精确定位。

射波刀配套的图像引导系统包含 3 台 X 射线管，每台 X 射线管最大管电压均为 150kV、最大管电流均为 500mA，3 台 X 射线管不同时开机工作，两两组合工作，X 射线管也不会和直线加速器治疗同时出束。

X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。X 射线管基本结构如下图所示。

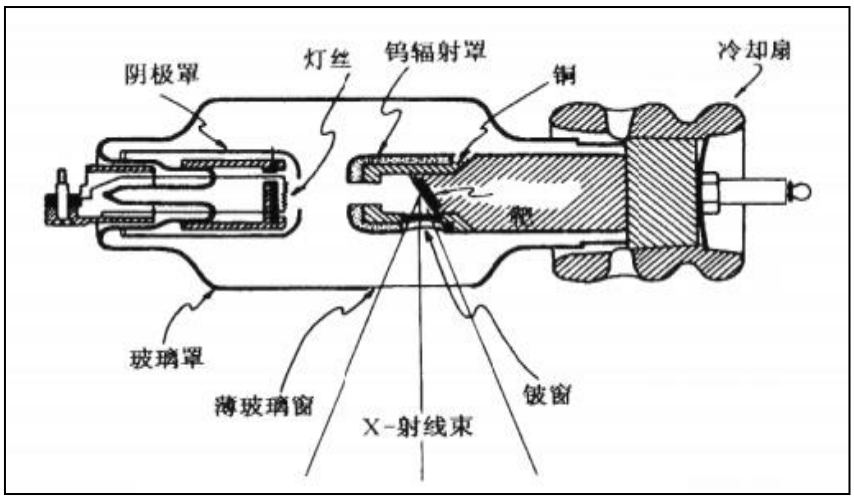


图 9-2　X 射线管基本结构图

（4）AI 治疗计划系统

AI 治疗计划系统（简称“TPS”）是用于制订放射外科治疗计划的软件系统，是射波刀的“大脑”。根据患者的解剖结构以及医生的剂量处方，从机器人放射外科 4π治疗空间中优选出尽可能少的照射野，并对其照射时间进行优化，在保证治疗靶区承受足够高的照射剂量的同时有效减少对周围正常组织的损伤。

（5）治疗床机器人系统

治疗床机器人系统是射波刀的重要组成部分，主要包括 KUKA 六自由度机械臂，控制柜、碳纤维床板和机器人控制软件。

表 9-1　本项目射波刀主要技术参数

系统部件	参数名称	参数描述
整机系统	静态靶区治疗精度	≤0.9mm
	动态靶区跟踪治疗精度	≤0.95mm
6MV 直线加速器	最大 X 射线能量	≤6MV
	源轴距（SAD）	0.8m
	距靶 0.8m 处 X 射线最大剂量率	600Gy/h
	半影宽度	小于 20mm 的辐照野半影不大于 3mm； 不小于 20mm 的辐照野半影不大于 4mm。
	治疗中心点相对水平地面高度	0.9m（低焦点） 1.3m（高焦点）
	治疗中心最大照射野尺寸	2827.4mm^2（直径为 60mm 的圆）
	X 射线泄漏率	＜0.1%
圆形准直器	圆形准直器辐射野尺寸	5、7.5、10、12.5、15、20、25、30、35、40、50、60 (mm)
六自由度机械臂	机械手臂结构	关节型
	运动范围	头部模式：绕 X 轴转动角度范围-115°~+30°，绕 Y 轴转动角度范围-110°~+110°。
		体部模式：绕 X 轴转动角度范围-45°~+30°，绕 Y 轴转动角度范围-110°~+110°。
	运动定位精度	≤0.5 mm
治疗床	额定负载	135 kg
	平移定位精度	≤1.0 mm
	旋转定位精度	≤0.2 °
图像引导定位系统	X 射线管	含 3 台 X 射线装置，最大管电压均为 150kV，最大管电流均为 640mA
	有效成像区域	400 mm× 400 mm
	摆位校正计算的准确性	≤1.0 mm

呼吸运动跟踪系统	呼吸跟踪精度	≤0.9 mm
	系统数据刷新速率	≥20 Hz
治疗计划系统软件	剂量计算误差	≤±5 %
	靶点位置计算误差	≤1.5 mm
	等剂量面积重合率	＞90 %

9.1.2 工作原理

射波刀是一种新型立体定向放射治疗装置，根据 CT 模拟定位机（依托放疗科现有）提供的患者医学影像，由治疗计划系统制订放射治疗计划， 根据治疗计划信息，控制各硬件子系统，通过图像引导定位系统进行患者摆位验证、修正摆位偏差后，控制直线加速器系统出束照射，完成对患者的放射治疗。本项目射波刀利用球体堆叠的原理，将直线加速器发射的辐射剂量分散至大量的射线中，并以不同的角度入射，在此情况下，单束的辐射剂量非常低，不会对非目标的组织造成伤害，另外将剂量分散至多束射线，也较方便调整剂量分布，对于治疗不规则的肿瘤能更精准有效的控制辐射分布形状，其出束治疗示意见图 9-3。

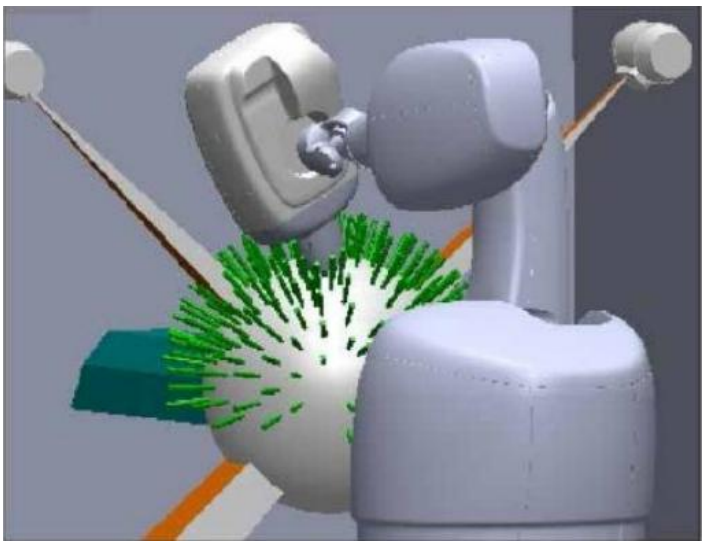


图 9-3 本项目射波刀出束治疗示意图

9.1.2 工作流程及产污环节

（1）工作流程

射波刀工作流程如下：

①定位扫描：医生通过 CT 模拟定位机（依托放疗科现有）对患者病变部位进行扫描，确定肿瘤的位置。

②治疗计划：医生根据 CT 模拟定位机图像，勾画靶区，选择合适的追踪模式、准直器、射线强度、靶区范围、剂量分布、治疗剂量和其他参数，计算机自动设计一个剂量分布、照射范围与肿瘤形状几乎吻合的治疗计划；

③靶区定位：患者平卧并固定在治疗床上，其余人员撤离治疗室，技师关闭防护门。影像系统采集靶区的实时影像，并与治疗计划系统的治疗影像进行对比，获得靶区方位误差。工作人员通过电脑操作，移动治疗床，使实时影像与治疗影像完全拟合。此时计算机获得了患者病灶的初步定位。

④射线治疗：机械臂将直线加速器旋转到初始坐标位，然后按照程序将加速器围绕着患者旋转到顶点节点。直线加速器每到一个节点，机械臂会暂停运动，此时靶区定位追踪系统立刻获取新的靶区影像，计算机确认当前的靶区影像与治疗开始时影像完全一致。如果病人靶区有轻微的移动，靶区定位追踪系统立刻计算出移动造成的偏差，并将此偏差传输到机器人机械臂，机械臂微调加速器的方位或射线的入射角度，最后加速器将所需的剂量精确投射到病灶内。如果患者的移动超过计算机调整的范围，治疗会紧急暂停。加速器每到一个预定节点都将重复上述步骤。

⑤治疗结束：加速器完成治疗，机械臂回到停机位。工作人员打开防护门，护理人员将病人送出治疗室。

射波刀在放射治疗中，采用非等中心从不同方向，以上千个小的圆形照射野照射肿瘤部位，主射束会照射到治疗室机房的大部分墙面上。

（2）产污环节

本项目射波刀治疗期间影像扫描定位和出束治疗时会有 X 射线、少量臭氧和氮氧化物产生。其工作流程及产污环节如图 9-4 所示。

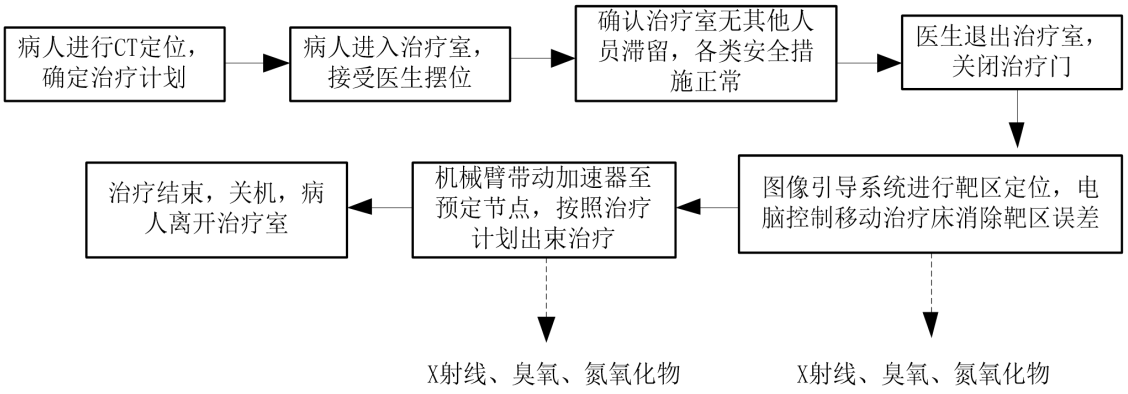


图 9-4　射波刀工作流程及产污环节示意图

9.1.3 人员的路径规划

本项目人员路径主要是工作人员路径和患者路径。

工作人员路径：工作人员从西侧工作区域经走廊进入机房控制室，并进行设备操作。

患者路径：患者在机房西侧放疗科等候区候诊，医生叫号后进入机房进行治疗，治疗结束后原路返回。机房人流路径规划见附图 5。

9.3 污染源项描述

9.2.1 正常工况

本项目射波刀含有 1 台直线加速器（X 线能量≤6MV），并配套 3 台 X 射线管（管电压均为 150kV、管电流均为 500mA），3 台 X 射线管不同时开机工作，两两组合工作，X 射线管也不会和直线加速器治疗同时出束。

本项目射波刀内所含直线加速器最大 X 射线能量为 6MV，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中相关内容，无需考虑中子防护和感生放射性的放射防护。

（1）X 射线

由本项目工作流程可知，只有开启直线加速器或 X 射线管进行出束时，系统才会发出 X 射线。产生的 X 射线随机器的开、关而产生和消失。因此，系统在开机出束期间，X 射线是项目主要污染物。本项目设备正常运行时无放射性废气、废液产生。

（2）废气

射波刀在开机出束时会发出 X 射线，X 射线会使空气电离产生少量臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x）。

9.2.2 非正常工况

（1）安全联锁装置发生故障情况下，人员误入正在运行的机房而造成误照射。

（2）工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房，设备运行，会对工作人员或病人家属产生不必要的照射。

（3）控制系统出现故障，照射治疗不能停止，病人受到计划外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目工作场所布局

本项目机房位于医院南院区肿瘤中心 B 楼地下一层放疗科东南部，机房六面情况（东、南、西、北、上、下）见表 10-1。

表 10-1　本项目机房周边布局一览表

工作场所	方位	周边房间及场所
本项目机房	东	土层
	南	土层
	西	控制室、设备机房和过道
	北	预留 4 号直线加速器机房
	楼上	室外绿地
	楼下	土层

本项目机房拟采用 L 型迷路，机房与控制室分开并单独设置；机房相邻不涉及儿科病房、产房等特殊人群，且避开人员密集区域，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）中“治疗机房的布局要求”的规定及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中的布局要求。

10.1.2 分区原则和区域划分情况

（1）分区原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全工作，医院应按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽限制进出控制区，并定期审查控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施，或是更改该区的边界。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门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的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明

监督区的标牌；并定期检查该区的条件，以确认是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

（2）本项目辐射防护分区管理情况

本项目控制区和监督区划分如下：

控制区：机房内部区域（包含迷路）；

监督区：控制室、设备机房、机房防护门外区域及目前空置的 4 号直线加速器机房内部。

本项目机房辐射防护分区管理情况见图 10-1。

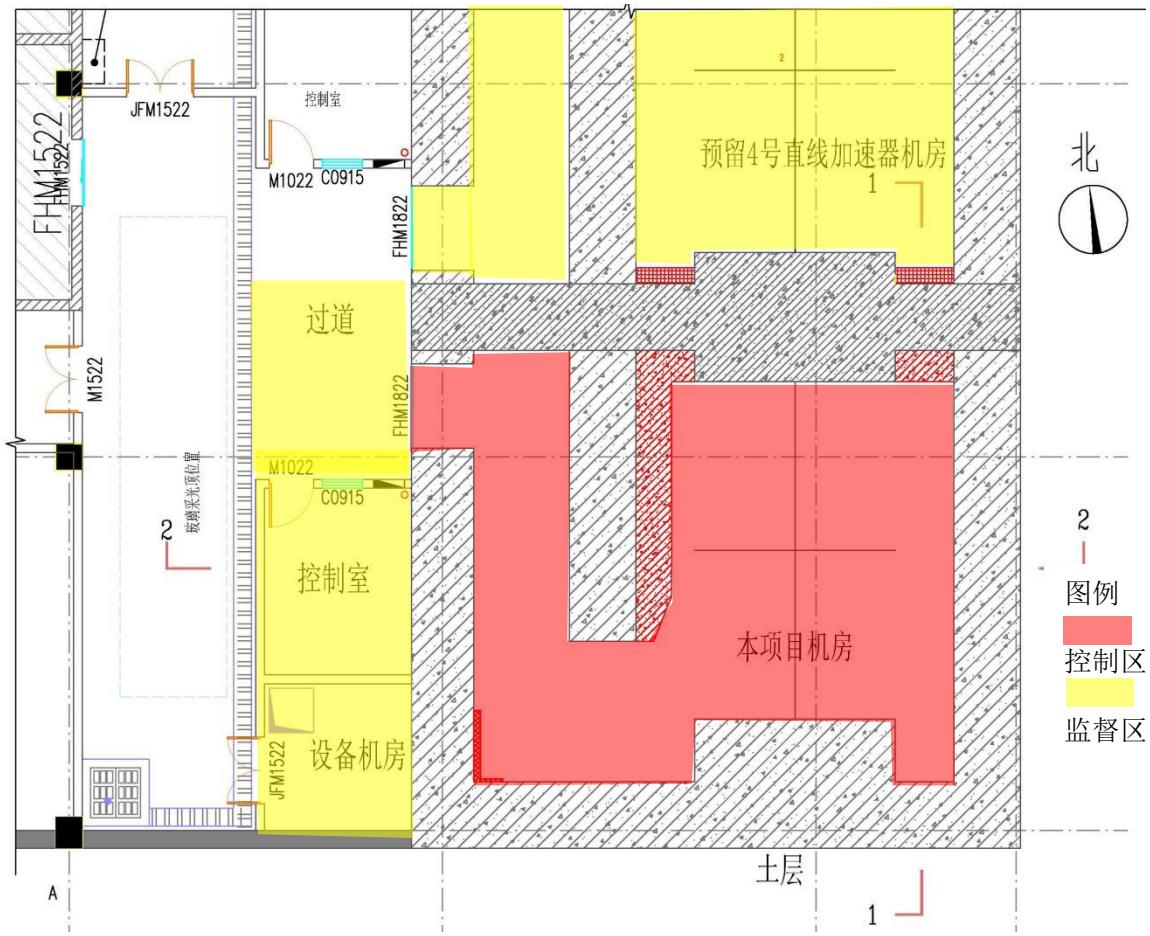


图 10-1　本项目机房辐射防护分区管理情况图

10.1.3 项目工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目机房辐射屏蔽设计参数详见表 10-2。

表 10-2　本项目机房辐射防护屏蔽设计参数表

机房名称	部位	设计参数
		尺寸
本项目	机房几何尺寸	改建后本项目机房尺寸为南北净长 7.6m（不含迷路内墙），东西净

<table>
<tr><td rowspan="11">机房</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">长 6.35m，迷路外入口（门洞）宽 1.9m，迷路宽度 2.15m，机房总面积约 81.5m²（含迷路），机房有效使用面积约 48.26m²。</td></tr>
<tr><td colspan="2">屏蔽墙</td><td>最终屏蔽厚度（改建后）</td><td>高度</td></tr>
<tr><td colspan="2">东墙（原机房侧屏蔽墙）</td><td>1500mm 混凝土</td><td rowspan="9">3.8m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">南墙</td><td>原机房主屏蔽墙</td><td>2900mm 混凝土</td></tr>
<tr><td>原机房次屏蔽墙</td><td>1500 混凝土+局部长 500mm、厚 65mm 的钢板</td></tr>
<tr><td rowspan="2">北墙</td><td>原机房主屏蔽墙</td><td>2900mm 混凝土</td></tr>
<tr><td>原机房次屏蔽墙</td><td>2200mm 混凝土+360mm 水泥实心砖</td></tr>
<tr><td rowspan="2">西墙</td><td>迷路内墙</td><td>1900mm 混凝土~2300mm 混凝土</td></tr>
<tr><td>迷路外墙</td><td>1400mm 混凝土
+局部长 1600mm、厚 156mm 的钢板</td></tr>
<tr><td rowspan="2">顶棚</td><td>主屏蔽区</td><td>2900mm 混凝土+400mm 回填土</td></tr>
<tr><td>次屏蔽区</td><td>1500mm 混凝土+1700mm 回填土</td></tr>
<tr><td colspan="2">机房防护门</td><td>7mm 厚铅板+110mm 聚乙烯板 50mm 厚含硼聚乙烯板
+8mm 厚铅板</td><td>/</td></tr>
<tr><td colspan="4">注：①混凝土密度为不小于 2.35g/cm³；铅板密度不小于 11.34g/cm³；水泥实心砖密度不小于 1.65g/cm³，钢板密度不小于 7.87g/cm³。
②防护门与墙体各侧搭接设计均为至少 10cm，防护门与墙壁之间的缝隙设计小于 1cm，防止射线泄漏。</td></tr>
</table>

本项目机房由预留加速器机房改造，根据表 11 环境影响分析，本项目机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率均小于机房外各关注点的导出剂量率参考控制水平，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中辐射屏蔽相关要求。因此，机房屏蔽设计基本合理。

（2）电缆等管线布设

本项目机房与西侧设备机房和控制室之间的各种电缆管线，室内部分以地沟形式在地坪以下布设。电缆穿墙部分位于迷路外墙，穿墙管道呈“⌒”型穿墙，下沉后穿越屏蔽墙分别到达设备机房和控制室，并与控制台与电气控制系统连接，穿墙处埋地深度为400mm，未破坏屏蔽墙体的屏蔽效果，射线至少经过三次才能到达电缆沟出口，满足辐射防护要求。

本项目其他空调、物理测试等管线可采用原有预留管线，在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，要在箱体后补充相应的屏蔽防护措施。机房电缆沟穿墙、剖面示意图见图 10-2、图 10-3。

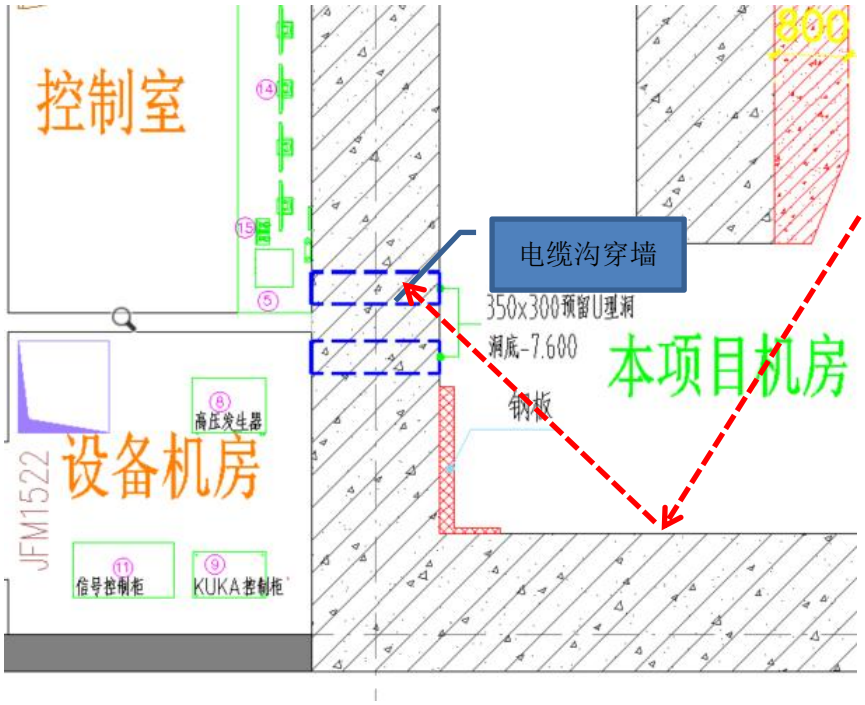


图 10-2　机房电缆沟穿墙示意图

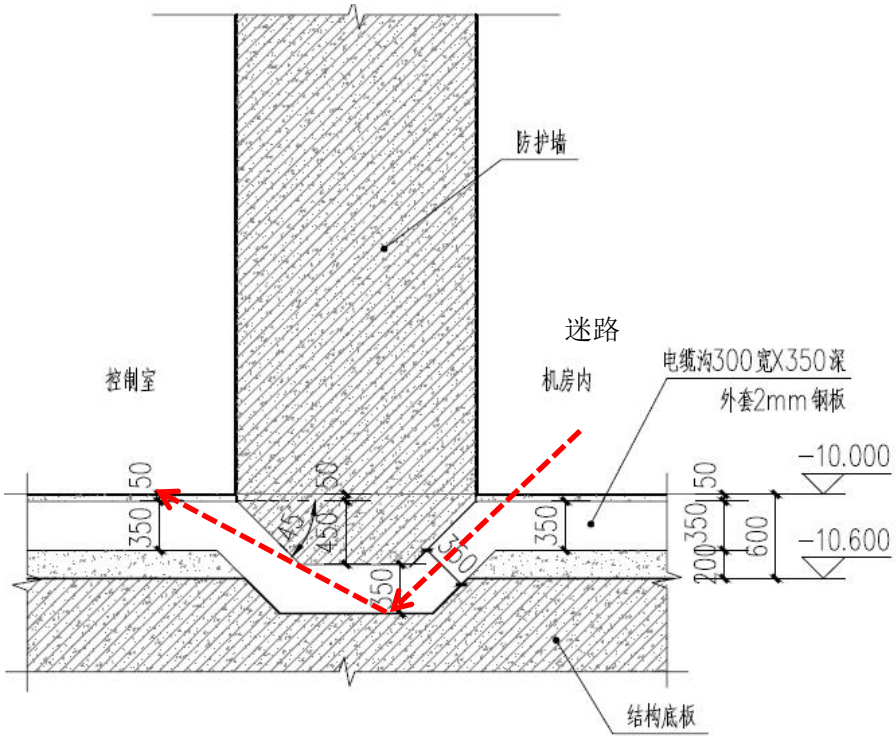


图 10-3　机房电缆沟剖面示意图

（3）机房通风设计

本项目机房设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，拟在机房内设置 2 个送风口，2 个排风口，排风管底部（排风口）离地 20cm，送风口位于机房吊顶位置，送风口与排风口位置为对角设置，机房内废气经由排风井排至肿瘤中心 B 楼楼顶，并高

出屋脊排放。

拟安装排风机排风量约为 1500m^3/h，机房总体积约为 309.7（81.5*3.8）m^3，机房换气次数大于 4 次/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中放射治疗机房通风换气次数应不小于 4 次/h 的要求。

机房新风和排风管线均由防护门上方墙体穿出机房，不会直接照向风管穿墙区域，新风管道拟由防护门上方近顶盖处进入机房，穿墙部分拟采用“Z”型机房；排风管依次经治疗室、迷道上方然后由防护门上方穿墙而出，穿墙部分拟采用“Z”型，废气经排风管最终汇入肿瘤中心 B 楼南部中间位置的排风井，排风井通至屋顶，高出所在建筑屋脊排放。通风管道系统均避开射线方向，射线在到达通风管道口前、在通风管道内，至少经过三次散射才能到达管道出口处，通风管道的设计符合辐射防护要求。新、排风管道布置示意见图 10-5。

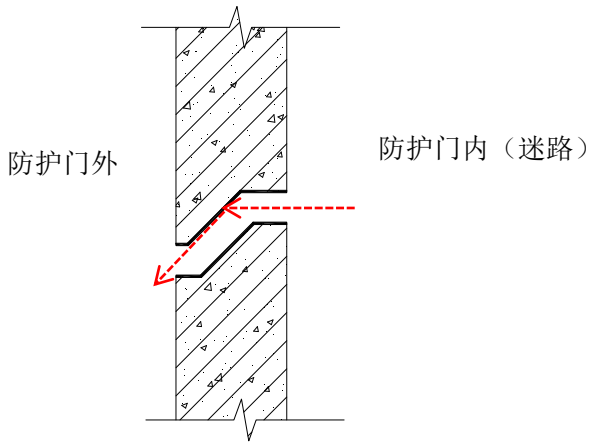


图 10-4　机房通风管线穿墙方式示意图

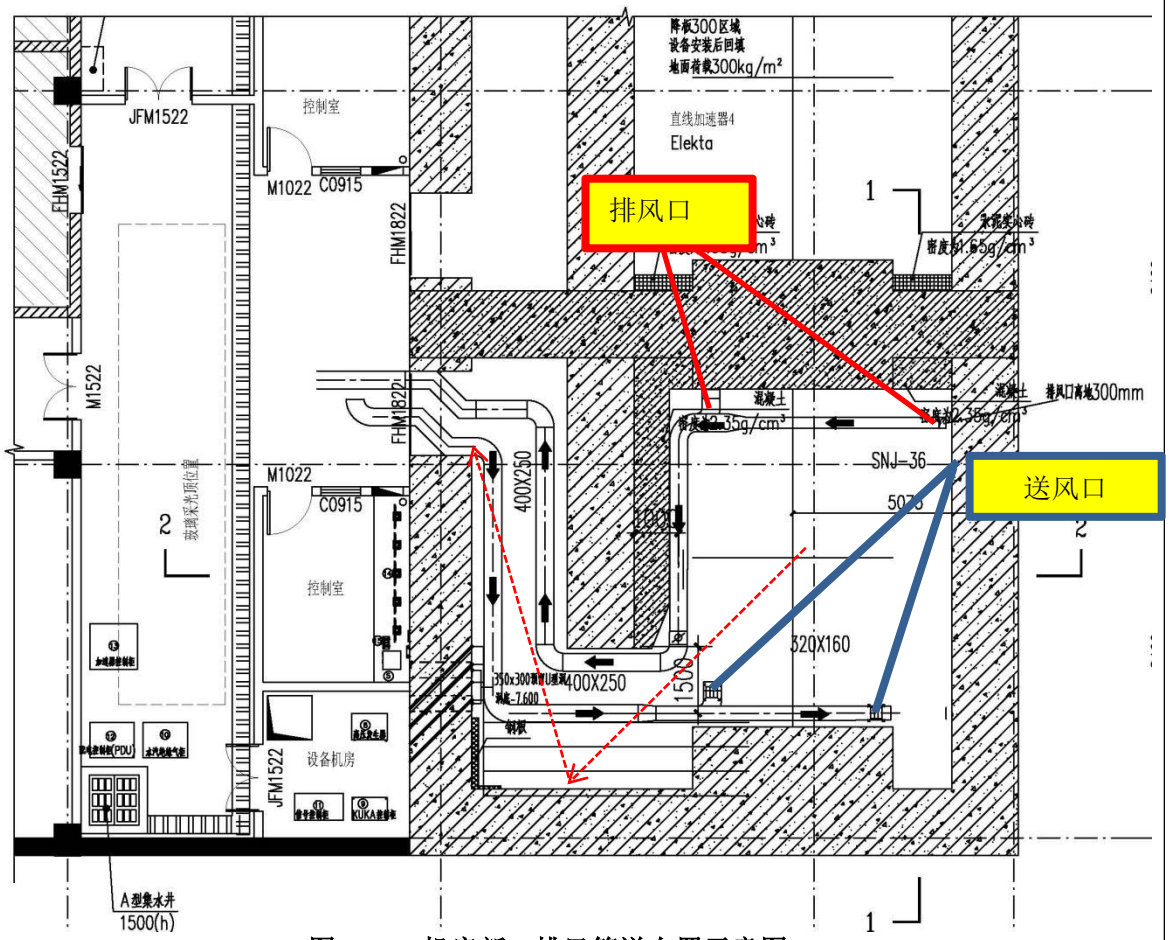


图 10-5　机房新、排风管道布置示意图

10.1.3 辐射安全和防护、环保相关设施

（1）设备固有安全性

本项目射波刀拟购于正规厂家，采用目前较先进的技术，设备各项安全措施齐备，本身具备多种安全防护措施。

①控制台上的显示装置可显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数，操作人员可以随时了解设备运行情况。

②病人剂量监测与治疗控制安全联锁。为保证病人治疗剂量准确，不致出现超剂量照射，系统设置了治疗剂量联锁、治疗时间联锁和治疗中旋转机架角度联锁。当治疗剂量、时间及治疗机头旋转角度其中之一到达设定值时，联锁装置会自动停止照射。

③运动使能开关。为防止工作人员误操作造成事故，在手控盒两侧设置了运动使能开关，只有当左右两侧的开关同时按下时才有可能对机器运动部件进行起动和控制。

④急停按钮。治疗床旁设置有急停按钮，当发现异常后，按下急停按钮，机器将自动切断设备主电源。

⑤剂量测试系统。在控制系统主菜单中有“剂量测试”部分，可以随时了解病人剂量情况。

⑥密码设置。设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改等。

⑦系统操作联锁。设备设置了硬件联锁，在非正常操作或在异常情况下，可以停止机器运行或切断电源，以备特殊情况下应急之用。

（2）机房辐射防护设施设计

①电离辐射警告标志、工作状态指示灯：机房出入口处设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

②视频装置、双向交流对讲系统：控制室设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷路区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

③固定式辐射剂量监测仪（带有报警功能）：机房内迷路内入口处、防护门外、控制室内和设备机房内设置带有异常情况下报警功能的固定式辐射剂量监测仪，显示单元位于控制室内的主机面板上，对监测点进行实时剂量率监测和报警。仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

④门-机联锁装置、紧急开门装置：机房防护门与设备联锁，防护门开启或意外开启状态下，无法出束或自动停止出束。防护门为电动移门，设置有室内紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门，并设有防夹伤功能。

⑤急停按钮：在机房控制室控制台上、治疗床侧、迷路内入口及机房墙壁等位置设置多个急停按钮，急停按钮相互串联，急停按钮为红色按钮并配有文字显示，高度约1.2m，易于辨认，人员可以在事故情况下按下急停按钮，按下后不能自动复位。急停按钮设置满足应急需求，位置和数量合理可行。

本项目机房安全装置布置见图 10-6。

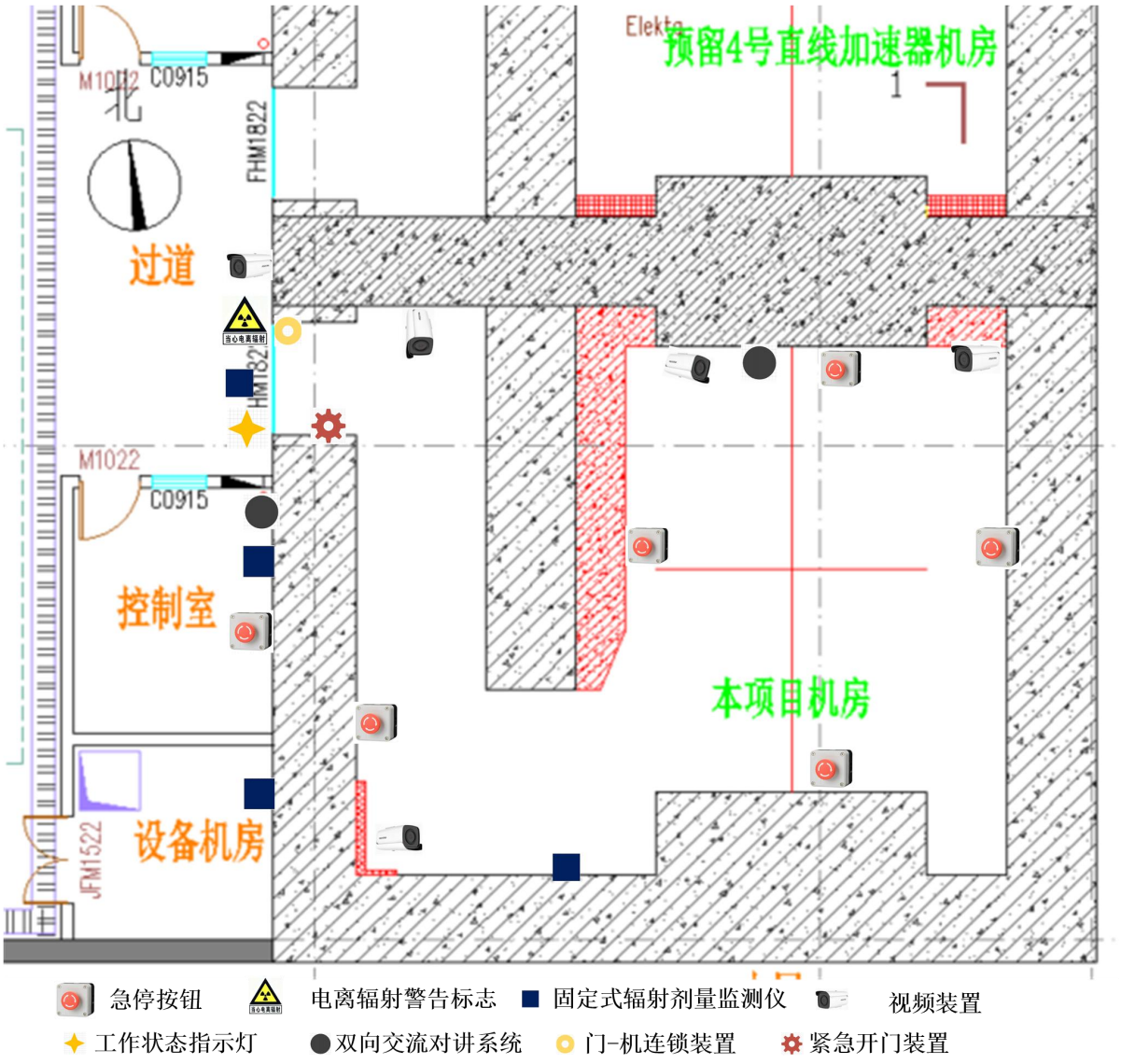


图 10-6　本项目机房安全装置布置图

10.1.4 其他防护措施

（1）本项目机房拟配备个人剂量报警仪 2 台，本项目工作人员为放疗科原有辐射工作人员，医院已为每人配备个人剂量计，工作人员在工作期间应正确佩戴个人剂量计，在进入机房时应持个人剂量报警仪。

（2）本项目日常监测依托医院放疗科现有的便携式 X-γ辐射剂量率巡测仪。

（3）控制室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

（4）机房出入口门外应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。

表 10-3 本项目辐射安全与防护措施符合性分析表

《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中要求	本项目设计情况	符合情况
放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设	本项目拟改建机房位于肿瘤中心 B 楼地下	符合

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。	一层东南方位，机房已避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集等区域，机房东侧、南侧及正下方均为土层，项目机房及其辅助设施同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	
放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括治疗室（含迷路）等场所。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）。	本项目采取分区管理，机房防护门上设计安装电离辐射警告标志和工作状态指示灯，严格控制非相关人员进入控制区，并定期对监督区进行监督和评价。	符合
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。	本项目机房的屏蔽设计均按照额定最大能量、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，通过预测分析，治疗机房各个照射方向的防护设计均满足防护要求。	符合
放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。	本项目机房设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，机房内废气经由排风井排至肿瘤中心 B 楼楼顶，并高出屋脊排放。拟安装排风机排风量约为 1500m^3/h，机房换气次数大于 4 次/h。	符合
放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；放射治疗室应设置门-机联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。	本项目机房防护门与设备联锁，防护门开启或意外开启状态下，无法出束或自动停止出束。防护门为电动移门，设置有室内紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门，并设有防夹伤功能。	符合
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。	本项目机房出入口处设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	符合
应在放射治疗设备的治疗室迷路出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁内设置急停按钮。控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷路区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。	本项目机房和控制室设计安装急停按钮，以便应急状态下停止出束。急停按钮分布于机房控制室控制台上、迷路出入口及防护门内侧、机房墙壁等位置，便于机房内人员观察到且易于触发。机房设置视频装置和双向交流对讲系统。	符合
医用电子直线加速器治疗室（一般在迷路的内入口处）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。	本项目机房内迷路内入口处、防护门外、控制室内和设备机房内设置带有异常情况下报警功能的固定式辐射剂量监测仪。	符合

由表 10-3 可知，本项目机房选址、屏蔽防护设计及安全设施均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）标准要求。

10.2 三废的治理

本项目射波刀正常运行时无放射性三废的产生。

10.2.1 废气

本项目运行时会产生少量臭氧和氮氧化物等有害气体，机房设置强制排风系统，采

取全排全送的通风方式，排风管底部（排风口）离地 20cm，送风口位于机房吊顶位置，送风口与排风口位置为对角设置，机房内废气经由排风井排至肿瘤中心 B 楼楼顶，并高出屋脊排放。拟安装排风机排风量约为 1500m^3/h，机房换气次数大于 4 次/h。

10.3 环保措施及投资概算

本项目总投资预计为 3000 万元，其中辐射环保投资 100 万元，占总投资的 3.33%。本项目环保投资估算一览表详见表 10-4。

表 10-4　本项目环保投资估算一览表

项目	类别	环保设施措施	金额（万元）
辐射安全管理机构	依托现有	成立辐射工作管理领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	/
辐射安全防护措施和环保治理措施	屏蔽措施	机房实体屏蔽改造	75
	安全设施	门-机联锁装置 1 套，双向交流对讲装置 1 套，紧急开门装置 1 套，工作状态指示灯、急停按钮等。	5
	废气处理	强制排风系统 1 套及配套管网，实现全排全送。	3
人员配备	辐射防护与安全培训	本项目辐射工作人员均应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台培训或由医院自行组织的辐射安全与防护考核，并在通过考核后方可从事相关工作。	/
	个人剂量监测和职业健康监护	辐射工作人员定期健康检查，定期进行个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。	5
环境监测		委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测	5
运行维护		监测仪器的维护、校准，安全设施的维护等	3
监测仪器		依托医院放疗科现有便携式 X-γ辐射剂量率巡测仪	/
监测设备		配带有异常情况下报警功能的固定式辐射剂量监测仪	2
		个人剂量报警仪 2 台（医院已为每人配备个人剂量计）	1
其他		辐射相关规章制度上墙	1
合计			100

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.2.1 施工期环境影响分析

本项目施工期内容主要为墙体的屏蔽防护施工，机房装修（含铅防护门以及门-机联锁装置等安装，配套用房装修），设备的安装调试等内容，主要的施工期环境影响分析如下：

（1）大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气、臭氧和氮氧化物。装修过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小；机房装修过程会产生少量装修废气，采用“环保型”油漆，加强通风或室内净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对环境产生大的影响。

（2）水环境影响分析

本项目在施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析；施工人员产生的生活污水产量较小，经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

（3）固体废物影响分析

本项目在施工期会产生装修垃圾和生活垃圾。装修垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

（4）声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是机房装修产生的噪声，针对施工期声环境影响，具体防治措施有：

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。经上述防治措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

机房施工质量要求：

①在建设过程中严格按照施工规范进行施工，在机房屏蔽体施工过程中，应连续整体浇筑，采取有效措施避免产生孔洞气泡，防止射线泄漏。

②施工单位应建立健全质量管理体系，拟定工程施工质量管理实施细则。浇筑混凝土前，应经过相关专业人员现场检验，并经监理人员书面认可后，方可浇筑。浇筑前应获得设备供应商和监理单位的认可；混凝土连续浇筑过程中需注意施工安全，防止意外发生。

③建设单位应选择专业、有辐射防护工程施工经验的施工单位，并做好施工监督。

综上所述，本项目施工范围较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.2.2 设备安装调试期环境影响分析

设备的安装、调试应由设备厂家专业人员进行，医院不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，并在各个机房门外设立电离辐射警告标志。设备安装调试阶段时，不允许无关人员进入机房所在区域，以防止发生辐射事故。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

本项目射波刀包含 1 台直线加速器，同时配套 3 台 X 射线管，3 台 X 射线管不同时开机工作，两两组合工作，X 射线管也不会和直线加速器治疗同时出束，即每次仅开启 1 台直线加速器或 2 台 X 射线管。直线加速器 X 射线能量为 6MV，距靶 0.8m 处最大辐射剂量率为 6×10^{8}μGy/h，泄漏辐射比率小于 10^{-3}；X 射线管最大管电压均为 150kV、最大管电流均为 500mA。直线加速器的能量远大于 X 射线管射线的能量，直线加速器治疗出束时的辐射影响远大于 X 射线管，机房屏蔽若能满足直线加速器的使用要求，也能满足 X 射线管的使用要求，故本项目选取直线加速器对机房屏蔽进行分析评价。

本项目射波刀属于机械臂加速器，根据《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）中相关内容及本项目设备情况，本项目机房屏蔽计算全部按 6MV X 射线工况下的有用束（U<0.05）核算，不考虑中子和感生放射性的防护问题。

（1）机房外关注点的选取

根据《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），在本项目机房外 30cm 处设定关注点。本项目机房东侧、南侧和下方均为土层，人员无法到达，故上述位置不设关注点。机房外关注点一览见表 11-2、图 11-1 和图 11-2。

本项目不同场所的居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）选取，具体见表 11-1。

表 11-1　不同场所的居留因子

场所	居留因子（T）		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8：各治疗室门 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40：仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

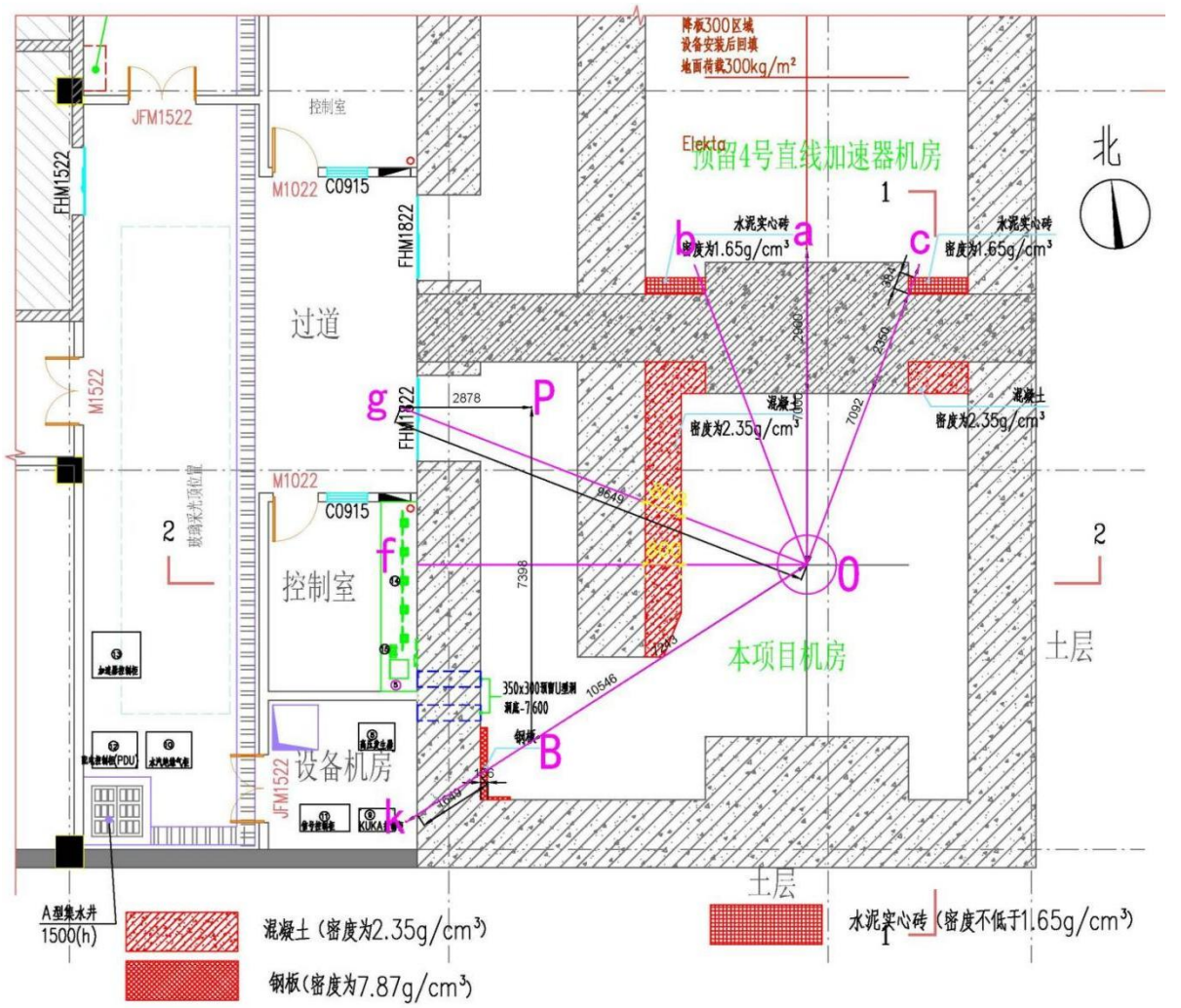


图 11-1　机房外关注点位平面图 标注单位：mm

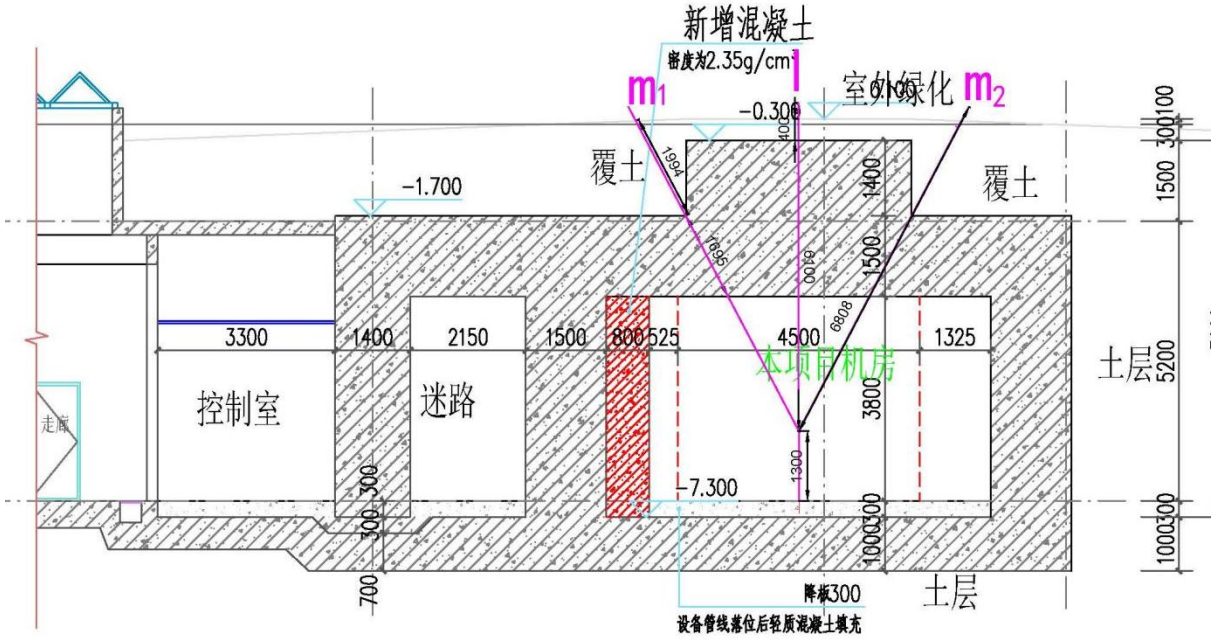


图 11-2　机房外关注点位剖面图 标注单位：mm

表 11-2　本项目机房外关注点一览表

序号	关注点		居留因子	备注
1	*a*	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1/2	部分居留
2	*b*	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1/2	部分居留
3	*c*	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1/2	部分居留
4	*f*	西侧墙外 30cm（控制室）	1	全居留
5	*k*	西墙外 30cm（设备机房）	1/16	偶然居留
6	*g*	防护门外 30cm 处（等候区）	1/8	偶然居留
7	*l*	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1/16	偶然居留
8	m_1	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1/16	偶然居留
9	m_2	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1/16	偶然居留
注：根据现场勘察，对于本项目机房顶棚地面上方为室外绿地，主要为流动人员且几乎不驻留，故居留因子 T 保守取 1/16，居留因子的取值见表 11-1。				

（2）设备年出束时间

本项目每日最大治疗人次约 12 人，人均出束时间约 40min/人，每周工作 5 天，则周总出束时间为 40h。每年工作 250 天，则年总出束时间为 2000h。

（3）关注点导出剂量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）6.1.4 中的相关要求：

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$\dot{H}_{c,d}$(μSv/h)：

机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤100μSv/周；

机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤5μSv/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$\dot{H}_{c,max}$(μSv/h)：

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

人员居留因子 T≤1/2 的场所：$\dot{H}_{c,max}$≤10μSv/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 250μSv 加以控制。

各关注点导出剂量率控制水平见表 11-3。

表 11-3　各关注点导出剂量率参考控制水平

关注点		T	t（h）	$\dot{H}_{c,max}$（μSv/h）	$\dot{H}_c$（μSv/周）	$\dot{H}_{c,d}$（μSv/h）	
						计算值	最终取值
a	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1/2	40	10	5	5	5
b	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1/2	40	10	5	5	5
c	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1/2	40	10	5	5	5
f	西侧墙外 30cm（控制室）	1	40	2.5	100	50	2.5
k	西墙外 30cm（设备机房）	1/16	40	10	5	40	10
g	防护门外 30cm 处（等候区）	1/8	40	10	5	20	10
l	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1/16	40	10	5	40	10
m_1	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1/16	40	10	5	40	10
m_2	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1/16	40	10	5	40	10

注：根据《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），本项目机械臂加速器有用束向水平、地面方向照射的使用因子 U＜0.05，向顶照射的使用因子（U）更小，故本项目保守取使用因子 U 为 0.05。

（4）辐射环境影响分析

①防护材料有效屏蔽厚度与屏蔽透射因子

根据《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）5.1 中关于防护材料厚度与透射因子的公式进行计算。

a）有效防护材料厚度

当 X 射线束以θ角斜入射厚度为 X（cm）的屏蔽物质时，射线束在斜射路径上的防护材料有效屏蔽厚度 X_e（cm）见下式。

$$X_e=X \cdot sec\theta \text{.....（式 11-1）}$$

式中：

θ为斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

b）屏壁厚度与屏蔽透射因子的相应关系

对于给定的屏蔽物质的厚度 X（cm），按式（11-1）计算有效屏蔽厚度 X_e（cm），相应的辐射屏蔽投射因子 B 见下式：

$$B = 10^{-(X_e+TVL-TVL_1)/TVL} \quad \text{.....（式 11-2）}$$

式中：

B—透射因子，无量纲；

TVL_1（混）—X 射线在混凝土（ρ=2.35g/cm^3）中第一个什值层厚度，对 6MV X 射线为 0.37m；

TVL（混）—X 射线在混凝土（ρ=2.35g/cm^3）中的平衡什值层厚度，对 6MV X 射线为 0.33m；

TVL_1（钢）—X 射线在钢板中第一个什值层厚度，对 6MV X 射线为 0.1m，取值自 NCRP No.151 的表 B.2；

TVL（钢）—X 射线在钢板中的平衡什值层厚度，对 6MV X 射线为 0.1m，取值自 NCRP No.151 的表 B.2。

②有用线束的辐射影响剂量率估算

根据《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）5.2.1 中对于给定防护材料厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率$\dot{H}$（μSv/h）见下式：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_o \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{.....（式 11-3）}$$

式中：

$\dot{H}_o$—加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 0.8m 处的常用最高剂量率，μSv·m^2/h，根据 GBZT201.2-2011 附录 D.3，本项目 H_0=600×0.8^2×10^6=3.84×10^{8}μSv/h；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—对有用束为 1。

③机房的迷路散射辐射屏蔽与剂量估算

根据《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）5.2.6，机房迷路散射辐射屏蔽与剂量估算如下：

a）入口 g 处的散射辐射剂量率

入口 g 处的散射辐射剂量率按下式计算：

$$H_g = \frac{\alpha_{ph}\cdot(F/400)}{R_1^2}\cdot\frac{\alpha_2\cdot A}{R_2^2}\dot{H}_o$$……（式 11-4）

式中：

$\dot{H}_g$—g 处的散射辐射剂量率，μSv/h；

α_{ph}—患者 400cm^2 面积上的散射因子，通常取 45°散射角的值；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm^2；本项目为 28.274cm^2。

α_2—砼墙入射的患者散射辐射（能量见 GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.3）的散射因子，通常取 B 处的入射角为 45°，散射角为 0°，α_2 值见 GBZ/T 201.2-2011 附录 B 表 B.6，通常取 0.5MeV 栏内的值；

A—B 处的散射面积，m^2；

R_1—“辐射点-B”之间的距离，m；

R_2—“B-P-g”之间的距离，m；

$\dot{H}_o$—加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率，μSv·m^2/h。

b）有用束在 g 点处的辐射剂量率

有用束经迷路内墙屏蔽后至 g 点辐射剂量率H_{0g}，根据式 11-3 计算。

c）防护门外的辐射剂量率

当给定防护门屏蔽厚度 X 时，防护门 30cm 处的辐射剂量率$\dot{H}$（μSv/h）根据下式计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + H_{0g}$$……（式 11-5）

式中：

TVL—取 0.5cm，即 5mm；

X—为治疗机房防护门铅防护材料厚度，mm；

H_{0g}—有用束在 g 点处的辐射剂量率。

④机房外各关注点辐射剂量率估算

各关注点的辐射剂量率估算结果见表 11-4。

表 11-4　机房外各关注点的辐射剂量率估算表

关注点		辐射类型	与治疗中心距离（m）	有效屏蔽厚度（mm）		辐射剂量率（μSv/h）
				原有混凝土	新增混凝土	
a	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	有用束	7.00+0.8	2900	0	1.36E-02
b	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	有用束	7.09+0.8	2350	269（水泥实心砖折）	9.40E-02

c	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	有用束	7.09+0.8	2350	269（水泥实心砖折）	9.40E-02
f	西侧墙外 30cm（控制室）	有用束	8.93+0.8	2900	800	3.29E-05
k	西墙外 30cm（设备机房）	有用束	10.54+0.8	1640	0 183（钢）	8.70E-03
g	防护门外 30cm 处（等候区）	有用束	9.65+0.8	1600	858	1.55E-01
l	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	有用束	6.10+0.8	2900	170（回填土折）	5.30E-03
m_1	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	有用束	6.81+0.8	1695	848（回填土折）	1.78E-01
m_2	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	有用束	6.81+0.8	1695	848（回填土折）	1.78E-01

注：1.有效厚度均为 CAD 设计图纸测量数据，下表同。
2.对于关注点 *b* 和 *c*，除了机房原有混凝土外，还有增加水泥实心砖作为机房屏蔽防护。本项目保守按水泥实心砖 1.65g/cm^3 折算为ρ=2.35g/cm^3 的混凝土厚度进行计算。
3.对于关注点 *k*，除了机房原有混凝土外，还有增加钢板作为机房屏蔽防护，钢板屏蔽部分按照钢板的什值层厚度计算相应的辐射屏蔽投射因子 B（钢），再与按照ρ=2.35g/cm^3 的混凝土厚度计算相应的辐射屏蔽投射因子 B（混）相乘即可得 *k* 点总的辐射屏蔽投射因子 B（*k*），进而可计算 *k* 点的辐射剂量率。
4.对于关注点 l、m_1 和 m_2，除了原有机房顶部混凝土外，还有回填土作为机房屏蔽防护。本项目保守按回填土密度为 1.0g/cm^3（一般土壤的密度在 1.0~2.0g/cm^3 之间，本次评价保守取 1.0g/cm^3）为ρ=2.35g/cm^3 的混凝土厚度进行计算。

表 11-5　机房迷路入口处散射辐射的预测结果

$\dot{H}_o$/（μSv·m^2/h）	α_{ph}	α_2	A/m^2	F/cm^2	R_1/m	R_2/m	$\dot{H}_g$/μSv/h
3.84×10^{8}	1.39×10^{-3}	22×10^{-3}	13.87	28.274	7.24+0.8	10.17	1.72

根据式 11-5，机房防护门外的散射辐射剂量为 $1.72\times10^{-(15/5)}=1.72\times10^{-3}$μSv/h，则防护门外的辐射剂量率$\dot{H}$为 $1.72\times10^{-3}+1.82\times10^{-1}=1.84\times10^{-1}$μSv/h。

表 11-6　机房外关注点各辐射剂量率汇总表

关注点		辐射剂量率预测结果（μSv/h）			剂量率参考控制水平（μSv/h）	符合情况
		有用束	散射	合计		
a	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	1.36E-02	/	1.36E-02	5	符合
b	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	9.40E-02	/	9.40E-02	5	符合
c	北墙外 30cm 处（预留 4 号直线加速器机房）	9.40E-02	/	9.40E-02	5	符合
f	西侧墙外 30cm（控制室）	3.29E-05	/	3.29E-05	2.5	符合
k	西墙外 30cm（设备机房）	8.70E-03	/	8.70E-03	10	符合
g	防护门外 30cm 处（等候区）	1.82E-01	1.72E-03	1.84E-01	10	符合
l	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	5.30E-03	/	5.30E-03	10	符合

m_1	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1.78E-01	/	1.78E-01	10	符合
m_2	顶棚地面上方 30cm 处（室外绿地）	1.78E-01	/	1.78E-01	10	符合

根据上表估算结果可知，本项目运行时，机房外关注点辐射剂量率范围为3.29E-05~1.84E-01μSv/h，均小于机房外各关注点的导出剂量率参考控制水平，表明本项目机房各屏蔽体屏蔽防护均能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中辐射屏蔽相关要求。

（5）年有效剂量估算

①职业人员及周围公众年有效剂量估算

本项目所致人员年有效剂量，按照关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{Eff}=Dr\times t\times T\times U$$……（式 11-6）

式中：

D_{Eff}——辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

Dr——辐射剂量率，mSv/h；

t——年工作时间，h，本项目为 2000h；

T——居留因子；

U——使用因子，根据《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）附录 D 中相关要求，本项目 U 取 0.05。

本项目职业人员及周围公众年有效剂量计算结果见表 11-7。

表 11-7　本项目职业人员及周围公众年有效剂量估算表

环境保护目标	关注点	与关注点距离（m）	辐射剂量率（μSv/h）	居留因子	年有效剂量（mSv）	剂量约束值（mSv/a）	人员类别
控制室操作人员	f	/	3.29E-05	1	3.29E-06	5	职业
设备机房公众	k	/	8.70E-03	1/16	5.44E-05	0.1	公众
等候区公众	g	/	1.84E-01	1/8	2.30E-03	0.1	公众
预留 4 号直线加速器机房公众	b	/	9.40E-02	1/2	4.70E-03	0.1	公众
室外绿地公众	m_2/m_1	/	1.78E-01	1/16	1.11E-03	0.1	公众
肿瘤中心 A 楼	m_2/m_1	55	1.78E-01	1/16	1.64E-05	0.1	公众

公众							
肿瘤中心 B 楼公众	m_2/m_1	23	1.78E-01	1/16	6.88E-05	0.1	公众
在建国家创伤区域医疗中心工地公众	m_2/m_1	20	1.78E-01	1/16	8.45E-05	0.1	公众
机动车停车场公众	m_2/m_1	35	1.78E-01	1/16	3.55E-05	0.1	公众
注：计算肿瘤中心 A 楼公众、肿瘤中心 B 楼公众、在建国家创伤区域医疗中心工地公众和机动车停车场公众时，要考虑距离衰减因素，先利用 m_2/m_1 与机房内源点的距离 6.81 计算到公众受照射处的剂量率，以肿瘤中心 A 座公众处剂量率计算为例：其剂量率为 0.178×（6.81+0.8）^{2}/(6.81+0.8+55)^2=2.63E-03μSv/h，其余同理。							

由上表可知，本项目控制室内辐射工作人员的年有效剂量最大为 3.29×10^{-6}mSv。本项目机房外公众的年有效剂量最大为 4.70×10^{-3}mSv。对于机房外 50m 范围内其他公众，由于剂量率与距离平方成反比以及评价范围内墙体以及土层的屏蔽，随着距离的增加，则 50m 范围内公众的年有效剂量更小。

本项目配备的工作人员为医院放疗科原有辐射工作人员，存在兼岗和操作其他射线装置情况。根据医院现有辐射工作人员连续四个周期个人剂量检测报告，医院放疗科原有辐射工作人员的受照最大年度个人累积剂量，按本项目拟新增 3 名辐射工作人员中受照的个人累积剂量最大的人员朱涛（编号：01043093）进行保守估算，得年个人剂量为 0.263mSv，则在本项目运行后，本项目辐射工作人员所受的年有效剂量最大为 $0.263+3.29\times10^{-6}=0.263$mSv，仍能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中职业照射的年有效剂量不超过 20mSv 的剂量限值要求，同时也满足本项目职业照射的年有效剂量不超过 5mSv/a 的剂量约束值要求。

根据江南大学附属医院南院区医用电子直线加速器辐射工作场所监检测报告（GABG-CF17220214-5、GABG-CF17220214-6、GABG-CF17220214-7），本项目机房北侧三间直线加速器机房（1 号-3 号直线加速器机房）内加速器运行时，机房周边周围剂量当量率均小于检测仪器的探测下限（探测下限为 0.05μSv/h），并且本项目机房与现有三间直线加速器机房之间间隔有 4 号加速器机房（目前空置），因此不考虑原有放疗科 3 台直线加速器对公众的辐射叠加影响。

综上，本项目机房控制室内辐射工作人员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》（GB 18871-2002）中职业照射年剂量不超过 20mSv 的剂量限值要求，同时也满足本项目职业年有效剂量不超过 5mSv/a 的剂量约束值要求。周围公众及 50m 范围内其他公众人员年有效剂量最大为 4.70×10^{-3}mSv，能够满足《电离辐射防护与

辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中公众照射年剂量不超过 1mSv 的剂量限值要求，同时也满足本项目公众年有效剂量不超过 0.1mSv/a 的剂量约束值要求。

11.2.2 三废环境影响分析

本项目正常运行时无放射性三废的产生。

本项目运行过程，X 射线会与空气发生电离作用，产生少量臭氧和氮氧化物等气体。本项目机房设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，排风管底部（排风口）离地 20cm，送风口位于机房吊顶位置，送风口与排风口位置为对角设置，机房内废气经由排风井排至肿瘤中心 B 楼楼顶，并高出屋脊排放。拟安装排风机排风量约为 1500m^3/h，机房换气次数大于 4 次/h。臭氧和氮氧化物排入大气环境后，经自然分解，对周围环境影响较小。

综上，本项目机房产生的三废采取有效可控的措施后，对周边环境影响在可接受范围内。

11.3 事故影响分析

11.3.1 可能发生的辐射事故

射波刀主要用于肿瘤放射治疗，其只有在治疗期间时才会产生 X 射线等，因此，该项目辐射事故多为人员误留或误入机房产生的误照射事故，主要有：

（1）安全联锁装置发生故障情况下，人员误入正在运行的机房而造成误照射。

（2）工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房，设备运行，会对工作人员或病人家属产生不必要的照射。

（3）控制系统出现故障，照射治疗不能停止，病人受到计划外照射。

11.3.2 事故预防措施

一旦发现有人误入机房，工作人员应立即利用最近的急停按钮切断设备电源，启动医院辐射事故应急预案。为防止辐射事故发生，应采取多种防范措施：

①控制台上有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

②条件显示联锁：具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当机房与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

③剂量控制联锁：有剂量监测系统，当吸收剂量未达到预选值时，照射终止。

④控制台上配置有独立于其他任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终

止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。

⑤有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

⑥有剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

⑦有安全联锁设施检查装置，保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑧有门-机联锁，机房门关闭后设备才能开机，被打开时会自动关机。

⑨有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

⑩控制台和机房内均安装有数个急停按钮。

⑪机房门外设置有工作状态指示灯和电离辐射警告标志。

⑫视频装置、双向交流对讲系统：机房和控制室之间安装有视频装置、双向交流对讲系统。

11.3.3 事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关规定，医院应制定辐射事故应急预案，医院应在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时医院应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

根据上述要求，医院目前已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确了管理人员职责。该机构是以高宇峰为组长、杨晓燕等人为组员的辐射安全与防护管理医院放射（辐射）防护领导小组，具体见附件 6。在院长领导下，负责医院辐射安全与防护管理工作，具体职责如下：

1、制订本院辐射安全与防护工作的计划，定期对突发辐射事故应急预案、各辐射安全与防护制度进行修订，指导辐射事故的应急演练。

2、负责对全院辐射安全与防护工作进行监督，检查各种制度以及防护措施的贯彻落实情况。

3、负责本院辐射工作人员的职业健康体检及档案管理。

4、组织实施辐射工作人员关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训工作。

5、对全院辐射安全与防护工作的监督检查过程中存在的问题提出整改意见并及时督导。

6、负责放射设备及放射环境的监测及职业病危害放射防护评价符合要求，按上级要求及时变更（更新）、校验辐射诊疗许可证和辐射安全许可证。

7、会同上级有关部门按有关规定调查和处理放射事故，并对有关责任人员提出处理意见。

此外，本项目所有辐射工作人员已在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训并考核。辐射培训证书到期人员还必须及时参加五年一次的复训。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 现有情况

1、辐射安全许可情况

医院已根据相关法律、法规及文件的要求，在基本健全各项规章制度和管理机构的

基础上，取得了江苏省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（苏环辐证[00290]），有效期至 2027 年 11 月 10 日），许可的种类和范围：使用III类、V 类放射源；使用II类、III类射线装置；生产、销售、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

2、辐射防护工作管理工作制度

医院目前已制定的辐射防护工作管理制度有：

（1）辐射安全事故应急预案；

（2）放射防护告知制度；

（3）放射防护管理制度；

（4）放射人员培训、个人剂量、辐射环境监测管理制度；

（5）放射性废物管理制度；

（6）辐射防护和安全保卫制度；

（7）各设备的操作规程；

（8）放射工作人员职责；

（9）放疗科质量保证方案；

（10）放射性同位素与射线装置台账管理办法；

（11）设备检修维护制度；

（12）放射性药品安全使用管理办法。

（13）放射诊疗质量保证制度。

3、个人剂量监测情况

医院现有的辐射工作人员均配备了个人剂量计，个人剂量计至少三个月送检一次，并建立了个人剂量档案，个人累积剂量均未超过标准限值要求。

4、职业健康体检情况

医院已开展职业健康体检工作，辐射工作人员在岗期间的职业健康检查结果：受检人员未见职业健康损害，可继续原放射工作。

5、辐射安全与防护培训情况

目前院区现有从事使用II类射线装置、放射源及非密封放射性物质操作的辐射工作人员均参加辐射防护与安全培训及考核，并取得合格成绩单；从事III类射线装置的部分辐射工作人员通过医院自行组织辐射安全与防护考核，并取得合格成绩，部分辐射工作

人员参加辐射防护与安全培训及考核，并取得合格成绩单。医院全体辐射工作人员应按每五年一次的要求进行复训。

6、年度评估制度

医院每年底对辐射防护工作进行年度评估，历年工作未发生辐射事故。

12.2.2 规章制度的补充建议

医院本次项目为新增 II 类射线装置，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》等法律法规要求，医院应对其制定的一系列相关管理制进行补充完善，本报告对各项制度的要点提出以下建议：

（1）操作规程：医院拟根据本项目特点制定本项目操作规程，明确操作人员的权限以及操作时必须采取的防护措施，明确工作中的控制措施以及操作程序等。

（2）岗位职责：明确本项目辐射工作人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（3）人员培训计划：明确培训人员、培训周期、培训形式、培训内容、频次等，培训记录建立档案，做到有据可查。本项目建成后，要求组织本项目所有辐射工作人员（均已参加培训并取考核合格）按每五年一次的要求进行复训，同时应为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案。

（4）监测方案：明确本项目监测频次和监测项目。监测结果定期上报生态环境主管部门。为确保辐射安全，医院应制定监测方案。

（5）事故应急预案：依据《关于建立放射同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发【2016】145 号）的要求，医院应根据本项目实际情况，完善辐射安全事故应急预案。当发生辐射事故时，医院应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在规定时间内向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射时，还应同时报告当地卫生主管部门。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、便携式辐射监测等设备；使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪；对直接从事使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人

剂量档案和职业健康监护档案。

本项目利用改建机房其配套用房开展肿瘤治疗项目，并依托放疗科现有监测仪器进行日常监测。现有辐射工作场所辐射仪器配置情况详见表 12-1。

表 12-1　本项目辐射工作场所辐射监测仪器配置情况

工作场所	监测仪器	配置情况说明	备注
本项目机房	X-γ辐射剂量率仪	配置 1 台	依托现有
	个人剂量报警仪	配置 2 台	新增
	个人剂量计	每名辐射工作人员配备个人剂量计	依托现有

12.3.2 监测计划

（1）个人剂量监测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为一般为一个月，最长不超三个月（每季度将个人剂量片送往有资质的检测单位进行检测）。

如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时需进行干预，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并经本人签字，采取避免同类情况服发生的措施。年剂量超过 5mSv 的剂量约束值时，暂停该辐射工作人员继续从事放射性作业，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，经本人签字，并上报当地生态环境主管部门。单年剂量超过 20mSv 标准时，构成辐射事故，按事故应急预案处理，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门。同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健委报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。医院须建立个人剂量档案，辐射工作人员调离辐射工作岗位，个人剂量档案要终生保存。

个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度评估报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案终生保存。

（2）辐射工作场所及周围环境监测

①年度监测

继续委托有资质的单位对辐射工作场所的周围剂量当量率进行监测，监测周期为 1

次/年；年度测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

②日常自行监测

定期自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

③监测内容和要求

监测内容：周围剂量当量率。

监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2　辐射工作场所监测计划建议

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
本项目机房	年度监测	周围剂量当量率	1 次/年	便携式 X-γ 辐射剂量率巡测仪	本项目机房各屏蔽墙外 30cm 处、控制室操作位、防护门及缝隙处等	委托监测
	自行监测		1 次/周期			自行监测
	验收监测		竣工验收			委托监测
本项目辐射工作人员	个人剂量监测	个人剂量当量	至少每三个月 1 次	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托监测

④监测质量保证

A、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

B、采用的国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自行监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

C、制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

12.4 环保竣工验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编

制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或整改的，验收期限最长不超过 12 个月。

12.5 辐射事故应急

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和防护管理办法》有关规定，医院成立了以曹宏为组长、杨晓燕等人为组员的辐射事故应急处理领导小组，其负责组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。

为有效处理核技术利用项目开展过程中可能产生的辐射事故，强化辐射事故应急处理能力，最大限度地控制事故危害，本环评建议医院对各本项目辐射工作场所制定针对性的应急预案，建议制定《射波刀辐射事故应急方案》，并对原有《辐射事故应急预案》进行修改、完善。

本环评要求医院制定的辐射事故应急预案必须包括下列内容：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）可能发生辐射事故类别与应急响应措施；

（4）辐射事故调查、报告和处理程序。

（5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

辐射事故应急预案还应包括可能引发辐射事故的运行故障的应急措施及其调查、报告和处理程序。

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，医院应根据《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》（原国家环保总局，环发[2006]145号）和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康行政部门报告。 医院已经制定了《辐射事故应急预案》，该预案已包括成立辐射事故应急救援领导小组、应急处理领导小组的职责、小组职责分工、预防事故的措施、应急处理程序、辐射事故报告和善后处理、应急演练与物资保障等内容。由医院应急处理领导小组组织各相关科室，定期（1

次/年）开展应急培训演练，在物资、通讯、技术、人员、经费等准备方面均加以落实。

目前医院相关核技术利用项目科室每年均组织开展辐射事故应急演练，并形成演练记录，发现部分辐射工作人员对辐射安全事故处置不够规范，演练过程中出现慌张现象，对出现辐射损伤后工作人员处理的流程和方法不熟练等，所以要求医院应加强辐射安全知识的学习，加强辐射事故安全事件处理的流程培训等，提高工作人员对辐射安全事件的应急处理处置水平，达到应急演练的预期效果。

医院开展核技术利用项目至今，未发生过辐射事故。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

医院拟在肿瘤中心B楼地下一层放疗科东南部的1间预留直线加速器机房改造为射波刀机房，机房内新增1套射波刀，射波刀由加速器机器人系统、6MV小型化直线加速器系统、诊断级X射线图像引导系统、AI治疗计划系统和治疗床机器人系统组成。其中小型化直线加速器，最大X射线能量为6MV，距靶0.8m处X射线最大剂量率为6×10^{8}μGy/h，属II类射线装置；配套诊断级X射线图像引导系统由3个X射线球管（最大管电压均为150kV，最大管电流均为500mA）及探测器等相关功能组件组成。

13.1.2 产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域内的运用，对照《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于“鼓励类”项目，符合国家现行的产业政策要求。

13.1.3实践正当性分析

本项目实施目的在于开展放射治疗工作，最终目的是为了治病救人，本项目的建设可以更好地满足肿瘤患者就诊需求，提对疾病的诊治能力。本项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射治疗过程中，对射波刀的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对其安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射波刀的情况下，可以将本项目产生的电离辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

13.1.4选址、布局合理性分析

本项目拟改建机房位于医院南院区肿瘤中心B楼地下一层放疗科东南部，机房东侧和南侧为土层；西侧为等候区、控制室和设备用房；北侧为预留4号加速器机房，上方为室外绿地，无地下层（下方为土层）。本项目利用的原有放射治疗机房的建设已通过相应的环评审批，与放疗科其他直加机房集中布置，位于所在建筑物的底层一端，机房相邻区域无人员长期居留场所，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，周围也没有人员流动性大的商业活动区域。因此，本项目的选址符合《放射治疗辐射安

全与防护要求》（HJ 1198-2021）中关于放射治疗场所选址的要求，故本项目的选址是合理的

13.1.5 辐射防护评价

本项目拟建射波刀机房为预留 5 号直线加速器机房改造，其中，东墙、南墙以及防护门的屏蔽防护设计不变，仅对北墙、西墙（迷路内墙、迷路外墙）和顶棚采用混凝土、水泥实心砖或者钢板进行延长或加厚。经理论预测分析，本项目机房各屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率均小于机房外各关注点的导出剂量率参考控制水平，能满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中辐射屏蔽相关要求。

13.1.6 保护目标剂量估算

根据理论计算结果，在做好个人防护措施和安全措施的情况下，本项目对辐射工作人员产生的年有效剂量能够满足职业人员年剂量约束值不超过 5mSv 的要求，对公众产生的年有效剂量能够满足公众人员年剂量约束值不超过 0.1mSv 的要求。

13.1.7 辐射安全措施评价

机房防护门上方拟设置工作状态指示灯和电离辐射警告标识，且拟设置门-机联锁和带有异常情况下报警功能的固定式辐射剂量监测仪；设备、机房内防护墙及操作室控制台处均设计有急停按钮；机房内将安装视频装置和双向交流对讲系统，机房设计强制排风系统，采取全排全送的通风方式，机房内废气经由排风井排至肿瘤中心 B 楼楼顶，并高出屋脊排放。在保证排风设施完好和正常工作的情况，臭氧和氮氧化物等有害气体不会对环境造成明显影响。

在落实以上措施后，本项目的辐射安全措施能够满足安全防护要求。

13.1.8 辐射管理措施和管理制度评价

医院已成立辐射安全与防护管理领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作；该院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；医院现有辐射工作人员均已参加由国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训，并考核合格。该院已对现有辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

13.1.9 结论

江南大学附属医院射波刀机房改建项目在落实本报告提出的各项污染防治、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后，运营期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的

要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

13.2.2 承诺

（1）按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（2）加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

（3）制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。按照应急预案处理和上报辐射事故，并及时将应急预案向生态环境主管部门备案。

（4）严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

（5）本项目环评审批后，及时重新申领辐射安全许可证。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：   经办人：　　公章 年　　月　　日
审批意见：   经办人：　　公章 年　　月　　日