

2026-TKFSHP-007

核技术利用建设项目
建湖县人民医院改建放射治疗项目
环境影响报告表

建湖县人民医院
2026年5月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

建湖县人民医院改建放射治疗项目

环境影响报告表

建设单位名称：建湖县人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏省盐城市建湖县南环路 666 号

邮政编码：224700

联系人

电子邮箱：1065692825@qq.com 联系电话：

表 1 项目基本情况

建设项目名称		建湖县人民医院改建放射治疗项目			
建设单位		建湖县人民医院 (统一社会信用代码: 12320925468487643G)			
法人代表		[REDACTED]			
注册地址		江苏省盐城市建湖县南环路 666 号			
项目建设地点		建湖县人民医院病房楼东侧地下一层放疗中心			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		2500	项目环保投资 (万元)	85.2	投资比例 (环保投资/总投资) 3.41%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²) 450
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
<p>项目概述:</p> <p>一、医院情况、项目建设规模、目的和任务的由来</p> <p>1、医院基本情况</p> <p>建湖县人民医院 (以下简称“建设单位”或“医院”) 地处淮安、扬州交界, 紧临盐城市区, 交通发达。医院始建于 1948 年, 位于江苏省盐城市建湖县南环路 666 号, 医院占地 280 余亩, 建筑面积 13 万平方米, 设置床位 1000 张, 医院现有职工 1400 余人, 其中卫技人员 1100 余人、高级职称 180 余人。是一所集医疗、教</p>					

学、科研、预防保健为一体的三级甲等综合医院。

2、项目建设规模

医院东侧病房楼地下一层东侧放疗中心现有两座放射治疗机房，南侧为医用直线加速器机房（1#机房），配置医科达 Precise 型直线加速器 1 台（X 射线最大能量 10MV，电子线最大能量 18MeV）；北侧为后装治疗机房（2#机房），配置 ^{192}Ir 密封放射源 1 枚。上述项目分别于 2014 年 12 月、2015 年 9 月取得环评批复，并于 2017 年 7 月通过竣工环境保护验收。

由于 1#机房内的直线加速器设备性能下降，已无法满足当前临床放射治疗需求，本次拟对该直线加速器予以报废，并将 2#机房内的后装机搬迁至 1#机房内，再配备 1 枚 ^{192}Ir 密封放射用于后装治疗（目前后装机房内无放射源，前期使用的 1 枚已于 2025 年 8 月 25 日返回源厂）；同时将 2#机房南侧主屏蔽和次屏蔽墙体加厚、迷道外墙延长，并更换辐射防护门和新增辐射安全防护措施，将其改建为直线加速器机房，并新购置 1 台医科达 Infinity 型直线加速器配备至改建后的 2#机房内用于放射治疗。

本项目放射源及新购直线加速器和参数详见表 1-1。

表 1-1 本项目技术参数一览表

放射源						
放射源名称	数量	放射源活度	放射源类别	工作场所名称	活动种类	
^{192}Ir	1	$3.70 \times 10^{11} \text{ Bq}$	III	放疗中心 1#机房	使用	
射线装置						
射线装置名称	型号	数量	设备参数	射线装置类别	工作场所名称	活动种类
直线加速器	Infinity	1	X 射线能量：6MV、10MV 锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）：最大管电压 150kV，最大管电流 500mA 电子线能量：6MeV、8MeV、10MeV、12MeV、15MeV 最大剂量率： 6MV 时，1400cGy/min（3F 束流模式） 10MV 时，600cGy/min 电子线：600cGy/min	II	放疗中心 2#机房	使用

本项目建成后拟利旧和报废的射线装置见下表。

表 1-2 本项目建成后利旧和依托的射线装置技术参数一览表

射线装置名称	型号	数量	设备参数	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	备注
模拟定位 CT	SL-ID	1	管电压 120kV， 管电流 300mA	III	医院内放疗中心（病房楼一层模拟定位 CT 室）	使用	利旧
医用直线加速器	Precise	1	电子最大能量 18MeV、X 射线 最大能量 10MV	II	医院内放疗中心南侧 医用直线加速器机房（1#机房）	使用	拟报废

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》，使用II类射线装置（X 射线装置和粒子能量不高于 10 兆电子伏的电子加速器除外）存在污染的、使用III类放射源场所存在污染的需编制核技术利用建设项目环境影响报告表，本项目拟报废原有医用直线加速器电子最大能量 18MeV，拟迁移（至南侧机房）的 ^{192}Ir 放射源为III类放射源，拟在 ^{192}Ir 放射源迁移前和直线加速器拆除前对该场所进行辐射污染监测，若存在污染需编制环境影响报告表。

参与本项目（加速器和后装机）的辐射工作人员计划由放疗中心原岗位辐射工作人员担任，合计 14 人，为改建完成后的 1 台后装机配备 3 名工作人员（1 名放疗医师、1 名放疗技师、1 名物理师），为更新使用的 1 台直线加速器配备 10 名辐射工作人员（3 名放疗医师，7 名放疗技师，1 名物理师），1 人为直线加速器技师并兼任后装治疗技师，放疗模拟定位 CT 辐射工作人员 1 人，本项目辐射工作人员 14 人均为医院原有人员，工作制度为长白班，一班制。除模拟定位 CT 辐射工作人员外均已通过辐射安全与防护培训并取得“放射治疗”类别考核合格证书。

3、目的和任务的由来

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》规定，该项目需进行环境影响评价工作。根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，本项目医用直线加速器属于II类射线装置，根据《关于发布放射源分类办法的公告》，后装机放射源为 1 枚III类密封放射源，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》，本项目涉及“第 172-核技术利用建设项目——使用III类放射源、使用II类射线装置”中改建项目，需编制环境影响报告表。

为此，医院委托我公司对本项目开展环境影响评价工作，见附件 1。

我公司接受委托后，随即开展资料收集、分析及现场踏勘核实工作，并对项目

所在区域开展 X/γ 辐射剂量率现状监测。结合项目辐射危害特征，依据《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）相关要求，从辐射防护角度对项目可行性进行评价，编制完成了本项目环境影响报告表，

二、项目场址选址及周边保护目标

1、项目场址选址

建湖县人民医院位于江苏省盐城市建湖县南环路 666 号，医院东侧为府右路，南侧为南环路，西侧为秀夫南路，北侧为御景贵园住宅小区。

本项目位于医院东侧病房楼地下一层东侧放疗中心，场所内包含两个放疗机房和辅助用房（主要为模具室）。放疗中心东侧为医院内道路、道路以东为医院内自行车车棚，以东为府右路，放疗中心南侧为门诊楼，西侧紧邻病房楼（地下一层和地下 2 层车库，地上 13 层为病房楼诊疗场所和患者病房），北侧为污水处理站、危化品库及医疗废物暂存间（为 1 幢 1 层整体建筑），机房正上方为地面（一层绿化带），机房正下方为土层。

改建后新的直线加速器机房（2#机房）位于放疗中心北侧，该机房东侧紧邻医护人员通道、南侧紧邻共用控制室，西侧紧邻电梯间和通道，北侧紧邻医护人员通道，上方为地面绿化带，机房下方为土层；改建后的后装机房位于放疗中心南侧，机房东、南侧砼屏蔽体外为土层，西侧紧邻模具室，模具室西侧紧邻通往 1 层的楼梯间，机房北侧紧邻共用控制室，上方为地面绿化带，机房下方为土层。

本项目地理位置示意图见附图 1，建湖县人民医院平面布置和周围环境示意图见附图 2。本项目场所紧邻病房楼，与病房楼楼层位置关系见附图 3、附图 4、附图 5 和附图 6。

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。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），本项目评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元，不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条（一）中的“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。

2、项目周边保护目标

本项目东至 50m 范围内主要为医院内部道路及东侧府右路，其余方向 50m 方位内为医院内部，包括南侧门诊楼，西侧病房楼，北侧污水处理站、危化品库及医疗废物暂存间，本项目辐射工作场所周围 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感目标。（详见附图 2）；本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，不涉及 HJ19-2022 中 3.4 定义的“受影响的重要物种、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”生态保护目标。

本项目运行后的环境保护目标主要是从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患及周围公众等。

三、实践正当性分析

本项目的投入使用能更好地满足患者的就诊需求，并可提高当地医疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，在做好辐射防护措施和管理的基础上，其所带来的效益远大于可能对环境造成的影响，因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”原则。

四、原有核技术利用项目

目前医院使用 1 枚 ^{192}Ir III 类放射源；非密封放射性物质 3 种： $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 和 ^{125}I （粒子源）；乙级非密封放射性物质工作场所 1 个：医技楼核医学科；丙级非密封放射性物质工作场所 1 个：医院内医技楼一层核素显像中心；使用 4 台 II 类射线装置：放疗中心 1 台医用直线加速器、介入室 3 台 DSA。以上均已取得环评批复、已许可并完成竣工环境保护验收。医院在门诊楼、医技楼等内 21 台 III 类射线装置，均已备案、已许可。

1、环境影响评价

医院核技术利用项目环境影响评价和辐射安全分析报告情况见下表。

表 1-3 医院核技术利用项目环境影响评价情况一览表

批复文号	批复/审核部门	批复时间	主要内容
苏环辐（表）审（2014）253 号	原江苏省环境保护厅	2014 年 12 月	新增 ^{125}I 粒子植入手术治疗肿瘤项目，属丙级非密封放射性物质工作场所；扩建 1 台 DSA、2 台医用电子直线加速器
苏环辐（表）审（2015）061 号	原江苏省环境保护厅	2015 年 9 月	将医院在用后装机 1 台搬迁至城南分院，改建其预留加速器机房为后装机房，后装机内含 1 枚 ^{192}Ir 放射源
苏环辐(表)审[2017]008 号	原江苏省环境保护厅	2017 年 2 月	南分院内新增 2 台 DSA

苏环辐(表)审 [2021]59号)	江苏省生态环境厅	2021年 12月	在一层新建1座后装机机房并配备1台后装治疗机(内含1枚 ¹⁹² Ir放射源,单枚最大活度为 3.7×10^{11} Bq,为III类放射源),用于放射治疗;在一层新建核素显像中心,新增1台PET/CT(最大管电压140kV,最大管电流800mA,属III类射线装置)配套新增使用 ¹⁸ F核素(日等效最大操作量 7.4×10^6 Bq)、新增1台SPECT/CT(最大管电压140kV,最大管电流800mA,属III类射线装置)配套新增使用 ^{99m} Tc核素(日等效最大操作量 1.85×10^7 Bq),用于开展放射诊断,属乙级非密封放射性物质工作场所;在二层新建核素治疗中心,新增使用 ¹³¹ I核素用于开展甲功测定和甲亢治疗,日等效最大操作量分别为 7.4×10^5 Bq和 3.7×10^8 Bq,属乙级非密封放射性物质工作场所。
苏环辐(表)审 [2022]37号)	江苏省生态环境厅	2022年8 月	将医院急诊科楼1楼急诊留观病房改建成1间DSA机房,并新增1台DSA。前期项目的环评批复文件见附件3。医院在用的21台III类射线装置已办理登记备案

表 1-4 医院核技术利用项目辐射安全分析报告情况

名称	审批部门	审批时间	主要内容
《原有医技楼一层核素显像中心新增使用放射性核素 I-131 进行甲功测定辐射安全分析报告》	江苏省生态环境厅	2025 年 9 月	在医院内医技楼一层核素显像中心场所内增加使用核素 ¹³¹ I 进行甲功测定,运行后非密封场所等级不变仍为乙级

医院现有核技术利用项目环境影响评价情况见附件 3。

2、辐射安全许可

医院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[00068],种类和范围为“使用III类放射源;使用II类、III类射线装置;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2026年10月12日。医院现有辐射安全许可证正、副本见附件4。

3、竣工环保验收

医院核技术利用项目竣工环保验收情况见下表。

表 1-5 医院竣工环境保护验收情况一览表

批复文号	批复/审核部门	验收(含分期验收)时间	主要内容
苏环辐(表)审 (2014)253号	原江苏省环境保护厅	2017年7月,2024年8月	放疗中心新增1台医用电子直线加速器和1台 ¹⁹² Ir后装机、1台DSA(分期验收),1台DSA(2024年8月)(分期验收)
苏环辐(表)审 (2015)061号)			

苏环辐(表)审[2017]008号)			
苏环辐(表)审[2021]59号	江苏省生态环境厅	2024年8月	新增1台SPECT/CT配套新增使用 ^{99m} Tc核素(乙级非密封放射性物质工作场所)(分期验收)
苏环辐(表)审[2022]37号	江苏省生态环境厅	2023年6月	改建1台DSA

医院前期核技术利用项目的竣工环保验收情况见附件3。

现有的核技术利用项目及环保手续情况见下表1-5~表1-7。

表1-6 放射源

序号	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/活度(×枚数)	环保手续
1	医院内放疗中心	Ir-192	Ⅲ类	使用	3.7E+11×1	已环评、已许可、已验收

表1-7 非密封放射性物质

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	活动种类和范围(用途)	日最大操作量(贝可)	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	环保手续
1	医院内放射科	丙级	I-125(粒子源)	固态	使用	放射性药物治疗	2E+9	2E+7	6.5E+10	已许可、已验收
2	医院内医技楼一层核素显像中心	乙级	I-131	液态	使用	放射性药物诊断	7.40E+6	7.40E+5	1.85E+9	已审批辐射安全分析报告。已许可
3			Tc-99m	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+10	1.85E+7	4.63E+12	已环评、已许可、已验收

表1-8 射线装置

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	技术参数(最大)	环保手续
1	医院内放疗中心	粒子能量小于100兆电子伏的医用加速器	Ⅱ类	使用	1	医用加速器	Precise	电子粒子能量18MeV(X射线最大能量10MV)	已环评、已许可、已验收
2	医院内介入室	血管造影用X射线装置(DSA)			3	DSA	AlluraXper FD20	管电压125kV,管电流1250mA	已环评、已许可、已验收
3					DSA	Azurion7M20	管电压125kV,管电	已环评、已许可、已验收	

								流 1000mA	收
4						DSA	UNIQFD20	管电压 125kV, 管电 流 1000mA	已环评、已 许可、已验 收
5	公安卫生所	医用诊断 X 射 线装置	III类	使用	1	DR	DigiEye330 T	管电压 150kV, 管电 流 500mA	已许可、已 备案
6	南院感染科 病房楼一楼 CT室	医用 X 射线计 算机断层扫描 (CT)装置	III类	使用	1	CT	SOMATO Mgo.Now	管电压 130kV, 管电 流 400mA	已许可、已 备案
7	南院门诊楼 1楼放射科 口腔 CT室	口腔(牙科)X 射线装置	III类	使用	1	口腔 CBCT	KAVO3De Xami	管电压 120kV, 管电 流 8mA	已许可、已 备案
8	南院门诊楼 1楼放射科 牙片室	口腔(牙科)X 射线装置	III类	使用	1	牙片 机	CS2100	管电压 60kV, 管电流 7mA	已许可、已 备案
9	南院门诊楼 1楼急诊 DR室	医用诊断 X 射 线装置	III类	使用	1	DR	DefiniumTe mpoPro	管电压 150kV, 管电 流 1000mA	已许可、已 备案
10	南院医技楼 一楼 CT室	医用 X 射线计 算机断层扫描 (CT)装置	III类	使用	1	CT	SOMATO MConfiden ceM9201	管电压 140kV, 管电 流 800mA	已许可、已 备案
11	医院内放疗 中心	放射治疗模拟 定位装置	III类	使用	1	模拟 定位 机	SL-ID	管电压 120kV, 管电 流 300mA	已许可、已 备案
12	医院内放射 科	医用诊断 X 射 线装置	III类	使用	6	体外 冲击 波碎 石机	Senographe eDS	管电压 49kV, 管电流 100mA	已许可、已 备案
						体外 冲击 波碎 石机	HB- ESWL— VG	管电压 110kV, 管电流 8mA	已许可、已 备案
						DR	Definium60 00	管电压 150kV	已许可、已 备案
						数字 胃肠 机	Uni-Vision	管电压 100kV, 管电 流 500mA	已许可、已 备案
						DR	VX3733- SYS	管电压 150kV, 管电 流 700mA	已许可、已 备案
						移动 DR	SM-50HF- B-D	管电压 100kV, 管电 流 500mA	已许可、已 备案

13		医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III类	使用	2	CT	Lightspeed VCT64	管电压 140kV, 管电流 700mA	已许可、已备案
						CT	SOMATOM Definition Flash	管电压 140kV, 管电流 800mA	已许可、已备案
14		医用诊断 X 射线装置	III类	使用	1	骨密度仪	GEDPX-NT	管电压 30kV, 管电流 80mA	已许可、已备案
15	医院内手术室	医用诊断 X 射线装置	III类	使用	3	C 臂机	JOCT42-84-C	管电压 140kV, 管电流 8.9mA	已许可、已备案
						C 臂机	Siremobile compactL	管电压 140kV, 管电流 8.9mA	已许可、已备案
						C 臂机	ARCADIS Orbic	管电压 110kV, 管电流 23mA	已许可、已备案
16	医院内医技楼一层	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III类	使用	1	SPECT/CT	DiscoveryNM/CT670ES	管电压 140kV, 管电流 440mA	已许可、已备案
17	核素显像中心	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III类	使用	1	大孔径 CT	SOMATOMMConfidence	管电压 140kV, 管电流 666mA	已许可、已备案

说明：原有 1 台 Precise 医用直线加速器 X 射线最大能量 10MV。

五、辐射安全管理现状

医院已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定了辐射工作管理制度，包括操作规程、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、监测方案和事故应急预案等，制度具有可行性并得到落实；放疗中心现有辐射工作人员（13 人放射治疗、1 人模拟定位 CT）以及医院 1 名辐射防护负责人均已参加对应类别的辐射安全与防护培训和考核，成绩合格，并在有效期内，已建立个人剂量监测档案及职业健康监护档案，根据医院提供的资料，放疗中心 14 名辐射工作人员在 2025 年度个人剂量监测结果最大为 0.259mSv，2025 年医院委托对放疗中心直线加速器辐射环境监测，其中屏蔽体外剂量率监测结果最大值为 0.29 μ Sv/h，满足剂量率限制要求。医院已于每年 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。

现有辐射安全机构和制度见附件 5、放疗中心辐射工作人员个人剂量检测报告见附件 6，本项目辐射安全与防护培训和考核成绩单见附件 7。

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
1	Ir-192	3.7E+11×1	III	使用	后装机	放疗中心	拟储存在拟建后装机房（南侧机房）储源罐内，原有 1 枚放射源已于 2025 年 8 月返回源厂	本次环评建成后新购置
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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) 直线加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型直线加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量	额定电流/剂量率	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II类	1	Infinity	电子	X 射线能量： 10MV 电子线： 15MeV	6MV (FF) : 600cGy/min; 10MV (FF) : 600cGy/min; 6MV (FFF) : 1400cGy/min; 电子线最高剂量率： 600cGy/min; 锥形束计算机断层扫描系统 (CBCT) : 最大管电压 150kV, 最大管电流 500mA	放射治疗	放疗中心 北侧医用 直线加速 器机房 (2#机 房)	本次 环评 新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (μ A)	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
废 Ir-192 密封源	固体	Ir-192	使用约 180 天后退役，退役时活度约为 6.86E+10Bq	/	约为 1.372E+11Bq (半年退役 1 枚，全年 2 枚)	/	密封在设备铅罐中	厂家回收
臭氧和氮氧化物	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 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令第9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》（2018年修正版），中华人民共和国主席令第24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》，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年修订，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），生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行； 7. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行； 8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部（现生态环境部）令第18号，2011年5月1日起施行； 9. 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施； 10. 《关于发布放射源分类办法的公告》(原国家环境保护总局公告2005年第62号)，2005年12月23日起施行； 11. 《关于发布<放射性废物分类>的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017年公告第65号公布，自2018年1月1日起施行 12. 《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； 13. 《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》，国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日起施行； 14. 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日发布；
-------------	---

	<p>15. 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>16. 《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11月1日起施行；</p> <p>17. 《关于进一步做好建设项目环境影响评价报告书（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；</p> <p>18. 《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》，生态环境部第57号公告，2020年1月1日起施行；</p> <p>19. 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日；</p> <p>20. 《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，2020年1月8日；</p> <p>21. 《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日；</p> <p>22. 《江苏省自然资源厅关于建湖县生态空间管控区域调整方案的复函》，苏自然资函〔2021〕1668号；</p> <p>23. 《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布；</p> <p>24. 《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〔2025〕1号，2025年9月21日起施行。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>2. 《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB5172-2025）；</p> <p>3. 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>4. 《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）；</p> <p>5. 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>6. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>7. 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-</p>

	<p>2007)；</p> <p>8.《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/T201.2-2011）；</p> <p>9.《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）；</p> <p>10.《放射治疗放射防护要求》（GBZ121—2020）；</p> <p>11.《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198—2021）；</p> <p>12.《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128—2019）；</p> <p>13.《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；</p> <p>14.《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）。</p>
其他	<p>附图：</p> <p>附图1 本项目地理位置示意图</p> <p>附图2 建湖县人民医院平面布置和本项目周围环境示意图（卫片）</p> <p>附图3 本项目与病房楼1层（部分）位置关系示意图</p> <p>附图4 本项目与病房楼-1层地下车库（部分）位置关系示意图</p> <p>附图5 本项目与病房楼-2层（部分）位置关系示意图</p> <p>附图6 本项目与病房楼（部分）剖面位置关系示意图</p> <p>附件：</p> <p>附件1 委托书</p> <p>附件2 新建医用直线加速器参数</p> <p>附件3 原有项目的环保手续</p> <p>附件4 辐射安全许可证</p> <p>附件5 医院现有辐射安全管理机构和制度</p> <p>附件6 2025年度放疗中心辐射工作人员个人剂量检测报告</p> <p>附件7 本项目辐射工作人员辐射安全与防护考核成绩单</p> <p>附件8 本次环评项目辐射环境现状检测报告及检测单位资质</p> <p>附件9 本项目建设情况说明</p> <p>附件10 废旧放射源交回生产单位协议及后装放射源已返回源厂说明</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《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）“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”的要求，结合本项目的特点，本项目确定以本项目机房的屏蔽墙为边界周围 50m 范围内的区域作为评价范围，详见附图 2。

保护目标

本项目放疗中心改建工程机房外周围 50m 评价范围内东侧有医院外府右路，其余方向均位于医院界内，本项目评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标（详见附图 2）；本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线与生态空间管控区域及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地等环境敏感区，不涉及 HJ19-2022 中 3.4 定义的“受影响的重要物种、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”生态保护目标。运行后的环境保护目标包含本项目控制室及机房周边场所、西侧病房楼、南侧门诊楼、北侧污水处理站、危化品库及医疗废物暂存间，保护对象主要是从事本项目的辐射工作人员、其他人员、院内病患及周围公众等。

本项目保护目标详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

序号	保护目标名称	方位及最近距离	性质	规模	约束值 (mSv/a)
1	共用控制室	两个机房间 (机房屏蔽体外)	辐射工作人员	14	5
2	模具室	后装机房西, 紧邻	辐射工作人员		
3	通道	加速器机房东, 紧邻	辐射工作人员*		
4	通道	加速器机房北, 紧邻	辐射工作人员*		
5	医院内道路、府右路 (机房屋顶上方)	东, 2m	公众	流动人员	0.1
6	医院内自行车车棚 (机房屋顶上方)	东, 6m	公众	80 人	
7	门诊楼	南, 30m	公众	约 120 人	

8	病房楼地下一层、二层车库	西侧，3m	公众	流动人员
9	病房楼一层冷水机房、控制室、病人更衣室、模具室、大厅、热疗室、模拟定位 CT 机房、护师办、医生办、物理室、更衣室（放射诊断医护人员）、候诊室、高压氧舱等	西侧，8m	公众	约 45 人
10	病房楼 2 层至 13 层病房、医护人员办公、诊疗场所等	西侧上方，10m	公众	约 300 人
11	污水处理站、危化品库及医疗废物暂存间	北，30m	公众	约 10 人

说明*：拟建加速器机房东侧和北侧的通道为工作人员通道，在出口设置单向门措施确保公众不能进入。

评价标准

1、剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目辐射工作人员及公众的年照射剂量限值，见表 7-2。

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	剂量限值
职业照射 剂量限值	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： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv
公众照射 剂量限值	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至 5mSv。

2、剂量约束值

《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）第 4.9 款：从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：a)一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。b)公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），制定本项目剂量约束值：
职业人员年有效剂量约束值不超过 5mSv，公众年有效剂量约束值不超过 0.1mSv。

3、辐射剂量率控制水平

(1) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

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： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

$$\dot{H}_{c,d} \leq \dot{H}_c / (t \times U \times T) \text{ 式 7-1}$$

式中：

$\dot{H}_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)；

\dot{H}_c —周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周 ($\mu\text{Sv/周}$)，其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员

$\leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

t—设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周 (h/周)；

U—治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T—人员在关注点位置的居留因子。

2) 按照关注点居留因子的不同，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）。

2) 其他评价标准

① 《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）；

② 《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/T201.2-2011）；

③ 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）；

④ 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；

⑤ 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），通过计算、比较确定辐射工作人员及公众关注点的剂量率参考控制水平 (\dot{H}_c)。计算比较结果见表 7-3，点位示意图见后文图 11-1、图 11-2。

表 7-3 机房外关注点的周围剂量当量率参考控制水平核算值

机房名称	放射治疗机房外人员类别	参考点	居留因子 T^*	使用因子 U	周剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$) **	治疗装置周治疗照射时间 t (h)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)		
							\dot{H}_c	$\dot{H}_{c,max}$	$\dot{H}_{c,d}$

直线加速器机房	控制区的工作人员	南墙外 a 点（共用控制室）	1	[REDACTED]	2.5
		南墙外 c ₂ 点、c ₁ 点（共用控制室）	1		2.5
		东墙外 e 点（通道）	1/5		10
		北墙外 b 点（通道）	1/5		10
		北墙外 d ₁ 点、d ₂ 点（通道）	1/5		10
	非控制区的人员	西墙外 f 点（通道）	1/5		2
		西墙外 k 点（通道）	1/5		2
		防护门外 g 点	1/8		3.2
机房屋顶上方 l 点（绿化带）		1/20	10		
后装机房	控制区工作人员	迷道外墙外 a、a ₁ 点（模具室）	1	2.5	
		北墙外 b 点（共用控制室）	1	2.5	
	非控制区的人员	防护门外 g 点	1/8	4.8	
		机房屋顶上方 l 点（绿化带）	1/20	10	
说明*：参照 HJ1198-2021 中附录 A 选取居留因子；**穿透剂量 250μSv 加以控制，本项目年工作 50 周，折算为周剂					射，以年

4、辐射环境质量现状检测评价参考值

《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。

表 7-4 江苏省环境天然γ辐射剂量率（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
测值范围	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：1.测量值已扣除宇宙射线响应值；2.现状评价时，取测值范围为其评价参考范围，道路和医院内绿地天然γ辐射水平参考范围取（18.1-102.3）nGy/h，室内天然γ辐射水平参考范围取（50.7-129.4）nGy/h。

5、参考材料

（1）《辐射防护导论》（方杰主编）（2）《辐射防护手册》（李德平、潘自强主编）（3）《医用电子直线加速器感生放射性的测量和分析》（贾斌等，中国辐射卫生，2021 年 10 月第 30 卷第 5 期）。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理位置和场所位置

建湖县人民医院位于江苏省盐城市建湖县南环路 666 号，医院东侧为府右路，南侧为南环路，西侧为秀夫南路，北侧为御景贵园住宅小区。

本项目位于医院东侧病房楼地下一层东侧放疗中心，场所包含两个放疗机房和辅助用房。放疗中心东侧为医院内道路、道路以东为医院内自行车车棚、向东为院外府右路，南侧为门诊楼，西侧紧邻病房楼，北侧为污水处理站、危化品库及医疗废物暂存间，机房正上方为地面（一层绿化带），机房正下方为土层。

本项目地理位置示意图见图 1，建湖县人民医院平面布置和周围环境示意图见图 2。放疗中心紧邻病房楼，与病房楼楼层位置关系见图 3、附图 4、附图 5 和附图 6。

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）、《江苏省自然资源厅关于建湖县生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函[2021]1668 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、建湖县生态空间管控区域(调整后)。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），本项目评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元，本项目不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条（一）中的“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。

本项目运行后的环境保护目标为：从事本项目的辐射工作人员、其他医务人员、院内病患及周围公众等。本项目周边环境现状见图 8-1~图 8-14。

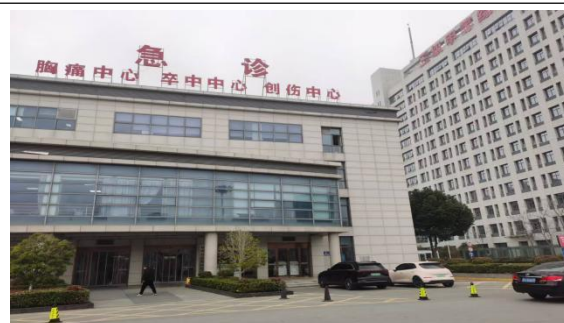


图 8-1 放疗中心屋顶上方东侧医院内道路和自行车车棚



图 8-2 放疗中心屋顶上方南侧门诊楼



图 8-3 放疗中心西侧病房楼（东立面）



图 8-4 放疗中心西侧病房楼（南立面）



图 8-5 放疗中心屋顶上方北侧污水处理站、危化品库及医疗废物暂存间（1幢1层建筑）

图 8-6 机房屋顶正上方



图 8-7 南侧拟改建后装机房室内部（1#机房，现为直线加速器机房）

图 8-8 北侧拟改建直线加速器机房（2#机房，现为后装机房）内部



图 8-9 现有共用控制室内部

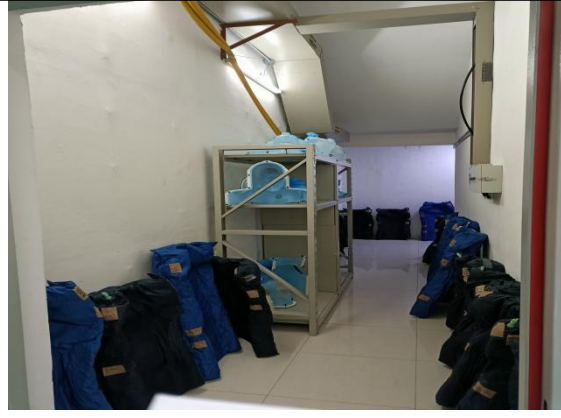


图 8-10 模具室（1#机房屏蔽体外西侧）

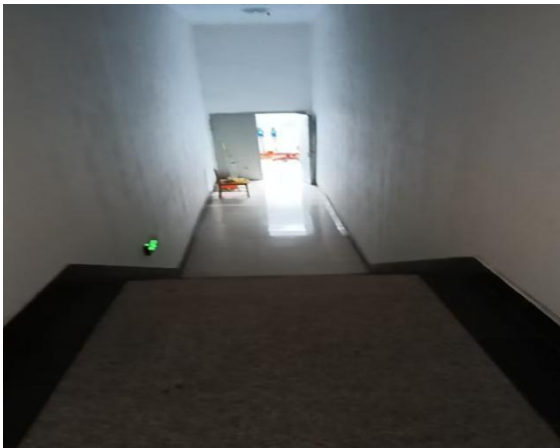


图 8-11 放疗中心 2#机房东侧通道



图 8-12 放疗中心 2#机房北侧通道



图 8-13 放疗中心南侧拟改建后装机房（1#机房）西侧



图 8-14 放疗中心北侧拟改建直线加速器机房（2#机房）西侧

二、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

环境现状评价的对象：本项目建址周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率。

监测点位：在本项目建址周围进行布点。

三、监测方案、质量保证措施、监测期间周围核技术利用项目运行情况、监测结果

1、监测方案

监测单位：南京泰坤环境检测有限公司

检测仪器：

监测仪器	X- γ 辐射监测仪
型号	FH40G-L10+FHZ672E-10 型
设备编号	NJTK/YQ041
能量响应范围	40keV~4.4MeV
测量范围	1nSv/h~100 μ Sv/h
检定有效期	2024.8.28~2025.8.27
检定证书编号	Y2024-0089043
检定单位	江苏省计量科学研究院

监测时间：2025 年 7 月 10 日

监测布点：根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点。

监测期间环境条件：晴，温度：(30.1~30.7) $^{\circ}$ C，相对湿度：(69.1~69.4)%。

监测方法：根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）相关方法和要求，在环境现场调查时，于本项目建址周围进行辐射现状的测量。

监测期间本项目及周围核技术利用项目运行情况：放疗中心检测期间直线加速器处于未出束状态、后装机房内 ^{192}Ir 放射源在源罐内，放疗中心两座机房周边（墙外、屋顶上方）一定距离内无其他射线装置出束。

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳

定后读取数值。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）5.5中公式（1）对数据进行处理。其中，测量仪器无检验源，检验源效率因子取1；测量仪器校准参考源为¹³⁷Cs，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取1.20Sv/Gy；各监测点所在建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子按平房0.9、道路1.0进行取值。

2、质量保证措施

本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的要求，实施全过程质量控制。监测人员已取得检测资格证书或经能力确认，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过核查，监测报告实行三级审核。

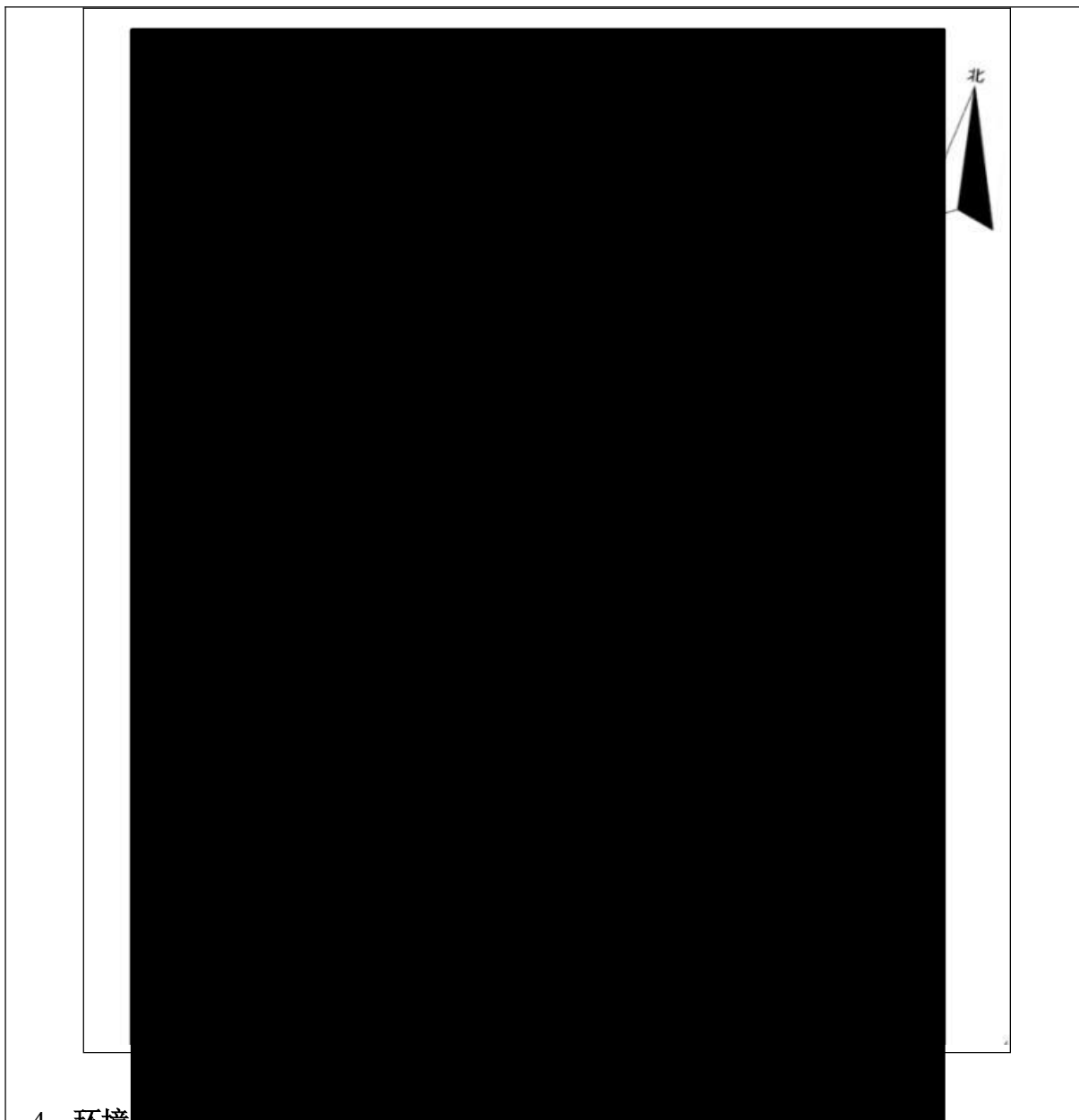
3、监测结果

本项目建址周围环境现状监测结果见表8-1，检测点位示意图见图8-15，监测报告见附件8。

表8-1 地下室放疗中心周围γ辐射空气吸收剂量率

编号	检测点位	γ辐射空气吸收剂量率(nGy/h)	
		测量值	标准差
1	后装机房治疗室（平房室内）	97.3	0.9
2	后装机房迷道内（平房室内）	69.5	1.2
3	放疗中心通道（平房室内）	89.7	1.2
4	放疗中心共用控制室（平房室内）	83.1	0.7
5	后装机房东墙外通道（平房室内）	88.3	0.9
6	后装机房北墙外通道（平房室内）	61.0	1.2
7	直线加速器机房治疗室（平房室内）	84.8	0.8
8	直线加速器机房西墙外模具室（平房室内）	72.5	1.4
9	后装机房西墙外电梯前室（平房室内）	66.6	1.2
10	后装机房西墙外电梯间（平房室内）	69.5	1.3
11	后装机房屋顶上方（室外道路）	89.2	1.6
12	直线加速器机房屋顶上方（室外道路）	88.0	0.9

注：1、测量结果已依据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）扣除宇宙射线响应值（7.56nGy/h）。2、检测期间直线加速器处于未出束状态、后装机房内¹⁹²Ir放射源在源罐内。



4、环境

评价方法：参照江苏省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果，评价项目周围的辐射环境质量。

由表 8-1 监测结果可知，本次所检测的江苏省盐城市建湖县人民医院病房楼东侧地下一层放疗中心周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率为（61.0~97.3）nGy/h，均位于江苏省室内环境天然 γ 辐射水平评价参考范围内；机房上方道路环境 γ 辐射空气吸收剂量率为（88.0~89.2）nGy/h，位于江苏省道路环境天然 γ 辐射水平评价参考范围内，测量结果均已扣除宇宙射线响应值，属江苏省环境天然 γ 辐射正常水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、直线加速器

(一) 设备组成及技术参数

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。直线加速器系统结构示意图见图 9-1。

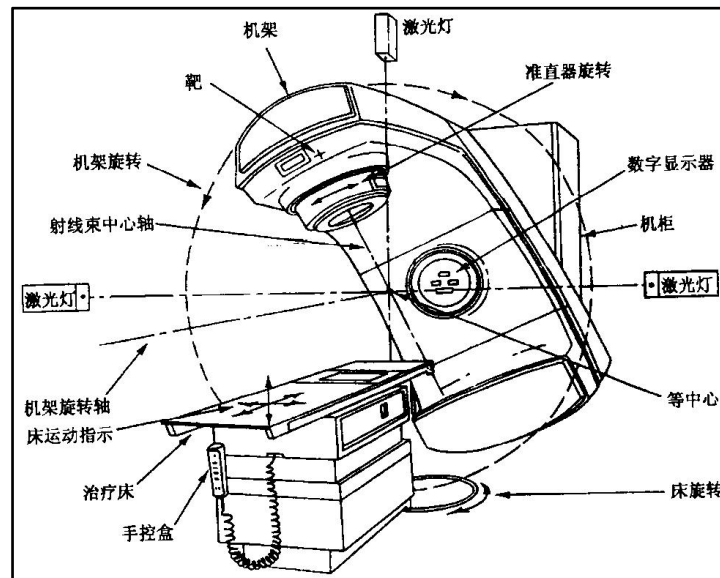


图 9-1 直线加速器基本结构示意图

与此同时，本项目电子直线加速器包含 1 台锥形束计算机断层扫描系统（CBCT，最大管电压 150kV，最大管电流 500mA），与加速器治疗机同轴同床使用，用于图像引导定位。

锥形束计算机断层扫描系统包括 CBCT 影像平板、球管、高压发生器以及图像处理软件。CBCT 系统 X 射线机与加速器治疗机同轴，影像平板位于射线机对面，便于在加速器治疗过程中提供病灶的三维图像。

CBCT 其原理为 X 线发生器以较低的射量围绕投照体做环形 DR（数字式投照），然后将围绕体多次“交集”中所获得的数据在计算机中重组后进而获得三维图像。

该系统采用定位床，用负压袋将患者固定，用十字激光灯对患者位置进行初始定位，确定三维立体坐标，将 CT/MRI 图像中病灶的坐标转换到辐射装置的坐标系中，在治疗时，通过基于 CBCT 的图像引导定位装置进行摆位验证，通过三维床各轴的微动来调整患者的姿态，以确保放射治疗前靶区的准确性。治疗过程中，图像引导系统可以随时监测患者靶区的位置偏移，超出许可范围时给出警告并可中止治疗。

根据医院提供的资料，本项目直线加速器主要技术参数见下表 9-1，直线加速器外观见图 9-2。

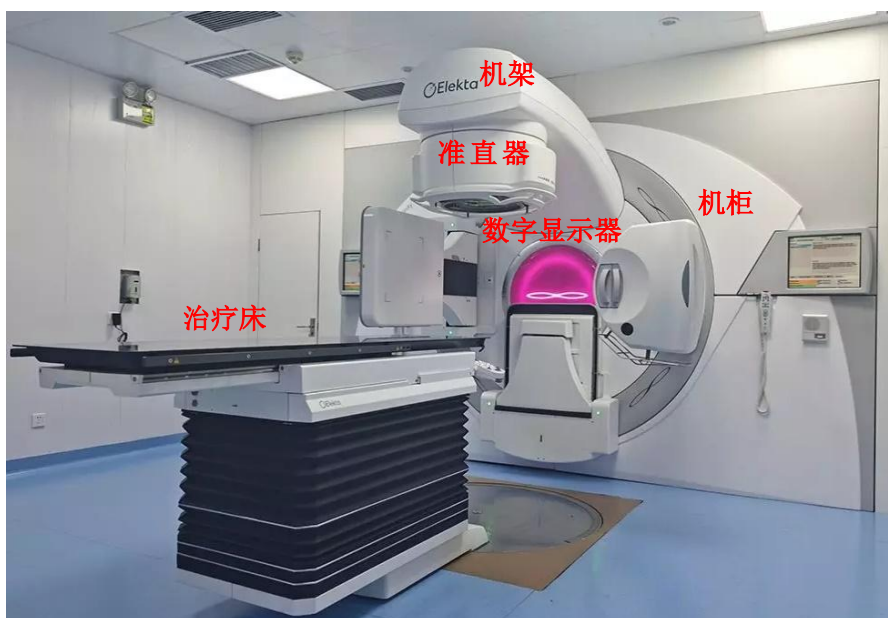


图 9-2 Infinity 型直线加速器外观图

设备参数详见表 9-1。

表 9-1 本项目更新（新建）的 1 台医用直线加速器技术参数一览表

项目	参数详情
装机位置	直线加速器机房（放疗中心北侧原有 2#机房）
型号	Infinity
射线种类和能量	①X 射线：FF 模式：6MV、10MV； FFF 模式：6MV； ②电子线：6MeV、8MeV、10MeV、12MeV、15MeV； ③锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）：最大管电压 150kV，最大管电流 500mA
距靶 1m 处最高剂量率	6MV（FF）：600cGy/min；10MV（FF）：600cGy/min； 6MV（FFF）：1400cGy/min；电子线最高剂量率：600cGy/min

泄漏率	≤0.1%
靶材料	钨合金
射线最大出束角	28°（等中心点每侧 14°）
SAD	100cm
最大射野尺寸	40cm×40cm
等中心高度	1250mm
锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）	150kV、500mA
射线装置类别	II
活动种类	使用

本评价拟使用的医用电子直线加速器发射的电子线最高能量为 15MeV，发射的 X 射线能量最高能量达到 10MV，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 2017 年第 66 号），本次评价项目使用的加速器属于医用 II 类射线装置，内含的锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）属于医用 III 类射线装置。

（二）工作原理及工作流程

1、工作原理

直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，它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。



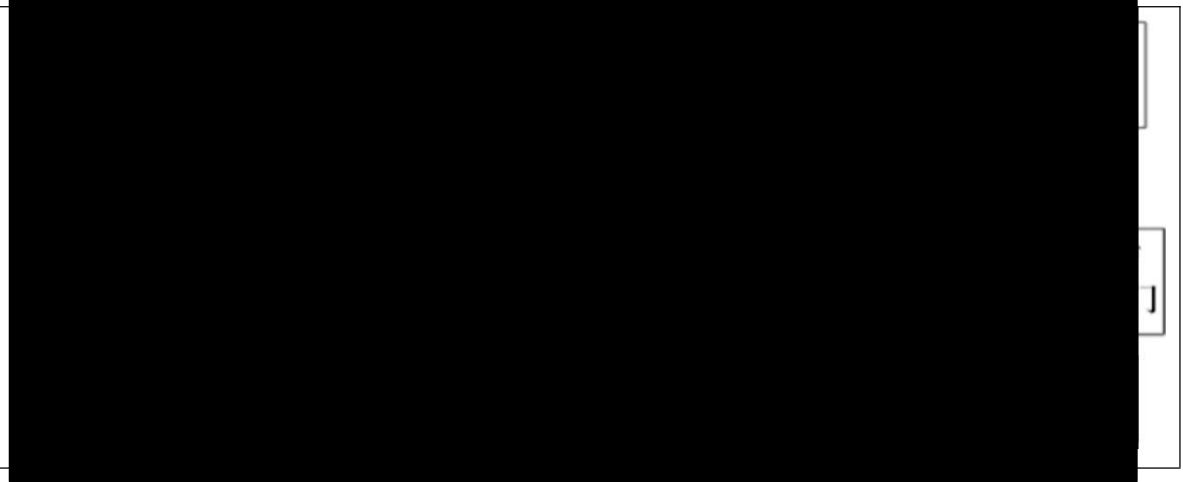
图 9-3 直线加速器原理示意图

直线加速器有两种治疗模式：①电子束治疗模式，当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，电子线到达预定部位后能量迅速下降，因而能大大减少射线对病变后面正常组织的危害，特别适用于体表或靠近体表的各种肿瘤，例如，采用电子线治疗乳腺癌，肺部及心脏；②X 线治疗模式，电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的

电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。

2、工作流程及产污环节

直线加速器放射治疗工作一般流程及产污环节见图 9-4。



本项目模拟定位 CT 机拟利旧，该射线装置已经过备案和许可，本次环评不包含模拟定位 CT 机。

医用电子直线加速器进行肿瘤放射治疗的基本流程为：

- (1) 模拟定位。
- (2) 制订治疗计划。

根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

- (3) 对患者进行摆位。

在利用加速器进行治疗时技师需对患者进行定位、标记、调整照射角度及照射野。

(4) 在控制台设置参数，开机治疗；在此过程中加速器产生的高能 X 射线或高能电子束，直线加速器产生的高能电子束、高能 X 射线会对工作人员、公众及周围环境辐射造成辐射污染；直线加速器在工作状态时，会使加速器机房内的空气产生电离，产生臭氧和氮氧化物。

- (5) 治疗完毕，停止出束。

在加速器放射治疗工作中，工作人员将产生一定量的生活污水和生活垃圾。

3、工作负荷

根据医院提供的资料，使用直线加速器平均每天治疗 50 人次，每周工作 5 天，年工作 50 周，全年治疗总人次数为 12500 人，参考《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/T201.2-2011）附录 A，“常规放射治疗以 1~4 个治疗野定向照射，平均每人每野次治疗剂量 1.5Gy，按照每人治疗照射野最多 4 野次，加速器 600cGy/min 输出剂量率计算，每名患者单次治疗照射时间不超过 1min，本评价按每个病人照射 3min 进行估算，则每天治疗出束不超过 150min（2.5h），周治疗出束时间不超过 12.5h，年治疗出束时间不超过 625h。

平均每位患者在单次放疗期间摆位时间取 2min，由技师进行摆位，年摆位总时间不超过 416.67h，本项目医用电子直线加速器采用 CBCT 图像引导功能进行治疗前的扫描，平均每位患者扫描时间为 0.5min/人，则 CBCT 年出束时间为 104.16h。

二、后装机

（一）设备组成及技术参数

后装机主要由机头、底座、贮源器、检修口、贮源器和辐射指示器、急停开关、系统线缆（经接线盒连接到治疗控制台）、控制台，计算机系统组成。典型后装机结构示意图如下，典型后装机结构如图 9-5 所示。



图 9-5 典型后装机结构示意图

本项目后装机采用 ^{192}Ir 核素为放射源，设计装源活度为 $3.7\text{E}+11\text{Bq}$ （10Ci），本次评价按照设计出厂最大活度计算。 ^{192}Ir 放射源的性能参数见下表 9-2。

表 9-2 本项目后装机采用放射源 ^{192}Ir 的性能参数

核素名称	放射源类别	数量	半衰期	状态	衰变类型及分支比 (%)	初始活度 (Bq)	最大 γ 射线能量 (MeV)	β 射线能量 (MeV)	空气比释动能率常数 $[\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})]$
^{192}Ir	III	1	74.02d	固态 (常温)	β 衰变 (95.22%) 电子俘获 (4.78%)	3.7×10^{11}	0.468	0.672	0.111

(二) 工作原理、工作流程及产污环节

1、工作原理

后装治疗技术是先在病人身上正确放置好施源器，然后在安全防护条件下用遥控方法在控制室将设备中的放射源通过管道送到病人身上的施源器内，通过密封源释放出的 β 射线或 γ 射线照射肿瘤靶体从而达到治疗目的。其好处是放置施源器有充分的时间，可以利用透视或摄片校正位置，从而保证了放射源的正确位置，使 γ 放射源在人体自然腔、管道或组织间驻留而达到预定的剂量及其分布。

本项目拟使用的放射源为 ^{192}Ir ，活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ 。 ^{192}Ir 为 β 、 γ 放射性核素，衰变时会释放出 β 、 γ 粒子，发射平均能量为 0.37MeV 的 γ 射线； β 射线的穿透能力很弱，经过屏蔽后不会穿透铅罐。

2、工作流程及产污环节

本次使用后装机开展肿瘤放射治疗的项目是辐射工作人员在控制室操作，采用隔室操作的工作方式。其具体的操作流程是：

(1) 先通过放疗中心模拟定位机对病变部位进行详细检查，放射定位。

(2) 制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

(3) 患者进入后装治疗机房并平卧于治疗床，由技师进行摆位；在技师指导下患者保持固定体位，医护人员将施源器置入患者治疗部位并与后装机输源管路可靠连接，完成置源准备后，技师撤离治疗机房并关闭防护门，准备治疗。

(4) 技师撤出机房后并确认机房内除了受诊患者无其他人员。随后控制台输出治疗剂量和时间，自动出源，对患者实施照射。

(5) 照射结束，确定放射源回位后，按无菌要求去除施源器，指导患者离开后装机房，治疗结束。

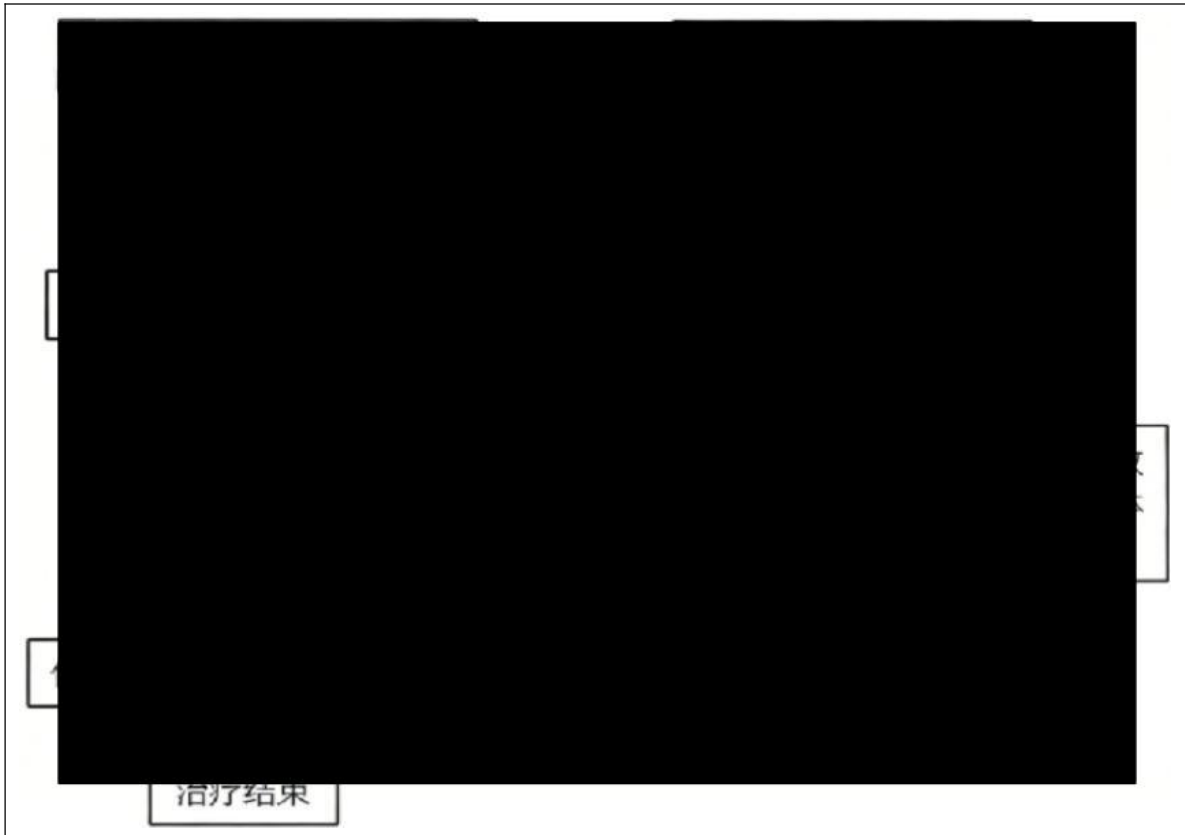


图 9-6 后装机工艺流程及产污环节示意图

3、工作负荷

根据医院提供的资料，后装治疗每年工作 50 周，每周工作 5 天，每天治疗按照 10 人计，年治疗 2500 人，根据患者病情，每次出源治疗时间不超过 10min，每周治疗出束时间不超过 8.33h，年治疗出束时间不超过 416.67h，工作制度为长白班，一班制。

三、原有工艺不足及本次改进情况

1、原有医用直线加速器装机投运年限较长、设备硬件老化，核心电控、束流控制系统性能衰减，导致束流输出稳定性、治疗剂量精度、设备运行可靠性逐年下降，故障率偏高、临床治疗质控难以满足现行医疗规范及精准放疗要求；同时设备老旧带来联锁装置灵敏度下降、整机运维成本高、备件停产难采购等问题。本次实施老旧直线加速器整机更新换代，核心以提升设备诊疗性能、剂量输出精准度、束流稳定性及设备运行可靠性为首要目的，满足临床精准放疗、质控合规及长期稳定运营需求；同步通过新设备出厂固有屏蔽、安全联锁、故障自检及废气收集处理系

统升级，顺带消除设备老化衍生的辐射泄漏、联锁失效、无组织废气排放等次生环境与辐射安全隐患，实现诊疗能力与安全防护同步提升。

2、原有 2# 后装机房现状防护门为平开门结构，初期屏蔽搭接构造、门缝间隙设计未按现行辐射防护规范精细化配置，防护门与墙体、地面搭接长度不足、门缝间隙偏大，存在缝隙射线透射泄漏隐患，机房外局部剂量控制冗余不足，不满足当前辐射屏蔽精细化设计及公众剂量约束要求。

本次拟对北侧机房（2#机房）辐射屏蔽构筑物进行专项优化改造：拆除原有平开防护门，更换为铅当量 15mmPb 推拉式辐射防护门；优化门体与墙体、地面屏蔽搭接构造，控制门缝间隙 $<1\text{cm}$ 、屏蔽搭接宽度 $\geq 10\text{cm}$ ，彻底封堵射线泄漏途径，完善机房整体屏蔽防护体系，机房南侧屏蔽体加厚 30cm（共用控制室），使机房屏蔽设计、缝隙防护及外环境剂量水平完全满足现行辐射防护标准要求，并依照辐射防护的“ALARA 原则”，尽可能降低辐射环境影响。

污染源项描述

一、辐射污染源

（一）直线加速器

1、正常工况

（1）X 射线和电子束

直线加速器以 X 射线模式运行时，从直线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、直线加速器电子能量、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。

本项目直线加速器 X 射线能量为 6、10MV，1m 处输出剂量率如下：

6MV（FF）：600cGy/min；6MV（FFF）：1400cGy/min；10MV（FF）：600cGy/min；电子线最高剂量率：600cGy/min。

项目直线加速器电子线最高能量为 15MeV，在距靶 1m 处输出剂量率最高为 600cGy·m²/min。直线加速器运行时产生的高能电子束，其穿透能力远弱于 X 射线，在 X 射线已采取充分屏蔽措施的前提下，电子束同样可满足相应的屏蔽防护要求。因此，加速器在电子束治疗模式下，对机房外工作人员、公众及周边环境的辐射影

响水平，低于 X 射线治疗模式下的辐射影响水平。

鉴于 X 射线穿透能力极强，若屏蔽不足或防护失效，将对辐射工作人员、公众及周边环境造成不可接受的辐射影响。综合考虑射线性质、辐射强度、屏蔽效果及暴露途径，X 射线为本项目辐射环境影响评价的主要污染因子，也是辐射防护与环境影响分析的重点关注对象。

(2) 中子

本项目拟配置的直线加速器型号、参数一致（X 射线最大能量为 10MV、电子线最大能量为 10MeV），根据《辐射防护手册》（第三分册）图 4.27（P125），当直线加速器入射电子能量超过 8MeV 时会产生中子，本项目直线加速器在出束时会产生一定的中子，但产额不高，拟建直线加速器防护门采用 150mm 含硼聚乙烯作为中子防护主体，利用材料中氢元素对快中子进行慢化，再通过 B-10 核素俘获热中子；同步配置 15mm 铅板，屏蔽中子俘获反应过程中产生的次级 γ 射线，实现高能中子完全吸收，有效抑制有害次级 γ 射线外泄，满足直线加速器机房中子与 γ 射线协同屏蔽防护要求。

(3) 感生放射性

根据《辐射防护手册》（第三分册）图 4.27（P125），当直线加速器入射电子能量超过 8MeV 时，它发射的强电离辐射照射在机房内的各种设备、器械以及墙壁等物质上时，都可能使它们活化而产生感生放射性。

根据《直线加速器感生放射性的测量和分析》，X 射线能量为 10MV 的直线加速器在停止出束后，直线加速器机房房头和摆位处辐射剂量会对停机后进入机房摆位的医生产生一定的辐射影响，该辐射剂量逐渐减弱，约在 5min 左右回到本底水平；直线加速器机房内空气活化产生的放射性核素大部分半衰期都小于 1 分钟，这些放射性气体在空气中存在的时间较短，且本项目直线加速器 X 射线能量不超过 10MV，机房内活化产生的放射性气体较少，感生放射性气体影响可忽略不计；直线加速器冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，冷却水中被活化而形成的放射性核素主要 ^{15}O 和 ^{13}N ，它们的半衰期分别为 2.1min 和 10min，很短的时间其活度就可衰减到可忽略的水平，且本项目直线加速器 X 射线能量不超过 10MV，冷却水被活化产生的放射性核素活度较低，感生放射性废水影响可忽略不计。

针对感生放射性对环境的影响，本项目仅考虑直线加速器结构部件产生的感生

放射性对停机后进入机房摆位的医生的辐射影响。

综上所述，本项目产生的 X 射线为主要辐射环境污染因素。

2、事故工况

本项目直线加速器为II类射线装置，医院在开展放射治疗过程中，若出现机械故障、人为操作失误或者直线加速器机房辐射安全防护措施故障失效时可能会导致人员受到意外异常照射、严重导致发生辐射事故。可能的情形如下。

- (1) 人员未全部撤离治疗室即进行出束治疗，导致发生误照射。
- (2) 门机联锁装置失效，在防护门未关闭的情况下即开始出束治疗，对工作人员和周围公众造成不必要的照射。
- (3) 操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。
- (4) 由于机房防护门漏射线造成不必要的照射。

根据以上分析可知，X 射线是发生意外异常照射或者辐射事故的主要污染因子。

(二) 后装机

1、正常工况

(1) β 射线和 γ 射线：

本项目后装机使用放射源为 1 枚 ^{192}Ir ，活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ (10Ci)，常温下为固态金属，半衰期为 74.0 天。 ^{192}Ir 衰变时会发射出 β 射线和 γ 射线，根据后装机的工作原理可知，在使用 ^{192}Ir 放射源进行治疗时， β 射线很容易防护，产生 γ 射线是本项目主要污染因子。 γ 射线能量均值为 0.37MeV，具有很强的贯穿能力，部分 γ 射线能穿透屏蔽材料对治疗室外周围环境造成辐射影响。本项目后装机治疗室在运行过程中不产生放射性废气、放射性废水。

(2) 放射性固体废物：

本项目 ^{192}Ir 放射源退役会产生退役放射源。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 中废旧放射源管理要求，“废旧放射源应按法律法规要求返回放射源生产厂家或原出口方”。本项目退役放射源由供源单位回收处理，不在医院内暂存。医院已与供源单位签订废旧放射源回收协议，明确废旧后装治疗源 (Ir-192) 的回收责任、交接流程与时间节点。医院承诺在废旧源交回供源单位、回收活动完成之日起二十日内，按规定向江苏省生态环境厅办理废旧放射源回收备案手续，并提

交《废放射源回收（收贮）备案表》及相关证明材料，确保放射源全生命周期管理合规。

2、事故工况

后装机采用Ⅲ密封源作为放射源，正常运行过程中密封源或者停留在铅屏蔽箱体内或者停留在患者施源器内，不会造成其他环境影响，医院在开展放射治疗过程中，若出现机械故障、人为操作失误或者后装机房辐射安全防护措施故障失效时可能会导致人员受到意外异常照射、严重导致发生辐射事故。可能的情形如下。

（1）辐射工作人员违反操作规程或误操作，造成意外照射。

（2）联锁装置失效或设备运行时人员误留机房，装置的运行可能对人员产生超剂量照射。

（3）后装机进行维修时，若发生联锁失效或强行出源等情况时，导致维修人员可能受到不必要的照射。

（4）后装机因工作人员操作不当或者出现设备故障，在设备安装、更换放射源或维修设备时，发生放射源跌落造成操作人员受到意外照射。

（5）后装机施源器发生故障，可能导致放射源被卡住，发生驻源事件，或者放射源从施源器脱漏，往往会对患者和工作人员造成过量照射。

（6）由于管理工作不到位导致后装机放射源发生被盗、丢失等事故，可能造成对公众的意外照射和环境放射性污染。

据以上分析可知， γ 射线是发生意外异常照射或者辐射事故的主要污染因子。

二、非辐射污染源

1、废气

后装治疗过程中发射的 β 射线和 γ 射线，使用直线加速器出束期间电子线或 X 射线均会使机房内的空气产生电离产生臭氧和氮氧化物有害气体。

2、废水

本项目辐射工作人员在放射治疗工作过程中会产生一定量的生活污水。

3、固体废物

本项目放射治疗过程中会产生的定位体膜和一次性床单等医疗废物。工作人员在工作过程中会产生一定量的生活垃圾和办公垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1、工作场所布局

放疗中心单独建址位于病房楼负一层，建筑面积约 450m²，整体轮廓为矩形结构。两间治疗机房（改建）南北对称分布，中间为共用的控制室（利旧）。

直线加速器治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽满足漏射线及散射线的屏蔽要求。治疗机房均应已设置迷路，本项目直线加速器主束照向共用控制室，已按照辐射防护的“ALARA 原则”，采用加厚与共用控制室一侧混凝土墙体的方式尽可能降低辐射环境影响。

病房楼楼内无儿科病房、产房等特殊人群，评价范围内无居民、写字楼和商住两用建筑物，以及人员密集区域，亦无人员流动性大的商业活动区域，项目选址合理。

本项目放射治疗工作场所拟分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。场所内含直线加速器机房、后装机房、共用控制室、电梯间、楼梯间、通道和模具室等组成，机房与控制室等区域分开单独布置，两个机房西侧均设有迷路。该放射治疗场所选址和布局符合《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）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中关于放射治疗场所选址与布局的规定，布局合理。

2、工作场所分区

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）分区原则，将工作场所划分为控制区和监督区进行管理，本项目工作场所平面布置见下表 10-1 和图 10-1。

表 10-1 工作场所分区情况

控制区	监督区
直线加速器机房（含迷道）、后装机房（含迷道）	共用控制室、模具室、电梯间、机房外屏蔽体外通道

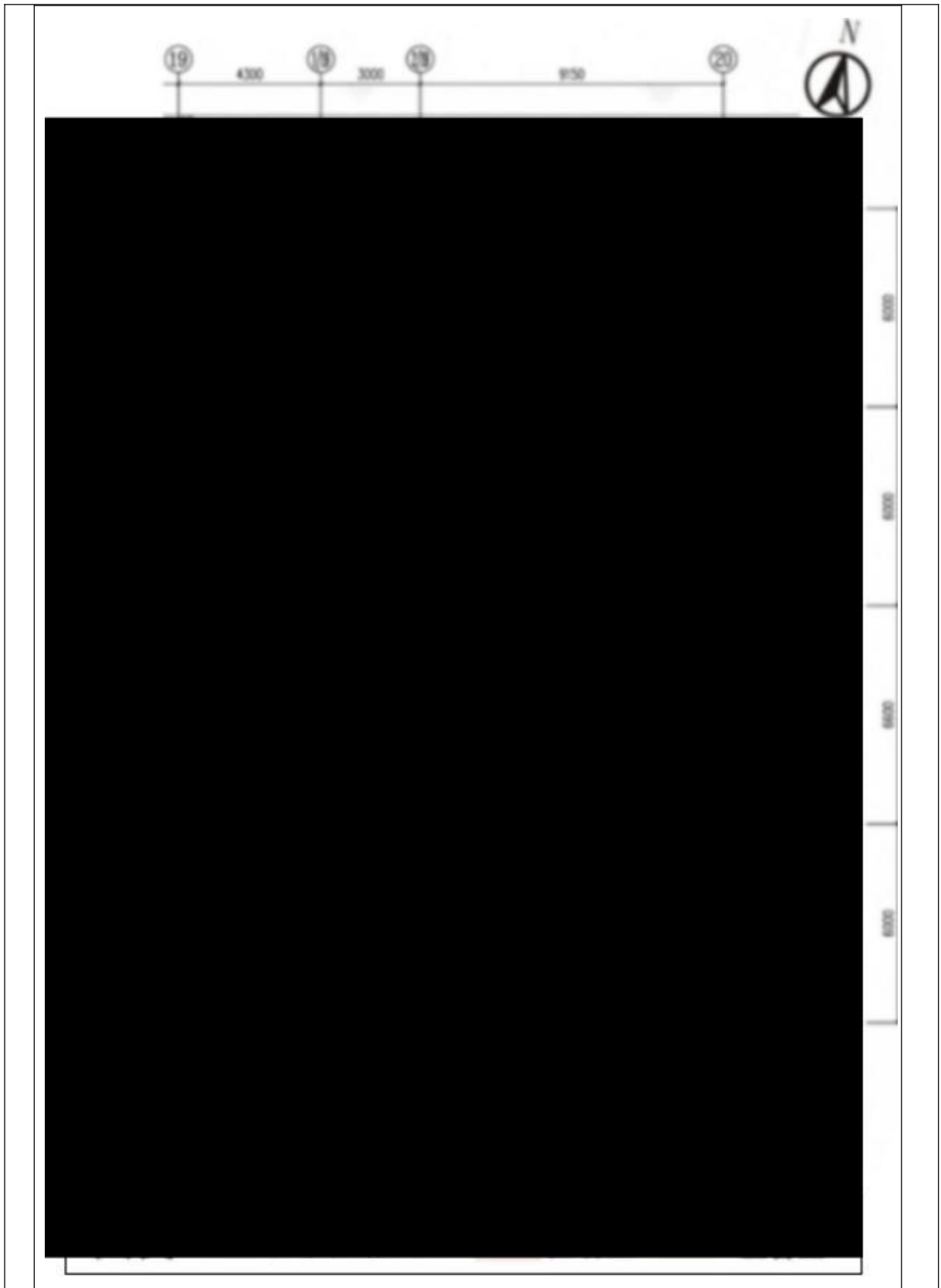
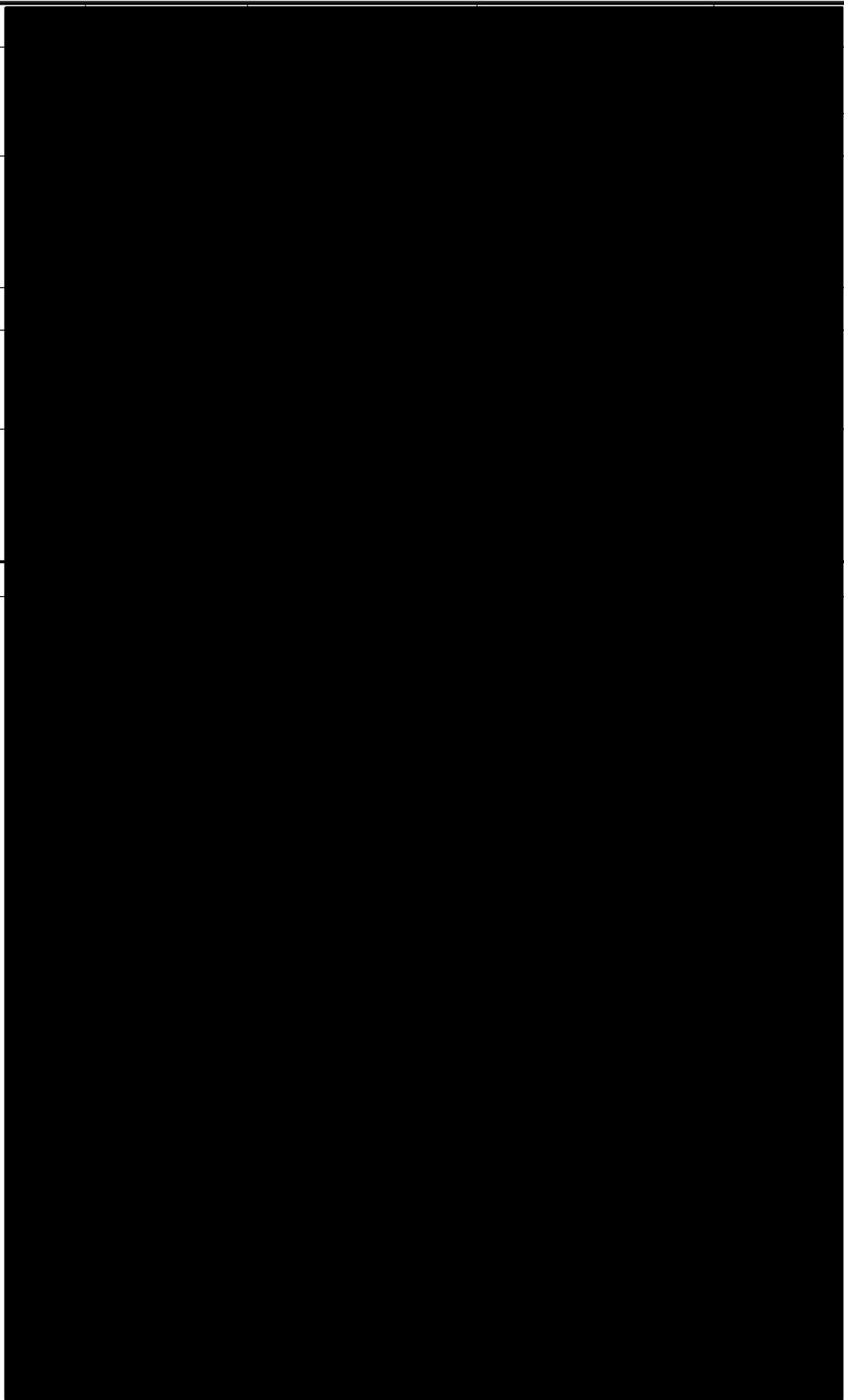


图 10-1 本项目放疗中心工作场所平面布局和分区示意图

3、辐射防护屏蔽

本项目 2 个机房均采用砼浇筑结构，迷道入口设铅防护门。根据医院提供的资

注			
			蔽
			宽

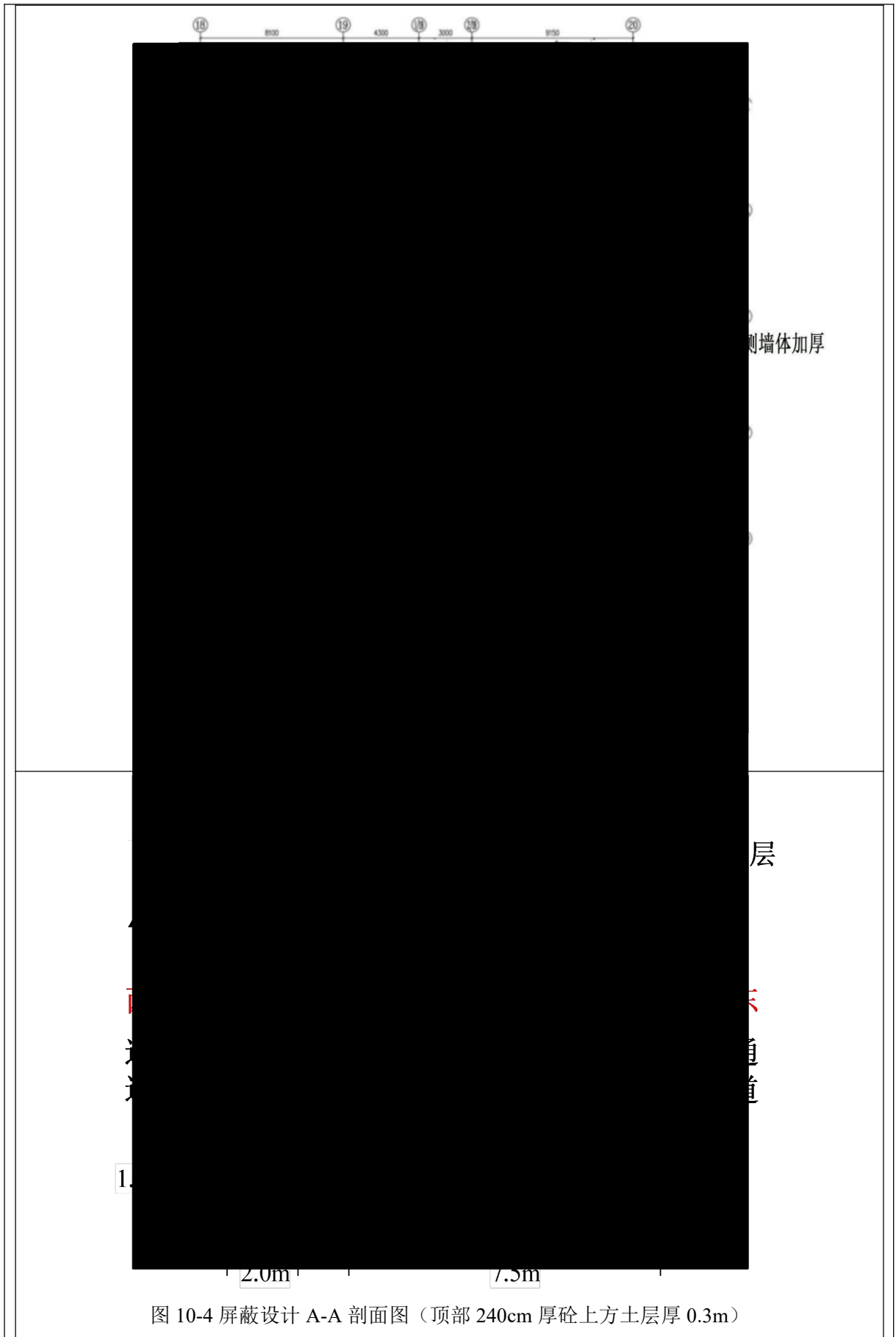


图 10-4 屏蔽设计 A-A 剖面图 (顶部 240cm 厚砼上方土层厚 0.3m)



图 10-5 屏蔽设计 B-B 剖面图（顶部 130cm 厚砼上方土层厚 1.35m）

4、辐射安全和防护措施

（1）直线加速器（放疗中心北侧机房 2#机房）

直线加速器机房新设计的辐射安全防护措施如下：

1) 防护门搭接方式：机房防护门设计制作时，除了已考虑足够的防护厚度外，还已经考虑防护门与周围墙壁及地面的重叠搭接，以防止门缝处射线泄漏。本项目防护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拟大于 10cm。

2) 电离辐射警告标志和工作状态指示灯：机房入口处拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，并与加速器联锁。防止无关人员逗留和误入。

3) 急停开关：拟在直线加速器设备表面、直线加速器控制室控制台、迷道入口门内旁侧、机房内四侧墙壁处（共 7 处）设置急停按钮；同时，医院拟在急停按钮处设置醒目标识及文字显示，能让在机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。

4) 视频监控和对讲交流装置：直线加速器控制室控制台和机房之间（含迷道内）拟设计安装视频监控系统和对讲装置，可覆盖整个机房和迷道，通过显示屏可观察到机房内的所有情况，在治疗过程中医务人员可以及时观察病人情况和治疗室内情况，医生与病人双向交流，防止意外情况的发生。

5) 紧急开门按钮：机房内迷道入口处人员易接触的位置拟设置紧急开门按钮，在事故状态下人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸，推拉防

护门设有防挤压装置具有防夹伤功能。

6) 监测报警装置：医院拟在直线加速器机房内墙壁处设置固定式辐射剂量监测仪实时监测机房内辐射剂量率，并确保在异常情况下能报警，其显示单元拟设置在共用控制室内。

7) 安全联锁系统：除设备自身所带的安全联锁外，直线加速器机房拟设置门-机联锁，只有在机房门关闭状态直线加速器才能出束进行治疗，正常开机状态下，意外打开防护门，立即停止出束，能够防止意外照射。

8) 电缆穿墙方式

电缆穿墙采用地沟式，在防护门下方拟设计为 U 型穿越，经多次散射后出机房剂量率满足限值要求。

本项目直线加速器机房（2#机房）辐射安全与防护措施示意图见图 10-6。

(2) 后装机（机房在放疗中心南侧）

后装机房新设计的辐射安全防护措施如下：

1) 电离辐射警告标志和工作状态指示灯：后装机房入口处拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，并与出源机构联锁。防止无关人员逗留和误入。贮源容器外表面和迷道防护门上方拟设置电离辐射标志和中文警示说明。

2) 监测报警装置

后装机房内拟安装固定式 X/γ 辐射监测装置，显示屏拟放置在共用控制室内，工作人员可通过显示屏数据判断放射源由工作贮源器内输出和返回储存位置的状态。同时拟利用医院现有的便携式 X/γ 辐射检测仪定期对机房周围进行辐射剂量率检测，确保满足屏蔽要求。

3) 安全联锁装置

后装机房治疗室拟设置门-源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出源照射，出源状态下开门放射源自动回到治疗设备的安全位置。拟配备 UPS 不间断电源，确保断电状态下放射源能够顺利回源。

4) 紧急开门按钮：机房内迷道入口处人员易接触的位置拟设置紧急开门按钮，在事故状态下人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸，推拉防护门设有防挤压装置具有防夹伤功能。

5) 急停开关（回源）

医院拟在共用控制室后装机房控制台、后装机设备表面、迷道入口门内墙体、后装机房内四侧墙壁处（共 7 处）设置急停按钮，急停按钮按照标准设置，拟设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；紧急情况下按下任一急停开关均能使放射源迅速返回贮源器，紧急情况处理完毕后，急停按钮复位后才能重新启动后装机。

6) 应急储存设施

后装机房内拟配备 1 个应急铅储源罐，1 把长柄镊子，放置在治疗室内一角，后装放射治疗操作中，当自动回源装置功能失效时，具有手动回源的应急处理措施。

7) 视频监控、对讲装置

后装机房内拟安装监控摄像头，摄像头的位置可满足覆盖机房内全部区域，显示屏位于共用控制室内，通过显示屏可观察到机房内的所有情况。同时安装对讲装置，便于医护之间的双向交流。

8) 个人剂量报警仪使用和佩戴

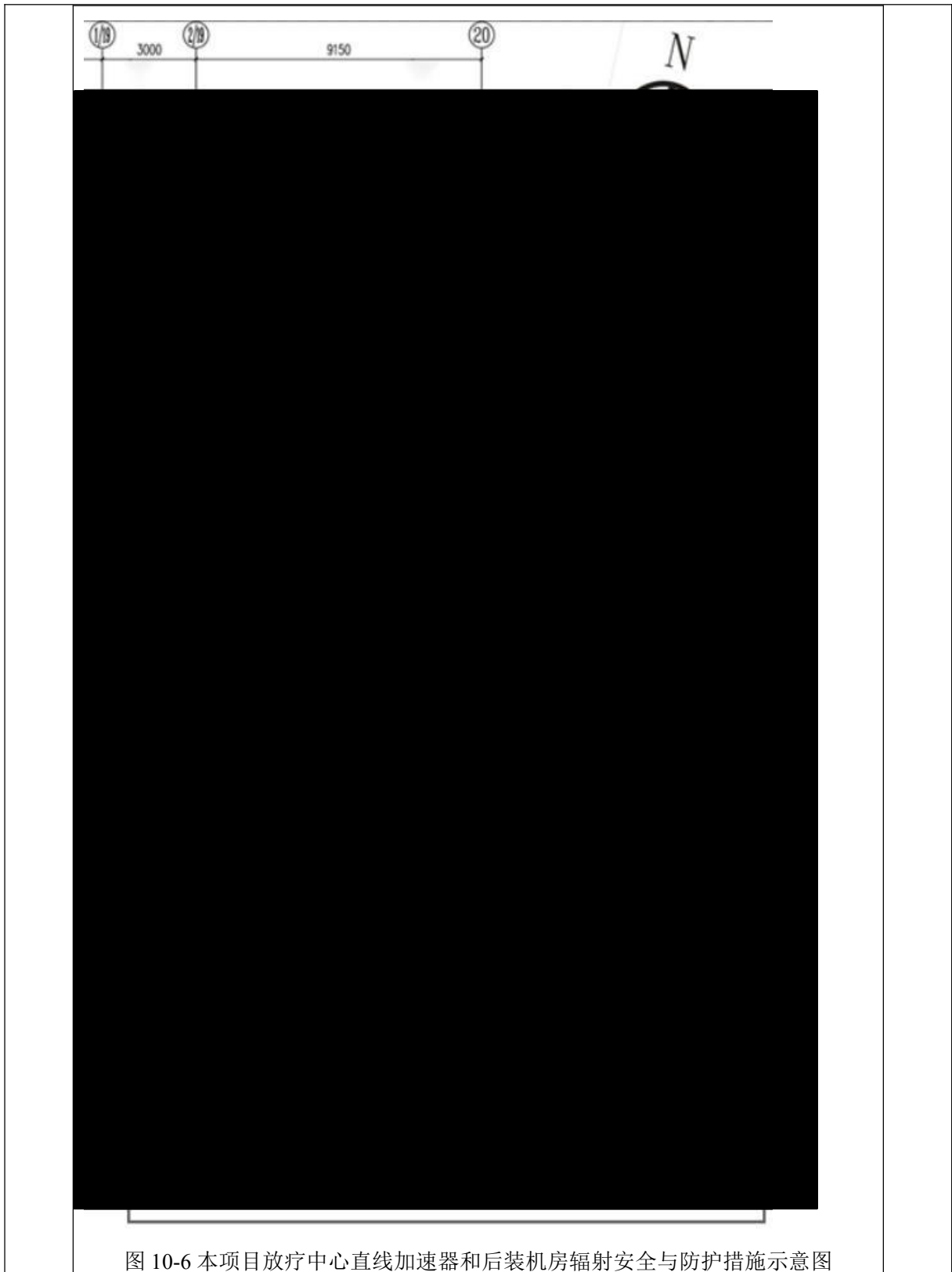
工作人员进入后装机房时拟佩戴个人剂量报警仪，通过报警仪器报警功能反映密封源状态，防止工作人员意外照射。

9) 辐射工作人员为医院放疗中心现有人员，已进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案；辐射工作人员进入拟改建后装治疗室前拟认真检查安全连锁是否正常运行，拟佩戴个人剂量报警仪；实施治疗期间拟安排两名及以上操作人员协同操作，严格执行交接班制度，发现异常及时处理。

10) 电缆穿墙方式

电缆穿墙采用地沟式，在防护门下方拟设计为 U 型穿越，经多次散射后出机房剂量率满足限值要求。

本项目放疗中心直线加速器和后装机房辐射安全与防护措施示意图见图 10-6。



5、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，开展放射诊疗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，包括个人剂量测量

报警、辐射监测等仪器。

本项目辐射工作人员 14 人均均为原有人员，医院放疗中心原有 1 台辐射巡检仪，6 台个人剂量报警仪（为直线加速器辐射工作人员配置 4 台、为后装机辐射工作人员配置 2 台），用于辐射防护监测和报警，本次环评拟利旧不新购置。所有辐射工作人员工作时均佩戴个人剂量计，以监测累积受照情况。医院拟按相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案。

6、人员监护

参与本项目（加速器和后装机）的辐射工作人员计划由放疗中心原岗位辐射工作人员担任，合计 14 人，为改建完成后的 1 台后装机配备 3 名工作人员（1 名放疗医师、1 名放疗技师（兼任直线加速器技师）、1 名物理师），为更新使用的 1 台直线加速器配备 10 名辐射工作人员（3 名放疗医师，7 名放疗技师（1 人兼任后装治疗技师），1 名物理师），放疗模拟定位 CT 辐射工作人员 1 人，本项目辐射工作人员 14 人均均为医院原有人员，工作制度为长白班，一班制。除模拟定位 CT 辐射工作人员外均已通过辐射安全与防护培训并取得“放射治疗”类别考核合格证书。

三废治理

一、直线加速器

1、废水

工作人员和部分病人产生的生活污水，由医院内污水处理站统一处理。

2、废气

本项目直线加速器产生的射线电离治疗室内空气会产生少量臭氧和氮氧化物，其中臭氧毒性最大，产生量也最高，此外氮氧化物还会与室内水汽作用形成酸雾腐蚀机房内设备。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中要求“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。”本项目直线加速器机房（2#机房）设置强制排风系统，进风口设在放射治疗机房顶部，2 个送风口，排风口设在治疗机房下部（治疗室东南角和西南角各 1），风管道穿越屋顶位置（送风和排风各 1 处）已避开主束照射，以确保室内空气充分

交换；机房（包括迷道）容积约为 353m³，设计风机的通风量为 3050m³/h，则机房内通风换气次数为 8.6 次/h，机房每小时换气次数大于 4 次，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）对放射治疗室通风换气次数的要求。

3、固体废物

本项目放射治疗过程中产生的一次性床单等医疗废物交医院现有医疗废物贮存点集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。工作人员产生的生活垃圾分类和工作垃圾收集后，将交由城市环卫部门处理。

二、后装机

（一）放射性废物

该后装机使用的 ¹⁹²Ir 放射源属于Ⅲ类放射源，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部（现生态环境部）令第 18 号，第二十八条，转让Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源的，转让双方应当签订废旧放射源返回协议。因此在确定采购放射源后，医院已与供源单位签订废旧放射源返回协议，废旧放射源由供源单位负责回收（见附件 10）。并承诺严格按照原环境保护部（现生态环境部）令第 18 号的其他相关规定做好以下措施：

1、在废旧放射源交回生产单位或者送交废旧放射源收贮单位贮存活动完成之日起二十日内，报其所在地的省级人民政府生态环境主管部门备案。

2、终止使用该后装治疗项目时，在实施放射源转移之前，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，应该向相应的生态环境行政主管部门报备，并按照相关要求实施放射源的转移，并根据使用场所污染情况确定环评文件的类别，若治疗场所经检测存在放射性污染，需编制环境影响报告表，若治疗场所经检测不存在放射性污染：仅需填报环境影响登记表。

（二）非放射性废物

1、废水

工作人员和部分病人产生的生活污水，由医院内污水处理站统一处理。

2、废气

本项目后装机使用 ¹⁹²Ir 密封源在衰变过程中产生β射线和γ射线，产生的射线电离治疗室内空气会产生少量臭氧和氮氧化物，其中臭氧毒性最大，产生量也最高，此外氮氧化物还会与室内水汽作用形成酸雾腐蚀机房内设备。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中要求“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h。”本项目后装机房设置强制排风系统，进风口设在后装机房内南侧，顶部进风，排风口设在后装机房下部，进风口与排风口位置呈对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h。机房（包括迷道）容积为353m³，设计风机的通风量为3050m³/h，则机房内通风换气次数为8.6次/h；机房每小时换气次数大于4次，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）对放射治疗室通风换气次数的要求。通风设计见附件9。

3、固体废物

本项目放射治疗过程中产生的一次性床单等医疗废物交医院现有医疗废物贮存点集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。工作人员产生的生活垃圾分类和工作垃圾收集后，将交由城市环卫部门处理。

表 11 环境影响分析

建设期对环境的影响

本项目对现有主要结构屏蔽体利旧，改造工程含少量砼浇筑工程，无地基开挖，主要涉及内部装饰装修和辐射安全防护设施改建，施工时将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

1、大气：本项目在建设施工期需进行的建筑装饰等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：（1）及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；（2）车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；（3）施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

2、噪声：整个装饰装修施工阶段，施工机械和设备在运行中将产生不同程度的噪声对周围住院病人、医护人员等人群造成一定的影响。因此，在施工时严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025），尽量使用噪声低的先进设备，同时施工过程中，避免在中午休息时间施工，另外考虑夜间医院住院病人较多，严禁夜间进行噪声作业。

3、固体废物：施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，运输至医院指定地点，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

4、废水：项目施工期间，会有少量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水不可随意外排，统一收集后由医院进行处理。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

运行期对环境的影响

一、辐射环境影响分析

（一）预测情景和参数选择

1、直线加速器

根据前文源项分析，电子线作为粒子辐射，射程短、穿透力弱，仅在治疗区域内形成有效照射野，无法穿透机房屏蔽墙体到达机房外，对机房外环境及人员的剂

量贡献可忽略不计，因此本次评价仅考虑 X 射线（光子辐射）的辐射环境影响，电子线辐射予以忽略。

本项目分别计算两档 X 射线能量下最高剂量率对应的辐射环境影响，选取的最高剂量率工况为 10MV（FF 模式）600cGy/min、6MV（FFF 模式）1400cGy/min。本次评价假设本台设备在两种能量最高剂量率工况下持续运行，计算本项目直线加速器运营期可能产生的最大辐射环境影响。

本项目直线加速器治疗前，需通过配套 CBCT 产生 X 射线进行扫描，该 CBCT 最大管电压 150kV、最大管电流 500mA，本项目直线加速器机房（2#机房）采用砼浇筑，其最薄弱部位砼厚度达 1300mm，防护门为 15mm 铅当量铅钢防护门，远大于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130—2020）中主射线束所需 2.5mmPb 的屏蔽厚度。对机房外公众及辐射工作人员的辐射影响较小，本次环评不再对 CBCT 的辐射影响进行单独计算。

2、后装机

改造后的后装机房使用 1 枚 III 类放射源 ^{192}Ir ，最大活度 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ （ $3.7\times 10^5\text{MBq}$ ）， γ 射线能量均值为 0.37MeV（最大 0.468MeV），具有较强的贯穿能力，部分 γ 射线能穿透屏蔽材料对治疗室外周围环境造成辐射影响。使用过程中主要防护 γ 射线辐射污染。

针对后装机房放疗期间辐射环境影响：根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3—2014），通常在治疗机房外、距机房外表面 30cm 处，选择人员受照的周围剂量当量(以下简称“剂量”)可最大的位置作为关注点。在距治疗机房一定距离处，公众成员居留因子大并可能受照剂量大的位置应作为关注点。本项目后装机房按照保守位置取关注点，在计算泄漏透射时均按照屏蔽体最薄弱厚度选取，忽略局部加厚部分。

（二）辐射防护效果预测

1、直线加速器

（1）有用线束主屏蔽区的宽度核算

使用《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）中的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度：

$$Y_p=2[(a+SAD)\times\tan\theta+0.3] \quad \text{公式 11-1}$$

式中： Y_p —机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD —源轴距，m，对于本项目医用直线加速器 $SAD=1m$ ；

θ —治疗束的最大张角（相对束中的轴线），即射线最大出射角的一半，取最大张角 14° ， θ 。

a —等中心点至“墙”的距离，m。等中心至墙与顶连接处的距离，m；当主屏蔽墙区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽相连接的次屏蔽的内表面，本机房南侧主屏蔽墙区向机房内凸， $a_{(南侧)}=4.5m$ ；当主屏蔽墙区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙的外表面，本机房北侧主屏蔽外凸， $a_{(北侧)}=5.8m$ 。

将各参数代入公式 11-1，可估算出本项目主屏蔽宽度核算结果并评价如下表 11-1：

表 11-1 直线加速器机房（2#机房）主屏蔽区的宽度设计评价表

机房名称	主屏蔽墙	θ ($^\circ$)	a	计算宽度 Y_p	实际宽度	评价
加速器机房	北墙主屏蔽	14	5.8m	3.99m	4.0m	符合
	南墙主屏蔽	14	4.5m	3.34m	4.0m	符合

经核算，本机房直线加速器现有主屏蔽宽度 4m 可满足要求。

(2) 机房（2#机房）外关注点辐射剂量率估算

1) 估算所采用的直线加速器辐射源强

本项目 1 台直线加速器 X 线能量 10MV 时 1m 处输出剂量率为 $600cGy \cdot m^2/min$ ，6MV 时 1m 处输出剂量率最大为 $1400cGy \cdot m^2/min$ ，本次理论预测分别按“6MV、 $1400cGy \cdot m^2/min$ ”和“10MV、 $600cGy \cdot m^2/min$ ”进行计算。

2) 估算点示意

见下图 11-1（平面）、图 11-2（剖面）。

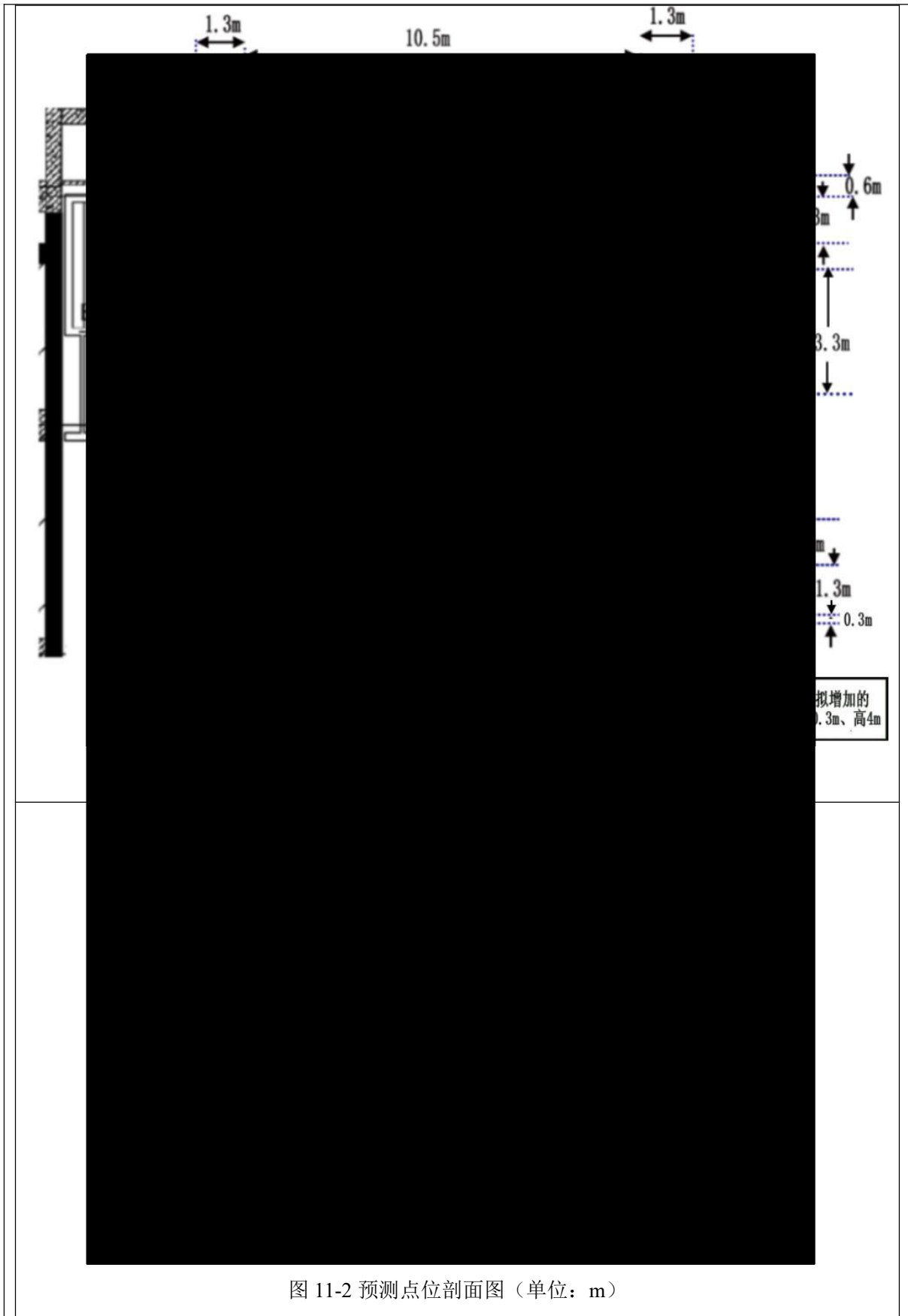


图 11-2 预测点位剖面图（单位：m）

3) 有用线束主屏蔽体外剂量率计算 (a 点、b 点、屋顶上方 l 点)

①主射线路径: $o_1 \rightarrow a$, $o_2 \rightarrow b$ 、屋顶 $o_3 \rightarrow l$ 。

②计算模式及参数选择

使用《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/T201.2-2011) 的相关公式进行有用线束主屏蔽体外剂量率计算, 在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时, 首先按照公式 11-2 计算有效厚度 X_e (cm), 按照公式 11-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B , 再按照公式 11-4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$X_e = X / \cos\theta = X \cdot \sec\theta \quad \text{公式 11-2}$$

式中: X —设计屏蔽厚度, cm;

θ —斜射角。主束线路上倾斜角 $\theta=0$, $\cos\theta=1$, 则有效厚度 X_e (cm) = 设计屏蔽厚度 X (cm), 其他射线线路据实计算。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1) / TVL} \quad \text{公式 11-3}$$

式中: TVL_1 (cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度, 当未指明 TVL_1 时, $TVL_1 = TVL$ 。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T201.2-2011 的附录 B 表 B.1。本项目中, 对应 10MV 的 X 射线能量: $TVL_1 = 41\text{cm}$, $TVL = 37\text{cm}$; 6MV 的 X 射线能量, 砑 TVL_1 为 37cm, TVL 为 33cm。

$$\dot{H} = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{公式 11-4}$$

式中: H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 (以下简称靶) 1m 处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$;

R —辐射源点 (靶点) 至参考点的距离, m, 本项目参考点均为对应砑墙外 30cm;

辐射源点至关注点的距离 R 按如下估算:

①直接与治疗机房连接的区域, 关注点为距治疗机房(包括治疗机房顶)外表面 30cm 的相应位置,

②对主屏蔽区的关注点, 辐射源点到关注点的距离为等中心位置至关注点的距离与源轴距 $SAD=1\text{m}$ 之和, 本项目水平照射时主屏蔽区的关注点为北侧 $R_{\text{主束}} = \text{南侧 } R_{\text{主束}} = 6.1\text{m}$, 垂直照射时机房屋顶上方主屏蔽区的关注点为 $R_{\text{主束}} = 6.75\text{m}$ 。

f —对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比 0.1%。

③预测计算结果

将相应主屏蔽厚度得出的辐射屏蔽透射因子 B 值代入，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-2。

表 11-2 直线加速器机房主屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

			地面绿化带
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	10	10
评价	满足	满足	满足

注：关注点 I 的有效屏蔽厚度由 240cm 砼和 0.3m 自然土层按密度 (1.4g/cm^3) 折算得出。砼密度为 2.35g/cm^3 。

4) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽体外剂量率计算 (d_1 、 d_2 、 c_1 、 c_2 点)

①射线路径 (射线类型)： $o_2 \rightarrow o \rightarrow d_1$ 、 d_2 (散射射线)， $o_1 \rightarrow o \rightarrow c_1$ 、 c_2 (散射射线)， $o \rightarrow d_1$ 、 d_2 (泄漏射线)， $o \rightarrow c_1$ 、 c_2 (泄漏射线)。

对于 d_1 、 d_2 、 c_1 、 c_2 位置点，考虑泄漏辐射和散射辐射的复合作用。

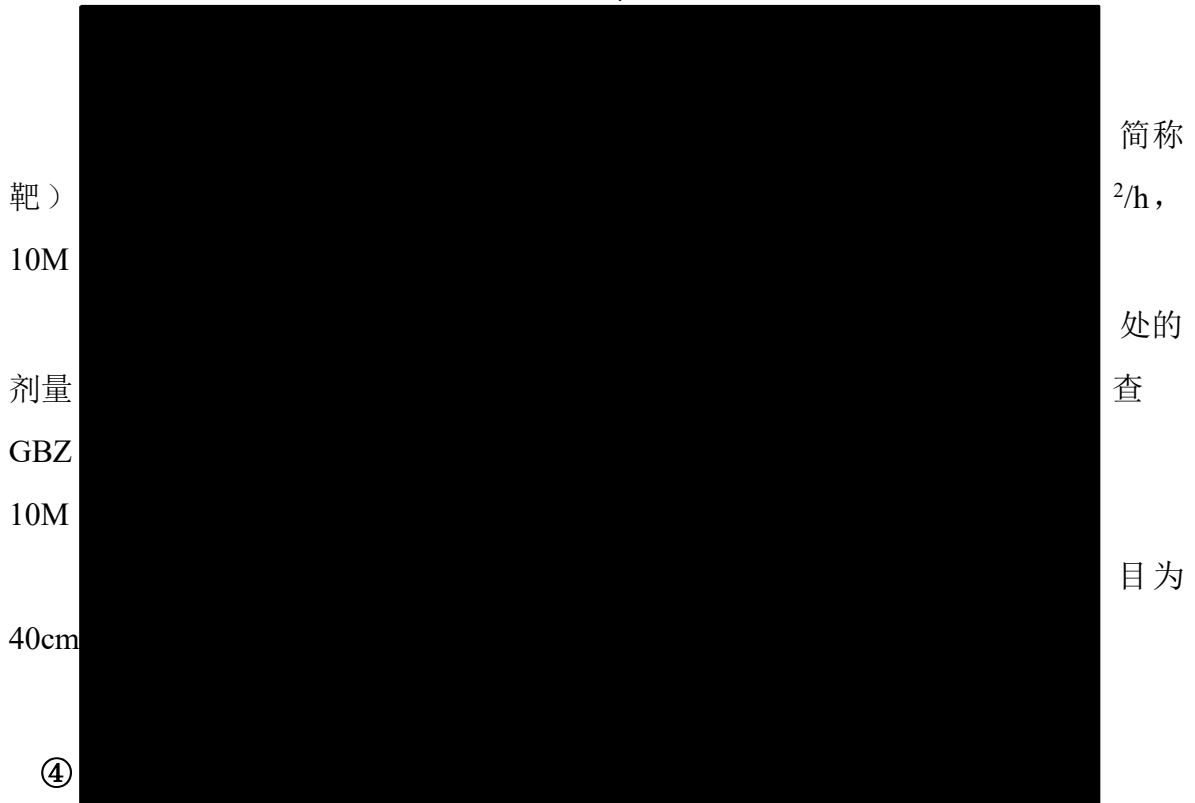
②泄漏辐射计算模式及参数

泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。 $f=0.001$ (泄漏辐射比率，WS674-2020)

《医用电子直线加速器质量控制检测规范》），公式 11-3 的 TVL_I 和 TVL 保守取附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，对于 6MV： $TVL_I=34\text{cm}$ ， $TVL=29\text{cm}$ ，对 10MV： $TVL_I=35\text{cm}$ ， $TVL=31\text{cm}$ 。

③ 散射辐射屏蔽计算

在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先用公式 11-1 计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度 X_e (cm)，按照公式 11-2 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B_s （其中患者散射辐射在砵中的什值层，查表 B.4 知，当散射角 30° 时，患者散射辐射在砵中什值层对于 6MV 射线为 26cm，对于 10MV 射线为 28cm），再按照公式 11-5 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)；



叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 H_c 相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-3，其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-3 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参		c_1 (控制)	c_2 (控制)		
屏蔽厚度					
泄	X_e				
漏	TVL_1				

辐射	泄	(
散射辐射	散	(
\dot{H} (μ 复合)														
H_c (μ Sv/h)														
剂量率参考控制水平														
评价			满足	满足	满足	满足								

5) 迷道墙外屏蔽体外剂量率计算 (f 点、k 点)

①射线路径 (射线类型) : $o \rightarrow f$ 、 $o_1 \rightarrow k$ 泄漏射线)。

②计算模式及参数选择

本项目有用线束不向迷路内墙照射, 该区考虑泄漏辐射屏蔽, 估算方法类似主

屏蔽区。公式 11-4 中， $f=0.001$ （泄漏辐射比率，根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）要求，对于 M 区域外泄漏辐射（不包括中子），吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%）。公式 11-3 的 TVL_1 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，10MV 射线时砗 $TVL_1=35\text{cm}$ ， $TVL=31\text{cm}$ ；6MV 时砗 $TVL_1=34\text{cm}$ ， $TVL=29\text{cm}$ 。

③预测计算结果

辐射剂量率预测结果见表 11-4，其中 X_e 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-4 直线加速器机房迷道墙外泄漏辐射剂量率核算值

\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	2	2
剂量率参考控制水平		
评价	满足	满足

6) 侧屏蔽墙屏蔽体外剂量率计算 (e 点)

①射线路径（射线类型）： $o \rightarrow e$ （泄漏射线）。该区考虑泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。公式 11-4 中， $f=0.001$ （泄漏辐射比率，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》（GBZT201.2-2011）要求，对于 M 区域外泄漏辐射（不包括中子），吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%）。


②计算模式及参数选择

公式 11-4 中, $f=0.001$ (泄漏辐射比率, 数据引用 WS674-2020《医用电子直线加速器质量控制检测规范》)。公式 11-3 的 TVL_1 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 10MV 射线时 $TVL_1=35\text{cm}$, $TVL=31\text{cm}$; 6MV 时 $TVL_1=34\text{cm}$, $TVL=29\text{cm}$ 。

③预测计算结果

e 点的辐射剂量率预测结果见下表 11-5, o 至 e 的泄漏辐射的斜射角较小, 通常以 0° 垂直入射保守估算, 其中 X_e 、 R 的取值由 CAD 图纸上读取。

表 11-5 侧屏蔽墙泄漏辐射剂量率核算值

	
\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 剂量率参考控制水平	10
评价	满足

7) 迷路入口处辐射水平核算 (g 点)

本项目直线加速器 X 射线能量 $\leq 10\text{MV}$, 根据 GBZ/T201.2-2011, g 点处同时受到加速器的泄漏辐射及迷道内散射辐射影响。忽略泄漏辐射受墙散射至 g 处的辐射和有用线束穿出人体达到位置 h , 受主屏蔽墙的散射至 n 处迷路外墙再次散射, 到达 g 处的辐射影响 (图中 $O_2 \rightarrow h \rightarrow n \rightarrow g$)。

①环评计算的射线路径 (射线类型)

$o_2 \rightarrow g$ (泄漏射线)、 $O_2 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g$ (散射射线、2 次散射)。

② 泄漏辐射计算模式及参数选择

g 点泄漏辐射剂量核算，计算结果见表 11-6。

表 11-6 迷路入口处的泄漏辐射剂量率核算值



③ 机房入口防护门屏蔽体外剂量率计算

根据 GBZ/T201.2-2011，防护门入口 g 点的患者散射辐射剂量率 H_g 按公式 11-6 计算。计算结果见下表 11-7。

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} H_0 \quad \text{公式 11-6}$$

式中： H_g — g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子，见附录 B 表 B.2，通常取 45° 散射角的值，根据 GBZ/T201.2-2011 表 B.2，本项目 6MV 时， α_{ph} 为 1.39×10^{-3} ，10MV 时， α_{ph} 为 1.35×10^{-3} ；

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ，本项目取 1600cm^2 ；

α_2 —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，取 i 处的入射角为 45° ，散射角为 0° ； α_2 值见附录 B 表 B.6，通常使用其 0.5MeV 栏内的值 $\alpha_2=0.022$ (22×10^{-3})；

A —处的散射面积, m^2 ; 本项目为 $A=长(2.97m+2.29m) \times 高 4m=21.04m^2$

R_1 —“ $o \rightarrow$ ”之间的距离, m ; 本项目为 $R_1=7.54m$ 。

R_2 —“ $\rightarrow g$ ”之间的距离, m ; 本项目为 $R_2=10.3m$ 。

\dot{H}_0 —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的最高剂量率, $\mu Sv \cdot m^2/h$, 本项目 6MV 时为 $8.4 \times 10^8 \mu Sv \cdot m^2/h$, 10MV 时为 $3.6 \times 10^8 \mu Sv \cdot m^2/h$ 。

表 11-7 患者散射至防护门入口 g 点剂量率核算值

H	

防护门外 g 点处的辐射剂量率 H ($\mu Sv/h$) 计算公式如下。

$$H = \dot{H}_{gz} \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \quad \text{公式 11-7}$$

式中: \dot{H}_{og} — g 处的泄漏辐射剂量率, $\mu Sv/h$; 本项目计算为 6MV 时 $0.011 \mu Sv/h$ 、10MV 时 $0.0108 \mu Sv/h$;

\dot{H}_{gz} : g 点计算的散射剂量率 (患者散射和主屏蔽散射), $\mu Sv/h$; 本项目计算为 6MV 时 $358.43 \mu Sv/h$ 、10MV 时 $149.19 \mu Sv/h$ 。

TVL —辐射在铅中的什值层, cm 。根据 GBZ/T201.2-2011, 按照前文公式 11-7 估算防护门的铅屏蔽厚度。估算中, $TVL_l = TVL$, $X_c = X(0 \text{ 度角入射时})$ 。在防护门外 g 处的散射辐射能量约 $0.2MeV$, 铅中的 TVL 值为 $0.5cm$ 。

本项目直线加速器防护门设计 $15mmPb$, 按照前文公式 11-7 计算设计防护门外剂量率 \dot{H}_C , 防护门屏蔽透射因子 B 根据前文公式 11-3 计算,

$B=10^{-(X_e+TVL-TV L_1)/TVL} = 10^{-(1.5+0.5-0.5)/0.5} =10^{-3}$, 则 6MV 时防护门外 $\dot{H} =10^{-3} \times 358.43+0.011=0.37\mu\text{Sv/h}$, 10MV 时 $\dot{H}=10^{-3} \times 149.19+0.0108=0.16\mu\text{Sv/h}$ 。满足评价提出的防护门外导出剂量率 3.2 $\mu\text{Sv/h}$ 要求。

8) 预测计算结果汇总及评价

直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见下表。

表 11-8 直线加速器机房（2#机房）屏蔽墙、屋顶、防护门外理论估算结果汇总

与机房相对位置	参考点	辐射类型	剂量率估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)		剂量率参考控制水平* ($\mu\text{Sv/h}$)	结论
			X 射线能量 6MV	X 射线能量 10MV		
机房东	通道 (e 点)	泄漏透射	1.44	1.08	2	满足
机房南	共用控制室 (a 点)	主束透射	0.089	0.305	2.5	满足
	共用控制室 (c ₁ 点、c ₂ 点)	患者散射透射+ 泄漏透射	0.05	0.064	2.5	
机房西	通道 (k 点)	泄漏透射	0.51	0.39	2	满足
	通道 (f 点)	泄漏透射	<0.001	<0.001	2	满足
机房北	通道 (b 点)	主束透射	0.79	2.17	10	满足
	通道 (d ₁ 、d ₂ 点)	患者散射透射+ 泄漏透射	1.152	1.247	10	满足
机房门外	g 点	泄漏透射+患者 散射	0.37	0.16	3.2	满足
机房顶上方	机房屋顶绿化带 (l 点)	主束透射	0.37	1.08	10	满足

(3) 加速器自带的锥形束 CBCT 的辐射影响

对照 GBZ130 对 CT 机房的建设要求, 本机房有效面积 49.5m² (东西向长 7.5m× 南北向宽 6.6m), 最小单边长度 6.6m, 最小层高 4m。满足标准中有效面积≥30m²、最小单边长度≥4.5m、机房最小层高≥2.5m 的要求。机房防护门处于 2 次散射位置, 散射辐射相对低, 满足本标准要求, 具备机械动力排风装置, 机房能够保持良好通风, 具有指示灯和机房门联锁功能, 拟建对讲装置, 拟建直线加速器机房 CBCT 满足 GBZ130 对 CT 机房的建设要求。

按照 GBZ130-2020 中 C.1.2b)给出的计算公式进行计算:

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \text{公式 11-8}$$

式中：

X —给定屏蔽物质的铅厚度；

α 、 β 、 γ —铅对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B —给定屏蔽物质的屏蔽透射因子，给定铅厚度的屏蔽透射因子 B 值对照 GBZ130-2020 中 C.1.2a) 相应要求采用给出的计算公式进行计算：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \text{公式 11-9}$$

式中：

B —给定屏蔽物质的屏蔽透射因子；

X —不同屏蔽物质的厚度；

α 、 β 、 γ —给定屏蔽物质对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见下表，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020)附录 C，150kVCT（主束）时对混凝土的拟合参数根据见下表：

表 11-9 CT 最大管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

常用最大管电压	屏蔽材料	α	β	γ
150kV (CBCT)	铅	1.757	5.177	0.3156
	混凝土	0.03243	0.08599	1.467

经计算现有的 1300mm 混凝土（按照最薄位置）在 150kV 管电压下铅当量 22mm，屏蔽透射因子为 2.03×10^{-19} ，CBCT 出束期间机房屏蔽体外剂量率很小，环评不再进一步计算其辐射环境影响。

(4) 感生放射性辐射环境影响分析

根据《直线加速器感生放射性的测量和分析》，X 射线能量为 10MV 的直线加速器在停止出束 10s 后，摆位处的辐射剂量率为 (0.21~0.52) $\mu\text{Sv/h}$ ，本项目直线加速器日门诊量不超过 50 人次，年工作 250 天，平均每位患者摆位时间取 2min，则年摆位时间不超过 417h，摆位处的辐射剂量率保守取最大值 0.52 $\mu\text{Sv/h}$ ，合计摆位所致直线加速器辐射工作人员年有效剂量不超过 0.22mSv。

(5) 通风管道辐射补偿措施的效果评价

改建直线加速器机房内设置通风系统，其管道直径 0.4m，斜穿屋顶，避开主束照射方向，送风管道在迷道处 30°斜穿屋顶（与水平面夹角），排风管道在机房斜上方 30°斜穿屋顶（与水平面夹角）。

射线经通风管道至少经三次散射出屋顶地面位置处，剂量率很小，能够满足要求，见下图 11-3-1、图 11-3-2、图 11-3-3。

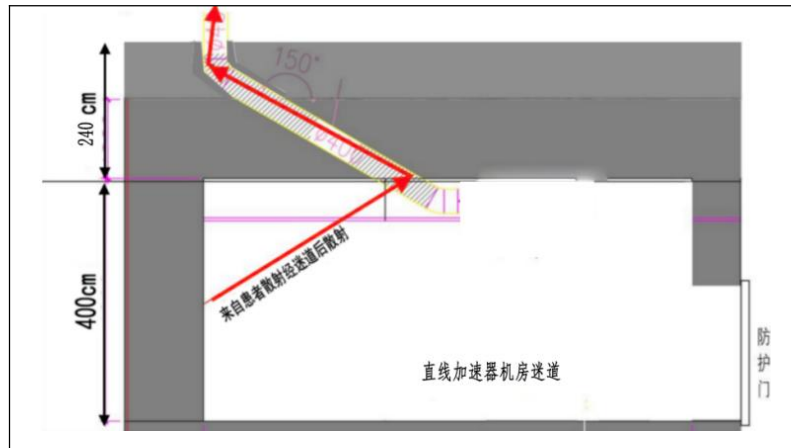


图 11-3-1 直线加速器机房辐射经送风孔洞穿屋顶散射示意图

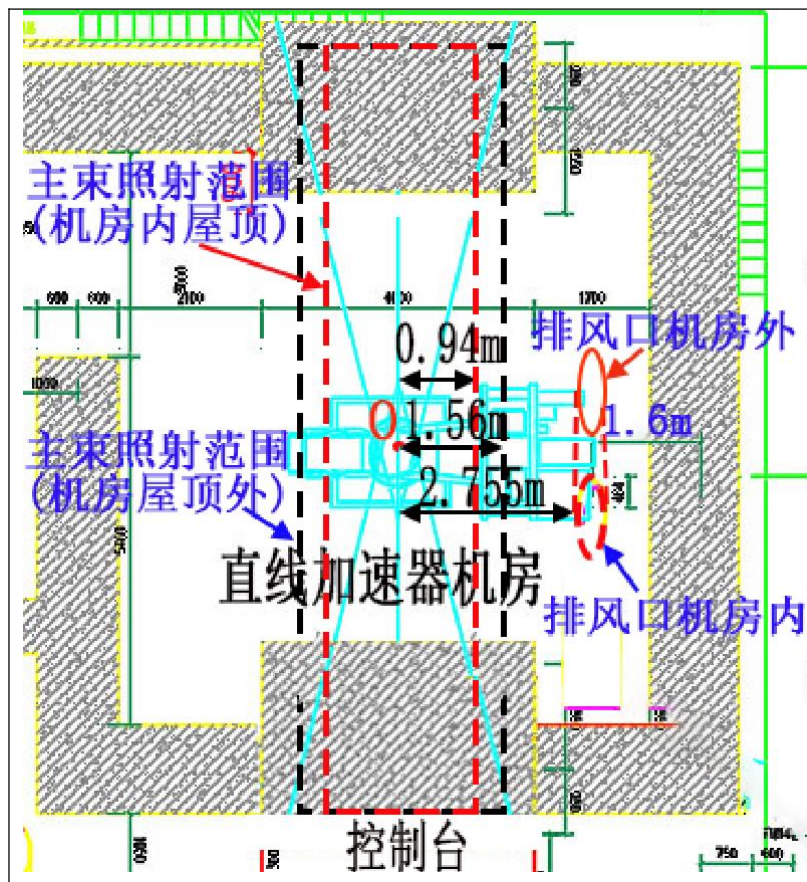


图 11-3-2 直线加速器向上照射时主束范围和排风口相对位置关系图

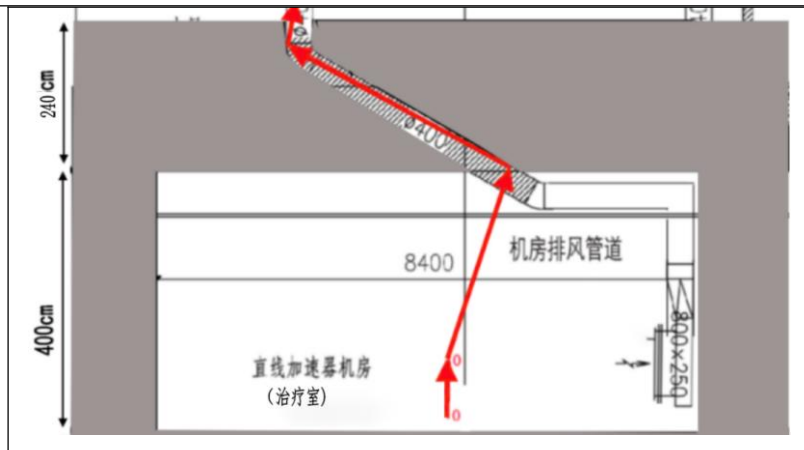


图 11-3-3 直线加速器机房辐射经排风孔洞穿屋顶散射示意图

(6) 电缆、门缝辐射补偿措施的效果评价

本次改建的直线加速器机房电缆沟宽 35cm，深 20cm，拟通过“U”形地沟形式穿越防护门下方，穿出机房位置位于迷道内，避开主射线方向，射线至少经过 3 次散射才能到达治疗室外，穿墙孔外侧的辐射剂量将在控制范围内。具体见下图。

① 电缆沟穿机房屏蔽体

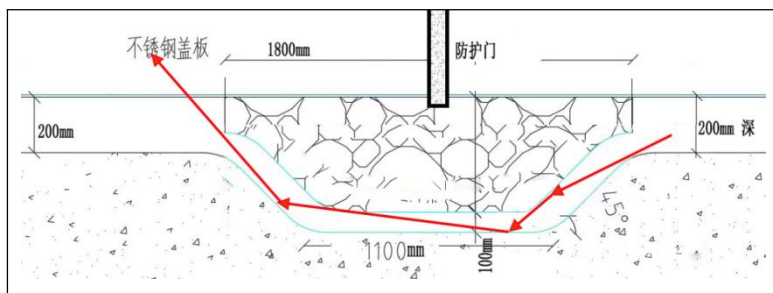


图 11-4-1 本次直线加速器机房电缆出机房改建设计图

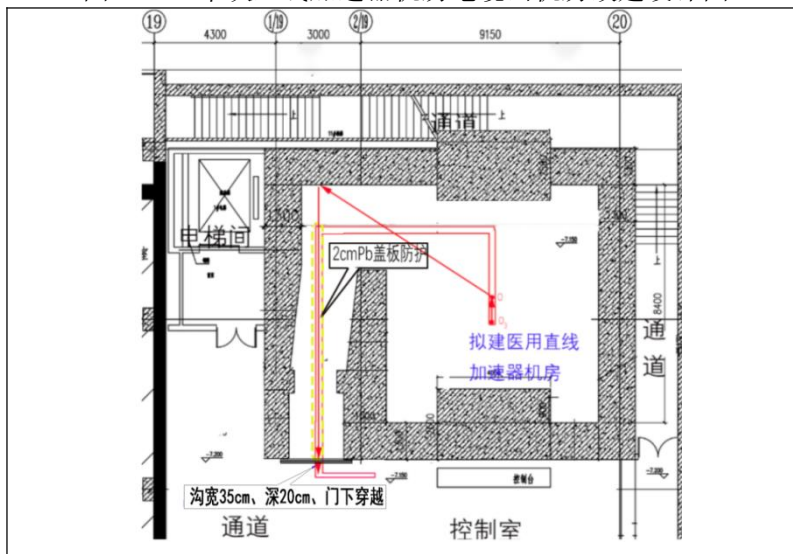


图 11-4-2 直线加速器机房电缆出机房做法图

②门缝

本项目防护门设计时拟考虑防护门与墙壁及地面的重叠搭接，间隙拟小于1cm，搭接不小于10cm，满足重叠宽度大于缝隙十倍的要求。

2、后装机

(1) 源强及预测关注点

本次评价以¹⁹²Ir密封源出厂活度 $3.7\text{E}+11\text{Bq}$ ($3.7\times 10^5\text{MBq}$)为辐射源强，在治疗时¹⁹²Ir密封源处于裸源状态。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)中使用的什值层(TVL)计算方法，预测后装机最大装载放射源活度时，放疗机房外各预测点的初始辐射剂量率水平。

(2) 估算点示意

见图11-5-1、图11-5-2。

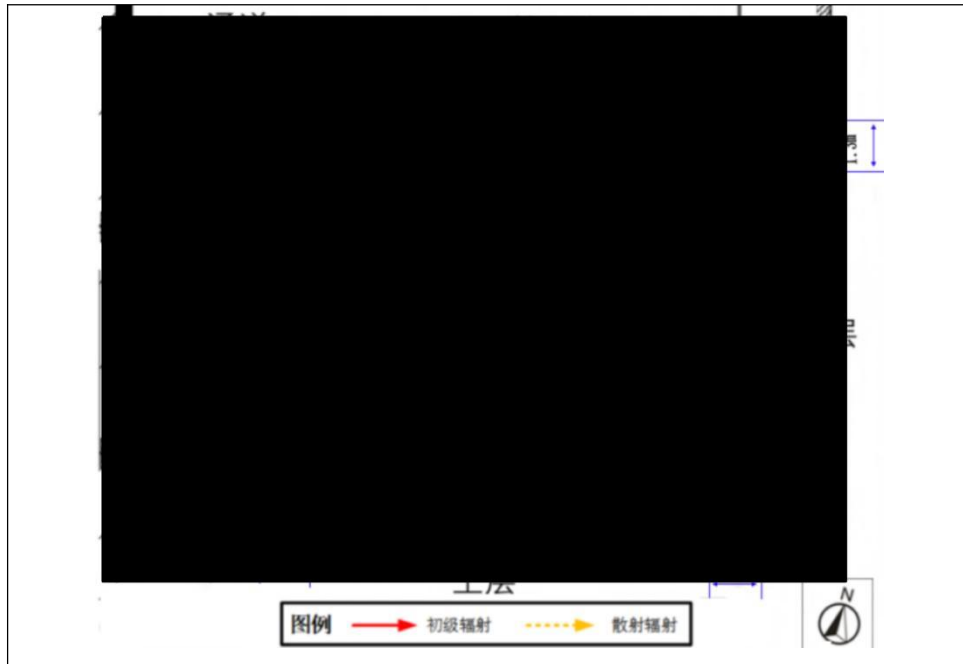


图 11-5-1 后装机房估算点平面图

(3) 机房外初级辐射屏蔽剂量估算

1) 计算公式及相关参数, 公式取自 GBZ/T201.3-2014。

a) 有效屏蔽厚度计算 $X_e = X / \cos\theta = X \cdot \sec\theta$ 公式 11-10

式中:

X_e ——有效屏蔽厚度, cm;

X ——设计屏蔽厚度, cm;

θ ——斜射角, 即入射线与屏蔽物质平面的法线的夹角

b) 机房辐射屏蔽透射因子 $B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL}$ 公式 11-11

式中:

B ——机房辐射屏蔽透射因子;

X_e ——有效屏蔽厚度, mm;

TVL ——辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度, mm;

TVL_1 ——辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度, mm。

对于 ^{192}Ir 放射源, 查 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.1 可知, 砼 $TVL_1 = TVL = 152\text{mm}$; 铅的 $TVL_1 = TVL = 16\text{mm}$ 。

$$\dot{H} = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{公式 11-12}$$

式中:

H ——关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_0 —距辐射源点（靶点）1m 处常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

B —机房屏蔽透射因子；

f —对有用线束为 1。本项目为 1；

R —辐射源至关注点的距离，m。

放射源的体积相对于放疗室的体积非常小，因此可将放射源作为点源进行考虑，利用公式（11-17）计算活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)。

$$H_0=A\cdot Kr \quad \text{公式 11-13}$$

式中： A ——为放射源的活度（MBq），本项目后装机为 ^{192}Ir 放射源，活度 $3.7\times 10^5\text{MBq}$ ；治疗出束期间按照机房内裸源进行计算。

Kr ——放射源的空气比释动能率常数，单位 $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ；查 GBZ/T201.3-2014 表 C.1 为 $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。

2) 机房屏蔽体外初级辐射屏蔽剂量估算结果

根据上述公式（11-12）~（11-14）计算出后装机房外各参考点的初始辐射剂量率水平。计算参数和计算结果见下表。

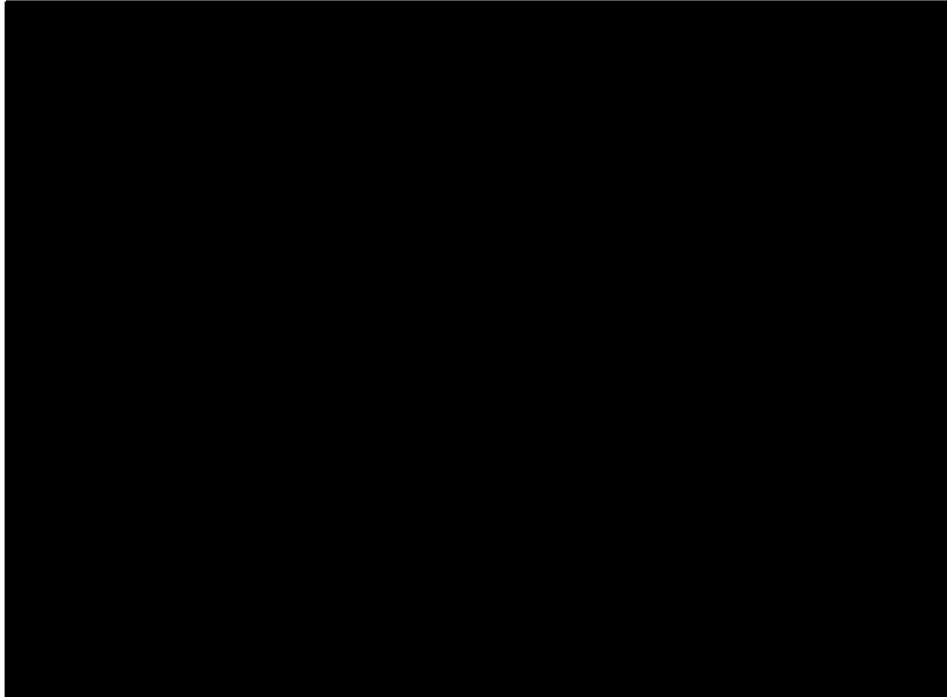
表 11-10 后装机房屏蔽体外 30cm 位置初级辐射屏蔽剂量的计算参数及结果一览

位置	距离 R (m)	活度 A (MBq)	空气比释动能率常数 Kr ($\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$)	初始剂量率 \dot{H}_0 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	是否满足要求
[Redacted Table Content]					否 足 值 求
方*					

说明*：130cm 厚砼、1.35m 厚度土层（按照密度折算为 76cm 砼），合计 2.06m（2060mm）砼
**：计算屏蔽体外剂量率时，屏蔽体厚度保守均按照不考虑主屏蔽凸出部分厚度考虑，只考虑最薄弱屏蔽体部分（按次屏蔽体厚度核算）。

（4）散射辐射屏蔽

防护门处散射剂量率可按下式进行预测计算：



C.
积

附录 C 表

墙区面

，可计算得

散射射线经迷道墙散射至治疗室入口处的辐射水平为 $22.38\mu\text{Sv/h}$ 。在 g 处的散射辐射能量约 0.2MeV ，铅中的 TVL 值为 5.0mm ，本项目防护门设计为 16mmPb （利旧），经过防护门屏蔽后的剂量率为 $10^{-3.2} \times 22.38 + 0.001 = 0.0154\mu\text{Sv/h}$ ，满足评价提出的导出剂量率 $3.8\mu\text{Sv/h}$ 限值。

（5）贮源状态下机房外的辐射剂量率水平分析

根据《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）：在距离贮源器表面 5cm 处的泄漏辐射所致周围剂量当量率不超过 $50\mu\text{Sv/h}$ 。采用前公式（11-16）和（11-17），来计算贮源状态下，后装机房外 30cm 处的辐射剂量率水平，经计算，后装机在贮源状态下，机房外的辐射剂量率贡献值最大值远低于 $0.001\mu\text{Sv/h}$ ，远低于机房所在场所的环境 γ 辐射剂量率水平。因此后装机在贮源状态下，机房外的辐射剂量率贡献值可忽略不计。

（6）通风管道处屋顶上方辐射剂量率

本项目后装治疗室通风管道以 45° 斜向穿出屋面，形成弯折通道。后装机运行期

间， ^{192}Ir 放射源产生的 γ 射线无法通过管道直接直射出屋顶，需经管道壁至少三次散射后才能逸出。根据辐射散射衰减规律，经多次散射后，屋顶外地面处的剂量率低于排风洞口的剂量率，满足屋顶外公众剂量率 $\leq 10\mu\text{Sv/h}$ 的控制限值要求。

(7) 电缆、门缝辐射补偿措施的效果评价

1) 电缆沟出机房处剂量率

后装机房电缆沟沿迷道建设，直通矩形埋地电缆沟，电缆沟宽 35cm，深 20cm，改建项目后装机房电缆沟利旧，拟在出防护门后电缆沟上方采用 5mm 厚铅板覆盖，则电缆沟上方剂量率 $22.38\mu\text{Sv/h} \times 10^{-1} + \text{泄漏剂量率} (< 0.001\mu\text{Sv/h}) < 2.238\mu\text{Sv/h}$ ，满足防护门外 $4.8\mu\text{Sv/h}$ 剂量率限值要求。

2) 门缝

本项目防护门设计时拟考虑防护门与墙壁及地面的重叠搭接，间隙拟小于 1cm，搭接不小于 10cm，满足重叠宽度大于缝隙十倍的要求。

(三) 保护目标有效剂量估算

1、关注点人员的年有效剂量估算

由《辐射防护导论》给出的公式进行估算：

$$D_{\text{Eff}} = H \cdot t \cdot T \cdot U / 1000 \quad \text{公式 11-15}$$

式中： D_{Eff} —关注点人员有效剂量 (mSv)；

H —关注点的辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)，保守取 10MV 和 6MV 工况下较大剂量率；

t —关注点处年受照时间 (h)，根据前文，本项目直线加速器年出束运行时间不超过 625h；后装机年出源时间不超过 416.67h。

T —居留因子；

U —使用因子；

(1) 放疗中心各机房周边关注人员年有效剂量

将表 11-8 和表 11-10 中辐射剂量率估算值代入公式 11-15，估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算中对于非紧邻的场所，按照剂量率随距离平方衰减规律计算，计算结果见下表。

表 11-11 放疗中心机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

辐射 工作 机房	参考点	参考点所在场所	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因 子 T	使用 因子 U	年最多 出束时 间 (h)	年有效 剂量 mSv/a	人 员	约束 值 (mSv /a)	结 论
直线 加速 器机 房 (2# 机 房)	南侧 a	共用控制室	0.305	1	1/4	625	0.048	职业 人员	5	满足
	南侧 c ₁ 、c ₂	共用控制室	0.064	1	1	625	0.04			满足
	东侧 e 点	通道	1.44	1/5	1	625	0.18			满足
	北侧 b 点	通道	2.17	1/5	1/4	625	0.068			满足
	北侧 d ₁ 、d ₂ 点	通道	1.247	1/5	1	625	0.156			满足
	东侧 $\geq 2\text{m}$	医院内道路、府 右路	0.36	1/16	1	625	0.014	公众	0.1	满足
	东侧 $\geq 6\text{m}$	医院内自行车车棚 (机房屋顶上方)	0.04	1/16	1	625	0.002	公众		满足
	南侧 $\geq 30\text{m}$	门诊楼	0.003	1	1	625	0.002	公众		满足
	西侧 k 点	通道	0.51	1/5	1	625	0.064	公众		满足
	西侧 f 点	通道	< 0.001	1/5	1	625	< 0.001	公众		满足
	西侧 $\geq 3\text{m}$	病房楼地下一 层、二层车库	0.057	1/4	1	625	0.009	公众		满足
	西侧 $\geq 8\text{m}$	病房楼一层冷水 机房、控制室、 病人更衣室、模 具室、大厅、热 疗室、模拟定位 CT 机房、护师 办、医生办、物 理室、更衣室 (放射诊断医护 人员)、候诊 室、高压氧舱等	< 0.001	1	1	625	0.001	公众		满足
	西侧 $\geq 10\text{m}$	病房楼 2 层至 13 层病房、医护人 员办公、诊疗场	≤ 0.001	1	1	625	< 0.001	公众		满足

		所等								
	北, $\geq 30\text{m}$	污水处理站、危化品库、医疗废物暂存间	0.001	1	1	625	< 0.001	公众		满足
	屋顶1点	机房屋顶绿化带	1.08	1/20	1/4	625	0.008	公众		满足
	g点	防护门外	0.37	1/8	1	625	0.029	公众		满足
后装 机房 (1# 机房)	西侧 a 点、a1 点	模具室	< 0.001	1	1	416.67	< 0.001	职业 人员	5	满足
	北侧 b 点	共用控制室	< 0.001	1	1	416.67	< 0.001			
	g点	防护门外	0.0154	1/8	1	416.67	< 0.001	公众	0.1	满足
	1点	屋顶上方	< 0.001	1/20	1	416.67	< 0.001	公众		满足

注：1) 居留因子取值依据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)附录A；其中k点和点为电梯前室，居留因子保守按照通道取1/5（无人看管的电梯和楼梯附录A中居留因子为1/40）。

2) 各环境保护目标处的剂量率取所在方向屏蔽体外最大剂量率按距离平方反比进行估算，地面上环保目标取屋顶上方剂量率按照距离平方反比进行估算。

(2) 叠加辐射影响

本项目包括共用控制室内职业人员有效剂量叠加和公众有效剂量叠加，见下表。

表 11-12 职业人员和公众有效剂量叠加一览表

预测点位所在场所	辐射源	居留因子 T	使用因子 U	剂量率估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 (mSv/a)	叠加年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	结论
共用控制室	直线加速器	1	1	0.305	0.048	< 0.049	5	满足
	后装机	1	1	< 0.001	< 0.001			
西侧通道 k 点	直线加速器	1/5	1	0.51	0.064	< 0.065	0.1	满足
	后装机*	1/8	1	0.0154	< 0.001			
屋顶上方1点	直线加速器	1/20	1/4	1.08	0.008	< 0.009		满足
	后装机	1/20	1	< 0.001	< 0.001			

注*：保守取后装机防护门外剂量率。

根据前文所述，直线加速器辐射工作人员摆位受感生放射性影响所致年有效剂量不超过 0.22mSv，叠加患者摆位后加速器辐射工作人员年有效剂量不超过 0.269mSv（共用控制室不超过 0.049mSv+摆位不超过 0.22mSv）；后装机辐射工作人员年有效剂量不超过 0.049mSv（共用控制室），以上辐射工作人员均满足年有效剂量约束值 5mSv。

2、项目改建前后辐射工作人员年有效剂量达标分析

目前，医院放疗中心现有辐射工作人员 14 名，含 4 名放疗医生，2 名放疗物理师，7 名放疗技师（1 名直线加速器技师/兼任后装技师，其余为直线加速器技师）和 1 名 CT 医学影像师在 2025 年度个人剂量监测见下表 11-13。

表 11-13 放疗中心辐射工作人员 2025 年度个人剂量监测结果

序号	姓名	岗位	个人剂量监测结果（mSv）				
			第一周期	第二周期	第三周期	第四周期	年度合计
			0.019	0.019	0.061	0.019	0.118
			0.019	0.019	0.07	0.042	0.15
			0.019	0.019	0.061	0.019	0.118
			0.019	0.019	0.019	0.075	0.132
			0.019	0.019	0.058	0.019	0.115
			0.019	0.019	0.065	0.019	0.122
			0.019	0.123	0.042	0.075	0.259
			0.019	0.020*	0.028*	0.054	0.121
			0.019	0.019	0.063	0.019	0.12
			0.019	0.019	0.019	0.019	0.076
			0.019	0.019	0.019	0.019	0.076
			0.019	0.049	0.019	0.019	0.106
			0.019	0.019	0.019	0.019	0.076
			0.019	0.019	0.077	0.019	0.134

2025 年度，放疗中心辐射工作人员个人剂量监测结果显示：全体人员平均年有

效剂量为 0.123mSv，最大年有效剂量为 0.259mSv

后装技师/（直线加速器）技师），两项监测值均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射工作人员年有效剂量限值 20mSv/a，同时满足本项目设定的职业人员年有效剂量约束值 5mSv/a 的要求（放疗中心个人剂量监测报告见附件 6）。

综上，本改建项目运营期，放疗中心辐射工作场所防护措施有效。辐射工作人员年有效剂量可满足年有效剂量约束值 5mSv/a。

二、三废影响分析

1、废水

工作人员和病人产生的普通生活污水，由院内污水处理站统一处理。

2、废气

本项目放射治疗机房均采用机械通风系统，进风口设置在放射治疗机房上部，排风口设计在治疗机房下部，通风量能保证机房内通风换气次数均大于 4 次/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）对放射治疗机房通风的要求。机房内产生的臭氧和氮氧化物通过通风系统排至外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小，通风设计见附件 9。

3、固体废物

运营期放射性固体废物主要为废旧 ^{192}Ir 放射源，按照协议返回放射源生产厂家。本项目放射治疗过程中产生的定位体膜、一次性床单等医疗废物交医院现有医疗废物贮存点集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。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。

事故影响分析

一、直线加速器

（一）可能产生的辐射事故

本项目直线加速器为II类射线装置，医院在开展放射治疗过程中，可能发生的辐射事故主要为：

- 1、人员未全部撤离治疗室即进行出束治疗，导致发生误照射。
- 2、门机联锁装置失效，在防护门未关闭的情况下即开始出束治疗，对工作人员

和周围公众造成不必要的照射。

3、操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。

4、由于机房防护门漏射线造成不必要的照射等。

(二) 事故预防措施

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下处理措施：

1、严格按照相应规章制度与操作规范，在放射治疗前，检查治疗室内无病患以外的人员停留。

2、定期进行辐射防护设施的检测与维修，杜绝因设施问题造成人员误照射。

3、加强人员培训，定期组织工作人员内部学习与考核，强化人员素质，明确操作流程，尽可能降低因人员操作失误产生事故的可能性。

5、辐射工作人员在工作时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪等。

(三) 事故应急措施

针对本项目可能发生的辐射事故，可采取以下处理措施：

1、发生误照射（人员误留、误入机房内；操作人员违反操作规程或误操作；机房闭门装置失效，导致防护门无法自动关闭），立即按下急停开关，确保直线加速器停止工作。

2、立即向应急小组负责人汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入。迅速安排受照人员接受医学检查和救治。

3、事故发生后，积极配合生态环境等管理部门做好事故调查和善后处理工作。

4、对发生事故的射线装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见等。

二、后装机

(一) 可能发生的事故

后装机采用III类密封源作为放射源，正常运行过程中密封源或者停留在铅屏蔽箱体内部或者停留在患者施源器内，不会造成其他环境影响，医院在开展放射治疗过程中，若出现机械故障、人为操作失误或者后装机房辐射安全防护措施故障失效时可能会导致人员受到意外异常照射、严重导致发生辐射事故。可能的情形如下。

1、辐射工作人员违反操作规程或误操作，造成意外照射；

2、联锁装置失效或设备运行时人员误留机房，设备运行可能对人员产生超剂量照射；

3、后装机进行维修时，若发生联锁失效或强行出源等情况时，导致维修人员可能受到不必要的照射；

4、后装机因工作人员操作不当或者出现设备故障，在设备安装、更换放射源或维修设备时，发生放射源跌落造成操作人员受到意外照射；

5、后装机施源器发生故障，可能导致放射源被卡住，发生驻源事件，或者放射源从施源器脱漏，往往会对患者和工作人员造成过量照射；

6、由于管理工作不到位导致后装机放射源发生被盗、丢失等事故，可能造成对公众的意外照射和环境放射性污染等。

(二) 事故预防措施

通过定期完善辐射安全与防护设施、严格落实辐射安全管理和辐射应急使辐射危害降低到尽可能低的水平，主要包括：

1、建立（健全）辐射安全管理机构，制定完善的规章制度，并在实际工作过程中严格执行。

2、严格执行设备操作规程，工作人员定期参加相关培训，提高操作水平、责任意识及事故状况下的处理能力。加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识。

3、辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查各辐射工作场所和设备的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。

4、严格落实设备检修维护制度，定期对联锁装置、急停按钮、状态指示灯等进行检修维护，使其处于正常有效状态；

5、装源换源由专业人员完成，严禁擅自拆卸，并定期检查设备性能，防止卡源事故的发生；

6、加强安全保卫工作，严格落实放射源台账管理制度，设专人负责，防止放射源丢失、被盗等。

(三) 事故应急措施

本项目采取的事故应急措施见下表。

表 11-14 本项目采取预防措施

序号	可能产生的辐射事故	采取的预防措施
1	误照事故，超剂量照射	①一旦发现有人误入或误留机房，工作人员应立即利用最近的应急开关，使放射源迅速返回贮源器； ②误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短人员的受照时间。机房外划出警戒范围，设置明显的电离辐射标志，禁止公众人员入内； ③对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ④发现上述事故者应立即报告医院辐射事故应急小组，由医院辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省生态环境部门，发生医疗损伤时上报当地卫生健康部门； ⑤事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。
2	卡源事故，超剂量照射	①一旦发现卡源事故，工作人员应立即启动紧急停机按钮，使放射源迅速返回贮源器； ②放射源完全卡死情况下，工作人员应疏导正在治疗的病人在最短的时间内撤离机房，尽量缩短人员的受照时间。机房外划出警戒范围，设置明显的电离辐射标志，禁止公众人员入内。通知辐射事故应急小组进行处理； ③对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ④发现上述事故者应由医院辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省生态环境部门，发生医疗损伤时上报当地卫生健康部门； ⑤事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。
3	被盗、丢失	发现上述事故者应立即报告医院辐射事故应急小组，启动应急措施，及时将事故情况上报生态环境主管部门、公安部门，积极配合调查。

三、其他

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- 1、确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- 2、根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- 3、现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计和剂量报警仪。
- 4、应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。
- 5、事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

6、以上应急响应流程医院应每年组织演练一次。

依照《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》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目运行期间的最大可信事故为射线装置或放射源失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，属于一般辐射事故。

医院拟根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急预案，采取必要防范措施，并在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康行政主管部门报告；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主管部门报告。

医院拟严格执行射线装置和放射源的操作规程及工作场所分区管理要求，定期监测辐射工作场所的辐射环境剂量率等，确保辐射工作场所安全。当发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人报告，启动辐射事故应急预案。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目直线加速器属于Ⅱ类射线装置，后装机属于使用Ⅲ类放射源。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Ⅲ类放射源，使用Ⅱ类射线装置单位，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。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，应对直接从事该Ⅲ类放射源，Ⅱ类射线装置使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核，考核不合格的，不得上岗。根据《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》（生态环境部第 57 号公告）的要求，从事辐射工作的人员及辐射防护负责人均应通过生态环境部组织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通过考核。对于原来已取得培训合格证且在有效期内的仍然有效。

，医院拟根据本项目特点修订相关文件，已明确辐射安全领导小组主要职责，医院的辐射防护负责人已通过“辐射安全管理”类考试，医院拟通过调整辐射安全管理小组成员，将辐射防护负责人纳入辐射安全管理小组成员中。

医院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[00068]，种类和范围为“使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；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 2026 年 10 月 12 日。

辐射安全管理规章制度

医院已制定《直线加速器操作规程》《后装机操作规程》《技师岗位职责》《治疗医师岗位职责》《物理人员岗位职责》《辐射防护管理人员岗位职责》《辐射防护与安全保卫制度》《设施设备维护与维修制度》《放射性同位素和射线装置使用登记管理制度》（含放射源、射线装置），《台账管理制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射环境监测方案》《个人剂量监测制度》《辐射事故应急预案》等。上述规章制度均得到有效执行和落实，规章制度具有一定的针对性和可操作

性，能够满足现有核技术利用项目管理需求。

已制定《辐射环境监测方案》，医院已委托有资质单位（南京泰坤环境检测有限公司）对放疗中心南侧原有直线加速器机房（1#机房）周边进行环境检测，医院拟根据本项目具体情况完善《设施设备维护与维修制度》，补充后装机维护与维修内容，并根据以下内容完善相关制度：

1) 操作规程：拟完善放射治疗相关的操作规程，明确本项目辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。

2) 岗位职责：拟完善管理人员、射线装置操作人员、后装机工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

3) 辐射防护和安全保卫制度：拟定期检查辐射安全装置及检测仪器，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态。

4) 设备维修制度：拟补充完善后装机维护维修内容，补充各场所辐射安全防护设施设备维护维修内容，确保运行中辐射检测装置、报警装置及急停按钮、联动装置、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等安全措施正常。

5) 人员培训计划和健康管理制：拟明确培训对象、内容、周期、方式、考核人员和专业类别以及考核的办法等内容，目前辐射安全管理人员、辐射安全防护负责人及所有辐射工作人员均通过辐射安全防护考核（1人管理、13人放射治疗均已参加并通过辐射安全与防护知识的相应专业类别考核，1人放疗模拟定位CT通过自主培训），若后期有新增人员须参加相应专业类别考核后方可上岗。

并应强调对培训档案的管理，做到有据可查。

6) 监测方案：补充细化本项目监测方案，具体包含以下内容。

①明确监测项目和频次；

②辐射工作人员个人剂量监测数据建立个人剂量档案；

③对发生辐射事故处理进行全程监测；

④定期对拟改建后直线加速器和后装机工作场所及周围环境进行监测并委托有资质的单位定期进行监测，发现异常情况的，拟立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

⑤委托有资质监测单位对本单位的放射源和射线装置的安全和防护状况进行年度检测，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，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

1、辐射监测计划

(1) 制度执行情况

医院已建立完善的辐射监测管理制度，已经制定《辐射环境监测方案》，见附件5（医院现有辐射安全管理机构和制度），按要求配备辐射环境剂量巡测仪、表面沾污仪等监测设备；每年按时提交辐射安全和防护年度评估报告及相关监测报告，制度执行有效。

(2) 改建后环境监测

本次机房调换、直线加速器设备更新并后装机迁移后，将同步优化监测点位，覆盖新机房、新设备的辐射环境监测需求，严格执行现有监测制度，确保辐射环境安全可控。医院已委托有资质单位（南京泰坤环境检测有限公司）对放疗中心南侧原有直线加速器周边进行环境检测，本项目运营后拟增加对后装机房周边环境检测。

医院拟细化补充针对本项目运营期后监测计划如下，见表12-1：

表12-1 本项目辐射环境监测计划表

监测项目		监测频次	监测点位	结果评价
X-γ辐射剂量率	竣工验收监测	1次	机房屏蔽体外（后装机西侧模具室、直线加速器机房东、北侧医护人员通道和西侧通道）、防护门外、门缝隙处、控制室操作位、防护门下电缆线口及机房屋顶上方。	《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)
	辐射环境监测，委托有资质的单位进行	1次/年		
	定期自行开展辐射监测	每1个月1次		
个人剂量监测	委托有资质的单位进行	每3个月1次	/	每位工作人员年有效剂量不超过5mSv。

医院在项目运行过程中拟结合本项目特点，完善监测计划的频次及监测内容。同时拟对医院的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向全国核技术利用辐射安全申报系统上传评估报告，年度评估发现安全隐患的，立即整改。

2、监测仪器情况

医院放疗中心原有1台辐射巡检仪，6台个人剂量报警仪，用于辐射防护监测和

报警，医院已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作时随身佩戴。

辐射事故应急

医院已制定《辐射事故应急预案》，成立了辐射事故应急处置领导小组，本单位辐射安全管理机构与辐射事故应急组织机构为同一套班子，人员组成一致，职责分工明确，既负责日常辐射安全与防护管理，也承担辐射事故应急处置工作，组织体系健全、运行有效。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第18号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法规要求，编制完成《辐射事故应急预案》并备案，预案覆盖射线装置、放射源、非密封放射性物质三类辐射事故，明确了事故分级、组织架构、处置流程、善后保障等全链条要求。

日常管理：严格落实辐射安全管理制度，定期开展辐射工作人员培训与持证上岗管理，定期检查维护射线装置及安全联锁设施，确保其正常运行。

应急演练：按预案要求定期组织辐射事故应急演练（含桌面推演、实战演习），开展效果评估并归档留痕，持续提升应急处置能力。

物资保障：按要求配齐辐射巡测仪、个人剂量报警仪、防护用品、去污物资等应急物资，建立常态化管理机制，确保物资完好可用。

联动机制：明确与生态环境、卫健、公安等主管部门的应急联络渠道，建立了完善的政企联动应急响应体系。

执行效果：项目运行以来，未发生辐射事故，应急预案执行有效，辐射环境安全可控。

本次改扩建项目实施后，将同步修订完善应急预案，补充新设备（更新直线加速器）、新布局（机房调换）对应的应急处置流程，针对性开展应急培训与演练，确保预案与项目实际运行情况完全匹配，持续保障辐射环境安全。

拟改建项目发生辐射事故后，按照报告程序与时限、报告内容进行上报，医院立即向当地公安、生态环境部门报告，同时拟按应急预案采取相应措施。针对后装机放射源卡滞等典型事故确定应急处置和上报流程，补充应急监测内容，包括监测设备，监测点位和记录要求等，明确应急物资清单及存放等。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

医院东侧病房楼地下一层东侧放疗中心现有两座放射治疗机房，南侧为医用直线加速器机房（1#机房），配置医科达 Precise 型直线加速器 1 台；北侧为后装治疗机房（2#机房），配置 1 枚 ^{192}Ir 密封放射源（目前后装机房内无放射源，前期使用的 1 枚已于 2025 年 8 月 25 日返回源厂）。

由于 1#机房内的直线加速器设备性能下降，已无法满足当前临床放射治疗需求，本次拟对该直线加速器予以报废，并将 2#机房内的后装机搬迁至 1#机房内，再配备 1 枚 ^{192}Ir 密封放射用于后装治疗（目前后装机房内无放射源，前期使用的 1 枚已于 2025 年 8 月 25 日返回源厂）；同时将 2#机房南侧主屏蔽和次屏蔽墙体加厚、迷道外墙延长，并更换辐射防护门和新增辐射安全防护措施，将其改建为直线加速器机房，并新购置 1 台医科达 Infinity 型直线加速器配备至改建后的 2#机房内。

更新后的 1 台直线加速器型号为 Infinity，X 射线能量 6MV、10MV 两档；6MV（FF）：600cGy/min；10MV（FF）：600cGy/min；6MV（FFF）：1400cGy/min；电子线最高剂量率：600cGy/min；锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）：最大管电压 150kV，最大管电流 500mA。

待 1#机房内的直线加速器搬出机房后，将 2#机房内的后装机搬迁至 1#机房内，购置 1 枚 ^{192}Ir 密封放射用于后装治疗。

二、实践正当性评价

本项目用于肿瘤的放射治疗，项目的运行能为病人提供放射治疗服务，并可提高当地医疗卫生水平，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，其获得的利益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”原则。

三、项目选址及布局合理性评价

放疗中心单独建址位于病房楼负一层，建筑面积约 450m²，整体轮廓为矩形结构。两间治疗机房（改建）南北对称分布，中间为共用的控制室。病房楼内无儿科病房、产房等特殊人群，评价范围内无居民、写字楼和商住两用建筑物，以及人员密集区域，亦无人员流动性大的商业活动区域，项目选址合理。

放疗中心工作场所由加速器机房、后装机房、共用控制室、电梯间、楼梯间、通道和模具室组成，机房与控制室等区域分开单独布置，两个机房均设有迷路。该放射治疗场所选址和布局符合《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）以及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）等标准中关于放射治疗场所选址与布局的规定，布局合理。

四、辐射环境现状评价

本次所检测的江苏省盐城市建湖县人民医院病房楼东侧地下一层放疗中心周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率为（61.0~97.3）nGy/h，均位于江苏省室内环境天然 γ 辐射水平评价参考范围内；机房上方道路环境 γ 辐射空气吸收剂量率为（88.0~89.2）nGy/h，位于江苏省道路环境天然 γ 辐射水平评价参考范围内，测量结果均已扣除宇宙射线响应值，属江苏省环境天然 γ 辐射正常水平。

五、环境影响分析评价

根据预测结果，在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，本项目投入运行后各机房屏蔽体外剂量率满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）规定剂量率限值，辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众年有效剂量限值要求，同时满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）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）。

本项目改建后的直线加速器机房（2#机房）和后装机房（1#机房）内均设置有通风系统，通风换气次数均能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）等标准要求。

本项目工作人员和部分患者产生的生活污水，由院内污水处理站统一处理；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，对周围环境影响较小。

六、辐射安全措施评价

本项目各机房入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；机房内外均设计有急停按钮；各机房设计有门-机联锁装置和对讲监控装置；各机房设有从室内开启治疗机房门的装置，推拉式防护门设计有防挤压功能；各机房拟安装固定式辐射剂量监测仪并有报警功能。

后装机房治疗室拟设置门-源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出源照射，出

源状态下开门放射源回到治疗设备的安全位置。拟配备 UPS 不间断电源，确保断电状态下放射源能够顺利回源，后装机房拟设置紧急情况下按下任一急停开关均能使放射源迅速返回贮源器，紧急情况处理完毕后，急停按钮复位后才能重新启动后装机。在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

七、辐射安全管理评价

建湖县人民医院已设定专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人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。医院拟根据本项目特点完善相应的辐射安全管理制度。本项目拟配备的 13 名辐射工作人员及 1 名辐射防护负责人均已参加并通过辐射安全与防护知识的考核，医院拟按照规定安排辐射工作人员进行职业健康体检和个人剂量监测，并建立职业健康档案和个人剂量档案。

八、辐射防护监测仪器评价

医院放疗中心原有 1 台辐射巡检仪，6 台个人剂量报警仪，用于辐射防护监测和报警；

医院已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，所有辐射工作人员均配备个人剂量计，工作时随身佩戴。医院拟定期开展辐射工作场所辐射剂量率的巡测，辐射工作人员工作期间佩戴个人剂量报警仪，并按要求佩戴个人剂量计，定期进行个人剂量监测，并建立健康档案。符合要求。

综上所述，本项目选址及布局合理，拟采取的辐射安全与防护措施适当，在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该项目的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 and 运行是可行的。

建议和承诺

1、拟在 ^{192}Ir 放射源迁移前和直线加速器拆除前对该场所进行辐射污染监测，若存在污染需编制环境影响报告表。

2、该项目运行中，辐射工作人员应严格遵守操作规程等辐射安全制度，医院应加强对辐射工作人员的操作技能培训和辐射防护安全的宣教。

3、保证各项安全措施及辐射防护设施正常运行，严格按国家有关规定及要求进行操作，确保项目运行安全可靠。

4、定期对辐射工作场所进行检查和监测，及时发现并排除事故隐患。

5、加强对控制室辐射水平的监测。

6、取得本项目环评批复、项目建成后，应及时重新申请变更辐射安全许可证，并按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，在3个月内完成竣工环境保护验收工作，需对环境保护设施进行调试或整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。

7、按照江苏省生态环境厅发布的《医疗单位辐射安全管理标准化建设指南(第二版)》对医院辐射安全状况进行年度评估，并于每年1月31日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理	管理机构：医院已设立辐射安全领导小组。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对管理机构和辐射工作人员上岗的要求。	/
	管理制度：已制定《后装机操作规程》《直线加速器操作规程》《辐射安全岗位职责》《辐射防护与安全保卫制度》《设施设备维护与维修制度》《使用登记制度》《台账管理制度》《人员教育培训管理制度》《辐射环境监测、个人剂量监测方案》《辐射事故应急预案》《废旧放射源交回生产单位协议》等。拟根据本项目特点进一步细化和完善。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	
辐射防护措施	屏蔽措施：本项目直线加速器机房（2#机房）和后装机房（1#机房）四侧墙体及顶部采用砼进行辐射防护，防护门采用含铅的防护门。屏蔽体外剂量率以及工作人员和周围公众的年有效剂量符合项目剂量约束值要求。	满足《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》（HJ1198-2021）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。	49（2#机房屏蔽门改造，2#机房南侧主屏蔽和次屏蔽墙体整体加厚30cm，迷道外墙延长以及电缆沟局部改造等工程）
辐射安全措施	本项目机房入口处均拟设置“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯；机房内外均按照规定位置布置足够数量急停按钮；各机房建设有门-机联锁装置和对讲监控装置；各机房设有从室内开启治疗机房门的装置，推拉式防护门设计有防挤压功能；各机房拟安装固定式辐射剂量监测仪并有报警功能，穿机房电缆沟有满足要求的屏蔽补偿措施，防护门与结构缝隙满足要求确保不漏射线。后装机房治疗室拟设置门-源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出源照射，出源状态下开门放射源回到治疗设备的安全位置。拟配备UPS不间断电源，确保断电状态下放射源能够顺利回源，后装机房拟设置紧急情况下按下任一急停开关均能使放射源迅速返回贮源器，紧急情况	满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）相关辐射安全管理的要求。	10（辐射安全防护设施更新、电缆沟铅盖板覆盖、增加UPS电源等）

	处理完毕后，急停按钮复位后才能重新启动后装机。		
	<p>监测仪器：医院放疗中心原有1台辐射巡检仪，6台个人剂量报警仪，用于辐射防护监测和报警，本次利旧。</p> <p>医院已为所有辐射工作人员均配备个人剂量计，工作时随身佩戴。医院拟定期开展辐射工作场所辐射剂量率的巡测，工作人员工作期间进入机房佩戴个人剂量报警仪，辐射工作人员均拟按要求佩戴个人剂量计，定期进行个人剂量监测，并建立健康档案。符合要求。</p>	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对辐射监测仪器的配备要求。	/
人员配备	<p>辐射安全管理人员及辐射工作人员均按规定参加辐射安全与防护专业培训，经考核合格后方可持证上岗；新入职辐射工作人员须先参加培训并考核合格，方可从事相关辐射作业。原有在岗人员辐射防护证书到期前，及时参加复训及再次考核，考核合格后方可继续上岗执业，确保所有在岗人员全员持证、持证有效、依规上岗。</p> <p>辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（1次/季），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。</p> <p>辐射工作人员定期（不少于2年1次）进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。</p>	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	1.2
三废治理措施	各机房拟设置强制排风系统，进风口设在机房上部，排风口设在机房下部，通风换气次数不小于4次/h，工作时候开启确保机房内臭氧和氮氧化物能及时排出。	满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关通风要求。	25（机房内通风系统改造）
总计	/	/	85.2

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

公章

经办人年月日

审批意见

公章

经办人年月日