

上海进康肿瘤医院有限公司
新增 II 类射线装置使用项目
环境影响报告表
(报批稿公示版)

建设单位：上海进康肿瘤医院有限公司

编制单位：上海核工程研究院有限公司

2022年5月

说明

上海核工程研究设计院有限公司受上海进康肿瘤医院有限公司委托完成对“上海进康肿瘤医院有限公司新增 II 类射线装置使用项目”的环境影响评价工作。现根据国家及本市规定，在向具有审批权的环境保护行政主管部门报批前公开环评文件全文。

本文本的内容为拟报批的环境影响报告表全本，上海进康肿瘤医院有限公司和上海核工程研究设计院有限公司承诺本文本与报批稿全文完全一致，但不涉及国家秘密/商业秘密/个人隐私。

上海进康肿瘤医院有限公司和上海核工程研究设计院有限公司承诺本环评文本内容的真实性，并承担内容不实之后果。

本环评文本在报环保部门审查后，上海进康肿瘤医院有限公司和上海核工程研究设计院有限公司将可能根据各方意见对项目的建设方案、污染防治措施等内容开展进一步的修改和完善工作，“上海进康肿瘤医院有限公司新增 II 类射线装置使用项目”最终的环境影响评价文件，以经环保部门批准的“上海进康肿瘤医院有限公司新增 II 类射线装置使用项目”的环境影响评价文件（审批稿）为准。

上海进康肿瘤医院有限公司

地址：上海市闵行区绿洲环路 10 号

邮编：201114

联系人：董艳蓉

电话：13916322821

电子邮箱：dongyanrong@gh-health.cn

上海核工程研究设计院有限公司

地址：上海市徐汇区虹漕路 29 号

邮编：200233

联系人：黄主任

电话：021-61863253

传真：021-61860728

电子邮箱：huangxd@snerdi.com.cn

核技术利用建设项目

上海进康肿瘤医院有限公司

新增 II 类射线装置使用项目

环境影响报告表

上海进康肿瘤医院有限公司

2022年5月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

上海进康肿瘤医院有限公司

新增 II 类射线装置使用项目

环境影响报告表

建设单位名称：上海进康肿瘤医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：章滨云

通讯地址：上海市闵行区绿洲环路 10 号

邮政编码：201114

联系人：董艳蓉

电子邮箱：dongyanrong@gh-health.cn 联系电话：13916322821



编制单位和编制人员情况表

项目编号	732sw0		
建设项目名称	上海进康肿瘤医院新增II类射线装置使用项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	上海进康肿瘤医院有限公司		
统一社会信用代码	91310112MA1GDEAB6G		
法定代表人 (签章)	章滨云		
主要负责人 (签字)	金利国		
直接负责的主管人员 (签字)	董艳蓉		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	上海核工程研究设计院有限公司		
统一社会信用代码	91310104132672722W		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
徐雨芳	2014035310352014310101000111	BH010338	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
徐雨芳	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量与辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH010338	

编制单位和编制人员情况表

项目编号	732sw0		
建设项目名称	上海进康肿瘤医院新增 II 类射线装置使用项目		
建设项目类别	55--172 核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	上海进康肿瘤医院有限公司		
统一社会信用代码	91310112MA1GDEAB6G		
法定代表人（签章）	章滨云		
主要负责人（签字）	金利国		
直接负责的主管人员（签字）	董艳蓉		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	上海核工程研究设计院有限公司		
统一社会信用代码	91310104132672722W		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
徐雨芳	2014035310352014310101000111	BH010338	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
徐雨芳	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量与辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH010338	
3. 审核人员*			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
高真	2015035310352013423070000513	BH010335	

*注：应至少有一位审核人员，且不与编制主持人相同。



表 1 项目基本情况

项目名称	上海进康肿瘤医院新增 II 类射线装置使用项目				
建设单位	上海进康肿瘤医院有限公司				
法人代表	章滨云	联系人	董艳蓉	联系电话	13916322821
注册地址	上海市闵行区绿洲环路 10 号 7 幢一层 102 室、103 室、104 室、二层 203 室、三到十一层、10 幢地下 1 层 02 工艺设备用房				
项目建设地点	上海市闵行区绿洲环路 10 号 10 幢地下 1 层 02 工艺设备用房、7 幢 3 层南部、7 幢 4 层北部				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	6000	项目环保投资 (万元)	200	投资比例 (环保投资/总投资)	3.3%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m ²)	660
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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input 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	/				

项目概述

1.项目背景及概况

上海进康肿瘤医院有限公司成立于 2020 年 8 月，主要经营范围为：医疗服务；第三类医疗器械经营，营业执照详见附件 1。上海进康肿瘤医院有限公司现投资 60000 万元租赁位于上海市闵行区绿洲环路 10 号 7 幢（现场标号为 3 号楼）1 层 102 室、103 室、104 室、2 层 203 室、3 至 11 层、10 幢地下 1 层 02 工艺设备用房（根据房产证，5~9 幢的地下室互通，地下室统称为 10 幢）建设上海进康肿瘤医院项目，租赁用房性质为工业厂房。医院总用地面积约 3740.99m²，总建筑面积约 55199.72m²，共设置 419 张病床，设计日就诊人数为 500 人次。该项目主体环评文件《上海进康肿瘤医院新建项目环境影响报告表》于 2021 年 3 月 1 日由上海市闵行区生态环境局取以闵环保许评[2021]41 号文予以批复（详见附件 2）。

为了配合主体项目，更好地为患者提供医疗服务，上海进康肿瘤医院拟在上海市闵

行区绿洲环路 10 号 10 幢地下 1 层 02 工艺设备用房新增 2 座直线加速器机房，购置 2 台 Varian Medical Systems, Inc 生产的 VitalBeam 型医用电子直线加速器，加速器最大能量 10MV，用于开展放射治疗；在 7 幢 3 层新增 1 间模拟 CT 定位机房，购置 1 台型号为 InsitumCT 768 的模拟 CT 定位机，用于直线加速器治疗前的模拟定位。拟在上海市闵行区绿洲环路 10 号 7 幢 4 层新建 1 间 DSA 机房，使用 1 台 DSA（II 类射线装置），用于开展介入诊断。本项目新增射线装置具体参数见下表。

表 1-1 医用电子直线加速器设备参数情况

名称	型号	数量 (台)	最大 X 射线 能量 (MV)	最大电子 束能量 (MeV)	泄漏 率	射野范围	1m 处射线 最大剂量 率 cGy/min	装置 类别
医用电子 直线 加速器	VitalBeam	2	10	22	0.1%	40cm×40cm	1400 (6MV) 600 (10MV)	II 类

表 1-2 模拟定位机设备参数情况

装置 名称	型号	数量	最大管电压/ 电流(kV/ mA)	最大工作管电压/ 电流(kV/ mA)	单次定位累积 出束时间(sec)	年定位次 数(次/a)	装置类 别
模拟 定位 CT	InsitumCT 768	1	120/667	100/120	30	30000	III 类

表 1-3 DSA 设备参数情况

装置 名称	型号	数量	最大管电压/ 电流(kV/ mA)	最大工作管电压/ 电流(kV/ mA)	单次手术累积 出束时间(sec)	年手术次 数(次/a)	备注
DSA	Artis One	1	125/1000	100/500	30	1200	摄片
				100/100	600		透视

项目组成一览表见表 1-4。

表 1-4 项目组成一览表

类型	类别	项目情况
主体工程	医用电子直线加速器 机房	设置 2 间医用电子直线加速器机房，位于 10 幢地下 1 层 02 工艺设备用房。
	DSA 机房	设置 1 间 DSA 机房，位于 7 幢 4 层北部。
	模拟定位 CT 机房	设置 1 间模拟定位 CT 机房，位于 7 幢 3 层南部。
辅助工程	场所	2 间加速器机房配套设置控制室、水冷机房、设备间、制模室、诊室、医生办公室等。 1 间 DSA 机房配套设置设备间、控制室。 1 间模拟定位 CT 机房配套设置控制台。
	通排风	医用电子直线加速器机房设置通排风系统，采用顶部送风、底部排风，排风口呈对角线布置，换气次数大于 4 次/h。 DSA 机房顶棚安装有进风系统，底部安装有排风系统，能够满足换气要求。 模拟定位 CT 机房顶棚安装有进风、排风系统，能够满足换气

		要求。
公用工程	场所、设施	依托医院公用设施。
环保工程	废气	加速器运行时产生的臭氧、氮氧化物、少量感生放射性废气经排风机送至楼顶排放，排风口位于楼顶，远离人群聚集的地方。模拟定位 CT 机房、DSA 机房无放射性废气产生。
	废水	本项目医用电子直线加速器、模拟定位 CT 机房、DSA 设备在运行过程中无废水排放，放射工作人员生活污水纳入医院现有污水处理站处理后纳管排放。
	放射性固体废物	加速器维修或退役产生废活化部件，贮存于加速器机房的专用屏蔽容器中贮存衰变，最终委托资质单位收贮。
	非放射性固体废物	DSA 机房介入手术过程中产生的医疗废物运至医废暂存间，最终交有资质单位处理。生活垃圾依托医院的生活垃圾收集系统收集，统一交环卫部门处理。
	噪声	机房空调系统和排风系统经过距离衰减后对医院厂界的噪声贡献很小。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目新增最大 X 射线能量 10MV 医用直线加速器为 II 类射线装置，新增的模拟定位 CT 装置为 III 类射线装置，新增的 DSA 射线装置属于“血管造影用 X 射线装置”，为 II 类射线装置。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部第 16 号令），《<建设项目环境影响评价分类管理名录>上海市实施细化规定（2021 年版）》，本项目涉及“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目-使用 II 类射线装置”，需编制环境影响报告表。

2. 项目选址及周边保护目标

本项目位于上海市闵行区绿洲环路10号，属于漕河泾开发区浦江高科技园区生命健康产业园一期，项目所在建筑产权方为上海漕河泾开发区浦未建设发展有限公司，闵行区绿洲环路10号内共包括5幢、6幢、7幢、8幢、9幢及地下室（根据房产证，5~9幢的地下室互通，地下室统称为10幢），本项目直线加速器机房位于10幢即地下1层02工艺设备用房，所在位置为7幢正下方地下室。本项目模拟定位CT机房位于7幢地上3层、DSA机房位于7幢地上4层。

本项目所在地用地性质为工业用地，租赁用房性质为工业厂房。上海进康肿瘤医院所在建筑7幢地上共11层，建筑101室、201室、202室为上海思路迪生物医学科技有限公司，1~11层其他区域均为上海进康肿瘤医院。

本项目直线加速器机房所在区域（10幢地下1层02工艺设备用房），原性质为地下车库；根据《建设工程规划许可证》（沪闵建（2021）FA310112202100069），项目所在建筑产权方上海漕河泾开发区浦未建设发展有限公司对绿洲环路10号3号楼（即本项

目所在建筑，3号楼为建筑在园区中的实际标号）进行了改造，将地下车库局部停车区域调整为设备用房，本项目直线加速器机房即为改造后的设备用房的一部分，其他区域不变，园区仅作为停车场所，详见附件4。

本项目所在建筑为7幢（现场标号为3号楼），建筑东侧为三鲁河，南侧为园区8幢及6幢，西侧为绿洲环路，北侧为园区地下车库出入口、开关站及垃圾房。

医用电子直线加速器位于10幢地下1层02工艺设备用房，加速器01机房区域东侧为室内通道，北侧为机房控制室、设备间和水冷机房，南侧为诊室、加压机房，西侧为车辆过道，上层为门厅等，下层为土层；加速器02机房区域东侧为室内通道，北侧为水冷机房、制模室、医生办公室，南侧为机房控制室、设备间和水冷机房，西侧为车辆过道，上层为门厅，下层为土层。

模拟定位CT装置位于7幢地上3层，模拟定位CT区域东侧为控制台走廊，北侧为医生办公/阅片室，南侧为铅靶室，西侧为室内通道。上层为ICU病房、治疗室，下层为上海思路迪生物医学科技有限公司。

DSA设备位于7幢地上4层，DSA机房区域东侧为污物走道，北侧为预留DSA机房，南侧为控制室、设备间，西侧为室内通道，上层为员工办公区、病人活动区，下层为药房。

3. 核技术应用项目辐射安全许可情况

上海进康肿瘤医院有限公司尚未申领辐射安全许可证，无原有辐射安全许可情况。

近年来所实施已批在建的核与辐射项目环保手续执行情况见下表。

表 1-5 上海进康肿瘤医院现有核与辐射项目环保手续执行情况表

序号	项目	环评批复	主要建设内容	备注
1	上海进康肿瘤医院新增核医学科项目环境影响报告表	沪环保许辐[2021]17号	涉及使用 ¹⁸ F、 ¹³¹ I两种核素，配套建设1间PET/CT机房	在建

4. 放射工作人员情况

本项目医用电子直线加速器设置放射工作人员8人，每间加速器机房4人，实行2班制；模拟定位CT设置放射工作人员2人，DSA设置放射工作人员8人，其中4名医生、2名技师、2名护士。本项目放射工作人员均为新增放射工作人员，仅从事与本项目相关的放射工作，不参与其他放射操作。

本项目放射工作人员轮流从事放射工作，年工作时间为250天，放射工作人员开展放射工作之前须参加生态环境部统一组织的辐射安全与防护考核，并取得考核合格证书

后方可上岗。

5. 产业政策相符性分析

本项目主要使用射线装置进行诊疗。根据《产业结构调整指导目录（2019年版）》，本项目属“鼓励类——三十七、“卫生健康”第5条“医疗卫生服务设施建设”。因此，本项目的建设符合国家产业政策。

6. 实践正当性评价

本项目的开展有利于提高医院的放射诊疗水平，具有良好的社会效益和经济效益，经分析，在其运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，带来的社会、经济效益可以弥补其可能引起的辐射危害，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

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

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) 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 (cGy/min)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线 加速器	II类	2	VitalBeam	电子	22	1400 (6MV) 600 (10MV)	放射治疗	10幢地下1 层02工艺设 备用房医用 电子直线加 速器机房	最大X射线 能量为 10MV

(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
1	DSA	II类	1	Artis One	125	1000	介入诊断	7幢4层 DSA 机房	/
2	模拟定位 CT	III类	1	InsitumCT 768	120	667	模拟定位	7幢3层模拟定 位 CT 机房	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (Bq)	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
医用电子直线加速器废靶	固态	/	/	/	1次/3~5年 (检维修时)	/	废靶将放置于加速器机房的专用贮存屏蔽容器中进行暂存。	贮存于加速器机房的专用屏蔽容器中贮存衰变，最终委托资质单位收贮。

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

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令 2014 年第 9 号), 2015 年 1 月 1 日;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》, 2018 年 12 月 29 日修订;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(国家主席令 2003 年第 6 号), 2003 年 10 月 1 日;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院第 682 号令), 2017 年 10 月 1 日实施;</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(生态环境部第 16 号令);</p> <p>(6) 上海市生态环境局关于印发《〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉上海市实施细化规定(2021 年版)》的通知(沪环规〔2021〕11 号)</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令), 2019 年 3 月 2 日修订;</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》, (2020 年 12 月 25 日生态环境部第 20 号令修改);</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部第 18 号令), 2011 年 5 月 1 日;</p> <p>(10) 《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), 2017 年 12 月 5 日;</p> <p>(11) 《上海市放射性污染防治若干规定》(2009 年 12 月 9 日上海市人民政府第 23 号令发布, 2015 年 5 月 22 日上海市人民政府第 30 号令修订);</p> <p>(12) 《上海市环境保护局关于贯彻落实新修订的〈建设项目环境保护管理条例〉的通知》(2017 年 9 月 14 日, 沪环保评[2017]323 号);</p> <p>(13) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(2017 年 11 月 20 日, 国环规环评[2017]4 号);</p> <p>(14) 《上海市环境保护局关于贯彻落实〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的通知》(2017 年 12 月 12 日, 沪环保评[2017]425 号);</p>
------------------	---

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(2) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020);</p> <p>(3) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020);</p> <p>(4) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98-2020);</p> <p>(5) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS 76-2020);</p> <p>(6) 《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T 462-2020);</p> <p>(7) 《手术室 X 射线影像诊断放射防护及检测要求》(DB31/T 1154-2019);</p> <p>(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);</p> <p>(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);</p> <p>(10) 《医用电子直线加速器质量控制检测规范》(WS 674-2020);</p> <p>(11) 《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);</p> <p>(12) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021);</p> <p>(13) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019);</p> <p>(14) 《医用电子加速器治疗机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T 527-2020);</p> <p>(15) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019);</p> <p>(16) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其修改单;</p> <p>(17) 《大气污染物综合排放标准》(DB31/933-2015)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 上海进康肿瘤医院提供的平面布置图、辐射防护方案等技术资料;</p> <p>(2) 《辐射防护手册 (第一分册)》(李德平主编);</p> <p>(3) 《辐射防护手册 (第三分册)》(李德平主编)。</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》(HJ 10.1-2016)，“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”。

本项目医用电子直线加速器、DSA 属射线装置应用项目，取所在机房屏蔽体外部周围 50m 作为评价范围，具体覆盖范围详见附图 2。

保护目标

本项目 50m 评价范围内主要包括本项目所在建筑(进康肿瘤医院、上海思路迪生物医学科技有限公司)、地下车库、绿化带、道路等。因此，本项目主要保护目标包括本项目的放射工作人员、其他医护人员及周边公众，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目周边环境及保护目标

场所/机房	方位	周边环境	保护对象	距离/m	常驻人员数量	照射类型	照射剂量约束值 mSv/年
医用电子直线加速器 01 机房周围	东	室内通道	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	南	诊室	一般工作人员	紧邻	4~5	公众照射	0.1
		加压机房	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	西	车辆过道	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	北	控制室	辐射工作人员	紧邻	2~8	职业照射	5
		设备间、水冷机房	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	上	门厅	公众	紧邻	50~80	公众照射	0.1
医用电子直线加速器 02 机房周围	东	室内通道	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	南	控制室	辐射工作人员	紧邻	2~8	职业照射	5
		设备间、水冷机房	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	西	车辆过道	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	北	制模室、医生办公室	一般工作人员	紧邻	2~8	公众照射	0.1
		水冷机房	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	上	门厅	公众	紧邻	50~80	公众照射	0.1
模拟定位 CT 机房周围	东	控制台走廊	辐射工作人员	紧邻	4~8	职业照射	5
	南	钨靶室	一般工作人员	紧邻	2~3	公众照射	0.1
	西	室内通道	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	北	医生办公/阅片室	一般工作人员	紧邻	10~15	公众照射	0.1
	上	ICU 病房、治疗室	公众	紧邻	20~30	公众照射	0.1

	下	上海思路迪生物医学科技有限公司	公众	紧邻	100	公众照射	0.1
DSA 机房 周围	东	污物走道	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	南	控制室	辐射工作人员	紧邻	2~4	职业照射	5
		设备间	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	西	室内通道	公众	紧邻	/	公众照射	0.1
	北	预留 DSA 机房	一般工作人员	紧邻	/	公众照射	0.1
	上	员工办公区、病人活动区	一般工作人员、公众	紧邻	15~20	公众照射	0.1
	下	药房	一般工作人员	紧邻	5~50	公众照射	0.1
项目 所在 建筑 内	地下一层 其他 区域	停车位、变电站、 排烟机房、PET-CT、 太平间、医废暂存间 等	一般工作人员、 公众	紧邻~3	20~50	公众照射	0.1
	地上 1~11 层	上海思路迪生物医 学科技有限公司、信 息中心、行政办公、 诊室、病房等	一般工作人员、 公众	6~40	500~600	公众照射	0.1
项目 所在 建筑 周围	南	8幢、6幢	公众	30~100	600~800	公众照射	0.1
	西	绿洲环路	公众	50	/	公众照射	0.1
	北	地下车库出入口、开 关站、垃圾房	公众	20	/	公众照射	0.1

评价标准

1. 剂量限值及剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)的规定,本项目放射工作人员和公众(包括本项目的非放射工作人员)的年剂量限值以及根据本项目特点并遵循辐射防护最优化原则建议的年剂量约束值见下表 7-2。

7-2 人员和公众的剂量限值和剂量约束值

适用范围	职业照射有效剂量	公众有效照射剂量
剂量限值	20mSv/年	1mSv/年
剂量约束值	5mSv/年	0.1mSv/年

2. 辐射分区

本项目放射工作场所控制区和监督区的划分遵从以下规定:

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的相关规定,划定控制区和监督区。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)第 5.2.1 的规定:

“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。

第 5.2.2 的规定，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. 剂量率要求

《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）6.3.1 节规定：

治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的周围剂量当量率参考控制水平 H_c ：

a) 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，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平 H_c ，见下式：

$$H_c = H_e / (t \times U \times T)$$

式中：

H_c ——周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

H_e ——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

b) 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 $H_{c,max}$ ：

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

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

c) 由上述 a) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平 H_c 和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 H_c 。

《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中包含以下规定：

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a)：具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

b)：CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）：

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、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

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

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

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

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

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

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

《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB 31/T 462-2020）4.2 有如下规定。

b)：具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；CT 机、乳腺摄影，乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

综合上述标准的规定，本项目直线加速器机房外辐射剂量率按照“各侧墙体表面

0.3m 处及上下层关注点处小于 2.5 μ Sv/h”的规定执行，本项目 DSA 机房的辐射剂量率参照“机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h”的规定执行。同时确保人员受照剂量满足剂量约束值要求。

4. 医用电子直线加速器感生放射性

《医用电子直线加速器质量控制检测规范》（WS674-2020）4.5.2 规定：

在规定的最大吸收剂量率下，进行 4Gy 照射，以间歇 10min 的方式连续运行 4h 后，在最后一次照射终止后的 10s 开始测量，测得感生放射性的周围剂量当量应满足下列要求：

a) 累积测量 5min，在离外壳表面 5cm，任何容易接近处 \leq 10 μ Sv，离外壳表面 1m 处 \leq 1 μ Sv；

b) 在 \leq 3min 的时间内，测得感生放射性的周围剂量当量率在离外壳表面 5cm 任何容易接近处 \leq 200 μ Sv/h，离外壳表面 1m 处 \leq 20 μ Sv/h。

5.X 射线设备机房使用面积、单边长度的规定

《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度做出了规定：

表 7-3 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度规定

机房类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线设备（含 C 臂机，乳腺 CBCT）	20	3.5

《医用电子加速器治疗机房放射防护与检测要求》（DB31/T 527-2020）要求：

5.2.1 新建机房实际使用面积不小于 38m²（不包括迷路面积），机房内混凝土顶板下净层高宜不低于 3.5m，并且机房尺寸不小于加速器厂商推荐的最小尺寸。

6.射线装置及射线机房防护设施性能规定

《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度做出了规定：

表 7-4 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度规定

机房类型	有用线束铅当量 mm	非有用线束铅当量 mm
C 型臂 X 射线设备机房	2	2
CT 模拟定位机房	2.5	2.5

7.环境质量标准

根据《上海市环境空气质量功能区划（2011 年修订版）》，项目所属区域属于大气环

境质量二类功能区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准，本项目O₃、NO₂环境质量标准见表 7-5。

表 7-5 环境空气质量标准

污染物	浓度限值 (μg/m ³)			标准来源
	1h 平均	24h 平均	年平均	
O ₃	200	160 (日最大 8h 平均)	/	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级标准
NO ₂	200	80	40	

8. 污染物排放标准

《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定：工作场所空气中臭氧最高容许浓度为 0.3mg/m³，二氧化氮最高允许浓度为 5mg/m³。

《大气污染物综合排放标准》（DB31/933-2015）中规定：氮氧化物（其它源）最高允许排放浓度 200 mg/m³，最高允许排放速率 0.47kg/h。

9. 机房通风要求

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）6.2.2 节：

“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。”

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）8.4.1 节：

“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。”

10. 辐射安全防护要求

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）6.4 节，《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）6.2 节，放射治疗机房应具备以下安全装置和警示标志：

“6.4.2 联锁装置

放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。

6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；

b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

6.4.6 视频监控、对讲交流系统

控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。”

根据《医用电子加速器治疗机房卫生防护与检测评价规范》（DB31/T 527-2020）：

5.3.1.6 当直接与机房相邻的邻室的人员居留因子 $\leq 1/8$ 时，屏蔽核算应考虑在距机房更远处，与机房不直接相邻的居留因子较大场所的公众。

5.4.2 防护门宽于门洞的部分应不小于门与墙间隙的 20 倍，并且防护门两侧与墙面的重合均应不小于 15cm。

5.5 机房辐射安全

5.5.1 机房和控制室之间安装监视和对讲设备。

5.5.2 防护门与加速器联锁。

5.5.3 机房内和控制台均安装能紧急终止照射的应急按钮，机房内宜配置应急灯。

5.5.4 机房入口处设置工作状态指示灯和电离辐射警告标志及在线辐射监测报警装置，工作状态指示灯与加速器联锁。

5.5.5 机房内通风换气次数达到每小时 3 次~4 次。

5.5.6 防护门具备关闭防碰撞装置。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1. 监测点位

本项目位于上海市闵行区绿洲环路 10 号，项目所在地理位置见附图 1。

本评价辐射本底现状监测点位分别在医用直线加速器机房所在位置四周、上部进行布点；DSA 机房所在位置四周、上下进行布点，并在院区入口布设对照点。

2. 监测基本情况

本项目监测仪器、监测因子等基本情况如下表。

表 8-1 监测仪器、监测因子等基本情况一览表

监测单位	中辐评检测认证有限公司（CMA 资质号：160912341376）
报告编号	2022ZFP01025FH02
检测时间	2022 年 01 月 17 日
检测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
监测因子	周围剂量当量率
检测仪器	6150AD-b/H 辐射防护用 X、 γ 辐射剂量当量率仪（量程：50nSv/h~99.99 μ Sv/h；检测设备校准因子 0.96；能量响应范围：15keV~3MeV；检定日期：2021.04.06）

注：本项目最低检出值大于本项目最低检出限，因此检测仪器可以满足本项目检测需求。

3. 质量保证措施

（1）在场所周边评价范围内选取监测点位，充分考虑点位的代表性，以保证监测结果的科学性和可比性。

（2）监测方法依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的相关规定，采用即时测量方法进行。

（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，并用检验源对仪器进行校验。

（5）严格按照实验室体系文件中的《质量手册》、《程序文件》及《作业指导书》执行监测任务，监测人员经考核合格后持证上岗。

（6）监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权的技术总负责人签发。

4. 监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2 γ 辐射空气吸收剂量率辐射本底监测结果

序号	监测点位	周围剂量当量率（ μ Sv/h）		
		最低值	最高值	平均值
1	直线加速器 01 机房内部	0.22	0.24	0.23
2	直线加速器 01 机房东侧室内通道	0.20	0.22	0.21

3	直线加速器 01 机房东侧机房入口处	0.21	0.22	0.21
4	直线加速器 01 机房南侧诊室	0.20	0.20	0.20
5	直线加速器 01 机房南侧加压机房	0.20	0.20	0.20
6	直线加速器 01 机房西侧车辆过道	0.19	0.19	0.19
7	直线加速器 01 机房北侧控制室	0.19	0.19	0.19
8	直线加速器 01 机房北侧设备间	0.19	0.20	0.20
9	直线加速器 01 机房北侧水冷机房	0.19	0.19	0.19
10	直线加速器 01 机房上部小商业	0.14	0.15	0.14
11	直线加速器 01 机房上部门厅	0.17	0.18	0.17
12	直线加速器 02 机房内部	0.19	0.19	0.19
13	直线加速器 02 机房东侧室内通道	0.19	0.20	0.19
14	直线加速器 02 机房东侧机房入口处	0.19	0.20	0.19
15	直线加速器 02 机房南侧控制室	0.19	0.19	0.19
16	直线加速器 02 机房南侧设备间	0.19	0.20	0.19
17	直线加速器 02 机房南侧水冷机房	0.19	0.20	0.20
18	直线加速器 02 机房西侧车辆过道	0.19	0.20	0.20
19	直线加速器 02 机房北侧水冷机房	0.19	0.20	0.20
20	直线加速器 02 机房北侧制模室	0.19	0.20	0.20
21	直线加速器 02 机房北侧医生办公室	0.19	0.20	0.20
22	直线加速器 02 机房上部门厅	0.20	0.20	0.20
23	DSA 机房内部	0.15	0.17	0.16
24	DSA 机房东侧污物走道	0.14	0.15	0.14
25	DSA 机房东侧污物出口处	0.16	0.16	0.16
26	DSA 机房南侧控制室	0.14	0.14	0.14
27	DSA 机房南侧设备间	0.15	0.17	0.16
28	DSA 机房西侧室内通道	0.14	0.15	0.14
29	DSA 机房西侧机房入口处	0.15	0.15	0.15
30	DSA 机房北侧预留 DSA 机房	0.18	0.20	0.19
31	DSA 机房上部员工办公区	0.15	0.15	0.15
32	DSA 机房上部病人活动区	0.15	0.15	0.15
33	DSA 机房下部药房	0.16	0.17	0.16
34	医院入口处	0.16	0.16	0.16

注：以上数据未扣除本底，检测时临近的核医学科实际未投运。

5. 仪器适用性分析

本项目本底监测所用仪器 6150AD-b/H 辐射防护用 X、 γ 辐射剂量当量率仪的量程为 50nSv/h~99.99Sv/h，根据表 8-2 的检测结果，本项目本底辐射水平范围处于 0.14~0.24 μ Sv/h，均处于所用仪器的有效量程范围内，故采用该仪器所开展的本底监测数据是有效的。

6. 结果分析

参考《上海市环境天然贯穿辐射水平调查》（杨鹤鸣等），上海市参考本底范围（室内建筑物）值为 0.0534~0.1517 μ Gy/h；Sv/h 与 Gy/h 换算关系取 1.2，则本底辐射剂量当量率为 0.064~0.182 μ Sv/h。

根据监测结果，本项目所在地环境辐射水平区域环境本底水平，当地辐射水平无异常。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1.工作原理

1)医用电子直线加速器原理

医用电子直线加速器为远距离放射治疗机，它能产生高能 X 射线和电子线。电子枪发射电子，在由磁控管或速调管为功率源的加速管中加速，电子加速到所需能量，获得高能电子束经过偏转磁铁偏转，直接引出进行电子束治疗，或射到金属靶上产生韧致辐射（X 射线），经准直得到 X 射线进行治疗。高能 X 射线具有高穿透性、较低的皮肤剂量、较高的射线均匀度等特点，适用于治疗深部肿瘤，电子线穿透能力低，适用于治疗浅表肿瘤。

典型医用电子直线加速器如下图所示：

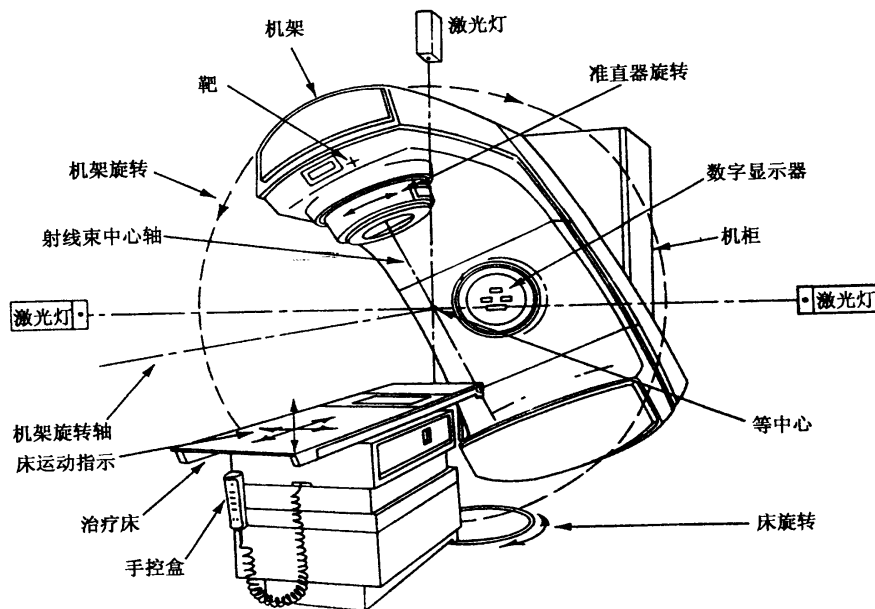


图 9-1 医用电子直线加速器示意图

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的直线加速器，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。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 射线，经初级准直器和均整器形成剂量均匀的 X 射线束，再通过监测电离室和次级准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。医用电子直线加速器内部结构如下图所示。

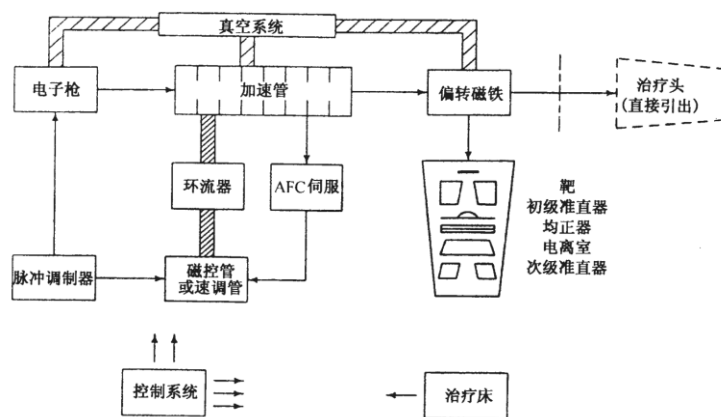


图 9-2 典型医用电子直线加速器内部结构图

2) DSA/模拟定位 CT 工作原理

本项目射线装置由高压电源和 X 射线管组成，其 X 射线管由阴极、阳极和聚焦器组成。利用高压电源加热阴极灯丝使之发射电子，电子被加速后打在阳极金属靶上，由于韧致辐射效应而产生 X 射线。

2.工作流程

1) 医用电子直线加速器工作流程

本项目医用电子直线加速器的治疗流程如下图所示：

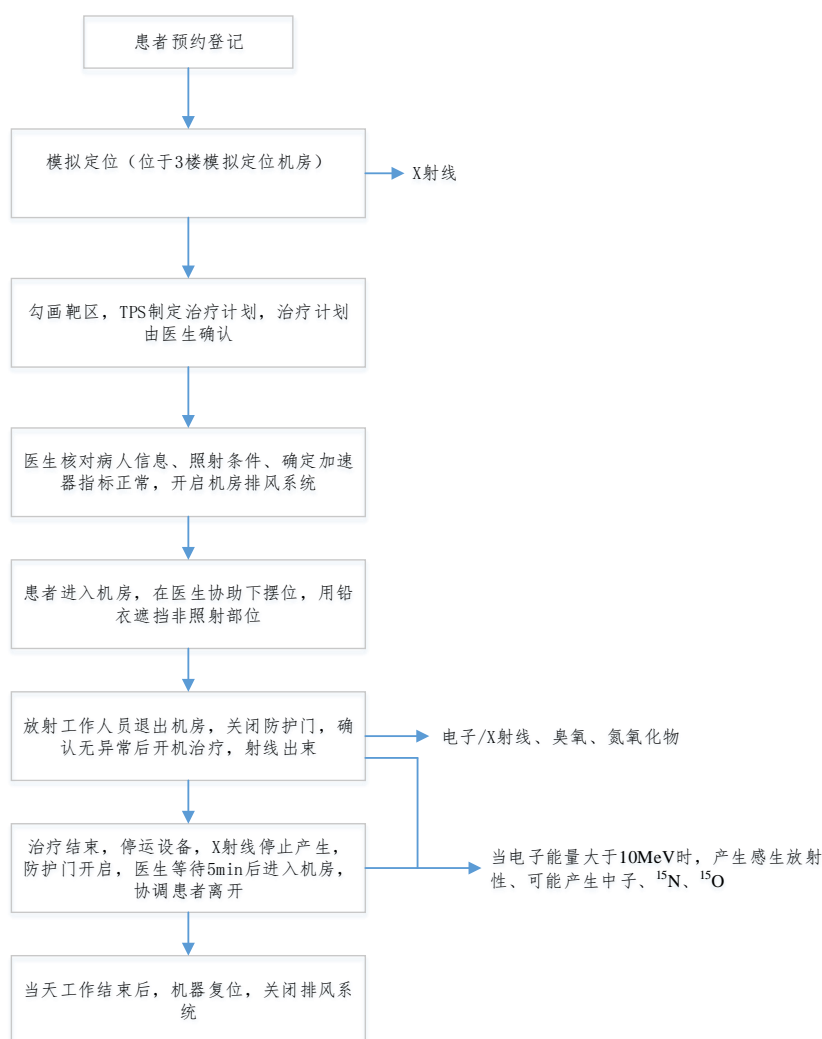


图 9-3 医用电子直线加速器治疗流程图

开展放射治疗的医疗机构和执业医师应保障放射治疗防护和安全的最优化，放射照射治疗最优化的过程应包括：治疗照射处方、操作规程、治疗设备质量控制、照射的质量保证。

治疗计划：患者在接受放射治疗之前，应有执业医师标明日期并签署的照射处方。处方应包含下列信息：治疗的位置、总剂量、分次剂量、分次次数和总治疗周期；还应说明在照射体积内所有危及器官的剂量。

质量保证：开展放射治疗的医疗机构应制定放射治疗质量保证大纲，同时，在放射治疗设备新安装、大维修或更换重要部件后应进行验收检测；每年至少接受一次状态检测；开展临床剂量验证工作，包括体模测量或在体测量，相关质量控制检测规范按照《医用电子直线加速器质量控制检测规范》（WS 674-2020），因治疗计划及治疗质量保证属职业卫生评价范畴，本环评不对其作深入评价。

本项目直线加速器指定治疗计划所需的模拟定位在模拟定位 CT 机房内进行，定位操作类似 X 射线影像诊断，放射工作人员机房外控制台操作。（定位 CT 属于射线装置，且由模拟定位机房配备的放射工作人员进行操作，本项目仅利用模拟定位诊断后提供的影像数据）。

2) DSA 工作流程

医生在 DSA 引导下进行一系列的介入检查与诊疗手术。在手术过程中，介入手术医生必须在床旁并在 X 射线导视下进行操作。项目射线装置在进行曝光时分为两种情况：情况 1：透视，病人需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施后身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品在介入手术室内对病人进行直接的介入手术操作；情况 2：摄片，根据手术方案，拍片次数不同。一般情况下，拍片时手术医生离开介入手术室，在控制室内等候，待拍片结束后进入手术室。

① 透视作业流程：

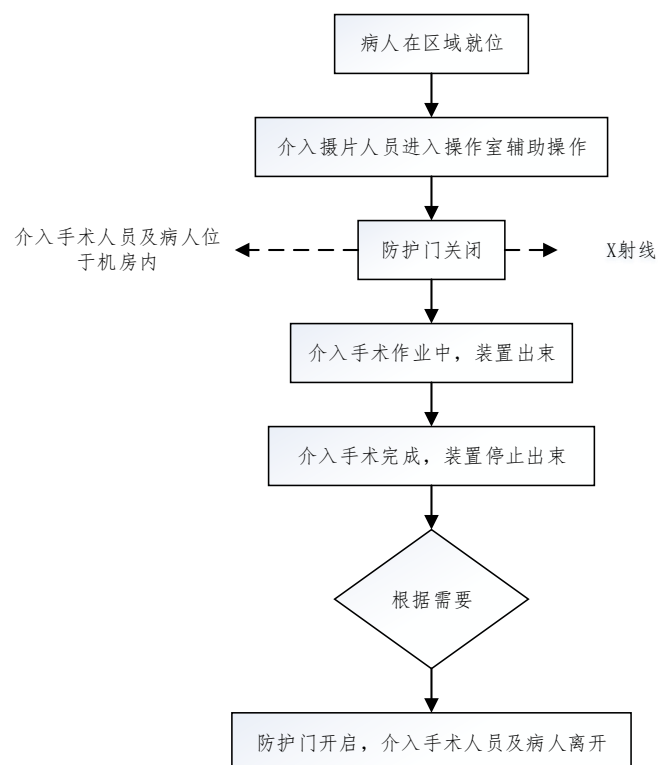


图 9-4 透视作业工艺流程图

在开展透视作业时，处于手术区内的放射工作人员需穿戴铅防护服，佩戴个人剂量计。

② 摄片作业流程：

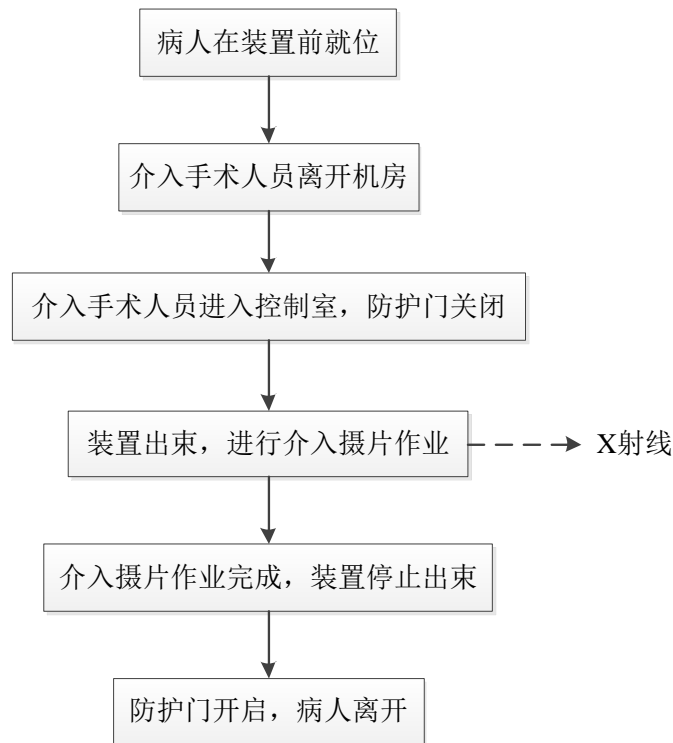


图 9-5 摄片作业工艺流程图

污染源项描述

1. 主要污染因子

1) 直线加速器主要污染因子

由加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时产生高能 X 射线或直接引出电子束，这种 X 射线/电子束随机器的开、关而产生和消失。若对加速器产生的 X 射线/电子线没有采取必要的防护措施或防护不当的话，将对机房周围的环境造成电离辐射污染，并对周围的放射工作人员及公众等造成健康危害。由于电子线穿透能力较 X 射线弱，因此，下文主要以 X 射线进行分析计算。

另外，当加速器能量不小于 10MV 时，高能光子与加速器构件（靶材料等）和机房内物体发生光核反应(γ, n)产生中子辐射和感生放射性。由于本项目最大输出的是 10MV 的 X 射线，故保守考虑感生放射性和中子辐射的危害影响。

本项目加速器设置两个工作档位，分别为 6MV-1400cGy/min、10MV-600cGy/min 档，本评价下文保守按照两个档位分别进行计算。

本项目加速器机头 X 射线泄漏辐射比率为 0.1%；等中心处的最大治疗野面积为 40cm×40cm；主束方向为东、西、顶、底。

本项目每台加速器平均每天治疗工作量为 60 人/d, 共 2 台加速器, 一年按 250 天计算, 年诊疗病人 30000 人/年。开展常规治疗过程中, 每个病人平均出束时间约 130s, 在调强治疗, 每个病人累计出束时间为常规治疗的 5 倍, 根据实际临床使用情况, 加速器大部分使用调强治疗, 本评价保守按全部调强治疗考虑。

对于能量不小于 10MV 的加速器, 还需考虑加速器停机后, 加速器靶产生的感生放射性的辐射影响, 对于放射工作人员摆位期间身体受照剂量率, 本项目保守按照《医用电子直线加速器质量控制检测规范》(WS674-2020) 中规定“在不超过 3min 的时间内, 离外壳表面 1m 处的剂量率限值 $20\mu\text{Sv/h}$ ”的剂量限值计算。

2) 模拟定位 CT、DSA 主要污染因子

本项目 DSA 射线装置在使用过程中用于介入手术及介入摄片作业会产生 X 射线。

介入手术及介入摄片过程中, 电离辐射污染来源于射线装置通电产生的 X 射线。射线装置在关闭状态时及机房内部物件经 X 射线透射后不会有 X 射线产生, 机房内部物件经 X 射线透射后不会有“X 射线残留”。

本项目模拟定位 CT 射线装置在使用过程中用于病灶模拟定位作业会产生 X 射线。

X 射线照射人体时, X 射线的致电离作用将会对人体造成损伤。若对射线装置产生的 X 射线没有采取必要的防护措施或防护不当的话, 将对射线装置使用场所周围环境造成电离辐射污染, 并对周围的介入手术人员、介入摄片人员、普通员工及公众等造成健康危害。

2. “三废”产生情况

1) 废气

医用直线加速器运行过程中电子束在空气中穿行过程中因与空气相互作用而产生臭氧和氮氧化物等有毒有害气体, 其中以臭氧的毒性最大, 产额最高, 且环境限值较氮氧化物严格, 它不仅对人体有害, 而且能使橡胶等材料加速老化。由于氮氧化物的产生量仅约为臭氧的 1/3, 当机房达到一定的通风要求并使室内臭氧浓度达到限值以下时, 氮氧化物的浓度已远低于其限值要求, 因此在通风条件下将臭氧作为主要考虑对象。

另外加速器在运行能量大于 10MV 的工况下会产生的感生放射性气体核素主要有 ^{13}N 和 ^{15}O , 高能光子与空气通过 (γ, n) 反应产生 ^{13}N 和 ^{15}O , 均为气态放射性核素。根据王庆敏等人的研究结果表明(王庆敏.15MV 医用电子直线加速器感生放射性影响分析, 四川环境, 第 29 卷第 5 期, 2010 年第 10 月), 加速器单次运行结束后, ^{13}N 的总

活度为 $3.99\text{E}+08\text{Bq}$ ， ^{15}O 的总活度为 $1.89\text{E}+07\text{Bq}$ 。直线加速器开机时间短，产生量较低，且放射性核素衰变期均很短仅几十秒至几分钟，产生后会很快衰变完全。

本项目模拟定位 CT、DSA 射线装置正常运行期间无放射性废气。

(2) 废水

本项目医用电子直线加速器、模拟定位 CT、DSA 射线装置在运行过程中无废水排放。运行期间废水主要来自放射工作人员日常生活用水，本项目新增 18 名人员，按照每人每天生活污水产生量 0.1t 进行计算，预计新增生活污水约 1.8t/d ，经医院现有污水处理系统处理后排放。

(3) 固废

放射性固废主要是医用电子直线加速器更换或退役产生的废靶，将拆卸后于加速器机房内专用屏蔽容器内贮存衰变，最终委托资质单位收贮。运行期间新增 18 名放射工作人员产生的生活垃圾，按每名人员垃圾产生量 0.1t/a 考虑，合计产生生活垃圾约 1.8t/a 。

非放射性固废主要为手术过程中产生的一次性注射器、棉球、纱布、介入导管、导丝、针头等手术期间的医疗废物，属危险固废（废物类别：HW01 医疗废物，废物代码：841-001-01、841-002-01、841-003-01、841-004-01、841-005-01），单台手术医疗废物产生量约 0.5kg ，按年 1200 台手术计（DSA 年预计总手术量），则本项目医疗废物产生量约 0.6t/a ，医疗废物与医院其他医疗废物一并委托危废资质单位安全处置。

本项目 DSA 射线装置采用数码摄片方式，不使用传统的显、定影液洗片方式，不会有废显、定影液及废胶片等感光材料危险废物（编号：HW16）产生。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1. 工作场所布局

本项目的医用电子直线加速器位于 10 幢地下 1 层 02 工艺设备用房，加速器 01 机房区域东侧为室内通道，北侧为机房控制室、设备间和水冷机房，南侧为诊室、加压机房，西侧为车辆过道，上层为门厅等，下层为土层；加速器 02 机房区域东侧为室内通道，北侧为水冷机房、制模室、医生办公室，南侧为机房控制室、设备间和水冷机房，西侧为车辆过道，上层为门厅，下层为土层。

本项目的模拟定位 CT 装置位于 7 幢地上三层，模拟定位 CT 区域东侧为控制台走廊，北侧为医生办公/阅片室，南侧为铅靶室，西侧为室内通道。上层为 ICU 病房、治疗室、护士台，下层为上海思路迪生物医学科技有限公司。

本项目的 DSA 设备位于 7 幢地上 4 层，DSA 机房区域东侧为污物走道，北侧为预留 DSA 机房，南侧为控制室、设备间，西侧为室内通道，上层为员工办公区、病人活动区，下层为药房。

加速器机房所在区域位于地下 1 层中部，加速器 01 机房内面积为 53.28m²，东西 7.2m，南北 7.4m，净高 4.48m；加速器 02 机房内面积为 70.52m²，东西 8.2m，南北 8.6m，净高 4.48m。能够满足《医用电子加速器治疗机房放射防护与检测要求》（DB31/T 527-2020）

5.2.1 新建机房实际使用面积不小于 38m²(不包括迷路面积)，机房内混凝土顶板下净层高不低于 3.5m。模拟定位 CT 机房所在区域位于地上 3 层南部，机房内面积为 40.5m²，东西 7.5m，南北 5.4m；DSA 机房所在区域位于地上 4 层北部，机房内面积为 43.2m²，南北 5.5m，东西 7.85m，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 2 单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）机房使用面积、单边长度的要求及《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB31/T 462-2020）表 1 单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）机房使用面积及单边长度要求：机房最小有效使用面积 20m²，最小单边长度 3.5m。

医用直线加速器机房和 DSA 机房周边除了病人、放射工作人员外，不会有其他人员逗留，从布局上看，本项目的机房设置是合适的。

2. 辐射分区

本项目相关区域辐射分区管理具体如下：

1) 医用电子直线加速器

控制区：医用电子直线加速器机房内为控制区，在治疗作业过程中，除病人外，机房内不得停留任何人员；监督区：医用电子直线加速器机房相关设备间、模具室、水冷机房，上述区域均设为监督区，在治疗作业过程中，仅允许放射工作人员进入；其他区域对人员活动不作限制。

2) 模拟定位 CT 射线装置

当射线装置机房开展模拟定位作业时，辐射分区如下：

(1) 机房内部为控制区，在作业过程中，除病人及放射工作人员外，不允许其他无关人员进入及停留；

(2) 机房外的控制走廊为监督区，仅允许放射工作人员进入；

(3) 其他区域对人员活动不作限制。

3) DSA 射线装置

当射线装置机房开展介入手术（透视）作业时，辐射分区如下：

(1) 机房内部为控制区，在作业过程中，除病人及负责介入手术医生外，不允许其他无关人员进入及停留；

(2) 机房操作间为监督区，仅允许放射工作人员进入；

(3) 其他区域对人员活动不作限制。

当射线装置机房开展介入手术（摄片）作业时，辐射分区如下：

(1) 机房内部为控制区，在作业过程中，除病人外，不允许其他无关人员进入及停留；

(2) 机房操作间为监督区，仅允许放射工作人员进入；

(3) 其他区域对人员活动不作限制。

辐射分区情况见附图 4、8、12。

3. 排风系统

本项目医用电子直线加速器机房设置强制排风系统，直线电子加速器 01 机房进风口设置在机房内西南处顶部，排风口设在机房内东北角下部，进风口与排风口位置对角设置，机房排风风机风量为 $2200\text{m}^3/\text{h}$ ，机房最大容积为 242m^3 ，该通风系统在 1h 内可以使机房内换气 9 次；直线电子加速器 02 机房进风口设置在机房内西北处顶部，排风口设在机房内东南角下部，进风口与排风口位置对角设置，机房排风风机风量为 $2600\text{m}^3/\text{h}$ ，机房最大自由容积为 324m^3 ，该通风系统在 1h 内可以使机房换气 8 次。

DSA 机房顶棚安装有进风系统，底部安装有排风系统，模拟定位 CT 机房顶棚安装有

进风、排风系统，能够满足换气要求。

4. 屏蔽防护

本项目相关房间屏蔽情况及周边情况见下表。

表 10-1 本项目医用直线加速器机房屏蔽防护情况

房间名称	方位	周边环境描述	屏蔽设计
医用直线加速器 01 机房内 东西宽：7.2m 南北长（不含迷道）：7.4m 高：4.48m	东（主屏蔽区）	室内通道	212mm 铅板+1700mm 混凝土
	东（次屏蔽区）	室内通道	1630mm 混凝土
	东（防护门）	室内通道	20mm 铅板+150mm 含硼聚乙烯
	南（次屏蔽区）	诊室	1700mm 混凝土
	南（次屏蔽区）	加压机房	1700mm 混凝土
	西（主屏蔽区）	车辆过道	80mm 铅板+2325mm 混凝土
	西（次屏蔽区）	车辆过道	1700mm 混凝土
	北（次屏蔽区）	水冷机房	1200mm 混凝土+240mm 高能砖
	北（次屏蔽区）	设备间、控制室	1350mm 迷道+1200mm 外墙：2550mm 混凝土
	顶（主屏蔽区）	门厅	500mm 钢板+1400mm 混凝土
	顶（次屏蔽区）	门厅	1900mm 混凝土
	底	土层	/
医用直线加速器 02 机房内 东西宽：8.2m 南北长（不含迷道）：8.6m 高：4.48m	东（主屏蔽区）	室内通道	960mm 高能砖+1700mm 混凝土
	东（次屏蔽区）	室内通道	1700mm 混凝土
	东（防护门）	室内通道	20mm 铅板+150mm 含硼聚乙烯
	南（次屏蔽区）	水冷机房	240mm 高能砖+1300mm 混凝土
	南（次屏蔽区）	设备间、控制室	1300mm 迷道+1300mm 外墙：2600mm 混凝土
	西（主屏蔽区）	车辆过道	960mm 高能砖+1700mm 混凝土
	西（次屏蔽区）	车辆过道	1700mm 混凝土
	北（次屏蔽区）	水冷机房、制模室、医生办公室	1700mm 混凝土
	顶（主屏蔽区）	门厅	500mm 钢板+1400mm 混凝土
	顶（次屏蔽区）	门厅	1900mm 混凝土
	底	土层	/

注：混凝土密度为 2.35t/m³；铅板密度为 11.3t/m³；钢板密度为 7.85t/m³；高能砖密度为 3.4t/m³。

表 10-2 本项目模拟定位 CT 机房屏蔽防护情况

房间名称	方位	周边环境描述	屏蔽设计（等效铅当量）
模拟定位 CT 机房内 东西宽：7.5m 南北长：5.4m 面积：40.5m ²	东侧（墙体）	控制台走廊	4mm 铅板+方管龙骨（4mmPb）
	东侧（出口）	控制台走廊	门及门套：4mm 铅板(4mmPb)
	东侧（观察窗）	控制台走廊	铅玻璃：20mm 铅玻璃(4mmPb)；窗套：4mm 铅板(4mmPb)
	西侧（墙体）	室内通道	4mm 铅板+方管龙骨（4mmPb）
	西侧（机房入口）	室内通道	门及门套：4mm 铅板(4mmPb)
	南侧（墙体）	钼靶室	4mm 铅板+方管龙骨（4mmPb）
	北侧（墙体）	医生办公/阅片室	4mm 铅板+方管龙骨（4mmPb）
	上	ICU 病房、治疗室、护士台	2mm 铅板+150mm 混凝土（4.3mmPb）
	下	上海思路迪生物医学科技有限公司	50mm 硫酸钡混凝土+180mm 混凝土（3.7mmPb）

注：混凝土密度为 2.35t/m³；硫酸钡混凝土密度为 3.2t/m³。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.2 铅、混凝土铁对不同管电压 铅、混凝土铁对不同管电压 X 射线辐衰减的有关三个拟合参数选取 100kV 混凝土 α 、 β 、 γ 值分别为 0.03950、0.08440、0.5191；硫酸钡混凝土根据与混凝土的密度折算 1mm 硫酸钡混凝土 \approx 1.36mm 混凝土得出等效铅当量。

表 10-3 本项目 DSA 机房屏蔽防护情况

房间名称	方位	周边环境描述	屏蔽设计（等效铅当量）
DSA 机房内 东西宽：7.85m 南北长：5.5m 面积：43.2m ²	东侧（墙体）	污物走道	4mm 铅板+方管龙骨(4mmPb)
	东侧（污物出口）	污物走道	门及门套：4mm 铅板(4mmPb)
	西侧（墙体）	室内通道	4mm 铅板+方管龙骨(4mmPb)
	西侧（机房入口）	室内通道	门及门套：4mm 铅板(4mmPb)
	南（墙体）	控制室、设备间	4mm 铅板+方管龙骨(4mmPb)
	南侧（观察窗）	控制室	铅玻璃：20mm 铅玻璃(4mmPb)；窗套：4mm 铅板(4mmPb)
	北侧（墙体）	预留 DSA 机房	4mm 铅板+方管龙骨(4mmPb)
	上	员工办公区、病人活动区	40mm 硫酸钡混凝土+1mm 铅板+250mm 混凝土（5.6mmPb）
下	药房	40mm 硫酸钡混凝土+1mm 铅板+150mm 混凝土（4mmPb）	

注：混凝土密度为 2.35t/m³；硫酸钡混凝土密度为 3.2t/m³。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.2 铅、混凝土铁对不同管电压 铅、混凝土铁对不同管电压 X 射线辐衰减的有关三个拟合参数选取 100kV 混凝土 α 、 β 、 γ 值分别为 0.03950、0.08440、0.5191；硫酸钡混凝土根据与混凝土的密度折算 1mm 硫酸钡混凝土 \approx 1.36mm 混凝土得出等效铅当量。

综上，模拟定位 CT 机房能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中有用线束铅当量 2.5mm、非有用线束铅当量 2.5mm 要求；DSA 机房能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中有用线束铅当量 2mm、非有用线束铅当量 2mm 要求。

5.安全措施

5.1 加速器机房

1) 安全连锁

加速器机房入口处安装防护门，控制台上装有电源钥匙开关，只有当射线装置处于安全状态时，将钥匙就位后防护门才能打开。

加速器设置设备连锁，主要包括门机连锁（只有当防护门关闭，设备才能启动出束；反之，如果照射过程中防护门被打开，系统将自动停止出束），红外线防撞连锁（红外线感应装置安装在防护门上，当感应到人员经过时，防护门停止继续关闭，以此来避免防护门意外夹人事故）。防护门未完全关闭、防护门意外打开情况下，均停止出束。

加速器设备拟设置双道剂量监测系统（冗余剂量监测组合），当某道剂量监测系统发生故障时，应保障另一道能正常工作；每道剂量监测系统都能独立地终止照射；每道拟设置为达到预置参数时能终止照射；当剂量监测读数变化大于 5%时，能自动终止照射；当

电源故障或元件失灵时，预选参数和剂量读数可以保留至少 20 分钟。

控制台拟配置带有时间显示的照射控制计时器，当照射中断或终止时，可保留计时器读数。

安全联锁系统一旦被触发，将需要人工就地进行复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动。

此外在安装调试及维修情况下，任何联锁旁路都需通过建设单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后将及时进行联锁恢复及功能测试。

2) 警示标志和指示灯

放射治疗工作场所入口处设置电离辐射警告标志，贮废靶容器外表面设置电离辐射标志和中文警示说明。控制区进出口及其他适当位置设电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

3) 急停按钮

在放射治疗设备的控制台、迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁等关键部位设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能够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。

4) 紧急开门按钮

在加速器机房防护门内侧醒目位置安装有紧急开门装置，一旦出现人员被误锁在加速器机房内，可以通过紧急开门按钮迅速打开屏蔽门。

5) 监视系统

在加速器机房、控制室、机房入口装有数量合适的摄像机，相应的监视器装在系统控制室操作台上，以便观察机房周围情况。

6) 语音对讲系统

在加速器机房内及控制室安装对讲系统，患者可通过对讲系统实现机房内与控制室的交流。

7) 剂量率监测报警

在加速器机房迷道内、机房入口防护门处设置了固定式辐射剂量率监测装置，显示及报警系统位于控制室，可对剂量率实时查看，超过设定值时可发出警报。

8) 安全联锁复位

安全联锁一旦被触发后，需通过人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动。

9) 防护门

做好防护门缝隙处屏蔽防护，本项目防护门两侧与墙面的搭接宽度不小于 15cm，且安装时保证防护门宽于门洞部分不小于门与墙缝隙的 20 倍。

10) 穿线管通风管穿墙要求

本项目医用电子直线加速器穿墙线管或通风管均采用 45° 斜穿、“U”型或“Z”型穿墙线管，确保屏蔽防护能够满足相关标准要求。穿墙管详图详见附图 6。

11) 人员管理要求

治疗期间，将有两名及以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度；加速器试用、调试、检修期间，控制室将有放射工作人员值守。

12) 其他要求

治疗室安装应急照明装置，设火灾自动报警装置等。

本项目医用电子直线加速器机房安全措施设置能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求。另外，由于医用电子直线加速器在不小于 10MV 工况下运行时将产生感生放射性，因此放射工作人员应注意对感生放射性的防护，在治疗结束后间隔一段时间后再进入机房（一般间隔时间不小于 5min），进入治疗室时应佩戴铅衣、铅帽、铅围脖等防护用品，尽可能缩短进入治疗室的时间，减小感生放射性的影响。

5.2 模拟定位 CT 机房

(1) 本项目模拟定位 CT 机房采取实体屏蔽措施，满足 GBZ130-2020 标准相关要求，可以保证机房周围（含观察窗、楼上和楼下）及防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h，且工作人员和公众的受照剂量满足环评文件提出的剂量约束要求。

(2) 辐射工作场所实行控制区和监督区分区管理，机房出入口内的所有区域为辐射控制区，控制走廊为辐射监督区。

(3) 控制台设出束控制钥匙。

(4) 机房和控制台之间设观察窗，并配置对讲系统。

(5) 电动平移防护门设置红外感应防夹装置，机房入口处醒目位置设置电离辐射警告标志。

(6) 拟在受检者门及与机房连通的通道门上方设置醒目的工作状态指示灯，并与机房门有效联锁，确保门开灯灭、门关灯亮的联动效应。工作状态指示灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。

(7) 设有空调通风系统，能防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

(8) 机房配备火灾报警系统，配有灭火用品。

(9) 辐射工作人员佩带个人剂量计，定期进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；并定期进行职业健康体检，建立个人职业健康档案。

(10) 拟在等候区设置辐射防护注意事项告知牌和宣传栏；制定事故应急预案，尽可能地降低事故情况下对环境的污染。

(11) 医院需配备 X/γ 辐射剂量巡测仪用于本项目机房的自行监测。

5.3 DSA 机房

(1) 本项目 DSA 机房采取实体屏蔽措施，满足 GBZ130-2020 标准相关要求，可以保证机房周围（含观察窗、楼上和楼下）及防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5μSv/h，且工作人员和公众的受照剂量满足环评文件提出的剂量约束要求。

(2) 辐射工作场所实行控制区和监督区分区管理，机房出入口内的所有区域为辐射控制区，机房控制室为辐射监督区。

(3) 控制台设出束控制钥匙。

(4) 机房和控制室之间设观察窗，并配置对讲系统。

(5) 电动平移防护门设置红外感应防夹装置，机房入口处醒目位置设置电离辐射警告标志。

(6) 拟在受检者门及与机房连通的通道门上方设置醒目的工作状态指示灯，并与机房门有效联锁，确保门开灯灭、门关灯亮的联动效应。工作状态指示灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。

(7) 设有空调通风系统，能防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

(8) 机房配备火灾报警系统，配有灭火用品。

(9) 辐射工作人员需佩带个人剂量计，对于在机房内开展手术的放射工作人员除穿戴铅防护服外，宜佩戴双剂量计，分别在铅围裙外锁骨对应的领口位置、铅围裙内躯干上各佩戴一个个人剂量计，定期进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；并定期进行职业健康体检，建立个人职业健康档案。

(10) 医院为辐射工作人员和病人配备符合防护要求的辅助防护用品，包括一定数量的铅当量为 0.5mm 的铅衣、铅围裙、铅围脖、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品，以及铅当量不小于 0.025mmPb 的防护介入手套。

(11) 本项目拟采取下列辐射防护措施：手术床的床侧悬挂含 0.5mm 铅当量的床侧

防护帘 1 个、0.5mm 铅当量的床侧防护屏 1 个；床上悬挂可移动 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏、铅防护帘各 1 个，用于阻挡散、漏射线对辐射工作人员的照射。

(12) 拟在等候区设置辐射防护注意事项告知牌和宣传栏；制定事故应急预案，尽可能地降低事故情况下对环境的污染。

(13) 医院需配备 X/γ 辐射剂量巡测仪用于本项目机房的自行监测。

(14) 除存在临床不可接受的情况外，摄影工况图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留。对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

(15) 本项目 DSA 射线装置具有记录受检者剂量的装置，能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，并能追溯到受检者的受照剂量。

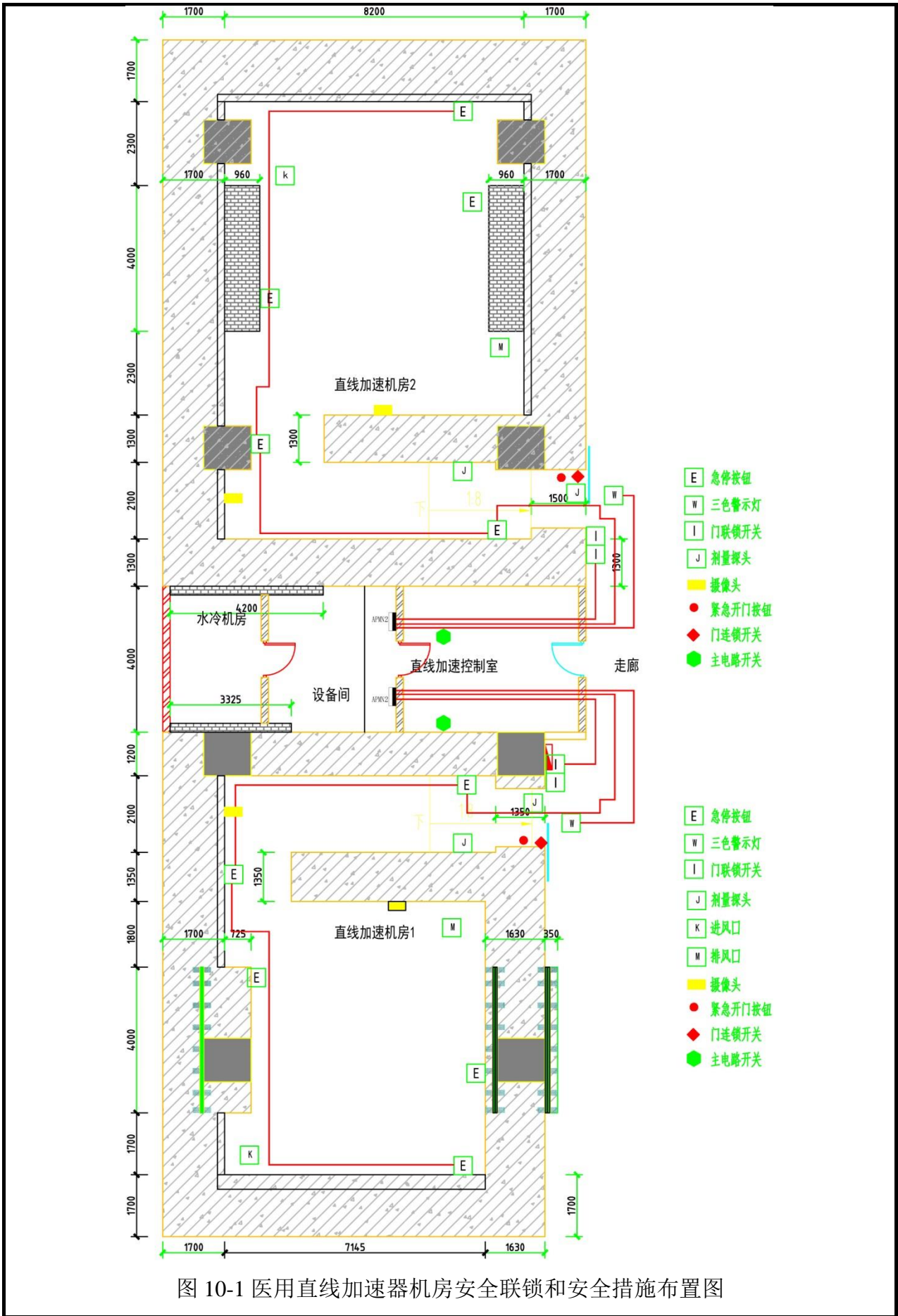
5.4 其他要求

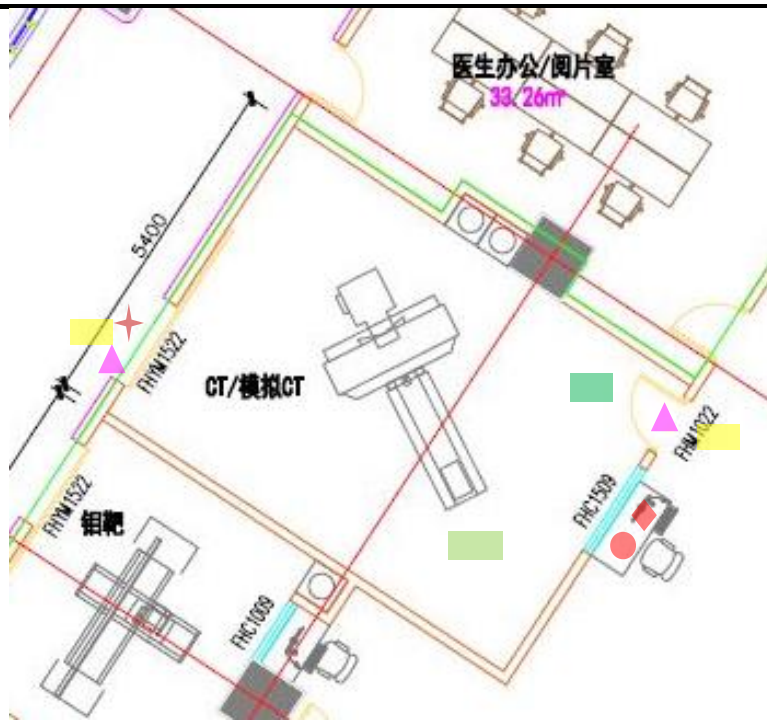
(1) 医院应每年委托有资质单位对辐射工作场所及其周围环境进行 1 次监测，监测数据记录存档。

(2) 对本单位的放射性同位素与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 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(3) 所有从事放射性工作的人员配备个人剂量计，并委托有资质单位进行个人剂量监测（不超过三个月）。

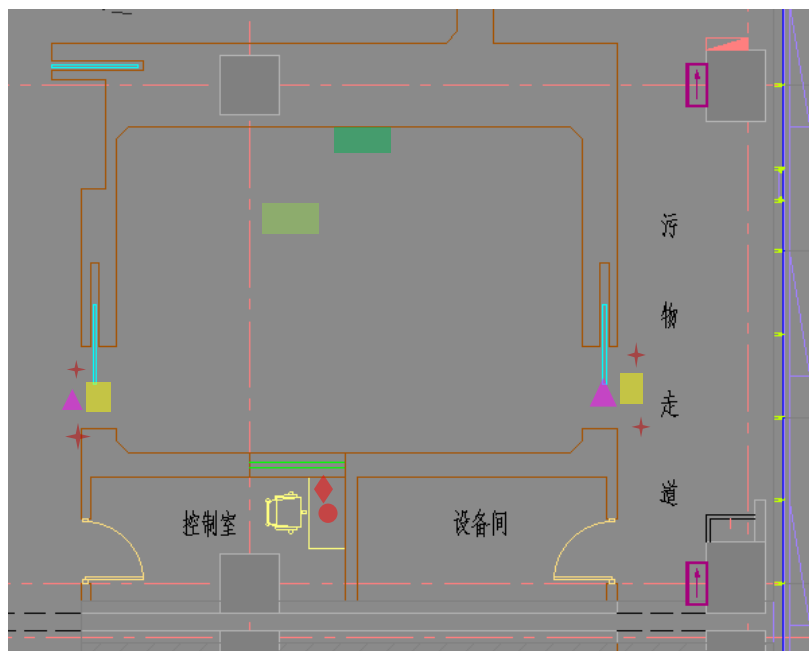
(4) 医院制定有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护措施、台帐管理制度、培训计划和监测方案。





- 紧急停机按钮 ▲ 出束警告灯 ■ 辐射警告标志 ■ 顶棚排风口
- 顶棚进风口 ★ 防夹装置 ◆ 语音对讲装置

图 10-2 模拟定位 CT 机房安全联锁和安全措施布置图



- 紧急停机按钮 ▲ 出束警告灯 ■ 辐射警告标志 ■ 顶棚进风口
- 底部排风 ★ 防夹装置 ◆ 语音对讲装置

图 10-3 DSA 机房安全联锁和安全措施布置图

6. 监测仪器及设备

医院目前无监测仪器及设备，医院应针对本项目配备便携式 X、 γ 辐射剂量率监测仪、中子剂量当量率仪、表面沾污仪及个人剂量报警仪，随时监控放射场所、机房周围的剂量率变化情况；为每名放射工作人员配备 1 台个人剂量计，个人剂量计编号并定期送检，建立个人剂量健康档案。

综上，本项目辐射安全设施可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、原环保部 2011 年第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《医用电子加速器治疗机房放射防护与检测要求》（DB31/T527-2020）等标准要求。

三废的治理

（1）废气

加速器机房达到一定通风要求并使室内臭氧浓度达到限值以下时，氮氧化物的浓度已远低于限值浓度，因此在考虑通风时以臭氧为主要考虑对象。

本项目加速器机房设计的通风速率，机房 1 为 $2200\text{m}^3/\text{h}$ ，机房 2 为 $2600\text{m}^3/\text{h}$ ，加速器机房 1 最大自由容积为 242m^3 ，加速器机房 2 最大自由容积为 324m^3 。按照该设计，该通风系统在 1h 内可以使机房内换气大于 4 次，机房 1 进风口设在机房内西南角顶部，排风口设在机房内东北角下部，机房 2 进风口设在机房内西北角顶部，排风口设在机房内东南角下部。采取全送全排的通风方式，进风口与排风口位置对角设置，这样上送下出以及对角线送排风形式形成了更好的气流组织，避免送排风的短路。机房排气一并收集后由排风机送至楼顶进行排放，远离人群。

加速器机房符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中对治疗室不小于 4 次/h 换气次数以及斜对角设置的要求以及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“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，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。”的要求。

本项目模拟定位 CT 机房、DSA 机房中射线装置正常运行期间无放射性废气产生。

（2）废水

本项目医用电子直线加速器、模拟定位 CT 机房、DSA 在运行过程中无废水排放。本

项目增加定员 18 名，预计新增生活污水约 1.8t/d，污水将纳入医院现有污水处理站处理后纳入市政污水管网。

(3) 固体废弃物

加速器产生的废靶，贮存于加速器机房的专用屏蔽容器中贮存衰变，最终委托资质单位收贮。

对于放射性固废将建立放射性固体废物台账，存放及处置前进行监测，记录部件名称、质量、辐射类别、监测设备、监测结果（剂量当量率）、监测日期、去向等相关信息，并做好存档记录。

本项目 DSA 机房中射线装置正常运行期间固废主要为手术过程中产生的一次性注射器、棉球、纱布、介入导管、导丝、针头等手术期间的医疗废物，属危险固废（废物类别：HW01 医疗废物，废物代码：841-001-01、841-002-01、841-003-01、841-004-01、841-005-01），单台手术医疗废物产生量约 0.5kg，按年 1200 台手术计（DSA 年预计总手术量），则本项目医疗废物产生量约 0.6t/a，医疗废物与医院其他医疗废物一并委托危废资质单位安全处置。

本项目 DSA 射线装置采用数码摄片方式，不使用传统的显、定影液洗片方式，不会有废显、定影液及废胶片等感光材料危险废物（编号：HW16）产生。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目位于医院已建成的 10 幢下 1 层 02 工艺设备用房及 7 幢的 3、4 层，本项目建设阶段主要为对原来地下车库的改造、机房装修及设备安装等，无大规模土建施工，装修期间产生的环境影响包括：扬尘污染、施工噪声、建筑及生活垃圾等。

建筑材料用水泥储存在散装水泥罐内，并在出口处设置防尘袋；建筑材料使用过程中，应加有防尘措施，以防止施工过程中产生大量扬尘向四周扩散。施工过程中产生施工人员生活污水排入市政管网。施工作业时间应合理安排，使固定和移动噪声源影响尽量限制在施工区域内，限制夜间进行有强噪声污染的施工作业。施工过程建筑固体废物及施工人员产生的生活垃圾应分别收集，及时清运，运输车要采取防止散落和尘土飞扬的措施。建筑废物和生活垃圾不得随意丢弃。

本项目施工主要是室内施工，施工期较短，采取上述措施后，施工期对周边环境影响很小。

运行阶段对环境的影响

1.场所周边辐射剂量率水平分析

1) 医用电子直线加速器

本项目医用电子直线加速器位于 10 幢地下 1 层 02 工艺设备用房的医用电子直线加速器机房。本项目直线加速器有用线束方向为东、西、上、下，机房屏蔽方案见表 10-1。

根据机房平面布置图及机房周边环境概况，分别计算直线加速器有用线束主屏蔽区、主屏蔽区相连的次屏蔽区、迷路入口防护门外的剂量率水平。本次评价按照医用电子直线加速器 6MV-1400cGy/min 和 10MV-600cGy/min 进行计算。

本项目医用电子直线加速器机房的计算关注点见图 11-1~11-3，各关注点位置描述及与中心点位置关系等信息见表 11-1。

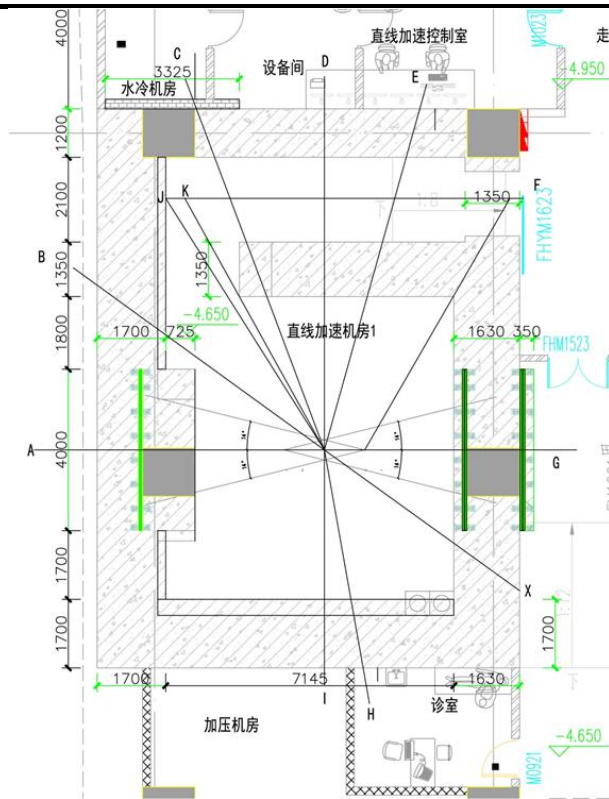


图 11-1 医用电子直线加速器机房 1 四周关注点示意图

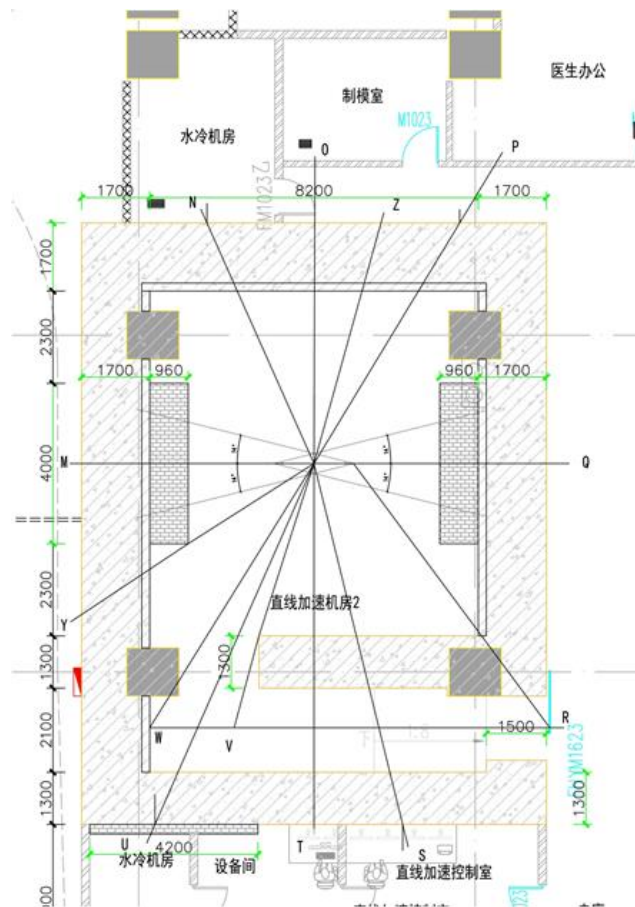


图 11-2 医用电子直线加速器机房 2 四周关注点示意图

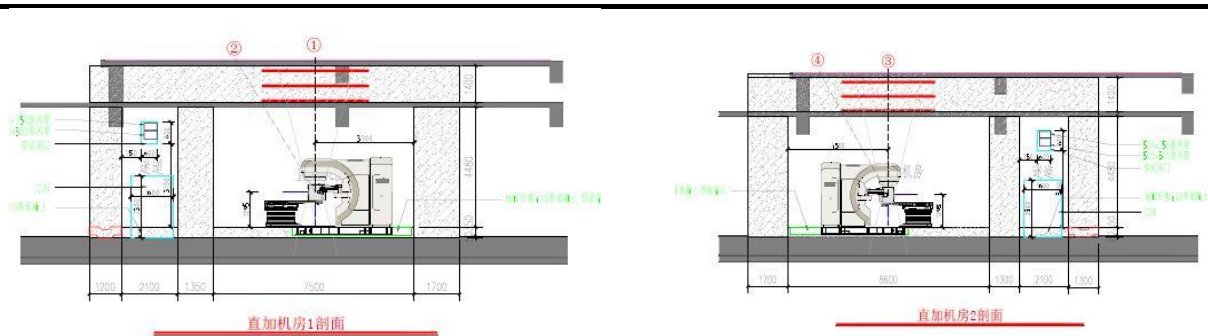
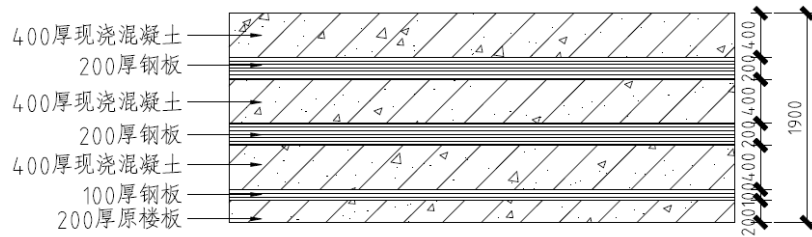


图 11-3 医用电子直线加速器机房顶部及室外临近关注点示意图



直加机房顶防护大样图

图 11-4 医用电子直线加速器机房顶部剖面示意图

表11-1 计算关注点相关参数

机房	计算关注点	方位	环境描述	屏蔽情况
医用电子直线加速器机房 1	A	西（主屏蔽区）	车辆过道	80mm 铅板+2325mm 混凝土
	B	西（次屏蔽区）	车辆过道	1700mm 混凝土
	C	北（次屏蔽区）	水冷机房	1200mm 混凝土+240mm 高能砖
	D	北（次屏蔽区）	设备间	1350mm 迷道+1200mm 外墙： 2550mm 混凝土
	E	北（次屏蔽区）	控制室	1350mm 迷道+1200mm 外墙： 2550mm 混凝土
	F	东（防护门）	室内通道	20mm 铅板+150mm 含硼聚乙烯
	G	东（主屏蔽区）	室内通道	212mm 铅板+1700mm 混凝土
	X	东（次屏蔽区）	室内通道	1630mm 混凝土
	H	南（次屏蔽区）	诊室	1700mm 混凝土
	I	南（次屏蔽区）	加压机房	1700mm 混凝土
	①	顶（主屏蔽区）	门厅	500mm 钢板+1400mm 混凝土
	②	顶（次屏蔽区）	门厅	1900mm 混凝土
医用电子直线加速器机房 2	M	西（主屏蔽区）	车辆过道	960mm 高能砖+1700mm 混凝土
	N	北（次屏蔽区）	水冷机房	1700mm 混凝土
	O	北（次屏蔽区）	制模室	1700mm 混凝土
	Z	北（次屏蔽区）	室内通道	1700mm 混凝土
	P	北（次屏蔽区）	医生办公室	1700mm 混凝土
	Q	东（主屏蔽区）	室内通道	960mm 高能砖+1700mm 混凝土
	R	东（防护门）	室内通道	20mm 铅板+150mm 含硼聚乙烯
	S	南（次屏蔽区）	控制室	1300mm 迷道+1300mm 外墙：

				2600mm 混凝土
T	南（次屏蔽区）	设备间	1300mm 迷道+1300mm 外墙： 2600mm 混凝土	
U	南（次屏蔽区）	水冷机房	240mm 高能砖+1300mm 混凝土	
Y	西（次屏蔽区）	车辆过道	1700mm 混凝土	
③	顶（主屏蔽区）	门厅	500mm 钢板+1400mm 混凝土	
④	顶（次屏蔽区）	门厅	1900mm 混凝土	

本评价根据《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）中计算方法及计算公式进行计算。

(1) 有用线束主屏蔽区（A、G、①、M、Q、③）

有用线束主屏蔽区关注方位的剂量率应按有用线束公式进行计算，具体计算公式如下：

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (11-1)$$

H: 关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 : 有用线束中心轴上距产生 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。取 $1400\text{cGy}/\text{min} \times 1\text{m}^2 = 8.4\text{E}+08\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ， $600\text{cGy}/\text{min} \times 1\text{m}^2 = 3.6\text{E}+08\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ （下同）；

R: 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f: 对有用束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，无量纲；

B: 辐射屏蔽透射因子，无量纲。 $B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL}$ 。其中， X_e : 有效屏蔽厚度，cm（ $X_e = X \cdot \sec\theta$ ，其中，X: 屏蔽物质的厚度； θ : 斜射角。）；TVL: 辐射在屏蔽物质中的平衡什值层（平衡十分之一层）厚度，cm； TVL_1 : 辐射在屏蔽物质中的第一个什值层（第一个十分之一层）厚度，cm；

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）及 NCRP NO.151 的附录 B 表 B.2: 对于 6MV 的 X 射线，主射线的 TVL（混凝土）=33cm， TVL_1 （混凝土）=37cm；TVL（高能砖）=22cm， TVL_1 （高能砖）=22cm；主射线的 TVL（钢板）=10cm， TVL_1 （钢板）=10cm；主射线的 TVL（铅板）=5.7cm， TVL_1 （铅板）=5.7cm；对于 10MV 的 X 射线，主射线的 TVL（混凝土）=37cm， TVL_1 （混凝土）=41cm；TVL（高能砖）=22cm， TVL_1 （高能砖）=22cm；主射线的 TVL（钢板）=10cm， TVL_1 （钢板）=10cm；主射线的 TVL（铅板）=5.7cm， TVL_1 （铅板）=5.7cm。

计算结果如下表所示：

表11-2 有用线束主屏蔽区剂量率

机房	方位	关注点 位	屏蔽情况	距离 R(m)	斜射 角 θ ($^{\circ}$)	剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	
						6MV-1400cGy/mi n	10MV-600cGy/mi n
医用电子 直线 加速器 机房 1	西	A	80mm 铅板 +2325mm 混凝土	6.93	0	8.22E-02	1.98E-01
	东	G	212mm 铅板 +1700mm 混凝土	6.5	0	3.54E-02	5.31E-02
	顶	①	500mm 钢板 +1400mm 混凝土	6.68	0	1.42E-02	1.70E-02
医用电子 直线 加速器 机房 2	西	M	960mm 高能砖 +1700mm 混凝土	7.1	0	6.73E-03	1.01E-02
	东	Q	960mm 高能砖 +1700mm 混凝土	7.1	0	6.73E-03	1.01E-02
	顶	③	500mm 钢板 +1400mm 混凝土	6.68	0	1.42E-02	1.70E-02

(2) 与主屏蔽相连的次屏蔽区 (B、X、②、Y、④)

计算与主屏蔽区相连的次屏蔽区的剂量率时，应考虑有用线束水平照射或向顶照射时人体的散射辐射和医用电子直线加速器泄漏辐射的复合作用。

对于泄漏辐射，按公式 (11-1) 的计算方法，取泄漏辐射比率 $f=0.1\%$ 。

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)，对于 10MV 的 X 射线，漏射线的 TVL (混凝土) = 31cm，TVL₁ (混凝土) = 35cm；对于 6MV 的 X 射线，漏射线的 TVL (混凝土) = 29cm，TVL₁ (混凝土) = 34cm。

计算结果如下表所示：

表11-3 与主屏蔽区相连的次屏蔽区泄漏辐射剂量率

机房	方位	关注点 位	屏蔽情况	距离 R (m)	斜射角 θ ($^{\circ}$)	剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	
						6MV-1400cGy/mi n	10MV-600cGy/mi n
医用电子 直线 加速器 机房 1	西	B	1700mm 混凝土	8.3	30	3.09E-03	3.28E-03
	东	X	1630mm 混凝土	7.3	30	7.60E-03	7.73E-03
	顶	②	1900mm 混凝土	7.38	30	6.26E-04	7.47E-04
医用电子 直线 加速器 机房 2	西	Y	1700mm 混凝土	8.2	30	3.17E-03	3.36E-03
	顶	④	1900mm 混凝土	7.38	30	6.26E-04	7.47E-04

对于病人散射辐射，按照以下公式进行计算：

$$H_p = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad (11-2)$$

H_p ：人体散射线剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 ：医用电子直线加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

α_{ph} ：病人 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m 处的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子，无量纲，散射角为 30° 时，对于 10MV 的 X 射线， $\alpha_{ph}=3.18\text{E}-03$ ；对于 6MV 的 X 射线， $\alpha_{ph}=2.77\text{E}-03$ ；

F：治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ，取 $40\text{cm}\times 40\text{cm}=1600\text{cm}^2$ ；

R_s ：病人（位于等中心点）至墙体的距离，m；

B：辐射屏蔽透射因子，计算方法同上；

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）及 NCRP NO.151 的附录 B 表 B.2，混凝土：对于 10MV 的 X 射线，散射角 30° 时的 $\text{TVL}=\text{TVL}_1=28\text{cm}$ （保守估计）；对于 6MV 的 X 射线，散射角 30° 时的 $\text{TVL}=\text{TVL}_1=26\text{cm}$ （保守估计）。钢板：对于 10MV 的 X 射线，散射角 30° 时的 $\text{TVL}=\text{TVL}_1=11\text{cm}$ （保守估计）；对于 6MV 的 X 射线，散射角 30° 时的 $\text{TVL}=\text{TVL}_1=10\text{cm}$ （保守估计）。

计算结果如下表所示：

表11-4 与主屏蔽区相连的次屏蔽区病人散射剂量率

机房	方位	关注点位	屏蔽情况	距离 R(m)	F (cm^2)	剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	
						6MV-1400cGy/min	10MV-600cGy/min
医用电子直线加速器机房 1	西	B	1700mm 混凝土	7.3	1600	4.94E-03	8.40E-03
	东	X	1630mm 混凝土	6.3	1600	1.36E-02	2.19E-02
	顶	②	1900mm 混凝土	6.38	1600	8.36E-04	1.65E-03
医用电子直线加速器机房 2	西	Y	1700mm 混凝土	7.2	1600	5.07E-03	8.64E-03
	顶	④	1900mm 混凝土	6.38	1600	8.36E-04	1.65E-03

表11-5 与主屏蔽区相连的次屏蔽区总辐射剂量率汇总 ($\mu\text{Sv/h}$)

机房	工况	方位	关注点位	屏蔽情况	泄露剂量率	病人散射剂量率	剂量率合计 H
医用电	6MV-	西	B	1700mm 混凝土	3.09E-03	4.94E-03	8.03E-03

子直线 加速器 机房 1	1400cGy/min			土			
		东	X	1630mm 混凝土	7.60E-03	1.36E-02	2.12E-02
		顶	②	1900mm 混凝土	6.26E-04	8.36E-04	1.46E-03
	10MV-600cGy/min	西	B	1700mm 混凝土	3.28E-03	8.40E-03	1.17E-02
		东	X	1630mm 混凝土	7.73E-03	2.19E-02	2.97E-02
		顶	②	1900mm 混凝土	7.47E-04	1.65E-03	2.39E-03
医用电子 直线加速器 机房 2	6MV-1400cGy/min	西	Y	1700mm 混凝土	3.17E-03	5.07E-03	8.24E-03
		顶	④	1900mm 混凝土	6.26E-04	8.36E-04	1.46E-03
	10MV-600cGy/min	西	Y	1700mm 混凝土	3.36E-03	8.64E-03	1.20E-02
		顶	④	1900mm 混凝土	7.47E-04	1.65E-03	2.39E-03

(3) 侧屏蔽区 (C、D、E、H、I、N、O、Z、P、S、T、U)

侧屏蔽区的剂量率计算考虑泄漏辐射，计算方法如上文。

计算结果如下：

表11-6 侧屏蔽区辐射剂量率

机房	方位	关注点位	屏蔽情况	距离 R (m)	斜射角 θ (°)	剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	
						6MV-1400cGy/min	10MV-600cGy/min
医用电子 直线加速器 机房 1	北	C	1200mm 混凝土 +240mm 高能砖	9.58	30	1.25E-02	9.86E-03
		D	1350mm 迷道+1200mm 外墙：2550mm 混凝土	8.75	0	2.63E-05	3.76E-05
		E	1350mm 迷道+1200mm 外墙：2550mm 混凝土	9.07	20	6.68E-06	1.04E-05
	南	H	1700mm 混凝土	6.0	20	2.01E-02	1.97E-02
		I	1700mm 混凝土	5.74	0	5.21E-02	4.83E-02
医用电子 直线加速器 机房 2	北	N	1700mm 混凝土	6.8	30	4.61E-03	4.89E-03
		O	1700mm 混凝土	6.3	0	4.32E-02	4.01E-02
		Z	1700mm 混凝土	6.53	16	2.34E-02	2.24E-02
		P	1700mm 混凝土	7.3	40	5.25E-04	6.34E-04
	南	S	1300mm 迷道+1300mm 外墙：2600mm 混凝土	9.6	24	2.08E-06	3.47E-06
		T	1300mm 迷道+1300mm 外墙：2600mm 混凝土	9.3	0	1.56E-05	2.30E-05
		U	240mm 高能砖 +1300mm 混凝土	10.3	24	9.34E-03	7.51E-03

(4) 迷路入口防护门外 (F、R)

在计算迷路入口处剂量率时，辐射主要来源于 5 个方面：漏射线经墙体散射所致防护门外剂量；病人体表散射经墙体所致防护门外剂量；漏射线直接透射迷路所致防护门外的剂量；有用线束穿过至墙体经墙体散射所致防护门外剂量；中子所致防护门外剂量。其中加速器主射线在墙体经两次散射后穿过迷道所致防护门外，其剂量已经很小可忽略不计。因此，本次考虑其他 4 方面的剂量率水平。

①漏射线经墙体散射所致防护门外剂量率

$$H_{LS} = \frac{H_0 L_f \alpha_1 A_1}{(d_1 d_2)^2} B \quad (11-3)$$

式中：

H_{LS} ：漏射线经墙体散射所致防护门外的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 ：医用电子直线加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

L_f ：泄漏率，无量纲，取 0.1%；

α_1 ：墙体一次散射的散射因子，无量纲；

A_1 ：墙体一次散射时的散射面积， m^2 ；

d_1 ：辐射源到一次散射墙体散射点的距离，m；

d_2 ：一次散射点到二次散射点的距离，m；

B ：辐射屏蔽透射因子，计算方法同上；

对于 6MV、10MV 的 X 射线，其泄漏辐射经散射后，能量保守取 0.2MV，取 $\text{TVL}=\text{TVL}_1=0.5\text{cm}$ （铅）。

计算参数及结果如下。

表11-7 漏射线经散射所致防护门外剂量计算

工况	关注点	L_f	A_1 (m^2)	α_1	d_1 (m)	d_2 (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
6MV-1400cGy/min	F	0.1%	20.83	0.0064	8	8.8	2.26E-03
10MV-600cGy/min			20.83	0.0051	8	8.8	7.72E-04
6MV-1400cGy/min	R	0.1%	21.06	0.0064	7.8	10	1.86E-03
10MV-600cGy/min			21.06	0.0051	7.8	10	6.36E-04

②病人体表散射经迷路所致防护门外剂量率

$$H_{ps} = \frac{H_0 \alpha_{ph} (F/400) \alpha_1 A_1}{(d_1 d_2)^2} B \quad (11-4)$$

式中：

H_{ps} : 主射线在病人体表散射后经墙体散射所致防护门外的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;
 H_0 : 医用电子直线加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$;
 α_{ph} : 病人 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m 处的剂量比例, 又称 400cm^2 面积上的散射因子, 无量纲;

F: 治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm^2 , 本项目加速器为 1600cm^2 ;

α_1 : 墙体一次散射的散射因子, 无量纲;

A_1 : 墙体一次散射时的散射面积, m^2 ;

d_1 : 患者到一次散射墙体散射点的距离, m;

d_2 : 一次散射点到二次散射点的距离, m;

B: 辐射屏蔽透射因子, 计算方法同上。

对于 10MV 的 X 射线, 经 2 次散射后, 能量为 0.2MV, 取 $\text{TVL}=\text{TVL}_1=0.5\text{cm}$ (铅)。计算参数汇总如下。

表11-8 病人体表散射经墙体散射所致防护门外剂量率

工况	关注点	α_{ph}	α_1	$A_1 (\text{m}^2)$	$d_1 (\text{m})$	$d_2 (\text{m})$	$H_p (\mu\text{Sv/h})$
6MV-1400cGy/min	F	1.39E-03	6.40E-03	20.83	8	8.8	1.26E-02
10MV-600cGy/min		1.35E-03	5.10E-03	20.83	8	8.8	4.17E-03
6MV-1400cGy/min	R	1.39E-03	6.40E-03	21.06	7.8	10	1.03E-02
10MV-600cGy/min		1.35E-03	5.10E-03	21.06	7.8	10	3.43E-03

③漏射线直接透过迷路所致防护门外剂量率

$$H_{LT} = \frac{H_0 \cdot L_f}{d_L^2} \cdot B \quad (11-5)$$

式中:

H_{LT} : 漏射线直接透射迷路内墙所致防护门外的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

H_0 : 医用电子直线加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$;

L_f : 泄漏率, 无量纲;

d_L : 辐射源点至防护门中心点的距离, m;

B: 辐射屏蔽透射因子, 无量纲, 考虑迷路内墙的屏蔽和防护门的屏蔽;

$$B = 10^{-\frac{X_e + \text{TVL} - \text{TVL}_1}{\text{TVL}} - \frac{X_i + \text{TVL}_i - \text{TVL}_{1i}}{\text{TVL}_i}} \quad (11-6)$$

X_e : 射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度 ($X_e = X \cdot \sec \theta$, 其中, X : 屏蔽物质的厚度; θ : 斜射角)。

TVL、TVL₁: 辐射在混凝土中的平衡什值层厚度和第一什值层厚度, cm。

X_i : 射线束在防护门上的有效屏蔽厚度 ($X_e = X \cdot \sec \theta$, 其中, X : 屏蔽物质的厚度; θ : 斜射角)。

TVL_i、TVL_{1i}: 辐射在防护门屏蔽物质中的平衡什值层和第一什值层, cm。

6MV、10MV 漏射线在混凝土中的 TVL 和 TVL₁ 见前文。6MV、10MV 的漏射线在铅的 TVL 和 TVL₁ 保守按主射线考虑, TVL=TVL₁=5.7cm。

计算参数汇总如下。

表11-9 漏射线直接透射所致防护门外剂量率

关注点	L _r	斜射角 θ (°)	屏蔽情况	d _L (m)	剂量率 H (μSv/h)	
					6MV-1400cGy/min	10MV-600cGy/min
F	0.1%	60	1350mm 混凝土	7.7	1.28E-12	4.06E-12
R	0.1%	53	1300mm 混凝土	8.2	1.08E-09	2.29E-09

④中子所致防护门外的剂量率

中子反射所致机房入口处的剂量率主要为 10MV 的 X 射线产生中子剂量率以及中子俘获 γ 射线所致剂量率, 按照以下公式进行计算:

$$H = H_r \cdot 10^{-(X_r/TVL_r)} + H_n \cdot 10^{-(X_n/TVL_n)} \quad (11-7)$$

式中:

X_r —防护门铅屏蔽厚度, 取 2cm;

X_n —防护门含硼 (5%) 聚乙烯屏蔽厚度, 取 15cm;

TVL_r—中子捕获 γ 射线在铅的十分之一层厚度, 取 3.1cm;

TVL_n—中子在石蜡的十分之一层厚度, 本次保守考虑石蜡十分之一层厚度, 取 4.5cm;

H_r 为无防护门时的中子俘获 γ 射线的剂量率 (μSv/h);

$$H_r = 6.9 \times 10^{-16} \cdot \Phi_B \cdot 10^{-d_2/TVL} \cdot H_0 \quad (11-8)$$

6.9×10^{-16} —该方法中的经验因子, Sv/ (中子数/m²);

d_2 —放射点至机房入口的距离;

TVL—将 γ 辐射剂量减至其十分之一的距离, 对于 10MV 加速器保守取值为 3.9m;

Φ_B —等中心 1Gy 治疗照射时放射点处的总中子注量, (中子数/m²) /Gy;

$$\Phi_B = \frac{Q_n}{4\pi d_1^2} + \frac{5.4Q_n}{2\pi S} + \frac{1.26Q_n}{2\pi S} \quad (11-9)$$

d_1 —等中心点至反射点的距离；

S —治疗机房的总内表面积 (m^2)；

Q_n —在等中心线处每 1Gy 治疗照射时射出加速器机头的总中子数，10MV 工况取 6×10^{10} ；

H_n 为机房内的中子经迷道散射后在机房入口处无防护门时的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)；

$$H_n = 2.4 \times 10^{-15} \cdot \Phi_B \cdot \sqrt{\frac{S_0}{S_1}} \cdot [1.64 \times 10^{-(d_2/1.9)} + 10^{-(d_2/T_n)}] \cdot H_0 \quad (11-10)$$

式中：

2.4×10^{-15} —该计算方法中的经验因子， $\text{Sv}/(\text{中子数}/m^2)$ ；

S_0 —迷道内口的面积，机房 1 $S_0=8.1m^2$ 、机房 2 $S_0=12.1m^2$ ；

S_1 —迷道横截面积，机房 1 $S_1=9.4m^2$ 、机房 2 $S_1=9.4m^2$ ；

$$T_n = 2.06\sqrt{S_1}$$

中子所致迷宫入口处的剂量率计算参数及结果见下表。

表 11-10 中子经迷道反射所致防护门外剂量率

关注点	$d_1(m)$	$d_2(m)$	$S(m^2)$	$S_0(m^2)$	$S_1(m^2)$	$H_0 (\mu\text{Sv/h})$	$H_n (\mu\text{Sv/h})$	$H (\mu\text{Sv/h})$
F	7.7	8.4	238.5	8.1	9.4	6.05E-01	1.30E+01	1.43E-01
R	6.9	7.9	291.6	12.1	9.4	7.46E-01	1.76E+01	1.77E-01

因此，迷路入口防护门外剂量率计算结果汇总如下表所示：

表 11-11 迷路入口防护门外剂量率计算结果汇总 ($\mu\text{Sv/h}$)

方位	工况	关注点	漏射线散射	患者散射	漏射线直接透射	中子	合计
东	6MV-1400cGy/min	F	2.26E-03	1.26E-02	1.28E-12	/	1.48E-02
	10MV-600cGy/min		7.72E-04	4.17E-03	4.06E-12	1.43E-01	1.48E-01
东	6MV-1400cGy/min	R	1.86E-03	1.03E-02	1.08E-09	/	1.22E-02
	10MV-600cGy/min		6.36E-04	3.43E-03	2.29E-09	1.77E-01	1.81E-01

综上，本项目各关注点位剂量率汇总如下表。

表 11-12 计算关注点剂量率水平汇总

机房	计算关注点	方位	环境描述	H (μSv/h)		标准限值 (μSv/h)
				6MV-1400cGy/min	10MV-600cGy/min	
医用电子直线加速器机房 1	A	西 (主屏蔽区)	车辆过道	8.22E-02	1.98E-01	2.5
	B	西 (次屏蔽区)	车辆过道	8.03E-03	1.17E-02	2.5
	C	北 (次屏蔽区)	水冷机房	1.25E-02	9.86E-03	2.5
	D	北 (次屏蔽区)	设备间	2.63E-05	3.76E-05	2.5
	E	北 (次屏蔽区)	控制室	6.68E-06	1.04E-05	2.5
	F	东 (防护门)	室内通道	1.48E-02	1.48E-01	2.5
	G	东 (主屏蔽区)	室内通道	3.54E-02	5.31E-02	2.5
	X	东 (次屏蔽区)	室内通道	2.12E-02	2.97E-02	2.5
	H	南 (次屏蔽区)	诊室	2.01E-02	1.97E-02	2.5
	I	南 (次屏蔽区)	加压机房	5.21E-02	4.83E-02	2.5
	①	顶 (主屏蔽区)	门厅	1.42E-02	1.70E-02	2.5
	②	顶 (次屏蔽区)	门厅	1.46E-03	2.39E-03	2.5
医用电子直线加速器机房 2	M	西 (主屏蔽区)	车辆过道	6.73E-03	1.01E-02	2.5
	N	北 (次屏蔽区)	水冷机房	4.61E-03	4.89E-03	2.5
	O	北 (次屏蔽区)	制模室	4.32E-02	4.01E-02	2.5
	Z	北 (次屏蔽区)	室内通道	2.34E-02	2.24E-02	2.5
	P	北 (次屏蔽区)	医生办公室	5.25E-04	6.34E-04	2.5
	Q	东 (主屏蔽区)	室内通道	6.73E-03	1.01E-02	2.5
	R	东 (防护门)	室内通道	1.22E-02	1.81E-01	2.5
	S	南 (次屏蔽区)	控制室	2.08E-06	3.47E-06	2.5
	T	南 (次屏蔽区)	设备间	1.56E-05	2.30E-05	2.5
	U	南 (次屏蔽区)	水冷机房	9.34E-03	7.51E-03	2.5
	Y	西 (次屏蔽区)	车辆过道	8.24E-03	1.20E-02	2.5
	③	顶 (主屏蔽区)	门厅	1.42E-02	1.70E-02	2.5
④	顶 (次屏蔽区)	门厅	1.46E-03	2.39E-03	2.5	

由上表可见，本项目医用电子直线加速器机房外最大剂量率为 1.98E-01μSv/h，该剂量率满足《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)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 以及《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 中限值要求，也满足本评价要求的“各侧墙体表面 0.3m 处及上下层关注点处小于 2.5μSv/h”的规定。

(4) 有用线束主屏蔽区半宽复核

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)，有用线束主屏蔽区（内凸）的宽度复核公式如下：

$$Y = (100 + a + X_2) \cdot \text{tg}14^\circ + 30 \quad (11-11)$$

有用线束主屏蔽区（外凸）的宽度复核公式如下：

$$Y = (100 + a + X_1 + X_2) \cdot \text{tg}14^\circ + 30 \quad (11-12)$$

Y：主屏蔽区半宽度，cm。

a: 等效中心点到墙体距离, cm。

X₁: 次屏蔽区墙体厚度, cm。

X₂: 主屏蔽区凸出区域厚度, cm。

机房 1 西侧主屏蔽区为内凸, 东侧主屏蔽区为外凸, 机房 2 东侧、西侧主屏蔽区为内凸, 两个机房顶棚主屏蔽区均无凸出, 两间医用电子直线加速器机房设计相同。根据公式 (11-11)、(11-12) 进行核算, 核算结果如下表。

表 11-13 主屏蔽区半宽核算结果

位置	凸起类型	计算参数 (cm)			计算半宽 (cm)	设计半宽 (cm)	符合判定
		a	X ₁	X ₂			
机房 1 西侧主屏蔽区	内凸	320	-	72.5	152.8	200	符合
机房 1 东侧主屏蔽区	外凸	320	163	35	184	200	符合
机房 1 顶棚主屏蔽区	/	318	190	0	182	200	符合
机房 2 西侧主屏蔽区	内凸	314	-	96	127.16	200	符合
机房 2 东侧主屏蔽区	内凸	314	-	96	127.16	200	符合
机房 2 顶棚主屏蔽区	/	318	190	0	182	200	符合

根据表 11-13 的核算结果, 本项目设备机房主屏蔽墙宽度符合《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) D.1.2.5 中半宽计算要求。

2) 模拟定位 CT

本项目模拟定位 CT 射线装置最大管电压为 120kV, 最大管电流为 667mA。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命, 模拟定位 CT 设备管电压和管电流都留有较大裕量。本项目按 100kV, 120mA 来估算模拟定位 CT 机房外的剂量率。

(1) 装置周围辐射水平评价

① 泄漏辐射:

$$H_1 = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (11-13)$$

式 11-13 中:

H₁——泄漏辐射剂量率, μSv/h;

H_L——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, μSv/h, 本项目保守考虑 1mGy/h, Sv/Gy 转换系数取值为 1, 即泄漏辐射量均为 1000μSv/h;

B——屏蔽透射因子, 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中附录 C 计算得到屏蔽透射因子 B;

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

(11-14)

R——辐射源点（即靶点）至关注点的距离，m；

根据建设单位提供的屏蔽防护方案、设备最大参数及项目图纸，通过式 11-13，其机房泄漏辐射剂量率结果见下表 11-14：

表 11-14 泄漏剂量率计算结果

机房	方位	场所	屏蔽厚度	距离 (m)	透射因子 B	泄漏剂量率 $\mu\text{Sv/h}$
模拟定位 CT 机房	东	控制台(墙体)	4mm 铅板+方管龙骨 (4mmPb)	3.00	5.14E-06	5.71E-04
		控制台(出口)	门及门套: 4mm 铅板 (4mmPb)	3.30	5.14E-06	4.72E-04
		控制台(观察窗)	铅玻璃: 20mm 铅玻璃 (4mmPb); 窗套: 4mm 铅板 (4mmPb)	2.80	5.14E-06	6.56E-04
	南	钼靶室(墙体)	4mm 铅板+方管龙骨 (4mmPb)	2.10	5.14E-06	1.17E-03
	西	室内通道(墙体)	4mm 铅板+方管龙骨 (4mmPb)	2.80	5.14E-06	6.56E-04
		室内通道(机房入口)	门及门套: 4mm 铅板 (4mmPb)	3.30	5.14E-06	4.72E-04
	北	医生办公/阅片室(墙体)	4mm 铅板+方管龙骨 (4mmPb)	2.10	5.14E-06	1.17E-03
	上	ICU 病房、治疗室、护士台	2mm 铅板+150mm 混凝土 (4.3mmPb)	4.45	2.42E-06	1.22E-04
	下	上海思路迪生物医学科技有限公司	50mm 硫酸钡混凝土 +180mm 混凝土 (3.7mmPb)	4.50	1.09E-05	5.39E-04

② 散射辐射：

计算得到屏蔽透射因子 B 后，关注点的散射辐射剂量率 H_2 ($\mu\text{Sv/h}$) 可根据《辐射防护导论》（原子能出版社）第三章第三节（P116-P117）散射线的屏蔽计算公式（3.66）进行推导得出，以最不利情况考虑居留因子取 1，管电压修正系数取 1，推导得出本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$H_2 = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

式 11-15

式 11-15 中：

I——X 射线装置在常用最大管电流，mA，本项目取 120mA；

H_0 ——距辐射源点（即靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 $6\text{E}+04$ ，Sv/Gy 转换系数取值为 1。本项目取 2mmAl 在 100kV 电压下的发射率常数 $9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

B——屏蔽透射因子；

F—— R_0 处的辐射野面积， m^2 ，射线装置运行时的最大照射野面积为 400cm^2 ($20\text{cm}\times 20\text{cm}$)；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积 1m^2 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；根据《辐射防护手册（第一分册）》P437 页表 10.1 可知，100kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每 400cm^2 的散射系数为 $1.3\text{E}-03$ ；

R_s ——辐射源点（即靶点）至散射体的距离，m，对于本项目数值取 0.5；

R_0 ——散射体至关注点距离，m，根据设备布设位置确定

根据建设单位提供的屏蔽防护方案、设备最大参数及项目图纸，通过式 11-15，其机房散射辐射剂量率结果见下表 11-15：

表 11-15 散射剂量率计算结果

机房	方位	场所	屏蔽厚度	距离 (m)	透射因子 B	散射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$
模拟定位 CT 机房	东	控制台 (墙体)	4mm 铅板+方管龙骨 (4mmPb)	3.00	5.14E-06	1.92E-01
		控制台 (出口)	门及门套: 4mm 铅板 (4mmPb)	3.30	5.14E-06	1.59E-01
		控制台 (观察窗)	铅玻璃: 20mm 铅玻璃 (4mmPb); 窗套: 4mm 铅板 (4mmPb)	2.80	5.14E-06	2.21E-01
	南	钼靶室 (墙体)	4mm 铅板+方管龙骨 (4mmPb)	2.10	5.14E-06	3.93E-01
	西	室内通道 (墙体)	4mm 铅板+方管龙骨 (4mmPb)	2.80	5.14E-06	2.21E-01
		室内通道 (机房入口)	门及门套: 4mm 铅板 (4mmPb)	3.30	5.14E-06	1.59E-01
	北	医生办公/阅片室 (墙体)	4mm 铅板+方管龙骨 (4mmPb)	2.10	5.14E-06	3.93E-01
	上	ICU 病房、治疗室、护士台	2mm 铅板+150mm 混凝土 (4.3mmPb)	4.45	2.42E-06	4.12E-02
	下	上海思路迪生物医学科技有限公司	50mm 硫酸钡混凝土 +180mm 混凝土 (3.7mmPb)	4.50	1.09E-05	1.81E-01

根据表 11-14 及 11-15，得出本项目模拟定位 CT 射线装置机房周边剂量率，相关工况下周边剂量率详细情况分别详见表 11-16。

表 11-16 辐射剂量率计算结果

机房	方位	环境描述	泄漏剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	散射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	总剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	标准限值 $\mu\text{Sv/h}$	满足标准
模拟定位 CT 机房	东	控制台（墙体）	5.71E-04	1.92E-01	1.93E-01	2.5	合格
		控制台（出口）	4.72E-04	1.59E-01	1.60E-01	2.5	合格
		控制台（观察窗）	6.56E-04	2.21E-01	2.22E-01	2.5	合格
	南	钨靶室（墙体）	1.17E-03	3.93E-01	3.94E-01	2.5	合格
	西	室内通道（墙体）	6.56E-04	2.21E-01	2.22E-01	2.5	合格
		室内通道（机房入口）	4.72E-04	1.59E-01	1.60E-01	2.5	合格
	北	医生办公/阅片室（墙体）	1.17E-03	3.93E-01	3.94E-01	2.5	合格
	上	ICU 病房、治疗室、护士台	1.22E-04	4.12E-02	4.13E-02	2.5	合格
下	上海思路迪生物医学科技有限公司	5.39E-04	1.81E-01	1.82E-01	2.5	合格	

由上表可知，本项目模拟定位 CT 机房周围剂量当量率均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB31/T462-2020）规定：“机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”。

3) DSA

本项目 DSA 射线装置最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，DSA 设备管电压和管电流都留有较大裕量。实际使用时管电压通常在 100kV 以下，透视管电流通常为几十 mA，摄片功率较大，管电流通常为几百 mA。为保守考虑，本项目按摄片工况 100kV，500mA，透视工况 100kV，100mA 来估算 DSA 机房外的剂量率。

(1) 装置周围辐射水平评价

本项目射线装置的辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。由于 DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，根据 NCRP147 号报告“Examples of Shielding Calculations” 5.1 节（P72）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知，DSA 的漏射线剂量率很小（一般不大于 1mGy/h ），因此，屏蔽计算中主要考虑泄漏辐射和散射的辐射影响。

①泄漏辐射:

$$H_1 = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (11-16)$$

式 11-16 中:

H_1 ——泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

H_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 本项目保守考虑 1mGy/h , Sv/Gy 转换系数取值为 1, 即拍片和透视工况下泄漏辐射量均为 $1000\mu\text{Sv/h}$;

B ——屏蔽透射因子, 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中附录 C 计算得到屏蔽透射因子 B ;

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{-\alpha r X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (11-17)$$

R ——辐射源点 (即靶点) 至关注点的距离, m ;

根据建设单位提供的屏蔽防护方案、设备最大参数及项目图纸, 通过式 11-16, 其机房泄漏辐射剂量率结果见下表 11-17:

表 11-17 泄漏剂量率计算结果

机房	方位	场所	屏蔽厚度	距离 (m)	透射因子 B	泄漏剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	
						摄片	透视
DSA 机房	东	污物走道	方管龙骨+4mm 铅板 (4.0mmPb)	3.3	5.14E-06	4.72E-04	4.72E-04
			门及门套: 4mm 铅板 (4.0mmPb)	3.4	5.14E-06	4.45E-04	4.45E-04
	南	控制室	4mm 铅板+方管龙骨 (4.0mmPb)	3.2	5.14E-06	5.02E-04	5.02E-04
			20mm 铅玻璃 (4.0mmPb)、窗套: 4mm 铅板 (4.0mmPb)	2.5	5.14E-06	8.22E-04	8.22E-04
		设备间	4mm 铅板+方管龙骨 (4.0mmPb)	2.8	5.14E-06	6.56E-04	6.56E-04
	西	室内通道	4mm 铅板+方管龙骨 (4.0mmPb)	3.3	5.14E-06	4.72E-04	4.72E-04
			门及门套: 4mm 铅板 (4.0mmPb)	3.4	5.14E-06	4.45E-04	4.45E-04
	北	预留 DSA 机房	4mm 铅板+方管龙骨 (4.0mmPb)	3.1	5.14E-06	5.35E-04	5.35E-04
	上	员工办公区、病人活动区	40mm 硫酸钡混凝土 +1mm 铅板+250mm 混凝土	3	9.31E-08	1.03E-05	1.03E-05

			(5.6mmPb)				
	下	药房	40mm 硫酸钡混凝土 +1mm 铅板+150mm 混 凝土 (4.0mmPb)	3	5.14E-06	5.71E-04	5.71E-04

②散射辐射:

计算得到屏蔽透射因子 B 后, 关注点的散射辐射剂量率 H_2 ($\mu\text{Sv/h}$) 可根据《辐射防护导论》(原子能出版社) 第三章第三节 (P116-P117) 散射线的屏蔽计算公式 (3.66) 进行推导得出, 以最不利情况考虑居留因子取 1, 管电压修正系数取 1, 推导得出本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下:

$$H_2 = \frac{I \cdot H_0 \cdot B \cdot F \cdot \alpha}{R_S^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

式 11-18

式 11-18 中:

I ——X 射线装置在常用最大管电流, mA, 本项目拍片时取 500mA, 透视时取 100mA;

H_0 ——距辐射源点 (即靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 $6\text{E}+04$, Sv/Gy 转换系数取值为 1。本项目取 2mmAl 在 100kV 电压下的发射率常数 $9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

B ——屏蔽透射因子;

F —— R_0 处的辐射野面积, m^2 , 射线装置运行时的最大照射野面积为 400cm^2 ($20\text{cm} \times 20\text{cm}$);

α ——散射因子, 入射辐射被单位面积 1m^2 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比; 根据《辐射防护手册 (第一分册)》P437 页表 10.1 可知, 100kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每 400cm^2 的散射系数为 $1.3\text{E}-03$;

R_S ——辐射源点 (即靶点) 至散射体的距离, m, 对于本项目数值取 0.5;

R_0 ——散射体至关注点距离, m, 根据设备布设位置确定

根据建设单位提供的屏蔽防护方案、设备最大参数及项目图纸, 通过式 11-18, 其机房散射辐射剂量率结果见下表 11-18:

表 11-18 散射剂量率计算结果

机房	方位	场所	屏蔽厚度	距离 (m)	透射因子 B	散射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	
						摄片	透视
DSA	东	污物走道	方管龙骨+4mm 铅板	3.3	5.14E-06	6.63E-01	1.33E-01

机房			(4.0mmPb)				
			门及门套: 4mm 铅板 (4.0mmPb)	3.4	5.14E-06	6.24E-01	1.25E-01
	南	控制室	4mm 铅板+方管龙骨 (4.0mmPb)	3.2	5.14E-06	7.05E-01	1.41E-01
			20mm 铅玻璃 (4mmPb)、窗套: 4mm 铅板 (4.0mmPb)	2.5	5.14E-06	1.15E+00	2.31E-01
		设备间	4mm 铅板+方管龙骨 (4.0mmPb)	2.8	5.14E-06	9.20E-01	1.84E-01
	西	室内通道	4mm 铅板+方管龙骨 (4.0mmPb)	3.3	5.14E-06	6.63E-01	1.33E-01
			门及门套: 4mm 铅板 (4.0mmPb)	3.4	5.14E-06	6.24E-01	1.25E-01
	北	预留 DSA 机房	4mm 铅板+方管龙骨 (4.0mmPb)	3.1	5.14E-06	7.51E-01	1.50E-01
	上	员工办公 区、病人活 动区	40mm 硫酸钡混凝土 +1mm 铅板+250mm 混 凝土 (5.6mmPb)	3	9.31E-08	1.45E-02	2.90E-03
	下	药房	40mm 硫酸钡混凝土 +1mm 铅板+150mm 混 凝土 (4.0mmPb)	3	5.14E-06	8.02E-01	1.60E-01

根据表 11-17 及 11-18, 得出本项目摄片及透视工况下射线装置机房周边剂量率, 相关工况下周边剂量率详细情况分别详见表 11-19 及表 11-20:

表 11-19 辐射剂量率计算结果 (摄片工况)

机房	方位	环境描述	泄漏剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	散射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	总剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	标准限值 $\mu\text{Sv/h}$	满足标准
DSA 机房	东	污物走道	4.72E-04	6.63E-01	6.63E-01	2.5	合格
		污物走道-门	4.45E-04	6.24E-01	6.25E-01	2.5	合格
	南	控制室	5.02E-04	7.05E-01	7.05E-01	2.5	合格
		控制室-观察窗	8.22E-04	1.15E+00	1.16E+00	2.5	合格
		设备间	6.56E-04	9.20E-01	9.21E-01	2.5	合格
	西	室内通道	4.72E-04	6.63E-01	6.63E-01	2.5	合格
		室内通道-门	4.45E-04	6.24E-01	6.25E-01	2.5	合格
	北	预留 DSA 机房	5.35E-04	7.51E-01	7.51E-01	2.5	合格

上	员工办公区、病人活动区	1.03E-05	1.45E-02	1.45E-02	2.5	合格
下	药房	5.71E-04	8.02E-01	8.02E-01	2.5	合格

表 11-20 辐射剂量率计算结果（透视工况）

机房	方位	环境描述	泄漏剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	散射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	总剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	标准限值 $\mu\text{Sv/h}$	满足标准
DSA 机房	东	污物走道	4.72E-04	1.33E-01	1.33E-01	2.5	合格
		污物走道-门	4.45E-04	1.25E-01	1.25E-01	2.5	合格
	南	控制室	5.02E-04	1.41E-01	1.41E-01	2.5	合格
		控制室-观察窗	8.22E-04	2.31E-01	2.32E-01	2.5	合格
		设备间	6.56E-04	1.84E-01	1.85E-01	2.5	合格
	西	室内通道	4.72E-04	1.33E-01	1.33E-01	2.5	合格
		室内通道-门	4.45E-04	1.25E-01	1.25E-01	2.5	合格
	北	预留 DSA 机房	5.35E-04	1.50E-01	1.51E-01	2.5	合格
	上	员工办公区、病人活动区	1.03E-05	2.90E-03	2.91E-03	2.5	合格
	下	药房	5.71E-04	1.60E-01	1.61E-01	2.5	合格

由上表可知，本项目 DSA 机房周围剂量当量率均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB31/T462-2020）规定：“机房外的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”。

2.职业照射剂量分析

1) 医用电子直线加速器

本项目医用电子直线加速器共设置 8 名放射工作人员，每间加速器机房 4 人，实行 2 班制，两人同时操作，放射工作人员轮流从事放射工作。

本项目加速器放射工作人员的职业照射主要包括控制室内操作及机房内摆位两部分。

(1) 控制室内操作

放射工作人员在控制室内操作所受剂量按照前文机房所致控制室的剂量率水平，结合加速器的工作量进行计算，放射工作人员按照排班进行操作，考虑保守系数，人员剂

量计算详见下表。

表 11-21 医用电子直线加速器放射工作人员（控制室内）剂量计算

设备	单次平均 出束时间 (常规)	每天病 人数	年工作天 数	剂量率 $\mu\text{Sv/h}$		调强系数	工作人数	放射工作人员剂 量 mSv/a
				6MV- 1400cGy/mi n	10MV- 600cGy/mi n			
医用电子 直线加速 器（北）	130 秒	60 人	250 天	6.68E-06	1.04E-05	5	4 人(2 人 /批)	2.82E-05
每个放射人员:		$2.82\text{E-}05\text{mSv/a} \div 4 \text{人} \times 2 \text{人/批} \times 2 \text{(保守系数)} = 2.82\text{E-}05\text{mSv/a/人}$						
医用电子 直线加速 器（南）	130 秒	60 人	250 天	2.08E-06	3.47E-06	5	4 人(2 人 /批)	9.40E-06
每个放射人员:		$9.40\text{E-}06\text{mSv/a} \div 4 \text{人} \times 2 \text{人/批} \times 2 \text{(保守系数)} = 9.40\text{E-}06\text{mSv/a/人}$						

(2) 机房内摆位

对于医生在 10MV 加速器停机后为病人摆位时所受到的剂量率,本报告保守按照《医用电子直线加速器质量控制检测规范》(WS 674-2020)中的相关要求“在不超过 3min 的时间内,离外壳表面 1m 处的剂量率限值 $20\mu\text{Sv/h}$ ”计。放射工作人员每次摆位时间约 2min/次,每间加速器机房一年按 3750 次(保守按 25%工作负荷)计算,放射工作人员人数总数为 8 人,轮班摆位操作,保守系数取 2,则加速器机房 01 产生的感生放射性所致的人员年剂量为 $20\mu\text{Sv/h} \times 2.0\text{min} \times 3750 \times 2 \text{次} \div 60 \div 1000 \div 4 \times 2 = 2.5\text{mSv/年}$;加速器机房 02 产生的感生放射性所致的人员年剂量为 $20\mu\text{Sv/h} \times 2.0\text{min} \times 3750 \times 2 \text{次} \div 60 \div 1000 \div 4 \times 2 = 2.5\text{mSv/年}$ 。

当其中 1 个机房在出束过程中,另一个机房在进行摆位时,摆位工作人员受到来自正在出束作业机房的受照量保守按照控制室内剂量计算,综上,本项目医用电子直线加速器机房 01 放射工作人员受照剂量为 $2.82\text{E-}05 \times 2 + 1.25 \approx 1.25\text{mSv/年}$;医用电子直线加速器机房 02 放射工作人员受照剂量为 $9.40\text{E-}06 \times 2 + 1.25 \approx 1.25\text{mSv/年}$ 。

2) 模拟定位 CT

(1) 职业照射剂量评价

本项目由 2 名放射工作人员专职负责(2 名技师)。正常单次作业工况下,共需要技师 1 名。作业工况下,病人停留机房内,技师停留在机房外的控制台操作。

根据建设单位提供的射线装置工作参数(详见表 1-2,单次定位出束时间为 30s,年定位 30000 次)及机房屏蔽资料(详见表 10-1)。参考原子能出版社《辐射防护手册第三分册辐射安全》3.4.1.1“居留因子 T 取值情况:全居留(T=1),包括控制室、实验室、

诊室、办公室、电梯等时有人的地方；部分居留（T=1/4），包括公共走廊、休息室、电梯等有时有人的地方；偶然居留（T=1/16），包括厕所、浴室、行人车辆通过的外部区域”，计算得到辐射剂量率计算结果（详见表 11-14 及表 11-15），最后由辐射剂量率计算结果计算得出所致机房周围照射剂量（1 年按 50 周计算），详见表 11-22：

表 11-22 所致机房周围照射剂量

机房	方位	环境描述	居留因子	年剂量 mSv/a	照射类型
模拟定位 CT 机房	东	控制台（墙体）	1	4.83E-02	职业照射
		控制台（出口）	1	3.99E-02	
		控制台（观察窗）	1	5.54E-02	
	南	钨靶室（墙体）	1	9.85E-02	公众照射
	西	室内通道（墙体）	1/4	1.38E-02	公众照射
		室内通道（机房入口）	1/4	9.97E-03	
	北	医生办公/阅片室（墙体）	1	9.85E-02	公众照射
	上	ICU 病房、治疗室、护士台	1	1.03E-02	公众照射
下	上海思路迪生物医学科技有限公司	1	4.55E-02		

本项目共 2 名技师，单次安排 1 名技师，本项目保守系数取 2，由表 11-22 可知：射线装置模拟定位过程所致技师剂量最大值为 5.54E-02mSv/a。综上，每名技术所受职业照射为 $5.54E-02mSv/a \div 2 \times 1 \times 2 = 5.54E-02mSv/a$ 。

本项目所致放射工作人员最大职业照射剂量为 5.54E-02mSv/年，该剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业照射剂量限值（20mSv/年）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）规定的职业照射剂量约束值（5mSv/年）。

3) DSA

(1) 职业照射剂量评价

本项目由 8 名放射工作人员专职负责（4 名医师、2 名护士及 2 名技师）。正常单次手术工况下，共需要手术医师、手术护士及手术技师各 1 名。

介入透视工况下，手术医师及手术护士停留机房内，手术技师停留在控制室内；介入摄片工况下，手术医师、手术护士及手术技师停留在控制室内。

根据建设单位提供的射线装置工作参数（详见表 1-3，1 台手术累计透视曝光时间 600s，摄片曝光 30s，1 年 1200 台手术）及机房屏蔽资料（详见表 10-1），参考原子能出版社《辐射防护手册第三分册辐射安全》3.4.1.1“居留因子 T 取值情况：全居留（T=1），包括控制室、实验室、诊室、办公室、电梯等时有人的地方；部分居留（T=1/4），包括

公共走廊、休息室、电梯等有时有人的地方；偶然居留（T=1/16），包括厕所、浴室、行人车辆通过的外部区域”，计算得到辐射剂量率计算结果（详见表 11-17 及表 11-18），最后由辐射剂量率计算结果计算得出所致机房周围照射剂量（1 年按 50 周计算），详见表 11-23：

本项目保守按照大于常规使用工况（摄片工况：100kV、500mA，透视工况：100kV、100mA）考虑本项目所致周围受照剂量，所致射线装置机房外照射剂量情况详见表 11-23。

表 11-23 所致机房周围照射剂量

机房	方位	环境描述	居留因子	年剂量 mSv/a			照射类型
				透视	拍片	汇总	
DSA 机房	东	污物走道	1/4	6.65E-03	1.66E-03	8.31E-03	公众照射
		污物走道-门	1/4	6.26E-03	1.56E-03	7.83E-03	
	南	控制室	1	2.83E-02	7.05E-03	3.53E-02	职业照射
		控制室-观察窗	1	4.63E-02	1.16E-02	5.79E-02	
		设备间	1/4	9.24E-03	2.30E-03	1.15E-02	
	西	室内通道	1/4	6.65E-03	1.66E-03	8.31E-03	公众照射
		室内通道-门	1/4	6.26E-03	1.56E-03	7.83E-03	
	北	预留 DSA 机房	1	3.01E-02	7.51E-03	3.77E-02	职业照射
	上	员工办公区、病人活动区	1	5.83E-04	1.45E-04	7.28E-04	公众照射
	下	药房	1	3.22E-02	8.02E-03	4.02E-02	

本项目射线装置在铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏及移动铅防护屏风等防护设施正常使用的情况下，参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020），在透视防护区检测平面上周边剂量当量率 $\leq 400\mu\text{Gy/h}$ 。

保守假设手术医师及手术护士在透视工况下，手术位置的附加剂量率水平为 $400\mu\text{Gy/h}$ 。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），手术医师及手术护士采取 0.5mm 铅当量铅衣作屏蔽措施，在 100kV 透视及摄影工况下衰减系数为 0.0472，即机房内放射工作人员在透视和摄影工况下受到最大剂量率水平为 $18.88\mu\text{Gy/h}$ 。

1) 所致手术医师及手术护士剂量

透视工况下，对于实施手术的手术医师及手术护士，考虑手术开展时穿戴铅衣的屏蔽效果，实施介入手术的医生人员在透视曝光过程中所受到的剂量率为 $18.88\mu\text{Sv/h}$ 。对专职从事介入手术作业的医生介入透视过程累积持续时间为 $600\text{s/次} \times 1200 \text{次/年} \times 1\text{h}/3600\text{s} = 200.00\text{h/年}$ ，其个人受照剂量为 $18.88\mu\text{Sv/h} \times 200.00\text{h/年} \times 1\text{mSv}/1000\mu\text{Sv} = 3.776\text{mSv/年}$ 。

拍片过程，手术医师及手术护士进入机房控制室内，根据表 11-19 可知：手术医师

及手术护士受到最大剂量为 1.16E-02mSv/年。

2) 所致手术技师辐射剂量

本项目手术过程由 1 名手术技师专职负责。

由表 11-23 可知：射线装置手术过程所致手术技师剂量最大值为 5.79E-02mSv。

综上所述，手术医师、手术护士及手术技师辐射剂量详见表 11-24：

表 11-24 手术医师、手术护士及手术技师辐射剂量计算

放射工作人员	受照类型	受照剂量 mSv/a	备注
手术医师	透视（机房内） 拍片（机房外）	1.89	1、共 4 名手术医师，单台手术安排 1 名手术医师，本项目保守系数取 2； 2、透视过程剂量率为 18.88 μSv/h，透视过程累积持续时间 200.00h/年； 3、拍片年剂量 1.16E-02mSv/a； 4、汇总计算： (18.88μSv/h × 200.00h/a ÷ 1000mSv/μSv+1.16E-02mSv/a) ÷ 4 × 1 × 2=1.89mSv/a。
手术护士	透视（机房内） 拍片（机房外）	3.79	1、共 2 名手术护士，单台手术安排 1 名手术护士，本项目保守系数取 2； 2、透视过程剂量率为 18.88μSv/h，透视过程累积持续时间为 200.00h/年； 3、拍片年剂量 1.16E-02mSv/a； 4、汇总计算： (18.88μSv/h × 200.00h/a ÷ 1000mSv/μSv+1.16E-02mSv/a) ÷ 2 × 1 × 2=3.79mSv/a。
手术技师	透视（机房外） 拍片（机房外）	0.0579	1、共 2 名手术技师，单台手术安排 1 名手术技师，本项目保守系数取 2； 2、透视年剂量 4.63E-02mSv/a； 3、拍片年剂量 1.16E-02mSv/a； 4、汇总计算： (4.63E-02mSv/a+1.16E-02mSv/a) ÷ 2 × 1 × 2=0.0579mSv/a。

综上所述所致手术医师、手术护士、手术技师剂量，本项目所致放射工作人员最大职业照射剂量为 3.79mSv/年，该剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业照射剂量限值（20mSv/年）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）规定的职业照射剂量约束值（5mSv/年）。

从事本项目作业的放射工作人员在开展作业时必须按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置穿戴铅防护服等辐射防护用品，佩戴个人剂量计，合理安排操作时间，所致其年剂量值不得超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业照射剂量限值（20mSv/年）和《放射治

疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)规定的职业照射剂量约束值(5mSv/年)。

3. 周边公众照射剂量分析

1) 医用电子直线加速器

根据前文计算结果,结合本项目平面布置、辐射分区情况,以及业主提资,本次评价保守按6MV-1400cGy/min档位、10MV-600cGy/min档位工作负荷分别占总工作负荷的60%、40%,对加速器开机时,所致周围职业照射和公众的年剂量进行评价,本项目医用电子直线加速器周围公众受照剂量计算见下表。

表 11-25 医用电子直线加速器机房周边公众年受照剂量表

关注点	环境情况	居留因子	剂量率/ $\mu\text{Sv/h}$		单次照射时间/s	年照射次数/次	使用系数	调强因子 ^[1]	年剂量/mSv/a
			6MV-1400cGy/min	10MV-600cGy/min					
A	车辆过道	0.025	8.22E-02	1.98E-01	130	15000	0.25	1	4.35E-04
B	车辆过道	0.025	8.03E-03	1.17E-02	130	15000	1	5	6.43E-04
C	水冷机房	0.05	1.25E-02	9.86E-03	130	15000	1	5	1.55E-03
D	设备间	0.05	2.63E-05	3.76E-05	130	15000	1	5	4.17E-06
E	控制室	1	6.68E-06	1.04E-05	130	15000	1	5	2.21E-05
F	室内通道	0.2	1.48E-02	1.48E-01	130	15000	1	5	3.69E-02
G	室内通道	0.2	3.54E-02	5.31E-02	130	15000	0.25	1	1.15E-03
X	室内通道	0.2	2.12E-02	2.97E-02	130	15000	1	5	1.33E-02
H	诊室	1	2.01E-02	1.97E-02	130	15000	1	5	5.40E-02
I	加压机房	0.025	5.21E-02	4.83E-02	130	15000	1	5	3.42E-03
①	门厅	1	1.42E-02	1.70E-02	130	15000	0.25	1	2.07E-03
②	门厅	0.125	1.46E-03	2.39E-03	130	15000	1	5	6.20E-04
M	车辆过道	0.025	6.73E-03	1.01E-02	130	15000	0.25	1	2.73E-05
N	水冷机房	0.05	4.61E-03	4.89E-03	130	15000	1	5	6.39E-04
O	制模室	0.05	4.32E-02	4.01E-02	130	15000	1	5	5.68E-03
Z	室内通道	0.2	2.34E-02	2.24E-02	130	15000	1	5	1.25E-02
P	医生办公室	1	5.25E-04	6.34E-04	130	15000	1	5	1.54E-03
Q	室内通道	0.2	6.73E-03	1.01E-02	130	15000	0.25	1	2.19E-04
R	室内通道	0.2	1.22E-02	1.81E-01	130	15000	1	5	4.32E-02
S	控制室	1	2.08E-06	3.47E-06	130	15000	1	5	7.14E-06
T	设备间	0.05	1.56E-05	2.30E-05	130	15000	1	5	2.51E-06
U	水冷机房	0.05	9.34E-03	7.51E-03	130	15000	1	5	1.17E-03
Y	车辆过道	0.025	8.24E-03	1.20E-02	130	15000	1	5	6.60E-04
③	门厅	0.125	1.42E-02	1.70E-02	130	15000	0.25	1	2.59E-04
④	门厅	0.125	1.46E-03	2.39E-03	130	15000	1	5	6.20E-04

注: [1]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), 对于泄露辐射, 调强治疗工作负荷为常规放射治疗工作负荷的 5 倍, 有用束和有用线束散射辐射, 调强治疗工作负荷与常规放射治疗工作负荷相同, 因此仅对涉及泄露辐射的关注点赋予调强因子。

综上, 本项目医用电子直线加速器所致周边公众照射最大值为 0.054mSv/a, 位于项

目南部诊室，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的剂量限值（1mSv/a）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）规定的公众照射剂量约束值（0.1mSv/年）。

2) 模拟定位 CT

由表 11-22 可知：本项目射线装置正常运行时所致机房周围公众照射最大剂量为 9.85E-02mSv/年，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众照射剂量限值（1mSv/年）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）规定的公众照射剂量约束值（0.1mSv/年）。

3) DSA

由表 11-23 可知：本项目射线装置正常运行时所致机房周围公众照射最大剂量为 4.02E-02mSv/年，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众照射剂量限值（1mSv/年）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）规定的公众照射剂量约束值（0.1mSv/年）。

4. “三废”处理环境影响

(1) 废气

1) 通风系统

加速器机房达到一定通风要求并使室内臭氧浓度达到限值以下时，氮氧化物的浓度已远低于限值浓度，因此在考虑通风时以臭氧为主要考虑对象。

本项目加速器机房设计的通风速率，机房 1 排风风量为 2200m³/h，机房 2 排风风量为 2600m³/h，加速器机房 1 最大自由容积为 242m³，加速器机房 2 最大自由容积为 324m³。按照该设计，该通风系统在 1h 内可以使机房内换气大于 4 次，机房 1 进风口设在机房内西南角顶部，排风口设在机房内东北角下部，机房 2 进风口设在机房内西北角顶部，排风口设在机房内东南角下部。进风口与排风口位置对角设置，这样上送下出以及对角线送排风形式形成了更好的气流组织，避免送排风的短路。机房排气一并收集后由排风机送至楼顶进行排放，远离人群。

加速器机房符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中对治疗室不小于 4 次/h 换气次数以及斜对角设置的要求以及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“排气口位置不得设置在有门、

窗或人流较大的过道等位置。”的要求。

2) 感生放射性气体

加速器运行过程中产生的感生放射性气态核素包括 ^{15}O 和 ^{13}N ，其中 ^{15}O 的半衰期为 124s， ^{13}N 的半衰期为 10min。对于 15MV 能量的加速器，在不考虑衰变的情况下 ^{13}N 的总活度为 $3.99\text{E}+08\text{Bq}$ ， ^{15}O 的总活度为 $1.89\text{E}+07\text{Bq}$ 。由于本项目最大 X 射线能量为 10MV 小于 15MV 的能量，产生的感生放射性同位素总活度更小，且电子直线加速器运行时通风系统一直运行，加速器运行结束后，仍需通风 5min 后，才能进行下一个病人治疗，通风率为 $2200\text{m}^3/\text{h}$ 、 $2600\text{m}^3/\text{h}$ ，则通过通风及感生放射性同位素自然衰减后，加速器机房内的感生放射性核素的活度已经迅速衰变降低，加上机房的不断通风，气态核素的浓度将保持在一个较低的水平，由于 ^{15}O 和 ^{13}N 均属于极短半衰期核素，经过时间衰变及机房大风量换气的稀释中，加速器机房单独的排气系统排出的废气对周围环境影响很小，可忽略不计。

3) 通风条件下废气浓度的变化

电子束在空气中穿行过程中因与空气相互作用而产生臭氧和氮氧化物等有毒有害气体。其中臭氧的危害较氮氧化物大，且产额高，因此主要考虑臭氧的影响。

◆ 臭氧

假设臭氧不分解且在室内均匀分布，在通风条件下臭氧浓度 C_x 为：

$$C_x = 2.79 \times \frac{Id}{V} \left(1 - e^{-\frac{v}{V}t} \right) \quad (11-19)$$

式中：

C_x ——t 时刻机房内的臭氧浓度， mg/m^3 ；

v ——排气速率， m^3/min ，本项目机房 1 排风速率为 $2200\text{m}^3/\text{h}$ ，即 $36.67\text{m}^3/\text{min}$ ；本项目机房 1 排风速率为 $2600\text{m}^3/\text{h}$ ，即 $43.33\text{m}^3/\text{min}$ ；

I ——加速器的电子束流强度，mA，取 0.13mA

d ——电子束在空气中的穿行距离，cm，取 100cm；

V ——加速器机房自由容积， m^3 ，本项目机房 1 容积为 242m^3 ，本项目机房 2 容积为 324m^3 ；

t ——通风时间，min。

按照上式，保守计算开机 1~15min 加速器机房臭氧浓度变化，如下表所示。

表 11-26 臭氧浓度计算结果

时间 (min)	机房 1 臭氧浓度 (mg/m ³)	机房 2 臭氧浓度 (mg/m ³)
1	0.021	0.014
2	0.039	0.026
3	0.055	0.037
4	0.068	0.046
5	0.080	0.055
6	0.089	0.062
7	0.098	0.068
8	0.105	0.074
9	0.112	0.078
10	0.117	0.083
11	0.122	0.086
12	0.126	0.089
13	0.129	0.092
14	0.132	0.095
15	0.134	0.097

由上表可以看到，本项目的医用电子直线加速器机房在现有通风设计下，15min 内机房最大臭氧浓度为 0.134mg/m³，低于工作场所中 O₃ 浓度限值《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019），浓度限值为 0.3mg/m³。

机房内产生的臭氧通过排风系统高空排放，经过大气的稀释和扩散作用其浓度进一步降低，远低于大气环境质量标准中 O₃ 浓度限值（《环境空气质量标准》（GB 3095-2012），1h 平均浓度为 0.2mg/m³），对周围大气环境的影响十分轻微。

◆ 氮氧化物

在多种氮氧化物（NO_x）中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的 1/3。工作场所中 NO₂ 的浓度限值（GBZ2.1-2019，浓度限值为 5mg/m³）超出 O₃ 的 10 多倍，环境空气中其浓度限值（《环境空气质量标准》（GB 3095-2012），1h 平均浓度为 0.2mg/m³）与 O₃ 的浓度限值相同。因而，NO_x 的产生和排放对周围大气环境的影响很小。

（2）废水

本项目医用电子直线加速器在运行过程中无废水排放。本项目新增放射工作人员的生活废水排入医院现有污水处理站处理后纳入市政污水管网排放。

（3）固体废弃物

加速器产生的废靶，委托厂家回收，若存在放射性则委托有资质单位收贮。

（4）噪声

加速器机房的空调系统及排风系统，通风风机位于楼顶，经距离衰减后，对医院场界的贡献值很小，对周围环境影响可忽略不计。

事故影响分析

本项目医用电子直线加速器可能发生的辐射事故如下：

(1) 医用电子直线加速器的安全联锁系统失效，装置在机房内部有放射工作人员停留或者机房防护门未关闭的情况下出束，对工作人员及周围公众造成不必要的照射。

针对该类辐射事故，医院应定期检查各项安全联锁系统的有效性，确保医用电子直线加速器束流联锁系统、各紧急停机按钮、门机连锁、工作状态指示灯正常工作。

(2) 医用电子直线加速器误操作或医用电子直线加速器出现故障，导致出束剂量超过放射治疗要求。

针对该类辐射事故，医院应加强放射工作人员职业操作技能，治疗前制定详细的照射治疗计划，建立质量保证体系；治疗前，仔细确认患者与治疗计划的一致性，并建立治疗档案；对于因加速器误操作或故障，而导致超剂量照射，应立刻评估过量照射量，并上报医院及行政主管部门。

(3) 医用电子直线加速器所在房间的局部屏蔽防护遭损坏，导致射线泄露，机房外部辐射剂量超标。

本项目模拟定位 CT 射线装置可能发生的辐射事故如下：

(1) 射线装置安全联锁系统失效，机房防护门未关闭的情况下出束，对工作人员及周围公众造成不必要的照射。

(2) 模拟定位 CT 误操作或设备出现故障，导致出束剂量超过放射治疗要求。

(3) 模拟定位 CT 机房局部屏蔽防护遭损坏，导致射线泄露，机房外部辐射剂量超标。

本项目 DSA 射线装置可能发生的辐射事故如下：

(1) 射线装置安全联锁系统失效，装置在机房内部有除负责介入手术作业的放射工作人员以外的其他放射工作人员停留或者机房防护门未关闭的情况下启动出束；

(2) 放射工作人员射线装置误操作或射线装置出现故障，导致出束剂量超过放射相关要求；

(3) 射线装置所在机房局部屏蔽防护遭受损坏，导致射线泄漏，机房外部辐射剂量率超标。

针对该类类型事故，医院应定期对机房外剂量率进行监测，确保机房周围剂量率满足要求；发现超剂量率时，应立即停止加速器作业，对机房屏蔽结构开展调查，请专业

单位进行修复，修复完成后需委托有资质单位进行检测，确认剂量率满足标准要求后，方可再次开展放射治疗作业。

针对以上事故，建议建设单位对辐射事故采取的应急处置措施如下：

①意外发生辐射事故后，在场人员立即报告辐射安全负责人员，并上报放射防护管理领导小组和放射防护管理工作小组，启动辐射事故应急预案。

②辐射安全负责人员要求经检测未受放射性污染的人员离开该区域，确认人员离开后锁上各出入口的大门以防无关人员误入。

③放射防护管理工作小组相关人员立刻到达现场，了解辐射事故发生情况及原因，并制定相应的应急处理对策。同时安排保卫人员负责场所周边安保工作，防止无关人员误入。

④发生辐射事故 2h 内，填写初始报告，向当地生态环境主管部门及人民政府、卫生部门和公安部门报告。

⑤按照已制定的辐射事应急预案的要求制定辐射事故处置实施方案，并在当地人民政府和辐射安全许可证发证机关的监督、指导下实施具体处置工作，主要包括辐射事故应急处置实施流程、实施过程中放射工作人员个人受照剂量控制、辐射事故应急处置产生的放射性废物管理等工作。

⑥辐射事故处置完毕后，做好辐射事故记录。

建议针对辐射事故采取的日常防范措施如下：

(1) 辐射管理规章制度的完善和落实

①定期完善和落实射线装置操作规程、辐射事故应急预案等相关辐射管理规章制度。其中，定期对辐射事故应急预案中的应急组织机构及职责、信息传递、处理程序及应急方案等方面进行修改和完善。②对实施上述辐射管理规章制度期间发现的问题应及时纠正，放射防护管理领导小组和放射防护管理工作小组对规章制度的落实情况开展定期检查工作。

(2) 防护设施、设备的配备和使用

正常运行期间使用的个人防护用品、辐射监测仪器等以及辐射事故应急处理所需器材、设备等配备齐全并留有备用，存放场所能快速到达，便于物品取放。

(3) 日常辐射安全培训及演练

①在日常时段安排放射工作人员进行模拟操作，增加作业熟练度；正式作业时严格

按照规范操作。②定期针对不同类型的辐射事故进行应急和处置演练，提高对辐射事故的应急响应能力。③定期进行放射工作人员进行培训和继续教育。

综上，在严格落实以上日常防范措施和应急处置措施后，项目的环境风险水平是可接受的。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）设置了辐射安全管理小组专门负责医院的辐射安全和环境保护管理工作，委员会具体成员如下：

(1) 人员组成

组长：分管副院长

副组长：科主任/执行科主任

组员：技师长、护士长、设备科负责人等相关人员；

(2) 职责分工

组长职责

- 全面负责单位射线装置、非密封放射性物质工作场所、放射源的辐射防护与安全工作，执行国家有关法规、标准；
- 组织制定单位射线装置及放射源的辐射安全管理规定；
- 负责从事单位射线装置及核素放射诊断、放射源作业的放射工作人员的综合管理。

副组长职责

- 具体负责场所放射工作场所的辐射防护与安全工作；
- 负责落实单位及生态环境、卫生、公安等部门提出的管理要求；
- 负责制定、补充、完善辐射安全管理相关规章制度，并检查其执行情况；
- 负责辐射事故的处置工作，并按规定向相关部门报告；
- 每年对员工至少进行一次辐射防护安全教育；
- 每年向生态环境部门书面报告本单位年度辐射安全工作情况。

组员职责

- 对场所的辐射安全管理负直接管理责任，必须严格遵守国家、地方的各项辐射安全管理制度，严格履行本人的安全职责；
- 负责放射性同位素的采购备案登记手续；
- 做好放射性同位素管理工作，确保放射性同位素单独存放，并确保存放场所具有防火、防水、防盗、防丢失、防泄漏的安全措施。按照规定对贮存、使用放

射性同位素及时进行登记、检查，做到帐物相符；

- 负责放射工作场所放射性废物的回收与处理；
- 负责组织放射工作人员进行有关法律法规、规章制度、安全操作、安全防护等知识的考核，按期核查、换取放射工作人员证书，做到辐射人员持证上岗；
- 负责建立放射工作人员健康和个人剂量档案，负责按期收发个人剂量计，监督个人剂量计的佩带情况，组织放射工作人员按时接受个人剂量监测和健康检查；
- 负责对本项目放射工作场所及周围区域进行日常巡查，并做好记录。对发现的安全隐患及时报告，并提出整改方案。负责辐射剂量仪器的检查与校准工作；
- 负责放射诊疗设备的管理，开展放射诊疗设备的日常使用管理；开展放射诊疗设备的维护维修管理；联系检测机构对放射诊疗设备进行性能检测；联系检测机构对放射诊疗机房进行防护检测。
- 负责接受上级主管部门对辐射安全相关工作的检查与指导；
- 负责放射事故应急预案的修订与应急预案演练的组织。负责放射事故的紧急处理与事故分析的组织与落实，现场需要时，负责实时辐射剂量监测工作。

辐射安全管理规章制度

1、辐射安全管理规章制度制定情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求，上海进康肿瘤医院已制订了以下规章制度：

- 操作规程：《放疗科直线加速器操作规程》、《介入科操作规程》、《放射科操作规程》等；
- 岗位职责：《放疗科放射防护相关人员职责》、《介入科放射防护相关人员职责》、《放射科防护相关人员职责》等；
- 辐射防护与安全保卫制度：《放射防护管理组织》、《放射诊疗工作场所防护管理制度》、《介入诊疗放射防护管理制度》、《辐射危害告知制度》、《介入、放射诊疗设备管理、使用、维修、保养制度》等；
- 设备检修维护：《放疗科设备维护和保养制度》、《介入科设备维护和保养制度》、《放射科设备维护和保养制度》；
- 人员培训和管理：《放射工作人员管理制度》；

- 应急响应：《放疗科辐射事故应急演练制度》、《放疗科直线加速器应急预案》、《放疗科急救预案》、《介入科辐射事故应急演练制度》、《介入科 DSA 应急预案》、《介入科急救预案》、《放射事故应急预案》；
- 质量保证：《放疗科质量控制与质量保证制度》、《介入科质量控制与质量保证制度》、《放射科质量控制与质量保证制度》。

建议项目在日后运行过程中，根据项目实际运行情况和运行经验，不定期对相关制度进行补充完善。

2、辐射安全管理要求

(1) 现有的辐射安全管理制度较为健全，但应做到根据最新的相关法律法规、条例办法及现行标准的要求，定期更新和完善已有的规章制度。

(2) 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部第 18 号令）的要求，放射操作人员以及辐射防护负责人，应当按照生态环境部审定的辐射安全考试大纲，通过相应的核技术利用辐射安全与防护考核；考核不合格的，不得上岗。

(3) 需针对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 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括：辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；项目新、改、扩建和退役情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况。

3、辐射安全管理规章制度执行情况

上海进康肿瘤医院以及与该项目相关科室的日常辐射防护管理情况如下：

1) 定期更新辐射防护管理规章制度。辐射防护管理规章制度的制定和定期更新，建议平均每 2 年更新一次。

2) 放射工作人员管理。安排从事放射诊疗作业的医院员工均需通过相应的核技术利用辐射安全与防护考核，确保考核合格后上岗；对放射工作人员的个人剂量监测进行统一管理，每隔 2 个月送检个人剂量计。

3) 每年度委托有资质的辐射监测单位，对本项目相关工作场所开展辐射监测工作。同时，由本项目相关的不同科室每个月自行开展辐射监测工作 1 次。

辐射监测

1. 辐射监测方案

(1) 工作场所监测

项目运行期间需开展定期自行巡测及委托监测，其中：委托监测应委托有资质的机构对射线装置机房进行监测，频率为每年不少于 1 次。

本项目工作场所环境监测计划见下表。

表 12-1 工作场所环境监测计划一览表

机房/场所	监测项目	监测工作场所	监测点位	监测频次	监测工况及条件
医用电子直线加速器机房	X、 γ 剂量率	东、西、南、北侧墙体；顶棚、控制室操作位；穿墙线管；机房周围医生办公室、诊室		委外监测频率不低于 1 次/年；自测监测，建议每月一次	选取最高能量档位及常用最高输出剂量率
	X、 γ 剂量率、中子剂量率	防护门			
模拟定位 CT 机房	X、 γ 剂量率	东、西、南、北侧墙体；顶棚、底部、控制室操作位；穿墙线管；防护门		委外监测频率不低于 1 次/年；自测监测，建议每月一次	最大常用管电压和管电流
DSA 机房	X、 γ 剂量率	东、西、南、北侧墙体；顶棚、底部、控制室操作位；穿墙线管；防护门		委外监测频率不低于 1 次/年；自测监测，建议每月一次	最大常用管电压和管电流

(2) 个人监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累计剂量监测，放射工作人员在进行放射工作时必须随身佩戴个人剂量片，并配备个人剂量报警仪。医院应委托有资质的单位，由该单位定期对放射工作人员的个人受照剂量（热释光剂量片）进行检测并出具相关检测报告。同时为放射工作人员建立个人剂量档案和健康管理档案，做好工作人员的剂量数据登记和汇总工作。当发现职业操作人员年累积剂量接近剂量约束值时，应立即停止该人员的放射工作，分析和查找剂量接近剂量约束值的原因，并采取相应的整改措施，使实际的屏蔽防护达到要求水平。

(3) 其它要求

根据生态环境主管部门的要求，建设单位应对监测结果做好记录并妥善保存。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部第 18 号令），建设单位应对本单位放射性同位素与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 号前向发证机关提交上一年度的评估报告。定期监测结果应纳入射线装置和放射源安全防护年度评估报告。

在开展辐射监测期间，若发现监测数据超过国家标准规定的限值，应立即查找监测数据异常原因并进行相应整改，整改后应再次开展辐射监测进行确认。整改记录应在射线装置与放射源安全防护年度评估报告有所反映。

2. 辐射监测仪器

医院应为参与本项目的每名放射工作人员配备个人剂量计，并在工作场所配备辐射剂量报警仪、辐射剂量巡测仪、中子剂量率仪等监测设备。

建议：①医院加强放射工作人员辐射安全管理，合理分配各放射工作人员从事射线装置操作的时间，保证放射工作人员的个人受照剂量满足剂量约束值（5mSv/年）的要求的同时，尽可能降低个人受照剂量；②加强个人剂量计佩戴管理，放射工作人员从事放射工作作业期间，必须佩戴个人剂量计，遵照《放射工作人员职业健康管理制度》等相关规定严格做好放射工作人员管理工作，按时完成放射工作人员的个人剂量计送检工作。

辐射事故应急

医院已针对医用电子直线加速器、DSA 射线装置使用制定了辐射事故应急预案（如《放疗科辐射事故应急演练制度》、《放疗科直线加速器应急预案》、《放疗科急救预案》、《介入科辐射事故应急演练制度》、《介入科直线加速器应急预案》、《介入科急救预案》、《放射事故应急预案》），并对应急机构和职责分工，以及应急程序做了较详细的规定。

一旦发生严重事故，应立即封锁现场，迅速安排受照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治；组织有关人员携带仪器设备赶赴现场进行监测，核实事故情况，估算受照剂量，判定事故类型级别，提出控制措施和方案。

建议医院依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原国家环境保护部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日）等相关规定以及上海市处置核与辐射事故应急预案，同时结合年度评估报告和本单位的具体情况，每年定期对应急响应预案进行修改和完善（包括应急机构人员组成、联系方式更新等）。

本着有备无患、万无一失的原则，医院必须按照以下原则加强辐射事故应急管理工作和应急措施的执行：

- 1) 定期对放射工作人员进行事故处理知识的培训和应急演练。
- 2) 保证对外联络畅通，以确保在事故发生后能第一时间与当地生态环境主管部门、

卫生主管部门、公安部门和消防部门等取得联系。

根据《放射性污染防治法》和《上海市放射性污染防治若干规定》（2015年5月22日上海市人民政府第30号令修订）的要求，医院的辐射事故应急响应预案应当报闵行区生态环境局备案。发生放射性污染事故时，应当立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，并立即向闵行区人民政府突发公共事件应急联动机构或者生态环境、公安、卫生行政管理部门报告。

环保竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》（2017年7月16日修订）、《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《上海市环境保护局关于贯彻落实〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的通知》（沪环保评[2017]425号），本项目竣工后，建设单位应按照国务院生态环境行政主管部门、上海生态环境局规定的要求和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。本项目环保竣工验收内容建议见表12-2。

表12-2 环保竣工验收内容建议一览表

验收项目	验收标准	验收内容及要求
个人受照剂量约束	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）	职业照射剂量约束值 5mSv/年； 公众照射剂量约束值 0.1mSv/年。
工作场所周围环境剂量率控制水平	《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020） 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021） 《医用电子加速器治疗机房放射防护与检测要求》（DB31/T 527-2020） 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》（DB31/T462-2020）	医用直线加速器机房、模拟定位 CT 机房、DSA 机房外关注点周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。
三废处理设施	/	（1）废气：加速器产生的臭氧、氮氧化物以及加速器产生的感生放射性废气经机房独立排风系统排放，直线电子加速器 01 机房的排风风量为 2200m ³ /h，直线电子加速器 02 机房的排风风量为 2600m ³ /h。采用顶部送风、底部排风，排风口呈对角线布置。 （2）废水：直线加速器、模拟定位 CT、DSA 在运行过程中本身无废水排放；放射工作人员生活污水纳入医院现有污水处理站处理后纳管排放。 （3）固废：加速器产生的废靶贮存于加速器机房

		的专用屏蔽容器中贮存衰变，最终委托资质单位收贮。 放射工作人员生活垃圾由环卫部门定期清运。
电离辐射警告标志	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)	本项目射线装置机房外设置电离辐射标识及电离辐射警告标志。
辐射安全设施	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2020年12月25日生态环境部第20号令修改)	(1) 机房辐射屏蔽措施不低于“表 10-1 机房屏蔽方案”中的屏蔽水平； (2) 辐射安全设施验收要求和内容请详见表 10 辐射安全与防护中 5 安全措施。
辐射监测仪器及个人防护用品	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2020年12月25日生态环境部第20号令修改)	为每名放射工作人员配备 1 个人剂量计(热释光剂量片)；并配备辐射剂量报警仪、X、 γ 辐射剂量巡测仪、便携式中子检测仪。
辐射环境监测	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2020年12月25日生态环境部第20号令修改)	建立辐射监测制度，定期对场所开展自行监测，并做好记录；外委有资质的机构对医用电子直线加速器机房、模拟定位 CT 机房、DSA 机房进行剂量率监测，不低于 1 次/年。
规章制度	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2020年12月25日生态环境部第20号令修改)	制定操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护、人员培训、辐射监测、突发辐射事故应急处理预案等辐射安全管理制度，并对上述制度进行宣贯落实。
人员配置及培训	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2020年12月25日生态环境部第20号令修改)	从事放射操作工作人员均取得放射工作人员辐射安全与防护知识考核合格证书，持证上岗。
风险应急预案	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2020年12月25日生态环境部第20号令修改)	更新突发辐射事故应急预案。

表 13 结论与建议

结论

1. 项目概况

为了满足医疗服务需要，上海进康肿瘤医院拟设置 2 台医用电子直线加速器、1 台模拟定位 CT、1 台 DSA。

医用电子直线加速器相关参数见表 13-1。

表 13-1 医用电子直线加速器设备参数情况

名称	型号	数量 (台)	最大 X 射线 能量 (MV)	最大电子 束能量 (MeV)	泄漏 率	射野范 围	1m 处射线剂 量率 cGy/min	装置 类别
医用电子直 线加速器	Vital Beam	2	10	22	0.1%	40cm× 40cm	1400 (6MV) 600 (10MV)	II 类

模拟定位 CT 相关参数见表 13-2。

表 13-2 模拟定位 CT 相关参数情况

装置 名称	型号	数量	最大管电压/ 电流(kV/ mA)	最大工作管电压/ 电流(kV/ mA)	单次定位累积 出束时间(sec)	年定位次 数 (次/a)	装置类 别
模拟 定位 CT	InsitumCT 768	1	120/667	100/120	30	30000	III 类

DSA 相关参数见表 13-3。

表 13-3 DSA 设备参数情况

装置 名称	型号	数量	最大管电压/ 电流(kV/ mA)	最大工作管电压/ 电流(kV/ mA)	单次手术累积 出束时间(sec)	年手术次 数 (次/a)	备注
DSA	Artis One	1	125/1000	100/500	30	1200	摄片
				100/100	600		透视

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部第 16 号令）及《〈建设项目环境影响评价分类名录〉上海市实施细化规定（2021 年版）》，本项目涉及“五十五、核与辐射-172、核技术利用建设项目-使用 II 类射线装置”，需编制环境影响报告表。

2. 辐射安全与防护分析

(1) 选址布局合理性

本项目的医用电子直线加速器位于 10 幢地下 1 层 02 工艺设备用房，加速器 01 机房区域东侧为室内通道，北侧为机房控制室、设备间和水冷机房，南侧为诊室、加压机房，西侧为车辆过道，上层为门厅等，下层为土层；加速器 02 机房区域东侧为室内通道，北侧为水冷机房、制模室、医生办公室，南侧为机房控制室、设备间和水冷机房，西侧为车辆过道，上层为门厅，下层为土层。本项目的模拟定位 CT 位于 7 幢地上三层，模拟定位 CT

区域东侧为控制台走廊，北侧为医生办公/阅片室，南侧为钼靶室，西侧为室内通道。上层为 ICU 病房、治疗室、护士台，下层为上海思路迪生物医学科技有限公司。本项目的 DSA 设备位于 7 幢地上 4 层，DSA 机房区域东侧为污物走道，北侧为预留 DSA 机房，南侧为控制室、设备间，西侧为室内通道，上层为员工办公区、病人活动区，下层为药房。加速器机房所在区域位于地下 1 层中部，DSA 机房所在区域位于地上 4 层北部，周边除了病人、放射工作人员外，不会有其他人员逗留，项目周围不设置儿科病房、产科等特殊人员及人员密集区域，周围无人员流动性大的商业活动区域。从布局上看，本项目的机房设置是合适的。

(2) 辐射分区

本项目相关区域辐射分区管理具体如下：

1) 医用电子直线加速器

控制区：医用电子直线加速器机房内为控制区，在治疗作业过程中，除病人外，机房内不得停留任何人员；监督区：医用电子直线加速器机房相关设备间、模具室、水冷机房，上述区域均设为监督区，在治疗作业过程中，仅允许放射工作人员进入；其他区域对人员活动不作限制。

2) 模拟定位 CT 射线装置

当射线装置机房开展模拟定位作业时，辐射分区如下：

(1) 机房内部为控制区，在作业过程中，除病人及放射工作人员外，不允许其他无关人员进入及停留；

(2) 机房外的操作走廊为监督区，仅允许放射工作人员进入；

(3) 其他区域对人员活动不作限制。

3) DSA 射线装置

当射线装置机房开展介入手术（透视）作业时，辐射分区如下：

① 机房内部为控制区，在作业过程中，除病人及负责介入手术医生外，不允许其他无关人员进入及停留；

② 机房操作间为监督区，仅允许放射工作人员进入；

③ 其他区域对人员活动不作限制。

当射线装置机房开展介入手术（摄片）作业时，辐射分区如下：

① 机房内部为控制区，在作业过程中，除病人外，不允许其他无关人员进入及停留；

②机房操作间为监督区，仅允许放射工作人员进入；

③其他区域对人员活动不作限制。

(3) 三废治理和控制

本项目模拟定位 CT、DSA 射线装置正常运行无放射性废气产生，加速器产生的臭氧和氮氧化物以及气载放射性核素经机房独立排风系统通过楼顶排放，本项目加速器治疗机房 1 排风风量为 2200m³/h，自由容积 242m³，该通风系统在 1h 内可以使机房内换气 9 次；加速器治疗机房 2 排风风量为 2600m³/h，自由容积 324m³，该通风系统在 1h 内可以使机房内换气 8 次，符合《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)中对治疗室的换气次数要求：“通风换气次数不小于 4 次/h”。

本项目医用电子直线加速器、模拟定位 CT、DSA 射线装置在运行过程中无废水排放，放射工作人员生活污水纳入医院现有污水处理站处理后纳管排放。

加速器产生的废靶贮存于加速器机房的专用屏蔽容器中贮存衰变，最终委托资质单位收贮。DSA 介入手术过程中会产生医疗废物 (HW01 医疗废物)，医疗废物由医院内勤人员运至医疗废物暂存间，定期委托有资质的单位收运处置。

放射工作人员新增生活垃圾由环卫部门定期清运。

3. 环境影响分析

(1) 周边辐射水平

计算、分析结果表明，本项目医用直线加速器机房外剂量率水平均低于 2.5μSv/h，能够满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中限值要求；本项目模拟定位 CT 机房外剂量率水平均低于 2.5μSv/h，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T462-2020)要求：射线装置机房外表面 0.3m 处≤2.5μSv/h；本项目 DSA 机房外剂量率水平均低于 2.5μSv/h，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)、《医用 X 射线诊断机房卫生防护与检测评价规范》(DB31/T462-2020)及《手术室 X 射线影像诊断放射防护及检测要求》(DB31/T1154-2019)要求：射线装置机房外表面 0.3m 处≤2.5μSv/h。

(2) 人员剂量

本项目电子直线加速器、模拟定位 CT、DSA 射线装置开机操作时所致放射工作人员年剂量最大值低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)规定的剂量限值 (20mSv/年)以及剂量约束值

(5mSv/年)。

本项目电子直线加速器、模拟定位 CT、DSA 射线装置开机操作时所致公众年剂量最大值低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)规定的公众照射剂量限值(1mSv/年)及公众照射剂量约束值(0.1mSv/年)。

4. 辐射安全管理

医院设立辐射安全与环境保护管理机构,并建立完善的辐射安全管理规章制度,制定《放疗科辐射事故应急演练制度》、《放疗科直线加速器应急预案》、《介入科辐射事故应急演练制度》、《介入科 DSA 应急预案》、《放射事故应急预案》等,同时配备相关的辐射防护及监测设备。

5. 可行性结论

本项目旨在提高放射性诊断水平、提高医疗服务质量,其建设符合国家及地方相关产业政策,符合“实践正当性”要求,且选址、布局合理,因此,该项目是正当可行的。

6. 总结论

综上,在认真贯彻执行国家有关环境管理的法律、法规和国家标准,严格实施本项评价工作提出的环境污染控制措施和加强管理的前提下,本项目的建设具有良好的社会价值和社会效益,不会对周围环境带来不可接受的环境影响,从辐射安全和环境保护的角度上来评价是可行的。

建议和承诺

为更好的做好本项目的环保工作,提出以下建议及要求:

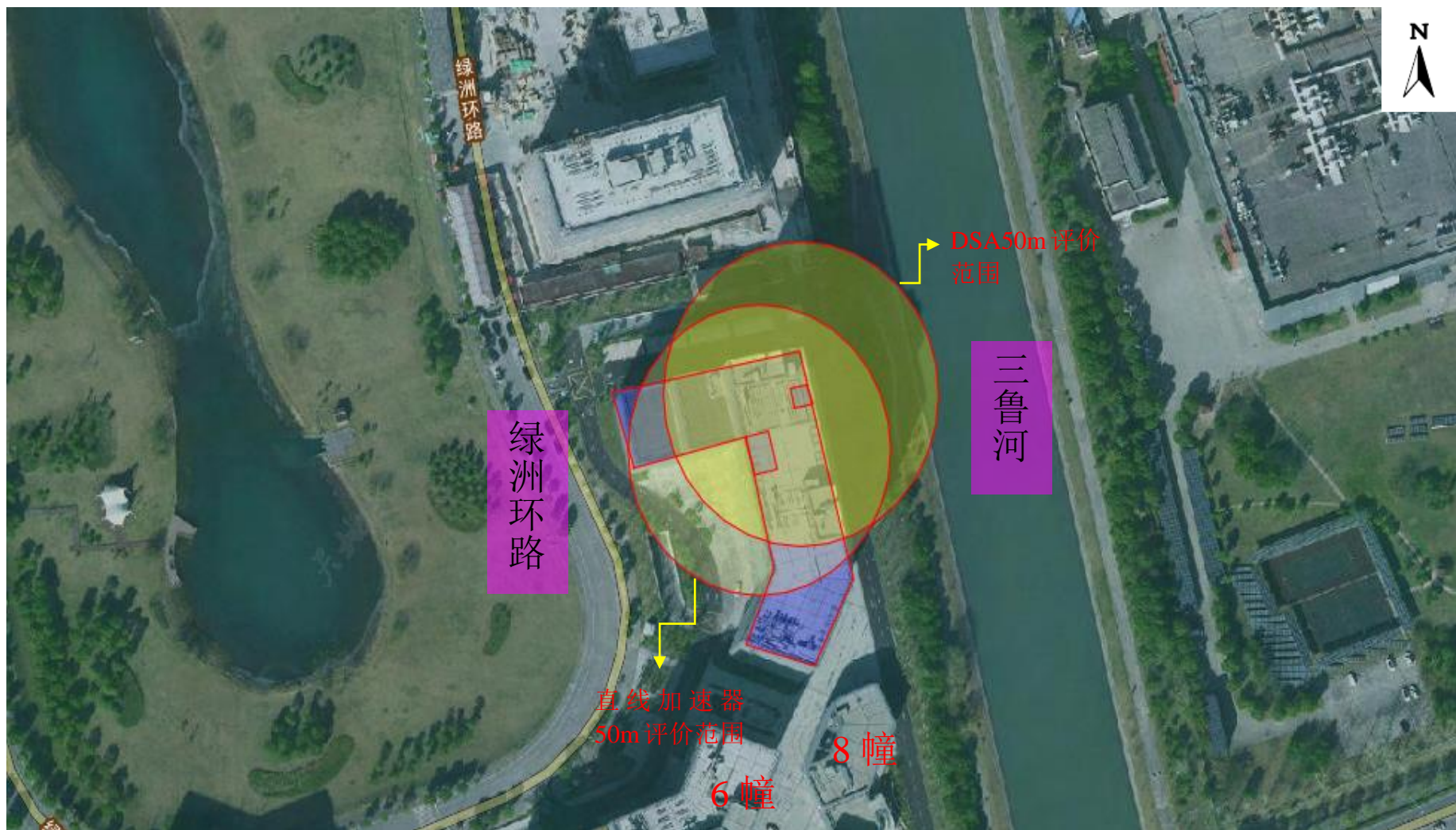
1) 本项目必须在环评审批通过、取得辐射安全许可、并经项目竣工验收合格后,才能正式使用。

2) 合理安排放射工作人员的工作时间,严格按照工作量平均安排每个放射工作人员的作业时间,平均分配放射工作人员的年剂量值。

3) 加强放射工作人员个人剂量监测管理工作,及时送检并统一管理维护放射工作人员个人剂量监测档案。

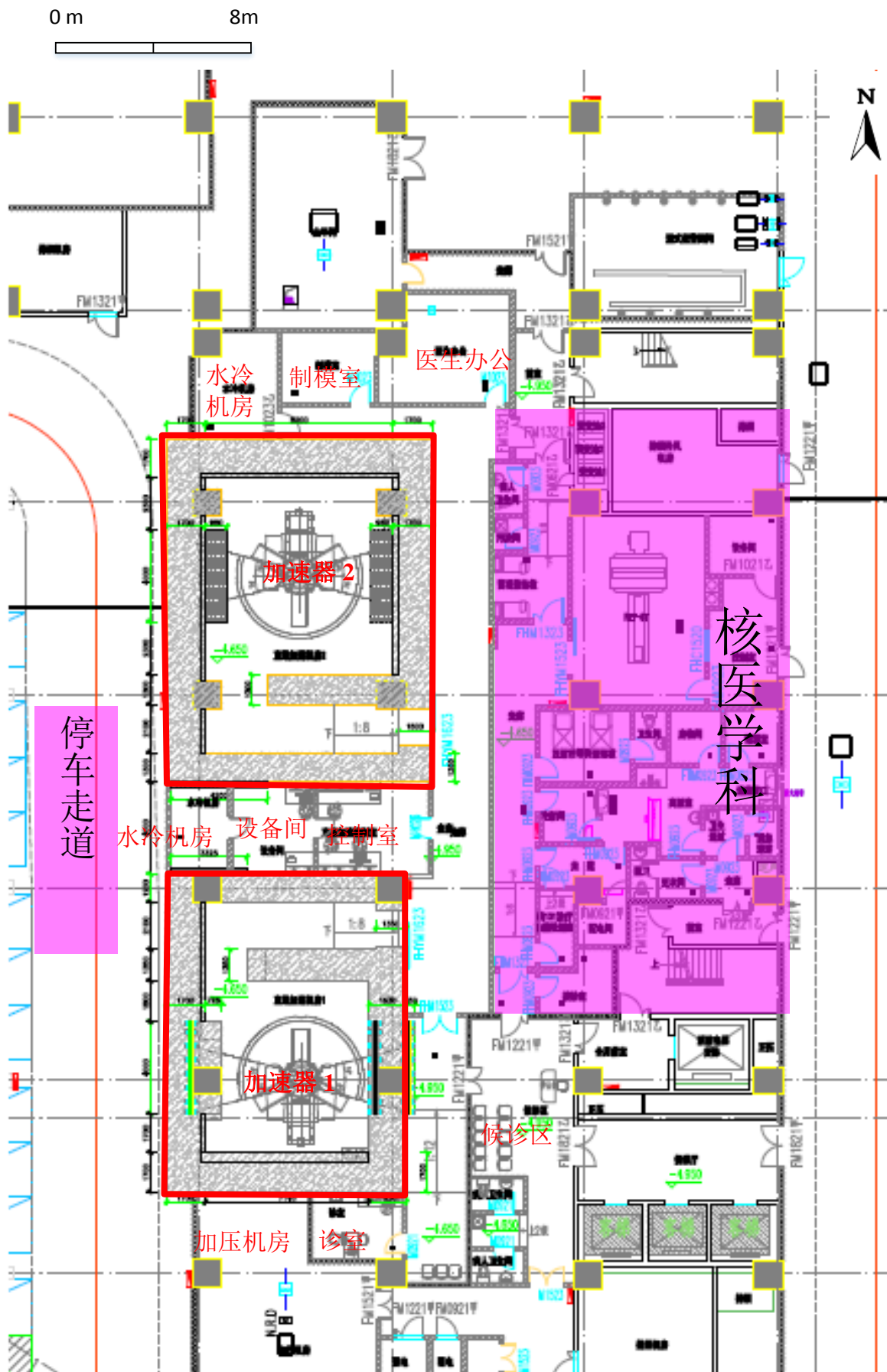


附图1 本项目地理位置示意图



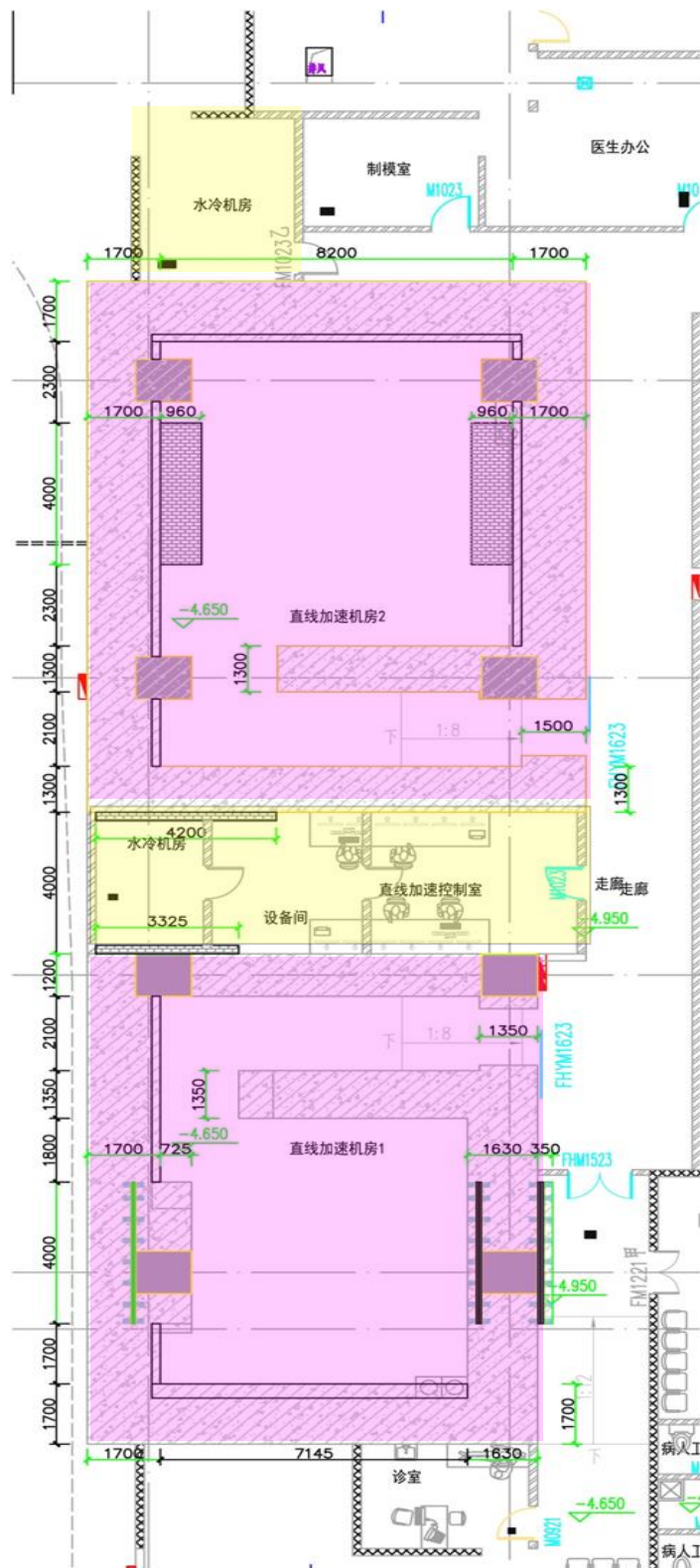
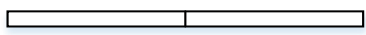
比例尺: 0 25m 50m

附图2 本项目周边环境示意图及评价范围



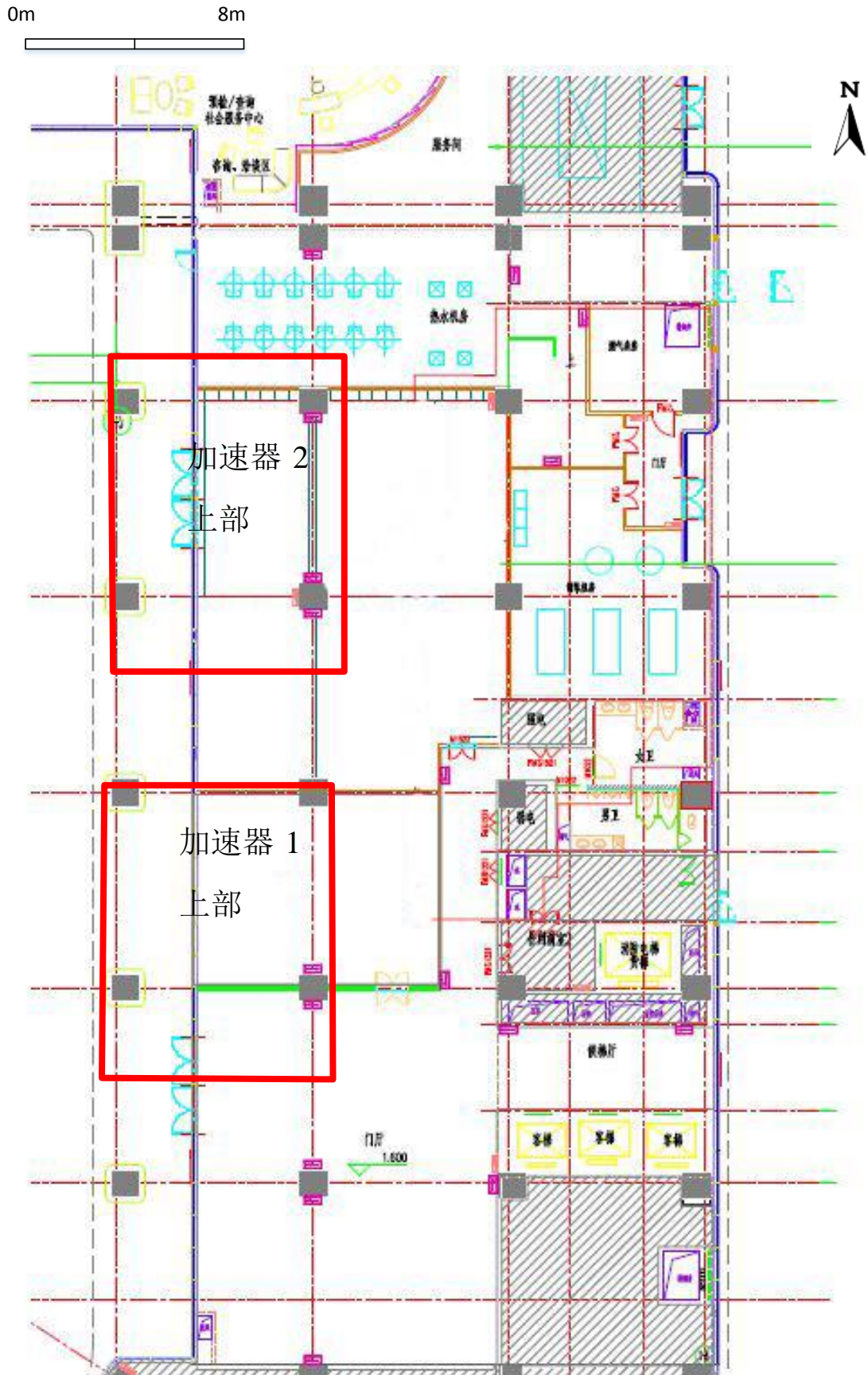
附图 3 本项目医用电子直线加速器平面布置图（地下 1 层）

0m 8m

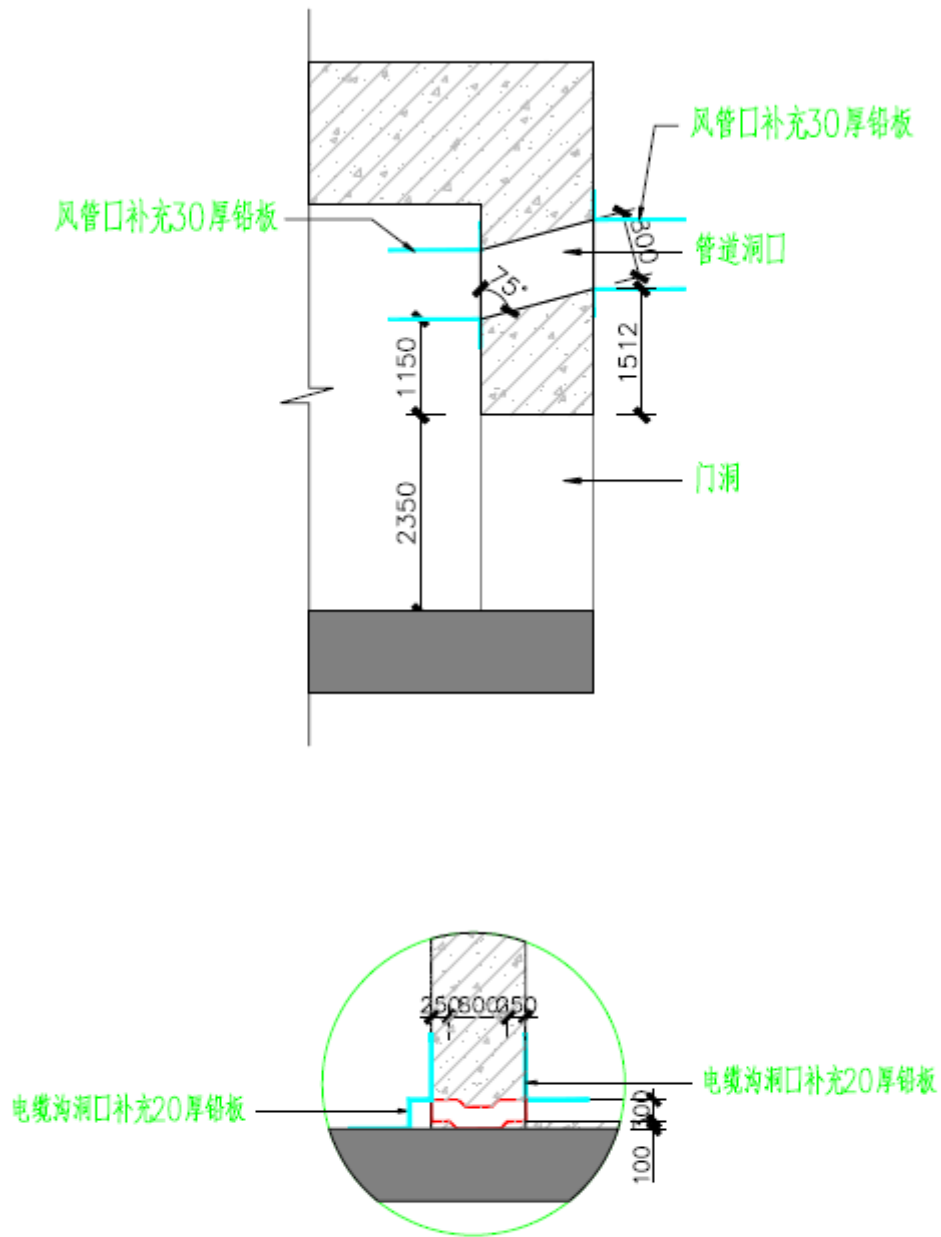


控制区： 监督区：

附图 4 本项目医用电子直线加速器机房辐射分区示意图



附图 5 本项目医用电子直线加速器在一层平面上的投影位置



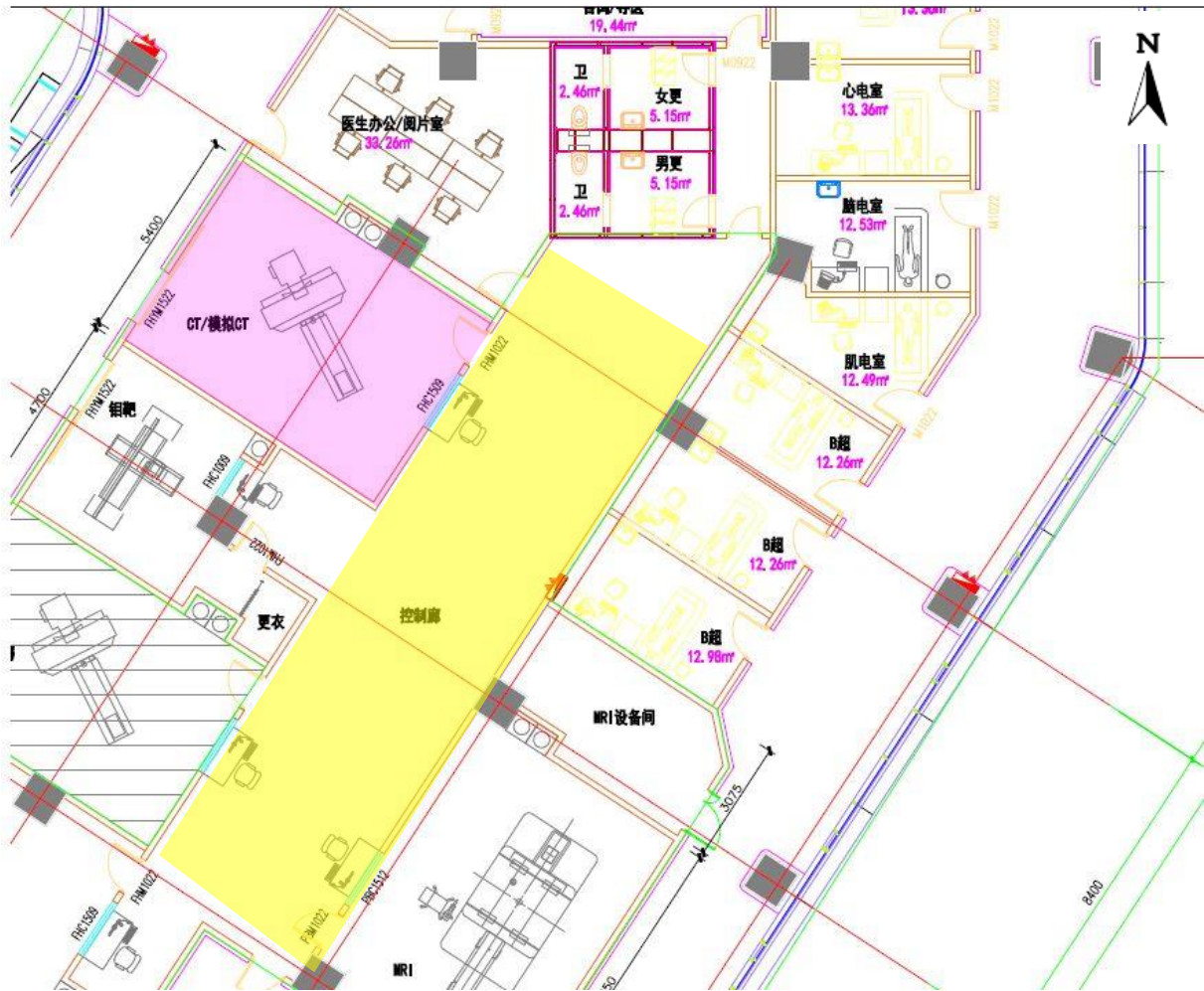
电缆沟穿防护墙大样图

附图 6 本项目医用电子直线加速器穿墙管示意图



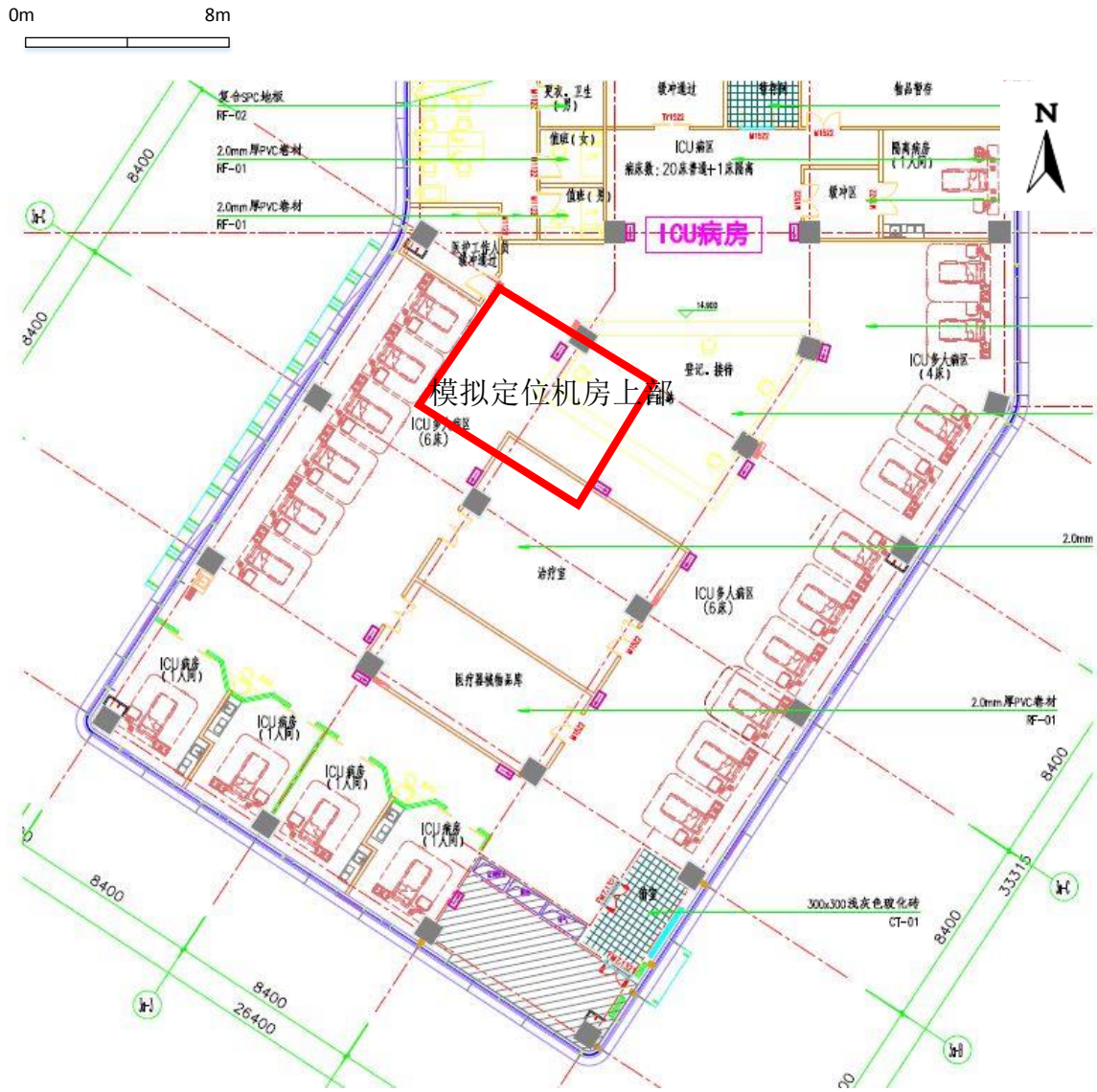
附图 7 本项目模拟定位 CT 机房所在层平面图 (3 层)

0m 8m

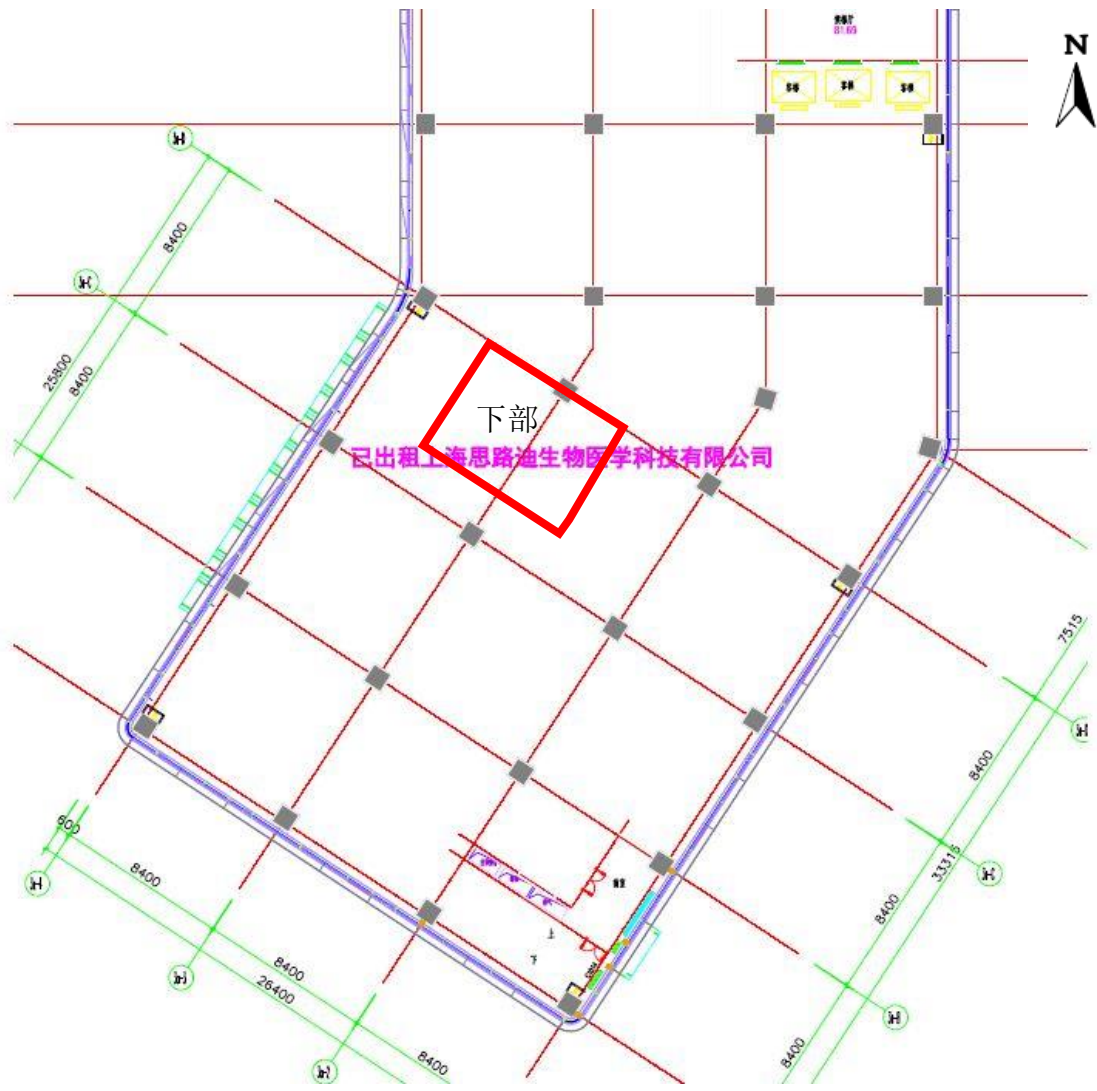


控制区： 监督区：

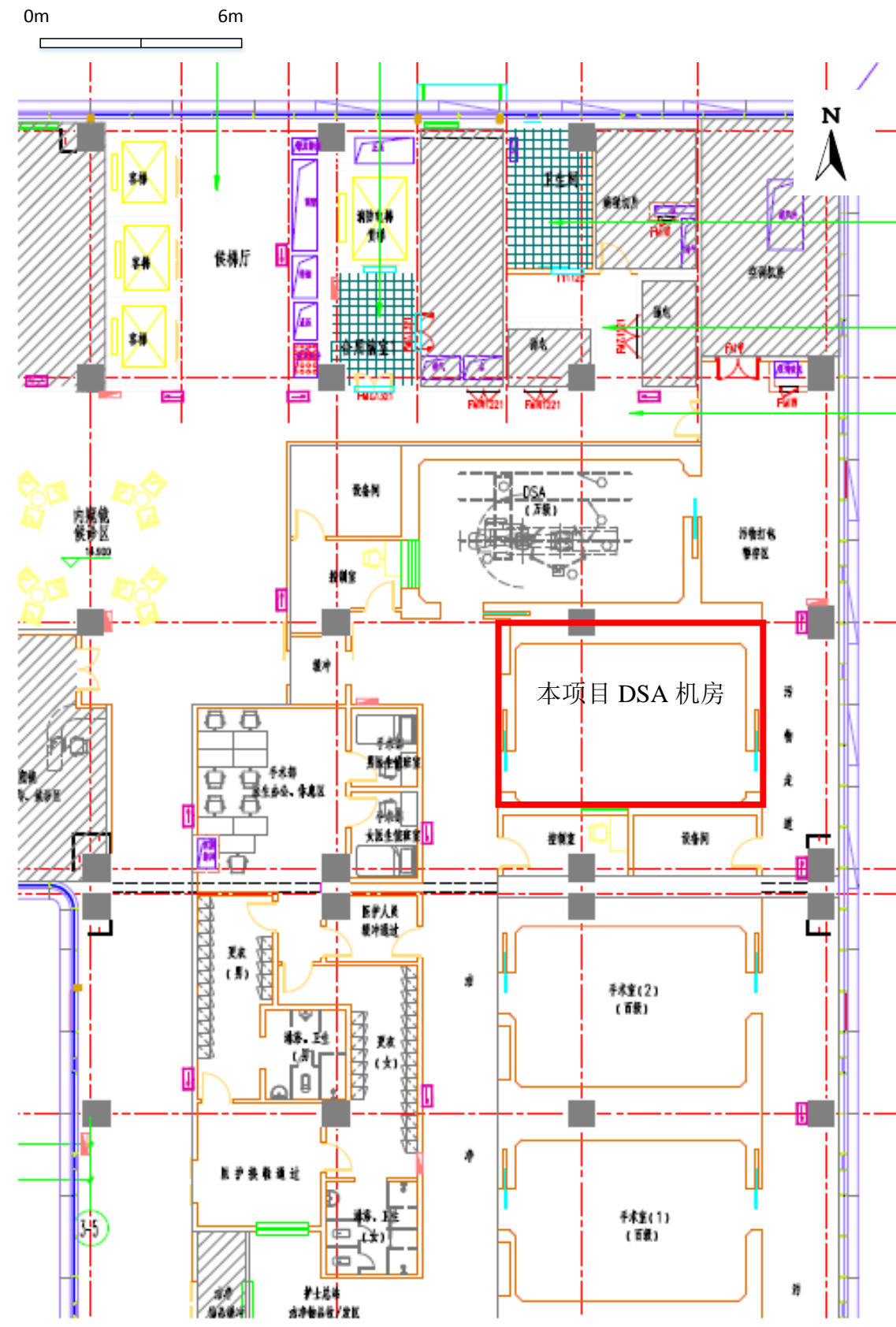
附图 8 本项目模拟定位 CT 机房辐射分区



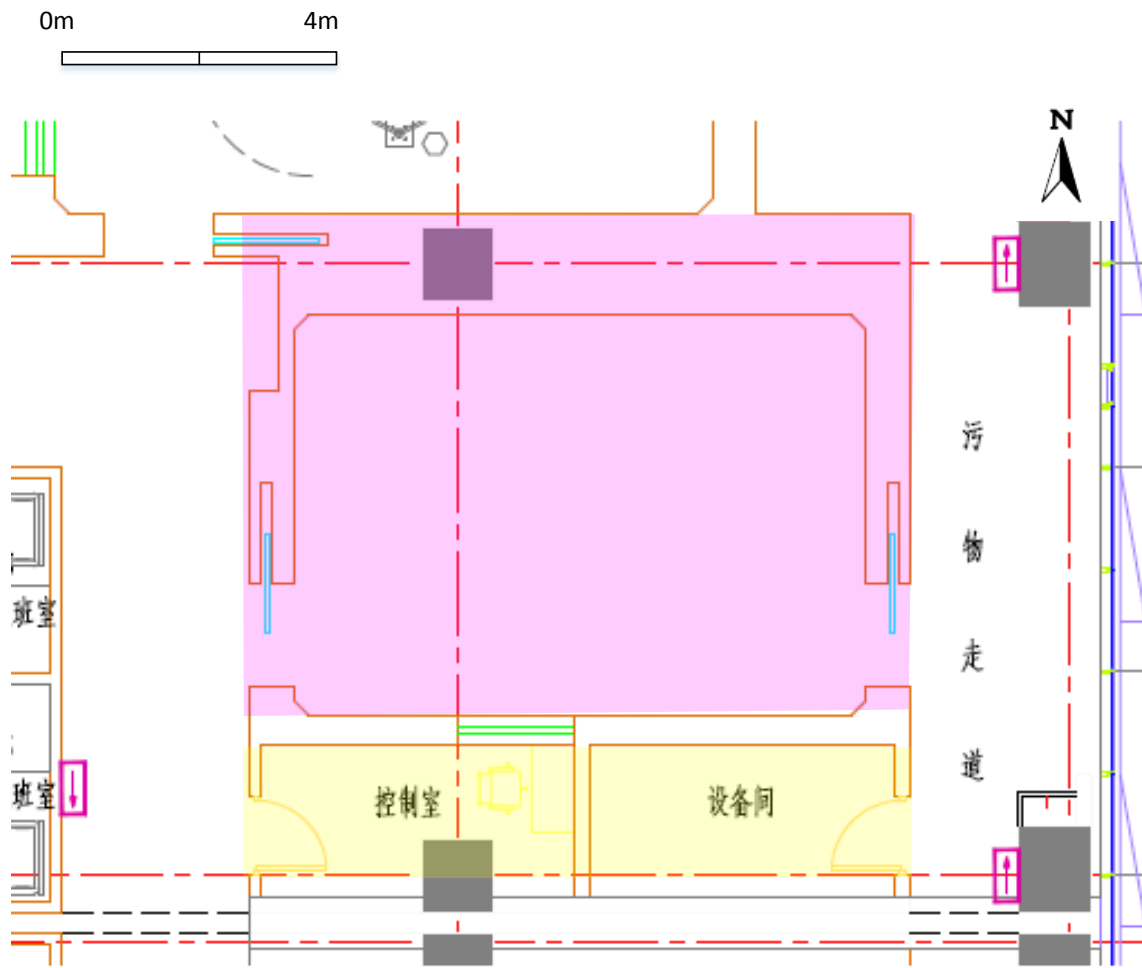
附图9 本项目模拟定位CT机房上部(4层)



附图 10 本项目模拟定位 CT 机房下部（2 层）

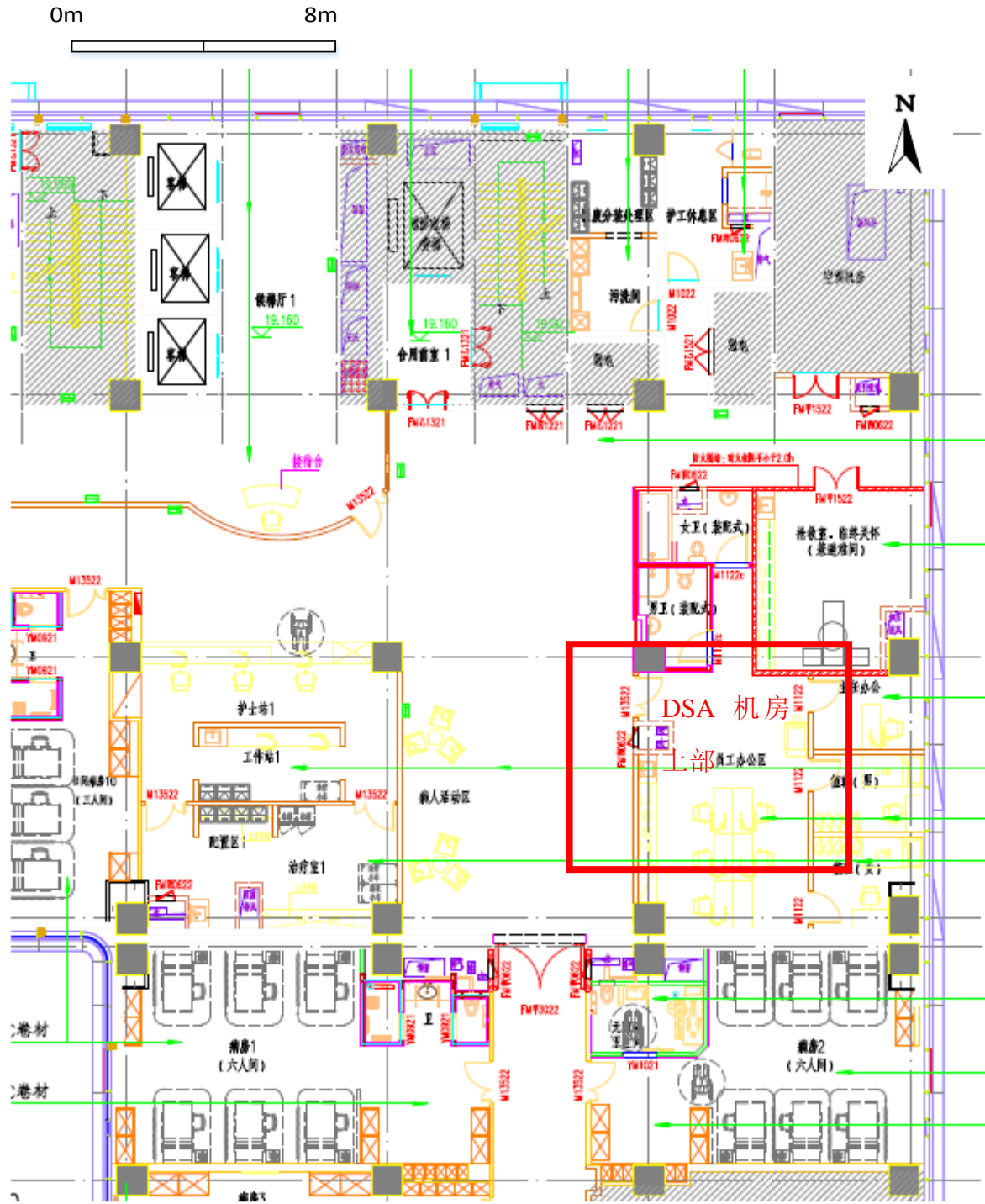


附图 11 本项目 DSA 所在层平面图(4 层)

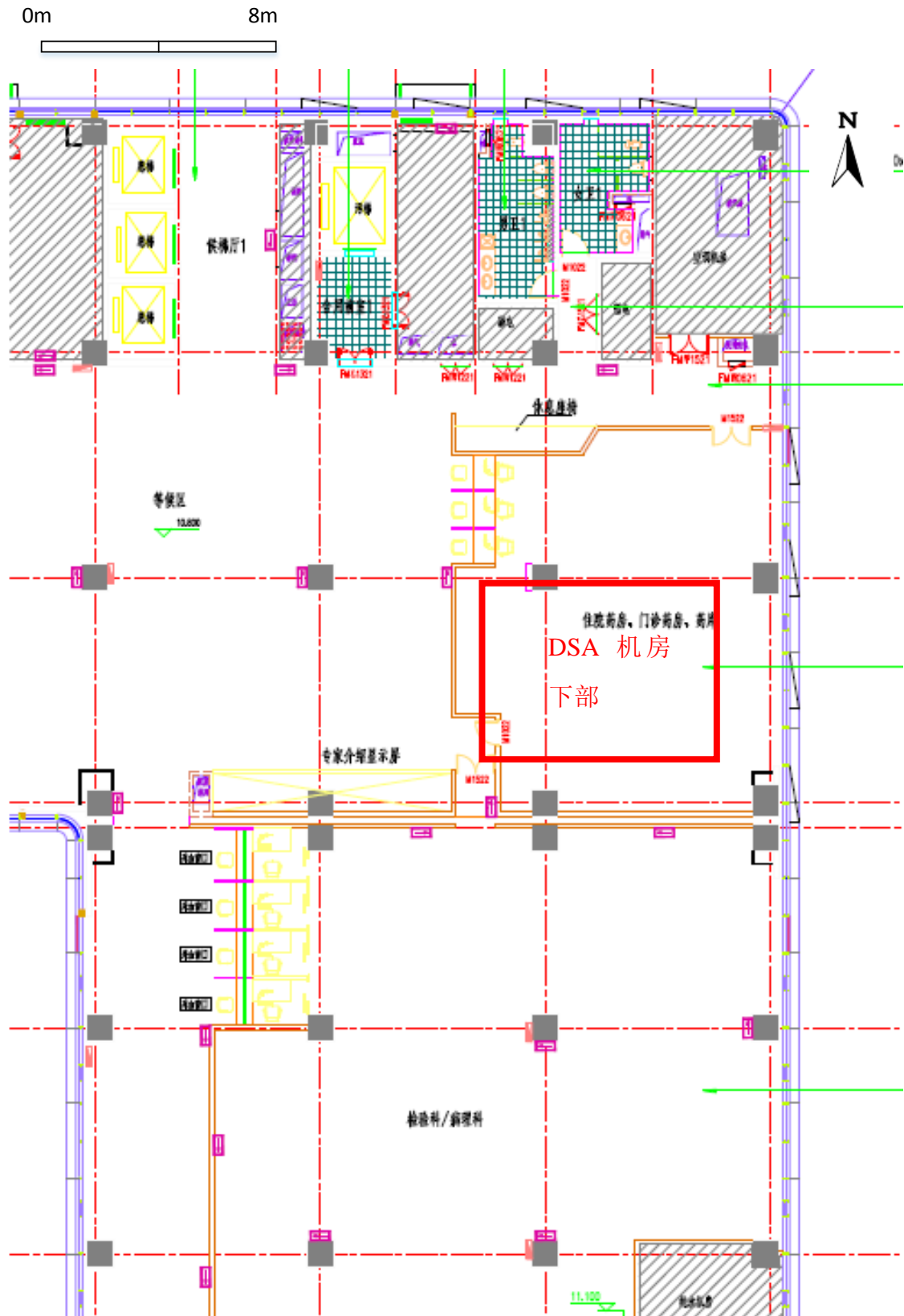


控制区： 监督区：

附图 12 本项目 DSA 辐射分区



附图 13 本项目 DSA 上部 (5 层)



附图 14 本项目 DSA 下部 (3 层)

附件 1 营业执照



营 业 执 照
(副 本)

 扫描二维码登录
“国家企业信用
信息公示系统”
了解更多登记、
备案、许可、监
管信息。

统一社会信用代码
91310112MA1GDEAB6G
证照编号: 12000000202109130066

名称 上海进康肿瘤医院有限公司 注册资本 人民币10000.0000万元整

类 型 有限责任公司(自然人投资或控股的法人独资) 成立日期 2020年08月11日

法定代表人 章滨云 营业期限 2020年08月11日至 2050年08月10日

经营范围 许可项目: 医疗服务; 第三类医疗器械经营。(依法须经批准的项目, 经相关部门批准后方可开展经营活动, 具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准)
一般项目: 健康咨询服务(不含诊疗服务); 第一类医疗器械销售; 第二类医疗器械销售; 日用品销售。(除依法须经批准的项目外, 凭营业执照依法自主开展经营活动)

登记机关 所 上海市闵行区绿洲环路10号7幢一层102室、103室、104室、二层203室、三至十一层、10幢地下1层02工艺设备用房



2021 年 09 月 13 日

有效期至2022年11月30日

国家企业信用信息公示系统网址: <http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告。

国家市场监督管理总局监制

附件 2 整体环评告知承诺决定



上海市闵行区生态环境局

登记号: 112-114-21-54

闵环保许评[2021]41号

上海市闵行区生态环境局关于上海进康肿瘤医院新建项目环境影响报告表的告知承诺决定

上海进康肿瘤医院有限公司:

你单位向我局提交的建设项目环境影响评价文件行政审批告知承诺书及《上海进康肿瘤医院新建项目环境影响报告表》(以下简称《报告表》)及其相关材料收悉并受理,现已审理完结。

一、你单位申报情况:

(一)项目位于闵行区浦江镇绿洲环路10号7幢内,定位为专科医院,设有419张病房床位。

(二)你单位自愿采取告知承诺方式实施行政审批,并已经知晓生态环境主管部门告知的全部内容,并能满足生态环境主管部门告知的条件,承诺履行生态环境保护的相关义务,接受生态环境主管部门的监督管理。

(三)你单位委托橙志(上海)环保技术有限公司编制了《报告表》。

(四)你单位承诺按照《报告表》中所列建设内容、规模、地点、生产工艺、污染防治措施及污染物排放标准等进

行建设及运营。

二、我局决定:

(一)根据《报告表》分析、结论意见以及你单位作出的承诺,从环境保护角度同意项目建设。

(二)在项目设计、施工、运行中应按照《报告表》所述内容进行建设及运营,落实环保设施和污染防治措施,确保污染物达标排放。

(三)生态环境主管部门在后续监管中发现建设项目不符合告知承诺有关规定的,将依法撤销告知承诺决定。

(四)在建设中,如果项目的内容、性质、规模、地点、采用的生产工艺或防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的,应重新报批建设项目环评文件。

(五)项目建设应严格执行配套建设的环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环保“三同时”制度。你单位应当按照环境信息公开有关规定,主动公开建设项目环境信息,接受社会监督。项目建成后,你单位应当按照竣工环境保护验收的有关规定,对配套建设的环保设施进行验收。

(六)按照排污许可管理有关规定,纳入排污许可管理的单位,应当在启动生产设施或者在实际排污之前申请或变更排污许可证。

三、请闵行区生态环境局执法大队负责项目施工期间的环境保护检查工作。

四、申请人如不服本受理决定,可以自收到本审批意见

之日起六十日内到闵行区人民政府或上海市生态环境局申请行政复议，也可以自收到本审理决定之日起六个月内直接向人民法院提起行政诉讼。

五、如项目建设和运行依法需要其他行政许可的，申请人应按规定办理其他审批手续后方可开工建设或运行。



抄送：浦江镇人民政府，区生态环境局执法大队，区环境监测站，橙志（上海）环保技术有限公司。

附件3 房产证



沪 (2021) 闵字 不动产权第 032819 号

权利人	上海漕河泾开发区浦星建设发展有限公司
共有情况	单独所有
坐落	绿洲环路10号
不动产单元号	详见附记
权利类型	国有建设用地使用权/房屋所有权
权利性质	土地权利性质：出让
用途	土地用途：工业用地（标准厂房类）/房屋用途：详见附记
面积	宗地面积：97354.30平方米/ 建筑面积：87519.31平方米
使用期限	国有建设用地使用权使用期限：2013年02月26日起2063年02月25日止
权利其他状况	土地状况： 地号：闵行区浦江镇137街坊4/9丘； 使用权面积：相应的土地面积。 房屋状况：详见附记。

附 记

1、转让时需出让人同意。
2、需整体抵押，不得分割抵押。
3、出资比例：上海漕河泾开发区浦星建设发展有限公司 100%
股权结构：上海漕河泾开发区浦星建设发展有限公司 100%控股，
其中上海漕河泾开发区浦星建设发展有限公司由上海漕河泾开发区
经济技术发展有限公司 100%控股。
变更实际控制人及以上内容的需出让人同意。

310112012004GB00363F00100026			7	302	860.48	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100027			7	402	860.48	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100023			7	403	1679.70	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100005			7	501	1403.66	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100028			7	502	860.48	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100024			7	503	1679.70	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100018			7	601	1409.60	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100015			7	602	863.87	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100012			7	603	1147.92	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100019			7	701	1409.60	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100016			7	702	863.87	工厂	厂房	11	2019年	出让
310112012004GB00363F00100013			7	703	1147.92	工厂	厂房	11	2019年	出让

附 记

3101120120042800363P00100020			7	801	1409.90	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100017			7	802	863.87	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100014			7	803	1147.92	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100006			7	901	1413.88	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100009			7	902	1544.56	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100007			7	1001	1413.88	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100010			7	1002	1444.38	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100008			7	1101	1413.88	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100011			7	1102	1544.56	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100004			7	801	1402.96	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100012			7	101	1063.74	工厂	厂房	11	2019年	出让
3101120120042800363P00100011			7	102	980.97	工厂	厂房	11	2019年	出让



不动产单元号	土地状况				房屋状况						
	使用 权面积	独用 面积	分摊 面积	幢号	室号部 位	建筑面积	房屋 类型	用途	总层 数	竣工日 期	土地 权利 性质
3101120120042800363P00130010				10	地下1 层06室 给排水 泵房	202.79	H/L	厂房	0	2019 年	出让
3101120120042800363P00130009				10	地下1 层05 10kV 变配电 站	505.40	H/L	厂房	0	2019 年	出让
3101120120042800363P00130008				10	地下1 层04 20kV 变配电 站	833.36	H/L	厂房	0	2019 年	出让
3101120120042800363P00130002				10	地下1 层07室 雨水泵 房	78.73	H/L	厂房	0	2019 年	出让
3101120120042800363P00130005				10	地下1 层01室 库	17328.34	H/L	厂房	0	2019 年	出让
3101120120042800363P00130004				10	地下1 层05室 电总机 房	365.37	H/L	厂房	0	2019 年	出让
					地下1 层04室						

3101120120040200363P00130003	10	防控制 室报警 装置	85.84	HL	厂房	0	2019 年	出让
3101120120040200363P00130007	10	地下1 层03水 处理	306.87	HL	厂房	0	2019 年	出让
3101120120040200363P00130008	10	地下1 层02工 艺设备 用房	1925.03	HL	厂房	0	2019 年	出让
3101120120040200363P00130009	3	全幢	336.96	HL	厂房	0	2019 年	出让
3101120120040200363P00110002	8	全幢	2821.45	HL	厂房	3	2019 年	出让
3101120120040200363P00100022	7	303	1679.70	HL	厂房	11	2019 年	出让

附
记

3101120120040200363P00100030	7	103	407.56	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00100028	7	104	656.00	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00100002	7	201	1403.66	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00100025	7	202	880.48	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00100001	7	203	1979.70	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00100003	7	301	1403.66	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00090002	5	全幢	5724.68	工厂	厂房	5	2019 年	出让
3101120120040200363P00080017	6	101	762.53	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00080009	6	602	1139.18	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00080019	6	701	935.87	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00080010	6	702	1139.18	工厂	厂房	11	2019 年	出让
3101120120040200363P00080020	6	801	935.87	工厂	厂房	11	2019 年	出让

附
记

3101120120040200363P00130003

10 房屋制
资款交

85.39

工 厂 房 产 0

2019
年 出 让

3101120120040200363P00080011			8	802	1139.38	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080004			8	1101	1888.91	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080015			8	901	915.87	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080007			8	802	1700.88	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080014			8	401	931.87	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080006			8	302	1700.88	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080013			8	301	931.87	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080005			8	201	1700.88	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080012			8	201	931.87	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080016			8	102	1307.14	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080009			8	502	1700.88	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
3101120120040200363P00080018			8	001	931.87	工厂	厂房	11	2019 年	出 让
合计				50	87519.31					

附 记



附件 4 建设工程规划许可证

中华人民共和国

建设工程规划许可证

沪闵建(2021)FA310112202100069

根据《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城乡规划法》和国家有关规定，经审核，本建设工程符合国土空间规划和用途管制要求，颁发此证。


 发证机关 **上海市闵行区规划和自然资源局**

日 期 2021年01月21日

建设单位(个人)	上海漕河泾开发区浦米建设发展有限公司
建设项目名称	上海漕河泾开发区浦江科技园生命健康产业园二期A区2地块3号楼改造工程
建设位置	闵行区浦江镇 绿黄马路10号
建设规模	总建筑面积58495.58平方米(其中地下建筑面积20735.3平方米),计容建筑面积37394.4平方米
<p>附图及附件名称</p> <p>附件及附图名称:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 《关于核发上海漕河泾开发区浦江科技园生命健康产业园二期A区2地块3号楼改造工程(建设工程规划许可证)的决定》(编号:)一份。 2. 《建筑工程项目表》一份。 3. 建筑工程总平面图一份。 4. 建筑工程建筑施工图一套。 	

遵守事项

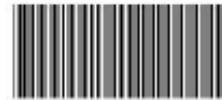
一、本证是经自然资源主管部门依法审核，建设工程符合国土空间规划和用途管制要求的法律凭证。

二、未取得本证或不按本证规定进行建设的，均属违法行为。

三、未经发证机关审核同意，本证的各项规定不得随意变更。

四、自然资源主管部门依法有权查验本证，建设单位(个人)有责任提交查验。

五、本证所需附图与附件由发证机关依法确定，与本证具有同等法律效力。



项目编号：202050126215

建筑工程项目表

证号：沪闵建(2021)FA310112202100069

项目名称：上海漕河泾开发区浦江高科技园生命健康产业园二期 A 区 2 地块 3 号楼改造工程

申请单位名称：上海漕河泾开发区浦未建设发展有限公司

建设地址：闵行区浦江镇 绿洲环路 10 号

申请幢号	建筑名称	使用性质	建筑层数		建筑高度 (m)	建筑面积 (m ²)		计容积率面积 (m ²)
			地上	地下		地上	地下	
10	2 地块地下车库	其他	0	1	0.0	0.0	20735.3	0.0
7	2 地块 3 号楼 (7 幢)	工业厂房	11	0	48.6	37760.28	0.0	37394.4
构筑物名称		高度		基底尺寸		埋深		
围墙高度		围墙长度		备注				
桩基长度		根数		备注				
备注		<p>1、本次申报 A 区-2 地块 3 号楼、地下车库 (局部改造) 的建设工程规划许可证, 其中: 3 号楼屋顶机房建筑面积增加 73.28 平方米, 局部固定窗扇改为可开启窗扇、设备用通风百叶等 (窗型尺寸不变); 地下车库局部停车区域调整为设备用房, 改造涉及建筑面积 3448.86 平方米。</p> <p>2、本次改造项目, 3 号楼地上不计容屋顶层建筑面积增加 73.28 平方米, 计容建筑面积、建筑高度均不变; 地下车库</p>						

	建筑面积 20735.3 平方米不变。 3、建设单位取得建设工程规划许可后，应当在建设工地入口处设置规划许可公告牌，公开建设工程规划许可证及所附总平面图。
--	--

遵守事项：

1. 必须按照建设工程规划许可证核准的图纸施工。如变更使用性质、建筑面积、高度、结构和总平面布置的，须经原发证部门审核同意。
2. 施工开挖地基，如遇有文物、测量标注、管线等，应立即报告各主管单位处理。
3. 建设单位或者个人在建设工程规划许可证核发后满一年仍未开工的，可以向规划行政管理部门申请延期，由规划行政部门决定是否准予延续。未申请延期的，建设工程规划许可证自行失效。国有土地使用权出让合同对开工时间另有约定的，从其约定。

发证机关：上海市闵行区规划和自然资源局

发证日期：2021 年 01 月 21 日



附件 5 租赁合同及补充协议



房屋租赁合同

(合同编号:)

出租方: 上海漕河泾开发区浦未建设发展有限公司

承租方: 上海进康肿瘤医院有限公司



房屋租赁合同

本房屋租赁合同（以下简称“本合同”）于2022年[4]月[26]日由下列双方在中华人民共和国（以下简称“中国”）上海市签署：

出租方（甲方）：上海漕河泾开发区浦未建设发展有限公司

地 址：上海市闵行区浦星路789号

法 定 代 表 人：张勇

邮 编：201114

电 话：(86)(21)64290000

传 真：(86)(21)54330524

营 业 执 照：913101127878048611

承租方（乙方）：上海进康肿瘤医院有限公司

地 址：上海市闵行区绿洲环路10号7幢一层102室、103室、104室、二层203室、三至十一层

法 定 代 表 人：金利国

邮 编：201114

电 话：(86)(21)31159895

传 真：(86)(21)31159892

营 业 执 照：91310112MA1GDEAB6G

（甲方和乙方在本合同中统称为“双方”，或单独各称为“一方”）

根据《中华人民共和国民法典》、《上海市房屋租赁条例》等相关法律法规的规定，甲、乙双方在平等、自愿、公平和诚实信用的基础上，经协商一致，就乙方承租甲方可依法出租的房屋事宜，订立本合同。

1. 双方法律地位及有关文件

- 1.1 甲方系依法批准成立，从事产业园区开发、建设、经营和管理，房产经营等经济活动的经济实体，具有中国法人资格。



- 1.2 乙方系依法批准成立，主要从事医疗服务、医疗器械的销售等经济活动的经济实体，具有中国法人资格。
- 1.3 乙方应在本合同签订前向甲方提供其营业执照复印件、开户许可证复印件、客户发票信息表、企业基本信息采集表并签署《上海临港浦江国际科技城进区企业环境保护告知书》签收回执。

2. 双方的确认与保证

- 2.1 甲、乙双方除本合同已有规定外，各自确认并保证以下事项：
 - (1) 拥有签订及履行本合同的法律资格、民事权利能力和民事行为能力，对各自的权利、义务、责任清楚明白，并愿按合同规定严格执行。如一方违反本合同，另一方有权按本合同规定索赔。
 - (2) 已完成签订本合同所必需的内部审批和授权程序。
 - (3) 不存在妨碍本合同签订及履行的与第三人签订的合同及其它事项。
- 2.2 甲方保证订立本合同时，已合法取得有效权属证明及编号如下：
上海市房地产权证，编号为：[沪（2020）闵字不动产权第019244号]。

3. 出租房屋情况

- 3.1 甲方出租给乙方的房屋座落在上海临港浦江国际科技城内，具体地址为：上海市闵行区[绿洲环]路[19]号[7]幢[一层102室、103室、104室、一层203室、三至十一层]（以下简称“本房屋”）。
本房屋类型为工厂。本房屋建筑面积为[34,203.89]平方米。
- 3.2 甲方作为本房屋的房地产权利人与乙方建立租赁关系。签订本合同前，甲方已告知乙方本房屋未设定抵押等任何形式第三方的权利负担。乙方已充分知晓本房屋的类型，以及本房屋所附着的国有建设用地的性质。
- 3.3 双方营业执照、房屋位置示意图、房屋平面示意图、房屋交付标准、上海市房地产权证、《上海临港浦江国际科技城进区企业环境保护告知书》及签收回执、《安全管理协议》详见附件。

4. 租赁用途

- 4.1 乙方向甲方承诺,租赁本房屋从事其工商营业执照规定范围内的经济活动,并应遵守国家和上海市有关房屋使用、消防安全、临港浦江国际科技城对产业发展、环境保护和物业管理的规定。乙方进一步承诺其已完全知悉本房屋所附着的土地类型,并已对本房屋进行实地勘察,乙方兹此确认本房屋的规划用途、性质、类型、主体结构完全符合乙方的使用用途和租赁目的。
- 4.2 乙方保证,在租赁期内未征得甲方书面同意以及按规定须经有关部门审批核准前,不得擅自改变前款约定的使用用途。

5. 租赁期限和交付验收

- 5.1 甲、乙双方约定本房屋装修期自[2021]年[4]月[1]日起至[2021]年[9]月[30]日止。本房屋租赁期限(“租赁期”)自[2021]年[10]月[1]日起(起租日)至[2041]年[9]月[30]日止,租金起算日为[2021]年[10]月[1]日。
- 5.2 在乙方按照本合同 6.2 条和 7.1 条支付首期租金和租赁保证金的前提下,双方将于本合同生效之日起[10]日内办理本房屋交付、验收手续,并签署《房屋入户交接书》。乙方无正当理由未进行房屋交接、验收的,或者无正当理由拒绝签署《房屋入户交接书》的,则视为乙方按原本合同约定完成房屋交接、对房屋验收合格。
- 5.3 租赁期满,甲方有权收回本房屋,乙方应如期返还。乙方如需继续承租本房屋的,则应于租赁期届满前三个月,向甲方提出续租的书面申请,甲方在收到乙方书面申请之日起一个月内答复乙方是否同意续租,在同等条件下乙方享有优先承租权。同意乙方续租的,双方应重新签订租赁合同。双方将根据续租时的市场情况对续租合同的租金等条款进行调整,租金价格的调整幅度不超过 20%。如双方对上述调整在租赁期届满前一个月内不能达成一致并签订续租合同,则甲方有权在租赁期满时终止本合同并收回本房屋。

6. 租金及其支付方式、期限

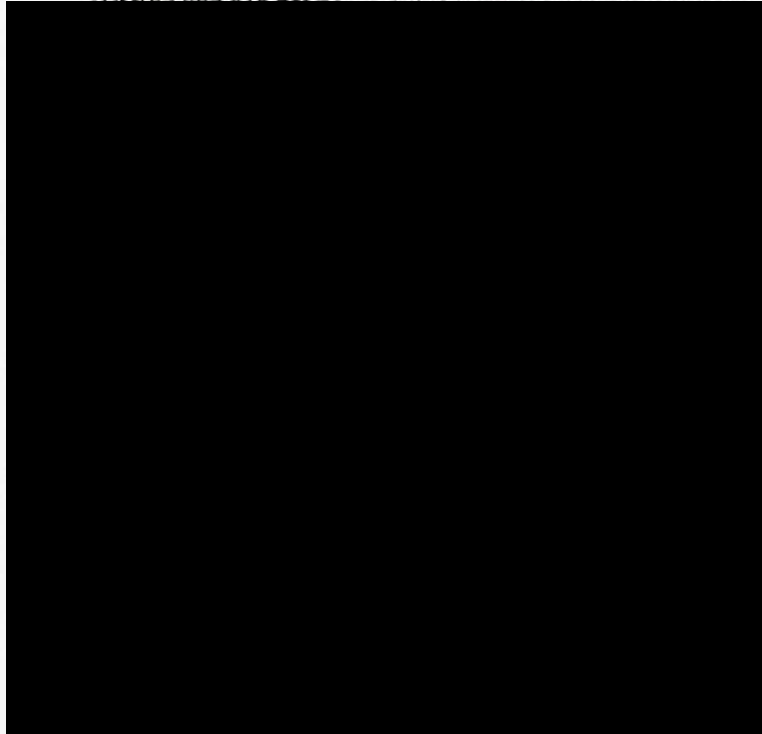
- 6.1 甲、乙双方约定,本房屋每天每平方米建筑面积租金单价为:

① 乙方在租赁期限内，应自行承担租赁期间的房屋使用、维护、修缮费用及出租期间的水费、电费、燃气费、电话费、网络费、有线电视费、物业管理费、取暖费、卫生费、停车费、车位费等费用。

6.2 乙方应承担租赁期限内的房屋租金，本房屋的租金先付后用。

① 租金在租赁期限内，每半年支付一次，每次支付人民币【】元，即【】元/月。乙方应于每月【】日前将租金存入甲方指定的银行账户。逾期支付的，每逾期一日，乙方应按逾期金额的【】%支付违约金。乙方未按时支付租金超过【】日的，甲方有权解除本合同，乙方应承担违约责任。

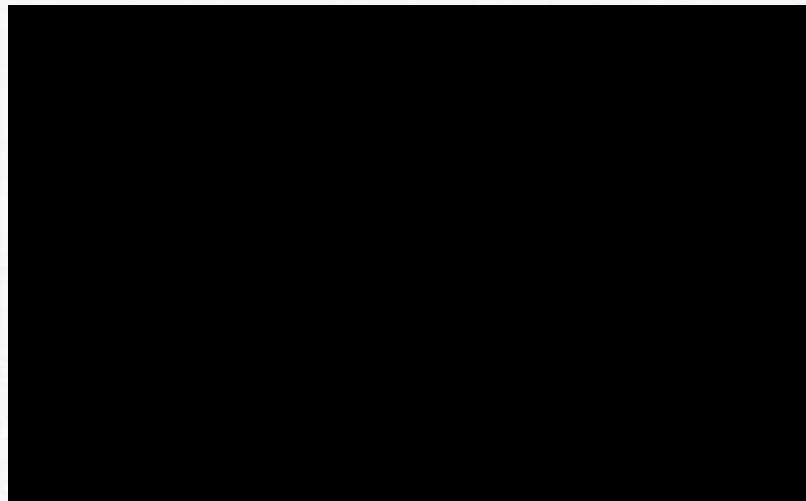
共计人民币【柒拾玖万柒仟零壹拾肆圆捌角玖分】元



- ④ 第 11 年至第 20 年，
- (6) 第 11 年至第 12 年租金双方将于第 11 年之前一个租赁期届满前六个月根据届时市场情况以签订补充协议的方式对租金价格进行调整，调整幅度不超过 15%。
- (7) 第 13 年至第 16 年租金，双方将于第 13 年之前一个租赁期届满前六个月根据届时市场情况以签订补充协议的方式对租金价格进行调整，调整幅度不超过 15%。
- (8) 第 17 年至第 20 年，双方将于第 17 年之前一个租赁期届满前六个月根据届时市场情况以签订补充协议的方式对租金价格进行调整，调整幅度不超过 15%。
- (9) 租赁期内如发生恶意通货膨胀，双方租金价格调整范围应另行协商。

⑤ 每期最后的付款期限若为星期六、日或国家法定假日，则最后付款期限顺延至假日后第一个工作日。逾期支付的，经甲方书面催告后乙方仍未支付的，自逾期第一日起每逾期一日，则甲方有权按逾期未付租金的万分之五的标准向乙方收取违约金。

7. 租赁保证金和其他费用



同甲方支付违约金，违约金金额为本合同项下相当于两个月的租金。

租赁期间，乙方不得将租赁保证金冲抵本房屋租金及其他在本合同项下的任何应付款项。租赁期满合同终止或者合同提前终止时，乙方付清本合同项下所有房屋租金、相关费用，亦要以本房屋为注册地址注的工商迁出或注销手续，并与物业管理部门办理完本房屋返还交接手续后十个工作日内，甲方将乙方已付租赁保证金无息归还(本合同另有约定除外)。

7.2 租赁期间，使用本房屋所发生的水、电、通讯、设备等费用由乙方自行承担。具体如下：

- (1) 该房屋交付使用前,由甲方负责以甲方名义就该房屋所属的整个地块向公用事业单位申请安装“总水表”与“公共水表”以及该房屋的总水表,并承担所有的费用。
- (2) 除水以外的其它公用设施均由乙方以其自己名义自行向有关部门申请安装,甲方应按照乙方的要求提供相应的协助。安装后,乙方应及时将安装情况报甲方备案;安装费、工程费、使用费等所有费用均由乙方自行全额承担。
- (3) 如乙方需在该房屋交付条件的基础上扩大水、电供应量、污水排放量,则有关工程费、增容费等所有相关费用由乙方承担。如扩大水、电供应量、污水排放量需对房屋周边建筑或道路进行改建,则事先须征得甲方书面同意,相关费用由乙方承担。就上述乙方业务经营所需的扩容事宜,甲方应予以积极配合。
- (4) 因乙方使用而产生的水、电、通讯、设备等费用由乙方全额承担。乙方同意按照公平原则承担合理的损耗水费,承担比例不超过其实际用水量的 10%。水费、电费先由甲方向有关公用事业单位支付,然后由乙方在甲方或甲方委托的物业管理公司通知付款的十五日期限内缴付;乙方经甲方或甲方委托的物业管理公司催告仍不予支付的,每逾期付款一日,甲方或甲方委托的物业管理公司有权按未付金额千分之三的标准向乙方收取违约金。
- (5) 甲方或甲方委托的物业管理公司收到乙方支付的水费、电费后应于十日内向乙方开具相应合法发票;但公用事业单位开具的以甲方为户名的水费、电费发票归甲方所有。

7.3 乙方应在本房屋交接前,与本房屋所在地块的物业管理公司签署物业管理合同,并按规定支付物业管理费。

7.4 本房屋的现行物业管理费标准为每月每平方米(建筑面积)人民币[5]元(截止至 2021 年 12 月 31 日)。经双方协商一致,物业管理费起算日为[2021]年[4]月[1]日。以上物业管理费标准不含车位管理费。

8. 房屋使用要求和维修责任

- 8.1 租赁期间，乙方除对本房屋享有使用权外，同时享有对走廊、楼梯、电梯、门厅的通行权和公用厕所、消防设备的使用权。乙方不得擅自存放易燃、易爆或有毒物品，不得擅自排放废气、废水、废渣，不得擅自占用公共区域、消防通道、非租用区域。
- 8.2 乙方生产经营涉及易燃、易爆、噪音及废气、废水、废渣等危险品和污染源时须事先申报取得甲方和上海市有关部门审批同意，达到安全标准和排放标准后方可使用本房屋。
- 8.3 租赁期内乙方拥有的财产由乙方负责管理，须向保险公司投保的，保险费自理。乙方应遵守国家关于安全生产的相关规定，自行负责其财产安全及员工的财产、人身安全。
- 8.4 乙方对本房屋的装修、改建、使用以及对于本房屋所在大楼/地块的公共区域的使用应符合国家和上海市的建筑工程施工许可、环境保护及消防安全法律法规，并应遵守相关的物业管理规范。乙方不得在该房屋的排风机紧邻处设置精密仪器室、值班室等环境敏感场所。如乙方违反上述约定、违反该等法律、法规、规范，乙方应承担所有相关责任（包括但不限于对于甲方和/或第三方造成损失的赔偿责任）。租赁期间，在提前书面通知乙方的前提下，政府有关主管部门或甲方陪同下的相关消防检查机构有权进入本房屋进行消防安全检查，乙方应予以配合。
- 8.5 租赁期间，甲方保证本房屋及其附属设施处于正常的可使用和安全的状态。甲方在提前三个工作日通知乙方且不干扰乙方正常经营的前提下可对本房屋进行检查、养护，检查养护，乙方应予以配合。甲方应尽可能减少对乙方使用本房屋的影响。
- 8.6 租赁期间，乙方发现本房屋及其附属设施有自然损坏的，应及时通知甲方委托的物业管理公司进行维修。维修本房屋及其附属设施时，乙方应积极协助和配合。因乙方的作为或不作为造成不能及时进行维修而产生的后果，则概由乙方负责。
- 8.7 租赁期间，乙方应合理使用并爱护本房屋及其附属设施，乙方人为损坏或因乙方原因发生故障的，和/或未能按照国家/地方相关法律法规采取消防安全措施的，乙方应负责及时修复/整改并承担费用。如乙方在合理时间内未能修复/整改的，甲方在提前三个工作日通知乙方的前提下有权进行维修/整改工作，所产生的合理费用由乙方承担。

9. 房屋返还

9.1 本合同解除或终止时,甲乙双方应充分沟通并根据当时的具体情况,以节约资源节省成本并满足甲方对建筑的使用要求为前提,由乙方负责恢复本房屋至双方协商的归还标准。若甲乙双方对上述归还标准在租赁期届满前三个月内协调不一致的,乙方应负责恢复本房屋至交房标准的原状(合理磨损除外)。本房屋经甲方验收认可后,乙方才可办理退租手续。否则,甲方有权代为恢复本房屋并在租赁保证金中扣除相关的费用,如有不足的,甲方有权继续向乙方追索。甲方应当在乙方书面通知甲方已恢复原状的3个自然日内进行验收确认,无正当理由逾期不确认的视为验收确认完成,甲方应当立即为乙方办理退租手续。

如乙方希望不做恢复而保留其增设或改建的装修和附属设施,应提前向甲方提出申请并获得甲方的书面同意。如甲方同意无需恢复或需部分恢复的,乙方应按甲方要求进行部分恢复工作(如有需要),并就遗留的所有装修和附属设施(必须保证该等装修和附属设施处于完好的可使用状态)提供完整的图纸、消防验收合格证明、质保证书、使用说明书,乙方应确保改造或增设的设施和设备无安全隐患。

9.2 如乙方在本合同解除或终止时未付清相关费用,以及因乙方原因造成甲方经济损失的,甲方有权从租赁保证金中扣除,剩余部分无息归还乙方,如有不足的,甲方有权向乙方追索。

9.3 本合同解除或终止时,如乙方曾将本房屋作为注册地址的,乙方应在本合同解除或终止前办理完毕迁出或注销注册地址手续。本合同解除或终止后两个月内,乙方仍未办理完成迁出或注销手续的,租赁保证金将不予退还。经双方事先协商一致,甲方同意乙方保留注册地址的情况除外。

9.4 除甲方同意乙方续租,并签订续租合同外,乙方应在本合同的租期届满或因任何原因解除、终止本合同时返还本房屋;未经甲方同意逾期返还本房屋的(不可抗力原因除外),每逾期一日,乙方应按日租金(日租金按本合同中约定的月租金除以30日计算)的两倍向甲方承担本房屋占用期间的使用费。乙方同意,如乙方逾期三十日未恢复原状并返还本房屋的,则甲方有权在提前两个工作日书面通知乙方的前提下自行进入本房屋,同时视为乙方自动放弃本房屋内的装修、设施、设备及其他未拆除或搬离的物品的所有权或使用权,包括被视为乙方的设备和物品



(无论是属于乙方或第三方),甲方有权自行作出处理,若涉及第三方之合法权益,则由乙方负责向第三方作出赔偿。甲方代为恢复原状之费用由乙方承担。甲方进入本房屋之时视为房屋收回。

- 9.5 本合同解除或终止后,如乙方逾期未按本合同约定返还本房屋,除甲方根据本合同约定有权获得的其他救济之外,甲方有权通知物业管理公司停止向本房屋提供水、电、煤气及其他物业管理服务。乙方应自行承担因此产生或遭受的任何经济损失。

10. 转租、转让

- 10.2 除甲方已在本合同补充条款或其他书面文件中同意乙方转租外,乙方在租赁期内,不得将本房屋部分或全部转租给他人;否则甲方有权不予退还租赁保证金,并按照 11.2 条的约定解除本合同、追究乙方违约责任。但是,甲方同意,乙方有权在租赁期内,将房屋全部或部分分租或转租给乙方的关联公司。关联公司不履行其转承租义务的,不影响乙方向甲方履行承租义务。在租赁期内,甲方如需出售该房屋,应提前一个月通知乙方,甲方应保证乙方继续承租受让的该房屋,甲方权利义务由房屋受让方继受。乙方在同等条件下享有优先购买权。

11. 解除本合同的条件

- 11.1 甲、乙双方同意在租赁期内,有下列情形之一的,本合同终止,双方互不承担责任:

- (1) 本房屋占用范围内的土地使用权依法提前收回的;
- (2) 本房屋因社会公共利益被依法征用的;
- (3) 本房屋因城市建设需要被依法列入房屋拆迁许可范围的;
- (4) 本房屋非因甲方原因毁损、灭失或者被鉴定为危险房屋的;

- 11.2 甲、乙双方同意,一方有下列违约情形之一的,另一方可书面通知违约方纠正其违约行为。如违约方在守约方发出通知后的[5]个工作日内拒不纠正的,则守约方有权以书面通知的方式单方解除本合同。在此情况下,违约方还应向守约方支付违约金,违约金金额相当于当时两个月的租金。并且,如违约方的违约行为致使守约方产生经济损失的,

且违约金尚不足弥补其损失的，则违约方还应向守约方承担损害赔偿
责任，即守约方的实际经济损失与违约金的差额部分：

- (1) 甲方未按时交付本房屋，经乙方书面催告后十日内仍未交付的；
- (2) 甲方交付的本房屋不符合本合同的约定，致使乙方无法实现租赁
目的；
- (3) 未经甲方事先书面同意，乙方擅自改变本合同约定的租赁用途；
- (4) 因乙方原因造成房屋损坏（但因乙方为实现租赁目的而进行的合
理装修、加固情形除外）；
- (5) 乙方擅自转租本房屋、转让本房屋承租权或与他人交换各自承租
的房屋；
- (6) 乙方逾期不支付租金，逾期超过壹个月的；
- (7) 乙方在本房屋内从事的行为已严重影响、干扰甲方、其他业主和
承租人的正常生产经营，经甲方指正后五个工作日内仍未完成整改的；
- (8) 乙方利用本房屋进行非法活动的；
- (9) 乙方擅自占用公共区域、消防通道，或未遵守相关环境保护、消
防安全的法律法规，在甲方书面通知后五个工作日内仍未整改的；
- (10) 乙方所从事的项目不符合临港浦江国际科技城的产业规定、环保
等的要求。

12. 违约责任

- 12.1 租赁期间，由于甲方不及时履行本合同约定的维修、养护责任，致使
本房屋损坏，造成乙方财产损失或人身伤害的，甲方应赔偿其损失。
如前述情形影响乙方房屋租赁目的的实现，乙方有权根据 11.2 条之约
定行使权利并要求甲方承担违约责任。
- 12.2 乙方未征得甲方书面同意或者超出甲方书面同意的范围和要求装修本
房屋或者增设附属设施的，或乙方擅自占用/使用公共部位、消防通道
的，甲方有权要求乙方恢复本房屋至原状并赔偿损失。
- 12.3 租赁期间，非本合同约定的情况，甲方擅自解除本合同，提前收回本
房屋的，甲方应向乙方赔偿相当于三个月租金的违约金。若违约金不

足抵付乙方损失的，甲方还应负责赔偿差额部分。

- 12.4 租赁期间，非本合同规定且无正当理由的情况，乙方要求提前退租解除本合同的，经甲方书面同意后，乙方应向甲方赔偿相当于三个月租金的违约金。若违约金不足抵付甲方损失的，乙方还应负责赔偿差额部分。甲方可从租赁保证金中抵扣，租赁保证金不足抵扣的，不足部分则由乙方另行支付。
- 12.5 除本合同第 12.3 款和第 12.4 款的情形外，违约事实发生后，守约方要求继续履行本合同的，无论违约方是否已实际支付了违约金、赔偿金，违约方均应继续履行本合同。

13. 其他条款

- 13.1 租赁期间，如甲方抵押本房屋，应当书面告知乙方，但无需征得乙方同意。若因甲方过错给乙方造成损失的，甲方应当承担违约责任，赔偿乙方损失。
- 13.2 本合同的任何一方凡因战争(无论是否有宣战)、地震、台风、水灾、火灾等不可抗力导致本合同任何条款无法履行时，遭遇不可抗力方，应立即书面通知另一方，并在十五天内，向另一方提供不可抗力的详情，及本合同无法履行或者需要延期履行的理由和有效证明文件等书面材料。
- 甲、乙双方可按不可抗力对本合同履行影响程度协商决定是否解除本合同，或者部分免除履行本合同，或者延期履行本合同。
- 13.3 本合同的订立、效力、解释、履行和争议的解决等均适用中国法律、法规和上海市地方法规、规章。
- 13.4 凡因履行本合同所产生的或与本合同有关的一切争议，甲、乙双方应通过友好协商解决；如果协商不能解决，一方可向本房屋所在地人民法院起诉，法院的最终判决对双方均有约束力。
- 13.5 本合同如有未尽事宜，经双方协商一致，可另行达成书面协议作为本合同的组成部分，与本合同具有同等效力。

经双方协商一致，可对本合同进行修改。任何对本合同的修改必须通过书面形式并经双方法定代表人或其委托代理人签字并盖章之后方能



生效。在经修改的合同生效之前，双方仍应按本合同的条款履行。

13.6 甲、乙双方确认各方送达地址信息如下：

甲方：上海漕河泾开发区浦未建设发展有限公司

送达地址：上海市陈行公路2388号16号楼15层

指定接收人（联系人）：杨亦敏、张潇丹

联系电话：18917760017、18917763679

邮件地址：yangym@shlingang.com、xdzhang@shlingang.com

乙方：上海进康肿瘤医院有限公司

送达地址：上海市闵行区虹梅路3081号虹桥基金小镇29栋

指定接收人（联系人）：叶璐璐、王佩璐

联系电话：13817081777、13916842640

邮件地址：yely@cy-health.cn、wangpeilu@gh-health.cn

甲、乙双方一致同意：除非另有书面约定，因履行本合同而相互发出或者提供的所有通知、文件、资料以及法院诉讼文书，均以上述列明的地址信息以当面交付、快递邮寄、电子邮件等方式送达。任何一方欲变更上述送达地址信息内容的，应提前三个工作日书面通知对方；否则，因此引起的不利后果均由变更方承担。

当面交付送达的，受送达人签收之时即为送达；在上海市内以快递邮寄送达的，自邮寄之日起的第三日即为送达；电子邮件送达的，电子邮件到达受送达人特定系统之时即为送达。

13.7 本合同自甲、乙双方盖章，或经双方法定代表人或委托代理人签字并加盖公章之日起生效。

13.8 本合同正本壹式肆份，甲、乙双方各执贰份，具有同等法律效力。

附件一：双方营业执照复印件

附件二：房屋位置示意图

附件三：房屋平面示意图

附件四：房屋交付标准



附件五：上海市房地产权证复印件

附件六：承租方开票信息

附件七：上海临港浦江国际科技城进区企业环境保护告知书及签收回执

附件八：安全管理协议

(本页以下无正文)

关于《房屋租赁合同》的补充协议

出租方：上海漕河泾开发区浦永建设发展有限公司（以下简称“甲方”）

承租方：上海进康肿瘤医院有限公司（以下简称“乙方”）

鉴于：

甲乙双方于 2021 年 4 月 26 日签订《房屋租赁合同》（编号：沪临港浦江合招（21）52 号，以下简称“原合同”）。原合同约定由乙方租赁甲方位于上海市闵行区绿洲环路 10 号 7 幢一层 102 室、103 室、104 室、二层 203 室、三至十一层房屋（以下简称“该房屋”，实测建筑面积为 34,203.89 平方米）。

经双方友好协商，形成一致，在符合政府相关使用规定的前提下，甲方同意乙方使用位于上海市闵行区绿洲环路 10 号 10 幢地下 1 层设备用房 02-09 等，面积约 8,798.66 平方米（范围详见附件平面图），其中设备用房面积为 3,602.66 平方米（对应附录平面图中 A 区），车库面积为 5,196.00 平方米（对应附录平面图中 B 区），乙方在使用过程中需确保该地下一层房屋所在园区地下室的连通性，保证必要的车行、人行通道。

甲乙双方关于地下一层房屋的使用期限、交付、使用要求等内容的约定与原合同对地上一层 102 室、103 室、104 室、二层 203 室、三至十一层房屋的租赁期限、交付、使用要求等内容的约定保持一致。

本补充协议是原合同不可分割的组成部分，与原合同具有同等法律效力。本补充协议未涉事宜，以原合同为准。

(本页以下无正文)

(本页为签署页，无正文内容)

甲方：上海漕河泾开发区浦未建设发展有限公司 (公章)

法定代表人：张勇 (签章)

住址：上海闵行区浦星公路 789 号

联系电话：(86)(21)64290000

邮政编码：201114

乙方：上海进康肿瘤医院有限公司 (盖章)

法定代表人：金利国 (签章)

住址：上海市闵行区绿洲环路 10 号 7 幢一层 102、103、104

室、二层 203 室、三至十一层

联系电话：

邮政编码：

签订日期：2021 年 04 月 26 日

本补充协议自双方加盖印章之日起生效；本协议一式肆份，甲乙双方各执贰份。

一
二
三

肆
附
一
二
三
四

附录：



(使用面积为绿色及蓝色框出部分,仅作参考,具体以现场情况为准)



检测报告

报告编号：2022ZFP01025FH02

委托单位： 上海核工程研究设计院有限公司

受检单位： 上海进康肿瘤医院

项目地址： 上海市闵行区绿洲环路 10 号 7 幢

项目类别： γ 辐射空气吸收剂量率

委托批号： 2022ZFP01025FH02

中辐评检测认证有限公司

2022 年 01 月 20 日

一、项目基本情况

委托单位名称	上海核工程研究设计院有限公司
委托单位地址	上海市虹漕路 29 号
受检单位名称	上海进康肿瘤医院
受检单位地址	上海市闵行区绿洲环路 10 号 7 幢
检测项目	γ 辐射空气吸收剂量率
检测日期	2022 年 01 月 17 日
检测地点	直线加速器 01 机房内部、直线加速器 01 机房东侧室内通道、直线加速器 01 机房东侧机房入口处、直线加速器 01 机房南侧诊室、直线加速器 01 机房南侧加压机房、直线加速器 01 机房西侧车辆过道、直线加速器 01 机房北侧控制室、直线加速器 01 机房北侧设备间、直线加速器 01 机房北侧水冷机房、直线加速器 01 机房上部小商业、直线加速器 01 机房上部门厅、直线加速器 02 机房内部、直线加速器 02 机房东侧室内通道、直线加速器 02 机房东侧机房入口处、直线加速器 02 机房南侧控制室、直线加速器 02 机房南侧设备间、直线加速器 02 机房南侧水冷机房、直线加速器 02 机房西侧车辆过道、直线加速器 02 机房北侧水冷机房、直线加速器 02 机房北侧制模室、直线加速器 02 机房北侧医生办公室、直线加速器 02 机房上部小商业、DSA 机房内部、DSA 机房东侧污物走道、DSA 机房东侧污物出口处、DSA 机房南侧控制室、DSA 机房南侧设备间、DSA 机房西侧室内通道、DSA 机房西侧机房入口处、DSA 机房北侧预留 DSA 机房、DSA 机房上部员工办公区、DSA 机房上部病人活动区、DSA 机房下部检验科、医院入口处
检测环境	温度: 18.5°C, 相对湿度: 52.2%RH, 气压: 101.2kPa
主要检测仪器	6150AD-b/H 型 X、 γ 辐射剂量当量率仪 (检定日期: 2021.04.06; 量程: 50nSv/h~99.99 μ Sv/h)
检测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021)
评价依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871—2002)

项目描述	<p>本公司受上海核工程研究设计院有限公司委托，对上海进康肿瘤医院相关场所（直线加速器 01 机房内部、直线加速器 01 机房东侧室内通道、直线加速器 01 机房东侧机房入口处、直线加速器 01 机房南侧诊室、直线加速器 01 机房南侧加压机房、直线加速器 01 机房西侧车辆过道、直线加速器 01 机房北侧控制室、直线加速器 01 机房北侧设备间、直线加速器 01 机房北侧水冷机房、直线加速器 01 机房上部小商业、直线加速器 01 机房上部门厅、直线加速器 02 机房内部、直线加速器 02 机房东侧室内通道、直线加速器 02 机房东侧机房入口处、直线加速器 02 机房南侧控制室、直线加速器 02 机房南侧设备间、直线加速器 02 机房南侧水冷机房、直线加速器 02 机房西侧车辆过道、直线加速器 02 机房北侧水冷机房、直线加速器 02 机房北侧制模室、直线加速器 02 机房北侧医生办公室、直线加速器 02 机房上部小商业、DSA 机房内部、DSA 机房东侧污物走道、DSA 机房东侧污物出口处、DSA 机房南侧控制室、DSA 机房南侧设备间、DSA 机房西侧室内通道、DSA 机房西侧机房入口处、DSA 机房北侧预留 DSA 机房、DSA 机房上部员工办公区、DSA 机房上部病人活动区、DSA 机房下部检验科、医院入口处）进行 γ 辐射本底水平检测。检测点示意图详见附图 1-6。</p>
------	--

二、检测结果

1. 测点编号: 01025FH02-1

表1 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果一览表

序号	检测位置	测量次数	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		
			最低值	最高值	平均值
1	直线加速器 01 机房内部	10	0.22	0.24	0.23
2	直线加速器 01 机房东侧室内通道	10	0.20	0.22	0.21
3	直线加速器 01 机房东侧机房入口处	10	0.21	0.22	0.21
4	直线加速器 01 机房南侧诊室	10	0.20	0.20	0.20
5	直线加速器 01 机房南侧加压机房	10	0.20	0.20	0.20
6	直线加速器 01 机房西侧车辆过道	10	0.19	0.19	0.19
7	直线加速器 01 机房北侧控制室	10	0.19	0.19	0.19
8	直线加速器 01 机房北侧设备间	10	0.19	0.20	0.20
9	直线加速器 01 机房北侧水冷机房	10	0.19	0.19	0.19
10	直线加速器 01 机房上部小商业	10	0.14	0.15	0.14
11	直线加速器 01 机房上部门厅	10	0.17	0.18	0.17
12	直线加速器 02 机房内部	10	0.19	0.19	0.19
13	直线加速器 02 机房东侧室内通道	10	0.19	0.20	0.19
14	直线加速器 02 机房东侧机房入口处	10	0.19	0.20	0.19
15	直线加速器 02 机房南侧控制室	10	0.19	0.19	0.19
16	直线加速器 02 机房南侧设备间	10	0.19	0.20	0.19
17	直线加速器 02 机房南侧水冷机房	10	0.19	0.20	0.20
18	直线加速器 02 机房西侧车辆过道	10	0.19	0.20	0.20

表 1 (续) γ 辐射空气吸收剂量率检测结果一览表

序号	检测位置	测量次数	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		
			最低值	最高值	平均值
19	直线加速器 02 机房北侧水冷机房	10	0.19	0.20	0.20
20	直线加速器 02 机房北侧制模室	10	0.19	0.20	0.20
21	直线加速器 02 机房北侧医生办公室	10	0.19	0.20	0.20
22	直线加速器 02 机房上部小商业	10	0.20	0.20	0.20
23	DSA 机房内部	10	0.15	0.17	0.16
24	DSA 机房东侧污物走道	10	0.14	0.15	0.14
25	DSA 机房东侧污物出口处	10	0.16	0.16	0.16
26	DSA 机房南侧控制室	10	0.14	0.14	0.14
27	DSA 机房南侧设备间	10	0.15	0.17	0.16
28	DSA 机房西侧室内通道	10	0.14	0.15	0.14
29	DSA 机房西侧机房入口处	10	0.15	0.15	0.15
30	DSA 机房北侧预留 DSA 机房	10	0.18	0.20	0.19
31	DSA 机房上部员工办公区	10	0.15	0.15	0.15
32	DSA 机房上部病人活动区	10	0.15	0.15	0.15
33	DSA 机房下部检验科	10	0.16	0.17	0.16
34	医院入口处	10	0.16	0.16	0.16

备注:

①以上数据均未扣除本底;

②检测设备校准因子: 0.96。

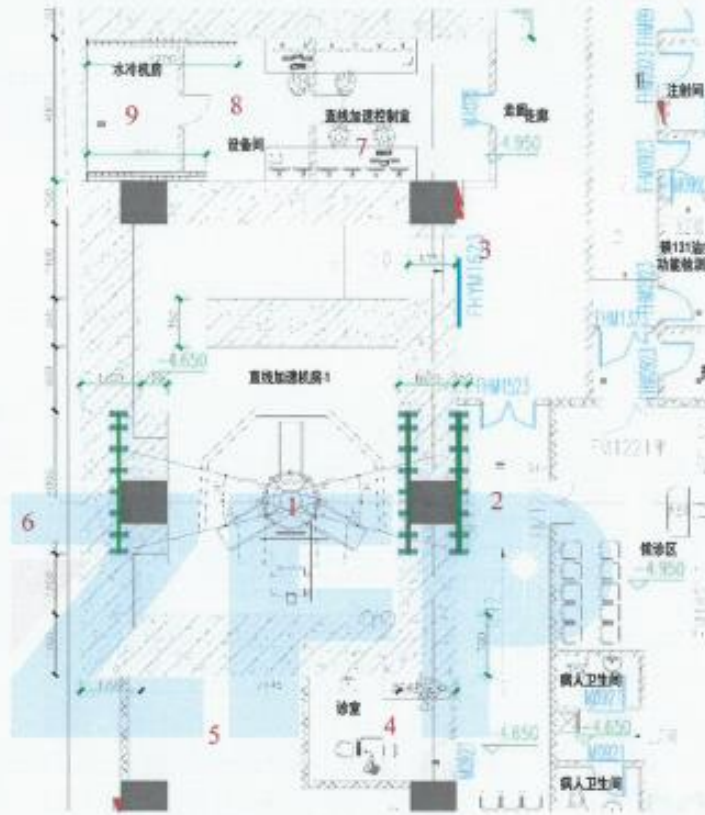
三、结论

依据标准《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157—2021),对上海进康肿瘤医院相关场所(直线加速器 01 机房内部、直线加速器 01 机房东侧室内通道、直线加速器 01 机房东侧机房入口处、直线加速器 01 机房南侧诊室、直线加速器 01 机房南侧加压机房、直线加速器 01 机房西侧车辆过道、直线加速器 01 机房北侧控制室、直线加速器 01 机房北侧设备间、直线加速器 01 机房北侧水冷机房、直线加速器 01 机房上部小商业、直线加速器 01 机房上部门厅、直线加速器 02 机房内部、直线加速器 02 机房东侧室内通道、直线加速器 02 机房东侧机房入口处、直线加速器 02 机房南侧控制室、直线加速器 02 机房南侧设备间、直线加速器 02 机房南侧水冷机房、直线加速器 02 机房西侧车辆过道、直线加速器 02 机房北侧水冷机房、直线加速器 02 机房北侧制模室、直线加速器 02 机房北侧医生办公室、直线加速器 02 机房上部小商业、DSA 机房内部、DSA 机房东侧污物走道、DSA 机房东侧污物出口处、DSA 机房南侧控制室、DSA 机房南侧设备间、DSA 机房西侧室内通道、DSA 机房西侧机房入口处、DSA 机房北侧预留 DSA 机房、DSA 机房上部员工办公区、DSA 机房上部病人活动区、DSA 机房下部检验科、医院入口处)进行 γ 辐射本底水平检测,检测结果为 $0.14\mu\text{Sv/h}$ ~ $0.24\mu\text{Sv/h}$,趋于环境本底水平。

编制: 
审核: 
批准: 
批准日期: 2022.01.20

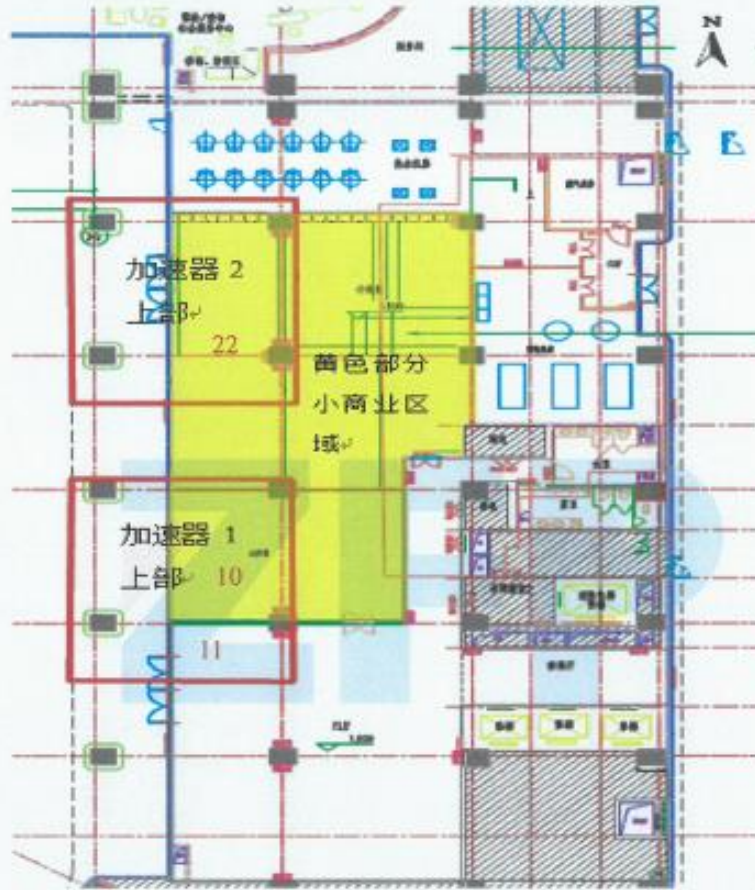


附图一



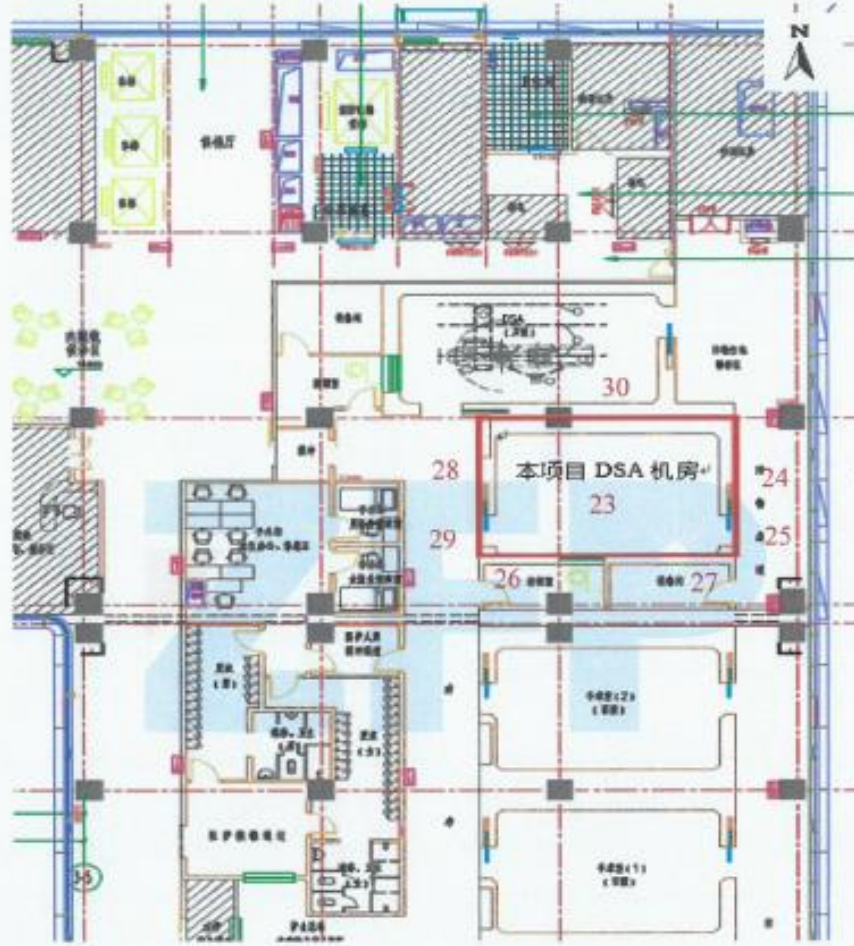
直线加速器 01 机房所在楼层

附图三



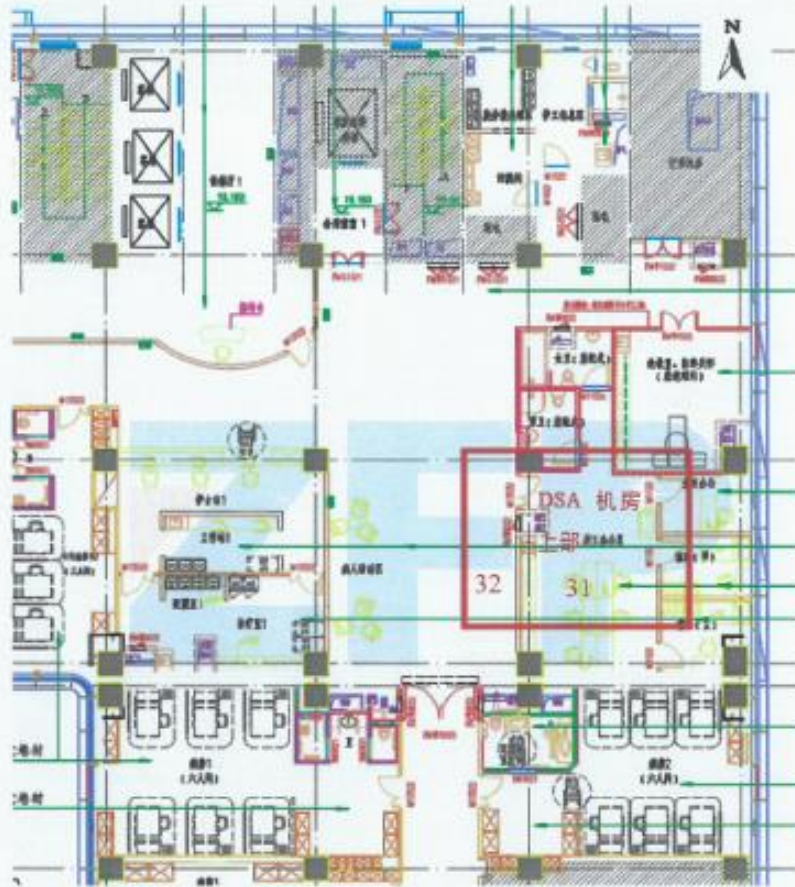
直线加速器机房上层

附图四



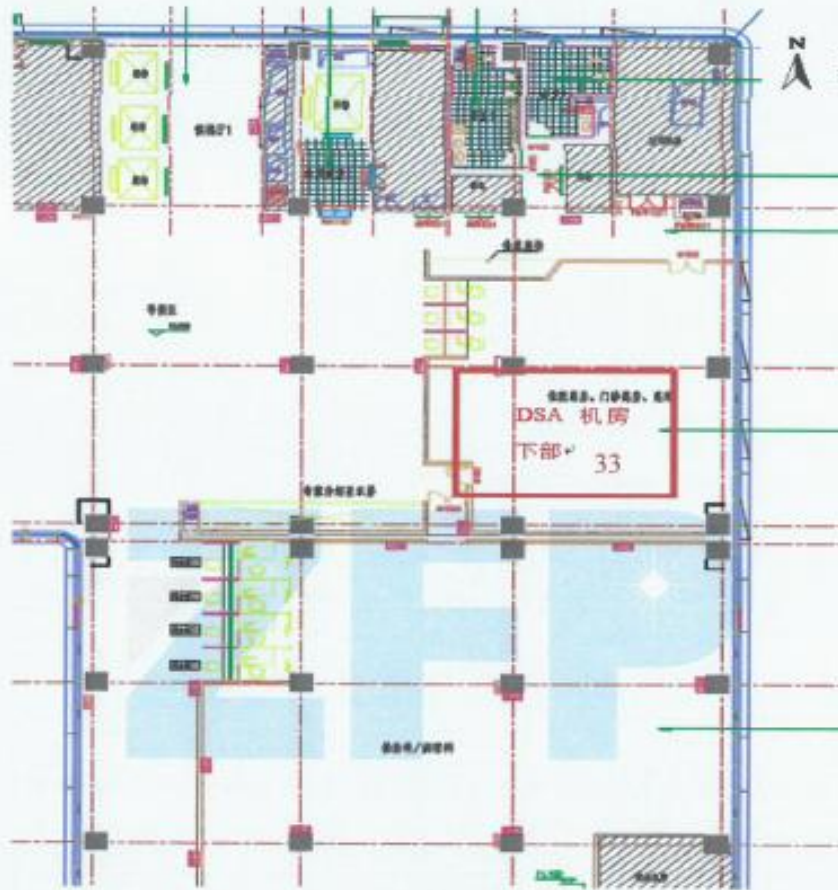
DSA 机房所在楼层

附图五



DSA 机房上层

附图六



DSA 机房下部