

核技术利用建设项目

绵阳市中心医院新增 9MeV e-Flash 放射
治疗加速器核技术利用项目

环境影响报告表

(公示本)

绵阳市中心医院

二零二五年四月



生态环境部监制

核技术利用建设项目

绵阳市中心医院新增 9MeV e-Flash 放射 治疗加速器核技术利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：绵阳市中心医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省绵阳市涪城区常家巷12号

邮政编码：

■

联系人：

■

电子邮箱：

■

联系电话：

■

目 录

表 1：项目基本情况	1
表 2：放射源	16
表 3：非密封放射性物质	16
表 4：射线装置	17
表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）	18
表 6：评价依据	19
表 7：保护目标与评价标准	21
表 8：环境质量和辐射现状	23
表 9：项目工程分析与源项	27
表 10：辐射安全与防护	32
表 11：环境影响分析	44
表 12：辐射安全管理	64
表 13：结论与建议	70

附图

附图1：项目地理位置图

附图2：本项目外环境、医院平面布置和保护目标监测布点图

附图3：本项目所在楼层（-1F）现状平面布置及监测布点图

附图4：本项目对应楼上区域（1F）平面布置及监测布点图

附图5：本项目射线装置工作场所屏蔽设计图

附图6：本项目两区划分及人流、物流路径示意图

附件

附件1：委托书

附件2：绵阳市中心医院关于调整放射防护与辐射安全管理领导小组的通知

附件3：辐射安全许可证

附件4-1：关于对绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目环境影响报告书的批复

附件4-2：关于同意绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目竣工环境保护验收的意见

附件5：本项目辐射环境监测报告

附件6：技术参数确认说明

附件7：绵阳市中心医院2024年度例行监测报告（部分）

附件8：本项目既有辐射工作人员2024年度个人剂量监测报告

附件9：本项目既有辐射工作人员辐射安全与防护考核成绩报告单

附件10：建设单位一期项目辐射工作场所监测报告

表 1：项目基本情况

项目名称		绵阳市中心医院新增 9MeV e-Flash 放射治疗加速器核技术利用项目					
建设单位		绵阳市中心医院					
法人代表		■	联系人	■	联系电话	■	
注册地址		四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号					
项目建设地点		四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号绵阳市中心医院门诊大楼负一楼					
立项审批部门		/		批准文号		/	
建设项目总投资（万元）		■	项目环保总投资（万元）	■	投资比例（环保投资/总投资）	■	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它				建筑面积（m ² ）	■
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类				
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类				
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物				
		☐ 销售	/				
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙				
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类				
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类				
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类				
	其它	/					

项目概述

一、概况

（一）建设单位简况

绵阳市中心医院始建于1939年，前身为绵阳公路卫生站，先后历经四川省立绵阳医院、绵阳专区医院、四川省绵阳地区第一人民医院等名称嬗变，1985年正式更名为绵阳市中心医院。1998年建成三级甲等综合医院，2012年获批川西北区域医疗中心，2020年成为电子科技大学医学院附属绵阳医院，2021年获批组建全国地市级唯一国家卫健委重点实验室——核技术医学转化重点实验室、绵阳市呼吸病学临床医学研究中心。2022年获批组建绵阳市首个医疗类重点实验室—麻醉与神经调控重点实验室。2023年获批川西北区域首个省临床医学研究中心—放射与治疗临床医学研究中心，成为四川省最佳文明单位、涪江实验室副理事长单位。2024年获批国家人社部博士后科研工作站、核医疗设备转化应用四川省工程研究中心。

医院占地面积115亩，建筑面积21.2万平方米；编制床位1500张，开放床位2200张；2022年门（急）诊服务200余万人次，年住院服务9万余人次；在岗职工3320人；装备有PET-CT、医用回旋加速器、3.0T磁共振、双源CT、DSA、SPECT、全飞秒激光近视治疗仪、海扶刀等大中型现代化仪器设备；建有医疗质量安全管理、药事管理等28个专项工作委员会；有专业学科47个，其中省级重点学（专）科22个、市级重点学科41个。

绵阳市中心医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号川环辐证〔00309〕，有效期至2027年2月7日），许可种类和范围为：使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

（二）项目由来

Flash放疗是利用超高剂量率辐射进行的一种放射治疗方法，相对于传统剂量率的放射治疗，Flash放疗有着其独特的放射生物学优势。Flash放疗作为一种新型的无创外照射放疗技术，通过对粒子进行加速，以产生超高剂量率的粒子束（如电子束、光子束和质子束等），这些超高剂量率的粒子束在极短时间内（通常不到一秒钟）被输送到肿瘤部位，使肿瘤细胞DNA迅速受损，从而达到控制和杀灭肿瘤细胞的目的。超快速剂量输送显著减少了整体治疗时间，可将传统放疗需要一个月甚至几个月的疗程，缩减为几次，甚至单次治疗时间控制在1秒钟以内。

绵阳市中心医院为充分发挥自身的技术潜力，提高现有资源的利用效率和医院放射治疗的能力，为广大患者提供更好的医疗服务，拟将门诊大楼负一层直线加速器治疗2室中的一台Elekta医用电子直线加速器替换为一台e-Flash放射治疗加速器（属于Ⅱ类射线装置），并更新部分配套系统。建设单位拟依托设备生产厂家中玖闪光医疗科技有限公司的实验室进行小动物受照实验，后续再招募志愿者进行试验，进行效果评估后，再正式投入治疗。

直线加速器治疗2室中现有一台医用电子直线加速器，最大X射线能量6MV，最大电子线能量9MeV，型号为Elekta Synergy，属于Ⅱ类射线装置。本次拟将该台射线装置拆分后暂时封存在医院库房中，安排专人保管以保证其封存期间不能组装，后续根据具体需求（搬迁使用或报废）再另行履行环保手续。

根据《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021版），虽然本项目属于“在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置”的核技术利用项目，但考虑到本次新增的e-Flash放射治疗加速器属于新型医用电子加速器，与传统医用电子加速器有所不同，为确保其使用过程对周围环境和工作人员及公众产生的影响在可接受范围内，建设单位决定编制环境影响报告表。

因此，建设单位委托四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）开展环境影响评价工作（附件1）。我单位接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《绵阳市中心医院新增9MeV e-Flash放射治疗加速器核技术利用项目环境影响报告表》。

（三）环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的规定：建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告表的全本信息；各级生态环境主管部门在受理建设项目环境影响报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

根据以上要求，建设单位于2025年04月08日在官方网站（https://www.myszxxy.cn/news_zxgg2/2025/QdJNOodO.html）进行了全文公示，以征求

公众意见。截至目前，建设单位及评价单位未收到任何信息反馈。



图 1-1：全文公示截图

二、项目建设内容及规模

（一）项目名称、性质、建设地点

项目名称：绵阳市中心医院新增9MeV e-Flash放射治疗加速器核技术利用项目

建设单位：绵阳市中心医院

建设性质：新建

建设地点：四川省绵阳市涪城区常家巷12号，绵阳市中心医院门诊大楼负一楼放疗中心。项目地理位置见附图1。

（二）项目建设内容及规模

绵阳市中心医院拟将位于门诊大楼（-1~3F）负一层放疗中心直线加速器治疗2室（下文简称“治疗2室”）内的射线装置进行替换。医院辐射安全许可证上已许可放疗中心（包含治疗2室）为辐射活动场所；拟被替换的射线装置为一台型号为Elekta Synergy的医用电子直线加速器（下文简称“Elekta加速器”），最大X射线能量为6MV，最大电子线能量为9MeV，属于II类射线装置。Elekta加速器目前为正常使用状态，本项目实施时拟将其拆分后封存于医院库房内。

治疗2室整体采用钢筋混凝土浇筑，建筑面积约159.6m²，有效使用面积约61.6m²（7.0m×8.8m），净高2.8m；北侧和南侧主屏蔽墙厚2.19m（宽5m），相连次屏蔽墙厚1.07m；顶部主屏蔽墙厚2.19m（宽5m），相连次屏蔽墙厚1.57m；东侧侧屏蔽墙体厚1.07m；西侧为长10.3m的直迷路，迷路内墙厚0.65~0.93m，迷路外墙厚1.25~1.88m；机房楼下无房间；防护门为10mm铅当量的平移电动门。

本次拟在治疗2室新增1台型号为200A的e-Flash放射治疗加速器（下文简称“e-Flash加速器”），有用线束为电子线，最大电子线能量为9MeV，属于II类射线装置。该射线装置出束方式为脉冲式，无法连续出束。本项目e-Flash加速器日最大放疗出束次数为50次，年最大工作日250天，年最大放疗出束次数为12500次/年；e-Flash加速器年最大质控出束次数为1000次/年。故本项目e-Flash加速器年最大出束次数为13500次/年。

本项目e-Flash加速器主要用于临床浅表层肿瘤治疗，单次运行由蓄能阶段和出束阶段组成：单次运行后仅可出束1次，无论是否还有剩余剂量，均结束该次运行。若关注其单次出束，则e-Flash加速器单次最大出束剂量为50Gy/次，单次最大出束时间为0.2s，出束口最大电子线剂量率为250Gy/s，年最大出束时间为0.75h/a；若关注其单次运行，则e-Flash加速器单次运行最大出束剂量为50Gy/次，单次运行时间至少为5min，等效出束口最大电子线剂量率为10Gy/min，在等效出束口电子线剂量率最大为10Gy/min的情况下，年最大运行时间约为1125h/a。

本次利旧治疗2室既有的配套控制室和设备间，不改变治疗2室的平面布局 and 屏蔽墙体，仅对部分辐射安全设施进行更新。本项目拟依托设备生产厂家中玖闪光医疗科技有限公司的实验室进行小动物受照实验，不会在治疗2室进行小动物受照实验。

本项目的建设内容见下表。

表 1-1：项目建设内容表

射线装置名称	射线装置类别	射线装置数量	活动种类	型号	生产厂家	工作场所名称	备注
9MeV e-Flash 放射治疗加速器	II类	1 台	使用	200A	中玖闪光医疗科技有限公司	直线加速器治疗 2 室	新增

（三）项目组成及主要环境问题

本项目具体组成及主要的环境问题见下表。

表 1-2：项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	绵阳市中心医院拟将位于门诊大楼（-1~3F）负一层放疗中心直线加速器治疗 2 室内的射线装置进行替换。医院辐射安全许可证上已许可放疗中心（包含治疗 2 室）为辐射活动场所；拟被替换的射线装置为一台型号为 Elekta Synergy 的医用电子直线加速器，最大 X 射线能量为 6MV，最大电子线能量为 9MeV，属于 II 类射线装置。Elekta 加速器目前为正常使用状态，本项目实施时拟将其拆分后封存于医院库房内。 治疗 2 室整体采用钢筋混凝土浇筑，建筑面积约 159.6m²，有效使用面积约 61.6m²（7.0m×8.8m），净高 2.8m；北侧和南侧主屏蔽墙厚 2.19m（宽 5m），相连次屏蔽墙厚 1.07m；顶部主屏蔽墙厚 2.19m（宽 5m），相连次屏蔽墙厚 1.57m；东侧侧屏蔽墙体厚 1.07m；西侧为长 10.3m 的直迷路，迷路内墙厚 0.65~0.93m，迷路外墙厚 1.25~1.88m；机房楼下无房间；防护门为 10mm 铅当量的平移电动门。 本次拟在治疗 2 室新增 1 台型号为 200A 的 e-Flash 放射治疗加速器，有用线束为电子线，最大电子线能量为 9MeV，属于 II 类射线装置。该射线装置出束方式为脉冲式，无法连续出束。本项目 e-Flash 加速器日最大放疗出束次数为 50 次，年最大工作日 250 天，年最大放疗出束次数为 12500 次/年；e-Flash 加速器年最大质控出束次数为 1000 次/年。故本项目 e-Flash 加速器年最大出束次数为 13500 次/年。 本项目 e-Flash 加速器主要在临床使用，单次运行由蓄能阶段和出束阶段组成：单次运行后仅可出束 1 次，无论是否还有剩余剂量，均结束该次运行。若关注其单次出束，则 e-Flash 加速器单次最大出束剂量为 50Gy/次，单次最大出束时间为 0.2s，出束口最大电子线剂量率为 250Gy/s，年最大出束时间为 0.75h/a；若关注其单次运行，则 e-Flash 加速器单次运行最大出束剂量为 50Gy/次，单次运行时间至少为 5min，等效出束口最大电子线剂量率为 10Gy/min，在等效出束口电子线剂量率最大为 10Gy/min 的情况下，年最大运行时间约为 1125h/a。 本次利旧治疗 2 室既有的配套控制室和设备间，不改变治疗 2	扬尘、降尘废水、噪声、固废等以及安装调试过程中的 X 射线、电子线、臭氧	X 射线、电子线、臭氧

	室的平面布局和屏蔽墙体，仅对部分辐射安全设施进行更新。本项目依托设备生产厂家中玖闪光医疗科技有限公司的实验室进行小动物受照实验，不会在治疗 2 室进行小动物受照实验。		
辅助工程	利旧既有的控制室和设备间；模拟定位依托既有 CT 室的 CT 机。	依托原有已建设施	生活废水、生活垃圾
环保工程	废气： 利旧原有的通排风系统（内含 1 台排风量为 1000m ³ /h 的排风机），将治疗 2 室内产生的臭氧通过风井送至门诊大楼顶排放。		固体废物、噪声
	废水： 设备自带一体化冷却水系统，冷却废水循环使用不外排。不新增工作人员，故不会新增生活废水。		
	固体废物： 不新增工作人员，故不会新增生活、办公垃圾。		噪声
公用工程	本项目的空调、风井、配电、供电、给排水和通讯系统等依托医院既有设施。		
办公及生活设施	依托绵阳市中心医院既有的办公室、卫生间、更衣间、食堂等。		生活废水、生活垃圾

（四）射线装置的主要技术参数及使用情况

本项目射线装置的主要技术参数及使用情况见下表：

表 1-3：本项目射线装置主要技术参数及使用情况一览表

主要技术参数	
设备名称	9MeV e-Flash 放射治疗加速器
射线装置类别	II类射线装置
用途	配置在治疗 2 室内，主要用于浅表层肿瘤等治疗。
射线类型	电子线
最大射线能量	9MeV
出束口单次出束最大剂量	1000cGy
出束口每小时最大出束次数	1000 次
源皮距	100cm
机头最大旋转角度	0°~180°
最大照射野	40cm×40cm
漏射率	≤0.001%
主射线最大出束角度	±1.5°
最大束流强度	1000nA
最大单次出束时间	100s
出束口每小时实际最大出束剂量	1000cGy
使用情况	
最大日放疗次数	50 次（单次运行仅出束 1 次）
最大使用天数	250 天
最大年出束次数	放射治疗 12500 次+质控 1000 次
最大年实际出束时间	0.75h/a

（五）依托工程

本项目依托绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目建设，绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目已在《绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目环境影响报告书》中进行了环境影响评价，并于2007年3月12日取得了原四川省环境保护局下发的批复，批复文号为：川环建函〔2007〕187号；该项目于2016年取得了原绵阳市环境保护局下发的项目竣工环境保护验收意见，文号为：绵环验〔2016〕73号。治疗2室及现有的Elekta加速器在2009年12月履行了环境影响评价手续并取得了批复。

1、废水处理依托工程

根据《绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目环境影响报告书》，绵阳市中心医院污水处理站处理规模为1800m³/d，本项目工作人员产生的生活废水先经过污水管道排入化粪池处理，再打入污水处理站处理，经过“氧化法+末端消毒法（二氧化氯）”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）后通过市政污水管网排入塔子坝污水处理厂处理达标后排放。目前医院污水处理站运行情况良好。本项目不新增工作人员，医院现有污水处理设施能够满足污水处理需求，具有依托可行性。

2、废气处理依托工程

治疗2室现有一套通排风系统，内含1台排风量为1000m³/h的排风机，将治疗2室内产生的臭氧通过风井送至门诊大楼顶排放。根据建设单位提供资料，目前治疗2室的通排风系统运行良好。本项目不改变废气种类，仅排放浓度略有改变，经过计算现有通排风系统可以满足本项目的废气处理需要，故具有依托可行性。

3、固体废物依托工程

本项目既有工作人员产生的生活垃圾依托院区的生活垃圾暂存站暂时存放后，由环卫部门统一处理。目前医院生活垃圾暂存站运行良好。本项目不新增工作人员，现有生活垃圾收集设施能够满足暂存要求，具备依托可行性。

三、工作人员及工作制度

（一）劳动定员

因本项目为替换射线装置工作场所内的射线装置，故主要利用射线装置工作场所既有的辐射工作人员开展工作。本次拟利用既有辐射工作人员5名，包括医师2名，物理师1名，技师2名。本项目辐射工作人员除本项目外，可能会参与其它辐射相关

工作。

本项目人员配置情况见下表。

表 1-4：本项目人员拟配置岗位职责一览表

性质	岗位	职责	人数（名）	备注
辐射工作人员	医师	负责制定放疗手术计划等	2	既有
	物理师	负责确定照射剂量、巡场等工作	1	
	技师	负责操控 e-Flash 加速器	2	
合计			5	/

(二) 工作制度及工作人员基本情况

本项目拟设置 5 名辐射工作人员，均为既有辐射工作人员，工作制度实行轮班制。建设单位所有辐射工作人员均已通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的考核。

本项目拟配置人员个人受照剂量及培训合格情况见下表：

表 1-5：本项目拟配置人员个人受照剂量及培训合格情况一览表

序号	姓名	岗位	2024 年个人年受照剂量（mSv）					考核证书编号	有效期
			1 季度	2 季度	3 季度	4 季度	合计		
1	戴堂知	物理师	0.05	0.02	<MDL	0.07	0.14	FS21SC0200650	20261013
2	郑旭海	医师	/	0.03	0.12	0.06	0.21	FS21SC0200494	20260722
3	林斌伟	医师	/	0.03	<MDL	0.08	0.11	FS21SC0200623	20261013
4	郑杰	技师	0.11	<MDL	0.04	0.06	0.21	FS21SC0200622	20261013
5	耿立丹	技师	/	0.05	0.05	0.06	0.16	FS21SC0200470	20260722

注：既有工作人员部分季度因外出学习、借调等原因未参加辐射工作，故无个人剂量计读数。

四、产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业政策。

五、项目外环境关系、选址及周边环境相容性分析

(一) 建设单位外环境关系

本项目建设单位为绵阳市中心医院，医院位于四川省涪城区常家巷12号，医院周边主要为居民区和市政道路：东侧为常家巷11号楼、马家巷11号院、18号院及20号院；南侧为顺成街及医院职工宿舍；西侧为卫生巷；北侧为警钟街。

（二）项目外环境关系

本项目位于绵阳市中心医院的门诊大楼（-1~3F），门诊大楼位于医院北部，其东侧为绿化带、住宅楼等，南侧为第一住院大楼，西侧为卫生巷、职工宿舍，北侧为绿化带。

本项目拟建地位于门诊大楼负一层南部，以拟建地为中心，半径50m范围内具体为：北侧50m范围内为走廊、模拟定位间、CT间、院内道路等；西侧50m范围内为直线加速器治疗1室、走廊、绿化带等；南侧50m范围内第一住院大楼磁共振控制室、磁共振2室、磁共振3室、CT室等；东侧50m范围内为卫生间、走廊、水泵房、绿化带、2/3号宿舍楼、居民楼等；上方为一层的空调机房、办公室、药房、挂号室、收费室等；下方为土层。

项目辐射工作场所50m范围内不存在自然保护区、保护文物、风景名胜区、饮用水源保护区、学校等环境敏感目标，周围无明显环境制约因素。

（三）选址合理性分析

本项目位于绵阳市中心医院的门诊大楼内，门诊大楼已通过《绵阳市中心医院改扩建及市急救中心建设项目环境影响报告书》履行了环境影响评价手续并取得批复（批复文号：川环建函〔2007〕187号），医院选址合理性已进行了论述，院区建设符合规划要求和土地利用总体规划。本项目依托现有院区进行建设，不新增用地，项目水、电、气、通讯设施依托医院已建设施妥善解决。

本项目拟建地的四邻及楼上区域不涉及产科、儿科等敏感科室，避开了医院内人流量较大的门诊大厅区域。本项目为专门的辐射工作场所，位置相对独立且人流较少，方便患者治疗和转移，降低了公众受到照射的可能性，同时与周围非辐射工作场所有明确的分界隔离，并按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

（四）与周边环境的相容性分析

本项目生活用水依托院区已建的供水系统。工作人员产生的少量生活污水先经过化粪池处理，再依托院区已建污水处理站“氧化法+末端消毒法（二氧化氯）”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）后排入市政污水管网。本项目产生医疗废物收集暂存于医疗废物暂存间，定期交由有资质的医疗废物处置单位收集；

生活垃圾和办公垃圾依托院区的垃圾收集系统统一收集后由市政环卫部门清运。项目通风设备声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。运行阶段产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境影响较小。同时本项目建设不占用医院消防通道和内部公共设施，与医院内部原有布置及周围环境相容。

六、实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断及治疗效果，是其它项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，而Flash放疗加速器属于最新最先进的一代加速器，治疗时间较传统加速器极大的缩短，设备的治疗原理和特色如下：

（1）超高剂量率照射

e-Flash放疗采用超高剂量率的电子束对肿瘤进行照射。在极短时间内给予肿瘤极高剂量的辐射，能使肿瘤细胞在还未来得及启动有效的DNA损伤修复机制时，就遭受大量不可逆的损伤，从而有效杀死肿瘤细胞。

（2）对正常组织的保护

正常组织在受到超高剂量率照射时，会产生一种与常规放疗不同的生物学效应。由于照射时间极短，正常组织中的血管内皮细胞等对射线敏感的细胞，来不及产生大量的活性氧等有害物质，从而减少了正常组织的损伤。

（3）免疫激活作用

Flash放疗在杀死肿瘤细胞的同时，会释放出大量的肿瘤相关抗原，这些抗原可以激活机体的免疫系统，吸引免疫细胞如T细胞、NK细胞等来攻击肿瘤细胞，产生全身性的抗肿瘤免疫反应，进一步增强对肿瘤的控制和治疗效果。

综上所述，该项目的实践是必要的。

建设单位在开展放疗过程中，对射线装置使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用的实践具有正当性。

七、原有核技术利用项目情况

（一）原有射线装置运行情况

治疗 2 室现安装使用一台医用电子直线加速器，生产厂家为瑞典 ELEKTA，型号为 Elekta Synergy，有用线束为 X 射线和电子线；最大 X 射线能量为 6MV，最大电子线能量为 9MeV，主射方向为北墙、南墙、屋顶和地面，带有 CT 功能，属于 II 类射线装置。该设备已在医院的辐射安全许可证上证允许使用。

根据建设单位安全和防护状况年度评估报告，该台射线装置从 2013 年运行至今，运行情况良好。2024 年 8 月，建设单位委托有资质的第三方单位对治疗 2 室进行了场所年度例行监测，根据监测报告，治疗 2 室周围各监测点位的 X- γ 剂量率范围为 0.009~0.017 μ Sv/h，职业人员和周围公众的年有效剂量均能满足剂量约束值。

（二）原有辐射安全许可情况

绵阳市中心医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00309]），许可种类和范围为：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。辐射安全许可证有效期至 2027 年 02 月 07 日。

具体放射源、非密封放射性物质和射线装置使用清单见下表，表中的放射源、非密封放射性物质和射线装置均已上证。表 1-8 中标黑的射线装置为本次拟被替换的 ELEKTA 加速器。

表 1-6：绵阳市中心医院被许可使用放射源基本情况一览表

略

表 1-7：绵阳市中心医院被许可使用非密封放射性物质基本情况一览表

略

表 1-8：绵阳市中心医院被许可使用射线装置基本情况一览表

略

（二）辐射安全管理现状

1、辐射管理规章制度管理情况

绵阳市中心医院成立了放射防护与辐射安全管理领导小组，明确了领导小组的主要职责，全面负责全院辐射安全与防护管理工作。

针对现有的放射源、射线装置和非密封放射性物质工作场所，建设单位制定了相关辐射安全管理制度，主要包括辐射安全管理规定、辐射工作设备操作规程、辐射安全和防护设施维护维修制度、辐射工作设备操作规程、辐射安全和防护设施维护维修制度、辐射工作人员岗位职责、放射源与射线装置台账管理制度、辐射工作场所和环境辐射水平监测方案、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射事故应急预案等多个管理制度。建设单位辐射安全管理制度的内容符合《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400号）中的要求。医院制定的各种安全管理制度较全面，具有可行性。在医院放射防护与辐射安全管理领导小组的领导下，明确各部门人员责任，按照制定的辐射安全管理规章制度严格落实，定期组织对辐射工作场所和设备进行放射防护检测、监测和检查，制度执行情况较好。

2、辐射安全培训情况

绵阳市中心医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。建设单位现有辐射工作人员共570人，均参加了辐射安全与防护培训知识的学习，并取得了合格证书或成绩合格单。

根据（生态环境部公告 2021 年第 9 号）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》和《四川省生态环境厅关于进一步做好核技术利用单位辐射安全与防护考核的通知》（2021 年 3 月 29 日），建设单位应根据辐射安全许可要求和实际工作情况，组织安排仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员参加自行考核；从事其他核技术利用活动的辐射工作人员应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fusHc.mee.gov.cn>）上的考试并取得相应的成绩报告单，申请辐射安全许可证时做到持证上岗。建设单位应根据上述规定落实本项目既有辐射工作人员辐射安全与防护培训工作，超过培训合格证或成绩报告单有效期后应进行复训。

（三）辐射工作人员个人剂量情况

建设单位现有辐射工作人员 570 名，每名工作人员均配有个人剂量计，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 18 号）要求建立个人剂量档案。根据建设单位提供的个人剂量计检测结果，建设单位辐射工作人员个人剂量季度检测结果没有超过 1.25mSv/季度约束值的情况。

（四）年度评估及监测

绵阳市中心医院已编制完成《射线装置安全和防护状况年度评估报告（2024 年度）》，已将其上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。目前建设单位辐射安全管理结论如下：

- 1、本年度建设单位辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作。
- 2、本年度建设单位制定和完善了辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。
- 3、本年度建设单位辐射工作人员变动，目前共在岗有570名辐射工作人员，根据四川省生态环境厅对辐射培训，按时组织II类射线装置人员参加考试取得合格证，对III类射线装置人员组织内部培训并考试合格，目前建设单位辐射工作人员均持证上岗。
- 4、本年度建设单位均按要就办理放射性同位素转让（进出口、送贮）等手续，并及时更新了台账。
- 5、本年度建设单位委托有资质单位开展了辐射工作场所的辐射环境监测和对辐射工作人员的个人剂量，结果表明均满足国家标准要求。
- 6、本年度建设单位未发生辐射事故。
- 7、本年度建设单位有改建辐射工作场所，已按要求进行评价。

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	备注
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

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	最大射线能量	出束口最大剂量率	用途	工作场所	备注
1	e-Flash 放射治疗加速器	II类	1 台	200A	电子	电子射线能量最大 9MeV	50Gy/次	使用	直线加速器治疗 2 室	新增

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等										
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	——	——	——	——	——	——	——	——	——	

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源													
序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	/	/	<0.16Bq/m³	/	引至楼顶排放，自然扩散

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	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日实施）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日实施）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日实施）； (4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院682号令）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005年9月14日国务院第449号令发布，2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第709号）对其进行了修改）； (6) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第24次会议通过，2016年6月1日实施）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第18号令）； (8) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部/国家卫生和计划生育委员会，公告2017年第66号）； (9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006年1月18日国家环境保护总局令第31号公布，2021年1月4日经生态环境部令第20号修改）； (10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》（中华人民共和国生态环境部第16号令）； (11) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430号文）； (12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号，2020年1月1日施行）； (13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告2021年第9号）； (14) 《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号）； (15) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国
------	--

	国家发展和改革委员会令第7号）。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (3) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (4) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； (5) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； (6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）； (8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）； (9) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。
其他	(1) 《辐射防护导论》（方杰主编，原子能出版社）； (2) 生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）； (3) NCRPReportNo.51 《0.1~100MeV粒子加速器设施辐射防护设计指南》（刘志林编译）； (4) 《兆伏级X、γ射线放疗设施屏蔽设计和评价》（周启甫戈立新主编，中国原子能出版社）； (5) 《辐射防护手册》（李德平潘自强主编，原子能出版社）； (6) 《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社）； (7) 《2023年四川省生态环境状况公报》（四川省生态环境厅）； (8) 项目委托书及建设单位提供的其它资料。

表 7：保护目标与评价标准

评价范围

本项目为使用II类射线装置项目，根据《辐射环境保护管理导则核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“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 区域的范围”相关规定，确定本项目评价范围为辐射工作场所的实体屏蔽体边界外 50m 范围内区域。

保护目标

根据本项目辐射工作场所平面布置及外环境关系确定本项目主要环境保护目标。本项目环境保护目标见下表：

表 7-1：本项目环境保护目标一览表

辐射源	保护名单	人数（个）	方位	位置	与辐射源最近距离（m）	
					水平	垂直
直线加速器治疗 2 室	职业人员	5	北	控制室	6.7	/
	周围公众	<25	北	设备间、走廊、模拟定位间、CT 间等	5.7	/
		<25	东北	档案室、网络机房、办公室、配电室等	6.9	/
		<40	东北	森林警察大队办公楼	39	/
		<60	东	院内 2 号宿舍楼	31	/
		<60	东	院内 3 号宿舍楼	33	/
		<10	东	更衣室、配电室、楼梯间等	9.5	/
		<30	南	磁共振控制室、磁共振室、CT 室、核医学科	7.1	/
		<30	西	直线加速器治疗 1 室、楼梯、走廊、空调机房、院内绿化带、院内道路等	9.3	/
		<15	上方	空调机房、办公室、药房等	/	3.8

评价标准

一、环境质量标准

本项目应执行的环境保护标准如下：

1、地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准；

2、大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；臭氧需满足室外臭氧《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级浓度限值中1小时均值 $\leq 0.2\text{mg/m}^3$ ，同时满足室内臭氧《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）中1小时均值 $\leq 0.16\text{mg/m}^3$ ；

3、声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。

二、污染物排放标准

1、废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准；

2、废水依托原有污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准；

3、施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相关标准；

4、运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准。

三、辐射环境评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

根据第B1.1.1条的规定，应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。根据第B1.2.1条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量1mSv。

（2）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a；公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

综上，结合实际情况，考虑建设单位已有辐射源项的条件下，确定本项目职业人员及治疗2室周围评价范围内公众的剂量约束限值如下：

◇职业照射个人总受照剂量约束限值取5mSv/a；

◇公众照射个人总受照剂量约束限值取0.1mSv/a。

表 8：环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、场所现状

绵阳市中心医院位于四川省涪城区常家巷12号，本项目位于绵阳市中心医院门诊大楼负一层南部，根据现场踏勘，目前本项目未动工，拟建设地现有的射线装置处于正常运行状态。本项目拟建地现状照片见图8-1。



图 8-1：项目拟建地现状照片

二、监测对象、监测因子和监测点位

本项目为使用II射线装置，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目所在地辐射水平，监测单位对本项目所在位置的辐射环境进行了监测，监测时治疗1室和治疗2室内的既有射线装置均不出束。监测报告见附件5，监测结果见表8-2。

1、监测方法与标准

- (1) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- (2) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。

2、监测点位布设

根据本项目辐射工作场所布置情况及外环境关系，本次选择在拟建地及周围、保护目标处布设监测点位以反映区域辐射环境质量现状。本次共布设7个监测点位，能较好反映项目周围辐射环境现状，其监测点位布设合理。监测布点图见附图2~附图4。

3、监测时间及现场环境状况

2025年03月07日，监测人员对项目拟建地进行了现场监测，监测时环境温度：21.4℃~21.8℃；环境湿度：56.3%~56.8%；天气状况：晴。

4、监测因子、监测方法及监测仪器

监测因子、监测方法及监测仪器见表8-1。

表 8-1：监测因子、监测方法及监测仪器一览表

监测因子	监测方法	监测仪器
X- γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）	仪器名称：便携式 X- γ 剂量率仪 仪器型号：BH3103B 仪器编号：082 能量响应范围：25keV~3MeV 检出限：1~10000 $\times 10^{-8}$ Gy/h 检定单位：四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心） 证书编号：校准字第 J20250206009 号 校准日期：2025-03-05 有效日期：2026-03-04
环境温度、环境湿度	/	仪器名称：手持气象站 仪器型号：NK5500 仪器编号：2204879 环境温度分辨率：0.1℃ 环境湿度分辨率：0.1% 校准单位：四川省中衡计量检测技术有限公司 证书编号：20250224620061 号 校准日期：2025-02-24 有效日期：2026-02-23

5、质量保证

本次监测单位为四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心），具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（编号：220020341133），并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

①监测前制定监测方案，合理布设监测点位，使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

②严格按照监测单位《质保手册》《作业指导书》开展现场工作；

③监测仪器每年经过计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

④监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑤根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），布设监测点位置和高度，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性；

⑥监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑧检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

6、监测结果

监测结果见表8-2。

表 8-2：本项目拟建地及周围 X-γ辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	监测日期	X-γ辐射剂量率 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)	标准差 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)	备注
1	直线加速器治疗 2 室内	2025-03-27	6.8	0.14	/
2	直线加速器治疗 2 室北侧控制室内	2025-03-27	8.8	0.24	/
3	直线加速器治疗 2 室南侧磁共振控制室内	2025-03-27	7.2	0.11	/
4	直线加速器治疗 2 室楼上 1F 办公室	2025-03-27	7.4	0.16	/
5	森林警察大队办公楼 1F	2025-03-27	9.4	0.19	/
6	院内 2 号宿舍楼 1F	2025-03-27	9.7	0.21	/

7	院内 3 号宿舍楼 1F	2025-03-27	9.1	0.12	/
注：未扣除宇宙射线响应值。					
根据表 8-2，本项目拟建地及周围 X-γ 辐射剂量率监测结果范围为 $6.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 9.7 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$，即 68nGy/h~97nGy/h，与四川省生态环境厅《2023 年四川省生态环境状况公报》中四川省辐射环境自动监测站关于绵阳市的监测结果（70nGy/h~100nGy/h）基本一致，属当地正常天然本底辐射水平。					

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本次拟将绵阳市中心医院门诊大楼负一层治疗2室内，现有的一台Elekta加速器替换为一台e-Flash加速器，项目施工期主要包括三个阶段。

1、Elekta 加速器拆除封存阶段

建设单位提前成立 Elekta 加速器拆除工作小组，主要由肿瘤科(含放疗中心)、设备维修科、其它后勤科室和厂家工作人员组成，拆除工作小组应提前制定详细的拆除计划，明确各个部门的分工。整个拆除工序应由建设单位全面负责安全管理工作，加速器的具体拆卸、运输工序已确定聘请厂家专业人员进行。

2、场地清理阶段

Elekta加速器运走后，建设单位会对治疗2室进行清理工作。

3、e-Flash 放疗系统安装调试阶段

治疗2室清理完成后，将进行e-Flash放疗系统的安装调试，主要包括e-Flash加速器和辐射安全防护装置的安装、调试。

施工期施工工序及产污环节图如下：

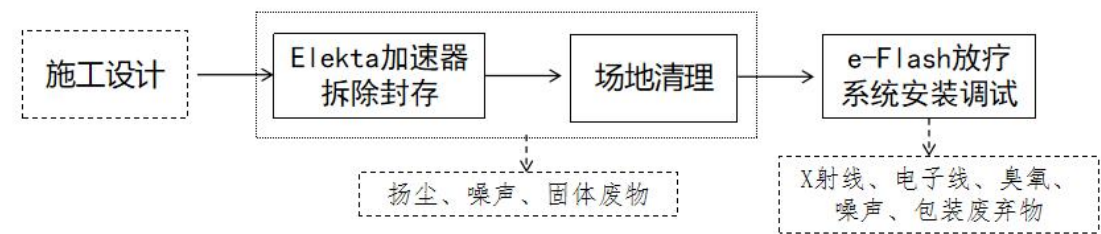


图 9-1 施工期施工工序及产污位置图

本项目装修施工期较短，施工量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

二、运营期

(一) 工程设备分析

1、设备特点

本项目主要使用的工程设备为从中玖闪光医疗科技有限公司生产的 e-Flash

加速器，利用直径从 3cm 到 10cm 范围圆形射野来开展放射治疗，适用于适合电子束放射治疗的浅表部位肿瘤、疤痕等的放射治疗。

从出束方式相比，e-Flash加速器属于脉冲式医用电子加速器，经过蓄能后，可在数百毫秒（ms）内完成高剂量的照射，高剂量率的照射会导致组织中的氧气耗竭，使健康组织产生辐射抵抗，从而能够在高缺氧的条件下实施破坏肿瘤组织的剂量递增治疗，在保证肿瘤治疗疗效的同时，可大幅增加对正常组织的保护能力。

2、工作原理

e-Flash 加速器为带电粒子加速器的一种，以外置电路控制加速器脉冲为主，通过调整电子枪灯丝电流的参数和磁控管磁体电流参数来实现超高剂量率的输出。e-Flash 加速器通过内部的电离室实时监测加速器输出的辐射剂量，确保与预设定的辐射剂量吻合，并将监测数据反馈至控制系统。

本项目 e-Flash 加速器的工作原理如下图所示。

略

图 9-2：e-Flash 加速器工作原理示意图

3、设备组成

本项目拟使用的e-Flash加速器主要由射线源组件（辐射头）、主机组件、工业造型组件、准直组件和控制台组件五个大模块组成。示意图如下。

略

图 9-3：本项目 e-Flash 加速器组成示意图

4、主要技术参数

本项目拟使用的e-Flash加速器的主要技术参数见下表：

表 9-1：e-Flash 加速器的主要技术参数一览表

略

5、工作负荷

本项目日最大放疗出束次数为50次，年最大工作日250天，年最大放疗出束次数为12500次/年；e-Flash加速器年最大质控出束次数为1000次/年。故本项目e-Flash加速器年最大出束次数为13500次/年。

本项目e-Flash加速器从各个视角分析的出束工作负荷结果见下表：

表 9-2：本项目 e-Flash 加速器各关注视角一览表

（二）治疗流程及产污环节

本项目主要进行浅表部位肿瘤、疤痕等的放射治疗，主要治疗环节如下：

（1）模拟定位：先通过放疗中心已有的CT机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

（2）制定治疗前计划：结合模拟定位的结果由放疗医师制定治疗前计划。

（3）确定治疗方案：以治疗前计划为基础，物理师根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

（4）制模：操作人员根据患者情况制模。

（5）巡检：操作人员巡检机房，确定门机联锁、门灯联锁、紧急停机按钮、监控系统等安全装置处于正常运行状态。

（6）固定患者体位：在利用加速器进行治疗时操作人员需对患者进行固定，标记照射位置，调整照射角度及照射野。

（7）出束：操作人员离开治疗室，关上防护门，在控制台上操作复位，设置参数，开机，操作人员在治疗前确认患者定位的稳定性后，出束治疗。

（8）出束结束：治疗完毕，医务人员通过固定式辐射监测系统确认机房中辐射剂量率水平降至环境背景水平后，进入机房指导并协助患者离开。

本项目的治疗过程及其产污环节见下图：

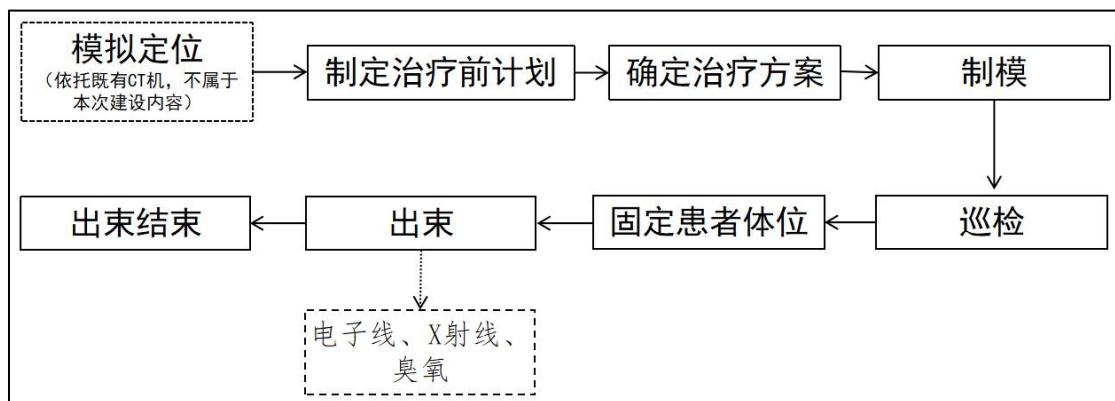


图 9-8：本项目运营期治疗过程及产污环节示意图

（三）人流、物流路径

1、患者路径

接受放射治疗的患者通过患者电梯下到门诊大楼负一楼后，从西门大门进入放疗中心，然后由医护人员陪同完成模拟定位后在等候大厅等候；准备完毕后通

过走廊进入治疗2室进行放疗手术；待手术完毕后原路离开放疗中心。

2、医护路径

医护人员搭乘医梯抵达门诊大楼负一楼后，从东侧大门进入放疗中心，先在办公室和更衣室进行准备，随后陪同患者完成模拟定位等过程；之后进入治疗2室进行巡检，确定辐射安全防护装置正常后，陪同病患进入治疗2室并对患者进行固定；然后退出治疗2室进入控制室，在操作台上控制出束；随后再次进入2室为患者解除固定，协助患者离开。

3、污物路径

放疗中心产生的生活垃圾、办公垃圾经收集后从放疗中心西侧大门运出，然后转运至医院生活垃圾收集站，由环卫部门统一处理。

本项目人流、物流路径示意图见附图6。

污染源项分析

一、施工期

（一）废水

施工期产生废水主要来自以下2个方面：

1、施工人员生活废水：施工期平均工人人数约为10人，人均用水定额为130L/人·d（来源于四川省人民政府关于印发《四川省用水定额》的通知（川府函〔2021〕8号）），排水量按照系数0.9倍进行估算，施工期施工人员产生生活废水量约1.17t/d；

2、降尘洒水：为抑制扬尘，施工现场可能会产生少量降尘废水。

（二）废气

施工期产生的废气主要是施工扬尘，以及装修阶段油漆和喷涂产生的少量有机废气。在施工期的设备调试阶段会产生少量臭氧。

（三）噪声

施工期噪声主要来源于墙体拆除、场地清理、材料搬运过程中产生的噪声，以及使用工程设备过程中产生的噪声，这些噪声一般在70~90dB（A）之间。

（四）固体废弃物

施工期固体废弃物主要来自以下几方面：

1、施工人员生活垃圾：施工期平均工人人数约为10人，据生态环境部发布的《2020年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》，四川省人均生活垃圾

产生量为0.49kg/d，故总产生量为4.7kg/d；

2、建筑垃圾：建筑垃圾主要来自场地清理和装修施工作业产生的少量废砖块、废建材等，由于工程规模小，产生量很少；

3、废包装物：在装饰工程和设备安装工程中会产生少量废包装物，主要为废纸箱、塑料薄膜、木条等。

（五）电离辐射

拟被替代的Elekta加速器最大X射线能量为6MV，最大电子线能量为9MeV，可不考虑其因活化所致的放射性污染。

在e-Flash加速器安装调试阶段会产生少量电离辐射，主要为电子线和X射线。

二、运营期

（一）电离辐射

本项目 e-Flash 加速器加速粒子为电子，有用线束为电子线，当电子束经高能加速后与物质相互作用时产生韧致辐射（即 X 射线）。由于本项目 e-Flash 加速器最大能量为 9MeV，根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），可以不考虑运行过程中的中子和感生放射性。

（二）废水

本项目e-Flash加速器配备有冷却水循环系统，其中的冷却水循环使用不外排，自然蒸发后直接添加纯水补水。本项目工作人员为既有工作人员，不会新增生活污水。

（三）废气

本项目e-Flash加速器在运行过程中产生的有害气体主要为空气中的氧和氮在辐射作用下电离而生成的臭氧和氮氧化物。臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，但产生量极少；氮氧化物的产生量比臭氧小10倍，对环境的影响很小，本次主要考虑臭氧。

（四）噪声

本项目运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，机房所使用的通排风系统均为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值一般低于60dB(A)。

（五）固体废物

本项目工作人员为既有工作人员，不会新增生活垃圾和办公垃圾。

表 10：辐射安全与防护

项目安全管理

通过污染源分析可知本项目的主要污染物为：X射线、电子线、臭氧等。针对这些污染物，建设单位在设计阶段均制定了相应的污染防治措施。

一、平面布置合理性分析

本次拟进行射线装置替换的治疗2室位于门诊大楼负一楼南部，以治疗2室为中心，从北开始顺时针方向依次为控制室、设备间、档案室、网络机房、卫生间、通风井、电梯、窄缝、直线加速器治疗1室。治疗2室正上方为一层的空调机房、办公室、药房、挂号室、收费室等；下方为土层。

治疗2室布设在医院独立专门的放疗中心内，避开了人流较多的门诊区和住院部等，且布局紧凑，便于患者就诊且方便医院对放疗设备的统一管理，同时治疗2室采取了有效的辐射屏蔽措施，产生的电离辐射经屏蔽后对周围环境影响较小。

对照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）布局要求，本项目放疗装置平面布置合理性分析见下表。

表 10-1：平面布局与《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）对照分析一览表

标准要求	设计落实情况	备注
放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目治疗2室布置于门诊大楼-1F南部，为门诊大楼的底端；治疗2室配套有控制室、设备间等房间并相邻布置。邻近房间无易燃、易爆及易腐蚀等危化暂存间。	满足
放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。	本项目治疗2室将实行两区管理，其中治疗2室机房内划分为控制区，邻近的控制室盒设备间等房间均划为监督区，两区划分具体见表10-2。	满足
治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	本项目e-Flash加速器主射方向朝下，地下为土层，其余方向的防护屏蔽能够满足射线的屏蔽要求。	满足
治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水	控制室已与治疗2室进行了分开独立设置；本项目水冷设备为一体式小型冷却水系统，	满足

冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗治疗 2 室外。	体型小巧，可置于治疗 2 室角落，不影响屏蔽效果。	
应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	本项目 c-Flash 加速器主射方向为地面，不朝向控制室或其他居留因子较大的房间。	满足
X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗机房可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗治疗机房均应设置迷路。	本项目的治疗 2 室已设置直迷路。	满足

综上所述，本项目不改变治疗2室原有平面布局和墙体屏蔽厚度，治疗2室各组成部分功能区明确，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）要求，其平面布置合理。

二、工作区域管理

为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定辐射控制区和监督区。其定义为

“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；

监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”

本次环评结合项目辐射防护和环境情况特点，将治疗2室划为控制区，将与治疗2室相邻的控制室、设备间划为监督区。控制区和监督区划分如下表所示，本项目两区划分图见附图6。

表 10-2：“两区”划分与管理

	控制区	监督区
“两区”划分范围	治疗 2 室内	与治疗 2 室相邻的控制室、设备间
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，在曝光过程中严禁任何人员进入控制区内，且控制区边界外应有明确的标识。	监督区有明显的标识，限制无关人员进入，避免对设备进行误操作。

三、辐射安全及防护措施

(一) 设备固有安全性

本项目拟配置的 e-Flash 加速器的生产厂家为中玖闪光医疗科技有限公司，该公司有生产经验，各项安全措施齐备，设备本身采取了多种安全防护措施：

(1) 操作台显示装置：控制台上设置有显示装置，显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数，操作人员可随时了解设备运行情况。

(2) 安全钥匙锁开关：控制台上设有安全钥匙锁开关。当安全钥匙锁处于关闭时，红色“锁闭”指示灯点亮；当安全钥匙锁处于接通时，绿色“接通”指示灯点亮，仅当绿色“接通”指示灯点亮时可开启运行并开始蓄能，当安全锁处于关闭时，所有操作被禁止。

(3) 自动监控系统：e-Flash 加速器开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，操作者可以进行出束操作。当 e-Flash 加速器接通高压开始蓄能以后，系统将始终实时监测电子线发生器、冷却器、安全联锁、辐射泄漏等各种参数和状态，当发生异常情况时，控制器自动切断电子线发生器的蓄能和高压输出，并通过控制器给出明确的提示信息，操作人员根据提示信息对设备进行检查，无法排除故障后需由技术人员进行维修。

(4) 待机监测系统：当出束正常结束后，系统将自动切断高压进入待机阶段，在此阶段系统仍将实时监测电子线发生器、冷却器、安全联锁、辐射泄漏等各种参数和状态，以等待下一次作业或停机。

(5) 控制剂量连锁：e-Flash 加速器装有控制剂量连锁，当在特殊情况下剂量超过预选值时，可自动终止照射。本项目 e-Flash 加速器控制剂量连锁反应时间精确度可以达到毫秒级。

(6) 操作台显示装置：控制台上设置有显示装置，显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数，操作人员可随时了解设备运行情况。

(7) 主射线限束器：安装在射线管头上使用，将辐照面积缩小 80%以上，大大缩小了辐照面积，减少不必要的辐射。

(8) 出束记录系统：设备配置有出束记录系统，该系统会如实记录并在主

机显示屏上显示设备的出束情况，包括出束时间、出束时长、出束次数、出束剂量等工况，且无法人工删改。该系统可以为建设单位进行辐射工作场所自行监测提供数据，也便于建设单位进行辐射安全自我评估及相关职能部门检查。

（二）屏蔽防护

1、机房屏蔽防护

治疗2室整体采用钢筋混凝土浇筑，建筑面积约159.6m²，有效使用面积约61.6m²（7.0m×8.8m），净高2.8m；北侧和南侧主屏蔽墙厚2.19m（宽5m），相连次屏蔽墙厚1.07m；顶部主屏蔽墙厚2.19m（宽5m），相连次屏蔽墙厚1.57m；东侧侧屏蔽墙体厚1.07m；西侧为长10.3m的直迷路，迷路内墙厚0.65~0.93m，迷路外墙厚1.25~1.88m。机房楼下无房间；防护门为10mm铅当量的平移电动门。

本次仅对治疗2室内的射线装置进行更换，不改变治疗2室的布局和屏蔽体设计。

表 10-3：本项目治疗 2 室屏蔽状况一览表

工作场所	直线加速器治疗 2 室
净空尺寸	8.8m（长）×7.0m（宽）×2.8m（高）
主射方向	地面
四周墙体	北侧和南侧主屏蔽墙厚 2.19m（宽 5m），相连次屏蔽墙厚 1.07m；东侧侧屏蔽墙体厚 1.07m
屋顶	主屏蔽墙厚 2.19m（宽 5m），相连次屏蔽墙厚 1.57m
迷路	西侧为长 10.3m 的直迷路，迷路内墙厚 0.65~0.93m，迷路外墙厚 1.25~1.88m
防护门	防护门为 10mm 铅当量的平移电动门
观察窗	无，通过监控探头对治疗 2 室内情况进行观察
备注	利旧治疗 2 室现状，不对其布局和屏蔽体进行改变

2、电缆布设

本项目治疗 2 室的电缆放置在电缆沟中，电缆沟靠近治疗 2 室东墙，向北侧走线带来北侧的次屏蔽墙后，采取“U”型穿墙设计进入档案室，再向西侧走线至设备间和控制室。穿墙处尺寸较小，且不在 e-Flash 加速器的主射方向。

综上，本项目治疗 2 室电缆的布设方式设计科学合理，穿墙处也不会影响该侧屏蔽墙的屏蔽效果。

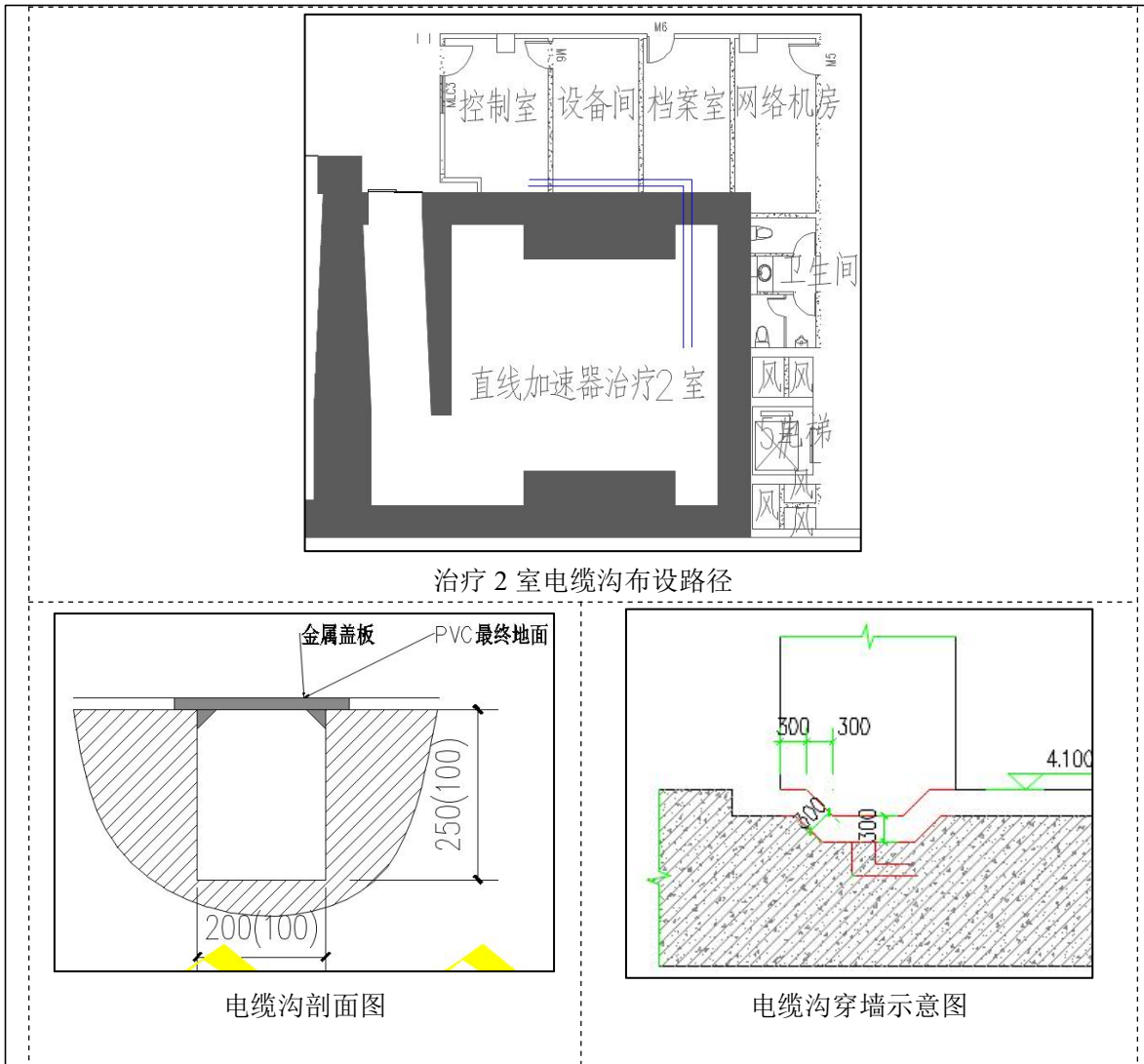


图 10-1：本项目治疗 2 室电缆布设示意图

3、通排风布设

本项目治疗 2 室设置有一套通风系统(包含 2 个进风口)和一套排风系统(包含 2 个排风口)，为上进下排设置；进风口设置在治疗 2 室天花板西南部和东南部处；排风口设置在治疗 2 室西北部和南部立柱处，离地 30cm。治疗 2 室通排风管道上到天花板后从防护门上方穿墙，穿墙部分呈“Z”型，通排风管道的布设方式不会影响屋顶屏蔽墙的屏蔽效果。

治疗 2 室设有机械排风系统，排风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，治疗 2 室的净空容积约为 172.48m^3 ，则每小时换气次数为 $1000\text{m}^3/\text{h} \div 172.48\text{m}^3 \approx 5.7$ 次，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中不低于 4 次/小时的要求。

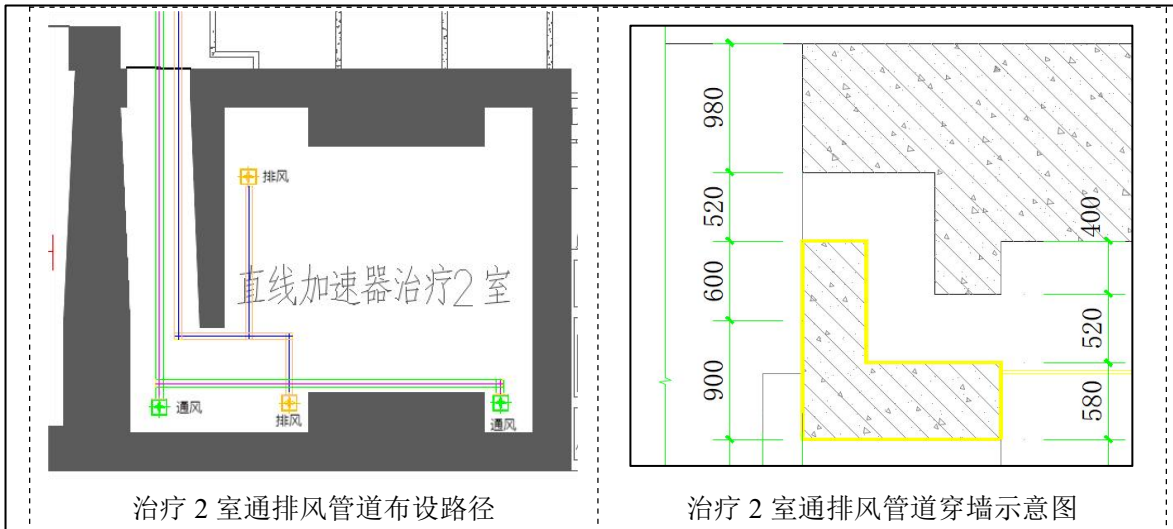


图 10-2：本项目治疗 2 室通排风布设示意图

4、排水布设

根据建设单位资料，本项目拟新增的 e-Flash 加速器降温采用一体式冷却水循环系统，使用的水量较小（约 20L），同时水冷机占地面积也较小，因此未单独配置水冷机房，而是将水冷机布设在治疗 2 室西南角，不会影响正常放疗出束和辐射防护。冷却水循环使用不外排，定期添加纯水。

5、源项控制

本项目 e-Flash 加速器的生产单位是有资质和经验的生产厂家，其生产的 e-Flash 加速器泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值，且 e-Flash 加速器装有限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

6、距离防护

本项目严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，对控制区进行严格控制，在曝光过程中严禁任何人员进入控制区内，且控制区边界外应有明确的标识，设置红色的“禁止进入电离辐射区”字样的警告标志。工作人员操作设备时的工作场所和设备间为监督区，非相关人员限制进入，避免对设备进行误操作。

7、时间防护

在满足治疗的前提下，在每次用 e-Flash 加速器进行放疗前，建设单位将根据生产要求和实际情况制定最优化的治疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，减少工作人员和相关公众的受照射时间。

（三）辐射防护安全装置与布置

本项目的治疗 2 室辐射防护安全装置防护效能及安装要求如下：

1、门-机安全联锁装置：e-Flash 加速器与屏蔽门之间设置联锁装置，屏蔽门关闭后设备才能正常开机，门被打开时设备会被切断高压。本次利旧既有门-机安全联锁装置。

2、工作状态指示灯：e-Flash 加速器配套有专门的工作状态指示灯，设置在防护门外及操作台上，并于门联锁。当 e-Flash 加速器处于关闭状态，指示灯为绿色；当 e-Flash 加速器处于蓄能状态时，指示灯为黄色，同时持续进行声音报警；当 e-Flash 加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全，不得入内。本次拟重新配置 e-Flash 加速器专用配套工作状态指示灯。

3、紧急止动装置：在治疗 2 室治疗床旁、四侧墙体、迷路外墙内侧、控制室操作台上均设有紧急止动按钮（有中文标识），每个紧急制动按钮相互串联，按下按钮，高压电源立即被切断，e-Flash 加速器停止蓄能和出束。本次利旧既有的紧急止动装置，再在北侧和南侧墙体上新增 2 个紧急止动按钮并与既有紧急止动装置串联。

4、紧急开门装置：治疗 2 室防护门内侧人员易接触的位置（距离地面高度 1.5m，并标有中文标识）装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷路内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。本次利旧既有的紧急开门装置。

5、视频监控、对讲系统：治疗 2 室及控制室内安装有视频监控，分别位于治疗 2 室防护门口、治疗 2 室顶部四角、控制室东南角。工作人员可通过控制室中的显示器观察治疗 2 室内的情况，并通过对讲机与事故状态下室内被困人员联系，以便及时处理意外情况。本次利旧既有的视频监控、对讲系统。

6、

7、电离辐射警告标志：治疗 2 室防护门外及醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志，可以提示无关人员不能随意进入机房，以防遭到误射。本次利旧既有的电离辐射警告标志。

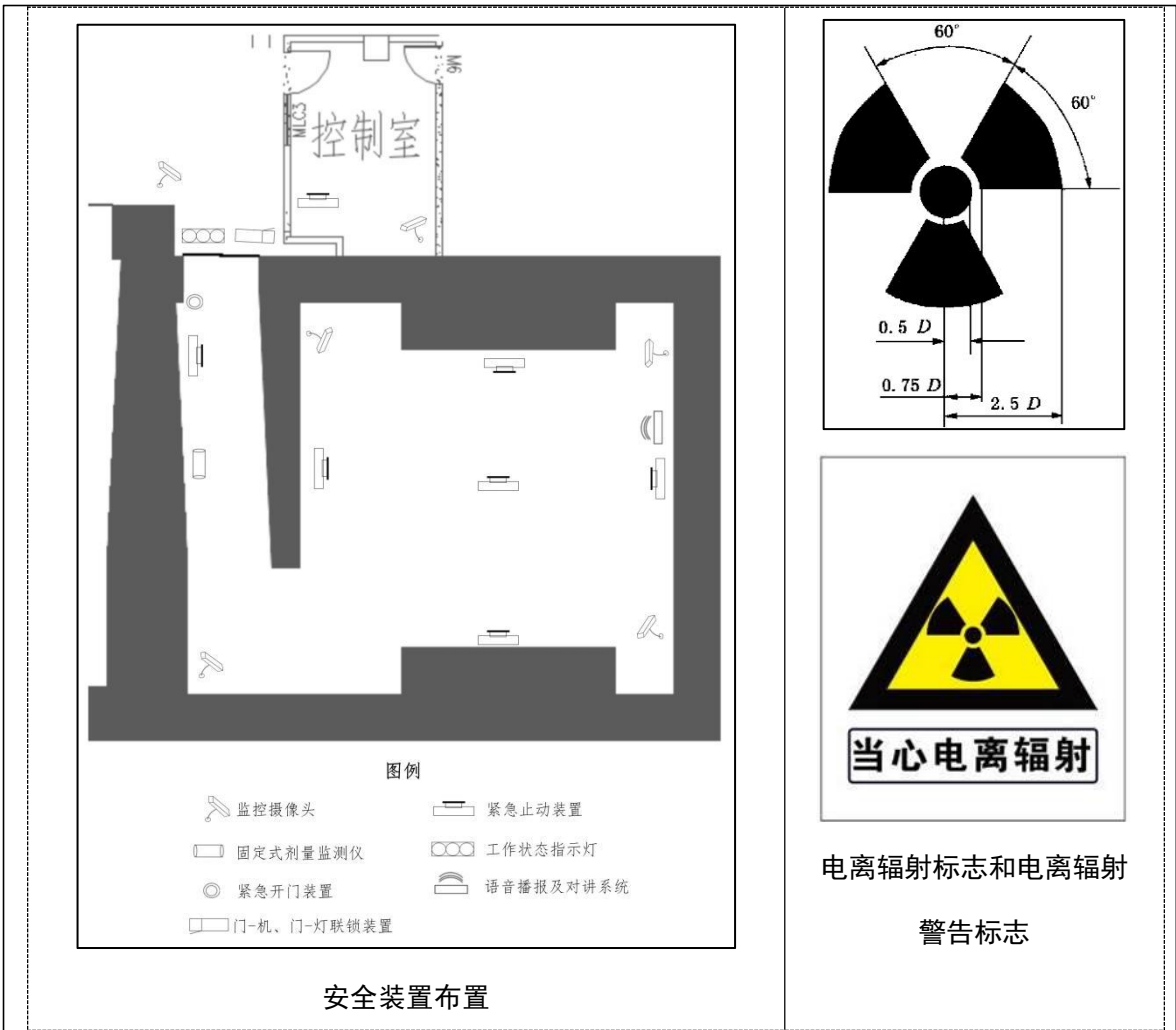


图 10-3：安全装置布置图和电离辐射（警告）标志示意图

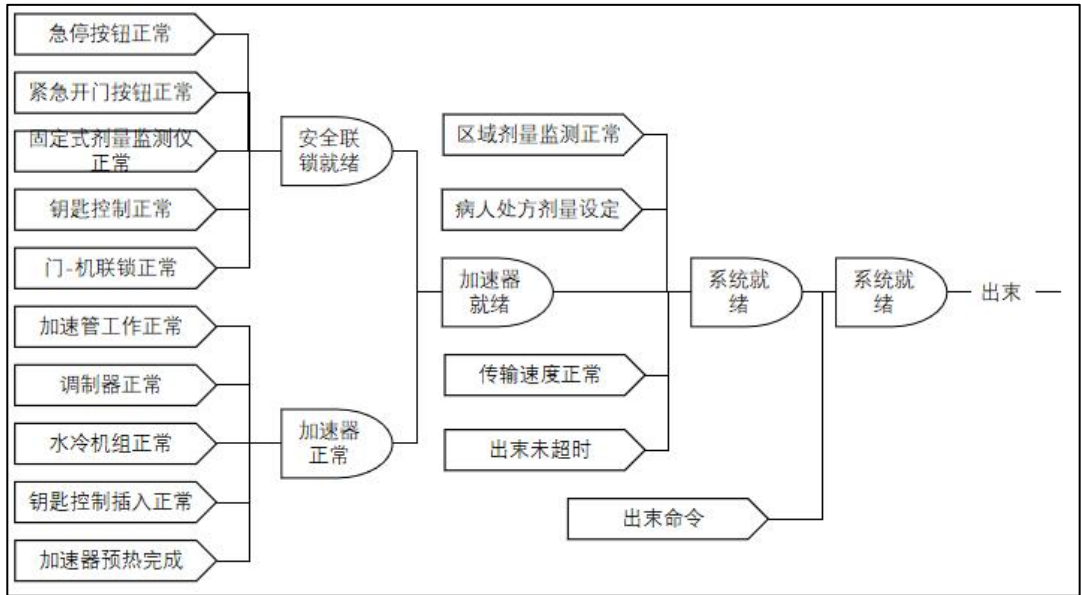


图 10-4：本项目安全装置逻辑关系图

（四）小结

根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函〔2016〕1400号）中对医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序（文件编码：NNSA/HQ-08-JD-IP-023）的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全措施进行了对照分析，具体情况见下表。

表 10-4：辐射安全措施对照表

序号	项目	具体要求	落实情况
1*	A 控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	本次新增放疗系统自带
2*		控制台有紧急停机按钮	本次利旧
3*		视频监控与对讲系统	本次利旧
4*		治疗室门与高压联锁	本次利旧
5*	B 警示装置	入口电离辐射警告标志	本次利旧
6*		入口有加速器工作状态显示	本次更换
7*		工作场所分区及标识	本次利旧
8	C 治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮	本次利旧
9		治疗室门防夹人装置	本次利旧
10		紧急照明或独立通道照明系统	本次利旧
11		治疗室内有紧急停机按钮	本次利旧既有，并新增 2 个按钮
12		治疗床有紧急停机按钮	本次利旧
13	D 监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	本次新增 AT1123 辐射剂量检测仪
14		便携式辐射监测仪器仪表	本次新增 AT1123 辐射剂量检测仪
15		个人剂量报警仪	已设计，本次利旧
16		个人剂量计	已设计，本次利旧
17	E 其它	个人辐射防护用品	已设计，本次利旧
18		通风系统	已设计，本次利旧

四、辐射工作场所安全保卫措施

为确保本项目涉及Ⅱ类射线装置的辐射安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，射线装置使用场所应当采取防火、防盗、防丢失、防破坏、防泄露的安全措施，本项目针对辐射工作场所拟采取的辐射安全保卫措施见下表。

表 10-5：辐射工作场所安全保卫措施一览

场所类别	措施类别	对应措施
射线装置工作场所	防破坏	①射线装置工作场所及附属设施纳入建设单位日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②工作场所根据需要设置监控摄像头实行 24h 实时监控； ③安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗窃事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防射线泄漏	①射线装置由正规厂家生产，射线装置的杂散辐射和泄漏辐射不会超过《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）规定的限值； ②本项目射线装置工作场所已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和标准要求进行落实，各机房是不存在辐射泄漏的情况； ③II类射线装置机房已安装固定式 γ 剂量报警装置，当出现泄漏辐射超标时将启动声光报警装置； ④建设单位将制定监测计划，并自行配备便携式 γ 剂量率监测仪（AT1123），定期或对射线装置机房四周进行巡测，有效防止射线泄漏。

三废的治理

（一）施工期

1、废水

施工期产生少量用于降尘的废水，经自然蒸发后不会对周围水环境造成影响。

工作人员产生的生活污水产生量依托医院已建成的化粪池+污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）后排入市政污水管网。

2、废气

施工期将会产生一定量的施工粉尘，在施工区域内采取洒水降尘措施可有效降低施工现场扬尘污染；装修阶段油漆和喷涂产生的有机废气产量较少，经扩散后可满足《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》（DB512377-2017）中的要求。

3、噪声

在施工期，施工单位及建设单位应合理安排作业时间，并优先选用低噪声设备，以减少施工噪声；对高噪声设备采取隔声、隔振或消声措施，如在声源周围设置掩蔽物、加隔振垫等，可降低噪声源强；日常应注意对施工设备的维修、保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。

本项目工程量不大，噪声影响随施工期的结束而消失，在落实上述降噪措施

后，施工期对周围的声环境影响较小。

4、固体废物

项目施工期产生的建筑垃圾转运至住建部门指定的建筑垃圾堆场。

工作人员产生的生活垃圾以及少量废包装物经生活垃圾收集点暂存后，由环卫部门统一转运处理。

（二）运营期

1、废水

本项目 e-Flash 加速器的冷却系统降温液体为纯水，系统内循环使用不外排。

本项目辐射工作人员均为既有工作人员，无新增生活废水。

2、废气

项目运营期产生的废气主要考虑臭氧，建设单位拟采用空调系统加排风系统将废气排出室外。本项目采用空调送风，排风机进行机械排风，排风量为 1000m³/h，最终排气筒位于门诊大楼楼顶（离地高度约 18m），未朝向人群密集处，经自然稀释后不会对周围大气环境造成影响。

3、噪声

本项目运营期噪声来源主要来源于通排风系统的风机产生的噪声，本次拟采用低噪声节能排风机，其噪声值一般低于 60dB(A)，整体噪声较小，无需采用专门的降噪措施。

4、固体废物

本项目辐射工作人员均为既有工作人员，无新增生活固体废物。

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》第二十九条“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。”因此，本项目的射线装置报废后需确保射线装置不能正常通电，防止二次使用造成人员误照射。

环保投资估算

本项目总投资 [REDACTED]。本项目辐射防护措施及其投资估算见下表。

表 10-7：本项目辐射防护措施及其投资估算一览表

略

表 11：环境影响分析

施工阶段对环境的影响

一、Elekta 加速器拆除、场地清理阶段环境影响分析

（一）大气环境影响分析

该阶段主要产生一定量的扬尘和少量有机废气，施工现场采取洒水降尘等措施可有效抑制扬尘。在施工过程中加强通风或采用室内空气净化措施，全程严格按《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）控制室内环境水平，可将废气对周围环境的影响降至最低。

（二）水环境影响分析

该阶段施工过程中会产生少量用于降尘的施工废水，废水产量较少，自然蒸发后对周围水环境影响较小；施工人员日常生活会排放少量的生活污水，依托医院已建成的化粪池+污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）后排入市政污水管网，不会对周围水环境产生影响。

（三）声环境影响分析

该阶段施工过程中会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟采取尽量使用低噪音设备、避免夜间施工、在声源附近设置掩蔽物、注意对施工设备的保养、物流运输轻拿轻放等措施，来尽量降低本项目噪声对周围的影响。

（四）固体废物

该阶段产生的固体废弃物主要是建筑垃圾、废包装物和生活垃圾等。建筑垃圾主要为废砖块、废装饰材料等，首先对其中可回收部分进行回收利用处理，剩余部分运送至当地住建部门指定的建筑垃圾场；废包装物和生活垃圾经医院集中收集后交由环卫部门统一处理。

拟被替代的Elekta加速器最大X射线能量为6MV，最大电子线能量为9MeV，可不考虑其因活化所致的放射性污染。

本项目场地清理、土建装修阶段工期较短，施工量小，在院方的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

二、e-Flash 放疗系统安装调试阶段环境影响分析

本项目 e-Flash 加速器的安装、调试，均由设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在射线装置安装过程中，会产生少量包装废弃物，收集后统一由当地环卫部门处理；在射线装置调试阶段，主要污染因子为电子线、X 射线、臭氧等。医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在机房内进行，调试期间产生的电子线、X 射线过机房墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小，产生的臭氧经通排风系统排至室外经自然稀释后对环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

（一）射线装置基本情况说明

本次拟新增一台型号为200A的e-Flash放射治疗加速器，主射方向固定朝向地面，有用线束为电子线，最大射线能量为9MeV，为II类射线装置。e-Flash加速器单次最大出束剂量为50Gy，单次最大出束时间为0.2s。

（二）辐射污染因子简要分析

主项目运营期的辐射相关污染因子有电子和韧致辐射（X射线）。由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质中的射程，就可以将其完全吸收。根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171）其中电子在介质中的射程可根据下式近似计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{MAX} \dots\dots\dots \text{（式 11-1）}$$

式中：
E_{max}—电子最大能量，MeV；
d—最大射程，cm；
ρ—屏蔽材料密度。

表 11-1：电子在不同介质中射程估算表

粒子	电子
----	----

能量(MeV)	9
混凝土密度(g/cm ³)	2.35
混凝土中的射程 (cm)	1.91

根据上表，电子在混凝土中射程为4.26cm，本项目治疗2室墙体最小屏蔽厚度为107cm，所以本项目治疗2室墙体设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，在运行过程中电子线对周围辐射环境影响较小，故下文不再赘述电子线对周围辐射环境的影响，主要详细分析X射线对周围辐射环境的影响。

（三）X 射线源点分析

略

（四）关注点位的选取

本次在治疗 2 室四周设立最不利参考点位，从保守角度出发，在治疗 2 室设计的尺寸厚度基础上，假定最大工况运行并针对参考点最不利情况进行环境环评影响分析，选择剂量率参考点为治疗 2 室四周屏蔽墙外 30cm 处以及保护目标处。

由于治疗 2 室下方没有其他楼层和功能房间，所以地面的防护不予考虑。

根据以上原则，本次选取的关注点情况一览表见下表，关注点布置图见下图。

表 11-2：本项目关注点情况一览表

略

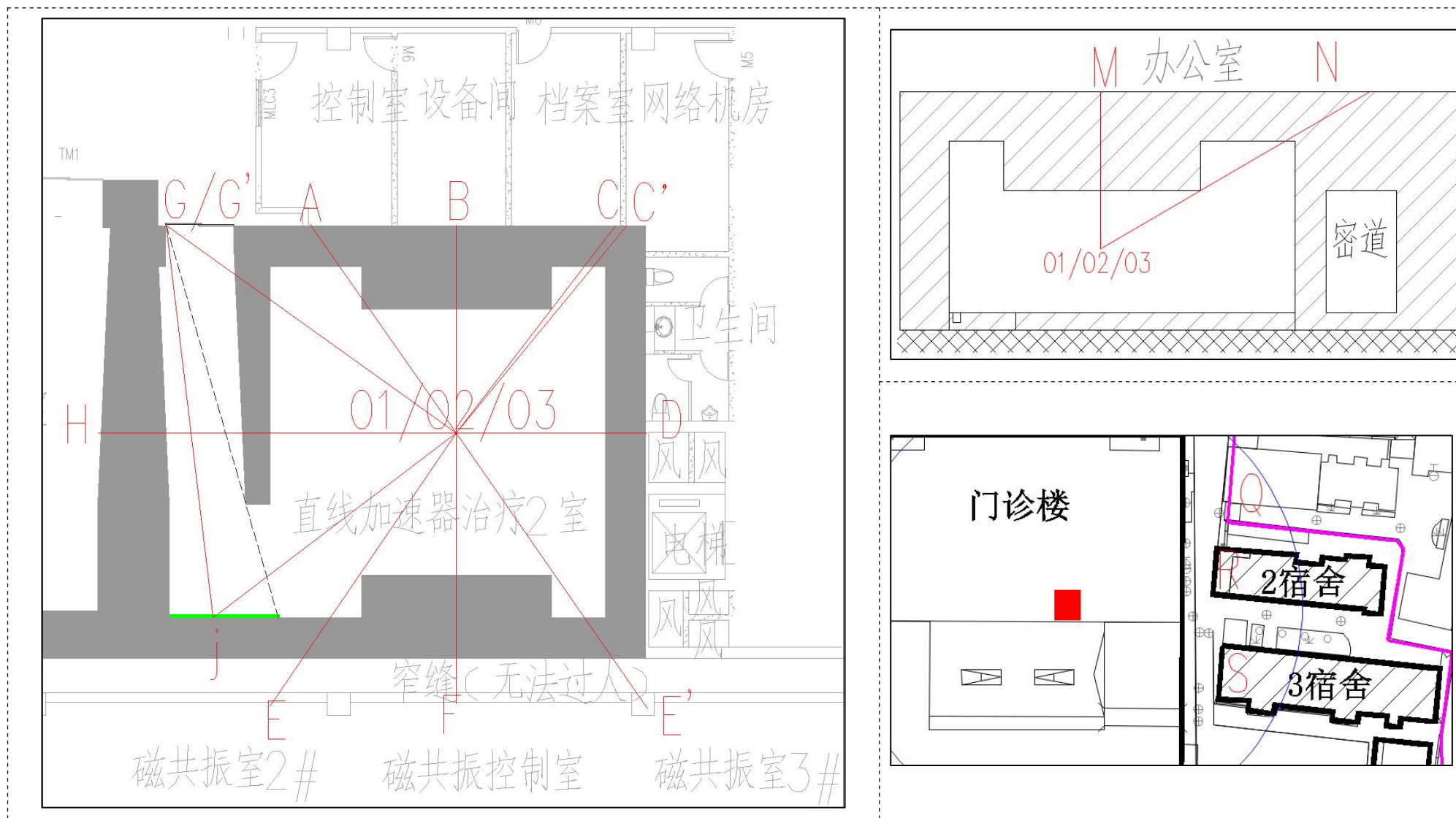


图 11-1：本项目辐射影响分析关注点布设图

（五）基本计算方法及算式

略

（六）屏蔽体厚度优化分析

在本节，先参考GBZ/T201.2-2011确定屏蔽体外30cm处各关注点的剂量率参考控制水平，然后根据上面的算式反算出三个X射线源点（O1/O2/O3）分别需要的屏蔽体厚度，再将三种厚度叠加，最后与设计厚度进行比较。

1、剂量率参考控制水平确定

①使用放射治疗年工作负荷、关注点位置的使用因子，根据 $H_{c,d}=H_a/(t \cdot N \cdot T)$ 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ；其中 H_a 为剂量参考控制水平职业人员取 5000 μ Sv/a，公众取 100 μ Sv/a； t 为年治疗照射时间，取 1125h/a； T 为居留因子。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ，人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所， $H_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所， $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ；

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平（ H_c ）。

同时，穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 250 μ Sv 加以控制；对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 100 μ Sv/h 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

由此确定的本项目各关注点的剂量率参考控制水平见下表：

表 11-3：机房外各关注点导出剂量率参考控制水平（ $H_{c,d}$ ）和主要考虑的辐射束

关注点 编号	关注点位置	剂量率参考控制水平 H_c （ $\mu\text{Sv/h}$ ）		
		$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	H_c
A	控制室	4.44	2.5	2.5
B	设备间	1.42	2.5	1.42
C	档案室	1.42	2.5	1.42
C'	网络机房	1.42	2.5	1.42
D	卫生间	1.42	2.5	1.42
E	磁共振 2#室	0.18	2.5	0.18
E'	磁共振 3#室	0.18	2.5	0.18
F	磁共振控制室	0.09	2.5	0.09
H	直线加速器治疗 1 室	0.18	2.5	0.18
G	机房门外	/	/	/

G'	迷道入口	/	/	/
M	药房办公室	0.09	2.5	0.09
N	药房办公室	0.09	2.5	0.09
注：机房防护门厚度在后文中会专门计算。				

2、屏蔽体厚度核算计算结果

依据（式11-2）~（式11-7），反算出三个X射线源点（O1/O2/O3）分别需要的墙体屏蔽厚度理论计算值（X），参考GBZ/T201.14.3.6对其进行优化，优化原则为“当泄漏辐射和各项散射辐射的屏蔽厚度相差一个什值层或更大时，采用其中较厚的屏蔽；当相差不足一个什值层时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层。”本次为考虑辐射防护最优化，直接采取在较厚的屏蔽上增加一个半值层的方式对理论计算值（X）进行优化，然后再将优化值与墙体屏蔽厚度实际值相对比，具体计算及对比结果见表11-4。

根据表11-4，治疗2室现有屏蔽墙体厚度能够满足屏蔽防护要求。

表 11-4：屏蔽体厚度核算计算及对比结果一览表

略

（七）各关注点贯穿辐射剂量率计算结果

1、屏蔽体外各关注点

本次先分别计算上文分析出三种X射线源点（O1/O2/O3）对关注点的瞬时剂量率，再进行叠加得到最终结果。部分算式参考GBZ/T201.2-2011。

根据（式11-2）~（式11-7），计算结果见表11-5~表11-7。

表 11-5：电子束出束后轰击物质作用产生的初级 X 射线（O1）对点位影响计算结果表
略

表 11-6：有用线束内杂散 X 射线与物质作用产生的次级 X 射线（散射线束）（O2）对点位影响计算结果表

略

表 11-7：机头处泄漏辐射（O3）对点位影响计算结果表

略

2、防护门外关注点（G 点）

略。

3、小结

根据（式11-8）将上文中已计算出的三种X射线源点（O1/O2/O3）对关注点的瞬时剂量率相叠加（G点已单独算出最后贡献值），结果见下表：

表 11-8：各关注点位辐射剂量率计算结果一览表

范围	关注点编号	关注点位置	受照射类型	剂量当量 H 预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
治疗 2 室 屏蔽体外 30cm 处	A	控制室	职业	2.18E-02
	B	设备间	公众	
	C	档案室	公众	
	C'	网络机房	公众	
	D	卫生间	公众	
	E	磁共振 2#室	公众	
	E'	磁共振 3#室	公众	
	F	磁共振控制室	公众	
	H	直线加速器治疗 1 室	公众	
	G	机房门外	公众	
	G'	迷道入口	/	
	M	药房办公室	公众	
	N	药房办公室	公众	
保护目标 处	Q	森林警察大队办公楼	公众	
	R	院内 2 号宿舍楼	公众	
	S	院内 3 号宿舍楼	公众	

（八）各关注点年受照剂量计算方法及计算结果

1、各关注点位的年受照剂量

由下式估算各关注点的年附加有效剂量：

$$E=H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \dots\dots\dots \text{（式 11-11）}$$

式中：

H —关注点的剂量当量， $\mu\text{Sv/h}$ ；

E —关注点的附加有效剂量， mSv/a ；

h —工作负荷， h/a ；本项目 e-Flash 加速器年最大运行时间为 1125h/a；其中医师不参与质控，工作负荷为 $5\text{min} \times 12500 \text{ 次} = 1041.67\text{h/a}$ ；

q —居留因子，参考 GBZ/T201.1 中附录 A 表 A.1 不同场所的居留因子；

W_T —组织权重因数，全身为 1。

由此估算的本项目各关注点的年附加有效剂量见下表。

表 11-9：本项目各关注点的年附加有效剂量

机房	点位 编号	参考点位置		受照类 型	工作负荷 (h/a)	居留 因子	附加有效剂量 (mSv/a)
治疗 2 室 周围	A	控制室	物理师、技师	职业	■	■	■
			医师	职业	■	■	■
	B	设备间		公众	■	■	■
	C	档案室		公众	■	■	■
	C'	网络机房		公众	■	■	■
	D	卫生间		公众	■	■	■
	E	磁共振 2#室		公众	■	■	■
	E'	磁共振 3#室		公众	■	■	■
	F	磁共振控制室		公众	■	■	■
	H	直线加速器治疗 1 室		公众	■	■	■
	G	机房门外		公众	■	■	■
	G'	迷道入口		/	■	■	■
	M	药房办公室		公众	■	■	■
	N	药房办公室		公众	■	■	■
保护 目标	Q	森林警察大队办公楼		公众	■	■	■
	R	院内 2 号宿舍楼		公众	■	■	■
	S	院内 3 号宿舍楼		公众	■	■	■

由上表可得出，本项目对职业人员所致的附加有效剂量最大为 $2.46 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足职业人员有效剂量不超过 5mSv/a 的管理限值要求；公众受到的附加有效剂量最大为 $5.81 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足公众有效剂量不超过 0.1mSv/a 的管理限值要求。

2、治疗 1 室内射线装置对本项目的叠加辐射影响

与治疗2室相邻的治疗1室内安装使用一台医用电子直线加速器，生产厂家为瑞典Elekta，型号为Infinity，最大X射线能量6MV，X射线最大剂量率为 12Gy/min ，最大电子线能量为 15MeV ，电子线最大剂量率为 6Gy/min ，属于II类射线装置。

因为该台射线装置与本项目射线装置工作场所毗邻，故本次考虑该台射线装置出束时对本项目治疗2室屏蔽体外30cm处的关注点的叠加影响。

2024年9月，建设单位委托有资质单位对治疗1室和治疗2室进行了年度例行监测报告，根据报告监测结果，治疗1室屏蔽体外30cm处最大X- γ 剂量率为 $0.124 \mu\text{Sv/h}$ ，满足屏蔽体外30cm处不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的控制目标要求，说明治疗1室屏蔽体屏蔽效果良好。

本次保守取治疗1室内射线装置对周围职业人员和公众的年附加有效剂量，再叠加本项目最大贡献值（职业人员再叠加既有辐射工作人员2024年度个人剂量计读数最大值），计算结果如下：

表 11-10：治疗 1 室内射线装置对本项目叠加辐射影响计算结果一览表

参数	职业人员	周围公众
治疗 1 室对周围附加有效剂量最大值（mSv/a）	0.022	0.0055
本项目对周围附加有效剂量贡献值最大值（mSv/a）	0.0246	0.0166
2024 年既有辐射工作人员个人剂量计受照剂量（mSv/a）	0.21	/
叠加值（mSv/a）	0.2566	0.0221
管理限制（mSv/a）	5	0.1
是否达标	是	是

根据上表，在保守考虑治疗1室内射线装置对本项目叠加辐射影响后，职业人员和周围公众受到的叠加影响仍然满足管理限值要求。同时本次计算未考虑X射线的距离衰减以及其它墙体的屏蔽效果，因此实际上治疗1室内射线装置对本项目各关注点的辐射影响很小。

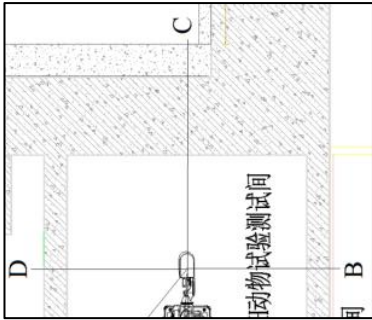
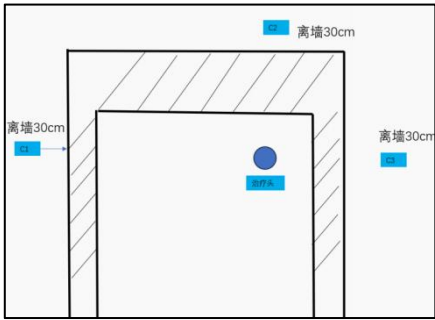
（十）分析预测方法验证

本项目拟新增的e-Flash加速器的生产厂家为中玖闪光医疗科技有限公司，其在2025年2月编制完成了《中玖闪光医疗科技有限公司新一代FLASH放疗设备研发及其产业化（一期）项目（重新报批）环境影响报告表》（报批件）并取得了环评批复（批复文号：川环审批〔2025〕17号），在该报告中，环评单位采取了与本报告相同的分析预测方法来预测电子FLASH加速器动物试验测试间等射线装置工作场所周围关注点小时剂量率（假设连续出束工况）。

2025年5月，建设单位建设完成该项目建设并经过调试后，对电子FLASH加速器动物试验测试间进行了屏蔽机房外辐射剂量测试，并形成了测试报告（附件10）。现使用测试报告中的数据结果，与环评报告中的预测结果进行对比：

表 11-13：环评报告理论预测与实际监测结果对比一览表

结果来源		环评报告理论预测	AT1123 实际监测读数
基本情况	射线装置名称	9MeV e-Flash 加速器	
	型号	200AO	
	工作场所	中玖闪光医疗科技有限公司融合产业园久远激光产业园 2 号楼厂房电子 FLASH 加速器动物试验测试间	
源强工况	出束次数	1 次	1 次
	单次出束	0.2s	0.2s

	时间				
	单次出束剂量	20Gy		20Gy	
关注点位布设					
结果 (μSv/h)		D	4504.50	C1	12.43
		C	3870.00	C2	83E-03
		B	9054.00	C3	16.9

根据上表结果，虽然测试时e-Flash加速器的位置相比有轻微移动，但各个对于的关注点位的实际监测值仍然远小于环评报告的理论预测，因此可以得出：本次采用的分析预测方法符合环境影响评价最不利原则，能够保守预测e-Flash加速器屏蔽体外各关注点的瞬时剂量率，分析预测方法具有合理性。

二、大气环境影响分析

本项目运营期主要产生的废气有臭氧和氮氧化物，本次主要对臭氧进行分析。

电子线和X射线均会将氧气电离成臭氧，但根据经验，电子线所致的臭氧产生量远大于X射线，因此本次主要计算电子线所致的臭氧产生量。

根据《辐射防护手册》（第三分册）130 页，本项目 e-Flash 加速器产生的电子所致臭氧的产生率由下式计算

$$C = 3.25[SITd/V] \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-12)}$$

式中：

C—臭氧浓度，mg/m³；

S—电子在空气中的线碰撞阻止本领，keV/cm，其数值与电子能量有关，表中未提供 9MeV 电子能量的阻止本领，本次保守取 10MeV 电子能量的组织本领，即 2.5keV/cm；

I—电子束流强度，mA；取 120mA；

T—照射时间，s；e-Flash 加速器单次出束时间最大为 0.2s，每小时最多出束 12 次，即 2.4s；

d —电子在空气中的行程 (cm)，取 e-Flash 加速器出束口至床体距离 50cm；

V —机房容积， m^3 ；治疗 2 室容积约 $172.48m^3$ ；

参考上式，计算结果为 $C=6.78 \times 10^{-2}mg/m^3$ 。本项目 e-Flash 加速器不会连续出束，因此计算结果可以近似看做治疗 2 室的平衡浓度，能够《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16mg/m^3$ 要求。

e-Flash加速器出束时通排风系统一直在运行，且每小时排风量为 $1000m^3/h$ ，风机换气量为每小时换气数5.7次，满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)中不低于4次/小时的要求。臭氧通过排风管道引至屋顶排放，经扩散后对机房周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准中1小时均值 $\leq 0.2mg/m^3$ 的标准限值，对机房周围的大气环境影响较小。

三、水环境影响分析

本项目 e-Flash 加速器的冷却系统采用纯水，内循环使用不外排，不会产生废水。工作人员生活污水依托医院已有设施进行处理。

四、声环境影响分析

本项目运营期噪声主要来源于通排风系统的风机产生的噪声，本项目新风系统拟采用低噪声节能排风机，其噪声值一般低于 60dB(A)，整体噪声较小，无需采用专门的降噪措施，对周围环境影响很小。

五、固体废物环境影响分析

本项目运营期不产生放射性固体废物，工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾由医院集中收集并交由环卫部门统一处理。

辐射事故影响分析

一、事故等级判断依据

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号），根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故（Ⅰ级）、重大辐射事故（Ⅱ级）、较大辐射事故（Ⅲ级）和一般辐射事故（Ⅳ级）等四级，详见下表。

表 11-14：辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
------	------

特别重大辐射事故（Ⅰ级）	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人及以上急性死亡。
重大辐射事故（Ⅱ级）	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人及以下急性死亡或者10人及以上急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故（Ⅲ级）	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置导致9人及以下急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故（Ⅳ级）	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-15：急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

二、射线装置辐射事故影响分析

（一）可能发生的辐射事故识别

根据上文分析，e-Flash加速器主要环境风险因子为电子线和X射线，危害因素为电子线和X射线超剂量照射，e-Flash加速器只有在开机状态下才会产生X射线和电子线，一旦切断电源便不会再有射线产生。根据本项目特点，可能发生的辐射事故如下：

1、辐射工作人员还未全部撤出治疗2室时，辐射工作人员启动e-Flash加速器，造成工作人员被误照，引发辐射事故。

2、安全联锁装置发生故障，e-Flash加速器出束时无关人员打开防护门并误入，造成人员被误照射，引发辐射事故。

（二）事故工况下辐射影响分析

本项目 e-Flash 加速器取可能发生的最严重事故为主要考虑事故情景：人员滞留或误入机房时，在无其他屏蔽的情况下处于 e-Flash 加速器主射束方向被误照射。

本项目 e-Flash 加速器单次最大出束剂量为 50Gy，单次最大出束时间为 0.2s；由于机房内有视频监控、紧急开门、紧急制动等按钮，所以受照时间取 1 次，则事故情况下人员加速器机头下方受到的辐射剂量最大为 50Sv/次，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 20mSv/a 剂量限值，达到重度肠型急性放射病的受照剂量范围，属于较大辐射事故。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见下表。

表 11-16：环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

射线装置	主要环境风险因子	危害结果	事故等级
e-Flash 加速器	电子线和X射线	事故状况下单次受到的辐射剂量最大为 50Sv，超过年剂量限值，达到重度肠型急性放射病的受照剂量范围	较大辐射事故

根据分析，本项目 e-Flash 加速器可能发生的最严重事故为较大辐射事故。

三、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

1、定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定完善的辐射安全规章制度并有专人监督核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免人员受到意外照射；

2、凡涉及对e-Flash加速器进行操作，必须有明确的操作规程，e-Flash加速器运行时，至少有2名工作人员同时在场，工作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

3、每次开机前检查治疗2室监控系统、门机联锁装置、门灯联锁装置和其他安全联锁装置，确保一切正常并安全的情况下，射线装置才能进行照射；

4、e-Flash加速器运行之前必须进行清场，确保所有人员全部撤离治疗2室后才能启动，防止误操作，防止工作人员和公众受到意外辐射；

5、定期对e-Flash加速器的安全装置有效性进行检查；

6、医院所有辐射工作人员均需参加辐射安全与防护考核，并需取得合格证

书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

7、辐射防护管理人员要经常对辐照工作场所进行巡视，及时纠正不利于辐射安全防护的行为。

表 12：辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

目前建设单位已成立了放射防护与辐射安全管理领导小组，由法人作为组长，全面负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作，保障辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该文件明确了放射防护与辐射安全管理领导小组工作职责：

- 1、依照《中华人民共和国职业病防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《医疗机构管理条例》《放射诊疗管理规定》《中华人民共和国环境影响评价法》《职业健康检查管理办法》《工作场所职业卫生管理规定》等法律法规，组织领导医院放射防护与辐射安全管理工作的实施。
- 2、负责对放射诊疗项目、放射诊疗场所的选址、建设项目等进行审定。
- 3、组织开展对不良放射事件的认定及处置工作。
- 4、定期召开工作会议，总结放射防护与辐射安全管理工作，分析、讨论并处理放射防护、辐射安全管理工作中遇到的问题。
- 5、对放射防护与辐射安全管理工作进行考核，负责组织对放射个案事件调查、处理等。

领导小组人员设置如下：

表 12-1：放射防护与辐射安全管理领导小组组成表

组长	
执行组长	
成员	

辐射工作岗位人员配置和能力分析

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告2019年第57号）：“自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fusHc.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。

本项目拟配置共计 5 名辐射工作人员，均为既有辐射工作人员，建设单位所有既有辐射工作人员均已参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或医院自行组织的考核，并取得合格证书，证书到期后需接受一次再培训考核。

辐射安全管理规章制度

一、档案分类管理

建设单位应对本项目辐射相关资料分类归档，档案资料应包括以下九大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”“辐射应急资料”“废物处置记录”，并由专人进行管理。

二、规章制度

根据《生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）》和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见下表。

表 12-2：管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况
e-Flash 放疗加速器			
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2		辐射安全防护安全管理规定	建设方需根据本项目对该制度进行修订完善，制定针对性的制度并上墙。
3		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定
4	场所	e-Flash 放疗加速器操作规程	需制定，需在操作场所上墙
5		场所分区管理规定	已制定
6	监测	辐射工作场所监测方案	重新制定有效的监测方案

7		监测仪表使用与校验管理制度	已制定
8		校验源管理制度	需根据本项目新增仪器仪表修订完善
9	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定，可沿用
10		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定，可沿用
11		辐射工作人员岗位职责	已制定，需在操作场所上墙
12	应急	辐射事故/事件应急预案	可沿用原有辐射事故应急预案，并在操作场所上墙
建设单位需制定的其他制度			
1	其他	射线装置台账管理制度	已制定
2		质量保证大纲和质量控制检测计划	需制定

建设单位应根据上表完善辐射安全管理制度，将本项目纳入管理和辐射事故应急范围，并根据具体实践过程中出现的问题对原有制度的不足之处进行及时修订，以更适应后期运行需求。同时，建设单位应规范设备操作人员和其他人员的辐射安全监管，定期对设备操作人员和其他人员进行培训，强化操作人员和其他人员的辐射安全意识。

同时根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号），《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《电子加速器操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合建设单位实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射性同位素和射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

一、个人剂量监测

项目建成投运后，建设单位应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发〔2010〕49号）做好个人剂量管理的工作。同时根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）个人剂量常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月，同时建设单位应建立个人剂量档案。辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，建设单位应当将个人剂量档案保存终身。

建设单位辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查；当单年个人剂量超过50mSv时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

二、辐射工作场所监测

1、监测项目：X-γ小时辐射剂量率。

2、建设单位每月采用AT1123剂量率仪（或响应时间更短、更先进精密的检测仪器）自行检测1次治疗2室周围剂量当量；委托有监测资质单位至少每年监测1次治疗2室周围剂量当量，监测报告附录到年度自查评估报告中；并于每年1月31日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）提交。建设单位委托有监测资质的单位在项目正式投运前开展验收监测。

3、监测范围：

结合本项目实际情况，拟定以下监测点位：

①直线加速器治疗2室屏蔽墙外、防护门处（测门中部和门缝）；

②控制室内，控制台操作位；治疗2室四周墙外房间，每个墙面至少5个点位；

③治疗2室线缆或管道穿墙孔洞处（人员无法到达可不测）；

监测数据应记录完善并签字确认，将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查；

4、监测设备：AT1123辐射监测仪（或响应时间更短、更先进精密的检测仪器）。

5、监测质量保证

①将质量保证贯穿于从检测计划制定到结果评价全过程；

②从事防护检测的人员应接受专业培训，且作业中应至少包括2名辐射工作人员；

③制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用有资质监测单位的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；

④监测采用国家颁布的标准方法或推荐方法；

⑤检测过程出现的可疑数据，应使用适宜的统计学方法予以判别和剔除，同时还应检查和分析其产生原因。

表 12-3：本项目监测计划

场所	项目	监测项目	监测频度	监测点位	监测设备
直线加速器治疗 2 室	自主监测	X- γ 辐射剂量率	每月检测一次；每面墙外巡测，取最大值。	治疗 2 室防护门及缝隙处、控制台操作位及治疗 2 室四周屏蔽墙外房间，各管道孔洞处（人员无法到达可不测），每个墙面至少应设置 5 个检测点。	AT1123 剂量率仪（或响应时间更短、更先进精密的检测仪器）
	外部委托监测	X- γ 辐射剂量率；	竣工环保验收监测	治疗 2 室防护门及缝隙处、控制台操作位及治疗 2 室四周屏蔽墙外房间(距墙体 30cm 处)，各管道孔洞处（人员无法到达可不测），每个墙面至少应设置 5 个检测点，读数 10 次取平均值。	AT1123 剂量率仪（或响应时间更短、更先进精密的检测仪器）
			年度监测：编制辐射防护年度评估报告（每年）		
		职业性外照射个人剂量	每个季度送有资质的单位检测	本项目辐射工作人员	个人剂量计

6、治疗2室外小时剂量率及年附件有效剂量监测上限值

三、年度监测报告情况

建设单位应于每年 1 月 31 日前将上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。建设单位应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400 号）规定的格式编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。建设单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增、注销以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

四、辐射事故应急

为了加强对射线装置的安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全使用，保障人体健康，保护环境，建设单位需根据最新要求完善现有的《辐射事故应急预案》，其内容应包括：①应急机构和职责分工；②应急人员的组织；③培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；④辐射事故分级及应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序。

若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效采取以下应急措施：

（1）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将人员远离治疗 2 室，关闭治疗 2 室门，同时向主管领导报告。（2）建设单位根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。（3）事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。（4）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

其他要求：（1）辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。（2）在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合建设单位实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13：结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：绵阳市中心医院新增 9MeV-e-Flash 放射治疗加速器核技术利用项目

建设单位：绵阳市中心医院

建设性质：新建

建设地点：四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号，绵阳市中心医院门诊大楼负一楼放疗中心

本项目建设内容：绵阳市中心医院拟将位于门诊大楼负一层放疗中心直线加速器治疗2室内的射线装置进行替换，将拟被替换的射线装置拆分后封存于医院库房中。新增1台型号为200A的e-Flash放射治疗加速器，有用线束为电子线，最大电子线能量为9MeV，属于II类射线装置；最大单次出束剂量为50Gy/次，每次出束时间不超过0.2秒；年最大出束次数为13500次/年，年最大实际出束时间为0.75h/a。

二、项目产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号《产业结构调整指导目录（2024年本）》相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第4条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业发展政策。

三、本项目选址及平面布局合理性分析

建设单位所在区域道路、给排水、电力等城市基础配套设施完善，为项目建设提供了良好条件；建设单位周围没有项目建设的制约因素，同时本项目辐射工作场所相对独立，治疗 2 室为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施。本项目产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，其选址是合理的。本项目辐射工作场所根据工作要求、有利于辐射防护和环境保护来进行布置，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰；在设计阶段，所有辐射工作场所均进行了合理的优化布局，同时兼顾了生产活动的方便性。综上所述

述，项目总平面布置是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据监测报告，本项目拟建地及周围 X- γ 辐射剂量率监测结果范围为 $6.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 9.7 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，即 68nGy/h~97nGy/h，与四川省生态环境厅《2023 年四川省生态环境状况公报》中四川省辐射环境自动监测站关于绵阳市的监测结果（70nGy/h~100nGy/h）基本一致，属当地正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价结论

1、辐射环境影响分析

经现场监测和模式预测，在正常工况下，对职业人员造成的年附加有效剂量低于本次评价 5mSv 的职业人员年剂量约束值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价 0.1mSv 的公众人员年剂量约束值。

2、大气的环境影响分析

本项目射线装置在运行过程中产生的臭氧经排风系统排出后浓度低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的二级标准限值要求，不会对周围大气环境造成明显影响。

3、废水的环境影响分析

本项目在运行过程中不产生放射性废水，不会对周围水环境造成影响；冷却水循环使用不外排；工作人员为既有工作人员，不新增生活废水。

4、固体废物的环境影响分析

本项目运行过程不产生放射性固体废物；工作人员为既有工作人员，不新增生活和办公垃圾。

5、声环境影响分析

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机和空调，均选用低噪设备，经墙体隔音和距离衰减后不会对周围的声学环境产生影响。

6、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求补充制定相关安全管理规章制度并完善辐射事故应急预案，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

7、环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的环境保护目标所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

8、辐射安全管理综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，制定辐射事故、应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对在一一落实设计的环保设施和相关的法律法规的要求后，即具备本项目辐射安全管理的综合能力。

9、项目环保可行性结论

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目在绵阳市中心医院内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

建议

（一）建议

1、认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

2、不断提高工作人员素质，增强职工环保意识和安全意识，做好辐射防护设施、设备的维护保养，避免发生辐射事故。

3、建设单位变更登记辐射安全许可证之前，注册并登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对建设单位所用射线装置的相关信息填写。

4、辐射工作人员证在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fusHc.mee.gov.cn>）参加辐射安全培训并报名参加考核。

（二）项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。本工程竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1：环境保护设施验收一览表

类别	环保设施/措施	数量	备注
屏蔽措施	治疗 2 室	1 间	既有
安全装置	治疗室门与束流联锁（门-机联锁）装置	1 套	需与 e-Flash 加速器适配
	视频监控系统及对讲装置	1 套	利旧
	准备出束音响装置	1 套	利旧
	工作状态指示灯（门-灯联锁）	1 套	需与 e-Flash 加速器适配
	紧急开门装置	1 套	利旧
	紧急止动装置（有中文标识）	1 套	需与 e-Flash 加速器适配
	便携式剂量监测仪（AT1123） （固定悬挂使用）	1 个	/
	入口电离辐射警告标志	1 套	利旧
两区划分	场所控制区、监督区划分标识	1 套	利旧
监测仪器	便携式 X-γ辐射剂量率监测仪	1 台	AT1123 剂量率仪（或响应时间更短、更先进精密的检测仪器）
	个人剂量计	5 套	利旧
	个人剂量报警仪	2 台	利旧
三废处理	通排风系统	1 套	利旧
台账管理	个人剂量档案	/	单季度无超过 1.25mSv 情况
规章制度	《辐射安全管理规定》《操作规程》《安全防护设备的维护与维修制度》《监测方案》《监测仪表施工与校验管理制度》《辐射工作人员培训/再培训管理制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员岗位职责》《辐射事故/事件应急预案》《射线装置台账管理制度》	/	其中《辐射工作场所安全管理制度》《操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《应急响应程序》需张贴上墙
人员培训	辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训，并取得相应的合格证书	/	/

表 14： 审批

下一级环保部门预审意见： 公章 经办人年月日
审批意见： 公章 经办人年月日