

核技术利用建设项目

新一代 Flash 放疗设备研发及其产业化
项目（二期）201 生产厂房及附属

环境影响报告表

（公示本）

中玖闪光医疗科技有限公司

二零二五年四月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新一代 Flash 放疗设备研发及其产业化 项目（二期）201 生产厂房及附属

环境影响报告表

建设单位名称：中玖闪光医疗科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省绵阳市游仙区科学城大道1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	26
表 3：非密封放射性物质	26
表 4：射线装置	27
表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）	28
表 6：评价依据	29
表 7：保护目标与评价标准	31
表 8：环境质量和辐射现状	33
表 9：项目工程分析与源项	37
表 10：辐射安全与防护	46
表 11：环境影响分析	62
表 12：辐射安全管理	99
表 13：结论与建议	105

附图

附图1：地理位置图

附图2：本项目所在生产基地外环境关系图

附图3：本项目所在生产基地平面布置及监测布点图

附图4：本项目平面设计图

附图5：本项目剖面设计图（更新）

附图6-1：本项目测试间屏蔽设计图（1~3号、6~8号）

附件6-2：本项目测试间屏蔽设计图（4~5号、9~10号）

附图7：本项目测试间防护门设计图

附图8：本项目测试间通排风系统设计图

附图9：本项目两区划分及人流物流路径图

附件

附件1：委托书

附件2：本项目的四川省固定资产投资项目备案表

附件3：辐射安全许可证

附件4：建设用地规划许可证

附件5：辐射安全与防护培训和考试的承诺

附件6：中玖闪光医疗科技有限公司关于成立辐射安全领导小组人员的通知

附件7：技术参数确认说明

附件8：本项目监测报告

项目概述

一、概况

（一）建设单位简况

中玖闪光医疗科技有限公司（以下简称：中玖闪光）是由四川长虹电子控股集团有限公司、绵阳园城融合发展集团有限责任公司、中国工程物理研究院应用电子学研究所、绵阳科技城科新医疗发展有限公司共同出资组建的有限责任公司，于2022年9月5日工商注册成立，统一社会信用代码为91510704MAC091UR2T，注册资本50000万元，注册地址为四川省绵阳市游仙区科学城大道1号。经营范围包括一般项目：软件开发；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；第二类医疗器械租赁；第一类医疗器械租赁；兽医专用器械销售；第二类医疗器械销售。（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）许可项目：第三类医疗器械生产；第三类医疗器械租赁；I类射线装置销售；II、III类射线装置生产；I类放射源销售；核材料生产；放射卫生技术服务；第三类医疗器械经营；放射性同位素生产（除正电子发射计算机断层扫描用放射性药物）；II、III、IV、V类放射源销售；第二类医疗器械生产；II、III类射线装置销售（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）。

中玖闪光医疗科技有限公司作为专注于Flash医用直线加速器和核医学装备相关技术研发的创新型高技术企业，组建了由5名院士、20余名国家和行业专家组成的Flash放疗技术研发团队，全球首次验证了超高剂量率X射线的Flash效应，建立了国内最全的X射线Flash实验室、电子射线Flash实验室以及常规放射治疗实验室对照试验平台，在放疗领域掌握了多项核心技术和专利。公司先后与多家知名医疗机构和科研单位开展合作，致力于为肿瘤患者提供更快速、更安全、更有效的放射治疗方案。

目前，中玖闪光医疗科技有限公司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[01206]），许可种类和范围为：生产、销售、使用II类射线装置。辐射安全许可证有效期至2029年1月22日。

（二）项目由来

随着对医疗的意识提高、放疗技术的发展，以及医保覆盖的进一步扩大，放射治疗成为恶性肿瘤治疗的重要手段，以医用加速器为代表的放疗设备市场应用逐步提升。Flash放疗技术又称“闪光放疗”，是一种以超高剂量率照射为主要特征的放疗技术，

相比于当下的调强放疗技术，Flash技术的剂量率高出几个数量级。通过这样的高剂量率能够在照射区域诱发“闪光效应”，在保持肿瘤局部控制率的同时，能够有效降低正常组织毒性。

中玖闪光医疗科技有限公司长久以来致力于研发生产Flash放疗设备，已在绵阳市游仙区中国（绵阳）科技城游仙军民融合产业园久远激光产业园开展了新一代Flash放疗设备研发及其产业化（一期）项目，主要进行Flash放疗设备的研发、小规模测试和动物试验等工作。

为适应产品生产需要，建设单位拟在中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园内开展新一代Flash放疗设备研发及其产业化（二期）项目。根据建设单位规划，新一代Flash放疗设备研发及其产业化（二期）项目分多期建设，本期进行201生产厂房及附属设施的建设。根据建设单位在全国投资项目在线审批监督平台上的备案（备案编号：川投资备【2310-510704-04-01-933099】FGQB-0234号），本项目主要建设内容及规模为：生产厂房及附属设施建设，屏蔽机房建设（10个）、屏蔽机房及生产线体（10条）技术改造（含设备、仪表等）、生产厂房内办公室等区域装修装饰；实现新一代Flash放疗设备部件及整机的研发、生产、调试及测试条件，具备年100台套新一代Flash放疗设备的生产能力。

本次仅针对新一代Flash放疗设备研发及其产业化项目（二期）201生产厂房及附属开展环境影响评价，后期建设由建设单位另行委托第三方单位履行相关环评手续。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021版），本项目为生产、销售、使用II类射线装置，应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《新一代Flash放疗设备研发及其产业化项目（二期）201生产厂房及附属环境影响报告表》。

（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2024年02月27日在官方网站（<http://www.changhong.com.cn/contents/66/21177.html>）进行了全文公示，以征求公众意见。截止目前，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：新一代Flash放疗设备研发及其产业化项目（二期）201生产厂房及附属

建设单位：中玖闪光医疗科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省绵阳市游仙区中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园，中玖闪光医疗科技有限公司生产基地内，项目地理位置见附图1。

（二）项目建设内容及规模

本次拟在中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园内的中玖闪光医疗科技有限公司生产基地（下文简称“生产基地”）修建一座标准厂房及附属设施（下文简称“201生产厂房”），长148.8m×宽63m×高10.3m，建筑面积约9501.84m²，位于生产基地西北部，主要在此进行Flash放疗设备的组装、调试和销售。本项目拟建设10条Flash放疗设备生产线，单条生产线产量为10台套/年，项目建成后，每年预计组装完成100套Flash放疗设备。产品主要用于医疗用途。

本项目主要由组装区、暂存区、配套区和测试区4部分及走廊组成：

1、组装区

组装区位于201生产厂房中部，占地面积约1771m²，主要功能为Flash放疗设备的组装，不涉及机械加工、电镀和喷漆等工序。

2、暂存区

暂存区位于201生产厂房南部，占地面积约838m²，主要功能为原辅材料和成品模块的暂存。

3、配套区

配套区分散于201生产厂房的西、南和东部，总占地面积约1268m²。西部的配套区由危化间、机加维修间、动火室等房间组成；南部的配套区主要为员工的临时休息区；东部的配套区为两层钢架结构板房，主要由变电所、办公室、资料室、会议室、卫生间等组成。

4、测试区

测试区位于201生产厂房北部，占地面积约2513m²，由10间测试间及其控制室组成，主要功能为Flash放疗设备的测试。

(1) 测试间规模

1~10号测试间由西向东依次排列并紧密相连，仅5号测试间和6号测试间之间被一条4.5m宽走廊隔开。10间测试间均采用钢筋混凝土浇筑而成，每间测试间的占地面积、长宽尺寸、迷路设计均相同，净空面积均为70.2m²（长9.0m×宽7.8m），仅部分测试间的高度不同，1~3号和6~8号测试间净高5.5m，4~5号和9~10号测试间净高4.5m。

测试间主射方向为东侧墙体、西侧墙体、地面和屋顶。东侧和西侧主屏蔽墙为3m厚混凝土（宽3.7m），次屏蔽墙为1.8m厚混凝土；北侧侧屏蔽墙为2m厚混凝土；南侧为长10m的“L”型迷路，迷路内墙和迷路外墙均为1.8m厚混凝土；防护门为38mm钢+150mm含硼（5%）聚乙烯的平移电动门。

1~3号和6~8号测试间的顶部主屏蔽墙为2.25m厚混凝土（宽4.2m），次屏蔽墙为1.5m厚混凝土；4~5号和9~10号测试间的顶部主屏蔽墙为2.38m厚混凝土（宽3.8m），次屏蔽墙为1.8m厚混凝土。所有测试间楼下楼上均无房间，楼上无行车。

(2) 射线装置类型

本项目生产并测试的Flash放疗设备属于II类射线装置。产品种类共X-Flash放疗设备和e-Flash放疗设备两种：①X-Flash放疗设备出束线为X射线，最大X射线能量为10MV；②e-Flash放疗设备出束线为电子线，最大电子线能量为20MeV。

X-Flash放疗设备带有锥形束计算机断层成像系统（CBCT），最大管电压120kV，最大管电流35mA；部分X-Flash放疗设备还可能加装计算机断层成像系统（CT），最大管电压140kV，最大管电流50mA。

综上，本项目单个测试间中的关键参数如下：

①单台Flash放疗设备小时最大运行次数为12次，最大日运行次数为96次，最大年运行次数为24000次；X-Flash放疗设备单次运行的最大总出束剂量为40Gy，e-Flash放疗设备单次运行的最大总出束剂量为50Gy。

②单台Flash放疗设备单次运行最大出束次数为5次，最大小时出束次数为60次，最大日出束次数为480次，最大年出束次数为120000次。

③单台X-Flash放疗设备最大单次出束时间为1s，最大年出束时间为33.33h；单台e-Flash放疗设备最大单次出束时间为30s，最大年出束时间为1000h。

④单台X-Flash放疗设备最大小时出束剂量为480Gy，最大日出束剂量为3840Gy；单台e-Flash放疗设备最大小时出束剂量为600Gy，最大日出束剂量为4800Gy。

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	装置名称	射线装置类别	射线装置数量	活动种类	工作场所名称	备注
	X-Flash 放疗设备	II类	100 台套/年	组装、使用、销售	201 生产厂房 测试间	/
	e-Flash 放疗设备					

（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	本次拟在中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园内的中玖闪光医疗科技有限公司生产基地修建一座201生产厂房，长148.8m×宽63m×高10.3m，建筑面积约9501.84m²，位于生产基地西北部，主要在此进行Flash放疗设备的组装、调试和销售。本项目拟建设10条Flash放疗设备生产线，单条生产线产量为10台套/年，项目建成后，每年预计组装完成100套Flash放疗设备。产品主要用于医疗用途。 本项目主要由组装区、暂存区、配套区和测试区4部分及走廊组成： 1、组装区 组装区位于201生产厂房中部，占地面积约1771m²，主要功能为Flash放疗设备的组装，不涉及机械加工、电镀和喷漆等工序。 2、暂存区 暂存区位于201生产厂房南部，占地面积约838m²。 3、配套区 配套区分散于201生产厂房的西、南和东部，占地面积约1268m²。 4、测试区 测试区位于201生产厂房北部，占地面积约2513m²，由10间测试间及其控制室组成，主要功能为Flash放疗设备的测试。 （1）测试间规模 1~10号测试间由西向东依次排列并紧密相连，仅5号测试间和6号测试间之间被一条4.5m宽走廊隔开。10间测试间均采用钢筋混凝土浇筑而成，每间测试间的占地面积、长宽尺寸、迷路设计均相同，净空面积均为70.2m²（长9.0m×宽7.8m），仅部分测试间的高度不同，1~3号和6~8号测试间净高5.5m，4~5号和9~10号测试间净高4.5m。	施工扬尘、施工噪声、施工废水、施工固废等噪声	①电离辐射：X射线、电子、中子、γ射线；②废气：感生放射性气体、臭氧、氮氧化物、焊接烟尘、有机废气；③固体废物：感生放射性固废、含油废抹布、废手套、废包装物、生活垃圾；④废水：感生放射性冷却

	测试间主射方向为东侧墙体、西侧墙体、地面和屋顶。东侧和西侧主屏蔽墙为3m厚混凝土（宽3.7m），与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙为1.8m厚混凝土；北侧侧屏蔽墙为2m厚混凝土；南侧为长10m的“L”型迷路，迷路内墙和迷路外墙均为1.8m厚混凝土；防护门为38mm钢+150mm含硼（5%）聚乙烯的平移电动门。 1~3号和6~8号测试间的顶部主屏蔽墙为2.25m厚混凝土（宽4.2m），次屏蔽墙为1.5m厚混凝土；4~5号和9~10号测试间的顶部主屏蔽墙为2.38m厚混凝土（宽3.8m），次屏蔽墙为1.8m厚混凝土。所有测试间楼下楼上均无房间，楼上无行车。 （2）射线装置类型 本项目生产并测试的Flash放疗设备属于II类射线装置。产品种类共X-Flash放疗设备和e-Flash放疗设备两种：①X-Flash放疗设备出束线为X射线，最大X射线能量为10MV；②e-Flash放疗设备出束线为电子线，最大电子线能量为20MeV。 X-Flash放疗设备带有锥形束计算机断层成像系统（CBCT），最大管电压120kV，最大管电流35mA；部分X-Flash放疗设备还可能加装计算机断层成像系统（CT），最大管电压140kV，最大管电流50mA。 （3）测试间利用情况 本项目生产并测试的Flash放疗设备为脉冲式医用电子直线加速器，在测试间中以单次运行为基本环节进行出束测试，单次运行分为蓄能阶段和出束阶段。Flash放疗设备在单次蓄能后，因测试需要，最多可分1~5次进行出束，但出束剂量总和的最大值为固定数值。本次环评主要选取单次出束模式进行描述，该选择的详细合理性论证见表11。 （4）测试时出束工况 本项目Flash放疗设备组装完成后会在测试间进行出束测试，每个测试间均可以用于X-Flash放疗设备和e-Flash放疗设备的测试，但每个测试间同一时间只能容纳1台Flash放疗设备进行测试；10个测试间可同时使用，最大年工作天数为250天。	水、生活废水、冷却废水； ⑤噪声：通排风系统、货物搬运、零件组装等工序。
辅助工程	①控制室建筑面积共48m²，用于Flash放疗设备调试时的控制操作；②空压站间建筑面积32.3m²，用于集中供应压缩空气；③危化间建筑面积23.66m²，用于乙醇等危险化学品的暂存；④危废间建筑面积31.42m²，用于含油抹布等危险固体废物的暂存；⑤维修库房建筑面积32.75m²，用于维修器具的暂存；⑥机加维修间建筑面积103.10m²，用于涉及机械加工工艺的维修；⑦动火室建筑面积53.10m²，用于切割、焊接等动火作业；⑧气瓶间建筑面积15.27m²，用于气瓶的暂存；⑨检验室建筑面积54.56m²，用于精密仪器检验；⑩洁净室建筑面积66.88m²，用于进行少量对环境要求较高的工序；	
环保工程	废水：利用既有化粪池处理生活污水；拟在201厂房北侧配备2个1000L+4个500升不锈钢桶（总有效容积为4000L）用以非正常工况和事故工况下冷却废水暂存衰变。 废气：测试间拟配备一套独立排风系统，单间测试间的排风量为3100m³/h，排气筒高15m。	

	噪声： 拟在风机处配套设置隔音罩、减震垫等降噪设备。 固体废物： 配套区拟建设一间危废暂存间，建筑面积 31.42m ² ，用于含油抹布等危险固体废物的暂存；拟配备一个 15mm 铅当量铅罐（50L 容量）用以感生放射性固废的暂存衰变。		
公用工程	配电、供电、供水和通讯系统等依托生产基地已建设施。	/	/
办公及生活设施	配套建设有员工休息区、办公室、会议室、资料室等；食堂、值班宿舍等依托生产基地已建办公楼。	/	/

（四）产品方案及主要技术参数

本项目拟组装、使用和销售的Flash放疗设备产品方案及主要技术参数见下表。

表 1-3：Flash 放疗设备产品方案及主要技术参数一览表

一、本项目产品方案				
序号	产品类型	型号	年产量	备注
1	X-Flash 放疗设备	未定	100 台套	两种产品的具体台数由医院订购数量决定
2	e-Flash 放疗设备	未定		
二、本项目产品主要技术参数				
略				

（五）主要原辅材料、能耗及工艺设备

本项目组装所需要的主要原辅材料以及过程中需要的工艺设备见下表。

表 1-4：本项目主要原辅材料、能耗及工艺设备一览表

主要原辅材料					
略					
能耗					
类别	名称	年耗量	来源	主要化学成分	用途
能源	电	100 万度	城市电网	/	厂房、检测用电
冷却水	放疗设备冷却水	10 吨	外购纯水	H ₂ O	放疗设备测试时冷却水
生活用水	水	100 吨	自来水	H ₂ O	生活用水
主要工艺设备					
序号	设备名称	主要性能指标		安装场所	数量
1	组装平台	非标定制、具备灵活机动布置功能		组装区	10
2	吊装标件包	满足 3 吨重量部件的吊装		组装区	10
3	安装、调试工装	用于安装及调试		组装区	10

（六）依托工程

1、废水依托工程

本项目废水产生种类主要有放疗设备冷却循环水和生活污水，针对其中的生活污水

水，拟依托厂区化粪池处理后通过市政管网排入游仙区污水处理厂。中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园建有园区污水处理厂，污水处理量为 500m³/d，主要处理工艺有：预处理工艺（粗细格栅+调节池/事故池+混合絮凝沉淀），生化处理工艺（一体化 AAO-MBR 设备），深度处理工艺（电子束辐照），消毒工艺（次氯酸钠接触），处理后的尾水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标后经管道排入芙蓉溪。园区污水处理厂目前已建成但尚未投运，待其投运后，本项目生活污水拟接管园区污水处理厂。故具有依托可行性。

2、固体废物依托工程

本项目运营期产生的固体废物主要有感生放射性废物、含油废抹布、废劳保用品、焊烟颗粒物、废包装物和工作人员产生的生活垃圾，针对其中的废包装物和生活垃圾，先对其可利用部分进行回收，再依托生产基地的生活垃圾收集点暂存后，由环卫部门统一转运处理。故具有依托可行性。

三、工作人员及工作制度

（一）劳动定员

本项目拟配置工作人员 115 人。辐射工作人员 40 人，5 人为辐射工作管理岗（每天可能参加多个测试间的测试），20 人为射线装置操作岗（每天固定参与一间测试间的测试），15 人为模块组装岗；非辐射工作人员 75 人，10 人为原料运输岗，40 人为零件组装岗，5 人为技术指导岗，20 人为后勤销售岗。本项目人员配置情况见下表。

表 1-5：本项目人员配置情况一览表

性质	岗位	职责	人数	备注
辐射工作人员	辐射工作管理岗	总体负责放疗设备的出束调试	5	新增，可进入测试区
	射线装置操作岗	负责射线装置的操控、巡场、开关防护门等工作	20	
	模块组装岗	负责将主要模块从测试区的运进运出，负责在测试间进行主要模块的组装	15	
非辐射工作人员	原料运输岗	负责原辅材料等物品的搬运、装卸	10	新增，不进入测试区
	零件组装岗	负责将零件预装成主要模块等工作	40	
	技术指导岗	负责组装技术的指导	5	
	后勤销售岗	负责后勤、销售等工作	20	
合计			115	/

（二）工作制度

本项目工作人员每年工作 50 周，每周工作 5 天，每天工作 8 小时，实行白班单班

工作制。

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、规划符合性分析

（一）项目用地符合性分析

本项目位于中玖闪光医疗科技有限公司二期生产基地（39527.24m²），本项目占地面积约9501.84m²。中玖闪光医疗科技有限公司二期生产基地位于中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园。项目地块已取得用地规划许可证（地字第510700202300203号），用地性质为工业用地。本项目主要进行Flash放疗设备的组装、调试和销售，属于工业类项目。因此，本项目与地块的用地性质相符。

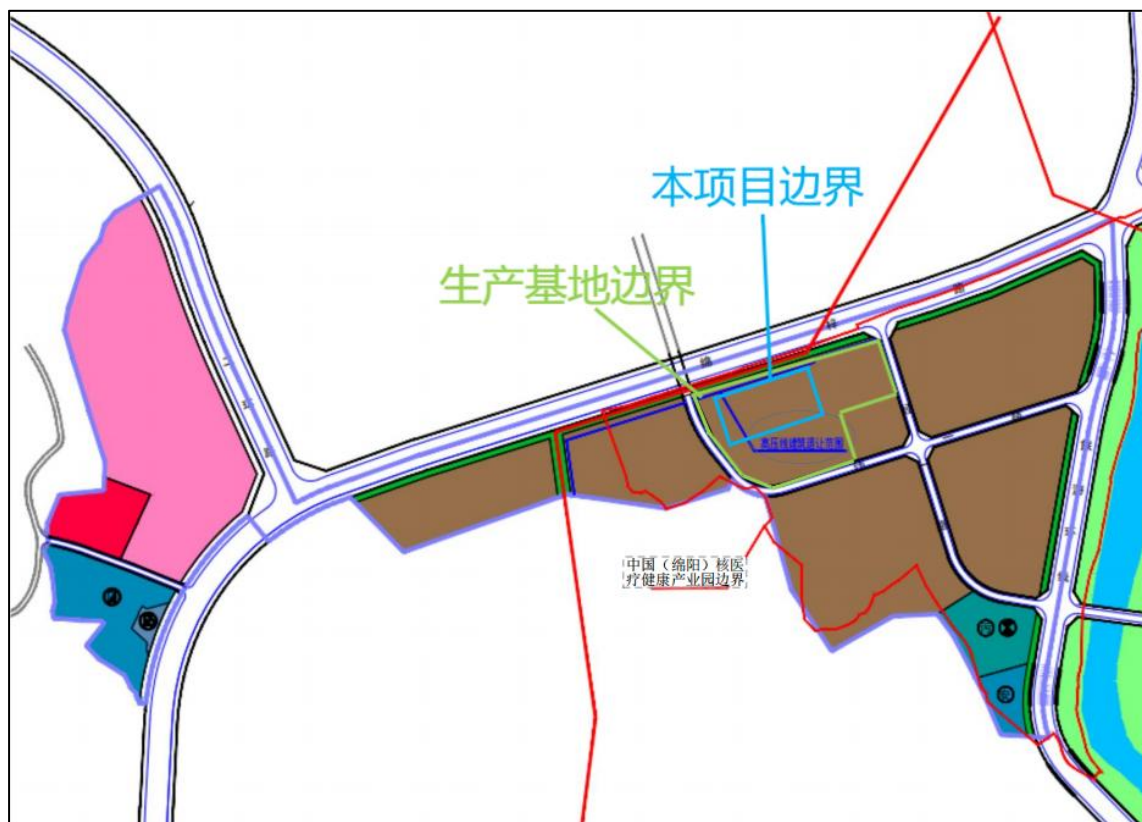


图 1-2：本项目与中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园位置关系示意图

（二）与中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区符合性分析

本项目位于中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区，该园区于2023

年编制完成了《中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划环境影响报告书》，并取得了四川省生态环境厅《关于印发中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区控制性详细规划环境影响报告书审查意见的函》（川环建函〔2023〕11）。由该规划环评报告书及其审查意见可知：

1、园区规划概况及准入要求

①规划范围

总规划面积 50.97 公顷，规划区东至游仙区旅游环线，西南至青龙山，北至棉梓路。

②产业定位

重点发展放射性同位素研发及生产、放射性诊断和治疗药物研发及生产、**放射医疗装置研发及制造**、核探测成像仪器仪表研发制造及应用、辐照加工等核技术利用相关产业。

③生态环境准入清单

规划区仅引入放射性同位素研发及生产、放射性同位素药物研发及生产、核探测成像仪器仪表研发制造及应用、**放射性医疗装置研发及制造**、核辐射加工等核技术利用相关产业的项目。

④规划区禁止引入的项目：

- a、不符合国家环保法律法规、产业政策、准入条件、列入国家产能过剩的项目。
- b、不符合国家及省、市辐射污染防治要求及重金属污染防治规划的项目。
- c、清洁生产水平不能达到行业清洁生产标准二级标准要求或低于全国同类企业平均清洁生产水平的项目。
- d、经环保论证与周边企业、规划用地等环节不相容或存在重大环节风险隐患且无法消除的项目。
- e、规划区内禁止引入含酸洗、磷化等工序的项目，禁止引入专业电镀核专业喷漆等污染相对较重的项目。核探测成像仪器仪表及放射医疗装置制造所涉及表面处理（电镀、喷漆）应交由第三方加工，禁止在园区内进行专业电镀和专业喷漆。
- f、禁止引入核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产加工、贮存、后处理；铀矿开采、冶炼；铀矿地质勘探、退役治理；伴生放射性矿产资源的采选等项目。

2、与园区规划符合性分析

本项目的建设 with 园区规划符合性分析见下表。

表 1-6：项目与中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园青龙山北片区规划符合性分析表

项目	科技城核医疗健康产业园青龙山北片区 控制性详细规划环境影响报告书》审查 意见的函（川环建函〔2023〕11 号）中 相关要求	本项目建设内容	符合性
鼓励 入园 行业	1、以园区确定的主导产业及其配套产业 等符合产业政策和规划的行业。 2、用水、节水、排水设计等清洁生产标 准达到或优于国家先进水平的项目。 3、优先引入低污染、低能耗、高效益， 遵循清洁生产及循环经济的项目。	1、本项目为放疗设备的开放与生产， 属于园区主导产业。 2、本项目建成后经过各项节能工程可 达到清洁生产标准。 3、本项目不属于高污染、高能耗项目。	符合
禁止 入园 企业	1、不符合国家环保法律法规、产业政策、 准入条件、列入国家产能过剩的项目。 2、不符合国家及省、市辐射污染防治要 求及重金属污染防治规划的项目。 3、清洁生产水平不能达到行业清洁生产 标准二级标准要求或低于全国同类企业 平均清洁生产水平的项目。 4、经环保论证与周边企业、规划用地等 环节不相容或存在重大环节风险隐患且 无法消除的项目。 5、规划区内禁止引入含酸洗、磷化等工 序的项目，禁止引入专业电镀核专业喷 漆等污染相对较重的项目。核探测成像 仪器仪表及放射医疗装置制造所涉及表 面处理（电镀、喷漆）应交由第三方加 工，禁止在园区内进行专业电镀和专业 喷漆。 6、禁止引入核动力厂（核电厂、核热电 厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究 堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生 产加工、贮存、后处理；铀矿开采、冶 炼；铀矿地质勘探、退役治理；伴生放 射性矿产资源的采选等项目。	1、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。项目符合国家当前的产业政策。 2、项目属于园区主导产业，不涉及重 金属污染。 3、项目建成后经过各项节能工程可达 到清洁生产标准。 4、本项目为放疗设备的开发、生产和 调试，符合园区主导的核技术利用产 业。项目不属于高污染、高耗能项目， 经分析与周边环境相容。 5、本项目不涉及酸洗、磷化等，也不 涉及电镀核专业喷漆。 6、本项目不属于园区禁入行业。	符合
清洁 生产 要求	新引进项目清洁生产水平必须达到行业 清洁生产标准二级标准要求或国内先进 水平的项目。	①生产工艺及装备 项目不涉及机加、电镀、喷漆等加工 工艺。项目设备测试均在专设测试间 内进行，经分析可知屏蔽体满足辐射 防护要求。 ②资源能源消耗 本项目主要消耗电能，年用电量约 100 万度，属于小型规模用能企业。	符合

		另外，项目用水主要为生活用水，年用水量约 100t，用水量较小。 ③污染物产生和排放 本项目主要污染物为使用的各类射线装置产生的 X 射线、电子线等，以及少量臭氧。各射线装置均安置在专设测试间内使用，经分析可知屏蔽体满足辐射防护要求，所致的职业人员和公众受照剂量低于 GB18871 规定的剂量限值和本报告提出的剂量约束值。采取环保治理措施可使非放类“三废”达标排放，可达清洁生产二级水平。	
规划区制约因素对策措施	环境敏感点的制约：规划区东侧隔芙蓉溪约 200m 为新桥镇玉泉村，西南约 2.8km 为游仙街道场镇，产业园区西北端的科研组团与阅翠府小区相邻。绵阳市常年最大风频风向为东北风，产业园区位于游仙街道场镇的上风向，产业园区实施产生的放射性气载流出物可能对游仙街道场镇及周边相邻玉泉村、阅翠府小区等环境敏感区造成不利环境影响。	本项目位于规划园区内，评价范围内无环境敏感点。本项目在对放疗设备进行调试时，会产生放射线束，放射线束与空气发生电离会产生氮氧化物和臭氧，氮氧化物的产生量极少可忽略，臭氧经过机械排风引至厂房顶部排风口排放，臭氧不稳定，在常温下不断分解，排出室外的臭氧经过大气的稀释和扩散，浓度将迅速降低，对周围大气环境影响较小。	符合
	规划区基础设施不够完善，污水处理厂及配套污水管网建设滞后。	本项目供水供电引自园区供水供电设施，产生的生活污水目前直接通过市政管网排入游仙区污水处理厂，待园区污水处理厂投运后，排入园区污水处理厂处理。	符合

综上，本项目属于园区重点发展的产业类别，是园区的鼓励入园企业和主导产业；本项目属于生态环境准入清单，不属于禁止引入的项目；本项目能够满足清洁生产要求。因此，本项目与园区规划环评相符。

3、与生态环境分区管控的符合性分析

根据《绵阳市人民政府关于加强生态环境分区管控的通知》（绵府办函〔2024〕42号），对本项目与绵阳市生态环境分区管控进行符合性分析。

（1）生态保护红线

根据《四川省生态保护红线方案》（川府发〔2018〕24号），绵阳市涉及的生态保护红线区主要有岷山生物多样性保护—水源涵养红线区以及盆中城市饮用水源-土壤保持红线区。绵阳市生态保护红线主要集中在安州区、北川羌族自治县、平武县、江油市。

性废气，根据影响分析，通过独立管道排放后对大气环境影响较小，目前项目所在区域环境空气质量能满足二级标准要求；项目运营期产生的危险废物直接交由有资质单位进行处置，废包装物和生活垃圾由环卫部门统一清运。同时根据现状监测及环境影响评价预测结果，项目所在区域的辐射环境现状及营运期的辐射环境影响均满足标准要求。因此，本项目的建设未突破区域的环境质量底线。

（3）资源利用上线

资源利用上限是地区能源、水、土地等资源消耗不得突破的“天花板”。本项目消耗的能源以电能为主，属于清洁能源，同时本项目用地范围属于已规划的工业用地，不涉及耕地及基本农田，符合资源利用上限要求。

（4）环境准入清单

通过在四川政务服务网四川省生态环境厅查询系统获取本项目的生态环境分区管控符合性分析报告，本项目共涉及6个环境单元，查询截图见下图，涉及的环境管控单元见下表。



图 1-4：本项目在四川政务服务网四川省生态环境厅查询系统截图

表 1-7：本项目所在环境管控单元和要素管控分区一览表

环境管控单元编码	环境管控单元名称	所属市(州)	所属区县	准入清单类型	管控类型
YS5107042210002	涪江-游仙区-丰谷-控制单元	绵阳市	游仙区	水环境管控分区	水环境工业污染重点管控区
YS5107042310002	游仙高新技术产业园(含中国(绵阳)科技城核医疗健康产业园)	绵阳市	游仙区	大气环境管控分区	大气环境高排放重点管控区
YS5107042530001	游仙区城镇开发边界	绵阳市	游仙区	资源管控分区	土地资源重点管控区
YS5107042540001	游仙区高污染燃料禁燃区	绵阳市	游仙区	资源管控分区	高污染燃料禁燃区
YS5107042550001	游仙区自然资源重点管控区	绵阳市	游仙区	资源管控分区	自然资源重点管控区
ZH51070420002	游仙高新技术产业园区(含中国(绵阳)科技城核医疗健康产业园)	绵阳市	游仙区	环境综合管控单元	环境综合管控单元工业重点管控单元

本项目位于绵阳市环境综合管控单元工业重点管控单元(管控单元名称:游仙高新技术产业园区(含中国(绵阳)科技城核医疗健康产业园),管控单元编号ZH51070420002),项目与管控单元相对位置如下图所示:

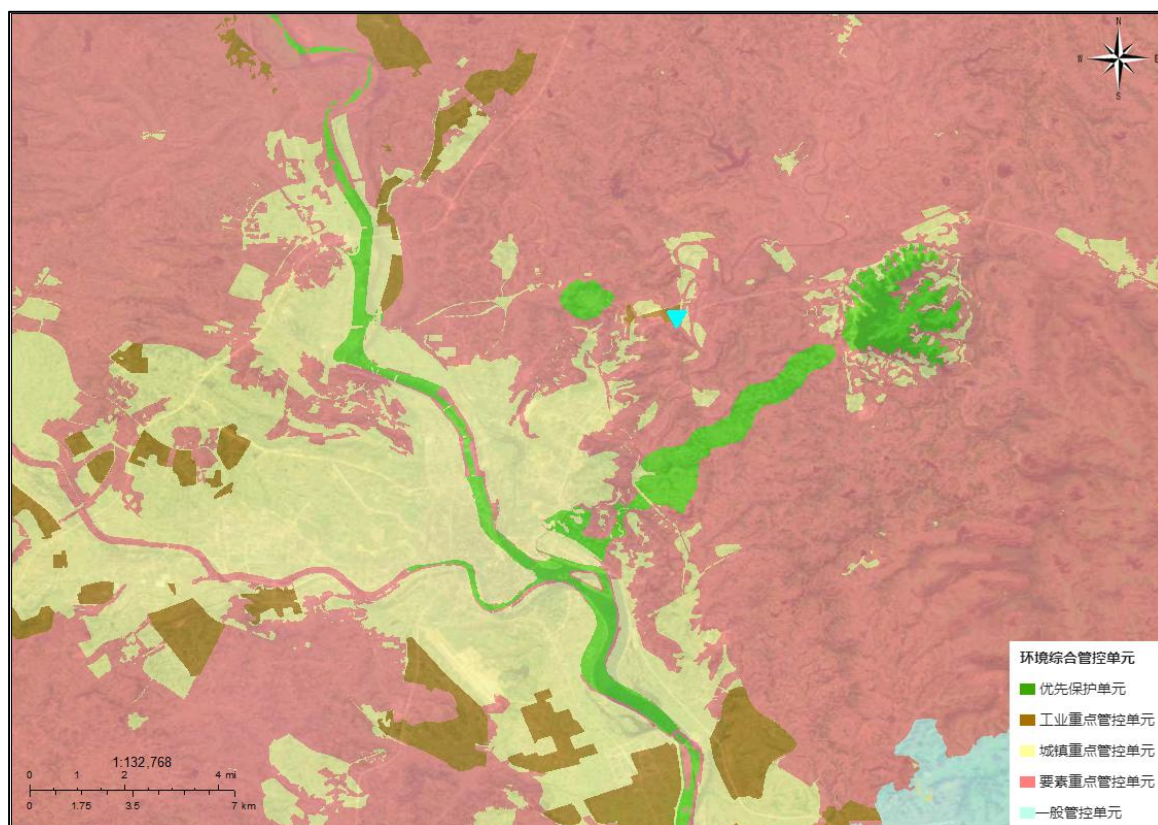


图 1-5: 本项目所在区域与绵阳市普适性准入清单关系图(图中“▼”为本项目所在地)

本项目与生态环境准入符合性对照分析清单见下表:

表 1-8：本项目生态环境准入符合性对照分析清单

“三线一单”的具体要求			项目对应情况介绍	符合性分析	
类别		对应管控要求			
游仙区高新技术产业园区（含中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园） （YS5107042310002）	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求	① 禁止引入不符合法律法规、有关政策及规划的项目； ② 禁止引入不符合产业政策和准入条件的项目； ③ 禁止引入列入《环境保护综合目录（2017 版）》确定的“高污染、高环境风险”产品项目（电子信息产业及相关产业除外）； ④ 禁止引入按照《建设项目环境风险评价技术导则》确定环境风险潜势为 IV 级及以上的项目； ⑤ 中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园：禁止引入含酸洗、磷化等工序的项目； ⑥ 医疗仪器设备及器械制造、仪器仪表制造所涉及表面处理（电镀、喷漆）应交由第三方加工，禁止在园区内进行专业电镀和专业喷漆； ⑦ 核辐射加工禁止引入对各种药材、食品、水产品等的核辐射加工； ⑧ 其他同工业重点管控单元普适性管控要求；	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，不属于禁止开发的建设活动。本项目不涉及表面处理（电镀、喷漆）。	符合
		限制开发建设活动的要求	现有属于园区禁止引入产业门类的企业，原则上限制发展，污染物排放只降不增；	不属于园区禁止引入的产业	符合
		不符合空间布局要求活动的退出要求	① 游仙高新区五里梁片区南侧二类工业用地靠近松垭镇日新社区居民点房屋一侧 50 米内不布置生产车间及易燃易爆物质堆放点，边界处布置绿化隔离带，与松垭镇日新社区居民点相隔离； ② 该区域工业项目厂界噪声达 2 类标准，严格控制挥发性有机物等废气污染物	本项目选址不在松垭镇日新社区居民点房屋一侧 50 米内；本项目厂界噪声执行 3 类标	符合

			排放量，禁止引入有恶臭污染物产生的工业项目； ③ 其他同工业重点管控单元普适性管控要求；	准；无恶臭污染物产生。	
	污染物 排放管 控	现有源提标升级改造	① 污水收集处理率达 100%； ② 到 2025 年底前，现有钢铁行业 80%以上产能完成超低排放改造，烧结机机头、球团焙烧烟气颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度小时均值分别不高于 10、35、50 毫克/立方米； ③ 其他主要污染源颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度小时均值原则上分别不高于 10、50、200 毫克/立方米； ④ 有行业标准的工业炉窑，要求严格执行已有的行业排放标准，配套建设高效除尘脱硫脱硝设施，确保稳定达标排放； ⑤ 有排污许可证的，应严格执行许可要求； ⑥ 暂没有行业标准的，要求参照有关行业标准执行，其中，铸造行业烧结、高炉工序污染排放控制按照钢铁行业相关标准要求执行； ⑦ 颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放限值分别不高于 30、200、300 毫克/立方米实施改造，其中，日用玻璃、玻璃棉氮氧化物排放限值不高于 400 毫克/立方米； ⑧ 完善园区及企业雨污分流系统，全面推进医药、化工等行业初期雨水收集处理，推动有条件的园区实施入园企业“一企一管、明管输送、实时监测”； ⑨ 加强企业废水预处理和排水管理，鼓励纳管企业与园区污水处理厂运营单位通过签订委托处理合同等方式协同处理废水；	本项目产生的生活污水全部经化粪池收集处理后再排入市政管网，处理率可以达到 100%；生产基地建设有雨污分流系统；设置有化粪池等生活污水预处理设施；待园区污水处理厂投运后，拟与其签订委托处理合同。	符合
		新增源等量或倍量替代	① 上一年度水环境质量未完成目标的，新建排放水污染的建设项目按照总量管控要求进行倍量削减替代； ② 上一年度空气质量年平均浓度不达标的城市，建设项目新增相关污染物按照总量管控要求进行倍量削减替代； ③ 对新建排放二氧化硫、氮氧化物、工业烟粉尘和 VOCs 的项目实施现役源倍量削减量替代；	本项目不涉及	符合

			④ 严禁钢铁、水泥、电解铝、平板玻璃等行业新增产能，对确有必要新建的必须实施等量或减量置换，防范过剩和落后产能跨地区转移；		
		新增源排放标准限值	① 绵阳市 2025 年水污染物允许排放量 COD34843.7t，氨氮 4803.37t，TP1179.87t； ② 绵阳市 2025 年大气污染物一次 PM2.58986t、SO25368t、NOx18634t、VOCs21242t；	本项目污染物产生量较小，对绵阳市水污染物和大气污染总排放量影响不大。	符合
		污染物排放绩效水平准入要求	① 按照《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822）要求，严格控制生产、储存、装卸等环节的排放，提高有机废气收集及处理效率； ② 工业企业堆场实施规范化全封闭管理，各类堆场要采取密闭存储、密闭作业、喷淋抑尘、覆盖防尘、设置防风围挡、硬化稳定及绿化等措施； ③ 中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园：放射性气载流出物向环境的排放包括总量控制和浓度控制，需满足 GB188712002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中 8.6 款规定，并经审管部门认可； ④ 放射性废水按所含核素半衰期分类收集处理，含短半衰期核素的放射性废水经企业建设的衰变设施暂存衰变达排放标准后，与非放工业废水经企业预处理达《污水综合排放标准》（GB89781996）中三级标准或相关行业标准后，进入园区污水处理厂处理； ⑤ 放射性固废由产生单位按核素半衰期和特性分类收集，含长半衰期核素交资质单位处置，含短半衰期核素解控后按工业固废处置； ⑥ 其他同工业重点管控单元普适性管控要求；	本项目在擦拭零件工艺可能会蘸取乙醇进行擦拭，但产生量极少，无需特别管理；本项目放射性气载流出物能够满足标准要求；非正常工况和事故工况产生的少量感生放射性废水设置有衰变容器，待其衰变达标后再排入污水处理厂；产生的少量感生放射性固废在铅箱衰变达标后，再按工业固废处置。	符合
	环境风险防控	严格管控类农用地管控要求：	/	/	/
		安全利用类农用地管控要求	对拟收回土地使用权的石油加工、化工、电镀、制革、机械加工、铅蓄电池、汽车制造、农药、危险废物处置、汽车拆解、涉重金属等行业企业用地，以及用途	本项目不涉及	符合

			拟变更为居住和商业、学校、医疗、养老机构等公共设施的上述企业用地，由土地使用权人负责开展土壤及地下水环境状况调查评估，其他同工业重点管控单元普适性管控要求；		
		污染地块管控要求	/	/	/
		园区环境风险防控要求	① 园区内、外紧邻居住和医疗教育用地的工业用地不得补助危险化学品贮存设施； ② 其他同工业重点管控单元普适性管控要；	本项目不涉及	符合
		企业环境风险防控要求	① 化工、电镀等行业企业拆除生产设施设备、构筑物和污染治理设施，要事先制定残留污染物清理和安全处置方案，要严格按照有关规定实施安全处理处置，防范拆除活动污染土壤； ② 有色金属矿采选、有色金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革、天然（页岩）气开采、铅蓄电池、汽车制造、农药、危废处置、电子拆解等行业企业及其他可能影响土壤环境质量的生产设施设备、构筑物和污染治理设施的拆除，按照有关规定制定残留污染物清理和安全处置方案，要严格按照有关规定实施安全处理处置，防范拆除活动污染土壤；	本项目不涉及	符合
	资源开发利用效率要求	水资源利用效率要求	① 新、改扩建项目污染水耗指标满足《四川省省级生态工业园区指标》综合类生态工业园区要求； ② 到2025年，全市万元GDP、万元工业增加值用水量分别降低到61m ³ 和25m ³ ，比2020年再降低29%、26%； ③ 工业用水重复利用率提高至95%；	本项目生产活动耗水量为10t/a（冷却系统补充水），生活用水耗水量为100t/a能够满足，水资源利用量较小，利用效率较高。	符合
		地下水开采要求	绵阳市2025年地下水开采控制量以省市下发指标为准；	本项目不涉及	符合
		能源利用效率要求	园区内禁止使用高污染燃料，鼓励引入天然气分布式能源，鼓励新建锅炉加装低氮燃烧装置其他同工业重点管控单元普适性管控要求；	本项目主要能源为电能，不涉及高污染燃料。	符合

六、实践正当性分析

相较于传统放疗模式，Flash放疗治疗可在数百毫秒（ms）内完成照射，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，同时放疗治疗对肿瘤（特别是恶性肿瘤）可达到一般非放射性诊治方法所不能及的治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，项目建设具有显著的经济效益和社会效益。

建设单位在开展对Flash放疗设备的调试过程中，对射线装置的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。同时，经下文分析，在保证项目各测试间辐射屏蔽功能有效性和辐射安全设施正常运行基础上，运营期间周围辐射水平可满足国家相关要求，其产生的辐射危害远小于单位和社会从中取得的利益，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护“实践正当性”的要求。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给辐射工作人员、公众社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，本项目的实践具有正当性。

七、项目外环境关系、选址及周边环境的相容性分析

（一）建设单位外环境关系

中玖闪光医疗科技有限公司为适应产品生产需要，在位于四川省绵阳市游仙区的中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园开展新一代Flash放疗设备研发及其产业化（二期）项目，建设一座生产基地，用以开展Flash放疗设备的生产、调试、测试等。生产基地主要由201生产厂房、202生产厂房（预留）、办公生活楼和库房楼组成。本项目主要进行201生产厂房及附属的建设，建设地位于中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园的生产基地内，生产基地周边主要为工业厂房和未利用地等。

（二）项目外环境关系

本项目位于中玖闪光医疗科技有限公司在中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园的生产基地内。

生产基地北侧为绵梓路，路对面为未利用地；东侧经一路，路对面为待建地；南侧为待建地和纬一路，路对面为待建地和中广核久源（成都科技）有限公司；西侧为纬一路，路对面为国通（绵阳）新药技术有限公司。

本次用于Flash放疗设备出束的测试间位于201生产厂房的北部，以测试间为中心，

半径50m范围内具体为：北侧50m范围内为厂内道路，市政绿化带；东侧50m范围内为厂内空地、停车位和库房水泵楼；南侧50m范围内为201生产厂房的组装区、配套区和暂存区；西侧50m范围内为厂内道路、纬一路。本项目测试间上方和下方均无房间和人员停留，测试间上方也无行车路线。

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、集中居民小区等环境敏感目标，周围无明显环境制约因素。

（三）选址合理性分析

本项目位于中玖闪光医疗科技有限公司在中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园的生产基地内，已取得建设用地规划许可证，符合规划要求和土地利用总体规划。本项目仅在生产基地内部建设新厂房，不新增用地，本项目辐射工作场所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

本项目利用生产基地内现有完善的水资源供给系统，生活污水依托生产基地的化粪池处理后排入园区污水处理站，不会对当地水质产生明显影响；本项目噪声主要为间歇性噪声且已设计较为完善的降噪措施，正常生产活动情况下不会改变区域声环境功能区规划；本项目周边企业均为放射性药物制造企业等核辐射相关企业，无明显敏感目标。本项目运行阶段产生的电离辐射经测试间有效屏蔽后对周围环境影响较小，与生产基地原有布置及周围环境相容。

八、原有核技术利用项目情况

（一）原有辐射安全许可情况

中玖闪光医疗科技有限公司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[01206]），许可种类和范围为：生产、销售、使用II类射线装置。辐射安全许可证有效期至 2029 年 1 月 22 日

具体射线装置清单见下表，表中射线装置均已上证，目前位于四川省绵阳市游仙区东林乡中国（绵阳）科技城游仙军民融合产业园久远激光产业园 2#厂房。

表 1-9：中玖闪光医疗科技有限公司被许可使用放射性辐射工作场所一览表

射线装置使用台账						
序号	辐射活动场所名称	装置名称	类别	活动种类	数量/台（套）	规格型号

1	普通放疗设备测试间、Flash 放疗设备测试间	普通放疗设备	II类	使用	1	Precise
2		X-Flash 放疗设备	II类	生产、销售、使用	5	X-Flash
3		e-Flash 放疗设备	II类	生产、销售、使用	5	e-Flash

（二）辐射安全管理现状

1、辐射管理规章制度管理情况

中玖闪光医疗科技有限公司成立了辐射安全领导小组，明确了领导小组的主要职责，全面负责全司辐射安全与防护管理工作。

针对现有的射线装置，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。公司制定的各种安全管理制度较全面，具有可行性。在公司辐射安全防护领导小组的领导下，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

中玖闪光医疗科技有限公司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 27 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新增辐射工作人员辐射安全与

防护培训工作，此外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 27 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

中玖闪光医疗科技有限公司已编制完成《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、辐射安全和防护设施运行与维护情况良好，辐射安全和防护工作小组每月对辐射安全防护设施进行月度检查，确认其有效性和完好性，发现问题及时处理。截至 2024 年 12 月，辐射防护设施未发现失效情况；

2、辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况良好，建设单位制定有《射线装置台账管理制度》《辐射事故专项应急预案》等辐射安全和防护制度。2024 年 12 月公司对制度的符合性和合规性进行了评审，并修订了《辐射事故专项应急预案》和《辐射工作场所辐射环境监测方案》；

3、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方面，建设单位目前共有辐射工作人员和相关管理人员共 40 人，均持有有效证件上岗，公司定期开展辐射安全和防护相关培训；

4、射线装置台账方面，建设单位在重新报批后，更新了射线装置台账，并由专人对台账进行动态维护；

5、个人剂量检测情况方面，2024 年公司根据工作人员辐射接触情况，为从事辐射工作人员配置了个人剂量计，并按季度将剂量计送至四川省辐射环境管理监测中心站进行监测，获取监测报告，个人剂量季度检测结果没有超过 1.25mSv/季度约束值的情况；

6、安全隐患及整改情况方面，建设单位在 2024 年进行了 4 次辐射安全检查，查处安全隐患 29 项，现已全部完成整改。

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	最大能量	额定电流（mA）/剂量率（Gy/min）	用途	工作场所	备注
1	X-Flash 放疗设备	Ⅱ类	100 台套/年	/	电子	10MV	等效等中心最大 X 射线剂量率 8Gy/min；单次出束最大剂量 40Gy	医用	测试间	生产、销售、使用
2	e-Flash 放疗设备	Ⅱ类		/	电子	20MeV	等效出束口最大电子线剂量率 10Gy/min；单次出束最大剂量 50Gy	医用	测试间	生产、销售、使用

(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
感生放射性废气	气态	氮-13 等	/	/	/	$7.33 \times 10^5 \text{Bq/m}^3$	/	引至楼顶排放，自然扩散
感生放射性固体废物	固态	铁-53、铜-64、 钨-181、铅-203 等	/	/	/	/	暂存于测试间 15mm 铅箱中	监测达标（ β 表面沾污 $\leq 0.8 \text{Bq/cm}^2$ ， γ 辐射剂量率水平接近本底水平）后，作为一般固体废物处置；否则继续衰变或交由有资质单位处理
感生放射性废水	液态	氮-16 等	/	/	/	/	暂存于不锈钢桶内	经监测达标后（总 $\alpha \leq 1 \text{Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 10 \text{Bq/L}$ ）排入市政污水管网
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	0.17mg/m^3	/	自然通风、自然分解，臭氧在常温条件下可自动分解为氧气。
焊接烟尘	颗粒物	/	/	/	/	/	暂存于移动式焊烟净化器的收集袋中	交由有资质单位处理
有机废气	气态	/	/	/	/	/	/	自然挥发

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) NCRP51 《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

本项目为生产、销售、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

本项目周围 50m 评价范围主要在建设单位生产基地内、绵梓路、纬一路等，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点。本项目辐射环境保护目标为本项目辐射工作人员、本项目非辐射工作人员、生产基地工作人员以及附近道路的偶然过路人员。本项目环境保护目标见表 7-1。

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
测试 间内 Flash 放疗 设备	本项目职业人员		40	南	测试间控制室内	8.5	/
	本项目非辐射工作人员		75	南、东南、西南	201 生产厂房内组装区、暂存区、配套区	9.5	/
	周围 公众	厂内道路偶然居留人员	5	北	厂内道路	7.8	/
			5	西	厂内道路	11.2	/
			5	东	厂内道路、停车位。库房水泵楼	18.7	/
		厂外道路偶然居留人员	5	北	绵梓路绿化带、人行道	17.8	/
			5	西	纬一路	39	/

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 $\leq 0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，同时满足室内臭氧《室内空气质量标准》（GB/T 18883-2022）中 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ ；

3、本项目位于 3 类声功能区，声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类标准（昼间 65dB（A），夜间 55dB（A））。

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）中二级标准以及《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）。

2、废水排入设置有二级污水处理厂的城镇排水系统的污水，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准；

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（昼间 70dB（A），夜间 55dB（A））；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 3 类标准（昼间 65dB（A），夜间 55dB（A））。

三、辐射环境评价标准

1、职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量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。项目管理按上述标准限值的 1/4 作为本项目职业照射年有效剂量管理限值，即 5mSv/a。

2、公众照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。项目管理限值按上述标准中规定的公众照射年有效剂量限值的 1/10 执行，即 0.1mSv/a。

结合本项目的实际工作情况，在本次评价中，将辐射防护的剂量管理限值规定为：

- a) 职业照射个人总受照剂量管理限值取 5mSv；
- b) 公众照射个人总受照剂量管理限值取 0.1mSv。

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

中玖闪光医疗科技有限公司生产基地位于中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园，本项目位于生产基地北侧，根据现场踏勘，目前本项目未动工。拟建设地周围主要为道路和空地。本项目拟建地现场周围环境情况见图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

本项目为生产、使用、销售 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，监测报告见附件8，监测结果见表8-2~8-3。

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

本项目所依托的生产基地尚未建设完成,根据本项目辐射工作场所布置情况及外环境关系,本次选择在测试间拟建地及周围布设监测点位以反映区域辐射环境质量现状。本次共布设5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3。

3、监测时间及现场环境状况

2024 年 10 月 29 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: 15.8℃~16.4℃; 环境湿度: 72.3%~74.5%; 天气状况: 阴。

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：1~10000×10 ⁻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 J20240201002 号 校准日期：2024-02-27 有效日期：2025-02-26
中子剂量当量率	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）	仪器名称：中子周围剂量当量仪 仪器型号：TPS-451C 仪器编号：20390355 能量响应范围：0.025eV~15MeV 检出限：0.01~10000μSv/h 校准单位：中国核动力研究设计院检测校准实验室 证书编号：校字第 2024-N007 号 校准日期：2024-04-11 有效日期：2025-04-10
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：2232714 环境温度分辨率：0.1℃ 环境湿度分辨率：0.1% 校准单位：深圳市计量质量检测研究院 证书编号：JL2401158001

		校准日期：2024-01-15 有效日期：2025-01-14
--	--	------------------------------------

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8-2~8-3。

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 (×10 ⁻⁸ Gy/h)	标准差 (×10 ⁻⁸ Gy/h)	备注
1	测试间拟建处	2024-10-29	8.1	0.24	/
2	拟建测试间北侧绿化带处	2024-10-29	8.3	0.23	/
3	拟建测试间东侧库房水泵楼	2024-10-29	7.2	0.25	/
4	拟建测试间南侧车间正门处	2024-10-29	8.1	0.22	/
5	拟建测试间西侧国通（绵阳） 新药技术有限公司办公楼	2024-10-29	7.5	0.22	/

注：未扣除宇宙射线响应值。

表 8-3：本项目拟建地中子剂量当量率监测结果

编号	测量点位置	监测日期	中子剂量当量率 (μSv/h)	标准差 (μSv/h)	备注
1	测试间拟建处	2024-10-29	<0.01	/	/

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 $7.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 8.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，即 72nGy/h~83nGy/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。

根据表 8-3，本项目拟建地中子剂量当量率低于仪器检出限。

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目施工期主要工程可分为基础工程、主体工程、装饰工程、设备安装、竣工投运等几个阶段，主要包括土建施工、厂房装修、机房装修、设备安装（防护门、视频、监控、对讲设备、声光报警以及联锁等安全装置的安装）等、辅助用房装修等工序。

（一）基础工程

基础工程主要包括基础开挖、地基处理、岩土工程、基础施工等工序，主要使用的施工机械包括打夯机、挖掘机、运土卡车、水泥车等，这些设备运行时会产生一定的噪声和扬尘，基础开挖工序还会产生土方，除此之外还会产生冲洗废水和建筑垃圾。

（二）主体工程

主体工程主要包括生产厂房一的钢架搭建、墙体搭建、屋顶搭建等工序，以及测试间的垒砖砌墙、水泥浇筑等工序。主要使用的施工机械包括吊车、水泥搅拌机、装载汽车等。在主体工程中主要产生的三废包括冲洗废水、扬尘、噪声、建筑垃圾、废包装物等。

（三）装饰工程

装饰工程主要对生产厂房一及内部的测试间进行装修，主要包括墙面平整、吊顶、铺砖、抹灰、粉刷、涂漆等工序，这些工序主要为人工进行，产生的三废包括扬尘、有机废气、噪声、建筑垃圾、废包装物等。

（四）设备安装

针对 201 生产厂房，主要进行厂房大门、消防器材等设施设备的安装；针对测试间，主要进行各种辐射安全防护设施的安装。该阶段主要涉及的施工机械为小型叉车、小型吊车等，产生的三废包括扬尘、噪声、废包装物等。

除此之外，在施工期全过程都有工作人员生活污水和生活废水的产生。

为确保测试间屏蔽防护设施满足设计要求和辐射防护安全，要求：

①测试间的土建施工必须符合其建设设计要求，测试间混凝土施工过程中，

对混凝土剪力墙及屋面屏蔽墙混凝土浇注应连续整体灌注，避免间断性施工作业，不留施工缝，防止屏蔽墙出现缝隙和气泡等现象，以防出现射线外泄；实验室地面也要为混凝土地平；内外墙由水泥砂浆粉刷，面层全为乳胶漆涂面。

②装修时应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，墙与墙之间须紧密贴合，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的10倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的10倍。

本项目施工期较短，施工量较小。在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，落实各项环保措施，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。施工期工艺流程及产污图见下图。

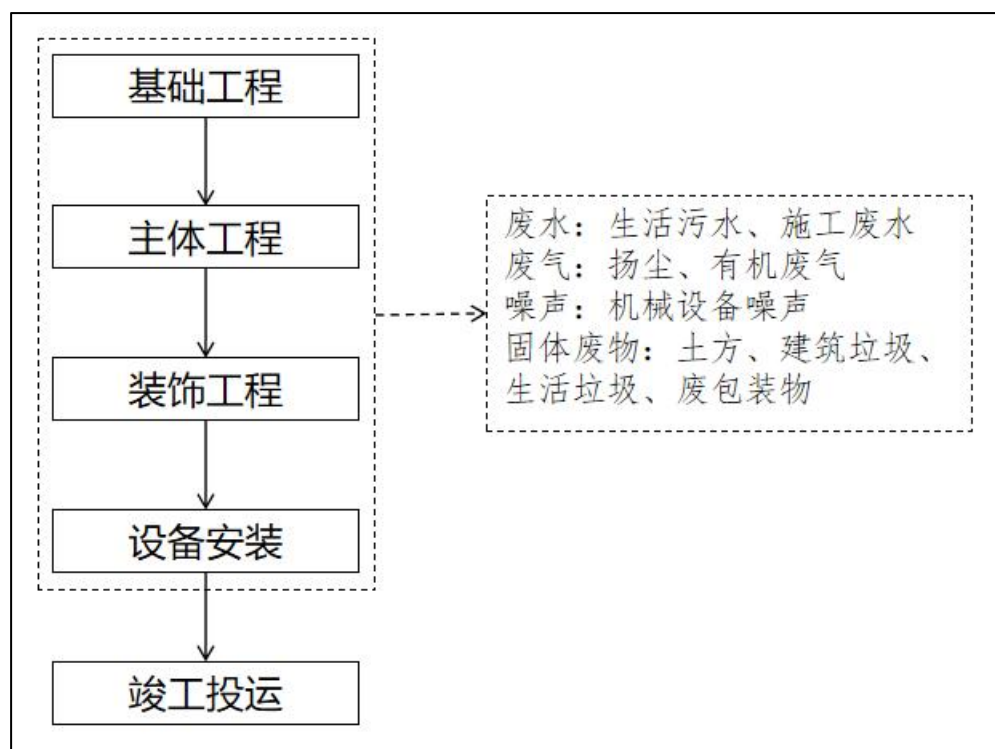


图 9-1：本项目施工期工艺流程及产污图

二、运营期

本项目建成后，主要生产活动为：建设单位根据市场调研情况或客户需要进行Flash放疗设备的设计研发（已制定初步设计方案及设备参数范围），然后采取定制的方式外购所有需要的零件，在组装区进行模块组装，组装完成后在测试间进行出束调试，当Flash放疗设备达到设计指标需求后出售给客户，并进行售后服务。

（一）工程设备分析

本项目主要进行 Flash 放疗设备的生产和调试，现对本项目生产 Flash 放疗设备进行分析。

略

图 9-2：Flash 放疗系统模型照片

1、工作原理

略。

2、设备组成

略。

3、主要技术参数和调试期间参数

略。

4、测试出束工作负荷

略

（二）生产流程及产污环节

本项目整体生产流程有以下几个工序：

1、确定需求

根据 Flash 放疗设备的采购方提出的采购需求，确定生产计划，进一步完善产品设计。

2、零件订购

根据生产规模自行设计电子类部组件并外委机械加工，或直接采购组装所需要的零件。采购到的零件在 201 生产车间暂存区暂存，等待下一步组装。**本项目不进行零件的机械加工制造。**

3、零件组装

待零件全部采购完成后，在组装区将零件组装为模块。Flash 放疗设备的主要模块有治疗床、机座、机架、治疗头（悬臂）、加速管、调制器、CBCT 系统、恒温水冷系统等。在组装区将零件组装成主要模块，主要的组装工艺为螺帽、螺钉组装，在涉及线路连接时会使用锡焊工艺；组装过程中涉及部分零件的清洁，通常采用无纺布浸润无水乙醇擦拭。

4、整机组装

主要模块组装完成后，通过行吊、地牛搬运运动机架等装置，将主要模块转移至测试间中，进行整机组装；整机组装完成后，首先设置好电路和通信；然后布设各项辐射安全与防护措施，特别是各项联锁装置，在布设完成后还要进行检测，确定其有效后再进行下一步；最后为组装的产品安装水管并与外循环水箱相连。组装完成后，对测试间进行物品清理，将与测试无关的物品移出测试间。

5、冷测调试

在Flash放疗设备测试间内整机组装完成后，先开始冷测调试工序。主要步骤有机身调试、高频调试、抽取真空、注保护气等。本工序Flash放疗设备不进行出束，无辐射产生。

6、出束调试

整机出束调试又叫热调试，在Flash放疗设备测试间中进行，为 $\pm 180^\circ$ 旋转出束，主束方向分别朝向东、西侧墙面、地面和屋顶。

7、拆机暂存

出束调试完毕后，工作人员进入测试间，将整机重新拆分成主要模块，再利用行吊、地牛搬运运动机架等装置，将主要模块转移至暂存区。如果该台设备满足出厂标准，则对其进行包装和暂存，等待发货给采购医院；如果该台设备不满足出厂标准，则再次运送至组装区，对相关主要模块重新进行组装和调试，再重复调试过程。

8、在采购医院的安装、调试服务

物流单位将主要模块运送至采购医院修建的机房后，将由建设单位安排本项目非辐射工作人员进行Flash放疗设备的组装和冷侧调试，再由本项目辐射工作人员进行Flash放疗设备的出束调试。根据建设单位提供资料，单台Flash放疗设备在采购医院的出束调试时间约1h（12次出束）。

本项目运营期生产活动中产生的污染物如下图所示：

略

图 9-9：本项目运营期工艺流程及产污图

（三）人流、物流路径

1、辐射工作人员

射线装置操作岗工作人员从东侧人员通道进入 201 生产厂房，然后进入控制

室等待指令；模块组装岗将 Flash 放疗设备的主要模块运送进测试间内并组装完成后，模块组装岗工作人员离开测试区，射线装置操作岗工作人员进入测试间巡场，确定测试间内无人员滞留后关闭防护门，进入控制室操作 Flash 放疗设备出束；测试完成后，打开防护门，由模块组装岗工作人员进入测试间调整、拆卸 Flash 放疗设备；辐射工作管理岗会在测试间和控制室中指导工作。如果要继续出束测试，则重复上述流程。

3、非辐射工作人员

本项目非辐射工作人员由设备运输岗、零件组装岗、技术指导岗和后勤销售岗组成，均不会进入测试区。

设备运输岗工作人员从东侧人员通道进入201生产厂房，主要在暂存区和组装区、组装区中往来，通过拖车、吊车等设备将运送原辅材料等物资。

零件组装岗工作人员从东侧人员通道进入201生产厂房，主要在组装区进行零件的预装工作。

技术指导岗工作人员从东侧人员通道进入201生产厂房，主要在组装区对产品的组装、运输工作进行技术指导。

后勤销售岗工作人员从东侧人员通道进入201生产厂房，主要停留在配套区的办公室、资料室、会议室等房间，一般不进入生产测试区域。

除此之外，本项目射线装置操作岗、零件组装岗和模块组装岗的工作人员可能会组成小组，前往采购Flash放疗设备的医院等单位，为其提供主要模块安装、调整测试等工作。

4、固体废物

组装区产生的含油抹布、废劳保用品、焊接烟尘等固体废物运送至危废间暂存后，通过201生产厂房西南侧大门运出，交由有资质单位处理。

生产车间产生的废包装物以及生活垃圾收集后，通过201生产厂房东南侧大门运出，交由环卫部门统一清运。

在少数情况下产生的感生放射性固体废物暂存于测试间的15mm铅桶中。

本项目人流物流路径示意图见附图 9。

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30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3.51t/d；

2、施工废水：施工废水包括土方阶段排水、混凝土养护排水、降尘废水及各种车辆冲洗废水等。通过类比同类工程，可得出施工废水排放量约 5m³/d。废水主要含有大量悬浮物。

(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。

(三) 噪声

施工期噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声，主要有载重汽车、振荡机、电锯、电钻、点焊机、吊车等，这些机械的噪声一般在80~105dB(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30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14.7kg/d；

2、土方：根据建设单位提供资料，土建阶段土石方产生量约7050m³，表层土用于生产基地内绿化用土，多余土石方量转运至城建主管部门指定地点堆放；

3、建筑垃圾：建筑垃圾主要来自装修施工作业产生的废砂石、废建材等；

4、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。

二、运营期

（一）电离辐射

本项目生产组装的 Flash 放疗设备在测试间进行调试时，X-Flash 放疗设备在出束过程中会产生 X 射线，e-Flash 放疗设备在出束过程中会产生电子线、韧致辐射（X 射线）、中子、中子俘获的 γ 射线。

（二）废水

1、放射性废水

本项目Flash放疗设备配有冷却系统，会产生冷却废水。在正常工况下，冷却废水循环使用不外排；在检修等非正常工况和冷却水管破裂等事故工况下，冷却水可能无法继续循环使用。冷却水在运行过程中，可能会因为受到电离辐射而产生感生放射性，在冷却水中主要通过（n,p）核反应产生氮-16，氮-16半衰期仅7.13s，能在很短的时间内降低至本底水平。本项目单台Flash放疗系统的冷却水系统容量约100L，故感生放射性废水单次产生量取100L，每年发生次数保守取4次，则年产量为400L/a。

2、非放射性废水

本项目运营期非放射性废水主要为工作人员生活污水。本项目拟定工作人员115名，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，年工作时间250天，则生活污水产生量约3363.75m³/a；

（三）废气

1、放射性废气

空气中主要核素组成包括：氧、氮、碳等，根据《辐射防护手册》（三分册）医用电子直线加速器在治疗中发出的光子通过空气时，当光子的能量达到或超过光核反应（ γ , n）的阈能时，可能产生碳-11、氮-13、氧-15等感生放射性气体。其光核反应特性如下：

表 9-3：空气中光核反应特性表

序号	核素	反应阈能（MeV）*	产物	产物半衰期
1	碳-12	18.7	碳-11	20.5min
2	氮-14	10.6	氮-13	10.0min
3	氧-16	15.7	氧-15	124.0s

注：该能量是指光子能量，即X射线能量。

本项目X-Flash放疗设备最大光子能量为10MV，不考虑感生放射性气体的产生；e-Flash放疗设备最大电子束能量为20MeV，在轰击水模体后，0°方向的最大光子能量约为20MV，但仅有2%的线束能达到，平均能量约13.2MV；90°方向的最大光子能量约为12MV，但仅有2%的线束能达到，平均能量约8MV。故e-Flash放疗设备出束后主要产生的核素为氮-13。

2、非放射性废气

本项目运营期产生的非放射性废气主要来自以下3个方面：

1、臭氧和氮氧化物：Flash放疗设备出束时，测试间内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，氮氧化物的产生量约为臭氧的十分之一，对环境的影响很小，故本次主要考虑臭氧；

2、焊接烟尘：在设备组装时会使用锡焊工艺进行焊接，该工序产生烟尘极少；在201生产车间动火室会有少量电焊或气焊作业，焊接过程中会产生一定焊接烟尘，根据建设单位提供资料，保守取1kg/a；

3、有机废气：部分零件在组装前需要用酒精进行擦拭，此过程会产生少量有机废气，主要成分为乙醇。

（四）噪声

本项目主要噪声源为测试间的通排风系统，本项目每间测试间均配备1套送风量为2000m³/h的新风系统，共计10套新风系统，有5套新风系统安装在4~5号测试间顶部，剩余5套安装在9~10号测试间顶部；每5间测试间配备了一台排风量为15500m³/h的风机，共计两台2台，均安装于4~5号测试间顶部，根据建设单位提供资料，在最极端情况下，即所有通排风系统同时开启时，其噪声值最大可达约100dB(A)，建设单位拟设置隔音罩、减震垫等降噪设备，可以将噪声源强降至80dB(A)。同时，本项目的冷却水循环设备、货物搬运、零件组装过程中也会产生噪声，噪声值源强一般低于60dB(A)。

（五）固体废物

1、放射性固体废物

本项目加速器产生的高能电子在轰击靶头、遮线器、加速管、出束窗等零件时，可能会产生核反应，使靶核变成一种新的原子核，这种新的原子核被称为反冲核，反冲核往往不稳定，需要经过β衰变或γ衰变才能逐步趋于稳定，这个衰变

过程中产生的 β 射线、 γ 射线等被称为感生放射性。

固态物质的感生放射性水平与加速粒子能量、材料种类、内部结构、照射时间等因素密切相关，通常仅在电子加速器的射线能量大于 10MeV 时才考虑。本项目 X-Flash 放疗设备最大射线能量为 10MV，e-Flash 放疗设备最大射线能量为 20MeV，因此本节选取 e-Flash 放疗设备为主要分析对象。

本项目 e-Flash 放疗设备有可能产生感生放射性的零件主要是加速管、限束器和出束窗等。这些零件本身固定在设备内部，经过设备本身的屏蔽后对外界电离辐射影响较小；但在其组装、搬运、测试的过程中，存在因撞击、跌落或质量问题而报废的可能性，此时报废的零件应归属于放射性固体废物。

本项目所生产的Flash放疗设备加速管和出束窗使用材料组成元素包括铁、铜、钨、铅等，其光核反应特性如下：

表 9-4：本项目出束头中元素光核反应特性表

序号	核素	反应阈能（MeV）	产物	产物半衰期
1	铁-54	13.6	铁-53	8.5min
2	铜-65	9.9	铜-64	12.9h
3	钨-182	8.0	钨-181	130d
4	铅-204	8.2	铅-203	52.0h

根据上表，本项目e-Flash放疗设备最大电子线能量为20MeV，部分零件经电子轰击后可能产生的感生放射性核素包括铁-53、铜-64、钨-181、铅-203等。

2、非放射性固体废物

本项目运营期产生的非放射性固体废物主要来自以下 4 个方面：

1、工作人员生活垃圾和办公垃圾：本项目拟定工作人员约115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，年工作250天，故总产生量为14.08t/a；

2、废包装物：采购的零件开箱过程中会产生一定废包装物，主要包括木条、纸箱、泡沫、塑料薄膜等；

3、含油废抹布、废劳保用品：在组装环节，工作人员会用抹布蘸取酒精擦拭零件，会产生少量含油废抹布、废劳保用品，属于危险废物，根据建设单位经验，总产量约30kg/a；

4、焊烟颗粒物：移动式焊烟净化器中的收集袋中会产生少量焊烟颗粒物，约1kg/a，主要成分为焊料（金属合金）。

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、噪声等。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

本项目拟建设的201生产厂房位于生产基地西北部，为独立标准厂房；测试区位于201生产厂房北部，组装区位于201生产厂房中部，暂存区位于201生产厂房南部，配套区位于201生产厂房西、南和东部。

测试区主要由10间测试间及其控制室组成。1~10号测试间由西向东依次排列并紧密相连，仅5号测试间和6号测试间之间被一条4.5m宽走廊隔开。10间测试间的占地面积、长宽尺寸、迷路设计相同，但由于加装行车、通排风系统布设等原因，部分测试间的高度不同，1~3号和6~8号测试间净高5.5m，4~5号和9~10号测试间净高4.5m。每间测试间配套的控制室均位于测试间南侧。

组装区位于测试区中部，由10条Flash放疗设备的组装线组成。组装区紧邻暂存区，从暂存区取回零件后进行组装，组装成主要模块后可直接运送至测试间进行测试。配套区的各个房间分散位于201生产厂房的西部、南部和东部，可方便快捷地为生产活动提供各种配套服务。

201生产厂房各区域主要功能明确，彼此之间留有通道，通道宽度能够满足主要部件的运输，各区域之间畅通无阻；同时，零件及产品使用南侧大门运输，人员通过东侧侧门运输，生活垃圾等通过西南侧和东南侧的侧门运输，人流物流路径设计合理。本项目的修建不影响生产基地消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目前后各工艺区域紧邻，产品在各区域按照一定的顺序流动，便于生产中各个工艺的衔接，利于生产效率的提高，满足安全生产的需要，便于进行分区管理和辐射防护。本项目避开了人群相对集中的区域，所处位置相对独立，并采取了有效的屏蔽措施，产生的电离辐射经屏蔽后对周围环境辐射影响是可接受的。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理的。

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,将测试间划为控制区,将控制室划为监督区。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9。

表 10-1:“两区”划分与管理

	控制区	监督区
“两区” 划分 范围	测试间内部及迷道	测试间控制室
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

本项目建设单位是正规厂家,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射线,当安全锁处于关闭时,所有操作被禁止。

(3) 自动监控系统: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 Flash 放疗设备接通高压产生 X 射线或电子线后，系统将始终实时监测 X 射线（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 X 射线（电子线）发生器的高压输出，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 X 射线（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：Flash 放疗设备自带响应速度为毫秒级别的自动监控系统，在特殊情况下剂量超过预选值时，可自动终止照射。

（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

本项目 Flash 放疗设备只会在位于测试区的测试间中进行出束，测试间整体采用钢筋混凝土浇筑，10 间测试间均采用钢筋混凝土浇筑而成，每间测试间的占地面积、长宽尺寸、迷路设计均相同，净空面积均为 70.2m^2 （长 9.0m × 宽 7.8m ），仅部分测试间的高度不同，1~3 号和 6~8 号测试间净高 5.5m ，4~5 号和 9~10 号测试间净高 4.5m 。

测试间主射方向为东侧墙体、西侧墙体、地面和屋顶。东侧和西侧主屏蔽墙为 3m 厚混凝土（宽 3.7m ），与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙为 1.8m 厚混凝土；北侧侧屏蔽墙为 2m 厚混凝土；南侧为长 10m 的“L”型迷路，迷路内墙和迷路外墙均

为1.8m厚混凝土；防护门为38mm钢+150mm含硼（5%）聚乙烯的平移电动门。

1~3号和6~8号测试间的顶部主屏蔽墙为2.25m厚混凝土（宽4.2m），次屏蔽墙为1.5m厚混凝土；4~5号和9~10号测试间的顶部主屏蔽墙为2.38m厚混凝土（宽3.8m），次屏蔽墙为1.8m厚混凝土。所有测试间楼下楼上均无房间，楼上无行车。

表 10-2：本项目测试间屏蔽状况一览表

工作场所	1~3 号及 6~8 号测试间	4~5 号和 9~10 号测试间
净空尺寸	长 9.0m×宽 7.8m×高 5.5m	长 9.0m×宽 7.8m×高 4.5m
主射方向	东、西侧墙体，屋顶，地面	
四周墙体	东侧和西侧主屏蔽墙为 3m 厚混凝土（宽 3.7m），次屏蔽墙为 1.8m 厚混凝土；北侧侧屏蔽墙为 2m 厚混凝土	
屋顶	顶部主屏蔽墙为 2.25m 厚混凝土（宽 4.2m），次屏蔽墙为 1.5m 厚混凝土	顶部主屏蔽墙为 2.38m 厚混凝土（宽 3.8m），次屏蔽墙为 1.8m 厚混凝土
迷路	南侧为长 10m 的“L”型迷路，迷路内墙和迷路外墙均为 1.8m 厚混凝土	
防护门	防护门为 38mm 钢+150mm 含硼（5%）聚乙烯的平移电动门	
观察窗	无，通过监控探头对测试间内情况进行观察	

2、电缆布设

本项目测试间的电缆走向为：测试间控制电缆布设于电缆沟（宽 400mm×深 500mm）内，电缆沟从测试间北侧的侧屏蔽墙穿墙进入测试间，一部分沿顺时针方向经过北侧屏蔽墙和西侧屏蔽墙，终止于迷路内墙；另一部分沿逆时针方向经过北侧屏蔽墙和东侧屏蔽墙，从迷路外墙穿墙进入控制室。穿墙处拟采取预埋的钢质引导管，穿墙处呈“U”型，尺寸较小，且穿墙处不在 Flash 放疗设备的主射方向，同时还采用了 10mm 钢板进行补充屏蔽。

综上，本项目测试间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。

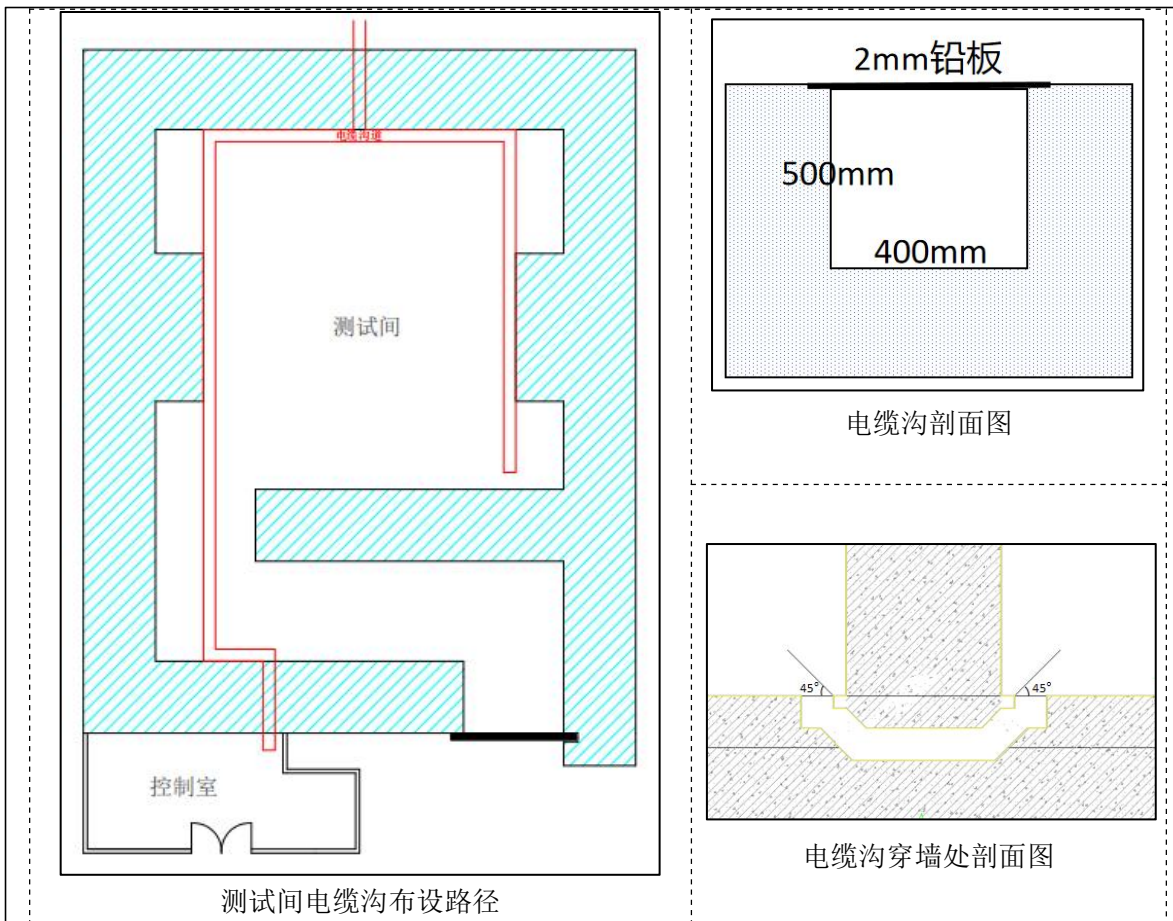


图 10-1：本项目测试间电缆布设示意图

3、通排风布设

本项目每个测试间单独设置有一个进风口和一个排风口，总体原则为上进下排，进风口和排风口呈对角线设置；进风口设置在测试间东北角天花板处；排风口设置在测试间西南角地板处，离地 30cm。

测试间设有空调新风系统，采用多联式空调，每间测试间分别配备一台多联式空调室外机，单台设备额定制冷量 33.5kW，额定制热量 22kW，送风量为 2000m³/h，可以满足测试间的送风需求。

测试间设有机机械排风系统，1~5 号测试间共用一台柜式离心风机，6~10 号测试间共用一台柜式离心风机，两台风机位于 5 号测试间顶部，单台柜式离心风机的排风量为 15500m³/h，在 5 间测试间同时作业的极端情况下，单间测试间的排风量为 15500m³/h ÷ 5 = 3100m³/h。本项目 1~3 号及 6~8 号测试间容积较大，为 532.44m³，则每小时换气次数为 3100m³/h ÷ 532.44m³ ≈ 5.8 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。

测试间通排风管道上顶部后从屋顶穿墙，穿墙部分呈“Z”型，穿墙处位于迷

路东侧顶部，设置有补充屏蔽措施，通排风管道的敷设方式不会影响屋顶屏蔽墙的屏蔽效果。

本次环评要求：在运营期，非辐射工作人员上至 4~5 号、9~10 号测试间的顶部对通排风系统进行巡检、调整、抢修时，4~5 号、9~10 号测试间不得进行射线装置出束测试。

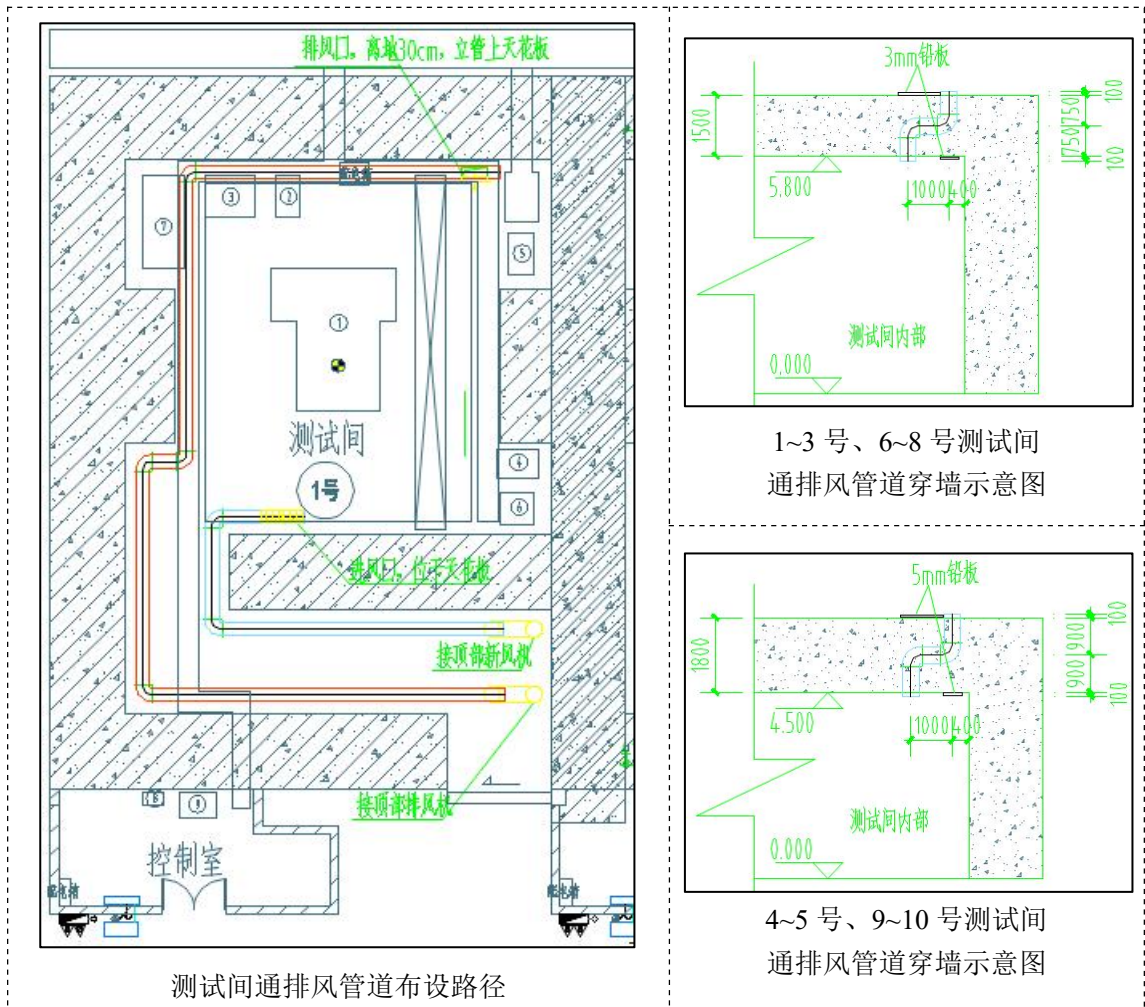


图 10-2：本项目测试间通排风布设示意图

4、排水布设

根据建设单位资料，本项目用于给 Flash 放疗设备降温的冷却水循环使用不外排。Flash 放疗设备自身冷却系统的进水管和出水管通过机房东北侧地面下方的排水管沟，从北侧墙体下穿，再外接外部的冷却水系统。排水管沟宽 400mm×深 500mm，穿墙处拟采取预埋的钢质引导管，穿墙处呈“U”型，尺寸较小，且穿墙处不在 Flash 放疗设备的主射方向，同时还采用了 2mm 铅板进行补充屏蔽屏蔽。

综上，本项目测试间排水的敷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。

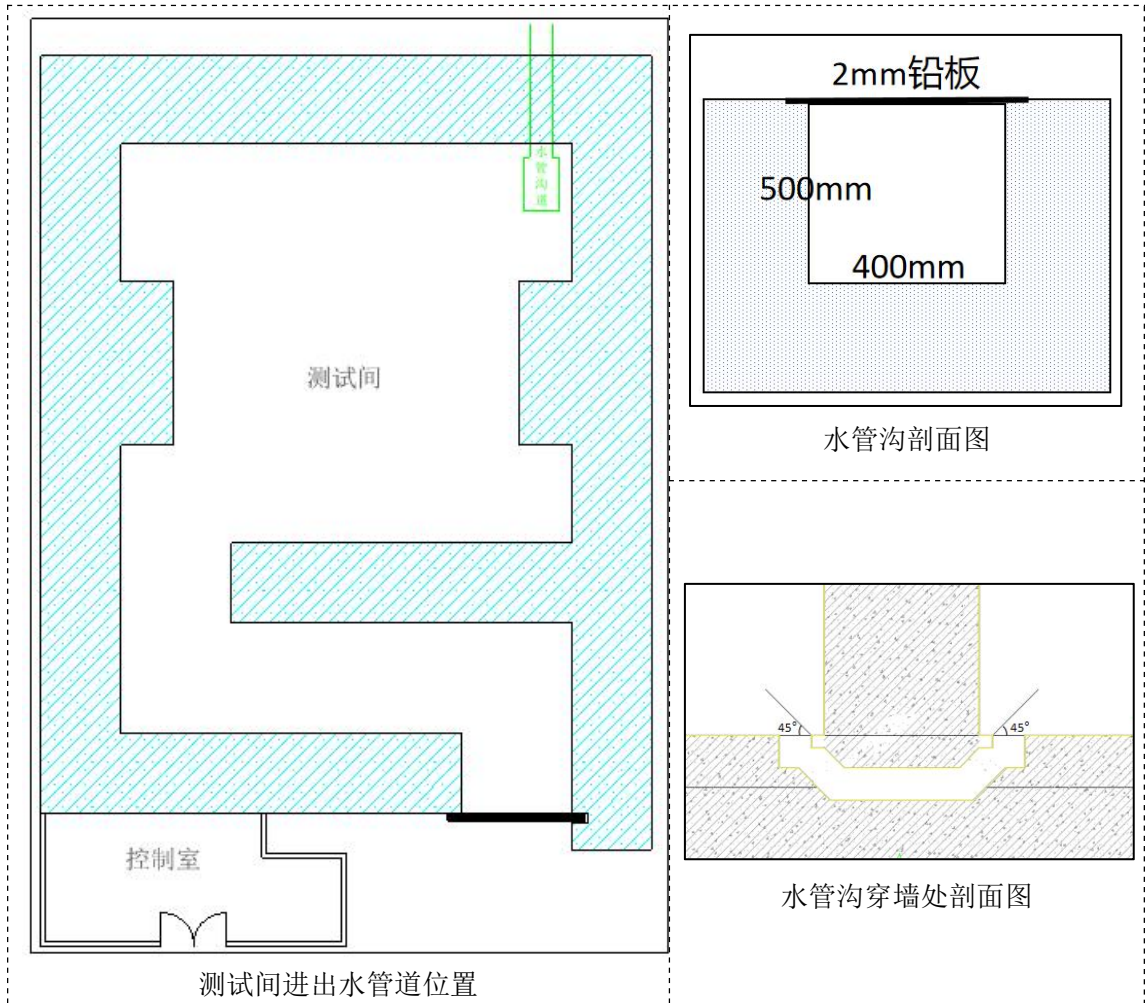


图 10-3：本项目测试间排水布设示意图

5、源项控制

本项目建设单位是有资质和经验的生产厂家，其生产的 Flash 放疗设备泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值，且 Flash 放疗设备装有限束装置，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测试间防护门外为监督区，非相关人员限制进入，避免对设备进行误操作。

7、时间防护

在满足生产要求的前提下，在每次测试 Flash 放疗设备前，根据生产要求和实际情况制定最优化的测试方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽

量短的曝光时间，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

本项目主要对生产的 Flash 放疗设备进行测试，每次对新组装产品开启测试工作前，均需要将该 Flash 放疗设备与测试间的辐射防护安全装置与布置连锁，确保连锁装置完好有效后，才能进行出束。

具体的布置如下：

1、门-机安全连锁：机房防护门与 Flash 放疗设备连锁，如防护门关闭不到位，Flash 放疗设备不能正常进入单次运行状态；Flash 放疗设备进入单次运行状态后中，若防护门打开，则设备立即切断高压，停止蓄能或出束。

2、工作状态指示灯：Flash 放疗设备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，并于门连锁。当 Flash 放疗设备处于关闭状态，指示灯为绿色；当 Flash 放疗设备处于蓄能阶段时，指示灯为黄色，同时进行声音报警；当 Flash 放疗设备处于出束阶段时，指示灯为红色，以警示人员注意安全，不得入内。

3、紧急止动装置：在测试间北侧墙体、迷道内墙内侧和控制室操作台上各设置 1 个紧急止动按钮（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，Flash 放疗设备停止蓄能或出束。

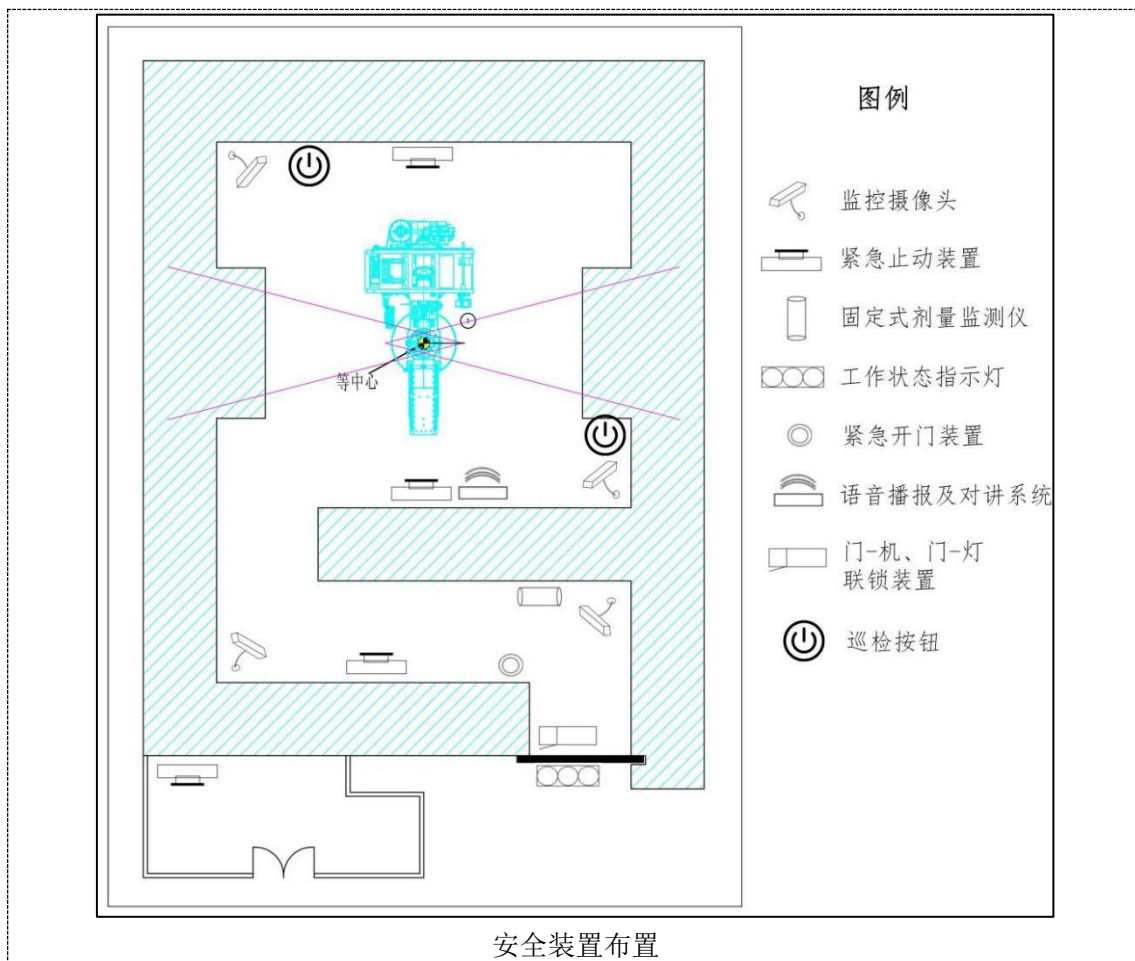
4、紧急开门装置：测试间迷路入口内侧人员易接触的位置（距离地面高度 1.5m，并标有中文标识）装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷路内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。

5、视频监控、对讲系统：测试间内安装有全覆盖视频监控，分别位于机房防护门口、机房迷路西南角、机房西北角、机房东角和东南角。工作人员可通过控制室中的显示器观察测试间内的情况，并通过对讲机与事故状态下室内被困人员联系，以及时处理意外情况。

6、剂量监测仪（AT1123）：因为目前现有的固定式剂量监测仪响应时间无法满足本项目 Flash 放疗设备要求，拟在测试间迷道入口附近安装悬挂一台 AT1123 便携式 X-γ监测仪，当辐射剂量超过阈值时进行声光报警，控制室工作人员可通过视频监控系统觉察。后续随着科技发展如果生产出能够满足本项目 Flash 放疗设备响应时间的固定式剂量监测仪，应再进行替换。

7、电离辐射警告标志：测试间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得随意靠近、进入、滞留机房，以防遭到误射。

8、巡检按钮：考虑到本项目会有工作人员进入测试间进行搬运、组装和调整，因此需要在测试间内的西北角和东南角距地面 1.4m 处设置巡检按钮。巡检按钮处设置有明显的标识并进行编号，同时与控制台联锁。在 Flash 放疗设备准备出束前，辐射工作人员需要进入测试间内巡视一圈，确定无人逗留后，按顺序按下巡检按钮（此时 Flash 放疗设备无法出束），只有全部巡检按钮后才会触发巡检完毕的信号。巡检完毕确认后，辐射工作人员返回控制室，确定巡检完毕信号被触发，然后点击复位按钮，所有巡检按钮将复位，再开始出束。之后，只要测试间的防护门被打开过，必须重新巡检后才能开机。



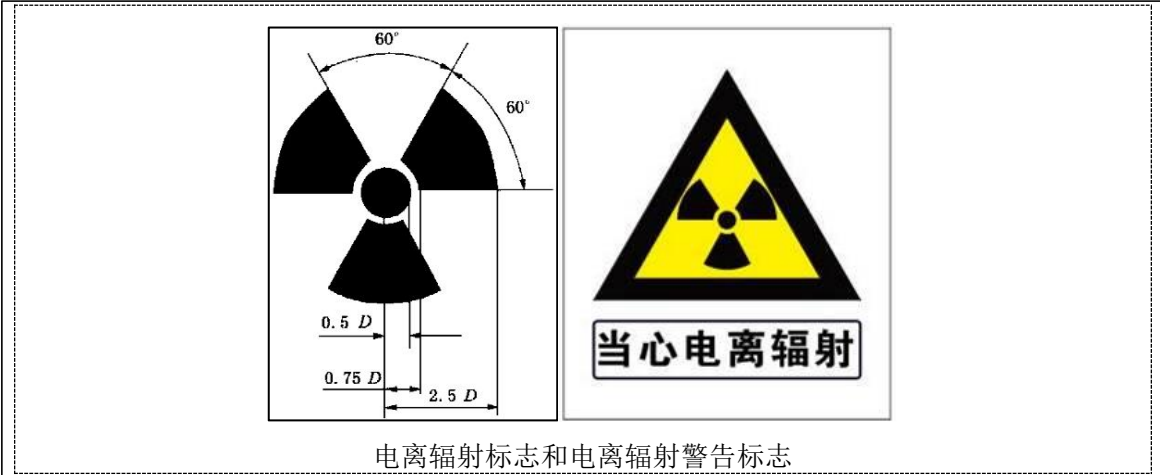


图 10-4：安全装置布置图和电离辐射（警告）标志示意图

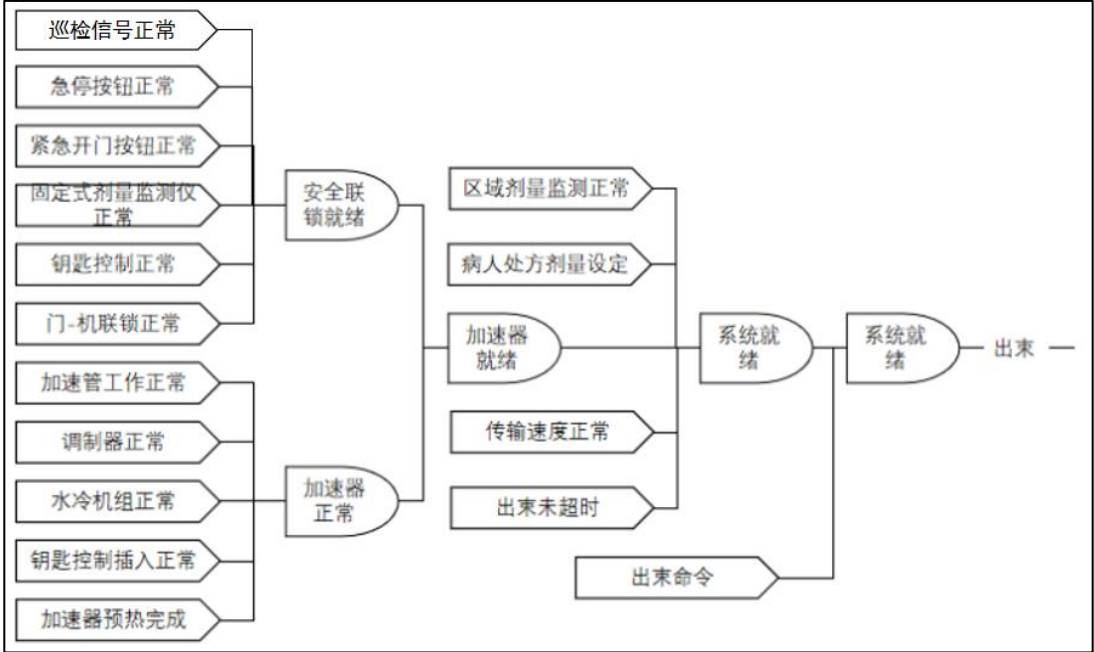


图 10-5：Flash 放疗设备测试间安全装置逻辑关系图

（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）中对加速器生产调试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 10-3：辐射安全措施对照表

序号	项目	具体要求	落实情况
1*	A 场所与警示	调试场所划分为控制区与监督区	已设计，建设单位承诺落实后才运行
2*		机房入口电离辐射警告标志	
3*		机房入口工作状态指示	

4*		灯光和声音报警指示装置	
5		视频监控系统	
6		机房门内紧急开门按钮	
7*	B 安全联锁	加速器束流及控制区大门由一把独立多用途钥匙或多个串在一起的钥匙进行控制	
8*		门与束流控制联锁	
9*		机房内有醒目的紧急停机按钮	
10*		控制台有紧急停机按钮	
11*		清场巡更系统	
12*	C 剂量监测	机房内固定式辐射剂量监测仪	
13*		个人剂量计	
14*		个人剂量报警仪	
15*	D 其它	通风系统	

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 10-4：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本项目建设单位是正规生产厂家，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，定期或不定期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

施工期产生的施工废水主要包括土方阶段排水、混凝土养护排水、降尘废水及各种车辆冲洗废水，无污染物溶解其中，经过沉淀池沉淀后循环使用；少量施工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经化粪池处理后通过市政管网排入游仙区污水处理厂，园区配套建设有污水处理站但目前未投运，待园区污水处理站投运后，生活污水经化粪池处理后排入园区污水处理站。

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，能够满足《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)的要求。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。

本项目地理位置远离居民区，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

项目施工期的开挖工序会产生一定的土方，其中表层土用于生产基地内绿化用土，多余土石方量转运至住建部门指定地点堆放；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

本项目运营期无生产废水产生，工作人员产生的生活污水经化粪池处理后通过市政管网排入游仙区污水处理厂，园区配套建设有污水处理站但目前未投运，待园区污水处理站投运后，生活污水经化粪池处理后排入园区污水处理站。

在正常工况下，Flash放疗系统冷却循环废水循环使用不外排；在非正常工况和事故工况下，可能会有感生放射性冷却水的产生。建设单位拟配备2个1000L+4个500升不锈钢桶（总有效容积为4000L），位于201厂房北侧，用于在非正常工况和事故工况下感生放射性冷却水的收集。冷却系统及冷却水管拟设置管道和围堰，并配备有水泵和独立管道，用于冷却水的收集。冷却水收集桶应设置防雨措施，并设置液位报警和废水采样口。最终冷却水排放时需经监测达标后（总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）可作为清净下水回用或排入市政污水管网，并由专人记录每次排放时间、排放量及监测结果等，并纳入日常辐射安全管理档案。

2、废气

项目运营期会产生少量感生放射性气体，主要核素为氮-13，氮-13 半衰期仅10min，经通排风系统送至屋顶排气筒排放，根据表 11 中大气环境影响分析，对周围辐射环境影响能够满足剂量约束值，对周围辐射环境影响较小。

项目运营期会产生一定量臭氧和氮氧化物，产生的臭氧和氮氧化物经排风系统引至屋顶排气筒排放，排气筒高 15m，柜式离心风机设在测试间屋顶，单台柜式离心风机的排风量为 15500m³/h，单间测试间的排风量为 3100m³/h。排出的臭氧和氮氧化物自然分解和稀释，不会对周围大气环境产生明显影响。

运营期还会产生少量焊接烟尘，经移动式焊烟净化器吸收后可达标排放。

零件擦拭过程会产生少量有机废气，主要污染物为乙醇，经扩散后可满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）和《四川省固定污染源大气挥发性有机物排放标准》（DB512377-2017）中相关限值要求。

3、噪声

本项目运营期噪声来源主要是测试间通排风系统，本项目拟采用低噪声节能风机，拟设置隔音罩、减震垫等降噪设备，根据表 11 的预测，经过降噪措施和距离衰减后，能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）

的要求。本项目的货物搬运、零件组装过程中也会产生噪声，噪声值源强一般低于 60dB(A)，经墙体隔声和距离衰减后，产生的噪声对区域声环境功能区影响能够满足标准限值。

4、固体废物

(1) 放射性固体废物

在少数情况下，可能产生感生放射性固体废物。此时应采用长柄工具将其拆卸后，置于15mm铅箱中，再将其暂存于测试间。累积到一定量后，经监测达标（ β 表面沾污 $\leq 0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， γ 辐射剂量率水平接近本底水平）后，可作为工业固体废物处置，若监测不达标则继续衰变或交由有资质单位处理。

针对放射性固体废物建设单位还应采取以下管理措施：

①应严格建立放射性固体废物收集、暂存、转运管理台账，明确放射性废物的来源、去向及监测结果，安排专职人员进行管理。

②暂存过程，放射性固废暂存容器外表面剂量率应不超过 0.1mSv/h ，表面污染水平应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

③若涉及含尖刺及棱角的放射性固体废物，应预先进行包装处理后再装入专用塑料袋中，防治塑料袋刺破，造成二次污染。

(2) 危险废物

运营期产生的含油废抹布、废劳保用品经危废间暂存后，交由有资质单位处理；移动式焊烟净化器中收集的焊烟颗粒物定期交由有资质单位处理。

危险废物在收集时，应清楚废物的类别及主要成分，以方便委托处置单位进行处理，根据危险废物的性质和形态，可采用不同大小和不同材质的容器进行包装，所有包装容器应足够安全，并经过周密检查，严防在装在、搬移或运输途中出现渗漏、溢出、抛洒等情况。

建设单位在 201 生产厂房专门设置了危险废暂存间，面积为 31.42m^2 ，位于生产厂房西侧配套区。危废暂存间地面采用不发火细石混凝土地面，表面涂密封固化剂，在危废暂存间暂存区域铺设防渗层（环氧砂浆层+双组份环氧树脂底涂）。

本项目危险废物产生量较少，建设单位拟将装配/产品区的局部区域划为危险废物暂存区，并在周围设置隔离围栏，地面设置防水托盘以及防倾倒的稳固措施。当危险废物达到一定数量后由资质单位统一收集处理，并按照国家有关危险

废物申报登记、转移联单等管理制度的要求，向当地生态环境主管部门进行危险废物的申报、转移等。日常的生产管理过程中须做好危险固体废物情况的台账记录，记录上须表明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险固体废物转运后应继续保留三年。危险废物暂存场所设置及管理要求应按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求进行设置，并做到以下几点：

①危险废物贮存设施须按《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）的规定设置警示标志（见下图）；



图 10-6：危险废物警示标识



图 10-7：危险废物标签

②贮存设施应采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物；

③贮存设施应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合；

④贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板 and 墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝；

⑤贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。

在危险废物管理方面，应做到以下几点：

①危险废物存入贮存设施前应对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物识别标志的一致性进行核验，不一致的或类别、特性不明的不应存入。

②应定期检查危险废物的贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄漏的危险废物贮存容器和包装物。

③贮存设施运行期间，应按规定建立危险废物管理台账并保存。

④建设单位应建立贮存设施环境管理制度、管理人员岗位职责制度、设施运行操作制度、人员岗位培训制度等。

(3) 一般性固体废物

生活垃圾、办公垃圾经生活垃圾收集点暂存后，由环卫部门统一转运处理；产生的废包装物先将可循环利用部分统一收集、出售，再将不可回收部分交由环卫部门统一转运处理。

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。”本项目主要为Ⅱ类射线装置的生产、使用和销售，通常不涉及报废处理，如果产生了需要报废的残次产品，需确保射线装置不能正常通电后再进行处理，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 10-5：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、土建装修阶段环境影响分析

（一）水环境影响分析

施工期产生的施工废水主要包括土方阶段排水、混凝土养护排水、降尘废水及各种车辆冲洗废水，无污染物溶解其中，经过沉淀池沉淀后循环使用；少量施工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通过市政管网排入游仙区污水处理厂。

（二）大气环境影响分析

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。

（三）声环境影响分析

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。本项目地理位置远离居民区，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。

（四）固体废物

项目施工期的开挖工序会产生一定的土方，其中表层土用于生产基地内绿化用土，多余土石方量转运至住建部门指定地点堆放；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经生活垃圾收集点暂存后，由环卫部门统一转运处理。

本项目土建装修工程工期较短，施工量小，在建设单位的严格监督下，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。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

（一）分析方法说明

1、射线装置基本情况

略

2、预测参数选择说明

略

3、小结

（1）根据项目类型，本次采用理论预测的方法，对运行阶段辐射环境影响进行定量分析。

（2）CT设备本身属于Ⅲ类射线装置，在进行CT时能量较小，机房屏蔽墙可以完全屏蔽，因此，本次不考虑CT设备的辐射环境影响。

（3）经综合考虑，在后文中主要选择单次运行视角的参数进行详细计算，并辅以单次出束视角和假设连续出束视角的参数进行验算。

（二）辐射污染因子简要分析

本项目运营期的辐射相关污染因子有电子、中子、中子俘获 γ 射线和X射线（分为X-Flash放疗设备打靶产生的X射线和e-Flash放疗设备电子线轰击水模体和束流损失产生的韧致辐射）。在此先对各种污染因子进行简要分析，确定评价重点。

1、电子束

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式11-1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 11.1-1：电子在不同介质中射程估算表

粒子	电子
能量(MeV)	20
混凝土密度(g/cm ³)	2.35
混凝土中的射程 (cm)	4.26

根据上表，电子在混凝土中射程为4.26cm，本项目测试间墙体最小屏蔽厚度为150cm，所以本项目测试间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，故下文不再详细分析。

2、中子

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）附录C，可知：

（1）机房内的光中子

加速器治疗机头外的杂散中子称为直接光中子，直接光中子和散射光中子的平均能量约为0.34MeV。混凝土中含有4%~5%的水，对0.34MeV中子的什值层衰减厚度为21cm，而混凝土对10MV~25MVX射线治疗装置90°泄漏辐射的什值层为31cm~36cm。当混凝土厚度为110cm时对中子的衰减为对10MV泄漏辐射（TVL=31cm）衰减的50倍。直接光中子在距靶1m处的最大为 $(1\sim4) \times 10^{-3}\text{Sv/Gy}$ ，泄漏辐射在距靶1m处的值小于 10^{-3}Sv/Gy 。110cm混凝土墙外的中子剂小于X射线剂量的1/10。

本项目测试间最薄墙体厚度为150cm，因此墙体的屏蔽无需考虑对中子的屏蔽，下文不再详细分析。

（2）机房入口的中子

中子经迷路壁多次散射后，在入口处的平均能量约为100keV，因此需要考虑机房入口的中子辐射环境影响。防护门对中子的主要屏蔽材料通常为含硼（5%）聚乙烯，屏蔽计算中保守地取含硼5%的聚乙烯的TVL为45mm。

3、中子俘获γ射线

中子作用于物质时被俘获，同时会生成γ射线，称为中子俘获γ射线。中子俘获γ射线的平均能量为3.6MeV，在迷路短时最高能量可以达到10MeV，因此需要考虑机房入口的中子俘获γ射线的辐射环境影响。

本项目防护门对中子俘获γ射线的主要屏蔽材料为38mm钢，在10MV时，铅的TVL1和TVLe均为5.7mm，钢的TVL1和TVLe均为11mm，用什值法发进行等效

换算，计算结果为38mm钢与20mm铅屏蔽效果相当。

4、X 射线

略

5、小结

根据本节分析，得出本项目的主要辐射污染因子为**X-Flash放疗设备产生的X射线、e-Flash放疗设备在机房入口的中子和中子俘获 γ 射线**。下文将对主要辐射污染因子进行详细分析。

（三）关注点位的选取

本项目拟建1~10号共计10间测试间，1~10号测试间由西向东依次排列并紧密相连，仅5号测试间和6号测试间之间被一条4.5m宽走廊隔开。10间测试间的占地面积、长宽尺寸、迷路设计相同，仅部分测试间的高度不同，1~3号及6~8号测试间净高5.5m，4~5号和9~10号测试间净高4.5m。每间测试间配套的控制室均位于测试间南侧。

本次评价的关注点位按以下原则选取：

（1）为预测1~10号测试间设计方案的屏蔽效果，本次在机房四周设立最不利参考点位，从保守角度出发，在机房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测试间四周屏蔽体外30cm处、迷路口处、防护门外30cm处以及保护目标处。

（2）本次在计算屏蔽体外30cm处关注点时仅选取一间机房作为特征机房进行计算，计算部分保护目标点位时为更加保守，考虑在极端情况（多个测试间内Flash放疗设备同时出束）下的叠加影响。

（3）由于本项目共计有10间测试间，每间监测机房均可用于Flash放疗设备的测试，因此在确定保护目标的距离时，选取离保护目标最近的机房内的中心点位作为辐射源。

（4）由于本项目机房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表11.1-2，关注点布设图见图11-1。

表 11.1-2：本项目关注点情况一览表
略

略

图 11-1：本项目测试间关注点布设图

(四) 各关注点辐射剂量率的计算方法及计算结果

1、主屏蔽墙、侧屏蔽墙、迷路内墙和迷路外墙外点位

本次布设在主屏蔽墙、侧屏蔽墙、迷路内墙和迷路外墙外的点位有 A、B、C1、C2、D、E、F、G'。参考 GBZ/T201.2-2011，各关注点位可能受到的最大剂量率可参考以下公式进行计算：

$$X_e = X / \cos \theta \dots\dots\dots (\text{式 11-2})$$

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

$$H = \frac{H_0 \times f}{R^2} \times B \dots\dots\dots (\text{式 11-4})$$

式中：

B —屏蔽透射因子；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶1m处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；本项目X-Flash放疗设备的等效等中心处最大X射线剂量率为8Gy/min，换算成 $H_0=4.33 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，后续计算均取此值；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；本项目关注点均为相应墙外30cm；对于主屏蔽区的关注点，辐射源点至关注点的距离为等中心位置至关注点的距离与源轴距之和；

f —有用束为1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率（0.2%）；

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

TVL_1 （cm）和 TVL （cm）—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度；

X_e —有效屏蔽厚度；

X —墙体屏蔽厚度。

参考上式来计算各关注点位受主射或漏射影响产生的辐射剂量率计算结果见下表：

表 11.1-3：各点位受主射或漏射影响产生的辐射剂量率计算结果一览表

点位	A	B	C1	C2	D	E	F	G'	H1/H2	I1	I2
贯穿墙体	东侧主屏蔽墙	西侧主屏蔽墙	屋顶主屏蔽墙	屋顶主屏蔽墙	侧屏蔽墙	迷路内墙+外墙	迷路外墙	迷路内墙	次屏蔽墙	屋顶次屏蔽墙	屋顶次屏蔽墙
设计厚度 $X(\text{cm})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
θ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
有效厚度 $X_e(\text{cm})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$TVL_l(\text{cm})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$TVL(\text{cm})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$R(\text{m})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
f	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$H_0(\mu\text{Sv/h})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$H(\mu\text{Sv/h})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

2、与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外点位

本次布设在与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外的点位有H、I1、I2。参考GBZ/201.2-2011，对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和水模体的一次散射辐射的复合作用，分别计算其泄漏辐射影响和散射辐射影响，再叠加得到叠加值。泄漏辐射所需厚度可参考（式11-2）（式11-3）和（11-4）进行计算；散射辐射先参考（式11-2）（式11-3）计算有效屏蔽厚度和屏蔽透射因子，再参考式（11-5）进行计算散射辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $H_{散}$ （ $\mu\text{Sv/次}$ ）。

$$H_{散} = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{（式 11-5）}$$

式中：

$H_{散}$ —水模体一次散射在与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α_{ph} —水模体 400cm^2 面积上垂直入射X射线散射至距其 1m （关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子；取水模体散射角为 45° ，附录B表B.2查出 10MV ， 45° 的散射因子 α_{ph} 为 1.35×10^{-3} ；

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；本项目取 $40 \times 40\text{cm}^2$ ；

R_s —水模体（位于等中心位置）至关注点的距离， m ；

其它符号同上文。

参考上式来计算相关点位的辐射剂量率，计算结果见下表：

表 11.1-4：与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙外点位辐射剂量率计算结果一览表

点位	H1/H2	I1	I2
设计厚度 $X(\text{cm})$	■	■	■
θ	■	■	■
有效厚度 $X_e(\text{cm})$	■	■	■
$TVL_1 (\text{cm})$	■	■	■
$TVL (\text{cm})$	■	■	■
B	■■■■	■■■■	■■■■
$R(\text{m})$	■	■	■
f	■	■	■
$H_0(\mu\text{Sv/h})$	■■■■	■■■■	■■■■
α_{ph}	■■■■	■■■■	■■■■
$H_{散} (\mu\text{Sv/h})$	■■■■	■■■■	■■■■
$H_{漏} (\mu\text{Sv/h})$	■■■■	■■■■	■■■■

3、机房防护门外点位

本次布设在机房防护门外的点位为 G。不同放疗设备对 G 点的辐射影响有所不同。分别计算 X-Flash 放疗设备和 e-Flash 放疗设备在 G 点产生的辐射影响，保守取其叠加值作为 G 点的年受照剂量。

(1) X-Flash 放疗设备对机房防护门外的影响

X-Flash 放疗设备对机房防护门外的影响由漏射和散射共同作用。

参考 GBZ/201.2-2011，迷路入口 G' 的漏射 ($H_{\text{漏}}$) 参考 (式 11-2) (式 11-3) 和 (11-4) 进行计算；迷路入口 G' 的散射 ($H_{\text{散}}$) 辐射先参考 (式 11-2) (式 11-3) 计算有效屏蔽厚度和屏蔽透射因子，再参考式 (11-6) 进行计算散射辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$H_{\text{散}} = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A_1}{R_2^2} H_0 \dots \dots \dots (\text{式 11-6})$$

式中：

$H_{\text{散}}$ —机房迷路入口处受到散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α_{ph} —水模体 400cm^2 面积上的散射因子，通常取 45° 散射角的值；查附录 B 表 B.2，本项目取 45° 散射角的 10MV 的散射因子，即 α_{ph} 为 1.35×10^{-3} ；

α_2 —墙入射的水模体散射辐射的散射因子，查附录 B 表 B.6，取散射角为 0° ，0.5MeV 栏内的值，为 22.0×10^{-3} ；

A_1 —j 点处的散射面积 m^2 ；散射面积约为 $1.18\text{m}(\text{墙宽}) \times 5.5\text{m}(\text{墙高}) = 6.49\text{m}^2$ ；

R_1 —第一次散射路径 O-j； $R_1 = 6.36\text{m}$ ；

R_2 —第二次散射路径 j-G； $R_2 = 11.86\text{m}$ ；

其它符号同上文。

计算结果为 $H_g = 61.91 \mu\text{Sv/h}$ 。

计算出迷路入口的漏射 ($H_{\text{漏}}$) 和散射 ($H_{\text{散}}$) 后，参考 (式 11-7) 计算 X-Flash 放疗设备对机房防护门外关注点 G 的影响。

$$H_{GX} = H_{\text{散}} \times 10^{-\left(\frac{X}{TVL}\right)} + H_{\text{漏}} \dots \dots \dots (\text{式 11-7})$$

H_{GX} —X-Flash 放疗设备测试出束时对防护门外 G 点影响的最大剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

X —防护门铅当量，cm；本项目防护门对 X 射线的主要屏蔽材料为 38mm 钢，在 10MV 时，铅的 TVL1 和 TVLe 均为 5.7，钢的 TVL1 和 TVLe 均为 11，用什值法

进行等效换算，计算结果为38mm钢与20mm铅屏蔽效果相当。

TVL—辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度，G'处的散射辐射能量约为0.2MeV，铅的TVL值为0.5cm。

计算结果为 $H_{GX}=1.87 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。

(2) e-Flash 放疗设备对机房防护门外的影响

e-Flash放疗设备对G点的影响由漏射、散射、中子和中子俘获 γ 射线共同作用。上文已经论证过，e-Flash放疗设备对G点的漏射、散射是远小于X-Flash放疗设备，因此本次保守取 H_{GX} 作为e-Flash放疗设备的漏射线束、散射线束对G点的影响。参考GBZ/201.2-2011，e-Flash放疗设备对G点的中子和中子俘获 γ 射线影响计算方式如下。

①总中子注量 (Φ_Y)

总中子注量 Φ_D 按下式进行计算：

$$\Phi_B = \frac{Q_n}{4\pi d_l^2} + \frac{5.4Q_n}{2\pi S} + \frac{1.26Q_n}{2\pi S} \dots\dots\dots \text{(式11-8)}$$

式中：

Φ_B —等中心处1Gy治疗照射时D处的总中子注量；（中子数/m²）/Gy；

Q_n —在等中心处每1Gy治疗照射时射出加速器机头的总中子数，对于本项目20MeV e-Flash放疗设备总中子数为 1.21×10^9 ；中子数/Gy；

d_l —散射距离（m），m；本次取8.68m；

S —机房的总内表面积，包括四壁墙、顶面和底面，不包括迷路内各面积，m²；本次取360.55m²；

参考上式，计算结果为 $\Phi_Y=4.84 \times 10^{-6}$ （中子数/m²）/Gy。

②机房入口的中子剂量率 (H_n)

机房内的中子经迷路散射后在机房入口门外30cm处无防护门时的剂量率按下式计算：

$$H_n = 2.4 \times 10^{-15} \cdot \Phi_Y \cdot \sqrt{\frac{S_0}{S_1}} \cdot [1.64 \times 10^{-(d_2/1.9)} + 10^{-(d_2/T_n)}] \cdot H_o \dots\dots \text{(式11-9)}$$

式中：

2.4×10^{-15} —该计算方法中的经验因子，Sv/(中子数/m²)；

H_n —机房入口的中子剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

S_0 —迷路内口的面积, m^2 ; 本次取 17.1m^2 ;

S_l —迷路横截面积, m^2 ; 本次取 11.25m^2 ;

d_2 —散射点到迷路入口的距离, m ; 本次取 11.2m ;

T_n —是个经验值, 与迷路横截面积有关, T_n 按(式11-10)计算:

$$T_n = 2.06\sqrt{S_l} \dots\dots\dots (\text{式11-10})$$

其它符号同上文。

参考上式, 计算结果为 $H_n=1.48 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ 。

③机房入口的中子俘获 γ 射线的剂量率 (H_r)

机房内及迷路中的中子在屏蔽物质作用时产生中子俘获 γ 射线, 机房入口门外30cm处无防护门时的中子俘获 γ 射线的剂量率按下式计算。

$$H_r = 6.9 \times 10^{-18} \bullet \Phi_\gamma \times 10^{-d_2/TVD} \times H_0 \dots\dots\dots (\text{式11-11})$$

式中:

6.9×10^{-16} —该方法中的经验因子, $\text{Sv}/(\text{中子数}/\text{m}^2)$;

H_γ —机房入口的中子俘获 γ 射线的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

TVD —将 γ 辐射剂量减至其十分之一的距离(称为什值距离), 对于18MV~25MV加速器为5.4m。

其它符号同上文。

参考上式, 计算结果为 $H_r=1.22 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。

④合计

参考GBZ/201.2-2011并结合本项目特点, 叠加X-Flash放疗设备和e-Flash放疗设备对机房防护门外的总的影响计算公式如下:

$$H_{Ge} = H_{GX} + H_\gamma \bullet 10^{-(X_\gamma/TVL_\gamma)} + H_n \bullet 10^{-(X_n/TVL_n)} \dots\dots\dots (\text{式11-12})$$

式中:

H_{Ge} —e-Flash放疗设备测试出束时对防护门外G点影响的最大剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

其它符号同上文。

参考上式, 计算结果为 $H_{Ge}=2.37 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。

4、天空反散射点位

因本项目测试间为 1 层建筑，楼上无其它楼层，评价范围内无比本项目高的楼层，故还需要考虑本项目射线装置因天空反散射现象，对机房外 20m~50m 范围内地面公众（P 点）的剂量贡献

参考 NCRP REPORT No.151 来计算天空反散射情况和屋顶厚度的计算。

$$S = T_1 + (n+1)T_e \dots\dots\dots \text{（式 11-13）}$$

$$B_{xs} = 10^{-n} \dots\dots\dots \text{（式 11-14）}$$

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \dots\dots\dots \text{（式 11-15）}$$

式中：

S —机房屋顶的屏蔽体厚度，cm；本次保守取测试间屋顶屏蔽体最薄的厚度，即次屏蔽墙的厚度；对于 1~3、6~8 号测试间，取 150cm；对于 4~5、9~10 号测试间屋顶，取 180cm；

T_1 —在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层，cm；

T_e —平衡十分之一值层，该值近似于常数，cm；本项目 X-Flash 放疗设备最大 X 射线能量为 10MV，混凝土的 $T_1=41\text{cm}$ ， $T_e=37\text{cm}$ ；

n —为十分之一值层的个数；

B_{xs} —X 射线屋顶的屏蔽透射比；

Ω —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角，Sr；

d_i —在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离，m；对于 1~3、6~8 号测试间，取 9.0m；对于 4~5、9~10 号测试间屋顶，取 8.58m；

d_s —X 射线源至参考点的距离，m；计算天空反散射参考点 P 为屏蔽墙外 20m-50m 范围内，因此 d_s 取最小值 20m（数据来源《辐射防护手册（第一分册）：辐射源与屏蔽》第 416 页表 8.3.1）；

D_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率，Gy/h；本次取 480Gy/h；

H —在距离 X 射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率，Sv/h；

一层、二层屋顶的厚度核算（天空反散射）示意图如下图：

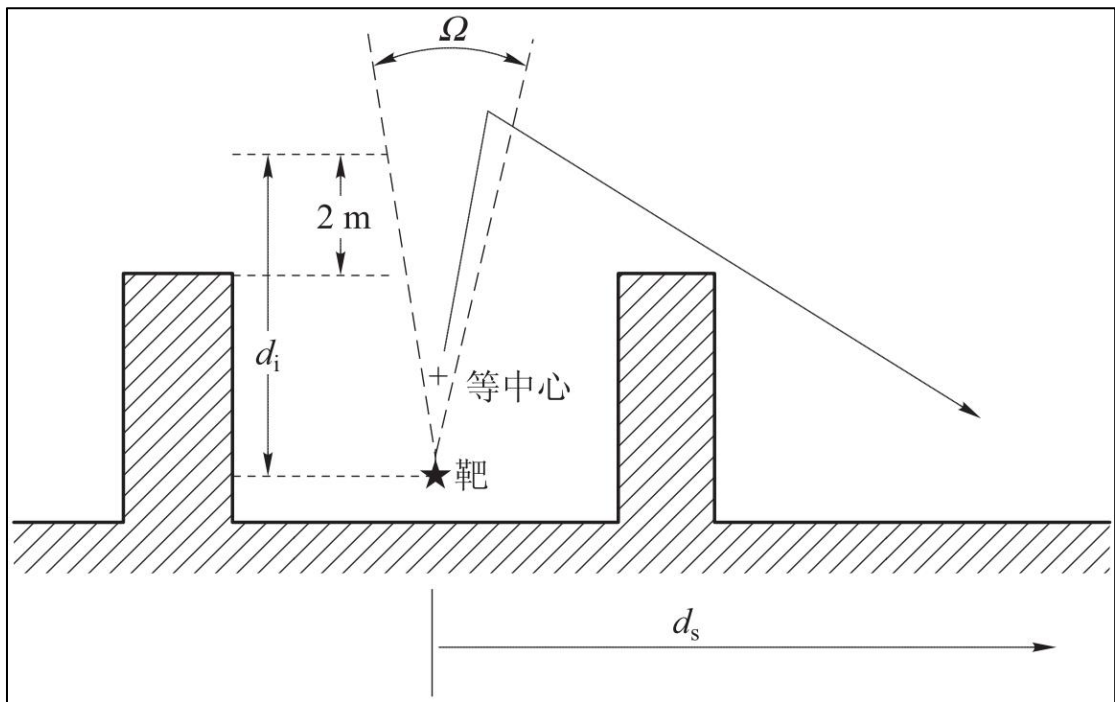


图 11-2：天空反散射辐射环境影响分析示意图

式中 Ω 的计算公式和示意如下，保守按照最大反散射面进行 Ω 计算：

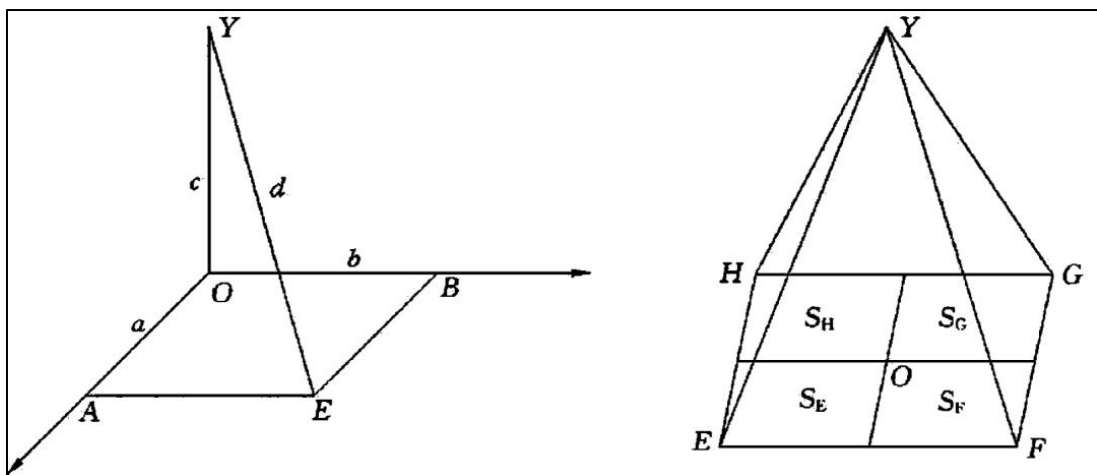


图 11-3：立体角计算示意图

经计算得到，1~3、6~8 号测试间 Ω 为 1.44Sr；4~5、9~10 号测试间 Ω 为 2.04Sr。

参考上式来计算测试间外地面关注点天空反散射剂量当量率，计算结果见下表：

表 11.1-5：测试间外地面关注点天空反散射剂量当量率计算结果一览表

参数	计算结果	
	1~3、6~8 号测试间 (净高 5.5m)	4~5、9~10 号测试间屋顶 (净高 4.5m)
Ω (Sr)	■	■
S (cm)	■	■

T_l (cm)		
T_e (cm)		
n		
B_{xs}		
D_{10} (Gy/h)		
d_i (m)		
d_s (m)		
H ($\mu\text{Sv/h}$)		
10 台射线装置同时出束情况下, 合计 H ($\mu\text{Sv/h}$)		

6、X 射线通过屋顶的侧向散射

本项目测试间建成后最高处为 7.3m, 所在 201 生产厂房高为 10.025m, 周边评价范围内建筑与本项目厂房相同高度, 工作人员位置高度均不会高于本项目加速器机房。综上, 本项目评价范围内无高层建筑, 无需考虑 X 射线通过屋顶的侧向散射对邻近高层建筑的辐射影响。

7、各关注点辐射剂量率计算结果小结

上文中已计算出测试间周围点位和天空反散射点位 (P) 点的辐射剂量率, 其余保护目标处的点位计算取值如下:

J/J' (北侧厂内道路): 该点位主要考虑 1~5 号或 6~10 号测试间内的射线装置同时出束对其的叠加辐射影响。本次为更加保守, 先单独计算 8 号机房内射线装置对其产生的辐射影响, 再取 5 倍该值作为叠加剂量率; 计算参考 (式 11-2) ~ (式 11-4)。

K (西侧厂内道路): 该点位主要考虑 1 号测试间内的射线装置的主射线束对其的辐射影响, 其它测试间内射线装置距该点位中间有多道屏蔽墙体, 因此对其影响可忽略不计; 计算参考 (式 11-2) ~ (式 11-4)。

L/L' (201 生产厂房组装区): 该点位主要考虑 1~5 号或 6~10 号测试间内的射线装置同时出束对其的叠加辐射影响。本次为更加保守, 直接取 5 倍 E 关注点的剂量率作为叠加剂量率;

M (201 生产厂房消防值班室): 该点位主要考虑 10 号测试间内的射线装置的散射线束对其的辐射影响, 其它测试间内射线装置距该点位中间有多道屏蔽墙体, 因此对其影响可忽略不计; 参考 (式 11-5) 进行计算, 通过测量得出, 入射角取 38° 。

N (5 号和 6 号测试间中间走廊): 该点位主要考虑受 5 号和 6 号测试间内射线

装置同时出束对其的辐射影响。本次为更加保守，直接取A点和B点的剂量当量率叠加。

本项目各关注点位辐射剂量率计算结果见下表：

表 11.1-6：各关注点位辐射剂量率计算结果一览表

楼层	点位编号	参考点位置	辐射剂量率 H (μSv/h) *
1~10 号测试间周围	A	走廊	
	B	相邻测试间	
	C1	1~3、6~8 号测试间屋顶（净高 5.5m）	
	C2	4~5、9~10 号测试间屋顶（净高 4.5m）	
	D	检修通道	
	E	防护门开启预留处	
	F	控制室	
	G'	迷路入口（防护门内）	
	G	防护门外	
	H1	走廊	
	H2	相邻测试间	
	I1	1~3、6~8 号测试间屋顶（净高 5.5m）	
	I2	4~5、9~10 号测试间屋顶（净高 4.5m）	
保护目标处	J/J'	北侧厂内道路	
	K	西侧厂内道路	
	L/L'	201 生产厂房组装区	
	M	201 生产厂房消防值班室	
	N	5 号和 6 号测试间中间走廊	
	P	机房外 20~50m	

*注：该数值也可理解为，在理论计算方法中，X-Flash 在 1 小时内单次运行 12 次后，对各关注点位产生的小时有效剂量累积值。

（五）各关注点年受照剂量计算方法及计算结果

由（式 11-16）估算各关注点的年附加有效剂量：

$$E=H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \dots\dots\dots \text{（式 11-16）}$$

式中：

H —关注点的剂量当量，μSv/h；

E —关注点的附加有效剂量，mSv/a；

h —工作负荷，h/a；本项目 X-Flash 放疗设备年最大运行时间约为 2006.67h；各关注点位中，主射方向的使用因子有所不同，根据建设单位提供资料，A、B 两点使用因子为 20%，工作负荷取 $2000h \times 20\% = 400h/a$ ，C1、C2 两点使用因子为 10%，工作负荷取 $2000h \times 10\% = 200h/a$ ；其它点位使用因子均为 1。

q —居留因子，参照 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 11.1-7：本项目各关注点的年附加有效剂量

楼层	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)
测试间周围	A	走廊	公众	■	■	■
	B	相邻测试间	职业	■	■	■
	C1	1~3、6~8 号测试间 (净高 5.5m)	公众	■	■	■
	C2	4~5、9~10 号测试间屋顶 (净高 4.5m)	公众	■	■	■
	D	狭缝	公众	■	■	■
	E	防护门开启预留处	公众	■	■	■
	F*	控制室 (辐射工作管理岗)	职业	■	■	■
		控制室 (射线装置操作岗)	职业	■	■	■
	G'	迷路入口 (防护门内)	公众	■	■	■
	G	防护门外	公众	■	■	■
	H1	走廊	公众	■	■	■
	H2	相邻测试间	职业	■	■	■
	I1	净高 4.5m 机房屋顶	公众	■	■	■
	I2	净高 5.5m 机房屋顶	公众	■	■	■
保护目标处	J/J'	北侧厂内道路	公众	■	■	■
	K	西侧厂内道路	公众	■	■	■
	L/L'	201 生产厂房组装区	公众	■	■	■
	M	201 生产厂房消防值班室	公众	■	■	■
	N	5 号和 6 号测试间中间走廊	公众	■	■	■
	P	机房外 20~50m	公众	■	■	■

*注：①本项目辐射工作人员中的辐射工作管理岗工作人员每天可能会前往多间测试间的控制室进行技术指导，由于本项目的射线装置实际出束时间较短，因此在理论上存在辐射工作管理岗工作人员在同一天累积遭受了 10 台射线装置辐射的情况。虽然这种概率极小，但为求保守，本次将其工作负荷调乘 10 倍。而射线装置操作岗工作人员每天固定在一间测试间工作，不会出现上述情况。

②本项目辐射工作人员还会外出至购买本项目 Flash 放疗设备的医院，为其提供产品调试服务，本次保守取每台调试时间 1h，年调试时间为 100 台*1h=100h。

由上表可得出，本项目职业人员受到的附加有效剂量最大为 $1.01 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，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 $5.57 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足公众有效剂量不超过 0.1mSv/a 的管理限值要求。

(六) 计算结果验算

为达到与单次运行视角计算结果核对、为后续监测计划提供数据小时剂量率

监测上限值的目的，再次选择X-Flash放疗设备的单次出束视角和假设连续出束视角数据按上文进行计算，计算点位为测试间屏蔽体外30cm处的点位，从（式11-2）~（式11-16）中选取使用公式。

在选择单次出束视角的参数进行计算时，源强 H_0 单位为 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{次}$ ；计算的屏蔽体外30cm处剂量率 H 的单位为 $\mu\text{Sv}/\text{次}$ 。

在选择假设连续出束视角的参数进行计算时，X-Flash放疗设备单次最大出束剂量为40Gy，单次出束时间为0.13~1s，等中心X射线剂量率约2400~18000Gy/min，在单次出束模式下，最大年出束次数为24000次，年出束时间约0.87~6.67h。为本次取两端的极端值进行验算，即假设连续出束工况（一）和假设连续出束工况（二）。

表 11.1-8：验算计算参数表

工况	H_0 等中心 X 射线剂量率		h 工作负荷
单次出束	40Gy/次	$3.61 \times 10^7 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{次}$	24000 次/年
假设连续出束工况（一）	2400Gy/min	$1.30 \times 10^{11} \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	1s*24000 次=6.67h/a
假设连续出束工况（二）	18000Gy/min	$1.62 \times 10^{12} \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	0.13s*24000 次=0.87h/a

主要计算参数从上表中取值，其余的参数及取值方法与上文中一致。

单次运行视角与另外三种视角小时辐射剂量率和年附加有效剂量计算结果见下表：

表 11.1-9：单次运行工况与三种验算工况辐射剂量率计算结果对比一览表

点位编号	参考点位置	上文计算结果	验算结果		
		单次运行工况（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）	单次出束工况（ $\mu\text{Sv}/\text{次}$ ）	假设连续出束工况（一）（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）	假设连续出束工况（二）（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）
A	走廊	■	■	■	■
B	相邻测试间	■	■	■	■
C1	1~3、6~8 号测试间屋顶（净高 5.5m）	■	■	■	■
C2	4~5、9~10 号测试间屋顶（净高 4.5m）	■	■	■	■
D	检修通道	■	■	■	■
E	防护门开启预留处	■	■	■	■
F	控制室	■	■	■	■
G'	迷路入口（防护门内）	■	■	■	■

G	防护门外				
H1	走廊				
H2	相邻测试间				
I1	1~3、6~8 号测试间屋顶（净高 5.5m）				
I2	4~5、9~10 号测试间屋顶（净高 4.5m）				

表 11.1-10：单次运行工况与三种验算工况年附加有效剂量计算结果对比一览表

点位编号	参考点位置	年附加有效剂量计算结果（mSv/a）			
		单次运行工况	单次出束工况 ^①	假设连续出束工况（一）	假设连续出束工况（二）
A	走廊				
B	相邻测试间				
C1	1~3、6~8 号测试间屋顶（净高 5.5m）				
C2	4~5、9~10 号测试间屋顶（净高 4.5m）				
D	检修通道				
E	防护门开启预留处				
F	控制室 ^②				
G'	迷路入口（防护门内）				
G	防护门外				
H1	走廊				
H2	相邻测试间				
I1	1~3、6~8 号测试间屋顶（净高 5.5m）				
I2	4~5、9~10 号测试间屋顶（净高 4.5m）				

注：①因单次出束工况的瞬时剂量率单位为 $\mu\text{Sv}/\text{次}$ ，故只需将（式-16）中的工作负荷 h 由 h/a 改为次/年即可继续使用该式进行计算，取 24000 次；②因本表目的主要是验算计算方法，故暂不区分考虑控制室内不同岗位辐射工作人员的受照情况。

由上表可得，本次辐射环境影响分析所选用的单次运行视角，与验算视角的年附加有效剂量计算结果基本一致（最大仅小数点后百分位略有误差，由单位换算和计算过程中的四舍五入引起），能够有力证明在上文中，采取单次运行视角的源强参数进行辐射环境影响分析是科学有效的。

（七）屏蔽体厚度优化分析

在本节对屏蔽体厚度的合理性、科学性进行优化分析。

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 $5000\mu\text{Sv/a}$ ，公众取 $100\mu\text{Sv/a}$ ； 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 $250\mu\text{Sv}$ 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 $100\mu\text{Sv/h}$ 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 11.1-11：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	走廊	1.25	2.5	1.25
B	相邻测试间	1.25	2.5	1.25
C1	1~3、6~8 号测试间屋顶（净高 5.5m）	/	/	100
C2	4~5、9~10 号测试间屋顶（净高 4.5m）	24.92	/	24.92
D	检修通道	0.8	2.5	0.8
E	防护门开启预留处	0.4	2.5	0.4
F	控制室 ^②	2.49	2.5	2.49
G'	迷路入口（防护门内）	0.4	2.5	
G	防护门外	0.4	2.5	0.4
H1	走廊	0.25	2.5	1.37
H2	相邻测试间	4.98	2.5	3.74
I1	1~3、6~8 号测试间屋顶（净高 5.5m）	/	/	100
I2	4~5、9~10 号测试间屋顶（净高 4.5m）	24.92	/	24.92

注：①机房防护门厚度在上文中已计算；②C1、I1 点位于 1~3、6~8 号测试间屋顶（净高 5.5m），属于不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，剂量率参考控制水平直接取 $100\mu\text{Sv/h}$ ；C2、I2 点位于 4~5、9~10 号测试间屋顶（净高 4.5m），机房顶偶尔会有工作人员进行通排风系统检修，因此以年剂量 $250\mu\text{Sv}$ 加以控制。

2、屏蔽体厚度核算计算结果

仍然选用单次运行视角的参数，先根据（式11-2）~（式11-4）进行反算，确定所有关注点受主射和漏射影响的墙体屏蔽厚度理论计算值（ X_1 ）；对于位于次屏蔽区的关注点，还要根据（式11-2）（式11-3）（式11-5）确定其受散射影响的墙体屏蔽厚度理论计算值（ X_2 ），随后参考GBZ/T201.1 4.3.6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。”

最后将优化后的理论计算值（ X_{max} ）与墙体屏蔽厚度实际值相对比，具体计算及对比结果见下表。

根据表中数据，可知测试间现有屏蔽墙体厚度能够满足屏蔽防护要求。

表 11.1-12：屏蔽体厚度核算计算及对比结果一览表

关注点	A	B	C1	C2	D	E	F	H1	H2	I1	I2
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$R(\text{m})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$X_1(\text{cm})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$X_2(\text{cm})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$X_{\max}(\text{cm})$	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
墙体屏蔽厚度实际值 (cm)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
是否满足	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是

3、线束主屏蔽体宽度核算

参考GBZ/201.2-2011，本次对有用线束照射的主屏蔽体宽度进行核算，本项目主屏蔽体类型分为两种：主屏蔽体内凸和主屏蔽体外凸。本项目X-Flash放疗设备最大出束角度为 28° 。三种主屏蔽体的计算方法示意图和计算公式如下：

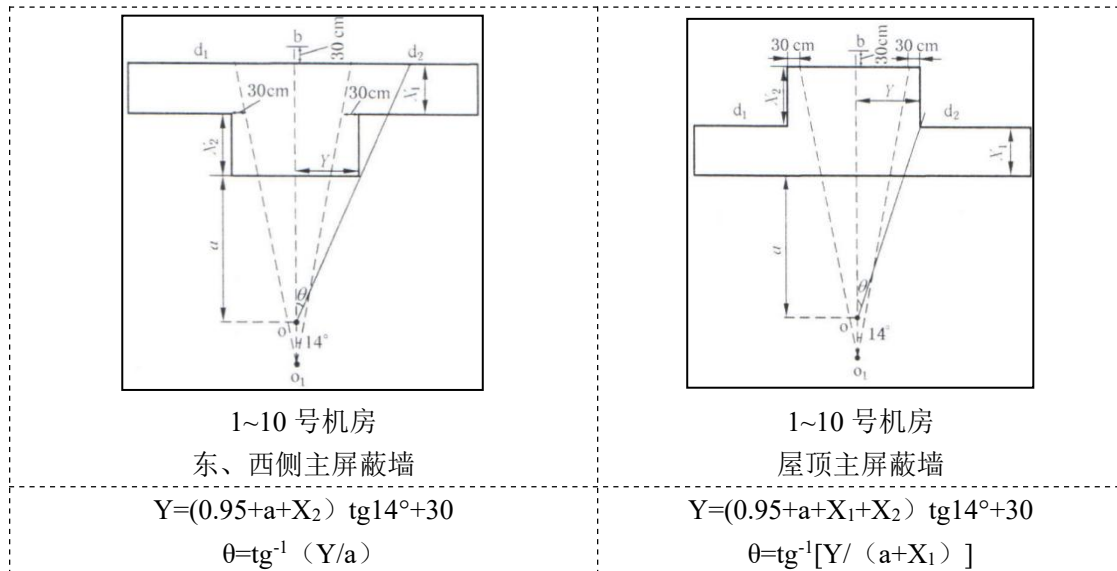


图 11-4: 本项目主屏蔽体宽度核算方法示意图

表 11.1-13：本项目主屏蔽体宽度核算结果一览表

屏蔽体	1~10 号机房 东、西侧主屏蔽墙	1~3 及 6~8 号机房 屋顶主屏蔽墙	4~5 及 9~10 号机房 屋顶主屏蔽墙
理论计算值 (cm)	362	416	373
实际设计值 (cm)	370	420	380
结论	满足要求	满足要求	满足要求

根据上表，各个主屏蔽体宽度的实际设计值均大于理论计算值，同时在计算时，已经多预留了30cm宽度，因此本项目有用线束照射的主屏蔽体宽度能够满足要求。

（八）关于单次蓄能后出束工况选取合理性的论证

Flash放疗设备在单次蓄能后，可将积蓄的能量仅通过1次出束全部释放（下文简称“单次出束模式”）；同时因测试需要，单次蓄能后也可将积蓄的能量分多次出束（具体出束次数和每次的出束剂量根据测试需要确定，出束次数最多不超过5次；下文简称“多次出束模式”），无论分几次出束，出束剂量总和的最大值为固定值。

本次通过定性分析和定量试算相结合的方法分别对单次出束模式和多次出束模式的辐射环境影响进行论证。

1、两种工况对屏蔽体外关注点的累积有效附加剂量验证

本次以X-Flash放疗设备为试算射线装置，以单次蓄能后的出束次数、单次出束的剂量和主要考虑线束为控制变量，选取了具有代表性的屏蔽体外30cm处关注点位，按照上文中的公式进行试算，计算结果一览表见下表：

表 11.1-14：两种工况对屏蔽体外关注点的累积有效附加剂量试算结果一览表

试算情形一：每次均分剂量+主射线束								
单次运行总出束剂量 (Gy)	出束次数 (次)	单次出束剂量 (Gy/次)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{次}$)	试算点位	考虑线束	$H(\mu\text{Sv}/\text{次})$	E (mSv/次)	$\Sigma E(\mu\text{Sv}/\text{累积次数})$
40	1	40	3.61E+07	A	主射	5.78E-03	1.16E-06	1.16E-06
40	2	20	1.81E+07	A	主射	2.89E-03	5.78E-07	1.16E-06
40	3	13.33	1.20E+07	A	主射	1.93E-03	3.86E-07	1.16E-06
40	4	10	9.03E+06	A	主射	1.45E-03	2.89E-07	1.16E-06
40	5	8	7.22E+06	A	主射	1.16E-03	2.31E-07	1.16E-06
试算情形二：每次均分剂量+散射线束								
单次运行总出束剂量 (Gy)	出束次数 (次)	单次出束剂量 (Gy/次)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{次}$)	试算点位	考虑线束	$H(\mu\text{Sv}/\text{次})$	E (mSv/次)	$\Sigma E(\mu\text{Sv}/\text{累积次数})$
40	1	40	3.61E+07	H1	散射	3.43E-01	6.85E-05	6.85E-05
40	2	20	1.81E+07	H1	散射	1.71E-01	3.43E-05	6.85E-05
40	3	13.33	1.20E+07	H1	散射	1.14E-01	2.28E-05	6.85E-05
40	4	10	9.03E+06	H1	散射	8.57E-02	1.71E-05	6.85E-05
40	5	8	7.22E+06	H1	散射	6.85E-02	1.37E-05	6.85E-05
试算情形三：每次分均分剂量+主射线束								
单次运行总出束剂量 (Gy)	出束次数 (次)	单次出束剂量 (Gy/次)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{次}$)	试算点位	考虑线束	$H(\mu\text{Sv}/\text{次})$	E (mSv/次)	$\Sigma E(\mu\text{Sv}/\text{累积次数})$
40	1	40	3.61E+07	A	主射	5.78E-03	1.16E-06	1.16E-06
40	1	2	1.81E+06	A	主射	2.89E-04	5.78E-08	1.16E-06
	1	3	2.71E+06	A	主射	4.34E-04	8.68E-08	
	1	5	4.51E+06	A	主射	7.23E-04	1.45E-07	
	1	10	9.03E+06	A	主射	1.45E-03	2.89E-07	
	1	20	1.81E+07	A	主射	2.89E-03	5.78E-07	

根据上表试算结果可以得出，单次蓄能后，无论是单次出束模式和多次出束模式，对屏蔽体周围的关注点造成的累积有效附加剂量结果数值相同。

2、两种模式对本次环评采取的3种关注视角源强的保守程度验证

(1) 单次出束视角：单次蓄能后，仅1次将全部剂量出束，在出束时间固定的情况下，对屏蔽体外各关注点所致的瞬时剂量率更大，符合环境影响评价最不利原则；

(2) 单次运行视角：该视角的源强-等效等中心最大X射线剂量率是单次运行所出束的总剂量与单次运行时间的比值，仅1次出束工况的运行时间明显比多次出束的运行时间小，故仅1次出束工况的源强更大，符合环境影响评价最不利原则；

(3) 假设连续出束视角：该视角的源强与Flash放疗设备实际的等中心X射线剂量率有关，与单次蓄能后的出束次数无关；

3、小结

本次环评主要选取单次出束模式进行预测分析，理由如下：

①单次出束模式和多次出束模式对屏蔽体周围的关注点造成的累积有效附加剂量结果一致；

②在从单次出束视角预测对屏蔽体周围的关注点造成的辐射环境影响时，以及在从单次运行视角进行预测分析时，单次出束模式均更加保守；

③多次出束模式的出束次数和单次出束剂量均无法确定，而单次出束模式出束次数和最大出束剂量均能够确定，不仅有利于文本描述，还便于定量预测计算；

综上所述，本次环评主要选取单次出束模式进行预测分析，具备合理性和科学性。

虽然上述两种工况对屏蔽体周围的关注点造成的累积有效附加剂量结果一致，但多次出束模式的实际出束时间比单次出束模式略长，理论上增加了周围公众受到贯穿屏蔽体的射线的照射风险概率，因此本次环评对建设单位提出以下建议：

①进行出束测试前应对测试间周围进行清场，以防止无关人员逗留从而受到不必要的照射；

②合理规划单次蓄能后的出束工况，尽量减少出束次数；严格按照本报告中规定的出束次数上限制定测试方案，不得出现超过出束次数上限的情况。

二、大气环境影响分析

本项目主要产生的废气有感生放射性气体、臭氧、焊接烟尘、有机废气，其中焊接烟尘和有机废气的产量较小，本次主要对感生放射性气体和臭氧进行分析。

（一）感生放射性气体对本项目工作人员的影响

测试间设有机排风系统，1~5号测试间共用一台柜式离心风机，6~10号测试间共用一台柜式离心风机，单台柜式离心风机的排风量为15500m³/h。出束测试工序开始后，通排风系统将持续运行。在5间测试间同时作业的极端情况下，单间测试间的排风量为15500m³/h÷5=3100m³/h。本项目1~3号及6~8号测试间容积为532.44m³，则每小时换气次数为3100m³/h÷532.44m³≈5.8次，每10.34min即可将测试间完全换气一次；4~5号及9~10号测试间容积为413.1m³，则每小时换气次数为3100m³/h÷413.1m³≈7.5次，每8min即可将测试间完全换气一次。

本次环评要求建设单位工作人员在使用eFlash放疗设备进行出束测试后，等待通排风系统运行10.34min（使用1~3号及6~8号测试间）或8min（使用4~5号及9~10号测试间），方可进入测试间进行设备调试、拆装，将感生放射性气体对本项目工作人员的影响降到最低。

（二）感生放射性气体对本项目外公众的影响

1、源强计算

根据上文中感生放射性气体的详细分析，产生感生放射性气体种类主要考虑氮-13，其产生线束主要考虑0°方向上产生的X射线，其能量取平均值13.2MV，其关键照射途经为浸没外照射。参考《辐射防护手册》（三分册）X射线在空气中感生放射性核素氮-13的生成率见下表。

表 11.2-1：X 射线在空气中感生的氮-13 生成率

能量 (MeV)	氮-13 生成速率(μCi/s·mA·MeV)
14	460*
15	920
18	1280
20	2440
22	4100

注：表中未给出 13.2MV 能量下氮-13 的生成率，本次保守取 14MV 的氮-13 生成率。

本项目 e-Flash 放疗设备单次最大实际出束时间可达 30s，每小时最多出束 12 次，则每小时总出束时间为 360s。e-Flash 放疗设备运行 360s 后氮-13 的产生

量为:

氮-13 产生量=460 (μCi/s·mA·MeV) × 360 (s) × 0.36mA (均值 120*0.3%) × 13.2 (MeV) × 78% (氮在空气中的百分比) × 10% (13.2MV 的线束占总线束的份额) × 37000 (Bq/μCi) ≈ 2.27×10⁹Bq。

氮-13 感生放射性气体排放速率=2.27×10⁹Bq/1h=2.27×10⁹Bq/h。单间测试间的排风量至少为 3100m³/h，排口平均排放浓度= (2.27×10⁹Bq/h) / (3100m³/h) =7.33×10⁵Bq/m³。

2、公众受照射剂量估算

氮-13感生放射性气体关键照射途经为浸没外照射，浸没外照射全身剂量当量计算公示如下：

$$H_A = t \bullet C_i \bullet G_A \dots\dots\dots \text{(式11-17)}$$

式中：
H_A—年空气浸没全身剂量当量，Sv/a；
t—年受照时间，s；本次取30s×12次×8h×250天=720000s；
C_i—氮-13空气浓度，Bq/m³；
G_A—烟云浸没照射剂量当量转换因子，对于氮-13为4.3×10⁻¹⁷Sv/(Bq·s·m⁻³) (根据IAEA 19号报告表III.1查得)。

本次评价按点源计算，根据《环境影响评价技术导则-大气环境》附录A推荐模型中的AERSCREEN模式，点源污染源计算参数和不同距离处氮-13感生放射性气体落地浓度及浸没外照射全身剂量当量见下表。

表 11.2-2：点源污染源计算参数一览表

名称	排气筒高度 (m)	排气筒出口内径 (m)	排风量 (m ³ /h)	烟气温度 (°C)	年排放小时数 (h)	排放工况	污染物排放速率 (Bq/h)
氮-13	15	0.5	3100	环境气温	200	正常	2.27×10 ⁹

表 11.2-3：估算模型参数表

参数		取值
城市农村/选项	城市/农村	城市
	人口数(城市人口数)	2147.4 万
最高环境温度		41.3°C
最低环境温度		-2.5°C
土地利用类型		建设用地

区域湿度条件		湿润地区	
--------	--	------	--

表 11.2-4：放射性气体不同距离处落地浓度计算结果

序号	离源距离(m)	氮-13 感生放射性气体（Bq/m³）	氮-13 浸没外照射年有效剂量（mSv/a）
1	10		
2	100		
3	116（最大值）		
4	200		
5	300		
6	400		
7	500		

根据上表，单台射线装置产生的氮-13感生放射性气体所致公众最大受照射剂量为 $9.09\times10^{-5}\text{mSv/a}$ ，考虑极端情况，即10台射线装置产生的氮-13感生放射性气体所致公众最大受照射剂量为 $9.09\times10^{-4}\text{mSv/a}$ ，满足 0.1mSv/a 剂量约束值，因此本项目排放的放射性气体对周围辐射环境影响较小。

（三）臭氧

本次先分别计算X-Flash放疗设备和e-Flash放疗设备出束一次所导致的测试间臭氧浓度，再选择其较大值来进行本项目臭氧相关预测。

1、X-Flash 放疗设备所致臭氧浓度

参考《辐射防护手册（三分册）》，本项目 X-Flash 放疗设备产生的 X 射线所致臭氧浓度由下式计算：

$$P=2\times10^{-9}D_{10}SL\rho\cdots\cdots\cdots\text{（式 11-18）}$$

$$C=\frac{PT}{V}\cdots\cdots\cdots\text{（式 11-19）}$$

式中：

P —臭氧产生率（mg/h）；

D_{10} —X 射线在距靶 1m 处的最大剂量当量率，Gy/h；本次取 $40\text{Gy/次}\times12\text{次/h}=480\text{Gy/h}$ ；

S —最大治疗野面积，m²；本次取 0.16m^2 ；

L —X 射线在空气中的路径长度（机头至屏蔽墙体的最长距离），m；本次取 5m ；

ρ —臭氧密度，取 $2.14\times10^3\text{mg/L}$ 。

C —臭氧浓度, mg/m^3 ;

T —出束时间, h ; X-Flash 放疗设备单次出束时间最大为 1s ;

V —机房容积, m^3 ; 本次保守取容积较小的测试间容积, 即 413.1m^3 ;

参考上式, 计算结果为 $C=3.98\times 10^{-6}\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2、e-Flash 放疗设备所致臭氧浓度

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

$$C = 3.25[SITd/V]\times 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{式 } 11-20)$$

式中:

C —臭氧浓度, mg/m^3 ;

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 20MeV 电子能量的阻止本领, 本次保守取 50MeV 电子能量的组织本领, 即 $3.0\text{keV}/\text{cm}$;

I —电子束流强度, mA ; 取 120mA ;

T —照射时间, s ; e-Flash 放疗设备出束时间最大为 30s ;

d —电子在空气中的行程 (cm), 取 e-Flash 放疗设备机头至床体距离 50cm ;

V —机房容积, m^3 ; 本次保守取容积较小的测试间容积, 即 413.1m^3 ;

参考上式, 计算结果为 $C=4.25\text{mg}/\text{m}^3$ 。

3、平衡浓度计算

经上文计算, 得出在同样单次出束的情况下, e-Flash 放疗设备所致的臭氧浓度远高于 X-Flash 放疗设备, 因此选取 e-Flash 放疗设备的参数用作平衡浓度计算。

本项目 e-Flash 放疗设备, 臭氧不断产生, 考虑到室内连续通风和臭氧自身的化学分解 (有效化学分解时间约 50min), 测试间内空气中臭氧在单次运行时间 (t) 的平衡浓度 C_s (mg/m^3) 由下式计算:

$$C_s = \frac{CT_e}{V} \dots\dots\dots (\text{式 } 11-21)$$

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \dots\dots\dots (\text{式 } 11-22)$$

式中:

C_s —臭氧平衡浓度， mg/m^3 ；

C —臭氧浓度， mg/m^3 ；取上文计算出的 e-Flash 放疗设备单次出束导致的臭氧浓度，即 $4.25\text{mg}/\text{m}^3$ ；

T_e —臭氧的有效清除时间，h；

T_v —机房换气一次所需时间，h；本项目机房排风量为 $3100\text{m}^3/\text{h}$ ，因此单次换气时间约 0.17h；

T_d —臭氧的有效化学分解时间，取 0.83h；

V —机房体积；本次保守取容积较小的测试间，即 413.1m^3 ；

经计算，e-Flash 放疗设备单次出束后，加速器机房内臭氧平衡浓度为 $1.45 \times 10^{-3}\text{mg}/\text{m}^3$ ，平衡浓度小于《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 要求。

由于e-Flash放疗设备出束调试时通排风系统一直在运行，且每小时通风量为 $3100\text{m}^3/\text{h}$ ，风机换气量为每小时换气数5.8次（取容积较大的测试间容积 532.44m^3 计算），满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）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，假设10间机房同时出1小时，则排放口浓度为 $1.45 \times 10^{-3}\text{mg}/\text{m}^3 \times 10\text{台} \times 12\text{次} = 0.17\text{mg}/\text{m}^3$ ，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 $\leq 0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 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

本项目运营期无生产废水产生。工作人员生活污水经化粪池处理后通过市政管网排入游仙区污水处理厂。园区配套建设有污水处理站但目前未投运，待园区污水处理站投运后，生活污水经化粪池处理后排入园区污水处理站。

在正常工况下，Flash放疗系统冷却循环废水循环使用不外排；在非正常工况和事故工况下，可能会有感生放射性冷却水的产生。建设单位拟配备总有效容积为4000L的不锈钢收集桶，用于在非正常工况和事故工况下感生放射性冷却水的收集。冷却水中主要放射性核素为氮-16，其半衰期极短仅7.13s，经过短暂暂存衰变后即可降低至本底水平，最终冷却水经监测达标后（总 $\beta \leq 10\text{Bq}/\text{L}$ ）排入市政污水管网，对地表水影响影响较小。

四、声环境影响分析

本项目运营期噪声来源主要有通排风系统、冷却水循环设备、货物搬运、零件组装等，其中冷却水循环设备设备、货物搬运、零件组装等噪声源强一般低于60dB(A)，经墙体隔声和距离衰减后，对区域声环境功能区影响较小，本次主要分析通排风系统对声环境功能区的影响。

本项目4~5号测试间顶部的通排风系统可视做点声源一，9~10号测试间顶部的通排风系统可视做点声源二。两个点声源在工作时均会产生一定的噪声，根据建设单位提供资料，在最极端情况下，即所有通排风系统同时开启时，其噪声值最大可达约100dB(A)，建设单位拟设置隔音罩、减震垫等降噪设备，可以将噪声源强降至80dB(A)。

影响噪声衰减的因素很多，本次评价主要考虑距离衰减，按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）中的无指向性点声源几何发散衰减模式，分别计算两个点声源在厂界处的贡献值，再进行叠加，计算公式如下：

$$L_p(r) = L_p(r_0) - 20 \lg(r/r_0) - T \dots\dots\dots \text{(式 11-23)}$$

$$L_{\text{总}} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{pi}} \right) \dots\dots\dots \text{(式 11-24)}$$

式中：

$L_p(r)$ —预测点处声压级，dB；

$L_p(r_0)$ —参考位置 r_0 处的声压级，dB；本次取80dB；

r —预测点距声源的距离，m；

r_0 —参考位置距声源的距离，m；

T —厂房隔声量，本次取10dB。

根据上式的计算结果见下表

表 11.3-1：噪声源衰减预测结果

点位	北侧厂界	西侧厂界	南侧厂界	东侧厂界
与点声源一距离 r_1 (m)	24.5	38.0	148.75	129.51
与点声源二距离 r_2 (m)	24.5	105	148.75	62.51
点声源一 $L_{p1}(r)$ (dB)	42	38	27	28
点声源二 $L_{p2}(r)$ (dB)	42	30	27	34
总贡献值	45	39	30	35

注：生产基地目前无其它生产噪声源。

由上表可以看出，本项目噪声源距离建设单位厂界最近约 24.5m，该处的噪声预测值能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）3 类区标准限值（昼间 65dB（A），夜间 55dB（A））的要求，不会对周围声环境产生明显影响。

五、固体废物环境影响分析

运营期产生的含油废抹布、废劳保用品以及移动式焊烟净化器中收集的焊烟颗粒物定期交由有资质单位处理；生活垃圾经生活垃圾收集点暂存后，由环卫部门统一转运处理；产生的废包装物先将可循环利用部分统一收集、出售，再将不可回收部分交由环卫部门统一转运处理。在少数情况下产生的感生放射性固体废物暂存于测试间的15mm铅箱中，经监测达标（ β 表面沾污 $\leq 0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， γ 辐射剂量率水平接近本底水平）后，可作为一般固体废物处置，若监测不达标则继续衰变或交由有资质单位处理。

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 11.4-1：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 11.4-2：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，Flash放疗设备主要环境风险因子为X射线和电子线，危害因素为X射线和电子线超剂量照射，Flash放疗设备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。根据本项目实际情况以及国外同类装置运行情况，可能发生的辐射事故如下：

1、工作人员还未全部撤出机房时，辐射工作人员启动Flash放疗设备，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，Flash放疗设备出束时无关人员打开屏蔽门并误入，造成人员被误照射，引发辐射事故。

3、本项目Flash放疗系统冷却水可能因管道破裂、操作失误等原因产生泄露。冷却水在运行过程中会受到电离辐射而产生感生放射性，在冷却水中主要通过（n,p）核反应产生氮-16，氮-16半衰期仅7.13s，能在很短的时间内降低至本底水平。在泄漏情况下可通过围堰收集后排入冷却水收集桶，不会对周围环境造成影响，不构成辐射事故，属于辐射事件。

（二）事故工况下辐射影响分析

本项目 Flash 放疗设备取可能发生的最大可信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加速器主射束方向被误照射。

本项目 X-Flash 放疗设备单次最大出束剂量为 40Gy，单次出束时间为 0.13~1s；e-Flash 放疗设备单次最大出束剂量为 50Gy，单次出束时间为 0.1~30s。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，则事故情况下人员距加速器机头 1m 处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 11.4-3：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
Flash 放疗设备	X射线和电子线	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 Flash 放疗设备可能发生的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、本项目每间测试间每年会被多台射线装置陆续测试使用，每次新组装的射线装置在测试间进行安装后，建设单位都必须仔细践行相关辐射安全防护措施的安装，在确保一切辐射安全防护措施（特别是巡检按钮措施）安全有效后，才能正式出束测试；

2、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，避免事故的发生；

3、凡涉及对射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，操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；

4、严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如果监测表明测试间外辐射水平偏高，应适当增加测试间屏蔽体厚度；

5、定期对各测试间的安全装置有效性进行检查；

6、建设单位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、设备安装调试时必须由建设单位专门负责调试的技术人员负责完成，安装调试时关闭维修门，并在机房门外设立辐射警示标志；

8、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；

9、对冷却水系统定期进行检修，杜绝“跑、冒、滴、漏”事件的发生。

非辐射事故影响分析

一、风险潜势分析

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）对本项目使用的危险物质进行辨识，计算所涉及的每种危险物质在厂界内的最大存在总量与其对应临界量的比值Q。当存在多种危险物质时，则按下式计算Q值。

$$Q = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \frac{q_3}{Q_3} + \dots + \frac{q_n}{Q_n} \dots\dots\dots \text{(式 11-25)}$$

式中：

$q_1, q_2, \dots, q_n$ ——每种危险物质的最大存在总量，t；

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ——每种危险物质的临界量，t；

项目危险物质总量与其临界量比值（Q）计算结果见下表。

表 11.5-1：项目危险物质总量与其临界量比值(Q)计算结果表

危险物质名称	CAS 号	最大储存量	储存方式	临界量（t）	q/Q
75%酒精	64-17-5	40L	桶装	500	6.31E-05
95%酒精	64-17-5	10L	桶装	500	1.57E-05
油漆	/	200kg	桶装	1000	2E-04
柴油	/	100kg	桶装	1000	1E-04
香蕉水	/	100kg	罐装	/	/
六氟化硫	2551-62-4	200L	气瓶	/	/
氦气	/	200L	气瓶	/	/
氮气	/	200L	气瓶	/	/

经计算，项目危险物质数量与临界量比值远小于1，故本项目环境风险潜势可直接判定为I，环境风险评价工作等级为简单分析，项目环境风险不设置专项评价。

二、环境风险识别

本项目危险物质特性如下：

表 11.5-2：危险物料物理理化性质一览表

物料名称	理化特性	危害特性
75%酒精	俗称酒精、火酒，是醇类化合物的一种，化学式为 C_2H_6O	低毒性、蒸发后有燃爆危险性
95%酒精		
油漆	由成膜物质、填料（颜填料）、溶剂、助剂等四部分组成，主要化学成分包括树脂、有机物等	毒性、可燃性
柴油	复杂烃类（碳原子数约 10~22）混合物，沸点范围有 $180^{\circ}C \sim 370^{\circ}C$ 和 $350^{\circ}C \sim 410^{\circ}C$ 两类	毒性、刺激性、可燃性
香蕉水	一种由多种有机溶剂配制而成的无色易挥发液体混合物，主要成分有甲苯、醋酸丁酯、环己酮、乙酸异戊酯、乙二醇乙醚醋酸酯等。因为其中含有的乙酸异戊酯有香蕉气味，故得名香蕉水	毒性、刺激性、麻醉作用。可燃性
六氟化硫	一种无机化合物，化学式为 SF_6 ，常温常压下为无色无臭无毒不燃的稳定气体	低毒性、对人体有窒息性作用
氦气	稀有气体，化学式为 He ，无色无味，化学性质不活泼，一般状态下很难和其他物质发生反应	无毒、对人体有窒息风险
氮气	化学式 N_2 。常温常压下是一种无色无味的气体，空气的重要组成部分	无毒、对人体有窒息和低温损伤风险

三、环境风险类型

根据调查，本项目可能产生的主要环境风险为：

（1）各类可燃的危险化学品及包装材料（纸盒、纸箱等）遇火源引发了燃烧、爆炸事故，生成大量含有污染物的燃烧废气和消防废水，未经处理直接排入大气环境和地表水环境，对其造成污染；

（2）危化品库液态危险化学品泄漏对土壤造成污染。

四、环境风险防范措施及应急要求

提高安全意识，强化安全管理，建立了安全生产责任制，严格遵守《化学危险品管理条例》及有关国家和地方关于有毒有害物料的储运安全规定。

（一）火灾事故环境风险防范措施

①厂区设置专门的危化间并对辅料进行分类、避光保存；

②厂区内设置严禁烟火的标示，并配置灭火器，同时要求员工不准携带火种进入厂房。

③定期检查厂房电路，防止电路老化引起火灾事故。

④加强职工管理，进行必要的安全消防教育，并做好个人防护，加强职工培训，提高应急处理能力。

（二）泄漏事故风险防范措施

①危化品采用专用容器盛装并分区存放，下设防渗托盘，并设置空桶作备用应急收容设施。

②提高安全意识，强化安全管理，建立了安全生产责任制。严格遵守《化学危险品管理条例》及有关国家和地方关于有毒有害物料的储运安全规定；

③强化安全生产及环境保护意识教育，加强操作人员上岗前的培训，使职工掌握生产技能和安全防护知识，配置专业知识的技术人员对暂存区进行管理；

④入库时，严格检验物品质量、数量、包装情况、有无泄漏。入库后采取适当的养护措施，在贮存期内，定期检查，发现其品质变化、包装破损、渗漏、稳定剂短缺等，及时处理。

⑤危化间地坪必须进行防渗处理，管理专员定期对危化间的液态化学品包装进行检查，当发现包装破裂时及时转桶装。

五、分析结论

本项目危险化学品存量小、品种少，非辐射事故环境风险整体较小，为局部风险。通过落实相关措施及管理要求，能够有效降低上述风险发生的概率或者减少风险造成的损失和对周边环境的影响。

表 11.5-3：建设项目环境风险简单分析内容表

建设项目名称	新一代 Flash 放疗设备研发及其产业化项目（二期）201 生产厂房及附属			
建设地点	四川省	绵阳市	游仙区	科学城大道 1 号
地理坐标	经度	104.806830	纬度	31.534452
主要危险物质及分布	本项目涉及的危险物质主要为：75%酒精、95%酒精、油漆、柴油、香蕉水、六氟化硫、氦气、氮气等			
环境影响途径及危害后果	液体泄漏进入地表水、土壤和地下水；火灾燃烧产生二次污染物进入环境			
风险防范措施要求	厂区设置消防设施，危险化学品库作为重点防渗区管理，加强危化品管理等			
填表说明	项目危险物质 q_n/Q_n 之和为 0.0215 小于 1，根据《建设项目环境风险评价技术导则》HJ169-2018，本项目的环境风险潜势直接判定为 I，环境风险评价可开展简单分析。			

表 12：辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

中玖闪光医疗科技有限公司作为辐射安全的责任单位，成立了辐射安全生产领导小组，组长由[]担任，成员由[]等担任。办公组组长由[]担任，成员由[]担任。辐射安全领导小组作为辐射防护与安全管理的机构，其职责如下：贯彻国家和院有关辐射安全的法律、法规和制度，研究、部署公司辐射安全工作的重大事项，制定加强和改进公司辐射安全工作的针对性措施，审定辐射安全管理制度。

办公室作为辐射安全的执行机构，其职责如下：在辐射安全领导小组的领导下开展工作，负责辐射安全领导小组的日常事务；负责辐射安全管理工作的组织协调，组织搜集、编制辐射安全领导小组会议议题相关文件记录；组织辐射安全管理制度的编制和修订，组织编制辐射安全管理工作年度计划和总结；组织所级辐射安全监督检查，提出辐射安全管理的改进建议，监督辐射安全事故隐患整改计划的执行情况；负责与上级有关事宜的协调。

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>）报名并参加考试。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 25 名辐射工作人员，均为新增辐射工作人员，建设单位承诺会尽快组织新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并报名参加考核，考核通过后才能上岗。

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 12-1：管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	综合	辐射安全管理规定	已制定	将本项目纳入管理
2		操作规程	已制定	将本项目纳入管理
3		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	将本项目纳入管理
4		射线装置台账管理制度	已制定	将本项目纳入管理
5	监测	监测方案	已制定	将本项目纳入管理
6		监测仪表使用与校验管理制度	已制定	将本项目纳入管理
7	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定	将本项目纳入管理
8		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	将本项目纳入管理
9		辐射工作人员岗位职责	已制定	将本项目纳入管理
10	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	需完善，并将本项目装置纳入应急范围

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、精密度更高的仪

器)自行检测1次机房周围剂量当量;委托有监测资质单位至少每年监测1次机房周围剂量当量,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:

①FLASH放疗设备测试间屏蔽墙外、防护门处(测门中部和门缝);

②控制室内,控制台操作位;

③测试间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(或精度更高、相应更精确、更先进的辐射监测仪器)。

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 12-2: 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
1~10号测试间及控制室	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。	机房防护门及缝隙处、控制台操作位及机房四周屏蔽墙外房间,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(或精度更高、相应更精确、更先进的辐射监测仪)

	外部委托监测	X-γ辐射剂量率；	竣工环保验收监测	机房防护门及缝隙处、控制台操作位及机房四周屏蔽墙外房间(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。	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

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，将人员远离机房，关闭机房门，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：新一代 Flash 放疗设备研发及其产业化项目（二期）201 生产厂房及附属

建设单位：中玖闪光医疗科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省绵阳市游仙区中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园

本项目建设内容：中玖闪光医疗科技有限公司拟在位于中国（绵阳）科技城核医疗健康产业园的生产基地内修建201生产厂房，在201生产厂房内建设10条Flash放疗设备生产线，单条生产线产量为10台套/年；项目建成后，每年预计组装完成100套Flash放疗设备，产品主要用于医疗用途。Flash放疗设备为脉冲式医用电子直线加速器，属于II类射线装置，产品分为两种：①X-Flash放疗设备出束线为X射线，最大X射线能量为10MV，单次最大出束剂量为40Gy；②e-Flash放疗设备出束线为电子线，最大电子线能量为20MeV，单次最大出束剂量为50Gy。本项目Flash放疗设备组装完成后会在测试间进行出束测试，每个测试间均可以用于两种产品的测试，但每个测试间同一时间只能容纳1台Flash放疗设备进行测试；10间测试间可同时使用。

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，建设的机房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，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 $7.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 8.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，即 $72 \text{nGy/h} \sim 83 \text{nGy/h}$ ，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（ $70 \text{nGy/h} \sim 100 \text{nGy/h}$ ）基本一致，属当地正常天然本底辐射水平；本项目拟建地中子剂量当量率监测结果低于仪器检出限。

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

本项目在运行过程中产生的臭氧、氮氧化物和有机废气经自然分解和稀释，不会对周围大气环境造成明显影响。产生的感生放射性废气对周围公众造成的有效剂量能够满足 0.1mSv/a 约束限值要求。产生的焊接烟尘经移动式焊烟净化器收集后能够达标排放。

3、废水的环境影响分析

本项目射线装置在运行过程中无生产废水产生；辐射工作人员产生的少量生活污水经化粪池处理后通过市政管网排入游仙区污水处理厂，园区配套建设有污水处理站但目前未投运，待园区污水处理站投运后，生活污水经化粪池处理后排入园区污水处理站；加速器冷却水正常工况下循环使用不外排，非正常工况和事故工况下排入不锈钢收集桶衰变，经监测达标后排入市政管网，不会对周围水环境造成影响。

4、固体废物的环境影响分析

运营期产生的含油废抹布、废劳保用品经危废间暂存后，交由有资质单位处

理；移动式焊烟净化器中收集的焊烟颗粒物定期交由有资质单位处理；生活垃圾经生活垃圾收集点暂存后，由环卫部门统一转运处理；产生的废包装物先将可循环利用部分统一收集、出售，再将不可回收部分交由环卫部门统一转运处理。在少数情况下产生的感生放射性固体废物暂存于测试间的15mm铅箱中，经监测达标（ β 表面沾污 $\leq 0.8\text{Bq/cm}^2$ ， γ 辐射剂量率水平接近本底水平）后，可作为一般固体废物处置，若监测不达标则继续衰变或交由有资质单位处理。

5、声环境影响分析

本项目主要噪声源距离厂界最近为24.5m，经预测，厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）3类区标准限值要求，不会对周围声环境产生明显影响。本项目冷却水循环设备、货物搬运、零件组装等噪声源强一般低于60dB(A)，经墙体隔声和距离衰减后，对周围声环境影响较小。

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、辐射安全管理的综合能力

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，本项目在中玖闪光医疗科技有限公司生产基地内进行建设，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	测试间	10 间	/
安全装置	门与束流连锁（门-机连锁）装置	1×10 套	/
	视频监控系统及对讲装置	1×10 套	/
	准备出束音响装置	1×10 套	/
	工作状态指示灯（门-灯连锁）	1×10 套	/
	紧急开门装置	1×10 套	/
	紧急止动装置（有中文标识）	4×10 个	每间测试间内各 3 个，每间控制室上各 1 个
	巡检按钮	2×10 个	每间测试间内各 2 个
	便携式 X-γ监测仪（AT1123） （固定悬挂使用）	1×10 个	/
	电离辐射警告标志	1×10 套	/
两区	场所控制区、监督区划分标识	1×10 套	/

划分			
监测 仪器	X-γ辐射剂量率监测仪（AT1123）	2 台	如果出现比 AT1123 更精确、响应时间更快、更先进的仪器，也可以选用
	β表面污染仪	1 台	/
	个人剂量计	40 套	/
	个人剂量报警仪	10 台	/
三废 处理	不锈钢衰变桶（1000L）	2 个	/
	不锈钢衰变桶（500L）	4 个	/
	通排风系统	1×10 套	/
	移动式焊烟净化器	1 台	/
	隔音罩、减震垫	10 套	/
	15mm 铅当量铅罐（50L）	1 个	/
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