

核技术利用建设项目

新一代 FLASH 放疗设备研发及其产业化（一
期）项目

环境影响报告表

（公示版）

中玖闪光医疗科技有限公司

二〇二三年八月

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（一期）项目

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：621000

联系人：王**

电子邮箱：****628@qq.com

联系电话：16***89

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	29
表 3 非密封放射性物质.....	29
表 4 射线装置.....	29
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	31
表 6 评价依据.....	32
表 7 保护目标与评价标准.....	34
表 8 环境质量和辐射现状.....	38
表 9 项目工程分析与源项.....	41
表 10 辐射安全与防护.....	53
表 11 环境影响分析.....	67
表 12 结论与建议.....	108
表 13 审批.....	112

附件

- 附件 1 环评委托书
- 附件 2 项目立项备案文件
- 附件 3 建设用地规划许可证
- 附件 4 厂房租赁使用情况证明
- 附件 5 环境现状监测报告
- 附件 6 关于成立辐射安全领导小组的通知
- 附件 7 确认函
- 附件 8 绵阳经济技术开发区产业发展园区规划环评审查意见

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目厂房平面布置图
- 附图 3 项目外环境关系及监测布点图
- 附图 4 实验区域三视图
- 附图 5 实验区辐射安全设施布置示意图
- 附图 6 人流物流示意图
- 附图 7 两区划分示意图
- 附图 8 实验区排风管线示意图
- 附图 9 辐射安全防护设施示意图
- 附图 10 游仙高新技术开发区北区控制性详细规划图

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新一代 FLASH 放疗设备研发及其产业化（一期）项目			
建设单位		中玖闪光医疗科技有限公司			
法人代表	杨**	联系人	王**	联系电话	16***89
注册地址		四川省绵阳市游仙区科学城大道 1 号			
项目建设地点		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 5#地块 3#厂房			
立项审批部门		游仙区发展和改革局	批准文号	川投资备【2209-510704-04-01-600167】FGQB-0241 号	
建设项目总投资（万元）	35000	项目保护投资（万元）	30	投资比例（环保投资/总投资）	0.86%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积（m ² ）	2600m ²
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input checked="" type="checkbox"/> 生产	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其它	/				
项目概述					
一、建设单位简介					
<p>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</p>					

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）。

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渗透逐步提升。

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（剂量率大约在500~600cGy/min），FLASH技术的剂量率高出几个数量级（剂量率超过40Gy/s）。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。

本项目拟租赁绵阳市游仙区中国（绵阳）科技城游仙军民融合产业园久远激光产业园3#厂房部分房间进行9MeV FLASH放疗设备研发生产，并配套1台9MeV普通放疗设备进行试验效果对比、配套1台450kV工业CT机进行工件无损探伤。项目建成投运后，年产9MeV FLASH放疗设备10台（套）。根据《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2017年第66号公告），9MeV FLASH放疗设备、9MeV普通放疗设备、450kV工业CT均属于II类射线装置。

根据《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《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号）规定，本项目属于名录中“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目”---生产、使用II类射线装置的，应编制环境影响报告表。

为此，中玖闪光医疗科技有限公司委托四川久远环保安全咨询有限公司承担新一代FLASH放疗设备研发及生产产业化（一期）项目的环境影响评价工作。环评单位接受委托后，随即组织专业人员开展资料收集、现场踏勘、资料整理分析等工作，并与中玖闪光医疗科技有限公司进行多方咨询交流，反复核实，在进行工程分析的基础上，结合工程的具体情

况以及辐射危害特征，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ/T10.1-2016）的要求，编制完成了《新一代 FLASH 放疗设备研发及其产业化（一期）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，促进环境影响评价公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取环境保护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：建设单位在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息；各级环境保护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，中玖闪光医疗科技有限公司与 XX 年 XX 月 XX 日于 XXXXXX（位置）对本环评报告进行了全文公示，公示情况如下图：

图 1

四、项目概况

1、项目名称、建设单位、建设地点及性质

项目名称：新一代 FLASH 放疗设备研发及其产业化（一期）项目

建设单位：中玖闪光医疗科技有限公司

建设地点：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 5#地块 3#厂房

建设性质：新建

2、建设内容及规模

（1）项目建设内容

本项目租赁绵阳市游仙区中国（绵阳）科技城游仙军民融合产业园久远激光产业园 3#厂房）东南部区域 2600m²，开展 9MeV e flash 和 X flash 放疗设备的研发生产，进行设备组装、调试和动物实验等，年生产、销售 FLASH 放疗设备 10 套。项目由实验区、组装区和配套功能区等 3 部分组成，平面布局示意如下。

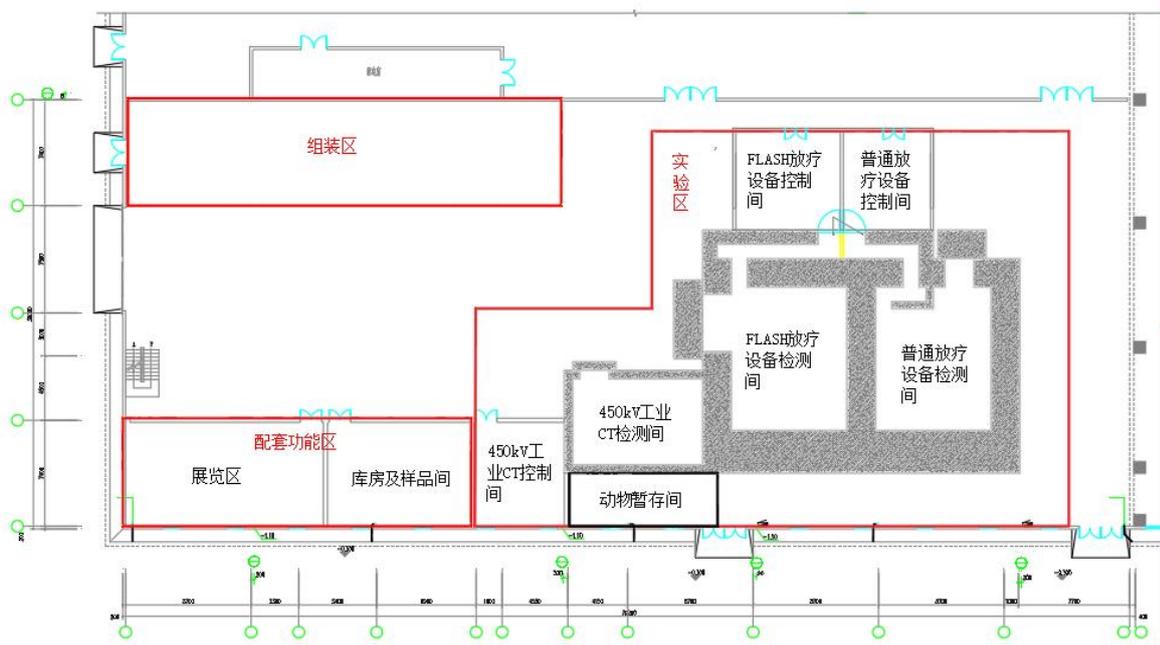


图 1-2 厂区平面布置示意图

(1) 实验区

实验区位于北部，面积约 1157.8m²，由 FLASH 放疗设备测试间及其控制室、普通放疗设备测试间及其控制室、450kV 工业 CT 检测间及其控制室组成。

① FLASH 放疗设备测试间

FLASH 放疗设备测试间面积 100m²，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土（与普通放疗设备测试间西南墙共用）；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙为 200cm 厚混凝土（与 450kV 工业 CT 检测间东北墙共用）；西北侧为 Z 字型迷道，迷道内墙为 200cm 厚混凝土、迷道外墙为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土；工件进出门位于西南侧，采用 200cm 厚混凝土；人员进出门位于西北侧，采用 5cm 钢制门。目前，上述混凝土屏蔽体和防护门均已由绵阳园城融合发展集团有限责任公司建设完成。

FLASH 放疗设备测试间主要进行 9MeV e FLASH 放疗设备（II 类射线装置）和 9MeV X FLASH 放疗设备（II 类射线装置）整体组装、出束调试，束流能量最大为 9MeV，1m 处最高剂量率为 40Gy/s。出束调试时主射束朝向东南墙，单个脉冲宽度 0.2s，每天最多出束 80 次，年累计有效出束时间 1.2h。

② 普通放疗设备测试间

普通放疗设备测试间面积 95m²，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土；东南侧墙为 300cm

厚混凝土；西南侧墙为 200cm 厚混凝土（与 FLASH 放疗设备测试间东北墙共用）；西北侧为 Z 字型迷道，迷道内墙为 200cm 厚混凝土、迷道外墙为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土。工件进出门和人员进出门均位于西北侧，工件进出门采用 200cm 厚混凝土；人员进出门采用 5cm 钢制门。目前，上述混凝土屏蔽体和防护门均已由绵阳园城融合发展集团有限责任公司建设完成。

普通放疗设备测试间购置 1 台 9MeV 普通放疗设备（II 类射线装置）进行对比试验，束流能量最大为 9MeV，1m 处最高剂量率为 1500cGy/min。出束实验时主射束朝向东南墙，年累计有效出束时间 200h。

③ 450kV 工业 CT 检测间

450kV 工业 CT 检测间面积 55m²，东北侧墙为 200cm 厚混凝土（与 FLASH 放疗设备测试间西南侧墙共用），东南侧、西南侧和西北侧墙体为 60cm 厚混凝土，顶板为 60cm 厚混凝土。工件及人员进出门位于西北侧，采用 60cm 厚混凝土。上述混凝土屏蔽体和防护门均已由绵阳园城融合发展集团有限责任公司建设完成。

450kV 工业 CT 检测间内安装 1 台 450kV 工业 CT 机，用于 FLASH 放疗设备配件（加速管等）的无损检测。该设备额定管电压 450kV、额定管电流 3.3mA，属于 II 类射线装置，主射束朝向东北侧，年有效出束时间 300h。

④ 动物暂存区

动物暂存区位于 450kV 工业 CT 检测间东南侧，面积约 38m²，主要用于小白鼠临时暂存，最大暂存量 100 只。本项目进行小动物实验时，由其他单位提供试验用小白鼠，试验结束后当天由其他单位将小白鼠带走，不在现场长期留存。

（2）组装区

组装区位于项目西侧，面积 218m²，用于零件焊接和配件组装，不涉及机械加工、电镀和喷漆等工序。

（3）配套功能区

配套功能区位于项目南侧，占地面积约 173.6m²，为两层钢架结构板房，用于工作人员日常办公、部分原料和成品暂存。

3.项目组成及主要的环境问题

项目组成及主要的环境问题情况见表 1-1。

表 1-1 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	营运期
主体工程	450kV 工业 CT 检测间	450kV 工业 CT 检测间面积 55m ² ，东北侧墙为 200cm 厚混凝土（与 FLASH 放疗设备测试间西南侧墙共用），东南侧、西南侧和西北侧墙体为 60cm 厚混凝土，顶板为 60cm 厚混凝土。工件及人员进出门位于西北侧，采用 60cm 厚混凝土。上述混凝土屏蔽体和防护门均已由绵阳园城融合发展集团有限责任公司建设完成。	施工扬尘 施工固废 生活污水 施工噪声	包材固废 电磁辐射 臭氧 电子线 噪声 有机废气 冷却废水
	FLASH 放疗设备测试间	FLASH 放疗设备测试间面积 100m ² ，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土（与普通放疗设备测试间西南墙共用）；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙为 200cm 厚混凝土（与 450kV 工业 CT 检测间东北墙共用）；西北侧为 Z 字型迷道，迷道内墙为 200cm 厚混凝土、迷道外墙为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土；工件进出门位于西南侧，采用 200cm 厚混凝土；人员进出门位于西北侧，采用 5cm 钢制门。目前，上述混凝土屏蔽体和防护门均已由绵阳园城融合发展集团有限责任公司建设完成。		
	普通放疗设备测试间	普通放疗设备测试间面积 95m ² ，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙为 200cm 厚混凝土（与 FLASH 放疗设备测试间东北墙共用）；西北侧为 Z 字型迷道，迷道内墙为 200cm 厚混凝土、迷道外墙为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土。工件进出门和人员进出门均位于西北侧，工件进出门采用 200cm 厚混凝土；人员进出门采用 5cm 钢制门。目前，上述屏蔽体均由租赁方建设完成。		
	装配区	装配区位于厂房西南侧，占地面积约 218m ² ，西侧与配电室相邻南侧为厂房大门。	/	包材固废
	动物暂存间	动物暂存间位于厂房 450kV 工业 CT 检测间东侧，占地约 30m ²	/	动物排泄物，恶臭

辅助工程	FLASH 放疗设备控制室 1 间，面积 50m ² ；普通放疗设备控制室 1 间，面积 41.4m ² ；450kV 工业 CT 控制室 1 间，面积 44.4m ² 。		/	办公垃圾 办公污水
公用工程	供水	由市政自来水管网供给。		/
	供电	由市政电网供给。		/
办公及生活设施	办公场所依托厂区现有办公 1#楼一层，位于厂区东北侧，占地面积约 120m ² 。			生活污水 生活垃圾
仓储工程	库房及样品间位于厂房南侧配套功能区，共两层占地约 182m ² 。			/
环保工程	废水	生活污水经园区化粪池预处理后与冷却废水一并排入七星坝污水处理厂处理达标后排入涪江。		/
	废气	450kV 检测间设有 1500m ³ 排风量通风系统，每小时换气 6 次；FLASH 及普通放疗设备测试间设有 2700m ³ 排风量通风系统，每小时换气 5 次。各机房通排风系统均将室内废弃引至高处排放。		
	固废	生活垃圾及包材固废依托园区既有垃圾收集设施收集，由市政环卫部门统一清运。		

4、原辅材料及能耗

(1) 原辅材料

本项目厂房仅用于组装、调试、实验，所有原辅工件均以外协采购的方式订购，不涉及自主机加工工件，涉及原辅材料情况见表 1-2。

表 1-2 项目主要原辅材料情况表

序号	名称	年用量	来源	用途	成分	暂存位置	备注
1	加速管	10	外购	加速器 部件	/	加速器部件均对外采购，采用按需采购的模式，部件主要临时存放在库房及装配区。组装调试需要时会运送至FLASH放疗设备测试间	将电子加速；密闭，真空度为10负六次方；铅屏蔽层
2	速调管	10	外购				产生高压高频振荡电磁波
3	电磁铁	10	外购				将电子束流、聚焦、转向
4	固态调制器 (PU+TU)	10	外购				产生高频、高压脉冲
5	频率自动控制电路	10	外购				自动调整频率适合谐振
6	水负载	10	外购				吸收剩余微波能量使用

7	栅控电子枪	10	外购				加热产生电子
8	栅控电子枪调制电源	10	外购				提供给电子枪电加热电源
9	电离室及调理模块	10	外购				测量放射剂量使用
10	离子泵	10	外购				加速管抽真空使用, 密闭绝缘
11	波导管	10	外购				波导管传送微波使用
12	CBCT高压发生器	10	外购				影像使用
13	MLC	10	外购				图像引导适形使用
14	治疗头	10	外购				旋转机头, 不同角度治疗使用
15	均整块	10	外购				将X射线分布均匀
16	上光阑、下光阑	10	外购				射线束形和遮挡使用
17	动机架	10	外购				旋转治疗使用
18	恒温水系统	10	外购				使加速器各个部件保持恒温
19	焊料	10k G	外购	电路焊接	锡合金和助剂	库房	用于设备组装时电路焊接
21	酒精	50k G	外购	设备擦拭	乙醇、水	库房	用于设备擦拭
22	氮气瓶	80 L	外购	/	氮气	FLASH放疗设备测试间	/
23	SF6	40 L	外购	绝缘, 加压填充气体	SF6	FLASH放疗设备测试间	/

(2) 本项目涉及的工艺设备如表 1-3 所示

表 1-3 加速器研发制造主要工艺设备情况表

序号	设备名称	主要性能指标	用途	安装场所	数量
----	------	--------	----	------	----

1	CD ₁ MD ₁ HC钢丝绳电动葫芦	起重量2t; 起升速度8m/min; 起升高度6m	产品组 装	组装区	1
2	DF1.68地牛	额定负载1.68t; 货叉升高高度195mm		组装区	1
3	电磁铁电源	输入: AC220V; 输出: DC75V 35A		FLASH放疗设备测试间	5
4	栅控电子枪调制电源	输出电压: 0~15kV		FLASH放疗设备测试间	2
5	离子泵	输入: AC 6000V 60μA		FLASH放疗设备测试间	2
6	离子泵电源箱	输入: AC 220V 输出: AC 6000V 60μA		FLASH放疗设备测试间	2
7	真空泵	输入: DC5kV 2~20μA		FLASH放疗设备测试间	5
8	真空泵电源	输入: AC220V; 输出: DC1000V 2μA		FLASH放疗设备测试间	5
9	电离室信号采样仪	参数设计中		FLASH放疗设备测试间	2
10	冷水机 (25kW)	输入: AC380V 制冷量: 25kW		FLASH放疗设备测试间	1
11	冷水机 (7kW)	输入: AC380V 制冷量: 7kW		FLASH放疗设备测试间	1

(3) 产品方案及技术参数

表 1-4 本项目医用电子直线加速器主要技术参数

工作场所	FLASH 放疗设备测试间	FLASH 放疗设备测试间
设备名称	FLASH 放疗设备	FLASH 放疗设备
射线类型	X 射线	电子线
最大 X 射线能量	9MV	/
最大电子线能量	/	9MeV
最大束流强度	300mA	100mA
正常治疗距离	1000±2mm	1000±2mm
治疗角度	-185°~185°	-185°~185°
最大照射野 (SSD=1m)	2×2cm ²	40×40cm ²
X 射线漏射	≤0.1%	≤0.1%
主射线最大出束角度	28°	28°
1m 处 X 射线最高剂量率	40Gy/s	/
出束类型	脉冲	/

5、本项目拟申请辐射安全许可证的内容

综合以上项目建设内容，本项目拟申请的辐射项目内容见表 1-7。

表 1-5 本次申请的辐射项目内容情况

设备名称	数量 (台/年)	主要技术参数	射线装置 种类	工作场所	用途
450kV 工业CT	1	管电压450kV, 管电流3.3mA	II类	450kV检测间	使用
9MeV FLASH 放疗设备	10	最大能量9MeV 源强, 束流300mA	II类	FLASH放疗设备测 试间	生产、销售、使用
9MeV普通放疗 设备	1	最大能量9MeV 源强, 束流70mA	II类	普通放疗设备测试 间	使用

6、劳动定员和工作制度

(1) 劳动定员

本项目拟安排工作人员21人，其中辐射工作人员8人。辐射工作人员具体岗位及分组情况见下表。

表 1-6 辐射工作人员具体岗位及分组情况表

工作地点	工作内容	人数	分组	备注
450kV 工业 CT 检测间	工件探伤	8 人	1 组	本项目拟定 8 名辐射工作人员，负责 3 个检测间所有检测工作内容，及设备的售后服务。
FLASH 放疗设备测试间	Flash 出束调试			
普通放疗设备测试间	常规出束调试			

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护总局令第31号），从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

(2) 工作制度

本项目所有工作人员工作制度均为8小时制（一班）年工作时长300天。

五、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 2021 年第 49 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本、2021 年修正）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

绵阳游仙高新技术产业园区北区川投资备【2106-510796-04-01-172567】FGQB-0080 号文件对本项目进行了备案。

六、规划及“三线一单”符合性

1、项目用地符合性

本项目选址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 5#地块 3#厂房，占地面积 2600m²。项目为租用园区现有厂房，并已取得租赁合同，同时该园区（久远激光产业园属于游仙区高新技术开发区北区）已取得《绵阳市生态环境局关于游仙区高新技术产业园区北区规划环境影响报告书审查意见》绵环函[2020]308 号。租赁合同及审查意见书见附件 2、附件 6。

2、与绵阳游仙高新技术产业园区北区符合性

本项目位于绵阳游仙高新技术产业园区北区，该园区于 2020 年编制完成了《游仙高新技术产业园区北区规划环境影响报告书》，并取得了绵阳市生态环境局《关于四川省游仙经济开发区规划环评环境影响报告书审查意见》（绵环函（2020）308 号）。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 13.4756 平方公里，规划区东至绵广高速，西至天林村，南至二环路，北至张家坪村，包括石马场镇（翠屏社区）、天林村、东林社区、张家坪村（原属东林镇）、狮院村（原属东林镇）部分用地。

②产业定位

园区依托九院、西南科技大学进行军民融合和产城融合发展，南面以发展电梯产业、军民融合产业及配套服务业为主，北面以高端材料、智能制造、电子信息产业为主。

③生态环境准入清单

禁止引入不符合国家及身、市重金属污染防治规划要求的项目，不符合国家或地方大气、水、土壤等污染防治要求的项目。禁止引入不符合《四川省长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》要求的项目。

禁止引入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评价清洁生产水平的项目。

严格按照《四川省长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》要求控制项目入驻。

严格按照《游仙高新技术产业园区规划报告书》要求的生态环境准入清单控制项目入驻。禁止引入印刷电路板（PCB）、含前工序的集成电路等废水、废弃排放量大的电子信息行业项目。禁止引入化学原料和化学品制造类、石油化工、煤化工、有毒危化品仓储、专业电镀、有色金属冶炼、排放五类重金属（汞、镉、铅、铬、砷）污染物的项目。

(2) 与园区规划符合性分析

本项目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（游仙高新技术产业园区北区），项目的建设符合性分析见下表。

表 1-7 游仙高新技术产业园区北区规划符合性分析表

项目	《绵阳市生态环境局关于游仙高新技术产业园区北区规划环境影响报告书》及审查意见函（绵环函〔2020〕308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、本项目主要进行医用电子直线加速器的研发、组装、调试及销售，不属于鼓励类和禁止类行业。 2、本项目建成后多为生活用水，及少量更换的冷却循环水，且生活污水及更换的冷却水均通过园区既有污水管网统一排放至下游市政污水处理厂（七星坝污水处理厂）中处理达标后排放。 3、本项目生产的FLASH放疗设备为高新医疗设备，且生产研发过程中一组装调试位置无高污染环节，因此符合要求中的低污染、低能耗、高效益。	符合
禁止入园行业	1. 禁止引入不符合国家及省、市重金属污染防治规划要求的项目，不符合国家或地方大气、水、土壤等污染防治要求的项目。禁止引入不符合《四川长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》要求的项目。 2. 禁止引入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。 3. 严格按照《四川长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》要求控	本项目位于四川绵阳游仙经济开发区，属于《四川长江经济带发展负面清单实施细则（试行）》中的合规园区目录。 本项目建成后主要进行FLASH放疗设备的研发生产使用，及工业CT的使用，产生的主要污染为电离辐射、臭氧、包材固废等。经本评价分析，本项目建成后能达到行业清洁生产标准二级标准。 3、据中华人民共和国国家发展和改革委员会2021年第49号令《产业结构调整指导目录（2019年本、2021年修正）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家当前产业发展	符合

	<p>制项目入住。</p> <p>4. 严格按照《游仙区高新技术产业园区规划报告书》要求的生态环境准入清单控制项目入驻。禁止引入印刷电路板（PCB）、含前工序的集成电路等废水、废气排放量大的电子信息行业项目。禁止引入化学原料和化学品制造类、石油化工、煤化工、有毒有害危化品仓储、专业电镀、有色金属冶炼、排放五类重金属（汞、镉、铅、铬、砷）污染物的项目。</p>	<p>政策。</p> <p>4、本项目主要进行医用电子直线加速器研发、组装、调试及销售，配套建设工业CT无损检测，不属于皮革、屠宰、造纸、印染、焦化、黄磷、冶金类企业。符合《绵阳市生态环境局关于游仙高新技术产业园区北区规划环境影响报告书》及审查意见函（绵环函〔2020〕308号）中相关要求。</p>	
清洁生产要求	<p>新引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的项目。</p>	<p>①生产工艺及装备</p> <p>项目生产工艺以研发、组装、调试医用电子直线加速器为主，所有组件、系统均采用对外采购的方式获得，不存在自行加工生产无需额外工艺设备。另外，加速器调试及工业CT检测均在园区既有屏蔽室内进行，可确保辐射屏蔽的可靠性和安全性。</p> <p>②资源能源消耗</p> <p>本项目主要消耗电能，年用电量约15万kwh，属于小规模用能企业。另外，项目用水主要为生活用水，年用水量约252m³，用水量较小。</p> <p>③污染物产生和排放</p> <p>本项目主要进行医用电子直线加速器的研发、组装、调试、销售及工业CT的无损检测。各射线装置均设有混凝土屏蔽，经分析屏蔽体设计满足相关辐射防护要求，所致的职业人员和公众受照剂量低于GB18870规定的职业照射剂量限值和本报告提出的职业照射剂量限值。</p> <p>项目所设计到的工艺流程均产生废物较少，且工艺用水量较少，采取环保治理措施可使“三废”达标排放，可达清洁生产二级水平</p>	符合
规划区制约因素对策措施	<p>饮用水源及保护区的制约：二环路断面至上有约4.4km河段左岸陆域200m范围为绵阳城区饮用水源准保护区范围。</p>	<p>本项目距涪江343m位于保护范围外，同时本项目主要进行医用电子直线加速器的研发、生产、销售，及工业CT的无损检测，运营期主要废水为生活污水，工艺消耗用水极少，且项目依托园区既有污水管网，将生活污水集中排放至市政污水管网内，无额外水污染产生。因此，本项目属于轻污染企业。</p>	符合
	<p>合理规划东林镇场镇发展方向及布局，确保环境相容。东林场镇居民生活区与</p>	<p>本项目位于规划工业园区内，距离最近的居民生活点约607m，距东林场镇较远。</p>	

工业区设置一定距离的隔离带，临近片区规划为一类工业用地。	
新引入项目在环评节点应充分论证环境相容性及环境风险可控性。	本项目主要进行医用电子直线加速器的研发、生产、调试、销售，及工业CT的无损检测。园区内主要周边企业主要有久利科技、久利电子、四川化材科技等军民融合企业，本项目建设单位依托中物院十所进行技术发展，与周边环境相容

因此，项目属于绵阳游仙高新技术产业园区北区允许类行业，符合工业集中发展区规划

3、“三线一单”符合性分析

(1) 与《四川省人民政府关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发〔2018〕24号）符合性分析

根据《四川省人民政府关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发〔2018〕24号）生态保护红线划定结果：四川省生态保护红线总面积 14.80 万平方公里，占全省幅员面积的 30.45%，涵盖了水源涵养、生物多样性维护、水土保持功能极重要区，水土流失、土地沙化、石漠化极敏感区，自然保护区、森林公园的生态保育区和核心景观区，风景名胜区的一级保护区（核心景区）、地质公园的地质遗迹保护区、世界自然遗产地的核心区、湿地公园的湿地保育区和恢复重建区、饮用水水源保护区的一级保护区、水产种质资源保护区的核心区等法定保护区域，以及极小种群物种分布栖息地、国家一级公益林、重要湿地、雪山冰川、高原冻土、重要水生生境、特大和大型地质灾害隐患点等各类保护地。

本项目位于绵阳市游仙区，周边生态红线的生态功能和保护重点见下表。

表 1-8 绵阳市涉及四川省生态红线区类型和保护要求一览表

名称	生态功能	保护重点
盆中城市饮用水源—水土保持生态保护红线	四川盆地区是成渝经济区的重要组成部分，是成渝城市群核心区域，人口密集，经济发展，城镇化率大于50%，该区主体功能区定位为重点开发区域和农产品主产区，其主导功能为人居保障和农林产品提供，该区的生态保护红线主要以保障城市饮水安全的饮用水水源保护区为主，还有零散分布于四川盆地及成都平原区自然保护区、风景名胜区、湿地公园、地质公园等各类生态保护重要区域，它们在维护区域水土保持功能方面发挥着重要作用。	严格按照现有相关法律法规对禁止开发区域的管理要求，对生态保护红线实施严格保护，严格控制人为因素对区内自然生态的干扰。

根据《长江经济带战略环境评价四川省绵阳市“三线一单”生态环境分区管控优化完善研究报告》，本项目与绵阳市生态保护红线位置关系如下图所示。

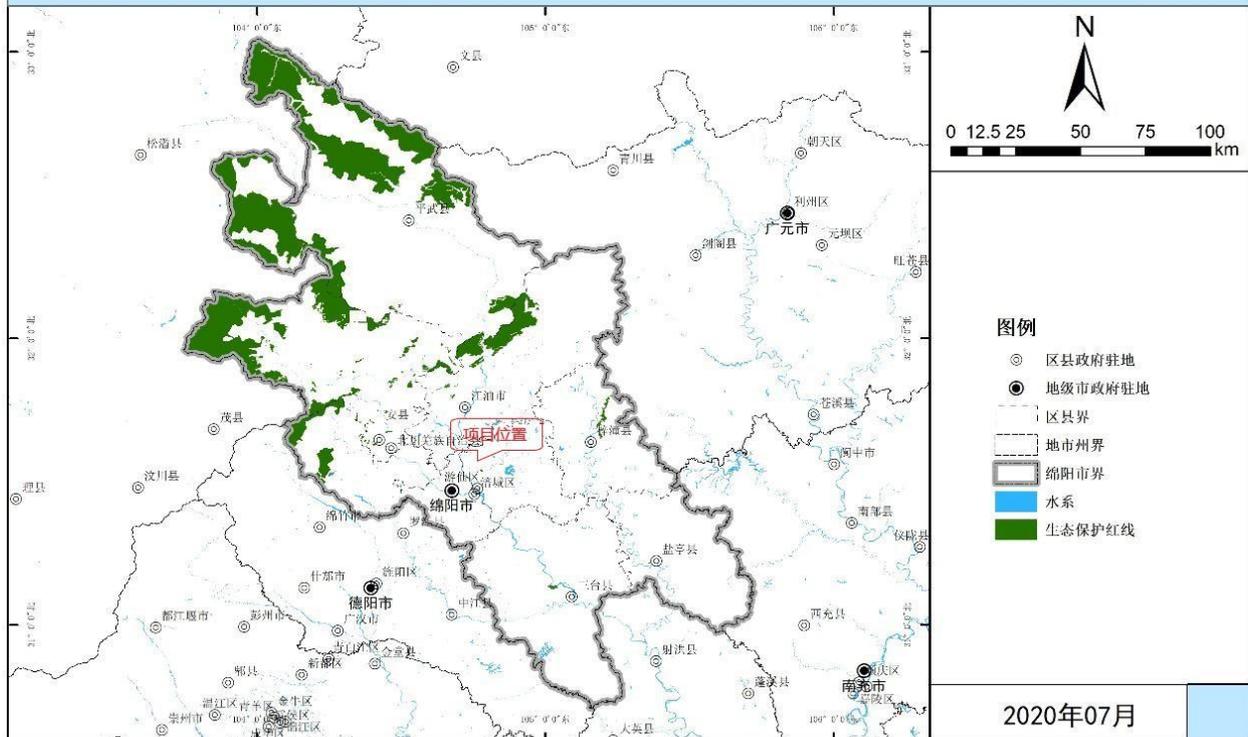


图 1-3 绵阳市生态保护红线分布图

由上图可以看出，本项目不涉及绵阳市生态保护红线。

(2) 与《关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》（绵府发[2021]18号）符合性分析

本项目位于四川省游仙高新技术产业园区北区，根据绵阳市环境管控单元划分（详见图 1-4），项目属于重点管控区。需有针对性地加强污染物排放控制和环境风险防控，对环境质量达标区域，提出允许排放量建议指标。项目与绵阳市及游仙区“三线一单”符合性分析见表 1-10。

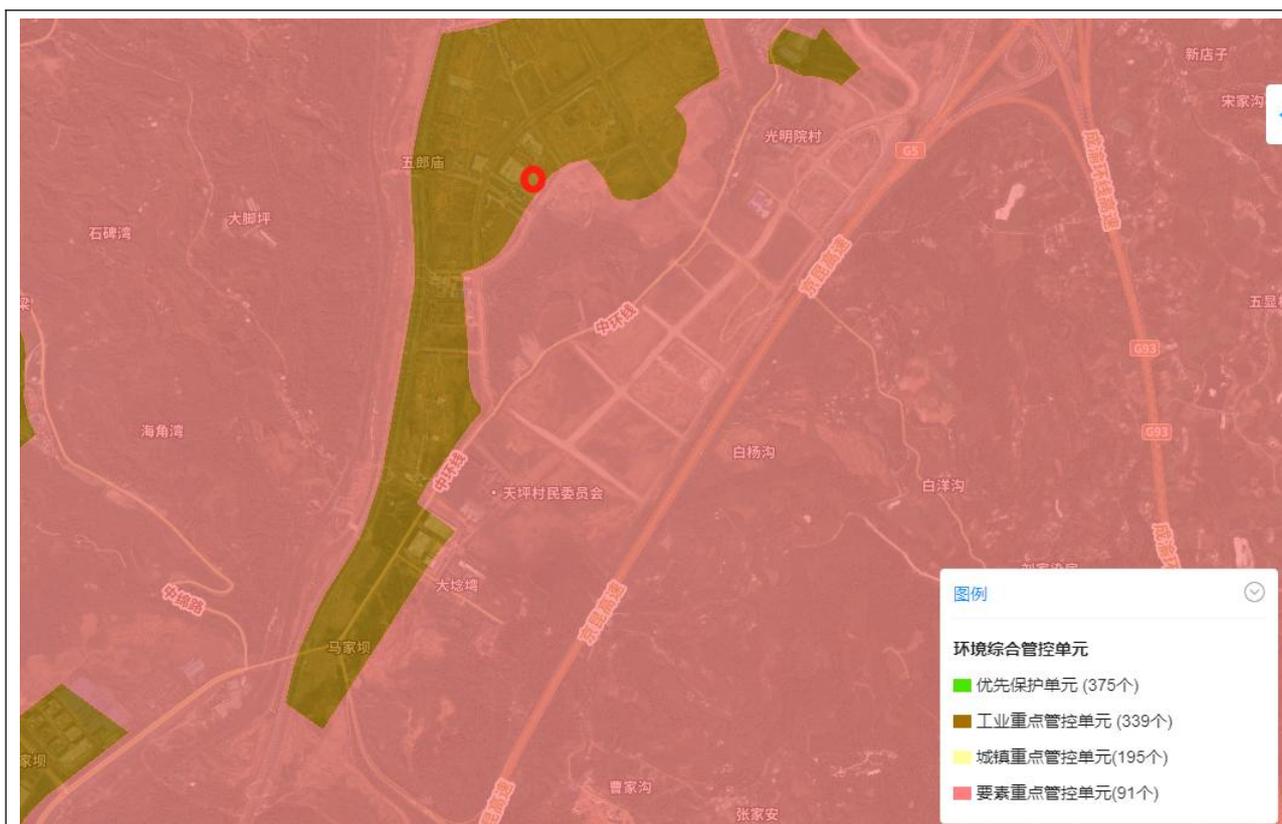


图 1-4 项目所在区域环境管控单元图

表 1-9 绵阳市及游仙区生态环境管控要求及本项目符合性分析

序号	区域	生态环境管控要求	本项目情况	符合性
1	重点管控单元	应不断提升资源利用效率，有针对性地加强污染物排放控制和环境风险防控，解决生态环境质量不达标、生态环境风险突出等问题，制定差别化的生态环境准入要求。对环境质量不达标区域，提出污染物削减比例要求；对环境质量达标区域，提出允许排放量建议指标。	本项目主要进行医用电子直线加速器的生产研发及工业探伤，运营期主要环境污染为电离辐射与臭氧。加速器及工业 CT 机房均设计有混凝土屏蔽墙，经分析屏蔽体设计满足相关辐射防护要求，所致职业人员和公众受照射量低于 GB18871 规定的职业照射剂量限值和本报告提出的职业照射剂量限值。同时加速器机房内均设计有通风系统，经通风系统处理后的臭氧满足《环境空气质量标准》二级标准。	符合
2	绵阳市	电子信息行业引入严格执行其行业资源环境绩效指标准入要求。统筹城区发展与园区的关系，优化园区布局，严控城市上风向引入大气污染物排放量大的企业，推进城区以及布局不合理的高污染、高能耗企业退城入园。	本项目主要进行医用电子直线加速器研发生产及工业探伤，不属于大气污染物排放大的企业。	符合

3		新建、改建、扩建增加重点重金属（汞、镉、铬、铅、砷）污染物排放的建设项目需满足区域重点重金属总量管控要求，对电子信息、化工等涉重点企业重点重金属执行严格的准入条件，严控环境风险。	本项目主要进行医用电子直线加速器研发生产及工业探伤，不涉及重金属（汞、镉、铬、铅、砷）污染物排放。	符合
4		严格控制高污染、高能耗项目；严格执行能源消费总量和强度双控制度，严格执行煤炭消费总量控制要求。	本项目不属于高污染、高耗能项目。	符合
5		优化调整产业结构，严格生态环境准入要求。	本项目属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》中第六项“核能”中第六条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家当前产业发展政策。	符合
6	游仙区	统筹城区发展与园区的关系，优化园区布局，引导工业园区及城市发展方向，推动城市建成区内企业“退城入园”，严格控制园外企业无序扩张。	本项目位于绵阳市游仙高新技术产业园区北区内，属于园区允许类行业。	符合
7		推进城镇污水管网全覆盖，提高农村生活污水收集处理率。	本项目产生生活污水排入市政污水管网。	符合

环境准入负面清单是基于生态保护红线、环境质量底线和资源利用上线，以清单方式列出的禁止、限制等差别化环境准入条件和要求。根据《四川省生态保护红线实施意见》（川府发〔2018〕24号），由于本项目所经区域未进入绵阳市生态保护红线区，根据《四川省国家重点生态功能区产业准入负面清单（第一批）（试行）》、《四川省国家重点生态功能区产业准入负面清单（第二批）（试行）》，项目不在四川省国家重点生态功能区产业准入负面清单内。

（3）与《长江经济带战略环境评价四川省绵阳市“三线一单”生态环境分区管控优化完善研究报告》符合性分析

根据项目行业类别，拟选址经纬度坐标，通过查询四川省生态环境厅“三线一单”应用平台，本项目共涉及环境管控单元3个，涉及到管控单元见下表。

表 1-10 项目涉及环境管控单元一览表

环境管控单元	环境管控单元	所属市	所属区县	准入清单类型	管控类型
--------	--------	-----	------	--------	------

编码	名称	(州)			
ZH51070420002	游仙高新技术产业园区	绵阳市	游仙区	环境管控单元	环境综合管控单元 工业重点管控单元
YS5107042210001	涪江-游仙区-丰谷-游仙高新技术产业园区-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
YS5107042310031	游仙高新技术产业园区	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
YS5107041410002	游仙区土壤优先保护区	绵阳市	游仙区	土壤污染风险管控分区	农用地优先保护区

“三线一单”符合性分析

按照相关管理要求，本系统查询结果仅供参考。

项目1 所属其他医疗设备与器械制造行业，共涉及4个管控单元，若需要查看管控要求，请点击右侧导出按钮，导出管控要求进行查看。

序号	管控单元编码	管控单元名称	所属城市	所属区县	准入清单类型	管控类型
1	ZH51070420002	游仙高新技术产业园区	绵阳市	游仙区	环境综合	环境综合管控单元工业重点管控单元
2	YS5107042210001	涪江-游仙区-丰谷-游仙高新技术...	绵阳市	游仙区	水环境分区	水环境工业污染重点管控区
3	YS5107042310031	游仙高新技术产业园区	绵阳市	游仙区	大气环境分区	大气环境高排放重点管控区
4	YS5107041410002	游仙区土壤优先保护区	绵阳市	游仙区	土壤环境	农用地优先保护区

结合该平台导出的《四川省“三线一单”符合性分析报告》与《长江经济带战略环境评价四川省绵阳市“三线一单”生态环境分区管控优化完善研究报告》，根据《关于印发<产业园区规划环评“三线一单”符合性分析技术要点（试行）>和<项目环评“三线一单”符合性分析技术要点（试行）>的通知》（川环办函[2021]469号）附件2，本项目与各环境管控单元符合性分析间见表1-12。

经分析可知，本项目不涉及绵阳市生态保护红线，不涉及环境准入负面清单的问题。根据环评预测，项目建设满足环境质量底线要求。因此，本项目的建设符合“三线一单”管控要求。

表 1-11 生态环境准入清单

“三线一单”具体要求				符合性分析
类别	对应管控要求		本项目	
游仙高新技术产业园区- ZH51070420002	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求 -禁止引入清洁生产水平达不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。 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。 不符合空间布局要求活动的退出要求 现有属于禁止引入产业门类的企业，应按相关规定限期整治或退出。 -二类、三类工业用地 50m 范围内，不新增居住、教育、卫生用地。 -新建、扩建石化、化工、焦化、有色金属冶炼、平板玻璃项目应布设在依法合规设立并经规划环评的产业园区。 其他空间布局约束要求 暂无	本项目主要源辅料均外协采购，且本身涉及工艺较少，加速器冷却系统均设计循环水，采取环保措施可使“三废”达标排放，可达清洁生产二级水平。 本项目属于机械制造行业，为园区鼓励类行业。	符合
	普适性清单管控要求	允许排放量要求 绵阳市2025年水污染物允许排放量COD34843.7t，氨氮4803.37t，TP1179.87t；绵阳市2025年大气污染物一次PM2.5 8986t、SO2 5368t、NOx18634t、VOCs21242t 现有源提标升级改造 -污水收集处理率达100%； -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；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。 -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	本项目不涉及放射性废弃废水，办公生活垃圾生活通过园区既有垃圾处理设施，生活污水通过园区污水管网接入市政污水处理厂。	符合

		<p>尘脱硫脱硝设施，确保稳定达标排放。有排污许可证的，应严格执行许可要求。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；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。</p> <p>其他污染物排放管控要求</p> <p>新增源等量或倍量替代：-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。</p> <p>-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。</p> <p>-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。</p> <p>-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，防范过生和落后产能跨地区转移。</p> <p>污染物排放绩效水平准入要求：-工业固体废弃物利用处置率达100%，危险废物处置率达100%。</p> <p>-重金属重点排污企业达标排放率达100%，重有色金属矿采选业、重有色金属冶炼行业、金属表面处理及热处理加工行业、皮革及其制品制造业、化学原料及化学制品制造业、铅酸蓄电池制造行业等应满足重点重金属排放行业污染治理相关要求，重金属重点行业清洁生产总体上达到国内先进水平。</p> <p>-禁止露天和敞开式汽修喷漆作业，严禁露天焚烧建筑垃圾；新建涉及VOCs排放的工业企业入园。</p> <p>-按照“减量置换”或“等量置换”的原则，前置审批新（改、扩）建重点行业（包括重有色金属矿采选业（铅锌矿采选、铜矿采选、锑矿采选、金矿采选等）、重有色金属冶炼业（铅锌冶炼、铜冶炼等）、金属表面处理及热处理加工业（电镀）、铅蓄电池制造业、皮革制造业、化学原料及化学制品制造业（聚氯乙烯、</p>		
--	--	--	--	--

		<p>铬盐等基础化学原料制造、硫化物矿制酸等)) 生产类项目重金属总量替代与削减要求。</p> <p>-2030年，涪江流域水总量控制在41.16亿m³以内，COD排放总量限制在3.61万ta内、NH₃-N排放总量限制在0.41万ta内。全面推进涪江流域水环境保护工作，确保流域相关控制断面水质达标。全面推进流域水生生态保护及修复工作。</p> <p>-以“两高”行业为主导产业的园区规划环评应增加碳排放情况与减排潜力分析，推动园区绿色低碳发展。</p> <p>-新建、扩建“两高”项目应采用先进适用的工艺技术和装备，单位产品物耗、能耗、水耗等达到清洁生产先进水平，依法制定并严格落实防治土壤与地下水污染的措施。 -电子信息重点行业新建应参考绵阳市“三线一单”生态环境分区管控中电子信息行业资源环境绩效准入门槛。</p>		
	环境风险防控	<p>联防联控要求</p> <p>涪江流域干流建设流域突发环境事件监控预警体系。</p> <p>其他环境风险防控要求</p> <p>企业环境风险防控要求：涉及有毒有害、易燃易爆物质新建、改扩建项目，严控准入要求。（根据GB 8978中第一类污染物以及《优先控制化学品名录》、《有毒有害大气污染物名录》、《有毒有害水污染物名录》确定）园区环境风险防控要求：严格限制高风险化学品生产、使用，并逐步淘汰替代。优化调整高风险化学品企业布局，逐步退出环境敏感区。</p> <p>用地环境风险防控要求：化工、电镀等行业企业拆除生产设施设备、构筑物 and 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。</p> <p>-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。</p>	<p>本项目设计有辐射屏蔽措施，同时加强员工安全教育管理的情况下可避免辐射事故的发生。</p>	符合

		<p>水资源利用总量要求</p> <p>-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。</p> <p>-到2025年,全市万元GDP、万元工业增加值用水量分别降低到61m 和25m ,比2020年再降低29%、26%。-工业用水重复利用率提高至95%。</p> <p>地下水开采要求</p> <p>绵阳市2025年地下水开采控制量以省市下发指标为准</p> <p>能源利用总量及效率要求</p> <p>启动实施碳达峰行动。实施二氧化碳排放总量和强度“双控”,从严从紧控制煤炭消费,持续挖掘存量碳减排空间。有序推进风能、生物质等新能源开发,严控以化石能源为燃料的火力发电项目,稳定并逐步降低火电运行小时数。</p> <p>-实施水泥等行业产能减量和减量置换,提高钢铁行业能效煤效,推动水泥熟料原料替代和能源梯级利用。推动生活清洁替代和电能替代,扩大可再生能源电力调入和消纳规模,提升工业用能终端电气化水平。</p> <p>-国家大气污染防治重点区域(以下称重点区域)内新建耗煤项目还应严格按照规定采取煤炭消费减量替代措施,不得使用高污染燃料作为煤炭减量替代措施。</p> <p>-实施煤炭消费总量控制:严格控制煤炭消费总量;严格控制新建、改建、扩建耗煤项目,新增耗煤项目实行煤炭消耗减量倍量替代</p> <p>禁燃区要求</p> <p>禁燃区内任何单位不得新建、改建、扩建任何高污染燃料燃用设施,不得将其他燃料燃用设施改造为高污染燃料燃用设施。高污染燃料销售单位应按要求逐步取消禁燃区内的销售网点。对于现有的高污染燃料燃用设施,有关单位和个人应当按照规定予以拆除或者改用电、天然气、生物质成型燃料等清洁能源。对逾期继续使用高污染燃料的,各县市区政府、各园区管委会要依法依规查处。</p>	<p>本项目用水主要为生活用水,耗水量低,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;项目仅使用电能,不涉及煤炭等高污染燃料使用。</p>	<p>符合</p>
--	--	--	--	-----------

		其他资源利用效率要求 暂无		
单元 清单 管控 要求	空间 布局 约束	禁止开发建设活动的要求 禁止引入不符合法律法规、有关政策及规划的项目；禁止引入不符合产业政策和准入条件的项目；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）；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- 其他同工业重点管控单元普适性管控要求 限制开发建设活动的要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 允许开发建设活动的要求 不符合空间布局要求活动的退出要求 经开区园区南侧二类工业用地靠近松垭镇日新村一侧布置成仓储，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，与松垭镇日新村居民相隔离； -其他同工业重点管控单元普适性管控要求 其他空间布局约束要求	本项目建成后主要进行FLASH放疗设备的研发生产，不属于“高污染、高环境风险”目录中企业。	符合
	污染 物排 放管 控	严格管控类农用地管控要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 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 同工业重点管控单元普适性管控要求 园区环境风险防控要求 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。 其他同工业重点管控单元普适性管控要求 企业环境风险防控要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 其他环境风险防控要求	本项目主要产生生活废水和生活垃圾，均依托园区既有处理设施进行处理。	符合

		环境 风险 防控	/	/	/
		资源 开发 效率 要求	水资源利用效率要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 地下水开采要求 同工业重点管控单元普适性管控要求 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 其他同工业重点普适性管控要求 其他资源利用效率要求	/	/
		空间 布局 约束	禁止开发建设活动的要求 涪江-游仙区-丰谷-游仙高新技术产业园区-控制单元 限制开发建设活动的要求 允许开发建设活动的要求 不符合空间布局要求活动的退出要求 其他空间布局约束要求	/	/
水环境管控分区 -YS5107042210001 -涪江-游仙区-丰 谷-游仙高新技术 产业园区-控制单 元	单元 清单 管控 要求	污染 物排 放管 控	城镇污水污染控制措施要求 新增水污染物排放的建设项目实施总量削减替代 工业废水污染控制措施要求 农业面源水污染控制措施要求 严格落实排污许可制度，持证排污，达标排放；强化工业企业储存危险化学品监管，完善储存防护设施；加快布局分散的企业向园区集中；推进工业园区“零直排区”建设，加强企业废水预处理和排水管理，严格执行污水处理厂接管标准。新建有色金属矿产采选禁止工矿废水排放；现有企业强化尾矿库、污水处理设施监管。 船舶港口水污染控制措施要求 饮用水水源和其它特殊水体保护要求	本项目为租用园区既有设施，生活污水工艺废水均通过园区既有下水官网排放至市政污水处理厂，经污水处理厂处理达标后排放	符合

		环境 风险 防控	/	/	/
	资源 开发 效率 要求		<p>企业环境风险防控要求：-涉及有毒有害、易燃易爆物质新建、改扩建项目，严控准入要求。（根据 GB 9001 中第一类污染物以及《优先控制化学品名录》、《有毒有害大气污染物名录》、《有毒有害水污染物名录》确定）园区环境风险防控要求：-严格限制高风险化学品生产、使用，并逐步淘汰替代。优化调整高风险化学品企业布局，逐步退出环境敏感区。用地环境风险防控要求：-化工、电镀等行业企业拆除生产设施设备、构筑物 and 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。-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 and 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。</p>	本项目不涉及	符合
YS5107042310031 游仙高新技术产业 园区	单元 级清 单管 控要 求	空间 布局 约束	<p>禁止开发建设活动的要求 限制开发建设活动的要求 允许开发建设活动的要求 不符合空间布局要求活动的退出要求 其他空间布局约束要求</p>	/	/
		污染 物排 放管 控	<p>大气环境质量执行标准 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）：二级 区域大气污染物削减/替代要求 新增大气污染物排放的建设项目实施总量削减替代。 燃煤和其他能源大气污染控制要求 工业废气污染控制要求 机动车船大气污染控制要求 扬尘污染控制要求 农业生产经营活动大气污染控制要求 重点行业企业专项治理要求</p>	<p>本项目产生臭氧、焊接烟尘、有机废气经过通排风系统可达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）：二级，生活污水垃圾均依托园区既有设施处理。</p>	符合

		其他大气污染物排放管控要求		
		环境 风险 防控		
		资源 开发 效率 要求	/	/
YS5107041410002 游仙区土壤优先保 护区	单元 清 单 管 控 要 求	空间 布局 约束	禁止开发建设活动的要求 限制开发建设活动的要求 允许开发建设活动的要求 不符合空间布局要求活动的退出要求 其他空间布局约束要求	/
		污染 物排 放管 控		
		环境 风险 防控	/	/
		资源 开发 效率 要求		

七、项目外环境关系及选址合理性分析

项目外环境关系

本项目位于四川省绵阳市游仙区东林乡久远激光产业园 5#地块 2 号厂房 5#地块 3#厂房内，共入驻两个企业（建设单位与久利科技），建设单位与久利科技共用一个厂房，久利科技厂房主要为做机加工，该厂房平面布局为主体单层局部三层。厂房北侧 38m 为 5 层办公楼，西侧 20m 为该地块 2#厂房，东侧 5m 处为厂房外地块内部路、东侧 18m 为外部道路、同时东侧还有一个露天砂石场，距离 3#厂房 46m。整体外环境关系如图 1-4 所示。

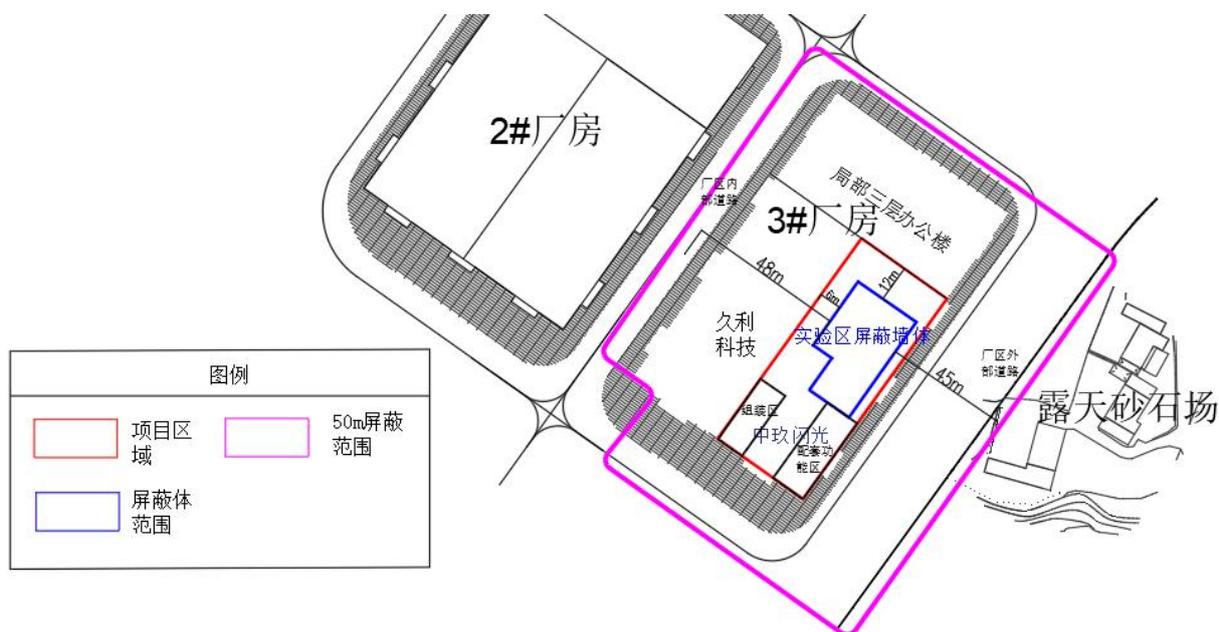


图 1-4 项目外环境关系图

表 1- 13 外环境关系一览表

项目	方位	周边建筑	现场实际勘察距离 (m)	活动人数
射线实验室	西北	久利科技厂房	紧邻	12
	北	厂区局部三层办公楼	紧邻	50
	东	厂区外部道路	29	8
	东侧	露天砂石场	45	10

(2) 选址合理性分析

由图 1-4 及表 1-13 可知，项目周边 50m 范围内不涉及居民住宅、学校和医院等保护目标，主要为工业厂房，故辐射工作场所选址相对独立。项目建成投运后产生环境影响主要为电离辐射，加速器调试及 450kV 工业 CT 探伤过程中产生的 X 射线经屏蔽后对厂区内外工作人员和公众的照射剂量低于《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）的剂量限值和本报告提出的剂量约束值。因此，从辐射安全防护分析的角度分析，本项目选址合理。

八、核技术应用现状

无

九、与项目有关原有问题

本项目系租赁既有厂房预留房间进行加速器研发，不涉及遗留环境问题。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器。

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/ 剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
1	Flash放疗设备	加速器	10台/年	/	电子	9MeV	300mA/ 40Gy/s	医用	FLASH放疗 设备测试间	生产 销售 使用
2	普通放疗设备	加速器	1	/	电子	9MeV	70mA/ 1500cGy/min	医用	普通放疗设备 测试间	使用

（二）X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	450KV 工业 CT	X 射 线机	1	/	450kV	3.3mA	工业探伤	450kV 工业 CT 检测 间	使用

(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 (mA)	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	/	/	/	/	/	/	自然分解

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³,年排放总量用 kg。
 2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³)和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法 规 文 件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订本），2015 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修订本），2018 年 12 月 29 日起实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，2019 年 3 月 2 日修订）；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 7 月 16 日修订）；</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》（2016 年 3 月 29 日四川省十二届人大常委会第 63 号公告公布实施）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 4 月 18 日环境保护部 18 号令公布实施）；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部令第 3 号，2008 年 12 月 6 日施行）；</p> <p>(10) 《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 2017 年第 66 号公告公布实施）；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号）；</p> <p>(12) 《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）；</p> <p>(13) 《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）。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）</p> <p>(6) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）；</p> <p>(7) 《电子加速器 性能和试验方法》（GB 15213-2016）</p>

	<p>(8) 《医用电子直线加速器质量控制检测规范》（WS674-2020）</p> <p>(9) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p>
其他	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》（第三分册-辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）</p> <p>(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）；</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价等级及范围

(1) 辐射环境

根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)中的规定,结合本项目特点,确定本项目评价范围为:450kV 工业 CT 检测间、FLASH 放疗设备测试间、普通放疗设备测试间实体屏蔽墙边界外 50m 范围内区域。

(2) 地表水环境

项目运营期外排废水主要为冷却废水和生活污水。加速器循环冷却水无放射性污染与生活污水一并排入厂区污水管网,最终经游仙区七星坝污水处理厂处理达标后排入涪江。根据《环境影响评价技术导则 地面水环境》(HJ 2.3-2018)评价工作等级划分原则与方法,本项目地表水环境影响评价工作等级为三级 B,可不进行水环境影响预测。

(3) 声环境

本项目评价区域属于《声环境质量标准》规定的 3 类标准区域,依照《环境影响评价技术导则 声学环境》(HJ2.4-2021)的规定,结合本项目噪声特征,项目声环境影响评价工作等级判定见下表。

表 7-1 声环境影响评价工作等级判定表

项目	声环境区划	项目建设前后噪声级的变化程度	受噪声影响范围内的人口
三级评价标准判据	3 类区	增高量在 3dB(A)以下	变化不大
实际情况	3 类区	增高量在 3dB(A)以内	变化不大
评价等级判定	声环境影响评价工作等级判定结果:三级评价		

项目建成后厂区及厂界噪声级增加不明显,受影响的人口较少,根据 HJ2.4-2021 规定的等级判定要求,本项目声环境影响评价等级为三级,评价范围为厂界外 200m 范围内区域。

保护目标

(1) 电离辐射

由前述外环境关系可知,本项目评价范围位于工业园区内,及园区外部道路,流动人员较少,主要为厂区工作人员。

本项目主要环境影响因素为电离辐射,保护目标主要是工作人员和周围公众,具体环

境保护目标见表 7-1。

表 7-1 项目环境保护目标一览表

类别	保护目标	相对位置	与辐射源最近距离 (m)	人数	备注	
实验区	450kV 工业 CT 检测间	辐射工作人员	西南	9m	4	职业照射
		实验室区域东侧室内走廊流动人员	东侧	9m	2	公众照射
		厂区内部路流动人员	东侧	12m	20	公众照射
		厂房内组装区域工作人员	西南侧	17m	10	公众照射
		久利科技机加工厂房工作人员	西北侧	15m	20	公众照射
		露天砂石场工作人员	东南侧	45m	5	公众照射
	FLASH 放疗设备测试间	辐射工作人员	西北侧	14m	4	职业照射
		动物暂存间	东侧	2m	2	公众照射
		厂区内部路流动人员	东侧	16m	20	公众照射
		久利科技机厂房内组装区域工作人员	西南侧	18m	10	公众照射
		机加工厂房工作人员	西北侧	45m	20	公众照射
		露天砂石场工作人员	东南侧	48m	5	公众照射
	普通放疗设备测试间	辐射工作人员	西北侧	14m	4	职业照射
		厂区内部路流动人员	东侧	20m	20	公众照射
		厂房内组装区域工作人员	西南侧	30m	10	公众照射
		久利科技机机加工厂房工作人员	西北侧	18m	20	公众照射
		露天砂石场工作人员	东南侧	45m	5	公众照射
		3 层办公楼	北侧	6m	30	公众照射

(2) 其他环境要素保护目标

地表水环境：涪江为本项目污水接纳水体，涪江水质和水体功能不因本项目的建设而发生变化，应使其符合《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水域标准的要求。

声环境：经调查，项目厂界周边 200m 范围内主要为工业园区厂房，不涉及学校、医院、居民住宅等保护目标。

评价标准

本项目执行以下标准：

一、环境质量标准

- 1、地表水环境执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水域标准；
- 2、大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；
- 3、声学环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类标准。

二、污染物排放标准

- 1、废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准。
- 2、废气排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中二级标准；
- 3、施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；营运期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中3类标准。

三、辐射防护标准

1、剂量限值和剂量约束值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关标准：

职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录B剂量限值：应对任何工作人员的职业水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续5年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

根据辐射防护最优化的原则，结合本项目实际情况，本环评确定项目职业照射年有效剂量限值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）职业照射剂量限值20mSv的四分之一执行，**即5mSv/a**。

公众照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录B剂量限值：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下述限值：年有效剂量，1mSv。

根据辐射防护最优化的原则，结合本项目实际情况，本环评确定项目公众照射年有效剂量限值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）公众照射剂量限值的十分之一执行，**即 0.1mSv/a 作为剂量管理值**。

2、工作场所屏蔽防护要求

参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《工业探伤放射防护标准》

（GBZ 117-2022）中关于工作场所屏蔽要求，结合本项目工艺特点，按照屏蔽防护从严原则，确定本项目工作场所的屏蔽防护控制目标值如下：

距射线装置所在机房防护门、机房墙体及等屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 μ Sv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

游仙区位于四川盆地西北部，东与梓潼县接壤；南与三台县、盐亭县毗邻；西以涪江为界，与涪城区隔江相望；北与江油市接界。总面积 1018 平方千米。

本项目选址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，项目中心坐标为经度：E104.740728°、纬度 N31.591857°，地理位置见附图 1。



项目所在地照片

二、辐射环境质量现状

本项目主要进行医用加速器的生产研发、设计，加速器的出束调试及组装零部件的探伤作业，综合考虑本项目的运行期间主要为电离辐射。本次评价委托四川久测环境技术有限公司于 2023 年 3 月 24 日对项目拟建场地进行 X- γ 辐射剂量率进行监测。

1、监测因子

环境 X- γ 辐射剂量率

2、监测使用仪器

使用的监测仪器情况见表 8-1。

表 8-1 监测仪器设备一览表

仪器名称及编号	检定校准日期	校准证书号	校准单位	仪器参数
FH40G-X 型多功能辐射测量仪 编号：SCJC-JL-0221 探头型号：FHZ672E-10	2022.07.11 (检定)	检定字 第 2022-20 号	四川省核工业 辐射测试防护 设备计量检定 站	测量范围： 1nSv/h~100 μ Sv/h 校准因子：0.97

3、监测方法

项目监测方法及方法来源见表 8-2。

表 8-2 监测方法及方法来源表

项目	监测方法
环境 X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

4、检验检测结果

本项目监测结果见表 8-3。

表 8-3 拟建场地周围环境 X-γ辐射剂量率监测结果（nSv/h）

点位	监测位置	监测值	标准差
1#	3#厂房内	44.0	1.7
2#	3#厂房东侧	55.1	0.6

注：1、天气：晴（无雨雪、无雷电天气）；环境温度：15.2° C~15.4° C，相对湿度：55.3~55.5%
2、以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

5、质量保证措施

（1）在拟建项目场地内及评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对密集区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

（2）监测方法采用国家有关部门颁发的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗；

（3）监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；

（4）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验；

（5）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

（6）监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

6、监测结果分析与评价

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，环境γ辐射剂量率测量结果按照下式计算：

$$\dot{D}_\gamma = K_1 \times K_2 \times R_\gamma - K_3 \times \dot{D}_c \dots\dots\dots \text{(式 8-1)}$$

式中： \dot{D}_γ ——测点处环境γ辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

k₁——仪器检定/校准因子，取 0.97；

k₂——仪器无检验源，该值取 1；

R_{γ} ——仪器测量读数值均值，使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源，换算系数取 1.20 Sv/Gy；
 k_3 ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1；
 \dot{D}_c ——测点处宇宙射线响应值（评价不考虑），Gy/h。

由表 8-3 可知，项目拟建场址周围环境 X- γ 辐射剂量率监测值为 44~55.1nSv/h，经换算后环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 51.2~64.1nGy/h，对比《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省空气吸收剂量率自动监测结果 61.9~151.8nGy/h，属于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

本项目租用绵阳市游仙区中国（绵阳）科技城游仙军民融合产业园久远激光产业园 3# 厂房）进行 9MeV e flash 和 X flash 放疗设备的研发生产，该厂房（含屏蔽体）等均已由租赁房建成，本项目主要进行设备安装及调试，不涉及土建施工。

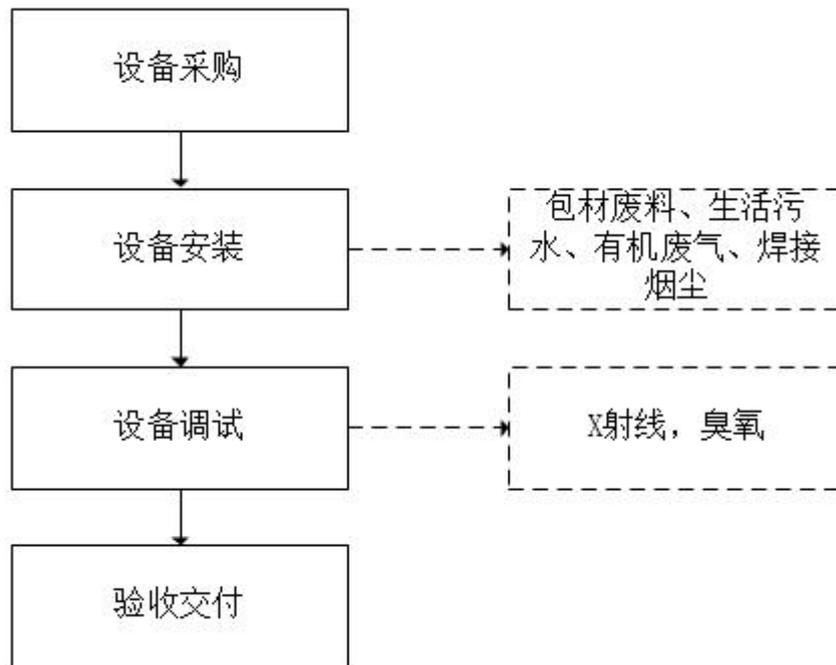


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

本项目中，普通放疗设备、450kV 工业 CT 均对外采购。均由厂家统一安装、调试，在安装期间会产生少量包材固废、噪声和生活污水。

设备安装工程中产生的包材固废由建设单位进行收集，统一运送至园区既有的垃圾房，由市政环卫部门定期清运；项目产生的生活污水依托园区既有污水管网，统一排放至市政污水管网内，经市政污水处理厂处理达标后排放；在设备安装、调试过程中，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，在测试间或检测间外设置电离辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试过程中，射线开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带；调试期间，控制室须有工作人员值守；人员离开时测试间或检测间应上锁并派人看守。因此本项目 X 射线不会对周围环境造成影响。

二、运营期工艺分析

本项目建成后，中玖闪光公司将根据市场调研情况或客户需要进行医用加速器（FLASH 放疗设备）设计研发（已制定初步设计方案及设备参数范围），同时将所有器件将通过对外定制采购的形式完成，后在建成的实验区域内进行设备组装，最终进行出束调试。普通放疗设备为对外采购，本项目只涉及使用，主要用于与 FLASH 放疗设备进行对比实验。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。运营期工艺中涉及到三类射线装置（450kV 工业 CT、Flash 放疗设备、普通放疗设备），其中 Flash 放疗设备为 9MeV 医用电子直线加速器（脉冲式），与普通放疗设备工作原理一致，仅设备工作模式、工作参数不同。Flash 放疗设备，工作时间小于 1 秒钟（约为 0.2 秒），间隔至少 5 分钟；普通放疗设备为常规医用电子直线加速器，最大能量为 9MeV，连续出束。

450kV 工业 CT 最大管电压 450kV、管电流 3.3mA，用于 FLASH 放疗设备研发生产过程的部分部件的无损检测。

1、FLASH 放疗设备

① 设备组成

FLASH 放疗设备与常规医用电子直线加速器一样主要由电磁系统、真空系统、粒子束引出系统、控制系统、准直系统、水冷系统、靶系统、电气系统、控制软件等系统组成，示意图如下：

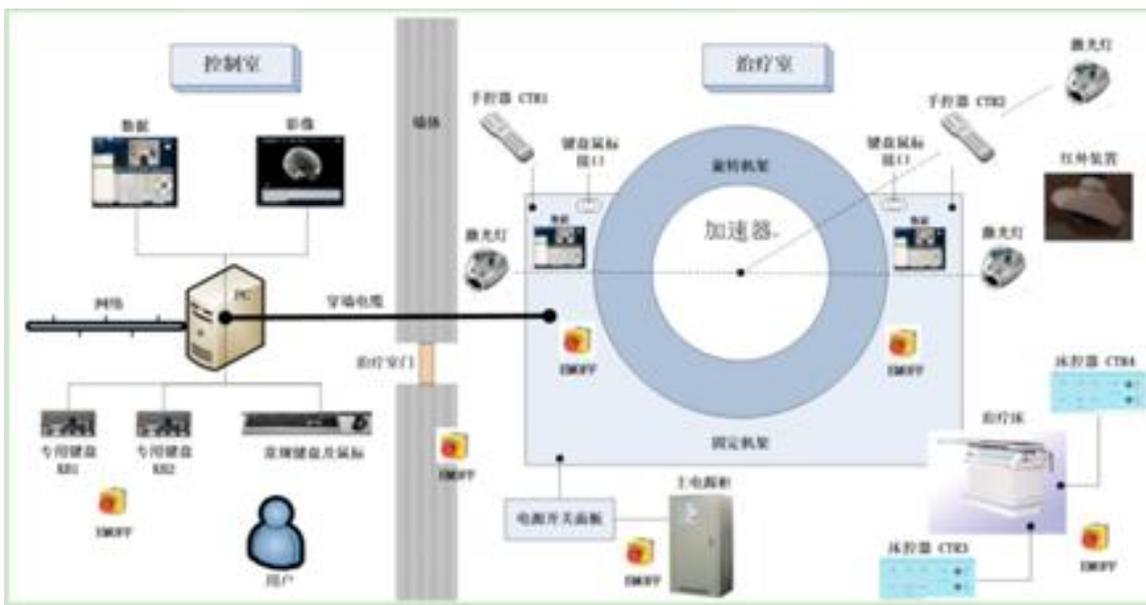


图 9-2 医用加速器主要元件示意图

② 医用电子直线加速器工作原理

医用电子直线加速器是带电粒子加速器的一种，它是利用高微波功率在行波、驻波加速结构中建立纵向电场对电子束进行加速的一种谐振式加速器。

加速结构有行波和驻波两种，是对电子进行加速的核心器件。微波功率经耦合波导馈入后，在其中产生行波或驻波电磁场。两种加速结构各有所长，驻波加速结构可以在同样长度上比行波获得更高的能量增益。

电子加速器产生的 MeV 电子束有两种应用方式：一种是直接将 MeV 高能电子束引出，即应用电子线；另一种是 MeV 高能电子束打靶产生 X 射线，即应用 X 射线。工作原理如下图 9-2：

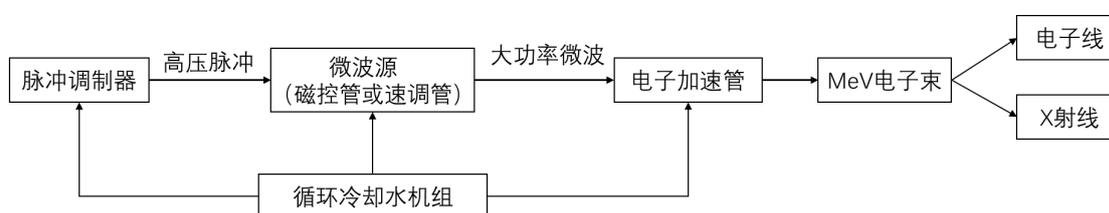


图 9-3 加速器工作原理示意图

产品技术参数见表 1-4

③ 工艺流程

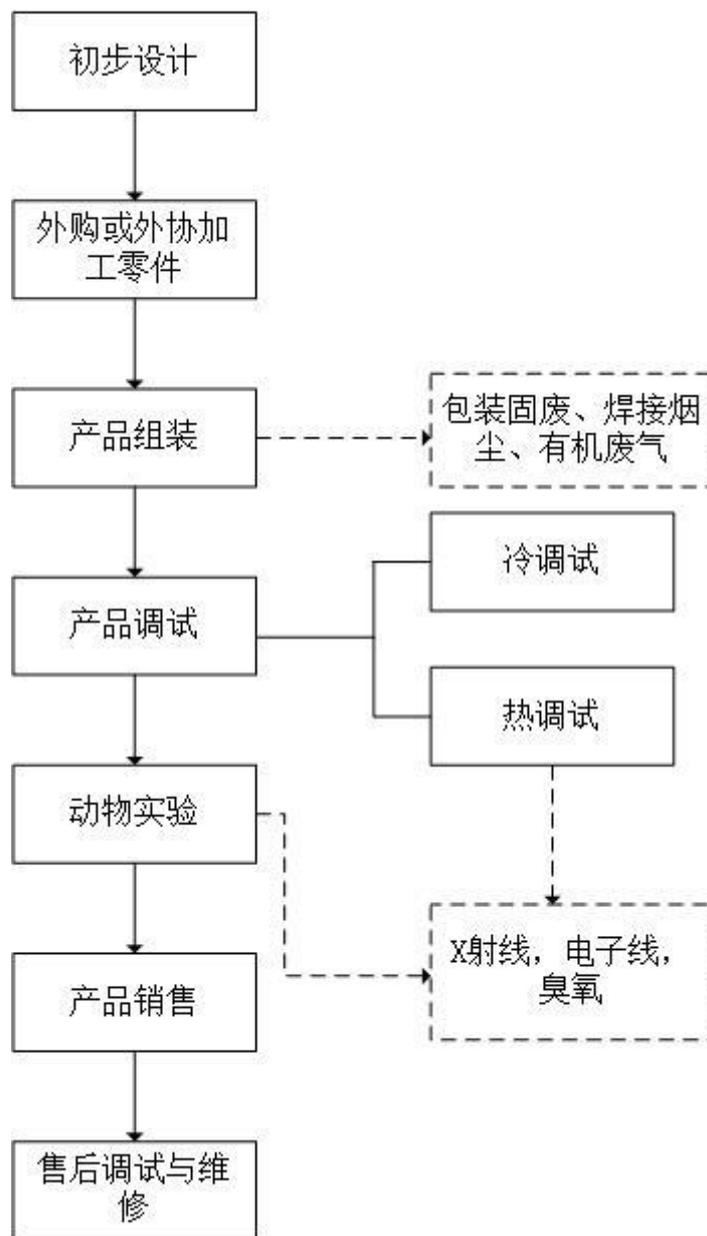


图 9-4 FLASH 放疗设备调试工艺流程及产污环节示意图

(1) 初步设计

根据前期市场调研结果，将治疗需求转化为产品需求，进一步形成设计要求，完成系统各部分组件设计。

(2) 外购或外协加工零件

外购成套系统，外购零件并委托其它单位进行加工，之后将零件、配件或系统存放于库房，中玖闪光不进行零件的制造。

(3) 产品组装

本项目产品组装过程中主要涉及线路连接（使用电烙铁锡焊、冷压连接）、设备搬运、设备组装（主要为螺帽螺钉组装），部分部件组装在厂房组装区内完成，其余均在 FLASH 放疗设备测试间内完成。

电路焊接：设备组装过程中，可能涉及线缆的连接，连接方式主要采用电烙铁锡焊或冷压连接。

设备搬运：使用行吊、地牛搬运动机架、机架底座、治疗床、加速管、治疗头、调制器、外循环水箱、内循环水箱、铅配重等原件到普通放疗设备机房与 FLASH 放疗设备机房。并将服务器、主机、路由器等放置在机房的控制间。

设备组装：首先测量并标识机架底座中心线和治疗床中心线，之后利用吊装设备（2t 行吊）安装固定底座，并将动机架放置在机架底座上。之后依次安装加速管、治疗头、调制器，在动机架上配置内循环水箱水泵并安装配重块。最后在治疗床地坑处固定治疗床底座与吊装治疗床。组装过程中会涉及到零部件的清洁，一般使用无纺布浸润无水乙醇擦拭。

以上步骤完成后，为组装的产品安装水管与外循环水箱相连，并设置好电路电线，并查看电源和通信情况，电源及通信安装完好后进入产品调试环节。

（4）产品调试

产品组装完成后在 3# 厂房射线实验室的 FLASH 放疗设备控制间内进行整体调试，其调试内容主要为：

1) 冷测调试：

主要进行机身调试、高频调试、抽取真空、注保护气等。调试时，磁场辐射源周围由加速器部件包围，壳体外电磁辐射影响可忽略。调试的步骤见下：

I 安装激光灯找准中心；

II 机身调试：控制加速器的机架进行旋转，记录重复精度和定位精度，不满足既定生产计划中的要求时进行调参；控制治疗床进行运动，检验负载情况下的运动精度，不满足既定生产计划中的要求时进行调参；

III 高频调试：检测数字信号、频率等是否达到使用要求，若未达到相关要求则利用调制器、速调管等进行调试。

IV 使用氮气瓶向加速管内灌注氮气，利用氮气排除空气后，利用真空泵对加速管进行真空抽取，使真空度达到 10^{-6} ；

V 使用 SF_6 气瓶向波导管内充入 SF_6 气体作保护气，将气压控制在 0.6-1.0 个大气压之

间；

VI将调制器、加速管、速调管、波导管、钨靶、四端环流器等接入循环水系统并打开循环水系统，为热调试时降温做准备，并在电脑界面上观察水流量。

2) 热测调试：

将在组装区域完成组装后的加速器转运至加速器测试间内，利用远程控制开启设备，产生的电子束流通过束流引出系统打在钨靶上，进行出束测试与参数调节，之后关停离子源、高频、磁铁、水冷、真空等系统，热测调试步骤如下：

检查出束联锁情况，检查符合要求后调制器加高压、电子枪加高压，并进行 AFC 自动调频出束，并进行出束调参，出束时用辐射检漏仪检查屏蔽门、机房外周围辐射剂量并做好记录；

出射线结束后停止高压输出，等待 5min 后即可打开屏蔽门。

热测调试过程中会产生 X 射线和电子线以及臭氧等氮氧化物。

(5) 动物实验

在销售之前，建设单位需要取得医疗器械注册证，在取证过程中，必须先后开展动物实验和临床实验，其中动物实验由医院或医学研究单位等专业机构实施，中玖闪光配合，具体是：动物实验阶段的小白鼠实验在中玖闪光实验室开展，专业机构带实验小白鼠（约 100 只）到中玖闪光实验室，放在暂存间内（恒温、通风及紫外线消毒），当天实验完成带回专业机构处理，中玖闪光根据研究人员需要调整设备参数满足其状态要求；其他试验（如临床实验）在专业机构场地实施，中玖闪光提供设备并提供运行支持，医学相关工作由专业机构实施。

(6) 产品销售与售后维修

获得医疗器械注册证后，进行整机销售，到用户方进行安装调试，确认设备状态满足约定要求后交付，随后定期进行设备保养及维修。

④ 年运行工况

根据建设单位设计需求，FLASH 设备最大电子束能量为 9MeV，单个脉冲约 0.2s，每个脉冲间隔不少于 5min，剂量可达 40Gy/s，前期调试过程中水平朝东南墙出束，后期将垂直向地面出束，日出束时长不超过 16m（80 脉冲），年出束不超过 1.2 小时。

2、普通放疗设备

① 普通放疗设备组成及工作原理

医用电子直线加速器基本结构单位包括加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。设备基本结构见图 9-2。

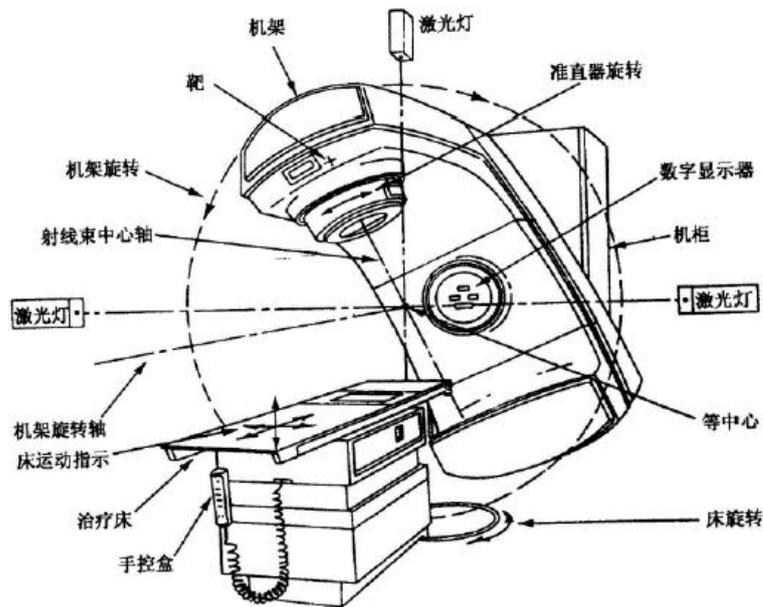


图 9-5 普通放疗设备基本结构示意图

本项目拟购 1 台 9MeV 普通放疗设备（移动电子直线加速器），属于 II 类射线装置，其主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目医用电子直线加速器主要参数

工作场所	普通放疗设备测试间
设备名称	普通放疗设备
射线装置分类	II 类射线装置
射线类型	X 射线、电子线
X 射线能量	9MV
距靶 1m 处 X 射线最大剂量率	1500cGy/min
电子线能量	9MeV
距靶 1m 处电子线最大剂量率	1500cGy/min
正常治疗距离	最低等中心高度 124cm； 最大等中心到治疗机头净空间距离为 45cm。
机架旋转角度	0°~360°
最大照射野（SSD=1m）	40×40cm ²
X 射线漏射率	≤0.1%
主射线最大出束角度	28°

② 普通放疗设备工艺流程

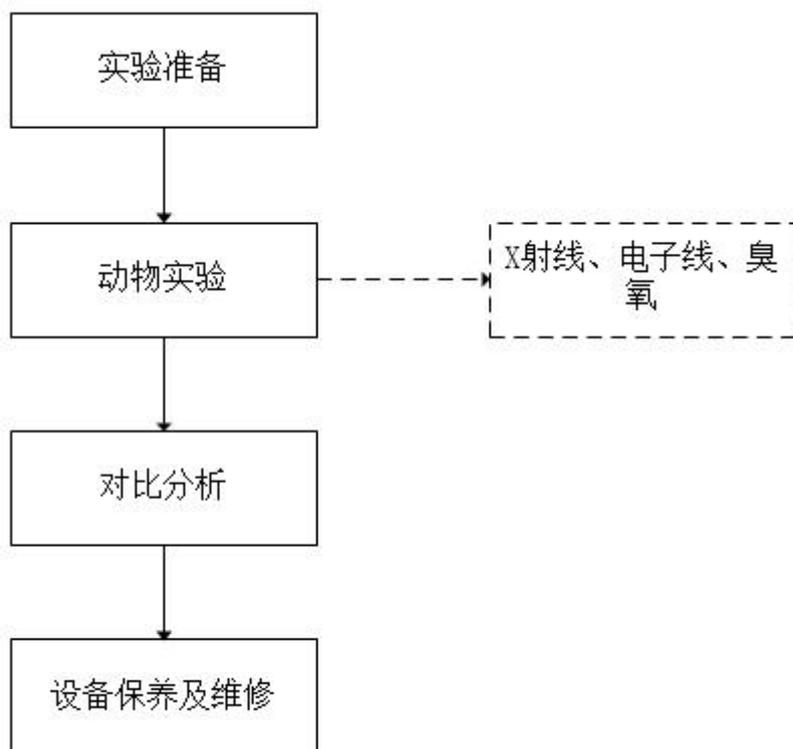


图 9-6 普通放疗设备调试过程及产污环节意图

普通放疗设备可提供两种治疗模式，一种是利用电子线对浅表部位病灶治疗，最大电子线能量 9MeV；一种是 X 射线治疗模式，用于深部病灶照射，X 射线最大能量为 9MeV，其运营期工艺流程如下：

(1) 实验准备

根据实验内容选择治疗模式，将动物实验动物运送至测试间内固定，按照制定流程进行清场程序确保无人员停留在测试间内。

(2) 动物实验

动物实验由医院或医学研究单位等专业机构实施，中玖闪光配合，具体是：动物实验阶段的小白鼠实验在中玖闪光实验室开展，专业机构带实验小白鼠（约 100 只）到中玖闪光实验室，放在暂存间内（恒温、通风及紫外线消毒），当天实验完成带回专业机构处理，中玖闪光根据研究人员需要调整设备参数满足其状态要求

(3) 对比分析

试验完成后将，加速器关闭，专业机构取出实验小白鼠带回专业机构检测治疗数据并与 FLASH 放疗设备实验数据进行对比分析。

(4) 设备保养及维修

该设备保养及维修将由中玖闪光自行完成，主要涉及零部件更换，循环水补充更换（约一年一次），SF₆补充。

③ 年运行工况

普通放疗设备在工作状态下最大电子为9MeV,脉宽4μs,频率250Hz,束流强度为70mA 单次出束至少为分钟级别，出束方向为水平向主体屏蔽墙，年工作出束不超过200h。

3、450kV 工业 CT

① 设备组成

450kV 工业 CT 主要由循环冷却水机组、高压电源、X 射线管、CT 检测台组成。

② 工作原理

450kV 工业 CT 运行的主要工作原理是高压电源产生的高压脉冲给到450kV的X射线管，在X射线管内阴极和阳极之间建立静电场，阳极发射的电子在静电场作用下加速到450keV,轰击到钨靶上，产生X射线，照射到被检测物体后，由探测器接收射线并给出不同位置的强度信号，系列信号经数据采集单元输出给CT成像计算机，对采集数据进行处理后给出CT检测图像。

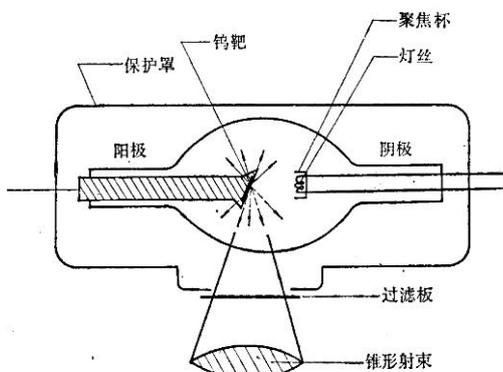


图 9-7 X 射线管示意图

② 工艺流程

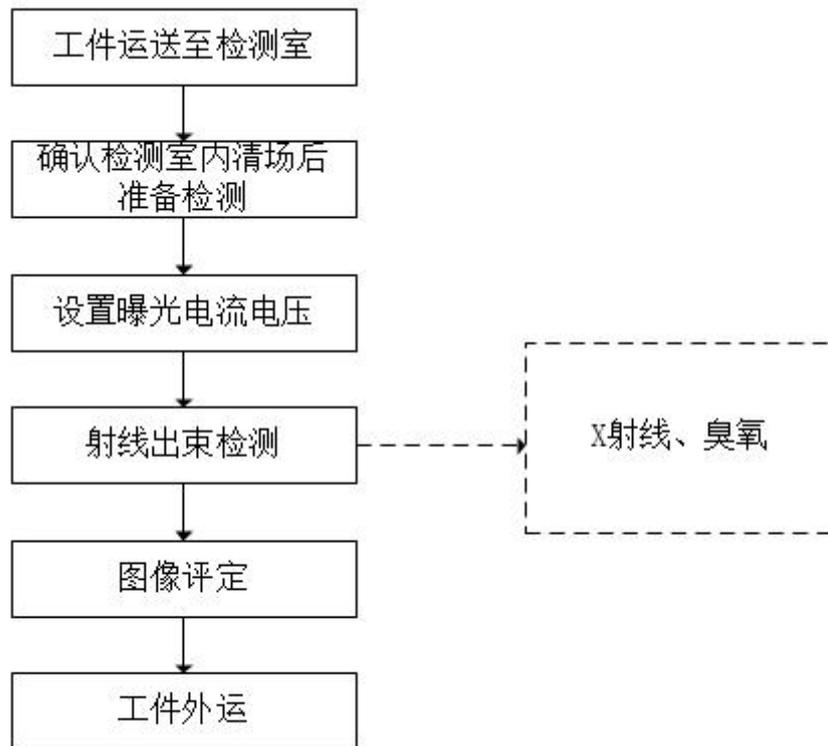


图 9-8 450kV 工业 CT 工艺流程及产污环节示意图

(1) 准备工作

探伤作业前需要将待检工件运送至检测室，后需流程进行检测间的清场工作，确保无人员在检测室内。

(2) 曝光出束

在完成准备工作后，由工作人员根据需求设置曝光参数，开始出束检测。

(3) 图像处理

待工件曝光完成后，通过成像系统的结果进行分析，出具电子分析报告（无需洗片）

(4) 检测结束

获得曝光后数据后关闭系统，并切断高压。

③ 年运行工况

450kV 工业 CT 最大管电压 450kV, 管电流 3.3mA，最大被检工件 200mm*200mm*200mm, 年出束时长不超过 300h。

4、人流物流路径规划合理性分析

本项目工作人员及设备进出主要通过厂区大门及东侧侧门，如下图 9-9 所示。

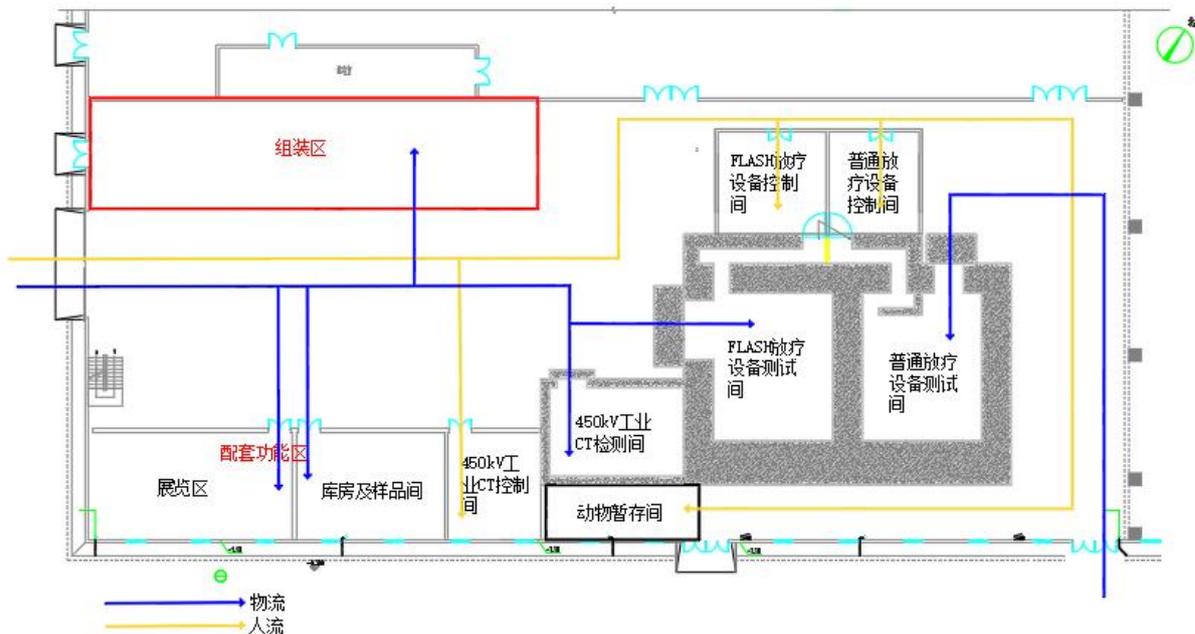


图 9-9 人流物流路示意图

450kV 工业 CT 检测间：450kV 工业 CT 主要用于 FLASH 放疗设备组装工件的无损检测，工件由工作人员从组装区或样品间取出，从 450kV 工业 CT 检测间西侧的物流门进入进行无损检测，工作人员位于检测间响铃的 450kV 工业 CT 控制室内进行远程操控。本项目使用的工业 CT 采用数字成像技术，不涉及洗片污物。检测完成后，工件从物流门运送至组装区、库房或 FLASH 放疗设备测试间。

FLASH 放疗设备测试间：FLASH 放疗设备测试间用于 FLASH 放疗设备的生产研发，工件从组装区、库房、450kV 工业 CT 检测间从 FLASH 放疗设备测试间西侧物流门进入，组装调试完成后从物流门整机运出至展览区或库房。

普通放疗设备测试间：普通放疗设备检测间在施工期安装完成，施工期主要进行动物实验对比，物件及实验动物从西北侧物流门进出；工作人员从控制间西北侧控制间门进出。

污染源项描述

1、电子束、X射线

加速器或工业CT工作时，将产生X射线及高能电子束有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射，对机房周围环境造成一定的辐射污染。因电子束贯穿能力远弱于X射线，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽，因此，在加速器开机的时间内，电子束产生的韧致X射线为主要污染因素。

由其工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失，加速器及CT只有在开机并处于出束状态时才会产生X射线。辐射途径为外照射。

2、非放射性有害气体

加速器或CT开机出束时产生的X射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)。其中，臭氧的危害大，产额高，毒性大，而氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，且国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，因此，在考虑有害气体的影响时仅考虑臭氧的影响。在设备组装时会有少量电烙铁焊接和酒精擦拭的过程，此过程中会产生焊接烟尘及有机废气。

3、噪声

本项目主要噪声源为通排风系统，450kV工业CT检测间、FLASH放疗设备测试间、普通放疗设备测试间，共三套通排风系统，根据建设单位提供设计资料，其中最大通排风噪声60dB。

4、废水

本项目产生废水主要为员工日常办公产生的生活污水（加速器循环冷却水更换一年一次，用量可忽略不计），生活污水依托厂区既有卫生间收集，园区处于市政污水厂服务范围，收集后的生活污水统一排入市政污水管网，最终进入城市污水处理厂处理达标后排放。本项目拟定21名工作人员，年工作时长300天，用水量按50L/人*d,生活用水1.05m³/d(315m³/a),生活污水按用水量的百分之80计算，则生活污水约252m³。

5、固废

项目运营期产生其他固体废物主要为员工日常办公产生的生活垃圾。厂区内各建筑物内均设有垃圾桶，工作人员产生的生活垃圾袋装收集，定期集中交由市政环卫部门清运处置。本项目拟定21名工作人员，年工作时长300天，人均生活垃圾按照每天0.5kg,包装废料约1t/a，则年生活垃圾约为4.15t。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、项目工作场所平面布置合理性分析

本项目选址于四川省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 5#地块 3#厂房，该厂房现已建成，是一栋主体为一层局部三层的建筑。建设单位拟在该厂房中建设实验区组装区及配套功能区，项目整体仅占厂房主体的一半。实验区域位于厂房东北侧，由 450kV 工业 CT 检测间和两个放疗设备测试间及其各自的控制间组成，用于设备最终调试出束。组装区位于厂房西侧，用于部分设备组件组装及大型工艺设备暂存处；厂区东南侧为二层钢制平台，作为项目的配套功能区，主要用作物料暂存，成品展示及满足工作人员少量的办公需求。

厂房正大门位于西南侧，人员设备主要从该门进出，普通放疗检测间内设备主要从东北侧侧门进出厂房。项目加速器调试、生产过程中产生的少量固废及生活垃圾分类收集后，通过东北侧侧门运出至园区垃圾房。

由附件 9 及项目辐射“两区划分”图（图 10-1、附图 10）可知，本项目中射线装置均布置在屏蔽体内，以各检测间屏蔽墙体内为控制区，屏蔽墙体由足够厚的重混凝土浇筑，其中两个医用电子直线加速器检测间内还设置了密道；同时，各检测室出入口均设计由声光报警系统，且出束前有专人巡场清场，防止无关人员靠近。同时项目所在厂房位于地块东南侧，东南侧与西南以外均为园空地，同时项目位于工业园区内，周边多为厂房流动人员较少，无居民楼、学校、医院等敏感目标，对其他公众人员的辐射环境影响较低。

综上，本项目建设的辐射工作场所布置相对独立，检测过程中产生的 X 射线经实体屏蔽防护后对周围环境的辐射影响时可以接受的。总体来看，辐射工作场所的平面布置及“人、物、污”流动路径设置方式既便于各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护，从辐射安全防护的角度分析，其总平面布置是合理的。

二、工作区域管理

2.1 分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范和管理工作，项目应当按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4 条要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限

制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽限制进出控制区。放射性工作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

2.2 项目控制区和监督区划分

项目辐射分区划分，见表 10-1 和附图 10-1

表 10-1 本项目“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区
450kV 工业 CT 检测间	450kV 工业 CT 检测间	450kV 工业 CT 检测控制间
FLASH 放疗设备测试间	FLASH 放疗设备测试间及迷道	FLASH 放疗设备测试间控制间
普通放疗设备测试间	普通放疗设备测试间及迷道	普通放疗设备测试间控制间

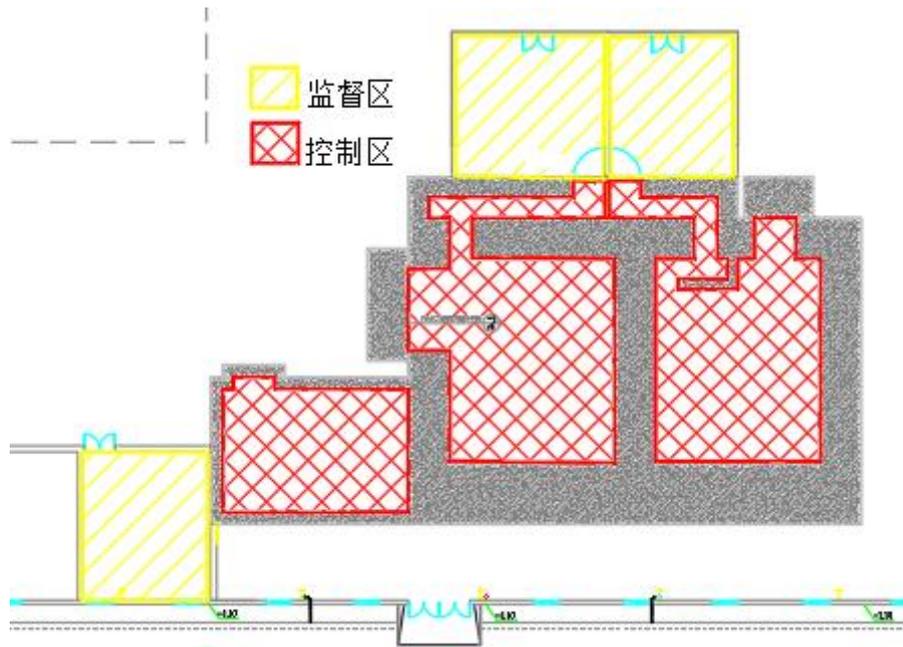


图 10-1 加速器制造厂房两区划分图

2.3 环评要求

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

(1) 控制区防护手段与安全措施

- ①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志；
- ②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障限制进出控制区；
- ④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

(2) 监督区防护手段与安全措施

- ①在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标识；
- ②定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

二、辐射安全及防护措施

1、设备固有安全性

①450kV 工业 CT

450kV 设备采购自正规厂家，厂家保证设备的设计制造、出厂各项指标参数均符合《电

子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ 785-2016）、《无损检测用电子直线加速器》（GB/T 20219-2015）等规范要求。

②普通放疗设备

（1）加速器购置于正规厂家，满足质检要求，有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）规定的限值。

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

（3）加速器设置有系统联锁装置，只有当射线能量、吸收剂选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当机房与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

（4）有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，将自动终止治疗照射

③FLASH 放疗设备

FLASH 放疗设备为建设单位自主研发生产销售的设备，目前为初步设计阶段，因此建设单位在研发调试过程中应遵守符合《医用电子加速器 性能和试验方法》（GB 15213-2016）、《医用电子直线加速器质量控制检测规范》（WS 674-2020）等规范要求。

建设单位已制定安全措施如下：

（1）高压端子设有防护，正常状态下接触不到，或者和安全连锁相联，可接触时不上电。

（2）设有安全连锁系统，监控、警铃、巡更确保人员清场；设有急停按钮，可紧急停机，中止机器工作；设有门机连锁，人未离开控制区时，设备不能开机出射线。

2、工程屏蔽措施

FLASH 放疗设备测试间面积 100m²，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土（与普通放疗设备测试间西南墙共用）；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙为 200cm 厚混凝土（与 450kV 工业 CT 检测间东北墙共用）；西北侧为 Z 字型迷道，迷道内墙为 200cm 厚混凝土、迷道外墙为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土；工件进出门位于西南侧，采用 200cm 厚混凝土；人员进出门位于西北侧，采用 5cm 钢制门。目前，上述混凝土屏蔽体和防护门均已由绵阳园城融合发展集团有限责任公司建设完成。

普通放疗设备测试间面积 95m²，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙为 200cm 厚混凝土（与 FLASH 放疗设备测试间东北墙共用）；西北侧为 Z 字型迷道，迷道内墙为 200cm 厚混凝土、迷道外墙为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm

厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土。工件进出门和人员进出门均位于西北侧，工件进出门采用 200cm 厚混凝土；人员进出门采用 5cm 钢制门。目前，上述混凝土屏蔽体和防护门均已由绵阳园城融合发展集团有限责任公司建设完成。

450kV 工业 CT 检测间面积 55m²，东北侧墙为 200cm 厚混凝土（与 FLASH 放疗设备测试间西南侧墙共用），东南侧、西南侧和西北侧墙体为 60cm 厚混凝土，顶板为 60cm 厚混凝土。工件及人员进出门位于西北侧，采用 60cm 厚混凝土。上述混凝土屏蔽体和防护门均已由绵阳园城融合发展集团有限责任公司建设完成。

3、辐射安全设施

辐射安全设施及视频监控分布如下图所示：

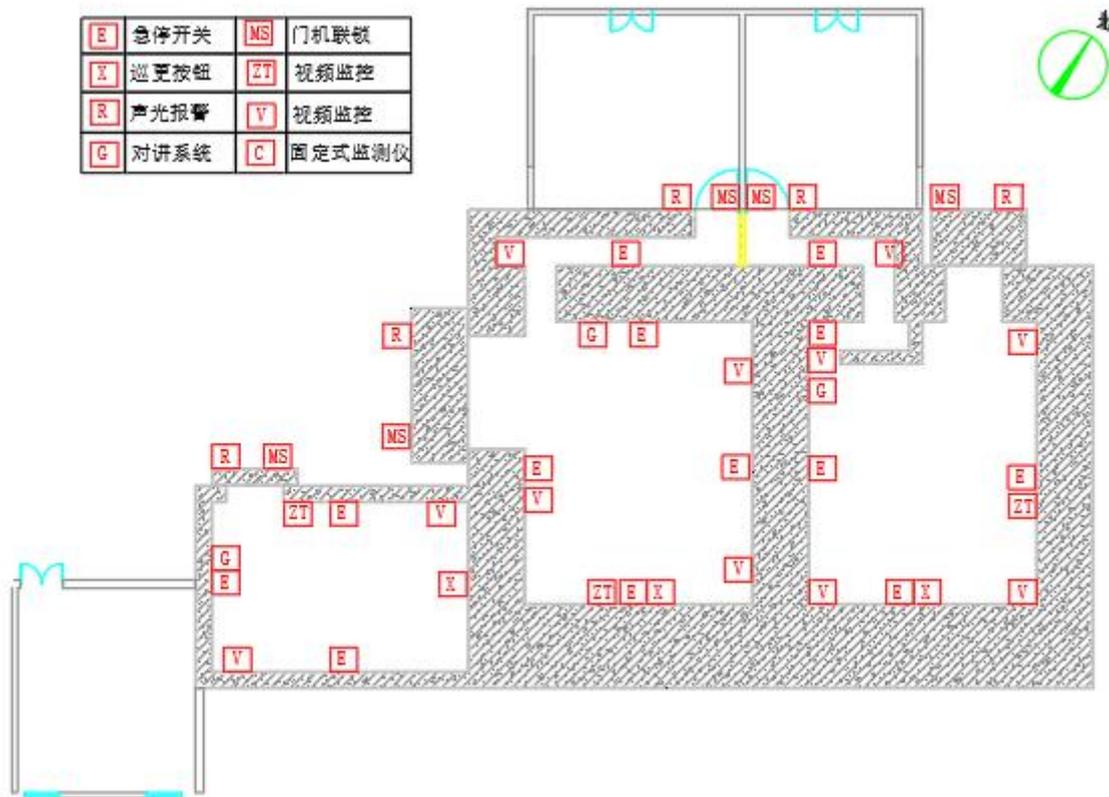


图 10-1 辐射安全设施分布示意图

- 门机联锁：各检测间设置 2 扇防护门（控制室迷道间的防护门和工作人员进出检测间防护门），所有防护门与加速器设门机联锁，任何一扇防护门未完全关闭时，加速器不会接通高压出束。操作期间，误打开任何一扇门，均可立即停止出束。
- 门灯联锁：各检测间 2 扇防护门控制室迷道间的防护门和工作人员进出检测间防

护门)外侧顶部设置工作状态指示灯,并与加速器联锁,设备出束期间,工作灯持续显示为红色信号。

- 钥匙控制:控制台由钥匙控制,钥匙由操作人员管理,钥匙拔出、装置断电。
- 对讲系统:各检测间内墙上均有设置对讲系统,可第一时间通过该系统对外联系
- 巡更按钮:各检测间内墙均设有巡更按钮,与束流联锁,出束前需有专人进入检测间清场,确认无人后按下巡更按钮,并退出检测间才能出束。

4、紧急停机开关

紧急停机按钮:本项目射线实验室机房内均设有紧急制动装置,FLASH放疗设备测试间内设有5处紧急停机按钮(含迷道),检测间内四周墙壁及迷道内各一个,高1.6m;普通放疗设备测试间内设有5处紧急停机按钮(含迷道),检测间内四周墙壁及迷道内各一个,高1.6m;450kV工业CT检测间内设有4处紧急停机按钮,四周墙壁各一个。所有急停开关应为红色按钮,并带有中文标识,易于辨认,在误操作或紧急情况下,按下开关即可随时切断供电电源。

5、视频监控

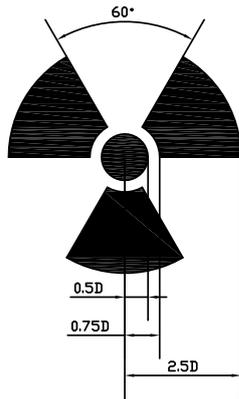
试验区各检测间内和迷道内安装视频监控至共11处(450kV CT检测间2个、9Mev CT检测间4个、Flash设备检测间5个),以全方位、无死角监控试车间内及迷道内的情况,当发生意外情况(有人员误入或滞留)时,控制室内操作人员可以及时发现并采取应急措施。

6、探伤、调试清场

根据本项目工艺需求,在开展探伤或设备出束调试作业前,建设单位制定了探伤清场制度。具体实施制度如下:辐射工作场所内采用广播通知、警示灯光等声光提示措施,提醒场所内全部人员撤离辐射工作场所,由专职辐射工作人员进入辐射工作场所进行清场巡更作业,清场完毕后操作人员确认各屏蔽门关闭状态方可开始探伤作业。

7、警示标志

在各检测室出入门外醒目位置设置固定的电离辐射警告标志。



a. 电离辐射标志



b. 电离辐射警告标志

8、剂量监测设施

便携式辐射监测仪器：拟配1台便携式X- γ 剂量监测仪（与本楼层的后装治疗区共用），用于装置使用期间定期巡检需求。

个人剂量监测仪：从事加速器调试的辐射及工业探伤的工作人员配有个人剂量计（2个/人，1用1备）和个人剂量报警仪（2个），并要求在岗期间必须正确佩戴。

9、其他防护措施

室内固定式剂量报警仪：在加速器机房和工业CT检测间内设1台固定式剂量报警仪（带剂量显示功能），固定式剂量报警仪的探头安装在机房迷道内、靠近防护门处的墙体上，显示屏安装在控制室墙上，易于操作人员看见的地方。

视频监控：工业CT检测间及加速器机房内及迷道内设实时摄像监视器，监控系统设在控制室内，视频监控应做到无监控死角。

对讲系统：加速器机房内和控制室内设1套扩音与对讲装置，便于控制室的工作人员与机房内的患者联系。

通风系统：实验区各机房均设计有独立排风系统，其中450kV工业CT检测间设计排风量1500m³/h，排风换气次数为6次/h，采取上进下出方式通排风，送、排风管道均由机房迷道入口处上方墙体进入机房内，送风管道沿迷道上方及迷道内墙上方铺设，送风口设在机房西侧顶板非主射区（风口距地面约3.7m），排风管道沿迷道上方及机房南墙上方铺设，排风口设在非主射束区；FLASH放疗设备与普通放疗设备测试间均设计排风量2700m³/h，排风换气次数为5次/h，采取上进下出方式通排风，送、排风管道均由机房迷道入口处上方墙体进入机房内，送风管道沿迷道上方及迷道内墙上方铺设，送风口设在机房西侧顶板非主射区（风口距地面约3.7m），排风管道沿迷道上方及机房南墙上方铺设，排

风口设在非主射束区；三台排风系统最终将废气引至 10m 高处排放。

三、项目辐射安全设施与相关标准符合性分析

1、医用电子直线加速器与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）符合性分析。

表10-2 医用电子直线加速器类符合性简要分析一览表

《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求	内容	FLASH放疗设备	普通放疗设备	符合性
一般要求	建设单位因对放射治疗活动的辐射安全与防护全面负责，实现保护相关辐射工作人员、公众健康与环境安全的目标；应建立健全的辐射安全与防护管理体系，制定辐射安全与防护大纲、落实岗位职责及操作规程、应急预案等制度。	已成立辐射安全领导小组，并拟制定相应的规章制度，详见表12 辐射安全管理		符合
	根据纵深防御的原则应有多层防护和安全措施。	本项目放疗设备测试间均设计有屏蔽墙体，切设计有多层联锁装置以保证安全。		符合
	辐射工作人员和公众成员的辐射剂量应符合GB 18871-2002中剂量限值相关规定，一般情况下工作人员年剂量约束值为5mSv/a，公众年剂量约束值为0.1mSv/a。	经分析，本项目已有屏蔽体在项目建成后满足防护要求。		符合
选址、布局与分区要求	放射性工作场所的选址应充分考虑对周边环境的影响，不得设置在居民、写字楼、商住两用的建筑内。	本项目设置在工业园区厂房内，周边50范围内不涉及居民、学校等敏感场所。		符合
	放射性工作场所应划分控制区和监督区。	已完成对辐射工作场所两区划分设计。		符合
放射治疗场所辐射安全与防护要求	应充分考虑屏蔽材料的屏蔽性能，管线设计应采取不影响屏蔽性能的方式安装。	本项目射线装置最大能量为9MeV，采用混凝土屏蔽墙较为合适，且经分析，现有屏蔽墙体满足屏蔽需求。		符合
操作的辐射安全与防护要求	应加强辐射安全与防护管理，做好辐射防护设施检查维护。	拟制定《辐射安全设备操作规程》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》等相关管理制度。		符合

放射性废物管理要求	医疗机构应尽量减少放射性废物的产生；对产生的放射性废物按核素的种类、活度、半衰期、理化性质等分类收集处理。	不涉及	/
辐射检测要求	应做好辐射监测计划，包括工作场所监测、环境监测、个人剂量监测	拟制定《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《辐射工作人员个人剂量监测制度》。	符合

2. 450kV 工业 CT 与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）符合性分析

表10-3 工业探伤类符合性简要分析一览表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求	内容	450kV工业CT	符合性
使用单位放射防护要求	应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。	拟制定《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全设备操作规程》等一系列规章制度，并以成立了辐射安全领导小组，明确了小组成员职责。	符合
	应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。	拟制定《辐射工作人员个人剂量管理制度》，按要求每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测。	符合
	探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。	拟制定《辐射工作人员培训制度》要求工人参加辐射安全与防护考试。	符合
	应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	拟为员工配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	符合
	应制定辐射事故应急预案。	建设单位拟制定《辐射事故应急预案》	符合
探伤机的放射防护要求	X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。	本项目 450kV 工业 CT 为从正规单位采购，符合漏射剂量低于 5mSv/h	符合

	<p>工作前检查项目应包括：</p> <p>a) 探伤机外观是否完好；</p> <p>b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；</p> <p>c) 液体制冷设备是否有渗漏；</p> <p>d) 安全连锁是否正常工作；</p> <p>e) 报警设备和警示灯是否正常运行；</p> <p>f) 螺栓等连接件是否连接良好；</p> <p>g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。</p>	拟制定《辐射工作设备操作规程》	符合
	<p>X 射线探伤机的维护应符合下列要求：</p> <p>a)使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；</p> <p>b)设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；</p> <p>c)当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；</p> <p>d) 应做好设备维护记录。</p>	拟制定《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置管理制度》	符合
	γ 探伤机类	不涉及	/
固定式探伤的放射防护要求	<p>探伤室放射防护要求：</p> <p>1.探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。</p> <p>2.应对探伤工作场所进行分区管理。</p> <p>3.探伤室辐射控制水平因满足其值应不大于 100μSv/周，对公众 场所，其值应不大于 5μSv/周；屏蔽体外30cm处剂量应不大于2.5 μ Sv/h。屏蔽室项不超过100 μ Sv/h</p> <p>4.探伤室应设计门机连锁</p> <p>5.探伤室应有声光报警</p> <p>6.探伤室门应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文标识</p> <p>7.探伤室应设计机械通风排风口避免朝向人员活动密集处，每小时换气次数不小于3次。</p> <p>8.探伤室应配置固定式场所辐射探测警报包装。</p>	<p>1.本项目探伤室无密道设计，控制室位于出束反方向且控制室门不用探伤室相连。</p> <p>2.已对探伤工作场所进行两区划分</p> <p>3.经表11对项目既有屏蔽体分析，经屏蔽后满足GBZ 18871剂量限值要求。</p> <p>4.已设计</p> <p>5.已设计</p> <p>6.已设计</p> <p>7.项目设计通排风系统每小时换气6次排风口位于室外10m高处</p> <p>8.拟配置</p>	符合
	<p>探伤室探伤操作的放射防护要求：</p> <p>1.对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。</p>	拟制定详细的《辐射工作设备操作规程》、《辐射安全和防护	符合

	<p>2.探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。</p> <p>3.应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。</p> <p>4.交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。</p> <p>5.探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。</p> <p>6.在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。</p>	设施维护维修制度》等一系列管理制度	
	<p>探伤设施退役：</p> <p>X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。</p>	设施退役后建设单位将合法合规交予专业机构进行处置	符合
移动式探伤的放射防护要求	/	不涉及	/

四、放射性工作场所安防措施

本项目采取的安全保卫措施见表10-4。

表10-4 放射性工作场所“六防”措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
3#厂房实验区	防火	拟安装烟气报警装置，同时在周围工作人员容易触及的地方均配置干粉式灭火器和消火栓。
	防水	园区设有污水管网，确保不受地下水渗入和洪水淹没影响。
	防盗、防抢和防破坏	①辐射工作场所纳入厂区日常安保巡逻的重点工作范围，加强巡视管理以防遭到破坏； ②在厂区内设置监控摄像头实行 24h 实时监控。
	防泄漏	①每年委托有资质单位进行射线装置工作场所射线检测。 ②规范设置辐射“两区”管理警示线、电离辐射警告标志等，并定期检查工作状况，确认是否需要调整或更改。

三废的治理

本项目建成后涉及的射线装置均采用先进的数字成像技术，不使用显影液、定影液和胶片，因此无废显影液、废定影液、洗片废水和废胶片产生。运营期间主要污染物为臭氧、噪声及X射线。

1、废气

经分析，本项目中实验区各室内均设计有通风系统切臭氧极不稳定易分解，同时在调试或探伤过程中，检测间内人员均会清场，故对工作人员影响较小；同时生产过程中涉及少量烙铁锡焊及酒精擦拭操作，会产生一定的有机废气及焊接烟尘

根据本项目各检测间通排风设计，臭氧经通风系统引至室外高出（排风口高度约10m）。由于项目臭氧产生量低，室内换气次数高，且加之臭氧不稳定，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；有机废气及焊接烟尘产量较少，通过各机房同排风系统处理可满足《环境空气质量标准》二级标准（臭氧浓度限值 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ），不会对周围环境空气质量造成明显影响。

2、噪声

本项目加速器及工业450kV CT，噪声源强小于60dB（A），无需特别治理。故噪声源主要来自于铜牌风系统，根据本项目《5#地块-2号厂房局部（实验室）-暖通》的暖通设计，空调机组、新风机组、风机均采用低噪声设备，进出口设软接头，设备及部分风管采用减振吊架，振动设备均采取减震隔振措施，系统上设置消声设备。

3、生活污水

本项目员工日常办公产生的生活污水依托厂区既有公共卫生间收集，园区位于市政污水管网服务范围内，收集的生活污水集中排放至市政污水管网，最终进入城市污水处理厂处理达标后排放。

4、固废

项目运营期产生其他固体废物主要为员工日常办公产生的生活垃圾，及各定制部件的包装材料。厂区内各建筑物内均设有垃圾桶，工作人员产生的生活垃圾袋装收集，定期集中交由市政环卫部门清运处置。

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》的要求“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”。

环评要求：本项目450kV CT在进行报废处理时，应将射线装置的高压射线管进行拆

卸，使其丧失功能。同时将装置主机的电源线绞断，使其不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

四、环保投资估算

本项目总投资35000万元，环保投资30万元，占总投资的0.085%。本项目环保投资估算见表10-7。

表10-5 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目	设施（措施）	数量	金额（万元）	备注	
辐射屏蔽措施	FLASH 放疗设备检测间	FLASH 放疗设备检测间面积 100m ² ，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土（与普通放疗设备检测间西南墙共用）；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙为 200cm 厚混凝土（与 450kV 工业 CT 检测间东北墙共用）；西北侧为 Z 字型迷道，迷道内墙为 200cm 厚混凝土、迷道外墙为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土；工件进出门位于西南侧，采用 200cm 厚混凝土；人员进出门位于西北侧，采用 5cm 钢制门			
	普通放疗设备检测间	普通放疗设备检测间面积 95m ² ，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙为 200cm 厚混凝土（与 FLASH 放疗设备检测间东北墙共用）；西北侧为 Z 字型迷道，迷道内墙为 200cm 厚混凝土、迷道外墙为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土；顶板为 100cm 厚混凝土。工件进出门和人员进出门均位于西北侧，工件进出门采用 200cm 厚混凝土；人员进出门采用 5cm 钢制门。	/	/	既有
	450kV 工业 CT 检测间	450kV 工业 CT 检测间面积 55m ² ，东北侧墙为 200cm 厚混凝土（与 FLASH 放疗设备检测间西南侧墙共用），东南侧、西南侧和西北侧墙体为 60cm 厚混凝土，顶板为 60cm 厚混凝土。工件及人员进出门位于西北侧，采用 60cm 厚混凝土。			
辐射安全设施	门机联锁三套				
	门灯联锁 3 套				
	警示标志若干				
	紧急停机按钮（450kV 检测间内非主束方向各一个，共 3 个；FLASH 放疗设备内四周墙面各一个，迷道内侧一个，共 5 个；普通放疗设备检测间内四周墙面各一个，迷道内侧墙面一个共 5 个）	/	7.5	/	
	声光报警系统共 5 套，位于各检测间物流门上，及 FLASH 放疗设备控制室门、普通放疗设备控制室门				
	视频监控装置 11 套（450kV 检测间 2 套，FLASH 放疗设备检测间 4 套，普通放疗设备检测间 5 套）				
	巡更按钮				

	对讲系统			
监测设备	固定式剂量仪 3 台，便携式 X- γ 剂量率仪 1 台	3 台	2	/
三废治理	通排风系统	/	20	/ / /
个人防护	个人剂量报警仪，个人剂量剂，各两个一用一备	16 套	0.5	
合计		/	30	/

便携式 X- γ 剂量率仪和 X- γ 剂量率仪各、购置后主要用于辐射环境水平检测。为确保建设单位自行监测数据的准确有效，建设单位可选择以下两种措施之一：①在接受有资质单位监测时，建设单位在同一地点比对自配的辐射剂量监测仪监测结果；②委托有资质单位对辐射剂量监测仪进行检定校准。

表 11 环境影响分析

施工期环境影响分析

1、施工期的环境影响简要分析

本项目主要对已建场所进行室内装修和设备安装。安装调试阶段会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。另外，设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

1、装修阶段环境影响分析

装修阶段会产生一定的噪声、扬尘、固体废弃物和废水，应重点做好以下工作：①选用低噪施工设备，合理安排施工时间；②施工垃圾由施工单位收集并运至指定地点堆放，生活垃圾依托市政垃圾收运系统收集处理。

2、设备安装调试期间的环境影响分析

设备安装调试阶段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，在检测间或测试间门外设立电离辐射警告标志。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入检测间或测试间，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在检测间或测试间内进行，经过墙体和防护门的屏蔽后对环境的影响是可接受的。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响

本项目为新建项目主要涉及 9MeV 医用直线电子加速器（FLASH 放疗设备、普通放疗设备）的研发生产，及 450kV 工业 CT 的使用。因射线装置尚未安装布置，故对装置屏蔽体周围辐射环境影响采用预测的方法进行分析。该项目中整体实验区场所布置如下图所示。



图 11 - 1 实验区域平面布置图

1、电子线对环境的影响

根据《辐射防护技术与管理》，电子在物质中最大射程可由下式计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\beta \max} \dots\dots\dots (式11-1)$$

式中：d—最大射程，cm；

ρ —防护材料的密度，g/cm³，本项目采用混凝土屏蔽，密度取 2.35g/cm³；

$E_{\beta \max}$ —电子最大能量，MeV；

本项目加速器电子束最大能量为 9MeV，代入上述公式可知，能量为 9MeV 的电子穿过混凝土（2.35g/cm³）的最大射程约 1.92cm。

本项目加速器所在实验室四周墙体厚 200~300cm（主屏蔽墙厚 300cm）、顶板混凝土厚 100cm，由此可见，机房屏蔽体的使用材料和厚度完全能满足对电子线的屏蔽。因此，本项目 9MV 电子加速器运行期间产生的电子线对周围环境影响轻微。

2、X 射线的辐射环境影响

本项目共涉及 3 台射线装置，两台 9MeV 医用电子直线加速器，一台 450kV 工业 CT，其中 9MeV 医用电子直线加速器分为一台 FLASH 放疗设备和一台普通放疗设备。FLASH

放疗设备为脉冲式设备，脉冲宽度 0.2s，每个脉冲间隔时间不少于 5 分钟，在本项目中日出束不超过 16s，年出束不超过 1.2h，主束方向为垂直向地面，在调试过程中会有水平出束（朝向主体 3m 厚屏蔽墙）的情况，出束位置为距地面 1m，距主体屏蔽墙面 5m 处，因垂直出束主要考虑设备漏射剂量，远远小于水平出束的剂量分布，本评价为保守预估全程考虑为水平出束，其余两台设备同理；普通放疗设备同样为脉冲式设备脉冲宽度 4 μ s，频率 250Hz，出束时长为分钟级别，主束朝向 3m 厚的主屏蔽墙；450kV 工业 CT 最大管电压为 450kV，管电流 3.3mA，主束水平朝向 FLASH 放疗设备测试间共用墙面，厚 2m。

2.1 450kV 工业 CT 检测间

本项目 450kV 工业 CT 检测间工作场所的关注点选取如下。

表 11-1 450kV 工业 CT 检测间关注点选取

场所	位置编号	位置	距离m	照射途径	备注
450kV 工业 CT 检测间	1	东北侧墙外30cm处	6.1	主射	职业
	2	物流门外30cm处	6.4	漏射、散射	公众
	3	西南侧墙外30cm处	6.4	漏射、散射	职业
	4	东南侧墙外30cm处	3.4	漏射、散射	公众
	5	检测室顶部30cm处	6.3	漏射、散射	公众

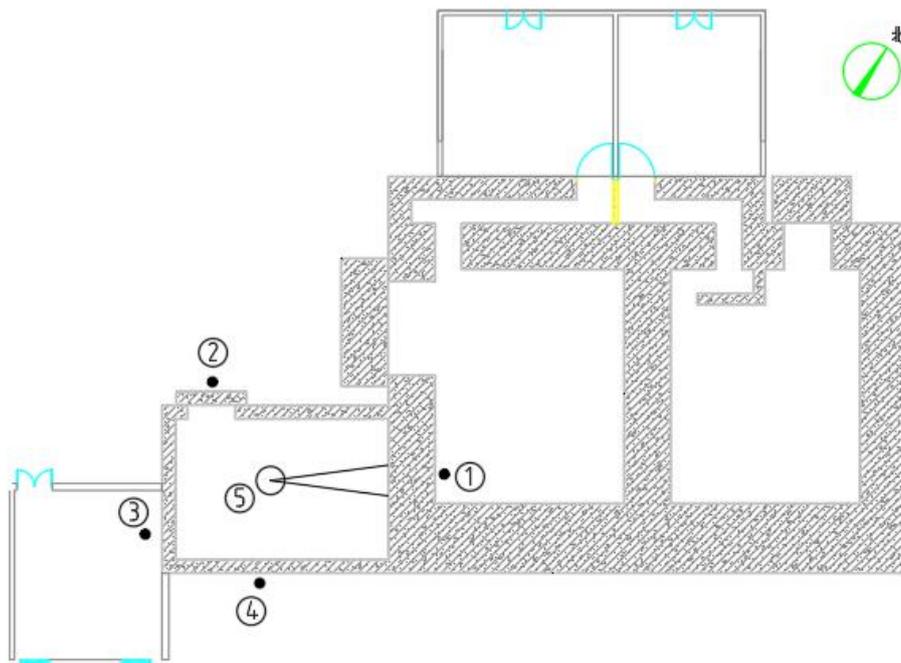


图 11 - 2 450kV 工业 CT 检测间贯穿关注点分布示意图

2.1.1 450kV 工业 CT 检测间剂量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），机房外各关注点的剂量率参考控制水平 Hc 由以下方法确定：

①使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，求得关注点的导出剂量率参考控制水平 Hc,d:

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots \dots \dots (\text{式 } 11-2)$$

式中：Hc,d—导出剂量率参考控制水平，μSv/h；

Hc—周剂量参考控制水平；本报告提出剂量管理约束值为职业人员 5mSv/a、公众 0.1mSv/a，年工作 50 周，则职业人员 Hc=100μSv/周、公众 Hc=2μSv/周；

U—关注位置方向照射的使用因子；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子；

t—周照射时间，h；450kV 工业 CT 年出束 300 小时，年工作 50 周，因此 t 取 6h。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 Hc,max:

人员居留因子 T≥1/2 的场所，Hc,max≤2.5μSv/h；

人员居留因子 T<1/2 的场所，Hc,max≤10μSv/h；

为确保辐射安全，考虑一定裕度，本次评价各关注点的最高剂量率参考控制水平 Hc,max 均取 2.5μSv/h。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见下表

表 11-2 450kV 工业 CT 检测间外各关注点剂量率参考控制水平

类型	关注点	居留因子	使用因子	照射类型	剂量率参考控制水平 (Hc) μSv/h		
					Hc,max	Hc, d	Hc
450kV 工业 CT 检测间	东北侧墙外 30cm 处	1	1	职业	2.5	16.67	2.50
	物流门外 30cm 处	0.25	1	公众	2.5	1.33	1.33
	西南侧墙外 30cm 处	1	1	职业	2.5	16.67	2.50
	东南侧墙外	0.25	1	公众	2.5	1.33	1.33

30cm处							
检测室顶部 30cm处	0.06	1	公众	2.5	5.56	2.50	

2.1.2 屏蔽防护设计效能核实

估算公式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中相关公式：

A、有用线束屏蔽厚度核算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）第 3.2 中 3.2.1 条：有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射，且 450kV 管电压 X 射线管对应的输出量为 31（mGy·m²/mA·min）。

本项目 450kV 工业 CT 检测间内使用一台 450kV X 射线工业实时成像检测设备（最高管电压 450kV，最大管电流 3.3mA），其工作时主射束会投向东北侧屏蔽墙，不投向其余侧及底部：

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中 4.1 节，有用线束屏蔽按下式进行计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

B —达到剂量参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子；

\dot{H} —关注点控制剂量水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流；

H_0 —距离靶点 1m 处输出量；

B、漏射辐射屏蔽厚度核算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），当 X 射线管电压在 150kV-200kV 时，距离靶点 1m 处的漏射辐射剂量率不得大于 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ，漏射辐射屏蔽透射因子由式 11-4 计算。

$$B = \frac{\dot{H}^* R^2}{\dot{H}_L} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

\dot{H} —关注点剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_L —距离靶点 1m 处 X 射线管组装的漏射辐射剂量率，取 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B —屏蔽透射因子。

对于估算出的屏蔽透射因子 B ，所需的屏蔽物质厚度 X 按式 11-5 计算。

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad (\text{式 11-5})$$

式中：TVL—什值层厚度；

C、散射辐射屏蔽厚度核算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014），散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射，散射辐射屏蔽透射因子由式 11-6 计算。

$$B = \frac{\dot{H} \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} * \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

\dot{H} —关注点剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_s —散射体至关注点的距离，m；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流；

H_0 —距离靶点 1m 处输出量；

F — R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α —散射因子；

TVL—什值层厚度，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 查；450kV 原始 X 射线的 90° 散射辐射最高能量为 300kV。因此本项目 450kV 额定管电压 X 射线的 90° 散射辐射最高能量保守取值 300kV，300kV 的 X 射线在混凝土中的什值层厚度约为 10cm。

（1）贯穿厚度校核结果

表 11-3 机房外各关注点剂量率参考控制水平

	关注点	距离 (m)	剂量限 uGy/h	1m处剂量率 (uGy/h)	类型	透射比	所需屏蔽厚度 (cm)	厚度 (cm)	是否满足
450kV 工业CT 检测间	东北侧 墙外 30cm处	6.1	2.50	1.12E+08	主射	2.53E-07	72.57	200	满足
	物流门 外30cm 处	6.4	1.33	1.12E+05	漏射	1.48E-04	42.12	60	满足
	西南侧 墙外 30cm处	6.4	2.50	1.12E+05	漏射	2.78E-04	39.11	60	满足
	东南侧 墙外 30cm处	3.4	1.33	1.12E+05	漏射	4.19E-05	48.16	60	满足

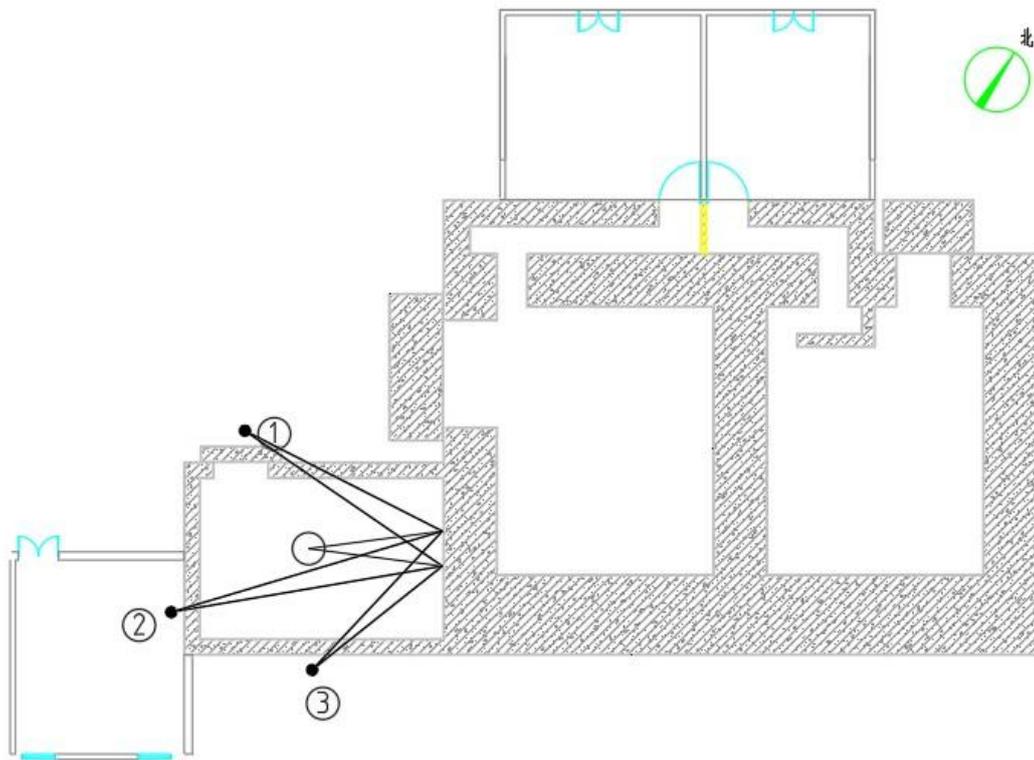


图 11-3 450kV 工业 CT 检测间散射关注点分布示意图

表 11-4 450kV 工业 CT 散射屏蔽体校核

关注点	入射距离 R1(m)	反射距离 R2(m)	剂量限 uGy/h	1m处剂量率 (uGy/h)	类型	透射比	所需屏蔽厚度 (cm)	厚度 (cm)	是否满足
-----	------------	------------	-----------	----------------	----	-----	-------------	---------	------

450kV 工业 CT检 测间	物流门 外30cm 处	3.5	8.7	1.33	1.12E+0 8	主射 散射	0.000213	36.71	60	满足
	西南侧 墙外 30cm处	3.5	10.2	2.50	1.12E+0 8	主射 散射	0.000551	32.59	60	满足
	东南侧 墙外 30cm处	3.5	6.3	1.33	1.12E+0 8	主射 散射	0.000112	39.52	60	满足

由表可知，本项目 450kV 工业 CT 检测间的有用线束、漏射、散射计算厚度均小于实际设计厚度，表明本项目 450kV 工业 CT 检测间屏蔽室设计满足辐射防护要求。

2.1.3 关注点剂量估算

在给定屏蔽物质厚度X时，由附录B.1曲线查出相应的屏蔽透射因子B。关注点的剂量率 \dot{H} 按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots(\text{式 11-7})$$

式中：I—X射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位时，该参数应乘以60000的换算系数；漏射取主射的0.1%；根据建设单位提供的设备参数，FLASH放疗设备最大剂量率为 $9.6 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ 。

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

X射线外照射人均年有效剂量当量按下式计算：

$$H_{Er} = H(10) \times T \times t \dots\dots\dots(\text{式 11-8})$$

式中： H_{Er} —X射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

H(10)—X射线周围剂量当量率；

T—居留因子；

t—照射时间，h；本项目建成后年出束300h。

对处于有用线束照射范围内关注点年照射剂量仅需考虑有用线束照射产生的辐射量。

散射剂量估算公式取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）P5 公式 10，具体公式如下；

$$\dot{H} = \frac{B \cdot I \cdot H_0}{R_s^2} * \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{（公式 11-9）}$$

参数与公式 11-4 一致

各参数取值见表 11-5

表 11-5 450kV 工业 CT 关注点辐射剂量预测结果

关注点位	位置	距离R (m)		照射途径	居留因子	屏蔽体厚度 (mm)	屏蔽透射因子B	辐射剂量率H (μSv/h)
贯穿								
1	东北侧墙外30cm处	6.1		主射	1	200	6.58E-19	6.51E-12
2	物流门外30cm处	6.4		漏射	0.25	60	3.51E-06	3.16E-02
3	西南侧墙外30cm处	6.4		漏射	1	60	3.51E-06	3.16E-02
4	东南侧墙外30cm处	3.4		漏射	0.25	60	3.51E-06	1.12E-01
5	检测间顶部30cm处	6.3		漏射	0.06	150	2.31E-14	2.14E-10
散射								
1	物流门外30cm处	3.5	8.7	散射	0.25	60	0.000001	6.24E-03
2	西南侧墙外30cm处	3.5	10.2	散射	1	60	0.000001	4.54E-03
3	东南侧墙外30cm处	3.5	6.3	散射	0.25	60	0.000001	1.19E-02

2.1.4 对关注点综合分析

项目建成后，450kV 工业 CT 年出束 300h，综合分析年剂量估算见下表 11-6：

表 11-6 450kV 工业 CT 关注点辐射剂量综合分析

关注点位	受照者类型	年受有用线束照射剂量 (mSv/a)	年受漏射照射剂量 (mSv/a)	年受散射照射剂量 (mSv/a)	年受照射剂量 (mSv/a)
东北侧墙外	职业	1.95E-12	/	/	1.95E-12

30cm处					
物流门外30cm处	公众	/	2.37E-03	4.68E-04	2.84E-03
西南侧墙外30cm处	职业	/	9.47E-03	1.36E-03	1.08E-02
东南侧墙外30cm处	公众	/	8.39E-03	8.92E-04	9.28E-03
检测间顶部30cm处	公众	/	3.86E-12	/	3.86E-12

有上表可知，正常工况下，经屏蔽，450kV 工业 CT 检测间内职业人员受到的照射剂量最大为 0.0108mSv/a, 公众受到的最大照射剂量为 0.00928mSv/a。

2.2 FLASH 放疗设备测试间

本项目 FLASH 放疗设备前期调试过程中出束方向为水平向东南墙，后期出束方向垂直朝向地面，由于垂直朝向地面剂量远低于水平出束，为保守考虑本评价仅考虑水平出束情况。测试间工作场所的关注点选取如下。

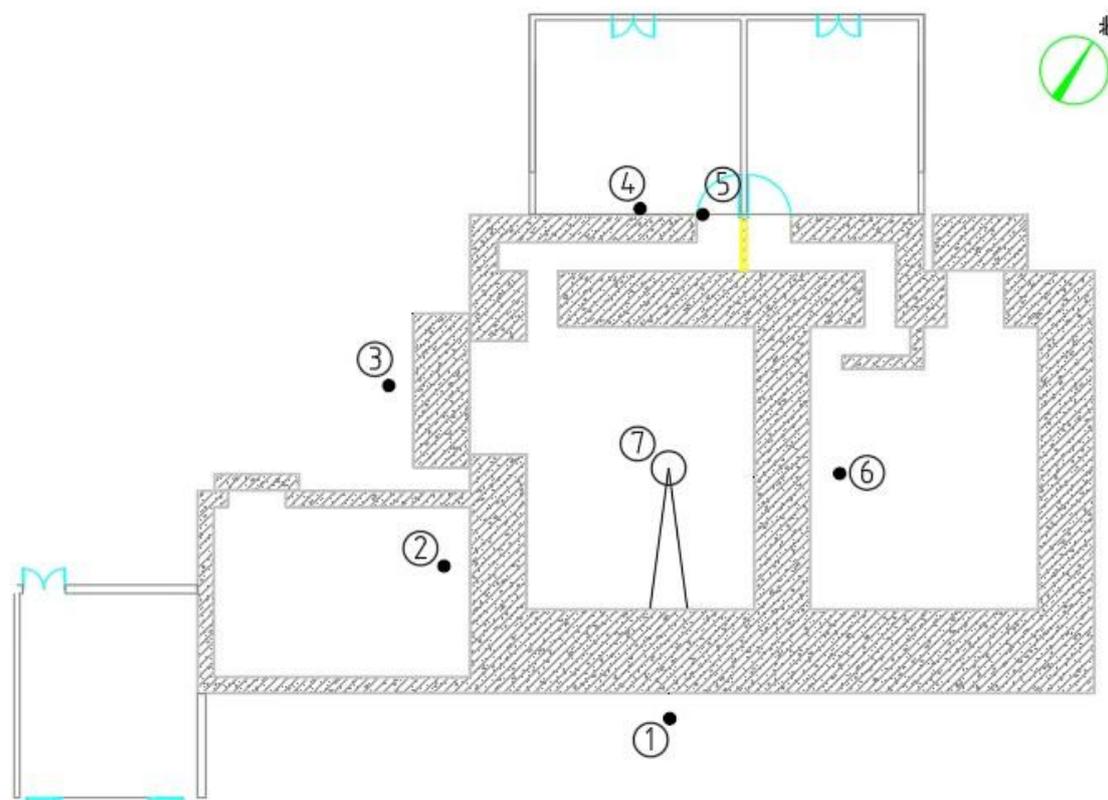


图 11-4 FLASH 放疗设备测试间贯穿关注点分布示意图

表 11-7 FLASH 放疗设备关注点选取

场所	位置编号	位置	距离m	照射途径	备注
FLASH放疗设备测试间	1	东南侧墙外30cm处	6.3	主射	公众
	2	西侧墙外30cm处	7.6	漏射	职业
	3	物流门外30cm处	10.4	漏射、散射	公众
	4	控制室墙外30cm处	11.3	漏射	职业
	5	迷道口30cm处	11.4	漏射、散射	职业
	6	东北侧墙外30cm处	5.3	漏射、散射	职业
	7	测试间顶部30cm处	6.3	漏射	公众

2.2.1 FLASH 放疗设备测试间剂量率参考控制水平

计算公式如式 11-2 所示，计算结果如下：

表 11-8 FLASH 放疗设备检测间外各关注点剂量率参考控制水平

类型	关注点	居留因子	使用因子	照射类型	剂量率参考控制水平 (H _c) μSv/h		
					H _{c,max}	H _{c,d}	H _c
FLASH放疗设备测试间	东南侧墙外30cm处	0.25	1	公众	2.5	34.78	2.5
	西侧墙外30cm处	0.25	1	职业	2.5	1739.13	2.5
	物流门外30cm处	0.25	1	公众	2.5	34.78	2.5
	控制室墙外30cm处	1	1	职业	2.5	434.78	2.5
	迷道口30cm处	1	1	职业	2.5	434.78	2.5
	东北侧墙外30cm处	0.25	1	职业	2.5	1739.13	2.5
	测试间顶部30cm处	0.06	1	公众	2.5	144.93	2.5

2.2.2 屏蔽防护设计效能核实

(1) 有用线束主屏蔽区宽度核算

根据《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），

主屏蔽墙（或顶）的投影区，可按下式计算：

$$Y_p = 2[(a + SAD) \tan \theta + 0.3] \dots\dots\dots(式 11-10)$$

式中：

Y_p —机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD—源轴距；项目取 1m；

θ —出束的最大张角（相对束中的轴线），单位为°；根据建设单位提供的资料，拟设计加速器主射线方向最大出束张角为 28°，则 $\theta=14^\circ$ ；

a —等中心至墙的距离，m。

根据公式（11-10），项目机房主屏蔽区宽度核算结果如下：

表 11-9 FLASH 放疗设备测试间屏蔽区宽度核算

工作场所	屏蔽体	a (m)	理论计算所需宽度 Y_p (m)	设计宽度 (m)	核算结果
FLASH 放疗设备检测间	东北侧主体屏蔽墙	5	3.59	8.0	符合要求

(2) 有用线束主屏蔽区、漏射侧屏蔽墙厚度核算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/201.2-2011），屏蔽透射因子B按下式计算：

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

$$Xe = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots(式 11-12)$$

$$X = X_e \cos \theta \dots\dots\dots (式 11-13)$$

式中： B —屏蔽透射因子；

H_e —剂量参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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处常用最高剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R —辐射源点至关注点的距离，m；

f —有用线束为1，泄漏辐射比率取 10^{-3} ；

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 和 TVL —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，cm；

X_e —墙体有效屏蔽厚度，cm；

X—墙体屏蔽厚度，cm。

根据上述公式，项目机房有用线束主屏蔽区和侧屏蔽墙核算结果见下表。

表 11-10 FLASH 放疗设备测试间用线束和漏射屏蔽厚度核算结果

点位	θ	距离R (m)	H_e ($\mu\text{Sv/h}$)	f	TVL ₁ (cm)	TVL (cm)	理论计算厚度 (cm)	设计厚度 (cm)	核算结果
1	0	6.3	2.5	1	40	36	255.48	300	符合
2	16	7.6	2.5	0.001	35	31	117.76	200	符合
3	27	10.4	2.5	0.001	35	31	101.63	200	符合
4	5	11.3	2.5	0.001	35	31	111.40	300	符合
5	9	11.4	2.5	0.001	35	31	110.21	200	符合
6	0	5.3	2.5	0.001	35	31	132.21	200	符合
7	0	6.3	2.5	0.001	35	31	127.56	150	符合

注1：本项目拟设计FLASH放疗设备为脉冲式，距靶1m处最高剂量率为40Gy/s，单个脉冲0.2s每个脉冲最少间隔5分钟，一天出束总时长不超过16s。

注2：TVL₁和TVL数值查GBZ/201.2-2011附录B表B.1。

(3) 散射屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011 中提出，医用电子直线加速器因对有用线束产生的散射进行核算。

计算公式如下：

$$B = \frac{H_e \times R^2}{H_0 \times a_{ph} \times (F/400)} \dots\dots\dots \text{(式 11-14)}$$

式中： a_{ph} —患者 400cm² 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 400cm² 面积上的散射因子；取患者散射角为 30°，因本项目建设单位不涉及临床试验，因此散射面积本次计算为保守取出束打至墙体的面积作为散射面积，入射角度 45°，由 GBZ/201.2-2011 附录 B 表 B.6 查出 9MV、45° 的 $a_{ph}=6 \times 10^{-3}$ ；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²；本项目取 F=4.88m²。

屏蔽体厚度计算见式 11-12、式 11-13。

散射关注点选取见下图 11-5

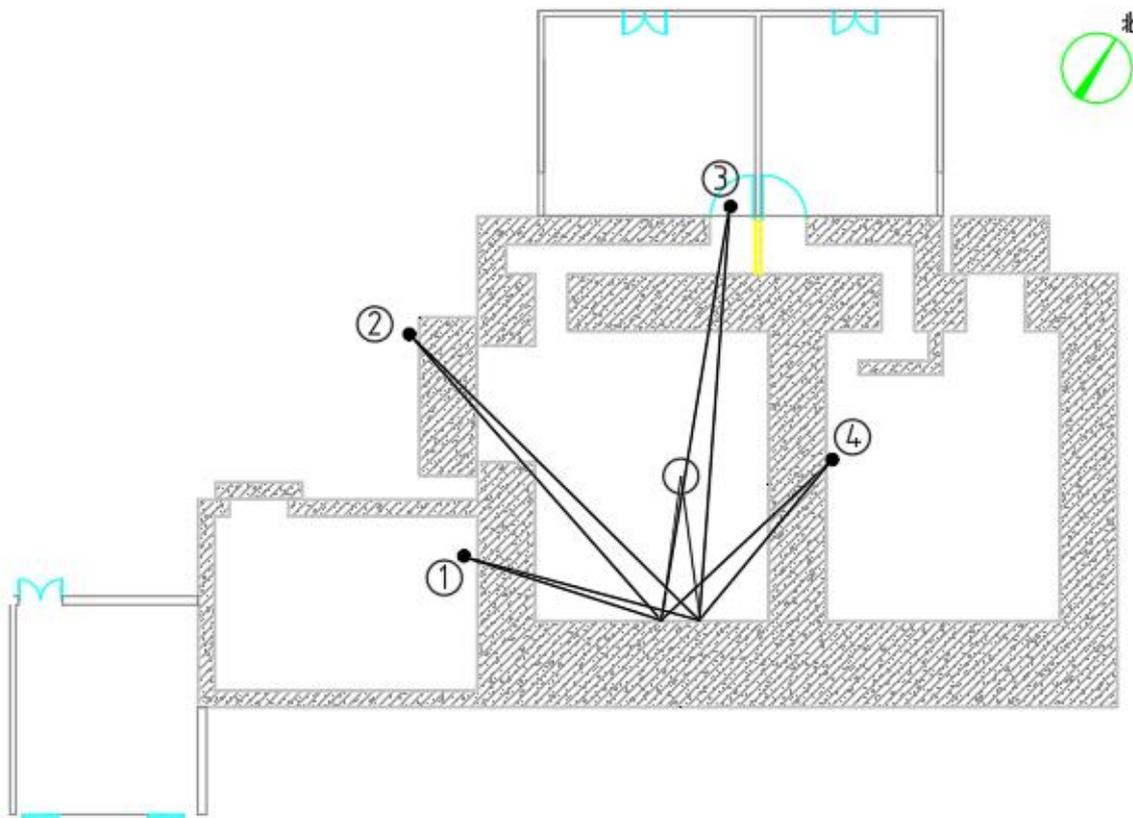


图 11-5 FLASH 放疗设备测试间散射关注点分布示意图

表11-11 FLASH放疗设备测试间散射辐射屏蔽厚度核算结果

/	关注点位	距离R (m)	最小散 射角度	He ($\mu\text{Sv/h}$)	TVL (cm)	aph	校核厚度 (cm)	设计 厚度 (cm)	符合分 析
一 次 散 射	西南侧墙 外30cm处	7.6	45°	1.25	26	6×10^{-3}	127.45	200	符合
	物流门外 30cm处	10.4	45°	1.25	26	6×10^{-3}	120.37	200	符合
	迷道口 30cm处	11.4	45°	1.25	26	6×10^{-3}	118.29	200	符合
	东北侧墙 外30cm处	5.3	45°	1.25	26	6×10^{-3}	135.59	200	符合

注1: 根据GBZ/201.2-2011附录A.2.2 a), 估算屏蔽患者散射辐射时, 剂量率参考控制水平取 $H_{c,max}$ 的一半。

注2: 患者散射辐射在混凝土中的什值层查GBZ/201.2-2011附录B表B.4, 当未指明 TVL_1 时, $TVL_1=TVL$ 。

(4) 小结

由本节分析计算可知,本项目 FLASH 放疗设备测试间四周包含屏蔽墙体的理论计算厚度均小于设计厚度,表明本项目机房设计厚度满足辐射防护要求。

2.2.3 FLASH 放疗设备测试间屏蔽体外剂量估算

由于本项目处于设计阶段,故本评价采用理论方法进行预测分析。从保守角度出发,在加速器机房设计的尺寸厚度基础上,假定加速器以最大工况(X 射线最大能量 9MV)运行,并针对关注点最不利情况对机房进行辐射屏蔽核算。

关注点如上图 11-4、表 11-7 所示。

(1) 预测模式

➤ 有用线束、漏射贯穿估算

首先按公式(11-12)计算有效厚度 $X_e(\text{cm})$, 计算公式如下:

$$X_e = X \sec \theta \dots\dots\dots \text{(式 11-15)}$$

式中: X_e —射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度, (cm);

X —屏蔽墙体厚度, (cm);

θ —入射角夹角。

然后,按公式(11-16)估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ,再按公式(11-17)计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$ 。

$$B = 10^{-(X_e+TVL-TV L_1)/TVL} \dots\dots\dots \text{(式 11-16)}$$

式中, $TVL_1(\text{cm})$ 和 $TVL(\text{cm})$ 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。当未指明 TVL_1 时, $TVL_1=TVL$ 。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(式 11-17)}$$

式中: \dot{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, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$;

f —对有用束为 1; 对泄漏辐射为 10^{-3} ;

R —辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

B —屏蔽物质的屏蔽透射因子。

➤ 散射估算

首先按公式(11-15)计算有效厚度 $X_e(\text{cm})$,接着,按公式(11-16)估算屏蔽物质的

屏蔽透射因子 B，再按公式（11-15）计算辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot a_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(公式 11-18)}$$

式中： \dot{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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

a_{ph} —患者 400 cm^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 400 cm^2 面积上的散射因子；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；

R_s —患者(位于等中心点)至关注点的距离，m；

B—屏蔽物质的屏蔽透射因子。

➤ 迷道口散射剂量估算

迷道口散射路径如下图所示。

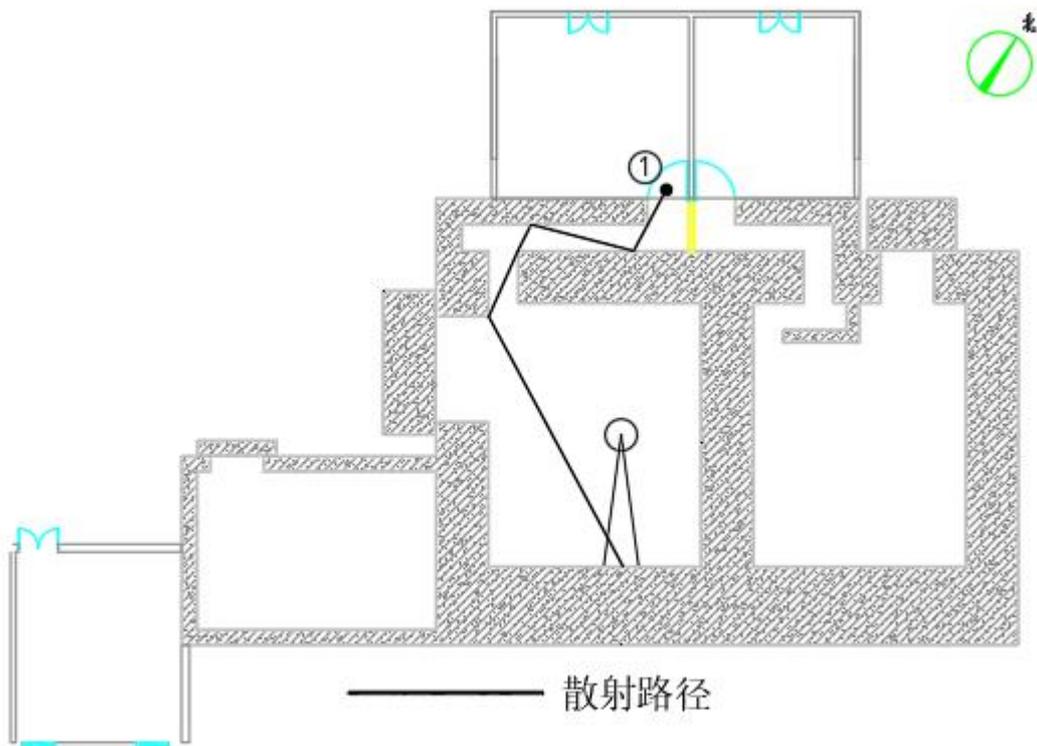


图 11-6 FLASH 放疗设备测试间迷道散射路径示意图

预测模式如下：

$$H_{1,j} = \frac{(1 \times 10^6) D_{10} \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{(j-1)}}{(d_1 \cdot d_2 \cdot d_3 \dots d_j)^2} \quad \text{(式 11-19)}$$

式中：

α_1 ——入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；

α_2 ——从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数；

A_1 ——X 射线入射到第一散射物质的散射面积（ m^2 ）；

A_2 ——迷道的截面积（ m^2 ）；

d_1 ——X 射线源与第一散射物质的距离（m）；

$d_1, d_2, d_3 \dots d_j$ ——沿着迷道长轴的中心线距离；

j ——第 j 个散射过程。

D_{10} ——一米处剂量率 Gy/h。

注：其中 1×10^6 为单位转换系数，当 D_{10} 单位取 uSv/h 时单位换算系数取 1

(2) 参数选取及计算结果

本项目FLASH放疗设备测试间外辐射剂量预测结果见表11-12、11-13。

表11-12 FLASH放疗设备测试间有用线束、漏射贯穿剂量估算

关注点位置	辐射类型	R 到关注点距离(m)	H ₀ 一米处剂量率	TVL1 (cm)	TVL (cm)	斜射角 (°)	设计厚度(cm)	等效厚度Xe(cm)	辐射剂量预测值(μ Sv/h)
东南侧墙外30cm处	主射	6.3	9.60E+08	40	36	0	300	300.00	8.69E-02
西南侧墙外30cm处	漏射	7.6	9.60E+08	35	31	16	200	208.06	2.40E-03
物流门外30cm处	漏射	10.4	9.60E+08	35	31	27	200	224.47	3.79E-04
控制室墙外30cm处	漏射	11.3	9.60E+08	35	31	5	300	301.15	1.08E-06
迷道口30cm处	漏射	11.4	9.60E+08	35	31	9	200	202.49	1.61E-03
东北侧墙外30cm处	漏射	5.3	9.60E+08	35	31	0	200	200.00	8.98E-03
测试间顶部30cm处	漏射	6.3	9.60E+08	35	31	0	150	150.00	2.61E-01

11-13 FLASH放疗设备测试间散射剂量估算

关注点位置	辐射类型	R 到关注点距离(m)	H ₀ 一米处剂量率	TVL (cm)	a_{ph}	斜射角 (°)	设计厚度 (cm)	散射剂量换算B	辐射剂量预测值(μ Sv/h)
-------	------	-------------	-----------------------	----------	----------	---------	-----------	---------	-----------------

西南侧墙外30cm处	散射	7.6	9.60E+08	26	0.006	0	200	2.03E-08	9.89E-03
物流门外30cm处	散射	10.4	9.60E+08	26	0.006	0	200	2.03E-08	5.28E-03
迷道口30cm处	散射	11.4	9.60E+08	26	0.006	0	200	2.03E-08	4.39E-03
东北侧墙外30cm处	散射	5.3	9.60E+08	26	0.006	0	200	2.03E-08	2.03E-02

注：散射为保守考虑，斜射角均取0°垂直入射，故Xe等效厚度等于设计厚度

11-14 FLASH放疗设备测试间散射剂量估算

关注点位置	辐射类型	D_{10} ($\mu\text{Sv/h}$)	A_1, A_2 (m^2)	α_1	α_1	$d_1 - d_5$ (m)	辐射剂量预测值($\mu\text{Sv/h}$)
迷道口30cm处	散射	9.60E+08	4.88、7	0.005	0.02	5、10.7、3.8、3.8、2.6	2.23E-03

2.2.4 对 FLASH 放疗设备测试间关注点综合分析

项目建成后，FLASH 放疗设备检测间周围关注点剂量率及年剂量分析见下表 11-14

表 11-15 FLASH 放疗设备检测间关注点辐射剂量综合分析

关注点位置	受照者类型	受有用线束照射剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	受漏射照射剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	受散射照射剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年受照射剂量 (mSv/a)
东南侧墙外30cm处	公众	8.69E-02	/	/	8.69E-02	0.25	2.61E-05
西南侧墙外30cm处	职业	/	2.40E-03	9.89E-03	1.23E-02	0.25	3.69E-06
物流门外30cm处	公众	/	3.79E-04	5.28E-03	5.66E-03	0.25	1.70E-06
控制室墙外30cm处	职业	/	1.08E-06	/	1.08E-06	1	1.30E-09
迷道口30cm处	职业	/	1.61E-03	4.39E-03	8.23E-03	1	9.88E-06
				2.23E-03			
东北侧	职业	/	8.98E-03	2.03E-02	2.93E-02	0.25	8.78E-06

墙外 30cm处							
测试间 顶部 30cm处	公众	/	2.61E-01	/	2.61E-01	0.06	1.88E-05

注：本项目中FLASH放疗设备一天出束不超过16s，年出束不超过1.2h，保守考虑年出束时长取1.2h

由上表可知，正常工况下，距 FLASH 放疗设备检测间四周屏蔽墙体、屋顶外表面 30cm 处剂量率为最大剂量率为 0.261 μ Sv/h，其中公众最大剂量率为 0.261 μ Sv/h，职业人员为 0.261 μ Sv/h，低于《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）相关规定（加速器机房迷道防护门外、控制室和加速器机房四周墙外、机房顶外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h）。职业人员年最大剂量为 8.78E-06 μ Sv/a，公众年最大剂量为 2.61E-05 μ Sv/a，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的辐射剂量限值，也低于本报告提出的照射剂量约束值（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。

综上，本项目 FLASH 放疗设备经屏蔽后满足辐射防护要求。

2.3 普通放疗设备测试间

本项目普通放疗设备前期调试过程中出束方向为水平向东南侧墙，后期出束方向垂直朝向地面，由于垂直朝向地面剂量远低于水平出束，为保守考虑本评价仅考虑水平出束情况。测试间工作场所的关注点选取如下。

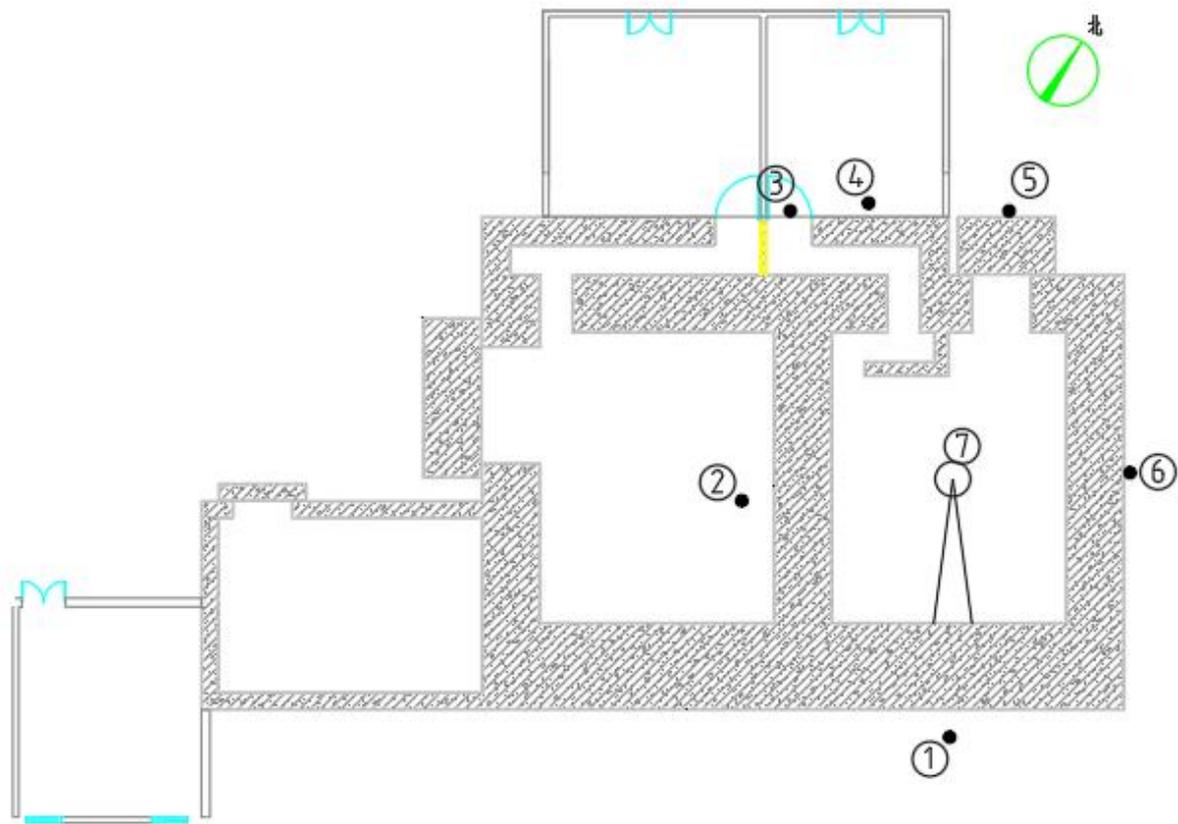


图 11-7 普通放疗设备测试间关注点分布示意图

表 11-16 普通放疗设备测试间关注点选取

场所	位置编号	位置	距离m	照射途径	备注
普通放疗设备测试间	1	东南侧墙外30cm处	6.3	主射	公众
	2	西南侧墙外30cm处	5.3	漏射、散射	职业
	3	迷道口30cm处	12.1	漏射、散射	职业
	4	控制室墙外30cm处	11.4	漏射	职业
	5	物流门外30cm处	11.1	漏射、散射	公众
	6	东北侧墙外30cm处	7.3	漏射、散射	公众
	7	测试间顶部30cm处	6.3	漏射	公众

2.3.2 屏蔽防护设计效能核实

(1) 有用线束主屏蔽区宽度核算

计算公式见式 11-10，计算结果见表 11-16。

表 11-17 普通放疗设备测试间主屏蔽区宽度核算

工作场所	屏蔽体	a (m)	理论计算所需宽度 Y_p (m)	设计宽度 (m)	核算结果
FLASH 放疗设备检测间	东北侧主体屏蔽墙	4.70	3.59	8.0	符合要求

(2) 有用线束主屏蔽区、漏射侧屏蔽墙厚度核算

计算公式见 11-11 至 11-13，计算记过见表 11-18。

表 11-18 普通放疗设备测试间有用线束漏射屏蔽核算结果

点位	θ	距离R (m)	H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	f	TVL_l (cm)	TVL (cm)	理论计算厚度 (cm)	设计厚度 (cm)	核算结果
1	0	6.3	2.5	1	40	36	264.30	300	符合
2	0	7.6	2.5	0.001	35	31	131.34	200	符合
3	21	10.4	2.5	0.001	35	31	101.87	200	符合
4	8	11.3	2.5	0.001	35	31	109.64	150	符合
5	14	11.4	2.5	0.001	35	31	116.34	200	符合
6	24	5.3	2.5	0.001	35	31	119.84	200	符合
7	0	6.3	2.5	0.001	35	31	126.69	150	符合

注1: 本项目拟购的普通放疗设备，距靶1m处最高剂量率为1500cGy/min，年工作时长200h。

注2: TVL_l 和TVL数值查GBZ/201.2-2011附录B表B.1，保守 TVL_l 取40、35(漏射)，TVL取36，(漏射)。

(3) 散射屏蔽厚度核算

计算公式见式 11-12 至式 11-14，散射关注点见下图 11-8，计算结果见下表 11-19。

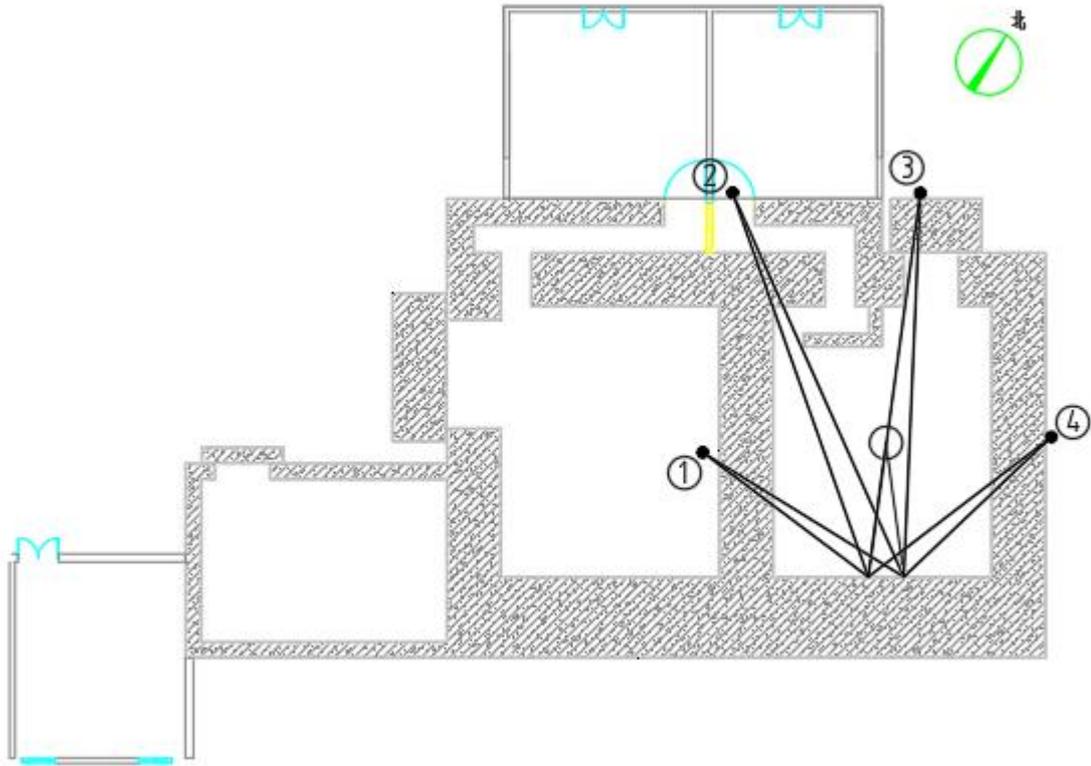


图 11-8 普通放疗设备测试间散射关注点分布示意图

表11-19 普通放疗设备测试间散射辐射屏蔽厚度核算结果

/	关注点位	距离R (m)	最小散 射角度	He ($\mu\text{Sv/h}$)	TVL (cm)	aph	校核厚度 (cm)	设计 厚度 (cm)	符合分 析
一 次 散 射	西南侧墙 外30cm处	5.3	45°	1.25	26	6×10^{-3}	127.03	200	符合
	物流门外 30cm处	12.1	45°	1.25	26	6×10^{-3}	108.39	200	符合
	迷道口 30cm处	11.1	45°	1.25	26	6×10^{-3}	117.44	200	符合
	东北侧墙 外30cm处	7.3	45°	1.25	26	6×10^{-3}	126.90	200	符合

注1: 根据GBZ/201.2-2011附录A.2.2 a), 估算屏蔽患者散射辐射时, 剂量率参考控制水平取 $H_{c,max}$ 的一半。

注2: 患者散射辐射在混凝土中的什值层查GBZ/201.2-2011附录B表B.4, 当未指明 TVL_1 时, $TVL_1=TVL=26$ 。

(4) 小结

由本节分析计算可知, 本项目普通放疗设备测试间四周包含屏蔽墙体的理论计算厚度

均小于设计厚度，表明本项目机房设计厚度满足辐射防护要求。

2.3.3 普通放疗设备测试间屏蔽体外剂量估算

由于本项目处于设计阶段，故本评价采用理论方法进行预测分析。从保守角度出发，在加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器以最大工况（X 射线最大能量 9MV）运行，并针对关注点最不利情况对机房进行辐射屏蔽核算。

关注点如上图 11-7、表 11-16 所示，计算公式与 FLASH 放疗设备计算公式一致，散射路径见下图，计算结果如下表。

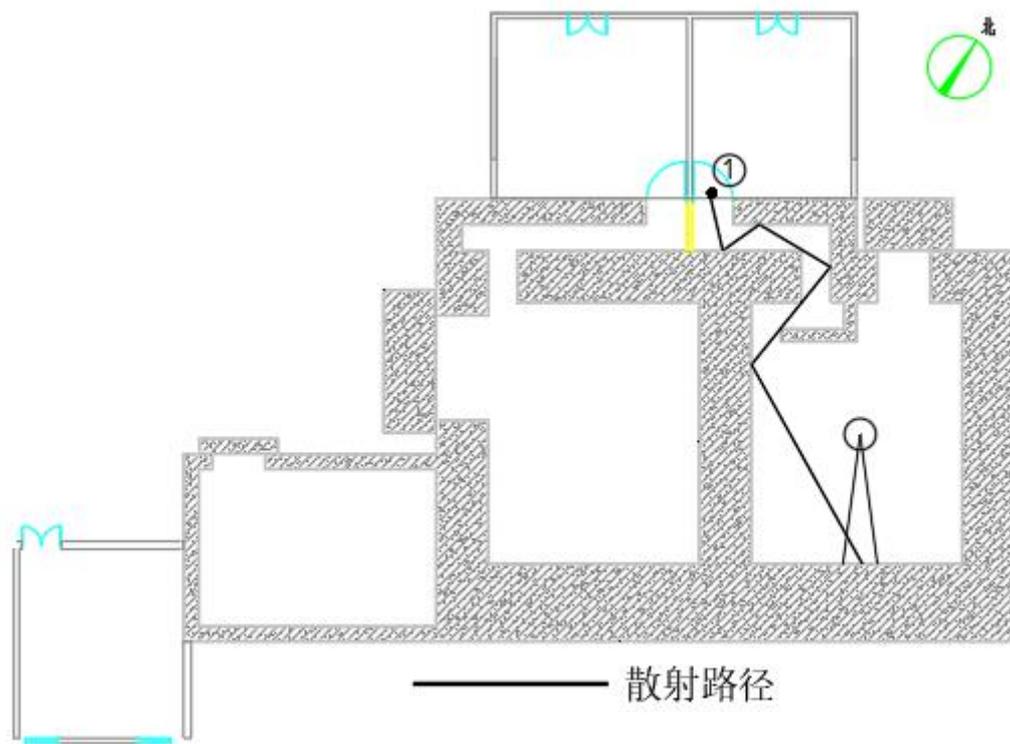


图 11-9 普通放疗设备测试间迷宫散射路径示意图

表11-20 FLASH放疗设备测试间有用线束、漏射贯穿剂量估算

关注点位置	辐射类型	R 到关注点距离(m)	H ₀ 一米处剂量率	TVL1 (cm)	TVL (cm)	斜射角 (°)	设计厚度(cm)	等效厚度 Xe(cm)	辐射剂量预测值(μ Sv/h)
东南侧墙外30cm处	主射	6.3	9E+08	40	36	0	300	300	8.15E-02
西南侧墙	漏射	5.3	9E+08	35	31	0	200	200	8.41E-03

外30cm处									
迷道口 30cm处	漏射	12.1	9E+08	35	31	21	200	214.23	5.61E-04
控制室墙 外30cm处	漏射	11.4	9E+08	35	31	8	150	151.47	6.69E-02
物流门外 30cm处	漏射	11.1	9E+08	35	31	14	200	206.12	1.22E-03
东北侧墙 外30cm处	漏射	7.3	9E+08	35	31	24	200	218.93	1.09E-03
测试间顶 部30cm处	漏射	6.3	9E+08	35	31	0	150	150	2.44E-01

11-21 FLASH放疗设备测试间散射剂量估算

关注点位置	辐射类型	R 到关注点距离(m)	H0一米处剂量率	TVL (cm)	a_{ph}	斜射角 (°)	设计厚度 (cm)	散射剂量换算B	辐射剂量预测值(μ Sv/h)
西南侧墙 外30cm处	散射	5.3	9E+08	26	0.006	0	200	2.03E-08	1.91E-02
迷道口 30cm处	散射	12.1	9E+08	26	0.006	0	200	2.03E-08	3.66E-03
物流门外 30cm处	散射	11.1	9E+08	26	0.006	0	200	2.03E-08	4.35E-03
东北侧墙 外30cm处	散射	7.3	9E+08	26	0.006	0	200	2.03E-08	1.00E-02

注：散射为保守考虑，斜射角均取0° 垂直入射，故Xe等效厚度等于设计厚度

11-22 普通放疗设备测试间散射剂量估算

关注点位置	辐射类型	D_{10} (uSv/h)	A_1, A_2 (m ²)	α_1	α_1	$d_1 - d_6$ (m)	辐射剂量预测值(μ Sv/h)
迷道口 30cm处	散射	9.00E+08	4.88、7	0.005	0.02	5、8.7、4.8、3.1、1.7、2	2.44E-04

2.4.4 对普通放疗设备测试间关注点综合分析

项目建成后，普通放疗设备检测间周围关注点剂量率及年剂量分析见下表 11-22

表 11-23 普通放疗设备检测间关注点辐射剂量综合分析

关注点位置	受照者类	受有用线束照射剂量	受漏射照射剂量	受散射照射剂量 (μ)	叠加剂量 (μ Sv/h)	居留因子	年受照射剂量 (mSv/a)
-------	------	-----------	---------	-------------------	--------------------	------	----------------

	型	(μ Sv/h)	(μ Sv/h)	Sv/h)			
东南侧 墙外 30cm处	公众	8.15E-02	/	/	8.15E-02	0.25	6.11E-03
西南侧 墙外 30cm处	职业	/	8.41E-03	1.91E-02	2.75E-02	0.25	2.06E-03
物流门 外30cm 处	职业	/	5.61E-04	4.35E-03	4.91E-03	0.25	3.68E-04
控制室 墙外 30cm处	职业	/	6.69E-02	/	6.69E-02	1	2.01E-02
迷道口 30cm处	公众	/	1.22E-03	3.66E-03	5.12E-03	1	1.54E-03
				2.44E-04			
东北侧 墙外 30cm处	公众	/	1.09E-03	1.00E-02	1.11E-02	0.25	8.33E-04
测试间 顶部 30cm处	公众	/	2.44E-01	/	2.44E-01	0.06	4.39E-03

注：本项目中普通放疗设备一年出束200h，保守取300h。

上表可知，正常工况下，距普通放疗设备检测间四周屏蔽墙体、屋顶外表面 30cm 处剂量率为最大剂量率为 0.244 μ Sv/h，其中公众最大剂量率为 0.244 μ Sv/h，职业人员为 0.0669 μ Sv/h，低于《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）相关规定（加速器机房迷道防护门外、控制室和加速器机房四周墙外、机房顶外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h）。职业人员年最大剂量为 2.01E-02mSv/a，公众年最大剂量为 6.11E-03mSv/a，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的辐射剂量限值，也低于本报告提出的照射剂量约束值（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。

综上，本项目普通放疗设备经屏蔽后满足辐射防护要求。

3 年叠加剂量估算

由建设内容可知，本项目辐射工作场所存在多台射线装置，因此应考虑剂量叠加效果。三台设备不同时开机故，故只考虑累积剂量叠加，叠加关注点如下：

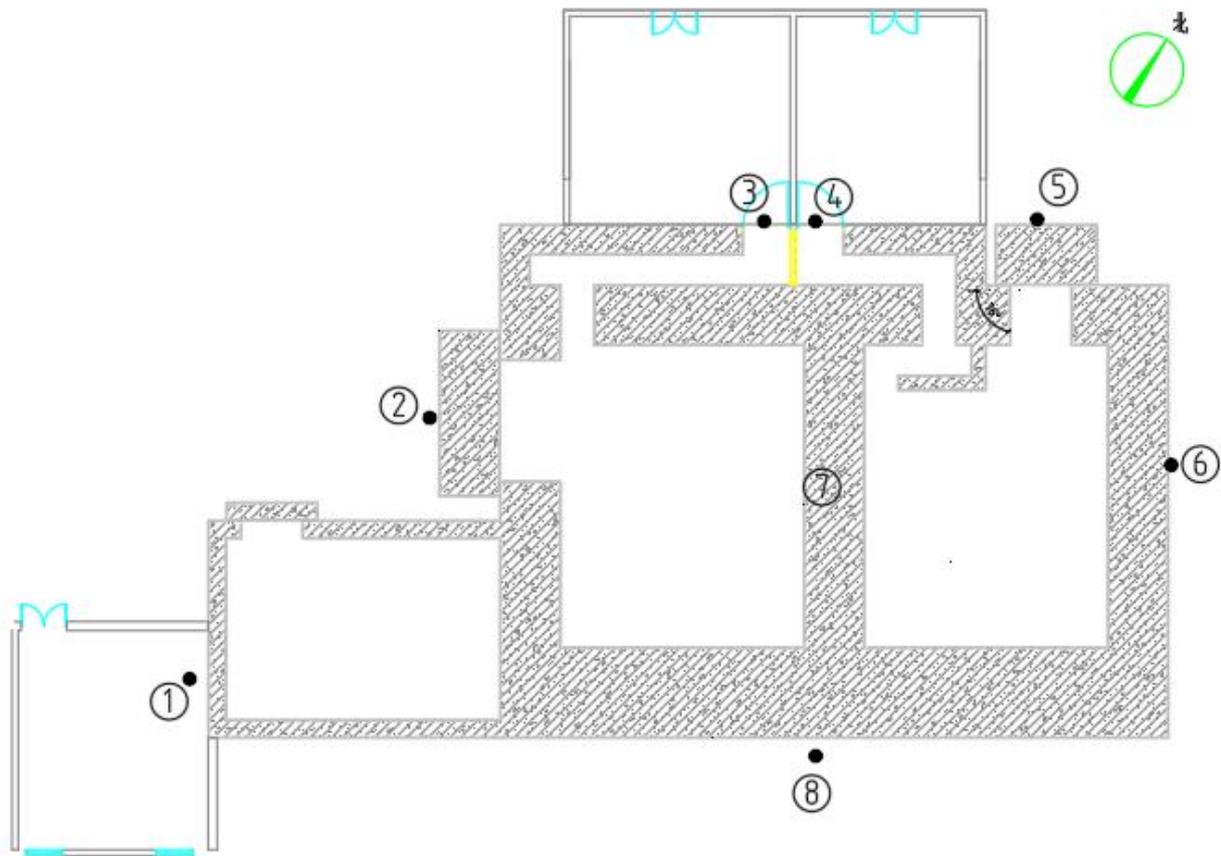


图 11-8 叠加剂量关注点示意图

表 11-24 年叠加剂量估算一览表

序号	关注点位置	照射类型	450kV	FLASH放疗设备	普通放疗设备	年剂量 (mSv/a)
1	450kV控制室	职业	1.08E-02	/	/	1.08E-02
2	FLASH检测室物流门	公众	/	1.70E-06	/	1.70E-06
3	FLASH控制室迷道口	职业	/	9.88E-06	/	9.88E-06
4	普通放疗控制室迷道口	职业	/	/	1.54E-03	1.54E-03
5	普通放疗物流门	公众	/	/	3.68E-04	3.68E-04
6	东北侧走廊	职业	/	/	8.33E-04	8.33E-04
7	检测间顶面	公众	3.86E-12	1.88E-05	7.32E-02	7.32E-02
8	东南侧墙外	公众	9.28E-03	2.61E-05	6.11E-03	1.54E-02

注：“/”表示X射线经过道屏蔽墙体，可忽略不计。

在本项目中，辐射工作人员为 8 人一组，需负责 3 台射线装置的操作及使用，因此职业人员还需要考虑 3 台射线装置叠加剂量。

表 11-25 职业人员年叠加剂量估算表

照射类型	450kV控制室	FLASH放疗设备控制室	普通放疗设备控制室	累计剂量
职业	1.08E-02	9.88E-06	3.68E-04	1.12E-02

由上表可知，建设单位完成后，该场所内公众收到的附加有效剂量最大值为 7.32E-02mSv/a（位于检测间顶面），职业人员年工作累计剂量最大值为 1.12E-02mSv/a，均远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的公众照射剂量限值 1mSv/a 和职业工作人员的 20mSv/a,以及本环评提出的公众限值 0.1mSv/a 和职业限值 5mSv/a 的剂量限值，表明本项目运行期间对周边公众的影响是可接受的。

二、非放射部分环境影响

1、臭氧

本项目加速器工业CT采用先进的数字成像技术，不使用显影液、定影液和胶片，因此无废显影液、废定影液、洗片废水和废胶片产生。运营期间三废主要为少量的臭氧。

X射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，且臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时引起爆炸，标准中对大气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。因此本报告表主要对臭氧的产生及排放进行分析，计算公式（依据《电子辐射工程技术规范》（GB50752-2012）附录B）及结果如下。

射线装置运行时，空气中的 O、N 原子在 X 射线作用下被电离，会形成臭氧与氮氧化物。考虑到项目在运行过程中始终开启通排风与臭氧的分解作用，并假设辐照过程中 O₃ 在整个室内均匀分布，则有：

$$Q_{O_3} = 3.25 \times 10^6 \times S_{Col} Ix \quad (\text{式 11-20})$$

其中，

Q_{O_3} ——臭氧的产生速率，m³/min；

S_{Col} ——电子在标准状态下（NTP）空气中的碰撞阻止本领，keV/cm；

I ——外部电子束电流强度, mA;

x ——外部电子束的飞行距离, cm。

考虑到臭氧的去除过程, 在辐照 t 时刻时, O_3 的有效去除时间为:

$$T = \frac{T_{\text{通风}} \times T_{O_3\text{分解}}}{T_{\text{通风}} + T_{O_3\text{分解}}} \quad (\text{式 11-21})$$

其中,

$T_{\text{通风}}$ ——通风率, 加速器厅内换气一次所需的实际时间;

$T_{O_3\text{分解}}$ ——臭氧的分解时间, 为 50min;

则辐照 t 时间时, 加速器厅内的 O_3 浓度为:

$$C_t = \frac{Q_{O_3}}{V} [1 - e^{-\frac{t}{T}}] \quad (\text{式 11-22})$$

其中,

C_t ——厅内 t 时刻的 O_3 浓度, ppm;

V ——加速器大厅体积, m^3 ;

表 11-26 臭氧计算

位置	碰撞阻止能力	电子束移动距离	照射时间	空间体积	O_3 产生速率	臭氧有效清除时间	臭氧浓度
S_{col} (keV/cm)	I (mA)	X (cm)	t (min)	V (L)	Q_{O_3} (m^3/min)	T	C_t (ppm)
FLASH放疗设备测试间							
2.50	300	100	2.67E-01	5.01E+05	2.03E+11	9.677	1.32E-02
普通放疗设备测试间							
2.50	70	100	3.00E+01	5.53E+05	8.13E+08	9.677	9.82E-02
450kV工业CT测试间							
2.30	3.3	100	3.00E+01	3.04E+05	2.47E+09	8.333	7.89E-03

在开启通风的情况下 (换气次数大于 5 次/h), 即在表 11-26 的室内通风换气能力下,

房间内的臭氧次数在单次照射时间完成时，经换算最大臭氧浓度为 $0.0210\text{ug}/\text{m}^3$ 远低于《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）中臭氧浓度二级标准 $200\text{ug}/\text{m}^3$ ，因此本项目中臭氧对环境及工作人员影响是可接受的。

2、噪声

本项目工业 CT、FLASH 放疗设备、普通放疗设备，运行过程中噪声源强均小于 60dB ，无需特别治理。噪声主要来自于通排风系统噪声，建设单位在采购通排风系统设备时均选择了低噪声设备，且本项目建设地 200m 范围内均为居民住宅。故本项目噪声对周边环境影响轻微。

3、生活污水

本项目员工日常办公产生的生活污水依托厂区既有公共卫生间收集，本项目员工日常办公产生的生活污水依托厂区既有公共卫生间收集，园区位于市政污水管网服务范围内，收集的生活污水集中排放至市政污水管网，最终进入城市污水处理厂处理达标后排放。故本项目生活污水对环境的影响轻微。

4、生活垃圾

项目运营期产生其他固体废物主要为员工日常办公产生的生活垃圾。厂区内各建筑物内均设有垃圾桶，工作人员产生的生活垃圾袋装收集，定期集中交由市政环卫部门清运处置。本项目拟定21名工作人员产生的生活垃圾经园区垃圾处理站集中处理，对周边环境的影响轻微。

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》的要求，本项目加速器工业 CT 在报废处置时，建设单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆卸，使其丧失功能。同时将装置主机的电源线绞断，使其不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

三、辐射剂量叠加分析

1、辐射工作人员辐射剂量叠加

辐射工作人员辐射剂量叠加的内容主要是以考虑工作人员在同时开展（参与、管理）多项放射性工作的情况下，且可能存在多台加速器同时开机出束的情况下，致工作人员年所受辐射剂量的总和，由于本项目拟定辐射工作人员仅一组，且因工艺原因三台射线装置不会同时启用，但工作人员需负责三台射线装置的操作调试，故应考虑三台射线装置年有

效剂量的叠加，叠加结果见表11-23。

由表11-23可知：本项目建成后，对辐射工作及管理人员所受年辐射剂量增加影响较小，辐射工作人员预计未来年所受剂量总和最大值为 $1.23E-02mSv$ ，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业照射剂量限值 $20mSv/a$ 的限值和本报告提出的剂量约束值 $5mSv/a$ 。

2、公众辐射剂量叠加

根据项目工业加速器所在厂房平面图，及现场踏勘可知，该建筑内无其它射线装置，且厂房较大，各厂房之间间距较远。因此，本项目工业加速器不考虑公众辐射剂量叠加问题。

综上所述，在正常工况下，经采取屏蔽措施和划分合理的“两区”管理后，本项目FLASH放疗设备、普通放疗设备、450kV工业CT在调试及探伤过程中产生的X射线对工作人员、公众的辐射影响能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值和本报告提出的剂量约束值要求，表明其产生的辐射影响是可接受的。

事故影响分析

一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见下表。

表 11-27 辐射事故等级划分表

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	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人以上（含3人）急性死亡
重大辐射事故	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人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾
较大辐射事故	III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9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	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

二、风险识别

1.可能发生的辐射事故

据加速器工业 CT 工作原理可知，加速器在不开机出束时不产生辐射，不存在放射性事故，只有当设备运行出束时才会产生 X 射线。运行期间最大可能发生的事故有：

①由于门机联锁、门灯联锁等安全联锁装置失效或报警装置失效，加速器工业 CT 运行时无关人员进入检测间内，造成误入人员被误照射，引发辐射事故。

②加速器工业 CT 在检修、维护等过程中，检修维护人员在设备未断电的情况下进行检修，或者因为检修维护人员误操作打开了 X 射线发生器，使其出束照射，导致维修人员被误照射。

2、同类事故调查

电子直线加速器在开机出束状态下才会产生韧致辐射，关闭电源后就不再产生。但是由于装置运行受到内外因素制约，如设备安全联锁装置故障、人员操作失误甚至人为蓄意破坏等，会导致生命伤亡及财产损失，同时也带来环境污染。事故原因中人为因素造成的占了绝大部分，人为因素包括人为破坏和违章操作，尤其是违章检修和违章操作。其次，设备质量也占有一定比例。

案例：

2016 年 7 月 7 日时左右，天津滨海北方辐照技术有限公司临时外聘两名电机维修人员对辐照室外电机进行维修，在公司工作人员就餐间歇期间（加速器停运），两名电机维修人员进入辐照室。17 时 35 分该公司操作工郭某某就餐完毕后未进行安全巡检即启动电子加速器，造成两名电机维修人员受照，该公司随即将两名受照人员送往医院诊治。

导致该起误照射事故主要是由于操作人员违章操作，未执行安全巡检即启动电子加速器，从而导致辐照室内滞留的检修人员受到超剂量照射

三、事故情况下的环境影响分析

1、实验室误照射事故

（1）事故情景假设

- ◆ 假设 FLASH 放疗以标称最大能量 9MV（40Gy/s），以脉宽 0.2，10S 一次的频率发射剂量；450kV 工业 CT 以 31mGy/s 最大剂量持续输出；普通放疗设备以 1500cGy/min 最大剂量率持续输出。
- ◆ 假设检修人员在未采取任何屏蔽防护措施下，处于加速器或工业 CT 照射头外

1m 处的主

射束方向。在发现设备处于开机状态，立即按下四周墙体上的紧急停机按钮。

(2) 预测结果

在上述事故情景假设条件下，误入或检修人员的受照剂量结果见表。

表 11-28 加速器事故情况下人员受照剂量值

FLASH放疗设备测试间					
事故受照人员	位置	Hn (Gv/s)	R (m)	受照时间t	受照剂量
设备调试人员	机房内设备靶源 1m处	40Gy/s	1	20s	80Gy/次
				1min	240Gy/次
				5min	1200Gy/次
普通放疗设备测试间					
设备调试人员	机房内设备靶源 1m处	1500cGy/min	1	20s	5Gy/次
				1min	15Gy/次
				5min	75Gy/次
450kV工业CT检测间					
设备调试人员	机房内设备靶源 1m处	31mGy/s	1	20s	0.62Gy/次
				1min	1.86Gy/次
				5min	9.3Gy/次

由上表可见，在上述事故情景假设条件下，受照时间为 5min 时设备检修或误入人员受照剂量最大为 1200Gy/次，构成较大辐射事故。

四、事故防范措施

加速器，工业 CT 机房风险防范措施

(1) 加速器运行前均需进行巡查避免人员滞留；

(2) 在紧急情况下，按动设置在四周墙体或控制台上的紧急停机按钮，切断电源，迫使加速器关机停止出束。

(3) 加速器机房设计有门机安全联锁，机房门关闭后机器才能启动，出束打靶期间机房门不能从外部开启，有效防止人员误入。

(4) 制定和完善现有射线装置安全管理制度，强化安全管理，避免出现人员滞留事故，同时定期检查加速器机房的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效。

发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。

中玖闪光医疗科技有限公司应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，并在规定时间内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向公安部门 and 当地卫生行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射防护与安全管理机构

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，组长由何心坦担任，成员由吴岱、刘贤洪等担任。办公组组长由王汉斌担任，成员由王海涛，柴铭潇，蒋文，舒琳担任。

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。

办公室组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。

二、辐射安全管理

1、规则制度

根据《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）要求，辐射安全管理规章制度落实情况见下表：

表12-1 主要规章制度建立对照分析表

序号	四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）要求的主要规章制度	备注
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	已制定
3	辐射工作设备操作规程	拟制定
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	拟制定
5	辐射工作人员岗位职责	拟制定
6	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	拟制定
7	监测仪表使用与校验管理制度	拟制定
8	辐射工作人员培训制度	拟制定
9	辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定
10	辐射事故应急预案	拟制定
11	射线装置台账管理制度	拟制定

根据《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）要求：①《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》等应悬挂于辐射工作场所，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm；②公司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，结合公司实际及时对各项规章制度补充修改。

2、辐射工作人员

（1）辐射安全培训

建设单位应安排辐射工作人员及辐射安全管理人员参加辐射安全和防护知识培训，取得辐射安全培训合格证。辐射安全与防护培训合格证书有效期为5年，建设单位应定期组织已取得证书的辐射工作人员参加复训，建立并保存辐射工作人员的培训档案。

（2）职业人员的个人剂量管理

公司拟为每名辐射工作人员佩戴个人热释光剂量计，要求工作期间必须佩戴个人剂量计。另外，公司计划按每季度1次（一年4次）的频率安排辐射工作人员进行个人剂量检测，并按《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与防护管理办法》（环保部18号令）的要求，建立辐射工作人员个人剂量档案，将检测结果记录到个人剂量档案中。

根据《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）：
①安排专人负责个人剂量监测管理，建立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。②个人剂量档案应终生保存。③对于某一季度个人剂量检测数据超过1.25mSv的辐射工作人员，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在情况调查报告上签字确认。对于年度内个人剂量检测数据累计超过5mSv的，要开展调查，撰写调查报告，并要求采取暂停开展放射性工作等进一步干预手段，同时上报辐射安全许可证发证机关。④在每年的1月31日前上报的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。

（3）职业健康检查

公司在辐射工作人员上岗前，组织其进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。从事辐射工作期间，定期组织辐射工作人员进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。

3、台账管理

公司应结合本项目对既有台账制度进行完善，补充非密封放射性物质相关内容，应记载名称、活度、来源、去向等，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。

4、档案资料

公司的相关资料应按照档案管理的基本要求建立相关档案并分类归档放置。

根据《四川省环境保护厅关于印发<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），档案资料应按以下八个大类分类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查纪录”、“个人剂量档案”、“培训档案”和“辐射应急资料”。

5、辐射事故应急管理

建设单位拟制定辐射事故预防措施及应急处理预案，包括了应急机构的设置与职责、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障。项目建设单位制定的辐射事故应急预案应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号）第四十三条辐射事故应急预案规定制定。应急方案的内容应包括：“(1)应急机构和职责分工；(2)应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；(3)辐射事故分级与应急响应措施；(4)辐射事故调查、报告和处理程序；(5)辐射事故信息公开、公众宣传方案。”

6、核技术利用辐射安全申报系统要求

根据环保部信息化管理要求，辐射工作单位办理辐射安全许可证审批环保手续时需在全国核技术利用辐射安全申报系统（以下简称“申报系统”）进行网上申报（申报系统网址：<http://rr.mep.gov.cn>），凡是不进行网上申报的，纸质材料一律不予受理。

用户可在该申报系统中办理如下事项：

- (1) 许可证相关申请：许可证申请（及重新申请）、延续、变更、注销；
- (2) 放射源相关申请：转让、异地使用、进口、出口；
- (3) 非密封放射性物质相关申请：转让、异地使用、进口、出口；
- (4) 射线装置相关申请：转让、异地使用、进口、出口

辐射工作单位网上申请提交成功后，应通过网上在线打印业务表单，并盖章确认，再按相关程序提交到环保部门办理。

7、销售过程辐射安全管理

(1) 中玖闪光医疗科技有限公司应对用户资质条件（已取环评批复）进行审核，如未取得环评批复则不发货。

(2) 公司应结合台账管理制度要求对生产销售的射线装置状态（生产、暂存、运输、交付等）进行及时登记；

(3) 加速器运输过程辐射安全管理责任单位为中玖闪光医疗科技有限公司，运输期间安排人员看守，防止被盗或丢失。加速器从生产单位发出后至在用户单位使用场所安装前，不得在任何场所进行调试或试运行。

(4) 加速器售后调试和修理过程应安排在用户单位屏蔽效果符合要求且辐射安全措施到位的辐射工作场所进行，调试和修理过程的辐射安全管理责任单位为中玖闪光医疗科技有限公司，中玖闪光医疗科技有限公司应制定并严格执行表12-1中所列制度。

(5) 中玖闪光医疗科技有限公司安排设备工程师指导用户正确操作设备，对用户单位人员进行必要的技术操作培训和有效的辐射防护安全培训，指导用户单位加强设备的定期维护，确保防护设施完整有效；

(6) 加速器达到使用年限要进行退役的，中玖闪光医疗科技有限公司应告知其应编制退役环评报告，剪断高压部件电力线缆并对具有放射性的部件进行妥善处置。

8、放射性同位素与射线装置使用能力综合评价

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令）、《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）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部第3号令）等文件中关于使用射线装置单位条件的相关规定，对建设单位射线装置使用 and 安全管理综合能力逐一分析。

(1) 与环保部令第 3 号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部令第 3 号）“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查指南》，建设单位需具备的辐射安全管理基本要求如下表：

表 12-2 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	放射性同位素与射线装置安全许可管理办法	建设单位落实情况	建议改进措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证。	建设单位拟在完成环评手续后，及时申请辐射安全许可证，申请种类范围为：生产使用和 销售 II 类射线装置。	/

2	使用I类、II类射线装置的,应当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;	机构已设置,已明确相应职责。	/
3	从事辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	拟安排新进辐射工作人员参加辐射相关培训,确保持证上岗。	/
4	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	已设计完善电离辐射警告标志、指示灯、门机联锁装置、门灯联锁装置、紧急停机装置等辐射安全措施。	定期检查辐射安全措施,确保辐射安全系统运行良好。
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	拟配备相应防护用品和监测仪器,并定期开展检定工作	每周期检定内容应记录。
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	拟根据项目实际情况完善相应制度,并做到制度上墙。	操作规程、上墙制度应根据实际情况及时更新。
7	有完善的辐射事故应急措施。	拟制定辐射事故应急预案并定期演练。	/

(2) 本项目涉及II类射线装置辐射防护措施,《生态环境部(国家核安全局)加速器生产调试场所监督检查技术程序》项目符合分析如下。

表 12-3 加速器生产调试场所监督检查对照分析表

序号	要求	项目情况	备注
1*	调试场所划分为控制区与监督区	拟划定	见表 10-1
2*	所有机房入口电离辐射警告标志	拟安装	在各检测室出入门外醒目位置设置固定的电离辐射警告标志。
3*	机房入口工作状态指示	拟安装	加速器测试间工件门和迷道门外侧和控制台上分别安装工作状态指示灯,并与门联锁。
4*	A 场所与警示 灯光和声音报警指示装置	拟设计	各检测室内设置声光报警装置,出束前警铃发声、警灯闪烁2分钟以提醒装置即将出束,之后警灯显示为红色表示装置正在出束。
5	视频监控系统	拟设计	各检测室内设置视频监控装置1套,2个摄像头位于对角墙角上、1个摄像头位于迷道,可保证机房内无死角观察。
6	机房门内紧急开门按钮	拟设计	靠近加速器迷道门出口处的急停开关应兼具开门功能,当人员被关在机房内,在紧急情况下按下开关,可实现防护门从内部打开,同时加速器立即停止出束。
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	拟设计	加速器系统将设置登陆页面,所有进行加速器操作的人员均将设置不同的登录名和密码。

8*		门与束流控制联锁	拟设计	屏蔽门意外打开的时候，加速器离子源系统停止工作。
9*		机房内有醒目的紧急停机按钮	拟安装	450kVCT 间测试间设 3 个急停开关（测试间大厅内安装 3 个），加速器测试间内设 4 个急停开关（四周墙壁上各设 1 个，迷道口安装 1 个）。
10*		控制台有紧急停机按钮	拟设计	在各控制间控制台上设置 1 个急停开关。上述急停开关均应在按钮旁设置明显的文字提示，并与加速器联锁，按下急停开关，加速器立即停止出束。
11*		清场巡更系统	拟设计	每个检测间设 1 个巡检开关。
12*	C 剂量监测	机房内固定式辐射剂量监测仪	拟设计	各机房内安装 1 套固定式剂量监测系统（可测量 X- γ 辐射剂量率），且剂量与防护门联锁，当剂量超过设定限值时，防护门无法从外部开启。
13*		个人剂量计	拟配备	辐射工作人员需配置个人热释光剂量计，人均 2 个（1 用 1 备），工作期间必须佩戴个人热释光剂量计。
14*		个人剂量报警仪	拟配备	配置个人剂量报警仪 16 个
15*	D 其它	通风系统	已设计	各检测间必须安装通排风系统

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，建设单位需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测、环境监测和个人剂量监测。

1、个人剂量监测

为测量本项目辐射工作人员在一段时间的受照剂量，借以限制辐射工作人员的剂量当量和评价工作场所的安全情况，建设单位为本项目辐射工作人员均配备个人剂量计并进行个人剂量监测（外照射个人剂量监测）。中玖闪光医疗科技有限公司应安排专人负责个人剂量监测管理（每季度委托有资质的放射工作人员个人剂量监测技术服务机构检测一次），并建立辐射工作人员个人剂量档案。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。个人剂量档案应当保存终身。

根据 GB18871-2002 要求，辐射工作人员在开展放射性工作期间，必须佩带个人剂量计。对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认。对于每季度检测数值超过 5mSv 的，要采取暂停开展放射性工作等进一步干预手段，并上报辐射安全许可证主管部门。

2、辐射工作场所监测

①监测项目：X- γ 辐射空气吸收剂量率；

②监测频度：委托有监测资质单位至少每年监测 1 次，监测报告附录到年度评估报告中，监测数据应存档备案；建设单位每季度自行监测一次，确保设备正常运行，屏蔽措施到位和环保措施正常运行。

③监测范围：射线装置机房防护门及缝隙处，控制室以及机房四周屏蔽墙外；

④监测设备：X-γ 辐射监测仪

3、辐射环境监测

环境监测主要针对 50m 范围内的环境保护目标。

本项目具体监测计划见下表：

表 12-7 辐射环境监测内容

工作场所	监测项目	监测点位	监测频次	
实验区	X-γ 辐射空气吸收剂量率	所有控制室工位处	自行监测 1 次/月	委托有相关检测资质单位 1 次/年
		检测间四周30cm离地面高度1m处		
		实验区非辐射工作人员停留处及其他人员经常活动的位置		
		所有进出检测间的防护门外		

监测设备：建设单位自行监测应配备便携式 X-γ 辐射监测仪，并保证仪器的准确性和可靠性。

监测质量保证：①单位应安排专人负责自行监测任务；②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自有监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；③制定辐射环境监测管理制度。

环评要求：①辐射工作场所环境监测结果应记录，并存档备案。②若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。③自查监测结果和工作场所监测结果应作为年度自查评估报告的附件。

辐射事故应急

为了应对辐射事故和突发事件，公司应当结合本项目情况修订辐射事故应急预案，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定，环评要求辐射事故应急预案应当包括下列内容：①应急机构和职责分工；②应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；③辐射事故分级与应急响应措施；④辐射事故调查、报告和处理程序。预案中要写明确向绵阳市生态环境局和四川省生态环境厅（028-80589003、

028-80589100) 报告事故情况的电话号码。

中玖闪光医疗科技有限公司在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对应急预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：新一代 FLASH 放疗设备研发及其产业化（一期）项目

建设单位：中玖闪光医疗科技有限公司

建设地点：四川省绵阳市游仙区科学城大道 1 号

建设性质：新建

建设内容及规模：本项目总投资 35000 万元，将建设 flash 放疗高端医疗器械研发生产实验室。本项目租赁四川省绵阳市游仙区东林乡久远激光产业园 5#地块-3#厂房（建筑面积 6048.00m²）的部分区域（此区域占地 2600m²）。

2、产业政策符合性分析

本项目系核与辐射技术用于医学领域，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会 2021 年第 49 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本、2021 年修正）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

游仙区发展和改革局以川投资备【2209-510704-04-01-600167】FGQB-0241 号文件对本项目进行了备案。

3、选址及总平面布置合理性

本项目选址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加速器（标准厂房）3#厂房，占地面积 2600m²。该产业园区已在 2020 年取得绵阳市生态环境厅绵环函 [2020] 308 号规划环评批复，项目为租用园区现有厂房，并已取得租赁合同，同时该项目也属于绵阳游仙经济开发区对于军民融合产业，高端制造业等要求。项目建成投运后产生环境影响主要为电离辐射，经屏蔽后对工作人员和公众的照射剂量低于《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）的剂量限值和本报告提出的剂量约束值。经预测分析，项目外排气载流出物所致其人员受照剂量值低于 GB18871 规定的公众剂量限值（1mSv/a）和本报告提出的剂量限值值（0.1mSv/a）。因此，本项目选址合理。

项目厂区总图布置做到了工艺流程合理、功能分区明确、雨污分流、人物分流，车间布置符合相关规范要求，环保设施布置合理，正常运行工况下，对周边环境影响较小。因此，从辐射防护和环境保护的角度而言，本项目厂区总平布置合理。

4、区域环境质量现状评价结论

根据监测结果，项目拟建场址周围环境 X-γ辐射剂量率监测值为 44~55.1nSv/h，经换算后环境γ辐射空气吸收剂量率为 51.2~64.1nGy/h，对比《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省空气吸收剂量率自动监测结果 61.9~151.8nGy/h，属于当地正常天然本底辐射水平。

5、正常运行工况下的辐射影响分析

项目建成投运后，工作人员受照剂量为 1.12E-02mSv/年，满足《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值（职业人员 20mSv/a）和本报告执行的剂量约束值（职业人员 5mSv/a）。公众受照剂量最大值为 7.32E-02mSv/a，满足《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值（公众 1mSv/a）和本报告执行的剂量约束值（公众 0.1mSv/a）。

6、辐射事故影响评价分析

经预测，假若本项目发生辐射事故，则最大的事故等级为较大辐射事故。建设单位按照环评要求制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

7、辐射安全管理的综合能力分析

中玖闪光医疗科技有限公司成立了辐射安全领导小组，在按照环评相关要求落实各项管理制度后，对本项目辐射工作的种类、范围、场所而言，建设单位具备生产、销售、使用 II 类射线装置。

8、项目环境可行性结论

本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布置合理，采取辐射防护措施技术可行，措施有效。在严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众照射剂量满足国家规定的年有效剂量限值和本评价提出的剂量约束值。评价认为，**本项目从辐射防护以及环境保护角度分析是可行的。**

9、项目竣工验收检查内容

本项目建成后，应严格按照环境保护部“关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告”（国环规环评〔2017〕4号）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

建设单位--中玖闪光医疗科技有限公司是本项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照相关文件规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施和辐射防护措施进行验收，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或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

建设单位应在项目竣工后3个月内组织竣工环保验收，委托有资质单位进行现场监测，并编制竣工验收监测报告。验收监测应当在确保主体工程调试工况稳定、辐射防护措施安全到位的情况下进行，并如实记录监测时的实际工况。验收监测报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测报告结论，逐一检查是否存在不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。建设项目配套建设的环境保护设施和辐射防护措施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。危险废物相关竣工环保验收参照四川省生态环境厅其他规范要求实施。

“全国建设项目竣工环境保护验收信息平台”已于2017年12月1日上线试运行，网址为<http://47.94.79.251>。建设单位可以登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（kjs.mpe.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other），并在项目建成后，及时开展竣工环境保护验收工作。

要求及建议

1、要求

(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) 一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级主管单位和四川省生态环境厅。

(3) 建设单位在对辐射安全许可证进行增项之前，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、放射性同位素的相关信息填写。

2、建议

① 不断提高工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故。

② 定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案；

③根据国家及地方最新出台的法律法规，对公司辐射相关制度进行更新完善。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公 章
年 月 日

审批意见：

经办人

公 章
年 月 日