

核技术利用建设项目

中玖闪光医疗科技有限公司新一代 FLASH 放疗设备研发及
其产业化（一期）项目（重新报批）

环境影响报告表

（公示本）

中玖闪光医疗科技有限公司

2024 年 10 月

生态环境部监制

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（重新报批）				
建设单位		中玖闪光医疗科技有限公司				
法人代表		**	联系人	刘**	联系电话	
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 3 号楼厂房				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)		**	项目环保投资(万元)	**	投资比例（环保投资/总投资） 8.51%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m²) /	
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☒ 生产	☒ II 类 ☐ III 类			
		☒ 销售	☒ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他					

项目概述

一、建设单位概况

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 15 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（正电子发射计算机断层扫描用放射性药物除外）；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）。

目前，中玖闪光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，有效期至2029年1月22日。

2、项目背景及由来

Flash放疗又称为“闪光放疗”，是利用超高剂量率辐射进行的一种放射治疗方法，其相对于传统剂量率的放射治疗，有着其独特的放射生物学优势，Flash放疗是一种新型的无创外照射放疗技术，通过超高剂量率输送超高剂量的射线，能够拓宽患者的治疗窗，显著改变放疗及肿瘤治疗的格局。相比于当下的放疗技术，FLASH加速器在极短的时间（以秒计）出束时间内的剂量高出几倍，通过这样的瞬时高剂量能够在照射区域诱发“闪光效应”，在清除肿瘤组织的同时，能够有效降低正常组织毒性。

2023年9月建设单位委托四川久远环保安全咨询有限公司承担了“新一代FLASH放疗设备研发及其产业化（一期）项目”的环境影响评价工作，并于2023年10月31日取得四川省生态环境厅“川环审批（2023）110号”批复。评价的建设内容为：中玖闪光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2#厂房部分房间进行Flash放疗加速器研发生产，并购买使用1台9MV常规放疗加速器进行试验效果对比，购买1台450kV工业CT机进行工件无损检测，配套建设FLASH放疗加速器测试间1间、加速器试验测试间1间和450kV工业CT检测间1间。项目建成投运后，年生产、销售、使用10套Flash放疗加速器（其中9MV X-Flash、9MeV e-Flash各5套）。

中玖闪光在试运行期间发现设备的参数不能满足客户的需求，因此项目部分建设内容需进行变更。FLASH加速器测试间和450kV工业CT检测间需进行改造，改

造后的 FLASH 加速器测试间用于 10MV、9MV X-Flash 放疗加速器和 9MeV e-Flash 放疗加速器的调试；加速器试验测试间用于 10MV X-Flash 放疗加速器和 6MV 常规加速器的试验、测试和研究；将 450kV 工业 CT 检测间改造为电子 FLASH 加速器动物试验测试间，不再购买 450kV 工业 CT 机，把已生产的 1 台 9MeV e-Flash 放疗加速器安装在电子 FLASH 加速器动物试验测试间进行动物试验。动物主要为小鼠，动物由医院或某些研究机构自行携带，中玖闪光仅提供加速器照射服务，试验完成后动物由提供单位带走。

参照生态环境部办公厅文件《关于印发《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》的通知》（环办环评函〔2020〕688 号）等有关规定，“建设项目的性质、规模、地点、生产工艺和环境保护措施五个因素中的一项或一项以上发生重大变动，且可能导致环境影响显著变化（特别是不利环境影响加重）的，界定为重大变动”，本项目的性质、地点、生产工艺与原来一致，规模 and 环境保护措施发生了变更。

项目变更后项目规模扩大、设备参数变化，屏蔽防护措施变更，构成了重大变动，需要重新报批环境影响评价报告。本项目为“生产、使用和销售医用 II 类射线装置”，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，建设方须对该项目进行环境影响评价。

根据中华人民共和国生态环境部第 16 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目涉及生产、使用和销售使用医用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。因此，中玖闪光医疗科技有限公司委托四川省自然资源试验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）开展“中玖闪光医疗科技有限公司新一代 FLASH 放疗设备研发及其产业化（一期）项目（重新报批）”环境影响评价工作。接受建设单位委托后，评价单位通过现场勘察、收集资料、现场监测等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了本环评报告表。

二、项目建设内容及规模

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(重新报批)

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 3 号楼

建设性质：新建

2、建设内容

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 号楼东南侧部分房间建设厂房，进行 10MV、9MV X-Flash 和 9MeV e-Flash 放疗加速器研发，购买 1 台 6MV 型号为 Precise 的常规放疗加速器用于测试研究。租用部分与其余部分已进行物理隔离，隔离墙即为法定厂界（见附图 2）。项目建成后，年生产、销售、使用 10MV、9MV X-Flash 和 9MeV e-Flash 放疗加速器各 5 台；使用 9MeV X-Flash 放疗加速器、9MeV e-Flash 放疗加速器、10MV X-Flash 放疗加速器和 6MV 常规放疗加速器各 1 台用于试验、测试和研究。本项目由试验区、组装区和配套功能区等 3 部分组成。

（1）组装区

组装区位于厂房西部，面积 218m²，用于小件组装和组装设备的暂存，不涉及机械加工、电镀和喷漆等工序。

（2）配套功能区

配套功能区位于厂房南部，占地面积约 173.6m²，为两层钢架结构板房，一层展厅、电气调试间，二层为研习室和会议室。

（3）试验区

试验区位于厂房北部，面积约 1157.8m²，由 FLASH 加速器测试间及其控制室、加速器试验测试及其控制室、电子 FLASH 加速器动物试验测试间及其控制室、动物暂存间组成。

①FLASH 加速器测试间

FLASH 加速器测试间面积 80m²，室内净空尺寸为长 10m、宽 8m、高 5.5m，东北侧主屏蔽墙为 280cm 厚混凝土，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 200cm 厚混凝土（与加速器试验测试间西南墙共用）；东南侧墙为 330cm 厚混凝土；西南侧主屏蔽墙为 280cm 厚混凝土，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 200cm 厚混凝土（与电子 FLASH 加速器动物试验测试间东北墙共用）；西北侧为 Z 字型迷道，迷道外墙大部分为 100cm

厚混凝土，有 1.92m 宽的部分厚 200cm；顶板为 160cm 厚混凝土；工件进出门位于西南侧，采用 200cm 厚、5.5m 宽、6m 高混凝土；人员进出门位于西北侧，采用 10mm 铅门。

FLASH 加速器测试间主要进行 9MeV-e-Flash 放疗加速器（II 类射线装置）、10MV 和 9MVX-Flash 放疗加速器（II 类射线装置）整体组装、出束调试和动物试验，3 台加速器每次仅有 1 台运行，不存在 2 台同时运行的情况。10MV X-Flash 放疗加速器等中心处最大剂量为 30Gy/次，每小时最多出束 12 次，等中心处每小时最大剂量为 360Gy,每年出束次数不超过 15000 次。9MV X-Flash 放疗加速器定向朝向东南侧墙体照射，等中心处最大剂量为 20Gy/次，每小时最多出束 12 次，每小时最大剂量为 240Gy，每年出束次数不超过 15000 次。X-Flash 放疗加速器中集成一套 CBCT 成像定位系统，CBCT 中 X 射线球管标称最大管电压 120kV、额定管电流 64mA。9MeV e-Flash 放疗加速器等中心处最大剂量为 50Gy/次，每小时最多出束 12 次，等中心处每小时最大剂量为 600Gy,每年出束次数不超过 9600 次。

②加速器试验测试间

加速器试验测试间面积 80m²，室内净空尺寸为长 10m、宽 8m、高 5.5m，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙部分为 200cm 厚混凝土，部分为 280cm 厚混凝土（与 FLASH 加速器测试间东北墙共用）；西北侧为 U 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 150cm 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、6m 高、3.3m 宽混凝土；人员进出门采用 5cm 钢制门。

加速器试验测试间内拟安装 1 台 6MV 型号为 Precise 的常规放疗加速器（II 类射线装置）进行对比试验和 1 台 10MV 的定向 X-Flash 放疗加速器（II 类射线装置）用于动物试验，2 台加速器每次仅有 1 台运行，不存在 2 台同时运行的情况。Precise 的常规放疗加速器 X 射线最大为 6MV，1m 处 X 射线最高剂量率为 10Gy/min。出束实验时主射束固定朝向地面；年累计有效出束时间 100h。10MV 定向 X-Flash 放疗加速器等中心处最大剂量为 30Gy/次，每小时最多出束 12 次，等中心处每小时最大剂量为 360Gy,每年出束次数不超过 30000 次，加速器定向朝下照射。

③电子 FLASH 加速器动物试验测试间

电子 FLASH 加速器动物试验测试间室内面积为 54m²，净空尺寸为 9m×宽 6m×高 5.5m，机房整体采用钢筋混凝土连续浇筑。机房东北侧为 2m 厚混凝土，与 FLASH 加速器测试间共用；西北侧墙体为 0.6m 厚混凝土；东南侧、西南侧与控制室紧邻部分为 110cm 混凝土，其余部分为 60cm 混凝土；西北侧设置直迷道，迷道内墙为 0.6m 厚混凝土，长 2m×高 5.5m，迷道外墙为 0.6m 厚混凝土；屋顶为 0.5m 厚混凝土；楼下无房间，地面不做特殊防护；机房防护门为 0.6m 厚的混凝土电动平移门，门洞尺寸宽 1510 mm×高 2200mm。配套房间有动物暂存间和控制室。

电子 FLASH 加速器动物试验测试间内安装使用的 1 台电子 FLASH 直线加速器属于 II 类射线装置。e-Flash 放疗加速器最大电子射线能量为 9MeV，电子射线在等中心处最大输出剂量为 20Gy/次，每小时最多出束 10 次，等中心处每小时最大剂量为 200Gy，加速器每年出束次数不超过 2000 次。

④动物暂存区

动物暂存区位于电子 FLASH 加速器动物试验测试间东南侧，面积约 21m²，主要用于小鼠临时暂存，最大暂存量 150 只/天（其中常规放疗加速器动物实验使用 2 只/天，10MV X-Flash 放疗加速器出束对比实验使用 50 只/天，9MV X-Flash 放疗加速器出束对比实验使用 40 只/天，e-Flash 放疗加速器试验使用 40 只/天）。本项目拟采用小鼠进行治疗效果测试（用于分析细胞组织辐射耐受性），由合作医疗机构提供实验用小鼠。实验当天由合作医疗机构人员带来并暂存至动物暂存区，每天下班前由合作医疗机构将小鼠带走。

本次建设内容见表 1-1。FLASH 加速器测试间、加速器试验测试间和电子 FLASH 加速器动物试验测试间设计图见附图 4 和附图 5。

表 1-1 项目建设内容表

设备名称	能量	射线装置类别	数量(台)	工作场所名称	活动种类	备注
电子 FLASH 放疗加速器	9MeV	II 类	5	试验厂房 FLASH 加速器测试间	生产、销售、使用	/
X-Flash 定向放疗加速器	9MV	II 类	5	试验厂房 FLASH 加速器测试间	生产、销售、使用	/
X-Flash 放疗加速器	10MV	II 类	5	试验厂房 FLASH 加速器测试间	生产、销售、使用	/
Precise 常规放疗加	6MV	II 类	1	试验厂房加速器试	使用	/

速器				验测试间		
X-Flash 放疗加速器	10MV	II 类	1	试验厂房加速器试验测试间	使用	/
电子 FLASH 放疗加速器	9MeV	II 类	1	试验厂房电子 FLASH 加速器动物试验测试间	使用	/

3、项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题见表 1-2。

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	营运期
主体工程	FLASH 加速器测试间	FLASH 加速器测试间面积 80m²，室内净空尺寸为长 10m、宽 8m、高 5.5m，东北侧主屏蔽墙为 280cm 厚混凝土，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 200cm 厚混凝土（与常规放疗设备机房西南墙共用）；东南侧墙为 330cm 厚混凝土；西南侧主屏蔽墙为 280cm 厚混凝土，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 200cm 厚混凝土（与电子 FLASH 加速器动物试验测试间东北墙共用）；迷道外墙大部分为 100cm 厚混凝土，有 1.92m 宽的部分厚 200cm；顶板为 160cm 厚混凝土；工件进出门位于西南侧，采用 200cm 厚、5.5m 宽、6m 高混凝土；人员进出门位于西北侧，采用 10mm 铅门。 FLASH 加速器测试间主要进行 9MeV e-Flash 放疗加速器（II 类射线装置）、10MV 和 9MV X-Flash 放疗加速器（II 类射线装置）整体组装和出束调试。X-Flash 放疗加速器中集成一套 CBCT 成像定位系统，CBCT 中 X 射线球管标称最大管电压 120kV、额定管电流 64mA。	施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑垃圾、一般固废。	电子线 X 射线 焊接烟尘 有机废气 臭氧 噪声 一般固废
	加速器试验测试间	加速器试验测试间面积 80m²，室内净空尺寸为长 10m、宽 8m、高 5.5m，其东北侧墙为 200cm 厚混凝土；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙部分为 200cm 厚混凝土，部分为 280cm 厚混凝土（与 FLASH 加速器测试间东北墙共用）；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 150cm 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、6m 高、3.3m 宽混凝土；人员进出门采用 5cm 钢制门。 加速器试验测试间内拟安装 1 台 9MV 型号为		电子线 X 射线 臭氧

		Precise 的常规放疗加速器（II 类射线装置）进行对比试验，X 射线最大为 6MV，1m 处 X 射线最高剂量率为 10Gy/min。出束实验时主射束固定朝向地面；年累计有效出束时间 100h。10MV 定向 X-Flash 放疗加速器等中心处最大剂量为 30Gy/次，每小时最多出束 12 次，等中心处每小时最大剂量为 360Gy,每年出束次数不超过 30000 次。		
	电子 FLASH 加速器试验机房	电子 FLASH 加速器动物试验测试间室内面积为 54m²，净空尺寸为 9m×宽 6m×高 5.5m，机房整体采用钢筋混凝土连续浇筑。机房东北侧为 2m 厚混凝土，与 FLASH 加速器测试间共用；西北侧墙体为 0.6m 厚混凝土；东南侧、西南侧与控制室紧邻部分为 110cm 混凝土，其余部分为 60cm 混凝土；西北侧设置直迷道，迷道内墙为 0.6m 厚混凝土,长 2m×高 5.5m,迷道外墙为 0.6m 厚混凝土；屋顶为 0.5m 厚混凝土；楼下无房间，地面不做特殊防护；机房防护门为 0.6m 厚的混凝土电动平移门，门洞尺寸宽 1510 mm×高 2200mm。 电子 FLASH 加速器动物试验测试间内安装使用的 1 台电子 FLASH 直线加速器最大电子射线能量为 9MeV，属于 II 类射线装置。		电子线 X 射线 臭氧
	动物暂存间	动物暂存区位于电子 FLASH 加速器动物试验测试间东南侧，面积约 21m ² ，主要用于小鼠临时暂存，最大暂存量 150 只/天。		废垫料、清洗废水、恶臭
辅助工程	控制室。			办公垃圾
公用工程	本项目依托的暖通空调、通排风、配电、供电、给排水和通讯系统等依托厂区现有设施。		/	/
环保工程	运行期间产生的臭氧经排风系统引至厂房屋顶上方排放；动物暂存区产生的恶臭气体经活性炭净化处理后由管道引至厂房楼顶上方排放。 ①生活污水和笼具清洗废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。 ②办公、生活垃圾依托中玖闪光垃圾收集系统进行收集后交由市政环卫部门处置。		/	废气、废水、生活垃圾
办公及生活设施	依托厂区已有办公设施		/	生活污水，生活垃圾

5、原辅材料

本项目原辅材料及配件均以外协采购的方式订购，不涉及自主机械加工，原辅材料情况见表 1-5。

表 1-5 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	18 个	外购	加速器部件	/		电子加速；密闭，真空度为 10^{-6} ；8cm 铅屏蔽套
2	速调管	18 个	外购				产生高压高频振荡电磁波
3	电磁铁	18 个	外购				将电子束流、聚焦、转向
4	固态调制器 (PU+TU)	18 个	外购				产生高频、高压脉冲
5	频率自动控制电路	18 套	外购				自动调整频率适合谐振
6	水负载	18 个	外购				吸收剩余微波能量使用
7	栅控电子枪	18 个	外购				加热产生电子
8	栅控电子枪调制电源	18 个	外购			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组装区。组装调试需要时会运送至 FLASH 加速器测试间	提供给电子枪电加热电源
9	电离室及调理模块	18 个	外购				测量放射剂量使用
10	离子泵	18 个	外购				加速管抽真空使用，密闭绝缘
11	波导管	18 个	外购				波导管传送微波使用
12	CBCT 高压发生器	10 个	外购				影像使用
13	MLC	18 个	外购				图像引导适形使用
14	治疗头	18 个	外购				旋转机头，不同角度治疗使用
15	均整块	18 个	外购				将 X 射线分布均匀
16	上光阑、下光阑	18 个	外购				射线束形和遮挡使用
17	动机架	18 个	外购				旋转治疗使用
18	恒温水系统	18 套	外购				使加速器各个部件保持恒温
19	离子泵	18 套	外购				用于抽真空
20	电离室信号采样仪	18 套	外购				监测辐射信号
21	定制壳体	18 套	外购				设备外壳
22	控制单元	18 套	外购				设备整体控制系统
23	焊料	18kg	外购	电路焊接	锡合金和	库房	用于设备组装时电路焊

					助剂		接
24	酒精	80kg	外购	设备擦拭	乙醇、水	库房	用于设备擦拭
25	氮气瓶	120L	外购	/	氮气	FLASH 加速	/
26	SF ₆	70L	外购	绝缘气体	SF ₆	器测试间	/

6、工艺设备

项目涉及工艺设备情况见下表。

表 1-6 项目工艺设备情况表

序号	设备名称	主要性能指标	安装场所	数量
1	CD1MD1H 钢丝绳电动葫芦	起重量 2t；起升速度 8m/min；起升高度 6m	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	电烙铁	/	组装区、FLASH 加速器测试间	5

三、工作人员及工作制度

本项目配置 22 名辐射工作人员，均配备了个人剂量计、进行了辐射安全培训并取得了考试合格证书。每个机房辐射工作人员不交叉使用，具体如下。

表 1-7 本项目辐射工作场所人员配置情况表

工作场所	工作内容	配置人数	备注
电子 FLASH 加速器试验机房	加速器操作	8 名	专职于电子 FLASH 加速器动物试验测试间工作
FLASH 加速器测试间	加速器操作	8 名	专职于 FLASH 加速器测试间工作
加速器试验测试间	加速器操作	6 名	专职于加速器试验测试间工作

（2）工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 250 天，每天不超过 8 小时。

四、产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会发布《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。

五、规划符合性

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3号楼，占地面积2600m²，激光产业园位于绵阳游仙高新技术产业园区北区内。项目地块已取得用地规划许可证，用地性质为工业用地。本项目主要进行9MeV e-Flash放疗加速器和10MV、9MV X-Flash放疗加速器组装、出束调试、试验和销售，属于工业类项目。

因此，本项目与地块的用地性质相符。

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），项目的建设符合园区规划符合性分析见下表。

表 1-8 项目与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产业。 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、本项目主要进行放疗加速器的研发、组装、调试、试验和销售，不属于限制和禁止类行业。 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）》要求控制项目入驻。 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	本项目主要进行放疗加速器组装、调试和销售和试验，不涉及重金属污染，不涉及《四川长江经济带负面清单实施细则（试行）》相关限制条款，不属于印刷电路板（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，不属于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。 项目所涉及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。	符合

	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。		
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 项目生产工艺以研发、组装、试验、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，无需额外工艺设备。 另外，加速器调试和试验均在建设单位厂房屏蔽机房内进行，可确保辐射屏蔽的可靠性和安全性。 ②资源能源消耗 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 300m³,用水量较小。 ③污染物产生和排放 本项目主要进行 FLASH 放疗加速器的研发、组装、调试、试验和销售。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 GB18871 规定的剂量限值和本报告提出的剂量约束值。 项目所涉及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。	符合
规划 区制 约因 素对 策措 施	饮用水源及保护区的制约：二环路断面至上游约 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。	本项目距涪江 2.6km，远离饮用水水源保护区。	符合
	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工业区设置一定距离的隔离带，邻近片区规划为一类工业用地。	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。	符合
	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 FLASH 放疗加速器组装调试、试验和销售和常规直线加速器的测试，过程均在混凝土屏蔽机房内进行，建设单位通过采取门机联锁、门灯联锁等辐射安全设施，配备个人剂量报警仪和固定式剂量仪等监测设施，并加强辐射安全管理，可有效避免辐射事故发生。	符合

综上所述，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。

六、项目外环境关系及选址合理性分析

1、项目选址合理性分析

本项目选址位于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3号楼。3号楼为主体单层局部三层建筑，整体占地面积6048m²，总建筑面积9792.75m²，建筑高度为20.5m（局部三层20.5m为办公室，主体单层12m为厂房）。3号楼主体为钢筋混凝土结构，局部采用钢制框架结构，外墙体采用保温装饰一体板，内部隔墙采用钢龙骨加装饰板，屋面采用多层彩钢。

本项目位于3号楼单层建筑东南部分，项目东北侧紧邻3号楼的办公楼（3层，高约20.5m）、北侧68.4m为园区1号楼办公楼（约100工作人员）；西北侧紧邻久利科技（机械加工，约20流动人员）、西北侧42m为厂内道路（约20园区流动人员）、西北侧54m为2号厂房；东南侧28m为园区外部道路（约8名流动人员），东南侧48m为露天砂石场（约5工作人员）。

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。项目位于3号楼东南侧厂房，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。

本项目加速器的生产组装、调试、试验均在厂房试验区机房内进行，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，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。本项目外环境关系见附图2。

2、与周边环境的相容性分析

本项目运行不产生生产废水，项目生活污水、清洗废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。七星坝污水处理厂设计污水处理规模为9万m³/d，采用“粗格栅-提升泵+细格栅-曝气沉砂池+五段巴顿甫生化池+二沉池+高效沉淀池+反硝化滤池+接触消毒池”工艺。该污水处理厂服务范围绵阳市北部片区，含教育园区北部及西部片区、龙门镇、青义镇、石马镇、七星坝、石马北组团、石马东组团、东林镇（本项目所在片区）及江油龙凤镇等。因此，本项目所在区域属于七星坝污水处理厂服务范围，项目依托可行。

动物产生的恶臭气体，利用现有的活性炭吸附装置处理后排放。项目产生的废

气经排风系统排放，再经自然稀释后对大气环境影响较小。动物的废垫料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。

因此，本项目的建设对周边产生新的环境影响很小，项目与周边环境相容。

七、实践正当性

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊治能力。医用直线加速器在放疗领域的应用，可达到一般非放射性诊治方法所不能及治疗效果，是其它项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用。因此，本项目的实践是必要的。

建设单位项目运行过程中，对加速器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，对加速器的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理 FLASH 加速器和常规加速器的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用的实践具有正当性。

六、建设单位原有核技术利用情况

（一）本项目为重新报批，之前建设单位已取得《中玖闪光医疗科技有限公司新一代 FLASH 放疗加速器研发及其产业化（一期）项目环评报告表》的批复，批复文号为（川环审批[2023]110 号）。目前项目按环评和批复的建设内容建设完毕，在试运行过程中发现设备参数不能满足用户的需求，需要提高研制的加速器能量，增厚 FLASH 加速器测试间屏蔽墙体并改变 450kV 工业 CT 检测间的使用功能。中玖闪光医疗科技有限公司自开展项目试运行以来，未发生过辐射安全事故。

（二）中玖闪光于 2024 年 1 月 23 日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。有效期到 2029 年 1 月 22 日。

中玖闪光无未经辐射安全许可就投运的辐射设备或辐射场所，现有 3 台射线装置，均处于试运行状态，具体射线装置清单详见表 1-5。

表1-5 中玖闪光现有射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	额定参数	管理类别	数量	工作场所	活动种类	环评审批情况
1	常规放	Precise	X 射线	II 类射线装	1 台	加速器试	使用	已上证

	疗加速器		能量 6MV	置		验测试间		
2	X- FLASH 放疗加 速器	X- Flash	X 射线 能量 9MV	II 类射线装 置	1 台	FLASH 加速器测 试间	生产、 销售、 使用	已上证
3	e-Flash 放疗加 速器	e-Flash	电子射 线能量 9MeV	II 类射线装 置	1 台	电子 FLASH 加速器动 物试验测 试间	使用	已上证

（三）现有辐射工作场所开展辐射监测的情况

1、 个人剂量检测

建设单位按规定给所有辐射工作人员配备了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按要求建立了个人剂量档案。建设单位有专人负责个人剂量检测管理工作。发现个人剂量检测结果异常时，及时调查原因，并将有关情况及时报告辐射防护安全领导小组。

中玖闪光辐射工作场所射线装置从 2024 年 2 月后开始调试试运行，因此目前只有 2 个季度的辐射工作人员个人剂量检测报告，根据检测报告，建设单位全部辐射工作人员个人剂量检测结果没有超过 1.25mSv/季度约束限值的情况。

2、 工作场所辐射水平监测

中玖闪光医疗科技有限公司目前辐射工作场所处于试运行期间，尚未开展工作场所辐射水平监测工作。

（四）辐射安全管理现状

1、职业人员辐射安全防护培训

建设单位严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。中玖闪光现有辐射工作人员共 22 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），中玖闪光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://fushe.mee.gov.vn>）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。中玖闪光已经根据上述规定落实公司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。

2、辐射安全管理机构及规章制度

建设单位于 2023 年 4 月成立了辐射防护安全领导小组（中玖闪光字[2023]4 号），全面负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作。领导小组下设办公室，日常工作由办公室负责，并明确了领导小组和办公室的主要职责，有安全机构健全。

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、辐射工作人员岗位职责、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等多个管理制度，中玖闪光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。本部各项管理制度实施情况：建设单位不同的工作场所有相应的操作规程，制度按规定上墙，满足设备运行辐射安全管理的需要，合理可行，并执行较好。

表 2：放射源

序号	核素	总活度(Bq)/活度(Bq) ×枚数	类别	活动 种类	用途	工作场所	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》（GB 18871-2002）。

表 4：射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大射线能量	等中心最大剂量率	用途	工作场所	备注
1	常规加速器	II	1 台	Precise	电子	X 射线能量 6MV	10Gy/min	测试研究	加速器试验测试间	已购买
2	X-Flash 放疗加速器	II	1 台	X-Flash	电子	X 射线能量 10MV	30Gy/次	动物试验 （对外照射服务）	加速器试验测试间	/
3	X-Flash 放疗加速器	II	5 台/年	X-Flash	电子	X 射线能量 10MV	30Gy/次	生产组装、调试、试验、销售	FLASH 加速器测试间	/
4	X-Flash 放疗加速器	II	5 台/年	X-Flash	电子	X 射线能量 9MV	20Gy/次	生产组装、调试、试验、销售	FLASH 加速器测试间	已生产 1 台
5	e-Flash 放疗加速器	II	5 台/年	e-Flash	电子	电子射线能量 9MeV	50Gy/次	生产组装、调试、销售	FLASH 加速器测试间	/
6	e-Flash 放疗加速器	II	1 台	e-Flash	电子	电子射线能量 9MeV	20Gy/次	动物试验 （对外照射服务）	电子 FLASH 加速器动物试验测试间	已生产 1 台

(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	装置名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	

(三)中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素 名称	活度	月排 放量	年排放 总量	排放口 浓度	暂存情况	最终去 向
臭氧	气态	/	/	少量	少量	/	/	自然分解
焊接烟尘	粉尘	/	/	少量	少量	/	/	移动式除尘器 收集处理
有机废气	气态	/	/	少量	少量	/	/	自然扩散
——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6：评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》（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》（国务院令 682 号）； (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》（四川省第十二届人大常委会通过，2016 年 6 月 1 日起实施）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行）； (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，国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，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目录（2021 版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号）； (11) 《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）。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《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）；

	(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (5) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； (6) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； (7) 《放射治疗机房辐射屏蔽规范第 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) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (10) 《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）； (11) 《工业脉冲 X 射线发生装置放射防护检测方法》（T/SXQCA 003—2022）； (12) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）； (13) 《电子加速器 性能和试验方法》（GB 15213-2016）。
其他	(1) 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）； (2) 《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）； (3) 《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）； (4) 《2022 年全国辐射环境质量报告》（生态环境部）； (5) NCRP Report No. 151。 (8) NCRP Report No. 51。 (9) 项目委托书及建设单位提供的其他资料。

表 7：保护目标与评价标准

评价范围

本项目为外购零部件生产组装、使用、销售 II 类射线装置，主要环境影响为辐射影响。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）的有关规定，结合本项目的特点，确定评价范围为加速器机房屏蔽体边界外 50m 范围内的区域。

保护目标

本项目选址位于游仙区东林乡中国（绵阳）科技城游仙军民融合产业园久远激光产业园 3 号楼厂房，经调查项目电离辐射评价范围内主要为厂房和园区道路。项目仅租用 3 号楼厂房东南侧部分（已做物理隔离）；3 号楼厂房西北侧部分为久利科技机加工厂房，人员约 20 个；东南侧为园区外部道路，流动人员均为园区工作人员（以中玖闪光工作人员为主），约 10 人；局部三层楼为久利科技公司办公楼，预计工作人员 100 人；电离辐射环境保护目标见下表。

表 7-1 主要环境保护目标

类别		保护目标	方位	与辐射源直线距离 (m)	人数	备注
试验区	电子 FLASH 加速器动物试验测试间	辐射工作人员	西南	8~15	8	职业照射
		动物暂存间	东侧	4~9	2	公众照射
		厂区内路流动人员	东侧	12~50	20	公众照射
		厂房内组装区域工作人员	西南侧	17~40	10	公众照射
		久利科技机加工厂房工作人员	西北侧	23~50	20	公众照射
		露天砂石场工作人员	东南侧	44~50	5	公众照射
		3 号楼 3 层办公楼	北侧	32~50	100	公众照射
	FLASH	辐射工作人员	西北侧	8	8	职业照射
		动物暂存间	东侧	9~15	2	公众照射
		厂区内路流动人员	东侧	16~50	20	公众照射
		厂房内组装区域工作人员	西南侧	21~50	10	公众照射

	加速器 测试间	久利科技机加工厂房工作人员	西北侧	18~50	20	公众照射
		露天砂石场工作人员	东南侧	44~50	5	公众照射
		3 号楼 3 层办公楼	北侧	26~50	100	公众照射
	加速器 试验测 试间	辐射工作人员	西北侧	6~14	8	职业照射
		厂区内路流动人员	东侧	20~50	20	公众照射
		厂房内组装区域工作人员	西南侧	30~50	10	公众照射
		久利科技机加工厂房工作人员	西北侧	18~50	20	公众照射
		露天砂石场工作人员	东南侧	44~50	5	公众照射
		3 号楼办公楼	北侧	12~50	100	公众照射

评价标准

本项目应执行的环境保护标准如下。

1、环境质量标准

(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《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级浓度限值中 1 小时均值 $\leq 0.2\text{mg/m}^3$ ，同时满足《室内空气质量标准》(GB/T18883-2022) 中 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg/m}^3$ 。

(3) 声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 3 类标准。

2、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) 废气执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297—1996) 中的二级标准；

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

3、剂量约束值

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。根据辐射防护最优化的原则, 结合建设单位实际情况, 职业人员照射每年总的年有效剂量约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 职业照射剂量限值的四分之一执行, 即 5mSv/a。

②公众照射: 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。根据辐射防护最优化的原则, 考虑建设单位已有辐射源项的条件下, 公众照射每年总的年有效剂量约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 公众照射剂量限值的十分之一执行, 即 0.1mSv/a。

4、其他

根据《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 第 6.2.2 条的规定, 加速器机房应设置强制排风系统, 通风换气次数应不小于 4 次/h。

表 8：环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

中玖闪光医疗科技有限公司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。根据现场踏勘，中玖闪光目前正常运营。本项目拟建地现场周围环境情况见图8-1。



图8-1 项目拟建地及周围环境现状

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试验，综合考虑本项目的运行期间主要的污染因子为电离辐射和臭氧，对地表水及地下水影

响较小。根据《2023 年四川省生态环境状况公报》，绵阳市臭氧日最大 8 小时值第 90 百分位浓度为 0.160mg/m³，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级浓度限值中 1 小时均值≤0.2mg/m³。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监测评价。为掌握项目拟建地辐射水平，四川久测环境技术有限公司于 2023 年 3 月 24 日对项目拟建厂房辐射环境进行了监测，监测结果列于表 8-3；2024 年 07 月 25 日四川省核工业辐射测试防护院对电子 FLASH 加速器动物试验测试间及周围辐射环境进行了现状监测。监测结果列于表 8-2。

1、监测布点方案

根据本项目辐射工作场所布置情况及外环境关系，厂房已完成建设，项目部分屏蔽机房墙体需进行变更，评价范围内无其他电离辐射源，周围均为工业厂房、道路及空地，环境趋于一致，故选择在厂房内（试验区屏蔽机房东北侧墙外），厂房外（厂房东南侧园区内部道路）各布设一处监测点位；在电子 FLASH 加速器动物试验测试间内、机房屏蔽体外共布设 4 个监测点位以反映项目位置及周边的辐射环境质量状况。监测时射线装置处于未运行状态。本次监测点位能反映本项目与周围辐射环境本底，其监测点位布设合理。

2、监测方法与标准

- （1）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；
- （2）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。

3、监测时间和外环境条件

2023 年 3 月 24 日 环境温度：15.2 °C~ 15.4 °C ，相对湿度：55.3%~55.5%，天气：晴。

2024 年 07 月 25 日 环境温度：26.5°C~27.1°C；环境湿度：52.5%~53.2%；天气状况：晴。

4、监测仪器

表 8-1 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	《环境γ空气吸收剂量	仪器名称：便携式 X-γ剂量率仪

率（空气吸收剂量率）	率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；	仪器型号：BH3103B 仪器编号：015 能量响应范围：25keV~3MeV 检定单位：四川省自然资源试验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心） 证书编号：校准字第 J20240201036 号 校准日期：2024-02-27 有效日期：2025-02-26 检出限：1~10000($\times 10^{-8}$ Gy/h)
	《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）	仪器名称及编号：FH40G-X 型多功能辐射测量仪，编号：SCJC-JL-0221，探头型号：FHZ672E-10 检定校准日期：2022.07.11（检定） 校准证书号：检定字第 2022-20 号 校准单位：四川省核工业辐射测试防护设备计量检定站 仪器参数： 测量范围：1nSv/h~100 μ Sv/h 校准因子：0.97

5、监测质量保证

（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）监测人员经考核并持有合格证书上岗；

（3）监测所用仪器经国家计量检定部门检定合格，且在有效检定周期内。监测仪器经常参加国内各试验室间的比对，通过仪器的期间核查等质控手段保证仪器设备的正常运行，现场监测仪器每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并采用定点场对仪器进行校验；

（4）监测实行全过程的质量控制，严格按照单位《质保手册》、《作业指导书》及仪器作业指导书的有关规定实行；

（5）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；

（6）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；

（7）监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

6、 监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目拟改建区域 X-γ辐射剂量率监测结果

测量点号	测量点位置	X-γ辐射剂量率 (1×10^{-8} Gy/h)	标准差 (1×10^{-8} Gy/h)	备注
1	需改造机房内	6.2	0.18	/
2	需改造机房东南侧动物暂存间	6.0	0.15	/
3	需改造机房西南侧试验区	6.5	0.13	/
4	需改造机房西北侧试验区	6.3	0.10	/

表 8-3 本项目拟改建区域 X-γ辐射剂量率监测结果

测量点号	测量点位置	X-γ辐射剂量率 (1×10^{-8} Gy/h)	标准差 (1×10^{-8} Gy/h)	备注
1	3 号楼厂房内	4.4	1.7	/
2	3 号楼厂房东侧	5.5	0.6	/

注：以上监测数据未扣除仪器对宇宙射线的响应值。

根据现场监测报告，本项目所在地及周围 X-γ辐射剂量率为 44nGy/h~65nGy/h，根据《2023 年四川省生态环境状况公报》，2023 年全省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率结果为 ≤ 70 nGy/h~160nGy/h，本项目拟建地周围辐射环境监测值与四川省天然贯穿辐射水平相当，处于当地天然本底涨落范围。

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期施工工序及产污环节图如下：

（一）施工工序及产物环节

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 号楼部分厂房，进行 10MeV、9MeV X-Flash 和 e-Flash 放疗加速器的研发生产、调试和试验，同时购买安装 1 台 9MeV 常规放疗加速器进行测试研究。项目施工期主要根据设计图纸修建、装修机房，安装辐射安全防护装置，进行常规放疗加速器的设备安装及调试。

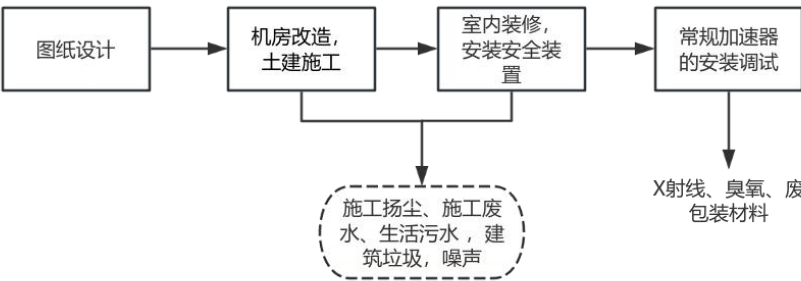


图 9-1 施工期施工工序及产污位置图

已建成的屏蔽墙体均使用 2.35g/cm³ 密度的重混凝土并采用连续浇注工艺完成。根据现场踏勘，物流门与墙体搭接处均有 2cm 宽的门缝，物流门总宽度均大于门洞宽度 1m 以上，完全关合后搭接处两侧均有约 50cm 冗余，搭接宽度是门缝宽度的 25 倍。物流门采用电动滑轨方式进行开合，滑轨采用下沉式设计，距地面高度约为 5cm。

本项目施工期主要环境影响表现为施工噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等施工时注意施工方式，保证屏蔽体有效衔接，防止辐射泄漏。同时要防止噪声扰民。

1、建筑粉尘

由于本项目施工期工程量很小，为室内改造，且为打围施工，故产生扬尘量很小。

2、噪声

施工期噪声包括各类机械的噪声，由于施工范围、规模小，施工噪声对周围环境的影响较小。

3、废水

施工期产生少量施工废水和施工人员的生活污水，施工废水和生活污水产量较小，可依托中玖闪光现有污水处理设施处理后纳入园区污水管网。

4、固体废物

机房迷道施工过程中会产生的少量建筑垃圾，施工人员会产生少量的生活垃圾。

(二) 常规加速器的安装调试

在常规加速器安装过程完成后，不立即进行调试，首先将常加速器治疗头电机电源切断，并加入旋转角度传感器，再进行出束调试。在常规加速器调试过程中，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，在加速器试验测试间外设置电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试过程中，射线装置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；人员离开时常规加速器测试间应上锁并派人看守。

二、 营运期工艺分析

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 FLASH 放疗加速器设计研发，同时将所有器件将通过对外定制采购的形式完成，之后在建成的试验区域 FLASH 试验测试间内进行设备组装，最终进行出束调试。当 FLASH 加速器达到设计指标需求后出售给客户，并进行售后服务。其中 1 台 9MeV 的 e-Flash 放疗加速器、9MV 的 X-Flash 和 1 台 10MV 的 X-Flash 加速器用于动物试验。

项目营运期污染源项描述

一、施工期

1、施工阶段

本项目装修施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。

2、设备安装、调试阶段

本项目射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧。

二、运营期

(1) 电离辐射

本项目 X-Flash 加速器和常规加速器出束时会产生 X 射线，e-Flash 放疗加速器加速粒子为电子，利用的也是电子线，当电子束经高能加速后与物质相互作用时产生韧致辐射（即 X 射线）。由于本项目 FLASH 加速器和常规加速器射线最大能量不超过 10MeV/10MV，根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），可以不考虑运行过程中的中子和感生放射性。

(2) 废气

本项目所使用的 FLASH 加速器和常规加速器在运行过程中产生的有害气体主要是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，本次主要考虑臭氧。

在设备组装时会进行电烙铁焊接和酒精擦拭，此过程中会产生焊接烟尘及有机废气。焊接烟尘产生量保守取焊料使用量的 1%，约 0.1kg/a；有机废气产生量为 50kg（乙醇均挥发）。

动物暂存间会进行小白鼠暂存，根据建设单位实际情况和预估，每日试验小鼠暂存总量为 150 只，暂存过程中会产生一定的恶臭气体。因本项目实验用小白鼠不进行饲养，每天最多暂存 8 小时（工作时间），通过类比同类型企业动物房情况，本项目动物暂存间恶臭（H₂S）的产生量为 3.3kg/a。

(3) 废水

本项目 e-Flash 放疗加速器使用的冷却水均循环使用不外排。动物暂存间鼠笼一

月清洗一次，每次产生废水量约为 15L，则动物暂存间总废水量为（0.18m³/a）。

建设单位工作人员会产生生活污水。

（4）噪声

本项目 3 个机房均设置有通排风系统，排风机安装在机房顶部，为节能低噪声的排风机，设备噪声源强值为不超过 65dB（A），采用经墙体屏蔽和距离衰减后，对周围声环境无明显影响。

（5）固体废物

项目运营期产生固体废物主要为员工日常办公产生的生活垃圾、组装过程中产生的废包装材料、废垫料和废活性炭。包装废料产生量约 1.5t/a，主要为废纸箱；动物暂存间会产生废垫料（含小白鼠粪便和尿液），产量约 100kg/a；暂存间废气净化系统采用活性炭过滤，活性炭每年更换一次，产生量约 20kg/a。

表 10：辐射安全与防护

项目安全设施

一、布局合理性分析

中玖闪光租用园区 3 号楼一层厂房的东南部分（面积约 2600m²），并将其划分为组装区、配套功能区和试验区。试验区位于项目北部，由 FLASH 加速器测试间及其控制室、加速器试验测试间及其控制室、电子 FLASH 加速器动物试验测试间及其控制室、动物暂存间组成；FLASH 加速器测试间用于 FLASH 加速器出束调试和动物出束试验；加速器试验测试间和电子 FLASH 加速器动物试验测试间用于动物出束实验。组装区位于项目西北侧，用于小件组装和组装设备的暂存。配套功能区位于项目西南侧，为两层钢架结构板房，一层用于原料和成品暂存、二层用于工作人员日常办公。厂房物流门位于西南侧，供原材料和外售设备进出；人流门位于厂房东南侧。本项目涉及的辐射工作场所布置相对独立，运行期间产生的射线经实体屏蔽防护后对周围环境的辐射影响是可以接受的。

对照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）布局要求，本项目放疗装置平面布置合理性分析见表 10-1。

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

标准要求	设计落实情况	备注
放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目3个加速器机房并排在一起，布置于建设单位厂房（一层建筑）东北侧试验区，楼下、楼上无房间。配套控制室、动物暂存间相邻布置。邻近房间无易燃、易爆及易腐蚀等危化暂存间。	满足
放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷道应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。	本项目辐射工作场所将实行两区管理，其中3个加速器机房划分为控制区，邻近的控制室和动物暂存间划为监督区，两区划分具体见表10-2。	满足
治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	本项目e-Flash放疗加速器主射方向朝下地面，加速器试验测试间的两台设备均定向朝下地面且根据辐射环境影响分析其余方向的防护屏蔽满足射线	满足

	的屏蔽要求。	
治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	控制室已与机房进行了分开独立设置，且配套房间凡是可以与加速器机房分离的，都设置于机房外。	满足
应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	本项目加速器主射方向均不朝向控制室或其他居留因子较大的房间。	满足
X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷道； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷道；其他治疗机房均应设置迷道。	本项目加速器机房均设置有迷道。	满足

综上所述，本项目 3 个加速器机房平面布置满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）要求。

本项目辐射工作场所的平面布置及设置方式既便于生产、组装、测试和动物试验各个工艺的衔接，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

为加强辐射源所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。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措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”

本项目辐射工作场所控制区和监督区划分如表 10-2。两区划分示意图见图 10-1。

表 10-2 本项目“两区”划分与管理

工作场所	控制区	监督区	辐射防护措施
电子 FLASH 加速器动物试验测试间	电子 FLASH 加速器动物试验测试间	电子 FLASH 加速器动物试验测试间控制室	对控制区进行严格控制，在加速器运行过程中严禁任何人员进入。控制区设置清晰可见的电离辐射警告标志。
FLASH 加	FLASH 加速器测	FLASH 加速器测试间	监督区限制无关人员进入。

速器测试间	试间	控制室	
加速器试验测试间	加速器试验测试间	加速器试验测试间控制室、动物暂存间	

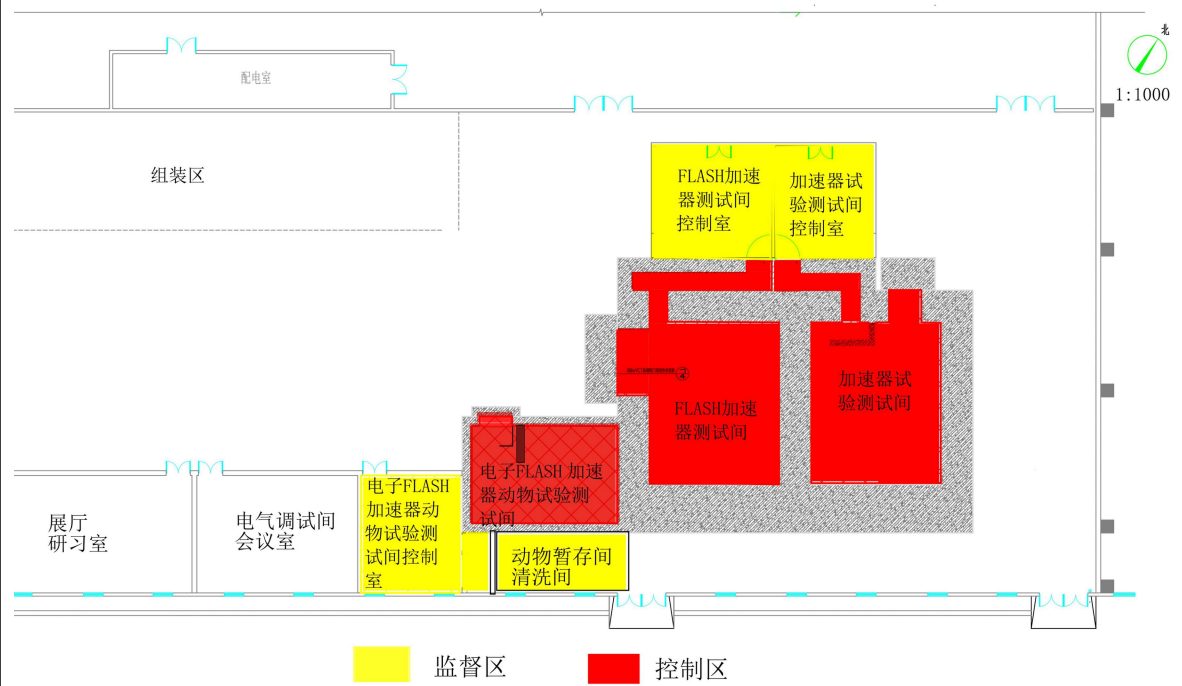


图 10-1 本项目“两区”划分示意图

1、控制区防护手段与安全措施

①以红线标识控制区边界，控制区进出口及其它适当位置处应设立醒目的警告标志，见图 10-2；

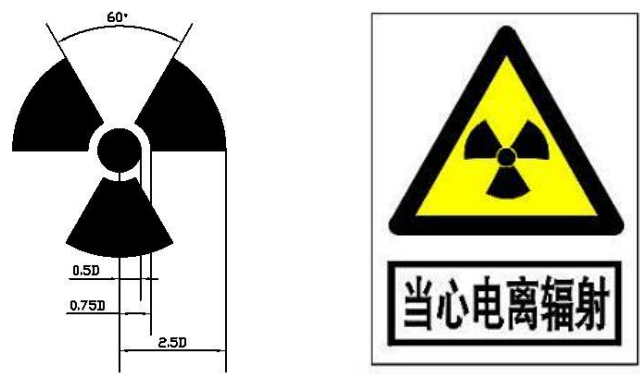


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业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（包括门禁）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。

2、监督区防护手段与安全措施

①以黄线标出监督区边界；

②在监督区的入口处的适当地点应设立表明监督区的标识；

③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。

三、辐射安全及防护措施

（一）设备固有安全性

①控制台上应有辐射类型、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。

②条件显示联锁：加速器具有联锁装置，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，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

（二）屏蔽防护

1、墙体屏蔽

（1）FLASH 加速器测试间

FLASH 加速器测试间东北侧主屏蔽墙为 280cm 厚混凝土，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 200cm 厚混凝土（与加速器试验测试间西南墙共用）；东南侧墙为 330cm 厚混凝土；西南侧主屏蔽墙为 280cm 厚混凝土，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 200cm 厚混凝土（与电子 FLASH 加速器动物试验测试间东北墙共用）；迷道外墙大部分为 100cm 厚混凝土，有 1.92m 宽的部分厚 200cm；顶板为 160cm 厚混凝土；工件进出门位于西南侧，采用 200cm 厚、5.5m 宽、6m 高混凝土；人员进出门位于西北侧，采用 10mm 铅门。

（2）加速器试验测试间

加速器试验测试间东北侧墙为 200cm 厚混凝土；东南侧墙为 300cm 厚混凝土；西南侧墙部分为 200cm 厚混凝土，部分为 280cm 厚混凝土（与 FLASH 加速器测试间东北墙共用）；西北侧为 U 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 150cm 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、6m 高、3.3m 宽混凝土；人员进出门采用 5cm 钢制门。

③电子 FLASH 加速器动物试验测试间

电子 FLASH 加速器动物试验测试间东北侧为 2m 厚混凝土，与 FLASH 加速器测试间共用；西北侧墙体为 0.6m 厚混凝土；东南侧、西南侧与控制室紧邻部分为 110cm 混凝土，其余部分为 60cm 混凝土；西北侧设置直迷道，迷道内墙为 0.6m 厚混凝土，长 2m×高 5.5m，迷道外墙为 0.6m 厚混凝土；屋顶为 0.5m 厚混凝土；楼下无房间，地面不做特殊防护；机房防护门为 0.6m 厚的混凝土电动平移门。

机房屏蔽体均采用 $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ 的混凝土连续浇筑成型。

2、风管和线缆孔洞防护措施

本项目电子 FLASH 加速器动物试验测试间电缆口预埋在机房东南侧墙体距地面 0.3m 处，进风口位于机房顶部，排风管道预埋在东南侧墙上方距顶部 0.3m 处，均采用斜穿的方式布设，并采用 5mm 的铅板进行屏蔽补偿，FLASH 加速器测试间和加速器试验测试间线缆通排风管道采用 45° 斜穿墙方式，并采用 5mm 的铅板进行屏蔽补偿，3 个测试间电缆均布设于电缆沟内，电缆沟采取 U 型穿墙。并采用 5cm 垒砌的铅砖进行屏蔽，铅砖厚度为 5cm 铅当量。

3、防护门门缝屏蔽

防护门高 3.4m、宽 3m，门洞高 2.2m、宽 2m。防护门总宽度大于门洞宽度 1m 以上，完全关合后搭接处两侧有约 50cm 冗余，上部搭接处有 70cm 的冗余，满足防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍的要求。

物流门采用电动滑轨方式进行开合，滑轨采用下沉式设计，距地面高度约为 5cm。

（四）时间防护

本项目的 e-Flash 放疗加速器单次出束时间很短，最长不超过 0.2s，将时间防护

做到了最优。

（五）距离防护

电子 FLASH 加速器动物试验测试间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，禁止非相关人员的进入，控制区有明确的电离辐射警告标识，并设置红色的“禁止进入电离辐射区”字样的标识；监督区为工作人员操作设备时的工作场所，非相关人员限制进入，避免受到不必要的照射。

4、工作场所安全保卫措施

为确保本项目所使用的 II 类射线装置的安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-4。

表 10-4 本项目加速器工作场所安防措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
加速器机房	防盗 防破坏	①本项目加速器机房为控制区，无关人员禁止入内。中玖闪光安保人员需加强巡视管理，以防遭到破坏；工作场所设置监控摄像头由专人实行 24h 实时监控； ②加速器机房内和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。 ③加速器机房内配置火灾报警系统及灭火器等。
	防泄漏	①本项目所使用的 FLASH 加速器研发调试过程严格遵守《电子加速器 性能和试验方法》（GB 15213-2016）中相关要求，成品满足相关标准。常规加速器购置于医科达公司，各项参数和安全性能满足国内相关标准要求。 ②本项目加速器机房已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房不存在辐射泄漏的情况。

四、辐射防护安全装置配备综合要求

为保证辐射安全，防止发生辐射事故，根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400 号）中对医用电子直线加速器辐射安全防护设施的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析，具体情况见表 10-5。

表 10-5 本项目辐射安全防护设施汇总对照分析表

本项目电子 FLASH 加速器动物试验测试间			
序号	项目	规定的措施	落实情况

1	控制 台及 安全 联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带
3		电视监控与对讲系统	配置了电视监控和对讲装置
4		治疗室门与束流联锁（门-机联锁）	已配置
5		治疗室内准备出束音响提示	已配置
6	警示 装置	入口电离辐射警示标识	已配置
7		入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	已配置
8	照射 室紧 急设 备	紧急开门按钮	已配置
9		治疗室及迷道内有紧急停机按钮	已配置 3 个，并与设备联锁
10		治疗床有紧急停机按钮	设备自带 4 个
11	监测 设备	治疗室内固定式剂量报警仪	配置 1 台，有 3 个剂量探头
12		个人剂量报警仪	2 台
13		个人剂量计	8 个
14		便携式 X-γ辐射监测仪	已配置
本项目 FLASH 加速器测试间			
1	控制 台及 安全 联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带
3		电视监控与对讲系统	配置了电视监控和对讲装置
4		治疗室门与束流联锁（门-机联锁）	已配置
5		电源互锁开关	已配置
6		治疗室内准备出束音响提示	已配置
7	警示 装置	入口电离辐射警示标识	已配置
8		入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	已配置
9	照射 室紧 急设 备	紧急开门按钮	已配置
10		治疗室及迷道内有紧急停机按钮	设置 3 个，并与设备联锁
11		治疗床有紧急停机按钮	设备自带
12	监测 设备	治疗室内固定式剂量报警仪	配置 1 台，并设有 3 个剂量探头
13		个人剂量报警仪	2 台
14		个人剂量计	8 个
15		便携式 X-γ辐射监测仪	已配置 1 台（共用）
本项目加速器试验测试间			
1	控制 台及 安全 联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带
3		电视监控与对讲系统	配置了电视监控和对讲装置
4		治疗室门与束流联锁（门-机联锁）	已配置
5			已配置

6		治疗室内准备出束音响提示	已配置
7	警示	入口电离辐射警告标识	已配置
8	装置	入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	已配置
9	照射	紧急开门按钮	已配置
10	室紧	治疗室及迷道内有紧急停机按钮	设置 3 个，并与设备联锁
11	急设	治疗床有紧急停机按钮	设备自带
12	备	治疗室内固定式剂量报警仪	配置 1 台，并设有 3 个剂量探头
13	监测	个人剂量报警仪	2 台
14	设备	个人剂量计	6 个
15		便携式 X-γ辐射监测仪	已配置 1 台（共用）

三废的治理

一、废气的处理措施

（1）臭氧

FLASH 加速器和常规加速器产生的废气主要为臭氧，为有效清除臭氧，测试间均设置有通排风系统。

①电子 FLASH 加速器动物试验测试间排风量为 1500m³/h。测试间容积为 297m³，换气次数不低于 5 次/h，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求，臭氧通过排风管道引至楼顶排放，排放口高于屋顶 3m。

②FLASH 加速器测试间设计排风量 2700m³/h，测试间容积为 440m³，排风换气次数为 6 次/h，排风管道由机房迷道上方绕迷道进入控制室，之后沿控制室屋顶引至楼顶排放，排放口高于屋顶 3m。

③加速器试验测试间

加速器试验测试间设计排风量 2700m³/h，测试间容积为 440m³，排风换气次数为 6 次/h，排风管道由机房迷道上方绕迷道进入控制室，之后沿控制室屋顶上方引至楼顶排放，排放口高于屋顶 3m。

（2）恶臭气体

动物暂存间会进行小鼠暂存（每天最多暂存使用 150 只），暂存过程中会产生一定的恶臭气体。动物暂存间设置排风系统，排风量约为 200m³ /h。动物暂存间的

恶臭气体经活性炭吸附装置(净化效率 90%)处理后由厂房顶部排风管道(高度 15m)排放,排放速率为 $1.1 \times 10^{-4} \text{kg/h}$,经扩散后所致厂界外恶臭污染物浓度远小于《恶臭污染物排放标准》(GB 14554-93)表 1 相关限值要求。

(3) 其他废气

项目运行过程中涉及少量烙铁锡焊(一年不超过 20 次)及酒精擦拭操作,会产生一定的有机废气及焊接烟尘。有机废气由于产生量小,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物排放标准(DB512377-2017)中相关限值要求,焊接烟尘采用移动式除尘器进行收集,收集到一定量后交由有资质的厂家处理。

二、废水处理措施

加速器运行过程中不产生医疗废水和放射性废水。生活污水和笼具清洗废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。

三、固体废物

1、加速器运行过程中不产生放射性固废。

2、生活垃圾和办公垃圾、动物暂存间产生的废垫料袋装收集,交由市政环卫部门清运处置;动物暂存间通排风系统废活性炭属于危险废物,定期交由资质单位处置。

四、噪声

本项目噪声主要来自风机,风机为低噪声风机,安装在风机房内,工作时噪声源强不大于 65dB(A)。本项目通排风管道连接处采用石棉板垫片进行减振降噪。此外经距离衰减、墙体隔声措施后,对周围环境没有明显影响。

五、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》,“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”。

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工期环境影响分析

本项目是 3 间加速器机房进行改造施工，工程量很小，且在机房内进行，并局部打围，不会对其他工作区域造成影响。施工产生污染物主要包括少量废气、废水、噪声及废弃的建筑材料等。

（1）大气环境影响分析及环保措施

土建施工和装修过程中会产生粉尘等污染，环保措施：①施工过程中，对可能造成扬尘的施工现场，要有定期喷水、覆盖等防护措施，以防止扬尘污染；②改造区域进行打围施工。

（2）声环境影响分析及环保措施

- ①由于本项目施工会产生噪声影响，需合理安排施工时间。
- ②优先选用低噪声设备，以减少施工噪声。
- ③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。经采取上述有效措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

（3）水环境影响分析

本项目施工期间，施工人员生活会排放一定量的生活污水和少量施工废水，可依托中玖闪光已有污水收集系统收集处理，经处理后污水进入城市污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

（4）固体废物

固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。

①生活垃圾

施工期生活垃圾产生量较小，应妥善处置，并保持施工区环境的洁净卫生。生活垃圾采用垃圾箱集中收集后由市政环卫部门统一清运。

②建筑垃圾及土石方

项目产生建筑垃圾主要是一些包装袋、包装箱、碎木块、废水泥等。首先对其可回收利用部分进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，由施工单位或承建单位

与市政部门联系外运至指定的建筑垃圾堆放场。

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，做到各项环保措施，对环境影响不大，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

二、设备安装调试期间的防护措施和环境影响分析

本项目常规加速器安装调试的工况不大于正常运行的工况，且管控措施与正常运行时一致，不会造成额外的环境影响。

三、运行阶段对环境的影响

（一）电子 FLASH 加速器动物试验测试间

本次评价主要考虑电子线照射动物时产生的韧致辐射对环境的影响。

本项目在电子 FLASH 加速器动物试验测试间安装 1 台 e-Flash 放疗加速器，该 e-Flash 放疗加速器电子线束距靶点 0.5m 处单次出束最高剂量为 20Gy，加速器有用线束定向朝向地面照射。由于防护门为 60cm 厚混凝土，与机房三面墙体屏蔽相同，因此防护门外的受到的辐射剂量保守与其他关注点采用同样的计算模式，且不考虑迷道内墙防护。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，在本项目电子 FLASH 加速器动物试验测试间四周墙体外设定了关注点，楼下、楼上均没有房间，未设置关注点，但需考虑天空反散射的对地面公众的影响。从保守角度出发，假定加速器每次出束均为最大工况，在加速器机房设计的尺寸和屏蔽厚度基础上，计算关注点处受到的辐射剂量。

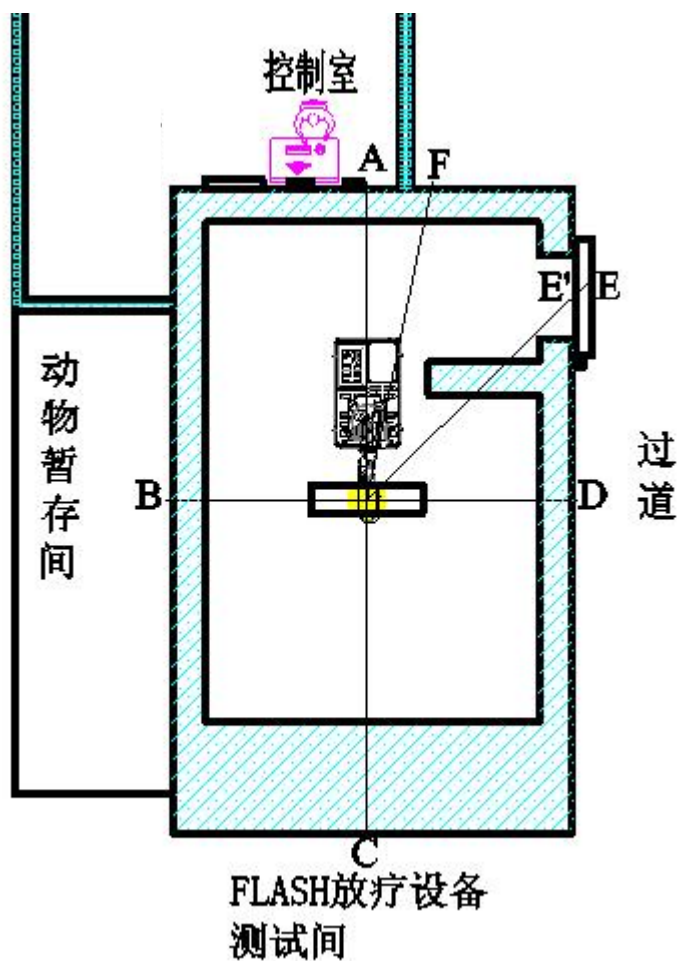


图 11-1 电子 FLASH 加速器动物试验测试间关注点及主要照射路径示意图（水平方向）

1、本项目 e-Flash 放疗加速器对关注点形成的小时剂量

（1）90° 方向的初级 X 射线小时剂量计算

表 11-1 e-Flash 放疗加速器初级 X 射线对关注点的剂量估算表

计算参数	控制室（墙体 A 点）	动物暂存间（墙体 B 点）	FLASH 机房（C 点）	过道（D 点）	迷道内墙（E' 点）	迷道外墙（E 点）	过道（F 点）
屏蔽厚度 X (cm)	60	60	60	60	60	60	60
斜射角 θ	0°	0°	0°	0°	45°	45°	0°
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	60	60	60	60	85.7	85.7	60
透射因子 B	2.01E-02	2.01E-02	2.01E-02	2.01E-02	3.34E-03	3.34E-03	2.01E-02

H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07
$R(\text{m})$	5.9	3.8	4.9	4.0	4.7	6.0	6.0
剂量 当量 H ($\mu\text{Sv/h}$)	0.86	2.08	1.25	1.88	0.23	0.14	0.83

(2) 电子束内 X 射线与物质作用产生的散射 X 射线剂量计算

计算结果见下表：

表 11-2 e-Flash 放疗加速器束内 X 射线与物质作用产生的散射 X 射线对关注点的剂量估算表

计算 参数	控制室（墙 体 A 点）	动物暂存 间（墙体 B 点）	FLASH 机 房（C 点）	过道（D 点）	迷道内墙 （E'点）	迷道外墙 （E 点）	过道（F 点）
屏蔽厚度 $X(\text{cm})$	60	60	60	60	60	60	60
斜射角 θ	0°	0°	0°	0°	45°	45°	0°
有效屏蔽 厚度 X_e (cm)	60	60	60	60	85.7	85.7	60
透射 因子 B	1.87E-03	1.87E-03	1.87E-03	1.87E-03	1.27E-04	1.27E-04	1.87E-03
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07
$R(\text{m})$	5.9	3.8	4.9	4.0	4.7	6.0	6.0
剂量 当量 H ($\mu\text{Sv/h}$)	1.69E-02	4.07E-02	2.45E-02	3.67E-02	1.80E-03	1.11E-03	1.63E-02

(3) 泄露辐射剂量计算

计算结果见下表：

表 11-3 泄露辐射对关注点的剂量估算表

计算 参数	控制室（墙 体 A 点）	动物暂存 间（墙体 B 点）	FLASH 机 房（C 点）	过道（D 点）	迷道内墙 （E'点）	迷道外墙 （E 点）	过道（F 点）
屏蔽厚度 $X(\text{cm})$	60	60	60	60	60	60	60
斜射角 θ	0°	0°	0°	0°	45°	45°	0°

有效屏蔽厚度 X_e (cm)	60	60	60	60	85.7	85.7	60
透射因子 B	1.56E-02	1.56E-02	1.56E-02	1.56E-02	1.73E-05	1.73E-05	1.56E-02
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07	5.00E+07
f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
$R(\text{m})$	5.9	3.8	4.9	4.0	4.7	6.0	6.0
剂量当量 H ($\mu\text{Sv/h}$)	1.12E-01	2.70E-01	1.63E-01	2.44E-01	2.62E-02	1.61E-02	1.08E-01

(4) 本项目加速器每小时出束对关注点处造成的总剂量

加速器按电子模式运转时，在非电子有用束方向，关注点受到的 X 射线的剂量是上述三部分剂量之和，见下表：

表 11-4 加速器每小时对关注点所致剂量估算表

辐射源	控制室 (墙体 A 点)	动物暂存 间 (墙体 B 点)	FLASH 机房 (C 点)	过道 (D 点)	迷道内墙 (E' 点)	迷道外墙 (E 点)	过道(F 点)
90°方向的初级 X 射线剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.86	2.08	1.25	1.88	0.23	0.14	0.83
电子束内 X 射线与物质作用产生的散射 X 射线剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.69E-02	4.07E-02	2.45E-02	3.67E-02	1.80E-03	1.11E-03	1.63E-02
泄露辐射剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.12E-01	2.70E-01	1.63E-01	2.44E-01	2.62E-02	1.61E-02	1.08E-01
关注点总剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	0.99	2.39	1.44	2.16	2.54E-01	1.56E-01	0.96

(5) 天空反散射辐射剂量

表 11-5 天空反散射剂量核算表

参数	天空反散射剂量核算
Ω (Sr)	2.01
设计屏蔽厚度 (cm)	50
d_i (m)	6.2

d_s (m)	20
D_{10} (Gy/h)	1.5E-03
B_{xs}	0.033
T_1 (cm)	35
T_e (cm)	31
P 点剂量 H_M ($\mu\text{Sv/h}$) *	2.00E-04

(6) 关注点年有效剂量计算

由式 11-12 估算各关注点的年附加有效剂量:

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

由此估算的加速器机房周围各关注点的年附加有效剂量见表 11-6。

表 11-6 电子 FLASH 加速器动物试验测试间周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

电子 FLASH 加速器 动物试 验测试 间	关注点	受照射类型	剂量当量 H 预测结 果($\mu\text{Sv/h}$)	工作负 荷 (h/a)	居留 因子	附加有效剂量 预测结果 (mSv/a)
	A (控制室)	职业	9.90E-01	200	1	0.20
	B (动物暂存间)	公众	2.39E-01	200	1/16	2.99E-02
	C (FLASH 加速器 测试间)	公众	1.44	200	1/5	5.76E-02
	D (过道)	公众	2.16	200	1/5	8.64E-02
	E (机房门口)	公众	1.56E-01	200	1/8	3.90E-03
	F(过道, 大厅)	公众	9.60E-01	200	1/5	3.84E-02
	P(距离源点 20m 处 地面) 久利科技	公众	2.00E-04	200	1/5	8.00E-06

本项目所致职业人员的附加有效剂量最大为 0.2mSv/a; 周围公众受到的附加有效剂量最大为 $8.64\times 10^{-2}\text{mSv/a}$ 。

(二) FLASH 加速器测试间

FLASH 加速器测试间会进行 10MV X-Flash 加速器的调试, 9MV X-Flash 加速器的调试以及 9MeVe-Flash 放疗加速器的调试, 该测试间运行后对周围环境的辐射影响主要考虑三台加速器分别运行时的叠加影响。

1、关注点位置

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分: 电子直线加速器放射治疗机房》

(GBZ/T201.2-2011) 的要求, 在本项目 FLASH 加速器测试间四周墙体外关注点, 屋顶为不上人屋顶, 不借助工具无法到达, 因此屋顶上方不设关注点。从保守角度出发, 在加速器机房设计的尺寸厚度基础上, 以加速器每小时出束最大输出剂量和年运行时间对关注点进行辐射影响分析。本项目 FLASH 加速器测试间四周的关注点设定及主要照射路径示意图 (水平方向) 见图 11-5。

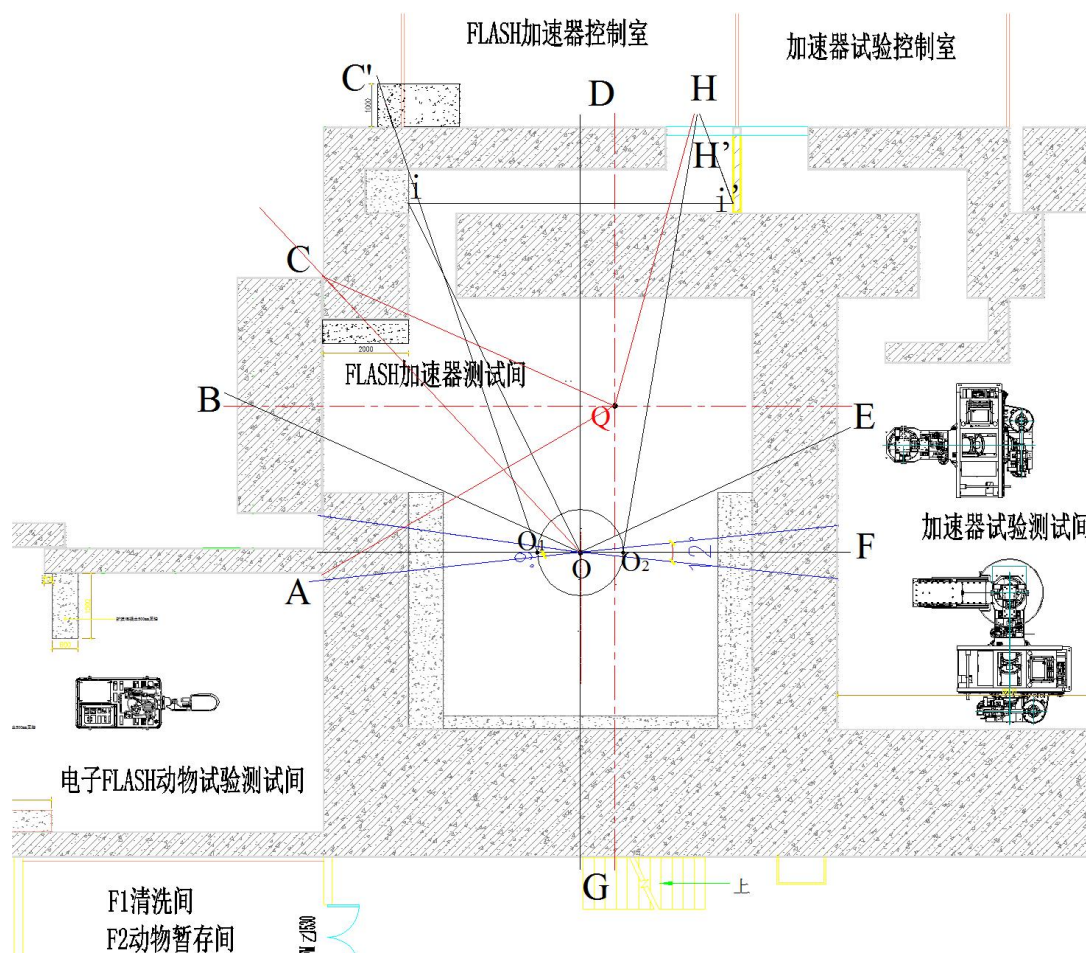


图 11-5 FLASH 加速器测试间关注点及 10MV X-Flash 加速器和 9MeV-Flash 放疗加速器主要照射路径示意图 (水平方向)

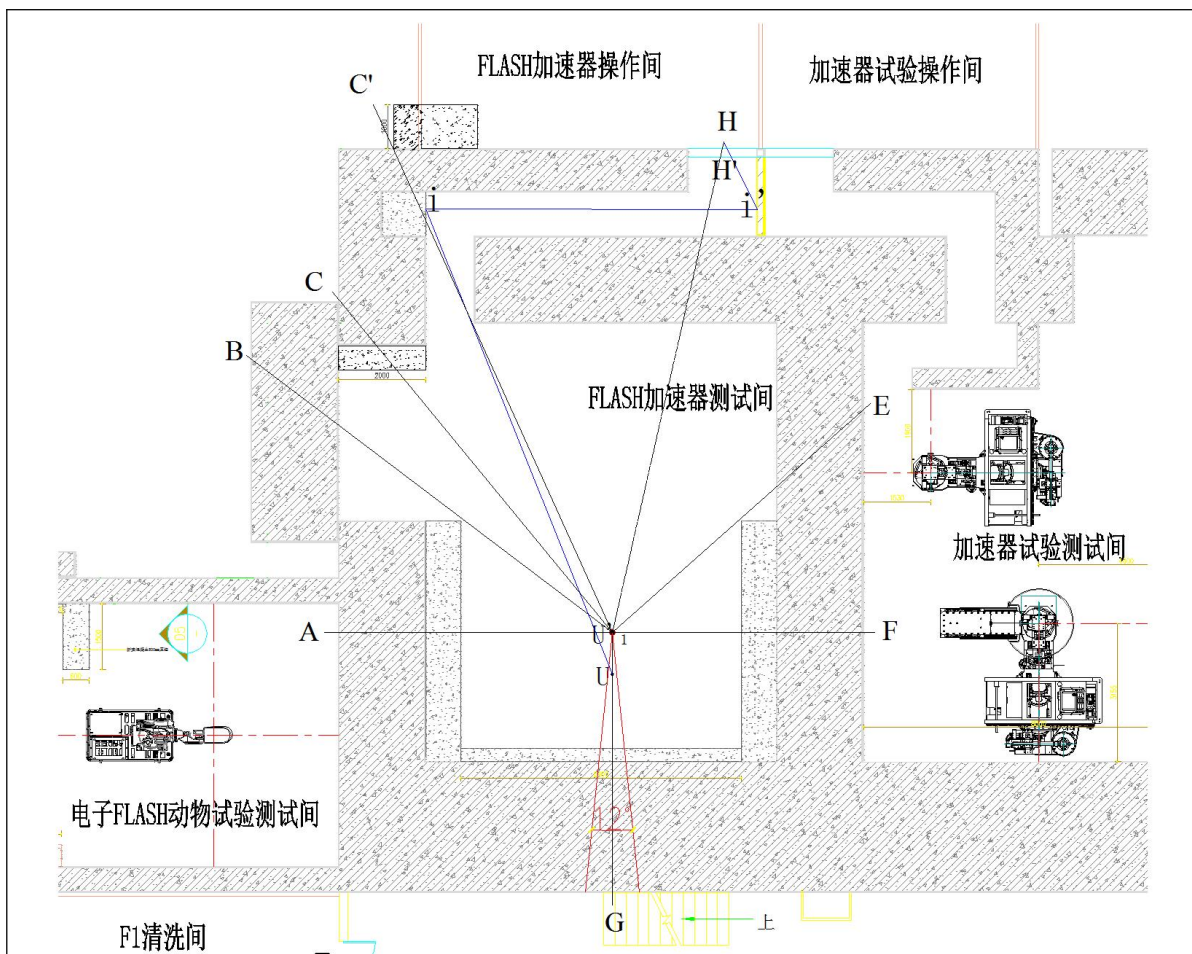


图 11-6 FLASH 加速器测试间关注点及 9MV X-Flash 加速器主要照射路径示意图（水平方向）

2、9MeVe-Flash 放疗加速器剂量计算

（1）90° 方向的初级 X 射线小时剂量计算

表 11-8 e-Flash 放疗加速器初级 X 射线对 FLASH 加速器测试间关注点的剂量估算表

计算参数	A 点	B 点	C/C'点	D 点	E/F 点	G 点	H'点
屏蔽厚度 X (cm)	280	200	200	300	200	330	200
斜射角 θ	30°	0°	24°	0°	0°	0°	0°
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	323	200	219	300	200	330	200
透射因子 B	2.15E-10	1.15E-06	3.05E-07	1.07E-09	1.15E-06	1.32E-10	1.15E-06
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08
$R(\text{m})$	8.0	9.1	7.8	6.8	5.5	6.0	6.8

剂量 当量 H ($\mu\text{Sv/h}$)	1.51E-08	6.23E-05	2.25E-05	1.04E-07	1.70E-04	1.65E-08	1.12E-04
--------------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

(2) 电子束内 X 射线与物质作用产生的散射 X 射线剂量计算

表 11-9 e-Flash 放疗加速器束内 X 射线与物质作用产生的散射 X 射线对关注点的剂量估算表

计算 参数	A 点	B 点	C/C' 点	D 点	E/F 点	G 点	H' 点
屏蔽厚度 X (cm)	280	200	200	300	200	330	200
斜射角 θ	30°	0°	24°	0°	0°	0°	0°
有效屏蔽 厚度 X_e (cm)	323	200	219	300	200	330	200
透射 因子 B	2.08E-15	8.11E-10	1.11E-10	2.31E-14	8.11E-10	1.00E-15	8.11E-10
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08
R (m)	8.0	9.1	7.8	6.8	5.5	6.0	6.8
剂量 当量 H ($\mu\text{Sv/h}$)	3.06E-14	9.21E-09	1.72E-09	4.70E-13	2.52E-08	2.61E-14	1.65E-08

(3) 泄露辐射剂量计算

计算结果见表 11-10。

表 11-10 泄露辐射对关注点的剂量估算表

计算 参数	A 点	B 点	C/C' 点	D 点	E/F 点	G 点	H' 点
屏蔽厚度 X (cm)	280	200	200	300	200	330	200
斜射角 θ	30°	0°	24°	0°	0°	0°	0°
有效屏蔽 厚度 X_e (cm)	323	200	219	300	200	330	200
透射 因子 B	5.12E-11	4.76E-07	1.16E-07	2.83E-10	4.76E-07	3.05E-11	4.76E-07
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08	1.50E+08
f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

$R(m)$	8.0	9.1	7.8	6.8	5.5	6.0	6.8
剂量当量 H ($\mu Sv/h$)	6.01E-10	4.31E-06	1.43E-06	4.59E-09	1.18E-05	6.35E-10	7.72E-06

(4) e-Flash 放疗加速器每小时出束对关注点处造成的总剂量

e-Flash 放疗加速器运行时，在非电子有用束方向，关注点受到的 X 射线的剂量是上述三部分剂量之和，见下表：

表 11-11 e-Flash 放疗加速器出束对关注点每小时所致剂量估算表

辐射源	A 点	B 点	C/C' 点	D 点	E/F 点	G 点	H' 点
90°方向的初级 X 射线剂量 ($\mu Sv/h$)	1.51E-08	6.23E-05	2.25E-05	1.04E-07	1.70E-04	1.65E-08	1.12E-04
电子束内 X 射线与物质作用产生的散射 X 射线剂量 ($\mu Sv/h$)	3.06E-14	9.21E-09	1.72E-09	4.70E-13	2.52E-08	2.61E-14	1.65E-08
泄露辐射剂量 ($\mu Sv/h$)	6.01E-10	4.31E-06	1.43E-06	4.59E-09	1.18E-05	6.35E-10	7.72E-06
关注点总剂量 ($\mu Sv/h$)	1.57E-08	6.66E-05	2.39E-05	1.09E-07	1.82E-04	1.71E-08	1.19E-04

(5) 天空反散射辐射剂量

计算结果见表 11-12。

表 11-12 天空反散射剂量核算表

参数	天空反散射剂量核算
Ω (Sr)	2.65
设计屏蔽厚度 (cm)	160
d_i (m)	6.94
d_s (m)	20
D_{10} (Gy/h)	4.49E-03
B_{xs}	9.28E-06
T_1 (cm)	35
T_e (cm)	31
P 点剂量 H_M ($\mu Sv/h$)	1.92E-07

(6) 关注点年有效剂量计算

由式 11-11 估算各关注点的年附加有效剂量：

由此估算的 FLASH 加速器测试间周围各关注点的年附加有效剂量见表 11-13。

表 11-13 e-Flash 放疗加速器所致周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

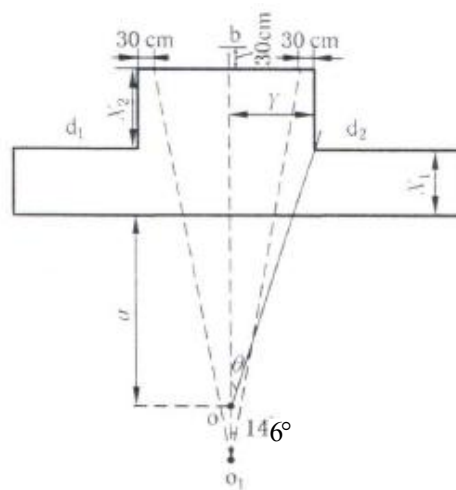
	关注点	受照射类型	剂量当量 H 预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作负 荷 (h/a)	居留 因子	附加有效剂量 预测结果 mSv/a
FLASH 加速器 测试间 e-Flash 放疗加 速器	电子 FLASH 加速器动物试验测试间 (A)	职业	1.57E-08	800	1/8	1.57E-09
	展厅、过道(B/C/C')	公众	6.66E-05	800	1/5	1.07E-05
	FLASH 加速器测试间控制室 (D)	职业	1.09E-07	800	1	8.72E-08
	加速器试验测试间 (E/F)	职业	1.82E-04	800	1/8	1.82E-05
	过道、楼梯(G)	公众	1.71E-08	800	1/5	2.74E-09
	FLASH 加速器测试间控制室门口 (H)	职业	1.19E-04	800	1/8	1.19E-05
	久利科技 P(距离源点 20m 处地面)	公众	1.92E-07	800	1/5	3.07E-08

本项目所致职业人员的附加有效剂量最大为 $1.82 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ；周围公众受到的附加有效剂量最大为 $1.07 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ 。

3、10MV X-Flash 加速器剂量计算

(1) 有用线束主屏蔽区宽度计算

本项目设计的 FLASH 加速器测试间，主屏蔽区包括墙体的部分位置，屋顶厚度一致，加速器主射线的最大出束角度为 12° 。有用线束主屏蔽区示意图见图 11-4，主屏蔽宽度计算结果见表 11-14。



$$Y = (100 + a + X_1 + X_2) \tan 14^\circ + 30$$

$$\theta = \tan^{-1} [Y / (a + X_1)]$$

图 11-7 主射屏蔽范围计算示意局部图（外凸）

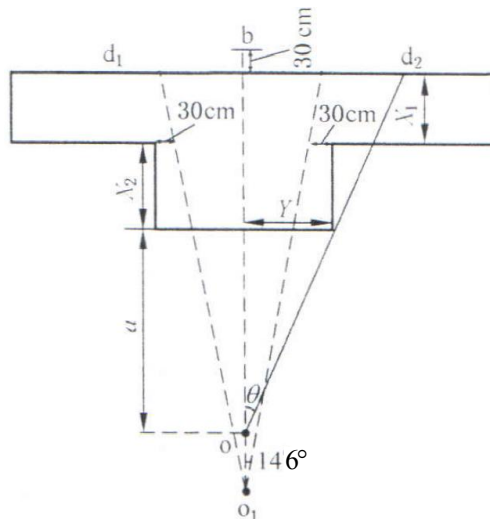


图 11-8 主射屏蔽范围计算示意局部图（内凸）

表 11-14 FLASH 加速器测试间主屏蔽范围计算表

机房	主屏蔽范围计算值(m)	主屏蔽范围设计值(m)	结论
FLASH 加速器测试间屏蔽墙体(东北侧)	1.64	5.5	满足要求
FLASH 加速器测试间屏蔽墙体(西南侧)	1.64	5.5	满足要求
屋顶	1.85	10	满足要求

注：①内凸主屏蔽半宽度 $= (100 + a + X_2) \tan 6^\circ + 30$ ；外凸主屏蔽半宽度 $= (100 + a + X_1 + X_2) \tan 6^\circ + 30$ ，本项目选择内凸计算方式。

（2）10MV X-Flash 加速器有用线束和泄露辐射对关注点的小时剂量计算

表 11-15 10MV X-Flash 加速器运行有用线束和泄露辐射所致关注点处小时剂量核算表

参数	A 点	B 点	C 点	C'点	D 点	E 点	F 点	G 点	H' 点
屏蔽厚度 X (cm)	280	200	200	200	300	200	280	330	200
斜射角 θ	0°	24°	47°	0°	0°	25°	0°	0°	0°
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	280	219	224	200	300	220	280	330	200
$R(m)$	7.3	9.3	11.4	11.9	10.2	6.9	7.3	7.4	10.3
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	3.25E+0 8	3.25E+0 8	3.25E+0 8	3.25E+0 8	3.25E+0 8	3.25E+0 8	3.25E+0 8	3.25E+0 8	3.25E+08
辐射剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	2.12E-01	8.72E-04	2.58E-03	2.22E-03	1.77E-06	1.47E-03	2.12E-01	3.62E-07	2.92E-03

注：①TVL₁ 和 TVL 查 GBZ/201.2-2011 中表 B.1。

(3) 10MV X-Flash 加速器散射辐射对关注点的小时剂量计算

表 11-16 10MV X-Flash 加速器复合辐射对关注点的小时剂量估算表

参数	墙体 B 点	墙体 C 点	墙体 E 点
辐射束	散射射线	散射射线	散射射线
设计厚度	200cm 厚混凝土	137cm 厚混凝土	200 厚混凝土
斜射角 θ	24°	47°	25°
有效厚度	219	200	220
$R(m)$	9.3	9.1	6.9
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	3.25E+08	3.25E+08	3.25E+08
f	/	/	/
散射辐射剂量 $H_S(\mu\text{Sv}/\text{h})$	1.80E-04	2.53E-04	3.02E-04
漏射辐射剂量 $H_L(\mu\text{Sv}/\text{h})$	8.72E-04	2.58E-03	1.47E-03
辐射剂量 H_{S+L} (cm)	1.05E-03	2.83E-03	1.77E-03

(4) FLASH 加速器测试间防护门外关注点小时剂量核算

经计算，FLASH 加速器测试间迷道入口关注点 H_G 处的 X 射线散射辐射剂量率为 0.38 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

根据（GBZ/T201.2-2011）中 5.2.6.1 c）可知，FLASH 加速器测试间入口处散射

辐射能量约为 0.2MeV，铅的 TVL 为 5mm。本项目 FLASH 加速器测试间防护门铅当量厚度为 10mm，可得到关注点 H'处的辐射剂量为 $\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-17 FLASH 加速器测试间迷道入口处辐射剂量估算表

计算参数	机房迷道入口处（防护门外）
FLASH 加速器测试间（关注点 H'）	
机房入口处的散射辐射剂量率 H_g ($\mu\text{Sv/h}$)	2.92×10^{-3}
机房入口处的漏射辐射剂量率 H_{og} ($\mu\text{Sv/h}$)	0.38
防护门内 G'点处剂量当量 $H_{G'}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	0.38
屏蔽厚度 X (mm)	10 (铅)
TVL (mm)	5 (铅)
经防护门屏蔽后的剂量当量 H_G ($\mu\text{Sv/h}$)	3.80×10^{-3}

(5) 天空反散射辐射剂量

表 11-18 10MV X-Flash 加速器天空反散射所致地面关注点小时剂量核算表

参数	天空反散射剂量核算
Ω (Sr)	0.209
设计屏蔽厚度 (cm)	160
d_i (m)	8.23
d_s (m)	20
D_{I0} (Gy/h)	324.9
B_{xs}	6.08E-05
T_1 (cm)	41
T_e (cm)	37
P 点剂量 H_M ($\mu\text{Sv/h}$)	2.38E-03

(6) 关注点年有效剂量计算

表 11-19 10MV X-Flash 加速器所致周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

FLASH 加速器测试间 10MV X-Flash 加速器	关注点	剂量当量 H 预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作负荷 (h/a)	主射线束使用因子	居留因子	附加有效剂量预测结果 mSv/a	受照射类型
	电子 FLASH 加速器动物试验测试间 (A)	2.12E-01	1250	1/4	1/8	8.28E-03	职业

展厅、过道 (B/C/C')	2.83E-03	1250	/	1/5	7.84E-04	公众
FLASH 加速器 测试间控制室 (D)	1.77E-06	1250	/	1	2.21E-06	职业
加速器试验测试 间 (E/F)	2.12E-01	1250	1/4	1/8	8.28E-03	职业
过道、楼梯 (G)	3.62E-07	1250	/	1/5	9.05E-08	公众
FLASH 加速器 测试间控制室门 口 (H)	7.80E-04	1250	/	1/8	1.22E-04	职业
久利科技(P) 距 离源点 20m~50m 处地面	2.38E-03	1250	1/10	1	2.98E-04	公众

10MV X-Flash 加速器所致 FLASH 加速器测试间周围职业人员的附加有效剂量最大为 $8.28 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ；周围公众受到的附加有效剂量最大为 $2.98 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

3、9MV X-Flash 加速器剂量计算

(1) 有用线束主屏蔽区宽度计算

9MV X-Flash 加速器定向朝向 FLASH 加速器测试间西南侧墙体，主屏蔽墙为西南侧墙体，屋顶厚度一致，加速器主射线的最大出束角度为 12° 。有用线束主屏蔽区示意图见图 11-5，主屏蔽宽度计算示意图见图 11-7、11-8，计算结果见表 11-20。

表 11-20 FLASH 加速器测试间 9MV X-Flash 加速器主屏蔽范围计算表

机房	主屏蔽范围计算值(m)	主屏蔽范围设计值(m)	结论
FLASH 加速器测试 间屏蔽墙体(西南侧)	1.86	5.5	满足要求

注：①内凸主屏蔽半宽度= $(100+a+X_2) \text{tg}6^\circ+30$ ；外凸主屏蔽半宽度= $(100+a+X_1+X_2) \text{tg}6^\circ+30$ ，本项目选择外凸计算方式。

(2) 9MV X-Flash 加速器有用线束和泄露辐射对关注点的小时剂量计算

计算结果见表 11-21。

表 11-21 9MV X-Flash 加速器运行有用线束和泄露辐射所致关注点处小时剂量核算表

参数	A 点	B 点	C 点	C' 点	D 点	E 点	F 点	G 点	H' 点
混凝土屏蔽厚度 X (cm)	280	200	115	75	300	200	300	330	200

斜射角 θ	0°	37°	54°	66°	0°	42°	0°	0°	0°
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	280	250	188	162	300	270	280	330	200
R (m)	7.3	10.6	10.1	12.7	11.3	8	7.3	6.2	11.3
辐射剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.02E-05	4.48E-05	4.94E-03	2.15E-02	9.61E-07	1.78E-05	1.02E-05	8.73E-03	1.62E-03
注：①TVL ₁ 和TVL查GBZ/201.2-2011中表B.1。									

(3) FLASH 加速器测试间防护门外小时剂量核算

H_{og} —O 位置穿过迷道内墙的泄漏辐射在防护门内 H' 处的剂量率，经计算，为 $1.62 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ；

经计算，FLASH 加速器测试间迷道入口关注点 H' 处的 X 射线散射辐射剂量率为 $0.29 \mu\text{Sv/h}$ 。

根据（GBZ/T201.2-2011）中 5.2.6.1 c）可知，FLASH 加速器测试间入口处散射辐射能量约为 0.2MeV，铅的 TVL 为 5mm。本项目 FLASH 加速器测试间防护门铅当量厚度为 10mm，可得到关注点 H 处的辐射剂量为 $\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-23 FLASH 加速器测试间 9MVX-Flash 加速器所致迷道入口处辐射剂量估算表

计算参数	机房迷道入口处（防护门外）
FLASH 加速器测试间（关注点 H）	
机房入口 H' 处的漏射辐射剂量率 H_g ($\mu\text{Sv/h}$)	1.62×10^{-3}
机房入口 H' 处的散射辐射剂量率 H_{og} ($\mu\text{Sv/h}$)	0.29
防护门内 H' 点处剂量当量 H' ($\mu\text{Sv/h}$)	0.29
屏蔽厚度 X (mm)	10 (铅)
TVL (mm)	5 (铅)
经防护门屏蔽后的剂量当量 H ($\mu\text{Sv/h}$)	2.90×10^{-3}

(5) 天空反散射辐射剂量

表 11-24 9MVX-Flash 加速器天空反散射所致地面小时剂量核算表

参数	天空反散射所致地面小时剂量核算
Ω (Sr)	1.79
设计屏蔽厚度 (cm)	160

d_i (m)	8
d_s (m)	20
D_{10} (Gy/h)	216.6
B_{xs}	6.79E-14
P 点剂量 H_M ($\mu\text{Sv/h}$)	3.06E-11

(6) 关注点年有效剂量计算

由式 11-11 估算各关注点的年附加有效剂量：

表 11-25 9MV X-Flash 加速器所致周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

	关注点	剂量当量 H 预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作负荷 (h/a)	主射线束使用因子	居留因子	附加有效剂量预测结果 mSv/a	受照射类型
FLASH 加速器测试间 9MV X-Flash 加速器	电子 FLASH 加速器动物试验测试间 (A)	1.02E-05	1250	/	1/8	1.59E-06	职业
	展厅、过道 (B/C/C')	2.15E-02	1250	/	1/5	5.38E-03	公众
	FLASH 加速器测试间控制室 (D)	9.61E-07	1250	/	1	1.20E-06	职业
	加速器试验测试间 (E/F)	1.78E-05	1250	/	1/8	2.78E-06	职业
	过道、楼梯 (G)	8.73E-03	1250	1	1/5	2.18E-03	公众
	FLASH 加速器测试间控制室门口 (H)	2.90E-03	1250	/	1/8	4.53E-04	职业
	久利科技(P) 距离源点 20m~50m 处地面	3.06E-11	1250	/	1	3.83E-11	公众

9MV X-Flash 加速器所致 FLASH 加速器测试间周围职业人员的附加有效剂量最大为 $4.53 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ；周围公众受到的附加有效剂量最大为 $6.09 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

(7) FLASH 加速器测试间对周围敏感目标辐射影响分析

FLASH 加速器测试间投入运行后，考虑 9MeV-Flash 放疗加速器、9MV X-Flash 加速器和 10MV X-Flash 加速器的对周围敏感目标的叠加影响，年总附加有效剂量结果见下表：

表 11-26 FLASH 加速器测试间运行后所致周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

	关注点	电子 FLASH 加 速器贡献 值(mSv/h)	10MV X-Flash 加 速器贡献值 (mSv/h)	9MV X-Flash 加 速器贡献 值(mSv/h)	年附加有 效剂量 (mSv/h)	受照射 类型
FLAS H 加速 器测 试间	电子 FLASH 加速器 动物试验测试间 (A)	1.57E-09	8.28E-03	1.59E-06	8.28E-03	职业
	展厅、过道(B/C/C')	1.07E-05	7.84E-04	7.25E-04	1.52E-03	公众
	FLASH 加速器测试 间控制室 (D)	8.72E-08	2.21E-06	1.20E-06	3.50E-06	职业
	加速器试验测试间 (E/F)	1.82E-05	8.28E-03	2.78E-06	8.30E-03	职业
	过道、楼梯 (G)	2.74E-09	9.05E-08	2.18E-03	2.18E-03	公众
	FLASH 加速器测试 间控制室门口 (H)	1.19E-05	1.22E-04	4.53E-04	5.87E-04	职业
	(P) 距离源点 20m~50m 处地面	3.07E-08	2.98E-03	6.09E-03	8.47E-03	公众

由上表可知, FLASH 加速器测试间周围职业人员的附加有效剂量最大为 $8.30 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$; 周围公众受到的附加有效剂量最大为 $8.47 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。

(三) 加速器试验测试间辐射环境影响分析

1、10MV X-Flash 加速器剂量计算

(1) 关注点位置

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011) 的要求, 在本项目加速器试验测试间四周墙体外关注点, 屋顶为不上人屋顶, 不借助工具无法到达, 因此屋顶上方不设关注点。从保守角度出发, 在加速器试验测试间设计的尺寸厚度基础上, 以加速器每小时出束最大输出剂量和年运行时间对关注点进行辐射影响分析。本项目加速器试验测试间四周的关注点设定及主要照射路径示意图(水平方向)见图 11-10。

混凝土设计厚度 (cm)	200	150	105	200	300	200
斜射角 θ	0°	0°	48°	0°	0°	32°
有效厚度	200	150	156	200	300	236
$R(m)$	4.6	7.4	7.8	8.0	10.2	8.7
散射辐射剂量 $H_S(\mu\text{Sv/h})$	4.53E-08	1.05E-05	4.38E-06	1.50E-08	2.56E-14	1.27E-10
漏射辐射剂量 $H_L(\mu\text{Sv/h})$	1.46E-02	2.32E-01	1.34E-01	4.83E-03	1.77E-06	2.82E-04
辐射剂量 H_{S+L} (cm)	1.46E-02	2.32E-01	1.34E-01	4.83E-03	1.77E-06	2.82E-04

“*”注：取 GBZ/201.2-2011 表 B.2 和表 B.4 中 90°的值。

(4) 加速器试验测试间防护门外关注点小时剂量核算

经计算，FLASH 加速器测试间迷道入口关注点 H_G 处的 X 射线散射辐射剂量率为 $2.99 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。

本项目加速器试验测试间防护门为普通钢制门，不考虑其屏蔽，可得到关注点 R 处的辐射剂量为 $3.27 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。

(5) 天空反散射辐射剂量

表 11-30 10MV X-Flash 加速器天空反散射所致地面关注点小时剂量核算表

参数	天空反散射剂量核算
Ω (Sr)	2.65
设计屏蔽厚度 (cm)	150
d_i (m)	7.85
d_s (m)	20
D_{10} (Gy/h)	324.9
B_{XS}	4.70E-13
P 点剂量 H_M ($\mu\text{Sv/h}$)	3.30×10^{-10}

(6) 关注点年有效剂量计算

表 11-31 10MV X-Flash 加速器所致周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

加速器试验测试间 10MV X-Flash 加速器	关注点	剂量当量 H 预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作负荷 (h/a)	主射线束使用因子	居留因子	附加有效剂量预测结果 (mSv/a)	受照射类型
	FLASH 加速器测试间 (J/J')	1.55E-01	2500	/	1/8	4.56E-03	职业

加速器试验测试控制室(K)	2.32E-01	2500	/	1	5.80E-01	职业
通道 (L/L')	1.34E-01	2500	/	1/5	6.70E-02	公众
通道 (M/M')	4.83E-03	2500	/	1/5	2.42E-03	公众
过道、楼梯 (N/N')	1.77E-06	2500	/	1/5	8.85E-07	公众
迷道入口处(R)	3.27E-03	2500	/	1/5	1.64E-03	职业
距离辐射源点 20~50m 的地面 (P)	3.30E-10	2500	/	1	8.25E-10	公众

10MV X-Flash 加速器所致加速器试验测试间周围职业人员的附加有效剂量最大为 0.58mSv/a；周围公众受到的附加有效剂量最大为 6.70×10^{-2} mSv/a。

2、常规加速器对加速器试验测试间周围关注点辐射影响分析

(1) 6MV 常规加速器有用线束和泄露辐射对关注点的小时剂量计算

表 11-32 6MV 常规加速器运行泄露辐射所致关注点处小时剂量率核算表

参数	J 点	K 点	L' 点	M' 点	N' 点	R 点
屏蔽厚度 X (cm)	200	150	200	200	300	200
斜射角 θ	0°	10°	0°	0°	0°	32°
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	200	152	200	200	300	236
R (m)	7.1	10.3	8.1	6.3	7.4	11.9
辐射剂量 (μ Sv/h)	2.25E-03	4.83E-02	1.73E-03	2.85E-03	7.37E-07	4.59E-05

(3) 6MV 常规加速器散射辐射对关注点的小时剂量计算

表 11-33 6MV 常规加速器复合辐射对关注点的小时剂量率估算表

关注点 参数	J 点	K 点	L/L' 点	M 点	N 点	R 点
辐射束	散射射线	散射射线	散射射线	散射射线	散射射线	散射射线
混凝土设计厚度 (cm)	200	150	200	200	300	200
斜射角 θ	0°	10°	0°	0°	0°	32°
有效厚度	200	152	200	200	300	236
R (m)	7.1	10.3	8.1	6.3	7.4	11.9

$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08	6.00E+08
散射辐射剂量 $H_S(\mu\text{Sv}/\text{h})$	3.49E-08	1.45E-05	1.04E-05	4.43E-08	4.21E-14	9.47E-11
漏射辐射剂量 $H_L(\mu\text{Sv}/\text{h})$	2.25E-03	4.83E-02	1.73E-03	2.85E-03	7.37E-07	4.59E-05
辐射剂量 H_{S+L} (cm)	2.25E-03	4.83E-02	1.74E-03	2.85E-03	7.37E-07	4.59E-05

“*”注：取 GBZ/201.2-2011 表 B.2 和表 B.4 中 90°的值。

(4) 加速器试验测试间防护门外关注点小时剂量率核算

H_{0R} —O 位置散射射线穿过迷道内墙的泄漏辐射在 R 处的剂量率，经计算，为 $4.59 \times 10^{-5} \mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

经计算，FLASH 加速器测试间迷道入口关注点 H_G 处的 X 射线散射辐射剂量率为 $6.16 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

本项目加速器试验测试间防护门为普通钢制门，不考虑其屏蔽，可得到关注点 R 处的辐射剂量为 $6.16 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(5) 天空反散射辐射剂量

表 11-34 6MV 常规加速器天空反散射所致地面关注点小时剂量率核算表

参数	天空反散射剂量率核算
Ω (Sr)	2.65
设计屏蔽厚度 (cm)	150
d_i (m)	7.85
d_s (m)	20
D_{10} (Gy/h)	600
B_{XS}	4.70E-13
P 点剂量 H_M ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	5.87×10^{-10}

(6) 关注点年有效剂量计算

表 11-35 6MV 常规加速器所致周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

加速器试验测试间 6MV 常规 加速器	关注点	剂量当量 H 预测结果 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	工作负荷 (h/a)	主射线束使用因子	居留因子	附加有效剂量预测结果 (mSv/a)	受照射类型
	FLASH 加速器测试间 (J/J')	2.25E-03	100	/	1/8	2.81E-05	职业

	加速器试验测试控制室(K)	4.83E-02	100	/	1	4.83E-03	职业
	通道 (L/L')	1.74E-03	100	/	1/5	3.48E-05	公众
	通道 (M/M')	2.85E-03	100	/	1/5	5.70E-05	公众
	过道、楼梯 (N/N')	7.37E-07	100	/	1/5	1.47E-08	公众
	迷道入口处(R)	6.16E-03	100	/	1/5	1.23E-04	职业
	距离辐射源点 20~50m 的地面 (P) 久利科技	5.87E-10	100	/	1	5.87E-11	公众

6MV 常规加速器所致加速器试验测试间周围职业人员的附加有效剂量最大为 $4.83 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ；周围公众受到的附加有效剂量最大为 $5.70 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ 。

(7) 加速器试验测试间运行后对周围敏感目标的辐射影响分析

表 11-36 加速器试验测试间运行后所致周围敏感目标的年附加有效剂量

加速器试验测试间	关注点	10MV X-Flash 加速器贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	6MV 常规加速器贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年附加有效剂量($\mu\text{Sv/h}$)	受照射类型
	FLASH 加速器测试间 (J/J')	4.84E-02	2.81E-05	4.85E-02	职业
	加速器试验测试控制室(K)	5.80E-01	4.83E-03	5.85E-01	职业
	通道 (L/L')	6.70E-02	3.48E-05	6.70E-02	公众
	通道 (M/M')	2.42E-03	5.70E-05	2.47E-03	公众
	过道、楼梯 (N/N')	8.85E-07	1.47E-08	9.00E-07	公众
	迷道入口处(R)	1.64E-03	1.24E-04	1.76E-03	职业
	距离辐射源点 20~50m 的地面(P) 久利科技	8.25E-10	5.87E-11	8.84E-10	公众

加速器试验测试间运行后,周围职业人员受到的附加有效剂量最大为 0.59mSv/a ；周围公众受到的附加有效剂量最大为 $6.70 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

(四) 本项目辐射影响分析

(1) 本项目对试验区周围关注点辐射影响分析

表 11-37 本项目运行后所致周围关注点的年附加有效剂量

辐射环境敏感目标	电子 FLASH 加速器动物试验测试间(mSv/a)	FLASH 加速器测试间贡献值(mSv/a)	加速器试验测试间贡献值(mSv/a)	年附加有效剂量(mSv/a)	受照射类型
本项目试验区辐射工作人员	0.20	8.30E-03	0.59	7.98E-01	职业
试验区东南侧	2.99E-02	2.18E-03	9.00E-07	3.21E-02	公众
试验区东北侧	/	/	6.70E-02	6.70E-02	公众
试验区西南侧	3.84E-02	1.52E-03	/	3.99E-02	公众
试验区西北侧	8.64E-02	1.52E-03	1.76E-03	8.97E-02	公众

由表 11-38 可知，本项目运行后，职业人员受照剂量最大为 0.80mSv/a，满足本次评价标准职业人员剂量管理限值不超过 5mSv/a 的要求；周围公众受到的附加有效剂量最大为 8.97×10^{-2} mSv/a，满足本次评价标准公众剂量管理限值不超过 0.1mSv/a 的要求。

(3) 小结

由表 11-38 可知, 本项目运行后, 评价范围内辐射影响保护目标受到的最大有效剂量为 $2.96 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$, 满足本次评价标准公众剂量管理限值不超过 0.1mSv/a 的要求。

四、大气环境影响分析

(一) 臭氧

表 11-39 臭氧的浓度计算参数及结果

参数	I (mA)	d (cm)	V (m^3)	T (s)	S (keV/cm)	C (重量比)	臭氧浓度 (mg/m^3)
电子 FLASH 加速器动物试验测试间	60	50	297	2	2.5	1.64E-01	3.51E-01
FLASH 加速器测试间	60	50	440	2.4	2.5	1.33E-01	2.85E-01

表 11-40 臭氧的浓度计算参数及结果

参数	D_{10} (Gy/s)	S (m^2)	V (m^3)	L (m)	T (s)	P (mg/s)	臭氧浓度 (mg/m^3)
FLASH 加速器测试间	30	7.85E-03	440	1	2.4	1.01E-06	5.50E-09
加速器试验测试间	0.17	0.16	440	1	3600	1.86E-05	9.52E-07

经计算, 电子 FLASH 加速器动物试验测试间和 FLASH 加速器测试间运行 e-Flash 放疗加速器时, 臭氧平衡浓度为 $1.89 \times 10^{-4} \text{mg}/\text{m}^3$, $9.23 \times 10^{-5} \text{mg}/\text{m}^3$ 。平衡浓度小于《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002) 中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16 \text{mg}/\text{m}^3$ 要求。

臭氧通过独立排风管道引至 3 号楼中玖闪光试验厂房楼顶排放, 经扩散后对机房周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准中 1 小时均值 $\leq 0.2 \text{mg}/\text{m}^3$ 的标准限值, 对机房周围的大气环境影响较小。

(三) 恶臭

本项目动物暂存间产生的恶臭气体经活性炭装置处理后经高 15m 的独立管道引至厂房屋顶上方排放, 经扩散后对周围环境影响很小。

五、声环境影响分析

本项目加速器机房选用低噪声排风机, 设备噪声源强不高于 65dB (A); 通排风系统噪声很小, 采用经墙体屏蔽和距离屏蔽后, 对周围声环境无明显影响。

六、水环境影响分析

本项目 e-Flash 放疗加速器使用的冷却水均循环使用不外排。动物间鼠笼一月清

洗一次，本项目不新增鼠笼，不新增清洗废水。生活废水和清洗废水排入园区污水管网，进入七星坝污水处理厂处理，对周围水环境无明显影响。

七、固体废物影响分析

电子 FLASH 放疗系统运行过程中不产生放射性废物，医疗废物交由有资质的单位处理。

工作人员、患者产生的生活垃圾和办公垃圾由中玖闪光进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。动物暂存间产生的废活性炭属于危险废物，定期交有资质单位处置。本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

事故影响分析

一、事故分级

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）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，详见表 11-41。

表 11-41 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 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。

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表 11-42。

表 11-42 急性放射病的严重程度与辐射剂量的关系

分度	初期表现	照射后 1d~2d 淋巴细胞绝对数最低值 $\times 10^9/L$	受照射剂量范围参考值 Gy
轻度	乏力、不适、食欲减退	1.2	1.0~2.0
中度	头昏、乏力、食欲减退、恶心，1h~2h 后呕吐、白细胞数短暂上升后下降	0.9	2.0~4.0
重度	1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降	0.6	4.0~6.0

极重度	1h 内多次呕吐和腹泻、休克、 腮腺肿大，白细胞数急剧下降	0.3	6.0~10.0
-----	----------------------------------	-----	----------

二、辐射事故识别

1、可能发生的辐射事故识别

根据污染源分析，本项目加速器运行主要环境风险因子为 X 射线，加速器只有在开机状态下才会产生射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。机房内安装有巡检按钮，如果按下后未在控制台复位，设备无法启动；机房门未关闭，设备无法启动。本项目可能发生的辐射事故如下：

（1）安全联锁装置发生故障，加速器工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成人员被误照射，引发辐射事故或事件。

（2）加速器检修、维护过程，工作人员误操作，安全联锁装置失效，造成人员被误照射，引发辐射事故或事件。

（3）机房内有人滞留，操作人员未进行巡检，未检查监控，关闭防护门，开机进行操作，导致室内人员被误照射，引发辐射事故或事件。

四、辐射事件防范措施

为了杜绝上述辐射事件的发生，环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

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

2、凡涉及对 FLASH 加速器和常规加速器进行操作，必须有明确的操作规程，FLASH 加速器或常规加速器运行时，至少有 2 名操作人员同时在场，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；

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

4、加速器运行之前必须进行巡检清场，确保所有人员全部撤离机房后才能启动，防止误操作，防止工作人员和公众受到意外辐射；

5、定期对加速器及加速器机房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、辐射防护管理人员要经常对辐照工作场所进行巡视，及时纠正不利于辐射安全防护的行为。

表 12 辐射安全管理

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

为有序开展使用Ⅱ类射线装置的工作，加强辐射安全管理，应对可能发生的意外情况，最大限度的减少或消除隐患，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）、《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 47 号，2017 年修正）及生态环境主管部门的要求，建设单位必须成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。

中玖闪光医疗科技有限公司成立了辐射防护安全领导小组，统一管理中玖闪光内的辐射安全防护工作，下设办公室负责日常事务。领导小组的职能职责见附件 5。

领导小组人员设置如下：

表 12-1 辐射安全与环境保护领导小组人员设置表

职务	人员
组长	***
成员	***

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

根据建设单位提供的资料，本项目配置22名辐射工作人员，均通过了辐射安全与防护知识培训和考核，中玖闪光应根据《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）要求，辐射工作人员应通过国家生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）学习并考核合格后上岗，现有辐射工作人员证书有效期满后，重新进行学习并考核合格后上岗。

辐射安全管理规章制度

本项目建设单位涉及使用医用Ⅱ类射线装置，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《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）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表 12-2。

表 12-2 管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况
医用直线加速器			
序号	项目	规定的制度	落实情况
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2		辐射安全防护安全管理规定	已制定
3		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定

4	场所	e-Flash 放疗加速器操作规程、X-Flash 加速器操作规程、常规加速器操作规程	已制定
5		场所分区管理规定	已制定
6	监测	辐射工作场所监测方案	已制定
7		监测仪表使用与校验管理制度	已制定
8		校验源管理制度	已制定
9	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定
10		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定
11		辐射工作人员岗位职责	已制定
12	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定
建设单位需制定的其他制度			
1		射线装置台账管理制度	已制定

重新制定本项目《监测方案》，完善《应急预案》。同时建设单位需根据具体实践过程中出现的问题对原有规章的不足之处进行即时修订，以更适应后期运行需求。

建设单位应根据上表完善整套辐射安全管理制度，并且指定专门的人员监督各相关部门和人员对规章制度的执行情况。建设单位定期对设备操作人员进行辐射安全防护知识培训，强化操作人员的辐射安全意识。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，核技术利用单位应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。

1、档案管理

辐射工作单位应建立完整的档案。本项目需要归档的材料应包括九大类：“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”。

2、需上墙的规章制度

（1）《辐射工作场所安全防护管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《e-Flash 放疗加速器操作规程》《X-Flash加速器操作规程》《常规加速器操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。

（2）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。

辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用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）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《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

本项目已配置 22 名辐射工作人员，配置个人剂量计 22 个。根据四川省生态环境厅“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），项目建成投运后，做好个人剂量管理的工作。建设单位定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检定，并建立个人剂量档案终生保存。

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，在比较均匀的辐射场，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。

当单季度辐射工作人员个人剂量检测数值超过 1.25mSv 时，建设单位要对该工作人员进行干预，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，建设单位需进行超标原因调查，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；当单年个人剂量超过 50mSv 时，应立即采取措施，报告发证机关，并开展调查处理，确实是否发生了辐射事故并采取了应急处置措施。检查报告及有关调查报告应存档备查。

辐射事故应急

1、为了加强对射线装置的安全和防护的监督管理，促进核技术应用工作场所的安全应用，保障人体健康，保护环境，建设单位需根据最新要求制定《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；⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

2、辐射事故应急应纳入本单位安全生产事故应急管理体系，定期组织演练。

3、建设单位做好与从事活动相匹配的辐射事故应急物资（装备）的准备。

4、一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取必要的先期处理和防控措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组按照辐射事故应急预案的程序和要求上报属地生态环境部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

如果发生不正常运行工况等事件，厂家组织专业技术人员穿戴好防护用品排除故障。

表 13：结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：中玖闪光医疗科技有限公司新一代 FLASH 放疗设备研发及其产业化（一期）项目（重新报批）

建设单位：中玖闪光医疗科技有限公司项目

建设性质：新建

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 3 号楼。

本项目主要建设内容：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 号楼东南侧部分房间建设厂房，进行 10MV、9MV X-Flash 和 9MeV e-Flash 放疗加速器研发，购买 1 台 6MV 型号为 Precise 的常规放疗加速器用于测试研究，并配套建设屏蔽机房。项目建成后，年生产、销售、使用 10MV、9MV X-Flash 和 9MeV e-Flash 放疗加速器各 5 台；使用 9MeV X-Flash 放疗加速器、9MeV e-Flash 放疗加速器、10MV X-Flash 加速器和 6MV 常规放疗加速器各 1 台用于试验、测试和研究。涉及的射线装置均为 II 类射线装置。本项目由试验区、组装区和配套功能区等 3 部分组成。

2、本项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域应用，根据国家发展和改革委员会发布《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。

3、本项目选址合理性分析

本项目位于中玖闪光 3 号试验厂房内，项目运营期对环境的影响较小。本评价认为其选址和平面布置是合理的。

4、工程所在地区环境质量现状

本项目拟建区域 X-γ 辐射剂量率为 60nGy/h~65nGy/h，与《2023 年四川省生态环境状况公报》中全省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率结果（≤70nGy/h~160nGy/h）辐射水平相当，处于当地天然本底涨落范围。

5、环境影响评价结论

①辐射环境影响

经模式预测，在正常工况下，项目投入使用后对职业人员造成的年附加有效剂量低于 5mSv 的年剂量管理限值；对公众造成的年附加有效剂量低于 0.1mSv 的年剂量管理限值。

②大气的环境影响

本项目射线装置运行期间，经过通排风后，电子 FLASH 加速器动物试验测试间、FLASH 加速器测试间、加速器试验测试间室内臭氧浓度可低于《室内空气质量标准》0.16mg/m³ 的限值。同时不会对周围大气环境造成明显影响。动物暂存间产生的恶臭气体经活性炭装置处理后经独立管道引至厂房外排放，经扩散后对周围环境影响很小。

③废水的环境影响

本项目加速器使用的冷却水均循环使用不外排。动物间鼠笼一月清洗一次。生活废水和清洗废水排入园区污水管网，进入七星坝污水处理厂处理，对周围水环境无明显影响。

④固体废物的环境影响

本项目加速器运行过程中不产生放射性废物，医疗废物交由有资质的单位处理。工作人员、患者产生的生活垃圾和办公垃圾由中玖闪光进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。动物暂存间产生的废活性炭属于危险废物，定期交有资质单位处置。本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小

⑤噪声环境影响

本项目加速器机房选用低噪声排风机，设备噪声源强不高于 65dB（A）；通排风系统噪声很小，采用经墙体屏蔽和距离屏蔽后，对周围声环境无明显影响。

6、事故风险与防范

建设单位制订了完善的辐射事故应急预案和安全规章制度，需按本报告提出的要求进行补充和完善，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件。

7、环保设施与保护目标

建设单位需按设计和环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评

中确定的绝大多数保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

8、辐射安全管理综合能力

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

9、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，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中玖闪光医疗科技有限公司试验厂房内进行建设，从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

建议和承诺

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、建设单位重新申领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://fushe.mee.gov.cn>）参加辐射安全培训。

5、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》，建设项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况（辐射防护及环境保护设施（设备）验收一览表），编制验收监测报告。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，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见，并依法向社会公开验收报告。

表 14： 审批

		公 章	
经办人		年	月 日

审批意见：			
		公 章	
经办人		年	月 日