

绵阳市中心医院
新增9MV e-Flash放射治疗加速器
核技术利用项目
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：绵阳市中心医院
验收监测单位：四川省自然资源实验测试研究中心
(四川省核应急技术支持中心)

2026年3月

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 项目建设情况	5
表 3 辐射安全与防护设施/措施	15
表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定	27
表 5 验收监测质量保证及质量控制	30
表 6 验收监测内容	32
表 7 验收监测	35
表 8 验收监测结论	43

附图：

附图 1：项目地理位置图

附图 2：本项目外环境关系、医院平面布置及本次验收监测布点图

附图 3：本项目所在楼层（-1F）现状平面布置及本次验收监测布点图

附图 4：本项目两区划分及人流、物流路径示意图

附件：

附件 1：委托书

附件 2：本项目辐射安全许可证

附件 3：本项目环评批复

附件 4：本次验收监测报告

附件 5：绵阳市中心医院关于调整放射防护与辐射安全管理领导小组的通知

附件 6：辐射安全与防护相关规章制度

附件 7：本项目辐射工作人员辐射安全与防护考核成绩报告单

附件 8：本项目辐射工作人员近一年个人剂量监测报告

附件 9：原医用加速器退役处置报告单

表 1 项目基本情况

建设项目名称	绵阳市中心医院新增9MeV e-Flash 放射治疗加速器 核技术利用项目				
建设单位名称	绵阳市中心医院				
建设项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技术改造				
建设地点	四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号绵阳市中心医院门诊大楼负 一楼				
源项	放射源	/			
	非密封放射性物 质	/			
	射线装置	1 台II类射线装置(e-Flash 放射治疗加速器, 型号为 200A)			
建设项目环评批复 时间	2025 年 8 月 8 日	开工建设时间	2025 年 9 月		
取得辐射安全许可 证时间	2025 年 11 月	项目投入运行时间	2025 年 12 月		
辐射安全与防护设 施投入运行时间	2025 年 12 月	验收现场监测时间	2025 年 12 月		
环评报告表审批部 门	四川省生态环境 厅	环评报告表编制单位	四川省自然资源实 验测试研究中心(四 川省核应急技术支 持中心)		
辐射安全与防护设 施设计单位	中玖闪光医疗科 技有限公司	辐射安全与防护设施 施工单位	中玖闪光医疗科技 有限公司		
投资总概算	150 万元	辐射安全 与防护设 施投资总 概算	6 万元	比例	4%
实际总概算	152.1 万元	辐射安全 与防护设 施实际总 概算	8.1 万元	比例	5.33%

验收依据	<p>1.1 法律</p> <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第九号，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起施行。</p> <p>1.2 法规</p> <p>(1) 《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，2005 年 12 月 1 日起施行，2019 年 3 月 2 日根据《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第 709 号）修改；</p> <p>(2) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(3) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 第 31 号公布；根据 2021 年 1 月 4 日发布的《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》（生态环境部令 第 20 号）修改）；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2021 年修改，生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行环保部第 18 号令）；</p> <p>(5) 《四川省辐射污染防治条例》（2015 年 11 月四川省第十二届人民代表大会常务委员会第十七次会议通过，2016 年 3 月 1 日起施行）；</p> <p>(6) 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，环境保护部办公厅 2017 年 11 月 22 日印发并施行；</p> <p>(7) 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 第 66 号））；</p> <p>(8) 《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 第 57 号，2019 年 12 月</p>
------	---

<p>验收依据</p>	<p>23 日)。</p> <p>1.3 技术规范</p> <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(2)《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ244-2017)；</p> <p>(3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(5)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(6) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)；</p> <p>(7) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》的公告，生态环境部公告 2018 年第 9 号；</p> <p>(8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)；</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2007)。</p> <p>1.4 其他相关文件</p> <p>(1) 《绵阳市中心医院新增 9MeV e-Flash 放射治疗加速器核技术利用项目环境影响报告表》(报批版)，2025 年 7 月，四川省自然资源实验测试研究中心(四川省核应急技术支持中心)编制完成；</p> <p>(2)《四川省生态环境厅关于绵阳市中心医院新增 9MeV e-Flash 放射治疗加速器核技术利用项目环境影响报告表的批复》(川环审批(2025)106 号)；</p> <p>(3) 《四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025 年版)》的通知》(川环函(2025)616 号)。</p>
-------------	--

<p>验收执行标准</p>	<p>环评报告中评价标准：</p> <p>一、污染物排放标准</p> <p>1、废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准；</p> <p>2、废水依托原有污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准；</p> <p>3、施工期噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2011）相关标准；该标准已更新，本次验收执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）；</p> <p>4、运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准。</p> <p>二、电离辐射剂量约束及排放管理</p> <p>1、职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第4.3.2.1条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。项目管理按上述标准限值的1/4作为本项目职业照射年有效剂量管理限值，即5mSv/a。</p> <p>2、公众照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第B1.2.1条的规定，实践使公众中有关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量1mSv。项目管理限值按上述标准中规定的公众照射年有效剂量限值的1/10执行，即0.1mSv/a。</p> <p>结合本项目的实际工作情况，在本次评价中，将辐射防护的剂量管理限值规定为：</p> <p>a) 职业照射个人总受照剂量管理限值取5mSv；</p> <p>b) 公众照射个人总受照剂量管理限值取0.1mSv。</p>
---------------	---

表 2 项目建设情况

2.1 项目建设内容

2.1.1 建设单位情况

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

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

目前，绵阳市中心医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00688]），许可种类和范围为：使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；生产使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所（具体范围详见副本）。辐射安全许可证有效期至2027年02月07日。

2.1.2 项目建设内容及规模

本次验收内容为，建设单位将位于门诊大楼（-1-4F）负一层放疗中心直线加速器治疗2室改名为e-Flash治疗室，并将其内部的原有的一台射线装置退役，新增一台e-Flash放射治疗加速器（下文简称“e-Flash加速器”）。

新增的e-Flash加速器型号为200A，有用线束为电子线，最大电子线能量为

9MeV，属于II类射线装置。该射线装置出束方式为脉冲式，无法连续出束。本项目e-Flash加速器日最大放疗出束次数为50次，年最大工作日250天，年最大放疗出束次数为12500次/年；e-Flash加速器年最大质控出束次数为1000次/年。故本项目e-Flash加速器年最大出束次数为13500次/年。

本项目e-Flash加速器主要用于临床试验和临床浅表层肿瘤治疗，单次运行由蓄能阶段和出束阶段组成：单次运行后仅可出束1次，无论是否还有剩余剂量，均结束该次运行。若关注其单次出束，则e-Flash加速器单次最大出束剂量为50Gy/次，单次最大出束时间为0.2s，出束口最大电子线剂量率为250Gy/s，年最大出束时间为0.75h/a（治疗0.69h+质控0.06h）；若关注其单次运行，则e-Flash加速器单次运行最大出束剂量为50Gy/次，单次运行时间至少为5min，等效出束口最大电子线剂量率为10Gy/min，在等效出束口电子线剂量率最大为10Gy/min的情况下，年最大运行时间约为1125h/a（治疗1041.7h+质控83.3h）。

本项目利用旧原直线加速器2室既有的配套控制室和设备间，未改变原直线加速器2室的平面布局和屏蔽墙体，仅对部分辐射安全设施进行了改造更新。

本项目的建设内容见表 2-1。

表 2-1：项目建设内容表

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

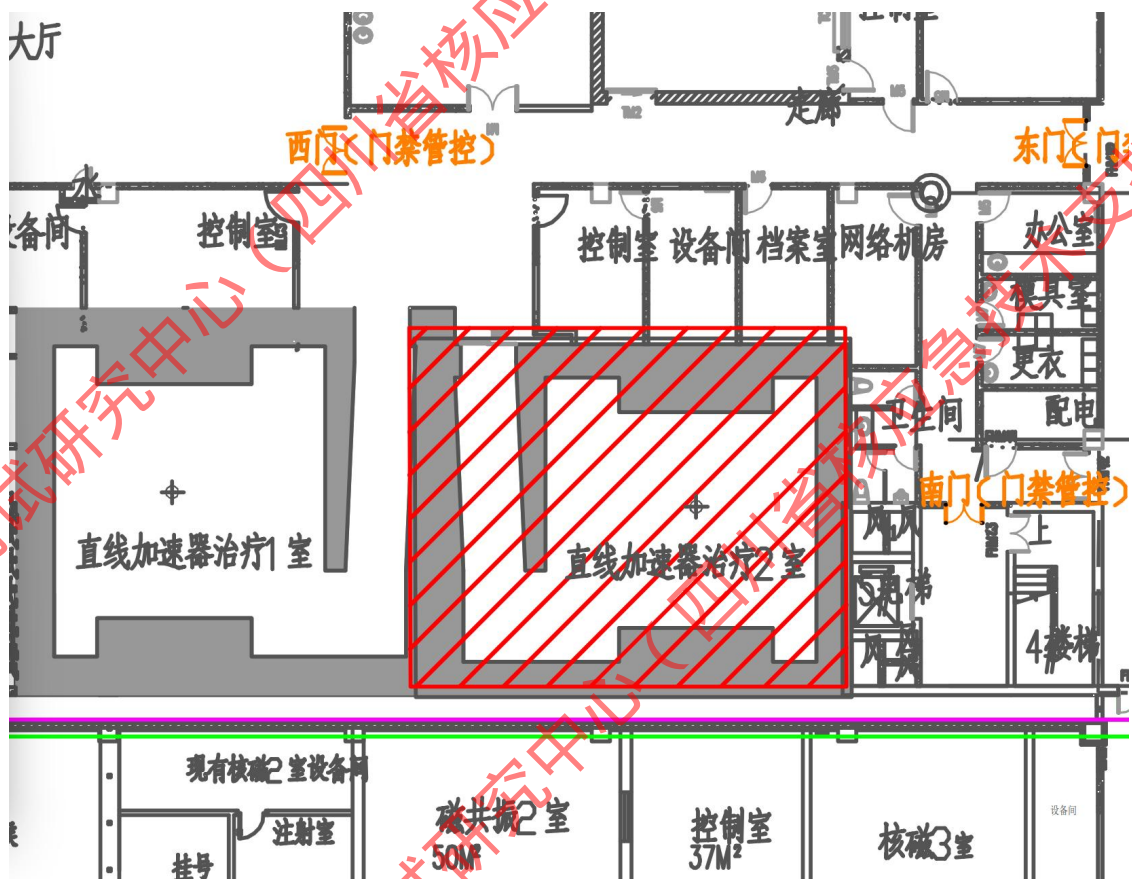
2.1.3 项目建设位置及项目总平面布置

本次进行射线装置替换的 e-Flash 治疗室位于门诊大楼负一楼南部的放疗中心，以 e-Flash 治疗室为中心，从北开始顺时针方向依次为控制室、设备间、档案室、网络机房、卫生间、通风井、电梯、窄缝、直线加速器治疗 1 室。e-Flash 治疗室正上方为一层的空调机房、库房、杂物间等；下方为土层。

e-Flash 治疗室所在的放疗中心较为封闭和独立；放疗中心共有 3 扇门可以进出，均设置有门禁系统，需要钥匙才能进去；门口张贴有辐射警示标志，可提醒无关人员远离。

e-Flash 治疗室布设在医院独立专门的放疗中心内，避开了人流较多的门诊区

和住院部等，且布局紧凑，便于患者就诊且方便医院对放疗设备的统一管理，同时 e-Flash 治疗室采取了有效的辐射屏蔽措施，产生的电离辐射经屏蔽后对周围环境影响较小。



附图 2-1：本项目平面布置图

根据现场勘察，本项目平面布置情况与环评一致。

2.1.4 项目周围环境概况

本项目 e-Flash 治疗室位于门诊大楼负一层南部，以拟建地为中心，半径 50m 范围内具体为：北侧 50m 范围内为走廊、模拟定位间、CT 间等；西侧 50m 范围内为直线加速器治疗 1 室、走廊等；南侧 50m 范围内第一住院大楼磁共振控制室、磁共振 2 室、磁共振 3 室、CT 室等；东侧 50m 范围内为卫生间、走廊、水泵房、2/3 号宿舍楼、森林警察大队办公室等；上方为一层的空调机房、库房、杂物间等；下方为土层。

项目外环境关系图见附图 2。项目评价范围内的保护目标见下表。

表 2-2：主要环境保护目标

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

项目周围环境保护目标与环评一致。

2.1.5 项目变动情况

本项目环境影响评价文件为四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）于2025年7月编制完成的《绵阳市中心医院新增9MeV e-Flash放射治疗加速器核技术利用项目环境影响报告表》（报批版），环评内容为：绵阳市中心医院拟将位于门诊大楼负一层放疗中心直线加速器治疗2室内现有的射线装置退役，新增1台型号为200A的e-Flash放射治疗加速器，有用线束为电子线，最大电子线能量为9MeV，属于II类射线装置；最大单次出束剂量为50Gy/次，每次出束时间不超过0.2秒；年最大出束次数为13500次/年，年最大实际出束时间为0.75h/a。

本次验收项目于2025年9月开工，2025年10月建成，2025年11月纳入建设单位辐射安全许可证台账，2025年12月开始调试运行。

本项目实际建设内容与环评审批决定建设内容对比情况见表2-3。

表 2-3：项目实际建设内容与环评审批决定建设内容对比情况一览表

项目	环评审批决定建设内容及规模	验收建设内容及规模	是否一致
设备及机房情	拟将位于门诊大楼负一层放疗中心直线加速器治疗2室内已许可安装	建设单位已将原有的1台Elekta Synergy型医用电子	未超出环评范围，

况	使用的1台 Elekta Synergy 型医用电子直线加速器（拟实施退役）更换为1台型号为200A型的9MeV e-Flash 放疗加速器，不涉及改变该治疗室屏蔽结构，仅对部分辐射安全设施进行改造。e-Flash 放疗加速器最大电子线能量为9MeV，最大输出剂量为50Gy/次，出束口最大电子线剂量率为250Gy/s，出束方向固定朝向地面，单次运行分为蓄能和出束两个阶段（总时间约5min），其中出束阶段最长时间为0.2秒/次，采用脉冲出束，年出束次数不超过13500次/年（治疗12500次、质控1000次），年累积出束时间为0.75小时，属于II类射线装置，用于临床试验和浅表层肿瘤治疗，项目总投资150万元，其中环保投资6万元。	直线加速器委托四川衍栢科技有限公司报废处理。在机房新安装一台型号为200A型的9MeV e-Flash 放疗加速器，最大电子线能量为9MeV，最大输出剂量为50Gy/次，出束口最大电子线剂量率为250Gy/s，出束方向固定朝向地面，单次运行分为蓄能和出束两个阶段（总时间约5min），其中出束阶段最长时间为0.2秒/次，采用脉冲出束，年出束次数不超过13500次/年（治疗12500次、质控1000次），年累积出束时间为0.75小时，属于II类射线装置，用于临床试验和浅表层肿瘤治疗，项目总投资152.1万元，其中环保投资8.1万元。	且本次验收的建成项目与环评一致，无变更。
---	--	---	----------------------

本次验收的射线装置的设备数量、参数、工作场所位置与环评及环评批复一致，无《建设项目环境保护管理条例》第十二条中所列重大变动的情况。

本项目投入调试运行以来，9MeV e-Flash 放疗加速器和防护设施均保持正常运行，符合竣工验收的条件。

2.2 源项情况

本项目9MeV e-Flash 放疗加速器型号、类型、射线种类、有用线束范围等技术参数见表2-4。

表 2-4：射线装置主要设备配置、主要技术参数及使用情况

主要技术参数	
设备名称	9MeV e-Flash 放射治疗加速器
射线装置类别	II类射线装置
用途	配置在 e-Flash 治疗室内，主要用于浅表层肿瘤等治疗。
射线类型	脉冲电子射线
最大射线能量	9MeV
出束口单次出束最大剂量	50Gy

出束口每小时最大出束次数	12次
源皮距	50cm
机头最大旋转角度	X方向正负30度, Y方向: 30度到负15度
最大照射野	78.5cm ² (Φ10cm)
漏射率	不大于0.1%
出束方向	朝向地面±30°
最大束流强度	120mA
最大单次出束时间	0.2s
出束口每小时实际最大出束剂量	600Gy
使用情况	
最大日放疗次数	50次 (单次运行仅出束1次)
最大使用天数	250天
最大年出束次数	放射治疗12500次+质控1000次
最大年实际出束时间	0.75h/a

2.3 工程设备与工艺分析

2.3.1 工作原理及设备组成

1、工作原理

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

电离室通常由一个密封的腔体构成, 内部充有特定的气体, 如空气、氩气等。腔体中设有两个电极, 当电离辐射进入电离室时, 会使气体分子电离产生离子对, 这些离子对在电场作用下分别向正、负电极移动, 从而形成电离电流。通过测量电离电流的大小, 就可以对电离辐射的强度、剂量等进行定量测量。因此, 加速器出束口单次出束最大剂量是由电离室探测确定的, 并且用EBT4剂量感光胶片加以验证。

本项目e-Flash加速器本质是直线加速器, 其基本工作原理为电子从加速管一端的电子枪产生, 并在电子枪电场作用下进入到加速管加速腔体。e-Flash加速器的加速腔采用驻波加速电子方式, 是对电子进行加速(增能)的关键部件。由速调管产生的微波能量经过隔离器、波导最终馈入加速管, 在加速管的谐振腔体中建立加速电场。当加速电场的变化周期与电子发射周期匹配后, 电子在加速管中进行加速通过钛窗直接发射出来。为实现短时间内大剂量的超高剂量率电子射线

输出，这需要产生加速大量的电子，大量的电子的产生及加速过程需要巨大的能量。

厂家单位将电子发射、加速过程变成脉冲式发射，这样既满足功率与散热要求，同时又可以实现电子束频率、宽度、幅度的可靠有效控制。为实现电子枪发射电子与微波在加速管中的建场时机匹配，加速管系统通过同一触发源，保证脉冲波形的同步性。

e-Flash加速器有用线束为电子束，电子束直接从钛窗引出照射病灶，出束过程中电子照射到不同物质上产生一定能量和份额的X射线，这部分X射线为无用的杂散射线。

本项目e-Flash加速器的工作原理如下图所示。

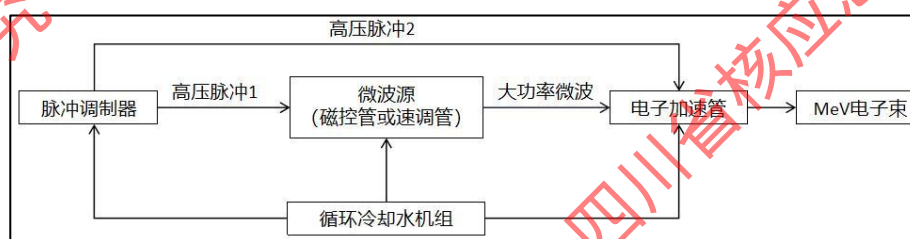


图 2.3-1：e-Flash 加速器工作原理示意图

2、设备组成

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

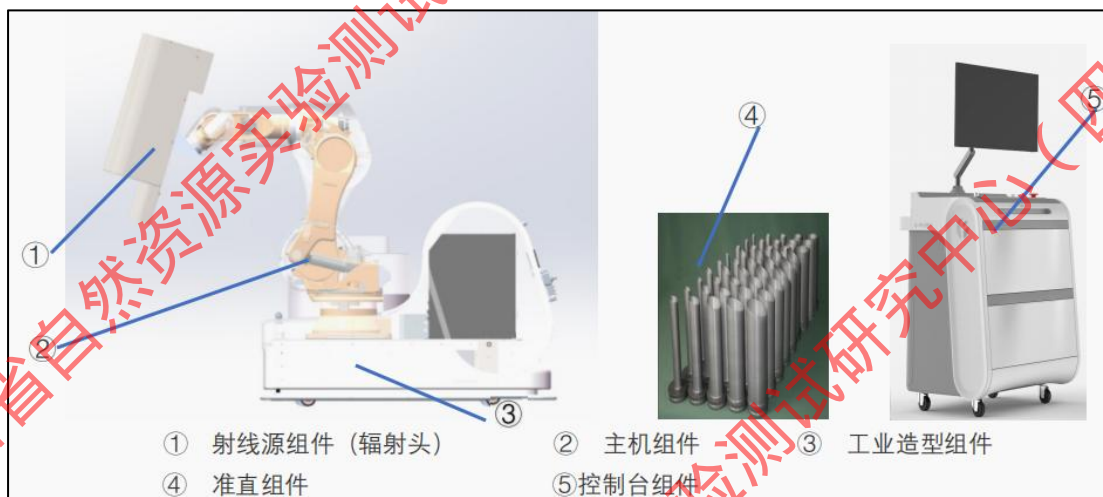


图 2.3-2：本项目 e-Flash 加速器组成示意图

(1) 射线源组件（辐射头）：射线源组件（辐射头）固定在机械臂上，其主要包括高压脉冲调制器、微波系统（速调管、波导传输组件）、加速管、水冷系

统、射线源控制系统、屏蔽组件、视觉系统和剂量监控系统。

(2) 主机组件：底座部件、机械臂部件、主机电气柜、手持控制器组成。在主机系统的后端造型上安装有可视触摸屏，称为治疗室显示器。在治疗室显示器也安装有治疗控制系统软件，主机系统上电后软件将自动启动，用户可以在治疗室内完成患者信息及治疗参数的设置。

(3) 工业造型组件：本产品的工业造型由底座外壳、机械臂外壳和辐射头外壳组成。将整个治疗设备封闭在工业造型内。

(4) 准直组件：准直组件包括限光筒、等效组织及限光筒固定支架。限光筒采用铝合金材质制成，设有不同的尺寸规格，用于适配照射病灶的不同规格尺寸及深度位置。限光筒选择完成后，通过限光筒固定支架将限光筒与患者进行位置固定。等效组织是与限光筒尺寸进行匹配的，同样具有不同规格尺寸，医生通过病灶处的照射剂量、深度需求，选择不同厚度的等效组织，使病灶处得到理想的照射效果。

(5) 控制台组件：控制台组件包含TCS电脑单元（内含治疗控制系统软件）、控制面板、移动控制台柜体、控制台组件电缆和相关标签标识组成。控制台组件放置在控制室内，该设备是e-Flash系统与用户交换的媒介，为物理师、医生提供患者、治疗的状态信息。物理师或医生在控制台组件的TCS治疗控制系统软件上，可以选择要治疗的患者或者新制订一个患者的治疗计划，并启动治疗。治疗控制系统软件根据制定的患者计划转换为治疗数据传送到主机控制系统，引导患者定位床并按照治疗计划的指示执行治疗。

2.3.2 工作流程及产污环节

本项目主要进行浅表部位肿瘤、疤痕等的放射治疗，无论是在志愿者试验阶段还是正式投入治疗阶段，主要的治疗流程均如下：

(1) 预约登记：根据医生指导意见，需要接受治疗的病人提前预约登记，以确定治疗时间，候诊准备。

(2) 模拟定位：先采用模拟定位机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

(3) 制定治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间，在计划室内完成，物理师采用模具验证治疗计划。

(4) 固定患者体位：利用加速器进行治疗时，医师指导技师需对患者进行定位、标记、调整照射角度和照射野。

(5) 出束治疗：出束前，除了待治疗病人，其余人员撤出治疗室，关闭防护门，通过监控系统观察机房内情况，检查联锁系统。工作人员在操作间控制台确认治疗参数后，插入专用控制钥匙，加速器出束治疗。

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

本项目的治疗过程及其产污环节见下图：

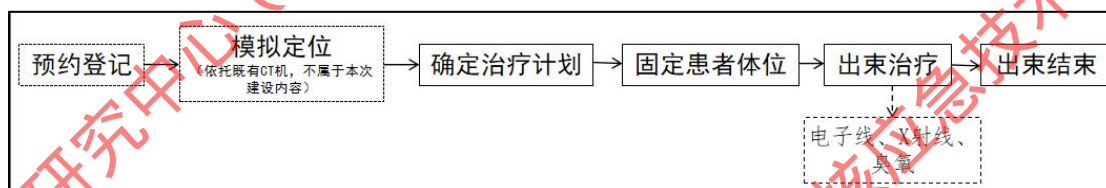


图 2.3-3：本项目运营期治疗过程及产污环节示意图

3、使用工况

根据医院提供资料，本项目加速器用于常规放射治疗，日最大放疗出束次数为 50 次，年最大工作日 250 天，年最大放疗出束次数为 12500 次/年；e-Flash 加速器年最大质控出束次数为 1000 次/年。

2.4 污染源项分析

环评情况：

1、电离辐射

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

2、废水

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

3、废气

本项目e-Flash加速器在运行过程中产生的有害气体主要为空气中的氧和氮在辐射作用下电离而生成的臭氧和氮氧化物。臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，但产生量极少。

4、噪声

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

5、固体废物

本项目工作人员为既有工作人员，不会新增生活垃圾和办公垃圾。

实际情况：与环评一致。

2.5 工作人员及工作制度

2.3.1 人员配置

本项目 e-Flash 治疗室辐射安全的管理科室为肿瘤科，本项目配备辐射工作人员共 5 名，其中 2 名技师、1 名物理师和 2 名医师。本项目辐射工作人员除本项目外，可能会参与其它辐射相关工作。

2.3.2 工作制度

根据建设单位提供的资料，本项目辐射工作人员每年工作 250 天，每天工作 8 小时，实行白班单班制。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 项目工作场布局及分区

3.1.1 工作场所的布局

本次进行射线装置替换的 e-Flash 治疗室位于门诊大楼负一楼南部的放疗中心，以 e-Flash 治疗室为中心，从北开始顺时针方向依次为控制室、设备间、档案室、网络机房、卫生间、通风井、电梯、窄缝、直线加速器治疗 1 室。e-Flash 治疗室正上方为一层的空调机房、库房、杂物间等；下方为土层。

e-Flash 治疗室所在的放疗中心较为封闭和独立：放疗中心共有 3 扇门可以进出，均设置有门禁系统，需要刷专用钥匙才能进去；门口张贴有辐射警示标志，可提醒无关人员远离。

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

对照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）布局要求，本项目 e-Flash 治疗室平面布置合理性分析见表 3-1。

表 3-1: e-Flash 治疗室平面布局合理性分析

标准要求	本项目 e-Flash 治疗室布置合理性分析	是否满足标准要求
放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端。	本项目 e-Flash 治疗室位于门诊大楼负一楼南部的放疗中心，位于建筑物底部。	满足
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 e-Flash 治疗室及其辅助机房均按照该要求原则同时进行设计。	满足
放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。	本项目 e-Flash 治疗室已按照要求设置控制区和监督区。	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 治疗室各个方向的防护屏蔽均能满足相应的屏蔽要求。	满足
治疗设备控制室应与治疗机房分开设置。	本项目 e-Flash 治疗室的设备控制室在治疗机房外部。	满足
应合理设置有用线束的朝向，直接	本项目 e-Flash 治疗室的设备控制	满足

与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其它居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	室不在治疗设备的有用线束照射范围内。	
除 X 射线管治疗机房、术中放射治疗手术室和 γ 刀治疗机房可不设置或根据情况确定是否选用迷路，其它治疗机房均应设置迷路。	本项目 e-Flash 治疗室已设置迷路。	满足

场所布局与环评一致。

3.1.2 工作场所的分区

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）要求在放射性工作场所内划出控制区和监督区。本项目控制区和监督区划分见表 3-2。

表 3-2：本项目“两区”划分与管理

工作场所	控制区	监督区	备注
e-Flash 治疗室治疗区	e-Flash 治疗室	放疗中心内，非控制区的房间均划为监督区	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，监督区范围内应限制无关人员进入。

3.2 辐射防护设施及措施

3.2.1 机房建筑屏蔽情况

本项目 e-Flash 治疗室为利用原治疗 2 室既有机房，仅更换添加了部分辐射安全防护设施（设备），本项目 e-Flash 治疗室屏蔽情况见表 3-3。

表 3-3：本项目 e-Flash 治疗室实体防护设施对照表

工作场所	e-Flash 治疗室	是否与环评一致
机房建筑面积及长×宽×高	建筑面积 159.6m ² ，净空尺寸为 8.8m（长）×7.0m（宽）×3.2m（高）	一致
四周墙体	北侧和南侧主屏蔽墙厚 2.19m（宽 5m），相连次屏蔽墙厚 1.07m；东侧侧屏蔽墙体厚 1.07m	一致
屋顶	屋顶主屏蔽墙厚 2.19m（宽 5m），相连次屏蔽墙厚 1.57m	一致
迷路	西侧为长 10.3m 的直迷路，迷路内墙厚 0.65~0.93m，迷路外墙厚 1.25~1.88m	一致
防护门	防护门为 10mm 铅当量的平移电动门	一致
观察窗	无，通过监控探头对 e-Flash 治疗室内情况进行观察	一致

各屏蔽墙体及顶棚、防护门的屏蔽效果，以机房外现场检测结果是否满足标

准要求的周围剂量当量率控制水平为依据进行验收。

3.2.2 机房辐射防护设施及措施

为防止设备在运行过程中其他人员误入机房，受到不必要的照射，本项目 e-Flash 治疗室设置有辐射防护设施及措施，依据生态环境部（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监督执法检查大纲（2025 年版）》（川环办函〔2025〕338 号）的通知中对医用 II 类射线装置的要求对 e-Flash 治疗室设置的辐射安全装置和防护措施进行现场查验。现场核实情况如表 3-3 所示，现场核查照片详见图 3-2。

表 3-3：e-Flash 治疗室安全装置和防护措施检查表

e-Flash 治疗室				
序号	项目	规定的措施和制度	落实情况	是否与规定和环评一致
1	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	已落实	一致
2		控制台有紧急停机按钮	已落实	一致
3		电视监控与对讲系统	已落实	一致
4		治疗室门与束流联锁（门-机联锁）	已落实	一致
5		治疗室内准备出束音响提示	已落实	一致
6	警示装置	入口电离辐射警示标识	已落实	一致
7		入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	已落实	一致
8	照射室紧急设备	紧急开门按钮	已落实	一致
9		治疗室及迷道内有紧急停机按钮	已落实	一致
10		治疗床有紧急停机按钮	已落实	一致
11	监测设备	治疗室内固定式剂量报警	已落实	一致
12		个人剂量报警仪	已落实	一致
13		个人剂量计	已落实	一致
14		便携式 X-γ 辐射监测仪（AT1123）	已落实	一致



固定式辐射报警仪



AT1123 辐射监测仪



个人剂量报警仪



个人剂量报警仪



机身紧急停机按钮



墙面紧急停机按钮



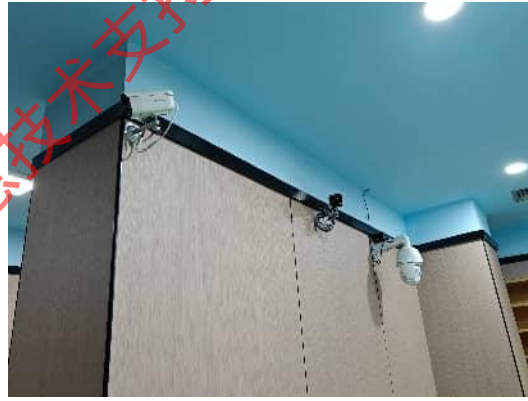
控制台上紧急停机按钮



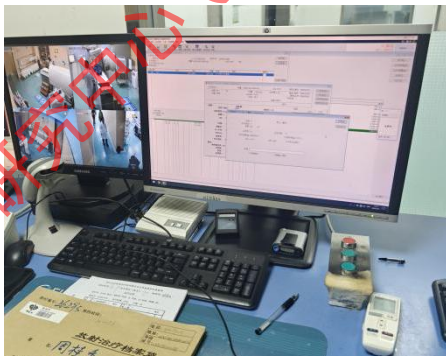
视频监控显示器



视频监控探头



视频监控探头



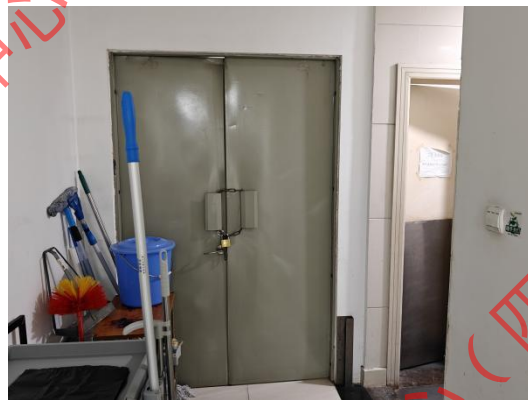
语音对讲系统



两区划分标志



治疗室西北侧出入口门禁



治疗室东北侧出入口门禁



图 3-1：现场核查照片

3.2.3 检测仪器配备情况

本项目检测仪器配备情况见表 3-4。

表 3-4：e-Flash 治疗室检测仪器配置情况

序号	名 称	数量	是否与环评一致
1	X、 γ 辐射空气比释动能率仪 (ATI123)	1 台	一致
2	个人剂量报警仪	2 台	一致

3.3 污染治理设施

3.3.1 废水处理措施

本项目 e-Flash 加速器的冷却系统降温液体为纯水，系统内循环使用不外排。本项目辐射工作人员均为既有工作人员，无新增生活废水。

废水处理措施与环评一致。

3.3.2 废气的处理措施

本项目运营期产生的废气主要考虑臭氧，建设单位采用空调系统加排风系统将废气排出室外。本项目采用空调送风，排风机进行机械排风，排风量为

1000m³/h，最终排气筒位于门诊大楼楼顶（离地高度约 18m），未朝向人群密集处，经自然稀释后不会对周围大气环境造成影响。

废气处理措施与环评一致。

3.3.3 噪声

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

噪声处理措施与环评一致。

3.3.4 固体废物

医用直线加速器在工作过程中不产生固体废物，本项目辐射工作人员均为既有工作人员，无新增生活固体废物。

固废处理措施与环评一致。

3.4 辐射安全与环境保护管理组织设置情况

建设单位已成立了以蒋涛为组长的放射防护与辐射安全管理领导小组，领导小组的成员基本涵盖各相关职能科室，通知文件明确了领导小组的工作职责，满足相关要求。放射防护与辐射安全管理领导小组文件见附件 2。

3.5 规章制度制定情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第六款的要求，建设单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

建设单位已制定有相关的辐射安全与防护管理制度（见附件 6），包括：医院已制定了《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《放射源与射线装置台账管理制度》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《监测仪表使用与核验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》《工作场所分区管理规定》《质量保证大纲和质量控制检测计划》等相关管理制度。其中《辐射工作人员岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《放射（辐射）安全事故应急处理预案》《辐射事故应急响应流程》《放疗技师岗位职

责》《e-Flash 加速器保养与维修制度》《直线加速器操作规程》《放射防护管理规章制度》和《e-Flash 治疗室工作制度》等制度均已上墙。现制订的辐射防护规章制度较为全面，可操作性强，能够满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中要求及日常工作指导需要。建设单位应在工作过程中，严格遵守和执行各项管理制度，并根据实际工作需求及法规要求，定期对制度进行更新与完善。





图 3-2：规章制度上墙照片

3.7 辐射监测

3.7.1 个人剂量监测

建设单位已为辐射工作人员购置个人剂量计与个人剂量报警仪，其个人剂量监测工作委托有资质的单位进行检测，由建设单位安排专门的科室统一负责管理。监测基本情况如下：

- (1) 监测种类：光子外照射监测；
- (2) 监测方法：热释光法，依据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；
- (3) 监测周期：每年 4 个周期，3 个月/周期。

3.7.2 辐射环境监测

建设单位已制定辐射环境监测方案，配备了 1 台便携式辐射检测仪（AT1123）用于 e-Flash 治疗室机房自主监测，并记录档案。具体监测方案如下：

- (1) 监测范围：机房控制室、机房墙外、防护门外等人员可能到达的位置；
- (2) 监测项目：X (γ) 射线剂量当量率；

(3) 监测周期：每季度 1 次。

除自主监测外，建设单位定期委托具有监测资质的单位，对 e-Flash 治疗室周围环境的 X- γ 辐射周围剂量当量率进行监测，每年至少进行 1 次，由资质单位出具监测报告。

3.8 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位制定了《放射事故应急处理预案》和《辐射事故应急响应流程》，明确了应急机构和人员职责分工，应急响应的措施、应急联系方式等内容。当发生事故时，建设单位应立即启动辐射事故应急方案，采取有效措施，及时制止事故的恶化，并在 2 小时内向当地生态环境主管部门和上级部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生行政部门报告。

3.9 辐射安全管理制度核查情况

本项目辐射安全管理及防护评价要求与实际完成对照情况见下表：

表 3-6：辐射安全管理及防护评价要求与实际完成对照一览表

辐射安全管理及防护评价要求	现场检查情况	完善措施
有相应的辐射安全管理机构负责辐射安全。	成立了放射防护与辐射安全管理委员会，负责辐射安全管理工作。	/
辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗。	目前本项目涉及的辐射工作人员已参加辐射安全与防护培训。	/
辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案。	医院现有辐射工作人员均配有个人剂量计，根据建设单位提供的 2025 年全年全院辐射工作人员的个人剂量检测报告，工作人员个人剂量检测值均未超过 5mSv/a 的管理限值。	辐射工作人员建立个人剂量档案，个人剂量档案要终身保存。
辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案。	医院已制定了《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《放射源与射线装置台账管理制度》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《监测仪表使用与核验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》《工作场所分区管理规定》《质量保证大纲和质量控制检测计划》等相关	加强辐射安全设施日常巡查和辐射场所自我监测并做好记录，存档备查。

	管理制度。其中《辐射工作人员岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《放射（辐射）安全事故应急处理预案》《辐射事故应急响应流程》《放疗技师岗位职责》《e-Flash 加速器保养与维修制度》《直线加速器操作规程》《放射防护管理规章制度》和《e-Flash 治疗室工作制度》等制度均已上墙。现制订的辐射防护规章制度较为全面，可操作性强，能够满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中要求及日常工作指导需要。建设单位应在工作过程中，严格遵守和执行各项管理制度，并根据实际工作需求及法规要求，定期对制度进行更新与完善。	
需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查。	医院已定期完成已有辐射工作场所的年度监测，并建立了监测档案。	/
放射性工作场所应实行分区管理制度。	对放射工作场所进行了分区管理，贴“电离辐射警告标志”。	/
辐射工作单位应建立放射性同位素与射线装置销售、购入、保管、使用台帐，做到帐物相符。	已建立详细的射线装置管理台账，且做到了账物相符。	/
辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案。特别应做好放射源的防火、防水、防盗、防抢、防破坏、防射线泄漏的实体保卫及防护措施。	医院制定了《辐射事故应急预案》，同时辐射工作场所现场已做到防火、防水、防破坏、防射线泄漏的实体保卫及防护措施。	在运行过程中，根据实际情况不断完善应急预案内容，定期开展演练，并定期对安防设施、设备进行维护。

3.10 环保“三同时”落实情况

本项目属于改扩建项目，根据现场检查情况，本项目的环保工程与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，满足“三同时”的要求，落实了环境影响评价报告提出的各项污染防治措施。

3.11 环境保护设施投资、建设及运行情况

环评时，本项目总投资约 150 万元，环保投资 6 万元，占总投资的 4%。验收时，本项目总投资约 152.1 万元，环保投资 8.1 万元，占总投资的 5.33%。因市

场价格与环评预估价格有偏差，本项目实际的环保设施投资较环评有所变化，但配置措施到位，能够满足辐射防护要求。

表 3-7：辐射防护设施（措施）及投资估算对比一览表

机房	项目		环评阶段		验收阶段		备注
			数量	费用 (万)	数量	费用 (万)	
e-Flash 加速器治疗室	辐射屏蔽措施	e-Flash 加速器治疗室机房	1 间	/	1 间	/	利旧
	安全装置	治疗室门与束流联锁（门-机联锁）装置	1 套	1	1 套	1	改造
		视频监控系统及对讲装置	1 套	/	1 套	/	利旧
		准备出束音响装置	1 套	/	1 套	/	利旧
		工作状态指示灯（门-灯联锁）	1 套	1	1 套	1	新增
		紧急开门装置	1 套	/	1 套	/	利旧
		紧急止动按钮	1 套	0.5	1 套	1	部分利旧
		固定式剂量监测仪	1 个	/	1 个	/	利旧
		入口电离辐射警告标志	2 套	/	2 套	/	利旧
个人防护用品	个人剂量计	5 套	/	5 套	/	利旧	
	个人剂量报警仪	2 个	/	2 个	/	利旧	
环保措施	通排风系统	1 套	/	1 套	/	利旧	
分区管理	场所控制区、监督区划分标识	1 套	/	1 套	/	利旧	
监测	便携式 X-γ 监测仪（AT1123）	1 台	3.5	1 台	5.1	新增	
合计			/	6	/	8.1	/

表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 环境影响评价结论

4.1.1 辐射环境影响

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

4.1.2 大气的环璜影响

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

4.1.3 废水的环境影响

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

4.1.4 固体废物的环境影响

本项目不会产生危险废物和放射性固废，工作人员为既有工作人员，不新增生活和办公垃圾，对周围环境无影响。

4.1.5 噪声环境影响

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

4.2 本项目选址合理性结论

本项目位于医院内，项目运营期对环境影响较小。环评认为其选址和平面布置是合理的。

4.3 事故风险与防范结论

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

4.4 环保设施与保护目标结论

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

4.5 辐射安全管理的综合能力结论

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，拟制定辐射事故、应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对一一落实设计的环保设施和相关的法律法规的要求后，即具备本项目辐射安全管理的综合能力。

4.6 项目环保可行性结论

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

4.7 项目环评批复要求及落实情况

本项目环评批复（川环审批〔2025〕106号）具体要求及落实情况见表4-1。

表4-1：本项目环评批复要求及落实情况一览表

环评批复要求	落实情况
项目建设和运行中具体要求 (1) 严格按照报告表中提出的辐射安全与防护要求，认真落实辐射屏蔽、安全连锁系统等措施，确保本项目屏蔽实体满足射线防护要求，安全连锁系统等各项安全设施实时有效。直线加速器治疗2室北侧医护人员和病人走廊出入口应设置物理门禁系统，防止公众和非本项目辐射工作人员进入。加强辐射工作场所“两区”管控，杜绝因违规操作或安全设施失效导致职业人员或公众被误照射等事故/事件发生。	(1) 建设单位已落实辐射安全与防护及污染防治要求和辐射安全与防护措施，已确保辐射安全连锁系统等各项装置实时有效。已对 e-Flash 治疗室北侧医护人员和病人走廊出入口设置了物理门禁系统。
(2) 加强射线装置出束参数控制和记录。射线装置应严格按报告表确定的出束剂量、时间、次数和方向运行，并配置前述信息数据记录和存储系统，该系统不得具备数据修改和删除	(2) 射线装置自带信息数据记录和存储系统，对射线装置的出束剂量等参数进行了记录。射线装置出束时严格遵守出束方向要求，出束方向朝向地面。 建设单位已经建立和完善辐射安全管理制度

等功能，禁止随意调整出束方向。	度，制订了有针对性和可操作性的辐射事故应急预案和应急响应程序。更新了射线装置台帐等各项档案资料和辐射安全许可证。
(3) 严格落实辐射工作场所环境监测要求。应按照报告表要求制定环境辐射监测计划和方案，配备与本项目射线装置运行参数相适应的辐射监测仪器，定期对辐射工作场所开展辐射监测，并做好有关记录。按要求编写和提交辐射安全和防护状况年度自查评估报告。	(3) 建设单位已配备便携式辐射监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等辐射监测设备，制定了辐射工作场所和环境辐射水平监测方案，并将定期开展自我监测，记录备查。将会按要求编写和提交辐射安全和防护状况年度自查评估报告。
(4) 结合本项目情况和辐射安全许可有关要求，完善本单位辐射安全管理各项规章制度及辐射事故应急预案。定期开展辐射事故应急演练，确保具备与自身辐射工作活动相适应的辐射事故应急水平。	(4) 已将本项目纳入建设单位辐射安全管理各项规章制度及辐射事故预案并定期开展辐射事故应急演练。
(5) 新增辐射工作人员应当参加并通过辐射安全与防护考核。严格落实辐射工作人员个人剂量检测，建立个人剂量健康档案。	(5) 本项目所涉及辐射工作人员已参加辐射安全和防护知识培训，并通过考试取得了合格证书，做到持证上岗。
(6) 做好“全国核技术利用辐射安全申报系统”中本单位相关信息的维护管理工作，确保信息准确完整。	(6) 已在“全国核技术利用辐射安全申报系统”中做好了本单位相关信息的维护管理工作。
(7) 报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或者采取的环境保护措施发生重大变动的，应当重新报批项目环境影响评价文件。	(7) 本项目未发生重大变动。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

5.1 检测基本信息

四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）于 2025 年 12 月 08 日对 e-Flash 治疗室周围环境的 X- γ 辐射周围剂量当量率进行了现场检测。检测基本信息见表 5-1。

表 5-1：检测基本信息一览表

项目名称	绵阳市中心医院新增 9MeV e-Flash 放射治疗加速器核技术利用项目 竣工环境保护验收监测		
委托单位	绵阳市中心医院		
委托单位地址	四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号		
受检单位	绵阳市中心医院		
检测地址	四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号		
检测内容	e-Flash 放射治疗加速器	检测参数	X- γ 辐射剂量率
委托日期	2025 年 11 月 28 日	检测人员	蒲元平、潘豹
检测日期	2025 年 12 月 08 日		
检测环境条件	环境温度：15.4℃~23.2℃；环境湿度：56.5%~64.6%；天气状况：阴。		

5.2 检测分析质量保证

本次监测单位为四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心），具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（编号：220020341133），并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

- （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实验室间的比对，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。

表 6 验收监测内容

6.1 检测项目及因子

本次主要检测 e-Flash 治疗室周围环境的 X- γ 辐射剂量率。设备基本情况如下：

表 6-1：本项目 e-Flash 加速器基本情况表

序号	装置名称	型号	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/min)	管理类别	使用场所
1	e-Flash 放射治疗加速器	200A	最大电子线能量为 9MeV	出束口最大电子线剂量率为 250Gy/s	II类	门诊大楼负一层放疗中心 e-Flash 治疗室

6.2 检测点位

本次验收检测在 e-Flash 治疗室外四周布设检测点位，具体点位布置图见下表 6-2。

表 6-2：本项目 e-Flash 治疗室周围区域检测点位

编号	测量点位置	监测频次
1	直线加速器治疗 2 室防护门外侧中部	每个点位测三次： 1、eFlash 加速器未出束时测一次； 2、eFlash 加速器出束时，出束口垂直向下时测一次； 3、eFlash 加速器出束口向监测点位以最大角度外摆时出束测一次；
2	直线加速器治疗 2 室防护门外西侧门缝	
3	直线加速器治疗 2 室防护门外东侧门缝	
4	直线加速器治疗 2 室北侧控制室操作位	
5	直线加速器治疗 2 室北侧线缆穿墙处	
6	直线加速器治疗 2 室北侧设备间	
7	直线加速器治疗 2 室北侧档案室	

8	直线加速器治疗 2 室东侧卫生间洗手台
9	直线加速器治疗 2 室东侧卫生间内部
10	直线加速器治疗 2 室东侧电梯内
11	直线加速器治疗 2 室南侧磁共振控制室
12	直线加速器治疗 2 室西侧直加机房 1 室迷路南部
13	直线加速器治疗 2 室西侧直加机房 1 室迷路中部
14	直线加速器治疗 2 室正上方 1F 库房
15	直线加速器治疗 2 室正上方 1F 走廊
16	森林警察大队办公楼 1F
17	院内 2 号宿舍楼 1F
18	院内 3 号宿舍楼 1F

6.2.1 监测点位的代表性和合理性

(1) 本次监测在 e-Flash 治疗室各个面不同厚度屏蔽墙外各布设了 1 个监测点位，可以反映屏蔽墙外公众受到的辐射水平

(2) 本次监测在控制室操作位和电缆穿墙处各布设了 1 个监测点位，可以反映辐射工作人员受到的辐射水平；在设备间布设了 1 个监测点位，可以反映偶尔在设备间的辐射工作人员受到的辐射水平。

(3) 本次监测在 e-Flash 治疗室防护门外布设了 3 个监测点位，可以反映防护门的屏蔽效果以及防护门外公众受到的辐射水平；

(4) 本次在 e-Flash 治疗室森林警察大队办公楼、院内 2 号宿舍楼和院内 3 号宿舍楼各布置了 1 个监测点位，可以反映处于这三个点位的公众受到的辐射水平。

6.3 检测仪器和检测分析方法

本次验收检测使用检测仪器详情见下表 6-3~6-4。

表 6-3：检测仪器信息一览表

监测因子	监测方法	监测仪器	测量范围
X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	仪器名称：辐射防护用 X-γ辐射剂量当量率仪 仪器型号：AT1123 仪器编号：CF0115 能量响应范围：15keV~10MeV 响应时间：30ms 校准单位：中国测试技术研究院 证书编号：校准字第 202509107507 号 校准日期：2025-09-28 有效日期：2026-09-27	50nSv/h~10Sv/h

表 6-4：气象参数监测仪器

气象参数	监测仪器
环境温度、环境湿度	仪器名称：手持气象站 仪器型号：NK 4000 仪器编号：CF0357 环境温度分辨率：0.1℃ 环境湿度分辨率：0.1% 校准单位：四川中衡计量检测技术有限公司 证书编号：20250509620621 号 校准日期：2025-05-09 有效日期：2026-05-08

检测方法依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

表 7 验收监测

7.1 验收检测工况

表 7-1: 本项目验收监测工况表

序号	装置名称	工作场所	额定参数	监测参数	出束时间	曝光方向
1	e-Flash 加速器	e-Flash 治疗室	最大电子线能量为 9MeV	电子线: 9MeV	0.2s	垂直向下、偏向检测点位最近距离

7.2 验收检测结果

本项目 e-Flash 加速器 X-γ辐射剂量率检测结果见表 7-2~表 7-4。

表 7-2: 本项目 e-Flash 治疗室周围 X-γ辐射剂量率检测结果一览表 (未出束时)

序号	点位名称	监测日期	X-γ辐射剂量率 (μSv/h)	标准差 (nSv/h)	备注
1	e-Flash 治疗室防护门外侧中部	2025-12-08	0.068	1.2	/
2	e-Flash 治疗室防护门外西侧门缝	2025-12-08	0.068	0.9	/
3	e-Flash 治疗室防护门外东侧门缝	2025-12-08	0.069	1.7	/
4	e-Flash 治疗室北侧控制室操作位	2025-12-08	0.113	2.0	/
5	e-Flash 治疗室北侧线缆穿墙处	2025-12-08	0.107	1.9	/
6	e-Flash 治疗室北侧设备间	2025-12-08	0.097	1.2	/
7	e-Flash 治疗室北侧档案室	2025-12-08	0.096	1.2	/
8	e-Flash 治疗室东侧卫生间洗手台	2025-12-08	0.137	2.8	/
9	e-Flash 治疗室东侧卫生间内部	2025-12-08	0.146	2.7	/
10	e-Flash 治疗室东侧电梯内	2025-12-08	0.114	2.1	/
11	e-Flash 治疗室南侧磁共振控制室	2025-12-08	0.100	2.4	/
12	e-Flash 治疗室西侧直加机房 1 室迷路南部	2025-12-08	0.099	1.5	/

13	e-Flash 治疗室西侧直加机房 1 室迷路中部	2025-12-08	0.100	2.4	/
14	e-Flash 治疗室正上方 1F 库房	2025-12-08	0.092	1.9	/
15	e-Flash 治疗室正上方 1F 走廊	2025-12-08	0.101	2.7	/
16	森林警察大队办公楼 1F	2025-12-08	0.109	0.8	/
17	院内 2 号宿舍楼 1F	2025-12-08	0.114	2.2	/
18	院内 3 号宿舍楼 1F	2025-12-08	0.112	2.1	/

表 7-3: 本项目 e-Flash 治疗室周围 X-γ 辐射剂量率检测结果一览表 (出束方向垂直向下时)

序号	点位名称	监测日期	X-γ 辐射剂量率 (μSv/h)	标准差 (μSv/h)
1	e-Flash 治疗室防护门外侧中部	2025-12-08	0.92	0.017
2	e-Flash 治疗室防护门外西侧门缝	2025-12-08	0.82	0.012
3	e-Flash 治疗室防护门外东侧门缝	2025-12-08	1.71	0.037
4	e-Flash 治疗室北侧控制室操作位	2025-12-08	2.31	0.041
5	e-Flash 治疗室北侧线缆穿墙处	2025-12-08	0.119	2.9
6	e-Flash 治疗室北侧设备间	2025-12-08	0.1	1.5
7	e-Flash 治疗室北侧档案室	2025-12-08	0.103	1.9
8	e-Flash 治疗室东侧卫生间洗手台	2025-12-08	1.35	0.026
9	e-Flash 治疗室东侧卫生间内部	2025-12-08	4.5	0.06
10	e-Flash 治疗室东侧电梯内	2025-12-08	0.118	1.4
11	e-Flash 治疗室南侧磁共振控制室	2025-12-08	0.102	2.5
12	e-Flash 治疗室西侧直加机房 1 室迷路南部	2025-12-08	0.102	1.8
13	e-Flash 治疗室西侧直加机房 1 室迷路中部	2025-12-08	0.101	1.8

14	e-Flash 治疗室正上方 1F 库房	2025-12-08	0.97	2.1
15	e-Flash 治疗室正上方 1F 走廊	2025-12-08	0.103	1.7
16	森林警察大队办公楼 1F	2025-12-08	0.111	1.8
17	院内 2 号宿舍楼 1F	2025-12-08	0.116	2.0
18	院内 3 号宿舍楼 1F	2025-12-08	0.114	1.8

表 7-4: 本项目 e-Flash 治疗室周围 X-γ 辐射剂量率检测结果一览表 (出束口最大角度外摆时)

序号	点位名称	监测日期	X-γ 辐射剂量率(μSv/h)	标准差率(μSv/h)
1	e-Flash 治疗室防护门外侧中部	2025-12-08	1.68	0.031
2	e-Flash 治疗室防护门外西侧门缝	2025-12-08	1.47	0.022
3	e-Flash 治疗室防护门外东侧门缝	2025-12-08	5.3	0.07
4	e-Flash 治疗室北侧控制室操作位	2025-12-08	2.95	0.044
5	e-Flash 治疗室北侧线缆穿墙处	2025-12-08	0.153	1.4
6	e-Flash 治疗室北侧设备间	2025-12-08	0.130	3.0
7	e-Flash 治疗室北侧档案室	2025-12-08	0.141	2.5
8	e-Flash 治疗室东侧卫生间洗手台	2025-12-08	9.0	0.21
9	e-Flash 治疗室东侧卫生间内部	2025-12-08	25.8	0.49
10	e-Flash 治疗室东侧电梯内	2025-12-08	7.8	0.12
11	e-Flash 治疗室南侧磁共振控制室	2025-12-08	0.123	2.5
12	e-Flash 治疗室西侧直加机房 1 室迷路南部	2025-12-08	0.112	1.7
13	e-Flash 治疗室西侧直加机房 1 室迷路中部	2025-12-08	0.105	1.5
14	e-Flash 治疗室正上方 1F 库房	2025-12-08	0.103	1.2

15	e-Flash 治疗室正上方 1F 走廊	2025-12-08	0.104	1.4
16	森林警察大队办公楼 1F	2025-12-08	0.112	2.0
17	院内 2 号宿舍楼 1F	2025-12-08	0.119	2.4
18	院内 3 号宿舍楼 1F	2025-12-08	0.115	2.2

7.3 验收监测结果分析

7.3.1 验收监测结果

根据表 7-2~表 7-4 监测结果，每个点位在不同出束情况下的监测结果呈未出束<出束口垂直向下出束<出束口向关注点方向外摆至最大角度

在未出束状态下，e-Flash 治疗室周围 X-γ 辐射剂量率范围为 68nGy/h~146nGy/h，即 0.068μGy/h~0.146μGy/h；e-Flash 加速器出束时（出束方向垂直向下时）X-γ辐射剂量率范围为 0.097μGy/h~4.5μGy/h；e-Flash 加速器出束时（出束口最大角度向监测点位外摆时）X-γ 辐射剂量率范围为 0.103μGy/h~25.8μGy/h。

根据《绵阳市中心医院新增9MeV e-Flash放射治疗加速器核技术利用项目环境影响报告表》的要求，建设单位在进行自主检测和委托检测加速器运行时墙外各关注点的辐射剂量率时，采用校准后的AT1123辐射监测仪进行监测，各关注点小时剂量率监测值上限不得超过下表中的当量剂量率预测结果值(μSv/h)。本次将验收的实际监测值与其进行对比。

表 7-5：验收实际监测值与环评预测限值对比一览表

点位编号	关注点位置	受照射类型	环评报告中的小时剂量率预测限值(μSv/h)	验收实际监测值(μSv/h)*		是否达标
				机头垂直向下时	机头外摆时	
A	控制室	职业	3.28E+01	2.31	2.95	是
B	设备间	公众	9.17E-02	0.1	0.130	否
C	档案室	公众	2.16E+01	0.103	0.141	是
C'	网络机房	公众	2.16E+01	0.103	0.141	是
D	卫生间	公众	2.99E+02	4.5	25.8	是
E	磁共振 2#室	公众	2.21E+01	0.102	0.123	是
E'	磁共振 3#室	公众	2.21E+01	0.102	0.123	是

F	磁共振控制室	公众	6.03E-02	0.102	0.123	否
H	直线加速器治疗1室	公众	2.73E-01	0.102	0.112	是
G	机房门外	公众	6.19E+02	1.71	5.3	是
M	库房	公众	1.96E-01	0.97	0.104	是
N	库房	公众	6.40E-05	0.97	0.104	是

注：同一个场所布设多个点位时，取最大值进行对标。

7.3.2 验收监测结果分析

根据上表可知，除点B和点F外，其余点位的验收实际监测值均小于环评预测限值。

关注点B的环评预测限值为 $9.17 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，验收时的实际监测值为 $0.1 \mu\text{Sv/h}$ （机头垂直向下出束）和 $0.13 \mu\text{Sv/h}$ （机头向关注点方向最大角度外摆），超标倍数最大约为0.42倍。关注点F的环评预测限值为 $6.03 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，验收时的实际监测值为 $0.102 \mu\text{Sv/h}$ （机头垂直向下出束）和 $0.123 \mu\text{Sv/h}$ （机头向关注点方向最大角度外摆），超标倍数最大约为1.04倍。

7.3.3 超标原因分析

环评中的预测限值主要考虑了电子束出束后轰击物质作用产生的初级X射线（O1）、有用线束内杂散X射线与物质作用产生的次级X射线（散射线束）（O2）和机头处泄漏辐射（O3），主要参考依据为NCRP第51号报告、GBZ/T201.2-2011等。考虑到本项目射线装置的特殊性，关注点B和关注点F的超标原因可能是：

- （1）预测方法和公式精准度有限，无法百分之百完全预测关注点位的瞬时剂量率；
- （2）治疗室各侧布局、结构等不尽相同，周围各关注点所受射线影响也较为复杂；
- （3）仪器检测方式和换算规则得到的表观参考值与本项目射线装置无法百分百适配。

7.4 人员受照剂量估算

AT1123检测仪的底层设计逻辑是用于检测小时剂量率，它是将在一定时间内所接收到的辐射剂量以小时为单位进行换算和统计进行综合计算和显示。该仪器会将检测期间接收到的辐射剂量最大值按照每小时的标准进行归一化处理，最终呈现出的小时剂量率值，是在假设加速器持续以当前的输出剂量运行1小时的情

况下，所推算出的剂量率数值。但实际上，由于本项目e-Flash加速器单次出束最高仅0.2秒，与仪器检测所基于的“小时”这一时间尺度存在差异，所以该检测值并不能完全等同于加速器在实际单次出束时的真实瞬间剂量率，而只是一个基于仪器检测方式和换算规则得到的表观参考值。

根据环评报告的评价方法，本次根据（式7-1），对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$E=H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \dots \dots \dots \text{（式 7-1）}$$

式中：

H —关注点的剂量当量（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；根据验收监测结果可知，每个点位的出束口外摆监测值均大于出束口垂直向下监测值，故保守取出束口外摆监测值；

E —关注点的附加有效剂量（ mSv/a ）；

h —工作负荷（ h/a ）；取实际的年出束时间，既 0.75h；

q —居留因子，参照《放射治疗放射防护要求》GBZ121-2020 中附录 A，表 A.1 不同场所的居留因子；

W_T —组织权重因数，全身为 1。

根据表 7-2 监测结果，结合医院实际情况，计算 e-Flash 治疗室外各监测点位年附加剂量见表 7-3。

表 7-3：e-Flash 治疗室外各监测点位年附加剂量计算表

点位编号	位置	类型	H ($\mu\text{Sv/h}$)	h (h/a)	q	年附加剂量 (mSv/a)
1	e-Flash 治疗室防护门外侧中部	公众	1.68	0.75	1/8	1.58E-04
2	e-Flash 治疗室防护门外西侧门缝	公众	1.47	0.75	1/8	1.38E-04
3	e-Flash 治疗室防护门外东侧门缝	公众	5.3	0.75	1/8	4.97E-04
4	e-Flash 治疗室北侧控制室操作位	职业	2.95	0.75	1	2.21E-03
5	e-Flash 治疗室北侧线缆穿墙处	职业	0.153	0.75	1	1.15E-04
6	e-Flash 治疗室北侧设备间	公众	0.13	0.75	1/16	6.09E-06
7	e-Flash 治疗室北侧档案室	公众	0.141	0.75	1/16	6.61E-06

8	e-Flash 治疗室东侧卫生间洗手台	公众	9	0.75	1/16	4.22E-04
9	e-Flash 治疗室东侧卫生间内部	公众	25.8	0.75	1/16	1.21E-03
10	e-Flash 治疗室东侧电梯内	公众	7.8	0.75	1/16	3.66E-04
11	e-Flash 治疗室南侧磁共振控制室	公众	0.123	0.75	1	9.23E-05
12	e-Flash 治疗室西侧直加机房 1 室迷路南部	公众	0.112	0.75	1/2	4.20E-05
13	e-Flash 治疗室西侧直加机房 1 室迷路中部	公众	0.105	0.75	1/2	3.94E-05
14	e-Flash 治疗室正上方 1F 库房	公众	0.103	0.75	1/16	4.83E-06
15	e-Flash 治疗室正上方 1F 走廊	公众	0.104	0.75	1/16	4.88E-06
16	森林警察大队办公楼 1F	公众	0.112	0.75	1	8.40E-05
17	院内 2 号宿舍楼 1F	公众	0.119	0.75	1	8.93E-05
18	院内 3 号宿舍楼 1F	公众	0.115	0.75	1	8.63E-05

根据表 7-2 可知，职业人员受到的附加有效剂量最大为 $2.21 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，满足职业人员有效剂量不超过 5mSv/a 的管理限值要求；公众受到的附加有效剂量最大为 $1.21 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，满足公众有效剂量不超过 0.1mSv/a 的管理限值要求。

点 B 处（上表 6 号监测点）公众受到的附加有效剂量 $6.09 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ ，点 F（上表 11 号监测点）公众受到的附加有效剂量 $9.23 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，均满足公众有效剂量不超过 0.1mSv/a 的管理限值要求。

7.5 个人剂量档案及证书管理检查

本项目 5 名职业人员均通过辐射安全防护培训考核，持证上岗，2025 年年度个人剂量监测结果和证书编号见附件 6~附件 7。具体结果见下表。

表 7-5：本项目拟配置人员个人受照剂量及培训合格情况一览表

序号	姓名	岗位	2025 年个人年受照剂量 (mSv)					考核证书编号	有效期
			1 季度	2 季度	3 季度	4 季度	合计		
1	戴堂知	物理师	0.15	0.26	0.17	0.05	0.63	FS21SC0200650	20261013
2	郑旭海	医师	0.11	0.21	0.05	0.07	0.44	FS21SC0200494	20260722

3	林斌伟	医师	0.1	0.16	0.04	0.06	0.36	FS21SC0200 623	20261 013
4	郑杰	技师	0.15	0.21	0.05	0.04	0.45	FS21SC0200 622	20261 013
5	耿立丹	技师	0.1	0.13	0.07	0.07	0.37	FS21SC0200 470	20260 722

由上表可知，本项目辐射工作人员 2205 年度所受的年辐射剂量在 0.36~0.63mSv 之间，低于标准中规定的职业照射年有效剂量管理限值的 1/4，即 5mSv/a，符合国家规定的要求。

表 8 验收监测结论

8.1 结论

根据绵阳市中心医院新增 9MeV e-Flash 放射治疗加速器核技术利用项目现场调查和辐射环境保护验收监测结果，可以得出以下主要结论：

8.1.1 基本环保手续

本项目已按照国家有关环境保护的法律法规，进行了建设项目环境影响评价，履行了环保审批手续，进行了辐射安全许可证的重新申领。

8.1.2 工程变更情况

通过现场检查，本次验收的 e-Flash 治疗室设备数量、参数、工作场所位置与环评及环评批复一致，无《建设项目环境保护管理条例》第十二条中所列重大变动的情况。

8.1.3 环评落实情况

经过现场调查与资料收集整理，本项目规模、内容未超出环评评价范围，环评中要求的各项辐射防护设施及辐射安全管理措施均已落实到位。

8.1.4 批复落实情况

经过现场调查与资料收集整理，本项目对于四川省生态环境厅下发的川环审批〔2025〕106 号批复文件中提出的各项环保措施及要求已落实到位。

8.1.5 辐射管理情况

建设单位成立了放射防护与辐射安全管理领导小组，负责全院的辐射安全管理工作，并建立了完善的规章制度，制定有辐射事故应急处理方案。辐射工作人员为既有辐射工作人员，均参加了有关辐射安全与防护培训并经考核合格后上岗。已为辐射工作人员配备个人剂量计，个人剂量检测工作已委托有资质单位进行。能够满足相关法规的要求。

8.1.6 验收监测情况

经验收监测，本项目 e-Flash 治疗室各监测点处辐射工作人员年有效剂量及公众的年有效剂量均低于环评报告及批复中要求执行的管理限值（职业人员：5mSv/a；公众：0.1mSv/a）

综上所述，本项目所采取的辐射屏蔽措施均切实有效，在 e-Flash 加速器正常开展放疗工作时对周围环境的影响符合环评文件的要求。

8.1.7 综合结论

本项目的建设符合环评文件及批复的要求，辐射防护措施得当，管理规章制度、操作规程完备，验收时辐射工作人员对各项管理制度和操作规程严格执行，在项目正常运行的情况下，各项监测结果满足国家标准要求，对周围环境的影响可控，工作人员及公众人员年照射有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和环评批复要求的相关限值，建议通过竣工环境保护验收。

8.2 建议

- (1) 在项目运行中，继续严格执行各项辐射防护的要求和环境保护的规定，对项目加强管理，及时更新辐射应急预案；
- (2) 定期更新完善各项辐射安全管理制度并按要求上墙；
- (3) 定期检查各项安全联锁装置及监控设施，确保其有效工作；
- (4) 对存在辐射安全隐患的地方及时进行整改，预防辐射安全事件的发生。