

核技术利用建设项目

重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目

(后装部分)

# 环境影响报告表

(公示版)



建设单位：重庆市黔江中心医院

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：二〇二五年七月



生态环境部监制

核技术利用建设项目

重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目

(后装部分)

# 环境影响报告表

(公示版)



建设单位名称：重庆市黔江中心医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：



通讯地址：重庆市黔江区正阳街道桐坪社区正舟路南段 360 号

邮编：409003

联系人：简\*\*

电子邮箱：58\*\*\*\*\*83@qq.com

联系电话：18\*\*\*\*\*10

打印编号: 1747729779000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	w2c9i2		
建设项目名称	重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（后装部分）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	重庆市黔江中心医院		
统一社会信用代码	12500114452947780M		
法定代表人（签章）	何建峰		
主要负责人（签字）	魏明忠		
直接负责的主管人员（签字）	简俊		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
肖英	07355543507550272	BH001035	肖英
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
肖英	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH001035	肖英

## 目 录

表 1	项目基本情况 .....	1
表 2	放射源 .....	11
表 3	非密封放射性物质 .....	12
表 4	射线装置 .....	13
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	14
表 6	评价依据 .....	15
表 7	保护目标与评价标准 .....	18
表 8	环境质量和辐射现状 .....	27
表 9	项目工程分析与源项 .....	31
表 10	辐射安全与防护 .....	42
表 11	环境影响分析 .....	57
表 12	辐射安全管理 .....	75
表 13	结论及建议 .....	87
附 图	.....	91

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（后装部分）			
建设单位		重庆市黔江中心医院			
法人代表	何**	联系人	简**	联系电话	18*****10
注册地址		重庆市黔江区正阳街道桐坪社区正舟路南段 360 号			
项目建设地点		重庆市黔江区正阳街道桐坪社区正舟路南段 360 号 重庆市黔江中心医院医技楼 1F			
立项审批部门		重庆市黔江区发展和改革委员会	批准文号	黔江发改委函（2012）334 号 2306-500114-04-01-194524	
建设项目总投资（万元）		470	项目环保投资（万元）	60	投资比例（环保投资/总投资） 12.8%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ） 237
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	无			
<b>1.1 建设单位概况</b>					
<p>重庆市黔江中心医院(以下简称医院)于 1998 年由原黔江地区人民医院、地区康复中心、黔江土家族苗族自治县人民医院合并组建，是黔江区唯一一所集医疗、教学、科研、预防、保健、康复为一体的公立综合性医院，是重庆市卫生资源配置标准规划的覆盖渝东南片区的区域性医疗中心、医疗急救分中心、二级传染病救治中心、地市级突发公共卫生事件应急医疗救治中心，医院集重庆市黔江中心医院、重庆市医疗急救中心黔江分中心、重庆市黔江区红十字医院、重庆市黔江区传染病医院“四块牌子”于一体，为国家三级甲等综合医院。医院于 2022 年开始陆续搬迁到重庆市黔江区正阳街道桐坪社区正舟路南段 360 号运营，即正阳院区；至 2023 年全部搬迁完成，至此医院仅一个院区，</p>					

**表 1 项目基本情况**

后文直接统称为医院。为提高医院应对突发公共卫生事件应急反应机制和医疗救治能力，经重庆市黔江区发展和改革委员会同意在医院东南侧另行扩地建设“应急医院”。至此，医院总占地面积约 22.7 万平方米，总建筑面积约 16.9 万平方米，编制床位 2400 张。目前，医院建成并运营的有门诊楼、住院楼、**医技楼**、儿童医疗综合楼（简称儿童医院）、生物治疗中心、传染病区、教学科研楼及保障用房，以及感染性疾病诊治大楼、保障大楼等及配套的环保设施，正在建设的有发热门诊楼，待建的**第二住院综合楼**、**应急病房楼**(需要时)。

## **1.2 任务由来**

医院的“医技楼”于 2013 年 7 月委托编制了《重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目环境影响报告书》，并于 2013 年 7 月 1 日取得了重庆市生态环境局（原重庆市环境保护局）出具的《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》渝（市）环准〔2013〕70 号，建设内容包括医技楼 I 区、医技楼 II 区及相应公用工程、环保设施，医技楼 I 区-1F 设置 DSA 室，-2F 设置放射中心，医技楼 II 区设置放疗中心（含直加、后装、模拟定位等）等。目前医技楼 II 区取消建设，医技楼 I 区即医技楼内的所有核技术利用项目选址和布局全部发生变化，因此，该报告书中所评价的核技术内容全部作废，其内规划布置的核技术利用项目均另行单独开展环境影响评价工作。

重庆市黔江中心医院为更好地满足患者多层次、多方位、高质量和快捷便利的就诊需求，医院拟在**医技楼 1F**建设“重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（后装部分）”，主要建设内容：在医技楼 1F 放疗中心的空置用房区建设 1 间后装机房和相关配套用房，并配置 1 台后装机（含 1 枚  $^{192}\text{Ir}$  放射源，最大活度为  $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ）开展放射源后装近距离治疗工作。

根据《放射源分类办法》，后装机拟使用的  $^{192}\text{Ir}$  放射源为 III 类放射源。根据《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中的“五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目”可知，使用 III 类放射源的项目环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表。因此，本项目环评型式为编制环境影响报告表。

为执行环境影响评价制度，重庆市黔江中心医院委托重庆宏伟环保工程有限公司开

## 表 1 项目基本情况

展该项目的环境影响评价工作。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，并按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的要求，编制完成了《重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（后装部分）环境影响报告表》。

### 1.3 评价思路

(1) 项目所在的医技楼共 2 层，位于门诊楼、住院楼、儿童医院之间，并与之相连部分相通（除医技楼 2F 与儿童医院相通外，其余不相通）。因医院地势情况，医技楼西侧 2F 顶棚上方除东北至东南侧外为地坪，1F 东北至东南侧为地坪。医技楼、门诊楼、住院楼各建筑基地楼层海拔不一致，从门诊楼的楼层来看，项目位于-2F；从住院楼的楼层来看，项目位于 2F；从儿童医院楼层来看，项目位于-2F。本报告按照医技楼本身的楼层来考虑，项目用房位于医技楼 1F，本报告项目地址均按此考虑。

表 1-1 医技楼楼层关系表

楼栋名称	医技楼	门诊楼	住院楼	儿童医院
楼层关系情况	1F（项目所在楼层，主要为放疗中心、介入治疗中心等），东北至东南侧为地坪	-2F	2F	-2F
	2F（放射科等），与儿童医院相通	-1F	3F	-1F
	2F 顶棚上方（主要为地坪、连廊、中庭广场、楼梯间等），除东北至东南外，全部为地坪	1F	4F	1F

(2) 项目拟建设用房为放疗中心预留用房，从未使用过，目前均为清水空置用房，无原有污染情况和环保遗留问题。项目为放射治疗的一种新的方式，项目建成后纳入放疗中心一并管理，依托放疗中心的管理体系、放射工作人员和 CT 模拟定位机进行定位。后文辐射影响考虑其叠加影响。

(3) 与本项目一同施工改造的还有项目东南侧的区域，其建成后主要为放疗中心的办公区和化疗区，其不在本次评价范围内。本项目环保目标按照改造后的布局来列举。

### 1.4 项目建设内容及概况

#### 1.4.1 项目建设内容及规模

建设规模：拟在医技楼 1F 放疗中心的空置用房区建设 1 间后装机房和相关配套用房，并配置 1 台后装机开展放射源后装近距离治疗工作。后装机内含 1 枚最大活度为  $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$  的  $^{192}\text{Ir}$  密封放射源（III类，简称后装源）。项目用房建筑面积约  $237 \text{m}^2$ 。

**表 1 项目基本情况**

项目投资：项目总投资约 470 万元，其中环保投资约 60 万元。

施工工期：6 个月。

本项目组成情况见下表 1-2。

**表 1-2 本项目组成及现有工程依托关系**

项目组成		具体内容	依托关系
主体工程	机房	后装机房设置迷道，有效内空尺寸长×宽×高为 5.95m×4.20m×5.2m（不含迷道）。	依托医技楼主体结构，改造建设
	设备	拟配置 1 台后装机，设备型号：KL-HDR-C，内含 1 枚 <sup>192</sup> Ir 放射源，最大装源活度为 3.7×10 <sup>11</sup> Bq，属于 III 类放射源。	新购
辅助工程	辅助用房	设置控制室、准备室、抢救室、卫生间、后装贮源室（面积约 6.8 m <sup>2</sup> ）、库房、过道等。 另将原铸模室改为铸模室和登记室，用于放疗中心病人登记。	依托医技楼主体结构，改造建设
	辅助设备	放疗中心的 CT 模拟定位机进行定位。	依托
公用工程	给水	院内供水管网提供。	依托
	排水	医疗废水依托医院内污水管网，排入医院 1#污水处理站（处理能力为 1000m <sup>3</sup> /d）处理后排入市政污水管网。	依托
	供电	由市政电网供电，依托院内供配电系统。	依托
	通风	采用机械通风和机械排风方式。项目用房区域及东南侧改造区域新建新风系统和排风系统。 后装机房内设置 2 个进风口和 2 个排风口进行通风换气，进风口设置在用房上方顶部，排风口设置在距地面 0.3m 处，形成对角的“上进风，下排风”的布置。机房抽风量共约（2×500）m <sup>3</sup> /h，通风换气次数约 10 次/h。	新建
储运工程	储存	<sup>192</sup> Ir 放射源日常在后装机内储存和使用；正常情况下不暂存废源 <sup>192</sup> Ir，特殊情况下暂存在后装贮源室储源柜内。	新建
	运输	放射源由供货方运至医技楼 1F 外道路上，通过门厅、中庭广场、过道到达后装机房。废放射源由供货方原路运回处置。	/
环保工程	废水	项目运行产生的医疗废水依托医院 1#污水处理站（处理能力为 1000m <sup>3</sup> /d）处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理标准后排入市政污水管网。	依托
	废气	后装机房内废气经收集系统收集后引至医技楼 1F 东南侧排放，排放口离地不低于 3m。	新建
	固废	废源交厂家回收处置。 项目运行产生的其他废物依托医院的收运系统，一般医疗废物交有资质的单位处置，生活垃圾交环卫部门处理。废铅防护用品由医院收集后妥善保存，按照危险废物交有资质单位处理，并做好相应记录。	依托
	辐射防护	后装机房采用足够厚度的混凝土、铅砖、铅防护门进行防护。 机房设置门源连锁、工作状态指示灯、视频监控系统、对讲系统、急停按钮、剂量报警系统等设施保证项目运行的安全。	新建

**表 1 项目基本情况**

**1.4.2 辐射防护方案**

根据现场踏勘及项目平面设计，项目建设时主要是拆除后装机房所在位置的所有墙体后新建混凝土墙体，分隔铸模室为铸模室和登记室，调整其他预留用房的布局。

根据设计资料，项目辐射防护设计方案见表 1-3。

**表 1-3 后装相关用房辐射防护设计方案表**

用房名称	有效内空尺寸	防护方案	备注
后装机房	长×宽×高： 5.95m×4.20m×5.2m (不含迷道) 有效使用面积 25.0 m <sup>2</sup> (不含迷道) 门洞：1.5m 宽×2.3m 高	四周墙体：750mm 混凝土 迷道内墙：700mm 混凝土，长 2.75m	拆除原有墙体后新建
		顶棚（含迷道顶棚）：120mm 混凝土 +50mmPb 铅砖	原有混凝土保持不变， 吊顶上新增防护
		地板：200mm 混凝土	不变
		防护门：10mmPb，1.8m 宽×2.6m 高	新增
后装 贮源室	长 3.40m 宽 2.0m 高 5.2m，约 6.8 m <sup>2</sup>	墙体：370cm/240mm 实心页岩砖墙 门：3.5mmPb 顶棚：120mm 混凝土 地板：200mm 混凝土	顶棚底板混凝土、西北 墙、西南墙保持不变， 其余新建

备注：混凝土 2.35g/cm<sup>3</sup>、铅密度 11.3g/cm<sup>3</sup>，实心页岩砖 1.65g/cm<sup>3</sup>。项目用房地下无建筑。

**1.4.3 设备配置**

项目后装治疗拟配置的主要配套设施设备见表 1-4。

**表 1-4 后装治疗主要配套设施设备配置表**

序号	名称	数量	位置	用途	备注
1	后装机	1 台	后装机房内	肿瘤治疗	含III类源 <sup>192</sup> Ir，拟购
2	监控系统	1 套	后装机房、控制室、后装 贮源室	监控机房内情况、监控 后装贮源室	拟建
	可视对讲系统	1 套	后装机房、控制室	双向沟通	
3	排风系统	1 套	后装机房等	机房内排风	拟建
4	精密空调	1 台	后装机房	机房内温控	拟购
5	除湿机	1 台	后装机房	湿度控制	拟购
6	固定剂量报警仪	1 台	后装机房	监控机房内剂量	拟购
7	个人剂量报警仪	6 台	进入后装机房内 放射工作人员佩戴	剂量报警	现有依托，FJ2000 型
8	储源铅罐	1 个	后装贮源室	废源暂存	拟购，80mmPb
9	储源柜	1 个	后装贮源室	存放储源铅罐	拟购，带锁
10	长柄镊子	1 个	后装机房	应急处置	拟购
11	铅橡胶衣服、帽子、 颈套、警戒绳、警示 牌、警示灯等	1 套	后装机换源单位备用	辐射防护	不低于 0.5mmPb
12	个人剂量计	按需	每名放射工作人员	/	现有，依托
13	智能化 X-γ辐射仪	1 台	放疗中心	屏蔽体外剂量率监测	现有依托，广东普能

**表 1 项目基本情况**

**1.4.4 劳动定员和工作制度**

医院放疗中心现有放射工作人员12名，主要包括放疗治疗医师、技师、物理师等。

本项目不新增放射工作人员，依托放疗中心现有的放射工作人员。本项目建成运行后，现有放疗中心辐射工作人员从事现有放疗中心和本项目设备的辐射工作。

工作制度：辐射工作人员年工作250天，实行轮休制。

**1.4.5 工作负荷**

根据医院提供的资料，项目后装机周最多治疗 30 人次，周有效治疗工作时间约 5h；年最多治疗 1500 人次，年有效治疗工作时间约 250h。

项目依托现有 CT 模拟定位机定位，本项目运行后，周定位最大约 3 次，周有效出束时间约 0.1h；年定位最大约 150 次，年有效出束时间约 5h。

**1.5 项目外环境概况**

本项目后装机房位于医技楼 1F，医技楼位于医院内西南部。结合医院总平图布置以及现场踏勘，医技楼四周为院内道路和绿化带，西北侧为地面停车场、派出所岗亭、门诊楼，北侧为住院楼，东北侧为食堂、超市，东南侧为生物治疗中心，南侧为儿童医院。

根据项目所在楼与周围环境位置关系，项目所在楼外环境关系见表 1-5。

**表 1-5 医技楼外环境关系一览表**

序号	名称	方位	最近距离	高差	环境特征
1	院内道路及绿化带	医技楼四周及楼顶	紧邻	0	医院内道路、绿化带等
2	地面停车场	西北	与 3F 地面建筑约 35m	约+10m	医院地面停车场，含楼梯间等
	派出所岗亭	西北	与 3F 地面建筑约 48m	约+10m	派出所岗亭，1F
	门诊楼	西北	紧邻	约+10m	医疗用房，3F，与医技楼不连通
3	住院楼	北	紧邻	约-5m	医疗用房，16F
4	食堂、超市	东北	紧邻	约-5m	医院食堂，1F
5	生物治疗中心	东南	约 29m	0	医疗用房，3F
6	儿童医院	南	紧邻	约+10m	医疗用房，-2F/7F，-2F 布置餐厅超市、设备机房等，与医技楼 1F 不连通；-1F 布置康复中心、门诊、药房等，与医技楼 2F 连通

**表 1 项目基本情况**

备注：高差“+”/“-”表示外环境（建筑物 1F）地面高于/低于医技楼 1F 地面。医技楼与周围建筑之间有部分泥土层，上表忽略不计其距离。

项目周边环境保护目标主要为该医院从事本项目放射诊疗的放射工作人员以及周围活动的公众成员。

### **1.6 选址可行性**

项目位于医技楼1F南侧，为放疗中心预留用房，属于建筑物底层一端，独立成一个区域，楼上为放射科，无地下建筑，远离其他如儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。项目位于放疗中心内，距离直线加速器机房、依托的CT模拟定位机房较近，便于项目的开展和放疗射线装置的集中管理。项目选址有利于辐射防护与安全，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等相关标准的相关要求。因此，从辐射防护与环境保护角度，项目的选址可行。

### **1.7 与项目有关的环境保护问题**

#### **1.7.1 项目用房的环保手续情况**

2013 年，医技楼的建设开展了环境影响评价工作，编制了《重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目环境影响报告书》，重庆市生态环境局（原重庆市环境保护局）于 2013 年 7 月 1 日以“渝（市）环准〔2013〕70 号”进行了批复。医院已于 2023 年 5 月 25 日取得了《排污许可证》（12500114452947780M001Q），有效期至 2028 年 5 月 24 日。根据医院 1#污水处理站例行监测报告，医疗废水排放口污染物排放浓度均达标。

2023 年 7 月，放疗中心在《重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（辐射部分）环境影响报告表》中进行了环境影响评价，重庆市生态环境局于 2023 年 8 月 8 日以“渝（辐）环准〔2023〕61 号”进行了批复。于 2023 年 9 月 8 日开展了竣工验收，取得了“重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（辐射部分）一期工程竣工环境保护验收意见”。

近年来，医院在建设和运营过程中未收到环保投诉，无环保遗留问题。

#### **1.7.2 现有核技术利用情况及现有辐射环境问题**

##### **（1）医院现有核技术利用项目及辐射安全许可情况**

经现场调查和咨询，重庆市黔江中心医院现配置 4 台II类射线装置、19 台III类射线装置，于 2025 年 4 月 18 日办理了《辐射安全许可证》（渝环辐证[00062]号），有效期至 2028 年 11 月 08 日，现使用的射线装置均在许可范围内。《辐射安全许可证》见支

表1 项目基本情况

撑性材料附件3。现有的射线装置具体情况见表1-6所示。

表1-6 医院现有射线装置情况一览表

编号	场所/装置名称	设备型号	类别	使用位置	备注
1	车载CT机	uCT 528	III类	车载CT专用车	已上证
2	骨密度仪	DPX Bravo	III类	门诊楼二楼骨密度室	已上证
3	口腔CBCT	OP300-1	III类	门诊楼三楼口腔科CT室	已上证
4	牙片机	FT-C	III类	门诊楼三楼口腔科牙片室	已上证
5	CT机	uCT710	III类	门诊楼五楼健康管理中心CT室	已上证
6	CT机	Brilliance CT 64 Slice	III类	门诊楼一楼急诊科CT室	已上证
7	CT机	Spectral CT	III类	医技楼二楼CT二室	已上证
8	CT机	uCT760	III类	医技楼二楼CT三室	已上证
9	CT机	LightSpeed VCT	III类	医技楼二楼CT一室	已上证
10	DR机	RADspeedplus	III类	医技楼二楼DR二室	已上证
11	DR机	RAD SPEED	III类	医技楼二楼DR室	已上证
12	DR机	uDR 780i Pro	III类	医技楼二楼DR一室	已上证
13	口腔全景机	PP1	III类	医技楼二楼全景机房	已上证
14	乳腺机	uMammo 890i	III类	医技楼二楼乳腺室	已上证
15	数字胃肠机	FLEXAVSION	III类	医技楼二楼胃肠室	已上证
16	CT模拟定位机	philips CT big bore	III类	医技楼一楼放疗中心模拟定位机室	已上证,本项目依托
17	直线加速器	VitalBeam	II类	医技楼一楼放疗中心直线加速器室	已上证
18	DSA	Innova 3100	II类	医技楼一楼介入二室	已上证
19	DSA	Trinias C12	II类	医技楼一楼介入一室	已上证
20	CT机	uCT710	III类	应急医院诊治大楼三楼CT室	已上证
21	DSA	Trinias	II类	住院楼十四楼DSA室	已上证
22	移动C臂机	Surgio-B51	III类	住院楼五楼C臂二室	已上证
23	移动C臂机	PLX119C-D	III类	住院楼五楼C臂一室	已上证

根据调查,医院在门诊楼一楼急诊科新配置1台DSA开展介入手术工作,已于2024年完成了环境影响评价,目前正在建设中。医院拟在医技楼放疗中心开展<sup>125</sup>I粒籽植入工作,已于2024年10月填写了建设项目环境影响登记表(备案号202450011400020268),

**表 1 项目基本情况**

待与本项目一起施工建设。医院在发热门诊楼内建设核医学科，已于 2025 年 2 月完成环境影响评价，目前正在建设中。

根据调查，医院核技术利用项目运营以来，环保手续齐全，未发生过辐射事故，未收到辐射影响投诉和发生辐射纠纷。

**(2) 辐射管理情况**

根据调查，医院现有放射工作人员119人，均参加了辐射安全与防护培训，并考核合格，在有效期内持证上岗。医院现有放射工作人员均佩戴了个人剂量计，每3个月将个人剂量计交有资质单位进行检测，并建立了个人健康档案。医院放射工作人员2024年度的个人剂量监测结果在0.20~4.93mSv/a之间（其中放疗中心放射工作人员在0.20~0.69mSv/a之间），低于医院的年有效剂量约束值5mSv/a，但有1名介入手术医生的单个季度个人剂量监测结果超过1.25mSv；医院放射工作人员2025年第一季度的个人剂量监测结果在0.05~1.30mSv/a之间（其中放疗中心放射工作人员在0.05~0.15mSv/a之间），有1位介入手术医生的剂量监测结果超过1.25mSv，其余放射工作人员的个人剂量监测结果均低于0.86mSv，低于单个季度的剂量约束值1.25mSv。医院已对该介入手术医生受照剂量进行了调查，主要原因是介入手术工作量明显增加，医院已经对该情况进行了相应处理。医院个人剂量监测报告及调查说明见附件8。

医院所有放射工作人员均进行了职业健康体检，并2年内进行复检，建立了个人职业健康档案。目前在岗放射工作人员均无体检异常，无疑似职业病人员。

根据调查，医院现有射线装置每年委托有资质单位监测，机房外剂量率满足标准要求。与项目相近的直线加速器、CT模拟定位机及楼上的DR机、CT机的监测报告见附件所示，根据监测结果，机房外周围剂量当量率基本为本底值，对机房外环境和人员的影响很小。

医院成立有辐射环境管理机构，制定了相应的管理制度和应急预案，并张贴上墙。

医院现有的辐射管理制度见附件9，对制度的评价具体见表12。

**(3) 小结**

根据上述调查，医院核技术利用项目运行至今，无辐射安全事故发生，医院运行总体良好。

**1.8 本项目与医院的依托关系**

**表 1 项目基本情况**

本项目主要依托医技楼主体结构、医院给排水及供配电工程、医院的污水处理站、医疗废物收运系统等。项目依托可行性分析详见表 1-10。

**表 1-10 项目依托可行性分析表**

依托工程	可行性分析	
主体工程	项目位于医技楼 1F，利用现有用房进行改造，建筑结构可依托。	
辅助工程	项目后装治疗依托放疗中心的 CT 模拟定位机进行定位。CT 模拟定位机环保手续齐全，机房屏蔽满足标准要求。根据调查，CT 模拟定位机年最多接待 1000 人次，年工作时间为 16.7h。CT 模拟定位机的操作人员受到的年剂量约为 $3.0 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ 。本项目后装机年接待约 1500 人次，依托 CT 模拟定位机 150 人次/a。因此，CT 模拟定位机年工作次数较少，操作人员受照剂量很小，本项目依托放疗中心现有的 CT 模拟定位机及其操作人员可行。	
公用工程	给水	医院由市政供水管网供给，项目依托医院给水管网供水可行。
	排水	医院实行雨污分流。医疗废水经医院 1#污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理标准后排入市政污水管网。项目位于医院医技楼内，能接入医院的排污管网中。医院 1#污水处理站处理能力为 $1000 \text{m}^3/\text{d}$ ，目前有一定的余量。本项目不新增放射工作人员，产生的废水量较少，不会对污水处理站造成冲击。因此，拟建项目依托医院总体排水管网、污水处理站处理可行。
	供配电	医院用电由市政电网引入，医院已设计完善的供电电网、供水管网等。项目位于医技楼内，因此，项目依托医院供电系统可行。
环保工程	废水	项目产生的废水为普通医疗废水和生活污水。医院 1#污水处理站采用“二级处理+消毒”工艺，能够满足本项目废水的处理需求。因此，项目废水依托医院 1#污水处理站处理可行。
	固废	根据调查，医院建设有医疗废物暂存间，位于医院中部，建筑面积约 $120 \text{m}^2$ ，医疗废物暂存间的建设满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求。本项目产生的医疗废物量小，且在其收纳范围内，目前医疗废物暂存间有一定的空余能满足本项目放射性废物的收贮。因此，项目依托可行。
放射工作人员	项目后装治疗依托放疗中心现有放射工作人员。现有放射工作人员均持有效辐射安全与防护考核成绩合格单上岗，配置了个人剂量计，进行了职业健康体检，建立有相关档案，且个人剂量监测结果远低于医院管理目标值。因此，本项目依托现有放射工作人员可行。	
辐射安全管理	医院成立了放辐射安全管理领导小组，并制定了辐射防护与安全管理制度和档案，公共管理制度可依托。本项目建成后，需新增部分科室管理制度和相应操作规程。因此，管理机构和公共制度依托可行。	

**1.9 本项目与医院的发展衔接性**

随着医院的发展，医院就诊病人相继增加，就诊类型多样，对诊疗手段的多样化需求增加。本次为新增放射性同位素的肿瘤治疗手段，将提高医院的治疗能力，满足不同病人的不同就诊需求。因此，本项目建设与医院的发展相适应。





**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及。										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及。									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (mA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
本项目不涉及。													

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
废放射源	固态	<sup>192</sup> Ir	/	/	/	/	一般情况下不在院内暂存，特殊情况废源未能及时运走时暂存于后装贮源室储源柜内	由生产厂家回收处理。
臭氧 氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	不暂存	由排气管网引至医技楼 1F 东南侧排放。
生活污水 医疗废水	液态	/	/	/	/	/	/	依托医院的 1#污水处理站处理达标后排入市政污水管网。
医疗废物	固态	/	/	/	/	/	医疗废物暂存间	依托医院现有的医疗废物暂存间暂存，然后交由有资质单位处置。
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	生活垃圾收集点	依托医院的生活垃圾收运系统交市政环卫部门处理。
废铅 防护用品	固态	/	/	/	/	/	医疗废物暂存间	由医院收集后妥善保存，按照危险废物交由有资质单位处理，并做好相应记录。

注：1、常规废弃物排放浓度，液态单位为 mg/l，固态为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修正版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《中华人民共和国职业病防治法》，2018 年 12 月 29 日修订施行；</p> <p>(6) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(7) 《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 21 日施行，2014 年 7 月 29 日实施修订版；国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日施行修订版；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行修订版；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日施行第四次修正版；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(11) 《放射源分类办法》，2005 年 12 月 23 日；</p> <p>(12) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号；</p> <p>(13) 《国家危险废物名录》(2025 年版)；</p> <p>(14) 《放射性废物分类》，公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日施行修正版；</p> <p>(16) 《重庆市辐射污染防治办法》重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(17) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》。</p>
-------------	---

表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》 (HJ2.1-2016) ;</p> <p>(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) ;</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)</p> <p>(4) 《放射性物品安全运输规程》 (GB11806-2019) ;</p> <p>(5) 《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020) ;</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分:一般原则》(GBZ/T 201.1-2007);</p> <p>(7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分: <math>\gamma</math>射线源放射治疗机房》 (GBZ/T201.3-2014) ;</p> <p>(8) 《密封放射源及密封<math>\gamma</math>放射源容器的放射卫生防护标准》 (GBZ114-2006) ;</p> <p>(9) 《后装 <math>\gamma</math> 源近距离治疗质量控制检测规范》 (WS262-2017) ;</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019);</p> <p>(11) 《职业性外照射急性放射病诊断》 (GBZ104-2017);</p> <p>(12) 《放射工作人员健康要求及监护规范》 (GBZ98-2020);</p> <p>(13) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ61-2021);</p> <p>(14) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021);</p> <p>(15) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》 (HJ1326-2023);</p> <p>(16) 《放射性废物管理规定》 (GB14500-2002) ;</p> <p>(17) 《危险废物贮存污染控制标准》 (GB18597-2023) ;</p> <p>(18) 《医疗废物集中处置技术规范 (试行)》 ;</p> <p>(19) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》 (GBZ2.1-2019) ;</p> <p>(20) 《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 。</p>
-------------	--

表 6 评价依据

其他	<p>(1) 评价内容确认函，见附件 1；</p> <p>(2) 医技楼立项批复，见附件 2；</p> <p>(3) 医院《辐射安全许可证》，见附件 3；</p> <p>(3) 《监测报告》渝新绿环（监）[2025]015 号，见附件 4；</p> <p>(4) 与本项目相关的环保手续，见附件 5；</p> <p>(5) 与项目相关的设备监测报告，见附件 6；</p> <p>(6) 《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期）；</p> <p>(7) 《重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（辐射部分）一期工程竣工环境保护验收监测报告表》，2023 年 9 月；</p> <p>(8) 项目设计资料及医院提供的其他资料。</p>
----	--

**表 7 保护目标与评价标准**

### **7.1 评价范围**

按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，并结合该项目放射源为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以该项目后装机房边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

### **7.2 环境保护目标**

医技楼位于医院内西南部，其医技楼四周为院内道路和绿化带，西北侧为地面停车场、派出所岗亭、门诊楼，北侧为住院楼，东北侧为食堂、超市，东南侧为生物治疗中心，南侧为儿童医院。

项目所在的医技楼共 3 层，位于门诊楼、住院楼、儿童医院之间，并与之相连部分相通（除医技楼 2F 与儿童医院连通外，其余不连通）。因医院地势情况，医技楼 2F 顶棚上方为地坪，东侧 1F 为地坪。

本项目位于医技楼 1F。项目 50m 评价范围均在医院用地红线内。

根据项目布局及项目用房外周围环境情况，项目评价范围内环境保护目标统计情况见表 7-1。

表7 保护目标与评价标准

表7-1 项目周围环境保护目标表						
序号	环保目标名称	方向	水平距离	高差	环保目标特性	受影响人群
1	过道	除东南侧外其余方向	0~2m	等高	项目范围, 过道, 约 10 人	公众成员
2	控制室	东北侧	约 2~5m	等高	项目用房, 约 5 人	放射工作人员
	籽粒贮存室、抢救室、卫生间	东北侧	约 2~7m	等高	项目用房及放疗中心现有功能用房, 约 10 人	公众成员
3	中庭广场、楼梯间等	东北侧	约 7~28m	等高	建筑内公共区域, 约 20 人	公众成员
	磁共振检查区、多模态网络会议室、卫生间、库房等	东北侧	约 28~50m	等高	医疗用房, 约 20 人	公众成员
	介入治疗中心	东北侧	约 40m~50m	等高	医疗用房, 约 20 人	公众成员
4	办公室、治疗室、护士站、门厅、会议室等	东侧	约 2.5~33m	等高	医疗用房、建筑内公共区域等, 约 20 人	公众成员
5	院内道路、绿化带等	东侧	约 20~50m	基本等高	院内公共区域, 约 5 人	公众成员
6	处置间、VIP 输液室、化疗区、办公室、过道等	东南侧	0m~18m	等高	化疗区及办公区, 约 20 人	公众成员
7	院内道路、绿化带等	东南侧	约 18~47m	基本等高	院内公共区域, 约 5 人	公众成员
8	生物治疗中心	东南侧	约 47~50m	基本等高	医疗用房, 3F, 约 30 人	公众成员
9	预留用房	西侧	约 1.5~15m	等高	预留医疗用房, 约 5 人	公众成员
10	后装贮源室、准备室等	西北侧	约 3m~7m	等高	项目用房, 约 2 人	公众成员
11	现放疗中心功能用房及登记室等	西北侧至北侧	约 5m~35m	等高	现放疗中心功能用房, 主要有制模室、登记室、物理室、CT 模拟定位机房、直线加速器机房、操作室、控制室、过道、办公室等, 约 20 人	公众成员 放射工作人员
12	医技楼2F: 放射科	楼上	/	高于后装机房地面约 5m	正上方为 CT 控制室、DR 控制室、DR 室 1、过道, 周围为放射科射线装置机房及辅助用房	公众成员
	医技楼2F顶棚上方: 连廊、中庭广场、楼梯间等	楼上	/	高于后装机房地面约 10m	连廊、中庭广场、楼梯间等, 约 20 人	公众成员
13	院内道路和绿化带	楼上及周围区域	/	高于后装机房地面约 10m	院内道路和绿化带, 约 20 人	公众成员
14	地面停车场	西北侧	约 35~50m		医院公共区域, 含楼梯间等, 约 50 人	公众成员
15	派出所岗亭	西北侧	约 50m		派出所岗亭, 1F, 约 3 人	公众成员
16	门诊楼	西北侧	约 26m~50m	-2F 与机房地面等高	医疗用房, 约 100 人	公众成员
17	儿童医院	南侧	约 3~50m		医疗用房, -2F/7F, 内含餐厅和超市, 约 300 人	公众成员

备注: ①项目影响因素均为电离辐射。  
②因医技楼与周围建筑之间有部分泥土层, 上述个别方位的环保目标未完全覆盖到评价范围。

表 7 保护目标与评价标准

评价标准

(1) 相关评价标准及其限值要求

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），  
20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

B1.2 公众照射

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超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

2) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

本标准适用于医疗机构放射治疗相关活动中的辐射工作人员和公众的辐射安全与防护管理。

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。

b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

6.1 屏蔽要求

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（ $\dot{H}_c$ ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平

表 7 保护目标与评价标准

<p><math>\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv/h})</math>:</p> <p>机房外辐射工作人员: <math>\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}</math>;</p> <p>机房外非辐射工作人员: <math>\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}</math>。</p> <p>2) 按照关注点人员居留因子的不同, 分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平</p> <p><math>\dot{H}_{c,max}(\mu\text{Sv/h})</math>:</p> <p>人员居留因子 <math>T &gt; 1/2</math> 的场所: <math>\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}</math>;</p> <p>人员居留因子 <math>T \leq 1/2</math> 的场所: <math>\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}</math>。</p> <p>b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射, 以年剂量 <math>250 \mu\text{Sv}</math> 加以控制。</p> <p>c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶, 机房顶外表面 <math>30\text{cm}</math> 处的剂量率参考控制水平可按 <math>100 \mu\text{Sv/h}</math> 加以控制 (可在相应位置处设置辐射告示牌)。</p> <p>8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统, 采取全排全送的通风方式, 换气次数不少于 <math>4 \text{次/h}</math>, 排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。</p> <p><b>3) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)</b></p> <p>6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统, 进风口应设在放射治疗机房上部, 排风口应设在治疗机房下部, 进风口与排风口位置应对角设置, 以确保室内空气充分交换; 通风换气次数应不小于 <math>4 \text{次/h}</math>。</p> <p><b>4) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T 201.1-2007)</b></p> <p>3 治疗机房辐射屏蔽的剂量参考控制水平</p> <p>3.1 治疗机房墙和入口门外的周围剂量当量率参考控制水平</p> <p>治疗机房墙和入口门外的周围剂量当量率应同时满足下列 3.1.1 和 3.1.2 的参考控制水平</p> <p>3.1.1 距治疗机房墙和入口门外表面 <math>30\text{cm}</math> 处和邻近治疗机房的居留因子较大 (<math>T &gt; 1/4</math>) 的人员驻留区域。</p> $\dot{H}_c \leq H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (7-1)$ <p>式中: <math>H_c</math>——周围考控剂量当量率参制水平, <math>\mu\text{Sv/h}</math>;</p> <p><math>\dot{H}_c</math>——周围剂量控制水平 (<math>\mu\text{Sv/周}</math>), 其值如下:</p>
---

表 7 保护目标与评价标准

放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$

放射治疗机房外非控制区的工作人员： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$

U——治疗装置向关注位置的方向照射的使用因子；

T——人员在放射治疗机房外控制区和放射治疗机房外非控制区驻留的居留因子，参见附录 A；

t——治疗装置周最大累积照射的小时数，h/周。t 是与治疗装置周工作负荷 W 相关的参数，应由放射治疗单位给定的放射治疗工作量导出，附录 B 是参考示例。

3.1.2 距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处：

$$\dot{H}_{c,d} \leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h} \quad (\text{人员全居留场所}, T > 1/2)$$

$$H_c \leq 10\mu\text{Sv}/\text{h} \quad (\text{人员部分和偶然居留场所}, T \leq 1/2)$$

4 治疗机房一般屏蔽要求

4.5.5 迷路外墙的屏蔽透射因子应小于  $10^{-2}$ 。

4.8.3 治疗机房辐射屏蔽涉及诸多物理量：治疗装置有用束给予患者受治部位的剂量为吸收剂量(Gy)、治疗装置的泄漏辐射和可能产生的杂散中子及其散射辐射剂量为周围剂量当量或空气比释动能(Sv 或 Gy)、人员在治疗机房外的受照剂量为有效剂量(Sv)、在治疗机房外的辐射场和剂量仪表的测量值为周围剂量当量(Sv)。为了治疗机房屏蔽剂量估算和评价的方便及统一，在辐射屏蔽及其设计范畴内，不进行诸物理量与本标准中的周围剂量当量之间的转换系数修正。

**5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： $\gamma$ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)**

4.1 剂量控制要求

4.1.1 治疗机房墙外和入口门外关注点的周围剂量当量率（以下简称剂量率）应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_C$ ：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录 A，由以下周剂量参考水平  $H_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$  求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv}/\text{h})$ ：

放射治疗机房外控制区的工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

放射治疗机房外非控制区的人员： $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

表 7 保护目标与评价标准

<p>b) 按照关注点人员居留因子 (T) 的不同, 确定关注点的最高剂量率参考控制水平 <math>\dot{H}_{C,\max}</math> (<math>\mu\text{Sv/h}</math>):</p> <p>1) 人员居留因子 <math>T \geq 1/2</math> 的场所: <math>\dot{H}_{C,\max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}</math>;</p> <p>2) 人员居留因子 <math>T &lt; 1/2</math> 的场所: <math>\dot{H}_{C,\max} \leq 10\mu\text{Sv/h}</math>。</p> <p>c) 由上述 a) 中的导出剂量率参考控制水平 <math>\dot{H}_{c,d}</math> 和 b) 中的最高剂量率参考控制水平 <math>\dot{H}_{C,\max}</math>, 选择其中较小者作为关注点的剂量率参考控制水平 <math>\dot{H}_C</math> (<math>\mu\text{Sv/h}</math>)。</p> <p>4.1.2 治疗机房顶的剂量控制要求</p> <p>治疗机房顶的剂量应按下述 a)、b) 两种情况控制:</p> <p>a) 在治疗机房正上方有建筑物或治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自放射源点到机房顶内表面边缘所张立体角区域时, 距治疗机房顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 可以根据机房外周剂量参考控制水平 <math>H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}</math> 和最高剂量率 <math>\dot{H}_{C,\max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}</math>, 按照 4.1.1 求得关注点的剂量率参考控制水平 <math>\dot{H}_C</math> (<math>\mu\text{Sv/h}</math>) 加以控制。</p> <p>b) 除 4.1.2 中 a) 的条件外, 应考虑下列情况:</p> <p>2) 穿透治疗机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射, 以年剂量 <math>250\mu\text{Sv}</math> 加以控制;</p> <p>3) 对无人员停留并只有借助工具才能进入的机房顶, 考虑上述 1) 和 2) 之后, 机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 <math>100\mu\text{Sv/h}</math> 加以控制 (可在相应处设置辐射告示牌)。</p> <p>6) 《后装 <math>\gamma</math> 源近距离治疗质量控制检测规范》(WS262-2017)</p> <p>3.1 .....对 <math>^{192}\text{Ir}</math> 源、<math>^{60}\text{Co}</math> 源后装治疗设备应定期进行稳定性检测 (<math>\gamma</math>源后装治疗设备的检测项目与技术要求应符合表 1 的要求)。</p> <p>从标准表 1 查得: 贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 5cm 处不大于 <math>50\mu\text{Sv/h}</math>, 100cm 处不大于 <math>5\mu\text{Sv/h}</math>。</p> <p>7) 《密封放射源及密封 <math>\gamma</math> 放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ114-2006)</p> <p>本标准适用于 <math>3.7 \times 10^4\text{Bq} \sim 3.7 \times 10^{16}\text{Bq}</math> (<math>1\mu\text{Ci} \sim 1\text{MCi}</math>) 量级密封源。</p>
--

表 7 保护目标与评价标准

5.8 距离装有活度为  $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$  以上的密封 $\gamma$ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过  $0.2 \text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

5.9 密封 $\gamma$ 放射源容器外表面的非固定性放射性污染， $\beta$ 不得超过  $4 \text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\alpha$ 不得超过  $0.4 \text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

### 8) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)

二级标准：臭氧 1 小时平均限值为  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0.2 \text{mg}/\text{m}^3$ )；二氧化氮 1 小时平均限值为  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0.2 \text{mg}/\text{m}^3$ )。

### 9) 《工作场所所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)

室内：臭氧浓度的接触限值： $0.3 \text{mg}/\text{m}^3$ ；氮氧化物的接触限值： $5 \text{mg}/\text{m}^3$ 。

#### (2) 本项目执行的评价标准及相关参数值

##### 1) 年剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 B 要求、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)要求：一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过  $5 \text{mSv}/\text{a}$ ；公众照射的剂量约束值不超过  $0.1 \text{mSv}/\text{a}$ 。

根据以上相关要求，建设单位确定项目职业照射的剂量约束值不超过  $5 \text{mSv}/\text{a}$ ，公众照射的剂量约束值不超过  $0.1 \text{mSv}/\text{a}$ 。

##### 2) 后装机房屏蔽体外控制水平核算

上述标准中《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)、《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)、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分： $\gamma$ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)、《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)均对后装机机房屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平有相应规定，本评价按照其相关要求保守计算后装机房的屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算如下：

##### ① 居留因子

根据 HJ1198-2021 附录 A，不同场所的居留因子选取如表 7-2 所示。

表 7 保护目标与评价标准

表 7-2 不同场所的居留因子			
场所	居留因子		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制区、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区域
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

备注：后文后装机等相应计算中的居留因子参照本表取值，后文不再提及。

②后装机机房屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算

本项目后装机周最大有效治疗时间为5h，后装机机房关注点的使用因子均取1。后装机房屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算结果见表7-3。

**表 7-3 后装机机房外剂量率控制水平核算表**                      单位：μSv/h

屏蔽体外关注点		辐射类型	T	U	$H_c$ (μSv/周)	$\dot{H}_{c,max}$	$\dot{H}_{c,d}$	剂量率参考控制水平 $H_c$
屏蔽体	紧邻环境情况							
东北墙	过道	初级辐射	1/5	1	5	10	5.0	2.5
东南墙	办公室	初级辐射	1	1	5	10	1.0	1.0
西南墙	过道	初级辐射	1/5	1	5	10	5.0	2.5
西北墙	过道	初级辐射	1/5	1	5	10	5.0	2.5
顶棚	放射科控制室等	初级辐射	1	1	5	10	1.0	1.0
防护门	过道	散射辐射	1/8	1	5	10	5.0	2.5

备注：地板下方为泥土层，不予考虑。

根据上表核算，后装机房东南墙和顶棚屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平按照 1.0μSv/h 控制，其余屏蔽体外统一按照 2.5μSv/h 进行控制。

**3) 项目剂量限值与污染物排放指标**

本评价根据上述标准以及医院确定的个人剂量约束值，确定本项目的评价标准见表 7-4 所示。

表 7 保护目标与评价标准

表 7-4 项目剂量限值及污染物排放指标表		
一、年剂量限值要求		执行依据
放射工作人员	年有效剂量约束值不超过 5mSv/a。	GB18871-2002 HJ1198-2021 及医院管理要求
公众成员	年有效剂量约束值不超过 0.1mSv/a。	
二、剂量率控制值		执行依据
后装机房	机房东南墙和顶棚外表面 30cm 处周围剂量当量率控制限值为 1.0 $\mu$ Sv/h，其余墙体、防护门外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。	根据 GBZ/T201 HJ1198-2021 GBZ121-2020 等 核算后综合取值
三、设备防护性能		执行依据
后装机	贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 5cm 处不大于 50 $\mu$ Sv/h，100cm 处不大于 5 $\mu$ Sv/h。	WS262-2017
四、放射源储存		执行依据
密封放射源	距离装有活度为 3.7 $\times 10^{10}$ Bq 以上的密封 $\gamma$ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 0.2mGy $\cdot$ h <sup>-1</sup> 。	GBZ114-2006
五、放射性废物排放		执行依据
表面污染	后装机源容器外表面的 $\beta$ 污染水平不得超过 4Bq/cm <sup>2</sup> 。	GBZ114-2006
废旧放射源	由生产厂家回收处理。	渝府令〔2020〕338 号
六、机房通风要求		执行依据
后装机房	通风换气次数应不小于 4 次/h。	GBZ121-2020 HJ1198-2021
七、医疗废物、医疗废水		执行依据
非放射性废水	经医院污水处理站处理后方可排放。	GB18466-2005
非放射性医疗废物	交具有相应资质的单位处置。	医疗废物管理条例

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

项目位于黔江区正阳街道桐坪社区正舟路南段 360 号医院医技楼 1F。

项目用房四周为放疗中心用房、中庭广场、化疗区、办公区、泥土层、预留用房等，楼上为放射科，楼下为泥土层。

项目地理位置图见附图 1，项目工作场所见附图 4-3 所示。

### 8.2 辐射环境现状评价

为了解拟建项目所在位置辐射环境质量现状，本次环评委托重庆新绿环保工程有限公司于 2025 年 4 月 10 日对本项目拟建地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率进行了监测。

#### 8.2.1 监测因子

环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

#### 8.2.2 监测方案

##### (1) 监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境 $\gamma$ 辐射剂量率	仪器法	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

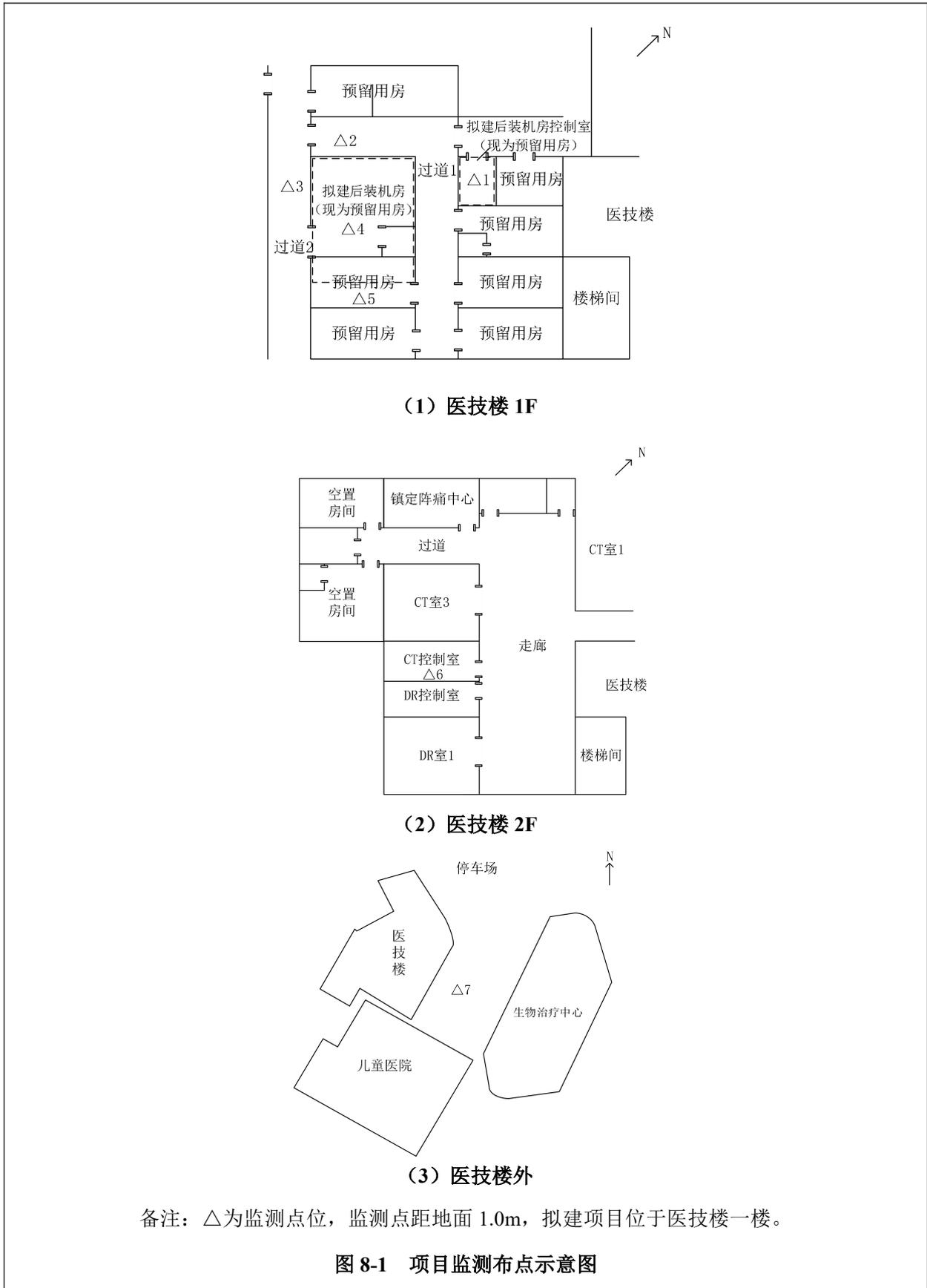
##### (2) 监测点位选取

监测点位情况见表 8-2，监测布点位置见图 8-1 所示。

表 8-2 监测布点情况表

监测点位	监测点位描述
△1	拟建后装机房控制室（现为预留用房）
△2	过道 1
△3	过道 2
△4	拟建后装机房（现为预留用房）
△5	预留用房
△6	拟建后装机房楼上 CT 控制室
△7	医技楼外空地

表 8 环境质量和辐射现状



**表 8 环境质量和辐射现状**

监测布点合理性分析：根据现场踏勘，上述监测点包含了项目拟建后装机房拟建址及周围环境、楼上对应位置、建筑外环保目标，监测点位布置全面，监测结果能反映本项目场址及周围环境保护目标的辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理。

**(3) 测定方式**

本项目选取的测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

**(4) 监测工况**

项目周围较近的核技术利用项目有：项目西北至北侧的放疗中心直线加速器、CT模拟定位机，项目东北侧的介入中心 DSA，项目楼上的放射科射线装置。本项目背景监测期间，这些射线装置均未开机运行。

**8.2.3 质量保证措施**

**(1) 监测单位资质**

本项目辐射环境监测单位为重庆新绿环保工程有限公司，具有重庆市市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展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。

**(2) 检测仪器**

本项目委托有资质的单位重庆新绿环保工程有限公司进行监测，检测仪器在检定有效期内使用，检测仪器及检定情况见表 8-3。

**表 8-3 检测仪器及检定情况**

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境级 $\chi$ 、 $\gamma$ 辐射巡检仪	RGM5200	1222204005009	2024070805204	2025.7.11	1.13

备注：设备测量范围 10nSv/h-100 $\mu$ Sv/h。

**(3) 监测人员及报告审核制度**

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送计量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过

## 表 8 环境质量和辐射现状

审查，最后由授权签字人签发。因此，监测结果有效。

### 8.2.4 监测结果

监测结果和监测布点见监测报告：渝新绿环（监）[2025]015 号（附件 4）。监测结果统计见表 8-4。

表 8-4 项目所在地辐射环境监测结果统计

序号	监测点位描述	环境 $\gamma$ 辐射剂量率（nGy/h）
△1	拟建后装机房控制室（现为预留用房）	105
△2	过道 1	104
△3	过道 2	104
△4	拟建后装机房（现为预留用房）	103
△5	预留用房	104
△6	拟建后装机房楼上 CT 控制室	104
△7	医技楼外空地	99

备注：1 $\mu$ Gy/h=1000nGy/h。以上监测结果均未扣除宇宙射线的响应值。

由监测统计结果可知，项目所在地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在 99nGy/h~105nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值）。根据《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版），2023 年累积剂量测得的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 76.8~93.3nGy/h，平均值 87nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境背景调查表明，场址及周围的环境 $\gamma$ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内。

表9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备及施工期污染工序及污染物产生情况

#### 9.1.1 工程设备

项目施工工作内容主要为现有墙体的拆除、混凝土墙体的建设、用房装修、管道及设备安装等。

项目施工期需要使用到的主要施工机械设备包括人工锤和气锤、电锯、切割机、冲击钻等。

#### 9.1.2 施工期污染工序及污染物产生情况

项目施工期工艺流程及产污环节见图9-1所示。

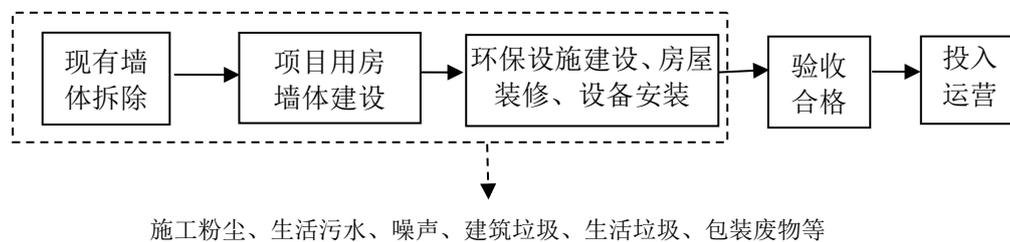


图9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

在项目施工过程中主要有施工粉尘、生活污水、噪声、建筑垃圾、生活垃圾、包装废物等产生。项目不设置独立的施工营地，施工人员不在医院内住宿，依托医院用餐。

##### (1) 施工废气

项目施工产生的废气主要为施工粉尘，主要来自施工过程中现有墙体的拆除、墙体的建设、建筑材料（水泥、沙子、石子等）现场搬运及堆放产生的扬尘、切割打磨装饰材料产生的粉尘、建筑垃圾清理及堆放产生的扬尘等。粉尘通过封闭施工区域、洒水降尘等方式减少影响。

##### (2) 施工废水

施工期废水主要为施工人员生活污水。项目施工期每天最大约 20 人在施工现场作业，生活用水量约为 50L/人·d 计，污水产生系数按用水量的 0.9 计，则生活污水排放量为 0.90m<sup>3</sup>/d。依托医院现有污水收集系统收集后经 1#医院污水处理站处理达标后排放。

##### (3) 施工噪声

施工噪声主要来自现有墙体的拆除、墙体新建的敲打、装修及现场处理等。各施工设备噪声源强约为 75~90dB（A）。通过合理布置施工时间等减少对周围环境的影响。

表9 项目工程分析与源项

(4) 施工固废：项目施工期产生的固体废物主要为施工建筑垃圾、施工人员生活垃圾、包装物等。

①施工建筑垃圾主要包括拆除墙体，新建墙体、装修等产生的废木料、水泥、砂石、石材、塑料包装、金属材料、碎玻璃等。能回收的回收处置，不能回收的作为建筑垃圾处置。项目产生的所有建筑垃圾约为 5t，运至市政指定的合法的建筑垃圾堆放场处置。

②施工期产生的生活垃圾按每天 20 人计，每人每天产生生活垃圾 0.5kg，则每天产生 10kg。依托医院现有生活垃圾收集系统收集后交环卫部门统一收运处理。

③项目建设、装修、设备安装等过程产生少量包装废物，收集后交物资回收单位处置。

## 9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

### 9.2.1 设备组成及工作方式

#### (1) 设备组成

项目拟配置 1 台后装机，使用 1 枚  $^{192}\text{Ir}$  密封放射源，初始活度为  $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于 III 类放射源。后装机主要由后装主机、近距离治疗计划系统、安全系统组成。

#### ①后装主机

后装主机主要包括可编程控制器及相关电气器件、放射源驱动电机、放射源贮存罐（又称工作容器，简称源罐，内存放射源）、施源器和适应患者治疗高度的升降机构。主机内设置分度头，分度头可以连接多个输源管或施源器，虽然机内只安装 1 枚放射源，但可通过分度头引导控制，放射源可依次通过相应管道到达不同治疗区，按照计划实施治疗。常见后装主机见图 9-2。



图 9-2 后装主机实物照片（示例）

## 表9 项目工程分析与源项

$^{192}\text{Ir}$  密封放射源装于机头源罐（工作源容器）内，源罐由外而内分别为不锈钢外壳、铅防护、钨防护。

$^{192}\text{Ir}$  密封放射源结构见图 9-3，典型  $^{192}\text{Ir}$  密封放射源源罐结构示意图见图 9-4。

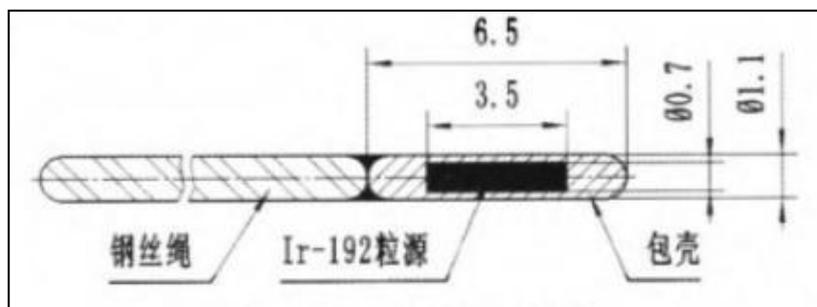


图 9-3  $^{192}\text{Ir}$  源结构示意图

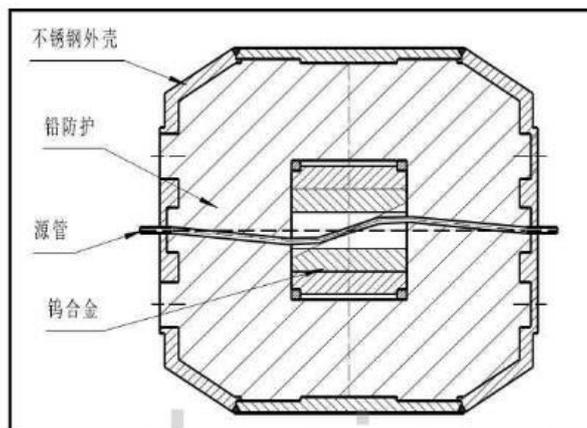


图 9-4 典型  $^{192}\text{Ir}$  密封源管结构示意图

②计划系统主要由硬件（计算机、数字化仪、打印机、绘图仪、摄像机）和软件（操作系统、治疗计划系统软件）组成。

③安全系统主要有各种联锁系统、安全报警系统等，具体情况见表 10 相关内容。

### （2）工作方式

后装治疗是指治疗时先将不带放射源的治疗容器（施源器）置于治疗部位，然后在安全防护条件下用遥控装置将放射源通过导管送到已安装在患者体腔内的施源器内进行放射治疗。由于放射源是后来装上去的，故称之为“后装”。后装治疗时放射工作人员隔室操作。

## 9.2.2 设备参数

根据医院提供资料，后装机主要技术指标见表 9-1。

表 9 项目工程分析与源项

项目	技术指标	备注
设备型号	KL-HDR-C 型	北京科霖众医疗科技有限公司
放射源	<sup>192</sup> Ir	铱 192
最大装源活度	3.7×10 <sup>11</sup> Bq	10Ci
送源通道最小曲率半径	施源器内径不小于Φ1.9mm 时应不小于 30mm	/
治疗主机通道数	18 个	可任选，任意组合
最大送源距离	1015mm	适应放射治疗所需大的空间
源重复到位精度	±1mm	/
源到位重复精度	±1mm	/
送源、退源最长时间	≤6s	/
每个驻留点的驻留时间	0~999s	能使用低活度放射源
治疗机头升降距离	不小于 300mm	/
储源罐泄漏量	距源罐表面 1 米处<5μGy/h	/

### 9.2.3 工作原理

后装机使用 <sup>192</sup>Ir 密封放射源，属近距离放射治疗。它是将密封放射源置于病灶附近，提高局部剂量，利用γ射线的生物效应对肿瘤进行治疗。这种方式可用于治疗人体内各种腔道周围的肿瘤，因所选取的核素的射线能量较低，并以射线的距离衰减效应减少正常组织的损伤，同时也减少了操作人员接受的辐射剂量。

后装治疗从传统的妇科领域扩展到能对人体各部位多肿瘤的治疗，尤其是鼻咽、支气管、肺癌、食道癌、直肠、膀胱、前列腺、胰腺、胆管、脑部等。

### 9.2.4 工作流程及产污环节

#### (1) 后装机治疗流程及产污环节

本项目后装机治疗主要工作流程见图 9-5 所示。

表9 项目工程分析与源项

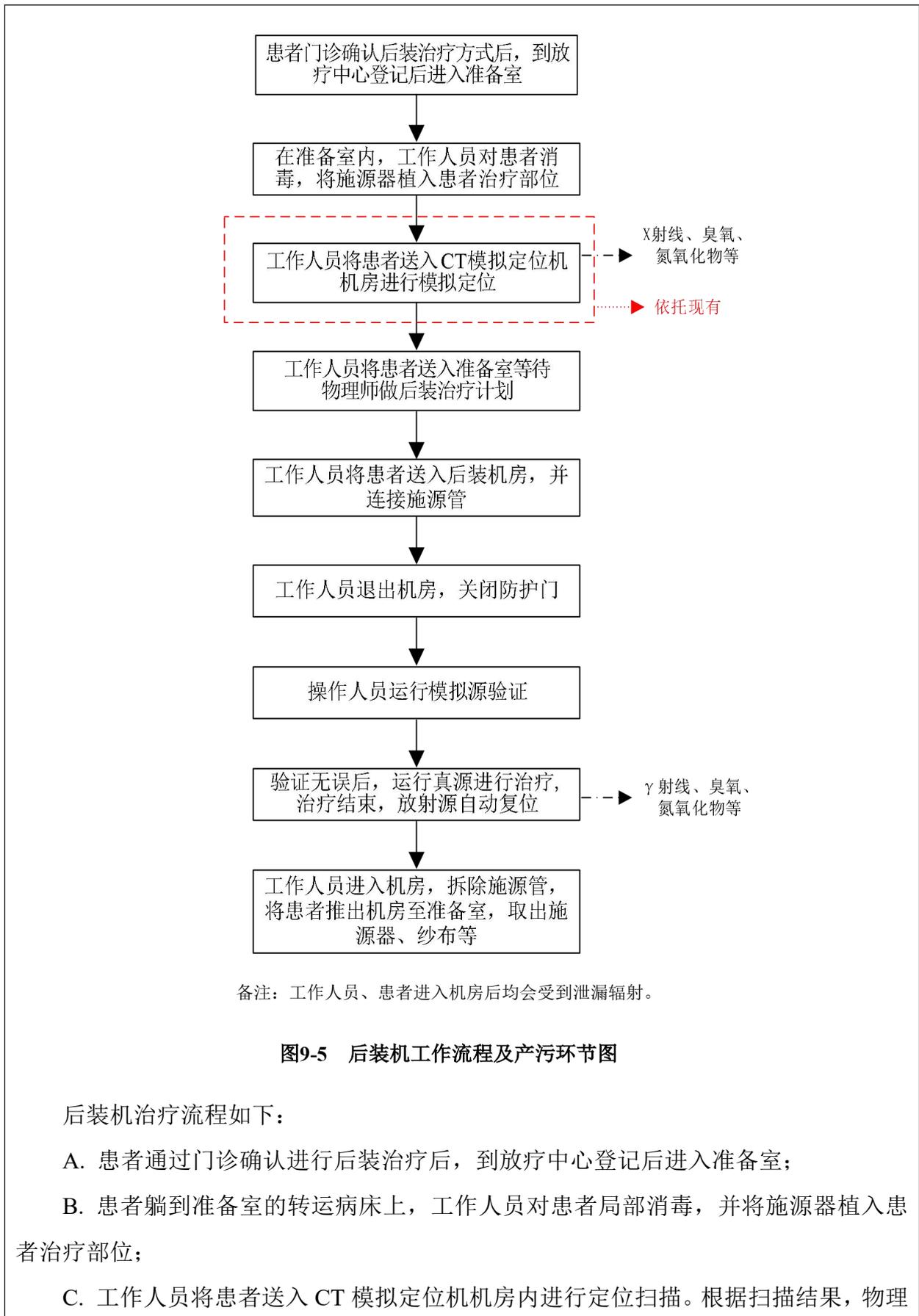


表9 项目工程分析与源项

师做后装治疗计划，医生评估合格后执行后装治疗。在此期间，工作人员将患者送入准备室等候治疗。

D. 工作人员将患者从准备室推出送入后装机房内，连接后装机与患者体内施源器之间的管道（施源管），连接完毕后退出现机房。操作人员通过视频观察后装机房，关闭机房防护门。该过程一般不超过 2min，施源管连接时工作人员一般距后装机 1m。

E. 操作人员在控制室通过计算机执行治疗计划。治疗过程首先是先运行“模拟源”3次，经验证无误后，再运行“真源”进行治疗，治疗结束后真源自动复位。根据放射源活度及驻留点数量确定治疗时间，整个过程一般不超过 30min，其中真源出源时间一般在 2~12min，平均不超过 10min。

F. 工作人员进入机房，拆除施源管，并将患者推出机房至准备室，取出施源器和纱布等。该过程一般不超过 2min。

整个治疗过程全程可视频监控，在整个治疗过程中病人躺在转运病床也不需要移动，保证了治疗靶区与定位靶区的一致性。

## (2) 放射源运输、初装源、换装源

本项目后装机使用的  $^{192}\text{Ir}$  密封放射源运输及初装源、换装源工作均由有相应资质的专业公司进行，医院提供完成这些工作必备的工作场所、必要的安保协助和与之应急预案的联动，医院工作人员不参与运输、装源工作。

①**放射源运输**：含源铅罐由有相应资质的专业公司按照向公安部门报备的路线将放射源运达医技楼南侧 1F 入口处，安保人员事先疏散无关人员，封锁相关区域，设置警戒线。有资质专业单位的工作人员将含有放射源的铅罐卸下，经门厅、中庭广场、过道运送至后装机房内。

②**初装源、换装源**：后装机初装源流程与换装源中的装源流程一致。后装机倒装源流程如下：

取源流程：有资质的专业公司的放射源倒装人员持证上岗，进入机房前需穿戴防护衣佩戴辐射监测仪器，对设备进行初步检查，在机房内将专用换源施源导管一端连接到后装机机头出源口，另一端接入厂家换源器，打开设备保险，退出机房，关闭防护门后在控制室操作台上将旧源输出，后装机按程序自动将废源送入厂家换源器的储源位，待机房内本底剂量达到安全值后，倒源人员开启防护门进入机房内，操作换源器上的钢丝

**表 9 项目工程分析与源项**

锁紧装置，并在后装机机头上释放废源钢丝另一端（不带放射源端）的锁紧机构，再将不带源的钢丝一端从机头中取出放置在换源器中并密封后将装有废源的换源器放置在专用储源容器内。

装源流程：将装有新源的厂家换源器移入机房，将换源器中不带源的钢丝一端通过装源导管插入后装机机头中，随后锁紧机头中的钢丝端头，开启装有新源的换源器锁紧装置，倒装人员退出机房，关闭防护门后在控制操作台上执行装源程序，机房内后装机按程序自动将新源收入机头铅罐的储源位，待剂量恢复至安全水平以下倒装人员开启防护门进入机房，再用辐射监测仪器确定新源到达指定位置，至此，新源倒装完毕。

后装机初装源过程一般不超过 10min；换装源过程一般不超过 20min。放射源安装和换源过程，医院工作人员全程不进入后装机房，且提前对工作场所进行清场，防止无关人员误入。一般一年换源 2 次。

**9.2.5 工作负荷**

项目 CT 模拟定位机依托放疗科现有设备。

根据医院提供资料，预计项目相关工作时间见下表 9-2。

**表 9-2 后装治疗相应工作时间统计表**

工作	日最大工作量(人次/d)	周工作量(人次/W)	年工作量(人次/a)	单人次出束时间(min/人次)	周出束时间(h)	年出束时间(h)
后装治疗	6	30	1500	10	5	250
施源管安装拆卸、进出机房	6	30	1500	2+2+0.5	2.3	112.5
CT 模拟定位	1	3	150	2	0.1	5

**9.3 后装运行人流物流路径规划**

CT 模拟定位技师：经医技楼北侧医用电梯由 3F 到达 1F，经过道、中庭广场、过道直接到达 CT 模拟定位机房的操作间。工作结束后原路返回。

后装治疗医护人员路径：经医技楼北侧医用电梯由 3F 到达 1F，经过道、中庭广场、过道直接到达后装机房的控制室、准备室。摆位时从控制室、过道到达后装机房防护门，进入后装机房内指导病人摆位后沿原路返回控制室。

患者路径：经医技楼北侧客梯到达 1F，经过道到达中庭广场候诊，随后患者进入 CT 模拟定位机房，检查完成后沿原路离开。治疗前通过准备室准备后，由过道、后装机房防护门进入后装机房内接受治疗，治疗完成后返回到准备室取出施源器，再按原路

表9 项目工程分析与源项

离开。

新源运输路径：有资质的专业公司将放射源运达医技楼东南侧 1F 入口处，经门厅、中庭广场、过道运送至后装机房内。

废源运输路径：后装治疗的废源正常情况下由换源单位运走，特殊情况下通过过道运输至后装贮源室内暂存。废源外运时均通过过道、中庭广场、门厅到达医技楼东南侧外院内道路，通过专业车辆运输。

项目相关路径规划示意图见图 9-6。

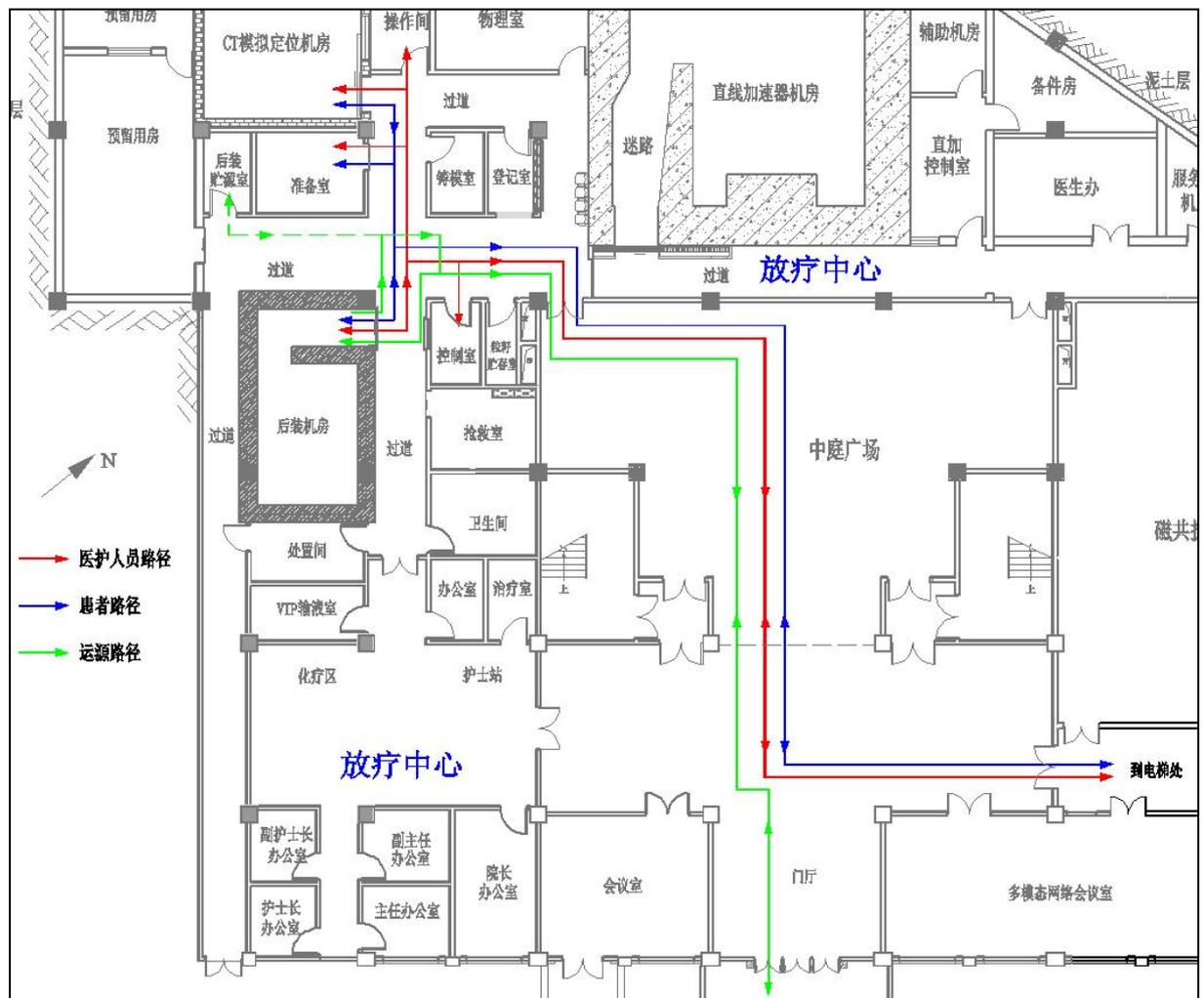


图 9-6 项目相关路径规划示意图

#### 9.4 后装治疗污染源项描述

后装治疗拟使用的放射性核素为  $^{192}\text{Ir}$ 。 $^{192}\text{Ir}$  是一种沉重的、脆的白色过渡金属，熔点  $2443^{\circ}\text{C}$ ，比热  $0.13\text{J/kg}$ ，沸点  $4428^{\circ}\text{C}$ ，蒸发热  $604\text{kJ/mol}$ ，导热系数  $1.47\text{W/cmK}$ ，密度  $22.4\text{g/cm}^3$  ( $300\text{K}$ )，熔化热  $26.1\text{KJ/mol}$ 。有金属光泽，在空气和水中稳定，对所有

表9 项目工程分析与源项

酸都呈惰性，但跟熔融的 NaOH 反应。<sup>192</sup>Ir 主要辐射特性见下表 9-3 所示。

表 9-3 <sup>192</sup>Ir 辐射特性表

半衰期	衰变类型 分支比, %	主要辐射能量 (MeV) 与绝对强度 (%) 能量	γ射线能量均 值 (MeV)	物理 性状	空气比释动能率 常数 $K_r$ $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	来源
73.827d	$\beta^-$ (95.13) $\epsilon$ (4.87)	$\beta^-$ (95.22%) : 0.672 (46%), 0.536 (41%), 0.3240 (8%) $\gamma$ : 0.296 (34.6%) 0.308 (35.77%), 0.316 (82.9%), 0.467 (58.0%)	0.37	固态	0.111	外购

备注：空气比释动能率常数及γ射线平均能量来自 GBZ/T201.3-2014 的表 C.1，主要辐射特性取自辐射防护手册。

### (1) 电离辐射

#### ① γ射线

后装机所使用的放射源是 <sup>192</sup>Ir，衰变时发射出β和γ射线，β射线最大能量为 0.672MeV，但β射线穿透力弱，直接被源容器屏蔽，评价不予考虑；γ射线最大能量为 0.467MeV，平均能量 0.37MeV，需进行屏蔽。根据《后装γ源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）要求可知，后装机贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 5cm 处不大于 50μSv/h、100cm 处不大于 5μSv/h。

**初装源、倒装源：**后装机的放射源由有资质单位运输，初装源和倒装源均由有资质单位进行。在医院内部运输过程中放射源位于含源铅罐内，倒装在后装机房内进行。此过程主要污染因子是泄漏γ射线对环境产生影响。

#### ②放射性固废

后装机内的密封源<sup>192</sup>Ir使用一定时间后，由于活度降低，不能达到放射源使用目的时，报废、退役成为放射性废物，产生量约2枚/年。医院与售源厂家签订合同，换源时由生产厂家回收处理，一般不在医院内暂存，特殊情况未能立即运走时暂存于后装贮源室储源柜内。

### (2) 非放射性“三废”

#### ①废气

根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期）中给出的点状γ射线密封源所致 O<sub>3</sub> 产额的公式进行估算，其计算公式如下：

$$P = 3.02 \times A \times K_{\gamma} \times G \times V^{\frac{1}{3}} \quad (9-1)$$

**表 9 项目工程分析与源项**

式中： $P$ ：扩展射线束单位时间内产生的  $O_3$  的总质量， $mg/h$ ；

$A$ ：放射源活度， $TBq$ ；

$V$ ：治疗室体积， $m^3$ ；

$K_\gamma$ ：放射源的空气比释动能率常数， $Gy \cdot m^2 / min \cdot TBq$ ；

$G$ ：空气吸收  $100eV$  辐射能量产生的  $O_3$  分子数，取值为 10；

考虑后装机房墙壁的散射线使机房内的  $O_3$  产额增加 10%，计算结果见表 9-4。

**表 9-4 放射源的  $O_3$  产额的计算参数和计算结果**

放射源	$A$ ( $TBq$ )	$V$ ( $m^3$ )	$K_\gamma$ ( $Gy \cdot m^2 / min \cdot TBq$ )	$G$	$P$ ( $mg/h$ )
$^{192}Ir$	0.37	98.3 (不含吊顶)	$1.85 \times 10^{-3}$	10	0.11

氮氧化物（主要为二氧化氮）产额考虑为  $O_3$  产额的一半，则后装机房室内氮氧化物产额为  $0.06mg/h$ 。

废气经新建排风系统收集后引至医技楼 1F 西南侧室外排放。

### ②废水

本项目医护人员及病人诊疗过程将产生少量的医疗废水和生活污水。废水依托医院已建的医疗 1#污水处理站处理达标后排入市政管网。

### ③固废

项目运营产生的医疗废物依托医院的收运系统运至医疗废物暂存间暂存，而后交有资质的单位处理，一般生活垃圾依托医院的收运系统运至生活垃圾暂存间，再交环卫部门处理。

铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，由医院收集后妥善保存，按照危险废物交有资质单位处理，并做好相应记录。

## 9.5 主要污染物产生及预计排放情况汇总

综上所述，本项目运营期主要污染物产生及预计排放情况汇总见下表所示。

**表 9-5 项目运营期污染物产生情况一览表**

表9 项目工程分析与源项

污染物	产排污核素/场所/设备	主要污染因子	最大能量/产生量	处理方式及去向
电离辐射	后装机	γ射线	平均能量 0.37MeV, 最大能量 0.0467MeV; 非治疗状态下, 后装机γ射线的泄漏量在距源罐表面 1m 处<5μGy/h	机房屏蔽
放射性固废	后装机	退役 <sup>192</sup> Ir 废源	2 枚/年	由生产厂家回收处理
废气	后装机房	臭氧、氮氧化物等	少量	排风系统引至医技楼 1F 西南侧室外排放
废水	项目运行场所	医疗废水、生活污水	少量	依托医院 1#污水处理系统收集处理
固废	项目运行场所	废铅防护用品	少量	由医院收集后妥善保存, 按照危险废物交有资质单位处理, 并做好相应记录。
		医疗废物	少量	依托医院医疗废物暂存间暂存, 交有资质的单位处理
		生活垃圾	少量	依托医院收运系统, 交环卫部门处理

**表 10 辐射安全与防护**

### **10.1 项目布局**

根据项目平面布置可知，项目配套设置了后装机房、控制室、抢救室、卫生间、准备室、后装贮源室，项目配套用房设置齐全，能满足项目运行需要。控制室等辅助用房独立布置于后装机房外，且均有过道相隔，能有效减少后装治疗时对放射工作人员的影响；控制室设置观察窗，能方便观察到后装机房防护门的开闭情况，减少辐射事故风险；控制室与后装机房隔过道布置，准备室紧邻CT模拟定位机房布置，能减少人员路径，方便项目开展；后装机房设置迷道，减少防护门的防护压力，减少故障概率。项目功能分区明确，自成一区，远离人流密集区。后装机房设置了足够厚度的屏蔽墙体进行防护，保证屏蔽体外剂量率基本为本底值，减少对周围公众的影响。

因此，项目平面布局满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的要求，布局合理。

### **10.2 项目工作场所分区**

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：控制区是在辐射工作场所划分的一区域，在这种区域内需要或可能需要采取专门的防护手段或安全措施，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；监督区是未被确定为控制区，通常不需要采取专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求：一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）要求：放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

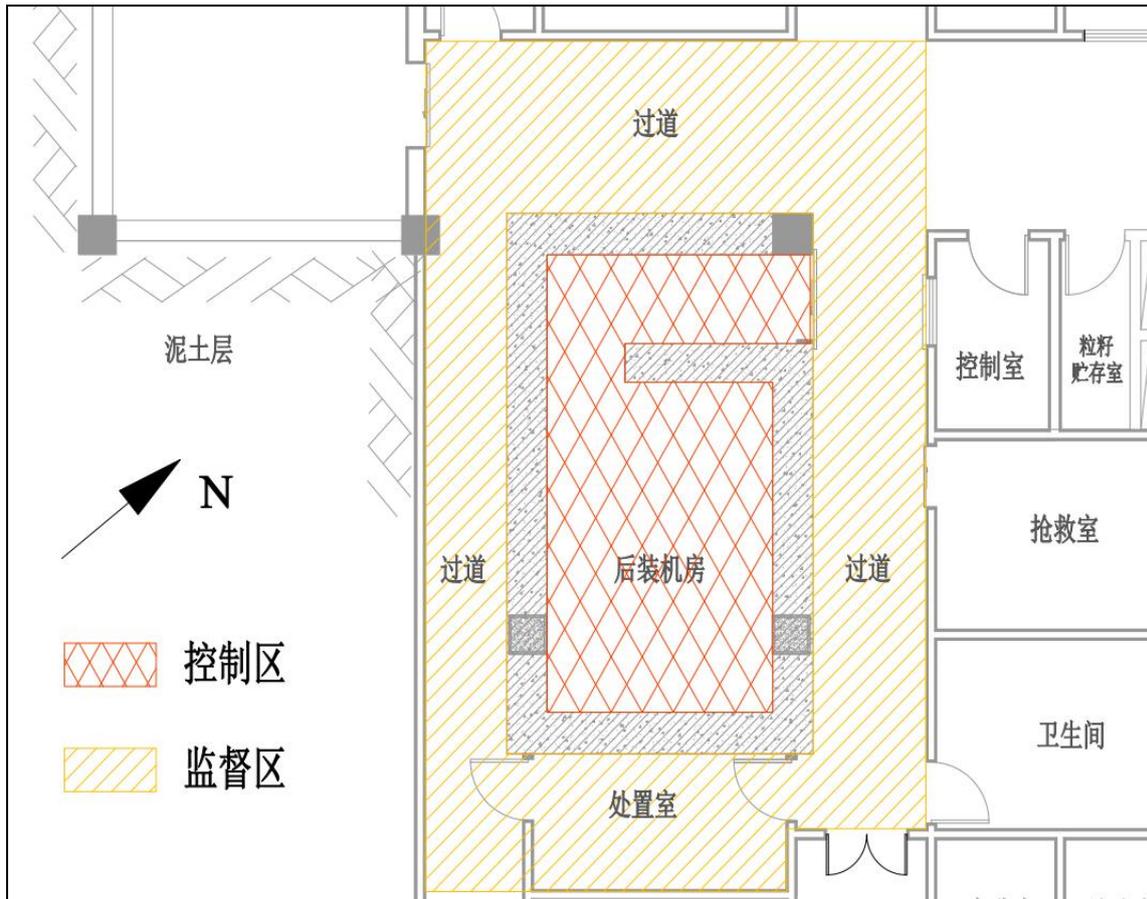
根据上述要求，医院拟对项目工作场所进行分区管理，将各工作场所划分为控制区和监督区，限制无关人员受到不必要的照射。

**表 10 辐射安全与防护**

项目用房控制区、监督区具体划分见表 10-1 及图 10-1。

**表 10-1 本项目控制区、监督区划分**

工作场所	控制区范围	监督区范围
后装治疗	后装机房（含迷道）	过道、办公室、控制室、后装机房楼上对应区域



备注：后装贮源室暂存废源时，按临时控制区管控。

**图10-1 项目分区布置示意图**

医院拟严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。控制区设墙体、防护门等实体边界，设置电离辐射警告标志、门禁等设施，并在控制区入口设置标明控制区的标识，限制无关人员随意进入，按要求定期检查辐射剂量水平，以便控制正常照射和防止（或限制）潜在照射；在监督区的适当位置设立标明监督区的标识（如地面警示贴条），防止无关人员受到不必要的照射，定期检查辐射剂量水平，进行经常性监督和评价。

本项目各工作场所按照相关要求进行了分区，满足相关标准要求，分区合理。

**表 10 辐射安全与防护**

**10.3 项目机房面积**

项目后装机房的内空尺寸见表10-2。

**表10-2 项目后装机房建设要求对比表**

机房名称	机房有效尺寸和有效面积		标准要求
	内空尺寸（长×宽×高，m）	内空面积 <sup>①</sup> （m <sup>2</sup> ）	
后装机房	5.95×4.20×5.20	25.0	有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要

备注：后装机房机房内空尺寸和面积均不含迷路。

根据上表及同类后装机房的建设使用情况调查，本项目后装机房的内空面积能够满足项目运行的需要，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的要求。

**10.4 项目辐射安全与防护措施**

**10.4.1 后装机房辐射安全与防护措施**

**（1）设备安全功能**

①本项目拟配置的后装机采用环形槽轮加进、出源限位结构，保证放射源在可控制范围内，保证绝不出现放射源脱离驱动轮的控制从机器跑出而收不回来，能最大限度的减少卡源事故。

②采用强有力的源驱动力，保证能适应多种后装治疗方案。源驱动力可高达 49 牛顿（5kg）。

③有含微处理器的智能化控制系统。可实时监视控制后装机运行及处理各种遇到的情况；后装机的运行为全过程监控，全过程近二百监控检测点，没有安全漏洞；能实时与后装机控制主机通讯，将后装运行状况显示在后装控制主机显示屏上。若出现问题，立即显示错误信息并语音提示，提示处理信息。实现自我诊断，自动显示故障智能化控制系统。该系统有智能装功能、换源功能。

④具有多重安全连锁措施：具有阻丝报警自动回源、各种通道检测、在停电故障时自动或者手动收回放射源等，同时具有独立强回源、故障时自动收回放射源功能。

⑤后装机内置储蓄电池（不间断电源 UPS），保证在停电状态下，治疗系统的继续使用时间不低于 15min，且能保存治疗信息。

⑥后装机的储源罐采用的材质为含有高性能的贵金属--钨镍合金，射线防护能力好，能满足相关标准要求。

**表 10 辐射安全与防护**

⑦后装机不运行时放射源在贮源器内，仅能由专业人员专业工具才能打开取出放射源，一般人员无法打开贮源器。

### **(2) 屏蔽措施**

①根据项目设计资料，后装机房的四周墙体均为 750mm 混凝土，西北侧设置迷道，迷路内墙为 700mm 混凝土，顶棚为 120mm 混凝土+50mm 铅砖，防护门为 10mmPb。根据后文核算，后装机房东南墙、顶棚屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率均小于 1.0 $\mu$ Sv/h，其余屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率均小于 2.5 $\mu$ Sv/h，后装机房的屏蔽能力能满足相关标准要求。

#### **②穿墙管线**

项目后装机穿墙管道包括送排风管、电气管道、空调线管。

A 送排风管：后装机房风管由门洞上方吊顶内以“Z”形穿屏蔽墙进入机房内，包括新风管、排风管，水平并列布置，穿越处新风管、排风管规格为 400mm $\times$ 200mm，穿墙口内高外低，位于吊顶（离地高度 2.9m）与铅砖（离地高度约 4.14m）之间。

B 电气穿线管：电气穿墙线管包含 5 根弱电管和 2 根强电管，均设置在东北墙上和防护门上方穿墙，双向斜向穿越，穿墙口内高外低，位于吊顶（离地高度 2.9m）与铅砖（离地高度约 4.14m）之间。穿越预埋管直径约 100mm。

C 空调线管：后装机房设置 1 根空调线管，空调线管的穿越方式与电气穿线管一致，穿越预埋管直径约 100mm。

后装机穿墙管线穿墙平面示意图和穿墙大样图附图 6 所示。

③后装机房设置 1 个铅防护门，防护门的生产和安装均由有资质的厂家负责。防护门门洞尺寸为 1.5m 宽 $\times$ 2.3m 高，防护门尺寸为 1.8m 宽 $\times$ 2.6m 高，防护门与墙体的重叠不小于其缝隙的 10 倍。

④项目顶棚增加铅砖防护，铅砖为“子母扣”型式搭接，不影响铅砖的防护能力。后装机房所在位置有 3 个承重柱体，承重柱体接触面采用“凿毛”（凹凸差不小于 6mm）处理，不影响机房的屏蔽能力。

采取上述措施后，后装机房穿墙方案、搭接等对机房墙体屏蔽防护能力削弱甚微，但在施工中应采用先进的施工工艺保证施工质量，并在今后的运行中长期监测关注穿墙管线、防护门搭接等薄弱处的辐射剂量。

### **(3) 联锁系统**

**表 10 辐射安全与防护**

①后装机放射源与防护门进行“门源”联锁，防护门关闭后才能出源，出源时一旦防护门意外打开，将会自动紧急回源。后装机房设置门灯联锁。

②放射源出源与施源器联锁，即施源器未连接，不能出源。

③后装机设备上和控制室操作台上均拟设置“急停按钮”，机房内墙上另设置 5 个“急停按钮”。急停按钮为红色按钮式开关，易于辨认，按下后不能自动复位；急停按钮手动复位后不能自动出源。在紧急情况下，放射源强制回源，便于机房和控制室内的人员及时终止照射。机房内墙壁上的紧急停止按钮安装高度约 1.4m。

#### **(4) 固定式剂量报警装置**

后装机房内拟设置固定式剂量报警装置，仪器探头拟安装在机房迷道内口和迷道内墙的墙体上，显示器及报警装置安装在控制室内。实时剂量率监测值显示在主机面板上，实时剂量率的“报警阈值”可通过面板上的按键进行修改。固定式剂量报警装置能对机房内剂量率进行实时监测和报警。设备有声光报警功能，以警示控制室工作人员，确保工作人员的安全。

#### **(5) 视频监控系统**

项目拟在控制室与后装机房之间设视频监控系统，在机房内设置多个监控探头，放射工作人员在控制室内便可清晰地全方位地观察到患者的治疗情况和机房内的情况，如发现患者不适、位置移动、部件脱落、机架与治疗床发生碰撞等异常情况，可及时采取紧急措施。

机房与控制室拟设置可视化对讲设备，便于放射工作人员与患者之间进行交流。

#### **(6) 警告标志、工作状态指示灯**

后装机房防护门上拟设置规范的电离辐射警告标志，后装机外表面张贴电离辐射标志，并设置中文警示说明和放射源信息标牌。

后装机房防护门上方拟安装醒目的工作状态指示灯等，提醒周围人员尽量远离该区域。后装机房的工作状态指示灯与设备联锁。工作状态指示灯为双色信号灯带，绿色：非出束状态，可进入机房；红色：出束状态，并有“照射中”字样显示禁止进入机房。并拟在旁设置中文信号说明。

#### **(7) 开门、对讲系统**

防护门内安装手动开门按钮，方便机房内人员开门出来；防护门处设置红外防挤压装置，防护人员被夹伤。防护门外部开门按钮设置在对应控制室内。

**表 10 辐射安全与防护**

项目拟设置可视对讲系统，对讲装置分别设置在控制室和迷道内墙上，能实现后装机房内人员与控制室内人员之间的双向对讲沟通。

在后装机房内设置两个喇叭，方便控制室人员对后装机房内人员进行语音指导。

**(8) 应急措施**

①后装机房断电时，可以在停电等紧急情况下，由人员手动将门推开。

②后装机具有电磁离合断电收源机构，即在外部电源断电情况下后装机的 UPS 电源能强制回源。回源后，可保存状态，接续治疗。后装机的回源有多种方式：程序自动回源、程序强行回源、键盘热键回源、按控制台“电池回源”按钮回源、按“急停按钮”回源、断电后自动回源、单向手动扳手回源（均只能回源，不放出源）。

③项目配置长柄镊子和一个储源器，用于紧急情况下夹取、暂存放射源，防护罐具有良好的屏蔽防护效果，屏蔽材料采用铅和钨。

④机房内外设置应急照明灯，在停电的时候自动亮灯，便于机房内的人员离开机房。

**(9) 安保措施**

后装机房内外均设置视频监控系统，实行 24 小时监控，保证放射源的安全。

后装机房的防护门采用电动推拉门，设置门禁，外部开门按钮安装在控制室内，防止无关人员开门进入后装机房内。

**(10) 通风**

后装机房设置机械送排风系统。2 个送风口位于机房内靠近西南墙的吊顶上，2 个排风口位于机房内东北墙的两个角落里，离地高度约 0.3m；4 个风口对角布置，呈“上进风，下排风”，便于废气的排出。废气经排风系统收集后引至医技楼 1F 东南侧排放，排放口离地高度不低于 3m。

后装机房内总进风量、总排风量均为 1000m<sup>3</sup>/h，机房的通风换气约 10 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。

后装机房的进排风管网布置图见附图 7 所示。

**10.4.2 后装贮源室辐射安全设施**

后装贮源室四周采用 24cm/37cm 实心砖墙，顶棚为 12cm 混凝土，设置 3.5mmPb 的防护门。防护门的生产和安装均由有资质的厂家负责，防护门与墙体设计有足够的搭接。

后装贮源室内外拟设置监控探头，监控显示器设置在后装控制室内，实行 24 小时

**表 10 辐射安全与防护**

监控，保证放射源的安全。

后装贮源室防护门上、后装贮源室内储源柜上拟设置规范的电离辐射警告标志，储源罐外表面张贴电离辐射标志，并设置中文警示说明和放射源信息标牌。

后装贮源室的门设置为防护门，并设置门锁，专人保管，具有防盗功能，内部的储源柜设置门锁。后装贮源室实行双人双锁管理，保证放射源的安全。

#### **10.4.3 项目管理措施**

本项目后装机不是固定安装，可以在机房内活动，因此，日常治疗工作时治疗床和后装机应尽量位于机房内工作区域（中央位置），尽量远离迷道内口。

购买放射源和后装机为合格产品，放射源和设备基本参数设置在醒目位置。后装机放射源装卸工作由厂家完成，新装源后，医院将委托有资质单位对机房外周围剂量当量率进行监测，满足标准要求后才能进行治疗工作。医院应在购买放射源时与厂家签订废旧回收协议。

为了保证换源工作的正常进行，杜绝环境风险事故的发生，医院拟按要求做到以下防护工作及管理工作。

①制定相应的安保和工作准备方案和换源方案，设置专人负责专项工作，具体内容包含如下：

A.提前与供源单位沟通和联系，核对现场准备要求；

B.每次确认放射源运输车辆的到达时间，提前进行医院内运输通道的清场，设置相应的警戒绳、警示牌、警示灯等，禁止无关车辆和人员的通行；放射源的更换尽量选在夜间，减少对周围人员的影响；

C.提前通知相关管理部门，如区、市生态环境局，以便随时接受监督和检查；

D.提前准备好个人防护用品，如个人剂量报警仪、铅橡胶衣服、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套等，作为专业技术工作人员溯源工作的备用品；

E.在放射源运输和安装的过程中，使用医院的智能化 X- $\gamma$ 辐射仪对屏蔽体外的剂量进行监测，并记录，以了解该工作的辐射影响程度；

F.记录放射源更换各分项工作的时间，多次统计后以相关科室部门的时间配合和安排；

G.做好放射源等的交接工作，填写相应的记录。废源由换源单位带回处理，尽量不暂存在医院内，特殊情况需要在医院暂存的，暂存在后装贮源室的储源柜内，并做好记

**表 10 辐射安全与防护**

录和相应标识。

②每次装源/换源工作结束后，填写相应记录（如更换时间、放射源编码、出厂活度、人员配置、工作分配、使用到的辐射防护用品、特殊事件情况、处理情况等），总结相应工作；

③建立放射源更换工作档案，将相应资料存档。

#### 10.4.4 综合情况

综上所述，项目各类辐射防护与安全设施、防护用品、监测仪器等见表 10-3。项目主要辐射安全防护设施布置示意图见附图 8。

**表 10-3 项目安全防护装置与防护措施表**

安全防护措施	数量	说明
急停按钮	7 个	红色按钮，设备、控制台上各一个，迷道外墙内侧、机房内四周墙体上各设置 1 个。按下后不能自动复位，按下后放射源强制回源，可在紧急情况下终止治疗并回源。
视频监控系统	1 套	机房内设置多个探头，便于观察病人，出现紧急情况便于及时处理；后装贮源室内及周围过道上设置多个监控探头。
开门、闭门装置	1 套	确保铅门闭合，防止射线漏射。防护门内安装手动开门按钮；防护门外设置门禁，开门控制按钮在控制室内。
对讲装置	1 套	在控制室和后装机房迷道内墙上设置可视对讲系统，方便控制室人员与机房内人员进行沟通交流；在后装机房内设置两个喇叭，方便控制室人员对后装机房内人员进行语音指导。
警告标志、警示语	若干	在后装机房、后装贮源室、后装机、储源柜、储源铅罐等处设置相应标志和说明信息。
工作状态指示灯	1 个	设置双色信号灯带，红色：出源状态，显示“照射中”字样，严禁人员入内；绿色：非出源状态，可进入机房。
防挤压装置	1 套	后装机房门框处红外防挤压装置。
门源联锁	1 套	后装机房门开启不能送源。
固定式剂量报警仪	1 台	监测机房内的剂量情况，有声光警示功能。探头设置在机房内（2 个），显示器及报警显示及报警装置安装在控制室内。
个人剂量计	12 枚	每名放射工作人员均佩戴。
个人剂量报警仪	6 台	进入后装机机房内的工作人员佩戴使用。
智能化 X-γ辐射仪	1 台	与放疗中心共用。
储源铅罐、储源柜	1 个	用于应急状态储源或存储废源。
长柄镊子	1 个	后装机工作场所应急使用。
铅橡胶衣服、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、警戒绳、警示牌、警示灯等	1 套	换装源单位备用。
防护门	2 扇	后装机房防护门设置门禁，外部开门按钮设置在控制室；后装贮源室防护门设置门锁，专人保管钥匙，具有防盗功能。
应急照明	1 套	后装机房内外安装应急照明装置。

表 10 辐射安全与防护

根据设备性能及辐射安全与防护要求，本项目辐射安全联锁逻辑关系见图 10-2。

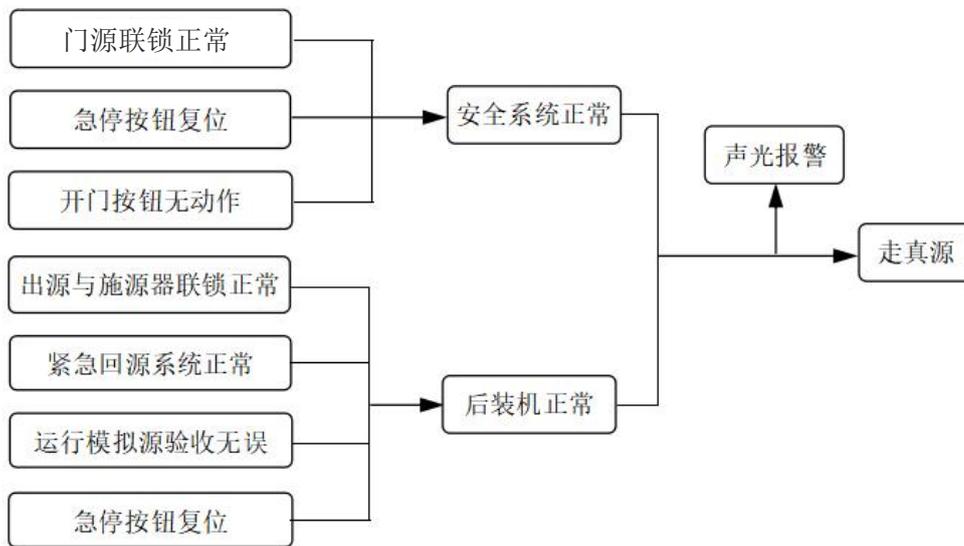


图 10-2 后装机辐射安全联锁逻辑关系示意图

从图 10-2 可知，仅当后装机的施源器正确连接、紧急回源系统显示正常、运行程序自检无误、急停按钮复位、防护门关闭、门源联锁系统正常等全部满足要求，后装机才能出源。当任一条件不满足要求，放射源不出源。同时，在出源过程中，任一条件出现故障，放射源自动回源。

### 10.5 放射性“三废”的处理

根据工程分析，项目运行产生的放射性废物为后装治疗更换下来的密封源，废旧  $^{192}\text{Ir}$  放射源交生产厂家回收处理。医院拟在放射源购买之初即与售源单位签订回收处置合同，一般情况医院不存放废旧源，特殊情况下，废源装在储源铅罐内，并暂存在后装贮源室储源柜内，最终交生产厂家回收处理。

### 10.6 项目建设与相关要求的符合性

本项目建设拟采取的辐射安全与防护措施与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等相关要求的对比分析情况见表 10-4 所示。

根据表 10-4 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等相关标准的要求。

表 10 辐射安全与防护

表 10-4 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表		
标准号	标准要求	项目情况
HJ1198-2021	<p>4 一般要求</p> <p>4.5 构成放射治疗相关辐射工作场所安全连锁系统的物项应满足以下要求：</p> <p>a) 应满足冗余性要求，采用的物项应为完成某一安全功能所必需的最少数目的物项，保证运行过程中某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能；</p> <p>b) 应满足多元性要求，包括系统多元性和多重剂量监测，采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等；</p> <p>c) 应满足独立性要求，当某一安全部件发生故障时，不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用；</p> <p>d) 应满足失效安全的要求，当某一安全物项或部件出现故障时，应确保放射治疗装置重新回到安全状态。</p>	后装机自带多重安全连锁系统，且满足冗余性和独立性要求。
	4.6 从事放射治疗的医疗机构应规范收集、妥善暂存和处理放射治疗活动中产生的放射性废物。	项目为后装治疗，项目运行中的放射性废物为废旧后装源，正常情况下由放射源生产厂家直接回收处置，不在医院内暂存；特殊情况下在后装贮源室储源柜内暂存，最后交放射源生产厂家回收处置。
	4.7 从事放射治疗的医疗机构应对放射治疗场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估，证明采取的辐射安全与防护措施的有效性。	放疗中心已配备智能化 X-γ 辐射仪，可定期对本项目后装机房外周围剂量当量率进行检测。
	4.10 开展放射治疗活动的医疗机构应制定相应的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备、应急演练和应急响应，确保有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。	医院拟在本项目运营前修订现有的辐射事故应急预案和应急处理措施，定期组织进行应急演练工作，确保辐射事故的有序处理。
	<p>5 选址、布局与分区要求</p> <p>5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。</p>	本项目后装治疗场所选址于医技住院楼 1F，选址时已考虑其对周边环境的辐射影响，没有设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。
	5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	本项目位于医技住院楼 1F，为大楼底层一端，已避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。
	5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流运输通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。	<p>本项目拟将后装治疗场所划为控制区和监督区，控制区包括后装机房（含迷路）。</p> <p>后装贮源室内有放射源暂存时，该用房也划为临时控制区。</p>

表 10 辐射安全与防护

标准号	标准要求	项目情况
HJ1198-2021	5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。	本项目拟将后装机房周围的过道、处置室、机房顶棚上方对应区域划为监督区。后装贮源室内有放射源暂存时，该用房周围区域及楼上对应区域也划为临时监督区。
	6 放射治疗场所辐射安全与防护要求 6.1.2 放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。	本项目后装机房采用混凝土浇筑，满足要求。
	6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。	后装机房的电气线管、空调线管在设计上采用双向斜向方式穿越，风管采用“Z”型穿墙方式，防护门设计上考虑了门与墙体的搭接宽度。
	6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等： a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明； b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯； c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。	后装机房防护门外拟张贴电离辐射警告标志，防护门上方拟设置与设备联锁的工作状态指示灯，机房内设置多个视频监控摄像头，显示器安装在控制室内，且机房和控制室间安装对讲装置。
	6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。	本项目后装机房内拟安装固定式剂量报警仪探头，安装位置位于机房迷路内入口和迷道内墙上，显示面板安装在控制室内，后装机房内剂量率水平超过报警仪设定阈值，报警仪可以发出声光警报。
	6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施： a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施； b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发； f) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。	后装机房的防护门拟与设备联锁，防护门开启状态下，设备将无法正常出源，设备运行过程中防护门意外开启，放射源自动回到贮源器内，且后装机均有断电情况下自动回源的功能。 防护门外拟设置红外线防挤压装置，防止人员误伤，防护门内侧墙上安装开门按钮。机房迷路入口内、控制台、机房内墙上、机身等处均拟设置急停按钮，且在急停按钮处用文字标明。 安全联锁系统一旦被触发，需由工作人员在控制台进行操作后才能重新启动设备。正常设备维修时，不会改动安全联锁设施的设置，设备重新运行前，工作人员现场检查安全联锁设施正常后，才能开始工作。
6.2.4 后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。	项目拟配备后装源应急贮源器和长柄镊子等应急工具。	

表 10 辐射安全与防护

标准号	标准要求	项目情况
HJ1198 -2021	7 操作的辐射安全与防护要求 7.1 医疗机构应对辐射工作场所的安全连锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全连锁的正常有效运行。	医院拟按照要求制定相应制度，对安全连锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全连锁的正常有效运行。
	7.2 治疗期间，应有两名及以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度；加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守。	本项目依托放疗中心现有的 12 名放射工作人员，治疗期间，单台设备至少 2 名放射工作人员协调操作，做好记录，严格执行交接班制度。治疗设备试用、调试、检修期间，控制室拟设置放射工作人员值守。
	7.3 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室，进入含放射源或质子/重离子装置的治疗室前须携带个人剂量报警仪。检修人员进入质子/重离子加速器大厅和束流运输通道区域前，应先进行工作场所辐射监测，在单位辐射安全管理机构批准后方可进入。进入质子/重离子加速器大厅和束流运输通道区域的参观人员须在辐射工作人员带领下进入。	医院拟按照规定制定相关制度，规定放射工作人员在确认后装机回源后方可进入机房内，且须随身佩戴个人剂量报警仪。
	7.4 应加强放射源倒装活动的辐射安全管理，倒装工作应由有相应能力且通过辐射安全考核的专业人员进行；应制定放射源倒装活动方案，对辐射监测与报警仪器的有效性、操作场所分区隔离设置、倒源屏蔽体搭建进行确认；倒装放射源时应应对倒装热室周围和含源设备表面进行辐射监测，关注倒源屏蔽体的辐射防护效果和含源设备的表面污染情况，做好安装和更换的放射源清点并记录；倒源结束后对含放射源的放射治疗设备、场所与周围环境进行辐射监测。	项目后装机放射源的安装和换源均拟委托专业单位负责操作，医院的放射工作人员仅从事辅助工作，做好装源/换源前的准备工作和安保工作，做好装源/换源的相应记录。放射源安装/换源后拟对后装机设备表面、场所等进行辐射监测。
	8 放射性废物管理要求 8.2.1 废旧放射源管理要求：废旧放射源应按法律法规要求返回放射源生产厂家或原出口方。确定无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交有相应资质的单位收贮，并承担相关费用。	本项目的废旧后装源交由生产厂家回收，购源时与生产厂家签订源回收协议。
	8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。	项目后装机房内设置机械新风、排风系统，采取全排全送的通风方式，换气量均不小于 4 次/h，排风管道出口位于医技楼 1F 东南侧，排风口外围绿化和院内道路，不在有门、窗或人流较大的过道等位置。
	9 辐射监测要求 9.1.1 开展放射治疗活动的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作。不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。	医院拟制定辐射监测制度，辐射工作场所拟每年委托有资质单位进行辐射防护监测。
	9.2.1 应根据使用放射治疗设备种类、能量和使用方式配备相应的辐射监测设备，对辐射工作场所的辐射水平（X- $\gamma$ 辐射周围剂量当量率、中子辐射周围剂量当量率等）进行监测。	医院制定了辐射监测制度，辐射工作场所拟每年委托有资质单位进行辐射防护监测。本项目运行后也按照管理制度执行。

表 10 辐射安全与防护

标准号	标准要求	项目情况
HJ1198-2021	9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外 30 cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门, 以及其他关注处点开展 X-γ 辐射周围剂量当量率监测; 中子源治疗装置、质子/重离子加速器治疗装置、大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备还应对前述位置开展中子剂量当量率监测。	医院已制定辐射监测制度, 每年委托有资质单位对机房外周围剂量当量率进行监测。本项目建成运行后按照管理制度执行, 监测点位按照相关要求设置。
	9.2.3 放射治疗设备安装调试阶段, 应在最大工况下, 由辐射工作人员进行全面的辐射监测, 评估辐射安全状况, 确保辐射水平达标。	设备安装调试完成后, 拟委托有资质单位对设备性能和工作场所辐射水平进行验收监测。
	9.2.4 含放射源的放射治疗设备进行放射源倒装时应根据倒装源实施方案开展外照射剂量率监测。	后装机放射源倒装由厂家完成, 厂家按照标准要求开展相应监测工作。
	9.3.1 开展放射治疗相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测, 监测频次应不少于 1 次/年。	医院已制定辐射监测制度, 辐射工作场所每年委托有资质单位进行辐射防护监测。本项目建成运行后按照管理制度执行。
	9.4.1 放射治疗工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计, 对个人外照射剂量进行监测。同时应根据射线类型选择合适的个人剂量计。临时工作人员、实习人员应纳入个人剂量监测范围。	本项目放射工作人员依托放疗中心现有, 其均配备了个人剂量计, 并定期送交监测。科室的借调、实习等人员均纳入个人剂量监管范畴。
GBZ121-2020	6 工作场所放射防护要求 6.1 布局要求 6.1.1 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。 6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区; 其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施, 但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。 6.1.4 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, 凡是可与治疗设备分离的, 尽可能设置于治疗机房外。 6.1.6 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路; γ 刀治疗设备的治疗机房, 根据场所空间和环境条件, 确定是否选用迷路; 其他治疗机房均应设置迷路。	本项目用房位于医技楼 1F 南侧, 属于建筑物底层一端, 项目后装机房与配套辅助用房一同设计和建造。 后装治疗工作场所按照相关要求分区管理, 设置控制区和监督区。 后装机房与控制室等辅助用房分开设置, 控制室及辅助用房均位于机房外。 项目后装机房设置了迷路。
	6.2 空间、通风要求 6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统, 进风口应设在放射治疗机房上部, 排风口应设在治疗机房下部, 进风口与排风口位置应对角设置, 以确保室内空气充分交换; 通风换气次数应不小于 4 次/h。	后装机房 2 个新风口拟设置在机房吊顶处, 2 个排风口设置在新风口对侧墙体下方靠近地面处, 新风口与排风口为对角布置, 呈“上进风, 下排风”。后装机房总排风量为 1000m <sup>3</sup> /h, 通风换气次数约 10 次/h。
	6.3.3 屏蔽材料 屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能和经济因素, 符合最优化要求, 新建机房一般选用普通混凝土。	本项目后装机房采用混凝土浇筑, 顶棚基础为混凝土, 并增加铅砖防护, 满足要求。

表 10 辐射安全与防护

GBZ121-2020	6.4 安全装置和警示标志要求	
	6.4.1 监测报警装置 含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。	本项目后装机房内拟安装固定式剂量监测报警装置，运营过程中定期检查其报警功能。
	6.4.2 连锁装置 放射治疗设备都应安装门机连锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。	本项目后装机房拟安装门源连锁装置，机房内拟设置开门按钮，防护门拟设置红外线防夹装置。
	6.4.3 标志 医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志； b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	项目所在放疗中心入口处张贴电离辐射警告标志，后装机房门上拟张贴电离辐射警告标志和工作状态指示灯，后装机设备上拟张贴电离辐射标志。
	6.4.4 急停开关	
	6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。	本项目在后装机控制台上、后装机上、后装机房迷道内防护门旁、后装机房四周墙体上均拟设置急停按钮，便于机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。
	6.4.4.2 放射源后装近距离治疗工作场所，应在控制台、后装机设备表面人员易触及位置以及治疗机房内墙面各设置一个急停开关。	
	6.4.5 应急储存设施	
	6.4.5.1 $\gamma$ 源后装治疗设施应配备应急储源器。	本项目拟配置 1 个储源柜和 1 个储源铅罐，用于应急状态和废源的暂存。
6.4.5.2 中子源后装治疗设施应配备符合需要的应急储源水池。		
6.4.6 视频监控、对讲交流系统 控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。	本项目拟设置监控系统、对讲系统，在控制室能通过监控观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置，能通过对讲装置和喇叭，以便操作者和患者之间进行双向交流。	
7 放射治疗操作中的放射防护要求		
7.2 后装放射治疗操作中，当自动回源装置功能失效时，应有手动回源的应急处理措施。	本项目后装机设置有手动回源的应急处理措施。	
7.3 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全连锁，应保障安全连锁正常运行。	项目运行前，医院拟制定相应的操作规程，要求操作人员遵守各项操作规程，认真检查安全连锁，以保障安全连锁正常运行。	
7.4 工作人员进入涉放射源的放射治疗机房时应佩戴个人剂量报警仪。	本项目依托放疗中心现有的放射工作人员和个人剂量报警仪，工作人员进入后装机房时按要求佩戴个人剂量报警仪。	
7.5 实施治疗期间，应有两名及以上操作人员协同操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度，密切注视控制台仪器及患者状况，发现异常及时处理，操作人员不应擅自离开岗位。	项目拟配备多名放射工作人员，按要求在后装机工作期间至少 2 名当班操作人员协同操作，做好当班记录，严格执行交接班制度，落实操作规程，不擅自离开岗位。	

**表 10 辐射安全与防护**

标准号	标准要求	项目情况
GBZ128-2019	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	项目依托放疗中心现有放射工作人员。放疗中心现有放射工作人员已配置了个人剂量计，每人一枚，工作期间佩戴在左胸前或锁骨对应的领口位置。

**10.7 项目工作场所服务期满后环保要求**

若医院后装治疗工作场所搬迁或者取消时，医院应按照相关法规规定完善退役环保手续。根据现行法律法规，本项目后装机房有污染的，需要编制退役环境影响报告表，完成退役还需要进行验收监测，撤销后装治疗工作场所的许可；后装机房不存在污染的填写环境影响登记表，撤销后装治疗工作场所的许可。其余环保手续按照相关要求办理。

**表 11 环境影响分析**

### **11.1 施工期环境影响**

项目施工内容主要为现有墙体的拆除、混凝土墙体的建设、用房装修、管道及设备安装等。项目施工期建设产生施工粉尘、生活污水、噪声、建筑垃圾、生活垃圾、包装废物等，将会对周围环境产生一定程度的影响。施工单位做好施工组织工作，文明施工，切实落实相应环保措施后，施工期环境影响范围较轻。

#### **(1) 扬尘影响及防治措施**

项目施工产生的废气主要为施工粉尘，主要来自施工过程中现有墙体的拆除、墙体的建设、建筑材料（水泥、沙子、石子等）现场搬运及堆放产生的扬尘、切割打磨装饰材料产生的粉尘、建筑垃圾清理及堆放产生的扬尘等。本项目全部在室内施工，工程量小，影响有限。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位拟采取以下措施：封闭施工区域；加强施工现场管理，进行适当的加湿（洒水降尘）处理；施工运送建筑垃圾车辆，车厢严密清洁，避免产生扬尘对周边居民正常生活造成影响。

#### **(2) 废水影响及防治措施**

施工期间产生的废水主要为施工人员的生活污水。生活污水依托医院现有的 1#污水处理站处理，施工期废水对环境的影响小。

#### **(3) 噪声影响及防治措施**

噪声主要来自现有墙体的拆除、墙体新建的敲打、装修及现场处理等。项目主要采取选取噪声低、振动小的设备操作，项目全部在建筑内施工，并合理安排施工时间，不在午休期间和夜间施工。项目工程量小，施工期短，采取上述措施能减轻项目施工期间对外界的影响。

#### **(4) 固体废物及防治措施**

项目施工期产生的固体废物主要为施工建筑垃圾、施工人员生活垃圾、包装物等。建筑垃圾运至市政指定的合法建筑垃圾堆放场处置；生活垃圾依托医院现有生活垃圾收集系统收集后交环卫部门统一收运处理，包装物交物资回收单位处置。

综上所述，本项目工程量较小，均在建筑物内施工，对外环境及保护目标的影响较小；项目施工期短，其扬尘、废水、噪声等对外界的影响是暂时的，并随着施工期的结束，影响也将消失；固体废物能妥善处理，对环境的影响较小。通过采取相应的污染防治措施后，项目施工期不会对区域环境质量产生影响，对外界环境和周边敏感保护目标的影响可以接受。

表 11 环境影响分析

## 11.2 营运期辐射环境影响分析

### 11.2.1 机房屏蔽效能核算

根据《后装 $\gamma$ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）可知，后装机贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 5cm 处不大于 50 $\mu$ Sv/h, 100cm 处不大于 5 $\mu$ Sv/h。后装源在非治疗状态下影响较小，因此，本项目屏蔽墙体计算时只考虑治疗状态下的辐射影响。

$^{192}\text{Ir}$  后装机是放射源近距离治疗仪，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： $\gamma$ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）6.1 可知，机房屏蔽考虑治疗源  $4\pi$  发射的 $\gamma$ 射线（即初级辐射）对墙和室顶的直接照射及其散射辐射在机房入口处的照射。

#### （1）机房屏蔽设计情况

根据医院提供的资料，项目后装机房的屏蔽防护设计情况见表 1-3。

#### （2）机房屏蔽效能核算公式

后装机房屏蔽能力效核采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： $\gamma$ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）中的公式进行核算。

①初级辐射的屏蔽计算方法：

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f} \quad (11-1)$$

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \quad (11-2)$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (11-3)$$

式中： $\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平，单位为 $\mu$ Sv/h；

$\dot{H}_0$ —活度为 A 的放射源在距其 1m 处的剂量率，单位为 $\mu$ Sv/h；

R—辐射源点至关注点的距离，m；

f—有用线束取 1；

A—放射源的活度，单位为 MBq；

$K_\gamma$ —放射源的空气比释动能率常数，在屏蔽计算中以周围剂量当量作为空气

表 11 环境影响分析

比释动能的近似，此时， $K_\gamma$ 的单位记为 $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。

②机房入口处的散射辐射剂量 $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

$$\dot{H} = \frac{A \cdot K_\gamma \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad (11-4)$$

式中： $S_w$ —迷路内口墙的散射面积，其为辐射源和机房入口共同可见的墙区面积，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )；

$\alpha_w$ —散射体的散射因子；

$R_1$ —辐射源至散射体中心点的距离，单位为米 (m)；

$R_2$ —散射体中心点至计算点的距离，单位为米 (m)。

### (3) 核算参数

#### ①后装机房屏蔽效能核算关注点

后装机不是固定安装，可以在后装机机房内移动。根据设计，后装机房内设置治疗床，治疗工作一般在机房中间位置。因此，本次按照不利情况，以放射源与迷路内墙、其他墙体距离 1.0m 进行核算。水平方向上考察到机房外 30cm，顶棚考察到楼上地面上 30cm。放射源高度考虑为离地 1.3m。后装机房屏蔽体外具体核算点位示意图见图 11-1。

表 11 环境影响分析

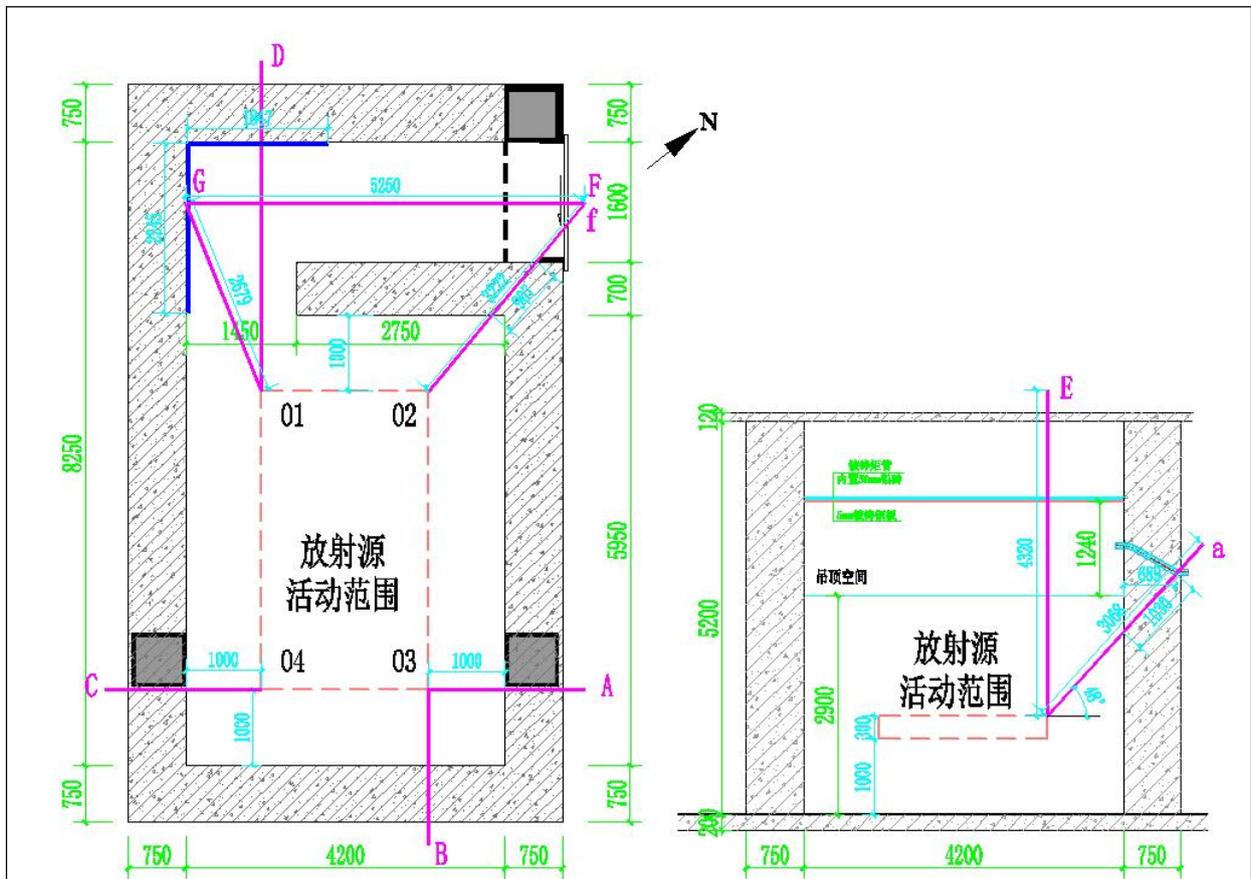


图11-1 后装机房核算参考点示意图

②后装机房屏蔽效能核算参数

后装机房相关核算参数取值见表 11-1。

表 11-1 后装机房核算参数表

参数	单位	取值	取值依据
$\dot{H}_c$	$\mu\text{Sv/h}$	顶棚和东南侧墙体 1.0 其余 2.5	HJ1198-2021、GBZ121-2020、GBZ/T201.3-2014 及相关要求核算后取值
A	MBq	$3.70 \times 10^5$	设备最大装源活度
$K_\gamma$	$\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$	0.111	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1
f	/	1	GBZ/T201.3-2014 给出
$\alpha_w$	$\text{m}^2$	$3.39 \times 10^{-2}$	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.4 保守取值
TVL/TVL <sub>1</sub> (初级辐射)	mm	混凝土: 152 铅: 16	GBZ/T201.3-2014 附录 C 表 C.1
TVL/TVL <sub>1</sub> (散射辐射)	mm	铅 5.0	防护门处散射能量约 0.2MeV, GBZ/T201.3-2014 附录 F.3
S <sub>w</sub>	$\text{m}^2$	21.3	散射面积: $4.1\text{m} \times 5.2\text{m} = 21.3\text{m}^2$
R	m	2.05	O3-A、O3-B、O4-C

表 11 环境影响分析

			源点至东北墙、东南墙外 30cm
	m	4.35	O1-D, 源点至西北墙外 30cm
	m	4.32	O1-E, 源点至顶棚外 30cm
	m	3.22	O2-F, 源点至防护门外 30cm
	m	3.07	O3-a, 源点至东北墙穿墙管外 30cm
R <sub>1</sub>	m	2.68	O1-G, 源点至迷道内口距离
R <sub>2</sub>	m	5.25	G-F, 迷道内口至防护门外 30cm

(4) 后装机房屏蔽效能核算结果

后装机房的屏蔽效能核实结果见表 11-2。

表 11-2 后装机房屏蔽核算结果表

屏蔽体	关注点	距离 R (m)	屏蔽体厚度 (cm)		周围剂量当量率预测值 (μSv/h)	剂量率参考控制水平 H <sub>c</sub> (μSv/h)	是否满足要求		
			计算	设计					
东北墙	A	2.05	54.6	75	1.14×10 <sup>-1</sup>	2.5	是		
东北墙穿墙管	a	3.07	33.0 (49.3)	68.9 (103)	7.29×10 <sup>-4</sup>	2.5	是		
东南墙	B	2.05	60.6	75	1.14×10 <sup>-1</sup>	1.0	是		
西南墙	C	2.05	54.6	75	1.14×10 <sup>-1</sup>	2.5	是		
西北墙	D	4.35	44.7	75	2.53×10 <sup>-2</sup>	2.5	是		
顶棚	E	4.32	12cm 混凝土 +40.8mm 铅砖	12cm 混凝土 +50mm 铅砖	2.68×10 <sup>-1</sup>	1.0	是		
防护门	主射	F	3.22	—	70 (90.7)	1.07×10 <sup>-4</sup>	1.50	2.5	是
	散射		2.68, 5.25	8.9mmPb	10mmPb	1.50			
防护门上方穿墙管	主射	f	3.22	—	75 (90.7)	1.07×10 <sup>-4</sup>	0.15	2.5	是
	散射		2.68, 5.25	27.0	42.8cm 混凝土 +3mm 铅皮	0.15			

备注：未注明屏蔽材料材质的默认为混凝土。（）内数据为斜向屏蔽厚度；地板下方为泥土层，不予核算。

由上表 11-2 可知，在现有设计和保证施工质量的情况下，后装机房东南墙、顶棚上屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 1.0μSv/h，其余屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）及评价限值的要求。

同层的 CT 模拟定位机机房、直线加速器机房与本项目后装机房均有一定的距离，根据同层的 CT 模拟定位机机房、直线加速器机房的例行监测报告（附件 6），其运行时在其屏蔽体外周围剂量当量率均为本底值，经距离衰减后在后装机房屏蔽体外的辐射

**表 11 环境影响分析**

影响微小，可以忽略不计。

根据项目楼上的 DR 机和 CT 机的例行监测报告（附件 6），其运行时在其屏蔽体外周围剂量当量率均为本底值，对本项目后装机房屏蔽体外的辐射影响微小，可以忽略不计。

综上所述，在现有设计和保证施工质量的情况下，本项目后装机房的屏蔽能力能满足相关标准要求。

### **11.2.2 个人剂量估算及环境保护目标影响**

#### **(1) 个人剂量估算公式**

X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er}=H^*_{(10)} \times t \times 10^3 \quad (11-5)$$

式中： $H_{Er}$ ：X 或γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H^*_{(10)}$ ：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X 或γ射线照射时间，h/a。

#### **(2) 放射工作人员剂量估算**

根据《后装γ源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）可知，贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 5cm 处不大于 50μSv/h，100cm 处不大于 5μSv/h。后装机房屏蔽体较厚，故不考虑非治疗状态下机房外活动人员的受照剂量，仅考虑治疗状态下机房外活动人员的受照剂量。

##### **(1) 本项目放射工作人员个人剂量估算**

①后装定位：CT 模拟定位时间单人次为 2min，项目年定位 1500 人次，则 CT 模拟定位机后装定位年出束时间为 50h/a。根据监测报告，放射工作人员所在的控制室内最大的剂量率为 0.24μSv/h。

②施源管安装、拆卸及进出机房：放射工作人员在连接和拆卸后装机与患者体内施源器之间的管道（施源管）时需在机房内停留。施源管安装、拆卸时间单次不超过 2min，进出机房 1 次约 0.5min，后装机年治疗患者 1500 人次，则全年施源管安装、拆卸及出入时间约 112.5h。后装机的最大送源距离约 1m，评价考虑施源管安装、拆卸及进出机房时放射工作人员身体距离后装机表面约 1m，此时放射工作人员处的剂量率约为 5μSv/h。

③治疗：患者治疗时，放射工作人员在控制室内工作。后装机放射源有效出源时间

## 表 11 环境影响分析

约 250h/a。治疗期间，放射工作人员所在的控制室处的剂量率为 0.85 $\mu$ Sv/h。

另外，后装机的储源室为双人双锁，换源储源等由专业技术单位负责，医院放射工作人员不直接接触。因此，不考虑该部分对放射工作人员的辐射影响。

后装机放射工作人员年有效剂量估算结果见表 11-3。

表 11-3 后装治疗放射工作人员年剂量估算表

工作内容		周围剂量当量率( $\mu$ Sv/h)	照射时间		年受照剂量 (mSv/a)	
			年工作时间(h/a)	居留因子		
CT 模拟定位 (后装)		0.24	5	1	1.20 $\times$ 10 <sup>-3</sup>	
治疗	施源管安装、拆卸及进出机房	5.0	112.5	1	0.56	0.77
	真源治疗	0.85	250	1	0.21	

根据上表核算可知，保守考虑后装定位和后装治疗分别由 1 名放射工作人员操作完成，则放射工作人员受到的附加有效剂量最大为 0.77mSv/a，低于项目年有效剂量约束值 5mSv/a，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）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等的要求。

考虑到本项目后装治疗放射工作人员均依托放疗中心现有放射工作人员，这些放射工作人员除从事本项目后装治疗的辐射工作外，还要从事放疗中心现有的放疗工作。根据《重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（辐射部分）一期工程竣工环境保护验收监测报告表》，在放疗中心满负荷工作时，放射工作人员的年附加有效剂量最大为 0.08mSv/a。根据医院 2024 年的个人剂量监测报告，放疗中心放射工作人员的个人剂量最大值为 0.69mSv/a。考虑本项目运行后的辐射工作，则放疗中心放射工作人员的年受照剂量也低于项目年有效剂量约束值 5mSv/a，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）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等的要求。

### （2）本项目公众成员个人剂量估算

后装机房屏蔽体外公众成员年有效剂量估算结果见表 11-4。

表 11 环境影响分析

表 11-4 项目公众成员年有效剂量估算表

序号	环境保护目标	方位	距离	关注点周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因子	设备年出源时间 (h/a)	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
1	过道	除东南侧外其余方向	0~2m	1.50	1/5	250	$7.49 \times 10^{-2}$
2	抢救室、卫生间、籽粒贮存室	东北侧	约 2~7m	0.85	1/5	250	$4.27 \times 10^{-2}$
3	中庭广场、楼梯间等	东北侧	约 7~28m	0.29	1/5	250	$1.45 \times 10^{-2}$
	磁共振检查区、多模态网络会议室、卫生间、库房等	东北侧	约 28~50m	0.04	1	250	$9.51 \times 10^{-3}$
	介入治疗中心	东北侧	约 40~50m	0.02	1	250	$5.11 \times 10^{-3}$
4	办公室、治疗室、护士站、门厅、会议室等	东侧	约 2.5~33m	$2.65 \times 10^{-2}$	1	250	$6.61 \times 10^{-3}$
5	院内道路、绿化带等	东侧	约 20~50m	$1.01 \times 10^{-3}$	1/20	250	$1.26 \times 10^{-5}$
6	处置室、VIP 输液室、化疗区、办公室、过道等	东南侧	0~18m	0.11	1	250	$2.84 \times 10^{-2}$
7	院内道路、绿化带等	东南侧	约 18~47m	$1.23 \times 10^{-3}$	1/20	250	$1.53 \times 10^{-5}$
8	生物治疗中心	东南侧	约 47~50m	$2.01 \times 10^{-4}$	1	250	$5.03 \times 10^{-5}$
9	预留用房	西侧	约 1.5~15m	$4.52 \times 10^{-2}$	1	250	$1.13 \times 10^{-2}$
10	后装贮源室、准备室等	西北侧	约 3~7m	$9.61 \times 10^{-3}$	1/5	250	$4.81 \times 10^{-4}$
11	现放疗中心功能用房及登记室等	西北侧至北侧	约 5~35m	0.42	1/2	250	$5.21 \times 10^{-2}$
12	医技楼2F：放射科	楼上	/	0.27	1	250	$6.70 \times 10^{-2}$
	医技楼2F顶棚上方：连廊、中庭广场、楼梯间等	楼上	/	0.27	1/5	250	$1.34 \times 10^{-2}$
13	院内道路和绿化带	楼上及周围区域	/	$5.00 \times 10^{-2}$	1/20	250	$6.25 \times 10^{-4}$
14	地面停车场	西北侧	约 35~50m	$3.09 \times 10^{-4}$	1/20	250	$3.86 \times 10^{-6}$
15	派出所岗亭	西北侧	约 50m	$1.62 \times 10^{-4}$	1	250	$4.04 \times 10^{-5}$
16	门诊楼	西北侧	约 26~50m	$5.29 \times 10^{-4}$	1	250	$1.32 \times 10^{-4}$
17	儿童医院	南侧	约 3~50m	$2.12 \times 10^{-2}$	1	250	$5.30 \times 10^{-3}$

备注：①后装机房外剂量率最大为防护门外，则与防护门外较近的东北侧环保目标和北侧环保目标主要考虑为经防护门防护后的影响，其他环保目标考虑为经屏蔽墙体屏蔽后的影响。

②上述环保目标处的周围剂量当量率仅考虑后装机房的屏蔽，未考虑其他墙体、泥土层等的屏蔽作用。

③准备室内主要是放射工作人员工作，已在表 11-3 中进行核算。准备室内非放射工作人员很少有人进出，居留因子考虑为 1/5。

④地面停车场、派出所岗亭保守核算，未考虑高差。

根据表11-4核算可知，后装机房周围公众成员受到的附加年有效剂量远低于项目年有效剂量约束值（ $0.1\text{mSv/a}$ ），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）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等的要求。

本项目后装定位时间短，对周围公众成员不会产生附加影响。

表 11 环境影响分析

### (3) 项目环境保护目标影响

根据表11-3、表11-4估算表可知，项目运行期间在周围环境保护目标处的辐射水平较低，并随着与后装机房距离的增加而快速减少。控制室内的辐射工作人员年附加有效剂量低于5mSv/a，其余环境保护目标年附加有效剂量最大值约为0.07mSv/a，低于项目年有效剂量约束值（0.1mSv/a），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）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等标准要求。因此，本项目后装机运行对周围环境保护目标的影响可接受。

另外，本项目后装机房与放疗中心射线装置机房、楼上放射科射线装置机房均有一定的距离。根据放疗中心射线装置、楼上射线装置机房外监测结果，机房屏蔽体外周围剂量当量率均很小（约为本底值）。其对本项目环保目标的影响微小，考虑其对本项目环保目标的影响后，本项目环保目标受到的辐射影响也很小，能满足标准要求。

#### 11.2.3 其他辐射影响

后装机使用  $^{192}\text{Ir}$  放射源，其半衰期为 73.827d。根据医院诊疗计划， $^{192}\text{Ir}$  放射源一般使用 6 个月需更换。根据放射源活度按《辐射防护实用手册》（赵兰才，张丹峰主编）P19 核素活度计算公式计算：

$$A = A_0 \cdot e^{-\left(\frac{0.693t}{T_{1/2}}\right)} \quad (11-6)$$

式中：A—放射源活度，MBq； $A_0$ —放射源初始活度，MBq；t—放射源衰变时间，a； $T_{1/2}$ —放射源半衰期，a。

更换时  $^{192}\text{Ir}$  放射源活度约为  $6.83 \times 10^{10}\text{Bq}$ 。

$^{192}\text{Ir}$  放射源更换之前医院应先到重庆市生态环境局办理购买前的转让审批，放射源到后 20 个工作日内办理备案，待备案完成后再由具有 III 类放射源安装、调试、维修资质的单位进行更换放射源。

#### (1) 放射源运输影响

含源铅罐由有资质单位按照公安部门指定路线将放射源运达医院后，装源车辆暂停于医技楼东南侧 1F 入口处。安保人员事先疏散无关人员，封锁相关区域，设置警戒线。

① 车辆运输： $^{192}\text{Ir}$  放射源运输车辆自院外运输至医技楼东南侧 1F 入口处暂停点单

表 11 环境影响分析

边不超过 3min，全程不超过 6min，时间较短。此外，车辆运输过程  $^{192}\text{Ir}$  放射源位于铅罐内且车辆处于移动状态，对周围活动人员影响可忽略。

②放射源转运：有资质单位的放射工作人员将含源铅罐卸下，使用平板车经医技楼经门厅、中庭广场、过道将含源铅罐运送至后装机房内。警戒线外的工作人员距离含源铅罐不低于 2m， $^{192}\text{Ir}$  放射源在医技楼内的单边运输时间不超过 3min，全程运输时间不超过 6min。放射源换源一年两次，换源时间短，周围非有资质单位的工作人员受到的影响非常微小，可以忽略不计。

### (2) 放射源换装源影响

相关单位按国家相关规定将贮源容器运至后装机房后，关闭机房防护门。机房内仅有专业人员，环保部门相关人员及医院工作人员在控制室内通过监控设施进行实时监督，保证放射源更换过程按国家相关规定有序进行。

根据前文后装机房外剂量率核算结果可知，经过后装机房屏蔽体屏蔽后，机房外的剂量率最大约为  $1.50\mu\text{Sv/h}$ ，控制室内剂量约为  $0.85\mu\text{Sv/h}$ 。换源、装源过程总约 20min，则机房外活动人员受到的附加剂量最大约  $0.50\mu\text{Sv}$ ，控制室内工作人员受到的附加剂量最大约  $0.28\mu\text{Sv}$ 。

### (3) 废源暂存影响

项目运营产生的废源，由医院与放射源生产厂家签订合同，换源时由生产厂家立即回收处理，一般不在医院暂存，特殊情况未能及时运走时暂存于后装贮源室内，由放射源生产厂家的放射工作人员将废源卸下放置在铅罐（ $80\text{mmPb}$ ）内后通过过道运送至后装贮源室内，单次运送距离约 15m，运送时间不超过 2min，一年最多运送 2 次。更换时  $^{192}\text{Ir}$  放射源活度约为  $6.83 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，保守考虑医院工作人员距离废源铅罐约 1m（1m 处剂量为  $7.58 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ），运送时间短，次数少，剂量率小，则医院放射工作人员的受照剂量可以忽略。废源暂存一般为 1 枚，暂存时间按半年（125d）考虑，距离废源约 2m（剂量为  $1.90 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ），则周围公众成员（工作时间 8h）受到的剂量为  $0.02\text{mSv/a}$ 。

同时，后装贮源室内暂存废源时按照控制区管理，并设置视频监控，安装防盗门，双人双锁，门外张贴辐射警示标志，废源放置在房间中部；废源铅罐外 30cm 处的周围剂量当量率不大于  $0.84\mu\text{Sv/h}$ （按照前文公式 11-2 至 11-4 计算），满足参考标准《后装  $\gamma$  源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）的要求。

表 11 环境影响分析

综上所述，后装机放射源运输、放射源换装源、废源暂存等过程中，医院工作人员及后装贮源室周围公众成员受到的附加有效剂量很小，满足要求。

#### 11.2.4 放射性三废影响

拟建项目无放射性废水和废气产生。后装机使用的<sup>192</sup>Ir放射源在使用一定时间后，由于活度降低，不能达到源的使用目的时，将对放射源进行报废、退役，成为放射性废物。报废、退役的放射源由生产厂家回收处理。

#### 11.2.5 非放射性三废影响

##### (1) 废气

后装机在使用过程中， $\gamma$ 射线与空气电离会产生少量的臭氧等废气。根据工程分析，后装机房内臭氧产额为0.11mg/h，氮氧化物产额为0.06mg/h。

根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994年4月第14卷第2期），考虑放射治疗机房运行时的连续排风和O<sub>3</sub>的分解，机房内空气中O<sub>3</sub>的平均浓度可由下式计算。

$$Q_{(t)} = \frac{Q_0 T}{V} (1 - e^{-t/T}) \quad (11-7)$$

式中：Q<sub>(t)</sub>：t时刻机房内O<sub>3</sub>的平均浓度，mg/m<sup>3</sup>；

Q<sub>0</sub>：O<sub>3</sub>的产生率，mg/h；

V：机房体积（不含迷道），m<sup>3</sup>；

T：有效清除时间，h。

有效清除时间T可由下式计算。

$$T = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad (11-8)$$

式中：t<sub>v</sub>：换气一次所需要的时间，h；

t<sub>d</sub>：O<sub>3</sub>的有效分解时间，取0.83h。

因本项目后装机治疗后，需要转移病人，给下一位病人准备等，不是连续出源，因此，本次核算考虑单次治疗（10min，0.17h）产生的臭氧在设计通风情况下机房内的臭氧浓度。根据设计，后装机房体积为72.5m<sup>3</sup>（不含迷道和吊顶空间），总排风量为1000m<sup>3</sup>/h。各参数的取值和O<sub>3</sub>浓度的计算结果见表11-5。

表 11 环境影响分析

表 11-5 后装机房内 O<sub>3</sub> 浓度计算结果表

机房	Q <sub>0</sub> (mg/h)	V (m <sup>3</sup> )	t <sub>v</sub> (h)	T <sub>d</sub> (h)	T (h)	t (h)	Q <sub>(t)</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
后装机房	0.11	72.5	0.0725	0.83	0.067	0.17	<0.01

由上述计算可知，后装机单次治疗后，后装机房臭氧的浓度<0.01mg/m<sup>3</sup>，低于《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中规定的臭氧浓度限值 0.3mg/m<sup>3</sup>，也低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准中规定的臭氧 1 小时平均限值 0.2mg/m<sup>3</sup>。

单次治疗后氮氧化物浓度<0.01mg/m<sup>3</sup>，远低于 GBZ2.1-2019 中规定的 5mg/m<sup>3</sup>，也远低于 GB3095-2012 二级标准中规定的二氧化氮 1 小时平均限值 0.2mg/m<sup>3</sup>。

同时，后装机房总通风量约1000m<sup>3</sup>/h，其体积约98.3m<sup>3</sup>（含迷道，不含吊顶空间），通风换气次数约10次/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中后装机房通风换气次数不少于4次/h的要求。

后装机房废气经废气管道收集后引至医技楼1F东南侧排放，排放口离地高度不低于3m。排放口外为医院院内道路和绿化带，无人员密集区，废气排放后经大气扩散和分解，不累积，浓度将进一步降低，对周围环境影响小。

### （2）废水

项目医护人员、患者以及家属产生少量的医疗废水、生活污水等直接排入医院现有1#污水处理站处理，处理达标后排入市政污水管网。项目运行产生的废水得到有效处理，对环境的影响小。

### （3）固废

项目医护人员、患者以及家属产生少量的生活垃圾，生活垃圾交市政环卫部门处理。医护人员、病人诊疗过程产生少量的医疗废物，医疗废物分类收集，依托医院现有的医疗废物暂存间暂存，然后交由有资质单位处置。铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，由医院收集后妥善保存，按照危险废物交有资质单位处理，并做好相应记录。

因此，项目产生的固体废物能得到合理地处理，不会对环境产生影响。

## 11.3 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实

**表 11 环境影响分析**

践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

密封放射源在疾病的治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。本项目营运以后，建设单位将为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益；随着医院医疗技术与及服务水平的提高，医院在为患者健康服务的同时也将创造更大的经济效益。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。在项目营运过程中建设单位应掌握好适应症，正确合理地使用设备进行医疗照射。

项目建设严格执行“三同时”，采取切实可行的环保措施，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。因此，该项目密封放射源的应用及射线装置的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

#### **11.4 产业政策符合性**

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本）第一类 鼓励类中“六、核能 4. 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”。

本项目为同位素应用，属于产业结构鼓励类，符合国家产业政策。

#### **11.5 事故影响分析**

##### **11.5.1 风险事故类型**

本项目后装治疗系统一般由专业单位进行检修和保养，医院不自行维（检）修，不拆开后装机。因此，在意外情况下，后装治疗系统可能出现的辐射事故（事件）分析如下：

##### **（1）放射源丢失、被盗**

后装机装源、换源等过程中管理不善，或者医院对更换下来的废源管理不善，造成放射源被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

##### **（2）放射源脱落、卡源**

从事换源工作人员若未做好充分的准备工作，工作人员缺乏经验，情绪紧张，致使发生放射源脱落事故；因施源管高差太大、工作人员操作不当或出现设备故障等，在治

**表 11 环境影响分析**

疗过程中、初装源、换源过程中，发生卡源（放射源卡在输源管中无法收回储源容器）。

**(3) 治疗过程中误照射**

因故障发生门源联锁装置失效，防护门未关闭完全即开始出真源，导致防护门外剂量率增高，对防护门外人员造成外照射，或导致人员误入处于运行状态（走真源）的机房内，受到不必要的辐射照射。工作人员或患者家属陪伴进入后装机房后，未全部撤离，在真源治疗前，工作人员未仔细从监视器上搜寻，从而意外地留了下来，后装机真源运行时，滞留人员受到照射。仪器维（检）修后直接使用，未对设备表面进行剂量监测，可能产生放射源屏蔽体有裂缝或者破损等，造成机房内剂量率较高。

**(4) 院内运输路径中源容器掉落**

根据运输源容器固有安全措施可知，即使在院内运输过程中整个源容器掉落在运输通道上，放射源也不会脱落出来，仅发生一般运输事故，不会造成辐射事故。放射源容器脱落后工作人员处理过程受照剂量与运输过程放射工作人员相似，后文不再提及。

**11.5.2 后装机风险事故后果**

根据前述分析，项目后装机运行产生的最大可信辐射事故主要是放射源丢失/被盗、放射源脱落卡源，以及人员误入受到误照射。

**(1) 放射源丢失/被盗**

放射源丢失、被盗后，辐射影响随着接触距离、接触时间等不同，受到的辐射影响也不同。核算以不利情况（裸源）考虑，具体影响见下表所示。

**表 11-6 放射源丢失被盗后人员受照影响估算表**

放射源	1m 处量率	受照时间	受照剂量 mSv			
			0.1m 处	0.5m 处	1m 处	2m 处
<sup>192</sup> Ir	41.07 mSv/h	1min	68.45	2.74	0.68	0.17
		5min	342.25	13.69	3.42	0.86
		10min	684.50	27.38	6.85	1.71
		30min	2053.50	82.14	20.54	5.13
		60min	4107.0	164.28	41.07	10.27
		2h	8214.0	328.56	82.14	20.54
		10h	41070.0	1642.80	410.70	102.68

由上表可知，发生该事故后，放射源对临近人员产生的影响随着时间的增长、距离的减少而持续增加。短间接接触会发生超剂量照射，长间接接触会造成辐射损伤。

**表 11 环境影响分析**

(2) 放射源脱落、卡源

①放射源脱落

发生放射源脱落事故后，工作人员穿戴好防护用品（本次核算不考虑其屏蔽影响）后进入后装机房，通过长柄镊子等工具将放射源放入储源罐内，距离放射源约 1m，操作时间为 5min，则该名人员受到附加有效剂量约为 3.42mSv/次。

位于机房外的人员经机房屏蔽体屏蔽后受到的附加剂量很小，本次不再估算。

②放射源卡源

发生卡源事故后，在控制室操作台上和设备上均有强制回源按钮能回源。若这些措施均出现问题需要在后装机主机上进行手动回源操作，考虑操作时间为1min，操作时距离放射源0.1m，则所受剂量为68.45mSv/次。

(3) 误照射

在防护门连锁系统出现故障，工作人员或其他人员误入正在出真源过程中的机房从而受到不必要的照射。进入后距离放射源约2m，从发现到按下急停按钮等强制回源时间按15s（10s反应时间+5s回源时间）计，则该人员受到的误照射剂量为0.04mSv/次。

有人员滞留在机房内，放射工作人员未认真搜寻即出真源治疗，考虑人员距离放射源约1m，受照时间为单次治疗时间10min，则单次治疗受照剂量为6.85mSv。

在防护门连锁系统出现故障，防护门为关闭到位时出真源治疗，防护门处的剂量率为149.80μSv/h，考虑在防护门外的公众成员受照时间为单次治疗时间10min，则单次治疗受照剂量为0.025mSv/次。

**11.5.3 电离辐射生物效应及事故等级分级**

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和确定性效应（组织反应）。

**表 11 环境影响分析**

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率（而非其严重程度）与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在剂量阈值。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。随机性效应须重点关注，因其无法防护，可通过减少人员的受照剂量以减少随机性效应的发生概率。

组织反应以存在阈值剂量并且反应严重程度随剂量增加而加重为特征的细胞群体的损伤。早期组织反应（照射后几个小时到几周）可能具有炎症性质，其发生是细胞渗透性改变和炎症介质释放的结果。随后的组织反应通常是细胞丢失（例如表皮组织黏膜炎和脱皮）的结果，尽管组织的非细胞毒性效应也会在该早期反应中起一定作用。晚期组织反应（照射后几个月到几年）如果是由于靶组织直接损伤（例如分割照射后血管阻塞导致的深层组织坏死）引起的就称为“一般性的”，如果是由严重早期反应（例如作为大面积表皮剥蚀或慢性感染的真皮坏死和严重黏膜溃疡导致的小肠狭窄的结果）引起的就称为“结果性的”。这两种情况并不相互排斥，常常是同时存在。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻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，见表 11-7。

**表 11-7 辐射事故等级分级一览表**

事故等级	危害后果
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，或者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

综上所述，发生后装源（III类）丢失、被盗，属于较大辐射事故，其放射源对邻近人员产生的影响随着时间的增长、距离的减少而持续增加，短时间接触会发生超剂量照射，长时间接触会造成辐射损伤。根据前文估算及《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），发生放射源脱落、连锁失效人员误入及防护门未关闭的误照射剂量

**表 11 环境影响分析**

较小，不会产生辐射损伤；发生放射源卡源、人员滞留在机房内受到误照射时，单次事故可能会发生超过年剂量限值，属于一般辐射事故，其辐射照射一般不会导致严重辐射损伤，但可能会导致随机性效应发生概率增加；发生多次放射源卡源等事故时可能会受到较大剂量的照射，达到发生确定性效应剂量阈值，导致较大的辐射损伤。

#### **11.5.4 后装机风险防范措施**

针对上述风险事故类型，建设单位应采取相应预防措施，降低或者避免辐射事故的发生。

①放射源丢失、被盗事故防范措施：换源或装源必须由有资格的专业单位的技术人员进行，做好换装源程序和一切准备工作，专业人员严格按照操作规程，多次检查施源管的安装到位，放射源取出后应按要求对储源罐上锁，对暂存的保险柜上锁；操作人员必须佩戴辐射监测仪器，穿戴防护衣帽，对后装机房及周围进行清场，打开医院的监控设施，全程监控；严格加强  $^{192}\text{Ir}$  放射源的安全管理，严格按照规定的实施方案进行换装源，确保环境和人员安全，杜绝事故（事件）发生。收源单位未及时回收的废放射源暂存在后装贮源室内，后装贮源室内设置实时监控，防盗门钥匙由专人保管，定期查看，杜绝事故（事件）发生。

②放射源脱落、卡源事故防范措施：同上，放射源装源/换源必须由有资格的专业单位的技术人员进行，更换源后出源模拟治疗过程，保证出源过程顺滑无卡顿。医院实行治疗过程应严格按照操作规程执行，后装机机头、施源管、施源器的高差等参数在规定范围内；加强对后装机设备的质量检测和安全检测，定期进行设备稳定性检测、校正和维护保养，并由专人负责，防止出现卡源事故。

③治疗过程中误照射事故防范措施：制定自检制度且严格进行经常性自检，经常检查和维修联锁系统、防护门、监控系统、工作状态指示灯、急停按钮、固定式剂量报警仪、辐射警告标志等防护设施，并且将检查结果记录备案；一旦发现联锁系统出现故障，应立即停止治疗工作，组织技术人员对联锁系统进行检查维修，在确认联锁系统恢复正常后，设备才能重新投入使用。加强后装机表面剂量监测，确保放射源在贮源状态设备表面剂量达标，发现问题及时处理。加强放射工作人员的辐射安全与防护培训，提高意识，严守操作规程，每次治疗工作开始前要认真搜寻，确认机房内无其他人员时，才能开始治疗工作。

**表 11 环境影响分析**

**11.6 环保投资估算**

项目总投资约 470 万元，其中环保投资约 60 万元，具体情况见表 11-8。

**表 11-8 项目环保投资一览表**

序号	项目	环境保护(辐射防护)措施	投资估算(万元)
1	辐射安全管理	制度建立、修订等，制度上墙，各处标识标牌、警示标志等	1
2	监测仪器	固定式剂量报警仪	4
3	应急设施设备	铅橡胶衣服、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、警戒绳、警示牌、警示灯、长柄镊子等	
4	废气治理措施	废气收集管网	5
5	固体废物治理设施	储源铅罐、储源柜	5
6	监控系统、对讲系统等	工作场所监控、门禁、门源联锁、对讲、工作状态指示灯、防挤压、急停系统等	5
7	辐射防护设施工程	防护门、铅砖、铅皮等	30
		后装机房屏蔽墙体	纳入工程投资
8	环境影响评价、竣工验收、辐射安全许可证办理等		10
合计			60

**表 12 辐射安全管理**

### **12.1 辐射安全与环境保护管理机构设置**

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保辐射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能的避免事故的发生，医院应培植和保持良好的安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用放射性同位素、射线装置的单位使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院成立了放辐射安全管理领导小组，办公室设置在公共卫生科。医院根据人员情况于 2025 年 3 月 31 日进行了调整（黔江医发〔2025〕29 号，附件 9），调整后以医院党委书记、党委副书记为组长，以副院长、各科室科长/副科长、主任/副主任为成员，文件明确了领导小组工作职责，并设置 1 名专职管理人员，学历为本科及以上。医院现有的辐射安全与环境保护管理机构设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

本项目建成运营后，目前医院的管理机构和管理人员也能满足相关要求，因此，本项目的辐射环境管理可直接纳入现有管理机构管理。

### **12.2 放射工作人员、培训**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。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》(公告 2019 年第 57 号)，辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(以下简称培训平台)免费学习相关知识，并参加考核，取得辐射安全培训合格证书，持证上岗。已持证上岗的，在辐射安全培训合格证有效期到期前，需进行再次考核。根据《中华人民共和国生态环境部公告》(2021 年第 9 号)，仅操作使用III类射线装置的工作人员可不参加集中考核，由医院自行组织考核，自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

## 表 12 辐射安全管理

根据调查，医院现有放射工作人员 119 人，均参加了对应工作类型的辐射安全与防护培训，并考核合格，均在有效期内。因此，医院现有放射工作人员满足相应要求。

本项目均依托放疗中心现有放射工作人员，共 12 名，具体情况见下表 12-1，放射工作人员辐射安全培训成绩报告单见附件 7。

表 12-1 医院放疗中心放射工作人员名单表

序号	姓名	性别	学历	职称/职位	辐射安全与防护培训合格证号	有效期至	最近健康体检时间	个人剂量计编号	2024 年个人年剂量	2025 年第一季度
1	许廷婷	女	本科	技师	FS23CQ0200219	2028.08.18	2025	5008100108	0.41	0.15
2	韦小芸	女	本科	物理师	FS23CQ0200179	2028.06.28	2025	5008100119	0.44	0.15
3	杨博举	男	本科	物理师	FS23CQ0200023	2028.01.12	2024	5008100066	0.28	0.05
4	庞美娟	女	本科	医师	FS22CQ0200089	2027.06.13	2025	5008100070	0.20	0.10
5	聂婧	女	专科	技师	FS23CQ0200223	2028.09.18	2024	5008100063	0.20	0.05
6	李路	女	专科	技师	FS23CQ0200025	2028.01.12	2025	5008100064	0.46	0.10
7	陶春霞	女	本科	技师	FS23CQ0200143	2028.05.26	2025	5008100069	0.37	0.13
8	任华	女	专科	技师	FS23CQ0200257	2028.10.20	2025	5008100062	0.20	0.05
9	杜江蓉	女	研究生	医师	FS22CQ0200194	2027.08.19	2025	5008100067	0.69	遗失申请中
10	廖修用	男	本科	医师	FS23CQ0200242	2028.10.20	2025	5008100060	0.27	0.05
11	许美凤	女	研究生	医师	FS23CQ0200236	2028.09.18	2025	5008100065	0.34	0.11
12	刘恩强	男	本科	医师	FS24CQ0200020	2029.03.21	2025	5008100059	0.27	0.05

上述放射工作人员包括放疗医师、物理师、技师等，均为放射工作人员，均参加了辐射安全与防护培训，并取得考核合格成绩单，均在有效期内；上述放射工作人员均在 2 年内进行了职业健康体检，能继续从事辐射工作；且 2024 年个人剂量监测结果均远低于医院年剂量约束值 5mSv/a 的要求，2025 年第一季度监测结果远低于 1.25mSv。因此，本项目依托放疗中心现有放射工作人员开展放射治疗工作可行。

### 12.3 辐射安全管理

#### 12.3.1 规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、台账管理制度、监测方案。有完善的辐射事故应急措施。

**表 12 辐射安全管理**

医院已制定的辐射环境管理制度有：《放射防护管理制度》《放射安全防护与质量保证制度》《放射工作人员职业健康防护管理制度》《放射人员个人剂量监测管理制度》《放射检查受检者防护制度》《放射工作人员防护制度》《放辐射安全管理制度》《放射防护用品管理制度》《放射工作人员学习、培训制度》《放射防护档案管理制度》《辐射防护监测制度》《医疗仪器设备维修保养制度》《模拟定位室管理制度》《CT 模拟定位机操作规程》《辐射事故应急处置预案》，以及各类射线装置的操作规程等。医院辐射安全管理制度见附件 9。

医院现有制度基本健全，具有一定的可操作性，医院在此之前一直按照各项管理制度执行落实，到目前为止未曾发生过放射事故。

在本项目投入运营前，医院还应补充后装治疗操作规程等制度，并进一步完善监测等制度及辐射事故应急预案，将密封放射源的相关内容纳入管理制度中。同时，医院还应根据实际落实情况不断完善已经制定的各项规章制度。

同时按照相应标准、规范更新现有辐射环境管理制度，并将核医学科的相关管理内容纳入现有管理制度中。

因此，在进一步补充、完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，在严格执行规定的辐射安全和环境管理制度前提下，项目的运行安全是有保障的，医院的管理能满足辐射环境管理要求。

### **12.3.2 个人剂量管理**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立放射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。另外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

医院现有放射工作人员均配置了个人剂量计，不超过 3 个月进行一次个人剂量监测。并安排专人负责个人剂量监测管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。根据调查，2024 年度个人剂量监

## 表 12 辐射安全管理

测结果均低于 5.0mSv/a,但有 1 名介入手术医生的单个季度个人剂量超过 1.25mSv;2025 年第一个季度,除 1 位介入手术医生的剂量为 1.30mSv 外,其余放射工作人员的个人剂量监测结果均低于 0.86mSv, 低于单个季度的剂量约束值 1.25mSv。医院已对该介入手术医生受照剂量进行了调查和相应处理。

本项目的放射工作人员尚未确定,在本项目运行前,医院也将按照现有管理制度要求为每名放射工作人员配置个人剂量计,不超过 3 个月进行一次个人剂量监测,并加强教育和培训,严格管理,建立个人剂量档案,终身保存。

### 12.3.3 职业健康体检

《中华人民共和国职业病防治法》第三十五条:对从事接触职业病危害的作业的劳动者,用人单位应当按照国务院卫生行政部门的规定组织上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康检查,并将检查结果书面告知劳动者。第三十六条:用人单位应当为劳动者建立职业健康监护档案,并按照规定的期限妥善保存。

根据调查,医院现有放射工作人员均每两年进行一次职业健康体检,目前在岗放射工作人员均无体检异常,无疑似职业病人员,可继续从事放射工作。待本项目放射工作人员落实到位后,也将按照要求进行岗前职业健康体检,并按照相关要求进行了复检,并建立和保存相应档案。

### 12.3.4 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定:生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估,并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

医院按照上述要求每年均提交了上一年度的年度评估报告,年度评估报告包括单位基本信息、射线装置台账、现有防护用品情况、辐射安全和防护设施的运行与维护及辐射安全和防护制度及措施的建立和落实等方面的内容。后续拟建立年度评估制度,按规定开展年度评估检查,对检查中发现的问题或不足及时整改,消除安全隐患,按规定编制并上报年度评估报告。待本项目建成运行后,将本项目纳入年度评估管理中。

## 12.4 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针,以维护公众健康和环境安全为最终目标;保障核安全是培育核安全文化的根本目的,而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施,是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

**表 12 辐射安全管理**

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任。对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化，核安全文化表现在从事核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

医院已建立了辐射环境安全管理体系，设立核安全保障机构，明确了单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；应持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化的建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①医院组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②医院建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

### **12.5 档案管理**

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”“年度评估”“辐射应急资料”。

根据调查，医院认真落实了相关制度和规定，所有放射工作人员均进行职业健康体检(两次检查的时间间隔未超过 2 年)、个人剂量监测(不超过 3 个月)、辐射安全与防护培训和考核，并将职业健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格成绩单等建立档案进行了分类保存。

本项目建成运营后，拟将本项目相关的档案资料建立档案，并纳入现有档案管理中，档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

### **12.6 辐射活动能力评价**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(第十六条)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(第七条)的相关规定，医院从事本项目辐射活动的能力评价如表 12-2。

表 12 辐射安全管理

表 12-2 医院从事本项目辐射活动能力评价表	
应具备条件	落实情况
<p>(一)使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。</p>	<p>已成立了放辐射安全管理工作小组，设置了1名本科学历的专职管理人员负责辐射安全与环境保护管理工作。管理机构及专职管理人员满足要求。</p>
<p>(二)从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。</p>	<p>本项目依托放疗中心现有的放射工作人员，其均通过了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。</p>
<p>(三)使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。</p>	<p>项目拟设置后装机房容纳后装机，设置后装贮源室暂存废源，两房间都有实体防护和监控等保卫措施。</p>
<p>(四)放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。</p>	<p>后装机房拟设置电离辐射警告标志、监控系统、分区标识、急停按钮等设施/措施，配置个人剂量计、剂量报警仪等设施防止工作人员和公众受到意外照射。</p>
<p>(五)配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。</p>	<p>项目拟配置固定式剂量报警仪，并依托放疗中心现有的智能化X-γ辐射仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等防护设施。</p>
<p>(六)有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。</p>	<p>医院已制定相应的管理制度，将完善现有管理制度，并新制定后装治疗操作规程等制度，并将制度张贴上墙。</p>
<p>(七)有完善的辐射事故应急措施。</p>	<p>已制定《辐射事故应急处置预案》，根据新实施项目内容适时修订辐射事故应急预案。</p>
<p>(八)产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。</p>	<p>项目运行将产生废旧放射源，交放射源生产厂家回收处置，对环境的影响可接受。</p>
<p>第七条 放射性同位素和被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。</p> <p>贮存、领取、使用、归还放射性同位素时，应当进行登记、检查，做到账物相符。对放射性同位素贮存场所应当采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、放射线泄漏的安全措施。</p> <p>对放射源还应当根据其潜在危害的大小，建立相应的多重防护和安全措施，并对可移动的放射源定期进行盘存，确保其处于指定位置，具有可靠的安全保障。</p>	<p>项目仅配置1枚放射源，运行时在单独后装机房内，废源在特殊情况下在独立的后装贮源室暂存。后装机房及后装贮源室的室内无其他易燃、易爆、腐蚀性物品，并指定专人负责保管，实行双人双锁。</p> <p>后装机房及后装贮源室设置监控系统、防盗设施、四周墙体设计为辐射防护屏蔽体，具有防火、防水等功能。</p> <p>上述措施具有多重性，能确保其具有可靠的安全保障。</p>

**表 12 辐射安全管理**

本项目尚未建设，但医院已开展有其他核技术利用项目。根据上表可知，医院已建立有相应的管理体系，因此，本项目的辐射环境管理工作依托现有的管理体系，对于从事本项目的辐射活动有一定的能力。但医院还应针对本项目补充部分管理制度，并完善和更新现有管理制度。医院在认真落实上述要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力，本项目方可投入正式运行。

### **12.7 辐射监测**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，建设单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测，并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便主管部门及时了解项目安全运行情况。建设单位可配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。

医院已制定有《辐射防护监测制度》《放射人员个人剂量监测管理制度》等，每年委托有资质单位对现有辐射工作场所等屏蔽体外辐射环境及放射工作人员个人剂量进行监测。根据监测结果，现有辐射工作场所外周围剂量当量率满足标准要求，放射工作人员个人剂量监测结果低于医院年剂量管理目标值。

现有监测制度内容包括工作场所监测、外照射个人剂量监测，主要是针对已使用射线装置制定。本项目建成后，医院拟将本次新增后装治疗工作场所的监测计划纳入现有管理制度中，并认真落实，定期对辐射工作场所周围人员和环境进行监测，做好监测记录档案。

本项目的辐射监测主要包括：

#### **(1)个人剂量监测**

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，专人专戴，并将个人剂量结果存入档案。

监测单位：具有个人剂量监测资质的单位；

监测频率：一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月；

监测结果处理：季度剂量超过 1.25mSv，每年不超过 5mSv，报告发证机关，开展调查，根据调查结果改正或者调岗等。

**表 12 辐射安全管理**

**(2)工作场所及周围环境监测**

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和日常监测。

①验收监测：项目建成后、辐射防护设施等发生大的变化、设备大修、换源等之后进行验收监测，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

③日常监测：按照监测计划开展日常监测，日常监测由建设单位自行监测。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。

本项目建成后，医院应根据要求完善《辐射防护监测制度》等制度，增加后装治疗的日常监测内容。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《后装 $\gamma$ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS262-2017）、《密封放射源及密封 $\gamma$ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）及项目情况等，本项目的监测计划情况如下表 12-3。

**表 12-3 项目日常监测及检查内容一览表**

监测地点	监测项目	监测频率	限值要求
后装机房屏蔽体外	周围剂量当量率	每年一次 (涉及换源、设备大修等应进行监测)	顶棚、东南墙外不大于 1.0 $\mu$ Sv/h 其余屏蔽体不大于 2.5 $\mu$ Sv/h
贮源器表面	周围剂量当量率		5cm 处不大于 50 $\mu$ Sv/h 100cm 处不大于 5 $\mu$ Sv/h
源容器外表面	$\beta$ 表面污染		$\leq 4\text{Bq/cm}^2$

备注：上述监测中，在屏蔽体外的监测，监测点位主要布置在四周屏蔽体 0.3m 处、防护门外 0.3m 处、门缝搭接、穿墙管线等屏蔽相对薄弱处，以及屏蔽体楼上距地面 0.3m。监测布点可以参考前文机房屏蔽效能核算点。

**12.8 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》和《重庆市辐射污染防治办法》，辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

**12.8.1 事故分级**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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

## 表 12 辐射安全管理

大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

根据本报告表 11 分析，发生Ⅲ类密封放射源丢失、被盗，属于较大辐射事故；发生放射源脱落、联锁失效人员误入及防护门未关闭的误照射剂量较小，不会产生辐射损伤；发生放射源卡源、人员滞留在机房内受到误照射时，单次事故可能会发生超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

### 12.8.2 辐射事故应急方案与演练

医院目前已经制定了《辐射事故应急处置预案》，预案内容包括了应急机构组织及职责、应急准备与响应程序、应急处理和救治、应急报告流程和电话、应急能力的培训、演练和应急响应能力的保持等。

在本项目建成运行前，医院应进一步细化和完善该应急处置预案，将本项目可能发生的辐射事故及其应急处理措施等纳入该预案中，使预案内容更全面和准确。

根据调查，医院近年来未发生辐射事故，未启动应急预案。

同时，医院开展核技术利用工作多年，期间进行过多次辐射事故应急演练，最近一次辐射事故应急演练时间为 2024 年 9 月，事故类型为直线加速器照射过量事件。应急演练后做好了相关记录，并建档保存，事故演练加强了相关人员的辐射应急处置能力，达到了事故演练的目的。本项目建成后，医院后期应将本项目的辐射事故纳入应急演练中，以加强不同类型的辐射事故(事件)应急处理经验。

### 12.8.3 辐射事故报告和处置

#### (1)事故报告程序和电话

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向重庆市生态环境局、黔江区生态环境局等部门报告。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。

报告联系电话如下：

医院公共卫生管理中心(应急处理领导小组办公室)：023-79\*\*\*\*\*

重庆市生态环境局 24 小时应急值班电话：023-89\*\*\*\*\*

重庆市卫生健康委员会电话：023-67\*\*\*\*\*

黔江区生态环境局：023-79\*\*\*\*\*

表 12 辐射安全管理

黔江区卫生健康委员会：023-79\*\*\*\*\*

黔江区公安局：023-79\*\*\*\*\*

(2)项目辐射事故应急措施

①放射源丢失、被盗事故应急措施：发生放射源丢失、被盗事件后，应保护好现场，第一时间向医院辐射环境管理机构报告，由其及时向市生态环境局、区生态环境局、公安部门、卫生部门报告，按要求进行追查处置。

②放射源脱落、卡源事故应急处理措施：在后装机房内放射源脱落，由放射工作人员穿戴防护用品，采用长柄镊子等工具将放射源放入储源罐内。发生卡源事故时，按下控制室操作台上的强制回源按钮/急停按钮，若还是不行，则关闭防护门，请求专业单位技术人员到场处理。

③治疗过程中误照射事故应急处理措施：后装机真源治疗过程中发现人员误入或滞留在机房内时，机房内人员或控制室人员及时按下急停按钮等紧急回源装置回源。待相应问题解决经评估后再开展治疗工作。

(3)放射性事故应急处理程序

①事故发生后，当事人应立即通知工作场所的工作人员离开，并及时上报；

②辐射安全意外应急领导小组（医院应急指挥机构）召集相关专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护检测人员的允许不得进入事故区。

(4)其他事项

除上述工作外，防护检测人员还应进行以下几项工作：

①迅速确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁区，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，决定工作人员在现场工作的时间。

③协助和指导在现场执行任务的工作人员佩戴防护用具及个人剂量仪。对严重剂量事故，应尽可能记下现场辐射强度和有关情况。并对现场重复测量，估计当事人所受剂量，根据受照剂量情况决定是否送医院进行医学处理或治疗。

④各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。凡严重或重大的事故，应向上级主管部门

**表 12 辐射安全管理**

报告。

④医院后续还应进行辐射事故应急演练，并做好记录，加强相关人员的辐射应急处置能力，减少辐射事故扩大影响的几率。

**12.9 竣工验收**

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应当如实查验、监测项目环境保护设施运行情况，按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)的要求编制验收(调查)报告，完成自主竣工环保验收工作。同时，项目建成后，应及时重新办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事核技术利用项目。

本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-4。

**表 12-4 项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表**

序号	验收内容	验收要求	备注
1	核技术利用工作场所及设备	建设 1 间后装机房及配套用房，配置 1 台后装机（内含 1 枚 $^{192}\text{Ir}$ 放射源，额定装源活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ）	不发生重大变动
2	环保资料	建设项目的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等	齐全
3	年有效剂量管理	放射工作人员年有效剂量约束值 5 mSv/a 公众成员年有效剂量约束值 0.1 mSv/a	GB18871-2002 HJ1198-2021 及医院管理要求
4	剂量率控制	机房东南墙和顶棚外表面 30cm 处周围剂量当量率控制限值为 $1.0\mu\text{Sv/h}$ ，其余墙体、防护门外 30cm 处周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ/T201 HJ1198-2021 GBZ121-2020等
5	设备性能	贮源器表面泄漏辐射所致周围剂量当量率 5cm 处不大于 $50\mu\text{Sv/h}$ ，100cm 处不大于 $5\mu\text{Sv/h}$ 。	WS262-2017
6	放射源储存	距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ 以上的密封 $\gamma$ 放射源容器外表面 100cm 处任意一点辐射的空气比释动能率不得超过 $0.2\text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。	GBZ114-2006
7	表面污染	后装机源容器外表面的 $\beta$ 污染水平不得超过 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。	GBZ114-2006
8	辐射防护与安全措施	①项目工作场所实行分区管理，设置分区标识等； ②购买合格出厂的设备，后装机自带多重安全联锁装置，如施源器联锁等，设备上有急停按钮、手动回源装置等；并设置门源联锁装置； ③后装机房内设置急停开关、固定式剂量报警仪、开门按钮、视频监控系统与对讲系统、门禁系统，防护门处设置红外防挤压装置等； ④后装机房防护门外张贴电离辐射警告标志，安装工作状态指示灯。后装贮源室外张贴电离辐射警示标志，设置防盗门。	HJ1198-2021 GBZ121-2020 等

表 12 辐射安全管理

		<p>后装机及储源罐表面张贴电离辐射标志。后装机房、后装贮源室实行双人双锁。</p> <p>⑤后装机房内设置排风系统，形成“上进风，下排风”，保证通风换气次数不小于 4 次/h。</p> <p>⑥为放射工作人员配置个人剂量计、个人剂量报警仪，工作场所配置智能化 X-γ辐射仪开展相关监测。</p> <p>⑦与放射源生产厂家签订废源回收协议，确保废源的有效处理。</p>	
9	人员要求	拟配备医师、技师、物理师等，参加辐射安全与防护培训并考核合格，按要求复训。	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等
10	辐射安全管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案等。	齐全并上墙
11	防护用品等	配置应急设施设备，如：铅橡胶衣服、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、警戒绳、警示牌、警示灯、长柄镊子等。	满足应急要求

表 13 结论及建议

### 13.1 项目概况

重庆市黔江中心医院拟在医技楼 1F 建设“重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（后装部分）”。项目主要拟在放疗中心的空置用房区建设 1 间后装机房和相关配套用房，并配置 1 台后装机开展放射源后装近距离治疗工作。后装机内含 1 枚最大活度为  $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$  的  $^{192}\text{Ir}$  密封放射源（III类）。项目用房建筑面积约  $237\text{m}^2$ 。项目依托放疗中心的 CT 模拟定位机进行定位，并依托放疗中心放射工作人员从事本项目辐射工作。

项目总投资 470 万元，其中环保投资约 60 万元。

### 13.2 实践正当性

项目放射源的使用，在医疗诊断治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用，对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

### 13.3 产业政策符合性

项目主要是利用放射源开展放射治疗工作，属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中鼓励类的“核技术应用：同位素应用技术开发”，符合国家产业政策。

### 13.4 辐射环境现状

根据监测统计结果，项目所在地的环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值在  $99\text{nGy/h} \sim 105\text{nGy/h}$  之间(未扣除宇宙射线响应值)，与重庆市 2023 年环境 $\gamma$ 辐射剂量率相比，拟建项目场址及周围的环境 $\gamma$ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内。

### 13.5 选址可行性及布局合理性

#### (1) 选址可行性

项目位于医技楼 1F 南侧，为放疗中心预留用房，属于建筑物底层一端，独立成一个区域，楼上为放射科，无地下建筑，远离其他非放疗科如儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。项目位于放疗中心，距离直线加速器机房、依托的 CT 模拟定位机房较近，便于项目的开展和放疗射线装置的集中管理。项目选址有利于辐射防护与安全，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等相关标准的相关要求。因此，从辐射防护与环境保护角度，项目的选址可行。

表 13 结论及建议

## (2)布局合理性

项目配套用房设置齐全，能满足项目运行需要。控制室等辅助用房独立布置于后装机房外，且均有过道相隔，能有效减少后装治疗时对放射工作人员的影响；控制室设置观察窗，能方便观察到防护门的开闭情况，减少辐射事故风险；控制室、准备室与后装机房隔过道布置，方便项目开展；后装机房设置迷道，减少防护门的防护压力，能有效提高防护门的使用寿命。项目功能分区明确，自成一区，远离人流密集区。后装机房设置了足够厚度的屏蔽墙体进行防护，保证屏蔽体外剂量率基本为本底值，减少对周围公众的影响。因此，项目平面布局满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的要求，布局合理。

### 13.6 辐射防护与安全措施结论

(1) 分区：项目按照相关标准要求对工作场所进行了分区，将后装机房（含迷道）划设为控制区，将机房周围过道和处置室、机房楼上对应区域划设为监督区。项目按照要求进行分区管理，控制区、监督区布局合理。

#### (2) 屏蔽体防护

后装机房的四周墙体均为 750mm 混凝土，西北侧设置迷道，迷路内墙为 700mm 混凝土，顶棚为 120mm 混凝土+50mm 铅砖，防护门为 10mmPb。根据后文核算，后装机房东南墙、顶棚外周围剂量当量率均小于 1.0 $\mu$ Sv/h，其余屏蔽体外周围剂量当量率均小于 2.5 $\mu$ Sv/h，后装机房的屏蔽能力能满足相关标准要求。

各屏蔽体的穿墙管线采用多种穿越方式（如“Z”、斜线）等，对屏蔽体的防护能力削弱甚微，不影响墙体的屏蔽防护效果。铅防护门的生产和安装均交有资质的厂家负责，以保证防护门搭接处的屏蔽能力；铅砖为“子母扣”型式搭接，承重柱体接触面采用“凿毛”处理，不影响机房的屏蔽能力。施工时保证施工质量。

#### (3) 辐射安全与防护设施/措施

本项目拟配置合格出厂的后装机，具有较好的自身安全性能；机房设置多重联锁、急停按钮、监控系统、对讲系统；机房内设置固定式剂量报警装置，具有声光报警功能；防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，与后装机放射源的运行状态联锁，并设置中文说明；防护门上设置电离辐射警告标志；防护门内设置开门按钮，在停电情况下可手动推开防护门；防护门处设置红外线防挤压装置。后装储源室设监控系统，设置防护门安

**表 13 结论及建议**

装门锁，实行双人双锁管理。

④通风：项目设置独立的新风、排风系统。后装机房内在靠近西南墙的吊顶处设置2个送风口，在东北墙的两个角落里设置2个排风口，离地高度约0.3m。4个风口对角布置，呈“上进风，下排风”，便于废气的排出。后装机房通风换气次数约10次/h，满足相关标准要求。

⑤项目依托放疗中心的个人剂量报警仪、智能化X- $\gamma$ 辐射仪等监测仪器，并拟固定式剂量报警装置，保证设备（放射源）、放射工作人员、公众成员的安全。

⑥后装贮源室内外设置监控摄像头，设置防护门并安装门锁；后装贮源室内储源柜上设置门锁，专人保管，实行双人双锁管理；后装贮源室防护门上、后装贮源室内储源柜上拟设置规范的电离辐射警告标志，储源铅罐外表面张贴电离辐射标志，并设置中文警示说明和放射源信息标牌。

综上，建设单位拟采取的辐射安全与防护措施落到实处后，项目的建设能够满足辐射防护的要求。

### **13.7 环境影响分析**

(1) 后装机房东南墙、顶棚屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率均小于 1.0 $\mu$ Sv/h，其余屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率均小于 2.5 $\mu$ Sv/h，后装机房的屏蔽能力能满足相关标准要求。

(2) 项目运行后，考虑到放射工作人员从事本项目及放疗中心的相关辐射工作，其受到的年附加有效剂量低于放射工作人员的一年有效剂量约束值 5mSv/a，项目周围公众成员受到的年附加有效剂量低于年有效剂量约束值 0.1mSv/a，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）等相关标准的要求。项目运行后，对周围环境保护目标的影响有限，能为环境所接受。

③项目设置独立的机械新风、排风系统。后装机房的废气引至医技楼 1F 东南侧排放，排放口离地不低于 3m。排放口外为医院院内道路和绿化带，无人员密集区，废气排放后经大气扩散和分解，不累积，浓度将进一步降低，对周围环境影响小。

④项目运营产生的少量的医疗废水、生活污水等直接排入医院现有 1#污水处理站处理，处理达标后排入市政污水管网。项目运行产生的废水得到有效处理，对环境的影响

**表 13 结论及建议**

小。

⑤项目运营产生少量的生活垃圾交市政环卫部门处理；医疗废物分类收集，依托医院现有的医疗废物暂存间暂存，然后交由有资质单位处置；铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，由医院收集后妥善保存，按照危险废物交有资质单位处理，并做好相应记录。因此，项目产生的固体废物能得到合理地处理，不会对环境产生影响。

### **13.8 辐射环境管理**

医院成立了放辐射安全管理工作小组，制定了相应辐射环境管理相关制度，现有的各项规章制度、操作规程、应急处理措施基本健全、具有可操作性。在本项目运营前，医院拟制定后装治疗操作规程等相关管理制度，并进一步完善现有的管理制度，并加强日常应急响应的准备工作及应急演练。医院应严格执行各项规章制度，并在今后的工作中，不断完善相关管理制度，加强管理，杜绝辐射事故的发生。

### **13.9 事故风险分析结论**

项目运行期间因为管理不善，发生后装源（Ⅲ类）丢失、被盗，属于较大辐射事故，其放射源对临近人员产生的影响随着时间的增长、距离的减少而持续增加，短间接触会发生超剂量照射，长间接触会造成辐射损伤。发生放射源脱落、联锁失效人员误入及防护门未关闭的误照射剂量较小，不会产生辐射损伤；发生放射源卡源、人员滞留在机房内受到误照射时，单次事故可能会发生超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

在采取相应措施后事故风险可防可控。医院针对项目运行可能的事故风险，在本项目运营前制定较完善的事故防范与应急措施，以降低事故发生概率，并在发生事故时，能够对事故现场进行妥善的处理和处置，及时控制事故对环境的影响，将事故影响降到最低。

### **13.10 综合结论**

综上所述，重庆市黔江中心医院正阳院区医技楼项目（后装部分）符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全的目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

## 附 图

附图 1	项目地理位置图
附图 2	医院总平面布置及环保目标布置示意图
	项目所在建筑剖面示意图
附图 3	项目现场相关照片
附图 4	4-1 医技楼 2F 平面布置图
	4-2 医技楼 1F 平面布置图（项目建设前）
	4-3 医技楼 1F 平面布置图（项目建设后）
附图 5	项目平面布置图
附图 6	后装机房平立面布置及穿墙大样图
附图 7	7-1 项目新风管网布置图
	7-2 项目排风管网布置图
附图 8	项目辐射安全设施布置示意图



附图一 项目地理位置图