

编号：RSHP-SC-202108130001

核技术利用建设项目

巴中市中心医院

新建放射源、非密封放射性物质工作
场所及医用射线装置使用项目

环境影响报告表

（公示本）

巴中市中心医院

2021 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

巴中市中心医院

新建放射源、非密封放射性物质工作
场所及医用射线装置使用项目

环境影响报告表

建设单位名称：巴中市中心医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省巴中市巴州区南池河街 1 号

邮政编码：636001

联系人：王**

电子邮箱：19****676@qq.com

联系电话：156****1678

表 1 项目基本情况

建设项目名称		巴中市中心医院 新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目			
建设单位		巴中市中心医院			
法人代表	徐世成	联系人	王**	联系电话	156****1678
注册地址		四川省巴中市巴州区南池河街 1 号			
项目建设地点		四川省巴中市巴州区将军大道东侧（南坝院区）			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	**	项目环保总投资（万元）	**	投资比例（环保投资/总投资）	31.2%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） /
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☒ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☒ III类 ☐ IV类 ☒ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☒ III类		
	其他	/			

项目概述

一、建设单位简介

巴中市中心医院（统一社会信用代码：12513700452439575H，以下简称“医院”）始建于 1943 年，经历几代人医务人员的艰苦创业，开拓创新，如今发展成为了集医疗、教学、科研、预防、保健为一体的全市唯一一家三级甲等大型综合医院。巴中市中心医院老院区位于巴州区南河街 1 号，实际开设床位仅 708 张。由于老院区病床数不能满足患者的需求，巴中市中心医院于 2009 年建设新院区，选址于巴中市经济开发区科技园管委会南坝七支道南侧（现将军大道七支道），新院区又称为南坝院区。

由于南坝院区建设内容较多，为更加快速的服务人民，南坝院区分于二期建设，一期、二期项目全部于 2018 年 4 月建成并投入运营。

二、任务由来

国家“十三五”医疗卫生事业规划纲要，提出持续完善健康服务体系，大幅提升医疗卫生服务能力，更好满足人民群众基本医疗卫生服务需求和多样化、多层次健康需求。实施慢性病综合防控，针对高发地区重点癌种开展早诊早治工作，早诊率达到 55%，提高 5 年生存率。在此基础上巴中市提出的“十三五”卫生计生事业发展规划要求，加强医疗、疾控机构卫生应急规范化建设，加强卫生应急队伍建设及装备保障，提高市级紧急医学救援队伍标准化、模块化、便携化和信息化水平。实施县办医院临床重点专科建设工程，重点支持**肿瘤**、心脑血管、儿科、精神、传染病、老年病等专科建设，全面提升县办医院综合服务能力。巴中市中心医院是集医疗、教学、科研、预防、保健为一体的一家三级甲等医院，医疗服务对象为巴中市及周边地区人群，还承担全市的突发公共卫生事件的医疗救助工作。

基于此，巴中市中心医院拟投资约 3200 万元，于南坝院区内新建 1 栋核医学科楼，开设放疗科、核医学科等科室。

巴中市中心医院本次新建的放疗科位于核医学科楼负一层西北部，建设 2 座医用电子直线加速器机房和 1 座后装治疗机机房及其配套的辅助用房。拟在本次新建的 2 座医用电子直线加速器机房内配备 2 台医用电子直线加速器，型号未定，X 射线最大能量 $\leq 15\text{MV}$ ，属Ⅱ射线装置；拟在本次新建的后装治疗机机房内配备 1 台后装治疗机，后装治疗机内使用 1 枚 ^{191}Ir 放射源，初始装源活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于Ⅲ类放射源；拟在医用电子直线加速器机房东侧新建 1 座模拟定位机机房，配备 1 台模拟定位机，属Ⅲ类射线装置。

医院本次新建的核医学科位于核医学科楼一层，为乙级非密封放射性物质工作场所，于场所内使用放射性同位素 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 开展核素显像，使用放射性同位素 ^{89}Sr 和 ^{131}I 开展核素诊断与治疗，工作场所的日等效最大操作量为 $2.10 \times 10^9\text{Bq}$ ；PET/CT 校准将使用 3 枚 ^{68}Ge 放射源（活度为 $9.25 \times 10^7\text{Bq} \times 1$ 枚， $4.62 \times 10^7\text{Bq} \times 2$ 枚，属于Ⅳ类放射源），PET/CT 和 SPECT/CT 均属Ⅲ类射线装置。

三、编制目的

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保

其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设方巴中市中心医院需对该项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“生产使用Ⅱ、Ⅲ射线装置的；乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）的”应编制环境影响报告表。

为此，巴中市中心医院委托南京瑞森辐射技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1，**本评价不包括污染影响类建设项目评价内容，建设单位应根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》等相关法律法规要求另行办理污染影响类建设项目环境影响评价手续**）。南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合四川瑞迪森检测技术有限公司现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

巴中市中心医院新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目环境影响评价报告表的评价内容与目的：

1、对新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。

2、对项目拟建地址进行辐射环境质量现状监测，以掌握场所及周围的环境质量现状水平，并对项目进行环境影响预测评价。

3、提出污染防治措施，使辐射影响降低到“可合理达到的尽可能低水平”。

4、满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

四、项目概况

项目名称：巴中市中心医院新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目

设计单位：四川元丰建设项目管理有限公司

建设单位：巴中市中心医院

建设地点：四川省巴中市巴州区将军大道东侧（南坝院区）

（一）建设内容与规模：

1、放疗科

巴市中心医院拟在四川省巴中市巴州区将军大道东侧（南坝院区）核医学科楼（拟建，地下1层，地上3层建筑，总高度约13.8m）负一层建设2座医用电子直线加速器机房、1座后装治疗机机房和1座模拟定位机机房，总占地面积约675m²。

（1）医用电子直线加速器项目

本次新建的2座医用电子直线加速器机房呈南北镜像布置，2座医用电子直线加速器机房室内面积均约为73.4m²（不含迷道），机房净空尺寸均为长8.00m×宽8.00m×高4.10m；其四周墙体、迷道及屋顶均为钢筋混凝土结构；其主射方向朝向南侧、北侧、屋顶及地面；迷道均位于机房东侧，为10.6m长“L”型迷道。

1#机房南侧墙体主屏蔽部分为3.00m厚混凝土（宽4.40m），相连次屏蔽部分为1.70m厚混凝土；西侧墙体为1.70m厚混凝土；北侧墙体主屏蔽部分为4.30m厚混凝土（宽4.40m），相连次屏蔽部分为1.70m厚混凝土；东侧迷道内墙为1.00m~1.90m厚混凝土，迷道外墙为1.00m~1.70m厚混凝土；屋顶主屏蔽部分为2.90m厚混凝土（宽4.40m），相连次屏蔽部分为1.70m厚混凝土；

2#机房南侧墙体主屏蔽部分为4.30m厚混凝土（宽4.40m），相连次屏蔽部分为1.70m厚混凝土；西侧墙体为1.70m厚混凝土；北侧墙体主屏蔽部分为3.00m厚混凝土（宽4.40m），相连次屏蔽部分为1.70m厚混凝土；东侧迷道内墙为1.00m~1.90m厚混凝土，迷道外墙为1.00m~1.70m厚混凝土；屋顶主屏蔽部分为2.90m厚混凝土（宽4.40m），相连次屏蔽部分为1.70m厚混凝土；

2座机房防护门均为20mm铅当量+150mm含硼聚乙烯电动钢板夹芯平移防护门。

本次拟新增的2台医用电子直线加速器型号待定，其主要参数为：X射线最大能量为15MV，15MV时1米处输出剂量率最大为600cGy/min，电子线最大能量为20MeV，电子线等中心1米处剂量率最大为1000cGy/min，单台设备年出束时间约250h，均属II类射线装置。

（2）后装治疗机项目

本次新建的1座后装治疗机机房室内面积约为43.8m²（不含迷道），机房净空尺寸为长7.30m×宽6.00m×高6.00m，其四周墙体、迷道及屋顶均为混凝土结构，迷道位于机房西侧，为6.84m长直迷道。

后装治疗机机房东侧墙体为 1.00m 厚混凝土、南侧及北侧墙体为 0.85m 厚混凝土
西侧迷道内墙为 0.70m 厚混凝土，迷道外墙为 1.00m 厚混凝土；屋顶为 1.00m 厚混凝土；
防护门为 10mm 铅当量电动钢板夹芯平移防护门。

拟新增的后装治疗机型号待定，内含 1 枚 ^{192}Ir 放射源，初始装源活度为
 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，年出源时间约 150h，属 III 类放射源。

(3) 模拟定位机项目

本次新建的 1 座模拟定位机机房室内有效使用面积约为 57.72m^2 ，机房净空尺寸为长 7.8m×宽 7.4m×高 4.00m，其东、西及北侧墙体均为 370mm 实心砖墙，南侧墙体
为 250mm 厚混凝土，防护门为 3mmPb 铅防护门，观察窗为 3mmPb 铅玻璃。新增的
模拟定位机型号待定，其最大管电压 $\leq 150\text{kV}$ 、最大管电流 $\leq 1500\text{mA}$ ，属 III 类射线装
置。

2、核医学科

巴中市中心医院拟在四川省巴中市巴州区将军大道东侧（南坝院区）核医学科楼
一层建设 1 处乙级非密封放射性物质工作场所，总占地面积约 1100m^2 。

工作场所包含注射室（含废物间、源库，共 55m^2 ，四面墙体为 370mm 实心砖，
顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 10mm 铅当量，注
射窗为 5mm 铅当量 $<^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用>，40mm 铅当量 $<^{18}\text{F}$ 用>，手套箱为 5mm 铅当量 $<^{99\text{m}}\text{Tc}$
用>，65mm 铅当量 $<^{18}\text{F}$ 用>，50mm 铅当量 $<^{131}\text{I}$ 用，自动分装仪>）、甲吸室（ 5.72m^2 ，
四面墙体为 370mm 实心砖，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，
防护门为 3mm 铅当量）、甲亢留观室（含卫生间，共 17m^2 ，东、西及北墙为 370mm
实心砖，南墙为 200mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土
层，防护门为 3mm 铅当量）、运动负荷室（ 12m^2 ，东、西及北墙为 370mm 实心砖，
南墙为 200mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护
门为 3mm 铅当量）、SPECT/CT 注射后候诊室（含卫生间，共 31.6m^2 ，东、西及北
墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm
混凝土+覆土层；防护门为 5mm 铅当量）、PET/CT 注射后候诊室（含卫生间，共 31.8
 m^2 ，东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，
底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 10mm 铅当量）、SPECT/CT 机房（有效使
用面积 60.9m^2 ，四面墙体为 370mm 实心砖，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm

混凝土+覆土层，观察窗为 5mm 铅当量，防护门为 5mm 铅当量，铅屏风为 2mm 铅当量）、PET/CT 机房（有效使用面积 59.6m²，四面墙体为 370mm 实心砖，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，观察窗为 10mm 铅当量，防护门为 10mm 铅当量，铅屏风为 5mm 铅当量）、校准源库（9.2m²，东、南及北墙为 370mm 实心砖，西墙为 200mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 10mm 铅当量）、留观室（含卫生间，共 31.8 m²，东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 10mm 铅当量）、抢救室 1（含洁具间，共 15.6 m²，东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 10mm 铅当量）、放射性废物储存间（12.7 m²，东墙及北墙为 370mm 实心砖，南墙及西墙为 200mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 5mm 铅当量，缓冲间出口防护门为 15mmPb）、甲癌服药室（9 m²，东墙及西墙为 370mm 实心砖，南墙及北墙为 370mm 实心砖+5mmPb 硫酸钡涂料，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 15mm 铅当量）、抢救室 2（13.1 m²，东、西及北墙体为 370mm 实心砖，南墙为 370mm 实心砖+5mmPb 硫酸钡涂料，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 15mm 铅当量）、治疗室（含卫生间，共 29.3m²，四面墙体为 370mm 实心砖，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 15mm 铅当量）、甲癌病房 1、2、3（含卫生间，共 55.3m²，东、南及西墙均为 370mm 实心砖，北墙为 300mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 15mm 铅当量）、取餐间（3.2m²，四周墙体为 370mm 实心砖，传递窗为 40mmPb，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，缓冲间出口防护门为 15mmPb）和污染用品储存间（12m²，东、南及西墙均为 370mm 实心砖，北墙为 300mm 混凝土，顶部为 400mm 混凝土，底部为 300mm 混凝土+覆土层，防护门为 10mm 铅当量）等，同时配套建设医生办公室、控制室、设备间等辅助用房。

SPECT/CT 机房内拟新增使用 1 台 SPECT/CT（最大管电压≤140kV、最大管电流≤1000mA）用于核素诊断，属于Ⅲ类射线装置。

PET/CT 机房内拟新增使用 1 台 PET/CT（最大管电压≤140kV、最大管电流≤1000mA）用于核素诊断，属于Ⅲ类射线装置；PET/CT 拟使用 3 枚 ⁶⁸Ge 放射源（活度

为 $9.25 \times 10^7 \text{Bq} \times 1$ 枚、 $4.62 \times 10^7 \text{Bq} \times 2$ 枚）用于设备校准，均属于 V 类放射源。

核医学科拟使用放射性同位素 ^{18}F （年最大使用量 $6.94 \times 10^{12} \text{Bq}$ 、日最大使用量 $2.78 \times 10^{10} \text{Bq}$ 、日等效最大操作量 $7.77 \times 10^6 \text{Bq}$ ）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ （年最大使用量 $5.55 \times 10^{12} \text{Bq}$ 、日最大使用量 $2.22 \times 10^{10} \text{Bq}$ 、日等效最大操作量 $2.22 \times 10^7 \text{Bq}$ ）用于显像诊断，使用 ^{89}Sr （年最大使用量 $7.40 \times 10^9 \text{Bq}$ 、日最大使用量 $2.96 \times 10^8 \text{Bq}$ 、日等效最大操作量 $2.96 \times 10^7 \text{Bq}$ ）用于开展骨转移治疗，使用 ^{131}I （年最大使用量 $1.76 \times 10^{12} \text{Bq}$ 、日最大使用量 $2.04 \times 10^{10} \text{Bq}$ 、日等效最大操作量 $2.04 \times 10^9 \text{Bq}$ ）用于开展核素诊断与治疗。巴中市中心医院本次新建的非密封放射性物质工作场所总日等效最大操作量为 $2.10 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1。

表 1-1 巴中市中心医院新建项目情况一览表

放射源							
序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) $\times$ 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点
1	^{192}Ir	$3.7 \times 10^{11} \times 1$	III	使用	放射治疗	放疗科	后装治疗机内
2	^{68}Ge	$9.25 \times 10^7 \times 1$ $4.62 \times 10^7 \times 2$	V	使用	校准源	PET/CT	校准源库内

表 1-1 巴中市中心医院新建项目情况一览表（续表）

非密封放射性物质						
序号	核素	用途	单个病人最大用量 (mCi/人·次) / 用药方式	日最大病人量 (人)	年最大病人量 (人)	日最大操作量 (Bq)
1	^{18}F	核素显像	10（静脉注射）	15	3750	5.55×10^9
			日最大备药量			2.22×10^{10}
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	核素显像	20（静脉注射）	30	7500	2.22×10^{10}
3	^{89}Sr	核素治疗	4（静脉注射）	2	50	2.96×10^8
4	^{131}I （甲吸）	核素测定	0.01（口服）	20	5000	7.40×10^6
5	^{131}I （甲亢）	核素治疗	10（口服）	10	2500	3.70×10^9
6	^{131}I （甲癌）	核素治疗	150（口服）	3	150	1.67×10^{10}

表 1-1 巴中市中心医院新建项目情况一览表（续表）

非密封放射性物质						
序号	工作场所名称	核素	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类
1	核医学科	^{18}F	5.55×10^9	5.55×10^6	1.39×10^{12}	使用
			2.22×10^{10}	2.22×10^6	5.55×10^{12}	贮存
2		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.22×10^{10}	2.22×10^7	5.55×10^{12}	使用

3		^{89}Sr	2.96×10^8	2.96×10^7	7.40×10^9	使用
4		^{131}I （甲吸）	7.40×10^6	7.40×10^5	1.85×10^9	使用
5		^{131}I （甲亢）	3.70×10^9	3.70×10^8	9.25×10^{11}	使用
6		^{131}I （甲癌）	1.67×10^{10}	1.67×10^9	8.33×10^{11}	使用
合计				$2.10 \times 10^9 \text{Bq}$ （乙级）		

表 1-1 巴中市中心医院新建项目情况一览表（续表）

射线装置							
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压	最大管电流	射线装置类别	活动种类	备注
1	医用电子直线加速器	未定	X 射线： $\leq 15\text{MV}$ 电子线 $\leq 20\text{MeV}$		II	使用	拟购
2	PET/CT	未定	$\leq 140\text{kV}$	$\leq 1000\text{mA}$	III	使用	拟购
3	SPECT/CT	未定	$\leq 140\text{kV}$	$\leq 1000\text{mA}$	III	使用	拟购
4	模拟定位机	未定	$\leq 150\text{kV}$	$\leq 1500\text{mA}$	III	使用	拟购

2、项目组成内容及环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成内容及主要环境问题

表 1-2 项目组成内容及主要环境问题								
名称	建设内容及规模					可能产生的环境问题		
						施工期	运营期	
主体工程	放疗科	医用电子直线加速器	本次新建的 2 座医用电子直线加速器机房呈南北镜像布置，2 座医用电子直线加速器机房室内面积均约为 73.4m ² （不含迷道），机房净空尺寸均为长 8.00m×宽 8.00m×高 4.10m；其四周墙体、迷道及屋顶均为混凝土结构；其主射方向朝向南侧、北侧、屋顶及地面；迷道均位于机房东侧，为 10.6m 长“L”型迷道。 本次拟新增的 2 台医用电子直线加速器型号待定，其主要参数为：X 射线最大能量为 15MV，15MV 时 1 米处输出剂量率最大为 600cGy/min，电子线最大能量为 20MeV，电子线等中心 1 米处剂量率最大为 1000cGy/min，单台年出束时间约 250h，属Ⅱ类射线装置。				施工废气 施工噪声 施工废水 固体废物 生活污水 生活垃圾	X 射线、 γ 射线、β 表面沾污、放射性废气、放射性废水、放射性固废、噪声、臭 氧、医疗废物、生活污水、生活垃圾
		后装治疗机	拟新增 1 台 ¹⁹² Ir 后装治疗机（型号待定），内含 ¹⁹² Ir 放射源一枚，出厂活度为 3.7×10 ¹¹ Bq，年出源时间约 150h，属Ⅲ类放射源。 后装治疗机机房东侧墙体为 1.00m 厚混凝土、南侧及北侧墙体为 0.85m 厚混凝土西侧迷道内墙为 0.70m 厚混凝土，迷道外墙为 1.00m 厚混凝土；屋顶为 1.00m 厚混凝土；防护门为 10mm 铅当量电动钢板夹芯平移防护门。					
		模拟定位机	本次新建的 1 座模拟定位机机房室内有效使用面积约为 57.72m ² ，机房净空尺寸为长 7.8m×宽 7.4m×高 4.00m，其东、西及北侧墙体均为 370mm 实心砖墙，南侧墙体为 250mm 厚混凝土，防护门为 3mmPb 铅防护门，观察窗为 3mmPb 铅玻璃。新增的模拟定位机型号待定，其最大管电压≤150kV、最大管电流≤1500mA，属Ⅲ类射线装置。					
	核医学科	放射源	PET/CT 校准将使用 3 枚 ⁶⁸ Ge 放射源（活度为 9.25×10 ⁷ Bq×1 枚，4.62×10 ⁷ Bq×2 枚，均属于Ⅴ类放射源）					
		核素	¹⁸ F	日等效最大操作量 7.77×10 ⁶ Bq，年最大用量 6.94×10 ¹² Bq				
			^{99m} Tc	日等效最大操作量 2.22×10 ⁷ Bq，年最大用量 5.55×10 ¹² Bq				
			⁸⁹ Sr	日等效最大操作量 2.96×10 ⁷ Bq，年最大用量 7.40×10 ⁹ Bq				
			¹³¹ I	日等效最大操作量 2.04×10 ⁹ Bq，年最大用量 1.76×10 ¹² Bq				
		合计	日等效最大操作量 2.10×10 ⁹ Bq（乙级）					

		射线装置	1 台 SPECT/CT（型号待定，最大管电压不超过 140kV，最大管电流不超过 1000mA，其中 CT 属于Ⅲ类射线装置），1 台 PET/CT（型号待定，最大管电压不超过 140kV，最大管电流不超过 1000mA，其中 CT 属于Ⅲ类射线装置）			
		辅助工程	设有 1 间 PET/CT 机房及配套控制室、1 间 SPECT/CT 机房及配套控制室、注射室、废物间、储源室、卫生通过间、甲亢留观室、运动负荷室、注射后等候室、留观室、抢救室 1、3 间核素病房、抢救室 2、治疗室、缓冲间、医生值班室、配餐间、取餐间、服药室、放射性废物暂存间等。			
	环保工程	1、本项目新建的 2 套衰变池均位于核医学科楼北侧绿化带内，分为显像区域用衰变池和甲癌病房用衰变池，其中显像用衰变池拟设计 3 个并联小池（9m³+9m³+9m³），总容积为 27m³。甲癌病房用衰变池拟设计 3 个并联小池（52.8m³+52.8m³+52.8m³），总容积为 158.4m³。 2、核医学科拟使用手套箱分为 ⁹⁹ᵐTc 用（5mmPb）和 ¹⁸F 用（65mmPb），1 套自动分装仪（50mmPb）¹³¹I 用。 3、新增收集放射性废物铅桶若干； 4、核医学科的通排风系统； 5、医用电子直线加速器机房的通排风系统； 6、后装治疗机机房通排风系统。				
	公用工程	依托医院给水、供电、通风等配套设施。				\
	办公生活设施	本次新建的候诊大厅、示教室、问诊室、护士站、医生办公室和资料室等。				生活垃圾、生活污水

3、项目依托设施

①依托办公设施：医生办公室依托本次新建的医生办公室。

②依托环保设施：本项目产生的生活污水、医疗废水和生活垃圾依托已建的污水处理设施和生活垃圾收集设施处理。本项目产生的医疗废物，医院拟委托有资质单位进行统一收集、清运和处置。

医院已建污水处理站一座，其设计处理能力为 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，采用“智能生物流化床+消毒处理”处理。医院废水经污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466—2005）中的表2预处理标准后排入市政污水管网，最终进入巴中市污水处理厂处理后排入巴河。医院污水处理站设计处理能力能够满足本项目生活污水及医疗废水产生量和排放量的排放需求。

院区内设有生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，医院已委托有资质单位进行统一收集、清运和处置。

4、主要原辅材料及能耗

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-3。

表 1-3 主要能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途
主要原辅材料	^{192}Ir	$3.7 \times 10^{11}\text{Bq} \times 4$ 枚	有资质单位购买	放射治疗
	^{68}Ge	$9.25 \times 10^7\text{Bq} \times 1$ 枚， $4.62 \times 10^7\text{Bq} \times 2$ 枚	有资质单位购买	PET/CT 校准
	^{18}F	$6.94 \times 10^{12}\text{Bq}$	有资质单位购买	核素显像诊断
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$5.55 \times 10^{12}\text{Bq}$	有资质单位购买	核素显像诊断
	^{89}Sr	$7.40 \times 10^9\text{Bq}$	有资质单位购买	核素治疗（骨转移）
	^{131}I	$1.76 \times 10^{12}\text{Bq}$	有资质单位购买	核素显像诊断/核素治疗
能源	电(度)	$50000\text{kW}\cdot\text{h/a}$	市政电网	/
水	生活用水	$2000\text{m}^3/\text{a}$	市政管网	/

5、工作制度及人员配置

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天，实行 8 小时工作制。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 20 人，均为医院新聘辐射工作人员，配置至本项目后，不再从事其他辐射工作。

表 1-4 本项目人员配置情况

项目类型	本次建设项目
放疗科	拟配备中级以上放疗医师 2 名
	拟配备病理人员 1 名、医学影像学专业技术人员 1 名
	拟配备本科学历的物理师 1 名
	拟配备放射技师 2 名，维修工程师 1 名
核医学科	护士 4 名
	核医学影像学专业技术人员 4 名
	核医学医生 4 名

后期随着工作量的不断增加，医院也计划持续引进技术熟练的核医学科和放疗科医生、技师及护士，医院应做好辐射工作人员管理工作。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目新增的 20 名辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。辐射安全培训合格证书到期的人员仍需通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’进行再学习考核。

五、项目周边保护目标以及场址选址情况

本项目选址于四川省巴中市巴州区将军大道东侧巴市中心医院南坝院区内（项目地理位置见附图 1）。

本项目为核医学科楼建设的核技术利用部分，项目选址于巴中市巴州区将军大道七支道，为巴市中心医院南坝院区内的预留空地。根据《巴中市城市总体规划（2011-2030）》（2015 版）-城市用地布局规划图可知，项目所在地的用地性质为医疗卫生用地（详见附图 2）。从周边外环境关系可知，医院周边规划为居民区和市政道路，周边无自然保护区等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。

巴市中心医院于 2011 年完成了巴市中心医院第二医疗区建设项目的环评，并取得巴中市生态环境局（原巴中市环境保护局）的批复，批复文号为：巴环审〔2011〕

277 号（见附件 2），医院选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目建设地点为医院南坝院区内的预留空地，不额外新增用地，核医学科位于整个院区的北部，靠近医院的围墙处，避开了人流量较大的门诊楼及住院大楼，医院整体布局合理，且拟建的辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境的影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

六、项目产业政策符合性

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，属于鼓励类中第六项“核能”的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目的运营可为巴中市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康设备的重要内容，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

七、实践正当性

巴中市中心医院新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目的目的是为了对病人进行医学诊断。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

八、项目单位核技术应用现状

巴中市中心医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号川环辐证〔00619〕），有效期至 2023 年 10 月 16 日，许可种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置，其许可情况及验收情况见表 1-5，辐射安全许可证正副本见附件 3。

表 1-5 巴中市中心医院现有核技术利用情况一览表

略

医院现有 DSA 已于 2019 年 5 月完成了项目的自主竣工验收工作，验收意见详见附件 4。

巴中市中心医院自运行以来未发生过辐射事故，且未接到周边群众举报等事件发生。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{192}Ir	$3.7 \times 10^{11} \times 1$ 枚	III	使用	放射治疗	后装治疗机房	后装治疗机房内 储源装置	本次环评
2	^{68}Ge	$9.25 \times 10^7 \times 1$ $4.62 \times 10^7 \times 2$	V	使用	校准源	PET/CT	校准源库	本次环评

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	^{18}F	液态/低毒 $T_{1/2}=109.8\text{min}$	使用	2.78×10^{10}	7.77×10^6	6.94×10^{12}	核素显像	很简单操作	核医学科	暂存在手套箱或自动分装仪内
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态/低毒 $T_{1/2}=6.01\text{min}$	使用	2.22×10^{10}	2.22×10^7	5.55×10^{12}	核素显像	很简单操作		
3	^{89}Sr	液态/低毒 $T_{1/2}=50.53\text{d}$	使用	2.96×10^8	2.96×10^7	7.40×10^9	骨转移治疗	简单操作		
4	^{131}I	液态/低毒 $T_{1/2}=8.02\text{d}$	使用	2.04×10^{10}	2.04×10^9	1.76×10^{12}	甲吸测定	简单操作		
5	^{131}I	液态/低毒 $T_{1/2}=8.02\text{d}$	使用				甲亢治疗	简单操作		
6	^{131}I	液态/中毒 $T_{1/2}=8.02\text{d}$	使用				甲癌治疗	简单操作		

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线 加速器	II	2 台	待定	电子	X 射线最大能量：15MV 1m 处常用最高剂量率 600cGy/min 电子线最大能量为 20MeV，最 高剂量率：1000cGy /min		放射治疗	放疗科 医用电子直线 加速器机房	本次环评

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	PET/CT	III	1	未定	≤140	≤1000	放射诊断	核医学科	本次环评
2	SPECT/CT	III	1	未定	≤140	≤1000	放射诊断		本次环评
3	模拟定位机	III	1	未定	≤150	≤1500	放射诊断	放疗科	本次环评

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
沾有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等	固体	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I	/	/	/	小于清洁解控水平	暂存于铅废物桶内，随后转移至废物间	分类暂存，达到暂存时间后，由医院统一作为普通医疗废物处理
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I	/	/	约 116m ³	总 $\beta < 10 \text{ Bq/L}$	暂存于衰变池内	达到排放标准后，排至医院污水处理站
含有液态放射性药物分装时挥发的微量气溶胶	气体	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I	/	微量	微量	微量	不暂存	在手套箱或者自动分装仪内操作，经管道内及屋顶排放口内的活性炭装置过滤后排放
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温条件下 50 分钟后可自动分解为氧气
废活性炭	固体	/	/	/	/	小于清洁解控水平	更换后暂存在废物间内	暂存约 180d 后，由医院统一作为普通医疗废物处理
退役废靶	固体	/	/	/	/	/	不暂存	交有资质单位收贮
退役校准源 退役 ^{192}Ir 放射源	固体	^{192}Ir 、 ^{68}Ge	/	/	/	/	不暂存	厂家回收

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日发布施行；2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日发布施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施； (4) 《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年修正，国务院令709号，2019年3月2日施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行； (6) 《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日起施行； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》，生态环境部第16号令，自2021年1月1日起施行； (8) 《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日起施行； (9) 《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017年 第66号，2017年12月5日起施行； (10) 《放射源分类办法》，国家环保总局公告2005年第62号，2015年12月23日起施行； (11) 《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国国务院令第612号，2012年3月1日起施行； (12) 关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017年公告第65号公布，自2018年1月1日起施行； (13) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日起施行； (14) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号），2016年3月7日起施行； (15) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公
------	---

	告2019年第9号，2019年11月1日起施行； （16）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部，公告2019年第57号，2020年1月1日起施行； （17）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部，2019年部令第9号，2019年11月1日起施行； （18）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行； （19）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019年第39号，2019年11月1日起启用。《产业结构调整指导目录》（2019年本），中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号，2020年1月1日起施行。 （20）《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施； （21）《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150号），2016年10月27日起施行。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （6）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； （7）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； （8）《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）； （9）《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）； （10）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分一般原则：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）； （11）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线放射源治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）； （12）《后装γ源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）；

	(13) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)； (14) 《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)； (15) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)； (16) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (17) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)；。
其他	(1) 环保部辐射安全与防护监督检查技术程序； (2) 工程设计图纸及相关技术资料； (3) 四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》的通知，川环函[2016]1400号； (4) 《辐射防护手册(第一分册)》(李德平、潘自强著)； (5) 《辐射防护导论》，方杰主编； (6) AAPM No.108； (7) 医院提供的相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 根据本项目的特点并参照《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）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，甲级取半径 500m 的范围，<u>乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围</u>”，确定为巴中市中心医院本次新建项目所在工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，详见附图 2。																																																			
保护目标 本项目周围 50m 范围除西、北侧部分位于医院围墙外，其余方向均位于医院院区内。50m 评价范围内除涉及北侧闲置的重庆啤酒集团巴中有限责任公司厂房外无居民区、无学校等其他环境敏感点。本项目辐射环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外公众，详见表 7-1。 表 7-1 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表 <table> <tr> <th colspan="2">保护目标名称</th><th>方位</th><th>最近距离</th><th>规模</th></tr> <tr> <td rowspan="4">放疗科</td><td>辐射工作人员</td><td>医用电子直线加速器、后装治疗机和模拟定位机的控制室</td><td>/</td><td>约 8 人</td></tr> <tr> <td>核医学科楼其他患者</td><td>放疗科负一层及其上方</td><td>0~50m</td><td>约 100 人</td></tr> <tr> <td>重庆啤酒集团巴中有限责任公司员工</td><td>北侧</td><td>35~50m</td><td>约 10 人</td></tr> <tr> <td>院内其他医护人员、患者及患者家属</td><td>/</td><td>0~50m</td><td>约 30 人</td></tr> <tr> <td rowspan="6">核医学科</td><td>辐射工作人员</td><td>核医学科控制室、医护办公室等</td><td>/</td><td>约 12 人</td></tr> <tr> <td>放疗科</td><td>核医学科负一层</td><td>0~8m</td><td>约 20 人</td></tr> <tr> <td>核医学科楼其他患者</td><td>核医学科二层</td><td>0~5m</td><td>约 80 人</td></tr> <tr> <td>重庆啤酒集团巴中有限责任公司员工</td><td>北侧</td><td>35~50m</td><td>约 10 人</td></tr> <tr> <td>院内其他医护人员、患者及患者家属</td><td>/</td><td>0~50m</td><td>约 30 人</td></tr> <tr> <td>医护人员、患者及患者家属</td><td>场所上方诊室及项目所在楼其他楼层，评价范围院内空地等</td><td>0~50m</td><td>约 50 人</td></tr> </table>					保护目标名称		方位	最近距离	规模	放疗科	辐射工作人员	医用电子直线加速器、后装治疗机和模拟定位机的控制室	/	约 8 人	核医学科楼其他患者	放疗科负一层及其上方	0~50m	约 100 人	重庆啤酒集团巴中有限责任公司员工	北侧	35~50m	约 10 人	院内其他医护人员、患者及患者家属	/	0~50m	约 30 人	核医学科	辐射工作人员	核医学科控制室、医护办公室等	/	约 12 人	放疗科	核医学科负一层	0~8m	约 20 人	核医学科楼其他患者	核医学科二层	0~5m	约 80 人	重庆啤酒集团巴中有限责任公司员工	北侧	35~50m	约 10 人	院内其他医护人员、患者及患者家属	/	0~50m	约 30 人	医护人员、患者及患者家属	场所上方诊室及项目所在楼其他楼层，评价范围院内空地等	0~50m	约 50 人
保护目标名称		方位	最近距离	规模																																															
放疗科	辐射工作人员	医用电子直线加速器、后装治疗机和模拟定位机的控制室	/	约 8 人																																															
	核医学科楼其他患者	放疗科负一层及其上方	0~50m	约 100 人																																															
	重庆啤酒集团巴中有限责任公司员工	北侧	35~50m	约 10 人																																															
	院内其他医护人员、患者及患者家属	/	0~50m	约 30 人																																															
核医学科	辐射工作人员	核医学科控制室、医护办公室等	/	约 12 人																																															
	放疗科	核医学科负一层	0~8m	约 20 人																																															
	核医学科楼其他患者	核医学科二层	0~5m	约 80 人																																															
	重庆啤酒集团巴中有限责任公司员工	北侧	35~50m	约 10 人																																															
	院内其他医护人员、患者及患者家属	/	0~50m	约 30 人																																															
	医护人员、患者及患者家属	场所上方诊室及项目所在楼其他楼层，评价范围院内空地等	0~50m	约 50 人																																															

评价标准

一、执行标准

本项目执行标准如下：

1、环境质量标准

地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的III类水域标准；

大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中的二级标准；

声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的2类标准。

2、污染物排放标准

废水：生活废水排入设置有二级污水处理厂的城镇排水系统污水，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准；医疗废水执行《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）中表2排放标准。

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中相关标准，营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准。

固体废物：执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）及其修改单相关标准；如有危险废物产生，执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关标准。

3、辐射防护标准

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

二、辐射环境评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，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：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要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。

2、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）：

4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合 GB 18871-2002 中剂量限值相关规定。

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 5 mSv/a。

b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。

5.1 选址与布局

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。

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。

5.2 分区原则

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。

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）。

6.1 屏蔽要求

6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

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。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10 MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

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。

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 30 cm 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 30 cm 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 $\dot{H}_c, d (\mu\text{Sv/h})$ ：

机房外辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

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 $\dot{H}_c, \text{max} (\mu\text{Sv/h})$ ：

人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所: $H_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$;

人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所: $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

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 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制。

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 30 cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100 \mu\text{Sv/h}$ 加以控制 (可在相应位置处设置辐射告示牌)。

3、《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020);

4、《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011);

5、《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);

6、《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/T 201.2-2011);

7、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分: γ 射线放射源治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014);

8、《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》(GBZ 121-2017);

引自“4 治疗设备的防护要求”中“4.2 主贮源器”如下:

4.2 贮源器

4.2.1 放射源运输贮源器表面应标有放射性核素名称, 最大容许装载活度和牢固、醒目的、符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志。

4.2.2 工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时, 距离贮源器表面 5 cm 处的任何位置, 因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $50 \mu\text{Gy/h}$; 距离贮源器 100 cm 处的球面上, 任何一点因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $5 \mu\text{Gy/h}$ 。

4.2.3 装载放射源的运输贮源器或工作贮源器, 应存放在限制一般人员进入的放射治疗室或专用贮源库内。

引自“5 治疗室的防护要求”如下:

5.1 治疗室应与准备室、控制室分开设置。治疗室内有效使用面积应不小于 20 m^2 , 应将治疗室设置为控制区, 在控制区进出口设立醒目的符合 GB18871 规定的辐射警告标志, 严格控制非相关人员进入控制区; 将控制区周围的区域和场所设置为监督区, 应定期对这些区域进行监督和评价。

5.2 治疗室应设置机械通风装置, 其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于 4 次。

5.3 治疗室入口应采用迷路形式, 安装防护门并设置门-机联锁, 开门状态不能出源照射, 出源照射状态下若开门放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。治疗室外防护门上方要有工作状态显示。治疗室内适当位置应设置急停开关, 按下急停开关应能使放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。

5.4 治疗室防护门应设置手动开门装置。

5.5 在控制室与治疗室之间应设监视与对讲设施, 如设置观察窗, 其屏蔽效果应与同侧的屏蔽墙相同。

5.6 设备控制台的设置应能使操作者在任何时候都能全面观察到通向治疗室的通道情况。

5.7 应配备辐射监测设备或便携式测量设备, 并具有报警功能。

5.8 治疗室墙壁及防护门的屏蔽厚度应符合防护最优化的原则, 治疗室屏蔽体外 30 cm 处因透射辐射所致的周围剂量当量率应不超过 $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

5.9 在治疗室迷道出、入口处设置固定式辐射剂量监测仪并应有报警功能，其显示单元应设置在控制室内或机房门附近。

5.10 治疗室内应配有合适的储源容器、长柄镊子等应急设备。

5.11 治疗室内合适的地方应张贴应急指示。

9、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）：

4.3 辐射工作场所分区

4.3.1 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。

4.4.2 剂量约束值

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5 mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。

5.1 选址

5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。

5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

5.2 布局

5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

6.1 屏蔽要求

6.1.1 核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。

6.1.2 设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。

6.1.3 回旋加速器机房的建造应避免采用富含铁矿物质的混凝土，避免混凝土中采用重晶石或铁作为骨料；不带自屏蔽的回旋加速器应有单独的设备间，机房选择不易中子活化的混凝土材料。

6.1.4 回旋加速器机房的电缆管沟、通风管道等穿过屏蔽体时，应采用地沟或 S 型、V 型、Z 型穿过墙壁，并进行屏蔽补偿，确保满足屏蔽体墙外的防护要求。防护门与墙体连接处应进行有效搭接，避免出现防护薄弱环节。

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30 cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

6.2 场所安全措施要求

6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。

6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。

6.2.7 敷贴器治疗场所应设置专门的治疗室，治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，对病人的正常组织应采用合适的屏蔽措施。敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面，不得将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放于干燥的贮源箱内。

6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。

6.3 密闭和通风要求

6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08 Bq/cm^2 、 β 表面污染小于 0.8 Bq/cm^2 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

- a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；
- b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；
- c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

7.3.1 放射性废液收集

7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性

药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

7.3.2 放射性废液贮存

7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

7.3.2.2 含碘-131 治疗病房的核医学工作场所应设置槽式废液衰变池。槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为 2 组或以上槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。

7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131 治疗场所，可设置推流式放射性废液衰变池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为 3-5 级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

- a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；
- b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB 18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 α 不大于 1Bq/L、总 β 不大于 10 Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

10、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；

11、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；

引自“第 6 款 X 射线设备机房防护设施的技术要求”内容，如下：

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和改建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

机房类型	机房内最小有效使用面积，m ²	机房内最小单边长度，m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4～表 C.7。

表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT 体层扫描 (隔室)	-	-	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套 选配: 铅橡胶帽子	-

7.4 CT 设备操作的防护安全要求

7.4.1 CT 工作人员应根据临床的实际需要, 正确选取并优化设备工作参数, 在满足诊断需要的同时, 尽可能减少受检者受照剂量。

7.4.2 对儿童进行 CT 检查时, 应正确选取扫描参数, 以减少受照剂量, 使儿童的 CT 应用达到最优化。

12、《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005):

第 4.1.2 款 县级及县级以上或 20 张床位及以上的综合医疗机构和其他医疗机构污水排放执行表 2 的规定。直接或间接排入地表水体和海域的污水执行排放标准, 排入终端已建有正常运行城镇二级污水处理厂的下水道的污水, 执行预处理标准。

第 5.4 款 医疗机构的各种特殊排水应单独收集并进行处理后, 再排入医院污水处理站。

第 5.4.1 款 低放射性废水应经衰变池处理。

三、辐射环境评价标准限值

1、个人剂量管理限值

①职业照射: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)第 4.3.2.1 条的规定, 对任何工作人员, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均)20mSv。对于职业人员项目, 要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 1/4 执行(即 5mSv/a)。本项目评价标准按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 1/4 执行, 即 5mSv/a。

②公众照射: 第 B1.2.1 条的规定, 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的 1/10 执行, 即 0.1mSv/a。

2、放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表 B11 工作场所的放射性表面污染的控制水平见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10

	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}

3、放射性废水排放限值

废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 限值，标准值见表 7-3。

表 7-3 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）

控制项目	衰变池排放口排放标准（Bq/L）	依据
总 β	10	（GB18466-2005）表 2 限值
总 α	1	

4、表面污染解控

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B2 表面污染控制水平：“工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11 中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时（即 0.8Bq/cm^2 ），经审管部门或审管部门授权的部门确同意后，可当作普通物品使用。”。

5、工作场所内外控制剂量率

医用电子直线加速器机房、后装治疗机房和模拟定位机机房边界周围剂量率控制水平参照《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）、《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等相关标准要求，医用电子直线加速器机房、后装治疗机房和模拟定位机机房屏蔽体外 30cm 处剂量率目标控制值为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

（一）医院外环境关系

巴中市中心医院本部位于四川省巴中市巴州区南池河街 1 号。本次新建项目均位于巴中市中心医院南坝院区内，南坝院区位于四川省巴中市巴州区将军大道（地理位置图见附图 1）。

巴中市中心医院南坝院区东侧为滨河路及巴河，南侧为汽修厂及柏杨馨居，西侧为将军大道，北侧为七支道（规划中）及重庆啤酒集团巴中有限责任公司（最近距离约 35m）。

医院本次新建项目均位于医院拟建的核医学科楼内，其中放疗科的医用电子直线加速器机房、后装治疗机机房和模拟定位机机房均位于核医学科楼负一层，核医学科位于核医学科楼一层。

（二）核医学科楼外环境关系

医院本次拟建的核医学科楼位于南坝院区北部，核医学科拟建址及其周边现状为空地，医院规划情况如下：核医学科楼东侧为感染科（拟建），南侧为康复中心大楼（拟建），西侧为七支道，北侧为院内空地及围墙，医院总平面图见附图 3。

（三）辐射工作场所外环境关系

1、放疗科

医院本次拟建的放疗科位于核医学科楼负一层，包括医用电子直线加速器机房、后装治疗机机房和模拟定位机机房及其配套的辅助用房。

本次共建设 2 座医用电子直线加速器机房，2 座机房呈南北镜像布置，机房东侧为控制室、水冷机房及治疗等候区，南侧为土层，西侧为楼梯间及电梯间，北侧为走廊，上方为核医学科的 PET/CT 机房、控制室及注射后等候区等，下方为土层。

后装治疗机机房东侧为土层，南侧为控制室及准备室等，西侧为过道，北侧为土层，上方为核医学科的甲癌治疗病房，下方为土层。

模拟定位机机房东侧为制模室、模具储藏室等，南侧为土层，西侧为控制室，北侧为过道，上方为核医学科的分装注射室，下方为土层。核医学科楼负一层平面布局

见附图 4。

2、核医学科

医院本次拟建的核医学科位于核医学科楼一层，核医学科东侧为接待大厅及药房等，南侧为室外，西侧为楼梯间，北侧为医生办公室及室外，上方为病房（其中甲癌病房上方为不上人屋面），下方为放疗科，核医学科楼一层平面布局见附图 5，核医学科楼二层平面布局见附图 6。

巴中市中心医院本次核医学科楼拟建址及其周围环境现状见图 8-1 至图 8-4。



图 8-1 核医学科楼拟建址东侧



图 8-2 核医学科楼拟建址南侧



图 8-3 核医学科楼拟建址西侧



图 8-4 核医学科楼拟建址北侧

二、辐射环境现状评价

为掌握项目所在地的辐射环境现状，南京瑞森辐射技术有限公司委托四川瑞迪森检测技术有限公司于 2021 年 05 月 21 日按照标准规范对本次核医学科楼拟建址及周边环境进行了 γ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和表面污染水平的布点监测，监测报告

见附件 6。

1、监测因子

本项目为新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目，根据工程分析项目主要污染因子为各工作场所运行时产生的 X 射线、 γ 射线、中子及 β 表面沾污等。为了更好反映实际情况，本项目的环境监测选取为 γ 辐射剂量率、中子辐射剂量率和 β 表面污染水平作为监测因子。

2、监测内容

对拟建项目周围环境水平进行本底调查。

3、监测方案

(1) 监测项目、方法及方法来源表

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源	探测限	备注
γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	(HJ1157-2021)	10nSv/h	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标
表面污染水平	《表面污染测定第一部分： β 发射体 ($E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$) 和 α 发射体》	(GB/T14056.1-2008)	0.01 Bq/cm ²	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标

(2) 监测布点

参照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 中的方法布设监测点，根据本次新建项目拟建址及其周围环境现状，监测点位的选取覆盖新建项目拟建区域及周围 50m 公众人员区域。根据上述布点原则与方法，本项目监测点位布置如图 8-5~图 8-7 所示。

略

图 8-5 拟建址周围 γ 辐射剂量率监测点位示意图

略

图 8-6 拟建址周围表面污染水平监测点位示意图

略

图 8-7 拟建址周围中子周围剂量率监测点位示意图

(3) 监测仪器

监测使用仪器见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备		
	仪器名称	仪器编号	检定情况
γ 辐射	FH40G+FHZ672E-10 型	SCRDS-004	检定单位：中国测试技术研究院

剂量率	X- γ 辐射剂量率仪		检定有效期：2020.11.09-2021.11.08
表面污染水平	COMO170 型表面污染仪	SCRDS-007	检定单位：中国测试技术研究院 检定有效期：2020.11.05-2021.11.04
中子周围剂量当量仪	FH40G/FHT762	SCRDS-015	检定单位：中国计量科学研究院 检定有效期：2021.06.07-2022.06.06

4、质量保证措施

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，每次监测必须在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

监测记录：现场监测过程，专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

数据处理与复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核，最后由授权签字人审定签发。

5、比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考四川省生态环境厅《2020 年四川省生态环境状况公报》中四川省 γ 辐射空气吸收剂量率范围。

表 8-3 四川省空气吸收剂量率

地点	γ 辐射空气吸收剂量率范围 (nGy/h)
四川省电离辐射环境监测自动站	≤ 130

6、环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家标准方法实施；测量数据处理符合统计学要求；布点合理，结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

具体监测结果如下：

表 8-4 拟建址 γ 辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	核医学科楼拟建址东侧	65.6 ± 0.2	/
2	核医学科楼拟建址南侧	66.8 ± 0.1	/
3	核医学科楼拟建址西侧	69.9 ± 0.1	/
4	核医学科楼拟建址北侧	64.4 ± 0.1	/
5	重庆啤酒集团巴中有限责任公司厂区门口	70.2 ± 0.1	/

表 8-5 拟建址 β 表面放射性污染水平检测结果

测点编号	点位描述	表面 β 放射性污染水平检测结果 (Bq/cm ²)	备注
1	核医学科楼拟建址东侧	< 0.01	/
2	核医学科楼拟建址南侧	0.01	/
3	核医学科楼拟建址西侧	< 0.01	/
4	核医学科楼拟建址北侧	0.01	/
5	重庆啤酒集团巴中有限责任公司厂区门口	0.01	/

表 8-6 拟建址中子周围剂量率检测结果

测点编号	点位描述	测量结果 (nSv/h)	备注
1	核医学科楼拟建址东侧	<1	/
2	核医学科楼拟建址南侧	0	/
3	核医学科楼拟建址西侧	<1	/
4	核医学科楼拟建址北侧	<1	/
5	重庆啤酒集团巴中有限责任公司厂区门口	<1	/

由表 8-4~表 8-6 可知,本项目拟建位置周围环境辐射剂量当量率监测值在(64.4~70.2) nGy/h 之间,根据《2020 年四川省生态环境状况公报》中数据显示,全省 γ 辐射空气吸收剂量率(含宇宙射线贡献值)为(≤ 130) nGy/h,由此可知,本项目拟建址区域周围辐射环境监测值与四川省天然贯穿辐射水平相当,属于正常本底范围。

项目拟建位置周围中子辐射剂量率在均<1nSv/h,属于正常水平,项目拟建位置周围 β 表面污染为 ≤ 0.01 Bq/cm²,属于当地正常水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、施工期工艺分析

(一) 施工阶段

本项目建设内容为一般土建工程，其基础工程、主体工程、装饰工程、设备安装、工程验收等建设工序将以噪声、扬尘、固体废弃物、少量污水和废气等污染物为主，其排放量随工期和施工强度不同而有所变化。施工期的工艺流程及产污情况图示见下图。

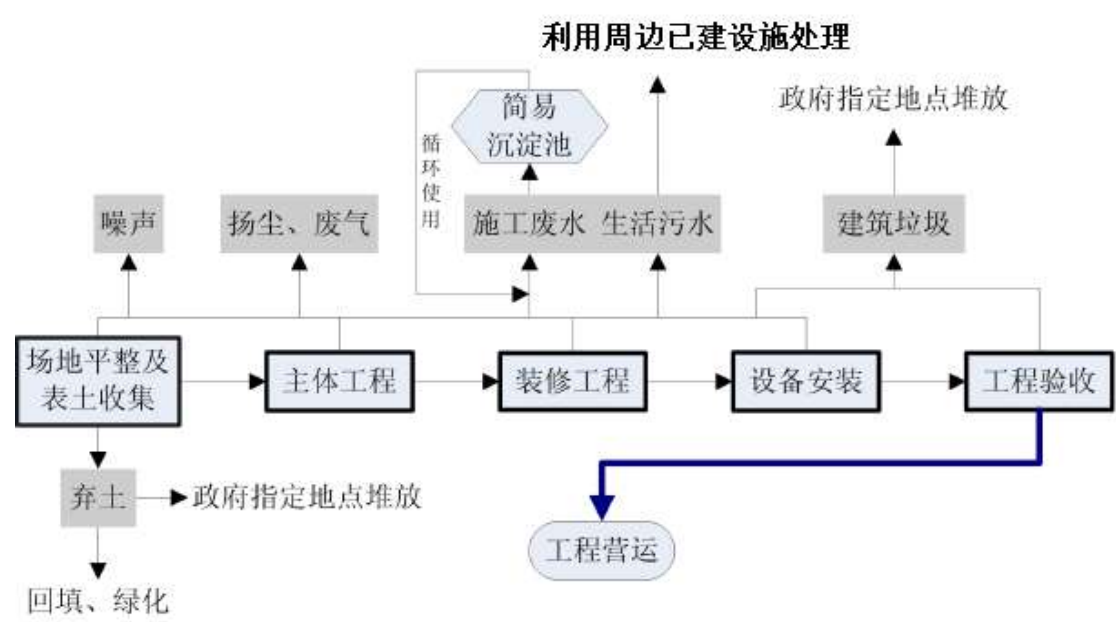


图 9-1 施工期工艺流程图

1、废气

扬尘：土建混凝土浇筑及运输车辆装卸材料和行驶时产生的扬尘；建筑材料（混凝土、砖等）的现场搬运及堆放扬尘；施工垃圾的清理及堆放扬尘；人来车往造成的现场道路扬尘。

装饰工程施工如漆、涂、磨、刨、钻、砂等装饰作业以及使用某些装饰材料如涂料、人造板、某些有害物质（如苯系物、甲醛、酚等污染物）等形成有机废气污染物；施工机械设备排放的少量无组织废气等。

施工机械废气：施工期间，使用机动车运送原材料、设备和建筑机械设备的运转，均会排放一定量的 CO、NO_x 以及未完全燃烧的 THC 等。

装饰废气：装饰废气主要为装修阶段（包括室内装修、地下车库定位线、地下室地坪装修等）使用的涂料等挥发的有机废气等气体以及装修施工产生的扬尘，该废气的排放属无组织排放，涂料挥发废气其主要污染因子为二甲苯和甲苯等，此外还有少量的汽油、丁醇和丙醇等。

2、废水

施工期废水主要为建筑施工产生的生产废水及施工人员生活污水。

施工废水：项目不设置混凝土搅拌站，因此无搅拌废水产生。经类比分析可知施工过程中的生产废水主要来源于机械的冲刷、楼地及墙面的冲洗、构件与建筑材料的保潮、墙体的浸润、材料的洗刷以及桩基础施工中排出的泥浆等。施工废水中的主要污染物为 pH、SS、COD、石油类。污水中 COD300mg/L、BOD₅200mg/L、SS1000mg/L。施工现场设置简易隔油沉淀池（5m³）进行沉淀，沉淀后循环使用。

项目位于巴中市巴州区，项目场区内不设施工营地，办公生活依托周边已建污水处理设施，通过管网排放至巴中市污水处理厂进行处理。

3、噪声

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声，不同施工阶段和不同施工机械发出的噪声水平是不同的，且有大量设备交互作业，因此施工作业噪声将会对本项目内外环境带来一定的影响。根据施工量，按经验计算各施工阶段的昼夜的主要噪声源及场界噪声和建筑施工场界噪声限值标准见下表。

表 9-1 机械噪声源强一览表

施工阶段	运输内容	车辆类型	声源强度[dB(A)]
主体阶段	基础工程、建筑弃渣、弃土外运等	挖掘机、推土机、大型载重车	84~95
底板与结构阶段	钢筋、混凝土等	混凝土罐车、载重车	80~85
装修安装阶段	各种装修材料机必备设备	轻型载重卡车	75~80

4、固废

施工期固体废物主要包括开挖土石方、施工人员生活垃圾和少量建筑垃圾。

- ①根据现场踏勘，拟建场地基本为平地，本项目土方开挖量较小。
- ②由于本项目在施工期间，会产生少量的生活垃圾。
- ③本项目用地范围内不涉及拆迁工程，仅施工工程会产生少量的建筑垃圾。

（二）设备安装调试阶段

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。

设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和治疗室上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置的安装和调试均在机机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

二、营运期工艺分析

（一）放疗科

1、医用电子直线加速器项目

（1）工程设备

巴中市中心医院拟于南坝院区核医学科楼负一层放疗科建设2座医用电子直线加速器机房，各配备1台医用电子直线加速器（型号：未定，X射线最大能量为15MV，电子线能量为 $\leq 20\text{MeV}$ ），用于肿瘤的放射治疗，拟购置的医用电子直线加速器设备参数详见表9-2。

表9-2 本项目拟配备的医用电子直线加速器技术参数一览表

型号	未定
位置	放疗科（负一层）
主要技术指标	X射线能量（MV）： ≤ 15 电子线能量（MeV）： ≤ 20
射线最大出射角	28° （等中心点每侧 14° ）
源轴距 SAD	1m
等中心点至机房地坪的高度	1.3m
距靶1m处X辐射剂量率	15MV时：最大 $600\text{cGy}\cdot\text{m}^2/\text{min}$
最大照射野大小	$40\text{cm}\times 40\text{cm}$
机架旋转	360°
靶材料	钨合金

医用电子直线加速器是产生高能X射线和电子束的装置，为远距离治疗机。主要由机架组件、辐射头、水冷系统、速调管、真空系统、充气系统、高压脉冲调制器、

栅控电子枪电源、控制柜及操作盒、运控机箱、整机动力配电及低压电源、整机联锁保护电路等组成。从电子枪发出的同步电子束注入已建立高梯度的驻波或行波加速场中加速，在加速管末端，电子束加速到所需能量后经过漂移管进入 270° 偏转磁场。在偏转磁场中，电子束偏转 270° 后由水平入射变为垂直出射，并同时完成聚集和消除能谱色差形成直径 2mm 左右的平行束流，经过引出窗到达移动靶件处。移动靶件具有不同工位，可根据治疗需要使电子束轰击合金靶产生 X 辐射或直接穿透初级散射箔产生电子辐射。典型医用直线加速器基本结构示意图见图 9-2。

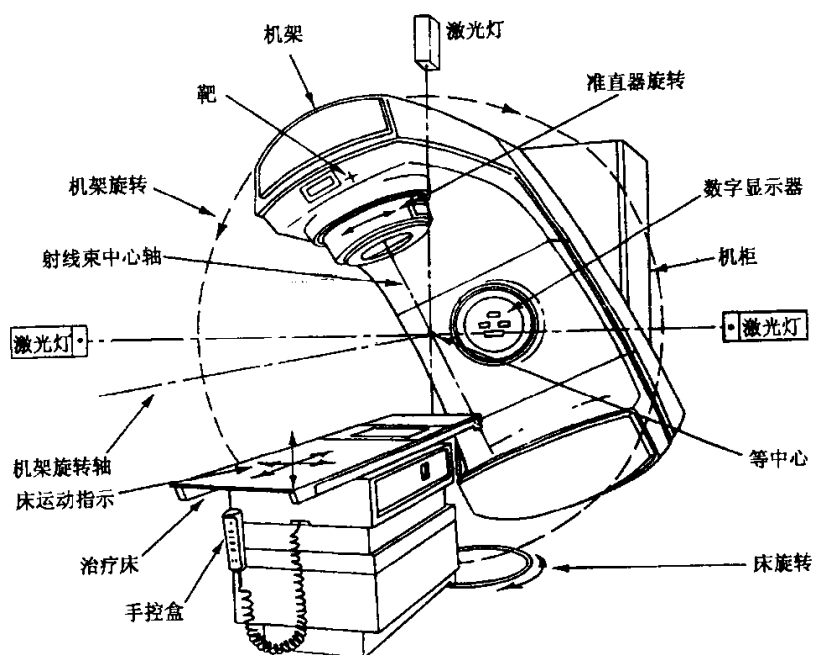


图 9-2 典型医用电子直线加速器基本结构示意图

（2）工作原理

放疗是癌症三大治疗手段之一。是用各种不同能量的射线照射肿瘤，以抑制和杀灭癌细胞的一种治疗方法。放疗可单独使用，也可与手术、化疗等配合，作为综合治疗的一部分，以提高癌症的治愈率。放疗的基本目的是努力提高放疗的治疗增益比，即最大限度地将放射线的剂量集中到病变（靶区）内，而使周围的正常组织和器官少受或免受不必要的照射。

医用电子直线加速器是实现放疗的最常见设备之一，医用电子直线加速器是利用具有一定能量的高能电子与大功率微波的微波电场相互作用，从而获得更高的能量。这时电子的速度增加不大，主要是质量不断变大。电子直接引出，可作电子线治疗，电子打击重金属靶，产生韧致辐射发射 X 射线，作 X 线治疗。

医用电子直线加速器系统示意图见图 9-3。

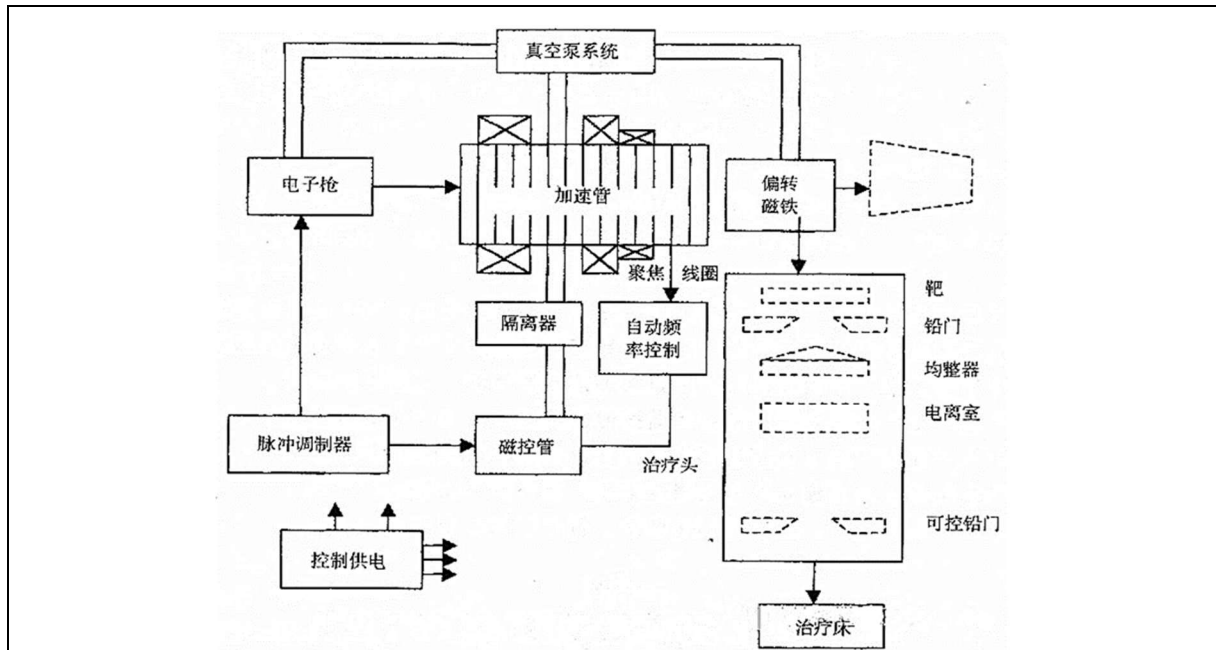


图 9-3 医用电子直线加速器系统示意图

(3) 工艺流程

- 1) 进行定位：先通过放疗科东侧的模拟定位机（属Ⅲ类射线装置）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。
- 2) 制订治疗计划：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。
- 3) 固定患者体位：在利用医用电子直线加速器进行治疗时需对患者进行定位，标记，调整照射角度及射野。
- 4) 技师离开治疗室，进入控制室，根据 TPS 计划进行出束治疗；
- 5) 治疗结束后，关机，打开治疗室防护门，患者离开治疗室。

医用电子直线加速器放疗流程及产污环节如图 9-4 所示。

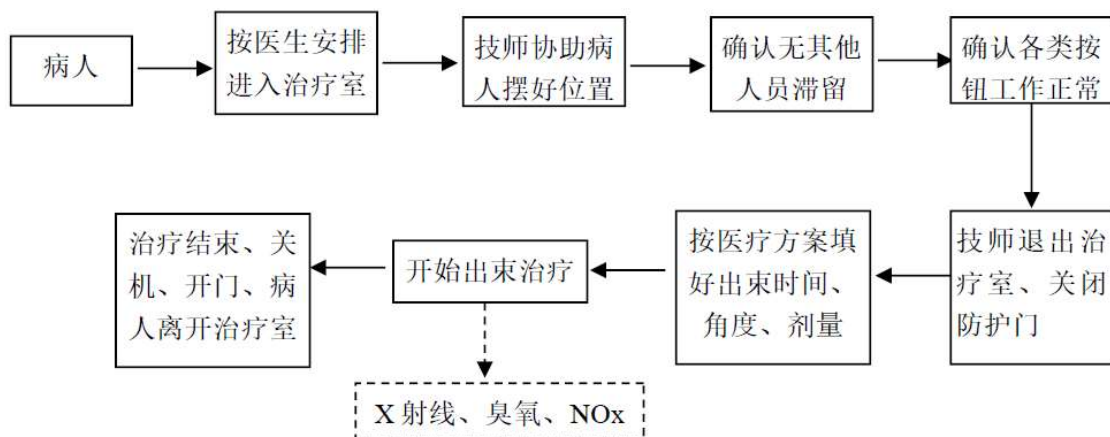


图 9-4 医用电子直线加速器放疗流程及产污环节示意图

(4) 主要用途

医用电子直线加速器主要用于肿瘤的放射治疗，根据医院预测的诊疗需要，本项目医用电子直线加速器机房投入使用后，预计每天接诊病人不超过 40 人次/台，每位病人出束治疗时间不超过 1.5min，年工作 250d，则单台医用电子直线加速器年出束运行时间约 250h。

(5) 项目人员流动的路径规划

本项目医用电子直线加速器机房位于负一层放疗科，医用电子直线加速器项目的人流路径规划具体如下：

①工作人员路径：

工作场所的技师由东侧的电梯进入负一层放疗科工作区域，随后向西进入控制室，在治疗室内对患者摆位后离开治疗室，进入控制室对病人实施放射治疗。

②患者路径：

患者按预约日期首先到负一层放疗科护士站登记，随后向西进入机房内接受放射治疗，治疗完成按照原路径返回。

2、后装治疗机项目

(1) 工作原理

后装治疗机是采用后装技术（后装技术就是先在病人身上正确放置好施源器，然后在安全防护条件下用遥控方法自控制室将后装治疗机贮源室内的放射源通过管道送到病人身上的施源器内，其好处是放置施源器有充分的时间，并可用透视或摄片校正位置，从而保证了放射源的正确位置），使 γ 放射源在人体自然腔、管道或组织间驻留而达到预定的剂量及其分布的一种放射治疗手段。可用于宫体、宫颈、直肠、食道、口腔、鼻咽等腔内肿瘤的后装治疗，也可用于皮肤浅表面肿瘤的后装治疗。

(2) 设备组成

后装治疗机由施源器、贮源系统、源传输系统以及控制系统组成。施源器是个直径为毫米级的管状物，管内可装球形的真源和假源，并有气动通道。后装治疗机治疗时则由传输管道连接贮源器，将源输送到预置于病员体内的施源器，按治疗计划由电脑自动控制进行照射治疗，照射完毕即自动将放射源收回到贮源器内。

本项目拟购置的后装治疗机主要技术参数见表 9-3。

表 9-3 本项目后装治疗机技术参数情况一览表

型号	未定
位置	核医学科楼负一层放疗科后装治疗机机房
放射源种类	^{192}Ir
放射源出厂活度	$3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ (10Ci)
放射源数量	1枚
衰变方式	β^- 衰变
半衰期	74d
γ 射线能量均值	0.37MeV
空气比释动能率常数	$0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$
换源频率	2~3 次/a
用途	放射治疗

(3) 操作流程及产污环节

后装治疗机治疗流程为：

①病人经医生诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者与放疗科预约登记，以确定模拟定位和治疗时间。

②预约病人首先通过模拟定位机等设备上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定治疗中心。定位操作过程类似于 X 射线影像诊断，工作人员隔室操作。

③确定肿瘤位置和形状后，物理人员根据医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成。

④治疗计划制定后，肿瘤病人在技术人员协助下，依据计划在治疗床上进行连接施源器，该过程在治疗机房内完成。

⑤安装施源器后，技术人员进入操作室，确定所有安全措施到位后，启动治疗机进行照射。

⑥照射完毕后，放射源返回后装治疗机贮源装置，技术人员协助病人离开机房，为下次照射做准备。

本项目后装治疗机贮源装置安装在机房内，驱动装置安装在控制室内，在对病人进行治疗时由辐射工作人员在控制室隔室遥控操作进行。

本项目后装治疗机治疗流程及产污环节见图 9-5。

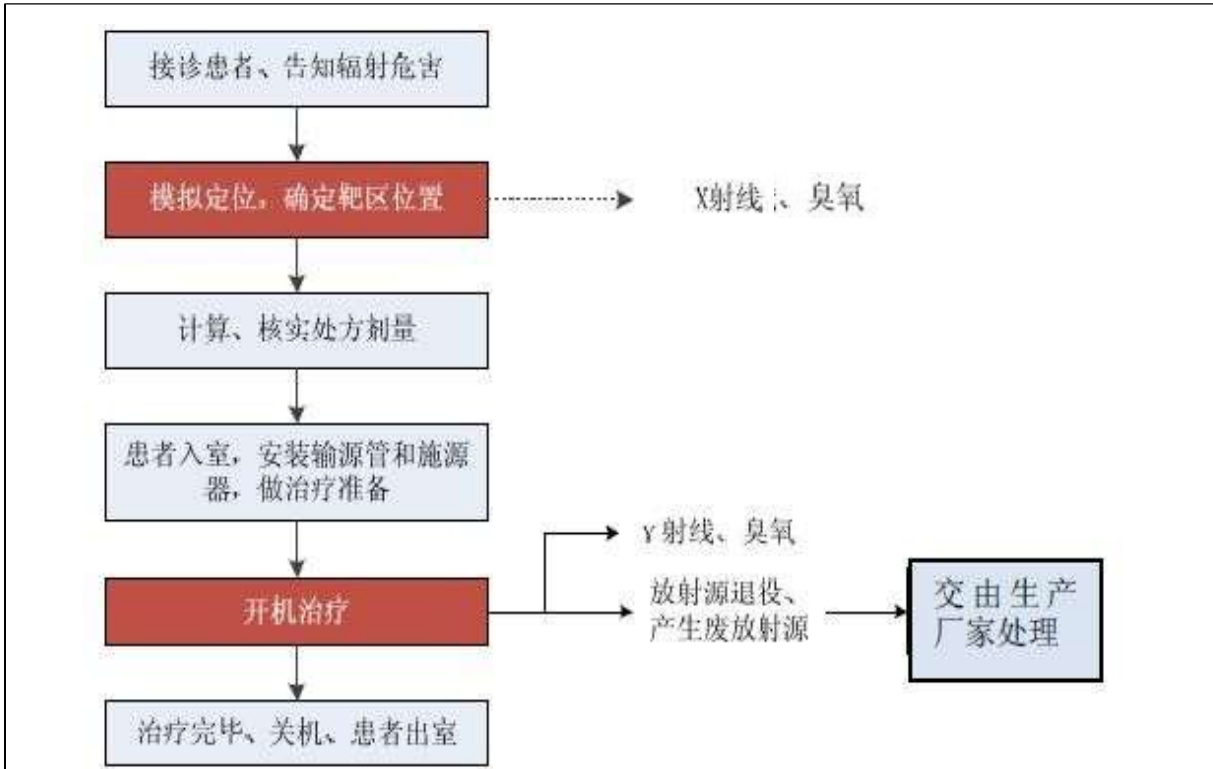


图 9-5 本项目后装治疗机治疗流程及产污环节示意图

（4）后装治疗机机房人流路径规划

①患者路径：本项目患者从后装治疗机机房南侧后装治疗准备室经缓冲区进入机房内接受治疗。

②医生路径：本项目后装治疗机控制室位于机房南侧，辐射工作人员经由机房南侧入口处进入后装治疗机机房，对患者进行摆位等治疗准备后离开机房，在控制室内对后装治疗机设备进行隔室操作。

3、模拟定位机项目

（1）工程设备

巴中市中心医院拟于放疗科内新建 1 座模拟定位机机房，配置 1 台模拟定位机，用于定位使用。

模拟定位机主要由 CT 机、诊断床、控制台、中央工作站和激光定位系统组成。模拟定位机可看做是诊断性 CT 机与传统 X 光模拟定位机的功能叠加。

本项目拟购模拟定位机的具体参数见表 9-4。

表 9-4 本项目模拟定位机技术参数情况一览表

设备名称	管电压	管电流	分类	工作场所
模拟定位机	≤150kV	≤1500mA	III	模拟定位机机房

(2) 工作原理

CT 等 X 射线诊断装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的 靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。X 射线管基本结构如图 9-6 所示。

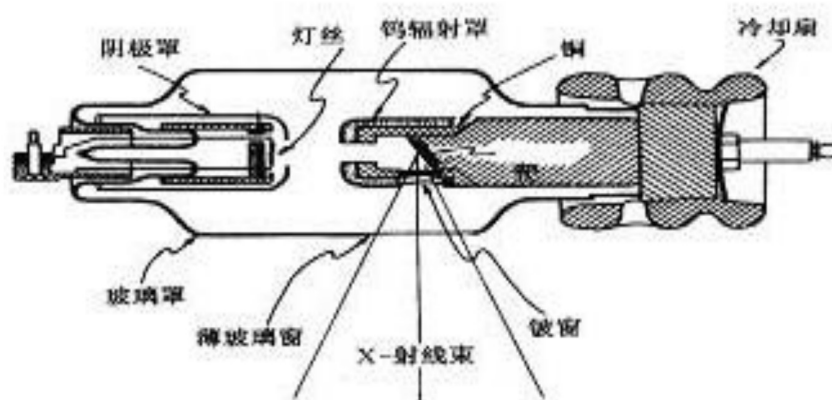


图 9-6 X 射线管基本结构示意图

(3) 工艺流程及产污因子

病人经医生诊断后，预约登记诊断时间。受检者按约定时间在候诊区准备和等候。受检者进入机房在医务人员的指导下正确摆位。摆位完成后，除患者外，无关人员退出机房。工作人员检查无误后，即开启 CT 机进行拍片/模拟定位。检查结束后，受检者离开机房。

模拟定位机诊断流程及产污环节见图 9-7。

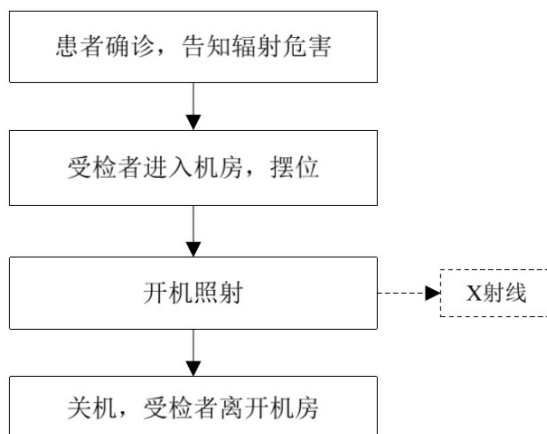


图 9-7 模拟定位机诊断流程及产污环节示意图

(4) 模拟定位机机房人流路径规划

①患者路径：本项目患者从等候区经患者防护门进入机房内接受诊断。

②医生路径：本项目模拟定位机控制室位于机房西侧，辐射工作人员经由机房北侧入口处进入模拟定位机机房的控制室，诊断过程中再通过西侧防护门进入机房对患者进行摆位后离开机房，在控制室内对设备进行隔室操作。

上述放疗科的人流及物流路径详见图 9-8。

略

图 9-8 本项目放疗科人流路径示意图

(二) 核医学科

1、工程设备

医院本次新建的核医学科位于核医学科楼一层，为乙级非密封放射性物质工作场所，于场所内使用放射性同位素 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 开展核素显像，使用放射性同位素 ^{89}Sr 和 ^{131}I 开展核素诊断与治疗项目。本次拟新增辐射项目见表 9-5。

表 9-5 巴中市中心医院改扩建项目情况一览表

放射源							
序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点
1	⁶⁸ Ge	9.25×10 ⁷ ×1 4.62×10 ⁷ ×2	V	使用	校准源	PET/CT	储源室内

表 9-5 巴中市中心医院改扩建项目情况一览表（续表）							
非密封放射性物质							
序号	工作场所名称	核素	日最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）		活动种类	
序号	核素	用途	单个病人最大用量（mCi/人·次）/用药方式	日最大病人量（人）	年最大病人量（人）	日最大操作量（Bq）	
1	¹⁸ F	核素显像	10（静脉注射）	15	3750	5.55×10 ⁹	
		源的贮存	日最大备药量：4×5.55×10 ⁹ Bq=2.22×10 ¹⁰ Bq 年最大备药量：2.22×10 ¹⁰ Bq×250 天=5.55×10 ¹² Bq				
2	^{99m} Tc	核素显像	20（静脉注射）	30	7500	2.22×10 ¹⁰	
4	⁸⁹ Sr	骨转移治疗	4（静脉注射）	2 人/周	50	2.96×10 ⁸	
3	¹³¹ I	甲吸测定	0.01（口服）	20	5000	7.4×10 ⁶	
		甲亢治疗	10（口服）	10	2500	3.70×10 ⁹	
		甲癌治疗	150（口服）	3 人/周	150	1.67×10 ¹⁰	

表 9-5 巴中市中心医院改扩建项目情况一览表（续表）

射线装置							
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压	最大管电流	射线装置类别	活动种类	备注
1	PET/CT	未定	≤140kV	≤1000mA	III	使用	拟购
2	SPECT/CT	未定	≤140kV	≤1000mA	III	使用	拟购

参照《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号）中：

- 1.有相对独立、明确的监督区和控制区划分；
- 2.工艺流程连续完整；
- 3.有相对独立的辐射防护措施的特点，工作场所人流及物流具有自己的独立通道，不与其他楼层交叉等条件。

根据设计院提供的平面布局可知，巴中市中心医院南坝院区新建核医学科项目主要为放射性同位素的诊断与治疗，工作场所具有独立的监督区和控制区划分，场所具有明显的界限。工作场所的工艺流程连续完整。且工作场所具有独立的辐射防护措施，工作场所人流及物流具有独立通道互不交叉。

因此，巴中市中心医院本次新建的核医学科应作为一个独立的非密封放射性物质工作场所，场所具有独立的监督区、控制区划分。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C提供的放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法和建设单位提供的放射性同位素最大日操作量，可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封源工作场所的分级判据如表9-6。

表 9-6 非密封放射性物质工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

放射性同位素的日等效最大操作量根据其毒性组别、操作方式、放射源状态和实际日最大操作量确定。毒性组别和操作方式与放射源状态修正因子见表9-7、表9-8。

表 9-7 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10

高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 9-8 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体，溶液， 悬浮液	表面有污染 的固体	气体、蒸汽、粉末、压 力很高的液体、固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

$$\text{日等效用量} = \frac{\text{日操作量} \times \text{毒性修正因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \dots\dots \text{公式9-1}$$

根据本项目非密封放射性物质工作场所使用放射性同位素的毒性组别、操作方式和日等效操作量，确定出本项目非密封放射性物质工作场所级别。

表 9-9 本项目使用的放射性核素日等效最大操作量核算

核素	日最大操作量 (Bq)	毒性组别 修正因子	操作方式 修正因子	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所
^{18}F	5.55×10^9	低毒 0.01	液态、很简单操作 10	5.55×10^6	核医学科
	2.22×10^{10}	低毒 0.01	液态、源的贮存 100	2.22×10^6	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.22×10^{10}	低毒 0.01	液态、很简单操作 10	2.22×10^7	
^{131}I	7.4×10^6	中毒 0.1	液态、简单操作 1	7.40×10^5	
	3.70×10^9	中毒 0.1	液态、简单操作 1	3.70×10^8	
	1.67×10^{10}	中毒 0.1	液态、简单操作 1	1.67×10^9	
^{89}Sr	2.96×10^8	中毒 0.1	液态、简单操作 1	2.96×10^7	
合计				$2.10 \times 10^9 \text{Bq}$	

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)非密封源工作场所的分级原则，结合表 9-9 计算结果可知巴中市中心医院本次新建的核医学科日等效最大操作量为 $2.10 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于 $(2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9) \text{Bq}$ 的范围，确定巴中市中心医院本次新建的核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所。

2、工作原理及工艺流程

(1) PET/CT 项目

①工作原理

核医学的体内诊断是将放射性核素及其标记物注射到人体内后，由于机体功能和

代谢变化，因而可以通过放射性核素及其标记物在体内分布和代谢来反映人体内的病理或生理变化。放射性核素进入人体后，特定的放射性核素按照自身的规律发生衰变，在此过程中发射一定能量的 γ 射线，采用特殊的探测装置可以在人体外探测到体内放射性核素的分布，就能准确的观察到体内的病理或生理变化过程，为医学研究与临床诊断提供可靠信息。

PET 的成像技术是利用带正电子的放射性核素注入人体内产生的湮没辐射 γ 光子构成影像。正电子只能瞬态存在，很快与组织中的负电子结合湮没辐射产生两个能量相等、方向相反的 γ 光子。正电子放射性核素可构成人体各部位的任何影像，包括平面影像、动态影像、断层影像及全身影像。湮没辐射产生的 γ 光子互成 180° ，提供了很好的空间定位。正电子成像一般不需要机械准直器而采用电子准直，大大提高了探测灵敏度，改善了空间分辨率。正电子断层显像主要用于心血管疾病、脑及神经疾病和肿瘤的诊断，对肿瘤的良、恶性鉴别诊断、分期、化疗和放疗后疗效观察及判断肿瘤病灶转移与复发均有重要价值。近年来，为获得清晰的成像，又发展了与 X 射线 CT 融合的 PET/CT、PET/MR 等设备。

PET/CT 是将 PET 与 CT 联合在一起，通过 PET 扫描和 CT 扫描重叠联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。这样就可以采用 CT 图像对 PET 功能图像进行解剖定位，同时又可以采用人体 X 射线衰变图的衰变系数对 γ 射线在人体内的衰减进行校正，它自身带有 1 部 CT 机，属于 III 类射线装置。常见的 PET/CT 外观图见图 9-9。



图 9-9 常见的 PET/CT 外观图

本项目 PET/CT 拟使用放射性同位素 ^{18}F ，配合新增的 PET/CT 进行诊断治疗。

当某种放射性核素或其标记物 (^{18}F) 通过注射等方式进入体内后，依其化学及生物学特性不同，随血流等进入某些特定的组织器官，参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异，使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用 PET 来探测这种放射性核素发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像，其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构，更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况，提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，PET 放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

本项目 PET/CT 拟使用的放射性核素种类及其特性见表 9-10。

表 9-10 放射性核素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量当量率常数 (裸源) ^① ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$)
^{18}F	109.8min	β^+ , EC	0.63 (+)	0.511	0.143

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。

②工作流程、产污环节及污染因子

PET/CT 诊断具体工作流程如下：

- 1) 接收患者，开具 PET/CT 诊断单并告知患者诊断过程存在辐射危害；
- 2) 医生根据病情确定使用核素的类别和剂量；
- 3) 病人通过注射将放射性药物摄入。在药品摄入过程中存在 γ 射线污染，同时会产生放射性废水、固废(注射器、棉球、药品盒)；
- 4) 病人注射药品后通过仪器进行器官显像和病情检查。此过程病人带有 γ 射线。

PET/CT 系统诊断工艺流程及产污位置图如图 9-10 所示。

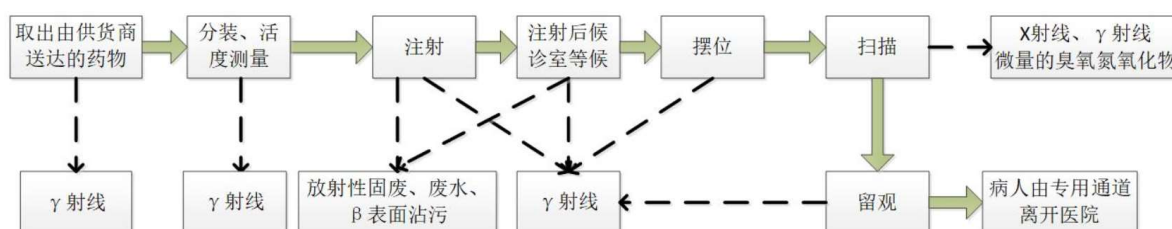


图 9-10 本项目核医学诊断流程及产污环节示意图

因此，用 ^{18}F 等核素标记 PET 显像主要环境影响为分装、注射对工作人员产生的外照射；分装、注射过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、注射放射性药物患者的排泄物，PET/CT 扫描时产生的 X 射线。

(2) SPECT/CT 项目

①工作原理

SPECT 即单光子发射计算机断层成像术 (Single-Photon Emission Computed Tomography)，本项目 SPECT 利用发射单光子的核素药物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 进行检查。SPECT 的基本结构分三部分，即旋转探头装置、电子线路、数据处理和图像重建的计算机系统。SPECT 除显示肿瘤病灶外，尚可显示局部脏器功能的变化，如：化疗后左心功能、肾功能的改变等。本项目 SPECT 使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性核素，将放射性药物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 引入人体，经代谢后在脏器内外或病变部位和正常组织之间形成放射性浓度差异，通过计算机处理再成像。SPECT 的基本成像原理是 γ 照相机探头的每个灵敏点探测沿一条投影线进来的 γ 光子，其测量值代表人体在该投影线上的放射性之和。

SPECT/CT 的工作原理是把 SPECT 和 CT 放在一起，利用体外的 X 射线穿透人体而获得三位解剖图像的断层成像技术，通过 SPECT 扫描和 CT 扫描重边，联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。工作时，其 CT 球管发射 X 线穿透人体

组织，其探测器获得的数据不仅用于重建 CT 图像，同时提供给 SPECT 作为衰减校正的参数，在此基础上再进行 SPECT 图像的重建。所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。SPECT/CT 的工作原理是把 SPECT 和 CT 放在一起，利用体外的 X 射线穿透人体而获得三位解剖图像的断层成像技术，通过 SPECT 扫描和 CT 扫描重边，联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。工作时，其 CT 球管发射 X 线穿透人体组织，其探测器获得的数据不仅用于重建 CT 图像，同时提供给 PET 作为衰减校正的参数，在此基础上再进行 SPECT 图像的重建。所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。常见的 SPECT/CT 外观图见图 9-11。



图 9-11 常见的 SPECT/CT 外观图

本项目 SPECT/CT 拟使用的放射性核素种类及其特性见表 9-11。

表 9-11 放射性核素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量率当量率常数 (裸源) ^① ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	同质异能跃迁	-	0.140	0.0303

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。

②工作流程、产污环节及污染因子

巴中市中心医院本次新建的工作场所拟使用的放射性药物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 购自有资质供货商，其操作流程如下：医院根据患者预约情况，确定当天所使用的药物剂量，向专业供应商订购，供应商根据医院预约的时间和用量定时（患者就诊前）将药物从候诊大厅再通过内廊送达核医学科的源库内，医院指定专人负责药物的接收和登记，并当天用完。

SPECT/CT 核素显像是将放射性核素及其标记物注射或通过口服进入到人体内。

由于机体功能和代谢变化，因而可以通过放射性核素及其标记物在体内的分布和代谢来反映人体内的病理和生理变化。放射性药物进入人体后，特定的放射性药物按照自身的规律发生衰变，在此过程中可发射一定能量的 γ 射线，利用 SPECT/CT 可以在人体外探测到体内放射性核素的分布，从而能准确的观察到体内的病理和生理变化过程，为临床诊断提供可靠信息。

患者在接到通知后先进行埋针操作再至 SPECT/CT 注射室注射放射性药物。医护人员在手套箱内根据患者用药情况将药物分装至带铅套的注射器内或者容器内，测定活度，经校对无误后，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为患者注射药物。注射完毕后的注射器及患者服药后的一次性器皿放入专用废物铅桶内。每次分装过程中近距离接触 ^{99m}Tc 药物的时间保守按 2min、注射或口服过程按 1min 估算。

患者根据注入的 ^{99m}Tc 药物特性，在 SPECT/CT 注射后等候室内静坐或静躺片刻，待药物代谢至靶器官，再进入 SPECT/CT 机房，经医护人员摆位后，接受 SPECT/CT 的扫描，每次扫描约 10~20 分钟。扫描完成后，患者在留观室留观一段时间后，若无其他情况，从患者专用通道离开。SPECT/CT 诊断项目工作流程及产污环节分析见图 9-12。

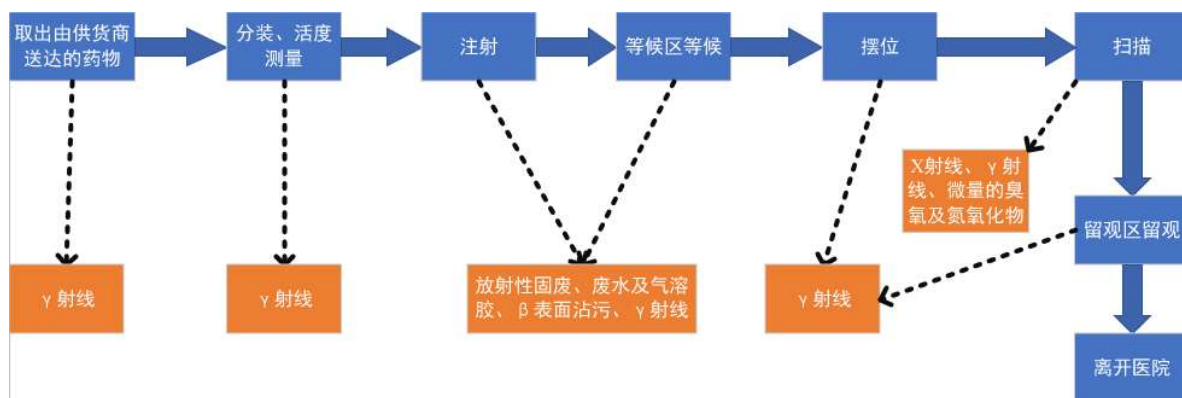


图 9-12 SPECT/CT 诊断项目工作流程及产污环节分析示意图

因此，在 SPECT/CT 核素显像检查过程中，主要环境影响为分装、给药对工作人员产生的外照射；分装、给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、使用放射性药物患者的排泄物。

(3) ^{89}Sr 治疗骨转移项目

①工作原理

常见的恶性肿瘤中乳腺癌、肺癌和前列腺癌等常发生骨转移。它们发生骨转移时，肿瘤细胞释放破骨细胞激活因子，后者刺激破骨细胞对骨质的吸收，导致骨溶解破坏的发生。同时，肿瘤细胞能分泌一些致病介质，如前列腺素、乳酸等，导致顽固性疼痛。

目前骨转移癌引起的疼痛一般利用放射性药物治疗，如 $^{89}\text{SrCl}_2$ 注射液。 ^{89}Sr 是一种亲骨性放射性核素，进入体内后同钙一样参加骨矿物质的代谢过程，静脉给药后，恶性肿瘤骨转移病灶内的摄取率大于正常骨组织的 2~25 倍，并滞留在癌灶中，发射平均能量为 1.49MeV 的 β 射线，半衰期为 50.5 天，利用其辐射效应杀伤癌细胞，缩小病灶，起到良好的镇痛作用。

②工作流程、产污环节及污染因子

医院根据与病人预约情况提前向药物供货商订 ^{89}Sr 注射液，由药物供货商负责药物运输至分装室的储源室内，患者先在护士站登记并提前如厕，然后医生通知患者进入注射室，按配送的药物直接给每个病人注射，不用稀释分装。 ^{89}Sr 注射液按需订购暂存通风柜中。

该院预计使用 ^{89}Sr 病例每天最多 2 例，预计每名患者所使用 ^{89}Sr 的活度不超过 $1.48 \times 10^8 \text{Bq}$ (4mCi)，患者用药后进行一定时间的观察，如无异常情况，患者随即就可以离开医院。 ^{89}Sr 治疗流程及产污环节见图 9-13。

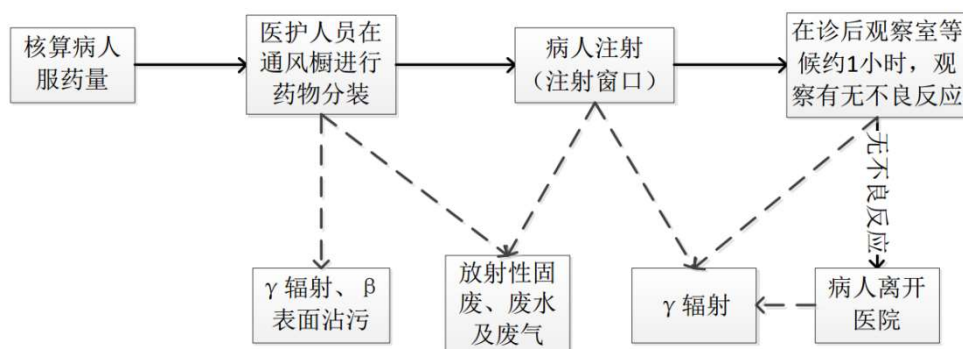


图 9-13 ^{89}Sr 治疗骨转移项目工作流程及产污环节分析示意图

(4) ^{131}I 甲状腺吸碘功能测定 (甲功测定)

①工作原理

甲状腺吸 ^{131}I 功能试验是了解甲状腺碘代谢的常用方法。甲状腺具有摄取和浓聚

碘的能力，碘参与甲状腺激素合成、分泌的全过程。在空腹条件下，口服放射性 ^{131}I 后，经胃肠吸收并随血流进入甲状腺，并迅速被甲状腺滤泡上皮细胞摄取，其摄取量与速度与甲状腺的功能密切相关。因此，利用甲状腺功能测定仪获得不同时间的甲状腺摄碘率，以此来评价甲状腺的功能状态。

②工作流程、产污环节及污染因子

医院根据与病人预约情况提前向药物供货商订购放射性同位素 ^{131}I ，由药物供货商负责药物运输至源库，医生通知患者进入服药室，按配送的药物直接给每个病人口服。

该院预计甲状腺吸碘功能测定病例每天最多 5 例，预计每名患者所使用 ^{131}I 的活度不超过 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ ($10\mu\text{Ci}$)，患者用药后进行一定时间的观察，如无异常情况，患者当天就可以离开医院。甲状腺吸碘功能测定流程及产污环节见图 9-14。

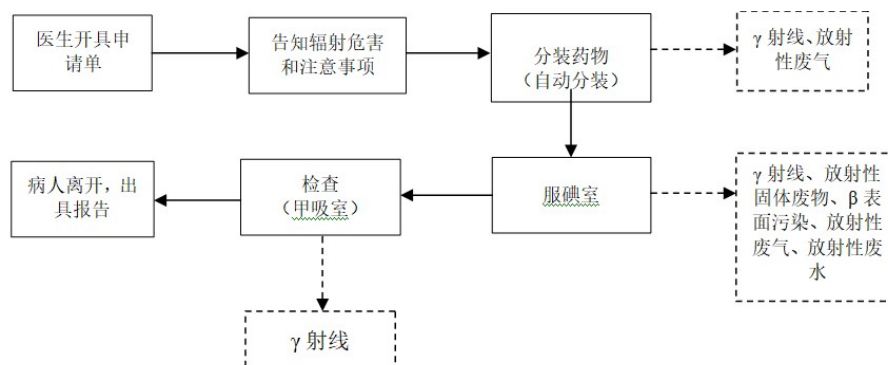


图 9-14 ^{131}I 甲状腺吸碘功能测定项目工作流程及产污环节分析示意图

(5) ^{131}I 甲亢治疗

①工作原理

甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的能力，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多，可高达血浆的几百倍，且在甲状腺内停留的时间较长，有效半衰期可达 3.5~5.5 天。在患者服用 ^{131}I 后，90%以上的 ^{131}I 都会聚集到患者的甲状腺，其余的 ^{131}I 随代谢排出体外。 ^{131}I 衰变为 $^{131}\text{I Xe}$ 时放射出 95%的 β 射线，该射线能量低，在甲状腺内的平均射程仅有 0.5mm，一般不会造成甲状腺周围组织例如甲状旁腺、喉返神经等的辐射损伤。因此， ^{131}I 治疗可使部分甲状腺组织受到 β 射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发炎症、萎缩、直至功能丧失，从而减少甲状腺激素的分泌，使亢进的功能恢复正常，达到治疗的目的。

②工作流程、产污环节及污染因子

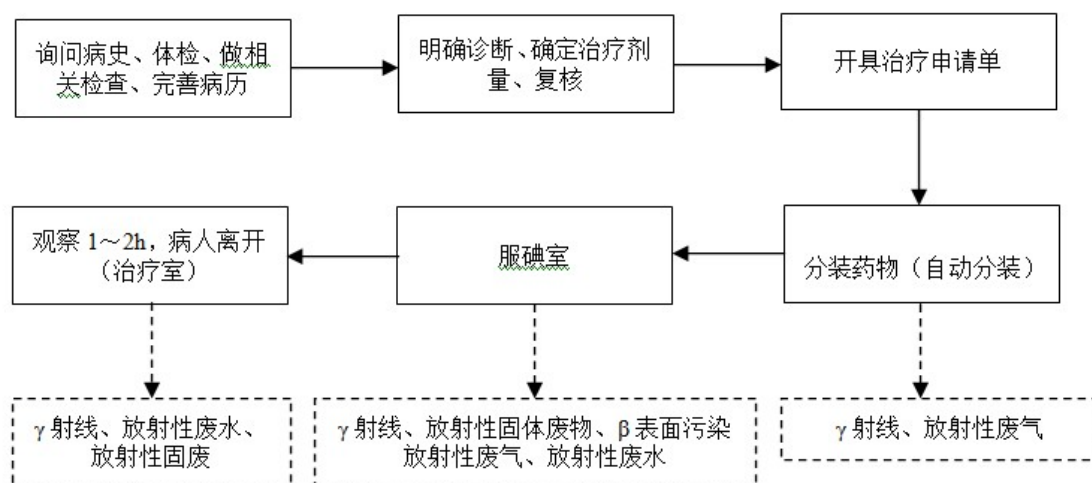


图 9-15 ^{131}I 甲亢治疗项目工作流程及产污环节分析示意图

(6) ^{131}I 甲癌治疗

①工作原理

放射性核素 ^{131}I 可以高度选择性聚集在分化型甲状腺癌及转移灶， ^{131}I 衰变时发出的射程很短的 β 射线和能量跃迁时发出的 γ 射线，从而对病变组织进行内照射治疗，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，而邻近的正常组织的吸收剂量很低，从而达到治疗目的。

②工作流程、产污环节及污染因子

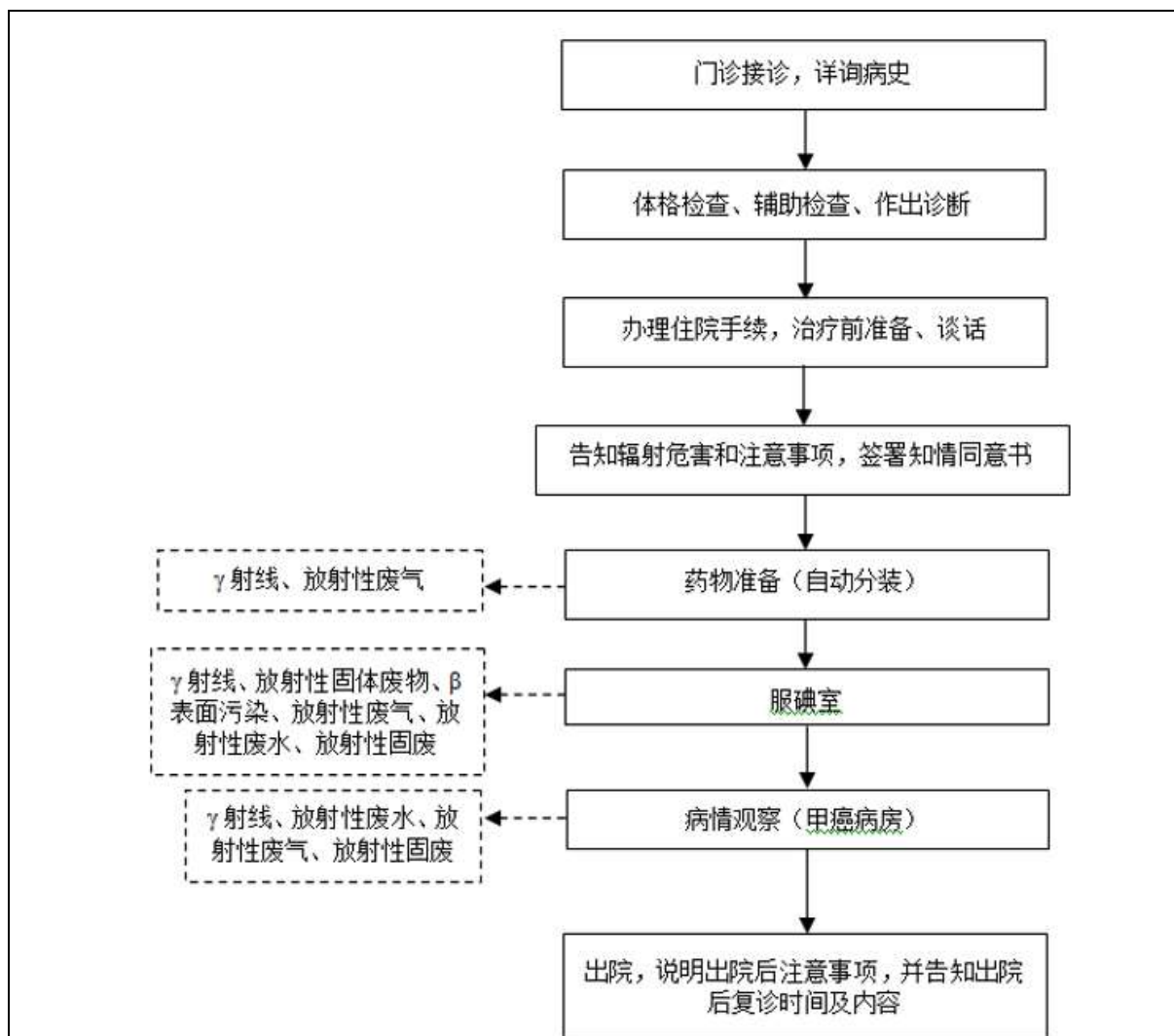


图 9-16 ^{131}I 甲癌治疗项目工作流程及产污环节分析示意图

3、项目人流和物流的路径规划

医院本次新建的核医学科位于医院核医学科楼一层，结合本项目的工艺流程，本次核医学科的人流、物流路径规划具体如下：

(1) 工作人员路径：

①核医学科的护士由卫生通过间进入注射室，在源库内取出所需注射的放射性药物至手套箱，在手套箱内完成分装等操作，再至各注射窗口给患者施药。该路径上卫生通过间内配置有表面污染监测设备，设置有感应式洗手池和淋浴设施，注射室内产生的固体废弃物暂存于废物桶内，随后转移至放射性废物暂存间内。

②放射技师由北侧医护通道进入控制室，在控制室内隔室操作对患者进行显像诊断。

(2) 患者路径:

显像患者经西侧患者通道经缓冲区来到注射窗口,注射完药物后至对应的注射后候诊室内休息候诊,再进入 PET/CT 机房或 SPECT/CT 机房进行显像检查,检查完毕后在留观室内休息片刻,再至出口缓冲区经表面污染水平检测后离开。该路径上,患者入口和患者出口处均设置有缓冲区,仅允许患者单向通行。该诊断区域内设有专用卫生间,患者在专用卫生间内如厕,不随意走动,诊断期间,各自根据叫号系统提示到相应的位置进行诊断检查。

甲癌患者按预约日期首先到一层护士站登记,登记后的患者通过北侧缓冲区进入服药窗口,在服药室服完药物后随即进入各自病房住院治疗,一般住院 5 天,住院期间甲癌患者不可随意走动,不可离开该区域,病房内设有独立卫生间,就餐均在取餐口取餐后回至各病房后就餐。住院治疗结束后再从患者走廊经西侧缓冲区检测患者表面剂量及污染水平正常后离开甲癌治疗场所。

(3) 工作场所拟使用的药物运送路径:

本项目所使用的放射性药物均由有资质单位供应,放射性药物会在患者就诊前送至核医学科,在医院对接人对接后经卫生通过间送至源库内暂存。

(4) 放射性废物路径

本项目产生的放射性废物均在放射性废物暂存间内暂存,待患者就诊完或甲癌患者出院后集中打扫卫生,将所产生的放射性废物暂存在放射性废物暂存间内,待暂存至一定期限后经污梯转移至医院的医疗废物暂存间。

本项目工作场所的病人、医护人员及药物等流动路线见图 9-17。

本次新建非密封放射性物质工作场所相关配套布局能够保证各项工作程序沿着相关房间单向开展,最大限度的减少了人员的流动性,有助于实施工作程序;医护人员与病患有各自独立的通道,本次乙级非密封放射性物质工作场所布局满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中关于临床核医学工作场所的要求。

略

图 9-17 本项目核医学科人流路径示意图

污染源项描述

一、施工期污染源

1、废水

施工期少量废水主要来自以下几个方面：

①施工场地废水；②施工人员生活污水。

2、扬尘

施工期的大气污染物主要是地面扬尘污染，污染因子为 TSP，为无组织排放。施工产生的地面扬尘主要来自三个方面，一是墙体装修扬尘；二是来自建筑材料包括水泥、沙子等搬运扬尘；三是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

3、固体废物

施工期产生的固体废弃物主要为施工人员的生活垃圾及废弃的各种建筑装饰材料等建筑垃圾。

4、噪声

主要是使用施工机械和装修设备产生的噪声。

二、营运期污染源

（一）放疗科

1、医用电子直线加速器项目

（1）电离辐射

本项目医用电子直线加速器为Ⅱ类射线装置，在开机状态下主要辐射为 X 射线，关机状态不产生 X 射线。本项目拟配备的 2 台医用电子直线加速器的 X 射线最大能量均为 15MV，15MV 时，1m 处最大输出剂量率为 600cGy/min。

（2）废气

本项目医用电子直线加速器治疗过程中产生的 X 射线，会使治疗室内的空气电离，产生少量臭氧和氮氧化物。

（3）废水

本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。新增的工作人员会产生少量生活废水。

（4）固体废物

本项目医用电子直线加速器工作过程不产生固体废物；工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾。

加速器靶物质（件）以及机头等金属部件由于受电子的轰击会产生较强的感生放射性，机器退役（约使用 10 年）后更换下来的废靶件等应作为放射性废物处理。

（5）噪声

本项目噪声主要来源于空调系统的室外机以及屋面的通排风系统的风机，本项目所使用的通排风系统为低噪声节能排风机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声较小；空调系统的室外机其噪声值低于 58dB(A)，噪声较小。

2、后装治疗机项目

（1）电离辐射

本项目后装治疗机内含 ^{192}Ir 放射源一枚，出厂活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属Ⅲ类放射源。 ^{192}Ir 放射源主要产生 γ 射线对周围环境造成辐射影响。

（2）废气

在设备开机运行过程中，治疗室内的空气在电离辐射作用下产生臭氧及氮氧化物等有害气体。

（3）固体废物

后装治疗机使用的放射源 ^{192}Ir 随着核素的自然衰变， ^{192}Ir 放射源的活度不断降低，当 ^{192}Ir 放射源使用到一定年限后，会产生退役的 ^{192}Ir 放射源，退役 ^{192}Ir 放射源由原厂家回收处置。

辐射工作人员工作中会产生的少量的生活垃圾和办公垃圾。

（4）废水

本项目工作人员工作中会产生生活污水及医疗废水。

（5）噪声

本项目噪声主要来源于空调系统的室外机以及屋面的通排风系统的风机，本项目所使用的通排风系统为低噪声节能排风机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声较小；空调系统的室外机其噪声值低于 60dB(A)，噪声较小。

3、模拟定位机项目

医院拟在模拟定位机机房内拟新增使用 1 台模拟定位机（最大管电压 150kV、最大管电流 1000mA）用于放射诊断，本项目模拟定位机采用先进的数字成像技术，不使用显影液、定影液和胶片，因此不会产生废显影液、废定影液和废胶片。模拟定位机出束时，产生的 X 射线会对周围产生辐射影响，辐射途径为外照射。X 射线随模拟定位机的开、关而产生和消失。

（二）核医学科

（1）电离辐射

医院拟在 PET/CT 机房内新增使用 1 台 PET/CT（最大管电压 140kV、最大管电流 1000mA），拟在 SPECT/CT 机房内拟新增使用 1 台 SPECT/CT（最大管电压 140kV、最大管电流 1000mA）均用于核素诊断，均属于Ⅲ类射线装置。

核医学科拟使用放射性同位素 ^{18}F （年最大使用量 $6.94 \times 10^{12}\text{Bq}$ 、日最大使用量 $2.78 \times 10^{10}\text{Bq}$ 、日等效最大操作量 $7.77 \times 10^6\text{Bq}$ ）、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ （年最大使用量 $5.55 \times 10^{12}\text{Bq}$ 、日最大使用量 $2.22 \times 10^{10}\text{Bq}$ 、日等效最大操作量 $2.22 \times 10^7\text{Bq}$ ）用于显像诊断，使用 ^{89}Sr （年最大使用量 $7.40 \times 10^9\text{Bq}$ 、日最大使用量 $2.96 \times 10^8\text{Bq}$ 、日等效最大操作量 $2.96 \times 10^7\text{Bq}$ ）用于开展骨转移治疗，使用 ^{131}I （年最大使用量 $1.76 \times 10^{12}\text{Bq}$ 、日最大使用量 $2.04 \times 10^{10}\text{Bq}$ 、日等效最大操作量 $2.04 \times 10^9\text{Bq}$ ）用于开展核素诊断与治疗。

PET/CT 和 SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线、放射性药物在取药、分装、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线。以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

PET/CT 拟使用 3 枚 ^{68}Ge 放射源（活度为 $9.25 \times 10^7\text{Bq} \times 1$ 枚、 $4.62 \times 10^7\text{Bq} \times 2$ 枚）， ^{68}Ge 校准源校准过程中释放 γ 射线， γ 射线对医护人员产生的外照射影响。

（2） β 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素 ^{18}F 等的各种操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

（3）废气

本项目使用的放射性同位素 ^{18}F 等在带有通风装置的手套箱内进行分装，产生少量的放射性气溶胶。

在 CT 开机并曝光时，X 射线电离空气，会产生臭氧和氮氧化物。CT 曝光时间很短，臭氧和氮氧化物的产生量极少。

（4）废水

体内含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

（5）固体废物

放射性同位素操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物，更换下来的废活性炭。污染途径为操作过程中及收集

固废过程中和贮存衰变时对医务人员产生的外照射。

退役或报废的 ^{68}Ge 校准源及 ^{68}Ge - ^{68}Ga 发生器由放置于校准源室或注射室的放射性废物暂存间内，退役或报废的密封源交还给生产厂家。

（6）噪声

本项目噪声主要来源于空调系统的室外机以及屋面的通排风系统的风机，本项目所使用的通排风系统为低噪声节能排风机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声较小；空调系统的室外机其噪声值低于 60dB(A)，噪声较小。

（7）非放射性三废

本项目废气为电离辐射产生的 O_3 、 NO_x 等废气；本项目废水为工作人员产生少量的生活污水；本项目的固体废物，主要为工作人员产生的生活垃圾以及医疗废物；本项目噪声主要设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

（三）其他

根据《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局与分区

（一）工作场所布局合理性

1、放疗科

本项目的放疗科设置于医院拟建的核医学科楼负一层，位于本栋建筑的底层，医用电子直线加速器机房南侧紧邻土层，后装治疗机机房北侧也紧邻土层，减少了对周围环境的辐射影响。医用电子直线加速器机房、后装治疗机机房和模拟定位机机房的控制室均位于治疗室的一侧，均为隔室操作，减少了对职业人员的照射。放疗科平面布局详见附图 4。且该栋建筑为核医学科专科楼，避开了医院的儿科病房、产房和门诊等特殊人群区域或人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中关于选址与布局的规定。

2、核医学科

本项目核医学科位于核医学科楼的一层西部（平面布局详见附图 5），工作场所相对独立，周边无其他科室，新增的非密封放射性物质工作场所避开了医院的产科、儿科、食堂等部门，且新增的工作场所出入口避开了人流量较大的门诊大厅、收费处等人群稠密区域，避免了对公众不必要的照射。满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中关于选址与布局的规定。

（二）两区划分

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区—把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，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—通常不需要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。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的规定：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。开展术中放射治疗室，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分为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

根据《核医学辐射安全与防护要求》（HJ1188-2021）的规定：核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

2、区域划分

（1）放疗科

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。医院拟将医用电子直线加速器机房、医用电子直线加速器机房防护门外 1m 区域、后装治疗机机房、后装治疗机机房防护门外 1m 区域、模拟定位机机房、模拟定位机机房患者防护门外 1m 区域等划分为控制区，该区域涉及射线装置及放射源的操作，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及其他法律法规定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室及辅助机房等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及其他法律法规定义的监督区。

（2）核医学科

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。医院拟将注射室、废物间、源库、服药室、甲吸室、甲亢留观室、运动负荷室、SPECT/CT 注射后等候室、PECT/CT 注射后等候室、SPECT/CT 机房、PET/CT 机房、校准源库、留观室、抢救室、放射性废物储存间、治疗室、甲癌病房、污染用品储存间、取餐间、衰变池等划分为控制区，该区域涉及射线装置及放射性同

位素的操作，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及其他法律法规定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室、卫生通过间及设备间等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及其他法律法规定义的监督区。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1、图 10-2 上进行了标识。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

科室名称	控制区	监督区
放疗科	医用电子直线加速器机房、医用电子直线加速器机房防护门外 1m 区域、后装治疗机机房、后装治疗机机房防护门外 1m 区域、模拟定位机机房、模拟定位机机房患者防护门外 1m 区域等	控制室及辅助机房等
核医学科	注射室、废物间、源库、服药室、甲吸室、甲亢留观室、运动负荷室、SPECT/CT 注射后等候室、PECT/CT 注射后等候室、SPECT/CT 机房、PET/CT 机房、校准源库、留观室、抢救室、放射性废物储存间、治疗室、甲癌病房、污染用品储存间、取餐间、衰变池等	控制室、卫生通过间及设备间等

略

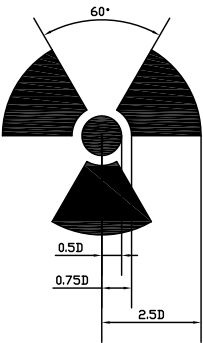
图 10-1 放疗科分区示意图

略

图 10-2 核医学科分区示意图

（3）控制区的防护手段与安全措施：

①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-3）。



a. 电离辐射标志



b. 当心电离辐射警告标志

图 10-3 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④在淋浴/更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮

存柜；

⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

（4）监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

二、辐射安全及防护措施

（一）各工作场所的屏蔽措施

本项目新建项目屏蔽设计见表 10-2~表 10-5，各工作场所的机房详图详见附图 7、8、9。

表 10-2 医用电子直线加速器机房防护屏蔽设计一览表

类别	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）	主屏蔽宽度
医用直线 加速器 1#机房	东墙	迷道内墙	100cm~190cm 砼	/
		迷道外墙	100cm~170cm 砼	/
	南墙	主屏蔽	300cm 砼	440cm
		次屏蔽	170cm 砼	/
	西墙	次屏蔽	170cm 砼	/
	北墙	主屏蔽	430cm 砼	440cm
		次屏蔽	170cm 砼	/
	屋顶	主屏蔽	290cm 砼	440cm
		次屏蔽	170cm 砼	/
防护门		20mm 铅板+15cm 厚含硼聚乙烯		
医用直线 加速器 2#机房	东墙	迷道内墙	100cm~190cm 砼	/
		迷道外墙	100cm~170cm 砼	/
	南墙	主屏蔽	430cm 砼	440cm
		次屏蔽	170cm 砼	/
	西墙	次屏蔽	170cm 砼	/
	北墙	主屏蔽	300cm 砼	440cm
		次屏蔽	170cm 砼	/
	屋顶	主屏蔽	290cm 砼	440cm
		次屏蔽	170cm 砼	/
防护门		20mm 厚铅板+15cm 厚含硼聚乙烯		

表 10-3 后装治疗机机房防护屏蔽设计一览表			
类别	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）
后装治疗机 机房	东墙		100cm 砼
	南墙		85cm 砼
	西墙	迷道内墙	70cm 砼
		迷道外墙	100cm 砼
	北墙		85cm 砼
	屋顶		100cm 砼
	防护门		10mm 厚铅板
表 10-4 模拟定位机机房防护屏蔽设计一览表			
类别	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）
模拟定位机 机房	四周墙体		东、西、北墙为 370mm 实心砖墙； 南墙为 250mm 厚混凝土
	屋顶		300mm 砼
	防护门		3mm 厚铅板
	观察窗		3mm 铅当量铅玻璃
表 10-5 核医学科防护屏蔽设计一览表			
名称	屏蔽体	主要屏蔽材料及厚度	
注射室（含放射 性废物暂存间、 源库）	四面墙体	370mm 实心砖	
	顶棚	400mm 厚混凝土	
	底部	300mm 混凝土	
	防护门	10mmPb	
	注射窗	5mmPb（ ^{99m} Tc），40mmPb（ ¹⁸ F）	
	手套箱	5mmPb（ ^{99m} Tc），65mmPb（ ¹⁸ F）	
	自动分装仪	50mmPb	
甲吸室	四面墙体	370mm 实心砖	
	顶棚	400mm 厚混凝土	
	底部	300mm 混凝土	
	防护门	3mmPb	
甲亢留观室	四面墙体	东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土	
	顶棚	400mm 厚混凝土	
	底部	300mm 混凝土	
	防护门	3mmPb	
运动负荷室	四面墙体	东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土	
	顶棚	400mm 厚混凝土	
	底部	300mm 混凝土	
	防护门	3mmPb	
SPECT/CT 注射后候诊室	四面墙体	东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土	
	顶棚	400mm 厚混凝土	

	底部	300mm 混凝土
	防护门	5mmPb
PET/CT 注射后候诊室	四面墙体	东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	10mmPb
SPECT/CT 机房	四面墙体	370mm 实心砖墙
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	5mmPb
	观察窗	5mmPb
	铅屏风	2mmPb
PET/CT 机房	四面墙体	370mm 实心砖墙
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	10mmPb
	观察窗	10mmPb
	铅屏风	5mmPb
留观室	四面墙体	东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	10mmPb
抢救室 1	四面墙体	东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	10mmPb
放射性废物 储存间	四面墙体	东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 200mm 混凝土
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	3mmPb
甲癌服药室	四面墙体	东、西墙为 370mm 实心砖，南、北墙为 370mm 实心砖 +5mmPb 硫酸钡涂料
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
抢救室 2	四面墙体	东、西及北墙为 370mm 实心砖，南墙为 370mm 实心砖 +5mmPb 硫酸钡涂料
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	10mmPb

治疗室	四面墙体	370mm 实心砖墙
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	15mmPb
甲癌病房 1	四面墙体	东、南及西墙为 370mm 实心砖墙，北墙为 300mm 混凝土
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	15mmPb
甲癌病房 2	四面墙体	东、南及西墙为 370mm 实心砖墙，北墙为 300mm 混凝土
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	15mmPb
甲癌病房 3	四面墙体	东、南及西墙为 370mm 实心砖墙，北墙为 300mm 混凝土
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	15mmPb
污染用品暂存间	四面墙体	东、南及西墙为 370mm 实心砖墙，北墙为 300mm 混凝土
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	防护门	5mmPb
取餐间	四面墙体	370mm 实心砖墙
	顶棚	400mm 厚混凝土
	底部	300mm 混凝土
	传递窗	40mmPb
其他		核医学入口防护门为 15mmPb
		核医学出口防护门为 15mmPb

注：本项目拟使用的混凝土密度不低于 2.35g/cm^3 ，铅板的密度不低于 11.3g/cm^3 ，硫酸钡涂料的密度不低于 3.2g/cm^3 ，实心砖的密度不低于 1.65g/cm^3 。

（二）辐射安全装置

A 放疗科项目

1、医用电子直线加速器项目

（1）设备固有安全性

①医用电子直线加速器只有在通电开机时才有电子束、X 射线等产生，断电停机即停止出束；通过多叶准直器定向出束，其它方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

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

③条件显示联锁：医用电子直线加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

④控制台上要有蜂鸣器，在医用电子直线加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

⑤有剂量分布监测装置与照射终止系统联锁，当剂量超过预选值或当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

⑥有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑦有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

⑧治疗床旁、医用电子直线加速器主机上安装紧急止动按钮。

（2）屏蔽防护

本项目医用电子直线加速器机房由相应资质单位进行设计和施工，其主射方向朝向南侧墙体、北侧墙体、地面及屋顶。本项目医用电子直线加速器机房电缆线布设采用“U”型管道，通风管道采用“S”型穿墙方式，不会破坏墙体的屏蔽效果，本项目电缆沟设计图见图 10-4。

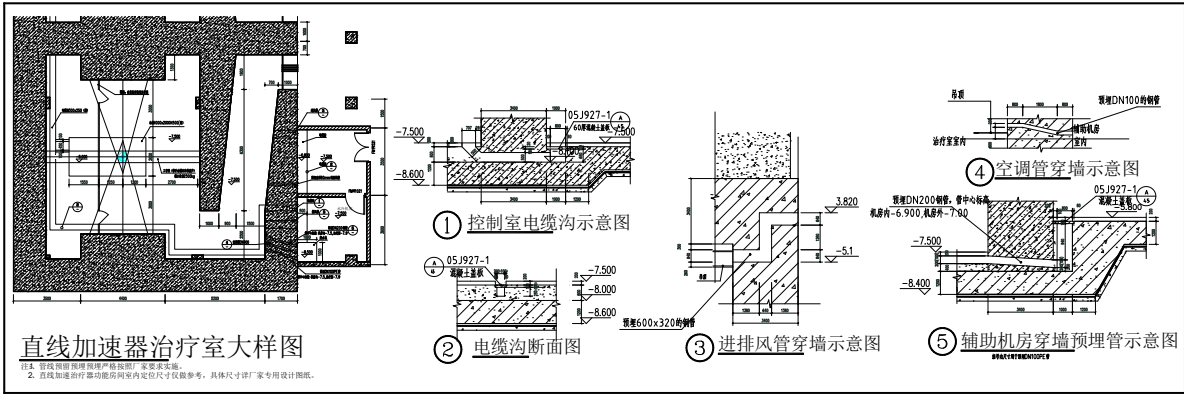


图 10-4 电缆沟设计图

（3）源项控制

本项目医用电子直线加速器购置于正规厂家，有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）规定的限值。

（4）距离防护

本项目治疗区域将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的

人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

(5) 时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊疗之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

(6) 安全装置

①操作人员隔室操作：本项目医用电子直线加速器控制室与机房之间以墙体隔开，机房内拟安装视频监控系统、对讲装置，控制室能通过视频监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲装置与机房内患者联系。

②门机联锁装置：医用电子直线加速器与屏蔽门之间拟设联锁装置。屏蔽门未关好，医用电子直线加速器不能出束；医用电子直线加速器工作期间如将防护门打开，照射立即自动停止。

③紧急制动装置和紧急开门按钮：除了医用电子直线加速器治疗床、医用电子直线加速器主机上以及控制台上自带的紧急制动按钮外，机房内墙非主射线位置上、迷道门出口处均设置有紧急制动按钮，以使误入人员按动紧急制动按钮就能使加速器停机；迷道出口处设置了紧急开门按钮。

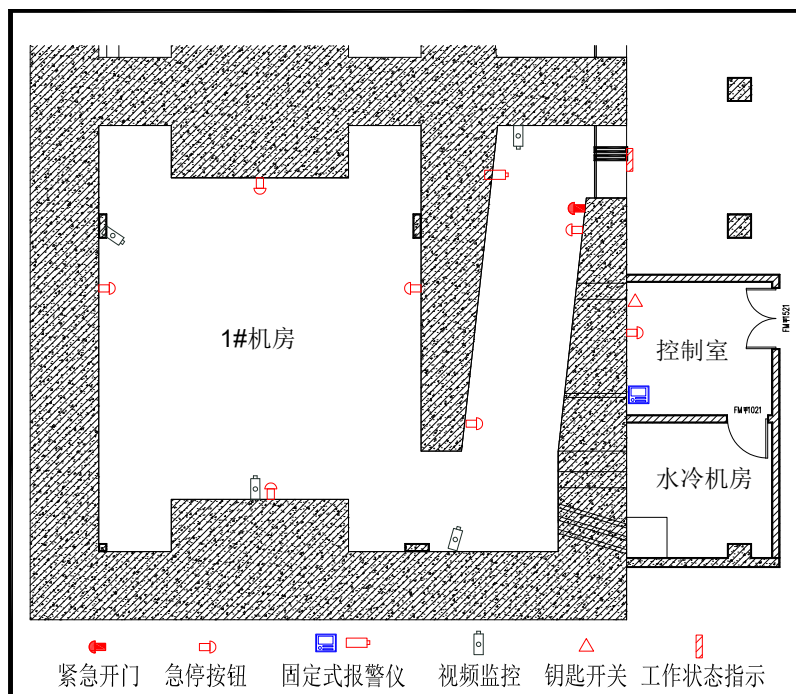
④工作状态显示及警示标识：医用电子直线加速器机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。医用电子直线加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。医用电子直线加速器机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。

⑤在医用电子直线加速器机房墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在机房迷道内墙上（靠近防护门），只要迷道内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑥时间防护：通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

⑦个人防护：医用电子直线加速器机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪。

⑧医用电子直线加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对医用电子直线加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。本项目医用电子直线加速器机房辐射安全设施布置示意图见图 10-5。



以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

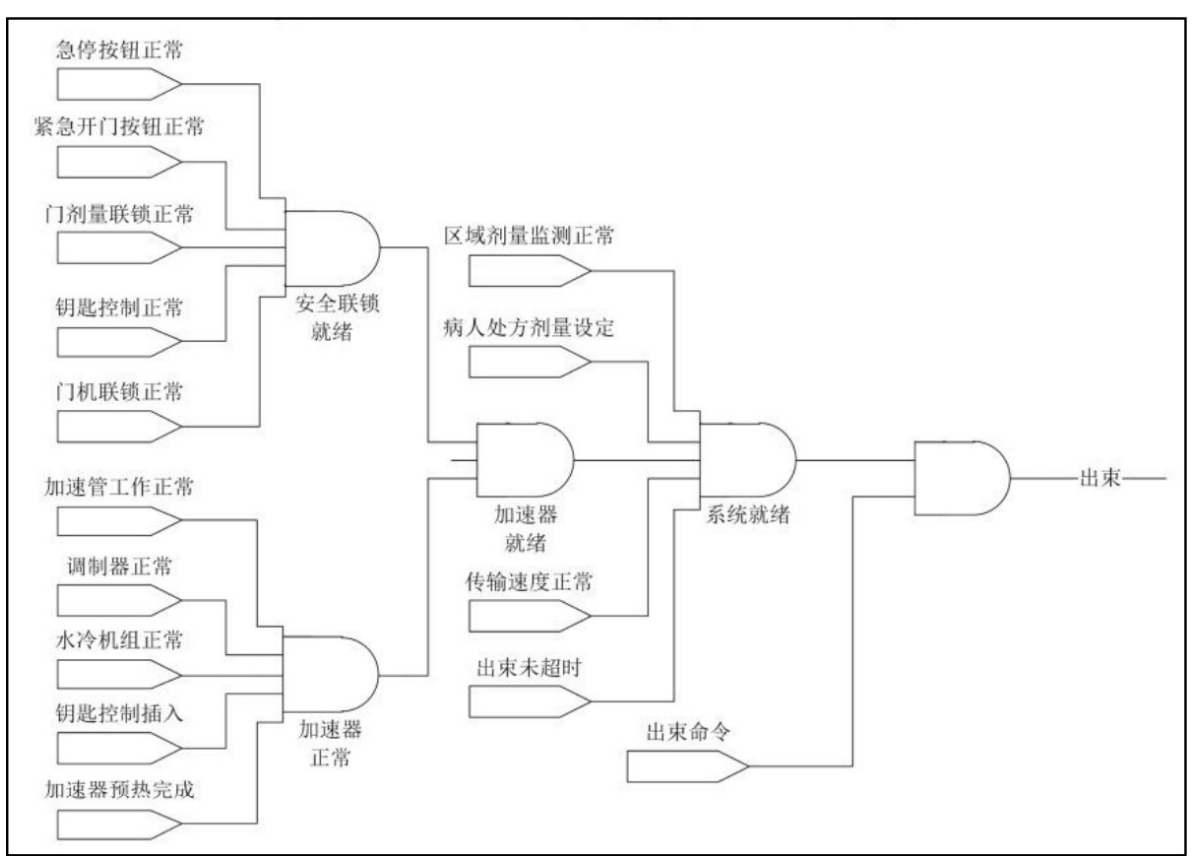


图 10-6 医用电子直线加速器安全联锁逻辑示意图

（7）分区防护

机房严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入机房内的控制区，以免受到不必要的照射。

2、后装治疗机项目

本项目后装治疗机主要辐射为 γ 射线，对 γ 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对 γ 射线外照射的防护措施主要有以下几方面：

（1）设备固有安全性

本项目 ^{192}Ir 后装治疗机贮源装置设置了铅屏蔽体，铅屏蔽体外为特制的防护钢壳，不易损坏。机器本身设有如下安全保护措施：

A、内置检测器验证源每次进出的完整性：采用固定治疗方式驱动装置、步进治疗方式驱动装置，在控制源辫的运动中，同时备有闭环检测的轴编码器监控工作电机的运动状态，另设置通道检测光电编码器、出源检测光电开关、源辫到位碰撞开关，

通过后装治疗控制程序的控制，保证源每次进出的完整性。

B、导管未被正确连接时，放射源不能送出：在正式治疗前，系统通过通道检测光电编码器、施源器导管接头检测光电开关，检查各放射源导管的连接情况，未按治疗参数文件要求连接施源器导管时，放射源不能送出。

(2) 屏蔽防护

本项目后装治疗机机房由相应资质单位进行设计和施工，其机房内预留电缆线布设采用“U”型管道，通风管道采用“S”型穿墙方式，不会破坏墙体的屏蔽效果。

(3) 源项控制

本项目后装治疗机购置于正规厂家，储源装置本身设置了屏蔽层，储源装置周围剂量不会超过国家规定的限值。

(4) 距离防护

本项目治疗区域将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

(5) 时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用放射源进行诊疗之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

(6) 安全装置

①操作人员隔室操作：本项目后装治疗机控制室与机房之间以墙体隔开，工作人员隔室对设备进行操作。

②机房内拟安装视频监控系统、对讲装置，控制室能通过视频监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲装置与机房内患者联系。

③门机联锁装置：后装治疗机与屏蔽门之间拟设联锁装置，开门状态下不能出源照射，出源照射状态下若开门放射源自动回到后装治疗设备的安全位置。同时防护门拟设置手动开门装置。

④紧急止动装置和紧急开门按钮：除了后装治疗机治疗床、后装治疗机主机上以及控制台上自带的紧急止动按钮外，机房内墙壁内侧、迷道门出口处均设置有紧急止

动按钮，以使误入人员按动紧急止动按钮，后装治疗机会执行紧急收源程序；迷道出口处设置了紧急开门按钮。

⑤工作状态显示及警示标识：后装治疗机机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。后装治疗机处于出源照射状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当后装治疗机处于非出源照射状态，指示灯为绿色。后装治疗机机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。

⑥在后装治疗机机房墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在机房迷道内墙上，只要迷道内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑦时间防护：通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

⑧个人防护：后装治疗机机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪。

⑨后装治疗机将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对后装治疗机进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

⑩ ^{192}Ir 放射源由生产厂家负责放射源运输、换装，放射源更换前保存在后装治疗机贮源罐中，医院不再设置放射源暂存柜或其他放射源暂存设施。

⑪医院承诺将退役 ^{192}Ir 放射源委托原厂家回收处置。

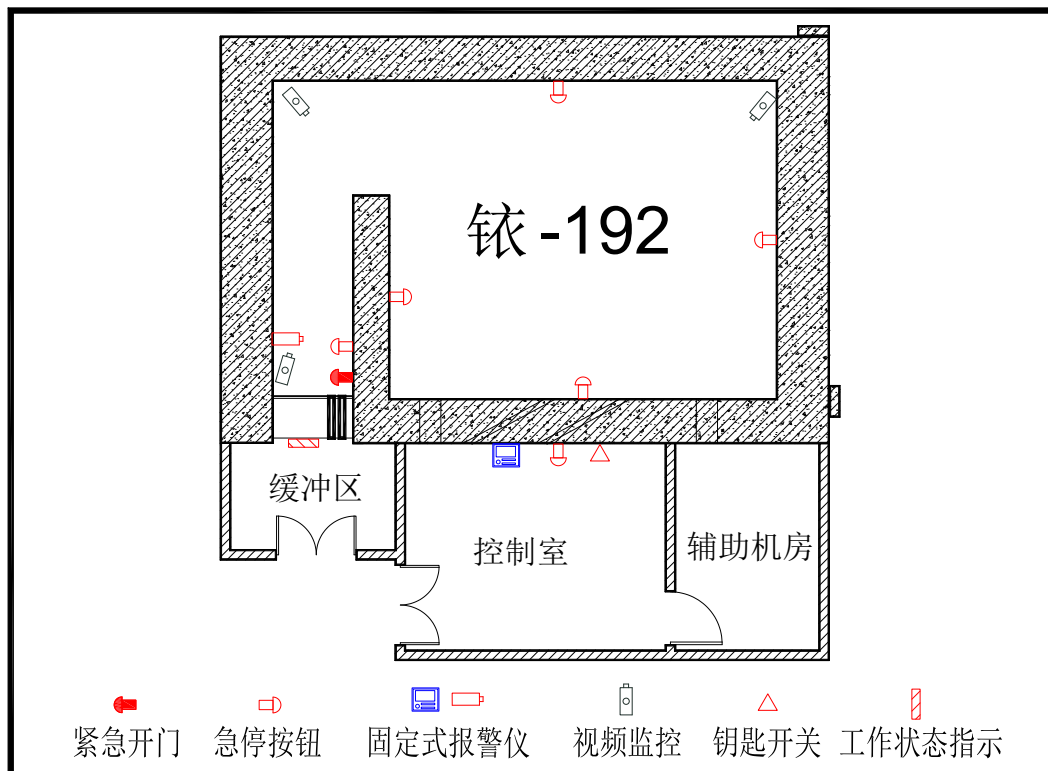


图 10-7 本项目后装治疗机机房辐射安全设施布置示意图

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

（7）分区防护

机房严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入机房内的控制区，以免受到不必要的照射。

（8）后装治疗机安装调试、装源、换源

本项目后装治疗机运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作，后装治疗机的装源工作由厂家委派的工程师在机房内完成，医院工作人员不进入机房参与装源、换源工作。在设备运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

医院购买的后装治疗设备首次导源由厂家负责，后期源的购买由医院申购，导源仍然由厂家后装机工程师负责，退役放射源由厂家回收处置。铱源的购买需报四川省

生态环境厅备案，铱源的生产、运输均由厂家负责，每次申购铱源后由厂家运输至后装治疗机机房，由厂家进行换源操作，当厂家工程师导源完毕后，将旧源回收。

3、模拟定位机项目

（1）设备固有安全性

①设备从专业生产厂家进行采购，满足质检要求，机头泄漏辐射满足国家相关标准规定的限值。

②具有安全系统，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示。

③正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能启动照射。

（2）源项控制

医师会根据病情状况针对不同的病人制定不同的计划（包括照射时间和照射剂量），并通过可调限束装置进行参数设置，尽量避免不必要的照射，有效进行源项控制。

（3）安全联锁装置

门-灯联锁：开机出束，机房防护门关闭良好，工作状态指示灯亮；停止出束时，指示灯熄灭，机房防护门打开。

（4）紧急制动装置

紧急停机开关：在控制室内控制台上（拟设 1 个开关）设紧急停机开关。紧急停机开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。在误操作或出现紧急情况时，按下开关即可随时切断供电电源。

（5）警示装置

①工作状态显示装置：在机房防护门外设 1 个工作状态指示灯或工作状态指示灯箱，具备显示开机、停机的功能，并与机房防护门联锁。

②电离辐射警示标志：在机房防护门外醒目位置张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求。

（6）监测设备

个人剂量监测仪：按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）要求，从事 CT 诊断的辐射工作人员（包括技师、物理师和医生）每人 1 个人剂量计，要求在岗期间必须正确佩戴。

(7) 其它防护设施

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

B 核医学科项目

1、电离辐射警告标志及工作状态指示灯

医院计划在核医学科工作场所控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在 PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房受检者防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。

2、紧急止动装置

在核医学科的控制台上、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急止动按钮即可令 PET/CT 和 SPECT/CT 停止运行。

3、操作警示装置

PET/CT 和 SPECT/CT 扫描时，操纵台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。

4、视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、工作场所进出/口情况；PET/CT 机房和控制室之间，SPECT/CT 机房和控制室之间和甲癌病房区域拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与机房或病房内患者联系。

(5) 门禁系统

在工作场所受检者各出入口处设置专用门禁系统，对受检者的出入进行控制。

(6) 注射后候诊室、留观室和甲癌病房等拟设置患者专用厕所，废水直接流向本次新建的衰变池内。

(7) 对控制区内带药病人的监督管理

医院应做好本项目控制区的监督管理工作，防止无关人员入内；加强对控制区内病人的监督管理，避免其给药后随意走动；同时应告知检查完成后病人离开路线，防止其对公众造成不必要照射，核医学科的出入口均设置有“缓冲间”，缓冲间内设有表面污染水平监测仪，患者检查完或住院结束后均需进行监测。

（8）“两区”内安全防护措施规定

工作人员离开工作室前洗手和作表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

（9）源库及校准源库红外报警系统

本项目工作场所的源库和校准源库拟设置双人双锁的保险柜，工作场所使用的放射性药物放置于铅罐中由供应单位派专人直接送至源库内暂存，未用完的放射性药物放置在储源室双人双锁的保险柜内，日常期间由值班人员巡视检查，源库和校准源库出入口安装摄像头、红外报警系统。

（10）通排风系统

整个核医学科工作场所设置独立的动力通排风装置，并保证整个工作场所为负压工作场所。

（三）放射性药物的存放安全措施

本项目工作场所所使用的^{99m}Tc、¹⁸F、⁸⁹Sr和¹³¹I核素药物，医院将通过向有相关资质的放射性核素供应单位购买。医院根据临床诊断所需药物的使用量，提前向放射性核素供应单位订购，供应单位在约定的时间负责将放射性药物运送至工作场所内，建设单位安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续。建设单位将自行对购买的放射性核素进行分装。建设单位严禁无关人员进入工作场所所在区域，严禁辐射操作人员违规操作放射性核素。医院将在放射性核素交接结束后，开展进行放射诊断与治疗工作。

整个药液瓶被放置在铅罐内，能够满足当天病人的用药需求。建设单位根据所需的使用量，向有相关资质的放射性核素供应单位订购，并在放射性核素送达当天全部使用完，该工作场所正常情况下不会有放射性核素存放过夜。特殊情况下，由于病人未来就诊等原因，造成放射性核素未在当天使用完，少量放射性核素需在源库存放过夜时，医院拟将未使用的少量放射性核素在源库中存放。源库将设有视频监控系统和门禁系统，可以有效防止放射性核素的丢失隐患。

本项目放射药物外购时其自身带有屏蔽层，且转入医院前表面辐射剂量率水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019），货包表面任意一点的最高辐射水平为 $0.005\text{mSv/h} < H \leq 0.5\text{mSv/h}$ ，转入医院后的放射性药物直接转入源库内，随后工作

人员在给病人用药前再转入注射室的手套箱内或者自动分装仪内，再进行分装操作，对于备用药品及未使用完的放射性药物转入源库的双人双锁保险柜中。

本项目使用的放射性同位素均由有资质单位供应，由厂商经室外通道进入源库，并贮存于源库内的双人双锁保险柜中，本项目源库外设置有红外监控摄像头及红外报警装置，防止放射性物品被盗或破坏。

源库的墙体应满足防护要求，积极采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全措施。建设单位应做到：

①放射性药物的存储容器要有合适的屏蔽。放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分；

②源库要有专人进行管理，并定期进行辐射剂量的监测，无关人员禁止进入；

③放射性药物要有进出登记，包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况的详细记录等，建立放射性同位素台帐制度；

④医院应建立完善的放射性核素贮存、领取、使用、归还登记和检查制度，做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整。

（四）工作场所的气流组织

本项目各射线装置运行过程中，X射线与空气作用会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，机房拟设置动力排风装置，并保持良好的通风。

本项目使用的 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 、 ^{131}I 在带有通风装置的手套箱或自动分装仪内进行分装，会产生少量含放射核素的气溶胶。

本项目核医学科工作场所设置有新风系统及排风系统，并保证了工作场所为负压工作场所，且通过压差控制气流方向，核医学科工作场所的风向为候诊大厅、医生办公区至留观、注射后候诊等区域再至分装注射室，风向图详见图 10-8。

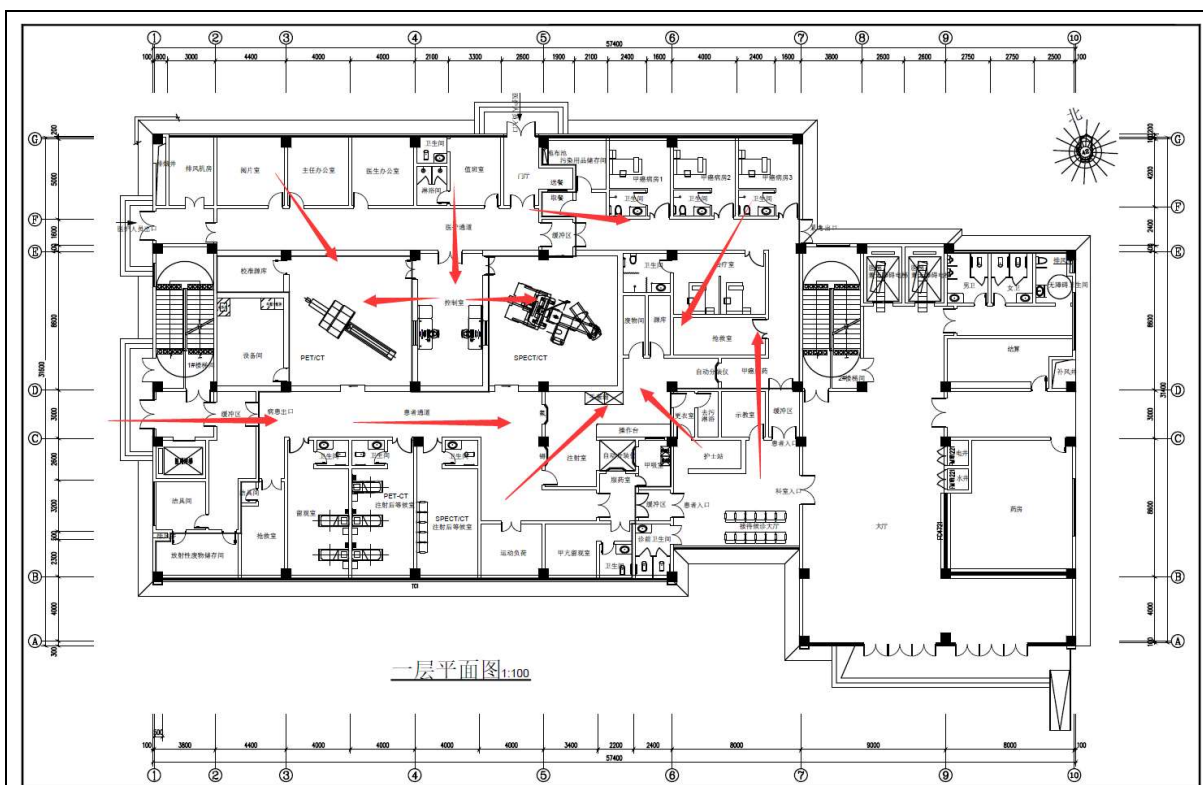


图 10-8 核医学科工作场所气流方向示意图

(五) 表面污染控制措施

为保证非密封放射性物质工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准，提出以下管理措施和要求：

- 1、放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；
- 2、操作放射性药物时，须在有负压的通风橱内进行，防止放射性物质撒漏；
- 3、放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品；

4、操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。

(六) 人员防护措施

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他人员。

①辐射工作人员的防护

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

屏蔽防护：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注射器配备注射防护套和注射器防护提盒。

时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少工作时间，使照射时间最小化。

距离防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

②其他人员防护

屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。

时间防护：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

距离防护：设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。

（七）操作过程中的防护措施

医生在进行放射性药品的分药操作时首先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，均具备 0.5mmPb 当量。分装时，手动将定量的药物移至注射器或容器内，经测量核定药物活度后转移给病人注射或口服。分药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。手套箱底部设有 10mmPb 废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。

（八）工作场所对注射或服药后病人防护措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在等候区域内驻留，同时要求病人在注射或口服后在等候内休息，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入专用厕所，最终排入废水衰变池。

三、辐射安全防护设施对照分析

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号），将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-5。

表 10-5 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目		规定的措施	落实情况	备注
医用电子 直线加速 器项目	场所设施	四周墙体+迷道+屋顶防护	已设计	/
		铅防护门	新建	/
	联锁装置	钥匙开关	设备自带	/
		控制台急停按钮	设备自带	/
		视频监控及对讲装置	/	拟配置
		门机联锁装置	设备自带	/
		音响提示	设备自带	/
	警示设施	入口当心电离辐射警告标识	/	拟配置
		防护门上方工作状态指示灯	/	拟配置
	急停装置	紧急开门按钮	/	拟配置
		治疗室内急停按钮	/	拟配置
		治疗床急停按钮	设备自带	/
	监测设备	固定式报警仪	/	拟配置
		便携式辐射巡测仪	/	拟配置
		个人剂量报警仪	/	拟配置
		个人剂量计	/	拟配置
后装治疗 机项目	场所设施	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	已设计	/
		铅防护门	新建	/
	联锁装置	钥匙开关	设备自带	/
		控制台急停按钮	设备自带	/
		视频监控及对讲装置	/	拟配置
		门机联锁装置	设备自带	/
		音响提示	设备自带	/
		紧急回源装置	已设计	/
		模拟源装置	已设计	/
		手动回源装置	已设计	/
	警示设施	入口当心电离辐射警告标识	/	拟配置
		防护门上方工作状态指示灯	/	拟配置
	急停装置	紧急开门按钮	/	拟配置
		治疗室内急停按钮	/	拟配置
	监测设备	固定式报警仪	/	拟配置
		便携式辐射巡测仪	/	拟配置
		个人剂量报警仪	/	拟配置
		个人剂量计	/	拟配置
模拟定位 机项目	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	已设计	/
		铅防护门	已设计	/
		观察窗	已设计	/

	警示设施	出入口处电离辐射警示标志	/	拟配置
		工作状态显示	/	拟配置
	监测仪器	便携式辐射巡测仪	/	拟配置
		个人剂量报警仪	/	拟配置
		个人剂量计	/	拟配置
核医学科 项目	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	新建	/
		出入口缓冲间	已设计	/
		铅防护门	已设计	/
		观察窗	已设计	/
		负压工作场所	已设计	/
		病人专用卫生间	已设计	/
		衰变池	已设计	/
		放射性废物暂存间	已设计	/
		视频监控与对讲系统	/	需配备
		出入口处电离辐射警示标志	/	需配备
		工作状态显示	/	需配备
		进出口单向门禁	已设计	/
	监测设备	个人剂量报警仪	/	需配备
		个人剂量计	/	需配备
		便携式 X 射线辐射监测仪	/	需配备
		表面污染水平检测仪	/	需配备
		放射性活度计	/	需配备
	其他	通风设施	已设计	/
		火灾报警仪	已设计	/

四、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，医院将投入一定资金建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-7。

表 10-7 环保设施及投资估算一览表

项目		规定的措施	金额（万元）
医用电子直线 加速器项目	场所设施	四周墙体+迷道+屋顶防护	300
		铅防护门	10
	联锁装置	钥匙开关	20
		控制台急停按钮	
		视频监控及对讲装置	
		门机联锁装置	
		音响提示	
	警示设施	入口当心电离辐射警告标识	1
		防护门上方工作状态指示灯	

	急停装置	紧急开门按钮	5
		治疗室内急停按钮	
		治疗床急停按钮	设备自带
	监测设备	固定式报警仪	5
		便携式辐射巡测仪	
		个人剂量报警仪	
		个人剂量计	
后装治疗机项目	场所设施	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	185
		铅防护门	
	联锁装置	钥匙开关	10
		控制台急停按钮	
		视频监控及对讲装置	
		门机联锁装置	
		音响提示	
		紧急回源装置	
		模拟源装置	
		手动回源装置	
		警示设施	
	防护门上方工作状态指示灯		
	急停装置	紧急开门按钮	2
		治疗室内急停按钮	
	监测设备	固定式报警仪	5
		便携式辐射巡测仪	
		个人剂量报警仪	
		个人剂量计	
模拟定位机项目	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	10
		铅防护门	
		观察窗	
	警示设施	出入口处电离辐射警示标志	1
		工作状态显示	
	监测仪器	便携式辐射巡测仪	3
个人剂量报警仪			
个人剂量计			
核医学科项目	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	400
		出入口缓冲间	
		铅防护门	
		观察窗	
		负压工作场所	
		病人专用卫生间	

		衰变池		
		放射性废物暂存间		
		视频监控与对讲系统		
		出入口处电离辐射警示标志		
		工作状态显示		
			进出口单向门禁	2
	监测设备	个人剂量报警仪	8	
		个人剂量计		
		便携式 X 射线辐射监测仪		
		表面污染水平检测仪		
		放射性活度计		
	其他	通风设施	32	
		火灾报警仪		
合计			1000	

本项目总投资 3200 万元，环保投资 1000 万元，占总投资的 32%。今后医院在核技术利用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合医院实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时医院应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

一、放疗科

（一）医用电子直线加速器项目

1、废水治理

本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。本项目工作人员产生生活污水依托医院已有污水处理站处理。

2、废气治理

为了减少废气对人员产生的影响，2 座医用电子直线加速器机房均设置有独立的通排风系统。根据设计院提供的设计方案，本项目 2 座医用电子直线加速器机房容积均约为 418.2m^3 ，2 座机房的排风风量均为 $3600\text{m}^3/\text{h}$ ，则每小时的换气次数约为 8.6 次，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“换气次数不少于 4 次/h”的要求。

本项目 2 座医用电子直线加速器机房均采用机械进排风，进风管道从加速器机房迷道入口防护门上方穿过进入加速器机房，进风管道采用“S”型管道，进风口位于

机房东侧顶部共 2 处，排风口位于机房西侧距离地面约 40cm 处。排风管道沿迷道上方穿过迷道入口防护门上方引出，同样采用“S”型管道，室内气体由通排风系统统一抽排至核医学科楼顶排放。

3、噪声

本项目噪声主要来源于机房内通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声对周围环境影响较小。

4、固体废物处理措施

本项目医用电子直线加速器工作过程不产生固体废物。

加速器靶物质（件）以及机头等金属部件由于受电子的轰击会产生较强的感生放射性，机器退役（约使用 10 年）后更换下来的废靶件等应作为放射性废物处理。医院应将更换的废靶件交有资质单位收贮。

院区内设置一处生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，交由有资质单位进行统一收集、清运和处置。

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目使用的医用电子直线加速器在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理。

（二）后装治疗机项目

1、废水治理

本项目工作人员产生生活污水依托医院已有污水处理站处理。

2、废气治理

为了减少废气对人员产生的影响，后装治疗机机房设置独立的通排风系统，根据设计院提供的设计方案，本项目后装治疗机机房容积约为 333m³，机房的排风风量为 3600m³/h，则每小时的换气次数约为 10.8 次，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“换气次数不少于 4 次/h”的要求。

该后装治疗机机房采用机械进排风，进风管道从后装治疗机机房迷道入口防护门上方穿过进入加速器机房，进风管道采用“S”型管道，进风口位于机房北侧顶部共 2

处，排风口位于机房西南侧距离地面 40cm 处。排风管道沿迷道上方穿过迷道入口防护门上方引出，同样采用“S”型管道，室内气体由通排风系统统一抽排至核医学科楼楼顶排放。

3、噪声

本项目噪声主要来源于机房内通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声对周围环境影响较小。

4、固体废物处理措施

随着核素的自然衰变， ^{192}Ir 放射源的活度不断降低，当 ^{192}Ir 放射源使用到一定年限后，会产生退役的 ^{192}Ir 放射源，退役 ^{192}Ir 放射源由原厂家回收处置。

院区内设置一处生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，交由有资质单位进行统一收集、清运和处置。

（三）模拟定位机项目

1、废气治理

模拟定位机在开机出束期间，产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O_3)。

本项目模拟定位机机房设有通排风系统，其内通风口设置在机房顶板约 3.0m 处，室内气体由通排风系统统一抽排至其所在建筑楼顶排放。

产生的臭氧通过换气系统排入环境大气后，经自然分解扩散，对环境产生影响较小。从保护患者、医护人员的健康安全角度考虑，本项目辐射场所能保持较好的通风，其通风系统进、排风口位置的设置合理。

2、固体废物

本项目工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，集中暂存于院区内生活垃圾暂存间，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

3、废水

医院拟建污水处理站一座，生活污水经污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》GB18466—2005 中的表 2 预处理标准后排入市政污水管网进入城市污水处理厂处理。医院污水处理站设计处理能力能够满足本项目生活污水及医疗废水产生

量和排放量的排放需求。

4、噪声

项目噪声源为机房通排风系统，该系统采用低噪声设备，其噪声值低于 60dB(A)，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目使用的模拟定位机在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理等去功能化措施并按相应要求执行报废程序。

本项目放疗的通排风系统管道布置图见图 10-8。

略

图 10-8 放疗科通排风管道布置图

一、核医学科

本项目运行期产生的主要放射性三废为工作场所使用非密封放射性同位素过程中产生的气态放射性废物、液态放射性废物和固体放射性废物，本项目核医学科拟采取以下“三废”防治措施。

（一）气态放射性废物

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ118-2021）中 7.4 规定，产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间，更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般不小于 0.5m/s），排气口应高于本建筑屋脊，并安装专用过滤装置。

本项目工作场所排风管道分为 3 支，其中 1 支单独连接注射室的手套箱和甲癌病房区域自动分装仪，放射性药物的各项操作均在手套箱或自动分装仪内进行，手套箱或自动分装仪由专业厂商提供，根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中“合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 0.5m/s）”

要求，医院购买的手套箱或自动分装仪排风口处风速不得低于 0.5m/s；第 2 支单独连接废物间、源库、注射室、甲吸室、甲亢留观室、运动负荷室、SPECT/CT 注射后等候室、PET/CT 注射后等候室、SPECT/CT 机房、PET/CT 机房、留观室、抢救室 1、校准源库和放射性废物储存间等。第 3 支单独连接抢救室 2、治疗室、3 间甲癌病房、取餐间和污染用品储存间等。且场所内的送风系统送风量小于排风系统的排风量，保证了非密封放射性物质工作为负压工作场所，通风管道布置如图 10-3 所示。

工作场所产生的废气经由 3 根排风管道排至核医学科楼楼顶，在排风管道末端均配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施，屋顶排风口均朝向天空。核医学科楼周边无高层建筑，空气流通通畅，含放射性核素的气溶胶经活性炭及高效过滤器过滤后对周边环境的影响较小。

工作场所各排风管道必须密封良好，不与核医学科楼其他排风管道相通，过滤器及活性炭需定期更换，更换后的活性炭经贮存 180d 后作为一般废物处置。

略

图 10-4 通排风管道布置示意图

（二）放射性废水

本项目核医学科工作场所按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188）拟在核医学科总上水管处设置有洗消装置，满足标准要求。

本项目工作场所产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。

工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至核医学科楼北侧本次新建的 2 套衰变池内，根据设计院提供的设计图可知：核医学科产生的放射性废水先排至集水井再通过污水提升泵排至放射性废水衰变池（原理图见图 10-11），待放射性废水达到清洁解控水平后通过管道排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

略

图 10-11 本项目使用的放射性废水衰变池系统（短半衰期）

略

图 10-11 本项目使用的放射性废水衰变池系统（长半衰期）

本项目新设置的放射性废水衰变池通过专门管路收集放射性废水，采用间歇式衰变的处理方式设计。放射性废水衰变系统利用一台人机界面全面监控放射性废水的水量及阀门状态等信息，可掌控放射性废水的流向，避免出现放射性废水的意外排放以

及不可追溯的事故。

1、处理措施

本项目工作场所放射性废水将排入拟建于核医学科楼北侧新建的放射性废水衰变系统，2套衰变池系统均设3个相同体积的放射性废水衰变槽体，其中短半衰期衰变池系统每个有效容积为8m³，长半衰期衰变池系统每个有效容积为50m³，放射性废水衰变系统采用并联排放运行。

2、衰变池的运行原理

本项目本次新建的衰变池由三个容积相同的小池组成，核医学科产生的放射性废水先进入第一个衰变池中，待第一个衰变池的废水装满后关闭第一个衰变池的进水阀门，打开第二个衰变池的进水阀门，核医学科的废水会排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，待第二个衰变池的废水装满后，关闭第二个衰变池的进水阀门，打开第三个衰变池的进水阀门，此时核医学科产生的放射性废水均进入第三个衰变池内，待第三个衰变池即将装满放射性废水时，此时打开第一个衰变池的排水阀门，将放射性废水排至医院污水处理站。三个衰变池以此往复运行。

3、衰变池容量可行性分析

工作场所放射性废水主要来源是工作台面、地面去污时产生的放射性废水，工作人员操作过程中手部受到微量污染的清洁废水，患者冲洗排便废水。

患者产生的废水量：参考《建筑给排水设计规范》（GB 50015-2019）表 6.2.2 的医生生活用水量定额，同时根据该建设项目预期日检查人数，则本项目废水产生情况见表 10-6：

表 10-6 巴中市中心医院核医学科废水产生情况一览表

序号	用水类别	单人单次废水量	日诊疗人数	日产生废水量	备注
1	使用 ^{99m} Tc 患者	5L	30 人次	150L	短半衰期
2	使用 ¹⁸ F 患者	5L	15 人次	75L	
3	工作人员	20L	4 人次	80L	
4	场所清洗废水	75L/日		75L	
合计				380L（0.38m ³ ）	
1	使用 ¹³¹ I 患者（甲亢）	5L	10 人次	50L	长半衰期
2	使用 ¹³¹ I 患者（甲癌）	100L	3 人次	300L	
3	工作人员	20L	4 人次	80L	
4	场所清洗废水	75L/日		75L	
合计				505L（0.505m ³ ）	

本项目日产生短半衰期的放射性废水约 0.38m³，两个短半衰期衰变池的容积为

18m³，即装满两个池子需要约 47.3d，该衰变池只接纳工作场所使用放射性核素 ¹⁸F 和 ^{99m}Tc 时产生的放射性废水，该短半衰期衰变池容积能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放”的要求。

本项目日产生长半衰期的放射性废水约 0.505m³，两个长半衰期衰变池的容积为 105.6m³，即装满两个池子需要约 209d，该衰变池只接纳工作场所使用放射性核素 ¹³¹I 时产生的放射性废水，该长半衰期衰变池容积能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天）”的要求。

同时，医院应根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求：“对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。”对长半衰期衰变池进行监测。

医院规定：

（1）规定患者诊疗期间使用专用厕所，不得使用其他厕所。

（2）专用厕所应具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

（三）放射性固废

本项目非密封放射性物质工作场所在注射室拟设置有放射废物暂存间，用于暂存项目开展过程中产生的放射性废物。

本项目产生的放射性固体废物主要有服药杯子、污染物的注射器、针头、手套、棉签、纱布、滤纸、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品以及其他可能受放射性污染的物品等。在注射室、甲癌服药室设置 10 个专用脚踏式废物桶（10mmPb 当量），容器内放置塑料袋；对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入塑料袋内。每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。存放废物的容器必须安全可靠，并在显著位置标明废物类型、核素种类、比活度和存放日期等。

在注射室的放射性废物暂存间内设置 4 个容积不低于 50L 的铅废物箱（10mmPb 当量），每日工作结束后，将当日产生的废物转移至放射性废物暂存间的废物箱内静

置衰变，并注明核素种类、转入时间，做好台账记录。放射性进行分类收集，其中短半衰期的放射性废物暂存 30d，含 ^{131}I 的放射性废物暂存 180d 后，作为普通医疗废物处理。

活性炭吸附装置的过滤使用寿命一般为 8~12 个月，医院需每三个月对过滤效率进行校核，每半年进行一次更换，以防止过滤装置失效，造成放射性污染事故。排放口更换下来的活性炭按固体放射性废物处理，同样在废物间内暂存 180d 后，作为医疗废物进行处置。

（四）非放射性污染防治措施

本项目运行期间产生的非放射性污染物主要是噪声、生活污水、生活垃圾。具体治理措施如下：

1、生活污水和生活垃圾处理措施

本项目工作人员工作中会产生少量的生活污水、生活垃圾和办公垃圾，候诊病人候诊过程中产生少量的生活污水和生活垃圾，依托医院已有的污水处理系统和生活垃圾收集系统进行处理。

2、废气处理措施

本项目使用的II、III类射线装置在工作状态时，会使空气电离产生少量的臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排出，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

3、噪声治理措施

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，各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)，噪声较小，考虑到噪声的远距离衰减作用，各排风系统使用的风机均采用橡胶垫进行减震，噪声进一步减小，对周围环境影响可以忽略。

4、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目使用的 PET/CT 在进行报废处理时，将射线装置高压射线管进行拆卸并去功能化，同时将射线装置主机的电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工阶段

项目施工过程中有施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水产生。

(一) 废气

1、施工机械尾气

施工阶段，频繁使用机动车辆运输建筑材料、施工设备及器材、建筑垃圾等，排出的机动车尾气主要污染物是 CH₄、CO、NO_x 等。其特点是排放量小，且属间断性无组织排放，由于其这一特点，加之施工场地开阔，扩散条件良好，因此对其不加处理也可达到相应的排放标准。在施工期内施工单位注意施工设备的维护，使其能够正常的运行，提高设备原料的利用率。

2、扬尘

本项目施工期对拟建地块所在区域环境空气质量的影响主要是扬尘，其易造成大气中 TSP 浓度增高，形成扬尘污染。产生扬尘的作业主要有土地平整、打桩、开挖、回填、建材运输、露天堆放和装卸等过程。根据类比分析，扬尘浓度一般约为 3.5mg/m³。在进行场地基础开挖、地基处理、土地平整等施工作业时，如遇大风天气，易造成粉尘、扬尘等大气污染情况，其次运输砂石、水泥等建筑材料时发生散落等情况，则会增加施工区域地面起尘量。

在施工过程中，施工单位必须严格按照城市扬尘污染防治管理的有关规定进行治理，尽量减少扬尘对环境的影响程度。项目应根据《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》（国发〔2013〕37 号）中关于施工扬尘的要求，综合整治城市扬尘。加强施工扬尘监管，积极推进绿色施工，建设工程施工现场应全封闭设置围挡墙，严禁敞开式作业。渣土运输车辆应采取密闭措施。根据《四川省灰霾污染防治实施方案》、《四川省蓝天保卫行动方案（2017-2020 年）》、巴中市《打赢蓝天保卫战三年行动计划实施方案》等文件的有关规定进行治理，做好扬尘防护工作。全面推行现场标准化管理，落实降尘、压尘、抑尘措施。加强建筑垃圾管理，全面实行建筑垃圾密闭运输。考虑施工扬尘对区域大气环境的影响。施工单位应根据本项目建设的具体情况采取以下扬尘治理措施：

①积极推行绿色施工，制定、完善和严格执行建设施工管理制度，全面推行现场标准化管理；严格落实施工现场围挡、工地物料堆场覆盖、施工现场路面硬化、驶出工地车辆冲洗、拆迁工地湿法作业、渣土运输车辆密闭“六个百分之百”；加强建设工地监督检查，督促责任单位落实降尘、压尘和抑尘措施，开展建筑施工扬尘在线监测和视频监控工作。

②施工现场必须全封闭施工，架设 2.5~3 米高墙，建筑采用密目安全网，以减少结构和装修过程中的粉尘飞扬现象，降低粉尘向大气中的排放；脚手架在拆除前，先将脚手板上的垃圾清理干净，清理时应避免扬尘；施工过程中，楼上施工产生的建筑垃圾，不许在楼上向下倾倒，须运送地面。

③必须湿法作业，必须配齐保洁人员，定时对施工现场进行清扫，做到先洒水，后清扫。

④施工现场道路、作业区、生活区必须进行地面硬化。施工场地出口应设置冲洗平台。在施工区出口放置防尘垫，对运输车辆现场须设置洗车场，用水清洗车体和轮胎，不准车辆带泥出门。项目于施工车辆入口设置运输车辆冲洗平台，对进出工地车辆进行冲洗，确保车辆不带泥出门。

⑤对因堆放、装卸、运输、搅拌等易产生扬尘的污染源，应采取遮盖、洒水、封闭等控制措施。禁止在大风天进行渣土堆放作业，建材堆放地点要相对集中，并对临时土方堆场以毡布覆盖，裸露地面进行硬化和绿化，减少建材的露天堆放时间；开挖出的土石方应加强围栏，表面用毡布覆盖。

⑥施工运入土石方车辆，车厢应严密清洁，防止泄漏造成沿途地面的污染；自卸车、垃圾运输车等运输车辆不允许超载，选择对周围环境影响较小的运输路线，定时对运输路线进行清扫，运输车辆出场时必须封闭，避免在运输过程中的抛洒现象。不准运渣车辆超载、冒载。运渣车辆，车箱遮盖严密后方可运出场外。土方运输时应合理规划运输路线，避免居民集中段通行，尽量选择人群较少的路段通行，同时合理安排土方运输时间。

⑦严格执行大气污染防治“六不准、六必须”。

⑧禁止现场设置混凝土搅拌站，必须使用商品混凝土。

⑨在距离敏感点较近的区域施工时，应加强对扬尘的治理，减少扬尘对敏感点的影响。

各区的施工管理由专人负责，并设定专门负责人定期对该区的施工扬尘污染防治措施以及环保管理进行检查和核实，严格按照当地关于城市扬尘污染管理的有关规定进行治理，尽量减少扬尘对环境的影响程度。

本项目施工过程中遇重污染天气时，严格按照相关要求减少施工，必要时停止施工建设。

3、油漆废气

在进行装饰工程施工时会产生少量油漆废气，其主要污染污染物是作为稀释剂的二甲苯，此外还有少量的醋酸丁酯、乙醇、丁醇等。油漆废气属于无组织排放，其排放量小，且排放周期短，作业点分散。因此，在装修油漆期间，应加强室内的通风换气，油漆结束完成以后，也应每天进行通风换气一至二个月后才能营业或居住。由于装修时采用的三合板和油漆中含有的甲醛、甲苯、二甲苯等影响环境质量的有毒有害物质挥发时间长，所以居住或营业后也要注意室内空气的流畅。环评要求施工方采用优质环保的装修材料，确保废气不会对人体造成影响。在进行以上防治措施后，再加上项目所在场地扩散条件较好，本项目装修施工产生废气可实现达标排放。

在采取以上措施后，本项目施工期废气得到了良好的控制，对周边环境的影响在可接受的范围内。

（二）废水

施工期废水主要为施工生产废水和施工人员生活污水。

1、生活污水

本项目预计施工人员约 100 人，施工人员每天生活用水以 $0.02\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{d}$ 计，生活污水按用水量的 85%计，则生活污水的排放量为 $1.7\text{m}^3/\text{d}$ 。

项目位于巴中市巴州区，项目场区内不设施工营地，办公生活依托周边已建污水处理设施，通过管网排放至巴中市污水处理厂进行处理。

2、施工废水

项目不设置混凝土搅拌站，因此无搅拌废水产生。经类比分析可知施工过程中的生产废水主要来源于机械的冲刷、楼地及墙面的冲洗、构件与建筑材料的保潮、墙体的浸润、材料的洗刷以及桩基础施工中排出的泥浆等。施工废水中的主要污染物为 pH、SS、COD、石油类。污水中 COD 300mg/L 、BOD 5200mg/L 、SS 1000mg/L 。施工现场设置简易隔油沉淀池（ 5m^3 ）进行沉淀，沉淀后循环使用，保证不排入外环境。

针对项目不同的施工废水采取不同的防治措施。

①砂石料冲洗废水。其悬浮物含量大，需建沉降池，悬浮物进行沉淀后排放。废水澄清后可用于建筑工地洒水防尘。人工运输水泥砂浆时，应避免泄漏，泄漏水泥砂浆应及时清理。

②混凝土养护废水。混凝土养护可以直接用薄膜或塑料溶液喷刷在混凝土表面，待溶液挥发后，与混凝土表面结合成一层塑料薄膜，使混凝土与空气隔离，封闭混凝土中水分不再蒸发外逸，水泥依靠混凝土中水分完成水化作用。其多余废水经沉淀处理后循环使用。

③机械和车辆冲洗废水。主要为含油废水，应尽量要求施工机械和车辆到附近专门清洗点或修理点进行清洗和修理，小部分在项目区内进行清洗的施工机械、车辆所产生的含油废水不得随意弃置和倾流。机械保养冲洗水、含油污水不得随意排放，经隔油沉淀池处理达标后用于场区或周边洒水降尘。

综上所述，在采取合理的防治措施后，项目在施工期间不会对周围地表水环境造成水污染等问题。

（三）固体废物

本项目施工期固体废物主要为施工产生的弃土、建筑垃圾以及施工人员生活垃圾。

1、施工弃土

根据现场踏勘，拟建场地基本为平地，本项目土方开挖量较小，挖填方基本平衡，本项目土石方用于项目区域植被绿化覆土等，故本项目不存在弃土弃石。本项目不设置取土场和排土场。在开挖土石方时，遇降雨容易形成水土流失。因此，要求在进行开挖土石方作业时，一是在堆放场地周围设置排水沟及沉淀池，二是在雨季不进行开挖作业或只进行小规模作业，尽可能减少堆放土形成水土流失现象，三是优化项目设计和内部结构，尽量减少弃土弃渣，四是在临时堆土堆放时间超过 24 小时，需覆盖篷布等。采取上述措施，减少临时堆土场水土流失。

在堆放和调配土石方时，项目方应采取以下措施：

①开挖出的土石方应加强围栏，表面用毡布覆盖，对项目运入的土石方在运输过程中必须严格要求，不能随意倾倒土方，不致造成尘土洒落、飘溢的现象；

②应控制土石方临时堆放场占地面积和堆放量，并在土石方临时堆放场地周围设

置导流明渠；

③施工单位必须办《建筑垃圾处置许可证》，严禁无证开挖；各类运输车辆应根据其实际负载情况清运渣土，不得超载；运输车辆出场前一律清洗轮胎，用毡布覆盖并封闭，避免在运输过程中的抛洒情况。

2、建筑垃圾

在进行主体工程和装饰工程时会产生废弃钢材、木材弃料和建材包装袋等建筑垃圾。施工单位在施工现场设置建筑废弃物临时堆场（树立标示牌）并进行防雨、防泄漏处理。施工产生的废料首先应考虑回收利用，对钢筋、钢板、木材等下角料可分类回收，交废物收购站处理；对不能回收的建筑垃圾，如混凝土废料、含砖、石、砂的杂土等应集中堆放，定时清运到巴中市指定建筑垃圾处置地点。为确保废弃物处置措施有效落实，建设单位在与建筑垃圾清运公司签订清运合同时，应要求建筑垃圾清运公司提供废弃物去向的证明材料，严禁随意倾倒、填埋，造成二次污染。

装修垃圾一般有废砖头、砂、水泥及木屑等。施工单位用编织袋包装后运出室外，放在指定地点，由环卫部门统一清运处理，严禁倾弃置于城建、规划部门非指定堆放点。

装修过程产生的废油漆包装桶、废漆料等危险废物，应设置单独的收集点进行收集，集中储存，并交由有资质单位进行处理。危险废物收集点做好防雨、防渗、防漏措施。其余装修垃圾可委托专业的清运公司清运到建筑垃圾堆放场。

为了避免施工期所产生的固体废物对外界环境产生影响，本评价分别从渣土运输和其他固体废物处置两个方面提出必要的管理要求和防治措施。

①项目施工过程中产生的渣土须由相应运输企业资质，运营手续合法、齐全的公司承担，保证将弃土运至政府部门指定的弃土场；

②运输渣土车辆必须符合道路运输安全及交通和交警部门的准运要求，必须经过加盖密闭改装，经市质量技术监督部门检查合格，且蓬盖开合有效、无破损；

③渣土运输车辆必须服从统一调度，按照有关部门的要求和指定路线、时间、方式清运，尽可能避开居民集中区、学校、医院等对声环境质量要求较高的区域；

④渣土运输过程中不得出现超载、撒漏、不到指定地点清运等现象；

⑤弃土车进出施工现场均应冲洗车辆轮胎，并严禁运渣车辆冒顶装载；

⑥极端天气情况下严禁进行弃土运输作业。

3、生活垃圾

施工期施工人员产生的生活垃圾将是固废的另一主要来源。施工人员约 100 人，生活垃圾按 0.5kg/人·日计，产生量约为 50kg/d。施工人员每日产生的生活垃圾应经过袋装收集后，由环卫部门统一运送到垃圾处理场集中处理。

做到定点堆放、合理收集处置，确保不对环境造成二次污染。

（四）噪声

1、排放源

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声，不同施工阶段和不同施工机械发出的噪声水平是不同的，且有大量设备交互作业，因此施工作业噪声将会对本项目内外环境带来一定的影响。根据施工量，按经验计算各施工阶段的昼夜的主要噪声源及场界噪声和建筑施工场界噪声限值标准见下表。

表 11-1 机械噪声源强一览表

施工阶段	运输内容	车辆类型	声源强度[dB(A)]
主体阶段	基础工程、建筑弃渣、弃土外运等	挖掘机、推土机、大型载重车	84~95
底板与结构阶段	钢筋、混凝土等	混凝土罐车、载重车	80~85
装修安装阶段	各种装修材料机必备设备	轻型载重卡车	75~80

为了降低施工噪声的影响，施工单位应采取如下措施：

①结合施工场地周边环境敏感情况，严格落实国家及地方有关环境噪声污染防治管理办法的各项要求，创造良好的施工环境，做到文明施工。

②合理安排作业时间：施工方应合理安排施工时间，高噪声施工作业应尽量避免在休息期间进行。将倾倒卵石料、打桩等强噪声作业尽量安排在白天非午休时间进行，禁止夜间(22:00~6:00)施工，若工艺要求夜间必须进行连续作业的强噪声施工，根据《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，建设单位必须有县级以上人民政府或者其有关主管部门的证明，在取得夜间施工许可证后应进行公示，方可进行。

③合理设计施工总平面图，将木工房、钢筋加工间等大部分产生高噪声的作业点合理的布局，以有效利用施工场区的距离衰减作用减少对周围环境敏感点的影响。

④严格遵守地方发布的中高考禁噪要求，在中、高考前 15 日内，禁止从事噪声超过国家规定标准的建筑施工等经营活动（抢修、抢险作业除外）；中、高考期间禁止施工。

⑤尽量采用先进的施工机械和技术，选用低噪声作业机具，降低噪声源。同时在

高噪声设备源外围或项目建设边界修建施工围墙，施工场地周边临时施工围挡尽量采取实体围墙围挡，以阻隔噪声传播。

⑥使用商品混凝土，避免搅拌机和砂石料下料、进料时噪声的影响。商混输送泵地面铺设木板，四周打围进行作业。

⑦材料装卸采用人工传递，装卸、搬运钢管、模板等严禁抛掷；木工房使用前应完全封闭。

⑧文明施工：最大限度地降低人为噪声，不要采取噪声较大的钢模板作业方式；指挥塔吊时尽量使用信号旗，避免使用哨子等；在操作中尽量避免敲打砼导管；搬卸物品应轻放，施工工具不要乱扔、远扔；运输车辆进出施工现场控制或禁止鸣喇叭，减少交通噪声。

⑨施工区的施工管理由专人负责，并设定专门负责人定期对该区的施工噪声污染防治措施以及环保管理进行检查和核实，严格按照国家、地方的施工噪声防治和管理规范中的相关规程要求进行治理，尽量减少施工噪声对外环境的影响程度。

综上所述，项目施工期对周边声学环境影响在昼间较小，夜间较大。因此在随后的施工中，建设单位必须严格执行本环评提出的对施工期噪声的治理措施要求，在保证实现施工场界噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准限值要求的前提下，可使施工噪声影响降至可接受程度。

(五) 生态环境

项目基础开挖，施工过程中造成场地内土质结构松散，易被雨水冲刷造成水土流失，项目方施工期要配套建设中的水土保持措施。施工时采取修建临时挡土墙、排水沟、覆盖塑料布等措施，可有效防止水土流失。施工结束后应立即恢复植被，加大植树种草工作，实行绿色覆盖，减少硬覆盖。

项目方在进行地下室的施工过程中应注意区域地下水层的高度，谨防对地下水造成不良影响。同时，项目方应尽快进行植被恢复，防治水土流失。项目施工期要做好相应水土保持措施，则施工期水土流失量很小，对生态环境不会产生明显影响。

综上所述，本项目在施工过程中，由于施工点规模不大，且大量物料外购，对周围环境的影响较小。待施工完全结束后，施工期大气、水、噪声污染将消失，建筑垃圾、装修废料等可得到合理的处理处置，不会造成二次污染。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置的安装和调试均在机机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

（一）放疗科-医用电子直线加速器项目

巴中市中心医院拟在南坝院区核医学科楼负一层放疗科新建的 2 座医用电子直线加速器机房内配备 2 台医用电子直线加速器，型号未定，其 X 射线能量均 $\leq 15\text{MV}$ ；电子线能量均 $\leq 20\text{MeV}$ ；射线最大出射角： 28° ；1m 处输出剂量率： 15MV 时最高剂量率为 600cGy/min 。

医院本次新建的 2 座医用电子直线加速器机房呈南北对称布置，防护一致，2#机房北侧为走廊，有人员居留，1#机房南侧为土层无人员居留，故选取医用电子直线加速器 2#机房进行辐射影响分析。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，在本项目医用电子直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在医用电子直线加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。

本项目 2#医用电子直线加速器机房的关注点设定如图 11-1。

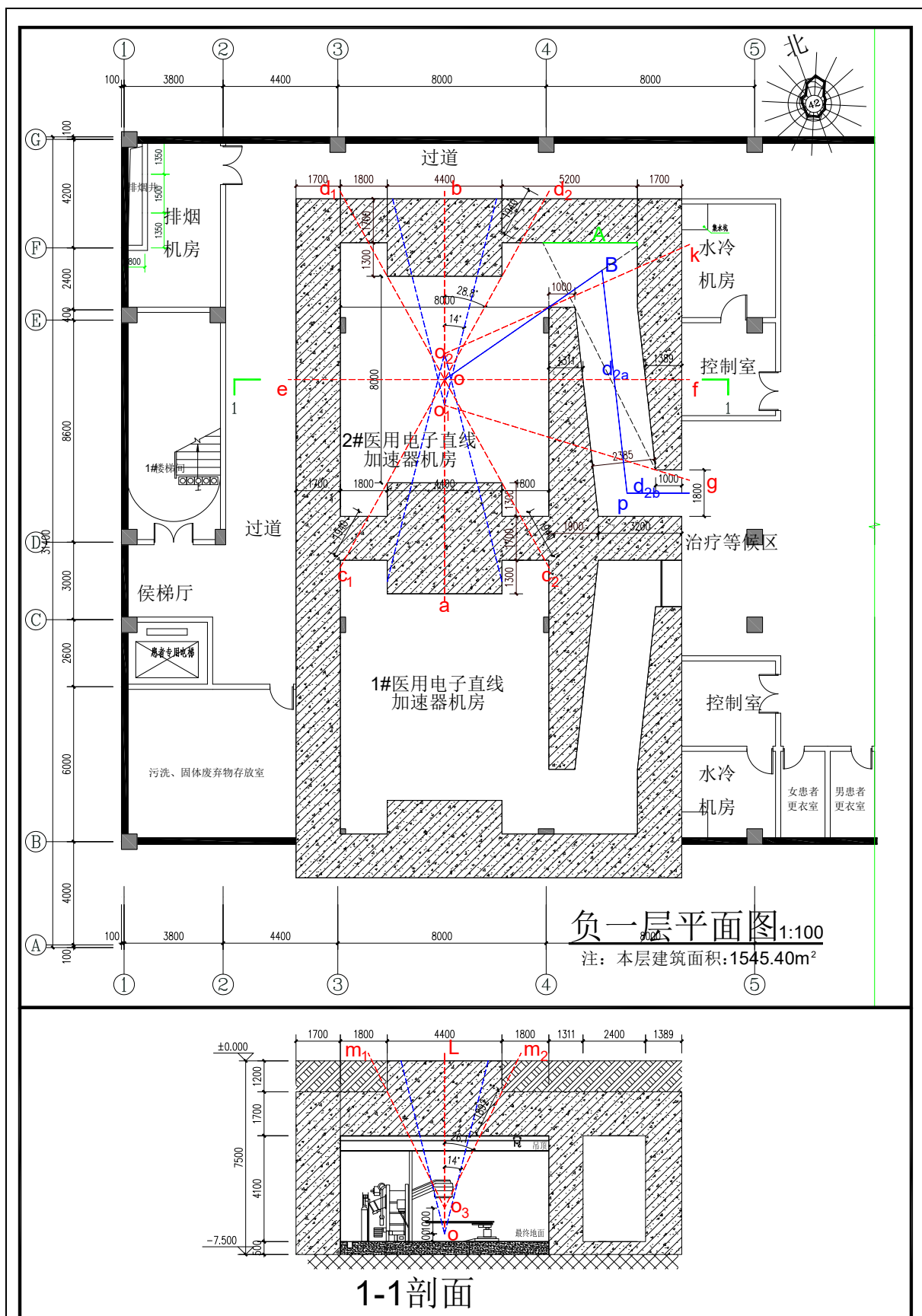


图 11-1 医用电子直线加速器机房关注点布置图

1、各关注点剂量率参考水平

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）4.1 和 4.2 和附录 A 内容，本项目机房各关注点剂量率参考水平按下式进行计算：

a) 单一有用线束：

$$\dot{H}_{c, d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots \dots \dots \text{式 11-1}$$

式中： $\dot{H}_{c, d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_c —周剂量率参考控制水平，职业人员取 $5000\mu\text{Sv/a}$ ，公众取 $100\mu\text{Sv/a}$ ；

t —治疗装置年工作时间，本项目取 250h ；

U —有用线束向关注位置的方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子。

b) 单一泄漏辐射：

$$\dot{H}_{c, d} = H_c / (N \cdot t \cdot T) \dots \dots \dots \text{式 11-2}$$

式中： $\dot{H}_{c, d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_c —周剂量率参考控制水平，职业人员取 $5000\mu\text{Sv/a}$ ，公众取 $100\mu\text{Sv/a}$ ；

N —调强治疗时用于泄露辐射的调强因子，通常取 $N=5$ ；

t —治疗装置年工作时间，本项目取 250h ；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子。

根据式 11-1， 本项目 2#机房各关注点剂量率参考水平，详见表 11-2。

表 11-2 本项目 2#机房各关注点剂量率参考水平一览表

关注点	居留因子	受照类型	$\dot{H}_{c, d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点最高剂量率参考水平 ^① ($\mu\text{Sv/h}$)	本项目剂量率参考控制水平 ^② ($\mu\text{Sv/h}$)
<i>a</i>	1/2	公众照射	3.2	2.5	2.5
<i>b</i>	1/5	公众照射	8.0	10	2.5
<i>l</i>	1/2	公众照射	3.2	2.5	2.5
<i>c₁</i>	1/2	公众照射	0.16	2.5	0.16
<i>c₂</i>	1/2	公众照射	0.16	2.5	0.16
<i>d₁</i>	1/5	公众照射	0.4	10	0.4
<i>d₂</i>	1/5	公众照射	0.4	10	0.4

m_1	1/2	公众照射	0.16	2.5	0.16
m_2	1/2	公众照射	0.16	2.5	0.16
e	1/5	公众照射	0.4	10	0.4
f	1	职业照射	4.0	2.5	2.5
k	1/5	职业照射	20.0	10	2.5
g	1/8	公众照射	0.64	10	0.64

注：①本项目取 GBZ/T201.2-2011 中 4.2.1 给出关注点最高剂量率参考水平 $H_{c, max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ （人员居留因子 $\geq 1/2$ 场所）和 $H_{c, max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ （人员居留因子 $< 1/2$ 场所）；

②保守取其剂量率参考控制水平为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2、医用电子直线加速器机房屏蔽体厚度校核

(1) 有用线束主屏蔽区宽度核算

使用《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）的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度。

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan\theta + 0.3] \cdots \cdots \text{公式 11-3}$$

式中， Y_p ——机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

SAD ——源轴距，m；

θ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线）；

a ——等中心点至“墙”的距离，m。当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

根据图 11-1，将各参数代入公式 11-3 得出本项目的主屏蔽宽度核算结果并评价如下表：

表 11-3 主屏蔽区域宽度设计评价表

参数	取值		
	南墙主屏蔽	北墙主屏蔽	屋顶主屏蔽
a (m)	5.30	5.30	4.10
SAD (m)	1	1	1
θ (°)	14	14	14
计算宽度 Y_p (m)	3.74	3.74	3.34
实际宽度 (m)	4.40	4.40	4.40
评价	满足	满足	满足

(2) 医用电子直线加速器机房屏蔽体厚度校核

①主屏蔽区厚度校核

利用 GBZ/201.2-2011 的相关公式对主屏蔽区、迷道外墙、迷道内墙进行厚度核算。屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按下式进行计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \cdot \frac{R^2}{f} \cdots \cdots \text{公式 11-4}$$

$$X_e = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \cdots \cdots \text{公式 11-5}$$

$$X = X_e \cdot \cos \theta \cdots \cdots \text{公式 11-6}$$

式中： B ——屏蔽透射因子；

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

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R ——靶点至参考点的距离，m，本项目参考点为相应屏蔽体外 30cm；

f ——对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，0.1%。

X ——设计屏蔽厚度，cm；

θ ——斜射角。

TVL_l (cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 TVL_l 时， $TVL_l = TVL$ 。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。

表 11-4 主屏蔽区域宽度设计评价表

参数	南墙主屏蔽 (a 点)	北墙主屏蔽 (b 点)	屋顶主屏蔽 (l 点)
$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5
R (m)	9.6	8.3	7.0
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
f	1	1	1
B	6.40×10^{-7}	4.78×10^{-7}	3.40×10^{-7}
TVL_l	44	44	44
TVL	41	41	41
X_e	256.9	262.1	268.2
斜射角 θ	0	0	0
计算厚度 X (cm)	256.9	262.1	268.2
实际厚度 (cm)	430	300	290
是否满足要求	满足	满足	满足

②侧屏蔽墙厚度校核

泄漏辐射：估算方法类似主屏蔽区。 TVL_l 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，分别为 $TVL_l=35\text{cm}$ ， $TVL=31\text{cm}$ 。计算参数和计算结果见表 11-5。

表 11-5 侧屏蔽区域厚度设计评价表

参数	西侧屏蔽墙（e 点）	东侧屏蔽墙（f 点）
$\dot{H}_c$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	0.4	2.5
R （m）	6.0	9.4
$\dot{H}_0$ （ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ）	3.6×10^8	3.6×10^8
f	0.001	0.001
B	4.00×10^{-5}	6.14×10^{-4}
TVL_l	36	36
TVL	33	33
X_e	148.1	109.0
斜射角 θ	0	0
计算厚度 X （cm）	148.1	109.0
实际厚度（cm）	170	270
是否满足要求	满足	满足

③与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011，对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)} \dots\dots \text{公式 11-7}$$

式中， $\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $3.6\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

α_{ph} ——患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子。根据散射线能量和考察点斜射角，查 GBZ/T 201.2-2011 表 B.2。本项目按 10MV 取值，保守取 3.18×10^{-3} 。

F ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ，本项目为 $40\text{cm}\times 40\text{cm}=1600\text{cm}^2$ 。

R ——患者（位于等中心点）至关注点的距离，m。

表 11-6 与主屏蔽区相连的次屏蔽区、侧屏蔽墙漏射辐射屏蔽厚度核算

参数	南墙次屏蔽 (c_1 、 c_2 点)	北墙次屏蔽 (d_1 、 d_2 点)	屋顶次屏蔽 (m_1 、 m_2 点)
$\dot{H}_c$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	0.16	0.4	0.16

R (m)	8.3	8.3	6.67
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
f	0.001	0.001	0.001
B	3.06×10^{-5}	7.65×10^{-5}	1.98×10^{-5}
TVL_l	36	36	36
TVL	33	33	33
X_e	152	138.8	158.2
斜射角 θ	28.8	28.8	26.1
计算厚度 X (cm)	133.2	121.7	142.1
实际厚度 (cm)	170	170	170
是否满足要求	满足	满足	满足

表 11-7 与主屏蔽区相连的次屏蔽区散射辐射屏蔽厚度核算

参数	南墙次屏蔽 (c_1 、 c_2 点)	北墙次屏蔽 (d_1 、 d_2 点)	屋顶次屏蔽 (m_1 、 m_2 点)
$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	1.25	1.25	1.25
R (m)	8.3	8.3	6.67
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
α_{ph}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}
F	40×40	40×40	40×40
B	1.88×10^{-5}	1.88×10^{-5}	1.21×10^{-5}
TVL_l (cm)	31	31	31
TVL (cm)	31	31	31
X_e (cm)	146.5	146.5	152.4
斜射角 θ	28.8	28.8	26.1
计算厚度 X (cm)	128.4	128.4	136.8
实际厚度 (cm)	170	170	170
是否满足要求	满足	满足	满足

④迷道内墙屏蔽设计核算 (g 点)

计算模式及参数选取:

医用电子直线加速器靶点位于 O_l 时, g 点辐射剂量率最大, 泄漏辐射起决定性作用 (泄漏辐射: 估算方法类似主屏蔽区)。混凝土的 TVL_l 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_l=36\text{cm}$, $TVL=33\text{cm}$ 。迷道内、外墙屏蔽区厚度核算见表 11-8。

表 11-8 迷道内墙屏蔽区厚度核算

参数	迷道内墙 (g 点)
$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.50
R (m)	9.52
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8

f	0.001
B	1.26×10^{-4}
TVL_I (cm)	36
TVL (cm)	33
X_e (cm)	131.7
斜射角 θ	17.1
计算厚度 X (cm)	125.9
实际厚度 (cm)	161.4
是否满足要求	满足

小结：经过对机房主屏蔽体宽度校核，主屏蔽区、侧屏蔽墙、和迷道外墙厚度校核，与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度校核显示，本项目四周墙体厚度、迷道厚度和顶部厚度均满足要求。

(3) 医用电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

①主屏蔽屏蔽效果预测（ a 点、 b 点和 l 点）

射线路径（射线类型）： $O_2 \rightarrow a$ （主射线）， $O_l \rightarrow b$ （主射线）， $O_3 \rightarrow l$ （主射线）。使用 GBZ/T201.2-2011 的相关公式计算有用线束主屏蔽核算，在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先计算有效厚度 X_e (cm)，估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_I)/TVL} \quad \dots\dots \text{公式 11-8}$$

式中， TVL_I (cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 TVL_I 时， $TVL_I = TVL$ 。可根据加速器 X 射线能量查 GBZ/T 201.2-2011 的附录 B 表 B.1。

本项目中， a 点、 b 点、 l 点相应厚度主屏蔽的 B 值核算见表 11-9。

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \cdot f \cdot B / R^2 \quad \dots\dots \text{公式 11-9}$$

式中， $\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

R ——靶点至参考点的距离，m，本项目参考点为相应屏蔽体外 30cm；

f ——对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，0.1%。

将各参数代入模式计算，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)，辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-9。

表 11-9 主屏蔽区外参考点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	南墙主屏蔽 (<i>a</i> 点)	北墙主屏蔽 (<i>b</i> 点)	屋顶主屏蔽 (<i>l</i> 点)
X (cm)	430 砵	300 砵	290 砵
X_e (cm)	430 砵	300 砵	290 砵
TVL (cm)	44	44	44
TVL_l (cm)	41	41	41
B	3.85×10^{-11}	5.70×10^{-8}	1.00×10^{-7}
R (m)	9.6	8.3	7.0
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
f	1	1	1
H ($\mu\text{Sv/h}$)	1.50×10^{-4}	0.298	0.735
$\dot{H}_e$ ($\mu\text{Sv/h}$) 剂量率参考 控制水平	2.5	2.5	2.5
评价结果	满足	满足	满足

②侧屏蔽墙屏蔽效果预测 (*e* 点、*f* 点)

射线路径 (射线类型): $O \rightarrow e$ (泄漏射线), $O \rightarrow f$ (泄漏射线)。

泄漏辐射: 估算方法类似主屏蔽区。 TVL_l 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_l=35\text{cm}$, $TVL=31\text{cm}$ 。*e* 点、*f* 点辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-10。

表 11-10 侧屏蔽泄漏射线辐射率计算参数和计算结果

参数	西侧屏蔽墙 (<i>e</i> 点)	东侧屏蔽墙 (<i>f</i> 点)
X (cm)	170 砵	270 砵
X_e (cm)	170 砵	270 砵
TVL (cm)	36	36
TVL_l (cm)	33	33
B	8.7×10^{-6}	8.11×10^{-9}
R (m)	6.0	9.4
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8	3.6×10^8
f	0.001	0.001
$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	0.087	3.30×10^{-5}
$\dot{H}_e$ ($\mu\text{Sv/h}$) 剂量率参考控制水平	0.4	2.5
评价结果	满足	满足

注: X_e 由图纸中直接测量所得。

③与主屏蔽区相连的次屏蔽区的屏蔽效果预测 (*c*₁ 点、*c*₂ 点、*d*₁ 点、*d*₂ 点及 *m*₁ 点、*m*₂ 点)

A: 射线路径 (射线类型): $O_2 \rightarrow O \rightarrow c_1$ (散射射线), $O_1 \rightarrow O \rightarrow d_1$ (散射射线), $O_1 \rightarrow O \rightarrow d_2$ (散射射线), $O_3 \rightarrow O \rightarrow m_1$ (散射射线), $O_3 \rightarrow O \rightarrow m_2$ (散射射线)。

$O \rightarrow c_1$ （泄漏射线）， $O \rightarrow d_1$ （泄漏射线）， $O \rightarrow d_2$ （泄漏射线）， $O \rightarrow m_1$ （泄漏射线）， $O \rightarrow m_2$ （泄漏射线）。

对于位置 c_1 点、 d_1 点、 d_2 点和 m_1 点、 m_2 点，考虑泄漏辐射和散射辐射的复合作用。

B：泄漏辐射计算

泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。 $f=0.001$ （泄漏辐射比率，根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）要求，对于 M 区域外泄漏辐射（不包括中子），吸收剂量平均值与最大吸收剂量的比值不应超过 0.1%）， TVL_l 和 TVL 保守取附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值，分别为 $TVL_l=36\text{cm}$ ， $TVL=33\text{cm}$ 。

C：散射辐射屏蔽计算

在给定的屏蔽物质厚度 X （cm）时，首先计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度 X_e （cm），估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B_s （其中患者散射辐射在混凝土中的什值层，查表 B.4 知，对于 15MV 射线，当散射角 30° 时，患者散射辐射在混凝土中什值层为 31cm），再按照公式 8 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots \dots \text{公式 11-10}$$

式中：

$\dot{H}_0$ ：加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目为 $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

α_{ph} ：患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子。查 GBZ/T 201.2-2011 表 B.2。本项目按 10MV 取值，取 3.18×10^{-3} 。

F ：治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ，本项目为 $40\text{cm} \times 40\text{cm} = 1600\text{cm}^2$ 。

R_s ：患者（位于等中心点）至关注点的距离，m。

叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_e$ 相比，判断机房屏蔽设计是否满足标准要求，计算结果见表 11-11。

表 11-11 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数		南墙次屏蔽 (c_1 、 c_2 点)	北墙次屏蔽 (d_1 、 d_2 点)	屋顶次屏蔽 (m_1 、 m_2 点)
X (cm)		170 砵	170 砵	170 砵
X_e (cm)		194.0 砵	194.0 砵	189.3 砵
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)		3.6×10^8	3.6×10^8	3.6×10^8
泄漏辐射	TVL_I (cm)	36	36	36
	TVL (cm)	33	33	33
	B	1.63×10^{-6}	1.63×10^{-6}	2.26×10^{-6}
	R (m)	8.3	8.3	6.67
	f	0.001	0.001	0.001
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.009	0.009	0.018
散射辐射	TVL_I (cm)	31	31	31
	TVL (cm)	31	31	31
	R_s (m)	8.3	8.3	6.67
	α_{ph}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}	3.18×10^{-3}
	B	5.52×10^{-7}	5.52×10^{-7}	7.82×10^{-7}
	F	1600	1600	1600
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.037	0.037	0.081
$\dot{H}$ 泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		0.046	0.046	0.099
$\dot{H}_e$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) (剂量率参考控制水平)		0.16	0.4	0.16
评价		满足	满足	满足

5、迷道外墙屏蔽效果预测 (k 点)

(1) 射线路径 (射线类型): $O_2 \rightarrow k$ (为有用线束不向迷道内墙照射模型下的泄漏射线)。

(2) 计算模式及参数选择:

本项目有用线束不向迷道内墙照射, k 点的屏蔽厚度应考虑下列情况:

医用直线加速器靶点位于 O_2 时, k 点辐射剂量率最大, 泄漏辐射起决定性作用, O_2 至 k 的泄漏辐射的斜射角较小, 核算方法同 e 点。混凝土的 TVL_I 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_I=36\text{cm}$, $TVL=33\text{cm}$ 。

(3) 预测计算结果:

k 点辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-12。

表 11-12 迷道外墙屏蔽区外参考点辐射率计算参数和计算结果

参数	迷道外墙 (k 点)
X (cm)	170 砵

X_e (cm)	186.4 砵
TVL_I (cm)	36
TVL (cm)	33
B	2.77×10^{-6}
R (m)	10.3
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	3.60×10^8
f	0.001
$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	0.009
$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$) 剂量率参考控制水平	$2.5 \mu\text{Sv/h}$
评价	满足

④迷道内墙屏蔽设计核算 (g 点)

A: 射线路径 (射线类型): $O_I \rightarrow g$ (泄漏射线)。

B: 计算模式及参数选择:

g 点泄漏辐射剂量核算方法同 e 点。

O_I 至 g 点的距离 $R=9.83\text{m}$, 取泄漏因子 $f=0.001$, TVL_I 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值, 分别为 $TVL_I=36\text{cm}$, $TVL=33\text{cm}$ 。

C: 预测计算结果

表 11-13 穿过迷路内墙在 g 点的泄露辐射剂量率估算值

参数	机房入口处 (g 点)
X (cm)	161.4 砵
X_e (cm)	168.9 砵
TVL_I	36
TVL	33
B	9.39×10^{-6}
R (m)	9.52
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	3.6×10^8
f	0.001
$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	0.037
$\dot{H}_e$ (剂量率参考控制水平)	$0.5 \mu\text{Sv/h}$
评价	满足

注: X_e 由图纸中直接测量所得。

7、机房入口防护门屏蔽核算

本项目配置的医用电子直线加速器 X 射线最大为 15MV, 且有用线束不向迷路照射, 根据 GBZ/T201.2-2011, 对于 $>10\text{MV}$ 的医用电子直线加速器机房迷路散射辐射需要估算下列各项:

(1) 总中子注量 Φ_B

迷路的中子散射路径为“o→B→P→g”。B 点是从等中心点与迷路内墙端的连线和迷路长轴中心线之间的交点。在 B 点的总中子注量 Φ_B 按照公式 11-11 计算。

$$\Phi_B = \frac{Q_n}{4\pi d_1^2} + \frac{5.4Q_n}{2\pi S} + \frac{1.26Q_n}{2\pi S} \dots \dots \text{公式 11-11}$$

式中三项分别是加速器机头外的杂散中子、杂散中子在治疗室内壁的散射中子及所形成的热中子。

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

Q_n —在等中心处每 1Gy 治疗照射时射出加速器机头的总中子数，根据 NCRP No.151 中表 B.9 中列出的参数，本项目 Q_n 按照 18MV 医科达型加速器保守取 0.46×10^{12} （中子数/m²）/Gy；

d_1 —等中心点 o 至 B 点的距离，m；

S —治疗机房的总内表面积（m²），包括四壁墙、顶面和底面，不包括迷路内各面积。上式用于铅屏蔽加速器机头。对于钨屏蔽的加速器机头，公式 11-7 的第一项和第二项均乘以衰减因子 0.85。

在 B 点的总中子注量 Φ_B 计算结果见表 11-14。

表 11-14 总中子注量核算值

参数	取值
Q_n （中子数/Gy）	0.46×10^{12}
d_1 （m）	7.37
S （m ² ）	310
Φ_B （（中子数/m ² ）/Gy）	2.25×10^9

(2) 机房入口的中子俘获 γ 射线的剂量率 $\dot{H}_\gamma$

机房内及迷路中的中子在与屏蔽物质作用时产生中子俘获 γ 射线，机房入口门外 30cm（g）处无防护门时的中子俘获 γ 射线的剂量率 $\dot{H}_\gamma$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按公式 11-12 计算。

$$\dot{H}_\gamma = 6.9 \times 10^{-16} \cdot \Phi_B \cdot 10^{-d_2/TVD} \cdot \dot{H}_0 \dots \dots \text{公式 11-12}$$

式中： 6.9×10^{-16} —该方法中的经验因子，Sv/（中子数/m²）；

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

d_2 —B 点至机房入口（g）点的距离，m；

TVD —将 γ 辐射剂量减至其十分之一的距离（称为什值距离），对于 15MV 加速器为 3.9m；

$\dot{H}_0$ —等中心点处治疗 X 射线剂量率，本项目为 $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

对于二阶迷路，公式 11-8 中以二阶迷路 d_{2a} 和 d_{2b} 之和代替 d_2 ，并且 $\dot{H}_\gamma$ 为公式 11-8 的 1/3。

机房入口门外 30cm (g) 处无防护门时的中子俘获 γ 射线的剂量率 $\dot{H}_\gamma$ 计算结果见表 11-15。

表 11-15 机房入口门外 30cm (g) 处无防护门时的中子俘获 γ 射线的剂量率核算值

参数	取值
Φ_B ((中子数/ m^2) /Gy)	2.25×10^9
d_{2a} (m)	8.68
d_{2b} (m)	2.1
TVD (m)	3.9
$\dot{H}_\gamma$ ($\mu\text{Sv/h}$)	0.32

(3) 机房入口的中子剂量率 $\dot{H}_n$

机房内的中子经迷路散射后在机房入口门外 30cm (g) 处无防护门时的剂量率 $\dot{H}_n$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 11-13 计算。

$$\dot{H}_n = 2.4 \times 10^{-15} \cdot \Phi_B \cdot \sqrt{\frac{S_0}{S_1}} \cdot [1.64 \times 10^{-(d_2/1.9)} + 10^{-(d_2/T_n)}] \cdot \dot{H}_0 \cdots \cdots \text{公式 11-13}$$

式中： 2.4×10^{-15} —该计算方法中的经验因子， $\text{Sv}/(\text{中子数}/\text{m}^2)$ ；

S_0 —迷路内口的面积， m^2 ；

S_1 —迷路横截面积， m^2 ；

d_2 —B 点至机房入口 (g) 点的距离，m；

T_n —迷路中能量相对高的中子剂量组分公式 11-13 方括号中的第二项衰减至十分之一行经的距离 (m)，称为什值距离。 T_n 是一个经验值，与迷路横截面积有关， T_n 按公式 11-14 计算：

$$T_n = 2.06 \sqrt{S_1} \cdots \cdots \text{公式 11-14}$$

机房内的中子经迷路散射后在机房入口门外 30cm (g) 处无防护门时的剂量率 $\dot{H}_n$ 计算结果见表 11-16。

表 11-16 中子经迷路散射后在机房入口门外 30cm (g) 处无防护门时的剂量率核算值

参数	取值
Φ_B ((中子数/ m^2) /Gy)	2.07×10^9
S_0 (m^2)	10.25
S_1 (m^2)	9.78

d_{2a} (m)	8.68
d_{2b} (m)	2.1
T_n (m)	6.44
$\dot{H}_n$ (μSv/h)	42.2

(4) 入口防护门屏蔽

入口门屏蔽设计时，通常使中子和中子俘获 γ 射线屏蔽后有相同的辐射剂量率，对于中子俘获 γ 射线，以铅屏蔽；对于中子，以含硼（5%）聚乙烯板屏蔽。

本项目防护门屏蔽设计为含硼（5%）聚乙烯板 200mm，铅板 15mm，门外表面包裹有一定厚度的结构钢板。当给定防护门屏蔽厚度 X_γ 和 X_n 时，防护门外的辐射剂量率 $\dot{H}$ (μSv/h) 按公式 11-15 计算。

$$\dot{H} = \dot{H}_\gamma \cdot 10^{-(X_\gamma/TVL_\gamma)} + \dot{H}_n \cdot 10^{-(X_n/TVL_n)} + \dot{H}_{og} \cdot B_{og} \cdots \cdots \text{公式 11-15}$$

式中： B_{og} —防护门对 $\dot{H}_{og}$ 的屏蔽透射因子，在 $\dot{H}_{og}$ 相对 g 处的总剂量率较小时，可以忽略 $\dot{H}_{og} \cdot B_{og}$ 项。

本项目中， $\dot{H}_{og}$ 为 0.037μSv/h， $\dot{H}_\gamma$ 为 0.75μSv/h， $\dot{H}_n$ 为 50.2μSv/h， $\dot{H}_{og}$ 相对 g 处的总剂量率较小，可以忽略 $\dot{H}_{og} \cdot B_{og}$ 项。

入口处中子和中子俘获 γ 射线的能量均不是单一能量， TVL_γ 和 TVL_n 参见附录 C。因本项目中子屏蔽层为 200mm 含硼（5%）聚乙烯板，根据 GBZ/T201.2 中附录 C 知，对于入口处平均能量为 0.1MeV 的中子，含硼（5%）聚乙烯板 TVL_n 为 45mm；对于入口处中子俘获 γ 射线，GBZ/T201.2 中附录 C 认为平均能量为 3.6MeV，铅的 TVL_γ 取值 31mm。

防护门外的辐射剂量率计算结果见表 11-17。

表 11-17 防护门外的辐射剂量率核算值

参数	取值
$\dot{H}_\gamma$ (μSv/h)	0.32
X_γ (mm)	15
TVL_γ (mm)	31
$\dot{H}_n$ (μSv/h)	42.2
X_n (mm)	200
TVL_n (mm)	45
$\dot{H}$ (μSv/h)	0.020
$\dot{H}_c$ (μSv/h) 剂量率参考控制水平	2.5
评价	满足

8、预测计算结果汇总及评价

综上所述，2#医用电子直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-18。

表 11-18 2#医用电子直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

参考点	剂量率估算值 (μSv/h)	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	结论
东墙侧屏蔽 (f 点)	3.30×10^{-5}	2.5	满足
南墙主屏蔽 (a 点)	1.50×10^{-4}	2.5	满足
南墙次屏蔽 (c ₁ 、c ₂ 点)	0.045	0.16	满足
西墙侧屏蔽 (e 点)	0.087	0.4	满足
北墙主屏蔽 (b 点)	0.298	2.5	满足
北墙次屏蔽 (d ₁ 、d ₂ 点)	0.045	0.4	满足
屋顶主屏蔽 (l 点)	0.735	2.5	满足
屋顶次屏蔽 (m ₁ 、m ₂ 点)	0.099	0.16	满足
迷路外墙 (k 点)	0.009	2.5	满足
迷路入口防护门 (g 点)	0.020	0.64	满足

由表 11-18 可知，医用电子直线加速器机房屏蔽设计能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2021）“在加速器迷宫门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处人员可达位置的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的限值要求。

考察点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行估算，计算结果见表 11-19。

$$D_{Eff} = \dot{K}_\alpha \cdot t \cdot T \cdot U \cdots \cdots \text{公式 11-16}$$

上式中： D_{Eff} —考察点人员有效剂量（Sv）；

$\dot{K}_\alpha$ —考察点的辐射剂量率（Sv/h）；

t —考察点处受照时间（h）；

T —居留因子，全部居留 $T=1$ ，部分居留 $T=1/4$ ，偶尔居留 $T=1/16$ ；

U —使用因子。

将表 11-18 医用电子直线加速器机房外各典型参考点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-16，根据医院预测的诊疗需要，本项目医用直线加速器机房投入使用后，预计每天接诊病人不超过 40 人次，每位病人出束治疗时间不超过 1.5min，年工作 250d，则单台医用电子直线加速器年出束运行时间约 250h，考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表 11-19。

表 11-19 2#医用电子直线加速器机房周围人员年有效剂量

参考点	参考点所在场所	居留因子 T	使用因子 U	剂量率估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	人员可达处年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	结论
东墙侧屏蔽 (f 点)	控制室	1	1	3.30×10^{-5}	$4 \times 10^{-6}^{②}$	5.0	满足
南墙主屏蔽 (a 点)	2#机房	1/2	1/4	1.50×10^{-4}	4.6×10^{-6}	0.10	满足
北墙主屏蔽 (b 点)	过道	1/5	1/4	0.298	0.004	0.10	满足
屋顶主屏蔽 (l 点)	室外空地	1/2	1/4	0.735	0.022	0.10	满足
西墙侧屏蔽 (e 点)	过道	1/5	1	0.087	$0.021^{②}$	0.10	满足
迷路外墙 (k 点)	水冷机房	1/5	1	0.009	$0.002^{②}$	0.10	满足
迷路入口防护门 (g 点)	准备厅	1/8	1	0.020	$0.003^{②}$	0.10	满足

注：①居留因子取值见 GBZ121-2021 附录 A；

②考虑 15MV 时的调强治疗，调强因子 N 取 5。

由于本项目的 2 座医用电子直线加速器呈南北镜像设计，准备厅处为 2 座机房防护门重叠处，因此需考虑准备厅处公众所受有效剂量的叠加影响。本项目保守按照迷路入口防护门外人员可达处年有效剂量的 2 倍进行估算，则准备厅处公众所受年有效剂量为 $0.003 \times 2 = 0.006 \text{mSv/a}$ 。

根据上述结果分析知，医院医用电子直线加速器投入运行后，医用电子直线加速器机房辐射工作人员有效剂量 0.002mSv ，周围公众年有效剂量最高为 0.0098mSv ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众年有效剂量不超过 0.1mSv ）。

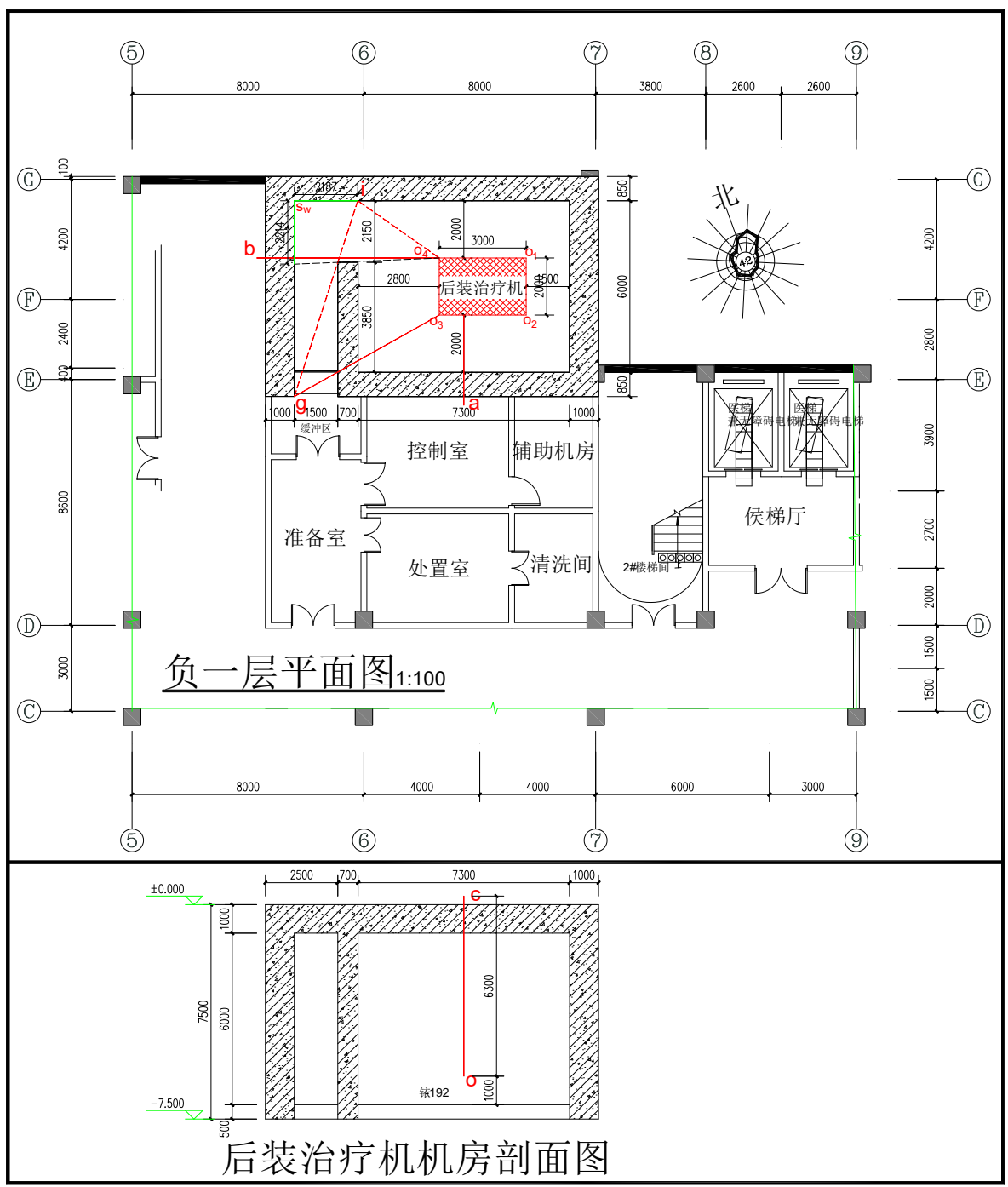
9、对院内外保护目标的环境影响分析

由于项目四周环境保护目标距机房墙体相对较远（远大于表面 0.3m ），故本项目敏感点处公众所受的辐射剂量将小于表 11-20 中的理论计算值。

表 11-20 本项目对保护目标的影响分析

位置	参考点位	居留因子	距离 (m)	照射类型	年剂量 (mSv/a)	备注
核医学科楼二、三层公众	1	1	12	公众照射	0.015	核医学科楼

北侧重庆啤酒集团巴中有限责任公司	<i>I</i>	1	30	公众照射	0.002	院外
注：不考虑土层及其他屏蔽 由表 11-20 可知，医院医用电子直线加速器机房周边环境保护目标处的公众所受年最大剂量均低于 0.1mSv/a 的评价约束值。 （二）放疗科-后装治疗机项目 1、后装治疗机机房屏蔽设计分析 本项目后装治疗机治疗时，假设放射源全部被输送至施源器，则辐射环境影响预测时保守将其视为点源来预测计算机房治疗室屏蔽防护能力。因本项目暂未确定后装治疗机的安装位置，保守估算取后装治疗机距离各屏蔽墙 2m 处进行计算，辐射屏蔽防护及估算点位示意图见图 11-2（预测点位取墙体或者防护门外 30cm 处）。 ^{192}Ir 放射源虽有 β、γ 两种辐射，但 β 射线在空气中的射程较短，经放射源的内包鞘和治疗机的相关设施屏蔽后，在环境辐射方面已无影响，故本次环评中重点分析 ^{192}Ir 产生的 γ 射线的环境影响问题。 根据医院提供资料，医院预计每年使用本项目后装治疗机治疗约 1500 例，平均每位患者治疗时间约 6min，年治疗照射时间约 150h/a；医生对患者进行摆位的时间约为 2min/人。						



1、各关注点剂量率参考水平

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分： γ 射线放射源治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）4.1 和附录 A 内容，本项目机房内各关注点剂量率参考水平按公式 11-1 进行计算。

根据公式 11-1， 本项目后装治疗机机房各关注点剂量率参考水平，详见表 11-21。

表 11-21 本项目后装治疗机机房各关注点剂量率参考水平一览表

关注点	居留因子	受照类型	$\dot{H}_{c, d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点最高剂量率参考水平 ^① ($\mu\text{Sv/h}$)	本项目剂量率参考控制水平 ^② ($\mu\text{Sv/h}$)
<i>a</i>	1	职业照射	33.3	2.5	2.5
<i>b</i>	1/5	公众照射	3.33	2.5	2.5
<i>c</i>	1/2	公众照射	1.33	2.5	1.33
<i>g</i>	1/8	公众照射	5.33	2.5	2.5

注：①本项目取 GBZ/T201.3-2014 中给出关注点最高剂量率参考水平 $H_{c, max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ （人员居留因子 $\geq 1/2$ 场所）和 $H_{c, max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ （人员居留因子 $< 1/2$ 场所）；

②保守取其剂量率参考控制水平为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

3、后装治疗机机房屏蔽体厚度校核

（1）后装治疗机房墙体辐射防护设计核算

依据《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），屏蔽所需要的屏蔽透射因子 *B* 按公式 11-4、公式 11-5、公式 11-6 及公式 11-17 进行计算。

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \dots \dots \text{公式 11-17}$$

式中：*A*—放射源的活度，单位为 MBq；

K_γ —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比释动能的近似，单位记为 $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ，查自（GBZ/T201.3-2014）附录 C，本项目 ^{192}Ir 的空气比释动能率常数取 $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；

表 11-22 后装治疗机房辐射屏蔽设计评价表

参数	南墙（ <i>a</i> 点）	西墙（ <i>b</i> 点）	顶部（ <i>c</i> 点）
$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	1.33
<i>R</i> (m)	3.15	6.3	6.3
<i>A</i> (MBq)	3.7×10^5	3.7×10^5	3.7×10^5
K_γ ($\mu\text{Sv/h} \cdot \text{MBq}$)	0.111		
$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv/h}$)	4.11×10^4		
<i>f</i>	1	1	1
<i>B</i>	6.04×10^{-4}	2.42×10^{-3}	1.29×10^{-3}
<i>TVL_I</i> (mm)	152	152	152
<i>TVL</i> (mm)	152	152	152
<i>X_e</i> (mm)	489.3	397.8	439.4
斜射角 θ	0	0	0
计算厚度 <i>X</i> (mm)	489.3	397.8	439.4
实际厚度 (mm)	850	1000	1000
是否满足要求	满足	满足	满足

由表 11-22 计算结果可知，本项目后装治疗机房墙体辐射防护厚度均满足要求。

(2) 关注点产生的剂量估算

①后装治疗机房外关注点产生的剂量估算

依据《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），相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率按公式 11-8、公式 11-9 进行计算：

表 11-23 后装治疗机机房外参考点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	南墙（a 点）	西墙（b 点）	顶部（c 点）	防护门外（g 点）
X （mm）	850	1000	1000	700
X_e （mm）	850	1000	1000	805
TVL_l （mm）	152	152	152	152
TVL （mm）	152	152	152	152
B	2.56×10^{-6}	2.64×10^{-7}	2.64×10^{-7}	5.06×10^{-6}
R （m）	3.15	6.3	6.3	5.75
A （MBq）	3.7×10^5	3.7×10^5	3.7×10^5	3.7×10^5
K_r （μSv/h·MBq）	0.111			
$\dot{H}_0$ （μSv/h）	4.11×10^4			
f	1	1	1	0.001
$\dot{H}$ （μSv/h）	0.011	2.73×10^{-4}	2.73×10^{-4}	6.28×10^{-6}
$\dot{H}_c$ （μSv/h） 剂量率参考控制水平	2.5	2.5	1.33	2.5
评价结果	满足	满足	满足	满足

注： X_e 由图纸中直接测量所得。

②机房入口防护门屏蔽核算

入口 g 处的散射辐射剂量采用《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）中公式计算：

$$H_s = \frac{A \cdot K_\gamma \cdot S_w \cdot a_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \dots\dots \text{公式 11-18}$$

式中： A —放射源的活度，单位为 MBq；本项目 ^{192}Ir 放射源活度 A 为 $3.7 \times 10^5 \text{ MBq}$ ；

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

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视见的墙区面积，单位为平方米（ m^2 ）；

a_w ：散射体的散射因子，本项目取 3.39×10^{-2} ；（取值参考《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）表 C.4。

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）。

表 11-24 后装治疗机房入口 g 点处辐射剂量率计算结果

参数	机房入口处 (g 点)
A (MBq)	3.7×10^5
K_r ($\mu\text{Sv/h} \cdot \text{MBq}$)	0.111
S_w (m^2)	26.34
a_w (散射体的散射因子)	3.39×10^{-2}
R_1	3.45m
R_2	7.18m
g 点剂量率 (估算值)	$59.7 \mu\text{Sv/h}$

后装治疗机房迷道设有铅当量为 10mm 的防护门, 保守取 ^{192}Ir 产生的 γ 射线经过散射后至迷道入口 g 处的能量约为 0.2MeV, 铅中的 TVL 值为 5.0mm。入口门外的总辐射剂量率按公式 11-19 计算, 入口门外辐射量率计算参数和计算结果见表 11-25。

$$\dot{H} = \dot{H}_{\text{散}} \cdot 10^{-\left(\frac{X}{\text{TVL}}\right)} + \dot{H}_{\text{og}} \dots \dots \text{公式 11-19}$$

式中 $\dot{H}_{\text{散}}$ 是 g 处的散射辐射剂量率, $\dot{H}_{\text{泄}}$ 是 g 处的泄漏辐射剂量率;

X —防护门铅屏蔽厚度, cm;

TVL —辐射在铅中的什值层, cm, 取 0.5cm

表 11-25 入口门外的总辐射剂量率计算参数和计算结果

参数		g 点
$\dot{H}_{\text{散}}$		59.7μSv/h
X		10mm 铅
TVL		5mm
$\dot{H}_{\text{og}}$		7.61×10 ⁻³ μSv/h
入口门外关注点总辐射剂量 $\dot{H}$	估算值	0.598μSv/h
	控制值	2.5μSv/h
	评价结果	满足

④预测计算汇总及评价

根据医院提供资料, 医院预计每年使用本项目后装治疗机治疗约 1500 例, 平均每位患者治疗时间约 6min, 年治疗照射时间约 150h/a; 医生对患者进行摆位的时间约为 2min/人。综上所述, 后装治疗机机房墙、顶、门外理论估算结果由公式 11-16 进行估算, 汇总结果见表 11-26。

表 11-26 后装治疗机机房周围人员年有效剂量

参考点	参考点所在场所	居留因子 T	使用因子 U	剂量率估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	人员可达处年有效剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	结论
南墙 (a 点)	控制室	1	1	0.011	0.002	5.0	满足
西墙 (b 点)	过道	1/5	1	2.73×10^{-4}	8×10^{-6}	0.10	满足

屋顶 (c 点)	核医学科	1/2	1	2.73×10^{-4}	8×10^{-5}	0.10	满足
迷路入口防护门 (g 点)	准备室	1/8	1	6.28×10^{-6}	1×10^{-7}	0.10	满足

注：①居留因子取值见 GBZ121-2021 附录 A；

由表 11-26 结果可知，该后装治疗机投入运行后，后装治疗机治疗室工作人员年有效剂量为 0.002mSv，周围公众年有效剂量最大为 8×10^{-5} mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

（3）后装治疗机非工作状态下（给病员摆位时）对辐射工作人员影响

在进行治疗前，辐射工作人员将病员推入后装治疗室，并在机房内做治疗前的准备，在后装治疗机机房内停留时间约为 2min，此时后装治疗机处于非工作状态，放射源处于贮源位置，辐射工作人员一般距放射源大于 1m 左右的位置（保守按照 1m 估算），按照医院每年约有 1500 人接受该项目治疗。

根据《后装 γ 源近距离治疗放射防护要求》（GBZ121-2017）要求：“工作贮源器内装载最大容许活度的放射源时，距离贮源器 100cm 处的球面上，任何一点因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 $5\mu\text{Gy/h}$ ”，据此，可估算出辐射工作人员在推送病员进入机房做治疗前准备过程中接受的年有效剂量为 0.25mSv/a，后装治疗项目共配备有 4 名辐射工作人员，后装治疗机房内辐射工作人员年有效剂量由辐射工作人员轮班平均承担，则每名辐射工作人员所受的年有效剂量均小于 0.25mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv）。

（4）保护目标的环境影响分析

由于项目四周环境保护目标距机房墙体相对较远（远大于表面 0.3m），故本项目敏感点处公众所受的辐射剂量将小于表 11-27 中的理论计算值。

表 11-27 本项目对保护目标的影响分析

位置	参考点位	居留因子	距离 (m)	照射类型	年剂量 (mSv/a)	备注
核医学科楼二、三层公众	c	1	12	公众照射	小于 0.001	核医学科楼
北侧重庆啤酒集团巴中有限责任公司	c	1	30	公众照射	小于 0.001	院外

注：不考虑土层及其他屏蔽

由表 11-27 可知，医院后装治疗机机房周边环境保护目标处的公众所受年最大剂

量均低于 0.1mSv/a 的评价约束值。

（三）放疗科-模拟定位机项目

本项目模拟定位机机房实体屏蔽防护设计与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 X 射线设备机房屏蔽防护要求对照分析见表 11-28。

表 11-28 模拟定位机机房屏蔽防护设计一览表

参数	设计厚度	铅当量	屏蔽要求	评价
四侧墙体	东、西、北墙为 370mm 实心砖墙；	3mm	2.5 mmPb	满足
	南墙为 250mm 厚混凝土	3mm		
防护门	3mm 铅	3mm		满足
观察窗	3mm 铅当量	3mm		满足
楼顶	300mm 厚混凝土	3.5mm		满足
机房面积	64m ² ，单边最短长度 8m		机房最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长 4.5m	满足

由上表对照结果可知，本项目模拟定位机实体屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，机房实体屏蔽设计合理。

（四）核医学科-⁸⁹Sr 治疗骨转移项目

巴中市中心医院拟于本次新建的核医学科内使用放射性同位素 ⁸⁹Sr 开展骨转移治疗。放射性同位素 ⁸⁹Sr 特性一览表见表 11-29。

表 11-29 放射性核素特性一览表

核素种类	主要衰变方式	主要 β 粒子能量（MeV）	主要 γ 射线能量（MeV）
⁸⁹ Sr	β ⁻ （100%）	1.495	/

β 射线的穿透性能较差，根据《辐射防护手册 第三分册》（原子能出版社），其在 Z 较高的物质中的射程可用如下经验公式估算：

$$R = \frac{1}{2} E_{max} \cdots \cdots \text{公式 11-20}$$

$$d = \frac{R}{\rho} \cdots \cdots \text{公式 11-21}$$

其中：

R ——β 粒子的最大射程，单位 g/cm²；

E_{max} ——β 粒子的最大能量，单位 MeV；

ρ ——材料的密度，单位 g/cm³；

d ——防护厚度，单位 cm。

计算的主要参数及结果见表 11-30。

表 11-30 β 射线最大射程计算参数及结果

核素	E_{β} (MeV)	屏蔽材料	ρ 材料密度 (g/cm ³)	R 最大射程 (g/cm ²)	d 防护厚度 (cm)
⁹⁰ Sr	0.546	空气	0.0012	0.273	227.5
		有机玻璃	1.18	0.273	0.231
		混凝土	2.30	0.273	0.119
		铅	11.1	0.273	0.025

由上表可知，在核素操作过程中，在穿戴好防护用品后，基本可以消除 β 射线对辐射工作人员及周围公众的辐射影响。

但是， β 射线可与物质相互作用从而产生轫致辐射，物质的原子序数越高，所产生的轫致辐射越强。

根据《辐射剂量学》（田志恒编）轫致辐射的剂量率为：

$$D_a = \frac{4.58 \times 10^{-14} \cdot A \cdot Z \cdot \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \cdot (\mu_{en}/\rho)}{K} \dots\dots \text{公式 11-22}$$

其中：

A —— 放射性活度，单位 Bq；

Z —— 吸收 β 射线的屏蔽材料的原子序数；

E_b —— 轫致辐射的平均能量，单位 MeV；

r —— 预测点与辐射源的距离，单位 m；

(μ_{en}/ρ) —— 轫致辐射的质量能量吸收系数，单位 m²/kg；

K —— 减弱因子；

D_a —— 空气吸收剂量率，单位 Gy/h。

由公式 11-22 计算其所致剂量率，主要计算参数及计算结果见表 11-31。

表 11-31 核素产生轫致辐射剂量率

核素	活度 (Bq)	有效原子序数	E_b (MeV)	距离 (m)	μ_{en}/ρ (m ² /kg)	剂量率 (μ Gy/h)
⁹⁰ Sr	7.40×10^8	6.6 (有机玻璃)	0.1958	1	2.498×10^{-3}	<0.001

注：质量能量吸收系数取自《辐射防护导论》方杰主编；

减弱因子取自《辐射防护手册》第三分册表 2-12。

由估算结果可知，距屏蔽层 1m 处轫致辐射剂量率均低于 0.001 μ Gy/h。

（五）核医学科-甲吸及甲亢治疗项目

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中第 1.2 款 ^{99m}Tc 诊断、¹³¹I

治疗、PET 等工作场所的屏蔽计算，保守起见，所有核素（如 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{18}F 等）工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_P \times r^2}\right) \dots\dots\dots (\text{I.1})$$

式中：x —屏蔽厚度（mm）；

TVL— γ 射线的十分之一值层厚度（mm）；

A —单个患者或者受检者所用放射源的最大活度（MBq）；

Γ —距源 1m 处的周围剂量当量率常数（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ ）；

$\dot{H}_P$ —屏蔽体外关注点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R —放射源到考察点的距离（m）。

由公式 I.1 推导可得：

$$\dot{H}_P = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10^{\left(-\frac{x}{TVL}\right)} \dots\dots\dots \text{公式 11-23}$$

由《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）查出铅、混凝土和实心砖对 ^{131}I 什值层见表 11-32。

表 11-32 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素名称	^{131}I
铅什值层厚度 TVL（ $\rho=11.3\text{g/cm}^3$ ）	11mm
砼什值层厚度 TVL（ $\rho=2.35\text{g/cm}^3$ ）	170mm
实心砖什值层厚度 TVL（ $\rho=1.65\text{g/cm}^3$ ）	240mm

再采用公式 11-16 计算参考点人员的有效剂量。

根据本项目的工程分析可知，甲状腺吸碘率测定的患者在口服药物后进入甲吸室进行相关测定，测定过程按照 5min 估算，测定结束后随即离开工作场所。甲亢患者在口服药物后进行甲亢留观室，留观约 10min，随后离开工作场所，以上过程对核素诊断与治疗工作场所的工作人员及室外公众产生外照射辐射影响。

根据公式 11-23 可估算出项目周围各参考点处的辐射水平，预测结果见表 11-33。

表 11-33 理论估算结果汇总

甲功测定				
关注点		距离（m）	屏蔽材料	剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
服药间 （源强：0.37MBq）	东墙外 30cm 处	1.8	370mm 实心砖	<0.001
	西墙外 30cm 处	1.8	370mm 实心砖	<0.001
	顶部 30cm 处	3.8	400mm 混凝土	<0.001

甲吸室 (源强: 0.37MBq)	东墙外 30cm 处	3.3	370mm 实心砖	<0.001
	西墙外 30cm 处	3.3	370mm 实心砖	<0.001
	顶部 30cm 处	4.8	300mm 混凝土	<0.001

甲亢治疗				
关注点		距离 (m)	屏蔽材料	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
服药间 (源强: 370MBq)	东墙外 30cm 处	1.8	370mm 实心砖	0.195
	西墙外 30cm 处	1.8	370mm 实心砖	0.195
	顶部 30cm 处	3.8	300mm 混凝土	0.016
甲亢留观室 (源强: 740MBq)	东墙外 30cm 处	3.2	370mm 实心砖	0.124
	西墙外 30cm 处	3.2	370mm 实心砖	0.124
	顶部 30cm 处	3.8	200mm 混凝土	0.127

由上表估算结果可知, 服药间、甲吸室和甲亢留观室关注点剂量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 该区域防护屏蔽能够满足标准要求。

(六) 核医学科-SPECT/CT 显像诊断项目

根据本项目的工程分析可知, SPECT/CT 核素诊断项目辐射影响主要包括护士分装、取药和活度测量(保守按照 2min 估算)、药物注射(保守按照 1min 估算)、病人候诊(等候约 20min, 本项目不开展心肌灌注)和病人扫描(扫描过程约 20min) 4 个过程, 主要对核医学科工作人员及室外公众产生外照射辐射影响。

根据公式 11-23 可估算出项目周围各参考点处的辐射水平, 由《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 查出铅、混凝土和实心砖对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 什值层见表 11-34。

表 11-34 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素名称	$^{99\text{m}}\text{Tc}$
铅什值层厚度 TVL ($\rho=11.3\text{g/cm}^3$)	1mm
砼什值层厚度 TVL ($\rho=2.35\text{g/cm}^3$)	110mm
实心砖什值层厚度 TVL ($\rho=1.65\text{g/cm}^3$)	160mm

各参考点位置见图 11-3, 预测结果见表 11-35。

从表 11-35 中的理论估算结果可以看出，由于有 5mm 铅当量手套箱屏蔽， ^{99m}Tc 药物取药过程中对取药操作人员的躯干辐射影响较小，但由于需要用手操作，手部剂量较高。 ^{99m}Tc 药物针剂外设有铅套、同时操作中工作人员穿戴铅防护服，药物操作过程中对注射室内环境辐射影响较小。 ^{99m}Tc 药物在操作过程中及病人在显像过程中对注射室、候诊区及 SPECT/CT 机房外的环境影响较小，注射室、候诊区及机房的防护设计均能够满足 ^{99m}Tc 核素的辐射防护要求，项目对核医学科周围环境辐射影响较小，均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

保护目标的有效剂量估算

SPECT/CT 使用 ^{99m}Tc 核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为取药、注射过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，药物取药过程约 2 分钟，送至注射窗口、注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。

根据表 11-35 的各关注点处辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，并参照公式 11-16，即可得到各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量，见表 11-36。

表 11-36 使用 ^{99m}Tc 显像扫描时工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算

点 位	关注点位置	关注点辐射水 平 ($\mu\text{Sv/h}$)	关注对象	居留 因子	受照时间 (min)	有效剂量 (mSv)	目标管理限 值 (mSv)
1	手套箱外表面 5cm	0.075	工作人员	1	取药 $2\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.019	5.0
2	注射位	<0.001	工作人员	1	注射 $1\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	5.0
3	注射室东墙外表面 30cm	0.007	工作人员	1/4	注射 $1\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	5.0
4	注射室东防护门外表面 30cm	<0.001	工作人员	1/4	注射 $1\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	5.0
8	注射室顶部外表面 30cm	<0.001	公众	1	注射 $1\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	0.10
9	注射室下方距地面 1m	0.001	公众	1/4	注射 $1\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	0.10
10	入口缓冲区处防护门外表面 30cm	<0.001	公众	1/16	等候 $1\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	0.10
12	SPECT/CT 注射后等候室南墙外表面 30cm	0.068	公众	1/4	等候 $20\text{min} \times 6 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.009	0.10
16	SPECT/CT 注射后等候室顶部外表面 30cm	0.002	公众	1	等候 $20\text{min} \times 6 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.001	0.10
17	SPECT/CT 注射后等候室下方距地面 1m	0.004	公众	1/4	等候 $20\text{min} \times 6 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	0.10
21	SPECT/CT 机房西墙外表面 30cm	0.005	工作人员	1	扫描 $20\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.012	5.0
22	操作位	<0.001	工作人员	1	扫描 $20\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	5.0
23	SPECT/CT 机房西防护门外表面 30cm	<0.001	工作人员	1/4	扫描 $20\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	5.0
24	SPECT/CT 机房北墙外表面 30cm	0.006	公众	1/4	扫描 $20\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.004	0.10
26	SPECT/CT 机房顶部表面 30cm	<0.001	公众	1	扫描 $20\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.001	0.10
27	SPECT/CT 机房下方距地面 1m	0.001	公众	1/4	扫描 $20\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	<0.001	0.10
28	摆位	0.071	工作人员	1	摆位 $1\text{min} \times 30 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.044	5.0

30	留观室南墙外表面 30cm	0.027	公众	1/4	留观 10min×15×250d	0.004	0.10
34	留观室顶部外表面 30cm	0.001	公众	1	留观 10min×15×250d	<0.001	0.10
35	留观室下方距地面 1m	0.001	公众	1/4	留观 10min×15×250d	<0.001	0.10
36	出口缓冲区防护门外表面 30cm	<0.001	公众	1/16	等候 1min×30 次×250d	<0.001	0.10

本项目核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为注射过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。根据医院预测，项目运行后预计年门诊量约为 7500 人次，由表 11-36 计算结果可知，辐射工作人员在摆位时所受的年有效剂量较大，因项目在理论估算时是按照一名辐射工作人员进行摆位工作的工况进行的。

综上，则注射过程中人员受到的年有效剂量小于 0.019mSv，摆位过程中及扫描过程中受到的年有效剂量约为 0.044mSv，均能够满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv 的限值要求。根据估算结果核素诊断过程中，周围公众（控制区外）年有效剂量最大为 0.009mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求：公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

射线装置环境影响分析

巴中市中心医院本次新建的 SPECT/CT 机房辐射防护设计见表 11-37。

表 11-37 巴中市中心医院核医学科 SPECT/CT 机房辐射防护设计一览表

类别	参数	设计厚度	铅当量	屏蔽及面积要求	评价
PET/CT 机房	墙体	370mm 实心砖	3.5mmPb	CT 机房（不含头颅移动 CT）、CT 模拟定位机房：有用线束方向铅当量 2.5mmPb，非有用线束方向铅当量 2.5mmPb。	满足
	防护大门	5mm 铅当量	5mmPb		
	防护小门	5mm 铅当量	5mmPb		
	观察窗	5mm 铅当量	5mmPb		
	屋顶	400mm 混凝土	3.5mmPb		
	机房面积	60.8m ² ，单边最短长度 7.6m		机房最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长 4.5m	满足

由上表可知 SPECT/CT 系统 CT 部分为 III 类医用射线装置，机房墙体、门、窗、顶棚的防护厚度均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求，以上标准中机房屏蔽厚度参数是以机房外人员受照剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量要求而设定的，而本项目机房设计方案各项防护参数均大于标准要求，由此偏保守推测，设备正常运行时对机房外环境的影响可满足本项目评价标准要求。

本项目辐射工作人员所受 CT 的年有效剂量（X 射线贡献）将淹没在 ^{99m}Tc 药物的影响内，考虑叠加 ^{99m}Tc 药物的影响后，辐射工作人员所受总的年有效剂量亦低于

0.044 mSv，故本项目工作人员所受辐射年附加有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求，也低于本评价提出的5.0mSv/a的年管理剂量约束值。

（七）核医学科-PET/CT 显像诊断项目

根据本项目的工程分析可知，PET/CT 核素诊断项目辐射影响主要包括护士分装、取药和活度测量（保守按照 2min 估算）、药物注射（保守按照 1min 估算）、病人候诊（等候约 20min，本项目不开展心肌灌注）和病人扫描（扫描过程约 20min）4 个过程，主要对核医学科工作人员及室外公众产生外照射辐射影响。

根据公式 11-23 可估算出项目周围各参考点处的辐射水平，由《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）查出铅、混凝土和实心砖对 ^{18}F 什值层见表 11-38。

表 11-38 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素名称	^{18}F
铅什值层厚度 TVL ($\rho=11.3\text{g/cm}^3$)	16.6mm
砼什值层厚度 TVL ($\rho=2.35\text{g/cm}^3$)	176mm
实心砖什值层厚度 TVL ($\rho=1.65\text{g/cm}^3$)	263mm

各参考点位置见图 11-4，预测结果见表 11-39。

图 11-4 核医学科开展 ^{18}F 显像诊断时估算点位示意图

表 11-39 理论估算结果汇总

点 位	参考点位置	源强 (Bq)	距离 (m)	屏蔽材料及厚度	透射比	参考点辐射水 平 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
1	手套箱外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	0.3	65mmPb	0.0001	1.071	手套箱 65mmPb
2	注射位	$10 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	45mmPb	0.0019	0.412	注射针套 为 5mmPb 注射窗为 40mmPb
3	注射室东墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	4	370mm 实心砖	0.0392	0.130	
4	注射室东防护门外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	4	10mmPb	0.2498	0.826	
5	注射室南墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.4	370mm 实心砖	0.0392	0.360	
6	注射室西防护门外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	4	10mmPb	0.2498	0.826	
7	注射室北墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	4.7	370mm 实心砖	0.0392	0.094	
8	注射室顶部外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0053	0.020	
9	注射室下方距地面 1m	$10 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0197	0.019	
10	入口缓冲区处防护门外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.5	15mmPb	0.1248	0.680	/
11	PET/CT 注射后等候室东墙外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0392	0.757	假设 3 人 同时候诊
12	PET/CT 注射后等候室南墙外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	5	200mm 混凝土	0.0731	0.298	
13	PET/CT 注射后等候室西墙外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0392	0.757	
14	PET/CT 注射后等候室防护门外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	5	10mmPb	0.2498	1.020	
15	PET/CT 注射后等候室北墙外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	5	370mm 实心砖	0.0392	0.160	
16	PET/CT 注射后等候室顶部外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0053	0.038	

17	PET/CT 注射后等候室下方距地面 1m	$30 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0197	0.036	
18	PET/CT 机房东防护门外表面 30cm	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	4.4	370mm 实心砖	0.2498	0.387	/
19	操作位	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	4.4	370mm 实心砖	0.2498	0.387	/
20	PET/CT 机房东墙外表面 30cm	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	4.4	10mmPb	0.0392	0.061	/
21	PET/CT 机房南墙外表面 30cm	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	4.8	370mm 实心砖	0.0392	0.051	/
22	PET/CT 机房患者进出门外表面 30cm	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	4.8	10mmPb	0.2498	0.325	/
23	PET/CT 机房西防护门外表面 30cm	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	4.4	10mmPb	0.2498	0.387	/
24	PET/CT 机房西墙外表面 30cm	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	4.4	370mm 实心砖	0.0392	0.061	/
25	PET/CT 机房北墙外表面 30cm	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	4.8	10mmPb	0.0392	0.051	/
26	PET/CT 机房顶部表面 30cm	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0053	0.011	/
27	PET/CT 机房下方距地面 1m	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0197	0.011	/
28	摆位	$8.8 \times 3.70 \times 10^7$	1	5.5mmPb	0.4663	13.968	铅屏风为 5mmPb
29	留观室东墙外表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0392	0.388	假设 2 人 同时留观
30	留观室南墙外表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	5	200mm 混凝土	0.0731	0.153	
31	留观室西墙外表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0392	0.388	
32	留观室防护门表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	5	10mmPb	0.2498	0.524	
33	留观室北墙外表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	5	370mm 实心砖	0.0392	0.082	
34	留观室顶部外表面 30cm	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0053	0.019	
35	留观室下方距地面 1m	$15.4 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0197	0.018	

36	出口缓冲区防护门外表面 30cm	$7.3 \times 3.70 \times 10^7$	4.3	15mmPb	0.1248	0.168	/
----	------------------	-------------------------------	-----	--------	--------	-------	---

从表 11-39 中的理论估算结果可以看出，由于有 65mm 铅当量手套箱屏蔽， ^{18}F 药物取药过程中对取药操作人员的躯干辐射影响较小，但由于需要用手操作，手部剂量较高。 ^{18}F 药物针剂外设有铅套、同时操作中工作人员穿戴铅防护服，药物操作过程中对注射室内环境辐射影响较小。 ^{18}F 药物在操作过程中及病人在显像过程中对注射室、候诊区及 PET/CT 机房外的环境影响较小，注射室、候诊区及机房的防护设计均能够满足 ^{18}F 核素的辐射防护要求，项目对核医学科周围环境辐射影响较小，均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

保护目标的有效剂量估算

PET/CT 使用 ^{18}F 核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为取药、注射过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，药物取药过程约 2 分钟，送至注射窗口、注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。

根据表 11-39 的各关注点处辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，并参照公式 11-16，即可得到各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量，见表 11-40。

表 11-40 使用 ^{18}F 显像扫描时工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算

点 位	关注点位置	关注点辐射水 平 ($\mu\text{Sv/h}$)	关注对象	居留 因子	受照时间 (min)	有效剂量 (mSv)	目标管理限 值 (mSv)
1	手套箱外表面 30cm	1.071	工作人员	1	取药 $2\text{min} \times 15 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.134	5.0
2	注射位	0.412	工作人员	1	注射 $1\text{min} \times 15 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.026	5.0
3	注射室东墙外表面 30cm	0.130	工作人员	1/4	注射 $1\text{min} \times 15 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.002	5.0
4	注射室东防护门外表面 30cm	0.826	工作人员	1/4	注射 $1\text{min} \times 15 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.013	5.0
8	注射室顶部外表面 30cm	0.020	公众	1	注射 $1\text{min} \times 15 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.001	0.10
9	注射室下方距地面 1m	0.019	公众	1/4	注射 $1\text{min} \times 15 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.001	0.10
10	入口缓冲区处防护门外表面 30cm	0.680	公众	1/4	等候 $1\text{min} \times 15 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.011	0.10
12	PET/CT 注射后等候室南墙外表面 30cm	0.298	公众	1/4	等候 $20\text{min} \times 5 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.031	0.10
16	PET/CT 注射后等候室顶部外表面 30cm	0.038	公众	1	等候 $20\text{min} \times 5 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.016	0.10
17	PET/CT 注射后等候室下方距地面 1m	0.036	公众	1/4	等候 $20\text{min} \times 5 \text{ 次} \times 250\text{d}$	0.004	0.10
18	PET/CT 机房东防护门外表面 30cm	0.387	工作人员	1/4	扫描 $20\text{min} \times 15 \times 250\text{d}$	0.121	5.0
19	操作位	0.387	工作人员	1	扫描 $20\text{min} \times 15 \times 250\text{d}$	0.483	5.0
20	PET/CT 机房东墙外表面 30cm	0.061	工作人员	1/4	扫描 $20\text{min} \times 15 \times 250\text{d}$	0.019	5.0
25	PET/CT 机房北墙外表面 30cm	0.051	公众	1/4	扫描 $20\text{min} \times 15 \times 250\text{d}$	0.016	0.10
26	PET/CT 机房顶部表面 30cm	0.011	公众	1	扫描 $20\text{min} \times 15 \times 250\text{d}$	0.014	0.10
27	PET/CT 机房下方距地面 1m	0.011	公众	1/4	扫描 $20\text{min} \times 15 \times 250\text{d}$	0.003	0.10
28	摆位	13.968	工作人员	1	摆位 $1\text{min} \times 15 \times 250\text{d}$	0.873	5.0

30	留观室南墙外表面 30cm	0.153	公众	1/4	留观 10min×8×250d	0.013	0.10
34	留观室顶部外表面 30cm	0.019	公众	1	留观 10min×8×250d	0.006	0.10
35	留观室下方距地面 1m	0.018	公众	1/4	留观 10min×8×250d	0.002	0.10
36	出口缓冲区防护门外表面 30cm	0.168	公众	1/4	等候 1min×15 次×250d	0.003	0.10

本项目核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为注射过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。根据医院预测，项目运行后预计年门诊量约为 3750 人次，由表 11-40 计算结果可知，辐射工作人员在摆位时所受的年有效剂量较大，因项目在理论估算时是按照一名辐射工作人员进行摆位工作的工况进行的。

综上，则注射过程中人员受到的年有效剂量小于 0.160mSv (0.134+0.026)，摆位过程中及扫描过程中受到的年有效剂量约为 1.356mSv (0.483+0.873)，均能够满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv 的限值要求。根据估算结果核素诊断过程中，周围公众（控制区外）年有效剂量最大为 0.031mSv（位于注射后等候室顶部），能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求：公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

射线装置环境影响分析

巴中市中心医院本次新建的 PET/CT 机房辐射防护设计见表 11-41。

表 11-41 巴中市中心医院核医学科 PET/CT 机房辐射防护设计一览表

类别	参数	设计厚度	铅当量	屏蔽及面积要求	评价
PET/CT 机房	墙体	370mm 实心砖	3.5mmPb	CT 机房（不含头颅移动 CT）、CT 模拟定位机房：有用线束方向铅当量 2.5mmPb，非有用线束方向铅当量 2.5mmPb。	满足
	防护大门	5mm 铅当量	5mmPb		
	防护小门	5mm 铅当量	5mmPb		
	观察窗	5mm 铅当量	5mmPb		
	屋顶	400mm 混凝土	3.5mmPb		
	机房面积	59.2m ² ，单边最短长度 7.7m		机房最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长 4.5m	满足

由上表可知 PET/CT 系统 CT 部分为 III 类医用射线装置，机房墙体、门、窗、顶棚的防护厚度均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求，以上标准中机房屏蔽厚度参数是以机房外人员受照剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量要求而设定的，而本项目机房设计方案各项防护参数均大于标准要求，由此偏保守推测，设备正常运行时对机房外环境的影响可满足本项目评价标准要求。

本项目辐射工作人员所受 CT 的年有效剂量（X 射线贡献）将淹没在 ¹⁸F 药物的影响内，考虑叠加 ¹⁸F 药物的影响后，辐射工作人员所受总的年有效剂量亦低于 1.356

mSv，故本项目工作人员所受辐射年附加有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求，也低于本评价提出的 5.0mSv/a 的年管理剂量约束值。

（八）核医学科-甲癌治疗项目

^{131}I 甲癌病人单人最大用药量为 $150 \times 3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ ，工作人员在自动分装控制室内进行 ^{131}I 的分装，分装好后工作人员通过语音控制，病人至给药窗口服药，服药后在病房内住院治疗。根据公式 11-23 可估算出项目周围各参考点处的辐射水平，预测结果见表 11-42、11-43，估算点位见图 11-5。

图 11-5 核医学科甲癌病房估算点位示意图

表 11-42 无屏蔽状态下 ^{131}I 周围空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)

距离 (m)	0.3	0.5	1.0	2.0	3.0
单次注射 ^{131}I $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ (150mCi) 时空气比释动能率	3206	1154.4	288.6	72.1	32

表 11-43 理论估算结果汇总

点位	参考点位置	源强(Bq)	距离 (m)	屏蔽材料及厚度	透射比	参考点辐射水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	自动分装仪操作位	$450 \times 3.70 \times 10^7$	0.3	50mmPb	2.85×10^{-5}	0.313
2	甲癌服药室东墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	5	370mm 实心砖	0.0287	0.379
3	甲癌服药室南墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	1.5	370mm 实心砖+5mmPb 硫酸钡涂料	0.0101	1.481
4	甲癌服药室北墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	1.5	370mm 实心砖+5mmPb 硫酸钡涂料	0.0101	1.481
5	甲癌服药室顶部外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0044	0.101
6	甲癌服药室下方距地面 1m	$150 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0172	0.101
7	入口缓冲区处防护门外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	4.5	15mmPb	0.0433	0.706
8	抢救室 2 防护门外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	15mmPb	0.0433	1.167
9	抢救室 2 东墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	370mm 实心砖	0.0287	0.774
10	抢救室 2 南墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	1.7	370mm 实心砖	0.0101	0.833
11	抢救室 2 西墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	370mm 实心砖	0.0287	0.774
12	抢救室 2 北墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	1.7	370mm 实心砖	0.0287	2.372
13	抢救室 2 顶部外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0044	0.101

14	抢救室 2 下方距地面 1m	$150 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0172	0.101
15	治疗室东墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	370mm 实心砖	0.0287	0.774
16	治疗室南墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0287	1.793
17	治疗室西墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	370mm 实心砖	0.0287	0.218
18	治疗室北墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0287	1.793
19	治疗室防护门外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	15mmPb	0.0433	1.167
20	治疗室顶部外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0044	0.101
21	治疗室下方距地面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0172	0.101
22	甲癌病房 3 东墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0287	1.793
23	甲癌病房 3 防护门外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.9	15mmPb	0.0433	1.700
24	甲癌病房 3 南墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.9	370mm 实心砖	0.0287	1.128
25	甲癌病房 3 西墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0287	1.793
26	甲癌病房 3 北墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.9	300mm 混凝土	0.0172	0.675
27	甲癌病房 3 顶部外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0044	0.101
28	甲癌病房 3 下方距地面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0172	0.101
29	甲癌病房 2 东墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0287	1.793
30	甲癌病房 2 防护门外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.9	15mmPb	0.0433	1.700
31	甲癌病房 2 南墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.9	370mm 实心砖	0.0287	1.128
32	甲癌病房 2 西墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0287	1.793

33	甲癌病房 2 北墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.9	300mm 混凝土	0.0172	0.675
34	甲癌病房 2 顶部外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0044	0.101
35	甲癌病房 2 下方距地面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0172	0.101
36	甲癌病房 1 东墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0287	1.793
37	甲癌病房 1 防护门外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.9	15mmPb	0.0433	1.700
38	甲癌病房 1 南墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.9	370mm 实心砖	0.0287	1.128
39	甲癌病房 1 西墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.3	370mm 实心砖	0.0287	1.793
40	甲癌病房 1 北墙外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	2.9	300mm 混凝土	0.0172	0.675
41	甲癌病房 1 顶部外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	400mm 混凝土	0.0044	0.101
42	甲癌病房 1 下方距地面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	7.5	300mm 混凝土	0.0172	0.101
43	取餐口	$150 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	40mmPb	0.0002	0.305
44	出口缓冲区防护门外表面 30cm	$150 \times 3.70 \times 10^7$	4.5	15mmPb	0.0433	0.706

由表 11-42 的数据可以看出，病人服药后 ^{131}I 药物处于无屏蔽状态，其周围辐射影响比较明显，患者用药后对与其近距离接触者将产生明显的辐射危害，因此加强对服药患者管理是非常必要的。

由表11-43的数据可以看出，甲癌治疗工作场所周围辐射剂量率都小于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，其屏蔽设计基本满足要求。

对服用 ^{131}I 的甲癌患者，甲状腺切除， ^{131}I 进入患者体内后，会随着身体代谢，很快随着尿液、粪便等排出。根据《分化型甲状腺癌患者的 ^{131}I 有效半衰期》（易艳玲等，原子能科学与技术，Vol44，suppl.10，9）报道，甲癌患者的 ^{131}I 平均有效半衰期为 $(14.6\pm 6.5)\text{h}$ ，本评价取最大值21.1h，据此计算甲癌患者服药后的剂量率。患者服药后，距患者不同距离处辐射剂量率预测结果表11-44。

表11-44 患者服药后辐射剂量率预测结果

源强	距患者 距离	辐射剂量率 $\mu\text{Gy/h}$						
		服药当天	1d	2d	4d	7d	10d	24d
150mCi	1m	287.4	130.7	59.4	12.3	1.12	0.11	/

由上表预测值中可以看出，服药后患者对周围辐射环境影响随时间的增加而逐渐减小。甲癌患者服药后初期体外1m处 γ 辐射剂量率为 $287.4\mu\text{Gy/h}$ ，随着时间衰变，服药7天后，患者体外1m处 γ 辐射剂量率为 $1.12\mu\text{Gy/h}$ 。

患者体内携带一定量活度的放射性核素离开医院是允许的，对于核素 ^{131}I ，允许离开医院的核素活度上限为 400MBq （ 10.8mCi ）。本项目甲癌患者，用量高于 10.8mCi ，需要住院治疗，待体内核算 ^{131}I 含量小于 10.8mCi 时，方可允许离开医院。经估算可知，甲癌患者住院三天后，体内核素活度最大为 18.79mCi ，四天后体内核素活度最大为 8.54mCi ，因此甲癌患者一般需住院4天即可达到出院标准（对排泄速度较慢的患者，应适当延长住院时间）。从某种程度上讲，服药患者相当于一个流动的放射源，在一段时间内，对近距离接触的公众可能产生 γ 外照射，并且患者排泄物也会对环境可能产生一定的影响。但是这种影响是暂时的，其影响将随着时间的推移越来越小，因此医院应加强对服药患者管理，向患者及其家属作出口头及书面的住院期间及出院后的防护措施指导，给出辐射防护建议，要求患者在一定时间内避免外出。

工作人员所受剂量评价

根据以上估算，甲癌治疗工作场所工作人员受照剂量最大为 $0.313\mu\text{Sv/h}$ ，每个病人取餐过程最多为1分钟，一日三餐，一年有150个病人，则工作人员所受年附加有

效剂量为小于0.047mSv/a。

公众所受剂量评价

根据以上估算，甲癌治疗工作场所外周围公众受照剂量最大为1.793 μ Sv/h。公众年受照的最大时间为12h，居留因子T取1/4，使用因子U取1，则公众所受年附加有效剂量最大为0.005mSv/a。

综上所述，甲癌治疗工作场所工作人员和公众所受辐射年附加有效剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本评价提出的5.0mSv/a和0.1mSv/a的年管理剂量约束值。

保护目标的环境影响分析

由于项目四周环境保护目标距核医学墙体相对较远（远大于表面0.3m），故本项目敏感点处公众所受的辐射剂量将小于表11-45中的理论计算值。

表 11-45 本项目对保护目标的影响分析

位置	参考点位	居留因子	距离 (m)	照射类型	年剂量 (mSv/a)	备注
北侧重庆啤酒集团巴中有限责任公司	甲癌病房北墙	1	30	公众照射	7.2×10^{-5}	院外

由表11-45可知，医院核医学科工作场所周边环境目标处的公众所受年最大剂量均低于0.1mSv/a的评价约束值。

（九）核医学科-放射性废水管道影响分析

本项目工作场所产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。

工作场所产生的放射性废水通过衰变池自行衰变后排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

核医学科放射性废水经专用管道流入衰变系统，裸露管道外采用0.5mmPb铅皮包覆进行辐射防护，避免含放射性废水流动时造成管道穿行区域的辐射泄漏。

由表11-46可知，裸露的放射性废水专用管道外采用0.5mmPb铅皮包覆进行辐射防护，其对周围公众产生的辐射影响较小。

（十）核医学科-放射性废气影响分析

该工作场所的排风管道连接各病房、抢救室、服药室、取餐间等。场所内的送风

系统送风量为小于排风系统排风量，保证非密封放射性物质工作为负压工作场所。

工作场所产生的废气经由 3 根排风管道排至核医学科楼楼顶。3 根排风管均在排风管道末端均配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。

结果汇总

巴中市中心医院本次新建的放疗科位于核医学科楼负一层西北部，建设 2 座医用电子直线加速器机房和 1 座后装治疗机机房及其配套的辅助用房。拟在本次新建的 2 座医用电子直线加速器机房内配备 2 台医用电子直线加速器，型号未定，X 射线最大能量 $\leq 15\text{MV}$ ，属Ⅱ射线装置；拟在本次新建的后装治疗机机房内配备 1 台后装治疗机，后装治疗机内使用 1 枚 ^{191}Ir 放射源，初始装源活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于Ⅲ类放射源；拟在医用电子直线加速器机房东侧新建 1 座模拟定位机机房，配备 1 台模拟定位机，属Ⅲ类射线装置。

医院本次新建的核医学科位于核医学科楼一层，为乙级非密封放射性物质工作场所，于场所内使用放射性同位素 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 开展核素显像，使用放射性同位素 ^{89}Sr 和 ^{131}I 开展核素诊断与治疗，工作场所的日等效最大操作量为 $2.10 \times 10^9\text{Bq}$ ；PET/CT 校准将使用 3 枚 ^{68}Ge 放射源（活度为 $9.25 \times 10^7\text{Bq} \times 1$ 枚， $4.62 \times 10^7\text{Bq} \times 2$ 枚，属于Ⅴ类放射源），PET/CT 和 SPECT/CT 均属Ⅲ类射线装置。

结合以上理论计算结果，对计算结果进行汇总，详见表 11-50。

表 11-50 理论计算汇总

项目类别	辐射工作人员最大年有效剂量 (mSv/a)	公众最大年有效剂量 (mSv/a)
医用电子直线加速器项目	0.002	0.0098
后装治疗机项目	0.252	8×10^{-5}
SPECT/CT 诊断项目	0.044	0.009
PET/CT 诊断项目	1.356	0.031
甲癌治疗项目	0.047	0.005

二、非辐射环境影响分析

1、废水处理措施依托可行性分析

医院废水经地埋式污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 中的表 2 预处理标准后进行排放。外排进入市政污水管网，并最终经污水处理厂处理后外排。

本项目实施后医院诊疗能力增加，预测年新增诊疗人数不超过 10000 人次。本次

环评按照规划进行计算，本项目日产生废水量约为 0.6m³，本项目废水产生量较小，根据医院污水处理站规划使用情况来看，本项目产生的污水可依托医院的污水处理站处理。

2、一般固体废物和医疗废物

本项目在运营期工作人员及患者陪同家属会产生少量的生活垃圾。

巴中市中心医院建设有垃圾处理站，本项目产生的生活垃圾集中暂存，将由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

且本项目设置有废物间（用于存放放射性废物），工作过程中产生的医疗废物在此暂存，所有放射性废物经衰变后检测符合排放标准后转移至医院医疗废物暂存间，本项目产生医疗废物约 2.5 天转运一次，约 2kg 每次，产生量较小，不会超过医院的医疗废物暂存间的暂存容量。医院产生的医疗废物最终将委托有资质单位进行统一收集、清运和处理。

3、废气

工作场所内其他区域设有机排风装置，排风口直接排放到室外，因室内产生的臭氧氮氧化物较少，所以废气对环境几乎没有影响。

4、噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的多联机室外机为低噪声设备，根据设计院提供的相关参数多联机室外机的噪声源源强声级值约为 60dB(A)，再通过橡胶垫进行减震降噪，降噪效果约 10dB(A)，处理后噪声级约为 50 dB(A)，能够满足相关标准要求。

5、射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照生态环境保护主管部门要求，履行相关报废手续。

事故影响分析

一、事故分级

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

详见表 11-51。

表 11-51 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-52。

表 11-52 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

二、辐射事故识别

（一）医用电子直线加速器项目

1、可能发生的辐射事故

本项目医用电子直线加速器属于II类 X 射线装置，当设备运行时会产生 X 射线，关机时不会产生 X 射线，项目环境风险因子为 X 射线，根据其工作原理分析，考虑可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

①装置在运行时，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射：医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射。

③装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

2、事故工况估算

(1) 装置在运行时，人员误入或滞留机房内

①事故假设

医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射。

②剂量估算

假设考虑滞留人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头外 1m 远处的主射束方向，本项目加速器开机治疗时，距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 6Gy/min。若事故情况下人员在此处停留超过 0.05s，其所受剂量将超过 5mSv。机房内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，人员受照时间保守取 20s，则事故情况下人员在机房内受到的辐射剂量约为 2Sv。

假设考虑误入人员在加速器启动后立即进入迷道中，根据影响分析章节中的结果，迷道内的剂量率约为 235.232 μ Sv/h。迷道内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，受照时间保守取 20s，则事故情况下人员在迷道内受到的辐射剂量约为 1.31 μ Sv，人员受到的影响较小。

③事故后果

在上述事故情景假设条件下，受X射线源误照人员年剂量可能超过GB18871-2002中的剂量限值及本项目确定的剂量管理约束值，属于较大辐射事故。

(2) 维修射线装置时，人员受意外照射

①事故假设

装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

②剂量估算

假设考虑维修人员进行检修时，触动加速器开关，造成维修人员在无屏蔽的情况下处于加速器主射束方向受到误照射，本项目加速器开机治疗时，距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 6Gy/min。本项目机房内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，则事故情况下人员在机房内距加速器不同距离处受到的辐射剂量见表 11-53。

表 11-53 事故工况下检修人员所受剂量估算

与射线装置最近距离 (m)	受照时间 (s)	人员所受剂量 (mSv)
1	0.01	1.0

	0.05	5.0
	10	1000.0
	20	2000.0
2	0.04	1.0
	0.2	5.0
	10	250.0
	20	500.0
3	0.09	1.0
	0.45	5.0
	10	111.1
	20	222.2
4	0.16	1.0
	0.8	5.0
	10	62.5
	20	125.0

③事故后果：在上述事故情景假设条件下，受 X 射线源误照人员年剂量可能超过 GB18871-2002 中的剂量限值及本项目确定的剂量管理约束值，属于较大辐射事故。

3、事故工况辐射影响分析

根据 X 射线机的工作原理可知，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。本项目医用电子直线加速器属于Ⅱ类射线装置，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-54。

表 11-54 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
医用电子直线加速器	X 射线	超剂量照射	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。	较大辐射事故

根据分析，本项目医用电子直线加速器可能发生的事故为较大辐射事故。

（二）后装治疗机项目

1、可能发生的辐射事故

本项目后装治疗机内放射源属于Ⅲ类放射源，当设备运行时会产生 γ 射线，根据其工作原理分析，考虑可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

①由于管理不得位，发生放射源丢失、被盗事件。

②装置在运行时，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射：医务人员或病人

家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；放射源卡源事故造成人员误照射。

③装置在检修、维护、换源等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

2、事故工况估算

(1) 放射源丢失、被盗事件

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条，III类放射源丢失、被盗、失控事件属较大辐射事故。

(2) 放射源误照射事件

①事故假设

装置在运行时，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射；装置在检修、维护、换源等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

②剂量估算

本项目后装治疗机内含 ^{192}Ir 放射源一枚，出厂活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ 。本项目机房内设置有“紧急回源”按钮，只要按下此按钮就可以紧急回源，则事故情况下人员在机房内后装治疗机不同距离处受到的辐射剂量见表 11-55。

表 11-55 事故工况下人员所受剂量估算

与放射源最近距离 (m)	受照时间 (s)	人员所受剂量 (mSv)
0.5 (人员检修)	100	4.56
	110	5.02
	200	9.13
1 (人员误入或滞留)	10	0.11
	20	0.23
	30	0.34
2 (人员误入或滞留)	40	0.11
	50	0.14
	60	0.68

③事故后果

在上述事故情景假设条件下，受射线源误照人员年剂量已超过约束值，属于一般辐射事故。

(3) 放射源卡源事件

①事故假设

本装置配备有 UPS 电源，在停电时，依靠 UPS 完成关闭放射源操作。当控制系统出现故障到地址自动关源系统失效时，出现卡源，可通过手动机械复位，手动机械复位时间约 3min。

②剂量估算

在假设事故情况下，手动处理卡源事故时所受的照射剂量约为 22.82mSv。

③事故后果

在上述事故情景假设条件下，受射线源误照人员年剂量已超过约束值，属于一般辐射事故。

3、事故工况辐射影响分析

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-56。

表 11-56 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
后装治疗机 (¹⁹² Ir)	γ 射线	超剂量照射	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。	较大辐射事故
			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。	一般辐射事故

根据分析，本项目后装治疗机可能发生的事故为一般或较大辐射事故。

（三）模拟定位机项目

根据污染源分析，本项目主要环境风险因子为X射线，本项目可能发生的辐射事故如下：

本项目模拟定位机属于III类X射线装置，当设备关机时不会产生X射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生X射线等危害因素。

本次评价事故工况环境影响考虑可能发生的最大可信辐射事故，即模拟定位机运行时，检修维护时工作人员误操作和人员误入造成有关人员被误照。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表11-57。

表 11-57 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
模拟定位机	X 射线	超剂量照射	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故

根据分析，本项目模拟定位机可能发生的事故为一般辐射事故。

（四）核医学科项目

1、事故情形

本项目主要考虑电离辐射损伤、放射源和药物失控对环境的影响，具体为以下情形：

（1）射线装置误照射

本项目共涉及Ⅲ类医用射线装置 2 台，为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成永久性辐射损伤，事故等级属一般辐射事故。Ⅲ类医用射线装置主要事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要的照射。

（2）放射性药物撒漏

由于工作人员操作不熟练或违反放射操作规程或误操作等其他原因造成的放射性药物撒漏，造成意外照射和辐射污染。

（3）放射性药物遗失

由于未锁好核医学科进出口的大门或取用药物后未及时锁好防护门或保险柜等药物保管工作不到位致使放射药剂丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

（4）患者呕吐造成控制区内的污染

患者服药初期将放射性药物呕吐到环境中，可能对环境在一定范围内造成暂时性的辐射污染。

（5）其他管理不善

患者用药后未经允许离开核医学科，尤其是在用药初期离开候诊区，可能对接近患者的人员造成附加的照射剂量。

放射性废水未经足够的时间衰变即进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害。

放射性固体废物：放射性固体废物未经足够的时间衰变，存放时间过短，即进行擅自处理，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

2、事故工况辐射影响分析

（1）射线装置误照射

本项目所使用的 PET/CT 和 SPECT/CT 中 CT 属于 III 类射线装置，其 X 射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。事故情况下，X 射线直接照射到人员身上，保守考虑，

误入人员或病人在距离射线头 1m 处被误照射，根据《医用 X 射线治疗卫生防护标准》（GBZ131-2002），在治疗状态下，当 X 射线管额定电压 $\leq 150\text{kV}$ 时，距 X 射线管焦点 1m 处的 X 射线源组件泄露辐射不超过 1mGy/h 。若人员误入机房内，逗留时间较长，受照剂量可能超过公众 5 个连续年的年平均剂量限值（ 1mSv ），为一般辐射事故。

（2）放射性同位素撒漏或遗失

1) 事故情况假设

本项目非密封放射性物质主要有 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{18}F ，本项目 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 日最大操作量为 $2.22 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，半衰期 6.02h， ^{18}F 日最大操作量为 $2.96 \times 10^9\text{Bq}$ ，半衰期 109.8min。

因此：

①本次预测事故情况假设 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 试剂瓶发生丢失，丢失时内装放射性 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的活度为 600mCi ，假设 ^{18}F 试剂瓶发生丢失，丢失时内装放射性 ^{18}F 的活度为 80mCi ，假设 ^{131}I 试剂瓶发生丢失，丢失时内装放射性 ^{131}I 的活度为 450mCi 。

②假设丢失后在整个事故持续时间内放射性药物未发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

③保守假设事故持续时间内，丢失的药物被同一人随身携带，距离按 10cm 考虑；

④受照人员不考虑任何屏蔽措施；

⑤事故持续最长时间为 2h。

2) 计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源 0.1m 内不同事故持续时段的个人有效剂量，计算结果见表 11-58。

表 11-58 放射源丢失事故下不同持续时间个人有效剂量分布

类别	距源距离（m）	事故持续时段内 γ 射线所致辐射剂量（Gy）				
		0~10min	0~30min	0~60min	0~90min	0~120min
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.1	0.011	0.033	0.067	0.100	0.134
^{18}F	0.1	0.007	0.021	0.042	0.063	0.084
^{131}I	0.1	0.038	0.115	0.231	0.346	0.462

3) 事故后果

由表 11-21 可以看出，选择 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 试剂瓶在事故持续时间为 10min、30min、60min、90min 和 120min 的情况下，距放射源 0.1m 处的 γ 射线外照射辐射剂量分别为 0.011Gy、0.033Gy、0.067Gy、0.100Gy、0.134Gy，携带显像剂（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）人员（或近距

离公众)在事故持续时间内已受到超过年剂量限值的照射;¹⁸F 试剂瓶在事故持续时间为 10min、30min、60min、90min 和 120min 的情况下,距放射源 0.1m 处的 γ 射线外照射辐射剂量分别为 0.007Gy、0.021Gy、0.042Gy、0.063Gy、0.084Gy,携带显像剂(¹⁸F)人员(或近距离公众)在事故持续时间内已受到超过年剂量限值的照射;¹³¹I 试剂瓶在事故持续时间为 10min、30min、60min、90min 和 120min 的情况下,距放射源 0.1m 处的 γ 射线外照射辐射剂量分别为 0.038Gy、0.115Gy、0.231Gy、0.346Gy、0.462Gy,携带放射性核素(¹³¹I)人员(或近距离公众)在事故持续时间内已受到超过年剂量限值的照射;考虑的整个事故持续周期 2h 内,急性放射病发病率均在 1%之下,事故持续周期内可造成人员超剂量照射而导致一般辐射事故。由于计算过程未考虑 ^{99m}Tc、¹⁸F 和 ¹³¹I 的衰变,计算结果偏保守。

综合上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-59。

表 11-59 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目名称	主要环境 风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
核医学科	X 射线 γ 射线	超剂量照射	核医学科、X 射线失控导致 9 人以下急性重度放射病、局部器官残疾 射线装置失控 导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故

在上述事故情景假设条件下,携带放射性核素人员或近距离公众在事故持续时间内已受到超过年剂量限值。考虑的整个事故持续周期 2h 内,急性放射病发病率均在 1%之下,事故持续周期内可造成人员超剂量照射而导致一般辐射事故。由于计算过程未考虑 ¹⁸F 等放射性核素衰变,计算结果偏保守。

三、事故防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范,将辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故,本次评价提出以下防范措施,尽可能的减小或控制事故的危害和影响,主要体现在以下几个方面:

1、制定医用电子直线加速器、后装治疗机及其他射线装置操作规程和安全规章制度,并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求(即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置)。在放射诊断操作时,至少有 2 名操作人员同时在场,操作人员须按照操作规程进行操作,并做好个人的防护。

2、每月检查门灯连锁装置,确保安全连锁装置正常运行;每月对医用电子直线

加速器、后装治疗机、射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

3、定期对医用电子直线加速器、后装治疗机、射线装置采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

4、加强控制区和监督区管理，在射线装置及放射源运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

5、制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

6、制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少药物撒漏事故的发生。发生撒漏等事故后，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦拭，直到擦干污染区。

患者在初期用药后，遇到不良反应引起呕吐造成工作场所的污染，医院工作人员应立即打扫，主要的呕吐物将打扫至控制区专门设置的废物桶内，并作为固体废物处理，暂存于储源室内，地面再用专门的清洁工具清扫，此时会产生少量的放射性废水，清扫废水量较小，且该事件发生率较低，不会造成放射性废水量的显著增加。

撒漏或病人呕吐后造成的地面污染，在清洁后须用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，该污染区未达到控制标准，应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。擦拭物收集放到放射性固体废物衰变桶中，作为放射性固体废物进行管理。

7、在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。

8、制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。注射间设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

9、加强对用药患者的管理，在不影响诊断的情况下，限制其服药量，限制患者出

院时的放射性药物携带量，并对用药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面对指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公众场所活动，并避免与家人近距离密切接触。

10、加强放射性废物的管理，对储存的放射性废物在废物桶外标明放射性废物的类型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。放射性废水和固体废物经足够长的时间衰变后，方可排放或按照普通医疗垃圾处理，并做好监测记录。

11、核医学科个人防护用品主要包括工作服、工作鞋、帽等基本防护用品，以及铅防护衣、防护镜等附加防护用品。工作人员进入监督区必须穿戴放射防护用品，个人剂量仪佩戴于铅衣内部左胸前。在进行分装及注射放射性药物时穿铅衣、戴口罩、手套，必要时戴防护眼镜。尽量利用长柄钳、镊子等工具操作，增加与放射性药物的距离。为病人注射放射性药物时，工作人员手部有一定受照量，操作者应使用注射器屏蔽装置。科主任负责个人防护用品使用方法培训及个人防护用品的存放、更新工作。

12、严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如果监测表明防护墙外辐射水平偏高，应适当增加防护墙厚度。

四、应急措施

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

1、一旦发现有其他无关人员误入机房内，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的放射事件应急处理领导小组及上级领导报告。放射事件应急处理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

2、对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境主管部门、卫生等主管部门。

3、一旦发生放射源或核素药物丢失或被盗，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，封闭场所应按规定启动本单位辐射事故应急方案，并及时报告当地生态环境主管部门、公安部门以及卫生部门。

4、配备去污清洁用品，发生核素泄漏应控制人员进入。选择合理的去污方法，防止交叉污染。去污时佩戴有效的个人防护用品。一般核素药物为液态，若发生撒漏，可

用滤纸擦拭清除，擦拭后的滤纸作为放射性固体废物。然后用温水仔细清洗。为防止污染的扩散，去污程序应先从污染轻的周围渐向污染重的部位。如经反复清洗效果不明显时，可根据放射性核素的化学性质和污染表面的性质，选用有效的去污剂进一步去污。严重污染事故时，应立即通知在场的其他人员，同时迅速标出污染范围，防止其他人员进入污染区。

污染区的人员经采取减少危害和防止污染扩散的必要措施后，要脱去污染的衣服并将其留在污染区，立即离开此区。

事故发生后，应尽快通知防护负责人和主管人员，并立即向有关监督管理部门报告。防护人员应迅速提出全面处理事故的方案，并协助主管人员组织实施。污染区经去污、监测后，经防护人员批准方可重新工作。

5、工作人员佩戴有个人剂量计，每 3 个月检测一次，可及时监控工作人员所受剂量，如发现超标现象应查明原因，改善防护条件或减少工作时间。

6、人员受到不必要的照射或超计划外照射时，应评估其受照剂量，并进行必要的医学处理。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局环发[2006]145 号文件之规定，发生辐射事故时事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

巴中市中心医院需修订事故应急预案，将本次新建的放疗科、核医学工作场所项目纳入其中，能确保事故情况下的影响处于可控范围内。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、关于辐射安全与环境保护管理机构

医院已根据现有核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，巴中市中心医院成立了辐射安全与环境保护委员会，负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作，保障放射工作人员、社会公众的健康与安全。随着时间的推移，医院管理人员相继发生变动，巴中市中心医院于 2019 年 10 月 14 日重新调整了辐射安全与环境保护委员会的成员，调整后的文件见附件 6。该文件中明确了成员的主要职责。

该机构的组成已经涵盖了医院现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，框架符合现有辐射管理要求。

巴中市中心医院已开展介入科和放射科多年，本次为新建放疗科和核医学科项目，为医院新设科室。医院应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求对现有辐射安全与环境保护委员会进行补充完善，并明确的职责使其具有明确的指导性和可操作性。

二、辐射工作人员配置和能力分析

巴中市中心医院现有辐射工作人员 114 人，目前操作Ⅱ类射线装置的辐射工作人员均已持证上岗。工作人员的取证及个人剂量检测情况详见医院 2020 年年度评估报告，见附件 7。

本次为医院新建项目及新建科室，医院拟新聘一定数量的辐射工作人员，医院应根据以下要求完善辐射工作人员的管理工作：

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射

线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

医院应尽快安排医院现有辐射工作人员尽快参加培训学习，取得证书后持证上岗。

2、根据《中华人民共和国生态环境部公告》（2021 年第 9 号），仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。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。

3、在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。

4、医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

辐射安全管理规章制度

一、档案管理分类

医院对相关资料进行了分类归档放置，包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”，存放在医院相关办公室。

二、已建立主要规章制度

医院已制定了一系列辐射安全规章制度，具体见表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	制度名称	制定制度的目的
1	辐射防护安全责任制度	已制定
2	辐射工作设备操作规程	需增加核医学科和放疗科相关设备的工作流程及其设备的操作程序
3	辐射工作人员管理规章制度	已制定，需完善辐射工作人员的责任和义务，包括正确佩戴个人剂量计
4	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定。需明确医院辐射工作人员个人剂量的档案管理要求。对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，并与个人剂量检测报告一起存放备查。明确个人剂量计的佩戴方法
5	辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定
6	场所分区管理规定	已制定。需完善核医学科人流（工作人员和受检者）、物流的路径规划图，实现分区管理，划定控制区和监督区

7	放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）	需制定射性药物进出登记（包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况的详细记录等），做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整
8	辐射事故应急预案	已制定
9	监测仪表使用与校验管理制度	已制定
10	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定，需细化辐射工作场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案
11	辐射工作人员岗位职责	已制定
12	射线装置台账管理制度	已制定
13	辐射工作人员培训制度	已制定
14	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定，需补充受检者非照射部位所采取的辐射防护措施

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

辐射监测

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

一、工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

巴中市中心医院已委托四川瑞迪森检测技术有限公司开展了 2020 年度的在用核技术利用项目的年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求。

二、个人监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量片，监测周期为 1 次/季。

(1) 当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案保存终身。

巴市中心医院已委托四川瑞迪森检测技术有限公司对医院辐射工作人员进行了个人剂量监测，监测结果均未超过医院制定的目标管理值。

但医院应加强辐射管理工作，杜绝剂量计损坏或丢失的情况再次发生，对医院所有参与辐射工作的人员进行个人剂量检测，并建立剂量管理限值和剂量评价制度，优化实践行为，做好个人剂量档案及职业健康检查档案工作。

三、医院自我监测

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1 次/季度。

四、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率， β 表面污染水平。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 工作场所监测计划建议

场所或设备	监测内容	监测布点位置
放疗科	X- γ 空气吸收剂量率	机房四周、上方及下方、医生进出防护门，医患通道，污物通道等
核医学科 工作场所	γ 射线	注射室、甲吸室、甲亢留观室、甲癌病房、抢救室、放射性废物暂存室、候诊室、留观室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、控制室等
	放射性	放射性废水衰变池排放口

	废水	
	X 射线	PET/CT、SPECT/CT 机房机房相邻的房间、过道操作位和防护门
	表面污染	注射室、甲吸室、甲亢留观室、甲癌病房、抢救室、放射性废物暂存室、候诊室、留观室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、控制室、卫生间、更衣室的墙壁、地面，辐射工作人员工作服、手套、工作鞋、手、皮肤

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测频次：每年 1~2 次

(5) 监测质量保证

a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

b、采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

c、制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

五、年度监测报告情况

医院已于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

一、事故应急预案内容

为了应对放射诊疗中的事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案（详见附

件 9)，包含了以下内容：

“目的”、“工作原则”、“适用范围”、“指挥体系及职责”、“医院辐射应急处理程序”等内容。

该应急预案内容全面，措施有效可行。

二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

（1）一旦发现放射性药物被盗或者丢失，及时向公安部门、生态环境主管部门和卫健部门报告。

（2）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

（5）医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

（6）事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（7）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

三、其他要求

（1）辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

（2）在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：巴中市中心医院新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目

设计单位：四川元丰建设项目管理有限公司

建设单位：巴中市中心医院

建设地点：四川省巴中市巴州区将军大道东侧（南坝院区）

建设内容与规模：

巴中市中心医院拟在四川省巴中市巴州区将军大道东侧（南坝院区）核医学科楼（拟建、地下 1 层、地上 3 层）负一层建设 2 座医用电子直线加速器机房、1 座后装治疗机机房和 1 座模拟定位机机房；拟在核医学科楼一层建设 1 处乙级非密封放射性物质工作场所。

二、项目产业政策符合性结论

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，属于鼓励类中第六项“核能”的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目的运营可为巴中市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康设备的重要内容，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

三、实践正当性

巴中市中心医院新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目的目的是为了对病人进行医学诊断和治疗。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

四、项目选址合理性结论

本项目为核医学科楼建设的核技术利用部分，项目选址于巴中市巴州区将军大道七支道，为巴中市中心医院南坝院区内的预留空地。根据《巴中市城市总体规划（2011-

2030)》(2015 版)-城市用地布局规划图可知,项目所在地的用地性质为医疗卫生用地(详见附图 2)。从周边外环境关系可知,医院周边规划为居民区和市政道路,周边无自然保护区等生态环境保护目标,无大的环境制约因素。

巴中市中心医院于 2011 年完成了巴中市中心医院第二医疗区建设项目的环评,并取得巴中市生态环境局(原巴中市环境保护局)的批复,批复文号为:巴环审(2011)277 号(见附件 2),医院选址合理性已在相关环评报告中进行了论述,本项目建设地点为医院南坝院区内的预留空地,不额外新增用地,且拟建的辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施,产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小,从辐射安全防护的角度分析,本项目选址是合理的。

五、区域环境质量现状

根据监测结果,本项目拟建址及其周围环境辐射剂量当量率监测值在(64.4~70.2) nGy/h 之间,与《2020 年四川省生态环境状况公报》中数据显示,全省 γ 辐射空气吸收剂量率(含宇宙射线贡献值)为(≤ 130) nGy/h 相较属于正常本底范围。

六、代价利益分析

巴中市中心医院新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目符合区域医疗服务需要,能有效提高区域医疗服务水平,核技术在医学上的应用有利于提高疾病的诊断正确率和治疗效果,能有效减少患者疼痛和对患者损伤,总体上大大节省了医疗费用,争取了宝贵的治疗时间,该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众,对巴中市中心医院新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目加强了防护,从剂量预测结果可知,项目致工作人员所受附加剂量小于 5mSv、公众年所受附加剂量小于 0.1mSv,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”及本项目管理约束值的要求。因此,从代价利益分析看,该项目是正当可行的。

七、环境影响分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目施工工程量比较小,施工时间较短,故施工期的环境影响是短暂的,施工结束后影响即可消除,对周围环境影响较小。

2、运营期正常工况下辐射环境影响

(1) 辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

(2) 水环境影响分析

本项目工作人员操作过程手部受到微量污染或清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水以及患者冲洗排便用水。通过独立的废水管道收集来自非密封放射性物质工作场所的放射性废水，进入医院新建的废水衰变池，进行衰变处理，衰变后的废水经监测合格后排入医院废水处理站进一步处理后纳入市政污水管网。

本项目其他工作人员工作时仅产生少量的生活废水，经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网

(3) 固体废物影响分析

本项目产生的放射性废物主要为：工作人员操作过程产生的注射器、棉棒、一次性卫生用品、垫料和更换下的废活性炭。医院拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门分类收集，按序封闭暂存于注射室内的放射性废物暂存间内的放射性衰变桶内（每袋废物表面剂量率不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg），让放射性物质自行衰变，经检测符合排放标准后作为普通医疗废物处理。在整个收集、储存、处理过程中，做好台账记录，台账内容应包括：标明收贮时间、种类及数量、储存时间（不少于 1 天）、废物最终处置去向等。

(4) 噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A)，通风机组通过橡胶垫进行减震降噪，可降噪约 10~15 dB(A)，再加上医院场址内的距离衰减，噪声对周围环境影响较小。

(5) 大气环境影响分析

开机出束期间产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O₃)。臭氧

经空调系统抽取后排放，由于治疗过程中每次曝光时间短，产生的臭氧量较少，且臭氧极不稳定，再经大气稀释自然扩散后，对周围大气环境影响轻微。

2、事故工况下环境影响

经分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。环评认为，针对本项目可能发生的辐射事故，巴中市中心医院按相关规定和本环评要求对已制定的《放射事件应急预案》进行补充完善后，能够有效控制并消除事故影响。

八、放射源、非密封放射性物质工作场所及射线装置使用与安全管理的能力

巴中市中心医院拥有专业的放射性医护人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在补充《辐射安全管理规定》、《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度并及时更新，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对医用辐射设施的使用和安全管理能力。

九、项目环境可行性结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众所受照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量管理约束值。放射性“三废”及非辐射环境影响均可满足国家标准的要求。评价认为，从辐射安全与防护以及环境影响角度分析，本项目建设是可行的。

建议和承诺

1、建设单位应加强与周边公众的沟通，做好解释协调工作。

2、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

3、医院应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。

4、医院应于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度

的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并上传。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增放射性同位素、射线装置或单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

5、经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

6、医院须重视控制区和监督区的管理。

7、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

8、医院今后在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址 <http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。

9、本次环评放射性同位素及射线装置工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

10、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4 号）规定：

（1）建设单位可登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzb/bzwb/other>）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收（调查）报告。

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个

工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205>）中备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见： 公章 经办人 年 月 日
审批意见 公章 经办人 年 月 日