

核技术利用建设项目

绵阳市中心医院

改扩建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）

绵阳市中心医院

2021 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

绵阳市中心医院

改扩建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：绵阳市中心医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号

邮政编码：621099

联系人：何**

电子邮箱：69****279@qq.com

联系电话：158****7170

《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价资质的单位编制。

1.项目名称——指项目立项批复时的名称，应不超过 30 个字（两个英文字段作一个汉字）；

2.建设地点——指项目所在地详细地址，公路、铁路应填写起止地点；

3.行业类别——按国标填写；

4.总投资——指项目投资总额；

5.主要环境保护目标——指项目周围一定范围内集中居民住宅区、学校、医院、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等，应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等；

6.结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结构，确定污染防治措施的有效性，说明本项目对环境造成的影响，给出建设项目环境可行性的明确结论。同时提出减少环境影响的其他建议；

7.预审意见——由行业主管部门填写答复意见，无主管部门项目，可不填；

8.审批意见——由负责审批该项目的生态环境行政主管部门批复。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		绵阳市中心医院 改扩建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		绵阳市中心医院			
法人代表	蒋涛	联系人	何**	联系电话	158****7170
注册地址		四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号			
项目建设地点		四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号			
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)	22.8%
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☒ 扩建 ☒ 搬迁			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 绵阳市中心医院(统一社会信用代码: 12510600451209209Q, 以下简称“医院”)坐落于绵阳市繁华的城市中心, 始建于 1939 年, 秉承“崇尚生命与科学”的价值观, “仁爱、诚信、敬业、创新”的医院精神, 在历代中心医院人的不懈努力下, 建成了以临床医疗、健康管理为主, 集医疗、教学、科研、急诊急救、灾难医学为一体的三级甲等综合医院, 是四川省川西北区域医疗中心, 是电子科技大学医学院附属绵阳医院。				

医院先后荣获中央组织部授予的“抗震救灾先进基层党组织”、全国总工会授予的“抗震救灾重建家园工人先锋号”称号；荣获“全国卫生系统先进集体”，全国“五一”劳动奖状、“全国无偿献血促进奖”、“全国医保先进单位”、全国“2004-2014 灾害医学突出贡献奖”“中国南丁格尔护理服务十佳志愿服务队”“全国五一巾帼标兵岗”；荣获中共四川省委表彰的“四川省优秀党组织”，省政府授予的“慈善工作奖”、四川省“省级文明单位”四川省“五一”劳动奖状、“四川省卫生计生系统先进集体”；荣获市委、市政府颁发的“建设中国科技城和西部现代化强市先进集体”等多项荣誉。

医院占地面积 115 亩，有职工 3300 余人，编制床位 1500 张，开放床位 2200 张。2019 年门诊服务 240 余万，住院服务 10 万余人次。设职能部门 28 个，各类专业学科 47 个。其中：检验科是四川省甲级重点学科，麻醉科、神经内科、肿瘤科是四川省乙级重点学科，有省二级生物实验室 1 个，检验科通过了 ISO15189 国际质量认可；肝胆外科、介入诊疗中心、眼科、妇产科、普外科、骨科、护理、儿科、乳腺外科、耳鼻喉科、神经外科、风湿免疫科、肾脏内科、内分泌科、重症医学、病理学、药学、急诊医学等 18 个专业是四川省甲级重点专科；有市级重点学科专科 37 个。有国务院授予的“有突出贡献专家”9 人，省、市级“科技拔尖人才”及高科技人才 100 余人，博士、硕士 400 余人。装备有 3.0T 磁共振、直线加速器、双源 CT、DSA、SPECT、全飞秒激光近视治疗仪、海扶刀等大中型现代化仪器设备。医疗服务辐射包括川西北区域和甘肃、陕西等省份，服务覆盖人口上千万。

二、任务由来

绵阳市中心医院核医学科创建于 1997 年，是川西北地区最早开展核医学诊疗项目的科室，早期以放射免疫分析为主，2000 年购置肾图仪与甲状腺功能测定仪，2002 年引进 SPECT 后形成了功能较为完整的核医学专业。2008 年汶川大地震后，核医学旧场所受损后逐渐停止开展相关诊疗项目；2015 年 10 月核医学科新建场所改造完毕，并于 2016 年 8 月完成全部验收工作后正式投入运行；新投入使用的核医学科占地面积约 600 平方米，能开展多系统、多部位核素显像及核素治疗，是集检查与治疗为一体的新型学科。

科室拥有 SPECT/CT 断层融合仪、甲状腺功能摄碘仪、放射性粒子治疗计划系统（TPS）、 ^{90}Sr 敷贴器等设备及仪器。目前，核医学科除开展常规全身骨骼显像、肾小

球滤过率测定、甲状腺显像等核素诊断项目外，逐渐形成了诸如甲状旁腺、脑脊液漏定位及定性、肾静态显像、甲亢突眼显像、假体松动与感染鉴别、梅克尔憩室定性、定位诊断等特色项目；近3年完成核素诊断人次1万多例；同时新场所设置有专用核素治疗病房，编制床位6张，用以开展各种核素治疗，目前主要以 ^{131}I 治疗甲状腺机能亢进症（甲亢）、分化型甲状腺癌， ^{89}Sr 治疗多发性转移性骨肿瘤， ^{90}Sr 敷贴治疗皮肤疾病（如血管瘤及瘢痕疙瘩等）， ^{125}I 粒籽源治疗实体肿瘤及各种粒子支架植入等，近三年来完成1000多人次核素治疗。

医院为进一步提高本院的医学影像诊断技术能力和服务水平，满足患者的诊疗需要，更好的惠及全市人民群众，正积极引进PET/CT等高端设备，此外医院牵头建设的中国（绵阳）科技城核医学诊疗中心也正稳步推进，医院将以此为契机，将核医学科打造成集医疗、教学、新型核素诊疗、放射性药物临床研究、应用的一体化中心。

绵阳市中心医院综合考虑选址第二住院大楼一层东侧健康管理中心等区域，拟对该区域进行装修改造，建设1处乙级非密封放射性物质工作场所，新增1座回旋加速器机房，配备1台回旋加速器用于生产制备核医学科拟使用的放射性核素；同时，新增使用1台PET/CT用于开展显像诊断项目，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）。医院在本次核医学科工作场所楼下新建1座总容积为 39m^3 的放射性废液处理系统（三级间歇式，每个池子为 13m^3 ）。

同时，在第一住院大楼负一层新建2座DSA机房，并配备2台DSA（1#机房内的DSA型号为飞利浦Azurion7 M12，最大管电压为150kV，最大管电流为1250mA，2#机房内的DSA由原介入科搬迁而来，型号为飞利浦Allura Xper FD10，最大管电压为150kV，最大管电流为1250mA，2台DSA均属II类射线装置）用于开展介入诊断。

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防护条例》等相关法律法规要求，建设方绵阳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“**制备 PET 用放射性药物的；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，绵阳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）。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。

绵阳市中心医院改扩建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、对改扩建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：绵阳市中心医院改扩建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：核工业西南勘查设计研究院有限公司

建设单位：绵阳市中心医院

建设地点：四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号（第一住院大楼及第二住院大楼）

（一）建设内容与规模：

1、核医学科项目

绵阳市中心医院拟在四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号医院第二住院大楼一层东侧将健康管理中心等区域改建为非密封放射性物质工作场所，该场所由放射性药物生产制备环节和核素诊断环节组成，总占地面积约 450m²。

本次改扩建的非密封放射性物质工作场所内使用的放射性核素 ¹⁸F（年最大使用

量 $1.39 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，日最大使用量 $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $5.55 \times 10^7 \text{Bq}$)、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 和 ^{64}Cu (年最大使用量均为 $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，日最大使用量均为 $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量均为 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$)、 ^{89}Zr (年最大使用量均为 $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，日最大使用量均为 $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量均为 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$) 和 ^{68}Ga (年最大使用量 $9.25 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日最大使用量 $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $3.70 \times 10^5 \text{Bq}$) 用于 PET/CT 显像诊断使用，放射性同位素 ^{68}Ga 由医院使用放射性同位素 ^{68}Ge (年最大使用量 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日最大使用量 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $1.85 \times 10^6 \text{Bq}$) 制备所得，本次改扩建的非密封放射性物质工作场所总日等效最大操作量为 $1.61 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本次核医学科工作场所将配套建设 1 套衰变池系统，不与医院原有衰变池共用，该衰变池拟建于第二住院大楼负一层，拟设计 3 个并联小池，每个小池为 13m^3 ，总容积为 39m^3 。

2、介入诊断项目

医院拟在第一住院大楼负一层常温库改建 2 座 DSA 机房，并在机房内新增使用 2 台 DSA (1#机房内的 DSA 型号为飞利浦 Azurion7 M12，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA，2#机房内的 DSA 由原介入科搬迁而来，型号为飞利浦 Allura Xper FD10，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1250mA，2 台 DSA 均属 II 类射线装置)，年出束时间均约为 125h，其常用主射方向向上，用于介入诊断治疗。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1。

表 1-1 绵阳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	$9.25 \times 10^7 \times 1$ $4.62 \times 10^7 \times 2$	V	使用	校准源	PET/CT	储源室内

表 1-1 绵阳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	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
2	^{11}C	核素显像	10 (静脉注射)	2	500	7.4×10^8
3	^{15}O	核素显像	10 (静脉注射)	2	500	7.4×10^8

4	^{13}N	核素显像	10（静脉注射）	2	500	7.4×10^8
5	^{64}Cu	核素显像	10（静脉注射）	2	500	7.4×10^8
6	^{89}Zr	核素显像	10（静脉注射）	2	500	7.4×10^8
7	^{68}Ge	锗镓发生器， 用于制备 ^{68}Ga	/	/	/	1.85×10^9
8	^{68}Ga	核素显像	5（静脉注射）	2	500	3.7×10^8

表 1-1 绵阳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)	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 ⁷	1.39×10 ¹²	生产、使用
2		¹¹ C	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹¹	生产、使用
3		¹⁵ O	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹¹	生产、使用
4		¹³ N	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹¹	生产、使用
5		⁶⁴ Cu	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹¹	生产、使用
6		⁸⁹ Zr	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁷	1.85×10 ¹¹	生产、使用
7		⁶⁸ Ge	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	1.85×10 ⁹	使用
8		⁶⁸ Ga	3.7×10 ⁸	3.7×10 ⁵	9.25×10 ¹⁰	使用
合计				1.61×10 ⁸ Bq (乙级)		

注：本项目所使用的放射性核素 ^{18}F 由医院本次新增的回旋加速器生产制备所得，故将“生产、使用”视为“简单操作”；根据《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）规定：医疗机构使用 ^{68}Ga 相关活动视为“很简单的操作”。

表 1-1 绵阳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	回旋加速器	未定	11MeV		II	使用	拟购
2	PET/CT	未定	$\leq 140\text{kV}$	$\leq 800\text{mA}$	III	使用	拟购
3	DSA	飞利浦 Azurion7 M12	150	1250	II	使用	拟购
4	DSA	飞利浦 Allura Xper FD10	150	1250	II	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

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期

拆除工程	第一住院大楼负一层和第二住院大楼一层东部区域的墙体拆除，以及地面装饰的拆除。			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、含放射性核素的气溶胶、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
主体工程	放射源	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）			
	非密封放射性物质	^{18}F	日等效最大操作量 $5.55 \times 10^7\text{Bq}$ ，年最大用量 $1.39 \times 10^{12}\text{Bq}$		
		^{11}C	日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6\text{Bq}$ ，年最大用量 $1.85 \times 10^{11}\text{Bq}$		
		^{15}O	日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6\text{Bq}$ ，年最大用量 $1.85 \times 10^{11}\text{Bq}$		
		^{13}N	日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6\text{Bq}$ ，年最大用量 $1.85 \times 10^{11}\text{Bq}$		
		^{64}Cu	日等效最大操作量 $7.4 \times 10^6\text{Bq}$ ，年最大用量 $1.85 \times 10^{11}\text{Bq}$		
		^{89}Zr	日等效最大操作量 $7.4 \times 10^7\text{Bq}$ ，年最大用量 $1.85 \times 10^{11}\text{Bq}$		
		^{68}Ge	日等效最大操作量 $1.85 \times 10^6\text{Bq}$ ，年最大用量 $1.85 \times 10^9\text{Bq}$		
		^{68}Ga	日等效最大操作量 $3.7 \times 10^5\text{Bq}$ ，年最大用量 $9.25 \times 10^{10}\text{Bq}$		
		合计	日等效最大操作量 $1.61 \times 10^8\text{Bq}$ （乙级）		
	射线装置	新增 1 台 11MeV 的回旋加速器生产正电子药物（属 II 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 800mA，其中 CT 属于 III 类射线装置）			
		改建 2 座 DSA 机房，并在机房内新增使用 2 台 DSA（1# 机房内的 DSA 型号为飞利浦 Azurion7 M12，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA，2# 机房内的 DSA 由原介入科搬迁而来，型号为飞利浦 Allura Xper FD10，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1250mA，2 台 DSA 均属 II 类射线装置）年出束时间均约为 125h，其常用主射方向朝向上，用于介入诊断治疗。			
核医学科项目	场所设有 1 间 PET/CT 机房及配套控制室、注射室、废物间、卫生通过间、注射后候诊室、留观室等配套用房。				
介入诊断项目	配套建设控制室、设备间等用房。				
环保工程	1、衰变池位于第二住院大楼负一层，拟设计 3 个并联小池（ $13\text{m}^3 + 13\text{m}^3 + 13\text{m}^3$ ），总容积为 39m^3 。 2、新增收集放射性废物铅桶 5 个； 3、核医学科工作场所通风橱排风系统 2 套（含活性炭过滤装置），场所内通排风系统 2 套（含活性炭过滤装置）；				

	4、2 座 DSA 机房均设有排风装置。		
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	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、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	^{18}F	$1.39 \times 10^{12} \text{Bq}$	回旋加速器自行生产	核素显像诊断
	^{11}C	$1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$	回旋加速器自行生产	核素显像诊断
	^{15}O	$1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$	回旋加速器自行生产	核素显像诊断
	^{13}N	$1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$	回旋加速器自行生产	核素显像诊断
	^{64}Cu	$1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$	回旋加速器自行生产	核素显像诊断
	^{89}Zr	$1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$	回旋加速器自行生产	核素显像诊断
	^{68}Ge	$1.85 \times 10^9 \text{Bq}$	有资质单位购买	/
	^{68}Ga	$9.25 \times 10^{10} \text{Bq}$	自己淋洗	核素显像诊断
能源	电(度)	30000kW·h/a	市政电网	/
水	生活用水	3000m ³ /a	市政管网	/

4、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：本项目为扩建核医学科及介入科项目，辐射工作人员从现有核医学科和介入科的辐射工作人员中调配并新增一定数量的辐射工作人员。

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诊断医生、技师及护士，医院应做好辐射工作人员管理工作。

五、项目周边保护目标以及场址选址情况

本项目选址于绵阳市中心医院第一住院负一层及第二住院大楼一层，绵阳市中心医院位于四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号（项目地理位置见附图 1）。

绵阳市中心医院用地属于医疗卫生用地，从周边外环境关系可知，医院周边规划为居民住宅和市政道路，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。

绵阳市中心医院于 2007 年完成了改扩建及市急救中心建设项目的环评并取得四

四川省生态环境厅（原四川省环境保护局）的批复，批复文号为：川环建函〔2007〕187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，本项目仅为医院内部重新装修改建，不新增用地，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。

六、项目单位核技术应用现状

绵阳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〔00309〕），有效期至2022年02月07日，许可种类和范围为：使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所），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 绵阳市中心医院现有核技术利用情况一览表

放射源							
序号	核素	类别	总活度（贝克）/活度（贝克）×枚数	活动种类	用途	地点	备注
1	⁹⁰ Sr	V	$1.57 \times 10^9 \times 1$	使用	敷贴治疗	核医学科	已许可 验收

表 1-5 绵阳市中心医院现有核技术利用情况一览表（续表）

非密封放射性物质							
序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	活动种类	环保验收情况
1	核医学科	乙	¹⁸ F	1.11×10^7	2.78×10^{11}	使用	已许可 已验收
2			¹³¹ I	7.40×10^8	1.85×10^{10}	使用	
3			⁸⁹ Sr	1.48×10^8	3.70×10^{11}	使用	
4			^{99m} Tc	4.00×10^9	1.00×10^{15}	使用	
5			³² P	3.70×10^7	9.25×10^{10}	使用	
6			¹²⁵ I（粒子源）	8.88×10^8	8.88×10^{10}	使用	

表 1-5 绵阳市中心医院现有核技术利用情况一览表（续表）

射线装置					
序号	装置名称	类别	用途	场所	环保验收情况
1	医用电子直线加速器	II	放射治疗	直线加速器治疗1室	已许可 已验收
2	医用电子直线加速器	II	放射治疗	直线加速器治疗2室	
3	血管造影X射线系统	II	放射诊断	DSA二室	
4	血管造影X射线系统	II	放射诊断	DSA一室	
5	模拟定位机	III	放射诊断	模拟定位机室	已许可

6	CT 机	III	放射诊断	CT2 室	并检测合格
7	单光子发射计算机断层成像及计算机扫描系统	III	放射诊断	ECT 机房	
8	数字化医用 X 射线摄影系统	III	放射诊断	DR 室	
9	数字式骨密度骨龄测定仪	III	介入治疗	骨密度检查室	
10	DR	III	介入治疗	DR 三室	
11	医用诊断 X 射线机	III	介入治疗	胃肠室	
12	DR	III	放射诊断	DR 一室	
13	乳腺 X 射线机	III	放射诊断	乳腺室	
14	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	III	放射诊断	放射科	
15	数字化医用 X 射线摄影系统	III	放射诊断	DR 二室	
16	移动式 C 型臂 X 射线机	III	放射诊断	手术室	
17	移动式 C 型臂 X 射线机	III	放射诊断	手术室	
18	移动式 C 型臂 X 射线机	III	放射诊断	手术室	
19	X 射线计算机体层摄影设备 CT	III	放射诊断	CT4 室	
20	微焦点牙科 X 射线机	III	放射诊断	口腔科 X 光室	
21	数字化医用 X 射线摄影系统	III	放射诊断	DR 四室	
22	X 射线计算机体层摄影系统	III	放射诊断	CT3 室	
23	移动式 X 射线机	III	放射诊断	放射科	
24	口腔颌面计算机体层摄影设备	III	放射诊断	口腔颌面 CT 室	
25	骨密度检测仪	III	放射诊断	骨密度室	
26	X 射线计算机体层摄影系统	III	放射诊断	CT1 室	
27	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	III	放射诊断	放射科一楼	

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	⁶⁸ Ge	$9.25 \times 10^7 \times 1$ $4.62 \times 10^7 \times 2$	V	使用	校准源	PET/CT	校准源室	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 $T_{1/2}=109.8\text{min}$	生产	5.55×10^9	5.55×10^7	1.39×10^{12}	核素显像	简单操作	第二住院 大楼一层 核医学科	药物合成、自动分装后转移至通风橱
2	¹¹ C	液态/低毒 $T_{1/2}=20\text{min}$	生产	7.4×10^8	7.4×10^6	1.85×10^{11}	核素显像	简单操作		
3	¹⁵ O	液态/低毒 $T_{1/2}=2\text{min}$	生产	7.4×10^8	7.4×10^6	1.85×10^{11}	核素显像	简单操作		
4	¹³ N	液态/低毒 $T_{1/2}=10\text{min}$	生产	7.4×10^8	7.4×10^6	1.85×10^{11}	核素显像	简单操作		
5	⁶⁴ Cu	液态/低毒 $T_{1/2}=12.7\text{h}$	生产	7.4×10^8	7.4×10^6	1.85×10^{11}	核素显像	简单操作		
6	⁸⁹ Zr	液态/中毒 $T_{1/2}=78.4\text{h}$	生产	7.4×10^8	7.4×10^7	1.85×10^{11}	核素显像	简单操作		
7	⁶⁸ Ge	液态/中毒 $T_{1/2}=280\text{d}$	使用	1.85×10^9	1.85×10^6	1.85×10^9	制备 ⁶⁸ Ga	源的贮存		
8	⁶⁸ Ga	液态/低毒 $T_{1/2}=68\text{min}$	使用	3.7×10^8	3.7×10^5	9.25×10^{10}	核素显像	很简单操作		

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	回旋加速器	II	1	未定	质子	≤11	≤100μA	核素制备	第二住院大楼一层	拟购

(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	DSA	II	1	飞利浦 Azurion7 M12	150	1250	介入诊断	第一住院大楼 负一层	拟购
2	DSA	II	1	飞利浦 Allura Xper FD10	150	1250	介入诊断		搬迁
3	PET/CT	III	1	未定	≤140	≤800	放射诊断	核医学科	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 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{68}Ga	/	/	/	小于清洁解控水平	暂存于铅废物桶内，随后转移至废物间	存放十个半衰期，达到清洁解控水平后，由医院统一作为普通医疗废物处理
固体靶片	固态	/	/	/	/	/		
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{68}Ga	/			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 、 ^{11}C 、 ^{15}O 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{68}Ga	/	微量	微量	微量	不暂存	在通风橱内操作，经通风橱管道内及屋顶排放口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	存放十个半衰期，达到清洁解控水平后，由医院统一作为医疗废物处理
退役校准源	固体	^{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》，（2019年修正本），2019年8月22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）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （2）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）； （3）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； （4）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （6）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （7）《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）； （8）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （9）《核辐射环境质量评价的一般规定》（GB11215-1989）； （10）《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）。
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）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</u>。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”，确定为绵阳市中心医院本次新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用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 范围均位于医院院区内。50m 评价范围内无学校等环境敏感点。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				
保护目标名称		方位	最近距离	规模
放射性药物生产制备场所	辐射工作人员	北侧回旋加速器控制室 东侧合成热室 东侧质控间	/	5 人
	院外公众	东侧马家巷 11 号院	10~50m	2 幢居民楼
	院内医护人员及患者	南侧核素诊断工作场所	0~20m	约 30 人
	院外公众	南侧马家巷 11 号院	30~50m	2 幢居民楼
	医护人员、患者及患者家属	西侧候诊大厅	紧邻	约 30 人
		西侧原核医学科	约 15~50m	约 30 人
	院内公众	北侧女单楼、教学楼	约 15~50m	约 20 人
核素诊断工作场所	医护人员、患者及患者家属	场所上方	0~50m	约 200 人
	辐射工作人员	北侧注射室 西侧控制室	/	5 人
	院外公众	东侧马家巷 11 号院	10~50m	2 幢居民楼
	院外公众	南侧马家巷 11 号院	30~50m	2 幢居民楼
	医护人员、患者及患者家属	西侧候诊大厅	紧邻	约 30 人
		西侧原核医学科	约 15~50m	约 30 人

	院内公众	北侧女单楼	约 30~50m	约 20 人
	医护人员、患者及患者家属	场所上方	0~50m	约 200 人
介入诊断项目	辐射工作人员	北侧控制室	/	8 人
	医护人员、患者及患者家属	场所上方诊室	0~50m	约 50 人

评价标准

一、执行标准

根据绵阳市生态环境出具的执行标准确认函（见附件 4）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《一般工业固体废物储存、处置场污染物控制标准》（GB18599-2001）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。

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

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。

表 B11 表面污染控制水平 单位: Bq/cm²

表 面 类 型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极 毒 性	其 他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区 1)	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区、监督区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹

1) 该区内的高污染子区除外。

1.2 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2×10 ⁷

2、《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。

3、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

引至“第 5 款 工作场所的放射防护要求”内容，如下：

第 5.1 款 工作场所平面布局和分区

5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人员稠密区域。

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

- a) 使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；
- b) 保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；
- c) 在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；
- d) 在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。

5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下：

a) 对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室（根据放射性核素防护特性分别设置）、质控（样品测量）室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房；

c) 诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息站、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房；

5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、

卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开设置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区（病房）的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。

5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。

5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。

第 5.2 款 放射防护措施要求

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。回旋加速器机房内应装备应急对外通讯设施。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

第 5.3 款 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。屏蔽计算中所涉及的常用放射性药物物理特性详见附件 H。PET 相关房间的辐射屏蔽计算方法和示例参见附录 I。

5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在的照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附件 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 2。

表 2 核医学工作场所的放射性表面污染控制水平

表 面 类 型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10^{-1}	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区、监督区	4×10^{-1}	4×10^{-1}	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-2}	4×10^{-2}	4×10^{-1}

1) 该区内的污染子区除外。

4、《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
单管头 X 射线机（含 C 形臂， 乳腺 CBCT）	20	3.5
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
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
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	-
介入放射操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘/床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	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。

5、《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）：

表 B.1 以核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值

解控水平（Bq/g）	核素
1×10^1	^{18}F
1×10^2	^{15}O 、 ^{90}Sr 、 ^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}In 、 ^{131}I 、 ^{198}Au 、 ^{203}Hg 、 ^{201}Tl
1×10^3	^{32}P 、 ^{151}Cr 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{113}Sn 、 ^{125}I 、 ^{133}Xe

注 1：上述解控水平推荐值原则上只适用于在组织良好、人员训练有素的工作场所对产生小量放射性固体废物的医学应用或实验室。

2：严禁为申报清洁解控而采用人工稀释等方法来降低核素活度浓度。

3：本表数值取自 GB18871-2002 附录 A，并与 GBZ167-2005 附录 B 的取值相一致。

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 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ），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

在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，宜不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜柜体外表面 5cm 的周围剂量当量率控制目标值不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

回旋加速器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）和《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）等有关规定，回旋加速器机房屏蔽体外 30cm 处剂量率目标控制值为 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，顶部人员不可达处剂量率目标控制值为 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

DSA 机房周围剂量率控制水平参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）有关规定，本项目 DSA 机房屏蔽体外 30cm 有人员活动处剂量控制水平为 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6、其他

核医学科内通风橱的排风装置设计风速不小于 $0.5\text{m}/\text{s}$ 。

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

绵阳市中心医院位于四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号。医院本次改扩建项目位于医院的第一住院大楼负一层及第二住院大楼一层。医院总平面图见附图 2。

医院第一住院大楼位于医院中部，其东侧为教学楼、综合楼及高职楼等，南侧为院内景观绿化，西侧为卫生巷，北侧为门诊楼。

本项目改建的 2 座 DSA 机房位于第一住院楼负一层，改建后的 DSA 机房东侧为缓冲区、设备间及医废暂存间等，南侧为过道，西侧为普通药品库及电梯厅，北侧为控制室及库房，上方为诊室，下方为土层。第一住院大楼负一层平面布局见附图 3，DSA 机房平面布局见附图 4，第一住院大楼一层见附图 5。

医院第二住院大楼位于医院东南侧，其东侧为院内道路及医院围墙，南侧为院内道路及医院围墙，西侧为全科医生临床培养基地，北侧为高压氧舱及女单楼。

本次改扩建的非密封放射性物质工作场所位于第二住院部一层东部，改扩建后的场所东侧为室外，南侧室外，西侧为医院原有核医学工作场所及候诊区，北侧为回旋加速器办公室及室外，上方为普通病房，下方为水泵房等设备用房。第二住院大楼一层平面布局见附图 6，改建后的工作场所平面布局见附图 7，第二住院大楼二层平面布局见附图 8，第二住院大楼负一层平面布局见附图 9。

绵阳市中心医院本次改扩建项目拟建址周围环境现状见图 8-1 至图 8-8。



图 8-1 DSA 拟建址东侧



图 8-2 DSA 拟建址南侧



图 8-3 DSA 拟建址西侧



图 8-4 DSA 拟建址北侧



图 8-5 非密封工作场所拟建址东侧



图 8-6 非密封工作场所拟建址南侧



图 8-7 非密封工作场所拟建址西侧



图 8-8 非密封工作场所拟建址北侧

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 01 月 20 日按照标准规范对本次拟拟改扩建的非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目现场及周边环境进行了 γ 辐射剂量率和表

面污染水平的布点监测，监测报告见附件 4。

1、监测因子

本项目为改扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目，主要污染因子为工作场所运行时产生的 X 射线、 γ 射线及 β 表面沾污。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	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》	GB/T14583-1993	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》（HJ/T61-2001）中的方法布设监测点，根据本次建设的非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目周围环境现状，监测点位的选取覆盖非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用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 8-9、图 8-10 及图 8-11 所示。

图 8-9 核医学科拟建址周围 γ 辐射剂量率监测点位示意图

图 8-10 拟建址周围表面污染水平监测点位示意图

图 8-10 DSA 拟建址周围 γ 辐射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 辐射剂量率	FH40G+FHZ672E-10 型 X- γ 辐射剂量率仪	SCRDS-004	检定单位：中国测试技术研究院 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

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《2019 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	76.8~163

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 项目拟建址 γ 辐射剂量率监测结果表 8-4 项目拟建址 β 表面放射性污染水平检测结果表 8-5 项目拟建址 γ 辐射剂量率监测结果

由表 8-4 可知，本项目拟建位置周围环境辐射剂量当量率监测值在（134~159）nSv/h 之间，周围 γ 辐射剂量当量率与空气吸收剂量率数值基本相当，转换因子取 1，则拟建址现场及周边环境的空气吸收剂量率为（134~159）nGy/h。根据《2019 年四

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（76.8~163）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。

β 表面污染为 0.05Bq/cm²~0.16Bq/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) 装修改造施工阶段

本项目施工期主要在绵阳市中心医院第一住院大楼及第二住院大楼内部进行装修改造，涉及非密封放射性物质工作场所、射线装置机房及其辅助用房的建设，设备安装、管线敷设、防护门及其他辐射安全防护设施的安装，施工期主要的环境影响表现为噪声及固体废渣等。

1、噪声

项目噪声主要来源于材料搬运和切割、运输车辆、设备安装等。由于项目施工产生的噪声会对周围环境造成一定影响，为减少项目施工噪声对环境的影响，要求：

①加强施工队伍的管理，禁止高声喧哗，避免不必要的噪声发生；

②合理统筹施工进度和安排；

③禁止夜间施工，如需夜间施工应该办理夜间施工许可。由于本项目施工期较短，加强施工管理后，施工噪声对周围环境的影响可控制至最低程度，影响随着施工期的结束而结束。由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。

2、固体废物

项目施工期产生的固体废弃物为建筑弃渣、装修垃圾以及工人生活垃圾。本项目装修垃圾分类收集，可利用部分回收处理，不可利用部分如建筑弃渣应按照规定路线并及时清运至政府指定的建筑垃圾填埋场；施工人员约10人，生活垃圾排放量按0.5kg/人·d 计算，则生活垃圾产生量约5kg/d，此类垃圾应经过垃圾桶收集后，由环卫部门统一处理。

3、废水

(1) 施工废水

本项目主要采用混凝土、实心砖墙、PVC橡胶地板及铅板进行辐射防护，施工期产生的施工废水很少。

施工期施工单位采用容器拌合水泥砂浆，防止渗漏，严禁乱排乱倒。只要采取上述措施后，可以有效减少废水对周边环境的影响。

（2）生活废水

施工期人员按10人计，每人生活用水量为 $0.06\text{m}^3/\text{d}$ ，则施工期总生活用水量约 $0.6\text{m}^3/\text{d}$ ，生活废水排放系数取0.80，则生活废水排放量为 $0.48\text{m}^3/\text{d}$ ，本项目施工期不设施工营地，产生的生活污水依托医院既有设施处理。

（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）核医学科项目

1、工程设备

本项目位于四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号绵阳市中心医院院内，于第二住院大楼一层东部改扩建 1 座回旋加速器机房及其辅助用房用于生产放射性药物，生产后的放射性同位素 ^{18}F 等用于开展 PET/CT 显像诊断。本次拟新增辐射项目见表 9-1。

表 9-1 绵阳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	$9.25 \times 10^7 \times 1$ $4.62 \times 10^7 \times 2$	V	使用	校准源	PET/CT	储源室内

表 9-1 绵阳市中心医院改扩建项目情况一览表（续表）

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
2	^{11}C	核素显像	10（静脉注射）	2	500	7.4×10^8
3	^{15}O	核素显像	10（静脉注射）	2	500	7.4×10^8
4	^{13}N	核素显像	10（静脉注射）	2	500	7.4×10^8
5	^{64}Cu	核素显像	10（静脉注射）	2	500	7.4×10^8
6	^{89}Zr	核素显像	10（静脉注射）	2	500	7.4×10^8
7	^{68}Ge	锗镓发生器， 用于制备 ^{68}Ga	/	/	/	1.85×10^9
8	^{68}Ga	核素显像	5（静脉注射）	2	500	3.7×10^8

表 9-1 绵阳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	回旋加速器	未定	11MeV		II	使用	拟购
2	PET/CT	未定	$\leq 140\text{kV}$	$\leq 800\text{mA}$	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，绵阳市中心医院本次改扩建的项目主要为放射性药物生产制备及核素诊断，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，绵阳市中心医院本次改扩建非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目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9-2。

表 9-2 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9-3、表9-4。

表 9-3 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 9-4 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 9-5 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、简单操作 1	5.55×10^7	核医学科
^{11}C	7.4×10^8	低毒 0.01	液态、简单操作 1	7.4×10^6	
^{15}O	7.4×10^8	低毒 0.01	液态、简单操作 1	7.4×10^6	
^{13}N	7.4×10^8	低毒 0.01	液态、简单操作 1	7.4×10^6	
^{64}Cu	7.4×10^8	低毒 0.01	液态、简单操作 1	7.4×10^6	
^{89}Zr	7.4×10^8	中毒 0.1	液态、简单操作 1	7.4×10^7	

^{68}Ge	1.85×10^9	中毒 0.1	液态、源的贮存 100	1.85×10^6	
^{68}Ga	3.7×10^8	低毒 0.01	液态、很简单操作 10	3.7×10^5	
合计				$1.61 \times 10^8 \text{Bq}$	

注：本项目所使用的放射性核素 ^{18}F 由医院本次新增的回旋加速器生产制备所得，故将“生产、使用”视为“简单操作”。

根据《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）规定：医疗机构使用 ^{68}Ga 相关活动视为“很简单的操作”。

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 9-5 计算结果可知绵阳市中心医院本次改扩建的非密封放射性物质工作场所日等效最大操作量为 $1.61 \times 10^8 \text{Bq}$ ，均属于 $(2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9) \text{Bq}$ 的范围，确定绵阳市中心医院本次改扩建的工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所。

2、放射性药物生产制备环节的设备工作原理及工艺流程

（1）回旋加速器的工作原理

回旋加速器通过电流和磁场使带电粒子得到加速轰击靶核后引起的核反应生产放射性核素。在回旋加速器中心部位的离子源（Ion Source）经高压电弧放电而使气体电离发射出粒子束流，该粒子束流在称为 Dees 的半圆形电极盒（简称“D 型盒”）中运动。D 型盒与高频振荡电源相联为加速粒子提供交变的电场。在磁场和电场的作用下被加速的粒子在近似于螺旋的轨道中运动飞行。带电粒子经多次加速后，圆周轨道直径达到最大而接近 Dees 的边缘并具有最大的能量，在该点粒子经过束流提取系统的剥离碳膜。被加速的负粒子在通过碳膜期间被脱去二个电子，变成带正电的阳离子，此时，在磁场中粒子的运行轨道是逆时针方向偏转，直接将具有最大能量的带电粒子从真空室引出，通过调整提取膜的位置使引出的束流引导进入所确定的同位素生产靶系统，以一定的初始速度轰击靶体内填充的物质引发核反应。根据靶物质的不同，该系统在离子加速打靶后可完成临床上所需要的 ^{18}F 、 ^{11}C 等放射性同位素。其中 ^{18}F 是目前临床使用标记示踪剂最多的正电子放射性核素。其基本原理如下图 9-1。

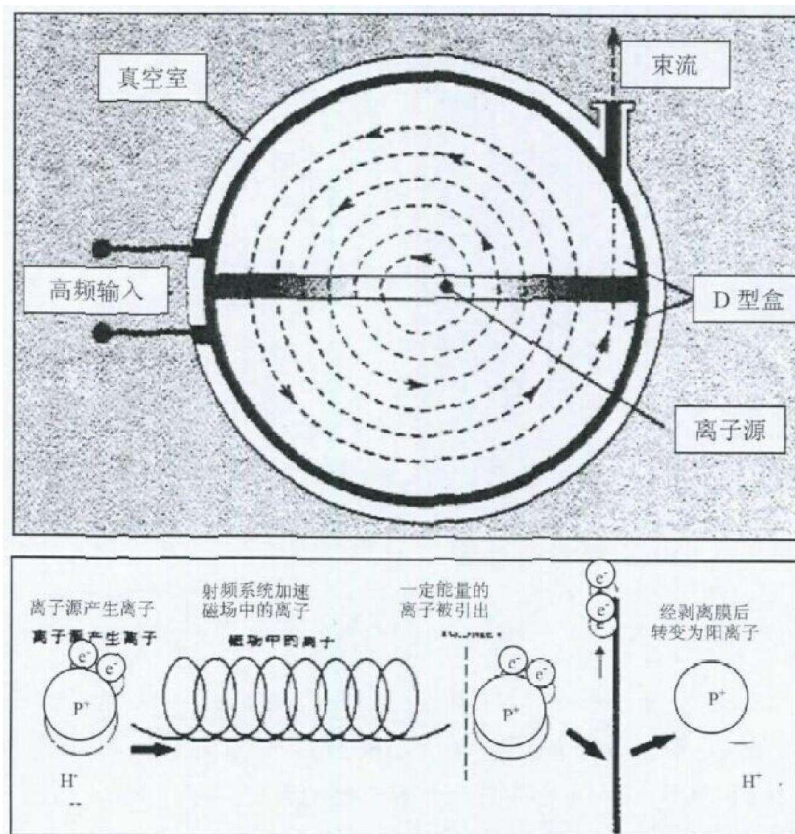


图 9-1 医用回旋加速器工作原理简图

(2) 设备组成

①回旋加速器设备

回旋加速器一般由磁场系统、射频系统、真空系统、离子源系统、束流提取系统、诊断系统、靶系统和冷却系统等组成，各系统的主要作用如下：

磁场系统：由上下磁轭、线路极片、磁场线圈、磁场电源等组成，其作用就是提供偏转力使束流维持在上下磁极之间中心平面的准环形轨迹上。磁场线圈使束流在上下磁极之间加速。磁场非匀场，而是采用深谷设计，对束流粒子在加速的中心层面提供了强聚焦力，引导粒子返回中心层面，产生高的束流引出效率。

射频系统：包括监测与控制元件、频率合成器、中级放大器、RF 电源振幅器、共轴透射线、耦合网络和 D 型盒结构等，其作用就是对 D 型盒提供一交替的高电压电势，并将能量转至 H-离子。随着束流加速得到能量，其轨道半径逐渐增加，这种轨迹被称为准螺旋形。当束流到达提取半径时，其能量也将达到预定能量。正常工作时，射频频率自动受 RF 控制元件调整以维持 D 型盒结构的共振。

真空系统：包括真空室、排气泵、仪表和控制元件等。真空仪表和控制元件用于

监测并显示真空室的压力以及在系统出现故障时对仪器起到保护作用。真空室需要连续不断地抽气以排除来源于离子源及真空室内表面的气体。

离子源系统：包括离子源、ARC 源、偏向电源与氢气流量控制器等。离子源产生 H-离子，在正常操作中不需要进行调试或干预性操作。离子源存在电势差，用于电离氢气形成等离子浓聚体。进入离子源的氢气流量由电子质流控制器调控以与变化的离子源和加速器运行条件相匹配。等离子体的电源（或 ARC）由电流调节的开关型电源提供，在正常运行时，控制系统调节离子源的 ARC 电流以维持期望的靶电流。

束流提取系统：包括一个或者两个束流提取器。其作用就是当 H-通过碳提取膜时，剥离其与氢核结合松散的两个电子，从而使束流由负电性变成正电性。

靶系统：是完成特定核反应而产生正电子核素的装置，一般包括靶体、准直器、靶膜、管路阀门等。靶材料包括液态、气态和固态靶三种类型。气态靶（制备 ^{11}C ）是由气瓶间通过管道自动输送到加速器，更换气体罐的操作是在气瓶间完成。固体靶（制备 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr ）是装在靶面板上，可重复使用。对于液态靶（制备 ^{18}F 、 ^{15}O 、 ^{13}N ），需要工作人员定期进入加速器机房添加靶水。

冷却系统：从不同系统中将热量带出，带出的热量在二级冷却系统中进行热交换，并将热量传送到初级冷却系统。

②化学合成系统

该系统包括合成分装模块以及相应的仪器设备，用于合成和分装核素的药物。回旋加速器打靶产生的放射性核素由屏蔽输送管道直接输送到合成热室内的合成分装模块中，由自动合成装置进行药物合成。化学合成系统是在计算机控制下自动化地完成药物的合成。

本项目拟使用的回旋加速器，是一套完整的全自动的，带有自屏蔽的正电子药物生产系统，最大能量 $\leq 11\text{MeV}$ ，束流 $\leq 100\mu\text{A}$ 。其主要技术参数见表 9-6。

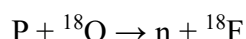
表 9-6 放射性核素特性一览表

（3）工作流程、产污环节及污染因子

回旋加速器可完成临床上所需要的 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{64}Cu 和 ^{89}Zr 等放射性同位素。其中 ^{18}F 是目前临床使用标记示踪剂最多的正电子放射性核素。以生产 ^{18}F -FDG 为例进行工作流程介绍。

①药物制备

医院提前一天根据患者预定的药物数量，向回旋加速器室预定安排第二天的放射性药物生产量。回旋加速器运行期间，工作人员不进入加速器室内，仅在加速器控制室内操作。回旋加速器在每次正式制备放射性同位素前均进行预处理。用 $^{16}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ 先清洗靶并用纯氦吹干药物传递管道，然后注入靶物质，以一定的束流轰击一定时间（视所需制备量而定）后，将制备的核素通过专用防护管道系统，在氦气推动下输送至合成热室的药物合成器内。其中 ^{18}F 制备核反应如下，生产采用液体靶。



生产前对回旋加速器进行调试，根据需要生产的放射性核素种类设置相应参数。回旋加速器运行期间，工作人员不进入回旋加速器室内，仅在控制室操作。核素生产时间为平均为 2.5h/次。

产污环节：回旋加速器在生产核素的同时伴随产生大量中子，成为瞬时辐射源，由于高能带电粒子直接轰击加速器有关部件导致有关原件被活化从而产生中子活化产物，中子在慢化吸收过程中产生高能射线和放射性废物，另外回旋加速器长期运行会产生废靶。加速器室内的空气受中子照射后生成放射性活化气体，主要有 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 和 ^{41}Ar 等感生放射性物质，以及回旋加速器在开机时会产生少量的非放射性有害气体，主要是臭氧和氮氧化物。

②药物合成、分装

回旋加速器机房的核素离子生产完成后，通过氦气吹扫，通过专门的防护管道系统传输到合成热室内的相应模块箱中。

核素在洁净合成模块中合成过程中，无需人员干预，核素药品在洁净合成模块的合成均采用计算机程序自动控制。

核素药品在洁净合成模块合成完成后，进入同一模块箱的药物分装模块。药物分装过程也采用计算机全自动控制，无需人工干预，药物在自动分装模块中将根据预先设计的程序，经高效除菌过滤膜过滤被收集在安瓿瓶中。自动掉入专用的铅防护罐中，罐子的盖子为卡扣盖子，不易松动。合成过程均采用计算机程序全自动控制，无需人工干预。

产污环节：药物合成、分装过程中核素衰变发出 β^+ 射线以及因发生正电子湮灭而产生的 γ 射线；合成分装模块内药物的挥发产生含放射性核素的废气。

③药物质控

药物生产完成后，工作人员进入合成热室将合成分装模块内装有少量质检用药物的铅罐取出，经传递窗送至外包间，再由外包间工作人员通过传递窗送至质控室进行质量检验，质控室设通风橱，工作人员在通风橱内将待检药物注射器吸取微量抽检样品，检验药物的 pH 值和形状，经检验满足《药品管理法》和《放射性药品管理办法》等相关法律法规要求后，方开展后续工作。

产污环节：药物质控过程中核素衰变发出 β^+ 射线以及因发生正电子湮灭而产生的 γ 射线；操作过程中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染；发生药品泄露后医务人员去污、应急洗消、场所清洗时可能产生少量放射性废水；通风橱药物的挥发产生含放射性核素的废气；作业产生废棉签、口罩、手套等放射性固废。

④运输

PET 药物制备完成后，工作人员进入合成热室将合成分装模块内装有药物的铅罐取出，诊断药物经传递窗送至核素诊断工作场所的通风橱内暂存。

⑤工艺流程汇总

以上整个过程（打靶、合成、分装）为计算机全自动控制，工作人员不参与操作，只是监控整个过程的执行情况；质控环节由工作人员在通风橱内操作。

因此，回旋加速器项目污染因子主要是： γ 射线、中子、活化气体、 β 表面污染、放射性废水、放射性废气以及放射性固废、 O_3 和 NO_x 。

放射性药品的生产、合成、分装和质检流程见图 9-2。

图 9-2 放射性药品的生产、合成、分装、质检流程图

3、核素诊断环节的设备工作原理及工艺流程

（1）PET/CT 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 9-3。



图 9-3 常见的 PET/CT 外观图

本项目核医学诊断场所使用放射性同位素 ^{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 9-7。

表 9-7 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
^{11}C	20.39min	β^+ , EC	0.96 (+)	0.511	0.148
^{15}O	2.0min	β^+ , EC	1.72 (+)	0.511	0.148
^{13}N	10min	β^+ , EC	1.19 (+)	0.511	0.148
^{64}Cu	12.71h	β^- , β^+ , EC	0.65 (+)	0.511 1.346	0.029
^{89}Zr	78.4h	β^+ (100)	0.396	0.511	-
^{68}Ge	280d	EC (100)	0.106	-	-
^{68}Ga	68min	β^+ , EC	1.9 (+)	0.511	0.134

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。

（2）锆镓发生器淋洗原理

本项目显像诊断使用的 ^{68}Ga 由锆镓发生器淋洗而成，该发生器属于裂变色层发生器，基本部件是钼酸锆柱/活化氧化铝柱、淋洗系统和用于保护工作人员的辐射屏蔽套。 ^{68}Ga 由活化氧化铝柱内 ^{68}Ge 不断裂变产生，并被活化氧化铝柱吸附，当加入适当的淋洗剂时， ^{68}Ga 便以 $^{68}\text{GaO}^{4-}$ 的形式被淋洗出来，整个过程称为“挤奶”。为了方便，一套发生器除基本部件外，常附加子体核素溶液接收瓶（即负压瓶）和一定量的淋洗剂（生理盐水）。由于母体核素的不断衰变就不断地产生子体核素，因而核

素发生器可以反复淋洗制得子体核素。

(3) 工作流程、产污环节及污染因子

1) ^{68}Ga 制备工作流程如下：

本项目 ^{68}Ga 放射性药物由医生通过发生器自行进行制备，其制备、注射和显像流程如下：

①将生理盐水瓶插入发生器的双针，一分钟后整体拔下外有防护罐的负压瓶，即制得淋洗液，制得的淋洗液贮存于外有防护罐的负压瓶之中。通常整个淋洗过程约需两分钟。

②测量活度：测量活度在通风橱内进行，由负责注射的工作人员完成，通风橱内配置有用于活度测量的活度计，工作人员用注射器吸取少量淋洗液，测量其放射性活度，得出该瓶淋洗液的比活度，同时可测量淋洗液的纯度。用注射器将已测量好活度的淋洗液迅速转移至冻干药盒，并充分摇匀，稀释到预设体积。

③给药试验、测定：注射护士手持带铅套的注射器，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为病人注射，病人注射完药物后进入注射后等候室内观察等待，等待结束后注射病人进入PET/CT扫描间进行显像诊断，诊断结束后病人进入留观室休息一定时间后可直接离开。

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 9-4 所示。

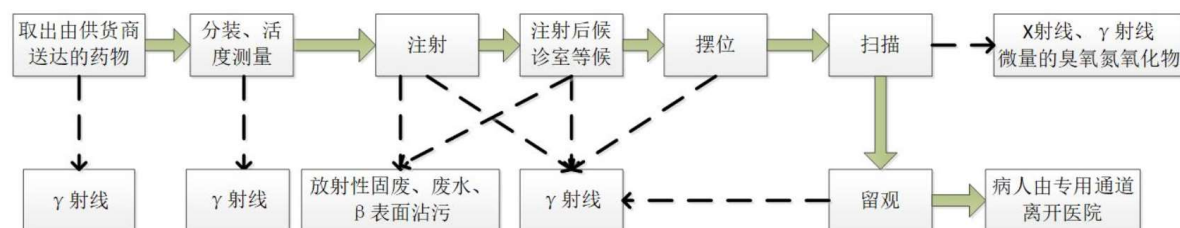


图 9-4 本项目核医学诊断流程及产污环节示意图

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。

（二）介入诊断项目

1、DSA 的工作原理

数字减影血管造影（Digital Subtraction Angiography, DSA）是 20 世纪 80 年代继 CT 之后出现的一项医学影像学新技术，是电子计算机图像处理技术与传统 X 线血管造影技术相结合的一种新的检查方法。可以满足心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入检查与治疗。介入诊断与治疗是指医生在 DSA 图像的引导下，通过皮穿刺途径或通过人体原有孔道将导管或器械插入病变部位或注射造影剂，进行诊断和治疗。

DSA 是影像增强器技术、电视技术和计算机科学技术相结合的产物，是应用最多的数字化 X 射线透视设备。DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台和多幅照相机组成。

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数值相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全。通过数字减影血管造影系统处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

2、设备组成

DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台和多幅照相机组成。

3、操作流程

DSA 在进行曝光时分为检查和介入治疗两种情况，对应的治疗流程及产污图见图

9-5:

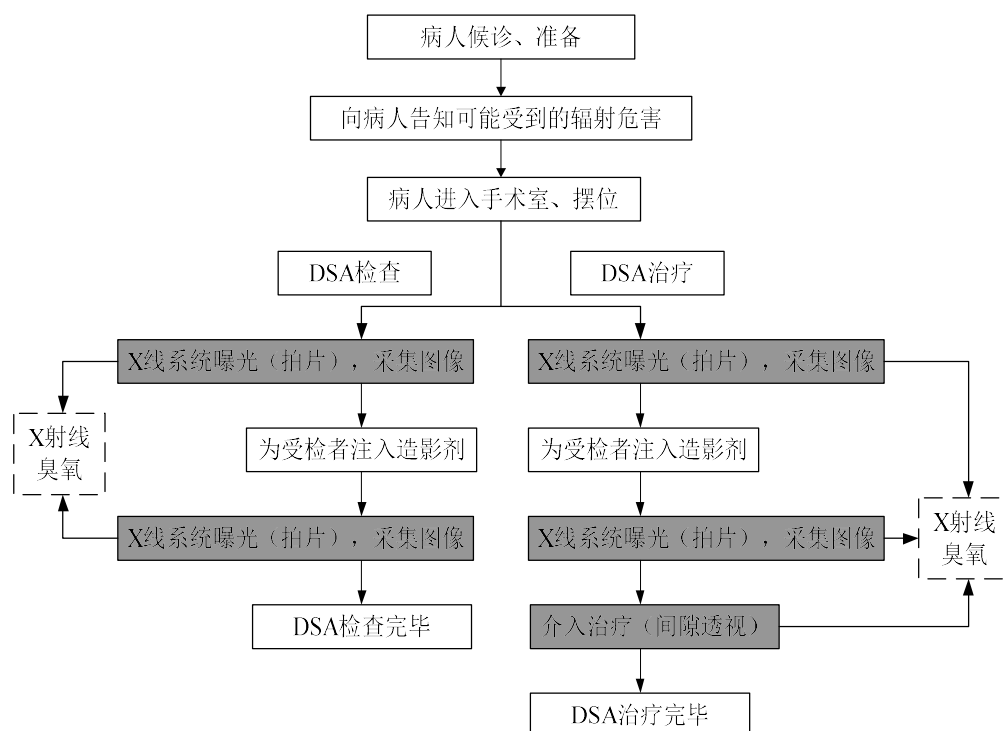


图 9-5 DSA 检查与治疗流程及产污环节示意图

①DSA 检查

DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入控制室，关好防护门。医师、操作人员通过控制室的电子计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

②DSA 治疗

医师采取近台同室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.3~1.2m 处。介入治疗中，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视，通过显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。DSA 机房内配备个人防护用品（如铅衣、铅围裙、铅围脖、铅眼镜等），同时手术床旁设有床下铅帘和悬吊铅屏风。

(三) 项目人流和物流的路径规划

1、核医学科项目

本项目非密封放射性物质工作场所位于医院第二住院大楼一层，结合本项目的工艺流程，本次改扩建的非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目人流、物流路径规划具体如下：

(1) 工作人员路径：

①放射性药物生产制备场所的工作人员经北侧的办公室进入回旋加速器的控制室，再往东进入换鞋区进入一更、二更、缓冲进入净化走廊再到达药物合成热室及质控间，返回时通过缓冲间再进入一更到达回旋加速器控制室再达到办公室区域。该路径上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，质控间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核素诊断工作场所的护士由卫生通过间通过防护门注射室，在通风橱内完成分装活度测量等操作，最后在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) 患者路径：

患者按预约日期首先到第二住院大楼一层护士站登记，登记后的患者通过二次候诊进入处置室安置留置针，再通过带有门禁装置的防护门进入诊断区域，首先到达注射窗口，随后注射相对应的放射性药物后，在注射后等候室休息等待，一般等待大约20~30min，再进入PET/CT机房进行显像检查，检查完毕后在留观室内休息约10min后离开。该路径上，患者入口和患者出口处均设置为单向门禁，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。

(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由回旋加速器生产制备所得，放射性药物会在病人就诊前制备好并通过质控间的传递窗将放射性药物送至注射室的通风橱内暂存。

本项目工作场所的病人、医护人员及药物流动路线见图9-6。

本次改扩建的非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目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《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中关于临床核医学工作场所的要求。

2、介入诊断项目

（1）患者路径：本项目患者从医院街经南侧缓冲间进入 DSA 机房内接受治疗。

（2）医生路径：本项目辐射工作人员从北侧现有设备科过道经更衣室分别进入 DSA 机房控制室及刷手间。介入手术医生经刷手间至 DSA 机房铅防护门进入机房内进行床旁手术操作，放射技师在控制室内对 DSA 设备进行隔室操作。

本项目工作场所的病人、医护人员流动路线见图 9-7。

图 9-6 本项目核医学科人流及物流路径示意图

图 9-7 本项目 DSA 人流及物流路径示意图

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）核医学科项目

1、放射性药物生产制备环节

(1) 放射性污染源分析

在回旋加速器区主要的环境影响为制备核素、化学分离与合成、质量控制、药物分装过程中对工作人员产生外照射；质量控制、药物分装过程中对工作台面、地面等造成的表面污染；生产过程产生的含放射性的滤膜、靶材料等；操作过程产生的放射性固体废物，如使用可能沾染放射性药物的手套、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。

回旋加速器营运过程中产生的电离辐射主要为 γ 射线和中子，此外尚有质子、 β^+ 等。在 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{18}F 、 ^{15}O 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 的生产中，除产生电离辐射（ β^+ 、 γ ）之外，还可能产生含 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 和 ^{41}Ar 的废气、废液和固体废物，此外尚有少量的活化气体，下面分别叙述：

① 贯穿辐射

回旋加速器运行时产生的贯穿辐射有中子、 γ 射线，产生的初级伽玛射线大约是中子产生剂量的 1%。在进行化学合成时和分装时产生 γ 射线。产生部位见表 9-8。

表 9-8 回旋加速器运行贯穿辐射发生位置

序号	发生位置	产生放射的主要原因	粒子类型
1	靶	生产放射性同位素的核反应	中子， γ
2	射束光闸	射束调整过程中粒子束撞击射束光闸产生的核反应	中子， γ
3	挡板缝隙	加速粒子撞击挡板缝隙产生的核反应	中子， γ
4	锡箔剥离器	加速粒子通过锡箔剥离器产生的核反应	中子， γ
5	真空室	加速粒子在真空室内撞击残气	中子， γ
6	化学合成热室	输送管道、药物合成、制取、药量分装和质量检验时	γ

以上中子和 γ 射线具有较强的穿透力，如果对其屏蔽不好则可以穿过屏蔽墙、防护门和屋顶对工作人员和公众会产生一定辐射危害。

一般上午 8 点钟要对患者用药，所以回旋加速器通常运行（打靶）是在上午 6 点前完成，打靶后药物合成和分装共需约 2 小时。

② 活化气体

加速器机房中的空气受中子照射后生成放射性活化气体，主要核素有 ^{11}C ， ^{13}N ， ^{15}O 和 ^{41}Ar ，它们的半衰期在 7.3s~1.83h，只要有相应的通风管道就可以避免机房内活化气体的存在。

③ 放射性废物

i 含放射性核素的气溶胶：在放射性药物制取、质检、分装时，部分未被高效过

滤器净化的含 ^{18}F 等的气溶胶经通风管道排入大气，会对环境产生污染；

ii 放射性液体废物：放射性药物制取工艺流程中加入的反应介质乙腈溶液和乙醚洗涤液，在同位素交换反应和洗涤完成后，每天产生约 120ml 放射性废液，由热室专用瓶自动收集，热室在当天运行结束后只能等到第二天才能打开，废液在热室贮存。

加速器冷却水被活化将产生的感生放射性核素主要是 ^{15}O 、 ^{16}N ，半衰期分别是 2.1min 和 7.3s，一般采取放置一段时间其活度可衰减到可忽略的水平。该项目回旋加速器采用密封循环水冷却方式，在正常运转状况下，不外排。

iii 放射性固体废物：有靶废料，即有靶窗、废弃的离子源灯丝等，一年产生约 400g，为感生放射性废物；放射性药物制取时产生放射性残留物如硅胶、树脂、氧化铝、碳柱、滤膜和废活性炭等，每年产生约 150kg；操作药物时主要产生的手套、口罩和清洁时用过的抹布、托布等，年产生量约 20kg，废物中主要核素为 ^{18}F 等短寿命放射性核素。所有以上放射性废物均采取衰变存贮方式。

表 9-9 药品合成过程污染因素和产污环节

序号	产污环节	污染因素						
		贯穿辐射		表面污染	放射性固体废物	放射性液体废物	放射性气体废物	其它有害气体
		n	γ					
正常工况	药品合成		√	√	废手套、口罩、吸水纸以及废包装瓶等。	剩余药液、冲洗及工作人员沐浴废水	^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{18}F 、 ^{15}O 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 气溶胶	
	药品质控检验		√	√	不合格药物			
	药品分装		√	√	废包装材料			
	退役		√	√	含感生放射加速器部件和其它场地清污废物			
事故工况	安全连锁失效	√	√					O_3 、 NO_x
	突然断电扩散泵回流		√				^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{18}F 、 ^{15}O 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 气溶胶	
	通风系统故障		√				^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{18}F 、 ^{15}O 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 气溶胶	
	熔靶和靶水吸附事故		√				/	
	反应器倾翻或破裂		√	√			^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{18}F 、 ^{15}O 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 气溶胶	

2) 非放射性污染源

i 由空气电离产生的有毒气体臭氧 (O_3)，臭氧是加速器产生的电离与空气中的

氧相互作用的结果，它对人的呼吸系统、眼睛和粘膜有伤害。高浓度的臭氧还可以使易燃材料的活性增强，降低臭氧浓度的主要措施是加速器机房要有良好的通风系统。

ii 水冷机、通风系统等产生的噪声，水冷机正常工作噪声水平在 70~75dB(A)，通风机组噪声不大于 70dB(A)，所以对周围环境不会有明显影响。

2、核素诊断环节

(1) 电离辐射

PET/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。

^{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通风橱内进行分装，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，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 校准源由放置于储源室内，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 58dB(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 O₃、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。

（8）射线装置的报废处置

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。

（二）介入诊断项目

1、电离辐射

DSA 在开机出束状态下产生 X 射线，主要辐射污染途径为外照射。设备未开机状态不产生 X 射线。

2、废气

在开机出束过程中手术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

本项目介入手术时会产生的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂等医疗废物；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

本项目辐射工作人员工作中会产生的少量的生活污水。

5、噪声

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，本项目所使用的通排风系统为低噪声节能排风机，噪声较小，无需另行采用专门的降噪措施。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作区域布局管理

（一）工作场所布局合理性

1、核医学科

绵阳市中心医院本次改扩建的工作场所位于医院第二住院大楼一层东北部，改建后的场所东侧为院内道路，南侧为核素诊断工作场所，西侧为候诊大厅，北侧为医生办公室及院内道路，上方为架空层，下方为设备用房。

改扩建后的场所由回旋加速器机房、控制室、更衣缓冲间、药物合成热室、质控间、净化走廊、注射室、放射性废物暂存间、卫生通过间、注射后等候室、PET/CT 机房、设备间、留观室、控制室等组成。

本项目改扩建的核医学科位于第二住院大楼一层内，工作场所相对独立建筑，与其他科室有明显的界限，新增的非密封放射性物质工作场所位于第二住院大楼一层内避开了医院的产科、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。

2、介入诊断

本项目改建的 2 座 DSA 机房位于第一住院楼负一层，改建后的 DSA 机房东侧为缓冲区、设备间及医废暂存间等，南侧为过道，西侧为普通药品库及电梯厅，北侧为控制室及库房，上方为诊室。

综上，本项目辐射工作场所根据工作要求且有利于辐射防护和环境保护进行布局，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大的门诊区或其它人流活动区；在设计阶段，辐射工作场所进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。

（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。

2、控制区与监督区的划分

(1) 区域划分

①核医学科项目

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。医院拟将回旋加速器机房、更衣室、净化走廊、药物合成热室、质控间、注射室、废物间、注射后等候室、PET/CT 机房、留观室和卫生通过间等划分为控制区，该区域涉及放射性同位素操作，是药物生产制备、分装及带药病人的主要活动区域，设置有病人专用通道供带药病人行走，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室及医生办公室等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的监督区。控制区和监督区内病人及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射。

②DSA 项目

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 DSA 机房等划分为控制区，该区域涉及射线装置使用区域，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室及设备间等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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

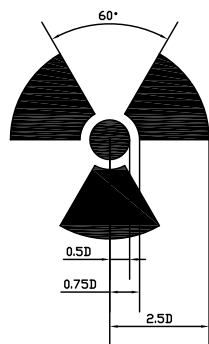
科室名称	控制区	监督区
核医学科	回旋加速器机房、更衣室、净化走廊、药物合成热室、质控间、注射室、废物间、注射后等候室、PET/CT 机房、留观室和卫生通过间等	控制室及医生办公室等
DSA	DSA 机房	控制室、设备间等

图 10-1 核医学科分区示意图

图 10-2 DSA 分区示意图

1) 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。

2) 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）机房屏蔽措施

本项目改扩建的非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目屏蔽设计见表 10-2、表 10-3。

表 10-2 核医学科防护屏蔽设计一览表

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 ，实心砖的密度不低于 1.65g/cm^3 。

表 10-3 本项目 DSA 机房防护屏蔽设计一览表

（二）辐射安全装置

1、核医学科

（1）回旋加速器的安全设施

①安全联锁：加速器室的防护门与加速器的高压设置联锁，当防护门未关闭到位时，加速器无法开启高压出束；当加速器工作过程中误操作打开防护门时，加速器立即停止出束；控制台和大厅门钥匙控制；辐射报警灯和报警与加速器准备出束状态联锁，准备出束时发出警示；

②工作指示灯：加速器机房防护门外拟设置红黄绿三色工作指示灯信号，用于提示机房内设备的运行状态。红灯亮表示加速器正在出束工作；黄灯亮表示加速器已停机，加速器屏蔽门处于打开状态，非职业工作人员禁止入内；绿灯亮表示加速器已停机，屏蔽门处于关闭状态；

③电离辐射警告标志：回旋加速器工作场所入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

④开门开关：加速器机房入口门内侧及外侧，靠近防护门处设置 1 个开门开关，当人员被关在机房内紧急情况下按下开关，可实现防护门从内部打开，同时加速器停止出束；

⑤急停开关：加速器室进出口、控制台操作台合适位置上各设置 1 个急停开关，人员滞留在机房内时就可以按下开关，实现加速器停止出束；

⑥固定式剂量监测：加速器机房防护门内设置固定式剂量率仪监测探头。

⑦视频监控：加速器机房内拟安装视频监控，监视器设置于控制室内，工作人员可及时掌握回旋加速器机房内部情况。

（2）药物合成热室工作场所安全设施

①电离辐射警告标志：药物合成热室入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

②当加速器制备出核素之后，放射性核素传输之前，热室设备将根据程序设定，自动检测合成热室的门是否已经关闭，合成热室里面的压力是否满足负压要求；只有这两项条件均满足的情况下，放射性核素才能通过管道进行传送，同时在控制室内操作台上有相应的核素传输工作状态指示灯；

③剂量监测：合成热室所在房间内安装固定式剂量率仪，当探测到剂量率超过设置阈值时，则有声光报警，人员马上撤离。

④视频监控：拟安装视频监控系统，便于辐射工作人员观察操作场所内及周边的情况。

（3）质控间工作场所安全设施

①电离辐射警告标志：质控间入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

②剂量监测：质控间设置固定式剂量率仪，当探测到剂量率超过设置阈值时，则质控室内声光报警，人员马上撤离。

2、PET/CT 场所安全设施

（1）电离辐射警告标志

医院计划在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）紧急制动装置及紧急开门按钮

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

在防护门入口处设置有紧急开门按钮，一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急开门按钮即可打开防护门。

（3）操作警示装置

PET/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 机房和控制室之间拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置于机房内受检者联系。

（5）门禁系统

在受检者各出入口处设置专用单向门禁系统，对受检者的出入进行控制。

（6）注射后候诊室与留观室拟设置患者专用厕所，废水直接流向本次新建的衰变池系统内。

（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。

（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）校准源室红外报警系统

本项目核素诊断工作场所的校准源室拟设置双人双锁的保险柜，校准源放置在双人双锁的保险柜内，日常期间由值班人员巡视检查，校准源室出入口安装摄像头、红外报警系统。

（10）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。

（11）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。

（12）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。通风橱底部设有 10mmPb 废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。

2、介入诊断项目

（1）设备固有安全性

本项目 DSA 购置于正规厂家，满足国家质检要求，装置泄露辐射不会超过国家规定的限值。

此外设备自身采取以下安全防护措施：

①采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影响增强器的窗口处放置铜过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用场所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度，并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂时并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积（DAP）仪等。

⑥配备辅助防护设施：项目拟购 DSA 配有悬吊铅帘和床下铅帘（两者的防护铅当量均不低于 0.5mm 铅当量），数字胃肠机应配备相应的悬吊铅帘和床下铅帘（两者的防护铅当量均不低于 0.5mm 铅当量），在设备运行中可加强对医护人员的辐射防护。

⑦正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设施无误时，才能由“启动”键启动照射；同时床体上设置有“紧急停机开关”按钮，一旦发现异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

（2）辐射屏蔽措施

本项目 DSA 机房屏蔽设计能力分析见表 10-4。

表 10-4 DSA 机房防护屏蔽设计能力分析一览表

辐射工作场所	参数	屏蔽设计参数（厚度及材质）	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）屏蔽要求	备注
DSA	四侧墙体	370mm 厚实心砖+1cm 厚硫酸钡水泥（约 4mmPb）	有用线束方向铅当量不小于 2mmPb；非有用线束方向铅当量不小于 2mmPb。	满足
	楼顶	120mm 混凝土+3mm 铅板（约 4mmPb）		
	观察窗	3mm 铅当量		
	防护门	3mm 铅当量		
	机房面积	1#机房有效使用面积为 45.6m ² ，最小单边长 6.0m； 2#机房有效使用面积为 37.4m ² ，最小单边长 5.2m	机房最小有效使用面积 20m ² ，机房内最小单边长 3.5m	

（3）辐射安全装置

①门灯联锁：

各机房病人出入防护门顶部应设工作状态指示灯，并与防护门联锁。防护门关闭时，工作状态指示灯亮，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯熄灭。

②急停按钮：

在手术床旁及控制室内设急停按钮（按钮与 X 射线系统连接）。在射线装置出束

过程中，一旦发现紧急情况，按下急停开关可停止 X 射线系统出束。

③警告标识：在病人至 DSA 机房内防护门外、控制室至 DSA 机房防护门外、DSA 机房至设备间防护门外醒目的位置设置“当心电离辐射警告”标志。

④辐射监测设备：医院拟配备 1 台便携式 X - γ 剂量监测仪，用于场所的剂量水平监测。

⑤医院应每月对射线装置、安全联锁装置、机电设备等辐射防护设施设备进行检查，发现问题应及时维护、更换。

（4）人员的安全防护

人员主要指本项目辐射工作人员、患者和本次评价范围内的公众。

1）辐射工作人员的安全防护

为减少辐射工作人员的照射剂量，采取的主要方法有源项控制、屏蔽防护、时间防护和距离防护，多种防护联合运用、合理调节：

①源项控制

在满足治疗要求的前提下，针对不同病人制定最优化的治疗方案，选择能达到治疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化，并通过设备的可调限束装置进行参数设置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射，避免不必要的照射。

②屏蔽防护

从事介入治疗的医生、护士拟配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品，除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应至少为 0.5mm 防护铅当量，介入防护手套铅当量应不小于 0.025 mmPb。

③时间防护

在满足治疗要求的前提下，在每次使用射线装置进行治疗之前，根据治疗要求和患者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，减少工作人员的受照时间，也避免患者受到额外剂量的照射。另外，对从事介入治疗手术的医生和护士应采取分组制，以避免某一工作人员因长时间操作所致剂量超标。

④个人剂量监测

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）“5.3 佩戴 5.3.2”中要求“对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应

在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计”和“5.3 佩戴 5.3.3”中“对于 5.3.2 所述工作的情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部”剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）”。

本项目辐射工作人员均应配备有个人剂量计（每名介入治疗医生需配备 2 套个人剂量计），并要求在上班期间必须佩戴。医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案。

2) 患者和陪检者的安全防护

医院应为患者配有防护围裙或方巾等防护用品（其防护铅当量应不低于 0.5mm），用于患者非照射部位的防护。为陪检者至少配备铅衣，以避免受检者受到不必要的照射。此外，在不影响治疗效果的前提下，保持患者与射线装置靶源尽可能远的距离。

3) DSA 机房周边公众的安全防护

周边公众主要依托放射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和楼板等实体屏蔽设施屏蔽射线。同时，放射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在 DSA 机房门外设置工作状态指示灯，张贴醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员进入控制区，以增加公众与射线源之间的距离，避免受到不必要的照射。

4) 与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性分析

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中人员安全防护的要求，本项目针对介入操作采取的人员安全防护措施的符合性分析见表 10-5。

表 10-5 项目采取的介入操作人员安全防护措施符合性

场所名称	分项		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目拟采取措施
DSA 机房	辐射工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅橡胶帽子
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护帘/床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏
	患者和陪检者	个人防护用品	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	铅三角巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子

由表 10-5 可知，医院拟配置个人防护用品和辅助防护设施情况满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

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 10-6。

表 10-6 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	应增加的措施
回旋加速器及药物合成	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	新建	/
		铅防护门	已设计	/
	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
		视频监控	已设计	/
		条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	设备自带	/
		门机联锁、门灯联锁等安全联锁	/	需配备
	警示装置	入口处电离辐射警示标志	/	需配备
		入口处加速器工作状态显示	/	需配备
	紧急设施	紧急开门装置	/	需配备
		机房内紧急停机按钮	/	需配备
	监测	机房内固定式剂量报警仪	/	需配备
		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
	其他	机房门防夹装置	/	需配备
		通风系统	已设计	/
		火灾报警仪	已设计	/
		灭火器材	已设计	/
PET/CT 诊断区域	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	新建	/
		铅防护门	已设计	/
		观察窗	已设计	/
		病人专用卫生间	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	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
	其他	通风设施	已设计	/
		火灾报警仪	已设计	/

DSA	场所设施	机房墙体、屋顶、门窗等实体防护措施	已设计	已有
		通风设施	/	需配备
		紧急停机开关	设备自带	设备自带
		门灯连锁	/	需配备
		对讲系统	/	需配备
		入口处电离辐射警告标志	/	需配备
		入口处机器工作状态显示	/	需配备
	监测设备	便携式辐射监测仪	/	需配备
		个人剂量计	/	需配备
		个人剂量报警仪	/	需配备
	个人防护	医护人员个人防护	/	需配备
		患者防护	/	需配备
		灭火器材	/	需配备

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

本项目总投资**万元，环保投资**万元，占总投资的 22.8%。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、核医学科项目

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性同位素过程中产生的含放射性固废、放射性废水和含放射性核素的气溶胶，核医学诊断工作场所拟采取以下“三废”防治措施。

（一）含放射性核素的气溶胶

根据《粒子加速器辐射防护规定》GB5172-85 中 3.4.1 规定，排放有毒气体（如臭氧）和气载放射性物质，加速器设施内必须设有通风装置。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 支单独连接注射室内设置的通风橱，

放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱由专业厂商提供，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，医院购买的通风橱排风口处风速不得低于 0.5m/s；第 2 支管连接各等候区、注射室、PET/CT 机房等。场所内的送风系统和排风系统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 根排风管道排至第二住院大楼楼顶，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。

工作场所各排风管道必须密封良好，不与第二住院大楼其他排风管道相通，过滤器及活性炭需定期更换（1~2 次/年），更换后的活性炭经贮存衰变 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。

图 10-3 通排风管道布置示意图

（二）放射性废水

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第二住院大楼本次新建的衰变池系统内，放射性废水先排至沉淀池再通过污水提升泵排至放射性废水衰变系统（见图 10-4），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。

图 10-4 本项目使用的放射性废水衰变池系统

本项目新设置的放射性废水衰变系统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场所下方新建的放射性废水处理间内，该衰变池系统共设 3 个相同体积的放射性废水衰变槽体，每个有效容积为 13m³，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一个沉淀池加三个容积均为 13m^3 的小池组成，核医学科产生的放射性废水先进入沉淀池进行初级沉淀后排入第一个衰变池中，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，核医学的废水通过沉淀池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

放射性废水衰变池组拟设废水取样口和检修口，每次排放前应对放射性废水进行取样监测，监测结果符合排放标准后方可排放。结合废水在衰变池组中的储存周期，制定每 2 周一次的排水计划，按照计划定期将废水排放至院内污水处理站进一步处理达标后纳入市政管网。每次排放应做好排放时间、监测数据、排放量等应详细记录，设置专门的废水排放台账，台账应有专人管理，存档保存。

放射性废水衰变池组拟设废水取样口和检修口，每次排放前应对放射性废水进行取样监测，监测结果符合排放标准后方可排放。建设单位应根据监测数据，结合废水在衰变池组中的储存周期，制定每 3 个月一次的排水计划，按照计划定期将废水排放至院内污水处理站进一步处理达标后纳入市政管网。每次排放应做好排放时间、监测数据、排放量等应详细记录，设置专门的废水排放台账，台账应有专人管理，存档保存。

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。

PET 诊断项目使用 ^{89}Zr 核素 PET 诊断的患者产生的废水用铅罐储存，PET 诊断项目及 PET 药物制备项目所使用核素中 ^{18}F 用量远大于其余核素，但 ^{64}Cu 核素（ ^{89}Zr 废水不考虑）半衰期最长，因此 PET 诊断项目及 PET 药物制备项目废水核素排放导出限值主要考虑 ^{18}F 、 ^{64}Cu ；PET 药物制备项目所使用核素中 ^{18}F 用量远大于其余核素，但 ^{89}Zr 半衰期最长，因此 PET 药物制备项目废水核素排放导出限值主要考虑 ^{18}F 、 ^{89}Zr 。

放射性废水经各自的衰变池组衰变后，废水中各放射性核素活度满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中放射性废液排放活度均小于单次排放的活度 1ALImin 和单月排放活度 10ALImin ，同时满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中总 β 小于 10Bq/L 的要求。衰变池组内废水排入医院污水处理站进一步处理后纳入市政污水管网排放，由于衰变池内废水与医院其他医疗污水一并排放，其他医疗废水水量远大于衰变池内废水量（大于 10 倍排放流量），因此本项目废水对周边水环境影响是可以接受的。

（三）放射性固废

本项目非密封放射性物质工作场所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。在分装室、注射室、给药室、质控室设置 2 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废物衰变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。待储存 10 个以上半衰期，其活度低于 GB18871 清洁解控水平后，并经审管部门确认，作为普通医疗废物处理。

回旋加速器固体靶片一般可重复使用，不需要更换。在意外损坏无法继续使用需要更换时，换下的废靶片按放射性固体废物处理，在废物间内暂存至其放射性比活度低于相应核素的解控水平后，送交具备放射性废物收贮资质的单位贮存。

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至其放射性比活度低于相应核素的解控水平后，交由有资质单位进行处置。

(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(O₃)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。

二、介入诊断项目

1、废气治理

DSA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(O₃)。

本项目DSA机房内均设有通排风系统，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、医疗废物

介入手术时产生的医用器具、药棉、纱布、废造影剂及废造影剂瓶等医用废物，产生量约为 30kg/月。介入手术产生的医疗废物采用专门的收集容器暂存，由专人每天到科室收集到院内医疗废物暂存点，按照医疗废物执行转移联单制度，定期由有资质的医疗废物处置单位统一收集处置。

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

项目噪声源为各机房通排风系统，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 DSA 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。

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。

本项目主要的施工将在第一住院大楼及第二住院大楼内完成，主要为增加各墙体的屏蔽能力，衰变池为半成品式产品，仅在现场安装不涉及施工建造过程。因此，该项目施工工艺简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院现有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

1、大气污染防治措施

①施工场地扬尘可用洒水和清扫措施予以抑止；

②在装修工程施工中，施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘；

③加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

2、噪声防治措施

①门窗、预制构件、大部分钢筋的成品、半成品在工厂完成，减少施工场地内加工机械产生的噪声；

②不得随意扔、丢，减少金属件的碰击声。电钻等噪声设备使用时间尽量避开中午 12:00~14:00 和晚上 10:00 以后；

③加强现场运输车辆出入的管理，车辆进入现场禁止鸣笛；

④施工单位通过文明施工、加强有效管理，材料堆放必须轻拿轻放；

⑤施工单位在现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉电话后及时与当地环保部门联系，以便及时处理各种环境纠纷。

3、固废防治措施

①装饰工程施工产生的废弃物料和生活垃圾等由市政环卫统一清运；

②在工程竣工以后，施工单位应同时拆除各种临时施工设施，做到“工完、料尽、

场地清”。建设单位应负责督促施工单位的固体废物处置清理工作。

4、水污染防治措施

施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依医院现有生活污水处理设施处理。

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）放射性核素生产制备场所项目

1、回旋加速器机房屏蔽效果分析

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中第 I.3 款“自屏蔽回旋加速器机房的屏蔽估算方法”，回旋加速器屏蔽室外的剂量率可采用生产厂家提供的泄露辐射剂量等高线，采用近似方法估算。估算公式如下：

$$\dot{H}_R = \left(\frac{r_0}{R}\right)^2 \cdot (\dot{H}_n \times 10^{-x/TVL_n} + \dot{H}_\gamma \times 10^{-x/TVL_\gamma}) \dots\dots \text{公式 11-1}$$

式中： $\dot{H}_R$ ——回旋加速器室外关注点剂量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

r_0 ——参考点距靶心的距离，单位为米（m）；

R ——屏蔽墙外关注点距靶心的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_n$ ——参考点 r_0 处的中子剂量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），查生

产厂家提供的泄露辐射剂量等高线；

X ——屏蔽墙厚度，单位为厘米（cm）；

TVL_n ——中子射线的十分之一减弱层厚度，单位为厘米（cm）；

$\dot{H}_\gamma$ ——参考点 r_0 处的 γ 射线剂量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），查生产厂家提供的泄露辐射剂量等高线；

TVL_γ —— γ 射线的十分之一减弱层厚度，单位为厘米（cm）。对于 11MeV 回旋加速器泄露辐射 γ 射线的能量约为 8MeV，中子的能量约为 5MeV，相应不同屏蔽材料的 TVL 值见表 I.3。

再采用方杰主编的《辐射防护导论》中公式计算参考点人员的有效剂量。

$$D_{\text{Eff}} = \dot{H}_p \cdot t \cdot T \cdot U \dots\dots \text{公式 11-2}$$

上式中： D_{Eff} ——考察点人员有效剂量（Sv）；

$\dot{H}_p$ ——考察点的辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

t ——考察点处受放射性核素影响的时间（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， U 取 1；

由估算结果可知：回旋加速器正常运行时，机房周边辐射剂量率为（0.0012~6.25） $\mu\text{Sv/h}$ 之间。

2、感生放射性的影响分析

当加速器加速粒子能量大于 10MeV 时，机房内会产生感生放射性。加速器感生放射性包括：

加速器冷却水被活化将产生的感生放射性核素主要是 ^{15}O 、 ^{16}N ，半衰期分别是 2.1min 和 7.3s，一般采取放置一段时间其活度可衰减到可忽略的水平。放射性固体废物有靶废料，即有靶窗、废弃的离子源灯丝等，为感生放射性废物。在加速器运行时，由于有足够的结构屏蔽，所以有靶废料产生的感生放射性不会对屏蔽体外的工作人员造成危害。但在停机后，工作人员必须等待一段时间后进入。加速器检修时，工作人员必须佩带个人剂量报警仪和巡测仪，穿戴防污染手套、铅衣、铅围裙等防护用品。

3、药物合成热室辐射剂量率预测

回旋加速器合成的核素有 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{64}Cu 和 ^{89}Zr ，各种正电子放射性

核素产生的 γ 射线能量、照射量常数接近，但是合成 ^{18}F 放射性药物量相对较多，因此，本报告以 ^{18}F 进行分析评价，防护措施满足对 ^{18}F 的辐射防护要求，即可同时满足对其余核素的辐射防护要求。

按照点源模式进行估算，参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中第 1.2 款 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 诊断、 ^{131}I 治疗、PET 等工作场所的屏蔽计算，保守起见，所有核素（如 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{18}F 等）工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。

$$\dot{H}_P = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10^{\left(-\frac{x}{TVL}\right)} \dots\dots \text{公式 11-3}$$

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

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（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ ）；

r —放射源到考察点的距离（m）；

x —屏蔽厚度（mm）；

TVL — γ 射线的十分之一值层厚度（mm）

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 值层见表 11-4。

表 11-4 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
铅值层厚度 TVL（ $\rho=11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ）	16.6mm
砼值层厚度 TVL（ $\rho=2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）	176mm
实心砖值层厚度 TVL（ $\rho=1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ）	263mm

本项目按照 ^{18}F 一次生产量（ $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ ）进行核算估算，结果见表 11-5。

表 11-5 药物合成工作场所周围辐射剂量率一览表

由表 11-5 可知，正常工作状态下，合成热室表面 5cm 处的辐射剂量率最大为 $0.193\mu\text{Sv/h}$ ，药物合成热室屏蔽墙外 30cm 处辐射剂量率最大为 $0.016\mu\text{Sv/h}$ 。满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中“柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。核医学控制区外，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。”的剂量限值要求。

4、质控过程辐射剂量率预测

PET 药物制备完成后，工作人员进入药物合成热室将合成热室内装有药物的铅罐取出，药物通过药物传递窗送达质控间，在质控间进行抽样检测，检测完再经传递窗

传递至注射室的通风橱内。每种核素药物每次制备完成后均需要进行质控，每种药物均取 100 μ Ci 药物在通风橱（20mmPb）中进行质控，每次质控时间为 5 分钟，身体与药物的直线距离取 0.3m。

回旋加速器合成的各种正电子放射性核素产生的 γ 射线能量、照射量常数接近，但是合成 ^{18}F 放射性药物量相对较多，本报告以 ^{18}F 进行分析评价。

表 11-6 质控过程人员位置的剂量率估算结果表

5、工作人员及公众个人剂量估算

（1）工作负荷及计算参数

回旋加速器制药场所建设后，医院实现 PET 用药自给自足，在制药区完成合成分装、质控后，再送至注射室。制药时，工作人员仅在控制室操作，不进入机房。

工作负荷及计算参数：回旋加速器日生产时间约为 5 小时。PET 药物制备完成后，工作人员进入药物合成热室将合成热室内装有药物的铅罐取出，质控药物通过药物传递窗送达质控间，质控取 100 μ Ci 药物在通风橱（20mmPb）中进行质控，每种核素每次质控时间为 5 分钟，身体与药物的直线距离取 0.3m。

（2）辐射工作人员受照剂量估算

表 11-7 辐射工作人员个人年有效剂量估算

综上，回旋加速器核素制备场所辐射工作人员的年有效剂量最大为 0.241mSv，满足辐射工作人员年有效年剂量不大于约束值 5mSv 的要求。

（3）公众受照剂量估算

回旋加速器核素制备场所是相对封闭的区域，张贴有电离辐射警告标志，有严格的“两区”管理制度，除工作人员外，其它人员不得入内，普通公众成员不会到达控制区与监督区，因此，不会受到额外的辐射照射。

可能造成影响的主要为回旋加速器西侧候诊大厅公众，公众剂量计算结果见表 11-8 所示。

表 11-8 回旋加速器核素制备场所所致公众年有效剂量

由表 11-8 可知，回旋加速器周边公众所受年有效剂量最大为 0.0018mSv，满足本项目公众成员年有效年剂量不大于约束值 0.1mSv 的要求。

（二）核素诊断工作场所项目

根据本项目的工程分析可知，辐射工作人员在放射性药物操作区进行相关放射性药物的分装和给病人注射放射性核素，这个过程主要是放射性核素产生的 γ 射线引起

的辐射照射。当病人注射了放射性药物之后，病人又成为一个活动的辐射体，其所在的工作场所则要考虑来自病人身体的射线辐射。

PECT/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）和病人扫描（扫描过程约 20min）4 个过程，主要对核素诊断工作场所工作人员及室外公众产生外照射辐射影响。

PET/CT 核素诊断项目使用的放射性核素中， ^{18}F 核素诊断人数最多，日使用量最大，且各核素诊断流程相同，因此 PET/CT 核素诊断用核素对工作场所的辐射影响分析均按照 ^{18}F 核素进行辐射屏蔽分析。

根据公式 11-3 可估算出项目周围各参考点处的辐射水平，各参考点位置见图 11-3，预测结果见表 11-10。

从表 11-10 中的理论估算结果可以看出，由于有 48mm 铅当量通风橱屏蔽， ^{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 11-10 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 11-2，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 11-11。

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 6750 人次，由表 11-11 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 3.075mSv (1.589+1.486)，摆位过程中及扫描过程中受到的年有效剂量约为 2.441mSv (0.870+1.571)，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 0.084mSv（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。

3、射线装置环境影响分析

绵阳市中心医院核医学科 PET/CT 机房辐射防护设计见表 11-12。

表 11-7 绵阳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 实心砖墙	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	10mm 铅当量	10mmPb		
	防护小门	10mm 铅当量	10mmPb		
	观察窗	10mm 铅当量	10mmPb		
	屋顶	120mm 混凝土 +20mmPb 铅板	21mmPb		
	机房面积	39.2m ² ，单边最短长度 5.23m		机房最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长 4.5m	满足

由上表可知绵阳市中心医院核医学科 PET/CT 机房屏蔽防护措施能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

由以上估算结果及分析可知，本项目非密封放射性物质工作场所的工作人员和公众成员所受到的额外辐射照射，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”的要求以及本项目剂量约束值的要求。

4、外环境敏感保护目标影响分析

本项目 50m 评价范围内项目东侧约 15m 为马家巷 11 号院，南侧约 20m 为马家巷 11 号院，北侧 15m 为女单楼。敏感目标处的剂量率取周边最大值进行估算，且剂

量率与距离的平方成反比，保守忽略其他墙体、岩土层的屏蔽衰减，可估算非密封放射性物质工作场所对这些地点的影响，具体结果见表 11-13。

表 11-13 外环境敏感保护目标年有效剂量估算

注：时间按照年工作 2000h 估算。

由上表可见，医院外环境敏感保护目标（公众）可能受到的年有效剂量均不大于评价项目提出的公众剂量约束值 0.1mSv/a，同样可以满足《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。

5、核医学科工作人员及公众年有效剂量汇总

表 11-14 核医学科辐射工作人员及周边公众个人年有效剂量汇总

类别	工作内容/方位	年有效剂量（mSv/a）
辐射工作人员	回旋加速器控制室	0.033
	制药	0.241
	质控	0.070
	分装、注射	3.075
	摆位、扫描	2.441
院内公众	注射后等候室顶部	0.084
院外公众	马家巷 11 号院（南侧）	0.0058

本项目非密封放射性物质工作场所的工作人员和公众成员所受到的额外辐射照射，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”的要求以及本项目剂量约束值的要求。

（三）介入诊断项目

1、DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价

（1）评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 规定，主束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于 2.0mmPb。

（2）本项目 DSA 机房各屏蔽部位的铅当量厚度核算

由表 10-3，本项目 DSA 机房使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及顶棚（有用线束投射方向）的混凝土、机房四侧（非有用线束投射方向）的实心砖及铅玻璃。本项目按额定管电压 150kV 的极端条件核算 DSA 机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

混凝土、砖的等效铅当量厚度核算如下：

按照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 b) 给出的计算公式进行计算：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \dots\dots \text{公式 11-4}$$

式中：

X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α、*β*、*γ*—相应屏蔽物质（本项目为混凝土、实心砖）对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；给定铅厚度的屏蔽透射因子 *B* 值对照 GBZ 130-2020 中 C.1.2 a）相应要求采用给出的计算公式进行计算：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots\dots \text{公式 11-5}$$

式中：

B—给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α、*β*、*γ*—铅对对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—铅厚度。

由 GBZ 130-2020 中表 C.2、表 C.3 查取 150kV 管电压工况下 X 射线（主束）辐射衰减的有关的拟合参数，列于表 11-15：

表 11-15 150kV 管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	<i>α</i>	<i>β</i>	<i>γ</i>
125kV（主束）	铅	2.219	7.923	0.5386
	混凝土	0.03502	0.07113	0.6974
	砖	0.02870	0.06700	1.3460

本项目机房屏蔽部位涉及的 120mm 混凝土、200mm 实心砖，分别按公式 11-4、公式 11-5、表 11-15 计算其屏蔽透射因子 *B*、铅当量厚度，计算结果列于表 11-16。

表 11-16 混凝土、实心砖屏蔽透射因子 *B*、铅当量厚度计算结果

屏蔽体	屏蔽透射因子 <i>B</i>	铅当量厚度（mm）
120mm 混凝土	3.21E-03	1.2
200mm 实心砖	1.31E-03	2.0

（3）DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性

根据前述各屏蔽材料的等效铅当量厚度核算情况，可对本项目 DSA 机房屏蔽体等效铅当量进行汇总，结果见下表：

表 11-17 DSA 机房屏蔽体等效铅当量厚度核算及其与标准要求对比

注[1]：为 GBZ130-2020 表 3 要求；

[2]: 为非有用线束方向;

[3]: 为有用线束方向。

由表 11-17 可知, 本项目 2 座 DSA 机房的屏蔽体的等效铅当量满足 GBZ 130-2020 表 3 关于有用线束方向、非有用线束方向铅当量均不小于 2.0mmPb 的要求。

综上所述, 根据上述理论估算结果, 本项目 DSA 机房在经实体屏蔽后, 对 DSA 机房外辐射工作人员和周围公众的环境影响较小, 同时在开展介入工作时, 在采取有效的辐射防护措施和医院良好的管理情况下, 辐射工作人员的年有效剂量可以满足标准限值要求。

(四) 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 9500 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 0.6m^3 , 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。

绵阳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。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 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 11-13。

表 11-13 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 11-14。

表 11-14 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

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 1 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、校准源误操作或遗失

（1）由于误操作，导致较大放射性剂量照射的情况；

（2）放射源因故从机器上拆下来或放射源容器保管不善，可能发生放射源丢失或被盗事故，产生环境污染。

6、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。

三、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。

四、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 40Bq/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 40Bq/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。

2、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。

3、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。

4、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。

5、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。

6、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。

7、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。

五、应急措施

（1）一旦发现有其他无关人员误入扫描机房内，操作人员应立即利用最近的紧急停止开关切断设备电源。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辐射安全管理领导小组及上级领导报告。辐射安全管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、卫生等行政主管部门。

（3）迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不

能自行排除故障，则应上报当地环境保护主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

（4）事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

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。

绵阳市中心医院需修订事故应急预案，将本次扩建的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，绵阳市中心医院成立了放射防护与辐射安全管理领导小组，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，绵阳市中心医院于 2021 年 4 月 13 日重新调整了放射防护与辐射安全管理领导小组的成员。调整后的文件见附件 5。该文件明确了领导小组工作职责：

（一）依照《中华人民共和国职业病防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《医疗机构管理条例》《放射诊疗管理规定》《中华人民共和国环境影响评价法》《职业健康检查管理办法》、《工作场所职业卫生管理规定》等法律法规，组织领导医院放射防护与辐射安全管理工作的实施。

（二）负责对放射诊疗项目、放射诊疗场所的选址、建设项目等进行审定。

（三）组织开展对不良放射事件的认定及处置工作。

（四）定期召开工作会议，总结放射防护与辐射安全管理工作，分析、讨论并处理放射防护、辐射安全管理工作中遇到的问题。

（五）对放射防护与辐射安全管理工作进行考核，负责组织对放射个案事件调查、处理等。

该机构的组成已经涵盖了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。明确的职责具有明确的指导性和可操作性。

绵阳市中心医院已开展核医学科和放射科多年，本次为改扩建非密封放射性物质工作场所及 DSA 等射线装置使用项目，本项目投入使用后，回旋加速器及核素诊断工作场所仍纳入绵阳市中心医院现有核医学科管理，DSA 纳入原有放射科进行管理。

二、辐射工作人员配置和能力分析

绵阳市中心医院现有辐射工作人员 155 人，目前持证上岗的工作人员有 103 名，其中有 52 名辐射工作人员，受疫情影响暂未取得合格证书。

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、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。

3、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	需增加回旋加速器及 PET/CT 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	已制定

	维修制度	
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）	已制定。需完善放射性药物进出登记（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。

绵阳市中心医院已委托成都华亚科技有限公司和四川中环康源卫生技术服务有限公司开展了 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。检测报告见附件 7。

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》的重要组成部分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。

绵阳市中心医院已委托四川泰安生科技咨询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/月。

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
核医学科 工作场所	γ 射线	回旋加速器机房周边、药物合成热室、质控间、注射区、放射性药物分装准备室、放射性废物暂存室、候诊室、留观室、PET/CT 机房、控制室
	放射性 废水	放射性废水衰变池排放口
	X 射线	DSA 机房、PET/CT 机房相邻的房间、过道操作位和防护门
	表面污染	药物合成热室、质控间、注射室、放射性药物贮存室、放射性废物暂存室、PET/CT 机房、等待抢救室、留观室、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，医院制订了放射性污染突发事件应急处置预案（2021 年版）（详见附件 8），包含了以下内容：

“总则”、“编制目的”、“编制依据”、“适用范围”、“组织机构与职责”、“应急电话与信息报送”、“应急响应”、“保障措施”、“培训与演练”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：绵阳市中心医院改扩建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：核工业西南勘查设计研究院有限公司

建设单位：绵阳市中心医院

建设地点：四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号（第一住院大楼及第二住院大楼）

建设内容与规模：

1、核医学科项目

绵阳市中心医院拟在四川省绵阳市涪城区常家巷 12 号医院第二住院大楼一层东侧将健康管理中心等区域改建为非密封放射性物质工作场所，总占地面积约 450m²，本次改扩建的非密封放射性物质工作场所内使用的放射性核素 ¹⁸F（年最大使用量 1.39×10¹²Bq，日最大使用量 5.55×10⁹Bq，日等效最大操作量 5.55×10⁷Bq）、¹¹C、¹⁵O、¹³N 和 ⁶⁴Cu（年最大使用量均为 1.85×10¹¹Bq，日最大使用量均为 7.4×10⁸Bq，日等效最大操作量均为 7.4×10⁶Bq）、⁸⁹Zr（年最大使用量均为 1.85×10¹¹Bq，日最大使用量均为 7.4×10⁸Bq，日等效最大操作量均为 7.4×10⁷Bq）和 ⁶⁸Ga（年最大使用量 9.25×10¹⁰Bq，日最大使用量 3.70×10⁸Bq，日等效最大操作量 3.70×10⁵Bq）用于 PET/CT 显像诊断使用，放射性同位素 ⁶⁸Ga 由医院使用放射性同位素 ⁶⁸Ge（年最大使用量 1.85×10⁹Bq，日最大使用量 1.85×10⁹Bq，日等效最大操作量 1.85×10⁶Bq）制备所得，本次改扩建的非密封放射性物质工作场所总日等效最大操作量为 1.61×10⁸Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本次核医学科工作场所将配套建设 1 套衰变池系统，不与医院原有衰变池共用，该衰变池拟建于第二住院大楼负一层，拟设计 3 个并联小池，每个小池为 13m³，总容积为 39m³。

2、介入诊断项目

医院拟在第一住院大楼负一层常温库改建 2 座 DSA 机房，并在机房内新增使用 2 台 DSA（1#机房内的 DSA 型号为飞利浦 Azurion7 M12，最大管电压为 150kV，最

大管电流为 1000mA，2#机房内的 DSA 由原介入科搬迁而来，型号为飞利浦 Allura Xper FD10，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1250mA，2 台 DSA 均属 II 类射线装置），年出束时间均约为 125h，其常用主射方向向上，用于介入诊断治疗。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 13-1。

表 13-1 绵阳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	校准源室

表 13-1 绵阳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)	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 ⁷	1.39×10 ¹²	生产、使用
2		¹¹ C	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹¹	生产、使用
3		¹⁵ O	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹¹	生产、使用
4		¹³ N	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹¹	生产、使用
5		⁶⁴ Cu	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹¹	生产、使用
6		⁸⁹ Zr	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁷	1.85×10 ¹¹	生产、使用
7		⁶⁸ Ge	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	1.85×10 ⁹	使用
8		⁶⁸ Ga	3.7×10 ⁸	3.7×10 ⁵	9.25×10 ¹⁰	使用
合计				1.61×10 ⁸ Bq（乙级）		

表 13-1 绵阳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	回旋加速器	未定	11MeV		II	使用	拟购
2	PET/CT	未定	≤140kV	≤800mA	III	使用	拟购
3	DSA	飞利浦 Azurion7 M12	150	1250	II	使用	拟购
4	DSA	飞利浦 Allura Xper FD10	150	1250	II	使用	拟购

二、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）》，属于鼓励类中第三十七项“卫

生健康”的第5条“医疗卫生服务设施建设”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目的运营可为绵阳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

绵阳市中心医院改扩建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。

四、项目选址及平面布局合理性

本项目选址于绵阳市中心医院第一住院负一层及第二住院大楼一层，绵阳市中心医院位于四川省绵阳市涪城区常家巷12号（项目地理位置见附图1）。

绵阳市中心医院用地属于医疗卫生用地，从周边外环境关系可知，医院周边规划为居民住宅和市政道路，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。

绵阳市中心医院已完成门急诊医技大楼的环评并取得原四川省环境保护厅的批复，批复文号为：川环审批〔2012〕733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，本项目仅为医院内部重新装修改建，不新增用地，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，本项目拟建位置周围环境辐射剂量当量率监测值在（134~159）nSv/h之间，周围 γ 辐射剂量当量率与空气吸收剂量率数值基本相当，转换因子取1，则拟建址现场及周边环境的空气吸收剂量率为（134~159）nGy/h。根据《2019年四川省生态环境状况公报》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（76.8~163）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。

六、代价利益分析

绵阳市中心医院改扩建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，对改扩建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 0.10mSv，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、营运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

本项目核医学科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核医学科工作场所的放射性废水，进入医院新建的废水衰变池，3 个并联衰变池（每个小池为 13m³，总容积为 39m³）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。

本项目介入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，按序封闭暂存于废物间的放射性衰变桶内（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，绵阳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、非密封放射性物质工作场所及射线装置使用与安全管理综合能力

绵阳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。