

核技术利用建设项目  
川北医学院附属医院新院区  
新增钇-90 微球介入治疗项目  
环境影响报告表

川北医学院附属医院  
2026 年 1 月

生态环境部监制



核技术利用建设项目  
川北医学院附属医院新院区  
新增钇-90 微球介入治疗项目  
环境影响报告表

建设单位名称：川北医学院附属医院

建设单位法人代表（签名或签章）：\_\_\_\_\_

通讯地址：南充市顺庆区茂源南路 1 号







## 填表说明

1.此环境影响报告表按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求进行编制；

2.以下核技术利用建设项目需填报此环境影响报告表：

- 1) 制备 PET 用放射性药物的；
- 2) 医疗使用I类放射源的；
- 3) 使用II类、III类放射源的；
- 4) 生产、使用II类射线装置的；
- 5) 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）；
- 6) 在野外进行放射性同位素示踪试验的。

放射源分类见《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），射线装置的分类见《关于发布射线装置分类的公告》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）。

3.此环境影响报告表中当量剂量与有效剂量等效使用。



## 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	35
表 3 非密封放射性物质 .....	36
表 4 射线装置 .....	37
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	38
表 6 评价依据 .....	39
表 7 保护目标与评价标准 .....	43
表 8 环境质量和辐射现状 .....	50
表 9 项目工程分析与源项 .....	58
表 10 辐射安全与防护 .....	73
表 11 环境影响分析 .....	87
表 12 辐射安全管理 .....	121
表 13 结论与建议 .....	128
表 14 审批 .....	135



## 表 1 项目基本情况

建设项目名称	川北医学院附属医院新院区新增钇-90 微球介入治疗项目				
建设单位	川北医学院附属医院				
法人代表	[REDACTED]	联系人	[REDACTED]	联系电话	
注册地址	南充市顺庆区文化路 63 号				
项目建设地点	四川省南充市顺庆区茂源南路 1 号 川北医学院附属医院新院区院内				
立项备案部门	/		项目代码	/	
建设项目总投资（万元）	[REDACTED]	项目环保投资（万元）	[REDACTED]	投资比例（环保投资/总投资）	
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m <sup>2</sup> )	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
<input type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类			
其他	/				

### 1.1 建设单位情况、项目建设规模、目的和任务由来

#### 1.1.1 建设单位情况

川北医学院附属医院（统一社会信用代码：12510000452189748Q，以下简称“建设单位”）创建于 1974 年，系四川省卫生健康委直属单位，历经五十年建设发展，现已成为一所集医疗、教学、科研于一体，综合实力位居省内前列的大型国家三级甲等综合医院。建设单位占地面积 236 亩，职工 3900 余人，分为茂源南路院区（新院区）、文化路院区（院本部）和高坪院区，茂源南路院区编制床位 2500 张，文化路院区编制床位 600 张，设有业务科室 57 个，医疗中心 5 个。2024 年，门急诊量 246 万人次，出院患者 14 万人次，医疗辐射人口 3300 多万，年服务患者总量位居川东北 5 市第一位。本项目位于四川省南充市顺庆区茂源南路 1 号川北医学院附属医院新院区，地理位置图见附图 1，总平面布置图见附图 2。

建设单位凝心聚力推进四川省援外医疗工作，先后派出 17 名医疗队员援助几内亚比绍、莫桑比克、瑙鲁。医疗队员肩负党和国家的重托，用仁心、博爱、勇气、担当践行着“不畏艰苦、甘于奉献、救死扶伤、大爱无疆”的中国医疗队精神。建设单位和个人先后荣获“全国援外医疗工作先进集体”“四川省援外医疗队承派单位先进集体”“四川省援外医疗队先进集体”“四川省援外医疗工作先进个人”等荣誉称号。

建设单位现持有辐射安全许可证，编号为环川辐证【00167】，许可种类和范围为“使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至 2026 年 7 月 11 日。具体活动范围和种类见附件 2。

### 1.1.2 项目目的和任务的由来

建设单位计划新增医技楼一楼 DSA（四）室作为<sup>90</sup>Y 微球介入治疗手术室，并利用 DSA（四）室内已许可的 Azurion 7 M20 型 DSA 完成<sup>90</sup>Y 介入手术，不改变 DSA（四）室及相关场所布局及辐射屏蔽防护，新增本项目后 DSA（三）室仍作为<sup>90</sup>Y 微球介入治疗手术室备用手术室，DSA（四）室和 DSA（三）室共计日最

**大操作人数 1 人，年最大操作人数 50 人。**

根据《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》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，建设项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》的规定，本项目属于“第五十五类、核与辐射，172 条核技术利用建设项目，制备 PET 用放射性药物的；医疗使用 I 类放射源的；使用 II 类、III 类放射源的；生产、使用 II 类射线装置的；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）；在野外进行放射性同位素示踪试验的；以上项目的改、扩建（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置的）”，需编制报告表。川北医学院附属医院委托合肥金浩峰检测研究院有限公司承担该项目环境影响评价的工作（见附件 1）。我单位通过资料收集、现场调查与监测、评价分析，编制此环境影响报告表。

### **1.1.3 项目开展方案和评价思路**

1、本项目开展  $^{90}\text{Y}$  微球治疗时，涉及医技楼一楼 DSA（四）室、医技楼负一楼核医学科（SPECT/CT 检查室、储源室、高活室、放射性废物间、留观室），DSA（四）室和医技楼负一楼核医学科通过负一楼停车场及四号电梯连接，为尽量避免交叉辐射，医院通过设计合适的时间空间交通模式来控制。本次建设单位计划新增 DSA（四）室作为  $^{90}\text{Y}$  微球治疗备用场所。

2、本次拟在 DSA（四）室进行的操作：①完成第一阶段  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  注射操作（DSA（三）室  $^{90}\text{Y}$  树脂微球肝癌治疗第一阶段  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  注射操作同样也在 DSA（四）室完成），输注完成后由辐射工作人员穿着铅防护服推至医技楼负一楼 SPECT/CT 进行扫描；②完成第二阶段  $^{90}\text{Y}$  介入输注操作，DSA（四）室完成后由辐射工作人员穿着铅防护服推至医技楼负一楼 SPECT/CT 扫描结束后至医技楼负一楼留观室，依托核医学科其他情况不变。本次  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目第二阶段  $^{90}\text{Y}$  微球核素药物在进入 DSA（四）室前的贮存、分装、运输及治疗后放射性废物运输路线均与川北医学院附属医院《新增钇-90 树脂微球核素治疗核技术利用项目》（川环审批

【2022】147, 详见附件 5) 中物流路径一致, 第二阶段患者接受介入治疗后推至 SPECT/CT 扫描室前均与川北医学院附属医院《新增钇-90 树脂微球核素治疗核技术利用项目》(川环审批【2022】147, 详见附件 5) 中注射后患者路径一致。为优化治疗后患者路线, 建设单位本次规划将留观室改设在医技楼负一楼。

3、根据环境影响评价最不利原则, 本次 DSA (四) 室  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目环境影响评价以  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗年最大操作人数共计 50 人, 第一阶段  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  注射操作均设置在 DSA (四) 室, 年最大操作人数以 50 人计, 第二阶段 DSA (四) 室  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗以年最大操作人数 50 人计算 (最不利原则, 均在 DSA (四) 室进行操作)。本项目环境影响评价进行辐射环境影响预测分析, 仍对已有工作场所及射线装置进行叠加计算。

4、本项目依托 DSA (四) 室进行  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -大颗粒聚合人血清白蛋白输注和  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗, 第一阶段和第二阶段时间错开, 经后文分析, 其平面布局、辐射安全与防护设施满足本项目需求。DSA (四) 室进行  $^{90}\text{Y}$  微球治疗时, 放射性核素日等效最大操作量为  $2.50 \times 10^8 \text{Bq}$ , 属于乙级非密封放射性物质工作场所。手术结束后, 对介入治疗室进行清污, 开展表面污染监测, 清洁解控后, 方可开展普通手术。因此, 本报告将 DSA (四) 室作为乙级非密封放射性物质工作场所进行环境影响评价。

5、本项目依托医技楼负一楼高活室 (分装室) 对放射性核素药物  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  进行分装,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  单人单次最大操作量  $1.50 \times 10^8 \text{Bq}$ , 日等效最大操作量  $1.50 \times 10^5 \text{Bq}$ , 年最大使用量  $7.50 \times 10^9 \text{Bq}$ 。根据辐射安全许可证 (详见附件 2), 医技楼负一楼已许可的非密封放射性物质日等效最大操作量为  $1.07 \times 10^9 \text{Bq}$ , 经后文分析, 原许可  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  使用量已不能满足本项目需求, 本次新增  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  日等效最大操作量  $1.50 \times 10^5 \text{Bq}$  后, 医技楼负一楼的日等效最大操作量为  $1.07 \times 10^9 \text{Bq}$ 。因此, 本项目将医技楼负一楼作为乙级非密封放射性物质工作场所进行环境影响评价。

6、放射性废气: DSA 运行过程中产生的 X 射线、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  产生的  $\gamma$  射线以及  $^{90}\text{Y}$  产生的轫致辐射与周围空气发生电离作用会产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体, 产生量较少; 本项目使用放射性核素药物均为悬浮液无挥发性, 正常运行过程中, 涉及的相关场所无新增放射性废气。因此, 本报告仅对所依托场所的现有通风设

施进行介绍，不做详细分析。

6、放射性废液：本项目<sup>90</sup>Y核素包裹于微球中，具有良好的稳定性，其浸出游离的钇-90核素量极少，介入治疗室地面将铺设一次性铺巾，若出现地面沾染，将不采用大水量冲洗，采取局部擦拭的方式进行去污，DSA（四）室介入治疗室无放射性废水产生；治疗结束后病人在医技楼负一楼留观室留观2~6h，病人手术前已禁食6~8小时，因此术后产生的排泄物较少，考虑病人术后身体状况，病人在留观期间穿戴尿不湿，因此不考虑放射性废液的产生。

7、固体废物：（1）DSA（四）室：介入手术第一阶段<sup>99m</sup>Tc-大颗粒聚合人血清白蛋白输注期间使用后的放射性固体废物在手术结束后收集并转入专用的铅废物桶（利旧），转运至医技楼负一楼放射性废物暂存间内存放衰变；介入手术第二阶段<sup>90</sup>Y微球介入治疗留观过程产生的放射性固体废物收集在专用容器（新增）中后转运至医技楼负一楼放射性废物暂存室暂存衰变。（2）医技楼负一楼核医学科：<sup>99m</sup>Tc分装过程产生的放射性固体废物收集在专用容器（利旧）中后转运至西侧放射性废物暂存室暂存衰变。本项目产生放射性固体废物在满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中要求后，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

#### 1.1.4 环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据原国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的规定：建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告表以前，应当依法、主动公开建设项目环境影响评价报告表的全本信息。

根据以上要求，建设单位于2025年12月25日在医院官网（<https://www.samsph.cn/notice/2025/meplM6eM.html>）对该项目进行了全文公示，以征求公众意见。信息公示至今，建设单位和环评单位均未收到相关单位或个人有关项目情况的反馈意见。公示网站截图如下。

图1-1 川北医学院附属医院官网项目环评全文公示截图

## 1.1.5 项目建设概况

### （一）项目基本情况

**项目名称：**川北医学院附属医院新院区新增钇-90 微球介入治疗项目

**项目性质：**扩建

**建设单位：**川北医学院附属医院

**建设地点：**四川省南充市顺庆区茂源南路 1 号 川北医学院附属医院新院区院内

### （二）项目建设内容及规模

建设单位拟在医技楼一楼 DSA(四)室新增钇-90 微球介入治疗，并利用 DSA(四)室内已许可的 Azurion 7 M20 型 DSA 完成  $^{90}\text{Y}$  介入植入手术，将在 DSA(四)室内完成  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Y}$  注射操作，SPECT/CT 扫描结束后至医技楼负一楼留观室，依托核医学科其他情况不变。

#### 1、医技楼一楼

DSA(四)室已完成了环境影响评价并于 2023 年 4 月取得了环评批复（详见附件 5），于 2023 年 7 月完成竣工环境保护验收（详见附件 5）。

##### （1）工作场所

根据川北医学院附属医院《新增数字减影血管造影装置（DSA）项目竣工环境保护监测报告》（详见附件 5）可知：DSA(四)室室内净空面积约  $78.15\text{m}^2$ ，净空尺寸为  $9.556\text{m}$ （长） $\times 7.553\text{m}$ （宽） $\times 3.2\text{m}$ （高），东侧墙体为  $370\text{mm}$  实心砖 $+2\text{mm}$  铅板，南侧墙体为  $200\text{mm}$  空心砖 $+3\text{mm}$  铅板，西侧墙体为  $370\text{mm}$  实心砖 $+2\text{mm}$  铅板，北侧墙体为  $50\text{mm}$  彩钢板 $+3\text{mm}$  铅板，顶棚为  $120\text{mm}$  混凝土 $+2\text{mm}$  铅板，地板为  $120\text{mm}$  混凝土 $+20\text{mm}$  硫酸钡涂料，防护门（3 扇）为  $3\text{mmPb}$  防护铅门，观察窗（1 扇）为  $15\text{mm}$  铅玻璃（ $2.87\text{mmPb}$ ）。DSA(四)室的电缆线穿孔和通排风口等采用  $3\text{mm}$  铅橡胶套进行封堵，避免漏射产生，平开防护门门扇底部采用防护铅胶条处理，密封地面缝隙。

##### （2）放射性核素使用

###### ① DSA(三)室

医技楼一楼 DSA(三)室开展  $^{90}\text{Y}$  树脂微球肝癌治疗业务，该场所 DSA 设备型号为 UNIQ FD20 型，最大管电压  $125\text{kV}$ ，最大管电流  $1000\text{mA}$ ，通过 DSA(三)室

进行<sup>90</sup>Y树脂微球介入治疗第二阶段，<sup>90</sup>Y日最大操作人数1人，日最大操作量 $2.50\times10^9$ Bq，日等效最大操作量 $2.50\times10^7$ Bq，为乙级非密封放射性物质工作场所，年最大操作量50人，年最大用量为 $1.25\times10^{11}$ Bq，项目于2022年12月7日取得了四川省生态环境厅关于川北医学院附属医院《新增钇-90树脂微球核素治疗核技术利用项目环境影响报告表的批复》（川环审批【2022】147，详见附件5）。本次拟新增DSA（四）室作为<sup>90</sup>Y介入微球治疗场所，新增后，DSA（三）室作为备用场所。

#### ②DSA（四）室

本项目环境影响评价遵循环境影响最不利原则，DSA（四）室<sup>90</sup>Y微球介入治疗项目环境影响评价以<sup>90</sup>Y微球介入治疗年最大操作人数共计为50人，第一阶段<sup>99m</sup>Tc注射操作均设置在DSA（四）室，年最大操作人数以50人计，第二阶段DSA（四）室<sup>90</sup>Y微球介入治疗以年最大操作人数50人计算（最不利原则，均在DSA（四）室进行操作）。

本项目拟使用放射性核素<sup>90</sup>Y开展介入微球治疗，年最大接诊50人次（每日最大接诊1人次），第一阶段放射性核素<sup>99m</sup>Tc单人次使用量最大约为 $1.50\times10^8$ Bq，医院购买的<sup>90</sup>Y微球每瓶活度为 $3.00\times10^9$ Bq，平均每位患者仅需注射1.5~2.5GBq的<sup>90</sup>Y微球即可满足治疗需求，本项目DSA（四）室<sup>90</sup>Y取最大操作量为2.5GBq。

本项目医技楼一楼内DSA（四）室内拟使用<sup>99m</sup>Tc用于术前评估介入输注，日最大操作量 $1.50\times10^8$ Bq，日等效最大操作量 $1.50\times10^5$ Bq，年最大使用量 $7.50\times10^9$ Bq；拟使用<sup>90</sup>Y微球用于肝癌治疗介入输注，<sup>90</sup>Y日最大操作量 $2.50\times10^9$ Bq，日等效最大操作量 $2.50\times10^8$ Bq，年最大使用量 $1.25\times10^{11}$ Bq。

综上所述，本项目医技楼一层内DSA（四）室工作场所总日等效最大操作量为 $2.50\times10^8$ Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

#### （4）射线装置

本项目DSA（四）室内现有1台DSA，该设备型号为Azurion 7 M20，其额定管电压为125kV，额定管电流为1000mA，属II类射线装置，常用主束方向朝上，已许可。

### 2、医技楼负一楼核医学科

川北医学院附属医院（新区医院）《新增核技术应用项目》已完成了环境影响评价并于2016年4月取得了环评批复（川环审批【2016】85号文，详见附件5），于

2021 年 1 月完成竣工环境保护验收（详见附件 5）。

### （1）工作场所

医技楼负一楼核医学科现有的辐射工作场所包括：储源室、高活性室、放射性废物暂存间、SPECT/CT 扫描间。根据川北医学院附属医院（新区医院）《新增核技术应用项目（核医学科及 III 类射线装置部分）竣工环境保护监测报告》：本项目涉及的医技楼负一楼核医学科各功能用房四周墙体均为 370mm 实心砖，顶棚和地板均为 200mm 钢筋混凝土，储源室门、高活性室门、放射性废物间以及 SPECT/CT 扫描间门均为 3mm 厚铅当量铅钢门，SPECT/CT 扫描间观察窗为 3mm 厚铅当量铅玻璃。高活性室内设有 2 套通风橱，储源室设保险柜储存放射性药品，放射性废物间内设有铅桶暂存放射性固废。

留观处位于医技楼负一楼，根据川北医学院附属医院（新区医院）《新增核技术应用项目（核医学科及 III 类射线装置部分）竣工环境保护监测报告》：面积约 31m<sup>2</sup>（长 7.3m×宽 4.3m），东侧、西侧墙体为 200mm 实心砖墙，南侧、北侧墙体为 360mm 混凝土墙，顶棚和地板为 200mm 钢筋混凝土。

### （2）放射性核素使用

已许可核素使用量见表 1-1。

**表 1-1 医技楼负一楼核素已许可使用情况统计表**

本项目第一阶段放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$  单人次使用量最大约为  $1.50 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大用量为  $7.50 \times 10^9 \text{Bq}$ 。建设单位医技楼负一楼现有  $^{99m}\text{Tc}$  核显像诊断患者每天约 30 人，单人最大用量为  $1.11 \times 10^9 \text{Bq}$  (30mCi)，该场所已许可的  $^{99m}\text{Tc}$  日最大操作量  $3.33 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，已许可  $^{99m}\text{Tc}$  不足以供本项目使用。综上所述，建设单位医技楼负一楼  $^{99m}\text{Tc}$  放射性核素需额外增加核素日最大操作量  $1.50 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量  $1.50 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大使用量  $7.50 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

本项目第二阶段  $^{90}\text{Y}$  微球储存、分装依托川北医学院附属医院《新增钇-90 树脂微球核素治疗核技术利用项目》(川环审批【2022】147，详见附件 5)，本次医技楼负一楼核医学科不新增  $^{90}\text{Y}$  使用量。

综上所述，医技楼负一楼核医学科已许可的乙级非密封放射性物质工作场所总日等效最大操作量为  $1.07 \times 10^9 \text{Bq}$ ，本次新增使用放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$  后，医技楼负一楼核医学科工作场所总日等效最大操作量为  $1.07 \times 10^9 \text{Bq}$ ，仍属于乙级非密封放射性物质工作场所。

### (3) 射线装置

本项目仍依托医技楼负一楼 SPECT/CT 扫描间内现有 1 台 SPECT/CT 开展  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目的显像扫描检查，该设备型号为 Discovery NM/CT670 Pro，其额定管电压为 140kV，额定管电流为 440mA，属 III 类射线装置，已许可。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-2 及表 1-3。

表 1-2 川北医学院附属医院新院区新增项目情况一览表

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	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	场所等级	备注		
1	DSA (四)室	$^{99m}\text{Tc}$	$1.50 \times 10^8$	低毒 0.01	液态, 很简单操作 10	$1.50 \times 10^5$	乙级	本次新增		
2		$^{90}\text{Y}$	$2.50 \times 10^9$	中毒 0.1	悬浮液, 简单操作 1	$2.50 \times 10^8$				
3		合计				$2.50 \times 10^8$				
4	医技楼 负一楼	$^{99m}\text{Tc}$	$1.50 \times 10^8$	低毒 0.01	液态, 很简单操作 10	$1.50 \times 10^5$	乙级	$^{90}\text{Y}$ 使用量已许可		
6										
5		合计				$1.07 \times 10^9$				

表 1-3 川北医学院附属医院新院区新增项目情况一览表

射线装置									
序号	射线装置	装置型号	数量	最大管电压	最大管电流	类别	活动种类	使用场所	备注
1	DSA							医技楼 一楼	已 许 可
2	SPECT/CT							医技楼 负一楼	

### (三) 项目组成内容及环境问题

本项目组成及主要环境问题见表 1-4。

表 1-4 项目组成内容及环境问题

名称	建设内容及规模			可能产生的环境问题	
				施工期	运营期
医技 楼负 一楼	核素	本次涉及使用的非密封放射性物质包括: $^{99m}\text{Tc}$ , 结合已许可的使用量后医技楼负一楼非密封放射性物质总日等效最大操作量为 $1.07 \times 10^9\text{Bq}$ , 为乙级非密封放射性物质工作场所。		/	X/ $\gamma$ 射线、轫致辐射、放射性废气、放射性

DSA (四) 室	射线 装置	1台 SPECT/CT 开展介入治疗第一阶段 $^{99m}\text{Tc}$ 、第二阶段 $^{90}\text{Y}$ 注射操作后的评估检查, 该设备型号为 其额定管电压为 额定管电流为 440mA, 属III类射线装置。	废液、放射 性固废、 $\beta$ 表面污染、 臭氧等
	场所	医技楼负一楼布置的主要辐射功能用房包括储源室、高活性室、放射性废物间、服碘室、高能注射后候诊室、低能注射后候诊室、VIP 注射后候诊室、甲功室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房等, 主要使用诊断类药物。本次 $^{99m}\text{Tc}$ 储存依托现有医技楼负一楼储源室, 分装依托医技楼负一楼高活性室(分装室), 放射性废物贮存依托医技楼负一楼放射性废物间, $^{99m}\text{Tc}$ 显像扫描依托医技楼负一楼 SPECT/CT 机房, 治疗后病人留观改设在医技楼负一楼留观处。	
	核素	DSA(四)室使用 $^{90}\text{Y}$ 核素日等效最大操作量为 $2.50 \times 10^8 \text{Bq}$ , DSA(四)室使用 $^{99m}\text{Tc}$ 核素日等效最大操作量为 $1.50 \times 10^5 \text{Bq}$ , 本场所为乙级非密封放射性物质工作场所。	
辅助工程	射线 装置	DSA(四)室内已配置使用 1台 型额定管电压 , 额定管电流为 数字 减影血管造影机( DSA ), 属于 II类射线装置。	X/ $\beta$ / $\gamma$ 射线、 轫致辐射、 放射性固 废、 $\beta$ 表面 污染、臭氧 等
	场所	DSA(四)室室内净空面积约 $78.15\text{m}^2$ , 净空尺寸为 $9.556\text{m}$ (长) $\times 7.553\text{m}$ (宽) $\times 3.2\text{m}$ (高), 东侧墙体为 370mm 实心砖+2mm 铅板, 南侧墙体为 200mm 空心砖+3mm 铅板, 西侧墙体为 370mm 实心砖+2mm 铅板, 北侧墙体为 50mm 彩钢板+3mm 铅板, 顶棚为 120mm 混凝土+2mm 铅板, 地板为 120mm 混凝土 20mm 硫酸钡涂料, 防护门(3扇)为 3mmPb 防护铅门, 观察窗(1扇)为 15mm 铅玻璃(2.87mmPb)。	
环保 工程	放射 性废 液	医技楼负一楼核医学科配套办公室、值班室、洽谈室、会诊室、登记室等辅助用房, DSA(四)室依托已建成控制室、设备间、办公室、污物间、配电室等辅助用房。	生活污水、 固体废物
	放射 性废 气	钇-90 治疗过程不考虑放射性废液。  本项目药品活度测定在高活性室通风橱内进行, 高活性室内设有通风橱 2 套, 废气管道位于楼顶。DSA(四)室设置有空调净化系统(排风量为 $1500\text{m}^3/\text{h}$ ), 产生的废气至医技楼屋顶进行排放。	放射性废 液、放射性 废气、放射 性固废

放射性固废	医技楼负一楼放射性固废间建筑面积 2.5m <sup>2</sup> 。钇-90治疗过程产生的放射性固废依托医技楼负一楼放射性固废间暂存。		
公用工程	配电、供电和通讯系统及污水处理系统等。		/

#### （四）项目依托设施

①依托办公设施：医生办公室依托已有的医生办公室。

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有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，医院拟委托阆中市时代安全处置有限公司进行统一收集、清运和处置。

川北医学院附属医院新院区已有污水处理站一座（处理工艺采用混凝沉淀+二氧化氯消毒），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》（GB 18466-2005）中的表 2 预处理标准后排入市政污水管网，最终进入南充市污水处理厂处理。

院区内均已有设生活垃圾暂存间，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，医院委托阆中市时代安全处置有限公司进行统一收集、清运和处置。

本项目 DSA 室工作场所已于 2023 年 6 月进行环境影响评价（川北医学院附属医院新增数字减影血管造影装置（DSA）项目），同年 6 月 21 日南充市生态环境局批复（南市环审【2023】30 号，详见附件 5），并于 2023 年 7 月完成相应的竣工环境保护验收（详见附件 5）。本项目产生的放射性废物暂存至铅废物桶（利旧）内，待手术结束后统一转运至医技楼负一楼的放射性废物暂存间内暂存，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$ 表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup>后，按照医疗废物处理，交由阆中市时代安全处置有限公司进行统一收集、清运和处理。

本项目所依托的医技楼主体工程已在《川北医学院附属医院迁扩建项目环境影响报告书》中进行了评价，并取得了原四川省环境保护局的批复（川环审批【2009】75 号，详见附件 4）。医技楼负一楼核医学科已于 2016 年 4 月对其进行环境影响评价（川北医学院附属医院（新区医院）新增核技术应用项目），同年 4 月 6 日取得四川省生态环境厅批复（川环审批【2016】85 号，详见附件 5），于 2021 年 1 月通过竣工环

境保护验收（详见附件 5）。本项目产生的固体放射性废物、放射性废气依托原有环保处理措施进行处理，本项目不产生放射性废液。

### （五）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 1-5。

表 1-5 本项目主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量/Bq	来源	用途
主要原辅材料	<sup>99m</sup> Tc	7.50×10 <sup>9</sup>	有资质单位供货	核素诊断（介入微球治疗第一阶段术前评估）
	<sup>90</sup> Y	1.50×10 <sup>11</sup>	有资质单位供货	核素治疗（介入微球治疗第二阶段）
	无菌注射用水	300mL	外购	/
	造影剂	50 瓶（100mL/瓶）	外购	/
	一次性注射器	50 个	外购	/
	一次性注入装置	50 套	外购	/
	一次性洁净服、铺巾、垫巾等	若干	外购	/
能源	电	/	城市电网	/
水	生活用水	/	市政管网	/

注：以上物料均为 DSA（三）室及 DSA（四）室合并使用量，除 <sup>99m</sup>Tc 外均在川北医学院附属医院《新增钇-90 树脂微球核素治疗核技术利用项目》（川环审批【2022】147，详见附件 5）中体现。

### （六）劳动定员及工作负荷

#### （1）劳动定员

建设单位为钇-90 治疗业务配备了 2 名核医学医师，2 名核医学技师，1 名影像医师，2 名放射影像技师，1 名肝胆外科医师，2 名介入医师，1 名介入护士，1 名病理师（非辐射工作人员），以上人员均为原辐射工作人员，不新增劳动定员。建设单位钇-90 治疗业务辐射工作人员情况统计见表 1-6。

表 1-6 钇-90 治疗业务辐射工作人员情况统计表

序号	姓名	职业类别	工作岗位	个人剂量监测情况					辐射安全培训考核情况	职业健康体检情况
				2024.9-2024.12	2024.12-2025.3	2025.3-2025.6	2025.6-2025.9	合计		
暂无数据										

1	杨耀午	2C	核医学医师	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05	FS23SC0 300136 有效期至 2028.7.14	已体检， 可继续原 放射工作
2	陈飞	2C	核医学医师	0.01	0.01	0.02	0.02	0.06	FS23SC0 300058 有效期至 2028.4.12	已体检， 可继续原 放射工作
3	何宗喜	2C	核医学技师	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	FS23SC0 300066 有效期至 2028.4.12	已体检， 可继续原 放射工作
4	顾华见	2C	核医学技师	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05	FS23SC0 300077 有效期至 2028.4.21	已体检， 可继续原 放射工作
5	李婷	2A	影像医师	0.01	0.01	—	—	0.02	自主考核 合格 有效期至 2027.11.6	已体检， 可继续原 放射工作
6	肖如辉	2E	放射影像技师	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	FS24SC0 102287 有效期至 2029.11.1 3	已体检， 可继续原 放射工作

7	兰木	2E	放射影像技师	0.01	0.01	0.01	0.04	0.07	FS24CQ0 101670 有效期至 2029.10.2 5	已体检， 可继续原放射工作
8	徐浩	2E	介入医师	0.01	0.13	0.05	0.03	0.22	FS21SC0 100991 有效期至 2026.4.22	已体检， 可继续原放射工作
9	许可	2E	介入医师	0.01	0.03	0.08	0.08	0.20	FS21SC0 101588 有效期至 2026.6.24	已体检， 可继续原放射工作
10	张薇	2E	介入护士	0.01	0.03	0.01	0.01	0.06	FS24SC0 101419 有效期至 2029.7.10	已体检， 可继续原放射工作
11	任勇军	2E	肝胆外科医师	0.01	0.09	0.01	0.01	0.12	计划参加 2026年培训	已体检， 可继续原放射工作

## (2) 工作负荷

本项目 DSA 设备现已投入运行，根据医院提供资料可知，该设备用于常规介入

：

根据医院规划，本项目  $^{90}\text{Y}$  介入微球治疗项目 50 例/年， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  及  $^{90}\text{Y}$  核素药物输注均需依托 DSA 进行，则共计开展介入输注 100 台，平均每台介入手术透视模式运行时间约 5min~20min/台，平均摄影模式（即拍片模式）运行时间均不超过 1min，故本项目保守考虑单台介入手术平均透视模式运行 20min，摄影模式平均运行约 0.5min。

本项目 DSA 设备年工作负荷见表 1-7。

表 1-7 DSA 工作负荷

年份	年工作天数	年工作时数	年工作负荷
2018	250	2000	1.0
2019	250	2000	1.0
2020	250	2000	1.0
2021	250	2000	1.0
2022	250	2000	1.0
2023	250	2000	1.0
2024	250	2000	1.0
2025	250	2000	1.0
2026	250	2000	1.0
2027	250	2000	1.0
2028	250	2000	1.0
2029	250	2000	1.0
2030	250	2000	1.0
2031	250	2000	1.0
2032	250	2000	1.0
2033	250	2000	1.0
2034	250	2000	1.0
2035	250	2000	1.0
2036	250	2000	1.0
2037	250	2000	1.0
2038	250	2000	1.0
2039	250	2000	1.0
2040	250	2000	1.0
2041	250	2000	1.0
2042	250	2000	1.0
2043	250	2000	1.0
2044	250	2000	1.0
2045	250	2000	1.0
2046	250	2000	1.0
2047	250	2000	1.0
2048	250	2000	1.0
2049	250	2000	1.0
2050	250	2000	1.0
2051	250	2000	1.0
2052	250	2000	1.0
2053	250	2000	1.0
2054	250	2000	1.0
2055	250	2000	1.0
2056	250	2000	1.0
2057	250	2000	1.0
2058	250	2000	1.0
2059	250	2000	1.0
2060	250	2000	1.0
2061	250	2000	1.0
2062	250	2000	1.0
2063	250	2000	1.0
2064	250	2000	1.0
2065	250	2000	1.0
2066	250	2000	1.0
2067	250	2000	1.0
2068	250	2000	1.0
2069	250	2000	1.0
2070	250	2000	1.0
2071	250	2000	1.0
2072	250	2000	1.0
2073	250	2000	1.0
2074	250	2000	1.0
2075	250	2000	1.0
2076	250	2000	1.0
2077	250	2000	1.0
2078	250	2000	1.0
2079	250	2000	1.0
2080	250	2000	1.0
2081	250	2000	1.0
2082	250	2000	1.0
2083	250	2000	1.0
2084	250	2000	1.0
2085	250	2000	1.0
2086	250	2000	1.0
2087	250	2000	1.0
2088	250	2000	1.0
2089	250	2000	1.0
2090	250	2000	1.0
2091	250	2000	1.0
2092	250	2000	1.0
2093	250	2000	1.0
2094	250	2000	1.0
2095	250	2000	1.0
2096	250	2000	1.0
2097	250	2000	1.0
2098	250	2000	1.0
2099	250	2000	1.0
2000	250	2000	1.0

注：常规介入手术的年出束时间来自医院提供资料，详见附件 17。

本项目 DSA（四）室仍拟配置 11 名辐射工作人员开展  $^{90}\text{Y}$  介入微球治疗项目，其中 2 名核医学医师，2 名核医学技师，1 名影像医师，2 名放射影像技师，1 名肝胆外科医师，2 名介入医师，1 名介入护士，1 名病理师（非辐射工作人员），均为原辐射工作人员。DSA 每台手术最少由 2 名医生和 1 名护士配合，手术医生及护士透视模式运行时位于 DSA 室内，摄影模式运行时位于控制室内，技师位于控制室内进行隔室操作。

### （3）工作制度

本项目核医学科及钇-90 介入治疗辐射工作人员年工作天数为 250 天，实行 8 小时工作制。

## 1.2 项目周边保护目标以及选址情况

本项目医技楼负一楼、DSA（四）室实体边界 50m 范围为院区内部区域及环都大道。

### （1）建设单位新院区外部环境关系

本项目位于四川省南充市顺庆区茂源南路 1 号川北医学院附属医院新院区，建设单位新院区地理位置图见附图 1。院区四周地势平坦，西侧紧邻茂源南路，隔路 35 米为南充体育馆；北侧紧邻环都大道四段，隔路 57 米为春风·玫瑰园小区；东侧紧邻巷道，隔巷道 23 米为杏林小区；南侧紧邻四海街，隔路 52 米西侧为美宇·凤凰城小区及南充市五星育新小学，隔路 52 米东侧为尚品·观邸小区，院区周围均为常见的城区商

住交通环境。建设单位新院区总平面图见附图 2，外环境关系示意图见附图 3。

### （2）建设单位新院区内部环境关系

建设单位新院区医技楼负一楼核医学科东侧为医疗垃圾暂存库和生活垃圾暂存库，南侧为土层，西侧为停车库，北侧为设备间、库房、工具间及放疗科用房等场所。楼下为人防区域，楼上为放射科机房、医保办等场所。

建设单位新院区 DSA（四）室位于医技楼一楼，为集中的介入手术区，其东侧为设备间、污物间、过道、办公室，南侧为过道、CT 控制室、CT 室，西侧为 DSA（三）室、DSA（三）室控制室，北侧为 DSA（四）室控制室、过道、碎石中心，楼上主要功能房间为 ERCP 检查室、护士站、肠镜检查室、胃镜检查室、洗消间、耗材库，楼下为核医学科及放疗科功能用房。DSA（四）室正上方为洗消间和耗材库，正下方为放疗科过道和加速器控制室。建设单位医技楼负一楼核医学科与 DSA（四）室位置关系图见附图 6。

### （3）选址合理性分析

本项目辐射工作场所不毗邻产科、儿科和食堂等部门，同时避开了医院内人流量较大的住院区域、门诊大厅区域。辐射工作场所 50m 范围内不存在自然保护区、保护文物、风景名胜区、饮用水源保护区、学校、居民小区等生态敏感目标和环境敏感目标（见附图 3），项目选址符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求（对照分析见表 1-7）。

本项目医技楼负一楼核医学科为已建内容，钇-90 治疗所依托的医技楼负一楼核医学科部分功能用房和 DSA（四）室均已取得环评批复，不新增用地，已有场所已按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

**表 1-8 本项目与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）选址要求对照分析**

标准要求	本项目选址情况	是否满足
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。	本项目位于医技楼负一楼南端，集中布置，负二楼为人防层，设有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。 本项目涉及的 DSA（四）室位于医技楼一楼，为独立 DSA 机房，周围均为介入场所，设置有独立的人员及物流通道。	满足
核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人	本项目辐射工作场所为已纳入辐射安全许可的专门场所，不毗邻产科、儿科和食堂等部门，	满足

员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	同时避开了医院内人流量较大的住院区域、门诊大厅区域，同时与周围非辐射工作场所有明确的分界隔离，并有实体屏蔽措施。	
核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。	核医学科和 DSA (四) 室均设有专用通排风管道引至楼顶进行排放，且已远离周围高层建筑。	满足

#### (4) 与周围环境相容性分析

本项目核医学科、DSA (四) 室为已建内容，钇-90 治疗依托已有场所开展工作，建设单位建有完备的放射性废物及普通医疗废物、生活垃圾等收储设施。

1) 废水：本项目不产生放射性废水，本项目辐射工作人员均为建设单位已有工作人员，不新增生活污水。

2) 固废：本项目产生的放射性废物经放射性废物间暂存衰变，监测达标后，作为医疗废物管理并依托建设单位现有医疗废物暂存间进行暂存后，定期交由阆中市时代安全处置有限公司进行清运和处置。

3) 废气：本项目医技楼负一楼核医学科各场所产生的放射性气溶胶经其设置的独立放射性废气排风系统引至所在楼楼顶排放；DSA (四) 室内产生非放射性废气（臭氧、氮氧化物）经原机房内排风系统引至所在楼屋顶排放。

本项目所依托的已有环保设施满足本项目建设需求，同时本项目不占用现有消防通道和内部公共设施，与院区内部原有布置及周围环境相容。

### 1.3 产业政策符合性分析

本项目属于国家发展改革委颁布的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第六项“核能” 中第四条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”；第十三项“医药” 中第四条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

### 1.4 实践正当性分析

由于 <sup>90</sup>Y 微球具有粒子能量高、半衰期短、发生纯β射线、组织穿透距离短等优势，临床应用证明 <sup>90</sup>Y 微球治疗恶性肿瘤具有疗效确切、不良反应少等优点，目前已成为

治疗晚期恶性肿瘤的重要手段，是其他诊治手段无法替代的，能满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，同时《医用同位素中长期发展规划（2021-2035）》明确提出了鼓励针对国外已应用于临床的放射性诊疗药物（包括<sup>90</sup>Y 放射性微泡、微球研发），加强放射性药物研发力量，协调推进临床转化与应用，因此本项目的实践是必要的。但是，由于在诊断或治疗过程中射线装置、非密封放射性物质和放射源的使用可能会造成如下辐射影响问题：

- (1) 给周围环境造成一定的辐射影响。
- (2) 给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响。
- (3) 射线装置、非密封放射性物质和放射源使用及管理的失误会造成较大和一般的辐射事故。

建设单位在放射性诊断和治疗过程中，对射线装置、非密封放射性物质和放射源的使用按照国家相关的辐射防护要求采取了相应的防护措施，并建立了相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理射线装置、非密封放射性物质和放射源的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性。

## 1.5 原有核技术利用项目许可情况

### 1.5.1 辐射安全许可证种类和范围

建设单位最近一次于 2025 年 9 月重新申领了辐射安全许可证，现持有的辐射安全许可证编号为：川环辐证[00167]，有效期至 2026 年 7 月 11 日，其种类和范围为：“使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所”。经核实，建设单位现有实际使用医用射线装置、放射源及非密封放射性物质的情况与辐射安全许可证一致。其许可情况见表 1-9，辐射安全许可证正副本详见附件 2。

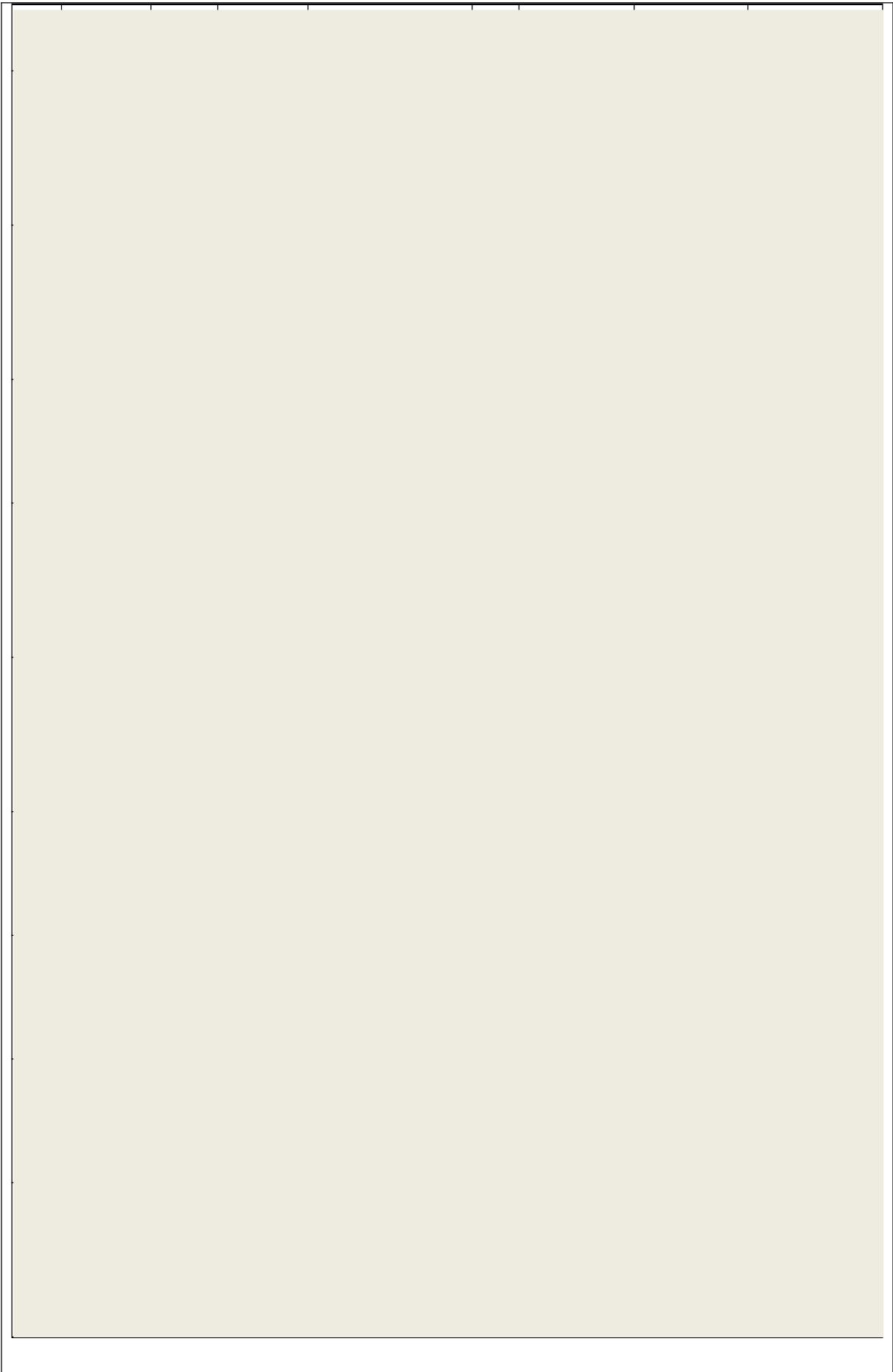
表 1-9 川北医学院附属医院现有核技术利用情况一览表

放射源								
序号	放射源名称	数量	单枚/套活度(Bq)	放射源类别	工作场所名称	活动种类	环评、许可及验收情况	备注

非密封放射性物质							
序号	工作场所等级	核素名称	拟申请的日等效最大操作量 (Bq)	工作场所名称	活动种类	环评、许可及验收情况	备注

	$t^{99m}\text{Tc}$			可、已验收	诊断

射线装置								
序号	射线装置名称	数量	型号	技术参数	类别	工作场所名称	活动种类	环评、许可及验收情况

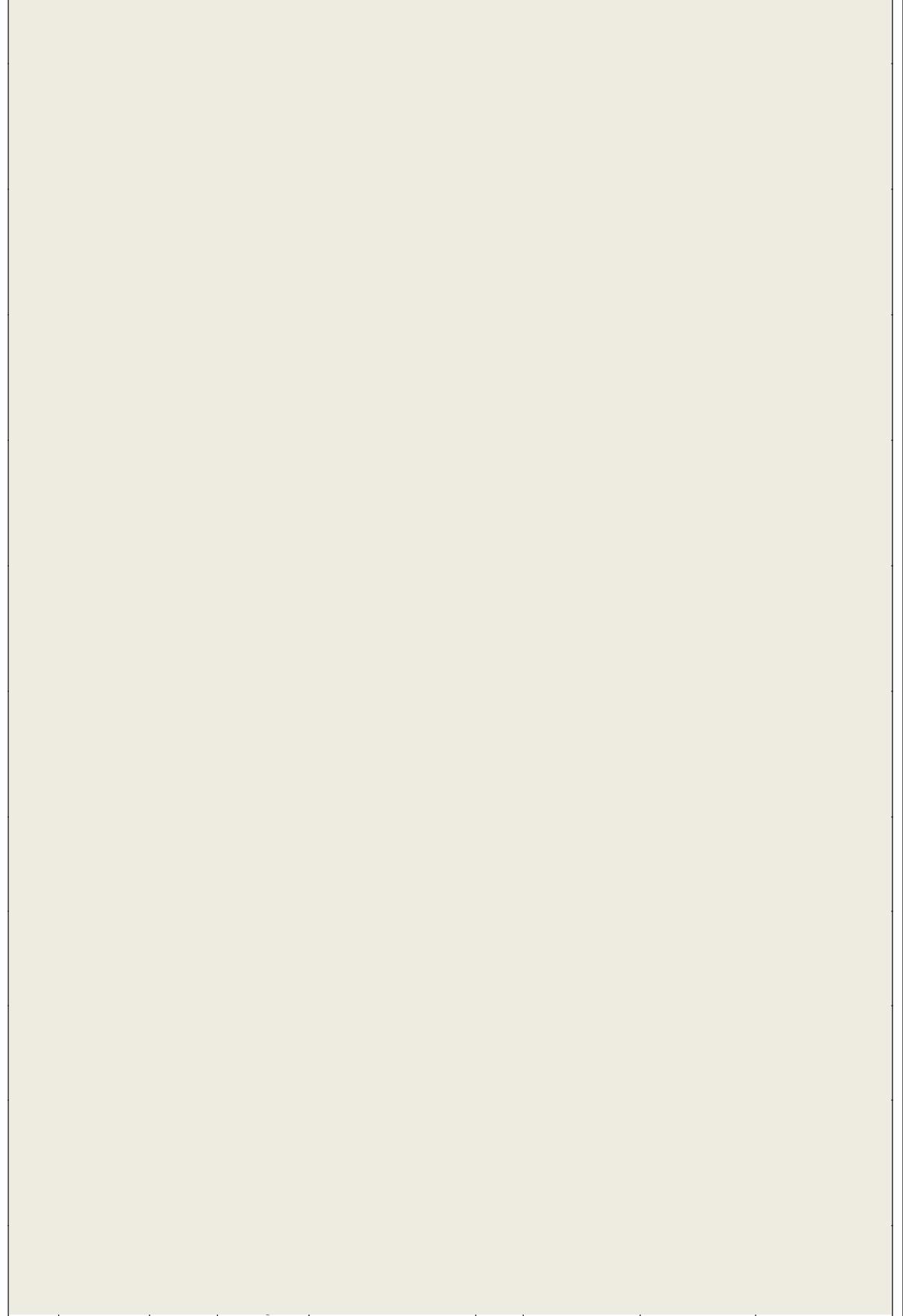












### 1.5.2 辐射安全与环境保护管理机构

川北医学院附属医院已成立医院放射防护管理与质量控制领导小组（详见附件12），根据文件可知，放射防护管理与质量控制领导小组由马代远担任组长，（已通过“辐射安全管理”核技术利用辐射安全与防护考核，证书编号：FS23SC0200363）。

①领导小组文件已包含内容：

（1）放射防护管理与质量控制领导小组

组长：马代远成员：党政办公室、医务部、人力资源部、护理部、国有资产管理部门、医学装备部、后勤保障部、安全保卫部、医务部质量控制办公室、医务部预防保健科相关负责人及放射科、肿瘤科、核医学科、介入医学中心、骨科、血液内科、检验科、急诊科、输血科等业务科室负责人。

放射防护管理领导小组的日常工作由预防保健科具体负责。

（2）领导小组职责

①认真贯彻执行《放射治疗管理规定》等有关规定，指导和督导医院加强放射诊疗工作的管理，保证医疗质量和医疗安全；

②加强从放管理，健全组织结构，全面负责医院的放射诊疗管理工作及相关工作，至少每季度召开会议，商议并解决放射防护与质量控制相关问题；

③组织会议通过放射防护与质量控制相关职责、制度、预案等，完善管理制度及协调机制，提高管理效率；

④充分发挥监督管理职能，加强职能部门专项监管队伍建设，督促各从放管理职能部门对临床医技科室的指导和监管工作；

⑤放射事件发生后，负责启动放射突发事件应急预案并组织现场应急救援和控制措施，防止事件扩大和蔓延，并进行事故的调查和总结分析，及时报告卫生行政部门；

⑥负责根据相关规定实行放射诊疗人员相关福利待遇的制定和落实。

另外文件明确了各职能部门的职责和各临床医技科室主要职责。

### 1.5.3 关于辐射工作人员个人剂量监测、职业健康检查、辐射安全与防护考核

（一）个人剂量监测情况

建设单位现有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令18号）要求建立了个人剂量档案。

根据建设单位辐射工作人员最近连续四个季度个人剂量检测报告，建设单位所有

辐射工作人员个人剂量均低于 1.25mSv/季度和 5mSv/a 的管理限值要求，详见附件 7。

## （二）职业健康检查

为保护辐射工作人员身体健康，医院已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射工作人员职业健康管理方法》的要求，制定了《放射工作人员职业健康管理方案》，制度中规定了为现有辐射工作人员建有职业健康档案，辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行了职业健康检查，在岗期间体检周期不超过 2 年。

医院现有辐射工作人员均已于 2024 年、2025 年在川北医学院附属医院健康管理中心进行了职业健康检查并建立职业健康监护档案且长期保存，结论为可以继续放射工作，医院现有辐射工作人员职业健康检查结果见附件 8。

## （三）辐射安全与防护考核

目前建设单位共有辐射工作人员 414 人，其中 160 人参加了辐射安全与防护知识学习并通过考核，且均在有效期内，1 人（任勇军）考核证书（成绩单）已过期，213 人参加川北医学院附属医院自主培训并取得合格证明，其余 40 人（何文凤、谭强、康藤耀、蓝杨、袁祥彬、高露月、殷文勤、庞云等 40 人）计划参加 2026 年考核。

根据（生态环境部公告 2021 年第 9 号）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》和《四川省生态环境厅关于进一步做好核技术利用单位辐射安全与防护考核的通知》（2021 年 3 月 29 日），建设单位应根据辐射安全许可要求和实际工作情况，组织安排仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员参加自行考核；从事其他核技术利用活动的辐射工作人员应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.vn>）上的考试并取得相应的成绩单，申请辐射安全许可证时做到持证上岗。建设单位应根据上述规定落实院内辐射工作人员辐射安全与防护培训工作，超过培训合格证或成绩单有效期后应进行复训。

### 1.5.4 关于辐射安全管理

#### （一）现有核技术应用场所防护监测达标情况

经查阅四川世阳卫生服务技术服务有限公司出具辐射环境监测报告（详见附件 9），建设单位各辐射工作场所屏蔽体外 X-γ 辐射剂量率均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的控制剂量率限值要求；α、β 表面沾污均

满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，监督区  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$  限值要求，详见附件 9。

## （二）辐射防护用品及监测仪器配置情况

医院已按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）的要求，制定了《辐射工作场所监测方案》《辐射防护和安全管理制度》，医院为各辐射工作场所及人员配备了必要的防护用品和辅助防护设施，包括铅防护衣、铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、铅屏风、个人剂量计等。

为了确保核技术应用项目的辐射防护安全可靠，医院已制定《辐射工作场所监测方案》，并配备了 JC-QY-B 区域辐射监测仪、CM7010-B 型  $\beta$  表面沾污仪、REN600A 表面污染检测仪、RadTarge-Mini 个人剂量报警仪等用于医院现有核技术应用场所表面污染和周围环境辐射水平的日常监测。

## （三）监测计划执行情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位制定了相应的辐射环境监测方案、防护检测制度和放射工作人员个人剂量检测管理规定。

2025 年建设单位已委托四川世阳卫生服务技术服务有限公司对现有核技术应用场所进行了辐射防护监测（详见附件 9），委托浙江建安检测研究院有限公司对建设单位辐射工作人员进行了个人剂量的监测，执行了相应的监测制度（详见附件 7）。

## （四）年度评估报告上报情况

建设单位编制了《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2024 年度）》，并已于 2025 年 1 月 24 日上传，其中：

- ①辐射安全和防护设施运行良好，定期开展维护工作；
- ②制定和完善了辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实；
- ③共有 412 名辐射工作人员，其中 II 类辐射工作人员通过了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，持证上岗，其余 III 类辐射工作人员均为院内自主培训；
- ④按要求办理放射性同位素转让（进出口、送贮）等手续，并及时更新了台账；
- ⑤委托有资质单位开展了辐射工作场所的辐射环境监测和对辐射工作人员的个人剂量，结果表明均满足国家标准要求；

- ⑥本年度未发生辐射事故；  
 ⑦本年度开展了辐射安全自查工作。

### （五）管理制度

建设单位目前涉及使用III类、V类放射源；使用II类、III类射线装置；生产、使用非密封放射性物质；使用乙级非密封放射性物质工作场所，根据《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）和《生态环境部核技术利用监督检查技术程序》（2020发布版）规定制度要求，建设单位目前制定的规章制度落实情况见表1-10。

**表 1-10 管理制度落实情况对照表**

序号	检查项目		落实情况	备注
1	综合	辐射安全和防护管理规定（综合性文件）	已制定	需将本项目纳入并修订完善，每个辐射工作场所应制定针对性的制度并张贴上墙
2		放射性药物管理规定	已制定	
3		辐射工作场所安全保卫制度	已制定	
4		放射源管理制度（转让、使用、更换、返回、送贮）	已制定	
5		射线装置台账管理制度	已制定	
6	场所	场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	已制定	需考虑本项目变化，修订完善
7		非密封放射性物质操作规程（分操作核素或诊治类别进行制定）	已制定	
8		去污操作规程	已制定	
9		射线装置操作规程	已制定	
10		放射性药物（体内）治疗病房管理规定	已制定	
11		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定	
12		X射线诊断中受检者防护规定	已制定	
13	监测	监测方案	已制定	
14		检测仪表使用与校验管理制度	已制定	
15	人员	辐射工作人员培训/再培训制度	已制定	
16		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	
17		辐射工作人员岗位职责	已制定	

18	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	
19	三废	放射性“三废”管理制度	已制定	
20	大纲	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定	

**环评要求：**建议本项目运行前需补充<sup>90</sup>Y核素治疗管理制度、<sup>90</sup>Y注射后病人转运制度、<sup>90</sup>Y微球使用流程等相关制度的内容。

#### （六）执法部门监督检查及整改情况

医院于2025年1月3日接受了四川省生态环境厅、南充市生态环境局、四川省辐射环境管理监测中心站的辐射安全监督检查，针对监督检查发现的问题均已整改完成，检查表及整改报告见表1-11（见附件11）。

**表1-11 2025年辐射安全监督检查情况一览表**

序号	发现问题	整改措施
1	放射源贮存间未落实双人双锁且与注射室在一起未单独设置，场所固定式计量报警仪未投入使用；核医学科放射性废物暂存使用塑料袋打包，未使用铅桶存放	放射源储存间在活性室中做铅门隔开两个场所，并在门上设置双锁，分由2人保管钥匙，储源箱使用保险柜，密码和钥匙分由2人保管，实现分区和双人双锁规定；辐射报警仪通电进行有效使用，放射性废物使用塑料袋打包并放置在铅桶中储存
2	直线加速器，CT室等部分场所设备上和控制室内急停开关无中文标识；医用直线加速器治疗室墙上急停开关被遮挡	放疗科直线加速器、CT室设备及控制室内所有急停放疗科直线加速器、CT室设备及控制室内所有急停开关加贴醒目的中文标识（如“紧急开关”），标识字体清晰、位置醒目，并重新规划治疗室布局，调整急停开关安装位置，确保其处于无遮挡、易操作的区域，明确禁止在急停开关附近堆放物品，确保标识与实际功能一致，组织科室人员学习急停开关操作规范，操作人员可快速识别并正确使用
3	后装机控制室应急响应程序上墙制度信息错误，治疗室监控未实现全覆盖，门灯联锁功能逻辑错误，开门时常亮；固定式计量报警仪量程超限。	后装治疗室已更新控制室上墙的应急响应程序内容，组织全员培训，确保操作人员熟悉修订后的应急流程。并在治疗室死角区域新增2个高清摄像头，调整原有摄像头角度，确保监控无盲区，接入医院安防系统，实现24小时实时监控与录像存储，可全程记录治疗室操作。已将门灯联锁系统进行程序调试，实现功能运行正常，关门时治疗室内指示灯熄灭，开门时指示灯自动点亮并触发联锁保护。已更换适配的固定式剂量报警仪到门口位置，使其适配量程，并在控制室显示屏上实时显示剂量数据，设置超限报警阈值。确保报警仪量程符合监测需求，数据准确可靠
4	部分CT、DR场所未实现门灯联锁；DSA场所个人剂量报警仪配备不足且未投入使用	所有CT、DR场所均已实现门灯联锁，DSA工作场所已按要求配备个人剂量报警并投入使用

5	I-131 衰变池无防雨水渗漏措施；衰变池为推流式，但排放时未开展 I-131 核素活度浓度监测	I-131 衰变池井盖周围进行密封、衰变池开沟进行防雨水渗漏措施，推流式衰变池正在进行相关的评价招标，改进衰变池容量和方式。后勤保障部已经增加 I-131 核素活度浓度检测
6	此次申请减少 I-131 核素日最大操作量，根据医院 I-131 核素使用记录，减少后应该不能满足医院的使用要求	核医学科计划对科室进行拆分，将科室分为独立的核医学科、核医学科病房以及回旋加速器场地，共三个乙级非密封放射性物质工作场所。分为三个乙级非密封性放射性工作场所的核素总量能够满足医院 I-131 的使用量，因此申请 I-131 核素的日最大操作量维持原操作量不变

### （七）辐射事故应急预案及演练情况

根据调查，建设单位已制定《辐射事故应急预案》，并于 2023 年进行了修订，建设单位投运至今未发生过辐射安全事故。院区于 2025 年 11 月 5 日进行了放疗安全事故应急预案演练并记录（详见附件 13）。

表 2 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	备注
以下空白								

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	<sup>99m</sup> Tc	液态	使用	1.50E+08	1.50E+05	7.50E+09	显像诊断	很简单操作	新院区医技楼一楼 DSA (四) 室	/	本项目新增场所
2	<sup>90</sup> Y	液态	使用	2.50E+09	2.50E+08	1.25E+11	肿瘤治疗	简单操作	新院区医技楼负一楼核医学科	储源室	本项目依托已有场所
3	<sup>99m</sup> Tc	液态	使用	1.50E+08	1.50E+05	7.50E+09	显像诊断	很简单操作	新院区医技楼负一楼核医学科	储源室	已许可
以下空白											

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器: 包括医用、工农业、科研、教学等各种类型加速器

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
以下空白										

(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						<sup>99</sup> Y树脂微球治疗	新院区医技楼一楼 DSA (四) 室	已许可
2	SPECT-CT						显像诊断	新院区医技楼负一楼SPECT/CT机房	已许可
以下空白									

(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	
以下空白													

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	$^{99m}\text{Tc}$	—	—	—			含 $^{99m}\text{Tc}$ 核素废物暂存时间超过 30 天，含 $^{90}\text{Y}$ 核素超过其半衰期的 10 倍后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$ 表面污染小于 $0.8 \text{ Bq/cm}^2$
介入手术时产生的一次性手套、医用器具、药棉、纱布、输液管、患者体内管、注射器、含剩余药物的西林瓶等	固体	$^{90}\text{Y}$	—	—	—	$\beta$ 表面污染小于 $0.8 \text{ Bq/cm}^2$	存放于专用放射性废物铅桶及放射性废物暂存间	本底水平， $\beta$ 表面污染小于 $0.8 \text{ Bq/cm}^2$ 后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由阆中市时代安全处置有限公司进行统一收集、清运和处理
介入手术时产生的废造影剂及废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾	固态	—	—	—	约 200kg	—	DSA (四) 室	手术结束后集中收集暂存，作为医疗废物由医院统一委托阆中市时代安全处置有限公司进行处置
放射性废气	气态	—	—	少量	少量	—	不暂存	经排风系统活性炭吸附后排入外环境
臭氧氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	—	不暂存	通过排风系统排入外环境
以下空白								

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/m<sup>3</sup>；年排放总量用kg。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

## 表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014年4月24日中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订通过，自2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，自2003年9月1日起施行，2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议重新修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年6月28日第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过，自2003年10月1日起施行；</p> <p>(4) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》，2017年6月21日国务院第177次常务会议通过，自2017年10月1日起施行；</p> <p>(5) 《放射性废物安全管理条例》，2011年11月30日国务院第183次常务会议通过，自2012年3月1日起施行；</p> <p>(6) 《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议于2021年12月24日通过，自2022年6月5日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第709号修订，自2019年3月2日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第20号修订，自2021年1月4日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部第18号令，自2011年5月1日起施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》，2020年11月30日生态环境部令第16号公布，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(11) 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》，中华人民共和国环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局，2017年第65号公告，2017年11月30日起施行；</p> <p>(12) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，中华人民共和国环境保护部、国家卫生与计划生育委员会，2017年第66号公告，2017年12月5日起施行；</p>
------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- (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》，原国家环保总局，环发[2006]145号；
- (14)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，中华人民共和国环境保护部，环办辐射函[2016]430号；
- (15)《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日施行；
- (16)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，生态环境部公告2021年第9号，自2021年3月15日施行；
- (17)《产业结构调整指导目录（2024年本）》，2023年12月1日经中国家发展改革委第6次常务会通过，国家发展改革委令第7号公布，自2024年2月1日起施行；
- (18)《放射工作人员职业健康管理方法》，中华人民共和国卫生部令第55号，2007年3月23日经卫生部部务会议讨论通过，2007年11月1日起施行；
- (19)《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会第24次会议通过，自2016年6月1日实施；
- (20)《四川省生态环境厅关于进一步做好核技术利用单位辐射安全与防护考核的通知》（2021年3月29日）；
- (21)《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）。

技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(2) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002)；</p> <p>(3) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)；</p> <p>(4) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010)；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)</p> <p>(6) 《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》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(8) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(9) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)；</p> <p>(10) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ 104-2017)；</p> <p>(11) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(12) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)；</p> <p>(13) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(14) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》(WS/T 613-2018)；</p> <p>(15) 《核技术利用放射性废物最小化》(HAD 401/11-2020)。</p>
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

其他	<p>(1) 生态环境部(国家核安全局)《核技术利用监督检查技术程序》(2020年发布版)；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》(第一分册、第三分册)，李德平、潘自强主编，原子能出版社；</p> <p>(3) 《辐射防护导论》，方杰主编，原子能出版社；</p> <p>(4) 《放射卫生学》，章仲侯主编，原子能出版社；</p> <p>(5) 《电离辐射计量学》，李士骏编，原子能出版社；</p> <p>(6) 《实用辐射安全手册》，从慧玲主编，原子能出版社；</p> <p>(7) 《<math>\gamma</math>射线屏蔽参数手册》，中国科学院工程力学研究所编，原子能出版社；</p> <p>(8) 《钇-90树脂微球使用过程辐射安全风险研究报告》，生态环境部核与辐射安全中心，2021年8月；</p> <p>(9) 《钇-90微球选择性内放射治疗肝脏恶性肿瘤规范化操作专家共识(2024年版)》，中华医学杂志，2024年2月20日第104卷第七期；</p> <p>(10) 《Posttherapy Radiation Safety Considerations in Radiomicrosphere Treatment with 90Y-Microspheres》；</p> <p>(11) 建设单位项目委托书及提供的其他材料。</p>
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

**辐射环境：**根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定，本项目均依托已有工作场所进行，确定本项目辐射环境评价范围为该项目核技术应用辐射工作场所实体屏蔽墙体外周围 50m 的区域，具体范围附图 4。

### 7.2 保护目标

**辐射环境：**根据现场踏勘及项目周边环境调查分析，本项目周围 50m 范围辐射环境保护目标人员为本项目辐射工作人员，以及建设单位院区内的其他医护人员、病患、陪同人员等公众，院外主要涉及环都大道经过公众。

本项目辐射环境保护目标信息详见表 7-1。

#### 表 7-1 本项目辐射环境 50m 评价范围内主要保护目标

保护目标名称	方位	与屏蔽体最近距离	规模
DSA (四) 室	辐射工作 人员		约 4 人
	其他医 护工作 人员、患 者、患者 家属及 院内周 边公众		约 10 人
			约 5 人
			约 10 人
			约 20 人
			约 20 人
			约 10 人
医技 楼负 一楼	辐射工作 人员		约 8 人
	其他医 护工作 人员、患 者、患者 家属及 院内周 边公众		约 15 人
			约 25 人
			一般无人
			约 80 人
			约 100 人

留观室	辐射工作人员	50m 评价范围内室外道路等行人	约 4 人
			一般无人
			约 2 人
			约 4 人
			约 100 人
			约 4 人

### 7.3 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》（GB 3095-2012）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 、4a 类标准。

##### 2、污染物排放标准

废水：医疗废水执行《医疗机构水污染排放标准》（GB 18466-2005）中表 2 排放标准。

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）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》（GB 12523-2011）中相关标准，营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2、4 类标准。

固体废物：执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB39707-2020）。

##### 3、辐射防护标准

辐射防护执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的相关标准规定。

#### 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》（GB 18871-2002）：

表 7-2 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、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）：

### 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5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

### 6.1 屏蔽要求

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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、暴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30cm处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

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， $\alpha$ 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 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。

### 7.3.3 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  $\alpha$  不大于 1Bq/L、总  $\beta$  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。

## 3、《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) :

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 7-3 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
双管头或多 X 射线设备 <sup>a</sup> (含 C 形臂)	30	4.5
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup> (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5

### 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 7-4 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
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
标称 125kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
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
.....		

6.5.5 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 7-5 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/铅防护吊帘、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	—

### 三、辐射环境评价标准限值

#### 1、个人剂量约束值

①职业照射: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 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。结合医院已有的核技术利用项目综合按上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4 执行, 即辐射工作人员职业照射年有效剂量约束值为 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。结合医院已有的核技术利用项目综合按上述标

准中规定的公众照射年有效剂量限值的 1/10 执行，即 0.1mSv/a。

## 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 7-6。

表 7-6 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	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区	4	$4 \times 10$
	监督区	$4 \times 10^{-1}$	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区、监 督区	$4 \times 10^{-1}$	$4 \times 10^{-1}$
手、皮肤、内衣、工作袜		$4 \times 10^{-2}$	$4 \times 10^{-1}$

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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，经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用”。

## 3、工作场所内外控制剂量率

### （1）核医学场所工作场所

核医学场所工作场所边界周围剂量率控制水平参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（国家核安全局，辐射函（2023）20 号）：

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 30 cm 处的周围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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  $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，即“控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子  $\geq 1/2$ ），周围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子  $< 1/2$ ），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于  $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。”

### （2）DSA 工作场所

DSA 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》(GB 18871-2002)和《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)等相关标准要求, DSA 机房外周围剂量当量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 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  $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理及场所位置

#### 8.1.1 项目外环境关系

本项目位于四川省南充市顺庆区茂源南路 1 号川北医学院附属医院新院区，建设单位新院区地理位置图见附图 1。

院区四周地势平坦，西侧紧邻茂源南路，隔路 35 米为南充体育馆；北侧紧邻环都大道四段，隔路 57 米为春风·玫瑰园小区；东侧紧邻巷道，隔巷道 23 米为杏林小区；南侧紧邻四海街，隔路 52 米西侧为美宇·凤凰城小区，隔路 52 米东侧为尚品·观邸小区，院区周围均为常见的城区商住交通环境。建设单位新院区总平面图见附图 2，外环境关系示意图见附图 3。

#### 8.1.2 建设单位新院区内部环境关系

##### （一）医技楼负一楼

建设单位新院区医技楼负一楼核医学科东侧为医疗垃圾暂存库和生活垃圾暂存库，南侧为土层，西侧为停车库，北侧为设备间、库房、工具间及放疗科用房等场所。楼下为人防区域，楼上为放射科机房、医保办等场所。

本项目涉及医技楼负一楼核医学科储源室、高活性室、放射性废物暂存间、SPECT/CT 扫描间，集中设置在医技楼负一楼南侧；留观室设置在医技楼负一楼中部。

医技楼负一楼核医学科储源室、高活性室、放射性废物暂存间、SPECT/CT 扫描间东侧为服碘室、甲功室、运动负荷室、高能注射后候诊室、VIP 注射后候诊室，南侧为成品通道、更衣室、质控室、热室控制、热室、缓冲间，西侧为强弱电室、空调机房、PET-CT 机房等，北侧为核医学病房，上方为监控中心、碎石机房、数字胃肠机、值班室、医保办公室、卫生间、楼梯间。

留观室东侧为钢瓶间、弱电井，南侧及西侧为核医学科病房，北侧为核医学科病房、诊断室，上方为 DR 机房。

##### （二）DSA（四）室

建设单位新院区 DSA（四）室位于医技楼一楼，为集中的介入手术区，其东侧为设备间、污物间、过道、办公室，南侧为过道、CT 控制室、CT 室，西侧为 DSA（三）室、DSA（三）室控制室，北侧为 DSA（四）室控制室、过道、碎石中心，楼上主要

功能房间为 ERCP 检查室、护士站、肠镜检查室、胃镜检查室、洗消间、耗材库，楼下为核医学科及放疗科功能用房。DSA（四）室正上方为洗消间和耗材库，正下方为放疗科过道和加速器控制室。建设单位医技楼负一楼与 DSA（四）室位置关系图见附图 6。

本项目主要涉及主要场所周边及现状详见图 8-1~图 8-3。



图 8-1 川北医学院附属医院新院区周边关系图



图 8-2 医技楼负一楼核医学科相关区域现状图





图 8-3 DSA (四) 室周边关系现状图

## 8.2 项目所在地辐射环境质量现状评价

### 8.2.1 评价对象、监测因子、监测点位及监测方案

本项目为使用Ⅱ类射线装置、乙级非密封放射性物质工作场所，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。

本项目涉及场所均为已建场所，本次在项目场所及周围共布设了26个监测点位，监测因子为 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率、 $\alpha$ 表面污染活度、 $\beta$ 表面污染活度，可反映项目所在

地及周围的辐射环境本底水平，监测点位布设合理。本项目监测方案见表 8-1。

表 8-1 项目监测方案一览表

序号	监测点位	监测因子	监测频次
1	医技楼负一楼患者入口	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率、 $\alpha$ 表面污染活度、 $\beta$ 表面污染活度	一次监测
2	医技楼负一楼控制走廊		
3	医技楼负一楼 SPECT/CT 机房		
4	医技楼负一楼患者走廊		
5	医技楼负一楼高活室		
6	医技楼负一楼高能注射后候诊室		
7	医技楼负一楼西侧停车库		
8	医技楼负一楼北侧放疗科		
9	医技楼负一楼患者出口		
10	医技楼负一楼上方放射科机房		
11	医技楼负一楼下方人防区域		
12	DSA（四）室		
13	DSA（四）室东侧设备间		
14	DSA（四）室东侧污物间		
15	DSA（四）室南侧过道		
16	DSA（四）室西侧 DSA（三）室		
17	DSA（四）室北侧控制室		
18	DSA（四）室北侧走道		
19	DSA（四）室上方洗消间		
20	DSA（四）室上方耗材库		
21	DSA（四）室下方放疗科过道		
22	DSA（四）室下方加速器控制室		
23	留观室		
24	医技楼东侧门诊综合楼		
25	医技楼南侧神经精神卫生中心		
26	医技楼北侧环都大道		

### 8.2.2 监测时间和现场环境

合肥金浩峰检测研究院有限公司于 2025 年 6 月 5 日对项目所在地及其周围环境辐射本底水平进行了现场监测。监测时，环境温度：33.7°C~35.2°C；环境湿度：37.2%~43.5%；天气状况：晴。

### 8.2.3 监测方法及监测仪器

本项目所在地及其周围环境辐射本底水平监测方法及仪器见表 8-2。

**表 8-2 监测方法及仪器一览表**

监测项目	监测方法	监测仪器
γ辐射空气吸收剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)	仪器名称: 环境监测用 X-γ剂量率仪 仪器型号: XH-3512E 生产厂家: 西安核仪器厂 仪器编号: DR2022K208 能量响应: 内置探测器: 48keV~1.5MeV, 外接探测器: 30keV~7MeV 量程: 0.01μGy/h~100mGy/h (主机)、10nGy/h~100μGy/h (探头) 检定单位: 上海市计量测试技术研究院 检定证书: 2025H21-10-5847931001 检定日期: 2025年4月21日~2026年4月20日
α、β表面污染活度	《表面污染测定 第1部分β发射体( $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ )和α发射体》(GB/T 14056.1-2008)	仪器名称: α、β表面污染仪 仪器型号: CoMo-170 生产厂家: NUVIA 仪器编号: 7889 探测效率: 探测面积 170cm <sup>2</sup> 检定单位: 上海市计量测试技术研究院 检定证书: 2025H21-20-5758720001 检定日期: 2025年2月28日~2026年2月27日

#### 8.2.4 质量保证措施

- ①合理布设监测点位, 保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准, 监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- ③监测仪器每年定期经计量部门检定, 检定合格后方可使用。
- ④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度, 经过校核、审核, 最后由授权签字人审定签发。

#### 8.2.5 监测结果

项目所在地及其周围γ辐射空气吸收剂量率监测结果详见表 8-3。

**表 8-3 项目所在地及其周围γ辐射空气吸收剂量率监测结果**

序号	检测位置	γ辐射空气吸收剂量率监测结果 (nGy/h)
1	医技楼负一楼患者入口	77.4±1.24
2	医技楼负一楼控制走廊	78.5±1.02
3	医技楼负一楼 SPECT/CT 机房	68.7±1.04
4	医技楼负一楼患者走廊	73.4±1.07

5	医技楼负一楼高活室	69.2±1.05
6	医技楼负一楼高能注射后候诊室	77.3±1.72
7	医技楼负一楼西侧停车库	76.5±1.34
8	医技楼负一楼北侧放疗科	76.2±1.28
9	医技楼负一楼患者出口	73.3±1.98
10	医技楼负一楼上方放射科机房	74.1±1.25
11	医技楼负一楼下方人防区域	69.5±1.34
12	DSA（四）室	77.5±1.54
13	DSA（四）室东侧设备间	77.5±1.74
14	DSA（四）室东侧污物间	74.2±1.82
15	DSA（四）室南侧过道	73.3±1.34
16	DSA（四）室西侧 DSA（三）室	75.1±1.53
17	DSA（四）室北侧控制室	74.1±1.06
18	DSA（四）室北侧走道	65.2±1.54
19	DSA（四）室上方洗消间	67.4±1.73
20	DSA（四）室上方耗材库	66.2±1.45
21	DSA（四）室下方放疗科过道	68.4±1.92
22	DSA（四）室下方加速器控制室	77.1±1.37
23	留观室	72.5±1.38
24	医技楼东侧门诊综合楼	68.4±1.77
25	医技楼南侧神经精神卫生中心	66.4±1.42
26	医技楼北侧环都大道	67.7±1.42

项目所在地及其周围 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染活度监测结果详见表 8-4。

表 8-4 项目所在地及其周围 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染活度监测结果

序号	检测位置	$\beta$ 表面污染活度监测结果 ( $Bq/cm^2$ )	$\alpha$ 表面污染活度监测结果 ( $Bq/cm^2$ )
1	医技楼负一楼患者入口	0.08	未检出
2	医技楼负一楼控制走廊	0.07	未检出
3	医技楼负一楼 SPECT/CT 机房	0.11	未检出
4	医技楼负一楼患者走廊	0.19	未检出
5	医技楼负一楼高活室	0.22	未检出

6	医技楼负一楼高能注射后候诊室	0.07	未检出
7	医技楼负一楼西侧停车库	0.07	未检出
8	医技楼负一楼北侧放疗科	0.07	未检出
9	医技楼负一楼患者出口	0.12	未检出
10	医技楼负一楼上方放射科机房	0.05	未检出
11	医技楼负一楼下方人防区域	0.06	未检出
12	DSA（四）室	0.08	未检出
13	DSA（四）室东侧设备间	0.08	未检出
14	DSA（四）室东侧污物间	0.07	未检出
15	DSA（四）室南侧过道	0.09	未检出
16	DSA（四）室西侧 DSA（三）室	0.07	未检出
17	DSA（四）室北侧控制室	0.07	未检出
18	DSA（四）室北侧走道	0.08	未检出
19	DSA（四）室上方洗消间	0.09	未检出
20	DSA（四）室上方耗材库	0.11	未检出
21	DSA（四）室下方放疗科过道	0.08	未检出
22	DSA（四）室下方加速器控制室	0.07	未检出
23	留观室	0.11	未检出
24	医技楼东侧门诊综合楼	0.21	未检出
25	医技楼南侧神经精神卫生中心	0.08	未检出
26	医技楼北侧环都大道	0.11	未检出

### 8.2.6 辐射环境现状调查结果评价

根据表 8-3 可知，本项目所在地及周围 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率范围为 65.2nGy/h ~78.5nGy/h，与《2024 年四川省生态环境状况公报》中南充市辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率结果（≤70nGy/h）相当，处于当地天然本底涨落范围。

根据表 8-4 可知，本项目所在地及周围各监测点 $\alpha$ 表面污染活度范围均低于仪器检出限， $\beta$ 表面污染活度范围为 0.05Bq/cm<sup>2</sup>~0.22Bq/cm<sup>2</sup>。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 9.1.1 施工期

本项目依托医院原已许可工作场所进行，项目涉及的工作场所均已进行环境影响评价，本次不涉及工作场所的改动。

#### 9.1.2 运营期

##### 9.1.2.1 工艺设备

###### (一) 工程设备

###### 1、非密封放射性物质工作场所

川北医学院附属医院拟在新院区医技楼新增  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目。 $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目需依托医院医技楼一楼 DSA (四) 室开展介入输注，同时需依托医技楼负一楼核医学科现有 SPECT/CT 扫描间进行显像扫描，并拟于医技楼负一楼核医学科进行贮存、分装所需核素药物。

新增核素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  使用后，医技楼负一楼仍为乙级非密封放射性物质工作场所；拟于 DSA (四) 室进行核素注射，增加核素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{90}\text{Y}$  后，DSA (四) 室为乙级非密封放射性物质工作场所。本次拟新增辐射项目见表 9-1。

表 9-1 川北医学院附属医院新院区 DSA (四) 室新增核素使用情况一览表

非密封放射性物质 DSA(四) 室							
序号	核素	用途	单个病人最大用量/Bq	日最大病人数/人	年最大病人数/人	日最大操作量/Bq	备注
1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	介入微球治疗第一阶段评估	$1.50 \times 10^8$	1	50	$1.50 \times 10^8$	新增
2	$^{90}\text{Y}$	介入微球治疗第二阶段	$2.50 \times 10^9$	1	50	$2.50 \times 10^9$	新增

表 9-2 川北医学院附属医院新院区医技楼负一楼新增核素使用情况一览表

非密封放射性物质 医技楼负一楼							
序号	核素	用途	单个病人最大用量/Bq	日最大病人量/人	年最大病人量/人	日最大操作量/Bq	备注
1	<sup>99m</sup> Tc	介入微球治疗第一阶段评估	$1.50 \times 10^8$	1	50	$1.50 \times 10^8$	新增
2	<sup>90</sup> Y	介入微球治疗第二阶段	$3.00 \times 10^9$	1	50	$3.00 \times 10^9$	已许可

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。

川北医学院附属医院新院区医技楼负一楼现有工作场所为已许可的一处非密封放射性物质工作场所，本次新增的非密封放射性物质工作场所为 DSA (四) 室。本次扩建项目主要为放射性同位素的介入治疗，两处工作场所具有相对独立的监督区和控制区划。

#### (1) 非密封放射性物质工作场所

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 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放射性同位素日最大操作量，可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封放射性物质工作场所的分级判断如表 9-3。

表 9-3 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
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上~ $2 \times 10^7$

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、物理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 9-4、表 9-5。

表 9-4 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 9-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	物理状态			
	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

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{毒性组别修正因子}}{\text{操作方式修正因子}} \quad (\text{式 1-1})$$

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，确定出本项目各非密封放射性物质工作场所级别，详见表 9-6。

表 9-6 本项目使用的放射性核素日等效最大操作量核算

序号	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
1	<sup>99m</sup> Tc	$1.50 \times 10^8$	低毒 0.01	液态/很简单操作 10	$1.50 \times 10^5$
2	<sup>90</sup> Y	$3.00 \times 10^9$	中毒 0.1	悬浮液/简单操作 1	$3.00 \times 10^8$

表 9-7 本项目使用的放射性核素日等效最大操作量核算（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	场所等级	备注
1	DSA (四) 室	<sup>99m</sup> Tc	$1.50 \times 10^8$	$1.50 \times 10^5$	乙级	本次新增
2		<sup>90</sup> Y	$2.50 \times 10^9$	$2.50 \times 10^8$		
3		合计	$2.50 \times 10^9$	$2.50 \times 10^8$		
4	医技楼负一楼	<sup>99m</sup> Tc	$1.50 \times 10^8$	$1.50 \times 10^5$	乙级	<sup>90</sup> Y 使用量已许可
6		已许可核素 ( <sup>90</sup> Y)	$9.78 \times 10^{10}$ ( $3.00 \times 10^9$ )	$1.07 \times 10^9$ ( $3.00 \times 10^7$ )		
7		合计	$9.80 \times 10^{10}$	$1.07 \times 10^9$		

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）非密封源工作场所的分级原则，结合表 9-6、9-7 计算结果可知本次新增使用核素后，医技楼医疗楼 DSA（四）室总日等效最大操作量为  $2.50 \times 10^8 \text{Bq}$ ，医技楼负一楼总日等效最大操作量为  $1.07 \times 10^9 \text{Bq}$  均为乙级非密封放射性物质工作场所。

## 2、射线装置

### （1）SPECT/CT

本项目拟使用 SPECT/CT 开展  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗的第一阶段及第二阶段评估检查，SPECT/CT 主要设备技术参数见表 9-8。

表 9-8 医技楼负一楼 SPECT/CT 设备技术参数

指标	技术参数
型号	Discovery NM/CT670 Pro
位置	医技楼负一楼 SPECT/CT 机房
额定管电流	440mA
额定管电压	140kV
用途	核素显像

### （2）DSA

本项目拟使用 DSA（四）室内现有 1 台 DSA 开展  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目，其常用主射方向朝上，其设备参数见表 9-9。

表 9-9 医技楼一楼 DSA 设备技术参数

指标	技术参数
型号	Azurion 7 M20
位置	医技楼一楼 DSA（四）室
额定管电流	813mA
额定管电压	125kV
用途	介入治疗

## 3、 $^{90}\text{Y}$ 微球药物

本项目涉及使用的  $^{90}\text{Y}$  微球产品具有释放纯 $\beta$ 射线、射线能量高、半衰期短（2.67 天）、射程短（人体组织中平均穿透距离为 2.5mm，最长穿透距离 11mm）、污染小、高聚集性等特点。

人体对  $^{90}\text{Y}$  不具有特殊摄取的功能，游离的  $^{90}\text{Y}$  会透过毛细血管网随血液分布于全身，因而不能直接用于靶向治疗恶性肿瘤。为解决上述问题，将  $^{90}\text{Y}$  放射性核素结合到特殊的载体上并制成微小颗粒，通过选择性动脉插管的方法将载有  $^{90}\text{Y}$  放射

性核素的颗粒注入肿瘤血管，使<sup>90</sup>Y滞留于肿瘤组织内达到足够的剂量杀死肿瘤细胞。常见的<sup>90</sup>Y树脂微球产品示意图见图9-1。



图9-1 <sup>90</sup>Y微球产品示意图

以<sup>90</sup>Y树脂微球为例，<sup>90</sup>Y树脂微球使用具有生物相容性且不可降解的树脂微球，粒径20μm~60μm，小到可到达肿瘤动脉血管末端，但不足以通过毛细血管进入循环系统。微球比重为1.1（血红蛋白1.097），在血管悬浮，可随血流栓塞到肿瘤血管末端。本项目使用<sup>90</sup>Y微球特性见表9-9。

表9-9 常见<sup>90</sup>Y微球药物特性

项目	钇-90树脂微球	钇-90炭微球
半衰期	2.67d	2.67d
形态	悬浮液	悬浮液
直径	20μm~60μm	20μm~45μm
微球密度	1.6g/cm <sup>3</sup>	1.8g/cm <sup>3</sup>
微球数量/3GBq 剂量瓶	4×10 <sup>8</sup> ~8×10 <sup>8</sup>	2.7×10 <sup>6</sup>
产品规格	3GBq	3GBq~13GBq
材料	树脂及结合钇	活性炭及基质中的钇
剂量可调整性	根据患者需求抽取活度剂量	根据患者需求抽取活度剂量

## （二）<sup>90</sup>Y微球介入治疗原理

<sup>90</sup>Y发出的β射线最大能量为2.284MeV，平均能量为0.935MeV，在人体组织中的最大射程为11mm，其半衰期为2.67天，是通过化学方法从钇-90中提取，将其离子键结合在微球上制成的微小颗粒，药物为悬浮液形式，通过选择性动脉插管的方法将载有<sup>90</sup>Y放射性核素的颗粒注入肿瘤血管，使<sup>90</sup>Y滞留于肿瘤组织内达到足够剂量杀死肿瘤细胞，此微球具有不能通过毛细血管网，且不被巨噬细胞所吞噬，生物相容性好、无

毒、核素衰变基本完成后，微球开始生物降解而不再栓塞的特点。

以<sup>90</sup>Y树脂微球为例，<sup>90</sup>Y树脂微球是一款靶向放射治疗产品，由含有<sup>90</sup>Y的生物相容性树脂微球组成，直径为20-60μm，密度约为1.6g/cm<sup>3</sup>，比重1.6（血液1.097），可随血液滞留于肿瘤末梢血管，持续照射以达到治疗的目的。该产品被广泛应用于肝癌的选择性体内放射治疗（SIRT）中，即在肝脏病灶处，通过靶向的大剂量高能量β辐射起到杀死癌细胞的目的，同时不伤害健康肝脏组织，被广泛用于手术治疗不可切除的肝癌。

本项目涉及放射性核素特性一览表见表9-10。

表9-10 放射性核素<sup>90</sup>Y、<sup>99m</sup>Tc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)(μSv·m <sup>2</sup> /MBq·h)
<sup>90</sup> Y	2.67d	β-	2.284	—	—
<sup>99m</sup> Tc	6.02h	同质异能跃迁	低毒(0.01)	—	0.140

注：①该数据来源于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）。

### （三）工作流程及产污环节

#### 1、<sup>90</sup>Y微球介入治疗项目

<sup>90</sup>Y微球以DSA介入的形式开展治疗，微球通过导管经由肝总动脉、右肝动脉或左肝动脉注射引导到肝脏肿瘤中，在输送到肝动脉后，微球被选择性输送并停留在肿瘤的微血管中，发挥局部放射治疗。

<sup>90</sup>Y微球介入治疗分为2个阶段，工作流程如下：

##### （1）第一阶段：<sup>99m</sup>Tc放射性药物的前期检查

在治疗前7~14天需使用锝标记聚合白蛋白（<sup>99m</sup>Tc）注入肝动脉，以评估患者是否适合此项治疗。该阶段锝标记聚合白蛋白（<sup>99m</sup>Tc）注射过程在医技楼一楼内DSA（四）室内完成，其原理为：锝标记聚合白蛋白（<sup>99m</sup>Tc）为一种对人体无害的诊断用蛋白，分子大小近似<sup>90</sup>Y微球，可模拟<sup>90</sup>Y微球于体内分布的状态，确保<sup>90</sup>Y微球会停驻在肝脏，而非其他器官，不会造成其他器官的放射性伤害。该阶段拟使用的锝标记聚合白蛋白（<sup>99m</sup>Tc）为需要的注射针剂。

本次<sup>90</sup>Y微球治疗项目该阶段<sup>99m</sup>Tc放射性核素单人次使用量最大约为1.50×10<sup>8</sup>Bq，本次新增<sup>99m</sup>Tc核素操作量，故本项目<sup>90</sup>Y介入治疗第一阶段评价DSA（四）室内、SPECT/CT检查室内、放射性废物暂存间及<sup>99m</sup>Tc贮存、分装、运输过程的辐射

环境影响。

### 第一阶段具体工作流程如下：

- ① 提前 1 天填妥血管摄影同意书，并通知禁食 6~8 小时，送检前排空尿液；
- ② 患者至医技楼一楼 DSA (四) 室进行血管造影，确定肿瘤供血血管、必要时栓塞胃肠侧枝血管，微导管到达靶血管，由介入医生进行  $^{99m}\text{Tc}$  的缓慢注射，手术期间需要不间断地进行透视和拍片观察导管和药物的位置；
- ③ 注射完成后，生理盐水冲洗导管，撤出导管（需借助 DSA 出束照射），完成后续手术，评估患者状态；
- ④ 2h 内将患者转移至 SPECT/CT 扫描间，进入机房内接受 SPECT/CT 扫描。扫描完成后，若无其他情况，患者即可从患者专用通道离开。
- ⑤ 医生根据显像结果，了解锝标记聚合白蛋白 ( $^{99m}\text{Tc}$ ) 在人体分布情况，确定患者是否适合  $^{90}\text{Y}$  微球治疗。

### (2) 第二阶段： $^{90}\text{Y}$ 微球介入注射治疗

在第一阶段，若确定患者适合  $^{90}\text{Y}$  微球治疗，则需在 7~10 天内完成  $^{90}\text{Y}$  微球输注，医院根据患者具体情况医院将根据病人实际情况制定治疗方案，并向放射性药物生产厂家订购  $^{90}\text{Y}$  微球，单个病人订购 1 瓶  $^{90}\text{Y}$  微球，订购的  $^{90}\text{Y}$  微球最早在手术前 1 天送达医院，经质检人员核对放射性药物名称、活度，检查药品包装和外观质量，与供药公司办理交接手续并进行台账登记后，转入医技楼负一楼高活性室手套箱内 ( $^{90}\text{Y}$  微球剂量瓶外含 1 个透明的有机玻璃瓶防护罩，被放置在 1 个 6.4mmPb 铅罐内)。

本项目使用的  $^{90}\text{Y}$  微球单支活度为 3GBq，工作人员应提前根据患者情况确定需要的放射性药物活度，最大植人量为 2.5GBq，该阶段涉及的  $^{90}\text{Y}$  微球操作过程包括放射性药物活度测量和分装等上述过程均在医技楼负一楼高活性室已有的手套箱内进行。结合川北医学院附属医院《新增钇-90 树脂微球核素治疗核技术利用项目环境影响报告表》（川环审批【2022】147，详见附件 5）报告分析，本项目  $^{90}\text{Y}$  介入治疗第二阶段环境影响评价内容为 DSA (四) 室内、留观室内，并对包含 SPECT/CT 检查室在内的场所进行预测叠加。

### 第二阶段具体工作流程如下：

- ① 提前 1 天填妥血管摄影同意书，并通知禁食 6~8 小时，送检前排空尿液。
- ② 术前准备工作：在 DSA (四) 室手术床面铺设一次性防水垫巾，地面铺设一次

性防水铺巾，并覆盖易洒落药品的所有区域，避免药物洒落区域污染；在 DSA 手术台和放置  $^{90}\text{Y}$  微球推车之间的地板上放置一次性铺巾，导管接头下方需放置双层铺巾，以防术中发生放射性污染；同时在手术室内放置放射性废物桶及其他相关物资，手术医生穿戴好相应个人防护用品及一次性防污染服；

③患者至医技楼一楼 DSA (四) 室进行血管造影，放置导管并栓塞胃肠侧枝血管；

④给药装置准备：术中需保持输送系统的密闭性和无菌操作。若组装过程中出现任何故障，应及时更换给药装置。严禁在给药装置和微导管之间使用任何装置。输注前介入医师与物理师共同核对  $^{90}\text{Y}$  微球产品和剂量是否准确，所有装置是否连接正确。确认后方可将微导管连接到  $^{90}\text{Y}$  微球容器的输出管。

⑤将  $^{90}\text{Y}$  微球药品分批次缓慢输注，并且在输注过程中注入造影剂以确认血管内液体流动情况，避免返流和血管堵塞情况的发生。期间操作医师的躯干部位距离盒子应约 50cm，[本步骤持续时间约为 20min](#)，期间需交替进行 DSA 透视操作 2 到 3 次，观察药品注入情况。

⑥注入结束后，使用无菌注射用水或 5% 右旋糖苷冲洗导管，确认导管内无微球残留后，抽离患者体内的导管，使用无菌布包裹导管，不断开导管与输液管之间的连接，直接将所有管线及 V 瓶弃置于专用的放射性废物桶内。拔管过程最多持续 5min，期间医护人员将受到来自患者体内放射性核素所致韧致辐射的照射。[从药品注入前准备到注入后拔管，持续时间约 30min](#)。

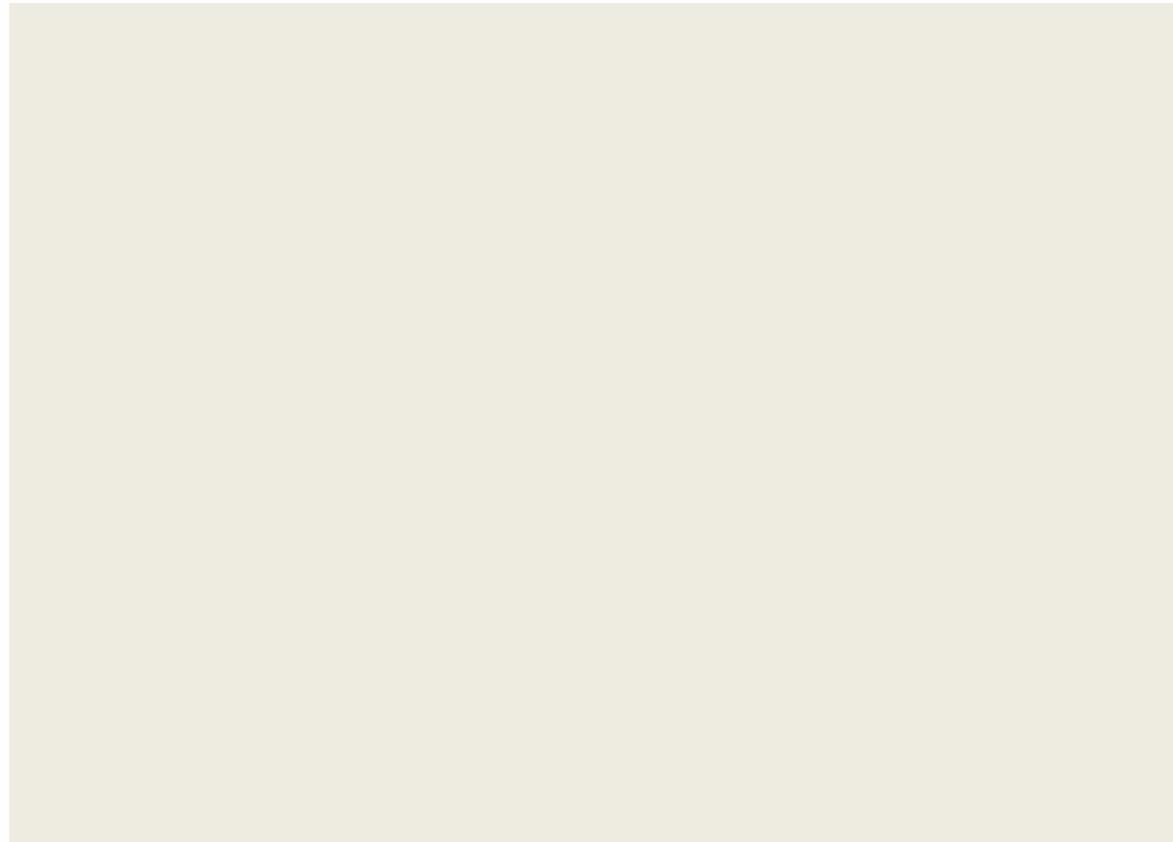
⑦完成  $^{90}\text{Y}$  微球注入后，辐射工作人将再次进行透视和摄影工作，查看微球注入部位是否达到预期部位，防止微球错位对病人造成风险，同时要取出放置的注入导管。

⑧患者转运：在病人身上遮盖 0.5mm 铅当量的铅方巾，将病人转入留观室内留观。根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）附录 B，表 B.1 放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求， $^{90}\text{Y}$  植入患者出院时体内放射性活度应  $\leq 2500\text{MBq}$ ，本项目涉及患者最大植入量  $2.5\text{GBq}$ ，满足出院活度限值要求，患者术后留观为医学留观。

⑨术后监测及解控：手术结束后对所有辐射工作人员体表、手术床、工作台面、工作椅及地面等区域进行表面污染水平监测，根据 GB18871-2002：“工作台、设备、墙壁、地面的  $\beta$  表面污染应小于  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，辐射工作人员工作服、手套、工作鞋的  $\beta$  表面污染应小于  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，手、皮肤、内衣、工作袜的  $\beta$  表面污染应小于  $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ”。若

表面污染水平超过控制水平，应采取相应的去污措施，并将相关非解控物品作为放射性固体废物收集至放射性废物桶内。待表面污染水平监测合格且污物转运完毕后，对DSA（四）室进行解控。

⑩治疗 24h 内安排给药后患者至 SPECT/CT 扫描间进行扫描，扫描时间约为 20min，确定  $^{90}\text{Y}$  微球在患者体内的滞留位置。 $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗工作流程及产污环节



分析如图 9-3 所示。

图 9-3 钇-90 介入治疗工作流程和产污环节示意图



图 9-4  $^{90}\text{Y}$  治疗防护设施实物图

## 2、射线装置

本项目依托的 SPECT/CT、DSA 均为已许可设备，其工作流程和产污环节已在相应的环评报告中进行评价，本次评价不进行赘述。

### (四) 药物分装

①第一阶段：第一阶段  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  评估和检查，需要外购锝标记聚合白蛋白 ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )，根据前期预约时间，选择手术当天在医技楼负一楼核医学科高活室（分装室，利旧）进行分装标记装入铅防护罐 (5mmPb) 中后由辐射工作人员通过既定的运输路线转移至 DSA (四) 室中进行输注。整个分装过程用时 15 分钟。

②第二阶段：通过前期影像学检查和第一阶段  $^{99m}\text{Tc}$  评估，若病人适合  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗，建设单位将根据病人实际情况制定治疗方案，并向放射性药物生产厂家订购  $^{90}\text{Y}$  微球，单个病人订购 1 瓶  $^{90}\text{Y}$  微球，订购的  $^{90}\text{Y}$  微球最早在手术前 1 天送达医院，经药物管理人员检查合格后进行台账登记并转入核医学科储源室内。

本项目使用的  $^{90}\text{Y}$  树脂微球单支活度为 3GBq，医院物理师应提前根据患者病情等情况，确定需要为患者注入的活度，最大植入量 2.5GBq。

在药物抽取步骤，物理师需要从西林瓶中抽出一定量的  $^{90}\text{Y}$  微球，并将抽出的药液转移到专用的手术 V 瓶中，该步骤由 1 名核医学科物理师完成。

1) 由铅罐包装的装有  $^{90}\text{Y}$  树脂微球的西林瓶暂存在核医学科储源室保险柜中，抽取药物前，物理师先将装有药物的铅罐放入高活性室通风橱内铺有吸水纸的托盘上。将注射器放置并固定在 15mm 有机玻璃材料注射器防护器内。将空 V 瓶放置在 15mm 有机玻璃材料的 V 瓶防护器中。

2) 总活度测量。剂量分装操作人员（物理师）应双手紧握装有西林瓶的铅罐，颠倒剧烈摇晃铅罐 30 秒以上，使瓶中微球分布均匀。摇匀后，迅速打开铅罐盖子，使用长柄镊子夹取西林瓶放置在活度计测井内，测量  $^{90}\text{Y}$  微球药品总活度，并进行记录。活度测量结束后，将西林瓶夹回铅罐中。

3) 打开铅罐盖子（西林瓶顶部朝上），使用装有防护器的注射器扎入西林瓶底部，快速抽压 6 次以上，使西林瓶中  $^{90}\text{Y}$  微球药品混合均匀。按照事前计算的数据，抽取一定体积的  $^{90}\text{Y}$  微球混悬液，抽取后将注射器缓慢拔出，使用针管套盖住注射器针头，放置在操作台上。

4) 铅罐盖上盖子倒转几次后，使用长柄镊子夹起西林瓶，快速放置在活度计测井中，测量剩余药品的活度，进行记录。

5) 通过前后两次测量的活度，即可确定注射器中移取的  $^{90}\text{Y}$  微球的活度。若注射器中的活度未达到拟注入活度  $\pm 10\%$  范围内，则应将注射器重新扎入西林瓶中，并将所有现有药液回注至西林瓶中，重复（2）～（4）步骤，直至注射器中活度符合要求；

6) 同时，应保证注射器中移取的  $^{90}\text{Y}$  树脂微球药品的体积在 3~5mL 范围内。若体积不足 3mL，应事先向 V 瓶中注入适量无菌注射用水，使最终 V 瓶中的体积达到 3mL 的要求；

7) 确认无误后，将注射器内混悬液全部注入 V 瓶中，注入结束后，拔出注射器

并装好针头套管，将 V 瓶屏蔽罐的顶部塞盖好，并将 V 瓶屏蔽罐装入铅当量为 5mm 的铅罐中准备转运。[整个分装过程用时 15 分钟。](#)

8) 转移用的注射器、含剩余药品的西林瓶、分取药物过程中被沾污的材料作为放射性固体废物转入高活性室旁边的放射性固废间暂存。

### （五）药物转移

第一阶段：在开展模拟手术前，物理师按计划时间在医技楼负一楼核医学科抽取完药物后，由 2 名辐射工作人员使用医用不锈钢小推车将装有完成活度标定的  $^{99m}\text{Tc}$  的铅防护罐（5mm 铅当量）按既定的运输路线转移至 DSA（四）室中。转移时，一人推车，一人在推车前面引导并通知附近公众避让，药品不与其他人员同时乘坐电梯。单次运输时间约 10 分钟。

第二阶段：在开展药物介入植入手术前，物理师按计划时间在医技楼负一楼核医学科抽取完药物后，由 2 名辐射工作人员使用医用不锈钢小推车将装有完成活度标定的  $^{90}\text{Y}$  V 瓶的铅防护罐（6.4mm 铅当量）按既定的运输路线转移至 DSA（四）室中。转移时，一人推车，一人在推车前面引导并通知附近公众避让，药品不与其他人员同时乘坐电梯。单次运输时间约 10 分钟。该过程已在川北医学院附属医院《新增钇-90 树脂微球核素治疗核技术利用项目环境影响报告表》（川环审批【2022】147，详见附件 5）中进行详述，本次不再赘述。

### （六）项目人流、物流的路径规划

#### 1) 工作人员路径

介入手术工作人员流通：更衣室→工作人员通道→DSA（四）室控制室→DSA（四）室机房，治疗结束后经表面沾污检测达标后通过原路返回。

药物分装工作人员流通：核医学科候诊区→工作人员通道→高活性室。

#### 2) 患者路径

患者在完成前期的检查诊断后，根据手术安排前往 DSA（四）室接受肝动脉插管，并进行  $^{99m}\text{Tc}$  输注后，经过道进入 4 号电梯通往门诊综合楼负一层，穿过停车场到达医技楼负一楼核医学科 SPECT/CT 检查室并接受检查。

经评估，确认手术可行后，患者在 7-10 天内前往 DSA（四）室接受  $^{90}\text{Y}$  手术治疗，手术结束后，躺在转运床上，身上铺盖 0.5mm 铅当量的铅方巾，由病人通道出介入手术区，进入 4 号电梯下负一层（其他公众不得与患者同时乘坐电梯），再到医技

楼负一楼核医学科 SPECT/CT 检查室接受术后的验证扫描（该过程已在川北医学院附属医院《新增钇-90 树脂微球核素治疗核技术利用项目环境影响报告表》中进行详述），然后经过道进入医技楼负一楼留观室进行留观。

为避免治疗患者对其他公众或医护人员产生辐射影响，医院拟将  $^{90}\text{Y}$  介入治疗时间在 DSA 手术日当天最后一台，并且拟对治疗期间的患者流动线路进行临时管控，患者由专人护送，患者转运路线由专人引导，避免公众靠近。

### 3) 核素路径

放射性药物最早由生产厂家在接诊病人前 1 天进行送货， $^{90}\text{Y}$  微球首先送至高活性室旁储源室保险柜中，经手套箱分装后，放入屏蔽罐中，由专人使用医用小推车转运。从高活性室出来，朝西出核医学科，到门诊综合大楼负一楼停车场，再向北约 100m 后到达 4 号电梯处，乘电梯到达一楼门诊大楼与医技楼之间的连廊区域，再往东进入医技楼介入手术区到达 DSA（四）室。转移时，一人推车，一人在推车前面引导并通知附近公众避让，药品不与其他人员同时乘坐电梯。

为了避免药物通道与其他人员通道交叉情况，且手术量较少，医院拟将  $^{90}\text{Y}$  介入治疗时间在 DSA 手术日当天最后一台，并对药物转运线路进行临时管控，转运路线由专人引导，避免公众靠近，以减少其他人员与药物接触的几率。

### 4) 放射性废物路径

活性室分装过程产生的固废收集后放入旁边放射性固废间暂存。介入手术过程产生的放射性固废，由介入手术护士收集于 10mm 有机玻璃收集容器后，放置在 2mm 铅当量的放射性废物桶内，核医学科工作人员用手推车由西侧进入 4 号电梯下负一层（其他公众不得与患者同时乘坐电梯），经过门诊综合楼负一楼停车场转入高活室旁的放射性废物间内暂存衰变（与手术错峰）。衰变 10 个半衰期后经监测达标按普通医疗废物转入建设单位已有医疗废物暂存间，最终交由阆中市时代安全处置有限公司回收处理。

本项目  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目人流及物流路径规划见附图 10、附图 11、附图 12。

## 9.2 污染源项

### 9.2.1 施工期污染源分析

本项目利用已有场所开展治疗，无施工期。

### 9.2.2 运行阶段污染源项

### 9.2.2.1 正常工况

#### (一) 放射性污染源分析

##### (1) 电离辐射

$^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目运行过程中, 需要使用 SPECT/CT 进行显像扫描, 需要 DSA 进行介入手术, SPECT/CT 及 DSA 开机过程会产生 X 射线, SPECT/CT 及 DSA 产生的 X 射线是随着机器的开、关而产生和消失。因此在设备开机出束期间, 会产生 X 射线。

本项目使用的核素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  主要放出 $\gamma$ 射线, 在核素操作过程会产生 $\gamma$ 射线。核素  $^{90}\text{Y}$  主要放出 $\beta$ 射线, 在核素操作过程及输注进入患者体内后,  $\beta$ 射线会与物质相互作用产生轫致辐射, 核素特性见表 9-4。

##### (2) 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  及  $^{90}\text{Y}$  等的各种操作中, 可能会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污, 造成小面积的 $\beta$ 放射性表面污染。

##### (3) 放射性废气

本项目核素使用前均存放于密封容器内, 药物均在带有通风装置的手套箱内进行分装, 游离的  $^{90}\text{Y}$  核素以氯化钇  $^{90}\text{YCl}_3$  形式存在, 其挥发性极低。

##### (4) 放射性废液

本项目  $^{90}\text{Y}$  核素包裹于微球中, 具有良好的稳定性, 其浸出游离的  $^{90}\text{Y}$  核素量极少, 介入治疗室地面将铺设一次性铺巾, 若出现地面沾染, 将不采用大水量冲洗, 采取局部擦拭的方式进行去污, 介入治疗室无放射性废液产生。

治疗结束后病人在医技楼负一楼核医学科留观室留观 2~6h, 病人手术前已禁食 6~8 小时, 因此术后产生的排泄物较少, 考虑病人术后身体状况, 病人在留观期间穿戴尿不湿, 因此不考虑放射性废液的产生。

事故状况下发生药物洒落事故时, 采用干法去污, 首先用吸水纸擦拭, 然后用布反复擦拭直至检测数据合格, 擦拭用的吸水纸、布作为放射性固体废物处理。

##### (5) 放射性固体废物

项目使用  $^{90}\text{Y}$  微球治疗过程中产生的放射性固体废物包括: 注射  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内管等;  $^{90}\text{Y}$  微球抽取过程中产生的转移用的一次性手套、注射器、含剩余药物的西林瓶等; 注射  $^{90}\text{Y}$  放射性药物产生的一次性手套、

输液管、患者体内导管、V 瓶及有机玻璃防护罐等。若手术中出现  $^{90}\text{Y}$  微球洒漏，则还可能产生吸水纸、去污用纸、医护人员手套、手术服、口罩、眼罩、有机玻璃盒子等放射性固体废物等。

## （二）非放射性污染源分析

### （1）非放射性废水

本项目产生的生活污水经建设单位污水管网后排入医院污水处理站，处理达标后排入市政污水管网。

### （2）非放射性固废

本项目介入手术时会产生的废造影剂等医疗废物，每人约 2kg，第一阶段和第二阶段年产生量共计约 200kg；辐射工作人员工作中会产生少量的生活垃圾和办公垃圾，患者及家属候诊过程中产生少量的生活垃圾。

### （3）非放射性废气

本项目非放射性废气主要来源于 $\gamma$ 射线或 X 射线与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物。

### （4）噪声

本项目通排风风机工作时将产生一定的噪声，噪声源强不超过 65dB（A），经风机机房墙体隔声和场址距离衰减后，对周围声环境影响较小。

### 9.2.2.2 事故工况污染源项描述

（1）射线装置机房门灯联锁装置发生故障时，人员误入正在运行的射线装置机房或滞留在机房内，对人员造成误照射。

（2）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致使放射性药物洒漏，造成操作人员体表污染、台面、地面辐射污染，若有药液洒漏，应及时用试纸擦拭，换下污染的防护用品作为放射性固废。

（3）由于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性药剂丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

（4）医院未管理好给药后患者，患者给药后随意进出核医学科区域，对周边候诊公众及家属造成辐射影响；患者家属误入核医学科注射后候诊区等高活区，造成意外照射。

（5）因“吸入、食入、经皮肤表面伤口”等原因导致非密封放射性物质进入体内，发生内照射。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 工作场所布局和分区

##### (一) 工作场所布局合理性

本项目利用建设单位已有辐射工作场所开展钇-90 植入治疗，核素药物分装在医技楼负一楼核医学科高活性室手套箱内进行，高活性西侧为储源室，东南侧有放射性固废间，能满足本项目钇-90 分装工作要求；钇-90 植入术后病人在医技楼负一楼留观室留观。DSA（四）室位于医技楼 1 楼，机房南侧为控制室和污物通道，北侧为设备间及病人通道，该介入场所东侧为设备间、更衣换鞋区、污物间，北侧为走廊、控制室，西侧为 DSA（三）室，南侧为走廊，DSA（四）室位于医技楼一楼集中的介入手术区域，设有独立的病人通道、医务通道、污物通道及污物暂存间。

本项目钇-90 治疗依托的核医学科医技楼负一楼的平面布局合理性已在上文分析评价，依托 DSA（四）室的平面布局合理性已在其环境影响评价报告中进行分析评价，项目不改变已有场所的布局及辐射安全与防护设施。本项目依托的医技楼负一楼核医学科已完成了环境影响评价并于 2016 年 4 月取得了环评批复（川环审批【2016】85 号，详见附件 5），于 2021 年 1 月完成竣工环境保护验收（详见附件 5），依托的 DSA（四）室已完成了环境影响评价并于 2023 年 4 月取得了环评批复（川环审批【2022】147，详见附件 5），于 2023 年 7 月完成竣工环境保护验收（详见附件 5）。医技楼负一楼、DSA（四）室的平面布置符合性满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中的相关要求。

对照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），本项目布局合理性分析见下表 10-1。

#### 10-1 平面布置与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）对照分析表

标准要求	本项目布局情况	是否满足
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，高活性集中在一端，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。	本项目涉及核医学科设置在医技楼负一楼南端，相对分开布置；诊疗流程及布局设置合理，控制区集中布置；已设置有放射性药物储存间及放射性废物暂存间，患者诊疗结束前均位于场所内部活动。	满足

<p>核医学工作场所应设计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。</p>	<p>本项目核医学工作场所内部均设有相对独立的工作人员、患者通道；放射性废物转运均采用时空管理措施，放射性废物均在工作结束后由相应的工作人员统一清运；医技楼负一楼患者通道采用单向设计，有效避免给药后的患者与未给药的患者交叉。</p>	<p>满足</p>
<p>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，给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患者的专用卫生间。</p>	<p>本项目核医学科放射性工作场所内均设有门禁系统仅辐射工作人员可进入，并在控制区入口均设有缓冲区；核医学科配备了铅衣、铅帽、铅手套、铅眼镜、表面沾污监测设备、剂量监测设备等防护用品及监测设备</p>	<p>满足</p>

## （二）两区划分

### （1）分区原则

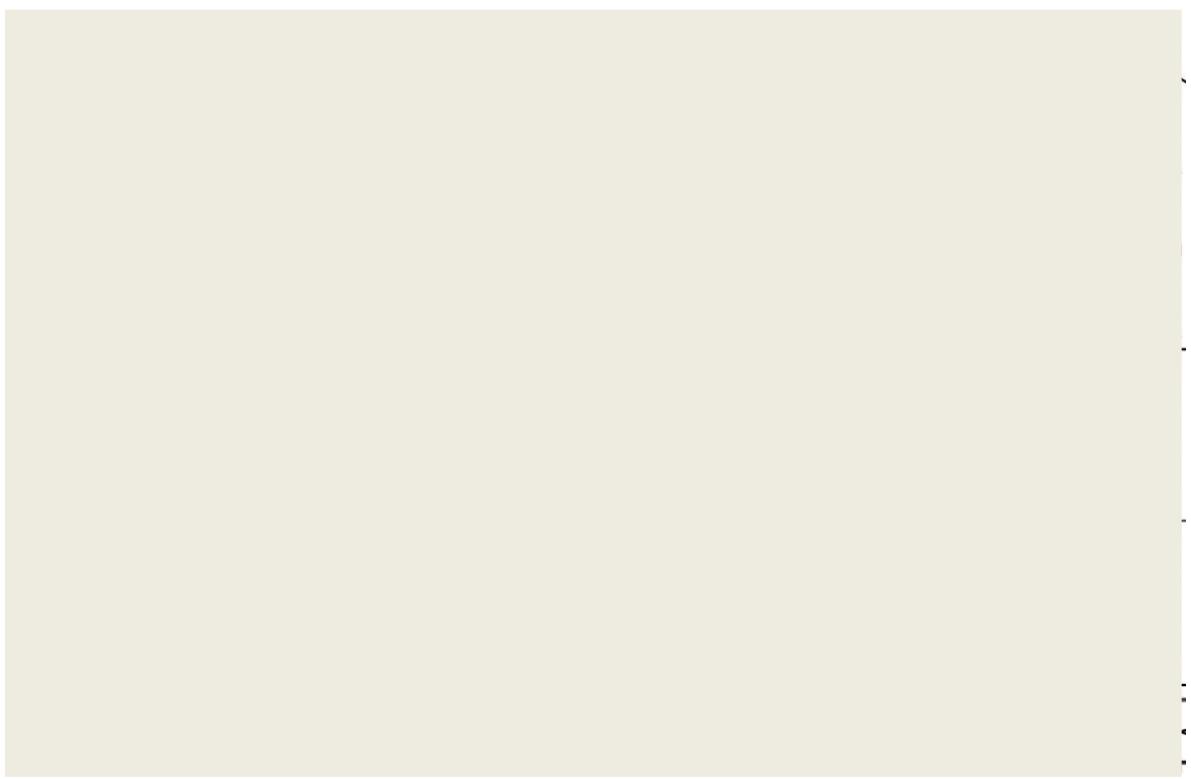
为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，应将辐射工作场所划分控制区和监督区。控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。控制区入口应有 GB18871-2002 规定的电离辐射警告标志；除医务人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开。监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。

### （2）区域划分

结合本项目核技术利用的特点，控制区和监督区划分情况见表 10-2。

表 10-2 本项目控制区和监督区划分情况一览表

场所名称	控制区	监督区
医技楼负一楼核医学科	SPECT/CT 机房、PET/CT 机房、高活室、储源室、废物间、注射后候诊室、留观室、服碘室、甲功室、运动负荷室、患者走廊、留观室等。本次评价仅涉及 SPECT/CT 机房、高活室、储源室、废物间、留观室，控制区作整体划分	工作人员走廊、会诊室、阅片室、值班室、走廊等
DSA(四)室	DSA (四) 室	控制室、设备间、更衣换鞋区、污物间、北侧走廊、南侧走廊



10-1 DSA (四) 室分区示意图

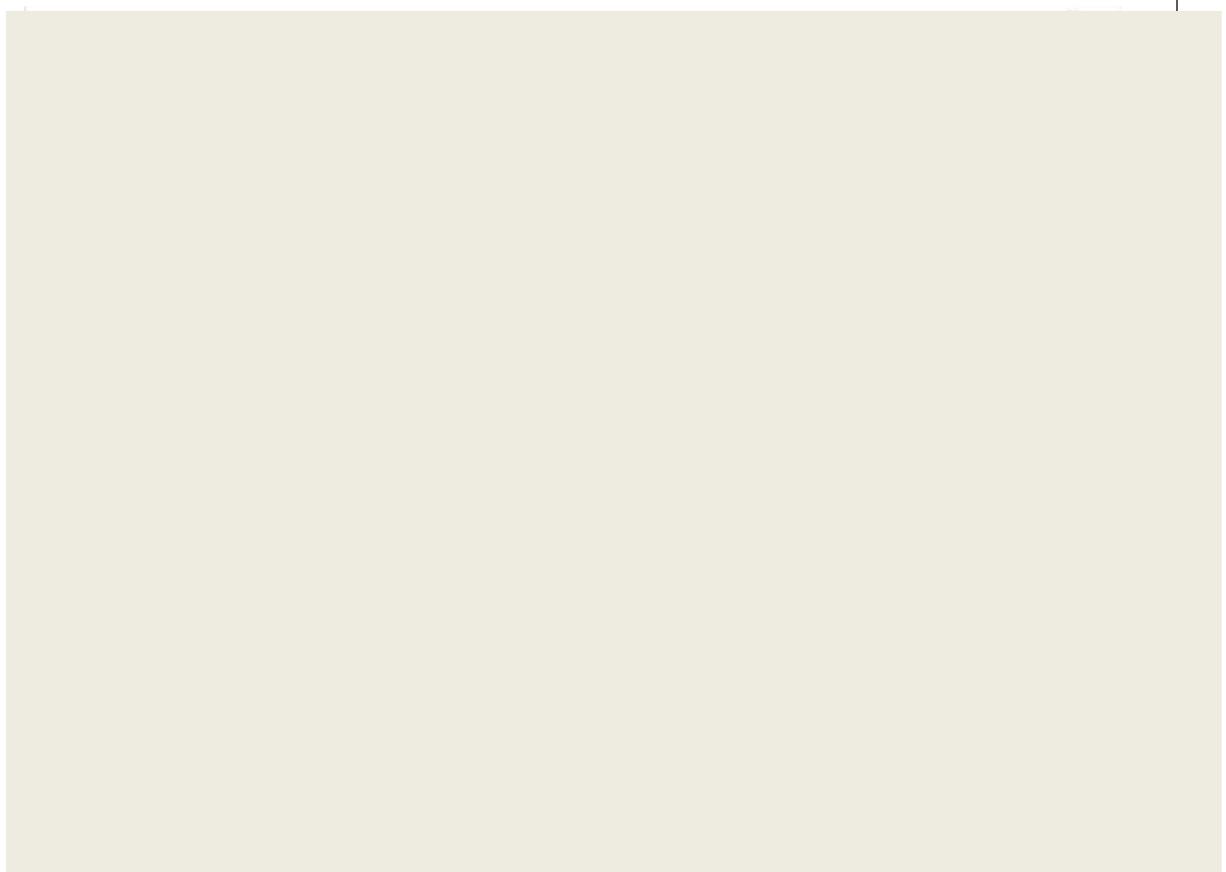


图 10-2 医技楼负一楼核医学科南端分区图 (含留观室)

### (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 10-4）。
- 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。



图 10-3 电离辐射标志与电离辐射警告标志

### (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。

#### 10.1.2 工作场所辐射安全和防护

##### (一) 辐射防护屏蔽设计

本项目辐射工作场所屏蔽防护材料中使用的实心砖的密度是  $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，混凝土密度为  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅密度为  $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，硫酸钡涂料的密度为  $2.88\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅玻璃的密度为  $4.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

本项目核医学科医技楼负一楼相关工作场所辐射防护屏蔽设计详见表 10-3（附件 16）。

表10-3 医技楼负一楼工作场所辐射屏蔽措施一览表

工作场所	具体功能房间	屏蔽体	屏蔽措施
------	--------	-----	------

医技楼负一楼	SPECT/CT 机房	四周墙体	370mm 实心砖
		顶棚	200mm 混凝土
		地板	200mm 混凝土
		防护门	3mmPb 铅板
		观察窗	3mmPb 铅玻璃
高活室、储源室、放射性废物间		四周墙体	370mm 实心砖
		顶棚	200mm 混凝土
		地板	200mm 混凝土
		防护门	3mmPb 铅板
留观室		四周墙体	北墙、南墙 360mm 混凝土，东墙、西墙 200mm 实心砖
		顶棚	200mm 混凝土
		地板	200mm 混凝土
		防护门	普通门

本项目 DSA (四) 室辐射防护屏蔽设计详见表 10-4。

表10-4 DSA (四室) 辐射防护屏蔽一览表

工作场所	屏蔽体	屏蔽措施
DSA (四) 室	东侧墙体	
	南侧墙体	
	西侧墙体	
	北侧墙体	
	顶棚	
	地板	
	防护门	
	观察窗	
	其他	

## (二) 辐射安全装置

本项目 DSA (四) 室及医技楼负一楼核医学科均已进行竣工环境保护验收，各工作场所辐射安全装置均已按照环评及其批复进行落实，本项目依托其已有的辐射安全装置均已按照相关要求进行落实。

### (1) 工作状态指示灯

DSA (四) 室及 SPECT/CT 扫描间病人出入防护门顶部已设工作状态指示灯，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

DSA (四) 室已设置 1 处急停按钮 (按钮与 X 射线系统连接)；SPECT/CT 扫描间设备机身及控制室内均设置有急停按钮。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

DSA (四) 室及 SPECT/CT 扫描间各防护门外醒目的位置均已设置“当心电离辐射警告”标志。

### (4) 视频监控、对讲装置及观察窗

DSA (四) 室及医技楼负一楼核医学科内均已设置视频监控系统；DSA (四) 室、SPECT/CT 扫描间及其控制室与之间分别设置有对讲装置及观察窗，便于工作人员通过对讲装置与患者联系，便于通过观察窗，观察患者和受检者状态防护门开闭情况。

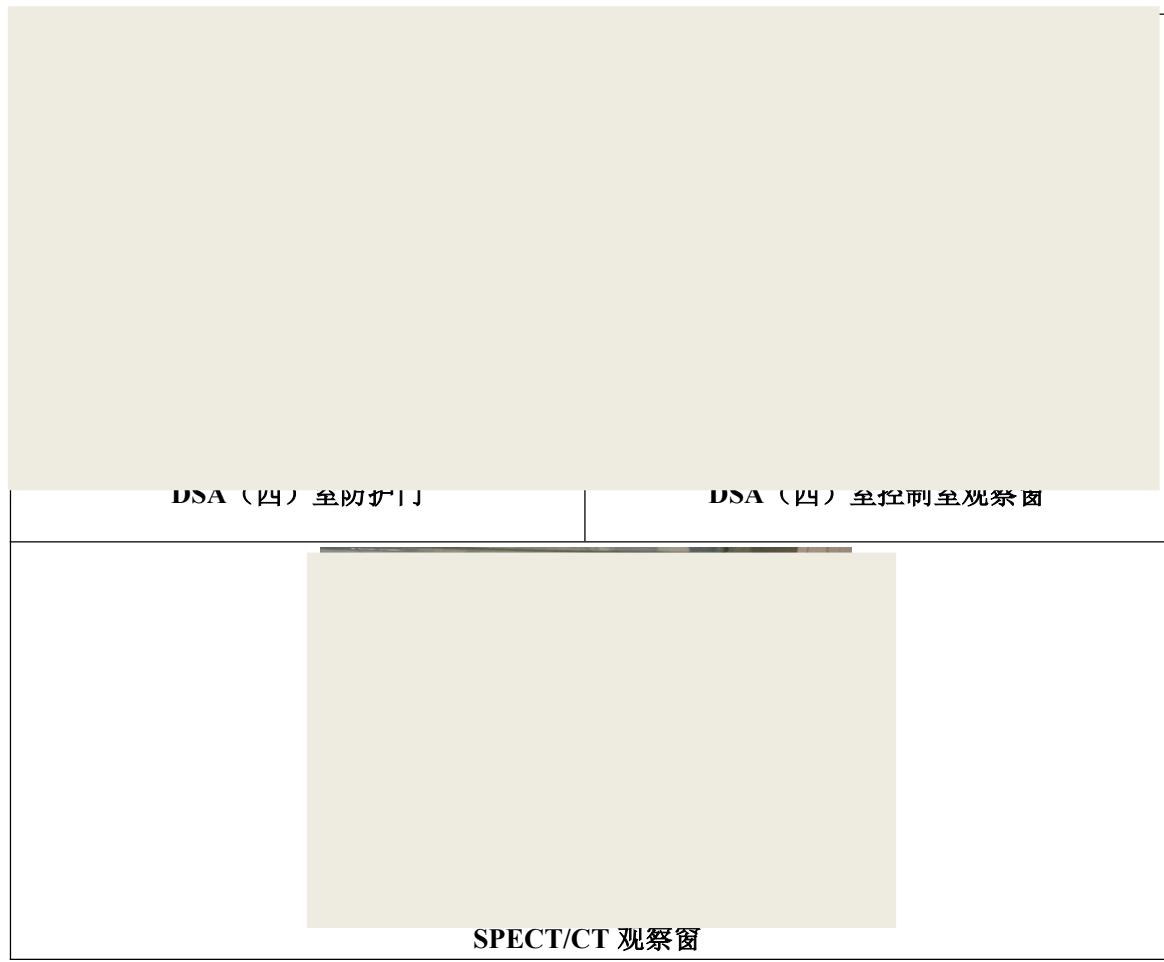
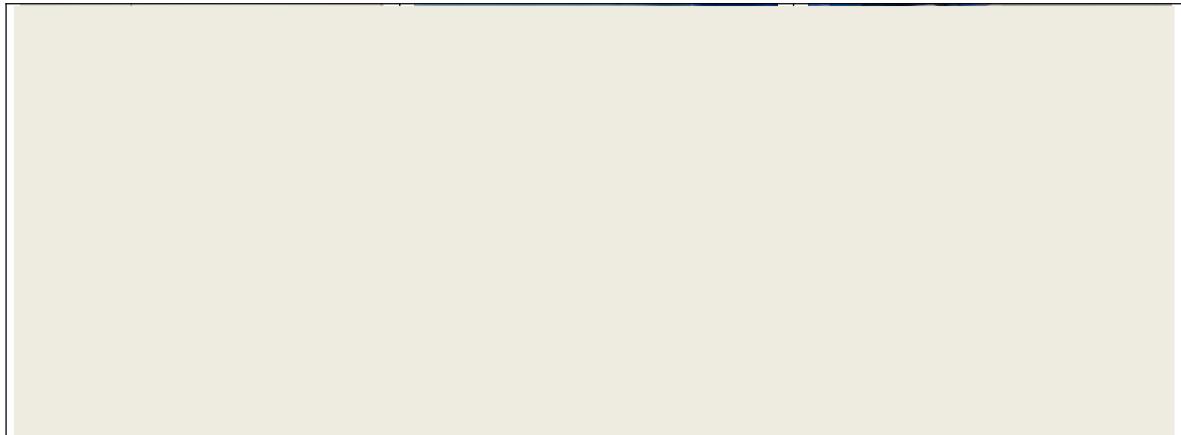


图 10-4 DSA、SPECT/CT 部分防护措施

### (5) 操作过程中的防护措施

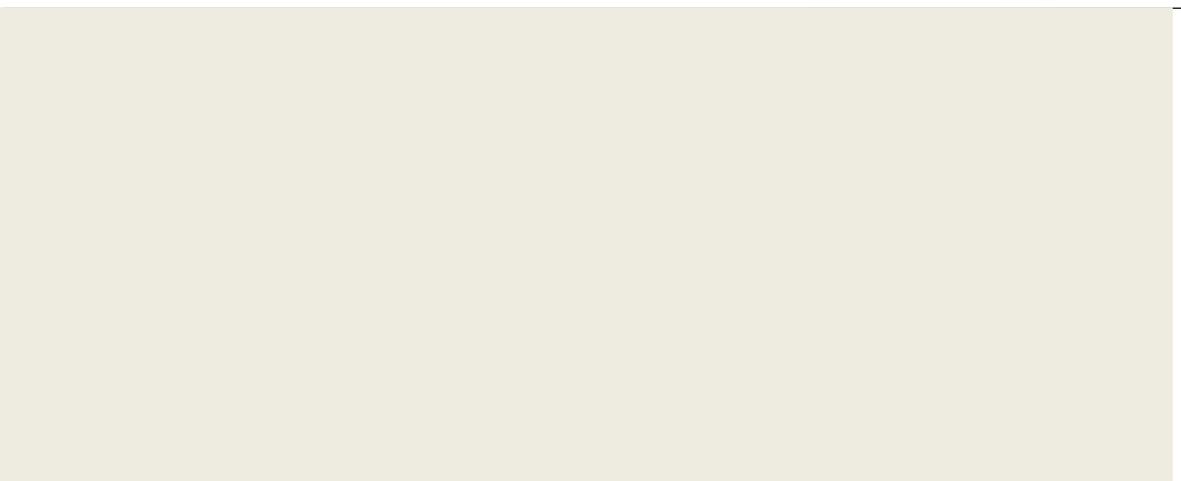
本项目 DSA (四) 室已配备有铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、剂量报警仪、个人剂量计等，各类防护用品除介入防护手套防护能力不低于 0.025mm 铅当量外，其余防护用品防护能力均不低于 0.5mm 铅当量。

DSA (四) 室个人防护用品如图 10-5。



**图 10-5 DSA (四) 室个人防护用品**

本项目医技楼负一楼核医学科已配备铅衣，戴铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，均具备 0.5mmPb 当量。医生在进行放射性药品的分药操作时首先做好个人防护，分药操作均在手套箱内进行，手套箱底部设有废物铅桶，用于暂时收集放射性废物，如图 10-6。



**图 10-6 医技楼负一楼核医学科个人防护用品及手套箱**

### **(三) 辐射安全防护措施**

#### **(1) $^{90}\text{Y}$ 微球介入手术的时空管控**

本项目  $^{90}\text{Y}$  微球注射液采用订单制生产，患者通过评估后，医院向药物供应商下订单，由制药厂家在每周六进行生产，并于下周二下午送达医院，药品有效期为

自校准时间（周五早上 7 点，校准活度为  $3\text{GBq} \pm 10\%$ ）起 24 小时，即该药品在周六早上 7 点失效。

本项目患者给药量将根据肝癌患者评估的情况，通过计算模型计算患者处方剂量，分装不同活度的  $^{90}\text{Y}$  微球注射液。对于小肝癌、乏血供的患者，需要输注数量少、活度高的微球；对于大肝癌、富血供、多病灶的患者，需要输注大量的微球覆盖，即对于同等活度的  $^{90}\text{Y}$  微球注射液，部分患者适合输注数量少但比活度高的  $^{90}\text{Y}$  微球，部分患者适合输注数量多但比活度低的  $^{90}\text{Y}$  微球。

综上所述，医院将根据患者实际情况合理选择手术时间，以达到最佳的治疗效果，医院拟安排需接受高比活度微球患者于每周三下午在 DSA（四）室内接受药物输注，安排需接受低比活度微球患者于每周四或周五下午在 DSA（四）室内接受药物输注，每台介入输注手术均安排至该场所当天最后一台手术进行，介入输注手术结束后当天该 DSA 室不再进行其他常规介入手术。

介入输注完成后的患者转运期间，将暂停 DSA（四）室的人流及物流转运，禁止无关人员进入该手术区域，避免人员与  $^{90}\text{Y}$  微球患者产生交叉，受到不必要的照射。

## （2）药物转运的管控

将分装好装有药品的 V 瓶放置在 15mm 有机玻璃材料的 V 瓶防护器中，将 V 瓶防护器放入一个铅当量为 6.4mm 的铅罐中，再将铅罐固定在手推车上，由两名工作人员运往 DSA（四）室。



图 10-7 Y-90V 瓶、西林瓶及防护铅罐

为了避免药物转运与其他人员产生交叉情况，医院拟将手术安排在人流量较少的时间段进行，转运前将在转运路线所经区域进行清场并设置临时警戒线，并在各交叉路口处安排安保人员进行临时管控，药物转运路线由专人引导，避免公众靠近，以减

少其他人员与药物接触的几率。

### **(3) $^{90}\text{Y}$ 微球患者转移管理**

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)附录B, 表B.1放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求, 钇-90植入患者出院时体内放射性活度应≤2500MBq, 本项目对单个患者的钇-90最大植入量为2.5GBq(2500MBq), 满足出院活度限值要求, 患者术后留观为医学留观。

由于本项目手术期间禁止无关人员逗留, 转运前将在转运路线所经区域进行清场并设置临时警戒线, 并在各交叉路口处安排安保人员进行临时管控, 故患者在完成微球输注手术后被送入核医学病房的过程中对家属及周围公众造成辐射影响较小, 医院在转运患者的过程中需注意以下几点以进一步减少其辐射影响:

- ①在患者身体遮盖0.5mm铅当量的铅方巾;
- ②移动患者时应尽量避开人员较为集中的时段, 患者转移前对转移路径所经区域进行巡检, 暂停DSA(四)室的人流及物流转运, 禁止无关人员进入该手术区域, 必要时进行清场; 随后快速、平稳地将患者送至专留观室;
- ③患者留观室门口设置电离辐射警告标志, 警示周围人群远离;
- ④提醒患者家属注意与患者保持距离, 尽量减少与患者近距离接触的时间。医护人员查房, 家属成员如需长时间陪护应与患者保持1m以上的距离。
- ⑤应严密注意患者动向, 禁止患者在核医学病房外停留, 严禁无关人员进入核医学病房。

### **(4) 术后监测及解控**

手术结束后对所有辐射工作人员体表、手术床、工作台面、工作椅及地面等区域进行表面污染水平监测, 根据GB18871-2002:“工作台、设备、墙壁、地面的 $\beta$ 表面污染应小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ , 辐射工作人员工作服、手套、工作鞋的 $\beta$ 表面污染应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ , 手、皮肤、内衣、工作袜的 $\beta$ 表面污染应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ”。

若表面污染水平超过控制水平, 应采取相应的去污措施, 在清洁后须用表面污染监测仪测量污染区, 如果 $\beta$ 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继续擦拭, 直到该污染区 $\beta$ 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止, 擦拭物收集至放射性固体废弃物衰变桶中, 作为放射性固体废物进行处理。待表面污染水平监测合格且污物转运完毕后, 可对DSA(四)室进行解控。

### 10.1.3 辐射安全防护对照分析

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，如下表：

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	
医技楼负一楼	场所设施	四周墙体+屋顶屏蔽	利旧	
		出入口缓冲间	利旧	
		铅防护门	利旧	
		观察窗	利旧	
		负压工作场所	利旧	
		病人专用卫生间	利旧	
		废气及废水处理设施	利旧	
		放射性废物暂存间	利旧	
		视频监控与对讲系统	利旧	
		出入口处电离辐射警示标志	利旧	
		工作状态显示	利旧	
DSA（四）室	场所设施	进出口单向门禁	利旧	
		四周墙体+屋顶屏蔽	利旧	
		铅防护门	利旧	
		观察窗	利旧	
		出入口处电离辐射警示标志	利旧	
		急停按钮	利旧	
监测设备		工作状态显示	利旧	
		固定式报警仪	利旧	
		便携式 X- $\gamma$ 巡检仪	利旧	
		表面沾污仪	利旧	
		个人剂量报警仪	利旧	
		个人剂量计	利旧	

### 10.1.4 本项目环保投资预算

医院提供了核医学科建设项目环保投资概算，见表 10-6。

表 10-6 环保投资概算一览表

项目	环保措施	数量	投资金额 (万元)	备注
辐射 屏蔽 措施				利旧
				DSA 自带
				利旧
个人 防护 用品				利旧
				已有
放射 性固 体废 物治 理措 施				已有
				已有
安全 装置				已有
				已有
运输 环节 防护 措施				已有
				已有
				新增
废气 治理 措施				已有
				已有
监测				已有

	已有
	有 1 人需进行
	已有
	已有
	/

## 10.2 三废的治理

### (一) 放射性废物

#### (1) 固体放射性废物

##### ①放射性固体废物处置措施

本项目治疗操作过程中产生的放射性固体废物主要有 V 瓶、一次性使用输注装置、输注导管、纱布、手套、有机玻璃防护罐及含剩余药物的西林瓶等放射性固废。

本项目 DSA(四)室产生的放射性固废采用 10mm 有机玻璃容器收集后放入2mm 铅当量的放射性废物收集桶内，转移至放射性固废间暂存，高活室分装过程产生的放射性固废直接转移至高活性室放射性固废间暂存，放射性固废间设置 5mm 铅当量的固废桶，含  $^{99m}\text{Tc}$  核素废物暂存时间超过 30 天，含  $^{90}\text{Y}$  核素超过其半衰期的 10 倍后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由阆中市时代安全处置有限公司进行统一收集、清运和处理。

##### ②贮存能力分析

本项目 DSA (四) 室采用介入输注的方式给患者施药，因此该部分患者治疗过程中产生的固体废物主要有 V 瓶、一次性使用输注装置、输注导管、纱布、手套、有机玻璃防护罐及含剩余药物的西林瓶等，若发生撒漏则还可能产生吸水纸、去污用纸、医护人员手套、手术服、口罩、眼罩、有机玻璃盒子等废物，则项目可能产生的放射性固体废物约  $5000\text{cm}^3/\text{人}$ ，治疗人数约 1 人/周，则每周产生的放射性固废量约为  $0.005\text{m}^3/\text{周}$ ，即 5L/周。

本项目放射性废物暂存间面积约为  $2.5\text{m}^2$ ，总容积约为  $7.5\text{m}^3$ ，可用容积保守取总容积的 80%，即  $6\text{m}^3$ ，内部设置有 1 个容积 20L 的铅废物桶，可满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中规定的“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 天和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”的要求。

本项目核医学工作场所产生固体放射性废物的存储和处理拟安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性固体废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

本项目医技楼负一楼核医学科、DSA（四）室固体放射性废物拟采取的处置措施，符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相应的标准要求。

### （2）放射性废液

本项目DSA（四）室若出现表面沾染（ $\beta$ 表面污染大于等于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ），将不采用大水量冲洗，采取局部擦拭的方式进行去污，去污后按放射性固废处理，此外手术台拟铺设一次性防水垫巾，地面拟铺设一次性防水铺巾，若出现表面沾染（ $\beta$ 表面污染大于等于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）按放射性固废处理，因此DSA（四）室无放射性废液产生。

医护人员产生的少量生活污水经医院已有污水管网排入进入医院现有污水处理系统处理达标后排入市政污水管网。

### （3）气态放射性废物

本项目使用的外购  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  置于防护罐中， $^{90}\text{Y}$  微球密封于西林瓶中，分装过程在手套箱内进行密封操作，植入过程是通过密封的输液管注入病人体内，整个过程无裸露液面，因此无放射性废气产生。

DSA（四）室及依托医技楼负一楼部分工作场所均为已建场所，项目运行期间产生的废气均依托原有环保设施处理。

## （二）非放射性废物

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

本项目工作人员在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( $\text{O}_3$ )

和氮氧化物( $\text{NO}_x$ )，少量臭氧和氮氧化物可通过工作场所已有排风装置排出，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**

本项目噪声源为机房通排风系统的风机，本项目所使用的通排风装置为低噪设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，对周围环境影响较小。

### **(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 DSA 和 SPECT/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

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目依托医院原已许可工作场所进行，项目涉及的工作场所均已进行环境影响评价，本次不涉及工作场所布局及辐射安全与防护设施的改动。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 辐射环境影响分析

##### (一) 原有工作场所辐射环境影响分析

###### (1) DSA (四) 室

本项目DSA (四) 室屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实，根据2025 年度辐射工作场所监测报告显示（详见附件 9）：“DSA 室内设备正常运行时，其机房周围X- $\gamma$  辐射剂量率为（0.13~0.19） $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足标准要求”。

综上所述，本项目 DSA (四) 室屏蔽和防护措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关标准要求。本项目仅在原有工作场所内新增使用放射性核素（ $^{90}\text{Y}$  及 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ），新增核素 $^{90}\text{Y}$  为纯 $\beta$ 核素， $\beta$ 射线穿透能力较低，故本项目主要考虑核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  产生的 $\gamma$ 射线、核素 $^{90}\text{Y}$  产生的轫致辐射及DSA 设备产生的X 射线对周围环境的辐射影响。

###### (2) 医技楼负一楼核医学科

本项目医技楼负一楼核医学科屏蔽和防护措施已按照环评及批复要求落实，根据2025 年度辐射工作场所监测报告显示（详见附件 9）：“SPECT/CT 内设备正常运行时，其机房周围 X- $\gamma$  辐射剂量率为（0.010~0.022） $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，核医学科工作场所各监测点 $\beta$ 表面污染水平最大为 0.54Bq/cm<sup>2</sup>，均满足标准要求”。

综上所述，本项目医技楼负一楼核医学科屏蔽和防护措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）等相关标准要求。本项目仅在原有工作场所内增加放射性核素用量（ $^{90}\text{Y}$ ），且核素 $^{90}\text{Y}$  为纯 $\beta$ 核素， $\beta$ 射线穿透能力远低于核医学科场所使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  等核素产生的 $\gamma$ 射线，本项目不涉及原工作场所屏蔽体及平面布局改动，经工作场所、手套箱及源罐屏蔽体屏蔽后，对周围环境辐射影响较小。

##### (二) $^{90}\text{Y}$ 微球介入治疗项目辐射环境影响分析

## 1、第一阶段<sup>99m</sup>Tc 使用过程环境影响分析

<sup>90</sup>Y 微球介入治疗项目分为 2 个阶段，第一阶段需使用锝标记聚合白蛋白(<sup>99m</sup>Tc)注入肝动脉，以评估患者是否适合此项治疗，该阶段需依托医院医技楼一楼 DSA(四)室开展介入输注，同时需依托医技楼负一楼核医学科现有 SPECT/CT 扫描间进行显像扫描，核素 <sup>99m</sup>Tc 主要产生 $\gamma$ 辐射影响。

参考《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 I 中第 1.2 款  $^{99m}\text{Tc}$  诊断、 $^{131}\text{I}$  治疗、PET 等工作场所的屏蔽计算，保守起见，所有核素（如  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{18}\text{F}$  等）工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法：

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{H_P \times r^2}\right) \dots \dots \dots \quad (I.1)$$

由公式I.1 推导可得:

$$\dot{H}_P = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10^{(-\frac{x}{TVL})} \dots \dots \text{公式 11-1}$$

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

*A*—单个患者或者受检者所用放射源的最大活度 (MBq)；

$\Gamma$ -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);

$TVL$ - $\gamma$ 射线的十分之一值层厚度 (mm)，由《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 查出铅、混凝土和实心砖对 $^{99m}\text{Tc}$  什值层。

表 11-1 放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$  对应屏蔽材料十分之一值层厚度 TVL 单位: mm

核素	铅 (11.3g/cm <sup>3</sup> )	砖 (1.65g/cm <sup>3</sup> )	混凝土 (2.35g/cm <sup>3</sup> )

本项目单次使用  $^{99m}\text{Tc}$  的最大活度为  $1.50 \times 10^8 \text{Bq}$ , 查《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020), 放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$  的周围剂量当量率常数(裸源)为  $0.0303 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ , 患者体内注射  $^{99m}\text{Tc}$  时放射性活度所致体外  $1\text{m}$  处的周围剂量当量率常数为  $0.0207 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ 。

根据公式 11-1 可估算出项目周围各参考点处的辐射水平, 关注点位详见图 11-1, 预测结果见表 11-2。

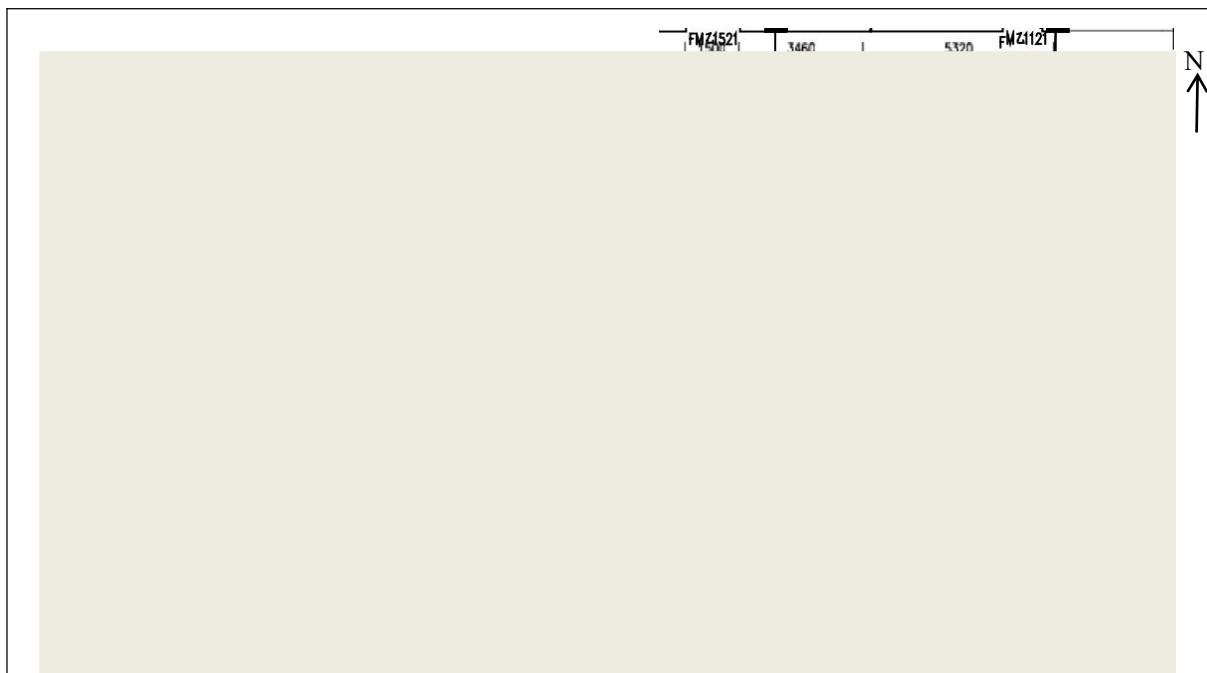


图 11-1 DSA (四) 室、SPECT/CT 扫描室关注点位布置图

表 11-2  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $\gamma$  射线所致辐射计算参数及结果

序号	关注点位置	A 源强 /Bq	r 距离 /m	屏蔽材料 及 x 厚度 /mm	透射比	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	备注
1	分装工作位	$1.50 \times 10^8$					12mmPb 手套箱
2	$^{99m}\text{Tc}$ 药物转运 位	$1.50 \times 10^8$					5mmPb 铅 罐
3	DSA 室东侧屏蔽 墙外 30cm 处 (设 备间)	$1.50 \times 10^8$					
4	DSA 室东侧防护 门外 30cm 处 (污 物间)	$1.50 \times 10^8$					
5	DSA 室南侧屏蔽 墙外 30cm 处	$1.50 \times 10^8$					
6	DSA 室南侧防护 门外 30cm 处	$1.50 \times 10^8$					输注过程
7	DSA 室西侧外 30cm 处 ((DSA (三) 室) 控制 室)	$1.50 \times 10^8$					
8	DSA 室西侧屏蔽 墙外 30cm 处 (DSA (三) 室)	$1.50 \times 10^8$					

9	DSA 室北侧观察窗外 30cm 处(控制室)	1.50×10 <sup>8</sup>						
10	DSA 室北侧防护门外 30cm 处(病人通道处)	1.50×10 <sup>8</sup>						
11	DSA 室顶部距地面 100cm	1.50×10 <sup>8</sup>						
12	DSA 室楼下关注点距地面 170cm	1.50×10 <sup>8</sup>						
13	DSA 室第一术者位	1.50×10 <sup>8</sup>						
14	DSA 室第二术者位	1.50×10 <sup>8</sup>						
15	患者转运位	1.50×10 <sup>8</sup>						转运过程
16	SPECT/CT 扫描间患者摆位	1.50×10 <sup>8</sup>						铅服 0.5mmPb 铅屏风 2mmPb
17	SPECT/CT 扫描间东侧屏蔽墙外 30cm 处(甲功室)	1.50×10 <sup>8</sup>						
18	SPECT/CT 扫描间南侧防护门外 30cm 处	1.50×10 <sup>8</sup>						
19	SPECT/CT 扫描间南侧屏蔽墙外 30cm 处	1.50×10 <sup>8</sup>						
20	SPECT/CT 扫描间西侧屏蔽墙外 30cm 处	1.50×10 <sup>8</sup>						
21	SPECT/CT 扫描间北侧屏蔽墙外 30cm 处	1.50×10 <sup>8</sup>						扫描过程
22	SPECT/CT 扫描间北侧防护门外 30cm 处	1.50×10 <sup>8</sup>						
23	SPECT/CT 扫描间北侧观察窗外 30cm 处	1.50×10 <sup>8</sup>						
24	SPECT/CT 扫描间顶部距地面 100cm 处	1.50×10 <sup>8</sup>						

注：硫酸钡涂料密度为  $2.88\text{g/cm}^3$ ，其 TVL 计算由  $\text{TVL}_2/\text{TVL}_1=\rho_1/\rho_2$  得出为 90；① $370+2*160/1$ ；②忽略空心砖辐射屏蔽效果；③忽略彩钢板防护效果；④ $120+2*110/1$ ；⑤ $120+20*110/90$ ；⑥一楼层高区 3.2m；⑦负一楼层高 3.2m。

根据表 11-1 可知，本项目正常运行过程中，各工作场所周围各关注点处辐射剂量率均满足标准要求。

### （1）DSA 室辐射剂量率叠加影响

本项目  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  输注过程中需交替进行 DSA 透视操作 2 到 3 次，观察药品注入情况，DSA 设备出束过程中会产生 X 射线，故本项目保守对放射性药物操作过程及 DSA 设备出束过程中关注点处的辐射剂量率进行叠加估算。

本项目 DSA 在透视时的常规运行工况为  $80\text{kV}/20\text{mA}$ ，由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的 X 射线机散射线在关注点的周比释动能计算公式进行推导，得到散射线在关注点处的辐射剂量率的计算公式：

#### 散射剂量率 $H_s$ 的计算公式：

$$\dot{H}_s = \frac{\dot{X}}{d_0^2 \cdot d_s^2} \cdot I \cdot \mu \cdot \eta \cdot \left(\frac{a}{400}\right) \cdot S \cdot B_S \times 8.76 \times 10^3 \times 60 \times k_a \cdots \text{公式 11-2}$$

式中： $H_s$ —关注点处散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$X$ —每  $\text{mA}$  管电流产生的 X 射线在  $1\text{m}$  处的照射量率， $\text{R} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；本项目 DSA 滤过保守考虑为  $2.5\text{mmAl}$ ，根据《辐射防护手册》（第一分册）图 4.4c（不同管电压对应的 X 射线照射量率）内容，当管电压为  $80\text{kV}$ （最大运行工况）时，内插法得照射量率  $X$  为  $0.6\text{R} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

$I$ —管电流， $\text{mA}$ ；本项目 DSA 透视模式下正常使用的最大管电流取  $20\text{mA}$ ；

$a$ —人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，本项目最大常用管电压为  $80\text{kV}$ ，对于散射线向机房四侧墙体投射的情况，从《放射防护实用手册》表 6.26 中采用内插法查取散射角  $90^\circ$  时  $80\text{kV}$  对应的  $a$  值为  $0.0008$ 。

$S$ —主束在受照人体上的散射面积，本项目取  $100\text{cm}^2$ ；

$d_0$ —源至受照点的距离，根据设备参数确定，本项目取  $d_0$  取  $0.6\text{m}$ （符合 ICRP 33 号报告第 98 段关于使用固定式 X 射线透视检查设备的焦皮距的要求）；

$d_s$ —受照体至关注点的距离；

$B_S$ —屏蔽材料对散射线的透射因子；

$K_a$ —有效剂量与空气比释动能转换系数， $\text{Sv/Gy}$ ，查《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）表 G.2， $K_a$  值取  $1.60$ 。

#### 泄漏辐射剂量率采用下式计算：

$$H_L = \frac{H_i \cdot B}{r^2} \cdot K_a \dots \dots \dots \text{公式 11-3}$$

式中:  $H_i$ —距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率, mGy/h; 本项目取 1mGy/h;

$B$ —复合手术室各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子, 本项目取 80kV (本项目正常运行最大管电压) 工况下机房四周屏蔽墙及地面的泄漏射线屏蔽透射因子;

$r$ —X 射线源至关注点的距离;

$K_a$ —有效剂量与空气比释动能转换系数, Sv/Gy, 查《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T 830-2024) 表 G.2, DSA 的  $K_a$  值取 1.67。

第一及第二术者位透视模式运行时的辐射剂量率计算结果如表 11-3 所示。

表 11-3 DSA 运行时 DSA (四) 室内辐射工作人员剂量率估算结果

预测点位	B		X① (mm)	模式	d/m	X 射线辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		
	散射线	漏射线				散射线	漏射线	合计
第一术者位②								
第二术者位③								

注: ①X 为

DSA 运行时关注点处辐射剂量率取自 2025 年年度监测报告 (详见附件 9), 其中第一及第二术者位辐射剂量率如上表所示,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  输注过程中叠加结果如表 11-4 所示。

表 11-4  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  输注过程中 DSA (四) 室关注点处辐射剂量率叠加结果

关注点位置	关注点处辐射剂量率( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 输注过 程	DSA 运行	合计
DSA (四) 室	DSA 室东侧屏蔽墙外 30cm 处 (设备间)		0.13
	DSA 室东侧防护门外 30cm 处 (污物间)		0.14
	DSA 室南侧屏蔽墙外 30cm 处		0.14
	DSA 室南侧防护门外 30cm 处		0.14
	DSA 室西侧外 30cm 处 ((DSA (三) 室) 控制室)		0.14

DSA 室西侧屏蔽墙外 30cm 处 (DSA (三) 室)		0.14
DSA 室北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)		0.16
DSA 室北侧防护门外 30cm 处 (病人通道处)		0.18
DSA 室顶部距地面 100cm		0.14
DSA 室楼下关注点距地面 170cm		0.16
DSA 室第一术者位		17.13
DSA 室第二术者位		4.28

注：DSA 运行时关注点处辐射剂量率取自 2025 年年度监测报告监测结果。

综上所述，第一阶段  $^{99m}\text{Tc}$  使用过程中 DSA (四) 室外各关注点辐射剂量率均低于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足相关标准要求。

#### (2) SPECT/CT 扫描间辐射剂量率叠加影响

本阶段输注核素  $^{99m}\text{Tc}$  后需进行 SPECT/CT 显像扫描，SPECT/CT 开机出束过程中将产生 X 射线，故本项目保守对 SPECT/CT 设备出束过程中关注点处的辐射剂量率进行叠加估算，叠加结果如表 11-5 所示。

表 11-5  $^{99m}\text{Tc}$  扫描过程中 SPECT/CT 扫描间外关注点处辐射剂量率叠加结果

关注点位置	关注点处辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		
	$^{99m}\text{Tc}$ 扫描过程	SPECT/CT 运行	合计
SPECT/CT 扫描室	SPECT/CT 扫描间患者摆位		0.025
	SPECT/CT 扫描间东侧屏蔽墙外 30cm 处 (甲功室)		0.011
	SPECT/CT 扫描间南侧防护门外 30cm 处		0.017
	SPECT/CT 扫描间南侧屏蔽墙外 30cm 处		0.013
	SPECT/CT 扫描间西侧屏蔽墙外 30cm 处		0.013
	SPECT/CT 扫描间北侧屏蔽墙外 30cm 处		0.013
	SPECT/CT 扫描间北侧防护门外 30cm 处		0.022
	SPECT/CT 扫描间北侧观察窗外 30cm 处		0.019

	SPECT/CT 扫描间顶部距地面 100cm 处	
--	------------------------------	--

注: SPECT/CT 运行时关注点处辐射剂量率取自 2025 年年度监测报告监测结果。

综上所述, 第一阶段  $^{99m}\text{Tc}$  使用过程中 SPECT/CT 扫描间外各关注点辐射剂量率均低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ , 满足相关标准要求。

## 2、第二阶段 $^{90}\text{Y}$ 微球辐射环境影响分析

本次新增  $^{90}\text{Y}$  微球治疗项目涉及的  $^{90}\text{Y}$  放射性核素为  $\beta$ -衰变, 衰变时仅产生  $\beta$ -射线,  $\beta$  射线与物质相互作用会产生轫致辐射, 因而在评价工作场所的辐照水平时, 需要同时考虑  $\beta$  射线和轫致辐射。

### (1) $\beta$ 射线辐射影响分析

$\beta$  粒子在低  $Z$  物质中的射程, 与能量等于  $\beta$  粒子最大能量的单能电子的射程是一样的, 可以采用方杰主编的《辐射防护导论》中的公式 (4.15) 进行计算:

$$d \approx R/P \dots \dots \text{公式 11-4}$$

上式中:  $d$ — $\beta$  粒子的与最大射程, cm;

$R$ — $\beta$  粒子在低  $Z$  物质中的射程,  $\text{g/cm}^2$ ;

$\rho$ —物质的密度,  $\text{g/cm}^3$ 。

本项目  $^{90}\text{Y}$  核素衰变放出的  $\beta$  射线能量约为  $2.284\text{MeV}$ , 其在低  $Z$  物质中的射程  $R$  可根据方杰主编的《辐射防护导论》中的公式 (4.13) 进行计算:

$$R = 0.412 \cdot E^{(1.265 - 0.0954 \ln E)} \dots \dots \text{公式 11-5}$$

上式中:  $E$ — $\beta$  射线的能量, MeV;  $0.01 < E < 2.5 \text{ MeV}$ 。

主要计算参数及结果见表 11-6。

表 11-6 与最大射程对应的防护厚度计算参数及结果

核素	$\beta$ 射线最大能量 (MeV)	屏蔽材料	材料密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	对应的防护厚 (cm)
$^{90}\text{Y}$	2.284	空气		
		普通玻璃		
		有机玻璃		
		铅		
		水		

		塑料	
		混凝土	

药品被放置在 10mm 有机玻璃瓶外加 6.4mm 铅罐, 药物转运时将装有药品的铅罐放进 4.2mm 塑料桶, 再装入 10mm 有机玻璃瓶桶内, DSA (四) 室屏蔽厚度大于 $\beta$ 射线在相应介质中的射程;  $^{90}\text{Y}$  发射纯 $\beta$ 射线, 辐射范围小, 在组织中最大穿透为 11mm (考虑到人体组织的有效原子序数、原子量与水很相近, 因此软组织采用等效数据),  $^{90}\text{Y}$  微球患者在转运至留观室并在留观期间, 患者组织可对 $\beta$ 射线起到屏蔽作用, 因此本项目 $\beta$ 射线对辐射环境影响较小。

## (2) $\beta$ 射线所致轫致辐射影响分析

$\beta$ 射线与物质相互作用会产生轫致辐射, 在进行轫致辐射环境影响预测时, 将  $^{90}\text{Y}$  微球及已输注  $^{90}\text{Y}$  微球的患者简化成点源, 其周围空气比释动能率可近似按照点源模式计算, 采用方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算 $\beta$ 射线产生的轫致辐射在考察点处空气中的吸收剂量率:

$$D = 4.58 \times 10^{-14} A Z_e \left( \frac{E_b}{r} \right)^2 \cdot (\mu_{en}/\rho) \dots \dots \text{公式 11-6}$$

上式中: D—是屏蔽层中由 $\beta$ 粒子产生的轫致辐射在考察点处空气中的吸收剂量率, Gy/h;

A—放射源的活度, Bq;

$Z_e$ —吸收 $\beta$ 粒子的屏蔽材料 (或靶核) 的有效原子序数, 由《辐射防护导论》表4.4 查得, 对于人体组织作为屏蔽体时大部分由水构成, 因此根据《辐射防护导论》表 4.4, 其有效原子序数取 6.66;

$E_b$ — $\beta$ 粒子的平均能量, MeV; 根据《辐射防护导论》表 4.1,  $^{90}\text{Y}$  核素的 $\beta$ 粒子的平均能量为 0.9348MeV;

r—放射源到考察点的距离, m;

$\mu_{en}/\rho$ —平均能量为  $E_b$  的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数,  $\text{m}^2/\text{kg}$ , 其值可由《辐射防护导论》附表 1 查得。

2) 有辐射屏蔽时, 随距离变化的空气吸收剂量率计算公式:

$$H = H_0 \times K^{-1}$$

式中:  $H_0$ —无辐射屏蔽时, 在距源  $R_m$  处的空气吸收剂量率, Gy/h;

H—屏蔽减弱系数为  $K^{-1}$  时，在距源  $R_m$  处的空气吸收剂量率，Gy/h。

$K^{-1}$ —屏蔽减弱系数，无量纲。

3) 屏蔽减弱系数计算公式：

$$K^{-1} = 2^{-dp/HVT} \quad (\text{式 11-7})$$

式中： HVT—半值层厚度，mm；

$dp$ —屏蔽层厚度，mm；

$K^{-1}$ —屏蔽减弱系数，无量纲。

HVT 取值参考《辐射剂量与防护》（霍雷、刘剑利、马永和）中表 6-10 中  $E_\gamma$  为 1.0MeV 对应的半减弱层厚度，其中铅的 HVT 为 0.90cm，混凝土的 HVT 为 5.0cm，实心砖、硫酸钡防护涂料保守按水的 HVT 取值为 10.3cm，忽略彩钢板和空心砖的辐射防护效果。

表 11-7 本项目核素不同材料的十分之一值层厚度一览表 单位：cm

核素	十分之一值层厚度 HVL (cm)		
	铅	混凝土	实心砖/硫酸钡防护涂料
$^{90}\text{Y}$			

医院订购的  $^{90}\text{Y}$  微球每瓶活度约为 3.0GBq，患者体内注射最大活度为 2.5GBq，放置在具有 6.4mm 铅防护罐中， $^{90}\text{Y}$  微球一般于手术前 1 天由供货商送达，经质检人员核对放射性药物名称、活度，检查药品包装和外观质量，与供药公司办理交接手续、做好登记后，妥善放入医技楼负一楼核医学科高活性室内，使用时在现有的手套箱内抽取合适剂量的  $^{90}\text{Y}$  微球注入 V 瓶，放置于注射防护盒内，防护盒置于铅防护罐（6.4mm）中送入 DSA（四）室。

在进行轫致辐射预测时做以下保守假设：① $^{90}\text{Y}$  微球注射入人体后，放射源至参考点之间的屏蔽材料取水（人体）；②居留因子  $q$  取 1。

DSA（四）室、SPECT/CT 扫描室关注点位详见图 11-1，留观室关注点位详见图 11-2， $\beta$  射线所致轫致辐射计算参数及结果见表 11-8。

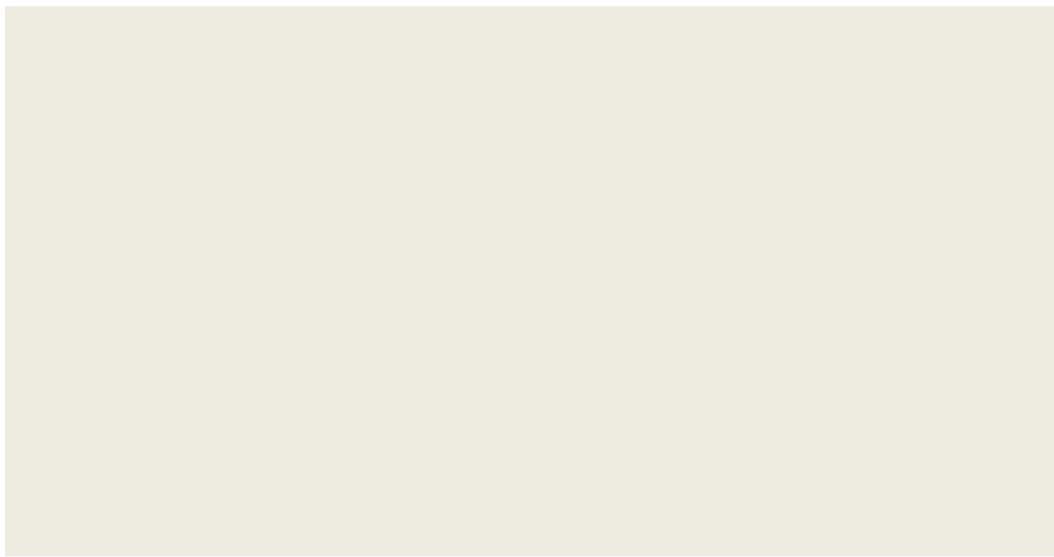


图 11-2 留观室关注点位图

表 11-8  $\beta$  射线所致轫致辐射计算参数及结果

序号	关注点位置	放射源活度 (Bq)	有效原子序数 $Ze$	$\beta$ 粒子的平均能量 $E_b$ (MeV)	距离 (m)	质量能量吸收系数 $\mu_{en}/\rho$	屏蔽材料及厚度 /mm	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	备注
1	分装工作位	$3.00 \times 10^9$						3.47	药物分装过程
2	药物转运位	$2.50 \times 10^9$						4.45	药物转运过程
3	DSA 室东侧屏蔽墙外 30cm 处 (设备间)	$2.50 \times 10^9$						$8.53 \times 10^{-3}$	输注过程
4	DSA 室东侧防护门外 30cm 处 (污物间)	$2.50 \times 10^9$						$8.64 \times 10^{-2}$	
5	DSA 室南侧屏蔽墙外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$						$6.10 \times 10^{-2}$	
6	DSA 室南侧防护门外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$						$6.10 \times 10^{-2}$	
7	DSA 室西侧外 30cm 处 ((DSA (三) 室) 控制室)	$2.50 \times 10^9$						$7.74 \times 10^{-3}$	
8	DSA 室西侧屏蔽墙外 30cm 处 (DSA (三) 室)	$2.50 \times 10^9$						$8.52 \times 10^{-3}$	
9	DSA 室北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	$2.50 \times 10^9$						$3.69 \times 10^{-2}$	

10	DSA 室北侧防护门外 30cm 处 (病人通道处)	$2.50 \times 10^9$			$6.10 \times 10^{-2}$	
11	DSA 室顶部距地面 100cm	$2.50 \times 10^9$			$3.05 \times 10^{-2}$	
12	DSA 室楼下关注点距地 面 170cm	$2.50 \times 10^9$			$5.09 \times 10^{-2}$	
13	DSA 室第一术者位	$2.50 \times 10^9$			7.11	
14	DSA 室第二术者位	$2.50 \times 10^9$			1.78	
15	患者转运位	$2.50 \times 10^9$			7.39	患者转运
16	留观室东侧屏蔽墙外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$			$3.46 \times 10^{-2}$	
17	留观室东南侧屏蔽墙外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$			$3.12 \times 10^{-2}$	
18	留观室南侧屏蔽墙外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$			$5.22 \times 10^{-4}$	
19	留观室西侧屏蔽墙外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$			$3.46 \times 10^{-2}$	
20	留观室西侧防护门外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$			0.133	
21	留观室北侧屏蔽墙外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$			$5.22 \times 10^{-4}$	
22	留观室顶部距地面 100cm 处	$2.50 \times 10^9$			$1.17 \times 10^{-2}$	

23	SPECT/CT 扫描间患者 摆位	$2.50 \times 10^9$						1.58	摆位	
24	SPECT/CT 扫描间东侧 屏蔽墙外 30cm 处 (甲功 室)	$2.50 \times 10^9$						$1.46 \times 10^{-2}$		
25	SPECT/CT 扫描间南侧 防护门外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$						$8.24 \times 10^{-2}$		
26	SPECT/CT 扫描间南侧 屏蔽墙外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$						$1.05 \times 10^{-2}$		
27	SPECT/CT 扫描间西侧 屏蔽墙外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$						$1.46 \times 10^{-2}$		
28	SPECT/CT 扫描间北侧 屏蔽墙外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$						$1.05 \times 10^{-2}$		
29	SPECT/CT 扫描间北侧 防护门外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$						$8.24 \times 10^{-2}$		
30	SPECT/CT 扫描间北侧 观察窗外 30cm 处	$2.50 \times 10^9$						0.100		
31	SPECT/CT 扫描间顶部 距地面 100cm 处	$2.50 \times 10^9$						$1.17 \times 10^{-2}$		

注: 1.保守不考虑核素衰变; 2.忽略空心砖和彩钢板的辐射防护效果; 3.计算过程中以  $1\text{Gy}=1\text{Sv}$  进行换算; 4.医技楼一楼、负一楼层高均为 3.2m。

根据表 11-8 可知,  $^{90}\text{Y}$  微球患者留观过程中周围关注点处辐射剂量率均低于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

综上所述, 本项目正常运行过程中, 各工作场所周围各关注点处辐射剂量率均满足标准要求。

### (3) DSA 室辐射剂量率叠加影响

本项目  $^{90}\text{Y}$  微球输注过程中需交替进行 DSA 透视操作 2 到 3 次, 观察药品注入情况, 完成  $^{90}\text{Y}$  微球注入后, 辐射工人将再次进行透视和摄影工作, 主要查看微球注入部位是否达到预期部位, DSA 设备出束过程中将产生 X 射线。

本项目保守对放射性药物操作过程及 DSA 设备出束过程中关注点处的辐射剂量率进行叠加估算, DSA 运行时关注点处辐射剂量率取自 2025 年年度监测报告 (详见附件 9), 叠加结果如表 11-9 所示。

表 11-9  $^{90}\text{Y}$  输注过程中 DSA (四) 室外关注点处辐射剂量率叠加结果

关注点位置	关注点处辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		
	$^{90}\text{Y}$ 核素影响	DSA 运行	合计
DSA (四) 室	DSA 室东侧屏蔽墙外 30cm 处(设备间)		0.14
	DSA 室东侧防护门外 30cm 处(污物间)		0.23
	DSA 室南侧屏蔽墙外 30cm 处		0.20
	DSA 室南侧防护门外 30cm 处		0.20
	DSA 室西侧外 30cm 处 ((DSA (三) 室) 控制室)		0.15
	DSA 室西侧屏蔽墙外 30cm 处 (DSA (三) 室)		0.15
	DSA 室北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)		0.20
	DSA 室北侧防护门外 30cm 处 (病人通道处)		0.24
	DSA 室顶部距地面 100cm		0.17
	DSA 室楼下关注点距地面 170cm		0.19
DSA 室第一术者位			7.24

	DSA 室第二术者位		1.91
--	------------	--	------

注：DSA 运行时关注点处辐射剂量率取自 2025 年年度监测报告监测结果。

综上所述，第二阶段  $^{90}\text{Y}$  使用过程中 DSA (四) 室外关注点辐射剂量率均低于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足相关标准要求。

#### (4) SPECT/CT 扫描间辐射剂量率叠加影响

本阶段输注  $^{90}\text{Y}24\text{h}$  内需进行 SPECT/CT 显像扫描，SPECT/CT 开机出束过程中将产生 X 射线，故本项目保守对 SPECT/CT 设备出束过程中关注点处的辐射剂量率进行叠加估算，叠加结果如表 11-10 所示。

表 11-10  $^{90}\text{Y}$  扫描显像过程中 SPECT/CT 扫描间外关注点处辐射剂量率叠加结果

关注点位置	关注点处辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		
	$^{90}\text{Y}$ 所致韧致辐射	SPECT/CT 运行	合计
SPECT/CT 扫描间	SPECT/CT 扫描间患者摆位		1.60
	SPECT/CT 扫描间东侧屏蔽墙外 30cm 处 (甲功室)		0.02
	SPECT/CT 扫描间南侧防护门外 30cm 处		0.10
	SPECT/CT 扫描间南侧屏蔽墙外 30cm 处		0.02
	SPECT/CT 扫描间西侧屏蔽墙外 30cm 处		0.03
	SPECT/CT 扫描间北侧屏蔽墙外 30cm 处		0.02
	SPECT/CT 扫描间北侧防护门外 30cm 处		0.10
	SPECT/CT 扫描间北侧观察窗外 30cm 处		0.12
	SPECT/CT 扫描间顶部距地面 100cm 处		$1.17 \times 10^{-2}$

注：SPECT/CT 运行时关注点处辐射剂量率取自 2025 年年度监测报告监测结果。

综上所述，第二阶段  $^{90}\text{Y}$  使用过程中 SPECT/CT 扫描间外关注点辐射剂量率均低于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足相关标准要求。

### 3 、已有工作场所同时运行时辐射剂量率叠加影响分析

医技楼一楼共有 4 间 DSA 机房、1 间 CT 检查室、一间 DSA 复合手术室、

一间碎石机房，各机房呈南北分布，且目前均已投入运行。

综上所述，根据表 11-3 及表 11-9 可知DSA（四）室在核素药物输注过程中，机房周围关注点X- $\gamma$ 辐射剂量当量率最大理论预测值为0.24 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，当DSA（四）室及DSA（三）室（根据2025年年度监测报告结果可知为0.18 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）同时运行时，其工作场所周围各关注点X- $\gamma$ 辐射剂量当量率最大为0.42 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，亦满足相关标准要求。

#### 4 、人员所受年有效剂量分析

根据辐射安全手册，人员年有效剂量计算公式如下：

$$E = H \times 10^3 \times q \times h \times W_T \dots \dots \dots \text{公式 11-7}$$

式中： $E$ —人员年有效剂量， $\text{mSv}/\text{a}$ ；

$H$ —关注点处剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$q$ —居留因子，全部居留取1，部分居留取1/4，偶尔居留取1/16；

$h$ —年照射时间， $\text{h}$ ；

$W_T$ —组织权重因子，取1。

##### （1）辐射工作人员及公众年有效剂量

根据各关注点处估算的辐射剂量率，结合工作时间、辐射工作人员和公众停留概率，即可得到各关注点处辐射工作人员及公众的年受照剂量，见表 11-11。

本项目年新增病人数量为50人。单次Y-90分装时间为15min，单次Tc-99m分装时间为15min，第一阶段、第二阶段年分装时间分别为12.5h。单台介入手术隔室拍片最长时间为0.5min，透视最长时间为20min，则年拍片时间为0.4h，年透视时间为16.7h，总的出束时间为17.1h，第一阶段与第二阶段分别计算。单台锝-99输注最长时间为20min，共计50台，年操作时间为16.7h。单台手术钇-90微球注入过程最长时间为20min，共计50台，年操作时间为16.7h。SPECT/CT患者摆位每次约1min，扫描约20min，第一阶段和第二阶段分别计算。单次药品和术后病人转运时间均为10min，第一阶段和第二阶段分别计算。单个病人留观最长时间为6h，护士一般不进入留观病房，保守按10min/病人考虑护士在病房时间，护土年进入留观病房时间为8.3h。

表 11-11  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目工作场所辐射工作人员及公众年有效剂量估算

第一阶段						
关注点位置	关注点辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	居留 因子	受照时间/h	年有效剂量 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )	关注对象	位置
分装工作位	$1.00 \times 10^{-11}$	1	$10^{-5}$	$2.28 \times 10^{-13}$	工作人员	手套箱
$^{99}\text{mTc}$ 药物转运位				$1.52 \times 10^{-6}$	2 名工作人员	/
DSA 室东侧屏蔽墙外 30cm 处 (设备间)	$1.00 \times 10^{-11}$	1	$10^{-5}$	$1.10 \times 10^{-3}$	工作人员	设备间
DSA 室东侧防护门外 30cm 处 (污物间)				$1.18 \times 10^{-3}$	工作人员	走廊
DSA 室南侧屏蔽墙外 30cm 处				$1.18 \times 10^{-3}$	工作人员	走廊
DSA 室南侧防护门外 30cm 处				$1.18 \times 10^{-3}$	工作人员	走廊
DSA 室西侧外 30cm 处 ((DSA (三) 室) 控制室)				$4.73 \times 10^{-3}$	工作人员	DSA (三) 室)控制 室
DSA 室西侧屏蔽墙外 30cm 处 (DSA (三) 室)				$1.18 \times 10^{-3}$	工作人员	DSA (三)室
DSA 室北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)				$5.41 \times 10^{-3}$	工作人员	控制室
DSA 室北侧防护门外 30cm 处				$1.52 \times 10^{-3}$	工作人员	/
DSA 室顶部距地面 100cm				$1.18 \times 10^{-3}$	公众	洗消室
DSA 室楼下关注点距地面 170cm				$1.35 \times 10^{-3}$	工作人员	加速器 病房

SPECT/CT 扫描室	DSA 室第一术者位		0.286	工作人员	/
	DSA 室第二术者位		$7.13 \times 10^{-2}$	工作人员	/
	患者转运位		$3.27 \times 10^{-2}$	2 名工作人员	/
	SPECT/CT 扫描间患者摆位		$2.08 \times 10^{-5}$	工作人员	/
	SPECT/CT 扫描间东侧屏蔽墙外 30cm 处 (甲功室)		$4.58 \times 10^{-5}$	工作人员	甲功室
	SPECT/CT 扫描间南侧防护门外 30cm 处		$7.08 \times 10^{-5}$	工作人员	走廊
	SPECT/CT 扫描间南侧屏蔽墙外 30cm 处		$5.42 \times 10^{-5}$	工作人员	走廊
	SPECT/CT 扫描间西侧屏蔽墙外 30cm 处		$5.42 \times 10^{-5}$	工作人员	检查室 (二)
	SPECT/CT 扫描间北侧屏蔽墙外 30cm 处		$5.42 \times 10^{-5}$	工作人员	/
	SPECT/CT 扫描间北侧防护门外 30cm 处		$9.17 \times 10^{-5}$	工作人员	/
	SPECT/CT 扫描间北侧观察窗外 30cm 处		$3.17 \times 10^{-4}$	工作人员	控制室
	SPECT/CT 扫描间顶部距地面 100cm 处		$1.90 \times 10^{-5}$	工作人员	数字胃 肠机、控 制室

注：表内剂量率均已叠加射线装置运行时产生的 X 射线辐射影响。

表 11-12  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目工作场所辐射工作人员及公众年有效剂量估算（续表）

第二阶段

关注点位置	关注点辐射剂量率( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	居留因子	受照时间	年有效剂量( $\text{mSv}/\text{a}$ )	关注对象	位置
$^{90}\text{Y}$ 微球分装工作位	DSA (四)室 ( $^{90}\text{Y}$ 输注过程)			$4.34 \times 10^{-2}$	工作人员	手套箱
$^{90}\text{Y}$ 微球药物转运位				$3.71 \times 10^{-2}$	2 名工作人员	/
DSA 室东侧屏蔽墙外 30cm 处 (设备间)				$1.18 \times 10^{-3}$	工作人员	设备间
DSA 室东侧防护门外 30cm 处 (污物间)				$1.94 \times 10^{-3}$	工作人员	走廊
DSA 室南侧屏蔽墙外 30cm 处				$1.69 \times 10^{-3}$	工作人员	走廊
DSA 室南侧防护门外 30cm 处				$1.69 \times 10^{-3}$	工作人员	走廊
DSA 室西侧外 30cm 处 ((DSA (三) 室) 控制室)				$5.07 \times 10^{-3}$	工作人员	控制室
DSA 室西侧屏蔽墙外 30cm 处 (DSA (三) 室)				$1.27 \times 10^{-3}$	工作人员	DSA(三)室
DSA 室北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)				$6.76 \times 10^{-3}$	工作人员	控制室
DSA 室北侧防护门外 30cm 处				$2.03 \times 10^{-3}$	工作人员	/
DSA 室顶部距地面 100cm				$1.44 \times 10^{-3}$	公众	洗消室
DSA 室楼下关注点距地面 170cm				$1.61 \times 10^{-3}$	工作人员	加速器病房
DSA 室第一术者位				0.121	工作人员	/
DSA 室第二术者位				$3.18 \times 10^{-2}$	工作人员	/
$^{90}\text{Y}$ 患者转运位				0.123	2 名工作人员	/

留观室	留观室东侧屏蔽墙外 30cm 处		$6.49 \times 10^{-4}$	公众	弱电室
	留观室东南侧屏蔽墙外 30cm 处		$6.47 \times 10^{-5}$	工作人员	走廊
	留观室南侧屏蔽墙外 30cm 处		$1.08 \times 10^{-6}$	工作人员	核医学科病房 1
	留观室西侧屏蔽墙外 30cm 处		$7.18 \times 10^{-5}$	工作人员	走廊
	留观室西侧防护门外 30cm 处		$2.76 \times 10^{-4}$	工作人员	走廊
	留观室北侧屏蔽墙外 30cm 处		$1.08 \times 10^{-6}$	工作人员	核医学病房 2
	留观室顶部距地面 100cm 处		$2.43 \times 10^{-5}$	工作人员	DR 机房
SPECT/CT 扫描间 ( <sup>90</sup> Y 扫描 过程)	SPECT/CT 扫描间患者摆位		$1.33 \times 10^{-3}$	工作人员	/
	SPECT/CT 扫描间东侧屏蔽墙外 30cm 处(甲功室)		$8.34 \times 10^{-5}$	工作人员	甲功室
	SPECT/CT 扫描间南侧防护门外 30cm 处		$4.17 \times 10^{-4}$	工作人员	走廊
	SPECT/CT 扫描间南侧屏蔽墙外 30cm 处		$8.34 \times 10^{-5}$	工作人员	走廊
	SPECT/CT 扫描间西侧屏蔽墙外 30cm 处		$1.25 \times 10^{-4}$	工作人员	检查室(二)
	SPECT/CT 扫描间北侧屏蔽墙外 30cm 处		$8.34 \times 10^{-5}$	工作人员	/
	SPECT/CT 扫描间北侧防护门外 30cm 处		$4.17 \times 10^{-4}$	工作人员	/
	SPECT/CT 扫描间北侧观察窗外 30cm 处		$2.00 \times 10^{-3}$	工作人员	控制室

	SPECT/CT 扫描间顶部距地面 100cm 处		4.88×10 <sup>-5</sup>	工作人员	数字胃肠机、控制室
--	---------------------------	--	-----------------------	------	-----------

注：表内剂量率均已叠加射线装置运行时产生的 X 射线辐射影响。

## (2) 周围辐射工作人员及公众剂量叠加

本项目拟配置辐射工作人员除了从事<sup>90</sup>Y 微球介入治疗项目辐射工作外，仍从事原有辐射工作，根据医院提供的 2024 年 9 月-2025 年 9 月年辐射工作人员年度监测报告显示，从事介入工作的辐射工作人员年最大监测值为 0.48mSv/a。

本项目 DSA (四) 室西侧紧邻 DSA 室 (三) 室，故本项保守对控制室、北侧、西侧、机房上方及下方关注点处的公众年有效剂量进行叠加估算，叠加结果如表 11-13 所示。

表 11-13 DSA (四) 室周围关注点处年有效剂量叠加结果

关注点位置	关注点处辐射剂量率 (mSv/a)					受照类型
	<sup>99m</sup> Tc 阶段	<sup>90</sup> Y 阶段	原有工作量	DSA (三) 室	合计	
DSA (四) 室	DSA 室西侧外 30cm 处 ((DSA (三) 室) 控制室)				0.57	职业
	DSA 室西侧屏蔽墙外 30cm 处 (DSA (三) 室)				0.55	职业
	DSA 室北侧观察窗外 30cm 处 (控制室)				0.49	职业
	DSA 室北侧防护门外 30cm 处				0.48	职业
	DSA 室顶部距地面 100cm				$2.49 \times 10^{-3}$	公众
	DSA 室楼下关注点距地面 170cm				$2.66 \times 10^{-3}$	职业
	DSA 室第一术者位				0.407	职业
	DSA 室第二术者位				$1.04 \times 10^{-2}$	职业

注：1. 辐射工作人员年度个人剂量监测值已包含 DSA (三) 室同时运行的工作场景，故本次估算不再重复叠加；

2. DSA (三) 室周围公众所受年有效剂量根据 2025 年年度监测报告监测结果（详见附件 9）计算得出，居留因子保守取 1/4。

由上表结果可知，本项目医技楼一楼 DSA (四) 室隔室操作辐射工作人员、

第一、第二术者操作位辐射工作人员及机房周围公众所受到的最大年有效剂量均符合《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值，均低于本报告执行的照射剂量约束值。

### （3）医技楼负一楼核医学科周围辐射工作人员及公众剂量叠加

本项目拟配置辐射工作人员除了从事<sup>90</sup>Y微球介入治疗项目辐射工作外，仍从事原有辐射工作，根据医院提供的2025年辐射工作人员年度剂量报告显示，从事核医学科工作的辐射工作人员年最大监测值为0.48mSv/a（详见附件7）。

本项目SPECT/CT扫描间、高活室均位于医技楼负一楼核医学科场所内部，故本项保守对机房上方关注点处的工作人员年有效剂量进行叠加估算，叠加结果如表11-14所示。

表11-14 医技楼负一楼核医学科周围关注点处年有效剂量叠加结果

关注点位置	关注点处辐射剂量率(mSv/a)				受照类型
	<sup>99m</sup> Tc阶段	<sup>90</sup> Y阶段	原有工作量	合计	
医技 楼负 一楼 核医 学科	分装辐射工作人员			0.52	职业
	药物转运辐射工作 人员			0.52	职业
	患者转运辐射工作 人员			0.64	职业
SPEC T/CT 扫描 间	患者摆位辐射工作 人员			0.48	职业
	北侧控制室内辐射 工作人员			0.48	职业

由上表结果可知，本项目医技楼负一楼核医学科辐射工作人员最大年有效剂量均符合《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值，均低于本报告执行的照射剂量约束值（职业：5mSv/a）。

### （4）患者家属等其他人员

接受过<sup>90</sup>Y树脂微球治疗的患者，对近距离接触他的个体可能造成的辐射剂量可参考《Posttherapy Radiation Safety Considerations in Radiomicrosphere Treatment with <sup>90</sup>Y- Microspheres》（The Journal of Nuclear Medicine · Vol.48 · No.12 · December 2007）内相关公式进行计算：

$$DDE(\infty) = (34.6 \Gamma Q_0 T_p E) / r^2 \dots \dots \text{公式 11-8}$$

上式中:  $DDE(\infty)$ —受照总剂量(无限时间), mSv;

$\Gamma$ —软组织中  $^{90}\text{Y}$  的轫致辐射常数, 为  $1.52 \times 10^{-3} \text{ mSv/cm}^2/\text{MBq/h}$ ;

$Q_0$ —放射源活度, MBq;

$T_p$ —放射性核素的物理半衰期, 为 2.67d;

$E$ —居留因子;

$r$ —与患者的距离, cm。

假设患者家属等其他人员与患者的距离为 1m, 居留因子取 0.25, 本项目患者接受输注的  $^{90}\text{Y}$  微球最大活度为 2.5GBq, 则单名患者对其家属等人员的总受照影响为 0.01mSv。故本项目患者输注  $^{90}\text{Y}$  微球后, 无需附加其他屏蔽措施, 与公众保持 1m 以上的距离, 患者对家属等人员的辐射影响在可接受范围。

#### (5) 辐射工作场所周围辐射工作人员及公众所受最大年有效剂量汇总

综上所述, 本项目  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目投入运行后, 医技楼负一楼核医学科及 DSA (四) 室辐射工作人员及公众所受年有效剂量汇总如下:

表 11-15 辐射工作人员及公众所受最大年有效剂量汇总表

人员类别	关注点位置	人员所受最大年有效剂量 (mSv/a)	
		关注点	合计
辐射工作人员	分装工作位	$^{99m}\text{Tc}$ 分装工作位	0.044
		$^{90}\text{Y}$ 微球分装工作位	
	药物转运位	$^{99m}\text{Tc}$ 分装工作位	0.04
		$^{90}\text{Y}$ 微球药物转运位	
	患者转运	$^{99m}\text{Tc}$ 给药后患者转运	0.16
		$^{90}\text{Y}$ 给药后患者转运	
	DSA (四) 室隔室操作工作人员	北侧控制室	0.49
	DSA (四) 室手术室 内工作人员	第一术者位	0.41
		第二术者位	
	SPECT/CT 扫描间 操作人员	扫描间内摆位	0.96
		北侧控制室	

公众	DSA（四）室顶部	顶部距地面 100cm		0.0026
----	-----------	-------------	--	--------

注：1.表内结果均已叠加原有工作量。

综上所述，本项目<sup>90</sup>Y微球介入治疗项目投入运行后，辐射工作人员受到的附加有效剂量最大为0.96mSv/a，工作场所周围公众受到的附加有效剂量最大为0.0026mSv/a，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）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）。

由于本项目50m范围内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上述理论计算值。

### 11.2.2 放射性废物影响分析

#### 1、放射性废气的影响分析

游离的<sup>90</sup>Y核素以氯化钇<sup>90</sup>YCl<sub>3</sub>形式存，其挥发性极低，本项目医技楼负一楼核医学科及DSA（四）室均为医院已有工作场所，工作场所产生的废气经由排风管道排至室外，其中工作场所的手套箱自带活性炭过滤器装置，含放射性核素的气溶胶经活性炭吸附过滤后对周边环境影响较小。

#### 2、放射性废液

本项目DSA（四）室若出现表面沾染（ $\beta$ 表面污染大于等于0.8Bq/cm<sup>2</sup>），将不采用大水量冲洗，采取局部擦拭的方式进行去污，去污后按放射性固废处理，此外手术台拟铺设一次性防水垫巾，地面拟铺设一次性防水铺巾，若出现表面沾染（ $\beta$ 表面污染大于等于0.8Bq/cm<sup>2</sup>）按放射性固废处理，因此DSA（四）室无放射性废液产生。

#### 3、放射性固体废物

本项目高活室分装过程产生的放射性固废直接转移至放射性固废间暂存，依托原有环保设施处理；DSA（四）室产生的放射性固废采用10mm有机玻璃容器收集后放入2mm铅当量的放射性废物收集桶内，及时转移至放射性固废间暂存铅废物桶内封闭衰变，废物桶须贴上电离辐射标志，并与普通医疗废物分开收储，每次收集时收集袋表面应贴上标签，标明物品及封存时间。

本项目含<sup>99m</sup>Tc核素废物暂存时间超过30天，含<sup>90</sup>Y核素超过其半衰期的10

倍后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$ 表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  后，按照医疗废物执行转移联单制度，最终交由阆中市时代安全处置有限公司进行统一收集、清运和处理，对周围环境影响较小。

### 11.2.3 非放射性废物影响分析

#### 1、废水

医院废水经已有污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466- 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，对周围环境影响较小。

#### 2、固体废物

本项目工作人员产生的生活垃圾均暂存至院内已有生活垃圾暂存间，对周围环境影响较小。

#### 3、废气

工作场所内均已设有通排风装置，室内产生的臭氧氮氧化物较少，经排风系统引至室外排放，臭氧在常温条件下 50 分钟后可自动分解为氧气，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。

#### 4、噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，该系统采用低噪声设备，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相关标准要求，对周围环境产生影响较小。

#### 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。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 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 11-16。

表 11-16 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《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ 104-2017),急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-17 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值 (Gy)
骨髓型急性放射病	轻度	1.0~2.0
	中度	2.0~4.0
	重度	4.0~6.0
	极重度	6.0~10.0
肠型急性放射病	轻度	10~20
	重度	20~50
脑型急性放射病	轻度	50~100
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	>100

### 11.3.2 事故工况辐射影响分析

#### (一) 辐射事故识别

## 1、射线装置误照射

本项目所使用的 SPECT/CT 中 CT 属于 III 类射线装置，DSA 属于 II 类射线装置，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，误入人员或病人被误照射，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 E.2 典型成年受检者常见 CT 检查项目的辐射剂量和诊断参考水平可知，最大 CTDIvol 为 60mGy/次，则机房内误入/误照射人员所受的 X 射线辐射剂量率最大为 60mSv/次，超过公众外照射年剂量限值，事故等级为一般辐射事故；根据 GBZ130-2020 表 E.4 典型成年受检者 X 射线透视的诊断参考水平，入射体表剂量率最大为 100mGy/min，假设受误照人员受照时间为 30s，最近距离约 1m，则误照人员所受剂量为 50mGy，超过公众外照射年剂量限值，事故等级为一般辐射事故。

综上所述，在上述事故情景假设条件下，受误照公众所受剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值（公众 1mSv/a），属于一般辐射事故，但是随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能将超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值，也可能造成更大的辐射事故。

## 2、放射性同位素意外撒漏

假设  $^{99m}\text{Tc}$  及  $^{90}\text{Y}$  输注过程中，由于操作不当、导管脱落或导管堵塞而造成泄漏事故，造成其他手术人员的外照射，致使操作台面、手术床面、地面或仪器设备受到放射性污染。在上述事故情景假设条件下，事故持续周期内可能造成人员所受剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值，从而造成辐射事故。

本项目一旦发生撒漏事故，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散，并严格限制无关人员进入，擦拭后的滤纸作为放射性固体废物处理。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。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，应脱去污染的衣服并将其留在污染区，立即离开此区。在清洁后须用表面污染监

测仪测量污染区，如果 $\beta$ 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继续擦拭，直到该污染区 $\beta$ 表面污染小于  $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止，擦拭物收集至放射性固体废弃物衰变桶中，作为放射性固体废物进行处理。

### 3、放射性同位素意外丢失

本项目涉及使用的非密封放射性物质主要有  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ （日最大操作量  $1.50 \times 10^8 \text{Bq}$ ）及  $^{90}\text{Y}$ （日最大操作量  $3.00 \times 10^9 \text{Bq}$ ）。

#### （1）事故情况假设

①本次预测事故情况假设  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  及  $^{90}\text{Y}$  试剂瓶发生丢失，假设丢失时，内装的放射性药物活度均为该核素单日最大操作量。

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  $10\text{cm}$  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  $2\text{h}$ 。

#### （2）计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源  $0.1\text{m}$  内不同事故持续时段的个人有效剂量，计算结果见表 11-18。

表 11-18 放射性药物丢失事故下不同持续时间个人有效剂量分布

核素类别	距源距离 (m)	事故持续时段内 $\gamma$ 射线所致辐射剂量 (Gy)				
		10min	30min	60min	90min	120min

注： $^{90}\text{Y}$  空气中  $1\text{m}$  处辐射剂量率取  $2.49\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

在上述事故情景假设条件下，事故持续周期内可能造成人员超剂量照射而导致一般辐射事故，随着受照人员受照时间的增加，其所受剂量将超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值，也可能造成更大的辐射事故。由于计算过程未考虑核素衰变，计算结果偏保守。

### 4、放射性事故等级

综合上述事故危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-19。

表 11-19 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
医技楼负一楼 核医学科	X射线 γ射线 β射线韧致辐射	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
DSA（四）室		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，本项目可能发生的事故为一般辐射事故，若随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值，可能造成更严重的辐射事故。

## （二）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、每月检查门灯联锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对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。一旦发生撒漏事故，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散，然后使用备用的塑料袋收集处理过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，并从溅洒处移去垫子，使用药棉或纸巾擦抹，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，暂存于废物暂存间内，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 $\beta$ 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 $\beta$ 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弃物衰变桶中，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，个人计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。

### （三）应急措施

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效地采取以下应急措施：

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、卫生健康等主管部门。

3、一旦发生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》及《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、公安部门以及卫生健康部门。

4、配备去污清洁用品，发生核素泄漏应控制人员进入，并选择合理的去污方法，防止交叉污染。一般核素药物为液态，若发生撒漏，可用滤纸擦拭清除（去污时佩戴有效的个人防护用品，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。

川北医学院附属医院需完善事故应急预案，将本次新增项目纳入其中，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

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

川北医学院附属医院已成立辐射安全管理领导小组（详见附件 12），并以文件形式明确管理人员职责，辐射安全负责人由马代远担任组成，各相关科室负责人任成员，放射防护管理领导小组的日常工作由预防保健科负责：

①认真贯彻执行《放射治疗管理规定》等相关规定，指导和督导医院加强放射诊疗工作的管理，保证医疗质量和医疗安全；

②加强从放管理，健全组织结构，全面负责医院的放射诊疗管理工作及相关工作，至少每季度召开会议，商议并解决放射防护与质量控制相关问题；

③组织会议通过放射防护与质量控制相关职责、制度、预案等，完善管理制度及协调机制，提高管理效率；

④充分发挥监督管理职能，加强职能部门专项监管队伍建设，督促各从放管理职能部门对临床医技科室的指导和监管工作；

⑤放射事件发生后，负责启动放射突发事件应急预案并组织现场应急救援和控制措施，防止事件扩大和蔓延，并进行事故的调查和总结分析，及时报告卫生行政部门；

⑥负责根据相关规定实行放射诊疗人员相关福利待遇的制定和落实。

另外文件明确了各职能部门的职责和各临床医技科室主要职责。

### 12.2 辐射工作人员配置和能力分析

根据医院提供的年度评估报告（详见附件 9）可知，川北医学院附属医院现有辐射工作人员均持证上岗，医院拟为本项目配备辐射工作人员 11 人。

1、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’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。操作Ⅲ类射线装置的辐射工作人员可由医院自行

组织考核。

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。

### 12.3 辐射安全管理规章制度

根据《生态环境部核技术利用监督检查技术程序》（2020发布版）和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号）的相关要求中的相关规定，将医院现有制度与相关规定要求进行对照，医院需补充或完善的内容见表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	检查项目		落实情况	备注
1	综合	辐射安全和防护管理规定（综合性文件）	已制定	需将本项目纳入并修订完善，每个辐射工作场所应制定针对性的制度并张贴上墙
2		放射性药物管理规定	已制定	需考虑本项目变化，修订完善
3		辐射工作场所安全保卫制度	已制定	
4		放射源管理制度（转让、使用、更换、返回、送贮）	已制定	
5		射线装置台账管理制度	已制定	
6	场所	场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	已制定	需考虑本项目变化，修订完善
7		非密封放射性物质操作规程（分操作核素或诊治类别进行制定）	已制定	
8		去污操作规程	已制定	
9		射线装置操作规程	已制定	
10		放射性药物（体内）治疗病房管理规定	已制定	
11		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定	
12	监测	X射线诊断中受检者防护规定	已制定	
13		监测方案	已制定	
14		检测仪表使用与校验管理制度	已制定	
15	人员	辐射工作人员培训/再培训制度	已制定	

16		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	
17		辐射工作人员岗位职责	已制定	
18	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	
19	三废	放射性“三废”管理制度	已制定	
20	大纲	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定	

**环评要求：**建议本项目运行前需补充<sup>90</sup>Y核素治疗管理制度、<sup>90</sup>Y注射后病人转运制度、<sup>90</sup>Y微球使用流程等相关制度的内容。

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。

### 12.3 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。

#### 12.3.1 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》的重要组成内容一并提交。

川北医学院附属医院已委托四川世阳卫生服务技术服务有限公司开展了2025年度的在用核技术利用项目的年度监测（详见附件9），监测结果均符合国家相关标准要求。

#### 12.3.2 个人剂量监测

个人剂量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，根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）“常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小，剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为1个月，最长不得超过3个月”。

(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》(GBZ 128-2019), 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生。

医院应加强辐射管理工作, 杜绝剂量计损坏或丢失的情况发生, 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。

川北医学院附属医院已委托浙江建安检测研究院有限公司对医院 2025 年度辐射工作人员进行了个人剂量监测(详见附件 7), 监测结果均符合国家相关标准要求。

### 12.3.3 医院自行监测

医院已委托世阳卫生技术服务有限公司定期自行开展辐射监测, 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 1~2 次/年。

### 12.3.4 监测内容和要求

(1) 监测内容: X- $\gamma$  辐射剂量率和  $\beta$  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	监测周期	监测布点位置
DSA(四)室	X- $\gamma$ 辐射剂量率	委托有资质的单位监测, 频率为1次/年; 自行开展辐射监测, 频率为1~2 次/年; $\beta$ 表面污染在每天工作完成后进行一次(出现	机房墙体、门(及其门缝)、观察窗表面外30cm处、顶棚上方(楼上)距顶棚地面30cm处、地面下方(楼下)距楼下地面170cm处
	$\beta$ 表面污染水平		放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面, DSA工作场所的设施、墙

	放射性固体废物	放射性药物洒落应及时进行监测)	壁和地面等,放射性废物桶和包装袋表面,工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。
			放射性废物包装体外表面(剂量率应不超过0.1mSv/h)
医技楼负一楼核医学科	X-γ辐射剂量率	委托有资质的单位监测,频率为1次/年;自行开展辐射监测,频率为1~2次/年;β表面污染在每天工作完成后进行一次(出现放射性药物洒落应及时进行监测)	射线装置机房墙体、门(及其门缝)、观察窗表面外30cm处、顶棚上方(楼上)距顶棚地面30cm处、地面下方(楼下)距楼下地面170cm处
	放射性固体废物		高活性室等场所防护门、墙壁外表面30cm处、顶棚上方(楼上)距顶棚地面30cm处、地面下方(楼下)距楼下地面170cm处
	β表面污染水平		放射性废物包装体外表面(剂量率应不超过0.1mSv/h)

注: 1.核医学科仅列出本次涉及范围,其余监测内容参照已有监测计划进行;

2.每次工作结束后,对非密封放射性物质工作场所及周围环境表面沾污进行监测,工作人员每次工作结束后离开各非密封放射性物质工作场所前应进行表面污染监测,如果工作服、手套、工作鞋的β表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ,应及时脱下更换清洗或作为放射性固废处理;如果手、皮肤、内衣、工作袜的β表面污染大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ,应进一步清洗去污直至满足对β表面污染的要求;从控制区取出任何物品都应进行表面污染水平检测,以杜绝超过 GB18871-2002 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。以上监测均应记录档案,同时医院应在监测方案中列出 GB18871-2002 中表面污染控制水平。

(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, β表面污染水平监测可在每天工作完成后进行一次。

(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; 也可委托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,

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求, 使用放射性同位素和射线装置的单位, 应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器, 包括个人剂量报警仪、辐射监测等设备; 使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染

监测仪，监测数据及报送情况存档备查。

### 12.3.5 年度监测报告情况

医院已于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上年度的《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》的重要组成内容一并提交。医院应按照规定格式编写《安全和防护状况年度评估报告》，2024 年年度评估报告（详见附件 10）。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”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。

## 12.4 辐射事故应急

### 12.4.1 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，医院须制订辐射事故应急预案。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关规定，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急的具体人员和联系电话；
- ③应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- ⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

### 12.4.2 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生健康部门报告。

（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。

（3）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。

（4）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健康部门报告。

(5) 最后查清事故原因, 分清责任, 消除事故隐患。

#### 12.4.3 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

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

项目名称：川北医学院附属医院新院区新增钇-90 微球介入治疗项目；

建设单位：川北医学院附属医院；

建设性质：扩建；

建设地点：四川省南充市顺庆区茂源南路 1 号 川北医学院附属医院新院区院内医技楼负一楼核医学科、医技楼一楼 DSA（四）室。

本次评价内容与规模：川北医学院附属医院拟于院内医技楼一楼内 DSA（四）室内开展  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗项目，该项目依托 DSA（四）室开展  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  术前评估阶段及  $^{90}\text{Y}$  肝癌治疗阶段的介入输注，介入输注后的显像扫描均依托医院医技楼负一楼核医学科已有 SPECT/CT 扫描间进行，拟使用的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  分装和  $^{90}\text{Y}$  微球药物的贮存分装均依托医技楼负一楼核医学科高活性室已有手套箱进行。本项目建成后 DSA（三）室作为  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗手术室备用手术室，DSA（四）室和 DSA（三）室共计日最大操作人数 1 人，年最大操作人数 50 人。

#### 1、DSA 室

本项目拟于医技楼一楼内 DSA（四）室内使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  用于术前评估介入输注，日最大操作量  $1.50 \times 10^8 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量  $1.50 \times 10^5 \text{Bq}$ ，年最大使用量  $7.50 \times 10^9 \text{Bq}$ ；拟使用  $^{90}\text{Y}$  微球用于肝癌治疗介入输注，日最大操作量  $2.50 \times 10^9 \text{Bq}$ ，日等效最大操作量  $2.50 \times 10^8 \text{Bq}$ ，年最大使用量  $1.25 \times 10^{11} \text{Bq}$ ；DSA（四）室内总日等效最大操作量为  $2.50 \times 10^8 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目 DSA（四）室内现有 1 台 DSA，该设备型号为 Azurion 7 M20，属 II 类射线装置，用于  $^{90}\text{Y}$  介入微球治疗年工作负荷约 34.2h（其中透视约 33.4h，摄影约 0.8h）。

#### 2、核医学科

医技楼负一楼核医学科已许可总日等效最大操作量为  $1.07 \times 10^9 \text{Bq}$ ，属于乙级非密封放射性物质工作场所。本项目不新增放射性核素  $^{90}\text{Y}$ ，仅新增第一阶段放射性核素  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  单人次使用量最大约为  $1.50 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

综上所述，本项目新增使用放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$  后，医技楼负一楼核医学科工作场所总日等效最大操作量为  $1.07 \times 10^9 \text{Bq}$ ，仍属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目拟使用医技楼负一楼核医学科 SPECT/CT 扫描间内现有 1 台 SPECT/CT 开展  $^{90}\text{Y}$  微球介入治疗第一阶段及第二阶段的评估检查，该设备型号为 [REDACTED] 属III类射线装置。

## 二、项目产业政策符合性结论

本项目属于国家发改委颁布的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第六项“核能”中第四条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”；第十三项“医药”中第四条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

## 三、实践正当性

本项目的建设和运行，可满足医院对病人进行医学诊断和核素放射治疗，提升医院科研及医疗水平。经辐射防护屏蔽和放射性三废处理、辐射安全管理后，对辐射工作人员和公众的影响在剂量约束值和剂量限值范围内，其建设和运行对受照患者和社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践正当性”的原则。

## 四、项目选址合理性结论

### 1、医院外环境关系

本项目选址于四川省南充市顺庆区茂源南路 1 号川北医学院附属医院新院区内，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，本项目均依托已许可的辐射工作场所进行，不新增用地。

### 2、辐射工作场所外环境关系

本项目医技楼负一楼核医学科及 DSA（四）室为已纳入辐射安全许可的场所，场所选址合理性已在相关评价报告内进行评价，本项目仅依托其已有工作场所开展  $^{90}\text{Y}$

微球介入治疗项目，不涉及原场所的辐射屏蔽体及平面布局变动。

综上所述，本项目依托已许可工作场所进行，辐射工作场所具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

本项目所在地及周围 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率范围为  $64.5\text{nGy/h} \sim 78.5\text{nGy/h}$ ，与《2024 年四川省生态环境状况公报》中南充市辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率结果 ( $\leq 70\text{nGy/h}$ ) 相当，处于当地天然本底涨落范围。

本项目所在地及周围各监测点 $\alpha$ 表面污染活度范围均低于仪器检出限， $\beta$ 表面污染活度范围为  $0.05\text{Bq/cm}^2 \sim 0.22\text{Bq/cm}^2$ ，属于当地正常水平。

## 六、代价利益分析

川北医学院附属医院新院区新增钇-90 微球介入治疗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的损伤，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。

从剂量预测结果可知，本项目致工作人员所受附加剂量小于  $5\text{mSv}$ 、公众年所受附加剂量小于  $0.1\text{mSv}$ ，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”及本项目剂量约束值的要求。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

本项目依托已有工作场所进行，项目涉及的工作场所均已进行环境影响评价，均已建成并已完成相应的竣工环境保护验收，本项目不涉及施工期。

### 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》(GB 18871-2002)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

本项目无放射性废液产生。

医护人员产生的少量生活污水经医院已有污水管网排入进入医院现有污水处理系统处理达标后排入市政污水管网。

## （3）固体废物影响分析

本项目高活室分装过程产生的放射性固废直接转移至放射性固废间暂存，依托原有环保设施处理；DSA（四）室产生的放射性固废采用 10mm 有机玻璃容器收集后放入 2mm 铅当量的放射性废物收集桶内，及时转移至放射性固废间暂存铅废物桶内封闭衰变，经监测符合排放标准后同其他医疗废物一起由医疗废物处理机构定期统一处理。

本项目工作人员产生的生活垃圾均暂存至院内已有生活垃圾暂存间，对周围环境影响较小。

## （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设备，经医院场址内的距离衰减后，噪声对周围环境影响较小。

## （5）大气环境影响分析

医技楼负一楼核医学科及 DSA（四）室产生的臭氧、氮氧化物由机械排风系统通过专用排风管道引至室外排放；医技楼负一楼核医学科产生的放射性废气依托原有设施处理，对周围环境影响较小。

## 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，川北医学院附属医院须按相关规定完善《辐射事故应急预案》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的综合能力

川北医学院附属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；已建立较完善的辐

射安全管理制度、辐射事故应急措施；在完善《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度后，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。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》（GB 18871-2002）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。

## 13.2 建议与承诺

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度，并结合医院实际情况，不断完善辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，使之更具有实操性和针对性。

2、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。

3、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》的重要组成内容一并上传。医院应按照规定的格式编写《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”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。

4、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。

5、医院须重视控制区和监督区的管理。

6、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。

7、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，对相关信息进行修改。

8、本次环评放射性同位素及射线装置工作场所，日后如有重大变化，应另做环境影响评价。

9、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）建设单位可登录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。

（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。

**“三同时”验收一览表**

项目	“三同时”措施	预期效果
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构,或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构,并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。
辐射安全和防护措施	本项目仅在原已许可医技楼负一楼核医学科工作场所内新增使用放射性核素种类( <sup>99m</sup> Tc),在原已许可DSA(四)室内增加放射性核素使用( <sup>90</sup> Y及 <sup>99m</sup> Tc),不涉及原工作场所布局、屏蔽体结构及通排风系统等的改动。	/
人员配备	<p>医院拟配备11名辐射工作人员。辐射安全管理人员和操作II类射线装置辐射工作人员均需通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核,考核合格后上岗;操作III类射线装置的辐射工作人员可由医院自行组织考核。</p> <p>辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计,并定期送检(两次监测的时间间隔不应超过3个月),加强个人剂量监测,建立个人剂量档案。</p> <p>辐射工作人员定期进行职业健康体检(不少于1次/2年),并建立放射工作人员职业健康档案。</p>	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。
监测仪器和防护用品	新增配备 <sup>99m</sup> Tc药品铅罐;其余均依托医技楼负一楼核医学科及DSA(四)室已有监测仪器和防护用品进行	满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)和《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的相关要求。
辐射安全管理制度	制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度:根据环评要求,按照项目的实际情况,补充相关内容,建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:

经办人:

公章

年 月 日

审批意见:

经办人:

公章

年 月 日