

核技术利用建设项目

福建医科大学附属第一医院 钇-90 微球治疗项目环境影响报告表 (公开版)

仅限于环评信息公开使用

福建医科大学附属第一医院

二〇二三年四月

表 1 项目基本情况

项目名称	福建医科大学附属第一医院钇-90 微球治疗项目				
建设单位	福建医科大学附属第一医院				
法人代表	康*智	联系人	商*	联系电话	136****8891
注册地址	福建省福州市台江区茶中路 20 号				
项目建设地点	福建省福州市台江区茶中路 20 号 外科综合楼一层 1 号 DSA 机房和内科综合楼一层 1 号病房				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	**	环保投资（万元）	**	投资比例	**%
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 ² ）	/
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 checked="" 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 type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			

1.1 建设单位情况

福建医科大学附属第一医院创建于 1937 年，注册地址位于福建省福州市台江区茶中路 20 号，现已发展成为集医疗、教学、科研于一体的大型综合性三级甲等医院，医疗卫生服务水平居于全省前列。

福建医科大学附属第一医院现有茶亭院区、滨海院区、奥体院区、闽南院区，总编制床位 4500 张，形成“一院多区、一体多翼、协同发展”的办医格局。医院学科齐全，实力雄厚，设有临床科室 53 个，医技科室 10 个，如神经内科、神经外科、整形外科、骨科、眼科、耳鼻咽喉头颈外科、口腔医学中心、高血压科、皮肤科、康复科、重症医学科、结直肠外科、病理科、检验科、医学影像科、核医学科、介入科等科室。医院现有职工总数 4800 多人，其中，高级职称人员 760 多人，医师中博硕士占比超过 80%。医院拥有一批优秀人才，现有国家万人计划百千万工程领军人才 1 人，国家自然科学基金杰出青年 1 人，国家自然科学基金优秀青年 2 人，享受国务院政府特殊津贴专家 34 名。

1.2 建设内容与项目由来

1.2.1 建设内容

为了适应卫生事业和医疗技术的发展，满足肿瘤患者治疗需求，医院拟于茶亭院区开展钇（Y）-90微球治疗项目，主要用于肝脏恶性肿瘤治疗。钇-90微球治疗项目主要流程：先使用DSA机在介入条件下给患者注射Tc-99m核素，然后使用核医学科SPECT/CT机进行显像扫描，判断患者是否适合开展钇-90微球治疗；1-2周后对患者开展Y-90介入注射，借助DSA机血管造影技术将Y-90通过肝动脉插管直接输注至肿瘤病灶，然后使用核医学科SPECT/CT机进行显像扫描，对治疗区域进行剂量学评估。

一、依托工程内容

（一）茶亭院区内科综合楼一层核医学科

钇-90微球治疗项目依托茶亭院区内科综合楼一层核医学科进行Y-90核素和Tc-99m核素的分装、贮存、注药后患者SPECT显像扫描以及放射性固体废物暂存等活动。

茶亭院区内科综合楼一层核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所，已履行环境影响评价手续并取得相关批复文件（闽环辐评[2014]1号和闽环辐评[2016]22号），于2019年4月完成竣工环境保护验收手续（详见附件4）。

内科综合楼一层核医学科使用Y-90核素和Tc-99m核素均已取得辐射安全许可证许可（闽环辐证[00174]）。

表 1-1 内科综合楼一层核医学科已许可 Y-90 核素和 Tc-99m 核素一览表

序号	工作场所	核素	日等效最大操作量（Bq）	环评情况
1	内科综合楼一层核医学科	Tc-99m	4.44×10^8	闽环辐评（2014）1号
2		Y-90	1.85×10^8	见注①

注①：Y-90核素根据《关于〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉中免于编制环境影响评价文件的核技术利用项目有关说明的函》（环办函〔2015〕1758号）中的有关规定已许可。

1) 钇-90微球治疗项目依托内科综合楼一层核医学科使用Tc-99m核素的日等效最大操作量为 $1.85E+5Bq$ 。根据表1-1，内科综合楼一层核医学科已许可使用Tc-99m核素的日等效最大操作量为 $4.44E+8Bq$ ，满足钇-90微球治疗项目需求（ $4.44E+8Bq > 1.85E+5Bq$ ），内科综合楼一层核医学科不在新增Tc-99m核素的日等效最大操作量。

2) 钇-90微球治疗项目依托内科综合楼一层核医学科使用Y-90核素的日等效最大操作量为 $2.5E+8Bq$ 。根据表1-1，内科综合楼一层核医学科已许可使用Y-90核素的日等效最大操作量为 $1.85E+8Bq$ ，不满足钇-90微球治疗项目需求（ $1.85E+8Bq < 2.5E+8Bq$ ）。为了满足钇-90微球治疗项目需求，医院拟将内科综合楼一层核医学科使用Y-90核素的日等效最大操作量从 $1.85E+8Bq$ 增加至 $2.5E+8Bq$ 。

医院目前已针对核医学科增加Y-90核素使用量等相关活动编制了辐射安全分析材料，以证明各项辐射安全与防护设施、措施满足新增项目后的工作要求，以及新增项目和原有项目合并后对环境的影响仍是可接受的，并拟办理新增项目的辐射安全许可证重新申领工作。

(二) 茶亭院区外科综合楼一层1号DSA机房Infinix-i INFX-8000C型DSA机

茶亭院区外科综合楼一层1号DSA机房使用1台Infinix-i INFX-8000C型DSA机，为II类射线装置，Infinix-i INFX-8000C型DSA机已于2012年4月10日取得了《福建省环保厅关于批复福建医科大学附属第一医院DSA机、X射线机环境影响报告表的函》（闽环辐评[2012]35号）（详见附件3），并于2013年7月15日取得了《福建省环保厅关于福建医科大学附属第一医院3台DSA机及8台III类医用X射线机项目竣工环境保护验收意见的函》（闽环辐验[2013]12号）（详见附件4）。

表 1-2 外科综合楼一层1号DSA机房已许可Infinix-i INFX-8000C型DSA机

名称	型号	技术参数	工作场所	环评情况	验收情况
DSA	Infinix-i INFX-8000C	125kV 1000mA	外科综合楼一层1号 DSA机房	闽环辐评 [2012]35号	闽环辐验 [2013]12号

综上所述，福建医科大学附属第一医院钷-90微球治疗项目所依托的内科综合楼一层核医学科和外科综合楼一层1号DSA机房Infinix-i INFX-8000C型DSA机均已履行了环境影响评价和竣工环境保护验收手续，本项目不再针对本次依托工程进行环境影响评价。

二、本项目建设内容

本项目于茶亭院区外科综合楼一层**1号DSA机房**建设一个乙级非密封放射性物质工作场所，使用Y-90和Tc-99m两种核素。本项目为更好适应开展钷-90微球治疗项目，于外科综合楼一层1号DSA机房东侧设置1间卫生通过间并将内科综合楼一层1号病房设置为本项目Y-90患者专用病房。

(一) 茶亭院区外科综合楼一层1号DSA机房乙级非密封放射性物质工作场所

DSA机房拟使用Y-90和Tc-99m两种核素，核素经工作人员从内科综合楼一层核医学科运送到外科综合楼一层1号DSA机房。本项目每天最大治疗患者数1人，每周最大治疗患者数3人，每年最大治疗患者数150人。

表1-3 项目非密封放射性物质一览表

核素	Y-90	Tc-99m
使用场所	外科综合楼一层1号DSA机房	
患者数量	每日最大患者数量1人，每周最大患者数量3人，每年最大患者数量150人	
单个病人最大用量	2.5E+9Bq	1.85E+8Bq
日最大操作量	2.5E+9Bq	1.85E+8Bq
毒性组别修正因子	中毒：0.1	低毒：0.01
操作方式修正因子	简单操作：1	很简单操作：10
日等效最大操作量	2.5E+8Bq	1.85E+5Bq
	乙级：2.5E+8Bq（Y-90和Tc-99m不在同一天操作，日等效最大操作量不叠加）	

（二）茶亭院区内科综合楼一层1号病房

医院因考虑临床需求，即注射Y-90的患者需住院观察，因此将内科综合楼一层1号病房设为本项目Y-90患者专用病房。为保障1号病房周围公众的辐射安全，本项目1号病房按控制区进行管理。

本项目患者注射的Y-90微球核素最大活度为2500MBq，根据生态环境部核与辐射安全中心开展的钇-90微球治疗项目使用过程的辐射安全风险研究，并发布了《钇-90微球使用过程辐射安全风险》报告，由该报告P23页可知，距离注射了3GBq钇-90微球的患者5-6小时后1m处辐射剂量率为2.14μSv/h。本项目注射Y-90后患者满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定的出院要求（体内活度≤2500MBq）。

（三）1号DSA机房东侧卫生通过间

为满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第5.2.3条“控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染设备。本项目拟于1号DSA机房东侧设置1间卫生通过间，卫生通过间不进行放射性核素操作，按监督区进行管理。

1.2.2 项目由来

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，福建医科大学附属第一医院钇-90 微球治疗项目的 1 号 DSA 机房为乙级非密封放射性物质工作场所。

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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订本）（国务院令 第 653 号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件决定，生态环境部部令第 20 号）、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版，生态环境部部令第 16 号）等国家环境管理相关法律法规的规定，福建医科大学附属第一医院钇-90 微球治疗项目应进行辐射环境影响评价并编制环境影响报告表。

福建医科大学附属第一医院于2022年10月正式委托江西省地质局实验测试大队进行本项目环境影响评价（委托书详见附件1）。江西省地质局实验测试大队则立即组织人员进行现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了本项目的辐射环境影响报告表。

1.3 项目地理位置及周边环境

（一）项目位置

福建医科大学附属第一医院位于福建省福州市台江区茶中路20号，中心地理坐标为：东经117° 56'19.65"，北纬24° 32'8.40"。本项目1号DSA机房位于外科综合楼一层南侧中部，Y-90患者专用病房（1号病房）位于内科综合楼一层西南侧。

本项目各主要工作场所四周情况见表1-4。

表 1-4 各主要工作场所四周情况一览表

地点	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
外科综合楼	门、急诊部	发热门诊、体检中心、放疗中心	台胞医疗服务中心	院内道路	/	/
1号DSA机房	控制室、卫生通过间、缓冲区	辅助机房	污物间及辅助用房	通道	值班室、办公室、通道	配电房
内科综合楼	护工管理站、食堂	院内道路	2号楼、3号楼、配电房	敬远楼、办公楼、专科综合楼、锅炉房	/	/
1号病房	2号病房	3号病房、4号病房	院内道路	院内道路	冷库	/

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，辐射工作场所实体屏蔽防护墙体边界外周围50m评价范围内无学校等环境敏感区，周围辐射环境现状质量良好，项目工作场所选址合理。

本项目地理位置见图1-1，项目外环境关系图见图1-2，外科综合楼一层总平面布置图见图1-3，外科综合楼负一层总平面布置图见图1-4，外科综合楼二层总平面布置图见图1-5，内科综合楼一层1号病房区域平面布置图见图1-6，内科综合楼二层总平面布置图见图1-7，项目区域现状照片见图1-8。

1.4 可行性分析

Y-90微球治疗对于无法手术切除或消融、肝功能代偿和全身状况良好的原发或转移性肝癌，能有效控制肿瘤进展，显著延长患者生存时间和生存质量。本项目开展核医学治疗，对于晚期不可手术的肝部肿瘤，可延长肿瘤进展时间、减少患者痛苦、提高患者

生存质量。更好的造福更多肝胆肿瘤患者，其使用过程中获得的利益远大于辐射可能造成的损害，符合实践正当性原则的要求。项目在加强管理后满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。

根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第29号，2020年1月1日起施行）及《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第49号，2021年12月30日起施行），本项目属于“第六项”“核能”中第6款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.5 评价目的

(1) 对本项目核技术利用场所及周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

(2) 通过环境影响评价，预测本项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染对策，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

(3) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，使辐射环境影响满足相关标准要求并减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

(4) 提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

(一) 许可情况

医院已取得了辐射安全许可证，证书编号为闽环辐证【00174】，许可的种类和范围为：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所（辐射安全许可证见附件2）。

(二) 环保手续履行情况

医院核技术应用项目许可情况见表 1-5~表 1-7。

表 1-5 医院已许可密封源一览表

序号	核素	类别	总活度 (Bq)	环评	验收	活动种类
1	⁹⁰ Sr	V类放射源	4×10 ⁸	2009年4月24日批复	闽环辐[2010]验收79号	使用
2	⁶⁸ Ge	V类放射源	(9.25×10 ⁷)*2	闽环辐评(2014)1号		使用
3	⁶⁸ Ge	V类放射源	(4.63×10 ⁷)*4			使用
4	¹⁹² Ir	Ⅲ类放射源	3.7×10 ¹¹	闽环辐评(2016)22号	已验收	使用
5	⁵⁷ Co	V类放射源	(1.85×10 ⁶)*2			使用

6	⁵⁷ Co	V类放射源	(1.2×10 ⁸) *2			使用
7	⁵⁷ Co	V类放射源	(3.7×10 ⁸) *2			使用
8	¹⁵³ Gd	V类放射源	(3.7×10 ⁸) *2			使用
9	Sr-90	V类放射源	7.4×10 ⁸	闽环辐评 (2021) 48号	暂未投运	使用
10	⁶⁸ Ge	V类放射源	5.50×10 ⁷		暂未投运	使用
11	⁶⁸ Ge	V类放射源	3.50×10 ⁶		暂未投运	使用
12	⁶⁸ Ge	V类放射源	(2.10×10 ⁷) *3		暂未投运	使用
13	Ir-192	III类放射源	3.7×10 ¹¹		暂未投运	使用

表 1-6 医院已许可非密封放射性物质一览表

序号	工作场所	场所等级	核素	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	环评	验收	活动种类
1	院内介入室	乙级	¹²⁵ I 粒子源	7.4×10 ⁸	2.13×10 ¹²	闽环辐评 (2016) 22号	已验收	使用
2	院内(茶亭院区)核医学科	乙级	¹⁵³ Sm	1.85×10 ⁸	4.44×10 ¹⁰			使用
3		乙级	⁸⁹ Sr	2.96×10 ⁷	7.4×10 ¹⁰	使用		
4		乙级	⁶⁸ Ge (⁶⁸ Ga)	7.4×10 ⁷	9.6×10 ¹⁰	使用		
5		乙级	⁸⁹ Zr	1.85×10 ⁷	4.63×10 ¹⁰	使用		
6		乙级	⁹⁰ Y	1.85×10 ⁸	4.63×10 ¹¹	使用		
7		乙级	²²³ Ra	7.4×10 ⁷	1.85×10 ⁹	见注①	使用	
8		乙级	¹⁷⁷ Lu	1.85×10 ⁸	4.63×10 ¹¹		使用	
9		乙级	¹²⁴ I	5.55×10 ⁶	1.39×10 ¹⁰		使用	
10		乙级	⁶⁴ Cu	7.40×10 ⁶	1.85×10 ¹¹		使用	
11		乙级	²²⁵ Ac	7.40×10 ⁷	1.85×10 ⁹		使用	
12		乙级	¹⁸ F	1.11×10 ⁸	3.2×10 ¹²	闽环辐评 (2016) 22号	使用	
13	乙级	¹²⁵ I	5.0×10 ⁴	2×10 ¹⁰	使用			
14	乙级	¹³¹ I	1.86×10 ⁹	4.65×10 ¹²	使用			
15	乙级	^{99m} Tc	4.44×10 ⁸	1.15×10 ¹³	使用			
16	滨海院区核医学科	乙级	⁸⁹ Zr	7.40×10 ⁷	1.85×10 ¹¹	闽环辐评 (2021) 48号	暂未投运	使用
17		乙级	⁹⁰ Y	3.70×10 ⁸	9.25×10 ¹¹			使用
18		乙级	^{99m} Tc	2.96×10 ⁷	7.40×10 ¹²			使用
19		乙级	⁸⁹ Sr	1.48×10 ⁷	3.70×10 ¹⁰			使用
20		乙级	¹⁸⁸ Re	1.85×10 ⁸	4.63×10 ¹¹			使用
21		乙级	²²³ Ra	7.40×10 ⁷	1.85×10 ⁹			使用
22		乙级	¹⁵ O	1.11×10 ⁷	2.78×10 ¹¹			使用
23		乙级	¹³ N	1.48×10 ⁷	3.70×10 ¹¹			使用
24		乙级	⁹⁹ Mo (^{99m} Tc)	1.48×10 ⁷	3.70×10 ¹¹			使用
25		乙级	¹⁷⁷ Lu	5.55×10 ⁸	1.39×10 ¹²			使用
26	乙级	¹³¹ I	1.67×10 ⁹	4.18×10 ¹²	使用			

27		乙级	^{125}I	5.0×10^4	1.25×10^8			使用
28		乙级	^{124}I	3.70×10^7	9.25×10^{10}			使用
29		乙级	^{123}I	3.70×10^6	9.25×10^{10}			使用
30		乙级	^{68}Ge (^{68}Ga)	5.55×10^7	1.39×10^{12}			使用
31		乙级	^{18}F	1.11×10^8	2.78×10^{12}			使用
32		乙级	^{64}Cu	7.40×10^6	1.85×10^{11}			使用
33		乙级	^{11}C	1.85×10^7	4.63×10^{11}			使用

注①：根据《关于〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉中免于编制环境影响评价文件的核技术利用项目有关说明的函》（环办函〔2015〕1758号）中的有关规定已许可。

表 1-7 医院已许可射线装置一览表

序号	设备名称	类别	数量	环评情况	验收情况	院区
1	直线加速器	II类	1台	闽环辐评（2019）46号	已验收	茶亭院区
2	直线加速器	II类	1台	闽环辐评（2015）1号	已验收	
3	DSA	II类	3台	2012年2月21日批复	闽环辐验（2013）12号	
4	DSA	II类	1台	闽环辐评（2019）20号	已验收	
5	DSA	II类	1台	闽环辐评（2020）3号	已验收	
6	CT、X线机、碎石机、DR、牙科X光机、乳腺X光机、移动X线机、胃肠X光机机、C臂机、骨密度仪、PET/CT和SPECT/CT等	III类	共计23台	已许可	/	
7	直线加速器	II类	3台	闽环辐评（2021）48号	暂未投运	滨海院区
8	回旋加速器	II类	1台			
9	DSA	II类	6台			
10	CT、X线机、碎石机、DR、牙科X光机、乳腺X光机、移动X线机、胃肠X光机机、C臂机、骨密度仪、PET/CT和SPECT/CT等	III类	共计43台	已许可	/	

（三）辐射安全管理

福建医科大学附属第一医院现有辐射工作场所的辐射防护设施运行工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

（1）福建医科大学附属第一医院成立了以王彪为组长，欧启水为副组长的辐射安全与环境保护管理委员会，制定了《放射防护安全管理制度》、《放射诊疗设备自主监测方案及管理制度》、《放射防护安全管理制度》、《放射诊疗设备维护维修管理制度》、《放射诊疗设备个人防护用品配置使用及维护管理制度》、《放射工作人员职业健康检

查与档案管理制度》、《放射工作人员个人剂量监测与档案管理制度》、《放射工作人员防护知识培训与档案管理制度》、《放射诊疗设备质量控制检测管理制度》和《受检者告知制度》等辐射安全管理制度，并严格遵守执行。

(2) 医院辐射工作场所均设置有电离辐射警示标识、工作指示灯和门灯联锁装置。

(3) 医院于每年1月31日前提交上一年度年度评估报告，2022年年度评估报告已上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”进行备案。

(4) 医院辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案情况：

①辐射工作人员培训：医院现有辐射工作人员均已参加国家核技术利用辐射安全与防护知识培训或医院内部自主培训，并取得辐射安全与防护考核合格证书。

②医院所有工作人员均配有个人剂量计，接受剂量监测，建立个人剂量监测档案并存档，根据医院2022年个人剂量检测年度报告（监测周期：2022年1月1日~2022年12月31日），医院辐射工作人员年有效剂量均低于5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准要求。

③医院辐射工作人员均已参加职业健康体检，建立健康体检档案。

1.7 环保投资

项目总投资为**万元，其中环保投资为**万元，占总投资的**%。环保投资情况见表1-8。

表 1-8 环保投资情况一览表

项目		环保投资金额（万元）	
钷-90 微球 治疗项目	核素院内转移铅罐、输送装置防护、注射器防护套、有机玻璃污染桶。	**	合计： **
	配备 1 台辐射剂量率仪、1 台表面污染仪和 2 个人剂量报警仪。	**	
	环境影响评价、竣工环境保护验收和年度监测费用等。	**	

注：其他屏蔽防护用品和措施依托原有，不计入本次环保投资。



图1-1 项目地理位置图



图1-2 项目外环境关系图

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	⁹⁰ Y	悬浮液	使用	2.5×10 ⁹	2.5×10 ⁸	3.75×10 ¹¹	肿瘤治疗	简单操作	外科综合楼 一层1号DSA 机房	/	/
2	^{99m} Tc	液态	使用	1.85×10 ⁸	1.85×10 ⁵	2.775×10 ¹⁰	显像诊断	很简单操作		/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1台	Infinix-i INFX-8000C	125	1000	介入治疗	外科综合楼一层1号 DSA 机房	依托原有
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性固体废物	固体	Y-90	/	***kg	***kg	/	依托核医学科污物间铅污物桶内暂存	废物储存衰变至满足 HJ1188-2021 的要求后按一般医疗废物处置。
		Tc-99m	/	***kg	***kg	/		
手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物	固体	/	/	/	少量	/	暂存在 1 号 DSA 机房内的废物桶	手术结束后集中收集，作为医疗废物由医院统一委托有资质单位进行处置。
患者排泄尿液（含少量放射性废水）	液态	Y-90	/	/	/	≤ 10Bq/L	直接排放	排入医院污水处理系统。
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	不暂存	最终排入大气，臭氧在常温下约 50 分钟自行分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。
 2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法律、 法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，（2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，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》（中华人民共和国主席令第二十四号，2018年12月29日起施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起施行）；</p> <p>(4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院令682号，2017年10月1日起实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令709号，2019年修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版，生态环境部部令第16号）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定，生态环境部部令第20号）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行）；</p> <p>(9) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（环办函〔2006〕629号，2006年9月28日印发）；</p> <p>(10) 《关于明确核技术利用辐射安全监督有关事项的通知》（中华人民共和国环境保护部，环办辐射函〔2016〕430号）；</p> <p>(11) 《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）>的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第49号，2021年12月30日起施行）；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号，2006年9月26日）；</p> <p>(13) 福建省环保厅关于印发《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行）的通知（闽环保辐射〔2013〕10号）；</p> <p>(14) 《放射性废物安全管理条例》（2011年12月20日国务院第612号令发布，2012年3月1日施行）；</p> <p>(15) 《福建省生态环境保护条例》（福建省第十三届人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022年5月1日施行）。</p>
--------------------------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(3) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)；</p> <p>(4) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)；</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(7) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书(附件1)；</p> <p>(2) 《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社, 2015年)；</p> <p>(3) 现状监测报告；</p> <p>(4) 其他技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

依据《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》(HJ 10.1-2016) 中第 1.5 条规定: 放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围, 乙、丙级取半径 50m 的范围。考虑到本项目的实际情况, 本次项目评价范围为外科综合楼一层 1 号 DSA 机房和内科综合楼一层 1 号病房 (^{90}Y 患者专用病房) 实体屏蔽墙体外周边 50m 范围。

7.2 保护目标

根据对本项目周围环境的现场踏勘和调查, 本项目辐射工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内无学校等环境敏感区域, 职业工作人员包括主要为本项目 DSA 机控制室操作人员、DSA 机房内介入人员 (含 Y-90 和 Tc-99m 药物注射)、Y-90 和 Tc-99m 药物和患者运送人员、留观护理人员, 公众人员包括医院工作人员、病人、陪护人员以及医院外流动人员。本项目周边具体环境保护目标见下表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护对象		相对方位	距离	规模	剂量限值	
1 号 DSA 机房	职业人员	操作人员	DSA 机房东侧控制室	$\geq 0.3\text{m}$	2 人	5mSv/a
		介入人员	DSA 机房内	--	3~4 人	
		运送人员	/	--	2 人	
	公众人员	医院工作人员、病人、陪护人员以及医院外流动人员	外科综合楼东侧门、急诊部	$\geq 44\text{m}$	约 500 人	0.1mSv/a
			外科综合楼南侧放疗中心	$\geq 36\text{m}$	约 80 人	
			外科综合楼南侧体检中心	$\geq 30\text{m}$	约 100 人	
			外科综合楼南侧发热门诊	$\geq 11\text{m}$	约 50 人	
		外科综合楼西侧院内道路	$\geq 48\text{m}$	约 15 人		
		外科综合楼其他公众人员 (含 1 号 DSA 机房四周隔墙公众人员)	$\geq 0.3\text{m}$	约 300 人		
1 号病房	职业人员	留观护理人员	1 号病房内	--	1 人	5mSv/a
	公众人员	医院工作人员、病人、陪护人员以及医院外流动人员	内科综合楼西侧配电房	$\geq 18\text{m}$	约 5 人	0.1mSv/a
			内科综合楼西侧 3 号楼	$\geq 16\text{m}$	约 200 人	
			内科综合楼西侧 2 号楼	$\geq 37\text{m}$	约 200 人	
			内科综合楼北侧专科综合楼	$\geq 15\text{m}$	约 200 人	
			内科综合楼北侧锅炉房	$\geq 45\text{m}$	约 10 人	
		内科综合楼其他公众人员 (含 1 号病房四周隔墙公众人员)	$\geq 0.3\text{m}$	约 200 人		

7.3 评价标准

7.3.1 职业照射、公众照射剂量限值与剂量约束值

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

附录B中对“剂量限值”要求如下：

（1）职业照射剂量限值

- 1) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)，20mSv；
- 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(手和脚)或皮肤的年当量剂量，500mSv。

（2）公众照射剂量限值

- 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。

第11.4.3.2款规定：剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

2. 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

第4.4.2.1款规定：一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a；

第4.4.2.2款规定：公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

3. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

第6.1.1款规定：对职业照射用年有效剂量评价，应符合GB18871-2002的B1.1的规定。

第6.1.3款规定：对职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，还应作进一步调查，本标准建议的年调查水平为有效剂量5.0mSv/a。

综上所述，本次评价以5.0mSv作为辐射工作人员年有效剂量约束值；以0.1mSv作为公众人员年剂量约束值。

7.3.2 非密封源工作场所分级

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

附录C 中对非密封源工作场所分级原则及计算方法规定如下：

（1）非密封源工作场所分级原则

表 7-2 非密封源工作场所分级

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

(2) 放射性核素的日等效操作量的计算

日等效操作量=日操作量×核素毒性因子÷操作方式的修正因子

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量(Bq)与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见下表7-3和表7-4。

放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见以下两表:

表 7-3 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高度	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 7-4 操作方式与放射源状态修正因子

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

2. 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)

第4.2款规定: 辐射工作场所分级。应按照GB18871的规定, 将辐射工作场所的规定, 将辐射工作场所按放射性核素日等效最大操量的大小分为甲级、乙级和丙级。核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考附录A。

表 7-5 项目放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	本项目核素名称	毒性组别修正因子
中毒	^{90}Y	0.1
低毒	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.01

表 7-6 项目放射性核素状态与操作方式修正因子

活动类型	核素及状态	操作方式界定	操作方式修正因子
发生器淋洗	母体(液态)	贮存	100
	子体(液态)	简单操作	1
医疗机构使用	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	很简单操作	10
放射性药品生产	分装、标记(液体)	简单操作	100
	分装、标记(固体)	简单操作	1
核素治疗	^{131}I (液态)	简单操作	1

综上所述, 本项目 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 操作方式为很简单操作、 ^{90}Y 操作方式为简单操作。

7.3.3 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，应将辐射工作场所分为控制区、监督区。

对于需要专门防护手段或安全措施的区域划分为控制区，对于未被设定为控制区，不需要专门防护手段或安全措施但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域，划分为监督区。对控制区和监督区的人员活动进行限制，辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动不限制。

7.3.4 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)中第6.2.3条款规定：工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录B(标准的附录B)B2所规定的限制要求。工作场所的放射性表面污染控制水平详见表7-7。

表 7-7 核医学常用放射性核素状态与操作方式修正因子

表面类型		β 放射性物 (Bq/cm ²)
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹

1) 该区内的高污染子区除外

7.3.5 放射性物质向环境排放的控制水平

1.放射性废水

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

第 8.6.2 条款规定：不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

1) 每月排放的总活度不超过 10ALI_{min}(ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)；

2) 每一次排放的活度不超过 1ALI_{min}，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

根据 B1.3.4 和 B1.3.5 条规定，对于职业照射，在一定的假设下可将 I_{jL} 用作 ALI。由相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素 j 的年摄入量限值 I_{jL} 计算公式：

$$I_{j,L} = \frac{D_L}{e_j}$$

D_L —相应的有效剂量的年剂量限值，即辐射工作人员年有效剂量限值 20mSv/a；

e_j —GB18871-2002 给出的放射性核素 j 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值。

本项目放射性核素排放导出限值见表 7-8。

表 7-8 放射性核素排放导出限值

核素名称	ALI _{min} 一次排放限值(Bq)	10ALI _{min} 月排放限值(Bq)
⁹⁰ Y	7.41E+06	7.41E+06
^{99m} Tc	6.90E+08	6.90E+09

2.放射性固体废物

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

附录 A 豁免 A2 可豁免的源与豁免水平中 A2.1 b) 条款规定：符合以下要求的放射性物质，即任何时间段内在进行实践的场所存在的给定核素的总活度或在实践中使用的给定核素的活度浓度不超过表 A1 所给出的或审管部门所规定的豁免水平。

查询表 A1，得到本项目使用放射性核素 ^{99m}Tc 和 ⁹⁰Y 的豁免活度浓度分别为(1×10²)Bq/g 和(1×10³)Bq/g。

A2.2 c) 条款规定：如果存在一种以上的放射性核素，仅当各种放射性核素的活度或活度浓度与其相应的豁免活度或豁免活度浓度之比之和小于 1 时，才可能考虑给予豁免。

(2) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)

第 7.2.3.1 款规定：固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α表面污染小于 0.08Bq/cm²、β表面污染小于 0.8Bq/cm² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

- 1) 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；
- 2) 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。

3.放射性废气

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中第 7.4.1 款规定：产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

第 7.4.2 款规定：应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、

处理。

7.3.6 工作场所周围剂量当量率控制水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中第 6.1.5 款规定：

①距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

②放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

综上，本项目控制区边界外和控制区内房间外剂量率目标控制值执行：“各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求；

7.3.7 放射性核素治疗患者出院要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中第 4.5.1 款规定：为确保放射性核素治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，出院患者体内放射性核素活度应符合附录 B（见下图 7-1）的相关规定。

附录 B
(资料性附录)
患者出院的体内放射性核素活度控制

B.1 患者出院的体内放射性核素活度要求

为确保放射治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，放射治疗患者出院时体内放射性活度应符合表 B.1 的要求。

表 B.1 放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求

放射性核素	主要发射 (keV)			半衰期 (d)	患者出院时体内放射性活度要求 (MBq)
	β_{max}	β_{ave}	γ 及 X		
^{32}P	1710	695	—	14.26	≤ 800
^{89}Sr	1492	583	—	50.53	≤ 200
^{90}Y	2284	934	—	2.67	≤ 2500
^{111}In	245	—	204	2.8047	≤ 780
^{131}I	606	—	364	8.0207	≤ 400
^{153}Sm	881	224	103	1.93	≤ 2500
^{186}Re	1070	349	137	3.8	≤ 9000
^{188}Re	2120	—	155	0.7	≤ 9000
^{198}Au	1372	—	411	2.696	≤ 1000
^{201}Tl	167	—	61	3.038	≤ 5100

注：资料来自 IATA 63号安全报告（2009）。

图 7-1 放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求一览表

表 8 环境质量与辐射现状

8.1 监测计划

1、项目地理和场所位置

福建医科大学附属第一医院位于福建省福州市台江区茶中路 20 号，本项目辐射工作场所主要为外科综合楼一层 1 号 DSA 机房和内科综合楼一层 1 号病房，项目地理位置见图 1-1。为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，江西省地质局实验测试大队于 2022 年 10 月 24 日对项目所在地进行了辐射环境现状监测。

2、监测内容与点位

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）并结合本项目的实际情况进行监测布点，本次监测主要针对拟建辐射工作场所及周边环境γ辐射剂量率和β表面污染。

3、监测仪器与规范

辐射监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 监测仪器与监测规范表

环境监测 X-γ 辐射空气吸收 剂量率仪	仪器型号	EH40G+FHZ672E-10 (F117)
	生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
	监测规范	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
	监测单位	江西省地质局实验测试大队
	检定单位	中国计量科学研究院
	检定证书编号	DLj12022-05172
	有效日期	2022 年 6 月 7 日~2023 年 6 月 6 日
	量程范围	***
能量响应范围	***	
α、β表面污染仪	仪器型号	CoMo-170 (F236)
	生产厂家	NUVIA
	监测规范	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 《表面污染测定第 1 部分：β发射体（E _{βmax} > 0.15MeV）和α发射体》（GB/T14056.1-2008）
	检定单位	上海市计量测试技术研究院
	检定证书编号	2021H21-20-3613141001
	有效日期	2021 年 11 月 03 日至 2022 年 11 月 02 日
	表面发射率响应	***

4、质量保证措施

- a 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，同时满足标准要求。
- b 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。
- c 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- e 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- f 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.2 辐射环境质量现状监测结果

江西省地质局实验测试大队于2022年10月24日对评价项目场址及周边区域的辐射环境现状进行监测，监测条件见表8-2，监测结果见表8-3。

表8-2 项目监测条件一览表

监测日期	温度	湿度	天气情况
2022年10月24日	**°C	**%	晴

表8-3 项目周围环境 γ 辐射剂量率监测数据

序号	测点位置	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h) (平均值)	备注
1	1号 DSA 机房	**	室内监测点位
2	1号 DSA 机房东侧控制室	**	
3	1号 DSA 机房南侧辅助机房	**	
4	1号 DSA 机房西侧污物间	**	
5	1号 DSA 机房北侧通道	**	
6	1号 DSA 机房楼上值班室	**	
7	1号 DSA 机房楼下配电间	**	
8	外科综合楼东侧院内道路	**	室外监测点位
9	外科综合楼南侧院内道路	**	
10	外科综合楼西侧院内道路	**	
11	外科综合楼北侧院内道路	**	
12	1号病房	**	室内监测点位
13	1号病房东侧 2号病房	**	
14	1号病房南侧 3号病房	**	
15	1号病房南侧 4号病房	**	
16	1号病房楼上通道	**	
17	内科综合楼东侧院内道路	**	室外监测点位

18	内科综合楼南侧院内道路	***	
19	内科综合楼西侧院内道路	***	
20	内科综合楼北侧院内道路	***	

表 8-4 项目辐射工作场所周围环境β表面污染监测结果

序号	监测点位	β表面污染 (Bq/cm ²)	
		监测结果	
1	1 号 DSA 机房	***	
2	1 号 DSA 机房东侧控制室	***	
3	1 号病房	***	

根据表 8-3，本项目周边室内环境的γ辐射剂量率在***~***nGy/h，周边外环境γ周围剂量当量率在***~***nGy/h，处于福州市室内、室外辐射环境本底范围值内（注：福州市室内辐射环境本底范围值***~***nGy/h，福州市室外辐射环境本底范围值***~***nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版）第***页表***）。

由表 8-4 可知，本项目工作场所周围环境β表面污染水平未检出，本项目工作场所辐射环境现状良好。

仅限于环评信息公示使用

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 工作原理

本项目涉及使用的钇-90 微球产品主要包括**钇-90 树脂微球**和**钇-90 炭微球**等形式，该微球具有释放纯度较高的β射线，射线能量高，射程短，污染小，高聚集性等特点。

①钇-90 树脂微球：钇-90 树脂微球是一款靶向放射治疗产品，由含有钇的生物相容性树脂微球组成， ^{90}Y 树脂微球是通过化学方法从 ^{90}Sr 中提取，将其离子键结合在树脂微球上制成的微小颗粒，药物为悬浮液形式。

②钇-90 炭微球：钇-90 炭微球也属于靶向放射治疗产品，是 20~45 μm 的不可溶解的炭微球，通过活性炭微球多孔吸附钇-90 放射性核素并沉淀固化，钇-90 炭微球内放射性钇-90 是通过铯-钇发生器并提纯得到。

钇是一种化学元素，简写符号为 Y，钇在常温下呈银色固体，钇块在空气中较稳定，但钇金属粉末属于易燃物质。Y-90 为 Y 的一种放射性同位素，发射纯β射线，最高能量为 2.27MeV，平均能量为 0.936MeV，物理半衰期为 64.2h (2.675d)，辐射范围小，在组织中最大射程为 11mm，平均射程为 2.5mm，其衰变产物为稳定无毒的 ^{90}Zr 。

人体对Y-90不具有特殊摄取的功能，将其结合到载体上并制成微小颗粒，通过动脉插管的方式将Y-90放射性微球注入肿瘤血管，使其滞留于肿瘤组织内达到足够剂量杀死肿瘤细胞。Y-90到达目标位置后，可利用其衰变过程中释放射线所产生的电离辐射生物效应对肿瘤细胞持续作用，且在体内射程短，在有效杀伤肿瘤细胞的同时相对避免了对周围正常组织的损伤，而肝癌细胞的倍增时间为41d，故 ^{90}Y 能在肝癌细胞倍增前释放大多数射线进而杀灭肿瘤细胞，较适合用于治疗肝脏恶性肿瘤。通过特殊工艺，可使微球物化结构稳定，不被血流冲刷分解，也不会被本身产生的β射线破坏，直径均匀一致，不能通过毛细血管网或被巨噬细胞吞噬，生物相容性好。Y-90微球可随血流到达肿瘤末梢血管，持续照射以达到治疗的目的。绝大多数Y-90微球经动脉插管输送至肿瘤血管，选择性地栓塞在肿瘤微血管末端并发射高强度的β射线，Y-90微球在体内不会降解，少量Y-90微球和游离的Y-90核素会通过血液参与人体代谢，最终通过尿液排出体外。游离的微量 ^{90}Y 核素以氯化钇 ($^{90}\text{YCl}_3$) 形式存在，氯化钇 ($^{90}\text{YCl}_3$) 不具备挥发性，正常操作情况下难以在空气中形成气溶胶。

核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 为 ^{99}Tc 的同质异能素，半衰期为 6.02 小时，主要获取方式： ^{99}Mo 衰变子体。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生跃迁时释放 γ 射线，能量为 145.5keV，其子体为核素 ^{99}Tc 。

9.1.2 操作流程

为了保证Y-90微球的治疗效果,在治疗前7-14天对患者进行放射性药物Tc-99m实验,在介入条件下注射^{99m}Tc-MAA(锝-99m标记的亚锡聚合白蛋白),以模拟Y-90微球在体内的分布,确保患者病灶处能够将Y-90微球有效栓塞,避免患者接受无效的辐射照射。每个患者使用^{99m}Tc-MAA的活度最大为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ (5mCi),工作人员使用DSA机完成插管,确保导管末端处于患者病灶附近,将^{99m}Tc-MAA注入到患者病灶位置。随后,将患者转移至核医学科进行SPECT/CT检查,以评估患者肺部分流情况、正常组织和肿瘤组织接受剂量的比例。

Y-90微球以介入式治疗形式进行。Y-90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,微球被选择性地输送并停留在肿瘤的微血管中,发挥局部放射疗效。

具体手术分二个阶段,第一阶段在治疗前1-2周需做肝内锝-99m标记的亚锡聚合白蛋白扫描,第二阶段为Y-90微球输注。

第一阶段具体步骤如下:

(1) 药物转运

介入科工作人员将装有5mCi的^{99m}Tc-MAA(医院外购)从核医学科运送至外科综合楼一层1号DSA机房,单次转运时间约10min。

(2) DSA机房内准备

介入科护士提前在1号DSA机房的手术台及附近地面铺设吸水垫。介入治疗医师穿戴防护用品并在DSA影像设备引导下,通过股动脉将导管插入患者肿瘤位置。

(3) 介入手术推注药物

工作人员于1号DSA机房在数字减影血管造影的引导下放置导管并栓塞胃肠侧支血管,行腹部X射线扫描确定导管位置后将5mCi的^{99m}Tc-MAA(医院外购)经肝动脉导管注射,模拟微球植入手术操作,缓慢注射以防止层流产生的假象。

(4) 术后DSA机房处理

患者被送离1号DSA机房后,由介入科护士对手术工作人员体表和场所地面、手术台表面测量表面污染情况,放射性固体废物收集后转移至内科综合楼一层核医学科污物间内暂存衰变,并对固体废物转移进行台账记录。

(5) 术后检查

注射完成后为患者穿戴铅防护衣并送至内科综合楼一层核医学科 SPECT/CT 机房，利用 SPECT/CT 机进行显像扫描腹部和胸部的前后影像以及腹部的右侧影像，包括整个肝脏和肺部。根据 SPECT 影像进行数据处理，确定肺分流的活度，判断是否适用 Y-90 微球治疗。

第二阶段：Y-90 微球输注

(1) 药物转运

介入科工作人员将装有Y-90微球V型瓶的Nalgene亚克力转运桶（带广口瓶，有机玻璃材质，厚度10mm），使用医用不锈钢小推车或拉杆箱从核医学科推至外科综合楼一层1号DSA机房，单次转运时间约10min。

(2) DSA机房内准备

介入科护士提前在1号DSA机房的手术台及附近地面铺设吸水垫。介入治疗医师穿戴防护用品并在DSA影像设备引导下，通过股动脉将导管插入患者肿瘤位置。

(3) 输送箱连接

介入科护士将V型架放入输送箱内的扣环上，取下塞子并为V型瓶消毒，连接输送液、三通旋阀、无菌水或5%旋糖苷和造影剂等辅助材料。

(4) 介入手术推注药物

输送箱连接好后，先手动压住注射防护盒外B口注射器注射造影剂复查导管位置；其次使用B口另一个注射器注入无菌水或5%旋糖苷冲洗导管，避免管道中与Y-90微球混合；通过D口脉冲注入无菌水使V型瓶内的微球形成悬浮液，通过V型瓶C口将Y-90微球经连接病人体内的导管A口压入患者体内，直达病灶。将微球分小剂量多次注入，过程大概持续30min，此时Y-90药物注射工作人员位于DSA机房内。最后通过B口注入无菌水或5%旋糖苷，避免微球滞留在导管内。完成后，将导管从患者体内取出，将注射器、导管等放置于废物桶内。

(5) 术后DSA机房处理

患者被送离1号DSA机房后，由介入科护士对手术工作人员体表和场所地面、手术台表面测量表面污染情况，放射性固体废物收集后转移至内科综合楼一层核医学科污物间内暂存衰变，并对固体废物转移进行台账记录。

(6) 术后检查

Y-90输注完后，于患者的上腹部位置铺设铅橡胶防护方巾，由介入科护士将患者转

移至核医学科SPECT/CT机房进行SPECT显像，对治疗区域进行剂量学评估，同时观察是否有意外的肝外分流，为不良反应时间的早期应对提供依据。

(7) 患者住院留观

SPECT显像结束后，于患者的上腹部位置铺设铅橡胶防护方巾，由介入科护士将患者转移至内科综合楼一层的专用病房内住院留观1-2天左右，具体病房为内科综合楼一层1号病房，位于所在楼层西北角。

9.1.3 劳动定员和工作负荷

(一) 劳动定员

根据医院提供的资料和Y-90微球治疗流程，本项目依托介入科现有辐射工作人员，拟从介入科现有辐射工作人员中抽调8人从事本项目辐射工作，本项目不额外新增辐射工作人员。

(二) 工作负荷

根据医院提供的资料，本项目 Y-90 微球治疗预期最大收治 1 人次/天，3 人次/周，150 人次/年。

Y-90 药物由核医学科转运至外科综合楼 1 号 DSA 机房约**min/次；Y-90 药物输注一个病人约**min/人；Y-90 患者由 1 号 DSA 机房转移至核医学科 SPECT/CT 机房约**min/次；Y-90 患者由核医学科 SPECT/CT 机房转移至 1 号病房约**min；Y-90 住院病人护理约**min/人。Tc-99m 药物由核医学科转移至 1 号 DSA 机房约**min/次；Tc-99m 药物输注一个病人约**min/人，Tc-99m 患者由 1 号 DSA 机房转移至核医学科 SPECT/CT 机房约**min/次。

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期的污染源项

本项目利用现有外科综合楼一层 1 号 DSA 机房和内科综合楼一层 1 号病房，施工期已完成，无施工期遗留环境问题。本项目拟在 1 号 DSA 机房东侧新增 1 间卫生通过间，卫生通过间建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，主要是拟建卫生通过间施工时产生的噪声、废水和固体废物等环境影响。

(一) 噪声

本项目产生噪声来源的主要是装修电钻作业等。噪声值一般在**dB (A) 之间，施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的开始而结束。

(二) 废水

施工期污水主要来自施工人员的生活污水。

(三) 固体废物

本项目固体废物主要为：生活垃圾、施工垃圾等。

9.2.2 运行期的污染源项

(一) 正常工况

本项目影响因子为X射线、 β 表面污染、 β 射线、韧致辐射、放射性固体废物、放射性废水。

(1) X射线、 β 表面污染、 β 射线、韧致辐射、 γ 射线辐射

使用DSA机进行介入手术时，会产生X射线。DSA机产生的X射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，在DSA机开机出束期间，会产生X射线。

放射性核素注射进入患者体内，分布到特定器官并主要产生 β 射线。 β 粒子能被体外衣服消减、阻挡或一张几毫米厚的铝箔完全阻挡。本项目辐射工作人员不会直接接触放射性核素，在操作时会佩戴医用手套，因此 β 射线对本项目放射工作人员的影响较小。但 β 射线被放射源本身以及源周围的其他物质阻止时产生韧致辐射，韧致辐射会对周围环境产生辐射污染，**本项目考虑韧致辐射影响。**

β 表面污染：本项目的辐射工作人员在药物注射环节，可能会撒落药物，对工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成局部放射性 β 表面污染。

γ 射线辐射：本项目Tc-99m衰变过程中会产生 γ 射线，Tc-99m核素院内运输和1号DSA机房内使用过程中会对局部环境产生 γ 射线外照射。

(2) 放射性固体废物

医院使用Y-90微球治疗过程中产生的放射性固体废物包括注射Tc-99m放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内管等，总重量**g/例；注射Y-90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放射性固体废物合计约600g/例。开展一次Y-90微球介入治疗产生放射性固体废物约**kg。

(3) 放射性废水

本项目放射性废水主要为注射Y-90后患者的排泄物，根据报告“表11 环境影响分析”章节有关内容，注射Y-90后患者的排泄物可直接排放。

(4) 放射性废气

^{99m}Tc -MAA为液体，不属于挥发性核素。注射时，药物均在密闭容器中，不会挥发，无放射性气体产生。本项目Y-90微球位于药物容器或注射器内，治疗时药物通过注射装置注入患者体内，全过程Y-90微球不暴露在空气且Y-90微球为悬浮液，悬浮溶液为无菌水，无挥发性。因此，本项目DSA机房无放射性废气产生。

（二）非正常运行状态下污染途径分析

- （1）由于管理不善，放射性药物被盗、丢失。
- （2）核素转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄露，造成台面、地面辐射污染。
- （3）工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。
- （4）DSA机控制系统出现故障，照射不能停止，患者受到计划外照射。
- （5）使用DSA的医生或护士在DSA机房内曝光时未穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射。

仅限于环评信息公示使用

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

一、工作场所布局

本项目涉及的辐射工作场所位于外科综合楼一层 1 号 DSA 机房和内科综合楼一层 1 号病房。

(一) 茶亭院区外科综合楼一层 1 号 DSA 机房

(1) 场所布局

外科综合楼一层 1 号 DSA 机房平面布局见图 10-1。DSA 机房东侧为控制室、缓冲区和卫生通过间，南侧为辅助机房，西侧为污物间和辅助机房，北侧为通道，楼上为值班室、办公室和通道，楼下为配电房。

(2) 人流、物流

本项目采用时间错峰方式进行工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径管理，每次只允许工作人员、患者、放射性药物和放射性废物单一通过，建设单位为本项目配备 2 名保安进行通道管控。

本项目时间错峰的顺序和路线如下：

第一步：DSA 介入人员（含 Y-90 和 Tc-99m 药物注射人员）由 1 号 DSA 机房东侧控制室防护门进入 1 号 DSA 机房，DSA 介入人员（含 Y-90 和 Tc-99m 药物注射人员）在钇-90 微球治疗项目手术结束前不允许离开 1 号 DSA 机房。

第二步：患者（此时为普通患者，未注射药物）由 1 号 DSA 机房东侧缓冲区防护门进入 1 号 DSA 机房。

第三步：Y-90 和 Tc-99m 由介入科护士从外科综合楼一层西侧经门廊、次门厅、通道（此时通道将由保安进行管控，不允许其他公众靠近）运至 1 号 DSA 机房。

第四步：Y-90 和 Tc-99m 药物注射后的患者由介入科护士经通道、次门厅、门廊（此时通道将由保安进行管控，不允许其他公众靠近）运送至内科综合楼一层核医学科进行 SPECT/CT 扫描。

第五步：工作结束后，DSA 介入人员前往卫生通过间进行表面污染检测，确认未受放射污染后离开。

第六步：放射性固体废物由介入科护士经通道、次门厅、门廊（此时通道将由保安进行管控，不允许其他公众靠近）运送至内科综合楼一层核医学科。

通过上述措施，本项目 1 号 DSA 机房人流、物流能满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中人员分开通过，并且人员与放射性药物通道不交叉的要求。

(二) 茶亭院区内科综合楼一层 1 号病房

根据《核医学放射防护要求》(HJ1188-2021)，患者出院时体内 Y-90 活度要求不大于 $2.5 \times 10^9 \text{Bq}$ ， ^{90}Y 最大用药活度 $2.5 \times 10^9 \text{Bq}$ ，因此本项目患者注射 Y-90 后即满足出院要求。考虑临床术后需求，注射 Y-90 的患者需住院，最多住院 2 天，因此设置 1 间 Y-90 患者专用病房（1 号病房）。

内科综合楼一层 1 号病房为 1 间双人间，套内北侧设置卫生间。1 号病房东侧为 2 号病房，南侧为 3 号病房和 4 号病房，西侧院内道路，北侧为院内道路，楼上为冷库，无地下室。

介入科护士工作人员经内科综合楼北侧平开门将患者推至内科综合楼一层 1 号病房，工作结束后，按照原路返回。

(三) 放射性核素院内运输

本项目放射性核素（Y-90 和 Tc-99m）院内运输路线见图 10-1 所示。院内运输路线为现阶段最短路径且运输道路避开院内主道路，运输路线周围公众人员较少。

二、控制区和监督区

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

控制区：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：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。

根据分区原则，本项目辐射工作场所分区情况如下

(1) 控制区划分

将 1 号 DSA 机房和 1 号病房（以实体屏蔽墙体为界）划为控制区，详见图 10-2 和图 10-3。

(2) 监督区划分

将 1 号 DSA 机房和 1 号病房实体屏蔽墙体外相邻区域划为监督区。详见图 10-2 和

图 10-3。

三、辐射防护屏蔽设计

(一) 工作场所辐射防护设计

本项目外科综合楼一层 1 号 DSA 机房和内科综合楼一层 1 号病房均为利旧场所，沿用既有的屏蔽防护工程未做调整。根据医院提供的资料，辐射工作场所既有的屏蔽防护设施如表 10-1。

表 10-1 本项目放射工作场所采取的屏蔽防护设施一览表

序号	工作场所	屏蔽体	屏蔽防护设施方案
1	外科综合楼 1 号 DSA 机房	四周墙体	24cm 加气砖+3.5mmPb 防护涂料
		顶棚	10cm 混凝土+3mmPb 防护涂料
		地坪	10cm 混凝土+3mmPb 防护涂料
		防护门 (控制室防护门和缓冲区防护门)	3.5mmPb 铅板
		观察窗	3.5mmPb 铅玻璃
2	内科综合楼 1 号病房	四侧墙体	20cm 混凝土
		顶棚	12cm 混凝土
		门	6mmPb 铅板

注：防护涂料铅当量是在医用诊断 X 射线能量下的折算值。

本项目辐射工作场所沿用既有的相关防护设施和个人防护用品，并在此基础上针对该项目特点对相关防护设施和个人防护用品进行补充，具体配备情况见表 10-2。

表 10-2 本项目防护设施和个人防护用品配备情况一览表

工作场所	防护设施名称	参数	数量	备注
1 号 DSA 机房	铅悬挂防护屏	0.5mmPb	1	原有
	铅防护吊帘	0.5mmPb	1	
	床侧防护屏	0.5mmPb	1	
	床侧防护帘	0.5mmPb	1	
	铅橡胶防护围裙	0.5mmPb	10	
	铅橡胶颈套	0.5mmPb	10	
	铅橡胶帽子	0.5mmPb	10	
	铅防护眼镜	0.25mmPb	10	
	介入防护手套	0.025mmPb	2	
	V 瓶支架	18mm 有机玻璃	每例手术 1 个	新增
	注射器防护套	15mm 有机玻璃	1	
	Nalgene 亚克力转运桶	10mm 有机玻璃	1	
	输液箱	6mm 有机玻璃	1	

	有机玻璃污物桶	10mm 有机玻璃	1
1 号病房	铅橡胶围裙	0.5mmPb	1
转运患者	铅衣	0.5mmPb	1

四、工作场所辐射安全和防护措施分析

(1) 工作场所表面污染防治

本项目1号DSA机房的墙面（1.5米及以下）和地面采用易清洗且不易渗透的材料，涉及药物操作的工作台设计平整、光滑、易于清洗。墙面与地面连接转角处采取弧形处理，以尽可能减少表面污染。

本项目1号DSA机房在钷-90微球治疗前在介入治疗床和附近地面铺设吸水垫，防止药物泄漏造成污染。使用过的吸水垫经表面污染检测后，有放射性污染的按固体放射性废物处置，未污染的按普通医疗废物处置。

(2) 工作人员的防护措施

工作人员进入1号DSA机房前于卫生通过间更换服装，并穿戴工作衣、帽、鞋套、胶质手套及相应个人防护用品。1号DSA机房东侧卫生通过间设置感应式洗手盆（池）、去污套装等清洗和去污设备。工作人员离开放射工作场所时，需清洗、更衣，并对手部等体表部位进行污染测定，确认未受放射污染，方可离开，进入非放射工作场所。

(3) 语音通话系统

1号DSA机房和1号病房内设置语音对讲装置。

(4) 电离辐射警示标识和工作装置指示灯

1号DSA机房缓冲区防护门上方设置有工作状态指示灯，灯箱处设置“射线有害，灯亮勿入”字样的警示语句，并于受检者防护门有效关联。1号DSA机房和1号病房入口防护门均设置符合标准要求的电离辐射警告标志，于1号DSA机房候诊区通道设置放射防护注意事项。

(5) 去污用品（存放于1号DSA机房东侧卫生通过间）

为应对放射性核素污染的应急处理，建设单位拟为本项目配备以下用品：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂 and 硫代硫酸钠的水）、小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子等。

(6) 辐射监测仪器

医院拟为本项目新增1台辐射剂量率仪和2个人剂量报警仪（放置于DSA机房控

制室)以及1台表面污染仪(放置于 DSA 机房东侧卫生通过间)。

(7) 放射性核素操作管理要求

①放射性核素(Y-90 和 Tc-99m)注射过程中应用采取措施(比如用吸水纸等覆盖宜洒落药品的所有区域),避免药品洒落区域污染。

②介入注射完放射性核素后,应及时使用辐射监测仪监测,确定导管接口处无残余放射性后方可将微导管从普通导管中移出,经包裹处理后放入带屏蔽的固体放射性废物桶内。

③DSA 工作场所配备表面污染监测仪,每次手术结束后对手术床、工作台面、工作椅、地面等区域进行表面污染监测,确保辐射工作场所的表面污染水平低于控制标准;如表面污染水平超出控制标准,应采取相应的去污措施。

④如果发生放射性核素洒落而发生污染,应封闭工作场所,控制人员走动,以避免放射性污染扩散,并进行场所去污和人员应急处理。

(8) 患者转移管理

①患者转运至内科综合楼一层核医学科 SPECT/CT 机房显像过程中或1号病房住院过程中(此时患者注射有^{99m}Tc 或⁹⁰Y),在患者身体肝部位拟覆盖0.5mmPb 当量的铅围裙;

②移动患者时应按照规划的路线,尽量避开人员较为集中的时段,快速、平稳的将患者送至核医学科或1号病房;

③提醒患者家属注意患者保持距离,尽量减少与患者近距离接触的时间。医护人员特殊情况需要护理时,与患者保持1m 以上的距离。

④留观护理人员可通过视频监控严密注意1号病房患者动向,并在1号病房门口悬挂专用病房标志,严禁无关人员进入该病房。

(9) 放射性核素院内运输管理

①放射性核素(Y-90 和 Tc-99m)院内运输时应放置于专用小推车内,专用小推车外表面应张贴电离辐射警告标志和注意事项。

②放射性核素院内运输应按照规划的路线,尽量避开人员较为集中的时段,快速、平稳的将核素运至外科综合楼一层1号 DSA 机房。

③放射性核素院内运输时应配备2名保安押运护送,2名保安应警戒于专用小推车两侧,防止院内公众人员接近。

④放射性核素接收和送达均应进行登记，详细记录接收人员、接收时间、接收核素种类、送达人员、送达时间、送达核素种类。

⑤放射性核素院内运输时工作人员应随身携带应急防护用品，应急防护用品应包括：警戒线、辐射剂量率仪、表面污染仪和表面污染去污用品。

五、辐射防护措施符合性分析

本项目所采取的安全防护措施和设施与《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)的符合情况见表 10-3。

表 10-3 项目采取的辐射安全防护措施和设施与 HJ 1188-2021 符合情况对照表

序号	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)要求	本项目采取的辐射安全防护措施和设施	符合情况
1	核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。	①本项目利用外科综合楼一层 1 号 DSA 机房，采用时间错峰方式进行工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径管理，每次只允许工作人员、患者、放射性药物和放射性废物单一通过，建设单位为本项目配备 2 名保安进行通道严格管控，具体时间错峰的顺序和路线见“表 10.1 DSA 机房人流路线分析”。通过上述措施，本项目 1 号 DSA 机房人流、物流能满足分开通过，并且人员与放射性药物通道不交叉的要求。	符合
2	核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。	①钷-90 微球治疗项目当天，医院拟配备 2 名保安值守在 1 号 DSA 机房防护门口，无关人员不得随意进出 1 号 DSA 机房；②给药后的患者处于麻醉状态，不会随意流动；③本项目在 1 号 DSA 机房东侧设置了 1 间卫生通过间，为工作人员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；④本项目钷-90 微球治疗项目过程中患者处于麻醉状态，患者不排泄。	符合
3	放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。	本项目 ⁹⁰ Y 使用前暂存于内科综合楼一层核医学科分装通风柜内，分装通风柜设置有铅当量屏蔽。	符合
4	核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。	本项目 1 号 DSA 机房地面与墙壁衔接处无接缝，易于清洗、去污。	符合
5	应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素	①本项目从事放射性药物操作的工作人员配备有铅衣、铅围脖、一次性工作服、手套等；②本项目 Y-90 药物配有 15mm	符合

	治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。	厚有机玻璃注射防护套；③1号病房本次拟新增1个2mmPb移动铅屏风。	
6	操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。	本项目1号DSA机房东侧配套设置1间卫生通过间，并配备表面污染监测仪器，制定了监测方案，从1号DSA机房控制区离开的人员和物品均进行表面污染监测。如果监测表面污染水平超出控制标准，工作人员应使用配备的去污用品进行表面污染去污处理，等表面污染水平降低至控制标准以下时，方能离开。	符合
7	放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。	本项目使用的药物均为短半衰期核素，一般按需求订购，集中使用，不专门贮存，购买后使用前暂存于内科综合楼一层核医学科分装通风柜内。	符合

根据表 10-3，本项目乙级非密封放射性物质工作场所（1号 DSA 机房）满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)中的相关要求。

10.2 三废的治理

（一）废气

①本项目Y-90微球不具备挥发性，操作过程不涉及加热，且Y-90微球密闭在容器中，正确操作情况下，不会产生放射性废气；②^{99m}Tc-MAA为液体，不属于挥发性核素；注射时，药物均在密闭容器中，不会挥发，无放射性废气产生；③DSA运行时产生的少量氮氧化物和臭氧，通过1号DSA机房内设置的通风系统进行通风换气，工作时均开启，防止1号DSA机房内空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积，故产生的少量氮氧化物和臭氧对周围环境空气质量和辐射工作人员影响极小。

（二）固体废物

医院使用Y-90微球治疗过程中产生的放射性固体废物包括注射Tc-99m放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内管等，总重量150g/例；注射Y-90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放射性固体废物合计约600g/例。开展一次⁹⁰Y微球介入治疗产生放射性固体废物约0.75kg（1.5L），每月产生放射性固体废物约9kg（18L）。

本项目产生的固体废物由介入科护士转运至内科综合楼一层核医学科，依托内科综合楼一层核医学科进行暂存。Y-90放射性固体废物和Tc-99m放射性固体废物使用不同的放射性废物桶分开收集、处置。放射性废物桶和衰变箱按照《核医学辐射防护与安全要

求》（HJ1188-2021），张贴电离辐射警告标志、设置标签，标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。放射性废物桶和衰变箱内均设置专用塑料袋进行收纳，对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，再装入塑料袋内。每袋重量不超过20kg。核医学科已建立放射性固体废物收集、贮存、排放管理台账，详细记录放射性固体废物的核素名称、种类、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息，做好记录并存档备案。

Y-90放射性固体废物暂存时间超过642h（10倍半衰期）后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 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。Tc-99m放射性固体废物暂存时间超过30天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 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。

（三）废水

Y-90和Tc-99m在1号DSA机房介入注射过程中正常情况不产生放射性废水，患者注射Y-90和Tc-99m药物过程中不排泄。事故情况下发生核素撒漏时，使用一次性抹布等进行多次擦拭，不用水进行冲洗，不产生放射性废水。本项目放射性废水主要为留观病人产生的排泄物，Y-90微球不溶于末梢血管，不排出体外。尿液中不含有载药微球，但含有极低Y-90核素的活度浓度。根据报告“表11 环境影响分析”章节分析，患者排泄物中Y-90核素单次排放活度和月排放总活度均低于GB18871-2002中相应要求，因此患者尿液可以直接排放。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目利用现有外科综合楼一层 1 号 DSA 机房和内科综合楼一层 1 号病房，施工期已完成，无施工期遗留环境问题。本项目拟在 1 号 DSA 机房东侧新增 1 间卫生通过间，卫生通过间建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体。项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工人员较少，施工期约为半个月，施工涉及的区域面积较小，施工期间以墙体建设和装修噪声为主，同时伴有少量固体废物和废水产生。本项目施工期间产生的噪声、固体废物、废水造成的影响均仅限于控制室范围内，对医院周边环境不会造成影响。

（一）施工期噪声环境影响分析

机房装修电钻作业等施工时产生间歇性噪声和振动，最大噪声级可达**dB，对项目周边人员有一定的影响。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，施工时应文明施工，合理安排施工时间，午间和夜间休息时间禁止施工；同时应选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，对施工机械采取消声降噪措施，施工场所应采取消声减震措施，避免对项目周边人员产生影响。

（二）施工期固体废物环境影响分析

项目施工期间固废主要为建筑垃圾、施工废物料及施工人员生活垃圾。对项目施工期间产生的建筑垃圾、施工废物料，可回收利用的部分应尽量予以回收，不可回收的部分运送至建筑垃圾定点收集处，统一交由有资质的渣土运输单位处置。建设单位应做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

本项目建设内容所需施工人员约**人，生活垃圾量按**kg/人·d 计算，则施工期内每天产生生活垃圾约**kg/d。生活垃圾采取袋装分类收集，投放至指定地点，而后由环卫部门每日及时统一清运、处置。

（三）施工期废水环境影响分析

施工期废水主要来自施工人员生活污水。

本项目建设内容所需施工人员约**人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水**L 计算，则施工期总用水量约为**L，污水排放量按用水量的**%计算，则生活污水总排放量约**L。生活污水经收集后再纳入院区污水处理站统一处理。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 核素辐射环境影响分析

一、辐射源源强

表 11-1 本项目 Y-90 微球治疗辐射源源强一览表

场所	核素种类	单次最大用量 (Bq)	人次/天	人次/周	人/年
1 号 DSA 机房	Y-90	***	***	***	***
	Tc-99m	***	***	***	***

二、预测模式

(1) β粒子射程

根据《辐射安全手册》(潘自强主编) P**给出β粒子射程如下:

β粒子在空气中的射程 R_{air} :

$$R_{air} \approx 3.656m/MeV \dots\dots\dots \text{公式 (11-1)}$$

$0.01 \leq E_{max} \leq 2.5MeV$, β粒子在物质中的射程 R (g/cm^2):

$$R = 0.412E_{max}^{1.265-0.0954 \ln E_{max}} \dots\dots\dots \text{公式 (11-2)}$$

(2) β粒子产生的韧致辐射剂量率

《辐射防护导论》中给出屏蔽层中由β粒子产生的韧致辐射在1m处空气中的吸收剂量率为:

$$H = 4.58 \times 10^{-14} \times A \times Z_e \times \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \times \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \dots\dots\dots \text{公式 (11-3)}$$

(3) γ射线辐射剂量率

参照《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 附录**, Tc-99m 核素γ辐射剂量率计算公式如下:

$$H = \frac{10^{-X/TVL} \times A \times \Gamma}{r^2} \dots\dots\dots \text{公式 (11-4)}$$

(4) 关注点辐射剂量率

$$H_\gamma = \frac{H_0 \times 10^{-d/TVL}}{r^2} \dots\dots\dots \text{公式 (11-5)}$$

参照由《辐射防护手册》(第三分册)表**查核素能量在**MeV时, 混凝土对γ射线的十值层约为**cm, 铅对γ射线的十值层约为**cm, 多孔砖对γ射线的十值层约为**cm。Y-90 核素平均能量为**MeV, 本次理论计算保守 Y-90 核素韧致辐射对混凝土的 TVL 取**cm; Y-90 核素对多孔砖的 TVL 取**cm。

三、Y-90 辐射环境影响分析

(一) β 射线辐射影响分析

由公式 (11-1)、(11-2) 可得, Y-90 发射的 β 粒子在空气中物质中的射程计算方法。考虑到人体软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。表 11-2 给出了 Y-90 核素发射的 β 粒子在不同物质中的射程计算结果。

表 11-2 Y-90 核素发射的 β 粒子在不同物质中的射程

序号	材料	有效原子序数	密度 ρ , g/cm ³	射程 (cm)
1	空气	***	***	***
2	普通玻璃	***	***	***
3	有机玻璃	***	***	***
4	铅	***	***	***
5	水	***	***	***

根据 Y-90 微球治疗工艺流程可知, 转运 (V 型瓶防护+Nalgene 亚克力转运桶, ***mm 有机玻璃)、注射 (V 型瓶防护+传输系统防护, ***mm 有机玻璃), 注射后有患者身体屏蔽 (考虑到人体软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)。根据表 11-2, β 射线在各介质中的射程均小于屏蔽体的厚度, 因此 β 射线对周围辐射环境影响是很小。

(二) 辐射剂量率辐射影响分析

(1) 韧致辐射辐射剂量率水平

根据公式 11-3, 有机玻璃、空气和人体的韧致辐射 1m 处剂量率估算结果见表 11-3。

表 11-3 Y-90 在不同屏蔽材料 1m 处韧致辐射的吸收剂量率

放射源活度 A (Bq)	有效原子系数 Z_e	平均能量 E_b (MeV)	质量能量吸收系数 μ_{en}/ρ (m ² /kg)	空气中的吸收剂量率 H (μ Gy/h)
2.5×10^9	***	***	***	***
	***		***	***
	***		***	***

由表 11-3 的估算结果可知, Y-90 核素和患者运输、1 号 DSA 机房和 1 号病房辐射剂量率以 $2.09 \mu\text{Gy/h} = 2.09 \mu\text{Sv/h}$ 估算。

(2) ⁹⁰Y 辐射工作场所关注点位置辐射剂量率

根据公式 11-5, ⁹⁰Y 辐射工作场所关注点位置辐射剂量率见表 11-4。

表 11-4 关注点位置辐射剂量率

源强 H ₀ (μSv/h)	关注点位置		距离 (m)	屏蔽材料与厚度	TVL	⁹⁰ Y 贡献辐射剂 量率 (μSv/h)	原有项目贡献辐 射剂量率 (μSv/h)	关注点位置辐射 剂量率 (μSv/h)
1m 处剂量率 为 2.09μSv/h	1 号 DSA 机房	东墙外 30cm	***	***	***	***	***	***
		南墙外 30cm	***			***	***	
		西墙外 30cm	***			***	***	
		北墙外 30cm	***			***	***	
		观察窗外 30cm	***			***	***	
		控制室防护门外 30cm	***			***	***	
		缓冲区防护门外 30cm	***			***	***	
		1 号 DSA 机房楼上 30cm	***			***	***	
		1 号 DSA 机房楼下 30cm	***			***	***	
	1 号 病房	东墙外 30cm	***	***		***	***	***
		南墙外 30cm	***			***	***	
		西墙外 30cm	***			***	***	
		北墙外 30cm	***			***	***	
		1 号病房门外 30cm	***			***	***	
		病房楼上 30cm	***			***	***	
		⁹⁰ Y-药物转运工作人员	***	***		***	***	***
		⁹⁰ Y-药物转运公众人员	***	***		***	***	***
		⁹⁰ Y 患者转运工作人员	***	***		***	***	***

	⁹⁰ Y 患者转运公众人员	***	***		***	***	***
	⁹⁰ Y 药物注射工作人员	***	***		***	***	***
	⁹⁰ Y 住院患者护理工作人员	***	***		***	***	***

注：①1号 DSA 机房原有项目贡献辐射剂量率取自医院辐射工作场所检测报告（GABG-CF22230637）中的监测数据，详见附件 12；②“*”代表不需要考虑原有项目贡献辐射剂量率。

根据表11-4，本项目1号DSA机房外30cm同时满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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2.5μSv/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10μSv/h”和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，机房周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h”的标准要求。

根据表 11-4，本项目 1 号病房外 30cm 处辐射剂量率满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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 2.5μSv/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 10μSv/h”的标准要求。

仅限于环评信息公开使用

四、Tc-99m 辐射环境影响分析

本项目 Tc-99m 屏蔽计算参数见表 11-5。

表 11-5 屏蔽计算参数一览表

核素	A (Bq)	Γ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)	TVL混凝土 (mm)	TVL铅 (mm)	TVL砖 (mm)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	***	***	***	***	***

根据公式11-4和表11-5，本项目Tc-99m辐射工作场所关注点位置辐射剂量率11-6。

表11-6 关注点位置辐射剂量率

关注点位置		距离 (m)	屏蔽材料与厚度	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 贡献辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	原有项目贡献辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点位置辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1号DSA机房	东墙外 30cm	***	***	***	***	***
	南墙外 30cm	***		***	***	***
	西墙外 30cm	***		***	***	***
	D	北墙外 30cm	***	***	***	***
	S	观察窗外 30cm	***	***	***	***
	A	控制室防护门外 30cm	***	***	***	***
		缓冲区防护门外 30cm	***	***	***	***
		1号 DSA 机房楼上 30cm	***	***	***	***
		1号 DSA 机房楼下 30cm	***	***	***	***
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物转运工作人员	***	***	***	***	***
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物转运周围公众人员	***	***	***	***	***
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者转运工作人员	***	***	***	***	***
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者转运周围公众人员	***	***	***	***	***
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物注射工作人员	***	***	***	***	***

根据表11-6，本项目1号DSA机房外30cm同时满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中“各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ ”和《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，机房周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的标准要求。

11.2.2 职业工作人员和公众年有效剂量评价

(一) 估算模式

γ 外照射致人员剂量估算，按照《UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly,with Scientific Annexes》附录 A 公式计算。

$$H_{\gamma} = D_{\gamma} \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{公式 (11-6)}$$

(二) 工作人员工作负荷

本项目每天最多治疗***例病人，每周最多治疗***例病人，每年最多治疗***例病人。Y-90

药物由核医学科转运至外科综合楼1号DSA机房约**min/次；Y-90药物输注一个病人约**min/人；Y-90患者由1号DSA机房转移至核医学科SPECT/CT机房约**min/次；Y-90患者由核医学科SPECT/CT机房转移至1号病房约**min；Y-90住院病人护理约**min/人。Tc-99m药物由核医学科转移至1号DSA机房约**min/次；Tc-99m药物输注一个病人约**min/人；Tc-99m患者由1号DSA机房转移至核医学科SPECT/CT机房约**min/次。

⁹⁰Y和^{99m}Tc药物和患者转运均由同一介入科工作人员负责；⁹⁰Y和^{99m}Tc输注均由同一介入科工作人员进行；⁹⁰Y住院患者的护理工作均由同一介入科工作人员进行。

表 11-7 本项目工作负荷一览表

工作人员	关注环节	每天操作时间	天数	年总时间
转运人员	⁹⁰ Y药物转运	**	**	**
	⁹⁰ Y患者转运	**	**	**
	^{99m} Tc药物转运	**	**	**
	^{99m} Tc患者转运	**	**	**
输注人员	⁹⁰ Y药物输注	**	**	**
	^{99m} Tc药物输注	**	**	**
护理人员	⁹⁰ Y住院患者	**	**	**

(三) 工作人员年有效剂量

根据表 11-4 和表 11-6 各关注点位置辐射剂量率，结合本项目工作负荷表 11-7，利用公式 (11-6) 估算项目工作人员年有效剂量情况见表 11-8。

表 11-8 工作人员年有效剂量

工作人员	关注环节	$D_{\gamma}(\mu\text{Sv/h})$	年工作时间 t	居留因子 T	本项目贡献年有效剂量 (mSv/a)	原有项目贡献年有效剂量 (mSv/a)	年有效剂量 (mSv/a)
转运人员	⁹⁰ Y药物转运	**	**	**	**	**	**
	⁹⁰ Y患者转运	**	**	**			
	^{99m} Tc药物转运	**	**	**			
	^{99m} Tc患者转运	**	**	**			
输注人员	⁹⁰ Y药物输注	**	**	**	**	**	**
	^{99m} Tc药物输注	**	**	**			
护理人员	⁹⁰ Y住院患者	**	**	**	**	**	**

根据表 11-8，Y-90微球治疗项目运行后，本项目工作人员年剂量最大值为**mSv/a，本项目职业人员受到的年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值（职业人员5mSv/a）。

(四) 公众人员年有效剂量

根据表 11-4 和表 11-6 各关注点位置辐射剂量率，利用公式 (11-6) 估算项目公众人员年有效剂量情况见表 11-9。

表 11-9 本项目公众人员年有效剂量

关注点位置	$D_{\gamma}(\mu\text{Sv/h})$	年辐照时间 t	居留因子 T	年剂量 (mSv/a)	备注
1 号 DSA 机房西侧污物间公众	***	***	***	***	***
1 号 DSA 机房北侧通道公众	***	***	***	***	***
1 号 DSA 机房楼上值班室公众	***	***	***	***	***
1 号 DSA 机房楼下配电房公众	***	***	***	***	***
1 号病房东侧 2 号病房公众	***	***	***	***	***
1 号病房南侧 4 号病房公众	***	***	***	***	
1 号病房西侧院内道路公众	***	***	***	***	***
1 号病房北侧院内道路公众	***	***	***	***	***
1 号病房楼上冷库公众	***	***	***	***	***
^{90}Y 药物转运公众	***	***	***	***	***
^{90}Y 患者转运公众	***	***	***	***	***
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物转运公众	***	***	***	***	***
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者转运公众	***	***	***	***	***

根据表 11-9，本项目公众人员年剂量最大值为***mSv/a，本项目公众人员受到的年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值（公众人员 0.1mSv/a）。

11.2.3 运行期“三废”环境影响分析

（一）废气

①本项目Y-90微球不具备挥发性，操作过程不涉及加热，且Y-90微球密闭在容器中，正确操作情况下，不会产生放射性废气；② $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA为液体，不属于挥发性核素。注射时，药物均在密闭容器中，不会挥发，无放射性废气产生；③DSA运行时产生的少量氮氧化物和臭氧，通过1号DSA机房内设置的通风系统进行通风换气，工作时均开启，防止1号DSA机房内空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积，故产生的少量氮氧化物和臭氧对周围环境空气质量和辐射工作人员影响极小。

（二）废水

Y-90核素和Tc-99m核素在1号DSA机房注射过程正常情况不产生放射性废水，患者注射Y-90核素和Tc-99m核素过程中不排泄。事故情况发生核素撒漏时，使用一次性抹布等进行多次擦拭，不用水进行冲洗，不产生放射性废水。

本项目放射性废水主要为1号病房患者产生的排泄物。Y-90微球位于末梢血管，不排出体外。尿液中不含有载药微球，但含有极低Y-90核素的活度浓度。

Oliver.S.Grosser等人通过对进行了Y-90微球核素治疗的患者（共计51例手术）进行术后

48小时的排泄物收集、监测和数据研究，并在2017年发表的《钇-90标记树脂基微球放射栓塞后的尿排泄》中列出的患者尿液中Y-90核素含量见表11-10。

表11-10 注入Y-90微球后的患者48小时内尿液中Y-90核素含量

术后时间段	0~24h	24~48h
排尿量 (mL)	***	***
尿液中总活度 (kBq)	***	***

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 8.6.2, 不得将放射性废液排入普通下水道, 除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液, 方可直接排入流量大于10倍排放注量的普通下水道, 并应对每次排放作好记录:

a) 每月排放的总活度不超过 $10AL_{min}$ (AL_{min} 是相应于职业照射的食入和吸收 AL_{min} 值中的较小者, 其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得);

b) 每一次排放的活度不超过 $1AL_{min}$, 并且每次排放后用不少于3倍排放量的水进行冲洗。每次排放后应做记录并存档。

表 11-11 放射性核素排放导出限值

核素名称	AL_{min} 一次排放限值(Bq)	$10AL_{min}$ 月排放限值(Bq)
Y-90	***	***

患者在接受Y-90微球核素治疗后, 0~24h每例患者尿液中Y-90核素总活度最大为**Bq, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中单次放射性废水排放总活度 $7.41E+06Bq$ 的相关要求。本项目每月最多12例Y-90微球治疗手术, 则每月排放总活度为**Bq, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中每月排放总活度限值 $7.41E+07Bq$ 的相关要求。患者产生的尿液可以直接排放。

(三) 固体废物

医院使用Y-90微球治疗过程中产生的放射性固体废物包括注射Tc-99m放射性药物产生的一次性手套、输液管、患者体内管等, 总重量**g/例; 注射Y-90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放射性固体废物合计约**g/例。开展一次⁹⁰Y微球介入治疗产生放射性固体废物约**kg (**L), 每月产生放射性固体废物约**kg (**L)。

本项目产生的固体废物由介入科护士转运至内科综合楼一层核医学科, 依托内科综合楼一层核医学科进行暂存。Y-90放射性固体废物和Tc-99m放射性固体废物使用不同的放射性废物桶分开收集、处置。放射性废物桶和衰变箱按照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021), 张贴电离辐射警告标志、设置标签, 标注废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等。放射性废物桶和衰变箱内均设置专用塑料袋进行收纳, 对破碎玻璃器皿等

含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，再装入塑料袋内。每袋重量不超过20kg。核医学科已建立放射性固体废物收集、贮存、排放管理台账，详细记录放射性固体废物的核素名称、种类、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息，做好记录并存档备案。

Y-90放射性固体废物暂存时间超过**h（10倍半衰期）后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 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。Tc-99m放射性固体废物暂存时间超过30天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 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。

11.3 辐射事故环境影响分析

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《福建省环保厅关于印发〈核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲〉（试行）的通知》（闽环保辐射[2013]10号）要求，建设单位已编制《福建医科大学附属第一医院辐射事故（事件）应急处理预案》。

（一）事故分析

- 1.由于操作不慎，溢漏、撒泼放射性物质，污染工作台面和地面；放射性物质污染工作场所、衣物、手和皮肤，增加外照射危险程度，还有可能被食入或吸入体内形成内照射；
- 2.由于管理不善，发生放射性药物失窃，导致公众受照和环境受到辐射污染；
- 3.放射性药物院内转移过程中，药瓶塞子未塞紧或者铅罐倾覆，发生撒漏；
- 4.放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

（二）辐射事故后果计算

结合事故风险识别内容，建设单位可能发生最严重的事故为由于操作不慎，溢漏、撒泼放射性物质，污染工作台面和地面。如果发生放射性核素洒落而发生污染，应封闭工作场所，控制人员走动，以避免放射性污染扩散。根据公式 11-5，人员穿戴**mmPb 铅衣于**m 处对污染场所进行表面去污时所受辐射剂量率为** $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，表面去污时长按**h 计，人员在事故状态下所受有效剂量为** μSv 。

参考《辐射安全手册精编》第**节关于急性放射病内容，各型急性放射病剂量阈值见表 11-12。

表 11-12 急性放射病剂量阈值

分型		受照剂量阈值 (Gy)
骨髓型	轻度	**
	中度	**
	重度	**
	极重度	**
肠型		**
脑型		**

结合上表内容，对比不同居留条件下事故照射剂量分析，项目可致受照人员产生脑型放射病。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 40 条关于辐射事故分级要求，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，见表 11-13。

表 11-13 辐射事故分级

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	指 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	指 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	指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

（三）辐射事故防范措施

辐射安全必须依靠必要的体制和管理，良好的设施和完整的工作制度等。引起意外（或事故）的不安全因素有两大类：一类是物的不安全因素，另一类是人的不安全行为。从我国多年内所发生的放射事故来看，人为因素造成的责任事故占事故总数的 80% 以上。责任事故主要由管理不善、领导失职、安全观念淡漠引起。为减少上述事故的发生，评价提出以下辐射事故防范措施。

（1）组织工作人员参加辐射安全与防护培训学习，提高工作人员的业务水平。

（2）定期开展日常辐射安全培训，提高管理人员和工作人员辐射安全意识和自我防范意识。

（3）制定并落实岗位职责、操作规程、设备检修、辐射安全管理等规章制度，并结合实际不断完善，减少事故发生。

(4) 加强辐射防护分区管理，禁止非工作人员进入控制区、监督区。工作人员进入工作场所，应正确佩戴个人剂量计、穿戴个人防护用品，并按要求开展辐射环境测量。

(5) 做好交接记录工作，对放射性药品施行台账管理。

(6) 定期对工作场所辐射安全与环境保护措施的安全防护效果开展检测、维护、检修工作，核对发现的安全隐患立即整改，避免事故发生。

(7) 定期对工作场所辐射安全与环境保护措施的管理有效性开展评估，完善各项管理制度的执行情况，发现问题及时完善。

(8) 工作场所出入口处明显处应设置电离辐射警告标志。

(9) 加强工作场所的安保工作，确保门禁系统正常运行，减少放射性药品丢失、被盗事故的发生。

(10) 加强员工核安全文化培养，减少误操作的可能性，形成良好工作习惯，提高自身业务水平，杜绝安全隐患。

(11) 定期对放射性“三废”处理设施进行检修维护，确保放射性“三废”处理设施正常运行。

(12) 定期开展事故应急演练，检验应急程序的可操作性和实用性，检验应急人员是否明确各自岗位的职责，培养队伍的协同工作能力，起到锻炼队伍的能力。检验应急物资、技术等方面的完善情况。

(四) 辐射事故应急

一旦发现辐射源处于辐射事故应急状态，事故现场负责人应立即向应急领导小组负责人报告。应急领导小组负责人则按应急程序指令启动应急响应，指挥控制缓解事故，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的规定报告政府有关部门。如应急事态特别紧急，设施事故现场的负责人有义务主动承担起指令启动应急响应和指挥控制缓解事故的责任。建设单位应对所使用的放射性物质定期进行盘查。若发现丢失或被盗，应立即向当地政府有关部门报告，以便及时启动应急响应。

(1) 事故控制

采取合理可行的紧急及后续行动来控制缓解事故，以减小事故后果，使放射源或辐射装置恢复到安全状态。在应急程序中，应当具有可采取的控制缓解行动，并制定用于采取这些行动的实施程序。对履行控制缓解行动的设施内应急人员、外来支援人员（如当地消防队员）和急救人员，应提供适当的个人辐射防护用品。

(2) 放射性核素的运输事故

运输小推车假设在院内运输途中运输小推车侧翻导致放射性核素撒漏，影响事故现场环境。出现这种事故工况，建设单位应立即启动相应的事故应急方案，并上报辐射事件应急处理小组组长、福州市生态环境主管部门、福州市卫生健康主管部门和公安部门。尽量控制现场，并拉警戒线防止公众靠近放射性核素，同时采取措施（药物棉吸附并密封在封闭容器内）防止放射性核素扩散。建设单位应派专业人员配合当地生态环境部门，清理受污染现场，确认安全后方可解除事故警戒。

(3) 撤离和出入控制

在发生放射性核素意外丧失屏蔽且难以回复到其安全贮存位置情况下，人员必须立即撤离到受该辐射源影响而产生高辐射剂量率的局部区域。若装有放射性核素的设备发生泄漏，且造成或很可能造成某房间或局部区域严重污染的情况下，人员也必须从这些房间或局部区域立即撤离。应对撤离的房间或局部区域实施出入控制，直到采取了事故控制缓解措施或进行场所去污，使其恢复到可以接受的安全状态之后，方可解除其出入控制。鉴于项目所使用放射性物质总活度有限，发生在设施内的放射性泄漏通常不会对设施场区之外造成明显危险，因而场外通常没有必要考虑采取撤离公众的防护行动。

(4) 场所去污

事故造成设施内某些场所被放射性污染后，在放射性物质泄漏已经得到可靠控制的情况下，应当迅速安排进行场所去污。去污过程中，应对所产生的固态和液态废物进行适当分类收集，以便作进一步处理或处置。若放射性污染的物理半衰期较短，较好的办法是不进行去污，而让其衰变。

(5) 人员去污及救治

如果事故已导致或怀疑导致人员的衣服和皮肤受到污染，最简单易行的防护行动是脱去被污染的衣服、采取适当的洗浴方法去污（不应将浴池浸泡或全身淋浴作为初始去污措施，因为这样处理常常会使污染扩散）、换上清洁的衣服。应当将脱下的被污染或怀疑被污染的衣服暂存起来，以便后期检测和处置。个人应当在开始清洗去污前，自行采集鼻擦样品，供可能的内污染检测之用。如果发现较高水平的皮肤污染，则应在医疗和辐射防护人员指导下进行皮肤去污。对于受到或怀疑受到急性辐射损伤的人员，应迅速送往专门的辐射损伤医疗单位进行诊断或治疗。建设单位应向医疗单位提供就诊人员的个人剂量监测或估计结果以及他们的受照情况。

(6) 应急辐射监测

应急辐射监测是必不可少的应急响应行动之一，其作用在于为辐射事故的探查、评价以

及事故控制缓解行动和紧急辐射防护行动的决策提供依据。建设单位应在辐射事故应急程序中对应急辐射监测的方案和所用仪器仪表做出规定。

11.4 退役影响分析

项目退役后工作场所受放射性污染的设备，经去污处理后，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中表 B11 中所列设备类控制水平的五十分之一时，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。对于无法达到污染控制水平的污染物，交有相关处理资质的单位处理。

仅限于环评信息公开使用

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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，福建医科大学附属第一医院已成立了辐射安全与环境保护管理委员会（详见附件 5），以王*为主任委员，欧*水为副主任委员，成员包括王*廉、方*、叶*岳、刘*娴、严*杰、李*明、吴*艺、林*鸿、林*宇、林*金、林*忠、郑*堤、柯*强、唐*杰、曹*荣、葛*勇、蔡*书、缪*冰、薛*义和魏*。辐射安全与环境保护管理委员会下设办公室，挂靠设备与医用材料管理处，由吴*艺兼任办公室主任，并对委员会及相关处室工作职责作出明确规定：

- （一）起草并制定医院辐射安全管理制度。
- （二）负责全院辐射防护工作的安全检查、监督管理。
- （三）负责医院辐射安全许可证，放射诊疗许可证的核发、变更等工作。
- （四）负责《福建省放射性同位素与射线装置辐射安全和防护状态年度评估报告》编写。

12.2 辐射安全管理

（一）规章制度

福建医科大学附属第一医院已开展核技术利用工作多年，涉及的核技术利用项目主要包括放射治疗、核医学、介入放射学和X射线影像诊断。为了保护工作人员、公众及环境的安全，促进放射实践的正当性，辐射防护最优化，规范工作人员的操作规程，医院制定相关的辐射防护管理制度，并加以落实，见表12-1。

表12-1 医院部分规章制度一览表

分类	管理制度名称	备注
院级管理制度	《放射防护安全管理制度》、《放射诊疗设备自主监测方案及管理制度》、《放射防护安全管理制度》、《放射诊疗设备维护维修管理制度》、《放射诊疗设备个人防护用品配置使用及维护管理制度》、《放射工作人员职业健康检查与档案管理制度》、《放射工作人员个人剂量监测与档案管理制度》、《放射工作人员防护知识培训与档案管理制度》、《放射诊疗设备质量控制检测管理制度》和《受检者告知制度》等规章制度。	已制定并已实行
核医学专项管理制度	《核医学科工作制度》、《核医学科医疗管理制度》、《核医学科预防医疗差错事故管理规定》、《放射性药品采购、登记、使用、核对、保管、贮存、注销制度及安全管理制度》、《核医学科卫生防护和废物处理制度》、《核医学科密封放射源安全管理规定》、《核医学科辐射安全管理规定》、《核医学科放射性监测制度与方案》、《核医学科核素治疗工作管理制度》、《核医学科放射性废物管理制度》、《核医学科设备检修维护制度》、	

	《核医学科仪器设备使用与管理制度》、《西门子Symbia Intevo SPECT/CT仪器使用管理制度》、《西门子Symbia Intevo SPECT/CT仪器日常操作流程》、《核医学科工作人员职责》、《放射性污染监测管理制度》和《质量控制相关规章制度》等规章制度。	
介入科专项管理制度	《DSA操作规程》和《DSA岗位职责》等规章制度。	
介入科与核医学科共同制定管理制度	《钇[⁹⁰ Y]微球注射液使用流程》	本项目新增规章制度

福建医科大学附属第一医院制订的规则制度符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求。

(二) 辐射工作人员拟配备人数

根据医院提供的资料和Y-90微球治疗流程，本项目依托介入科现有辐射工作人员，拟从介入科现有辐射工作人员中抽调8人从事本项目辐射工作，本项目不新增辐射工作人员，详细抽调人员名单在项目运行期将根据实际需要再进行调整。

(三) 辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用射线装置和放射性同位素的单位，其辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

本项目抽调的工作人员为医院现有工作人员，均已取得辐射安全与防护考核合格证书。建设单位应在本项目运行阶段安排工作人员每5年进行一次辐射安全和防护专业知识及相关法律法规复训，并取得辐射安全与防护考核复训合格证书。如果后期本项目拟新聘辐射工作人员，建设单位将严格根据相关法律法规的要求，督促本项目新聘辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）关于辐射安全与防护知识的学习，并报名现场考试，取得考核合格证书后方可上岗。

(四) 辐射工作人员职业健康体检

根据《中华人民共和国职业病防治法》第三十五条：对从事接触职业病危害的作业的劳动者，用人单位应当按照国务院卫生行政部门的规定组织上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康检查，并将检查结果书面告知劳动者。

本项目抽调的工作人员为医院现有工作人员，均已进行上岗前职业病健康体检。建设单位应在本项目运行阶段每2年一次安排本项目辐射工作人员进行在岗期间职业病健康体检。如果后期本项目拟新聘辐射工作人员，建设单位将严格根据相关法律法规的要求，安排本项目新聘辐射工作人员进行上岗前职业病健康体检，并对本项目辐射工作人员建立职业健康档案。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测目的

开展辐射监测的目的主要是及早发现和获取可能发生污染与危害的征兆，确保项目安全运行；防止对环境产生有害的影响和避免对工作人员造成不必要的危害；为采取相应的安全措施提供必要的依据；同时监测数据为运行阶段的环境现状提供参考资料；与本底数据进行对照，分析项目运行后对辐射环境的影响。

12.3.2 个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 29 条要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

项目建成运行后，建设单位计划开展个人剂量监测和职业健康检查工作，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

12.3.3 工作场所及周围环境监测

为了解项目运行过程中的辐射安全，控制和评价辐射危害，使工作人员和公众所受照射尽可能低，项目计划配备相应的辐射监测设备，定期开展外照射监测、表面污染监测等，并定期对工作场所及周围环境进行辐射环境监测，建立监测档案。

- ①验收监测：项目建设完成后，委托有资质的单位进行竣工环境保护验收监测。
- ②年度监测：每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行环境监测。
- ③日常监测：项目运行期，使用配备的辐射监测设备，对辐射工作场所每季度进行一次环境监测。

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）以及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，本项目辐射环境监测计划见表12-2。

表12-2 辐射监测计划

监测项目	监测因子	监测场所	监测位置	监测频次
外照射辐射剂量率	周围剂量当量率	1号DSA机房	墙体、操作位、防护门门缝处、观察窗外30cm	委托监测频次不低于1次/年,自行监测频率不低于1次/季度
		1号病房	墙体外部30cm人员可达处	
β表面污染		1号DSA机房	DSA手术床面、墙壁、地面和辐射工作人员表面	委托监测频次不低于1次/年,自行监测频次为每次手术后
		1号病房	患者床表面、墙壁和地面、卫生间地面、卫生间墙面和辐射工作人员表面	委托监测频次不低于1次/年,自行监测频次为患者出院后

本项目制定的辐射监测计划符合建设单位实际情况，包括竣工环境保护验收监测、定期委托监测、自行监测以及辐射工作人员个人剂量监测，内容全面，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）以及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等标准要求。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》（闽环保辐射[2013]10号）要求，医院已制定《福建医科大学附属第一医院辐射事故（事件）应急处理预案》。

根据《福建医科大学附属第一医院辐射事故（事件）应急处理预案》，医院成立了辐射事故（事件）应急处理领导小组，小组成员名单如下：

组长：康*智、林*雅

副组长：王*

成员：翁*耕、陈*金、王*、程*、欧*水、柴*军、钱*、陈*

主要职责为：

①在接到辐射安全事故发生的报告后，立即启动应急预案，组织人员成立事件处理小组。

②做好现场决策、指挥和组织协调工作，调度人员：设备、物资等。

③向上级相关主管部门（生态环境、卫生健康、公安）报告辐射安全事故情况，配合上级相关主管部门进行检测、现场处理及事故调查等工作。

④责成医务部组织协调专业救护人员对伤员进行现场救治，并及时运送伤员到指定地点进行进一步检查和救治。

⑤责成保卫与安全生产监督管理处组织警卫人员保护现场，维持秩序，防止事态进一步扩大。

⑥责成涉源科室迅速了解事故发生地的实际情况，采取必要措施防止人员受到进一步辐射和放射性物质污染扩散。

⑦事故处理完毕后，恢复正常秩序。

⑧做好情况通报工作。

12.5 建设项目竣工环境保护验收一览表

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 辐射环境保护“三同时”验收清单

污染源或保护源	验收要求	验收依据
建设项目的环境影响评价文件及环评批复	落实环境影响评价文件及环评批复要求。	中华人民共和国环境影响评价法
环境管理制度及应急措施	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定相应的规章制度和辐射事故/件应急预案，具有可操作性，有相应的操作规程及制度上墙。	放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法
辐射工作人员管理	辐射工作人员进行个人剂量监测，并每季度进行一次送检；每两年安排辐射工作人员进行职业健康体检，并将资料存档管理；辐射工作人员持有辐射安全与防护培训考核合格证书。	放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法、生态环境部公告 2019 年 57 号文
防护用品	防护用品按本报告表中表 10-2 中要求进行落实。	GB 18871-2002 HJ 1188-2021 GBZ 130-2020
辐射屏蔽设计及安全防护措施	①辐射工作场所屏蔽防护按环评报告中表 10-1 的要求落实到位；②在控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h；③项目产生的放射性固体废物收集后，置于 Y-90 专用衰变箱内，衰变达到 HJ1188-2021 中要求后按医疗废物处置；④辐射工作场所设置电离辐射警告标识及中文说明。	GB 18871-2002 HJ 1188-2021 GBZ 130-2020
辐射监测	①每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，并按时报送辐射安全年度评估报告；②医院配备相应的辐射监测设备 X- γ 剂量率测量仪、 β 表面污染并定期进行自行监测。	放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法
年有效剂量管理	辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv/年，公众成员年有效剂量不超过 0.1mSv/年	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及环评批复

表 13 结论与建议

13.1 结论

福建医科大学附属第一医院位于福州市台江区茶中路 20 号，建设单位为满足肿瘤治疗需求，医院拟开展钇-90 微球治疗项目，主要用于肝脏恶性肿瘤治疗。

本项目在外科综合楼一层1号DSA机房建设一个乙级非密封放射性物质工作场所，使用Y-90和Tc-99m两种核素，Y-90日等效最大操作量 $2.5E+8Bq$ ，Tc-99m日等效最大操作量 $1.85E+5Bq$ ，Y-90和Tc-99m不在同一天操作，日等效最大操作量不叠加。

本项目为更好适应开展钇-90微球治疗项目，于外科综合楼一层1号DSA机房东侧设置1间卫生通过间并将内科综合楼一层1号病房设置为本项目Y-90患者专用病房。

项目依托外科综合楼一层1号DSA机房Infinix-i INFX-8000C型DSA机和内科综合楼一层核医学科，依托内容不在本次评价范围内。

(1) 辐射安全与防护分析结论

医院在设置辐射工作场所时已充分考虑了设备性能和运行特点、周围工作场所的辐射防护与安全，对辐射工作场所选址和布局设计进行了综合考虑，辐射工作场所屏蔽设计符合辐射工作场所使用和辐射防护安全的要求。本项目辐射工作场所实行分区管理，辐射工作场所采取放射性污染控制措施，并配备辐射剂量率仪、表面污染仪、个人剂量报警仪、铅衣、铅帽、铅围脖等辐射监测仪器和个人防护用品。项目辐射安全与防护措施满足相关标准要求。

(2) 环境影响评价结论

①**年有效剂量：**本项目正常运行时，对工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 $***mSv/a$ ，对公众照射的最大年有效剂量值为 $***mSv/a$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值要求（职业人员 $20mSv/a$ ，公众人员 $1mSv/a$ ），也可满足剂量约束值要求（职业人员 $5mSv/a$ ，公众人员 $0.1mSv/a$ ）。

②**放射性固体废物：**放射性固体废物满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)要求的核素半衰期大于 24h 的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍。放射性固体废物经监测放射性固体废物表面剂量率处于本底水平，且 β 表面污染小于 $0.8Bq/cm^2$ 后，作为一般医疗废物进行处置。

③**放射性液体废物：**患者在接受 ^{90}Y 微球核素治疗后，0~24h每例患者尿液中 ^{90}Y 核素总活度最大为 $**Bq$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中单次放射性废水排放总活度 $**Bq$ 的相关要求。本项目每月最多12例Y-90微球治疗手术，则每月排放总活度为 $**Bq$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

中每月排放总活度限值**Bq的相关要求。患者产生的尿液可以直接排放。

④放射性气体废物：本项目 Y-90 核素和 Tc-99m 核素均不具备挥发性，核素操作时均在密闭的容器中，操作过程不涉及加热，基本不会产生放射性废气。

(3) 可行性分析结论

①实践正当性分析

Y-90微球治疗对于无法手术切除或消融、肝功能代偿和全身状况良好的原发或转移性肝癌，能有效控制肿瘤进展，显著延长患者生存时间。本项目开展核医学治疗，对于晚期不可手术的肝部肿瘤，可延长肿瘤进展时间、减少患者痛苦、提高患者生存质量，更好的造福更多肝胆肿瘤患者，其使用过程中获得的利益远大于辐射可能造成的损害，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

②产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 29 号，2020 年 1 月 1 日起施行）及《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 49 号，2021 年 12 月 30 日起施行），本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）（2021 年修改）“鼓励类”中“第六项”“核能”中第 6 款“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

(4) 总结论

综上所述，福建医科大学附属第一医院钇-90 微球治疗项目在落实本报告表提出的各项污染防治措施和安全管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，项目正常运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，该项目建设是可行的。

13.2 建议

(1) 对本评价提出的辐射管理和辐射防护措施，建设单位应尽快落实，在项目建设同时，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

(2) 如需增加本报告表所涉及之外的射线装置或对其使用功能进行调整，则应按要求向生态环境主管部门进行申报，并按污染控制目标采取相应的辐射防护措施。

(3) 本项目环评批复后，建设单位应及时向生态环境主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续并按要求开展竣工环境保护验收工作。

