

编号：BG-ZFFB25220032

核技术利用建设项目

福建省肿瘤医院新增 1 台 DSA 机项目

环境影响报告表

建设单位：福建省肿瘤医院

编制时间：2025 年 7 月

核技术利用建设项目

福建省肿瘤医院新增 1 台 DSA 机项目

环境影响报告表

建设单位名称: 福建省肿瘤医院

建设单位法人代表(签名或签章): _____

通讯地址: 福建省福州市福马路 420 号

邮政编码: 350014 联系人: 唐**

电子邮箱: tangtianmei8@163.com 联系电话: 13*****66

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	18
表 3 非密封放射性物质.....	18
表 4 射线装置.....	19
表 5 废弃物(重点是放射性废弃物).....	20
表 6 评价依据.....	21
表 7 保护目标与评价标准.....	23
表 8 环境质量和辐射现状.....	29
表 9 项目工程分析与源项.....	34
表 10 辐射安全与防护.....	41
表 11 环境影响分析.....	53
表 12 辐射安全管理.....	74
表 13 结论与建议.....	82
表 14 审批.....	85

表 1 项目基本情况

建设项目名称	福建省肿瘤医院新增 1 台 DSA 机项目				
建设单位	福建省肿瘤医院				
法人代表	孙*	联系人	唐**	联系电话	13*****66
注册地址	福建省福州市福马路 420 号				
项目建设地点	福建省福州市福马路 420 号福建省肿瘤医院内科大楼 3 层				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)	800	项目环保投资(万元)	108	投资比例(环保投资/总投资)	13.5%
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)	180
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	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<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		
其他	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			/	
<p>1.1 项目概述</p> <p>1.1.1 建设单位概况</p> <p>福建省肿瘤医院地处福州市福马路 420 号, 总占地面积约为 9.37 万 m², 总建筑面积约为 18.71 万 m², 是全省唯一的一所集肿瘤预防、治疗、科研、教学、培训于一体的省级肿瘤专科医院, 为三级甲等医院, 具有外科手术、放射治疗、内科化疗、干细胞移植治疗、中西医结合治疗、生物治疗、CIK 治疗和 DC-CIK 治疗技术等多种医疗诊治手段。</p> <p>福建省肿瘤医院于 1979 年筹资建设, 于 1984 年收治病人, 于 1986 年 11 月 12 日正式挂牌开院, 经过近 40 年的努力, 医院在医疗技术、设备、服务、环保、人才培养、医疗管理和医院文化建设等方面均取得了跨越式的发展。目前医院共有床位 1600 张, 年收治肿瘤病人 12.5 万人次, 设有 26 个临床专科、11 个医技</p>					

科室和 14 个肿瘤相关专业研究室。现有职工 2630 人，专业技术人员 2211 人，其中高级职称 443 人，研究生导师 40 人，医院高层次人才汇集，拥有国家级百千万人才、国家卫生健康突出贡献中青年专家、国务院特殊津贴专家、省优秀人才、省卫生健康突出贡献中青年专家等一批医学领军人才，分别担任国家级学会、协会及其专科分会名誉主任委员、副主任委员、常委等近 50 人次。

1.1.2 建设规模

为提高医院服务质量和水平，满足广大患者的就医需求，福建省肿瘤医院经研究确定，拟对内科大楼 3 层东南角的介入科配套辅助用房进行改造，建设新增 1 台数字减影血管造影机（以下简称 DSA 机）项目，用于开展对就诊患者的放射诊断和介入治疗。

本项目主要建设内容为：在内科大楼 3 层建设符合相关要求及屏蔽作用的防护墙体、手术室等，并安装铅门、铅玻璃窗、警示灯、警示标志等辐射防护措施，使之满足介入手术室的屏蔽防护需求。本项目拟配套的 DSA 装置情况详见表 1.1-1 所示。

表 1.1-1 本项目拟配套的 DSA 装置情况一览表

序号	设备名称	数量	型号	主要参数	管理分类	设备安装位置
1	DSA 机	1 台	待定	最大管电压：125kV 最大管电流：1000mA 球管数量：单球管	II类 射线装置	内科大楼 3 层

1.1.3 项目定员及年工作时间

肿瘤介入治疗科由介入病房、介入门诊和介入手术室组成，是福建省内具有完善肿瘤介入治疗体系的少数医院之一。介入治疗技术已广泛应用于大多数良恶性肿瘤。目前科室主要开展以三级介入手术为主（经皮经管腔冠状动脉血管成形术、左心导管术、右心导管术、子宫动脉栓塞术）等，兼顾一级、二级、四级介入手术，年手术量约为 4000 台。

本项目拟配置工作人员 8 人，分 2 组，每组手术医生 2 名、技师 1 名、护士 1 名。拟配置的工作人员拟从医院现有辐射工作人员中调配，为 DSA 专职辐射工作人员，各工作人员相对固定，不存在兼岗和操作其他射线装置的情况，医院现有辐射工作人员数量可满足本项目人员配置要求。

本项目辐射工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

1.2 任务由来和评价目的

1.2.1 任务由来

本项目在开展环境影响评价工作前，根据福建省肿瘤医院的医疗计划，确定了医疗放射性设备的数量。即本次评价内容为：对现有介入科配套辅助用房进行改造建设，新增 1 台 DSA 机项目。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，本项目应开展核技术应用项目环境影响评价。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号）可知，DSA 属于 II 类射线装置；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目为使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。因此，福建省肿瘤医院于 2025 年 3 月委托中辐环境科技有限公司对福建省肿瘤医院新增 1 台 DSA 机项目进行环境影响评价工作。

我公司接受委托后，派技术人员到现场进行调查和资料收集，在完成污染源分析等工作的基础上，结合本项目的特点，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关要求编制完成了《福建省肿瘤医院新增 1 台 DSA 机项目环境影响报告表》。本次环境影响评价是建立在相关审查机构对项目建筑结构安全审查合格的基础上，重点对项目在施工和运营过程中可能产生的环境影响进行分析，并在此基础上提出相应的环境保护措施，为生态环境主管部门和建设单位提供环境保护管理的依据。

1.2.2 评价目的

本项目评价目的主要包括以下几个方面：

1. 对辐射活动场所周边进行辐射环境现状水平监测，以掌握辐射活动场所的辐射环境现状水平。

2. 分析项目运行过程中产生的辐射影响，预测辐射工作人员和公众所受的年有效剂量。

3. 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

4. 分析本项目是否满足国家和地方生态环境主管部门对核技术利用建设项目环境管理规定的要求，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

1.3 项目选址及周边环境保护目标

1.3.1 医院外环境关系

福建省肿瘤医院位于福建省福州市福马路 420 号，医院北侧为盛辉物流集团，东侧为鼓一村民居、鼓一党群服务中心以及鼓一花园小区，南侧为福马路及临街商铺，西侧为后浦路。医院主入口位于福马路，内科大楼位于医院北侧，本项目位于内科大楼 3 层东南角。

1.3.2 本项目外环境关系

本项目 DSA 机房位于内科大楼 3 层，内科大楼位于医院北侧。内科大楼东侧为内部道路及东侧围墙，内科大楼北侧为地上停车场及北侧围墙，内科大楼西侧为内部道路及西侧围墙，内科大楼南侧为地上停车场及综合楼施工临时住房。

1.3.3 本项目周围环境关系

本项目 DSA 机房位于内科大楼 3 层东南角，本项目拟建位置东侧临空，南侧为污物处理间、配药间、设备间等辅助用房，西侧为导管室和女更衣室，北侧为控制室（与现有 DSA 检查室 1 共用），拟建 DSA 机房楼上为设备层（3F 与 4F 的夹层），拟建 DSA 机房楼下（2F）为分子病理研究室，拟建 DSA 机房正下方为其数据中心办公室及组织库。

福建省肿瘤医院地理位置详见图 1.3-1，医院平面布置及周边关系详见图 1.3-2 所示，内科大楼平面布置详见图 1.3-3~图 1.3-7 所示，医院现场照片详见图 1.3-8 所示。

表 1.3-1 本项目拟建位置六面布局一览表

辐射场所	东侧	南侧	西侧	北侧	正上方	正下方
本项目 DSA 机房 拟建位置	临空	污物间、配 药间等	导管室、 女更衣室	控制室	设备层	数据 中心办 公室、组 织库

1.3.4 “三线一单”符合性分析

根据《福建省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》（闽政〔2020〕12 号）和《福州市生态环境局关于发布福州市 2024 年生态环境分区管控动态更新成果的通知》（榕环保综〔2025〕1 号），本项目“三线一单”符合

性判定情况详见表 1.3-2 所示, 福州市三区三线详见图 1.3-9 所示, 福州市生态环境管控单元图详见图 1.3-10 所示。

表 1.3-2 本项目“三线一单”符合性分析一览表

生态保护 红线	根据《福州市生态环境局关于发布福州市 2024 年生态环境分区管控动态更新成果的通知》(榕环保综〔2025〕1 号), 本项目位于福建省肿瘤医院内科大楼内, 属于公共服务设施用地, 不处于福州市生态保护红线范围内, 符合福州市生态保护红线要求。
资源利用 上线	本项目运营过程中会消耗一定量的水、电资源, 主要来自工作人员的日常生活用水和设施用电, 但项目规模小, 资源消耗量相对区域资源利用总量较少, 符合资源利用上线要求。
环境质量 底线	经现场检测, 本项目 DSA 机房拟建址及周围环境的辐射本底水平未见异常。经辐射环境影响预测, 本项目运营过程中产生的电离辐射, 经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。项目无放射性废气、废水和固体废弃物产生, DSA 机运行时产生的少量氮氧化物和臭氧, 通过机械通风可满足相关要求, 符合环境质量底线要求。
环境准入 清单	本项目位于福建省肿瘤医院内科大楼内, 涉及“晋安区重点管控单元 1 (编码: ZH35011120002)”为重点管控单元, 本项目为核技术利用建设项目, 主要为医疗放射诊断和介入治疗, 不涉及任何生产和制造内容, 不新增二氧化硫和 VOCs 等污染物排放。符合环境准入清单要求。

1.3.5 选址合理性分析

本项目位于福建省肿瘤医院内科大楼地上 3 层东南角, 拟建位置目前为介入科配套辅助用房, 本次建设不新增用地, 项目用地属于医疗卫生用地。内科大楼为独栋建筑, 地上 12 层、地下 1 层, 本项目位于 3 层的介入科。本项目建设有独立的固定机房, 周围无环境制约因素。本项目拟建机房周边 50m 评价范围内环境敏感目标主要为鼓一村民居、鼓一党群服务中心、医院 12#宿舍楼、综合楼施工临时住房, 不涉及儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域, 或人员流动性大的商业活动区域, 无学校敏感点。本项目拟建的 DSA 机房已设置有相应的屏蔽防护措施, 根据环境影响分析可知, 经辐射屏蔽措施后, 本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。

综上所述, 本项目选址充分考虑了邻近周围场所的防护和安全。从辐射场所的楼层平面布局可知, 各辐射场所与其配套单元间功能布局分区明确, 不相互穿插、干扰, 本项目选址合理。

1.4 建设的必要性

介入治疗技术是融合了影像诊断和临床治疗等多专业、多层次的综合技术结

构体，介入治疗全程在影像设备的引导和监视下进行，能够直接到达病变局部位置，因此具有准确、安全、高效、创伤小、并发症少等优点，现已成为全身血管性疾病及肿瘤的首选治疗方法，在治疗方案构成中具有其必要性和重要性。为满足就诊患者对介入治疗日益增长的需求，缓解医院的治疗压力，福建省肿瘤医院拟在内科大楼3层东南角新增1台DSA机，用于开展医疗、教学、科研，提高医疗服务体系水平，为病人提供更方便、快捷、专业的治疗，更好的服务于社会。

因此，本项目建设是十分必要的。

1.5 实践的正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

介入治疗技术具有准确、安全、高效、创伤小、并发症少等优点，对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.6 产业政策符合性

本项目属于核技术在医学领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录》(2024年本)(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号)，本项目属于“鼓励类”中“十三、医药”中的“4、…高性能医学影像设备，高端放射治疗设备…”以及“三十七、卫生健康”中的“1、…医疗卫生服务设施建设…”项目，因此本项目的建设是符合国家产业政策的。

图 1.3-1 本项目地理位置图

图 1.3-2 本项目周边环境示意图及评价范围图

图 1.3-3 福建省肿瘤医院内科大楼 2 层（局部）平面布置图

图 1.3-4 福建省肿瘤医院内科大楼 3 层（局部）平面布置图

图 1.3-5 福建省肿瘤医院内科大楼设备层（局部）平面布置图

图 1.3-6 福建省肿瘤医院内科大楼 4 层（局部）平面布置图

图 1.3-7 福建省肿瘤医院内科大楼立面图（局部）

图 1.3-8 本项目现场照片

图 1.3-9 福州市三区三线图

图 1.3-10 福州市生态环境管控单元图

1.7 原有核技术利用项目许可情况

1.7.1 原有核技术利用项目辐射安全许可证情况

福建省肿瘤医院现有辐射活动已取得由福建省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（见附件 4），证书编号：闽环辐证[00185]；发证日期：2025 年 4 月 30 日；有效期至：2029 年 10 月 21 日；许可的种类和范围：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。

福建省肿瘤医院自建立以来，已建设完成直线加速器、后装治疗机、DSA、CT、TOMO、PET/CT、SPET/CT 等多个核技术利用项目，所有核技术利用项目均已履行相关的环保手续，经与福建省肿瘤医院核实，目前医院所有核技术利用项目的环保手续履行情况详见表 1.7-1~表 1.7-3 所示。

表 1.7-1 医院已许可密封源一览表

序号	核素	活度(Bq)×枚数	活动种类和范围	工作场所名称	环评情况	验收情况	备注
1	Ir-192	3.7E+11×1 枚	使用 III类放射源	1号妇科后装机机房	2006.3.27 ^a	闽环辐验〔2014〕18号	正常使用
2	Ir-192	3.7E+11×1 枚		2号妇科后装机机房			正常使用
3	Ir-192	3.7E+11×1 枚		放疗中心三楼 1号后装机机房	闽环辐评〔2022〕17号	在建, 未验收	/
4	Ir-192	3.7E+11×1 枚		放疗中心三楼 2号后装机机房			
5	Na-22	3.7E+06×1 枚	使用 V类放射源	核医学科	闽环辐评〔2012〕52号 ^b	闽环辐验〔2014〕18号	正常使用

注: a—原福建省环保局审批项目批文无文号, 下同;
b—Na-22 为 PET-CT 自带校准源。

表 1.7-2 医院已许可非密封放射性物质一览表

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日有效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	环评情况	验收情况	备注
1	核医学科	乙级	F-18	3.7E+08	9.25E+12	闽环辐评〔2012〕52号	闽环辐验〔2014〕18号	正常使用
2	核医学科	乙级	Tc-99m	3.7E+08	9.25E+12			
3	核医学科	乙级	I-131	1.1E+09	1.15E+12	闽环辐评〔2014〕34号	自主验收	正常使用
4	I-125 病房	乙级	I-125 粒籽源	3.7E+07	4.44E+11			
5	核医学科	乙级	Y-90	3.0E+08	3.0E+11	辐射影响分析报告	/	正常使用
6	介入科	乙级	Y-90	2.5E+08	2.5E+11	闽环辐评〔2022〕34号	自主验收	正常使用
7	介入科	乙级	Tc-99m	1.85E+05	1.85E+10			正常使用
8	核医学科	乙级	Tc-99m	2.775E+07	6.938E+12	闽环辐评〔2024〕29号	在建, 未验收	未投运

表 1.7-3 医院已许可射线装置一览表

序号	设备名称	规格型号	位置	类别	环评情况	验收情况	备注	
1	直线加速器	ELEKTA Compact	放疗中心 1 楼 3 号机房	II	闽环辐评 (2012) 52 号	闽环辐验 (2014) 18 号	拟淘汰	
2	直线加速器	ELEKTA Axesse	放疗中心 1 楼 4 号机房	II			正常使用	
3	直线加速器	ELEKTA VMAT	放疗中心 1 楼 6 号机房	II			正常使用	
4	回旋加速器	SUMITOMO(HM-10)	影像楼 1 楼	II			正常使用	
5	直线加速器	ELEKTA Synergy	放疗中心 1 楼 5 号机房	II	2007.02.02		正常使用	
6	直线加速器	TrueBeam	放疗中心 1 楼 1 号机房	II	闽环辐评 (2021) 4 号	自主验收	正常使用	
7	TOMO	安科锐 HD	放疗中心 1 楼 2 号 TOMO 机房	II	由原 ELEKTA Compact 变更	自主验收	正常使用	
8	DSA	飞利浦 UNIQ FD20	外科大楼 3 楼*	II	闽环辐评 (2018) 18 号	自主验收	正常使用	
9	数字胃肠机	飞利浦 EssentaRC	影像楼 2 楼	III	闽环辐评 (2021) 52 号	闽环辐验 (2014) 18 号	正常使用	
10	CT	东芝 Aquilion	影像楼 3 楼	III			正常使用	
11	CT	飞利浦 Brilliance ICT	门诊大楼 1 楼	III	已备案		正常使用	
12	乳腺钼靶机	GE Senograph DS	影像楼 4 楼	III	闽环辐评[2012]52 号		正常使用	
13	模拟定位机	核通 Simulix-HQ	放疗中心 1 楼	III			正常使用	
14	CT 模拟定位机	飞利浦 Bigbore	放疗中心 1 楼	III			正常使用	
15	CT 模拟定位机	飞利浦 Brilliance CT	放疗中心 1 楼	III	已备案		正常使用	
16	体检 X 线机	X1600	门诊大楼 4 楼	III	闽环辐评 (2012) 52 号	闽环辐验 (2014) 18 号	正常使用	
17	牙科 X 光机	Expert DC	门诊大楼 3 楼	III			正常使用	
18	PET/CT	飞利浦 GEMI	影像楼 1 楼	III			正常使用	
19	SPET/CT	GE Lifinia VC Hawkey	影像楼 1 楼	III			正常使用	
20	高频移动 X 光机	Mobile Dart Evolution	全院使用	III			正常使用	
21	高频移动 X 光机	锐柯 DRX-Revolution	全院使用	III	已备案		正常使用	
22	移动 C 臂机	西门子 Cios Selec S5	诊疗大楼 5 楼	III	已备案	/	正常使用	

23	DR	Digital Diagnose	放疗中心 2 楼	III	已备案	/	正常使用
24	DR	GE Definium 6000 型	影像楼 4 楼	III	已备案	/	正常使用
25	CT	Revolution 型 CT	外科大楼 1 楼*	III	已备案	/	正常使用
26	CT	Revolution	影像楼 1 楼	III	已备案	/	正常使用
27	GE 乳腺机	GE Senographe Essential	影像楼 4 楼	III	已备案	/	正常使用
28	数字肠胃机	CombiDiagnost R90	影像楼 3 楼	III	已备案	/	正常使用
29	医用直线加速器	待定	放疗中心 1 楼 7 号机房	II	闽环辐评〔2022〕17 号	在建, 未验收	未投运
30	医用直线加速器	待定	放疗中心 1 楼 8 号机房	II			未投运
31	射波刀	待定	放疗中心 2 楼射波刀机房	II			未投运
32	TOMO	待定	放疗中心 2 楼 TOMO 机房	II			未投运
33	TOMO	Accuray Radixact Treatment De	放疗中心 1 楼 3 号 TOMO 机房 (原 3 号加速器机房)	II	闽环辐评〔2022〕26 号	在建, 未验收	未投运

注: 外科大楼即如今的内科大楼(9号楼)。

1.7.2 辐射工作人员培训、职业健康监护和个人剂量监测档案情况

福建省肿瘤医院现有辐射工作人员共计 365 人（截止 2025 年 3 月），医院已建立辐射工作人员培训、职业健康监护和个人剂量监测档案，根据医院提供的相关档案记录可知：

（1）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培训平台的相关培训，并通过考核，取得合格证书（部分辐射工作人员培训合格证书见附件 9）。

（2）根据福建省肿瘤医院 2023 年、2024 年出具的职业健康检查总结报告（闽能职健检[2023]第 333 号和闽能职健检[2024]第 3 号），福建省肿瘤医院辐射工作人员进行体检人数共计 315 人，其中超声异常 1 人，心电图异常 1 人，眼科异常 2 人，血常规异常 6 人，胸片未检 1 人；据院方介绍，经复查后，上述 11 人中有 5 人可继续原辐射工作，其余 6 人已调整至其他非放射工作；另外 304 人检查结果均未发现放射工作职业禁忌症，可继续原放射工作。

（3）福建省肿瘤医院已为全体辐射工作人员配备了个人剂量计，由专人负责收集个人剂量计，并委托有资质单位承担个人剂量监测工作，监测周期为 90 天。根据浙江建安检测研究院有限公司提供的《福建省肿瘤医院放射工作人员个人剂量监测报告》（2024 年 01 月至 2025 年 01 月），辐射工作人员个人剂量监测统计结果中年总有效剂量最大值为 0.65mSv（余文昌，男，介入放射学），低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员剂量管理值 5mSv/a 的要求。

1.7.3 辐射工作场所监测情况

在设备正常运行状态下，医院每月均对辐射工作场所进行巡测；此外，院方每年委托有监测资质的单位对工作场所及周围辐射环境剂量率进行监测，监测频次为 1 次/年，并将巡测和监测数据记录存档。根据医院 2024 年度辐射工作场所监测报告，院内各辐射场所监测均未出现超标情况。

1.7.4 辐射监测仪器及防护用品配备情况

福建省肿瘤医院为医护人员和受检者配备了必要的个人防护用品，具体放射防护用品清单详见表 1.7-4 所示。

表 1.7-4 医院辐射监测仪器及防护用品配备情况一览表

序号	放射防护用品名称	规格型号	数量
1	Matrix 调强剂量验证仪	/	1
2	UNIDOS 绝对剂量测量仪	/	1
3	X- γ 射线报警仪	SB-1	7
4	X 射线防护帘	/	2
5	标准侧防型防护眼镜	EW60 型	20
6	表面污染仪	inspector exp	4
7	单面防护围裙	0.35mmPb	4
8	防辐射护围领（铅围脖）	T150	20
9	防辐射屏风	/	2
10	防辐射铅帽（系带型）	HB51	20
11	防护短围裙	0.35mmPb	8
12	防护短袖围裙	/	4
13	防护面罩	M210	4
14	防护裙	PCO6	4
15	防护围脖	直领	4
16	个人防护报警仪	SB-1	5
17	个人剂量报警仪	/	24
18	铅帽	HB51	14
19	铅手套	0.35mmPb	6
20	铅毯	0.35mmPb	6
21	铅围脖	T150	14
22	铅围裙	/	6
23	铅眼镜	/	10
24	铅衣	/	33
25	射线防护眼镜	C 型	2
26	射线防护衣	/	4
27	儿童用个人防护用品	/	1
28	个人剂量计	/	365

1.7.5 辐射工作管理情况

医院日常按照制定的一系列规章制度开展辐射工作管理，按时提交年度安全评估报告；建立个人剂量计档案和职业健康体检档案，并指定专人管理，定期委托有资质的单位开展个人剂量计检测、组织辐射工作人员进行职业健康体检；医院安排责任科室日常定时巡查、检测设备性能，据调查，截至目前，福建省肿瘤医院使用的射线装置正常运行，未发生辐射事故；院方已制定本年度辐射应急演练计划，并适时开展。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(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 机	II类	1 台	待定(单球管)	125	1000	放射诊疗/介入治疗	内科大楼 3 层	新增

(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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	通过送排风系统引至内科大楼顶排放, 臭氧在 20min~30min 内可自动分解, 弥散在大气环境中。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(修订版), 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》(2018 年修正版), 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》, 2003 年 10 月 1 日起实施;</p> <p>(4)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(修订版), 国务院令第 709 号, 2019 年 3 月 18 日起施行;</p> <p>(5)《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订), 2017 年 10 月 1 起实施;</p> <p>(6)《关于发布<射线装置分类>的公告》, 环境保护部、国家卫生和计划生育委员会, 公告 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 5 日;</p> <p>(7)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》, 生态环境部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环保部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>(9)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版), 生态环境部令第 20 号, 自 2021 年 1 月 4 日起施行;</p> <p>(10)《放射工作人员职业健康管理规定》, 2007 年 11 月 1 日;</p> <p>(11)《产业结构调整指导目录(2024 年本)》, 中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号, 自 2024 年 2 月 1 日起施行;</p> <p>(12)《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局, 环发[2006]145 号, 2006 年 9 月 26 日;</p> <p>(13)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令第 9 号, 2019 年 11 月 1 日起施行;</p> <p>(14)《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》, 生态环境部公告 2019 年第 39 号, 2019 年 10 月 25 日生成;</p> <p>(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, 2020 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(16)《突发环境事件应急管理办法》(环境保护部令第 34 号, 2015 年 6 月 5</p>
------------------	---

	<p>日起实施);</p> <p>(17)《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,2013年3月15日印发。</p>
技术标准	<p>(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016);</p> <p>(2)《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(4)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(5)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021);</p> <p>(6)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(7)《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020);</p> <p>(8)《医用血管造影X射线机专用技术条件》(YY/T0740-2022);</p> <p>(9)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(10)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);</p> <p>(11)《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。</p>
其他	<p>(1)项目委托书(见附件1);</p> <p>(2)福建省肿瘤医院提供的建筑结构设计图以及与建设项目相关的技术资料;</p> <p>(3)福建省肿瘤医院放射防护相关制度、个人剂量检测报告等相关资料;</p> <p>(4)福建省肿瘤医院辐射安全许可证;</p> <p>(5)《中国环境天然放射性水平》(原子能出版社出版,2015年);</p> <p>(6)现状监测报告;</p> <p>(7)辐射工作人员培训合格证书;</p> <p>(8)其它技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目使用 II 类射线装置，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) 的要求，“射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）...”，根据本项目特点，本项目辐射环境评价范围确定为 DSA 机房实体屏蔽物外 50m 范围内，见图 1.3-2。

7.2 保护目标

根据现场调查和图 1.3-2 可知，本项目 DSA 机房周围 50m 范围内的环境敏感点为医院综合楼施工临时住房、12#宿舍楼、鼓一党群服务中心、鼓一村民居，环境保护目标主要是医院综合楼施工人员、12#宿舍楼的职工、鼓一党群服务中心工作人员、鼓一村居民、本项目辐射工作人员、医院的其他医护人员、患者及其陪同家属等流动人员。本项目环境保护目标情况见表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标	方位	场所	距离机房 最近距离	规模	保护要求
辐射工作人员	北侧	控制室	紧邻	4 人	年有效剂量 超过 5mSv
	DSA 机房 内	检查室 2	距 DSA 球管 不低于 0.5m	3 人	
公众	北侧	医生通道	紧邻	约 8 人	年有效剂量 不超过 0.1mSv
	西侧	导管室、 女更衣室	紧邻	流动人群	
	南侧	污物处理间、设 备间等	紧邻	约 10 人	
	楼上(夹层)	设备层	紧邻	约 2 人	
	楼上(4F)	日间科主任办 公室、介入科办 公室等	≥3.7m	约 10 人	
	楼下(2F)	数据中心办公 室及组织库	紧邻	约 10 人	
综合楼施工人员	西南侧	施工临时住房	≥45m	约 20 人	
12#宿舍楼职工	东南侧	12#宿舍楼	≥32m	约 100 人	
鼓一党群服务 中心工作人员	东侧	鼓一党群 服务中心	≥33m	约 20 人	

鼓一村居民	东北侧	鼓一村民居	$\geq 24m$	约 5 人	
患者及其陪同家属等流动人员	DSA 机房周围 50m 范围内	医院内	$\geq 0.3m$	流动人群	

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的相关规定，在实践过程中，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作为任何追溯性平均），20mSv。实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

在环境影响评价中，出于“防护与安全的最优化”原则，对于某单一项目的剂量控制，可以取剂量限值的几分之一进行管理，本项目辐射工作人员的剂量约束值取年平均有效剂量四分之一，即不超过 5mSv/a。对于单个伴有辐射的“实践”项目，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）。根据项目及周围环境状况，本项目对公众照射的剂量约束值取每年 0.1mSv。

本项目辐射环境影响评价标准具体见表 7.3-1 所示。

表 7.3-1 本项目辐射环境影响评价标准 单位：mSv/a

分 类	《GB18871-2002》剂量限值	本次评价剂量约束值
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 线设备机房布局

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

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

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设

备的布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、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（即表 7.3-2）的规定。

表 7.3-2（表 2） X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d	机房内最小单边长度 ^e
单管头 X 射线设备 ^b (含 C 形臂、乳腺 CBCT)	20m ²	3.5m

^b—单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。
^d—机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。
^e—机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

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（即表 7.3-3）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 7.3-3（表 3） 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 型臂	2.0	2.0

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即表 7.3-3）的要求。

6.2.4 距 X 射线设备表面 100cm 处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时且 X 射线设备表面与机房墙体距离不小于 100cm 时，机房可不作专门屏蔽防护。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

6.4 X 射线设备工作场所防护

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

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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

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

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（即表 7.3-4）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

表 7.3-4（表 4） 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射 检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护 设施
介入 放射学 操作	铅橡胶围裙、铅橡胶 颈套、铅防护眼镜、 介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护 帘、床侧防护帘/床侧 防护屏、辐射剂量率仪 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	--

注 1：“--”标识不作要求。
注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介 防护手套。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

7 X 射线设备操作的防护安全要求

7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求

7.8.1 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备应满足其相应设备的防护安全操作要求。

7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。

7.8.3 除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。

7.3.3 本项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等要求，本项目确定的管理目标如下：

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。

其余标准要求见表 7.3-5 所示。

表 7.3-5 本项目 DSA 机房建设内容相关评价标准一览表

工作场所	控制区外 30cm 处	机房要求
DSA 机房	具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h；具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h。	C 形臂 X 射线设备机房有用线束方向铅当量应不小于 2.0mmPb；非有用线束方向铅当量应不小于 2.0mmPb；机房内最小有效使用面积不小于 20m ² ，最小单边长度不小于 3.5m。
标准来源	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	

7.3.4 其他相关环保标准

（1）大气污染物排放标准

施工期大气污染物执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中的标准，标准限值见表 7.3-6。

表 7.3-6 大气污染物排放限值（摘录）

序号	污染物	无组织排放浓度限值	
		监控点	浓度 (mg/m ³)
1	颗粒物	周界外浓度最高点	1.0

(2) 噪声排放标准

项目施工期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，标准限值见表 7.3-7。

表 7.3-7 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位: dB(A)

昼 间	夜 间
70	55

表 8 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地的辐射环境质量现状, 医院评价委托浙江建安检测研究院有限公司于 2025 年 3 月 5 日对本项目工作场所及其周围环境进行 γ 辐射剂量率背景水平调查。

8.1 项目地理位置和周边环境

福建省肿瘤医院位于福建省福州市福马路 420 号, 医院北侧为盛辉物流集团, 东侧为鼓一村民居、鼓一党群服务中心以及鼓一花园小区, 南侧为福马路及临街商铺, 西侧为后浦路。

本项目辐射工作场所位于福建省肿瘤医院内科大楼 3 层, 内科大楼位于医院内北侧, 内科大楼北侧为地上停车场, 东侧为医院围墙, 南侧为地上停车场及施工临时住房, 西侧为医院围墙及盛辉物流集团。

本项目 DSA 机房位于内科楼 3 层东南角, 北侧为控制室(共用)及已建并投入运行的 DSA 机房 1, 东侧临空, 南侧为污物处理间、配药间、设备间等辅助用房, 西侧为导管室、女更衣室, 拟建 DSA 机房正上方为设备层(3F 与 4F 的夹层), 设备层正上方(4F)为日间科主任办公室、介入科办公室以及值班室, 拟建 DSA 机房正下方(2F)为数据中心办公室及组织库。

福建省肿瘤医院地理位置详见图 1.3-1, 医院平面布置及周边关系详见图 1.3-2 所示, 内科大楼平面布置详见图 1.3-3~图 1.3-7 所示, 医院现场照片详见图 1.3-8 所示。

8.2 环境现状评价对象、监测因子、监测方法

(1) 现状评价的对象: 本项目工作场所及周围环境辐射水平。

(2) 监测因子: γ 辐射空气吸收剂量率。

(3) 监测点位: 根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)中有关布点原则和方法, 并结合本项目 的实际情况, 对项目所在辐射工作场所周围布置 13 个监测点位, 本次监测在本项 目北侧检查室中的 DSA 机运行时和关机时的情况下分别进行监测, 监测点位见 表 8.2-1、图 8.2-1、图 8.2-2。

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

- (1) 监测单位: 浙江建安检测研究院有限公司。
- (2) 检测时间: 2025 年 3 月 5 日。
- (3) 监测方式: 现场监测。
- (4) 监测依据: 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021), 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。
- (5) 监测频次: 依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021), 每个点位测量 10 次, 取平均值。
- (6) 监测工况: 辐射环境本底, 监测时本项目北侧现有 DSA 设备未出束。
- (7) 环境条件: 气温 13.50°C, 湿度 55.6%RH, 晴。
- (8) 监测设备: 见表 8.3-1 所示。

表 8.3-1 监测使用的仪器一览表

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	automess
仪器编号	05037878
能量范围	38keV-7MeV
量 程	模拟量程: 10nSv/h-100 μ Sv/h; 数字量程: 1nSv/h-99.9 μ Sv/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
检定证书	2024H21-20-5449569001、2024H21-20-5449569002
检定有效期	2024 年 8 月 27 日~2025 年 8 月 26 日

8.3.2 质量保证措施

- (1) 监测单位: 浙江建安检测研究院有限公司已通过资质认定, 具有浙江省市场监督管理局颁发的资质认定证书, CMA 编号: 221112050970。在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告, 保证了监测工作的合法性和有效性。;
- (2) 监测布点质量保证: 根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 有关布点原则进行布点;
- (3) 监测仪器于 2024 年 8 月 27 日通过上海市计量测试技术研究院及华东国家计量测试中心, 证书编号: 2024H21-20-5449569001、2024H21-20-5449569002, 检定有效期一年, 监测期间监测仪器仍处于有效期内;

(4) 测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好，并用检验源对仪器进行校验；

(5) 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；

(6) 监测现场由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录；

(7) 检测报告严格实行三级审核制度，经报告编制人、审核人、签发人审核签字后报出。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状监测结果详见表 8.3-2 所示。

表 8.3-2 本项目拟建场所及周边 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果一览表

检测点位 编号	检测点位描述	检测结果 (nGy/h)	备注
1#	检查室 2 中心	112±3	室内
2#	检查室 2 北侧控制室	94±2	室内
3#	检查室 2 北侧医生通道	97±2	室内
4#	检查室 2 西侧导管室	105±2	室内
5#	检查室 2 西侧女更衣室	105±2	室内
6#	检查室 2 南侧污物处理间	105±2	室内
7#	检查室 2 南侧配药间	126±2	室内
8#	检查室 2 南侧设备间	125±2	室内
9#	检查室 2 上方 (设备层)	104±1	室内
10#	检查室 2 上方 (介入科办公室)	107±1	室内
11#	检查室 2 下方 (数据中心办公室)	98±1	室内
12#	检查室 2 下方 (组织库 2)	109±1	室内
13#	施工临时住房东北侧	95±1	室外
14#	12#宿舍楼西北侧	103±1	室外
15#	鼓一党群服务中心西侧	108±1	室外
16#	鼓一村民居西南侧	112±2	室外

注：(1) 测量时探头距离地面约 1m；

(2) 每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；

(3) 环境 γ 辐射空气吸收剂量率=仪器读数平均值×仪器校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ×空气比释动能和周围剂量当量的换算系数×建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3 ×测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 0.86，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，测量点宇宙射线的响应值为 23nGy/h (监测地址：宁波东钱湖湖心水面，监测时间：2024 年 9 月 11 日)。

8.4 检测结果及评价

根据表 8.2-2 可知, 本项目 DSA 机房周边室内环境 (点位 1#~点位 12#) 的 γ 周围剂量当量率在 $94\text{nGy/h} \sim 126\text{nGy/h}$ 之间, 周边外环境 (点位 13#~点位 16#) 的 γ 周围剂量当量率在 $95\text{nGy/h} \sim 112\text{nGy/h}$ 之间。

根据《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 p390) 可知, 福建省福州市室内辐射环境本底范围值为 $89.9\text{nGy/h} \sim 231.0\text{nGy/h}$, 福建省福州市室外辐射环境本底范围值 $30.4\text{nGy/h} \sim 161.7\text{nGy/h}$ 。即本项目拟建地点的 γ 辐射水平处于当地天然辐射水平范围之内, 未见异常。

图 8.2-1 本项目辐射监测布点图 1

图 8.2-2 本项目辐射监测布点图 2

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 建设阶段工程分析

本项目建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，主要是施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。

1. 废气

本项目的环境空气影响主要是扬尘，扬尘来自防护屏蔽施工、材料运输和装卸等施工活动，由于扬尘多且分散，属无组织排放。

2. 噪声

本项目产生噪声的主要来自拟建 DSA 机房的防护屏蔽施工、装修和设备安装调试等阶段。施工场地的噪声对周围环境有一定影响，但随着施工期的结束而结束。

3. 废水

本项目废水主要是施工人员的生活污水和少量施工废水，依托医院现有的污水处理系统进行妥善处理。

4. 固体废物

本项目工程量小，产生的建筑垃圾和施工人员的生活垃圾很少，可妥善处理。

9.1.2 运行阶段工程分析

(1) 工作原理

DSA 是利用 X 射线进行摄影或诊疗的设备，产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，详见图 9.1-1。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，灯丝通电加热产生电子，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

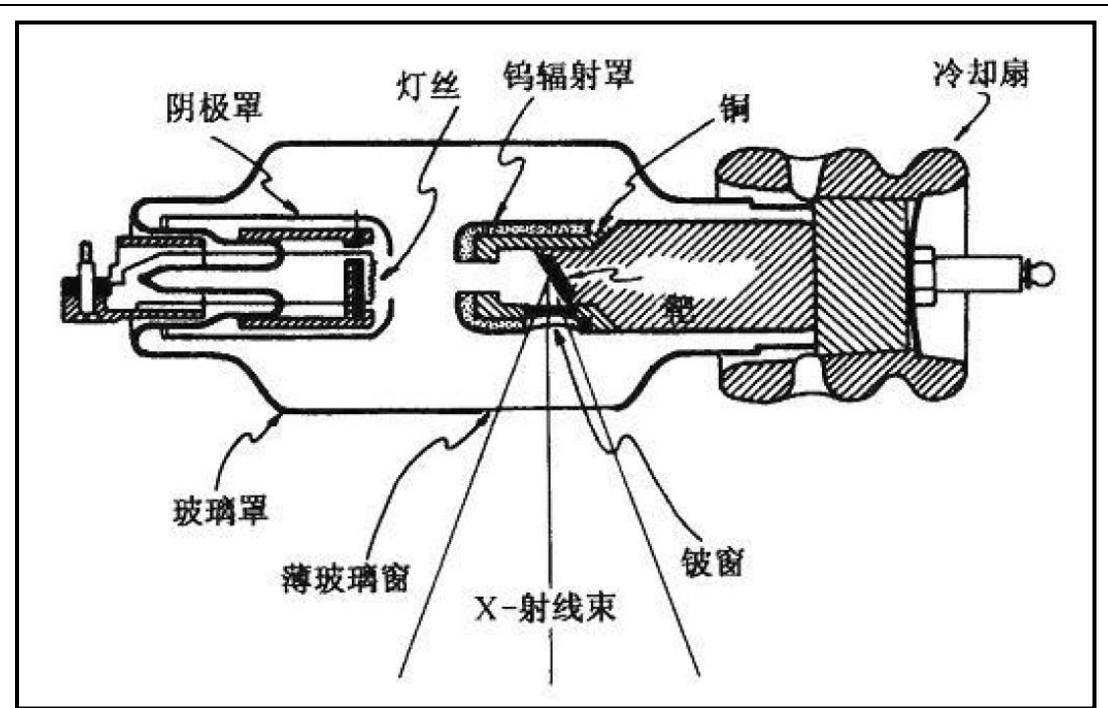


图 9.1-1 X 射线管结构及原理

数字平板减影血管造影机 (DSA) 是利用 X 射线技术和造影剂, 清晰显示血管影像, 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法。它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前, 先进行第一次成像, 用计算机将图像转换成数字信号储存起来; 注入造影剂后, 再次成像并转换成数字信号。两次数字相减, 消除相同的信号, 得到一个只有造影剂的血管图像。通过 DSA 处理的图像, 使血管的影像更为清晰和直观, 一些精细的血管结构亦能显示出来。主要用于心脏、脑血管、外周血管的造影诊断及介入治疗, 是心血管造影诊断及介入治疗的专用血管造影机。

(2) 设备组成

DSA 机是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法, 是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA 机主要组成部分包括带有直接数字 X 光成像板 (DR) 成像系统的 X 线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、操作台、干式激光相机。X 射线发生系统均位于平板图像接收器正对方向。DSA 机靶头位于 C 型臂上, C 型臂可自由全角度旋转, 手术时主射方向为由下往上。控制台集合控制系统和设备状态显示等功能, 位于操作间内。机房内控制装置一般为脚闸控制, 通过设备电缆引出、位于地面。DSA 机整体外观图详见图 9.1-2 所示。

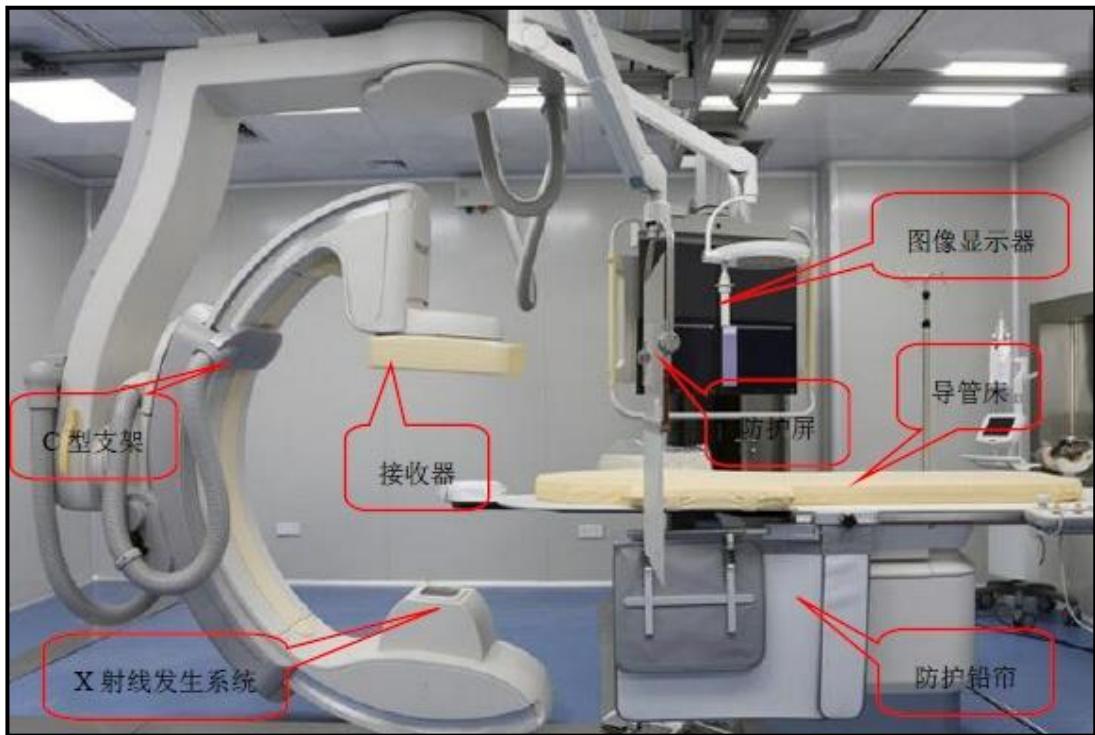


图 9.1-2 典型 DSA 机整体外观示意图

DSA 机基本设备包括 X 射线发生和显像系统、机械系统、图像数据采集和存储系统、计算机系统等，基本结构见图 9.1-3。

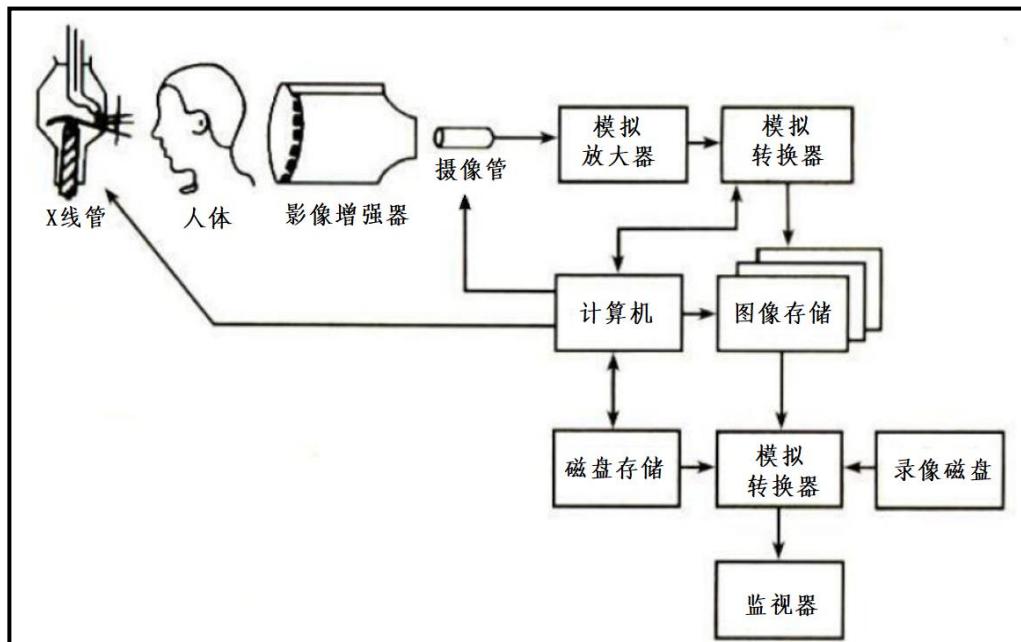


图 9.1-3 DSA 机基本结构示意图

(3) 操作流程

介入放射手术的主要工作流程如下：

- ① 根据预约接诊患者，医护人员做好手术前洁净准备，并穿戴好防护用品；

- ② 根据患者检查部位，选择合适的曝光条件进行影像采集；
- ③ 医生在透视条件下插入导管，注入造影剂进行检查或进行介入治疗；
- ④ 注入造影剂后需再次进行影像采集，影像采集或介入治疗完成后由工作人员协助患者离开介入手术室。

DSA 机在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况：透视。病人需要进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后，身着铅服、铅眼镜等防护措施在机房内对病人进行直接的介入手术操作。

第二种情况：摄影。医技人员在控制室内对病人进行曝光（隔室操作），通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。一般用于介入手术期间的图像保存及单独的血管造影拍片，占 DSA 实际工作中的时间比例较小。

工作流程及产污环节见图 9.1-4。

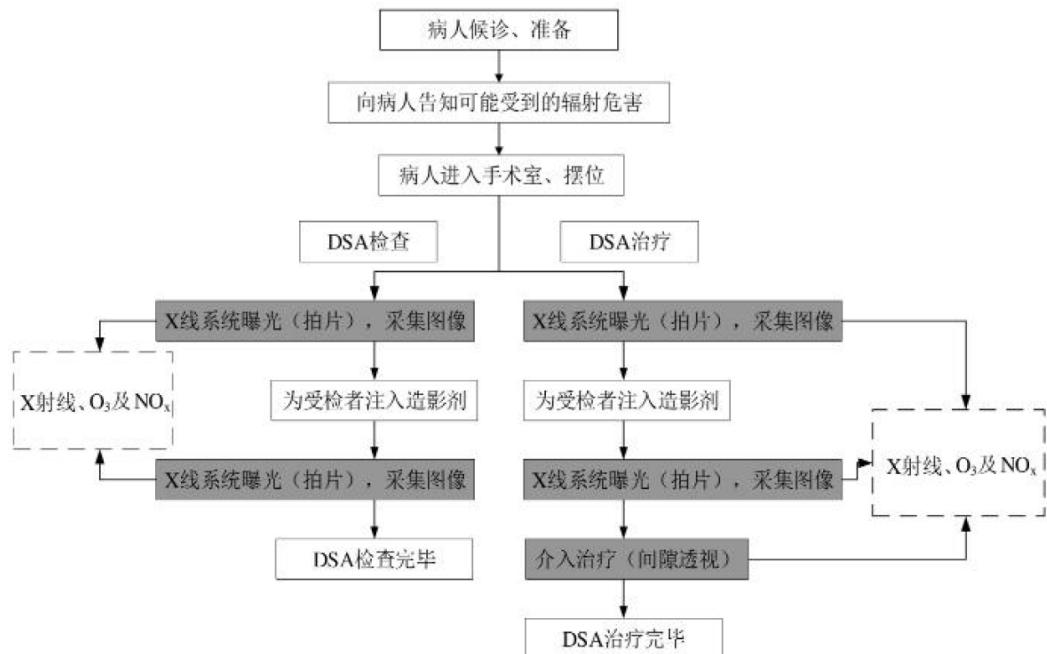


图 9.1-4 DSA 机工作流程图及产污环节

(4) 本项目预计工作量（手术量）

根据院方提供的资料，预计本项目 DSA 机每年进行手术约 2000 台，每台手术一般包括透视和摄影，透视时间和摄影时间因手术类型、病变复杂程度、术者经验及患者个体差异等因素存在显著差异，本项目拟进行的介入治疗多为血管栓

塞化疔术、动脉灌注化疗术、射频消融术等，参照医院现有 DSA 机运行经验，透视时间一般在 4min~5min，摄影时间一般在 1min~2min，因此本次评价采取保守估计，每台手术透视 5min，摄影 2min；即本项目 DSA 年透视时间 10000min（约 166.67h），摄影时间 4000min（66.67h）。

本项目 DSA 装置拟配置辐射工作人员 8 人，包括手术医生 4 人，护士 2 人，技师 2 人。介入手术一般有 1~2 名医生在机房内，按 2 名医生同时在机房考虑，则平均每名医生介入手术量为 1000 台，由于单名医生操作精力有限，单名医生年最大介入手术量保守按照 800 台考虑。护士在手术过程中承担记录手术情况、传递医疗器械及辅助医生手术的工作，一般情况下手术室内 1~2 名护士在岗，单名护士年最大介入手术量保守按 100 台考虑。在手术过程中，一般 2 名技师同时位于控制室隔室操作，单名技师年最大介入手术量保守按 2000 台考虑。本项目 DSA 最大工作负荷详见表 9.1-1 所示。

表 9.1-1 本项目 DSA 工作负荷一览表

装置名称	工作状态	平均手术最长出束时间	年手术量	设备年出束时间	单个医护人员年最大受照时间	单个技师年最大受照时间	总出束时间
DSA	摄影	2min	2000 台	66.67	66.67	66.67	233.34
	透视	5min		166.67	83.34	166.67	

9.2 污染源项描述

9.2.1 建设阶段的污染源项

本项目拟在内科大楼 3 楼介入科配套附属用房的墙体（四周和顶棚）结构基础上拆除重建门、窗，增加硫酸钡砂防护涂料、加装铅防护门、铅观察窗等以满足介入手术室的屏蔽防护需求。本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，产生的环境影响主要是 DSA 机房施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，施工期短，只要合理安排施工秩序和施工时间，本项目对周围敏感点的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

（1）废气

本项目的环境空气影响主要是扬尘，由散装水泥和建筑材料运输等施工活动产生。本项目工程量小，产生的扬尘量很小。

（2）噪声

本项目产生噪声的主要施工机械、运输及现场处理等。噪声值一般在65dB(A)~80dB(A)之间，施工场地的噪声对周围环境有一定影响，但随着施工期的结束而结束。

（3）废水

本项目废水主要是施工废水和生活污水，依托主体工程污水处理设施处理。

（4）固体废物

本项目工程量小，产生的施工人员生活垃圾、建筑垃圾很少，依托主体工程处理措施，可妥善处理。

9.2.2 运行阶段污染源项

本次项目数字平板减影血管造影机（DSA）属于Ⅱ类射线装置。采用X射线进行放射诊断的设备，其主要放射性污染因子为X射线对公众及放射性工作人员的外照射。项目运行期没有放射性的废气、废水和固体废弃物产生。

（1）正常工况

①X射线

DSA机房内，在隔室操作、设备安全和防护硬件及个人防护措施到位的正常情况下进行出束操作，当电子轰击与靶物质发生作用产生辐射X射线，X射线主束、泄漏辐射或散射辐射对手术职业人员、病患产生照射，以及上述辐射产生的贯穿辐射对周围环境和人员产生外照射影响，这种X射线随机器地开、关而产生和消失。

X射线装置产生X线的照射量率与管电压和管电流有关，一般管电流增加照射量率也将增加。当采用较大管电流时，开机时间将缩短至零点几秒，因此，总照射量不会有明显的增加。X射线装置受开机和关机控制，关机时没有射线发出。

②非放射性污染

X射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于该项目血管造影仪工作时的管电压、管电流较小，产生的臭氧和氮氧化物也较少，只要确保本项目DSA机房保持良好的通排风，产生的臭氧和氮氧化物对机房内外环境影响较小。

（2）事故工况

1.事故性出束:

①当警示灯、门灯联锁损坏时，公众、检查管理人员或检修维护人员在 DSA 开机状态下误入介入手术室。DSA 运作异常造成介入手术室外剂量超标，造成人员在不知情的情况下在介入手术室周围活动，致使人员所受剂量超标。

②DSA 在不停机和铅门破损未及时维修情况下，给周围活动人员及辐射工作人员造成额外的照射。

2.人员误留情况:

因违章操作，控制室操作人员在病人及医护人员未撤离机房时进行曝光，给病人及医护人员造成额外的照射。

3.人体受超剂量照射事故:

进行介入手术的医护人员未穿戴铅衣等个人防护用品而受到不必要的照射，没有为患者穿戴个人防护用品而受到不必要的照射。

4.治疗照射未及时停止:

在治疗结束后，治疗设备不能正常停止曝光，给病人及医护人员造成额外的照射。

5.紧急停止开关失灵:

在发生事故时，紧急停止开关失灵，给病人及医护人员造成额外的照射。

本项目中使用的 DSA 为数字化显影设备，不会产生废显影水、定影水，因此不存在污水污染的问题。

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

(1) 工作场所布局

本项目拟建的 DSA 机房位于内科大楼 3 层东南角，与现有已建成并运行的 DSA 机房（兼做 Y-90 微球植入治疗场所，属于乙级场所）呈现南北并列分布，且共用一个控制室，由北向南依次为现有 DSA 机房配药间及设备间→现有 DSA 机房→控制室（共用）→本项目 DSA 机房→本项目 DSA 机房污物处理间、配药间及设备间。

本项目 DSA 机房东侧临空，南侧为本项目污物处理间、配药间及设备间，西侧为导管室、女更衣室，北侧为控制室（与现有 DSA 机房共用），楼下为数据中心办公室及组织库，楼上为设备层，设备层上方为介入科办公室及日间科主任办公室。

本项目及楼上、楼下平面布置情况以及内科大楼立面布置情况详见图 1.3-3~1.3-7 所示。

本项目 DSA 机房平面布局与《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关要求的符合性分析详见表 10.1-1 所示。

表 10.1-1 本项目 DSA 机房平面布局情况及符合性分析一览表

序号	《GBZ130-2020》要求	本项目情况	结果
1	应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	本项目 DSA 射线装置有用线束直射机房顶部和墙体，机房内布局已避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	符合
2	X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	根据本次评价分析，经采取辐射屏蔽措施后，本项目 DSA 机房以及在叠加现状的情况下对周围环境产生的辐射影响是可接受的。	符合
3	每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。	本项目拟安装 1 台 DSA 机，设置有独立的机房，机房满足布局要求。	符合
4	对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效面积、最短单边长度应符合规定。	本项目 DSA 机房最小有效面积均为 40.5m^2 ，最短单边长度为 4.85m；满足最小有效面积 20m^2 和最短单边长度 3.5m 的要求。	符合

5	电动推拉门宜设置防夹装置。	本项目机房电动推拉门拟设置防夹装置。	符合
6	平开机房门应有自动闭门装置。	本项目机房平开门设置自动闭门装置。	符合

由上表可知，本项目 DSA 机房平面布局可以满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关要求。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，要求在辐射性工作场所内划出控制区和监督区。结合现场实际情况，本次环评对 DSA 机所在区域的控制区和监督区进行划分，严格限制无关人员进入。

控制区：DSA 检查室 2；

监督区：控制室、医生通道、患者通道、导管室、女更衣室、卫生间、污物处理间、配药间、设备间。

本项目工作场所控制区和监督区划分明显，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定，详见图 10.1-1 所示。

图 10.1-1 本项目“两区”分布示意图

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

(1) 机房屏蔽设计符合性分析

根据现场勘查以及与建设单位沟通可知，本项目拟建位置（介入科配套辅助用房）当前墙壁为 200mm 实心砖，地坪为 100mm 混凝土，顶板为 140mm 混凝土，根据计算分析可知，当前屏蔽不满足相关要求，本次拟对其进行改造，改造结果如下：

改造后本项目拟建的 DSA 机房四周墙体采用厚度为 240mm 的实心砖，并在中间加装 3mmPb 当量的铅板；顶棚采用 140mm 混凝土，并在表面涂抹 20mm 的硫酸钡水泥；地坪采用 100mm 混凝土，并在表面涂抹 30mm 硫酸钡水泥；观察窗采用 4mmPb 当量的铅玻璃，防护门采用内衬 4mmPb 当量的铅板的型式，实心砖、混凝土的等效铅当量厚度参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 附录 C 进行计算，见下式。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln\left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}}\right) \quad \text{式 10-1}$$

式中：

X----不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α ----不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ----不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

β ----不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B----给定铅厚度的屏蔽透射因子，采用下式进行计算。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad \text{式 10-2}$$

式中：

B----给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β ----铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α ----铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ----铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X----铅厚度。

本项目 DSA 的最大管电压为 125kV，查《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 附录 C 表 C.2，可知铅、混凝土、实心砖对管电压为 125kV (主束方向) X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，具体见表 10.1-2 所示。

表 10.1-2 铅、混凝土对不同管电压 X 射线辐射衰减的拟合参数 (节选)

管电压 kV	铅			混凝土			砖		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
125 (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.02870	0.06700	1.346
125 (散射)	2.233	7.888	0.7295	0.03510	0.06600	0.7832	/	/	/

注：本项目混凝土密度不低于 2.35g/cm^3 ；铅密度不低于 11.3g/cm^3 ；砖密度不低于 1.65g/cm^3 ；下同。

根据式 10-1 及式 10-2 计算，混凝土的等效铅当量厚度详见表 10.1-3 所示。

表 10.1-3 混凝土、实心砖在 125kV 管电压下等效铅当量厚度一览表

管电压/kV	材料	材料厚度	B	等效铅当量厚度
125 (主束)	混凝土	100mm	6.70E-03	1.17
	混凝土	140mm	1.56E-03	1.73
	砖	240mm	4.17E-04	2.28

125 (散射)	混凝土	100mm	8.18E-03	1.29
	混凝土	140mm	1.94E-03	1.89

《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录C表C.2中无硫酸钡水泥、实心砖散射时的拟合参数,本次评价参照《放射防护使用手册》(主编:赵兰才,张丹枫)中“表6.14 低能X射线屏蔽材料的铅当量”,保守估计参照管电压为120kV时的等效铅当量,经计算可知,本项目硫酸钡水泥、实心砖的等效铅当量厚度详见表10.1-4所示。

表 10.1-4 硫酸钡水泥、实心砖在 120kV 管电压线等效铅当量厚度一览表

材料和密度	管电压	本项目材料厚度	等效铅当量厚度
硫酸钡水泥 ($\rho=2.79\text{g/cm}^3$)	120kV	20mm	2.11mm
	120kV	30mm	2.90mm
黄砖 ($\rho=1.60\text{g/cm}^3$)	120kV	240mm	2.23mm

注:本项目采用实心砖,密度不低于 1.65g/cm^3 ,参照《放射防护使用手册》(主编:赵兰才,张丹枫)黄砖的相关参数进行计算。

根据上述计算,本项目DSA机房屏蔽设计与《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求的符合性分析详见表10.1-5。

表 10.1-5 本项目 DSA 机房屏蔽防护情况及符合性分析一览表

项目区域	防护内容	设计参数		标准要求	结果
本项目 DSA 机房	屏蔽防护 设计	机房面积 和尺寸	最小单边长度	4.85m	$\geq 3.5\text{m}$
			有效使用面积	40.5m^2	$\geq 20\text{m}^2$
			四侧墙体	240mm 实心砖+3mm 铅板(等效铅当量 5.28mm)	符合
			顶棚	140mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥(等效铅当量 3.84mm)	符合
			地板	100mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥(等效铅当量 4.07mm)	符合
	辅助防护 设施		防护门	4mmPb	符合
			观察窗	4mmPb	符合
	手术位	铅悬挂防护屏 (0.5mmPb), 铅防护吊帘 (0.5mmPb), 床侧防护帘 (0.5mmPb), 床侧防护屏 (0.5mmPb)各 1 件	铅悬挂防护屏 (0.5mmPb), 铅防护吊帘 (0.5mmPb), 床侧防护帘 (0.5mmPb), 床侧防护屏 (0.5mmPb)各 1 件	铅悬挂防护屏 (0.5mmPb), 铅防护吊帘 (0.5mmPb), 床侧防护帘 (0.5mmPb), 床侧防护屏 (0.5mmPb)各 1 件	符合

注:根据医院提供资料,硫酸钡防护材料(硫酸钡砂)密度 2.79g/cm^3 ,铅板 11.3g/cm^3 ,混凝土密度不低于 2.35g/cm^3 ,实心砖的密度不低于 1.65g/cm^3 。

由上表可知，本项目 DSA 机房屏蔽设计可满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的相关要求。

(2) 硫酸钡防护涂料施工注意事项

1.施工前：

①为保证涂抹的均匀性，必须对墙面进行清理，清除表面颗粒及疏松的附着物；表面细小的孔洞、凹陷、缝隙须用水泥浆补平。

②在需要涂抹的墙面上挂钢丝网。

2.施工时：①严格按工艺配比拌料：水泥、硫酸钡、胶水，确保硫酸钡防护材料密度不低于 3.6g/cm^3 。

②每次抹层厚度以 10mm 为宜，以防涂抹墙面砂浆下垂影响质量。

③为防止接茬处出现裂纹，要在接茬处进行拉毛施工后再继续涂抹。

④第二次涂抹硫酸钡防护材料时须待前施工层完全干后才可进行。

⑤在施工层完全干后，再在墙面用石棉网和水泥砂浆做 5mm 的罩面层，罩面层要做平整，阴角阳角要垂直。

(3) 电缆敷设设计

本项目拟在 DSA 设备基座下方设置电缆沟，电缆布设在电缆沟内，电缆穿墙以“U”型管穿墙，通过地面下沉电缆沟穿出机房，不会影响防护墙体的防护效果。电缆沟穿墙示意见图 10.1-2。

图 10.1-2 电缆沟穿墙示意图

(3) 通风设置

因 X 射线对空气的电离产生的臭氧和氮氧化物，本项目 DSA 机房拟采取动力排风装置，机房内设置净化空调和送排风系统，送风口设置于机房顶部吊顶，排风口接至内科大楼屋面排风机，产生的臭氧和氮氧化物可通过新风系统排出 DSA 机房，风管穿墙位置均拟采用铅板进行屏蔽防护补偿，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中关于通风要求。本项 DSA 机房送排风情况详见图 10.1-3。

图 10.1-3 本项目 DSA 机房送排风示意图

10.1.4 辐射安全与防护措施

(1) 机房辐射防护措施符合性分析

对照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求, 本项目 DSA 机房辐射防护措施符合性分析表见表 10.1-6。

表 10.1-6 本项目辐射防护措施符合性分析一览表

射线装置	《GBZ130-2020》要求	本项目方案	结果
DSA 机	每台 X 射线机应设有单独的机房, 机房应满足使用设备的空间要求。	本项目拟建 DSA 机设置单独的机房, 机房尺寸和大小满足使用设备的空间要求。	符合
	单管头 X 射线设备(含 C 型臂, 乳腺 CBCT)机房面积应不小于 20m ² , 单边长度不小于 3.5m。	本项目拟建 DSA 机房有效使用面积为 40.5m ² , 最小单边长度为 4.85m。	符合
	机房应设有观察窗或摄影装置, 其设置的位置便于观察到患者和受检者的状态。	本项目在控制室内靠近本项目 DSA 机房的一侧设置有铅玻璃观察窗。	符合
	C 型臂 X 射线设备机房: 有用线束方向铅当量 2mm, 非有用线束方向铅当量 2mm。	根据建设单位提供的设计方案可知, 本项目 DSA 机房六面墙体铅当量不小于 3.84mmPb, 防护门窗的铅当量不小于 4.0mmPb。	符合
	在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处, 机房的辐射屏蔽防护, 应满足下列要求: 具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时, 周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h。	通过理论计算及类比分析可知, DSA 机在正常使用条件下, 机房周边关注点辐射剂量率均与未开机时环境本底水平相当。	符合
	机房内布局要合理, 应避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位位置; 不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物; 机房应设置动力通风装置, 保持良好的通风。	机房布局合理, 通过设计方案可知, 有用线束未直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位, 机房内设置动力通风装置	符合
	机房门外应有电离辐射警告标志; 机房门上方应有醒目的工作状态指示灯, 灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 平开机房门应有自动闭门装置; 推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施; 工作状态指示灯能与机房门有效关联。	本项目 DSA 机房门外拟设置电离辐射警告标志和工作指示灯, 灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 机房门均拟设置有自动闭门装置; 工作状态指示灯能与机房门有效关联。	符合
	配备适量的符合防护要求的各种辅助防护用品, 如铅衣、铅手套、铅围裙等。	医院拟为本项目 DSA 机房配置数量足够的铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅手套等辐射防护用品。	符合

由表 10.1-6 可知, 本项目拟建的 DSA 机房已按相关标准要求进行了设计, 机房的辐射防护措施均符合相关规定要求, 医院应严格按照设计方案进行建设。

(2) 个人防护用品

经与医院确认, 医院拟为本项目 DSA 机房配置数量足够的铅衣、铅眼镜、铅围脖等辐射防护用品, 对照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020), 本项目 DSA 机房的个人防护用品配备情况相符性分析详见表 10.1-7 所示。

表 10.1-7 个人防护用品和辅助防护设施配置符合性分析一览表

机房	人员类型	放射检查类型	《GBZ130-2020》要求		本项目情况		结果
			个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
本项目 DSA 机房	工作人员	介入放射学及操作	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	配置 8 件铅橡胶围裙(0.5mmPb)、8 件铅橡胶颈套(0.5mmPb)、8 副铅防护眼镜(0.5mmPb)、8 个防护手套(0.025mmPb)、8 个铅橡胶帽子(0.5mmPb)。	配置 1 个铅悬挂防护屏(0.5mmPb)、铅防护吊帘(0.5mmPb)、1 个床侧防护屏(0.5mmPb)、1 个移动铅屏风(2mmPb)。	符合
			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	-----	配置铅橡胶性腺防护围裙 1 件(0.5mmPb)、铅橡胶颈套 1 个(0.5mmPb)、铅橡胶帽子 1 个(0.5mmPb)。	-----	

由上表可知, 本项目拟配备的个人防护用品可满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中的相关要求。

(3) DSA 设备固有的安全性

1. 本项目 DSA 设备购置于正规厂家, 装置泄漏辐射满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关技术要求, 并且装可调限束装置, 使装置发射的线束宽度尽量减小, 以减少泄漏辐射。

2. 本项目 DSA 设备具有安全系统, 当设备出现错误或故障时, 能中断照射, 并有相应故障显示。

3.正常情况下，必须按规定程序并经控制台验证确认设置无误时，才能启动照射。

4.本项目 DSA 设备配备紧急制动按钮。

5.本项目 DSA 设备配备铅屏风等辅助防护用品与设施。

（4）其它的辐射安全措施

1.对讲交流系统：机房拟安装观察窗，设置对讲系统，便于观察受检者状态和防护门开闭情况。

2.视频监控系统：机房内设置视频监控系统，便于观察。

3.紧急制动装置：在介入手术床体旁、控制室操作台上均设有“紧急制动”按钮，在 DSA 系统出束过程中，一旦发现异常情况，按任一个紧急制动按钮，均可停止 DSA 系统出束。

4.安全联锁：机房门有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房防护门能有效联动。

5.电离辐射警告标志和工作状态指示灯：机房门外有电离辐射警告标志、放射防护注意事项，机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，设备处于工作状态时，机房门外顶部的工作状态指示灯变为红色，警示非工作人员不得入内。候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 的相关要求。

6.送排风系统：本项目 DSA 机房设 1 套机械送排风系统。

7.设备控制台上有仅供授权人专用的钥匙，只有经过授权的医务人员才能使用钥匙开关开启控制台。

8.本项目辐射工作人员进行介入手术治疗时，机房内医生和医护人员必须佩戴 2 枚个人剂量计，1 枚佩戴于铅围裙外锁骨对应的领口位置，1 枚佩戴于铅围裙内躯干上，并且将内、外剂量计做明显标记(如以对比鲜明的颜色进行区分等)，防止内、外剂量计反戴的情况发生。

9.机房内需安装火灾自动报警装置，配备灭火器材，火灾报警装置与通风联锁。机房设置必要的应急照明设备和紧急出口标志。本项目通过工作场所布局、分区；设备自身的辐射防护屏蔽设计；设备固有安全性、安全联锁装置、紧急制

动开关、视频监控装置、安全警示标志、警示系统等辐射防护措施进行辐射安全防护，能够满足辐射防护需求。

（5）人员辐射安全措施

1.辐射工作人员

①时间防护

在满足诊疗要求的前提下，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择可行尽量低的射线装置参数，以尽量缩短曝光时间，减少辐射工作人员和患者的受照射时间。

②距离防护

在满足诊疗要求的前提下，人员保持与射线源尽可能大的距离，使距离最大化。

③屏蔽防护

介入操作人员是近距离接触 X 射线辐射源的人员，在介入手术中，医院应为人员配备有个人防护用品（包括铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等）等。此外，DSA 系统自带床旁射线防护帘和悬吊式射线防护屏（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）。

④剂量防护

为了确保医护人员的安全，操作人员在操作期间，必须佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪。安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射职业人员个人剂量档案。个人剂量计委托有资质单位定期进行监测，并对监测报告进行存档。

⑤技术要求

提高辐射防护和诊疗技术水平，全面掌握辐射防护法规与技术知识，介入医生、技师和护士应取得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、考试，取得合格证书后方能上岗。

2.患者

①源项控制

在满足诊疗要求的前提下，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择能达到诊疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化。

②时间防护

在满足诊疗要求的前提下，尽量缩短照射时间，照射时间最小化。

③距离防护

在满足诊疗要求的前提下，使患者和受检者离射线源尽可能远。

④屏蔽防护

患者和受检者需配有相应防护厚度的铅帽、铅围脖、铅围裙等个人防护用品。

3.公众人员

公众主要依托辐射场所的屏蔽墙体、防护门屏蔽射线；同时，通过对辐射工作场所的两区划分管理，增加公众与射线装置的防护距离，减少其受到的 X 射线辐射。

10.2 三废的治理

10.2.1 废气治理措施

本项目产生的废气主要是微量臭氧和氮氧化物。DSA 机房设置动力排风系统，能保持机房内良好的通风，氮氧化物及臭氧通过送排风系统经排气管道排放到大气环境，经自然分解和稀释，对周围环境影响较小。

10.2.2 固体废物治理措施

本项目运行期产生的固体废物主要为医疗废物和生活垃圾，院内医疗废物将委托有资质单位进行清运处理，生活垃圾由当地环卫部门统一清运。

10.2.3 废水治理措施

本项目运行期产生医疗废水和生活污水，产生的污水将经院区污水管道进入院内污水处理站，经预处理满足接管要求后接入市政污水管网。

10.2.4 噪声治理措施

本项目运行期产生的噪声污染源主要为通风系统风机运行时产生的噪声，通风设施部分依托内科大楼现有通风管道，本项目拟优先选用噪声低、振动小的风机设备，安装风机时拟设置减振基础，通风管采用软性接头，排风口处安装消声器。

10.3 辐射环境保护投资

本项目总投资 800 万元，环境保护投资共计 108 万元，占本项目总投资额的 13.5%。详见表 10.3-1。

表 10.3-1 本项目环保投资一览表

类 别	环保措施	投资(万元)
辐射防护主体设计施工	墙体、顶棚、地板辐射防护处理	35
控制室人员防护设计施工	防护门、观察窗(4mmPb 当量)	39
通风设备	动力通风系统	/
人员防护用品	铅围裙、铅颈套、铅帽、铅防护眼镜、介入防护手套、移动铅防护屏风、铅衣等	14
辐射监测设备	个人剂量计、个人剂量报警仪等	10
环保咨询	辐射安全制度上墙、环评和验收费用	10
合 计		108

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设地点位于福建省福州市福马路 420 号福建省肿瘤医院，拟在内科大楼 3 层介入科配套辅助用房位置建设，建设内容包括在原结构基础上增加硫酸钡砂防护涂料、加装铅防护门、铅观察窗等；以满足机房屏蔽防护铅当量要求，将其改造为 DSA 检查室 2。

本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工内容主要为辐射防护改造施工，施工人员较少，施工期约为 2 个月，施工涉及的区域面积较小，施工期间以防护工程施工和设备安装噪声为主，同时伴有少量扬尘、固体废物和废水产生，本项目施工期间产生的扬尘、噪声、固体废物、废水造成的影响均仅限于医院内科大楼楼内，对医院内科大楼周边环境基本不造成影响。

11.1.1 环境空气影响分析

本项目在建设施工期需进行的粉刷硫酸钡砂防护涂料、铅玻璃安装等作业，各种施工将产生少量扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。

针对上述扬尘污染采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、施工场地应进行围挡，设置洒水装置，此外要求合理安排施工时间，加快施工进度，通过缩短施工时间等相关措施，达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中无组织排放的限值要求，将对外环境扬尘影响降至最低。

11.1.2 声环境影响分析

机房装修电钻作业、设备安装等施工时产生间歇性噪声和振动，最大噪声级可达 80dB(A)，对楼内邻近区域有影响。

为了降低施工噪声对周围环境的影响，通过文明施工，合理安排施工时间，错开休息时间（禁止在法定休息日、节假日全天、工作日 12 时至 14 时、18 时至次日 8 时施工），加快施工进度；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；施工场所采取消声减震等措施，达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求，尽量将环境影响降低到最小。

11.1.3 固体废物环境影响分析

项目施工期间固废主要为施工人员生活垃圾、少量建筑垃圾及施工废物料。施工期间，施工人员按 5 人计，生活垃圾量按 $0.5\text{kg}/(\text{p} \cdot \text{d})$ 计算，则施工期内每天产生生活垃圾约 2.5kg/d 。生活垃圾经楼内现有垃圾箱收集后交由环卫部门清运。

机房装修及设备安装过程将产生少量建筑垃圾及包装箱、防震泡沫、少量硫酸钡砂防护涂料等施工废物料。建筑垃圾定点收集后由施工方统一运输至政府部门指定建筑垃圾储运消纳场。对废纸箱等可回收利用的施工废物料应予以回收综合利用，不可回收利用的收集后交由环卫部门清运。

11.1.4 水环境影响分析

项目施工期间，砌墙等工序将产生少量含有泥浆的施工废水，施工废水进行沉淀处理后用于施工区域洒水降尘，不外排，故对项目区域周边水环境无影响。

本项目施工期施工人员约 5 人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水 80L 计算，则施工期总用水量约为 24t (0.4t/d)，污水排放量按用水量的 90% 计算，则生活污水总排放量约 21.6t 。项目施工生活污水主要是依托内科大楼楼内设施（卫生间），通过下水管道排入医院污水处理设施处理达标后排放，对周围环境影响较小。

11.1.5 设备安装调试期间的环境影响分析

本项目设备的安装、调试应由设备厂家专业人员进行，医院不得自行安装及调试设备，且安装调试阶段不涉及放射源和非密封放射性物质的操作。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院需及时回收包装材料及其他固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.1.6 建设阶段环境影响分析小结

综上所述，本项目在建设阶段的环境影响具有暂时性、可逆性的特点。因本项目施工期短，施工范围小，通过控制作业时间、加强施工现场的管理等手段，对周围环境影响较小，且该影响是暂时的，随着施工期的结束而消除。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 DSA 运行阶段辐射影响分析

本项目在介入手术过程中, DSA 机头有用线束从下往上直接照向患者。DSA 透视时球管床下位, 向上照射; 影像采集时, 机头机架旋转, 多角度照射。本项目血管造影机主束照向患者, 根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》(NCRP147 号出版物) 第 4.1.6 节指出, DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此, 本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

手术时, 医生在手术床旁进行导管操作, 操作过程中受到泄漏辐射及病人体表散射照射。因此, 本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

(1) 关注点选取

结合本项目拟建场所平面布局, 选取本项目 DSA 机房屏蔽墙体外 30cm、操作室外 30cm、操作室控制位、机房门外 30cm、楼上设备层距离地面 100cm 处、楼下离地面 170cm 处作为关注点位。

各关注点位置示意图详见图 11.2-1~图 11.2-4 所示。

图 11.2-1 本项目 DSA 机房楼下 (2 层) 关注点位置分布图

图 11.2-2 本项目 DSA 机房周边关注点位置分布图

图 11.2-3 本项目 DSA 机房楼上 (设备层) 关注点位置分布图

图 11.2-4 本项目 DSA 机房楼上及楼下关注点位置示意图 (剖面图)

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中附录 B 的要求, 本项目 DSA 机房四周关注点取屏蔽体、防护门、观察窗外 30cm 处, 机房上方距地板 100cm 处, 机房下方距地板 170cm 处。根据建设单位提供的资料可知, 本项目位于内科大楼 3 层, 内科大楼 2 层、3 层、设备层地板高度分别为 4.5m、8.4m、12.6m, 内科大楼 2 层、3 层、设备层顶棚高度分别为 7.2m、11.1m、13.7m, 本

项目 DSA 机房手术床离地高度约为 1m。综上可知, 经计算可知本项目各关注点距离射线装置靶点最近距离, 详见表 11.2-1 所示,

表 11.2-1 本项目 DSA 机房周边各关注点位置一览表

关注点 编号	关注点位置描述	与射线装置靶点 最近距离	屏蔽材料	备注
1#	2F 组织库地面上 170cm	3.20m	140mm 混凝土 +20mm 硫酸钡水泥	公众
2#	2F 数据中心办公室 地面上 170cm	5.12m		公众
3#	北侧铅门外 30cm(控制室内)	6.52m	4mmPb	职业
4#	观察窗外 30cm(控制室内)	3.57m	4mmPb	职业
5#	北侧墙壁外 30cm 处(控制室内)	3.34m	240mm 实心砖 +3mm 铅板	职业
6#	北侧铅门外 30cm(患者通道处)	3.11m	4mmPb	职业
7#	北侧墙壁外 30cm(患者通道处)	3.55m	240mm 实心砖 +3mm 铅板	职业
8#	西侧墙壁外 30cm(导管室内)	3.45m	240mm 实心砖 +3mm 铅板	公众
9#	西侧墙壁外 30cm(女更衣室内)	3.81m	240mm 实心砖 +3mm 铅板	公众
10#	南侧铅门外 30cm(污物处理间内)	3.50m	4mm 铅板	公众
11#	南侧墙壁外 30cm(配药间内)	3.06m	240mm 实心砖 +3mm 铅板	公众
12#	南侧铅门外 30cm(设备间)	3.29m	4mm 铅板	公众
13#	东侧墙壁外 30cm	6.92m	240mm 实心砖 +3mm 铅板	公众
14#	第一术者位(铅衣外)	0.9m	0.5mmPb	职业
15#	第一术者位(铅衣内)	0.9m	1.0mmPb	职业
16#	第二术者位(铅衣外)	1.2m	0.5mmPb	职业
17#	第二术者位(铅衣内)	1.2m	1.0mmPb	职业
18#	设备层地面上 100cm	4.20m	100mm 混凝土 +30mm 硫酸钡水泥	公众

注: 1.本次评价按保守考虑, 屏蔽体厚度不考虑斜穿导致厚度增加的情况;

2.本项目 DSA 机房东侧临空、西侧为导管室、女更衣室等, 因此从最不利情况考虑, 将源点设置在靠近西侧的位置。

12.2.2 理论计算

(1) DSA 机照射剂量率计算

根据《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》(YY/T0740-2022)的章节 5.6.4,

在管电压和管电流的任意组合下，透视入射空气比释动能率应不大于 88mGy/min。根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中的 5.8.3 规定，介入放射学用 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置，由此可知，最小焦皮距 SID 为 20cm。

根据方杰主编《辐射防护导论》([M]北京：原子能出版社，1991) P69 中 X 射线剂量率的计算公式 (3.1) 可推导出，主射线在关注点处造成的辐射剂量率公式如下：

$$\dot{H}_0 = \frac{\dot{H}_X \cdot r_1^2}{r_2^2} \quad \text{式 (11.2-1)}$$

式中： \dot{H}_0 ----- 距出束点 1m 处的剂量率水平，mGy/h；

\dot{H}_X ----- 机头 0.2m 处的剂量率水平，88mGy/min=5280mGy/h；

r_1 -----0.2m；

r_2 -----机头至关注点的距离，1m

根据式 11.2-1 可得出透视工况下距离出束点 1m 处的主束辐射剂量率为 $2.112 \times 10^5 \mu\text{Gy}/\text{h} = 2.112 \times 10^5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，根据《电离辐射环境监测与评价》(潘自强)(第 43-44 页)，剂量当量=吸收剂量×品质因数，X 射线品质因数为 1，故可认为剂量当量=空气比释动能率，即 $1\text{Sv}/\text{h}=1\text{Gy}/\text{h}$ 。

根据院方提供资料，保守预估摄影工况的管电流约为透视工况的 50 倍，则距离靶点 1m 处的最大剂量率约为 $1.056 \times 10^7 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

(2) 透视工况下的预测和计算

1. 泄漏辐射剂量率

泄漏辐射剂量率计算公式参考李德平、潘自强主编《辐射防护手册第一分册 辐射与屏蔽》([M]北京：原子能出版社，1987) 中 P436 中 X 射线机周照射量计算公式 (10.8) 进行推导 (推导过程中居留因子 η 、利用因子 u 均取为 1)，则可推导出泄漏辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H}_z = \frac{\dot{H}_0 \cdot B \cdot f}{d^2}$$

式 (11.2-2)

式中: \dot{H}_z ----关注点漏射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

\dot{H}_0 ----距出束点 1m 处的剂量率水平, 透视工况下为 $2.112 \times 10^5 \mu\text{Sv}/\text{h}$;

d-----机头至各关注点的距离, m;

f-----设备射线泄漏率, 取 0.1%;

B-----透射因子, 按照《GBZ130-2020》附录 C 计算, 见式 (11.2-3);

$$B = \left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{1}{\gamma} \right)$$

式 (11.2-3)

式中: X-----铅当量;

α 、 β 、 γ -----针对不同压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数, 采用《GBZ130-2020》附录 C 中表 C.2 数据获得。

经计算可知, 在透视工况下各关注点处泄漏辐射剂量率详见表 11.2-2 所示。

表 11.2-2 透视工况下 DSA 机房周围泄漏辐射剂量率一览表

关注点 编号	屏蔽材料 及厚度	折合 铅当量 (mmPb)	d (m)	α	β	γ	B	\dot{H}_z ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
1#	140mm 混凝土 +20mm 硫酸钡水泥	4.07	3.20	2.219	7.923	0.5386	7.20E-06	1.48E-04
2#	140mm 混凝土 +20mm 硫酸钡水泥	4.07	5.12	2.219	7.923	0.5386	7.20E-06	5.80E-05
3#	4mmPb	4.00	6.52	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06	4.18E-05
4#	4mm 铅板	4.00	3.57	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06	1.39E-04
5#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.34	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	9.22E-06
6#	4mmPb	4.00	3.11	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06	1.84E-04
7#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.55	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	8.16E-06
8#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.45	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	8.64E-06
9#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.81	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	7.08E-06
10#	4mmPb	4.00	3.50	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06	1.45E-04

11#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.06	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	1.10E-05
12#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.29	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	9.50E-06
13#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	6.92	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	2.15E-06
14#	0.5mmPb	0.5	0.9	2.219	7.923	0.5386	5.57E-02	1.45E+01
15#	1.0mmPb	1.0	0.9	2.219	7.923	0.5386	1.07E-02	2.78E+00
16#	0.5mmPb	0.5	1.2	2.219	7.923	0.5386	5.57E-02	8.17E+00
17#	1.0mmPb	1.0	1.2	2.219	7.923	0.5386	1.07E-02	1.57E+00
18#	100mm 混凝土 +30mm 硫酸钡水泥	3.84	4.20	2.219	7.923	0.5386	1.20E-05	1.44E-04

注: α 、 β 、 γ 取值参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 表 C.2 中 125kV(主束)。

2.病人体表散射辐射剂量率

对于病人体表的散射 X 射线可以用反照率法估计。散射剂量率采用(采用李德平、潘自强主编《辐射防护手册第一分册辐射源与屏蔽》([M]北京:原子能出版社, 1987) 中 P437 页给出的公式计算:

$$\dot{H}_s = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha \cdot S}{d_0^2 \cdot d_s^2} \cdot B \quad \text{式 (11.2-4)}$$

式中: \dot{H}_s ----散射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

\dot{H}_0 ----距出束点 1m 处的剂量率水平, $\mu\text{Gy}/\text{h}$;

α -----受照射物体对入射 X 射线的散射比, $\alpha=a/400$, 其中 α 是相对于 400cm^2 散射面积的受照物体对入射 X 射线的散射比, a 取 0.0015 (90° 散射角), 故 $\alpha=3.75 \times 10^{-6}$ (取自《辐射防护手册第一分册辐射源与屏蔽》P437 页表 10.1);

S -----散射面积, cm^2 ; 此处取 400cm^2 ;

d_0 -----X 射线机靶点与受照体的距离, m ; 此处取 0.5m;

d_s -----受照体与关注点的距离, m 。

其他参数所代表意义同上。

经计算可知, 透视工况下各关注点处的散射辐射剂量率详见表 11.2-3 所示。

表 11.2-3 透视状态下 DSA 机房周围散射辐射剂量率一览表

关注点 编号	屏蔽材料 及厚度	折合 铅当量 (mmPb)	d_0 (m)	d_s (m)	α	β	γ	B	\dot{H}_s (μ Sv/h)
1#	140mm 混凝土 +20mm 硫酸钡水泥	4.19	0.5	3.20	2.233	7.888	0.7295	1.09E-05	1.35E-03
2#	140mm 混凝土 +20mm 硫酸钡水泥	4.19	0.5	5.12	2.233	7.888	0.7295	1.09E-05	5.27E-04
3#	4mmPb	4.00	0.5	6.52	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	4.97E-04
4#	4mm 铅板	4.00	0.5	3.57	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	1.66E-03
5#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.34	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	1.21E-04
6#	4mmPb	4.00	0.5	3.11	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	2.18E-03
7#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.55	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	1.07E-04
8#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.45	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	1.14E-04
9#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.81	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	9.32E-05
10#	4mmPb	4.00	0.5	3.5	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	1.72E-03
11#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.06	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	1.44E-04
12#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.29	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	1.25E-04
13#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	6.92	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	2.83E-05
14#	0.5mmPb	0.5	0.5	0.9	2.233	7.888	0.7295	7.37E-02	1.15E+02
15#	1.0mmPb	1.0	0.5	0.9	2.233	7.888	0.7295	1.70E-02	2.65E+01
16#	0.5mmPb	0.5	0.5	1.2	2.233	7.888	0.7295	7.37E-02	6.49E+01
17#	1.0mmPb	1.0	0.5	1.2	2.233	7.888	0.7295	1.70E-02	1.49E+01
18#	100mm 混凝土 +30mm 硫酸钡水泥	4.00	0.5	4.20	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	1.20E-03

注: α 、 β 、 γ 取值参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 表 C.2 中 125kV(散射)。

3. 透视工况下 DSA 机房各关注点总剂量率

综上所述, 本项目 DSA 机房在透视工况下, 各关注点处泄漏辐射和散射辐射叠加剂量率详见表 11.2-4 所示。

表 11.2-4 透视工况下 DSA 机房各关注点总剂量率一览表

关注点 编号	关注点描述	屏蔽后关注点总剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
1#	2F 组织库地面上 170cm	1.50E-03
2#	2F 数据中心办公室地面上 170cm	5.85E-04
3#	北侧铅门外 30cm(控制室内)	5.39E-04
4#	观察窗外 30cm(控制室内)	1.80E-03
5#	北侧墙壁外 30cm 处(控制室内)	1.30E-04
6#	北侧铅门外 30cm(患者通道处)	2.37E-03
7#	北侧墙壁外 30cm(患者通道处)	1.16E-04
8#	西侧墙壁外 30cm(导管室内)	1.22E-04
9#	西侧墙壁外 30cm(女更衣室内)	1.00E-04
10#	南侧铅门外 30cm(污物处理间内)	1.87E-03
11#	南侧墙壁外 30cm(配药间内)	1.55E-04
12#	南侧铅门外 30cm(设备间)	1.34E-04
13#	东侧墙壁外 30cm	3.04E-05
14#	第一术者位(铅衣外)	1.30E+02
15#	第一术者位(铅衣内)	2.93E+01
16#	第二术者位(铅衣外)	7.30E+01
17#	第二术者位(铅衣内)	1.65E+01
18#	设备层地面上 100cm	1.34E-03

(3) 摄影工况下的预测和计算

1. 泄漏辐射剂量率

根据公式 11.2-2、公式 11.2-3 可计算得出摄影工况下各关注点处泄漏辐射剂量率，详见表 11.2-5 所示。

表 11.2-5 摄影工况下 DSA 机房周围泄漏辐射剂量率一览表

关注点 编号	屏蔽材料 及厚度	折合 铅当量 (mmPb)	d (m)	α	β	γ	\mathbf{B}	\dot{H}_z ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
1#	140mm 混凝土 +20mm 硫酸钡水泥	4.07	3.20	2.219	7.923	0.5386	7.20E-06	7.42E-03
2#	140mm 混凝土 +20mm 硫酸钡水泥	4.07	5.12	2.219	7.923	0.5386	7.20E-06	2.90E-03
3#	4mmPb	4.00	6.52	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06	2.09E-03
4#	4mm 铅板	4.00	3.57	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06	6.97E-03
5#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.34	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	4.61E-04
6#	4mmPb	4.00	3.11	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06	9.19E-03

7#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.55	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	4.08E-04
8#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.45	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	4.32E-04
9#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.81	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	3.54E-04
10#	4mmPb	4.00	3.5	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06	7.26E-03
11#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.06	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	5.49E-04
12#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	3.29	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	4.75E-04
13#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.28	6.92	2.219	7.923	0.5386	4.87E-07	1.07E-04
18#	100mm 混凝土 +30mm 硫酸钡水泥	3.84	4.20	2.219	7.923	0.5386	1.20E-05	7.21E-03

注: α 、 β 、 γ 取值参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 表 C.2 中 125kV(主束)。

2. 病人体表散射辐射剂量率

根据公式 11.2-4 计算得摄影工况下各关注点处散射剂量率, 计算结果见表 11.2-6。

表 11.2-6 摄影工况下 DSA 机房周围散射辐射剂量率一览表

关注点 编号	屏蔽材料 及厚度	折合 铅当量 (mmPb)	d_0 (m)	d_s (m)	α	β	γ	B	\dot{H}_s ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	140mm 混凝土 +20mm 硫酸钡水泥	4.19	0.5	3.20	2.233	7.888	0.7295	1.09E-05	6.74E-02
2#	140mm 混凝土 +20mm 硫酸钡水泥	4.19	0.5	5.12	2.233	7.888	0.7295	1.09E-05	2.63E-02
3#	4mmPb	4.00	0.5	6.52	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	2.48E-02
4#	4mm 铅板	4.00	0.5	3.57	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	8.29E-02
5#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.34	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	6.06E-03
6#	4mmPb	4.00	0.5	3.11	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	1.09E-01
7#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.55	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	5.37E-03
8#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.45	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	5.68E-03
9#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.81	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	4.66E-03
10#	4mmPb	4.00	0.5	3.5	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	8.62E-02

11#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.06	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	7.22E-03
12#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	3.29	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	6.25E-03
13#	240mm 实心砖 +3mm 铅板	5.23	0.5	6.92	2.233	7.888	0.7295	1.07E-06	1.41E-03
18#	100mm 混凝土 +30mm 硫酸钡水泥	4.00	0.5	4.20	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05	5.99E-02

注: α 、 β 、 γ 取值参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 表 C.2 中 125kV(散射)。

3. 摄影工况下 DSA 机房各关注点总剂量率

综上所述, 本项目 DSA 机房在摄影工况下, 各关注点处泄漏辐射和散射辐射叠加剂量率详见表 11.2-7 所示。

表 11.2-7 摄影工况下 DSA 机房各关注点总剂量率一览表

关注点 编号	关注点描述	屏蔽后关注点总剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
1#	2F 组织库地面上 170cm	7.49E-02
2#	2F 数据中心办公室地面上 170cm	2.92E-02
3#	北侧铅门外 30cm(控制室内)	2.69E-02
4#	观察窗外 30cm(控制室内)	8.98E-02
5#	北侧墙壁外 30cm 处(控制室内)	6.52E-03
6#	北侧铅门外 30cm(患者通道处)	1.18E-01
7#	北侧墙壁外 30cm(患者通道处)	5.78E-03
8#	西侧墙壁外 30cm(导管室内)	6.12E-03
9#	西侧墙壁外 30cm(女更衣室内)	5.01E-03
10#	南侧铅门外 30cm(污物处理间内)	9.35E-02
11#	南侧墙壁外 30cm(配药间内)	7.77E-03
12#	南侧铅门外 30cm(设备间)	6.72E-03
13#	东侧墙壁外 30cm	1.52E-03
18#	设备层地面上 100cm	6.71E-02

(4) 小结

根据表 11.2-4 和表 11.2-7 估算结果可知, 本项目 DSA 机在透视模式下, 机房外辐射剂量率最大为 $2.37 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{h}$; 在摄影模式下, 机房外辐射剂量率最大为 $0.118 \mu\text{Sv}/\text{h}$, 均能够满足本项目辐射剂量率管理限值要求, 即《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中对“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测

时, 周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$; 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

11.2.3 控制室辐射剂量叠加影响分析

由于一层存在两台相邻 DSA 机, 因此考虑辐射环境叠加影响, 选取本项目 DSA 北侧控制室 (共用)、作为关注点, 关注点布设情况详见图 11.2-5, 叠加计算结果详见表 11.2-8。

图 11.2-5 本项目叠加影响关注点位置一览表

表 11.2-8 本项目辐射叠加剂量估算结果一览表

序号	关注点	检查室 1 屏蔽措施折合铅当量(mmPb)	检查室 2 屏蔽措施折合铅当量(mmPb)	检查室 1 剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	检查室 2 剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	叠加剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
1	控制室	3mmPb	4mmPb	0.08	0.0018	0.0818

注: 1 号点位的屏蔽铅当量为检查室 1、检查室 2 铅观察窗的铅当量。检查室 1 的剂量率选取现有 DSA 机房 Y 钇-90 树脂微球治疗项目竣工环保验收检测时周边环境最大剂量率 (见附件 12), 检查室 2 的剂量率选取本次评价预测控制室内最大剂量率。

根据表 11.2-8 估算结果可知, 在现有工程与本项目 DSA 机同时开机的状态下, 控制室叠加辐射剂量率最大为 $0.0818\mu\text{Sv}/\text{h}$; 能够满足本项目辐射剂量率管理限值要求, 即机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

11.2.4 类比分析

本项目类比分析采用《韶关市曲江区人民医院核技术利用扩建项目竣工环境保护验收监测报告表》中有关监测数据, 该项目已于 2025 年 6 月通过竣工环保验收。

①类比可行性分析

本次拟建的 DSA 与类比 DSA 技术参数、防护措施对比情况见表 11.2-9 所示。

表 11.2-9 本项目 DSA 与类比对象 DSA 对比条件一览表

项目	本项目	类比对象	类比结果
运营单位	福建省肿瘤医院	韶关市曲江区人民医院	/
最大管电压	125kV	125kV	一致
最大管电流	1000mA	1000mA	一致
屏蔽墙铅当量	240mm 实心砖+3mmPb 当量的铅板 (5.28mmPb)	180mm 灰砂砖墙+50mm 硫酸钡涂料 (4mmPb)	本项目优于类比对象

防护门铅当量	4mmPb	4mmPb	一致
观察窗铅当量	4mm 铅玻璃	4mm 铅玻璃	一致
顶棚铅当量	140mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥(3.84mmPb)	150mm 混凝土+40mm 硫酸钡涂料 (3mmPb)	本项目优于类比对象
地板铅当量	100mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥(4.07mmPb)	150mm 混凝土+40mm 硫酸钡涂料 (3mmPb)	本项目优于类比对象
机房面积	40.5m ²	38.85m ²	本项目略优于类比对象

由表 11.2-9 可知, 本项目 DSA 的最大管电压、最大管电流与类比对象均一致, DSA 机房面积略大于类比对象, 屏蔽防护优于类比对象, 因此采用该项目作为本项目的类比对象可行。

②类比监测结果

根据《韶关市曲江区人民医院核技术利用扩建项目竣工环境保护验收监测报告表》的监测报告, 类比对象 DSA 机房周边监测结果见表 11.2-10、表 11.2-11 所示。

表 11.2-10 类比对象周围剂量率类比监测结果一览表 (摄影模式)

序号	监测点位描述	X- γ 辐射周围剂量当量率监测结果 (nSv/h)		备注
		装置未运行时	装置运行时	
		测量值±标准差	测量值±标准差	
1	工作人员操作位	170±4	174±5	监测工况: 运行条件为 95kV/91.1mA, 14.3s (连续出 束), 标准水模 +1.5mm 铜板
2	电缆线沟外表面 30cm	167±5	172±3	
3	铅玻璃观察窗外表面 30cm (左侧)	169±5	174±5	
4	铅玻璃观察窗外表面 30cm (中间)	168±4	171±5	
5	铅玻璃观察窗外表面 30cm (右侧)	167±5	172±5	
6	工作人员防护门 M1 外表面 30cm (上侧)	170±5	1900±70	
7	工作人员防护门 M1 外表面 30cm (中间)	167±4	770±50	
8	工作人员防护门 M1 外表面 30cm (下侧)	169±4	1000±60	
9	洁净走廊防护门 M2 外表面 30cm (上侧)	169±4	173±5	
10	洁净走廊防护门 M2 外表面 30cm (中间)	169±5	175±3	
11	洁净走廊防护门 M2 外表面 30cm (下侧)	168±6	173±5	
12	污物通道防护门 M3 外表面 30cm (上侧)	171±5	890±60	
13	污物通道防护门 M3 外表面 30cm (中间)	170±6	177±2	
14	污物通道防护门 M3 外表面 30cm (下侧)	168±4	171±5	
15	北墙外表面 30cm (污物走廊)	167±5	173±5	
16	南墙外表面 30cm (污物走廊)	171±4	172±4	

17	西墙外表面 30cm (OR9 手术室)	170±5	175±4	
18	东墙外表面 30cm (控制室)	169±5	173±4	
19	东墙外表面 30cm (设备间)	168±5	174±6	
20	机房正上方距地面 100cm (设备间)	229±5	231±4	
21	机房正下方距地面 170cm (运动室)	202±4	203±3	
22	机房正下方距地面 170cm (走廊)	203±6	204±5	
23	机房正下方距地面 170cm (器械室)	203±5	203±4	
24	机房西南侧约 8.4m 护士站	174±6	175±4	
25	机房西南侧约 18m 护士办公室	173±3	175±5	
26	机房西南侧约 21m 值班室	172±4	174±4	
27	机房南侧约 11m 家属等候区	173±5	175±5	
28	机房北侧约 16m 住院综合楼入口	155±5	154±4	
29	机房东南侧约 11m 门诊楼入口	153±6	154±5	
30	机房南侧约 48m 发热门诊楼入口	152±5	152±6	
31	机房东侧约 50m 院内道路	152±5	153±5	
32	机房西侧约 50m 医院广场	151±5	152±4	

表 11.2-11 类比对象周围剂量率类比监测结果一览表 (透视模式)

序号	监测点位描述	X-γ 辐射周围剂量当量率监测结果 (nSv/h)		备注
		装置未运行时	装置运行时	
		测量值	测量值±标准差	
1	工作人员操作位	170±4	172±5	监测工况： 运行条件为 85kV/13.1mA, 14.0s (连续出 束), 标准水模 +1.5mm 铜板
2	电缆线沟外表面 30cm	167±5	171±2	
3	铅玻璃观察窗外表面 30cm (左侧)	169±5	171±4	
4	铅玻璃观察窗外表面 30cm (中间)	168±4	172±5	
5	铅玻璃观察窗外表面 30cm (右侧)	167±5	172±5	
6	工作人员防护门 M1 外表面 30cm (上侧)	170±5	850±50	
7	工作人员防护门 M1 外表面 30cm (中间)	167±4	510±60	
8	工作人员防护门 M1 外表面 30cm (下侧)	169±4	610±80	
9	洁净走廊防护门 M2 外表面 30cm (上侧)	169±4	172±5	
10	洁净走廊防护门 M2 外表面 30cm (中间)	169±5	173±5	
11	洁净走廊防护门 M2 外表面 30cm (下侧)	168±6	172±4	
12	污物通道防护门 M3 外表面 30cm (上侧)	171±5	590±70	
13	污物通道防护门 M3 外表面 30cm (中间)	170±6	172±4	
14	污物通道防护门 M3 外表面 30cm (下侧)	168±4	169±4	
15	北墙外表面 30cm (污物走廊)	167±5	171±5	
16	南墙外表面 30cm (污物走廊)	171±4	171±4	
17	西墙外表面 30cm (OR9 手术室)	170±5	174±5	
18	东墙外表面 30cm (控制室)	169±5	172±6	
19	东墙外表面 30cm (设备间)	168±5	171±4	

20	机房正上方距地面 100cm (设备间)	229±5	231±4
21	机房正下方距地面 170cm (运动室)	202±4	203±4
22	机房正下方距地面 170cm (走廊)	203±6	205±5
23	机房正下方距地面 170cm (器械室)	203±5	204±5
24	机房西南侧约 8.4m 护士站	174±6	174±4
25	机房西南侧约 18m 护士办公室	173±3	175±5
26	机房西南侧约 21m 值班室	172±4	174±6
27	机房南侧约 11m 家属等候区	173±5	173±3
28	机房北侧约 16m 住院综合楼入口	155±5	156±3
29	机房东南侧约 11m 门诊楼入口	153±6	153±4
30	机房南侧约 48m 发热门诊楼入口	152±5	153±5
31	机房东侧约 50m 院内道路	152±5	153±3
32	机房西侧约 50m 医院广场	151±5	153±5
33	介入术者位 (铅衣内)	168±5	3400±400
34	介入术者位 (铅衣外)	169±5	37000±2000

由表 11.2-10、表 11.2-11 可知, 类比 DSA 装置在正常运行工况时, 透视模式下 DSA 周边 X- γ 辐射空气吸收剂量率检测值在 152nSv/h~1900nSv/h; 摄影模式下 DSA 周边 X- γ 辐射空气吸收剂量率检测值在 153nSv/h~850nSv/h。

本项目机房面积、实际运行电压、电流均与类比项目相近, 屏蔽措施优于类比项目, 故可预测本项目 DSA 装置正常运行后周围各关注点辐射剂量率可满足《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 μ Sv/h”和“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序 (如 DR、CR、屏片摄影) 机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h, 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估, 应不大于 0.25mSv”的标准要求。

11.2.5 人员剂量估算

本次评价对关注点人员的有效剂量估算参照《辐射防护导论》(方杰主编) 中的计算公式, 如下:

$$D_{\text{Eff}} = D_r \times t \times T \times U \quad \text{式 11.2-5}$$

式中: D_{Eff} ----辐射外照射人均年有效剂量, Sv;

D_r -----辐射剂量率, Sv/h;

t -----年工作时间, h;

T -----居留因子;

U-----使用因子，以点源考虑，本次评价取 1。

不同场所的居留因子根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)附录 A 选取，详见见表 11.2-12 所示。

表 11.2-12 居留因子选取一览表

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

DSA 摄影曝光时，除存在临床不可接受的情况外工作人员均回到控制室进行操作；DSA 透视曝光时，医师在手术室内近台操作，护士在一旁协助手术，技师通常不在手术室内。

根据医院预计最大工作量保守假设，DSA 每年的最大手术量为 2000 台，透视时间约为 166.67h/a，摄影时间约为 66.67h/a。根据式 11.2-5，对各关注点位处职业人员及周围公众年有效剂量进行估算，估算结果详见表 11.2-13 所示。

表 11.2-13 本项目职业人员及周围公众年有效剂量估算结果一览表

工作模式	保护目标	方位	点位	D _r	t	T	D _{Eff}	人员类型	
				μSv/h	h	/	mSv		
透视	组织库	下方	1#	1.50E-03	166.67	1/16	1.56E-05	公众	
	控制室内工作人员	北侧	4#	1.80E-03	166.67	1	3.00E-04	职业	
	患者通道	北侧	6#	2.37E-03	166.67	1/4	9.88E-05	公众	
	导管室	西侧	8#	3.27E-04	166.67	1/2	2.73E-05	公众	
	污物处理间	南侧	10#	1.87E-03	166.67	1/4	7.79E-05	公众	
	医院道路	东侧	13#	8.13E-05	166.67	1/20	6.78E-07	公众	
	设备层	上方	18#	1.34E-03	166.67	1/20	1.12E-05	公众	
	DSA 机房内医护人员	第一术者位(铅衣外)	/	14#	1.30E+02	83.34	1	1.08E+01	职业
		第一术者位(铅衣内)	/	15#	2.93E+01	83.34	1	2.44E+00	职业
		第二术者位(铅衣外)	/	16#	7.30E+01	83.34	1	6.08E+00	职业

		第二术者位(铅衣内)	/	17#	1.65E+01	83.34	1	1.38E+00	职业
摄影	组织库	下方	1#	7.49E-02	66.67	1/16	3.12E-04	公众	
	控制室内工作人员	北侧	4#	8.98E-02	66.67	1	5.99E-03	职业	
	患者通道	北侧	6#	1.18E-01	66.67	1/4	1.97E-03	公众	
	导管室	西侧	8#	1.64E-02	66.67	1/2	5.47E-04	公众	
	污物处理间	南侧	10#	9.35E-02	66.67	1/4	1.56E-03	公众	
	医院道路	东侧	13#	4.07E-03	66.67	1/20	1.36E-05	公众	
	设备层	上方	18#	6.71E-02	66.67	1/20	2.24E-04	公众	

根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)，当按要求佩戴铅围裙内、外两个剂量计时，职业人员有效剂量中的外照射分量按下式估算。

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad \text{式 11.2-6}$$

式中：E---有效剂量中的外照射分量，mSv；

α ----系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79；无屏蔽时，取 0.84。本项目为职业人员配备铅衣防护，因此取 0.79；

β ----系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051；无屏蔽时，取 0.100。本项目为职业人员配备铅衣防护，因此取 0.051；

H_u ----铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 H_p (10)，mSv；

H_o ----铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 H_p (10)，mSv。

由式 11.2-6 计算可知，本项目第一术者位(身体)所受年有效剂量为 2.48mSv，第二术者位(身体)所受年有效剂量为 1.40mSv。

综上所述，本项目 DSA 职业人员及周围公众年有效剂量估算结果汇总情况详见表 11.2-14 所示。

表 11.2-14 本项目 DSA 职业人员及周围公众年有效剂量汇总一览表

保护目标		方位	年有效剂量 (mSv)			人员类型
			透视	摄影	合计	
医护人员	第一术者位	/	2.48E+00	5.99E-03*	2.49E+00	职业
	第二术者位	/	1.40E+00	5.99E-03*	1.41E+00	职业
组织库		下方	1.56E-05	3.12E-04	2.19E-05	公众
控制室内工作人员		北侧	3.00E-04	5.99E-03	3.28E-04	职业
患者通道		北侧	9.88E-05	1.97E-03	6.29E-03	公众
导管室		西侧	2.73E-05	5.47E-04	2.07E-03	公众

污物处理间	南侧	7.79E-05	1.56E-03	5.74E-04	公众
医院道路	东侧	6.78E-07	1.36E-05	1.64E-03	公众
设备层	上方	1.12E-05	2.24E-04	1.42E-05	公众

注: *--摄影模式下, 手术医护人员退出检查室 2, 进入控制室, 因此摄影模式下需考虑手术医护人员在控制室操作位内的受照剂量, 受照剂量同控制室工作人员。

由上述计算可知, 本项目 DSA 在正常运行时, 同室操作的医护人员所受年有效剂量最大为 2.49mSv , 控制室内职业人员所受年有效剂量最大为 $3.28 \times 10^{-4}\text{mSv}$, 满足本项目职业人员所受年有效剂量不超过 5mSv 的年剂量约束值要求。

本项目 DSA 机房周围环境保护目标处公众所受年有效剂量最大为 $1.64 \times 10^{-3}\text{mSv}$, 满足本项目公众所受年有效剂量不超过 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

对于本项目 DSA 机房实体屏蔽体边界外 50m 以内的其他公众, 由于剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽, 随着距离的增加, 周围 50m 范围内公众所受年有效剂量更小, 能够满足本项目 DSA 机房周围公众所受年有效剂量不超过 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

综上所述, 本项目 DSA 机房的辐射屏蔽防护设计满足要求, 其正常运行后产生的辐射影响在国家标准允许的范围以内。上述估算仅是理论计算, 实际应用时, 工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量计检测结果为准。

11.2.6 废气影响

DSA 机在工作状态时, 会使 DSA 机房内的空气电离产生少量 O_3 及 NO_x , 本项目 DSA 机房内拟设置机械排风系统, 排风口处拟安装轴流风机进行机械通风, 排风管道拟采用“U”型管道, 不破坏手术室的整体屏蔽效果, 排风管道外口接至屋面排风机, 通风系统有效通风量不低于 $600\text{m}^3/\text{h}$, 本项目 DSA 机房内净体积约 40.5m^3 , 每小时有效通风换气次数不小于 14 次, 可满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中“6.4.3 机房应设置动力通风装置, 并保持良好的通风”的要求。

本项目采取机械通风的措施后, DSA 机工作过程中产生的少量臭氧和氮氧化物可及时排出手术外, 自然扩散至大气环境。本项目 DSA 机工作时管电压、管电流较低, 臭氧和氮氧化物产生量较少, 臭氧常温下 20~30 分钟可自行分解为

氧气，自然扩散条件良好，臭氧和氮氧化物经扩散、分解、稀释后，对检查室内的环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险危害识别

本项目 DSA 机属于 II 类射线装置，只有当设备开机并处于出束状态时才会产生 X 射线，设备关机时不会产生 X 射线；因此，DSA 机项目辐射事故多为人员误留或误入机房产生的误照射事故，主要有：

1.当警示灯、门灯联锁损坏时，公众、检查管理人员或检修维护人员在 DSA 机开机状态下误入手术室。DSA 机运作异常造成手术室外剂量超标，造成人员在不知情的情况下在手术室周围活动，致使人员所受剂量超标。

2.DSA 在不停机和铅门破损未及时维修情况下，给周围活动人员及辐射工作人员造成额外的照射。

3.因违章操作，控制室操作人员在治疗结束后，病人及医护人员未撤离手术室时进行曝光，给病人及医护人员造成额外的照射。

4.进行介入手术的医护人员未穿戴铅衣等个人防护用品而受到不必要的照射，没有为患者穿戴个人防护用品而受到不必要的照射。

5.在治疗结束后，治疗设备不能正常停止曝光，给病人及医护人员造成额外的照射。

6.在发生事故时，紧急停止开关失灵，给病人及医护人员造成额外的照射。

11.3.2 辐射事故应急措施

（1）处理原则

根据上述分析，本项目可能发生的辐射事故及风险的发生主要是在管理上出问题，工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查机房的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在使用的治疗室。

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

1.立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止射线的产生。

2.及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安排受

照人员就医检查。

3. 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划地进行处理，缩小事故影响，减少事故损失。

4. 在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

5. 事故处理后应累计资料，及时总结报告。医院对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点、所有涉及的事故责任人和受害者名单、对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果、所做的任何医学检查及结果、采取的任何纠正措施、事故的可能原因、为防止类似事件再次发生所采取的措施。

6. 对可能发生的放射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理，同时及时上报生态环境部门和卫生部门。

（2）辐射事故应急措施

本项目涉及的辐射事故类别及处理措施详见表 11.3-1：

表 11.3-1 本项目所涉及的事故类别及处理措施一览表

辐射事故	风险识别	应急措施
DSA 机 (Ⅱ类射线 装置)事故	误照射事故，超 剂量照射事故。	<p>(1) 事故性出束</p> <p>1.当警示灯、门灯联锁损坏时，公众、检查管理人员或检修维护人员在 DSA 开机状态下误入机房。</p> <p>2.DSA 机开机造成机房内人员所受剂量辐射超标。</p> <p>在上述情况下，应立即就近按下控制室内“紧急停止”开关，切断电源，迫使机器停止出束。</p> <p>(2) 人员在检查室误留</p> <p>为防止病人的陪护人员或者其他人员误留在检查室内产生误照射，工作人员摆位后应最后出来关防护门，如通过监视器发现人员误留情况时，工作人员应立即按下控制台上的紧急停止开关，迫使机器停止出束，并通过语音系统驱离人员。</p> <p>(3) 人体受超剂量照射</p> <p>应立即停机，尽快安排受照人员进行医学检查，并尽快向主管部门报告。在主管部门的监督指导下做好善后处理。</p> <p>(4) 治疗照射不能停止</p> <p>操作人员必须密切监视每一次治疗过程，如发现治疗设备不能正常停止照射时，应采取如下措施：</p> <p>1.立即按下控制台“紧急停止”开关，并切断电源；</p> <p>2.在维修人员确保机器能够正常运营之前，操作人员不得试图再次开机。</p> <p>(5) 紧急停止开关失灵</p> <p>紧急停止开关可能失灵，当按下紧急停止开关之后，如果未能听到驱动电机的声音，说明紧急停止线路没有起作用，应</p>

	<p>采取以下措施：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.立即断开主电器的电源（即关掉整机电源）； 2.有病人在治疗床上，应将病人迅速从治疗床移开，并记录病人的照射剂量； 3.操作人员不得试图再次开机，应联系设备维修人员进行维修，确保机器能够正常工作和紧急停止开关正常时才能正常开机。
--	--

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- 1.确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
 - 2.根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
 - 3.现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计和剂量报警仪。
 - 4.应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。
 - 5.事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。
 - 6.以上应急响应流程医院应每年组织演练一次。
- （3）事故预防措施
- 1.建立辐射安全管理机构，制定完善的规章制度，并在实际工作过程中严格执行。
 - 2.加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识。
 - 3.辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查各辐射工作场所和设备的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。
 - 4.设备出现故障不得擅自修理，需由专业工程师进行该项工作。

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

12.1.1 机构设置

福建省肿瘤医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射诊疗管理规定》等有关法律法规的要求，设立了放射防护管理委员会，由孙*任主任，杨**、张**等任副主任，负责全院辐射安全日常工作，各成员职责明确，分工清晰，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该管理委员会的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》的规定，使用射线装置、密封源、非密封放射性物质操作人员与辐射防护负责人应进行辐射安全培训，并持证上岗。医院应安排辐射防护负责人在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上学习本项目相关知识，并在辐射安全与防护培训平台上网络报名参加本项目相关考核，考核合格，取得培训合格证书，持证上岗。

在日后的工作实践中，建设单位应根据核技术应用情况及时对已有辐射安全与防护管理领导小组成员作相应调整，确保调整后的辐射安全管理委员会的基本组成涵盖当时核技术应用所涉及的相关部门。

12.1.2 辐射工作人员管理

本项目拟配置工作人员 8 人，拟从医院现有辐射工作人员中培养和调配。为本项目专职辐射工作人员，各工作人员相对固定，不存在兼岗和操作其他射线装置情况，医院现有辐射工作人员数量满足本项目人员配备要求。

辐射工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

医院现有辐射工作人员管理情况如下：

1.培训情况

医院现有 365 名辐射工作人员，其中 173 名辐射工作人员参加了辐射安全与防护知识培训，均取得辐射与安全培训证书，其余 130 名从事 III 类射线装置使用活动的辐射工作人员自行组织考核。医院应根据具体情况，对拟从事 DSA 使用的辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台报名并参加考核，考核合

格后方可上岗。

2.个人剂量

医院为所有人员均配备了个人剂量计，且个人剂量计定期送检，并建立了个人剂量档案，根据医院提供的最近 1 年的个人剂量检测报告（由浙江建安检测研究院有限公司检测），所有辐射工作人员的个人年剂量监测值在 $MDL\sim0.065mSv$ 之间，均符合职业工人年剂量 $5mSv$ 的管理目标值。

3.职业健康检查

医院已组织辐射工作人员进行了职业健康体检，根据 2023 年、2024 年度出具的职业健康检查总结报告（闽能职健检[2023]第 333 号和闽能职健检[2024]第 3 号），福建省肿瘤医院辐射工作人员进行体检人数共计 315 人，其中超声异常 1 人，心电图异常 1 人，眼科异常 2 人，血常规异常 6 人，胸片未检 1 人；据院方介绍，经复查后，上述 11 人中有 5 人可继续原辐射工作，其余 6 人已调整至其他非放射工作；另外 304 人检查结果均未发现放射工作职业禁忌症，可继续原放射工作。

12.1.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。年度评估报告应当包括：放射性同位素与射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

医院应按要求进行了辐射安全与防护状况评估，编制《辐射安全和防护状况年度评估报告》，并上报至发证机关。本项目运行后，医院拟将本项目纳入现有评估体系。

12.2 辐射安全与防护培训、职业健康体检

依据《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》的规定，使用射线装置操作人员与辐射防护负责人应进行辐射安全培训，并持证上岗，对应本项目的辐射工作人员应接受辐射安全培训。

本项目拟新增 8 名辐射工作人员，均从现有辐射工作人员中调剂，在本项目

获批后，应及时在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行相应的培训，并通过考核后方可上岗；已获得辐射安全培训合格证书的工作人员每五年接受一次再培训。

新录用或调入的拟从事放射诊疗的人员必须进行上岗前职业健康检查，符合《放射工作人员健康要求及监护规范》的人员方可从事放射诊疗工作。放射工作人员在工作期间必须按规定佩戴个人剂量计，每3个月检测一次，一年四次，并按时定期送检。检测结果抄录在《放射工作人员证》中。所有的放射工作人员上岗后间隔不超过2年进行一次职业健康检查。

12.3 辐射安全管理规章制度

福建省肿瘤医院已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了相关的辐射安全管理制度，主要有《DSA 操作规程》、《放射诊疗场所辐射防护安全管理制度》、《放射工作人员岗位职责》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《个人剂量计监测管理制度》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《放射安全事件应急演练制度》、《辐射安全监测方案》及《福建省肿瘤医院辐射事故应急预案》等制度，现对医院已制定的辐射安全管理制度的重点总结如下：

(1) DSA 机操作规程：规定了本项目 DSA 机的操作规程，方便本项目工作人员进行 DSA 机设备的操作。

(2) 放射诊疗场所辐射防护安全管理制度：已从教育培训、操作规范、个人剂量监测、职业健康体检、射线装置安全防护评估、设置明显放射性标志等方面制定了医院放射诊疗场所辐射防护安全管理制度。

(3) 放射工作人员岗位职责：医院明确了放射工作人员的定义，并要求放射工作人员认真学习并贯彻执行相关法律法规、上岗须经培训和考核、操作时佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计、不断提高防护知识水平和自觉性等，完善放射工作人员岗位职责。

(4) 放射工作人员职业健康管理制度：为保障放射工作人员的健康利益，医院制定了相应的放射工作人员职业健康管理制度，明确了放射工作人员的剂量计佩戴要求和健康检查报告应采取的具体防护措施及步骤，建立职业健康监护档案、个人剂量监测档案。

(5) 个人剂量计监测管理制度：明确了辐射工作人员开展辐射工作时应佩

戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，明确了个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确了辐射工作人员进行职业健康体检的周期，建立了个人累积剂量和职业健康体检档案。

（6）辐射安全和防护设施维护维修制度：明确了设备在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保设施安全有效地运转。

（7）放射安全事件应急演练制度：为规范和强化应对突发放射事故的应急处理能力，将放射事故造成的损失和污染后果降低到最小程度，制定放射事故应急演练制度，要求每年至少组织一次应急预案演练，并做好演练前的准备，最终根据演练结果对预案存在的缺陷进行修订、完善。

（8）辐射安全监测方案：为使射线装置安全运行，医院制定了辐射监测方案，包括验收监测、日常监测、质量保障措施、个人剂量监测、监督性监测等内容，并对日常监测方案的监测仪器、监测布点、数据记录作出了要求。

（9）福建省肿瘤医院辐射事故应急预案：为规范和加强对突发辐射事故的应急处置能力，提高辐射工作人员对辐射事故的应急防范意识，最大程度地预防和减少辐射事故造成的损害，维护公共安全和社会稳定，医院制定了《福建省肿瘤医院辐射事故应急预案》。

预案中明确了医院的核技术利用情况，阐明了应急响应组织体系及职责，并对可能的放射事故类型作出预测。在此基础上，明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并已附上各联系部门及联系人的联系方式。同时已明确根据本单位实际情况，每年至少开展一次应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景；演练参与人员等。发生辐射事故时，医院应当立即启动辐射事故应急预案，采取必要的防范措施，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向所在地生态环境、卫健委、公安等部门报告。

医院已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目和本项目对辐射安全管理规章制度的需求。医院能够按照辐射安全管理制度对医院的辐射活动进行管理，满足环保相关要求。

在日后的运行管理过程中，医院应根据实际辐射工作情况，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，及时对辐射安全规章制度进行更新完善，提高制度的针对性和可操作性，做到所有辐射工作都有章可循，有制度保障。

12.4 辐射监测

(1) 已有项目的辐射监测开展情况

辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗，每季度送有资质的单位检测。

(2) 此次项目辐射监测计划

根据《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》(HJ61-2021)等的要求，医院针对此次核技术应用项目制定相应的辐射监测计划，包括：

- 1.辐射工作人员配备个人剂量计，定期（每季度1次）送检。
- 2.医院配备1台环境辐射巡测仪，定期安排人员进行辐射环境场所巡测。
- 3.每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。
- 4.医院委托有资质的单位对介入手术室周围环境进行监测。监测计划详见表12.4-1。

表 12.4-1 本项目辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率
检查室2	防护情况	四周屏蔽墙外30cm处、操作位、防护门门缝处、观察窗、楼上、楼下等	X- γ 辐射周围剂量当量率	每年委托有资质单位监测1次，每月设备科巡测1次。
	安全联锁	实测并检查	有效性及安全性能	每次使用前
辐射工作人员		佩戴个人辐射剂量计	个人剂量	每季度送检1次
外环境		综合楼施工临时住房、12#宿舍楼、鼓一党群服务中心、鼓一村民居	X- γ 辐射周围剂量当量率	每年委托有资质单位监测1次
项目竣工环境保护验收监测		机房四周屏蔽墙外30cm处、操作位、防护门门缝处、观察窗、楼上、楼下等环境	X- γ 辐射周围剂量当量率	竣工验收过程中监测1次

此外，根据《建设项目环境保护管理条例》，本项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设

施进行自主验收，编制验收报告，“三同时”验收清单见表 12.4-2。

表 12.4-2 本项目“三同时”验收一览表

项目	“三同时”验收内容	验收要求
防护措施	<p>四周墙体: 240mm 实心砖+3mm 铅板(等效铅当量 3.84mm)。</p> <p>顶棚: 140mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥(等效铅当量 3.84mm)。</p> <p>地板: 100mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥(等效铅当量 4.07mm)。</p> <p>防护门: 4mm 铅板。</p> <p>观察窗: 4mm 铅板。</p>	<p>检查辐射防护达标情况和监测结果达标情况;</p> <p>监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及本项目管理目标;</p> <p>辐射环境剂量率控制水平: DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$;</p> <p>辐射剂量控制水平: 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。</p>
安全措施	<p>(1) 工作状态指示灯</p> <p>病人通道防护门上方设置工作状态指示灯, 灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句, 工作状态指示灯与病人通道防护门设置门灯联锁装置, 用于显示机房内设备运行状态。</p> <p>(2) 防夹和闭门装置</p> <p>病人通道防护门(电动推拉门)设置曝光时关闭机房门的管理措施和防夹装置, 医护人员通道防护门(平开门)设置自动闭门装置。</p> <p>(3) 电离辐射警告标志</p> <p>检查室 2 各防护门外表面均设置电离辐射警告标志。</p> <p>(4) 监控与对讲装置</p> <p>检查室 2 设计有观察窗、实时监控装置和对讲装置, 工作人员在控制室内可及时观察病人情况及防护门开闭情况, 防止意外情况的发生。</p> <p>(5) 个人防护用品</p> <p>医院为本项目辐射工作人员和受检者配备相应的个人防护用品与辅助防护设施。</p>	<p>检查落实情况。</p> <p>满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关辐射安全要求和开展本项目的辐射安全需求。</p>
通风措施	检查室 2 内设置动力通风系统, 并保持良好的通风。	<p>检查落实情况。</p> <p>满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关通风要求。</p>
人员配备	所有辐射工作人员上岗前均应参加生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训和学习, 并通过考核;	<p>检查落实情况。</p> <p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中人员培训要求。</p>

	已获得辐射安全培训合格证书的工作人员每五年应接受一次再培训。	
	所有辐射工作人员均配备个人剂量计，并定期（不超过3个月）送有资质部门进行监测，医院建立个人累积剂量档案。	检查落实情况。 满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《职业性外照射个人监测规范》中个人剂量监测的要求。
	所有辐射工作人员均定期（间隔不超过2年）进行职业健康体检，医院建立职业健康监护档案。	检查落实情况。 满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中职业健康体检的要求。
监测仪器和防护用品	1.医院为本项目配备1台环境辐射巡测仪。 2.辐射工作人员，每人配备2枚个人剂量计。 3.设备自带1个铅悬挂防护屏、1个床侧防护帘（均为0.5mmPb）、医院配备1个移动铅防护屏风。 4.医院拟为本项目DSA机房工作人员配备5套铅衣、5件铅围裙、5件铅颈套、5顶铅帽、5个铅围脖、5副铅眼镜（均为0.5mmPb）、5副介入防护手套（0.025mmPb）、5个铅帽、14枚个人剂量计、配备1台剂量报警仪。 6.医院拟为本项目介入手术受检者配备1件铅围裙、1件铅颈套、1顶铅帽（均为0.5mmPb）。 7.医院拟为本项目介入手术陪检者配备1件铅衣。	检查落实情况。 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中监测仪器和防护用品配备的要求。
管理措施	已制定了一系列辐射安全管理规章制度，主要包括：DSA机操作规程、岗位职责、射线装置使用登记制度、辐射防护和安全保卫制度、射线装置检修和维护制度、放射工作人员资格和培训管理制度、放射工作人员职业健康检查及保健制度、放射工作定期自查和监测制度、辐射事故应急预案等。	检查落实情况。 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规中辐射安全管理的要求，满足本项目辐射工作需要。
环境监测	1.委托有资质的单位每年对DSA机房周围辐射环境进行检测。 2.对介入手术室周围主要敏感目标（四周及楼上、楼下、施工临时住房、12#宿舍楼、鼓一党群服务中心、鼓一村民居等）辐射环境进行检测。	检查落实情况。

12.5 辐射事故应急

福建省肿瘤医院已针对现有核技术利用项目和本项目制定了辐射事故应急预案，预案中明确了放射事件应急处理小组成员及应急联系电话，明确了应急小组的职责及工作要求，明确了事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通。

医院制定的放射防护应急处理预案基本能够满足原有核技术利用项目和本项目开展时的应急事故处理要求。

在日后的运行管理过程中，医院应根据实际辐射工作情况和管理要求，及时对辐射事故应急方案进行更新完善。同时医院应根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景，演练参与人员等。此外，该院应加强管理，加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，还应经常监测辐射工作场所的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

根据原国家环保总局《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》，以及《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》的要求，在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，并按规程处理和控制辐射事故，尽量把影响控制在最小范围，最大限度减少对人员安全和周围环境的影响，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和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

福建省肿瘤医院位于福建省福州市福马路 420 号, 为给患者提供更好的医疗服务, 医院拟在内科大楼 3 层新建 1 座介入手术室, 并在机房内配备使用 1 台 DSA 机 (最大管电压 $\leq 125\text{kV}$, 最大管电流 $\leq 1000\text{mA}$), 用于放射诊断和介入治疗, 属于 II 类射线装置

13.1.2 项目可行性分析

(1) 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录》(2024 年本) (中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号), 本项目属于“鼓励类”中“十三、医药”中的“4、...高性能医学影像设备, 高端放射治疗设备...”以及“三十七、卫生健康”中的“1、...医疗卫生服务设施建设...”项目, 因此本项目 DSA 机建设是符合国家产业政策的。

(2) 实践正当性分析

介入治疗技术具有准确、安全、高效、创伤小、并发症少等优点, 对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害, 因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

(3) 选址、布局合理性分析

本项目 DSA 机房拟设置于福建省肿瘤医院内科大楼 3 层东南角, 工作场所相对独立, 有单独的固定机房, 与周边非放射性工作场所隔开, 介入手术室机房大小、屏蔽物质厚度等符合相关标准要求; 机房辐射防护设计充分考虑了邻室(含楼上楼下) 和周围场所的人员防护与安全, 离最近的敏感点东北侧鼓一村民居约 24m, 项目作业与其他科室不交叉, 按照设计的防护措施进行类比分析和理论估算, 项目运行时对周围环境辐射影响较小。

综上所述, 本项目的选址基本是合理的。

13.1.3 辐射安全与防护结论

(1) 辐射防护措施评价

本项目检查室四周墙壁拟采取“240mm 实心砖+3mm 铅板”、顶板采用“140mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥”、地棚拟采取“100mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥”、病人及控制室防护门拟采取“内衬 4mmPb 铅板”、观察窗拟采取“4mmPb 铅玻璃”的防护措施；通风管拟采用“U型”且不破坏手术室的整体屏蔽效果。根据理论预测可知本项目检查室的辐射防护设计能满足辐射防护要求。

(2) 辐射安全措施评价

本项目拟在检查室设置如下辐射安全装置和保护措施，包括：工作状态指示灯、电离辐射警告标志、门灯联锁装置、急停开关按钮、对讲装置、视频监控系统、机械送排风系统。本项目拟采取的辐射安全和防护措施满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关要求和本项目辐射安全的需要。

(3) 辐射安全管理评价

福建省肿瘤医院成立辐射安全防护管理小组，明确了小组组成成员，并以文件形式明确了各成员管理职责；建设单位已制定一系列较完备的辐射安全管理规章制度，在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善；本项目所有辐射工作人员均应根据要求参加辐射安全和防护专业知识的培训，考核合格后上岗；所有辐射工作人员均应进行个人剂量监测和职业健康体检，福建省肿瘤医院已建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案，满足辐射安全管理要求。

(4) 辐射防护监测仪器

福建省肿瘤医院已配备 1 台环境辐射巡测仪，用于辐射场所巡测，辐射工作人员按要求配备个人剂量计，能够满足辐射监测仪器配置要求。

13.1.4 辐射环境影响分析结论

(1) 辐射环境影响预测

根据工程分析可知，本项目 DSA 机在透视模式下，机房外辐射剂量率最大为 $2.37 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{h}$ ；在摄影模式下，机房外辐射剂量率最大为 $0.118 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，均能够满足本项目辐射剂量率管理限值要求，即介入手术室屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

（2）保护目标剂量评价

根据理论预测可知，本项目正常运行时，本项目及其周边工作人员职业照射的最大年有效剂量值约为 2.49mSv/a，公众照射的最大年有效剂量值约为 1.64×10^{-3} mSv/a，均满足《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，公众人员 0.1mSv/a)。

（3）臭氧和氮氧化物处理措施评价

本项目介入手术室采取机械通风的措施后，介入手术曝光过程中产生的少量臭氧和氮氧化物可及时排出机房外，自然扩散至大气环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。

13.1.5 总结论

综上所述，福建省肿瘤医院 1 台 DSA 机项目旨在改善患者就医环境，项目辐射防护方案可满足环境保护法规和有关辐射防护要求。医院在认真落实本评价提出的各项污染防治措施和管理措施的情况下，其运行对周围环境产生的影响较小，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设运行是可行的。

13.2 建议与承诺

（1）环境影响评价文件审批完成后，应根据有关规定及时重新申领辐射安全许可证。

（2）建设项目竣工后，医院应按照相关法规要求及时进行竣工环保验收，，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

（3）医院应严格执行个人剂量及职业健康体检的监管制度，建议为本项目辐射工作人员在身体可能受到较大照射部位配备局部剂量计。

（4）不断加强医院的辐射安全管理工作，落实辐射安全管理责任。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日