

编号：BG-GAFB21720031

核技术利用建设项目

嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及
新建医教研综合楼）射线装置部分
环境影响报告表
（公示稿）

嘉兴市第一医院

2024 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及 新建医教研综合楼）射线装置部分 环境影响报告表

建设单位名称：嘉兴市第一医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省嘉兴市中环南路 1882 号

邮政编码：314000

电子邮箱：

联系人：

联系电话：

打印编号: 1731898741000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	lieoj0		
建设项目名称	嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及新建医教研综合楼）射线装置部分		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	嘉兴市第一医院		
统一社会信用代码	12330400470890351D		
法定代表人（签章）			
主要负责人（签字）			
直接负责的主管人员（签字）			
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	嘉兴研究院		
统一社会信用代码	9		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	
	05353343505330589	BH021232	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	
	评价依据、保护目标与评价标准、环境质量与辐射现状	BH038683	
	项目工程分析与源项、项辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理	BH034994	
	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、结论与建议	BH021232	

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	16
表 3 非密封放射性物质	16
表 4 射线装置	17
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	18
表 6 评价依据	19
表 7 保护目标与评价标准	22
表 8 环境质量和辐射现状	26
表 9 项目工程分析与源项	35
表 10 辐射安全与防护	45
表 11 环境影响分析	55
表 12 辐射安全管理	82
表 13 结论与建议	88
表 14 审批	92

表 1 项目基本情况

建设项目名称		嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及新建医教研综合楼） 射线装置部分			
建设单位		嘉兴市第一医院			
法人代表	姚明	联系人		联系电话	
注册地址		嘉兴市中环南路 1882 号			
项目建设地点		嘉兴市中环南路 1882 号，嘉兴市第一医院二期工程医教研综合楼 裙楼二层、三层			
立项审批部门		嘉兴市发展和改革委员会	批准文号	嘉发改（2020）252 号	
建设项目总投资（万元）	3500	项目环保投资（万元）	300	投资比例（环保投资/总投资）	8.6%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他		占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			
	1.1 项目概述 1.1.1 建设单位简介 嘉兴市第一医院（嘉兴市血防站、嘉兴市医学科技情报站）是嘉兴市规模最大、设施齐全、技术力量雄厚的集医疗、科研、教学、预防、康复于一体的三级甲等综合医院。医院于 2011 年 10 月完成整体搬迁，现址位于嘉兴市中环南路 1882 号，占地面积 242 亩，总建筑面积约 18.5 万 m²，床位 1500 张。2018 年通过国家药物临床试验机构（GCP）资格认定（全市唯一），医院还是市本级唯一的传染病、结核病、血吸虫				

病防治定点医院。目前，嘉兴市第一医院设有放射科、放疗科及核医学科。

为满足附近区域日益增加的医疗需求，向人民群众提供更好的医疗服务，嘉兴市第一医院拟投资 81233.54 万元，在医院现有用地内南侧预留用地建设“嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及新建医教研综合楼）”（下文简称嘉兴市第一医院二期工程），主要新建医教研综合楼、实训楼，该项目建成后，嘉兴市第一医院共设置 1850 张床位。嘉兴市第一医院二期工程目前正在建设中，医教研综合楼配套的辐射项目均未建设；本项目射线装置机房将按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求建设。

本项目为嘉兴市第一医院二期工程内容所含的射线装置部分建设项目，项目辐射工作场所位于“嘉兴市第一医院二期工程”建设的医教研综合楼裙楼二层、三层。“嘉兴市第一医院二期工程”为“区域环评+环境标准”改革区域内项目，原做环境影响报告表的项目可简化编制环境影响登记表，《嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及新建医教研综合楼）环境影响登记表》已在嘉兴市生态环境局登记备案，备案号：嘉环（经开）登备【2022】1 号（详见附件 4），其评价内容包含了该项目除射线装置部分辐射环境影响以外的内容。

医院现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（浙环辐证[F0008]，详见附件 3），发证日期：2024 年 01 月 25 日，有效期至：2027 年 08 月 24 日；许可的辐射工作种类和范围为使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质；乙级非密封放射性物质工作场所。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

为提升公共卫生服务水平，提升医院的医疗服务水平和救治能力，医院拟为“嘉兴市第一医院二期工程”拟建的医教研综合楼配备高性能医学影像设备，于医教研综合楼裙楼二层设置 2 台数字减影血管造影装置（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”装置）开展介入手术，于医教研综合楼裙楼三层设置 1 套 Nexaris Angio-CT 系统，开展 DSA-CT 介入手术，具体如下：

本项目拟在医教研综合楼裙楼二层建设 2 间 DSA 手术室，配套控制室、设备间等功能用房，在 2 间机房内分别安装使用 1 台 DSA 装置开展介入手术项目，设备均为新购；拟在医教研综合楼裙楼三层建设 1 间 Angio-CT 手术室（DSA-CT 复合手术室），配套控制室、设备间等功能用房，在机房内安装使用 1 套新购买的 Nexaris Angio-CT

系统，该设备由 DSA 和可用于复合手术的可移动滑轨 CT 组成，使用方式既有同室操作，也有隔室操作。该套设备中的 DSA 球管和 CT 球管相互有联动功能，不能同时曝光。

对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），DSA 属于血管造影用 X 射线装置的分类范围，为 II 类射线装置，同时根据射线装置对人体健康和环境的潜在危害程度，Nexaris Angio-CT 整套设备归类为 II 类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目需要进行环境影响评价，对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环评类别为编制环境影响报告表。

为此，嘉兴市第一医院委托浙江建安检测研究院有限公司开展“嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及新建医教研综合楼）射线装置部分”（简称“本项目”）的环境影响评价工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、现状监测等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制完成本环评报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

本项目射线装置均位于医教研综合楼裙楼，医教研综合楼包括裙楼地上 4 层和地下 2 层、主楼北楼地上 15 层和地下 2 层以及南楼地上 11 层和地下 2 层，具体建设内容如下：

（1）医教研综合楼裙楼二层

拟于医教研综合楼裙楼二层建设 2 间 DSA 机房，配套控制室、设备间等功能用房，在 2 间机房内分别安装使用 1 台 DSA 装置，设备均为新购，型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA，属于 II 类射线装置，规划新增的 2 台 DSA 装置年最大手术量约 1000 台。

（2）医教研综合楼裙楼三层

拟于医教研综合楼裙楼三层建设 1 间 Angio-CT 手术室（DSA-CT 复合手术室），配套控制室、设备间等功能用房，在机房内安装使用 1 套新购买的 Nexaris Angio-CT 系统，该设备由 DSA 和可用于复合手术的可移动滑轨 CT 组成，使用方式既有同室操

作，也有隔室操作，该套设备中的 DSA 球管和 CT 球管相互有联动功能，不能同时曝光。

Nexaris Angio-CT 系统型号为 Artis Q.zen Ceiling+ SOMATOM Confidence，其 DSA 球管最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，CT 球管最大管电压 140kV，最大管电流 666mA，Nexaris Angio-CT 系统规划年最大手术量约 500 台。

本项目拟配置的射线装置参数见表 1-1。

表 1-1 本项目拟配置的射线装置参数一览表

名称	型号	数量	拟安装位置	类别	额定参数		备注
					最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	
DSA	未定	1 台	医教研综合楼裙楼二层 DSA1 手术室	II 类	125	1250	新购
DSA	未定	1 台	医教研综合楼裙楼二层 DSA2 手术室	II 类	125	1250	新购
Nexaris Angio-CT	Artis Q.zen Ceiling+ SOMATOM Confidence	1 台	医教研综合楼裙楼三层 Angio-CT 手术室	II 类	DSA 球管：125	DSA 球管：1000	新购
					CT 球管：140	CT 球管：666	

注：1、未确定型号的射线装置，其参数保守按照市面上同类型射线装置最大参数拟定；
2、本项目拟配置单管头 DSA 装置。

1.1.4 工作人员及工作制度

本项目辐射工作人员实行 8h 单班工作制度，年工作日为 250 天。项目拟配置辐射工作人员 33 人，包括手术医生 18 人，护士 9 人，技师 6 人。根据医院计划，本项目辐射工作人员拟新聘或从现有介入科辐射工作人员调岗，操作本项目设备的工作人员相对固定，原则上不兼岗，具体人员配置情况见表 1-2。

表 1-2 拟配备人员情况表

工作场所	工作内容	工作岗位	人数
DSA1 手术室内	DSA 介入手术	医生	6 人
		护士	3 人
DSA1 手术室配套控制室	设备控制	技师	2 人
DSA2 手术室内	DSA 介入手术	医生	6 人
		护士	3 人
DSA2 手术室配套控制室	设备控制	技师	2 人
Angio-CT 手术室内	DSA-CT 复合介入手术	医生	6 人
		护士	3 人
Angio-CT 手术室配套控制室	设备控制	技师	2 人

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境

部公告 2019 年第 57 号），本项目新增的辐射工作人员应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加相应类别的培训学习，并参加集中考核，考核合格后上岗，并按时接受再培训。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目所在医院地理位置

本项目位于浙江省嘉兴市开发区中环南路 1882 号，地理位置见附图 1。

1.2.2 项目周边环境关系

(1) 核技术利用项目与外环境四周情况

医院东侧为长水塘，南侧为紫竹路，隔路为南辰大厦、长新公寓等，西侧为九里港，隔九里港为嘉兴常春藤老年医院、清华府邸、常睦公寓等，北侧为九里港，隔九里港为中环南路、嘉兴大桥等，项目周边环境概况见附图 2。

本项目射线装置机房拟建于医教研综合楼裙楼二层、三层，射线装置机房距南侧长新公寓最近距离约 216m，距西南侧南辰大厦最近距离约 300m，距西侧常睦公寓最近距离约 330m，距西北侧清华府邸最近距离约 330m。本项目射线装置机房距医院外建筑物均较远。

(2) 核技术利用项目与医院内部环境四周情况

医院内部一期主要设置有医疗综合大楼、科研后勤综合楼、普通传染综合楼、烈性传染综合楼，二期主要设置有医教研综合楼（包括裙楼地上 4 层，地下 2 层；主楼北楼地上 15 层，地下 2 层；南楼地上 11 层，地下 2 层）、医学实训中心（地上 2 层），医院总平面图见附图 3。

本项目射线装置机房距东侧用地红线最近距离约 90m，距南侧用地红线最近距离约 150m，距西南侧一期科研后勤综合楼约 51m，距离西北侧一期医疗综合大楼约 64m。

因此，本项目射线装置机房实体屏蔽边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑物及医院内部道路，不涉及其他环境敏感区域。

(3) 核技术利用项目选址合理性分析

本项目 DSA 手术室、Angio-CT 手术室分别设置于医教研综合楼裙楼二层、三层，医教研综合楼裙楼二层北侧主要为手术室，三层北侧功能为手术中心，满足相关介入手术的开展，能有效提高患者诊疗效率，并利于辐射安全防护和管理。项目射线

装置机房实体屏蔽边界外 50m 评价范围主要为医院内部建筑物及医院内部道路，不涉及其他环境敏感区域。

综合以上分析，本项目辐射工作场所布置在满足医疗流程完整、顺畅运行的前提下，充分考虑了周围环境的影响和辐射类项目尽量集中设置的原则，因此，项目辐射工作场所选址合理。

1.3 产业政策符合性和实践正当性分析

本项目为核技术利用项目，根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024年本）》，项目新增DSA装置、Nexaris Angio-CT系统属于**第一类 鼓励类**中第十三项“医药”中第四条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，**高性能医学影像设备……**”项目。因此，本项目的建设符合国家现行产业政策。

本项目建设的根本目的在于开展放射诊疗工作、治病救人，实践过程中采取了可能的辐射防护措施，经预测分析，本项目运行后，在给患者带来利益的同时，引起的对工作人员和公众人员的照射剂量满足国家辐射防护安全标准的要求，同时满足根据最优化原则设置的项目管理约束值的要求，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“实践的正当性”要求。

1.4 相关规划符合性分析

1.4.1 用地规划符合性分析

本项目拟建于嘉兴市中环南路 1882 号，嘉兴市第一医院用地范围内，《嘉兴市第一医院规划条件》（嘉经开规设（2020）字*号），本项目所在地用地性质为医院用地，因此项目的建设符合土地利用规划。

1.4.2 《嘉兴市卫生健康事业发展“十四五”规划》符合性分析

根据《嘉兴市卫生健康事业发展“十四五”规划》：“到 2025 年，基本建成健康嘉兴，建立健全区域协调、城乡一体、医防协同、中西并重、富有韧性的整合型医疗卫生服务体系，初步形成发展均衡、服务优质、创新引领的卫生健康高质量发展新格局，人人享有更加公平可及、综合连续、经济有效的全方位全周期健康服务，公共卫生服务体系更健全、整合型医疗服务体系更完善、卫生健康数字化改革更深入、卫生健康现代化治理更优化，群众健康水平进一步提升，人群主要健康指标全面达到高收入国家水平，部分指标达到高收入国家水平前列。

到 2035 年，高质量建成健康嘉兴，建立起与嘉兴市基本实现高水平社会主义现代化相适应的医疗卫生服务体系和公共卫生安全体系，卫生健康综合实力稳居全省前列，率先实现卫生健康现代化。”

本项目为嘉兴市第一医院二期工程射线装置部分建设项目，项目的实施提升了嘉兴市第一医院的医疗供给能力，为嘉兴市提供高端健康管理及医疗服务，有利于促进嘉兴市医疗卫生资源均衡布局，因此，本项目的建设符合《嘉兴市卫生健康事业发展“十四五”规划》。

1.4.3 《嘉兴市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150 号），要求强化“三线一单”的约束作用，建立“三挂钩”机制，“三管齐下”切实维护群众的环境权益。“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

（1）生态保护红线

本项目位于嘉兴市中环南路 1882 号，嘉兴市第一医院二期工程医教研综合楼裙楼二层、三层，根据嘉兴市“三区三线”划分成果，项目所在地为城镇集中建设区，主体工程占地不涉及永久基本农田与生态保护红线，本项目已纳入主体工程征占地，无需新征用地，因此，本项目不涉及生态保护红线，详见附图 8。

（2）环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目工作场所周围环境~~辐射~~空气吸收剂量率属于当地天然辐射水平范围之内。在落实本报告提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

本项目主要水源为自来水，由市政自来水管网供给，占比量较小，市政自来水管网有能力为本项目提供水资源保障；本项目主要能源为电能，项目电能主要依托市政电力管网。总体而言，本项目符合能源资源利用上线和水资源利用上线要求。

（4）生态环境准入清单

根据《嘉兴市生态环境局关于印发<嘉兴市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》（嘉环发[2024]39 号），本项目所在地属于浙江省嘉兴市南湖区中心城区生活重

点管控单元（ZH33040220007），南湖区环境管控单元分类图见附图 8，生态环境准入清单符合性分析见表 1-3。

表 1-3 生态环境准入清单符合性分析表

生态环境准入清单要求		本项目情况	是否符合要求
空间布局约束	1、禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。 2、禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目。现有二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。鼓励现有二类迁出或关闭。 3、严格执行畜禽养殖禁养区。 4、推进城镇绿廊建设，协同建设区域生态网络和绿道体系，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。 5、推进既有建筑绿色化改造，高质量发展零碳低耗绿色建筑。	本项目为医疗机构的核技术利用项目，不属于工业项目、畜禽养殖项目，本项目所在地属于医院用地，符合空间布局约束的要求。	符合
污染物排放管控	1、严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。 2、污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河入海排污口，现有的入河入海排污口应限期拆除。但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。 3、加快污水处理设施建设与提标改造，加快完善城乡污水管网，加强对现有雨污合流管网的分流改造，深化城镇“污水零直排区”建设。 4、加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管，依法严禁秸秆、垃圾等露天焚烧。 5、加强土壤和地下水污染防治与修复。 6、推动能源、工业、建筑、交通、居民生活等重点领域绿色低碳转型。	由本评价表 11 章节环境影响分析可知，本项目运营过程中产生的电离辐射采取一定的辐射防护措施，废气、废水、固废和噪声采取一定的治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，各污染物可以做到达标排放，符合污染物排放管控要求。	符合
环境风险防控	合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。	本项目为医疗机构的核技术利用项目，不属于噪声、恶臭、油烟等污染物排放较大的建设项目。	符合
资源开发效率要求	全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水，推进生活节水降耗，实施城市供水管网优化改造。	本项目不属于高耗能项目，项目建设和运营过程医院将积极落实节水、节能等相关要求，提高资源能源利用效率，符合要求。	符合

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、不会突破环境质量底线和资源利用上线、符合《嘉兴市生态环境局关于印发<嘉兴市生态环境分区管控动态更新方案>的通

知》（嘉环发[2024]39号）中“浙江省嘉兴市南湖区中心城区生活重点管控单元”的管控要求，因此，本项目的建设符合《嘉兴市生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.4.4 与“三区三线”符合性分析

根据《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函[2022]2080号）要求，“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海组卷报批的依据。其中“三区”具体指农业空间、生态空间、城镇空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界三条控制线。

本项目位于嘉兴市中环南路1882号，嘉兴市第一医院二期工程医教研综合楼裙楼二层、三层，根据嘉兴市“三区三线”划分成果，项目所在地为城镇集中建设区，主体工程占地不涉及永久基本农田与生态保护红线，本项目已纳入主体工程征占地，无需新征用地，对照上述各类文件要求，本项目建设符合“三区三线”的要求，项目所在地“三区三线”划分情况见附图8。

1.4.5 污染物达标排放符合性

由本评价表11章节环境影响分析可知，本项目运营过程中产生的电离辐射采取一定的辐射防护措施，废气、废水、固废和噪声采取一定的治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，各污染物可以做到达标排放。

1.5 “四性五不批”符合性分析

对照《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号）中的第九条“环境保护行政主管部门审批环境影响报告书、环境影响报告表，应当重点审查建设项目的环境可行性、环境影响分析预测评估的可靠性、环境保护措施的有效性、环境影响评价结论的科学性等”及第十一条“建设项目有下列情形之一的，环境保护行政主管部门应当对环境影响报告书、环境影响报告表作出不予批准的决定”，本项目与“四性五不批”相符性分析见表1-4。

表 1-4 本项目与“四性五不批”符合性分析

内容		建设项目情况	是否符合要求
四性	建设项目的环境可行性	本项目符合总体规划、土地利用规划的要求，不触及生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，不在负面清单内，因此符合建设项目的环境可行性。	符合

	环境影响分析预测评估的可靠性	本项目环境影响分析预测依据国家相关规范及建设项目的的设计资料进行影响分析，符合环境影响分析预测评估的可靠性。	符合
	环境保护措施的有效性	本项目运营过程中产生的电离辐射采取一定的辐射防护措施，废气、废水、固废和噪声采取一定的治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，各污染物可以做到达标排放。本项目采取的环境防护措施有效。	符合
	环境影响评价结论的科学性	本项目选址合理，采取的环境保护措施合理可行，排放的污染物符合国家、省规定的污染物排放标准，因此本项目符合环境影响评价结论的科学性。	符合
五不批准	（一）建设项目类型及其选址、布局、规模等不符合环境保护法律法规和相关法定规划	本项目选址、布局符合国家产业政策，符合“三线一单”的要求，符合环境保护法律法规和相关法定规划。	不属于不予批准情形
	（二）所在区域环境质量未达到国家或者地方环境质量标准，且建设项目拟采取的措施不能满足区域环境质量改善目标管理要求	根据环境质量现状监测结果，本项目工作场所周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率属于当地天然辐射水平范围之内。	不属于不予批准情形
	（三）建设项目采取的污染防治措施无法确保污染物排放达到国家和地方排放标准，或者未采取必要措施预防和控制生态破坏	建设项目采用的辐射安全防护措施和污染防治措施可确保污染物排放达到国家排放标准。	不属于不予批准情形
	（四）改建、扩建和技术改造项目，未针对项目原有环境污染和生态破坏提出有效防治措施	本评价已对项目原有环境辐射影响进行分析，根据年度工作场所和辐射工作人员个人剂量检测报告相关数据，原有辐射项目未出现环境污染或生态破坏的现象。	不属于不予批准情形
	（五）建设项目的环境影响报告书、环境影响报告表的基础资料数据明显不实，内容存在重大缺陷、遗漏，或者环境影响评价结论不明确、不合理	本项目根据建设单位提供的基础资料，按照现行导则进行编制，不存在基础资料数据明显不实，内容存在重大缺陷、遗漏，或者环境影响评价结论不明确、不合理等情况。	不属于不予批准情形

1.6 原有核技术利用项目许可情况

1.6.1 原有核技术利用项目许可情况

嘉兴市第一医院现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号为：浙环辐证[F0008]（见附件3）；发证日期：2024年01月25日，有效期至：2027年08月24日；许可的辐射工作种类和范围是使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质；乙级非密封放射性物质工作场所。医院已许可的核技术利用项目环保手续履行情况详见表1-5、表1-6、表1-7，原有核技术利用项目环保手续文件详见附件5。

表 1-5 医院已许可的放射源环保手续履行情况一览表

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	环评审批情况	竣工环境保护验收
1	⁹⁰ Sr (⁹⁰ Y)	3.7×10 ⁹ Bq×1	V类	使用	敷贴治疗	核医学科	专用贮存室	备案号: 202233046200000014	/
2	⁶⁸ Ge	1.48×10 ⁸ Bq×3	V类	使用	PET-CT 校准	PET 机房	专用贮存室		

表 1-6 医院已许可的非密封放射性物质环保手续履行情况一览表

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素名称	物理状态	活动种类	用途	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	环评审批情况	竣工环境保护验收
1	核医学工作场所	乙级	³² P	液态	使用	放射性药物治疗	2.22×10 ⁷	1.11×10 ¹⁰	浙环辐【2013】1号 (暂未使用)	/
2			¹³¹ I	液态	使用	放射性药物治疗	1.32×10 ⁹	1.11×10 ¹²	浙环辐【2013】1号	浙环辐验【2015】119号
3			¹²⁵ I (粒子源)	固态	使用	放射性药物治疗	8.88×10 ⁴	2.22×10 ⁹	浙环辐【2013】1号	于 2024 年 6 月 20 日进行竣工环境保护自主验收
4			¹⁵³ Sm	液态	使用	放射性药物治疗	1.11×10 ⁸	1.33×10 ¹⁰	浙环辐【2013】1号 (暂未使用)	/
5			^{99m} Tc	液态	使用	放射性药物诊断	2.22×10 ⁷	5.77×10 ¹²	浙环辐【2013】1号	浙环辐验【2015】119号
6			¹²⁵ I	液态	使用	放射性药物诊断	7.4×10 ⁵	1.85×10 ⁹	浙环辐【2013】1号 (暂未使用)	/
7			⁸⁹ Sr	液态	使用	放射性药物治疗	2.96×10 ⁷	3.7×10 ¹⁰	浙环辐【2013】1号	于 2024 年 6 月 20 日进行竣工环境保护自主验收
8			¹⁸ F	液态	使用	放射性药物诊断	1.85×10 ⁷	4.63×10 ¹²	浙环辐【2013】1号 浙环辐【2022】012号	于 2023 年 9 月 20 日进行竣工环境保护自主验收
9			⁶⁸ Ga	液态	使用	放射性药物诊断	1.48×10 ⁷	3.7×10 ¹¹	浙环辐【2022】012号 (暂未使用)	/
10			²²³ Ra	液态	使用	放射性药物治疗	5.55×10 ⁸	5.55×10 ⁹	浙环辐【2022】012号 (暂未使用)	/

注：于 2024 年 9 月 12 日下发的《辐射安全许可证》浙环辐证[F0008]中，填报的非密封放射性物质相关参数有误，医院目前已重新完善原有《辐射安全许可证》浙环辐证[F0008]副本信息，并向原发证机关提出了重新申请，本报告根据医院出具的《嘉兴市第一医院（嘉兴市血防院、嘉兴市医学科技情报站）核医学科改扩建项目环境影响报告表》（2023 年 6 月，浙江君安检测技术有限公司）填写医院已许可的非密封放射性物质相关参数。

表 1-7 医院已许可的射线装置及环保手续履行情况一览表

序号	工作场所	装置名称	规格型号	类别	环评审批情况	竣工环境保护验收
1	10 号机房	CT	SOMATOM Definition AS 64	Ⅲ类	浙环辐【2013】1号	浙环辐验【2015】119号
2	12 号机房	DSA	Allura Xper FD20	Ⅱ类	浙环辐【2013】1号	浙环辐验【2015】119号
3	13 号机房	DSA	Allura Xper FD10	Ⅱ类		
4	15、16、18、24 号手术室	C 臂机	Varic	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
5		C 臂机	OEC One ASD	Ⅲ类	备案号: 202433040200000075	/

6		C 臂机	Ziehm solo	Ⅲ类	备案号: 202133046200000030	/
7		C 臂机	SIREMO BIL Compact L	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
8		C 臂机	uMC 560i	Ⅲ类	备案号: 202433046200000006	/
9	15 号机房	CT	uCT 520	Ⅲ类	备案号: 202333046200000032	/
10	16 号机房	CT	Ingenuity Flex	Ⅲ类	备案号: 202433046200000006	/
11	1 号骨密度室	骨密度仪	DPX-NT	Ⅲ类	浙环辐【2013】1 号	浙环辐验 【2015】119 号
12	1 号 DR 机房	DR	AXIOM Aristos MX	Ⅲ类	浙环辐【2013】1 号	浙环辐验 【2015】119 号
13	1 号直线加速 器机房	医用电子直线 加速器	Precise Didital Accelerator	Ⅱ类	浙环辐【2013】1 号	浙环辐验 【2015】119 号
14	2 号 SPECT 机房	SPECT-CT	Infimnia hawkeye4	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
15	2 号骨密度室	骨密度仪	DPX BRAVO	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
16	2 号 DR 机房	DR	AXIOM Aristos MX	Ⅲ类	浙环辐【2013】1 号	浙环辐验 【2015】119 号
17	2 号直线加速 器机房	医用电子直线 加速器	Elekta Infinity	Ⅱ类	嘉开环辐【2019】9 号	于 2022 年 4 月 17 日进行了竣工环 境保护自主验收
18	3 号机房	CT	SOMATOM M huan yue	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
19	4 号机房	CT	SOMATOM 16	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
20	6 号机房	全景机	OPHTHOPH OS XG 5 Ceph	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
21	7 号机房	多功能 X 射 线机	UNIVISION	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
22	8 号感染楼	移动式 X 光机	MUX-10J	Ⅲ类	浙环辐【2013】1 号	浙环辐验 【2015】119 号
23	8 号感染楼 DR 机房	DR	DigiEye 280	Ⅲ类	备案号: 202133046200000030	/
24	8 号机房	乳腺机	Selenia ASY- 01656	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
25	9 号机房	CT	Aquilion ONE TSX-301A	Ⅲ类	备案号: 201733046200000100	/
26	CT 机房	CT	Aquilion Lightning TSX-036A	Ⅲ类	备案号: 202033046200000105	/
27	DR 机房	DR	DRX-EVolution	Ⅲ类	备案号: 202033046200000105	/
28	ERCP 室	ERCP	BV Endura	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
29	PET-CT 机房	PET-CT	Biograph Vision	Ⅲ类	备案号: 202133046200000006	/
30	车载 CT: 无 固定场所; 不 使用时暂停于 9 号楼西北面	车载 CT	HeliCool V CXB- 500B	Ⅲ类	备案号: 202133046200000030	/
31	放射科	移动式 X 射 线机	MUX-10J	Ⅲ类	浙环辐【2013】1 号	浙环辐验 【2015】119 号
32	放射科	移动式数字摄 影 X 线系统	MUX-200D	Ⅲ类	备案号: 202033046200000008	/
33	凤凰院区 CT 机房	CT	uCT528	Ⅲ类	备案号: 202333040200000037	/

34	急诊科 CT 机房	CT	uCT820	Ⅲ类	备案号: 202433046200000006	/
35	急诊科 DR 机房	DR	DigiEye 680P	Ⅲ类	备案号: 202033046200000105	/
36	急诊科 DSA 机房	DSA	Artis Qceiling	Ⅱ类	嘉开环辐【2019】4号	于 2020 年 6 月 11 日进行了竣工环境保护自主验收
37	口腔 CT 机房	口腔 CT	Planmeca ProMax 3D Mid	Ⅲ类	备案号: 202433046200000019	/
38	模拟定位机房	CT	Brilliance CT BigBore	Ⅲ类	备案号: 202033046200000035	/
39	牙片机房	牙片机	X-MINDDC	Ⅲ类	备案号: 202233046200000033	/

1.6.2 原有核技术利用项目污染物排放及达标情况

根据医院提供的辐射工作场所监测报告（GABG-CF22225232、GABG-CF23235164-H、GABG-CF23235164-2H、GABG-CF23235164-3H、GABG-CF23235164-4H、浙君检（放）字 FH 2023 第 0867 号），医院现有辐射工作场所达标性如下：

①医院放射诊断设备摄影模式下工作场所的 X- γ 辐射周围剂量当量率最大值为 0.28 μ Sv/h，透视模式下工作场所的 X- γ 辐射周围剂量当量率最大值为 1.22 μ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关剂量率控制水平的要求；

②核医学工作场所控制区屏蔽体外 30cm 处 X- γ 周围剂量当量率最大值为 1.80 μ Sv/h（给药室铅玻璃观察窗）； β 表面污染水平最大值为 1.42Bq/cm²（专用卫生间便池表面），表明各监测点 X- γ 周围剂量当量率和 β 表面污染水平均符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求；

根据《嘉兴市第一医院（嘉兴市血防院、嘉兴市医学科技情报站）核医学科改扩建项目（阶段性验收）竣工环境保护验收监测报告表》，医院核医学工作场所各类放射性废气均通过排风系统引至楼顶，经活性炭过滤装置处理后排放；各类放射性废水排入核医学科东南侧衰变池中，经过 10 个半衰期后排放；各类固体放射性废物收集暂存超过 10 个半衰期后经监测满足相关表面污染控制水平和表面剂量率控制水平后作为医疗废物处置，医院放射性废气、放射性废水和固体放射性废物的处置符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求。

③直线加速器机房外 30cm 处的 X- γ 周围剂量当量率最大值为 0.50 μ Sv/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中相关剂量率控制水平的要求。

1.6.3 原有核技术利用项目运行和相关防护措施情况

医院已获许可使用的射线装置共 39 台，其中 5 台Ⅱ类射线装置，34 台Ⅲ类射线装

置，已获许可使用的核素共 10 种，已获许可使用的放射源共 2 种。医院在运行过程中较好地执行了相关的辐射安全管理制度，根据上一年辐射工作场所检测报告，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律法规，配合各级生态环境部门监督和指导，成立了放射诊疗安全与防护管理领导小组，落实安全责任制度，并明确了相关成员名单及职责，建立了完善的辐射安全和防护制度，并有严格的档案管理制度，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院已严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行良好。

现有辐射防护措施和管理制度汇总见表 1-8。

表 1-8 医院现有辐射防护措施和管理制度汇总一览表

名称	管理情况
辐射防护管理制度	已建立《辐射安全管理制度》、《辐射工作人员培训计划及考核制度》、《大型放射设备维保管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、辐射工作场所及辐射工作人员监测方案等辐射防护管理制度。
辐射屏蔽防护措施	已按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）等相关要求配置了工作场所防护用品及防护设施。
个人剂量监测	现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，个人剂量计定期送检，并建立了个人剂量档案，由《嘉兴市第一医院 2023 年度辐射安全与防护状况评估报告》可知，辐射工作人员的年有效剂量检测结果显示在 0.03~1.07mSv 范围内，远低于工作人员剂量约束值 5mSv/a。
职业健康体检	现有辐射工作人员均于 2023.2.20-2023.5.10 在嘉兴市第一医院进行了在岗期间的职业健康检查，检查结果均为“可继续从事放射工作”。
辐射工作人员培训	医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。目前医院辐射工作人员均参加了国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或嘉兴市卫生健康委员会组织的核技术利用辐射安全与防护考核，并考核合格。
辐射防护措施	医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警告标志、工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。
辐射工作场所年度监测	医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据医院提供的 2023 年度辐射工作场所监测报告，医院放射诊断设备满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关剂量率控制水平的要求；核医学科各辐射工作场所监测结果均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中核医学科辐射场所屏蔽体外剂量控制水平要求以及《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中核医学科工作场所放射性表面污染控制水平要求；直线加速器机房满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中相关剂量率控制水平的要求。医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

辐射应急演练和年度评估	医院已制定有《辐射事故应急预案》，并于 2023 年开展了 2 次辐射事故应急演练。经与医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。医院已自行编制《嘉兴市第一医院 2023 年度辐射安全与防护状况评估报告》，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并上传至核技术利用平台。
-------------	--

1.6.4 与原有核技术利用项目依托情况

本项目依托原有放射诊疗安全与防护管理领导小组，依托《辐射安全管理制度》、《辐射工作人员培训计划及考核制度》、《大型放射设备维保管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、辐射工作场所及辐射工作人员监测方案等辐射防护管理制度，本项目辐射工作人员拟新聘或从现有介入科辐射工作人员调岗，原则上不兼岗。本项目依托医院现有 X、 γ 辐射空气比释动能率仪，为每名手术医护人员配备 2 枚个人剂量计，每名技师配备 1 枚个人剂量计，拟新增设备操作规程、监测仪器定期检验检定等制度。本项目介入手术产生的废水依托医院现有污水处理站处理，危险废物依托医院现有医疗废物暂存间暂存，并定期委托医疗废物处置单位进行处置。

1.6.5 原有核技术利用项目存在的问题

于 2024 年 9 月 12 日下发的《辐射安全许可证》浙环辐证[F0008]中填报的非密封放射性物质相关参数有误，医院应按照相关已取得批复的环境影响评价文件重新申请《辐射安全许可证》，医院目前已重新完善原有《辐射安全许可证》浙环辐证[F0008]副本信息，并向原发证机关提出了重新申请。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度(Bq)/ 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
	以下空白							

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动 种类	实际日最大 操作量 (Bq)	日等效最大 操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
	以下空白									

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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
	以下空白									

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	待定	125	1250	影像诊断和介入治疗	医教研综合楼裙楼二层 DSA1手术室	新购
2	DSA	II	1	待定	125	1250	影像诊断和介入治疗	医教研综合楼裙楼二层 DSA2手术室	新购
3	Nexaris Angio-CT	II	1	Artis Q.zen Ceiling+ SOMATOM Confidence	DSA 球管： 125kV CT 球管： 140kV	DSA 球管： 1000mA CT 球管： 666mA	影像诊断和介入治疗	医教研综合楼裙楼三层 Angio-CT手术室	新购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	少量	不暂存	经排风管道引至室外排放，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气

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

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过; 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 日施行修订版; (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过; 2018 年 12 月 29 日第二次修订), 中华人民共和国主席令第 48 号, 自 2018 年 12 月 29 日起施行修订版; (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过), 中华人民共和国主席令第六号, 2003 年 10 月 1 日施行; (4) 《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布施行; 2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订), 自 2017 年 10 月 1 日起施行修订版; (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, (2005 年 9 月 14 日经中华人民共和国国务院令第 449 号公布, 2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令第 709 号第二次修订), 自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版; (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布, 2020 年 12 月 25 日经生态环境部令第 20 号第四次修正), 2021 年 1 月 4 日施行修正版; (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011 年 4 月 18 日原环境保护部令第 18 号), 自 2011 年 5 月 1 日起施行; (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(中华人民共和国生态环境部令第 16 号), 自 2021 年 1 月 1 日起施行; (9) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号), 自 2017 年 12 月 5 日起施行; (10) 《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》(中华人民共和国生态环境部公告 2019 年第 57 号), 2019 年 12 月 24 日印发; (11) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(中华人民共和国生态环境部公告 2021 年第 9 号), 2021 年 3 月 15 日起实施;
------	--

法规文件	(12) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》，2023 年 12 月 1 日经国家发展改革委第 6 次委务会通过，2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布，自 2024 年 2 月 1 日起施行； (13) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函[2016]430 号)，自 2016 年 3 月 7 日起施行； (14) 《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》(浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会，浙环函[2019]248 号)，自 2019 年 7 月 18 日起施行； (15) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4 号)，自 2017 年 11 月 20 日起施行； (16) 《关于印发《生态环境分区管控管理暂行规定》的通知》(环环评[2024]41 号)，自 2024 年 7 月 8 日印发并施行； (17) 《医疗废物管理条例》(2003 年 6 月 16 日中华人民共和国国务院令 第 380 号公布，根据 2011 年 1 月 8 日《国务院关于废止和修改部分行政法规的决定》修订)； (18) 《浙江省生态环境保护条例》，自 2022 年 8 月 1 日起施行； (19) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》(2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布，2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布第三次修正)，自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版； (20) 《浙江省辐射环境管理办法》(2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布，2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号修正)，自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版； (21) 《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2023 年本)>的通知》(浙环发[2023]33 号)，自 2023 年 9 月 9 日起施行； (22) 《嘉兴市生态环境局关于发布环境影响评价文件审批等行政权力事项分级办理规定的通知》(嘉环发[2023]61 号)，自 2023 年 10 月 18 日起实施； (23) 《嘉兴市生态环境局关于印发<嘉兴市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》(嘉环发[2024]39 号)，自 2024 年 8 月 30 日起施行。
------	--

技术标准	(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)； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (6) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)； (7) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)。
其他	(1) 环境影响评价委托书； (2) 《嘉兴市第一医院二期工程(传染病楼改扩建及新建医教研综合楼)环境影响报告表》； (3) 《辐射防护导论》，方杰主编； (4) 《辐射防护手册》(第三分册)，李德平、潘自强主编； (5) 《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》； (6) 医院提供的其它与本项目有关的技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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》（HJ 10.1-2016）评价范围相关的规定：“……放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”，本项目是在有固定实体边界的场所内实施射线装置应用项目，因此本次辐射环境评价范围取拟建的射线装置机房实体屏蔽物边界外延50m为评价范围（不同工作场所重合区域取最大范围），具体评价范围示意图详见附图3。

7.2 保护目标

根据前述项目周边环境关系情况以及建设单位提供的相关设计图纸等资料可见，本项目评价范围包括医院内部建筑物和道路，不涉及其他环境敏感区域，项目环境保护目标主要是从事本项目辐射工作的职业人员、评价范围内其他医护人员、患者等公众成员，评价报告中列举出辐射工作场所内及 50m 范围内的保护目标情况，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内的环境保护目标一览表

场所	环境保护目标	方位	距离本项目 实体屏蔽物 边界最近距 离（m）		规模	人员 类别	年剂量 约束值 （mSv）
			水平	垂直			
医教研 综合楼 裙楼 二层 DSA1 手术室	DSA1 手术室内	内部	/	/	9 人	职业	5
	控制室	东侧	0	0	2 人	职业	5
	设备间	东侧	0	0	约 2 人/d	公众	0.1
	DSA2 手术室（公众）	东侧	8.2	0	约 2 人/d	公众	0.1
	二层 DSA1 手术室南侧污物 走廊	南侧	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	二层 OR1 手术室、OR2 手 术室	南侧	1.6	0	约 20 人/d	公众	0.1
	二层 DSA1 手术室西侧洁净 走廊	西侧	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	二层 DSA1 手术室北侧洁净 走廊	北侧	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	三层麻醉准备间	上方	0	0	约 50 人/d	公众	0.1
	三层 DSA1 手术室上方走廊	上方	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	一层 CT 机房、注射穿刺室	下方	0	0	约 50 人/d	公众	0.1
	一层 CT 机房配套控制室	下方	0	0	约 4 人/d	职业	5

	登记柜台	下方	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
医教研综合楼裙楼二层 DSA2 手术室	DSA2 手术室内	内部	/	/	9 人	职业	5
	控制室	西侧	0	0	2 人	职业	5
	CT 治疗室 1	东侧	0	0	约 20 人/d	公众	0.1
	二层 DSA2 手术室南侧污物走廊	南侧	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	二层 OR3 手术室、OR4 手术室	南侧	1.6	0	约 40 人/d	公众	0.1
	设备间	西侧	0	0	约 2 人/d	公众	0.1
	DSA1 手术室（公众）	西侧	8.2	0	约 2 人/d	公众	0.1
	二层 DSA2 手术室北侧洁净走廊	北侧	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	三层 OR2 手术室、OR3 手术室	上方	0	0	约 20 人/d	公众	0.1
	三层走廊	上方	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	一层 DR1 机房、DR2 机房、等候更衣室	下方	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	一层 DR 机房配套控制室	下方	0	0	约 8 人/d	职业	5
医教研综合楼裙楼三层 Angio-CT 手术室	Angio-CT 手术室内	内部	/	/	9 人	职业	5
	控制室	西侧	0	0	2 人	职业	5
	三层机房东侧洁净走廊	东侧	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	Angio 设备间、CT 设备间	南侧	0	0	约 4 人/d	公众	0.1
	三层机房西侧污物走廊	西侧	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	三层机房北侧洁净走廊	北侧	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	净化机房	上方	0	0	约 10 人/d	公众	0.1
	OR6 手术室	下方	0	0	约 20 人/d	公众	0.1
	二层机房下方污物走廊	下方	0	0	约 100 人/d	公众	0.1
	器械清洗间、污物间、污洗间、缓冲间	下方	0	0	约 10 人/d	公众	0.1
注：①DSA1 手术室、DSA2 手术室、Angio-CT 手术室内保护目标规模取各手术室配置的医生、护士人数； ②DSA1 手术室、DSA2 手术室共用控制室，职业人数取 2 间 DSA 手术室配套的技师人数； ③DSA1 手术室、DSA2 手术室互为保护目标时，手术室内人数取患者人数； ④其他射线装置机房内保护目标取机房内患者人数，其他射线装置机房配套控制室取控制室内职业人数。							

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》（GB 18871-2002）剂量限值

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当

量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

附录 B

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 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。

本项目取不超过 5mSv 作为辐射工作人员的年有效剂量约束值。

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

本项目取不超过 0.1mSv 作为公众的年有效剂量约束值。

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

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 的规定。

表2 X射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度的要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^b (m ²)	机房内最小单边长度 ^c (m)
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5
单管头 X 射线设备 ^a （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

^a 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。
^b 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。
^c 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 的规定。

表3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 (mmPb)	非有用线束方向铅当量 (mmPb)
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
标称 125kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

本项目 DSA 手术室属于标称 125kV 及以下的摄影机房，同时属于 C 形臂 X 射线设备机房，因此项目 DSA 手术室的屏蔽防护铅当量厚度要求按照有用线束及非有用线束方向铅当量均为 2mmPb；Nexaris Angio-CT 按照 CT 机房执行。

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 μ 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。

表 7-2 本项目控制要求

工作场所	机房要求	控制区外 30cm 处
医教研综合楼裙楼二层 DSA1 手术室、DSA2 手术室	机房有用线束及非有用线束方向铅当量均不小于 2.0mmPb；最小有效使用面积不小于 20m ² ，最小单边长度不小于 3.5m	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
医教研综合楼裙楼三层 Angio-CT 手术室	机房有用线束及非有用线束方向铅当量均不小于 2.5mmPb；最小有效使用面积不小于 30m ² ，最小单边长度不小于 4.5m	
标准依据	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于浙江省嘉兴市中环南路 1882 号，项目地理位置见附图 1。

本项目拟建在嘉兴市第一医院内南侧，项目 DSA1 手术室、DSA2 手术室拟建于医教研综合楼裙楼二层，Angio-CT 手术室拟建于医教研综合楼裙楼三层，辐射工作场所所在位置见附图 3。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

①环境现状评价的对象：项目拟建区域及评价范围内环境辐射水平。

②监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率。

③监测点位：

由于本项目所在建筑物正在建设，项目所有辐射工作场所尚未建成，考虑兼顾点位现状可到达性的条件下，在拟建核技术利用项目所在区域位置及本项目评价范围内涉及的建筑物布设监测点，所布点位能反映本项目评价范围内拟建场所的辐射环境现状水平。因此，监测点位布设是合理的。

本次环境现状监测于 2024 年 3 月 18 日第一次开展，随着工程推进，医院将医教研综合楼裙楼三层原预留杂交手术室确定为 Angio-CT 手术室，因此浙江建安检测研究院有限公司于 2024 年 8 月 23 日补充了相关场所的监测。

为直观标明监测点位所在位置，本项目在医院平面布置图中标注监测点位，具体监测点位布置情况详见图 8-1~图 8-5。

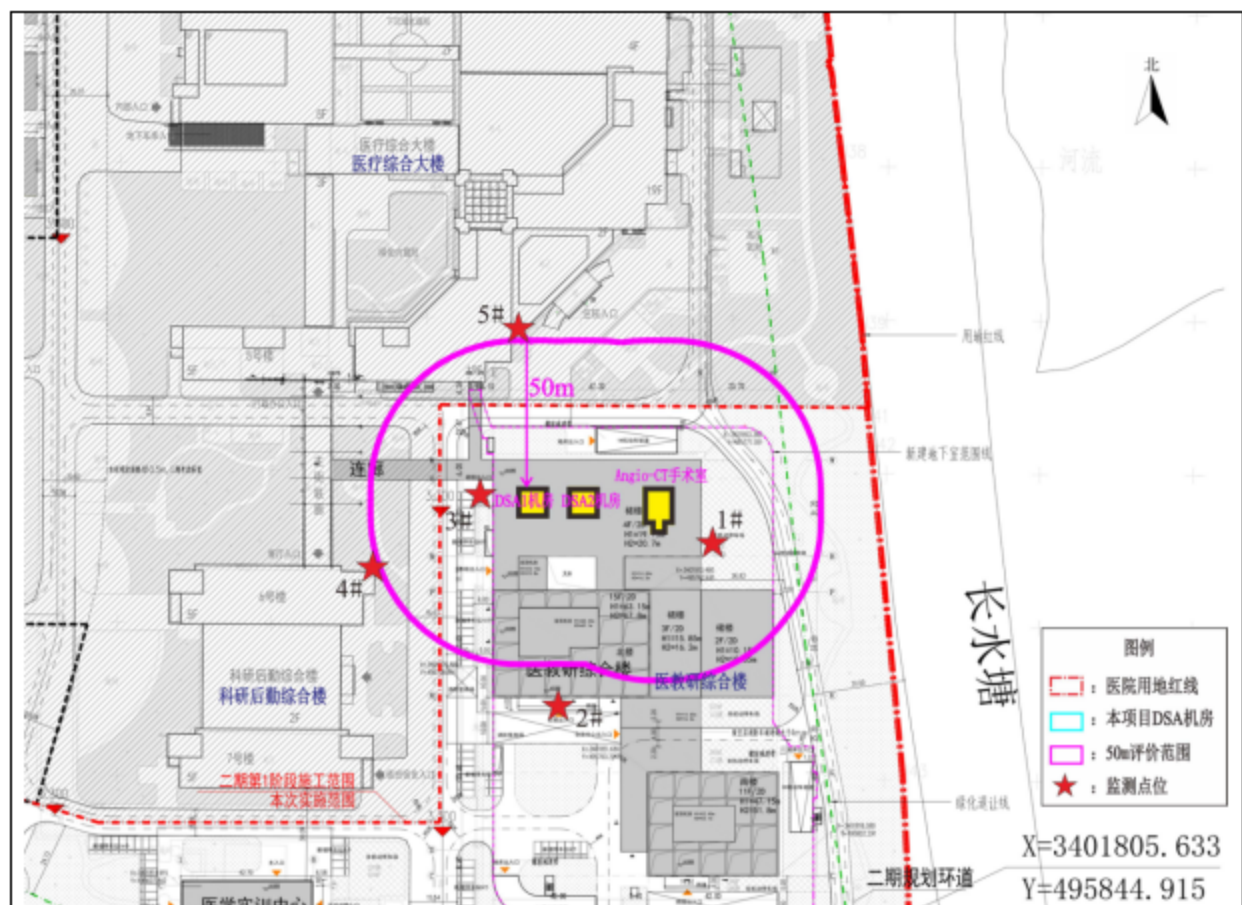


图 8-1 项目所在主体工程室外辐射环境本底监测点位示意图

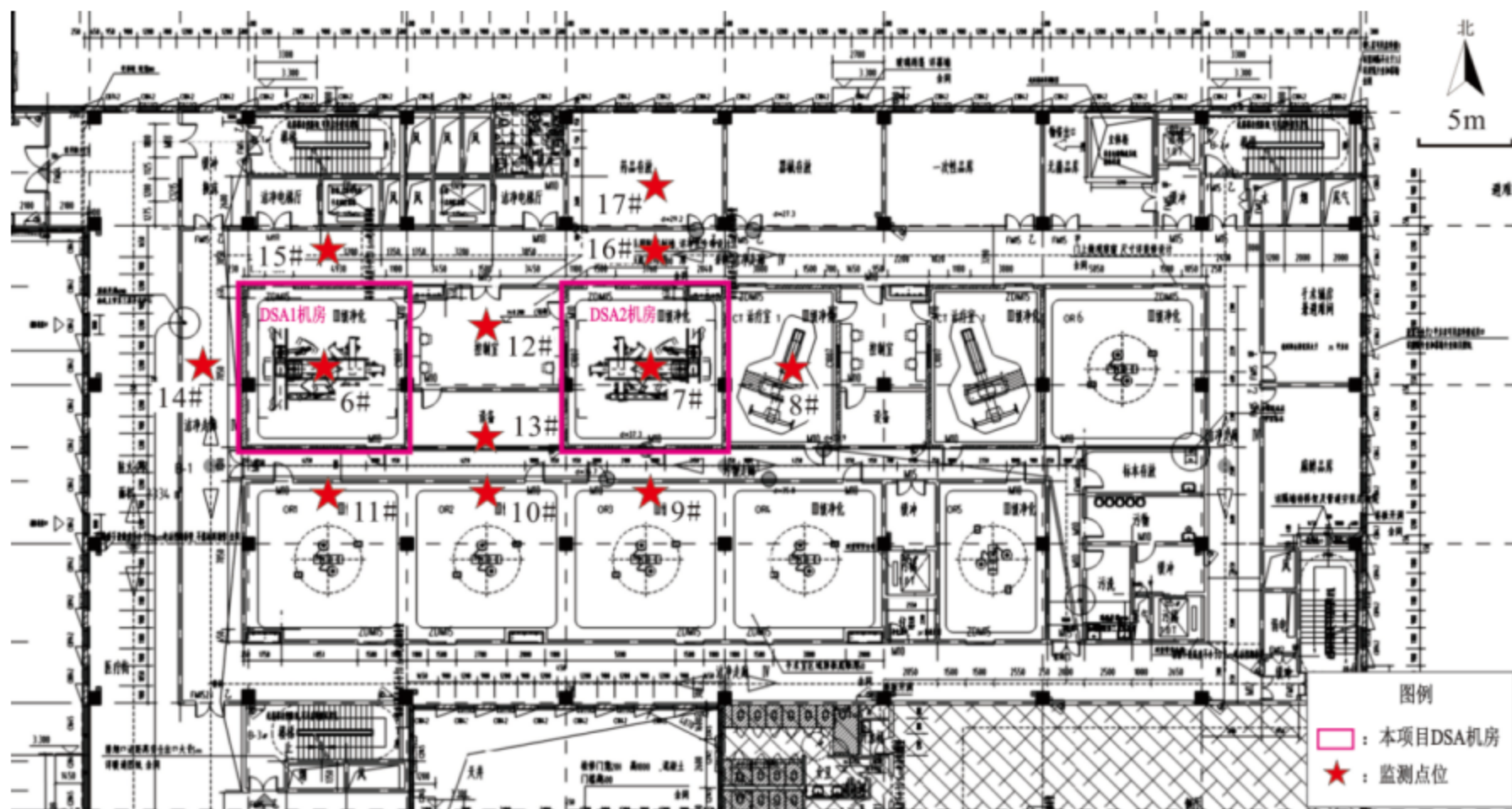


图8-2 DSA机房所在层辐射环境本底监测点位示意图

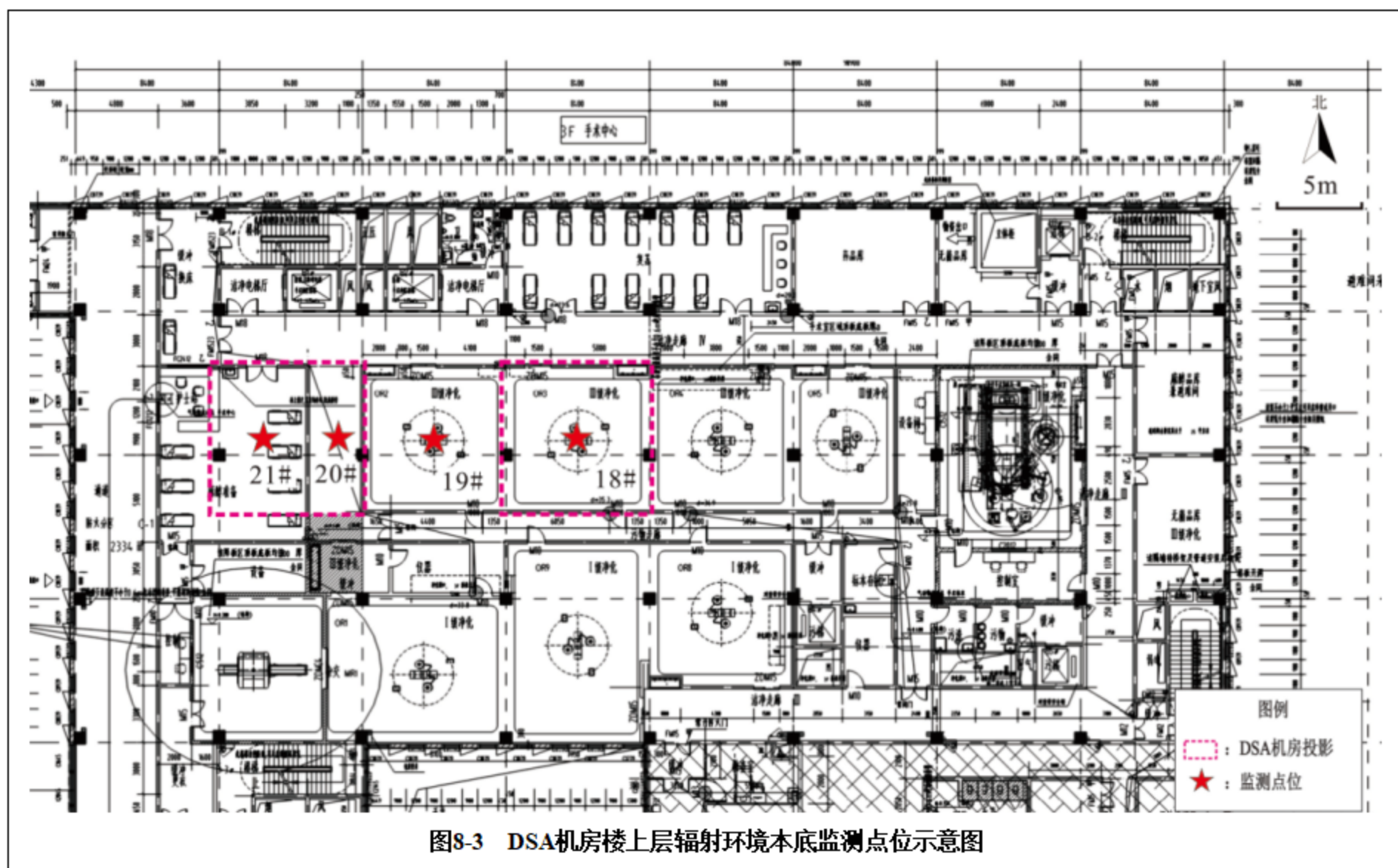


图8-3 DSA机房楼上层辐射环境本底监测点位示意图

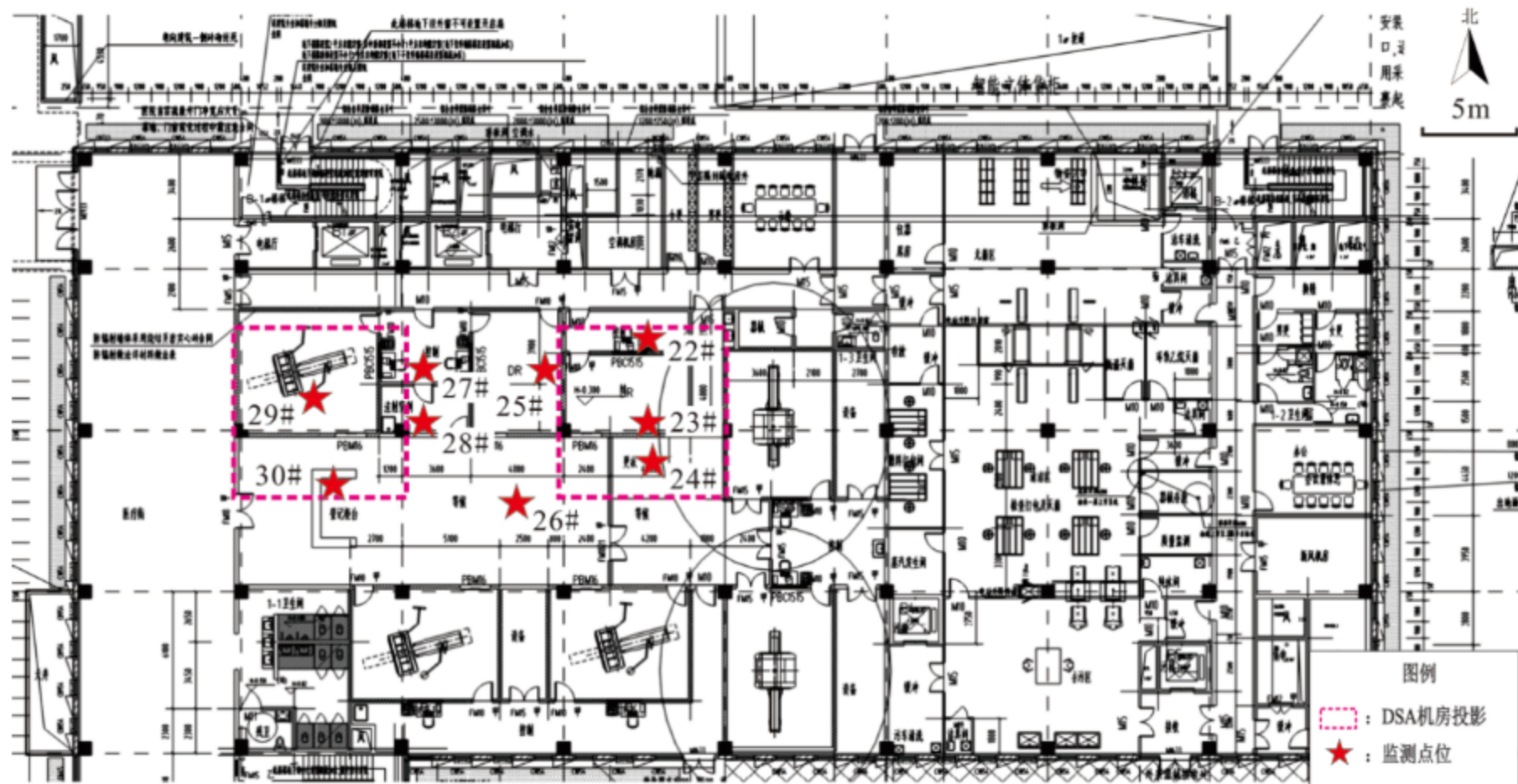


图 8-4 DSA 机房楼下层辐射环境本底监测点位示意图

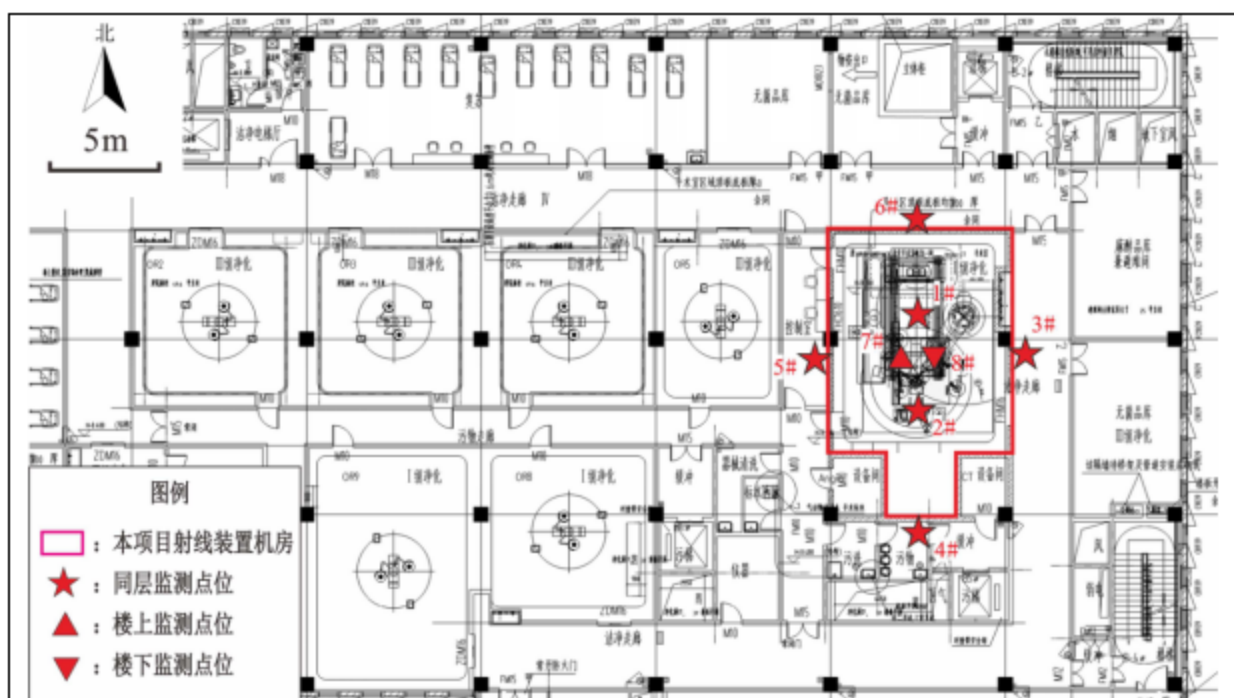


图 8-5 Angio-CT 手术室周边辐射环境本底监测点位示意图

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监测时间：2024 年 3 月 18 日、2024 年 8 月 23 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）确定为 1 次测量。
- ⑥监测工况：辐射环境本底。
- ⑦2024 年 3 月 18 日天气环境条件：温度 10.2℃，相对湿度 61.2%，晴；
2024 年 8 月 23 日天气环境条件：温度 25.7℃，相对湿度：60.6%，晴。
- ⑧监测设备：

表 8-1 便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪相关信息

2024 年 3 月 18 日监测使用仪器相关信息	
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-100μSv/h；数字量程：1nSv/h-99.9μSv/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	2023H21-20-4777893002
检定有效期	2023 年 08 月 24 日~2024 年 08 月 23 日
2024 年 8 月 23 日监测使用仪器相关信息	
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	05038132
能量范围	38keV-7MeV
量 程	模拟量程：10nSv/h-100μSv/h；数字量程：1nSv/h-99.9μSv/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	2024H21-20-5074963002
检定有效期	2024 年 02 月 01 日~2025 年 01 月 31 日

8.3.2 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有浙江省市场监督管理局颁发的资质认定证书，并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采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状监测结果详见表 8-2、表 8-3。

表 8-2 拟建场所及周围γ辐射空气吸收剂量率监测结果一览表（2024 年 3 月 18 日）

监测点 编号	监测点位置	监测结果（nGy/h）		备注
		测量值	标准差	
1#	二期在建非机动车停车场	77	3	室外
2#	二期在建医教研综合楼北楼出入口	82	2	室外

3#	二期在建医教研综合楼裙楼出入口	108	2	室外
4#	现有科研后勤综合楼东北侧	100	2	室外
5#	现有医疗综合大楼西南侧	104	2	室外
6#	DSA1 机房内部	159	2	室内
7#	DSA2 机房内部	153	3	室内
8#	DSA2 机房东侧 CT 治疗室 1	152	2	室内
9#	DSA2 机房南侧 OR3 手术室	127	3	室内
10#	DSA2 机房西南侧 OR2 手术室	127	2	室内
11#	DSA1 机房南侧 OR1 手术室	128	2	室内
12#	DSA1 机房东侧控制室	135	2	室内
13#	DSA1 机房东侧设备间	112	2	室内
14#	DSA1 机房西侧洁净走廊	109	2	室内
15#	DSA1 机房北侧走廊	133	2	室内
16#	DSA2 机房北侧走廊	128	2	室内
17#	DSA2 机房北侧药品存放间	124	2	室内
18#	DSA 机房楼上 OR3 手术室	153	3	室内
19#	DSA 机房楼上 OR2 手术室	150	2	室内
20#	DSA 机房楼上走廊	141	2	室内
21#	DSA 机房楼上麻醉准备间	143	2	室内
22#	DSA 机房楼下控制室 1	168	2	室内
23#	DSA 机房楼下 DR1 机房	166	2	室内
24#	DSA 机房楼下等候更衣室	170	3	室内
25#	DSA 机房楼下 DR2 机房	160	2	室内
26#	DSA 机房楼下等候室	122	2	室内
27#	DSA 机房楼下控制室 2	152	2	室内
28#	DSA 机房楼下注射穿刺室	160	2	室内
29#	DSA 机房楼下 CT 机房	154	3	室内
30#	DSA 机房楼下登记柜台	120	3	室内

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 $\times$ 仪器校准因子 k_1 $\times$ 仪器检验源效率因子 k_2 $\div$ 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 $\times$ 测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 0.94，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，测量点对宇宙射线的响应值为 25nGy/h。

表 8-3 拟建场所及周围 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果一览表（2024 年 8 月 23 日）

监测点编号	监测点位置	监测结果（nGy/h）		备注
		测量值	标准差	
1#	拟建 Angio-CT 手术室内 1	151	2	室内
2#	拟建 Angio-CT 手术室内 2	152	4	室内
3#	拟建 Angio-CT 手术室东侧洁净走廊	139	4	室内
4#	拟建 Angio-CT 手术室南侧污物间	155	3	室内
5#	拟建 Angio-CT 手术室西侧控制室	137	5	室内
6#	拟建 Angio-CT 手术室北侧洁净走廊	105	2	室内
7#	拟建 Angio-CT 手术室楼上净化机房	156	4	室内
8#	拟建 Angio-CT 手术室楼下 OR6 手术室	104	2	室内

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 $\times$ 仪器校准因子 k_1 $\times$ 仪器检验源效率因子 k_2 $\div$ 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 $\times$ 测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.07，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，测量点对宇宙射线的响应值为 26nGy/h（监测地址：宁波东钱湖湖心水面，监测时间：2023 年 11 月 15 日）。

8.4 监测结果

根据表 8-2、8-3 的监测结果可知，本项目拟建场址及周围各监测点位的室外 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 77nGy/h~108nGy/h，即 $7.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 10.8\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；室内 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 104nGy/h~170nGy/h，即 $10.9\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 17.0\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知嘉兴地区道路 γ 辐射剂量率在 $2.8\times 10^{-8}\sim 11.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间；室内 γ 辐射剂量率在 $7.6\times 10^{-8}\sim 27.1\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间。可见本项目拟建地点的 γ 辐射水平处于当地天然辐射水平范围之内，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目辐射工作场所位于嘉兴市第一医院二期工程医教研综合楼裙楼二层、三层，有关主体工程施工期环境影响内容已在《嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改建及新建医教研综合楼）环境影响登记表》进行分析评价，本次评价不再做相关的环境影响分析和评价。

本项目射线装置机房施工期主要为屏蔽材料施工及设备安装、调试，工程量较少。屏蔽材料施工期间主要的污染因子为：扬尘、施工人员生活污水、噪声及固体废物，屏蔽材料施工过程不会产生辐射影响，DSA、CT 在安装调试时，会产生 X 射线、臭氧和氮氧化物。

9.2 工程设备和工艺分析

本项目拟在医教研综合楼裙楼二层建设 2 间 DSA 手术室，配套建设 1 间控制室、1 间设备间，每间 DSA 手术室安装使用 1 台 DSA 装置开展介入手术；拟在医教研综合楼裙楼三层建设 1 间 Angio-CT 手术室，配套控制室、设备间等功能用房，在机房内安装使用 1 套新购买的 Nexaris Angio-CT 系统。

(1) 设备组成

①常规 DSA 装置组成

DSA 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 射线装置主要由 X 射线发生系统、接收器、导管床、图像显示器等部分组成。X 射线发生系统位于接收器对面方向；操作台集合控制系统和设备状态显示等功能，位于控制室内；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。典型 DSA 射线装置整体外观示意图如图 9-1 所示。



图9-1 典型DSA射线装置整体外观示意图

②Nexaris Angio-CT 设备组成

Nexaris Angio-CT 系统的名称由以前的 Miyabi Angio-CT 升级而来。其中“Nexaris”指的是西门子最新一站式复合手术室的系列名称，“Angio”指的是血管造影设备（即 DSA 功能），而“CT”则专指可用于复合手术室的带有特殊滑轨的 CT 功能。

该系统由带滑轨的 CT、吊装 C 臂、手术床、悬吊显示器以及设备自带屏蔽设施等组成，其整体外观示意图如图 9-2 所示。

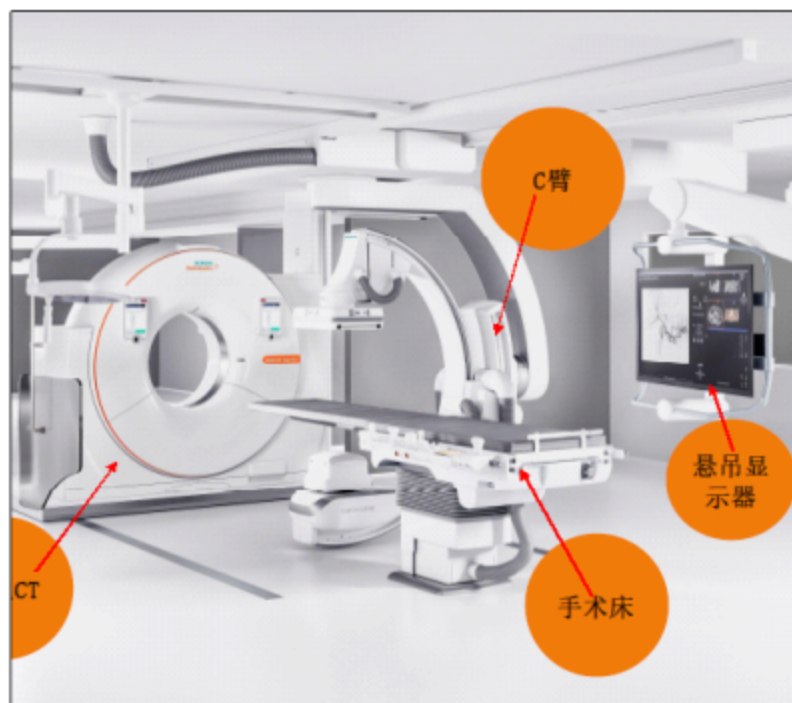


图9-2 Nexaris Angio-CT系统整体外观示意图

DSA-CT复合手术室在一些复杂的手术作业中具有重大意义，在一些重大复杂的手术中，有时候需要通过CT诊断、DSA、手术分多次才能完成，而在DSA复合手术室内，医生可以将三者结合起来，发挥各自优势。原本需要多次才能完成的手术，现在一次手术中就能完成，避免患者在手术室和影像科之间多次转运，减少了多次麻醉和转运可能带来的风险，提高了手术效率和手术的安全性。

(2) 工作原理

①常规DSA工作原理

X射线装置主要由X射线管和高压电源组成，X射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡，从而产生X射线。典型X射线管结构详见图9-3。

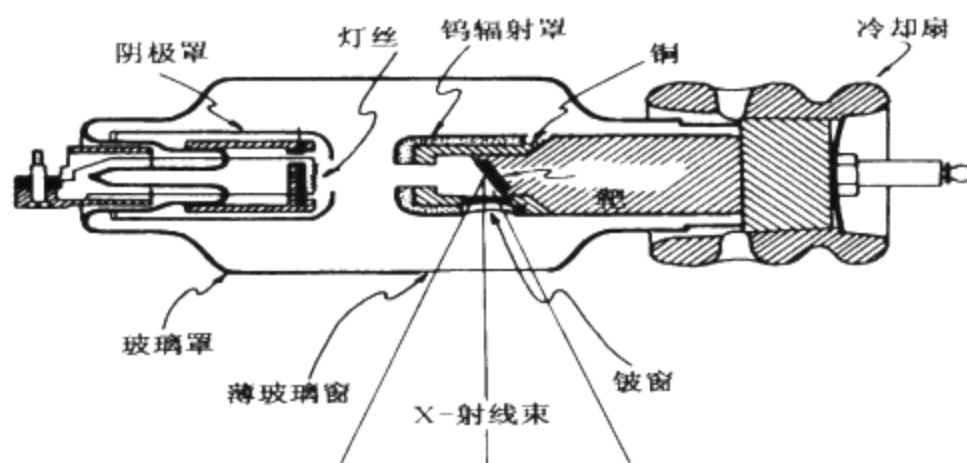


图9-3 典型X射线管结构图

虽然不同用途的X射线机因诊疗目的不同有较大的差别，但其基本结构都是由产生X射线的X射线管、供给X射线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制X射线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置组成。

DSA成像的基本原理是将受检部位注入造影剂之前和注入造影剂后的血管造影X射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对

数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

②Nexaris Angio-CT 工作原理

Nexaris Angio-CT 是指在近距离或者在同一环境下（即一室方案）同时包含 DSA 球管和 CT 球管的一套系统。CT 功能将通过滑轨滑向 DSA 的病人床进行 CT 扫描，而不要重新定位或者转运病人（为了节省时间并减少转运过程的并发症）。CT 扫描完成后，可以将 CT 架从病人床移开，使得病人可以用于 DSA 的造影。在实际使用当中，这套系统里的 DSA 功能和 CT 功能并不能够同时使用。每套 Angio-CT 系统都有两种操作模式，一种为 Angio mode，只能使用 DSA 功能；另一种为 CT mode，只能使用 CT 功能。当需要用到 CT 功能扫描时，DSA 球管需要停在病人床侧位专门的安放位，否则 CT 球管无法到位扫描；当 CT 扫描完成后，CT 球管需要回到专门的安放位，否则 DSA 将无法造影。DSA 球管和 CT 球管使用的系统是西门子同一套软件系统 Syngo system，并且 DSA 球管与 CT 球管之间有专门的数据连接模块，从而使得两个球管能够实时共享数据信息，并实现每次只能一个球管运作，且两个球管又不相互干扰。

（3）操作流程

①常规 DSA 操作流程

医生在接诊患者后根据其病情确认诊疗方法，告知患者及家属采用 DSA 治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。开启 DSA 装置，技师在控制室内首次拍片初步确认病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品进入机房，在透视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房，技师在控制室内再次拍片，当确诊病灶部位后，手术医护人员穿戴好防护用品后再次进入机房进行介入治疗，直到治疗结束，关机。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，透视。进行介入手术治疗时，为更清楚的了解患者情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医生位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在机房内对患者进行直接的介入手术操作。该情况在实际运行中占绝大多数，是本次评价的重点。

第二种情况，减影。操作人员采取隔室操作的方式（即技师在控制室内对患者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内患者情况。

常规 DSA 手术室内操作流程及产污环节如图 9-4 所示。

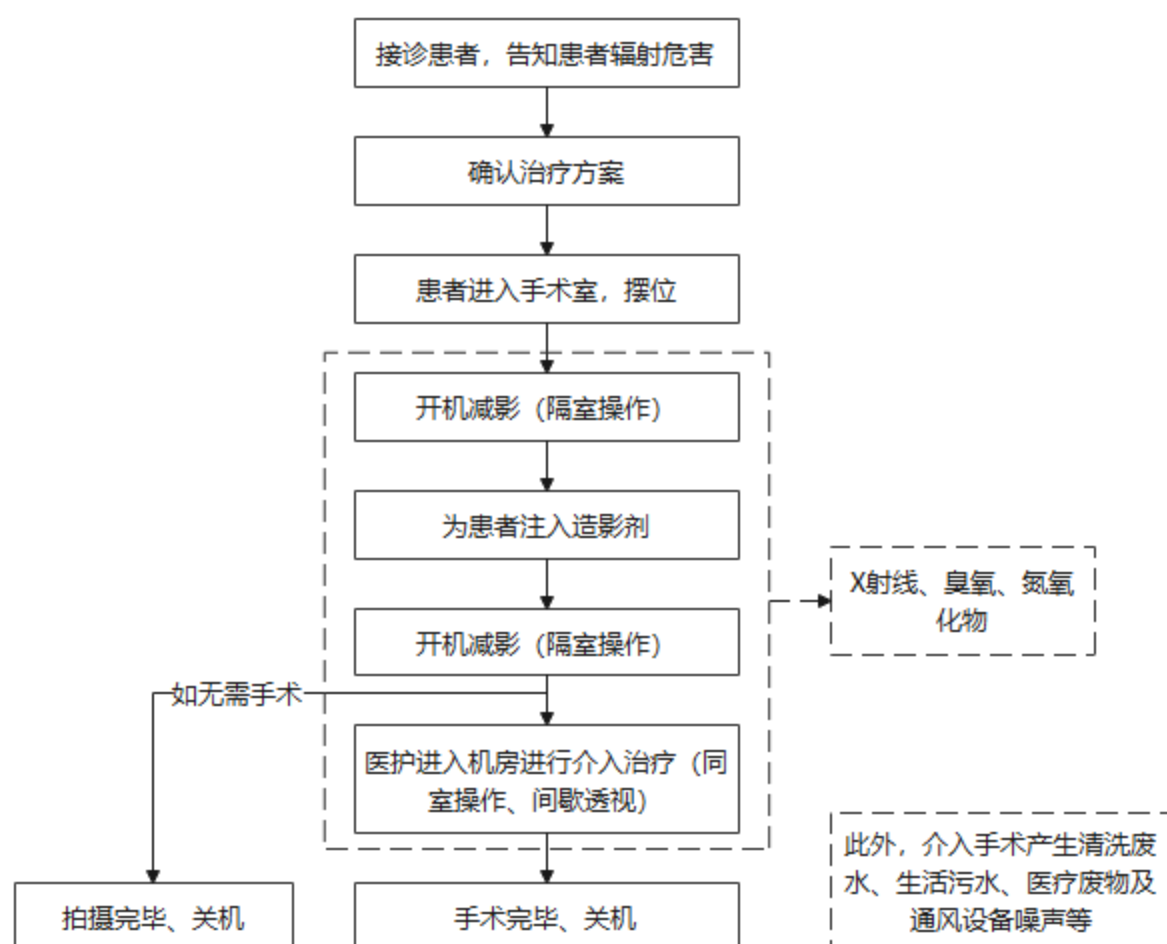


图 9-4 常规 DSA 手术室内操作流程及产污环节示意图

②Nexaris Angio-CT 操作流程

Nexaris Angio-CT 系统 CT 机架设置于 Angio-CT 手术室内，并设置有 CT 架专用安放位，具体操作流程如下：

a.介入手术进行时，医护人员在 Angio-CT 手术室内同室操作；

b.需要 CT 曝光时，将 DSA 球管停放至病人床侧位专门的安放位，CT 机架通过滑轨滑至手术床开展 CT 扫描，工作人员均退出手术室进入控制室，按照 CT 的操作方式进行隔室曝光。

c.CT 扫描完成后，将 CT 机架移回 CT 专门的安放位，DSA 球管复位，医护人员重新进入手术室继续开展介入治疗。

Angio-CT 手术室内操作流程及产污环节如图 9-5 所示。

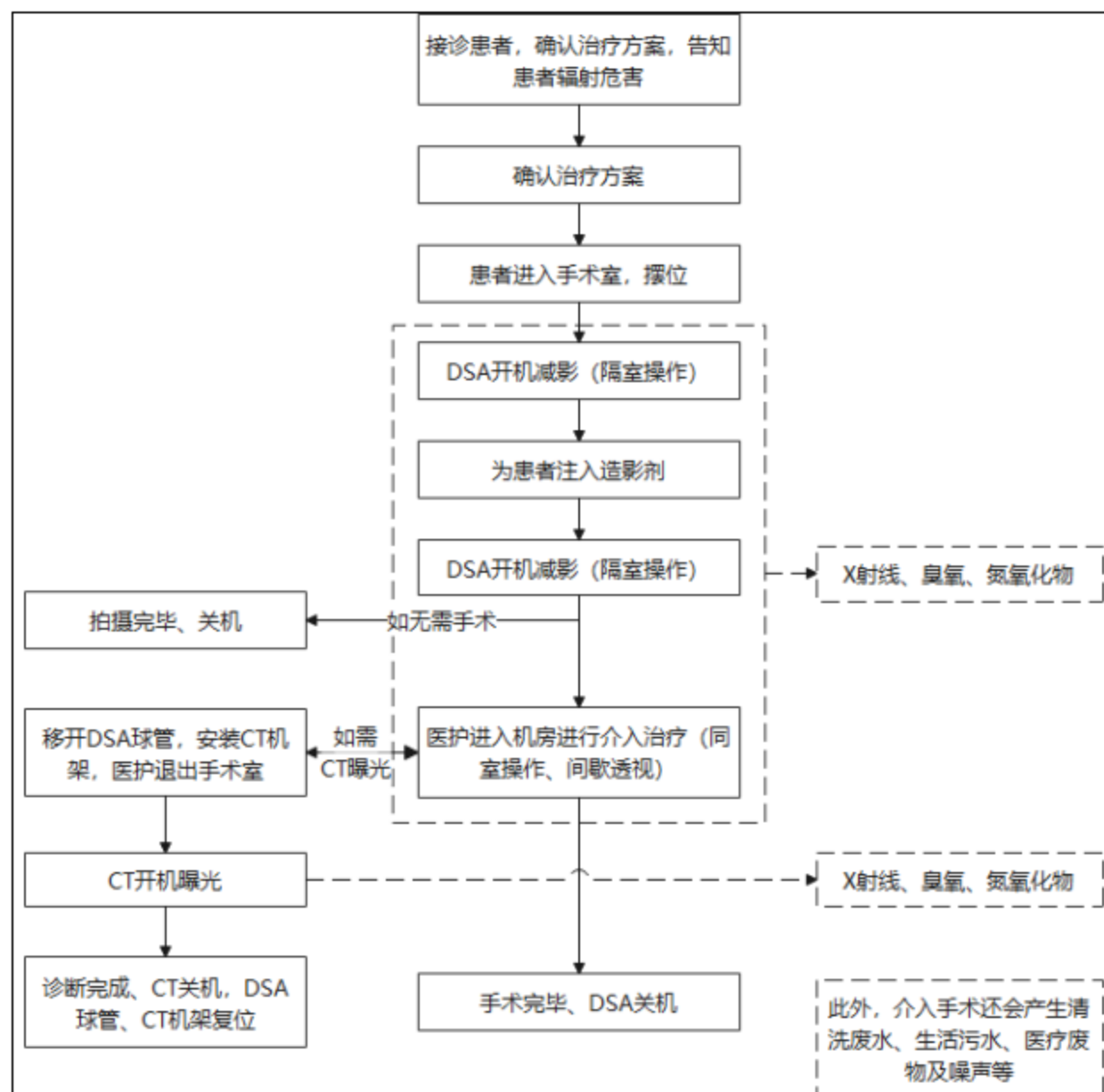


图 9-5 Angio-CT 手术室内操作流程及产污环节示意图

(4) 工作制度及曝光时间

根据医院提供资料，结合医院现有介入手术规模，医院现有 DSA 装置 2 台，满负荷运行的年手术量约为 860 台。本项目考虑医院发展，本项目单台 DSA 装置最大手术量为 500 台，Nexaris Angio-CT 设备最大手术量为 500 台。DSA 主要开展心脏血管、神经介入、外周和综合介入等手术，因每台手术患者和手术要求不同，手术中 DSA 的减影时间和透视时间也有一定差别。本项目按照 DSA 介入手术减影时间最长为 1min，透视时间最长为 20min，则 DSA 减影模式年出束时间为 8.33h，减影模式年出束时间为 166.67h，合计年出束时间为 175h，每次 DSA-CT 复合介入手术 CT 的最大

出束扫描时间为 1min，年总出束扫描时间为 8.33h。

本项目规划介入手术量共 1500 台/年，拟配置辐射工作人员 33 人，包括手术医生 18 人，护士 9 人，技师 6 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 167 台，由于单名医生操作精力有限，单名医生年最大手术台数保守按照 200 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 1 间手术室有 1~2 名护士在岗，按 2 名护士同时在机房考虑，则平均每名护士介入手术量为 334 台，单名护士年最大手术量保守按 350 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，单名技师年最大手术量保守按 500 台考虑。本项目介入手术工作制度及曝光时间详见表 9-1。

表 9-1 本项目介入手术工作制度及曝光时间一览表

射线装置	岗位	拟配置人员数量/人	出束模式	操作方式	单台手术曝光时间 (min)	单个人员年最大手术量 (台)	年受照时间 (h)
DSA	医生	12	透视	同室操作	20	200	66.67
			减影	隔室操作	1		3.33
	护士	6	透视	同室操作	20	350	116.7
			减影	隔室操作	1		5.8
	技师	4	透视	隔室操作	20	500	166.67
			减影	隔室操作	1		8.33
Nexaris Angio-CT	医生	6	透视	同室操作	20	200	66.67
			减影	隔室操作	1		3.33
			CT 扫描	隔室操作	1		3.33
	护士	3	透视	同室操作	20	350	116.7
			减影	隔室操作	1		5.8
			CT 扫描	隔室操作	1		5.8
	技师	2	透视	隔室操作	20	500	166.67
			减影	隔室操作	1		8.33
			CT 扫描	隔室操作	1		8.33

(5) 人员、物流路径规划

本项目机房分别位于医教研综合楼裙楼二层、三层，人员、物流路径规划如下：

①医教研综合楼裙楼二层

a.工作人员路径

医护人员由医教研综合楼裙楼二层西部员工电梯向北进入洁净走廊，经洁净走廊进入控制室，经DSA1手术室/DSA2手术室与控制室之间的防护门进入相应手术室内进行手术，技师在控制室进行相关操作。

b.患者路径

患者由医教研综合楼裙楼二层北部医梯向南进入洁净走廊，由DSA1手术室/DSA2手术室北侧的防护门进入相应手术室内进行治疗。治疗结束后，患者可按原路离开。

c.污物路径

本项目 DSA 介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，这些医疗废物采用专用容器收集后，待手术结束后从 DSA1 手术室/DSA2 手术室南侧防护门运出机房，经污物走廊、污梯运送至医院现有医疗废物暂存间。

本项目医教研综合楼裙楼二层 DSA 手术室人员、物流路径规划详见附图 4-1。

②医教研综合楼裙楼三层

a.工作人员路径

医护人员由医教研综合楼裙楼三层西部员工电梯向北进入洁净走廊，由洁净走廊进入控制室，经Angio-CT手术室与控制室之间的防护门进入手术室内进行手术，技师在控制室进行相关操作。

b.患者路径

患者由医教研综合楼裙楼三层北部医梯向南进入洁净走廊，由Angio-CT手术室北侧的防护门进入手术室内进行治疗。治疗结束后，患者可按原路离开。

c.污物路径

医疗废物采用专用容器收集后，待手术结束后从 Angio-CT 手术室西南侧防护门运出机房，经污物走廊、污梯运送至医院现有医疗废物暂存间。

本项目医教研综合楼裙楼三层 Angio-CT 手术室人员、物流路径规划详见附图 4-2。

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况下污染源项描述

本项目 DSA、CT 的污染因子主要为 X 射线、臭氧、氮氧化物，另外介入手术过程还会产生清洗废水、生活污水、医疗废物及通风设备噪声等，无放射性废气、废液及固体废物产生，且设备运行时，诊断结果可通过显示屏观察或采用数字技术进行打

印，不使用胶片冲洗显影，不产生废显影液、废定影液和废胶片。

(1) X 射线

DSA、CT 曝光时会产生 X 射线。X 射线在开机时产生，关机时消失。X 射线防护所考虑的是 X 射线的直射、散射和泄漏辐射。

①采取隔室操作，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，射线装置机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。

②手术治疗时，机房内进行手术操作的医生会受到一定程度的 X 射线外照射。

本项目射线装置运行时，无放射性废气、废液及固体废物产生，且设备运行时，诊断结果可通过显示屏观察或采用数字技术进行打印，不使用胶片冲洗显影，不产生废显影液、废定影液和废胶片。

(2) 废气

DSA、CT 在曝光过程会产生少量臭氧和氮氧化物，因射线装置每次曝光时间短，臭氧和氮氧化物产生量很少。

(3) 废水

介入手术过程中会产生器械清洗废水和医护手部清洗废水，医护人员办公过程会产生生活污水，主要污染因子为 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS、氨氮、粪大肠杆菌等，不含重金属等特殊性质废水。

本项目规划介入手术共计 1500 台/年，年工作日为 250 天，手术后产生的器械清洗废水和医护手部清洗废水产生量较少，保守按 100L/台估计，则器械清洗废水和医护手部清洗废水产生量约为 $150\text{m}^3/\text{a}$ ，折合 $0.6\text{m}^3/\text{d}$ ；本项目共配置辐射工作人员 33 人，生活用水按每人每天 100L 计，产污系数取 0.85，则生活污水产生量约为 $2.8\text{m}^3/\text{d}$ ， $700\text{m}^3/\text{a}$ 。

(4) 固体废物

介入手术过程中会产生废药棉、废纱布、废手套等医疗废物，医护人员办公过程会产生生活垃圾，一台介入手术约产生废药棉 0.1kg，废纱布 0.1kg，废手套 0.2kg，本项目规划介入手术共计 1500 台/年，则本项目医疗废物总产生量约 $0.6\text{t}/\text{a}$ ，分类收集后委托医疗废物处置单位进行处置；医护人员生活垃圾按 $0.5\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{d})$ 计，则产生生活垃圾约 $4.125\text{t}/\text{a}$ ，收集后委托当地环卫部门定期清运处理。

(5) 噪声

本项目噪声源主要为通排风风机产生的噪声，设备选用低噪声设备，距风机 1m 处等效声级一般在 70~75dBA 之间。

9.3.2 非正常工况污染源项描述

①DSA、CT 在运行时，由于门灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

②工作人员或患者家属还未全部撤离治疗机房，控制室人员启动设备，造成滞留人员的误照射；

③X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

④维修射线装置时，因人员误操作造成维修人员受意外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 场所选址与布局

本项目拟在医教研综合楼裙楼二层建设 2 间 DSA 手术室，配套建设 1 间控制室、1 间设备间，由西至东分别为 DSA1 手术室、控制室、设备间、DSA2 手术室；拟在医教研综合楼裙楼三层建设 1 间 Angio-CT 手术室，配套建设 1 间控制室、1 间 Angio 设备间、1 间 CT 设备间，控制室位于 Angio-CT 手术室西侧，设备间位于 Angio-CT 手术室南侧，本项目射线装置机房四周相邻环境情况见表 10-1，射线装置机房四周相邻环境及相邻层平面布置详见附图 4~附图 6。

表 10-1 本项目射线装置机房位置及四周布局一览表

位置	工作场所	东	南	西	北	上	下
医教研综合楼裙楼二层	DSA1 手术室	控制室、设备间、DSA2 手术室	污物走廊、OR1 手术室、OR2 手术室	洁净走廊	洁净走廊	麻醉准备间、走廊	CT 机房及控制室、注射穿刺室、登记柜台
	DSA2 手术室	CT 治疗室	污物走廊、OR3 手术室、OR4 手术室	控制室、设备间、DSA1 手术室	洁净走廊	OR2 手术室、OR3 手术室、走廊	DR1 机房、DR2 机房、DR 机房控制室、等候更衣室
医教研综合楼裙楼三层	Angio-CT 手术室	三层机房东侧洁净走廊	Angio 设备间、CT 设备间	控制室、三层机房西侧污物走廊	三层机房北侧洁净走廊	净化机房	OR6 手术室、二层机房下方污物走廊器械清洗间、污物间、污洗间、缓冲间

本项目射线装置机房集中布置在医教研综合楼裙楼，辐射工作场所相对集中布置，设置有患者通道、医护通道和污物通道。射线装置机房四周、地面下方及顶棚上方避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域。射线装置经过机房实体屏蔽体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围辐射环境及人员影响是可以接受的，因此，项目射线装置机房平面布局合理可行。

10.1.2 辐射工作场所分区

(1) 分区原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，

在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和门-灯联锁装置）限制进出控制区，并定期控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施，或是更改该区的边界。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌；并定期检查该区工作状况，确认是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

（2）本项目辐射工作场所分区情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等相关标准对控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护情况，本项目各机房分区情况见表 10-2，分区示意图见附图 4-1、附图 4-2。

表 10-2 本项目各机房分区情况表

场所名称		控制区	监督区
医教研综合楼裙楼 二层	DSA1 手术室	机房内部	控制室、设备间、机房南侧、西侧及北侧墙外 30cm 以内区域
	DSA2 手术室	机房内部	控制室、设备间、机房南侧及北侧墙外 30cm 以内区域
医教研综合楼裙楼 三层	Angio-CT 手术室	机房内部	控制室、Angio 设备间、CT 设备间、污物间、缓冲间、机房东侧、西南侧及北侧墙外 30cm 以内区域

控制区通过实体屏蔽措施、电离辐射警告标志等进行控制管理，在射线装置使用时，除介入治疗的医护人员和患者外，禁止其他人员进入；监督区通过设置标明监督区的标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常应立即进行整改，整改完成后方可继续使用射线装置。

10.1.3 工作场所防护屏蔽设计

根据建设单位提供的射线装置机房屏蔽设计方案，将本项目各射线装置机房屏蔽体的主要技术参数列表分析，并根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求，对本项目射线装置机房防护设计、最小有效使用面积及最小单边长度进行对照分析，具体见表 10-3、表 10-4。

表 10-3 项目射线装置机房拟采取辐射屏蔽设计分析表

机房名称	屏蔽体	材料及规格（铅当量：mmPb）	标准要求	是否符合要求
DSA1 手术室	四周墙体	240mm 实心砖+4mm 铅板（6.0）	有用线束方向及非有用线束方向均为 2mmPb	符合
	顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.4）		
	地坪	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.4）		
	防护门	内衬 4mm 铅板（4.0）		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（4.0）		
DSA2 手术室	四周墙体	240mm 实心砖+4mm 铅板（6.0）	有用线束方向及非有用线束方向均为 2mmPb	符合
	顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.4）		
	地坪	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.4）		
	防护门	内衬 4mm 铅板（4.0）		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（4.0）		
Angio-CT 手术室	四周墙体	240mm 实心砖+2mm 铅板（4.0）	有用线束方向及非有用线束方向均为 2.5mmPb	符合
	顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.2）		
	地坪	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.2）		
	防护门	内衬 4mm 铅板（4.0）		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（4.0）		

注：①混凝土密度取 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 核算等效屏蔽厚度，折算铅当量参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 中式（C.1）和式（C.2）及表 C.2，得 125kV 有用线束下 120mm 混凝土折算为 1.4mmPb 当量；140kV（CT）下 120mm 混凝土折算为 1.2mmPb 当量；

②由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中未提供实心砖在 125kV 在非有用线束方向及 140kV（CT）的拟合参数，无法进行等效铅当量厚度的计算，故参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）表 6.14，实心砖密度取 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 核算等效屏蔽厚度，240mm 实心砖折算为 2.0mmPb。

表 10-4 本项目各机房规格与标准对照表

位置	机房名称	本项目机房设计情况		标准要求		是否符合要求
		机房尺寸	有效使用面积	最小单边长度	最小有效使用面积	
医教研综合楼裙楼二层	DSA1 手术室	7.40m×7.25m	53.65m ²	3.5m	20m ²	符合
	DSA2 手术室	7.40m×7.21m	53.65m ²	3.5m	20m ²	符合
医教研综合楼裙楼三层	Angio-CT 手术室	9.50m×7.22m	68.59m ²	4.5m	30m ²	符合

综上，本项目各射线装置机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、地坪、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目各射线装置机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

10.1.4 安全防护措施

本项目 DSA、CT 污染因子主要为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对 X 射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

(1) 设备固有安全性

本项目 DSA、Nexaris Angio-CT 系统已确定从正规厂家购买，采用目前较先进的技术，设备各项安全措施齐备，仪器本身具备多种安全防护措施。

①具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

②采取栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉和余辉，起到消除软 X 射线，提高有用射线品质并减少脉冲宽度；

③采取光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适的过滤板，以此消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱；

④采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度，可减少透视剂量；

⑤采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留在监视器上显示，即称之为图像冻结，此技术可缩短总透视时间，达到减少不必要的照射；

⑥透视开关为常断式，并配有透视限时装置；机房内具有工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

⑦配备相应的表征剂量的指示装置：配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警提醒。

⑧急停按钮：介入手术床旁设置急停按钮（各开关串联并与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停按钮，可停止 X 射线系统出束，并在急停按钮旁设置醒目的中文提示。

(2) 距离防护

医院将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志，并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

(3) 时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，根据诊断要求和

患者实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，也避免患者受到额外剂量的照射。

(4) 其他辐射安全防护措施

①本项目各射线装置机房设有观察窗和双向交流对讲系统各 1 套，Angio-CT 手术室内拟配置 1 套摄像监控装置。观察窗、监控装置位置能够观察到受检者状态及防护门开闭情况，控制室的工作人员可以实时通过对讲机与机房内的手术人员联系。

②机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物。

③各机房拟设置动力通风装置，进、排风口均位于机房吊顶处，可以保持机房内良好的通风。

④各机房入口处设电离辐射警告标志；防护门上方设有醒目的工作状态指示灯，灯箱设有“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；在监督区墙体合适位置设立表明监督区的标志，在控制区其他合适位置设置电离辐射警告标志。

⑤机房患者进出防护门为电动推拉式门，工作人员、污物进出机房防护门为平开门，机房门墙间均进行了有效搭接，防止射线的泄漏；平开式机房门设有自动闭门装置；电动推拉式机房门设有防夹装置，同时设置有曝光时关闭机房门的管理措施，防止无关照射；设有门-灯联锁装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。

⑥受检者不在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不滞留在机房内。

⑦控制室墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

⑧机房患者进出防护门外应设置黄色警戒线，警告无关人员请勿靠近。

⑨拟为本项目所有辐射工作人员配备个人剂量计，手术医护人员每人配备 2 枚个人剂量计，技师每人配备 1 枚个人剂量计。医院已配备 1 台 X- γ 辐射剂量率巡检仪可对机房周围辐射水平进行自行监测。

⑩机房内具有工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。

本项目各射线装置机房其他辐射防护措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）符合性分析见表 10-5。

表 10-5 本项目各射线装置机房其他辐射安全和防护措施符合性分析

《放射诊断放射防护要求》 (GBZ 130-2020) 要求	本项目拟配置情况	是否 符合 要求
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。	本项目各射线装置机房设有观察窗，Angio-CT手术室内拟配置 1 套摄像监控装置。观察窗、监控装置位置能够方便地观察到受检者状态及防护门开闭情况。	符合
6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物。	符合
6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	本项目各射线装置机房拟设置动力通风装置进行通排风，进、排风口均位于机房吊顶处，可以保持机房内良好的通风。	符合
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。	本项目各射线装置机房入口处设置电离辐射警告标志；防护门上方设有醒目的工作状态指示灯，灯箱设有“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；在监督区墙体合适位置设立表明监督区的标志，在控制区其他合适位置设置电离辐射警告标志。	符合
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。	机房患者进出防护门为电动推拉式门，工作人员、污物进出机房防护门为平开门，机房门墙间均进行了有效搭接，防止射线的泄漏；平开式机房门设有自动闭门装置；电动推拉式机房门设有防夹装置，同时设置有曝光时关闭机房门的管理措施，防止无关照射；设有门-灯联锁装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。	符合
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。	本项目受检者不在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不滞留在机房内。	符合

综上，本项目各射线装置机房拟设置的辐射安全和防护措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

(5) 个人防护用品和辅助防护用品

本项目各射线装置机房应配置相应的个人防护用品与辅助防护设施，其配置需按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，具体见表 10-6。

表 10-6 射线装置机房拟配置的个人防护用品和辅助防护设施与标准对照表

人员 类型	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ 130-2020) 要求		每间射线装置机房拟配置情况		符合 情况
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
工作 人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套；选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏；选配：移动铅防护屏风	防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜 3 套，防护铅	防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘各 1 件，	符合

			当量不低于 0.025mmPb 的介入 防护手套 3 套	防护铅当量为 2mmPb 的移动铅 防护屏风 1 个。	
受检者	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	—	防护铅当量为 0.5mmPb 的方巾 1 套，防护铅当量 为 0.5mmPb 的铅 橡胶颈套、铅橡 胶帽子含儿童、 成人尺寸各 1 套	—	符合
注：“—”表示不做要求。					

综上，本项目各射线装置机房拟配置的个人防护用品和辅助防护设施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

（6）管线穿墙设计及屏蔽补偿

①风管穿墙设计及屏蔽补偿

本项目各射线装置机房拟采用洁净通风系统进行机械通风，进风口及排风口均设置于机房吊顶，排风管线自机房中部天花板上穿出至设备夹层，在设备夹层内向西引至室外排放，如图 10-2 所示。排风管线穿墙部分拟采用 4mm 厚铅皮覆盖管道表面，防止射线泄漏，满足机房屏蔽要求，排风管线穿过屏蔽墙的防护措施见图 10-2。

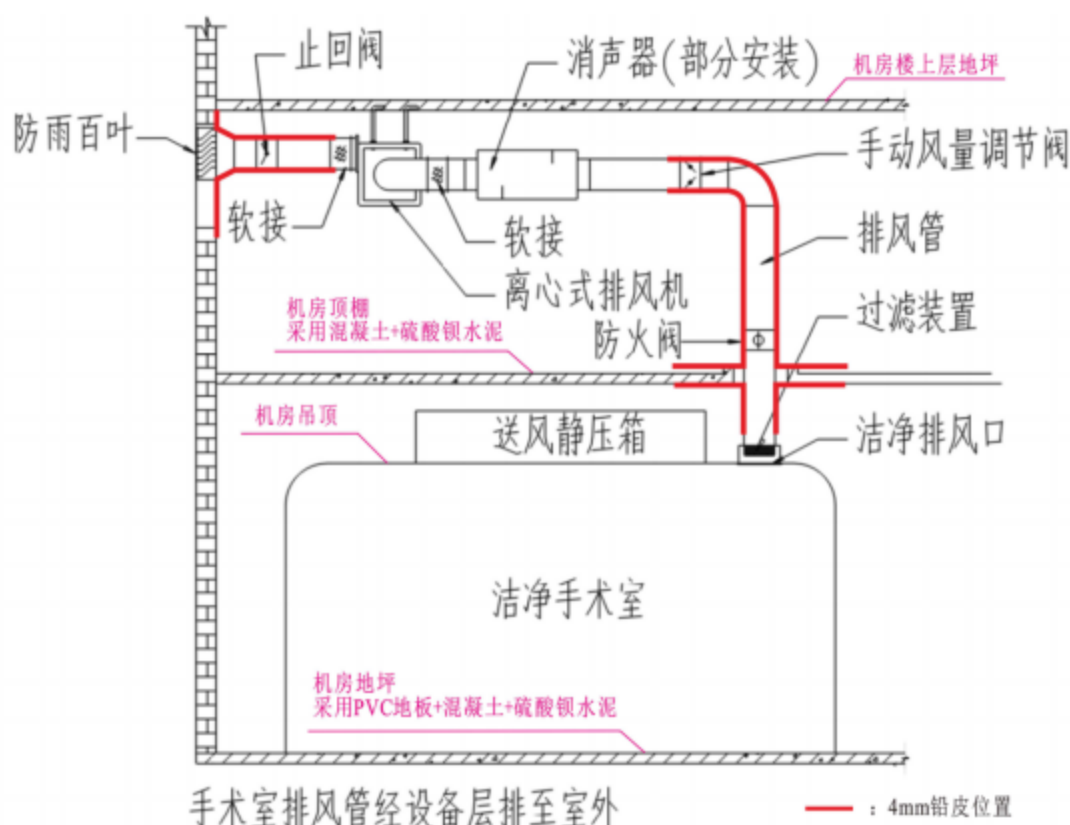


图 10-2 各射线装置机房风管穿墙屏蔽补偿设计示意图

②电缆管线穿墙设计及屏蔽补偿

本项目各射线装置机房电缆、电缆沟设置于降板层内，不需要破坏墙体屏蔽层，电缆走向避免主射线直接照射电缆管沟，电缆沟穿墙处应使用 4mmPb 铅板或辐射防护板进行覆盖。

(7) 辐射工作场所安防措施

为确保本项目辐射工作场所的使用安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-7。

表 10-7 本项目射线装置机房拟采取的安全保卫措施

工作场所	措施类别	对应措施
DSA1 手术室、 DSA2 手术室、 Angio-CT 手术室	防盗、防抢和防破坏	①本项目 DSA1 手术室、DSA2 手术室、Angio-CT 手术室将纳入医院日常安保巡逻的重点工作范围，加强巡视管理以防遭到破坏； ②工作场所安装监控系统实行 24h 实时监控； ③各射线装置将安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗抢事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④射线装置机房和邻近房间禁止存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防泄漏	①本项目拟新购使用 2 台 DSA，1 套 Nexaris Angio-CT，设备各项安全措施齐备；设置有不同的联锁装置确保运行过程中的辐射泄漏； ②本项目射线装置工作场所将按照有关规范要求进行辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房不存在辐射泄漏的情况。

10.2 “三废”治理

(1) 废气

本项目射线装置在使用过程中无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生，但辐射工作中因 X 射线对空气的电离产生微量非放射性的臭氧和氮氧化物，本项目各射线装置机房均设有动力通风装置，排风口和送风口均位于机房吊顶处，管道布设于机房吊顶内，臭氧和氮氧化物最终经排风管道引至医教研综合楼裙楼二层、三层西侧室外。本项目各射线装置机房通风换气次数按照 4 次/h 设计，能够保证机房内有效地通风换气，各机房排气量见表 10-8。

表 10-8 各射线装置机房设计排气量一览表

场所	机房体积 (m ³)	换气次数	设计排气量 (m ³ /h)
DSA1 手术室	241.4	4 次/h	1000
DSA2 手术室	240.1	4 次/h	1000
Angio-CT 手术室	362.2	4 次/h	1500

本项目各射线装置机房通风设置情况满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中第 6.4.3 款“机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求，对周围

环境影响较小。

(2) 废水

本项目介入手术产生的器械清洗废水、医护手部清洗废水以及医护人员产生的生活污水依托医院现有污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2预处理排放标准要求后，纳入市政污水管网集中处理。

(3) 固体废物

本项目医教研综合楼裙楼二层2间DSA手术室产生的医疗废物待手术结束后收集至机房东南侧污物间暂存，医教研综合楼裙楼三层Angio-CT手术室产生的医疗废物待手术结束后收集至机房南侧污物间暂存。医疗废物定期移至医院现有医疗废物暂存间，并委托医疗废物处置单位进行处置；医护人员产生的生活垃圾分类收集委托当地环卫部门定期清运处理。

(4) 噪声

本项目各射线装置机房通风设备拟选用低噪声设备，通风设备设置于室内，排风管设置微穿孔消声器，风管与风机软连接，排风口设置防雨百叶窗，项目通风设备经墙体隔声、距离衰减后，对医院场界噪声贡献值很小，运行期间场界噪声可达到相关标准要求。

(5) 射线装置报废处理

按照《浙江省辐射环境管理办法》要求：本项目射线装置报废时，建设单位应对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

10.3 环保措施投资估算

本项目总投资预计为3500万元，其中环保投资300万元，占总投资的8.6%，详见表10-9。

表10-9 本项目环保设施投资估算一览表

工作场所	类别	环保设施措施	金额(万元)
射线装置机房	辐射屏蔽措施	各射线装置机房实体屏蔽防护，包括墙体铅板防护、顶棚、地坪防护涂料防护、铅门、铅玻璃等购买及安装施工，详见表10-3	160.0
	安全装置	各射线装置机房操作台和手术床旁“急停开关”装置；机房控制室内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换减影和透视功能的控制键	设备自带
		各机房入口处设电离辐射警告标志；监督区和控制区入口处设置明显的标识；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏	0.5

		各射线装置机房设有双向交流对讲系统 1 套, Angio-CT 手术室内拟配置 1 套摄像监控装置; 机房门灯联锁及工作状态指示灯 1 套	10.0	
防护用品		各机房配置防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜 3 套, 防护铅当量不低于 0.025mmPb 的介入防护手套 3 套	80.0	
		各机房配置防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘各 1 件		
		各机房配置防护铅当量为 0.5mmPb 的方巾 1 套, 防护铅当量为 0.5mmPb 的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子含儿童、成人尺寸各 1 套		
		为每名辐射工作人员配备个人剂量计, 对于介入手术医生建议增设 1 枚腕部剂量计, 委托有资质的单位定期监测		
管线穿墙设计及屏蔽补偿		进风口及排放口均设置于机房吊顶, 排风管线穿墙部分采用 4mm 厚铅皮覆盖管道表面	5.0	
		电缆、电缆沟设置于降板层内, 电缆沟使用 4mmPb 铅板或辐射防护板进行覆盖		
废气处理		各机房设计动力通风排风系统 1 套	20.0	
固废处理		依托嘉兴第一医院现有医疗废物暂存间, 污物间计入主体工程投资	/	
其他	人员配备	辐射防护与安全培训和考核	组织新增辐射工作人员在生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加相应类别培训学习, 考核合格后上岗, 并定期组织再培训	5.0
		个人剂量监测和职业健康监护		
	制度上墙		辐射工作制度、操作规程、岗位职责、设备检维修制度、辐射事故应急制度等	0.5
	监测仪器		依托现有 1 台便携式 X-γ射线巡测仪	/
	环境监测		委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测	8.0
	运行维护		监测仪器的维护、校准, 安全设施的维护等	1.0
	辐射事故应急		应急和救助的物资准备, 开展辐射事件应急演练等	10.0
	合计			300.0

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

本项目主体土建工程环评文件《嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及新建医教研综合楼）环境影响登记表》，已在嘉兴市生态环境局登记备案，备案号：嘉环（经开）登备【2022】1号，其评价内容包含了除辐射以外的建设内容。

有关主体工程施工期环境影响内容详见《嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及新建医教研综合楼）环境影响登记表》有关章节，本次评价不再做相关的环境影响评价。根据《嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及新建医教研综合楼）环境影响登记表》中施工期环境影响分析有关结论可知，主体土建工程施工期在采取环评文件提出的污染防治措施，并加强施工管理，对周围环境影响较小。

本项目射线装置机房施工期主要为屏蔽材料施工及设备安装、调试。

（1）屏蔽材料施工期间的环境影响

本项目射线装置机房屏蔽材料施工工程量较少，主要的污染因子为：扬尘、施工人员生活污水、噪声及固体废物，建设单位应采取污染防治措施，减轻对周边环境的影响。

①施工扬尘主要产生于施工过程中粉状物料运输、暂存，属无组织排放，在施工过程中应对施工现场实行合理化管理，使砂石料、水泥统一堆放，用苫布遮盖，并尽量减少搬运环节，搬运时做到轻举轻放，防止包装袋破裂。

②施工人员产生的少量生活污水依托医院内现有废水处理设施处理后纳管。

③针对施工噪声在夜间影响相比昼间更为突出的特点，应避免夜间施工，运输车辆应减速行驶，禁止鸣喇叭，确保施工期噪声符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）规定的限值。

④固体废物主要为施工人员的生活垃圾和建筑垃圾。施工期产生的生活垃圾集中收集后交由环卫部门清运处置；建筑垃圾分拣后对可以回收利用的部分进行综合利用，对不能利用的及时清运至城管部门指定的地点堆放，合理处理处置。

本项目屏蔽材料施工区域较小，且均在室内施工，施工期较短，在采取一定的施工防护措施情况下，建设阶段环境影响范围较小，并且随施工期的结束而消失。

(2) 设备安装调试期间的环境影响

本项目设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。DSA、Nexaris Angio-CT 射线装置在安装调试过程中，会产生 X 射线、臭氧和氮氧化物，因安装调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X 射线将即时消除，因此，本项目设备安装调试造成的环境影响很小。在设备安装调试阶段，医院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各机房内进行，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，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物，并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 营运期环境影响分析

本项目拟于医教研综合楼裙楼二层新增设置 2 间 DSA 手术室，于医教研综合楼裙楼三层新增设置 1 间 Angio-CT 手术室。考虑到二层 2 间 DSA 手术室屏蔽设计相同，同层及相邻层的楼高相同，同层机房楼上、楼下的关注点距离相同，因此本报告对二层 DSA 手术室、三层 Angio-CT 手术室周围辐射环境影响采用理论计算模式预测的方法分别进行影响分析。

介入手术设备在手术中分透视和摄影两种模式。摄影模式是指 X 射线系统曝光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式。透视模式是指在透视条件下，医护人员近台同室进行介入操作。本次对摄影、透视两种工况下机房周围的辐射水平均进行预测。

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此屏蔽估算时可不考虑主束照射。DSA 主射方向主要向上，当主射方向改变时，主射线仍会被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱。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。

11.2.1 二层 DSA 手术室 DSA 装置辐射环境影响

本项目二层DSA手术室新增 2 台 DSA 型号未定，其参数均保守按照市面上同类型射线装置最大参数拟定，最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA，主射方向主要向上。由表 10-3 可知，本项目 2 间 DSA 机房屏蔽防护设计均相同，由表 10-2 可知，DSA2 手术室的最小有效使用面积和最小单边长度均为最小，层高相同，因此选择 DSA2 手术室作为二层 DSA 手术室代表机房，分析二层 DSA 装置投入运行后对周围工作人员所造成的影响。

(1) 设备参数及机房防护情况

本项目参考的 DSA 装置参数、工况及 DSA2 手术室防护情况见表 11-1。

表 11-1 DSA2 手术室设备参数、工况及防护情况及机房防护情况

设备名称		DSA 装置		
技术参数		最大管电压 125kV/最大管电流 1250mA		
过滤材料		不小于 2.5mmAl		
最大照射野		100cm ²		
工况模式	减影	正常工况下 最大常用电压 100kV 最大常用电流 500mA	发射率常数 距靶 1 米处	0.09mGy/mA·s
	透视	正常工况下 最大常用电压 90kV 最大常用电流 15mA		0.075mGy/mA·s
泄漏辐射源强		离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h		
机房有效面积尺寸		长 7.4m×宽 7.21m×高 4.5m		
防护设施	四侧墙体	240mm 实心砖+4mm 铅板（6.0mmPb）		
	顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.4mmPb）		
	地坪	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.4mmPb）		
	防护门	内衬 4mm 铅板（4.0mmPb）		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（4.0mmPb）		
	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜等防护用品（0.5mmPb）、介入防护手套（0.025mmPb）		

注：①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），介入设备等总滤过不小于 2.5mmAl，本项目 DSA 过滤材料保守取 2.5mmAl；

②参考《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，当 2.5mmAl 作为过滤材料时，得 100kV 电压下，发射率常数为 0.09mGy/mA·s，90kV 电压下，发射率常数为 0.075mGy/mA·s；

③参考国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h”。

根据《辐射防护导论》射线装置距靶 1m 处的空气比释动能率，按式 11-1 计算：

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \frac{r_0^2}{r^2} \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

$\dot{K}$ —离靶 r (m) 处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率，mGy/min；

I —管电流 (mA)；

δ_x —距靶 1m处的发射率常数，mGy/mA·min；

r_0 —取 1m；

r —源至关注点的距离，m。

表 11-2 DSA 不同运行模式下距靶 1m 处空气比释动能率一览表

设备	运行模式	过滤材料 (Al) 厚度 (mm)	距靶 1m 处的发射率常数 (mGy/mA·s)	最大常用电压 (kV)	最大常用电流 (mA)	距靶 1m 处的空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)
DSA	减影	2.5	0.09	100	500	1.62×10^8
	透视	2.5	0.075	90	15	4.05×10^6

(2) 关注点位的选取

在机房中心设置 $3.3\text{m} \times 1\text{m}$ 的矩形区域边界作为治疗床可能安装的边界范围，X射线球管距地面 0.4m，源与患者的距离取 0.7m，取医护手术位、控制室操作位、防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、楼上离地 100cm 处、楼下距楼下地面 170cm 处作为关注点位。

DSA2 手术室各侧墙体的防护屏蔽相同，由图 11-1 中蓝线标注的距离可知，取距离最短的 1-3#点作为防护墙外剂量率代表点进行计算；同理，DSA2 手术室 3 扇防护门防护屏蔽相同，由图 11-1 中绿线标注的距离可知，取距离最短的 1-4#点作为防护门外剂量率代表点进行计算。DSA2 手术室只有 1 扇观察窗，取观察窗外 30cm 处的 1-2#点进行计算分析。DSA2 手术室关注点位示意图 11-1，点位情况见表 11-3。

表 11-3 DSA2 手术室关注点位情况表

关注点位		方位	与患者之间距离 (m)	与源之间距离 (m)
1-1#术者位	医生手术位 (身体铅衣内)	机房内	0.5	0.6
	医生手术位 (身体铅衣外)	机房内	0.5	0.6
	护士协助位 (身体铅衣内)	机房内	0.9	1
	护士协助位 (身体铅衣外)	机房内	0.9	1
1-2#控制室操作位 (观察窗处)		西侧	3.0	3.0
1-3#西侧防护墙外 30cm 处 (设备间)		西侧	3.0	3.0

1-4#西侧防护门外 30cm 处（控制室）	西侧	3.9	3.9
1-5#楼上离地 100cm 处 （OR2 手术室、OR3 手术室、走廊）	上方	4.4	5.1
1-6#楼下距楼下地面 170cm 处 （DR1 机房、DR2 机房、DR 机房控制室、等候更衣室）	下方	5.1	4.4

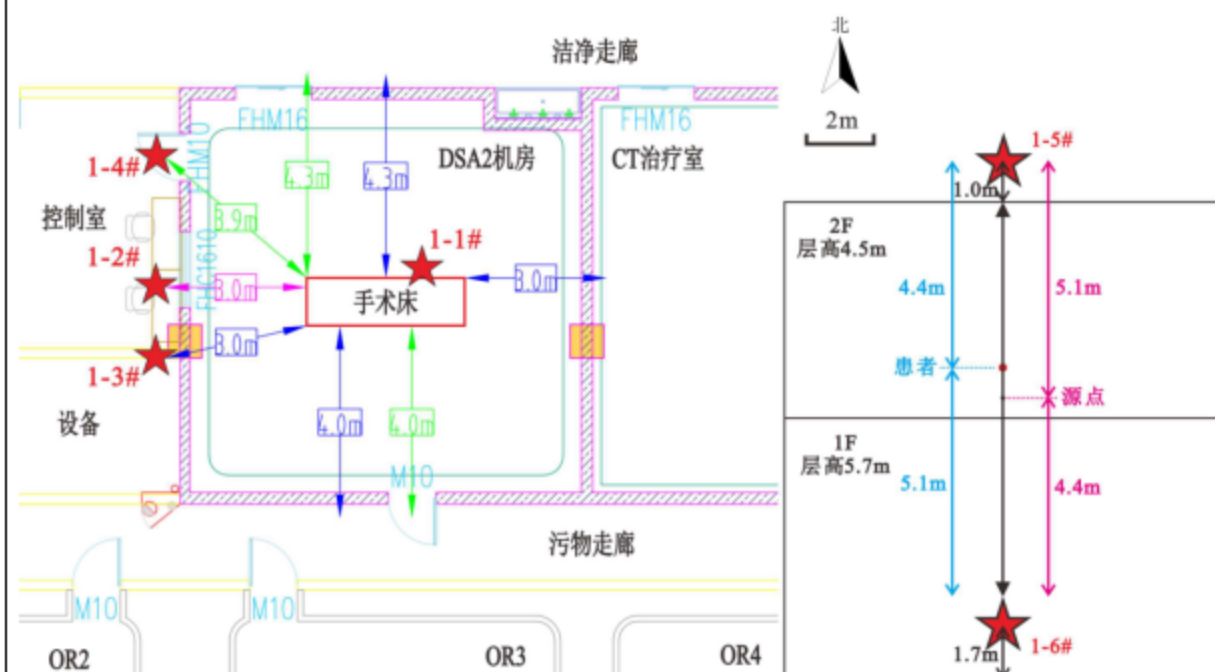


图 11-1 DSA2 手术室关注点位示意图

(3) DSA2 手术室周围辐射剂量率估算

依据《辐射防护导论》，在 X 射线辐射场中，同一点处以 Gy 为单位的比释动能与以 Sv 为单位的剂量当量，数值上几乎相等，因此，报告在屏蔽计算章节，将 Gy 等同于 Sv。

① 患者体表散射屏蔽估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11-2})$$

式中：

H_s ——关注点位处的散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ——距靶 1m 处初级 X 射线束造成的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

α ——患者对 X 射线的散射比；根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表取 0.0013；

s ——散射面积， cm^2 ，取 100cm^2 ；

d_0 ——源与患者的距离，m，取 0.7m；

d_s ——患者与关注点位的距离，m；

B ——屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 中公式和参数计算，公式计算见式 11-3。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

α 、 β 、 γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，具体见表 11-4。

表 11-4 铅对 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	铅		
	α	β	γ
100kV（主束）	2.500	15.28	0.7557
100kV（散射）	2.507	15.33	0.9124
90kV	3.067	18.83	0.7726
140kV（CT）	2.009	3.990	0.3420
150kV	1.757	5.177	0.3156

DSA2 手术室散射辐射各屏蔽物外屏蔽透射因子计算结果见表 11-5、表 11-6。

表 11-5 DSA2 手术室 100kV 减影工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1-2#控制室操作位 （观察窗处）	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
1-3#西侧防护墙外 30cm 处（设备间）	240mm 实心砖 +4mm 铅板	6.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	3.41E-08
1-4#西侧防护门外 30cm 处（控制室）	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
1-5#楼上离地 100cm 处 （OR2 手术室、OR3 手 术室、走廊）	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡 水泥	4.4mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.89E-06
1-6#楼下距楼下地面 170cm 处（DR1 机房、 DR2 机房、DR 机房控制 室、等候更衣室）	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡 水泥	4.4mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.89E-06

表 11-6 DSA2 手术室 90kV 透视工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1-1#医生手术位 （身体铅衣内）	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1-1#医生手术位 （身体铅衣外）	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02

1-1#护士协助位 (身体铅衣内)	0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1-1#护士协助位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
1-2#控制室操作位 (观察窗处)	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
1-3#西侧防护墙外 30cm 处(设备间)	240mm 实心砖+4mm 铅板	6.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
1-4#西侧防护门外 30cm 处(控制室)	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
1-5#楼上离地 100cm 处 (OR2 手术室、OR3 手术室、走廊)	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡 水泥	4.4mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.08E-07
1-6#楼下距楼下地面 170cm 处(DR1 机房、 DR2 机房、DR 机房控 制室、等候更衣室)	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡 水泥	4.4mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.08E-07

DSA2 手术室各关注点位散射辐射剂量率估算见表 11-7。

表 11-7 DSA2 手术室各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作 模式	关注点位	H_0	α	s	d_0	d_s	B	H_s
		$\mu\text{Sv/h}$	/	cm^2	m	m	/	$\mu\text{Sv/h}$
减影	1-2#控制室操作位 (观察窗处)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	3.0	5.14E-06	6.14E-02
	1-3#西侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	3.0	3.41E-08	4.07E-04
	1-4#西侧防护门外 30cm 处 (控制室)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	3.9	5.14E-06	3.63E-02
	1-5#楼上离地 100cm 处 (OR2 手术室、OR3 手术 室、走廊)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.4	1.89E-06	1.05E-02
	1-6#楼下距楼下地面 170cm 处(DR1 机房、DR2 机 房、DR 机房控制室、等候 更衣室)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	5.1	1.89E-06	7.81E-03
透视	1-1#医生手术位 (身体铅衣内)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.5	4.08E-03	43.84
	1-1#医生手术位 (身体铅衣外)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.5	2.52E-02	270.77
	1-1#护士协助位 (身体铅衣内)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.9	4.08E-03	13.53
	1-1#护士协助位 (身体铅衣外)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.9	2.52E-02	83.57
	1-2#控制室操作位 (观察窗处)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	3.0	3.69E-07	1.10E-04
	1-3#西侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	3.0	8.00E-10	2.39E-07
	1-4#西侧防护门外 30cm 处 (控制室)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	3.9	3.69E-07	6.52E-05

1-5#楼上离地 100cm 处 (OR2 手术室、OR3 手术 室、走廊)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.4	1.08E-07	1.50E-05
1-6#楼下距楼下地面 170cm 处 (DR1 机房、DR2 机 房、DR 机房控制室、等候 更衣室)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	5.1	1.08E-07	1.12E-05

②泄漏辐射剂量率估算

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，各关注点位的泄漏辐射剂量率可用式 11-4 进行计算。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

H_L —关注点位处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 —距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ，本项目取 1mGy/h ；

d —靶点距关注点的距离，m；

B —屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中公式和参数计算。

DSA2 手术室泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-8、表 11-9。

表 11-8 DSA2 手术室 100kV 减影工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1-2#控制室操作位 (观察窗处)	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
1-3#西侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	240mm 实心砖+4mm 铅板	6.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	2.28E-08
1-4#西侧防护门外 30cm 处 (控制室)	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
1-5#楼上离地 100cm 处 (OR2 手术室、OR3 手 术室、走廊)	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡 水泥	4.4mmPb	2.5	15.28	0.7557	1.25E-06
1-6#楼下距楼下地面 170cm 处 (DR1 机房、 DR2 机房、DR 机房控 制室、等候更衣室)	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡 水泥	4.4mmPb	2.5	15.28	0.7557	1.25E-06

表 11-9 DSA2 手术室 90kV 透视工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
1-1#医生手术位 (身体铅衣内)	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1-1#医生手术位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02

1-1#护士协助位 (身体铅衣内)	0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
1-1#护士协助位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
1-2#控制室操作位 (观察窗处)	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
1-3#西侧防护墙外 30cm 处(设备间)	240mm 实心砖+4mm 铅板	6.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	8.00E-10
1-4#西侧防护门外 30cm 处(控制室)	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
1-5#楼上离地 100cm 处 (OR2 手术室、OR3 手术室、走廊)	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡 水泥	4.4mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.08E-07
1-6#楼下距楼下地面 170cm 处(DR1 机房、 DR2 机房、DR 机房控 制室、等候更衣室)	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡 水泥	4.4mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.08E-07

DSA2 手术室各关注点位泄漏辐射剂量率估算见表 11-10。

表 11-10 DSA2 手术室各关注点位泄漏辐射剂量率估算表

工作 模式	关注点位	H_0	d	B	H_L
		$\mu\text{Sv/h}$	m	/	$\mu\text{Sv/h}$
减影	1-2#控制室操作位 (观察窗处)	1.00E+03	3.0	3.39E-06	3.77E-04
	1-3#西侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	1.00E+03	3.0	2.28E-08	2.53E-06
	1-4#西侧防护门外 30cm 处 (控制室)	1.00E+03	3.9	3.39E-06	2.23E-04
	1-5#楼上离地 100cm 处 (OR2 手术室、OR3 手术室、 走廊)	1.00E+03	5.1	1.25E-06	4.81E-05
	1-6#楼下距楼下地面 170cm 处 (DR1 机房、DR2 机房、DR 机房控制室、等候更衣室)	1.00E+03	4.4	1.25E-06	6.46E-05
透视	1-1#医生手术位 (身体铅衣内)	1.00E+03	0.6	4.08E-03	11.33
	1-1#医生手术位 (身体铅衣外)	1.00E+03	0.6	2.52E-02	70.00
	1-1#护士协助位 (身体铅衣内)	1.00E+03	1.0	4.08E-03	4.08
	1-1#护士协助位 (身体铅衣外)	1.00E+03	1.0	2.52E-02	25.20
	1-2#控制室操作位 (观察窗处)	1.00E+03	3.0	3.69E-07	4.10E-05
	1-3#西侧防护墙外 30cm 处 (设备间)	1.00E+03	3.0	8.00E-10	8.89E-08
	1-4#西侧防护门外 30cm 处 (控制室)	1.00E+03	3.9	3.69E-07	2.43E-05

	1-5#楼上离地 100cm 处 (OR2 手术室、OR3 手术室、走廊)	1.00E+03	5.1	1.08E-07	4.15E-06
	1-6#楼下距楼下地面 170cm 处 (DR1 机房、DR2 机房、DR 机房控制室、等候更衣室)	1.00E+03	4.4	1.08E-07	5.58E-06

③总辐射剂量率估算

根据表 11-7 和表 11-10, DSA2 手术室各关注点位的总辐射剂量率结果见表 11-11。

表 11-11 DSA2 手术室各关注点位的总辐射剂量率结果表

工作模式	关注点位	散射辐射剂量率	泄漏辐射剂量率	总辐射剂量率
		$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$
减影	1-2#控制室操作位(观察窗处)	6.14E-02	3.77E-04	6.18E-02
	1-3#西侧防护墙外 30cm 处(设备间)	4.07E-04	2.53E-06	4.10E-04
	1-4#西侧防护门外 30cm 处(控制室)	3.63E-02	2.23E-04	3.65E-02
	1-5#楼上离地 100cm 处 (OR2 手术室、OR3 手术室、走廊)	1.05E-02	4.81E-05	1.05E-02
	1-6#楼下距楼下地面 170cm 处(DR1 机房、DR2 机房、DR 机房控制室、等候更衣室)	7.81E-03	6.46E-05	7.87E-03
透视	1-1#医生手术位(身体铅衣内)	43.84	11.33	55.17
	1-1#医生手术位(身体铅衣外)	270.77	70.00	340.77
	1-1#护士协助位(身体铅衣内)	13.53	4.08	17.61
	1-1#护士协助位(身体铅衣外)	83.57	25.20	108.77
	1-2#控制室操作位(观察窗处)	1.10E-04	4.10E-05	1.51E-04
	1-3#西侧防护墙外 30cm 处(设备间)	2.39E-07	8.89E-08	3.28E-07
	1-4#西侧防护门外 30cm 处(控制室)	6.52E-05	2.43E-05	8.95E-05
	1-5#楼上离地 100cm 处 (OR2 手术室、OR3 手术室、走廊)	1.50E-05	4.15E-06	1.92E-05
	1-6#楼下距楼下地面 170cm 处(DR1 机房、DR2 机房、DR 机房控制室、等候更衣室)	1.12E-05	5.58E-06	1.68E-05

由上述计算可知:本项目 DSA 在减影模式时,控制室操作位的辐射剂量率为 $6.18 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$,机房 30cm 处周围辐射剂量率最大为 $6.18 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$;在透视模式时,控制室操作位的辐射剂量率为 $1.51 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$,机房 30cm 处周围辐射剂量率最大为 $1.51 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。

④二层 DSA 手术室周围辐射剂量率叠加分析

根据本项目二层 DSA 手术室四周、楼上及楼下平面布局,二层 DSA 控制室设置于 2 间 DSA 手术室之间,DSA2 手术室东侧设置有 1 间 CT 治疗室 1,二层 DSA 手术室下方设置有 CT 机房、DR 机房 1、DR 机房 2。Angio-CT 手术室位于医教研综合楼

裙楼三层，距离二层 DSA 手术室保护目标（CT 治疗室 1）最近距离为 10.6m，由下文计算可知，Angio-CT 手术室 DSA 球管在减影模式下，机房 30cm 处周围辐射剂量率最大为 $3.31 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，在透视模式时，机房 30cm 处周围辐射剂量率最大为 $8.10 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，由于辐射剂量率与距离平方成反比的关系，Angio-CT 手术室 DSA 球管运行时对二层 DSA 手术室保护目标（CT 治疗室 1）所致的最大剂量率（减影模式下）约为 $3.30 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ （未考虑楼板、其他功能用房的屏蔽效果），可知 Angio-CT 手术室对二层 DSA 手术室周围影响较小，因此不考虑叠加 Angio-CT 手术室 DSA 球管运行时所致的剂量率。同理，医教研综合楼其他辐射项目以及医院原有辐射项目均设置有实体屏蔽体防护，原有辐射工作场所监测结果均满足相应标准要求，其他辐射设施产生的辐射影响经屏蔽体、楼板、距离等衰减后，对本项目机房周边影响较小，因此主要考虑本项目机房与其四周、楼上、楼下相邻射线装置机房产生的共同影响，即二层 2 间 DSA 手术室与 CT 治疗室 1、一层 CT 机房、DR 机房 1、DR 机房 2 共同影响的相邻区域进行剂量率叠加分析。

医教研综合楼裙楼一层 CT 机房、DR 机房 1、DR 机房 2、二层 CT 治疗室 1 均设置有实体屏蔽，同类型机房屏蔽设计相同，DR 机房顶棚为 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥，折合 4.1mmPb；CT 治疗室 1 四周墙体为 240mm 实心砖+2mm 铅板，折合 4.0mmPb；CT 治疗室 1 顶棚为 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防护板，折合 4.2mmPb，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。其他射线装置在满足标准要求的机房尺寸和屏蔽防护厚度情况下，CT 治疗室 1 外的周围剂量当量率最大为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，DR 机房外的周围剂量当量率最大值为 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。根据其他射线装置机房屏蔽厚度情况，在满足标准情况下合理设计一定余量，其他射线装置机房的屏蔽体铅当量比标准值多出一定余量的铅当量，根据表 11-4 拟合参数的选取计算屏蔽透射因子 B，保守不考虑源强距射线装置外关注点的距离衰减，本项目机房相邻其他射线装置机房外辐射剂量率估算结果见表 11-12。

表 11-12 本项目机房相邻其他射线装置机房外辐射剂量率估算

序号	机房及屏蔽体名称	屏蔽体设计铅当量 (mmPb)	屏蔽体铅当量要求 (mmPb)	达标情况下机房外最大辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	铅当量余量 (mmPb)	屏蔽透射因子 B	其他射线装置机房外辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	DR 机房顶棚	4.1	3.0	25	1.1	$1.34\text{E-}02$ (150kV)	$2.43\text{E-}01$

2	CT 治疗室 1 墙体	4.0	2.5	2.5	1.5	3.21E-03 (140kV)	1.11E-02
3	CT 治疗室 1 顶棚	4.2	2.5	2.5	1.7	2.64E-03 (140kV)	6.60E-03

CT 治疗室 1 位于 DSA 手术室配套控制室的东侧，DR 机房 1 位于控制室正下方，CT 装置产生的 X 射线在经过自身屏蔽系统、CT 机房屏蔽体及 DSA2 手术室屏蔽体的屏蔽后，对本项目二层 DSA 手术室配套控制室影响很小，因此主要考虑控制室内受到 2 台 DSA 和 1 台 DR 的共同影响，则减影模式时，控制室操作位的辐射剂量率为 $6.18 \times 10^{-2} \times 2 + 2.43 \times 10^{-1} = 0.367 \mu\text{Sv/h}$ 。透视模式时，控制室操作位的辐射剂量率为 $1.51 \times 10^{-4} \times 2 + 2.43 \times 10^{-1} = 0.243 \mu\text{Sv/h}$ 。

保守考虑二层 DSA2 手术室南侧污物走廊、北侧洁净走廊同时受到 2 台 DSA、2 台 CT 及 2 台 DR 的共同影响，则减影模式时，DSA2 手术室南侧污物走廊、北侧洁净走廊的辐射剂量率为 $6.18 \times 10^{-2} \times 2 + 2.43 \times 10^{-1} \times 2 + 1.11 \times 10^{-2} + 6.60 \times 10^{-3} = 0.627 \mu\text{Sv/h}$ ；透视模式时，的辐射剂量率为 $1.51 \times 10^{-4} \times 2 + 2.43 \times 10^{-1} \times 2 + 1.11 \times 10^{-2} + 6.60 \times 10^{-3} = 0.504 \mu\text{Sv/h}$ 。

综上，本项目二层 DSA 手术室 DSA 在正常运行情况下，机房各屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率在透视模式下不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，在减影模式下不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；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 $25 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

（4）二层 DSA 手术室职业人员年有效剂量估算

根据《辐射防护导论》，按照式 11-5 对人员的年受照剂量进行估算。

$$H = H_r \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

H ——年有效剂量，mSv/a；

H_r ——关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——年受照时间，h/a；

T ——居留因子，对于职业人员，居留因子均取 1。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），当佩戴铅围裙内、外两个剂量计时，采用式 11-6 进行估算。

$$E = \alpha H_{in} + \beta H_o \quad (\text{式 11-6})$$

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, 本项目按要求配备铅橡胶颈套, 取 0.79;

β ——系数, 有甲状腺屏蔽时, 取 0.051, 无屏蔽时, 取 0.100, 本项目按要求配备铅橡胶颈套, 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。

本项目二层 DSA 手术室最大运行工况和曝光时间见表 9-1, 二层 DSA 手术室职业人员年有效剂量估算结果见表 11-13。

表 11-13 二层 DSA 手术室职业人员年有效剂量估算结果

岗位	预测情况	剂量率	单人手术台数	单台手术曝光时间	年受照时间	年有效剂量	年有效剂量约束值
		$\mu\text{Sv/h}$	台	min	h	mSv	mSv
医生	透视模式下同室(第一术者位身体铅衣内)	55.17	200	20	66.67	4.07	5
	透视模式下同室(第一术者位身体铅衣外)	340.77					
	减影模式下隔室(控制室内)	0.367 ^②		1	3.33		
护士	透视模式下同室(第二术者位身体铅衣内)	17.61	350	20	116.7	2.27	5
	透视模式下同室(第二术者位身体铅衣外)	108.77					
	减影模式下隔室(控制室内)	0.367 ^②		1	5.8		
技师	透视模式下隔室(控制室内)	0.243 ^①	500	20	166.67	4.36E-02	5
	减影模式下隔室(控制室内)	0.367 ^①		1	8.33		

注: ①技师操作位剂量率取控制室观察窗外 2 台 DSA 和 1 台 DR 同时影响所致的辐射剂量率进行估算, 即减影模式时, 辐射剂量率为 $0.367\mu\text{Sv/h}$, 透视模式时, 辐射剂量率为 $0.243\mu\text{Sv/h}$;

②减影模式下, 介入医护人员退出机房, 进入控制室, 因此剂量率取减影模式时控制室观察窗外 2 台 DSA 和 1 台 DR 同时影响所致的辐射剂量率进行估算, 辐射剂量率为 $0.367\mu\text{Sv/h}$ 。

由上述计算可知: 在正常运行时, 二层 DSA 手术室辐射工作人员年有效剂量最大为 4.07mSv , 满足本项目职业人员受照的年有效剂量不超过 5mSv 的年剂量约束值要求。

本项目二层 DSA 手术室辐射工作人员拟新聘或从现有介入科辐射工作人员调岗，原则上不兼岗，不会增加现有辐射工作人员工作量。本项目二层 DSA 手术室设备型号未定，设备运行时的 X 射线辐射剂量率保守按最小固有滤过 2.5mmAl 进行计算，未考虑附加滤过材料的影响，因此估算结果是偏保守的。DSA 射线装置在固有滤过材料的基础上，均配备有 Al、Cu 等附加滤过材料，实际运行过程中，辐射工作人员只要严格按照操作规程规范使用设备、正确使用防护用品和设施，正常情况下辐射工作人员实际年有效剂量值将小于上述保守预测结果。

(5) 二层 DSA 手术室周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算

根据项目机房周围公众的可到达性及停留时间对公众的年受照剂量进行分析。本项目的居留因子参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）选取，具体数值见表 11-14。

表11-14 居留因子的选取

场所	居留因子 T		停留位置
	典型值	范围	
全停留	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
部分停留	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
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室房门 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: 仅有来往行人车辆的户外区域、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

二层 DSA 手术室周围公众年有效剂量保守选取 2 台 DSA、2 台 CT 及 2 台 DR 共同运行时，减影模式和透视模式下机房外关注点剂量率最大值预测结果进行分析，即减影模式下辐射剂量率为 $0.627\mu\text{Sv/h}$ ；透视模式下辐射剂量率为 $0.504\mu\text{Sv/h}$ 。二层 DSA 手术室 DSA 减影模式年出束时间为 8.33h，减影模式年出束时间为 166.67h，合计年出束时间为 175h。预测分析时，保守不再考虑距离衰减和其他功能用房的墙体屏蔽效果，根据式 11-5 计算，二层 DSA 手术室周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算见表 11-15。

表 11-15 二层 DSA 手术室周围公众及辐射工作人员年有效剂量估算表

环境保护目标	方位	减影模式 辐射剂 量率	减影模 式年出 束时间	透视模式 辐射剂 量率	透视模 式年出 束时间	居留 因子	年有效 剂量	人员 类别
		$\mu\text{Sv/h}$	h	$\mu\text{Sv/h}$	h	/	mSv	
设备间	东侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/16	5.58E-03	公众
DSA2 手术室（公众）	东侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	公众
二层 DSA1 手术室南侧污物 走廊	南侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/5	1.78E-02	公众
二层 OR1 手术室、OR2 手 术室	南侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	公众
二层 DSA1 手术室西侧洁净 走廊	西侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/5	1.78E-02	公众
二层 DSA1 手术室北侧洁净 走廊	北侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/5	1.78E-02	公众
三层麻醉准备间	上方	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	公众
三层 DSA1 手术室上方走廊	上方	0.627	8.33	0.504	166.67	1/5	1.78E-02	公众
一层 CT 机房、注射穿刺室	下方	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	公众
一层 CT 机房配套控制室	下方	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	职业
登记柜台	下方	0.627	8.33	0.504	166.67	1	8.92E-02	公众
CT 治疗室 1	东侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	公众
二层 DSA2 手术室南侧污物 走廊	南侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/5	1.78E-02	公众
二层 OR3 手术室、OR4 手 术室	南侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	公众
设备间	西侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/16	5.58E-03	公众
DSA1 手术室（公众）	西侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	公众
二层 DSA2 手术室北侧洁净 走廊	北侧	0.627	8.33	0.504	166.67	1/5	1.78E-02	公众
三层 OR2 手术室、OR3 手 术室	上方	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	公众
三层走廊	上方	0.627	8.33	0.504	166.67	1/5	1.78E-02	公众
一层 DR1 机房、DR2 机 房、等候更衣室	下方	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	公众
一层 DR 机房配套控制室	下方	0.627	8.33	0.504	166.67	1/2	4.46E-02	职业

由上述计算可知：在正常运行时，二层 DSA 手术室周围公众受照的最大年有效剂量为 $8.92 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足本项目公众受照的年有效剂量不超过 0.1mSv 的年剂量约束值要求。二层 DSA 手术室所致机房周围辐射工作人员受照的最大年有效剂量为 $4.46 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，医院现有辐射工作人员的年有效剂量检测结果在 $0.03 \sim 1.07 \text{mSv}$ 范围内，保守按照现有辐射工作人员年有效剂量最大值叠加为 $1.07 + 4.46 \times 10^{-2} = 1.115 \text{mSv}$ ，仍满足职业人员受照的年有效剂量不超过 5mSv 的年剂量约束值要求。

对于二层 DSA 手术室屏蔽物边界外 50m 范围内的其他公众，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 手术室周围公众受照的年有效剂量不超过 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

由此说明，本项目二层 DSA1 手术室、DSA2 手术室的防护设计满足要求，其正常运行后产生的辐射影响在国家允许的范围以内。上述估算仅是理论推算，实际应用时，工作人员应严格规范佩戴个人剂量计，以对个人有效剂量进行更为准确的监测。

11.2.2 三层 Angio-CT 手术室 Nexaris Angio-CT 系统辐射环境影响

由于 Nexaris Angio-CT 系统中的 DSA 球管和 CT 球管相互有联动功能，不能同时曝光，本报告对 Nexaris Angio-CT 系统 DSA 球管和 CT 球管分别预测分析。

(1) 设备参数及机房防护情况

根据医院提供的资料，三层 Angio-CT 手术室 Nexaris Angio-CT 系统 DSA 球管参数、工况及机房防护情况见表 11-16。

表 11-16 本项目 Nexaris Angio-CT 系统 DSA 球管参数、工况及机房防护情况

设备名称		Nexaris Angio-CT 系统		
技术参数		最大管电压 125kV/最大管电流 1000mA		
过滤材料		不小于 2.5mmAl		
最大照射野		100cm ²		
DSA 球管 工况 模式	减影	正常工况下 最大常用电压 100kV 最大常用电流 500mA	发射率常数 距靶 1 米处	0.09mGy/mA·s
	透视	正常工况下 最大常用电压 90kV 最大常用电流 15mA		0.075mGy/mA·s
泄漏辐射源强		离靶点 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率不超过 1mGy/h		
机房有效面积尺寸		长 9.5m×宽 7.22m×高 4.5m		
防护 设施	四侧墙体	240mm 实心砖+2mm 铅板（4.0）		
	顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.2）		
	地坪	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥（4.2）		
	防护门	内衬 4mm 铅板（4.0）		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃（4.0）		
	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜等防护用品（0.5mmPb）、介入防护手套（0.025mmPb）		

注：①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），介入设备等总滤过不小于 2.5mmAl，本项目 DSA 过滤材料保守取 2.5mmAl；

②参考《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，当 2.5mmAl 作为过滤材料时，得 100kV 电压下，发射率常数为 0.09mGy/mA·s，90kV 电压下，发射率常数为 0.075mGy/mA·s；

③参考国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h”。

Nexaris Angio-CT 系统 DSA 球管运行工况与二层 DSA 手术室的 DSA 装置一致，根据《辐射防护导论》射线装置距靶 1m 处的空气比释动能率，按式 11-1 计算，Nexaris Angio-CT 系统 DSA 球管不同运行模式下距靶 1m 处空气比释动能率一览表见表 11-2。

(2) 关注点位的选取

在机房中心设置 3.3m×1m 的矩形区域边界作为治疗床可能安装的边界范围，X 射线球管距地面 0.4m，源与患者的距离取 0.7m，取医护手术位、控制室操作位、防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、楼上离地 100cm 处、楼下距楼下地面 170cm 处作为关注点位。

Angio-CT 手术室各侧墙体的防护屏蔽相同，由图 11-2 中蓝线标注的距离可知，取距离最短的 2-3#点作为防护墙外剂量率代表点进行计算；同理，Angio-CT 手术室 2 扇防护门防护屏蔽相同，由图 11-2 中绿线标注的距离可知，取距离最短的 1-4#点作为防护门外剂量率代表点进行计算。Angio-CT 手术室只有 1 扇观察窗，取观察窗外 30cm 处的 1-2#点进行计算分析。三层 Angio-CT 手术室关注点位示意图 11-2，点位情况见表 11-17。

表 11-17 三层 Angio-CT 手术室关注点位情况表

关注点位		方位	与患者之间距离 (m)	与源之间距离 (m)
2-1#术者位	医生手术位（身体铅衣内）	机房内	0.5	0.6
	医生手术位（身体铅衣外）	机房内	0.5	0.6
	护士协助位（身体铅衣内）	机房内	0.9	1
	护士协助位（身体铅衣外）	机房内	0.9	1
2-2#西侧观察窗外 30cm 处（控制室）		西侧	4.1	4.1
2-3#北侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）		北侧	4.1	4.1
2-4#北侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）		北侧	4.5	4.5
2-5#楼上离地 100cm 处（日间病房内）		上方	4.4	5.1
2-6#楼下距楼下地面 170cm 处（内科 ICU、处置室内）		下方	3.9	3.2

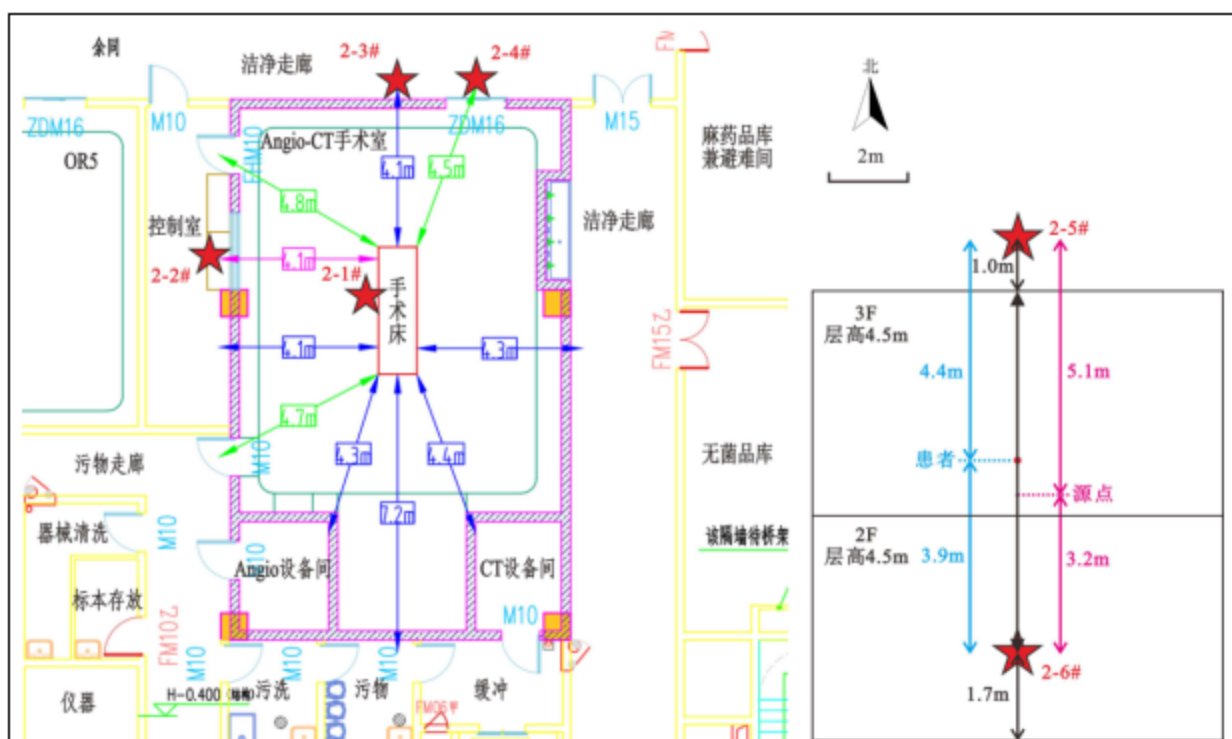


图 11-2 三层 Angio-CT 手术室关注点位示意图

(3) Angio-CT 手术室 DSA 球管运行时周围辐射剂量率估算

屏蔽透射因子按照式 11-3 计算，拟合参数具体见表 11-4，本项目 Angio-CT 手术室散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-18、表 11-19。

表 11-18 Angio-CT 手术室 100kV 减影工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2-2#西侧观察窗外 30cm 处（控制室）	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
2-3#北侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	240mm 实心砖+2mm 铅板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
2-4#北侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
2-5#楼上离地 100cm 处（日间病房内）	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡水泥	4.2mmPb	2.507	15.33	0.9124	3.11E-06
2-6#楼下距楼下地面 170cm 处（内科 ICU、处置室内）	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡水泥	4.2mmPb	2.507	15.33	0.9124	3.11E-06

表 11-19 Angio-CT 手术室 90kV 透视工况下散射辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2-1#第一术者位（身体铅衣内）	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
2-1#第一术者位（身体铅衣外）	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
2-1#第二术者位（身体铅衣内）	0.5mm 铅衣 +0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03

2-1#第二术者位 (身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
2-2#西侧观察窗外 30cm 处(控制室)	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
2-3#北侧防护墙外 30cm 处(洁净走廊)	240mm 实心砖+2mm 铅板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
2-4#北侧防护门外 30cm 处(洁净走廊)	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
2-5#楼上离地 100cm 处 (日间病房内)	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡水泥	4.2mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.00E-07
2-6#楼下距楼下地面 170cm 处(内科 ICU、处 置室内)	120mm 混凝土 +3mmPb 硫酸钡水泥	4.2mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.00E-07

病人体表散射屏蔽估算按照式 11-2, Angio-CT 手术室各关注点位散射辐射剂量率估算见表 11-20。

表 11-20 Angio-CT 手术室各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作 模式	关注点位	H_0	α	s	d_0	d_s	B	H_s
		$\mu\text{Sv/h}$	/	cm^2	m	m	/	$\mu\text{Sv/h}$
减影	2-2#西侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.1	5.14E-06	3.29E-02
	2-3#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.1	5.14E-06	3.29E-02
	2-4#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.5	5.14E-06	2.73E-02
	2-5#楼上离地 100cm 处 (日间病房内)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	4.4	3.11E-06	1.73E-02
	2-6#楼下距楼下地面 170cm 处(内科 ICU、处置室内)	1.62E+08	0.0013	100	0.7	3.9	3.11E-06	2.20E-02
透视	2-1#医生手术位 (身体铅衣内)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.5	4.08E-03	43.84
	2-1#医生手术位 (身体铅衣外)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.5	2.52E-02	270.77
	2-1#护士协助位 (身体铅衣内)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.9	4.08E-03	13.53
	2-1#护士协助位 (身体铅衣外)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	0.9	2.52E-02	83.57
	2-2#西侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.1	3.69E-07	5.90E-05
	2-3#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.1	3.69E-07	5.90E-05
	2-4#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.5	3.69E-07	4.89E-05
	2-5#楼上离地 100cm 处 (日间病房内)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	4.4	2.00E-07	2.78E-05
	2-6#楼下距楼下地面 170cm 处(内科 ICU、处置室内)	4.05E+06	0.0013	100	0.7	3.9	2.00E-07	3.53E-05

②泄漏辐射剂量率估算

屏蔽透射因子按照式 11-3 计算, 拟合参数具体见表 11-4, 本项目 Angio-CT 手术室泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果见表 11-21、表 11-22。

表 11-21 Angio-CT 手术室 100kV 减影工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2-2#西侧观察窗外 30cm 处(控制室)	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
2-3#北侧防护墙外 30cm 处(洁净走廊)	240mm 实心砖+2mm 铅板	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
2-4#北侧防护门外 30cm 处(洁净走廊)	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	2.5	15.28	0.7557	3.39E-06
2-5#楼上离地 100cm 处(日间病房内)	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥	4.2mmPb	2.5	15.28	0.7557	2.05E-06
2-6#楼下距楼下地面 170cm 处(内科 ICU、处置室内)	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥	4.2mmPb	2.5	15.28	0.7557	2.05E-06

表 11-22 Angio-CT 手术室 90kV 透视工况下泄漏辐射各预测点屏蔽透射因子计算结果

预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
2-1#第一术者位(身体铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
2-1#第一术者位(身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
2-1#第二术者位(身体铅衣内)	0.5mm 铅衣+0.5mmPb 铅屏风	1.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	4.08E-03
2-1#第二术者位(身体铅衣外)	0.5mmPb 铅屏风	0.5mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
2-3#北侧防护墙外 30cm 处(洁净走廊)	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
2-4#北侧防护门外 30cm 处(洁净走廊)	240mm 实心砖+2mm 铅板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
2-4#东南侧防护门外 30cm 处(西侧洁净走廊)	内衬 4mm 铅板	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
2-5#楼上离地 100cm 处(日间病房内)	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥	4.2mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.00E-07
2-6#楼下距楼下地面 170cm 处(内科 ICU、处置室内)	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡水泥	4.2mmPb	3.067	18.83	0.7726	2.00E-07

泄漏辐射剂量率估算按照式 11-4, 则 Angio-CT 手术室各关注点位泄漏辐射剂量率估算见表 11-23。

表 11-23 Angio-CT 手术室各关注点位泄漏辐射剂量率估算表

工作模式	关注点位	H_0	d	B	H_L
		$\mu\text{Sv/h}$	m	/	$\mu\text{Sv/h}$
减影	2-2#西侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	1.00E+03	4.1	3.39E-06	2.02E-04
	2-3#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊)	1.00E+03	4.1	3.39E-06	2.02E-04
	2-4#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊)	1.00E+03	4.5	3.39E-06	1.67E-04
	2-5#楼上离地 100cm 处 (日间病房内)	1.00E+03	5.1	2.05E-06	7.88E-05
	2-6#楼下距楼下地面 170cm 处 (内科 ICU、处置室内)	1.00E+03	3.2	2.05E-06	2.00E-04
透视	2-1#医生手术位 (身体铅衣内)	1.00E+03	0.6	4.08E-03	11.33
	2-1#医生手术位 (身体铅衣外)	1.00E+03	0.6	2.52E-02	70.00
	2-1#护士协助位 (身体铅衣内)	1.00E+03	1.0	4.08E-03	4.08
	2-1#护士协助位 (身体铅衣外)	1.00E+03	1.0	2.52E-02	25.20
	2-2#西侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	1.00E+03	4.1	3.69E-07	2.20E-05
	2-3#北侧防护墙外 30cm 处 (洁净走廊)	1.00E+03	4.1	3.69E-07	2.20E-05
	2-4#北侧防护门外 30cm 处 (洁净走廊)	1.00E+03	4.5	3.69E-07	1.82E-05
	2-5#楼上离地 100cm 处 (日间病房内)	1.00E+03	5.1	2.00E-07	7.69E-06
	2-6#楼下距楼下地面 170cm 处 (内科 ICU、处置室内)	1.00E+03	3.2	2.00E-07	1.95E-05

③总辐射剂量率估算

根据表 11-20 和表 11-23, Angio-CT 手术室 DSA 球管运行时各关注点位的总辐射剂量率结果见表 11-24。

表 11-24 Angio-CT 手术室 DSA 球管运行时各关注点位的总辐射剂量率结果表

工作模式	关注点位	散射辐射剂量率	泄漏辐射剂量率	总辐射剂量率
		$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$
减影	2-2#西侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	3.29E-02	2.02E-04	3.31E-02
	2-3#北侧防护墙外 30cm 处 (北侧洁净走廊)	3.29E-02	2.02E-04	3.31E-02
	2-4#东南侧防护门外 30cm 处 (西侧洁净走廊)	2.73E-02	1.67E-04	2.75E-02
	2-5#楼上离地 100cm 处 (日间病房内)	1.73E-02	7.88E-05	1.74E-02
	2-6#楼下距楼下地面 170cm 处 (内科 ICU、处置室内)	2.20E-02	2.00E-04	2.22E-02
透视	2-1#医生手术位 (身体铅衣内)	43.84	11.33	55.17
	2-1#医生手术位 (身体铅衣外)	270.77	70.00	340.77

2-1#护士协助位（身体铅衣内）	13.53	4.08	17.61
2-1#护士协助位（身体铅衣外）	83.57	25.20	108.77
2-2#西侧观察窗外 30cm 处（控制室）	5.90E-05	2.20E-05	8.10E-05
2-3#北侧防护墙外 30cm 处（洁净走廊）	5.90E-05	2.20E-05	8.10E-05
2-4#北侧防护门外 30cm 处（洁净走廊）	4.89E-05	1.82E-05	6.71E-05
2-5#楼上离地 100cm 处（日间病房内）	2.78E-05	7.69E-06	3.55E-05
2-6#楼下距楼下地面 170cm 处 （内科 ICU、处置室内）	3.53E-05	1.95E-05	5.48E-05

由上述计算可知：本项目 Angio-CT 手术室 DSA 球管在减影模式下，控制室操作位的辐射剂量率为 $3.31 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，机房 30cm 处周围辐射剂量率最大为 $3.31 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；在透视模式时，控制室操作位的辐射剂量率为 $8.10 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，机房 30cm 处周围辐射剂量率最大为 $8.10 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ 。

④Angio-CT 手术室周围辐射剂量率叠加分析

根据 Angio-CT 手术室四周、楼上及楼下平面布局，考虑相邻射线装置机房共同影响的相邻区域进行剂量率叠加分析。Angio-CT 手术室配套控制室正下方为二层 CT 治疗室 2，考虑 Angio-CT 手术室配套控制室、西侧污物走廊、北侧洁净走廊同时受到 Angio-CT 手术室 DSA 球管和 1 台 CT 的共同影响，同类型机房屏蔽设计相同，根据表 11-11 中 CT 治疗室 1 顶棚外辐射剂量率估算结果，Angio-CT 手术室 DSA 球管减影模式时，控制室、西侧污物走廊、北侧洁净走廊的辐射剂量率为 $3.31 \times 10^{-2} + 6.60 \times 10^{-3} = 3.97 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。透视模式时，辐射剂量率为 $8.10 \times 10^{-5} + 6.60 \times 10^{-3} = 6.68 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。

综上，本项目 Angio-CT 手术室 DSA 球管在正常运行情况下，机房各屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率在透视模式下不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，在减影模式下不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；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 $25 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

（4）Angio-CT 手术室 CT 装置运行时周围辐射剂量率估算

本项目杂交手术室所使用的移动 CT 额定管电压为 140kV，管电流为 1250mA，根据表 10.1-24 可知，Angio-CT 手术室屏蔽体外最低铅当量为 4.0mmPb，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 2.5mmPb 的要求。Angio-CT 手术室达标情况下铅当量余量为 1.5mmPb，达标情况下机房外最大辐射剂量率为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，屏蔽透射因子按照式 11-3 计算，拟合参数具体见表 11-4，得屏蔽透射因子为 3.21×10^{-3} ，以上数据核算，Angio-CT 手术室 CT 装置运行所致的辐射剂量率为 $1.11 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。

考虑 Angio-CT 手术室配套控制室、西侧污物走廊、北侧洁净走廊同时受到 Angio-CT 手术室 CT 球管和 1 台 CT 的共同影响，同类型机房屏蔽设计相同，根据表 11-11 中 CT 治疗室 1 顶棚外辐射剂量率估算结果，Angio-CT 手术室 CT 球管模式时，控制室、西侧污物走廊、北侧洁净走廊的辐射剂量率为 $1.11 \times 10^{-2} + 6.60 \times 10^{-3} = 1.77 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，仍满足《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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；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 $25 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(5) Angio-CT 手术室职业人员年有效剂量估算

本项目 Angio-CT 手术室最大运行工况和曝光时间见表 9-1。根据式 11-5、式 11-6 对职业人员的年受照剂量进行估算，结果见表 11-25。

表 11-25 Angio-CT 手术室职业人员年有效剂量估算结果

岗位	预测情况		剂量率	单人手术台数	单台手术曝光时间	年受照时间	年有效剂量	年有效剂量约束值
			$\mu\text{Sv/h}$	台	min	h	mSv	mSv
医生	DSA 球管	透视模式下同室（第一术者位身体铅衣内）	55.17	200	20	66.67	4.06	5
		透视模式下同室（第一术者位身体铅衣外）	340.77					
		减影模式下隔室（控制室内）	$3.97\text{E-}02^{\text{②}}$		1	3.33		
	CT 球管模式下隔室（控制室内）		$1.77\text{E-}02^{\text{②}}$		1	3.33		
护士	DSA 球管	透视模式下同室（第二术者位身体铅衣内）	17.61	350	20	116.7	2.27	5
		透视模式下同室（第二术者位身体铅衣外）	108.77					
		减影模式下隔室（控制室内）	$3.97\text{E-}02^{\text{②}}$		1	5.8		
	CT 球管模式下隔室（控制室内）		$1.77\text{E-}02^{\text{②}}$		1	5.8		
技师	DSA 球管	透视模式下隔室（控制室内）	$6.68\text{E-}03^{\text{①}}$	500	20	166.67	$2.42\text{E-}03$	5
		减影模式下隔室（控制室内）	$3.97\text{E-}02^{\text{②}}$		1	8.33		
	CT 球管模式下隔室（控制室内）		$1.77\text{E-}02^{\text{②}}$		1	8.33		

注：①技师操作位剂量率取控制室观察窗外 DSA 球管、CT 球管分别与 1 台 CT 同时影响所致的辐射剂量率进行估算，即 DSA 球管减影模式时，辐射剂量率为 $3.97 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，DSA 球管透视模式时，辐射剂量率为 $6.68 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，CT 球管模式时，辐射剂量率为 $1.77 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；

②减影模式下，介入医护人员退出机房，进入控制室，因此剂量率取控制室观察窗外 DSA 球管、CT 球管分别与 1 台 CT 同时影响所致的辐射剂量率进行估算，即 DSA 球管减影模式时，辐射剂量率为 $3.97 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，CT 球管模式时，辐射剂量率为 $1.77 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。

由上述计算可知：在正常运行时，Angio-CT 手术室辐射工作人员年有效剂量最大为 4.06mSv，满足本项目职业人员受照的年有效剂量不超过 5mSv 的年剂量约束值要求。

(5) Angio-CT 手术室周围公众年有效剂量估算

根据项目机房周围公众的可到达性及停留时间对公众的年受照剂量进行分析。根据式 11-5，按照表 11-14 选取居留因子，机房周围公众年有效剂量保守选取 Angio-CT 手术室 DSA 球管、CT 球管分别与 1 台 CT 共同运行时，机房外关注点剂量率最大值预测结果进行分析，即 DSA 球管减影模式下辐射剂量率为 $3.97 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；透视模式下辐射剂量率为 $6.68 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，CT 球管模式下辐射剂量率为 $1.77 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 。

本项目 Nexaris Angio-CT 系统 DSA 球管减影模式年出束时间为 8.33h，减影模式年出束时间为 166.67h，合计年出束时间为 175h；CT 球管年出束时间为 8.33h。预测分析时，保守不再考虑距离衰减和其他功能用房的墙体屏蔽效果，Angio-CT 手术室周围公众年有效剂量估算见表 11-26。

表 11-26 Angio-CT 手术室周围公众年有效剂量估算表

环境保护目标	方位	DSA 球管				CT 球管		居留因子	年有效剂量
		减影模式辐射剂量率	减影模式年出束时间	透视模式辐射剂量率	透视模式年出束时间	辐射剂量率	年出束时间		
		$\mu\text{Sv/h}$	h	$\mu\text{Sv/h}$	h	$\mu\text{Sv/h}$	h		
三层机房东侧洁净走廊	东侧	3.97E-02	8.33	6.68E-03	166.67	1.77E-02	8.33	1/5	3.19E-04
Angio 设备间、CT 设备间	南侧	3.97E-02	8.33	6.68E-03	166.67	1.77E-02	8.33	1/16	9.95E-05
三层机房西侧污物走廊	西侧	3.97E-02	8.33	6.68E-03	166.67	1.77E-02	8.33	1/5	3.19E-04
三层机房北侧洁净走廊	北侧	3.97E-02	8.33	6.68E-03	166.67	1.77E-02	8.33	1/5	3.19E-04
净化机房	上方	3.97E-02	8.33	6.68E-03	166.67	1.77E-02	8.33	1/16	9.95E-05
OR6 手术室	下方	3.97E-02	8.33	6.68E-03	166.67	1.77E-02	8.33	1/2	7.96E-04
二层机房下方污物走廊	下方	3.97E-02	8.33	6.68E-03	166.67	1.77E-02	8.33	1/5	3.19E-04
器械清洗间、污物间、污洗间、缓冲间	下方	3.97E-02	8.33	6.68E-03	166.67	1.77E-02	8.33	1/16	9.95E-05

由上述计算可知：Angio-CT 手术室周围公众受照的最大年有效剂量为 $7.96 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，满足本项目公众受照的年有效剂量不超过 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

对于 Angio-CT 手术室屏蔽物边界外 50m 范围内的其他公众，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，能够满足本项目周围公众受照的年有效剂量不超过 0.1mSv 的年剂量约束值要求。

由此说明，本项目 Angio-CT 手术室的防护设计满足要求，其正常运行后产生的辐射影响在国家允许的范围以内。上述估算仅是理论推算，实际应用时，工作人员应严格规范佩戴个人剂量计，以对个人有效剂量进行更为准确的监测。

11.2.3 三废环境影响

(1) 大气

本项目 DSA 和 CT 在曝光过程中，由于 X 射线与空气电离作用，会有少量臭氧和氮氧化物产生。因射线装置每次曝光时间短，臭氧和氮氧化物产生量很少。本项目各机房拟设置动力通风装置进行通排风，进风口及排风口拟设置于机房吊顶，保证机房内有良好的通风，臭氧和氮氧化物最终经排风管道引至各楼层室外。产生的少量臭氧和氮氧化物经通排风系统收集后最终排放至大气外环境中，臭氧可在 50min 后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生额的 1/3，因此本项目射线装置产生的废气排出机房后对周围环境影响较小。

(2) 地表水

项目介入手术产生的器械清洗废水、医护手部清洗废水以及医护人员产生的生活污水依托医院在建污水处理设施预处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理排放标准要求后，纳入市政污水管网进行集中处理。项目废水不直接排放，对地表水环境影响较小。

(3) 固体废物

介入手术产生的医疗废物待手术结束后收集至各层污物间暂存，定期移至医院原有医疗废物暂存间，并委托医疗废物处置单位进行处置；医护人员产生的生活垃圾分类收集后委托当地环卫部门定期清运处理。经上述“资源化、减量化、无害化”处置后，项目产生的固体废物不会对周围环境产生明显影响。

(4) 声环境

本项目手术室通风设备拟选用低噪声设备，通风设备设置于室内，排风管设置微穿孔消声器，风管与风机软连接，排风口设置防雨百叶窗，项目通风设备经墙体隔声、距离衰减后，对医院场界噪声贡献值很小，运行期间场界噪声可达到相关标准要求，对周边声环境影响较小。

11.3 辐射事故分析和防范措施

11.3.1 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

11.3.2 事故等级分析

本项目为医用Ⅱ类射线装置使用项目，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》内辐射事故等级分类依据，本项目可能发生的辐射事故为一般辐射事故。

11.3.3 DSA 装置事故类型

①装置在运行时，由于门-灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

②工作人员或患者家属还未全部撤离治疗机房，控制室人员启动设备，造成滞留人员的误照射；

③X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射；

④维修射线装置时，因人员误操作造成维修人员受意外照射。

11.3.4 事故防范措施

①医院已成立辐射事故应急处理小组，并制定了放射诊疗管理相关制度与预案，每年定期进行演练；发现问题，及时整改。

②制定经常性自检制度，对门-灯联锁、监视器、工作状态指示灯、电离辐射警告标志灯等防护设施进行经常性检查，如发现这些防护设施不够完善或失灵，立即维护、修复。

③介入手术床设置急停按钮，操作人员可通过急停开关等停机操作来确保人员安全。

④制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少意外照射事故的发生。

⑤医务人员必须严格按照X射线装置操作程序进行诊断，确定机房内工作人员及患者家属均离开机房后方可开机，以避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。

⑥医护人员进行DSA、DSA-CT介入手术前，一定要穿好防护铅服，戴铅眼镜，佩戴个人剂量计后方可进行手术作业。

⑦项目应严格遵循所用辐射设备的安全使用年限，避免机械故障造成辐射事故，严禁超期使用。

⑧严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如验收监测及年度监测结果表明外墙、防护门缝隙、观察窗、孔洞等处辐射水平偏高时，应立即停机，查明原因，并优化屏蔽设计和施工，未整改到位前，设备不得开机。

⑨维修人员进入机房前，必须确认射线装置未出束，同时需断开电源，并应携带个人剂量报警仪，调试和维修时须在控制室外设置醒目的警示牌。设备维修应由有维修资格的人员操作，并按其操作规范进行操作。

11.3.5 事故应急处理及报告

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，采取应急措施，并在两小时内填写初始报告，向生态环境主管部门报告。若造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

一旦发生辐射事故，应按以下基本原则进行处理：

(1) 第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

(2) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，根据估算结果，必要时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、有计划的进行处理，可缩小事故影响，减少事故损失。

(4) 事故处理后应整理资料，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。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

12.1.1 机构设置

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》相关要求，使用放射性同位素、射线装置的单位应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

嘉兴市第一医院已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规，结合卫生、生态环境等行政主管部门的规章制度，成立了放射诊疗安全与防护管理领导小组，落实安全责任制度，并明确了相关成员名单及职责，运行过程中应根据人事变动及时更新。

12.1.2 辐射人员管理

(1) 职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

医院现有辐射工作人员均于 2023.2.20-2023.5.10 在嘉兴市第一医院进行了在岗期间的职业健康检查，检查结果均为“可继续从事放射工作”，已建立职业健康档案，符合要求，医院应建立本项目新增的辐射工作人员职业健康档案，新增辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托有相关资质的单位对辐射工作人员进行职业健康检查。

(2) 辐射工作人员培训

根据生态环境部《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》（2019 年，第 57 号）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），医院应及时组织从事使用 II 类射线装置的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训，且需考核合格，并按时接受再培训，建立成绩档案。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，及时组织本项目新增辐射工作人员在国

家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加相应类别培训学习，考核合格后上岗，并按时接受再培训。

(3) 个人剂量检测

本项目新增辐射工作人员均应配备个人剂量计，并按期（三个月）委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。嘉兴市第一医院应做到以下几个方面：

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案、职业照射个人剂量档案。医院应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.1.3 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，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 日前上传至核技术利用平台上一年的评估报告。医院年度评估报告包括：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。

医院已按照要求执行年度评估，编制了《辐射安全和防护状况年度评估报告》，并上传至核技术利用平台。本项目建成后，医院应将本项目辐射工作场所纳入现有辐射安全与防护状况评估。

12.2 辐射安全管理规章制度

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》等法律法规要求，使用放射性同位素、射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

嘉兴市第一医院已建立《辐射安全管理制度》、《辐射工作人员培训计划及考核制度》、《大型放射设备维保管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、辐射工作场

所及辐射工作人员监测方案等辐射防护管理制度，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，医院应认真落实各项规章制度，并根据本项目机房特点，对已制定的相关规章制度进行更新和完善。

医院应将制定的所有规章制度中关于操作规程、辐射工作人员岗位职责和应急响应程序等内容张贴上墙，各辐射工作场所日常工作中严格按照各种制度执行，防止辐射事故的发生。

医院应对相关资料进行分类归档，根据环境影响评价文件、竣工环境保护验收文件、单位辐射工作文件、辐射安全许可证、年度评估报告、辐射安全和防护管理制度、工作人员辐射防护等文件要求建立不同类别的档案，并安排专人对核技术利用项目环保相关文件及档案进行管理。

12.3 竣工环境保护验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，项目单位需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应该配置与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射监测等仪器。根据以上要求，结合医院实际情况，本项目射线装置机房拟依托医院现有 X、 γ 辐射空气比释动能率仪，详见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射工作场所辐射监测仪器拟配置情况

工作场所	监测仪器	型号	数量	备注
DSA1 手术室、DSA2 手术室、Angio-CT 手术室	X、 γ 辐射空气比释动能率仪	BG9511 型	1 台	依托医院现有

12.4.2 监测计划

(1) 年度监测

继续委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，年度监测报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并上传至核技术利用平台。

(2) 日常自行监测

定期自行开展辐射监测，制定工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

(3) 验收监测

项目建成、设备调试正常后，医院需委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，出具验收监测报告。

(4) 监测内容和要求

监测依据：《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

监测内容：周围剂量当量率、个人剂量当量。

监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

表 12-2 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	DSA1 手术室、DSA2 手术室、Angio-CT 手术室	X- γ 辐射周围剂量当量率	1 次/年	按照国家规定进行计量检定	机房距墙体、门窗表面 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm 处、地坪下方距地面 170cm 处及周围需要关注的监督区、机房防护门及门缝、观察窗、控制室操作位、手术位、电缆/空调/风管穿墙处等	委托有资质单位监测
日常监测			1 次/季度	按照国家规定进行计量检定		自行监测
验收监测			项目建成，设备调试正常后，监测 1 次	按照国家规定进行		委托资质单位监测

个人剂量监测	/	个人剂量当量	至少每三个月 1 次	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托有资质单位监测
--------	---	--------	------------	-------	----------	-----------

医院需定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。委托有资质监测单位进行监测，其仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；对监测中出现辐射超标问题，及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的监测报告。医院自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定，检测时须按《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）制定检测方案及实施细则执行。

12.4.3 个人剂量监测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期一般为一个月，最长不超过三个月。其中铅橡胶围裙内外双个人剂量计分别佩戴在铅橡胶围裙外锁骨对应的领口位置及铅橡胶围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反。

（1）医院应将各季度发送的个人剂量计定期送往有资质的单位进行检测。如果在单个季度出现个人剂量超过1.25mSv时，医院需进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并经当事人签字。年剂量超过5mSv的管理限值时，医院应暂停该辐射工作人员继续从事放射工作，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，经当事人签字，并上报当地生态环境主管部门。年剂量超过20mSv标准时，构成辐射事故，医院立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射安全与环境保护管理领导小组上报当地生态环境主管部门。检测报告及有关调查报告应存档备查。

（2）个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同辐射工作场所年度监测报告一起作为《辐射安全与防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

辐射工作人员个人剂量档案内容应包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等信息，放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业照射个人剂量档案。

12.4 辐射应急

12.5.1 辐射事故应急预案

根据国务院令 第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- 1、应急机构和职责分工；
- 2、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- 3、辐射事故分级与应急响应措施；
- 4、辐射事故的调查、报告和处理程序。

根据建设单位提供的资料，建设单位已经制定了《辐射事故应急预案》（见附件 7）。对照上述要求，现有《辐射事故应急预案》应补充应急装备、物资清单等内容，医院应当在今后预案实施过程中，根据国家新发布的相关法规内容，结合医院实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

12.5.2 辐射事故上报的要求

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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》等要求，向生态环境主管部门报告。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，采取必要防范措施，并根据要求在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管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，还应当同时向卫生部门报告。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

本项目拟于医教研综合楼裙楼二层建设 2 间 DSA 机房，在 2 间机房内分别安装使用 1 台 DSA 装置，设备均为新购，型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1250mA，属于 II 类射线装置，规划新增的 2 台 DSA 装置年最大手术量约 1000 台；拟于医教研综合楼裙楼三层建设 1 间 Angio-CT 手术室，在机房内安装使用 1 套新购买的 Nexaris Angio-CT 系统，该设备由 DSA 和可用于复合手术的可移动滑轨 CT 组成，型号为 Artis Q.zen Ceiling+ SOMATOM Confidence，其 DSA 球管最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，CT 球管最大管电压 140kV，最大管电流 666mA，Nexaris Angio-CT 系统规划年最大手术量约 500 台。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

(1) 辐射安全防护措施结论

本项目 DSA 手术室、Angio-CT 手术室四侧墙体采用实心砖+铅板进行屏蔽，顶棚及地坪采用混凝土+硫酸钡水泥进行屏蔽，各防护门均采用铅防护门，观察窗为铅玻璃，并配有个人防护用品，其屏蔽要求及个人防护用品配置均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

(2) 辐射安全管理结论

嘉兴市第一医院已成立放射诊疗安全与防护管理领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作；该院应根据实际情况及本报告要求，对现有《辐射事故应急预案》应补充应急装备、物资清单等内容，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；医院已对辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案，医院应及时组织本项目新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加相应类别培训学习，考核合格后上岗，并按时接受再培训。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 辐射影响分析结论

根据本报告表 11 章节对本次核技术利用项目运行过程中，对周边环境及人员的辐射影响分析可知，在正常工况下，本项目辐射工作场所周围辐射剂量率水平满足相关标准的要求，在运行过程中对辐射工作人员和周围环境中的公众辐射影响均能满足本报告提出的剂量约束值的要求，即工作人员受照剂量不超过 5mSv/a ，公众受照剂量不超过 0.1mSv/a ，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关标准要求。

(2) “三废”影响分析

①废气：DSA、CT 在曝光过程中产生的少量臭氧和氮氧化物经动力通风装置排入大气环境后，经自然分解，对周围大气环境影响较小。

②废水：介入手术产生的器械清洗废水、医护手部清洗废水以及医护人员产生的生活污水依托医院原有污水处理站处理达标后纳管，项目废水不直接排放，对地表水环境影响较小。

③固体废物：介入手术产生的医疗废物、工作人员产生的生活垃圾经妥善安全处置后不会对周围环境产生明显影响。

④噪声：本项目手术室通风设备拟选用低噪声设备，通风设备设置于室内，在采取减振、隔声、吸声等综合降噪措施，经距离衰减后，对医院场界噪声贡献值很小，运行期间场界噪声可达到相关标准要求，对周边声环境影响较小。

13.1.4 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性分析结论

根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于医药类项目中的**高性能医学影像设备**，为鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

(2) 实践正当性分析结论

本项目建设的根本目的在于开展放射诊疗工作、治病救人，实践过程中采取了可能的辐射防护措施，经预测分析，本项目运行后，在给患者带来利益的同时，引起的对工作人员和公众人员的照射剂量满足国家辐射防护安全标准的要求，同时满足根据最优化原则设置的项目管理约束值的要求，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“实践的正当性”要求。

（3）选址合理性分析结论

本项目位于嘉兴市中环南路 1882 号，嘉兴市第一医院用地范围内，本项目所在地用地性质为医院用地。本项目射线装置机房实体屏蔽边界外 50m 评价范围包括医院内部建筑物和医院内部道路，不涉及其他环境敏感区域。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众的辐射影响是可接受的，因此项目选址合理。

（4）《嘉兴市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析结论

本项目为医疗机构核技术利用项目，经分析，项目不涉及生态保护红线、不会突破环境质量底线和资源利用上线、符合准入清单内管控措施要求，项目的建设符合《嘉兴市生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

（5）与其他相关规划符合性分析结论

①用地规划符合性

本项目位于嘉兴市中环南路 1882 号，嘉兴市第一医院用地范围内，《嘉兴市第一医院规划条件》（嘉经开规设（2020）字*号），本项目所在地用地性质为医院用地，因此项目的建设符合土地利用规划。

②《嘉兴市卫生健康事业发展“十四五”规划》符合性

本项目为嘉兴市第一医院二期工程核技术利用建设项目，项目的实施提升了嘉兴市第一医院的医疗供给能力，为嘉兴市提供高端健康管理及医疗服务，有利于促进嘉兴市医疗卫生资源均衡布局，因此，本项目的建设符合《嘉兴市卫生健康事业发展“十四五”规划》。

③“三区三线”符合性

本项目拟建于嘉兴市中环南路 1882 号，嘉兴市第一医院二期工程医教研综合楼裙楼二层，根据嘉兴市“三区三线”划分成果，项目所在地为城镇集中建设区，符合“三区三线”的要求。

④污染物达标排放符合性

由本报告表 11 环境影响分析可知，本项目运营过程中产生的电离辐射、固废和废气经采取一定的辐射防护和治理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的，各污染物可以做到达标排放。

(6) 项目可行性

综上所述，嘉兴市第一医院二期工程（传染病楼改扩建及新建医教研综合楼）射线装置部分的选址符合国家相关法律法规，总平面布局合理可行。医院在落实本报告提出的各项污染防治措施后，其辐射工作场所辐射安全防护措施及安全管理措施满足从事相应辐射活动的要求，辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，营运期对周围环境产生的辐射影响在可接受范围内，因此本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射安全和环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

医院应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2 承诺

①严格按照本次报批核技术利用项目类型和范围进行建设，后续采购设备的技术参数不得突破本次预测评价采用的参数，若发生重大变动，将按要求重新办理环评手续。

②严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

③加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

④制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。按照应急预案处理和上报辐射事故。

⑤严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

⑥本项目环评审批后，及时重新申领辐射安全许可证，于 2024 年 9 月 12 日下发的《辐射安全许可证》浙环辐证[F0008]中填报的非密封放射性物质相关参数有误，医院应按照相关已取得批复的环境影响评价文件重新申请《辐射安全许可证》。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:	
公 章	
经办人	年 月 日
审批意见:	
公 章	
经办人	年 月 日