

## 核技术利用建设项目

上海市第六人民医院福建医院浦东院区  
(福建和敏医院) 6 台 DSA 机和 1 台  
ERCP 机项目

## 环境影响报告表 (公示稿)

晋江市和敏健康医疗发展基金会

二〇二五年十月

## 核技术利用建设项目

# 上海市第六人民医院福建医院浦东院区 (福建和敏医院) 6 台 DSA 机和 1 台 ERCP 机项目

## 环境影响报告表

建设单位名称：晋江市和敏健康医疗发展基金会

通讯地址：晋江市池店镇东山工业区安踏(中国)有限公司 8 楼

邮政编码：362212



# 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	28
表 3 非密封放射性物质 .....	28
表 4 射线装置 .....	29
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	31
表 6 评价依据 .....	32
表 7 保护目标与评价标准 .....	34
表 8 环境质量和辐射现状 .....	40
表 9 项目工程分析与源项 .....	54
表 10 辐射安全与防护 .....	63
表 11 环境影响分析 .....	2
表 12 辐射安全管理 .....	117
表 13 结论与建议 .....	124
表 14 审批 .....	127

附件 1 委托书;

附件 2 泉州市生态环境局关于上海市第六人民医院福建医院晋东院区(福建和敏医院)工程项目环境影响报告书的批复（泉晋环评〔2023〕书 5 号）；

附件 3 福建省投资项目备案证明（内资）；

附件 4 建设工程规划许可证;

附件 5 辐射环境检测报告;

附件 6 福建省生态环境分区管控综合查询报告。

## 表 1 项目基本情况

建设项目名称	上海市第六人民医院福建医院晋东院区（福建和敏医院）6台DSA机及1台ERCP机项目					
建设单位	晋江市和敏健康医疗发展基金会					
法人代表	***	联系人	***	联系电话	*****	
注册地址	晋江市池店镇东山工业区安踏（中国）有限公司 8 楼 802 室					
项目建设地点	福建省晋江市泉州环湾南岸晋东新区					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资（万元）	8000	项目环保投资（万元）	750	投资比例(环保投资/总投资)	9.38%	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m <sup>2</sup> )	343.92	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类			
	其他	/				

### 1.1 建设单位基本情况

上海市第六人民医院福建医院晋东院区（福建和敏医院）（下文简称“和敏医院”）位于福建省晋江市泉州环湾南岸晋东新区，为在建医院，由安踏集团和敏基金会捐赠 20 亿建设（由晋江市和敏健康医疗发展基金会作为建设单位开展医院建设前期工作），医院整体用地面积 13.6 万 m<sup>2</sup>，建筑面积约 21.0 万 m<sup>2</sup>，计划设置床位 1200 张，建设医疗综合楼（门诊、医技、住院）、科研教学等配套功能用房。和敏医院于 2023 年 6 月取得泉州市生态环境局有关《上海市第六人民医院福建医院晋东院区（福建和敏医院）工程环境影响报告书》的批复（泉晋环评〔2023〕书 5 号），2023 年下半年正式开工，目

前仍在施工中，拟于 2026 年上半年建成。

和敏医院计划围绕“大专科、小综合”定位，建设国家创伤区域医疗中心、国家创伤预防与康复研究中心、创伤医疗国际培训中心、涉外健康管理中心“四个中心”，涵盖临床诊疗、疑难重症诊断与治疗、教育培训、科技研发、疾病预防、健康管理等专业领域。医院为新建项目，尚未开展过任何核技术利用项目。

## 1.2 项目由来与建设内容

### 1.2.1 项目由来

晋江市和敏健康医疗发展基金会委托福建悟海工程咨询有限公司，编制《上海市第六人民医院福建医院晋东院区（福建和敏医院）工程项目环境影响报告书》，该项目主要建设地块一和地块二，分两期建设，一期包括医疗综合楼（门诊、医技、住院）、科研教学等配套功能用房；二期包括病房楼、实验楼、宿舍公寓楼、培训楼等，项目涉及的放射性同位素与射线装置应另行评价。该项目于 2023 年 6 月 12 日取得了泉州市生态环境局的批复（泉晋环评〔2023〕书 5 号），目前仍处于建设阶段。

为配套医院诊疗要求，满足广大患者就医的需要，医院拟在 7 号综合医疗楼二、三层新建 1 台 ERCP 机、6 台 DSA 机和 1 台 CT 机项目，用于开展医疗、教学科研，提高医疗服务体系水平。

### 1.2.2 建设内容

本项目具体建设内容如下：

(1) 7 号综合医疗楼二层内镜中心，建设 1 间 ERCP 治疗室，包括 ERCP 机房及其配套场所（操作室、设备间等），配备 1 台 ERCP 机（最大管电压  $\leq 150\text{kV}$ ，最大管电流  $\leq 1250\text{mA}$ ，II 类射线装置）。

(2) 7 号综合医疗楼二层介入科，建设 3 间 DSA 介入手术室，包括 DSA 机房及其配套场所（操作室、设备间等），配备 3 台 DSA 机（最大管电压  $\leq 150\text{kV}$ ，最大管电流  $\leq 1250\text{mA}$ ，II 类射线装置）。

(3) 7 号综合医疗楼三层，建设 3 间杂交手术室，包括手术间机房及其配套场所（操作室、设备间等），配备 3 台 DSA 和 1 台移动 CT（DSA 最大管电压  $\leq 150\text{kV}$ ，最大管电流  $\leq 1250\text{mA}$ ，CT 最大管电压  $\leq 150\text{kV}$ ，最大管电流  $\leq 1300\text{mA}$ ，其中 CT 日常停放在杂交手术室 1、2 之间的 CT 停车库，手术过程中需进行 CT 扫描时，通过滑轨可南北移

动到杂交手术室 1、2 内使用）。

主要建设内容为：对各工作场所增加防护涂料或铅板、加装铅防护门、铅观察窗等防护措施，使之满足介入手术室的屏蔽防护需求。本项目拟配套的射线装置情况见表 1.2.1。

**表 1.2.1 本项目拟配套的射线装置情况一览表**

序号	设备名称	数量(台)	型号	主要参数	管理分类	设备安装位置
1	ERCP	1	待定	最大管电压 150kV 最大管电流 1250mA	II 类射线装置	7 号综合医疗楼二层内镜中心 ERCP 治疗室
2	数字平板减影血管造影机 (DSA)	3	待定	最大管电压 150kV 最大管电流 1250mA	II 类射线装置	7 号综合医疗楼二层 DSA 介入手术室 1、2、3
3	数字平板减影血管造影机 (DSA)	3	待定	最大管电压 150kV 最大管电流 1250mA	II 类射线装置	7 号综合医疗楼三层杂交手术室 1、2、3
4	CT 机	1	待定	最大管电压 150kV 最大管电流 1300mA	III类射线装置	7 号综合医疗楼三层手术中心 CT 停车库

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》（原环境保护部、原国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号）可知，DSA 机、ERCP 机属于 II 类射线装置，CT 机属于 III 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），“172 使用 II 类射线装置”的环评类别为报告表，因此本项目应编制环境影响报告表。晋江市和敏健康医疗发展基金会于 2024 年 10 月委托福建省金皇环保科技有限公司对和敏医院 6 台 DSA 机和 1 台 ERCP 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》（HJ 10.1-2016）的相关要求编制完成了本项目的环境影响评价报告表。本次环境影响评价重点是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，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。

## 1.3 项目建设必要性

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，和敏医院拟在 7 号综合医疗楼二、三层配置 1 台 ERCP 机、6 台 DSA 机和 1 台 CT 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，更好地服务于社会。

因此，本项目建设是必要的。

## 1.4 实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

## 1.5 项目选址及合理性分析

### 1.5.1 项目选址

项目位于福建省晋江市泉州环湾南岸晋东新区，院区北侧为九十九溪支流和六源路、西侧为农田和大东村，南侧为农田和洋埭新村，东侧为鞋纺大街、百宏晋东学府和泉州市消防救援支队特勤大队。医院地理位置示意见图 1.5-1。

本项目辐射工作场所拟设置于 7 号综合医疗楼二、三层。7 号医疗综合楼位于院区正中位置，四周环绕有 1~3 号楼、6 号楼、8 号楼及救护车停放区、院内绿地等，福建和敏医院平面布置图见图 1.5-5。

本次 ERCP 治疗区域、DSA 导管室分别位于 7 号楼综合医疗楼二层的北侧和东南侧，

杂交手术室区域位于 7 号楼综合医疗楼三层的东北角，各工作场所周边环境情况详见表 1.5.1。

**表 1.5.1 各工作场所周边环境情况一览表**

位置	ERCP 机治疗室 (二层)	DSA 介入手术室 1、2、3 手术室 (二层)	杂交手术室 1、2 (三层)	杂交手术室 3 (三层)
北侧	ERCP 控制室	走廊	走廊	走廊
西侧	走廊	库房、设备间	缓冲走廊	缓冲走廊
南侧	走廊	走廊、前室	缓冲走廊	MR 检查室
东侧	走廊、污物暂存间	缓冲区、准备恢复区	缓冲区	走廊
正上方	污洗间、污洗暂存间、护工间	更衣区、缓冲区、成箱物品区、谈话区	女更衣、值班室、空调机房、缓冲区	走廊
正下方	仓库	等候区、外科	灭菌区、质检室、缓冲区	灭菌区、缓冲区

机房所在楼层及正上方、正下方楼层局部平面布置示意见 1.5-7~图 1.5-16，项目周边现状照片见图 1.5-17。

本工作场所相对独立，有单独的固定机房，与周边非放射性工作场所隔开，周边人员停留时间较短，手术室大小、屏蔽物质厚度等符合相关标准要求；手术室选址充分考虑了邻室（含楼上楼下）和周围场所的人员防护与安全，避开了人群聚集点，周围 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标。医院周围环境示意见图 1.5-8，

本项目 ERCP 治疗室、DSA 介入手术室和杂交手术室，四周墙体均采用“24cm 实心砖+4mmPb 涂料”，顶棚和地板均采用“10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料”，均采用 4mmPb 铅防护门和 4mmPb 铅玻璃等防护措施，根据类比分析和理论预测，各设备正常运行时，不会造成机房四周墙壁外 30cm 处周围剂量当量率超 2.5 $\mu$ Sv/h，对机房外的公众和其他工作人员的辐射影响较小。

综上，项目选址是合理的。

## 1.5.2 土地利用规划符合性分析

根据《晋江市人民政府关于晋江国际鞋纺城控制性详细规划 01-B 基本单元规划调整设计方案的批复》（晋政文〔2021〕51 号）文件，本项目为 01-B-04、01-B-07 地块，福建和敏医院用地规划用途已调整为医院用地，本项目建设与规划相符合。

根据《晋江市土地利用总体规划图》（2006-2020 年）（见图 1.5-2），本地块为允许建设区。

根据《晋江市城市总体规划（2010-2030）》，项目规划为商务用地（见图 1.5-3），

根据《建设项目用地预审与选址意见书》（编号：用字第 350582202200009 号），本项目拟用途为医疗卫生用地。

综上所述，本项目用地与规划相符合。

### 1.5.3 “三线一单”符合性分析

和敏医院已于 2023 年 6 月取得泉州市生态环境局有关《上海市第六人民医院福建医院晋东院区（福建和敏医院）工程环境影响报告书》的批复（泉晋环评〔2023〕书 5 号）。

#### （1）生态保护红线

项目位于福建省泉州市晋江市泉州环湾南岸晋东新区，项目选址不涉及自然与人文景观、集中式饮用水水源地、重要湿地、生态公益林、水土流失敏感区等生态敏感区，项目不在晋江市生态保护红线范围内。

#### （2）环境质量底线

根据现场监测与环评预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降。

#### （3）资源利用上线

项目运营过程中消耗一定的水、电等资源，项目资源消耗量占区域资源利用总量较少，不会突破区域资源利用上线。

#### （4）生态环境分区管控

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《泉州市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》（泉政文〔2021〕50 号），并结合本项目在福建省生态环境分区管控数据应用平台导出的“福建省生态环境分区管控综合查询报告”（附件 3），本项目涉及 1 个生态环境管控单元——晋江市重点管控单元 3（ZH35058220006），符合晋江市生态环境分区管控的要求（见图 1.5-5）。

### 1.6 国家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 7 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……”以及“三十七、卫生健康”中的“1、……医疗卫生服务设施建设……”

项目，因此本项目建设是符合国家产业政策的。



图 1.5-1 福建和敏医院地理位置示意图

晋江市土地利用总体规划(2006—2020年)

## 晋江市土地利用总体规划图

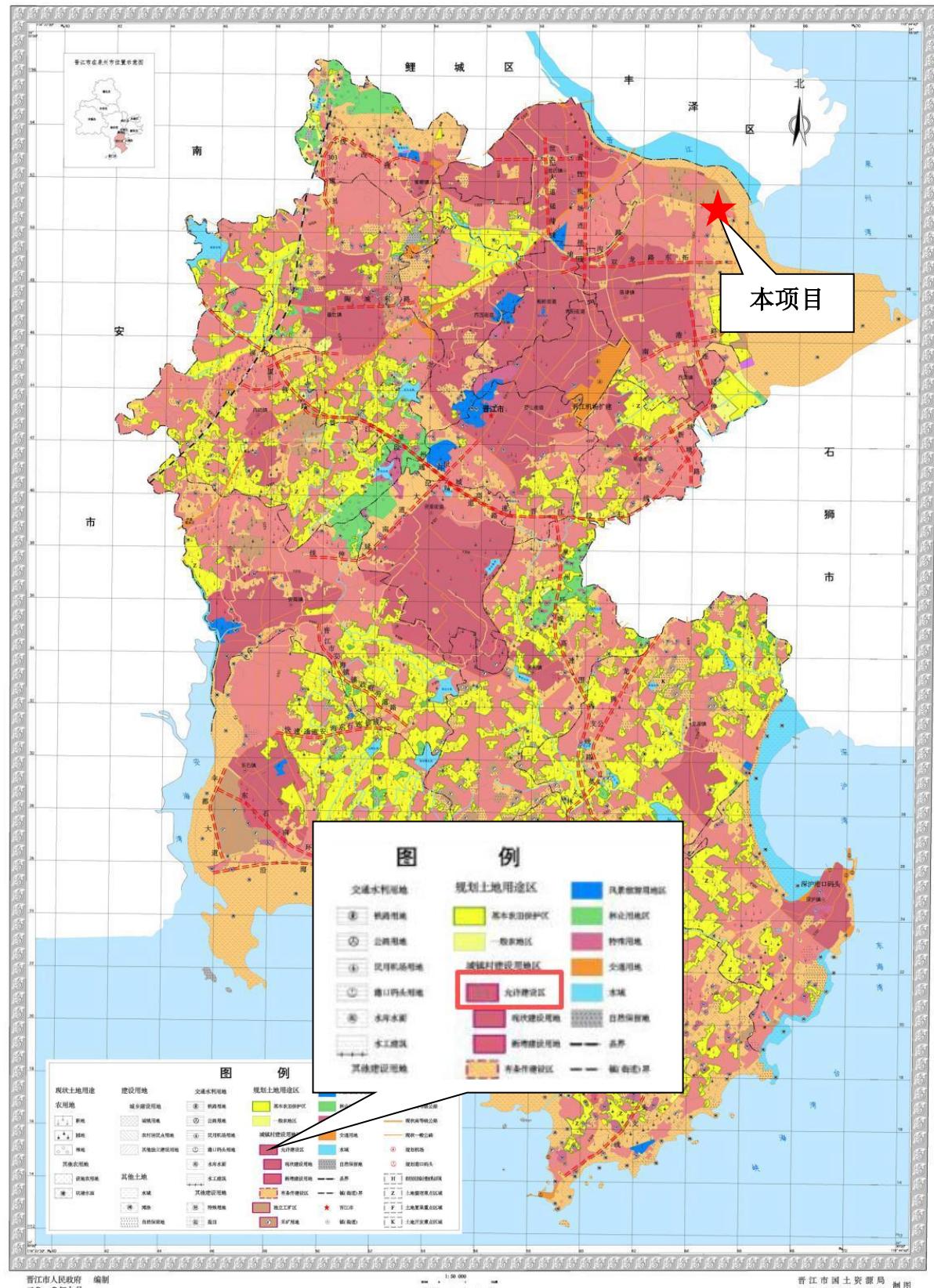


图 1.5-2 晋江市土地利用总体规划图

## 晋江市城市总体规划 (2010-2030)

THE MASTER PLAN OF JINJIANG CITY

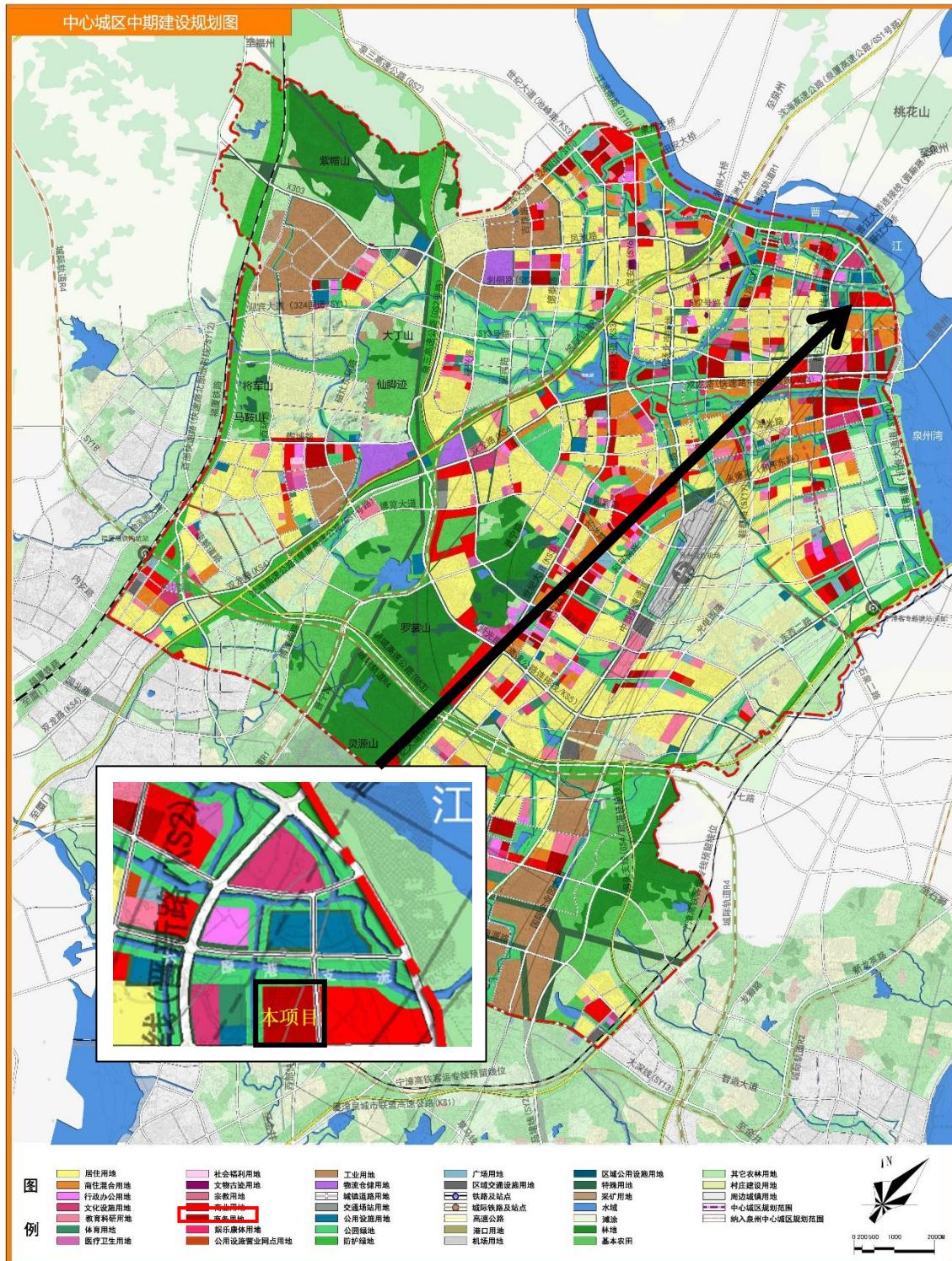


图 1.5-3 晋江市城市总体规划 (2010-2030)

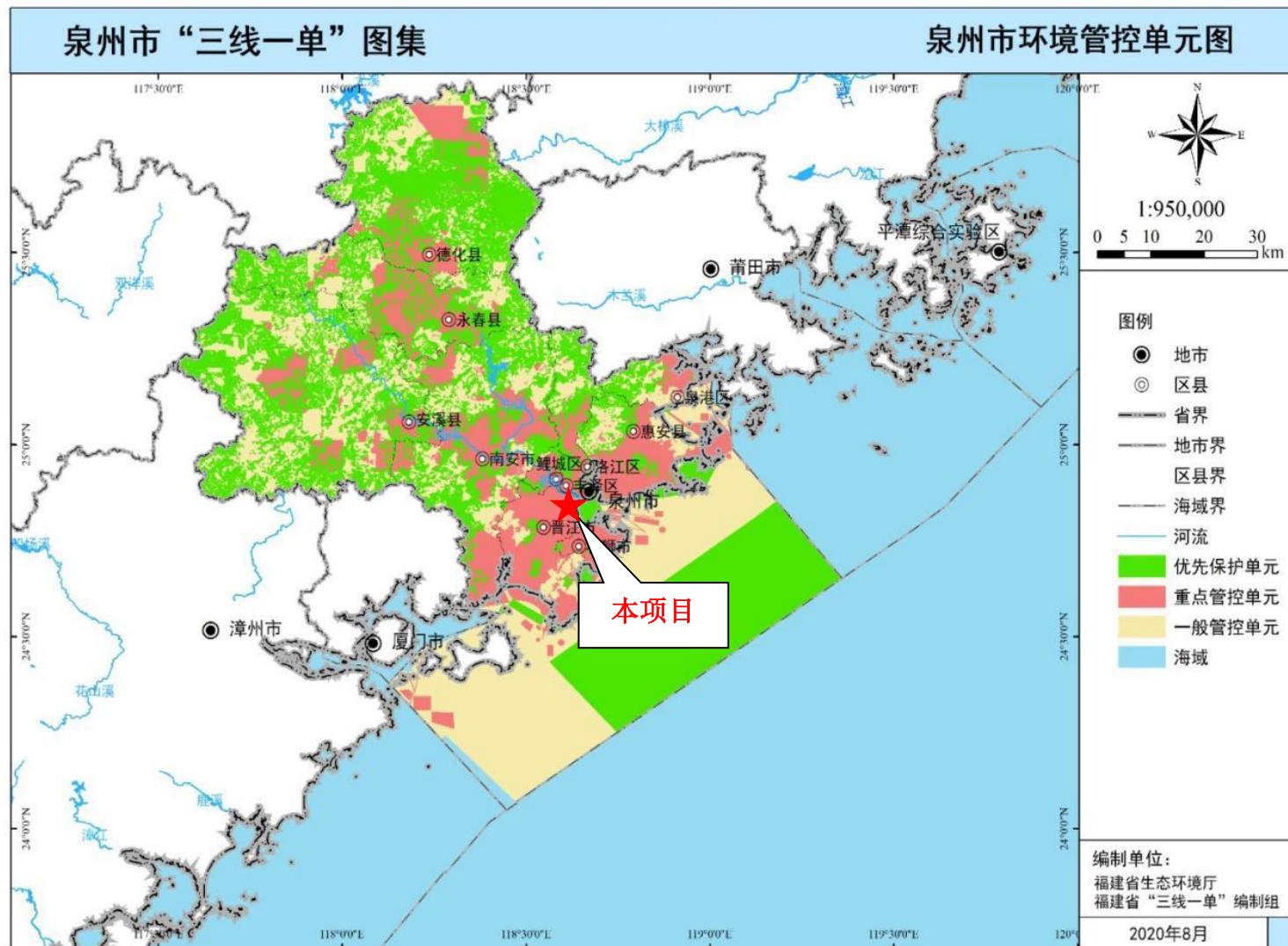


图 1.5-4 泉州市环境管控单元图

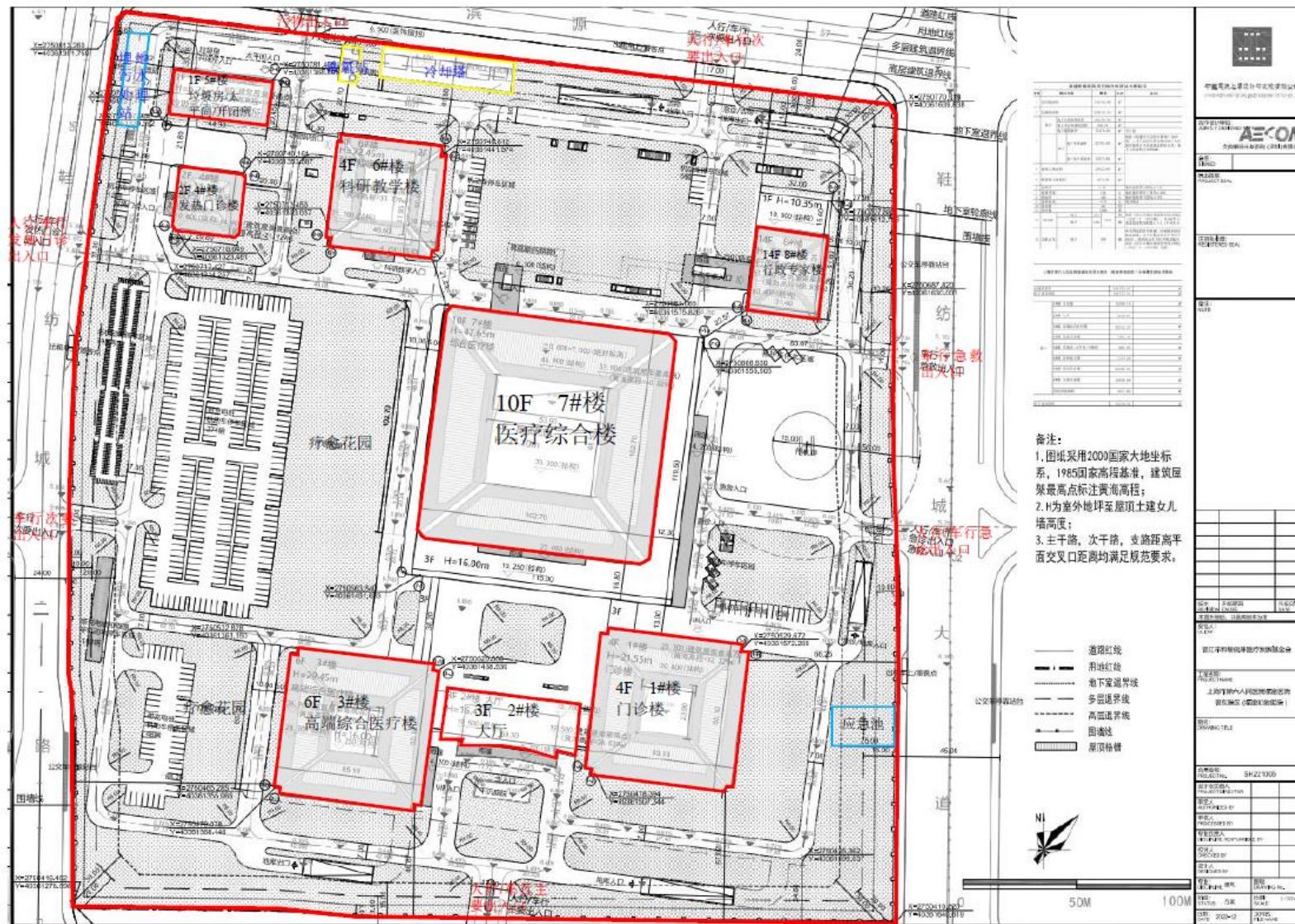


图 1.5-5 福建和敏医院平面布置图

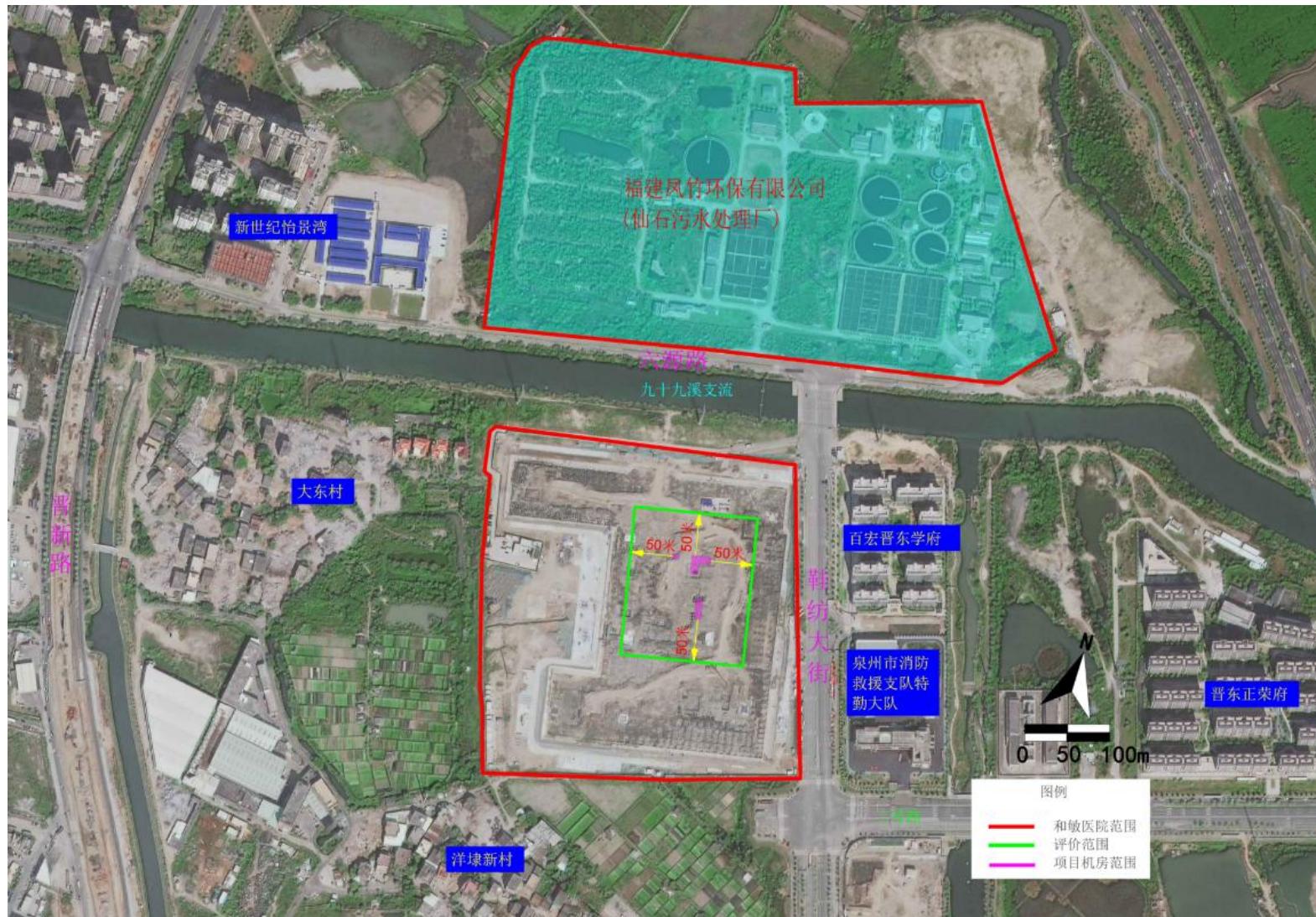


图 1.5-6 福建和敏医院平面布置及周围环境示意图

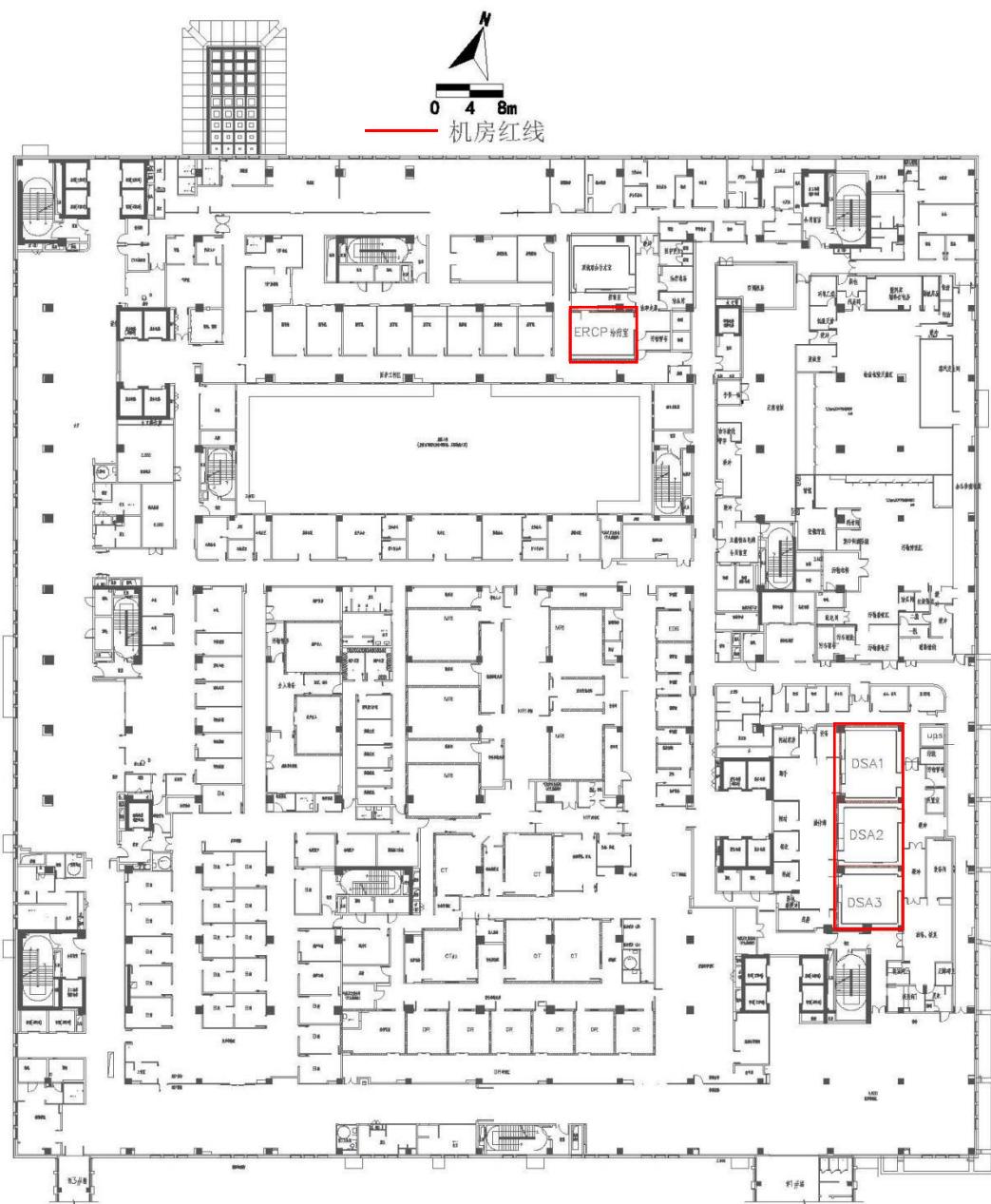


图 1.5-7 本项目 ERCP、DSA 治疗室所在楼层（二层）相对位置图

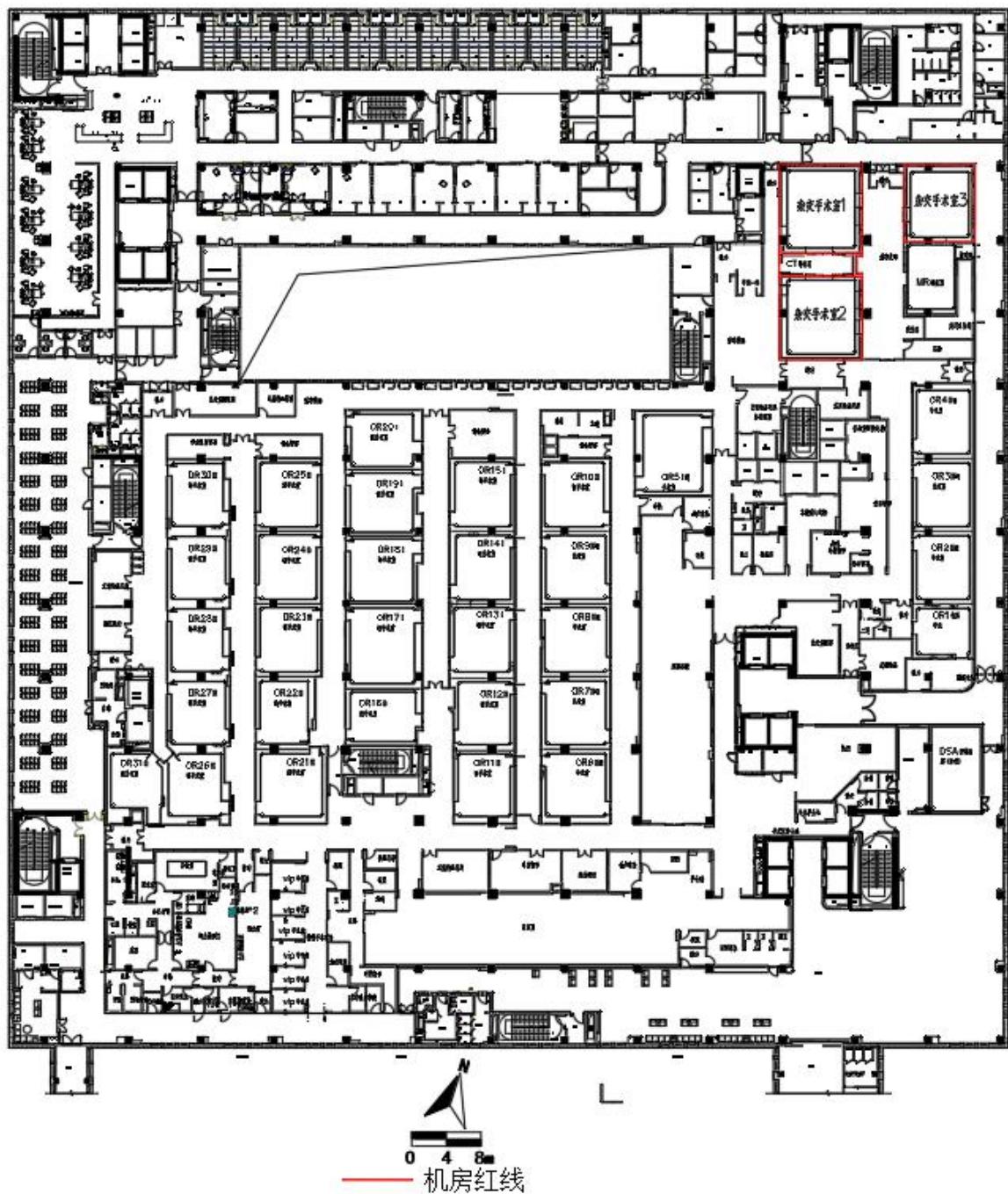


图 1.5-8 本项目杂交手术室所在楼层（三层）相对位置图

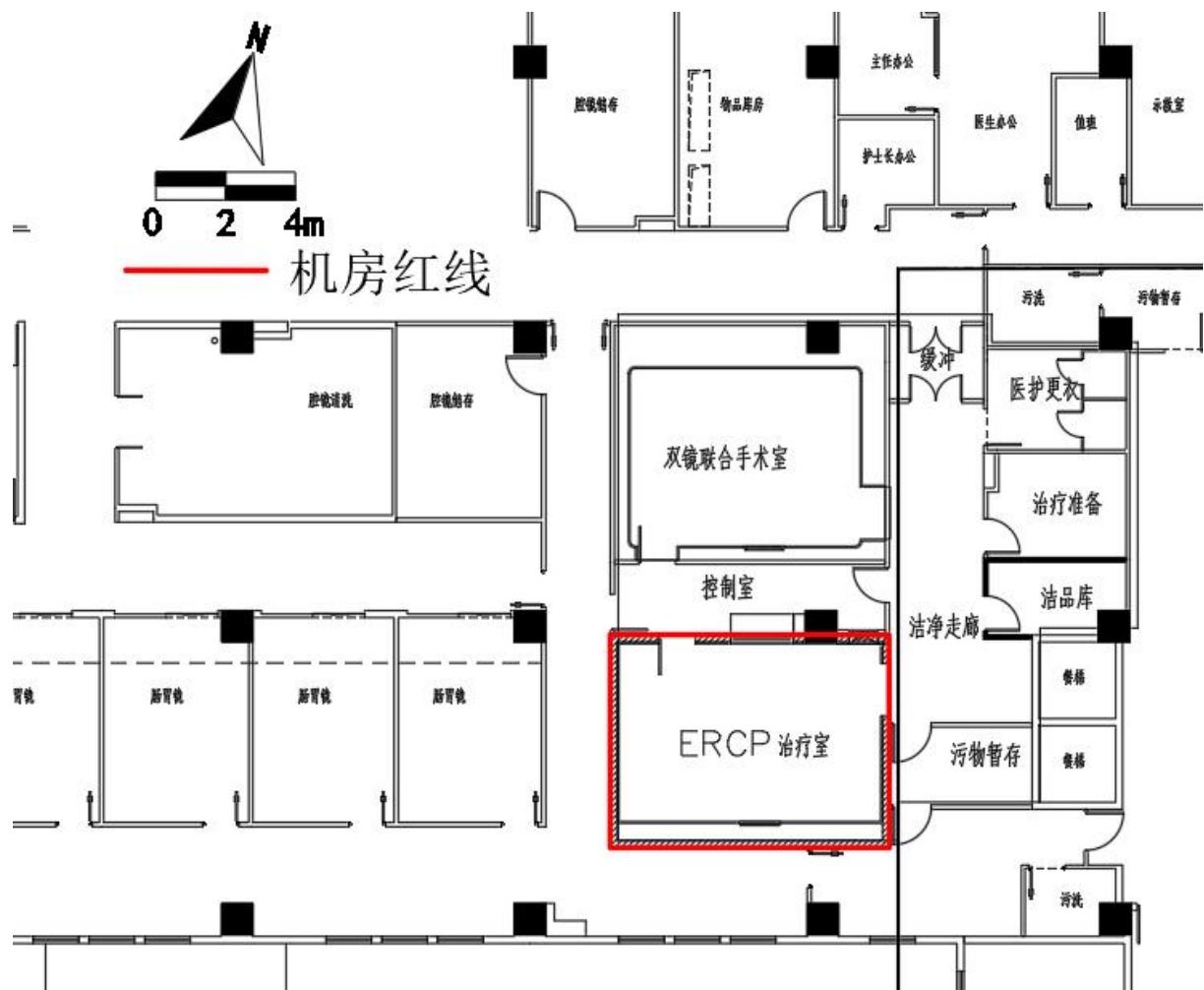


图 1.5-9 本项目 ERCP 治疗室所在楼层（二层）局部平面布置示意图



图 1.5-10 本项目 ERCP 治疗室上方楼层（三层）局部平面布置示意图

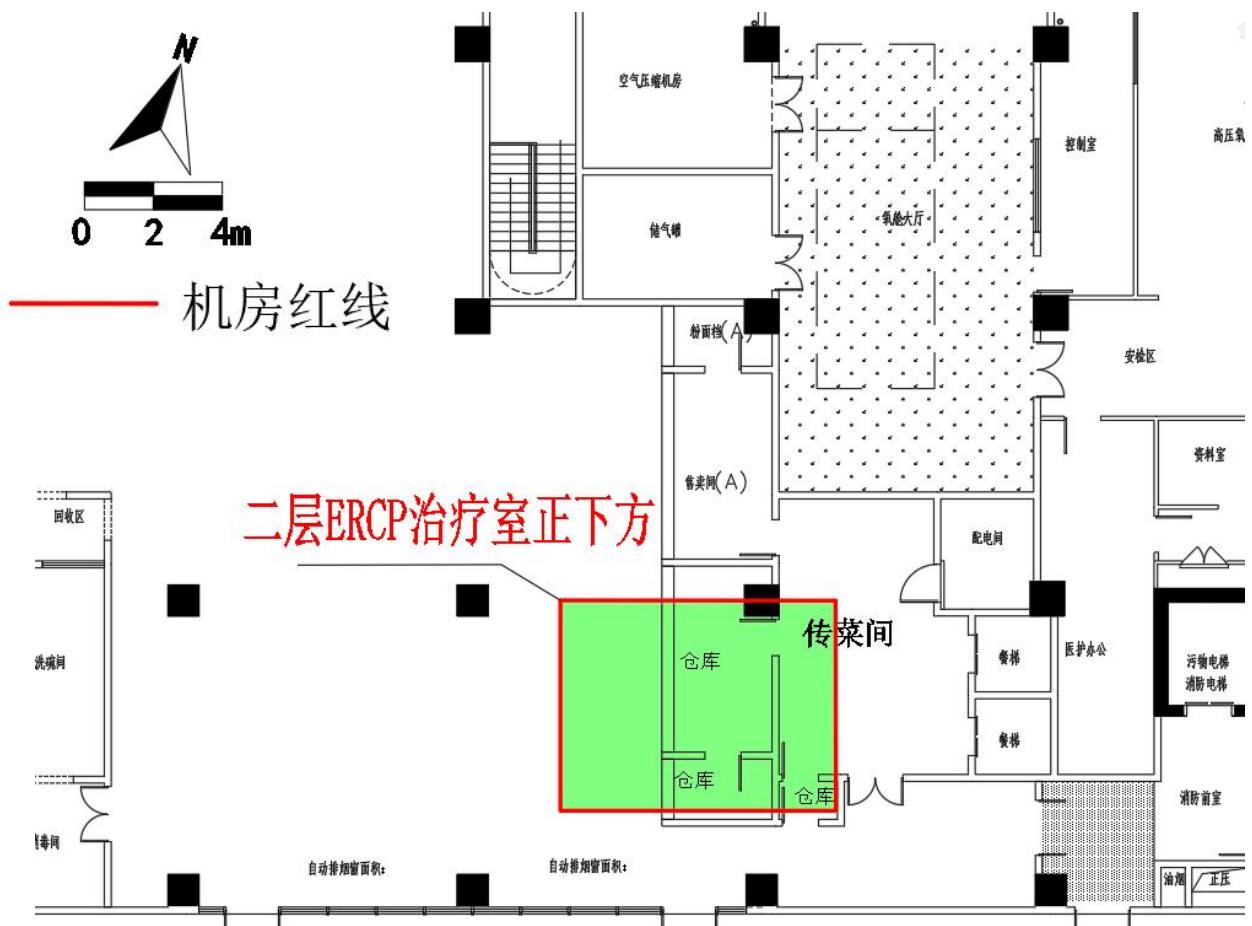


图 1.5-11 本项目 ERCP 治疗室下方楼层（一层）局部平面布置示意图

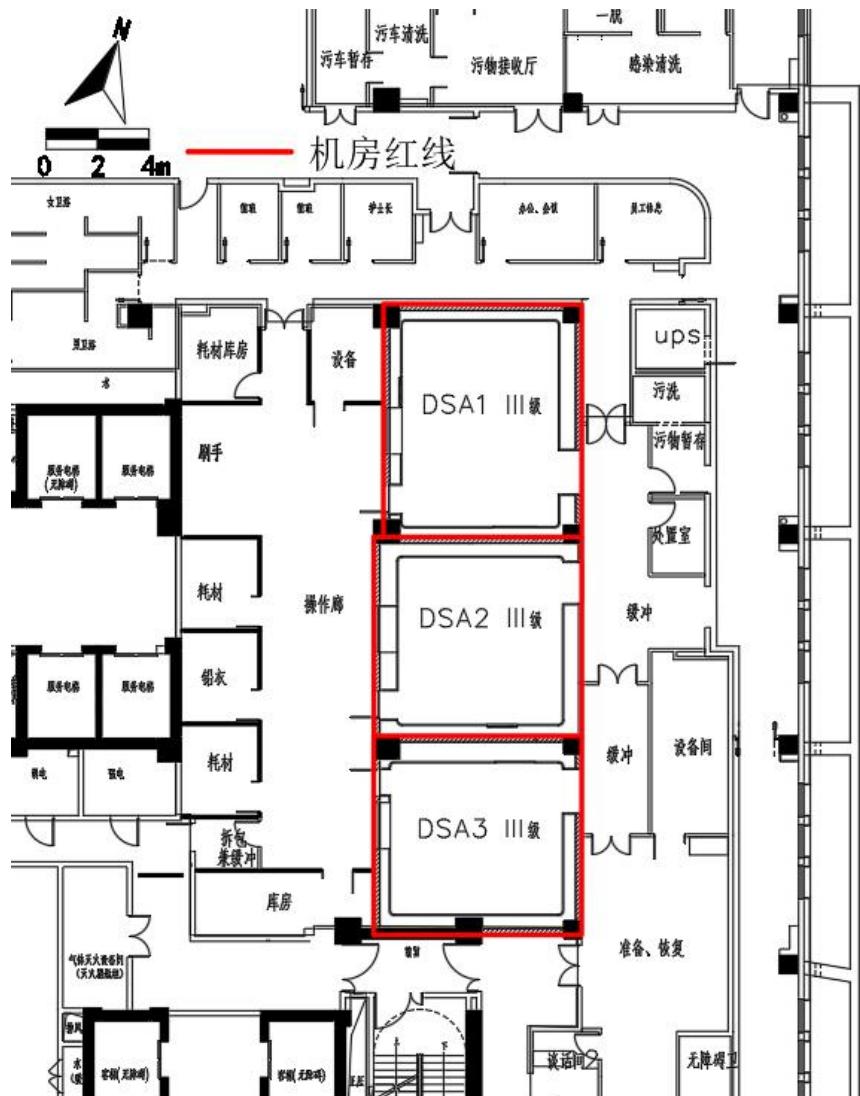


图 1.5-12 本项目 DSA1、2、3 所在楼层（二层）局部平面布置示意图

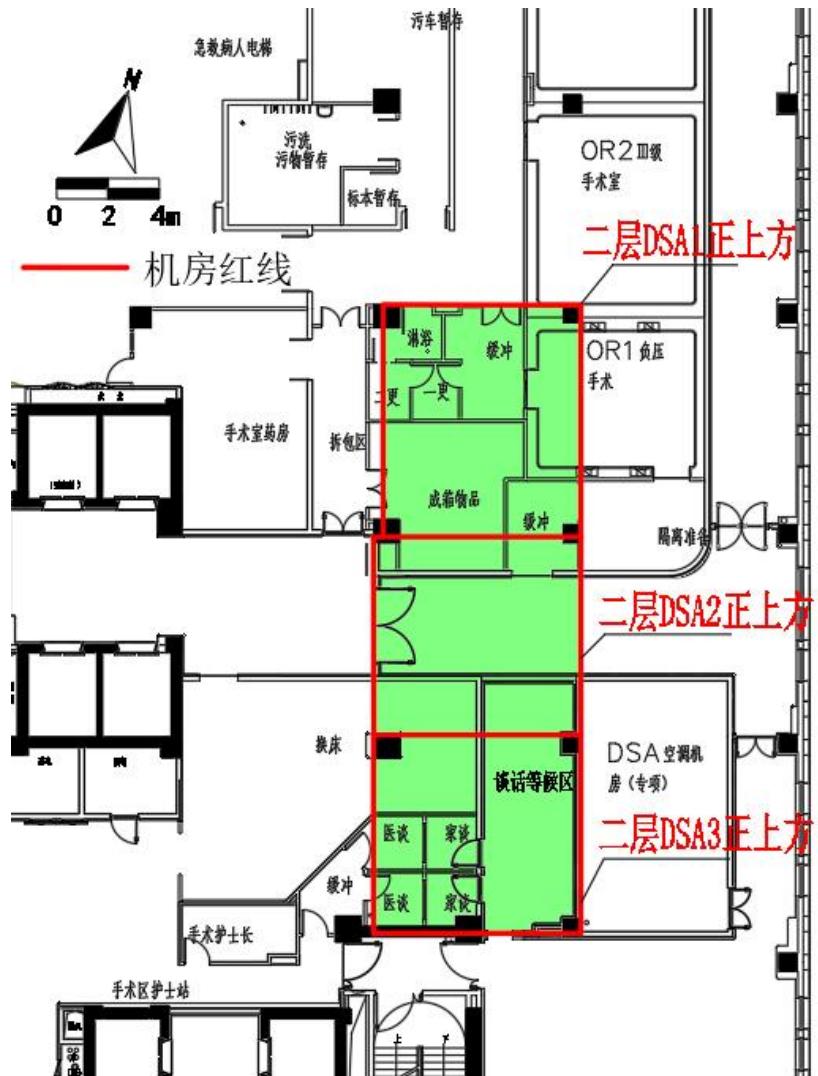


图 1.5-13 本项目 DSA1、2、3 上方楼层（三层）局部平面布置示意图

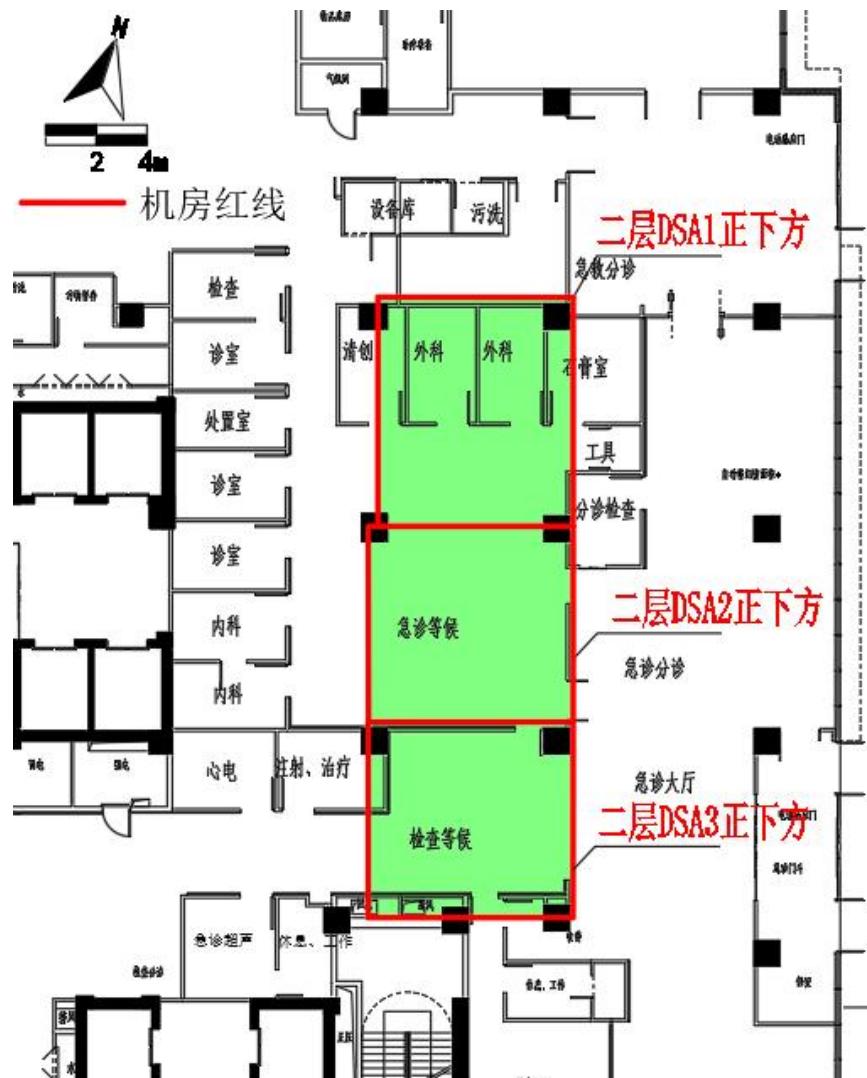


图 1.5-14 本项目 DSA1、2、3 下方楼层（一层）局部平面布置示意图

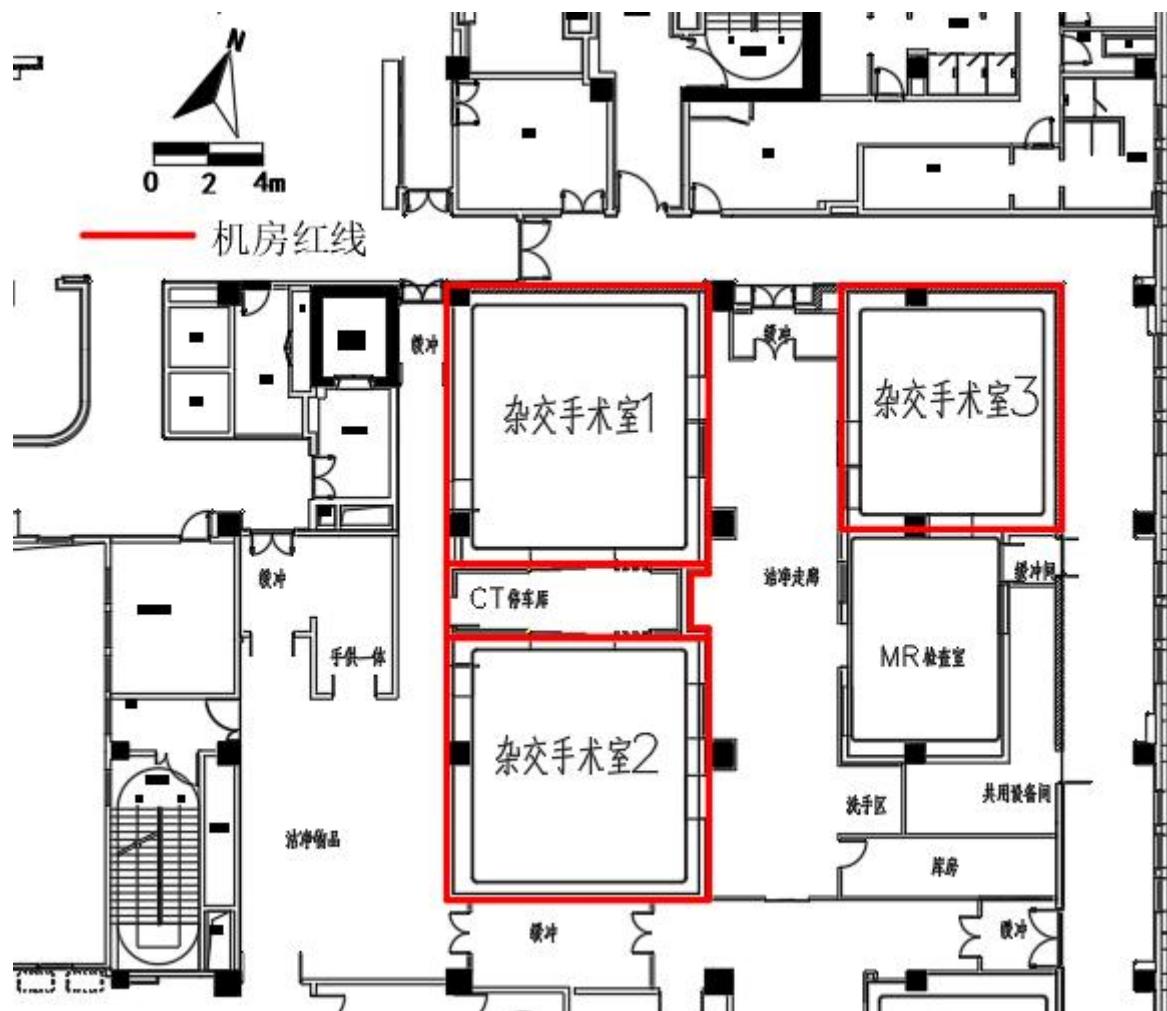


图 1.5-14 本项目杂交手术室 1、2、3 所在楼层（三层）局部平面布置示意图

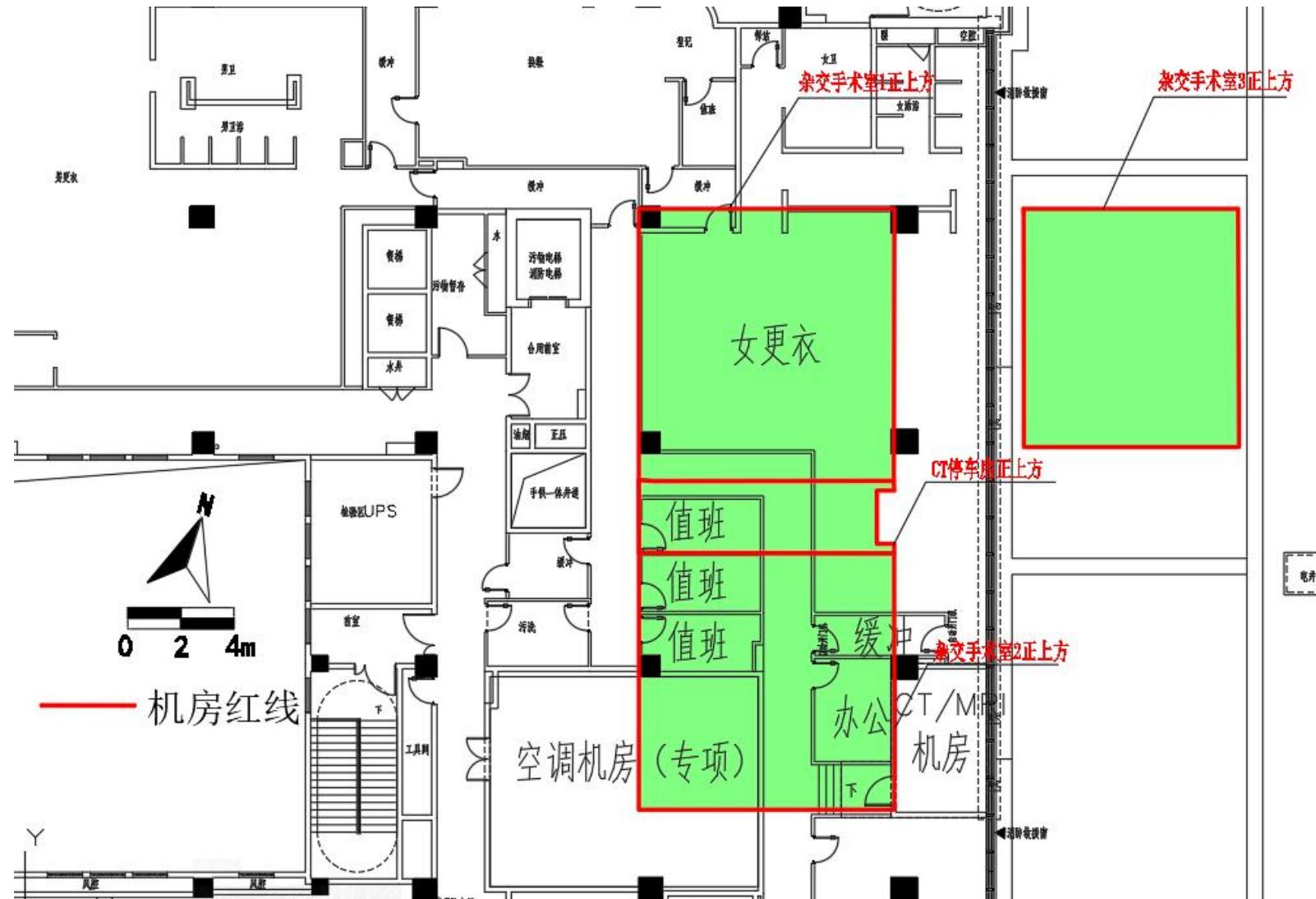


图 1.5-15 本项目杂交手术室 1、2、3 上方楼层（四层）局部平面布置示意图

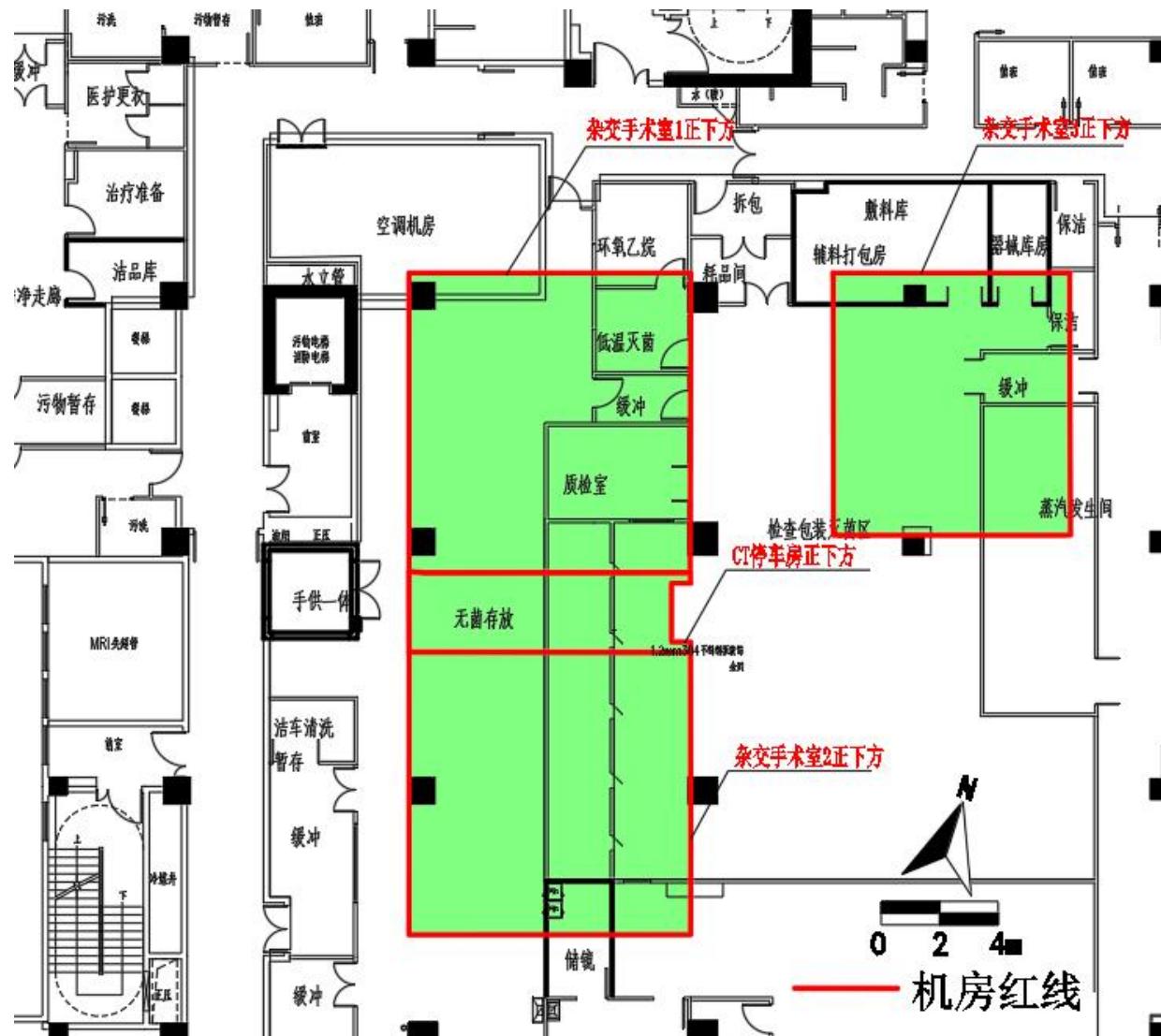


图 1.5-16 本项目杂交手术室 1、2、3 下方楼层（二层）局部平面布置示意图

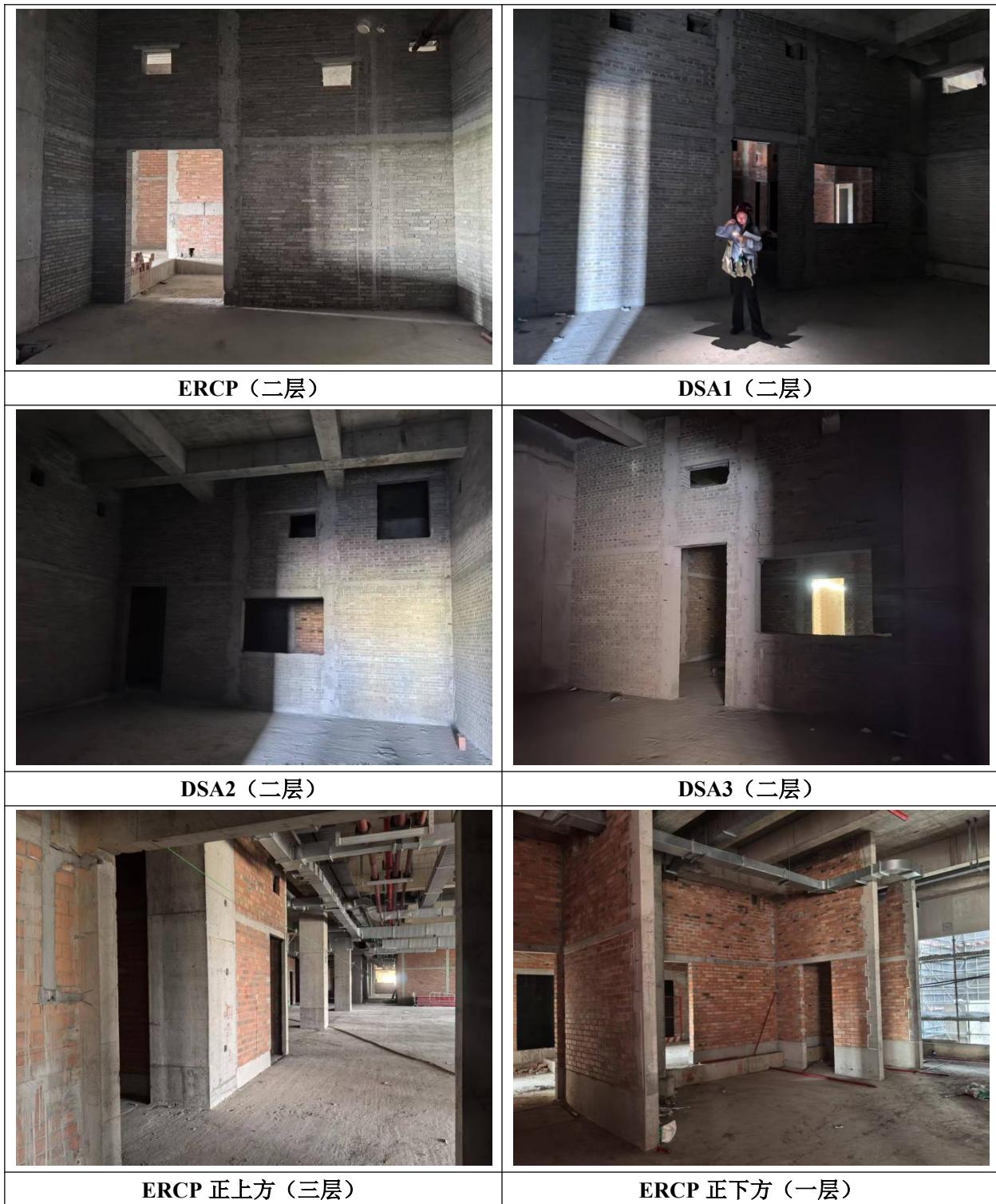






图 1.5-17 ERCP 和 DSA 周边环境现状情况

**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》(GB 18871-2002)。

## 表4 射线装置

(一) 加速器: 包括医用、工农业、科研、教学等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	ERCP机	II	1	待定	≤150	≤1250	放射诊断/介入治疗	7号综合医疗楼二层 内镜中心ERCP治疗室	/
2	DSA机	II	1	待定	≤150	≤1250	放射诊断/介入治疗	7号综合医疗楼二层 DSA介入手术室1	/
3	DSA机	II	1	待定	≤150	≤1250	放射诊断/介入治疗	7号综合医疗楼二层 DSA介入手术室2	/
4	DSA机	II	1	待定	≤150	≤1250	放射诊断/介入治疗	7号综合医疗楼二层 DSA介入手术室3	/
5	DSA机	II	1	待定	≤150	≤1250	放射诊断/介入治疗	7号综合医疗楼三层 杂交手术室1	/
6	DSA机	II	1	待定	≤150	≤1250	放射诊断/介入治疗	7号综合医疗楼三层 杂交手术室2	/
7	DSA机	II	1	待定	≤150	≤1250	放射诊断/介入治疗	7号综合医疗楼三层 杂交手术室3	/
8	CT机	III	1	待定	≤150	≤1300	放射诊断	7号综合医疗楼三层 杂交手术室1、2	/

(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	通过排风系统排出屋顶, 臭氧在 20~30 分钟左右可自动分解, 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/m<sup>3</sup>; 年排放总量用kg。

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

## 表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015 年 1 月 1 日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 起施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起施行； (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； (5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订），2017 年 7 月 16 日起施行； (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； (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； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (9) 《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； (10) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年国家发展和改革委员会令第 7 号，自 2024 年 2 月 1 日起施行； (11) 《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； (12) 《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； (13) 《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。 (14) 《福建省生态环境厅关于印发福建省辐射事故应急预案的函》，闽环函〔2020〕22 号，2020 年 9 月 23 日发布。 (15) 《泉州市生态环境局关于印发《泉州市辐射事故应急预案》的函》，泉环保函〔2021〕6 号，2021 年 4 月 28 日发布。</p>
技	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；

术 标 准	<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》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(4) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(7) 《医用血管造影X射线机专用技术条件》(YYT 0740-2022)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(9) 《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)；</p> <p>(10) 《建筑施工场界环境噪声综合排放标准》(GB 12523-2011)。</p>
其他	<p>(1) 项目委托书(见附件1)；</p> <p>(2) 建设单位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) 《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护局，1995年)；</p> <p>(4) 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)；</p> <p>(5) 本项目辐射环境现状监测报告、检测单位资质认证证书、检测仪器检定证书、宇宙射线报告。</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、III 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》（HJ 10.1-2016）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各机房实体屏蔽物外 50m 范围内，见图 1.5-8。

### 7.2 保护目标

根据现场调查和图 1.5-8 可知，本项目各机房的评价范围均位于医院用地范围内，无学校、居民区等环境敏感点。环境保护目标主要是 DSA、ERCP 辐射工作人员，评价范围内的其他医护工作人员、病患及家属等流动人员。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

环境保护目标名称	方位	保护目标描述	距机房最近距离	规模(人数)	保护要求
辐射工作人员	ERCP 机治疗室	控制室内	紧邻	2 人	5mSv/a
		机房内	距 X 光机球管不低于 0.5m	3 人	
	DSA 介入手术室 1、2、3	控制廊内	紧邻	6 人	
		机房内	距 DSA 机球管不低于 0.5m	9 人	
	杂交手术室 1、2、3	控制廊内	紧邻	6 人	
		机房内	距 DSA 机球管不低于 0.5m	9 人	
公众人员	ERCP 机治疗室(二层)	西侧	走廊	3 人	0.1mSv/a
		南侧	走廊	3 人	
		东侧	走廊、污物暂存间	3 人	
		正上方	污洗间、污洗暂存间、护士间	3 人	
		正下方	仓库	1 人	
	DSA 介入手术室 1、2、3 手术室(二层)	北侧	走廊	3 人	
		西侧	库房、设备间	各 1 人	
		南侧	走廊、前室	3 人	
		东侧	缓冲区、准备恢复区	各 3 人	
		正上方	更衣区、缓冲区、成箱物品区、谈话区	各 3 人	

		正下方	等候区、外科	紧邻	各 3 人	
杂交手术室 1、2	北侧	走廊	紧邻	3 人		
	西侧	缓冲走廊	紧邻	3 人		
	南侧	缓冲走廊	紧邻	3 人		
	东侧	缓冲区	紧邻	1 人		
	正上方	女更衣、值班室、空调机房、缓冲区	紧邻	各 2 人		
	正下方	灭菌区、质检室、缓冲区	紧邻	各 2 人		
杂交手术室 3	北侧	走廊	紧邻	3 人		
	西侧	缓冲走廊	紧邻	3 人		
	南侧	MR 检查室	紧邻	3 人		
	东侧	走廊	紧邻	3 人		
	正上方	走廊	紧邻	3 人		
	正下方	灭菌区、缓冲区	紧邻	各 3 人		
综合医疗楼其他评价范围内区域			周边	流动人员 约 400 人		
北侧院内道路			周边	流动人员		
东侧院内道路			周边	流动人员		
南侧院内道路			周边	流动人员		
西侧院内道路			周边	流动人员		

## 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）

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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。

**表 7.3.1 本项目辐射环境影响评价标准 单位: mSv/a**

分类	GB 18871-2002 剂量限值	本评价剂量约束值
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》 (GBZ 130-2020)

## 6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

### 6.1 X 射线设备机房布局

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、单边长度的要求**

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

<sup>b</sup> 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。

<sup>d</sup> 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

<sup>e</sup> 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
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0

C 形臂	2.0	2.0
CT 机房 (不含头颅移动 CT)		2.5

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。

### 6.3 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 $\mu$ 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/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏、辐射剂量率仪	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	—

		选配: 移动铅防护屏风		
注 1: “—”表示不作要求。				
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, 特别是非铅介入防护手套。				

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 0.5 mmPb; 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 GBZ 128 的规定。

## 7.3.3 《数字减影血管造影机专用技术条件》 (YYT 0740-2022)

### 5.6.4 透视入射空气比释动能率

在管电压与管电流的任意组合下, 透视入射空气比释动能率应满足:

a) 空气比释动能率应不大于 88mGy/min;

### 6.6.4 透视入射空气比释动能率

设置 SID 至最小, 将剂量仪的探测器放置在沿 X 射线中心线在距影像接收器表面的 30cm 处, 用足够厚的铅板遮住影像接收器, 自动透视至剂量最大稳定值或手动调整管电压和管电流至最大值进行透视, 记录测量值。

## 7.3.4 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128-2019)

5.3.2 对于如介入放射学……等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。

5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

### 7.3.5 本项目管理目标

综合考虑 GB 18871-2002 及 GBZ 130-2020 等要求，本项目管理目标确定为：

**辐射环境剂量率控制水平：**DSA 机房、ERCP 机房、杂交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 $\mu$ Sv/h**；

**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**。

### 7.3.6 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》（GB 16297-1996）表 2 中的标准，标准限值见表 7.3.5。

**表 7.3.5 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 <sup>3</sup> ）
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》（GB 12523-2011），标准限值见表 7.3.6。

**表 7.3.6 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，建设单位委托厦门亿科特检测技术有限公司于 2025 年 4 月 14 日对本项目工作场所及其周围环境进行 $\gamma$ 辐射剂量率背景水平调查。

### 8.1 项目地理和场所位置。

上海市第六人民医院福建医院晋东院区（福建和敏医院）（下文简称“和敏医院”）位于福建省晋江市泉州环湾南岸晋东新区，院区北侧为九十九溪支流和六源路、西侧为农田和大东村，南侧为农田和洋埭新村，东侧为鞋纺大街、百宏晋东学府和泉州市消防救援支队特勤大队，为在建医院。

本项目辐射工作场所拟设置于 7 号综合医疗楼二、三层。医疗综合楼北侧为绿化，西侧为绿地，南侧为绿地和 1 号门诊楼，东侧为救护车停放区，福建和敏医院平面布置图见图 1.5-2。二层 ERCP 治疗室北侧为控制室，西侧和南侧均为走廊，东侧为洁净走廊和污物暂存间，上方为三层污洗暂存区、污洗区、护工区，下方为一层仓库。二层 DSA 机室北侧、东侧和南侧均为走廊，西侧为操作廊和设备间，上方为三层 OR1 负压手术室、成箱物品区、更衣区、谈话等候区、谈话区、换床区，下方为一层外科、急诊等候区、检查等候区。三层杂交手术室 1、2 北侧、东侧均为洁净走廊，南侧、西侧均为缓冲区。杂交手术室 3 北侧、东侧均为走廊，南侧为缓冲区和 MR 检查室，西侧为缓冲区和洁净走廊，上方为四层女更衣室、值班室、空调机房和办公室，下方为二层质检室、无菌存放区、检查包装灭菌区。

医院地理位置示意见图 1.5-1，医院院区平面布置及周围环境示意见图 1.5-8，机房所在楼层及正上方、正下方楼层局部平面布置示意见 1.5-9 至 1.5-20，项目周边现状照片见图 1.5-21。

### 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： $\gamma$ 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》（HJ 61-2021）《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）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监测点位，监测点位见表 8.2.1 和图 8.2-1~图 8.2-9。

表 8.2.1 工作场所及周围环境辐射水平 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测结果

点位编号	监测点位名称0	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 ±标准偏差 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )	位置
1#	二层DSA机1	0.150±0.001	室内
2#	二层DSA机1北侧走廊	0.149±0.001	
3#	二层DSA机1西侧设备控制区	0.152±0.001	
4#	二层DSA机1西侧设备放置区	0.147±0.001	
5#	二层DSA机1东侧走廊	0.158±0.001	
6#	二层DSA机2	0.146±0.002	
7#	二层DSA机2西侧设备控制区	0.147±0.002	
8#	二层DSA机2东侧缓冲区	0.154±0.001	
9#	二层DSA机3	0.146±0.001	
10#	二层DSA机3西侧设备控制区	0.140±0.001	
11#	二层DSA机3西侧设备放置区	0.140±0.001	
12#	二层DSA机3南侧走廊	0.151±0.002	
13#	二层DSA机3东侧走廊	0.156±0.001	
14#	二层DSA机1正下方一层外科室	0.163±0.001	
15#	二层DSA机32正下方一层急诊等候区	0.152±0.002	
16#	二层DSA机3正下方一层检查等候区	0.142±0.001	
17#	二层DSA机1正上方三层缓冲区	0.150±0.001	
18#	二层DSA机2正上方三层手术换床区	0.146±0.002	
19#	二层DSA机3正上方三层谈话等候区	0.142±0.001	
20#	二层ERCP机房	0.141±0.001	
21#	二层ERCP机房北侧走廊	0.145±0.002	
22#	二层ERCP机房西侧走廊	0.139±0.001	
23#	二层ERCP机房南侧医护准备室	0.139±0.001	
24#	二层ERCP机房南侧控制室	0.140±0.001	
25#	二层ERCP机房东侧走廊	0.146±0.001	
26#	二层ERCP机房楼下仓库	0.177±0.002	
27#	二层ERCP机房楼上护士室	0.131±0.001	
28#	三层CT停机房	0.152±0.002	
29#	三层CT停机房北侧防火通道	0.155±0.003	
30#	三层CT停机房西侧手术控制廊	0.144±0.002	
31#	三层CT停机房南侧CT停留区	0.144±0.001	
32#	三层CT停机房东侧走廊	0.148±0.002	
33#	三层杂交手术室1	0.149±0.001	
34#	三层杂交手术室1西侧手术控制廊	0.152±0.001	
35#	三层杂交手术室1南侧缓冲区	0.159±0.001	
36#	三层杂交手术室1东侧走廊	0.152±0.002	
37#	三层杂交手术室2	0.148±0.002	

38#	三层杂交手术室2北侧防火通道	0.155±0.001	室外
39#	三层杂交手术室2东侧走廊	0.136±0.002	
40#	三层杂交手术室2南侧MRI机房	0.149±0.002	
41#	三层CT停机房正下方二层无菌储藏室	0.159±0.001	
42#	三层杂交手术室1正下方二层无菌储藏室	0.166±0.002	
43#	三层杂交手术室2正下方二层检查包装灭菌区	0.157±0.001	
44#	三层CT停机房正上方四层女淋浴	0.133±0.002	
45#	三层杂交手术室1正上方值班室	0.128±0.002	
46#	三层杂交手术室2正上方走廊	0.123±0.001	
47#	7#综合医疗楼西北侧6#科研教学楼	0.112±0.001	
48#	7#综合医疗楼西侧充电桩区域	0.089±0.002	
49#	7#综合医疗楼西南侧3#高端医疗综合楼	0.160±0.001	
50#	7#综合医疗楼东南侧1#门诊楼	0.162±0.001	
51#	7#综合医疗楼东侧停机坪	0.085±0.001	
52#	7#综合医疗楼东北侧6#行政专家楼	0.102±0.001	
53#	7#综合医疗楼北侧景观连廊	0.119±0.001	

注: (1) 监测时间: 2025年4月14日, 监测环境条件: 23.2 °C/57.1%RH;

(2) 测量时探头距离地面约1m, 监测方式为每个测量点测量十次, 取平均值, 监测结果均扣除宇宙射线响应值;

(3) 根据HJ 1157-2021, 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取1.20Sv/Gy ( $^{137}\text{Cs}$ 作为检定参考辐射源);

(4) 根据HJ 1157-2021,  $X$ - $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率=仪器测量读数值均值 $\times$ 校准因子 $k1$  $\times$ 仪器检验源效率因子 $k2$  $\div$ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数 $\times$ 屏蔽修正因子 $k3$  $\times$ 测量点宇宙射线响应值 $Dc$ , 其中校准因子 $k1$ 为1.04 (0.657 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ), 仪器使用 $^{137}\text{Cs}$ 进行校准, 源效率因子 $k2$ 取1, 换算系数为1.20Sv/Gy, 屏蔽修正因子 $k3$ 取0.8 (楼房)、1 (原野、道路), 宇宙射线响应值 $Dc$ 为33.99nGy/h;

#### (4) 检测方法及检测仪器

本次检测仪器参数见表 8.2.2。

**表 8.2.2 检测使用的仪器**

仪器名称	高灵敏环境级便携式多功能辐射仪
仪器型号	6150AD-b
仪器编号	XMYKT/JLYQ-0098
测量范围	1nSv/h~99.9 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ (探头), 0.1 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ~1Sv/h (主机)
能量响应范围	20keV~7MeV (探头), 45keV~3MeV (主机)
检定/校准单位	中国辐射防护研究院
检定/校准证书编号	检字第 (2024) -L0518
检定有效期	2024年7月8日至2025年7月7日
监测规范	《辐射环境监测技术规范》 (HJ 61-2021) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ 1157-2021)

## 8.3 质量保证

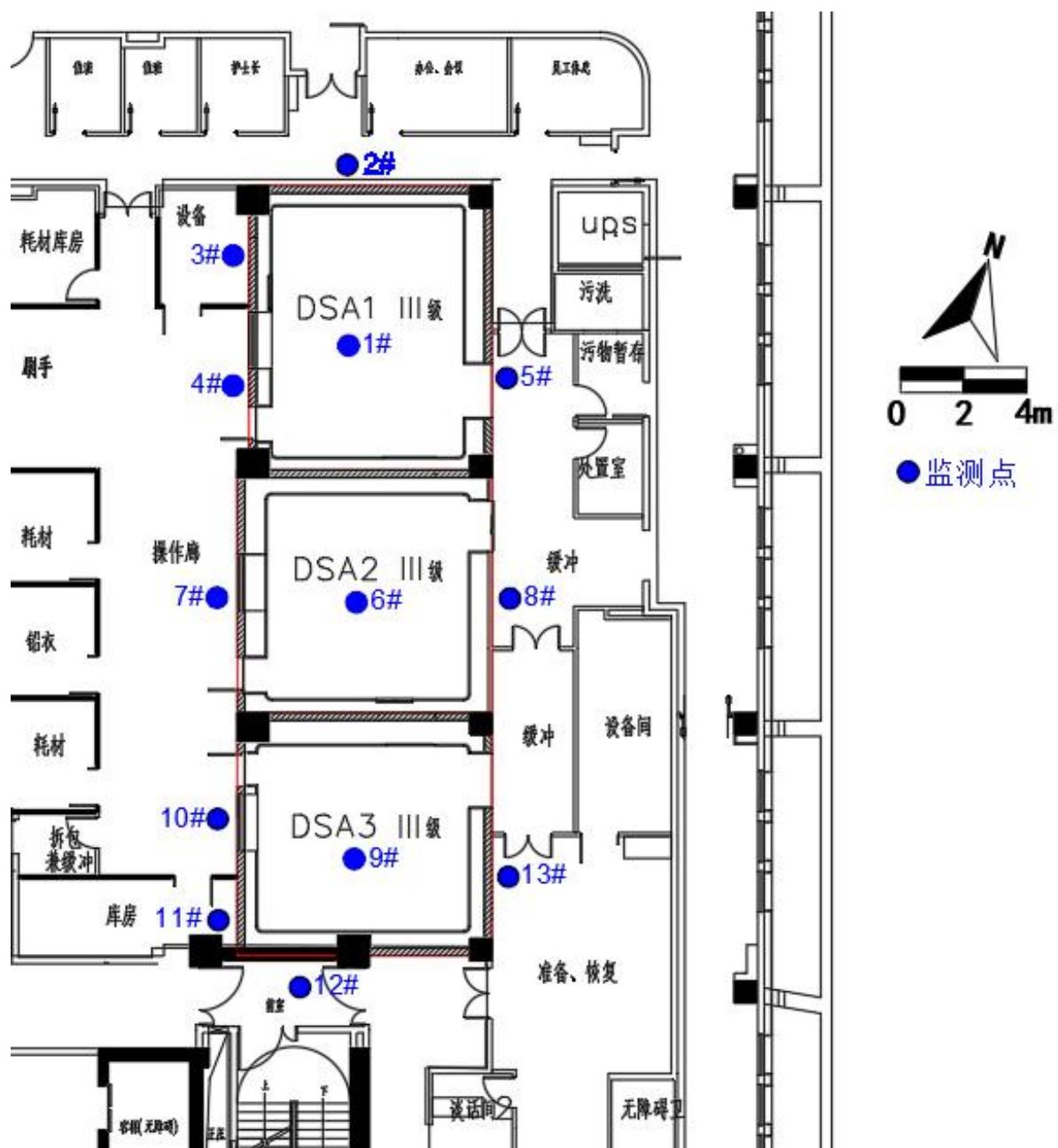
监测时质量保证措施如下：

- (1) 监测单位厦门亿科特检测技术有限公司 (CMA: 211303100262)，具备有相应的检测资质和检测能力；
- (2) 监测单位制定有质量体系文件，所有监测行为均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；
- (3) 监测仪器通过检定，检定有效期为 2024 年 7 月 8 日至 2025 年 7 月 7 日，监测期为 2025 年 4 月 14 日，监测仪器处于有效期内；
- (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) 监测布点、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。

## 8.4 监测结果及评价

根据表 8.2.1，本项目各机房周边室内环境（点位 1#~点位 46#）的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率在  $0.123\sim0.177\mu\text{Gy}/\text{h}$  之间，周边室外环境（点位 47#~点位 53#）的 $\gamma$ 辐射剂量率在  $0.085\sim0.162\mu\text{Gy}/\text{h}$  之间。

参照《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995 年）中，泉州市室内扣除宇宙射线响应值后的辐射环境本底范围值  $0.0966\sim0.193\text{nGy}/\text{h}$ ，室外（含原野及道路）扣除宇宙射线响应值后的辐射环境本底范围值  $0.0259\sim0.107\text{nGy}/\text{h}$ 。对比结果显示，本项目所在地及工作场所的 $\gamma$ 辐射剂量率处于正常环境本底水平。



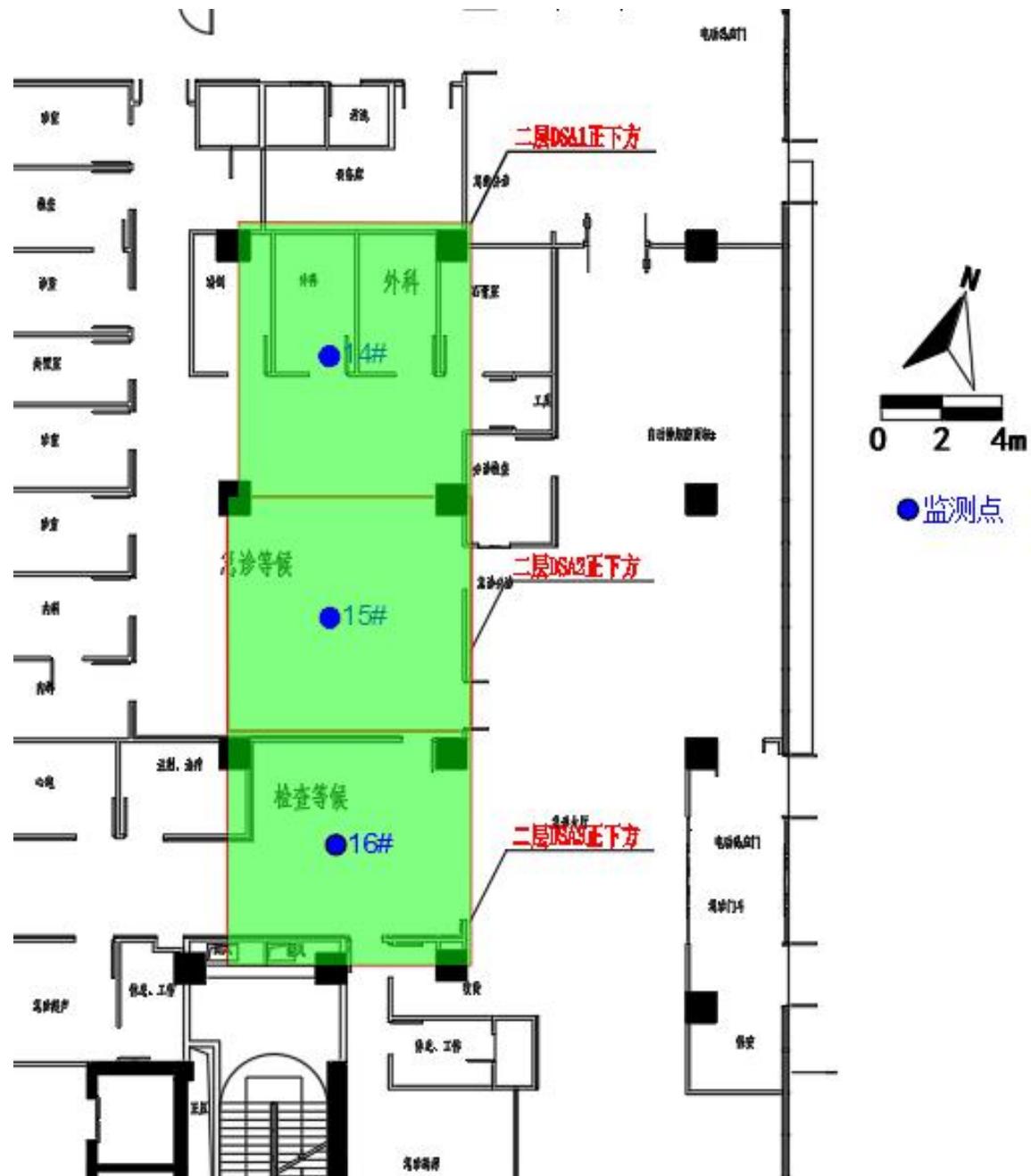


图 8.2-2 本项目 DSA 机房下方辐射环境检测布点图 (一层)

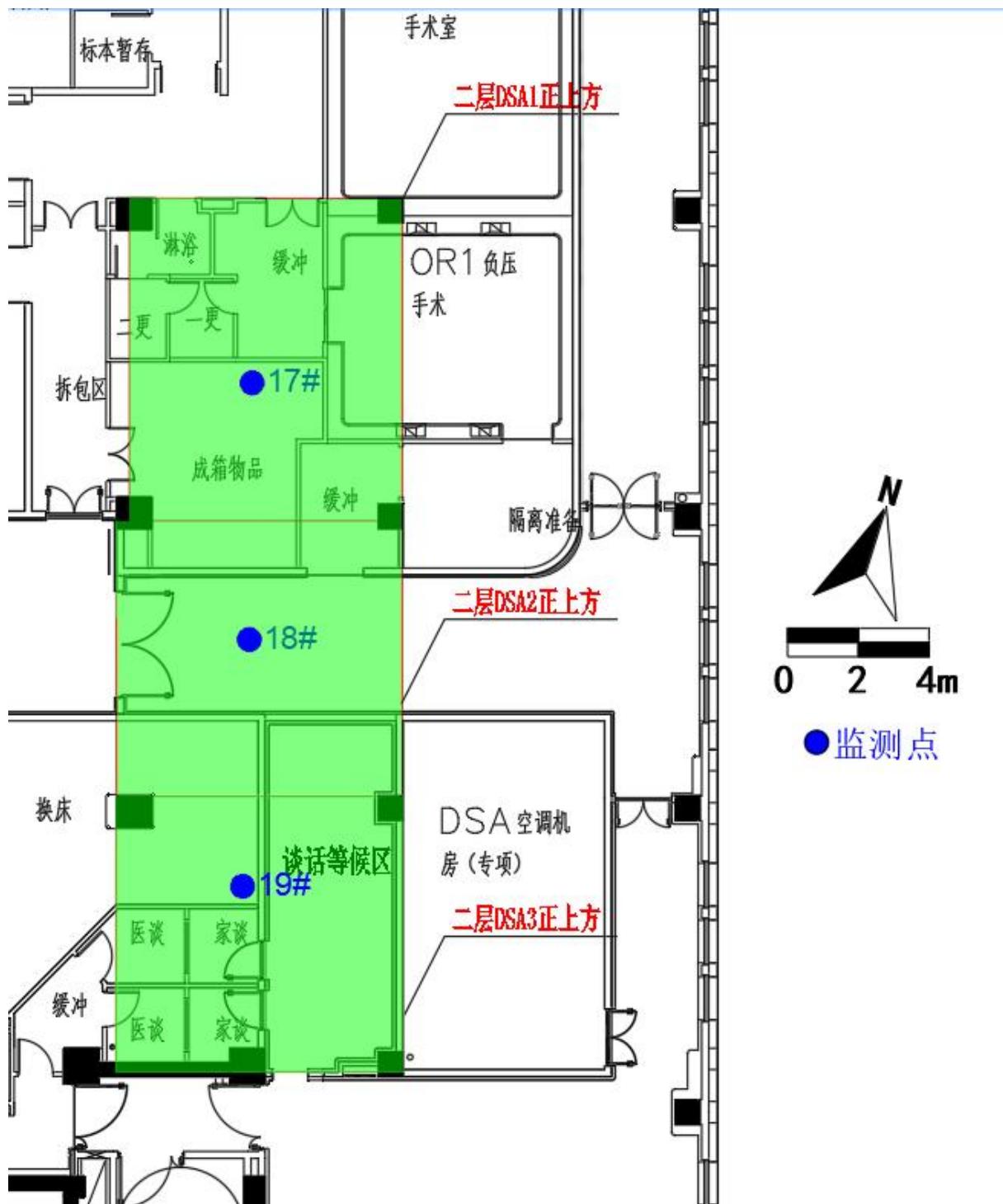


图 8.2-3 本项目 DSA 机房上方辐射环境检测布点图（三层）



图 8.2-4 本项目 ERCP 机房辐射环境检测布点图 (二层)

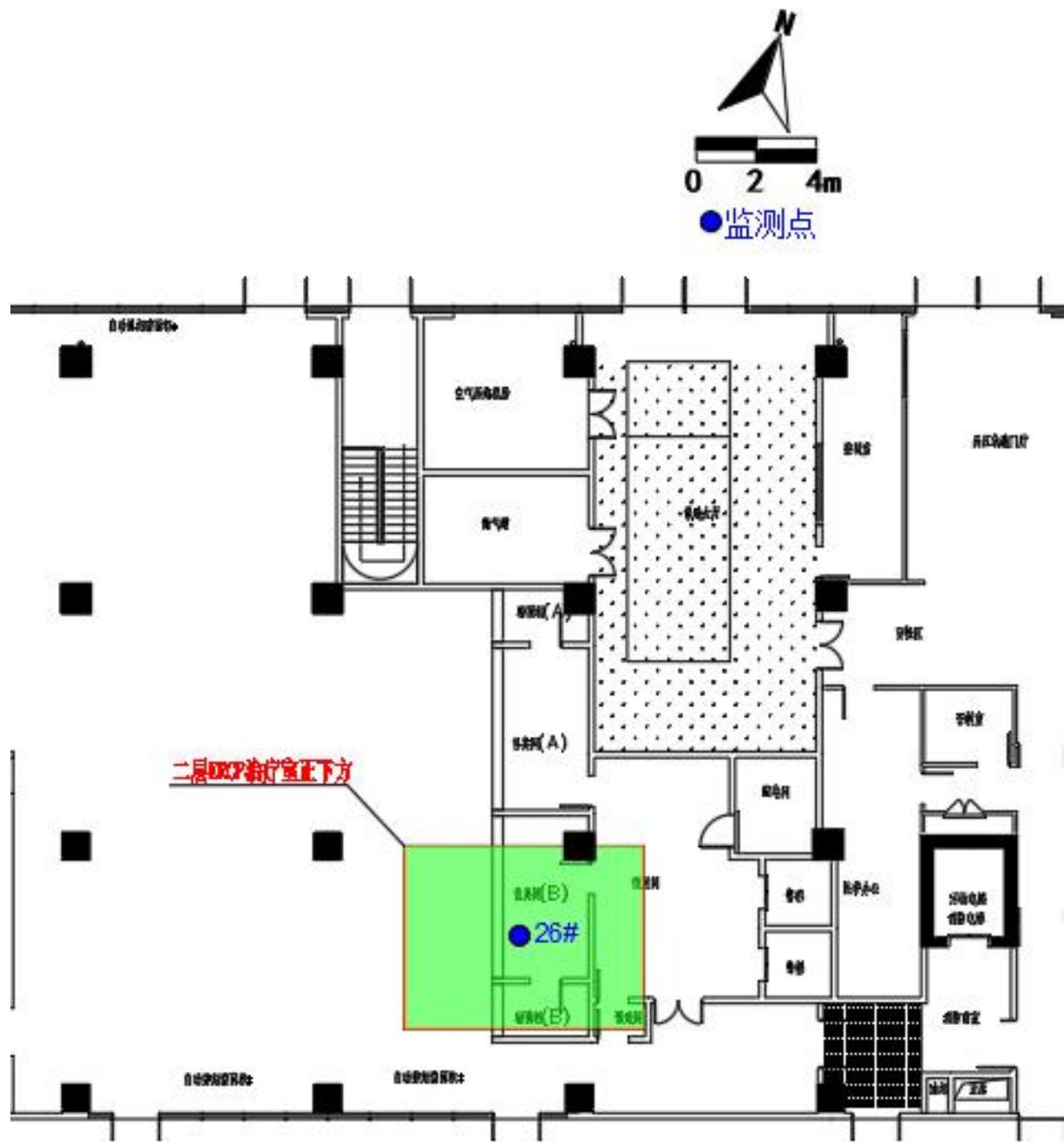


图 8.2-5 本项目 ERCP 机房下方辐射环境检测布点图 (一层)



图 8.2-6 本项目 ERCP 机房上方辐射环境检测布点图（三层）

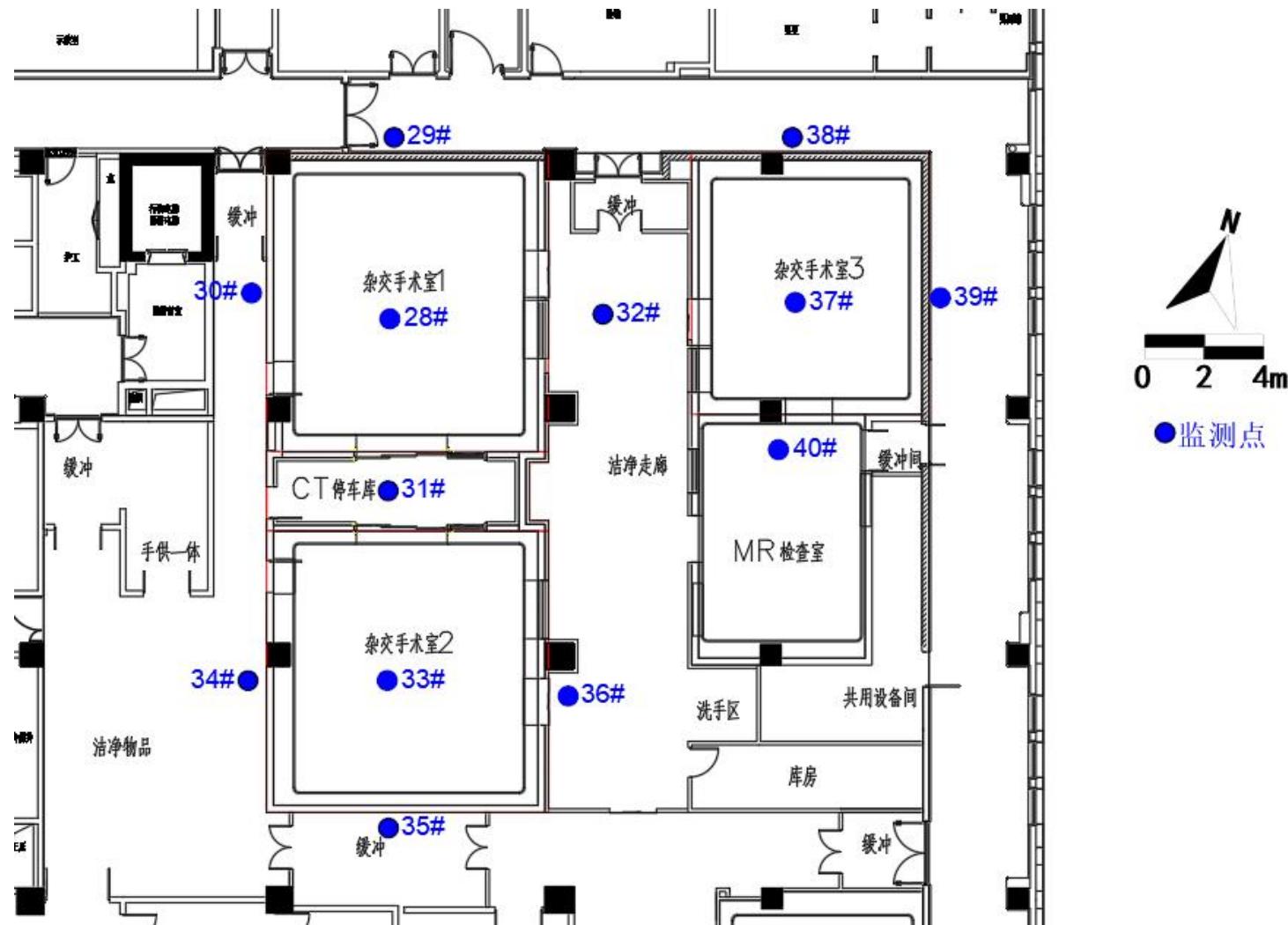


图 8.2-7 本项目杂交手术室辐射环境检测布点图（三层）



图 8.2-8 本项目杂交手术室下方辐射环境检测布点图（二层）

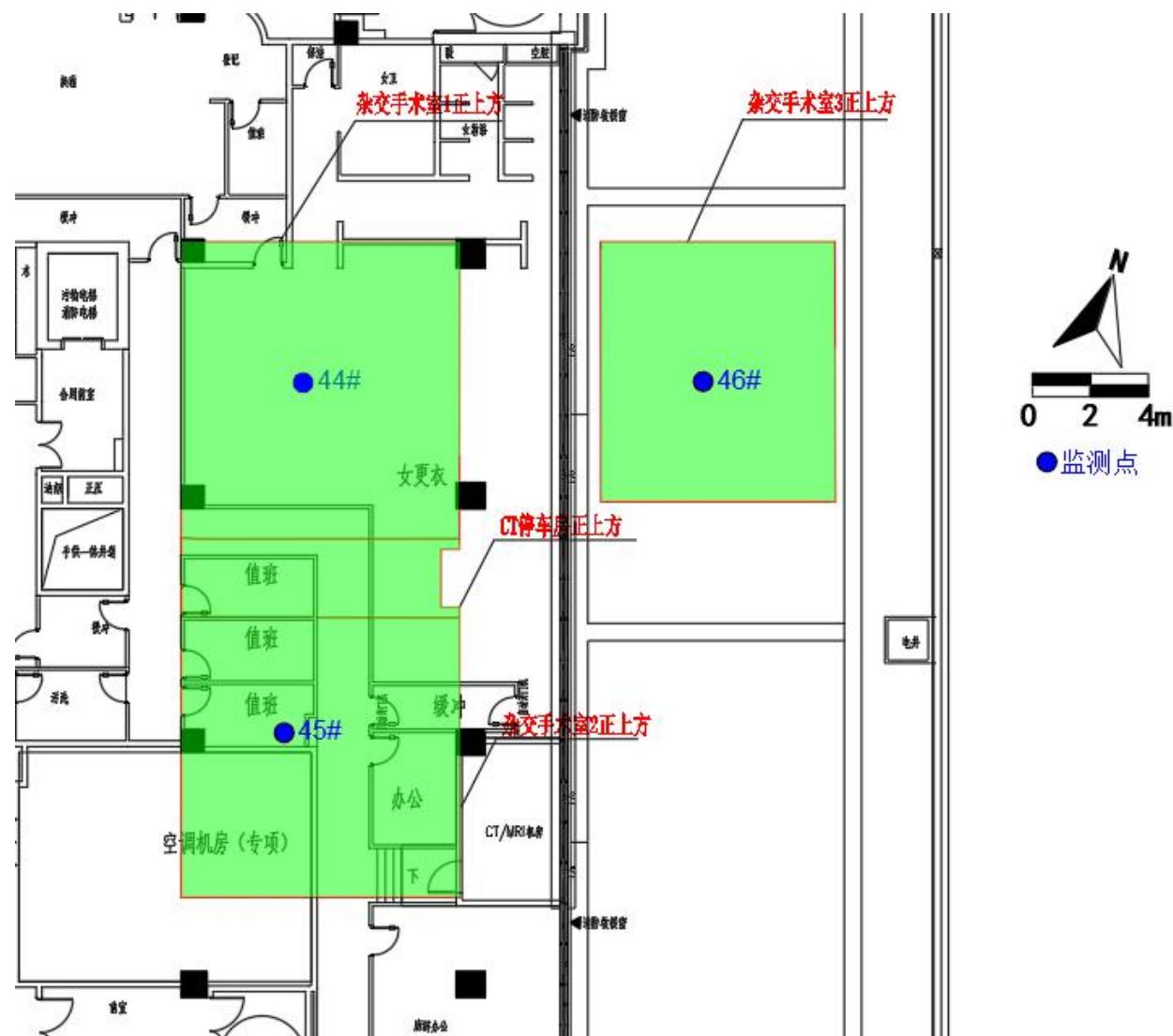


图 8.2-9 本项目杂交手术室上方辐射环境检测布点图（四层）

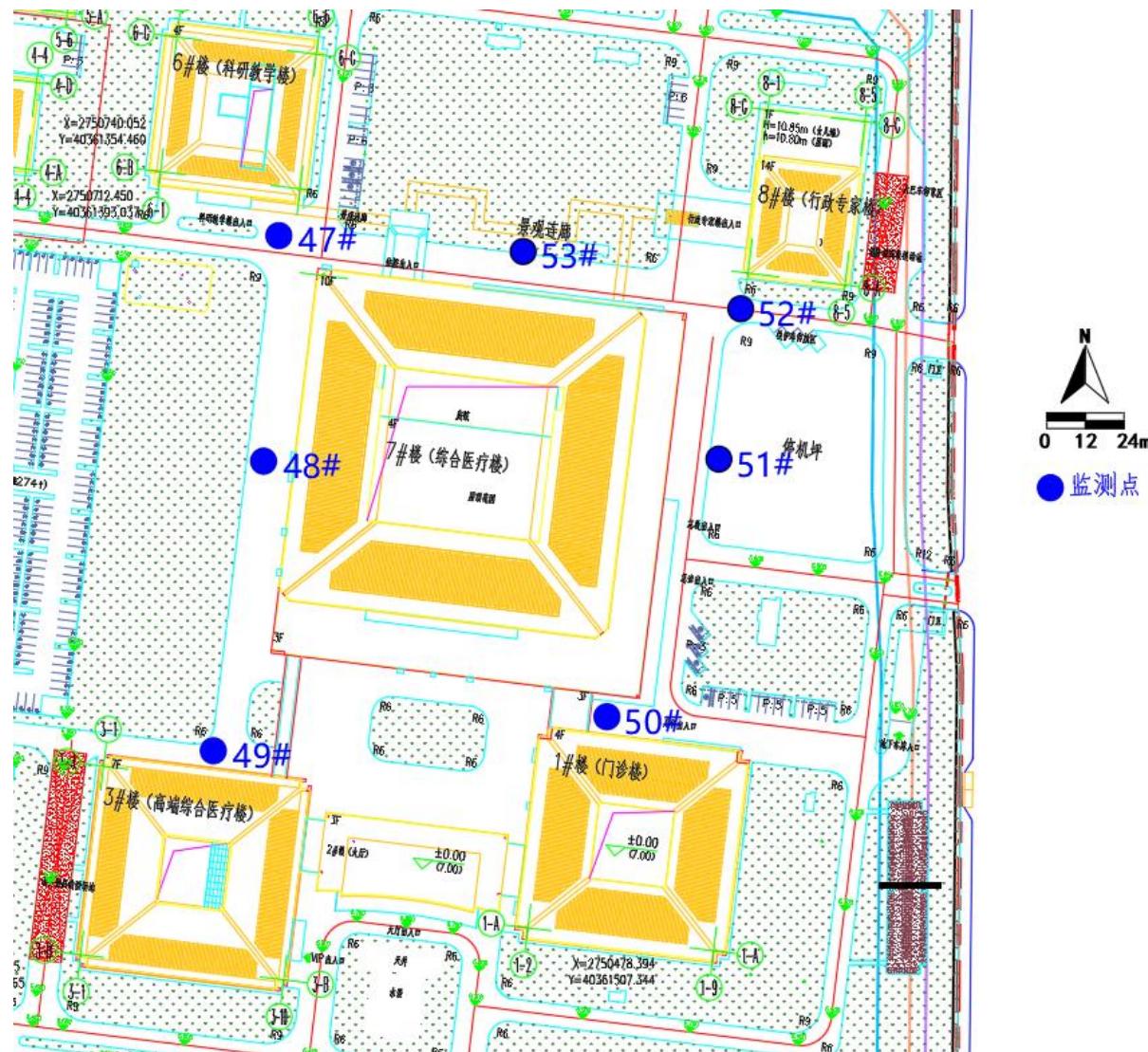


图 8.2-10 本项目辐射环境检测布点图 (室外)

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 9.1.1 工程设备

##### 1. 设备组成

###### (1) DSA机

DSA机设备因其整体结构像大写的“C”，因此也称作C型臂X光机，DSA机成像系统按功能和结构划分，主要由五部分构成：X线发生装置、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和检查床、影像存储和传输系统。

###### ① X线发生装置

X线发生装置主要包括X线球管、高压发生器和X线遮光器。其中X线球管可以连续发射X射线；高压发生器能产生高千伏、短脉冲，并保证恒定输出；X线遮光器用来限制X线照射视野，避免患者接受不必要的辐射。

###### ② 影像检测和显示系统

影像检测和显示系统用于将X线信息影像转换成可见影像。

###### ③ 影像处理和系统控制部分

DSA机影像被数字化后，则需进行各种算术逻辑运算，并对减影的图像进行各种后处理。系统控制部分具有多种接口，用于协调X线机、机架、计算机处理器和外设联动等。

###### ④ 机械系统

机械系统包括机架和检查床。

###### ⑤ 影像存储和传输系统

影像存储和传输系统充分利用网络技术实现影像资料的共享，方便随时调阅、交流和管理。

DSA机在工作时，能够实现曝光采集及透视功能。目前主流的DSA机多采用脉冲透视功能，能够实现短时间、低电压、大电流连续脉冲式动态采集。同时还能自动根据成像区衰减状态调整kV、mA等参数，使X射线管保持最佳负荷状态，在安全辐射剂量范围内获取最佳图像质量。本项目拟配备的DSA机，X射线球管及平板探测器分别在C型臂的两端，球管出束口恒定朝向平板探测器照射，出束主射线在平板探测器成像范围（照射野范围）内。本项目拟配备的DSA机外观见图9-1。

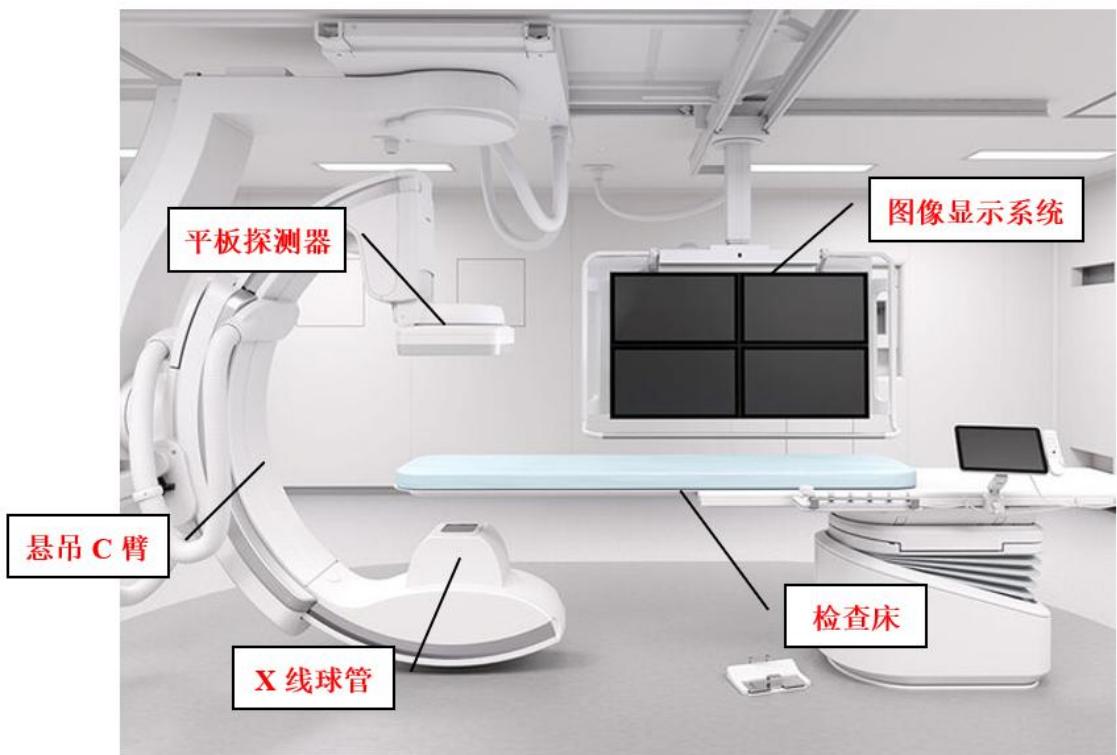


图 9-1 本项目 DSA 机的外观示意图

### (3) CT 机

计算机断层成像 (CT) 设备是集精密机械、高压物理与计算机技术于一体的复杂系统，其硬件核心由三大部分协同构成。首要部分为扫描架系统，其内部集成了核心的 X 射线管与探测器阵列，二者由高压滑环支撑持续旋转。X 射线管产生穿透人体的射线，由对侧探测器接收，并通过准直器和滤过器优化射线束质量与剂量。第二部分为高精度检查床系统，采用碳纤维材质以确保在扫描过程中实现稳定、精确的连续进给，与扫描架旋转配合完成螺旋数据采集。第三部分为计算机系统，作为整个设备的控制与处理中枢，它负责驱动所有硬件协调运行，利用重建算法将采集的原始数据转换为横断面图像，并进行三维后处理。这三大部分紧密协作，实现快速、高清解剖成像。

## 2. 工作方式

本项目 ERCP 机、DSA 机和 CT 机均使用 X 光机工作场所拟配套相应的机房和控制室，控制室与机房分开设置。

其中 DSA 机和 ERCP 机均使用 X 光机在进行曝光时可分为减影和透视两种情况：

(1) 减影检查：减影是操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生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，曝光并通过电子计算机处理后得到最终的减影图像，医生根据减影图像对病人

的病情进行诊断；

（2）介入治疗：透视是病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用脉冲透视，此时介入医生位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在机房内对病人进行直接的介入手术操作。

（3）杂交手术：本项目杂交手术室 1~2 除使用 DSA 进行介入诊疗外，还使用 CT 进行患者的术前和术后评价（DSA 和 CT 设备共用一个手术床）。DSA 和 CT 分开放置，通过滑轨精准移动设备，实现结构上和功能上的融合。患者接受 DSA 介入治疗过程中，如果需要 CT 进行影像检查确认，无需更换手术床，可将 CT 由 CT 停车库通过滑轨移至 DSA 手术床，直接进行 CT 扫描，滑轨 CT 在曝光时，DSA 机与 CT 机由控制室同一位工作人员隔室操作。这样可以保证患者在不移动的情况下同时接受两种影像设备的检查，提高了治疗的效率及临床的安全性。

## 9.1.2 工作原理

### （1）DSA机

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）CT机

CT 属于 X 射线装置，X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线从多角度穿透人体并利用计算机重建图像。扫描时，机架内的 X 射线管与对面探测器围绕患者同步旋转，发射扇形的 X 射线束。射线在穿透人体组织时因密度差异而发生不同程度的衰减，探测器便从无数个角度捕获这些衰减后的强度数据。计算机会记录下所有方向的投影数据，随后运用复杂的数学算法（主要是滤波反投影法或迭代重建法）对这些海量数据进行处理，最终计算出被扫描断面上每一个点的 X 射线衰减系数，并以灰度图像的形式重建成人体横断面解剖结构图，从而清晰区分出不同密度的组织与病灶。

### （3）ERCP 机

ERCP 机的核心部件为 X 射线发生器，成像基本原理是：将受检部位没有注入造影剂

和注入造影剂后的胆管或胰管造影 X 射线荧光图像，经电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，最终获得去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯胆管或胰管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 ERCP 用 X 光机处理的图像，使胆管或胰管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

### 9.1.3 工作流程及产污环节

#### （1）DSA 工作流程及产污环节

##### ① DSA 手术

DSA 诊疗时患者仰卧并进行经皮静脉穿刺，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达检查治疗部位施行探查、治疗，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

A.医生根据患者预约安排手术，并在手术前告知患者在手术过程中可能受到一定的辐射照射。

B.病人由专职人员通过受检者防护门接入 DSA 机房，在医生指导下进行摆位，在确认手术室内没有无关人员滞留后，关闭防护门。

C.对患者进行无菌消毒、麻醉后，经穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，经鞘插入导管。医生利用脚踏板开关启动 X 射线系统进行透视。进行过程中医生穿戴铅衣、铅围脖、佩戴铅眼镜等个人防护用品进行防护。

D.导管到位后，对患者注射造影剂，开启设备，摄影采集图像。进行过程中，根据诊疗需要，医生或在操作室进行隔室摄影，或在床旁进行摄影。每台介入手术的摄影时间为 1~2 分钟。

E.介入手术完成后，拔管按压穿刺部位后包扎，关闭射线装置。

##### ②杂交手术

杂交手术室 1~2 除使用 DSA 进行介入诊疗外，还使用 CT 进行患者的术前和术后评价，具体流程如下：

CT 模式：在杂交手术室使用 CT 时，DSA 的 C 形臂须先处于远离 DSA 检查床的停止位并触发位置信号开关，此时才可将 CT 滑动机架从 CT 停机库沿导轨移至杂交手术室内工作位，到达工作区域时触发位置信号开关 CT 才可进行曝光操作；在杂交手术室内使用 CT 模式下，因软硬件互锁 DSA 系统的所有移动和曝光功能均被禁用。因此两台设备同时在杂交手术室时只有 CT 能曝光操作。

CT 模式改为 DSA 模式：CT 使用结束后，将 CT 滑动机架移出杂交手术室内工作位后到达 CT 停机库的停止位并触发信号位置开关时，DSA 系统才可恢复正常使用。在 CT 和 DSA 手术联合使用期间，CT 和 DSA 不同时使用。

杂交手术室在一些复杂的手术作业中具有重大意义，由于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，而在杂交手术室中，医生可以将三者相结合起来，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。

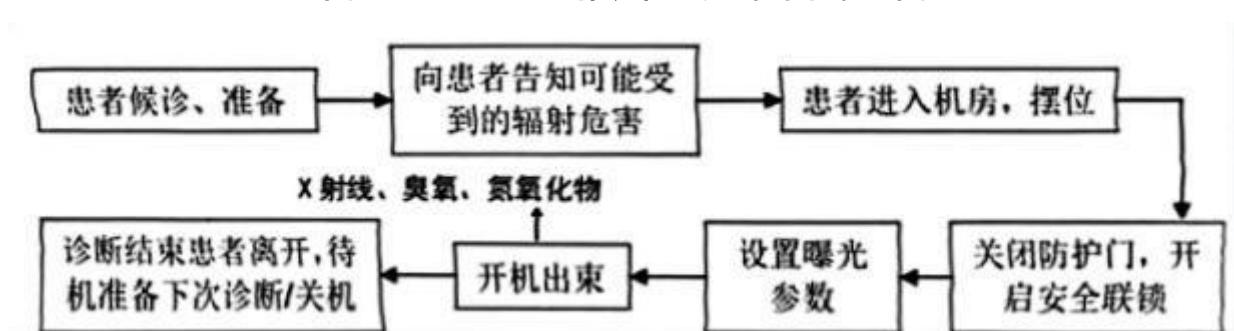
本项目 DSA 置为Ⅱ类射线装置，CT 机为Ⅲ类射线装置，设备在开机状态下主要辐射为 X 射线，在不开机状态下不产生 X 射线。空气被电离产生少量臭氧和氮氧化物等。DSA 装置工作流程及产污环节如图 9-2 所示。

## （2）ERCP 机工作流程及产污环节

ERCP 手术首先在镇静或麻醉下，将十二指肠镜经口送至十二指肠降部。找到乳头开口后，插入导管并注入造影剂，在 X 光透视下使胰胆管显影。随后，根据诊断需要，可进行乳头括约肌切开、取石、支架置入等治疗操作。

- A. 医生根据患者预约安排检查，并告知患者在治疗过程中可能受到一定的辐射照射。
- B. 病人由专职人员通过受检者防护门接入 ERCP 治疗室，在医生指导下进行摆位，在确认治疗室内没有无关人员滞留后，关闭防护门。
- C. 对患者进行无菌消毒、麻醉后，经十二指肠镜插入导管。医生利用脚踏板开关启动 X 射线系统进行透视。进行过程中医生穿戴铅衣、铅围脖、佩戴铅眼镜等个人防护用品进行防护。
- D. 导管到位后，对患者注射造影剂，开启设备，摄影采集图像。进行过程中，根据诊疗需要，医生或在操作室进行隔室摄影，或在床旁进行摄影。每次见检查的摄影时间为 1~2 分钟。
- E. 手术完成后，拔管关闭射线装置。

本项目 ERCP 工作流程及产污环节见图 9-3。



#### 9.1.4 本项目工况（手术量）

根据建设单位提供的资料，预计本项目各台 DSA 机、ERCP 机年手术约 1000 台，保守估计，每台手术透视 15min，摄影 3min，即年透视工作时间 250h，摄影时间 50h。保守考虑杂交手术室 1、2 每台手术均需开展 CT 扫描，平均每台手术扫描时间为 20s，即年扫描时间为 11.11h，DSA 和 CT 不同时工作，医护人员均退出手术室后才进行 CT 扫描。

本项目每间手术室拟安排辐射工作人员 5 人，其中 3 名为医生、护士，2 名为控制室工作人员，均为新增人员，为固定人员在 DSA 介入手术室、ERCP 治疗室进行检查和手术，不实行轮岗。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 建设阶段的污染源项

本项目施工内容主要包括：ERCP 治疗室、DSA 介入手术室、杂交手术室及辅房的土建及防护施工、装修装饰等，在建设阶段不产生辐射影响，产生的环境影响主要是施工时产生的废气、噪声、固体废物以及废水等环境污染。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，本项目对周围环境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是施工机械、运输及现场处理等。噪声值一般在 65~80dB (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，依托主体工程施工时污水处理设施处理。

#### （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，可妥善处理。

### 9.2.2 运行阶段污染源项

本项目 DSA 机、ERCP 机属于 II 类射线装置，CT 机属于 III 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。项目运行期间没有放射性的废气、废水和固体废弃物产生。

#### （一）正常工况

##### （1）放射性污染源分析

机房内，在隔室操作、设备安全和防护硬件及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）非放射性污染源分析

### ① 废气

DSA 机及 ERCP 机运行过程中，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，但由于该项目射线装置工作时的管电压、管电流较小，产生的臭氧和氮氧化物也较少，可忽略其影响。

### ② 固体废物

项目运行期产生的固体废物主要为手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物和生活垃圾。

### ③ 废水

项目运行期不产生医疗废水，辐射工作人员产生的废水主要为生活污水，已纳入医院建设项目环评考虑。

### ④ 噪声

项目运行期产生的噪声污染源主要为各机房通风系统风机运行时产生的噪声。

## （二）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开机状态下误入机房。运作异常造成机房外剂量超标，造成人员在不知情的情况下在机房周围活动，致使人员所受剂量超标。

② 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）控制室人员操作失误情况：

控制室操作人员在病人及医护人员完成手术未离开时，失误操作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) 照射不能停止:**

在手术结束后，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。

本项目中使用的设备为数字化显影设备，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 工作场所布局和分区

##### 10.1.1.1 工作场所布局

本项目 ERCP 机、DSA 机和 CT 机工作场所均设有单独的机房，控制室位于机房外，各机房内最小使用面积、最小单边长度见表 10.1.1。

表 10.1.1 项目机房空间符合性表

机房名称	拟用设备	设计情况		标准要求		是否符合
		有效使用面 积 (m <sup>2</sup> )	最小单边长 度 (m)	最小有效使 用面积 (m <sup>2</sup> )	最小单 边长度 (m)	
7 号楼综合医疗楼二层内镜中心 ERCP 治疗室	ERCP 机	38.30	5.1	20	3.5	符合
7 号综合医疗楼二层 DSA 介入手术室 1	DSA 机	47.06	6.1			符合
7 号综合医疗楼二层 DSA 介入手术室 2	DSA 机	40.24	6.1			符合
7 号综合医疗楼二层 DSA 介入手术室 3	DSA 机	38.05	5.9			符合
7 号综合医疗楼三层手术中心杂交手术室 1	DSA 机、 CT 机	67.34	7.8	30	4.5	符合
7 号综合医疗楼三层手术中心杂交手术室 2	DSA 机、 CT 机	64.61	7.8			符合
7 号综合医疗楼三层手术中心杂交手术室 3	DSA 机	48.32	6.7	20	3.5	符合

由表 10.1.1 可知，本项目 7 间机房的有效使用面积和最小单边长度，均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中“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”等标准的相关要求。

##### 10.1.1.2 工作场所分区

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，要求对项目划定控制区和监督区进行分区管理。

结合定义与现场实际，本次环评对 DSA 机、ERCP 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，详见表 10.1.2。

表 10.1.2 项目机房分区情况表

分区	ERCP	DSA 手术室	杂交手术室
----	------	---------	-------

控制区	ERCP 治疗室	DSA 介入手术室 1~3	杂交手术室 1~3
监督区	控制室、设备间、污物暂存间、洁净走廊、通道等外围区域	操作廊、缓冲区、前室、通道等外围区域	CT 停车库、洁净走廊、MR 检查室、缓冲间、通道等外围区域

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》（GB 18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

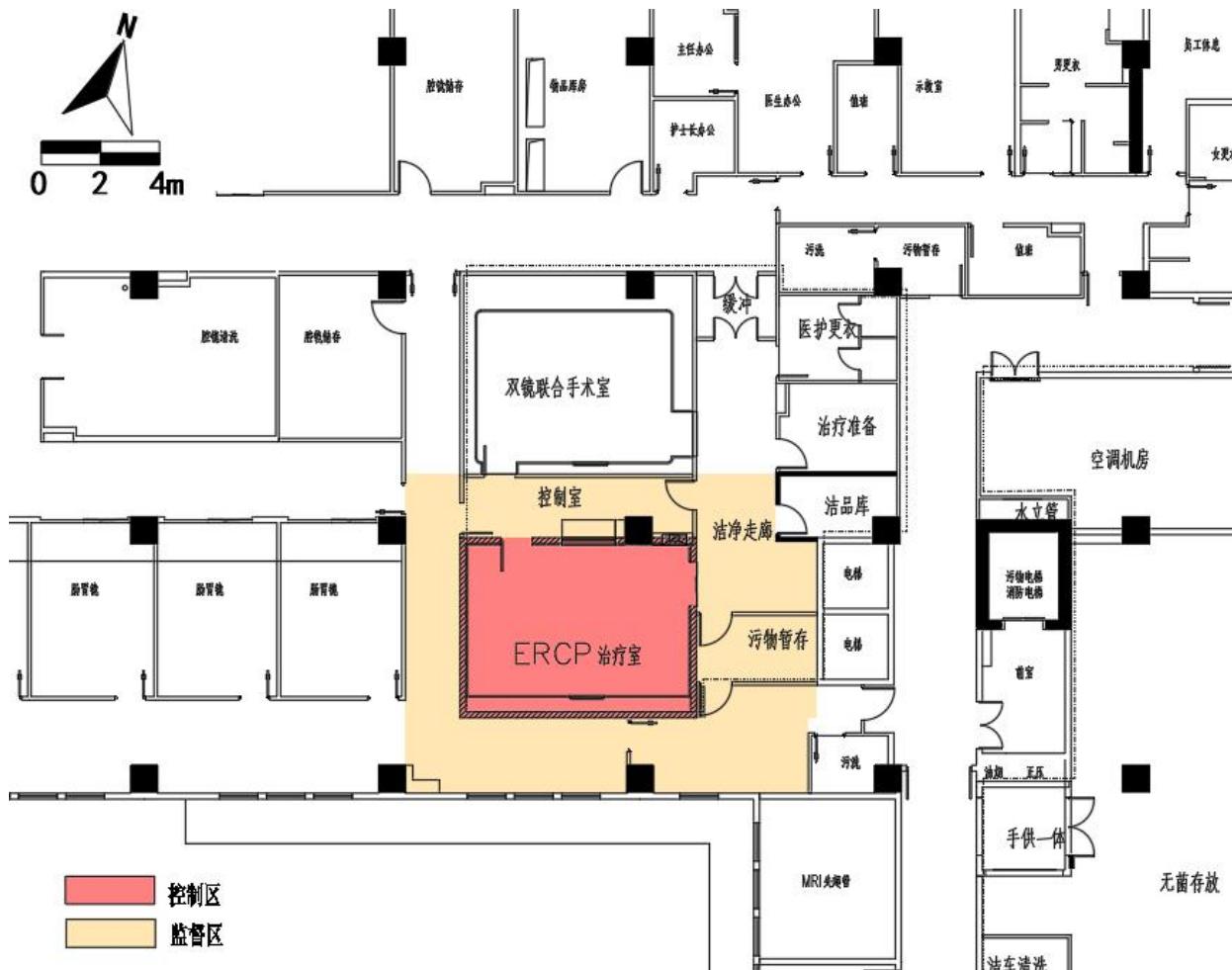


图 10.1-1 本项目 ERCP 治疗室分区情况示意图

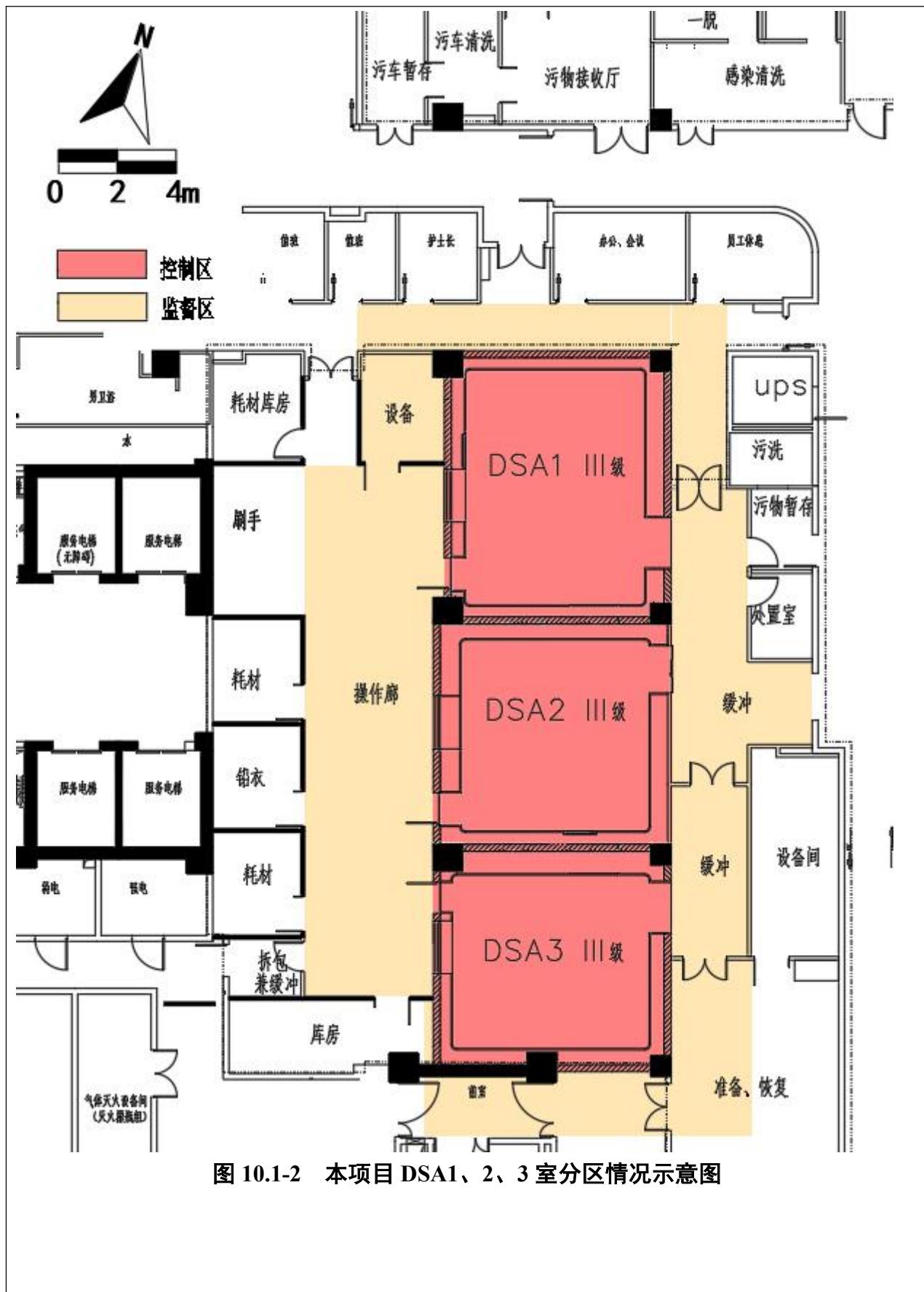


图 10.1-2 本项目 DSA1、2、3 室分区情况示意图



## 10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目 ERCP 治疗室、DSA 介入手术室和杂交手术室采取了符合标准的辐射防护措施，充分考虑邻室（含楼上楼下）及周围场所的人员防护和安全。各机房拟采取的辐射防护措施情况见表 10.1.3，拟配备的防护用品见表 10.1.4。

**表 10.1.3 本项目相关工作用房屏蔽防护一览表**

机房		屏蔽体 (数量)	屏蔽设计材料及厚度 (等效铅当量: mmPb 当量)
7号综合医疗楼二层内镜中心	ERCP 治疗室	四周墙体	24cm 实心砖+4mmPb 铅板
		顶棚、地面	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料
		防护门 (2 扇)	4mmPb 铅防护门
		观察窗	4mmPb 铅玻璃
7号综合医疗楼二层手术室	DSA 介入手术室 1、3	四周墙体	24cm 实心砖+4mmPb 铅板
		顶棚、地面	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料
		防护门 (2 扇)	4mmPb 铅防护门
		观察窗	4mmPb 铅玻璃
	DSA 介入手术室 2	东墙	镀锌方管龙骨+石膏板+4mmPb 铅板
		西/北/南墙	24cm 实心砖+4mmPb 铅板
		顶棚、地面	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料
		防护门 (2 扇)	4mmPb 铅防护门
		观察窗	4mmPb 铅玻璃
7号综合医疗楼三层手术中心	杂交手术室 1、2、3	四周墙体	24cm 实心砖+4mmPb 铅板
		顶棚、地面	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料
		防护门 (3 扇)	4mmPb 铅防护门
		观察窗	4mmPb 铅玻璃

注: (1) 混凝土密度为  $2.35\text{g/cm}^3$ , 实心砖密度为  $1.65\text{g/cm}^3$ ; 防护门与墙体各侧搭接设计均为至少  $10\text{cm}$ , 防护门与墙壁之间的缝隙设计小于  $1\text{cm}$ , 防止射线泄漏。

(2) 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C, 保守估计:  $150\text{kV}$  下  $100\text{mm}$  混凝土相当于  $1.0\text{mmPb}$ 。

(3) 根据《辐射防护手册 第三分册》(李德平、潘自强) (第 P63 页) 表 3.4,  $150\text{kV}$  下  $240\text{mm}$  实心砖相当于  $2.0\text{mmPb}$ 。

**表 10.1.4 本项目 DSA、ERCP 扫描间机房拟配备防护用品一览表**

《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 标准要求			防护用品拟配备情况	评价
工作 人 员	个人防 护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套; 选配: 铅橡胶帽子	①设备自带 1 个铅悬挂防护屏、1 个床侧防护帘 (均为 $0.5\text{mmPb}$ )、医院配备 1 个移动铅防护屏风; ②医院拟为本项目各机房工作人员配备至少 3 套铅衣、铅围裙、铅颈套、铅帽、铅眼镜 (均为 $0.5\text{mmPb}$ ) 3 副介入防护手套 ( $0.025\text{mmPb}$ )、配备	符合 要求
	辅助防 护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、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		
受	个人防	铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、		

检 者	护用品	铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	1 台个人剂量报警仪； ③拟为本项目各机房受检者配备 1 件铅围裙、1 件铅颈套、1 顶铅帽（均为 0.5mmPb）； ④拟为本项目各机房陪检者配备 1 件铅衣（0.5mmPb）； ⑤拟为本项目配备 2 台便携辐射剂量率仪。	
	辅助防 护设施	—		
铅 当 量 要 求	①防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb； ②介入防护手套应不小于 0.025mmPb； ③甲状腺、性腺防护用品应不小于 0.5mmPb； ④移动防护铅屏风铅当量应不小于 2mmPb。			

### 10.1.3 辐射安全措施设计

#### 10.1.3.1 辐射安全装置和保护措施

为保障射线装置的安全运行，避免在开机期间人员误留或误入机房内而发生误照射事故，以及对工作人员和受检者的辐射防护，本项目拟建机房设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

① 机房防护门上方设置工作状态指示灯，并在灯箱处设置“射线有害，灯亮勿入”等警示语句，入口显著位置张贴电离辐射警告标志，工作状态指示灯和与防护门联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯亮起。本项目平开防护门设有自动闭门装置、电动推拉防护门拟设有防夹装置。

② 机房内机器操作面板上、控制室操作台各设置 1 个急停开关按钮，在出现紧急情况下，按下急停按钮，可以切断设备电源，X 射线停止出束。

③ 机房设置对讲装置，方便工作人员实时关注机房情况并与病人交流。

④ 机房设置观察窗及视频监控系统，在控制室内可以观察到机房内的情况，当发生意外情况（有人误入或滞留）时，控制室内操作人员可以及时发现并采取应急措施。

⑤ 机房内合理布局，工作期间有用线束主要朝上照射，设备旋转时有用线束尽量避免直接照射门、窗和管线口位置；制定相应规章制度要求日常运行过程不得堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

⑥ 为改善机房内空气质量，设计使用独立的动力通风系统进行送排风；本项目机房电缆线管采用“U”型方从地下穿过墙体。

#### 10.1.3.2 医生及护士的管理措施

本项目投入使用后，医院应加强手术中医生和的防护设施佩戴管理，从事介入手术的医生应严格执行穿戴铅围裙、铅围脖和防护眼镜等个人防护用具，并且在曝光期间采用设

备自带铅帘、移动铅防护屏风综合防护，以降低 X 射线的外照射。

介入手术需要工作人员近距离同室操作，其受照剂量大小与设备曝光时间、患者病情状况等均密切相关，同时也与手术操作人员的工作习惯、技术水平有关。因此，医院在项目运行过程中还应严格落实以下要求：

（1）介入医生和护士的防护要求

- ① 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 结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施，以减少受照剂量；
- ③ 必须佩戴 2 枚个人剂量计，1 枚佩戴于防护用品内，1 枚佩戴于防护用品外，可将内、外剂量计做明显标记（如以对比鲜明的颜色进行区分等），以估算人体未被屏蔽部分的剂量，注意防止内、外剂量计反戴的情况发生；
- ④ 严格开展介入手术医生的个人剂量监测，发现问题及时调查、整改。

（2）介入治疗时的防护要求

- ① 时间防护：熟悉机器性能和介入操作技术，尽量减少照射和采集时间。特别避免未操作时仍踩脚闸；
- ② 缩小照射野：在满足影像采集质量和诊疗需要的前提下，尽量缩小照射野、调节透视脉冲频率至最低状态；
- ③ 缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；
- ④ 充分利用各种防护器材：操作者穿戴铅衣、铅围领、铅帽、铅眼镜或铅面罩；处于生育年龄者还可加穿铅三角裤；使用床下铅帘及悬吊铅帘；重大手术需要技师、护师或其他人员在机房内时，除佩戴上述物品，医院为本项目配备铅屏风，让上述人员在屏风后待命，并做好其他个人防护。

#### 10.1.4 辐射防护能力符合性分析及要求

为分析本项目机房的辐射防护性能，根据医院提供的设计资料，将机房的主要辐射防护措施列表分析，并与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中辐射防护设施的技术要求对照，具体见表 10.1.4。

**表 10.1.4 本项目 DSA、ERCP 机房辐射防护措施符合性分析表**

《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 要求	本项目设计方案	对照 结论
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。	本项目 DSA 机和 ERCP 机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	符合要求
6.1.5 单管头 X 射线设备：机房内最小有效使用面积 20m <sup>2</sup> ，机房内最小单边长度 3.5m。	见表 10.1.1 项目机房空间符合性表	符合要求
6.2.1 标称 125kV 以上的摄影机房，有用线束方向铅当量 3.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm； C 形臂 X 射线设备机房：有用线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm； CT 机房（不含头颅移动 CT）：铅当量 2.5mm	根据表 10.1.3 折算，各机房屏蔽防护超过 4mmPb，均满足各类机房防护标准要求。	符合要求
6.3.1 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，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。	理论计算和类比分析结果表明，医院装置在正常使用条件下，机房周边各关注点剂量当量率均小于 2.5μSv/h。	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。	机房均设计有观察窗、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。	符合要求
6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	待建成后，院方应制定管理规程，要求机房内不堆放与放射诊断/介入治疗工作无关的杂物。	符合要求
6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	机房内设置动力通风系统，并保持良好的通风。	符合要求
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。	机房各防护门外表面均设置电离辐射警告标志；病人通道防护门上方均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；候诊区设置放射防护注意事项告知栏。	符合要求
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。	机房医护人员通道防护门（平开门）设置自动闭门装置；病人通道防护门（电动推拉门）曝光时自动关闭机房门；工作状态指示灯与病人通道防护门均设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。	符合要求
6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	防护门（电动推拉门）设置防夹装置。	符合要求
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。	受检者在机房外等候区候诊，不在机房内候诊；检查过程中，非特殊情况，陪检者	符合要求

	不允许留在机房内。	
6.5.1 根据工作内容,现场应配备不少于如下基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助设施: 工作人员个人防护用品:铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套,选配铅橡胶帽子。 工作人员辅助防护措施:铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护吊帘/床侧防护屏,选配移动铅防护屏风。 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。	工作人员个人防护用品:配备铅围裙、铅颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等; 工作人员辅助防护措施:设备自配备的配备铅悬挂防护屏、床侧防护吊帘、移动铅防护屏风等; 受检者个人防护用品:配备铅围裙、铅颈套等。	符合要求

## 10.2 三废的治理

本次评价的射线装置属于利用 X 射线进行介入诊疗和摄影诊断的医用设备, 只有在设备开机的状态下才产生 X 射线, 项目无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

设备运行时产生的少量氮氧化物和臭氧, 通过机房内设置的通风系统进行机械通风换气。在设备工作时, 中央空调和通风系统均处于开启状态, 可以防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积, 对周围环境空气质量辐射工作人员影响极小。

## 10.3 辐射环境保护投资

本项目总投资 8000 万元, 环境保护投资共计 750 万元, 占本项目总投资额的 9.38%。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	投资估算(万元)
辐射防护主体设计施工	墙体、顶棚、底板辐射防护处理	525
控制室人员防护设计施工	防护门、观察窗(4mmPb 当量)	100
通风设备	动力通风系统	10
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	75
辐射监测设备	个人剂量计、个人剂量报警仪等	20
环保咨询	辐射安全规章制度上墙、环评和验收费用	20
合计		750

## 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晋江市医院和敏院区综合医疗楼二、三层，计划在建筑物墙体（四周和顶棚）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，将其做为 DSA 机房（手术间）、ERCP 机房。

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综合医疗楼内，对综合医疗楼周边环境基本不造成影响。

#### （1）施工扬尘影响分析

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》（GB 16297-1996）中无组织排放的限值要求，将对外环境扬尘影响降至最低。

#### （2）施工期噪声环境影响分析

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综合排放标准》（GB 12523-2011）的要求，尽量将环境影响降低到最小。

#### （3）施工期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 15 人计，生活垃圾量按  $0.5\text{kg}/\text{人}\cdot\text{d}$  计算，则施工期内每天产生生活

垃圾约 7.5kg/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。

#### （4）施工期废水环境影响分析

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 15 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 72t (1.2t/d)，污水排放量按用水量的 90%计算，则生活污水总排放量约 64.8t。项目施工生活污水主要是依托医院施工场地内化粪池处理，对周围环境影响较小。

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 机房屏蔽符合性分析

本项目拟配备的 ERCP、DSA、最大管电压不超过 150kV，机房采取的屏蔽厚度符合性分析见表 11.2.1。

表 11.2.1 机房屏蔽符合性分析

项目	防护材料名称 和厚度		设计铅当 量 (mmPb)	标准要求	符合性
ERCP 治疗室	四周墙体	24cm 实心砖+4mmPb 铅板	6	有用线束方 向铅当量 3.0mm，非有 用线束方向 铅当量 2.0mm；	符合
	顶棚、地板	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护 涂料	4		符合
	防护门	4mmPb 铅防护门	4		符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4		符合
DSA 介入 手术 室 1、3	四周墙体	24cm 实心砖+4mmPb 铅板	6	有用线束方 向铅当量 3.0mm，非有 用线束方向 铅当量 2.0mm；	符合
	顶棚、地板	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护 涂料	4		符合
	防护门	4mmPb 铅防护门	4		符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4		符合
DSA	东墙	镀锌方管龙骨+石膏板+4mmPb	4		符合

介入 手术 室 2		当量铅板			
	西/北/南墙	24cm 实心砖+4mmPb 铅板	6		符合
	顶棚、地板	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料	4		符合
	防护门	4mmPb 铅防护门	4		符合
杂交 手术 室 1、 2、3	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4		符合
	四周墙体	24cm 实心砖+4mmPb 铅板	6	有用线束方 向铅当量 3.0mm, 非有 用线束方向 铅当量 2.5mm。	符合
	顶棚、地板	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料	4		符合
	防护门	4mmPb 铅防护门	4		符合
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4		符合

注：根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录C，保守估计：150kV 下 100mm 混凝土相当于 1.0mmPb。

根据《辐射防护手册 第三分册》（李德平、潘自强）（第 P63 页）表 3.4，150kV 下 240mm 实心砖相当于 2.0mmPb。

从机房屏蔽措施符合性分析可知，本项目 ERCP 机、DSA 机房屏蔽防护措施均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中“标称 125kV 以上的摄影机房，有用线束方向铅当量 3.0mmPb，非有用线束方向铅当量 2.0mmPb 的标准要求；CT 机房（不含头颅移动 CT）铅当量 2.5mm”的要求。

### 11.2.2 DSA 机运行阶段辐射影响分析

为分析本项目辐射环境影响，根据建设单位提供的相关参数及辐射防护设计方案，本次分析对 ERCP 机、DSA 机运行后辐射环境影响采用公式预测和类比分析的方式进行，对 CT 机采用类比分析的方式。理论计算时，选取机房四面墙壁外表面 30cm 处、防护门外表面 30cm 处、观察窗外表面 30cm 处、机房正上方和机房正下方等区域作为本次评价的关注点，共计 61 个。关注点位置见图 11.2-1~图 11.2-9 所示。

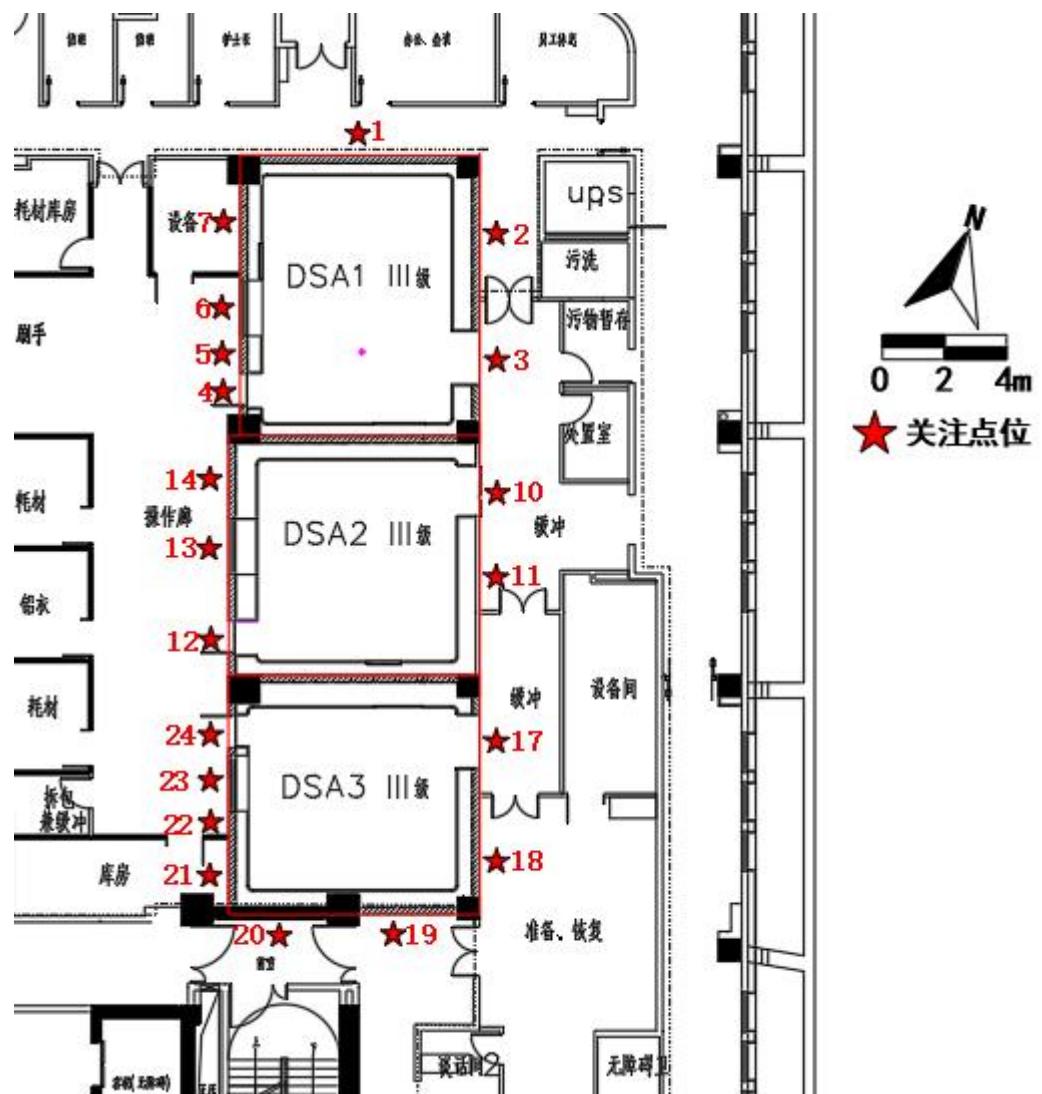


图 11.2-1 综合医疗楼二层关注点位 (DSA1、2、3)



图 11.2-2 综合医疗楼二层关注点位 (ERCP 治疗室)

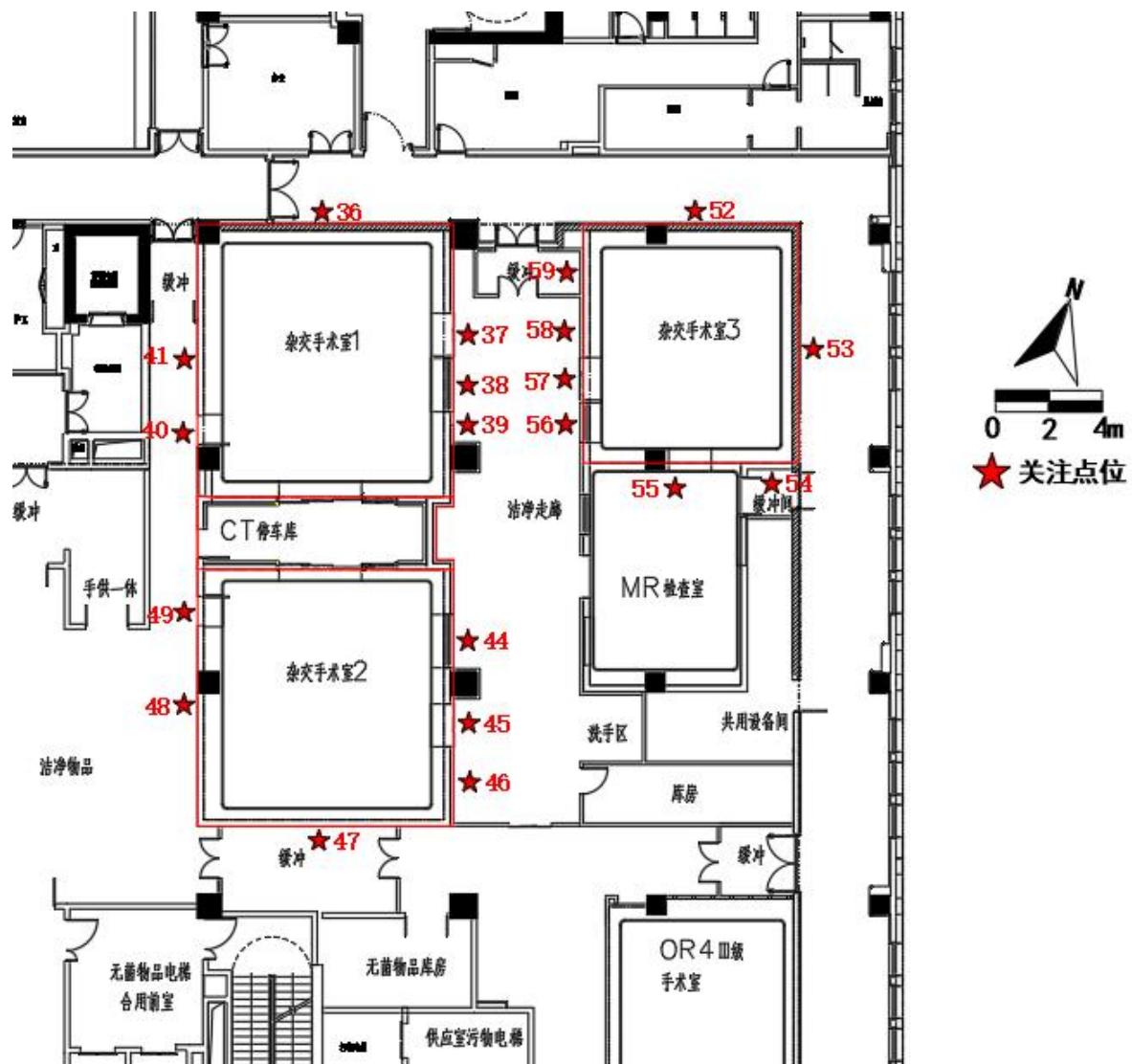


图 11.2-3 综合医疗楼三层关注点位（杂交手术室 1、2、3）



图 11.2-5 综合医疗楼三层关注点位 (ERCP 治疗室上方)

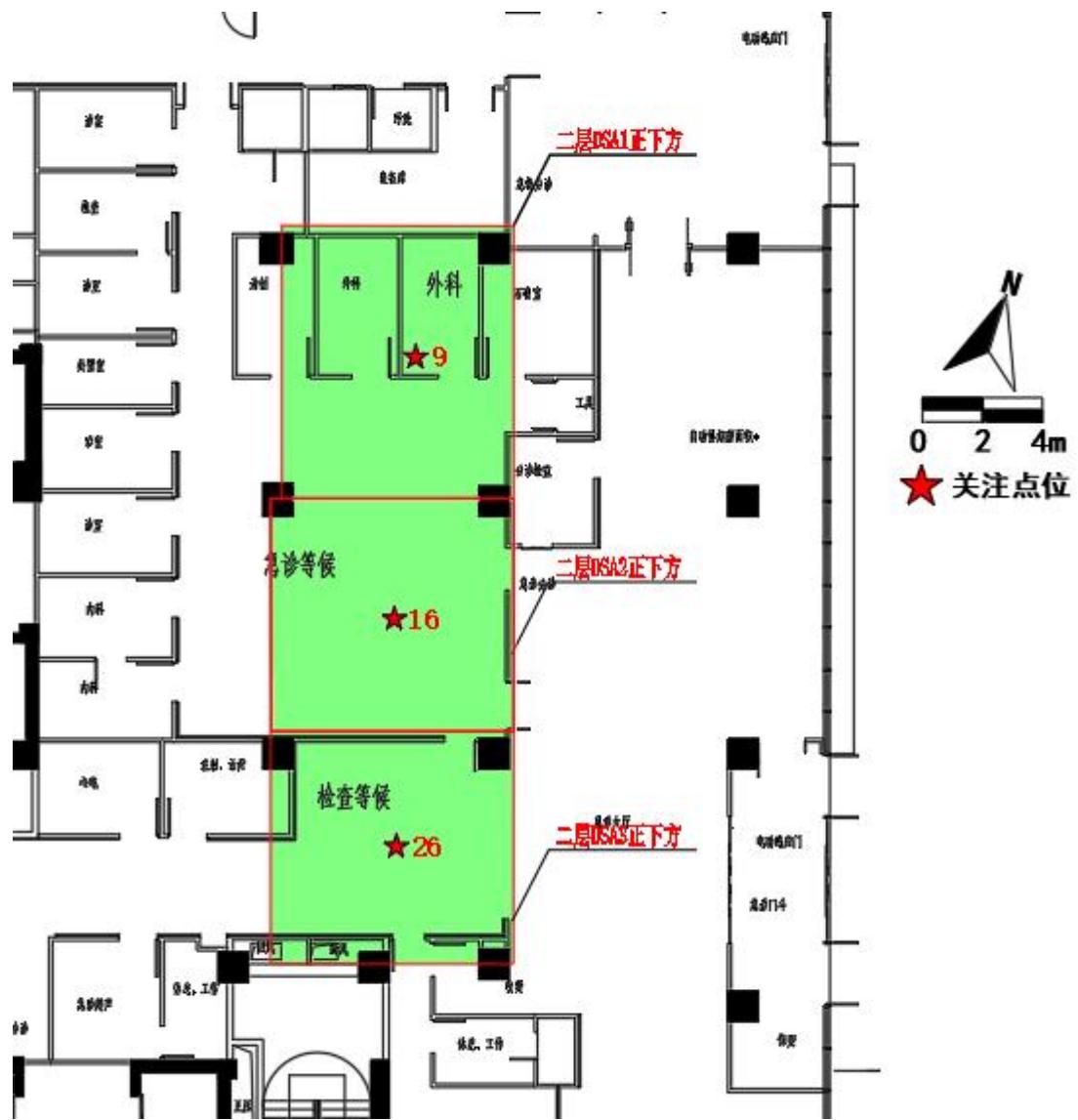


图 11.2-6 综合医疗楼一层关注点位 (DSA1、2、3 下方)

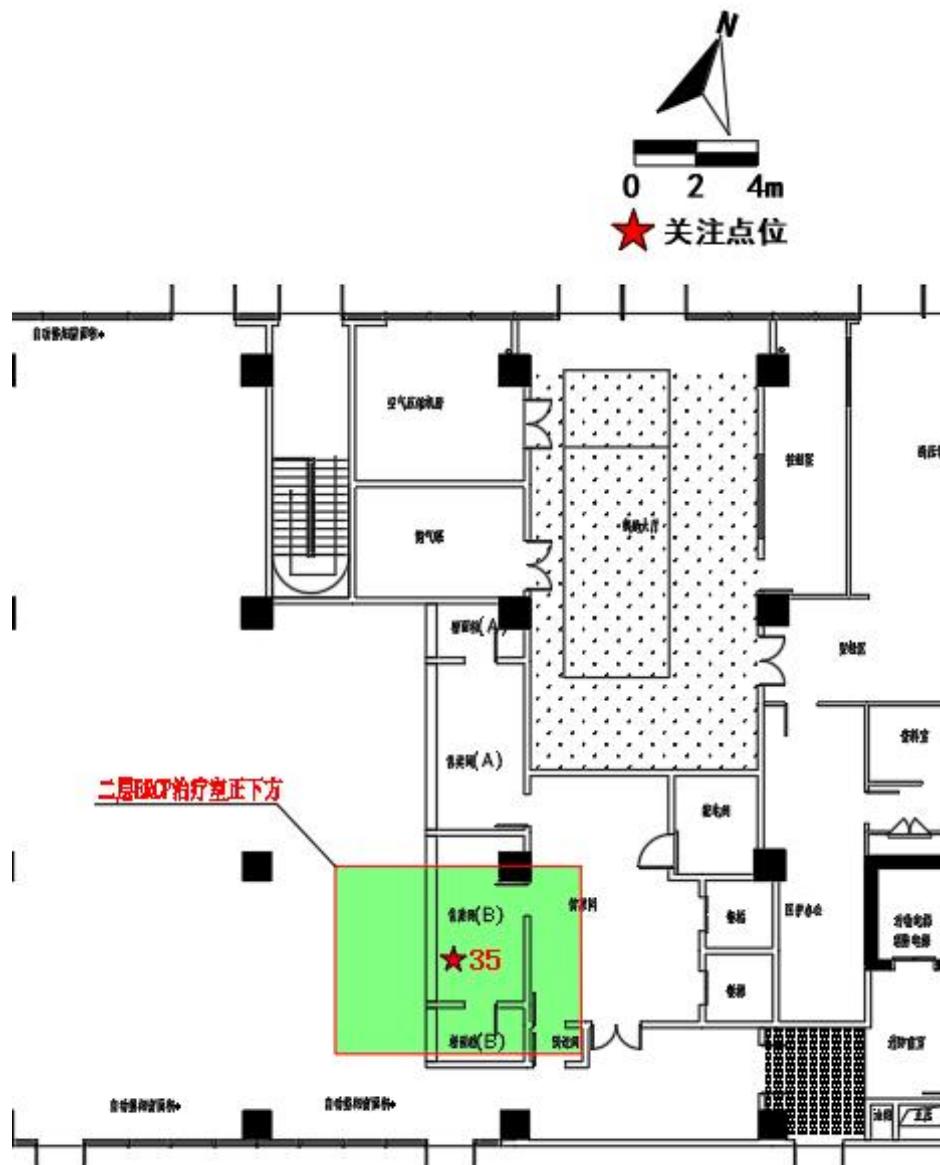


图 11.2-7 综合医疗楼一层关注点位（ERCP 治疗室下方）



图 11.2-8 综合医疗楼四层关注点位（杂交手术室 1、2、3 上方）

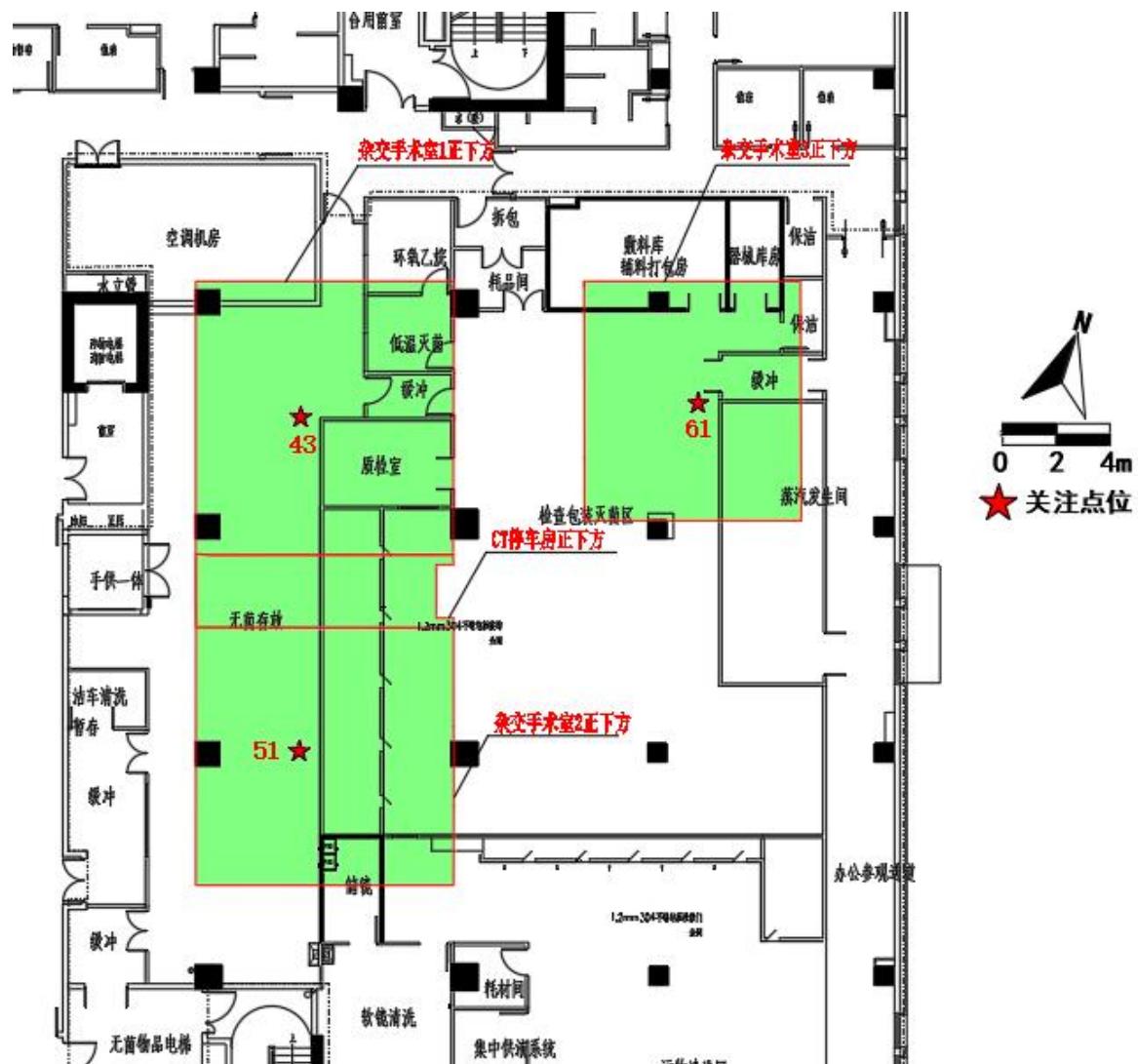


图 11.2-9 综合医疗楼二层关注点位（杂交手术室 1、2、3 下方）

### 11.2.2.1 机房周边剂量率

根据《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》（YYT 0740-2022）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》（GBZ 130-2020）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；

$r_1$  —— 最小焦皮距（m），取 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  $1\text{Sv}/\text{h}=1\text{Gy}/\text{h}$ ）。

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  $1.06 \times 10^7 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

#### （1）透视工况

##### 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 $\eta$ 、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：

$$\dot{H}_z = \frac{\dot{H}_0 \cdot B \cdot f}{d^2} \quad \text{式 (11.2-2)}$$

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  $2.4 \times 10^5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ;

$d$  —— 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 GBZ 130-2020 附录 C 计算, 见式 (11.2-3) ;

$$B = \left| \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right|^{\frac{1}{\gamma}} \quad \text{式 (11.2-3)}$$

式中:  $X$  —— 铅当量;

$\alpha, \beta, \gamma$  —— 铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数, 采用 GBZ 130-2020 附录 C 表 C.2 数据获得。

可计算得透视状态下各关注点处泄漏辐射剂量率, 详见表 11.2.2。

## ② 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,  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ;

$\alpha$  —— 受照射物体对入射 X 射线的散射比,  $\alpha = a/400$  其中  $a$  是相对于  $400\text{cm}^2$  散射面积的受照物体对入射 X 射线的散射比,  $a$  取 0.0015 ( $90^\circ$  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,  $\text{cm}^2$ ; 此处取  $400\text{cm}^2$ ;

$d_0$  —— X 射线机与受照体的距离, m; 此处取 0.38m;

$d_s$  —— 受照体与关注点的距离, m。

其他参数所代表意义同上。

可计算得透视状态下各关注点处散射辐射剂量率, 详见表 11.2.3。

## ③ 辐射剂量率

透视状态下各关注点处辐射剂量率, 详见表 11.2.4。

## (2) 摄影工况

- ① **泄漏辐射剂量率:** 根据公式 (11.2-2) 、 (11.2-3) 计算得摄影状态下各关注点处泄漏辐射剂量率, 详见表 11.2.5。
- ② **散射辐射剂量率:** 根据公式 11.2-4 计算得摄影状态下各关注点处散射剂量率, 详见表 11.2.6。
- ③ **辐射剂量率:** 摄影状态下各关注点处辐射剂量率, 详见表 11.2.7。

表 11.2.2 透视状态下机房周围泄漏辐射剂量率

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_z$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
DSA 介入 手术室 1	1#	北墙外 30cm	6.00	6.7	1.757	5.177	0.3156	3.71E-07	1.77E-06
	2#	东墙外 30cm	6.00	4.3				3.71E-07	4.24E-06
	3#	东侧防护门外 30cm	4.00	4.3				1.50E-05	1.75E-04
	4#	西侧防护门外 30cm	4.00	3.9				1.50E-05	2.08E-04
	5#	西墙外 30cm	6.00	4.0				3.71E-07	4.90E-06
	6#	西侧观察窗外 30cm	4.00	4.1				1.50E-05	1.88E-04
	7#	西墙外 30cm 设备间	6.00	4.8				3.71E-07	3.41E-06
	8#	DSA 介入手术室 1 上方 OR1 负压手术室	4.00	4.1				1.50E-05	1.88E-04
	9#	DSA 介入手术室 1 下方外科	4.00	4.9				1.50E-05	1.32E-04
DSA 介入 手术室 2	10#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.3	1.757	5.177	0.3156	1.50E-05	1.13E-04
	11#	东墙外 30cm	4.00	5.1				1.50E-05	1.22E-04
	12#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.2				1.50E-05	1.79E-04
	13#	西侧观察窗外 30cm	4.00	3.5				1.50E-05	2.58E-04
	14#	西墙外 30cm	6.00	3.7				3.71E-07	5.73E-06
	15#	DSA 介入手术室 2 上方走廊	4.00	4.1				1.50E-05	1.88E-04
	16#	DSA 介入手术室 2 下方急诊等 候	4.00	4.9				1.50E-05	1.32E-04
DSA 介入 手术室 3	17#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.2	1.757	5.177	0.3156	1.50E-05	1.17E-04
	18#	东墙外 30cm	6.00	5.1				3.71E-07	3.02E-06
	19#	南墙外 30cm 走廊	6.00	4.0				3.71E-07	4.90E-06
	20#	南墙外 30cm 前室	6.00	4.0				3.71E-07	4.90E-06
	21#	西墙外 30cm 库房	6.00	3.8				3.71E-07	5.43E-06

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_z$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
ERCP 治疗室	22#	西墙外 30cm	6.00	3.6				3.71E-07	6.09E-06
	23#	西侧观察窗外 30cm	4.00	3.6				1.50E-05	2.49E-04
	24#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.0				1.50E-05	1.98E-04
	25#	DSA 介入手术室 3 上方谈话区	4.00	4.1				1.50E-05	1.88E-04
	26#	DSA 介入手术室 3 下方检查等候	4.00	4.9				1.50E-05	1.32E-04
	27#	北侧防护门外 30cm	4.00	3.5				1.50E-05	2.58E-04
	28#	北墙外 30cm	6.00	3.2				3.71E-07	7.86E-06
	29#	北侧观察窗外 30cm	4.00	3.1				1.50E-05	3.29E-04
	30#	东侧防护门外 30cm	4.00	4.3				1.50E-05	1.71E-04
	31#	东墙外 30cm	6.00	4.5				3.71E-07	3.87E-06
杂交手术室 1	32#	南墙外 30cm	6.00	3.6				3.71E-07	6.05E-06
	33#	西墙外 30cm	6.00	4.3				3.71E-07	4.24E-06
	34#	ERCP 治疗室上方护士室	4.00	4.1				1.50E-05	1.88E-04
	35#	ERCP 治疗室下方仓库	4.00	4.9				1.50E-05	1.32E-04
	36#	北墙外 30cm	6.00	4.7				3.71E-07	3.49E-06
	37#	东墙外 30cm	6.00	5.0				3.71E-07	3.09E-06
	38#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.0				1.50E-05	1.26E-04
	39#	东侧观察窗外 30cm	4.00	5.1				1.50E-05	1.23E-04
	40#	西侧防护门外 30cm	4.00	6.0				1.50E-05	8.84E-05
杂交手术	41#	西墙外 30cm	6.00	5.2				3.71E-07	2.90E-06
	42#	杂交手术室 1 上方女更衣室	4.00	4.1				1.50E-05	1.88E-04
	43#	杂交手术室 1 下方质检室	4.00	4.9				1.50E-05	1.32E-04
杂交手术	44#	东侧观察窗外 30cm	4.00	5.2				1.50E-05	1.19E-04

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_z$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
室 2	45#	东墙外 30cm	6.00	5.0				3.71E-07	3.11E-06
	46#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.0				1.50E-05	1.24E-04
	47#	南墙外 30cm	6.00	4.8				3.71E-07	3.48E-06
	48#	西墙外 30cm	6.00	5.2				3.71E-07	2.90E-06
	49#	西侧防护门外 30cm	4.00	6.2				1.50E-05	8.31E-05
	50#	杂交手术室 2 上方值班室	4.00	4.1				1.50E-05	1.88E-04
	51#	杂交手术室 2 下方检查包装灭 菌区	4.00	4.9				1.50E-05	1.32E-04
杂交手 术室 3	52#	北墙外 30cm	6.00	6.0				3.71E-07	2.22E-06
	53#	东墙外 30cm	6.00	4.4				3.71E-07	4.05E-06
	54#	南墙外 30cm 缓冲间	6.00	4.5				3.71E-07	3.94E-06
	55#	南墙外 30cmMR 检查室	6.00	3.9				3.71E-07	5.16E-06
	56#	西侧观察窗外 30cm	4.00	4.4				1.50E-05	1.63E-04
	57#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.3				1.50E-05	1.74E-04
	58#	西墙外 30cm	6.00	4.3				3.71E-07	4.24E-06
	59#	西墙外 30cm 缓冲区	6.00	5.4				3.71E-07	2.69E-06
	60#	杂交手术室 3 上方	4.00	4.9				1.50E-05	1.32E-04
	61#	杂交手术室 3 下方检查包装灭 菌区	4.00	4.9				1.50E-05	1.32E-04

表 11.2.3 透视状态下机房周围散射辐射剂量率

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_s$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
DSA 介入 手术室 1	1#	北墙外 30cm	6.00	6.7	1.791	5.478	0.5678	1.83E-06	9.69E-05
	2#	东墙外 30cm	6.00	4.3				1.83E-06	5.80E-07
	3#	东侧防护门外 30cm	4.00	4.3				6.72E-05	8.70E-03
	4#	西侧防护门外 30cm	4.00	3.9				6.72E-05	1.03E-02
	5#	西墙外 30cm	6.00	4.0				1.83E-06	2.68E-04
	6#	西侧观察窗外 30cm	4.00	4.1				6.72E-05	9.35E-03
	7#	西墙外 30cm 设备间	6.00	4.8				1.83E-06	1.86E-04
	8#	DSA 介入手术室 1 上方 OR1 负压手术室	4.00	4.1				6.72E-05	9.35E-03
	9#	DSA 介入手术室 1 下方外科	4.00	4.9				6.72E-05	6.55E-03
DSA 介入 手术室 2	10#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.3	1.791	5.478	0.5678	6.72E-05	5.60E-03
	11#	东墙外 30cm	4.00	5.1				6.72E-05	6.04E-03
	12#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.2				6.72E-05	8.91E-03
	13#	西侧观察窗外 30cm	4.00	3.5				6.72E-05	3.21E-05
	14#	西墙外 30cm	6.00	3.7				1.83E-06	3.13E-04
	15#	DSA 介入手术室 2 上方走廊	4.00	4.1				6.72E-05	9.35E-03
	16#	DSA 介入手术室 2 下方急诊等 候	4.00	4.9				6.72E-05	6.55E-03
DSA 介入 手术室 3	17#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.2	1.791	5.478	0.5678	6.72E-05	5.81E-03
	18#	东墙外 30cm	6.00	5.1				1.83E-06	1.65E-04
	19#	南墙外 30cm 走廊	6.00	4.0				1.83E-06	2.68E-04
	20#	南墙外 30cm 前室	6.00	4.0				1.83E-06	2.68E-04
	21#	西墙外 30cm 库房	6.00	3.8				1.83E-06	2.97E-04

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_s$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
ERCP 治疗室	22#	西墙外 30cm	6.00	3.6				1.83E-06	3.33E-04
	23#	西侧观察窗外 30cm	4.00	3.6				6.72E-05	1.24E-02
	24#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.0				6.72E-05	2.46E-05
	25#	DSA 介入手术室 3 上方谈话区	4.00	4.1				6.72E-05	9.35E-03
	26#	DSA 介入手术室 3 下方检查等候	4.00	4.9				6.72E-05	6.55E-03
	27#	北侧防护门外 30cm	4.00	3.5				6.72E-05	1.28E-02
	28#	北墙外 30cm	6.00	3.2				1.83E-06	4.29E-04
	29#	北侧观察窗外 30cm	4.00	3.1				6.72E-05	1.64E-02
	30#	东侧防护门外 30cm	4.00	4.3				6.72E-05	8.50E-03
	31#	东墙外 30cm	6.00	4.5				1.83E-06	2.12E-04
杂交手术室 1	32#	南墙外 30cm	6.00	3.6				1.83E-06	3.31E-04
	33#	西墙外 30cm	6.00	4.3				1.83E-06	2.32E-04
	34#	ERCP 治疗室上方护士室	4.00	4.1				6.72E-05	9.35E-03
	35#	ERCP 治疗室下方仓库	4.00	4.9				6.72E-05	1.64E-05
	36#	北墙外 30cm	6.00	4.7				1.83E-06	1.91E-04
	37#	东墙外 30cm	6.00	5.0				1.83E-06	4.22E-07
	38#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.0				6.72E-05	6.26E-03
	39#	东侧观察窗外 30cm	4.00	5.1				6.72E-05	6.14E-03
杂交手术	40#	西侧防护门外 30cm	4.00	6.0				6.72E-05	4.40E-03
	41#	西墙外 30cm	6.00	5.2				1.83E-06	1.59E-04
	42#	杂交手术室 1 上方女更衣室	4.00	4.1				6.72E-05	9.35E-03
	43#	杂交手术室 1 下方质检室	4.00	4.9				6.72E-05	6.55E-03
杂交手术	44#	东侧观察窗外 30cm	4.00	5.2				6.72E-05	5.90E-03

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_s$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
室 2	45#	东墙外 30cm	6.00	5.0				1.83E-06	4.25E-07
	46#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.0				6.72E-05	6.19E-03
	47#	南墙外 30cm	6.00	4.8				1.83E-06	1.90E-04
	48#	西墙外 30cm	6.00	5.2				1.83E-06	1.59E-04
	49#	西侧防护门外 30cm	4.00	6.2				6.72E-05	4.13E-03
	50#	杂交手术室 2 上方值班室	4.00	4.1				6.72E-05	9.35E-03
	51#	杂交手术室 2 下方检查包装灭 菌区	4.00	4.9				6.72E-05	6.55E-03
杂交手 术室 3	52#	北墙外 30cm	6.00	6.0				1.83E-06	1.21E-04
	53#	东墙外 30cm	6.00	4.4				1.83E-06	2.21E-04
	54#	南墙外 30cm 缓冲间	6.00	4.5				1.83E-06	2.16E-04
	55#	南墙外 30cmMR 检查室	6.00	3.9				1.83E-06	2.82E-04
	56#	西侧观察窗外 30cm	4.00	4.4				6.72E-05	8.12E-03
	57#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.3				6.72E-05	2.17E-05
	58#	西墙外 30cm	6.00	4.3				1.83E-06	2.32E-04
	59#	西墙外 30cm 缓冲区	6.00	5.4				1.83E-06	1.47E-04
	60#	杂交手术室 3 上方	4.00	4.9				6.72E-05	6.55E-03
	61#	杂交手术室 3 下方检查包装灭 菌区	4.00	4.9				6.72E-05	6.55E-03

注:  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 取《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)表C.2中150kV(散射)。

表 11.2.4 透视状态下机房周围各关注点总剂量率

机房名称	序号	关注点位置	$\dot{H}_z$ 泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$\dot{H}_s$ 散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$\dot{H}_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
DSA 介入手术室 1	1#	北墙外 30cm	1.77E-06	9.69E-05	9.87E-05
	2#	东墙外 30cm	4.24E-06	5.80E-07	4.82E-06
	3#	东侧防护门外 30cm	1.75E-04	8.70E-03	8.88E-03
	4#	西侧防护门外 30cm	2.08E-04	1.03E-02	1.05E-02
	5#	西墙外 30cm	4.90E-06	2.68E-04	2.73E-04
	6#	西侧观察窗外 30cm	1.88E-04	9.35E-03	9.54E-03
	7#	西墙外 30cm 设备间	3.41E-06	1.86E-04	1.89E-04
	8#	DSA 介入手术室 1 上方 OR1 负压手术室	1.88E-04	9.35E-03	9.54E-03
	9#	DSA 介入手术室 1 下方外科	1.32E-04	6.55E-03	6.68E-03
DSA 介入手术室 2	10#	东侧防护门外 30cm	1.13E-04	5.60E-03	5.71E-03
	11#	东墙外 30cm	1.22E-04	6.04E-03	6.16E-03
	12#	西侧防护门外 30cm	1.79E-04	8.91E-03	9.09E-03
	13#	西侧观察窗外 30cm	2.58E-04	3.21E-05	2.90E-04
	14#	西墙外 30cm	5.73E-06	3.13E-04	3.19E-04
	15#	DSA 介入手术室 2 上方走廊	1.88E-04	9.35E-03	9.54E-03
	16#	DSA 介入手术室 2 下方急诊等候	1.32E-04	6.55E-03	6.68E-03
DSA 介入手术室 3	17#	东侧防护门外 30cm	1.17E-04	5.81E-03	5.93E-03
	18#	东墙外 30cm	3.02E-06	1.65E-04	1.68E-04
	19#	南墙外 30cm 走廊	4.90E-06	2.68E-04	2.73E-04
	20#	南墙外 30cm 前室	4.90E-06	2.68E-04	2.73E-04
	21#	西墙外 30cm 库房	5.43E-06	2.97E-04	3.02E-04
	22#	西墙外 30cm	6.09E-06	3.33E-04	3.39E-04

机房名称	序号	关注点位置	$\dot{H}_z$ 泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_s$ 散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
ERCP 治疗室	23#	西侧观察窗外 30cm	2.49E-04	1.24E-02	1.27E-02
	24#	西侧防护门外 30cm	1.98E-04	2.46E-05	2.22E-04
	25#	DSA 介入手术室 3 上方谈话区	1.88E-04	9.35E-03	9.54E-03
	26#	DSA 介入手术室 3 下方检查等候	1.32E-04	6.55E-03	6.68E-03
	27#	北侧防护门外 30cm	2.58E-04	1.28E-02	1.31E-02
	28#	北墙外 30cm	7.86E-06	4.29E-04	4.37E-04
	29#	北侧观察窗外 30cm	3.29E-04	1.64E-02	1.67E-02
	30#	东侧防护门外 30cm	1.71E-04	8.50E-03	8.67E-03
	31#	东墙外 30cm	3.87E-06	2.12E-04	2.16E-04
杂交手术室 1	32#	南墙外 30cm	6.05E-06	3.31E-04	3.37E-04
	33#	西墙外 30cm	4.24E-06	2.32E-04	2.36E-04
	34#	ERCP 治疗室上方护工室	1.88E-04	9.35E-03	9.54E-03
	35#	ERCP 治疗室下方仓库	1.32E-04	1.64E-05	1.48E-04
	36#	北墙外 30cm	3.49E-06	1.91E-04	1.94E-04
	37#	东墙外 30cm	3.09E-06	4.22E-07	3.51E-06
	38#	东侧防护门外 30cm	1.26E-04	6.26E-03	6.39E-03
	39#	东侧观察窗外 30cm	1.23E-04	6.14E-03	6.26E-03
	40#	西侧防护门外 30cm	8.84E-05	4.40E-03	4.48E-03
杂交手术室 2	41#	西墙外 30cm	2.90E-06	1.59E-04	1.61E-04
	42#	杂交手术室 1 上方女更衣室	1.88E-04	9.35E-03	9.54E-03
	43#	杂交手术室 1 下方质检室	1.32E-04	6.55E-03	6.68E-03
	44#	东侧观察窗外 30cm	1.19E-04	5.90E-03	6.02E-03
	45#	东墙外 30cm	3.11E-06	4.25E-07	3.54E-06
	46#	东侧防护门外 30cm	1.24E-04	6.19E-03	6.31E-03

机房名称	序号	关注点位置	$\dot{H}_z$ 泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_s$ 散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
杂交手术室 3	47#	南墙外 30cm	3.48E-06	1.90E-04	1.93E-04
	48#	西墙外 30cm	2.90E-06	1.59E-04	1.61E-04
	49#	西侧防护门外 30cm	8.31E-05	4.13E-03	4.21E-03
	50#	杂交手术室 2 上方值班室	1.88E-04	9.35E-03	9.54E-03
	51#	杂交手术室 2 下方检查包装灭菌区	1.32E-04	6.55E-03	6.68E-03
	52#	北墙外 30cm	2.22E-06	1.21E-04	1.23E-04
	53#	东墙外 30cm	4.05E-06	2.21E-04	2.25E-04
	54#	南墙外 30cm 缓冲间	3.94E-06	2.16E-04	2.19E-04
	55#	南墙外 30cmMR 检查室	5.16E-06	2.82E-04	2.87E-04
	56#	西侧观察窗外 30cm	1.63E-04	8.12E-03	8.28E-03
	57#	西侧防护门外 30cm	1.74E-04	2.17E-05	1.96E-04
	58#	西墙外 30cm	4.24E-06	2.32E-04	2.36E-04
	59#	西墙外 30cm 缓冲区	2.69E-06	1.47E-04	1.50E-04
	60#	杂交手术室 3 上方	1.32E-04	6.55E-03	6.68E-03
	61#	杂交手术室 3 下方检查包装灭菌区	1.32E-04	6.55E-03	6.68E-03

表 11.2.5 摄影状态下机房周围泄漏辐射剂量率

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_z$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
DSA 介入 手术室 1	1#	北墙外 30cm	6.00	6.7	1.757	5.177	0.3156	3.71E-07	8.87E-05
	2#	东墙外 30cm	6.00	4.3				3.71E-07	2.12E-04
	3#	东侧防护门外 30cm	4.00	4.3				1.50E-05	8.55E-03
	4#	西侧防护门外 30cm	4.00	3.9				1.50E-05	1.04E-02
	5#	西墙外 30cm	6.00	4.0				3.71E-07	2.45E-04
	6#	西侧观察窗外 30cm	4.00	4.1				1.50E-05	9.40E-03
	7#	西墙外 30cm 设备间	6.00	4.8				3.71E-07	1.70E-04
	8#	DSA 介入手术室 1 上方 OR1 负压手术室	4.00	4.1				1.50E-05	9.40E-03
	9#	DSA 介入手术室 1 下方外科	4.00	4.9				1.50E-05	6.58E-03
DSA 介入 手术室 2	10#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.3	1.757	5.177	0.3156	1.50E-05	5.63E-03
	11#	东墙外 30cm	4.00	5.1				1.50E-05	6.08E-03
	12#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.2				1.50E-05	8.96E-03
	13#	西侧观察窗外 30cm	4.00	3.5				1.50E-05	1.29E-02
	14#	西墙外 30cm	6.00	3.7				3.71E-07	2.87E-04
	15#	DSA 介入手术室 2 上方走廊	4.00	4.1				1.50E-05	9.40E-03
	16#	DSA 介入手术室 2 下方急诊等 候	4.00	4.9				1.50E-05	6.58E-03
DSA 介入 手术室 3	17#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.2	1.757	5.177	0.3156	1.50E-05	5.85E-03
	18#	东墙外 30cm	6.00	5.1				3.71E-07	1.51E-04
	19#	南墙外 30cm 走廊	6.00	4.0				3.71E-07	2.45E-04
	20#	南墙外 30cm 前室	6.00	4.0				3.71E-07	2.45E-04
	21#	西墙外 30cm 库房	6.00	3.8				3.71E-07	2.72E-04

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_z$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
ERCP 治疗室	22#	西墙外 30cm	6.00	3.6				3.71E-07	3.04E-04
	23#	西侧观察窗外 30cm	4.00	3.6				1.50E-05	1.25E-02
	24#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.0				1.50E-05	9.88E-03
	25#	DSA 介入手术室 3 上方谈话区	4.00	4.1				1.50E-05	9.40E-03
	26#	DSA 介入手术室 3 下方检查等候	4.00	4.9				1.50E-05	6.58E-03
	27#	北侧防护门外 30cm	4.00	3.5				1.50E-05	1.29E-02
	28#	北墙外 30cm	6.00	3.2				3.71E-07	3.93E-04
	29#	北侧观察窗外 30cm	4.00	3.1				1.50E-05	1.65E-02
	30#	东侧防护门外 30cm	4.00	4.3				1.50E-05	8.55E-03
	31#	东墙外 30cm	6.00	4.5				3.71E-07	1.94E-04
杂交手术室 1	32#	南墙外 30cm	6.00	3.6				3.71E-07	3.03E-04
	33#	西墙外 30cm	6.00	4.3				3.71E-07	2.12E-04
	34#	ERCP 治疗室上方护士室	4.00	4.1				1.50E-05	9.40E-03
	35#	ERCP 治疗室下方仓库	4.00	4.9				1.50E-05	6.58E-03
	36#	北墙外 30cm	6.00	4.7				3.71E-07	1.75E-04
	37#	东墙外 30cm	6.00	5.0				3.71E-07	1.54E-04
	38#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.0				1.50E-05	6.30E-03
	39#	东侧观察窗外 30cm	4.00	5.1				1.50E-05	6.17E-03
	40#	西侧防护门外 30cm	4.00	6.0				1.50E-05	4.42E-03
杂交手术室 1	41#	西墙外 30cm	6.00	5.2				3.71E-07	1.45E-04
	42#	杂交手术室 1 上方女更衣室	4.00	4.1				1.50E-05	9.40E-03
	43#	杂交手术室 1 下方质检室	4.00	4.9				1.50E-05	6.58E-03
杂交手术	44#	东侧观察窗外 30cm	4.00	5.2				1.50E-05	5.94E-03

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_z$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
室 2	45#	东墙外 30cm	6.00	5.0				3.71E-07	1.56E-04
	46#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.0				1.50E-05	6.22E-03
	47#	南墙外 30cm	6.00	4.8				3.71E-07	1.74E-04
	48#	西墙外 30cm	6.00	5.2				3.71E-07	1.45E-04
	49#	西侧防护门外 30cm	4.00	6.2				1.50E-05	4.15E-03
	50#	杂交手术室 2 上方值班室	4.00	4.1				1.50E-05	9.40E-03
	51#	杂交手术室 2 下方检查包装灭 菌区	4.00	4.9				1.50E-05	6.58E-03
杂交手 术室 3	52#	北墙外 30cm	6.00	6.0				3.71E-07	1.11E-04
	53#	东墙外 30cm	6.00	4.4				3.71E-07	2.03E-04
	54#	南墙外 30cm 缓冲间	6.00	4.5				3.71E-07	1.97E-04
	55#	南墙外 30cmMR 检查室	6.00	3.9				3.71E-07	2.58E-04
	56#	西侧观察窗外 30cm	4.00	4.4				1.50E-05	8.17E-03
	57#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.3				1.50E-05	8.71E-03
	58#	西墙外 30cm	6.00	4.3				3.71E-07	2.12E-04
	59#	西墙外 30cm 缓冲区	6.00	5.4				3.71E-07	1.35E-04
	60#	杂交手术室 3 上方	4.00	4.9				1.50E-05	6.58E-03
	61#	杂交手术室 3 下方检查包装灭 菌区	4.00	4.9				1.50E-05	6.58E-03

表 11.2.6 摄影状态下机房周围散射辐射剂量率

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_z$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
DSA 介入 手术室 1	1#	北墙外 30cm	6.00	6.7	1.791	5.478	0.5678	1.83E-06	4.85E-03
	2#	东墙外 30cm	6.00	4.3				1.83E-06	1.16E-02
	3#	东侧防护门外 30cm	4.00	4.3				6.72E-05	4.25E-01
	4#	西侧防护门外 30cm	4.00	3.9				6.72E-05	5.17E-01
	5#	西墙外 30cm	6.00	4.0				1.83E-06	1.34E-02
	6#	西侧观察窗外 30cm	4.00	4.1				6.72E-05	4.68E-01
	7#	西墙外 30cm 设备间	6.00	4.8				1.83E-06	9.30E-03
	8#	DSA 介入手术室 1 上方 OR1 负压手术室	4.00	4.1				6.72E-05	4.68E-01
	9#	DSA 介入手术室 1 下方外科	4.00	4.9				6.72E-05	3.27E-01
DSA 介入 手术室 2	10#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.3	1.791	5.478	0.5678	6.72E-05	2.80E-01
	11#	东墙外 30cm	4.00	5.1				6.72E-05	3.02E-01
	12#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.2				6.72E-05	4.46E-01
	13#	西侧观察窗外 30cm	4.00	3.5				6.72E-05	6.42E-01
	14#	西墙外 30cm	6.00	3.7				1.83E-06	1.57E-02
	15#	DSA 介入手术室 2 上方走廊	4.00	4.1				6.72E-05	4.68E-01
	16#	DSA 介入手术室 2 下方急诊 等候	4.00	4.9				6.72E-05	3.27E-01
DSA 介入 手术室 3	17#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.2	1.791	5.478	0.5678	6.72E-05	2.91E-01
	18#	东墙外 30cm	6.00	5.1				1.83E-06	8.24E-03
	19#	南墙外 30cm 走廊	6.00	4.0				1.83E-06	1.34E-02
	20#	南墙外 30cm 前室	6.00	4.0				1.83E-06	1.34E-02
	21#	西墙外 30cm 库房	6.00	3.8				1.83E-06	1.48E-02

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_z$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
DSA 介入手术室 3	22#	西墙外 30cm	6.00	3.6				1.83E-06	1.66E-02
	23#	西侧观察窗外 30cm	4.00	3.6				6.72E-05	6.20E-01
	24#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.0				6.72E-05	4.91E-01
	25#	DSA 介入手术室 3 上方谈话区	4.00	4.1				6.72E-05	4.68E-01
	26#	DSA 介入手术室 3 下方检查等候	4.00	4.9				6.72E-05	3.27E-01
ERCP 治疗室	27#	北侧防护门外 30cm	4.00	3.5				6.72E-05	6.42E-01
	28#	北墙外 30cm	6.00	3.2				1.83E-06	2.15E-02
	29#	北侧观察窗外 30cm	4.00	3.1				6.72E-05	8.18E-01
	30#	东侧防护门外 30cm	4.00	4.3				6.72E-05	4.25E-01
	31#	东墙外 30cm	6.00	4.5				1.83E-06	1.06E-02
	32#	南墙外 30cm	6.00	3.6				1.83E-06	1.65E-02
	33#	西墙外 30cm	6.00	4.3				1.83E-06	1.16E-02
	34#	ERCP 治疗室上方护工室	4.00	4.1				6.72E-05	4.68E-01
	35#	ERCP 治疗室下方仓库	4.00	4.9				6.72E-05	3.27E-01
	36#	北墙外 30cm	6.00	4.7				1.83E-06	9.54E-03
杂交手术室 1	37#	东墙外 30cm	6.00	5.0				1.83E-06	8.44E-03
	38#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.0				6.72E-05	3.13E-01
	39#	东侧观察窗外 30cm	4.00	5.1				6.72E-05	3.07E-01
	40#	西侧防护门外 30cm	4.00	6.0				6.72E-05	2.20E-01
	41#	西墙外 30cm	6.00	5.2				1.83E-06	7.93E-03
	42#	杂交手术室 1 上方女更衣室	4.00	4.1				6.72E-05	4.68E-01
	43#	杂交手术室 1 下方质检室	4.00	4.9				6.72E-05	3.27E-01

机房名称	序号	关注点位置	折合铅当量 (mmPb)	d (m)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B 估算 结果	$\dot{H}_z$ 估算结果 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
杂交手术室 2	44#	东侧观察窗外 30cm	4.00	5.2				6.72E-05	2.95E-01
	45#	东墙外 30cm	6.00	5.0				1.83E-06	8.51E-03
	46#	东侧防护门外 30cm	4.00	5.0				6.72E-05	3.09E-01
	47#	南墙外 30cm	6.00	4.8				1.83E-06	9.50E-03
	48#	西墙外 30cm	6.00	5.2				1.83E-06	7.93E-03
	49#	西侧防护门外 30cm	4.00	6.2				6.72E-05	2.06E-01
	50#	杂交手术室 2 上方值班室	4.00	4.1				6.72E-05	4.68E-01
	51#	杂交手术室 2 下方检查包装 灭菌区	4.00	4.9				6.72E-05	3.27E-01
	52#	北墙外 30cm	6.00	6.0				1.83E-06	6.05E-03
杂交手术室 3	53#	东墙外 30cm	6.00	4.4				1.83E-06	1.11E-02
	54#	南墙外 30cm 缓冲间	6.00	4.5				1.83E-06	1.08E-02
	55#	南墙外 30cmMR 检查室	6.00	3.9				1.83E-06	1.41E-02
	56#	西侧观察窗外 30cm	4.00	4.4				6.72E-05	4.06E-01
	57#	西侧防护门外 30cm	4.00	4.3				6.72E-05	4.33E-01
	58#	西墙外 30cm	6.00	4.3				1.83E-06	1.16E-02
	59#	西墙外 30cm 缓冲区	6.00	5.4				1.83E-06	7.35E-03
	60#	杂交手术室 3 上方	4.00	4.9				6.72E-05	3.27E-01
	61#	杂交手术室 3 下方检查包装 灭菌区	4.00	4.9				6.72E-05	3.27E-01

表 11.2.7 摄影状态下机房周围各关注点总剂量率

机房名称	序号	关注点位置	$\dot{H}_z$ 泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$\dot{H}_s$ 散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	$\dot{H}_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
DSA 介入手术室 1	1#	北墙外 30cm	8.87E-05	4.85E-03	4.94E-03
	2#	东墙外 30cm	2.12E-04	1.16E-02	1.18E-02
	3#	东侧防护门外 30cm	8.55E-03	4.25E-01	4.34E-01
	4#	西侧防护门外 30cm	1.04E-02	5.17E-01	5.27E-01
	5#	西墙外 30cm	2.45E-04	1.34E-02	1.36E-02
	6#	西侧观察窗外 30cm	9.40E-03	4.68E-01	4.77E-01
	7#	西墙外 30cm 设备间	1.70E-04	9.30E-03	9.47E-03
	8#	DSA 介入手术室 1 上方 OR1 负压手术室	9.40E-03	4.68E-01	4.77E-01
	9#	DSA 介入手术室 1 下方外科	6.58E-03	3.27E-01	3.34E-01
DSA 介入手术室 2	10#	东侧防护门外 30cm	5.63E-03	2.80E-01	2.85E-01
	11#	东墙外 30cm	6.08E-03	3.02E-01	3.08E-01
	12#	西侧防护门外 30cm	8.96E-03	4.46E-01	4.55E-01
	13#	西侧观察窗外 30cm	1.29E-02	6.42E-01	6.54E-01
	14#	西墙外 30cm	2.87E-04	1.57E-02	1.59E-02
	15#	DSA 介入手术室 2 上方走廊	9.40E-03	4.68E-01	4.77E-01
	16#	DSA 介入手术室 2 下方急诊等候	6.58E-03	3.27E-01	3.34E-01
DSA 介入手术室 3	17#	东侧防护门外 30cm	5.85E-03	2.91E-01	2.97E-01
	18#	东墙外 30cm	1.51E-04	8.24E-03	8.39E-03
	19#	南墙外 30cm 走廊	2.45E-04	1.34E-02	1.36E-02
	20#	南墙外 30cm 前室	2.45E-04	1.34E-02	1.36E-02
	21#	西墙外 30cm 库房	2.72E-04	1.48E-02	1.51E-02
	22#	西墙外 30cm	3.04E-04	1.66E-02	1.69E-02

机房名称	序号	关注点位置	$\dot{H}_z$ 泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_s$ 散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
	23#	西侧观察窗外 30cm	1.25E-02	6.20E-01	6.33E-01
	24#	西侧防护门外 30cm	9.88E-03	4.91E-01	5.01E-01
	25#	DSA 介入手术室 3 上方谈话区	9.40E-03	4.68E-01	4.77E-01
	26#	DSA 介入手术室 3 下方检查等候	6.58E-03	3.27E-01	3.34E-01
ERCP 治疗室	27#	北侧防护门外 30cm	1.29E-02	6.42E-01	6.54E-01
	28#	北墙外 30cm	3.93E-04	2.15E-02	2.19E-02
	29#	北侧观察窗外 30cm	1.65E-02	8.18E-01	8.34E-01
	30#	东侧防护门外 30cm	8.55E-03	4.25E-01	4.34E-01
	31#	东墙外 30cm	1.94E-04	1.06E-02	1.08E-02
	32#	南墙外 30cm	3.03E-04	1.65E-02	1.68E-02
	33#	西墙外 30cm	2.12E-04	1.16E-02	1.18E-02
	34#	ERCP 治疗室上方护工室	9.40E-03	4.68E-01	4.77E-01
	35#	ERCP 治疗室下方仓库	6.58E-03	3.27E-01	3.34E-01
杂交手术室 1	36#	北墙外 30cm	1.75E-04	9.54E-03	9.71E-03
	37#	东墙外 30cm	1.54E-04	8.44E-03	8.59E-03
	38#	东侧防护门外 30cm	6.30E-03	3.13E-01	3.19E-01
	39#	东侧观察窗外 30cm	6.17E-03	3.07E-01	3.13E-01
	40#	西侧防护门外 30cm	4.42E-03	2.20E-01	2.24E-01
	41#	西墙外 30cm	1.45E-04	7.93E-03	8.07E-03
	42#	杂交手术室 1 上方女更衣室	9.40E-03	4.68E-01	4.77E-01
	43#	杂交手术室 1 下方质检室	6.58E-03	3.27E-01	3.34E-01
杂交手术室 2	44#	东侧观察窗外 30cm	5.94E-03	2.95E-01	3.01E-01
	45#	东墙外 30cm	1.56E-04	8.51E-03	8.66E-03
	46#	东侧防护门外 30cm	6.22E-03	3.09E-01	3.16E-01

机房名称	序号	关注点位置	$\dot{H}_z$ 泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_s$ 散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
杂交手术室 3	47#	南墙外 30cm	1.74E-04	9.50E-03	9.67E-03
	48#	西墙外 30cm	1.45E-04	7.93E-03	8.07E-03
	49#	西侧防护门外 30cm	4.15E-03	2.06E-01	2.11E-01
	50#	杂交手术室 2 上方值班室	9.40E-03	4.68E-01	4.77E-01
	51#	杂交手术室 2 下方检查包装灭菌区	6.58E-03	3.27E-01	3.34E-01
杂交手术室 3	52#	北墙外 30cm	1.11E-04	6.05E-03	6.17E-03
	53#	东墙外 30cm	2.03E-04	1.11E-02	1.13E-02
	54#	南墙外 30cm 缓冲间	1.97E-04	1.08E-02	1.10E-02
	55#	南墙外 30cmMR 检查室	2.58E-04	1.41E-02	1.44E-02
	56#	西侧观察窗外 30cm	8.17E-03	4.06E-01	4.14E-01
	57#	西侧防护门外 30cm	8.71E-03	4.33E-01	4.42E-01
	58#	西墙外 30cm	2.12E-04	1.16E-02	1.18E-02
	59#	西墙外 30cm 缓冲区	1.35E-04	7.35E-03	7.49E-03
	60#	杂交手术室 3 上方	6.58E-03	3.27E-01	3.34E-01
	61#	杂交手术室 3 下方检查包装灭菌区	6.58E-03	3.27E-01	3.34E-01

### (3) 周边周围剂量当量估算小结

根据表 11.2.4 和表 11.2.7 估算结果可知, 本项目 ERCP 机和 DSA 机在透视模式下, 机房周边周围剂量当量最大值分别为  $1.67 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}/\text{h}$  和  $1.27 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}/\text{h}$ ; 在摄影模式下, 机房周边周围剂量当量最大值分别为  $0.834 \mu\text{Sv}/\text{h}$  和  $0.654 \mu\text{Sv}/\text{h}$ , 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  $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

### (4) 叠加影响

本项目二层 ERCP 机房四周及上下方与三层杂交手术室机房均不相邻, 二层 3 间 DSA 介入手术室相邻布置, 当 3 台 DSA 机同时运行时, 可能会对机房周围造成叠加影响, 根据表 11.2.4 和表 11.2.7 估算结果, 保守将二层 3 间 DSA 介入手术室外最大剂量率进行相加, 其最大叠加剂量率为透视  $3.27 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}/\text{h}$ 、摄影  $1.81 \mu\text{Sv}/\text{h}$ , 仍然能满足本项目辐射剂量率不大于  $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$  的管理限值要求。

本项目三层 3 间杂交手术室相邻布置, 当三层杂交手术室 3 台 DSA 机同时运行时, 可能会对机房周围造成叠加影响, 根据表 11.2.4 和表 11.2.7 估算结果, 保守将三层 3 间杂交手术室外最大剂量率进行相加, 其最大叠加剂量率为透视  $2.74 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}/\text{h}$ 、摄影  $1.40 \mu\text{Sv}/\text{h}$ , 能满足本项目辐射剂量率不大于  $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$  的管理限值要求。

## 11.2.2.2 类比分析

### (1) 类比对象的选取

本报告采用类比的方法评价本项目 DSA 和 ERCP 运行阶段的辐射影响, 本项目采用的类比对象及类比情况见表 11.2.8。

表 11.2.8 DSA 机和 ERCP 机类比情况一览表

项目	类比对象	本项目	对比结果
建设单位	咸宁市中心医院	和敏医院	/
设备	DSA	DSA、ERCP	
型号	UNIQ FD20	待定	/
管电压 (kV) /最大管电流 (mA)	150kV, 1250mA	150kV, 1250mA	一致
四壁屏蔽	370mm 实心砖 (约合 3mmPb)	240mm 实心砖+4mmPb 铅板 (约合 6mmPb)	本项目优
防护门	3mmPb 铅板	4mmPb 铅板	本项目优
观察窗	3mmPb 铅玻璃	4mmPb 铅玻璃	本项目优
屋顶	200mm 混凝土 (约合 2mmPb)	100mm 混凝土+3mmPb 当量 防护涂料 (约合 4mmPb)	本项目优
地面	200mm 混凝土	100mm 混凝土+3mmPb 当量	本项目优

	(约合 2mmPb)	防护涂料 (约合 4mmPb)	
DSA 机房面积	54.72m <sup>2</sup>	38.05~67.34m <sup>2</sup>	/

### (2) 类比可行性分析

① 本项目 DSA 和 ERCP 的最大管电压小于 150kV、最大管电流小于 1250mA，与类比对象一致。

② 本项目机房的整体屏蔽防护能力优于类比对象的屏蔽防护能力。

③ 本项目机房的有效使用面积部分大于类比对象，部分机房面积虽小于类比对象但屏蔽方案远高于类比对象。

④ 类比 DSA 的验收监测为射线装置正常开机工况下进行，具有一定的代表性。

综上所述，咸宁市中心医院 UNIQ FD20 型 DSA 作为本项目类比对象是可行的，其检测数据可作为本项目类比数据。

### (3) 类比结果分析

咸宁市中心医院于 2017 年 12 月委托湖北省核工业放射性核素检测实验中心对医院 UNIQ FD20 型 DSA 进行了场所检测，并编制了检测报告，检测结果见表 11.2.9。

表 11.2.9 咸宁市中心医院 UNIQ FD20 型 DSA 检测结果

检测点位	监测点位置	监测结果 (μSv/h)	工况
		射线装置运行时	
1	铅窗	0.11	
2	操作位	0.12	
3	控制室铅门左侧 30cm 处	0.13	
4	控制室铅门右侧 30cm 处	0.14	
5	控制室铅门下侧 30cm 处	0.22	
6	控制室铅门中部 30cm 处	0.13	
7	病人出入铅门左侧 30cm 处	0.22	
8	病人出入铅门右侧 30cm 处	0.41	
9	病人出入铅门上侧 30cm 处	0.20	
10	病人出入铅门中部 30cm 处	0.23	
11	病人出入铅门下侧 30cm 处	0.25	
12	走廊	0.26	
13	污物通道铅门左侧 30cm 处	0.15	
14	污物通道铅门右侧 30cm 处	0.16	
15	污物通道铅门下侧 30cm 处	0.45	
16	楼上 (检验科临床教室)	0.16	

注：1、以上相应检测位置不少于三个点。2、以上周围剂量当量率检测结果数据均未扣除本底值 (0.08~0.14 μSv/h)

从表 11.2.9 可以看出, 咸宁市中心医院 UNIQ FD20 型 DSA 正常工作时, DSA 手术室周围辐射剂量率不大于  $0.45\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 可满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 规定的机房周围剂量当量率不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  的要求。

通过理论计算和类比分析, 本项目 DSA、ERCP 投入使用后, 正常运行时, 机房墙体外表面 30cm 及周围防护均能满足 GBZ 130-2020 的要求。因此, 本项目采取的防护措施是合理的。

### 11.2.3 滑轨 CT 环境影响分析

#### (1) 屏蔽材料符合性分析

本项目 CT 由 CT 停车库通过滑轨移至杂交手术室 1、2 的 DSA 手术床, 直接进行 CT 扫描, 滑轨 CT 在曝光时, DSA 机与 CT 机由控制室同一位工作人员隔室操作。拟购设备最大管电压为 150kV, 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 的表 C.4-C.7 可知, 本项目杂交手术室 1、2 机房的屏蔽材料可折算成等效屏蔽铅当量, 见表 11.2.8。

**表 11.2.8 杂交手术室 1、2 机房屏蔽防护及等效屏蔽一览表**

装置名称	屏蔽体	屏蔽参数	等效屏蔽效果
杂交手术室 1、2 机房	四周墙体	24cm 实心砖+4mmPb 铅板	约 6mmPb
	顶棚	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料	约 4mmPb
	防护门	4mmPb 铅防护门	4mmPb
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb

注: 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C, 保守估计: 150kV 下 100mm 混凝土相当于  $1.0\text{mmPb}$ 。

根据《辐射防护手册 第三分册》(李德平、潘自强) (第 P63 页) 表 3.4, 150kV 下 240mm 实心砖相当于  $2.0\text{mmPb}$ 。

根据表 11.2.8 可知, 本项目杂交手术室 1、2 机房各侧墙体、顶棚、防护门及观察窗的铅当量均不小于  $2.5\text{mm}$ , 能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中 CT 机房有用线束及非有用线束方向铅当量不小于  $2.5\text{mm}$  的要求。

#### (2) 辐射影响分析

本项目滑轨 CT 在显像检查时, 辐射源项为 CT 产生的 X 射线, 本项目 CT 设备属于 III 类射线装置, 最大管电压为 150kV。为分析本项目滑轨 CT 工作时周围的辐射水平, 本次评价收集了《金华市中心医院 SPECT-CT 建设项目竣工环境保护验收监测报告表》中 NM/CT 860 ct 型的 SPECT-CT 设备进行类比分析。类比可行性及检测结果见

表 11.2.9 和表 11.2.10。

表 11.2.9 SPECT-CT 类比条件一览表

项目	类比对象	本项目滑轨 CT	对比结果
型号	SPECT-CT 设备	待定	/
管电压	150kV	150kV	一致
四壁屏蔽	37cm 实心砖墙+1mm 铅板 (约合 4mmPb)	24cm 实心砖+4mmPb 铅板 (约合 6mmPb)	本项目优
顶板	20cm 混凝土 (约合 2mmPb)	10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料 (约合 4mmPb)	本项目优
防护门	内衬 3mm 铅板	4mmPb 铅防护门	本项目优

表 11.2.10 金华市中心医院 SPECT-CT 机房周围当量剂量率监测结果

序号	点位名称	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		备注
		平均值	标准差	
1#	工作人员操作位	0.13	0.01	
2#	医生观察窗外表面 30cm 处 (中)	0.19	0.02	SPECT 医用射线装置开机时 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物置于 诊断床上
	医生观察窗外表面 30cm 处 (上)	0.16	0.01	
	医生观察窗外表面 30cm 处 (下)	0.16	0.01	
	医生观察窗外表面 30cm 处 (左)	0.17	0.01	
	医生观察窗外表面 30cm 处 (右)	0.19	0.02	
3#	工作人员出入门外表 30cm (中)	0.16	0.01	
	工作人员出入门外表 30cm (上)	0.18	0.01	
	工作人员出入门外表 30cm (下)	0.16	0.01	
	工作人员出入门外表 30cm (左)	0.19	0.01	
	工作人员出入门外表 30cm (右)	0.16	0.01	
4#	防护墙体外表 30cm 处 (南墙西)	0.18	0.01	
5#	防护墙体外表 30cm 处 (南墙中)	0.18	0.01	
6#	防护墙体外表 30cm 处 (南墙东)	0.18	0.01	
7#	防护墙体外表 30cm 处 (东墙南)	0.20	0.01	
8#	防护墙体外表 30cm 处 (东墙中)	0.18	0.01	
9#	防护墙体外表 30cm 处 (东墙北)	0.18	0.01	
10#	防护墙体外表 30cm 处 (北墙东)	0.18	0.01	
11#	防护墙体外表 30cm 处 (北墙中)	0.15	0.01	
12#	防护墙体外表 30cm 处 (北墙西)	0.20	0.01	
13#	防护墙体外表 30cm 处 (西墙北)	0.20	0.01	
14#	巡测 (本底)	0.11	0.01	

注：检测结果未扣除宇宙射线的响应。

由表 11.2.9 中可以看出，本项目滑轨 CT 管电压与类比对象一致，防护情况较类比对象好，本项目采用该项目进行类比是偏保守的。

对比表 11.2.10 的验收数据可知, 设备在正常运行情况下, 对控制室(观察窗、操作位)及机房周围其他区域最大附加辐射当量剂量率为  $0.20\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。叠加前文所述三层 3 间杂交手术室外最大叠加剂量率透视  $2.74 \times 10^{-2}\mu\text{Sv}/\text{h}$ 、摄影  $1.40\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 仍低于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中的相关要求。

#### 11.2.4 年附加有效剂量估算

介入手术室周边公众的居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 附录 A 取值, 全居留取 1, 部分居留取  $1/2\sim 1/5$ , 偶然居留取  $1/8\sim 1/40$ 。本项目不同场所的居留因子详见表 11.2.10。

**表 11.2.10 DSA 项目不同场所的居留因子**

人员	居留因子	场所描述
职业人员	1	DSA 手术室 1、2、3, ERCP 治疗室, 杂交手术室 1、2、3 控制室, 操作廊
公众人员	1	一层: 外科、急诊等候区、仓库 二层: 质检室、检查包装灭菌区 四层: 值班室
	1/2	三层: OR1 负压手术室、护工室、MR 检查室
	1/4	一层: 检查等候区 二层: 准备恢复区、污物暂存间 三层: 谈话区、洁净物品区
	1/5	二层: DSA 机房外走廊、 三层: 杂交手术室外走廊 四层: 女更衣室
	1/8	二层: 设备间、库房
	1/20	三层: 缓冲间

项目致人员辐射剂量, 按照联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR) 2000 年报告附录 A 公式变式进行计算。

$$H_E = D_r \times H \times t \times T \quad \text{式 (11-5)}$$

式中:  $H_E$  ——  $\gamma$  射线外照射人均有效剂量当量 ( $\text{mSv}/\text{a}$ ) ;

$t$  ——  $\gamma$  射线年照射时间 ( $\text{h}$ ) ;

$D_r$  ——  $\gamma$  射线空气吸收剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) ;

$T$  —— 居留因子。

(1) 手术室内辐射工作人员年有效剂量

进行介入手术时, 至少需 1 名医生和 1 名护士在手术室内对患者进行手术。曝光时

第一术者位医生穿戴铅衣、铅围裙、铅帽、铅眼镜等防护用品，位于铅吊屏和床侧铅帘后；第二术者位护士穿戴铅衣等防护用品，位于移动式铅屏风后。

为估算手术室内辐射工作人员吸收剂量率，本次评价采用类比的方式进行预测。类比可行性分析见表 11.2.11。从表中可以看出浙江医院 DSA 最大管电压和管电流与本项目类似，防护吊屏铅当量与本项目相同；其在检测时，DSA 均处于工作负荷较高水平，可以反映出手术室内工作人员受到的辐射情况；为此本评价采用该项目作为医护人员可能受到的辐射情况的类比对象。

**表 11.2.11 手术室内辐射工作人员吸收剂量类比预测条件一览表**

项目	类比对象	本项目	对比结果
建设单位	浙江医院	和敏医院	/
型号	Allura xper FD20	暂未定	/
最大管电压 (kV) /最大管电流 (mA)	150kV, 1250mA	150kV, 1250mA	一致
运行工况	摄影工况：管电压 119kV, 管电流 619mA	摄影工况：管电压在 50~125kV 之间，管电流 在 1~800mA 之间	落于本项目工作 区间
防护吊屏铅当量 (mm)	0.5	0.5	一致

检测单位：环境保护部辐射环境监测技术中心。

检测结果：医生操作位  $6.55\mu\text{Sv}/\text{h}$  (DSA 开机摄影模式下，防护屏前监测)。

根据医院安排，拟安排每间手术室 3 名医生、护士，采取轮岗的形式进行检查和手术，保守估计，单名医生、护士年最大手术台数按最高 1000 台估算，每台手术平均透视 15min，摄影 3min，则手术室内工作人员附加年有效剂量估算见表 11.2.12。

**表 11.2.12 手术室机房内工作人员附加年有效剂量估算**

工作情况	附加剂量率 $\mu\text{Sv}/\text{h}$	曝光时间 (h)	居留因子	年受照剂量 (mSv/a)
透视	6.55	250	1	1.64
摄影	6.55	50	1	0.33
合计	/	300	/	1.97

从表中可以看出，手术室机房内工作人员年受照剂量为  $1.97\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值  $5\text{mSv/a}$ 。

## (2) 控制室辐射工作人员和周边公众人员年有效剂量

根据建设单位提供的资料，每间手术室在项目控制室或操作廊内均拟安排辐射工作人员 2 人，本项目手术室周边的年有效剂量估算见表 11.2.13。

表 11.2.13 本项目年有效剂量估算结果

机房名称	关注点	关注点描述	透视 $\dot{H}_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	透视 T (h)	摄影 $\dot{H}_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	摄影 T (h)	CT 剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	摄影 T (h)	居留因子	年有效剂量 E ( $\text{mSv/a}$ )
控制室辐射工作人员	DSA 介入手术室 1 手术室观察窗	9.54E-03	250	4.77E-01	50	11.11	/	/	1	2.62E-02
	DSA 介入手术室 2 手术室观察窗	2.90E-04		6.54E-01					1	3.28E-02
	DSA 介入手术室 3 手术室观察窗	1.27E-02		6.33E-01					1	3.48E-02
	ERCP 治疗室观察窗	1.67E-02		8.34E-01					1	4.59E-02
	杂交手术室 1 观察窗	6.26E-03		3.13E-01					1	1.94E-02
	杂交手术室 2 观察窗	6.02E-03		3.01E-01					1	1.88E-02
	杂交手术室 3 观察窗	8.28E-03		4.14E-01					1	2.50E-02
	北墙外 30cm	走廊	9.87E-05	4.94E-03					1/5	5.43E-05
DSA 介入手术室 1	东墙外 30cm	走廊	4.82E-06	1.18E-02	/	11.11	/	/	1/5	1.18E-04
	东侧防护门外 30cm	走廊	8.88E-03	4.34E-01					1/5	4.78E-03
	西侧防护门外 30cm	操作廊	1.05E-02	5.27E-01					1	2.90E-02
	西墙外 30cm	操作廊	2.73E-04	1.36E-02					1	7.50E-04
	西墙外 30cm 设备间	设备间	1.89E-04	9.47E-03					1/8	6.51E-05
	DSA 介入手术室 1 上方 OR1 负压手术室	OR1 负压手术室	9.54E-03	4.77E-01					1/2	1.31E-02

机房名称	关注点	关注点描述	透视 $H_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	透视 T (h)	摄影 $H_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	摄影 T (h)	CT 剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	摄影 T (h)	居留因子	年有效剂量 E ( $\text{mSv/a}$ )
	DSA 介入手术室 1 下方外科	外科	6.68E-03		3.34E-01		/		1	1.84E-02
DSA 介入 手术室 2	东侧防护门外 30cm	走廊	5.71E-03		2.85E-01		/		1/5	3.14E-03
	东墙外 30cm	走廊	6.16E-03		3.08E-01		/		1/5	3.39E-03
	西侧防护门外 30cm	操作廊	9.09E-03		4.55E-01		/		1	2.50E-02
	西墙外 30cm	操作廊	3.19E-04		1.59E-02		/		1	8.77E-04
	DSA 介入手术室 2 上方走廊	走廊	9.54E-03		4.77E-01		/		1/5	5.25E-03
	DSA 介入手术室 2 下方急诊等候	急诊等候区	6.68E-03		3.34E-01		/		1	1.84E-02
DSA 介入 手术室 3	东侧防护门外 30cm	走廊	5.93E-03		2.97E-01		/		1/5	3.26E-03
	东墙外 30cm	准备恢复区	1.68E-04		8.39E-03		/		1/4	1.15E-04
	南墙外 30cm 走廊	走廊	2.73E-04		1.36E-02		/		1/5	1.50E-04
	南墙外 30cm 前室	前室	2.73E-04		1.36E-02		/		1/5	1.50E-04
	西墙外 30cm 库房	库房	3.02E-04		1.51E-02		/		1/8	1.04E-04
	西墙外 30cm	操作廊	3.39E-04		1.69E-02		/		1	9.31E-04
	西侧防护门外 30cm	操作廊	2.22E-04		5.01E-01		/		1	2.51E-02
	DSA 介入手术室 3 上方谈话区	谈话区	9.54E-03		4.77E-01		/		1/4	6.56E-03
	DSA 介入手术室 3 下方检查等候	检查等候区	6.68E-03		3.34E-01		/		1/4	4.59E-03
	北侧防护门外 30cm	控制室	1.31E-02		6.54E-01		/		1	3.60E-02
ERCP 治 疗室	北墙外 30cm	控制室	4.37E-04		2.19E-02		/		1	1.20E-03
	东侧防护门外 30cm	走廊	8.67E-03		4.34E-01		/		1/5	4.77E-03

机房名称	关注点	关注点描述	透视 $H_{ts}$ 总剂量率(μSv/h)	透视 T (h)	摄影 $H_{ts}$ 总剂量率(μSv/h)	摄影 T (h)	CT 剂量率(μSv/h)	摄影 T (h)	居留因子	年有效剂量 E (mSv/a)
杂交手术室 1	东墙外 30cm	污物暂存间	2.16E-04		1.08E-02		/	11.11	1/4	1.48E-04
	南墙外 30cm	走廊	3.37E-04		1.68E-02		/		1/5	1.85E-04
	西墙外 30cm	走廊	2.36E-04		1.18E-02		/		1/5	1.30E-04
	ERCP 治疗室上方护工室	护工室	9.54E-03		4.77E-01		/		1/2	1.31E-02
	ERCP 治疗室下方仓库	仓库	1.48E-04		3.34E-01		/		1	1.67E-02
	北墙外 30cm	走廊	1.94E-04		9.71E-03		2.00E-01		1/5	5.51E-04
	东墙外 30cm	走廊	3.51E-06		8.59E-03		2.00E-01		1	2.65E-03
	东侧防护门外 30cm	走廊	6.39E-03		3.19E-01		2.00E-01		1	1.98E-02
	西侧防护门外 30cm	走廊	4.48E-03		2.24E-01		2.00E-01		1/4	3.64E-03
	西墙外 30cm	走廊	1.61E-04		8.07E-03		2.00E-01		1/4	6.66E-04
杂交手术室 2	杂交手术室 1 上方女更衣室	女更衣室	9.54E-03		4.77E-01		2.00E-01	11.11	1/5	5.69E-03
	杂交手术室 1 下方质检室	质检室	6.68E-03		3.34E-01		2.00E-01		1	2.06E-02
	东墙外 30cm	走廊	3.54E-06		8.66E-03		2.00E-01		1	2.66E-03
	东侧防护门外 30cm	走廊	6.31E-03		3.16E-01		2.00E-01		1	1.96E-02
	南墙外 30cm	走廊	1.93E-04		9.67E-03		2.00E-01		1/5	5.51E-04
	西墙外 30cm	洁净物品区	1.61E-04		8.07E-03		2.00E-01		1/4	6.66E-04
	西侧防护门外 30cm	洁净物品区	4.21E-03		2.11E-01		2.00E-01		1/4	3.46E-03
	杂交手术室 2 上方值班室	值班室	9.54E-03		4.77E-01		2.00E-01		1	2.85E-02
	杂交手术室 2 下方	检查包装灭菌	6.68E-03		3.34E-01		2.00E-01		1	2.06E-02

机房名称	关注点	关注点描述	透视 $H_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	透视 T (h)	摄影 $H_{ts}$ 总剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	摄影 T (h)	CT 剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	摄影 T (h)	居留因子	年有效剂量 E ( $\text{mSv}/\text{a}$ )
杂交手术室 3	检查包装灭菌区	区								
	北墙外 30cm	走廊	1.23E-04		6.17E-03		2.00E-01		1/5	5.12E-04
	东墙外 30cm	走廊	2.25E-04		1.13E-02		2.00E-01		1/4	7.11E-04
	南墙外 30cm 缓冲间	缓冲间	2.19E-04		1.10E-02		2.00E-01		1/4	7.07E-04
	南墙外 30cmMR 检查室	MR 检查室	2.87E-04		1.44E-02		2.00E-01		1/2	1.51E-03
	西侧防护门外 30cm	走廊	1.96E-04		4.42E-01		2.00E-01		1	2.44E-02
	西墙外 30cm	走廊	2.36E-04		1.18E-02		2.00E-01		1	2.87E-03
	西墙外 30cm 缓冲区	缓冲间	1.50E-04		7.49E-03		2.00E-01		1/20	1.32E-04
	杂交手术室 3 上方	走廊	6.68E-03		3.34E-01		2.00E-01		1	2.06E-02
	杂交手术室 3 下方 检查包装灭菌区	检查包装灭菌区	6.68E-03		3.34E-01		2.00E-01		1	2.06E-02

注: CT 剂量率按保守取类比对象周边最大剂量率  $0.2 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

从表 11.2.12 和表 11.2.13 估算结果可以看出，本项目各手术室对辐射工作人员的年有效剂量为  $1.88 \times 10^{-2} \text{mSv} \sim 1.97 \text{mSv}$ ，对公众人员的年有效剂量为  $5.43 \times 10^{-5} \text{mSv} \sim 3.60 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值（职业人员  $5 \text{mSv/a}$ ，公众人员  $0.1 \text{mSv/a}$ ）。

### （3）年有效剂量叠加影响

本项目二层 ERCP 治疗室四周及上下方与三层杂交手术室机房均不相邻，二层 3 间 DSA 机房南北向相邻布置，当二层 3 台 DSA 机同时运行时，可能会对机房周围造成叠加影响，根据“表 11.2.13 项目手术室周边的年有效剂量估算结果”，保守将二层 3 间 DSA 机房外控制室辐射工作人员年有效剂量进行相加，其叠加年有效剂量为  $9.38 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，将二层 3 间 DSA 机房外公众人员最大年有效剂量进行相加，其最大叠加年有效剂量为  $7.91 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足辐射工作人员年有效剂量不大于  $5 \text{mSv}$ ，公众人员年有效剂量不大于  $0.1 \text{mSv}$  的要求。

本项目三层 3 间杂交手术室相邻布置，当三层杂交手术室 3 台 DSA 机同时运行时，可能会对机房周围造成叠加影响，根据“表 11.2.13 项目手术室周边的年有效剂量估算结果”，保守将三层 3 间杂交手术室外控制室辐射工作人员年有效剂量进行相加，其叠加年有效剂量为  $5.66 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，将三层 3 间杂交手术室外公众人员最大年有效剂量进行相加，其最大叠加年有效剂量为  $6.67 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

上述叠加值均满足辐射工作人员年有效剂量不大于  $5 \text{mSv}$ ，公众人员年有效剂量不大于  $0.1 \text{mSv}$  的要求。

## 11.2.5 废气影响

DSA 机和 ERCP 机在工作状态时，会使手术室内的空气电离产生少量  $\text{O}_3$  及  $\text{NO}_x$ ，项目每个手术室内拟设置机械排风系统，可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）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 机和 ERCP 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，对手术室内的环境影响较小。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 事故风险危害识别分析

本项目 DSA、ERCP 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；因此本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 工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，设备运行可能产生误照射。
- ② 当警示灯、门灯联锁损坏时，人员误入正在运行的设备治疗室，造成额外的照射。
- ③ 设备控制系统出现故障，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；或剂量控制系统失灵，实际输出剂量超过治疗计划剂量。
- ④ 设备维修期间，设备维修工程师在检修期间误开机，造成辐射伤害。

### 11.3.2 辐射事故应急措施

#### 11.3.2.1 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，按下急停按钮，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。这样，可缩小事故影响，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 事故处理后应保存资料，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。

### 11.3.2.2 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第一时间按下紧急停止按钮或断开电源，引导受照人员迅速离开治疗室、手术室，避免继续照射。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，根据估算结果，必要时及时安置受照人员就医检查。

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。

### 11.3.2.3 辐射事故分析

针对可能发生的辐射事故，本项目采取的预防措施如表 11.3.1。

表 11.3.1 事故类别及处理措施

辐射工作场所	可能产生的辐射事故	采取防范措施	应急处理措施
DSA 手术室、ERCP 治疗室、杂交手术室	工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，设备运行可能产生误照射。	1. 使用视频装置、双向交流对讲系统监控治疗室内人员活动。 2. 工作人员接受辐射安全培训，熟悉紧急停止按钮位置和辐射事故处理流程。 3. 机房内安装急停按钮，便于误留人员紧急按停。	参考 11.3.2.3 事故应急 处理及报 告
	当警示灯、门灯联锁损坏时，人员误入正在运行的设备治疗室，造成额外的照射。	1. 对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的正常有效运行。 2. 机房门外设置有工作状态指示灯和电离辐射警告标志。 3. 工作人员接受辐射安全培训，熟悉紧急停止按钮位置和辐射事故处理流程。	

<p>设备控制系统出现故障，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；或剂量控制系统失灵，实际输出剂量超过治疗计划剂量。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由医学物理师定期校准，检测设备剂量率等。</li> <li>2. 工作人员接受辐射安全培训，熟悉切断电源位置、方式，及辐射事故处理流程。</li> </ol>	
<p>设备维修期间，设备维修工程师在检修期间误开机，造成辐射伤害。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在控制室放置“设备维修中，禁止开机”警示牌。</li> <li>2. 维修前切断主电源，防止误触发。</li> <li>3. 维修人员佩戴实时剂量报警仪，监测意外辐射。</li> <li>4. 高风险操作(如高压调试)需两人在场，一人操作，一人监督。</li> </ol>	

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；
- ⑤ 定期维护保养设备，排除设备存在的安全隐患。
- ⑥ 每月 1 次设备科对辐射工作场所开展巡测。

## 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

本项目为使用 II 类、III 类射线装置的核技术利用单位，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号）和《放射诊疗管理规定》等相关规定，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 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，并以文件形式明确其管理职责。

和敏医院现处于建设阶段，尚未开展过任何核技术利用项目，待建成后，应设置以院领导为负责人的辐射安全与环境保护管理机构，负责医院日常辐射安全防护管理工作，足以满足本项目的管理需求。

辐射防护管理领导小组主要职责包括以下内容：

- 1、根据国家放射性同位素与射线装置安全和防护条例、放射性污染防治法等法律法规及标准，制定、发布并定期评审本单位的辐射防护方针、目标和基本政策。
- 2、制定辐射安全与防护的各项规章制度、操作规程，确保其有效性、合规性和可操作性。
- 3、组织开展核技术利用项目环评、竣工环保验收，申领辐射安全许可证等工作。
- 4、组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护检测、监测和检查。
- 5、组织本院辐射工作人员接受专业技术、放射防护知识等有关培训。
- 6、组织本院辐射工作人员开展个人剂量检测及职业健康体检。
- 7、制定辐射事故应急预案并组织演练。
- 8、记录本院发生的辐射事故并及时报告上级生态环境部门和卫生主管部门。

### 12.2 辐射安全与防护培训、职业健康体检

#### （1）辐射安全与防护培训

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《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初级辐射安全培训。

本项目拟新增 35 名辐射工作人员，上岗前应及时在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushemee.gov.cn>）进行相应的培训，并通过考核；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，培训合格方可继续工作。

## (2) 辐射工作人员职业健康体检

项目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,方可参加相应的辐射工作。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。医院应为辐射工作人员建立职业健康监护档案,并终生保存。

## 12.3 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许可管理办法》的要求,使用射线装置的单位,应建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台账管理制度、监测方案和事故应急制度等。

医院目前尚未制定相关辐射安全管理制度,其应在开展辐射工作前及时制定辐射安全管理制度以指导单位辐射安全管理工作。辐射安全管理制度的重点总结如下:

**辐射防护和安全保卫制度:**应从教育培训、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辐射防护安全管理制度。

**操作规程:**应规定ERCP机、DSA机、CT机的操作规程,方便本项目辐射工作人员进行设备的操作。

**辐射工作人员岗位职责:**应明确辐射管理人员、辐射工作人员的定义,并要求辐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计、不断提高防护知识水平和自觉性等,完善辐射工作人员岗位职责。

**射线装置使用登记制度:**针对本项目具体情况,重点是射线装置的购买、使用、报废情况等由专人负责登记、专人形成台帐、定期核对,确保正确无误,帐物相符。

**辐射工作人员职业健康管理制度:**应制定辐射工作人员职业健康管理制度,明确辐射工作人员的剂量计佩戴要求和健康检查报告需采取的具体防护措施及步骤,建立职业健康监护档案。

**辐射工作人员培训计划:**明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容,并强调对培训档案的管理,做到有据可查。取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩单的人员,报告单全国有效,有效期5年。到期应重新考试。

**个人剂量计监测管理制度:**应明确辐射工作人员开展辐射工作时应佩戴个人剂量计,安排专人负责个人剂量监测管理,建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量计定期送

有资质部门进行监测，明确个人剂量计的佩戴和监测周期，制定发现个人剂量异常情况的处理、报告流程。

个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

**辐射设备检修维护制度：**应明确射线装置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。

**辐射环境监测方案：**应制定辐射监测方案，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、数据记录提出要求。

**质量保证大纲和质量控制检测计划：**制定放射诊疗过程的质量保证和质控要求，确保诊疗安全与合规，配置至少有1名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。

**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，医院应制定《辐射事故应急预案》。

预案中应明确医院的核技术利用情况，阐明了应急响应组织体系及职责，并对可能的辐射事故类型作出预测和分类、分级。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，要求附上各联系部门及联系人的联系方式。同时应根据本单位实际情况，明确开展应急演练的频次，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。

医院运行过程中，还需结合实际工作需要，在工作中落实各制度的执行，并根据新的法律法规和行业标准，不断对规章制度进行补充和修订。

## 12.4 辐射监测

### 12.3.1 监测设备配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，医院应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量、辐射监测等仪器。

医院计划为本项目配备2台便携式辐射监测仪、7台个人剂量报警仪和个人剂量计若

干枚，每间机房的工作人员均配备不少于3套铅衣、铅围裙、铅颈套、铅帽、铅眼镜（均为0.5mmPb）、3副介入防护手套（0.025mmPb）和1个移动铅防护屏风（2mmPb），为每间机房的受检者配备1件铅围裙、1件铅颈套、1顶铅帽（均为0.5mmPb），为陪检者配备1件铅衣（0.5mmPb）。

### 12.3.2 辐射工作场所监测

#### （1）日常监测计划

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）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2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机房周围环境进行监测。监测计划详见表 12.4.1。

**表 12.4.1 辐射监测计划**

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率
机房	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	周围剂量当量率	每年1次委托有资质单位监测；每月1次设备科巡测
	安全联锁	实测并检查	安全	每次使用前
辐射工作人员		佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	操作时每季度送检1次
外环境		7号综合医疗楼北侧、南侧、西侧、东侧外环境	X-γ辐射剂量率	每年1次委托有资质单位监测
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、楼下等及外环境	周围剂量当量率和X-γ辐射剂量率	本项目建成后

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 “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	详见表 10.1.1。	监测达标情况。

		<p>满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)及本项目管理目标:</p> <p><b>辐射环境剂量率控制水平:</b> 机房屏蔽体外表面30cm处的周围剂量当量率应不大于 <b>2.5<math>\mu</math>Sv/h</b>;</p> <p><b>辐射剂量控制水平:</b> 职业人员年有效剂量不超过 <b>5mSv</b>, 公众年有效剂量不超过 <b>0.1mSv</b>。</p>
辐射安全防护措施	<p>(1) 机房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) 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) 机房各防护门外表面均设置电离辐射警告标志。</p> <p>(4) 机房设计有观察窗、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) 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》(GBZ 130-2020)中相关辐射安全要求和开展本项目的辐射安全需要。</p>
通风措施	机房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》(GBZ 130-2020)中相关通风要求。</p>
人员配备	<p>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; 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。</p> <p>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, 医院建立个人剂量档案。</p>	<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> <p>检查落实情况。</p> <p>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。</p>
监测仪器和防护用品	<p>医院为本项目配备2台环境辐射巡测仪。</p> <p>辐射工作人员, 每人配备个人剂量计, ERCP、DSA机房内辐射工作人员采用双剂量计。</p> <p>①设备自带1个铅悬挂防护屏、1个床侧防护帘</p>	<p>检查落实情况。</p> <p>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。</p> <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》中监测仪器和防护用品配备的要求。</p>

	<p>(均为 0.5mmPb)、医院配备 1 个移动铅防护屏风;</p> <p>②医院拟为本项目各 ERCP、DSA 机房工作人员配备不少于 3 套铅衣、铅围裙、铅颈套、铅帽、铅眼镜 (均为 0.5mmPb)、3 副介入防护手套 (0.025mmPb)，配备 1 台个人剂量报警仪；</p> <p>③医院拟为本项目各机房受检者配备 1 件铅围裙、1 件铅颈套、1 顶铅帽 (均为 0.5mmPb)；</p> <p>④医院拟为本项目各机房陪检者配备 1 件铅衣。</p>	
管理措施	待医院建成后，应制定一系列辐射安全管理规章制度，主要包括：ERCP、DSA 机操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、射线装置检修维护制度、辐射工作人员培训计划、辐射工作人员职业健康检查及保健制度、辐射环境监测方案、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	委托有资质的单位每年对机房周围辐射环境进行检测。	/

## 12.5 辐射事故应急

待医院建成后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

为配套医院诊疗要求,满足广大患者就医的需要,和敏医院在 7 号综合医疗楼二、三层新增 1 台 ERCP 机、6 台 DSA 机和 1 台 CT 机,用于诊断和治疗。

(1) 7 号综合医疗楼二层内镜中心,建设 1 间 ERCP 治疗室,包括 ERCP 机房及其配套场所(操作室、设备间等),配备 1 台 ERCP 机(最大管电压≤150kV,最大管电流≤1250mA, II 类射线装置)。

(2) 7 号综合医疗楼二层介入科,建设 3 间 DSA 介入手术室,包括 DSA 机房及其配套场所(操作室、设备间等),配备 3 台 DSA 机(最大管电压≤150kV,最大管电流≤1250mA, II 类射线装置)。

(3) 7 号综合医疗楼三层,建设 3 间杂交手术室,包括手术间机房及其配套场所(操作室、设备间等),配备 3 台 DSA 和 1 台移动 CT(DSA 最大管电压≤150kV,最大管电流≤1250mA, CT 最大管电压≤150kV,最大管电流≤1300mA,其中 CT 日常停放在杂交手术室 1、2 之间的 CT 停车库,手术过程中需进行 CT 扫描时,通过滑轨可南北移动到杂交手术室 1、2 内使用)。

#### 13.1.2 项目可行性政策符合分析

##### (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 7 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……”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》(GB 18871-2002)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

本项目机房拟设置于综合医疗楼二、三层，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，机房大小、屏蔽物质厚度等均符合相关标准要求；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，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，项目选址基本是合理的。

### 13.1.3 辐射安全与防护结论

#### （1）辐射防护措施评价

本项目机房四周墙壁拟采取“24cm 实心砖+4mmPb 铅板”、顶板、地棚拟采取“10cm 混凝土+3mmPb 当量防护涂料”、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机房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

本项目拟在机房设置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、机械通风系统。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》（GBZ 130-2020）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

医院建成后，将成立辐射安全防护管理小组，以文件形式明确了各成员管理职责；制定一系列辐射安全管理规章制度；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，建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。

采取上述措施后，将满足辐射安全管理要求。

#### （4）辐射防护监测仪器

医院计划配备 2 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

DSA、ERCP 在透视、摄影模式下，机房外辐射剂量率均能够满足本项目辐射剂量率管理限值要求，即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

根据类比分析和理论预测可知，本项目正常运行时，辐射工作人员职业照射和公众照射均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值（职业人员  $5\text{mSv}/\text{a}$ ，公众人员  $0.1\text{mSv}/\text{a}$ ）。

### （3）臭氧和氮氧化物处理措施评价

本项目各机房采取机械通风的措施后，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，和敏医院 6 台 DSA 机和 1 台 ERCP 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申领辐射安全许可证。

（2）建设项目竣工后，医院应按照国务院生态环境行政主管部门规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，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（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

（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