

核技术利用建设项目  
海宁市第二人民医院  
数字减影血管造影系统（DSA）扩建项目  
环境影响报告表  
（报批稿）



生态环境部监制

## 核技术利用建设项目

# 海宁市第二人民医院数字减影 血管造影系统（DSA）扩建项目 环境影响报告表

建设单位名称：海宁市第二人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：方晓明

通讯地址：浙江省海宁市马桥街道国樞路 85 号

邮政编码：314400

联系人：吕滨

电子邮箱： /

联系电话：13967338717



A handwritten signature in black ink, appearing to be '方晓明' (Fang Xiaoming), written in a cursive style.

# 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	8
表 3 非密封放射性物质 .....	8
表 4 射线装置 .....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	10
表 6 评价依据 .....	11
表 7 保护目标与评价标准 .....	13
表 8 环境质量和辐射现状 .....	19
表 9 项目工程分析与源项 .....	23
表 10 辐射安全与防护 .....	29
表 11 环境影响分析 .....	36
表 12 辐射安全管理 .....	53
表 13 结论与建议 .....	58
表 14 审批 .....	61

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		海宁市第二人民医院数字减影血管造影系统（DSA）扩建项目			
建设单位		海宁市第二人民医院			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省海宁市马桥街道国樞路 85 号			
项目建设地点		浙江省嘉兴市海宁市马桥街道国樞路 85 号医技综合楼四层			
立项审批部门		海宁市发展和改革局	批准文号	2202-330481-04-01-983067	
建设项目总投资（万元）		500	项目环保投资（万元）	50	投资比例（环保投资/总投资） 10%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	无新增
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 type="checkbox"/> III类		
其他	/				

**1.1 项目建设单位情况**

海宁市第二人民医院（又名海宁市马桥中医妇科医院，以下简称“医院”）建于 1952 年 3 月，前身为海宁市马桥街道医院，现为浙江大学医学院附属邵逸夫医院指导医院、海宁市临检中心挂靠医院，是一家以专科见长的二级乙等综合性公立医院。

医院现共设有 1 个院区，持有有效的《医疗机构执业许可证》（见附件 2），持有有效的《辐射安全许可证》（见附件 4），证书编号：浙环辐证[F2184]，有效期至 2028 年 3 月 9 日，使用的种类和范围：使用III类射线装置，许可内容包含 11 台射线装置。

为进一步完善医疗服务提示，满足多层次、多样化的医疗卫生需求，医院拟实施改扩建工程，对原有建筑加以改造，并新建医疗综合楼、医技综合楼等地上及地下建筑。医院已于 2023 年 6 月委托编制完成了《海宁市第二人民医院改扩建工程环境影响报告表》，于 2023 年 7 月 6 日取得嘉兴市生态环境局海宁分局的审查意见，文号：嘉环海建[2023]71 号（见附件 9），该项目现处于建设中。

## 1.2 项目建设目的和任务由来

为了更好地满足公众的医疗需要，提升医院服务水平，海宁市第二人民医院拟在新建医技综合楼四层建设 1 间 DSA 手术室及配套用房，并购置 1 台数字减影血管造影系统（以下简称“DSA”），最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，用于放射诊断与介入治疗。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目 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。对照生态环境部令第 16 号《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：172、核技术利用建设项目。”本次评价内容为使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，海宁市第二人民医院委托浙江亿达检测技术有限公司对本项目进行环境影响评价，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘和收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

## 1.3 项目建设内容和规模

海宁市第二人民医院拟在新建医技综合楼四层建设 1 间 DSA 手术室及配套用房，配套用房包含控制室、缓冲间、设备室、无菌库房等。医院于 DSA 手术室新增 1 台 DSA 设备，型号待定，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，为单球管设备，主射方向由下朝上。本次医用射线装置评价规模见表 1-1。

表 1-1 本次评价内容与规模

序号	设备名称	类别	型号	数量	最大管电压	最大管电流	工作场所	出束类型
1	DSA	II类	待定	1 台	125kV	1000mA	医技综合楼四层 DSA 手术室	由下朝上

## 1.4 项目选址及周边环境保护目标

### 1.4.1 项目地理位置及外环境关系

海宁市第二人民医院位于海宁市马桥街道国樞路 85 号，项目地理位置见附图 1。医院东侧为马桥路；南侧隔九曲港为马桥中心小学、海宁远航实业有限公司；西侧隔国樞路为国樞府；北侧为海宁市城南新市镇开发有限公司项目施工大楼、隔红旗路为亦心宾馆，医院周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 4。

### 1.4.2 DSA 手术室工作场所位置及外环境关系

本项目 DSA 手术室设置在医技综合楼四层，所属建筑共七层，其中地上五层，地下两层。DSA 手术室东侧临空，南侧紧邻控制室、污物廊，西侧紧邻缓冲间，北侧紧邻楼梯间、缓冲间，正上方为库房与手术部净化设备区，正下方为更衣缓冲区，本项目 DSA 手术室平面布置见附图 10。

### 1.4.3 环境保护目标

本项目环境保护目标为 DSA 手术室实体边界外 50m 范围内活动的辐射工作人员、公众人员。

### 1.4.4 规划符合性分析

#### 1、用地规划符合性分析

本项目位于浙江省嘉兴市海宁市马桥街道国樵路 85 号医技综合楼四层，根据建设单位提供的不动产权证书（见附件 5，），本项目用地属于医疗卫生用地，符合土地利用规划要求。

#### 2、“三线一单”符合性分析

根据浙江省生态环境厅关于印发《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》的通知（浙环发〔2024〕18 号），生态环境分区管控是以改善生态质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。本项目“三线一单”符合性判定情况如下：

表 1-2 本项目“三线一单”符合性判定

内容	符合性分析
生态保护红线	根据《海宁市生态环境分区管控动态更新方案》（海政办发〔2024〕60 号）、《海宁市生态保护红线划定方案》（见附图 12）及海宁市“三区三线”图（附图 13），本项目不涉及生态保护红线。
环境质量底线	根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场所周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量属于正常本底范围。在落实本环评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。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。
生态环境准入清单	根据《海宁市生态环境分区管控动态更新方案》（海政办发〔2024〕60 号），本项目所在地属于浙江省嘉兴市海宁市马桥街道产业集聚重点管控单元（编码：ZH33048120008），属于重点管控单元，该管控单元生态环境准入清单内容要求如下： 一、空间布局约束 1.优化产业布局和结构，实施分区差别化的产业准入条件。2.合理规划布局三

类工业项目，控制三类工业项目布局范围和总体规模，鼓励对现有三类工业项目进行淘汰和提升改造。3.禁止新增钢铁、水泥和平板玻璃等行业产能，严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求和产能置换实施办法；提高电力、化工、印染、造纸、化纤等重点行业环保准入门槛，控制新增污染物排放量。4.严格限制新、扩建医药、印染、化纤、合成革、工业涂装、包装印刷、塑料和橡胶等涉 VOCs 重污染项目，新建涉 VOCs 排放的工业企业全部进入工业功能区，严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求。5.合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、有污染和干扰的工业企业之间设置防护绿地、生态绿地等隔离带。

#### 二、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.新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平，推动企业绿色低碳技术改造。3.新建、改建、扩建高耗能、高排放项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，强化“两高”行业排污许可证管理，推进减污降碳协同控制。4.加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，深化工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。5.加强土壤和地下水污染防治与修复。6.重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。

#### 三、环境风险防控

1.定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。2.强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。

#### 四、资源开发率要求

推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。

综上所述，本项目属于核技术利用建设项目，不属于工业项目。本项目 DSA 设备运行时产生的臭氧与氮氧化物量很少，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。本项目使用清洁能源，运行过程推进清洁生产理念，节约资源，提高能源有效利用。因此，本项目的实施符合《海宁市生态环境分区管控动态更新方案》中生态环境准入清单的管控要求。

因此，本项目的建设符合“三线一单”的要求。

### 1.4.5 选址合理性分析

本项目用地性质为医疗卫生用地，DSA 手术室实体边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物、医院内部道路与相邻河流、海宁远航实业有限公司，无居民点和学校等环境敏感点，亦不涉及生态保护红线。经辐射环境影响预测，本项目运行过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众成员的辐射影响是可接受的。因此，本项目的选址合理可行。

### 1.5 产业政策符合性分析

结合国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于第三十七项“卫生健康”中第 1 款的医疗卫生服务设施建设，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策的要求。

## 1.6 实践正当性分析

本项目的建设目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人。医院在使用过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

## 1.7 原有核技术利用项目许可情况

### 1.7.1 原有核技术利用项目许可、环保手续履行情况

医院已取得《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证[F2184]（附件4），发证日期：2023年3月10日，有效期至2028年3月9日，使用的种类和范围：使用III类射线装置。医院现有已许可射线装置使用台账见表1-3。

表 1-3 医院现有已许可射线装置使用台账一览表

编号	设备名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	工作场所	环评情况	验收情况
1	数字胃肠机	III	1	FLEXAVISION	150	630	放射科: 1号机房	海环辐[2013]1号	海环马竣备[2016]21号
2	CT	III	1	SOMATOM SPIRIT	130	180	体检中心一层		
3	数字乳腺机	III	1	SELENIA	39	100	放射科: 4号机房		
4	DR	III	1	DRX-ISYSTEM	125	500	放射科: 3号机房		
5	口腔全景机	III	1	PLANMECA PROMAX	90	16	放射科: 5号机房		
6	牙片机	III	1	PLANMECA PRO	70	8	放射科: 5号机房	201733048100000221	
7	骨密度	III	1	PRODIGY PRO	76	3	放射科: 5号机房	201733048100000221	
8	DR	III	1	FUJIFILM	150	630	体检中心: 2号机房	202433048100000063	
9	移动式C臂机	III	1	HMC-160	125	200	放射科手术室	202433048100000064	
10	CT	III	1	SOMATOM PERSPECTIVE	130	345	放射科: 2号机房	202033048100000072	
11	CT	III	1	NEUVIZ	130	180	发热门诊一层	2020330481000000784	

### 1.7.2 辐射安全管理现状

#### (1) 现有辐射安全管理领导小组成立情况

医院已成立放射安全管理小组（见附件7），由1名组长、2名副组长，1名安全专管员

及多位成员组成，已明确规定各成员的职责，分工明确，职责分明。

(2) 现有辐射安全规章制度制定与执行情况

医院已制定《操作规程》、《放射工作场所防护检测制度》、《放射工作人员放射防护培训制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射科辐射事故应急预案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《个人剂量检测管理制度》、《设备检修维护制度》、《设备维修保养制度》、《射线装置使用登记制度》、《受检者放射危害告知与防护制度》等规章制度，见附件 8。

医院现有辐射管理制度内容健全完善且合理规范，符合相关要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

(3) 现有辐射工作人员管理情况

据统计，医院现有辐射工作人员共 21 名，辐射安全培训、个人剂量检测和职业健康体检等基本情况见表 1-4 和附件 10，可知：

医院现有辐射工作人员均已参加并取得嘉兴市放射工作人员放射防护培训合格证。医院为所有辐射工作人员均配备了个人剂量计，已委托有资质的单位定期进行个人剂量检测，并建立了个人剂量档案。根据医院提供的最近 1 年个人剂量检测报告，现有辐射工作人员近一年内连续四个季度个人有效剂量最大值为 0.68mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员“剂量限值”的要求，也符合年剂量约束值要求。医院已组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，并建立了职业健康监护档案，根据医院提供的职业健康体检报告，在岗辐射工作人员未见疑似职业病人员。

表 1-3 医院现有辐射工作人员基本情况一览表

编号	姓名	辐射安全培训	近一年连续四个季度个人有效剂量				职业健康体检日期与结论
			2023 年第三季度	2023 年第四季度	2024 年第一季度	2024 年第二季度	
1		2023 年 5 月 9 日	0.052	<MDL	<MDL	<MDL	2023 年，体检未见异常
2		2023 年 5 月 9 日	0.034	<MDL	0.082	<MDL	
3		2023 年 5 月 14 日	0.046	<MDL	<MDL	0.027	
4		2023 年 5 月 13 日	<MDL	0.019	<MDL	0.052	
5		2023 年 5 月 13 日	0.215	<MDL	0.406	0.059	
6		2023 年 5 月 31 日	0.027	<MDL	<MDL	<MDL	
7		2023 年 5 月 18 日	0.086	<MDL	0.01	0.064	
8		2023 年 5 月 9 日	0.046	<MDL	0.086	0.034	
9		2023 年 5 月 22 日	0.130	<MDL	0.05	0.01	
10		2023 年 5 月 9 日	0.058	<MDL	0.068	<MDL	
11		2023 年 5 月 19 日	0.070	<MDL	0.006	0.032	

12		2023年6月1日	0.082	<MDL	<MDL	<MDL
13		2022年10月25日	0.040	0.02	<MDL	0.018
14		2023年5月13日	0.125	<MDL	<MDL	<MDL
15		2022年9月11日	0.006	<MDL	<MDL	0.017
16		2023年5月19日	0.100	<MDL	0.068	0.03
17		2023年4月1日	0.015	<MDL	0.021	<MDL
18		2023年5月27日	0.081	0.016	0.034	<MDL
19		2023年5月24日	0.056	0.008	0.005	0.128
20		2023年12月10日	/	/	/	<MDL
21		2023年2月12日	/	/	/	0.005

备注：①检测的最低探测水平(MDL)为0.004mSv,当检测结果小于MDL时,记录为<MDL,即0.002mSv。  
 ②此名辐射工作人员该季度尚未于海宁市第二人民医院就职,故无个人剂量检测报告。  
 ③辐射工作人员王奇属于外院调入,于外院离岗时已进行体检,故提供离岗时体检报告。

#### (4) 现有辐射防护措施落实情况

医院放射科机房均按已设置工作状态指示灯;防护门外贴有电离辐射警告标志及其中文警示说明;防护门外1m处设有黄色安全警戒线。

#### (5) 现有辐射监测仪器与防护用品配置情况

医院每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备,现有辐射监测仪器与防护用品统计清单见下表,可以满足现阶段的放射工作要求。

**表 1-4 医院现有监测仪器与防护用品配置一览表**

名称	数量	名称	数量
铅衣	16 件	个人剂量计	21 枚
铅帽	12 件	个人剂量报警仪	3 个
铅围脖	13 件	铅防护毯	5 件
铅围裙	2 件	铅防护屏	1 个
铅防护眼镜	8 件	/	/

#### (6) 辐射安全和防护状况年度评估情况

医院每年对院内放射科相关工作场所的安全与防护状态进行年度评估(见附件14),并定期委托有资质单位进行年度检测,根据医院提供的设备及场所检测报告(见附件13),设备质量及辐射场所监测结果均满足相关标准要求。医院定期在全国核技术利用辐射安全申报系统上进行辐射安全与防护状况年度报告的申报。

#### (7) 辐射事故应急

医院已制定《辐射事故应急预案》,见附件8。医院每年定期开展辐射事故应急预案演练,并加以总结,及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经核实,医院自辐射活动开展以来,无辐射事故发生,事故应急小组处于正常运行状态。

**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	适用场所	贮存方式与地点	备注
本项目不涉及								

**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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
本项目不涉及										

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
本项目不涉及										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1台	待定	125	1000	放射诊断和 介入治疗	医技综合楼四层 DSA 手术室	新增，本次 评价

(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 ( $\mu$ A)	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	
本项目不涉及													

**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	/	/	少量	少量	少量	不暂存	经手术室排风系统引至大气外环境中，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/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法(2014年修订)》，主席令第九号，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法(2018年修订)》，主席令第二十四号，2018年12月29日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003年10月1日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例(2019年修改)》，国务院令第709号，2019年3月2日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法(2021年修改)》，生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(8) 《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，2017年12月5日起施行；</p> <p>(9) 《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》，原国家环境保护总局环发〔2006〕145号，2006年9月26日起施行；</p> <p>(10) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》，国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日起施行；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》，生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行；</p> <p>(12) 《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，2019年12月24日印发；</p> <p>(13) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(14) 《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第71号，2022年8月1日起施行；</p> <p>(15) 《浙江省建设项目环境保护管理办法(2021年修正)》，浙江省人民政府令第388号，2021年4月1日起施行；</p>
------	---

	<p>(16) 《浙江省辐射环境管理办法(2021年修正)》，浙江省人民政府令第388号，2021年4月1日起施行；</p> <p>(17) 《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》，浙环函[2019]248号，浙江省生态环境厅、浙江省卫生健康委员会，2019年7月18日。</p> <p>(18) 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，浙江省生态环境厅，2023年9月9日起施行；</p> <p>(19) 关于《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》的通知，浙环发〔2024〕18号，浙江省生态环境厅，2024年3月28日印发；</p> <p>(20) 关于印发《海宁市生态环境分区管控动态更新方案》的通知，海政办发〔2024〕60号，海宁市人民政府，2024年10月19日起施行。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(3) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(5) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)；</p> <p>(6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 建设单位提供的工程设计图纸及技术参数资料</p>

## 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）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”，并结合本项目的实际情况，确定本项目评价范围为 DSA 手术室实体边界外 50m 的区域，评价范围示意图见附图 3。

### 7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为评价范围 50m 内活动的辐射工作人员、公众人员，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目辐射工作场所主要环境保护目标

保护目标	所在位置	相对方位	与 DSA 手术室边界最近距离	人员规模
辐射工作人员	DSA 手术室内	/	/	16 人
	控制室	南侧	紧邻	
公众人员	院内道路	东侧	紧邻	约 200 人/d
	海宁远航实业有限公司		约 48m	约 10 人/d
	污物廊	南侧	紧邻	约 3 人/d
	应急消毒间		约 3m	约 20 人/d
	手术室		约 5 m	约 30 人/d
	无菌库房		约 11m	约 3 人/d
	院内道路		约 21m	约 200 人/d
	手术中心	西南侧	约 3m	约 60 人/d
	缓冲间	西侧	紧邻	约 10 人/d
	仪器设备间		约 2m	约 10 人/d
	无菌库房		约 8m	约 5 人/d
	室内走廊		约 14m	约 30 人/d
	UPS 间、麻醉库房		约 16m	约 20 人/d
	手术室		约 25m	约 30 人/d
	院内道路		约 34m	约 200 人/d
	物品存放区	西北侧	紧邻	约 10 人/d
	护士站及手术治疗恢复区		约 10m	约 100 人/d
	楼梯间、缓冲间	北侧	紧邻	约 20 人/d
	休息室		约 3m	约 10 人/d
	办公及库房区		约 9 m	约 20 人/d
	配电间及空调机房区		约 20 m	约 10 人/d
	污物暂存间		约 35 m	约 5 人/d
	院内道路		约 42 m	约 200 人/d
	五层库房、手术部净化设备区		正上方	紧邻
	三层更衣缓冲区	正下方	紧邻	约 10 人/d
	二层医办区		约 4 m	约 20 人/d
一层变配电所	约 9 m		约 5 人/d	
地下一层与地下二层停车场	约 14 m		约 200 人/d	

备注：DSA 手术室南侧九曲港及东侧桐木港为河流港湾，不涉及船舶停泊或通航，属于人员不可达区

域，因此未作为保护目标。

## 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）

本标准规定了对电离辐射防护和辐射源安全的基本要求，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。

#### （1）防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

#### （2）剂量限值

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 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）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。

#### B1.1 职业照射

##### B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 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：

- 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；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

#### B1.2 公众照射

##### B1.2.1 剂量限值

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；

#### （3）剂量约束值

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

#### 本项目管理目标：

（1）职业照射：本次评价保守取相应剂量限值的 25%作为剂量约束值管理目标，即职业人员照射剂量约束值为 5mSv/a；

(2) 公众照射：本次评价保守取相应剂量限值的 25% 作为剂量约束值管理目标，即公众照射剂量约束值为 0.25mSv/a。

#### (4) 辐射工作场所的分区

### 6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

#### 6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

#### 6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

## 7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

本标准规定了放射诊断的防护要求，包括 X 射线影像诊断和介入放射学用设备防护性能、机房防护设施、防护安全操作要求及相关防护检测要求，适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。放射治疗和核医学中的 X 射线成像设备参照本标准执行。

### 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 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求（部分摘录）

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
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup> （含 C 形	20	3.5

臂, 乳腺 CBCT)

<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。

**备注：本项目 DSA 设备属单管头 X 射线设备。**

## 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（部分摘录）**

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
标准 125kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

**备注：本项目 DSA 最大管电压为 125kV，主要用于放射介入手术，属于 C 型臂 X 射线设备，还具有摄影功能，故本次评价从严处理，按照“有用线束与非有用线束方向铅当量均  $\geq 2\text{mmPb}$ ”作为 DSA 手术室的屏蔽防护铅当量厚度要求。**

## 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  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

c) 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  $25\mu\text{Sv/h}$ ，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于  $0.25\text{mSv}$ ；

## 6.4 X 射线设备工作场所维护

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 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。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求（部分摘录）

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护链/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——

备注：“——”表示不做要求

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。

### 7.3.5 项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射诊断放射

防护要求》（GBZ 130-2020）等评价标准，确定本项目的管理目标如下：

（1）周围剂量当量率

本项目 DSA 设备在透视工况下，DSA 机房周围剂量当量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；在摄影工况下，DSA 机房周围剂量当量率应不大于  $25\mu\text{Sv/h}$ 。

（2）个人剂量约束值

本项目职业人员照射剂量约束值为  $5\text{mSv/a}$ ；

本项目公众照射剂量约束值为  $0.25\text{mSv/a}$ 。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置和场所位置

#### 8.1.1 地理位置

海宁市第二人民医院位于海宁市马桥街道国樞路 85 号，项目地理位置见附图 1。医院东侧为马桥路；南侧隔九曲港为马桥中心小学、海宁远航实业有限公司；西侧隔国樞路为国樞府；北侧为海宁市城南新市镇开发有限公司项目施工大楼、隔红旗路为亦心宾馆，医院周围环境关系见附图 2，周围环境实景见附图 4。

#### 8.1.2 场所位置

本项目 DSA 手术室设置在院区内新建医技综合楼四层。DSA 手术室东侧临空；南侧紧邻控制室、污物廊；西侧紧邻缓冲间；北侧紧邻楼梯间、缓冲间；正上方为五层库房及手术部净化设备区；正下方为三层更衣缓冲区。

### 8.2 环境现状评价对象

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）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为 DSA 手术室及周围环境。

### 8.3 辐射环境质量现状

#### 8.3.1 检测目的

通过现场检测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

#### 8.3.2 检测因子

根据项目污染因子特征，环境检测因子为  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

#### 8.3.3 检测点位

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况布点监测，点位分布情况见图 8-1，检测报告及检测资质证书见附件 11。

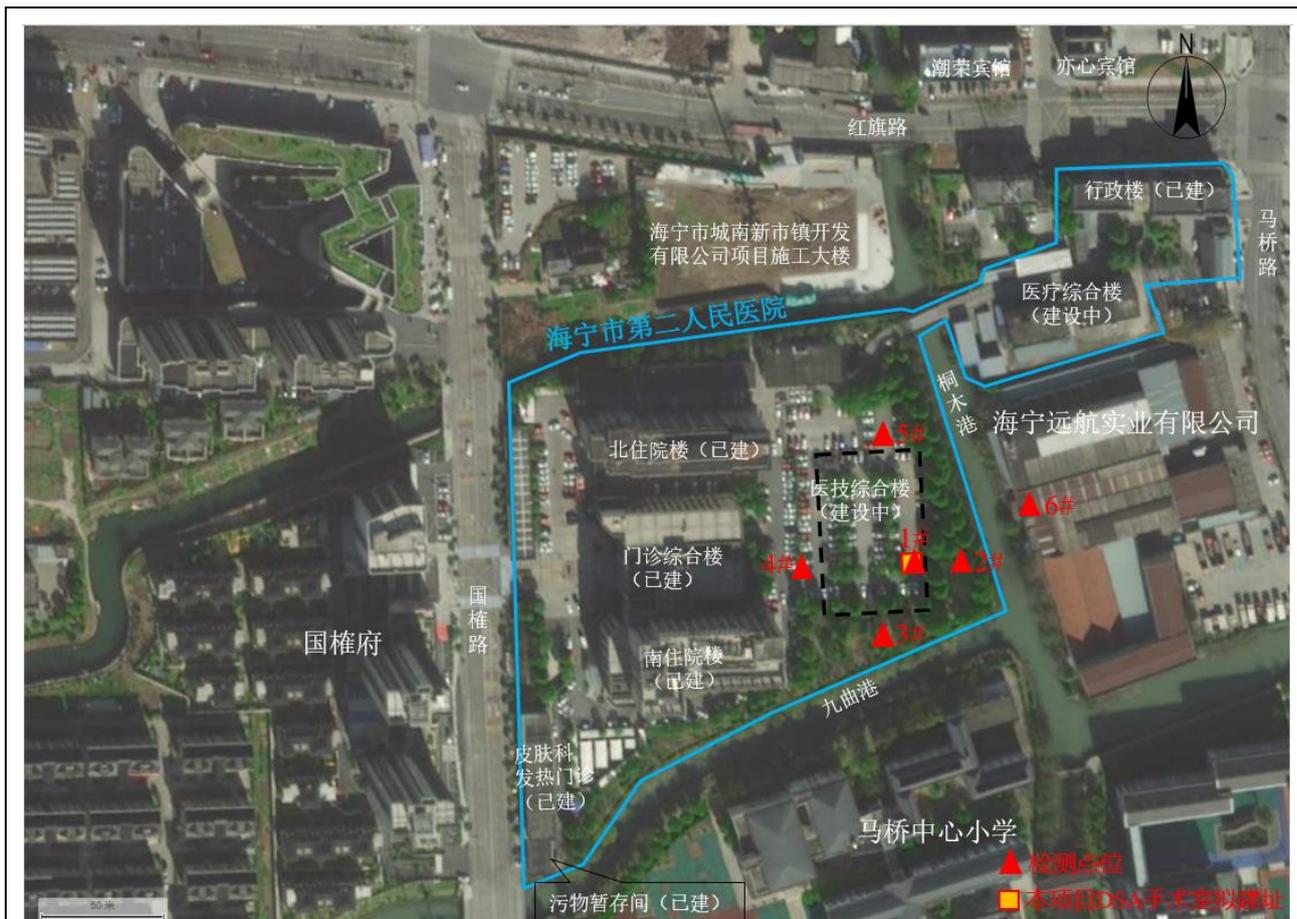


图 8-1 本项目手术室拟建址辐射环境检测点位示意图

### 8.3.4 检测方案

- (1) 检测单位：浙江亿达检测技术有限公司；
- (2) 检测时间：2023 年 11 月 13 日；
- (3) 检测方式：现场检测；
- (4) 检测依据：《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 检测方法：仪器探头离地 1m，待仪器读数稳定后，通常以约 10s 的间隔读取数据；
- (6) 检测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室外温度：10℃；相对湿度：38%；
- (8) 检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1 检测仪器的参数与规范

仪器名称	X、 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H+6150 AD-b/H (内置探头：6150 AD-b/H 外置探头：6150 AD 6/H)
仪器编号	165455+167510
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05 $\mu$ Sv/h~99.99 $\mu$ Sv/h；外置探头：0.01 $\mu$ Sv/h~10mSv/h

能量范围	内置探头：20keV-7MeV $\leq\pm 30\%$ ；外置探头：60keV-1.3MeV $\leq\pm 30\%$
检定证书编号	2023H21-20-4419850003
检定有效期	2023年02月15日至2024年02月14日
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
校准因子 $C_f$	1.05
探测限	$\geq 10\text{nSv/h}$

### 8.3.5 质量保证措施

根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）等标准中有关电离辐射环境监测质量保证的通用要求、实验室的质量要求文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书、记录表格）和质量证明文件（包括人员培训考核记录、仪器设备检定/校准证书、监测过程质量控制记录、样品分析测量结果报告及原始记录）实行全过程质量控制，保证此次检测结果科学、有效。本次环境现状检测质量保证主要内容有：

- （1）检测机构通过了计量认证。
- （2）检测前制定了详细的检测方案及实施细则。
- （3）合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- （4）检测所用仪器已通过计量部门检定/校准合格，且在检定/校准有效使用期内使用。

监测仪器与所测对象在量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行。

- （5）检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- （6）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

（7）现场检测严格按照规定的检测点位、方法、记录内容等进行，按照统计学原则处理异常数据和检测数据。

（8）建立完整的文件资料。仪器校准说明书、检测方案、检测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查。

- （9）检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

### 8.3.6 检测结果及分析

检测结果见表 8-2。

表 8-2 DSA 手术室拟建址及周围环境辐射背景检测结果

点位编号	点位描述	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)	备注
		平均值	
1	DSA 手术室拟建址	47	室外

2	DSA 手术室拟建址东侧	50	
3	DSA 手术室拟建址南侧	46	
4	DSA 手术室拟建址西侧	44	
5	DSA 手术室拟建址北侧	69	
6	海宁远航实业有限公司	67	室内

备注：①本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m；  
 ②本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；  
 ③ $\gamma$  辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 28.50nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，6#点位取 0.9，其余点位取 1；

由表可知，本项目 DSA 手术室周围环境各室外  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 44nGy/h~69nGy/h；室内  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 67nGy/h。由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，嘉兴市道路上  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 28nGy/h~117nGy/h，室内  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 76nGy/h~271nGy/h，可见本项目 DSA 手术室拟建址室外  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，室内  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率略低于本底水平。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 施工期工程分析

本项目施工期主要为 DSA 手术室与辅助用房的建设施工及设备安装调试，由于本项目属于主体工程配套的辐射内容，因此 DSA 手术室及配套用房建设时期的工艺及产污分析已包含在《海宁市第二人民医院改扩建工程环境影响报告表》中，本次评价不重复评价。DSA 设备安装调试阶段会产生 X 射线、臭氧和氮氧化物及包装废弃物。本项目施工期较短，对周围环境产生的影响是短暂的。随着施工期结束，环境影响也随之停止。

### 9.2 工艺设备和工艺分析

#### 9.2.1 设备组成及作业方式

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 主要组成部分：带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机、多幅照相机。本项目 DSA 的整体外观图如图 9-1 所示。

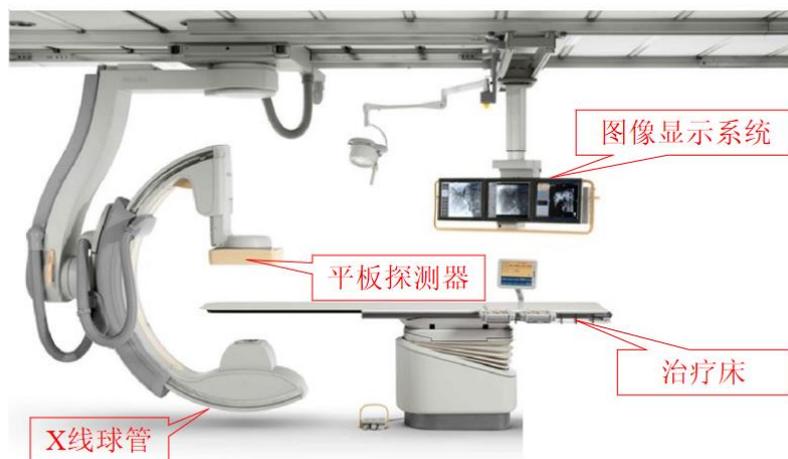


图 9-1 DSA 设备外观参考图

#### 9.2.2 工作原理

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、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的摄影图像，通过显示器显

示出来。

X 射线诊断装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钼等）制成。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。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。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

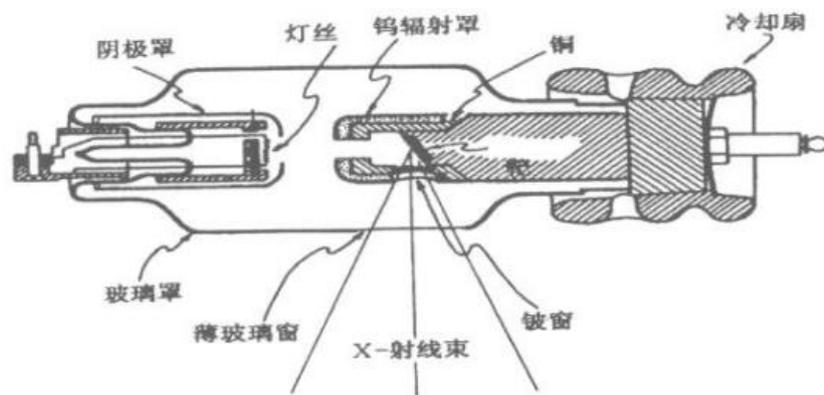


图 9-2 典型的 X 射线管结构

### 9.2.3 DSA 路径分析

本项目 DSA 路径主要是工作人员（包括医护人员、技师）路径、患者路径及污物路径，如图 9-3 所示。

#### （1）工作人员路径

操作技师进入控制室内进行 DSA 设备操作；

医护人员经控制室由医生通道防护门进入 DSA 手术室内进行手术。

#### （2）患者路径

患者由工作人员推床从西侧经病人通道防护门进入 DSA 手术室内接受诊断与治疗手术。手术后患者需工作人员推床从 DSA 手术室西侧病人通道防护门离开。

#### （3）污物路径

手术结束后，首先由工作人员将污物从 DSA 机房南侧污物廊运至所在楼层西南角污物暂存间暂存，后由工作人员转移至医院的医疗废物中心，再由有资质单位取走处理。

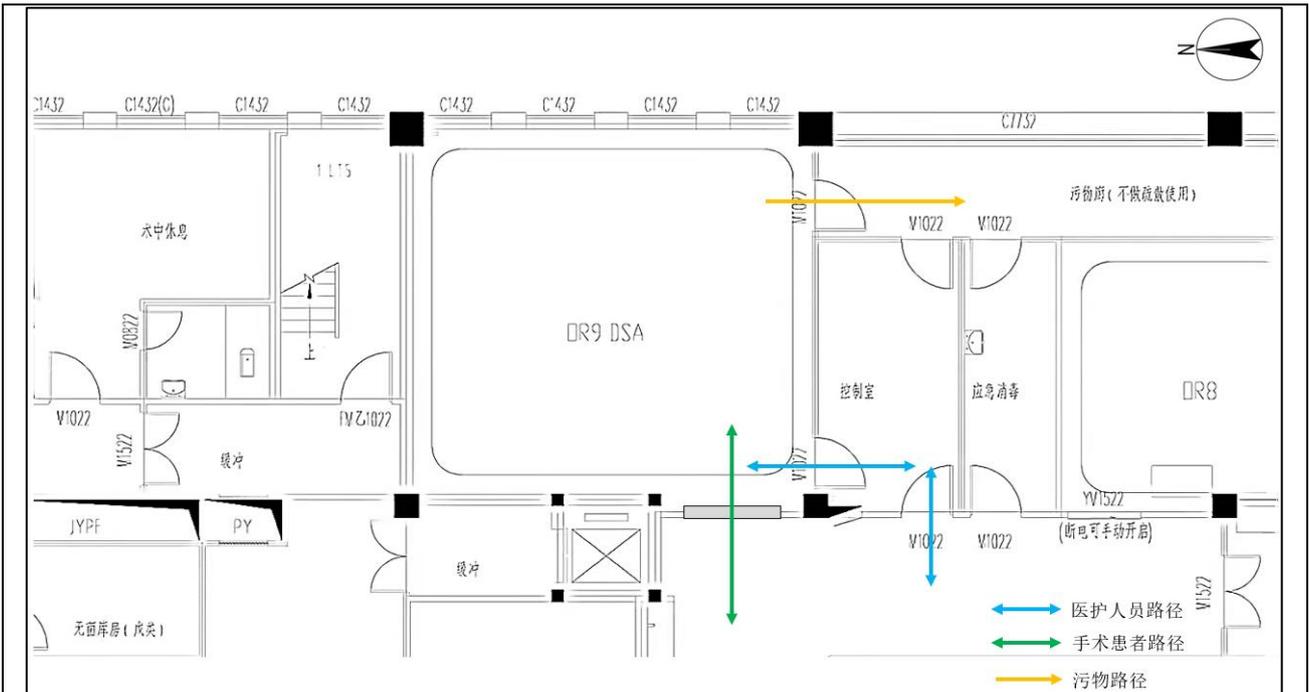


图 9-3 本项目 DSA 辐射工作场所人流物流路径图

## 9.2.4 操作工艺流程及产污环节

### (1) 操作流程

诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，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 射线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

DSA 在进行曝光时分为摄影和透视两种情况：

A、摄影：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，医生和护士均退出机房在控制室观察），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。

B、透视：医生需进行手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师身着铅橡胶围裙、铅防护眼镜等防护用品，在机房内对病人进行直接的手术操作。

### (2) 污染因子

DSA 的 X 射线诊断机曝光时，主要污染因子为 X 射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA 治疗流程及产污环节如图 9-4 所示。

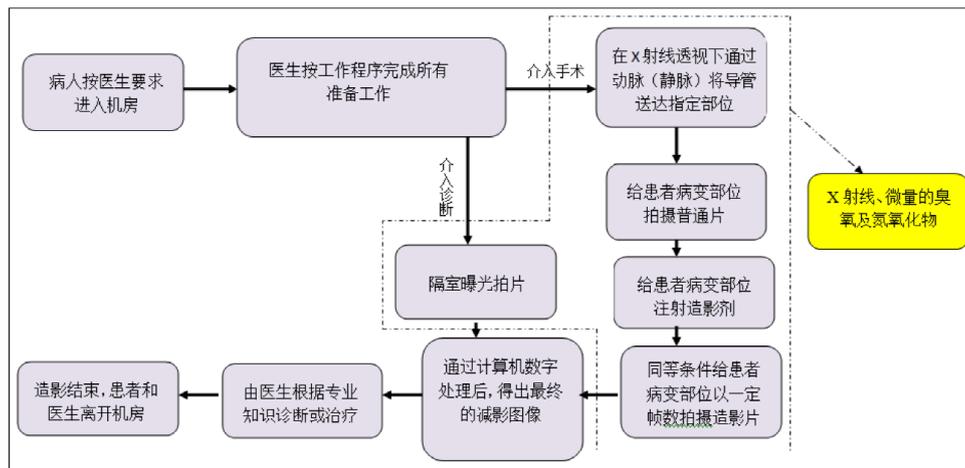


图 9-4 本项目 DSA 操作流程及产污环节示意图

综上所述，DSA 在开机状态下，产生的污染因子主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物，无其他放射性废气、废水及固废产生。

### 9.2.5 岗位设置与人员配备

根据医院提供的资料，本项目 DSA 设备使用科室主要包括心内科、心脏血管造影科，医院拟配备 16 名辐射工作人员，其中医生 3 名，护士 8 名，技师 5 名；人员来源分为现有辐射工作人员与拟新增辐射工作人员，均存在兼职其他辐射工作场所岗位的情况。根据手术类型的不同，手术医生轮岗安排手术；一般单台手术需要医生 2 名、护士 1 名、技师 1 名。

### 9.2.6 工作负荷

经与医院核实，本项目正常运行后，保守预计每年最大工作量为 200 台手术，每天工作 8 小时，每年工作 250 天。本项目 DSA 设备使用情况见表 9-1，本项目辐射工作人员最大工作时间见表 9-2。

表 9-1 本项目 DSA 手术室工作量

人员配置			单台手术最长曝光时间 (min)		年预计最大手术量 (台)	年最大出束时间 (h)		
医生	护士	技师	摄影	透视		摄影	透视	小计
3	8	5	2	20	200	6.7	66.7	73.4

表 9-2 本项目辐射工作人员最大工作时间

单名介入医护人员 <sup>②</sup>		单名技师 <sup>③</sup>		
年预计最大手术量 (台)	年透视时间 (h/a)	摄影	透视	小计
134	44.7	1.4	13.4	14.8

备注：①介入医护人员主要考虑透视状态下的受照剂量影响，摄影状态下在控制室受照剂量影响相对较小，忽略不计。②考虑医生轮岗手术，因此单名介入医护人员年预计最大手术量保守按总量的 2/3 考虑。③5 名技师，单台手术需 1 名技师，因此本项目单名技师最大工作时间保守按手术总量的 1/5 考虑。

## 9.3 污染源项描述

### (1) X 射线

根据 X 射线装置工作原理，X 射线随 DSA 设备的开、关而产生和消失。本项目 DSA 设备在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，主要污染因子为 X 射线。由于 X 射线贯穿能力强，将对工作人员、公众及周围环境造成一定的辐射污染，主要包括以下 3 种辐射类型：

#### A、有用线束

通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像或者对患者的部位进行间歇式透视。

#### B、泄漏辐射

根据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”，以及《医用电气设备 第一部分：安全通用要求 三、并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》（GB9706.12-1997）中 29.204.3 的相应要求，取本项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h。

#### C、散射辐射

DSA 的散射线主要考虑有用线束照射到受检者人体产生的侧向散射线，其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

本项目 DSA 设备最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，透视模式最大工况为 80kV、20mA；摄影模式最大工况为 100kV、500mA。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《辐射防护导论》（方杰主编）与《医用外照射源的辐射防护》，本项目 DSA 设备 X 射线的源项数据见表 9-3。

表 9-3 本项目 DSA 设备 X 射线源项数据

工作场所	设备名称	主射线或散射线源项（距辐射源点 1m 处输出量） <sup>①</sup>		漏射线源项 （辐射源点 1m 处泄漏辐 射剂量率） <sup>②</sup>
		摄影工况	透视工况	
DSA 手术室	DSA 射线装置	$5.4 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	$3.6 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	1000 $\mu\text{Gy/h}$

备注：① 根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 5.1.5 条款，除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl，故本项目过滤片保守取为 2.5mmAl。参考《辐射防护导论》（方杰主编）P342 页附图 3，仅有过滤片 2mmAl 和 3mmAl 的曲线图，本次评价保守按过滤片为 2mmAl 进行取值，则摄影（100kV）时 X 射线发射率常数  $\delta_{100\text{kV}}=9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，则  $H_{0(100\text{kV})}=5.4 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；透视（80kV）时 X 射线发射率常数  $\delta_{80\text{kV}}=6\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，则  $H_{0(80\text{kV})}=3.6 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

② 根据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》P23 页：“（77）用于诊断

目的每一个X线管必须封闭在管套内，以使得位于该套内的X射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点1米处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过1mGy”，故本项目保守取值为1000 $\mu$ Gy/h。

## (2) 臭氧和氮氧化物

本项目 DSA 设备在开机并处于出束状态下，空气在 X 射线作用下会分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。本项目 DSA 手术室设有新风装置，能保持手术室内良好通风。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 辐射工作场所布局及合理性

医院拟在新建医技综合楼四层建设 1 间 DSA 手术室及配套用房，DSA 手术室六面情况见表 10-1。

表 10-1 本项目 DSA 手术室周边布局一览表

DSA 手术室位置	辐射场所	方位	周边房间及场所
医技综合楼四层	DSA 手术室	东侧	临空
		南侧	控制室、污物廊
		西侧	缓冲间、室内过道
		北侧	楼梯间、缓冲间
		楼上	库房、手术部净化设备区
		楼下	更衣缓冲区

结合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 6.1 条款的要求，本项目 DSA 机房布局评价情况如下：

（1）本项目 DSA 有用线束照射方向自下向上，不直接照射门、窗、管线口与工作人员操作位，满足第 6.1.1 条款的要求；

（2）本项目 DSA 手术室位于医技综合楼四层，DSA 手术室及辅助用房均集中布置，且 DSA 手术室六侧经实体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对邻室及周围场所的人员影响是可以接受的，满足第 6.1.2 条款的要求；

（3）本项目 DSA 手术室最小单边长度为 6.7m，有效使用面积约 49.58m<sup>2</sup>，满足第 6.1.5 的要求。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置便于就诊，能够降低人员受到意外照射的可能性，故本项目 DSA 工作场所平面布局合理可行。

#### 10.1.2 分区原则和两区划分

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），为了便于辐射防护管理和职业照射控制，应把辐射工作场所分为控制区和监督区。

##### （1）分区原则

根据 GB 18871-2002 的要求，“两区”划分原则与依据如下：

① 注册者许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

② 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，

以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围。

③注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

(2) 本项目分区管理情况

本项目辐射工作场所分区情况见表 10-2，分区示意图见图 10-1。

表 10-2 本项目辐射工作场所分区一览表

场所名称	控制区	监督区
DSA 手术室	DSA 手术室	污物廊、控制室、室内过道、西侧缓冲间、电梯间、北侧缓冲间

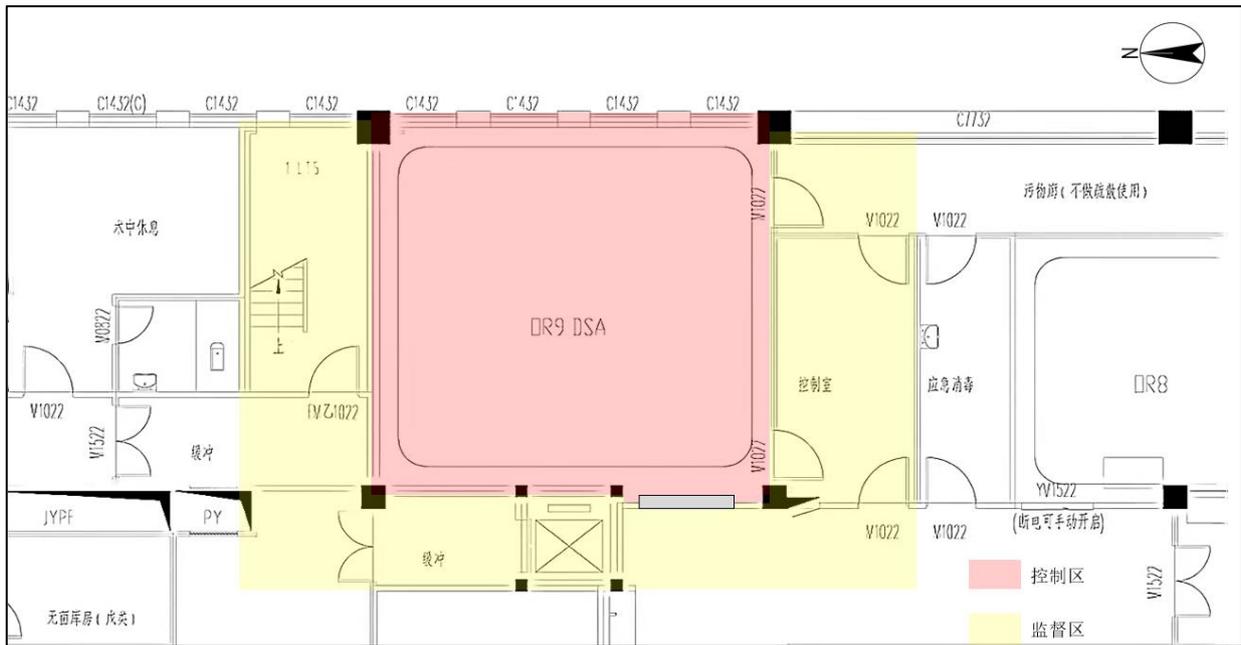


图 10-1 本项目辐射工作场所分区示意图

(3) 本项目“两区”管控要求

①控制区防护手段与安全措施

- a. 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合图 10-2 规定的警告标志；
- b. 制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；
- c. 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；限制的严格程度应与预计的照射水平和可能性相适应；
- d. 定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

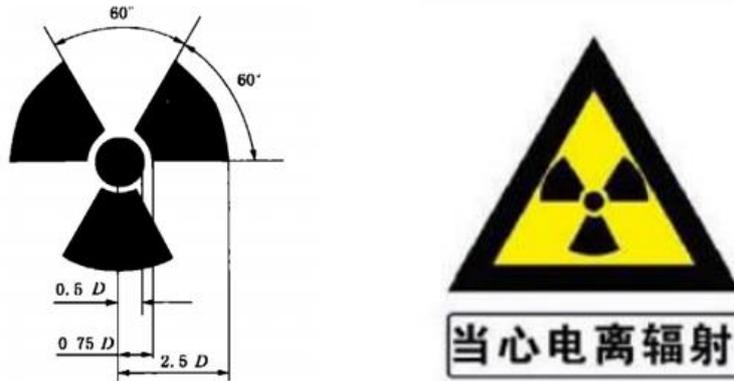


图 10-2 电离辐射的标志（左）与电离辐射警告标志（右）

## ② 监督防护手段与安全措施

- a. 采用适当的手段划出监督区的边界；
- b. 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- c. 定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

### 10.1.3 辐射防护屏蔽设计

依据建设单位提供的 DSA 机房防护设计方案，将机房各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）中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度的要求，对本项目屏蔽措施进行对照分析，DSA 手术室的屏蔽防护设计方案见表 10-3，机房最小单边长及有效使用面积见表 10-4。

表 10-3 DSA 机房屏蔽设计情况

工作场所	屏蔽体	设计值（等效铅当量）	GBZ 130-2020 标准要求	符合性分析
DSA 机房	四侧墙体	240mm 实心砖墙+3mm 铅板 (5.2mmPb)	有用线束及非有用线束 方向铅当量均为 2mmPb。	符合
	顶棚	120mm 混凝土+3mm 铅板 (4.4mmPb)		符合
	地坪	120mm 混凝土+30mm 硫酸 钡涂料 (4.4mmPb)		符合
	观察窗	4mm 铅玻璃 (4mmPb)		符合
	病人通道防护门	内衬 4mm 铅板 (4mmPb)		符合
	医生通道防护门			符合
	污物通道防护门			符合
	排风设计方案	DSA 手术室内设有新风系统，排风管道穿墙处拟设计 4mm 铅皮进行屏蔽补偿		

	电缆设计方案	电缆拟通过电缆沟槽从地坪下方穿越墙体，电缆管道穿墙处拟设4mm 铅皮进行屏蔽补偿
--	--------	--

注：

- ①铅板密度不低于 11.3g/cm<sup>3</sup>，1mm 铅板等效为 1mmPb；
- ②实心砖密度不低于 1.65g/cm<sup>3</sup>，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 表 C.5，管电压为 125kV(有用线束)时，217mm 砖可等效为 2mmPb，因此本项目 240mm 实心砖墙等效为 2.2mmPb；
- ③混凝土密度不低于 2.35g/cm<sup>3</sup>，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 表 C.4，管电压为 125kV(有用线束)时，87mm 混凝土等效为 1mmPb，因此本项目 120mm 混凝土等效为 1.4mmPb；
- ④硫酸钡防护涂料密度不低于钡水泥密度即 2.79g/cm<sup>3</sup>，根据《放射防护实用手册》（赵兰才 张丹枫编著）表 6.14，9.5mm 钡水泥密度等效 1mmPb 进行铅当量折算，因此本项目 30mm 硫酸钡防护涂料保守等效为 3mmPb。

**表 10-4 DSA 手术室面积及单边长度一览表**

序号	场所名称	拟设置情况		GBZ130 表 2 标准要求		符合性评价
		最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m <sup>2</sup> )	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m <sup>2</sup> )	
1	DSA 手术室	6.7	49.58	3.5	20	符合

由表 10-3、表 10-4 可知，本项目 DSA 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、顶棚、地面、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 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

### 10.1.4 辐射安全和防护措施

#### 10.1.4.1 设备自带辐射安全防护措施

本项目 DSA 设备具备以下辐射安全防护措施：

- (1) DSA 设备配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置；
- (2) 在手术室内具备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；
- (3) 控制台和手术室内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录；
- (4) 透视曝光开关为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置；
- (5) DSA 设备配有可安装附加滤过板的装置，并配备不同规格的附加滤过板；
- (6) DSA 设备配备可调节有用线束照射野的限束装置，并提供可标示照射野的灯光野指示装置；
- (7) 控制台与介入手术床旁设有急停按钮（各按钮分别与 X 射线系统串联）。DSA 系统的 X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个急停按钮，均可停止 X 射线系统

出束。

本项目 DSA 设备各项技术指标满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）对设备性能的相关要求。

#### 10.1.4.2 场所辐射安全防护措施

1、对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）与《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），本项目在设备自带辐射安全防护措施基础上，医院 DSA 工作场所需具备以下辐射安全防护措施：

（1）DSA 手术室南侧设有观察窗，其位置便于观察到受检者状态与防护门关闭情况；DSA 手术室内设有摄像监控装置，与控制台处显示屏相联，便于观察室内情况。

（2）DSA 手术室内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

（3）DSA 手术室内利用新风系统进行通风，以保持良好的通风。

（4）DSA 手术室防护门醒目位置张贴电离辐射警告标志及中文警示说明；病人通道防护门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且与防护门有效关联；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

（5）本项目 DSA 手术室设有电动推拉防护门，应设有曝光时关闭防护门的管理措施，设置防夹装置；手术室设有平开防护门，应设有自动闭门装置。

（6）受检者不应在 DSA 手术室内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在 DSA 手术室内。

2、为了更好地做好辐射工作场所安全防护管理，医院在 GBZ 130-2020 基础上设以下辐射安全防护措施：

（1）DSA 手术室防护门采取屏蔽防护时，注意防护门与墙体的搭接应不小于缝隙距离的 10 倍。

（2）控制室内张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

（3）对讲装置：在 DSA 手术室与控制室之间安装对讲装置，控制室的工作人员通过对讲机与 DSA 机房内的手术人员联系。

（4）DSA 手术室受检者出入口门外应设置 1m 黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。

本项目 DSA 工作场所的辐射安全设施布置方案见附图 10。

#### 10.1.4.3 辐射防护用品清单

1、个人防护用品

**表 10-5 DSA 机房个人防护用品和辅助防护设施拟配置计划**

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
DSA 机房	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	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套，配备 5 套	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅防护屏风，各 1 件	符合
	患者和受检者	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	——	铅橡胶颈套、铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾，成人与儿童各 1 套	——	符合

注：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套铅当量不小于 0.5mmPb；铅防护眼镜铅当量不小于 0.25mmPb；介入防护手套不小于 0.025mmPb；铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏铅当量不小于 0.5mmPb。铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾铅当量不小于 0.5mmPb；儿童防护用品铅当量不小于 0.5mmPb；铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏铅当量不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量不小于 2mmPb。

**2、个人防护检测用品**

医院拟为本项目配备 1 台便携式 X-γ 辐射巡测仪和 4 台个人剂量报警仪；每名手术医生、护士配备 2 枚个人剂量计，包括内、外双个人剂量计，分别佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置及铅围裙内躯干位置，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反；每名技师配备 1 枚个人剂量计，为外个人剂量计。

**10.1.4.4 辐射安全防护措施和设施标准对照**

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求，DSA 手术室辐射防护措施符合性分析表见表 10-6。

**表 10-6 DSA 手术室设计符合性分析**

项目	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	设计情况	符合性
手术室面积	面积不小于20m <sup>2</sup> ，单边长度不小于3.5m	本项目 DSA 手术室面积为 49.58m <sup>2</sup> ，最小单边长度为6.7m	符合
手术室位置	X射线设备机房（照射室）应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	根据表 11 核算结果，本项目 DSA 手术室充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	符合
手术室布局	机房内布局要合理，应避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；不得堆放与诊断工作无关的杂物；受检者不应在机房内候诊	DSA 手术室设计避免有用线束直接照射门、窗和管线口位置；保持 DSA 手术室内整洁、不堆放杂物；DSA 手术室内区域未设置候诊区。	符合
手术室通风	机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风	DSA 手术室设有排风系统，保持良好的通风	符合
标志、	机房门外应有电离辐射警告标志；机	拟在 DSA 手术室门口设电离辐	符合

指示灯	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；工作状态指示灯能与机房门有效关联	射警告标志、工作状态指示灯等，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句；工作状态指示灯和与机房相通的门能有效关联	
工作人员防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套，配备不少于5套	符合

DSA 手术室按相关标准要求进行了设计，DSA 手术室的辐射防护措施均符合相关规定要求，医院应严格按照设计方案进行建设。

## 10.2 三废的治理

本项目 DSA 设备在运行期间不产生放射性废气、放射性废水、放射性固废，有少量臭氧和氮氧化物产生，DSA 手术室通过医院排风系统以保持室内良好通风。

## 10.3 射线装置报废管理要求

本项目后期投入使用后，对拟报废的射线装置，医院应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》中第十八条要求，需要报废 X 射线装置的，使用单位应当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主管部门核销。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

#### 11.1.1 土建施工阶段

本项目 DSA 机房拟建于医技综合楼四层，医院已委托编制《海宁市第二人民医院改扩建工程环境影响报告表》，并于 2023 年 7 月 6 日取得环评批复，文号为嘉环海建[2023]71 号。该报告中对项目施工期及运行期产生的非放射性部分的“三废”排放及处理措施均进行了评价，本项目不重复评价。

#### 11.1.2 设备安装调试阶段

本项目 DSA 设备安装调试阶段对于环境影响主要为 X 射线、臭氧和氮氧化物以及包装材料等固废。本项目 DSA 设备的安装与调试均由专业人员在 DSA 手术室内进行，经过墙体的屏蔽与距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其他固体废物作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

### 11.2 DSA 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 DSA 手术室周围辐射环境影响评价

本项目 DSA 额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，主射方向由下往上，所在机房设计净尺寸为 7.4m（长）×6.7m（宽）×3.8m（高）。DSA 设备在手术中分摄影和透视两种模式。DSA 摄影（拍片）模式是指 DSA 的 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。DSA 透视模式是指在透视条件下，工作人员近台同室进行介入操作。本次评价采用理论计算的方法分别对摄影、透视两种工况下机房周围的辐射水平进行了预测。

##### 1、预测点位

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录B中B.2.1条款，计算关注点的位置选取原则为：距墙体、门、窗30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面170cm。

由于第一术者位相较第二术者位距离辐射源更近，根据辐射剂量率与距离平方成反比的定律，若第一术者位受照剂量满足剂量限值要求，则第二术者位亦可满足，故本次评价重点关注第一术者位所受剂量影响。本项目关注点分布及环境特征情况见表11-1，预测点位示意图见图11-1与图11-2。

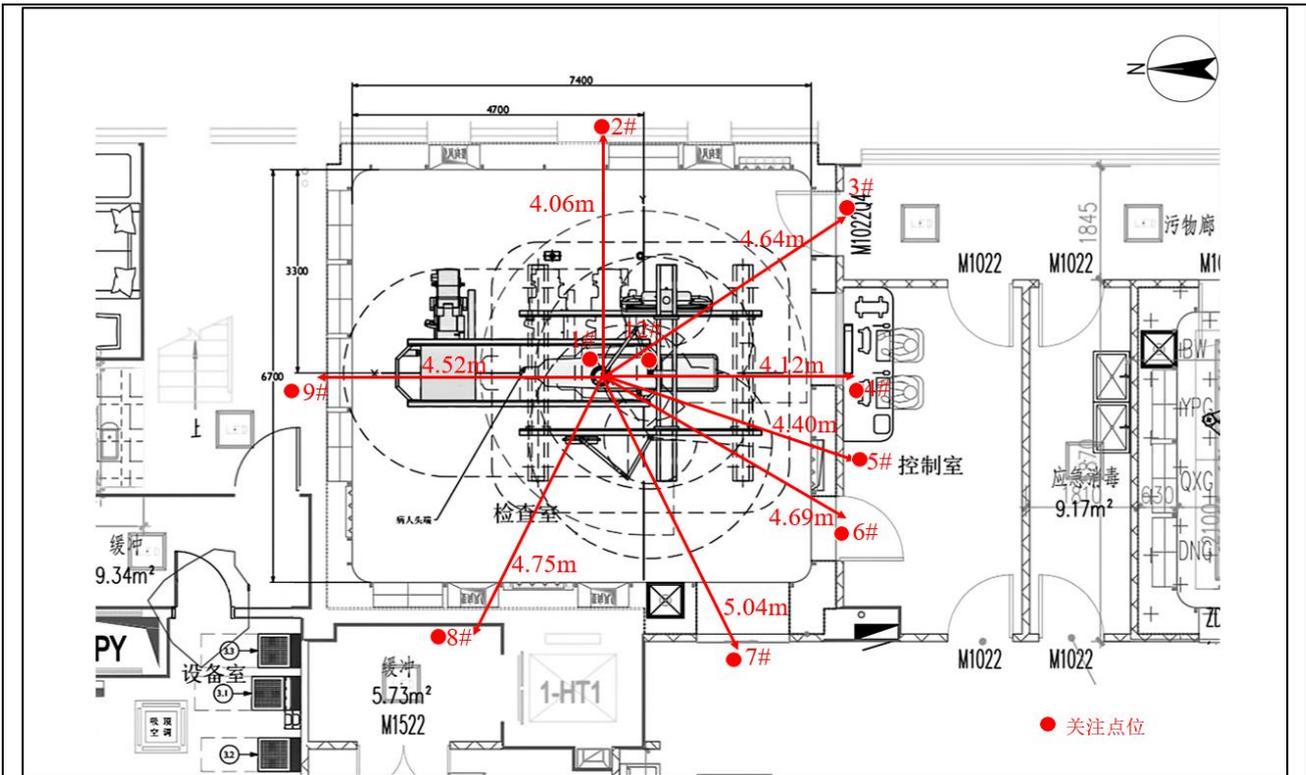


图 11-1 本项目 DSA 机房平面布局及预测点位示意图

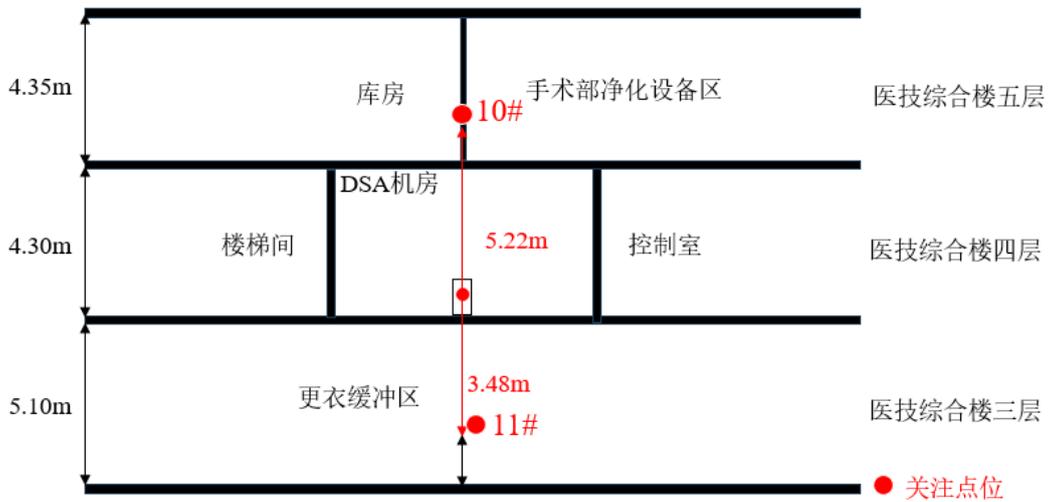


图 11-2 本项目 DSA 机房剖面布局及预测点位示意图

表 11-1 本项目关注点分布及环境特征

点位编号	点位描述	环境特征	需考虑的辐射类型
1#	DSA 机房第一术者位	DSA 机房内	泄漏辐射、散射辐射
2#	DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处	临空	泄漏辐射、散射辐射
3#	DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处	污物廊	泄漏辐射、散射辐射
4#	DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处	控制室	泄漏辐射、散射辐射
5#	DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处	控制室	泄漏辐射、散射辐射
6#	DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处	控制室	泄漏辐射、散射辐射
7#	DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处	室内通道	泄漏辐射、散射辐射
8#	DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处	缓冲间	泄漏辐射、散射辐射

9#	DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处	楼梯间	泄漏辐射、散射辐射
10#	DSA 机房上方（楼上）距地面 100cm 处 <sup>①</sup>	库房、手术部净化设备区	泄漏辐射、散射辐射
11#	DSA 机房下方（楼下）距地面 170cm 处	更衣缓冲区	泄漏辐射、散射辐射
12#	DSA 机房第二术者位	DSA 机房内	泄漏辐射、散射辐射

备注：①根据相关文献记录，DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，屏蔽估算时不需要考虑有用线束，故本评价仅对该点位考虑泄漏辐射与散射辐射。

## 2、预测工况

根据建设单位提供的资料，本项目 DSA 设备运行的典型工况见表 11-2。

表 11-2 本项目 DSA 设备运行的典型工况

设备名称	摄影常用最大工况		透视常用最大工况	
	管电压 (kV)	管电流 (mA)	管电压 (kV)	管电流 (mA)
DSA	100	500	80	20

## 3、预测模式

参考《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）P436~P437 页式（10.8）、（10.9）、（10.10），将原公式中的利用因子、占用因子均取为 1，可推导出以下计算公式。

### （1）泄漏辐射剂量估算

$$H = \frac{H_L \cdot B}{d^2} \dots \dots \dots (11-1)$$

式中：H：关注点处的辐射剂量率，μGy/h；

H<sub>L</sub>：距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率，μGy/h；根据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》P23 页：“（77）用于诊断目的的每一个 X 线管必须封闭在管套内，以使得位于该套内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1 米处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy”，故本项目保守取值为 1000μGy/h。

d：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：给定屏蔽物质的屏蔽透射因子，取值见表 11-3。

### （2）散射辐射剂量估算

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot S}{d_0^2 \cdot d_s^2} \dots \dots \dots (11-2)$$

式中：H：关注点处的辐射剂量率，μGy/h；

I：管电流，mA；本项目摄影工况管电流为 500mA，透射工况管电流为 20mA；

H<sub>0</sub>：距靶点 1m 处的 X 射线输出量，μGy·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>；根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 5.1.5 条款，除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl，故本项目过滤片保守取为 2.5mmAl。参考《辐射防护导论》（方杰主编）P342 页附图 3，仅有过滤片 2mmAl 和 3mmAl 的曲线图，本次评价保

守按过滤片为2mmAl进行取值，则摄影（100kV）时X射线发射率常数 $\delta_{100kV}=9mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ，则 $H_{0(100kV)}=5.4 \times 10^5 \mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$ ；透视（80kV）时X射线发射率常数 $\delta_{80kV}=6mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ，则 $H_{0(80kV)}=3.6 \times 10^5 \mu Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$ 。

$\alpha$ ：患者对入射X射线的散射比，根据《辐射防护手册——第一分册》（潘自强、李德平编）P437页， $\alpha=a/400$ ，其中a为人体对X射线的散射照射量与入射照射量之比。对照该手册的表10.1，本项目摄影和透视工况下均取入射能量为100kV时90°散射，则a保守取值0.0013，即 $\alpha=3.25 \times 10^{-6}$ ；

S：散射面积，根据《放射防护使用手册》P305，DSA射线装置一般的照射野为9cm×9cm，本项目保守取100cm<sup>2</sup>；

$d_0$ ：源与患者的距离，根据《医用X射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）图1.3，本项目取0.8m；

$d_s$ ：散射体（患者）与关注点的距离，m；

B：给定屏蔽物质的屏蔽透射因子，取值见表11-3。

### （3）屏蔽透射因子预测公式

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录C中C.1.2，对给定的铅厚度，不同管电压X射线辐射在屏蔽材料中衰减的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 拟合值见表C.2～表C.3，按式11-3计算屏蔽透射因子：

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots \dots \dots (11-3)$$

式中：B：不同屏蔽材料的屏蔽透射因子；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ：不同屏蔽材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X：屏蔽材料厚度。

本项目摄影工况按 100kV 取值，透视工况保守按 90kV 取值（GBZ 130-2020 附录 C 表 C.2 中仅有管电压 70kV 和 90kV 的参数取值，无 80kV 的参数取值），屏蔽透射因子计算如表 11-3 所示。

表 11-3 本项目屏蔽透射因子计算表

辐射类型	工作模式	关注点位	防护情况	屏蔽厚度 (mm)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	B
泄漏辐射	摄影	10# DSA 机房上方 (楼上) 距地面 100cm 处	120mm 混凝土+3mm 铅板	铅: 3	2.500	15.28	0.7557	3.11E-08
				混凝土: 120	0.03925	0.08567	0.4273	
	摄影	2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处 5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处 8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处 9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处	240mm 实心砖墙+3mm 铅板	铅: 5.2	2.500	15.28	0.7557	1.69E-07
	11# DSA 机房下方 (楼下) 距地面 170cm 处	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	铅: 3	2.500	15.28	0.7557	3.11E-08	
			混凝土: 120	0.03925	0.08567	0.4273		
	摄影	1# DSA 机房第一术者位 (铅衣内) 12# DSA 机房第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅悬挂帘 +0.5mmPb 铅衣	铅: 0.5	3.067	18.83	0.7726	6.33E-04
	摄影	1# DSA 机房第一术者位 (铅衣外) 12# DSA 机房第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅悬挂帘	铅: 0.5	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
	混凝土: 120	0.04228	0.1137	0.4690				
	透视	2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处 5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处 8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处 9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处	240mm 实心砖墙+3mm 铅板	铅: 5.2	3.067	18.83	0.7726	9.31E-09
	11# DSA 机房下方 (楼下) 距地面 170cm 处	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	铅: 3	3.067	18.83	0.7726	3.56E-09	
混凝土: 120			0.04228	0.1137	0.4690			
散射	摄影	10# DSA 机房上方 (楼上) 距地面 100cm 处	120mm 混凝土+3mm 铅板	铅: 3	2.507	15.33	0.9124	6.84E-08

辐射	影			混凝土: 120	0.03950	0.08440	0.5191	
		2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处 5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处 8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处 9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处	240mm 实心砖墙+3mm 铅板	铅: 5.2	2.507	15.33	0.9124	2.54E-07
		3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处 6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处 7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处 4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	铅: 4	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
	11# DSA 机房下方 (楼下) 距地面 170cm 处	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	铅: 3	2.507	15.33	0.9124	6.84E-08	
			混凝土: 120	0.03950	0.08440	0.5191		
	透	10# DSA 机房上方 (楼上) 距地面 100cm 处	120mm 混凝土+3mm 铅板	铅: 3	3.067	18.83	0.7726	3.56E-09
				混凝土: 120	0.04228	0.1137	0.4690	
		1# DSA 机房第一术者位 (铅衣内) 12# DSA 机房第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅 悬 挂 帘 +0.5mmPb 铅衣	铅: 0.5	3.067	18.83	0.7726	6.33E-04
				铅: 0.5	3.067	18.83	0.7726	
		1# DSA 机房第一术者位 (铅衣外) 12# DSA 机房第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅悬挂帘	铅: 0.5	3.067	18.83	0.7726	2.52E-02
		2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处 5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处 8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处 9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处	240mm 实心砖墙+3mm 铅板	铅: 5.2	3.067	18.83	0.7726	9.31E-09
	3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处 6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处 7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处 4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处	内衬 4mm 铅板	铅: 4	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07	
11# DSA 机房下方 (楼下) 距地面 170cm 处	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡涂料	铅: 3	3.067	18.83	0.7726	3.56E-09		
		混凝土: 120	0.04228	0.1137	0.4690			
备注: 本表铅当量折算过程参考表 10-3。								

#### 4、预测结果

(1) 关注点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见表 11-4。

表 11-4 泄漏辐射剂量率估算结果

工作模式	关注点位	H <sub>L</sub>	B	d	H
		μGy/h	/	m	μGy/h
摄影	2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处（临空）	1000	1.69E-07	4.06	1.02E-05
	3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处（污物廊）	1000	3.39E-06	4.64	1.58E-04
	4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	1000	3.39E-06	4.12	2.00E-04
	5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处（控制室）	1000	1.69E-07	4.40	8.69E-06
	6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处（控制室）	1000	3.39E-06	4.69	1.54E-04
	7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处（室内通道）	1000	3.39E-06	5.04	1.33E-04
	8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处（缓冲间）	1000	1.69E-07	4.75	7.47E-06
	9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	1000	1.69E-07	4.52	8.26E-06
	10# DSA 机房上方（楼上）距地面 100cm 处（库房、手术部净化设备区）	1000	3.11E-08	5.22	1.14E-06
	11# DSA 机房下方（楼下）距地面 170cm 处（更衣缓冲区）	1000	3.11E-08	3.48	2.57E-06
	透视	1# DSA 机房第一术者位（铅衣内）	1000	6.33E-04	0.6
1# DSA 机房第一术者位（铅衣外）		1000	2.52E-02	0.6	7.00E+01
12# DSA 机房第二术者位（铅衣内）		1000	6.33E-04	1.2	4.40E-01
12# DSA 机房第二术者位（铅衣外）		1000	2.52E-02	1.2	1.75E+01
2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处（临空）		1000	9.31E-09	4.06	5.65E-07
3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处（污物廊）		1000	3.69E-07	4.64	1.72E-05
4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处（控制室）		1000	3.69E-07	4.12	2.18E-05
5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处（控制室）		1000	9.31E-09	4.40	4.80E-07
6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处（控制室）		1000	3.69E-07	4.69	1.68E-05
7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处（室内通道）		1000	3.69E-07	5.04	1.45E-05
8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处（缓冲间）		1000	9.31E-09	4.75	4.12E-07
9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）		1000	9.31E-09	4.52	4.55E-07
10# DSA 机房上方（楼上）距地面 100cm 处（库房、手术部净化设备区）		1000	3.56E-09	5.22	1.31E-07
11# DSA 机房下方（楼下）距地面 170cm 处（更衣缓冲区）		1000	3.56E-09	3.48	2.94E-07

(3) 关注点散射辐射剂量率计算参数及结果见表 11-5。

表 11-5 散射辐射剂量率估算结果

工作模式	关注点位	I	H <sub>0</sub>	α	S	d <sub>0</sub>	d <sub>s</sub>	B	H
		mA	μGy·m <sup>2</sup> ·mA <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup>	/	cm <sup>2</sup>	m	m	/	μGy/h
摄影	2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处（临空）	500	5.4×10 <sup>5</sup>	3.25×10 <sup>-6</sup>	100	0.8	4.06	2.54E-07	2.11E-03
	3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处（污物廊）	500	5.4×10 <sup>5</sup>	3.25×10 <sup>-6</sup>	100	0.8	4.64	5.14E-06	3.28E-02

	4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	500	$5.4 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.12	5.14E-06	4.16E-02
	5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处（控制室）	500	$5.4 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.40	2.54E-07	1.79E-03
	6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处（控制室）	500	$5.4 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.69	5.14E-06	3.20E-02
	7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处（室内通道）	500	$5.4 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	5.04	5.14E-06	2.77E-02
	8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处（缓冲间）	500	$5.4 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.75	2.54E-07	1.54E-03
	9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	500	$5.4 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.52	2.54E-07	1.70E-03
	10# DSA 机房上方（楼上）距地面 100cm 处（库房、手术部净化设备区）	500	$5.4 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	5.22	6.84E-08	3.44E-04
	11# DSA 机房下方（楼下）距地面 170cm 处（更衣缓冲区）	500	$5.4 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	3.48	6.84E-08	7.75E-04
透视	1# DSA 机房第一术者位（铅衣内）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	0.6	6.33E-04	6.43E+00
	1# DSA 机房第一术者位（铅衣外）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	0.6	2.52E-02	2.56E+02
	12# DSA 机房第二术者位（铅衣内）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	1.2	6.33E-04	1.61E+00
	12# DSA 机房第二术者位（铅衣外）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	1.2	2.52E-02	6.40E+01
	2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处（临空）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.06	9.31E-09	2.07E-06
	3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处（污物廊）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.64	3.69E-07	6.28E-05
	4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.12	3.69E-07	7.97E-05
	5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处（控制室）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.40	9.31E-09	1.75E-06
	6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处（控制室）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.69	3.69E-07	6.13E-05
	7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处（室内通道）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	5.04	3.69E-07	5.31E-05
	8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处（缓冲间）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.75	9.31E-09	1.51E-06
	9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	4.52	9.31E-09	1.67E-06
	10# DSA 机房上方（楼上）距地面 100cm 处（库房、手术部净化设备区）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	5.22	3.56E-09	4.78E-07
11# DSA 机房下方（楼下）距地面 170cm 处（更衣缓冲区）	20	$3.6 \times 10^5$	$3.25 \times 10^{-6}$	100	0.8	3.48	3.56E-09	1.08E-06	

(4) 本项目 DSA 手术室周围辐射水平汇总见表 11-6, DSA 手术室内辐射水平汇总见表 11-7。

表 11-6 本项目 DSA 手术室周围辐射水平预测结果

工作模式	关注点位	泄漏辐射剂量率	散射辐射剂量率	总剂量率
		$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$	$\mu\text{Gy/h}$
摄影	2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处（临空）	1.02E-05	2.11E-03	2.12E-03
	3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处（污物廊）	1.58E-04	3.28E-02	3.29E-02
	4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	2.00E-04	4.16E-02	4.18E-02

	5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处（控制室）	8.69E-06	1.79E-03	1.80E-03	
	6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处（控制室）	1.54E-04	3.20E-02	3.21E-02	
	7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处（室内通道）	1.33E-04	2.77E-02	2.79E-02	
	8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处（缓冲间）	7.47E-06	1.54E-03	1.55E-03	
	9# DSA 机房北侧防护墙外30cm处（楼梯间）	8.26E-06	1.70E-03	1.71E-03	
	10# DSA 机房上方（楼上）距地面 100cm 处（库房、手术部净化设备区）	1.14E-06	3.44E-04	3.45E-04	
	11# DSA 机房下方（楼下）距地面170cm处（更衣缓冲区）	2.57E-06	7.75E-04	7.77E-04	
	透视	2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处（临空）	5.65E-07	2.07E-06	2.63E-06
		3# DSA 机房南侧污物通道防护门外30cm处（污物廊）	1.72E-05	6.28E-05	8.00E-05
		4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处（控制室）	2.18E-05	7.97E-05	1.01E-04
		5# DSA 机房南侧防护墙外30cm处（控制室）	4.80E-07	1.75E-06	2.23E-06
6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处（控制室）		1.68E-05	6.13E-05	7.80E-05	
7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处（室内通道）		1.45E-05	5.31E-05	6.76E-05	
8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处（缓冲间）		4.12E-07	1.51E-06	1.92E-06	
9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处（楼梯间）		4.55E-07	1.67E-06	2.12E-06	
10# DSA 机房上方（楼上）距地面 100cm 处（库房、手术部净化设备区）		1.31E-07	4.78E-07	6.09E-07	
11# DSA 机房下方（楼下）距地面 170cm 处（更衣缓冲区）		2.94E-07	1.08E-06	1.37E-06	

表 11-7 本项目 DSA 手术室内部辐射水平预测结果

工作模式	关注点位	泄漏辐射剂量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）	散射辐射剂量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）	总剂量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）
透视	1# DSA 机房第一术者位（铅衣内）	1.76E+00	6.43E+00	8.19E+00
	1# DSA 机房第一术者位（铅衣外）	7.00E+01	2.56E+02	3.26E+02
	12# DSA 机房第二术者位（铅衣内）	4.40E-01	1.61E+00	2.05E+00
	12# DSA 机房第二术者位（铅衣外）	1.75E+01	6.40E+01	8.15E+01

由表11-6可知，本项目DSA射线装置运行时机房外周围剂量当量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第6.3.1条款规定的“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”与“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。

### 11.2.2 人员受照剂量估算

#### (1) 年有效剂量估算公式

根据联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) —2000 年报告附录 A 公式以及居留因子的选取, 对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H = D_r \cdot U \cdot T \cdot k \cdot t \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots \text{式 (11-4)}$$

式中:

H——X射线外照射年有效剂量, mSv/a;

$D_r$ ——关注点处空气比释动能率,  $\mu\text{Gy/h}$ ;

U——关注点位置的方向使用因子, 全部取1;

T——人员在关注点位置的居留因子;

k——Sv/Gy剂量转换系数, 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002), 光子的辐射权重因子 $WR=1$ , 当量剂量跟吸收剂量在数值上是相等的, 即1Sv数值上等于1Gy, 则本项目k取值1;

t——年照射时间, h/a。

本项目的居留因子参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007) 选取, 具体数值见下表。

表 11-8 居留因子取值一览表

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

根据式 (11-4) 与表 11-8, 本项目理论预测环境影响分析下保护目标的年有效剂量估算结果见表 11-9。由于摄影时, 医护人员均退出 DSA 手术室, 在控制室内观察, 故医护人员在 DSA 摄影工况下受到的辐射照射与控制室人员相当。

表 11-9 年有效剂量估算结果

关注点位	工作模式	总剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	年受照时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv)	涉及人员类型
2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处(临空)	摄影	2.12E-03	6.7	1/16	8.89E-07	公众
3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处(污物廊)		3.29E-02		1/4	5.52E-05	
4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处(控制室)		4.18E-02	1.4	1	5.85E-05	职业
5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处(控制室)		1.80E-03		1	2.52E-06	
6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处(控制室)		3.21E-02		1	4.50E-05	
7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处(室内通道)		6.7	2.79E-02	1/4	4.67E-05	公众
8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处(缓冲间)			1.55E-03	1/4	2.59E-06	
9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处(楼梯间)			1.71E-03	1/4	2.87E-06	
10# DSA 机房上方(楼上)距地面 100cm 处(库房、手术部净化设备区)			3.45E-04	1/4	5.79E-07	
11# DSA 机房下方(楼下)距地面 170cm 处(更衣缓冲区)		7.77E-04	1/4	1.30E-06		
1# DSA 机房第一术者位(铅衣内)		44.7	8.19E+00	1	3.66E-01	职业 (机房内)
1# DSA 机房第一术者位(铅衣外)	3.26E+02		1	1.46E+01		
12# DSA 机房第二术者位(铅衣内)	2.05E+00		1	9.16E-02		
12# DSA 机房第二术者位(铅衣外)	8.15E+01		1	3.64E+00		
2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处(临空)	66.7	2.63E-06	1/16	1.10E-08	公众	
3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处(污物廊)		8.00E-05	1/4	1.33E-06		
4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处(控制室)	13.4	1.01E-04	1	1.36E-06	职业	
5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处(控制室)		2.23E-06	1	2.99E-08		
6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处(控制室)		7.80E-05	1	1.05E-06		
7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处(室内通道)	66.7	6.76E-05	1/4	1.13E-06	公众	
8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处(缓冲间)		1.92E-06	1/4	3.20E-08		
9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处(楼梯间)		2.12E-06	1/4	3.54E-08		
10# DSA 机房上方(楼上)距地面 100cm 处(库房、手术部净化设备区)		6.09E-07	1/4	1.02E-08		
11# DSA 机房下方(楼下)距地面 170cm 处(更衣缓冲区)	1.37E-06	1/4	2.29E-08			

表 11-10 DSA 手术室对本项目保护目标的年有效剂量贡献值估算结果

关注点位	摄影	透视	总年有效	涉及人
------	----	----	------	-----

	(mSv/a)	(mSv/a)	剂量 (mSv)	员类型
2# DSA 机房东侧防护墙外 30cm 处 (临空)	8.89E-07	1.10E-08	9.00E-07	公众
3# DSA 机房南侧污物通道防护门外 30cm 处 (污物廊)	5.52E-05	1.33E-06	5.65E-05	
4# DSA 机房南侧观察窗外 30cm 处 (控制室)	5.85E-05	1.36E-06	5.99E-05	职业
5# DSA 机房南侧防护墙外 30cm 处 (控制室)	2.52E-06	2.99E-08	2.55E-06	
6# DSA 机房南侧医生通道防护门外 30cm 处 (控制室)	4.50E-05	1.05E-06	4.60E-05	
7# DSA 机房西侧病人通道防护门外 30cm 处 (室内通道)	4.67E-05	1.13E-06	4.78E-05	公众
8# DSA 机房西侧防护墙外 30cm 处 (缓冲间)	2.59E-06	3.20E-08	2.63E-06	
9# DSA 机房北侧防护墙外 30cm 处 (楼梯间)	2.87E-06	3.54E-08	2.90E-06	
10# DSA 机房上方 (楼上) 距地面 100cm 处 (库房、手术部净化设备区)	5.79E-07	1.02E-08	5.89E-07	
11# DSA 机房下方 (楼下) 距地面 170cm 处 (更衣缓冲间)	1.30E-06	2.29E-08	1.32E-06	

同时, 根据辐射剂量率与距离平方成反比的原理, 对本项目评价范围内其他环境保护目标年有效剂量进行了估算, 见表 11-11。

表 11-11 评价范围内公众人员年有效剂量估算

编号	保护目标	工作模式	总剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	年受照时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv)
1	东侧海宁远航实业有限公司	摄影	1.13E-05	6.7	1	7.55E-08
2	南侧应急消毒间		1.30E-02		1/2	4.37E-05
3	南侧手术室		7.95E-03		1	5.33E-05
4	南侧无菌库房		2.89E-03		1/8	2.42E-06
5	南侧院内道路		1.05E-03		1/8	8.78E-07
6	西南侧手术中心		1.05E-02		1/4	1.76E-05
7	西侧仪器设备间		7.66E-04		1/8	6.41E-07
8	西侧无菌库房		2.15E-04		1/8	1.80E-07
9	西侧室内走廊		9.93E-05		1/5	1.33E-07
10	西侧 UPS 间、麻醉库房		8.11E-05		1/8	6.79E-08
11	西侧手术室		3.94E-05		1/4	6.60E-08
12	西侧院内道路		2.32E-05		1/8	1.95E-08
13	西北侧护士站及手术治疗恢复区		1.60E-04		1	1.07E-06
14	北侧休息室		5.19E-04		1	3.48E-06
15	北侧办公及库房区		1.61E-04		1	1.08E-06
16	北侧配电间及空调机房区		4.88E-05		1/16	2.04E-08
17	北侧污物暂存间		1.88E-05		1/8	1.57E-08
18	北侧院内道路		1.36E-05		1/8	1.14E-08
19	正下方二层办公区		1.68E-04		1	1.13E-06
20	正下方一层变电所		6.04E-05		1/16	2.53E-08
21	正下方地下一层与地下二层停车场		3.08E-05		1/16	1.29E-08
1	东侧海宁远航实业有限公司	透视	1.40E-08	66.7	1	9.31E-10
2	南侧应急消毒间		3.17E-05		1/2	1.06E-06
3	南侧手术室		1.93E-05		1	1.29E-06
4	南侧无菌库房		7.02E-06		1/8	5.85E-08
5	南侧院内道路		2.54E-06		1/8	2.12E-08

6	西南侧手术中心		2.55E-05		1/4	4.25E-07
7	西侧仪器设备间		9.49E-07		1/8	7.92E-09
8	西侧无菌库房		2.66E-07		1/8	2.22E-09
9	西侧室内走廊		1.23E-07		1/5	1.64E-09
10	西侧 UPS 间、麻醉库房		1.00E-07		1/8	8.38E-10
11	西侧手术室		4.89E-08		1/4	8.15E-10
12	西侧院内道路		2.88E-08		1/8	2.40E-10
13	西北侧护士站及手术治疗恢复区		1.99E-07		1	1.33E-08
14	北侧休息室		6.44E-07		1	4.29E-08
15	北侧办公及库房区		1.99E-07		1	1.33E-08
16	北侧配电间及空调机房区		6.05E-08		1/16	2.52E-10
17	北侧污物暂存间		2.33E-08		1/8	1.94E-10
18	北侧院内道路		1.68E-08		1/8	1.40E-10
19	正下方二层办公区		2.97E-07		1	1.98E-08
20	正下方一层变配电所		1.07E-07		1/16	4.44E-10
21	正下方地下一层与地下二层停车场		5.43E-08		1/16	2.26E-10

表 11-12 评价范围内公众人员年有效剂量贡献值估算结果

编号	保护目标	摄影 (mSv/a)	透视 (mSv/a)	总年有效剂量 (mSv)
1	东侧海宁远航实业有限公司	7.55E-08	9.31E-10	7.64E-08
2	南侧应急消毒间	4.37E-05	1.06E-06	4.48E-05
3	南侧手术室	5.33E-05	1.29E-06	5.46E-05
4	南侧无菌库房	2.42E-06	5.85E-08	2.48E-06
5	南侧院内道路	8.78E-07	2.12E-08	8.99E-07
6	西南侧手术中心	1.76E-05	4.25E-07	1.80E-05
7	西侧仪器设备间	6.41E-07	7.92E-09	6.49E-07
8	西侧无菌库房	1.80E-07	2.22E-09	1.82E-07
9	西侧室内走廊	1.33E-07	1.64E-09	1.35E-07
10	西侧 UPS 间、麻醉库房	6.79E-08	8.38E-10	6.87E-08
11	西侧手术室	6.60E-08	8.15E-10	6.69E-08
12	西侧院内道路	1.95E-08	2.40E-10	1.97E-08
13	西北侧护士站及手术治疗恢复区	1.07E-06	1.33E-08	1.09E-06
14	北侧休息室	3.48E-06	4.29E-08	3.52E-06
15	北侧办公及库房区	1.08E-06	1.33E-08	1.09E-06
16	北侧配电间及空调机房区	2.04E-08	2.52E-10	2.07E-08
17	北侧污物暂存间	1.57E-08	1.94E-10	1.59E-08
18	北侧院内道路	1.14E-08	1.40E-10	1.15E-08
19	正下方二层办公区	1.13E-06	1.98E-08	1.15E-06
20	正下方一层变配电所	2.53E-08	4.44E-10	2.58E-08
21	正下方地下一层与地下二层停车场	1.29E-08	2.26E-10	1.31E-08

由表 110-10 与表 11-12 可知，DSA 控制室辐射工作人员最大年剂量为  $5.99 \times 10^{-5} \text{mSv}$ ，本项目辐射工作人员存在兼职其他射线装置的情况，叠加连续四个季度个人有效剂量最大值 0.68mSv 后为 0.68mSv，低于职业人员年有效剂量约束值（5mSv）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员剂量限值（20mSv）的要求。

DSA 手术室周围公众年剂量最大为  $5.48 \times 10^{-5} \text{mSv}$ 。本项目手术室周围公众最大年剂量低于公众成员年有效剂量约束值（ $0.25 \text{mSv}$ ）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众成员剂量限值（ $1 \text{mSv}$ ）的要求。

因此，本项目 DSA 工作场所的防护设计满足要求，正常运行后产生的辐射影响满足标准要求，对人员产生的辐射影响较小。

(2) 手术室内介入医护人员有效剂量估算公式

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅橡胶围裙估算有效剂量的计算方法，采用式（11-5）进行估算。

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \dots\dots\dots (11-5)$$

式中：

$E$ ——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

$\alpha$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84，本项目取 0.79；

$\beta$ ——系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100，本项目取 0.051；

$H_u$ ——铅橡胶围裙内佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位：mSv；

$H_o$ ——铅橡胶围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的  $H_p(10)$ ，单位：mSv；

$$H_u = \dot{H}_u \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-6)$$

式中： $\dot{H}_u$ ——铅围裙外腰部附近的辐射水平。

$t$ ——单名介入手术医生年透视时间，根据医院提供的资料，本项目拟配置3名手术医生，考虑到单台手术需要医生2名，因此本项目保守考虑单名介入手术医生年手术台数为134台，每台手术平均透视时间为20min，则单名手术医生年透视时间为44.7h。

$$H_o = \dot{H}_o \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中： $\dot{H}_o$ ——铅围裙外锁骨对应的衣领附近的辐射水平， $\mu\text{Sv/h}$ ，取值同 $\dot{H}_u$ ；

$t$ ——意义和取值均同上。

根据GBZ 130-2020)第6.5.1条款和第6.5.3条款，本项目介入工作人员必须配置铅橡胶颈套，且铅当量不小于 $0.5 \text{mmPb}$ ，则本项目系数 $\alpha$ 取值0.79， $\beta$ 取值0.051。根据公式（11-5）~公式（11-7），本项目介入手术工作人员的年有效剂量估算结果见表11-13。

表11-13 介入手术医生的年有效剂量估算结果

人员属性	$\alpha$	$H_u$ (mSv)	$\beta$	$H_o$ (mSv)	E (mSv)
手术医生（第一术者位）	0.79	3.66E-01	0.051	1.46E+01	1.03

手术医生（第二术者位）		9.16E-02		3.64E+00	0.26
-------------	--	----------	--	----------	------

考虑本项目医生存在兼职其他辐射工作场所的情况，叠加连续四个季度个人有效剂量最大值 0.68mSv 后为 1.71mSv，低于职业人员年有效剂量约束值（5mSv）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员剂量限值（20mSv）的要求。

### （3）结论

综上所述，本项目 DSA 手术室经实体屏蔽后，对 DSA 手术室外辐射工作人员与周围公众的环境影响较小。同时在开展手术时，在采取有效的辐射防护措施和医院良好的管理情况下，辐射工作人员的年有效剂量均可以满足标准剂量限值与本项目剂量约束值的要求。

### 11.2.3 “三废”影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水和放射性固废产生，“三废”主要为臭氧和氮氧化物等非放射性气体。

本项目使用的 DSA 设备曝光时产生的臭氧与氮氧化物量很少，本项目 DSA 机房利用位于顶棚处的排风系统保持室内良好通风。曝光过程中产生的极少量的臭氧、氮氧化物等气体经排风口排出，臭氧在常温下 20-50 分钟后可自行分解为氧气，对环境影响较小。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 辐射风险识别

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》第四十条规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-14。

表 11-14 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

（1）DSA 控制室操作人员或病人家属在防护门关闭后未撤离机房，而射线装置出束时造成的误照射。

（2）DSA 机房安全联锁装置发生故障状况下，人员误入正在运行的 DSA 机房。

（3）DSA 射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误

照射。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故属于“射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”，因此，本项目可能发生的事故主要为一般辐射事故。

### 11.3.2 风险防范措施

为减少辐射事故的发生，医院需做好以下防范措施：

(1) DSA 放置于专用机房内使用，机房采用实体屏蔽进行辐射防护，防护当量满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求。

(2) 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；定期检查机房的性能，检查门灯联锁装置和闭门装置是否完好，检查有关的安全警示标志是否正常工作；操作曝光前应检查手术室内有无无关人员逗留，机房防护门是否关闭到位，避免无关人员误入正在使用 X 射线装置的手术室。

(3) 设备安装调试和检修维护人员在工作过程中，应按要求配戴个人剂量计。调试和维修期间，本项目辐射工作人员需将设备的控制权暂时移交给设备厂家工作人员，本项目辐射工作人员不参与设备的控制与维修，防止维修期间工作人员在机房误照射。

医院对可能发生的辐射事故，应及时采取应急措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，同时上报生态环境部门和卫生主管部门，并接受监督部门的处理。

### 11.3.3 应急处置预案

针对以上可能发生的事故风险，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和防护管理办法》等有关规定，医院应制定辐射事故应急方案，并定期进行演练，及时进行整改，同时还应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。

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。

⑤当发生或发现辐射事故，当事人应立即向医院的辐射安全负责人和法定代表人报告。当事故发生时，医院应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生主管部门报告。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《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II类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；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

#### 12.1.1 机构设置情况

医院已成立放射安全管理小组（见附件 7），现由 1 名组长、2 名副组长、1 名安全专管员以及多名组员组成。小组各成员职责已做出明确规定，评价认为项目单位放射安全管理小组的配备能够满足本项目环保管理工作的需求。若放射安全管理小组成员发生变动，建设单位应及时更新、调整管理机构的人员组成。

#### 12.1.2 辐射工作人员管理

本项目所需辐射工作人员分别源自现有辐射工作人员与后续拟新增人员，现有辐射工作人员辐射安全管理现状见前文表 1 章节中 1.7.2 章节。医院应做好以下人员管理工作：

（1）对现有辐射工作人员，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。自 2020 年 1 月 1 日起，原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核，及时完成复训工作。

（2）对于新增辐射工作人员，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）的要求参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn/>）学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训；应配备个人剂量计，定期送检有资质单位（常规周期一般为 1 次/月，最长不超过 1 次/季），并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案。

（3）根据《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》（浙环函[2019]248 号），各单位对辐射工作人员的辐射安全与防护培训或放射诊疗培训互相认可，无需重复培训。

（4）根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，医院应及时组织所有辐

射工作人员进行个人剂量检测（常规监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天）与职业健康体检（不少于 1 次/2 年），个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年；职业健康监护档案应长期保存。

## 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许可管理办法》规定，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、射线装置使用登记制度、有完善的辐射事故应急措施。

医院已制定《辐射防护和安全保卫制度》、《放射科辐射事故应急预案》、《放射工作人员职业健康管理》、《放射工作人员放射防护培训制度》、《放射工作场所防护检测制度》、《射线装置使用登记制度》、《设备维修保养制度》、《设备检修维护制度》、《个人剂量检测管理制度》、《摄片岗位职责》等规章制度，内容健全完善且合理规范。

结合考虑到医院为首次配置 DSA 设备，本次评价建议医院新增《DSA 操作规程》、《监测方案》等相关制度，并结合本项目开展特点和医院以往设备实际管理经验，对原有辐射安全管理制度进行针对性的补充、完善，重新制定相关规章制度后张贴于本项目 DSA 相关辐射工作现场，使之切实可行又符合相关管理规定，并付诸严格执行。

在日后的工作实践中，医院应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性，严格按照制度进行。

## 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。医院须定期对辐射工作场所周围环境进行自主监测与年度监测，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，并建立监测技术档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

### 12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目 DSA 属于 II 类射线装置，医院应为本项目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。

本项目拟配备 1 台便携式 X- $\gamma$  辐射巡测仪和 4 台个人剂量报警仪，本项目每位手术医生、护士均配备 2 枚个人剂量计，每名技师配备 1 枚个人剂量计。

本次评价建议医院可根据现有监测仪器情况进行适当调度以满足本项目仪器配备要求，

并每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正与维护。

### 12.3.2 个人剂量监测

医院应严格落实个人剂量监测（常规监测周期一般为 1 个月，最长不超过 3 个月）和职业健康检查（不少于 1 次/2 年），建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案交由专人保管。对于监测结果异常，应跟踪分析原因，优化实践行为。

### 12.3.3 场所环境监测

医院须定期对 DSA 手术室周围环境进行自主监测与年度监测，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，并建立监测技术档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

（1）验收监测：委托有相关监测资质的监测单位对辐射工作场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

（2）常规监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）第 8.2 条款，X 射线设备机房在使用过程中应进行定期检查和检测，定期检测的周期为 1 年。

（3）年度监测：每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。参考《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条款规定，年度监测周期为 1 次/年。

表 12-1 场所环境监测方案

监测类型	监测因子	监测频次	监测方式	监测布点	监测依据
验收监测	周围剂量当量率	验收期间，监测 1 次	委托监测	（1）防护门外及四侧屏蔽墙外 30cm 处、管孔穿墙处； （2）机房上方（楼上）距地 100cm 处；机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处； （3）周围需要关注的监督区	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）
常规监测		1 次/年	自行监测		
年度监测		1 次/年	委托监测		

## 12.4 年度安全状况评估

### 12.4.1 安全和防护状况年度评估报告内容要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中第十二条规定，医院应对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交上一

年度的评估报告，并在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）进行网上申报。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （一）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （二）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （三）辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- （四）射线装置台账；
- （五）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- （六）辐射事故及应急响应情况；
- （七）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （八）存在的安全隐患及其整改情况；
- （九）其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

#### **12.4.2 现有安全和防护状况年度评估报告情况**

根据医院提供的资料，医院已按要求编写了辐射安全与防护状况评估报告，每年定期上报至发证机关。本项目 DSA 正式开展后，医院应将本项目射线装置纳入辐射安全与防护评估报告，定期上报至发证机关。

### **12.5 辐射事故应急**

#### **12.5.1 应急预案制定要求**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，医院应成立相应的辐射事故应急机构，负责本单位的放射事故应急管理工作，主要包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）；
- （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）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- （6）编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环

境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生行政部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

### **12.5.2 现有应急预案执行情况**

医院目前已制定《放射科辐射事故应急预案》，明晰了辐射事故应急处理领导小组及主要职责、应急响应措施、相关部门的联系电话、编写事故总结报告等内容，以上部分符合国家法律法规要求。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》有关规定，建议医院对现有事故应急预案进行修订完善，补充完善 DSA 设备相关应急内容、应急人员的培训及应急物资准备等内容。此外，医院应每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。为降低事故发生概率，医院必须加强管理力度，提高辐射工作人员技术水平，严格按规范操作，认真落实应急预案，加强设备检查维修，提高单位应急能力。

## **12.6 环保竣工验收**

医院应根据项目的开展情况，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验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）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。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目工程概况

海宁市第二人民医院拟在浙江省嘉兴市海宁市马桥街道国樞路 85 号新建医技综合楼四层建设 1 间 DSA 手术室及配套用房，并购置 1 台数字减影血管造影系统（简称 DSA，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，主射方向由下朝上），用于放射诊断与介入治疗。本项目 DSA 手术室实体边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物、医院内部道路与相邻河流、海宁远航实业有限公司，无居民点和学校等环境敏感点，亦不涉及生态保护红线。

#### 13.1.2 辐射安全与防护结论

（1）本项目 DSA 手术室六面墙体、防护门与观察窗均采用辐射屏蔽措施，室内有效使用面积与最小单边长度均满足标准要求，各组成部分功能区明确，能够降低人员受到意外照射的可能性，本项目 DSA 工作场所屏蔽防护能力与平面布局基本合理可行。

（2）本项目 DSA 设备已具备一定的安全防护措施，医院拟根据相关要求落实辐射工作场所的各项安全防护措施并配置相关防护与检测用品，以上措施可满足本项目辐射安全与防护的要求。

#### 13.1.3 环境影响分析结论

##### （1）主要污染因子

DSA 装置的污染因子主要考虑 X 射线、臭氧和氮氧化物等非放射性气体。

##### （2）辐射环境影响预测

经理论预测，在正常工况下，本项目 DSA 机房摄影和透视工况下周围环境辐射剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中规定的 25 $\mu$ Sv/h（摄影）、2.5 $\mu$ Sv/h（透视）的限值要求；辐射工作人员的年有效剂量均低于职业人员的年剂量约束值（职业人员年有效剂量 $\leq$ 5mSv/a；公众成员年有效剂量低于公众成员的年剂量约束值（0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中有关“剂量限值”的要求。

##### （3）“三废”影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水和放射性固废产生，“三废”主要为臭氧和氮氧化物等非放射性气体。少量的臭氧和氮氧化物经新风系统通风后，满足评价标准要求，对机房周围的大气环境影响较小。

#### 13.1.4 辐射安全管理结论

(1) 医院已成立放射安全管理小组，负责辐射安全与环境保护管理工作。同时根据实际情况及本报告要求，需完善相关辐射安全管理制度，并张贴于本项目 DSA 相关工作场所，认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

(2) 本项目拟配备的辐射工作人员分别源自现有工作人员与后续拟新增人员，均需取得放射防护培训合格证，并按时复训。

(3) 医院应为本项目辐射工作人员配备齐全监测仪器与防护用品，定期将个人剂量计送检有资质的检测单位并定期组织辐射工作人员进行职业健康体检。同时，医院应做好档案保管工作，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年；职业健康监护档案应长期保存。

### 13.1.5 可行性分析结论

#### (1) 规划符合性与选址合理性分析结论

本项目位于浙江省嘉兴市海宁市马桥街道国樵路 85 号医技综合楼四层，用地性质为医疗卫生用地，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划要求。本项目符合海宁市“三线一单”的要求，不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求。本项目运行过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众成员的辐射影响是可接受的。因此，本项目的选址基本合理可行。

#### (2) 产业政策符合性分析结论

结合国家发展和改革委员会第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于第三十七项“卫生健康”中第 1 款的医疗卫生服务设施建设，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策的要求。

#### (3) 实践正当性分析结论

本项目的建设目的在于开展放射诊疗工作，最终是为了治病救人。在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

#### (4) 环保可行性结论

综上所述，本项目建设符合土地利用规划和“三线一单”的建设要求，项目选址基本合理，符合国家产业政策和实践正当性，在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，医院将具备相应从事的辐射活动的技术能力，本次评价的 1 台 DSA（125kV，

1000mA) 运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求, 故从辐射环境保护角度论证, 该项目的建设和运行是可行的。

### 13.2 建议和承诺

1、医院承诺将根据报告表的要求和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求。

2、本项目环评报批后, 医院需及时向生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

3、建设项目竣工后, 医院应当按照《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》(HJ 1326-2023)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。

## 表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日

审批意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日