

# 核技术利用建设项目

## 福建省漳州市医院 1 台 DSA 机项目

### 环境影响报告表

(公示稿)



福建省漳州市医院

2025 年 7 月

# 核技术利用建设项目

## 福建省漳州市医院 1 台 DSA 机项目

### 环境影响报告表

建设单位名称：福建省漳州市医院

建设单位法人代表（签名或签章）：郭永林

通讯地址：漳州市龙海区颜厝镇漳码路 9 号

邮政编码：363099

联系人：

电子邮箱：zzsyyqzk@163.com

联系电话：



编制单位和编制人员情况表

项目编号	B34uk4		
建设项目名称	福建省漳州市医院1台DSA机项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	福建省漳州市医院		
统一社会信用代码	1235060048956525X <sup>0</sup>		
法定代表人（签章）	郭永林		
主要负责人（签字）	郭永林		
直接负责的主管人员（签字）	吕长春		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	长润安测科技有限公司		
统一社会信用代码	91641100M A 76C 6W Y9X		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
沈立平	2015035640352014642320000027	BH 021803	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵立坤	项目基本情况、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量现状、项目工程分析与辐射安全与防护、环境影响分析	BH 076871	
沈立平	辐射安全管理、结论与建议	BH 021803	

# 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	10
表 3 非密封放射性物质 .....	10
表 4 射线装置 .....	10
表 5 废弃物（重点是放射性废物） .....	11
表 6 评价依据 .....	12
表 7 保护目标与评价标准 .....	14
表 8 环境质量和辐射现状 .....	20
表 9 项目工程与污染源项 .....	24
表 10 辐射安全与防护 .....	32
表 11 环境影响分析 .....	41
表 12 辐射安全管理 .....	59
表 13 结论与建议 .....	63
表 14 审批 .....	66

表 1 项目基本情况

建设项目名称		福建省漳州市医院新增 1 台 DSA 机项目			
建设单位		福建省漳州市医院			
法定代表人			联系人		联系电话
注册地址		漳州市芗城区胜利西路 59 号、龙文区水仙大街 193 号、漳州市龙海区颜厝镇漳码路 9 号			
项目建设地点		漳州市龙海区颜厝镇漳码路 9 号急诊急救楼一层 DSA 手术室 3			
立项审批部门		/		批准文号	/
总投资(万元)		1000	环保投资(万元)	80	投资比例(环保投资/总投资)
					8%
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> )
					86.4m <sup>2</sup>
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"/> 制造 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	/			
	<b>1.1 医院概况</b> <p>福建省漳州市医院是一所三级甲等医院，医院目前有 3 个院区（总部院区、芗城院区、龙文院区）和 2 个分院（朝阳分院、古雷分院），托管 2 家医院（诏安县总医院、漳州市第五医院）。总院区位于漳州市龙海区颜厝镇漳码路 9 号，总占地面积 475 余亩，总建筑面积 53 万余平方米，按照“一院多区、各有重点、协同发展”进行规划建设，并不断优化各院区功能定位。</p>				

医院内设：血液科、肾内科、普外科、产科、骨科、泌尿外科、神经外科、肿瘤综合治疗、胸心外科、心血管内科、显微外科、脊柱外科、神经科、妇产科、眼科、耳鼻喉科、口腔科、血液透析等科室。

## 1.2 项目建设规模与项目由来

### 1.2.1 项目概况

福建省漳州市医院共有 10 台 DSA 设备，其中总部院区有 6 台 DSA，为满足患者的就医需求，优化诊疗流程，提升当地和周边区域群众的医疗服务水平，拟在总部院区急诊急救楼一层西侧新建 DSA 手术室 3 及其辅助用房，并拟新购置 1 台 DSA，开展介入治疗。

本项目核技术利用情况见表 1-1。

表 1-1 本项目核技术利用情况表

序号	射线装置名称、型号	数量（台）/球管数（个）	管电压（kV）	管电流（mA）	类别	工作场所名称	环评情况
1	DSA 机（型号待定）	1/1	≤125	≤1000	II类	急诊急救楼一层 DSA 手术室 3	本次环评

### 1.2.1 项目由来

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》《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》等法律法规的规定，本项目新增的 1 台 DSA 装置属于“血管造影用 X 射线装置”，为 II 类射线装置。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），本项目新增 DSA，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。受福建省漳州市医院的委托，长润安测科技有限公司承担了该单位新增 1 台 DSA 项目的环境影响评价工作（委托书见附件 1）。

## 1.3 项目选址及周边环境

### 1.3.1 医院外环境关系

本建设项目位于福建省漳州市医院总院区，医院地址福建省漳州市龙海区颜厝镇漳码路 9 号，医院东侧为龙江南路，南侧为漳码路，隔路为联发君领壹号小区，西侧为莲蒲路，北侧为南江滨二路，隔路为漳州奥林匹克体育中心南区。医院地理位置图见附图 1。

### 1.3.2 本项目外环境关系

本项目拟建 DSA 机房位于医院急诊急救楼西侧一层，本项目东侧为急诊急救楼，南侧、西侧和北侧均为院内道路及停车场。本项目拟建 DSA 机房辐射工作场所 50m 范围内主要为急诊急救楼、发热门诊、第一住院楼、院内道路等。医院平面布局及周边环境关系见附图 2。

### 1.3.3 本项目周围环境关系

本项目 DSA 机房拟建址位于急诊急救楼一层西侧，为一层建筑，机房东侧为自北向南依次为后通道、VIP 诊察室、缓冲、洁净通道、男更衣室，南侧为控制室、缓冲区，西侧为院内道路，北侧为设备间、库房，上层无建筑，底下为地下车库。医院急诊急救楼一层现状图见附图 3，急诊急救楼一层平面设计见附图 4。

### 1.3.4 项目选址合理性分析

本项目位于急诊急救楼西侧，周围无环境制约因素，辐射工作场所周围 50m 评价范围内无学校、居民区等环境敏感点，无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，无人员流动性大的商业活动区域。本项目辐射工作场所有相应的屏蔽设计，根据后文环境影响分析可知，经辐射屏蔽措施后，本项目的运行对周围环境的影响是可接受的。

综上所述，本项目选址充分考虑了邻近周围场所的防护和安全。从辐射场所的楼层平面布局可知，本项目 DSA 工作场所位置相对独立，DSA 机设有单独固定的机房，辐射工作场所与其配套单元间功能布局分区明确，不相互穿插、干扰，本项目选址合理。

## 1.4 可行性分析

### 1.4.1 产业政策符合性分析

按照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 1 日经国家发展改革委第 6 次委务会通过，2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布，自 2024 年 2 月 1 日起施行）“第一类鼓励类”中的“十三、医药”中的“4、高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”之规定，本项目属于鼓励类产业，符合国家产业政策。

### 1.4.2 实践正当性分析

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

本项目的运行，可为患者提供放射诊疗服务，方便群众就医，具有良好的社会效益和经济效益。根据下文分析，本项目经辐射防护屏蔽和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。

因此，从代价利益方面分析，本项目在落实辐射安全与环境保护措施后，具有明显的经济效率、社会效益，该项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

### 1.6 评价目的

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

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

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

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

### 1.7 现有核技术利用项目许可及辐射安全管理情况

#### 1.7.1 现有核技术利用项目许可情况

医院持有《辐射安全许可证》（见附件2），证书编号：闽环辐证[00125]，有效期至2028年10月26日，种类和范围：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。医院现有核技术利用情况见表1-1~表1-3。

表 1-1 放射源应用情况一览表

序号	核素	类别	总活度（Bq）×枚数	活动种类	环保落实情况
1	Ir-192	Ⅲ类	3.7E+11*1	使用	已许可，已办理辐



2	Ge-68	V类	4.625E+7*2	使用	射安全许可证
3	Ge-68	V类	5.55E+7*2	使用	
4	Gd-153	V类	3.7E+8*2	使用	
5	Co-57	V类	1.17E+6*2	使用	
6	Co-57	V类	1.85E+6*2	使用	

表 1-2 非密封放射性物质应用情况一览表

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	环评手续
1	9号楼一楼核医学科	乙级	Tc-99m	1.22E+8	3.07E+12	已许可，已办理 辐射安全许可证
2			I-131	3.74E+9	2.69E+12	
3			I-125（粒子源）	1.85E+9	3.33E+11	
4			F-18	1.11E+7	2.59E+11	
5			Sr-89	5.98E+7	3.36E+10	
6	总部院区	乙级	P-32	1.48E+8	3.70E+11	已许可，已办理 辐射安全许可证
7	第三住院楼		Lu-177	8.88E+8	2.22E+12	
8	一楼核素治疗区		I-131	2.77E+9	6.93E+12	
9			Sr-89	2.96E+7	7.40E+10	
10	总部院区 门诊医技楼负一楼核医学科	乙级	Ga-68（生产）	7.40E+6	1.85E+11	已许可，已办理 辐射安全许可证
11			F-18（生产）	7.40E+6	1.85E+12	
12			N-13（生产）	7.40E+6	1.85E+11	
13			C-11（生产）	7.40E+6	1.85E+11	
14			O-15（生产）	7.40E+6	1.85E+11	
15			I-125（粒子源）	7.40E+6	3.70E+11	已许可，已办理 辐射安全许可证
16			Mo-99（Tc-99m）（使用）	3.90E+6	9.75E+12	
17			Tc-99m（生产）	3.70E+8	9.25E+12	
18			Tc-99m（使用）	3.70E+7	9.25E+12	
19			O-15（使用）	7.40E+6	1.85E+11	
20			N-13（使用）	7.40E+6	1.85E+11	
21			Ga-68（使用）	7.40E+6	1.85E+11	
23			F-18（使用）	7.40E+7	1.85E+12	
24			C-11（使用）	7.40E+6	1.85E+11	

表 1-3 射线装置应用情况一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	环评落实情况
1	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Discovery CT 750 HD	III类	10号楼一楼（放射影像科）	已许可，已办理 辐射安全许可证
2	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	LightSpeed VCT	III类		
3	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	SOMATOM Emotion 16 slice	III类		

4	血液辐照仪	X-RAD3000	Ⅲ类	1 号楼 2 楼
5	X 射线计算机体层摄影设备(CT)	SOMATOM Emotion 16 slice	Ⅲ类	1 号楼 4 楼、11 楼（放射影像科）
6	移动式 X 线摄影系统（DR）	Mobile Diagnost DR	Ⅲ类	
7	移动式 C 形臂成像系统	OEC luorostar CompactD	Ⅲ类	
8	C 臂机	Ziehm Solo FD	Ⅲ类	1 号楼 5 楼（手术 室）
9	C 臂机	OEC One CFD	Ⅲ类	
10	全数字化平板血管造影系统（DSA）	Discovery IGS 730	Ⅲ类	
11	全数字化平板造影系统（DSA）	Artis zeego QVD10	Ⅲ类	1 号楼 6 楼（手术 室）
12	移动式三维 X 线诊断设备	ARCADIS Orbic 3D	Ⅲ类	
13	移动式 X 线摄影系统（DR）	Mobile Diagnost DR	Ⅲ类	
14	数字化影像系统（DR）	RAD SPEED M	Ⅲ类	2 号健康管理中 心三楼
15	CT	Revolution Maxima	Ⅲ类	2 号楼体检中心 一楼（放射影像 科）
16	X 线电子计算机断层扫描装置（CT）	SOMATOM FORCE	Ⅲ类	
17	医用直线加速器	Clinac ix	Ⅱ类	
18	医用直线加速器	Clinac 6EX	Ⅱ类	4 号楼 1 楼（加速 器 1 号机房）
19	X 射线计算机断层摄影装置（模 拟定位 CT）	Brilliance CT BigBore	Ⅲ类	4 号楼 1 楼（模拟 定位机）
20	数字胃肠机	omni diagnost Eleva	Ⅲ类	7 号楼 1 楼导管手 术 1 室（介入诊 疗科）
21	震波碎石机	HK.ESWL-VM	Ⅲ类	
22	X 线摄影系统（多功能 DR）	D-VISION PLUS 50	Ⅲ类	
23	数字乳腺摄影系统	Mammo Diagnost DR	Ⅲ类	7 号楼 1 楼导管手 术 2 室（介入诊 疗科）
24	胃肠机	Luminos dRF Max	Ⅲ类	
25	全数字化平板血管造影系统（DSA）	ArtisZeeCeiling	Ⅱ类	
26	DSA	Uniq Clarity FD20/15	Ⅱ类	7 号楼 1 楼导管手 术 3 室（介入诊 疗科）
27	数字减影血管造影系统（DSA）	Allura Xper FD20	Ⅱ类	
28	数字化 X 线摄影系统（DR）	Diagnost Dual Detector	Ⅲ类	
29	数字化 X 线摄影系统（DR）	RAD SPEED M	Ⅲ类	7 号楼二楼（放射 影像科）
30	牙科 X 光机	Expert DC	Ⅲ类	8 号楼 5 楼口腔科
31	口腔 X 线计算机体层摄影系统	KaVo 3D eXam	Ⅲ类	
32	口腔数字全景机	PP1	Ⅲ类	
33	移动 DR	FDR GO f-g	Ⅲ类	8 号楼 7 楼（放射 影像科）
34	移动式 X 线摄影系统（DR）	MUX-100DJ	Ⅲ类	8 号楼急诊科（放 射影像科）

35	CT	Revolution CT	III类	8号楼一楼(放射影像科)	龙文院区影像科
36	SPECT-CT	InfiniaVC Hawkeye4	III类	9号楼一楼核医学	
37	数字胃肠机	Ominidiagnost Elova	III类		
38	乳腺钼靶机	Mammo Diagnost DR	III类		
39	乳腺钼靶机	Mammo Diagnost DR	III类		
40	骨密度仪	Discovery A	III类		
41	X 线电子计算机断层扫描装置(CT)	MX16 slice/MXI6EVO	III类		
42	数字化 X 线摄影系统 (DR)	D-VISION PLUS/Uni-Vision	III类		
43	移动式 X 线摄影系统 (DR)	Mobilett Mira	III类		
44	DSA	Artis Zee Celimg	II类		
45	DSA	Artis Zee Celimg	II类		
46	DR	RAD SPEED M	III类		
47	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	uDR 380i Pro	III类	总部院区病房	
48	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	uDR 380i Pro	III类		
49	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	uDR 380i Pro	III类		
50	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	uDR 380i Pro	III类		
51	医用血管造影 X 射线系统	Azurion 7B20	II类	总部院区急诊急救楼三楼急诊科手术室	
52	医用血管造影 X 射线系统	Azurion 7B20	II类		
53	数字化摄影 X 射线机	Definium Tempo Pro	III类	总部院区健康管理中心楼一楼体检科	
54	大孔径模拟定位 CT	Philips CT Big Bore	III类	总部院区门诊医技楼负一楼放射治疗科	
55	回旋加速器	PETtrace 860	II类	总部院区门诊医技楼负一楼核医学科	
56	正电子发射及 X 射线计算机断层成像系统	Discovery Future	III类		
57	单光子发射及 X 射线计算机断层成像系统	NM/CT860	III类		
58	牙科 X 射线机	RAY98 (M)	III类	总部院区门诊医技楼三楼口腔科1	
59	数字化口腔全景 X 射线机	PP1	III类		
60	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	Smart 3D-Xs	III类		
61	医用血管造影 X 射线系统	Azurion 7M20	II类		

62	医用血管造影 X 射线系统	ARTIS icono biplane	II类	技楼四楼介入科 DSA1
63	血管造影用 X 射线装置（飞龙）	ARTIS pheno	II类	总部院区门诊医 技楼四楼手术中 心 OR31
64	移动式 C 形臂 X 射线机	OEC one CFD	III类	总部院区门诊医 技楼四楼手术中 心 OR5
65	移动式 C 形臂 X 射线机	OEC one CFD	III类	
66	移动式 C 形臂 X 射线机	OEC one CFD	III类	
67	移动式平板 C 形臂 X 射线机	PLX119C-E	III类	
68	医用血管造影 X 射线机	Discovery IGS7	II类	
69	医用诊断 X 射线透视摄影系统	DX781B	II类	总部院区门诊医 技楼一楼影像科
70	数字化摄影 X 射线机	Definium Tempo Pro	III类	
71	X 射线计算机体层摄影设备	uCT 780	III类	
72	X 射线计算机体层摄影设备	Optima CT620	III类	

### 1.7.2 辐射安全管理情况

#### （1）辐射安全与环境保护管理机构

福建省漳州市人民医院已成立了放射（辐射）防护管理委员会（见附件 4），指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作，并明确了工作职责，满足环保相关管理要求。

#### （2）辐射安全管理规章制度

福建省漳州市人民医院已针对现有核技术利用项目和本项目制定了辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，主要包括《关于调整漳州市医院放射(辐射)卫生防护管理委员会成员的通知》、《放射诊疗和放射防护管理制度》、《质量控制与安全防护管理制度》、《个人剂量监测制度》、《职业健康管理制度》、《放射法律法规与防护培训制度》、《放射事件应急处理预案》、《放射防护档案管理制度》、《II 类射线装置(DSA)操作规程》、《设备保养与检修维护管理制度》、《放射事件应急处理预案》。医院已制定的辐射事故应急预案见附件 5。

医院制定的辐射安全管理规章制度较完备且具有一定的可行性，满足现有核技术利用项目和本项目对辐射安全管理规章制度的需求。

#### （3）辐射监测和年度评估

医院每年均委托有资质单位对本单位的辐射工作场所进行监测，监测结果满足相关标准要求。每年对本单位辐射工作场所的安全和防护状况进行了年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交了上一年度的评估报告，满足环保相关管理要求。

#### （4）个人剂量监测与健康体检

医院现有辐射工作人员均已配备了个人剂量计，已定期（每季度一次）送有资质部门进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案。

医院已定期（不超过 2 年/次）组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，并建立了辐射工作人员职业健康监护档案。

#### （5）辐射安全和防护知识培训

医院现有辐射工作人员均已按要求参加辐射安全与防护考核，成绩合格且在有效期内，满足环保相关管理要求。

#### （6）运行情况

医院开展核技术利用项目至今，未发生过辐射安全事故。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(KV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA 机	II类	1 台	待定	125	1000	介入治疗	急诊急救楼 DSA 手术室 3	新增

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧（O <sub>3</sub> ）	气态	/	/	极少量	极少量	极低浓度	不暂存	经大气扩散稀释，其影响可不考虑。
氮氧化物（NO <sub>x</sub> ）	气态	/	/	极少量	极少量	极低浓度	不暂存	经大气扩散稀释，其影响可不考虑。
放射性废弃物	/	/	/	无	无	无	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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）

3、本项目为使用 X 射线装置，不涉及放射性废弃物。

表 6 评价依据

法律法规	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 18 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，自 2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订），2017 年 10 月 1 起实施；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修订），国家发展和改革委员会令第 7 号，自 2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《射线装置分类》，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>(11)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号，2006.9.26）；</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 23 日，2020 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，生态环境部公告 2021 年第 9 号，2021 年 3 月 15 日起实施；</p> <p>(14) 《福建省环保厅关于印发&lt;核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲&gt;（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10 号，2013 年 3 月 15 日印发；</p> <p>(15) 《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。</p>
------	---



技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》 (HJ 2.1-2016)</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》 (HJ 10.1—2016) ；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB 18871-2002) ；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ 61—2021) ；</p> <p>(5) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》 (HJ 1157—2021) ；</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》 (GBZ 130-2020) ；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128-2019) ；</p> <p>(8) 《放射工作人员健康要求及监护规范》 (GBZ 98-2020) 。</p>
其他	<p>(1) 福建省漳州市医院委托书；</p> <p>(2) 福建省漳州市医院提供的项目相关图纸；</p> <p>(3) 福建省漳州市医院提供的其他技术资料；</p> <p>(4) 《中国环境天然放射性水平》 (中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版)；</p> <p>(5) 《辐射防护手册》 (李德平、潘自强主编) ；</p> <p>(6) 《辐射防护导论》 (原子能出版社，1991 年出版) 。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》HJ10.1-2016 的相关规定，射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围。本项目为使用II类射线装置，结合本项目特点，确定本项目辐射环境影响评价范围为该项目核技术应用辐射工作场所实体屏蔽墙体外周围 50m 的区域，具体范围见图 7-1。



图 7-1 评价范围图

## 7.2 保护目标

根据图 7-1 及项目周边环境关系情况可知，该项目工作场所周边 50m 范围内主要为医院内部区域，评价范围内无居民区、学校等敏感目标，因此，本项目环境保护目标主要为评价范围内的辐射工作人员和医院内活动的医患人员、医院周边邻近道路偶尔通过的公众人员。环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 DSA 手术室 3 主要环境保护目标一览表

保护目标	方位	场所	主要保护目标	辐射源 情况描述	人口规模	年剂量 约束值
职业人员	/	DSA 手术室 3	介入手术医护人员	机房内	2~4 人	≤5mSv
	北侧	控制室	控制室工作人员	相邻	1~6 人	
公众人员	东侧	男/女更衣室	医护人员、保洁人员等	相邻	流动人员	≤0.1mSv
		缓冲间	医护人员、保洁人员等	相邻	流动人员	
		VIP 诊察室	医护人员、患者及患者家属等	相邻	流动人员	
		后通道	医护人员、保洁人员等	相邻	流动人员	
		急诊急救楼	医护人员、患者及患者家属等	3~50m	流动人员	
	南侧	缓冲区	医护人员、患者及患者家属等	相邻	流动人员	
		院内道路	医护人员、患者及患者家属等	20-35m	流动人员	
		发热门诊	医护人员、患者及患者家属等	35-50m	流动人员	
	西侧	院内道路	医护人员、患者及患者家属等	相邻	流动人员	
	北侧	设备间	医护人员、保洁人员等	相邻	流动人员	
		库房	医护人员、保洁人员等	相邻	流动人员	
		院内道路	医护人员、患者及患者家属等	10~40m	流动人员	
		第一住院楼	医护人员、患者及患者家属等	40~50m	流动人员	
	楼下	地下车库	医护人员、患者及患者家属等	相邻	流动人员	

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 剂量约束值

#### (1) 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定：

①工作人员的职业照射水平不应超过下述限值：

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；

c) 手部皮肤的年当量剂量，500mSv。

②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：

年有效剂量，1mSv。

## （2）剂量约束值

①工作人员：

本报告取职业照射年平均有效剂量限值的四分之一作为本项目的职业照射剂量约束值，即本项目的辐射工作人员的年有效受照剂量应不超过 5mSv/a。

②公众：

取公众年平均有效剂量限值的十分之一作为本项目的公众照射剂量约束值，即本项目的公众的年有效受照剂量不超过 0.1mSv/a。

## 7.3.2 辐射管理分区

### 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。

## 7.3.3 工作场所辐射剂量率控制水平

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平及工作场所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 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

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  $0.25\text{mSv}$ 。

为了保守评价，在摄影和透视模式下，本项目 DSA 手术室的屏蔽墙、防护门、观察窗等实体屏蔽外  $0.3\text{m}$  处，机房上方距离顶棚地面  $1\text{m}$  处，下方距离楼下地面  $1.7\text{m}$  的周围剂量当量率均应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

### 7.3.4 X 射线设备机房布局

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求，本项目机房布局需满足以下要求：

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。

6.1.5 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）的规定。

表 7-3 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> （ $\text{m}^2$ ）	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> （ $\text{m}$ ）
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup>	20	3.5

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

### 7.3.5 X 射线设备机房屏蔽

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求，本项目机房屏蔽需满足以下要求：

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 7-4）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 7-4 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求**

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 7-4 的要求。

### **7.3.6 X 射线设备工作场所防护**

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关要求，本项目机房防护需满足以下要求：

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。

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。

### **7.3.7 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 7-5 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：铅橡胶颈套	铅悬挂防护屏/前防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——

注：“——”表示不作要求。

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

本建设项目位于漳州市龙海区颜厝镇漳码路 9 号，本项目 DSA 机房拟建于医院急诊急救楼西侧，为一层建筑，地理位置图见附图 1，医院平面布局示意图见附图 2。

8.1.2 场所位置

本项目机房位于急诊急救楼一层西侧，机房上层无建筑，底下为地下车库；东侧为男更衣室、洁净走廊、缓冲间、VIP 诊察室、后通道，南侧为控制室和缓冲区；西面为院内道路；北侧为库房和设备间。本项目 DSA 手术室平面布设计图见图 8-1。

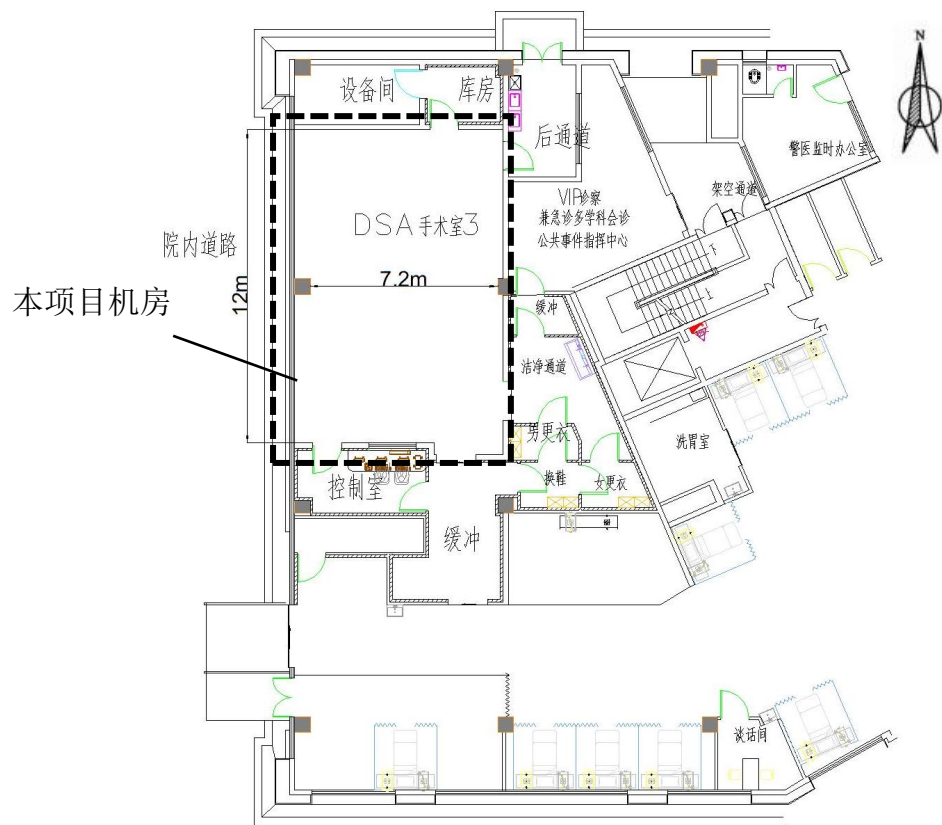


图 8-1 本项目 DSA 手术室 3 平面布设计图

8.2.1 检测单位

长润安测科技有限公司

8.2.2 监测因子

本项目拟建机房及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率(检测报告见附件 3)



8.2.3 监测时间及环境条件

监测时间：2024 年 11 月 19 日

环境条件：室外温度：19℃；室内温度：23.5℃，海拔：6m，湿度：28.9%，天气：晴。

8.2.4 监测方法

本次环境辐射剂量率监测严格按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的相关要求进行监测。

8.2.5 监测仪器

辐射环境检测使用的仪器信息详见表 8-1。

表 8-1 本项目辐射环境检测使用的仪器基本信息

仪器名称	环境级 X-γ剂量率仪
型号	SCB603E
编号	CR-YQ-088
测量范围	10nGy/h~3Gy/h
检定有效期	北京市计量检测科学研究院（证书编号：DD24J-CA100187） 有效期：2024.04.21-2025.04.20

8.2.6 质量控制

- （1）检测实行全过程的质量控制，严格《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行；
- （2）检测仪器符合《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中的相关规定，并经过北京市剂量检测科学研院校准，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；
- （3）现场检测人员、检测报告编制人、检测报告审核人、检测报告授权签字人均持证上岗；
- （4）合理布设检测点位，保证各监测点位布设的科学性和代表性。

8.2.7 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），结合实际情况，主要监测本项目 DSA 机房及周围的辐射环境本底值，本项目监测布点图见图 8-1。

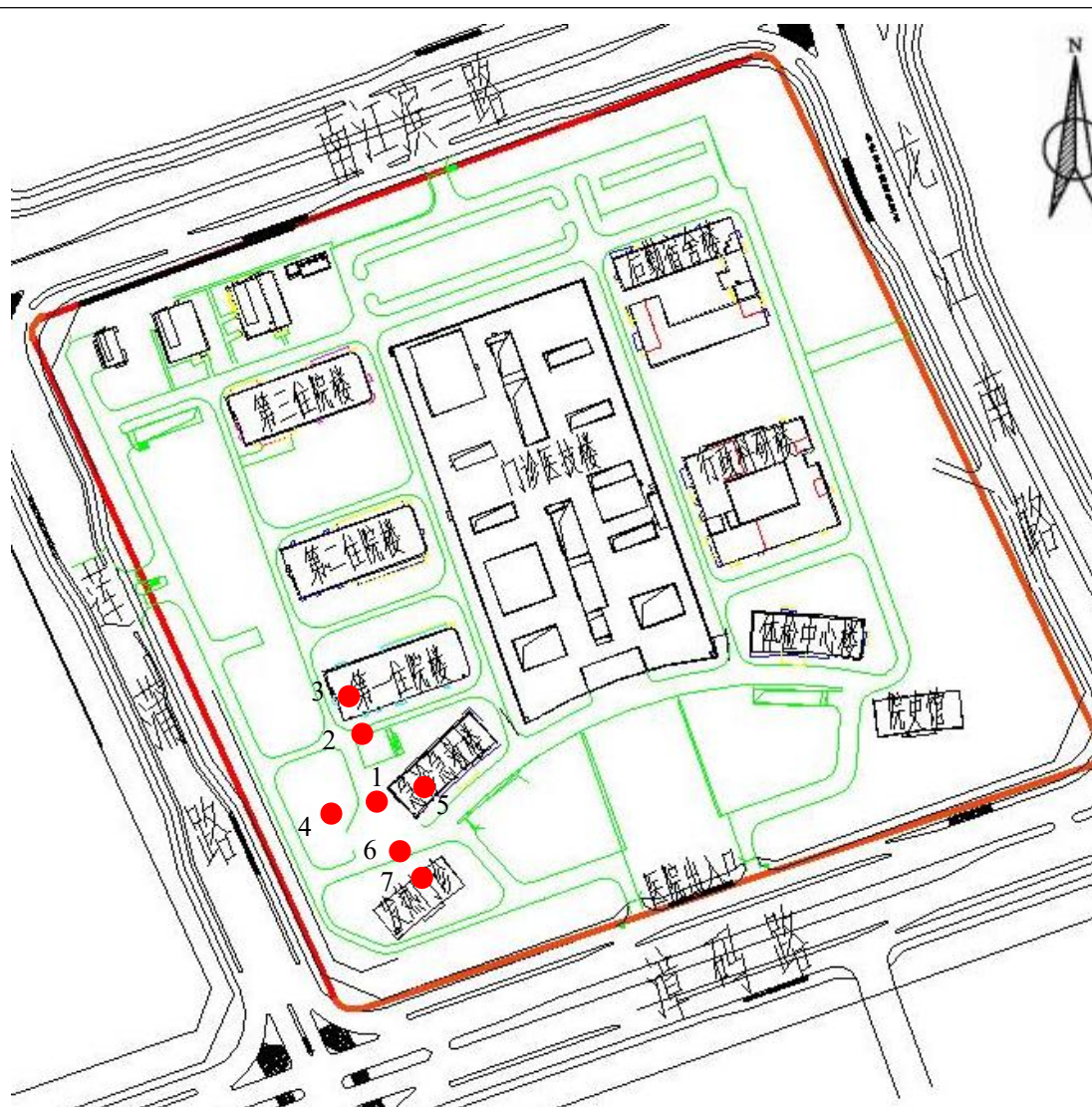


图 8-1 本项目监测布点图

## 8.2.8 监测结果

拟建 DSA 手术室 3 及周围辐射环境本底监测结果分布见表8-1。

表8-1 拟建 DSA 手术室 3 及周围辐射环境本底监测结果

检测点位	点位描述	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	备注
1	拟建手术室位置	$0.139\pm0.003$	室外
2	北侧院内道路	$0.143\pm0.005$	室外
3	第一住院楼	$0.150\pm0.005$	室内
4	西侧院内道路	$0.137\pm0.005$	室外
5	急诊急救楼	$0.138\pm0.003$	室内
6	南侧院内道路	$0.142\pm0.004$	室外
7	发热门诊	$0.148\pm0.003$	室内
8	地下车库	$0.155\pm0.004$	室内

### 8.2.9 监测结果分析

监测显示，项目拟建场地周围室内的环境 $\gamma$ 辐射剂量为 138nGy/h~155nGy/h，道路的周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率在 137nGy/h~143nGy/h。对比《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年版）的内容，福建省漳州市原野、道路、室内等 $\gamma$ 辐射剂量率范围值分别为 61.5nGy/h~334.3nGy/h、82.4nGy/h~399.1nGy/h、102.0nGy/h~351.7nGy/h，项目拟建场地及周围环境辐射水平在本底水平范围内。

表 9 项目工程与污染源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备

数字减影血管造影机（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、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。

DSA 主要组成部分包括高压发生器、X 射线球管、平板探测器、电子计算机图像处理系统、操作台、干式激光相机、导管床及专用机架组成。典型 DSA 设备外观结构图如图 9-1 所示。



图 9-1 典型 DSA 外观结构图

9.1.2 DSA 设备工作原理

DSA 是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法。DSA 主要采用时间减影法，即将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 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存储起来，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成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

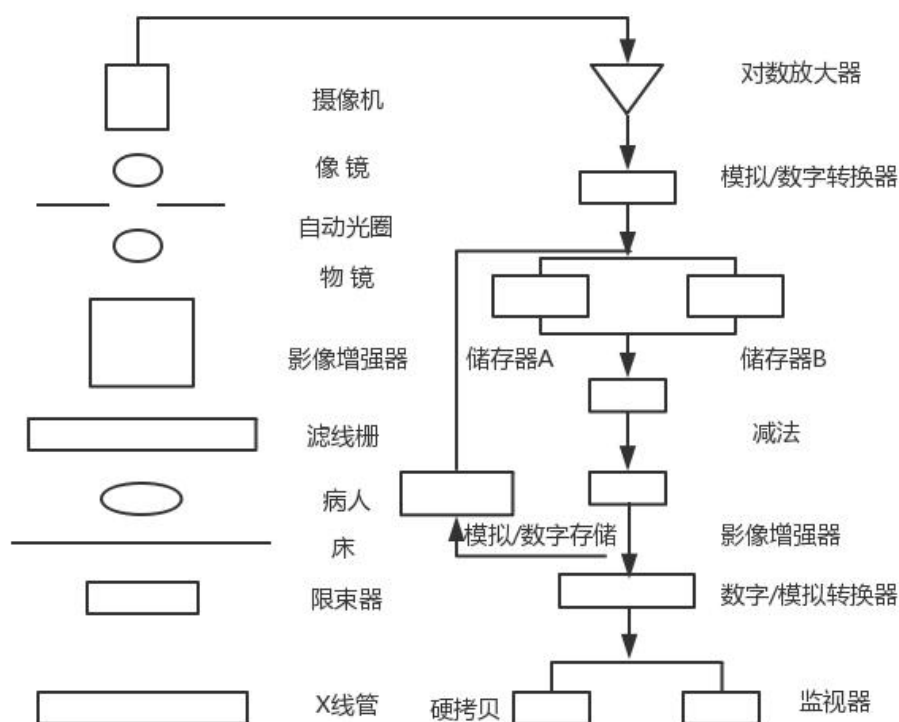


图9-2 DSA结构原理图

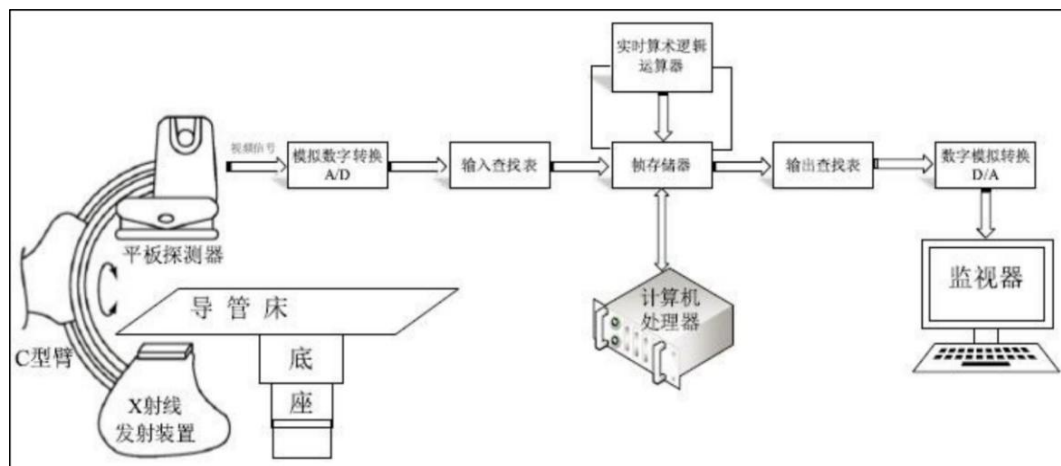


图 9-3 平板探测器型 DSA 机工作原理图

### 9.1.3 工作流程

①接诊病人后，向病人告知可能受到的辐射危害；②病人准备完毕进入机房摆位、固定，然后进入机房内对病人进行局部消毒处理和局部防护处理；③医生退出机房，通过控制室操作台对病人进行拍片；④医生穿着防护服进入曝光室，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；⑤配合射线装置透视推送导管，并将导管送入指定位置；⑥完成后进行导管加压，将造影剂注入病人

体内；⑦完成造影剂注入后，医生退出机房，通过控制室操作台对病人进行拍片，并进行减影处理后，得到最终病人的高清血管影像资料；⑧完成减影后，医生再次进入机房内并配合射线装置透视对病人病灶部位进行相应介入手术。

本项目 DSA 进行出束曝光时分为两种情况：

a) 摄影：操作人员一般采取隔室操作的方式（即操作技师或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。

b) 透视：病人需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有间歇或连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时医生位于射线装置配备的铅帘后面，并穿戴铅服、铅眼镜等在机房内进行同室操作。

DSA 操作流程如图 9-4 所示。

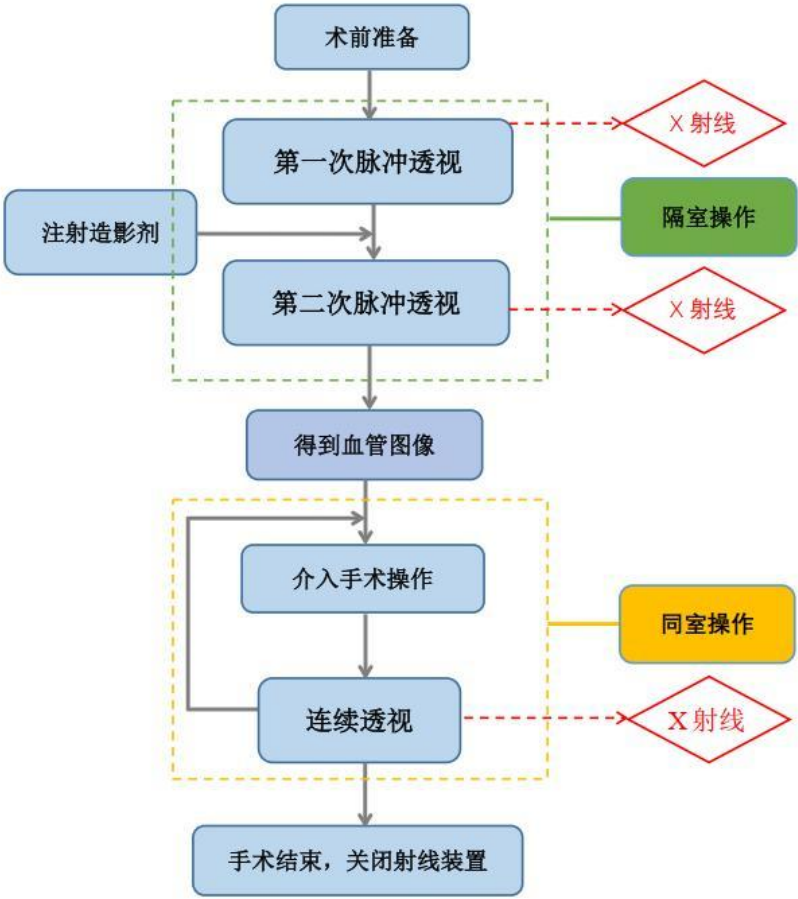


图 9-4 DSA 操作流程



#### （4）本项目 DSA 服务范围

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 主要用于进行心内科、神经内科和神经外科介入手术，主要用于手术期间提供患者的透视和点片图像，每台手术 DSA 的 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同，年预计最大手术量 1000 台，透视模式下年最大出束时间 200h，摄影模式下年最大出束时间 33.3h。

#### （5）污染因子

使用 DSA 手术时，注入的造影剂不含放射性，DSA 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，介入手术中会产生一些医疗废物。DSA 进行摄影、透视时，高压发生器将高电压加在 X 射线管的两极之间，高速运动的电子撞击物质而突然受阻时产生 X 射线。X 射线使空气电离产生臭氧和氮氧化物。DSA 诊治流程及产污环节见图 9-5。

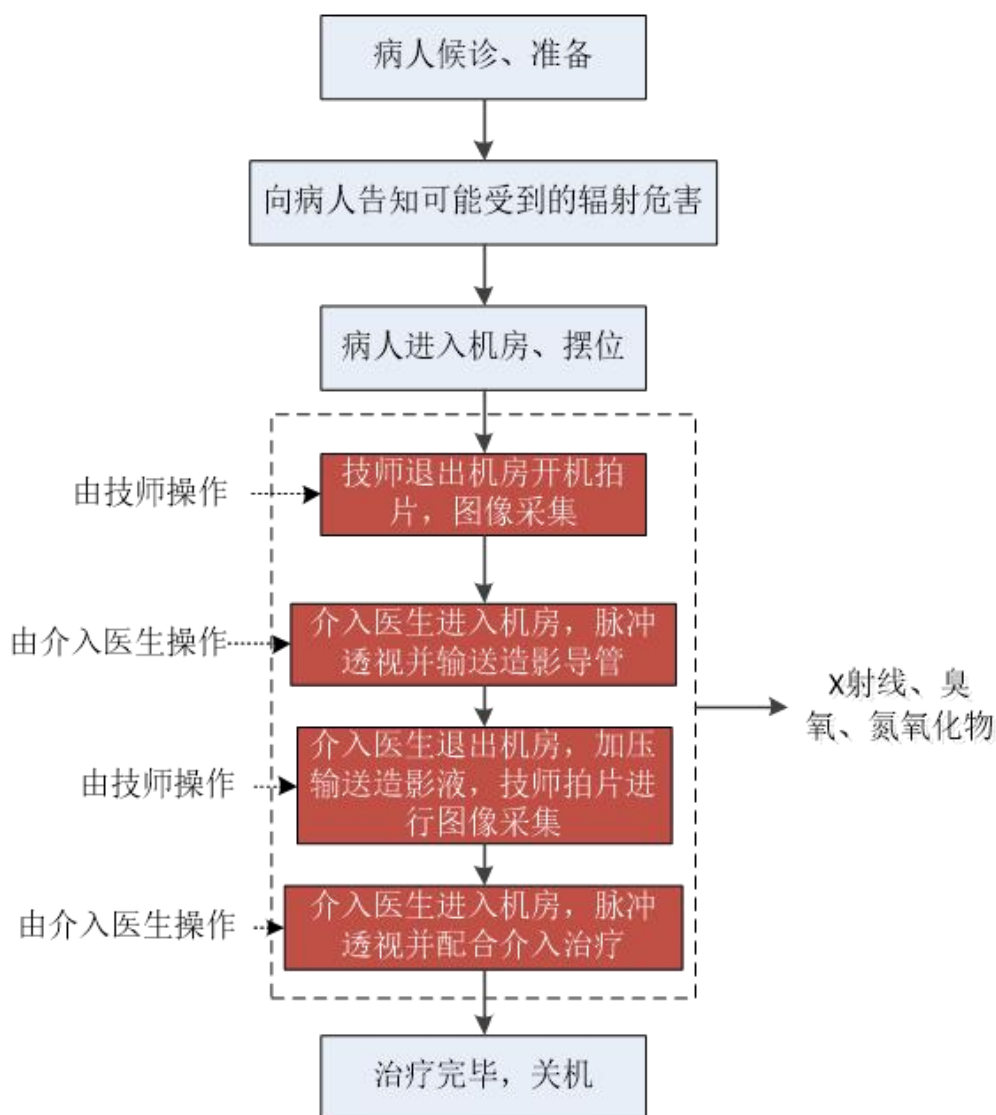


图 9-5 DSA 流程及产污环节示意图

(6) 人流、物流路径

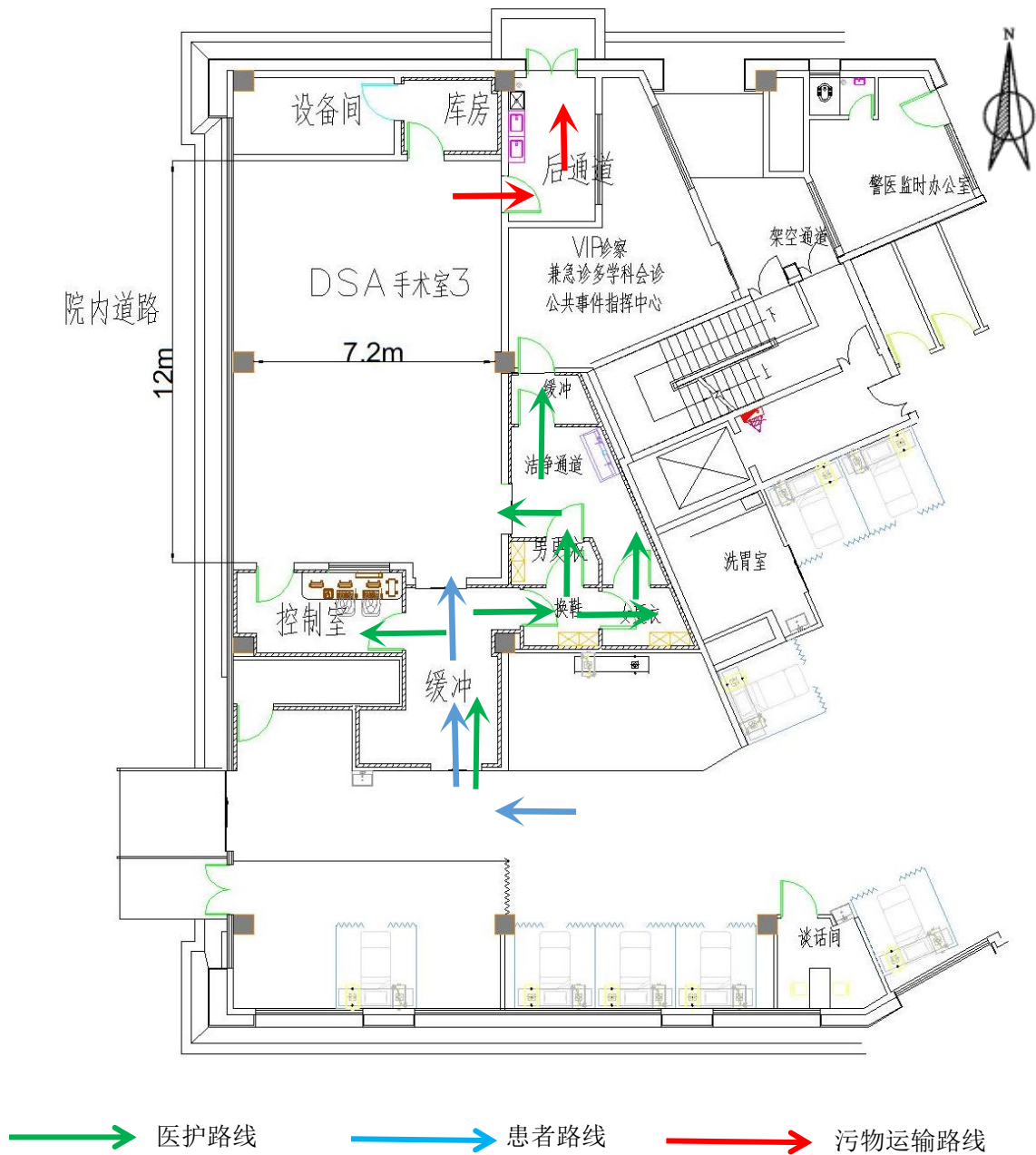


图 9-6 本项目人流、物流路径图

本项目 DSA 机房位于急诊急救楼西侧，病人家属在家属等候区，仅病人可进入 DSA 机房。

患者路线：患者由急诊急救楼 1 层经缓冲区，再经受检者铅门进入手术室，拟在手术室内放置防护用品，根据手术需求，由医护为其穿戴好防护用品后进行手术。

医护人员：医护人员在北侧更衣室进入换鞋间，进行更衣后，然后进入洁净走廊，穿



戴防护用品后在刷手区刷手，然后进入 DSA 手术室进行手术；

污物：单次手术结束后，医疗废物经手术室北侧污物门运出，打包处理后从北侧出口离开，送出至医疗废物指定收集站，由专门的公司再统一进行处理。

综上，本项目 DSA 进出机房为人员与污物分别设置独立通道，且机房患者通道的宽度满足病人手推车辆的通行，射线装置建筑物之间的通道畅通无阻，方便治疗。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 施工期工艺流程简述

本项目在施工过程中伴有施工噪声、装修垃圾、施工废水和建筑粉尘产生。本项目工程量小，施工安装时间短，施工单位合理安排好施工时间，能够满足施工场界噪声规定限制要求；施工所产生的少量生活废水和施工废水经本院污水处理站处理后排入管网；在建设施工中采取低噪声工具及湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响；建设施工所产生的少量建筑废渣以及设备安装产生的包装废物送院方指定的建筑垃圾储存场，定时定点清运。

### 9.2.2 运行阶段污染源项

本次项目 DSA 机属于Ⅱ类 X 射线装置，X 射线伴随着机器的开、关而产生和消失。其在使用过程中主要污染因子是对放射性工作人员及公众造成外照射的 X 射线，其次本项目运行过程中会因 X 射线与空气发生电离作用产生少量臭氧及氮氧化物废气，另外在介入诊疗过程中会产生少量的医疗废物和医疗废水。本项目使用过程中不产生放射性的废气、放射性废水以及放射性固体废弃物。

#### （一）正常情况下的污染途径

##### 1. 电离辐射

射线装置运行时，在放射工作人员按照规范操作的条件下，放射工作人员、受检者和公众可能受到射线装置运行时产生包括有用射线、散射线和漏射线等 X 射线的外照射。X 射线照射到生物机体时，可使生物细胞受到抑制、破坏甚至坏死，致使机体发生不同程度的生理、病理和生化等方面的改变。介入手术需要在 DSA 设备引导下操作，手术室内的医护人员会暴露于 X 射线有用线束、散射线的环境中，需要穿戴相应的防护用品（如铅围裙、铅帽、铅颈套、铅眼镜、铅橡胶手套等）或借助辅助防护设施（铅悬挂防护屏、铅防护吊

帘、床侧防护帘、床侧防护屏等）以减少辐照引起的剂量。同时，穿透屏蔽体的 X 射线会对操作人员和机房周围留居人员造成一定的辐照危害。

## 2.废气

X 射线装置在出束过程中会与空气产生电离作用，空气吸收辐射能量并通过电离离子的作用可产生臭氧和氮氧化物。由于 DSA 产生的 X 线输出功率低，剂量小，光子能量低，每次曝光时间短，因此，臭氧和氮氧化物产生量极少，根据《X 射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》（郝海鹰、刘容、王玉海编著）及《X 射线工作场所空气中臭氧氮氧化物浓度调查》（张大薇编著）资料显示，医院射线装置工作场所在开机状态下产生臭氧浓度范围为 0.010~0.137mg/m<sup>3</sup>、氮氧化物浓度范围为 0.010~0.103mg/m<sup>3</sup>。通过采取机械通风、保证换气次数的方式，经过稀释后氮氧化物排放满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297—1996）中表 2 新污染源无组织排放单位周界最大浓度 0.12mg/m<sup>3</sup> 限值要求，同时氮氧化物无组织排放最大落地浓度能够满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（氮氧化物二级标准小时浓度值为 0.25mg/m<sup>3</sup>）限值要求。臭氧无组织排放最大落地浓度满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（臭氧二级标准小时浓度值为 0.20mg/m<sup>3</sup>），有害气体能够达标排放同时能够保证环境空气质量达标。

## 3.废水

项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水和医疗废水。经过本院污水预处理设施消毒处理后排入市政管网。

## 4.固体废物

本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片。介入手术时会产生医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料，每台手术约产生 1kg 医疗废物，每年约进行 1000 台介入手术，医疗废物年产生量为 1000kg/a。工作人员产生少量的生活垃圾。

### （二）事故情况下的污染途径

本项目在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到意外照射：

（1）曝光时防护门未关闭，此时防护门外人员可能受到 X 射线照射。

（2）曝光时受检者未按要求穿戴个人防护用品，导致受检者的受检部位外的部分受到不必要的照射。

- (3) 曝光过程中，因警示灯失效或其他情况下其他人员误入曝光室受到意外照射。
- (4) 因设备防护性能问题可能导致受检者接受额外照射。
- (5) 同室近台工作人员未按要求正确地穿戴个人防护用品，可能导致接受额外照射。
- (6) 因预置条件不当，发生误操作事件，可能会导致相关人员受到不必要照射。
- (7) 控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到计划外照射。
- (8) 紧急停机系统故障无法通过紧急停机开关使运行中的射线装置停机，造成人员误照射。

本项目射线装置在异常或事故状态下的辐射源项与正常运行时是一样的，即中、低能 X 射线，但在异常或事故状态下对人员的伤害可能会超过正常运行状态。

### 9.3 “三废”组成

#### (1) 固体废物

本项目射线装置采用计算机图像存储管理系统，电脑成像，激光打印，无洗片过程，打印出来的胶片由病人带走。本项目不涉及洗片，不会产生废弃 X 光片，设备维修更换的废旧 X 射线管，由设备厂家回收处置。

本项目介入手术产生的少量医疗废物，集中收集暂存于危废暂存间内，由建设单位委托资质单位处置。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。

#### (2) 废水

本项目无洗片废水、废定（显）影液产生，工作人员办公及生活产生少量生活污水，病人诊疗过程中产生少量医疗废水。

#### (3) 废气

医院射线装置工作场所在开机状态下产生少量的臭氧及氮氧化物，臭氧浓度范围为 0.010~0.137mg/m<sup>3</sup>、氮氧化物浓度范围为 0.010~0.103mg/m<sup>3</sup>。

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

本项目拟建 DSA 机房位于急诊急救楼一层西侧，机房上层无建筑，底下为地下车位；东侧为自北向南依次为男更衣室、洁净走廊、缓冲间、VIP 诊察室、后通道，南侧为控制室和缓冲区；西侧为院内道路；北侧为库房和设备间。拟建 DSA 机房平面布局图见图 10-1，本项目 DSA 机房周围情况表 10-1。

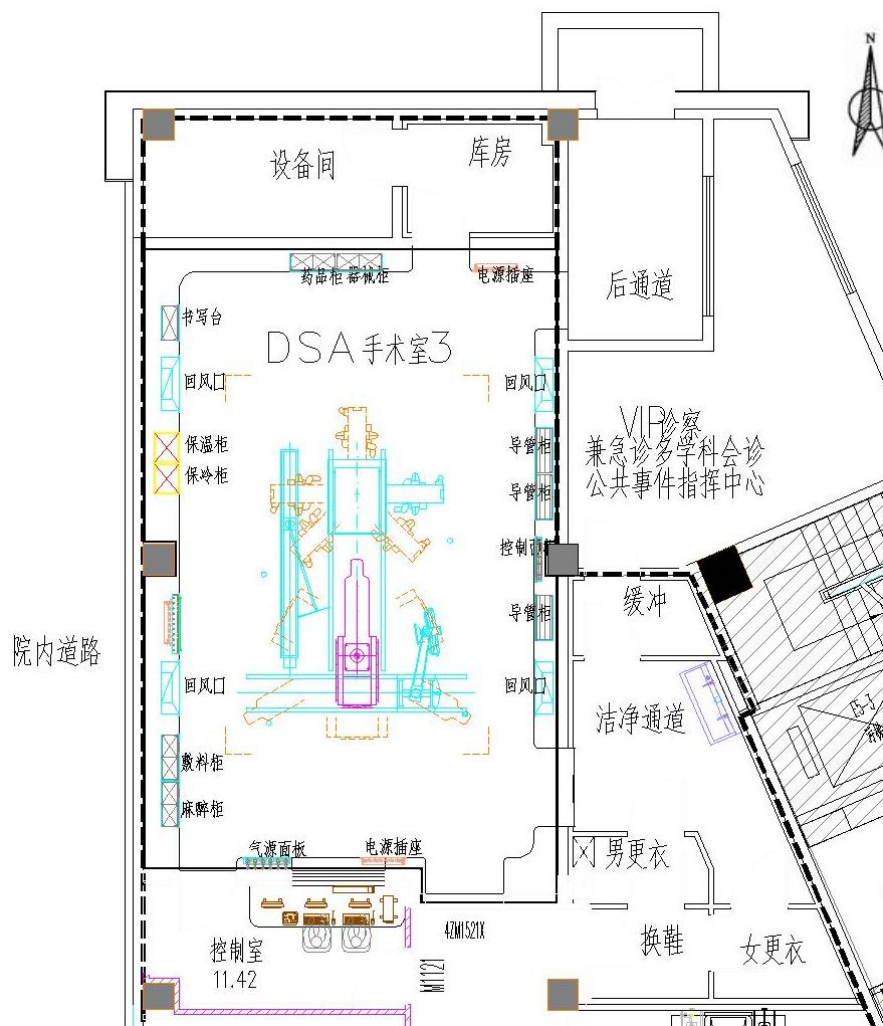


图 10-1 DSA 手术室 3 平面布局图

表 10-1 本项目手术室周围情况表

机房名称	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
DSA 手术室 3	男更衣室、洁净走廊、缓冲间、VIP 诊察室、后通道	控制室、缓冲区	院内道路	库房、设备间	无建筑	地下车位

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中对 X 射线设备机房布局的要求，结合本项目的的设计情况，本项目布局评价见表 10-2。

**表 10-2 本项目放射诊疗工作场所布局评价表**

序号	标准要求			本项目设计情况		评价
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 DSA 射线装置有用线束拟朝向机房顶部和墙体，不直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。		设计可行
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。			本项目 X 射线机房充分考虑邻室及周围场所的人员防护与安全，无妇产科、儿科等敏感人员。		设计可行
3	每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。			本项目 DSA 机房拟安装 1 台 DSA，设备设有单独机房，满足设备的布局要求。		设计可行
4	机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。			本项目 X 射线机房设有观察窗，其设置的位置便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。		设计可行
5	机房名称	最小单边长度要求	最小使用面积要求	设计最小单边长度	设计最大使用面积	设计可行
	DSA 手术室 3	3.5m	20m <sup>2</sup>	7.2m	约 86.4m <sup>2</sup>	

综上，本项目 DSA 使用地点固定，避开了人群相对集中的门诊区域，所处位置相对独立。同时，在对病人进行诊疗时，人员通道和污物通道独立设置，有利于病人流通，候诊患者通道的宽度满足病人手推车辆的通行，射线装置建筑物之间的通道畅通无阻，方便治疗。本项目 DSA 机房采取了有效的屏蔽措施，产生的 X 射线经屏蔽后对周围环境辐射影响是可接受的。从辐射安全的角度考虑，本项目辐射工作场所产生的电离辐射经屏蔽后，对周围辐射环境影响是可接受的，平面布置合理。

### 10.1.2 工作场所分区

根据（GB 18871-2002）第 6.4 条，放射性工作场所一般应分为控制区和监督区。本项目 DSA 手术室进行了工作场所分区设计，具体分区示意图 10-3。

**表 10-3 工作场所分区设计表**

机房名称	控制区	监督区
DSA 手术室 3	DSA 手术室 3 机房内部	机房四周屏蔽体外 30cm，包括男更衣室、洁净走廊、缓冲间、VIP 诊察室、后通道、控制室、缓冲区、库房、设备间等

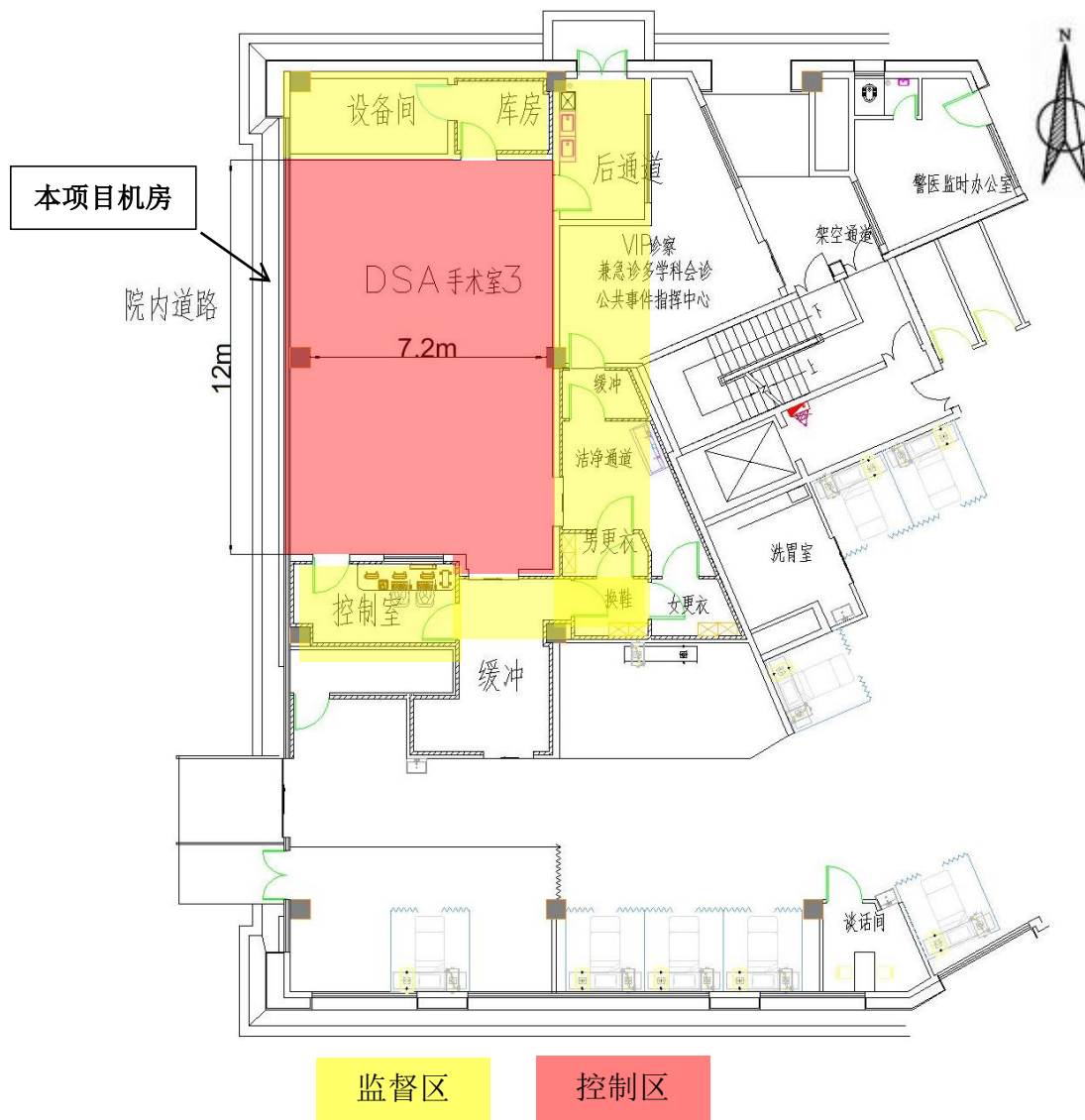


图 10-2 本项目工作场所分区示意图

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

**控制区：**在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志如图 10-3 所示，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

**监督区：**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。

本项目中，建设单位拟将 DSA 机房划分为控制区，与之相邻的控制室、缓冲区、男更衣室、洁净走廊、缓冲间、VIP 诊察室、后通道控制室、缓冲区、库房、设备间等划分为监督区，本项目控制区与监督区划分合理。

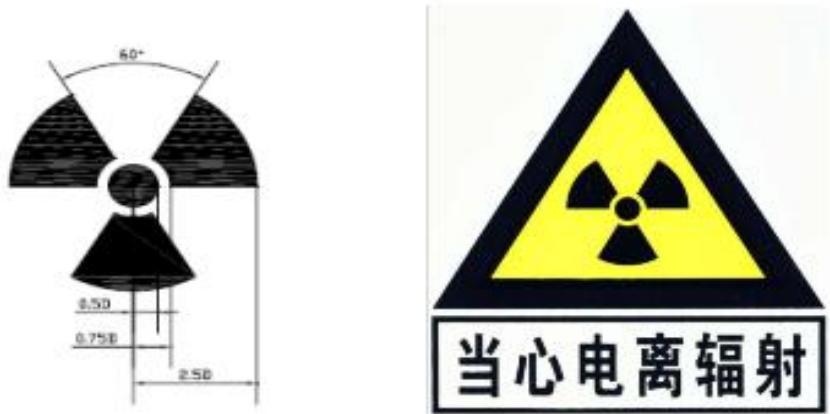


图 10-3 电离辐射警告标志

10.1.3 场所辐射防护屏蔽设计

建设单位提供的机房防护设计方案见表 10-4。

表 10-4 房防护设计方案

屏蔽体	拟屏蔽材料及厚度	等效防护厚度（mmPb）	GBZ130 要求（mmPb）	是否符合要求
东墙	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0	≥2.0	符合
南墙	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0	≥2.0	符合
西墙	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0	≥2.0	符合
北墙	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0	≥2.0	符合
地面	30cm 混凝土+200cm 土层+40cm 混凝土	10.6	≥2.0	符合
防护顶	30cm 混凝土	3.9	≥2.0	符合
观察窗	4mmPb 的铅玻璃	4.0	≥2.0	符合
防护门 1	手动平开门，4mmPb	4.0	≥2.0	符合
防护门 2	电动推拉门，4mmPb	4.0	≥2.0	符合
防护门 3	电动推拉门，4mmPb	4.0	≥2.0	符合
防护门 4	手动平开门，4mmPb	4.0	≥2.0	符合
防护门 5	手动平开门，4mmPb	4.0	≥2.0	符合

注：①实心水泥砌块密度不小于 1.65g/cm³；硫酸钡水泥的密度不低于 3.2/cm³；混凝土的密度不低于 2.35/cm³，本报告未考虑土层的屏蔽效果。②手术室穿墙管线采用墙内暗线，以镀锌管铺设，上面覆盖 3mmPb 铅板做补充防护；通风管道与外界接通处均采用 3mm 铅板进行屏蔽补充防护。

#### 10.1.4 辐射安全防护措施

为保障 DSA 机安全运行，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，本项目 DSA 机工作场所拟设计相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

##### （1）工作状态指示灯

DSA 机房患者通道防护门上方拟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，工作状态指示灯与机房门之间拟设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。

##### （2）防夹和闭门装置

DSA 机房平开防护门拟设置自动闭门装置，电动推拉防护门拟设置防夹装置并拟设置曝光时关闭的管理措施。

##### （3）电离辐射警告标志

DSA 机房各防护门外表面、病人缓冲间/谈话间门口、污物间门口均拟设置电离辐射警告标志，提醒无关人员勿靠近机房或在附近逗留。

##### （4）观察窗与对讲装置

DSA 机房设置有观察窗，同时拟设置对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察患者情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。

##### （5）个人防护用品

医院拟为本项目 DSA 介入手术工作人员配备以下个人防护用品：至少 4 套不低于 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜和 4 套不低于 0.025mmPb 的介入防护手套，拟配备以下辅助防护设施：1 套 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、床侧防护帘，拟为受检者配备以下个人防护用品：1 套 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套。

##### （6）监测仪器

建设单位拟为本项目放射工作人员配备个人剂量计，配备 1 台环境辐射巡测仪，拟为本项目 DSA 机工作场所配备 1 台个人剂量报警仪，能够满足监测仪器配备要求。

##### （7）穿墙管线进出口防护

DSA 机房穿墙管线室内部分以地沟形式在地坪以下布设，电缆沟宽 300mm，深 200mm，上面覆盖钢板，穿过墙体后采用斜穿方式进入机房，上面覆盖 2mm 铅板做补充防护，不影响墙体的屏蔽防护效果。



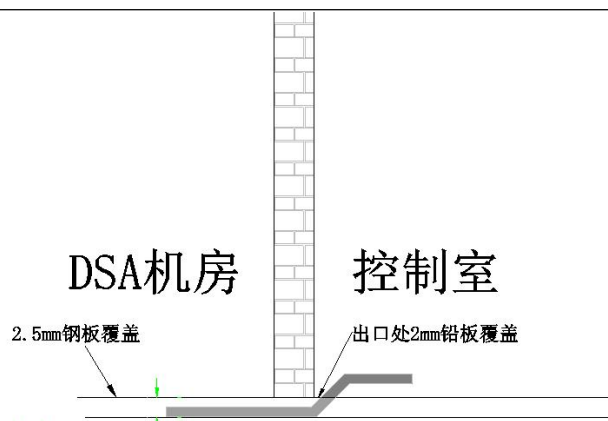


图 10-4 电缆穿墙示意图

#### (8) 通风

本项目 DSA 机房拟采用动力排风装置进行通风换气，并在设置了回风系统、送风系统，确保机房内可以保持良好的通风，在机房通风管道与外界接通处均采用 3mm 铅板进行屏蔽补充防护。本项目 DSA 机房通风管道走向示意图详见图 10-5。

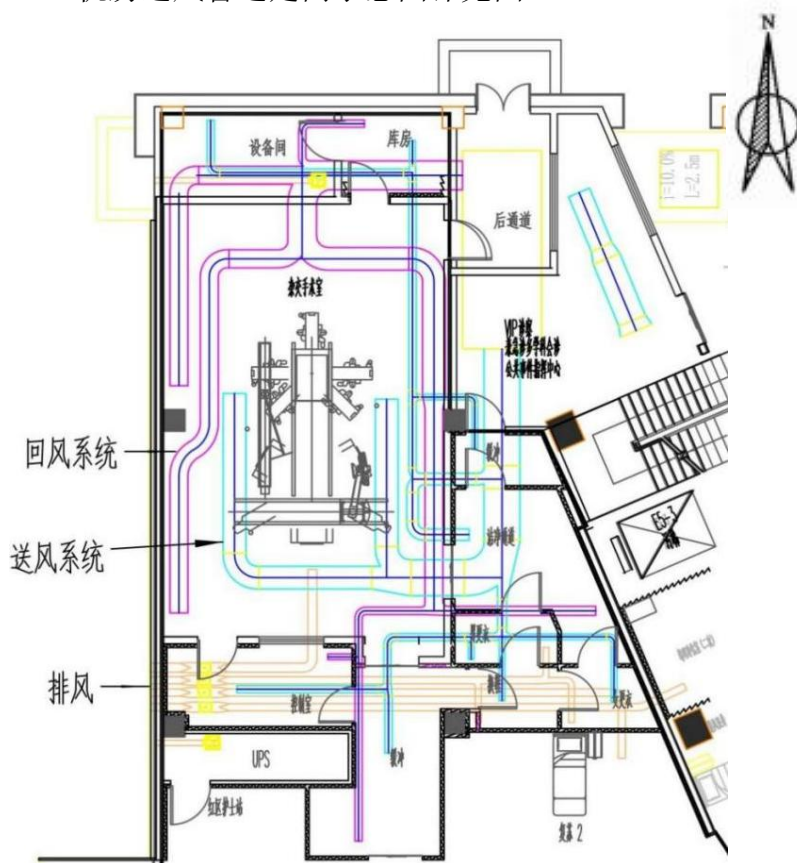


图 10-5 机房通风走向示意图

#### (9) 其他辐射安全措施

由于 DSA 介入治疗需要长时间的透视和大量的摄片，X 射线球管工作时产生的散射线

对机房内介入手术工作人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，建设单位还应在以下方面加强对介入治疗的防护工作：

①引入的辐射设备及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量；

②临床介入手术时，采用床侧立地防护屏、防护手术手套、床侧竖屏及床上防护屏、床下吊帘、床侧吊帘等屏蔽防护措施，能够有效降低介入手术工作人员的吸收剂量；

③一般说来，降低患者的剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入手术工作人员的培训，包括辐射防护的培训，参与介入手术的工作人员应该技术熟练、动作迅速，以减少患者和介入手术工作人员的剂量；

④操作中减少透视时间和减少照相的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入手术工作人员在操作时应尽量远离检查床。

本项目 DSA 机工作场所拟采取的管理措施和辐射安全措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中要求对照，能够满足要求，具体对照符合性分析情况见表 10-5。

**表 10-5 机房防护措施与标准对照表**

项目	《放射诊断放射防护要求》GBZ130-2020 要求	本项目拟设置情况	是否符合要求
防护措施	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	机房设有观察窗，观察窗设置于机房和控制室之间，观察窗的位置能够方便地观察到患者和受检者状态	符合
	机房内不应堆放与该设备工作无关的杂物	机房内拟设置储物柜，存放手术所需的用品	符合
通风	机房应设置动力排风并保持良好的通风	拟设动力通风系统使机房保持良好的通风	符合
指示灯	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；工作状指示灯能与机房门有效关联。	控制室门、污物门设置自动闭门装置；机房门、医护工作人员门设置闭门装置推拉电动门，设置与警示灯联动，关上门则警示灯亮，打开门则警示灯灭。	符合
	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	机房门上方拟设有醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句	符合
警示标志	机房门外应有电离辐射警告标志	在机房门上张贴电离辐射警告标志	符合
	候诊区应设置放射防护注意事项告知栏	在走廊墙上设置放射防护注意事项	符合

本项目机房拟采取的屏蔽防护措和防护措施均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关技术要求。

### 10.1.5 辐射防护用品配备

介入手术项目运行过程中拟配备满足标准和使用要求的个人防护用品，供工作人员、受检者使用，具体个人防护用品拟配备情况如表 10-6 所示。

**表 10-6 手术室防护用品及辅助防护设施配备一览表**

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
介入防护服、铅橡胶颈套、铅防护眼镜（ $\geq 0.5\text{mmPb}$ ） 介入防护手套（ $\geq 0.025\text{mmPb}$ ） 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（ $\geq 0.5\text{mmPb}$ ） 选配：移动铅防护屏风 $\geq 2\text{mmPb}$	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套（ $\geq 0.5\text{mmPb}$ ） 选配：铅橡胶帽子	—
数量满足手术人员需求，至少 4 套	至少 1 套	1 套	

注：1.防护用品应向专业厂家购买，标签上应注明生产厂家、规格型号、衰减当量、生产日期等信息；

2.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；

3.考虑到防护用品在洁净手术室使用，应定期消毒，降低感染风险。

由表 10-6 可知，本项目机房个人防护用品和辅助防护设拟施配置情况符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

## 10.2 三废治理

### 1、废气治理措施

项目运行期产生的废气主要为 DSA 机运行时产生的 X 射线与空气发生相互作用产生的微量臭氧和氮氧化物。

本项目 DSA 机房内拟设计动力排风系统，产生的微量臭氧和氮氧化物可通过排风系统排出 DSA 机房，弥散在大气环境中。

### 2、固体废物治理措施

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

### 3、废水治理措施

项目运行期产生的废水主要为生活污水。院内生活污水将经院区污水管道进入院内污水处理站，经预处理满足接管要求后接入市政污水管网。

### 4、噪声治理措施

项目运行期产生的噪声污染源主要为通风系统风机运行时产生的噪声，项目应通过选用低噪声设备、隔声减振、距离衰减，能有效降低风机的噪声。

**表 11 环境影响分析**

**11.1 建设阶段对环境的影响**

本项目机房主体工程目前正在进行，施工期主要为砌筑墙体、设备安装、调试，墙体屏蔽处理及房屋装修。

施工期主要污染因子：噪声、扬尘、废水、固体废物。

**11.1.1 扬尘及防治措施**

在整个施工期，扬尘来自于材料搬运、装卸和混凝土浇筑等施工活动，由于扬尘源多且分散，属无组织排放。受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大。但土建工程结束后即可恢复。施工时加强施工现场管理，进行适当的加湿处理。

**11.1.2 废水及防治措施**

施工期间产生的废水主要表现为生产废水和施工人员的生活污水。生产废水主要包括：土建施工、施工机械设备洗涤等产生的废水，这部分废水含有一定量的油污和泥砂。生活污水包括洗涤废水和冲厕水，生活污水含有大量细菌和病原体。

上述废水水量不大，但如果不经处理或处理不当，同样会危害环境。所以，施工期废水不能随意直排。其防治措施主要有：

- ①施工过程中尽量减少废水产生量，废水应进行必要的分类处理后集中处理。
- ②水泥、黄砂、石灰类的建筑材料需集中堆放，并采取一定的防雨措施，及时清扫施工运输过程中抛洒的上述建筑材料，以免这些物质被雨水冲刷带入污水处理装置内。
- ③生活污水必须进入医院污水管网集中处理。

**11.1.3 噪声及防治措施**

主要来源于墙体砌筑施工、建设、装修及现场处理等。通过选取噪音低，振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

**11.1.4 固体废物及防治措施**

主要为装修垃圾及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输到合法场地堆放。生活垃圾及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程对外界影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响较小。

## 11.2 运营阶段对环境的影响

### 11.2.1 基本情况

#### 11.2.1.1 机房关注点辐射水平

依据典型数字减影血管造影设备工作原理，平板探测器对 X 射线主束有屏蔽作用，根据《StructuralShielding Design For Medical X-Ray ImagingFacilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。因此，评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

本项目的 DSA 最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。保守分析，假设本项目 DSA 在透视和摄影两种模式下，均以 125kV 的工作管电压运行，摄影工况下电流为 500mA，透视工况下电流为 10mA，选取 125kV 管电压下散射辐射对应的拟合参数。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），介入设备等总滤过不小于 2.5mmAl，本项目拟购置正规生产厂家生产的设备，滤过参数满足标准要求，预测时总滤过取 2.5mmAl 保守估算。

根据《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1，可以查得距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.14mGy/mAs，摄影模式下距靶 1m 处的最大剂量率  $2.52 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ，透视模式下距靶 1m 处最大剂量率  $5.04 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ ，DSA 运行工况及计算参数取值见表 11-1。

根据医院提供资料，本项目 DSA 每年预计开展 1000 台手术，DSA 开展手术的情况见表 11-1。

根据美国 NCRP147 报告，心脏血管造影比外周血管造影和神经血管造影的工作负荷、泄漏辐射与侧向散射的空气比释动能都大，因此本项目透视以心脏血管造影模式和摄影以外周介入治疗的工况进行估算，其单台手术透视和摄影工作状态的累积出束时间见表 11-1 所示。

表 11-1 本项目 DSA 计划使用情况

工作状态	单台手术平均出束时间/例	年治疗例数	累计出束时间
透视	12min	1000	200h
摄影	2min	1000	33.3h

关注点的选取：分别选取医生手术位、控制室操作位、各防护墙、防护门外 30cm 处作为本项目的关注点。本项目涉及的机房关注点所在位置详见图 11-1、图 11-2。

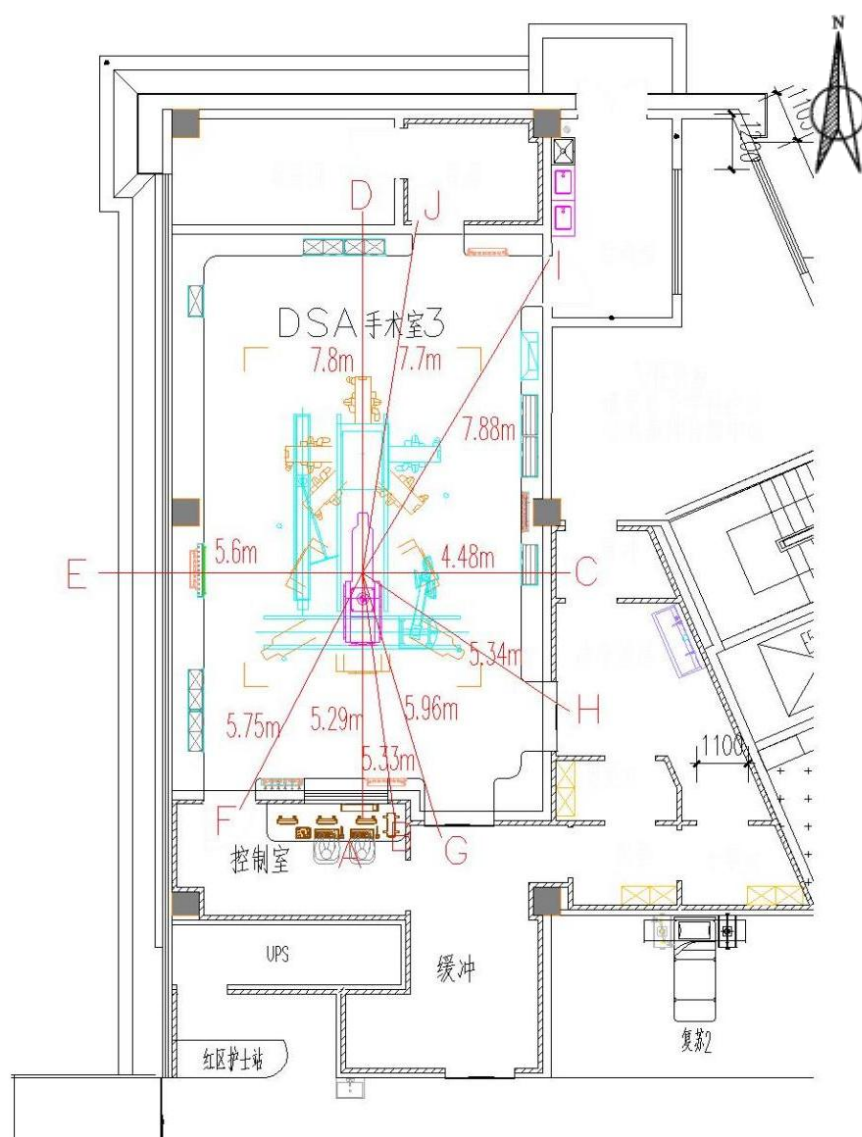


图 11-1 DSA 手术室 3 平面关注点分布图

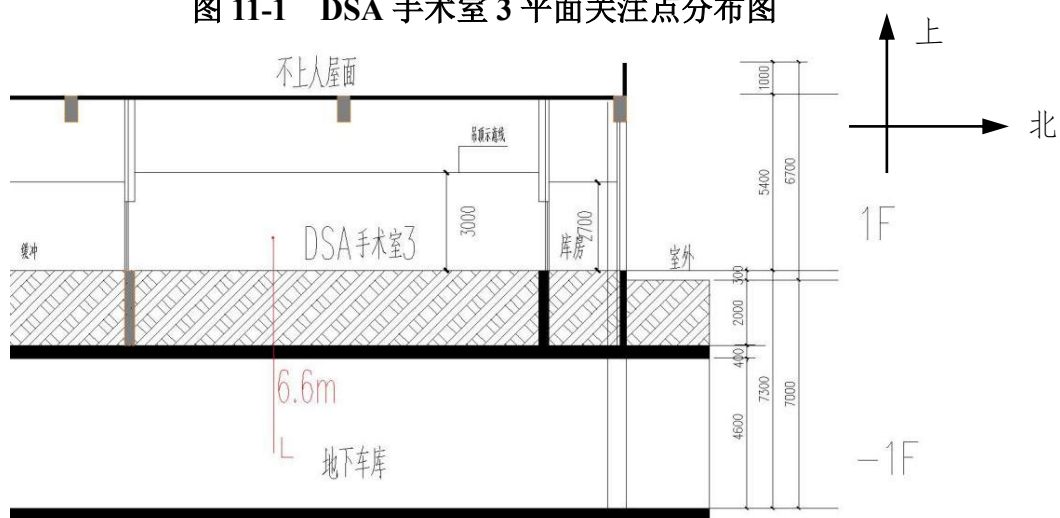


图 11-2 DSA 手术室 3 剖面关注点分布图

### 11.2.2 正常工况下的贯穿辐射水平

DSA 设备出束方向向上，诊断过程中，机头用射线直接照射病人，血管造影图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用，不会直接照射到机房的楼顶、墙壁、防护门、铅玻璃窗和地板。故墙壁、防护门、铅玻璃窗和地板受到泄露辐射和散射的影响。本项目环境敏感保护目标为机房内医护人员、操作间医护人员和周围活动人员。

#### 1) 预测分析模式

##### (1) 泄漏辐射

关注点处的泄漏辐射剂量率参考《辐射防护手册第一分册》（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987）中给出的公式计算。

$$\dot{H}=fH_0\times B/R^2 \quad \text{式①}$$

式中：

$\dot{H}$ —关注点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$

$f$ —泄漏射线比率，取 0.1%；

$H_0$ —距靶点 1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

$R$ —靶点至关注点的距离，m；

$B$ ：屏蔽透射因子，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C，本项目依据《Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147）Appendix A 中（A.2）公式计算屏蔽物质的辐射透射因子：

屏蔽透射因子按式②计算，

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

式中：

$B$ ：给定铅厚度的屏蔽透射因子；

$X$ ：铅厚度；

$\alpha$ ：铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\beta$ ：铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ：铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；



表 11-2 铅在不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压	参数		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125kV（主束）	2.219	7.923	0.5386
125kV（散射）	2.233	7.888	0.7295

表11-3 DSA手术室3泄露辐射各关注点屏蔽透射因子计算结果

工作模式	关注点位	建设单位设计情况	铅厚度 (mm)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B_2$
摄影	控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.219	7.923	0.5386	8.42E-06
	南侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				8.42E-06
	东侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				8.42E-06
	北侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				8.42E-06
	西侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				8.42E-06
	防护门1外30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				8.42E-06
	防护门2外30cm	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				8.42E-06
	防护门3外30cm	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				8.42E-06
	防护门4外30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				8.42E-06
	防护门5外30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				8.42E-06
	楼下距地面 1.7m 处	30cm 厚混凝土+40cm 厚混凝土	10.6				3.63E-12
透视	控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.233	7.888	0.7295	8.42E-06
	南侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				8.42E-06
	东侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				8.42E-06
	北侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				8.42E-06
	西侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				8.42E-06
	防护门1外30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				8.42E-06
	防护门2外30cm	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				8.42E-06
	防护门3外30cm	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				8.42E-06

	防护门4外30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				8.42E-06
	防护门5外30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				8.42E-06
	楼下距地面 1.7m 处	30cm 厚混凝土+40cm 厚混凝土	10.6				3.63E-12
	第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 辅助防护设施 +0.5mmPb 个人防护用品	1				1.07E-02
	第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 辅助防护设施	0.5				5.57E-02
	第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 辅助防护设施 +0.5mmPb 个人防护用品	1				1.07E-02
	第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 辅助防护设施	0.5				5.57E-02

表11-4 DSA手术室3泄露辐射所致各关注点位剂量计算

工作 模式	关注点位	H <sub>0</sub>	f	R	B <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
		μGy/h	/	m	/	μGy/h
摄影	控制室操作位 (A)	2.52×10 <sup>8</sup>	0.001	5.29	8.42E-06	7.58E-02
	南墙外 30cm (B)			5.33	8.42E-06	7.47E-02
	东墙外 30cm 处 (C)			4.48	8.42E-06	1.06E-01
	北墙外 30cm 处 (D)			7.8	8.42E-06	3.49E-02
	西墙外 30cm 处 (E)			5.6	8.42E-06	6.76E-02
	防护门 1 外 30cm 处 (F)			5.8	8.42E-06	6.42E-02
	防护门 2 外 30cm (G)			5.96	8.42E-06	5.97E-02
	防护门 3 外 30cm 处 (H)			5.34	8.42E-06	7.44E-02
	防护门 4 外 30cm 处 (I)			7.88	8.42E-06	3.42E-02
	防护门 5 外 30cm 处 (J)			7.7	8.42E-06	3.58E-02
	楼下距地面 1.7m 处 (L)			6.6	3.63E-12	2.10E-08
透视	控制室操作位 (A)	5.04×10 <sup>6</sup>	0.001	5.29	8.42E-06	1.52E-03
	南墙外 30cm (B)			5.33	8.42E-06	1.49E-03
	东墙外 30cm 处 (C)			4.48	8.42E-06	2.11E-03
	北墙外 30cm 处 (D)			7.8	8.42E-06	6.97E-04
	西墙外 30cm 处 (E)			5.6	8.42E-06	1.35E-03
	防护门 1 外 30cm 处 (F)			5.8	8.42E-06	1.28E-03
	防护门 2 外 30cm (G)			5.96	8.42E-06	1.19E-03
	防护门 3 外 30cm 处 (H)			5.34	8.42E-06	1.49E-03
	防护门 4 外 30cm 处 (I)			7.88	8.42E-06	6.83E-04
	防护门 5 外 30cm 处 (J)			7.7	8.42E-06	7.16E-04

	楼下距地面 1.7m 处 (L)			6.6	3.63E-12	4.20E-10
	第一术者位 (铅衣内)			1	1.07E-02	5.38E+01
	第一术者位 (铅衣外)			1	5.57E-02	2.81E+02
	第二术者位 (铅衣内)			1.2	1.07E-02	3.74E+01
	第二术者位 (铅衣外)			1.2	5.57E-02	1.95E+02

## (2) 散射辐射

关注点处的散射辐射剂量率参考《辐射防护手册第一分册》(李德平、潘自强主编, 原子能出版社, 1987) 中给出的公示计算。

机房外空气比释动能率的计算公式:

$$H_s = \frac{H_0 \cdot B \cdot \alpha \cdot s}{400 \times (d \times d_0)^2} \quad \text{式③}$$

式中:

$H_s$ : 关注点处的散射辐射剂量率,  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ;

$H_0$ : 距病人 1m 处的散射辐射剂量率,  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ;

$\alpha$ : 患者对 X 射线的散射比, 取 0.0013;

$s$ : 散射面积, 取  $100\text{cm}^2$ ;

$d_0$ : 源与病人的距离, 取 0.5m;

$d$ : 患者与关注点的距离, m。

## 3) 场所周围的附加剂量率水平

X 射线靶点视为点源, 源强保守按最大输出量, 并根据 GBZ130-2020 附录 C 中最大管电压 (125kV) 相关参数计算铅的衰减系数, 再结合距离衰减, 来估算法房周围各关注点的剂量率水平。

本项目介入手术时散射辐射各关注点屏蔽透射因子计算结果见表 11-5, DSA 所致各关注点位散射辐射剂量率计算结果见表 11-6。

**表11-5 DSA手术室3散射辐射各关注点屏蔽透射因子计算结果**

工作模式	关注点位	建设单位设计情况	铅厚度 (mm)	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$B_1$
摄影	控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05
	南侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				1.67E-05

	东侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				1.67E-05
	北侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				1.67E-05
	西侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				1.67E-05
	防护门 1 外 30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				1.67E-05
	防护门 2 外 30cm	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				1.67E-05
	防护门 3 外 30cm	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				1.67E-05
	防护门 4 外 30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				1.67E-05
	防护门 5 外 30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				1.67E-05
	楼下距地面 1.7m 处	30cm 厚混凝土+40cm 厚混凝土	4.0				6.62E-12
透视	控制室操作位	4.0mmPb 铅玻璃	4.0	2.233	7.888	0.7295	1.67E-05
	南侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				1.67E-05
	东侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				1.67E-05
	北侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				1.67E-05
	西侧	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥	4.0				1.67E-05
	防护门 1 外 30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				1.67E-05
	防护门 2 外 30cm	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				1.67E-05
	防护门 3 外 30cm	4mmPb 电动推拉铅防护门	4.0				1.67E-05
	防护门 4 外 30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				1.67E-05
	防护门 5 外 30cm	4mmPb 手动平开铅防护门	4.0				1.67E-05
	楼下距地面 1.7m 处	30cm 厚混凝土+40cm 厚混凝土	4.0				6.62E-12

各关注点位散射辐射剂量计算参数及结果见下表 11-6。

**表11-6 DSA所致各关注点位散射辐射剂量率计算结果**

工作模式	关注点位	H <sub>0</sub>	α	s	d <sub>0</sub>	d <sub>s</sub>	B <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>
		μGy/h	/	cm <sup>2</sup>	m	m	/	μGy/h
摄影	控制室操作位 (A)	2.52×10 <sup>8</sup>	0.0013	100	0.5	5.29	1.67E-05	1.95E-01
	南墙外 30cm (B)					5.33	1.67E-05	1.92E-01
	东墙外 30cm 处 (C)					4.48	1.67E-05	2.72E-01

	北墙外 30cm 处 (D)					7.8	1.67E-05	8.97E-02
	西墙外 30cm 处 (E)					5.6	1.67E-05	1.74E-01
	防护门 1 外 30cm 处(F)					5.8	1.67E-05	1.65E-01
	防护门 2 外 30cm (G)					5.96	1.67E-05	1.54E-01
	防护门 3 外 30cm 处(H)					5.34	1.67E-05	1.91E-01
	防护门 4 外 30cm 处(I)					7.88	1.67E-05	8.79E-02
	防护门 5 外 30cm 处(J)					7.7	1.67E-05	9.21E-02
	楼下距地面 1.7m 处(L)					6.6	6.62E-12	4.98E-08
透视	控制室操作位 (A)	5.04×10 <sup>6</sup>	0.0013	100	0.5	5.29	1.67E-05	3.90E-03
	南墙外 30cm (B)					5.33	1.67E-05	3.84E-03
	东墙外 30cm 处 (C)					4.48	1.67E-05	5.44E-03
	北墙外 30cm 处 (D)					7.8	1.67E-05	1.79E-03
	西墙外 30cm 处 (E)					5.6	1.67E-05	3.48E-03
	防护门 1 外 30cm 处(F)					5.8	1.67E-05	3.30E-03
	防护门 2 外 30cm (G)					5.96	1.67E-05	3.07E-03
	防护门 3 外 30cm 处(H)					5.34	1.67E-05	3.83E-03
	防护门 4 外 30cm 处(I)					7.88	1.67E-05	1.76E-03
	防护门 5 外 30cm 处(J)					7.7	1.67E-05	1.84E-03
	楼下距地面 1.7m 处(L)					6.6	6.62E-12	9.95E-10

根据表 11-4、11-6 的计算结果，将各个关注点的总的附加剂量率统计于表 11-7。

表 11-7 各个关注点的总附加剂量率

工作模式	关注点位	散射辐射剂量率 μGy/h	泄露辐射剂量率 μGy/h	附加剂量率 μGy/h
摄影	控制室操作位 (A)	1.95E-01	7.58E-02	2.71E-01
	南墙外 30cm (B)	1.92E-01	7.47E-02	2.67E-01
	东墙外 30cm 处 (C)	2.72E-01	1.06E-01	3.78E-01
	北墙外 30cm 处 (D)	8.97E-02	3.49E-02	1.25E-01
	西墙外 30cm 处 (E)	1.74E-01	6.76E-02	2.42E-01
	防护门 1 外 30cm 处 (F)	1.65E-01	6.42E-02	2.29E-01
	防护门 2 外 30cm (G)	1.54E-01	5.97E-02	2.14E-01
	防护门 3 外 30cm 处 (H)	1.91E-01	7.44E-02	2.65E-01
	防护门 4 外 30cm 处 (I)	8.79E-02	3.42E-02	1.22E-01
	防护门 5 外 30cm 处 (J)	9.21E-02	3.58E-02	1.28E-01
	楼下距地面 1.7m 处 (L)	4.98E-08	2.10E-08	7.08E-08

透视	控制室操作位 (A)	3.90E-03	1.52E-03	5.42E-03
	南墙外 30cm (B)	3.84E-03	1.49E-03	5.33E-03
	东墙外 30cm 处 (C)	5.44E-03	2.11E-03	7.55E-03
	北墙外 30cm 处 (D)	1.79E-03	6.97E-04	2.49E-03
	西墙外 30cm 处 (E)	3.48E-03	1.35E-03	4.83E-03
	防护门 1 外 30cm 处 (F)	3.30E-03	1.28E-03	4.58E-03
	防护门 2 外 30cm (G)	3.07E-03	1.19E-03	4.26E-03
	防护门 3 外 30cm 处 (H)	3.83E-03	1.49E-03	5.32E-03
	防护门 4 外 30cm 处 (I)	1.76E-03	6.83E-04	2.44E-03
	防护门 5 外 30cm 处 (J)	1.84E-03	7.16E-04	2.56E-03
	楼下距地面 1.7m 处 (L)	9.95E-10	4.20E-10	1.42E-09

由表 11-7 计算结果可知, 正常运行情况下, 机房外关注点处的周围剂量当量率估算结果在使用 DSA 时, 能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中规定的周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的标准限值要求。

### 11.2.3 类比分析

#### (1) 类比对象的选取

本项目选取北京大学人民医院 1 台 IGS330 型 DSA 机进行类比分析, 类比情况见表 11-8。

表 11-8 类比情况一览表

		本项目	类比对象
项目地点		福建省漳州市医院	北京大学人民医院
型号		待定	UNIQ FD20
最大管电压 (kV) / 最大管电流 (mA)		$\leq 125\text{kV}/\leq 1000\text{mA}$	125kV/1000mA
机房防护措施	东墙	200mm 实心水泥砌块+40mm 硫酸钡水泥 (等效为 4mmPb) ;	150mm 龙骨石膏板+2mm 铅 (等效 2.0mmPb)
	南墙	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥 (等效为 4mmPb)	150mm 龙骨石膏板+2mm 铅 (等效 2.0mmPb)
	西墙	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥 (等效为 4mmPb)	240mm 炉渣盲孔砌块+1mm 铅 (等效 2.9mmPb)
	北墙	实心水泥砌块 200mm+40mm 硫酸钡水泥 (等效为 4mmPb)	150mm 龙骨石膏板+2mm 铅 (等效 2.0mmPb)
	顶棚	上方无建筑	160mm 混凝土 (等效 2.0mmPb)
	地面	300mm 混凝土+400mm 混凝土 (等效为 10.6mmPb)	160mm 混凝土 (等效 2.0mmPb)

	观察窗	观察窗：4mm 铅当量铅玻璃	3.0mmPb 铅玻璃
	防护门	防护门：4mm 铅板	内衬 2.0mmPb 铅板
机房面积		86.4m <sup>2</sup>	30.68m <sup>2</sup>

从表 11-8 可以看出，本项目拟配置 DSA 最大管电流、最大管电压均与类比医院 DSA 项目一致，防护方案均优于类比医院 DSA 项目，DSA 机房面积大于类比医院 DSA 项目；由此可以判断出，本项目的影响低于类比医院 DSA 项目；因此采用类比医院 DSA 项目可判断出本项目可能的最大环境影响；由此本项目采用类比医院 DSA 项目作为类比对象是合理的。类比项目监测点位见图 11-3，监测结果见表 11-9。

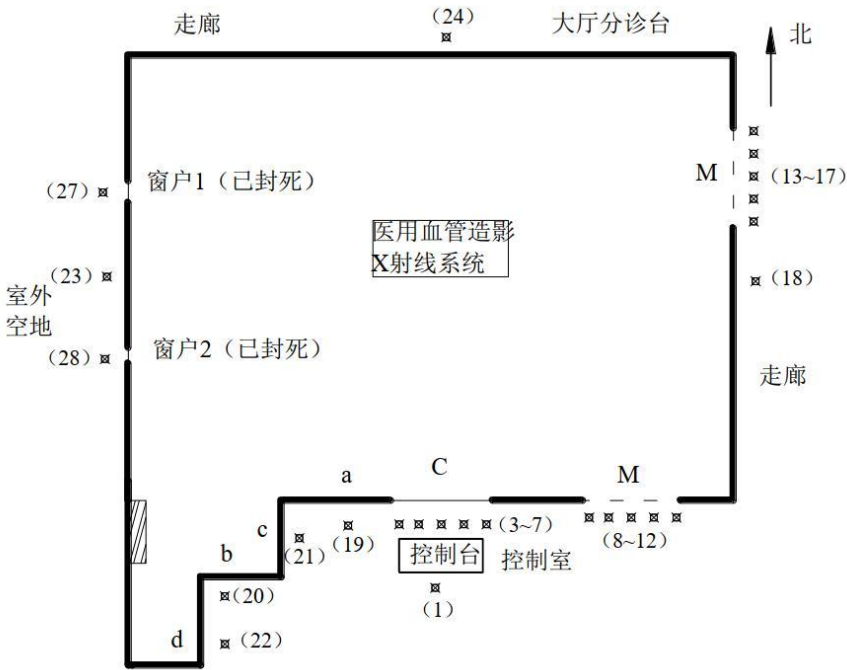


图 11-3 类比 DSA 项目竣工环境保护验收监测点位

表 11-9 类比 DSA 项目竣工环境保护验收辐射空气辐射剂量率监测结果

检测条件：97kV，17.4mA，10s（散射模体：30cm×30cm×20cm 水模+1.5mm 铜板）		
检测点编号	检测点位置	检测结果(μSv/h)
1	工作人员操作位	0.099
2	控制室电缆地沟入口处	0.092
3	铅玻璃观察窗外表面 30cm（中部）	0.096
4	铅玻璃观察窗外表面 30cm（上端）	0.098
5	铅玻璃观察窗外表面 30cm（下端）	0.094
6	铅玻璃观察窗外表面 30cm（左侧）	0.091
7	铅玻璃观察窗外表面 30cm（右侧）	0.095
8	工作人员防护门外表面 30cm（中部）	0.099

9	工作人员防护门外表面 30cm（上端）	0.103
10	工作人员防护门外表面 30cm（下端）	0.087
11	工作人员防护门外表面 30cm（左侧）	0.100
12	工作人员防护门外表面 30cm（右侧）	0.088
13	受检者防护门外表面 30cm（中部）	0.096
14	受检者防护门外表面 30cm（上端）	0.095
15	受检者防护门外表面 30cm（下端）	0.43
16	受检者防护门外表面 30cm（左侧）	0.090
17	受检者防护门外表面 30cm（右侧）	0.092
18	东墙外表面 30cm	0.096
19	南墙 a 点外表面 30cm	0.099
20	南墙 b 点外表面 30cm	0.095
21	南墙 c 点外表面 30cm	0.100
22	南墙 d 点外表面 30cm	0.095
23	西墙外表面 30cm	0.095
24	北墙外表面 30cm	0.100
25	顶棚上方距地面 100cm	0.095
26	地面下方距地面 170cm	0.096
27	窗户 1 外表面 30cm	0.095
28	窗户 2 外表面 30cm	0.096
本底值		0.074~0.087

附注 1：上表所列检测值均未扣除本底值；2：机房每侧墙体检测点不少于 3 个，检测结果取最大值；3：标准限值：机房外 X 射线周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。

从表 11-9 检测结果可知，北京大学人民医院 UNIQ FD20 型 DSA 机在开机监测条件下，DSA 机房周围辐射剂量率在（0.087~0.43）μSv/h 范围内，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。根据类比可行性分析可推测，本项目 DSA 机正常工作时，DSA 机房周围环境辐射水平也能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的要求。

#### 11.2.4 保护目标剂量评价

##### 1、机房外人员年附加有效剂量估算

$$H_{Er}=D_r*t*K*T*10^{-3} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：



$H_{Er}$ : 外照射年有效剂量, 单位: mSv;

$D_r$ : X 辐射瞬时剂量率, 单位:  $\mu\text{Gy/h}$ ;

$t$ : 辐射照射时间, 单位: h;

$K$ : 吸收剂量对有效剂量当量的换算系数, Sv/Gy, 该值取 1。

居留因子参考《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 附录 A, 详见表 11-10。

表 11-10 不同场所的居留因子

场所	居留因子		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制区、护士站、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区域
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室
			1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有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

该项目 DSA 设备运行曝光时间估算对年附加有效剂量计算结果详见表 11-11。

表 11-11 年附加有效剂量估算结果

工作模式	关注点位	附加剂量率 $\mu\text{Gy/h}$	年工作时间 h	T	附加年有效剂量 mSv	涉及人员
摄影	控制室操作位 (A)	2.71E-01	33.3	1	9.02E-03	职业人员
	南墙外 30cm (B)	2.67E-01		1	8.89E-03	
	东墙外 30cm 处 (C)	3.78E-01		1/4	3.14E-03	公众人员
	北墙外 30cm 处 (D)	1.25E-01		1/16	2.59E-04	
	西墙外 30cm 处 (E)	2.42E-01		1/40	2.01E-04	
	防护门 1 外 30cm 处 (F)	2.29E-01		1	7.64E-03	职业人员
	防护门 2 外 30cm (G)	2.14E-01		1/4	1.78E-03	公众人员
	防护门 3 外 30cm 处 (H)	2.65E-01		1/4	2.21E-03	
	防护门 4 外 30cm 处 (I)	1.22E-01		1/4	1.02E-03	
	防护门 5 外 30cm 处 (J)	1.28E-01		1/16	1.06E-03	
	楼下距地面 1.7m 处 (L)	7.08E-08		1/40	1.47E-10	

透视	控制室操作位 (A)	5.42E-03	200	1	1.08E-03	职业人员
	南墙外 30cm (B)	5.33E-03		1	1.07E-03	
	东墙外 30cm 处 (C)	7.55E-03		1/4	3.78E-04	公众人员
	北墙外 30cm 处 (D)	2.49E-03		1/16	3.12E-05	
	西墙外 30cm 处 (E)	4.83E-03		1/40	2.42E-05	
	防护门 1 外 30cm 处 (F)	4.58E-03		1	9.17E-04	职业人员
	防护门 2 外 30cm (G)	4.26E-03		1/4	2.13E-04	公众人员
	防护门 3 外 30cm 处 (H)	5.32E-03		1/4	2.66E-04	
	防护门 4 外 30cm 处 (I)	2.44E-03		1/4	1.22E-04	
	防护门 5 外 30cm 处 (J)	2.56E-03		1/16	1.28E-04	
	楼下距地面 1.7m 处 (L)	1.42E-09		1/40	1.77E-11	

各关注点位年附加有效剂量估算结果汇总于表 11-12。

表 11-12 年附加有效剂量汇总表

关注点位	摄影年有效剂量 mSv	透视年有效剂量 mSv	附加年有效剂量 mSv	涉及人员
控制室操作位 (A)	9.02E-03	1.08E-03	1.01E-02	职业人员
南墙外 30cm (B)	8.89E-03	1.07E-03	9.95E-03	
东墙外 30cm 处 (C)	3.14E-03	3.78E-04	3.52E-03	公众人员
北墙外 30cm 处 (D)	2.59E-04	3.12E-05	2.90E-04	
西墙外 30cm 处 (E)	2.01E-04	2.42E-05	2.25E-04	
防护门 1 外 30cm 处 (F)	7.64E-03	9.17E-04	8.55E-03	职业人员
防护门 2 外 30cm (G)	1.78E-03	2.13E-04	1.99E-03	公众人员
防护门 3 外 30cm 处 (H)	2.21E-03	2.66E-04	2.48E-03	
防护门 4 外 30cm 处 (I)	1.02E-03	1.22E-04	1.14E-03	
防护门 5 外 30cm 处 (J)	1.06E-03	1.28E-04	1.19E-03	
楼下距地面 1.7m 处 (L)	1.47E-10	1.77E-11	1.65E-10	

根据表 11-12，本项目 DSA 正常运行时，DSA 机房周围职业人员估算最大年有效剂量为  $1.01 \times 10^{-2}$  mSv，公众人员最大年有效剂量为  $3.52 \times 10^{-3}$  mSv，则本项目机房外职业人员及公众成员年有效剂量均低于年职业人员年有效剂量 5mSv 以及公众人员年有效剂量 0.1mSv 的剂量约束限值，且均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于剂量限值的规定。

### (3) 机房内医护人员的辐射影响

本项目拟配备 12 名工作人员，其中内外科医生 6 名，医学影像医师 1 名，技师 2 名，护士 3 名。在进行介入手术时，通常有 2 名医生和 1 名护士在机房内对患者进行手术，1 名技师在控制室进行操作。根据医院提供信息，本项目 DSA 设备预计年手术量为 1000 台，每名护士最多参与约 333 台，每名介入医生每年总共最多参与约 333 台介入手术。

根据《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）中 4.7.2 近台同室操作的非直接荧光屏透视 X 射线设备透视防护区检测平面上周围剂量当量率应 $\leq 400\mu\text{Sv/h}$ ，本报告保守取  $400\mu\text{Sv/h}$  对介入机房内工作人员受照剂量进行估算。

根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，介入工作人员年有效剂量计算公式为：

$$E=\alpha H_u+\beta H_0 \quad (\text{式 11-5})$$

$H_u$ ：铅衣内受照剂量，mSv；

$H_0$ ：铅衣外受照剂量，mSv。

$\alpha$ ：系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79；

$\beta$ ：系数，无甲状腺屏蔽时，取 0.051。

该设备透视防护区检测平面上周围剂量当量率结果见表 11-13 所示。

表 11-13 透视防护区检测平面上周围剂量当量率

位置	H( $\mu\text{Sv}$ ) 铅衣内	H( $\mu\text{Sv}$ ) 铅衣外	$\alpha$	$\beta$	T (h)	$H_u$ (mSv) 铅衣内	$H_u$ (mSv) 铅衣外	E (mSv)
第一术者位	29.48	400	0.79	0.051	66.7	1.97	26.68	2.92
第二术者位	15.47	400	0.79	0.051	66.7	1.03	18.53	1.76

注：辐射剂量率保守取控制室内关注点的理论估算最大值。

根据理论估算结果可知，本项目机房内近台同室操作的第一术者位年有效剂量最大为 2.92mSv，第二术者位年有效剂量最大为 1.76mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv。

但在实际手术时，因不同的手术，其曝光或透视的管电压管电流不同，投照方位根据需要而变化，且投照出束时间不同，难以准确估算介入手术工作人员受到的准确照射剂量，主要依靠其佩戴的个人剂量计进行跟踪性监测。因此，医院应加强对介入手术工作人员的个人

剂量监测管理，当个人累积剂量将超过年有效剂量 5mSv 时，应及时告知本人，并减少其辐射工作量或为其调整工作岗位，确保其年累积剂量不超过剂量约束值。

### 11.2.5 非放射性污染源影响分析

#### 1、废气

项目运行期产生的废气主要为 DSA 机运行时产生的 X 射线与空气发生相互作用产生的微量臭氧和氮氧化物。

本项目 DSA 机房内拟设计动力排风系统，产生的微量臭氧和氮氧化物可通过排风系统排出机房，弥散在大气环境中，对环境影响较小。

#### 2、固体废物

本项目射线装置采用计算机图像存储管理系统，电脑成像，激光打印，无洗片过程，打印出来的胶片由病人带走。本项目不涉及洗片，不会产生废弃 X 光片。本项目每年约产生医疗废物 500kg/a，采用专门的收集容积集中回收后，转移至医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，由有回收医疗废弃物资质的单位定期统一回收处理；工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。

#### 3、废水

项目运行期不产生医疗废水，产生的废水主要为生活污水，院内生活污水将经院区污水管道进入院内污水处理站，经预处理满足接管要求后接入市政污水管网，对环境影响较小。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 事故风险危害识别分析

本项目在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到意外照射：

- (1) 曝光时防护门未关闭，此时防护门外人员可能受到 X 射线照射。
- (2) 曝光时受检者未按要求穿戴个人防护用品，导致受检者的受检部位外的部分受到不必要的照射。
- (3) 曝光过程中，因警示灯失效或其他情况下其他人员误入曝光室受到意外照射。
- (4) 因设备防护性能问题可能导致受检者接受额外照射。
- (5) 同室近台工作人员未按要求正确地穿戴个人防护用品，可能导致接受额外照射。
- (6) 因预置条件不当，发生误操作事件，可能会导致相关人员受到不必要照射。

(7) 控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到计划外照射。

(8) 紧急停机系统故障无法通过紧急停机开关使运行中的射线装置停机，造成人员误照射。

### 11.3.2 辐射事故应急措施

#### (1) 事故报告程序

根据相关法律法规的要求，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，采取必要的先期处置措施，并立即拨打当地公安、生态环境、卫健部门应急专用电话进行报告，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报告。

#### (2) 辐射事故应急措施

辐射事故类别及处理措施详见表 11-14。

表 11-14 事故类别及处理措施

可能发生的辐射事故	应急措施
①DSA 机正常工作时，人员误留机房，导致发生误照射； ②工作状态指示灯、门灯联锁等安全联锁装置发生故障失效的状况下，人员误入 DSA 机正在运行的机房，导致发生误照射。	①一旦发现有人误入或误留机房，工作人员应立刻切断电源，确保射线装置停止工作； ②误入或误留人员应在最短的时间内撤离机房。机房外划出警戒范围，设置明显的电离辐射警告标志，禁止公众人员入内； ③对可能受到超剂量照射的人员，应及时安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ④发现上述事故者应立即报告医院辐射事故应急小组，由医院辐射事故应急小组上报当地生态环境部门和公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门； ⑤事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。
③操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射。	①操作人员一旦发现因违反操作规程或误操作导致的意外照射情况，应立刻切断电源，确保射线装置停止工作； ②机房内非相关人员应在最短的时间内撤离机房。机房外划出警戒范围，设置明显的电离辐射警告标志，禁止公众人员入内； ③对可能受到超剂量照射的人员，应及时安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ④发现上述事故者应立即报告医院辐射事故应急小组，由医院辐射事故应急小组上报当地生态环境部门和公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门； ⑤事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。
④介入手术工作人员未穿戴铅衣等个人防护用品进入机房进行介入手术，受到不必要的照射。	①一旦发现介入手术工作人员未穿戴铅衣等个人防护用品进入机房进行介入手术情况，应立即报告医院辐射事故应急小组； ②辐射事故应急小组应立刻停止其辐射工作，及时安排其接受检查或在指定的医疗机构救治； ③辐射事故应急小组应立即将事故情况上报当地生态环境部门和公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的同时上报当地卫生健康部门； ④事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。

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带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医院应定期、具有针对性的对可能发生的放射事故进行演练。

### （3）事故预防措施

①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；

②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；

③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。

表 12 辐射安全管理

**12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置**

**12.1.1 管理机构组成及职责**

为了做好放射防护的管理工作，确保设备正常运行，避免发生事故，该医院成立了放射（辐射）卫生防护管理委员会，指导、监督、检查射线装置的使用，制定了管理制度。

放射（辐射）卫生防护管理委员会成员：

主任：刘文平 副院长兼龙文院区院长

副主任：许振跃 器械科科长

委员：林广民 林彬万 沈浩霖 高泉敬 王政容 陈俊 郑凯 方铭达 洪理伟

黄建丽 谢源福 黄庆文 杨秋香 郑艺红 周长流 吕长春 邱小隼

陈国义 陈妙雯 刘林勇 许秀英 苏伟杰 苏清霞 蔡晓露 林东波

日常放射卫生工作管理人员：

陈国义 林妙雯 刘林勇 许秀英 苏伟杰 苏清霞 蔡晓露 林东波

管理机构职责如下：

（一）放射（辐射）卫生防护管理委员会是对全院放射（辐射）卫生防护工作的监督、监测、检查、指导、咨询及管理机构。

（二）放射（辐射）卫生防护管理委员会依据国家的有关标准规定我院放射（辐射）卫生的规划、标准、制度、监控措施及具体实施办法。

（三）负责收集、整理、分析我院放射（辐射）卫生防护的有关资料，掌握放射（辐射）卫生的发展趋势，及时制定并采取防护措施，保证我院放射（辐射）卫生防护工作水平。

（四）充分发挥监控人员的作用，做好重点科室的检测工作，及时反馈检查中发现的问题，研究制定相应的解决办法。

（五）负责督促各有关科室人员采取有效防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护规则，督促有关科室人员参加健康体检及正确佩戴个人剂量检测仪器。

（六）负责放射（辐射）卫生防护知识的培训、咨询及技术指导。

（七）由放射（辐射）卫生防护管理委员会组织医院所有放射装备、规则场所进行系统的检测，发现问题，及时解决。

(八)放射(辐射)卫生防护管理委员会机构设置在器械科,负责执行议定事项,日常放射卫生工作管理人员处理日常事务。

(九)放射(辐射)卫生防护管理委员会负责监督全院放射(辐射)专管员开展相关工作。

## **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》,使用放射源、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、放射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、检测方案等;有完善的辐射事故应急措施。

建设单位设置了辐射安全与环境保护管理机构,负责医院的辐射安全与环境保护工作。制定了相关的辐射安全防护管理制度,主要有:《关于调整漳州市医院放射(辐射)卫生防护管理委员会成员的通知》、《放射诊疗和放射防护管理制度》、《质量控制与安全防护管理制度》、《个人剂量监测制度》、《职业健康管理制度》、《放射法律法规与防护培训制度》、《放射事件应急处理预案》、《放射防护档案管理制度》、《II类射线装置(DSA)操作规程》、《设备保养与检修维护管理制度》等,医院制定的辐射安全管理制度具有一定的针对性和可操作性,可以满足项目运行的管理需求。

医院的辐射防护管理制度应根据本次核技术利用项目实际运行根据实际情况和有关新要求及时修订和调整,并按照规章制度执行

## **12.3 辐射监测**

### **12.3.1 辐射工作人员个人剂量监测**

建设单位已制订了有关辐射工作人员个人剂量监测的管理要求,并将辐射工作人员个人剂量监测工作作为全院辐射监测计划体系的管理目标之一,要求全院辐射工作人员按要求接受个人剂量监测,并建立相应的个人剂量监测档案。

全院辐射工作人员的个人剂量监测工作已委托福建省一准医学检测科技发展有限公司承担,监测频度为每3个月检测一次。医院严格要求辐射工作人员按照规范佩戴个人剂量计,规定在个人剂量计佩戴时间届满一个监测周期时,由专人负责收集剂量计送检更换,医院严格按照国家法规和相关标准进行个人剂量监测和相关的防护管理工作。

### **12.3.2 工作场所监测**

医院为所在科室配置1台X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪,定期按照如下要求对工作场所的X



射线周围剂量当量率进行自主监测。

### 1、年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度检测报告应作为《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监管系统。

2、日常自行监测：定期自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期1次/3个月，若发现剂量明显变化或控制室内工作人员剂量异常时应查找并分析原因。

### 3、监测内容和要求

（1）监测内容：X射线周围剂量当量率；

（2）监测布点及数据管理：监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

（3）监测范围：控制区和监督区域及周围环境

（4）监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用的国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自主监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

## 12.4 辐射事故应急

### 12.4.1 组织机构

医院制定了辐射事故应急预案，成立了辐射事故应急领导小组，规定了应急处理小组的职责、分工，明确了应急处置程序，并对应急演练及知识培训做出规定。

### 12.4.2 应急预案演练

为了发现并及时修改应急预案、执行程序等相关工作的缺陷和不足，评估放射事件应急能力，澄清相关机构、组织和人员的职责，改善不同机构、组织和人员之间的协调问题；

检验应急响应人员对应急预案、执行程序的了解程度和实际操作技能，评估应急培训效果，分析培训需求，进一步提高应急响应人员的业务素质和能力，医院每年定期由放射事故应急处理领导小组组织相关科室进行一次应急演练，并记录演练过程中所发生的问题进行记录、总结，吸取经验教训。

## 12.5 项目环境保护验收内容建议

本项目建议的环境保护验收主要内容列于表 12-1 中。

表 12-1 “三同时”验收一览表

验收项目	验收内容	验收要求
剂量约束值	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员每年所受到的有效剂量不超过 20mSv，关键人群组的公众成员每年所接受的平均有效剂量不超过 1mSv 作为评价标准。职业人员的剂量约束值为 5mSv/a，公众成员的剂量约束值为 0.1mSv/a。《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中放射机房屏蔽体外表面 0.3m 周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。
防护与安全措施	<p>拟使用的 DSA 安装在 DSA 手术室 3。四周防护为：东墙、西墙、南墙、北墙均为 200mm 实心水泥砌块+40mm 硫酸钡水泥；地面为 300mm 混凝土+2m 土层+400mm 混凝土；设有 4mm 铅当量的防护门；设有 4mm 铅当量的观察窗。</p> <p>穿墙的线缆及管道等采用 U 型管道或其他穿墙方式，并用铅皮包裹。</p> <p>机房顶部安装新风系统进行通风换气。</p> <p>机房门外应有电离辐射警告标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯；机房门应有闭门装置，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。</p> <p>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，电动推拉门宜设置防夹装置；工作状态指示灯能与机房门有效关联</p> <p>设置“紧急停止”装置；设置控制室与机房设对讲装置</p> <p>医生和护士、操作技配备个人剂量计</p>	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。
防护用品	拟为该项目准备铅橡胶性腺防护围裙（方形）4 条、铅围脖 4 个、铅防护眼镜 4 副、介入防护手套 4 副、个人剂量计 5 套。铅悬挂防护屏 1 个，床侧防护帘 1 个。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。
规章制度	成立辐射防护管理机构，各项管理规章制度得到落实，记录完备，制度成册或上墙。	满足《放射诊疗管理规定》《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》中辐射安全管理的要求。
应急预案	有完善的辐射事故应急预案。	
辐射安全培训和考核	本项目拟设置工作人员需参加辐射安全培训并考核合格。	
个人剂量档案	建立个人剂量监测档案，按有关要求存档并进行终生保存。	

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

建设单位拟在急救急诊楼一层西侧新建 DSA 机房及其辅助用房，并拟新增一台 DSA（II类射线装置），用于介入治疗。

#### 13.1.2 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第十三项“医药”中第 4 条“高端医疗器械创新发展：高性能医学影像设备”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

#### 13.1.3 项目的“正当性”

该院开展的新增 DSA 项目用于介入治疗，其使用符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的规定和《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。

#### 13.1.4 选址、布局合理性评价

本项目 DSA 机房拟建址位于医院急诊急救楼一层西侧。本项目 DSA 工作场所位置相对独立，DSA 机设有单独固定的机房，与周围非辐射工作场所隔开。根据理论估算，项目运行时对周围环境辐射影响较小，因此，项目选址基本合理。

本项目 DSA 机工作场所设有单独的机房，控制室位于机房外，工作场所满足拟用辐射设备的布局要求，布局合理。

#### 13.1.5 辐射安全管理措施

按有关法律、法规规定并根据放射设备的使用情况，医院成立了以院长为组长、各科室主任为组员的放射性物质及射线装置使用防护管理机构，指导、监督、检查射线装置的使用，制定了管理制度，针对人员受到误照射及超剂量照射等制定了应急预案。

#### 13.1.6 环境影响评价

经分析，本项目 DSA 设备正常运行后，对职业人员和公众人员所造成的最大年附加有效剂量均低于本项目规定的剂量约束值，且均符合《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。

### 13.1.7 可行性结论

综上所述，福建省漳州市医院拟建 DSA 手术室 3 项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理制度后，具备从事相应的辐射工作技术能力，对工作人员、公众人员和周围环境的辐射影响就可以控制在国家允许的标准范围之内。因此，从辐射安全和环境保护的角度论证，本项目建设是可行的。

## 13.2 建议和承诺

### 13.2.1 建议

(1) 认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求，更新完善、补充辐射管理制度。加强和落实放射防护责任制，明确责任和分工，逐级强化责任，安全责任落实到人。

(2) 接受生态环境等主管部门的管理、监督及指导；取得环评报告表批复后，应及时向省生态环境厅申请重新办理《辐射安全许可证》。

### 13.2.2 承诺

建设单位在本项目中做出以下承诺：

(1) 承诺保证所有辐射工作人员经过辐射与防护培训合格后方可上岗，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

(2) 建立新增辐射工作人员健康档案，落实辐射工作人员辐射安全培训、职业健康检查及个人剂量监测等内容，制定外聘专家管理制度，并配备个人剂量计。

(3) 定期进行防护安全检查，发现问题及时解决，以防止辐射照射事故发生。

(4) 医院应将辐射事故应急预案装裱上墙，每年至少组织一次预案培训工作，并定期进行应急演练。

(5) 应当编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，于每年 1 月 31 日前报原发证机关。

(6) 及时完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行，在项目建设和运行过程中，加强内部监督管理，不违规操作、不弄虚作假，并接受生态环境部门的监督检查和及时整改检查中发现的问题。

(7) 按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（环保部 18 号令）要求开

展个人剂量监测、工作场所监测和环境监测工作。

(8)待本项目取得环评批复后,医院将及时向生态环境部门申请更新辐射安全许可证。

(9)工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目投入运行后,尽快开展竣工环保验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见:	
经办人	公 章 年 月 日