

核技术利用建设项目

福州市第二总医院 1 台 DSA 机项目

环境影响报告表
(公示本)

福州市第二总医院

二〇二四年十一月

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	15
表 3	非密封放射性物质	15
表 4	射线装置	16
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	17
表 6	评价依据	18
表 7	保护目标与评价标准	20
表 8	环境质量和辐射现状	25
表 9	项目工程分析与源项	32
表 10	辐射安全与防护	37
表 11	环境影响分析	44
表 12	辐射安全管理	66
表 13	结论与建议	72
表 14	审批	75

附件 1 委托书

附件 2 辐射安全许可证

附件 3 辐射环境检测报告

附件 4 关于成立放射防护与辐射安全管理委员会的通知

附件 5 福州市第二总医院放射工作相关管理制度

附件 6 辐射事故应急预案

附件 7 辐射培训合格证书（部分）

附件 8 外照射个人剂量监测报告

附件 9 职业健康检查结果总结报告（节选）

表 1 项目基本情况

建设项目名称	福州市第二总医院 1 台 DSA 机项目				
建设单位	福州市第二总医院				
法人代表	林凤飞	联系人	黄警	联系电话	
注册地址	福州市上藤路 47 号				
项目建设地点	福州市上藤路 47 号福州市第二总医院 3 号楼一层介入手术室 2				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	1380	项目环保投资 (万元)	108	投资比例(环保投 资/总投资)	7.83%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m ²)	46
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 建设单位基本情况

福州市第二总医院始建于 1866 年，2023 年 5 月成立医疗集团，整合福建省福州神经精神病防治院、福州市妇幼保健院组建“福州市第二总医院”。其为福州市内建院最早的西医医院，是一所以骨科为龙头，集医、教、研、康复为一体的三级甲等医院。

目前医院拥有 2 个国家级重点专科、12 个省级重点专科，21 个市级重点专科。医院核定床位 2800 张，职工 3165 人，高级职称 500 人，博、硕士 491 人。医院连续五年在全国三级公立医院绩效考核中监测指标考核为 A 级，为公立医院高质量发展省级试点单位，荣获“全国卫生系统先进集体”“福建省级文明单位”等荣誉称号。

1.2 项目由来与建设内容

随着医院医疗和科研技术水平发展，优质医疗品牌的影响力逐步扩大，福州市第二总医院计划将 3 号楼一层预留手术室改造为 DSA 机房（介入手术室 2），配备 1 台 DSA（最大管电压 $\leq 125\text{kV}$ ，最大管电流 $\leq 1000\text{mA}$ ），用于放射诊断和介入治疗。

主要建设内容为：在 3 号楼一层预留手术室的结构基础上将墙体、门、窗进行拆除，增加硫酸钡砂防护涂料、加装铅防护门、铅观察窗，使之满足介入手术室的屏蔽防护需求。本项目拟配套的 DSA 装置情况见表 1.2.1。

表 1.2.1 本项目拟配套的 1 台 DSA 机项目情况一览表

序号	设备名称	数量 (台)	型号	主要参数	管理 分类	设备安装位置
1	数字平板减影血管造影机 (DSA)	1	GE Innova IGS 5	最大管电压 125kV 最大管电流 1000mA	II 类射线装置	3 号楼一层 介入手术室 2

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，本项目应开展核技术应用项目环境影响评价。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号）可知，DSA 属于 II 类射线装置；根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目为使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。因此，福州市第二总医院于 2024 年 9 月委托福建省金皇环保科技有限公司对福州市第二总医院 1 台 DSA 机项目进行环境影响评价工作。

我公司接受委托后，派技术人员到现场进行调查和资料收集，在完成污染源分析等工作的基础上结合本项目的特点，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求编制完成了《福州市第二总医院 1 台 DSA 机项目环境影响报告表》。本次环境影响评价重点是对项目在施工和运营过程中可能产生的环境影响进行分析，在此基础上提出相应的环境保护措施，为生态环境主管部门和建设单位提供环境保护管理的依据。

1.3 原有核技术应用项目许可情况

福州市第二总医院于 2024 年 7 月 17 日重新申领辐射安全许可证（见附件 2），许

可证编号为闽环辐证[00202]。许可种类和范围为“使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。”医院现有的核技术应用项目情况见表 1.3.1~1.3.2。

表 1.3.1 医院现有的核技术应用项目使用情况（非密封放射性物质）

序号	核素名称	日等效最大操作量 Bq	年最大用量 Bq	场所等级	使用场所	备注
1	^{99m} Tc	1.1×10 ⁸	2.5×10 ¹²	乙级	3 号楼地下一层核医学科	已环评审批（闽环辐评[2013]5 号），已入辐射安全许可证，已自主验收（2019 年 9 月）
2	¹³¹ I	5.5×10 ⁷	1.85×10 ¹¹			
3	⁸⁹ Sr	1.5×10 ⁷	3.7×10 ¹⁰			
4	¹⁵³ Sm	7.4×10 ⁷	1.85×10 ¹¹			
5	¹⁸ F	5.6×10 ⁶	1.4×10 ¹¹			
6	¹⁴ C	1.2×10 ³	3.0×10 ⁶			已环评审批（闽环辐评[2013]5 号），已入辐射安全许可证，暂未开展

表 1.3.2 医院现有的核技术应用项目使用情况（射线装置）

序号	设备名称	设备型号	分类	数量	工作场所	备注
1	X 射线计算机断层摄影设备	Brilliance CT 64 Slice	Ⅲ类射线装置	1	放射科：6 号楼一层 10 号机房	已环评登记审批（2013 年 4 月 26 日），已入辐射安全许可证
2	X 线电子计算机断层扫描装置	Bright Speed Elite		1	放射科：6 号楼一层 9 号机房	
3	X 射线全身诊断系统	AXIOM Lumions DRF		1	放射科：6 号楼一层 3 号机	
4	医用 X 射线摄影系统	DigitalDiagnost (DR500)		1	放射科：6 号楼一层 8 号机房	
5	移动式数字摄影 X 线系统	MUX-100DJ		1	放射科：3 号楼五层新生儿重症监护病房	
6	X 射线诊断系统	YSIO		1	放射科：6 号楼一层 1 号机房	
7	双能骨密度仪	Discovery Wi		1	放射科：6 号楼一层 7 号机房	
8	数字化医用 X 射线摄影系统	Definium 6000 型		1	放射科：6 号楼一层 5 号机房	
9	数字化 X 射线摄影系统	Q-RAD		1	放射科：6 号楼一层 6 号机房	
10	单光子发射型电子计算机断层扫描仪	Infinia		1	3 号楼地下一层核医学科	
11	256 排 CT	Revolution CT		1	放射科：2 号楼一层东南侧 16 号机房	已环评备案（20233501040 0000046），已

12	移动床边 X 光机	DRXR-1		1	放射科：1 号楼六层重症监护病房	
13	胃肠透视机	Uni-Vision		1	放射科：6 号楼一层 2 号机房	
14	乳腺机	MAMMOMAT inspiration		1	放射科：6 号楼一层 4 号机房	
15	移动 DR	DRXR-Revolution		1	放射科：1 号楼一层急诊抢救室	
16	DR	Definium 6000 型		1	放射科：塔亭楼体检中心一层 DR 机房	
17	口腔 CT	OP300-1		1	口腔科：1 号楼门诊楼四层门诊口腔科 口腔三合一机房	
18	移动 C 型臂	OEC One CFD		1	手术室：1 号楼二楼第一手术间	
19	DR	Multix Fusion Max		1	放射科：1 号楼一层急诊科 17 号 DR 室	
20	CT	Optima CT 670		1	放射科：1 号楼一层急诊科 18 号 CT 室	
21	DSA	GE Optima IGS Plus	II 类射线装置	1	3 号楼一层介入手术室 1	已环评审批（闽环辐评[2023]33 号），已入辐射安全许可证，已自主验收（2024 年 1 月）

1.4 原有核技术应用项目辐射安全管理及防护情况

（1）辐射防护管理制度

福州市第二总医院成立以宋霖为组长的放射防护与辐射安全委员会，制订了《放射诊疗场所辐射防护安全管理制度》《放射工作人员岗位职责》《放射工作人员职业健康管理制》《个人剂量计监测管理制度》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《放射安全事件应急演练制度》《辐射安全监测方案》及《福州市第二总医院辐射事故应急预案》等辐射安全管理制度（详见附件 4~6），并严格遵守执行。

（2）辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案情况

①福州市第二总医院现有辐射工作人员共计 98 名，院内从事 II 类射线装置的辐射工作人员均已取得辐射安全与防护培训合格证书（部分辐射培训合格证书见附件 7），其余 III 类射线装置的辐射工作人员均已参加医院组织的自行考核。

②医院为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，由专人负责收集个人剂量计，定期

委托有资质的单位承担个人剂量监测工作，监测频率为 1 次/季度，每季度的个人剂量检测结果均存档备案。从 2023 年度第四季度至 2024 年第三季度的个人剂量报告（检测单位：河北九新职业卫生技术服务有限公司，详见附件 8）看，辐射工作人员个人剂量监测年统计结果中年总有效剂量最大值为 0.3835mSv（邱盛续，介入放射学），低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的辐射工作人员剂量管理值 5mSv/a 的要求。。

③医院为现有辐射工作人员建立职业健康监护档案，间隔不超过两年组织辐射工作人员进行体检，根据体检结果对受检者从事放射工作提出适任性意见。2023 年医院委托福州市第一医院对医院辐射工作人员进行职业健康体检，均可继续原放射工作（详见附件 9）。

（3）辐射防护用品配备情况

医院已为现有辐射工作人员和受检者配备 25 件铅围裙、25 件铅衣、25 个铅帽、25 个铅围脖、6 副铅眼镜和 4 个铅屏风等必要的防护用品，辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，满足防护用品配备要求。

（4）辐射工作场所监测情况

在设备正常运行状态下，每年委托有监测资质的单位对工作场所及周围辐射环境剂量率进行监测，监测频次为 1 次/年，并将监测数据记录存档。根据医院 2024 年度辐射工作总结报告，院内各辐射场所监测结果均满足标准要求。

（5）辐射管理情况

医院日常按照制定的一系列规章制度开展辐射工作管理，已建立个人剂量档案和职业健康体检档案，并制定专人管理。定期委托有资质的单位开展个人剂量计检测、组织辐射工作人员进行职业健康体检；医院安排责任科室日常定时检查、检测设备性能，院方已制定《福州市第二总医院辐射事故应急预案》。据调查，截止目前，福州市第二总医院使用的射线装置正常运行，未发生辐射事故。

1.5 项目建设必要性

介入治疗技术是融合了影像诊断和临床治疗等多专业、多层次的综合技术结构体，介入治疗全程在影像设备的引导和监视下进行，能够直接到达病变局部位置，因此具有准确、安全、高效、创伤小、并发症少等优点，现已成为全身血管性疾病及肿瘤的首选治疗方法，在治疗方案构成中具有其必要性和重要性。为满足就诊患者对介入治疗日益

增长的需求，福州市第二总医院拟在于 3 号楼一层介入手术室 2 配置 1 台 DSA 机，用于开展医疗、教学、科研，提高医疗服务体系水平，为病人提供更方便、快捷、专业的治疗，更好的服务于社会。

因此，本项目建设是必要的。

1.6 实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

介入治疗技术具有准确、安全、高效、创伤小、并发症少等优点，对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.7 项目选址及合理性分析

（1）项目选址

福州市第二总医院位于福州市上藤路 47 号，医院北侧为观海新村、福州市二院宿舍，南侧为仓山区第二中心小学和景辉商厦，西侧为上藤路，东侧为六一南路。

本项目辐射工作场所拟设置于 3 号楼一层，目前为预留手术室。3 号楼位于院区北部，北侧为院内道路和院内食堂，东侧为院内道路，南侧为院内道路、停车场，西侧为 2 号楼。介入手术室 2 北侧为污物打包间、设备间和通道，西侧为控制室，南侧为缓冲区，东侧为介入科值班室和办公室，正上方为病理科，正下方为仓库。

医院地理位置示意图 1.7-1，医院院区平面布置及周围环境示意图 1.7-2，介入手术室 2 平面布置图见 1.7-4，介入手术室 2 对应的正上方和正下方平面布置图见图 1.7-5、图 1.7-6，项目周边情况见图 1.7-7。

（2）合理性分析

本工作场所相对独立，有单独的固定机房，与周边非放射性工作场所隔开。根据本次项目的防护措施（见表 10.1.2）预测，DSA 正常运行时，不会造成机房四周墙壁外 30cm 处周围剂量当量率超 2.5 μ Sv/h，对机房外的公众和其他工作人员的辐射影响小。

根据现场调查可知，本项目拟建介入手术室 2 位于 3 号楼一层北侧，介入手术室 2 周围 50m 评价环境敏感点为医院内食堂、观海新村、福州市二院宿舍，无学校敏感点；介入手术室 2 大小、屏蔽物质厚度等符合相关标准要求；机房辐射防护设计充分考虑了邻室（含楼上楼下）和周围场所的人员防护与安全，离最近的敏感点院内食堂约 25m，按照设计的防护措施进行类比分析和理论估算，项目运行时对周围环境辐射影响较小。

(3) 三线一单符合性分析

根据《福建省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》(闽政〔2020〕12 号)和《福州市人民政府关于实施“三线一单”生态分区管控的通知》(榕政综〔2021〕178 号)，本项目“三线一单”符合性判定情况见表 1.7.1。

表 1.7.1 本项目三线一单符合性分析

生态保护 红线	根据《福州市人民政府关于实施“三线一单”生态分区管控的通知》(榕政综(2021)178 号)，本项目位于市二医院 3 号楼内，属于为公共服务设施用地，不处于福州市生态保护红线范围内，因此，本项目符合生态保护红线要求。
资源利用 上线	本项目运营过程中会消耗一定量的水、电资源，主要来自工作人员的日常生活用水和设施用电，但项目规模小，资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。
环境质量 底线	经现场检测，本项目介入手术室 2 拟建址及周围环境的辐射本底水平未见异常。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。项目无放射性废气、废水和固体废物产生，DSA 运行时产生的少量氮氧化物和臭氧，通过机械通风可满足相关要求，符合环境质量底线要求。
环境准入 清单	本项目位于市二医院 3 号楼内，涉及“仓山区重点管控单元 1(ZH35010420003)”为重点管控单元,本项目为核技术利用建设项目,主要为医疗放射诊断和介入治疗不涉及任何生产和制造内容，不新增二氧化硫、氮氧化物和 VOCs 等污染物排放。符合环境环境准入清单要求。

因此，本项目的建设符合“三线一单”的要求。

综上，项目选址基本是合理的。

1.8 国家产业政策符合性分析

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

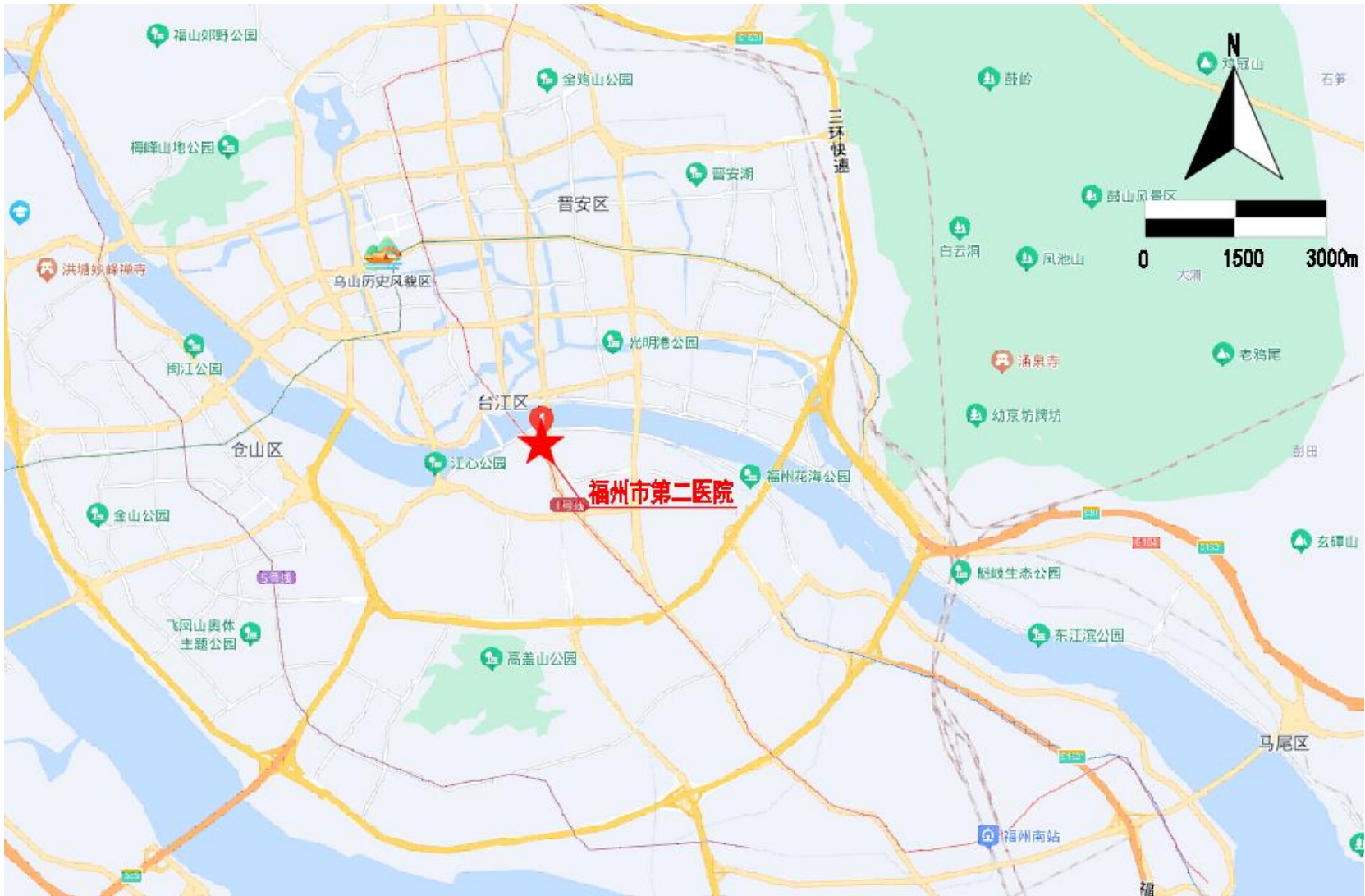


图 1.7-1 福州市第二总医院地理位置示意图

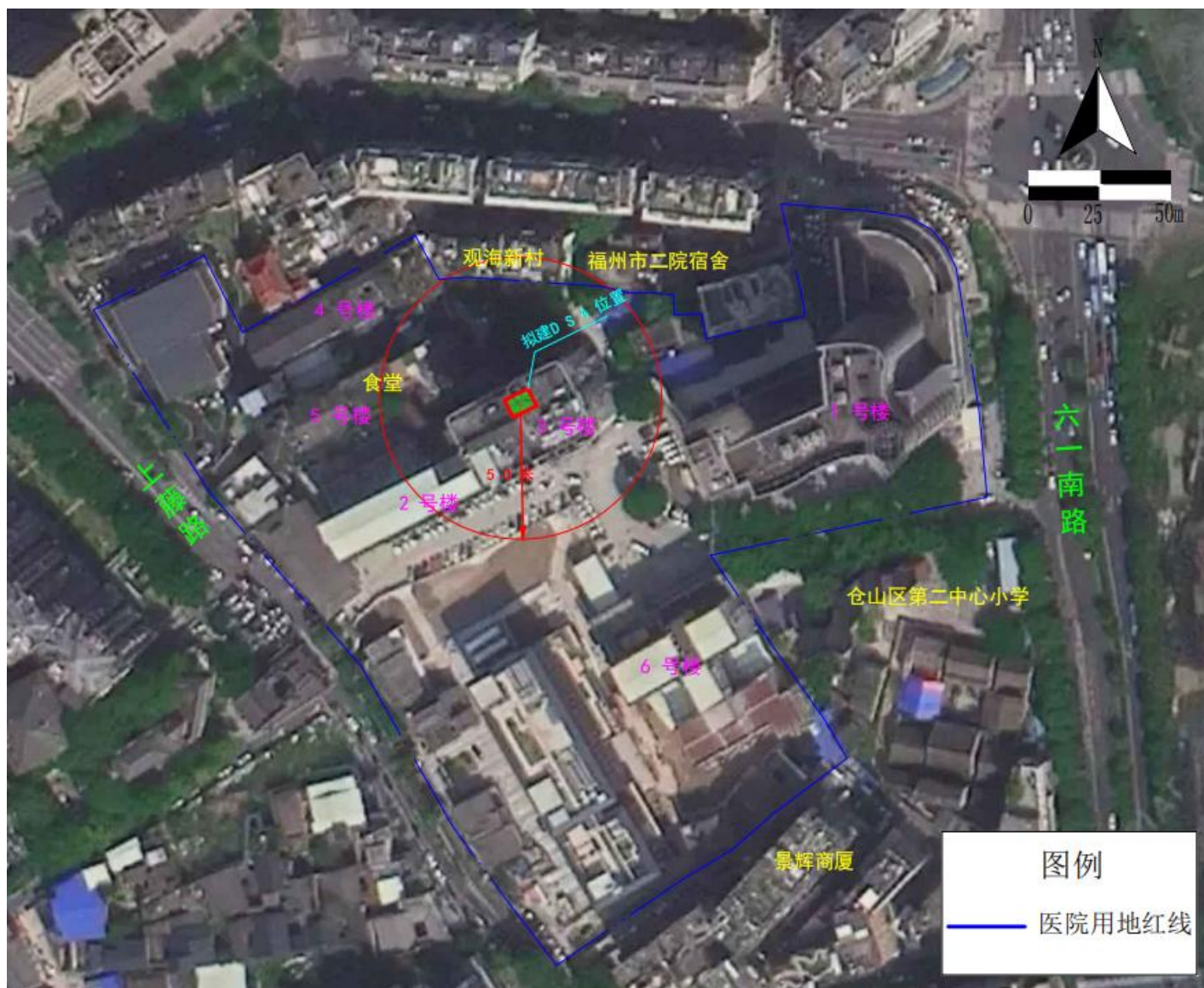


图 1.7-2 本项目介入手术室 2 平面评价范围及周围环境示意图

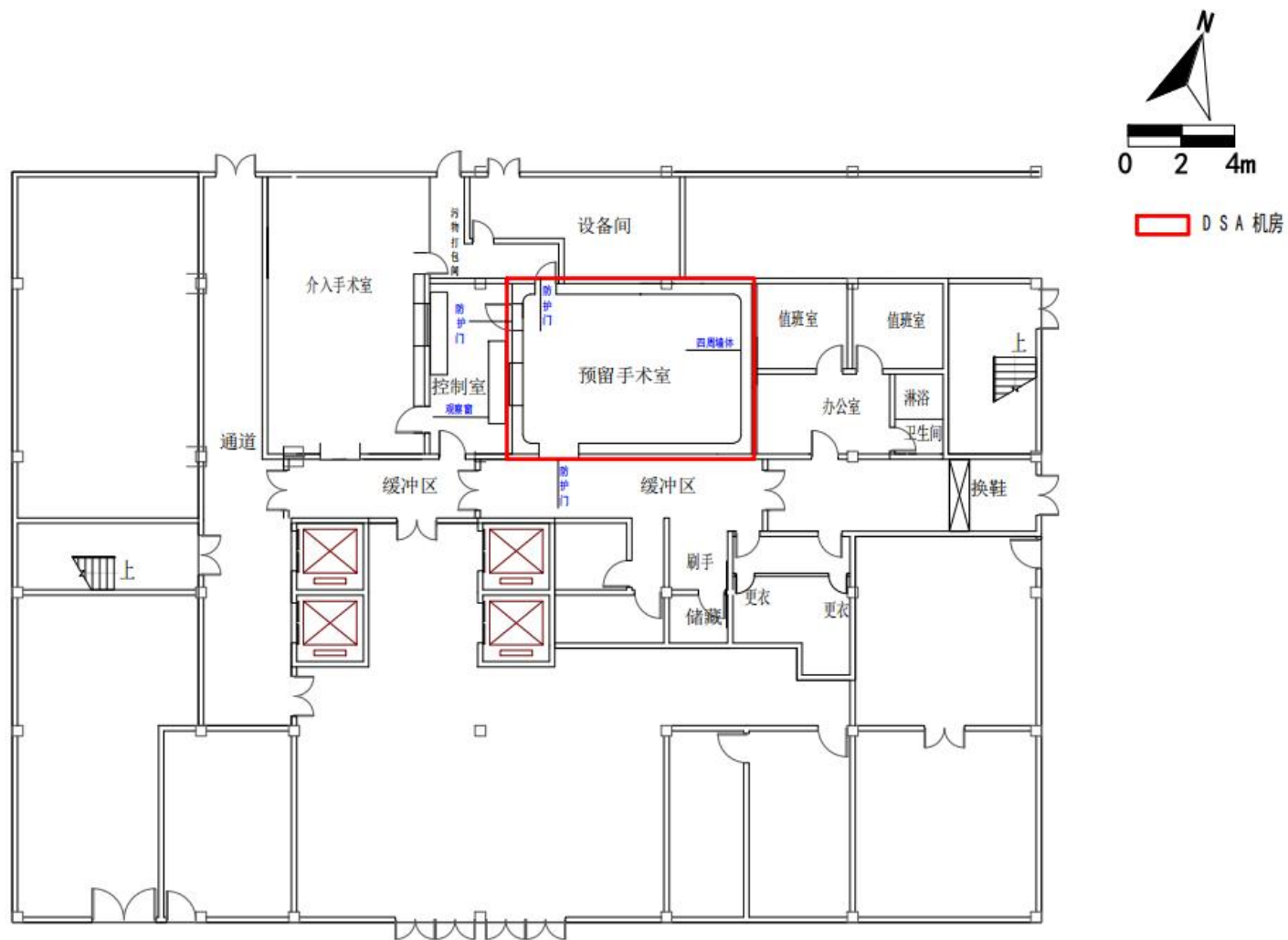


图 1.7-3 原预留手术室平面布置图 (3 号楼一层)

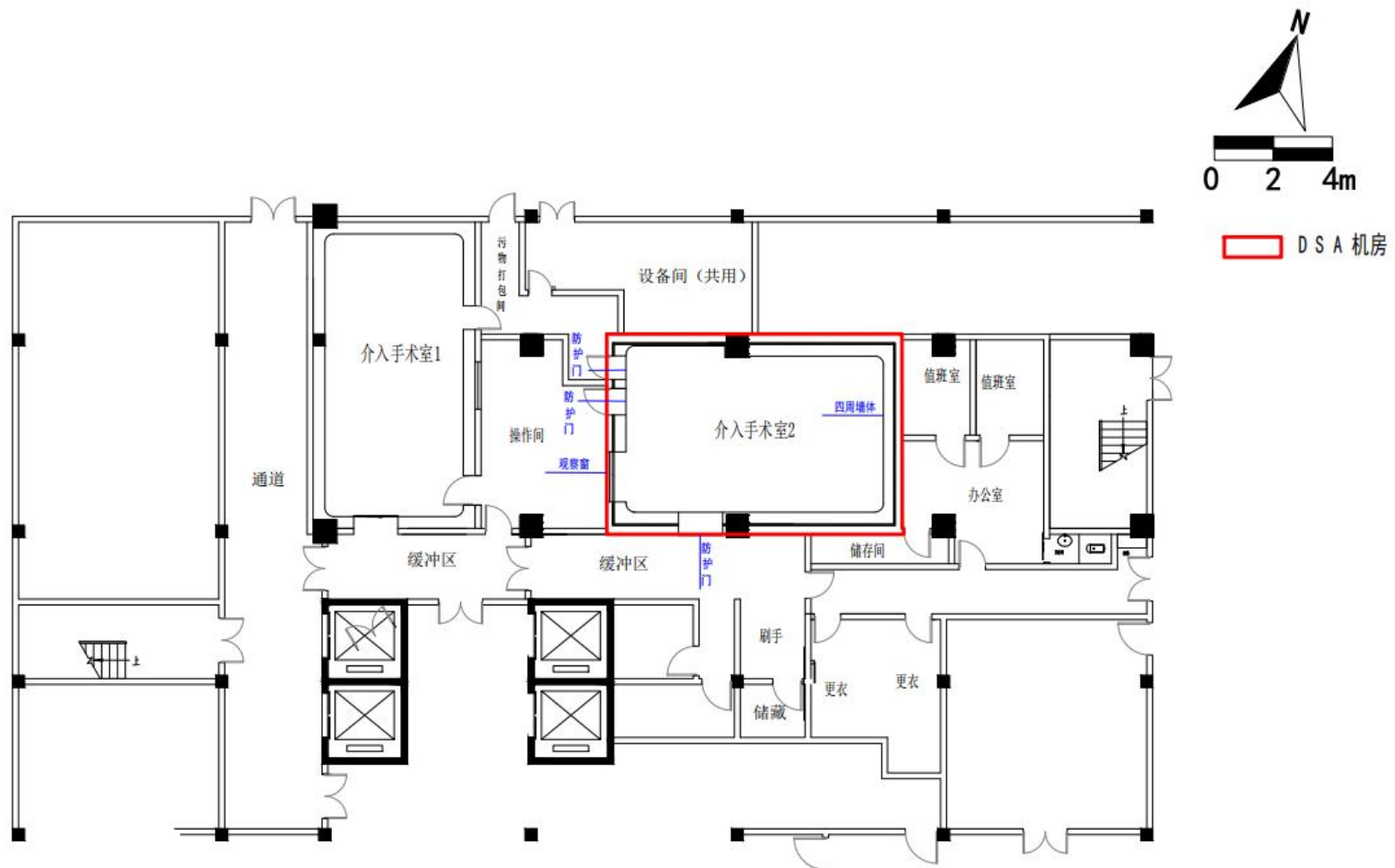


图 1.7-4 现介入手术室 2 平面布置图 (3 号楼一层)

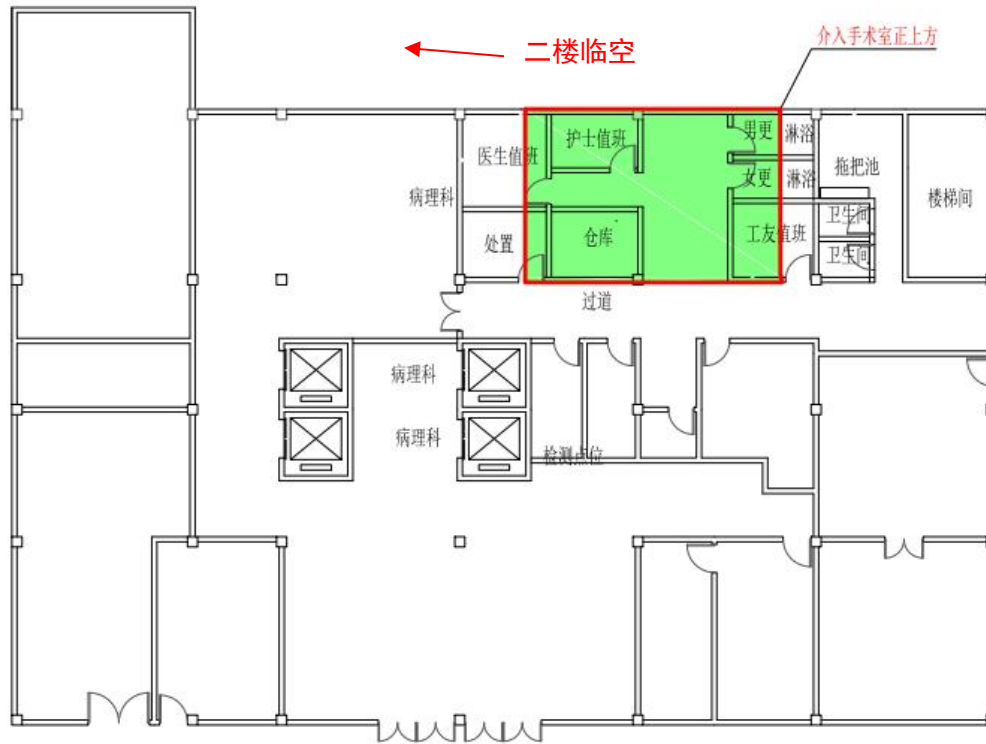
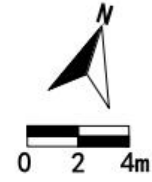


图 1.7-5 本项目介入手术室 2 上方楼层（二层）局部平面布置示意图

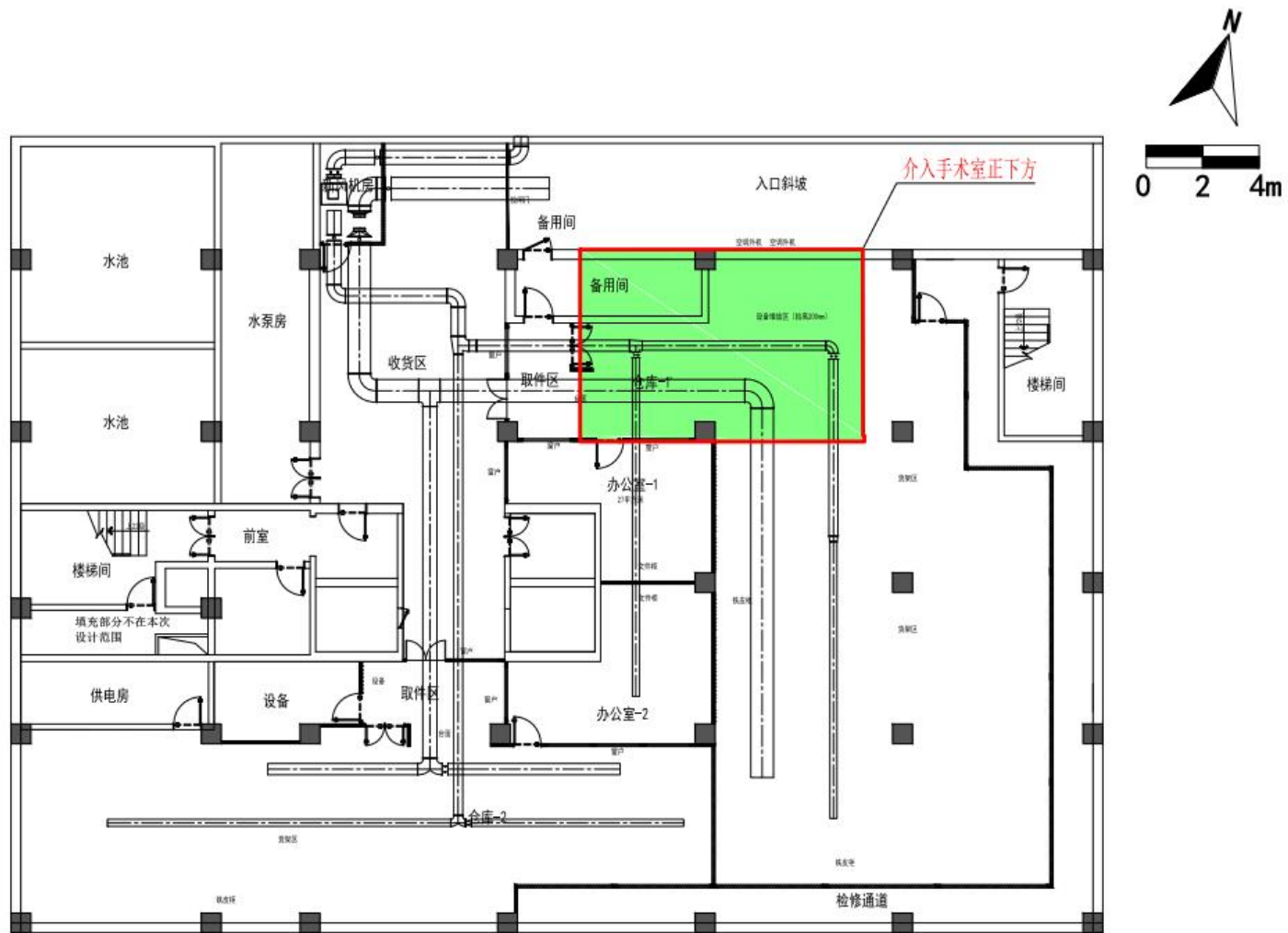


图 1.7-6 本项目介入手术室 2 下方楼层（负一层）局部平面布置示意图



图 1.7-7 项目周边环境现状照片

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II	1	GE Innova IGS 5	≤125	≤1000	放射诊断/介入治疗	3 号楼一层介入手术室 2	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	通过排风系统排出屋顶, 臭氧在 20~30 分钟左右可自动分解, 弥散在大气环境中
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订版），国务院令 709 号，2019 年 3 月 18 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订），2017 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(6) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令 20 号，自 2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(10) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，2007 年 11 月 1 日；</p> <p>(11) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 29 号，自 2020 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(13) 《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》，闽环保辐射〔2013〕10 号，2013 年 3 月 15 日印发；</p> <p>(14) 《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 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日生成；</p> <p>(16) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行。</p>
------	--

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<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) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(5) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(7) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>(8) 《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》（YYT 0740-2022）；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(10) 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；</p> <p>(11) 《建筑施工场界环境噪声综合排放标准》（GB 12523-2011）。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 项目委托书（见附件 1）；</p> <p>(2) 福州市第二总医院提供的建筑结构设计图、以及与建设项目相关的技术资料；</p> <p>(3) 福州市第二总医院放射防护相关制度、个人剂量检测报告等相关资料；</p> <p>(4) 福州市第二总医院辐射安全许可证；</p> <p>(5) 《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995 年）；</p> <p>(6) 现状监测报告；</p> <p>(7) 其它技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目使用 II 类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的要求，“射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）……”，根据本项目特点，本项目辐射环境评价范围确定为 DSA 机房实体屏蔽物外 50m 范围内，见图 1.7-2。

7.2 保护目标

根据现场调查和图 1.7-2 可知，本项目介入手术室周围 50m 评价环境敏感点为医院内食堂、观海新村、福州市二院宿舍，环境保护目标主要是医院食堂流动人群、观海新村居民、福州市二院宿舍居民、介入手术室辐射工作人员、医院内的其他医护人员等工作人员、病患及陪同家属等流动人员。本项目环境保护目标情况见表 7.2.1。

表 7.2.1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标名称		方位	场所	距机房最近距离	人口规模	保护要求
辐射工作人员		介入手术室 2	控制室	毗邻	4 人	年剂量不超过 5mSv
			介入手术室 2 内	距离 DSA 球管不小于 0.5m	3 人	
			介入手术室 1 内	约 8m	3 人	
公众	医院内的其他医护人员等工作人员	北侧	设备间及通道	毗邻	5 人	年剂量不超过 0.1mSv
		南侧	缓冲区	毗邻	流动人群	
			储存间	毗邻	2 人	
		西北侧	污物打包间	毗邻	2 人	
		东侧	办公室及值班室	毗邻	5 人	
		楼上	病理科	毗邻	10 人	
	楼下	仓库	毗邻	3 人		
	医院食堂	介入手术室 2 西北侧	医院食堂	≥25m	流动人群	
	患者、陪同家属等流动人员	介入手术室 2 50m 评价范围内	医院内	≥0.3m	流动人群	
	观海新村居民	介入手术室 2 北侧	医院外	≥36m	约 600 人	
福州市二院宿舍居民	介入手术室 2 东北侧	医院外	≥40m	约 100 人		

	2 号楼	介入手术室 2 西南侧	医院内	≥30m	约 300 人	
--	------	----------------	-----	------	---------	--

7.3 评价标准

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

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的相关规定，在实践中，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作为任何追溯性平均），20mSv。实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

在环境评价中，出于“防护与安全的最优化”原则，对于某单一项目的剂量控制，可以取剂量限值的几分之一进行管理，本项目辐射工作人员的剂量约束值取年平均有效剂量四分之一，即不超过 5mSv/a。对于单个伴有辐射的“实践”项目，剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）。根据项目及周围环境状况，本项目对公众照射的剂量约束值取每年 0.1mSv。

本项目辐射环境影响评价标准具体见表 7.3.1。

表 7.3.1 本项目辐射环境影响评价标准 单位：mSv/a

分类	GB 18871-2002 剂量限值	本评价剂量约束值
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

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

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

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、

改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（即表 7.3.2）的规定。

表 7.3.2（表 2） X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

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

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3（即表 7.3.3）的规定。

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

表 7.3.3（表 3） 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即表 7.3.3）的要求。

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

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

6.4 X 射线设备工作场所防护

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

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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

意事项告知栏。

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

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.10 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（即表 7.3.4）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

表 7.3.4（表 4） 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

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

注 1：“—”表示不做要求。

注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

7 X射线设备操作的防护安全要求

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

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

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

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

7.8.4 穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员,其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ 128 的规定。

7.3.3 本项目管理目标

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

辐射环境剂量率控制水平: DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 **2.5 μ Sv/h**;

辐射剂量控制水平: 职业人员年有效剂量不超过 **5mSv**, 公众年有效剂量不超过 **0.1mSv**。

7.3.4 其他相关环保标准

(1) 大气污染物排放标准

施工期大气污染物执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)表 2 中的标准,标准限值见表 7.3.5。

表 7.3.5 大气污染物排放限值 (摘录)

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

(2) 噪声排放标准

项目施工期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011),标准限值见表 7.3.6。

表 7.3.6 建筑施工场界环境噪声排放限值 单位: dB (A)

昼间	夜间
70	55

表 8 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，医院评价委托浙江建安检测研究院有限公司于 2024 年 10 月 10 日对本项目工作场所及其周围环境进行 γ 辐射剂量率背景水平调查。

8.1 项目地理和场所位置

福州市第二总医院位于福州市上藤路 47 号，医院北侧为观海新村、福州市二院宿舍，南侧为仓山区第二中心小学和景辉商厦，西侧为上藤路，东侧为六一南路。

本项目介入手术室 2 拟设置于 3 号楼一层，3 号楼北侧为院内食堂，东侧为院内道路，南侧为院内道路、停车场，西侧为 2 号楼。介入手术室 2 北侧为设备间和通道，西侧为控制室和污物打包间，南侧为缓冲区，东侧为值班室和办公室，正上方为病理科，正下方为仓库。

项目地理位置及场所位置见图 1.7-1~图 1.7-6 所示。

8.2 环境现状评价对象、监测因子、监测方法

(1) 现状评价的对象：本项目工作场所及周围环境辐射水平。

(2) 监测因子： γ 辐射剂量率、周围剂量当量率。

(3) 监测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中有关布点原则和方法，并结合本项目的实际情况，对项目所在辐射工作场所周围布置 13 个监测点位，本次监测在隔壁介入手术室 1 DSA 机运行时和关机时的情况下分别进行监测，监测点位见表 8.2.1、图 8.2-1 至图 8.2-4。

表 8.2.1 本项目 γ 辐射剂量率背景水平调查点位及检测结果一览表

点位编号	检测点位描述	检测结果 (nGy/h)	
		介入手术室 1 DSA 机运行时	介入手术室 1 DSA 机关机时
	运行情况		
1#	一层拟建介入手术室 2 内 (室内)	101±3	100±3
2#	一层拟建介入手术室 2 北侧设备间 (室内)	107±2	104±2
3#	一层拟建介入手术室 2 北侧防护门外 (室内)	112±2	112±3
4#	一层拟建介入手术室 2 东侧值班室 (室内)	99±2	97±2
5#	一层拟建介入手术室 2 东侧办公室 (室内)	104±3	107±2
6#	一层拟建介入手术室 2 西侧控制室 (室内)	100±2	98±3
7#	一层拟建介入手术室 2 南侧缓冲区 (室内)	114±2	115±3
8#	二层拟建介入手术室 2 上方 (室内)	101±2	101±3

9#	负一层楼拟建介入手术室 2 下方（室内）	104±2	99±2
10#	3 号楼北侧观海新村（室外）	109±2	106±3
11#	3 号楼北侧食堂门口（室外）	110±2	109±2
12#	3 号楼北侧市二医院员工宿舍（室外）	93±3	102±3
13#	3 号楼南侧大门外（室外）	101±3	106±2

注：（1）监测时间：2024年10月10日，监测环境条件：26.0°C/48%RH；

（2）监测方式为巡测，每个测量点测量十次，取平均值；

（3）环境 γ 辐射空气吸收剂量率=仪器读数平均值 \times 仪器校准因子 $k_1 \times$ 仪器检验源效率因子 $k_2 \div$ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 $k_3 \times$ 测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为0.99，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取1，换算系数为1.20Sv/Gy， k_3 楼房取0.8、平房取0.9、原野和道路取1，测量点宇宙射线的响应值为 30nGy/h（监测地址：宁波东钱湖湖心水面，监测时间：2023年11月15日）。

（4）检测方法及测仪器

本次检测仪器参数见表 8.2.2。

表 8.2.2 检测使用的仪器

仪器名称	环境级X、 γ 剂量当量（率）仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
仪器编号	05038417
测量范围	38keV-7MeV
量程	模拟量程：10nSv/h-100 μ Sv/h；数字量程：1nSv/h-99.9 μ Sv/h
检定/校准单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
检定/校准证书编号	2024H21-20-5396818002
检定有效期	2024年7月30日~2025年7月29日
监测规范	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

8.3 质量保证

监测时质量保证措施如下：

（1）监测单位：浙江建安检测研究院有限公司，公司已通过资质认定，CMA 编号：221112050970；

（2）监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点；

（3）监测仪器于 2024 年 7 月 30 日通过上海市计量测试技术研究院检定，证书编号：2024H21-20-5396818002，检定有效期一年，监测期间监测仪器仍处于有效期内；

（4）测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好，并用检验源对仪器进行校验；

（5）监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；

（6）监测现场由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录；

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

8.4 监测结果及评价

根据表 8.2.1，本项目介入手术室 2 周边室内环境（点位 1#~点位 9#）的 γ 周围剂量当量率在 99nGy/h~115nGy/h 之间，周边外环境（点位 10#~点位 13#）的 γ 周围剂量当量率在 93nGy/h~110nGy/h 之间，处于福建省室内、室外辐射环境本底范围值内（注：室内辐射环境本底范围值 71~352nGy/h，福建省室外辐射环境本底范围值 39~399nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》）；介入手术室 1 周边周围剂量率均可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关标准要求。

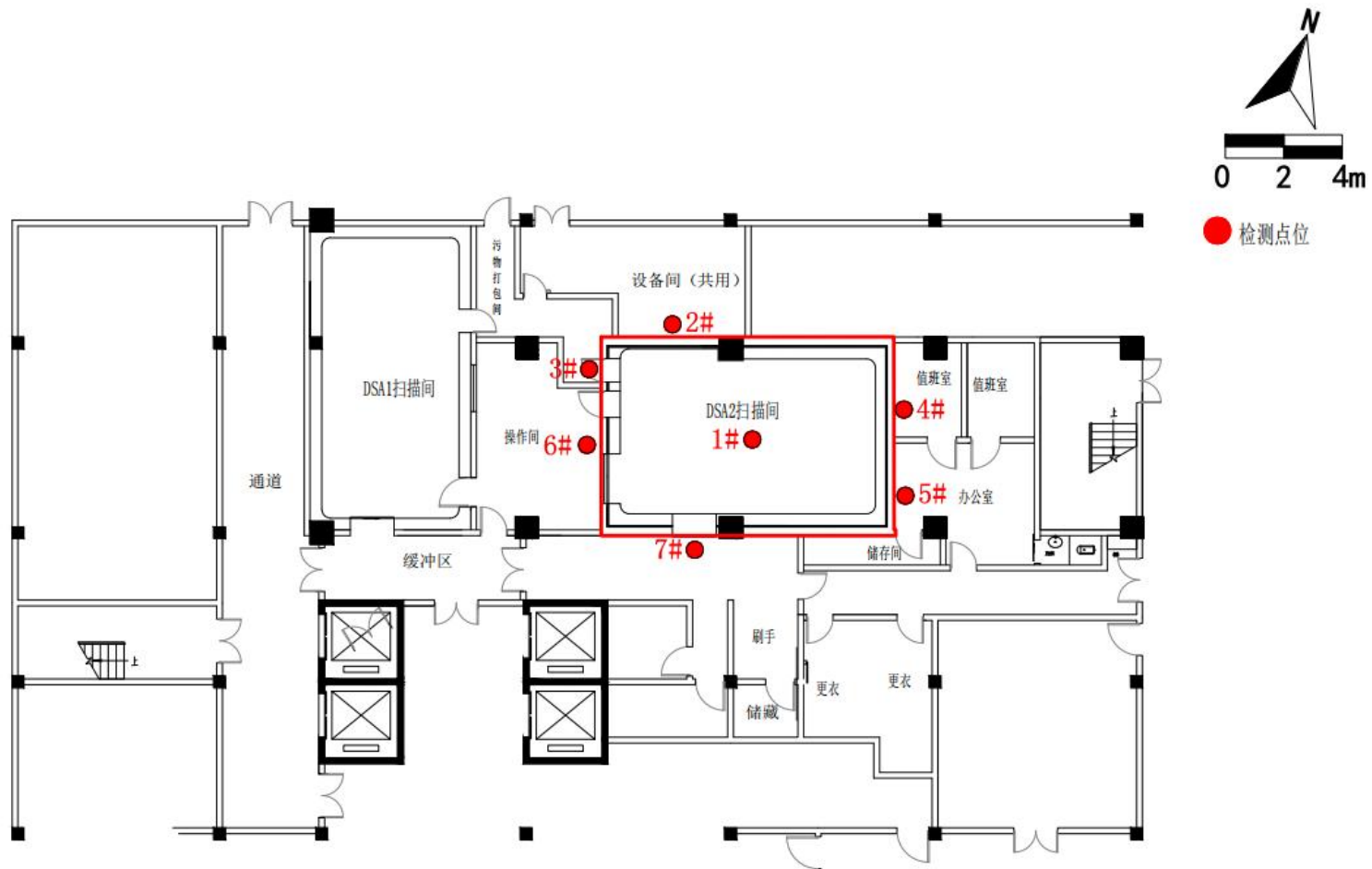


图 8.2-1 本项目介入手术室 2（一层）辐射环境检测布点图



图 8.2-2 本项目介入手术室 2 楼上（二层）辐射环境检测布点图

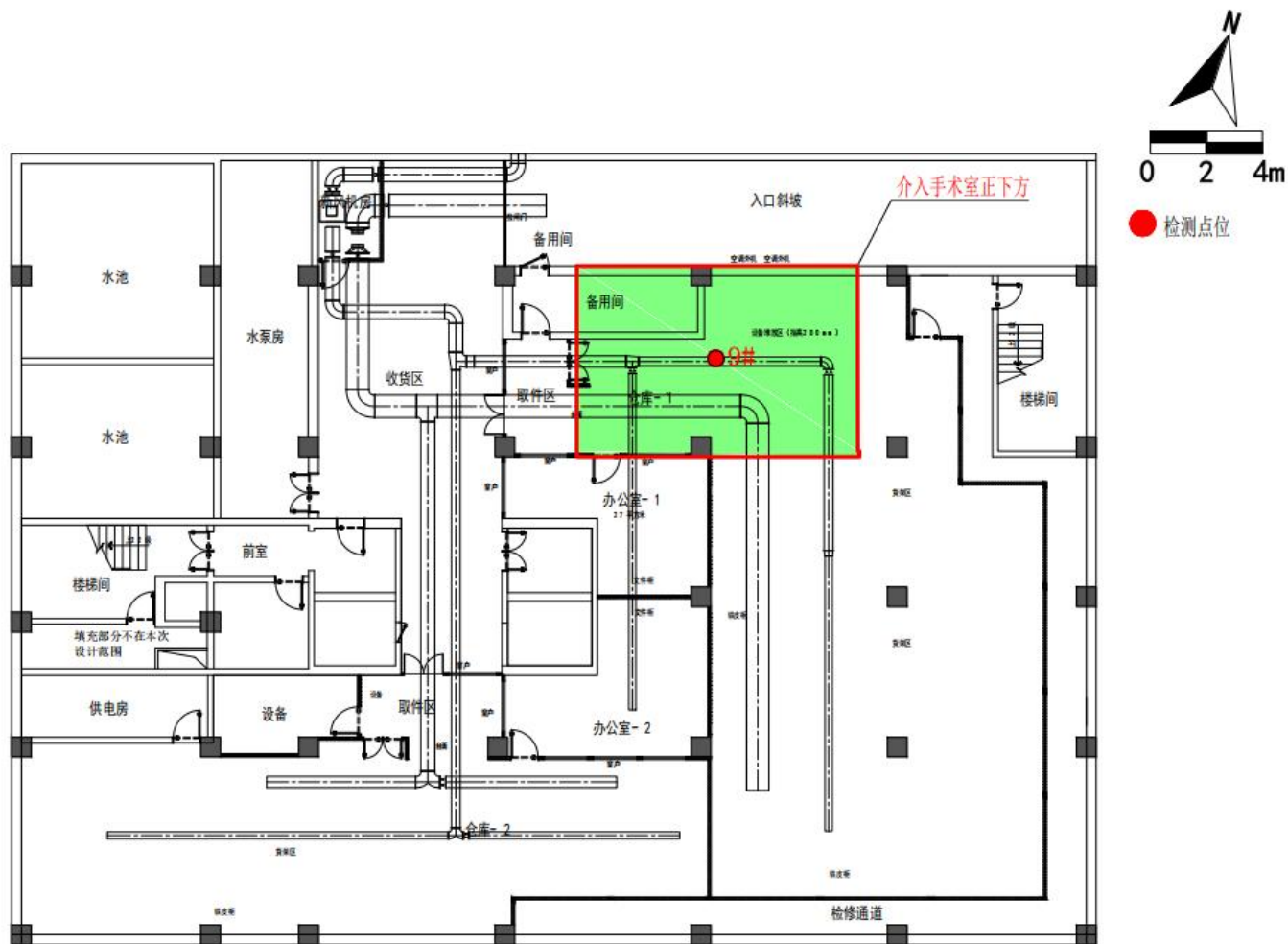


图 8.2-3 本项目介入手术室 2 楼下（负一层）辐射环境检测布点图

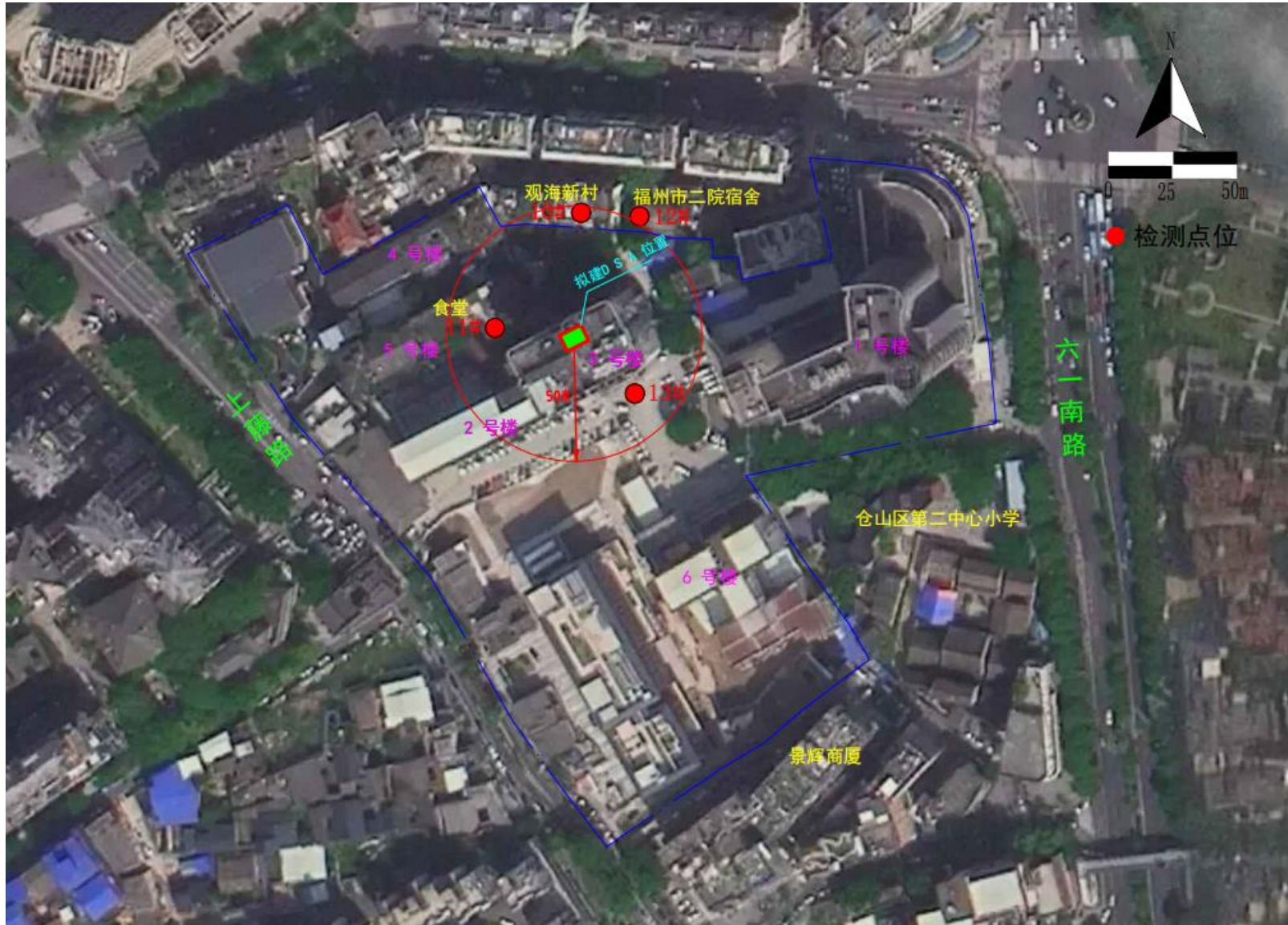


图 8.2-4 本项目辐射环境检测布点图（3号楼外环境图）

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工作原理

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

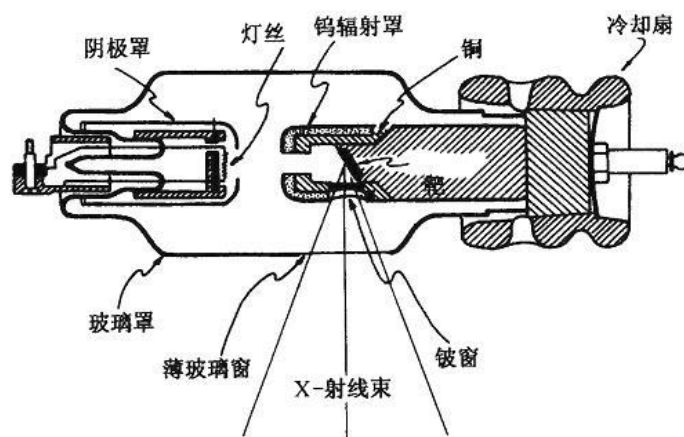


图 9.1-1 X 射线管结构及原理

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

9.1.2 设备组成

DSA 主要由机架、导管床、高压发生器、X 线球管、影像增强器、电视摄像系统、影像数字处理系统、图像显示和外部数据存储等部分组成。设备结构见图 9.1-2。



图 9.1-2 DSA 设备结构图

9.1.3 操作流程

介入放射手术的主要工作流程如下：

- ① 根据预约接诊患者，医护人员做好手术前洁净准备，并穿戴好防护用品；
- ② 根据患者检查部位，选择合适的曝光条件进行影像采集；
- ③ 医生在透视条件下插入导管，注入造影剂进行检查或进行介入治疗；
- ④ 注入造影剂后需再次进行影像采集，影像采集或介入治疗完成后由工作人员协助患者离开介入手术室。

DSA 机在进行曝光时分为两种情况：

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

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

工作流程及产污环节见图 9.1-3。

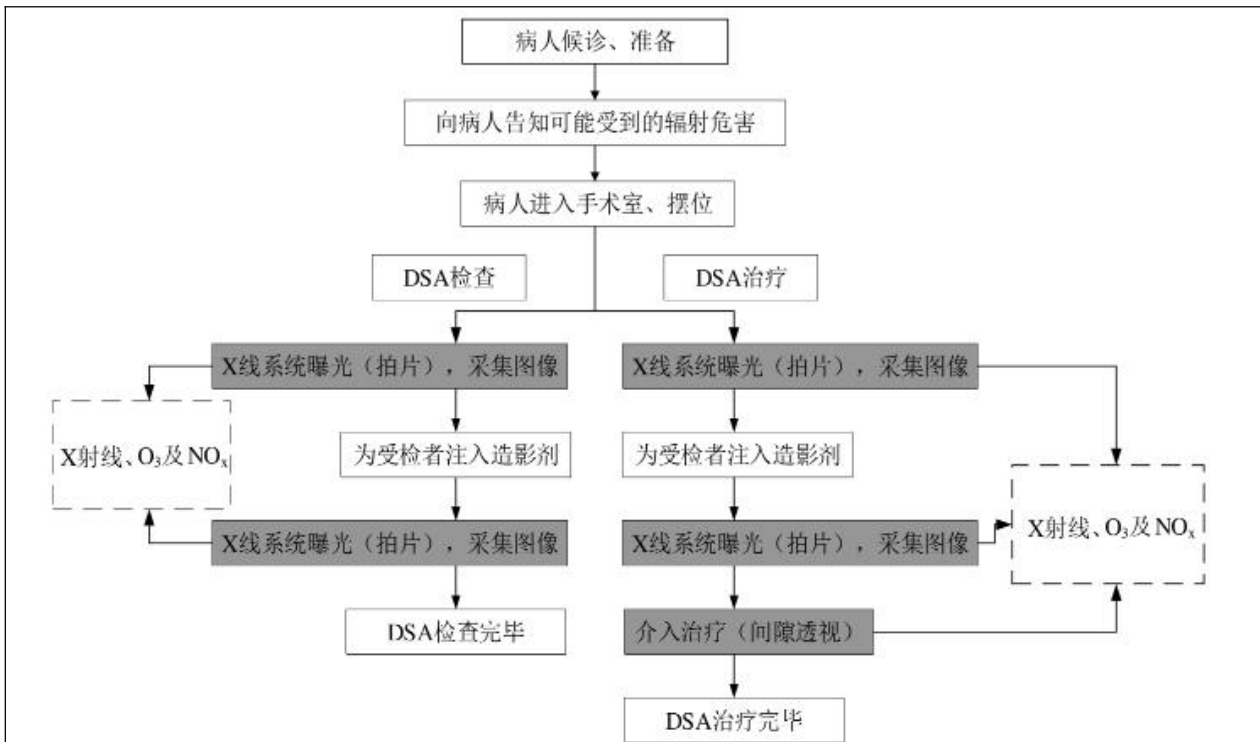


图 9.1-3 DSA 机工作流程图及产污环节

9.1.4 本项目工况（手术量）

根据院方提供的资料，预计本项目 DSA 机年手术约 1000 台，保守估计，每台手术透视 15min，摄影 3min。即年透视工作时间 250h，摄影时间 50h。

本项目拟安排的辐射工作人员 7 人，其中 5 名为介入室医生、护士，均为新增人员，拟采取轮岗的形式在 DSA 进行检查和手术；2 名为控制室工作人员，为固定人员，不实行轮岗。

9.2 污染源项描述

9.2.1 建设阶段的污染源项

本项目拟在 3 号楼一层预留手术室的墙体（四周和顶棚）结构基础上拆除重建门、窗，增加硫酸钡砂防护涂料、加装铅防护门、铅观察窗等以满足介入手术室的屏蔽防护需求。本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，产生的环境影响主要是介入手术室施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，施工期短，只要合理安排施工秩序和施工时间，本项目对周围敏感点的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

(1) 废气

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

(2) 噪声

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

(3) 废水

本项目废水主要是施工废水和生活污水，依托主体工程污水处理设施处理。

(4) 固体废物

本项目工程量小，产生的施工人员生活垃圾、建筑垃圾很少，可妥善处理。

9.2.2 运行阶段污染源项

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

(一) 正常工况

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

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

除此之外，X 射线与空气作用会产生极少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，但由于该项目血管造影仪工作时的管电压、管电流较小，产生的臭氧和氮氧化物也较少，可忽略其影响。

(二) 事故工况

(1) 事故性出束：

①当警示灯、门灯联锁损坏时，公众、检查管理人员或检修维护人员在 DSA 开机状态下误入介入手术室。DSA 运作异常造成介入手术室外剂量超标，造成人员在不知情的

情况下在介入手术室周围活动，致使人员所受剂量超标。

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

(2) 人员误留情况：

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

(3) 人体受超剂量照射事故：

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

(4) 治疗照射不能停止

在治疗结束后，治疗设备不能正常停止曝光，给病人及医护人员造成额外的照射。

(5) 紧急停止开关失灵

在发生事故时，紧急停止开关失灵，给病人及医护人员造成额外的照射。

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

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局和分区

10.1.1.1 工作场所布局

本项目 DSA 设备设有单独的机房，控制室位于机房外，机房内有效使用最小面积 46m²，最小单边长度 5.3m，机房内空间设计情况见表 10.1.1 和图 10.1-1。

表 10.1.1 照射室空间符合性表

设备类型	标准要求		机房设计情况		是否符合
	最小有效使用面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	有效使用面积 (m ²)	最小单边长度 (m)	
DSA	20	3.5	46	5.3	符合

由表 10.1.1 可知，本项目介入手术室 2 有效使用面积和最小单边长度均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）规定的相关要求。

10.1.1.2 工作场所分区

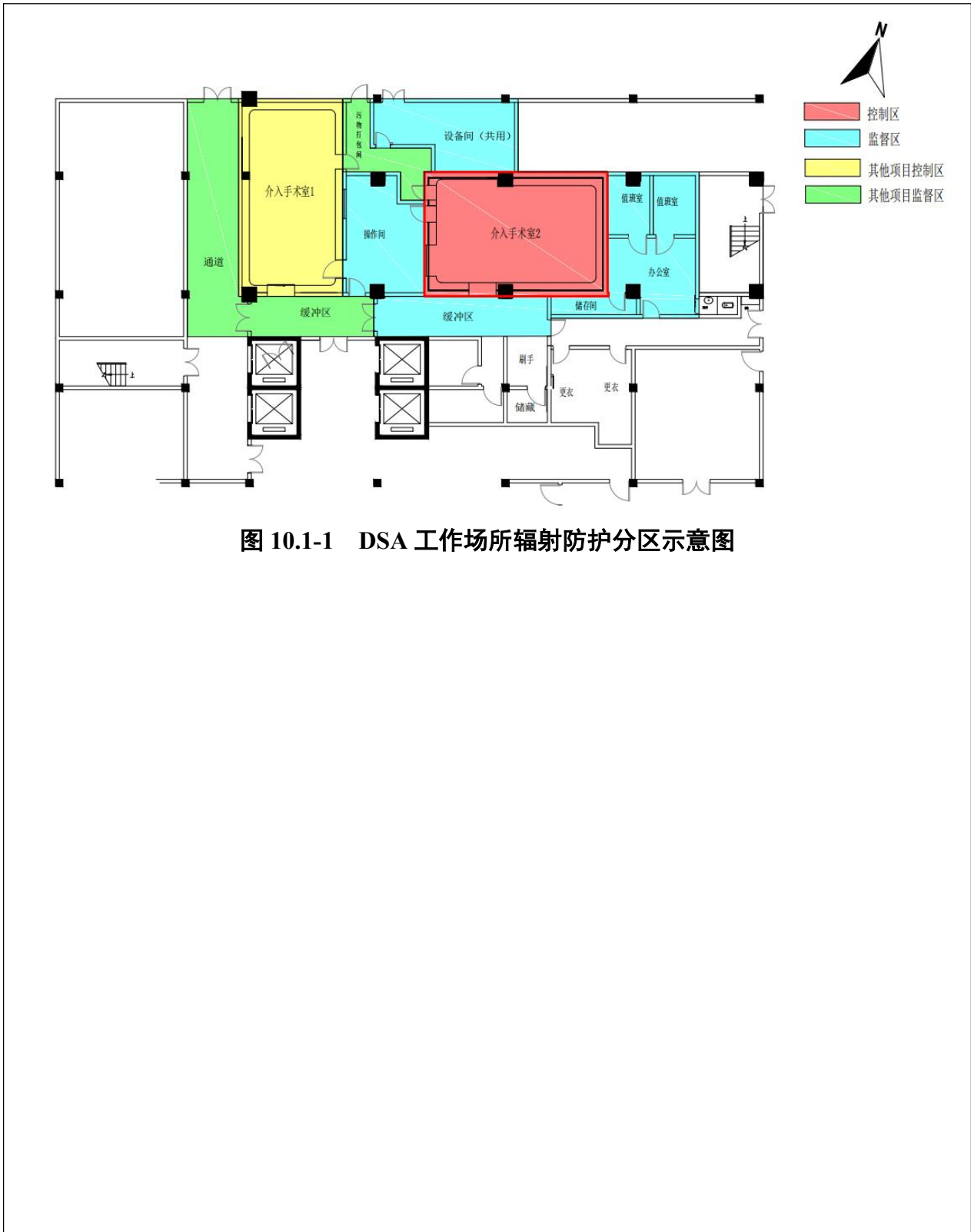
为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，要求对项目划定控制区和监督区进行分区管理。

结合定义与现场实际，本次环评对 DSA 机所在区域的控制区和监督区进行划分，严格限制无关人员进入。

控制区：介入手术室 2；

监督区：缓冲区、控制室、污物打包间、病人通道、设备间、值班室、储存间、办公室。

本项目工作场所控制区和监督区划分明显，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。



10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目介入手术室 2 采取了符合标准的辐射防护措施，充分考虑邻室（含楼上楼下）及周围场所的人员防护和安全。介入手术室 2 拟采取的辐射防护措施情况见表 10.1.2，拟配备的防护用品见表 10.1.3 所示。

表 10.1.2 DSA 扫描间机房屏蔽设计参数一览表

机房名称	屏蔽体	屏蔽设计参数	标准要求 mmPb
介入手术室 2	四周墙体	18cm 实心砖+4mmPb 当量硫酸钡砂 (约 5.42mmPb 铅当量)	2.0
	顶棚	12cm 混凝土+3mmPb 当量硫酸钡砂 (约 4.38mmPb 铅当量)	
	地板	12cm 混凝土+3mmPb 当量硫酸钡砂 (约 4.38mmPb 铅当量)	
	防护门	内衬 4mmPb 铅板	
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	
标志、警示		机房防护门上方安装醒目的指示灯，门上粘贴明显的电离辐射标志	/

注：混凝土密度为 2.35g/cm³，实心砖密度为 1.65g/cm³；防护门与墙体各侧搭接设计均为至少 10cm，防护门与墙壁之间的缝隙设计小于 1cm，防止射线泄漏。

表 10.1.3 本项目 DSA 扫描间机房拟配备防护用品一览表

《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020） 标准要求			防护用品拟配备情况	评价
工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套； 选配：铅橡胶帽子	①设备自带 1 个铅悬挂防护屏、1 个床侧防护帘（均为 0.5mmPb）、医院配备 1 个移动铅防护屏风； ②医院拟为本项目 DSA 机房工作人员配备 5 套铅衣、5 件铅围裙、5 件铅颈套、5 顶铅帽、5 个铅围脖、5 副铅眼镜（均为 0.5mmPb）5 副介入防护手套（0.025mmPb）、5 个铅帽、14 枚个人剂量计、配备 1 台个人剂量报警仪； ③医院拟为本项目 DSA 机房受检者配备 1 件铅围裙、1 件铅颈套、1 顶铅帽（均为 0.5mmPb）； ④医院拟为本项目介入手术室陪检者配备 1 件铅衣； ⑤医院拟为本项目介入手术室配备 1 台便携辐射剂量率仪。	符合要求
	辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏、辐射剂量率仪； 选配：移动铅防护屏风		
受检者	个人防护用品	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		
	辅助防护设施	—		
铅当量要求	①防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb； ②介入防护手套应不小于 0.025mmPb； ③甲状腺、性腺防护用品应不小于 0.5mmPb； ④移动防护铅屏风铅当量应不小于 2mmPb。			

10.1.3 辐射安全措施设计

10.1.3.1 辐射安全装置和保护措施

为保障 DSA 的安全运行,避免在开机期间人员误留或误入机房内而发生误照射事故,以及对工作人员和受检者的辐射防护,本项目拟建介入手术室 2 设计有相应的辐射安全装置和保护措施,主要有:

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

② 介入手术室、控制室内各设置 1 个急停开关按钮,在出现紧急情况下,按下急停按钮,可以切断设备电源,X 射线停止出束。

③ 介入手术室设置对讲装置,方便工作人员实时关注机房情况并与病人交流。

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

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

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

10.1.3.2 介入医生及护士的管理措施

本项目投入使用后,医院应加强介入手术中医生和的防护设施佩戴管理,从事介入手术的医生和应严格执行穿戴铅围裙、铅围脖和防护眼镜等个人防护用具,并且在曝光期间采用设备自带铅帘、移动铅防护屏风综合防护,以降低 X 射线的外照射。

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

(1) 介入医生和护士的防护要求

① 提高辐射防护和诊疗技术水平,全面掌握辐射防护法规与技术知识,介入医生和

护士应取得国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）关于辐射安全与防护知识的学习、考试，取得合格证书后方可上岗；

② 结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施，以减少受照剂量；

③ 必须佩戴 2 枚个人剂量计，1 枚佩戴于防护用品内，1 枚佩戴于防护用品外，可将内、外剂量计做明显标记（如以对比鲜明的颜色进行区分等），以估算人体未被屏蔽部分的剂量，注意防止内、外剂量计反戴的情况发生；

④ 严格开展介入手术医生的个人剂量监测，发现问题及时调查、整改。

(2) 介入治疗时的防护要求

① 时间防护：熟悉机器性能和介入操作技术，尽量减少照射和采集时间。特别避免未操作时仍踩脚闸；

② 缩小照射野：在满足影像采集质量和诊疗需要的前提下，尽量缩小照射野、调节透视脉冲频率至最低状态；

③ 缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；

④ 充分利用各种防护器材：操作者穿戴铅衣、铅围领、铅帽、铅眼镜或铅面罩；处于生育年龄者还可加穿铅三角裤；使用床下铅帘及悬吊铅帘；重大手术需要技师、护师或其他人员在机房内时，除佩戴上述物品，医院为本项目配备铅屏风，让上述人员在屏风后待命，并做好其他个人防护。

10.1.4 辐射防护能力符合性分析及要求

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

表 10.1.4 福州市第二总医院介入手术室辐射防护措施符合性分析表

《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目设计方案	对照结论
6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	本项目手术床呈东西向布置，设备旋转时有用线束尽量避免直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	符合要求
6.1.5 单管头 X 射线设备：机房内最小有效使用面积 20m ² ，机房内最小单边长度 3.5m。	介入手术室有效使用积为 46m ² ，机房内最小单边长度 5.3m。	符合要求
6.2.1 C 形臂 X 射线设备机房：有用线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm。	根据表 10.1.2，机房屏蔽防护均满足有用线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm 的标准要求。	符合要求

<p>6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。</p>	<p>理论计算和类比分析结果表明，医院 DSA 装置在正常使用条件下，机房周边各关注点剂量当量率均不大于 2.5μSv/h。</p>	<p>符合要求</p>
<p>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。</p>	<p>机房均设计有观察窗、实时监控装置和对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察病人情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。</p>	<p>符合要求</p>
<p>6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。</p>	<p>已制定管理规程，要求机房内不堆放与放射诊断/介入治疗工作无关的杂物。</p>	<p>符合要求</p>
<p>6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。</p>	<p>机房内设置动力通风系统，并保持良好的通风。</p>	<p>符合要求</p>
<p>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。</p>	<p>机房各防护门外表面均设置电离辐射警告标志；病人通道防护门上方均设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句；候诊区设置放射防护注意事项告知栏。</p>	<p>符合要求</p>
<p>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。</p>	<p>机房医护人员通道防护门（平开门）设置自动闭门装置；病人通道防护门（电动推拉门）曝光时自动关闭机房门；工作状态指示灯与病人通道防护门均设置门灯连锁装置，用于显示机房内设备运行状态。</p>	<p>符合要求</p>
<p>6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。</p>	<p>防护门（电动推拉门）设置防夹装置。</p>	<p>符合要求</p>
<p>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。</p>	<p>受检者在机房外等候区候诊，不在机房内候诊；检查过程中，陪检者不允许留在机房内。</p>	<p>符合要求</p>
<p>6.5.1 根据工作内容，现场应配备不少于如下基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助设施： 工作人员个人防护用品：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套，选配铅橡胶帽子。 工作人员辅助防护措施：铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏，选配移动铅防护屏风。 受检者：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套，选配铅橡胶帽子。</p>	<p>工作人员个人防护用品：配备铅围裙、铅颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等； 工作人员辅助防护措施：DSA 设备自配备的配备铅悬挂防护屏、床侧防护帘、移动铅防护屏风等； 受检者个人防护用品：配备铅围裙、铅颈套等。</p>	<p>符合要求</p>

10.2 三废的治理

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

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

10.3 辐射环境保护投资

本项目总投资 1380 万元，环境保护投资共计 108 万元，占本项目总投资额的 7.83%。详见表 10.3.1。

表 10.3.1 本项目环保投资一览表

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

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设地点位于福州市上藤路 47 号福州市第二总医院，拟在 3 号楼一层原预留手术室墙体（四周和顶棚）结构基础上增加硫酸钡砂防护涂料、加装铅防护门、铅观察窗等；以满足机房屏蔽防护铅当量要求，将其改造为介入手术室 2。

本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工内容主要为辐射防护改造施工，施工人员较少，施工期约为 2 个月，施工涉及的区域面积较小，施工期间以防护工程施工和设备安装噪声为主，同时伴有少量扬尘、固体废物和废水产生，本项目施工期间产生的扬尘、噪声、固体废物、废水造成的影响均仅限于医院 3 号楼内，对医院 3 号楼周边环境基本不造成影响。

(1) 施工扬尘影响分析

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

针对上述扬尘污染采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、施工场地应进行围挡，设置洒水装置，此外要求合理安排施工时间，加快施工进度，通过缩短施工时间等相关措施，达到《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中无组织排放的限值要求，将对外环境扬尘影响降至最低。

(2) 施工期噪声环境影响分析

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

为了降低施工噪声对周围环境的影响，通过文明施工，合理安排施工时间，错开休息时间（禁止在法定休息日、节假日全天、工作日 12 时至 14 时、18 时至次日 8 时施工），加快施工进度；选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，对施工机械采取消声降噪措施；施工场所采取消声减震等措施，达到《建筑施工场界环境噪声综合排放标准》（GB 12523-2011）的要求，尽量将环境影响降低到最小。

(3) 施工期固体废物环境影响分析

项目施工期间固废主要为施工人员生活垃圾、少量建筑垃圾及施工废物料。施工期间，施工人员按 5 人计，生活垃圾量按 0.5kg/人·d 计算，则施工期内每天产生生活垃

圾约 2.5kg/d。生活垃圾经楼内现有垃圾箱收集后交由环卫部门清运。

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

(4) 施工期废水环境影响分析

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

本项目施工期施工人员约 5 人，根据给水排水设计规范，按每人每天用水 80L 计算，则施工期总用水量约为 24t (0.4t/d)，污水排放量按用水量的 90% 计算，则生活污水总排放量约 21.6t。项目施工生活污水主要是依托 3 号楼楼内设施（卫生间），通过下水管道排入医院污水处理设施处理达标后排放，对周围环境影响较小。

因本项目施工期短，施工范围小，通过控制作业时间、加强施工现场的管理等手段，对周围环境影响较小，且该影响是暂时的，随着施工期的结束而消除。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 机房屏蔽符合性分析

本项目拟配备的 1 台 DSA 最大管电压不超过 125kV，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C，保守估计，125kV 下 18cm 实心砖相当于 1.42mmPb，12cm 混凝土相当于 1.38mmPb；项目四周墙体使用 4mmPb 当量硫酸钡砂，顶棚和地板使用 3mmPb 当量硫酸钡砂。故机房采取的屏蔽厚度符合性分析见表 11.2.1。

表 11.2.1 机房屏蔽符合性分析

项目	防护材料名称和厚度	设计铅当量 (mmPb)	标准要求	符合性
介入手术室	四周墙体	18cm 实心砖+4mmPb 当量硫酸钡砂	有用线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm	符合
	顶棚	12cm 混凝土+3mmPb 当量硫酸钡砂		符合
	地板	12cm 混凝土+3mmPb 当量硫酸钡砂		符合
	防护门	4mmPb 当量铅板		符合
	观察窗	4mmPb 当量铅玻璃		符合

从机房屏蔽措施符合性分析可知，本项目 DSA 扫描间的机房屏蔽防护措施均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“C 型臂 X 射线设备机房，有用

线束方向铅当量 2.0mm，非有用线束方向铅当量 2.0mm 的标准要求”的要求。

11.2.2 DSA 运行阶段辐射影响分析

为分析本项目辐射环境影响，根据院方提供的相关参数及辐射防护设计方案，本次分析对 DSA 运行后辐射环境影响采用公式预测和类比分析的方式进行。理论计算时，选取介入手术室 2 四面墙壁外表面 30cm 处（7 个点位）、防护门外表面 30cm 处（3 个点位）、观察窗外表面 30cm 处（1 个点位）、手术室正上方病理科（1 个点位）和手术室正下方仓库（1 个点位），共计 13 个点位。关注点位置见图 11.2-1 至图 11.2-3 所示。

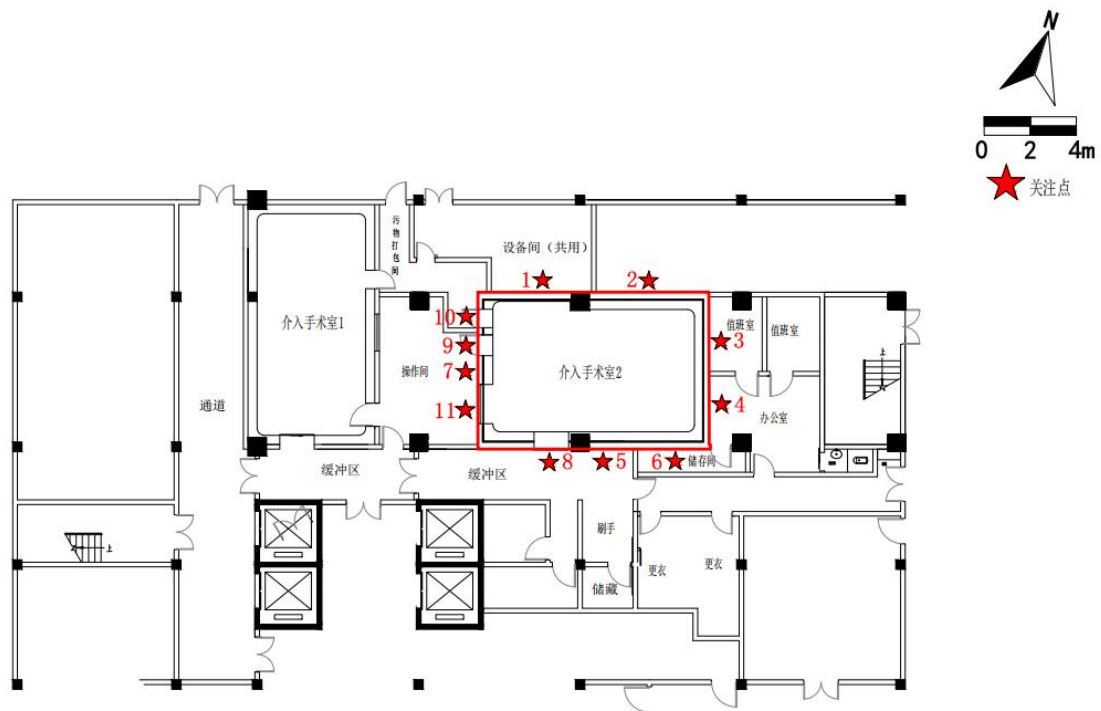


图 11.2-1 介入手术室所在楼层关注点位置



图 11.2-2 介入手术室正上方关注点位置

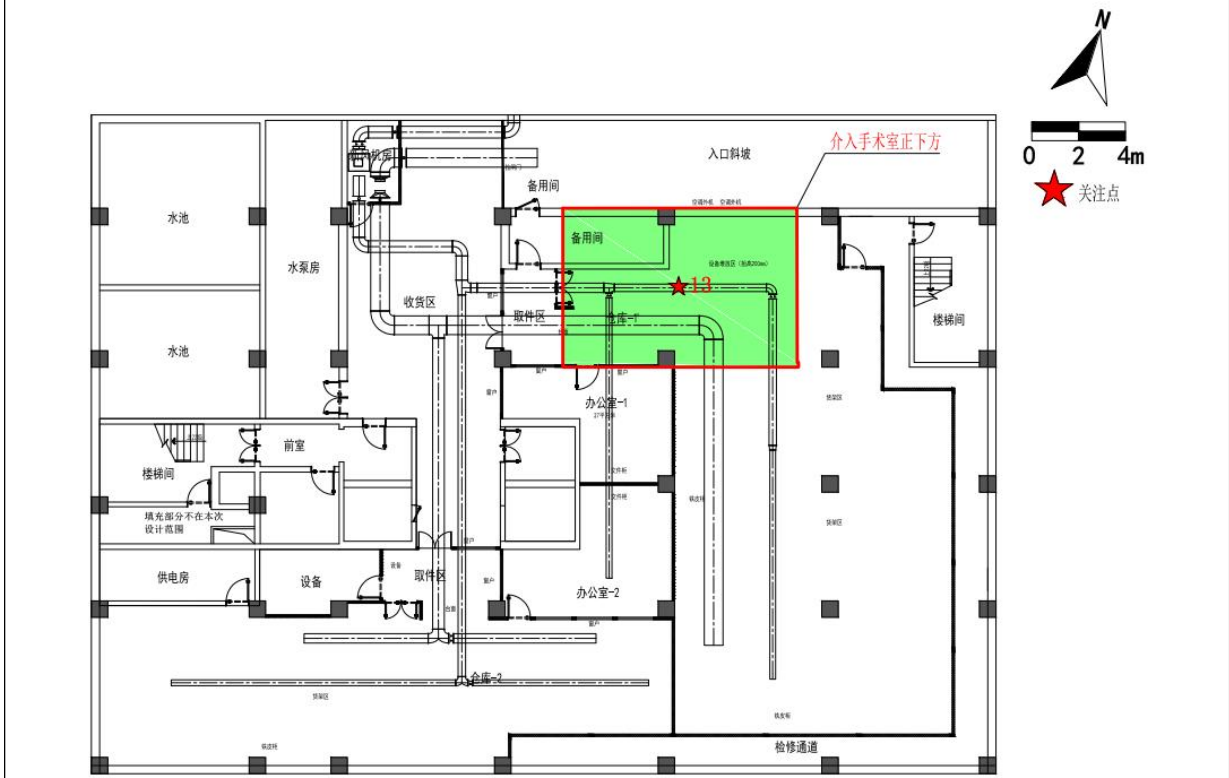


图 11.2-3 介入手术室正下方关注点位置

11.2.2.1 机房周边剂量率

根据《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》（YYT 0740-2022）的章节 5.6.4，在管电压和管电流的任意组合下，透视入射空气比释动能率应不大于 88mGy/min。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的 5.8.3 规定，介入放射学用 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置，由此可知，最小焦皮距 SID 为 20cm。

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

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

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

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

r_1 —— 0.2m；

r_2 —— 机头至关注点的距离，1m；

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

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

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C，保守估计，125kV 下 18cm 实心砖相当于 1.42mmPb，12cm 混凝土相当于 1.38mmPb。

（1）透视工况

① 泄漏辐射剂量率

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

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

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

\dot{H}_0 —— 距出束点 1m 处的剂量率水平，透视工况下为 $2.4 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ ；

d —— 机头至各关注点的距离，m；

f —— 设备射线泄漏率，取 0.1%；

B —— 透射因子，按照 GBZ 130-2020 附录 C 计算，见式 (11.2-3)；

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

式中： X —— 铅当量；

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

可计算得透视状态下各关注点处泄漏辐射剂量率，计算结果见表 11.2.2。

表 11.2.2 透视状态下介入手术室周围泄漏辐射剂量率

序号	关注点位置	屏蔽材料及厚度	屏蔽折合铅当量 (mmPb)	d (m)	α	β	γ	B 估算结果	\dot{H}_Z 估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	北墙外设 备间 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当 量硫酸钡砂	5.42	4.7	2.219	7.923	0.5386	3.57×10^{-7}	3.41×10^{-6}
2#	北墙外走 道 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当 量硫酸钡砂	5.42	5.5				3.57×10^{-7}	2.49×10^{-6}
3#	东墙外值 班室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当 量硫酸钡砂	5.42	6.9				3.57×10^{-7}	1.58×10^{-6}
4#	东墙外办 公室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当 量硫酸钡砂	5.42	7.3				3.57×10^{-7}	1.41×10^{-6}
5#	南墙外走 道 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当 量硫酸钡砂	5.42	4.3				3.57×10^{-7}	4.07×10^{-6}

6#	南墙外储存间 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	6.6				3.57×10^{-7}	1.76×10^{-6}
7#	西墙外控制室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	4.9				3.57×10^{-7}	3.14×10^{-6}
8#	南侧病人防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	4.5				8.42×10^{-6}	8.77×10^{-5}
9#	西侧控制室防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	5.2				8.42×10^{-6}	6.57×10^{-5}
10#	西侧防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	5.5				8.42×10^{-6}	5.87×10^{-5}
11#	西侧观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	6.2				8.42×10^{-6}	4.62×10^{-5}
12#	正上方病理科	12cm 混凝土 +3mmPb 当量硫酸钡砂	4.38	3.5				3.61×10^{-6}	6.21×10^{-5}
13#	正下方仓库	12cm 混凝土 +3mmPb 当量硫酸钡砂	4.38	3.5				3.61×10^{-6}	6.21×10^{-5}

注：α、β、γ取《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.2 中 125kV（主束）。

② 散射辐射剂量率

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

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

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

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

α —— 受照射物体对入射 X 射线的散射比， $\alpha = a/400$ 其中 α 是相对于 400cm^2 散射面积的受照物体对入射 X 射线的散射比， a 取 0.0015（ 90° 散射角），故

$\alpha=3.75 \times 10^{-6}$ （取自《辐射防护手册第一分册 辐射源与屏蔽》P437 页表 10.1）；

S —— 散射面积， cm^2 ；此处取 400cm^2 ；

d_0 —— X 射线机与受照体的距离， m ；此处取 0.2m ；

d_s —— 受照体与关注点的距离， m 。

其他参数所代表意义同上。

可计算得透视状态下各关注点处散射辐射剂量率，计算结果见表 11.2.3。

表 11.2.3 透视状态下机房周围散射辐射剂量率

序号	关注点位置	屏蔽材料及厚度	屏蔽折合铅当量 (mmPb)	d_0 (m)	d_s (m)	α	β	γ	B 估算结果	H_s 估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	北墙外设 备间 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量 硫酸钡砂	5.42	0.2	4.7	2.2 33	7.88 8	0.72 95	6.98×10^{-7}	2.50×10^{-4}
2#	北墙外走 道 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量 硫酸钡砂	5.42	0.2	5.5				6.98×10^{-7}	1.83×10^{-4}
3#	东墙外值 班室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量 硫酸钡砂	5.42	0.2	6.9				6.98×10^{-7}	1.16×10^{-4}
4#	东墙外办 公室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量 硫酸钡砂	5.42	0.2	7.3				6.98×10^{-7}	1.04×10^{-4}
5#	南墙外走 道 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量 硫酸钡砂	5.42	0.2	4.3				6.98×10^{-7}	2.99×10^{-4}
6#	南墙外储 存间 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量 硫酸钡砂	5.42	0.2	6.6				6.98×10^{-7}	1.27×10^{-4}
7#	西墙外控 制室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量 硫酸钡砂	5.42	0.2	4.9				6.98×10^{-7}	2.30×10^{-4}
8#	南侧病人 防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	0.2	4.5				1.67×10^{-5}	6.51×10^{-3}
9#	西侧控制 室防护门 外 30cm	4mmPb 铅板	4	0.2	5.2				1.67×10^{-5}	4.88×10^{-3}

10 #	西侧防护 门外 30cm	4mmPb 铅板	4	0.2	5.5				1.67×10^{-5}	4.36×10^{-3}
11 #	西侧观察 窗外 30cm	4mmPb 铅玻 璃	4	0.2	6.2				1.67×10^{-5}	3.43×10^{-3}
12 #	正上方病 理科	12cm 混凝土 +3mmPb 当量 硫酸钡砂	4.38	0.2	3.5				7.13×10^{-6}	4.60×10^{-3}
13 #	正下方仓 库	12cm 混凝土 +3mmPb 当量 硫酸钡砂	4.38	0.2	3.5				7.13×10^{-6}	4.60×10^{-3}

注: α 、 β 、 γ 取《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)表 C.2 中 125kV (散射)。

③ 透视工况下机房各关注点总剂量率

透视工况下机房各关注点总剂量率之和结果见表 11.2.4。

表 11.2.4 透视工况下各关注点总剂量率

序号	关注点位置	屏蔽后关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	北墙外设备间 30cm	2.54×10^{-4}
2	北墙外走道 30cm	1.85×10^{-4}
3	东墙外值班室 30cm	1.18×10^{-4}
4	东墙外办公室 30cm	1.05×10^{-4}
5	南墙外走道 30cm	3.03×10^{-4}
6	南墙外储存间 30cm	1.29×10^{-4}
7	西墙外控制室 30cm	2.33×10^{-4}
8	南侧病人防护门外 30cm	6.60×10^{-3}
9	西侧控制室防护门外 30cm	4.94×10^{-3}
10	西侧防护门外 30cm	4.42×10^{-3}
11	西侧观察窗外 30cm	3.48×10^{-3}
12	正上方病理科	4.67×10^{-3}
13	正下方仓库	4.67×10^{-3}

(2) 摄影工况

① 泄漏辐射剂量率

根据公式 (11.2-2)、(11.2-3) 计算得摄影状态下各关注点处泄漏辐射剂量率, 计算结果见表 11.2.5。

表 11.2.5 摄影状态下机房周围泄漏辐射剂量率

点位编号	关注点位置	屏蔽材料及厚度	屏蔽折合铅当量 (mmPb)	d (m)	α	β	γ	B 估算结果	\dot{H}_z 估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	北墙外设备间 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	4.7	2.2 19	7.9 23	0.53 86	3.57×10^{-7}	1.70×10^{-4}
2#	北墙外走道 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	5.5				3.57×10^{-7}	1.24×10^{-4}
3#	东墙外值班室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	6.9				3.57×10^{-7}	7.91×10^{-5}
4#	东墙外办公室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	7.3				3.57×10^{-7}	7.06×10^{-5}
5#	南墙外走道 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	4.3				3.57×10^{-7}	2.04×10^{-4}
6#	南墙外储存间 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	6.6				3.57×10^{-7}	8.64×10^{-5}
7#	西墙外控制室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	4.9				3.57×10^{-7}	1.57×10^{-4}
8#	南侧病人防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	4.5				8.42×10^{-6}	4.39×10^{-3}
9#	西侧控制室防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	5.2				8.42×10^{-6}	3.28×10^{-3}
10#	西侧防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	5.5				8.42×10^{-6}	2.94×10^{-3}
11#	西侧观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	6.2				8.42×10^{-6}	2.31×10^{-3}
12#	正上方病理科	12cm 混凝土 +3mmPb 当量硫酸钡砂	4.38	3.5				3.61×10^{-6}	3.11×10^{-3}

13#	正下方仓库	12cm 混凝土 +3mmPb 当量硫酸钡砂	4.38	3.5					3.61×10^{-6}	3.11×10^{-3}
-----	-------	---------------------------	------	-----	--	--	--	--	-----------------------	-----------------------

注: α 、 β 、 γ 取《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)表 C.2 中125kV (主束)。

② 散射辐射剂量率

根据公式 11.2-4 计算得摄影状态下各关注点处散射剂量率, 计算结果见表 11.2.6。

表 11.2.6 摄影状态下机房周围散射辐射剂量率

序号	关注点位置	屏蔽材料及厚度	屏蔽折合铅当量 (mmPb)	d_0 (m)	d_s (m)	α	β	γ	B 估算结果	\dot{H}_S 估算结果 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	北墙外设备间 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	0.2	4.7	2.3 33	7.8 88	0.72 95	6.98×10^{-7}	1.25×10^{-2}
2#	北墙外走道 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	0.2	5.5				6.98×10^{-7}	9.14×10^{-3}
3#	东墙外值班室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	0.2	6.9				6.98×10^{-7}	5.80×10^{-3}
4#	东墙外办公室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	0.2	7.3				6.98×10^{-7}	5.19×10^{-3}
5#	南墙外走道 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	0.2	4.3				6.98×10^{-7}	1.49×10^{-2}
6#	南墙外储存间 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	0.2	6.6				6.98×10^{-7}	6.34×10^{-3}
7#	西墙外控制室 30cm	18cm 实心砖 +4mmPb 当量硫酸钡砂	5.42	0.2	4.9				6.98×10^{-7}	1.15×10^{-2}
8#	南侧病人防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	0.2	4.5				1.67×10^{-5}	3.26×10^{-1}
9#	西侧控制室防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	0.2	5.2				1.67×10^{-5}	2.44×10^{-1}
10#	西侧防护门外 30cm	4mmPb 铅板	4	0.2	5.5				1.67×10^{-5}	2.18×10^{-1}

11 #	西侧观察 窗外 30cm	4mmPb 铅玻 璃	4	0.2	6.2				1.67×10^{-5}	1.72×10^{-1}
12 #	正上方病 理科	12cm 混凝土 +3mmPb 当 量硫酸钡砂	4.38	0.2	3.5				7.13×10^{-6}	2.30×10^{-1}
13 #	正下方仓 库	12cm 混凝土 +3mmPb 当 量硫酸钡砂	4.38	0.2	3.5				7.13×10^{-6}	230×10^{-1}

注： α 、 β 、 γ 取《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.2 中 125kV（散射）。

③ 摄影工况下机房各关注点总剂量率

摄影工况下机房各关注点总剂量率之和结果见表 11.2.7。

表 11.2.7 摄影工况下各关注点总剂量率

序号	关注点位置	屏蔽后关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	北墙外设备间 30cm	0.013
2	北墙外走道 30cm	0.009
3	东墙外值班室 30cm	0.006
4	东墙外办公室 30cm	0.005
5	南墙外走道 30cm	0.015
6	南墙外储存间 30cm	0.006
7	西墙外控制室 30cm	0.012
8	南侧病人防护门外 30cm	0.330
9	西侧控制室防护门外 30cm	0.247
10	西侧防护门外 30cm	0.221
11	西侧观察窗外 30cm	0.174
12	正上方病理科	0.233
13	正下方仓库	0.233

(3) 小结

根据表 11.2.4 和表 11.2.7 估算结果可知，本项目 DSA 在透视模式下，机房外辐射剂量率最大为 $6.6 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ；在摄影模式下，机房外辐射剂量率最大为 $0.33 \mu\text{Sv/h}$ ，均能够满足本项目辐射剂量率管理限值要求，即机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

11.2.2.2 类比分析

(1) 类比对象的选取

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

表 11.2.8 DSA 项目类比情况一览表

	本项目	类比对象	备注
建设单位	福州市第二总医院	宁波大学医学院附属医院	/
厂家、型号	GE Innova IGS 5	飞利浦 Allura xper FD20	/
最大管电压 (kV)/最大管电	125kV, 1000mA	125kV, 1250mA	最大管电流 小于类比项目
屏蔽墙	18cm 实心砖+4mmPb 当量 硫酸钡砂 (5.42mmPb)	24cm 水泥实心砖+1mmPb 当量 硫酸钡涂料 (2.89mmPb)	优于类比项目
防护门	4mmPb 铅板	3mmPb 铅板	优于类比项目
观察窗	4mmPb 铅玻璃	3mmPb 铅玻璃	优于类比项目
顶棚	12cm 混凝土+3mmPb 当量 硫酸钡砂 (4.38mmPb)	15cm 混凝土+1mmPb 当量硫酸 钡涂料 (2.72mmPb)	优于类比项目
底板	12cm 混凝土+3mmPb 当量 硫酸钡砂 (4.38mmPb)	15cm 混凝土+1mmPb 当量硫酸 钡涂料 (2.72mmPb)	优于类比项目
DSA 机房 尺寸	最小单边长度为 5.3m, 有 效使用面积约为 46m ² 。	最小单边长度为 5.4m, 内净面 积约为 37.8m ² 。	优于类比项目

(2) 类比可行性分析

①本项目 DSA 的最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA，小于类比 DSA 技术参数，且正常开机工况基本相同；

②本项目机房的整体屏蔽防护能力优于类比对象的屏蔽防护能力；

③本项目机房的最小单边长度及有效使用面积均大于类比对象；

④类比 DSA 的验收监测为射线装置正常开机工况下进行，具有一定的代表性。

综上所述，宁波大学医学院附属医院 Allura xper FD20 型 DSA 作为本项目类比对象是可行的，其验收监测数据可作为本项目类比监测数据。

(3) 类比结果分析

宁波大学医学院附属医院于 2016 年 9 月委托浙江中一检测研究院股份有限公司对医院 Allura xper FD20 型 DSA 进行了验收监测，并编制了建设项目竣工环境保护验收监测表，报告编号为：中一辐验字（2016）第（040）号，验收监测结果见表 11.2.9，监测点位见图 11.2-4。

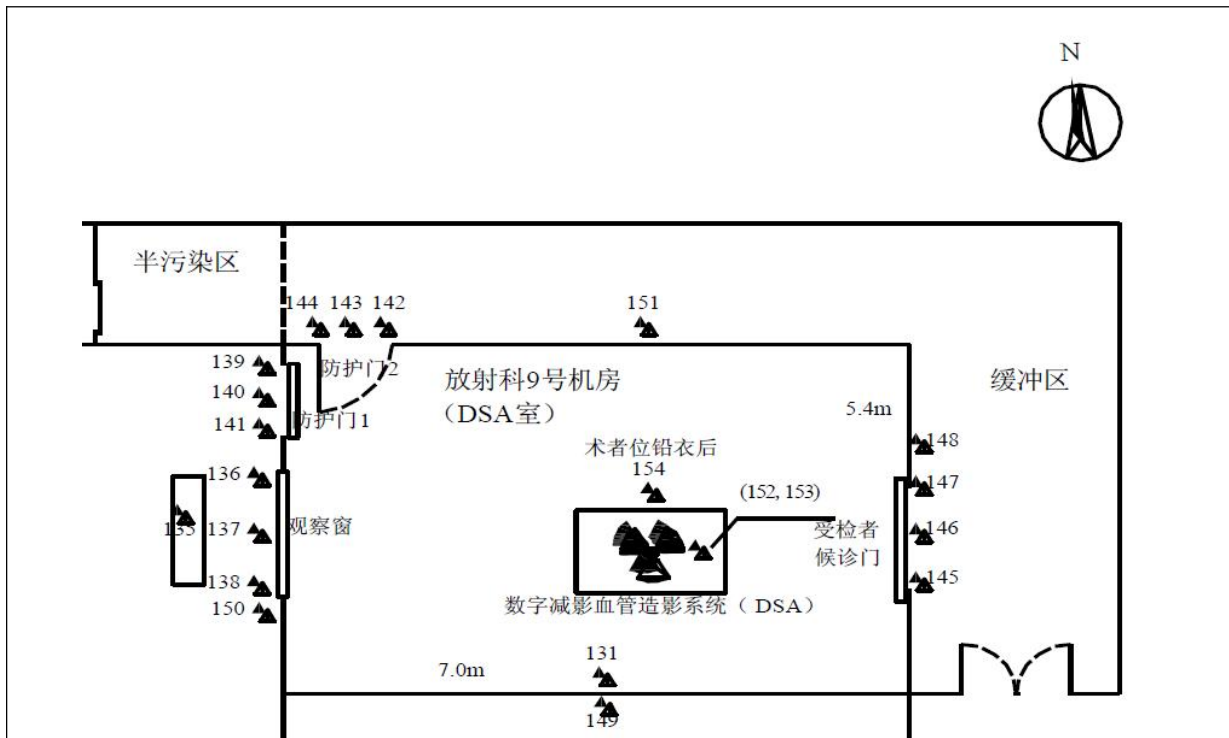


图 11.2-4 宁波大学医学院附属医院 Allura xper FD20 型 DSA 验收监测点位图

表 11.2.9 宁波大学医学院附属医院 Allura xper FD20 型 DSA 监测结果

点号	监测点位置	监测结果 (nSv/h)		备注
		射线装置未运行时	射线装置运行时	
135	工作人员操作位	135	137	开机工况： 91kV、53mAs
136	观察窗（左侧）外表面 30cm	140	143	
137	观察窗（中部）外表面 30cm	139	140	
138	观察窗（右侧）外表面 30cm	141	144	
139	防护门 1（左侧）外表面 30cm	142	144	
140	防护门 1（中部）外表面 30cm	142	140	
141	防护门 1（右侧）外表面 30cm	141	141	
142	防护门 2（左侧）外表面 30cm	140	144	
143	防护门 2（中部）外表面 30cm	140	145	
144	防护门 2（右侧）外表面 30cm	141	141	
145	受检者候诊门（左侧）外表面 30cm	139	144	
146	受检者候诊门（中部）外表面 30cm	142	142	
147	受检者候诊门（右侧）外表面 30cm	137	143	
148	东墙外表面 30cm	145	148	

149	南墙外表面 30cm	147	146
150	西墙外表面 30cm	143	153
151	北墙外表面 30cm	147	152
152	机房楼上（三层）距地坪 30cm	148	147
153	机房楼下（一层）距地坪 170cm	144	152
154	术者位铅衣后	146	1.96 μ Sv/h

从表 11.2-9 监测结果可知，宁波大学医学院附属医院 Allura xper FD20 型 DSA 正常工作时，机房周围辐射剂量率为（137~153）nSv/h，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。根据类比可行性分析可推测，本项目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“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

11.2.3 机房辐射剂量叠加影响分析

由于一层存在两台相邻 DSA，因此考虑辐射环境叠加影响，选取本项目介入手术室 2 机房西侧防护门后及南侧缓冲区墙壁外表面 30cm 处、介入手术室 1 和介入手术室 2 控制室（3 个点位）作为关注点。关注点位置见图 11.2-5，计算结果见表 11.2.10。

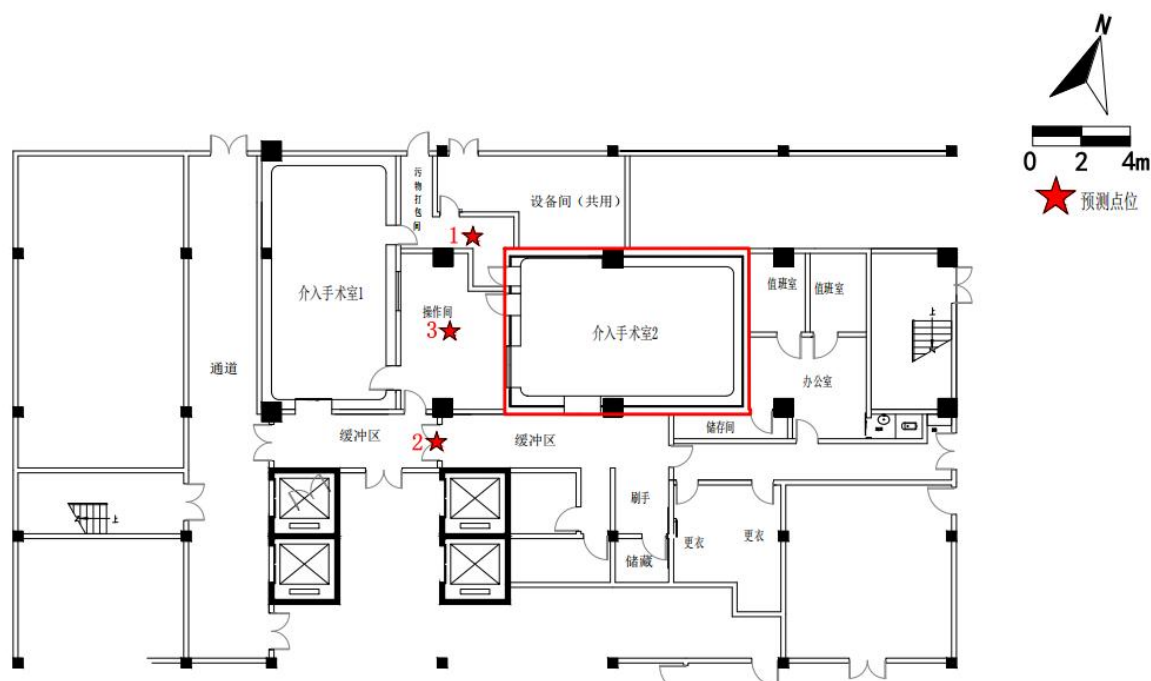


图 11.2-5 相邻 DSA 机房叠加影响关注点位置（3 号楼一层）

表 11.2.10 机房辐射叠加剂量估算

点位编号	关注点位置	介入手术 室 1 屏蔽 折合铅当 量 (mmPb)	介入手术 室 2 屏蔽 折合铅当 量(mmPb)	介入手术 室 1 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	介入手术 室 2 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加剂量 率($\mu\text{Sv/h}$)
1	介入手术室 2 西侧 防护门门后	4	4	0.15	0.095	0.245
2	介入手术室 2 南侧 墙外缓冲区	5.42	5.42	0.15	0.006	0.156
3	介入手术室 2 控制 室	4	4	0.15	0.012	0.162

注：1 号点位屏蔽铅当量为介入手术室 1、介入手术室 2 防护门铅当量，2 号点位屏蔽铅当量分别为介入手术室 1 东墙铅当量、介入手术室 1 南墙铅当量，3 号点位屏蔽铅当量分别为介入手术室 1 观察窗铅当量、介入手术室 2 观察窗铅当量；介入手术室 1 剂量率选取介入手术室 IDSA 机验收监测时周边环境最大剂量率。

根据表 11.2.10 估算结果可知，本项目 DSA 机在开机状态下，机房叠加辐射剂量率最大为 $0.245\mu\text{Sv/h}$ ；能够满足本项目辐射剂量率管理限值要求，即机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

11.2.4 年附加有效剂量估算

11.2.4.1 辐射工作人员附加年有效剂量

(1) 医生和护士

进行介入手术时，至少需 1 名医生和 1 名护士在机房内对患者进行手术。根据医院提供的资料，曝光时第一术者位医生穿戴铅衣、铅围裙、铅帽、铅眼镜等防护用品，位于铅吊屏和床侧铅帘后；第二术者位护士穿戴铅衣等防护用品，位于移动式铅屏风后。

为了解介入手术室 2 内辐射工作人员吸收剂量率，本次评价采用类比的方式进行预测。类比对象与本项目类比可行性分析见表 11.2.11。从表中可以看出介入手术室 1 DSA 最大管电压和本项目相同，防护吊屏铅当量相同；其在检测时，DSA 均处于工作负荷较高水平，可以反映出机房内工作人员受到的辐射情况；为此本评价采用该项目作为医护人员可能受到的辐射情况的类比对象。

表 11.2.11 机房内辐射工作人员吸收剂量率类比预测类比条件一览表

项目	本项目	类比对象	比较结果
运营单位	福州市第二总医院	福州市第二总医院	/
DSA 最大 管电压	125kV	125kV	相同

DSA 最大管电流	1000mA	1000mA	相同
运行工况	摄影工况：管电压在 50~100kV 之间，管电流在 1~500mA 左右	检测时：摄影工况：管电压 91kV，管电流 196.7mA 透视工况：管电压 90kV，管电流 2.7mA	摄影工况下，管电压和本项目相近、管电流高于本项目；透视工况下，管电压、管电流和本项目相近
防护吊屏铅当量 (mm)	0.5	0.5	相同

检测单位：福建宏邦检测技术有限公司。

检测结果：医生操作位 100cm 处，摄影条件下 13.65 μ Sv/h，透视条件下 2.97 μ Sv/h。

工作人员和公众受到的附加年有效剂量采用下式估算：

$$H_W = H_R \times T \times t$$

式中， H_W —— 年受照剂量；

H_R —— 关注点附加剂量率；

t —— 曝光时间；

T —— 居留因子，根据《放射治疗机房辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）中附表 A.1 不同场所的居留因子的描述，确定项目不同场所的居留因子。职业人员全居留取 1，公众人员部分居留取 1/4、偶然居留取 1/8。

根据医院安排，拟安排 7 名介入医生、护士，采取轮岗的形式在介入手术室进行检查和手术，保守估计，单名医生、护士年最大手术台数按最高 1000 台估算，每台手术平均透视 15min，摄影 3min，则介入手术室内工作人员附加年有效剂量估算见表 11.2.12。

表 11.2.12 机房内工作人员附加年有效剂量估算

工作情况	附加剂量率 μ Sv/h	曝光时间 (h)	居留因子	年受照剂量 (mSv/a)
透视	2.97	250	1	0.74
摄影	13.65	50	1	0.68
合计	/	300	/	1.4

从表中可以看出，机房内辐射工作人员年受照剂量为 1.4mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值 5mSv/a。

（2）控制室工作人员

本次预测取透视时周围环境最大剂量率（ $6.6 \times 10^{-3} \mu$ Sv/h）和摄影时周围环境最大剂量率（0.33 μ Sv/h），作为附加剂量率进行预测。根据医院安排，控制室工作人员 2 人，

单班制，其年辐射量预测结果见表 11.2.13。

表 11.2.13 控制室工作人员附加年有效剂量估算

工作情况	附加剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	曝光时间 (h)	居留因子	年受照剂量 (mSv/a)
透视	6.6×10^{-3}	250	1	1.65×10^{-3}
摄影	0.33	50	1	1.65×10^{-2}
合计	/	300	/	1.82×10^{-2}

从表中可以看出，控制室工作人员年受照剂量为 $1.82 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值 5mSv/a 。

(3) 介入手术室 2 周边机房工作人员

介入手术室 2 周边机房工作人员（介入手术室 1），居留因子取 1，本次预测取透视时周围环境最大剂量率（ $6.6 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ）和摄影时周围环境最大剂量率（ $0.33 \mu\text{Sv/h}$ ），作为附加剂量率进行预测。预测结果见表 11.2.14。

表 11.2.14 周边机房工作人员附加年有效剂量估算

工作情况	附加剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	曝光时间 (h)	居留因子	年受照剂量 (mSv/a)
透视	6.6×10^{-3}	250	1	1.65×10^{-3}
摄影	0.33	50	1	1.65×10^{-2}
合计	/	300	/	1.82×10^{-2}

从表中可以看出，周边机房工作人员增加年受照剂量为 $1.82 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

根据福建锡福技术服务有限公司和河北九新职业卫生技术服务有限公司提供的《福州市第二总医院外照射个人剂量监测报告》（2023 年 10 月至 2024 年 9 月），现有辐射工作人员个人剂量监测年统计结果中年总有效剂量最大值为 0.3835mSv （邱盛续，介入放射学），叠加上介入手术室 2 辐射受照剂量后，对现有辐射工作人员的影响约为 0.4017mSv ），仍低于《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）提出的剂量约束值（职业人员 5mSv/a ）。

11.2.4.2 公众附加年有效剂量

介入手术室 2 周边公众的居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A 取值，全居留取 1，部分居留取 $1/2 \sim 1/5$ ，偶然居留取 $1/8 \sim 1/40$ 。本次预测取透视时周围环境最大剂量率（ $6.6 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ）和摄影时周围环境最大剂量率（ $0.33 \mu\text{Sv/h}$ ），作为附加剂量率进行预测。预测结果见表 11.2.15。

表 11.2.15 公众辐射剂量估算一览表

环境保护对象	位置	居留因子	附加年有效剂量 (mSv/a)
医院其他工作人员	食堂	1	1.82×10^{-2}
	值班室	1	1.82×10^{-2}
	办公室	1	1.82×10^{-2}
	介入手术室 1	1	1.82×10^{-2}
	缓冲区	1/2	9.1×10^{-3}
	储存间	1/8	2.28×10^{-3}
	污物打包间	1/8	2.28×10^{-3}
	设备间	1/8	2.28×10^{-3}
	楼上病理科	1	1.82×10^{-2}
	楼下仓库	1/2	9.1×10^{-3}
公众人员	食堂流动人员	1/2	9.1×10^{-3}
	观海新村居民	1	1.82×10^{-2}
	福州市二院宿舍居民	1	1.82×10^{-2}
	介入手术室 50m 评价范围内 其他流动人群	1/8	2.28×10^{-3}

从表中可以看出，项目周围公众年受照剂量为 $2.28 \times 10^{-3} \text{mSv/a} \sim 1.82 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值 0.1mSv/a 。

由此看，本项目运行不会对周边公众产生影响。

11.2.5 废气影响

DSA 机在工作状态时，会使介入手术室 2 内的空气电离产生少量 O_3 及 NO_x ，介入手术室 2 内拟设置机械排风系统，排风口处拟安装轴流风机进行机械通风，排风管道拟采用“U”型管道，不破坏手术室的整体屏蔽效果，排风管道外口拟设置于医疗综合楼屋顶，通风系统有效通风量为不低于 $1000 \text{m}^3/\text{h}$ ，介入手术室内净体积约 179m^3 ，每小时有效通风换气次数大于 4 次，可满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中“6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风”的要求。

本项目采取机械通风的措施后，DSA 机工作过程中产生的少量臭氧和氮氧化物可及时排出手术外，自然扩散至大气环境。本项目 DSA 机工作时管电压、管电流较低，臭氧和氮氧化物产生量较少，臭氧常温下 20~30 分钟可自行分解为氧气，自然扩散条件良好，臭氧和氮氧化物经扩散、分解、稀释后，对介入手术室内的环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险危害识别分析

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

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

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

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

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

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

⑥ 在发生事故时，紧急停止开关失灵，给病人及医护人员造成额外的照射。

11.3.2 辐射事故应急措施

(1) 处理原则

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

一旦发生辐射事故，处理的原则是：

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

② 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安排受照人员就医检查。

③ 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划地进行处理。

这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④ 在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

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

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

(2) 辐射事故应急措施

辐射事故类别及处理措施详见表 11.3.1:

表 11.3.1 事故类别及处理措施

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

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

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ① 确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ② 根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③ 现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计和剂量报警仪。
- ④ 应尽可能记录下现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。
- ⑤ 事故处理后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。
- ⑥ 以上应急响应流程医院应每年组织演练一次。

（3）事故预防措施

- ① 建立辐射安全管理机构，制定完善的规章制度，并在实际工作过程中严格执行；
- ② 加强辐射安全管理，加强辐射工作人员技能培训和辐射安全与防护知识的培训，提高个人的技能和辐射安全防范意识；
- ③ 辐射工作场所按要求设置相应的辐射安全与防护设施，定期检查各辐射工作场所和设备的辐射安全措施运行情况，确保各项安全措施始终保持良好的工作状态。
- ④ 设备出现故障不得擅自修理，需由专业工程师进行该项工作。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

福州市第二总医院根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号）和《放射诊疗管理规定》等相关规定，为加强医院的放射防护管理，已设立以院领导宋霖为主任、副主任游斌的放射防护与辐射安全管理委员会，负责医院日常辐射安全防护管理工作，足以满足本项目的管理需求。

福州市第二总医院放射防护与辐射安全管理委员会的职责如下：

① 由主管院领导、相关行政部门、放射诊疗各工作部门负责人和各科室放射安全员共同组成放射防护委员会。

② 制定院级放射防护管理相关规定。

③ 监督放射防护各工作小组工作。

④ 管理并监督放射诊疗项目的开展。

⑤ 定期召开(每半年一次)工作例会。

12.2 辐射安全与防护培训、职业健康体检

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

本项目拟新增 7 名辐射工作人员，在本项目获批后，应及时在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行相应的培训，并通过考核后方可上岗；已获得辐射安全培训合格证书的工作人员每五年接受一次再培训。

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

12.3 辐射安全管理规章制度

福州市第二总医院已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了相关的辐射安全管理制度，主要有《DSA 操作规程》《放射诊疗场所辐射防护安全管理制

度》《放射工作人员岗位职责》《放射工作人员职业健康管理制

度》《个人剂量计监测管理制度》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《放射安全事件应急演练制度》《辐射安全监测方案》及《福州市第二总医院辐射事故应急预案》等制度，现对医院已制定的辐射安全管理制度的重点总结如下：

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

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

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

放射工作人员职业健康管理制度：为保障放射工作人员的健康利益，医院制定了相应的放射工作人员职业健康管理制

度，明确了放射工作人员的剂量计佩戴要求和健康检查报告应采取的具体防护措施及步骤，建立职业健康监护档案、个人剂量监测档案。

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

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

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

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

福州市第二总医院辐射事故应急预案：为规范和加强对突发辐射事故的应急处置能力，提高辐射工作人员对辐射事故的应急防范意识，最大程度地预防和减少辐射事故造成的损害，维护公共安全和社会稳定，医院制定了《福州市第二总医院辐射事故应急预案》。

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

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

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

12.4 辐射监测

（1）已有项目的辐射监测开展情况

辐射工作人员佩戴个人剂量计上岗，每季度送有资质的单位检测。

（2）此次项目辐射监测计划

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等的要求，医院针对此次核技术应用项目制定相应的辐射监测计划，包括：

- ① 辐射工作人员配备个人剂量计，定期（每季度 1 次）送检。
- ② 医院配备 1 台环境辐射巡测仪，定期安排人员进行辐射环境场所巡测；
- ③ 每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。
- ④ 医院委托有资质的单位对介入手术室周围环境进行监测。监测计划详见表 12.4.1。

表 12.4.1 辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率
介入手术室 2	防护情况	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处，观察窗、楼上、楼下等	周围剂量率	每年 1 次委托有资质单位监测；每月 1 次设备科巡测
	安全连锁	实测并检查	安全	每次使用前
辐射工作人员		佩戴个人辐射剂量计	个人剂量	操作时每季度送检 1 次
外环境		3 号楼北侧、南侧、西侧、东侧外环境、食堂、观海新村、福州市二院宿舍	γ 辐射剂量率	每年 1 次委托有资质单位监测
项目竣工环境保护验收监测		机房四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处，观察窗、楼上、楼下等及外环境	周围剂量率	本项目建成后

此外，根据《建设项目环境保护管理条例》，本项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收报告，“三同时”验收清单见表 12.4.2。

表 12.4.2 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”验收内容	验收要求
防护措施	四周墙体：18cm 实心砖+4mmPb 当量硫酸钡砂； 顶棚：12cm 混凝土楼板+3mmPb 当量硫酸钡砂； 地板：12cm 混凝土楼板+3mmPb 当量硫酸钡砂； 防护门：4mmPb 铅板； 观察窗：4mmPb 铅玻璃。	监测达标情况。 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标： 辐射环境剂量率控制水平： DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h ； 辐射剂量控制水平： 职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众年有效剂量不超过 0.1mSv 。
安全措施	(1) 工作状态指示灯 介入手术室病人通道防护门上方设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与病人通道防护门设置门灯连锁装置，用于显示机房内设备运行状态。 (2) 防夹和闭门装置 病人通道防护门（电动推拉门）设置曝光时关闭机房门的管理措施和防夹装置，医护人员通道防护门（平开门）设置自动闭门装置。 (3) 电离辐射警告标志 介入手术室各防护门外表面均设置电离辐	检查落实情况。 满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关辐射安全要求和开展本项目的辐射安全需要。

	<p>射警告标志。</p> <p>(4) 监控与对讲装置 介入手术室设计有观察窗、实时监控装置和对讲装置,工作人员在控制室内可及时观察病人情况及防护门开闭情况,防止意外情况的发生。</p> <p>(5) 个人防护用品 医院为本项目辐射工作人员和受检者配备相应的个人防护用品与辅助防护设施。</p>	
通风措施	机房内设置动力通风系统,并保持良好的通风。	<p>检查落实情况。</p> <p>满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中相关通风要求。</p>
人员配备	所有辐射工作人员上岗前均应参加生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训和学习,并通过考核;已获得辐射安全培训合格证书的工作人员每五年应接受一次再培训。	<p>检查落实情况。</p> <p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中人员培训要求。</p>
	所有辐射工作人员均配备个人剂量计,并定期(不超过3个月)送有资质部门进行监测,医院建立个人累积剂量档案。	<p>检查落实情况。</p> <p>满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《职业性外照射个人监测规范》中个人剂量监测的要求。</p>
	所有辐射工作人员均定期(间隔不超过2年)进行职业健康体检,医院建立职业健康监护档案。	<p>检查落实情况。</p> <p>满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中职业健康体检的要求。</p>
监测仪器和防护用品	<p>医院为本项目配备1台环境辐射巡测仪。</p> <p>辐射工作人员,每人配备2枚个人剂量计。</p>	<p>检查落实情况。</p> <p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中监测仪器和防护用品配备的要求。</p>
	<p>①设备自带1个铅悬挂防护屏、1个床侧防护帘(均为0.5mmPb)、医院配备1个移动铅防护屏风;</p> <p>②医院拟为本项目DSA机房工作人员配备5套铅衣、5件铅围裙、5件铅颈套、5顶铅帽、5个铅围脖、5副铅眼镜(均为0.5mmPb)、5副介入防护手套(0.025mmPb)、5个铅帽、14枚个人剂量计、配备1台剂量报警仪;</p> <p>③医院拟为本项目介入手术室受检者配备1件铅围裙、1件铅颈套、1顶铅帽(均为0.5mmPb);</p> <p>④医院拟为本项目介入手术室陪检者配备1件铅衣。</p>	
管理措施	已制定了一系列辐射安全管理规章制度,主要包括: DSA 操作规程、岗位职责、射线装置使用登记制度、辐射防护和安全保卫制度、射线装置检修和维护制度、放射工作人员资格和培训管理	<p>检查落实情况。</p> <p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规中辐射安全管理的要求,满足本</p>

	制度、放射工作人员职业健康检查及保健制度、放射工作定期自查和监测制度、辐射事故应急预案等。	项目辐射工作需要。
环境监测	委托有资质的单位每年对 DSA 机房周围辐射环境进行检测。	/
	对介入手术室周围主要敏感目标(四周及楼上楼下、食堂、观海新村、福州市二院宿舍等)辐射环境进行检测。	

12.5 辐射事故应急

福州市第二总医院已针对现有核技术利用项目和本项目制定了辐射事故应急预案，预案中明确了放射事件应急处理小组成员及应急联系电话，明确了应急小组的职责及工作要求，明确了事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通。

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

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

根据原国家环保总局《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，以及《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>(试行)的通知》的要求，在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，并按规程处理和控制在最小范围，最大限度减少对人员安全和周围环境的影响，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

福州市第二总医院位于福州市上藤路 47 号，为给患者提供更好的医疗服务，医院拟改造 3 号楼一层手术室为介入手术室，并在机房内配备使用 1 台 DSA（最大管电压 $\leq 125\text{kV}$ ，最大管电流 $\leq 1000\text{mA}$ ），用于放射诊断和介入治疗，属于 II 类射线装置。

13.1.2 项目可行性政策符合分析

（1）产业政策符合性分析

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

（2）实践正当性分析

介入治疗技术具有准确、安全、高效、创伤小、并发症少等优点，对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

（3）选址、布局合理性分析

本项目 DSA 机房拟设置于福州市第二总医院 3 号楼一层介入手术室 2，工作场所相对独立，有单独的固定机房，与周边非放射性工作场所隔开，介入手术室机房大小、屏蔽物质厚度等符合相关标准要求；机房辐射防护设计充分考虑了邻室（含楼上楼下）和周围场所的人员防护与安全，离最近的敏感点院内食堂约 25m，项目作业与其他科室不交叉，按照设计的防护措施进行类比分析和理论估算，项目运行时对周围环境辐射影响较小。

综上，项目选址基本是合理的。

13.1.3 辐射安全与防护结论

（1）辐射防护措施评价

本项目介入手术室四周墙壁拟采取“18cm 实心砖+4mmPb 当量硫酸钡砂”、顶板、地棚拟采取“12cm 混凝土+3mmPb 当量硫酸钡砂”、病人及控制室防护门拟采取“内衬 4mmPb 铅板”、观察窗拟采取“4mmPb 铅玻璃”的防护措施；通风管拟采用“U 型”且不破坏手术室的整体屏蔽效果。根据理论预测可知本项目介入手术室的辐射防护设计能满足辐射防护要求。

(2) 辐射安全措施评价

本项目拟在介入手术室设置如下辐射安全装置和保护措施，包括：工作状态指示灯、电离辐射警告标志、门灯联锁装置、急停开关按钮、对讲装置、视频监控系统、机械通风系统。本项目拟采取的辐射安全和防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关要求和本项目辐射安全的需要。

(3) 辐射安全管理评价

福州市第二总医院成立辐射安全防护管理小组，明确了小组成员，并以文件形式明确了各成员管理职责；建设单位已制定一系列较完备的辐射安全管理规章制度，在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善；本项目所有辐射工作人员均应根据要求参加辐射安全和防护专业知识的培训，考核合格后上岗；所有辐射工作人员均应进行个人剂量监测和职业健康体检，福州市第二总医院已建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。

采取上述措施后，将满足辐射安全管理要求。

(4) 辐射防护监测仪器

福州市第二总医院已配备 1 台环境辐射巡测仪，用于辐射场所巡测，辐射工作人员按要求配备个人剂量计，能够满足辐射监测仪器配置要求。

13.1.4 辐射环境影响分析结论

(1) 辐射环境影响预测

DSA 在透视模式下，机房外辐射剂量率最大为 $6.6 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ；在摄影模式下，机房外辐射剂量率最大为 $0.33 \mu\text{Sv/h}$ ，均能够满足本项目辐射剂量率管理限值要求，即介入手术室屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 保护目标剂量评价

根据类比分析和理论预测可知，本项目正常运行时，本项目及其周边工作人员职业照射的最大年有效剂量值约为 0.4017mSv/a （现有辐射工作人员个人剂量监测年统

计结果中年总有效剂量最大值 0.3835mSv/a，叠加上介入手术室 2 工作人员辐射受照剂量 0.0182mSv/a），公众照射的最大年有效剂量值约为 0.0182mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本报告提出的剂量约束值（职业人员 5mSv/a，公众人员 0.1mSv/a）。

（3）臭氧和氮氧化物处理措施评价

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

13.1.5 总结论

综上所述，福州市第二总医院 1 台 DSA 机项目旨在改善患者就医环境，项目辐射防护方案可满足环境保护法规和有关辐射防护要求。医院在认真落实本评价提出的各项污染防治措施和管理措施的情况下，其运行对周围环境产生的影响较小，从辐射环境保护角度论证，本项目的建设运行是可行的。

13.2 建议与承诺

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

（2）建设项目竣工后，医院应按照国家生态环境行政主管部门规定的程序 and 标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

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

（4）不断加强医院的辐射安全管理工作，落实辐射安全管理责任。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公 章

经办人

年 月 日

审批意见：

公 章

经办人

年 月 日