

核技术利用建设项目

泉州市中医院
1台DSA机项目

环境影响报告表

(公开本)



目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	18
表 3 非密封放射性物质.....	18
表 4 射线装置.....	19
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	20
表 6 评价依据	21
表 7 保护目标与评价标准.....	23
表 8 环境质量和辐射现状.....	27
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	46
表 12 辐射安全管理.....	65
表 13 结论与建议.....	70
表 14 审批.....	73

附件:

附件 1: 委托书

附件 2: 辐射安全许可证

附件 3: 辐射安全管理小组

附件 4: 辐射事故应急处置预案

附件 5: 辐射管理制度

附件 6: 2025 年度辐射事故应急演练

附件 7: 现有辐射工作人员核技术利用辐射安全许可证名单

附件 8: 现有辐射工作人员个人剂量检测报告

附件 9: 现有环保资料

附件 10: 现有危废合同

附件 11: 监测报告

附件 12: 资质认定证书、检定证书

附件 13: 宇宙射线响应值监测报告

附件 14: 防护涂料检测报告

附件 15: 土地证书、工规批复、房屋建筑工程竣工验收报告、移交表

附件 16: 福建省生态环境分区管控综合查询报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		泉州市中医院 1 台 DSA 机项目							
建设单位		泉州市中医院							
法人代表	谢文钦	联系人	**	联系电话	**				
注册地址		泉州市笋江路 388 号							
项目建设地址		泉州市笋江路 388 号							
立项审批部门		/	批准文号	/					
建设项目总投资 (万元)	600	项目环保投资 (万元)	28	投资比例 (环保投资/总投资)	4.67%				
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)	43				
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		/							

项目概况

1.1 建设单位基本情况

泉州市中医院成立于 1983 年 8 月 15 日，原址位于市区温陵南路，2015 年 8 月整体搬迁至鲤城区金龙街道高山社区笋江路，为泉州地区提供中医医疗、教学、科研、预防、保健、康复和急救中心服务，是三级甲等中医院和泉台中医交流中心。院区占地 173 亩，目前已建设 1000 张床位，总建筑面积 11.2 万平方米。

经过几年发展，医院卫技人员逐步形成较完整的梯队结构和专业，科室门类齐全、医疗仪器齐全、设备先进，配套先进手术室系统和 ICU 系统，拥有核磁共振、螺旋 CT、彩超、数字化医用 X 线摄像系统、C 臂 X 光机、全自动样品处理系统（实验室自动化系统）、电子胃镜、肠镜、关节镜、腹腔镜、宫腔镜、磁免检测等一批先进医疗设备，为临床诊断治疗提供可靠支持。

1.2 项目建设内容

根据医院发展需要，建设单位拟将医技楼 3 层北侧现有手术室空置用房改造为 1 间

DSA 机房及其配套辅助用房，使用 1 台 DSA 机，用于开展放射诊断和介入治疗，属于 II 类射线装置，具体参数见表 1.1。

表 1.1 射线设备参数

名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	球管数量	用途	工作场所	备注
DSA 机	II 类	1 台	Azurion 5M20	125	1000	单球管	放射诊断和介入治疗	医技楼 3 层 DSA 机房	新增设备

1.3 任务由来

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》《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》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《建设项目环境影响评价分类管理名录》等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，为切实做好该项目的环境保护工作，泉州市中医院委托福建省环安检测评价有限公司对拟建项目进行环境影响评价（委托书见附件 1）。本次环评主要针对泉州市中医院 1 台 DSA 机项目进行环境影响评价。

根据《关于发布射线装置分类办法的公告》《建设项目环境影响评价分类管理名录》等有关规定和泉州市中医院提供的资料，项目应编制环境影响报告表。

1.4 项目地理位置及周围环境

项目位于医技楼 3 层，医技楼北侧和东侧为病房楼、医院道路，西侧为医院道路、空地，南侧为门诊楼。医技楼为地上 3 层、地下 1 层建筑物，项目 DSA 机房位于 3 层北侧；机房北侧为设备间、污物清洗间、污物暂存间、卫生间、前室、楼梯间，东侧为 3 层走廊、电梯厅，西侧为 3 层走廊，南侧为控制室、缓冲区、耗材仓库、手术室区域，上方为屋面，下方为卫生间。项目地理位置及周边情况见图 1.1-图 1.9。

表 1.2 项目周围场所一览表

位置	北侧	东侧	西侧	南侧	上方	下方
医技楼	病房楼、医院道路	病房楼、医院道路	医院道路、空地	门诊楼	/	/
DSA 机房	设备间、污物清洗间、污物暂存间、卫生间、前室、楼梯间	3 层走廊、电梯厅	3 层走廊	控制室、缓冲区、耗材仓库、手术室区域	屋面	卫生间

鲤城区地图

基本要素版



审图号：闽S(2024)282号

福建省制图院 编制 福建省自然资源厅 监制

图 1.1 项目地理位置图



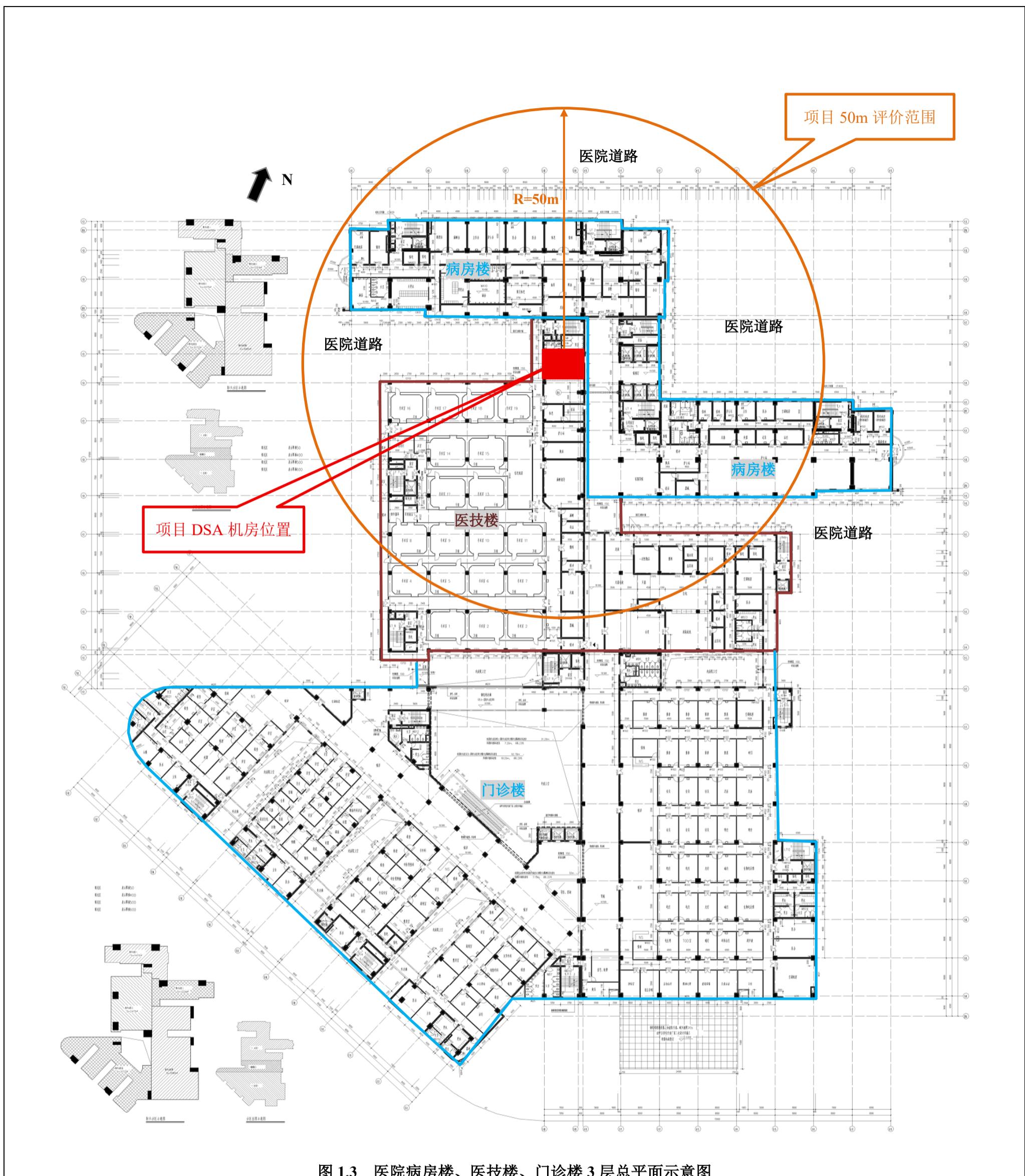


图 1.3 医院病房楼、医技楼、门诊楼 3 层总平面示意图

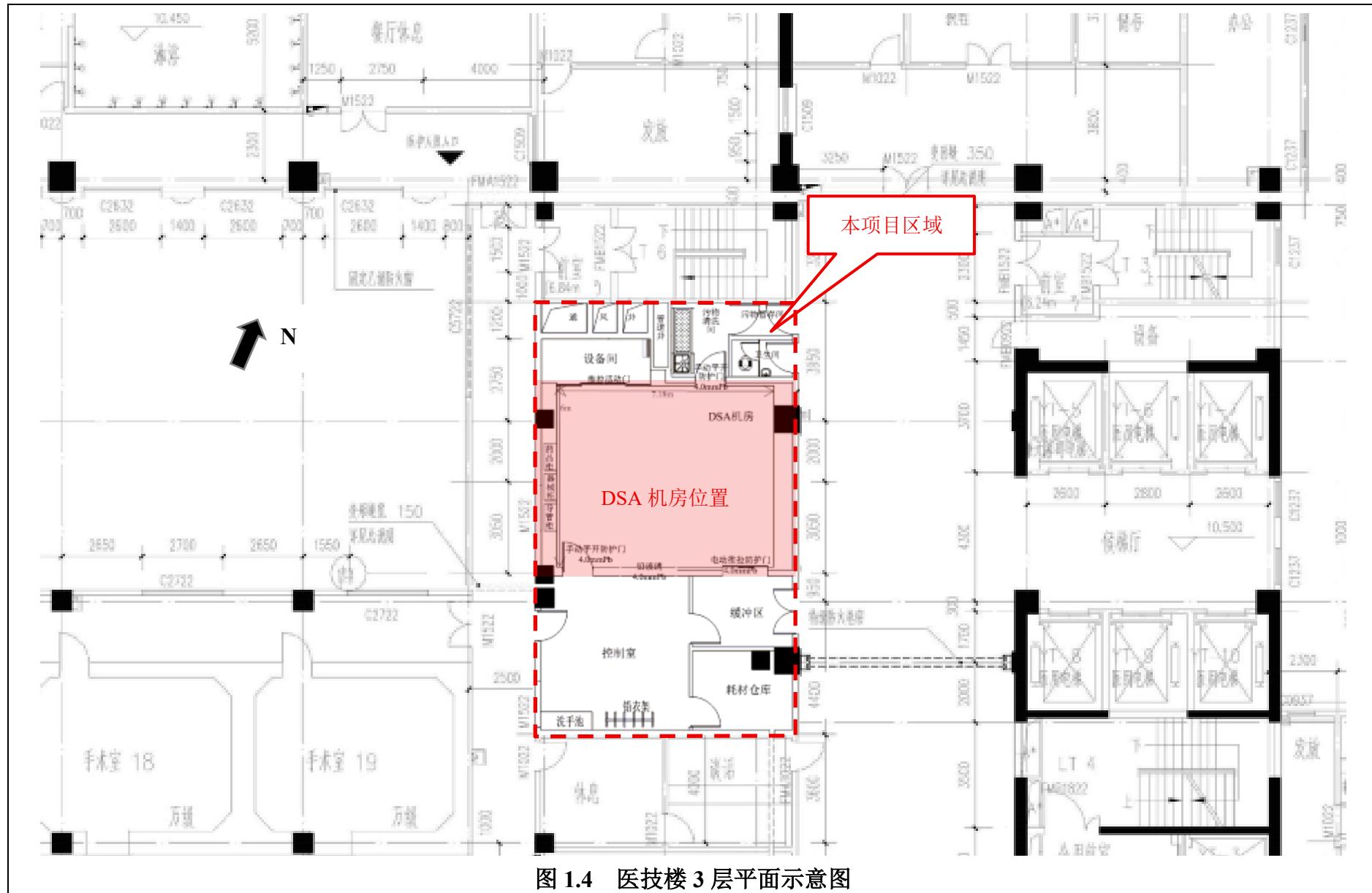
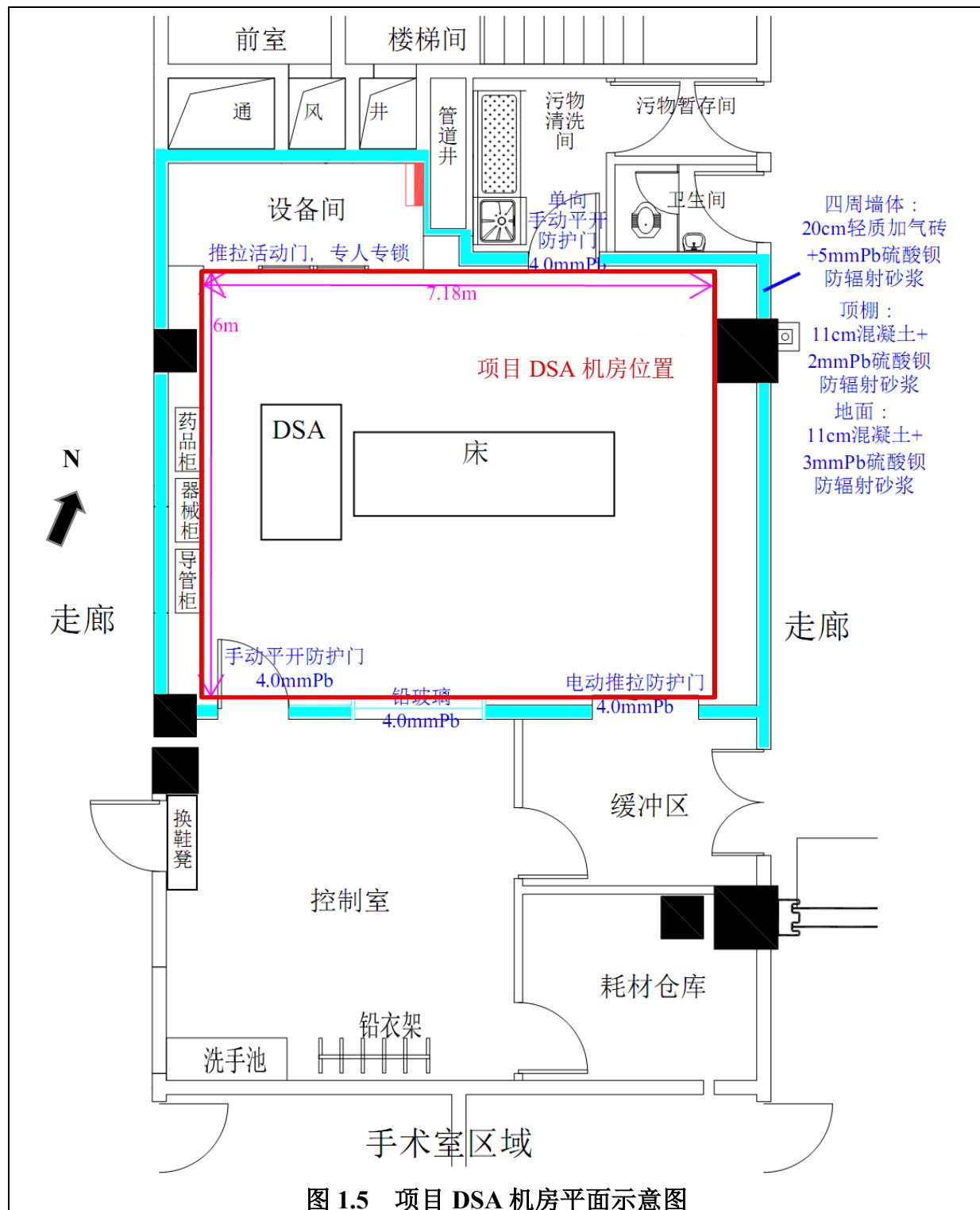


图 1.4 医技楼 3 层平面示意图



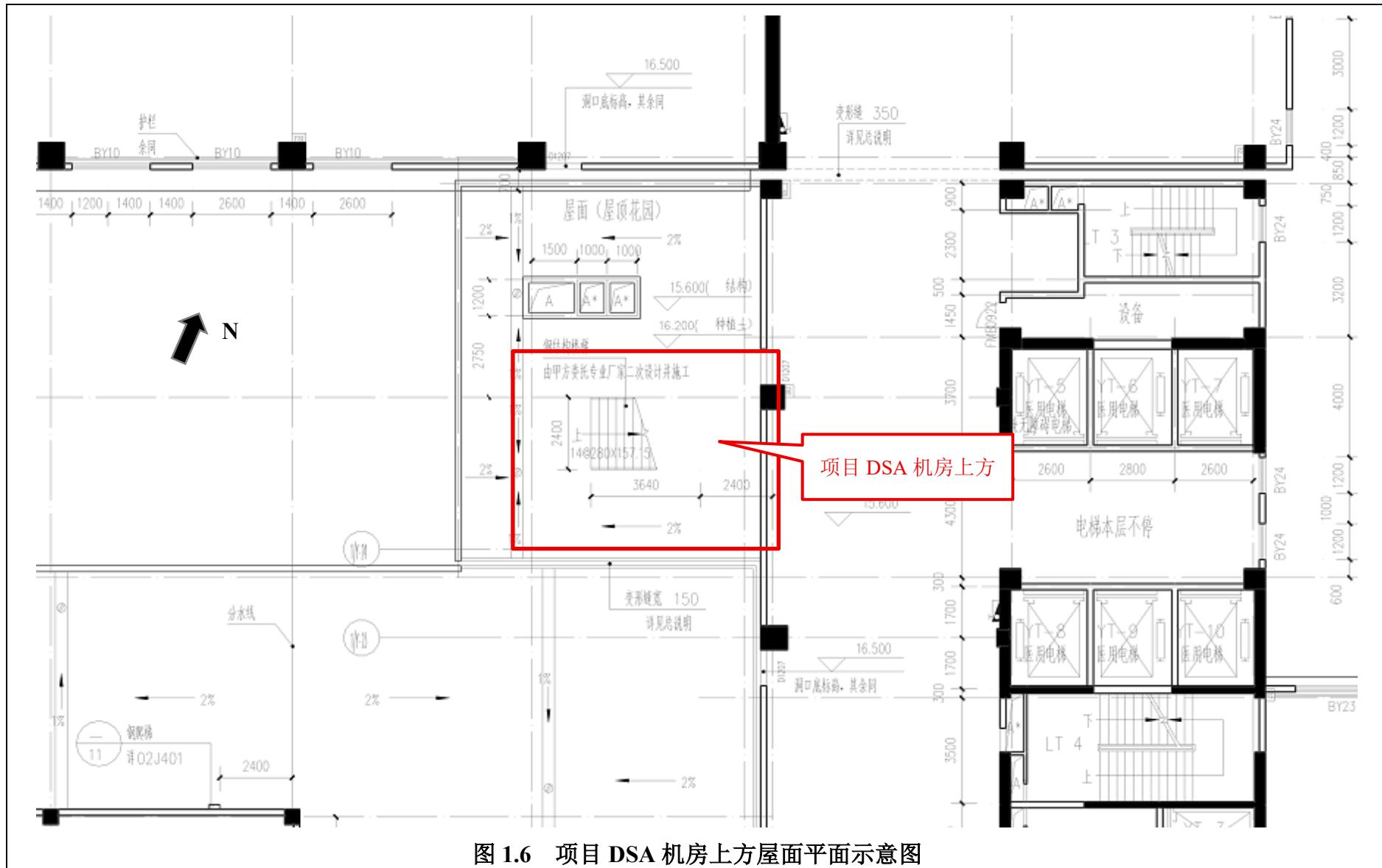


图 1.6 项目 DSA 机房上方屋面平面示意图

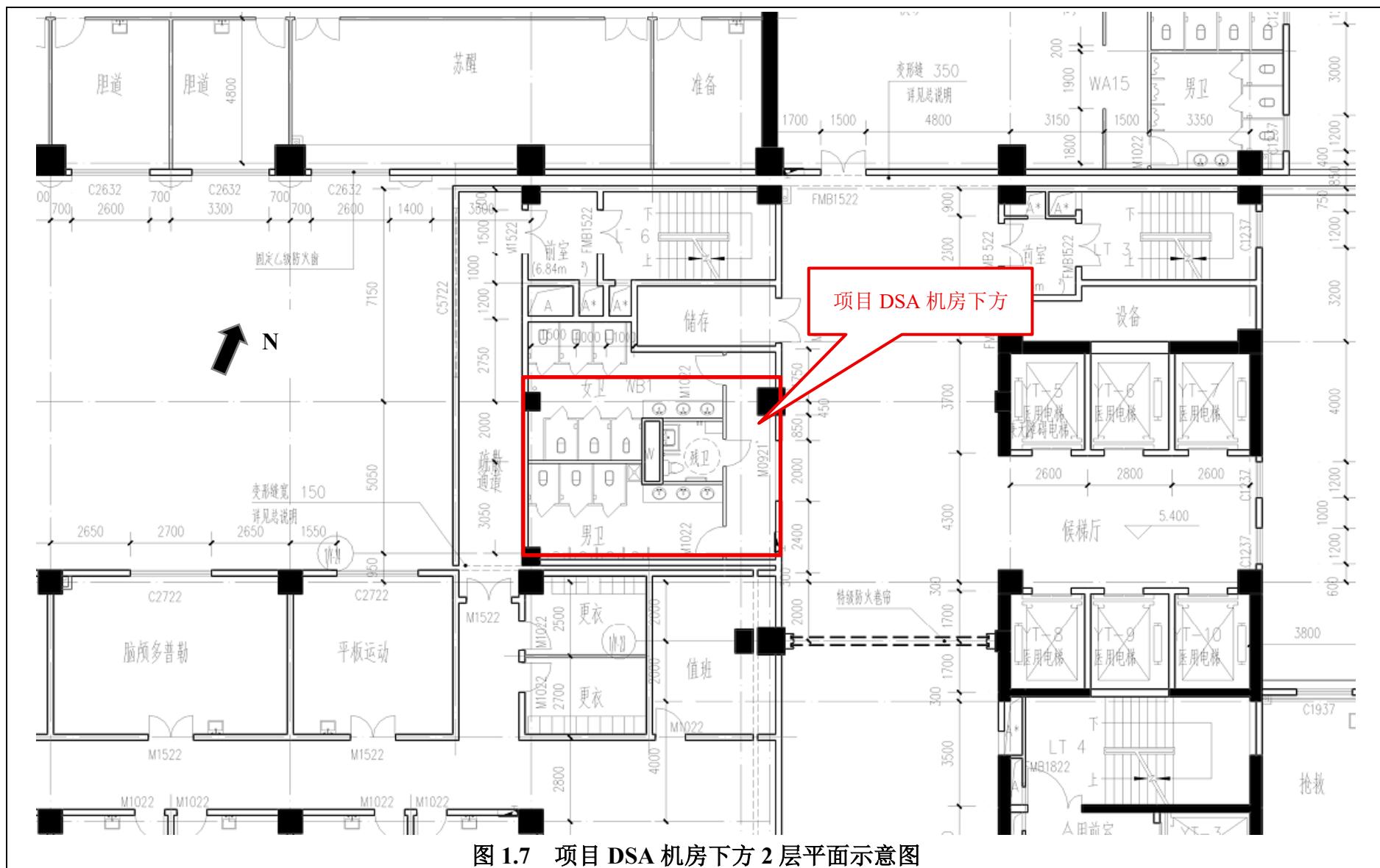


图 1.7 项目 DSA 机房下方 2 层平面示意图

	
<p>泉州市中医院现状</p>	<p>医技楼</p>
	
<p>医技楼北侧、东侧：病房楼、医院道路</p>	<p>医技楼南侧：门诊楼</p>
	
<p>医技楼西北侧：医院道路、能源楼</p>	<p>拟建 DSA 机房位置：现状空置房间</p>
	
<p>拟建 DSA 机房东侧：走廊</p>	<p>拟建 DSA 机房北侧：前室、楼梯间</p>



图 1.8 项目拟建 DSA 机房及周边环境现状照片

1.5 项目选址及合理性分析

1.5.1 项目选址

泉州市中医联合医院于 2011 年取得土地证（地类属于医疗用地），于 2012 年取得泉州市城乡规划局关于医院医疗主楼、能源中心及中药制剂楼、高压氧舱及水泵房和地下室项目《建设工程规划许可证》的批复，医院内房屋建筑工程于 2015 年完成竣工验收，泉州市中医联合医院将医院整体验收移交于泉州市中医院，具体文件见附件 15。项目位于泉州市中医院医技楼 3 层 DSA 机房，因此项目用地属于医疗用地。

1.5.2 合理性分析

项目评价范围（DSA 机房屏蔽体外 50m 范围）环境保护目标主要为泉州市中医院内 DSA 辐射工作人员、其他医护人员等工作人员、病患及陪同家属等流动人员，评价范围内现状无居民区、学校等环境敏感点。项目机房在严格采取设计及环评要求防护措施的条件下，对周围环境辐射影响较小。

1.5.3 “三线一单”符合性分析

(1) 生态保护红线

根据《泉州市环境管控单元图》(图 1.9)，项目不在泉州市生态保护红线范围内。

(2) 环境质量底线

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

(3) 资源利用上线

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

(4) 生态环境分区管控

根据《福建省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》(闽政〔2020〕12号)和《泉州市人民政府关于印发泉州市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》(泉政文〔2021〕50号)，并结合本项目在福建省生态环境分区管控数据应用平台导出的“福建省生态环境分区管控综合查询报告”(见附件16)，本项目涉及1个生态环境管控单元——鲤城区重点管控单元2(ZH35050220003)，项目与泉州市生态环境分区管控要求符合性分析见表1.3。

表 1.3 项目与泉州市生态环境分区管控要求符合性分析一览表

环境管控单元名称	管控单元分类	管控要求		项目情况	符合性
鲤城区重点管控单元2 (ZH35050220003)	重点管控单元	空间布局约束	1.严禁在城镇人口密集区新建危险化学品生产企业；现有不符合安全和卫生防护距离要求的危险化学品生产企业2025年底前完成就地改造达标、搬迁进入规范化化工园区或关闭退出。 2.新建石化、化工、包装印刷、工业涂装、制鞋等高 VOCs 排放的项目必须进入工业园区。	项目不涉及危险化学品生产。 项目不涉及石化、化工、包装印刷、工业涂装、制鞋等高 VOCs 排放。	符合
		污染 物排 放管 控	1.完善城市建成区生活污水管网建设，逐步实现生活污水全收集全处理。 2.在城市建成区新建大气污染型项目，应落实区域二氧化硫、氮氧化物排放量控制要求。	医院已接入市政污水管网，可实现污水全部收集处理。 项目不涉及二氧化硫、氮氧化物排放。	符合
	环境 风险 防控	无。		无	符合

		资源开发效率要求	禁燃区内，禁止城市建成区居民生活燃用高污染燃料，禁止新建、改建、扩建燃用高污染燃料的设施。	项目不涉及高污染燃料。	符合
<p>项目不涉及生态保护红线，不会突破区域环境质量底线、资源利用上线，符合泉州市生态环境分区管控的要求，项目符合“三线一单”要求。</p> <p>因此，项目用地属于医疗用地，周围无环境制约因素，符合“三线一单”要求，项目选址合理。</p>					
<h2>1.6 产业政策符合性分析</h2> <p>对照《产业结构调整指导目录（2024年本）》，项目属于“鼓励类”中的“十三、医药”“4……高性能医学影像设备……”，项目建设符合国家现行产业政策。</p>					
<h2>1.7 代价利益分析</h2> <p>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，该实践是正当的。项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊疗能力，具有良好的社会效益和经济效益。根据报告分析，项目经辐射防护和安全管理后，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。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，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。</p>					

泉州市“三线一单”图集

泉州市环境管控单元图

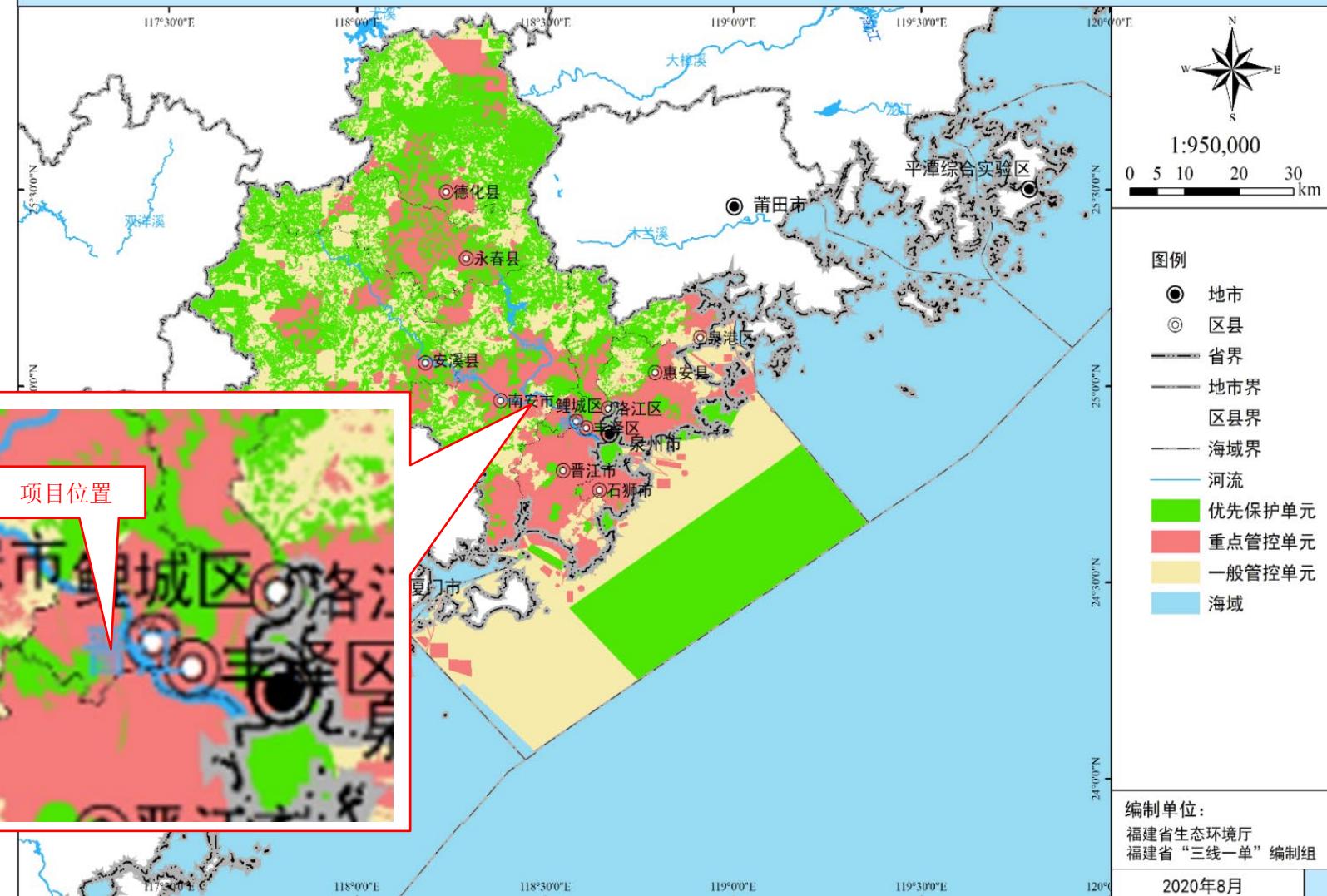


图 1.9 泉州市环境管控单元图

1.8 现有核技术利用项目许可

泉州市中医院目前持有的辐射安全许可证证书编号为：闽环辐证[00230]，许可种类和范围：使用III类射线装置，使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所，发证日期：2025年9月19日，许可有效期至：2026年1月17日，现有辐射安全许可证见附件2。医院现有核技术利用情况见表1.5、表1.6，均已履行了相关环保手续，无遗留环保问题。

表1.5 已许可非密封放射性物质一览表

辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	用途	日最大操作量(贝可)	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	环评/验收情况
CT1室	乙级	I-125 (粒子源)	固态	放射性药物治疗	6.99×10^9	6.99×10^7	6.99×10^{11}	闽环辐评(2016)20号/2025年9月27日自主验收

表1.6 已许可射线装置一览表

序号	辐射活动场所名称	装置名称	类别	管电压	管电流	数量(台)	环评/验收情况	备注
1	医技楼1FC1区 CT2机房	CT机(64排)	III类	140kV	800mA	1	已备案，备案号： 2023350502 00000027	在用
2	一层C1区 放射科透视机室	数字医用诊断X线 透视摄影系统		150kV	630mA	1		
3	一层C1区 放射科DR(1)室	DR(医用X射线摄 影系统)		150kV	500mA	1		
4	一层C1区 放射科DR(2)室	DR(医用X射线摄 影系统)		150kV	500mA	1		
5	医技楼1FC1区 放射科骨密度仪 机房	双能量骨密度仪		120kV	20mA	1		
6	移动使用，日常 存放于放射科 DR2机房	移动DR机		125kV	500mA	1		
7	医技楼1FD区 发热门诊X光 室	移动DR机		150kV	500mA	1		
8	医技楼3楼手术 室3	移动式C形臂X线 机		110kV	80mA	1		
9	医技楼2FD区 口腔科口腔CT 室	口腔CBCT机(站/ 坐位扫描)		120kV	20mA	1		
10	医技楼1FC1区 CT1机房	X射线计算机体层摄 影设备		140kV	667mA	1	已备案，备案号： 2025350502 00000032	在用

1.9 现有辐射安全管理情况

（1）辐射安全与防护管理机构

泉州市中医院已成立了辐射安全与环境管理机构（见附件 3），并明确了相应的职责。辐射安全管理小组以谢文钦（院长）为组长、阮传亮（副院长）为副组长，成员有庄阳辉、李劲亮、吴端柱、何忠志等。具体职责：组织制定并落实辐射安全管理与防护管理相关制度；定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行检测、监测和检查；组织全院辐射工作人员接受专业技术、辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训考核和健康检查；制定辐射事故应急预案并组织演练；记录本院发生的辐射事故并及时上报。

（2）辐射安全管理规章制度

泉州市中医院已针对现有核技术利用项目制定《辐射事故应急处置预案》（附件 4）和相关辐射管理制度（附件 5）（包括辐射防护安全管理制度、个人剂量监测与档案管理制度、辐射工作场所监测方案、辐射工作人员培训与档案管理制度、DSA 设备设施检修维护制度、DSA 安全防护操作规程、介入放射诊疗质量保证大纲、手术室放射防护管理制度、放射设备使用维护管理制度、X 射线影像和诊断质量保证管理方案、个人放射防护用品配置使用及维护管理制度）。泉州市中医院已制定本年度辐射应急演练计划，并开展辐射应急演练，详见附件 6。

泉州市中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。泉州市中医院能够按照辐射安全管理规章制度进行管理，辐射工作人员也能够严格按照各项规章制度开展工作，满足环保相关管理要求。

（3）辐射监测和年度评估

泉州市中医院每年均委托有资质单位对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年度评估，2024 年年度评估报告已提交，满足环保相关管理要求。

（4）辐射工作人员培训、个人剂量监测和健康体检

泉州市中医院取得辐射安全与防护考核合格证书人数有 7 人，证书均在有效期内（现有辐射工作人员核技术利用辐射安全许可证名单见附件 7），满足环保相关管理要求。

泉州市中医院现有辐射工作人员均已配备个人剂量计（包括取得辐射安全与防护考核合格证书的辐射工作人员 7 人、取得医院内部上岗证的辐射工作人员 49 人），已定期（每季度一次）送有资质单位（2024 年度委托厦门亿科特检测技术有限公司）进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案，现有辐射工作人员的受照剂量均未超过职业人员年受照剂量约束值要求（现有辐射工作人员个人剂量检测报告见附件 8）。

泉州市中医院定期（每两年一次）组织现有辐射工作人员进行职业健康体检，并建立辐射工作人员职业健康监护档案，满足环保相关管理要求。

（5）运行情况

泉州市中医院开展核技术利用项目至今，未发生过辐射安全事故。



图 1.10 泉州市中医院现有个人剂量计、个人剂量报警仪、监测仪器、防护用品照片

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活种动类	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	活种动类	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：等效操作量和操作方式见国家标准《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 机	II	1	Azurion 5M20	125	1000	放射诊断和 介入治疗	医技楼 3 层 DSA 机房	新增设备， 单球管
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	气体	/	/	少量	少量	/	/	排放量极少，经机械通风系统排到大气环境，对环境基本无影响
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》(2014年修订), 2015年1月1日起施行;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年修订), 2018年12月29日修订;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003年10月1日起施行;</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019年修订), 2019年3月2日修订;</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》(2017年修订), 2017年10月1日起施行;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年修订), 2021年1月4日起实施;</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021年版), 2021年1月1日起实施;</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 2011年5月1日起实施;</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》, 国家环境保护总局文件, 环发〔2006〕145号文;</p> <p>(10) 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号公告, 2017年12月6日起实施;</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部公告2019年第57号, 2019年12月24日起施行;</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》, 2024年2月1日起施行;</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)。</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》(HJ10.1-2016) ;</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) ;</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) ;</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) ;</p>

	<p>(6) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(7) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。</p>
其 它	<p>(1) 项目委托书；</p> <p>(2) 泉州市中医院辐射安全许可证；</p> <p>(3) 泉州市中医院提供的与本项目相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)的相关规定,“放射源和射线装置应用项目的评价范围,通常取装置所在场所实体屏蔽物边界 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),对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”,考虑项目的实际情况,本项目射线装置属于 II 类,因此本项目评价范围为 DSA 机房屏蔽墙体外 50m 范围。

7.2 保护目标

根据对项目周围环境的现场踏勘和调查,项目 DSA 机房屏蔽墙体外 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感区域,评价范围内保护目标主要是辐射工作人员、其他医护工作人员及公众人员,详见表 7.1。

表 7.1 项目环境保护目标

保护目标	场所	方位	规模	距离	年剂量约束要求
辐射工作人员	DSA 机房内	机房内	2~4 人	距 DSA 机球管不低于 0.5m	5mSv
	控制室内(操作台)	南侧	2 人	相邻	
	设备间、污物清洗间、污物暂存间、仓库	机房周围辅助用房	1~4 人	相邻	
医院其他工作人员和公众	卫生间	北侧	流动人员	相邻	0.1mSv
	前室、楼梯间	北侧	流动人员	2.7m	
	病房楼采血室、血库、办公区	北侧	5~20 人	6.3m~47m	
	医院道路	北侧	流动人员	27m~50m	
	缓冲间	南侧	流动人员	相邻	
	手术室区域	南侧	5~20 人	2.5m~50m	
	走廊	西侧	流动人员	相邻	
	医院道路	西侧	流动人员	2.5m~50m	
	走廊	东侧	流动人员	相邻	
	电梯	东侧	流动人员	8m	
	病房楼办公区、病房	东侧	流动人员	17m~50m	
	医院道路	东侧	流动人员	16m~50m	
	屋面	上方	流动人员	相邻	
	卫生间	下方(2 层)	流动人员	相邻	

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》（GB18871-2002）

（1）剂量限值

本项目辐射工作人员及公众的年照射剂量限值见表 7.2。

表 7.2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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 ②任何一年中的有效剂量， 50mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量， 1mSv ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% 的范围之内。

（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。

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于 600kV 以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

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。

6.1.5 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 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 7.4）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 3（即表 7.4）的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；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。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

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

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

7.3.3 本项目管理目标

综合考虑 GB18871-2002、GBZ130-2020 等要求，本项目管理目标确定为：

①辐射环境剂量率控制水平：DSA 机房屏蔽体外 30cm 及周围人员可居留处周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

②剂量约束值：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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

项目位于医技楼 3 层，医技楼北侧和东侧为病房楼、医院道路，西侧为医院道路、空地，南侧为门诊楼。医技楼为地上 3 层、地下 1 层建筑物，项目 DSA 机房位于 3 层北侧；机房北侧为设备间、污物清洗间、污物暂存间、卫生间、前室、楼梯间，东侧为 3 层走廊、电梯厅，西侧为 3 层走廊，南侧为控制室、缓冲区、耗材仓库、手术室区域，上方为屋面，下方为卫生间。

8.2 环境现状监测

- (1) 环境现状评价对象：项目拟建址及周围辐射环境现状。
- (2) 监测单位：厦门亿科特检测技术有限公司（CMA：211303100262）。
- (3) 监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率。
- (4) 监测时间：2025 年 9 月 22 日。

(5) 布点原则：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）“5.3.3.2 射线机的辐射环境监测 X 射线机（包括 CT 机）在运行前对屏蔽墙或自屏蔽体外 30cm 处的 X- γ 辐射空气吸收剂量率进行一次监测”和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）“4.2 测量要求 开展道路测量时，点位应设置在道路中心线。开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置”有关布点原则进行布点，并结合项目评价范围（DSA 机房边界外 50m 范围），在项目设备位置及周围布设代表性点。

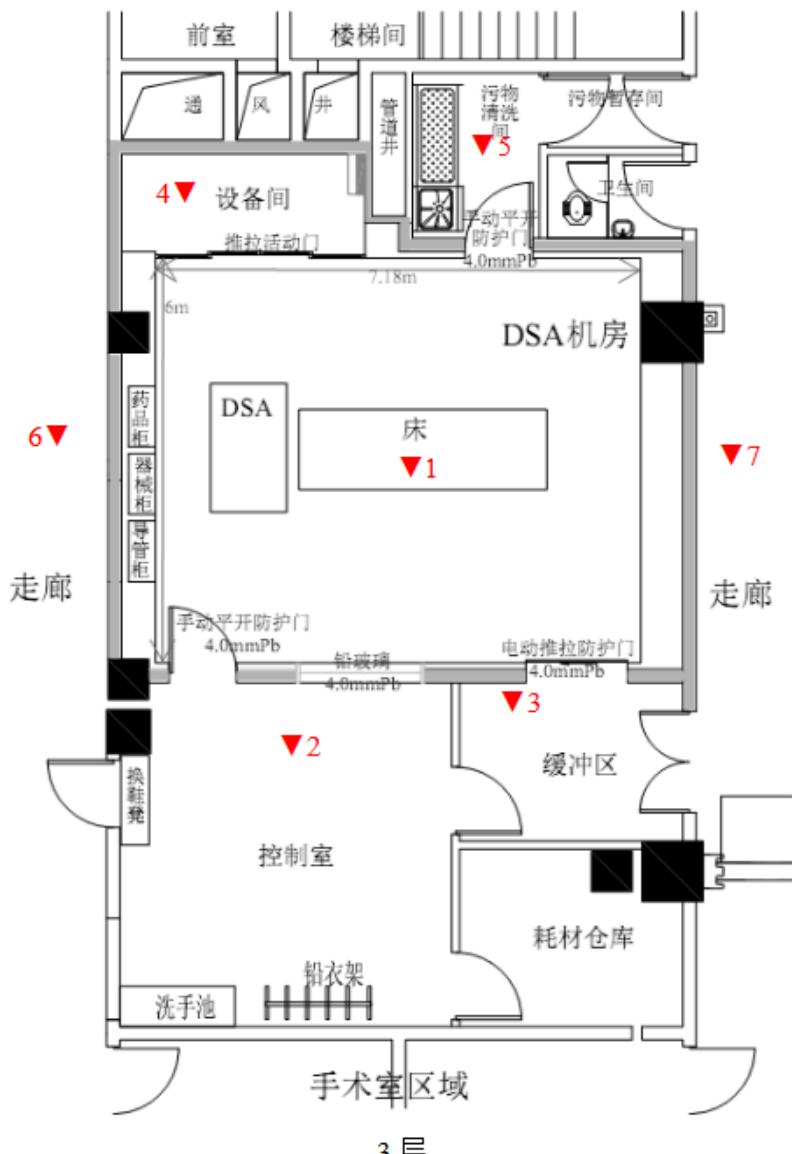
- (6) 监测点位：点位布设和监测结果见表 8.1 和图 8.1。

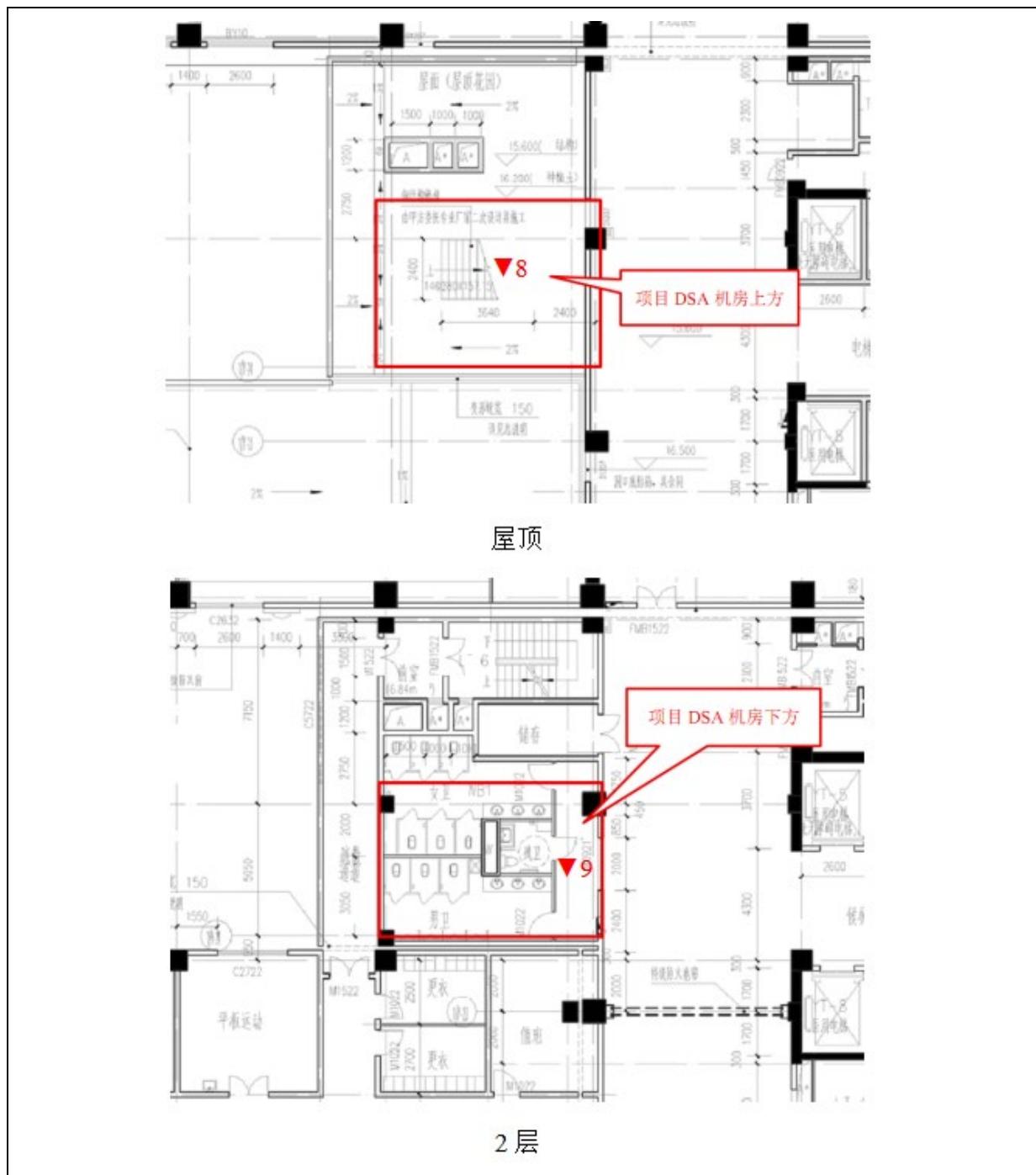
表 8.1 项目 1 台 SDX-LCT-150-05 型工业 CT 机监测点位及监测结果

编号	监测位置	γ 辐射空气吸收剂量率土标准偏差 (nGy/h)	位置属性	
1#	拟建 DSA 机房内	94.80±0.69	3 层	室内
2#	拟建 DSA 机房南侧，控制室	105.10±0.69	3 层	室内
3#	拟建 DSA 机房南侧，缓冲区	95.60±0.69	3 层	室内
4#	拟建 DSA 机房北侧，设备间	97.97±0.69	3 层	室内
5#	拟建 DSA 机房北侧，污物清洗间	92.43±0.69	3 层	室内
6#	拟建 DSA 机房西侧，走廊	105.89±0.69	3 层	室内
7#	拟建 DSA 机房东侧，走廊	98.76±0.69	3 层	室内
8#	拟建 DSA 机房上方，屋面	95.12±1.07	室外	
9#	拟建 DSA 机房下方，2 层卫生间	104.30±0.69	2 层	室内

10#	病房楼, 1层	92.43±0.69	1层	室内
11#	病房楼北侧医院道路	100.67±0.69		室外
12#	医技楼西侧医院道路	103.84±0.69		室外
13#	医技楼和病房楼之间室外道路	88.80±0.69		室外
14#	门诊楼, 1层	93.22±0.69	1层	室内

注: (1) 监测时间: 2025年9月22日, 监测环境条件: 23.5°C/56.7%RH; (2) 测量时探头距离地面约1m, 监测方式为每个测量点测量十次, 取平均值, 监测结果均扣除宇宙射线响应值; (3) 根据 HJ1157-2021, 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取 1.20Sv/Gy (^{137}Cs 作为检定参考辐射源); (4) 根据 HJ1157-2021, X- γ 辐射空气吸收剂量率=仪器测量读数值均值*校准因子 k_1 *仪器检验源效率因子 k_2 ÷ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 *测量点宇宙射线响应值 D_c , 其中校准因子 k_1 为 0.95 (1 $\mu\text{Sv}/\text{h}$), 仪器使用 ^{137}Cs 进行校准, 源效率因子 k_2 取 1, 换算系数为 1.20Sv/Gy, 屏蔽修正因子 k_3 取 0.8 (楼房)、1 (原野、道路), 宇宙射线响应值 D_c 为 33.99nGy/h; (5) 宇宙射线响应值测量位置为福州福清东张水库, 海拔 50m 左右。监测点位的海拔高度、经纬度与水库水面相差不大: 海拔高度差别≤200m、经度差别≤5°、纬度差别≤5°, 不进行修正。







图例: ▼ 检测点位

图 8.1 监测点位示意图

(6) 监测仪器参数与规范

监测仪器参数与规范见表 8.3, 监测报告、资质认定证书、检定证书见附件 11、附件 12, 资质认定证书、检定证书均在有效期内。

表 8.3 监测仪器参数与规范

仪器设备名称	高灵敏环境级便携式多功能辐射仪
仪器设备型号	6150AD-b
设备编号	XMYKT/JLYQ-0098
生产厂家	AUTOMEES
检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书编号	2025H21-20-5984897002
有效期	2025 年 7 月 2 日至 2026 年 7 月 1 日
测量范围	1nSv/h~99.9 μ Sv/h (探头) 0.1 μ Sv/h~1Sv/h (主机)
能量响应范围	20keV~7MeV (探头) 45keV~3MeV (主机)
校准因子	0.95 (1 μ Sv/h)
检测依据	《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)

8.3 质量保证措施

- (1) 监测单位取得检验检测机构资质认定证书 (CMA: 211303100262, 发证日期: 2021 年 8 月 25 日, 有效期至: 2027 年 8 月 14 日), 监测项目在认证范围内。
- (2) 监测单位有完整的组织机构且分工明确。
- (3) 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。
- (4) 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。
- (5) 本次监测仪器 (设备型号: 6150AD-b) 于 2025 年 7 月 2 日经计量部门检定, 检定有效期一年, 监测期间监测仪器处于有效期内。
- (6) 通过国家级计量认证及中国实验室国家认可委员会认可。
- (7) 合理布设监测点位, 保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (8) 建立监测原始记录台账, 确保可追溯。监测报告严格实行三级审核制度, 经过校对、校核, 最后由技术总负责人审定。

8.4 监测结果及分析

监测结果表明, 室内监测点位的 γ 辐射剂量率为 92.43nGy/h ~ 105.89nGy/h , 室外监测点为 88.80nGy/h ~ 103.84nGy/h , 处于泉州辐射环境本底正常范围 (室内: 96.6nGy/h ~ 193.4nGy/h , 室外 (含原野及道路): 25.9nGy/h ~ 107.0nGy/h , 来源于《中国环境天然放射性水平》)。

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 DSA 设备组成

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

①X 线发生装置

X 线发生装置主要包括 X 线球管、高压发生器和 X 线遮光器。介入治疗需要连续发射 X 射线，要求有较高的球管热容量和散射率，因此 DSA 必须具有阳极热容量在 1MHU 以上、具有大小焦点的 X 线球管。此外，还需具有一个能产生高千伏、短脉冲和恒定输出的高压发生器、X 线遮光器用来限制 X 线照射视野，避免患者接受不必要的辐射。

②影像检测和显示系统

影像检测和显示系统用于将 X 线信息影像转换成可见影像。目前数字成像系统共有两种：影像增强器和平板探测器。影像增强器接收穿过人体的 X 线并转换为亮度增强数千倍的输出图像后，经摄像机转换为电子图像，再经 A/D 转换成数字图像；而平板探测器是直接接收穿过人体的 X 线信息后转换成数字图像。现代大型 DSA 设备普遍使用平板探测器，其转换环节少，减少了噪声，使 X 线光子信号的损失降到了最低限度，大大提高了光电转换效率。不但保证了优质的图像质量，而且降低了射线剂量。

③影像处理和系统控制部分

DSA 影像被数字化后，则需进行各种算术逻辑运算，并对减影的图像进行各种后处理。计算机系统是 DSA 的关键部件，具有快速处理能力，主要对数字影像进行对数变换处理、时间滤波处理和对比度增强处理。系统控制部分具有多种接口，用于协调 X 线机、机架、计算机处理器和外设联动等。

④机架系统和检查床

机架系统有悬吊式和落地式两种，各有利弊，可根据工作特点和机房情况选择。

检查床具有手术床和透视诊断床两种功能，多采用高强度、低衰减系统的碳素纤维床面，减少对 X 线的吸收。

⑤影像存储和传输系统影像存储和传输系统采用在线存储和近线存储两种存储方式，充分利用网络技术实现影像资料的共享，方便随时调阅，更加高效地交流和管理DSA影像信息。

DSA在工作时，能够实现曝光采集及透视功能。目前主流的DSA多采用脉冲透视功能，能够实现短时间、低电压、大电流连续脉冲式动态采集。同时还能自动根据成像区衰减状态调整kV、mA等参数，使X射线管保持最佳负荷状态，在安全辐射剂量范围内获取最佳图像质量。

根据医院提供的资料，项目拟配备飞利浦生产的Azurion 5M20型DSA机，使用平板探测器，DSA机的C型臂上，X射线球管及平板探测器分别在C型臂的两端，球管出束口恒定朝向平板探测器照射，出束主射线在平板探测器成像范围（照射野范围）内。DSA机外观见图9.1。

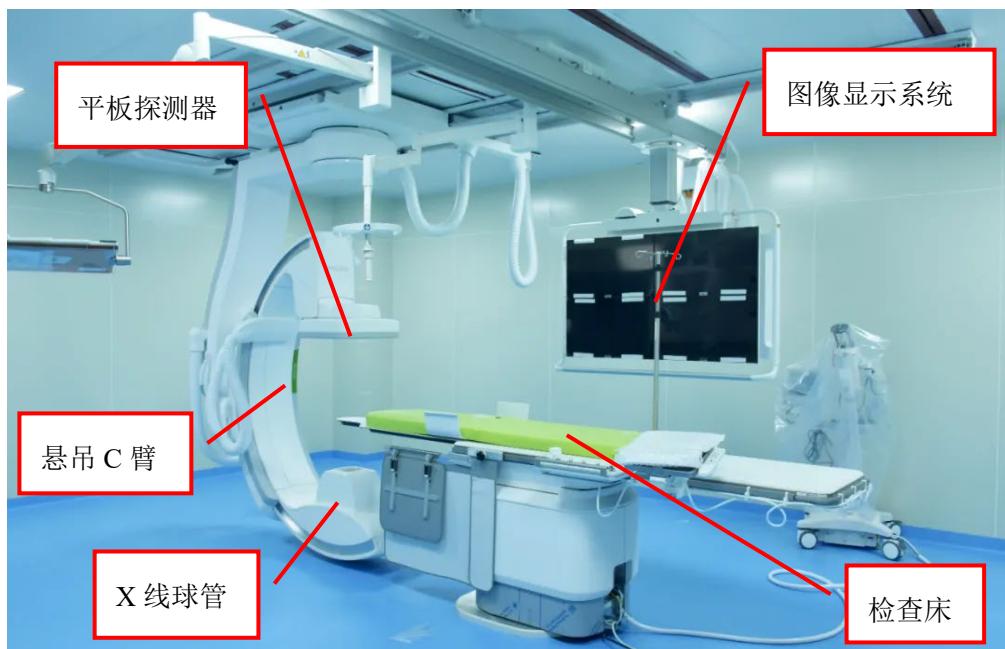


图9.1 项目设备外观示意图

9.1.2 设备技术参数

项目使用1台DSA机，为II类射线装置，设备技术参数见表9.1。

表9.1 项目DSA机主要技术参数一览表

指标	技术参数	指标	技术参数
型号	Azurion 5M20	球管数量	单球管
最大管电压	125kV	最大照射野	29cm×38cm
最大管电流	1000mA	最小照射野	11cm×11cm
最小焦平距	90cm	固有滤过	2.5mmAl
最小焦皮距	45cm	附加滤过片	0.2、0.5、0.9mmCu

9.1.3 工作方式

项目 DSA 机房与控制室分开设置。

DSA 机在进行曝光时可分为减影和透视两种情况：

(1) 减影检查：减影是操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流，曝光并通过电子计算机处理后得到最终的减影图像，医生根据减影图像对病人的病情进行诊断；

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

9.1.4 工作原理

DSA 设备的核心部件为 X 射线发生器，成像基本原理是：将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，经电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，最终获得去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管等影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 机处理的图像，使血管等的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

项目拟配备的 DSA 机属于平板探测器型，其成像原理为：①曝光前对非晶硒两面的偏置电极板预先施加 1~5000V 正向电压形成偏置电场，像素矩阵处于预置初始状态；②X 线曝光时在偏置电场作用下形成电流→垂直运动→电荷采集电极→给储存电容充电；③读取 TFT 储存电容内的电荷→放大→A/D 转换成数字信号→计算机运算→形成数字图像；④消除残存电荷，其系统结构示意见图 9.2。

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。

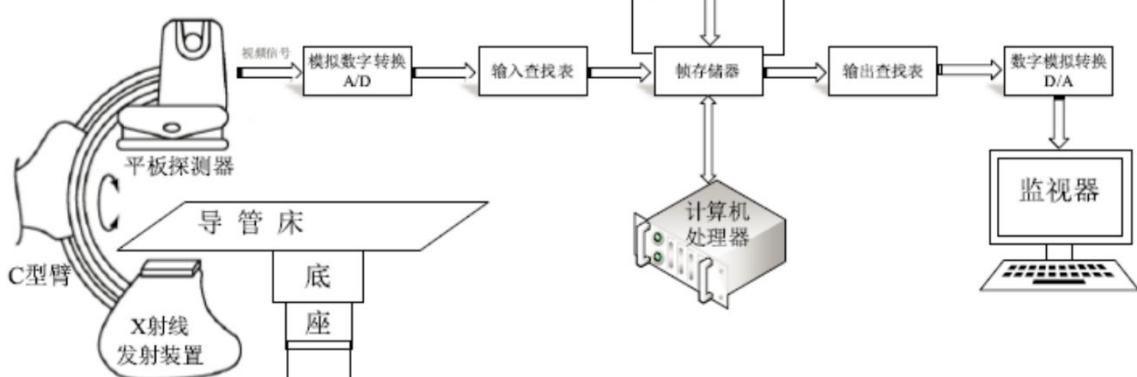


图 9.2 平板探测器型 DSA 机系统结构图

9.1.5 工作流程

项目 DSA 机工作流程及产污环节具体见图 9.3。

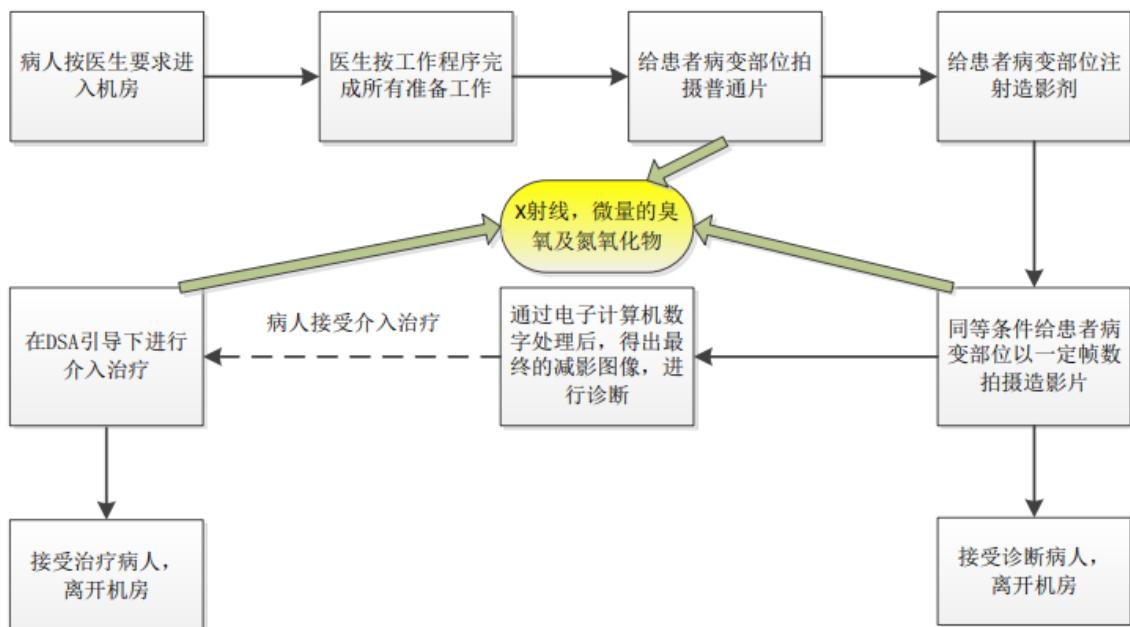


图 9.3 DSA 机工作流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 辐射污染源分析

由 DSA 机的工作原理可知, X 射线是随机器的开、关而产生和消失。在非诊疗状态下不产生 X 射线, 只有在开机处于出线状态时才会发出 X 射线。因此, 在开机期间, X 射线为污染环境的主要污染因子。

9.2.2 非辐射污染源分析

(1) DSA 机工作状态时, 会产生电离产生少量臭氧和氮氧化物, 经通风措施及时

排出扩散至大气环境，对周边大气环境基本没有影响。

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

(3) 项目运行期无医疗废水产生，废水主要为工作人员和病人产生的生活污水。

(4) 项目运行期产生的噪声污染源主要为机械通风系统风机运行时产生的噪声。

9.2.3 事故工况的污染途径

项目可能发生的辐射事故如下：

①辐射设备正常工作时，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，人员误入辐射设备正在运行的机房，导致发生误照射；

③操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；

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。

事故工况下的辐射污染因子与正常工况下的污染因子一致。

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

项目 DSA 机工作场所设有单独的机房，控制室位于机房外，满足拟用辐射设备的布局要求；DSA 机房内最小使用面积、最小单边长度见表 10.1，符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求”等标准的相关要求，布局合理。

表 10.1 DSA 机房内最小使用面积、最小单边长度

名称	设备	机房内最小使用面积 m^2		机房内最小单边长度 m		评价
		本项目	标准要求	本项目	标准要求	
DSA 机房	DSA 机	43	20	6.0	3.5	符合要求

10.1.2 控制区与监督区划分

医院拟将项目 DSA 机房划为控制区，在控制区入口处设置电离辐射警告标志，工作期间禁止除介入手术人员和患者外的其他人员进入控制区；将项目 DSA 机房西墙和东墙外 30cm 范围内区域（在地面画线并标识监督区）、DSA 辅房（包括设备间、污物清洗间、污物暂存间、卫生间、控制室、缓冲区、耗材仓库）划为监督区，工作期间禁止任何无关人员进入监督区。项目工作场所分区示意见图 10.1，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》（GB18871-2002）第 6.4 款中有关辐射工作场所的分区规定。

10.1.3 人流、物流路径规划

项目 DSA 工作场所设有独立的医护路径、患者路径和污物路径。操作技师在换鞋区换鞋后进入控制室，在控制室操作台处操作 DSA 机；介入手术人员先在换鞋区换鞋，后穿戴铅衣等个人防护用品后，在洗手池处经洗消后从控制室医护人员防护门进入机房为患者进行介入手术；患者经病人通道防护门进入机房接受治疗；医疗废物从污物通道防护门进入污物暂存间，打包后再送至医院的医疗垃圾站。

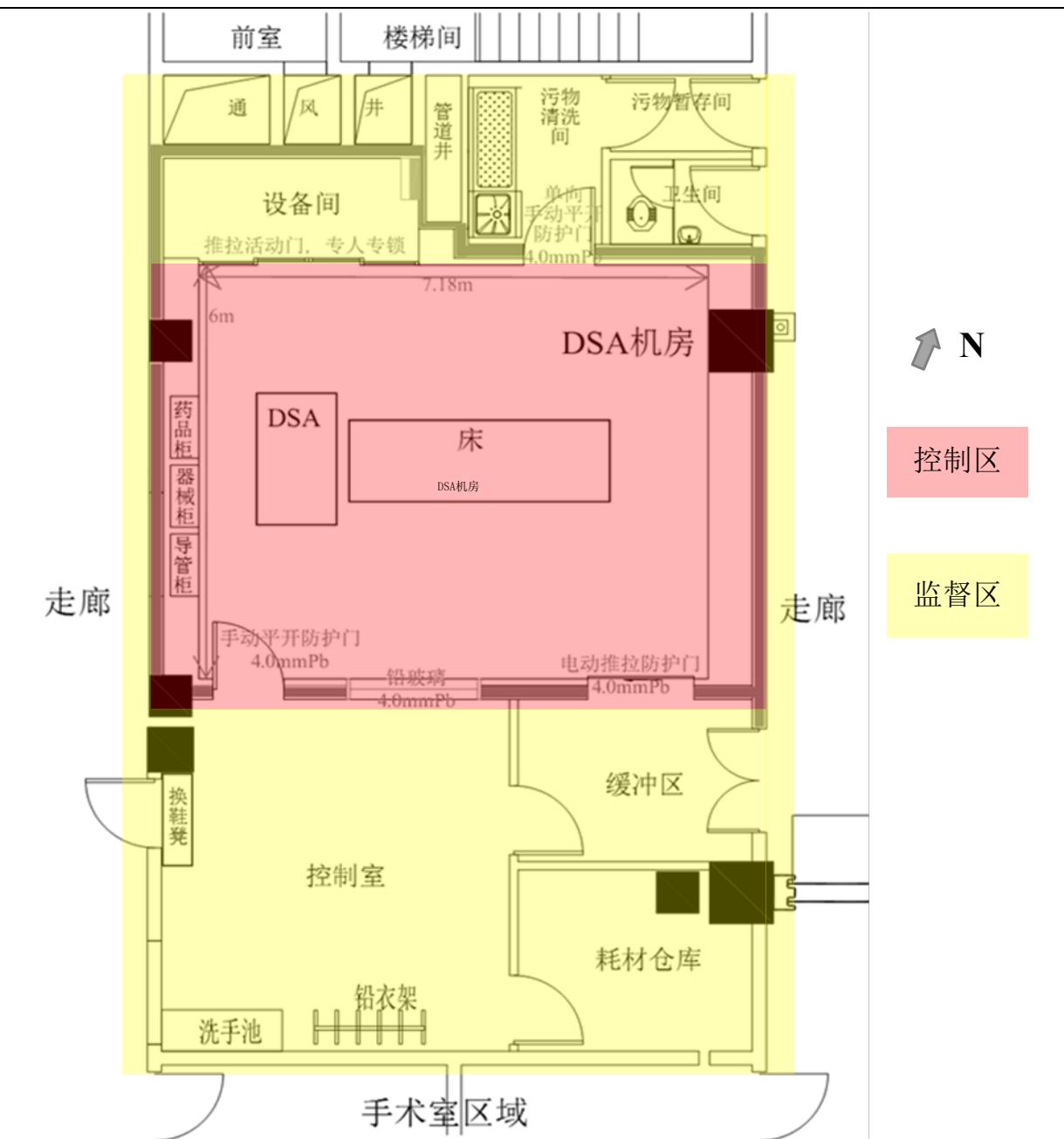


图 10.1 项目 DSA 机房控制区与监督区划分图

10.1.4 辐射防护屏蔽设计

项目 DSA 机房拟采取的屏蔽设计参数见表 10.2。根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 进行防护换算。

①对给定的铅厚度, 依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按式 (C.1) 计算屏蔽透射因子 B:

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

式中:

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子;

β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X——铅厚度。

②依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值和 C.1.2 a) 中的 B 值, 使用式 (C.2) 计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(1 + \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad (C.2)$$

式中:

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度;

α ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

γ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子;

β ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数。

表 10.2 不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压 kV	铅			混凝土			砖		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
125 (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.0287	0.067	1.346

根据上述公式、参数计算, 125kV 下, 20cm 轻质加气砖相当于 1.8mmPb, 11cm 混凝土相当于 1.3mmPb。

表 10.3 DSA 机房屏蔽设计参数

屏蔽体		防护参数	防护换算 mmPb
DSA 机房	北墙	20cm 轻质加气砖+5mmPb 硫酸钡防辐射砂浆	6.8
	西墙	20cm 轻质加气砖+5mmPb 硫酸钡防辐射砂浆	6.8
	南墙	20cm 轻质加气砖+5mmPb 硫酸钡防辐射砂浆	6.8
	东墙	20cm 轻质加气砖+5mmPb 硫酸钡防辐射砂浆	6.8
	顶棚	11cm 混凝土+2mmPb 硫酸钡防辐射砂浆	3.3
	地板	11cm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防辐射砂浆	4.3
	患者通道防护门	4mmPb	4
	医疗通道防护门	4mmPb	4
	污物通道防护门	4mmPb	4
观察窗		4mmPb 当量玻璃	4

10.1.5 辐射安全措施设计

(1) DSA 设备固有的安全性

①项目 DSA 设备购置于正规厂家，装置泄漏辐射满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关技术要求，并且安装可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

②项目 DSA 设备具有安全系统，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示；

③正常情况下，必须按规定程序并经控制台验证确认设置无误时，才能启动照射；

④项目 DSA 设备配备紧急制动按钮（位于控制室操作台）。

(2) 辐射安全装置和保护措施

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、通道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 DSA 介入手术工作人员配备个人防护用品：4 套 0.5mmPb 的铅橡胶围裙，4 套 0.5mmPb 的铅橡胶颈套，4 套 0.5mmPb 的铅橡胶帽子，4 副 0.5mmPb 的铅防护眼镜，4 副 0.025mmPb 的介入防护手套；拟为受检者配备个人防护用品：1 套 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙、1 套 0.5mmPb 的铅橡胶颈套；拟配备辅助防护设施：1 套 2mmPb 的移动铅防护屏风、1 套 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、2 套 0.5mmPb 的床侧防护帘。

⑥监测仪器：医院拟为新增 7 名辐射工作人员配备个人剂量计，其中介入医生配备 2 组个人剂量计（一组佩戴在左胸铅衣内，一组佩戴在颈部铅围脖外面），拟为本项目配备 1 台环境辐射巡测仪、1 台个人剂量报警仪，能够满足监测仪器配备要求。

⑦通风系统：DSA 机房设置 1 套机械通风系统，排风量为 300m³/h，即换风次数为 1.26 次/h (DSA 机房体积约 236.5m³)。

（3）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”，医院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。

（4）水电管道、通风设置

项目 DSA 机房水电管道、通风管道均设置于机房顶部吊顶，穿墙位置均拟采用铅板进行屏蔽防护补偿。

项目 DSA 机房水电管道、风管穿墙示意见图 10.3。

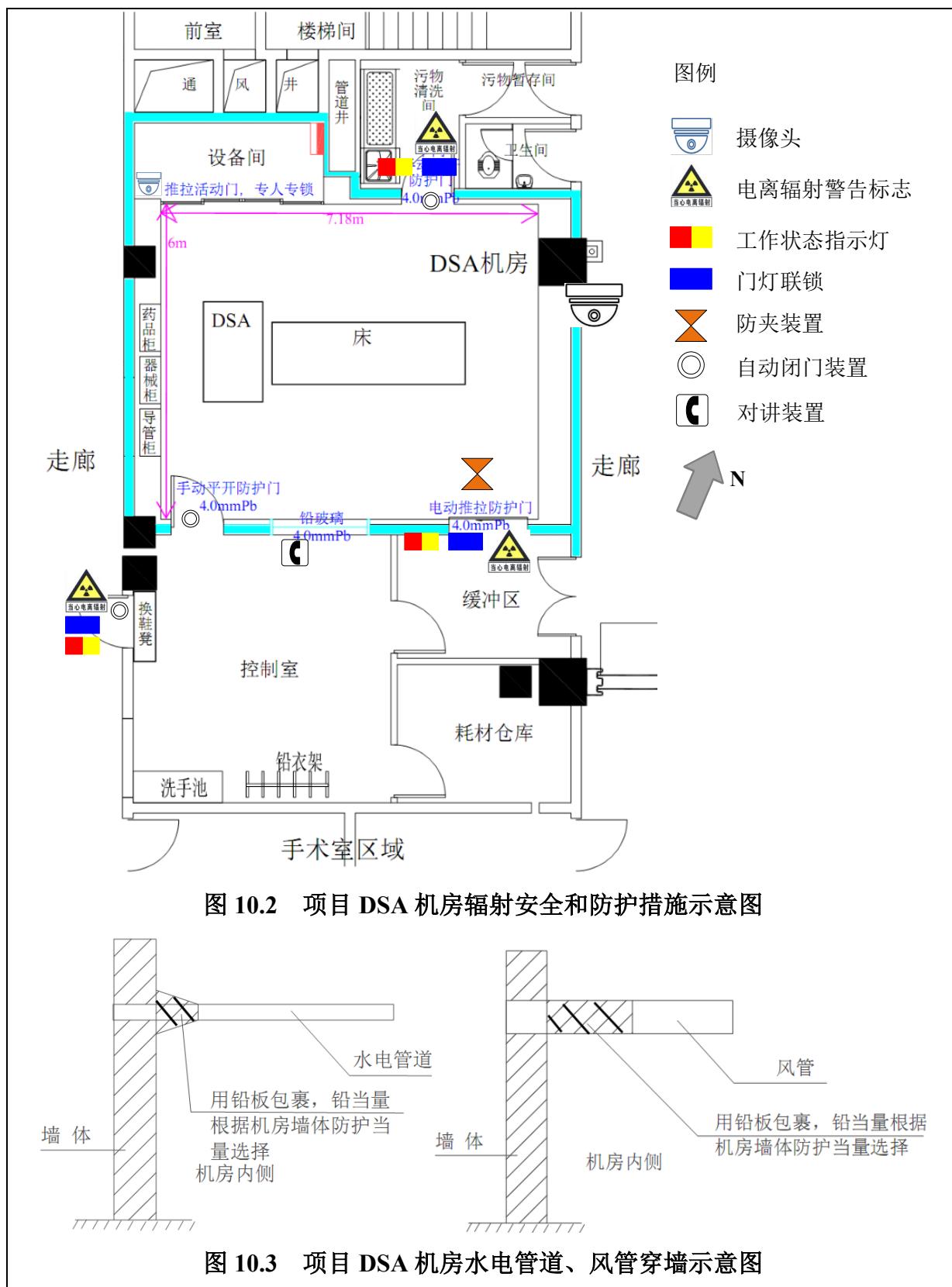
项目 DSA 机房送排风管道示意见图 10.4，排风量为 $300\text{m}^3/\text{h}$ ，即换风次数为 $1.26\text{次}/\text{h}$ （DSA 机房体积约 236.5m^3 ）。

因 X 射线对空气的电离产生的臭氧和氮氧化物，项目 DSA 机房拟采取机械通风系统，送排风口设置于机房顶部吊顶，排风口接至医技楼屋面排风机，产生的臭氧和氮氧化物可通过机械通风系统排出 DSA 机房。

（5）设备间

设备间内拟配置一个视频监控系统，确保设备间内部无死角，且在 DSA 控制室能实时监控。设备间设为常闭上锁门，钥匙安排专职人员保管。有维修检修情况下通知专职人员领用钥匙并建立领用制度并实时记录。维修期间，控制室内须有医院辐射工作人员值守。

维修人员必须持有有效辐射工作人员资格证，并熟悉 DSA 辐射特性及应急预案。维修人员进入设备间操作前需通过设备自检和剂量监测仪（如便携式电离室巡测仪）确认 DSA 机处于停机断电状态，且辐射源已完全关闭或屏蔽。



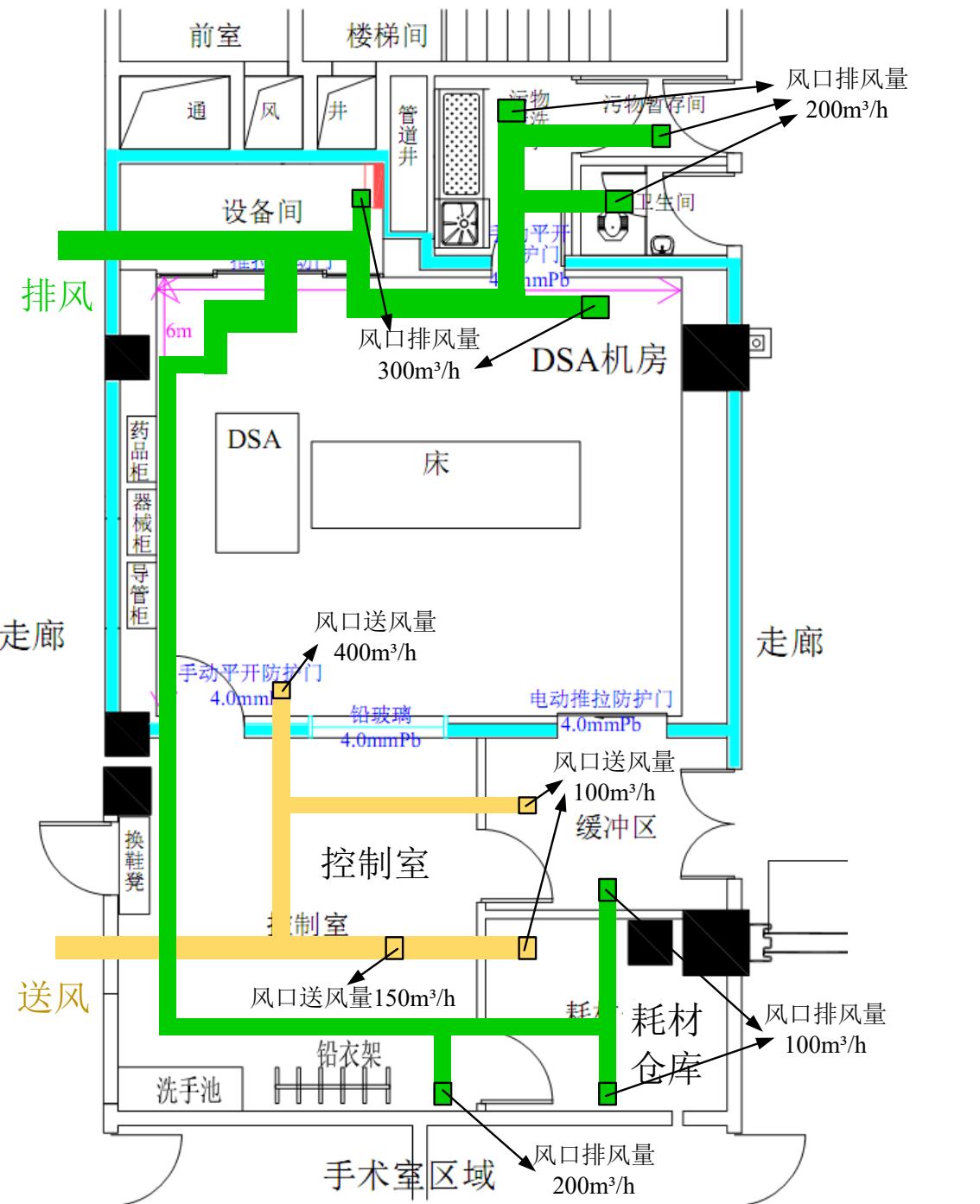


图 10.4 项目 DSA 机房送排风管道示意图

10.1.6 辐射防护措施符合性分析

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》(GBZ130-2020)中要求对照,能够满足要求,具体对照符合性分析情况见表 10.4。

表 10.4 项目辐射防护措施符合性分析表

标准防护要求	项目方案	符合性
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。	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。	符合

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	DSA 机房内不堆放与放射诊断/介入治疗工作无关的杂物。	符合
6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	DSA 机房内拟设置 1 套机械通风系统，并保持良好的通风。	符合
6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	DSA 机房各防护门外表面均拟设置电离辐射警告标志；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；通道入口处拟设置放射防护注意事项告知栏。	符合
6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	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曝光时关闭的管理措施；工作状态指示灯与机房门设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。	符合
6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	DSA 机房电动推拉防护门拟设置防夹装置。	符合
6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	受检者在机房外候诊，不在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中，陪检者不允许留在机房内。	符合

项目 DSA 机工作场所配备的个人防护用品和辅助防护设施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求对照，均能够满足要求，具体对照符合性分析情况见表 10.5。

表 10.5 项目个人防护用品和辅助防护设施符合性分析表

项目	介入手术工作人员		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
GBZ130-2020 要求	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 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	/
项目 DSA 机工作场所配备情况	4 套 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子，4 副 0.5mmPb	1 套 2mmPb 的移动铅防护屏风、1 套 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、2 套	1 套 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙、1 套 0.5mmPb 的铅橡胶颈套	/

	的铅防护眼镜, 4 副 0.025mmPb 的介入防护手套	0.5mmPb 的床侧防护帘		
对比结论	满足基本种类配备要求		/	

10.2 三废的治理

10.2.1 废气

项目 DSA 机运行过程中, 射线与空气相互作用会产生少量的臭氧及氮氧化物。项目 DSA 机房设置 1 套机械通风系统, 产生的微量臭氧和氮氧化物可通过排风系统排入大气环境中, 经扩散、分解、稀释后, 对周边环境基本没有影响。

10.2.2 废气

项目运行期产生生活污水, 经院区污水管道进入院内污水处理站, 经处理满足接管要求后接入市政污水管网。

10.2.3 固体废物

项目运行期产生的固体废物主要为手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物和生活垃圾。院内医疗废物暂存于现有危废仓库, 定期委托有资质单位进行处置, 生活垃圾由当地环卫部门统一清运。

10.2.4 噪声

项目运行期产生的噪声污染源主要为机械通风系统风机运行时产生的噪声, 项目拟优先选用噪声低、振动小的风机设备, 安装风机时拟设置减振基础, 通风管采用软性接头, 排风口处安装消声器。

10.3 项目环保投资

项目环保投资见表 10.5。

表 10.5 项目环保投资 单位: 万元

序号	项目	投资金额
1	辐射安全装置和保护措施 (电离辐射警告标志、工作状态指示灯及对讲装置等)	5
2	辐射防护用品 (铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等)、辐射监测仪器	6
3	机械通风系统	5
4	辐射安全规章制度上墙、环境影响评价、竣工环保验收	12
5	合计	28

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

项目利用现有场所进行建设,无大的结构改动,施工内容主要是对场所进行辐射防护改造装修,不产生辐射影响,产生的环境影响主要为废水、废气、噪声和固废等。

(1) 废水

施工期废水主要为施工废水和生活污水。

项目施工期间产生的少量泥浆废水,采取单独收集经沉淀处理后循环使用措施,不外排,不会对周围环境产生影响。

项目施工人员生活污水主要是依托医院已建卫生间,通过污水管网排入医院现有污水设施处理,处理达标后排入市政污水管网,不会对周围环境产生影响。

(2) 废气

施工期废气主要为施工扬尘,扬尘源属于无组织排放,通过封闭运输、及时清扫、洒水等相关措施,可降低施工扬尘影响,对周围环境影响较小。

(3) 噪声

施工期噪声主要来自场地土建施工、相关设施的安装调试等,通过合理安排施工时间、夜间禁止强噪声作业等相关措施,对周围环境影响较小。

(4) 固体废物

施工期固废主要为建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾应分类存放、加强管理,定点收集并按要求清运。生活垃圾应置于医院内垃圾收集箱,定期由环卫部门统一清运。施工期固废分类处置后,对周围环境影响较小。

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,随着施工期的结束,影响也随即结束。合理安排施工秩序和施工时间,项目对周围环境的影响在可接受的范围内。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 机房屏蔽符合性分析

(1) 评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)表3规定,C型臂X射线设备机房有用线束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均不小于2.0mmPb。

(2) DSA 机房的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性

项目 DSA 最大管电压不超过 125kV, DSA 机房拟采取的屏蔽设计参数见表 11.1。

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)附录 C, 保守估计, 125kV 下, 20cm 轻质加气砖相当于 1.8mmPb, 11cm 混凝土相当于 1.3mmPb。

根据《防护涂料检测报告》(附件 14), 项目拟采用的防护涂料 31mm 厚度相当于 3.5mmPb, 即铅当量率=3.5mmPb/31mm=0.113mmPb/mm。本评价以 0.1mmPb/mm 估计, 5cm 硫酸钡防辐射砂浆相当于 5mmPb、3cm 硫酸钡防辐射砂浆相当于 3mmPb、2cm 硫酸钡防辐射砂浆相当于 2mmPb。

表 11.1 DSA 机房屏蔽设计参数

屏蔽体		防护参数	防护换算 mmPb	标准要求 mmPb	符合性
DSA 机房	北墙	20cm 轻质加气砖+5mmPb 硫酸钡 防辐射砂浆	6.8	2.0	符合
	西墙		6.8		符合
	南墙		6.8		符合
	东墙		6.8		符合
	顶棚	11cm 混凝土+2mmPb 硫酸钡防辐 射砂浆	3.3		符合
	地板	11cm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防辐 射砂浆	4.3		符合
	患者通道防护门	4mmPb	4		符合
	医护通道防护门	4mmPb	4		符合
	污物通道防护门	4mmPb	4		符合
	观察窗	4mmPb 当量玻璃	4		符合

根据表 11.1 可知, 项目 DSA 机房的屏蔽防护措施能够满足《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、非有用线束方向屏蔽防护铅当量厚度不小于 2.0mm 铅当量的要求。

11.2.2 运行阶段辐射影响分析

DSA 机的 C 型臂上, X 射线球管及平板探测器分别在 C 型臂的两端, 球管出束口恒定朝向平板探测器照射, 出束主射线在平板探测器成像范围(照射野范围)内。在对 X 射线探测时, 均要求平板探测器具有对电离辐射的高阻断能力, 要求所有入射发光材料上的 X 射线尽可能多地被吸收, 当 X 射线穿过平板探测器而没被吸收, 就会产生激发, 从而影响成像效果。平板探测器对 DSA 球管主射线的吸收, 使得 DSA 机房的屏蔽估算无需再考虑主射线, 与《辐射防护手册》(第三分册) (P77) “3.3.3.2 医院放射科的建筑结构与辐射防护”章节中“由于透视 X 线机的初级 X 线完全被荧光屏或影

像增强器所捕集,只要对次级 X 线进行屏蔽”的建议是一致的,与 NCRP147 号报告“4.1.6 Primary Barriers”的建议也是一致的。

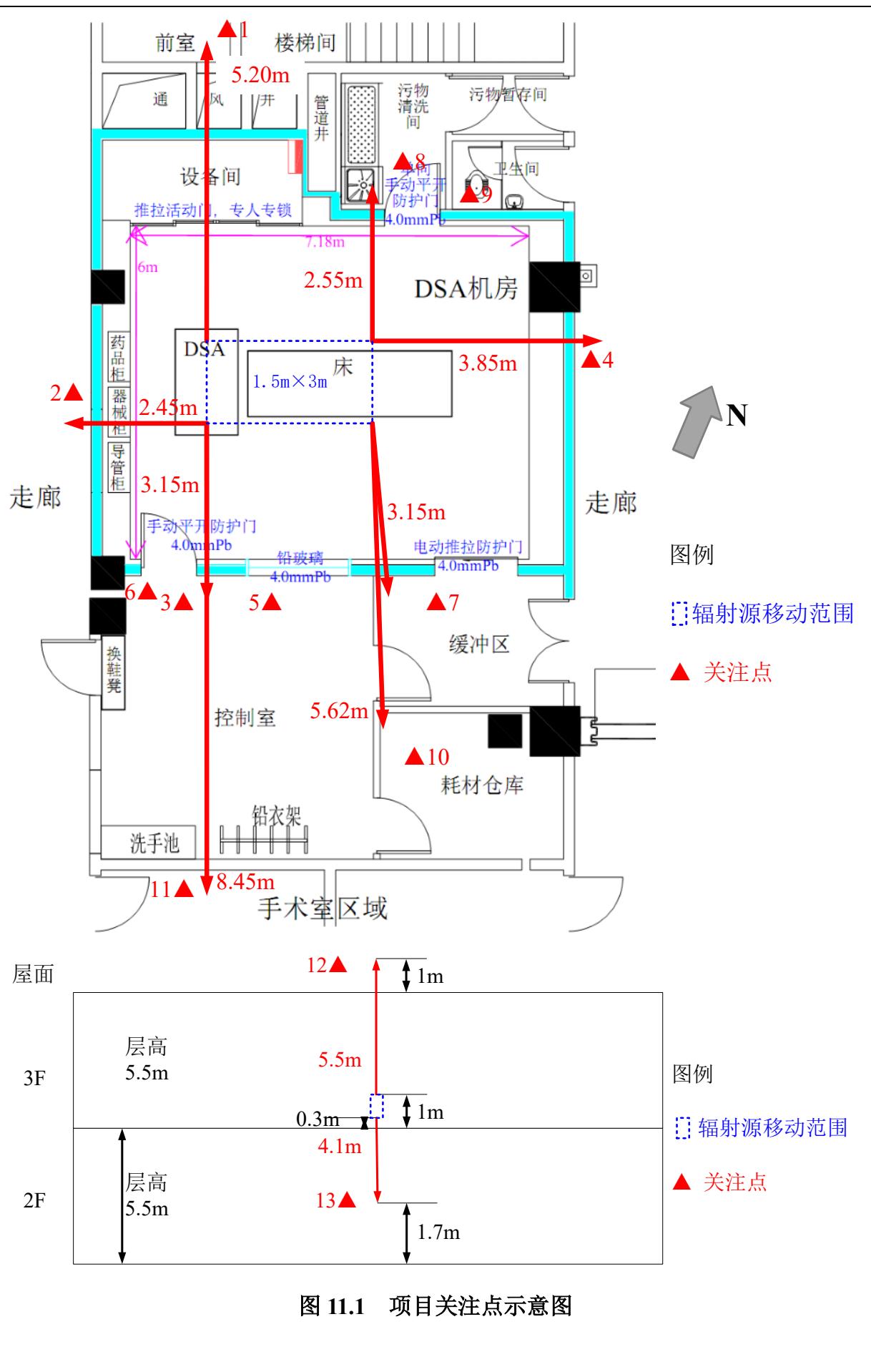
因此,项目 DSA 机房各侧屏蔽体主要考虑泄漏辐射和散射辐射的影响。

项目保守按 DSA 机以最大管电压运行进行理论估算。关注点选取机房各防护门、观察窗、四周屏蔽墙外 30cm 处及顶棚上方距地 1m 处,楼下距地 1.7m 处。根据医院规划,DSA 机正常使用时 X 线球管会在一定范围内移动(南北方向 1.5m、东西方向 3m、上下方向 0.7m),保守取设备靶点至机房外关注点的最近距离见表 11.2、图 11.1。

表 11.2 DSA 机靶点至机房外关注点的距离

关注点		靶点至机房外关注点的最近距离 (m)
1	北墙外 30cm: 前室、楼梯间	5.20
2	西墙外 30cm: 走廊	2.45
3	南墙外 30cm: 控制室	3.15
4	东墙外 30cm: 走廊	3.85
5	观察窗(南侧)外 30cm: 操作位	3.15
6	医护通道防护门(南侧)外 30cm: 控制室	3.15
7	患者通道防护门(南侧)外 30cm: 缓冲区	3.15
8	污物通道防护门(北侧)外 30cm: 污物清洗间	2.55
9	卫生间内(北侧)	2.55
10	耗材仓库内(南侧)	5.62
11	手术室区域(南侧)	8.45
12	DSA 机房上方: 屋面	5.50
13	DSA 机房下方: 2 层卫生间	4.10

注: DSA 机运行时,设备间内无人员,故不设置关注点。



(1) 泄漏辐射预测

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“(77) 用于诊断目的每一个 X 射线管必须封闭在管套内, 以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时, 离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h ” (在距离源 1m 处不超过 100cm^2 的面积上或者在离管或源壳 5cm 处的 10cm^2 面积上进行平均测量), 以及《医用电气设备 第 1 部分: 安全通用要求 三.并列标准 诊断 X 射线设备辐射防护通用要求》(GB9706.12-1997) 中 29.204.3 的相应要求, 取项目 DSA 离焦点 1m 处的泄漏辐射空气比释动能率为 1.0mGy/h 。

①泄漏辐射空气比释动能率计算公式

泄漏辐射剂量率 \dot{H}_L 采用下式计算:

$$\dot{H}_L = \frac{H_l \cdot B}{R^2} \quad (11-1)$$

H_l ——距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率, mGy/h , 项目取 1.0mGy/h 。

R ——靶点至关注点的距离, m ;

B ——屏蔽透射因子, 无量纲, 对照 GBZ 130-2020 中 C.1.2a)计算公式见式 (11-2) 计算。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (11-2)$$

α 、 β 、 γ ——铅对相应管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X ——铅厚度。

根据 GBZ 130-2020 表 C.2 中查取与 125kV 管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数见表 11.3。

表 11.3 125kV 管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	α	β	γ
125kV (主束)	铅	2.219	7.923	0.5386
125kV (散射)	铅	2.233	7.888	0.7295

②泄漏辐射空气比释动能率计算结果

将有关参数代入公式（11-1）、（11-2），计算 DSA 机房四周屏蔽体、顶棚、地板外关注点的泄漏辐射空气比释动能率，计算结果见表 11.4。

表 11.4 DSA 机房外关注点处泄漏辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置		H_l (mGy/h)	铅当量 (mmPb)	R (m)	α	β	γ	B	\dot{H}_L (μ Gy/h)
1	北墙外 30cm: 前室、楼梯间	1	6.8	5.20	2.219	7.923	0.5386	1.67×10^{-8}	6.16×10^{-7}
2	西墙外 30cm: 走廊	1	6.8	2.45				1.67×10^{-8}	2.78×10^{-6}
3	南墙外 30cm: 控制室	1	6.8	3.15				1.67×10^{-8}	1.68×10^{-6}
4	东墙外 30cm: 走廊	1	6.8	3.85				1.67×10^{-8}	1.12×10^{-6}
5	观察窗（南侧）外 30cm: 操作位	1	4	3.15				8.42×10^{-6}	8.48×10^{-4}
6	医护通道防护门（南侧）外 30cm: 控制室	1	4	3.15				8.42×10^{-6}	8.48×10^{-4}
7	患者通道防护门（南侧）外 30cm: 缓冲区	1	4	3.15				8.42×10^{-6}	8.48×10^{-4}
8	污物通道防护门（北侧）外 30cm: 污物清洗间	1	4	2.55				8.42×10^{-6}	1.29×10^{-3}
9	卫生间内（北侧）	1	6.8	2.55				1.67×10^{-8}	2.56×10^{-6}
10	耗材仓库内（南侧）	1	6.8	5.62				1.67×10^{-8}	5.27×10^{-7}
11	手术室区域（南侧）	1	6.8	8.45				1.67×10^{-8}	2.33×10^{-7}
12	DSA 机房上方: 屋面	1	3.3	5.50				4.04×10^{-5}	1.34×10^{-3}
13	DSA 机房下方: 2 层卫生间	1	4.3	4.10				4.31×10^{-6}	2.54×10^{-4}

(2) 散射辐射预测

根据《医用血管造影 X 射线机专用技术条件》（YYT0740-2022）中 5.6.4 的要求透视工况时，管电压和管电流的任意组合下，入射皮肤表面的空气比释动能率应不大于 88mGy/min。6.6.4 的要求透视工况时，设置 SID 至最小将量仪的探测放置在沿 X 中心线在影像接收器表面的 30cm 处用足够厚的铅板遮住影像接收器，自动透视至剂量最大稳定值或手动调整管电压和管电流至最大值进行透视，记录测量值。

根据建设单位提供资料，项目 DSA 机最小焦平距 90cm，即靶点与透视入射空气比释动能率检测点之间的距离为 60cm，根据 YYT0740-2022 中规定，同时根据辐射剂量率与距离平方成反比可估算得出，本项目 DSA 机在透视工况下，离靶 1m 处的空气比释动能率为 $31.68 \text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ 。拍片工况下，管电流约为透视工况的 50 倍，离靶 1 米处的空气比释动能率为 $1584 \text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ 。

① 散射辐射空气比释动能率计算公式

由《辐射防护手册》（第一分册）给出的 X 射线机散射线在关注点的周比释动能计算公式（公式 10.10）进行推导，得到散射线在关注点处的比释动能率 H_s 的计算公式（推导中，将原公式中的使用因子、居留因子均取为 1）：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot I \cdot a \cdot (s/400) \cdot B_s}{d_0^2 \cdot d_s^2} \quad (11-3)$$

H_0 ——距靶点 1m 处的最大剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

I ——管电流， mA ；

项目透视工况下， $H_0 \cdot I$ 取 $31.68 \text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ；拍片工况下， $H_0 \cdot I$ 取 $1584 \text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ 。

a ——人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，查《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 中管电压为 125kV 对应散射角为 90° 的 a 值为 0.0015；

S ——主束在患者体上的散射面积，考虑手术需要的最大照射面积，项目取 100cm^2 ；

d_0 ——源至受照点的距离，本项目取 0.45m；

d_s ——受照体至关注点的距离， m ；

B_s ——屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见式（11-2）。

② 关注点处散射辐射空气比释动能率计算结果

将有关参数代入公式（11-2）、（11-3），计算 DSA 机房四周屏蔽体、顶棚、地板外关注点处的散射辐射空气比释动能率，计算结果见表 11.5。

表 11.5 DSA 机房外关注点处散射辐射空气比释动能率计算结果

关注点位置		操作模式	$H_0 \cdot I$ (mGy·m ² /min)	a	S(cm ²)	Bs	d ₀ (m)	d _s (m)	H _s (μ Gy/h)
1	北墙外 30cm: 前室、楼梯间	透视	31.68	0.0015	100	3.20×10^{-8}	0.45	5.20	4.17×10^{-6}
		拍片	1584						2.09×10^{-4}
2	西墙外 30cm: 走廊	透视	31.68	0.0015	100	3.20×10^{-8}	0.45	2.45	1.88×10^{-5}
		拍片	1584						9.40×10^{-4}
3	南墙外 30cm: 控制室	透视	31.68	0.0015	100	3.20×10^{-8}	0.45	3.15	1.14×10^{-5}
		拍片	1584						5.68×10^{-4}
4	东墙外 30cm: 走廊	透视	31.68	0.0015	100	3.20×10^{-8}	0.45	3.85	7.61×10^{-6}
		拍片	1584						3.81×10^{-4}
5	观察窗 (南侧) 外 30cm: 操作位	透视	31.68	0.0015	100	1.67×10^{-5}	0.45	3.15	5.91×10^{-3}
		拍片	1584						0.30
6	医护通道防护门 (南侧) 外 30cm: 控制室	透视	31.68	0.0015	100	1.67×10^{-5}	0.45	3.15	5.91×10^{-3}
		拍片	1584						0.30
7	患者通道防护门 (南侧) 外 30cm: 缓冲区	透视	31.68	0.0015	100	1.67×10^{-5}	0.45	3.15	5.91×10^{-3}
		拍片	1584						0.30
8	污物通道防护门 (北侧) 外 30cm: 污物清洗间	透视	31.68	0.0015	100	1.67×10^{-5}	0.45	2.55	9.02×10^{-3}
		拍片	1584						0.45
9	卫生间内 (北侧)	透视	31.68	0.0015	100	3.20×10^{-8}	0.45	2.55	1.73×10^{-5}
		拍片	1584						8.67×10^{-4}
10	耗材仓库内 (南侧)	透视	31.68	0.0015	100	3.20×10^{-8}	0.45	5.62	3.57×10^{-6}
		拍片	1584						1.79×10^{-4}
11	手术室区域 (南侧)	透视	31.68	0.0015	100	3.20×10^{-8}	0.45	8.45	1.58×10^{-6}
		拍片	1584						7.90×10^{-5}
12	DSA 机房上方: 屋面	透视	31.68	0.0015	100	7.98×10^{-5}	0.45	5.50	9.29×10^{-3}
		拍片	1584						0.46
13	DSA 机房下方: 2 层卫生间	透视	31.68	0.0015	100	8.52×10^{-6}	0.45	4.10	1.79×10^{-3}
		拍片	1584						8.93×10^{-2}

(3) 泄漏辐射和散射辐射的叠加剂量

根据表 11.4、表 11.5 计算结果, DSA 机房四周屏蔽体外、上方、下方关注点处的泄漏辐射和散射辐射的叠加空气比释动能率详见表 11.6。

表 11.6 DSA 机房外关注点处的泄漏辐射和散射辐射的叠加空气比释动能率计算结果

关注点位置		操作模式	泄漏辐射估算结果 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	散射辐射估算结果 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	叠加辐射估算结果 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
1	北墙外 30cm: 前室、楼梯间	透视	6.16×10^{-7}	4.17×10^{-6}	4.79×10^{-6}
		拍片		2.09×10^{-4}	2.09×10^{-4}
2	西墙外 30cm: 走廊	透视	2.78×10^{-6}	1.88×10^{-5}	2.16×10^{-5}
		拍片		9.40×10^{-4}	9.42×10^{-4}
3	南墙外 30cm: 控制室	透视	1.68×10^{-6}	1.14×10^{-5}	1.30×10^{-5}
		拍片		5.68×10^{-4}	5.70×10^{-4}
4	东墙外 30cm: 走廊	透视	1.12×10^{-6}	7.61×10^{-6}	8.73×10^{-6}
		拍片		3.81×10^{-4}	3.82×10^{-4}
5	观察窗(南侧)外 30cm: 操作位	透视	8.48×10^{-4}	5.91×10^{-3}	6.76×10^{-3}
		拍片		0.30	0.30
6	医护通道防护门(南侧)外 30cm: 控制室	透视	8.48×10^{-4}	5.91×10^{-3}	6.76×10^{-3}
		拍片		0.30	0.30
7	患者通道防护门(南侧)外 30cm: 缓冲区	透视	8.48×10^{-4}	5.91×10^{-3}	6.76×10^{-3}
		拍片		0.30	0.30
8	污物通道防护门(北侧)外 30cm: 污物清洗间	透视	1.29×10^{-3}	9.02×10^{-3}	1.03×10^{-2}
		拍片		0.45	0.45
9	卫生间内(北侧)	透视	2.56×10^{-6}	1.73×10^{-5}	1.99×10^{-5}
		拍片		8.67×10^{-4}	8.70×10^{-4}
10	耗材仓库内(南侧)	透视	5.27×10^{-7}	3.57×10^{-6}	4.10×10^{-6}
		拍片		1.79×10^{-4}	1.79×10^{-4}
11	手术室区域(南侧)	透视	2.33×10^{-7}	1.58×10^{-6}	1.81×10^{-6}
		拍片		7.90×10^{-5}	7.92×10^{-5}
12	DSA 机房上方: 屋面	透视	1.34×10^{-3}	9.29×10^{-3}	1.06×10^{-2}
		拍片		0.46	0.47
13	DSA 机房下方: 2 层卫生间	透视	2.54×10^{-4}	1.79×10^{-3}	2.04×10^{-3}
		拍片		8.93×10^{-2}	8.95×10^{-2}

注: 简化估算 1Gy 近似为 1Sv 。

(4) 小结

由以上估算结果可知, 项目 DSA 机在透视模式下, DSA 机房外辐射剂量率最大为 $0.01\mu\text{Sv}/\text{h}$; 在拍片模式下, DSA 机房外辐射剂量率最大为 $0.47\mu\text{Sv}/\text{h}$; 均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 和本项目辐射剂量率管理限值要

求, 即机房屏蔽体外表面 30cm 处及周围人员可居留处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

11.2.3 类比分析

(1) 类比对象选择

项目采用的类比对象**医院及类比情况见表 11.7。

表 11.7 类比情况一览表

项目	本项目	类比对象	备注
型号	AZURION 7 B20	Azurion 3M15	/
最大管电压 (kV)	125	125	相同
最大管电流 (mA)	1000	1000	相同
四周墙体	20cm 轻质加气砖+5mmPb 硫酸钡防辐射砂浆 (约 6.8mmPb)	24cm 实心砖+2.5mmPb 防护钡砂 (约 4.8mmPb)	本项目略优
防护门	4mmPb	3.5mmPb	本项目略优
观察窗	4mmPb	3.5mmPb	本项目略优
顶棚	11cm 混凝土+2mmPb 硫酸钡防辐射砂浆 (约 3.3mmPb)	10cm 混凝土+3mmPb 防护钡砂 (约 4.2mmPb)	类比项目略优
地板	11cm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防辐射砂浆 (约 4.3mmPb)	15cm 混凝土+2mmPb 防护钡砂 (约 3.9mmPb)	本项目略优
机房面积 (m^2)	43	42.19	本项目略优
机房内最小单边长度 (m)	6	5.661	本项目略优

(2) 类比可行性分析

根据表 11.7 可知:

- ①本项目 DSA 机的最大管电压、最大管电流与类比 DSA 机相同;
- ②本项目 DSA 机房的整体屏蔽防护能力与类比 DSA 机房的屏蔽防护能力相近;
- ③本项目 DSA 机房的最小有效使用面积大于类比机房;
- ④类比 DSA 机的检测结果为射线装置正常运行工况下进行检测, 具有一定的代表性, 本项目 DSA 机正常运行工况与类比 DSA 机相当。

综上所述, 类比条件充分。

(3) 类比结果分析

根据**医院于**年**月委托**对医院 1 台 DSA 机项目编制的建设项目竣工环境保

护验收监测表，其 DSA 机检测结果见表 11.8。

表 11.8 类比项目检测结果

点位	检测位置	检测结果 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		
		透视模式开机	摄影模式开机	关机
1#	操作位处	0.163	0.163	0.141
2#	铅玻璃观察窗外 30cm 处	上侧	0.164	0.163
3#		下侧	0.164	0.163
4#		左侧	0.164	0.164
5#		右侧	0.163	0.163
6#		中侧	0.163	0.161
7#	1号防护门外表面 30cm 处	上侧	0.163	0.164
8#		下侧	0.160	0.163
9#		左侧	0.163	0.164
10#		右侧	0.163	0.163
11#		中侧	0.162	0.164
12#	2号防护门外表面 30cm 处	上侧	0.163	0.164
13#		下侧	0.164	0.162
14#		左侧	0.164	0.163
15#		右侧	0.163	0.163
16#		中侧	0.163	0.165
17#	3号防护门外表面 30cm 处	上侧	0.163	0.164
18#		下侧	0.164	0.163
19#		左侧	0.163	0.163
20#		右侧	0.162	0.164
21#		中侧	0.163	0.163
22#	机房北墙外 30cm 处	0.159	0.163	0.141
23#		0.164	0.163	0.143
24#	机房南墙外 30cm 处	0.163	0.163	0.141
25#		0.163	0.162	0.141
26#	机房西墙外 30cm 处	0.163	0.161	0.142
27#		0.162	0.164	0.143
28#	机房东墙外 30cm 处	0.162	0.163	0.141
29#		0.160	0.163	0.142
30#	机房楼上离地 100cm 处	0.163	0.164	0.141
31#		0.164	0.163	0.141
32#	机房楼下离地 170cm 处	0.163	0.164	0.140
33#		0.165	0.163	0.141

注：

透视模式检测工况：管电压 78kV、管电流 19.8mA。

摄影模式检测工况：管电压 65kV、管电流 369mA。

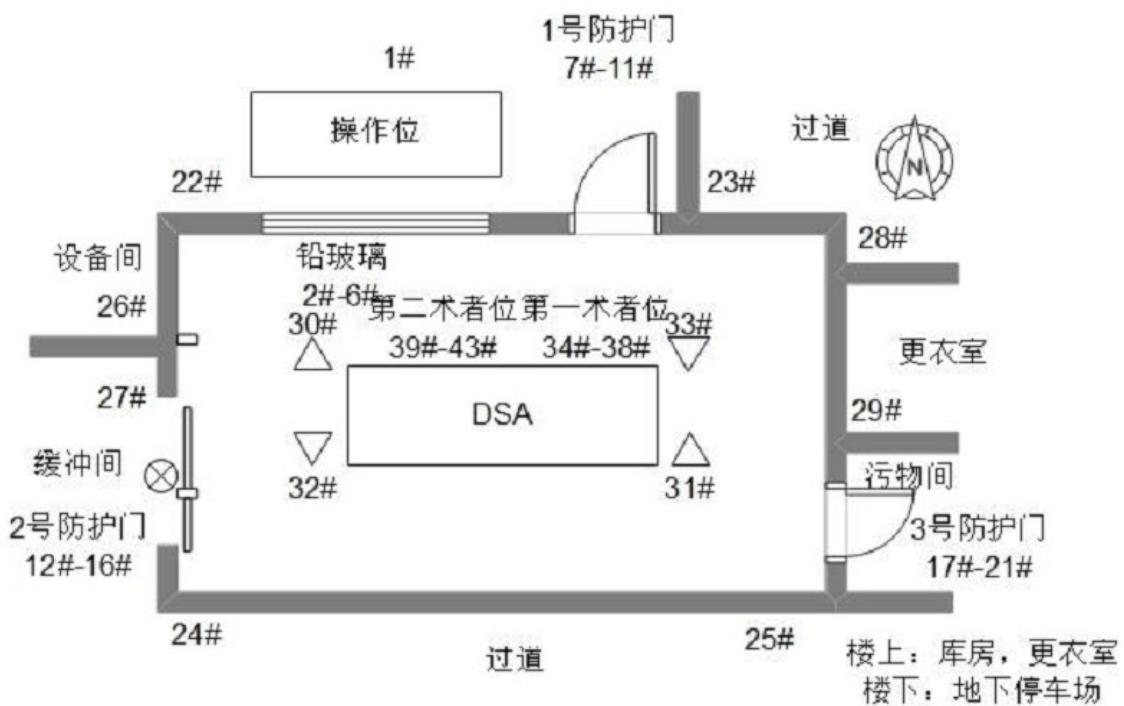


图 11.2 类比项目检测点位示意图

根据表 11.8 检测结果可知, 类比项目 DSA 机正常工作时, 透视模式机房周围的 X- γ 辐射剂量当量率为 $(0.159\sim0.165) \mu\text{Sv}/\text{h}$ 、摄影模式机房周围的 X- γ 辐射剂量当量率为 $(0.161\sim0.165) \mu\text{Sv}/\text{h}$, 能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ1302020) 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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”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》(GBZ130-2020) 中的要求。

11.2.4 辐射工作人员和公众年有效剂量分析

(1) 工作时间

建设单位拟为本项目配置配备 7 名辐射工作人员 (3 名医师、2 名技师和 2 名护士), 为新增人员, 要求 7 名人员均需取得辐射安全与防护培训合格证书 (医用 X 射线诊断与介入放射学), 7 名人员均不从事操作医院其他核与辐射类设备。本项目辐射工作人员每天工作 8 小时, 每年工作 250 天。本项目年手术量不超过 800 台, 单名介入手术工作人员年手术量不超过 400 台。

表 11.9 DSA 机工作时间

设备名称	位置	数量(台)	年最大手术量(台)	单台手术平均透视曝光时间(min)	单台手术平均拍片曝光时间(min)	年总透视曝光时间(h)	年总拍片曝光时间(h)
DSA机	医技楼3层DSA机房	1	800	15	3	200	40
			单名介入手术工作人员年最大手术量(台)	单台手术平均透视曝光时间(min)			单名介入手术工作人员年透视受照时间(h)
			400	15			100

(2) 居留因子

居留因子参考《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)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、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 与屏蔽室相邻的患者检查室
			1/5: 走廊、工作人员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗机房房门外30cm处、相邻的(共用屏蔽墙)放射诊疗机房 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、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

(3) 辐射工作人员年有效剂量

①项目 DSA 机介入手术工作人员

项目 DSA 机介入手术工作人员主要考虑在机房内进行介入手术时的受照剂量, 其年有效剂量可根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)中公式进行估算, 估算方法如下:

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (11-4)$$

E——有效剂量中的外照射分量, 单位为 mSv;

α ——系数, 有甲状腺屏蔽时, 取 0.79;

H_u ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 HP (10), 单位为 mSv;

β ——系数, 有甲状腺屏蔽时, 取 0.051;

H_o ——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 HP (10), 单位为

mSv。

$$H_u = \dot{H}_u \cdot T \cdot \eta \quad (11-5)$$

\dot{H}_u ——铅围裙外腰部附近的辐射水平, 本项目保守取 $400\mu\text{Sv}/\text{h}$ (参考《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020) 附录 B)

T——每名介入手术工作人员年透视受照时间, 根据医院提供资料, 项目运行后, 预计单名介入手术工作人员每年最多安排 400 台手术, 平均每台手术透视时间约为 15min, 则单名介入手术工作人员年透视受照时间最多约为 100h;

η ——透射比, 即屏蔽透射因子 B, 根据公式 (11-2) 计算得出, 根据 GBZ130-2020, 对于铅围裙的铅当量取 0.5mmPb , 可估算得出 η 为 0.048。

$$H_o = \dot{H}_o \cdot T \quad (11-6)$$

T——每名介入手术工作人员年透视受照时间, 根据医院提供资料, 项目运行后, 预计单名介入手术工作人员每年最多安排 400 台手术, 平均每台手术透视时间约为 15min, 则单名介入手术工作人员年透视受照时间最多约为 100h;

\dot{H}_o ——铅围裙外锁骨对应的衣领附近的辐射水平, 取值同 \dot{H}_u 。

将相关参数分别代入公式 (11-5)、(11-6) 可得, $H_u=1.92\text{mSv}$ 、 $H_o=40\text{mSv}$, 再代入公式 (11-4) 可得, 本项目 DSA 机介入手术工作人员年有效剂量 $E=3.56\text{mSv}$ 。

②项目 DSA 机所致控制室内辐射工作人员

机房外人员年有效剂量可通过下式进行估算:

$$E = \dot{H} \cdot U \cdot T \cdot t \quad (11-7)$$

E——人员年有效剂量, $\mu\text{Sv}/\text{a}$;

\dot{H} ——参考点处剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

U——使用因子;

T——人员在相应关注点驻留的居留因子;

t——照射时间, 单位为 h/a 。

DSA 机控制室内辐射工作人员居留因子取 1(全居留)、使用因子取 1, 根据表 11.6 理论估算结果和公式 (11-7), 可估算得出 DSA 机控制室内辐射工作人员的年有效剂量, 见表 11.11。

根据理论估算结果可知, 本项目介入工作人员年有效剂量最大为 3.56mSv , 控制室内工作人员年有效剂量最大为 0.01mSv , 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。

表 11.11 控制室内辐射工作人员的年有效剂量估算一览表

居留场所	操作模式	t(h)	居留因子	辐射剂量率 (μ Sv/h)	年有效剂量 (mSv/a)	
DSA 机控制室 内辐射工作人员	透视	100	1	0.01	0.001	0.01
	拍片	20	1	0.47	0.009	

注: 辐射剂量率保守取控制室内关注点的理论估算最大值。

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。

(4) 公众

缓冲间、手术室区域、办公区、病房公众居留因子取1(全居留),走廊公众居留因子取1/5(部分居留),卫生间、屋面公众居留因子取1/20(偶然居留),前室、楼梯间、电梯、医院道路公众居留因子取1/40(偶然居留)。

居留场所辐射剂量率保守取机房相应侧屏蔽体外30cm处理论估算最大值,将相关参数代入公式(11-7),可估算出项目DSA机房周围公众的年有效剂量,计算结果见表11.12。

根据计算结果可知,本项目DSA机房周围公众年有效剂量最大为0.01mSv,能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求:公众年有效剂量不超过0.1mSv。

表 11.12 DSA 机房周围公众的年有效剂量计算结果

方位	居留场所	居留因子	操作模式	t (h)	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年有效剂量 (mSv/a)
北侧	卫生间	1/20	透视	200	1.99×10^{-5}	1.99×10^{-7}
			拍片	40	8.70×10^{-4}	1.74×10^{-6}
	前室、楼梯间	1/40	透视	200	4.79×10^{-6}	2.40×10^{-8}
			拍片	40	2.09×10^{-4}	2.09×10^{-7}
	病房楼采血室、血库、办公区	1	透视	200	4.79×10^{-6}	9.58×10^{-7}
			拍片	40	2.09×10^{-4}	8.36×10^{-6}
	医院道路	1/40	透视	200	4.79×10^{-6}	2.40×10^{-8}
			拍片	40	2.09×10^{-4}	2.09×10^{-7}
南侧	缓冲间	1	透视	200	6.76×10^{-3}	1.35×10^{-3}
			拍片	40	0.30	0.01
	手术室区域	1	透视	200	1.30×10^{-5}	2.60×10^{-6}
			拍片	40	5.70×10^{-4}	2.28×10^{-5}
西侧	走廊	1/5	透视	200	2.16×10^{-5}	8.64×10^{-7}
			拍片	40	9.42×10^{-4}	7.54×10^{-6}
	医院道路	1/40	透视	200	2.16×10^{-5}	1.08×10^{-7}
			拍片	40	9.42×10^{-4}	9.42×10^{-7}
东侧	走廊	1/5	透视	200	8.73×10^{-6}	3.49×10^{-7}
			拍片	40	3.82×10^{-4}	3.06×10^{-6}
	电梯	1/40	透视	200	8.73×10^{-6}	4.37×10^{-8}
			拍片	40	3.82×10^{-4}	3.82×10^{-7}
	病房楼办公区、病房	1	透视	200	8.73×10^{-6}	1.75×10^{-6}
			拍片	40	3.82×10^{-4}	1.53×10^{-5}
	医院道路	1/40	透视	200	8.73×10^{-6}	4.37×10^{-8}
			拍片	40	3.82×10^{-4}	3.82×10^{-7}
上方	屋面	1/20	透视	200	1.06×10^{-2}	1.06×10^{-4}
			拍片	40	0.47	9.40×10^{-4}
下方	2 层卫生间	1/20	透视	200	2.04×10^{-3}	2.04×10^{-5}
			拍片	40	8.95×10^{-2}	1.79×10^{-4}

11.2.5 三废环境影响分析

(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。项目 DSA 机房设置 1 套机械通风系统，产生的微量臭氧和氮氧化物可通过排风系统排至大气环境，对周边环境基本没有影响。

(2) 废水

项目运行期产生生活污水，经院区污水管道进入院内污水处理站，经处理满足接管要求后接入市政污水管网，对周边环境基本没有影响。

（3）固体废物

项目运行期产生的固体废物主要为手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物和生活垃圾。院内医疗废物暂存于现有危废仓库，定期委托有资质单位进行处置，生活垃圾由当地环卫部门统一清运，对周边环境影响较小。

（4）噪声

项目运行期产生的噪声污染源主要为机械通风系统风机运行时产生的噪声，项目拟优先选用噪声低、振动小的风机设备，安装风机时拟设置减振基础，通风管采用软性接头，排风口处安装消声器，项目经采取一系列减振隔声措施及距离衰减后，对周边环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险危害识别分析

- 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；
- ③操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；
- 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。

11.3.2 辐射事故应急措施

（1）事故报告程序

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》《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》《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》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，同时应尽快将事故情况电话告知当地生态环境部门，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书面报告，如果后续有新情况再写《辐射事故后续报告表》。对造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健部门

报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

(2) 辐射事故应急措施

辐射事故类别及处理措施详见表 11.13。

表 11.13 辐射事故类别及处理措施

可能发生的辐射事故	应急措施
① DSA 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情况下, 人员误入 DSA 机正在运行的机房, 导致发生误照射。	①一旦发现有人员误入或误留机房, 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, 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, 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, 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, 按照国家有关辐射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、具有针对性地对可能发生的辐射事故进行演练。

（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；

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。

11.4 达到报废年限后对环境的影响

DSA 机在达到设备使用年限时，产生的废旧 X 射线阴极管属于危险废物，应当委托有资质的单位处置。拆除 X 射线阴极管的 DSA 机在任何情况下均不会再产生 X 射线，医院可按照一般设备报废的相关规定进行处置。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款的要求,使用II类射线装置的,应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构,或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

泉州市中医院已成立了辐射安全与环境管理机构(见附件3),并明确了相应的职责。辐射安全管理小组以谢文钦(院长)为组长、阮传亮(副院长)为副组长,成员有庄阳辉、李劲亮、吴端柱、何志忠等。具体职责:组织制定并落实辐射安全管理与防护管理相关制度;定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行检测、监测和检查;组织全院辐射工作人员接受专业技术、辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训考核和健康检查;制定辐射事故应急预案并组织演练;记录本院发生的辐射事故并及时上报。

泉州市中医院现有辐射安全与环境管理机构能够满足本项目的管理需要。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射安全管理制度

泉州市中医院已制定相关辐射管理制度(附件5)(包括辐射防护安全管理制度、个人剂量监测与档案管理制度、辐射工作场所监测方案、辐射工作人员培训与档案管理制度、DSA设备设施检修维护制度、DSA安全防护操作规程、介入放射诊疗质量保证大纲、手术室放射防护管理制度、放射设备使用维护管理制度、X射线影像和诊断质量保证管理方案、个人放射防护用品配置使用及维护管理制度)。

泉州市中医院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。在之后的实际工作中,医院还应不断根据法律法规及实际情况对各项管理制度进行补充和完善,使其具有较强的针对性和可操作性。

12.2.2 人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关要求,辐射工作人员必

须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

泉州市中医院拟为本项目配备 7 名辐射工作人员，为新增人员，要求 7 名人员均需取得辐射安全与防护培训合格证书（医用 X 射线诊断与介入放射学），并承诺每 5 年接受再培训。

本项目辐射安全管理人员依托医院现有辐射安全管理人员（1 人），现有辐射安全管理人员均已取得辐射安全与防护培训合格证书，并承诺每 5 年接受再培训。

12.2.3 健康管理

按照国家关于健康管理的规定，泉州市中医院拟为本项目工作人员配备个人剂量计；对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检，合格者才能上岗；同时，拟为辐射工作人员终生保存个人剂量监测档案和职业健康监护档案；在本院从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也将进行健康体检。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测设备

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

医院拟配备 1 台环境辐射巡测仪，用于辐射工作场所及周围人员活动区域的定期自行检测；拟配备 1 台个人剂量报警仪，用于辐射工作过程中瞬时辐射剂量的报警。

本项目辐射工作人员均拟按要求配备个人剂量计，用于辐射工作过程中累积剂量的监测，其中介入医生配备 2 组个人剂量计（一组佩戴在左胸铅衣内，一组佩戴在颈部铅围脖外面），并按每季度 1 次的频率送相关单位进行个人剂量监测，并做好档案管理。

12.3.2 监测方案

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关标准和规范的要求，医院已制定了相应的辐射监测计划，具体包括：

- ①项目竣工后 3 个月内委托有资质的单位对项目周围环境辐射水平进行验收监测；
- ②委托有资质的单位定期对项目周围环境辐射水平进行监测，周期为 1 次/年，并

于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告。

③医院定期（1 次/季度）自行对辐射工作场所周围环境辐射水平进行监测，并做好监测记录；

④所有辐射工作人员均应佩戴个人剂量计，其中介入医生配备 2 组个人剂量计（一组佩戴在左胸铅衣内，一组佩戴在颈部铅围脖外面），并定期（每季度 1 次）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案；

⑤所有辐射工作人员上岗前均应进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，应定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立个人职业健康档案。

医院现有核技术利用项目均已认真落实以上监测方案，现有辐射工作人员均已配备个人剂量计，定期送有资质部门进行个人剂量监测，医院定期组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。医院已于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交了上一年度的评估报告，满足环保相关要求。

项目运行后，也应按照该监测方案进行监测，项目辐射环境监测计划见表 12.1。

表 12.1 项目辐射监测计划一览表

监测对象		监测方案	监测因子	监测频次
DSA 机房	防护情况	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、管线孔外 30cm 处、楼上距地面 100cm 处、楼下距地面 170cm 处。	X- γ 辐射 剂量率	项目建成后，验收监测 1 次
	安全联锁	实测并检查		每年 1 次委托有资质单 位监测
	辐射工作人员	佩戴个人辐射剂量计		每季度 1 次自行监测
			安全	每次使用前
			个人剂量	操作时每季度送检 1 次

12.5 辐射事故应急

为有效防护、及时控制辐射事故所致的伤害，加强射线装置安全监测和控制等管理工作，保障辐射相关工作人员以及射线装置周围人员的健康安全，避免环境辐射污染，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、其它有关法律、法规的规定和职能部门要求，建设单位应建立《辐射事故应急预案》。

医院已按照要求制定《辐射事故应急预案》，并结合项目特点修订并完善辐射事故/事件应急预案。

应急预案主要包括以下内容：

- (1) 应急管理机构及职责；
- (2) 可能发生的辐射事故/事件类型及应急响应程序；
- (3) 辐射事故/事件报告、调查和处理程序；
- (4) 应急联系方式、培训及演练。

医院制定的应急预案有效可行，能够满足现有核技术利用项目和本项目开展时的应急事故处理要求。本项目投入使用时，应将其纳入现有应急预案。在日后核技术利用项目运行管理过程中，医院应根据实际工作情况和管理要求，及时更新和完善应急预案。

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，医院应加强管理，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。

根据现场调查，医院运行至今尚未发生辐射事故，未启动过应急预案。评价要求建设单位应加强应急演练，防止环境风险的发生。一旦发生辐射事故，医院应立即启动应急预案，采取必要的防范措施，同时应尽快将事故情况电话告知当地生态环境部门，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书面报告，如果后续有新情况再写《辐射事故后续报告表》。对造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

12.6 建设项目竣工环境保护验收一览表

建设项目竣工环境保护验收一览表见表 12.2。

表 12.2 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

验收项目	验收内容	验收标准及要求
防护措施	DSA 机房采取实体屏蔽方式，四周墙体采用 20cm 轻质加气砖+5mmPb 硫酸钡防辐射砂浆，顶棚采用 11cm 混凝土+2mmPb 硫酸钡防辐射砂浆，地板采用 11cm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防辐射砂浆，患者通道防护门、医护通道防护门、污物通道防护门均为 4mmPb，	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求

	观察窗为 4mmPb。	
安全措施	①工作状态指示灯, ②防夹和闭门装置, ③电离辐射警告标志, ④观察窗与对讲装置, ⑤个人防护用品。	符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关辐射安全要求
通风措施	机房内设置机械通风系统。	符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关通风要求。
人员配备	所有辐射工作人员均参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核, 考核合格后上岗。	符合《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
	所有辐射工作人员均配备个人剂量计, 其中介入医生配备 2 组个人剂量计 (一组佩戴在左胸铅衣内, 一组佩戴在颈部铅围脖外面), 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。	符合《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
	所有辐射工作人员上岗前均进行职业性健康体检, 开展辐射工作后, 定期开展职业健康体检 (不少于 1 次/2 年), 医院建立职业健康监护档案。	符合《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
监测仪器和防护用品	配备 1 台环境辐射巡测仪。	
	项目 DSA 机工作场所配备 1 台个人剂量报警仪。	
管理措施	项目 DSA 介入手术工作人员配备以下个人防护用品: 4 套 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜和 4 套 0.025mmPb 的介入防护手套, 为受检者配备 1 套 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙、1 套 0.5mmPb 的铅橡胶颈套, 配备以下辅助防护设施: 1 套 2mmPb 的移动铅防护屏风、1 套 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、2 套 0.5mmPb 的床侧防护帘。	符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中监测仪器和防护用品配备的要求
	成立辐射防护安全管理机构。 建立健全相应放射安全防护规章制度, 各项规章制度应张贴上墙, 严格执行。 如有辐射事故的发生, 严格按照《辐射事故应急预案》中规定采取应急措施, 及时向生态环境部门报告, 并向卫健部门上报。	符合《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

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

泉州市中医院位于泉州市笋江路 388 号，拟将医院医技楼 3 层北侧现有手术室空置用房改造为 1 间 DSA 机房及其配套辅助用房，使用 1 台 DSA 机（最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA），用于放射诊断和介入治疗，属于 II 类射线装置。

13.1.2 项目选址及合理性分析

项目位于泉州市中医院医技楼 3 层 DSA 机房，根据相关产权资料，项目用地属于医疗用地。

项目评价范围（DSA 机房屏蔽体外 50m 范围）环境保护目标主要为泉州市中医院内 DSA 辐射工作人员、其他医护人员等工作人员、病患及陪同家属等流动人员，评价范围内现状无居民区、学校等环境敏感点。项目机房在严格采取设计及环评要求防护措施的条件下，对周围环境辐射影响较小。

项目不涉及生态保护红线，不会突破区域环境质量底线、资源利用上线，符合泉州市生态环境分区管控的要求，项目符合“三线一单”要求。

因此，项目用地属于医疗用地，周围无环境制约因素，符合“三线一单”要求，项目选址合理。

13.1.3 辐射安全与防护分析结论

项目 DSA 机房采取实体屏蔽方式，四周墙体采用 20cm 轻质加气砖+5mmPb 硫酸钡防辐射砂浆，顶棚采用 11cm 混凝土+2mmPb 硫酸钡防辐射砂浆，地板采用 11cm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防辐射砂浆，患者通道防护门、医护通道防护门、污物通道防护门均为 4mmPb，观察窗为 4mmPb。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和理论估算可知，本项目 DSA 机房的辐射防护设计能够满足辐射防护要求。

项目 DSA 机房工作场所实行分区管理，严格限制无关人员进入控制区，避免人员误闯入或误照；DSA 机房各防护门外设置电离辐射警告标志，其中患者进出防护门外上方设置“工作状态指示灯”，工作状态指示灯与防护门设置门灯联锁装置；平开防护门设置自动闭门装置，电动推拉门设置防夹装置；设置排风装置；配备个人防护用品等

辐射安全与防护措施。项目设计的辐射安全措施能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等标准的辐射安全要求和开展项目的辐射安全需要。

13.1.4 环境影响分析结论

通过理论计算及类比分析结果分析可知，项目 DSA 机在透视模式下，DSA 机房外辐射剂量率最大为 $0.01\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；在拍片模式下，DSA 机房外辐射剂量率最大为 $0.47\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和本项目辐射剂量率管理限值要求，即机房屏蔽体外表面 30cm 处及周围人员可居留处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

通过理论计算及类比分析结果分析可知，项目 1 台 DSA 机正常运行时，对工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 3.56mSv ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于管理限值 5mSv ；对公众照射的最大年有效剂量值为 0.01mSv ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于管理限值 0.1mSv 。

13.1.5 可行性分析结论

对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，项目属于“鼓励类”中的“十三、医药”“4.……高性能医学影像设备……”，项目建设符合国家现行产业政策。

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，该实践是正当的。项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊疗能力，具有良好的社会效益和经济效益。根据报告分析，项目经辐射防护和安全管理后，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。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，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。

综上所述，泉州市中医院 1 台 DSA 机项目严格按照国家有关辐射防护规定执行，采取切实措施做好辐射防护管理工作，保障人员安全，并落实本报告表提出的辐射防护措施，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护要求。因此，从辐射环境保护角度论证，泉州市中医院 1 台 DSA 机项目可行。

13.2 建议

(1) 新增的辐射工作人员应及时参加国家核技术利用辐射安全与防护培训，经考核合格后方可上岗。医院必须督促未取得辐射安全许可证的辐射工作人员参加辐射安全培训及考核，考核通过后方可上岗；同时要做好已取得合格证书人员的复训工作。医院应按照相关要求给辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，建立个人剂量监测档案；应安排所有辐射工作人员参加职业健康体检，并建立职业健康档案。

(2) 本项目取得环评批复后，医院应及时向生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证；项目建成后，应及时落实竣工环保验收手续。

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