核技术利用建设项目

漳浦县医院新增1台DSA机项目

环境影响报告表

（送审稿）

漳浦县医院（盖章）

二〇二四年十二月

核技术利用建设项目

漳浦县医院新增1台DSA机项目
环境影响报告表

建设单位名称：漳浦县医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：漳州市漳浦县绥安镇中华路2号

邮政编码：363200

联系人：***　　电话：********

目录

表1 项目基本情况 1
表2 放射源 16
表3 非密封放射性物质 16
表4 射线装置 17
表5 废弃物（重点是放射性废弃物） 18
表6 评价依据 19
表7 保护目标与评价标准 21
表8 环境质量和辐射现状 26
表9 项目工程分析与源项 29
表10 辐射安全与防护 33
表11 环境影响分析 39
表12 辐射安全管理 57
表13 结论与建议 63
表14 审批 66
附件1 委托书 ..... **错误！未定义书签。**
附件2 辐射安全许可证 ..... **错误！未定义书签。**
附件3 辐射防护相关制度 ..... **错误！未定义书签。**
附件4 辐射防护管理领导小组 ..... **错误！未定义书签。**
附件5 辐射防护应急预案 ..... **错误！未定义书签。**
附件6 自主培训考核结果 ..... **错误！未定义书签。**
附件7 个人剂量监测报告 ..... **错误！未定义书签。**
附件8 辐射工作人员体检报告 ..... **错误！未定义书签。**
附件9 2023年年度评估报告 ..... **错误！未定义书签。**
附件10 辐射场所监测报告 ..... **错误！未定义书签。**
附件11 监测单位资质 ..... **错误！未定义书签。**
附件12 监测单位监测仪器检定证书 ..... **错误！未定义书签。**
附件13 类比检测报告 ..... **错误！未定义书签。**
附件14：辐射工作人员名单及培训合格证书 ..... **错误！未定义书签。**

表1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="8">漳浦县医院新增1台DSA机项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">漳浦县医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>***</td><td>联系人</td><td>***</td><td>联系电话</td><td colspan="3">******</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="8">漳州市漳浦县绥安镇中华路 2 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8">漳州市漳浦县绥安镇中华路2号
门诊综合楼四楼手术室DSA机房</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>***</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>***</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>8.0%</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☑新建 ☐改建 ☐扩建 ☐其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td>122.7</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅰ类 ☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐Ⅰ类（医疗使用）☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类 ☐Ⅳ类 ☐Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="6">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="6">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="6">☐Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="6">☑Ⅱ类 ☐Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其它</td><td colspan="7">/</td></tr>
</table>

1.1 建设单位情况

漳浦县医院是集”医疗、教学、科研、预防"为一体的三级综合性公立医院，是福建省区域医疗中心建设单位，是福建省公立医院高质量发展省级示范单位，被国家首批纳入“千县工程”县医院综合能力提升工作县医院名单，是漳州市市级文明单位。与福建医科大学附属协和医院共建医联体，与福建省肿瘤医院共建肿瘤专科医联体，与福建省孟超肝胆医院、厦门大学附属心血管病医院建立跨区域专科联盟。医院是省交通事故急救绿色通道定点医疗机构，卫生部国际紧急救援中心网络医院。

医院占地面积120亩，总建筑面积86061平方米，核定床位800张。全院干部职工963人，其中卫生技术人员845人，高级职称人员111名。医院党委下设6个党支部，党员207人。医院年门急诊人次数60万余人次，出院人数3.3万余人次。

医院配备有达到三级医院标准要求的医疗设备，现有万元以上医疗设备共1280台，总价值2.3亿元。先进设备包括医用直线加速器、1.5T核磁共振、64排128层多螺旋CT、数字减影血管造影(DSA)、乳腺钼靶、自体血回输系统等，配备远程手术会诊系统和百级手术空气净化系统。

医院现有临床科室22个、医技科室13个。医院耳鼻喉科被评为福建省省级临床重点专科，妇产科、骨科分别被评为福建省县级医院临床重点专科建设单位和培育单位，心血管内科、泌尿外科、病理科被评为市级临床重点专科，呼吸与危重症医学科被评为国家PCCM科规范化建设三级医院达标单位。已通过国家级胸痛中心和省级卒中中心认证，介入手术量居全市前列。

漳浦县医院位于漳州市漳浦县绥安镇中华路2号，本项目新增1台DSA机位于门诊综合楼四楼手术室DSA机房内。

1.2 建设内容与项目由来

1.2.1 建设内容

根据医院的发展需要，漳浦县医院拟在位于漳州市漳浦县绥安镇中华路2号的门诊综合楼四楼手术室建设一间DSA机房及其配套用房，使用1台DSA机用于医疗诊治。建设内容主要为墙体砌筑、涂抹辐射防护涂料（或设置铅板）、安装铅门和铅玻璃、安装警示灯、设置电离警示标志等辐射防护措施。

本次环评射线装置表详细情况见表1-1。

表 1-1 本次环评射线装置参数表

序号	名称	厂家	型号	类别	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	拟建场所
1	医用血管造影X射线机（DSA）	奥创OM	Allia IGS Ultra	Ⅱ	125	1000	门诊综合楼四楼手术室DSA机房

1.2.2 项目由来

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》和《放射性同位素与射线装置防护条例》等相关法律法规要求，应对该建设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》（公告2017 年第66 号），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1月1日施行），本项目属于“五十五、核与辐射172、核技术利用建设项目使用II类射线装置”，应当编制环境影响报告表。

受漳浦县医院委托（委托书见附件1），福建明达工程技术服务有限公司（以下简称“评价单位”）承担本项目环境影响评价工作，我单位接受委托后，组织了工程技术人员进行现场踏勘与调查，充分收集了项目有关资料，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》（HJ10.1-2016），编制完成了该项目的环境影响报告表。

1.3 项目建设必要性

介入治疗技术是融合了影像诊断和临床治疗等多专业、多层次的综合技术结构体，介入治疗全程在影像设备的引导和监视下进行，能够直接到达病变局部位置，因此具有准确、安全、高效、创伤小、并发症少等优点，现已成为一些疾病的首选治疗方法，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，漳浦县医院拟在门诊综合楼四楼手术室增加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。

1.4 实践正当性

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

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

1.5 项目选址及合理性分析

（1）项目选址

漳浦县医院位于漳浦县绥安镇中华路2号，医院东侧为金鹿路，南侧为中华路，西侧为德仙路，北侧为居民区。

本项目辐射工作场所拟设置门诊综合楼四楼手术室DSA机房。门诊综合楼位于医院中间位置，东侧为院内道路、住院楼A区和停车场，西侧为院内道路、行政楼，南侧为入口广场，北侧为院内道路、儿科楼。DSA机房东侧为前室、操作间及设备间，南侧为五官科通道，西侧从南到北为美容科库房、庭院上空、污物走廊和手术室（OR12 Ⅲ级），

北侧为手术室设备间和无菌库房5，正上方为机房，正下方为检验科。

医院地理位置示意见图1-1，医院平面布置及周围环境示意见图1-2，DSA机房平面布置图见1-3，DSA机房对应的正上方平面布置图见图1-4，DSA机房对应的正下方平面布置图见图1-5，项目周边情况见图1-6。

（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2.5μSv/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DSA机房位于门诊综合楼四楼手术室中间，DSA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，避开了人群聚集点，周围50m评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标，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。

1.6 国家产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》，本项目属于“鼓励类”中“十三、医药”中的“4．高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，**高性能医学影像设备**，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目，因此漳浦县医院DSA机项目建设是符合国家产业政策的。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

医院已取得了辐射安全许可证，证书编号：闽环辐证[00331]（见附件2）；许可种类和范围：使用 II 类、III类射线装置。发证机关：福建省生态环境厅；发证日期：2023 年12 月08 日；有效期至：2026 年08 月26 日。

漳浦县医院现有核技术利用均在医院正常使用，情况见表 1-2。

表1-2 漳浦县医院现有核技术利用项目许可情况

序号	设备名称	型号	数量(台)	场所	类别	环保手续情况
1	数字减影血管造影X线机	INFX-9000C	1	门诊综合楼一楼导管介入室	Ⅱ类	已环评、验收并取得辐射安全许可证。
2	X射线计算机断层扫描系统	Opeima CT660	1	综合大楼一楼放射科	Ⅲ类	已备案登记并取得辐射安全许可证。
3	数字化X射线摄影系统	X1600	1	体检中心六楼	Ⅲ类	
4	数字化医用X射线摄像系统	Q-RAD	1	综合大楼一楼拍片室	Ⅲ类	
5	移动式数字摄像X射线系统	MUX-100DJ	1	综合大楼一楼放射科	Ⅲ类	
6	双能X射线骨密度仪	Horizon-Wi	1	120急诊楼一楼骨密度室	Ⅲ类	
7	数字化医用X射线摄影系统	MTP65-A	1	120急诊楼一楼DR室	Ⅲ类	
8	X射线计算机体层摄影设备	Revolution Maxima	1	120急诊楼一楼CT室	Ⅲ类	
9	口腔X射线机	CS2200	1	门诊综合楼4楼口腔科	Ⅲ类	
10	移动式C型臂X 射线机	Cios Select Sl	2	门诊综合楼4楼手术室	Ⅲ类	
11	数字化移动式摄 影X射线机	DP326B-2	1	门诊综合楼	Ⅲ类	
12	乳腺X线摄影系统	G10TTOI MAGE3D	1	门诊综合楼一楼钼靶	Ⅲ类	
13	数字医用诊断X 线透视摄影	Uni-Vision	1	门诊综合楼一楼胃肠	Ⅲ类	
14	数字化医用X射线摄影系统	uDR588i	1	门诊综合楼一楼DR	Ⅲ类	
15	医用直线加速器	Halcyon	1	门诊综合楼地下一层	Ⅱ类	已环评、验收并取得辐射安全许可证。

1.8 辐射安全管理现状

（1）辐射防护管理机构

为了加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了辐射安全管理领导小组（详见附件4）全面负责医院的放射防护监督和管理工作。依据相关法律法规，医院负责编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，并于每年1月31日前上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。辐射工作人员在专职防护责任人的领导下进行日常放射

工作，严格执行各项放射安全防护制度及安全操作规程，协助工程技术人员进行本科室机器的维修和保养工作，按照环境保护的监测规定，定期进行环保监测，发现问题立即停机并向上级汇报。

（2）规章制度建设及落实情况

漳浦县医院已成立以院长黄志武为组长的辐射安全管理小组，全面负责医院辐射安全及应急管理工作。同时制定了《漳浦县医院辐射事故应急预案》、《漳浦县医院辐射工作人员培训管理制度》、《漳浦县医院X射线装置安全操作规程》、《漳浦县医院辐射工作人员职业健康管理制度》、《漳浦县医院射线装置安全操作规程》、《漳浦县医院辐射防护和安全保卫制度》、《漳浦县医院设备维修维护制度》、《漳浦县医院人员培训计划和监测方案》等相关制度（详见附件3），《辐射安全管理领导小组和辐射事故应急预案》（详见附件5）等，并严格按照规章制度执行。

（3）辐射工作人员培训情况

漳浦县医院现有辐射工作人员56名，所有辐射工作人员均已按照要求于2021年11月、2022年3月、2023年10-11-12月进行了医院自行组织的辐射安全与防护培训并考核合格，并建立了相关档案资料。

医院应按要求每5年组织辐射工作人员进行复训，复训合格后方可继续从事辐射工作。

（4）个人剂量监测及职业健康体检情况

漳浦县医院所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，个人剂量监测委托有资质单位承担，每季度监测一次。由附件7可以看出2023年10月1日至2024年9月30日的个人剂量监测报告检测结果均未见异常。

漳浦县医院目前所有辐射工作人员均按要求进行了个人职业健康体检。

（5）辐射防护用品配备情况

医院已为工作人员和受检者配备了必要的防护用品，包括铅衣26件、铅手套6双、铅围裙16件、铅帽6个、铅眼镜7副、铅围脖18个、铅屏风9个。配备了个人剂量报警仪1台、1台辐射环境监测仪。

（6）工作场所及辐射环境监测情况

漳浦县医院每年委托有资质的监测单位对医院射线装置使用场所周围环境进行年度监测，并对监测报告记录存档。并向上级主管部门提交年度评估报告（见附件9）。

（7）辐射事故应急管理情况

依据《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》等法律法规的要求，漳浦县医院制定了辐射事故应急预案，一旦发生辐射事故应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境管理部门报告。

自取得辐射安全许可证，运行至今未发生过事故。

1.9 评价目的

(1)对医院医用血管造影X射线机（DSA）工作时产生的辐射环境影响进行预测分析，确保该射线装 置使用过程中对周围环境、人员产生辐射影响满足国家标准相关要求。

(2)对射线装置使用过程中对周围环境可能产生的不利影响和存在的问题提出防治措 施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(3)为医院辐射环境保护管理提供科学依据。

图1-1 漳浦县医院地理位置示意图

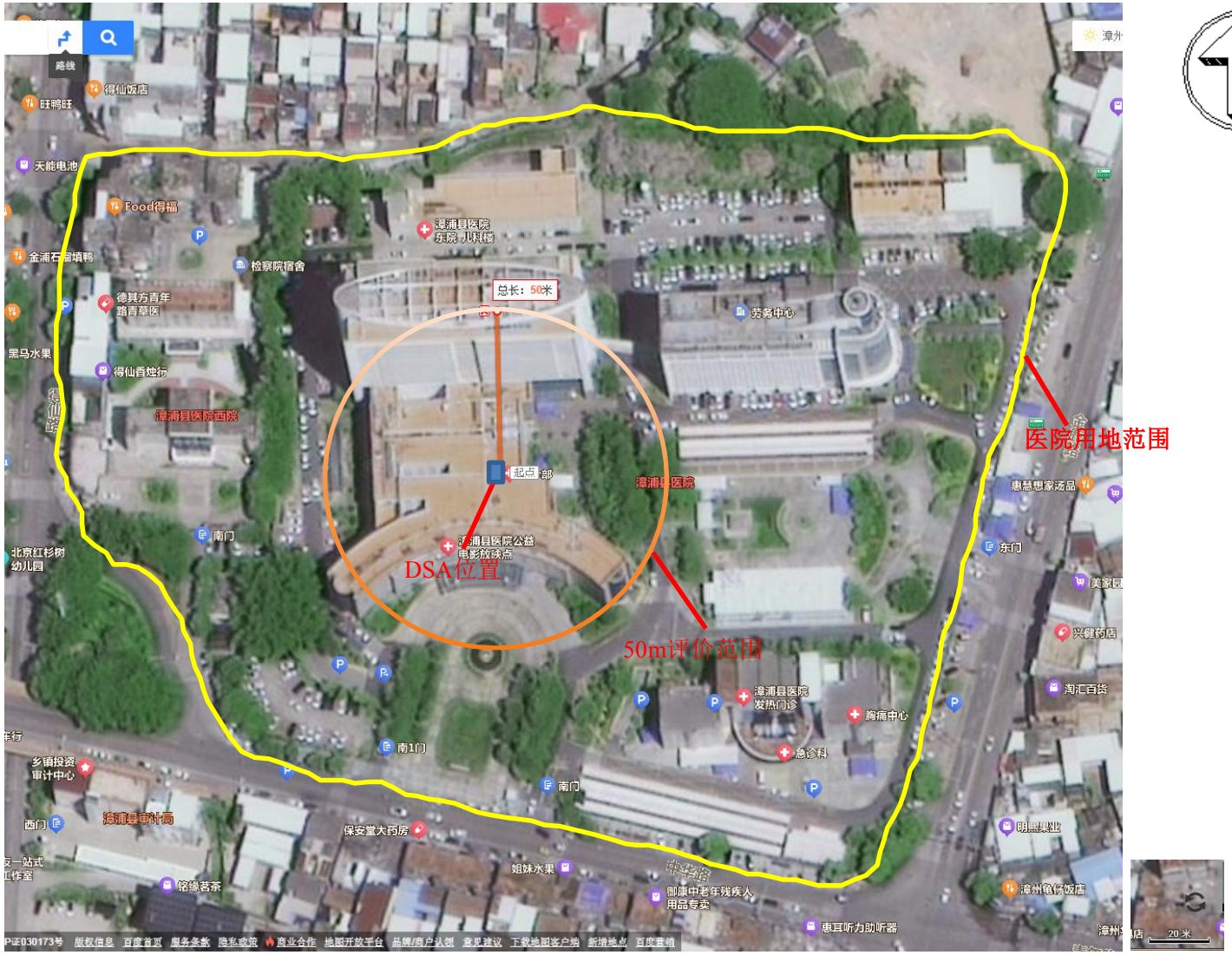


图1-2 漳浦县医院平面布置及周围环境示意图

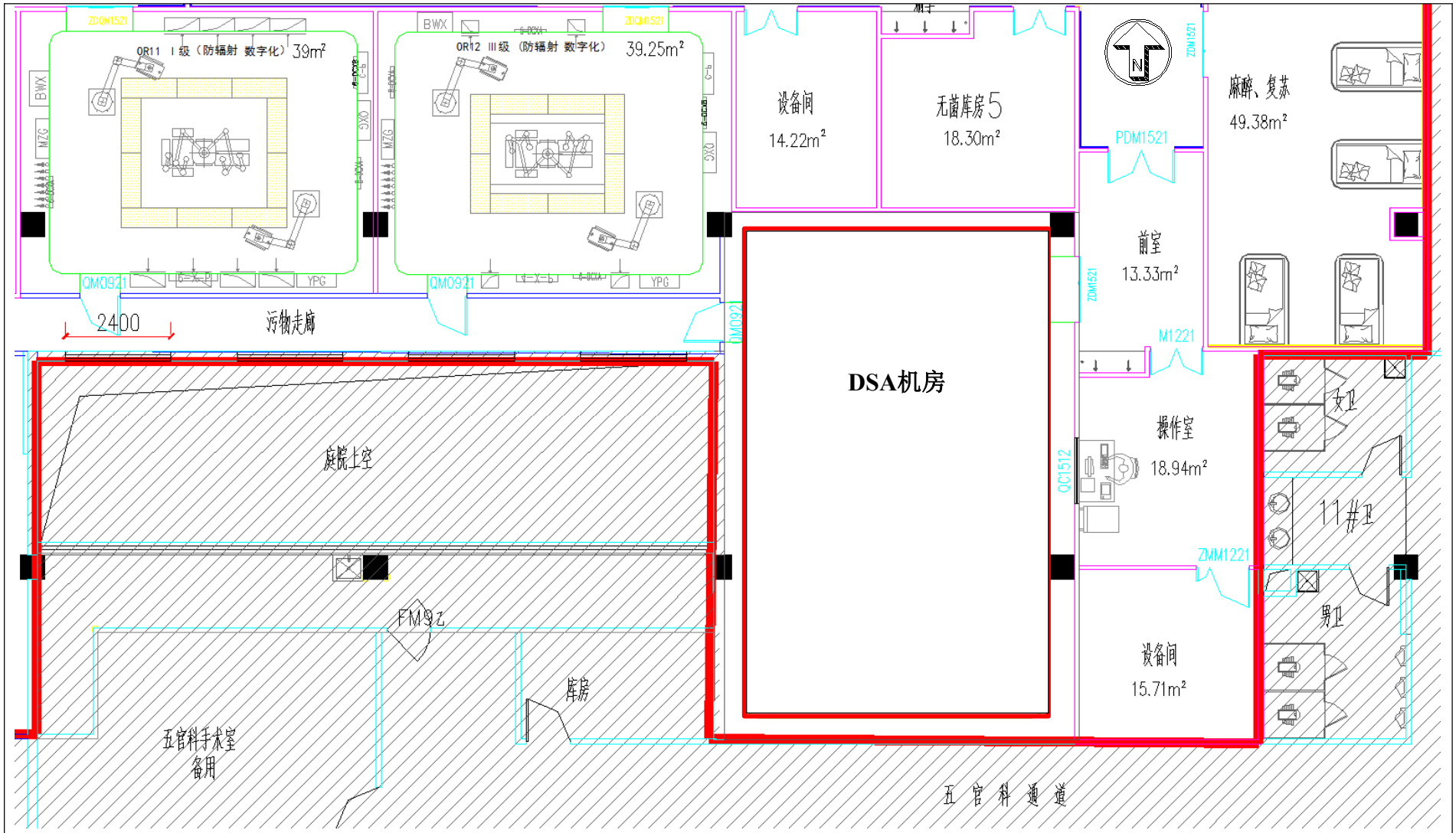


图1-3　DSA机房所在楼层局部　　平面布置图（门诊综合楼四楼手术室）

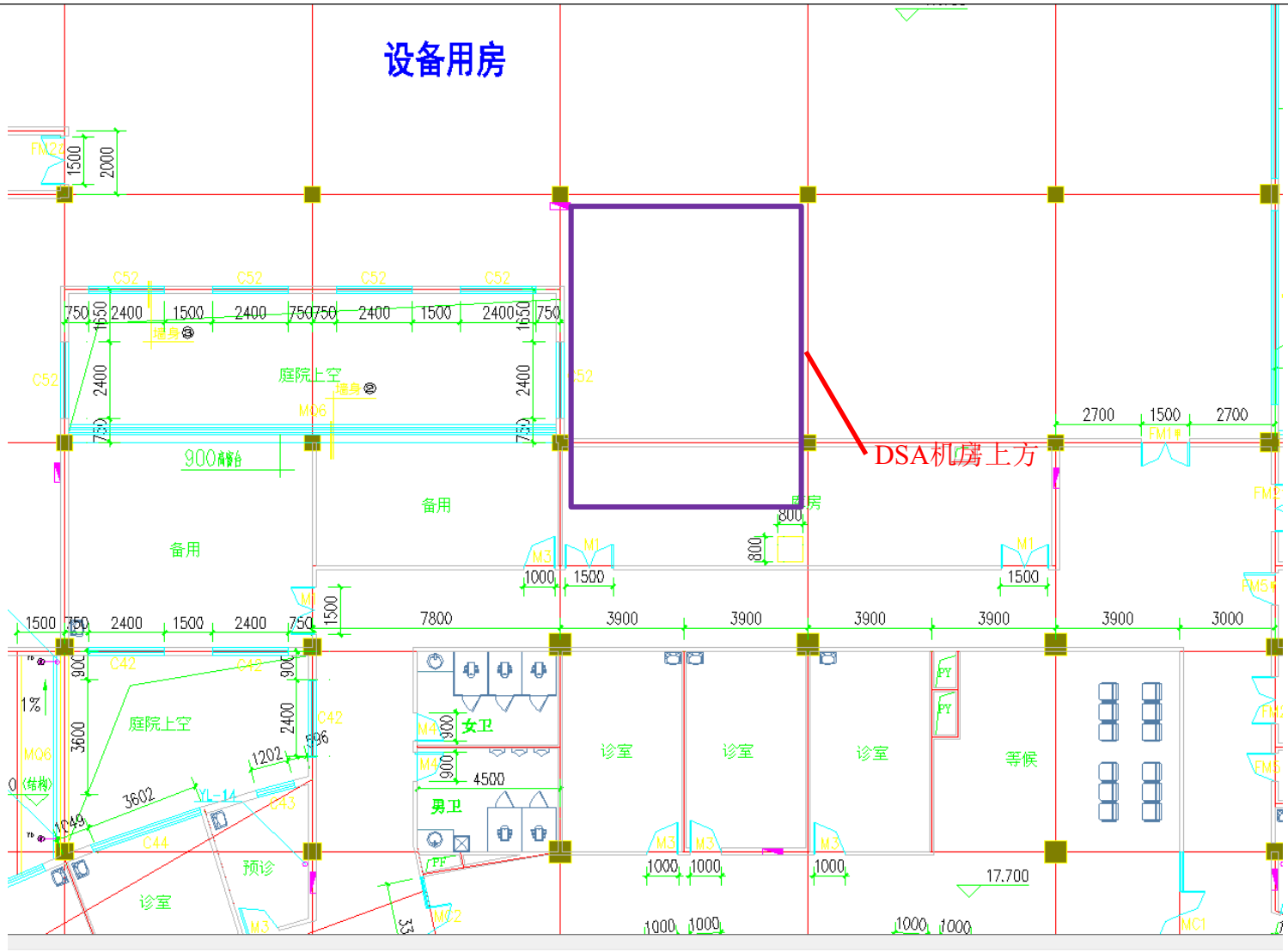


图1-4　DSA机房上方楼层局部平面布置图（门诊综合楼五楼）

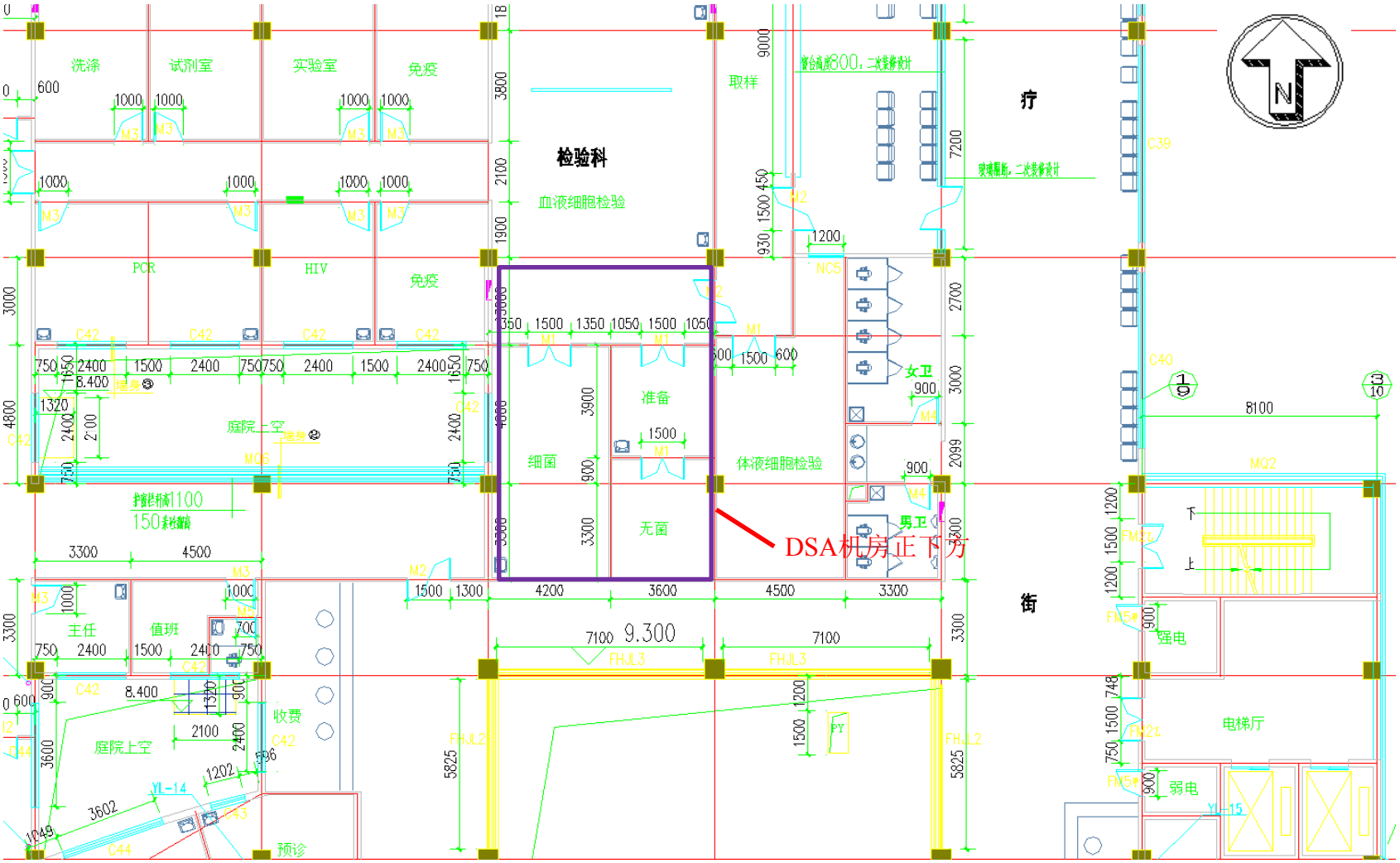
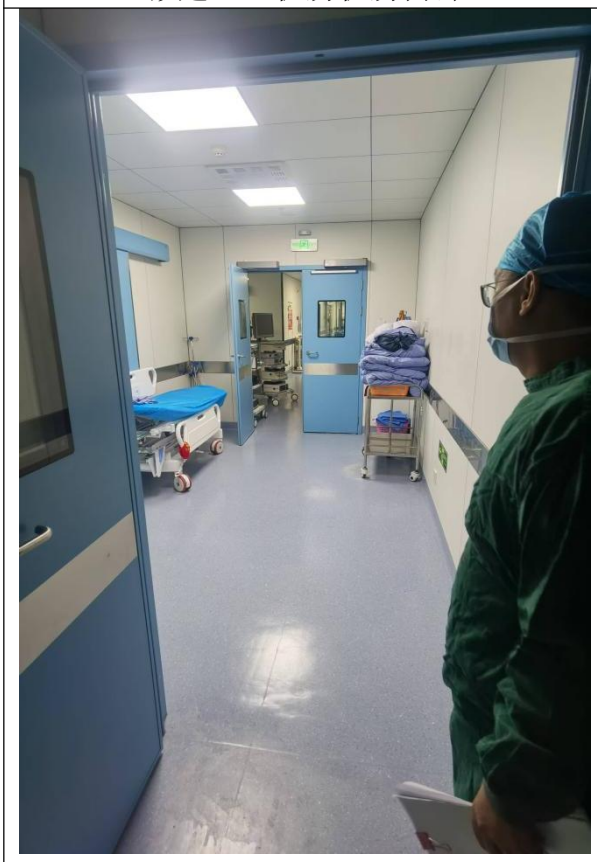
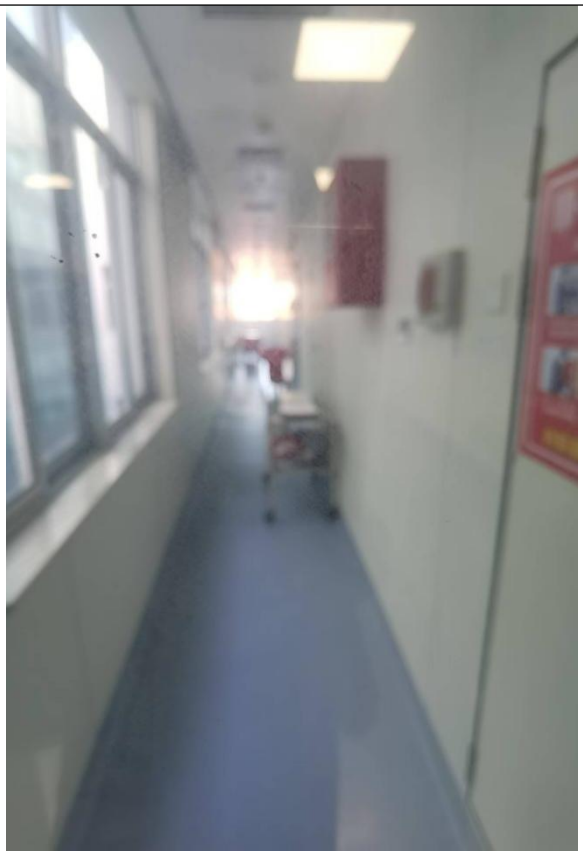
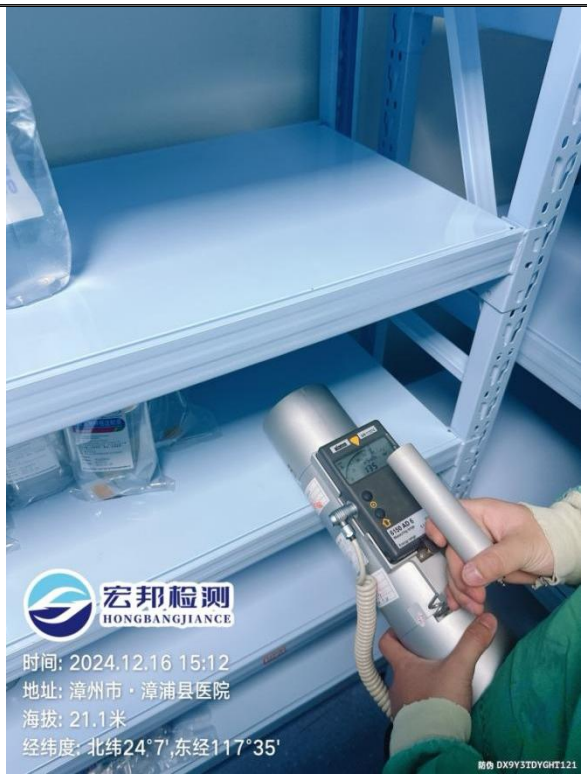


图1-5　DSA机房下方楼层局部平面布置图（门诊综合楼三楼）

<table>
<tr><td>
拟建DSA机房机房内部</td><td>
拟建DSA机房东侧操作间</td></tr>
<tr><td> 
拟建DSA机房东侧前室</td><td> 
拟建DSA机房西侧污物走廊</td></tr>
</table>

<table>
<tr>
<td>

拟建DSA机房南侧五官科过道</td>
<td> 

拟建机房北侧库房</td>
</tr>
<tr>
<td>

拟建DSA机房楼下检验科</td>
<td>

拟建DSA机房正上方机房</td>
</tr>
</table>

拟建 DSA 机房东侧住院楼

拟建 DSA 机房所在门诊综合楼

环评工程师在现场照片

环评工程师在现场照片

图1-6　项目周边环境现状

表2 放射源

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

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

表3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（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	医用血管造影X射线机（DSA）	Ⅱ类	1	Allia IGS Ultra	125	1000	介入治疗	门诊综合楼四楼手术室DSA机房	/

（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（mA）	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
臭氧及氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	通过排风系统排出屋顶，臭氧在20~30分钟左右可自动分解，弥散在大气环境中

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L固体为mg/kg，气态为mg/m^3；年排放总量用kg。

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

表6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015年1月1日起施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29起施行； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施； （4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订版），国务院令第709号，2019年3月18日起施行； （5）《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订），2017年10月1起实施； （6）《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告2017年第66号，2017年12月5日； （7）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行； （8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011年5月1日起施行； （9）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第20号，自2021年1月4日起施行； （10）《放射工作人员职业健康管理办法》，2007年11月1日； （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第29号，自2020年1月1日起施行； （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； （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； （14）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行； （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； （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。

技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （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）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （5）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （7）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （8）《医用血管造影X射线机专用技术条件》（YYT 0740-2009）； （9）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （10）《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）； （11）《建筑施工场界环境噪声综合排放标准》（GB 12523-2011）。
其他	（1）项目委托书（见附件1）； （2）漳浦县医院提供的DSA机房建筑结构设计图、以及与建设项目相关的技术资料； （3）漳浦县医院放射防护相关制度、个人剂量检测报告等相关资料； （4）漳浦县医院辐射安全许可证； （5）《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，2015年）； （6）现状监测报告； （7）其它技术资料。

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》（HJ10.1-2016）的规定，“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（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”。本项目属于Ⅱ类射线装置的项目，具有实体边界，因此，本项目评价范围为DSA机房边界外50m区域，具体见图1-2。

7.2 保护目标

根据现场调查和图1-2可知，本项目DSA机房周围50m均为医院内部区域，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点。环境保护目标主要是DSA辐射工作人员，医院内的其他医护工作人员、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7-1。

表7-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标名称		方位	保护目标位置描述	距机房距离	规模（人数）	保护要求
辐射工作人员		机房内	机房内	距DSA球管不低于0.5m	3人	5mSv/a
		东侧	操作间内	0.3m	2人	
公众	医院内的其他医护人员等工作人员	东侧	设备间	0.3m	约2人	0.1mSv/a
			门诊综合楼	50m范围内	约200人	
		北侧	无菌库房、药品间、手术室	0.3m	约10人	
			门诊综合楼	50m范围内	约200人	
		西侧	污物通道、库房	0.3m	约2人	
			门诊综合楼	50m范围内	约200人	
		南侧	五官科通道	0.3m	约20人	
			门诊综合楼	50m范围内	约200人	
		楼上	机房	0.3m	约2人	
		楼下	检验科	0.3m	约10人	
	患者、陪同家属等流动人员	DSA机房50m评价范围内	医院内	0.3m	流动人员	

7.3 评价标准

7.3.1《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

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

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

本项目辐射环境影响评价标准具体见表7-2。

7-2 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	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）

本标准适用于X射线影像诊断和介入放射学。

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 除床旁减影设备、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（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(m^2)[d]	机房内最小单边长度(m)[e]
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（不含床旁减影设备和便携式 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（表3） 不同类型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	2

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表3(即表7-4)的要求。

6.2.4 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 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表4（即表7-5）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 7-5（表4） 个人防护用品和和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏选配：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：“-”表示不需要求。 注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				

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

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 0.5 mmPb。

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。

6.5.6 对于移动式X射线设备使用频繁的场所（如：重症监护、危重病人救治、骨科复位等场所），应配备足够数量的移动铅防护屏风。

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 2.5μSv/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。

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 7-6。

表 7-6 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 7-7。

表 7-7 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

为掌握项目所在地辐射环境质量现状，本次评价委托福建宏邦检测技术有限公司于2024年12月16日对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 项目地理位置和场所周边环境

本项目位于漳州市漳浦县绥安镇中华路2号，医院东侧为金鹿路，南侧为中华路，西侧为德仙路，北侧为居民区。

本项目辐射患者场所拟设置在门诊综合楼四楼手术室。门诊综合楼位于医院中间位置，东侧为院内道路、住院楼A区和停车场，西侧为院内道路、行政楼，南侧为入口广场，北侧为院内道路、儿科楼。DSA机房东侧为前室、操作间及设备间，南侧为五官科通道，西侧从南到北为美容科库房、庭院上空、污物走廊和手术室（OR12 Ⅲ级），北侧为手术室设备间和无菌库房5，正上方为机房，正下方为检验科。

DSA项目所在地区域见图1-1，DSA项目周边关系图见图1-2，本项目拟建机房位于医院门诊综合楼四楼手术室，拟建DSA平面布置图见图1-3。

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。

(3)监测点位：根据《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)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12个监测点位，监测点位见表8-1和图8-1。

表 8-1 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	检测均值(nSv/h)
1	机房内	***
2	距机房东墙外表面 30cm 处（毗邻：过道）	***
3	距机房东墙外表面 30cm 处（毗邻：控制室）	***
4	距机房东墙外表面 30cm 处（毗邻：机房）	***
5	距机房西墙外表面 30cm 处（毗邻：手术室）	***
6	距机房西墙外表面 30cm 处（毗邻：污物通道）	***
7	距机房西墙外表面 30cm 处（毗邻：库房）	***
8	距机房南墙外表面 30cm 处（毗邻：过道）	***
9	距机房北墙外表面 30cm 处（毗邻:一次性物品间）	***
10	距机房北墙外表面 30cm 处（毗邻：药品间）	***
11	机房楼上距地面 100cm 处（毗邻：机房）	***

12	机房楼下距地面 170cm 处（毗邻：检验科）	***

注：(1)监测时间：2024年12月16日，监测环境条件：15℃/44%RH；

(2)监测方式为巡测，每个测量点测量十次，取平均值；

(3)表中监测数据均已乘以校准因子，校准因子为0.85，且扣除了宇宙射线响应值(28.59Gy/h)；

(4)表中计算结果已乘以建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取0.8，原野道路取1；

(5)根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）第5.5条，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)。

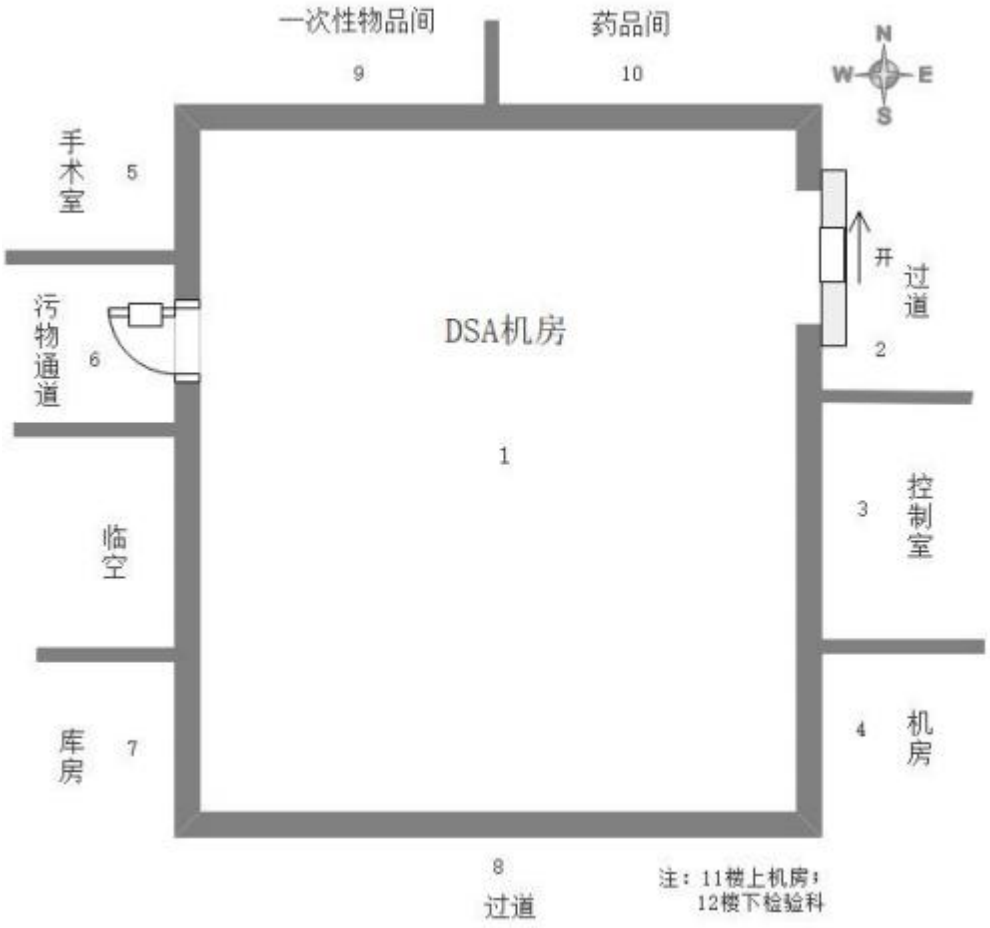


图 8-1　　本项目DSA机房辐射环境检测布点图

(4)检测方法及检测仪器

本次检测仪器参数见表8-2。

表 8-2　　检测使用的仪器

仪器名称	环境级便携式X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6+探头6150 AD-b/H
设备编号	111213+127619
校准因子	0.89
能量响应	20keV-7MeV
测量范围	10nSv/h-100μSv/h
量值溯源方式	检定
检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书编号	2024H21-20-5481710001
检定/校准依据	JJG 393-2018《便携式X、γ辐射周围剂量当量(率)仪和监测仪》
检定有效日期至	2024年9月13日至2025年9月12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：福建宏邦检测技术有限公司，公司已通过资质认定，CMA编号：23131205A029；

(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9月12日通过上海市计量测试技术研究院检定，证书编号：2024H21-20-5481710001，检定有效期一年，监测期间监测仪器处于有效期内；

(4)测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好，并用检验源对仪器进行校验；

(5)监测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，本项目DSA机房及周围环境的γ剂量当量率在73.32nSv/h~120.64nSv/h之间，根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）第5.5条，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)，本底范围值在87.98nGy/h~144.77nGy/h之间，处于福建省辐射环境本底范围值内(注：辐射环境本底范围值0.071~0.399μGy/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 工作原理

医用血管造影X射线机（DSA）采用X射线进行减影的技术设备。该设备中产生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。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。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突然阻挡从而产生X射线。

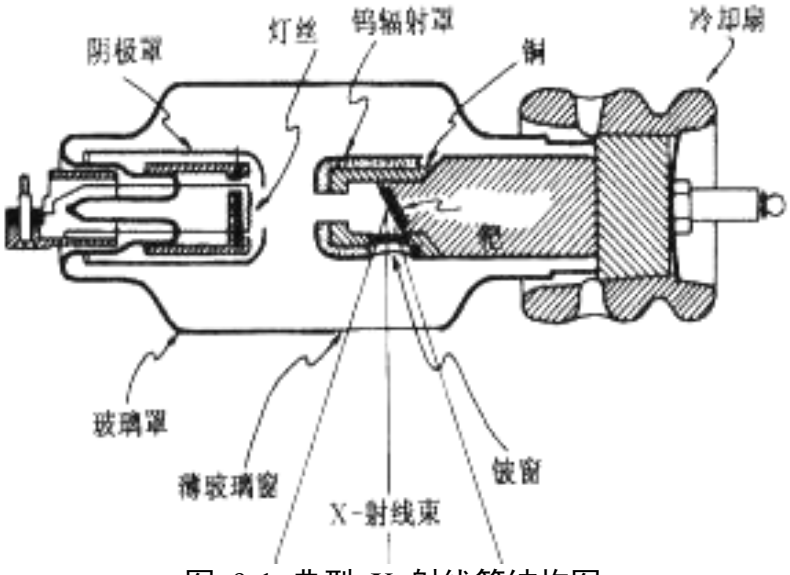


图 9-1 典型 X 射线管结构图

数字减影血管造影仪（DSA）成像的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线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过DSA处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

随着硬件系统的不断完善，影像链处理技术的飞跃，DSA设备已经从影像增强系统

（image intensifier）发展到了数字平板探测器；硬件的进步同样促进了整体机架机械运动性能的提升。术中三维血管造影、三维路图、旋转采集血管机“类CT”或称“CT（Cone-BeamCT）”锥束等三维成像成为可能，各种基于“类CT”的高级功能也纷纷开始萌芽，如出现了导管室内的术中定量分析、功能学成像等高端应用，可帮助医生判断即刻疗效、影响决策；术中实时导航可增加医生对解剖的空间认知；同时，血管造影剂、高压注射器等配套设备的提升也使DSA技术有了明显进步。

类CT功能能进行三维旋转采集及重建，并且利用厂家工作站根据病变特点选择不同的重建方式，进行多种密度组织重建，提供类CT高分辨图像，有利于判断病变解剖部位及结构，从而帮助临床诊断。通过旋转采集原始影像数据传送到影像后处理工作站，经校正后进行断层重建，同时重建出横断面、矢状面、冠状面的断层图像。

9.1.2 设备组成

本项目医用血管造影X射线机（DSA）由产生X射线的X线管，供给X线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制X线的“量”和质及曝光时间的控制装置、探测器、以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置等外围设备组成。设备结构见图9-2。

图 9-2 DSA设备结构图

9.1.3 工作流程

本项目DSA存在隔室操作与同室操作，治疗流程如下：

a.登记：患者须行介入诊疗时，由介入科接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间；

b.正当性判断：判断病人是否必须要接受介入诊疗，对确认需要接受介入诊疗的病人，由介入科主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果等，征得病人或其家属的同意并签署知情同意书、委托书等书面文件；

c. 患者推进手术室。

d. 手术人员在铅衣存放区穿戴好防护用品后经工作人员通道门进入DSA机房，控制室内医学影像医师/技师在操作位就位，准备手术。

e. 摆位准备：手术人员对其进行摆位准备，摆位前认真查对受检者信息、照射条件及摆位要求；

f. 术中实施照射：介入室内手术人员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，此时介入手术医师在 DSA 机房内同室操作，位于铅屏风或铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作；注入造影剂后需再次进行影像采集（摄影），影像采集时介入室内手术人员退至操作室，通过铅玻璃观察窗观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流，摄影或类 CT 扫描完毕后再进入介入室操作；

g. 照射结束：手术医师或助手压迫血，并向病人详细交代注意事项，由护士协助包扎止血，非危重和复杂病人介入诊疗结束后可由介入科医生护送病人回病房。手术医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图象、刻录光盘或照片，护士整理房间并安排下一个病人上检查床。介入工作流程见图9-3。

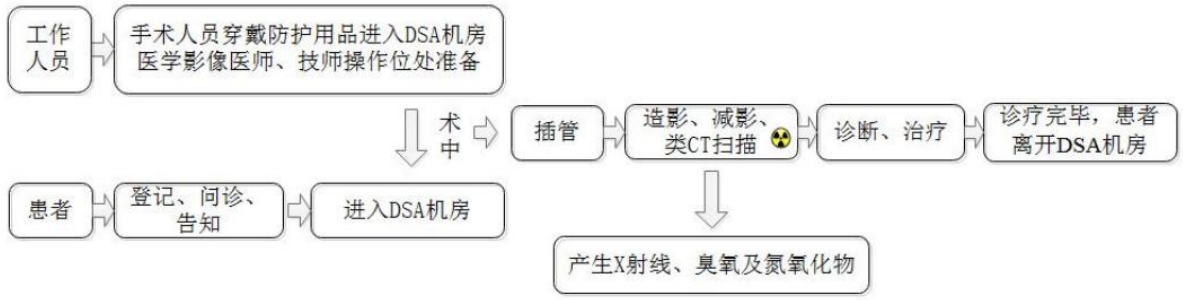


图 9-3 介入工作流程

9.1.4 本项目工况(手术量)

根据院方提供的资料，预计医院DSA每年手术约500台，保守估计，每台手术透视15min，摄影3min。即年透视工作时间125h，摄影时间25h。

本项目拟安排的辐射工作人员6人，其中4名为介入室医生、护士，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

9.2.1 正常工况

（1）电离辐射

X射线装置机开机工作时，通过高压发生器和 X光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的X射线，本项目 DSA产生的最大 X 射线能量均为125kV，不开机状态不产生辐射。

（2）固体废物

在进行介入治疗时会产生一次性不含放射性的医疗用品及器械、废纱布等医疗固体废物，辐射工作人员及就诊患者和家属所产生的生活垃圾。

（3）废气

X射线因与空气发生电离作用产生少量臭氧和氮氧化物。

（4）废水

本项目DSA采用数字成像，无废显、定影液产生，因此主要为辐射工作人员及就诊患者和家属所产生的的生活污水，介入治疗过程中及手术结束后手术器械产生的清洗废水。

9.2.2 事故工况

对于DSA的使用，当关机时不会产生X射线，不存在影响辐射环境质量的事故，只有当设备开机时才会产生X射线等危害因素，最大可能的事故主要有四种：

（1）无关人员误入正在运行的X射线机房，由X射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。

（2）工作人员还未全部撤离机房，外面人员启动设备，造成有关人员被误照。

（3）操作介入手术的医生或护士未按规范穿戴铅围裙、防护手套、防护帽和防护眼镜等防护用具，而受到超剂量外照射。

（4）检修时，误开机时，维修人员受到潜在的照射伤害。

表10 辐射安全与防护

10.1 控制区与监督区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基标准》（GB 18871-2002）中的要求，本项目DSA辐射工作场所实行分区管理，把工作场所分为控制区、监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求专门的防护手段和安全措施的限定区域。将DSA机房内划为控制区，在控制区入口设置电离辐射警告标志、工作指示灯，且工作指示灯和与机房相通的门能有效联动，防止人员误闯入或误照。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下无需采用专门的防护手段或安防措施，但要不断检查其职业照射状况的限定区域。将DSA机房屏蔽体外相邻区域的前室、操作室、东侧设备间、五官科通道、库房、手术室、南侧设备间、无菌库房等划为监督区。

DSA工作场所分区图见图10-1。

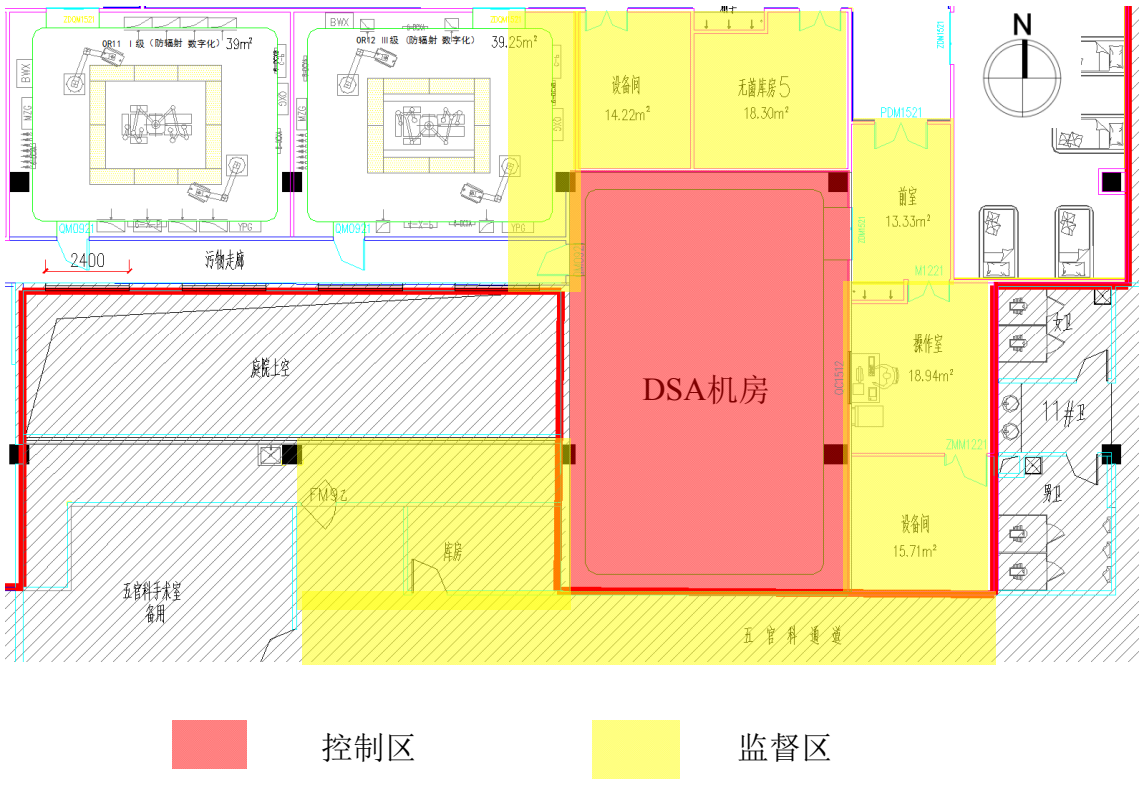


图 10-1 DSA工作场所分区图

10.2 辐射安全与防护

10.2.1 DSA机房防护措施

医院DSA机房操作间侧墙体设有观察窗，以便观察到患者状态。DSA有用线束朝上，有用线束均有避免直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

根据医院提供的资料，拟建DSA机房屏蔽措施见表10-1。

表 10-1 医院拟建DSA机房防护措施一览表

防护项目	屏蔽措施
机房有效使用面积	71.65m^2（10.79m×6.64m）
四周墙体屏蔽厚度	24cm空心砖+4mmPb硫酸钡涂料
防护窗材料及厚度	4mm铅玻璃
医护通道防护门厚度	3mm铅板
污物间防护门厚度	3mm铅板
顶棚厚度	12cm混凝土+2mmPb硫酸钡涂料
地板厚度	12cm混凝土+2mmPb硫酸钡涂料
注：1.混凝土密度2.35g/cm^3，硫酸钡涂料密度3.8g/cm^3，铅密度11.3g/cm^3。以上不同屏蔽物质的铅当量换算见《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C。 2.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。	

10.2.2 其他辐射安全防护设施

为保障本项目装置的安全运行，避免在开机期间人员误留或误入机房内而发生误照射事故，以及对工作人员和病人的辐射防护，本项目机房设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

（1）机房防护门门外设置电离辐射警告标志；患者出入防护门上方拟设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上拟设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；在候诊区等设置放射防护注意事项告知栏。机房拟设置门灯联锁装置，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。推拉式机房门设置曝光时关闭机房门的管理措施，并设置防夹装置；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

（2）设备C型臂机架处及控制台上拟各设置1个急停开关按钮，在出现紧急情况下，按下急停按钮，可以切断设备电源，X射线停止出束。

（3）机房内拟设置对讲装置，方便工作人员与病人交流。

（4）机房设置观察窗，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）医院拟为工作人员及患者配备防护用品，清单如表10-2所示，拟配备的防护用品可以满足工作人员及患者的使用要求。

表 10-2 本项目拟配备个人防护用品情况

机房	GB130-2020要求	拟配备情况	使用人群	评价
DSA机房	铅橡胶围裙	分体式铅橡胶防护衣及铅橡胶围裙4件，0.5mmPb	工作人员	符合
	铅橡胶颈套	铅橡胶颈套4件，0.5mmPb		
	铅防护眼镜	铅防护眼镜2副，0.5mmPb		
	介入防护手套	介入防护手套2副，0.025mmPb		
	铅橡胶帽子（选配）	铅橡胶帽子4件，0.5mmPb		
	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	铅悬挂防护屏1个，0.5mmPb		
	床侧防护帘/床侧防护屏	床侧防护帘1个，0.5mmPb		
	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾	铅橡胶性腺防护方巾1件，0.5mmPb	患者	符合
	铅橡胶颈套	铅橡胶颈套1件，0.5mmPb		
	铅橡胶帽子（选配）	铅橡胶帽子1件，0.5mmPb		

（6）手术时，曝光条件电压、电流、照射野面积以及脉冲透视频率均与手术医生的受照剂量相关。医院引入的DSA及其配套设备符合国家的相关标准，设备使用时应调节到满足低剂量的有效范围内，在提高图像质量的同时也可减小不必要的照射。在满足医疗诊断的条件下，应确保在达到预期诊断目标时，患者和受检者所受到的照射剂量最低。

（7）操作中减少透视时间和减少拍片的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，手术工作人员在操作时应尽量远离检查床。同时，加强辐射工作人员的培训，参与手术的工作人员应该技术熟练，以减少手术工作人员的剂量。

（8）装置在对病人病灶进行照射时，对病人病灶以外的部位用铅橡胶布或其他防护用品进行遮盖，避免病人受到不必要的辐射照射。

（9）本项目拟购置 1 台便携式辐射监测设备，用于医院射线装置的日常自行监测。每年委托有资质单位对射线装置应用场所进行辐射监测，对射线装置安全防护状况进行年度评估，一旦发现安全隐患，应当立即进行整改。

（10）制定辐射事故应急预案等辐射安全管理相关的各项规章制度，发生辐射事故时，立即启动应急预案，采取应急措施，并立即向当地生态环境、公安和卫生健康主管部门报告。

10.2.3 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DSA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，成绩合格后方能上岗；

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

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

④ 医院为所有辐射工作人员和介入医生配备个人剂量计并定期送检，同时建立个人剂量档案；定期安排人员参加职业健康体检，并建立个人职业健康档案。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，减少散射线束；

④充分利用各种防护器材：介入医生在对病人病灶进行照射时，将对病人病灶以外的部位用铅围裙、铅围脖等防护用品进行遮盖，避免病人受到不必要的辐射照射。介入医生穿戴铅衣、铅围领、铅帽、铅眼镜或铅面罩；使用床下铅帘及悬吊铅帘。

10.3 辐射防护措施符合性分析

为分析本项目DSA机房的辐射防护性能，根据医院提供的设计方案，将该机房的主要技术参数列表分析，与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对DSA机房的防护设施的技术要求比照，具体见表10-3。

表 10-3 DSA机房防护情况一览表

《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)要求	本项目设计方案	符合情况
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，DSA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、管线口和工作人员操作位。	符合
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。	DSA机房有效使用面积71.65m^2，长×宽：10.79m×6.64m	符合
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11-1，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
6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：具有透视功能的X射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间	理论计算和类比分析结果表明，医院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。	符合
6.4.1 机房应设有观察窗或摄像装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	机房设置观察窗、实时监控和对讲装置，可以观察到受检者状态及防护门开闭情况；	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。	已制定管理规程，明确要求机房内不得堆放 与该设备诊断工作无关的杂物。	符合
6.4.3 机房应设置动力排风装置，保持良好的通风。	机房内设置动力排风装置，保持良好通风。	符合
6.4.4 机房门外应有电离辐射标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	机房防护门外设置电离辐射标志；机房污物通道防护门上方设置工作指示灯，灯箱上设置可视警示语句“射线有害，灯亮勿入”；候诊区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，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动。	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设置门灯联锁装置，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。	病人通道防护门(电动推拉门)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。	受检者在病人准备区等候区候诊，不在机房内候诊，陪检者不滞留在机房内。	符合
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、床侧防护吊帘等； 受检者个人防护用品：配备铅围裙、铅颈	符合

工作人员辅助防护措施：铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护吊帘/床侧防护屏，选配移动铅防护屏风。 受检者：铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套，选配铅橡胶帽子。	套等。	

10.4 三废的治理

10.4.1 废气治理措施

在DSA开机并曝光时，X射线在穿过空气时会与空气中的氧和氮分子发生作用，产生臭氧和氮氧化物。本项目DSA曝光时间很短，臭氧和氮氧化物的产生量极少，通过DSA机房动力通风系统排至室外，不会对公众及环境造成危害。

10.4.2 固体废弃物治理措施

（1）本项目DSA采用数字成像，因此不产生胶片等固体废物，无需相关治理措施；

（2）介入手术时产生的医用器具及药棉、纱布、手套等医用辅料采用专门的收集容器集中回收后转移至医疗废物暂贮库，依托医院医疗废物管理制度统一处置；

（3）医护人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，经医院垃圾桶收集后定期清运。

10.4.3 废水治理措施

（1）本项目DSA采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施；

（2）医护人员产生的生活污水依托医院现有的污水处理设施处置。

10.5 辐射环境保护投资

本项目总投资***万元，环境保护投资共计***万元，占本项目总投资额的8%。详见表10-4。

表 10-4　本项目环保投资明细一览表

序号	环保措施	投资估算(万元)
1	墙体辐射防护处理	***
2	机房防护门(3mmPb 铅当量)	***
	观察窗(4mmPb 铅当量)	***
3	动力通风系统	***
4	铅围裙、铅颈套、铅帽、铅防护眼镜、介入防护手套、铅衣等	***
5	个人剂量计、辐射剂量率仪等	***
6	辐射安全规章制度上墙、环评和验收费用	***
合计		***

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漳州市漳浦县绥安镇中华路 2 号，拟在门诊综合楼四楼手术室新建一个 DSA 机房，增加 1 台 DSA。需进行加装铅防护门、铅玻璃、涂抹防辐射涂料等辐射防护措施施工，以满足机房屏蔽防护铅当量要求。

本项目仅在门诊综合楼内部进行装修施工，工程量较小，无需大型机械设备进入施工场地，施工内容主要为设备安装、辐射防护措施施工等内容，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，施工期间以墙体建设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门诊综合楼，对医院门诊综合楼周边环境基本不造成影响。

(1)施工扬尘影响分析

本项目在门诊综合楼四楼手术室新建 DSA 机房及配套措施，在建设施工期需进行的粉刷防护涂料、电气安装、铅门安装等作业，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，加快施工进度；选择噪声级尽可能低的施工机械进行施工，达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》(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门诊综合楼楼内设施(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 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，机房采取的屏蔽厚度符合性分析见表 11-1。

表 11-1 DSA机房屏蔽符合性分析

项目		防护材料名称和厚度	屏蔽折合铅当量(mmPb)	标准要求	符合性
DSA机房	四周墙体	24cm空心砖+4mmPb硫酸钡涂料	4.0	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
	顶板	12cm混凝土+2mmPb钡水泥涂料	3.2		符合
	病人、医生及污物间防护门	内衬3mm铅板	3.0		符合
	观察窗	4mmPb铅玻璃	4.0		符合

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)附录 C，保守估计，125kV 下 12cm 混凝土相当于 1.2mmPb。

从机房屏蔽措施符合性分析可知，本项目 DSA 机房的屏蔽防护措施能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)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

DSA 设备在手术中分透视和摄影两种模式。DSA 摄影（拍片）模式是指 DSA的 X

射线系统曝光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式。DSA 透视模式是指在透视条件下，医护人员近台同室进行介入操作。本次评价分别对摄影、透视两种工况下机房周围的辐射水平进行了预测。

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》（NCRP147 号出版物）第 4.1.6 节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此 DSA 屏蔽估算时可不考虑主束照射。因此，本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

根据 DSA 设备的工作原理，设备在正常工况时，本项目 DSA 设备参数无法同时达到最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，正常工况时，不同手术类型和不同患者身体状况都会影响管电压和管电流的参数，实际使用时管电压通常在90kV以下，透视管电流通常为十几毫安，摄影时功率较大，管电流通常为几百毫安。根据目前一些医院的实际值统计，摄影模式下，普遍情况下 DSA 设备的管电压和管电流为 60～100kV/300～500mA；透视模式下管电压和管电流为 60～90kV/5～15mA，本环评拟进行保守估算，采用摄影工况下的设备参数：管电压 125kV，管电流 500mA；透视工况下的设备参数：管电压 125kV，管电流 15mA。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），介入设备等效总滤过不小于2.5mmAl，本项目购置正规生产厂家生产的设备，滤过参数满足标准要求，本次计算总滤过取 2.5mmAl 保守读数，采用摄影工况下的设备参数：管电压 125kV，管电流 500mA；透视工况下的设备参数管电压 125kV，管电流 15mA。根据《辐射防护手册》（第三分册）P58 图 3.1可得到不同总滤过情况下不同电压下距靶 1m 处的空气比释动能取值，见图11-1；

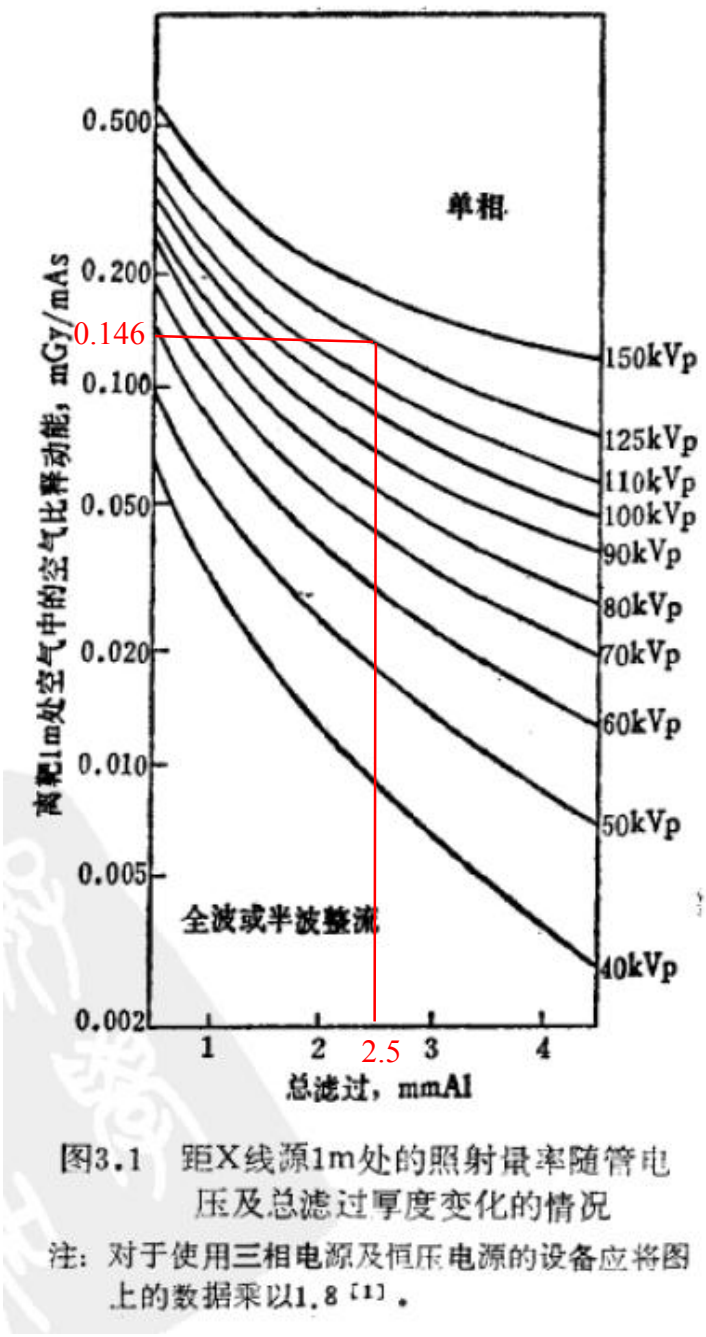


图 11-1 在各种线束过滤和钨反射靶情况下 X 射线源在离靶 1m 处的发射率

根据《辐射防护导论》射线装置距靶 1m 处的空气比释动能率，按公式 11-1 计算：

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \frac{r_0^2}{r^2} \qquad \text{（式 11-1）}$$

式中：

.

K—离靶 r（m）处由 X 射线机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率，

mGy/min；

I—管电流（mA）；

—管电流为 1mA，距靶 1m 处的发射率常数，mGy/(mA·min)；

r_0=1m；

r—源至关注点的距离，m。

根据公式 11-1 计算可得到射线装置距靶 1m处的最大剂量率，见表 11-2。

表 11-2 DSA不同管电压下距靶 1m 处最大剂量率一览表

设备	运行模式	滤过材料及厚度（mm）	离靶 1m 处空气中的空气比释动能（mGy/mA·s）	运行管电压（kV）	运行管电流（mA）	距靶 1m 处的最大剂量率（μGy/h）
DSA	摄影	Al，2.5	0.146	125	500	2.63E+08
	透视	Al，2.5	0.146	125	15	7.88E+06

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DSA机房四面墙壁外表面30cm处(4个点位)、防护门外表面30cm处(2个点位)、观察窗外表面30cm处(1个点位)、操作室操作位(1个点位)、西北侧手术室和西南侧库房(2个点位)以及DSA机房正上方设备用房和正下方检验科(2个点位)，共计12个点位。关注点位置见图11-2~图11-3所示。

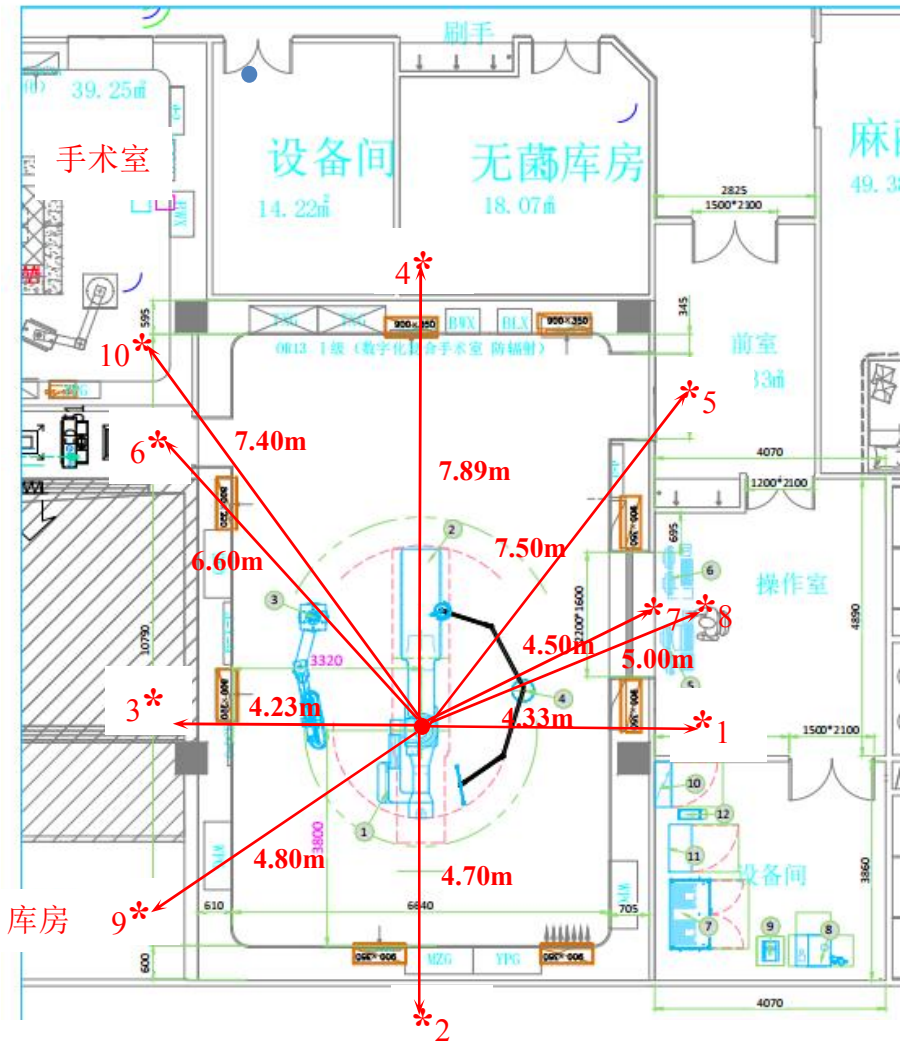


图 11-2　　DSA机房所在楼层关注点位置

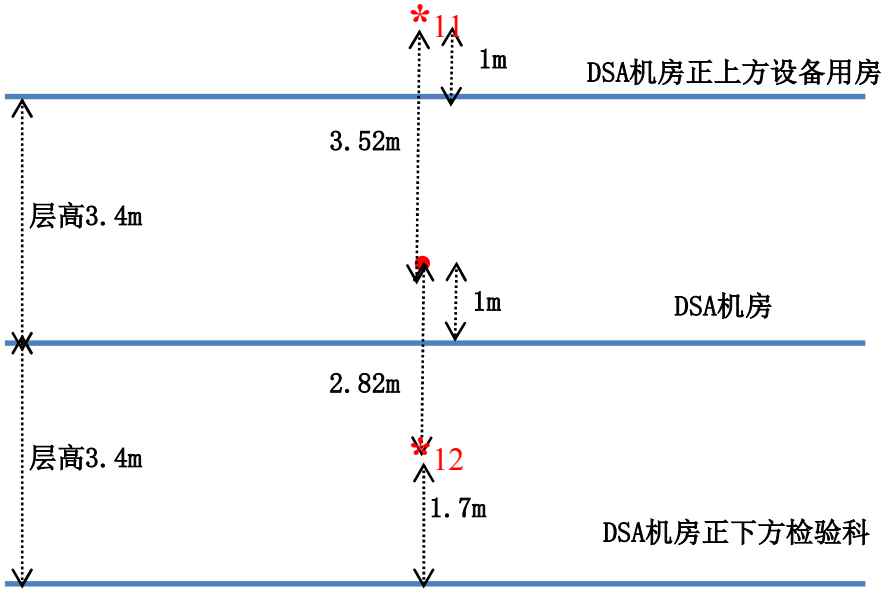


图 11-3　　DSA机房正上方和正下方关注点示意图

(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X射线机周围照射量计算公式(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：

$$\dot{H}_Z = \frac{\dot{H}_0 \bullet B \bullet f}{d^2} \qquad \text{式(11-2)}$$

式中：$\dot{H}_Z$——关注点漏射剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_0$——距出束点1m处的剂量率， 透视工况下为2.4×10^5 μSv/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(11-3)；

$$B = \left| \left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right|^{-\frac{1}{\gamma}} \qquad \text{式(11-3)}$$

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 GBZ130-2020 附录 C 表 C.2 数据获得。

根据上述公式计算在125kV管电压下对应的屏蔽因子见表11-3。

表11-3 125kV管电压下X射线辐射衰减的有关拟合参数和屏蔽因子

管电压	屏蔽材料折合铅当量（mm）	α	β	γ	B
125kV（主束）	3.0	2.219	7.923	0.5386	7.97E-05
	3.2				5.07E-05
	4.0				8.42E-06
125kV（散射）	3.0	2.233	7.888	0.7295	1.56E-04
	3.2				9.99E-05
	4.0				1.67E-05

可计算得各关注点处在透视和摄影状态下泄漏辐射剂量率，计算结果见表 11-4和表11-5。

表 11-4　摄影状态DSA机房周围泄漏辐射剂量率

序号	关注点位置	$\dot{H}_0$（μSv/h）	屏蔽材料折合铅当量（mm）	B	d(m)	$\dot{H}_Z$ 估算结果（μSv/h）
1	东墙外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	4.33	1.18E-01
2	南墙外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	4.70	1.00E-01
3	西墙外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	4.23	1.24E-01
4	北墙外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	7.89	3.56E-02
5	医护通道防护门30cm	2.63E+08	3.0	7.97E-05	7.50	3.73E-01
6	污物通道防护门30cm	2.63E+08	3.0	7.97E-05	6.60	4.81E-01
7	观察窗外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	4.50	1.09E-01
8	控制室操作位	2.63E+08	4.0	8.42E-06	5.00	8.86E-02
9	西北侧手术室	2.63E+08	4.0	8.42E-06	7.40	4.04E-02
10	西南侧库房	2.63E+08	4.0	8.42E-06	4.80	9.61E-02
11	机房楼上设备用房地面1m处	2.63E+08	3.2	5.07E-05	3.52	1.08E+00
12	机房楼下检验科距地面1.7m	2.63E+08	3.2	5.07E-05	2.82	1.68E+00

表 11-5　透视状态DSA机房周围泄漏辐射剂量率

序号	关注点位置	$\dot{H}_0$（μSv/h）	屏蔽材料折合铅当量（mm）	B	d(m)	$\dot{H}_Z$ 估算结果（μSv/h）
1	东墙外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	4.33	3.54E-03
2	南墙外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	4.70	3.00E-03
3	西墙外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	4.23	3.71E-03
4	北墙外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	7.89	1.07E-03
5	医护通道防护门30cm	7.88E+06	3.0	7.97E-05	7.50	1.12E-02

6	污物通道防护门30cm	7.88E+06	3.0	7.97E-05	6.60	1.44E-02
7	观察窗外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	4.50	3.28E-03
8	控制室操作位	7.88E+06	4.0	8.42E-06	5.00	2.65E-03
9	西北侧手术室	7.88E+06	4.0	8.42E-06	7.40	1.21E-03
10	西南侧库房	7.88E+06	4.0	8.42E-06	4.80	2.88E-03
11	机房楼上设备用房地面1m处	7.88E+06	3.2	5.07E-05	3.52	3.22E-02
12	机房楼下检验科距地面1.7m	7.88E+06	3.2	5.07E-05	2.82	5.02E-02

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)中给出的公式计算：

$$\dot{H}_s = \frac{\dot{H}_0 \bullet \alpha \bullet S}{d_0^2 \bullet d_s^2} \bullet B \qquad \text{式(11-4)}$$

式中：$\dot{H}_s$ —— 散射剂量率，μSv/h；

α——受照射物体对入射X 射线的散射比，α=a/400其中a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(125kV ，90°散射角)，故α=3.75×10^{-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。

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 11-6、表11-7和表11-8。

表 11-6 摄影状态DSA机房周围散射辐射剂量率

序号	关注点位置	$\dot{H}_0$（μSv/h）	屏蔽材料折合铅当量（mm）	B	$\frac{\alpha \bullet S}{d_0^2}$	d(m)	$\dot{H}_Z$ 估算结果（μSv/h）
1	东墙外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.33	4.43E-04
2	南墙外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.70	3.76E-04
3	西墙外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.23	4.64E-04
4	北墙外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	3.75E-06	7.89	1.33E-04
5	医护通道防护门30cm	2.63E+08	3.0	7.97E-05	3.75E-06	7.50	1.40E-03
6	污物通道防护门30cm	2.63E+08	3.0	7.97E-05	3.75E-06	6.60	1.80E-03
7	观察窗外30cm	2.63E+08	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.50	4.10E-04
8	控制室操作位	2.63E+08	4.0	8.42E-06	3.75E-06	5.00	3.32E-04
9	西北侧手术室	2.63E+08	4.0	8.42E-06	3.75E-06	7.40	1.52E-04
10	西南侧库房	2.63E+08	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.80	3.60E-04
11	机房楼上设备用房地面1m处	2.63E+08	3.2	5.07E-05	3.75E-06	3.52	4.04E-03
12	机房楼下检验科距地面1.7m	2.63E+08	3.2	5.07E-05	3.75E-06	2.82	6.29E-03

表 11-7 透视状态DSA机房周围散射辐射剂量率

序号	关注点位置	$\dot{H}_0$（μSv/h）	屏蔽材料折合铅当量（mm）	B	$\frac{\alpha \bullet S}{d_0^2}$	d(m)	$\dot{H}_Z$ 估算结果（μSv/h）
1	东墙外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.33	1.33E-05
2	南墙外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.70	1.13E-05
3	西墙外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.23	1.39E-05
4	北墙外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	3.75E-06	7.89	4.00E-06
5	医护通道防护门30cm	7.88E+06	3.0	7.97E-05	3.75E-06	7.50	4.19E-05

6	污物通道防护门30cm	7.88E+06	3.0	7.97E-05	3.75E-06	6.60	5.41E-05
7	观察窗外30cm	7.88E+06	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.50	1.23E-05
8	控制室操作位	7.88E+06	4.0	8.42E-06	3.75E-06	5.00	9.95E-06
9	西北侧手术室	7.88E+06	4.0	8.42E-06	3.75E-06	7.40	4.54E-06
10	西南侧库房	7.88E+06	4.0	8.42E-06	3.75E-06	4.80	1.08E-05
11	机房楼上设备用房地面1m处	7.88E+06	3.2	5.07E-05	3.75E-06	3.52	1.21E-04
12	机房楼下检验科距地面1.7m	7.88E+06	3.2	5.07E-05	3.75E-06	2.82	1.88E-04

表 11-8　　DSA机房周围各预测点总辐射剂量率

序号	关注点位置	摄影状态 $\dot{H}_Z$ 估算结果（μSv/h）	透视状态 $\dot{H}_Z$ 估算结果（μSv/h）	摄影状态 $\dot{H}_s$ 估算结果（μSv/h）	透视状态 $\dot{H}_s$ 估算结果（μSv/h）	摄影状态 *总辐射剂量率*（μSv/h）	透视状态 *总辐射剂量率*（μSv/h）
1	东墙外30cm	1.18E-01	3.54E-03	4.43E-04	1.33E-05	1.19E-01	3.55E-03
2	南墙外30cm	1.00E-01	3.00E-03	3.76E-04	1.13E-05	1.01E-01	3.01E-03
3	西墙外30cm	1.24E-01	3.71E-03	4.64E-04	1.39E-05	1.24E-01	3.72E-03
4	北墙外30cm	3.56E-02	1.07E-03	1.33E-04	4.00E-06	3.57E-02	1.07E-03
5	医护通道防护门30cm	3.73E-01	1.12E-02	1.40E-03	4.19E-05	3.74E-01	1.12E-02
6	污物通道防护门30cm	4.81E-01	1.44E-02	1.80E-03	5.41E-05	4.83E-01	1.45E-02
7	观察窗外30cm	1.09E-01	3.28E-03	4.10E-04	1.23E-05	1.10E-01	3.29E-03
8	控制室操作位	8.86E-02	2.65E-03	3.32E-04	9.95E-06	8.89E-02	2.66E-03
9	机房楼上设备用房地面1m处	4.04E-02	1.21E-03	1.52E-04	4.54E-06	4.06E-02	1.22E-03
10	机房楼下检验科距地面1.7m	9.61E-02	2.88E-03	3.60E-04	1.08E-05	9.65E-02	2.89E-03

(3)小 结

根据表 11-4～表 11-8估算结果可知，本项目DSA在摄影模式下，机房外辐射剂量率最大为4.83E-01 μSv/h；在透视模式下，机房外辐射剂量率最大为1.45E-02μSv/h，均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下

检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

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11-9。

表 11-9 防护情况对比表

类比项	本项目概况	类比项目概况	备注
建设单位	漳浦县医院	德兴市中医院	/
厂家、型号	Allia IGS Ultra	INFX-9000F	/
最大管电压(kV)/最大管电流(mA)	125kV，1000mA	125kV，1000mA	与类比对象一致
屏蔽墙	四周墙体24cm空心砖+4mmPb钡水泥	南墙为24cm实心砖墙，其他三侧均为24cm实心砖墙+1mmPb钡水泥	优于类比对象
防护门	3mmPb铅板	3mmPb铅板	与类比对象一致
观察窗	4mmPb铅玻璃	3mmPb铅玻璃	优于类比对象
顶棚	12cm混凝土+2mmPb钡水泥	10cm混凝土+2mmPb钡水泥	优于类比对象
DSA机房面积	71.65m^2	33.03m^2	优于类比对象

(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，与类比DSA技术参数一致，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本项目机房的有效使用面积与类比对象基本一致；

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，德兴市中医院INFX-9000F 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

德兴市中医院于2018年11月14日委托江西省核工业地质局测试研究中心对医院INFX-9000F 型 DSA 进行了验收监测，验收监测结果见表11-10。

表 11-10　　德兴市中医院 DSA 项目竣工验收监测结果

序号	监测位置		X-γ辐射剂量率（μSv/h）		
			开/关机	范围值	平均值
1	INFX-9000F型DSA（检测条件：管电压75kV，管电流320mA射线束方向朝上；标准水模型号X1-X2、Y1-Y2）	DSA机房观察窗外30cm	关机	0.110～0.112	0.111
			开机	0.110～0.114	0.113*
2		控制室操作位	关机	0.108～0.112	0.110
			开机	0.108～0.111	0.110
3		DSA机房西墙外30cm（设备间）	关机	0.127～0.130	0.128
			开机	0.128～0.130	0.129
4		控制室侧防护门外30cm	关机	0.107～0.110	0.109
			开机	0.107～0.110	0.109
5		DSA机房北墙外30cm（过道）	关机	0.121～0.124	0.122
			开机	0.122～0.126	0.124
6		患者出入防护门外30cm	关机	0.133～0.136	0.134
			开机	0.134～0.137	0.136*
7		DSA机房东墙外30cm（暂存间）	关机	0.137～0.140	0.139
			开机	0.138～0.141	0.140
8		DSA机房楼下妇产科医生办公室	关机	0.118～0.121	0.119
			开机	0.119～0.122	0.120
9		DSA机房楼下抢救室	关机	0.121～0.125	0.123
			开机	0.123～0.126	0.124
10		DSA机房楼上骨伤科办公室	关机	0.118～0.121	0.119
			开机	0.119～0.122	0.120
11		DSA机房楼上抢救室	关机	0.119～0.122	0.120
			开机	0.119～0.122	0.120
12		介入室操作位 本底	关机	0.095～0.099	0.097
		介入室操作位 铅衣内	开机	27～33	30*
13		住院楼南面居民楼北面1m（道路）	关机	0.154～0.159	0.157
			开机	0.156～0.160	0.158
14		住院楼东面居民楼西侧1m（道路）	关机	0.151～0.155	0.153
			开机	0.151～0.155	0.153
15		住院楼东北面居民楼西侧1m（道路）	关机	0.156～0.160	0.158
			开机	0.157～0.161	0.159
16		住院楼北面居民楼南面1m（道路）	关机	0.154～0.158	0.156
			开机	0.155～0.158	0.156

从表11-10类比监测结果表明：德兴市中医院INFX-9000F型DSA设备在关机状态下，机房周围各测点X-γ辐射剂量率为0.097～0.139μSv/h；在开机状态下，机房屏蔽体外30cm处的X-γ辐射剂量率为0.109～0.140μSv/h，可满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)规定的机房周围剂量当量率不大于2.5μSv/h的要求。

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

11.2.3　年附加有效剂量估算

11.2.3.1 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DSA机房内对患者进行手术。曝光时医生和护士穿戴铅衣、铅围裙、铅帽、铅眼镜等防护用品，位于铅吊屏和床侧铅帘后。

为了解DSA机房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11-9。从表中可以看出德兴市中医院DSA最大管电压与本项目相同，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，可以反映出手术室内工作人员受到的辐射情况；为此本评价采用该项目作为医护人员可能受到的辐射情况的类比对象。

表 11-11　　DSA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	漳浦县医院	德兴市中医院	/
DSA最大管电压	125kV	125kV	最大管电压与类比项目一致
DSA最大管电流	1000mA	1000mA	最大管电压与类比项目一致
运行工况	透视工况：管电压在50~100kV之间，管电流在1~500mA 左右	透视工况：管电压75kV，管电流320mA	管电压、管电流位于本项目透视工况工作区间
防护吊屏铅当量(mm)	0.5	0.5	相同

检测单位：江西省核工业地质局测试研究中心。

检测结果：医生操作位30μSv/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4名介入医生、护士，采取轮岗的形式在DSA机房进行检查和手术，保守估计，单名医生、护士年最大手术台数按最高250台估算，每台手术平均透视15min，摄影3min，则DSA机房内工作人员附加年有效剂量估算见表11-12。

表 11-12　　DSA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 μSv/h	曝光时间(h)	居留因子	年受照剂量(mSv/a)
透视	30	62.5	1	1.875
摄影	30	12.5	1	0.375
合计	/	75	/	2.25

从表中可以看出， DSA机房内工作人员年受照剂量为2.25mSv/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)操作室工作人员

本次预测取透视时操作室周围环境最大剂量率0.113μSv/h，作为附加剂量率进行预测。根据医院安排，操作室工作人员2人，单班制，其年辐射量预测结果见表11-13所示。

表 11-13　　操作间工作人员附加年有效剂量估算

工作情况	附加剂量率 μSv/h	曝光时间(h)	居留因子	年受照剂量(mSv/a)
透视	0.113	125	1	1.41×10^{-2}
摄影	0.113	25	1	2.83×10^{-3}
合计	/	150	/	1.69×10^{-2}

从表中可以看出，操作间工作人员年受照剂量为0.0169mSv/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。

11.2.3.2 公众附加年有效剂量

DSA机房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1/2~1/5 ，偶然居留取1/8~1/40。本次预测取透视时周围环境最大剂量率0.136μSv/h及楼上剂量率0.120μSv/h，作为附加剂量率进行预测。预测结果见表 11-14 所示。

表 11-14　　公众辐射剂量估算一览表

人员	位置	居留因子	附加年有效剂量(mSv/a)
医院其他工作人员	污物间、设备间等	1/8	2.55×10^{-3}
	楼上和楼下机房等	1	1.80×10^{-2}
公众人员	DSA机房50m评价范围内	1/8	2.55×10^{-3}

从表中可以看出，项目周围公众年受照剂量为2.55×10^{-3}~1.80×10^{-2}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。

11.2.4 废气影响

DSA 机在工作状态时，会使DSA机房内的空气电离产生少量O_3及NO_x，DSA机房内拟设置吸顶式机械排风系统，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DSA机房的整体屏蔽效果，排风管道外口拟设置于门诊综合楼屋顶，通风系统有效通风量为不低于1000m^3/h，DSA机房内净体积约200m^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DSA机房内的环境影响较小。

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机属于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 DSA 机正常工作时，人员误留、误入手术室，导致发生误照射；

② 操作人员违反操作规程或误操作，造成意外超剂量照射；

③ 工作状态指示灯等发生故障的状况下，人员误入DSA正在运行的手术室。

11.3.2 辐射事故应急措施

(1)事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即封闭现场，通讯员负责联络事故应急处理领导小组和应急处理专业队伍。根据《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》，在事故发生后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。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

(2)辐射事故应急措施

辐射事故类别及处理措施详见表 11-15：

表 11-15　　事故类别及处理措施

辐射事故	风险识别	应急措施
DSA(II类射线装置)	误照事故，超剂量照射事故	(1)事故性出束应急 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DSA机房。DSA运作异常造成DSA机房外剂量超标，造成人员在不知情的情况下在DSA机房周围活动，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。 在上述两种情况下，应立即就近按下“紧急停止”开关，切断电源，迫使机器停止出束。 (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，工作人员摆位后出来应关防护门，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。 (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。 (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； 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。 (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： 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。

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

漳浦县医院根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射诊疗管理规定》等相关规定，为加强对射线装置放射防护的管理，保障从事放射工作人员和公众的健康与安全，防止放射事故发生，医院已设立以黄志武(院长)为组长，以张晓农李小波、方克恒为副组长，郑一贤、许志冬、许程生、戴仕远、郭周凯、赵益发、林崇杰、卢幼媚、陈泽明、陈锡章、余活泼、陈达生、李文华、戴文华为成员的放射安全防护管理工作领导小组，负责医院日常辐射安全防护管理工作，以满足本项目的管理需求。

放射安全防护管理工作领导小组工作职责如下：

负责制定并实施放射防护管理规章制度；定期对放射工作防护设施进行检查；负责对本单位内使用的射线装置进行维护、合理使用及射线装置X射线的常规监测工作；制定并落实放射事故预防措施；负责放射事故应急调查处理及上报

放射安全防护管理工作领导小组工作要求如下：

1、落实责任制，分工合作，明确机构人员的各自的工作职责和任务。

2、保证放射装置监测设备、报警仪器和放射防护用品的正常运转和使用。

3、在发生放射性事件时，相关成员要及时到现场开展工作。

4、注意资料收集、整理工作并建立档案资料；放射事件处理结束后要撰写工作总 结和调查报告，并按要求报送有关机构。

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。

本项目拟安排的辐射工作人员6人，均为医院内现有人员，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

漳浦县医院已根据《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》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射工作人员岗位职责》、《射线装置使用登记制度》、《设备台帐管理制度》、《放射诊疗设备维护、维修制度》、《辐射防护监测方案》、《辐射监测仪器使用与校验管理制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射工作人员放射防护学习和培训制度》、《放射防护档案管理制度》等，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：要求操作人员持证上岗，工作前应检查好防护设施是否完备、要求操作人员穿戴铅衣并佩戴个人剂量计；在DSA使用时，需检查好设备状态，在患者入室后，要核对患者状态并进行工作，手术结束后要记录患者受照剂量情况并进行设备使用登记。

辐射防护和安全保卫制度：①选址合理且需要通过相关部门审批后方可施工，项目开展时需经过验收；②射线装置的投入使用要制定相关制度、岗位职责和操作规程等；③放射诊疗工作场所需要设置电离辐射警示标示、控制区进出口设置工作指示灯，无关人员不可进入机房内；④制定放射事件应急处理预案。

放射工作人员岗位职责：明确了放射工作人员定义，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、上岗工作必须经培训和考核、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。

射线装置使用登记制度：明确从事射线操作的人员必须取得相关部门的资质证书、熟悉射线装置；明确了登记表信息内容及管理要求。

设备台帐管理制度：明确了射线装置台账记载内容及管理要求。

放射诊疗设备维护、维修制度：明确了射线装置检修和维护的要求，也对检修人员作出了要求。

辐射防护监测方案：要求放射工作人员及相关科室定期对射线装置进行自查；要求医院严格按照要求进行放射工作人员个人剂量监测管理；要求医院定期联系有资质机构对放射工作场所进行监测，并提出了应急监测要求。

辐射监测仪器使用与校验管理制度：要求建设单位配备辐射监测仪器，规范了辐射监测仪器的使用与检定校准。

放射工作人员职业健康管理制度：明确放射工作人员职业健康检查的重要性，并对职业健康检查的类别、周期、检查结果、档案等作出详细说明。

放射工作人员放射防护学习和培训制度：明确了放射工作人员的基本条件、培训时间、培训档案和考核等相关要求。

放射防护档案管理制度：详细对个人记录监测档案、职业健康检查档案、教育培训档案等管理作出要求。

漳浦县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DSA机房周围环境进行监测。监测计划详见表12-1。

表 12-1　　辐射监测计划

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率
DSA机房	防护情况	四周屏蔽墙外30cm处、操作位、防护门门缝处，观察窗、楼上和楼下等	X-γ 辐射剂量率	每年1次委托有资质单位监测；每月1次放射科巡测
	安全联锁	实测并检查	安全	每次使用前
辐射工作人员		佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	操作时每季度送检1次
项目竣工环境保护验收监测		DSA机房四周屏蔽墙外30cm处、操作位、防护门、观察窗、楼上和楼下等	X-γ 辐射剂量率	本项目建成后

此外，根据《建设项目环境保护管理条例》，本项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收报告，“三同时”验收清单见表12-2。

表 12-2 辐射环境保护“三同时”验收清单

项目	“三同时”措施	验收要求
防护措施	四周墙体：24cm空心砖+4mmPb钡水泥； 顶板：12cm混凝土+2mmPb钡水泥； 防护门：3mmPb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 DSA机房病人通道防护门上方设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与病人通道防护门设置门灯联锁装置，用于显示机房内设备运行状态。 (2)防夹和闭门装置 DSA机房病人通道防护门(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 DSA机房各防护门外表面均设置电离辐射警告标志。 (4)监控与对讲装置 DSA机房设计有观察窗、实时监控装置和对讲装置，工作人员在控制室内可及时观察病人情况及防护门开闭情况，防止意外情况的发生。 (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。	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。

通风措施	DSA机房内设置动力通风系统，并保持良好的通风。	检查落实情况。 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)中相关通风要求。
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。	检查落实情况。 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中人员培训要求。
	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。	检查落实情况。 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。
	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。	检查落实情况。 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。
监测仪器和防护用品	医院为本项目DSA机房配备1台环境辐射巡测仪。	检查落实情况。 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中监测仪器和防护用品配备的要求。
	辐射工作人员每人配备2枚个人剂量计。	
	①设备自带1个铅悬挂防护屏、1个床侧防护帘(均为0.5mmPb)； ②为DSA机房工作人员配备4件铅围裙、4件铅颈套、4顶铅帽、2副铅防护眼镜(均为0.5mmPb)、2副介入防护手套(0.025mmPb)、12枚个人剂量计、1台个人剂量报警仪； ③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)。	
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》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射工作人员岗位职责》、《射线装置使用登记制度》、《设备台帐管理制度》、《放射诊疗设备维护、维修制度》、《辐射防护监测方案》、《辐射监测仪器使用与校验管理制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射工作人员放射防护学习和培训制度》、《放射防护档案管理制度》、《辐射事故应急预案》等。	检查落实情况。 满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规中辐射安全管理的要求，满足本项目辐射工作需要。
环境监测	委托有资质的单位每年对DSA机房周围辐射环境进行检测。	
	对DSA机房周围主要敏感目标(污物间、设备间、缓冲区、无菌库房、操作间、内庭院、机房等)辐射环境进行检测。	

12.5 辐射事故应急

漳浦县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，预案中明确了辐射事故应急处理工作领导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。

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

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

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

漳浦县医院位于福建省漳州市漳浦县绥安镇中华路2号，为给患者提供更好的医疗服务，漳浦县医院拟在门诊综合楼四楼手术室新建一间DSA机房，配备1台DSA(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)》，本项目属于“鼓励类”中“十三、医药”中的“4．高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，**高性能医学影像设备**，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目，因此漳浦县医院DSA机项目建设是符合国家产业政策的。

(2)实践正当性分析

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

(3)选址、布局合理性分析

本项目DSA机房拟设置于漳浦县医院门诊综合楼四楼手术室，工作场所相对独立，有单独的固定机房，与周边非放射性工作场所隔开，周边人员停留时间较短，DSA机房机房大小、屏蔽物质厚度等符合相关标准要求；DSA机房机房选址充分考虑了邻室(含楼上楼下)和周围场所的人员防护与安全，避开了人群聚集点，周围50m评价范围内无学校、居民区等环境敏感目标。

本项目DSA机房机房采用“24cm空心砖+4mmPb钡水泥”等防护措施，根据类比分析和理论估算，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2.5μSv/h，对机房外的公众和其他工作人员的辐射影响较小。

综上，项目选址基本是合理的。

13.1.3 辐射安全与防护结论

(1)辐射防护措施评价

本项目DSA机房四周墙壁拟采取“24cm空心砖+4mmPb钡水泥”、顶板拟采取“12cm混凝土+2mmPb钡水泥”、防护门拟采取“内衬3mmPb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DSA机房的整体屏蔽效果。根据理论预测可知本项目DSA机房的辐射防护设计能满足辐射防护要求。

(2)辐射安全措施评价

本项目拟在DSA机房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

漳浦县医院成立辐射安全防护管理小组，明确了小组组成成员，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，漳浦县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

漳浦县医院拟配备1台环境辐射巡测仪，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

根据类比分析和理论预测可知，本项目DSA在摄影模式下，机房外辐射剂量率最大为4.83E-01μSv/h；在透视模式下，机房外辐射剂量率最大为1.45E-02μSv/h，均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求。

(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，DSA工作人员职业照射的最大年有效剂量值约为2.25mSv/a，公众照射的最大年有效剂量值约为0.018mSv/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DSA机房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，漳浦县医院新增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

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

(3)医院应严格执行个人剂量及职业健康体检的监管制度，建议为本项目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，持续完善辐射安全管理制度，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