核技术利用建设项目

荣昌区人民医院 DSA 房屋改造

环境影响报告表

（公示版）

建设单位：重庆市荣昌区人民医院

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：二 〇 二 四 年 九 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

荣昌区人民医院 DSA 房屋改造

环境影响报告表

建设单位名称：重庆市荣昌区人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市荣昌区昌元街道广场北路 3 号

邮编：402460　　联系人：何川

电子邮箱：924740627@qq.com　　联系电话：19*******56

打印编号：1726729471000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	6i2rhy
建设项目名称	荣昌区人民医院DSA房屋改造
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	重庆市荣昌区人民医院
统一社会信用代码	12500226450680912R
法定代表人（签章）	郑波
主要负责人（签字）	邓正国
直接负责的主管人员（签字）	黄家瑞
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	重庆宏伟环保工程有限公司
统一社会信用代码	915001126912004062
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
肖英	07355543507550272	BH001035	肖英

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵杰	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH004098	赵杰

目录

表 1　项目基本情况 1
表 2　放射源 11
表 3　非密封放射性物质 11
表 4　射线装置 12
表 5　废弃物（重点是放射性废弃物） 13
表 6　评价依据 14
表 7　保护目标与评价标准 16
表 8　环境质量和辐射现状 22
表 9　项目工程分析与源项 25
表 10　辐射安全与防护 35
表 11 环境影响分析 46
表 12　辐射安全管理 64
表 13　结论及建议 73

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">荣昌区人民医院 DSA 房屋改造</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">重庆市荣昌区人民医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>郑波</td><td>联系人</td><td>何川</td><td>联系电话</td><td>19*******56</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">重庆市荣昌区昌元街道广场北路 3 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">重庆市荣昌区昌元街道广场北路 3 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">重庆市荣昌区
发展和改革委员会</td><td>批准文号/批准代码</td><td colspan="2">荣发改审[2023]569 号
2310-500153-04-01-624095</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>875</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>23</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>2.63%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建　☐改建　☐扩建　☐其他</td><td>建筑面积（m^2）</td><td>140</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="4">☐I 类　☐II 类　☐III 类　☐IV 类　☐V 类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐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="4">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐乙　☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐II 类　☐III 类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">☐II 类　☐III 类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑II 类　☐III 类</td></tr>
<tr><td colspan="2">其他</td><td colspan="5">无</td></tr>
</table>

1.1 建设单位概况

重庆市荣昌区人民医院始建于 1941 年，是一所集医疗、教学、科研、预防、保健为一体的国家“二级甲等”综合性医院。是卫生部命名的“爱婴医院”；是重庆医科大学附属第一医院医疗集团医院及中山大学孙逸仙纪念医院医疗技术合作医院；是重庆医科大学、重庆市医药高等专科学校、内江医科等院校教学实习医院及重庆市住院医师规范化培训全科医学培训基地。

医院（本部）现有用地 36.11 亩，位于荣昌区昌元街道广场北路，年门急诊量 74.2 万人次、出院 4.4 万人次、手术操作 2.05 万台次，现在岗职工 1430 人，卫生专业技术人员 1061 人，高级职称 128 人，研究生以上学历 108 人。医院现有应急中心（传染病

区）位于荣昌区昌州街道育才路，主要功能为收治普通的传染病患者。医院现准备整体迁建项目，选址于虹桥社区原水泥厂片区的整体迁建项目，项目占地 162 亩。

1.2 项目由来

医院外科楼介入室现有 1 台 DSA 已投入使用，位于外科楼 1F 北侧放射科区域，面对介入手术量日益增加，现已不满足医院病人的介入需求。为了给更多的病人提供就医条件和提供更好的医疗服务，重庆市荣昌区人民医院拟将医院外科楼 1F 南侧部分区域现有房屋改造建设“荣昌区人民医院 DSA 房屋改造”项目，建设内容：将对应区域内的值班室、医嘱审核室、主任办公室、库房、杂物间、过道、药剂科等进行墙体拆除后重新布局，并新建屏蔽墙和隔断，新建为 DSA 机房和配套的辅助用房，并拟在 DSA 机房内新增配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（以下简称“DSA”，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，单管头设备），开展介入手术工作。院内现有 DSA 机房不变，本项目建设不会对其现有手术负荷进行调整。

根据《关于发布＜射线装置分类＞的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日），本项目配置的数字减影血管造影 X 射线装置属于II类射线装置。根据《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”可知，使用II类射线装置的项目环境影响评价文件形式为编制环境影响报告表。医院委托重庆宏伟环保工程有限公司开展该项目的环境影响评价工作。

评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，并按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了《荣昌区人民医院 DSA 房屋改造环境影响报告表》。

1.3 项目概况

项目名称：荣昌区人民医院 DSA 房屋改造

建设单位：重庆市荣昌区人民医院

建设地址：重庆市荣昌区昌元街道广场北路 3 号外科楼 1F

建设性质：新建

建设工期：5 个月

续表 1　项目基本情况

投资金额：总投资约 875 万元，其中环保投资约 23 万元，占总投资 2.63%。

建设规模：将重庆市荣昌区人民医院外科楼 1F 南侧的值班室、办公室、库房、杂物间、过道、药剂科等改造为 DSA 机房及配套的辅助用房，并在机房内配置 1 台 DSA（Ⅱ类射线装置，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，单管头设备），开展介入手术工作，项目总建筑面积约 140m^2。

拟建项目组成情况见下表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	项目组成	备注
主体工程	DSA 机房	位于外科楼 1F 南侧，最大有效内空尺寸约 6.84m×5.23m，内空高约 3.77m（项目建成后），吊顶后净空高度约 3.0m，其机房的有效使用面积约 35.7m^2。	依托建筑结构改造装修
	设备	配置 1 台 DSA（II类射线装置），单管头，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	新购
辅助工程	辅助用房	主要包括操作间、设备间、污物间、缓冲区、清洁区、休息室、库房、更衣室、无菌材料室、辅助用房、医护通道等。	依托建筑结构改造装修
公用工程	给水	由城市供水管网提供，依托医院供水管网。	依托
	排水	实行雨污分流。依托医院内雨水管网及污水管网；雨水经院内雨水管网收集后，排入市政雨水管网；医疗废水依托门诊大楼外南侧已建的污水站（处理能力为 460m^3/d）处理后排入市政污水管网。	依托
	供配电	依托院内供配电系统。	依托
	通风	机房自然进风，并设置机械排风系统，机房内废气经排风管道引入无菌材料室旁的烟道，通过该烟道引至外科楼楼顶排放。	新建
环保工程	废水处理措施	依托已建污水站（处理能力为 460m^3/d），废水经处理后接入市政污水管网。	依托
	废气处理措施	DSA 机房采用机械排风系统，排风管穿东侧（污物间侧）屏蔽墙一次，穿墙口处风管包裹 3mmPb 铅皮作为防护补偿，高度约为 3.2m（吊顶高度约 3.0m），废气经管道收集后引入无菌材料室旁的烟道，通过该烟道引至外科楼楼顶排放。	新建
	固废处置措施	生活垃圾收集后交市政环卫部门处理。 手术过程中产生的废物暂存在污物间内，每日及时将污物间的废物运至医院外科楼外南侧的医疗废物贮存点暂存（约 20m^2），再统一由有资质单位处置。 不再使用的铅防护用品医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处置。DSA 报废拆解去功能化后交由有资质单位处理，保留处理手续，并做好相关记录存档。 项目运行产生的废物依托医院的收运系统收集运输。	依托
	辐射防护	拟采用足够铅当量厚度的实心页岩砖、铅板、混凝土、硫酸钡水泥、铅玻璃、防护铅门等作为 DSA 机房屏蔽防护体材料。	新建

续表 1　项目基本情况

1.4 辐射防护方案

本项目 DSA 机房四周墙体均为新建，搭砌 370mm 实心页岩砖，并在墙内敷设 30mm 硫酸钡水泥，机房顶棚依托现有 100mm 混凝土并新增加 3mmPb 铅板，机房地板依托现有 120mm 混凝土地面并新增敷设 30mm 硫酸钡水泥，其余铅防护门、铅窗均为新建，其铅当量均为 3mmPb。

拟建项目的 DSA 机房主要使用混凝土、实心页岩砖、硫酸钡水泥、防护铅门、铅玻璃、铅板等进行屏蔽防护，具体屏蔽方案见表 1-2。

表 1-2　DSA 机房辐射防护方案

机房名称	方位		DSA 机房辐射防护设计情况	备注
DSA 机房（有效使用面积 35.7m²）	四周墙体	南面	370mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	拆除现有墙体并砌 370mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥
		东面	370mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	拆除现有墙体并砌 370mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥
		西面	370mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	拆除现有墙体并砌 370mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥
		北面	370mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	拆除现有墙体并砌 370mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥
	顶棚		100mm 混凝土+3mmPb 铅板	依托现有顶棚+改造（加盖 3mmPb 铅板）
	地面		120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	依托现有地面+改造（敷设 30mm 硫酸钡水泥）
	3 个铅门和 1 个铅窗		3mmPb	新建

备注：实心页岩砖密度不低于 1.65g/cm³、混凝土密度不低于 2.35g/cm³、硫酸钡水泥密度不低于 3.2g/cm³、铅密度不低于 11.3g/cm³。

1.5 设备配置

拟建项目的主要配套设施设备见表 1-3。

表 1-3 项目拟配套设施设备配置一览表

序号	名称	数量	用途	使用位置	备注
1	DSA（125kV，1000mA）	1 台	介入手术	DSA 机房	拟购，II类射线装置，单管头，型号
2	电源柜	1 套	DSA 配电	设备间	配套设备
3	高压发生柜	1 套	DSA 高压装置		
4	系统控制柜	1 套	设备控制 数据传输		
5	控制系统	1 套	DSA 设备操作	操作间	

续表 1　项目基本情况

6	中心供氧装置	1 套	患者供氧	DSA 机房内	
7	除颤仪	1 台	手术配套用	DSA 机房内	
8	高压注射器	1 台	手术配套用	DSA 机房内	
9	吸痰器	1 台	手术配套用	DSA 机房内	
10	电生理仪	1 台	手术配套用	DSA 机房内	
11	中心负压吸引	1 套	手术配套用	DSA 机房内	
12	医用空气消毒机	1 台	空气消毒	DSA 机房内	
13	介入防护手套	若干	放射工作人员防护	DSA 机房内	不小于 0.025mmPb
14	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜	4 套		DSA 机房内	/
15	床侧防护帘/床侧防护屏	1 套		DSA 机房内	设备配置，不小于 0.5mmPb
16	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	1 套		DSA 机房内	设备配置，不小于 0.25mmPb
17	移动铅防护屏风	2 扇		DSA 机房内	不小于 2mmPb
18	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	4 套	患者防护	DSA 机房内	不小于 0.5mmPb
19	个人剂量计	按需	放射工作人员个人剂量监测	放射工作人员佩戴	技师 1 枚，其余人员铅衣内外各 1 枚

备注：今后根据需要配置儿童个人防护用品，铅当量不低于 0.5mmPb。另外，可以根据工作人员及患者需要选配铅橡胶帽子，铅当量不低于 0.25mmPb。

1.6 劳动定员及工作制度

拟建项目依托医院现有从事介入工作的辐射工作人员，介入手术总配置 43 人，其中医生 28 人（心脏介入 14 名，神经介入 8 名，综合介入 6 名），技师 12 人，护士 3 人。本项目建成后，介入放射工作人员负责全院的介入手术工作。

项目一年工作时间为 250 天，实行轮休制。

1.7 工作负荷

根据医院提供的资料可知，本项目 DSA 机房开展心脏介入、神经介入和综合手术，预计年开展心脏介入手术约 600 台、神经介入 150 台、综合介入 250 台。设备总出束时间具体见表 9。

1.8 外环境概况

拟建项目外科楼 1F 南侧外紧邻绿化和内部道路，约 9m 为食堂、肝病门诊、医废

管理房、污水机房、医疗废物贮存点、急救车停车场，之外约 28m 为上河城安置小区；外科楼东南侧约 35m 为熬药间；外科楼东侧紧邻绿化和内部道路，约 15m 为内科楼；外科楼北侧紧邻发热门诊；外科楼西侧紧邻绿化和内部道路，之外约 5m 为院外人行道和白水桥路。

医院总平面图见附图 3，外科楼外环境见表 1-4。

表 1-4　外科楼外环境关系表

序号	名称	方位	最近水平距离	高差	环境特征
1	绿化和内部道路	南	紧邻	0	绿化和院内通道
	医院食堂、肝病门诊、污水站房、医疗废物贮存点、急救车停车场		约 9m	-2m	医院建筑，食堂为 3F，其他为 1F
	上河城安置小区		约 28m	0	居民小区，4F
2	熬药间	东南	约 35m	-2m	医院建筑，1F
3	绿化和内部道路	东	紧邻	0	绿化和院内通道
	内科楼		约 15m	0	医院建筑，12F
4	发热门诊	北	紧邻	0	医院建筑，1F
5	绿化和内部道路	西	紧邻	0	绿化和院内通道
	院外人行道和白水桥路		约 5m	0	院外道路

备注：“-”代表其地面低于外科楼 1F 地面。

根据上表可知，拟建项目的环境保护目标为医院从事拟建项目放射诊疗的放射工作人员以及周围活动的公众成员。

1.9 项目选址可行性分析

拟建项目位于医院本部外科楼 1F 内南侧，该楼建筑结构为-2/16F，根据外科楼 1F 的布局可知，医院现有的介入室设置在该层的放射科，本项目设置在该层可便于医院统一管理；且项目设置在外科楼内南侧角落，紧邻大楼次入口，方便医护人员和病人等进出，同时该入口无关人员相对较少；本项目涉及改造的用房均为普通用房，均能在其他科室和楼层进行调整，不会影响医院相关科室的运行；DSA 机房墙体防护设计时考虑了人员防护与安全，医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。

此外，根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况达标，有利于项目的建设。因此，从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

1.10 项目建设背景

1.10.1 项目用房环保手续情况

本项目位于重庆市荣昌区人民医院已建外科楼 1F 南侧，外科楼已在《荣昌县人民

医院住院综合楼扩建、荣昌县急救中心建设项目环境影响报告书》进行了评价，并于 2013 年取得了环评批复（渝（荣）环准[2013]024 号）（支撑性材料 4）。

医院 2015 年 12 月委托重庆宏伟环保工程有限公司对“DSA 和III类射线装置建设项目”开展环境影响评价，工程内容为：在医院住院综合楼（即现在的外科楼）一楼放射科内开展“DSA 和III类射线装置建设项目”，购置 1 台 DSA（II类射线装置）、1 台 CT 机（III类射线装置）和 2 台 DR 机（III类射线装置），开展一系列放射诊断工作。2016 年 3 月 14 日，项目取得重庆市生态环境局的《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（辐）环准[2016]010 号），该项目已在 2018 年通过了竣工环境保护验收（支撑性材料 5）。

医院已于 2023 年 11 月 25 日更换《排污许可证》（12500226450680912R001V），有效期至 2028 年 11 月 24 日。根据医院废水处理站例行监测报告，医疗废水排放口污染物排放浓度均达标。

根据调查，重庆市荣昌区人民医院在建设和运营过程中，未曾发生过环保事故，也不存在环保遗留问题。此外，重庆市生态环境局、重庆市荣昌区生态环境局均未收到核技术利用相关的环保投诉。

1.10.2 与项目有关辐射环境问题

根据调查，建设单位重庆市荣昌区人民医院办理了《辐射安全许可证》（渝环辐证[00303]，有效期至 2027 年 6 月 30 日）。医院现有乙级非密封放射性物质工作场所 1 个、丙级非密封放射性物质工作场所 1 个，使用 1 台 II 类射线装置，20 台III类射线装置，均在许可范围内。医院现开展的核技术利用项目情况如下表 1-5、现有的射线装置具体情况见表 1-6 所示。

表 1-5 医院现有非密封放射性物质工作场所情况一览表

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	活动种类
1	门诊楼负一层核医学科	乙级	Tc-99m	1.39E+7	3.47E+12	使用
2	门诊楼负一层核医学科	乙级	Sr-89	2.96E+7	1.48E+10	使用
3	门诊楼负一层核医学科	乙级	I-131	2.03E+9	9.25E+11	使用
4	门诊楼负一层核医学科	乙级	I-125（粒子源）	5.92E+6	8.88E+11	使用
5	内科楼 10 楼肿瘤科	丙级	I-125（粒子源）	5.92E+6	8.88E+11	使用

续表 1　项目基本情况

表 1-6　医院现有射线装置情况一览表

编号	装置名称	规格型号	类别	数量	场所	上证情况
1	牙科 X 射线机	PAY68（W）	III类	1 台	门诊部七层	已上证
2	口腔 CT	PaX-Uni3D	III类	1 台	门诊部七层	已上证
3	CBCT	SSX10010Dplus	III类	1 台	门诊部七层	已上证
4	CT	Optima CT660	III类	1 台	门诊部一层	已上证
5	数字化乳腺 X 线机	Selenia Dimensions	III类	1 台	门诊部一层	已上证
6	动态 DR	DX781B	III类	1 台	门诊部一层	已上证
7	DR	CXDI-50G	III类	1 台	门诊部一层	已上证
8	CT	uCT530	III类	1 台	门诊部一层	已上证
9	SPECT/CT	NM/CT 860 Advance	III类	1 台	门诊楼负一层核医学科	已上证
10	骨密度仪	DPX-Bravo	III类	1 台	外科楼二层	已上证
11	移动 C 形臂 X 射线机	Ziehm Vision RFD 3D	III类	1 台	外科楼三层	已上证
12	移动 C 形臂 X 射线机	Ziehm 8000	III类	1 台	外科楼三层	已上证
13	移动 C 形臂 X 射线机	CiosFusion	III类	1 台	外科楼三层	已上证
14	移动 C 形臂 X 射线机	Ziehm Vision Vario 3D	III类	1 台	外科楼三层	已上证
15	DSA	Optima IGS330	II类	1 台	外科楼一层	已上证
16	DR	CALYPS0	III类	1 台	外科楼一层	已上证
17	CT	uCT528	III类	1 台	外科楼一层	已上证
18	CT	AccessCT	III类	1 台	外科楼一层发热门诊	已上证
19	DR	新东方 1000ND	III类	1 台	卫生应急中心	已上证
20	CT	Optima CT520	III类	1 台	卫生应急中心	已上证
21	移动 DR	DP326B-2	III类	1 台	住院部	已上证

医院现有射线装置每年委托有资质单位监测，工作场所外周围当量剂量率满足标准要求；医院有辐射环境管理机构，制定了相关管理制度，认真落实并张贴上墙；医院配备了足够的放射工作人员从事射线装置操作。根据调查，医院现有在职放射工作人员均佩戴了个人剂量计，每3个月将个人剂量计交有资质单位进行检测，个人剂量满足管理要求，建立了个人剂量档案，根据河南力隆质检技术服务有限公司给医院出具的《职业性外照射个人监测年剂量评价报告》（力隆个检[2024]第50022602号），院内辐射工作人员受到的年剂量为0.08~0.58mSv。医院定期对辐射工作人员进行了职业健康体检并建立了职业健康档案；现有放射工作人员均进行了辐射工作安全防护培训，并考核成绩合

格，合格证或成绩单在有效期内。经调查，医院运营至今，辐射设备运营良好，无辐射安全事故发生，相关主管部门未收到环保投诉，也未产生环保纠纷，无环保遗留问题。

医院现配置有介入工作人员共43人，其中医师28人（其中心脏介入14人、神经介入8人、综合介入6人）、护师12人、技师3人。院内现从事介入工作的人员均取得了核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单且在5年有效期内，体检均在2年有效期内，其中医师最大的个人年剂量为0.58mSv、护师最大的个人年剂量为0.34mSv、技师最大的个人年剂量为0.14mSv。

1.10.3 与项目整体的依托可行性分析

项目依托可行性分析详见表 1-7。

表 1-7　项目与医院依托关系表

依托工程	依托情况	可行性分析
主体工程	建筑主体	项目用房原为外科楼 1F 值班室、医嘱审核室、主任办公室、库房、杂物间、过道、药剂科等，本项目使用该区域后，不影响医院整体的布局与运营，药剂科已协调至外科楼 1F 其他用房内。因此，项目主体建筑依托可行。
公用工程	供电、供水等公用工程	医院已设计完善的供电电网、供水管网等。
环保工程	生活垃圾	医院设置生活垃圾收集点，生活垃圾收集后交环卫部门处理。固废收运系统建设时考虑了整个医院的生活垃圾收储，能够满足本项目的需求，依托可行。
	医疗废物	本项目产生的医疗废物依托医疗废物贮存点收集暂存后交有资质单位处理。医疗废物暂存间建设时考虑了整个医院的医疗废物收储，能够满足本项目的需求。医疗废物暂存间已按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行防渗、防腐、硬化处理。医院危险废物交具备相应类别危险废物处置资质的单位。因此，拟建项目依托可行。
	废水	医院建设有污水处理站 1 座，处理能力为 460m^3/d。本项目用房属于医院的一部分，且本项目不增加医院的劳动定员，其医务人员等产生的废水、固废等均已在医院总体考虑范围内，产生的废水为一般医疗废水，医院污水处理站现有工艺能够满足对本项目废水的处理需求。此外，污水处理设施已通过环境竣工验收，排水的水质满足相关标准要求，因此，项目废水依托医院污水处理站处理可行。
辐射安全管理	放射工作人员	拟建项目依托医院现有从事介入工作的辐射工作人员，介入手术总配置 43 人，其中医生 28 人（心脏介入 14 名，神经介入 8 名，综合介入 6 名），技师 12 人，护士 3 人。本项目建成后，介入放射工作人员负责全院的介入手术工作。
	管理机构规章制度	医院已开展有介入手术工作，已成立有放射安全管理委员会，并制定了有放射性事故应急预案及相关辐射防护与安全管理制度和档案，管理机构和基础制度可依托。

续表 1　项目基本情况

根据表1-7可知，本项目依托外科楼主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程、医院劳动定员和辐射环境管理机构及人员等可行。

1.10.4 项目与医院发展的衔接

医院目前现有 1 台 DSA 已完成相关环保手续，位于外科楼 1F 放射科区域，目前该介入室手术已满负荷运行，为进一步提高所在区域医疗救治能力，医院拟建设本项目用以分担现有介入手术压力，以充分确保辖区需要进行介入手术的病员能及时就医，为患者争取最佳治疗时机。拟建项目建成后，可提高医院医疗服务质量和介入手术的承载力，与医院的发展相适应。

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
拟建项目不涉及。								

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
拟建项目不涉及。										

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

表 4　射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1	待定	125	1000	介入手术	外科楼 1F 南侧 DSA 机房	拟购
以下空白									

（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	
拟建项目不涉及													

表 5　废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
医疗废物	固态	/	/	/	少量	/	医疗废物暂存间	交有资质单位处理
生活垃圾	固态	/	/	/	少量	/	生活垃圾收集点	交环卫部门处置
废铅防护用品	固态	/	/	/	少量	/	/	由医院收集、妥善暂存，做好记录，最后交有资质单位处置
报废的DSA	固态	/	/	/	少量	/	/	拆解去功能化后交有资质单位处理
O_3、NOx	气态	/	/	/	少量	/	/	经排风系统收集后引至外科楼顶排放口排放
医疗废水	液态	/	/	/	少量	/	/	排入医院现有污水管网，经医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网

备注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固态为 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

法律法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日修订施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修正施行； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日修订施行； （5）《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，2005 年 12 月 21 日施行；国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修订施行；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日修正施行； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行； （8）关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行； （9）《重庆市环境保护条例》，2022 年 7 月 26 日修正施行； （10）《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号），2021 年 1 月 1 日施行； （11）《重庆市辐射污染防治“十四五”规划(2021-2025 年)》，2022 年 3 月 11 日； （12）《产业结构调整指导目录》（2024 年本）。

续表 6　评价依据

技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （4）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （6）《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （7）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （8）《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）； （9）《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）； （10）《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。
其他	（1）环境影响评价委托书，支撑性材料 1； （2）项目立项批复，支撑性材料 2； （3）项目监测报告，支撑性材料 3； （4）医院外科楼环评批准书，支撑性材料 4； （5）医院现有 DSA 环评批准书及验收组意见，支撑性材料 5； （6）医院现辐射安全许可证，支撑性材料 6； （7）2023 年度个人剂量检测报告，支撑性材料 7； （8）NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》； （9）ICRP33 号报告《Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine》 （10）《医用外照射源的辐射防护》； （11）《电离辐射剂量学》； （12）《辐射防护导论》； （13）医院提供的防护方案等其他资料。

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）的相关规定，并结合项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以项目 DSA 机房边界外 50m 区域作为本项目辐射环境影响的评价范围。

7.2 环境保护目标

本项目位于医院外科楼 1F 南侧，该层主要设置有医院大厅及辅助用房、放射科用房、急救指挥中心辅助用房、医院药房、电梯及楼梯通道、办公室等。DSA 机房南侧 28m 范围内均属于院内区域，之外为上河城安置小区；机房西侧 45m 范围内均属于院内区域，之外为院外院外人行道和白水桥路；机房其余侧 50m 范围均在院内。

拟建项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内环境保护目标统计情况见表 7-1。

续表 7　保护目标与评价标准

表 7-1　DSA 机房周围环境保护目标一览表

序号	名称	方位	水平距离（m）	高差（m）	敏感目标特性	受影响人群	影响因素
1	绿化和内部道路	南	紧邻	0	医院用地，约 10 人	公众成员	电离辐射
	食堂、肝病中心、污水站房、医疗废物贮存点、急救车停车场		约 9~28	0	医院用房，食堂为 3F，其他均为 1F，约 50 人	公众成员	
	上河城安置小区		约 28-50	0	院外民房，4F	公众成员	
2	熬药间	东南	约 40~50	-2	医院用房 1F，约 10 人	公众成员	
3	污物间、缓冲区	东	紧邻	0	项目用房，约 4 人	公众成员	
	楼梯间、办公室		约 1.5~8	0	医院用房，约 6 人	公众成员	
	绿化和内部道路、内科楼		约 8~50	0	医院通道及用房 12F，约 300 人	公众成员	
4	操作间、设备间	北	紧邻	0	项目用房，约 4 人	放射工作人员、公众成员	
	清洁区、休息室、库房、无菌材料室、辅助用房、更衣室		约 2.5~13	0	项目用房，约 4 人	公众成员	
	药品库房、电梯及楼梯通道、医院大厅及辅助用房		约 2.5~50	0	医院用房，约 30 人	公众成员	
5	放射科用房	西北	约 15~50	0	医院用房，约 30 人	公众成员	
6	医院药房	西	紧邻	0	医院用房约 10 人	公众成员	
	急救指挥中心辅助用房		约 6~40	0	医院用房约 30 人	公众成员	
	绿化和内部道路		约 40~45	0	医院通道，约 10 人	公众成员	
	院外人行道和白水桥路		约 45~50	0	院外通道，约 50 人	公众成员	
7	医共办公室（2F）、体检中心用房、病房及办公室（3F-16F）	楼上	/	约 +3.8~+7.6	医院用房约 10 人	公众成员	
8	配电室及辅助用房、库房（-1F）、车库（-2F）	楼下	/	约 -4.8~-9.6	医院用房，约 10 人	公众成员	

备注：“-”代表其地面低于外科楼 1F 地面，“+”代表其地面高于外科楼 1F 地面。

续表 7　保护目标与评价标准

7.3 评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

B1.1.1.1　应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述控制值。

a）由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv 作为职业照射剂量限值。

b）任何一年中的有效剂量，50mSv。

B1.2　公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

（4）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

本标准规定了放射诊断的防护要求，包括 X 射线影像诊断和介入放射学用设备防护性能、机房防护设施、防护安全操作要求及其相关防护检测要求。本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

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；每台牙椅独立设置诊室的，诊室内可设置固定的口内牙片机，供该设备使用，诊室的屏蔽和布局应满足口内牙片机房防护要求。

6.1.5　除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（即下表 7-2）的规定。

续表 7　保护目标与评价标准

表 7-2　X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

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 CBC）	20	3.5

b 单管头、双管头或多管头 X 射线机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。

备注：拟建项目 DSA 属于单管头 C 形臂，按单管头 X 射线设备执行。

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小于表 3（本报告表 7-3）要求。

拟建项目 DSA 为 C 形臂 X 射线设备，执行其屏蔽防护铅当量。

表 7-3　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	有用线束方向铅当量（mm）	非有用线束方向铅当量（mm）
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 7-3）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 2.5μSv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

c）具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。

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（即下表 7-4）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

表 7-4　个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		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
介入放射性操作	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：“—”表示不作要求。
注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。

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

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

6.5.5　个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

附录 B

B.1 检测条件 X 射线设备机房防护检测条件和散射模体应按表 B.1 的要求。

表 B.1 中备注 1：介入放射学设备按透视条件进行检测。

B.2 关注点检测的位置要求

B.2.1 距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。

（3）医疗废物

医疗废物属于危险废物，按国家危险废物名录分为医疗废物 HW01，主要包括感染性废物 (841-001-01) 、损伤性废物 (841-002-01)等 ，按《医疗废物管理条例》和《重庆市人民政府关于进一步加强医疗废物管理的通告》（(渝府发[2007]71 号) 要求进行收集处置；其贮存按《医疗废物集中处置技术规范(试行) 》（(环发[2003]206 号) 、《危险废物贮存污染控制标准》 (GB 18597—2023) 执行。

（5）评价标准及相关参数值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，放射工作人员年有效剂量不超过 20mSv，公众成员年有效剂量不超过 1mSv。

根据建设单位提供的资料（见支撑性材料 1），医院取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作放射人员年有效剂量限值的四分之一即 5mSv/a 作为放射工作人员的年有效剂量管理目标值；取其公众年有效剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的年有效剂量管理目标值。

综上所述，确定拟建项目的评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5　评价标准汇总表

<table>
<tr><th colspan="3">年剂量限值要求</th><th rowspan="2">执行依据</th></tr>
<tr><th>分类</th><th>年剂量限值</th><th>年有效剂量管理目标值</th></tr>
<tr><td>放射工作人员</td><td>20mSv/a</td><td>5mSv/a</td><td rowspan="2">GB18871-2002
及医院管理要求</td></tr>
<tr><td>公众成员</td><td>1mSv/a</td><td>0.1mSv/a</td></tr>
<tr><th colspan="3">环境剂量控制</th><th>执行依据</th></tr>
<tr><td colspan="2">透视时距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处</td><td>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。</td><td>《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)</td></tr>
<tr><td colspan="2">摄影时距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处</td><td>具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。</td><td>《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)</td></tr>
<tr><th colspan="3">机房面积控制</th><th rowspan="2">执行依据</th></tr>
<tr><th>设备名称</th><th>机房内最小有效使用面积（m^2）</th><th>机房内最小单边长度（m）</th></tr>
<tr><td>DSA</td><td>20</td><td>3.5</td><td>《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)</td></tr>
</table>

注：拟建项目 DSA 为单管头，按照单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）确定机房控制面积和单边长度。

表 8　环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

重庆市荣昌区人民医院位于荣昌区昌元街道广场北路 3 号，本项目位于外科楼 1F 南侧。项目地理位置图见附图 1，项目辐射工作场所位置见附图 4.2。

8.2 环境质量和辐射现状

为掌握拟建项目所在位置的辐射环境背景水平，重庆泓天环境监测有限公司于 2024 年 1 月 19 日对荣昌区人民医院 DSA 房屋改造项目所在地的环境γ辐射剂量率进行了监测，监测报告编号为：渝泓环（监）[2024]066 号（支撑性材料 3）。

8.2.1 监测因子

环境γ辐射剂量率。

8.2.2 监测方案

（1）监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1　监测方法和依据

监测项目	监测方法	监测依据
环境γ辐射剂量率	仪器法	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

（2）监测点位布置

监测点位合理性分析：根据监测布点情况，拟建项目现状监测点位分别布设在拟建 DSA 机房及其操作间所在位置、楼上（即医共办公室）及楼下用房（配电室）、机房相邻用房（即医院药房中药库）以及室外医院内部通道及环境保护目标处，监测布点较全面地考虑了拟建项目所在位置及其周围辐射环境水平。

监测点位布点示意图见图 8-1，监测点位情况如表 8-2 所示。

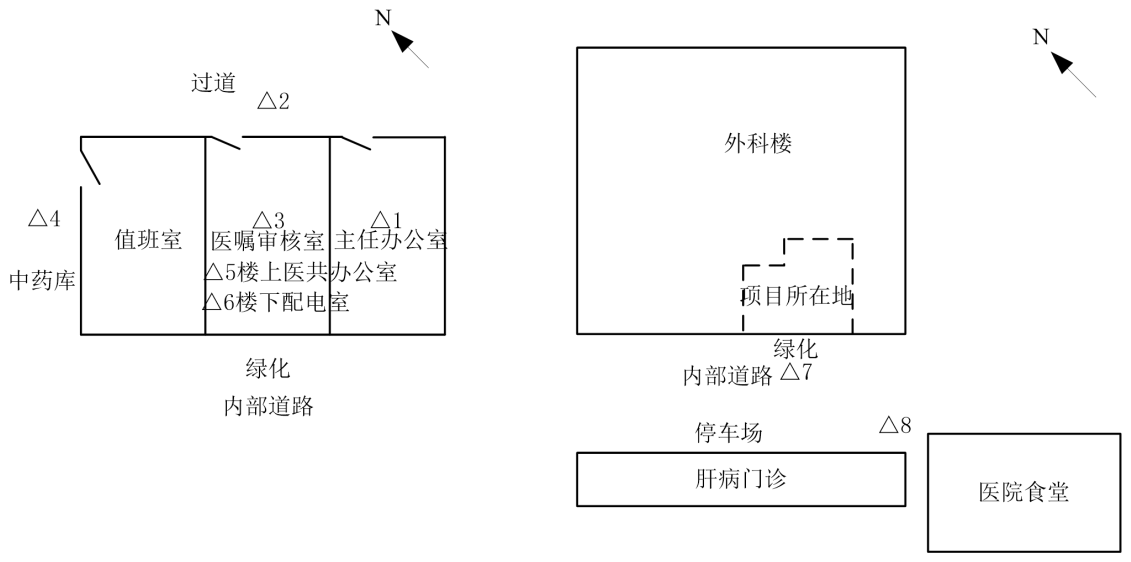


图 8-1 项目监测布点图

（3）测定方式

测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

8.2.3 质量保证措施

（1）监测仪器

监测由有资质的单位重庆泓天环境监测有限公司进行，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2　监测仪器情况

仪器名称及型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	测量范围	校准因子
环境级 x 、γ 辐射巡检仪 RGM5200	1222203004005	2023110704836	2024.11.26	10nGy~100μGy	1.06

（2）监测人员及报告审核制度

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数据量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核、审定，最后由授权签字人签发。

8.2.4 监测结果统计

监测结果和监测布点见监测报告：渝泓环（监）[2024]066 号（支撑性材料 4），监测结果统计见表 8-3。

表 8-3　拟建项目本底监测结果统计

天气	阴	温度	11.1~11.4℃	相对湿度	78.2%~78.6%（RH）
监测点位	监测点描述			环境γ辐射剂量率（μGy/h）	
				平均值	结果
△1	主任办公室（拟建 DSA 机房处）			0.107	0.113
△2	过道（拟建操作间）			0.110	0.117
△3	医嘱审核室（拟建 DSA 机房处）			0.117	0.124
△4	中药库			0.076	0.081
△5	楼上医共办公室（拟建 DSA 机房上方）			0.110	0.117
△6	楼下配电房（拟建 DSA 机房下方）			0.112	0.119
△7	项目所在地南侧内部道路上			0.064	0.068
△8	项目南侧肝病门诊旁			0.084	0.089
备注：结果=平均值（平均值为 10 个测量值的平均）×校准因子，以上监测结果未扣除宇宙射线响应值，1Gy/h=1000nGy/h。					

根据监测统计结果可知，拟建项目所在位置环境γ剂量率的监测值在 68 nGy/h～124nGy/h 之间（未扣除宇宙射线的响应值）。根据《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版），累积剂量测得的 γ 辐射空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 76.8~93.3nGy/h，平均值 87nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）相比较，项目所在地的环境 γ 辐射剂量率监测值在重庆市环境 γ 辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

表 9　项目工程分析与源项

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目用房依托医院外科大楼现有用房进行改建，施工期主要为改造墙体、地板、顶棚，新建隔断、门洞及窗洞，室内装修，设备安装等工作，不新增用地。

其工艺流程及产物环节见图 9-1。

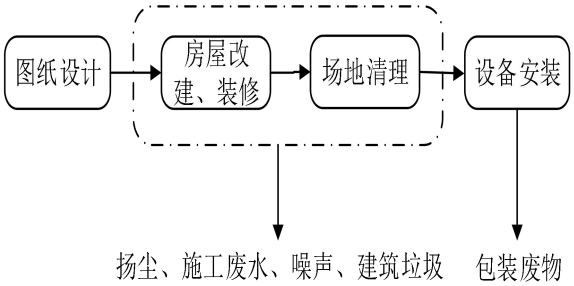


图 9-1　项目施工期工艺流程及产污环节图

根据上图，项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

扬尘：主要为项目现有用房改建（包括墙体拆除和新建等）及装修时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘；

噪声：主要来自于项目现有用房装修及现场处理等产生的噪声；

废水：主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水；

固体废物：主要为现有用房墙体拆除、墙体新建和装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾。根据项目工程量，预计建筑垃圾总计产生约 5t。

9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 DSA 设备组成及工作方式

（1）DSA 设备组成

血管造影机系统组成：Gantry，俗称“机架”或“C 形臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括了数字平板探测器、球管、束光器等部件；专业手术床；Atlas 机柜，该机柜由 DL、RTAC、JEDI 构成；球管和数字平板探测器分别通过各自的水冷机控制温度；图像处理系统。该项目设备采用平板探测器（FD）技术成像：FD 技术可以即时采集到患者图像，对图像进行后期处理，轻松保存和传送图像。

（2）工作方式

在医学影像系统监视引导下，经皮针穿刺或引入导管做抽吸注射、引流或对管腔、

血管等做成型、灌注、栓塞等。拟建项目 DSA 机架、X 射线管组合体可在水平和垂直两个方向上转动。介入手术过程中，介入手术医生须在手术床旁并在 X 射线导视下进行操作。DSA 典型照片见图 9-1。

图 9-1　DSA 示例照片

9.2.2 DSA 工作原理

（1）X 射线产生及成像原理

项目拟配置的 DSA 属于Ⅱ类射线装置，DSA 属于 X 射线装置，其中产生 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。X 射线管结构见图 9-2。

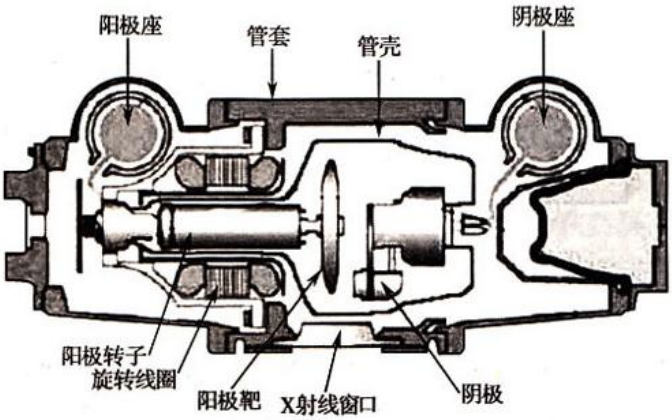


图 9-2　典型 X 射线管结构图

X 射线管的阴极是钨制灯丝，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体所突然阻挡从而产生 X 射线。

成像装置是用来采集透过人体的 X 射线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 射线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，通过荧光屏或平板探测器、计算机、摄像机（对影像增器的图像进行一系列扫描，再经过模/数-数/模转换）等方式进行成像。

（2）DSA 工作原理

DSA 的基本原理是将注入造影剂前后通过人体吸收后的 X 线信号进行成像，分别经影像增强器后，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、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的剪影图像，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。DSA 工作示意图见图 9-3。

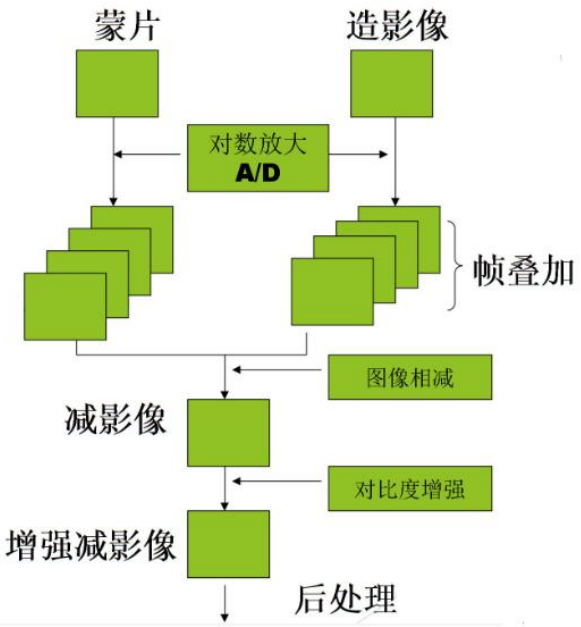


图 9-3　DSA 工作示意图

9.2.3 操作流程

医护人员将患者送入 DSA 机房，引导其躺在手术床上，工作人员选择病人所需照射部位，调整 DSA 机架和照射野，手术医生和助手穿戴好防护用品后，按手术要求，在 DSA 的引导下，经皮针穿刺或引入导管做抽吸注射，引流或对管腔、血管等做成型、灌注、栓塞等操作完成相应的手术。在手术过程中，介入手术医生必须在床旁并在 X 射线导视下进行操作。

DSA 治疗流程及产污环节见下图 9-4 所示。

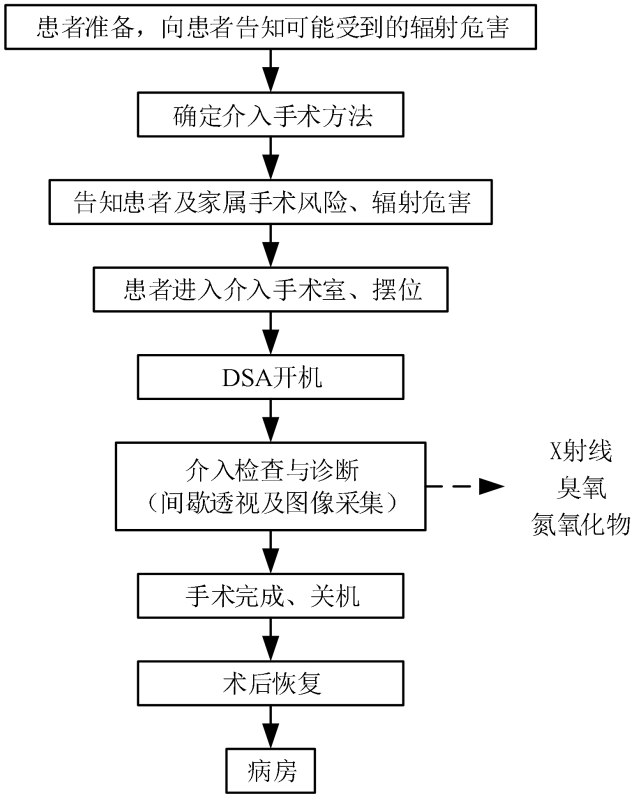


图 9-4　DSA 操作流程及产污环节图

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。采集包括电影和减影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，电影模式下是医生在 DSA 机房内由手术医生直接采集。在减影模式下则采取隔室操作的方式（即 DSA 技师在控制位内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和视频监控系统了解 DSA 机房内病人情况。实际操作过程中，根据手术情况，减影模式下手术医生也可能在 DSA 机房内，曝光时医护人员位于移动铅屏风后。无论哪

种工作模式，医生在 DSA 机房内身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品。

第二种情况，透视。患者需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解患者情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅悬挂防护屏（或铅防护吊帘）、床侧防护帘（或床侧防护屏）等辅助防护设施后，并身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品在 DSA 机房内对患者进行直接的介入手术相关操作。

9.2.4 污染因子

（1）放射性污染因子

①X 射线

DSA 运行过程中污染物主要为 X 射线，X 射线随机器的开、关而产生和消失，即仅在 DSA 开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。根据 X 射线装置的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生轫致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。

②放射性废物

DSA 运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

（2）非放射性污染因子

DSA 运行时，空气在 X 射线的作用下电离产生少量的氮氧化物（NO_x）和臭氧（O_3）。

由上述分析可知，DSA 在运行过程中污染因子主要为 X 射线以及少量的氮氧化物和臭氧，其中以 X 射线为评价重点。

9.2.5 工作负荷

根据建设单位提供的资料，拟建项目开展的手术工作负荷详见表 9-1 所示。

表 9-1　DSA 机房工作负荷表

透视				
手术类别	工作人员及数量	年开展工作量	每台手术 透视曝光时间	年透视曝光时间
心脏介入	手术医生 8 人（2 人一组，共 4 组）	600 台	约 20min	约 200h
神经介入		150 台	约 21min	约 52.5h
综合介入		250 台	约 21min	约 87.5h
小计	/	/	/	约 340h
采集				

续表 9　项目工程分析与源项

手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数	单台手术最大采集时间	年采集时间
心脏介入	600 台	3～4s	6～10 次	约 0.7min	约 7h
神经介入	150 台	6～10s	4～10 次	约 1.7min	约 4.3h
综合介入	250 台	3～8s	7～15 次	约 2min	约 8.4h
小计	/	/	/	/	约 19.7h
总计	/	/	/	/	约 359.7h

根据上表可知，心脏介入手术过程中，DSA 年透视出束时间约 340h，年采集时间约 19.7h，DSA 总年有效开机时间约 359.7h。

9.3 路径规划

拟建项目的 DSA 机房设置多道防护门用于患者、医护人员的进出以及医疗废物运出，确保患者、医护人员及医疗废物通道相对独立。

医护人员路径：医护人员（手术医生和护士）在更衣室更换好鞋和衣物，进入清洁区穿戴好个人防护用品并消毒后由铅铅防护门 1（平开门）进入 DSA 机房；手术完成后，医护人员原路返回。

患者路径：病人经机房东侧铅房 2（电动推拉门）进入 DSA 机房接受手术，手术完成后原路返回。

污物路径：介入手术结束后，专人将 DSA 机房内产生的手术污物从东侧铅门 3（平开门）进入污物间，在污物间打包暂存，运至医院医疗废物暂存间。

拟建项目 DSA 机房人流物流走向示意图见图 9-5 所示。

续表 9　项目工程分析与源项

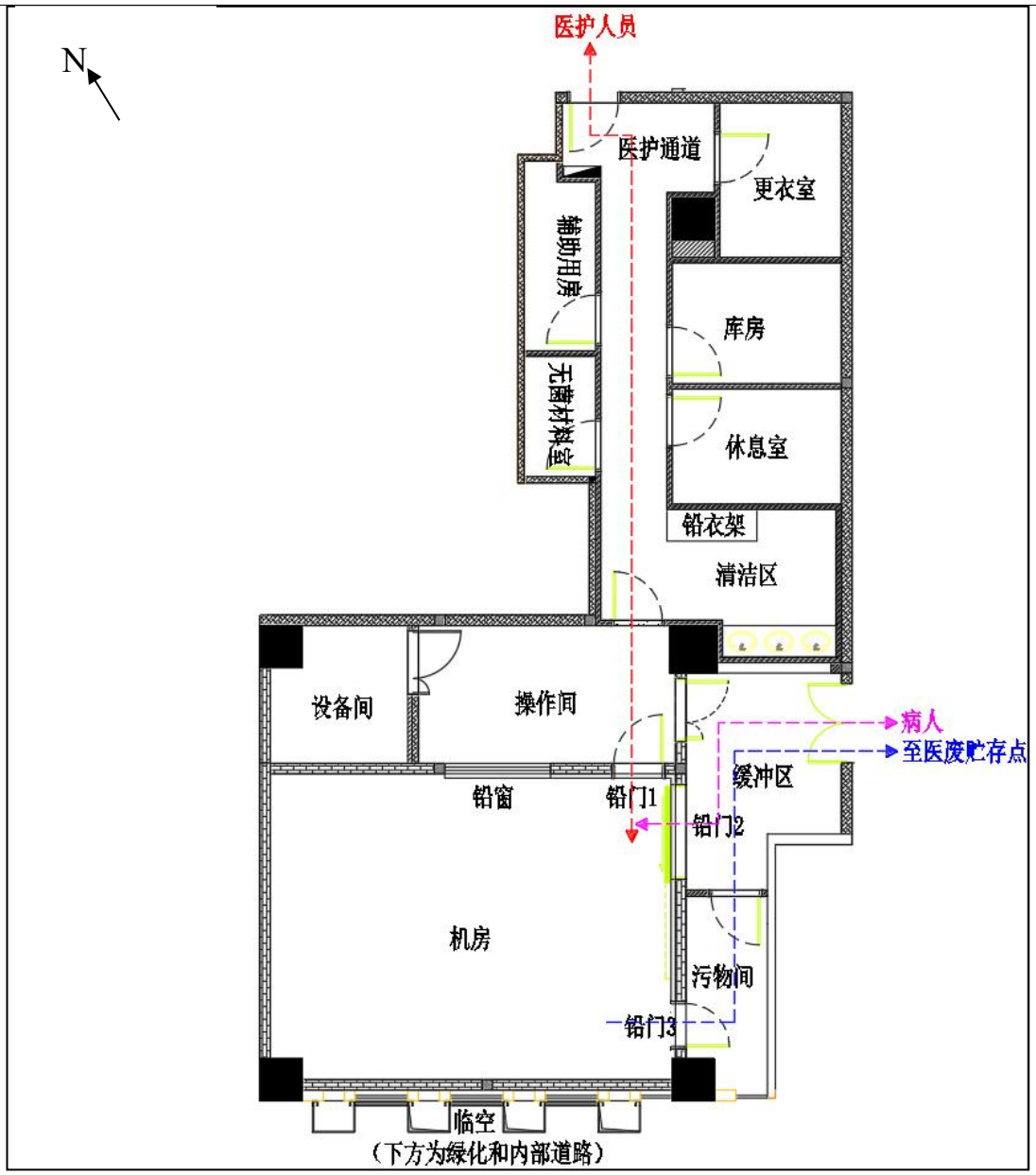


图 9-5　DSA 机房人流物流走向示意图

9.4 污染源项描述

9.4.1 电离辐射

根据本项目 DSA 介入工作流程，DSA 与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射患者期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

（1）有用线束

有用线束是指直接由 X 射线球管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口

用来照射人体，形成诊断影像的射线。其射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数，加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。由于本项目 X 射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

DSA 具有自动照射量控制调节功能（AEC），采集时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有约 30%的裕量。根据医院提供资料，同时调查重庆市多家医院 DSA 的设备工作条件中发现，①在极端情况下，拟建项目 DSA 透视工况运行管电压为额定电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；在极端情况下，本项目 DSA 采集工况运行管电压也为额定电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。②常用透视工况为 60～90kV/5～20mA，采集工况为 60～90kV/300～500mA。

根据射线衰减原理和《辐射防护导论》P342 附图 3，不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率如下图 9-6 所示。

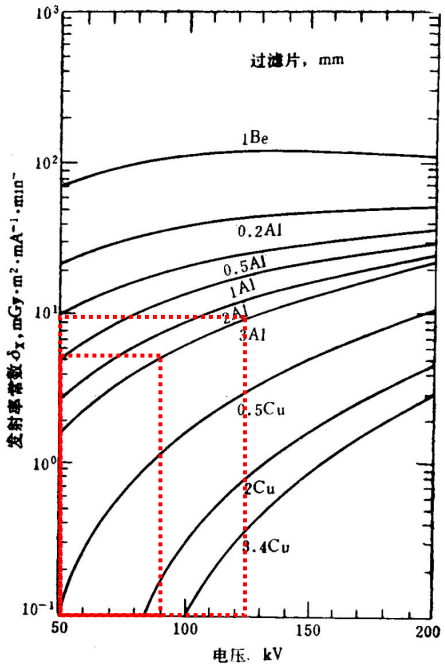


图 9-6 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

一般情况下 DSA 过滤板为 3mmAl，本项目按照 3mmAl 评价，额定电压和常用最大电压距靶 1m 处有用线束的发射率见表 9-2。

表 9-2　最大电压和常用最大电压距靶 1m 处有用线束的发射率

续表 9　项目工程分析与源项

序号	电压	距靶 1m 处有用线束的发射率
1	最大管电压 125kV	9.8mGy·m^2/mA•min
2	常用最大电压 90kV	5.3mGy·m^2/mA•min

（2）漏射线

漏射线由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知，DSA 的漏射线剂量率很小，泄漏辐射距焦点 1m 处，在任一 100cm^2 区域内的平均空气比释动能不超过 1mGy/h。

（3）散射线

散射线由有用线束及漏射线在各种散射体（限束装置、受检者、射线接收装置及检查床、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离等有关。

9.4.2 “三废”排放情况

（1）废气

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，并影响 DSA 机房内的空气质量。拟建项目设置机械排风系统，废气经管道收集后引入无菌材料室旁的烟道，通过该烟道引至外科楼楼顶排放。

（2）固废

①生活垃圾：项目产生的一般固体主要为医务人员及病人家属产生的生活垃圾，集中放置于医院生活垃圾点，依托医院收运系统交环卫部门处理。

②危险废物：介入手术产生的一次性医疗用品、器械等主要为感染性（废物代码：841-001-01）和损伤性废物（废物代码：841-002-01），属于《国家危险废物名录》中 HW01 医疗废物。当日手术结束后在污物间打包整理后运至医院医疗废物贮存点暂存，之后统一由有资质单位处理。DSA 报废拆解去功能化后交由有资质单位处理，保留处理手续，并做好相关记录存档。

③其他：DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。项目配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限出现破损和破裂后，其屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品，医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处理。

（3）废水

拟建项目产生的生活污水、医疗废水依托医院污水处理站统一处理，达标后排入市政管网。

9.5 本项目主要产排污汇总

综上所述，本项目主要污染物产生情况统计汇总见表 9-3。

表 9-3　污染因子一览表

工作场所	影响因素	主要污染因子	产排量及处理方式
介入手术中心	电离辐射	X 射线	距靶 1m 处有用线束的发射率：125kV 下不大于 9.8mGy·m^2/mA•min，90kV 不大于 5.3mGy・m^2/mA•min。 漏射线距焦点 1m 处平均空气比释动能率不超过 1mGy/h。
	废气	O_3、NOx	少量（机械排风）
	固废	医疗废物（841-001-01、841-002-01）	少量（交由有资质单位处置）
		生活垃圾	少量（交环卫部门处置）
		废铅防护用品	少量（由医院收集、妥善暂存，做好记录，最后交由有资质单位处置）
		报废的 DSA	拆解去功能化后交有资质的单位处理
	废水	医疗废水等	少量（排入医院污水处理站处理达标后接入市政污水管网）

表 10　辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 项目布局合理性分析

（1）拟建 DSA 机房位于外科楼 1F 南侧，该层已布置有放射科室和 1 个 DSA 机房，方便对院内开展的辐射工作进行统一管理和监督；本次 DSA 机房北侧（设备间、操作间）、东侧（污物间、缓冲区）均为本项目用房，南侧为绿化和内部道路，西侧为医院药房的中药库，DSA 机房周围活动人员相对较少；楼上区域为医共办公室、楼下区域为配电室等其他医院其他用房，DSA 机房墙体防护设计时考虑了人员防护与安全，医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。

（2）拟建 DSA 机房设置设备间、操作间、清洁区、休息室、库房、更衣室、污物间、缓冲区、辅助用房、无菌材料室等辅助用房，配置相对齐全，满足介入手术需求。

（3）本项目的医护人员、患者和医疗废物通道均有各自独立的出入口，路径相对独立。

（4）拟建项目 DSA 机房和操作间之间设置防护门和铅玻璃观察窗，观察窗设置的位置便于观察到患者状态及防护门开闭情况。

综上所述，从辐射防护与环境保护角度分析，拟建项目平面布局合理。

10.1.2 机房面积

拟建项目 DSA 机房的内空尺寸和标准要求见表 10-1 所示。

表 10-1　DSA 机房建设要求对比表

机房名称	设计情况		标准要求		是否满足要求
	机房内最小单边长度	机房内有效使用面积	机房内最小单边长度	机房内最小有效使用面积	
DSA 机房	5.23m	35.7m^2	≥3.5m	≥20m^2	满足

根据表 10-1 可知，拟建项目的 DSA 机房最小单边长及最小有效使用面积均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

10.1.3 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，医院拟将介入手术工作场所划为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：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，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：这种区域未被确定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据上述要求，拟建项目工作场所区域划分具体情况见图 10-1 及表 10-2。

表 10-2　拟建项目控制区、监督区划分

分区类型	划分区域
控制区范围	DSA 机房
监督区范围	设备间、操作间、缓冲区、污物间、中药库、DSA 机房楼上及楼下对应区域（医生办公室、配电室等）

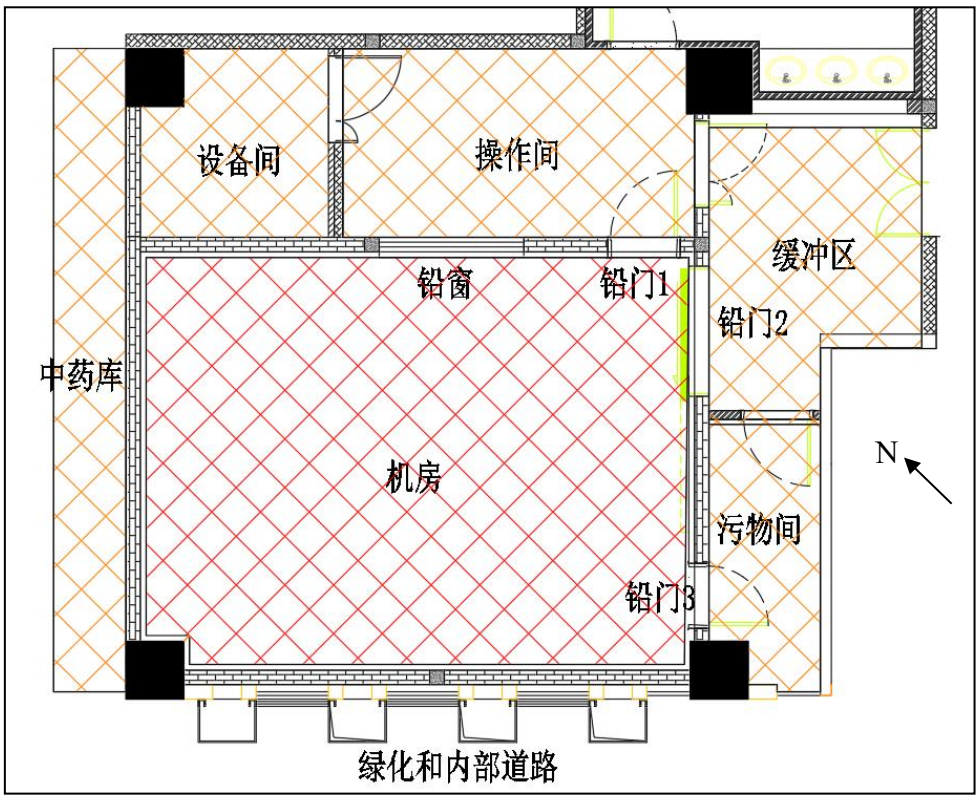


图 10-1　拟建项目分区布置图

医院严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全，控制区边界铅门设置电离辐射警告标识、拟设置门灯联锁装置。监督区进行日常的监测和评估，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

10.2 辐射安全与防护

10.2.1 医院采取的辐射安全与防护措施

（1）设备固有措施

续表 10　辐射安全与防护

拟建项目在 DSA 机房内拟购买合格出厂的、符合相关标准要求性能的 DSA；合格设备具有以下固有安全功能：

①拟购 DSA 配置可调限束装置，使装置发射的线束照射面积尽量减小，以减少泄漏辐射。透视曝光开关为常断式开关，并配备透视限时装置。DSA 具备工作人员在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。介入操作中，设备控制台和机房内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或平板探测器的窗口处设置合适铝过滤板，以此消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同应用时可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。平板探测器前面酌情配置各种规格的滤线栅，减少散射影响。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（last image hold，LIH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备辅助防护设施：包括铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏。

⑥应急开关：DSA 设备上及控制台上设置急停开关，按下急停按钮，DSA 设备立即停止出束。

只有在所有安全防护装置正常的情况下，设备才能启动，同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关，设备会立即停止运行。

（2）机房采取的辐射安全与防护措施

①屏蔽体防护

拟建 DSA 机房四周墙体屏蔽情况为：墙体均为 370mm 实心页岩砖+30mm 硫酸钡水泥，顶棚为 100mm 混凝土+3mmPb 铅板，地板为 120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥，3 扇防护门和 1 个观察窗防护厚度均为 3mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

②穿墙管线进出口防护

穿墙风管：根据机房屏蔽防护，本项目 DSA 机房的排风管从 DSA 机房东侧穿越机

房墙壁；穿越口位置的高度（距离 DSA 机房地面约 3.2m）高于吊顶高度（吊顶高度 3.0m）。穿墙管径为 200×500mm；排风量：400m³/h。排风管穿墙前拟采用铅皮屏蔽防护包裹补偿墙体的屏蔽能力，铅皮厚度为 3mmPb，包裹长度为 2 倍穿越口长边长度，铅皮包裹从 DSA 机房内部包裹，穿越处拟设置 50mm 长铅皮做搭接，射线经多次散射不影响墙体的屏蔽防护效果。

穿墙线管：DSA 机房与操作间、设备间均设有穿墙管沟，电缆管从操作间、设备间临机房地面墙体上穿越，穿越处尺寸均为φ150mm；穿越处均采用 3mmPb 铅皮包裹管道补偿，包裹长度为 2 倍穿越口直径，包裹位置在机房内且缝隙使用岩棉封堵，设备间和操作间内电缆沟顶部加盖钢板。DSA 运行产生的 X 射线经过多次散射后在机房外的影响很小。

穿墙管线防护补偿情况见图 10-2.1、图 10-2.2 所示。

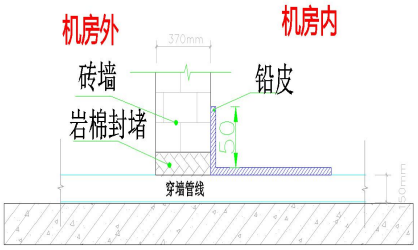


图 10-2.1　项目穿墙线管防护示意图

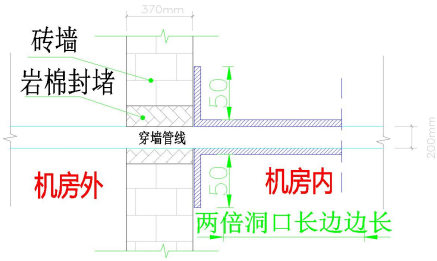


图 10-2.2　项目穿墙风管防护示意图

③防护门及观察窗

DSA 机房设置 3 个进出铅防护门。病人进出的防护门为电动推拉门（铅门 2），拟设防夹装置，设置门灯联锁；铅门 1（医护人员进出门）和铅门 3（污物间进出门）为平开门，拟设自动闭门装置和门灯联锁。

在机房和操作间之间墙体上拟设置 1 个观察窗，放射工作人员在控制室内便可全方位地观察到机房及防护门的开闭情况，如发现患者不适、位置移动、部件脱落、机架与治疗床发生碰撞等异常情况，可及时采取紧急措施。观察窗四周配备防护窗套，窗套屏蔽能力与铅玻璃屏蔽能力相当，由专业单位施工，保证施工质量。

DSA 机房在建设时保证施工质量，窗户封堵搭接缝隙进行错缝施工，确保有足够的搭接宽度；防护门、防护窗的生产和安装由有生产资质的厂家承担，注意其与墙体有足够的搭接宽度，不影响屏蔽体的屏蔽效果。

（3）通风

DSA 机房利用自然进风，单独设置机械排风系统。

机房不单独设置送风系统，自然进风；在 DSA 机房内顶棚装饰吊顶面设置 4 个排风口（从 DSA 机房内部吊顶面设置排风管道，排风管从东侧穿墙），机房内废气经排风管道引入无菌材料室旁的烟道，通过该烟道排至外科楼楼顶排放。

（4）联锁系统

DSA 机房铅防护门 1（医护进出防护门）、铅防护门 2（患者进出防护门）、铅防护门 3（污物间防护门）均拟设置门灯联锁系统，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮，警示无关人员远离 DSA 机房区域。污物间门和缓冲区门为常闭状态，污物间和缓冲区内常规情况下无人员停留。

（5）警示标识

DSA 机房各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并在缓冲区内张贴放射防护注意事项。

（6）辐射防护用品

根据建设单位提供的资料，医院拟配备个人防护用品和辅助防护设施，具体见表 10-3。

表 10-3　拟配置个人防护用品和辅助防护设施情况表

使用对象	个人防护用品			辅助防护设施		
	名称	铅当量	数量	名称	铅当量	数量
工作人员	铅橡胶围裙 铅橡胶颈套	≥0.5mmPb	4 套	床侧防护帘/床侧防护屏	≥0.5mmPb	1 套
	铅防护眼镜	≥0.25mmPb	4 套	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	≥0.5mmPb	1 套
	介入防护手套	≥0.025mmPb	若干	移动铅防护屏风	≥2mmPb	1 套
患者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	≥0.5mmPb	1 套	/		

备注：①今后根据需要配备儿童个人防护用品，铅当量不低于 0.5mmPb。②可以根据工作人员及患者需要选配铅橡胶帽子，铅当量不低于 0.25mmPb。③根据《职业性外照射个人监测规范》（GB128-2019），建议在工作人员身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

对比《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），医院拟配置的个人防护用品及

辅助防护设施符合要求。

（7）对讲装置

DSA 机房与操作间拟设置对讲设备，便于手术医护人员和操作间内人员之间进行交流。

（8）其他

①医院在进行介入手术时，应制定最优化方案，在满足诊断前提下，选择合理可行尽量低的射线参数、尽量短的曝光时间，减少放射工作人员和相关公众的受照射时间，避免病人受到额外剂量的照射。

②合理布置 DSA 机房内急救及手术用辅助设备。

③医院合理安排医疗废物运出时间，介入手术过程中严禁进入 DSA 机房进行医疗废物转运；待 DSA 机房内停止工作时，方可进行医疗废物运送。

拟建项目 DSA 辐射安全联锁逻辑见图 10-3。只有在急停按钮复位、系统自检正常的情况下，设备才能启动，同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关，设备会立即停止运行，工作状态指示灯与防护门联锁。

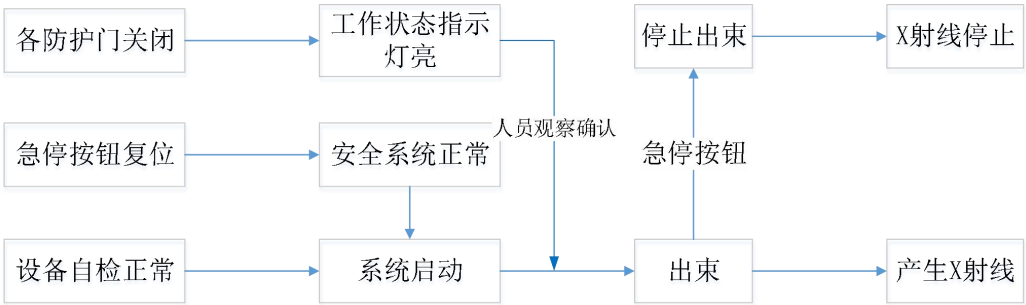


图10-3 辐射安全联锁逻辑图

10.2.2 采取的辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析

拟建项目拟采取的辐射安全与防护措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）等相关要求对比情况见表 10-4 所示。

表 10-4　项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	5.1 一般要求	5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。	拟购买满足标准要求的设备。
		5.1.2 X 射线管组件上应有清晰的焦点位。	
		5.1.3 X 射线组件上应标明固有过滤，所有附加滤过片应标明其材料和厚度。	
	5.2 透视用 X 射线设备防护性能的专用要求	5.2.1 C 形臂 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 20cm，其余透视用 X 射线设备的最小焦皮距应不小于 30cm。	拟购 DSA 的焦皮距为 38cm，满足要求。
		5.2.2 透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。	拟购买满足标准要求的设备。
	5.8 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专用要求	5.8.1 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类型的防护性能专用要求。	拟购买满足标准要求的设备。
		5.8.2 在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。	拟购买满足标准要求的设备，设备具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的脚踩控制键。
		5.8.3 X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。	拟购 DSA 的焦皮距为 38cm，满足要求。
		5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。	拟购买满足标准要求的设备，设备控制台和 DSA 机房内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。
	6.1X 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。	拟建项目 DSA 机房医护人员进出防护门（铅门 1）和污物运出的防护门（铅门 3）拟设置在 DSA 机房角落，穿墙管线设在 DSA 机房吊顶上方，电缆线设在地板下方（设备间与机房之间、操作间与机房之间），观察窗拟设置紧邻医护人员进出防护门布置，均可避免有用线束直接照射。

续表 10　辐射安全与防护

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	6.1X 射线设备机房布局	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。	拟建项目 DSA 机房位于外科楼 1F 南侧，周围主要布置本项目配套用房，楼上和楼下为医生办公室和配电室，设置位置已考虑邻室（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。	拟建项目 DSA 有独立的机房，满足使用设备的布局要求。
		6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。	拟建项目 DSA 机房有效使用面积为 35.7m^2，最小单边长约 5.23m，均能满足标准要求。
GBZ130-2020	6.2 X 射线设备机房屏蔽	6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。	拟建项目 DSA 机房的屏蔽防护能力均大于 2mmPb，满足要求。
	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 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间； c）具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。	根据后文核算，拟建项目 DSA 在透视工况下，DSA 机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，在摄影工况下 DSA 机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 25μSv/h。
	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。	DSA 机房设置观察窗，能观察到受检者状态及防护门开闭情况。拟设置对讲装置便于患者与操作间医生沟通。
		6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	DSA 机房内除必要的配套设施外，将不堆放其他杂物。
		6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	DSA 机房采取机械排风，能保证良好的通风。

续表 10　辐射安全与防护

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	6.4 X 射线设备工作场所防护	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 机房各道防护门均拟张贴电离辐射警告标志，并拟设置门灯联锁系统，即在关门时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮。DSA 机房患者进出防护门外拟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。	DSA 机房的污物间进出防护门（铅门 3）、医护人员进出门（铅门 1）均为平开门，设置自动闭门装置；DSA 机房的病患进出防护门（铅门 2）为电动铅门，拟设曝光时关闭防护门的管理措施，手术期间防护门关闭，任何人不得擅自打开；且医院拟修订相应制度进行管理。
		6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	DSA 机房病患进出防护门为电动推拉式门，拟设置防夹装置。
		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。	医院拟加强管理，将其列入管理制度中，按标准要求执行。
		6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	拟建项目医务人员进出的防护门（铅门 1）、污物运出的防护门（铅门 3）均设置在 DSA 机房角落，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	6.5.3 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。	医院拟配置相应的辐射防护用品，数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表 10-3。
		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，	医院拟加强个人防护用品管理，采用悬挂或平铺方式存放，

续表 10　辐射安全与防护

		以防止断裂。	不折叠。
GBZ130-2020	7.1 一般要求	7.1.1 放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。	本项目放射工作人员已熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。
		7.1.2 根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。	本项目工作人员在手术过程中将根据患者及手术类型，使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。
		7.1.3 合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。	本项目工作人员在手术过程中合理选择参数使受检者所受到的照射剂量最低。
		7.1.4 如设备具有儿童检查模式可选项时，对儿童实施检查时应使用该模式；如无儿童检查模式，应适当调整照射参数（如管电压、管电流、照射时间等），并严格限制照射野。	有儿童检查时，将调整适当的参数并严格限制照射野，项目拟配置儿童防护用品。
		7.1.5 X 射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。	机房内射线装置曝光时，将关闭机房门窗。
		7.1.6 放射工作人员应按 GBZ128 的要求接受个人剂量监测。	放射工作人员在工作过程中佩戴个人剂量计，并按照 GBZ128 的要求接受个人剂量监测，常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月。
		7.1.7 在进行病例示教时，不应随意增加曝光时间和曝光次数。	本项目不进行病例示教。
		7.1.8 不应使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果。	本项目不会使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果。
		7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。	工作人员在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并通过观察窗等密切观察受检者状态。
	7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通	7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有可准确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。	医院拟配置的 DSA 具有可准确记录受检者剂量的装置；医院拟将每次介入手术后受检者受照剂量记录在病历中，需要时可追溯。

续表 10　辐射安全与防护

	荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求	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。	拟加强管理，图像采集时工作人员尽量不在 DSA 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 GBZ128 的规定。	医院已为每名介入手术的医护人员在铅防护衣内外各配置 1 枚个人剂量计，满足要求。
		7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。	医院已制定操作规程及人员岗位职责，将球管旋转至患者身体下方，手术人员在操作过程中合理站位，避开有用线束。
GBZ128-2019	5.3 剂量计的佩戴	5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。	医院已为每名介入医生和护士在铅围裙内左胸前和铅围裙外锁骨对应的领口位置各配置 1 枚个人剂量计，每名技师左胸前配备 1 枚个人剂量计，满足要求。
		5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。	

根据表 10-4 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）要求。医院严格按照上述要求建设，认真落实上述辐射安全与防护措施后，能保障 DSA 的运行对环境和人员的影响满足相关标准要求。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响

施工期主要为用房的改造（包括墙体的拆除和新建等）、装修，设备的安装等工作，主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

施工扬尘主要为项目用房改造、装修时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘，项目施工期短，采取洒水等措施，可以减少扬尘的扩散。

施工噪声主要来自于项目用房改建、装修及现场处理等，采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施减少施工噪声影响。

施工期废水主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水，生活污水依托医院现有的废水处理系统处理，根据医院污水处理站监测报告，其可以对院内污废水进行有效处理，并且达标排放。

固体废物：主要为现有用房拆除，及改造后装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至市政指定的弃渣场，生活垃圾交环卫部门统一收运处置。

本项目工程量小，且均在建筑物内施工，对外环境及保护目标的影响较小；项目施工期短，施工期产生的影响随着施工的结束而消失，环境可以接受。

11.2 营运期辐射环境影响分析

11.2.1 机房屏蔽体铅当量核算

根据 DSA 工作原理及工作方式可知，DSA 的辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。根据 NCRP147 号报告“Examples of Shielding Calculations”5.1 节（P72）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知，DSA 的漏射线剂量率很小（一般不大于 1mGy/h）。因此，在屏蔽防护时主要考虑非有用线束的影响，而 90°非有用线束的影响最大，因此本评价以 90°非有用线束屏蔽厚度要求作为核算依据。本项目 DSA 在实际使用中不会使用到最大管电压，但保守估计，在折合屏蔽体铅当量时，仍按照最大管电压下参数进行铅当量折算。在环境影响分析部分，采用常用工况（90kV）下相关参数进行计算。

因未给出管电压为 125kV 的 90°非有用线束条件下的砖拟合参数，故本报告砖的铅当量厚度通过混凝土的参数进行换算。根据《辐射防护导论》（方杰、李士骏）P88，实心页岩砖和混凝土的相当厚度可用密度进行换算，具体公式如下：

$$d1 / d2 = \rho2 / \rho1 \quad (11\text{-}1)$$

式中：d1、d2—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度，

ρ1、ρ2—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。

由以上公式可计算出 370mm 实心页岩砖对应的混凝土厚度为 260mm。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），附录表 C.2 中给出了 125kV（散射）下混凝土的拟合参数，通过拟合参数的计算，125kV 条件下顶棚 100mm 混凝土对应的铅当量为 1.3mmPb、地板 120mm 混凝土对应的铅当量为 1.6mmPb、四周墙体 260mm 混凝土对应的铅当量为 3.8mmPb。

因《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.3 未给出硫酸钡水泥拟合参数，故本报告根据《辐射防护手册》（第三分册）中表 3.3 中 150kV 条件下 2mmPb 相当于 33mm 硫酸钡水泥（密度 3.2g/cm^3）、100kV 条件下 2mmPb 相当于 17mm 硫酸钡水泥，本次采用 150kV、100kV 的相关数据进行内插法计算，则 125kV 条件下 30mm 硫酸钡水泥对应的铅当量为 2.4mmPb。

根据医院提供的屏蔽防护方案，机房屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-1，计算过程见支撑性材料 8。

表 11-1　DSA 机房屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表

机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计方案	折算铅当量	标准要求	评价结果
DSA 机房	四周墙体	370mm 页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	6.2mmPb	2.0mmPb	满足要求
	顶棚	100mm 混凝土+3mmPb 铅板	4.3mmPb		
	地板	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.0mmPb		
	防护门	3mmPb	3mmPb		
	观察窗	3mmPb	3mmPb		

备注：页岩砖密度 1.65g/cm^3，混凝土（砼）密度 2.35g/cm^3，硫酸钡水泥密度 3.2g/cm^3，铅密度 11.3g/cm^3。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）6.2.1 可知，标准中规定了 X 射线装置机房的屏蔽防护应不低于标准中表 3 的要求，即拟建项目 DSA 机房屏蔽能力不得低于 2mmPb。根据上表核算和对比分析，拟建项目 DSA 机房屏蔽能力均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.2　DSA 机房屏蔽体外剂量率核算

（1）核算公式

续表 11 环境影响分析

对给定的铅厚度，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C.1（本报告式 11-2）计算得到屏蔽透射因子 B：

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

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。

在给出透射因子 B 的情况下，可根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C.2（本报告式 11-2）计算出各屏蔽物质的铅当量厚度：

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

式中：X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；其余同上。

根据式 11-2 计算得到屏蔽透射因子 B 后，关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$（μSv/h）可根据《辐射防护导论》（原子能出版社）第三章第三节（P116-P117）散射线的屏蔽计算公式（3.66）进行推导得出，按最不利情况考虑管电压修正系数取 1，推导得出本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H}=\frac{I\times H_0\times B}{R_S^{\ 2}}\times\frac{F\times\alpha}{R_0^{\ 2}} \qquad (11\text{-}4)$$

式中：$\dot{H}$ ——关注点散射辐射剂量率，μSv/h；

I——X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv•m^2/（mA•h），以 mSv•m^2/（mA•min）为单位的值乘以 6×10^4。

B——屏蔽透射因子，根据公式 11-2 计算得出；

F——R_0 处的辐射野面积，射线装置运行时的最大照射野面积为 400cm^2（20cm×20cm）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（1cm²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；根据 NCRP147 号报告第 137 页附图 C.1，150kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的散射系数最大为 7.5×10^{-6}；90kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的散射系数最大为 6.8×10^{-6}。

R_S——辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为米（m），拟建项目取 0.38m；

R_0——散射体至关注点的距离，单位为米（m），根据设备布设位置确定。

（2）核算参数和条件

①DSA 存在透视及采集两种工况，本次评价按照透视常用工况及采集常用工况分别计算 DSA 机房屏蔽体外周围剂量当量率。DSA 常用透视工况为 60～90kV/5～20mA，常用采集工况为 60～90kV/300～500mA。本报告保守估算，透视工况按照常用最大 90kV、20mA 进行计算；采集工况按照常用最大 90kV、500mA 进行计算。DSA 在 90kV、3mmAl 过滤板情况下主射线方向 1m 处发射率为 5.3mGy·m²/mA•min。

②X 射线管头位置按有效使用面积的中心位置考虑，设备离地高度按 1.0m 考虑。四周墙体（含防护门、观察窗）计算点为屏蔽体外 30cm 处，防护门计算距离直接按门所在墙体最近距离计；顶棚核算到 DSA 机房顶上方 1m 处，地板核算到下一层高于地面 1.7m 处。

③本报告选用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中常用管电压 90kV 的各屏蔽体的拟合参数进行估算；屏蔽体中硫酸钡水泥的等效铅当量保守考虑使用 125kV（90°非有用线束）参数换算结果。

常用工况下预测核算参数详见表 11-2。

表 11-2　核算参数

管电压（kV）	对应管电流 I（mA）	输出量 H_0 μSv•m²/（mA•h）	发射率 mGy·m²/mA min	散射面积 F（cm²）	散射因子 α	散射距离 R_S（m）
90	20（透视）	3.18×10^5	5.3	400	6.8×10^{-6}	0.38
90	500（采集）	3.18×10^5	5.3	400	6.8×10^{-6}	0.38

管电压（kV）	材质	拟合参数		
		α	β	γ
90	铅	3.067	18.83	0.7726
90	混凝土	0.04228	0.1137	0.4690
90	砖	0.0375	0.082	0.892

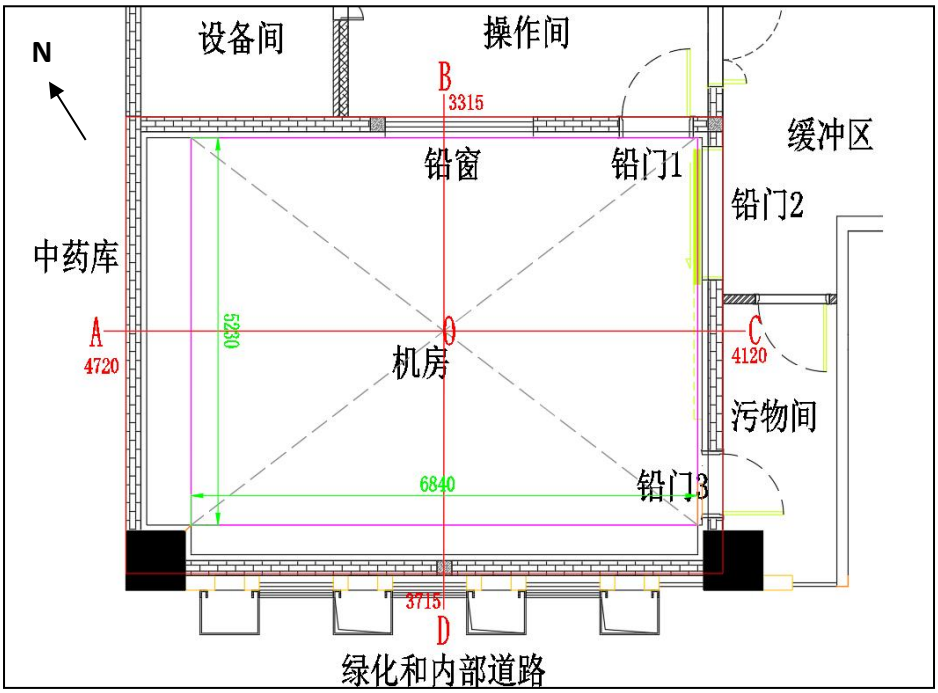


图 11-1 机房周围关注点示意图

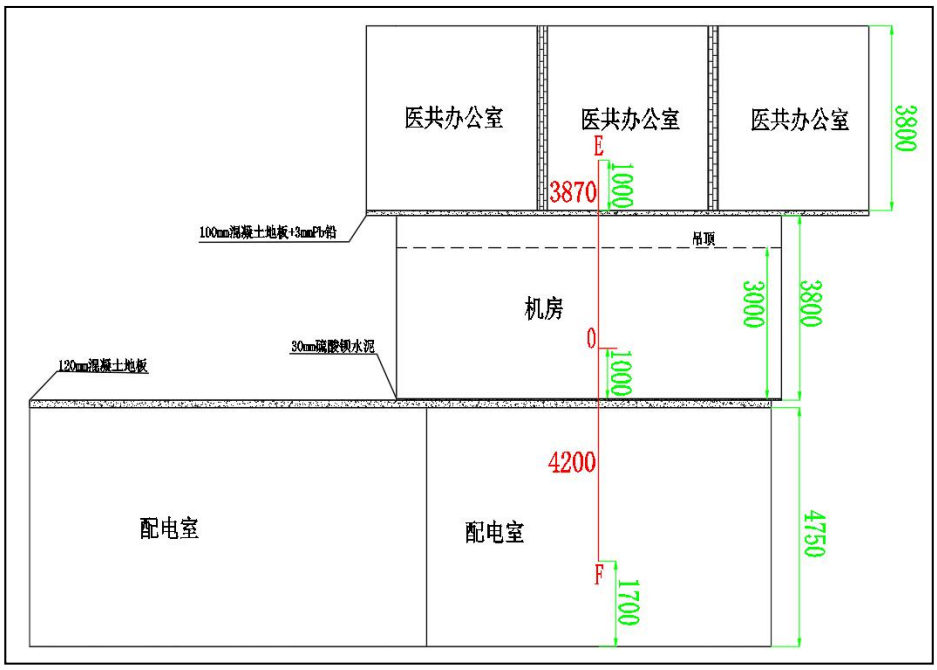


图 11-2 机房上下关注点示意图

（3）DSA 机房外周围剂量当量率核算结果

根据核算公式和表 11-2 相关参数，透视、采集状态下 DSA 机房外周围剂量当量率核算结果见表 11-3 所示。

表 11-3 DSA 机房屏蔽核算结果

墙体名称		最近距离 R(m)	设计厚度	周围剂量当量率（μSv/h）		建设厚度是否满足要求
				透视	采集	
西侧	墙体 A	4.7	370mm 页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	6.98×10^{-8}	1.75×10^{-6}	是
北侧（操作间、设备间）	墙体 B	3.3	370mm 页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	1.42×10^{-7}	3.54×10^{-6}	是
	防护门 B	3.3	3mmPb	8.73×10^{-2}	2.18	是
	观察窗 B	3.3	3mmPb	8.73×10^{-2}	2.18	是
东侧（污物间、缓冲区）	墙体 C	4.1	370mm 页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	9.18×10^{-8}	2.29×10^{-6}	是
	污物间防护门、病人通道防护门	4.1	3mmPb	5.65×10^{-2}	1.41	是
南侧	墙体 D	3.7	370mm 页岩砖+30mm 硫酸钡水泥	1.13×10^{-7}	2.82×10^{-6}	是
楼上（医生办公室）	顶棚 E	3.8	100mm 混凝土+3mmPb 铅板	7.44×10^{-5}	1.86×10^{-3}	是
楼下（配电室）	地板 F	4.2	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	1.53×10^{-4}	3.82×10^{-3}	是

备注：①设备离地高度按 1.00m 考虑，地板核算到楼下距地面 1.7m 处，核算距离均考虑了硫酸钡水泥厚度；②球管位于机房有效使用范围中心位置；③关注点距离保留 1 位小数，按不利情况考虑只舍不入。

根据计算可知，在透视和采集条件下 DSA 机房屏蔽体外 30cm 的周围剂量当量率最大均小于 2.5μSv/h，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.3 剂量估算

11.3.1 剂量估算公式

X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H^{*}_{(10)} \times t \times 10^{-3} \qquad \text{（公式 11-5）}$$

式中：H_{Er}：X 或γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H^{*}_{(10)}$：X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X 或γ射线照射时间，h。

11.3.2 放射工作人员剂量估算

根据建设单位提供的资料，本项目年计划开展介入手术 1000 台，详见表 9-1。拟建项目 DSA 年透视时间共约 340h，采集时间约 19.7h，DSA 总年有效开机时间约 359.7h。

（1）放射工作人员剂量估算

①操作间放射工作人员年有效剂量估算

根据前文预测分析可知，DSA 常用透视和采集条件下，DSA 机房的操作间处最大周围剂量率分别为 8.73×10^{-2} μSv/h、2.18μSv/h，则 DSA 常用透视和采集条件下，操作间内放射工作人员的年有效剂量估算见表 11-4。

表 11-4 操作间放射工作人员年有效剂量估算一览表

机房名称	操作间最大周围剂量当量率（μSv/h）		年出束时间（h）		年有效剂量（mSv/a）		总年有效剂量（mSv/a）
	透视	采集	透视	采集	透视	采集	
DSA 机房	8.73×10^{-2}	2.18	340	19.7	2.97×10^{-2}	4.3×10^{-2}	7.27×10^{-2}

根据上表可知，拟建项目 DSA 机房的操作间内工作由 1 名技师完成，则该名放射工作人员受到的年有效剂量约 7.27×10^{-2}mSv/a。根据 2023 年个人剂量检测报告可知医院现有技师上一年度外照射个人剂量最大值为 0.3mSv，从最不利情况考虑，DSA 操作间的工作都由该名技师完成，则该名技师的年有效剂量约 0.37mSv，远低于拟建项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②DSA 机房医护人员

拟建项目 DSA 有采集和透视两种工作模式。

透视工作模式下，医护人员均穿戴个人防护设施（考虑铅当量 0.5mm），以公式 11-2 计算其透射因子，不考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素，不区分手术人员位置，同时，参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表 B.1 规定：透视防护区检测平面上的周围剂量当量率不应大于 400μSv/h。核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

采集工作模式下，考虑医护人员穿戴个人防护设施（考虑铅当量 0.5mm），并在移动铅屏风（考虑铅当量 2mm）后操作，以公式 11-2 计算其透射因子，考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素（1.5m），不区分手术人员位置，核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

DSA 运行时，DSA 机房内医护人员铅衣内外的周围剂量当量率计算结果见表 11-5 所示。

表 11-5 医护人员铅衣内外的周围剂量当量率计算表

运行管电压	手术类别	透射因子		手术人员铅衣内周围剂量当量率（μSv/h）	年出束时间（h）	年剂量估算（mSv/a）	
90kV	心脏介入	透视	3.7×10^{-5}	10.06	200	2.01	2.36
		采集	2.5×10^{-2}	49.05	7	0.34	
	神经介入	透视	3.7×10^{-5}	10.06	52.5	0.53	0.74
		采集	2.5×10^{-2}	49.05	4.3	0.21	
	综合介入	透视	3.7×10^{-5}	10.06	87.5	0.88	1.29
		采集	2.5×10^{-2}	49.05	8.4	0.41	
运行管电压	手术类别	透射因子		手术人员铅衣外周围剂量当量率（μSv/h）	年出束时间（h）	年剂量估算（mSv/a）	
90kV	心脏介入	采集	1.7×10^{-4}	228.86	200	45.77	48.57
		透视	/	400.00	7	2.80	
	神经介入	采集	1.7×10^{-4}	228.86	52.5	12.02	13.74
		透视	/	400.00	4.3	1.72	
	综合介入	采集	1.7×10^{-4}	228.86	87.5	20.03	23.39
		透视	/	400.00	8.4	3.36	

备注：采集时医生均有可能在 DSA 机房内，故按照最不利情况进行核算，核算考虑采集时间。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），中 6.2.4 佩戴铅围裙内外两个剂量计时，宜采用式（11-6）估算有效剂量：

$$E=\alpha\times H_{\mathrm{u}}+\beta\times H_{\mathrm{o}} \qquad \text{（公式 11-6）}$$

式中：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，无屏蔽时，取 0.84；

H_{u}—铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_{\mathrm{p}}(10)$，单位为 mSv；

β—系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.1；

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 $H_{\mathrm{p}}(10)$，单位为 mSv。

本项目尚未运行，采用理论预测值进行计算。

表 11-6 手术医护人员受到的年有效剂量

手术类别	α	Hu（mSv）	β	Ho（mSv）	E（mSv）	每组手术医护人员受到的年有效剂量	备注
心脏介入	0.79	2.36	0.05	48.57	4.29	0.61	已配置 7 组医生
神经介入	0.79	0.74	0.05	13.74	1.27	0.32	已配置 4 组医生
综合介入	0.79	1.29	0.05	23.39	2.19	0.73	已配置 3 组医生

备注：本项目工作人员手术时佩戴铅橡胶颈套，故α取 0.79，β取 0.051。

待本项目建成后，本项目依托院内现有从事介入工作的手术医生，则单组手术医护人员受到本项目的年有效剂量最大约0.73mSv/a（单组综合介入手术医生）。根据2023年度放射工作人员的个人剂量监测结果可知，本项目手术医护人员年最大剂量为0.58mSv，考虑不利影响，总量为1.31mSv/a，小于本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，且能满足DSA常用条件下开展介入手术的基本需求。

此外，上述透视工作条件下的估算是按照透视防护区测试平面上的周围剂量当量率不大于400μSv/h的基础上计算的，短时的采集次数根据手术计划确定。实际手术过程中，手术医护人员受到的照射剂量与铅悬挂防护屏设置位置、铅防护用品质量、手术医护人员的手术熟练度及习惯等相关。

同时，上述核算考虑的是工作负荷平均分配的情况，实际工作中单台DSA的工作负荷可能不会均分，且项目工作人员将会根据手术安排在两台DSA间来回调动，则手术医生的受照剂量会有一定的变化。因此，介入手术医生实际受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，医院应根据最大手术工作时间对手术医生进行工作调配，以确保辐射安全，在个人剂量计季度受照剂量超过1.25mSv时应及时查明原因，如因工作量太大导致个人剂量计季度受照剂量超过1.25mSv，则应减少工作量并密切关注个人剂量计结果。

另外，医院还应采取以下措施确保辐射安全工作：

A、要求从事介入手术人员在实际工作中，应正确佩戴个人剂量计，介入手术医护人员应在防护铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计；曝光时医护人员位于移动铅屏风后。

B、医院应定期对个人剂量计进行监测，根据监测报告结果，合理分配工作量，正确有效使用防护用品，尤其是铅橡胶颈套。若季度受照剂量超过 1.25mSv，应开展进一步调查，查明原因，提出解决方案，确保放射工作人员受到的年有效剂量低于医院的年剂量管理目标值。

C、建议医院后续根据实际情况需要，可为介入医生配备局部剂量计（如指环剂量计、眼部剂量计等）。

（2）公众成员剂量估算

DSA 常用透视和采集条件下，DSA 机房外公众成员受到的年有效剂量估算见表 11-7。

表 11-7　DSA 机房外公众成员受到的年有效剂量表

序号	环境保护目标名称	方位	与机房最近水平距离（m）	预测结果（μSv/h）		年有效照射时间（h）			年有效剂量（mSv/a）
				透视	采集	居留因子	有效透视时间	有效采集时间	
1	绿化和内部道路	南	紧邻	1.13×10^{-7}	2.82×10^{-6}	1/40	340	19.7	2.35×10^{-9}
	食堂、肝病中心、污水站房、医疗废物贮存点、急救车停车场		约 9	9.57×10^{-9}	2.39×10^{-7}	1	340	19.7	7.96×10^{-9}
	上河城安置小区		约 28	1.54×10^{-9}	3.84×10^{-8}	1	340	19.7	1.28×10^{-9}
2	熬药间	东南	约 40	8.08×10^{-10}	2.02×10^{-8}	1	340	19.7	6.73×10^{-10}
3	污物间、缓冲区	东	紧邻	5.65×10^{-2}	1.41	1/2	340	19.7	2.35×10^{-2}
	楼梯间、办公室		约 1.5	3.03×10^{-2}	0.76	1	340	19.7	**2.52×10^{-2}**
	绿化和内部道路、内科楼		约 8	6.49×10^{-3}	0.16	1	340	19.7	5.40×10^{-3}
4	设备间	北	紧邻	8.73×10^{-2}	2.18	1/5	340	19.7	1.45×10^{-2}
	清洁区、休息室、库房、无菌材料室、辅助用房、更衣室		约 2.5	2.83×10^{-2}	0.71	1/2	340	19.7	1.18×10^{-2}
	药品库房、电梯及楼梯通道、医院大厅及辅助用房		约 13	3.58×10^{-3}	8.94×10^{-2}	1	340	19.7	2.98×10^{-3}
5	放射科用房	西北	约 15	2.84×10^{-3}	7.10×10^{-2}	1	340	19.7	2.36×10^{-3}
6	医院药房	西	紧邻	6.98×10^{-8}	1.75×10^{-6}	1	340	19.7	5.81×10^{-8}
	急救指挥中心辅助用房		约 6	1.35×10^{-8}	3.37×10^{-7}	1	340	19.7	1.12×10^{-8}
	绿化和内部道路		约 40	7.72×10^{-10}	1.93×10^{-8}	1/2	340	19.7	3.21×10^{-10}
	院外人行道和白水桥路		约 45	6.25×10^{-10}	1.56×10^{-8}	1/40	340	19.7	1.30×10^{-11}
7	医共办公室（2F）、病房及办公室（3F-16F）	顶棚	/	7.44×10^{-5}	1.86×10^{-3}	1	340	19.7	6.19×10^{-5}
8	配电室及辅助用房、库房（-1F）、车库（-2F）	地板	/	1.53×10^{-4}	3.82×10^{-3}	1/5	340	19.7	2.55×10^{-5}

备注：①居留因子参照 NCRP147 号报告 P31 表 4.1 取值：同一方位选取居留因子最大值进行保守估算。②同一处的环境保护目标的年有效剂量估算均以最近的距离、最大的居留因子进行计算，故更远的环境保护目标年有效剂量将更小。

根据表 11-7 可知，DSA 机房外公众成员受到的年有效剂量最大约 2.52×10^{-2} mSv/a，低于医院年剂量管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

（3）剂量估算结论

综上所述，根据医院提供的计划手术量，合理分配手术量、放射工作人员正确、有效使用防护用品和辅助防护设施的前提下，从事介入手术的放射工作人员所受到的年有效剂量低于放射工作人员的剂量管理目标值（5mSv/a），公众成员受到年有效剂量也低于医院公众成员的剂量管理目标值（0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.4 环境保护目标辐射环境影响分析

拟建 DSA 机房的屏蔽防护能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，各关注点周围剂量当量率满足国家相关标准要求。拟建项目环境保护目标主要受 DSA 运行时产生的电离辐射（X 射线）影响。根据 X 射线衰减规律，辐射影响与距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。根据表 11-8 可知，DSA 机房外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率远低于 2.5μSv/h，DSA 机房外公众成员受到的年有效剂量低于 0.1mSv/a。因此，拟建项目所致 DSA 机房周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微，该层放射科机房与本项目 DSA 机房有一定距离，且经过多次墙体屏蔽，其共同的叠加影响较小，通过距离衰减后，与本项目机房共同的周围各环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

11.5 “三废”环境影响分析

11.5.1 废气影响

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对 DSA 机房的影响，关键在于加强室内通风。拟建项目 DSA 运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，DSA 机房顶部设置 4 个排风口，废气经管道收集后引入无菌材料室旁的烟道，通过该烟道引至外科楼楼顶排放。因此，拟建项目废气对环境影响可接受。

11.5.2 废水影响

项目运行产生少量的生活污水、医疗废水依托医院已建医疗废水处理站（处理能力

460m³/d）进行处理，达标后排入市政污水管网。本项目放射工作人员在医院额定定员内，废水处理站设计时已经考虑这部分废水，因此能接纳本项目产生废水。项目产生的废水能得到有效处置，不会对周围环境产生影响。

11.5.3 固体废物

拟建项目产生的生活垃圾经收集后，统一经收运系统交环卫部门处理。

拟建项目产生的医疗废物分类收集，在污物间打包整理后依托医院的医疗废物收集系统收集，并暂存于医院医疗废物暂存间，最终交由有资质单位处理。医疗废物暂存间内设置感染性废物和损伤性废物收集桶，相应类别的塑料桶上粘贴中文标签，医疗废物暂存间大门张贴危险废物标识；医疗废物暂存间为封闭空间，日常不使用时锁闭大门，设专人管理，防止非工作人员接触医疗废物；医疗废物暂存间的面积足够暂存医院 2 天内产生的医疗废物；医疗废物暂存间内设置紫外线消毒装置，空调通风换气装置。因此，拟建项目产生医疗废物及时运送至医疗废物暂存间，此种处理措施依托可行。

拟建项目配置多套含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品按有关规定由医院收集后妥善保存，做好记录，交有资质单位处理。DSA 报废拆解去功能化后交由有资质单位处理，保留处理手续，并做好相关记录存档。

综上所述，拟建项目产生的固体废物均能得到合理的处理，不会对环境产生影响。

11.6 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，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时，该实践才是正当的。

拟建项目的 DSA 应用于介入手术，对医疗诊断和手术辅助等方面有其他技术无法替代的特点，可实现对血管病灶的精准定位，对拯救生命起了十分重要的作用。拟建项目运营期将为患者提供一个优越的就医环境，具有明显的社会效益；随着医院医疗技术以及服务水平的提高，将吸引更多的就诊人员，医院在为患者健康服务的同时也将创造更大的经济效益。此外，拟建项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。

综上所述，拟建项目 DSA 的使用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，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

11.7 产业政策符合性

项目主要使用DSA从事介入手术工作，根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》鼓励类中第十三项、第4条：“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”，项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》鼓励类中的“高性能医学影像设备”的应用，属于鼓励类，符合国家的产业政策。

11.8 事故影响分析

（1）风险事故类型

X 射线装置产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因 X 射线装置设置有专用机房，机房顶棚、观察窗及防护门均采用固定辐射防护设施，基本不会发生机房屏蔽体损坏而致无关人员受到误照射的事故，即使发生，也能一目了然而不再开机曝光，不会受到误照射。X 射线看不见、摸不着，因此，更多的辐射事故是因为设备故障和违反操作规程等，而导致无关人员受到误照射或者放射工作人员受到超剂量照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

①DSA 机房外人员误照射：在设备故障等极端风险情况下，本项目 DSA 出现最不利运行参数即透视时电压 125kV、电流 110mA，摄影时电压 125kV、电流 500mA，造成机房外人员的误照射。

②DSA 机房内公众成员误照射：除手术人员外其他与手术无关人员（如清洁人员、医疗废物运输人员等）在防护门关闭前因未及时撤离，防护门未关闭或射线装置工作时门被开启，造成 DSA 机房内公众成员的误照射。

（2）后果分析

①DSA 机房外人员误照射

根据核算，在极端情况下，拟建项目 DSA 透视工况运行管电压为最大管电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 110mA；在极端情况下，DSA 采集工况运行管

电压也为最大管电压，即 125kV，电流自动跟随电压，电流不大于 500mA。

DSA 在最大运行参数条件下运行，单台手术时间内 DSA 机房外最大剂量估算情况见表 11-8。

表 11-8 DSA 机房外误照射人员所受辐射剂量估算表

位置	事故情景	DSA 机房外最大周围剂量当量率（μSv/h）	单台手术最大曝光时间（min）	有效剂量（mSv）	总有效剂量（mSv）	吸收剂量（mGy）
DSA 机房北防护门、观察窗外	最大运行参数条件下运行，人员位于 DSA 机房外	17.5（透视）	21	6.2×10^{-3}	8.85×10^{-3}	8.85×10^{-3}
		79.6 采集）	2	2.65×10^{-3}		

备注：仅考虑散射线，Sv/Gy=1。

根据核算可知，在理论可预知风险条件下，项目 DSA 机房外人员误照射受到的单台手术有效剂量最大约 8.85×10^{-3} mGy。

②DSA 机房内人员误照射

因各种原因导致 X 射线装置在运行过程中非手术人员滞留机房内发生误照射辐射事故，按照最不利情况即 DSA 最大运行参数（透视工况为 125kV/110mA，采集工况为 125kV/500mA），考虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m 考虑。因手术床旁和操作间均拟设置急停按钮，发现人员误入或滞留机房内时能及时按下急停按钮停止出束，因此受照时间可按照发现人员误入或滞留并按下急停按钮时间约 2min 考虑，另外从最不利情况考虑单台手术的最大采集和透视时间（分别约 2min 和 21min）进行估算，其剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 DSA 机房内误照射人员所受辐射剂量估算表

设备	工作模式	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率（μSv/h）	有效剂量（mGy）
DSA	采集模式：1m 处发射率 9.8mGy·m²/mA min	10s（发现后使用急停按钮）	5.54×10^{6}	15.38
		2min	5.54×10^{6}	184.60
	透视模式：1m 处发射率 9.8mGy·m²/mA min	2min（发现后使用急停按钮）	1.22×10^{6}	40.61
		21min	1.22×10^{6}	426.42
	采集+透视：额定参数运行	23min（单次采集+透视最长时间）	/	611.02

备注：仅考虑散射线，Sv/Gy=1。

根据以上后果分析可知，DSA 机房内人员误照射情况下，人员滞留 DSA 机房内且未穿戴防护用品时，可能发生超年有效剂量照射的事故，造成一般辐射事故。

（3）事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和组织反应（确定性效应）。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在剂量阈值。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体的体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

确定性效应定义为以存在阈值剂量并且反应严重程度随剂量增加而加重为特征的细胞群体的损伤，也被称为“组织反应”。确定性效应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

不同照射剂量的 X、γ 射线对人体损伤估计见表 11-11。

表 11-11 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量（Gy）	类型		初期症状和损伤程度
来自《辐射防护导论》P33			
＜0.25	/		不明显和不易察觉的病变
0.25～0.5			可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5～1			机能变化，血液学的变化，但不伴有临床症象
来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）			
1～2	骨髓型	轻度	乏力，不适，食欲减退
2～3.5	急性	中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
3.5～5.5	放射病	重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降

续表 11 环境影响分析

5.5～10		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10～50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高
＞50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33。

根据上述后果分析可知，两种事故情景导致人员在 DSA 机房内或 DSA 机房外单次误照射所受到辐射剂量超过年剂量，为一般辐射事故，发生一般辐射事故后，可能会发生身体机能变化，血液学的变化，但不伴有临床症象等情况，事故不会导致严重辐射损伤，但会增加随机性效应的概率。全年多次误照射的情况基本不存在。

（4）风险事故防范措施分析

由于各种管理不善或人误等造成的误照射，导致人员的照射方式主要是外照射，因此发生误照射事故应第一时间切断 X 射线装置电源，确保 X 射线装置停止出束，对人员进行救治，医院应采取以下措施防范风险事故发生。

①撤离 DSA 机房时应清点人数，确认没有无关人员停留在 DSA 机房后才开始操作。此外，在设备及控制台设置有紧急停机按钮，可避免此类事故的发生。在 DSA 机房内设置紧急停机按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

②医院加强管理，手术医生在开展手术时，需要进行 DSA 机房透视曝光时，应由熟练医生正确穿戴防护用品熟练完成。

③放射工作人员须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照 DSA 机房管理要求开展手术。

④医院应定期做好设备稳定性检测和质控检测，加强设备维护，使设备始终保持在最佳状态下工作，尽可能避免最不利条件运行的风险事故发生。

⑤培植放射工作人员的安全文化素养，增强放射工作人员个人防护意识，在开展介入手术时正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，放射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训。防护用品不使用时，采用悬挂或平铺方式妥善存放，防止断裂。加强介入医护人员职业健康体检，发现医护人员不适合参与放射工作应及时停止工作。

综上所述，医院落实上述措施后，能有效减少和杜绝辐射事故的发生，减少对周围环境和公众的影响。

11.9 环保投资

拟建项目环保投资估算约 23 万元，占总投资的 2.63%，具体情况见表 11-12。

表 11-12 拟建项目环保投资一览表

序号	辐射安全与防护设施名称	投资（万元）
1	墙体改建、通风	纳入工程投资
2	铅防护门、铅窗	10
3	个人防护用品	2
4	管理制度上墙，各处标识标牌、警示标志等	1
5	个人剂量监测、职业健康体检等	2
6	监测、环评、验收、办证等	8
合计		23

表 12　辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、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 名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院现已成立放射安全管理委员会（以下简称“委员会”），办公室设置在预防保健科。主任委员为副院长，副主任委员为预防保健科副科长，成员为质量管理办公室、医务部、医学装备科、总务科、心血管内科、神经内科、骨科、呼吸与危重症医学科、麻醉科、放射影像科、核医学科、肾病学科、口腔科、介入室、肿瘤科的相关人员组成，并设置专职管理人员，学历为本科及以上；文件规定了委员会的职责，负责全院的辐射环境管理，包括管理制度的建立、修订，人员的培训、考核及职业健康体检、个人剂量检测，建立档案，辐射环境监测等。医院现有的辐射安全与环境保护管理机构设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

本项目开展后，目前医院的管理机构和管理人员也能满足相关要求，因此，本项目的辐射环境管理可直接纳入现有管理机构管理。

12.2 辐射安全管理

12.2.1 规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、台账管理制度、监测方案等。目前医院在用的有Ⅱ类、III射线装置和非密封放射性物质，已成立有放射安全管理委员会，并制定了一系列管理制度，主要有《辐射防护安全管理制度》、《放射诊疗设备安全操作规程》、《设备台账维护制度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作场所辐射环境监测方案》、《放射防护人员培训计划》、《放射工作人员健康管理制度》、《个人剂量管理规定》、《射线装置管理制度》、《介入室管理制度》、《放射性事故应急预案》等，具体见支撑性材料 7。上述各种制度考虑到了核技术利用项目的操作使用和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性。医院在此之前按照各项管理制度执行，到目前为止未发生过放射事故。

本项目建成后，可根据本项目现有 DSA 的实际情况，完善现有的辐射安全管理制

度，以便满足本项目的管理要求。

12.2.2 放射工作人员配置

拟建项目依托医院现有从事介入工作的辐射工作人员，介入手术总配置 43 人，其中医生 28 人（心脏介入 14 名，神经介入 8 名，综合介入 6 名），技师 12 人，护士 3 人。本项目建成后，介入放射工作人员负责全院的介入手术工作。

①辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：http://fushe.mee.gov.cn）免费学习相关知识，并参加考核，取得辐射安全培训合格证书，持证上岗。已持证上岗的，在辐射安全培训合格证有效期到期前，需进行再次考核。

根据《中华人民共和国生态环境部公告》（2021 年第 9 号），仅操作使用 III 类射线装置的工作人员可不参加集中考核，由医院自行组织考核，自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

医院现有放射工作人员均进行了辐射安全与防护培训并取得了培训合格证/合格成绩单，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，医院今后按相关要求继续执行。

②个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的放射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

医院拟为每名介入手术医师、护士配置 2 枚个人剂量计（内外各一枚），每名技师配置 1 枚个人剂量计，并安排专人负责个人剂量监测管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。此外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将

个人剂量计相互转借，不允许将个人剂量计带出医院。

③职业健康检查

《放射工作人员职业健康管理办法》第五条规定：放射工作人员年满 18 周岁；经职业健康检查，符合放射工作人员的职业健康要求。第十八条规定：放射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。放射工作单位不得安排未经职业健康检查或者不符合放射工作人员职业健康标准的人员从事放射工作。第十九条规定：放射工作单位应当组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔**不应超过 2 年**，必要时可增加临时性检查。第二十条规定：放射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

根据调查，医院现有放射工作人员均按照要求在**每两年**进行一次职业健康体检，目前在岗放射工作人员均无体检异常，无疑似职业病人员，满足管理要求。必要时可增加临时性检查。放射工作人员脱离辐射工作岗位，离岗前的职业健康检查，并保存放射工作人员的健康档案。

12.2.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

医院建立了年度评估制度，并按照上述要求每年均提交了上一年度的年度评估报告，并将年度评估报告制度纳入放射安全管理委员会职责中。年度评估报告包括单位基本信息、射线装置台账、现有防护用品情况、辐射安全和防护设施的运行与维护及辐射安全和防护制度及措施的建立和落实等方面的内容。后续应补充年度评估制度，继续于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交年度评估报告。本项目建成后，拟将本项目纳入年度评估管理中。

12.2.4 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

续表 12　辐射安全管理

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任心。对于核技术利用项目核安全文化建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化，核安全文化表现在从事核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

医院已建立了辐射环境安全管理体系，设立核安全保障机构，明确了单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①医院组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②医院建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

12.2.5 档案管理

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第四十一条规定：放射性同位素与射线装置台账、个人剂量档案和职业健康监护档案应当长期保存。《重庆市辐射污染防治办法》第十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当依法建立生产、销售、使用台账和辐射工作人员培训及个人剂量等档案，编写安全和防护状况年度评估报告，并按照规定在国家核技术利用辐射安全管理系统中及时申报和更新相关信息。

辐射安全与防护管理档案资料分以下十大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“职业健康档案”“辐射培训档案”“辐射应急资料”和“年度评估”。重庆市荣昌区人民医院已根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

医院认真落实了相关制度和规定，所有放射工作人员均进行职业健康体检、个人剂量检测、辐射安全与防护培训，并将职业健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全

培训合格证等建立档案进行了保存。个人剂量档案按照相关要求进行终身保存。

本项目运营后，医院拟将本项目相关的档案资料建立档案，并纳入现有档案管理中，档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

12.4 辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的相关规定，医院从事的辐射活动能力评价如表 12-1。

表 12-1 从事拟建项目辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）使用I类、II类、III类放射源，使用I类、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 名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	成立了放射安全管理委员会，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	现有放射工作人员均已通过辐射安全和防护培训和考核，并在有效期内。医院承诺后期如有新上岗人员将按要求培训、考核，并考核合格后再行上岗。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	项目工作场所拟设置警告标志、就诊指示标志、分区标识等措施，配置防护用品、个人剂量计等设施，防止工作人员和公众受到意外照射。
（五）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。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	现有放射工作人员均按照要求配置了个人剂量计；并为新上岗的放射工作人员配备个人剂量计，并拟配备一定数量的辐射防护用品供病员使用。
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院现有辐射环境管理制度较齐全。本项目运营参照现有介入室管理制度等，并将相关制度张贴上墙。
（七）有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射事故应急措施，本项目建成后还需要进一步完善。

根据上表可知，医院已建立有相应的管理体系，本项目的管理工作依托现有的管理体系，具备一定从事辐射活动的能力。但还应针对本项目射线装置的管理，认真落实上述要求（放射工作人员持证上岗，设置门灯联锁、电离辐射警告标志，制度上墙，配备一定数量的辐射防护用品等），补充监测方案等制度，本项目建成后，将本项目纳入现

有管理制度中，并按照要求将本项目所有相关制度张贴上墙后，方具备从事本项目辐射活动的能力，并及时按照辐射环境管理要求办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事辐射工作，本项目方可投入正式运行。

12.5 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、开展常规的防护监测工作。

重庆市荣昌区人民医院已制定有《放射工作人员健康管理制度》、《辐射工作场所辐射环境监测方案》、《个人剂量管理规定》，每年委托有资质单位对现有辐射工作场所等屏蔽体外辐射环境及放射工作人员个人剂量进行监测，本项目建成后，定期对 DSA 机房周围人员和环境进行监测，做好监测记录，存档备查。

根据调查，医院委托有资质单位每季度对放射工作人员个人剂量计进行监测，监测结果远低于医院年剂量约束限值；委托有资质单位每年对现有辐射工作场所进行监测，监测结果均满足相关标准的要求，现有辐射项目运行对周围环境和人员的影响满足要求。

根据相关要求，本项目涉及的具体辐射监测内容包括：

（1）个人剂量监测

辐射环境监测工作由放射安全管理委员会组织，各辐射科室具体实施，联系有剂量监测资质的机构对医院参与辐射工作的人员进行个人剂量监测。

监测频率：1 个月测读一次个人剂量计，最多不超过 3 个月测读一次个人剂量计，如发现异常可加密监测频率。

（2）辐射工作人员健康检查

防保科联系有辐射人员体检资质的医院，组织相关辐射工作人员每年进行一次健康检查，并建立健康档案。未经体检和体检不合格者，不得从事辐射性工作。

（3）工作场所监测

联系有辐射设备性能、工作场所防护监测资质的机构对医院辐射设备进行设备性能与防护监测。

监测频次：验收时监测一次，维修导致屏蔽防护措施或设备剂量率发生变化时监测

一次，委托有资质单位监测。日常自行监测每季度监测一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：DSA 机房四周墙体、门、窗外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面 100cm；地板下方距离地面 170cm 处等关注点位，通风管道及其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置；重点关注穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求，建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

医院目前已制定了放射性事故应急预案，预案内容包括辐射事故应急领导小组、应急处理程序，应急措施具有一定操作性，后期应根据情况完善制度内容，及时更新、完善应急管理部门名称及电话。主要内容如下：

（1）辐射事故的报告

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，立即向上级部门报告，并根据《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》，向市、区生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。报告联系电话如下：

重庆市生态环境局 24 小时应急值班电话：(023)89112369

政务服务便民热线：12345

重庆市卫生健康委员会：023-67706707

重庆市卫生监督执法局：023-68803681

荣昌区生态环境局：023-46733426

荣昌区卫生健康委员会：17783134807

荣昌区人民医院总值班：　023-46783086、17782059053

（2）应急处理程序

①发生辐射事故后，立即关闭辐射源（如关闭射线装置应急开关等），立即撤离有关工作人员和受检者，封锁现场；禁止无关人员进入辐射区，同时报告科室负责人和委员会，委员会启动应急预案。

②辐射应急处理领导小组召集相关人员，按照辐射事故的具体情况，迅速确定事故

处理方案。

③安排受照人员到职业病防治机构接受医学检查、救治和医学观察，同时对危险源采取应急安全处理措施。对可能受放射损伤的人员，立即采取暂时隔离和根据需要实施其他医学救治应急救援措施。

④核实事故情况，确定为辐射事故的，并于 2 小时内向区卫生健康委员会、市生态环境局、区生态环境局等报告。禁止任何部门、科室和个人缓报、瞒报、谎报或者漏报。

⑤发生放射事故的科室及个人，必须积极配合区卫生健康委员会、市生态环境局、区生态环境局等部门对放射事故的调查、处置、监测等，做好善后处理工作。

⑥各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故再发生。

另外，医院没有发生过辐射事故，因此没有启动过辐射事故应急预案，但开展过应急演习。医院应继续完善现有应急预案，定期进行辐射事故应急演习，并做好演习记录和资料归档，并根据应急演习情况，进一步完善辐射事故应急预案。

12.7 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目需要配套建设的环境保护设施需与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。项目正式投产运行前，医院应进行自主竣工环保验收。拟建项目环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2　项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表

序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	建设内容	1 台 DSA（单管头，II类射线装置，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA）	未发生重大变动
2	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
3	剂量控制	放射工作人员年有效剂量≤5mSv 机房外公众成员年有效剂量≤0.1mSv	GB18871-2002 医院管理要求
4	人员要求	配置符合要求的辐射工作人员，按照要求组织放射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期复训	生态环境部令第 3 号、第 18 号、公告 2019 年第 57 号
5	剂量率控制	机房四周墙体、门、观察窗外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm、其他穿墙管线（电缆穿墙和风管穿墙等位置）、门缝等搭接薄弱位置，在透视条件下检测时，周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。	GBZ130-2020
6	防护用品	每名介入手术医护人员在铅防护衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，技师佩戴 1 枚	

续表 12　辐射安全管理

		个人剂量计；
		工作人员用铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 4 套，介入防护手套若干；铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏、移动铅防护屏风 1 套；患者用铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 1 套。防护用品的铅当量满足标准要求。
7	辐射安全防护措施	①DSA机房各防护门均设置门灯联锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。 ②DSA机房各防护门外均设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区域，同时在缓冲区设置放射防护注意事项告知栏。 ③制度上墙（操作规程、人员岗位职责、应急程序等）。 ④机房设置机械通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物。 ⑤平开机房门有自动闭门装置；电动推拉门设置防夹装置。 ⑥设备上自带急停开关；控制台设置急停开关；操作间与机房设对讲装置；防护用品与辅助防护设施齐全。 ⑦DSA 机房四周墙体、顶棚、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。
8	管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估等。

表 13　结论及建议

13.1 项目概况

重庆市荣昌区人民医院拟将外科楼 1F 南侧的值班室、办公室、库房、杂物间、过道、药剂科等改造为 DSA 机房及配套的辅助用房，并在机房内配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（Ⅱ类射线装置，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，单管头设备），开展介入手术工作。拟建项目总建筑面积约 140m^2，总投资为 875 万元，其中环保投资约 23 万元。

13.2 实践正当性

拟建项目的建设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。故拟建项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.3 产业政策符合性

项目使用 DSA 属于“高性能医学影像设备”的应用，属于《产业结构调整指导目录（2024 本）》中的鼓励类，符合国家产业政策。

13.4 辐射环境质量现状

拟建项目所在地环境 γ 辐射剂量率为 68nGy/h～124 nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），根据《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版），累积剂量测得的γ辐射空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 76.8~93.3nGy/h，平均值 87nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）相比较，项目所在地的环境γ辐射剂量率监测值在重庆市环境γ辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

因此，项目所在场址及邻近环境的环境 γ 辐射剂量率与重庆市 2023 年环境γ辐射剂量率相比，在其正常涨落范围内。

13.5 选址可行性及布局合理性

医院外科楼的建筑结构为-2F/16F，拟建项目位于外科楼 1F 南侧，DSA 机房北侧（设备间、操作间）、东侧（污物间、缓冲区）均为本项目用房，南侧外为绿化和内部道路，西侧临中药库，DSA 机房周围活动人员相对较少；楼上对应区域为医共办公室、楼下对应区域为配电室，DSA 机房墙体防护设计时考虑了人员防护与安全，医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。此外，根据现状监测结果，场址的辐

射环境质量状况达标，有利于项目的建设。从辐射环境保护角度分析，项目选址可行。

续表 13　结论及建议

拟建 DSA 机房设置操作间、设备间、污物间、缓冲区、更衣室、休息室、库房、辅助用房、清洁区等辅助用房，配置相对齐全，满足介入手术需求。本项目的医护人员、患者和医疗废物通道均有各自独立的出入口，路径相对独立。拟建项目 DSA 机房和操作间之间设置防护门和铅玻璃观察窗，观察窗设置的位置便于观察到患者状态及防护门开闭情况。从辐射防护与环境保护角度分析，拟建项目平面布局合理。

13.6 辐射安全与防护分析结论

（1）辐射工作场所分区管理

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将核技术利用工作场所划分为控制区和监督区，将 DSA 机房划分为控制区，设备间、操作间、污物间、缓冲区、医院药房中药库部分区域、DSA 机房楼上及楼下对应区域划分为监督区。

（2）DSA 机房屏蔽防护

拟建项目 DSA 机房有效使用面积为 35.7m^2，最小单边长度分别为 5.23m，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）机房有效使用面积和最小单边长度的要求。拟建项目 DSA 机房的四周墙体屏蔽材料及厚度为 370mm 页岩砖+30mm 硫酸钡水泥，顶棚为 100mm 混凝土+3mmPb 铅板，地板为 120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥，防护门和观察窗防护厚度均为 3mmPb，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的屏蔽防护厚度要求。

（3）安全联锁装置及其他措施

拟建项目配置具有多种固有安全防护措施并符合相关标准要求的 DSA。DSA 及控制台上均拟设置急停开关。DSA 机房配置 1 套铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏、移动铅屏风等辅助防护设施，并拟按有关标准要求配备足够数量，并符合防护要求的医生及患者的防护用品。DSA 机房拟分别设置 3 道防护门（医护人员防护门（铅门 1）、患者进出防护门（铅门 2）及污物运出防护门（铅门 3）），并安装门灯联锁系统，在防护门外上方均设置醒目的工作状态指示灯，防护门上均设置电离辐射警告标志。DSA 机房的污物运出防护门、医护人员进出铅防护门均为平开门，拟设置自动闭门装置，患者进出防护门为电动推拉门，拟设置防夹装置。拟建项目 DSA 机房拟采取机械排风系统进行通风换气，DSA 机房内顶部拟排风口 4 个，机房内废气经管道收集后

引入无菌材料室旁的烟道，通过该烟道排至外科楼楼顶排放。介入手术医护人员在铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，技师佩戴 1 枚个人剂量计，合理分配工作量。拟建项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

13.7 环境影响分析结论

（1）DSA 机房屏蔽能力：根据核算，在常用工况条件下，DSA 机房设计屏蔽能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

（2）剂量估算：根据医院提供的计划手术量，通过核算，在合理配置介入手术医护人员的情况下，工作时正确使用防护设施、穿戴防护用品，拟建项目放射工作人员所受到的年有效剂量均低于放射工作人员剂量管理目标（5mSv/a），拟建项目所致公众成员的年有效剂量亦低于剂量管理目标（0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

（3）环境保护目标影响：通过核算可知 DSA 机房屏蔽体外 50m 范围内的环境保护目标处的周围剂量当量率远低于 2.5μSv/h，DSA 机房外公众成员受到的年有效剂量低于 0.1mSv/a。因此，拟建项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微，本项目对周围各环境保护目标的环境影响可以接受。

（4）“三废”影响：拟建项目 DSA 运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，DSA 机房设置机械排风系统，机房内废气经管道收集后引入无菌材料室旁的烟道，通过该烟道排至外科楼楼顶排放。拟建项目产生的医疗废水依托医院已建污水处理站处理。医疗废物依托医院现有医疗废物暂存间暂存后交由有资质单位处理；生活垃圾交环卫部门处理；废弃铅防护用品由医院收集后妥善保存，做好记录，交有资质单位处理；DSA 报废拆解去功能化后交由有资质单位处理，保留处理手续，并做好相关记录存档。

拟建项目各污染物均能得到有效处理。

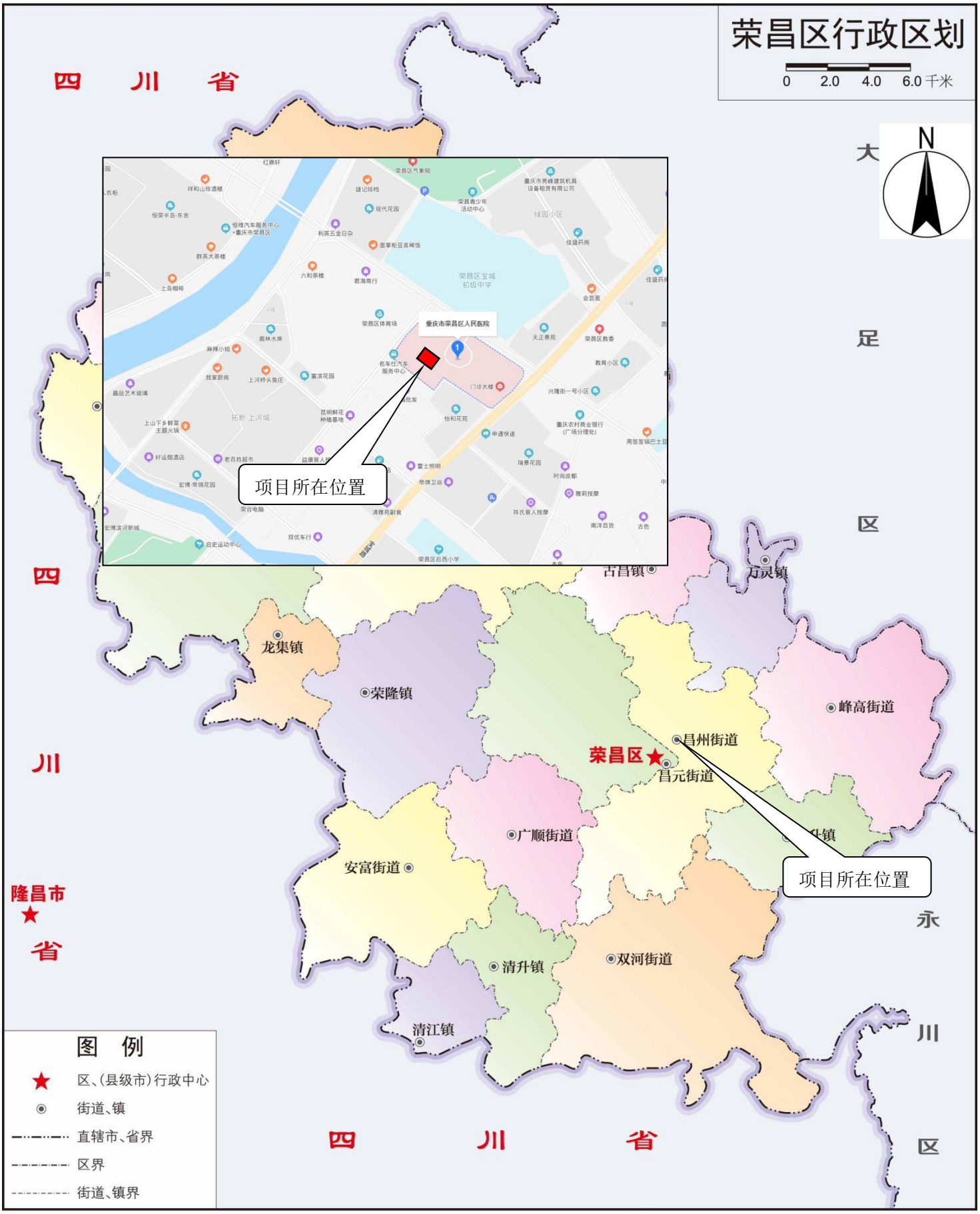
（5）事故风险：最大风险事故等级为一般辐射事故，医院落实撤离 DSA 机房时应清点人数、在设备上及控制台设置有紧急停机按钮、加强医院管理、放射工作人员须加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备稳定性检测和质控检测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，放射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，拟建项目风险可防可控。

续表 13　结论及建议

13.8 辐射与环境保护管理

重庆市荣昌区人民医院成立有放射安全管理委员会，制定了相应辐射环境管理相关制度，后续还应针对拟建项目工作场所的特点，修订现有辐射安全管理制度。拟建项目依托院内现有从事介入工作的人员，该部分辐射工作人员均已取得辐射安全与防护培训考核合格且放射职业体检合格，后期将按照 5 年有效期按时进行复训和考核、2 年有效期按时进行放射职业健康体检；项目落实本次环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。加强日常应急响应的准备工作及应急演练，根据应急演习情况，进一步完善辐射事故应急预案，并在今后的工作中，加强管理，能满足辐射环境管理要求，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，荣昌区人民医院 DSA 房屋改造项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在严格落实各项辐射安全与防护措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。


荣昌区行政区划
0 2.0 4.0 6.0 千米
N
四 川 省
大 足 区
四 川 省
永 川 区
四 川 省
隆昌市
省
重庆市荣昌区人民医院
项目所在位置
古昌镇
万灵镇
龙集镇
荣隆镇
峰高街道
昌州街道
荣昌区
昌元街道
广顺街道
安富街道
清升镇
双河街道
清江镇
项目所在位置
图 例
区、(县级市)行政中心
街道、镇
直辖市、省界
区界
街道、镇界

附图 1　项目地理位置图