

核技术利用建设项目

合川区人民医院建设工程（住院楼 DSA 部分）

环境影响报告表

（公示版）

建设单位：重庆市合川区人民医院

编制单位：重庆惠能标普科技有限公司

编制时间：二〇二四年十月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

合川区人民医院建设工程（住院楼 DSA 部分）

环境影响报告表

（公示版）

建设单位名称：重庆市合川区人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市合川区南办处希尔安大道 1366 号

邮政编码：401520

联系人：黄磊

电子邮箱：hcrmyyxbk@163.com

联系电话：133****7038

编制单位和编制人员情况表

项目编号	4h3q8p		
建设项目名称	合川区人民医院建设工程（住院楼DSA部分）		
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）	重庆市合川区人民医院		
统一社会信用代码	12500382009328360J		
法定代表人（签章）	邹翰林		
主要负责人（签字）	邹翰林		
直接负责的主管人员（签字）	涂旭霞		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆惠能标普科技有限公司		
统一社会信用代码	91500000MA5U6UTK68		
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
朱毅	2014035550350000003512550464	BH010855	朱毅
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
胡小琼	放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、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	BH071857	胡小琼
朱毅	项目基本情况、结论及建议	BH010855	朱毅

目录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	12
表 3	非密封放射性物质	12
表 4	射线装置	13
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	14
表 6	评价依据	15
表 7	保护目标与评价标准	17
表 8	环境质量和辐射现状	24
表 9	项目工程分析与源项	27
表 10	辐射安全与防护	38
表 11	环境影响分析	54
表 12	辐射安全管理	72
表 13	结论及建议	82

表 1 项目基本情况

建设项目名称		合川区人民医院建设工程（住院楼 DSA 部分）			
建设单位		重庆市合川区人民医院			
法人代表	邹翰林	联系人名称	涂旭霞	联系电话	18*****82
注册地址		重庆市合川区南办处希尔安大道 1366 号			
项目建设地点		重庆市合川区南办处希尔安大道 1366 号医院住院楼 B 区 2 楼放射介入室			
立项审批部门		重庆市合川区发展和改革委员会	批准文号	合川发改发[2010]60 号 (2410-500117-04-01-640302)	
建设项目总投资（万元）		900	项目环保投资（万元）	20	投资比例（环保投资/总投资） 2.2%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） /
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	无			
	1.1 建设单位概况 重庆市合川区人民医院始建于1932年，其前身是合川县救济院施医所，2010年创建二级甲等综合医院成功，2015年底医院实施整体搬迁至现南办处希尔安大道，集临床医疗、医学教育、科研、预防保健于一体的国家三级甲等综合性医院。医院现占地130亩，建筑面积15万平方米，现编制床位1100张，设有职能科室19个、临床医技及其它科室43个。医院在岗职工1414人，其中高级职称204人，中级职称542人。拥有重庆市区域医学重点学科1个，市临床重点专科10个，市医疗特色专科3个，区级重点专科、特色专科17个。医院分为三期建设，一期和二期均已建成并投入使用，三期正在建设中。医院一期建设内容为门诊医技楼、住院楼、感染楼（现有）、高压氧仓（现已拆除）、行政楼及中心血站，医院二期建设内容为医学综合大楼（现名称为放疗中心和综合楼①），医院三期建设内容为感染楼（在建）和综合楼（在建）。				

1.2 项目由来

医院现有两台 DSA 已投入使用，分别位于住院楼 B 区 2 楼 DSA 介入手术室（一）、DSA 介入手术室（二）。医院现有 2 台 DSA 无法满足医院介入需求，为了更好实施介入服务，本次拟在现有 DSA 手术室西南侧新建 1 间 DSA 机房及配套用房并新增一台 DSA 设备以满足业务需求。因此医院拟开展“合川区人民医院建设工程（住院楼 DSA 部分）”。本项目主要建设内容为将住院楼 B 区 2 楼西侧的处置室、无菌包装库房、无菌库房、一次性物品存放间、更衣室、医生办公区、护士值班室、医生值班室、护士站接待处、男女卫生间、清洗间、过道等房间建设为 1 个 DSA 机房及其辅助用房，并配置 1 台医用数字减影血管造影机（以下简称“DSA”，II 类射线装置，单管头设备，新购，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），开展介入手术工作。

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），本项目涉及医用数字减影血管造影机属于 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。医院委托重庆惠能标普科技有限公司开展该项目的环评评价工作。

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《合川区人民医院建设工程（住院楼 DSA 部分）环境影响报告表》。

1.3 项目概况

项目名称：合川区人民医院建设工程（住院楼 DSA 部分）

建设单位：重庆市合川区人民医院

建设地址：重庆市合川区南办处希尔安大道 1366 号住院楼 B 区 2 楼

项目基本情况

续表 1

建设性质：新建

建设工期：3 个月

项目投资：总投资约 900 万元，其中环保投资约 20 万元。

建设规模：将住院楼 B 区 2 楼西侧的处置室、无菌包装库房、无菌库房、一次性物品存放间、更衣室、医生办公区、护士值班室、医生值班室、护士站接待处等房间建设为 1 个 DSA 机房及其辅助用房，并配置 1 台医用数字减影血管造影机（以下简称“DSA”，II 类射线装置，单管头设备，新购，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），开展介入手术工作。项目用房建筑面积约 450m²。

本项目组成情况见下表 1-1。

表 1-1 本项目组成一览表

项目组成		具体内容	依托关系
主体工程	DSA 机房	位于住院楼 B 区 2 楼西侧，拟建 DSA 机房的有效尺寸为 7.6m×6.4m×4.5m（长×宽×高），吊顶后内空 2.9m，机房有效使用面积约 48.64m ² 。	依托主体结构建设用房
	设备	拟购 1 台 DSA 在 DSA 机房使用，型号未定，II 类射线装置，单管头，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	拟购
辅助工程	辅助用房	主要布置控制室、设备室、库房、污物清洗室、无菌室、资料室、专家休息室、医生办公区、护士值班室、医生值班室、换鞋间、更衣室、卫生间、高值耗材库等。	依托主体结构建设用房
公用工程	给水	由城市供水管网提供。	依托
	排水	实行雨污分流。依托医院内雨水管网及污水管网；雨水经有组织收集后，排入雨水管网；医疗废水依托已建污水处理站（处理能力为 800m ³ /d）处理后排入市政污水管网。	依托
	供配电	由市政电网供电，依托医院供配电系统。	依托
	通风	拟建 DSA 机房设置机械送风及排风系统。 拟建 DSA 机房设 1 个送风口（西侧吊顶中上）、1 个排风口（位于东侧吊顶上），送风和排放管穿墙管径均为 220×220mm。送风口及排风口离地高度约 2.9m。机房的废气经排风系统收集后引至机房西南侧墙外排放（距离室外地面约 8m）。送风管、排风管穿墙处距离 DSA 机房内地面最低高度均约 3.2m。	新建
环保工程	废水	依托已建污水处理站（处理能力为 800m ³ /d），废水经处理后接入市政污水管网。	依托
	固废	生活垃圾经收集后交市政环卫部门处置。 介入手术过程中产生的医疗废物在每天手术结束后在污物清洗间打包整理，然后运至住院楼南侧医疗废物暂存室（约 50m ² ），再统一交由有资质的单位外运、处置。 不再使用的铅防护用品医院按有关规定收集、妥善保管和暂	依托

		存,并交由有资质单位处置,医院做好相应记录。报废的 DSA 按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后,交由有资质单位回收处置,保留回收手续并做好相关记录存档。	
	废气	机房废气经收集后通过排风管道引至住院楼机房西南侧墙外排放,排风口距离室外地面约 8m,远离人员活动区域。	新建
	辐射防护	拟采用混凝土、硫酸钡水泥、硫酸钡板、铅玻璃、铅防护门等屏蔽材料进行屏蔽。拟设置对讲装置、门灯联锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯、急停开关。	新建

1.4 辐射防护方案

拟建项目用房原为无菌库房和一次性物品存放间,采用防火板材建设而成,本次将原防火板材拆除,按设计新建本项目墙体,新建墙体为轻钢龙骨墙,内嵌硫酸钡板。本项目 DSA 机房主要使用混凝土、硫酸钡水泥、硫酸钡板、防护铅门、铅玻璃等进行屏蔽防护,具体屏蔽方案见表 1-2。

表 1-2 DSA 机房屏蔽防护方案

名称	屏蔽体	现有建筑情况	改造方案设计
DSA 机房	四周墙体	防火板材	轻钢龙骨隔断+60mm 硫酸钡板
	顶棚	120mm 混凝土	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡板
	地板	120mm 混凝土	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	防护门	/	4mmPb 铅门
	观察窗	/	4mmPb 铅玻璃

备注:混凝土密度 $\geq 2.35\text{g/cm}^3$ 、硫酸钡水泥密度 $\geq 3.2\text{g/cm}^3$ 、铅密度 $\geq 11.3\text{g/cm}^3$; 15mm 硫酸钡板 $\geq 1\text{mmPb}$ 。

1.5 设备配置

项目的配套设施设备及个人防护用品、辅助防护设施配置见表 1-3。

表 1-3 设备配置一览表

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

项目基本情况

续表 1

6	中心供氧装置	1 套	患者供氧	DSA 机房内	手术配套设备
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	麻醉机	1 套	手术配套用	DSA 机房内	
13	有创心电监护仪	1 套	手术配套用	DSA 机房内	
14	主动脉球囊反搏器	1 台	心脏手术辅助	DSA 机房内	
15	排风系统	1 套	机房内温湿度调节、通风	DSA 机房内	/
16	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽、铅防护眼镜	5 套	工作人员防护	更衣间内	不小于 0.5mmPb
17	介入防护手套	若干	工作人员防护		不小于 0.025mmPb
18	床侧防护帘/床侧防护屏	1 套	工作人员防护	机房内	设备配置, 不小于 0.5mmPb
19	铅悬挂防护屏/铅防护帘	1 套	工作人员防护		不小于 0.25mmPb
20	移动铅防护屏风	1 套	工作人员防护		不小于 2mmPb
21	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	2 套	患者防护	更衣室外的过道处	2 套（儿童、成人各 1 套），不小于 0.5mmPb
22	个人剂量计	按需	工作人员个人剂量监测	介入手术医护佩戴	医护内外各 1 枚，技师 1 枚

1.6 劳动定员和工作时间

本项目工作人员均依托医院现有的介入医技人员，介入手术总配置 25 人，其中医生 12 人（心脏介入 4 人、神经介入 4 人和综合介入 4 人），技师 6 人，护士 7 人。本项目建成后，介入放射工作人员负责全院的介入诊疗手术。

项目辐射工作人员年工作 250 天，实行轮休制。

1.7 工作负荷

根据医院提供的资料，本项目预计年 DSA 开展介入手术约 1540 台，包括心脏介入手术（540 台/年）、神经介入手术（500 台/年）和综合介入手术（500 台/年）。

1.8 外环境概况

医院位于重庆市合川区南办处希尔安大道 1366 号，其东北侧为涪江印象山千院小区，其余几面均为市政道路。住院楼（A 区为 15/-1F，B 区为 19/-1F）位于重庆市合川区人民医院西南侧，A、B 两区同层相连。根据医院平面布置，住院楼东北侧为院内道路及绿化和门诊医技楼等，东南侧为院内道路及绿化、放疗中心及综合楼①、行政楼、中心血站等，西南侧为综合楼（在建）、感染楼（在建）、感染楼（现有）等，西北侧为院内道路及绿化、市政道路（联滨路）等。DSA 机房东北侧为过道，东南侧为无菌室，西北侧为控制室和设备室，西南侧为外墙（悬空），楼上为手术室（十八），楼下为储备药库（一）/常温库。

项目所在楼外环境关系一览表见表 1-4。

表 1-4 项目所在楼外环境关系一览表

序号	名称	方位	最近距离	高差	环境特征
1	院内道路及绿化	东北侧	约 30m	0	医院内车行道、人行道
2	门诊医技楼		约 80m	0	医院用房（-1F~5F）
3	院内道路及绿化	东南侧	约 10m	0	医院内车行道、人行道
4	液氧站		约 20m	0	医院用房（1F）
5	行政楼		约 40m	0	医院用房（1F~4F）
6	放疗中心及综合楼①		约 60m	0	医院用房（1F~3F）
7	中心血站		约 110m	0	医院用房（1F~4F）
8	院内道路及绿化	西南侧	约 10m	0	医院内车行道、人行道
9	感染楼（在建）		约 30m	0	医院在建用房（-2F~7F）
10	综合楼（在建）		约 30m	0	医院在建用房（-2F~9F）
11	感染楼（现有）		约 40m	0	医院用房（1F~4F）
12	市政道路	西北侧	约 110m	0	城市次干道
13	院内道路		约 20m	0	医院内外车行道、人行道
14	市政道路（联滨路）		约 45m	0	城市次干道

项目周边外环境主要为院内建筑、院内道路和市政道路等。项目环境保护目标主要为评价范围内辐射工作人员及公众。

1.9 选址可行性

医院位于重庆市合川区南办处希尔安大道1366号，建设项目拟选址于住院楼

B区2楼，住院楼B区2楼西侧仅布置DSA机房及相关配套用房，拟建项目所在区域为相对独立的区域，除医务人员和手术患者外，周围无其他公众长时间停留；此外，2楼已有DSA介入手术室，配套有相关辅助用房，本项目选址于住院楼B区2楼可以依托部分辅助用房，且便于医院对放射工作场所的统一管理；同时住院楼B区2楼相邻楼层无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域毗邻。此外医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。因此，从辐射环境保护角度分析，拟建项目选址可行。

1.10 项目建设背景

1.10.1 项目用房的环保手续情况

本项目位于重庆市合川区人民医院住院楼B区2楼内。2010年2月，重庆大学编制完成《合川区人民医院建设工程项目环境影响报告书》，并于2010年5月取得了重庆市合川区环境保护局对该项目的环境影响评价批准书（渝（合川）环准[2010]33号）。2017年，重庆市合川城市建设投资（集团）有限公司委托重庆七星龙环保发展有限公司承担“重庆市合川城市建设投资（集团）有限公司合川区人民医院建设项目（一期）”竣工环境保护验收报告编制工作，2018年4月23日重庆市合川城市建设投资（集团）有限公司组织有关单位及专家召开了“重庆市合川城市建设投资（集团）有限公司合川区人民医院建设项目（一期）”竣工环境保护验收会并形成竣工环境保护验收意见。

重庆市合川城市建设投资（集团）有限公司2010年委托重庆市宏伟辐射技术服务有限公司对“重庆市合川区人民医院建设项目医用X射线诊疗建设项目”开展环境影响评价，建设内容包括使用数字血管造影系统DSA（II类射线装置）和其它X射线诊断机。2016年9月21日，项目取得重庆市生态环境局的《重庆市建设项目竣工验收环境保护验收批复》（渝（辐）环验[2016]035号）。

1.10.2 现有核技术利用情况及现有辐射环境问题

经现场调查，重庆市合川区人民医院现配置3台II类射线装置、17台III类射线装置，已办理了《辐射安全许可证》（渝环辐证[00291]），有效期至2028年3

月20日，现使用的射线装置均在许可范围内。

重庆市合川区人民医院目前在用射线装置台账见表 1-5。

表 1-5 重庆市合川区人民医院使用射线装置一览表

序号	名称	型号	装置类别	数量(台)	使用场所	辐射安全许可情况
1	医用电子直线加速器	Elekta Synergy 型	II	1	综合楼①一楼直线加速器治疗室	已许可
2	CT 模拟定位机	Incisive CT Power	III	1	综合楼①一楼体检 3 室	已许可
3	DR 机	RAD SPEED M 型	III	1	综合楼①2 楼 DR2 室	已许可
4	DR 机	Optima XR646HD 型	III	1	综合楼①2 楼 DR1 室	已许可
5	DSA	Artis Zee ceiling	II	1	住院楼 2 楼 DSA 介入手术室 2	已许可
6	DSA	Infinix-I InFX-8000V	II	1	住院楼 2 楼 DSA 介入手术室 1	已许可
7	移动 C 臂机	SIREMOBIL Compact L	III	1	住院楼 3 楼手术室 1 号手术间	已许可
8	移动 C 臂机	SIREMOBIL Compact L	III	1	住院楼 3 楼手术室 22 号手术间	已许可
9	移动 DR 机	MOBILETT XP Digital	III	1	住院楼 2 楼	已许可
10	移动 DR 机	MOBILETT XP Digital	III	1	住院楼 13 楼	已许可
11	CT 机	Brilliance 256	III	1	门诊楼一楼放射科检查 2 室	已许可
12	CT 机	Ingenuity 微平板型	III	1	门诊楼一楼放射科检查 1 室	已许可
13	DR 机	Optima XR646 HD	III	1	门诊楼一楼放射科检查 5 室	已许可
14	DR 机	Ysio 型	III	1	门诊楼一楼放射科检查 4 室	已许可
15	DR 机	Ysio 型	III	1	门诊楼一楼放射科检查 6 室	已许可
16	口腔三合一 CT	Point 3D Combi 500C	III	1	门诊楼三楼口腔科检查 10 室	已许可
17	平板乳腺机	Selenia	III	1	门诊楼一楼放射科检查 7 室	已许可

项目基本情况

续表 1

18	平板胃肠机	AXIOM Luminos dRF 型	III	1	门诊楼一楼放射科检查 8 室	已许可
19	DR 机	TD-DR Hyperion 2000	III	1	感染楼一楼检查 9 室	已许可
20	CT 机	Brilliance16	III	1	发热门诊 CT 室	已许可

上述设备均在辐射安全许可证许可范围内。经现场调查，医院现有射线装置每年委托有资质单位监测，机房外剂量率满足标准要求；医院制定了《放射诊疗安全防护管理制度》、《放射诊疗工作人员职业卫生管理制度》、《放射工作人员个人剂量监测制度》、《放射防护安全管理制度》、《放射防护注意事项》、《放射诊疗工作人员健康管理制度》、《放射辐射危害告知制度》、《辐射安全与防护专业知识人员培训计划》、《设备维修保养制度》、《放射防护档案台账管理制度》、《DSA 机操作规程》、《放射安全事件应急预案及流程图》等制度；医院配备了放射工作人员从事射线装置操作，建立了放射工作人员个人剂量档案和职业健康档案，放射工作人员的个人剂量均未超标；现有放射工作人员均进行了辐射工作安全防护培训，并考核合格，考核成绩在有效期内。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。

1.10.3 现有介入放射工作人员概况

现有介入室目前配置有介入放射工作人员 25 人，其中医生 12 人，技师 6 人，护士 7 人。上述工作人员均取得了《核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单》，建立了个人剂量档案、职业健康档案和培训档案。根据四川鸿进达卫生技术服务有限公司出具的《检测报告》可知，医院现有介入室 DSA 放射工作人员 2023 年全年度外照射个人剂量最大值为 1.62mSv，满足放射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

本项目放射工作人员一览表见下表。

表 1-6 放射工作人员一览表

序号	姓名	合格证号	岗位	体检时间及体检结论	上一个年度个人剂量年剂量 (mSv)
1	任霓	FS21CQ0100058	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.2
2	张策	FS21CQ0100243	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	1.4

项目基本情况

续表 1

3	王雁飞	FS21CQ0100062	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.72
4	朱美忠	FS20CQ0100185	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	1.12
5	唐雄伟	FS20CQ0100279	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	2024 年 1 月调回医院，上年度无结果
6	康睿	FS20CQ0101100	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.25
7	朱金尧	FS20CQ0100831	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.24
8	周雪梅	FS20CQ0100243	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.11
9	刘军	FS20CQ0101069	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.03
10	荆鑫	FS21CQ0100001	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	1.35
11	宋霜	FS20CQ0100143	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	1.3
12	杨泽红	FS20CQ0101052	医师	2023-05-30、可继续原放射工作	1.62
13	荆玲	FS20CQ0100826	护师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.245
14	车平	FS20CQ0100350	护师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.04
15	何苗	FS20CQ0100181	护师	2024-01-09、可从事放射工作	0.22
16	洪娅丽	FS20CQ0100832	护师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.065
17	孙兴军	FS20CQ0100827	护师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.055
18	赵先宁	院内考核 20210422008	护师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.63
19	陈晓玲	FS20CQ0100166	护师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.225
20	任霓	院内考核 20210422023	技师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.37
21	张策	FS20CQ0100173	技师	2023-07-02、可继续原放射工作	0.48
22	王雁飞	院内考核 20210422011	技师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.65
23	瞿凤霞	院内考核 20210422002	技师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.61
24	易春玲	院内考核 20210422003	技师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.42
25	周于力	FS20CQ0100309	技师	2023-05-30、可继续原放射工作	0.59

1.10.4 本项目与医院的依托关系

本项目主要依托医院主体工程、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，依托可行性分析详见表 1-7。

表 1-7 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析
主体工程	建筑主体	本项目由住院部 B 区 2 楼现处置室、无菌包装库房、无菌库房、一次性物品存放间、更衣室、医生办公区、护士值班室、医生值班室、护士站接待处等房间等建设而成，已综合考虑布局及结构承重等，内部重新设计和布局。本项目建筑主体依托可行。
辅助工程	辅助用房	本项目辅助用房（控制室、设备室、库房、污物清洗室、无菌室、资料室、专家休息室、医生办公区、换鞋间、更衣室、卫生间、高值耗材库等）与同主体同时设计，已综合考虑布局及

项目基本情况

续表 1

		结构承重等。因此辅助用房建筑主体依托可行。
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。依托可行。
环保工程	生活垃圾	医院设置生活垃圾箱，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暂存室收集暂存后交有资质单位处理。医疗废物暂存室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，依托可行。
	废水	医院建设有污水处理站 1 座，位于医院南侧，处理能力为 800m ³ /d。本项目机房属于医院的一部分，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。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	医院现有放射工作人员均参加了辐射安全培训，并取得了培训合格证；现有放射工作人员配置了个人剂量计，进行了职业健康体检，并建立职业健康管理档案。本项目依托医院已有放射工作人员，依托可行。
	管理机构规章制度	医院已开展介入手术工作，成立了放射防护与辐射安全工作领导小组，并制定了完善的辐射防护与安全管理制度和档案，依托可行。

根据上表分析可知，本项目依托医院主体工程、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。

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
本项目不涉及放射源。								/

备注：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
本项目不涉及非密封放射性物质。										

备注：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
本项目不涉及加速器。										

（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 台	未定	125	1000	介入手术	住院楼 B 区 2 楼 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	
本项目不涉及中子发生器。													

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	/	医疗废物暂存室	交由有资质的单位外运、处置
生活垃圾	固态	/	/	/	少量	/	生活垃圾收集点	交市政环卫部门处置
废铅防护用品	固态	/	/	/	少量	/	/	含铅防护用品报废后按有关规定收集、妥善保管和暂存，并交由有资质单位处置,医院做好相应记录
报废的 DSA	固态	/	/	/	少量	/	/	报废的 DSA 按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，交由有资质单位回收处置，保留回收手续并做好相关记录存档
O ₃ 、NO _x	气态	/	/	/	少量	/	/	经废气管道收集引至机房西南侧墙体外排放
医疗废水	液态	/	/	/	少量	/	/	少量经污水管网收集排入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/m³；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法律法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日修订实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订实施； (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) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日修订施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日修订实施； (6) 《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 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施； (7) 《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 日修订实施； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行； (8) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号，2010 年 12 月 29 日修订实施； (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行； (10) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (11) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2024 年 2 月 1 日起施行； (12) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，原中华人民共和国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； (13) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日修订实施； (14) 《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 日起施行。
--------	---

续表 6 评价依据

技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； (3) 《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）； (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) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）； (7) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）； (8) 《职业性外照射慢性放射病诊断》（GBZ105-2017）； (9) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； (10) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023） (11) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）； (12) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (13) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157—2021）； (14) 《医疗废物集中处置技术规范（试行）》； (15) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）。
其他	(1) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》； (2) ICRP33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》； (3) 《辐射防护导论》； (4) 环境影响评价委托书，附件 1； (5) 项目监测报告，附件 9； (6) 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评价的范围。

7.2 环境保护目标

新建 DSA 机房布置在住院楼 B 区 2 楼西侧，控制室布置在 DSA 机房的西北侧。

机房西北侧紧邻设备室，约 3-7m 为库房、污物清洗间等用房，约 7-15m 为楼梯间、电梯等用房，约 15-45m 为院内道路及绿化，约 45m 处为门卫室，45-50m 为市政道路（联滨路）；东南侧紧邻无菌室，约 7-25m 为资料室、专家休闲室、医生办公室、值班室、更衣室、卫生间、患者入口、库房等用房，约 25-50m 为重症医学科、手术室办公区、电梯厅、过道等用房；机房东北侧紧邻过道，约 2-15m 为 DSA 介入手术室 1、DSA 介入手术室 2 及相应的操作室和设备间、空调机房等用房，约 15-50m 为住院楼 B 区大堂等；西南侧紧邻院内道路及绿化，约 22-50m 为感染楼（在建）、综合楼（在建）、连廊（在建）等。楼下 1 楼为医保科、消毒供应中心、药剂科、大堂、消防控制室、警务室、电梯厅、过道等；负 1 楼为车库、洗衣房、柴油发电机房、库房等；楼上 3 楼为手术间（十八）等手术室，4~19 楼为设备层、病房等。

结合本项目的评价范围，确定本项目的环境保护目标主要是从事该项目辐射工作人员及 DSA 周围 50m 范围内活动的公众成员。

本项目辐射工作场所周围 50m 评价范围内环境保护目标见附图 2，环境保护目标名称、规模及其与本项目的方位和距离详见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 项目辐射环境保护目标一览表						
序号	环保目标名称	方位	最近水平距离	高差	环境特征	保护对象
1	控制室	西北侧	紧邻	0	项目用房, 约 1 人	放射工作人员
2	设备室		紧邻	0	项目用房, 约 2 人	公众成员
3	库房、污物清洗室等用房		约 3-7m	0	项目用房, 约 5 人	公众成员
4	楼梯间、电梯等用房		约 7-15m	0	医院用房, 约 10 人	公众成员
5	院内道路及绿化		约 15-45m	约-4.5m	院内院坝, 约 50 人	公众成员
6	门卫室		约 45m	约-4.5m	医院用房, 约 2 人	公众成员
7	市政道路 (联滨路)		约 45-50m	约-4.5m	院外道路, 约 100 人	公众成员
8	无菌室	东南侧	紧邻	0	项目用房, 约 5 人	公众成员
9	资料室、专家休息室、医生办公室、值班室、更衣室、卫生间、患者入口、库房等用房		约 7-25m	0	项目用房, 约 20 人	公众成员
10	重症医学科、手术室办公区、电梯厅、过道等用房		约 25-50m	0	医院用房, 约 100 人	公众成员
11	过道	东北侧	紧邻	0	过道, 约 5 人	公众成员
12	DSA 介入手术室 1、DSA 介入手术室 2 及相应的操作室和设备间、空调机房等用房		约 2-15m	0	医院用房, 约 20 人	放射工作人员、公众成员
13	大堂等		约 15-50m	约-4.5m	医院用房, 约 100 人	公众成员
14	院内道路及绿化	西南侧	紧邻	约-4.5m	院内院坝, 约 50 人	公众成员
15	感染楼 (在建)、综合楼 (在建)、连廊 (在建) 等		约 22-50m	约-4.5m	医院用房, 约 200 人	公众成员
16	住院楼 1 楼	楼下	/	约-4.5m	医院用房 (主要布置有医保科、消毒供应中心、药剂科、大堂、消防控制室、警务室、电梯厅、过道等), 约 300 人	公众成员
17	住院楼-1 楼		/	约-9m	医院用房 (主要布置有车库、洗衣房、柴油发电机房、库房等), 约 50 人	公众成员
18	住院楼 3 楼	楼上	/	约 +4.5m	医院用房 (主要布置有手术间 (十八) 等手术室), 约 100 人	公众成员
19	住院楼 4-19 楼		/	约 +9m-50m	医院用房 (主要布置有设备层、病房等), 约 500 人	公众成员

备注: ① “+” 表示敏感目标高于机房地面, “-” 表示敏感目标低于机房地面。

7.3 评价标准

续表 7 保护目标与评价标准

(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。

(2) 《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 (本报告表 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 ²
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低于表 3（即下表 7-3）的规定。 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 (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 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间； b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h； 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。		

续表 7 保护目标与评价标准

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
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 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

续表 7 保护目标与评价标准

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）《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）

工作场所空气中化学因素的职业接触限值为：

臭氧最高容许浓度（MAC）接触限值：0.3mg/m³；

氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的时间加权平均容许浓度（PC-TWA）接触限值：5mg/m³。

（4）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），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，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，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

综上所述，确定拟建项目的评价要求见表 7-5 所示。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-5 评价标准汇总表			
年剂量限值要求			执行依据
分类	年有效剂量限值	年有效剂量管理目标值	
放射工作人员	20mSv/a	5mSv/a	
公众成员	1mSv/a	0.1mSv/a	GB18871-2002 及医院管理要求
环境剂量控制			执行依据
DSA 机房外（透视条件）	DSA 机房外 30cm 处、楼上距顶棚地面 100cm 处、地板下方（楼下）距离下层地面 1.7m 处周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。		《放射诊断放射防护要求》 （GBZ130-2020）
DSA 机房外（摄影条件）	DSA 机房外 30cm 处、楼上距顶棚地面 100cm 处、地板下方（楼下）距离下层地面 1.7m 处的周围剂量率应不大于 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。		
机房面积控制			执行依据
设备名称	机房内最小有效使用面积（m ² ）	机房内最小单边长度（m）	
DSA	20	3.5	
《放射诊断放射防护要求》 （GBZ130-2020）			

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 项目地理和场所位置

重庆市合川区人民医院位于重庆市合川区南办处希尔安大道 1366 号，本项目位于住院楼 B 区 2 楼西侧。

项目地理位置图见附图 1，场所位置见附图 4-1。

8.2 环境质量和辐射现状

为掌握本项目评价范围内的辐射环境背景水平，重庆惠能标普科技有限公司于 2024 年 9 月 18 日对本项目拟建址及周边环境的环境 γ 辐射剂量率进行了监测，监测报告编号“24FH0011”（见附件 9）。

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）监测点位选取及合理性

监测点位合理性分析：根据现场踏勘，项目辐射水平现状监测对拟建 DSA 机房内及其四周用房、机房楼上楼下对应区域进行了布点，并根据周围环境情况对环境保护目标设置了点位，监测点位布置较全面、合理，能反映本项目所选址及评价范围内环境保护目标的辐射环境背景水平。

监测点位布点示意图见图 8-1，监测点位情况如表 8-3 所示。

续表 8 环境质量和辐射现状

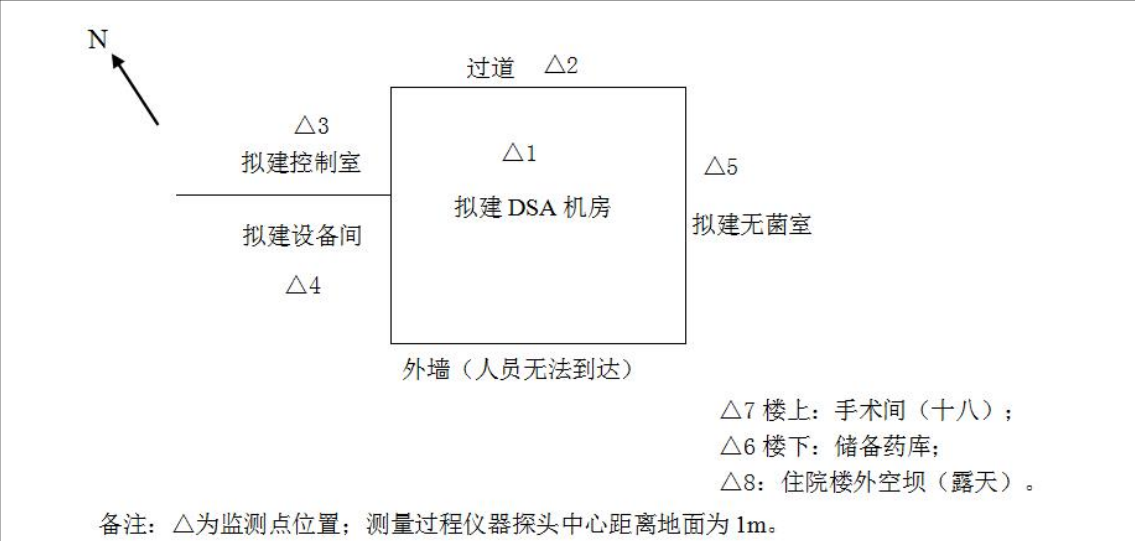


图 8-1 监测布点示意图

(3) 测定方式

本项目选取的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

本项目委托有资质的单位重庆惠能标普科技有限公司进行监测,监测仪器在检定有效期内使用,监测仪器及检定情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器及检定情况

仪器名称及型号	设备编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子或其它
环境 X、 γ 剂量率仪 FH40G-L10+ FHZ672E-10	HS-013	2024062805022	20250707	1.26

8.2.4 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,最后由授权签字人审定后签发。

续表 8 环境质量和辐射现状

8.2.5 监测结果

监测结果汇总见表 8-3。

表 8-3 项目拟建址辐射环境监测结果汇总表

监测点位	监测点描述	环境γ辐射剂量率（nGy/h）
		测量值±标准差
△1	拟建 DSA 机房内	85±1
△2	过道	83±1
△3	拟建控制室	86±1
△4	拟建设备室	92±2
△5	拟建无菌室	83±1
△6	楼下：储备药库	123±2
△7	楼上：手术间（十八）	74±2
△8	住院楼外空坝（露天）	92±1

备注：以上检测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应。

根据监测结果可知，本项目拟建址及周边环境 γ 辐射剂量率的监测值在 74nGy/h～123nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），根据《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版）中辐射环境质量状况数据，重庆市累积剂量法测得的γ空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 76.8nGy/h～93.3nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市各点位年均值为 87.0nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。因此，项目所选场址及邻近环境的辐射水平在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内，未见辐射异常。

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

本项目用房在现有房间基础上进行改造，施工期主要为墙体的拆除、新建、装修（如防护安装、装饰吊顶等），设备的安装等工作，不新增用地。

本项目施工期工艺流程及产污环节见图 9-1。

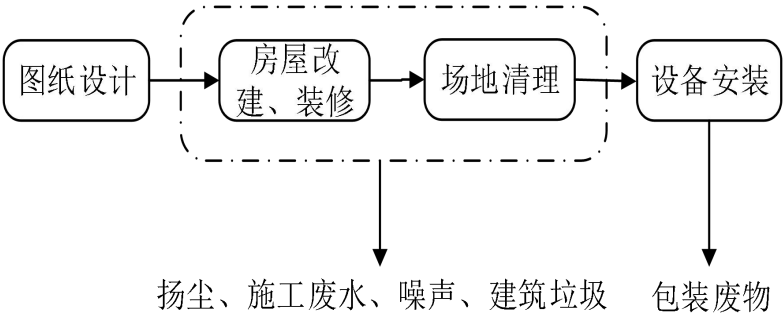


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

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：主要为项目涉及的现有用房改建（包括四面墙体拆除和新建等）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：主要来自项目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的拆除、新建，以及装修过程产生的建筑垃圾，废弃包装物以及施工人员产生的生活垃圾。根据项目工程量，预计会产生少量建筑垃圾和废弃包装。

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。DSA 典型实物照片见图 9-1。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-1 DSA 示意照片

(2) 工作方式

在 DSA 影像系统监视引导下，采取透视和采集两种辅助手段对就医者进行一系列的介入检查与治疗手术。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。

9.2.2 DSA 工作原理

(1) X 射线产生及成像原理

拟建项目配置的 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。

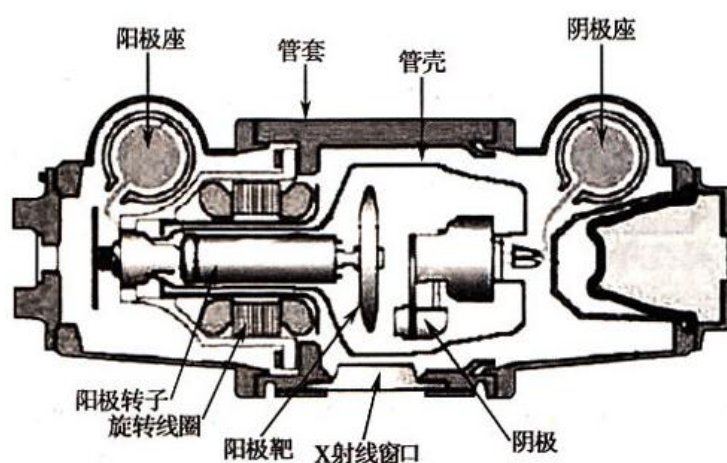


图 9-2 典型 X 射线管结构图

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

续表 9 项目工程分析与源项

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

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography，简称“DSA”）是血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。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，分别经平板探测器增益后，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。

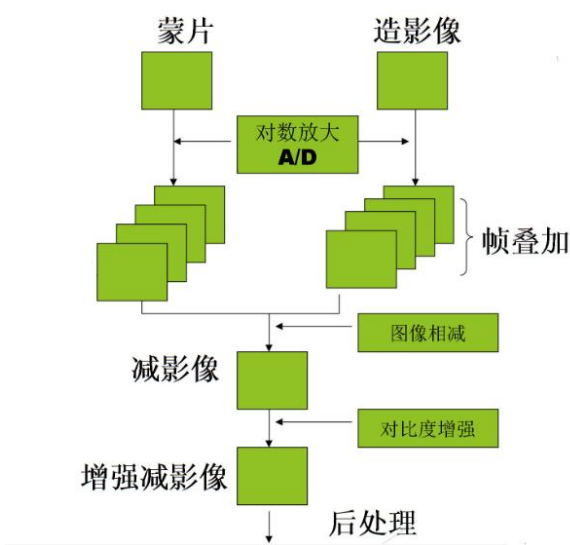


图 9-3 DSA 工作示意图

续表 9 项目工程分析与源项

9.2.3 介入手术流程

医护人员将患者送入 DSA 机房，引导其躺在手术床上，工作人员选择患者所需照射部位，调整 DSA 机架和照射野，手术医生和医护人员穿戴好防护用品后，按手术方案，在 DSA 的引导下，进行一系列的介入检查与治疗手术。在手术过程中，介入手术医生在床旁并在 X 射线导视下进行操作。

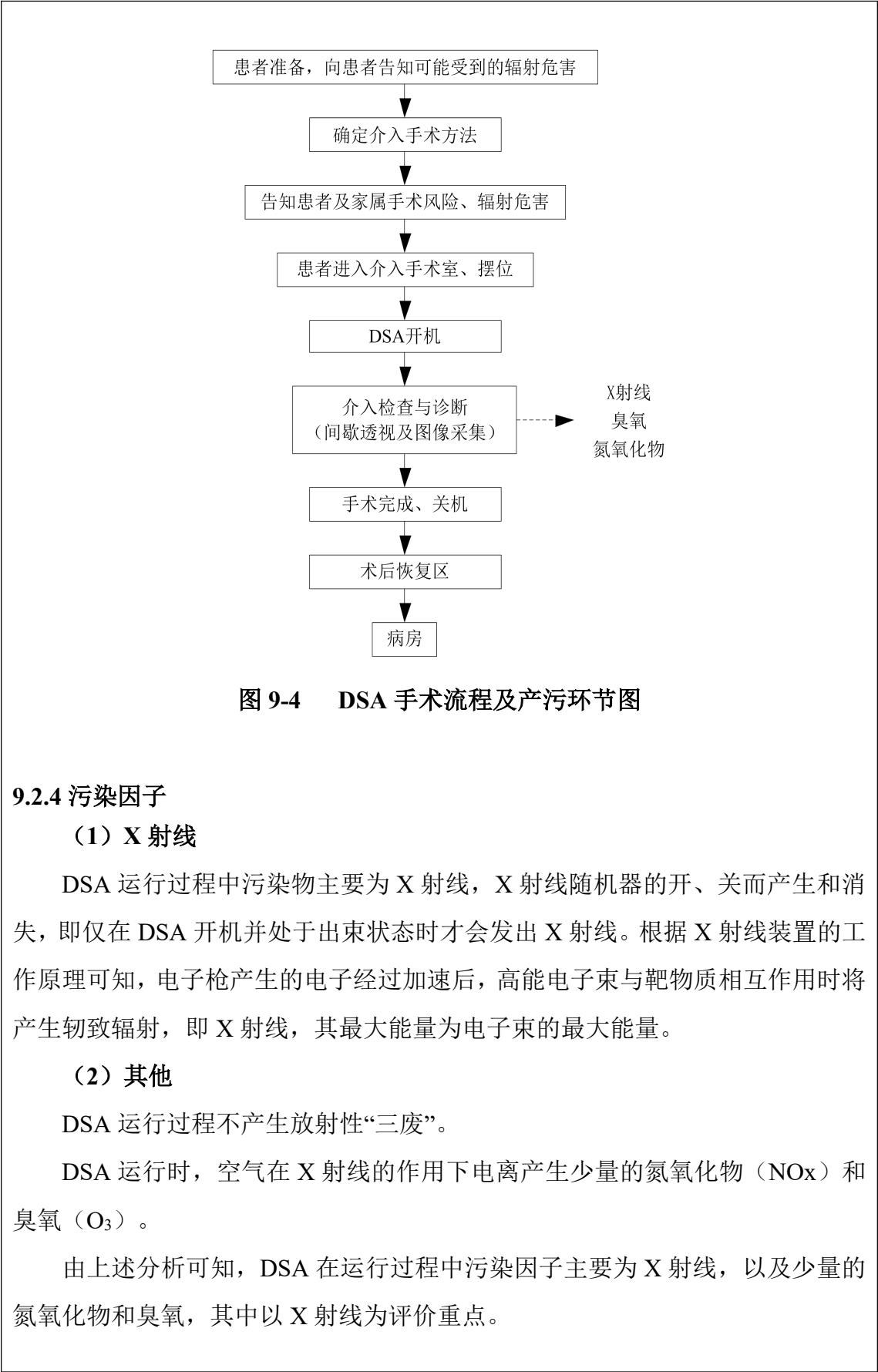
DSA 在进行曝光时分为两种情况：

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，电影模式下是医护人员在 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（即放射技师在控制室内对患者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和视频监控系统了解介入手术室内患者情况。实际操作过程中，根据手术情况，减影模式下手术医护人员也可能在 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诊疗时，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，此时介入手术医护人员位于铅悬挂防护屏（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。

DSA 手术流程及产污环节见下图 9-4 所示。

续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

9.2.5 工作负荷

根据建设单位提供的资料,拟建项目的介入手术类型以心脏介入、神经介入、综合介入为主。拟建项目 DSA 工作负荷情况见表 9-1。

表 9-1 DSA 介入手术工作负荷表

透视			
手术类别	年开展工作量	单台手术最大透视曝光时间	年透视曝光时间
心脏介入	540 台	约 20min	约 180h
神经介入	500 台	约 21min	约 175h
综合介入	500 台	约 21min	约 175h
小计	/	/	约 530h

采集					
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	540 台	3~4s	6~10 次	约 0.7min	约 6.3h
神经介入	500 台	6~10s	4~10 次	约 1.7min	约 14.2h
综合介入	500 台	3~8s	7~15 次	约 2min	约 16.7h
小计	/	/	/	/	约 37.1h
总计	/	/	/	/	约 567.1h

根据介入手术年工作负荷统计可知,拟建项目介入手术过程 DSA 年透视出束时间约 530h,年采集时间约 37.1h,DSA 总年有效开机时间约 567.1h。

9.3 路径规划

拟建项目的 DSA 机房设置两道防护门用于患者、医护人员、技师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。

(1) 医护人员、技师路径

医护人员均由拟建项目医务人员换鞋间换鞋后进入更衣室,更衣后通过过道进入控制室、DSA 机房,手术工作完成后原路返回。

(2) 患者路径

患者通过患者入口,经过道进入 DSA 机房,手术完成后原路返回。

(3) 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运至楼层西北侧污物清洗室进行打包整理,然后转运至医院医疗废物暂存室暂存。

拟建项目 DSA 机房人流物流路径规划示意图见图 9-5。

续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

9.4 污染源项描述

9.4.1 电离辐射

DSA 装置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，所产生的 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，不存在感生放射性问题。

DSA 装置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，同时调查多家医院 DSA 设备工作条件发现：①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，电流均不大于 110mA；在极端情况下，本项目 DSA 装置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，电流不大于均 500mA。②常用透视工况均为 60~90kV/5~20mA，采集工况均为 60~90kV/300~500mA。

根据射线衰减原理、《辐射防护导论》P342 附图 3 与《医用外照射源的辐射防护》P55 图 2，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。

续表 9 项目工程分析与源项

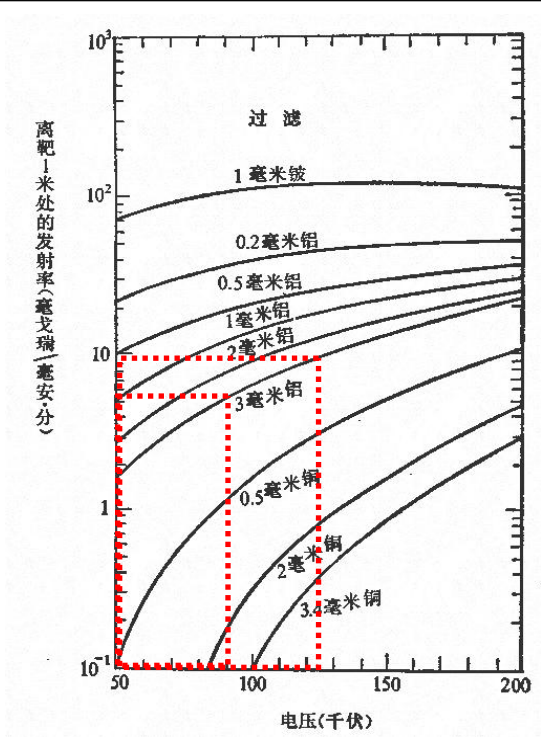


图 9-6 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

拟建项目 DSA 装置过滤板为 3mmAl，查图可知，最大管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

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 装置的漏射线剂量率很小，泄漏辐射距焦点 1m 处，在任一 100cm² 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

续表 9 项目工程分析与源项

本项目 X 射线与空气作用可以使气体分子或原子电离、激发，产生少量臭氧和氮氧化物，影响 DSA 机房内的空气质量。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体。

(2) 固废

本项目营运过程中产生的固废主要为生活垃圾及危险废物。

A、生活垃圾

项目产生的一般固体废物主要为医务人员及患者及家属产生的生活垃圾，集中放置于医院生活垃圾点，依托医院现有收运系统交环卫部门处理。

B、危险废物

拟建项目运行中的危险废物主要来自介入手术产生的废一次性医疗用品、器械等，包括感染性废物（841-001-01）、损伤性废物（841-002-01），属于《国家危险废物名录》中 HW01 医疗废物。拟建项目产生的医疗废物在西北侧污物清洗室进行打包整理，然后转运至医院医疗废物暂存室暂存，最终统一交由有资质单位外运、处置。

DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片和废液产生。项目拟配置多套铅橡胶衣服、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后不再使用的铅防护用品，由医院按有关规定收集、妥善保管和暂存，并交由有资质单位处置，并做好相应记录。报废 DSA 机按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，交由有资质单位回收，保留回收手续并做好相关记录存档。

(3) 废水

拟建项目产生的生活污水、医疗废水经医院现有污水管网收集排入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政污水管网。

9.5 本项目主要产排污汇总

综上所述，项目运营期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
介入手术室	电离辐射	X 射线	距靶 1m 处有用线束的发射率：125kV 不大于 9.8mGy·m ² /mA·min，90kV 不大于

续表 9 项目工程分析与源项

			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 、NO _x	少量（经废气管道收集引至机房西南侧墙体外排放）
	固废	医疗废物 （841-001-01、 841-002-01）	少量（介入手术产生的医疗废物分类收集，经打包整理后转运至医院医疗废物暂存室暂存，最后交由有资质的单位外运、处置）
		生活垃圾	少量（项目产生的生活垃圾依托医院收运系统，收集后再交由市政环卫部门统一收运处理）
		废铅防护用品	少量（含铅防护用品报废后按有关规定收集、妥善保管和暂存，并交由有资质单位处置，医院做好相应记录）
		废 DSA 机	报废的 DSA 按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，交由有资质单位回收处置，保留回收手续并做好相关记录存档。
	废水	医疗废水等	少量经污水管网收集排入医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目布局与分区

10.1.1 布局

本项目DSA机房及其配套辅助用房拟建于住院楼B区2F西侧，所在区域为在用的2个DSA机房与辅助用房，项目所在介入室区域相对独立；介入室辅助用房及手术专用仪器、设备设置较齐全，满足本项目介入手术需求。

本项目拟设置 1 个 DSA 机房及其配套的控制室、设备室、污物清洗室、无菌室、资料室、医生办公区、医生值班室、护士值班室、更衣室、卫生间等辅助用房，DSA 机固定安装于机房中部位置，与周围均有一定的距离；DSA 机房四周拟布置控制室、设备室、无菌室及洁净走廊等辅助用房与区域，DSA 机专用控制室拟相邻布置于 DSA 机房西北侧，并拟在控制室与机房之间设置防护门和观察窗，便于介入手术时医技人员进出机房，以及便于观察介入手术等情况；DSA 机房拟设置介入手术人员、病患进出机房的 2 个防护铅门，方便工作人员、病患进出及污物运出和无菌用品的拿取，手术完成后，手术过程中产生的废物采用时间管理措施，在手术结束后无医技人员、病患进出时，由病患进出防护门运出，经 DSA 机房东北侧过道运至项目污物清洗室整理打包后，再转运至住院楼南侧医院医疗废物贮存室暂存；项目 DSA 的人流物流通道相对独立。项目 DSA 设备及其机房、辅助用房的设置布局考虑了邻近场所与周围环境的安全。

综上所述，项目设置布局利于病患就医，便于介入手术放射诊疗的辐射防护控制与安全管理，满足《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）及相关法规标准与辐射防护安全的要求。从辐射防护与环境保护角度，项目的平面布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所应划出控制区和监督区，并采取相应的分区管理措施。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义，控制区：需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范

围。监督区：未被定为控制区，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。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10 辐射安全与防护

根据上述分区原则，医院拟将项目辐射工作场所划分为控制区和监督区，对辐射工作场所进行分区管理。拟将 DSA 机房以防护门、观察窗和屏蔽体为界，划设为控制区；防护门、观察窗和屏蔽体外邻近场所区域以及楼上楼下对应区域划分为监督区。项目辐射工作场所分区划设具体情况见表 10-1 及图 10-1。

表 10-1 项目分区情况表

控制区范围	监督区范围
DSA 机房内	控制室、设备室、过道、无菌室、楼上手术间（十八）及污物通道、楼下储备药库（一）/常温库

控制区管理措施：医院拟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。拟设置防护门、门灯联锁，并运用实体屏蔽（包括防护门）及控制区的进出口与其他适当位置处设立的醒目电离辐射警告标志，限制无关人员随意进入，以保障该区的辐射防护安全。

监督区管理措施：拟采用适当的手段划出监督区的边界，并在控制室门外、DSA 机房东北侧墙外（洁净走廊）等监督区的适当地点设立表明监督区的相关标识（如地面警示贴条），防止无关人员受到不必要的照射；定期进行辐射剂量监测，并根据监测结果确定监督区的划设及其管理措施是否需要更改与完善。

综上分析，本项目辐射工作场所按照相关要求进行了分区，控制区、监督区划设清晰，其分区合理可行，便于辐射防护管理和职业照射控制。DSA 工作场所分区与分区管理措施符合 GB18871-2002 等标准及辐射防护安全要求。

续表 10 辐射安全与防护

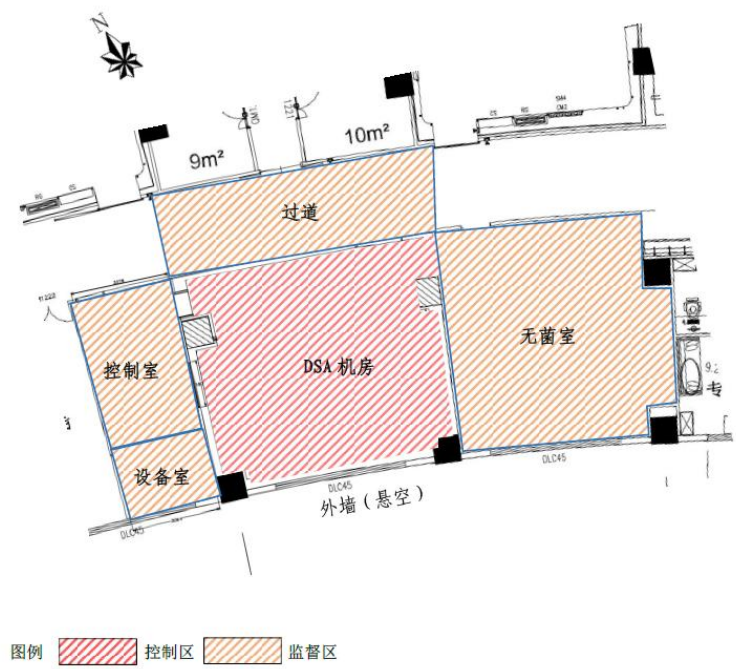


图 10-1 DSA 工作场所分区布置示意图

10.1.3 项目机房尺寸与面积

按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定，机房的有效使用面积为机房内可划出的最大矩形的面积，机房内单边长度为机房内有效使用面积的最小边长。本项目DSA机房的有效使用面积和最小单边长度见表10-2和图10-2。

表 10-2 各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, m	机房内有效使用面积, m ²	机房内最小单边长度, m	机房内最小有效使用面积, m ²	
DSA 机房	6.4	48.64	≥3.5	≥20	满足

根据表10-2分析可知，本项目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。

续表 10 辐射安全与防护

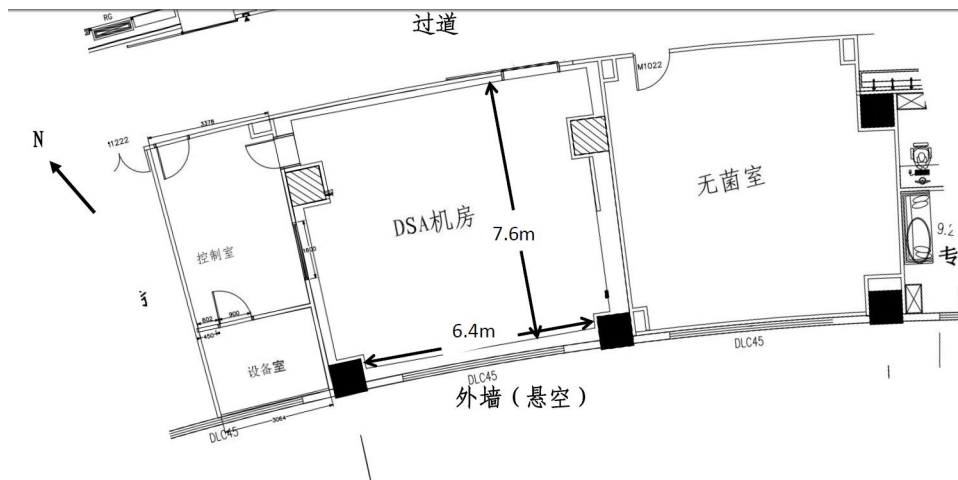


图 10-2 DSA 机房尺寸示意图

10.2 辐射安全与防护设施/措施

(1) 设备固有措施

本项目拟购买合格出厂的、防护性能符合相关标准要求的 DSA，拟购合格设备具有以下固有安全防护措施：

①DSA 设备配置可调限束装置,使其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 机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。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头处设置合适铝过滤板，以多消除软 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。

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

续表 10 辐射安全与防护

设备立即停止出束。

(2) 机房拟采取的辐射安全与防护措施

①拟建项目 DSA 机房有效使用面积为 48.64m²，机房四面墙体均拟使用 60mm 硫酸钡板，顶棚拟使用 120mm 混凝土+30mm 硫酸钡板，地板拟使用 120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥，所有防护门及观察窗屏蔽防护设计均为 4mmPb。经后文核算，DSA 机房屏蔽体辐射防护铅当量及屏蔽体外周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

②穿墙管线屏蔽防护补偿措施

穿墙风管：本项目 DSA 机房穿墙风管包括排风管、送风管，均拟采取直穿方式穿越机房屏蔽墙体，送风管和排风管穿墙处距离 DSA 机房内地面最低高度均约 3.2m。所有穿墙处均拟采用铅皮包裹的屏蔽防护方式补偿墙体的屏蔽能力，拟包裹“L”型 3mmPb 铅皮，包裹长度不小于 2 倍穿墙孔径宽度，用于管道穿越机房墙体处的屏蔽补偿，能保证机房的屏蔽能力；射线经多次散射后对 DSA 机房外环境的辐射影响小。

本项目排风管穿墙防护设计示意图见图 10-3。

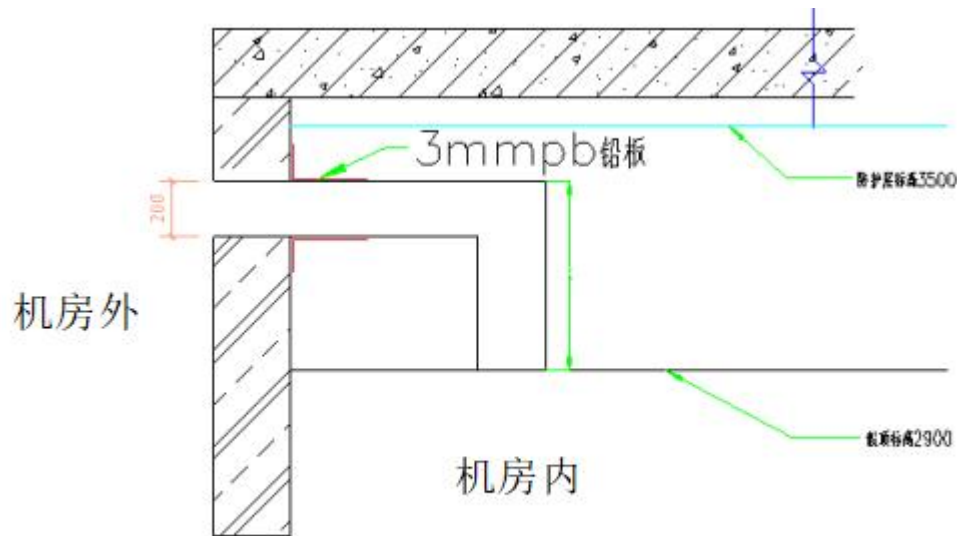


图 10-3 本项目排风管穿墙防护示意图（剖面）

穿墙线管：本项目机房内穿越防护墙的电缆导线均拟采取下穿楼板之后做桥架，穿越防护墙的电缆导线、导管进出口分别设置在 DSA 机房中心、控制室和设备室地板处，机房穿楼板处拟采用铅皮包裹的屏蔽防护方式补偿墙体的屏蔽能

续表 10 辐射安全与防护

力，拟包裹“L”型 3mmPb 铅皮，包裹长度不小于 2 倍穿墙管径宽度，用于管道穿越机房墙体处的屏蔽补偿，能保证机房的屏蔽能力。本项目穿线口防护设计示意图见图 10-4。

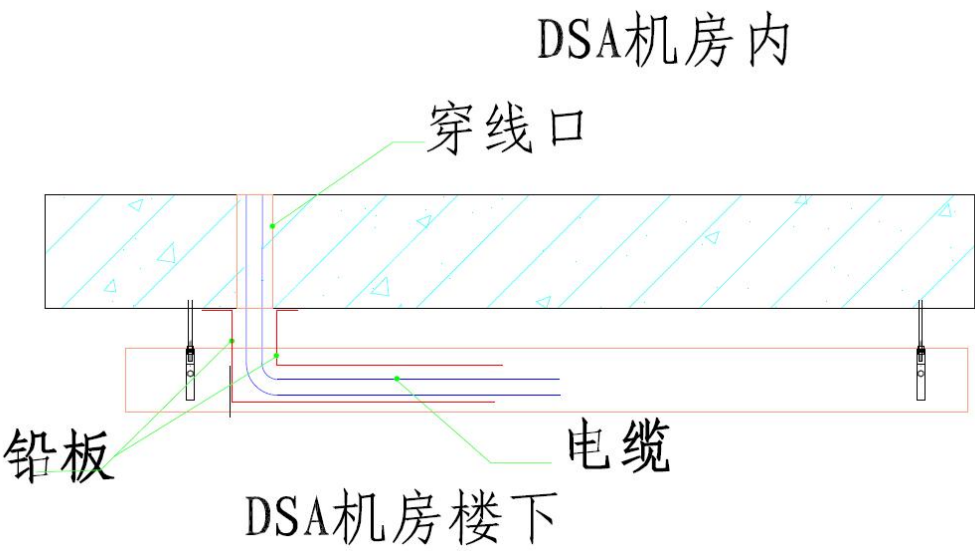


图 10-4 本项目穿线口穿楼防护示意图

项目拟采取的相应屏蔽防护补偿措施，可保证 DSA 机房屏蔽体的屏蔽能力。

③DSA 机房拟设置 2 个防护门，机房防护门与墙体之间拟采取足够的搭接宽度。机房与控制室的门为平开门，拟设置自动闭门装置；机房与过道之间的门为电动推拉式门，拟设置红外线感应防夹装置。

④DSA 机房拟设置铅玻璃观察窗，放射工作人员在控制室内便可清晰地观察到患者的治疗情况。DSA 机房观察窗与墙体之间拟采取足够的搭接宽度，观察窗四周拟配备防护窗套，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。

⑤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 机房工作场所拟设置 1 套独立的机械送风及排风系统。

DSA 机房的送、排风管道均自西南墙穿至 DSA 机房，然后穿越 DSA 机房的西北墙墙体进入控制室。

续表 10 辐射安全与防护

DSA 机房拟设 1 个送风口（位于吊顶西侧）、1 个排风口（位于吊顶东侧），送风和排风管穿墙管径均为 $220 \times 220\text{mm}$ 。送风口及排风口离地高度约 2.9m。机房的废气经排风系统收集后引至机房西南侧墙外排放（距离室外地面约 8m）。送风管、排风管穿墙处距离 DSA 机房内地面最低高度均约 3.2m。

（4）联锁系统

DSA 机房各防护门均拟设置门灯联动系统，所有防护门外上方均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”等警示语句；并将门与指示灯形成联动，各防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离机房门外区域；DSA 设备上、控制台及 DSA 机房内西北侧墙体处拟设置急停开关，按下急停按钮，DSA 设备立即停止出束。

（5）警示标志

DSA 机房各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并在 DSA 机房东北侧墙外拟张贴放射防护注意事项。

（6）对讲系统

项目拟在控制室与 DSA 机房之间设置双向对讲系统，便于机房内放射工作人员与控制室内人员沟通。机房拟设置观察窗，放射工作人员在控制室内便可清晰地观察到患者的治疗情况。

本项目辐射安全设施和措施见图 10-5。

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

(7) 辐射防护用品

根据建设单位提供的资料，医院计划给本 DSA 项目配备个人防护用品和辅助防护设施，具体见表 10-3。

表 10-3 本项目拟配置个人防护用品和辅助防护设施情况表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
DSA 机房	辐射工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	拟配置 0.5mmPb 的铅衣、防辐射裙、防辐射围领、铅橡胶帽 5 套、铅防护眼镜 5 副，0.025mmPb 介入防护手套若干。	拟配置 0.5mmPb 铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏 1 套，2mmPb 移动铅防护屏风（含观察窗）1 个	符合
	患者和受检者	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	—	拟配置 0.5mmPb 防辐射裙、铅防辐射围领、铅橡胶帽 2 套（成人、儿童各 1 套）。	—	符合

说明（GBZ130-2020 要求）：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；儿童的 X 射线检查配备的防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 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。

根据医院提供资料，本项目介入手术一般由 2~3 人在 DSA 机房内操作，故辐射工作人员的防护用品数量可以满足要求，拟配备的防护用品及辅助防护设施的铅当量满足 GBZ 130-2020 要求。

(8) 管理

①医院在进行介入手术时，拟先制定最优化方案，在满足诊疗前提下，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，避免患者受到额外剂量的照射。

②合理布置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医疗废物运出；待机房内停止工作时，方可进行医疗废物运送。

续表 10 辐射安全与防护

10.3 三废的治理

本项目 X 射线装置在工作过程中不产生放射性三废。

10.4 拟采取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）等相关要求对比情况见表 10-4 所示。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）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符合相关标准及辐射防护安全要求。

续表 10 辐射安全与防护

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）。	拟购买防护性能符合相关标准要求的 DSA 设备。
		5.1.2 X 射线管组件上应有晰的焦点位。	
		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。	本项目拟购 DSA 设备的最小焦皮距为 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 DSA 设备自带，透视曝光开关为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。
	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。	拟购设备防护性能满足要求。
		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 DSA 设备自带，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。	拟购设备的最小焦皮距常规为 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 DSA 设备自带，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。
	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。	本项目 DSA 机房的门、窗、管线口和工作人员操作位可避免有用线束直接照射。
		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。	本项目考虑了保守的屏蔽防护方案，包括邻室（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。	本项目拟设置独立的 DSA 机房, 能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。	DSA 机房有效使用面积为 48.64m ² , 最小单边长为 4.1m、6.4m, 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。	经后文核算, 本项目 DSA 机房的屏蔽防护能力为 3.6~4mmPb, 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, 本项目 DSA 在透视和摄影工况下各机房屏蔽体外的周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h, 满足标准要求。
	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 机房拟设置观察窗, 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控制室医生沟通。拟在控制室和机房之间设置双向对讲系统, 便于机房内手术医技人员与控制室内工作人员沟通。
		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 机房拟采取机械送、排风, 能保证良好的通风。
		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。	DSA 机房各防护门外拟张贴电离辐射警告标志, 防护门上方均拟设置工作状态指示灯, 灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”等警示语句。并拟将门与灯设置为联锁, 防护门关, 指示灯亮, 警示无关人员远离机房门外区域。在 DSA 机房东北侧墙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	本项目 DSA 机房防护门的平开机房门拟设置自动闭门

		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。	装置；拟设置工作状态指示灯与机房防护门有效关联关闭防护门后方才出束。医院设置电动推拉门曝光时关闭机房门的管理制度，本项目严格执行相应管理制度。
		6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	本项目 DSA 机房的电动推拉门拟设置防夹装置。
		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。	医院已将此要求列入管理制度中，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。	DSA 机房出入门均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 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。	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详见表 10-3。
		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。	拟加强个人防护用品管理，在男女更衣室外的过道处采用悬挂或平铺方式存放，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的培训，满足放射工作人员岗位要求。	本项目放射工作人员为现有介入工作人员，已熟练掌握业务技术，接受了放射防护和有关法律知识的培训，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	本项目工作人员在手术过程中合理选择参数使受检者

		件下，使受检者所受到的照射剂量最低。	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。	医院已制定《DSA 机操作规程》，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。	DSA 机房内射线装置曝光时，将关闭机房门。
		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。	医院拟制定相关制度，要求进行病例示教时不会随意增加曝光时间和曝光次数。
		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。	医院拟制定相关制度，要求不会使用加大摄影曝光条件的方法。
		7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并通过观察窗等密切观察受检者状态。	工作人员拟在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作 DSA 设备，并通过观察窗等密切观察受检者状态。
	7.8 介入放射学和近合同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求	7.8.2 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。	拟配置具有可准确记录受检者剂量的 DSA 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。
		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，在使用 DSA 设备进行图像采集时工作人员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 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，球管应位于患者身体下方；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 DSA 操作规程及人员岗位职责，要求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。	医院已为每名介入手术的医护人员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，已为每名技师左胸前配置 1 枚个人剂量计。
		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）	医院已为每名介入手术的医护人员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，已为每名技师左胸前配置 1 枚个人剂量计。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响

施工期主要为原有墙体的拆除、新建、用房装修、安装铅防护板、防护铅门、铅玻璃窗与通风系统等防护设施建设，以及 DSA 设备安装等。其主要污染因子有：施工机械噪声、扬尘、施工人员生活废水、建筑垃圾与生活垃圾等固废。

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污水处理系统处理。

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，废弃包装物以及施工人员产生的生活垃圾。建筑垃圾中可以回收利用的钢管等回收利用，不可回收利用部分运至市政指定的弃渣场；废弃包装物与生活垃圾交环卫部门统一收运处置。

项目施工期产生的扬尘、噪声、废水对周围环境影响较小，固废能妥善处理，对环境的影响小；施工单位做好施工组织工作，文明施工，切实落实相应环保措施后，项目施工对环境产生的影响可接受。

11.2 营运期环境影响分析

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°非有用线束对机房屏蔽体外的影响最大，因此本评价以 90°非有用线束屏蔽厚度要求作为核算依据。

续表11 环境影响分析

本项目 DSA 最大管电压为 125kV,《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求屏蔽体不低于 2.0mmPb,附录表 C.5 中给出了 125kV、90°非有用线束下 2.0mmPb 对应混凝土厚度为 147mm。根据等比换算即可得到,在 125kV、90°非有用线束情况下,顶棚、地板 120mm 厚度混凝土对应的铅当量厚度为约 1.6mmPb。

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、100kV 条件下 2mmPb 相当于 17mm 硫酸钡水泥,通过内插法得出 125kV 条件下 2mmPb 相当于 25mm 硫酸钡水泥。本项目机房地板设 30mm 硫酸钡水泥;在 125kV 条件下,通过等比换算可得到 30mm 硫酸钡水泥对应的铅当量厚度为 2.4mmPb。

医院提供的 DSA 机房屏蔽防护方案,其屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-1。

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 (125kV)	四周墙体	轻钢龙骨隔断+60mm 硫酸钡板	4mmPb	2.0mmPb	满足要求
	顶棚	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡板	3.6mmPb	2.0mmPb	满足要求
	地板	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.0mmPb	2.0mmPb	满足要求
	2 个防护门	4mmPb	4mmPb	2.0mmPb	满足要求
	观察窗	4mmPb	4mmPb	2.0mmPb	满足要求

备注:混凝土密度 $\geq 2.35\text{g/cm}^3$ 、硫酸钡水泥密度 $\geq 3.2\text{g/cm}^3$ 、铅密度 $\geq 11.3\text{g/cm}^3$;15mm 厚硫酸钡板 $\geq 1\text{mmPb}$ 。

根据核算结果和上表对比分析,本项目 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 机房屏蔽体外剂量率核算

(1) 核算公式

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

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

续表11 环境影响分析

式中：B——给定铅的屏蔽透射因子；

β ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

②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：

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

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 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 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，按最不利情况考虑居留因子取 1，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：

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \quad (11-3)$$

式中：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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，Sv/Gy 转换系数取值为 1。

B——屏蔽透射因子，根据公式 11-1 计算得出；

F—— R_0 处的辐射野面积，单位为平方厘米（ cm^2 ）；

a——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1cm^2 ）散射体散射到距其 1 m 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.1，125kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的散射最大系数为 7.50×10^{-6} ；90kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每平方

续表11 环境影响分析

厘米的最大散射系数为 6.8×10^{-6} ；150kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的最大散射系数为 7.8×10^{-6} 。

R_s ——辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为米（m），根据设备常规参数，本项目取 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 $5.3\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ 。Sv 与 Gy 之间的转换系数取 1。

②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。

③设备安装位置未定，设备为 C 形臂，将 X 射线管头位置考虑在机房所能取的最大矩形中心进行机房外关注点距离取值，防护门、观察窗考虑同侧屏蔽体核算的最短距离。

计算所用参数及计算过程详见计算附表。

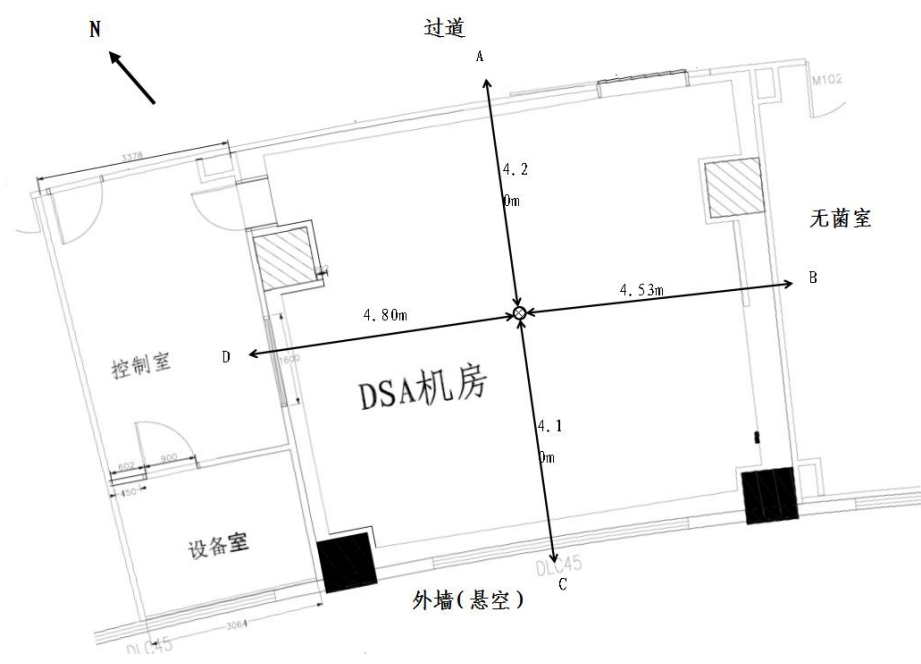
表 11-2 核算参数

设备名称	管电压 (kV)	对应管电流 I (mA)	输出量 H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$	散射面积 F (cm^2)	散射因子 α	散射距离 R_s (m)	关注点距离 R_0
DSA	90	20 (透视) 500 (采集)	3.18×10^5	400	6.8×10^{-6}	0.38	根据机房尺寸确定
90kV 拟合参数			铅 α : 3.067	β : 18.83	γ : 0.7726		

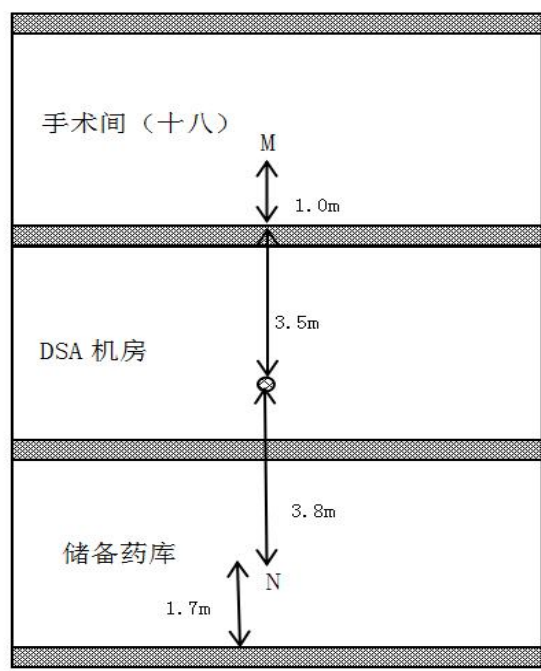
(3) 机房外周围剂量当量率核算结果

根据核算公式和相关参数，透视、采集状态下机房外周围剂量当量率核算结果见表 11-3 所示，计算示意图如下：

续表11 环境影响分析



(1) 平面计算点示意图



(2) 立面计算点示意图

续表11 环境影响分析

表 11-3 DSA 机房屏蔽核算结果							
屏蔽体名称		射线类型	最近距离 R(m)	设计厚度	周围剂量当量率 (μSv/h)		是否满足要求
					透视	采集	
东北侧（过道）	墙体（A）	散射	4.2	轻钢龙骨隔断+60mm 硫酸钡板	2.51×10^{-3}	6.27×10^{-2}	是
	防护门	散射	4.2	4mmPb	2.51×10^{-3}	6.27×10^{-2}	是
西北侧（控制室、设备室）	墙体（D）	散射	4.8	轻钢龙骨隔断+60mm 硫酸钡板	1.92×10^{-3}	4.80×10^{-2}	是
	观察窗	散射	4.8	4mmPb	1.92×10^{-3}	4.80×10^{-2}	是
	防护门	散射	4.8	4mmPb	1.92×10^{-3}	4.80×10^{-2}	是
西南墙（外墙，悬空）	墙体（C）	散射	4.1	轻钢龙骨隔断+60mm 硫酸钡板	2.63×10^{-3}	6.58×10^{-2}	是
东南墙（无菌室）	墙体（B）	散射	4.53	轻钢龙骨隔断+60mm 硫酸钡板	2.15×10^{-3}	5.39×10^{-2}	是
顶棚（手术间（十八））	顶棚（M）	散射	4.5	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡板	7.45×10^{-3}	1.86×10^{-1}	是
地板（储备药库（一）/常温库）	地板（N）	散射	3.8	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	3.06×10^{-3}	7.66×10^{-2}	是

备注：①顶棚核算到楼上地面 1.0m 处，地板核算到楼下地面 1.7m 处，四周墙体计算参考点位于四周墙体、门窗外 0.3m 处。②设备离地高度按 1.0m 考虑，球管位于机房中心点。③未考虑地板及顶棚的屏蔽厚度。

根据核算结果（表 11-3）可知，在透视、采集条件下 DSA 机房屏蔽体外各关注点的周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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：

$$H_{Er} = H_{(10)}^* \times t \times 10^{-3} \quad (\text{公式 11-4})$$

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，本项目单台 DSA 年透视时间约 530h，采集时间

续表11 环境影响分析

约 37.1h, 单台 DSA 总年有效开机时间约 567.1h。

(1) 放射工作人员剂量估算

①控制室放射工作人员年有效剂量估算

透视情况及采集情况下控制室放射工作人员年有效剂量估算见表 11-4。

表 11-4 项目控制室放射工作人员年有效剂量估算一览表

机房名称	最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		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	1.92×10^{-3}	4.80×10^{-2}	530	37.1	1.02×10^{-3}	1.78×10^{-3}	2.80×10^{-3}

医院现有控制室技师上一年度外照射个人剂量最大值为 0.65mSv , 从最不利情况考虑, 本项目 DSA 控制室的工作均由同一名技师完成, 在叠加现有辐射工作的受照剂量后, 其年有效剂量为 0.653mSv , 满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标限值 5mSv/a 的要求, 同时也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

②机房内医护人员

本项目 DSA 有采集和透视两种工作模式。

透视工作模式下, 医护人员穿戴个人防护设施(考虑铅当量 0.5mmPb), 以公式 11-1 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 $400\mu\text{Sv/h}$ 。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 0.5mmPb), 并在移动铅屏风(考虑铅当量 2mmPb) 后操作, 以公式 11-1 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 (2m), 核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。计算结果见表 11-5 所示。

表 11-5 机房医护人员铅衣内外年剂量估算表

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 ($\mu\text{Sv/h}$)	年出束时间(h)	年剂量估算 (mSv/a)	
90kV	心脏介入	采集	3.7×10^{-5}	27.59	6.3	0.17	1.98
		透视	2.5×10^{-2}	10.06	180	1.81	

续表11 环境影响分析

	神经介入	采集	3.7×10^{-5}	27.59	14.2	0.39	2.15
		透视	2.5×10^{-2}	10.06	175	1.76	
	综合介入	采集	3.7×10^{-5}	27.59	16.7	0.46	2.22
		透视	2.5×10^{-2}	10.06	175	1.76	
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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	年出束时间（h）	年剂量估算（ mSv/a ）	
90kV	心脏介入	采集	1.7×10^{-4}	128.73	6.3	0.81	72.81
		透视	/	400	180	72.00	
	神经介入	采集	1.7×10^{-4}	128.73	14.2	1.83	71.83
		透视	/	400	175	70.00	
	综合介入	采集	1.7×10^{-4}	128.73	16.7	2.15	72.15
		透视	/	400	175	70.00	

备注：采集时医生均有可能在机房内，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（11-5）估算有效剂量，计算结果见表11-6所示。

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

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 $H_p(10)$ ，单位为mSv，本项目估算值代替测量值；

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 $H_p(10)$ ，单位为mSv，本项目估算值代替测量值。

表 11-6 手术医护人员受到的年剂量

手术类别	α	$H_u(\text{mSv})$	β	$H_o(\text{mSv})$	$E(\text{mSv})$	每组手术医护人员受到的年剂量	备注
心脏介入	0.79	1.98	0.051	72.81	5.28	2.64	拟配2组心脏介入医生
神经介入	0.79	2.15	0.051	71.83	5.36	2.68	拟配2组神经介入医生
综合介入	0.79	2.22	0.051	72.15	5.43	2.72	拟配2组综合介入医生

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。

续表11 环境影响分析

待本项目建成后，本项目拟配置2组心脏介入手术医生、2组神经介入医生、2组综合介入医生，根据上述计算可知，在平均分配工作量的情况下，手术医护人员受到的年有效剂量最大为2.72mSv/a。根据2023年度放射工作人员的个人剂量监测结果可知，本项目放射工作人员年最大剂量为1.62mSv，叠加本项目估算有效剂量，则总量为4.34mSv/a，小于建设单位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。

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400 μ Sv/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，则手术医生的受照剂量会有一些的变化；叠加所引用 2023 年个人剂量监测最大值（1.62mSv/年），不一定是原介入手术的最大工作负荷。因此，介入手术医生实际受到的年有效剂量应以个人剂量监测结果为准，医院应根据 DSA 介入手术的开展情况，适时增加相应的介入手术医技人员；日常管理中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，在个人剂量季度剂量超过 1.25mSv 时应及时进行大剂量调查，若是因为在规范操作的前提下由于工作量偏大而导致的受照剂量偏大，应及时减少工作量并密切关注个人剂量监测结果。

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、医院应定期将个人剂量计送有资质监测机构监测，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。

续表11 环境影响分析

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

机房外公众成员受到的年有效剂量见表 11-7。

表 11-7 DSA 机房外公众成员及保护目标年有效剂量估算表

序号	环保目标名称	方位	最近水平距离(m)	H 剂量率($\mu\text{Sv/h}$)		年出束时间(h)		居留因子	年有效剂量(mSv/a)
				透视	摄影	采集	透视		
1	设备室	西北侧	0	1.92×10^{-3}	4.80×10^{-2}	530.0	37.1	1/20	1.4×10^{-4}
2	库房、污物清洗间等用房		3	7.27×10^{-4}	1.82×10^{-2}	530.0	37.1	1/20	5.3×10^{-5}
3	楼梯间、电梯等用房		7	3.18×10^{-4}	7.94×10^{-3}	530.0	37.1	1/40	1.2×10^{-5}
4	院内道路及绿化		15	1.13×10^{-4}	2.82×10^{-3}	530.0	37.1	1/40	4.1×10^{-6}
5	门卫室		45	1.73×10^{-5}	4.46×10^{-4}	530.0	37.1	1	2.6×10^{-5}
6	市政道路（联滨路）		45	1.73×10^{-5}	4.46×10^{-4}	530.0	37.1	1/40	6.5×10^{-7}
7	无菌室	东南侧	0	2.15×10^{-3}	5.39×10^{-2}	530.0	37.1	1/20	1.6×10^{-4}
8	专家休息室、医生办公室、资料室、值班室、更衣室、卫生间、患者入口、库房等用房		7	3.33×10^{-4}	8.32×10^{-3}	530.0	37.1	1	4.8×10^{-4}
9	重症医学科、手术室办公区、电梯厅、过道等用房		25	5.07×10^{-5}	1.27×10^{-3}	530.0	37.1	1	7.4×10^{-5}
10	过道	东北侧	0	2.51×10^{-3}	6.27×10^{-2}	530.0	37.1	1/5	7.3×10^{-4}
11	DSA 介入手术室 1、DSA 介入手术室 2		2	1.15×10^{-3}	2.88×10^{-2}	530.0	37.1	1	1.7×10^{-3}

续表11 环境影响分析

	及相应的 操作室和 设备间、空 调机房等 用房								
12	大堂等		15	1.20×10^{-4}	3.00×10^{-3}	530.0	37.1	1/5	3.5×10^{-5}
13	院内道路 及绿化		0	2.63×10^{-3}	6.58×10^{-2}	530.0	37.1	1/40	9.6×10^{-5}
14	感染楼（在 建）、综合 楼（在建）、 连廊（在 建）等	西南侧	22	6.49×10^{-5}	1.62×10^{-3}	530.0	37.1	1	9.5×10^{-5}
15	住院楼 3 楼		/	7.45×10^{-3}	1.86×10^{-1}	530.0	37.1	1	1.1×10^{-2}
16	住院楼 4-19 楼	楼上	/	1.86×10^{-3}	4.66×10^{-2}	530.0	37.1	1	2.7×10^{-3}
17	住院楼 1 楼		/	3.05×10^{-3}	7.62×10^{-2}	530.0	37.1	1	4.4×10^{-3}
18	住院楼-1 楼	楼下	/	6.49×10^{-5}	1.62×10^{-3}	530.0	37.1	1/2	4.7×10^{-5}

备注：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。机房与保护目标之间距离按水平距离取值保守考虑。

根据上表核算，DSA 机房外公众成员受到的年有效剂量均低于医院年剂量管理目标值 0.1mSv/a。考虑现有 2 台 DSA 设备对公众的叠加影响，根据住院楼 2 楼现有 DSA1 和 DSA2 的工作场所辐射环境《检测报告》（报告编号：JDF20240601-RE003，检测单位：成都洁定医疗检测技术有限公司）可知，在透视条件下现有 DSA1 和 DSA2 公众可达的屏蔽体外的周围剂量当量率均为本底水平。综上，在考虑 3 台 DSA 设备对公众的叠加影响情况下，公众成员的年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（3）剂量估算结论

综上所述，根据建设单位提供的计划手术量，合理分配手术量、放射工作人员规范使用防护用品的前提下，从事介入手术的医生和护士的年有效剂量低于放射工作人员剂量管理目标值 5mSv/a，公众成员年有效剂量也低于医院管理目标值 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。

续表11 环境影响分析

11.4 环境保护目标辐射环境影响分析

拟建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。本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 11-6 可知,机房外 50m 范围内各环境保护目标位置的年有效剂量均远低于医院管理目标值。因此,在评价范围内(距 DSA 机房外 50m)各环境保护目标的辐射影响满足相应标准和要求,项目的辐射环境影响是可以接受的。

11.5 “三废”环境影响分析

11.5.1 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,消除有害气体对机房的影响,关键在于加强室内通风。项目 DSA 运行时产生臭氧和氮氧化物量极少,DSA 机房设计有排风系统,采取机械排风,机房少量废气经管道收集后引机房西南侧墙外排放(距离室外地面约 8m)排放,废气经大气扩散后对周围环境影响小。

11.5.2 废水

本项目运行产生的少量生活污水、医疗废水进入医院污水处理站处理,达标后排入市政污水管网。

院区内已建的污水处理站设计处理能力为 800m³/d,接纳整个医院的废水。污水处理站的处理能力尚有较大余量,能接纳本项目产生的废水。项目产生的废水处理依托可行,废水能得到有效处置,对周围环境的影响较小。

11.5.3 固体废物

项目工作人员在医院总劳动定员内,生活垃圾收集后依托医院生活垃圾收运系统,交市政环卫部门处理。

项目介入手术产生的医疗废物分类收集,在污物清洗室打包整理后,在医院下班时间转移至医院的医疗废物暂存室暂存,并交有资质单位转运、处置。医疗废物暂存室建筑面积约 50m²。医疗废物暂存室内设置各类型的废物收集桶,相应类别的塑料桶上粘贴有中文标签,医疗废物暂存室大门张贴危险废物标识;医

续表11 环境影响分析

疗废物暂存室为封闭空间，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；面积足够暂存医院 2 天内产生的医疗废物；暂存间内设置紫外线消毒装置消毒，空调通风换气装置。废的铅防护用品由医院收集、妥善保管，暂存，交有资质单位处置，并做好相应记录。医疗废物暂存室应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行防渗、防腐、硬化处理。

报废的 DSA 按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化后，交由有资质单位回收处置，保留回收手续并做好相关记录存档。

项目产生的固体废物均能得到合理的处理，对环境产生的影响可接受。

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，其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。

项目 DSA 应用于介入手术，对疾病诊断和手术辅助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，对保障健康、拯救生命可起到十分重要的作用。项目营运将为病患提供更多医疗服务和便捷的就医环境，具有明显的社会效益；随着医院医疗技术与服务水平的提高，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。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。在项目营运过程中建设单位应掌握好适应症，正确合理地使用设备进行医疗照射，并应注意避免不必要的重复检查；对妇女及儿童施行放射学检查更应慎重进行。

因此，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

续表11 环境影响分析

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，机房四周屏蔽体、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：在设备偏离正常运行工况下，拟建项目 DSA 出现最不利运行参数即透视时管电压 125kV、管电流 110mA，采集时管电压 125kV、管电流 500mA，造成 DSA 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、设备室内人员等）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防护门被开启，造成 DSA 机房内人员的误照射。

（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，单台手术时间内机房外最大剂量估算情况见表 11-8。

续表11 环境影响分析

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	机房外周围剂量当量率	单台手术最大曝光时间 (min)	有效剂量 (mSv)	总有效剂量 (mSv)
DSA 机房东北侧屏蔽体外	最大运行参数条件下运行, 人员位于机房外(东北侧过道)	1.19 μ Sv/h (透视)	21	4.15×10^{-4}	5.95×10^{-4}
		5.39 μ Sv/h (采集)	2	1.80×10^{-4}	

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 5.95×10^{-4} mSv。

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。因手术床旁和控制室均拟设置急停按钮, 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	事故情景	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率 (μ Sv/h)	有效剂量 (mSv)
DSA	采集模式: 1m 处 发射率 9.8mGy·m ² /mA min	10s (单台手术单次采集时间)	6.35×10^6	17.65
		2min (单台手术最大采集时间)	6.35×10^6	211.75
	透视模式: 1m 处 发射率 9.8mGy·m ² /mA min	2min (发现后使用急停按钮)	1.40×10^6	46.58
		21min (单台手术最大透视时间)	1.40×10^6	489.13
	采集+透视: 额定参数运行	23min (单台采集+透视最长时间)	/	700.88

备注: 仅考虑散射线, Sv/Gy=1, 核算过程详见附件 10 文件。

根据事故风险剂量估算可知, DSA 机房内人员误照射情况下, 人员滞留机房内且未穿戴防护用品时, 可能发生超年有效剂量限值的误照射事故, 即造成一般辐射事故。

续表11 环境影响分析

(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,由此所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。

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(而非其严重程度)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组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体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。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈值的一种辐射效应,受照剂量超过一定的阈值时才会发生,其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反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。

项目产生的随机性效应是关注的重点,因其无法防护,所以尽量降低人员的受照剂量,减少随机性效应产生的概率。

不同照射剂量的 X、 γ 射线对人体损伤估计见表 11-10。

表 11-10 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
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/	不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化,可能有血液学的变化 机能变化,血液学变化,但不伴有临床症状

续表11 环境影响分析

1~2	骨髓型急性放射病	轻度	乏力, 不适, 食欲减退
2~4		中度	头昏、乏力、食欲减退、恶心, 1h~2 h 后呕吐、白细胞数短暂上升后下降
4~6		重度	1h 后多次呕吐, 可有腹泻, 腮腺肿大, 白细胞数明显下降
6~10		极重度	1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大, 白细胞数急剧下降
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。

经以上不同事故风险类型的剂量估算, 在事故工况下人员可能受到超过年剂量限值的照射, 即造成一般辐射事故的发生; 项目 DSA 对受误照射人员造成误照射及辐射工作人员受到事故误照射时, 最大事故剂量约 701mSv, 受误照射人员可能会发生机能变化、血液学的变化, 但不伴有临床症状。因此, 本项目的辐射事故误照射一般不会导致严重辐射损伤, 但可能增加发生随机性效应的概率。

(4) 风险事故防范措施

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, DSA 设备上、控制台拟设置紧急停机按钮, 便于在紧急情况下使用, 可最大程度的减少误照射人员的受照剂量。

②手术医生在开展手术时, 需要进行机房内透视曝光时, 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 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培养放射工作人员的安全文化素养, 提高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,

续表11 环境影响分析

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。

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

本项目环保投资估算共约 20 万，占总投资的 2.2%，具体情况见表 11-11。

表 11-11 项目环保投资一览表

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框、上墙，人员培训考核等	2
电离辐射警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	急停开关、对讲系统、门灯连锁等	3
防护用品	铅衣、铅屏风等	7
墙体屏蔽	屏蔽室墙体、防护门窗等	纳入主体投资
环保手续	环评、验收、监测、办证等	8
合计	/	20

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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。

医院现已成立放射防护与辐射安全工作领导小组（以下简称领导小组），《放射防护与辐射安全管理工作实施方案》已明确放射防护与辐射安全工作领导小组由医院院长任组长，主管副院长和医院党委书记任副组长，由分管医疗、护理、预防保健、医学装备、总务后勤工作的分管领导任副组长，放射相关医务科、护理部、预防保健科、感染管理科、医学装备科、总务科、人力资源科、保卫科等职能科室负责人，放射科（介入室）、呼吸与危重症学科、重症医学科、神经内科、神经外科、骨科、肝胆外科、肿瘤放射治疗中心、口腔科、麻醉科（手术室）等从事放射诊疗活动的临床科室主任和放射科（介入室）、口腔科及麻醉科（手术室）的护士长等为成员，同时明确了专职放射管理员及各成员职责。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 放射工作人员及培训

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。

根据调查，医院现有放射工作人员 65 人，均参加了辐射安全与防护培训，

续表12 辐射安全管理

考核合格，在有效期内。

本项目劳动定员 25 人，其中医生 12 人，技师 6 人，护士 7 人。项目所有放射工作人员均依托医院现有介入医技人员，放射工作人员已按照上述要求取得培训合格证，均做到了考核合格上岗。

辐射工作人员配置基本满足项目介入手术开展的需求，医院承诺在项目运营中，根据项目开展情况适时增加符合要求的介入手术医技人员；并组织新上岗辐射工作人员参加相对应专业类别的辐射安全与防护培训考核，经考核合格后持证上岗。

12.3 辐射安全管理制度、档案等

12.3.1 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，应当建立有健全的操作规程、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。

目前医院已有在用的 II 类装置 DSA，已制定了一系列管理制度，主要有《放射诊疗安全防护管理制度》、《放射诊疗工作人员职业卫生管理制度》、《放射工作人员个人剂量监测制度》、《放射防护安全管理制度》、《放射防护注意事项》、《放射诊疗工作人员健康管理制度》、《放射辐射危害告知制度》、《放射工作人员个人剂量监测制度》、《辐射环境监测方案》、《辐射安全与防护专业知识人员培训计划》、《设备维修保养制度》、《放射防护档案台账管理制度》、《DSA 机操作规程》、《放射安全事件应急预案及流程图》等。

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。本项目为 DSA 建设项目，项目建成后依托上述规章制度可行。医院应进一步完善并落实年度评估、辐射安全设施定期检查等制度。

12.3.2 个人剂量管理

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，应当安排专人负责个人剂量监

续表12 辐射安全管理

测管理,建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。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。个人剂量档案应当终身保存。另外,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,不允许将个人剂量片相互传借,不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

医院现有放射工作人员均配置了个人剂量计,按 GBZ128 相关要求对个人剂量监测(一般为1个月,最长不应超过3个月),根据2023年个人剂量检测报告,现有放射工作人员检测数据均未见异常,满足相关要求。本项目的放射工作人员依托现有放射工作人员,在本项目运行前,医院已按照现有管理制度要求为每名放射工作人员配置个人剂量计,并按照要求进行剂量监测,建立个人剂量档案。

12.3.3 职业健康体检

放射工作人员上岗前,应进行岗前职业健康检查,符合辐射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间,放射工作人员应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。对不适宜继续从事辐射工作的,应脱离辐射工作岗位,并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存放射工作人员的健康档案。

根据调查,医院现有放射工作人员(包括本项目放射工作人员)均按照要求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,无疑似职业性放射病患者。

12.3.4 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

续表12 辐射安全管理

估报告，并将年度评估报告制度纳入到放射防护与辐射安全工作领导小组职责中。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。后续应继续于每年 1 月 31 日前均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，按照要求组织年度评估检查，对评估中发现的问题或隐患及时整改，并按规定及时报送年度评估报告。

12.3.5 档案管理

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，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终身保存。

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“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”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。医院应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（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）、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。

本项目运营后，拟将本项目相关的资料建立档案，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 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。

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的建设要求建设单位树立并弘扬核安

续表12 辐射安全管理

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的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。

12.5 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 12-2。

表 12-2 医院从事辐射活动能力评价表

应具备条件	落实情况
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名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	成立了放射防护与辐射安全工作领导小组，并指定了专人负责射线装置运行时的安全和防护管理工作。
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	医院已建立人员培训计划，本项目放射工作人员均为现有放射工作人员，均已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，持证上岗。
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	设备及控制台拟设急停按钮，同时本项目机房所有防护门上方均拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”等警示语句；并将门与灯形成联锁，

续表12 辐射安全管理

	门关，灯亮，警示无关人员远离机房区域，门开，灯熄灭。
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、射线装置使用登记制度、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。本项目运营前拟按照要求进一步完善操作规程，完善现有的各项辐射防护管理制度，并将相关制度张贴上墙。
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。	本项目放射工作人员均已按要求配备个人剂量计，在本项目投运前拟配备一定数量的辐射防护用品供放射工作人员和受检者使用。
有完善的辐射事故应急措施	医院已制定辐射事故应急预案，应进一步完善预案，并对人员进行培训和演练。

根据上表分析可知，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（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），本项目建成后，将本项目纳入现有管理制度中，完善现有的各项辐射防护管理制度，并按照要求将本项目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，本项目竣工环保验收合格后方可投入正式运行。

12.6 环境监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《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。

医院已制定有《辐射环境监测方案》，包括工作场所监测及个人剂量监测等，以满足相关要求。监测后做好监测记录，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

续表12 辐射安全管理

员的影响满足要求。

根据相关要求，医院应进一步完善辐射环境监测方案，将本项目纳入其中。
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防护与辐射安全工作领导小组组织，各辐射科室具体实施，委托有监测资质的机构对医院的所有辐射工作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

委托有辐射工作人员职业健康体检资质的医院，组织相关辐射工作人员每 1-2 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，不得从事相关辐射工作。

(3) 工作场所监测

委托有辐射设备性能、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；年度监测每年监测一次；涉及设备发射剂量率或防护设施维修后监测一次。

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。

12.7 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》《重庆市辐射污染防治办法》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。

(1) 辐射事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

续表12 辐射安全管理

根据本报告表 11 分析，DSA 发生的单次误照射可能会造成人员受到超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

(2) 事故应急方案与措施

医院制定了《放射安全事件应急预案及流程图》，预案中医院成立了辐射事故应急处理领导小组，还明确了辐射事故分级、辐射事故应急处理机构与职责、辐射事故应急处理、辐射事故的调查、报告和处理等。

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。医院定期进行辐射事故应急演练，医院应继续完善现有应急预案，并根据应急演练情况，进一步完善辐射事故应急处理预案，在本项目建成后，将本项目的辐射事故风险管理纳入现有辐射事故应急处理预案中。

2024 年 4 月 19 日医院肿瘤放射治疗中心组织了一次放射安全事故应急演练。模拟肿瘤放疗中心在进行治疗时，由于加速器设备故障导致持续出束治疗，导致患者超剂量照射的场景事故演练过程，演练过程主要包括现场处置、进行报告上报、过程摄影、演练总结等。演练后，医院对其进行了资料整理、归档。

(3) 辐射事故的报告

对工作现场可能发生的突发事件及其潜在隐患，辐射工作相关人员均应在发现情况后立即报告辐射事故应急处理领导小组组长，及时处理潜在隐患。发生或发现辐射安全事故后，必须在 2 小时内向当地生态环境局报告，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。

(4) 辐射事故应急处置措施

本项目辐射事故发生后，除了及时报告外，还应进行以下几项工作：

①一旦发生辐射事故，立即按下应急开关按钮或直接停机断电，撤出机房内人员。

②事故状态下，确需工作人员进入机房关机的，工作人员应佩戴防护用品及个人剂量计。

③应尽可能记录现场有关情况，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，并对工作人员进行必要的健康检查和跟踪，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。

续表12 辐射安全管理

④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，采取措施防止类似事故再次发生。

12.8 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收，按照 HJ1326-2023 等标准规范，组织开展竣工验收工作，并完善竣工环保验收相关手续。

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 本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，II类射线装置，单管头（最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA）。验收时不发生重大变更。	/
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管理目标值<5mSv 机房外公众成员年有效剂量管理目标值<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辐射安全与防护培训考核合格后上岗，并按要求定期复训	环境保护部令第 3 号、第 18 号、公告 2019 年第 57 号
5	剂量率控制	DSA 机房四周墙体外 30cm 处、楼上距顶板地面 100cm 处、楼下距楼下地面 170cm 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置，在透视条件下检测时，距离机房屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。 DSA 机房四周墙体外 30cm 处、楼上距顶板地面 100cm 处、楼下距楼下地面 170cm 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置，在摄影条件下检测时，机房外的周围剂量当量率不大于 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。	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、铅橡胶帽各 5 套，介入防护手套若干；铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏 1 套；患者用铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 2 套（成人 1 套、儿童 1 套）。防护用品的铅当量满足标准要求。	

续表12 辐射安全管理

7	辐射安全防护措施	①机房所有防护门上方均拟设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”等警示语句；并将门与灯形成联锁，门关，灯亮，警示无关人员远离机房区域，门开，灯熄灭。 ②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DSA机房东北侧墙外拟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，电动推拉门有防夹装置及闭门措施。 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。 ⑦机房四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，防护门、观察窗与墙体之间拟采取足够的搭接宽度，观察窗四周配备与铅玻璃屏蔽能力相当的防护窗套；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、应急预案、年度评估制度等。

表 13 结论及建议

13.1 项目概况

合川区人民医院建设工程（住院楼 DSA 部分）拟在医院住院楼 B 区 2 楼进行建设，拟将住院楼 B 区 2 楼西侧的处置室、无菌包装库房、无菌库房、一次性物品存放间、更衣室、医生办公区、护士值班室、医生值班室、护士站接待处等房间建设为 1 个 DSA 机房及其辅助用房，并配置 1 台 DSA（II 类射线装置，单管头设备，新购，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），开展介入手术工作。项目用房建筑面积约 450m²。

项目总投资约 900 万元，其中环保投资约 20 万。

13.2 实践正当性

项目 DSA 在医疗诊断和手术辅助等方面，对疾病的治疗有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命可以起到十分重要的作用。项目运行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）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 辐射环境现状

根据监测结果可知，本项目拟建址及周边环境 γ 辐射剂量率的监测值在 74nGy/h~123nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），根据《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版）中辐射环境质量状况数据，重庆市累积剂量法测得的 γ 空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 76.8nGy/h~93.3nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市各点位年均值为 87.0nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。因此，项目所选场址及邻近环境的辐射水平在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内，未见辐射异常。

13.5 选址和布局合理性

医院位于重庆市合川区南办处希尔安大道 1366 号，拟建项目选址于住院楼 B 区 2 楼西侧，住院楼 B 区 2 楼西侧仅布置 DSA 机房及相关配套用房，拟建项

续表 13 结论及建议

目所在区域为相对独立的区域，除医务人员和手术患者外，周围无其他公众长时间停留；此外，2楼已有DSA介入手术室，配套有相关辅助用房，本项目选址于2楼可以依托部分辅助用房，且便于医院对放射工作场所的统一管理；同时2楼相邻楼层无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域毗邻。此外医院考虑了保守的防护方案，对周围环境影响甚微。根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

本项目主要拟设置 1 个 DSA 机房及其配套的控制室、设备室、污物清洗室、无菌室、资料室、医生办公区、医生值班室、护士值班室、更衣室、卫生间等辅助用房，DSA 机固定安装于机房中部位置，与周围均有一定的距离；DSA 机房四周拟布置控制室、设备室、无菌室及过道等辅助用房与区域，DSA 机专用控制室拟相邻布置于 DSA 机房西北侧，并拟在控制室与机房之间设置防护门和观察窗，便于介入手术时医技人员进出机房，以及便于观察介入手术等情况；DSA 机房拟设置介入手术人员、病患进出机房的 2 个防护铅门，方便工作人员、病患进出及污物运出和无菌用品的拿取，手术完成后，手术过程中产生的废物采用时间管理措施，在手术结束后无医技人员、病患进出时，由病患进出防护门运出，经 DSA 机房东侧过道运至项目污物清洗室整理打包后，再转运至医院南侧医院医疗废物贮存室暂存；项目 DSA 的人流物流通道相对独立。项目 DSA 设备及其机房、辅助用房的设置布局考虑了邻近场所与周围环境的安全。

综上所述，从辐射防护与环境保护角度，项目的选址及平面布局合理。

13.6 辐射防护与安全措施结论

（1）辐射工作场所分区管理

本项目按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求将辐射工作场所划分控制区和监督区，实行辐射安全分区管理，并采取相应的防护安全措施。

（2）屏蔽体防护

本项目 DSA 机房有效使用面积、最小单边长度均符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求；DSA 机房设计了足够厚度的屏蔽体，可保证房间屏蔽体外周围剂量当量率满足辐射防护的要求；各屏蔽体的穿墙管线采用直穿方式，采取补偿措施后不影响墙体的屏蔽防护效果；铅防护板、铅防护门的生产和安装均交有资质的厂家负责，以保证防护门搭接处的屏蔽能力；施工时保证施工质量。

续表 13 结论及建议

(3) 安全联锁装置及其他措施

本项目DSA设备上、控制台上及DSA机房内西北侧墙体内均拟设置急停开关, DSA机房拟配置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介入手术人员及患者防护用品。项目DSA机房拟设置2个防护门, 均拟设置门灯联锁系统, 拟在防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯, 2个防护门均设置电离辐射警告标志。机房与控制室的门为平开门, 拟设置自动闭门装置; 机房与患者走廊之间的门为电动推拉式门, 拟设置红外线感应防夹装置。项目DSA机房拟采取机械送、排风进行通风换气, 机房内拟设置1个排风口和1个送风口, 废气经新建排风管引至机房西南侧墙体外(距离室外地面约8m)排放。机房医护人员拟在铅衣内外各佩戴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。

综上, 本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足辐射防护的要求。

13.7 环境影响分析结论

(1) 场所辐射剂量水平: 项目 DSA 机房屏蔽防护铅当量厚度均符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求, 其屏蔽防护墙体(包括顶棚、地板)、防护门及观察窗辐射防护亦满足屏蔽防护要求。经核算, 在常用透视、采集工况下 DSA 机房屏蔽体外的周围剂量当量率均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$, 符合相关标准及辐射防护安全要求。。

(2) 剂量估算: 根据建设单位提供的计划手术量, 通过核算, 在项目在合理配置介入手术医生情况下, 项目机房相关医务人员人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), 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 机房外 50m 范围内各环境保护目标位置的年有效剂量均远低于医院管理目标值。因此, 在评价范围内(距 DSA 机房外 50m)各环境保护目标的辐射影响满足相应标准和要求, 项目的辐射环境影响是可以接受的。

(4) “三废”影响: 项目 DSA 运行时产生少量臭氧和氮氧化物量, DSA 机房拟安装专门的排风系统, 所产生废气经废气管道收集引至机房西南侧墙体外(距离室外地面约 8m)排放。排放后废气经大气扩散和分解后, 对周围环境影响小。

续表 13 结论及建议

项目放射工作人员等产生的废水依托医院已建污水处理站处理，医疗废物依托医院医疗废物暂存室定期交有资质单位处理，生活垃圾交环卫部门处理，废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，并做好相关记录。去功能化后的报废射线装置交由物资回收单位处置，并做好相应记录。医疗废物暂存室应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行防渗、防腐、硬化处理。

（5）事故风险：项目发生的单次误照射可能会造成人员受到辐射超过年剂量限值，属于一般辐射事故。通过落实撤离机房时应清点人数、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，本项目风险可控。

13.8 辐射安全管理

医院成立了放射防护与辐射安全工作领导小组，制定了一系列规章制度，这些制度具有一定的操作性。辐射工作人员全部进行了辐射安全与防护培训并持证上岗；辐射工作人员全部配置了个人剂量计，均进行了健康体检，建立了相应的档案。医院还应在今后的工作中按照要求进一步完善并落实年度评估、辐射安全设施定期检查等制度及辐射事故应急预案，项目营运中加强核安全文化建设，进一步完善所提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。在严格执行规定的辐射安全和环境管理制度前提下，项目的运行安全是有保障的。

13.9 综合结论

合川区人民医院建设工程（住院楼 DSA 部分）符合国家产业政策，具有实践的正当性，选址可行，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，对环境及周围公众的影响可接受。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

附 图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 医院总平面布置图

附图 3 医院总平面布置及环境保护目标示意图

附图 4-1 住院楼 2 楼放射介入室改造后平面布置图

附图 4-2 住院楼 2 楼放射介入室改造前平面布置图

附图 5-1 住院楼 1 楼平面布局图

附图 5-2 住院楼 2 楼现状平面布局图

附图 5-3 住院楼 3 楼平面布局图

附图 6-1 本项目 DSA 机房平面布置图

附图 6-2 本项目 DSA 机房防护剖面图

附图 7 DSA 机房通风示意图

附图 8 项目现场相关照片

附 件

附件 1: 环境影响评价委托书

附件 2: 《重庆市合川区发展和改革委员会文件》（合川发改发[2010]60 号）及项目代码

附件 3: 《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（合川）环准[2010]33 号）及竣工环境保护验收意见

附件 4: 《重庆市建设项目竣工验收环境保护验收批复》（渝（辐）环验[2016]035 号）

附件 5: 辐射安全许可证

附件 6: 个人剂量监测报告及放射诊疗场所放射防护检测报告

附件 7: 相关制度清单

附件 8: 项目基本情况

附件 9: 《监测报告》（编号：24FH0011）

附件 10: 相关计算表格