

核技术利用建设项目
重庆医科大学附属第二医院江南医院
日间手术室区域改建工程
环境影响报告表

建设单位：重庆医科大学附属第二医院

环评单位：重庆宏伟环保工程有限公司

2023年2月

生态环境部监制

编制单位和编制人员情况表

项目编号	JH01		
建设项目名称	重庆医科大学附属第二医院江南医院日间手术室区域改建工程		
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)	重庆医科大学附属第二医院		
统一社会信用代码	12500000450405750D		
法定代表人 (签章)	赵晓东		
主要负责人 (签字)	罗明		
直接负责的主管人员 (签字)	李正欢		
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
任洪文	2016035550350000003511550220	BH001038	任洪文
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
蒲小洁	项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量现状、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	BH001011	蒲小洁

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆医科大学附属第二医院江南医院日间手术室区域改建工程			
建设单位		重庆医科大学附属第二医院			
法人代表	赵晓东	联系人	李正欢	联系电话	17*****39
注册地址		重庆市渝中区临江路 74 号			
项目建设地点		重庆市南岸区天文大道 288 号重庆医科大学附属第二医院江南院区医疗综合楼 1 楼			
立项审批部门		重庆市南岸区发展和改革委员会	批准文号	2111-500108-04-01-796552	
建设项目总投资 (万元)		425	项目环保投资 (万元)	25	投资比例 (环保投资/总投资) 5.9%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	845
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	无				
1.1 建设单位概况					
<p>重庆医科大学附属第二医院是集医疗、教学、科研、预防保健为一体的国家三级甲等综合医院。医院现有开放床位 1380 张，年门诊量超过百万人次，年收治住院病人 4.5 万人次，年手术量超 2 万余人次。</p> <p>重庆医科大学附属第二医院共有两个院区，分别为渝中院区和江南院区，为重庆医科大学的教学医院。渝中院区位于重庆市渝中区临江路 74 号，江南院区位于重庆市南岸区天文大道 288 号。重庆医科大学附属第二医院江南医院日间手术室区域改建工程位于重庆市南岸区天文大道 288 号重庆医科大学附属第二医院江南院区医疗综合楼 1 楼。</p>					

续表1 项目基本情况

1.2 项目由来

重庆医科大学附属第二医院为更好地满足患者多层次、多方位、高质量和快捷便利的就诊需求，医院拟在江南院区医疗综合楼1楼实施“重庆医科大学附属第二医院江南医院日间手术室区域改建工程”。本项目日间手术室区域的建设内容包括了1间介入手术室、1间CT机房、一间MRI机房及相关配套用房，配置1台血管造影用X射线装置（以下简称DSA）开展血管造影介入手术，配置1台CT开展放射诊疗工作，配置1台MRI开展诊疗工作。

根据《射线装置分类》（原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）可知，血管造影用X射线装置属于II类射线装置，CT属于III类射线装置。

射线装置使用时将会对周围环境产生一定的电离辐射影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设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》（生态环境部令第16号）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，使用III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登记表。重庆医科大学附属第二医院委托重庆宏伟环保工程有限公司开展本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《重庆医科大学附属第二医院江南医院日间手术室区域改建工程环境影响报告表》。

1.3 评价思路

（1）本项目介入手术室和CT机房均有独立的机房和控制室，各自独立使用。

（2）本项目拟配置的CT为III类射线装置，已进行了登记备案，备案号为202250010800000093（见附件），拟配置MRI不属于放射设备。因此，本次环评主要对项目DSA的辐射影响进行分析和评价。

1.4 项目建设内容及规模

1.4.1 项目组成

（1）项目名称：重庆医科大学附属第二医院江南医院日间手术室区域改建工程

（2）建设地点：重庆市南岸区天文大道288号重庆医科大学附属第二医院江南院

续表1 项目基本情况

区医疗综合楼 1 楼西南侧

(3) 建设性质：改建

(4) 建设单位：重庆医科大学附属第二医院

(5) 建设规模：对江南院区医疗综合楼 1 楼预留日间手术室用房进行改造和装修，项目区域用房目前为空置，改造后的项目用房包括介入手术室、CT 和 MRI 机房各 1 间，以及相关配套用房和 1 间预留用房，项目总建筑面积约 845m²。并拟在介入手术室（DSA 机房）内配置 1 台 DSA（II 类射线装置），开展介入手术。

(6) 项目投资：总投资约 425 万元，其中环保投资约 25 万元。

(7) 施工期：3 个月。

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	介入手术室（DSA 机房）	拟建介入手术室位于医疗综合楼 1 楼西南侧，介入手术室层高 4.2m，装修后有效内空尺寸为长×宽×高（吊顶后）=9.24m×5.68m×3m，有效使用面积约 52.48m ² 。	依托主体结构改造用房
	设备	介入手术室内拟安装 1 台 DSA（II 类射线装置，单管头），型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	拟购设备
辅助工程	辅助用房	操作间、设备间、更衣室、铅衣室、医患沟通室、介入医生办公室、图像处理室、无菌库房、登记室、值班室、急救室、库房、卫生间、等候区、UPS 机房、CT 机房、MRI 机房等，还有 1 间预留用房。	依托主体结构改造用房
公用工程	给水	依托院内供水管网。	依托
	排水	实行雨污分流。依托医院雨水管网及污水管网；雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站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	采用机械通风系统，项目区域全部采用全空气型净化空调系统，新风系统，采用机械排风。	新建
环保工程	废水处理措施	项目产生的废水依托医院的污水管网收集至位于医院北侧污水处理站（处理能力为 1500m ³ /d）处理后接入市政污水管网。	依托
	废气处理措施	项目日间手术室整个区域所有用房拟建一套独立排风系统，总排风风量约为 8000m ³ /h。其中介入手术室顶部拟设置 1 个排风口，2 个新风口，介入手术室设备间顶部拟设置 1 个排风口，介入手术室的排风风量约为 1000m ³ /h，通风换气次数约为 4 次/h，整个日间手术区域的废气收集后最终通过北侧排风井引至医疗综合楼 14F 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。 介入手术过程中产生的医疗废物在每天手术结束后经污物走廊运至医院南侧的医疗废物暂存间（约 100m ² ），再	依托

续表1 项目基本情况

		统一交由有资质的重庆同兴医疗废物处理有限公司处置。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。	
	辐射防护	计划采用混凝土、空心砖、硫酸钡防护板、硫酸钡、铅玻璃、铅防护门等屏蔽材料进行屏蔽。拟设置对讲装置、门灯连锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯、急停开关等。	已委托专业单位进行屏蔽防护方案设计
其他	辐射环境管理	医院已经建立了辐射防护管理机构，设置了专人管理辐射环境，制定了相应的管理制度和应急预案。	依托

1.4.2 机房辐射防护方案设计

根据设计图可知，本项目用房是拟利用医疗综合楼1楼预留日间手术室用房的进行改建，目前均为空置，拆除预留日间手术室区域的原有建筑的所有内墙，内部根据设计重新布局和建设。新建介入手术室除东南墙紧邻新风井段依托原有200mm厚空心砖和混凝土承重柱，其余墙体均为新建；顶棚和地板依托原有建筑；主要使用空心砖、硫酸钡防护板、硫酸钡、混凝土、铅板、铅玻璃等进行屏蔽防护，具体屏蔽方案见表1-2。

表 1-2 介入手术室辐射防护方案

房间	面积	本次设计防护方案		现有建筑情况	备注
介入手术室	内空尺寸 9.24m（长）×5.68m（宽）×3m（高，吊顶后），有效使用面积 52.48m ²	四周墙体	200mm 厚空心砖+3mmPb 硫酸钡防护板	原建筑墙体均为 200mm 厚空心砖	除东南墙紧邻新风井段依托原有 200mm 厚空心砖，其余墙体全部拆除后新建
		顶棚	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防护板	顶棚：120mm 混凝土	新增 3mmPb 硫酸钡防护板
		地板	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡	地板：120mm 混凝土	新增 3mmPb 硫酸钡
		3 个防护门、1 个观察窗	4mmPb	/	新建

备注：混凝土（砼）密度 2.35g/cm³，铅密度 11.3g/cm³，硫酸钡密度 3.5g/cm³、硫酸钡防护板密度 2.7g/cm³。空心砖密度 1.2g/cm³，不考虑其屏蔽。内空尺寸扣除装饰面及防护材料厚度；介入手术室内有一设备间，计算内空尺寸时考虑其影响，设备间与西南墙之间的面积不计入有效使用面积。设备间位于介入手术室屏蔽体内。

1.4.3 设备配置

本项目的配套设施设备见表 1-3。

续表1 项目基本情况

序号	名称	数量	用途	位置	备注
1	DSA (125kV, 1000mA)	1 台	介入手术	介入手术室	II类射线装置, 单管头, 型号待定
2	电源柜	1 套	DSA 配电	设备间	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	
6	中心供氧装置	1 套	患者供氧	项目用房内	
7	除颤仪	1 台	手术配套用	项目用房内	
8	高压注射器	1 台	手术配套用	项目用房内	
9	吸痰器	1 台	手术配套用	项目用房内	
10	电生理仪	1 台	手术配套用	项目用房内	
11	中心负压吸引	1 套	手术配套用	项目用房内	
12	空气消毒机	1 台	空气消毒	项目用房内	
13	新风、中央空调	1 套	机房内温湿度调节	项目用房内	/
14	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜	6 套	工作人员防护	铅衣室内	不小于 0.5mmPb
15	介入防护手套	若干	工作人员防护	铅衣室内	不小于 0.025mmPb
16	床侧防护帘/床侧防护屏	1 套	工作人员防护	介入手术室内	设备配置, 不小于 0.5mmPb
17	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	1 套	工作人员防护	介入手术室内	设备配置, 不小于 0.25mmPb
18	移动铅防护屏风	1 套	工作人员防护	介入手术室内	不小于 2mmPb
19	铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡胶颈套	1 套	患者防护	缓冲室内	不小于 0.5mmPb
20	个人剂量计	10 个	工作人员个人剂量监测	工作人员佩戴	医护内外各 1 枚, 技师 1 枚
21	CT (150kV, 500mA)	1 台	诊断	CT 机房	III 类射线装置, 单管头, 日间手术室区域配套设备
22	MRI	1 台	诊断	MRI 机房	日间手术室区域配套设备

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。

续表1 项目基本情况

1.4.4 项目劳动定员、工作制度及工作负荷

本项目拟配置6名放射工作人员，主要包括介入手术医师2人、技师2人、护士2人，均从医院现有工作人员中调配培养，不新增医院总劳动定员。工作制度：放射工作人员年工作250天。

1.5 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目预计年开展介入手术约 1420 台。手术类型包括心脏介入、神经介入手术和综合介入手术。

1.6 外环境概况

本项目位于重庆市南岸区天文大道 288 号重庆医科大学附属第二医院江南院区医疗综合楼 1 楼（1 楼层高为 4.2m）。医疗综合楼分为裙楼（4F/-1F）和主楼（14F/-1F）。医疗综合楼位于医院用地的中部，医疗综合楼东北面约 15m 为医院科教大楼，约 150m 为医院全科楼；南面、东南面为医院内部坝子，约 30m 为市政道路，之外约 40m 为聚金茗香苑小区；西南面约 80m 为医院肝病楼，之外约 180m 为天文北路；西北侧约 30m 为天文大道。

医院总平面图见附图 2，医疗综合楼外环境见表 1-4。

表 1-4 医疗综合楼外环境关系表

序号	名称	方位	最近距离	高差	环境特征
1	科教大楼	东北	约 15m	0	医院用房,4F/-2F,用作科研和教学,约 200 人
2	全科楼	东北	约 150m	0	医院用房,14F,用作住院医师规范化培训,约 200 人
3	市政道路	东南	约 30m	0	城市支路
4	聚金茗香苑小区	东南	约 40m	0	居民小区,约 1000 人
5	肝病楼	西南	约 80m	0	医院用房,6F,用作医院诊疗用房,约 200 人
6	天文北路	西南	约 180m	0	城市主干道
7	天文大道	西北	约 30m	0	城市主干道

本项目介入手术室周围 50m 范围均在医院用地范围内。介入手术室周边保护目标主要为该医院从事本项目放射诊疗的放射工作人员以及周围活动的公众成员。

续表1 项目基本情况

1.7 项目选址可行性分析

本项目日间手术室区域选址于医院医疗综合楼 1 楼西南侧，本项目用房原功能为预留日间手术室用房，现状为空置砖混结构房间，本次根据医院需求把该区域改建成介入手术室和配套的 CT 机房、MRI 机房、其他相关辅助用房，不影响医院的整体布局。另外，本项目介入手术室位于日间手术室区域的北侧，西北侧紧邻过道，西南侧紧邻操作间，东北侧紧邻缓冲室及医患沟通室，东南侧紧邻新风井、污物走廊，楼上为屋面中庭过道，楼下为车库。介入手术室位于日间手术室区域内，该区域为独立的区域，除医务人员和病人外，周围一般公众成员较少；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良好，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。

1.8 项目建设背景

1.8.1 项目用房的环保手续情况

本项目位于医院江南院区医疗综合楼，医疗综合楼所在江南院区于 2007 年进行环境影响评价，南岸区环境保护局以“渝（南岸）环准[2007]81 号”对项目环评报告进行了批复。但在实际实施过程中，江南院区设计方案发生了变更，重庆医科大学附属第二医院于 2012 年 12 月委托重庆市环科院编制项目的补充报告，2013 年 3 月南岸区环境保护局以“渝（南岸）环建函[2013]007 号”对项目补充报告进行了批复。重庆医科大学附属第二医院江南医院项目建设内容包括：总建设面积为 219910 平方米，主要建筑为医疗综合楼、肝病/感染病中心和科教大楼。目前江南院区已建成投运，并于 2018 年 12 月完成了竣工环境保护验收工作。

本项目用房目前空置，不存在遗留环保问题。本次将预留日间手术室用房（原来设计功能为手术室和介入手术室等）改建为 1 间介入手术室、1 间 CT 机房、1 间 MRI 机房及相关配套用房。

1.8.2 与项目有关辐射环境问题

医院于 2023 年 1 月 17 日取得了《辐射安全许可证》（渝环（辐）证 00129 号），有效期至 2026 年 10 月 17 日。根据医院提供的资料可知，医院目前正在使用的有 3 枚密封放射源、6 个非密封放射性物质使用场所、51 台医用 X 射线诊断装置，均在许可范围内。

续表1 项目基本情况

医院现有放射源见表 1-5，医院现有非密封放射性物质见表 1-6，医院现有医用 X 射线装置见表 1-7。

表 1-5 医院现有密封放射源一览表

序号	核素	类别	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	工作场所
1	¹⁹² Ir	III 类	3.70×10 ¹¹	江南院区医疗综合楼负一楼放疗中心后装治疗机房
2	¹³⁷ Cs	V 类	2.37×10 ⁶	渝中院区影像楼 2 楼核医学科
3	⁹⁰ Sr	V 类	3.32×10 ⁸	

表 1-6 医院现有非密封放射性物质一览表

序号	核素名称	日等校最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	工作场所	场所等级
1	³ H	1.85×10 ⁶	1.11×10 ⁹	渝中院区影像楼 2 楼核医学科	乙
2	¹⁵³ Sm	1.85×10 ⁸	2.22×10 ¹⁰		
3	^{99m} Tc	9.25×10 ⁷	9.99×10 ¹²		
4	⁸⁹ Sr	7.4×10 ⁷	1.48×10 ¹⁰		
5	¹³¹ I	1.83×10 ⁹	8.14×10 ¹¹		
6	³² P	3.7×10 ⁷	4.44×10 ⁹		
7	¹²⁵ I	1.85×10 ⁷	1.11×10 ⁹		
8	^{99m} Tc	7.4×10 ⁷	1.04×10 ¹³	渝中院区奎星楼 4 楼核医学科	乙
9	⁸⁹ Sr	7.4×10 ⁷	1.48×10 ¹⁰		
10	³² P	3.7×10 ⁷	9.25×10 ⁹		
11	¹²⁵ I 籽籽	7.4×10 ⁶	3.7×10 ¹¹	渝中院区奎星楼 4 楼核医学科	丙
12	⁸⁹ Zr	3.70×10 ⁶	7.40×10 ⁸	江南院区医疗综合楼-1 楼核医学科	乙
13	⁹⁰ Y	1.19×10 ⁸	2.38×10 ¹¹		
14	^{99m} Tc	5.78×10 ⁷	9.26×10 ¹²		
15	⁸⁹ Sr	2.96×10 ⁸	5.92×10 ¹¹		
16	¹⁵³ Sm	3.70×10 ⁸	7.40×10 ¹¹		
17	¹⁸⁸ Re	3.70×10 ⁶	7.40×10 ⁸		
18	¹⁸⁶ Re	3.70×10 ⁶	7.40×10 ⁸		
19	²²³ Ra	1.48×10 ⁸	1.48×10 ⁸		
20	³² P	9.25×10 ⁷	7.40×10 ¹⁰		
21	¹⁷⁷ Lu	9.62×10 ⁷	7.63×10 ¹¹		
22	¹¹¹ In	3.70×10 ⁵	7.40×10 ⁸		
23	¹²³ I	2.78×10 ⁷	5.55×10 ¹⁰		
24	³ H	3.70×10 ⁵	7.40×10 ⁸		
25	⁶⁸ Ge	3.70×10 ⁶	7.40×10 ⁸		

续表1 项目基本情况

26	⁶⁸ Ga	4.07×10 ⁶	2.22×10 ¹⁰		
27	⁶⁷ Ga	3.70×10 ⁶	7.40×10 ⁸		
28	¹⁸ F	2.26×10 ⁷	3.89×10 ¹²		
29	⁶⁴ Cu	3.70×10 ⁵	7.40×10 ⁸		
30	²²⁵ Ac	3.70×10 ⁸	7.40×10 ⁸		
31	¹²⁵ I 粒籽	1.48×10 ⁷	2.96×10 ¹²	江南院区医疗综合楼 -1 楼核医学科	丙
32	¹³¹ I	2.51×10 ⁹	7.05×10 ¹²	江南院区医疗综合楼 2 楼核医学科	乙

表 1-7 医院现有 X 射线装置一览表

序号	设备名称	类别	数量 (台)	使用场所	
1	口内牙片机	III	1	渝中 院区	外科楼 5 楼口腔科牙片室
2	骨密度仪	III	3		高盛创富中心 6F, 奎星楼 5F
3	数字胃肠机	III	1		内科楼 1F 胃肠室
4	乳腺机	III	1		内科楼 1F 乳腺室
5	移动式 X 射线机	III	2		内科楼 1 楼移动 DR 室, 外科楼 22F
6	DR	III	4		内科楼 1 楼, 影像楼 1F, 高盛创富中心 5 楼
7	DSA	II	3		影像楼 3F, 内科楼 1 楼, 奎星楼 4 楼
8	CT	III	4		影像楼 1F, 内科楼 1F, 高盛创富中心 6 楼、奎星楼 4 楼 CT 检查室
9	移动 C 臂	III	1		外科楼 9F
10	体外冲击波碎石机	III	1		统战楼 1F
11	医用诊断 X 射线透视 摄影系统	III	1		奎星楼 4 楼 X 线照片室 1
12	SPECT/CT	III	1		奎星楼 4 楼核医学科
13	口腔全景机	III	1		奎星楼 10 楼口腔影像室
14	口腔 CT	III	1		奎星楼 10 楼口腔影像室
15	口腔颌面锥形束计算 机体层摄影设备	III	1		外科楼 4 楼口腔科影像室
16	DSA	II	4	江南 院区	医疗综合楼 3F、5F, 感染与肝病中心一 楼
17	DR	III	4		医疗综合楼 1F、2F
18	CT	III	2		医疗综合楼 2F
19	医用直线加速器	II	2		医疗综合楼-1F
20	CT 模拟定位机	III	1		医疗综合楼-1F
21	C 形臂	III	2		医疗综合楼 4F、5F
22	口腔 X 摄影数字化体 层摄影设备	III	1		医疗综合楼 3F
23	移动 DR	III	3		中心 ICU、EICU、医疗综合楼 2 楼
24	双能 X 射线骨密度仪	III	2		医疗综合楼 1F

续表1 项目基本情况

25	车载 CT	III	1		发热门诊前停车场
26	PET/CT	III	1		医疗综合楼-1F 核医学科
27	SPECT/CT	III	1		医疗综合楼-1F 核医学科
28	双能 X 射线骨密度仪	III	1		医疗综合楼-1F 核医学科

医院上述手续齐全的设备运行至今使用情况良好，无辐射安全事故发生。经现场调查，重庆医科大学附属第二医院放射工作人员配备齐全，建立了个人剂量档案和健康档案，根据医院放射工作人员个人剂量监测报告可知，现有放射工作人员上一年度个人剂量在 0.05mSv/a~0.49mSv/a，远低于医院的管理目标值 5mSv/a，医院未发生放射工作人员的年剂量超标情况。放射工作人员均进行了辐射工作安全防护培训，并通过了考核。医院委托有资质单位对运行的射线装置机房的辐射环境和移动式射线装置进行了监测，屏蔽体外周围剂量当量率均小于 2.5μSv/h，各机房屏蔽能力满足要求，移动式射线装置辐射防护措施满足屏蔽要求。医院现有辐射设备完整且能正常运行。医院运营至今，未发生环保纠纷，未收到各级环保部门的投诉，无环保遗留问题。

另外，2018 年 1 月，重庆医科大学附属第二医院委托重庆宏伟环保工程有限公司编制了《重庆医科大学附属第二医院江南医院放射诊疗建设项目环境影响报告表》，2018 年 4 月，重庆市生态环境局以渝（辐）环准[2018]015 号批复了该项目。项目主要建设内容和规模包括：医疗综合楼-1F 放疗中心新建机房及配套用房，配置后装机（使用 III 类密封放射源 ^{192}Ir ，总活度 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ）、10MV 直线加速器（II 类射线装置）、CT 定位机（III 类射线装置）各 1 台；在医疗综合楼 1F 急诊手术室、体检中心、2F 放射科、泌尿科、3F 介入中心、口腔科、4F（ERCP 室）、5F 手术室及肝病楼 1F 感染科建设机房和配套用房，共配置 9 台 DSA（II 类射线装置）和 25 台 CT、DR、碎石机、胃肠机、乳腺机、骨密度仪、口腔全景机、C 臂等放射诊断用 III 类射线装置。该项目还剩 5 台 DSA 和 10 台放射诊断用 III 类射线装置未投运。

2021 年 10 月，重庆医科大学附属第二医院委托重庆宏伟环保工程有限公司编制了《重庆医科大学附属第二医院江南医院科教楼实验室功能房装修改建工程（动物介入手术室）环境影响报告表》，2021 年 11 月，重庆市生态环境局以渝（辐）环准[2021]053 号批复了该项目。项目主要建设内容和规模包括：拟在医院江南院区科教楼 3 楼改建 1 间动物介入手术室，配置 1 台移动式 DSA（II 类射线装置）。该项目还未投运。

续表1 项目基本情况

医院已环评未投运的设备情况见表1-8。

表 1-8 医院已环评未投运的 X 射线装置一览表

序号	名称	类别	数量 (台)	工作场所
1	DSA	II	5	医疗综合楼 1F 急诊手术室 (1 台)、 3F 介入中心 (4 台)
2	CT	III	3	医疗综合楼 2F 放射科 (2 台)、5F 的 CT 手术室 (1 台)
3	DR	III	3	医疗综合楼 2F 放射科 (3 台)
4	胃肠机	III	1	位于医疗综合楼 2F 放射科
5	乳腺机	III	1	位于医疗综合楼 2F 放射科
6	碎石机	III	1	位于医疗综合楼 2F 泌尿科
7	ERCP (中 C 臂) (无血管造影功能)	III	1	位于医疗综合楼 4F 胃镜室
8	移动式 DSA	II	1	科教楼 3 楼动物介入手术室

1.8.3 本项目与医院整体的依托可行性分析

本项目主要依托医院主体结构、给排水及供配电工程、污水处理站、医疗废物收运系统等，依托可行性分析详见表 1-9。

表 1-9 本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	建筑主体依托	本项目由预留用房改建而成，本次改建，保留了用房外墙主体结构，内部重新设计和布局。介入手术室所在区域原有墙体和原有承重柱不影响项目布局，依托可行。项目用房原为预留用房，一直空置，无遗留问题。本项目 DSA 用于介入手术，使用该区域后不影响医院整体的布局。
公用工程	给水	医院由市政供水管网供给，项目依托医院供水管网供水可行。
	排水	实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站处理后排入市政污水管网。项目位于医疗综合楼，排水管网成熟。因此，拟建项目依托医院已有排水管网排水可行。
	供配电	医院用电由市政电网引入至医疗综合楼，因此，项目依托医院供电系统可行。
环保工程	废水排放、固废处理依托	<p>医院建设有医疗废物暂存间，并与重庆同兴医疗废物处理有限公司（有资质单位）签订了处理医疗废物的合同；目前，医疗废物每天转运，医疗废物暂存间面积约 100m²，尚有较多剩余空间，本项目本身产生医疗废物很少，剩余使用空间完全能够满足本项目的需求，因此依托可行。</p> <p>医院生活垃圾交环卫部门处理。</p> <p>医院建设有医院污水处理站 1 座，位于医院北侧，处理能力为 1500m³/d。本项目放射工作人员在医院总劳动定员内，不新增劳动定员；本项目在污水处理站的接纳范围。介入手术室产生的废水也</p>

续表1 项目基本情况

		<p>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。</p> <p>本项目介入手术室属于医院的一部分，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，医院环保设施能满足要求。</p>
劳动定员	放射工作人员	项目劳动定员 6 人，包含医师、技师、护士等，均从医院现有工作人员中调配培养，不新增医院总劳动定员，可以依托。
管理	辐射环境管理	医院已经建立了辐射防护管理机构，设置了专人管理辐射环境，制定了相应的管理制度和应急预案，可直接依托现有的辐射环境管理机构，管理制度适当完善后可依托。

根据表 1-9 可知，项目依托医院已建的给排水及供配电工程、污水处理站、医疗废物及生活垃圾收运系统等是可行的。

1.8.4 本项目与医院发展的衔接

本项目建设日间手术室区域改建工程，目的是提高所在区域医疗救治能力，满足辖区老百姓就医需求，减轻病员外出就医负担，为病人争取最佳治疗时机，提高后期生活质量。建成后，项目将主要涉及介入手术、CT 诊断、核磁共振，提高了医院医疗服务质量，与医院的发展相适应。本项目用房为预留日间手术室用房，无其他使用功能。

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。								

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。										

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
本项目不涉及										

(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	江南院区医疗综合楼1楼拟建介入手术室内	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													

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
以下空白								

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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，中华人民共和国国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《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；</p> <p>(12) 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；</p> <p>(13) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 9 月 28 日施行修订版；</p> <p>(14) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令〔2020〕338 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知，渝环[2017]242 号。</p>
----------------	--

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(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（一）》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(7) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)；</p> <p>(8) 《急性外照射放射病的诊断标准》(GBZ104-2017)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书，附件 1；</p> <p>(2) 项目备案证，附件 2；</p> <p>(3) 医院环评批复，附件 3；</p> <p>(4) 建设单位辐射安全许可证，附件 4；</p> <p>(5) 项目监测报告，附件 5；</p> <p>(6) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》；</p> <p>(7) NCRP144 报告；</p> <p>(8) 《辐射防护导论》；</p> <p>(9) 医院提供的防护方案等其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

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）的相关规定，并结合该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，确定以该项目介入手术室边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

环境保护目标

本项目日间手术室区域位于医疗综合楼 1 楼西南侧；医疗综合楼分为裙楼（4F/-1F）和主楼（14F/-1F）。

项目介入手术室位于医疗综合楼 1 楼西南侧，日间手术室区域北侧。介入手术室东北侧为医患沟通室和患者通道，之外为等待区、门诊大厅、室外通道；东南侧为污物通道，之外为 UPS 机房、预留手术室空调机房、车库；西南侧紧邻控制室，之外为更衣室、铅衣室、卫生间、库房、CT 操作间、CT 机房、急救室、MRI 设备间、MRI 机房、值班室、登记室、卫生间 2、更衣室 2、预留手术室空调机房、麻醉准备等；西北侧为过道，之外为谈话间、储藏室、主任办公室、空调机房、示教室、卫生间、门诊大厅等；楼上对应区为室外中庭过道，下方为车库。设备间位于介入手术室内。

项目介入手术室周围 50m 评价范围内环境保护目标统计情况见表 7-1。

表 7-1 介入手术室周围环境保护目标一览表

序号	名称	方位	最近距离	高差	敏感目标特性	受影响人群	影响因素
1	医患沟通室、患者通道	东北	紧邻	0	介入手术室配套用房，约 3 人	公众成员	电离辐射
	等待区		约 3m	0	介入手术室等待区，约 2 人	公众成员	
	门诊大厅		约 7m	0	项目所在楼用房，约 100 人	公众成员	
2	污物通道	东南	紧邻	0	介入手术室配套用房，约 1 人	公众成员	
	UPS 机房、预留手术室空调机房		约 3m	0	项目所在楼用房，约 2 人	公众成员	
	车库		约 10m	0	项目所在楼车库，约 30 人	公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

续表 7-1 介入手术室周围环境保护目标一览表								
序号	名称	方位	最近距离	高差	敏感目标特性	受影响人群	影响因素	
3	控制室	西南	紧邻	0	介入手术室配套用房, 约 2 人	放射工作人员	电离辐射	
	更衣室、铅衣室		约 3m	0	介入手术室配套用房, 约 2 人	放射工作人员		
	CT 操作间		约 14m	0	项目配套用房, 约 2 人	放射工作人员		
	MRI 设备间		约 18m	0	项目配套用房, 约 1 人	公众成员		
	急救室、值班室、登记室、卫生间 2、更衣室 2		约 18m	0	项目配套用房, 约 2 人	公众成员		
	预留手术室空调机房、麻醉准备		约 30m	0	项目所在楼用房, 约 2 人	公众成员		
4	过道	西北	紧邻	0	项目配套用房, 约 2 人	公众成员	电离辐射	
	谈话间、主任办公室、示教室		约 3m	0	项目所在楼用房, 约 10 人	公众成员		
	储藏室、空调机房		约 9m	0	项目所在楼用房, 约 2 人	公众成员		
	卫生间、门诊大厅		约 28m	0	项目所在楼用房, 约 20 人	公众成员		
5	中庭过道	楼上	/	/	项目所在楼室外中庭过道, 约 5 人	公众成员		电离辐射
6	车库	楼下	/	/	项目所在楼车库, 约 10 人	公众成员		

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。

续表 7 保护目标与评价标准

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。

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 CBCT)	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：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。

本项目 DSA 为 C 形臂 X 射线设备，执行其屏蔽防护铅当量。

续表 7 保护目标与评价标准

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；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 $25\mu\text{Sv/h}$ ，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 。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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 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

续表 7 保护目标与评价标准

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）《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）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；条款11.4.3.2规定：剂量限值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

根据建设单位提供的资料（见支撑性材料：环境影响评价委托书附件），医院取 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，本项目医院的公众照射剂量管理目标取值为 10%，在上述取值范围内，满足 GB18871-2002 要求。

综上所述，确定本项目的的评价要求见表 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	年有效剂量管理目标值	年剂量限值	
放射工作人员	5mSv/a	20mSv/a	
公众成员	0.1mSv/a	1mSv/a	GB18871-2002 及医院管理要求
环境剂量控制			执行依据
透视时介入手术室 外 30cm 处	具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μSv/h。		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
摄影时介入手术室 外 30cm 处	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：本项目 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

本项目地理位置位于重庆市南岸区天文大道 288 号重庆医科大学附属第二医院江南院区，地理位置图见附图 1。本项目场所位于重庆医科大学附属第二医院江南院区医疗综合楼 1 楼西南侧，场所位置见附图 2。

8.2 环境质量和辐射现状

为掌握本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 2022 年 7 月 22 日对拟建的重庆医科大学附属第二医院江南医院日间手术室区域改建工程所在地的环境 γ 辐射剂量率进行了监测，监测报告编号为：渝泓环（监）[2022]999 号。

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

监测布点位置见图 8-1 所示。

监测点位合理性分析：根据监测布点情况，监测点包含了拟建介入手术室拟建址、周围各环境保护目标。监测点位布置全面，监测结果能反映本项目所在地及周围环境保护目标的辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理。

续表 8 环境质量和辐射现状

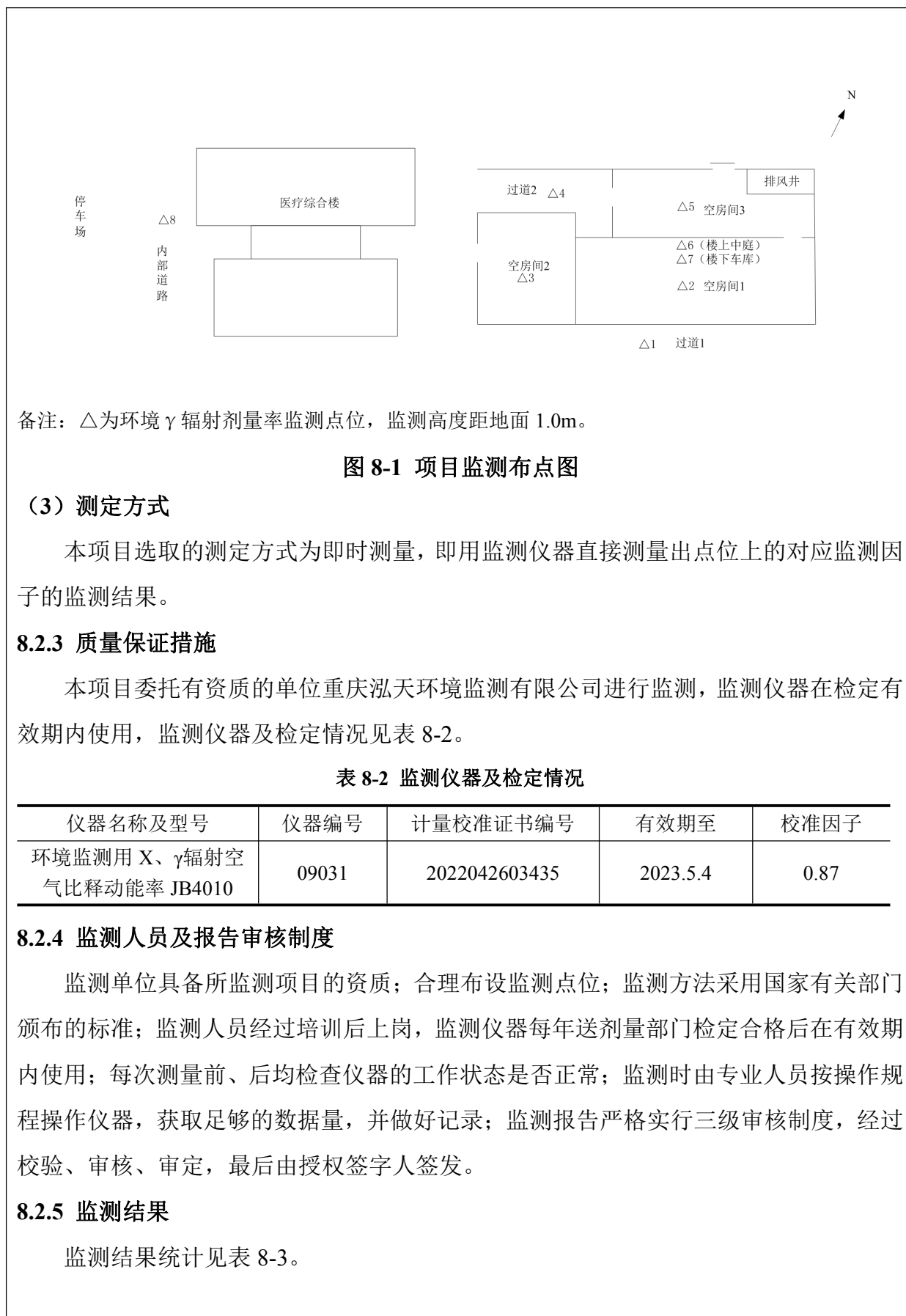


表 8-3 本项目监测结果统计

监测点位	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h)
△1	位于医院一楼过道 1 (拟建污物通道位置)	76
△2	位于医院一楼空房间 1 (拟建介入手术室位置)	70
△3	位于医院一楼空房间 2 (拟建控制室位置)	78
△4	位于医院一楼过道 2	66
△5	位于医院一楼空房间 3 (拟建介入手术室位置)	70
△6	位于医院二楼中庭 (楼上)	141
△7	位于医院负一楼车库 (楼下)	55
△8	位于医院医疗综合楼外道路 (室外)	60

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 55nGy/h~141nGy/h 之间 (未扣除宇宙射线), 根据《二〇二一年重庆市生态环境状况公报》, 重庆市 2021 年环境 γ 空气吸收剂量率平均值为 94.0nGy/h (未扣除宇宙射线的响应值)。两者相比, 无明显差异, 因此, 本项目所在地的辐射环境质量现状无异常。

表9 项目工程分析与源项

9.1 施工期

本项目用房在现有房间基础上进行改造，施工期主要为墙体拆除和新建、装修（如防护板安装、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。

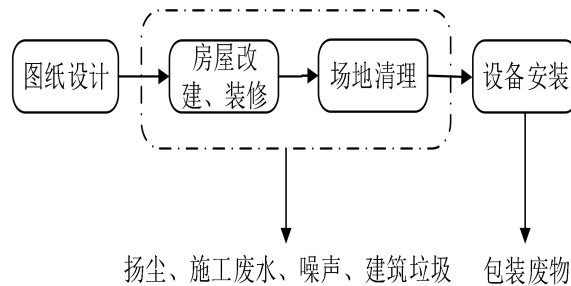


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

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，预计建筑垃圾共产生约 10t。

9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 设备组成及工作方式

本项目 DSA 为固定式 C 形臂，由 C 形机架、X 射线球管组装体和影像增强器（或动态平板探测器）等部件组成，机架、X 射线管组合体可在水平和垂直两个方向上转动。

血管造影机系统组成：Gantry，俗称“机架”或“C 型臂”，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；图形处理系统。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。

续表 9 项目工程分析与源项

介入手术工作方式为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，医院在实际操作过程中采取透视和采集的方式。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 典型照片见图 9-2，DSA 工作示意图见图 9-3。



图 9-2 DSA 示意照片

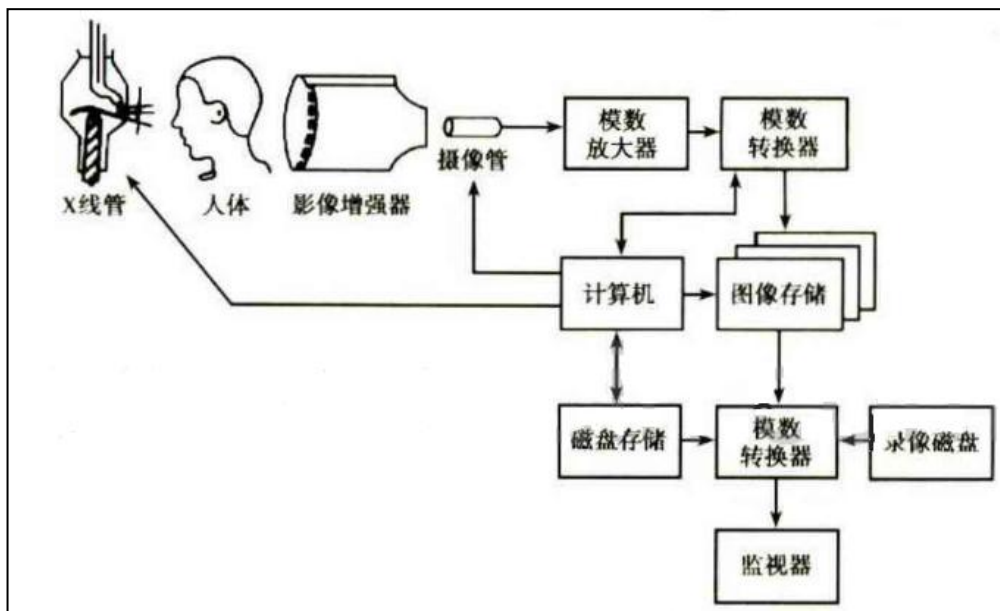


图 9-3 DSA 工作示意图

9.2.2 工作原理

① X 射线产生及成像原理

DSA 属于 X 射线装置。X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线

续表 9 项目工程分析与源项

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 9-1，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。

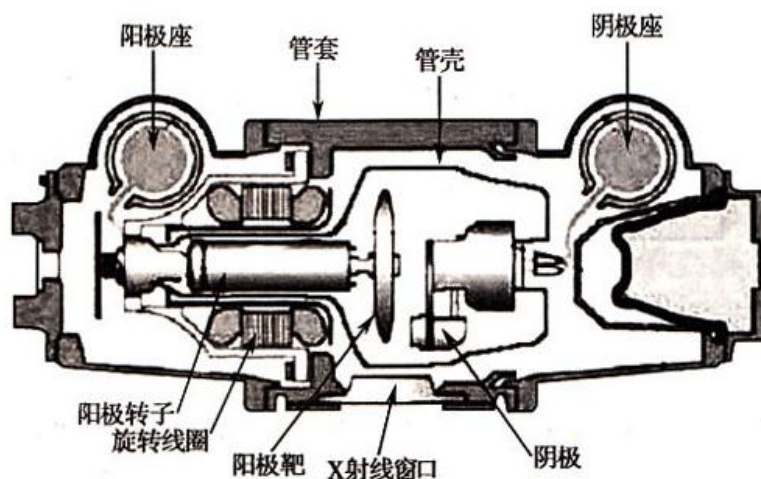


图 9-4 典型 X 射线管结构图

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。

9.2.3 操作流程

续表 9 项目工程分析与源项

医护人员用推车将患者送入介入手术室，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 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介入手术室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介入手术室内，曝光时医护人员位于移动铅屏风后。无论哪种工作模式，医生在介入手术室内身着铅橡胶围裙、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。病人需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时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介入手术室内对病人进行直接的介入手术操作。DSA 治疗流程及产污环节见下图 9-5 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

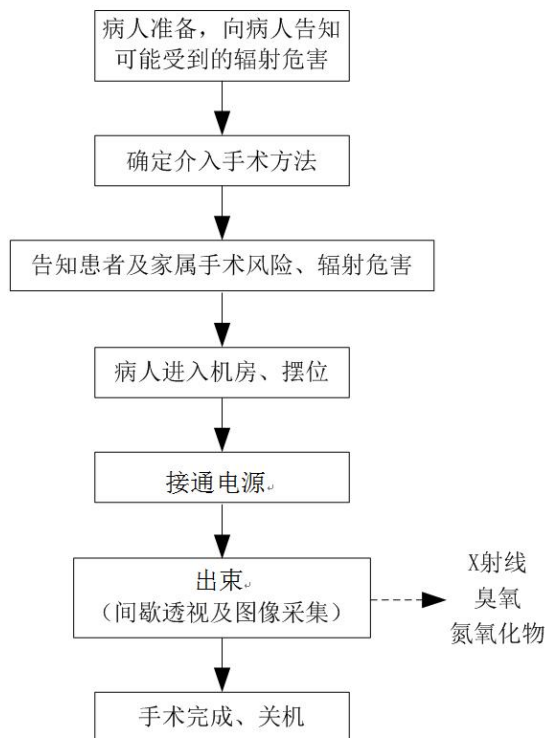


图 9-5 DSA 操作流程及产污环节图

9.2.4 污染因子

(1) X 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韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。

(2) 其他

DSA 运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

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（O₃）。

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，DSA 以心脏介入、神经介入、综合介入为主，并兼顾

续表 9 项目工程分析与源项

非主要类型的介入手术。DSA 预计工作负荷见表 9-1。

表 9-1 DSA 介入手术有效开机时间表

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 2 人	360 台	约 20min	约 120 h	
综合介入		800 台	约 21min	约 280h	
神经介入		260 台	约 21min	约 91h	
小计	/	1420 台	/	约 491h	
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	360 台	3~4s	6~10 次	约 0.7min	约 4.2h
综合介入	800 台	3~8s	7~15 次	约 2 min	约 26.7 h
神经介入	260 台	6~10s	4~10 次	约 1.7min	约 7.4 h
小计	1420 台	/	/	/	约 38.3h
总计	1420 台	/	/	/	约 529.3h

根据介入手术年工作负荷可知，本项目 DSA 年透视时间共约 491h，采集时间约 38.3h，DSA 总年有效开机时间约 529.3h。

9.3 路径规划

医务人员通道：医务人员从西南侧入口进入日间手术室区域，经走廊进入更衣间，在更衣间更衣后，通过铅衣室进入控制室，再通过控制室进入介入手术室。工作完成后，医护人员原路返回。

病人通道：病人通过东北侧入口进入日间手术室区域，经走廊通过介入手术室东北侧的患者通道进入介入手术室内，介入手术完成后原路返回。

污物通道：手术期间产生医疗废物存放在介入手术室内的医疗废物桶内，在每天工作结束后再由介入手术室的污物通道运出，运至医院医疗废物暂存间。污物通道布置在机房东南墙外，污物在每天工作结束后通过专业污物电梯运输，达到通道相对独立。

本项目介入手术室人流物流走向示意图见图9-6所示。

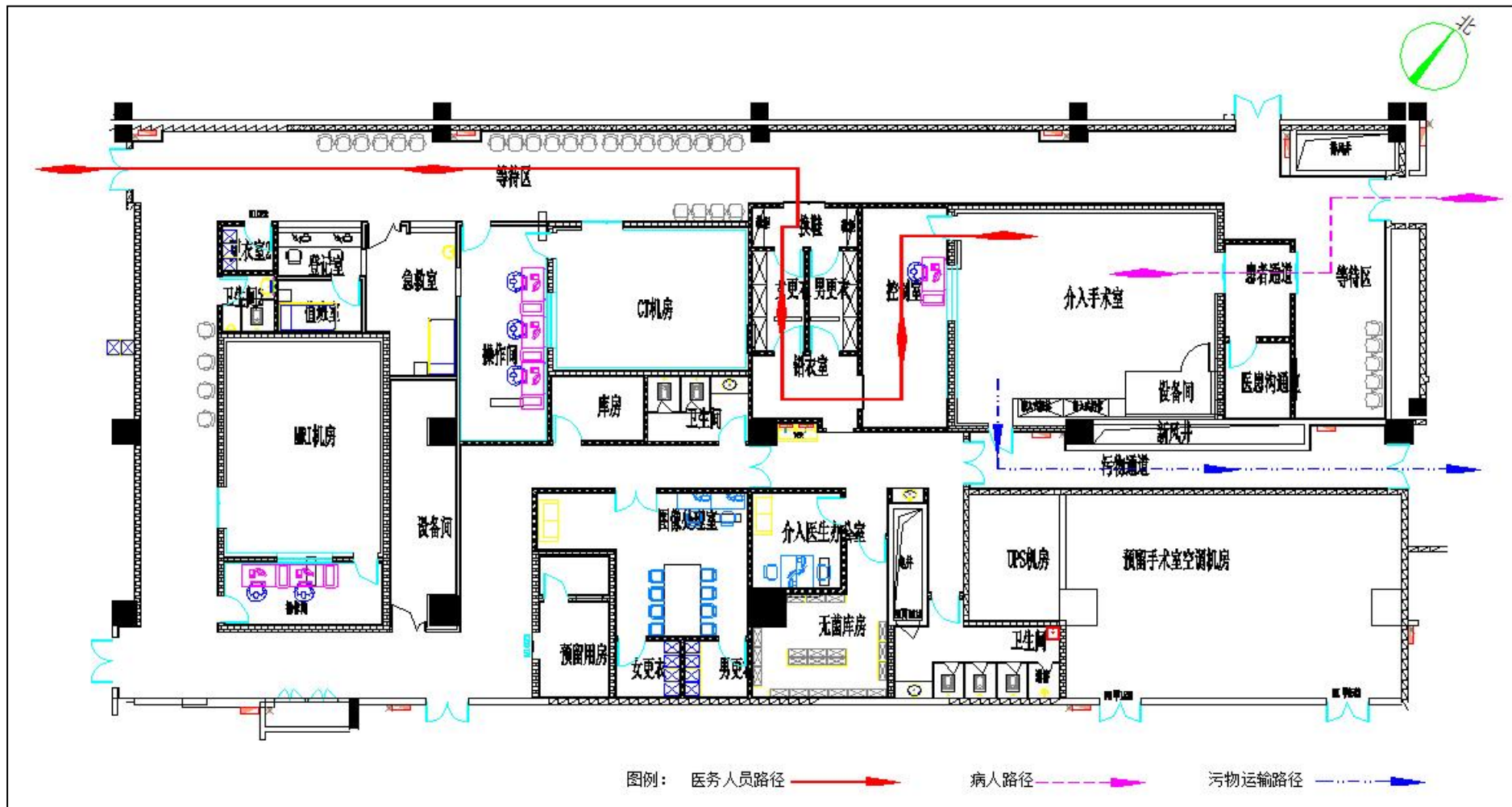


图 9-6 本项目介入手术室人流物流通道示意图

续表9 项目源项与工程分析

9.4 污染源项描述

(1) 电离辐射

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：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。

根据医院资料提供资料并调查根据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，本项目 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，本项目 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。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》，不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率如下图 9-7 所示。

续表9 项目源项与工程分析

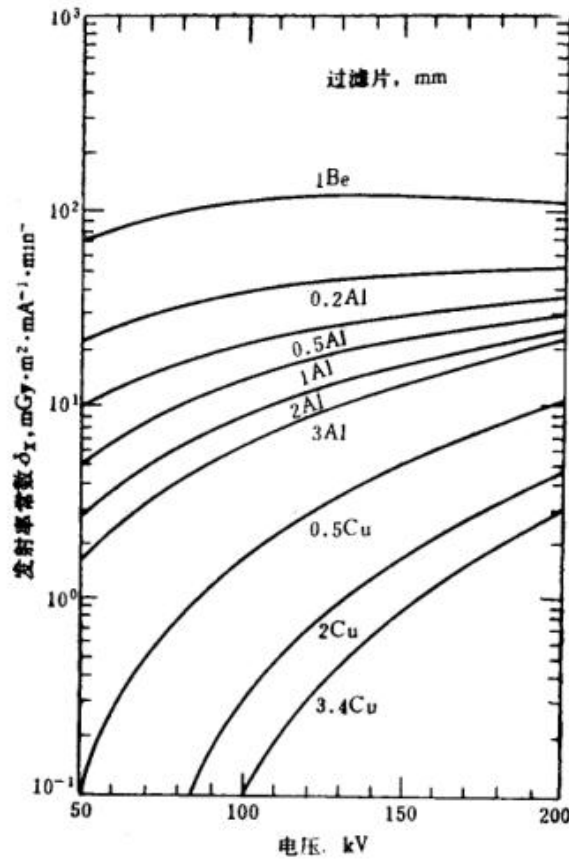


图 9-7 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

本项目 DSA 常规过滤板为 3mmAl，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：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 100cm² 区域内的平均空气比释动能不超过 1mGy/h。

③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。

(2) 废气

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生少量臭氧和氮氧化物，

续表9 项目源项与工程分析

对室内环境空气质量影响较小。

(3) 固废

介入手术产生废一次性医疗用品、器械等主要为感染性（代码 841-001-01）和损伤性废物（代码 841-002-01），属于《国家危险废物名录》中 HW01 医疗废物。医院在介入手术室内设置感染性和损伤性废物收集桶，并粘贴标识。手术期间产生医疗废物存放在介入手术室内的医疗废物桶内，在每天工作结束后再由介入手术室东南侧的污物通道运出，运至医院医疗废物暂存间，再统一由资质单位处理。

DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。项目产生生活垃圾依托院内生活垃圾暂存间暂存交环卫部门处理。项目配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，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。

(4) 废水

本项目产生的少量生活污水、医疗废水等进入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，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
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 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 、NO _x	少量（机械排风）
	固废	医疗废物	少量（手术期间产生医疗废物存放在介入手术室内的医疗废物桶内，在每天工作结束后再由介入手术室东南侧的污物通道运出，运至医院医疗废物暂存间，再统一由资质单位处理。）
		生活垃圾	少量（交环卫部门处置）
	废铅防护用品	少量（医院收集后妥善保存，做好记录，交由资质单位处理）	
废水	生活污水、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

本项目日间手术室区域为一个独立的区域，通过物理隔断与其他工作场所隔断，该区域内人员仅为医护人员、手术患者和其陪护人员。拟建介入手术室位于日间手术室区域内，位于该区域北侧，有独立的机房，配有单独的控制室，其它辅助配套用房齐全，满足诊疗需求。

DSA 机房西北侧为日间手术室区域内部过道、东南侧为污物通道、西南侧为控制室、东北侧为家属谈话间及患者通道，机房楼上为室外过道，楼下为车库。介入手术室四周均为本项目日间手术室用房包围，除手术工作人员和病人可以进出外，其他公众成员未经允许不得入内，减少对周围公众的影响和有利于辐射防护。介入手术室拟设置 3 个防护门，西南墙上的防护门用于工作人员进出，东北墙上的北侧防护门用于病人进出，东南墙上的防护门用于污物运出，各路径独立。介入手术室西南墙上拟设置 1 个观察窗，用于控制室放射工作人员随时观察手术室内的情况。项目布局便于介入手术室的辐射安全管理，符合有关法规标准与辐射防护安全要求。从辐射防护与环境保护角度，平面布局合理。

10.1.2 机房面积

本项目介入手术室的内空尺寸和标准要求见表10-1所示。

表10-1 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	
介入手术室	5.68	52.48	≥3.5	≥20	满足

本项目介入手术室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）控制区和监督区的定义，划定控制区和监督区。

续表 10 辐射安全与防护

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。

根据上述要求，医院拟对项目进行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区，具体划分见表 10-2 及图 10-1。

表10-2 本项目控制区、监督区划分

分区类型	划分区域
控制区范围	介入手术室（包括设备间）
监督区范围	控制室、污物通道、患者通道、医患沟通室、机房外过道、等待区、机房楼上室外中庭过道、楼下车库以及机房外相邻区域

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、拟设置门灯连锁装置。监督区进行日常的监测和评估。

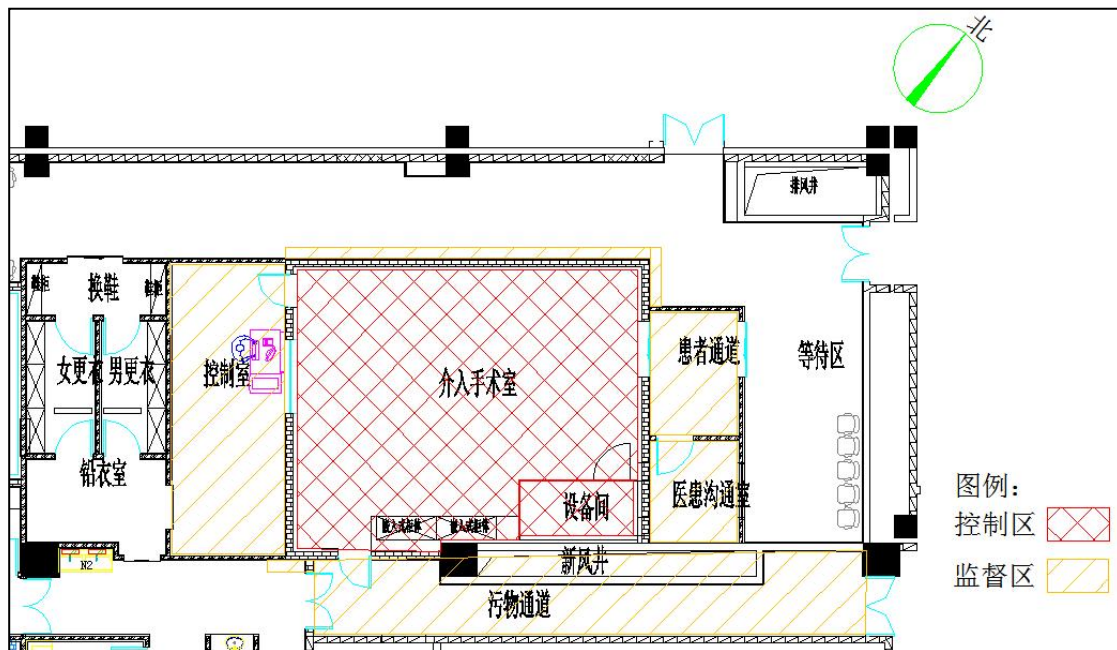


图 10-1 本项目介入手术室分区图

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

本项目拟购 DSA 装置自身采取多种固有安全防护措施：

①拟购 DSA 设备配置可调限束装置，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。辐射安全联锁逻辑见图 10-2。

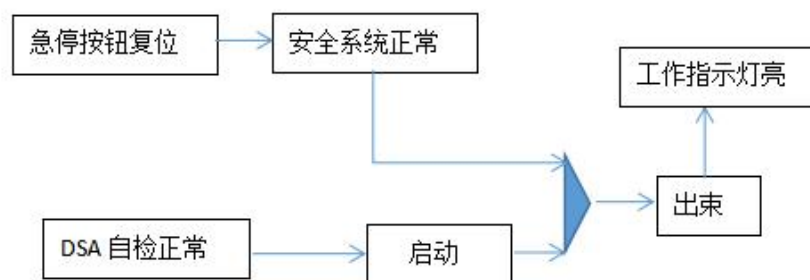


图10-2 辐射安全联锁逻辑图

(2) 机房采取的辐射安全与防护措施

①本项目介入手术室（DSA 机房）的有效使用面积为 52.48m²，机房四周墙体为 200mm 厚空心砖+3mmPb 硫酸钡防护板；顶棚为 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防护板；

续表 10 辐射安全与防护

地板为 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡, 3 个防护门及 1 个观察窗均为 4mmPb, 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求。

②介入手术室设置 3 个防护门和 1 个观察窗。其中机房与医护进出防护门、污物走廊的门为平开门, 设置自动闭门装置; 机房与病人进出口之间的门为电动推拉式门, 拟设置防夹装置; 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。

③介入手术室在建设时保证施工质量, 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, 不影响屏蔽体的屏蔽效果。墙体使用不同屏蔽材料时, 注意不同屏蔽材料搭接时必须有足够的搭接长度, 不影响屏蔽体的屏蔽效果。建设时根据硫酸钡的密度, 建设足够厚度, 保证其不小于 3mm 铅当量。

(3) 通风

拟在介入手术室西南侧吊顶处安装尺寸为 200mm×160mm 的新风口 2 个; 在介入手术室西北角吊顶处安装尺寸为 200mm×200mm 的排风口 1 个, 设备间吊顶处 160mm×160mm 的排风口 1 个, 新风口与排风口呈对角线分布, 可以形成对流。排风口最终汇合到日间手术室东角的排风井, 并传送到医疗综合楼楼顶排风。

(4) 管线穿墙防护

穿墙电缆管线: DSA 机房与控制室之间设有穿墙管沟, 电缆管从西南侧控制室临机房地面墙体上穿越, 穿越处尺寸为 $\phi 150\text{mm}$; 穿越处采用 3mmPb 铅皮包裹管道补偿, 包裹长度为 2 倍穿越口长边长度, 包裹位置在机房内。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。见图 10-3 (1) 所示。

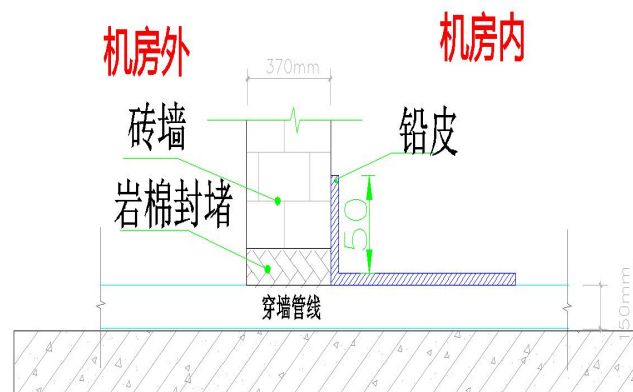


图 10-3 (1) 项目穿墙线管防护示意图

续表 10 辐射安全与防护

穿墙风管：介入手术室内新风管由机房东北墙和东南墙穿越机房墙体，排风管由机房西北墙穿越机房墙体，穿越口位置的高度（距离 DSA 机房地面约 3.6m）高于吊顶高度（DSA 机房内空高 4.2m，吊顶后内空高 3m）。穿墙管径为 200×500mm，新风、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，射线经多次散射不影响墙体的屏蔽防护效果。见图 10-3（2）所示。

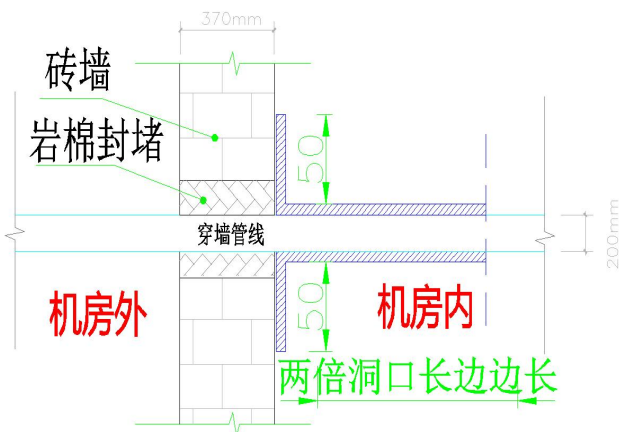


图 10-3（2） 项目穿墙风管防护示意图

(5) 联锁系统

介入手术室病人进出防护门、污物走廊防护门、医护进出防护门均拟设置门灯联锁系统，置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮，警示无关人员远离介入手术室区域。设备间门为常闭状态，设备间内常规情况下无人员停留。

(6) 警示标识

介入手术室各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并在医患沟通室内张贴放射防护注意事项。

(7) 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，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

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	6 套	床侧防护帘/床 侧防护屏	≥0.5mmPb	1 套

续表 10 辐射安全与防护

	铅防护眼镜	$\geq 0.25\text{mmPb}$	6 套	铅悬挂防护屏/ 铅防护吊帘	$\geq 0.25\text{mmPb}$	1 套
	介入防护手套	$\geq 0.025\text{mmPb}$	若干	移动铅防护屏 风	$\geq 2\text{mmPb}$	1 套
患者	铅橡胶性腺防护 围裙（方形）或方 巾、铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	1 套	/	/	

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。

(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，机房内拟安装对讲装置。

③医院拟合理安排医疗废物运出时间，介入手术室工作时，严禁医疗废物运出；待介入手术室停止工作时，方可进行医疗废物运送。

10.3 拟采取辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析

本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。

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以上标准要求。

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)。	
		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	5.2.1C 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。	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。	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。	本项目拟购 DSA 设备的焦皮距为 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。	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 具有影像接收器, 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。		介入手术室四面均为本项目日间手术室区域用房包围, 该区域为独立的区域, 机房楼上为室外过道, 楼下为车库, 已考虑考虑邻室及周围场所的人员防护与安全。	

续表10 辐射安全与防护

		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。	DSA 设置有独立的机房，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。	介入手术室有效使用面积分别为 52.48m ² ，最小单边长均为 5.68m，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。	根据后文计算，本项目介入手术室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，本项目 DSA 在透视工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5μSv/h，在采集工况下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。	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。
		6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	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。	机房拟采取机械排风，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。		介入手术室病人进出防护门、污物走廊防护门、医护进出防护门均拟设置门灯连锁系统，即在开机时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮。 医患沟通室等候拟设置放射防护注意事项告知栏。	

续表10 辐射安全与防护

		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。	病人进出口的门为电动推拉式门，拟设置防夹装置；医护人员进出口、手术室与污物间之间为手动平开门，拟设置自动闭门装置；各防护门均拟设置门灯联锁，拟制定辐射安全管理制度，规定医务人员确保防护门关闭后才能开机曝光。
		6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	介入手术室患者进出的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。	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。	设备自带影像增强器能较好的阻挡主射线，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	6.5.3 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。	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，以防止断裂。	拟加强个人防护用品管理，采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。	
GBZ130-2020	7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备操作的防护安全要求	7.8.2 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。	设备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。
		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	医院拟为每名介入手术的医护人员在铅防护衣内外各配置

续表10 辐射安全与防护

		佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。	1 枚个人剂量计，满足要求。
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。	医院拟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。DSA 技师配置 1 枚。
		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）。	

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。

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 介入手术室屏蔽体铅当量核算

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。

本次按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）标准表 C.5 中 125kV90°非有用线束下 2.0mmPb 对应混凝土厚度为 147mm，则 120mm 混凝土在相同条件下相当于 1.63mmPb。

根据建设单位提供的屏蔽防护方案，介入手术室屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-1。

续表 11 环境影响分析

表 11-1 介入手术室屏蔽厚度与 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
介入手术室 (125kV)	四周墙体	200mm 厚空心砖+3mmPb 硫酸钡防护板	3mmPb	2.0mmPb	满足要求
	顶棚	120mm 混凝土+ 3mmPb 硫酸钡防护板	4.63mmPb	2.0mmPb	满足要求
	地板	120mm 混凝土+ 3mmPb 硫酸钡	4.63mmPb	2.0mmPb	满足要求
	3 个防护铅门	4mmPb	4mmPb	2.0mmPb	满足要求
	防护铅玻璃窗	4mmPb	4mmPb	2.0mmPb	满足要求

备注：混凝土(砣)密度 2.35g/cm³，铅密度 11.3g/cm³，硫酸钡密度 3.5g/cm³、硫酸钡复合板密度 2.7g/cm³，空心砖密度 1.2g/cm³。空心砖不考虑屏蔽。

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，即本项目介入手术室屏蔽能力不得低于 2mmPb。根据上表核算和对比分析，本项目介入手术室屏蔽能力均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.2 介入手术室屏蔽体外剂量率核算

(1) 核算公式

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：

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

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。

根据式 11-1 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

续表 11 环境影响分析

导得出本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

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

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，单位为平方米（ m^2 ），射线装置运行时的最大照射野面积为 400cm^2 （ $20\text{cm}\times 20\text{cm}$ ）；

a——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^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系数为 7.5×10^{-6} ；90kV 射线装置在最大散射角情况下 1m 处的每平方厘米的散射系数为 6.8×10^{-6} 。

R_s ——辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为米（m），根据设备参数，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

① DSA 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介入手术室墙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/Gy 转换系数取值为 1。

② 本报告选用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中管电压 90kV 的各屏蔽体的拟合参数进行估算。

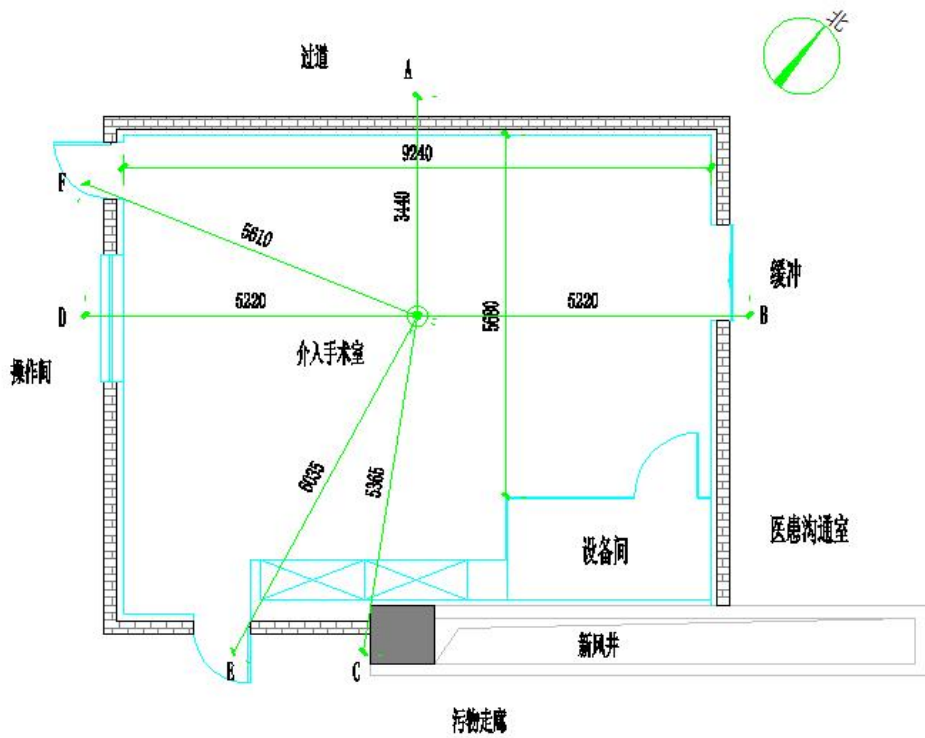
③ 将 X 射线管头位置考虑在机房中心进行机房外关注点距离取值。

④ 设备安装位置未定，设备为 C 型臂，按散射体位于机房中心考虑。防护门、观察窗考虑同侧屏蔽体核算的最短距离。

续表 11 环境影响分析

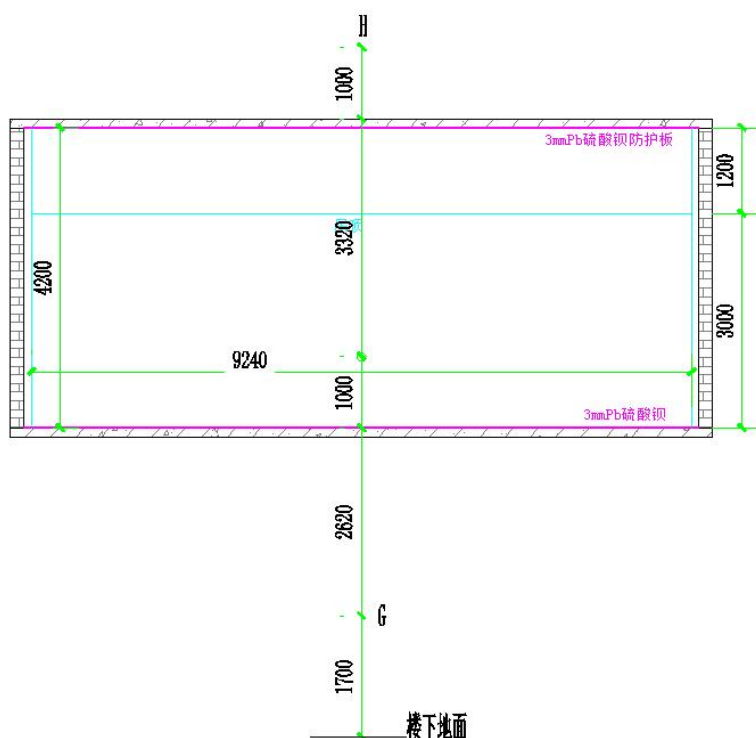
表 11-3 核算参数

设备名称	管电压 (kV)	对应管电流 I (mA)	输出量 H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	发射率 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$	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)	3.18×10^5	5.3	400	6.8×10^{-6}	0.38	根据设备布置位置确定	
	90	500 (采集)	3.18×10^5	5.3	400	6.8×10^{-6}	0.38		
管电压	材质	拟合参数							
		α	β	γ					
90kV	铅	3.067	18.83	0.7726					
	混凝土	0.04228	0.1137	0.4690					



(1) 平面计算点示意图

续表 11 环境影响分析



(2) 立面计算点示意图

图 11-1 计算距离示意图

(3) 机房外周围剂量当量率核算结果

根据核算公式和表 11-3 相关参数，透视、采集状态下介入手术室外周围剂量当量率核算结果见表 11-4 所示。

表 11-4 介入手术室屏蔽核算结果

墙体名称	射线类型	最近距离 R(m)	设计厚度	周围剂量当量率 (μSv/h)		设计厚度是否满足要求
				透视	采集	
A 点, 西北 (过道)	墙体	3.44	200mm 厚空心砖 +3mmPb 硫酸钡防护板	0.08	2.01	是
B 点, 东北 (医患沟通室及缓冲室等)	墙体	5.22	200mm 厚空心砖 +3mmPb 硫酸钡防护板	0.03	0.87	是
	铅门		4mmPb 铅门	1.62×10^{-3}	0.04	是
C 点, 东南 (污物走廊)	墙体	5.365	200mm 厚空心砖 +3mmPb 硫酸钡防护板	0.03	0.83	是
E 点, 东南	铅门	6.035	4mmPb 铅门	1.21×10^{-3}	0.03	是

续表 11 环境影响分析

D 点, 西南(操作间)	墙体	散射	5.22	200mm 厚空心砖+3mmPb 硫酸钡防护板	0.03	0.87	是
	铅窗			4mmPb 铅窗	1.62×10^{-3}	0.04	是
F 点, 西南(操作间)	铅门	散射	5.61	4mmPb 铅门	1.41×10^{-3}	0.04	是
H 点, 顶棚(屋面疏散通道)	楼板	散射	4.32	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防护板	2.29×10^{-5}	5.72×10^{-4}	是
G 点, 地板(车库)	楼板	散射	3.62	120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡	3.26×10^{-5}	8.15×10^{-4}	是

备注: ①层高为 4.2m, 顶棚核算到楼上地面 1.0m 处, 地板核算到楼下距地面 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。

根据计算可知, 在透视和采集条件下介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$, 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:

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

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, $\mu\text{Sv/h}$;

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 DSA 年透视时间共约 491h, 采集时间约 38.3h, DSA 总年有效开机时间约 529.3h。

(1) 放射工作人员剂量估算

①控制室放射工作人员有效

剂量估算

透视情况及采集情况下控制室放射工作人员有效剂量估算见表 11-5。

续表 11 环境影响分析

表 11-5 项目机房控制室放射工作人员有效剂量估算一览表

机房名称	控制室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	
介入手术室	1.62×10^{-3}	0.04	491	38.3	7.95×10^{-4}	1.53×10^{-3}	2.33×10^{-3}

根据上表可知，从最不利情况考虑，本项目介入手术室的控制室的工作由 1 名技师完成，则该名放射工作人员受到的年有效剂量低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。

②手术室医护人员

本项目 DSA 有采集和透视两种工作模式。

透视工作模式下，医护人员均穿戴个人防护设施（考虑铅当量 0.5mm ），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 0.5mm ），并在移动铅屏风（考虑铅当量 2mm ）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 ），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。计算结果见表 11-6 所示。

表 11-6 透视时介入手术室医护人员最大手术负荷时间表

运行管电压	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)	年有效剂量估算 (mSv/a)	
	采集	透视			采集	透视
90kV	采集	3.68×10^{-5}	27.59	38.3	1.06	6.01
	透视	2.52×10^{-2}	10.08	491	4.95	

备注：采集时医生均有可能在介入手术室内，故按照最不利情况进行核算，核算考虑采集时间。

根据上表可知，假设本项目机房内手术由一组手术医护人员完成，则手术医护人员受到的年有效剂量约 6.01mSv/a ，大于年有效剂量管理目标限值 5mSv/a ，因此本项目至少需要配备两组手术医护人员，平均分配工作量，则单组手术医护人员受到的年

续表 11 环境影响分析

有效剂量约3.005mSv/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。医院拟配置2名手术医生和2名护士，可以分为两个组，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。因此，介入手术医护人员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。

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。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。

(2) 公众成员剂量估算

介入手术室外公众成员受到的年有效剂量见表 11-7。

表 11-7 环境保护目标周围剂量当量率预测结果

序号	名称	方位	最近水平距离 (m)	预测结果 (μ Sv/h)		出束时间 (h)		居留因子	年有效剂量(mSv/a)
				透视	采集	透 视	采 集		
1	医患沟通室、患者通道	东北	紧邻	0.03	0.87	491	38.3	1/5	0.01
	等待区		约 3m	0.01	0.35	491	38.3	1	0.02
	门诊大厅		约 7m	0.01	0.16	491	38.3	1	0.01
2	污物通道	东南	紧邻	0.03	0.83	491	38.3	1/5	0.01
	UPS 机房、预留手术室空调机房		约 3m	0.01	0.34	491	38.3	1/5	3.59×10^{-3}
	车库		约 10m	4.03×10^{-3}	0.1	491	38.3	1/5	1.16×10^{-3}

续表 11 环境影响分析

3	控制室	西南	紧邻	0.03	0.87	491	38.3	1	0.05
	更衣室、铅衣室		约 3m	0.01	0.35	491	38.3	1/2	0.01
	CT 操作间		约 14m	2.57×10^{-3}	0.06	491	38.3	1	3.56×10^{-3}
	MRI 设备间		约 18m	1.76×10^{-3}	0.04	491	38.3	1/5	4.79×10^{-4}
	急救室、值班室、登记室、卫生间 2、更衣室 2		约 18m	1.76×10^{-3}	0.04	491	38.3	1/2	1.2×10^{-3}
	预留手术室空调机房、麻醉准备		约 30m	7.66×10^{-4}	0.02	491	38.3	1/5	2.28×10^{-4}
4	过道	西北	紧邻	0.08	2.01	491	38.3	1/5	0.02
	谈话间、主任办公室、示教室		约 3m	0.02	0.57	491	38.3	1	0.03
	储藏室、空调机房		约 9m	0.01	0.15	491	38.3	1/5	2.13×10^{-3}
	卫生间、门诊大厅		约 28m	9.62×10^{-4}	0.02	491	38.3	1	1.24×10^{-3}
5	中庭过道	楼上	/	2.29×10^{-5}	5.72×10^{-4}	491	38.3	1/5	6.63×10^{-6}
6	车库	楼下	/	3.26×10^{-5}	8.15×10^{-4}	491	38.3	1/5	9.44×10^{-6}

备注：居留因子参照 NCRP144 号报告 P185 表 4.4 取值。

根据上表核算，介入手术室外公众成员受到的年有效剂量远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所受到的年有效剂量低于放射工作人员剂量管理目标值 5mSv/a，公众成员受到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。

11.4 环境保护目标辐射环境影响分析

拟建介入手术室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 11-7 可知，介入手术室外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率远低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，介入手术室外公众成

续表 11 环境影响分析

员受到的年有效剂量低于 0.1mSv/a。因此，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

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，消除有害气体对手术室的影响，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，介入手术室设计有排风系统，在介入手术室设置机械排风，机房少量废气引至所在楼顶部散排，少量废气经空气扩散，将很快恢复到原来的空气浓度水平，不会对公众造成危害，不会对环境带来不利影响。

11.5.2 废水

本项目医生、操作人员洗手废水，医疗废水及项目用房保洁废水等进入医院污水处理设施进行处理，达标后排入市政污水管网。

医院北侧污水处理站处理能力为 1500m³/d，本项目放射工作人员在医院额定定员内，污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

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收运系统交环卫部门处理。

项目介入手术产生的医疗废物分类收集，手术期间产生医疗废物存放在介入手术室内的医疗废物桶内，在每天工作结束后再由介入手术室东南侧的污物通道运出，由专人经污物电梯运至医院东南侧医疗废物暂存间，并由资质单位转运、处置。医院医疗废物暂存间建筑面积约 100m²，暂存医院产生的医疗废物。医院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；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。医院已与有资质的单位签订医疗废物处置协议，并由该公司每天收集、处置医疗废物。因此，本项目产生医疗废物及时运送至医

续表 11 环境影响分析

疗废物暂存间，此种处理措施依托可行。

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。

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，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。

DSA 在医疗诊断和手术辅助等方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起了十分重要的作用。DSA 在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。项目将为患者提供一个优越的就医环境，具有明显的社会效益；随着医院医疗技术与及服务水平的提高，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。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。

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》（2019 年本）鼓励类中第十三项、第 5 条：“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，项目属于上述的“数字化医学影像设备”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，机房顶棚混凝土、观察窗及防护门均采用固定辐射防护设施，基本不会发生

续表 11 环境影响分析

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：

①介入手术室外人员误照射：在设备偏离正常运行工况下，本项目 DSA 出现最不利运行参数即透视时电压 125kV、电流 110mA，采集时电压 125kV、电流 500mA，造成机房外人员的误照射。

②介入手术室内公众成员误照射：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、设备间内人员等）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门被开启，造成介入手术室内公众成员的误照射。本项目设备间位于介入手术室内，人员在设备间内未及时撤离，可能受到的误照射。

(2) 后果分析

①介入手术室外人员误照射

根据核算，在极端情况下，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，项目 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，单台手术时间内手术室外最大剂量估算情况见表 11-8。

表 11-8 介入手术室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)	吸收剂量 (mGy)
介入手术室防护门、窗外	最大运行参数条件下运行，人员位于机房外	17.5 μ Sv/h (透视)	21	6.13 $\times 10^{-3}$	8.78 $\times 10^{-3}$	8.78 $\times 10^{-3}$
		79.5 μ Sv/h (采集)	2	2.65 $\times 10^{-3}$		

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，项目介入手术室外人员误照射受到的单台手术有效剂量最大约 8.78 $\times 10^{-3}$ mSv。

②介入手术室内人员误照射

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 DSA 正常运行参数（透视工况为 90kV/20mA，采集工况为 90kV/500mA），

续表 11 环境影响分析

仅考虑散射线，考虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m，未穿戴防护用品，采集时按单台手术最大采集时间 2min，透视时按单台手术最大透视时间 21min 的照射，其剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 介入手术室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 ($\mu\text{Sv/h}$)	有效剂量 (mSv)	吸收剂量 (mGy)
DSA	采集模式：1m 处发射率 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	10s (单次最长采集)	3.00×10^6	8.49	8.49
		2min	3.00×10^6	99.83	99.83
	透视模式：1m 处发射率 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	2min (发现后使用急停按钮)	1.20×10^5	3.99	3.99
		21min	1.20×10^5	41.93	41.93

备注：仅考虑散射线， $\text{Sv/Gy}=1$ 。

根据以上后果分析可知，介入手术室内人员误照射情况下，可能发生超年有效剂量限值照射的事故，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

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是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。这类效应分为确定性效应和随机性效应，在剂量超过一定的阈值时才能发生的是确定性效应，而随机性效应则不存在阈值。

不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-10 所示。

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，血液变化，但不伴有临床症状
1~2 2~3.5 3.5~5.5 5.5~10	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
		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，腹痛，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

续表 11 环境影响分析

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机房内或机房外单次误照射所受到辐射剂量可能会发生不明显和不易察觉的病变等情况。事故后果不会造成确定性效应，不会造成辐射损伤，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撤离介入手术室时应清点人数，重点关注设备间内有无人员停留，确认没有无关人员停留在介入手术室后才开始操作。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。在介入手术室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，保证按照介入手术室管理要求开展手术。

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，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，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 25 万，占总投资的 5.9%，具体情况见表 11-11。

续表 11 环境影响分析

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	屏蔽室门灯连锁等	5
防护监测设备	个人剂量计	1
防护用品	铅衣、铅屏风等	3
墙体屏蔽	屏蔽室墙体、防护门窗等	9
环保手续	环评、验收、监测、办证等	5
合计	/	25

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构及人员

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

按照《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；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。

医院现已成立辐射安全管理委员会（以下简称管理委员会），辐射安全管理委员会职能科室设置在保健科。管理委员会人员组成包括主任、副主任、委员、辐射安全管理员、X 射线装置组组长、组员、核医学组组长、成员、放射治疗组组长、成员等，设置了专职管理人员，学历为本科及以上；文件规定了管理委员会的工作职责，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。

12.1.2 放射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。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），有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。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

本项目劳动定员 6 人，其中手术医生 2 人，技师 2 人，护士 2 人，依托医院 DSA 手术室现有工作人员。具体情况见表 12-1。

表 12 辐射安全管理

表12-1 放射工作人员配置情况						
序号	姓名	性别	工作岗位及职称	科室	辐射安全培训合格证	个人剂量编号
1	刘曦	男	介入医生 副主任医师	放射科	FS20CQ0100976	03049024
2	苗春木	男	介入医生 主任医师	肝胆外科	FS20CQ0101344	03049103
3	杨伟	男	技师 主管技师	放射科	FS20CQ0100053	03049035
4	邓昊	男	技师 技师	放射科	FS20CQ0100935	03049053
5	王玉娟	女	护士 主管护师	放射科	FS20CQ0100975	03049141
6	邝晓	女	护士 主管护师	放射科	FS20CQ0100965	03049061

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，应当具备下列条件：（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。

目前，重庆医科大学附属第二医院已制定了《放射诊疗安全与防护管理制度》、《辐射安全与防护工作制度》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理规定》、《放射性同位素与射线装置台账管理制度》、《介入机房管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《放射科设备检修维护制度》、《放射防护档案管理制度》、《辐射安全和防护监测方案》、《放射工作人员辐射安全与放射防护培训计划》、《放射工作人员个人剂量监测制度》、《放射工作人员职业健康管理制度》、《放射工作场所放射防护管理制度》、《DSA 操作规程》、《放射事故应急预案》等辐射安全管理规章制度，详见附件。上述各种管理制度和应急预案考虑到了设备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。重庆医科大学附属第二医院在此之前一直按照各项管理制度执行，到目前为止未曾发生过放射事故。本项目建成后，现有管理制度能满足本项目辐射环境管理的需求。

12.2.2 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

表 12 辐射安全管理

测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

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，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。

12.2.3 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。

根据调查，医院往年都对射线装置的运行和辐射防护等进行了总结，编制《放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告》，并按时向生态环境主管部门提交。年度评估报告包括医用 X 射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

本项目建成后，医院拟将本项目 DSA 纳入年度评估管理中。

12.3 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任感，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全文化。核安全文化表现在从事单位核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。

医院已建立了辐射环境安全管理体系，明确了医院各层次人员的职责、不断识别医院内部核安全文化的薄弱处并加以纠正，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项

表 12 辐射安全管理

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。

12.4 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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（第七条）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 从事本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；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。	成立了辐射防护领导机构，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。	拟配置的放射工作人员按照规定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。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、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，同时本项目设置门灯连锁装置，工作状态指示灯亮，门口显眼位置设置电离辐射警示标识和警示语。
（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。	在本项目投运前拟为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放射工作人员和病员使用。
（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。	已建立了相关规章制度，待在本项目建成后，在本项目放射工作场所张贴上墙。
（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。

根据上表可知，本项目尚未建设，但重庆医科大学附属第二医院已有其他射线装置运行，医院已建立有相应的管理体系。因此，本项目的管理工作依托重庆医科大学附属

表 12 辐射安全管理

第二医院现有的管理体系，已具备了一定的能力，但医院还应针对本项目射线装置的管理，认真落实上述要求，进一步补充、完善本环评提出的防护措施和管理制度后，且放射工作人员在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，具备从事本项目辐射活动的的能力，本项目方可投入正式运行。在后期运行过程中，医院还应强化医院辐射安全管理制度，严格要求放射工作人员遵守医院辐射安全管理制度。

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。

医院已制定有《辐射安全和防护监测方案》，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

对放射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。

监测单位：具有个人剂量监测资质的单位；

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计，如发现异常可加密监测频率；

监测结果处理：年剂量超过 5mSv，报告发证机关，开展调查，根据调查结果作出相应整改等。

(2) 工作场所环境监测

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和日常监测。

验收监测：验收时监测一次，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

表 12 辐射安全管理

例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

日常监测：日常监测由建设单位自行监测。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：机房四周墙体、门、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 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》及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242 号）要求，使用 II 类以上（含 II 类）射线装置的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急预案或具有针对性与操作性的应急措施。

重庆医科大学附属第二医院设置有处理辐射事故的领导小组，制定了《辐射安全应急处理措施》，具体内容包括领导小组成员、领导小组的职责、应急预案的启动及应急处理程序。医院应根据辐射源项不断完善应急预案，定期进行辐射事故应急演练，并做好演练记录。

（1）事故报告程序

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：

江南院区医院行政总值班电话：63697024

政务服务便民热线：12345

重庆市卫生健康委员会：67705451

南岸区卫生健康委员会：62988117

南岸区生态环境局：62302630

（2）辐射事故应急处置措施

表 12 辐射安全管理

事故发生后，除了上述工作外，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，工作人员应佩带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。

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。

12.7 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。

本项目环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 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	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
2	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
3	人员要求	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	环境保护部令第 3 号、第 18 号、公告 2019 年第 57 号
4	剂量率控制	介入手术室四周墙体外 30cm 处、楼上距顶棚地面 100cm 处、楼下距地面 1.7m 处、防护门外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、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
5	建设内容	1 台 DSA（单管头，II 类射线装置）	/
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 铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各 6 套；铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏 1 套；铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 1 套（今后根据需要配置一套儿童专用）。防护用品的铅当量满足标准要求。	

表 12 辐射安全管理

7	辐射安全防护措施	<p>①介入手术室各防护门均设置门灯连锁系统，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。</p> <p>②介入手术室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，同时在医患沟通室内张贴放射防护注意事项。</p> <p>③制度上墙（DSA操作规程、人员岗位职责、应急程序等）。</p> <p>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。</p> <p>⑤平开机房门有自动闭门装置；电动推拉门设置防夹装置。</p> <p>⑥设备上自带急停开关；控制台设置急停开关；控制室与机房设对讲装置；防护用品与辅助防护设施齐全。</p> <p>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，穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。</p>
8	管理	<p>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、监测方案等。</p>

表 13 结论及建议

13.1 项目概况

重庆医科大学附属第二医院拟对江南院区医疗综合楼 1 楼西南侧预留日间手术室用房进行改造和装修，改造后包括介入手术室、CT 和 MRI 机房各 1 间，以及相关配套用房和 1 间预留用房，项目总建筑面积约 845m²。并拟在介入手术室（DSA 机房）内配置 1 台 DSA（II 类射线装置），开展介入手术。

项目总投资约 425 万元，其中环保投资约 25 万元。

13.2 实践正当性

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，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。

13.3 产业政策符合性

项目主要使用 DSA 从事介入手术工作，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）鼓励类中的“数字化医学影像设备”的应用，符合相关产业政策。

13.4 辐射环境质量现状

为了解本项目拟建地的辐射环境质量现状，重庆市泓天环境监测有限公司对项目所在地辐射水平现状进行了监测，监测结果表明所在地环境 γ 辐射剂量率为 55nGy/h~141nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），于重庆市 2020 年环境 γ 空气吸收剂量率平均值相比，项目所在地的环境 γ 辐射剂量率监测值在正常涨落范围内，拟建项目所在地环境的辐射环境质量现状良好。

13.5 选址可行性及布局合理性

本项目选址于医院医疗综合楼 1 楼，项目用房现状为空置房间，建成后介入手术室工作场所相对独立，不影响医院其他诊疗活动和医院的整体布局。介入手术室所在的日间手术室区域为一个独立的区域，除医务人员和病人外，周围一般公众成员较少同时与建设单位内外其他建筑也有一定的距离，充分考虑周围场所的安全，有利于减少 X 射线对公众成员的影响。此外，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，项目选址可行。

续表 13 结论及建议

本项目用房有独立的介入手术室，配有单独的控制室，其它辅助配套用房齐全，满足诊疗需求。介入手术室四面均为本项目用房包围，除手术工作人员和病人可以进出外，其他公众成员未经允许不得入内，减少对周围公众的影响和有利于辐射防护。介入手术室拟设置 3 个防护门，工作人员、病人进出、污物运出的各路径独立。介入手术室拟设置 1 个观察窗，用于控制室放射工作人员随时观察手术室内的情况。项目布局便于介入手术室的辐射安全管理，符合有关法规标准与辐射防护安全要求。从辐射防护与环境保护角度，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，将辐射工作场所划分为控制区和监督区，将介入手术室划分为控制区，控制室、污物通道、患者通道、医患沟通室、设备间、机房外过道、等待区、机房楼上室外中庭过道、楼下车库以及机房外相邻区域等划分为监督区。

(2) 机房屏蔽防护

本项目介入手术室有效使用面积为 52.48m²，最小单边长度为 5.68m，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。项目介入手术室四周墙体为 200mm 厚空心砖+3mmPb 硫酸钡防护板；顶棚为 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡防护板；地板为 120mm 混凝土+3mmPb 硫酸钡，3 个防护门及 1 个观察窗均为 4mmPb，屏蔽防护设计均大于 2mmPb，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

项目拟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 设备上及控制台上均拟设置急停开关，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。项目介入手术室拟设置 3 个通道防护门（介入手术医护人员、患者进出防护门及污物运出防护门）；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，3 个防护门均设置电离辐射警告标志。病人进出机房门为电动推拉门，拟设置防夹装置。其余机房为平开门，拟设置自动闭门装置。项目介入手术室拟采取机械排

续表 13 结论及建议

风系统进行通风换气，机房内拟设置 1 个排风口，废气引至所在楼顶自然散排；介入手术室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。

经分析，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。

13.7 环境影响分析结论

（1）机房屏蔽能力：根据核算，在透视情况下，本项目介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；在采集情况下，本项目介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的屏蔽要求。

（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 DSA 介入手术相关医务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 ），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：通过核算可知介入手术室外 50m 范围内环境保护目标位置周围剂量当量率远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，介入手术室外公众成员受到的年有效剂量低于 0.1mSv/a 。因此，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：项目 DSA 运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，介入手术室拟安装专门的排风系统，所产生废气经废气管道收集引至所在楼顶外排，排放后废气经大气扩散和分解后，对周围环境影响小。项目放射工作人员等产生的废水依托医院污水处理站处理，医疗废物依托医院医疗废物暂存间暂存后与医院其他危废一起交有资质单位处理，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。项目各污染物均能得到有效处理。

（5）事故风险：通过落实撤离介入手术室时应清点人数、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

续表 13 结论及建议

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 辐射与环境保护管理

重庆医科大学附属第二医院成立了辐射安全管理委员会，负责医院的放射防护与安全管理工作，并明确了相应职责与分工；医院制定了辐射环境管理规章制度及辐射事故应急预案，有满足从事辐射活动的的能力。在项目建设中，根据要求配置介入手术相应的放射工作医技人员，以满足开展项目放射介入工作需求，并组织放射工作人员参加辐射安全与防护培训考核合格后上岗；进一步补充、完善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。

综上所述，重庆医科大学附属第二医院江南医院日间手术室区域改建工程符合国家产业政策，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。在制定的辐射安全防护措施和管理措施后，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。

附图

附图 1 地理位置图

