

核技术利用建设项目
5号楼 DSA 建设项目

环境影响报告表

(公示版)

建设单位：重庆医科大学附属第一医院

编制单位：重庆泓天环境监测有限公司

编制时间：二〇二五年十二月

生态环境部监制

表1 项目基本情况

建设项目名称	5号楼 DSA 建设项目				
建设单位	重庆医科大学附属第一医院				
法人代表	罗勇	联系人	陈**	联系电话	136****2582
注册地址	重庆市渝中区袁家岗友谊路1号				
项目建设地点	重庆市渝中区袁家岗友谊路1号袁家岗院区5号楼B栋3层				
立项审批部门	重庆市渝中区发展和改革委员会		批准文号	2511-500103-04-05-158566	
建设项目总投资(万元)	**	项目环保投资(万元)	**	投资比例(环保投资/总投资)	**%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			建筑面积(m ²)	104
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 医院概况

重庆医科大学附属第一医院于1957年由原上海第一医学院（现复旦大学上海医学院）部分专家西迁来渝创建，是集医疗、教学、科研、预防、保健及涉外医疗于一体的三级甲等综合性教学医院，以学科门类齐全、技术实力雄厚、专科特色突出、服务能力出众享誉西南，是我国西部首个国家精神疾病区域医疗中心。现有袁家岗院区、经纬院区（含大礼堂院区）、金山院区、青杠院区（老年护养+护理职业教育）等，在同质化管理与差异化发展战略下，形成了特色鲜明、功能互补的发展格局。近年来，医院聚焦学科人才建设、聚焦新质生产力生成，推动治理体系和治理能力现代化、推动高质量发展，在国家三级公立医院绩效监测中，连续六年排名重庆市首位，稳居国内医院“第一方阵”。

1.2 任务由来及背景

1.2.1 任务由来

医院袁家岗院区已建成运营多年，DSA 介入手术已成为医院神经外科、血管外科、心血管内科等科室的重要诊疗手段，随着近年来心内科手术量增加，手术室轮转不足亟待解决，因此，医院拟在袁家岗院区 5 号楼建设“5 号楼 DSA 建设项目”，建设内容为将 5 号楼 3 层办公室、示教室改建为 DSA 介入手术室并配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（以下简称“DSA”）开展介入手术。

根据“关于发布《射线装置分类》的公告”（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），“血管造影用 X 射线装置”属于Ⅱ类射线装置，血管造影用 X 射线装置包括用于心血管介入术、外周血管介入术、神经介入术等的 X 射线装置，以及含具备数字减影（DSA）血管造影功能的设备。本项目拟配置的 1 台 DSA 用于开展心血管介入术，属于Ⅱ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，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》（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。

重庆医科大学附属第一医院委托重庆泓天环境监测有限公司开展该项目的环境影响评价工作，评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，并按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了《重庆医科大学附属第一医院 5 号楼 DSA 建设项目环境影响报告表》。

1.2.2 项目背景

（1）医院袁家岗院区使用 DSA 现状

根据调查，医院袁家岗院区目前使用有 6 台 DSA，其中 2 号楼负 1 层 DSA（1）室 1 台，5 号楼 B 栋 1 层 DSA（4）室 1 台，5 号楼 B 栋 3 层 4 台，具体见表 1-7。其中 DSA（6）、DSA（2）、DSA（3）属于心内科专用的介入手术室。

项目用房现状

项目基本情况

续表 1

5号楼DSA建设项目利用5号楼3层办公室、示教室改建而成。5号楼B栋3层为封闭的手术区，拟改建的办公室、示教室属于手术区辅助用房，示教室西侧邻DSA(3)室设备间，东侧为楼梯间，北侧临空，南侧为手术区通道。

(3) 新建介入手术室规划

本次5号楼DSA建设项目实施后，该介入手术室为心血管内科专用介入手术室，以解决介入手术室轮转不足的问题。根据调查，医院从事介入工作的放射工作人员共计195人，心内科有36名从事放射介入工作的放射工作人员。建成后该介入手术室由心内科使用，并由科室现有放射工作人员操作。

1.3 项目概况

1.3.1 项目建设内容及规模

- (1) 项目名称：5号楼DSA建设项目
- (2) 建设地点：重庆市渝中区袁家岗友谊路1号袁家岗院区5号楼3层
- (3) 建设单位：重庆医科大学附属第一医院
- (4) 建设规模：拟将5号楼3层办公室、示教室改建为DSA介入手术室、控制室、设备间及值班室，并在介入手术内配置1台数字减影血管造影X射线装置(DSA，II类射线装置，单管头设备，最大管电压125kV，最大管电流1000mA)开展介入手术，项目总建筑面积约104m²。
- (6) 项目投资：总投资约**万元，其中环保投资约**万元。
- (7) 施工期：约6个月。

项目组成情况见下表1-1。

项目基本情况

续表 1

表 1-1 项目组成一览表

分类	项目	具体内容	备注
主体工程	介入手术室	主要开展 DSA 介入手术，介入手术室最小内空长宽尺寸约 5.80m×7.27m，有效层高约 4.8m，吊顶后顶部到地面的净空高度为约 3.0m，有效使用面积约 42.2m ² 。	依托原有用房改建
	设备	拟配置 1 台 DSA，II 类射线装置，单管头，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	拟购设备
辅助工程	辅助用房	设置控制室、设备间、值班室，依托该层已有医护通道、更衣室、洗手槽、污物间等辅助用房。	依托
公用工程	给水	依托院内供水管网。	依托
	排水	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达标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	依托原机械排风、送风系统，介入手术室南墙设置排风管、送风管，排风引至所在楼层西侧外墙排放。	新建
环保工程	废水处理措施	项目产生的生活污水依托医院的污水管网收集至医院污水处理站（处理能力3000m ³ /d），处理达到GB18466-2005预处理排放标准后接入市政污水管网，最终进入鸡冠石污水处理厂处理达标排入长江。	依托
	废气处理措施	介入手术室吊顶设置 1 个送风口和 2 个排风口。 废气引至所在楼层西侧外墙排放，介入手术室采用机械送排风，可保持机房内有良好的通风。	新建
环保工程	固废处置措施	生活垃圾依托医院的生活垃圾收集系统收集，统一交环卫部门处理。 医疗废物依托医院的医疗废物收集系统收集，医疗废物送至医院医疗废物暂存间暂存，最终交由资质单位处置。 不再使用的铅防护用品医院收集后妥善保存，做好记录，交由有资质单位处置。设备报废时按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。	依托
	辐射防护	拟采用防辐射钢板、混凝土、铅玻璃、铅防护门等屏蔽材料作为介入手术室屏蔽防护体，保证屏蔽体外周围剂量当量率满足标准限值要求。	新建
		拟按相关标准要求设置状态指示灯、门灯联锁、对讲系统、自动闭门装置、防夹装置等，保证介入手术过程中DSA 安全运行。	/

1.3.2 辐射防护方案设计

本项目用房原为示教室及办公室，北侧为临空玻璃窗，根据介入手术室功能需要重新布局，拆除原示教室东侧墙体，利旧南侧墙体，新建介入手术室东、西防护墙、防护门窗，改造后布置介入手术室（DSA机房）、设备间、控制室及值班室，本项目介入手

项目基本情况

续表 1

术室屏蔽防护方案见表1-2，介入手术室平面布置及屏蔽防护方案见附图7。

表 1-2 本项目介入手术室屏蔽防护方案

房间	手术类型	机房面积、尺寸	防护方案
介入手术室	主要开展 DSA 介入手术	介入手术室最小内空长宽尺寸约 5.80m×7.27m，层高约 4.8m，吊顶后顶部到地面的净空高度约 3.0m，有效使用面积约 42.2m ² 。	<p>南墙：在原始 200mm 加气砖基础上增加贴 3mmPb 防辐射钢板</p> <p>东墙、西墙：轻钢龙骨架+3mmPb 防辐射钢板</p> <p>北墙：轻钢龙骨架+2mmPb 防辐射钢板</p> <p>顶棚：100mm 钢筋混凝土+2mmPb 铅板</p> <p>地板：100mm/200mm 钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡水泥</p> <p>防护门、观察窗：均为 3mmPb</p>

备注：钢筋混凝土密度 2.35g/cm³，铅密度 11.3g/cm³，硫酸钡水泥密度 3.2g/cm³。

1.3.3 设备配置

项目主要配套设施设备见表 1-3。

表 1-3 项目主要配套设施设备配置表

序号	名称	数量	用途	使用位置	备注
1	DSA	1 台	介入手术	介入手术室	单管头，II类射线装置
2	电源柜	1 套	DSA 配电	设备间	DSA 配套
3	高压发生柜	1 套	DSA 高压装置		
4	系统控制柜	1 套	设备控制和数据传输		
5	控制系统	1 套	影像数据查看、设备操作		
6	手术床	1 台	手术配套用		手术配套设备
7	手术无影灯	1 套	手术配套用		
8	医用吊塔(麻醉塔、外科塔)	1 套	手术配套用		
9	终端显示屏、远程会诊	1 套	手术配套用		
10	心电监护仪	1 套	手术配套用		
11	药品柜、导管柜、麻醉柜、器械柜、保温柜、保冷柜、导管柜、工作站等	1 套	手术配套用		
12	中心负压吸引	1 套	手术配套用		
13	中心供氧装置	1 套	患者供氧		
14	除颤仪	1 台	手术配套		
15	手术室净化系统	1 套	手术室配套		
16	吸痰器	1 台	手术配套用		手术配套设备
17	高压注射泵、微量注射泵	1 套	介入手术配套用		
18	工作人员防护用品(铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套)	4 套	工作人员防护		

项目基本情况

续表 1

19	床侧防护帘/床侧防护屏、铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、移动铅防护屏风	1 套	介入手术医生防护使用	介入手术室内	/
20	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套	1 套	介入手术患者防护使用	介入手术室内	/
21	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

1.3.4 放射工作人员配置和工作制度

根据医院提供资料, 医院 5 号楼已配置多台 DSA, 并为现有介入放射工作人员配备个人剂量计, 现有放射工作人员均在医院劳动定员内。本项目拟配置 DSA 由心内科使用, 具体包括 24 名手术医师、8 名护师、2 名影像技师和 2 名影像医师, 根据手术室统一安排, 心内科可安排 12 个手术组开展介入手术, 本项目放射工作人员名单及最近四个季度个人剂量计监测结果统计见支撑性材料附件 4, 以上介入医师、技师、护士由科室统筹院内其他介入工作。

工作制度: 放射工作人员年工作 250 天, 实行轮休制。

1.3.5 工作负荷

根据医院提供的资料, 本项目拟配置 DSA 主要由心内科使用, 预计年利用 DSA 开展心内科介入手术 1200 台。

1.4 项目外环境概况

本项目位于重庆市渝中区友谊路 1 号院本部, 医院东侧紧邻长江二路, 南侧紧邻友谊路, 西侧紧邻医学院路, 北侧紧邻规划道路(目前为施工临时用地)。

5 号楼位于医院东侧, 从东至西分为 A、B 栋及中部。A 栋地上 24 层, B 栋地上 19 层, 中部地上 6 层, 地下均为二层。本项目位于 5 号楼 B 栋三层, 与中部、A 栋相连。5 号楼 A 栋东侧之外为长江二路, 南侧约 22m 为 3 号楼, 西南侧约 35m 为 2 号楼, 西侧约 26m 医院 9 号楼, 北侧约 10m 为学术报告大厅。医院总平面图见附图 2, 项目所在楼外环境见表 1-4。

表 1-4 5 号楼周围环境一览表

序号	名称	方位	最近距离	高差	环境特征
1	医院 3 号楼	南	约 22m	-1m	外科住院部, 7F
2	医院 2 号楼	西南	约 35m	+4m	门诊、医技科室, 22F/-2F
3	9 号楼	西	约 26m	+3m	门诊住院综合楼, 部分投入使用, 21F/-2F
4	学术报告大厅	北	约 10m	-6m	2F 学术报告大厅

备注：“+”代表5号楼的一层高于周围建筑的一层，“-”代表5号楼一层低于周围建筑一层。

本项目介入手术室周围 50m 范围主要为医院用地红线范围内 9 号楼、2 号楼、3 号楼、学术报告大厅及院内道路等，项目周边保护目标主要为该医院从事本项目放射诊疗项目的放射工作人员及周围活动的公众成员。

1.5 项目选址可行性分析

本项目选址于医院 5 号楼 B 栋 3 层北侧，B 栋三层已封闭管理为专用的手术区，并设置 4 间 DSA 介入手术室、1 间 ERCP 手术室，该手术区配置有专用更衣室、医护通道、污物间、洗手槽等手术区辅助用房，选址于此，手术辅助用房齐全且与该层手术室功能相匹配。本项目建成后，纳入手术区统一独立、封闭管理，周围一般公众成员较少，同时本项目 DSA 机房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。

1.6 项目建设背景

1.6.1 项目用房的环保手续情况

根据调查，医院运行产生的“三废”均进行了有效处理，并达标排放，已取得了排污许可证（12500000450405726W002V），其中医院污水经过污水处理设施处理达标后外排市政污水管网，经鸡冠石污水处理厂深度处理外排长江，危险废物交有资质的单位进行处置。

1.6.2 现有核技术利用情况及现有辐射环境问题

（1）现有核技术利用项目及辐射安全许可情况

根据《辐射安全许可证》（渝环辐证〔00176〕，有效期至 2027 年 10 月 23 日），重庆医科大学附属第一医院开展的核技术利用项目包括使用 III 类、V 类放射源；使用类、类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。涉及辐射工作场所位于重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号袁家岗院区 2 号楼、5 号楼等，重庆市渝中区石油路 24 号经纬院区综合楼等，重庆市渝中区龙溪街道金龙路 275 号一

项目基本情况

续表 1

分院加州门诊部，重庆市渝中区人民路 191 号大礼堂院区、重庆市两江新区金渝大道 50 号金山院区及重庆市璧山区青杠街道青来路三溪街 101 号青杠院区 B 栋。

袁家岗院区开展的核技术利用项目包括使用 1 枚 III 类、15 枚 V 类放射源；使用 II、III 类射线装置 46 台；生产、使用乙级非密封放射性物质 1 个，使用乙级、丙级非密封放射性物质工作场所各 1 个。袁家岗院区放射源使用情况见表 1-5，非密封放射性物质使用情况见表 1-6，射线装置使用情况见表 1-7。

表 1-5 袁家岗院区使用放射源情况表

序号	工作场所	核素	分类	用途	种类	活度 (Bq)
1	袁家岗院区 2 号楼负 1 层肿瘤科后装机房	Ir-192	III类	后装治疗	使用	3.7E+11×1
2	袁家岗院区 2 号楼负 1 楼核医学科	Sr-90 (Y-90)	V类	敷贴器	使用	7.4E+8×2
3	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 负 1 楼 PET 中心 1	Na-22	V类	PET/CT 校准	使用	3.7E+5×6
4		Na-22	V类	PET/CT 校准	使用	3.7E+6×1
5	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 负 1 楼 PET 中心 2	Ge-68	V类	PET/MR 校准	使用	7E+5×3
6		Ge-68	V类	PET/MR 校准	使用	5.5E+7×1
7		Ge-68	V类	PET/MR 校准	使用	3.5E+6×1
8		Ge-68	V类	PET/CT 校准	使用	1.11E+8×1

项目基本情况

续表 1

表 1-6 袁家岗院区使用非密封放射性物质一览表

工作场所	场所等级	序号	核素	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类
2号楼负1楼核医学科	乙级	1	I-131	3.70E+09	3.70E+08	3.55E+12	使用
		2	Ac-225	1.85E+07	1.85E+08	1.48E+09	使用
		3	I-125	1.11E+07	1.11E+06	2.22E+09	使用
		4	I-125(粒籽)	1.85E+10	1.85E+07	1.85E+11	使用
		5	In-111	2.22E+08	2.22E+07	4.44E+09	使用
		6	Lu-177	3.70E+09	3.70E+08	3.70E+11	使用
		7	P-32	7.40E+08	7.40E+07	1.76E+10	使用
		8	Ra-223	1.85E+07	1.85E+08	1.48E+09	使用
		9	Sr-89	7.40E+08	7.40E+07	1.48E+10	使用
		10	Tb-161	3.70E+09	3.70E+08	1.85E+11	使用
		11	Tc-99m	7.40E+10	7.40E+07	9.76E+12	使用
		12	Y-90 (微球)	1.85E+08	1.85E+07	1.22E+11	使用
5号楼B栋负1、负2楼PET中心1	乙级	1	C-11	3.70E+09	3.70E+07	7.40E+11	使用
		2	F-18	3.70E+10	3.70E+08	7.40E+12	使用
		3	H-3	1.85E+08	1.85E+06	1.85E+09	使用
		4	I-123	1.85E+08	1.85E+06	1.85E+09	使用
		5	N-13	3.70E+09	3.70E+07	7.40E+11	使用
		6	O-15	3.70E+09	3.70E+07	7.40E+11	使用
		7	Cu-64	1.48E+08	1.48E+06	7.40E+09	使用
		8	Ga-68	1.11E+09	1.11E+07	2.78E+11	使用
		9	Ge-68(Ga-68)	1.85E+09	1.85E+06	3.7E+09	使用
		10	Zr-89	1.48E+08	1.48E+07	7.40E+09	使用
5号楼B栋负1楼PET中心2	丙级	1	Cu-64	1.48E+08	1.48E+05	7.40E+09	使用
		2	Zr-89	1.48E+08	1.48E+06	7.40E+09	使用
		3	F-18	7.40E+9	7.40E+06	1.85E+12	使用
		4	Ga-68	9.25E+08	9.25E+05	2.31E+11	使用

项目基本情况

续表 1

表 1-7 袁家岗院区使用射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	数量	工作场所	备注
1	移动 CT	NL3000	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 11 层 NICU 室	在用
2	移动式 X 线机	Mobil DaRt Evolution	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 11 层胸外科 ICU	在用
3	X 射线计算机体层摄影设备 (CT)	ScintCare 778Honor	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 1 层 CT6 室	在用
4	C 形臂	Orbic 3D	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 3 层手术室	在用
5	移动 C 臂机	OEC9900Elite	III类	1 台	袁家岗院区 1 号楼 4 层手术室	在用
6	C 形臂	Vision FD vario 3D	III类	1 台		在用
7	移动 DR 机	Mobile DaRt Evolution	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼 16 层呼吸 ICU	在用
8	CT	TSX-301C/6E	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼 1 层 CT4 室	在用
9	X 射线骨密度仪	Discovery	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼 3 层妇科骨密度仪室	在用
10	CT	SOMATOM Perspective	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 CT1 室	在用
11	X 射线计算机体层摄影设备 (32 排 CT)	Insitum 32	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 CT8 室	在用
12	数字减影血管造影 X 线机 (DSA)	Artis zee III ceiling	II类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 DSA(1) 室	在用
13	SPECT 机	Symbia T2	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 ECT1 检查室	在用
14	SPECT/CT 机	Discovery NM/CT 670	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层 ECT2 检查室	在用
15	DR	AeroDR C80	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层第 1 照片室	在用
16	DR	DRX-Evolution (VX3733-SYS)	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层第 2 照片室 1	在用
17	DR	Multitom Rax	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层第 3 照片室	在用
18	乳腺机	MAMMOMAT Inspiration	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层第 7 照片室	在用
19	模拟定位 CT	Discovery RT	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层模拟定位 CT 室	在用
20	乳腺 CT	KBCT-1000	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层乳腺 CT 室	在用
21	直线加速器	CLINAC 21EX	II类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层肿瘤科直线加速器 1 室	在用
22	直线加速器	瓦里安 VitalBeam 型	II类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负 1 层肿瘤科直线加速器机房 2 室	在用
23	体外冲击波碎石机	HB-ESWL-VG	III类	1 台	袁家岗院区 2 号楼负一层碎石机房	在用
24	CT 机	Discovery CT750 HD	III类	1 台	袁家岗院区 3 号楼 1 层 CT 室	在用
25	口腔 CT	i-CAT 17-19	III类	1 台	袁家岗院区 3 号楼 1 层口腔 CT 室	在用
26	牙片机	INTR	III类	1 台	袁家岗院区 3 号楼 1 层牙片机室	在用

项目基本情况

续表 1

27	内分泌骨密度仪	HOLOGIC Discovery A	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 10 层骨密度室	在用
28	CT 机	SOMATOM Definition	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 1 层 CT3 室	在用
29	DSA	AXIOM Artis Zee Ceilnig	II类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 1 层 DSA (4) 室	在用
30	CT	somatom definition force	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 2 层 CT5 室	在用
31	胃肠机	SONIALVISION SAFIRE 17	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 2 层第 2 特检室	在用
32	医用血管造影机（双球管 DSA）	Innova IGS 6	II类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层 DSA (2) 室	在用
33	DSA	Allura xper FD10	II类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层 DSA (3) 室	在用
34	医用血管造影 X 射线系统	UNIQ Clarity FD20C	II类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层 DSA (5) 室	在用
35	医用血管造影 X 射线系统	Innova ICS 520	II类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层 DSA (6) 室	在用
36	数字化 X 射线摄影透视系统	Luminos Agile Max	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 3 层胃肠机室	在用
37	DR	RADSPEEDM/C XDI-50G	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 4 层 418 照片室	在用
38	X 射线骨密度检测仪	Lunar iDXA	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 4 层骨密度仪室	在用
39	体检骨密度仪	MEDIX DR	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 5 层 509 骨密度仪室	在用
40	DR	RADSPEED M	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 5 层 DR 室	在用
41	移动式 X 线机	MobiEye 700T	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 DR 室	在用
42	PET/CT	Gemini TF64	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 负 1 层 PET 中心 1PET/CT 机房	在用
43	PET/CT	uMI Panorama GS	III类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 负 1 层 PET 中心 2PET/CT 机房	在用
44	回旋加速器	HM-10 型	II类	1台	袁家岗院区 5 号楼 B 栋 负 2 层回旋加速器室	在用
45	直线加速器	UNIQUE	II类	1台	袁家岗院区 8 号楼 负一层肿瘤科 直线加速器室	在用
46	车载 CT	NeuViz Prime	III类	1台	袁家岗院区 车载 CT	在用

(2) 辐射管理情况

根据调查，重庆医科大学附属第一医院（含袁家岗院区）现有放射工作人员均参加了辐射安全与防护培训，并取得辐射安全与防护考核合格成绩单或自主考核合格。所有放射工作人员均佩戴了个人剂量计，每3个月将个人剂量计交有资质单位进行检测，并建立了个人剂量档案。2024年度个人剂量监测结果表明，重庆医科大学附属第一医院

项目基本情况

续表 1

2024年度监测人数共计559人，其2024年外照射个人剂量均小于5mSv的年剂量管理目标值。全院从事介入工作的放射工作人员共计195人，本项目仍由心内科的36名放射工作人员从事本项目放射介入工作的放射工作人员最近四个季度年剂量在0.009~0.19mSv。此外，医院为放射工作人员建立职业健康档案，每两年组织放射工作人员进行职业健康体检，并及时安排新进的放射工作人员进行职业健康岗前体检。

根据医院提供的资料，医院已按照要求每年对现有核技术利用项目进行监测，各放射工作场所监测结果满足评价标准要求。此外，医院每年分科室进行了辐射事故应急演练。袁家岗院区作为重庆医科大学附属第一医院主要院区，辐射安全管理工作由重庆医科大学附属第一医院统筹管理，重庆医科大学附属第一医院成立有辐射防护管理机构，制定了相应的管理制度和应急预案，并张贴上墙。本项目建成后将沿用重庆医科大学附属第一医院的相关制度，并增加本项目相关手术室辐射安全管理制度。

(3) 小结

根据上述调查，医院核技术利用项目环保手续完善，医院核技术利用项目运行至今，无辐射安全事故发生，无辐射环保投诉和环保遗留问题，运行总体良好，满足辐射环境管理的要求。

1.7 依托关系及可行性

项目与医院的依托可行性分析见表 1-8 所示。

项目基本情况

续表 1

表 1-8 本项目与医院依托关系表

依托工程		可行性分析
主体工程		本项目拆除原示教室东侧墙体，将原示教室、办公室改建为介入手术室、控制室及设备间。将此处用房改建为 DSA 机房及其辅助用房与医院该层功能一致，不影响医院整体的布局。因此，项目主体建筑依托可行。
辅助工程		本项目可医用该层手术区已有的更衣室、污物间等辅助用房。功能一致，依托可行。
公用工程	给水	医院由市政供水管网供给，项目位于医院内，依托医院给水管网供水可行。
	排水	医院实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站达标排入市政污水管网。因此，本项目依托医院总体排水管网排水可行。
	供配电	医院用电由市政电网引入，同时医院配置应急电源柴油发电机，解决停电时临时需要。因此，项目依托医院供电系统可行。
环保工程	废水	本项目产生少量医疗废水经医院污水处理站处理 (3000m ³ /d) 后排入市政污水管网。项目所在 5 号楼有完善的排水管网，本项目增加废水量很小，依托医院已有排水管网排水可行。
	固废	医院在 2 号楼南侧地下车库负一楼建设有约 40m ² 医疗废物暂存间，且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处置合同。医院生活垃圾交环卫部门处理。本项目可依托医院现有固废收集、处置系统。
放射工作人员		心内科现有 36 名放射工作人员从事本项目，现有放射工作人员已配置个人剂量计，建立个人剂量计档案、职业健康体检档案等，个人剂量检测结果满足要求。因此，本项目依托现有放射工作人员可行。
辐射安全管理		医院已成立辐射防护管理机构，并制定了相应的辐射安全管理制度，且医院已有在用的 DSA，具有一定辐射安全管理及辐射设备使用经验，因此能依托现有的辐射环境管理机构和管理制度、设备的相关制度。本项目运营前，医院还应对现有辐射环境管理制度进行完善、修订。

根据上表可知，项目依托医院主体工程、辅助工程、给排水及供配工程、医疗废物及生活垃圾收运系统和辐射环境管理体系及人员等是可行的。

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、教学等各种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 台	待定	125	1000	介入手术	5 号楼 3 层介入手术室	拟购单管头设备
	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
本项目无放射性废弃物产生。								

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

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日修订施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日修正施行；</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日修订施行；</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日修订施行；</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，2019年3月2日修订施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，中华人民共和国生态环境部令第20号，2021年1月4日第四次修正施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日施行；</p> <p>(9) 《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），2021年1月1日施行；</p> <p>(10) 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>(11) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第380号；</p> <p>(12) 《国家危险废物名录》（2025年版），生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号，自2025年1月1日起施行；</p> <p>(13) 《重庆市环境保护条例》，2025年7月31日修改；</p> <p>(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；</p> <p>(15) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日起施行。</p>
------	--

续表 6 评价依据

技术标准	<ul style="list-style-type: none">(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；(4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；(6) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)；(7) 《环境辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；(8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；(9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)；(10) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；(11) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)；(12) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)。
其他	<ul style="list-style-type: none">(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 1；(2) 项目备案证，支撑性材料附件 2；(3) 辐射安全许可证，支撑性材料附件 3；(4) 医院提供的本项目放射工作人员名单，支撑性材料附件 4；(5) 监测报告，支撑性材料附件 5；(6) ICRP33 号报告《Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine》；(7) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》；(8) 《辐射防护手册》（第三分册）；(9) 《辐射防护导论》；(10) 《医用外照射源的辐射防护》；(11) 《电离辐射剂量学》；(12) 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

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，确定以本项目介入手术室边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 环境保护目标

本项目位于 5 号楼 B 栋 3 层北侧，5 号楼 B 栋地下 2 层，地上 19 层。5 号楼 B 栋 3 层为封闭管理的专用手术区。本项目介入手术室西侧与 DSA 室（6）设备间相邻；南侧过道，北侧为临空，东侧为值班室。楼下 2 层为多功能胃肠机机房，楼上 4 层为健康管理中心诊室。

根据附图 2 本项目评价范围图，本项目周围环境敏感目标统计情况见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 项目周围环境敏感目标表

序号	环境保护目标名称	方位	与手术室的水平距离(m)	高差	敏感目标特性	影响人群类型	影响因素
1	控制室	东	0~3	同层	本项目放射工作人员, 约 2 人	放射工作人员	电离辐射
2	值班室	东	0~5	同层	手术区值班室, 约 1 人	公众成员	
3	楼梯间、教学实验室		约 5~50	同层	教学用实验室, 约 20 人	公众成员	
4	培训室、学习室等	东南	约 5~50	同层	教学用培训、学习室, 约 30 人	公众成员	
5	本项目设备间、DSA 机房 6 设备间	西	0~5	同层	检修时偶尔居留, 约 1 人	公众成员	
6	DSA 机房 5、6 及其控制室、设备间、卫生间		约 5~43	同层	手术室辅助用房, 约 20 人	公众成员	
7	过道	南	0~2.5	同层	手术区过道, 约 2 人	公众成员	
8	消防电梯、楼梯、过道		约 2.5~14	同层	手术区过道及消防电梯, 约 5 人	公众成员	
9	DSA 机房 2、控制室、医疗通道等		约 14~29	同层	手术区其他 DSA 机房, 约 5 人	公众成员	
10	过道、电梯厅、DSA 机房 3、污物间、医生办公室、ERCP 手术室等	西南	0~50	同层	手术室辅助用房, 约 20 人	公众成员	
11	2F 放射科多功能胃肠室及控制室等	楼下	/	-5	放射科检查室等, 约 40 人	公众成员	
12	1F、-1F、-2F 放射科、体检中心大厅、住院大厅、病案统计、核医学科 PET 中心 1、2 车库等		/	-10~-20	5 号楼其他诊疗用房, 约 60 人	公众成员	
13	4F 健康管理中心肺通气室、诊室等	楼上	/	+5	健康管理中心检查室、诊室等, 约 30 人	公众成员	
14	5-19F 健康管理中心、重症医学科、血液实验室、血液内科病房、内分泌科病房、心血管内科病房等		/	+10~+50	内科病房、检查室, 约 200 人	公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

15	院内道路	北	0~10	-10m	院内道路、绿化，流动人员，约 5 人	公众成员
16	学术报告厅		10~50	-10m	学术报告厅，约 200 人	
17	9 号楼	西北	47~50	-10m	医院业务用房，部分投入使用，约 500 人	
18	院内道路	西	43~50	-10m	院内道路、绿化，流动人员，约 5 人	
19	院内道路	南	29~50	-10m	院内道路、绿化，流动人员，约 10 人	

备注：“-”表示敏感目标低于本项目地面，“+”表示敏感目标高于本项目地面

评价标准引用

(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 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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；

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：

a) 年有效剂量，1mSv。

(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

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

续表 7 保护目标与评价标准

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。

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	机房内最小单边长度 ^e
单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT） ^b	20m ²	3.5m

a 双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。

b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不小于表 3（本报告表 7-3）要求。

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（mmPb）	非有用线束方向铅当量（mmPb）
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即本报告表 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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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。

续表 7 保护目标与评价标准

- 6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。
- 6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。
- 6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。
- 6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。
- 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。
- 6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（即本报告表 7-4）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检 查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设 施
介入放 射性操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

注 1：“—”表示不作要求。

注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。

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

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

续表 7 保护目标与评价标准

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）评价标准及相关参数值

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

根据建设单位提供的资料（见支撑性材料附件1），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；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，满足GB18871-2002要求。

综上所述，确定本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	年剂量限值	年有效剂量管理目标	
放射工作人员	20mSv/a	5.0mSv/a	GB18871-2002 及医院管理要求
公众成员	1mSv/a	0.1mSv/a	
环境剂量控制			执行依据
介入手术室使用 DSA 时	透视条件下, 距离机房墙体、门、窗表面 30cm, 机房顶棚上方距楼上地面 100cm, 机房地板下方距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。在摄影条件下检测时, 距离介入手术室四周墙体、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)距地面 170cm 处的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$, 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。		《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)
机房面积控制			执行依据
设备名称及工作场所	机房内最小有效使用面积 (m^2)	机房内最小单边长度 (m)	
介入手术室	20	3.5	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)
注: 本项目拟配置 DSA 为单管头, 按照单管头 X 射线设备(含 C 形臂, 乳腺 CBCT)确定机房最小有效使用面积和单边长度。			
通风要求			执行依据
介入手术室	机房应设置动力通风装置, 并保持良好的通风		《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目地理位置位于重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号袁家岗院区，地理位置图见附图 1，本项目场所位于袁家岗院区 5 号楼 3 层，拟建辐射工作场所位置见附图 2、3 所示。

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，医院委托重庆新绿环境监测有限公司于 2025 年 11 月 27 日对拟建 5 号楼 DSA 建设项目所在地的环境 γ 辐射剂量率进行了监测，监测报告编号为：渝新绿环（监）[2025]081 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 辐射剂量率测定技术规范》(HJ1157-2021)

(2) 监测点位布置

监测点位合理性分析：根据监测布点情况，监测点位包含本项目介入手术室拟建址、介入手术室周围及院内环境保护目标。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。监测时，西侧邻近的 DSA 机房 6、楼下的数字胃肠机均未出束使用。因此，项目监测布点合理。

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

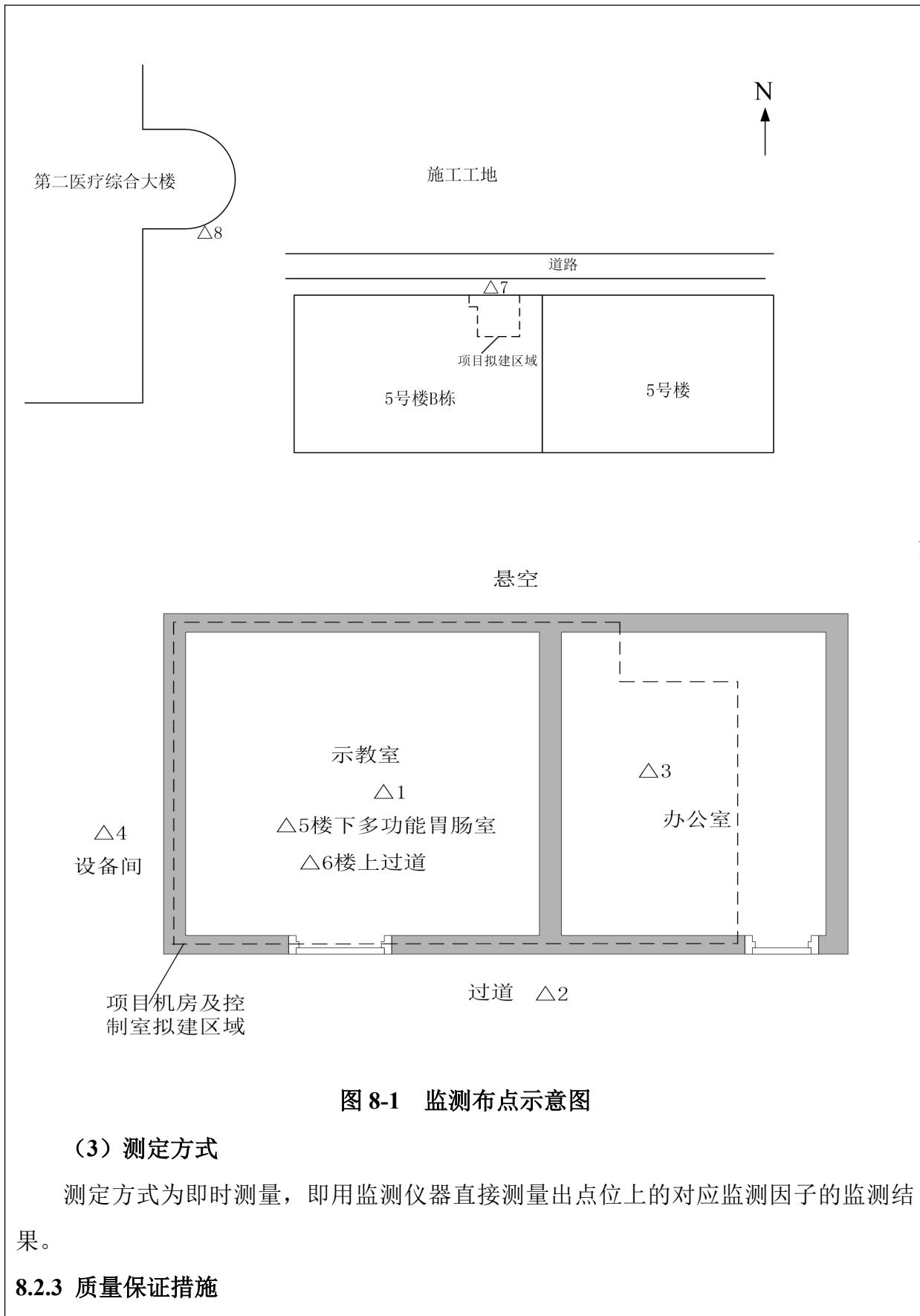


图 8-1 监测布点示意图

(3) 测定方式

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

续表 8 环境质量和辐射现状

(1) 监测仪器

监测由有资质的单位重庆新绿环境监测有限公司进行，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器及检定情况

仪器名称及型号	仪器编号	测量范围	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境级 X、γ辐射巡检仪 RGM5200	1222204005009	10nSv/h~100μSv/h	2025071103868	2026.7.22	1.15

(2) 监测人员及报告审核制度

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

8.2.4 监测结果

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 项目所在区域辐射环境监测结果统计

监测点位	监测点位描述	环境γ辐射剂量率 (μGy/h)	环境γ辐射剂量率 (nGy/h)
△1	拟建 DSA 机房内（现为示教室）	0.117	117
△2	过道	0.122	122
△3	拟建 DSA 控制室处（现为示教室）	0.116	116
△4	设备间内	0.121	121
△5	拟建 DSA 机房楼下多功能胃肠室内	0.113	113
△6	拟建 DSA 机房楼上过道	0.112	112
△7	项目拟建地旁室外道路边	0.130	130
△8	第二医疗综合大楼旁（9 号楼）	0.125	125

由监测统计结果可知，项目拟建址的环境γ辐射剂量率监测值在 112nGy/h~130nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值）。根据《2024 年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》，2024 年重庆市环境γ辐射剂量率各点位测量均值范围为 79.2~108nGy/h、全市各点位年均值为 96.1nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境现状调查表明，拟建址及周围的环境γ辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内。

续表 8 环境质量和辐射现状

8.3 项目所在 5 号楼其他核技术利用项目辐射环境现状

5 号楼现有 DSA、数字胃肠机等 II、III 类射线装置，位于 5 号楼 2、3、4 层，本项目介入手术室与其最近的 DSA 室（6）约 5m。5 号楼 X 射线装置辐射工作场所辐射环境现状监测结果见表 8-4。

表 8-4 5 号楼 X 射线装置辐射工作场所辐射环境现状监测结果统计

序号	设备名称	机房名称	监测报告号	与本项目位置关系		周围剂量当量率监测结果最大值（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）
				方位	最近距离	
1	DSA	5 号楼 B 栋 3 层 DSA（6）室	渝泉融放评字 [2025]312-31 号	西	约 4m	<0.008
2	DSA	5 号楼 B 栋 3 层 DSA（5）室	渝泉融放评字 [2025]312-30 号	西	约 22m	<0.008
3	DSA	5 号楼 3 层 DSA（3）室	渝泉融放评字 [2025]312-28 号	西南	约 17m	<0.008
4	DSA	5 号楼 3 层 DSA（2）室	渝泉融放评字 [2025]312-27 号	南	约 14m	<0.008
5	数字化 X 射线摄影透视系统	5 号楼 3 层 ERCP 手术室	渝泉融放评字 [2025]312-26 号	西南	约 35m	<0.008
6	数字化多功能 X 线透视摄影系统	5 号楼 2 层多功能胃肠室	渝泉融放评字 [2025]312-23 号	楼下	正对	<0.110（机房防护门外）
7	X 射线计算机体层摄影设备	5 号楼 B 栋 2 层 CT5 室	渝泉融放评字 [2025]312-18 号	楼下	非正对，约 20m	<0.778（控制室防护门外）
8	X 射线骨密度检测仪	5 号楼 4 层 409 骨密度仪室	渝泉融放评字 [2025]312-21 号	楼上	非正对，约 5m	<0.008
9	数字化医用 X 射线摄影系统	5 号楼 4 层 418 照片室	渝泉融放评字 [2025]312-8 号	楼上	非正对，约 16m	<0.008

备注：①检测使用仪器 AT1123 在该场所内的最低检出限为 $0.008\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

②5 号楼 1 层无辐射工作场所，5 号楼 B 栋负一层、负二层为核医学科 PET 中心 1、2，5 号楼 B 栋 5 层为健康管理中心，因与本项目相隔多层楼板，且距离本项目机房实际斜线最近距离约 50m，其辐射工作周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，不再统计其辐射工作场所监测结果。

根据表 8-4，医院提供的最近一年 5 号楼各工作场所辐射防护监测报告可知，5 号楼距离本项目较近的各射线装置工作场所周围剂量率最大为 $0.778\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备及施工期污染工序及污染物产生情况

项目施工期主要为利用以钢方管框架龙骨支撑增加固定硫酸钡板作为西侧、东侧、北侧防护墙，南侧以原始墙体为基础增加硫酸钡板，混凝土顶棚贴 2mmPb 的铅板，地板增加抹 30mm 硫酸钡水泥（密度不低于 3.2g/cm³）。硫酸钡板安装时，墙面龙骨架的两侧使用自攻丝固定防护钡板，并使用铅条做好连接处的防护处理。拟建项目在医院内部建设，不新增用地。硫酸钡防护板、铅板安装时，应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，避免各屏蔽体之间有屏蔽漏洞。

本项目工程量小，施工期主要污染物分析如下：

(1) 废气

施工期的大气污染源主要为施工扬尘。

少量出渣装卸、建筑材料（钢材等）的现场搬运及堆放等施工活动产生扬尘。

(2) 废水

施工期废水主要为工人生活污水和施工废水。

(3) 噪声

施工过程中的噪声主要是各种施工机械、设备产生的噪声。

(4) 固体废弃物

主要为装修过程产生的建筑垃圾和包装废物，以及施工人员产生的生活垃圾，产生很少。

9.2 运行期污染工序及污染物产生情况

9.2.1 设备组成和工作方式

(1) 设备组成

本项目拟配置 1 台单管头 DSA 开展介入手术。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。单管头 DSA 典型照片见图 9-1。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-1 DSA 实物照片（示例）

（2）工作方式

本项目拟在介入手术室内安装 1 台 DSA，用于开展心内科各类介入手术。在医学影像系统监视引导下，经皮针穿刺或引入开展介入手术。DSA 机架沿 C 臂旋转，X 射线管可在水平和垂直两个方向上转动。DSA 设备操作分为透视和采集的方式，一般介入手术过程中，设备操作人员位于控制室内隔室操作，介入手术医护人员在透视过程中，须穿戴防护用品在手术床旁利用 DSA 进行透视引导，采集过程中，一般位于控制室内。

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 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。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。典型 X 射线管结构详见图 9-2。

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。

续表 9 项目工程分析与源项

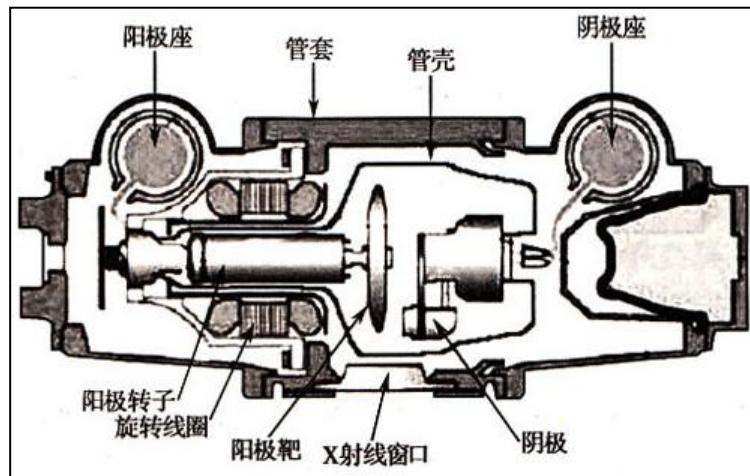


图 9-2 典型 X 射线管结构图

(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，经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。

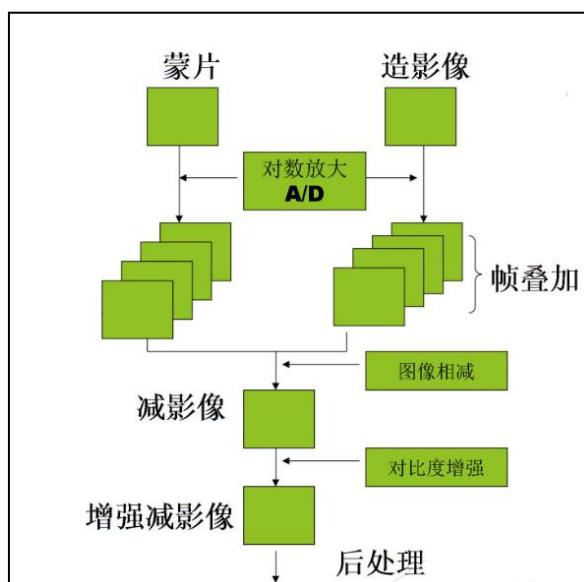


图 9-3 介入工作原理示意图

续表 9 项目工程分析与源项

9.2.3 设备参数

本项目设备尚未招标，按照常规同类设备给出本项目各医用 X 射线装置主要技术指标见表 9-1。

表 9-1 设备主要技术参数

设备名称	数字减影血管造影 X 射线装置/DSA
数量	1 台，单管头
型号	待定
过滤片	3mmAl
焦皮距	38cm
主要技术参数	最大管电压：125kV，最大管电流：1000mA

9.2.4 操作流程及产污环节

DSA 主要操作流程为：在 DSA 引导下进行一系列的介入检查与诊疗手术。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，电影模式下是医生在 DSA 机房（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 技师在控制室内对病人进行曝光），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 DSA 机房（介入手术室）内，但在铅屏后。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。病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，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。介入手术室 DSA 操作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

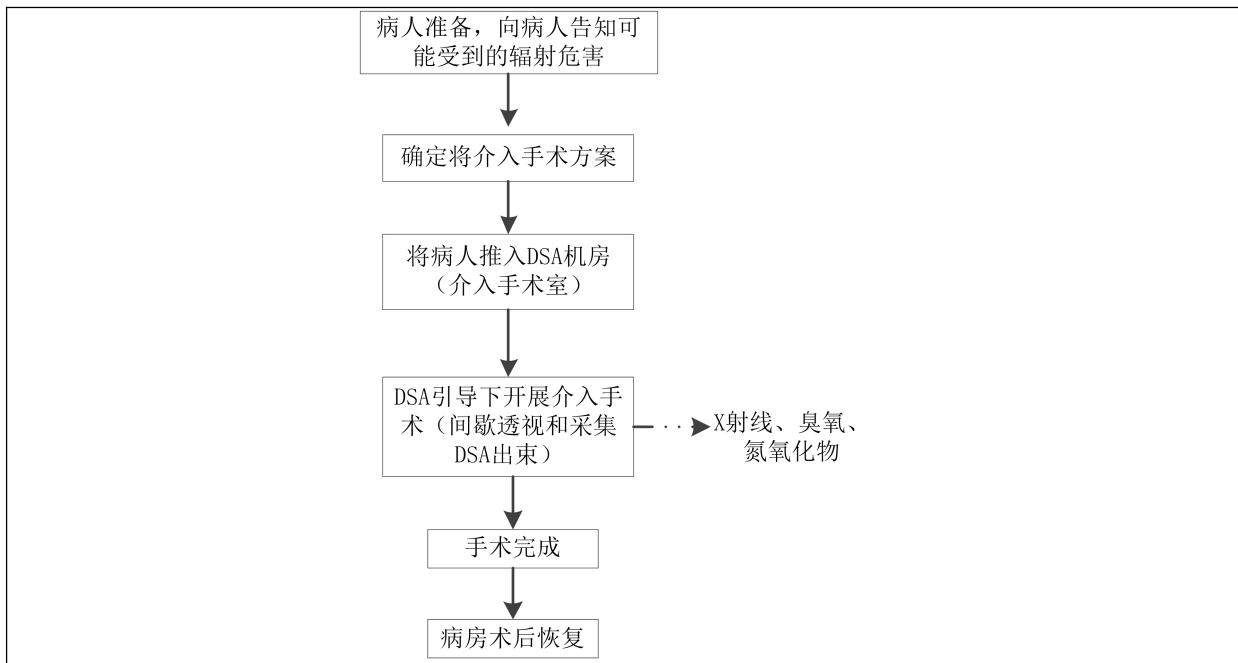


图 9-4 DSA 操作流程及产污环节图

9.2.5 工作负荷

根据医院提供资料，拟建项目使用 1 台 DSA 年有效开机时间见表 9-2。

表 9-2 拟建项目 DSA 年有效开机时间

透视					
手术类别	年开展工作量	每台手术透视曝光时间		年透视曝光时间	
心内科介入手术	1200 台	约 20min		约 400h	
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
心内科介入手术	1200 台	3~4s	6~10 次	约 0.7min	约 13.3h

9.3 路径规划

手术医护、技师通道：手术医生和手术护士由该层手术区东南角更衣室换好鞋、衣物，穿戴好个人防护用品并消毒后进入控制室、介入手术室，手术结束后从控制室原路离开。

患者通道：患者由手术室防护大门推床进入介入手术室接受手术，手术结束后原路离开。

污物通道：手术结束后污物经手术室防护大门至该层污物间，在污物间经打包后利

续表 9 项目工程分析与源项

用该层污梯运至医院医疗废物暂存间。

本项目介入手术室人流物流路径规划见图 9-5。

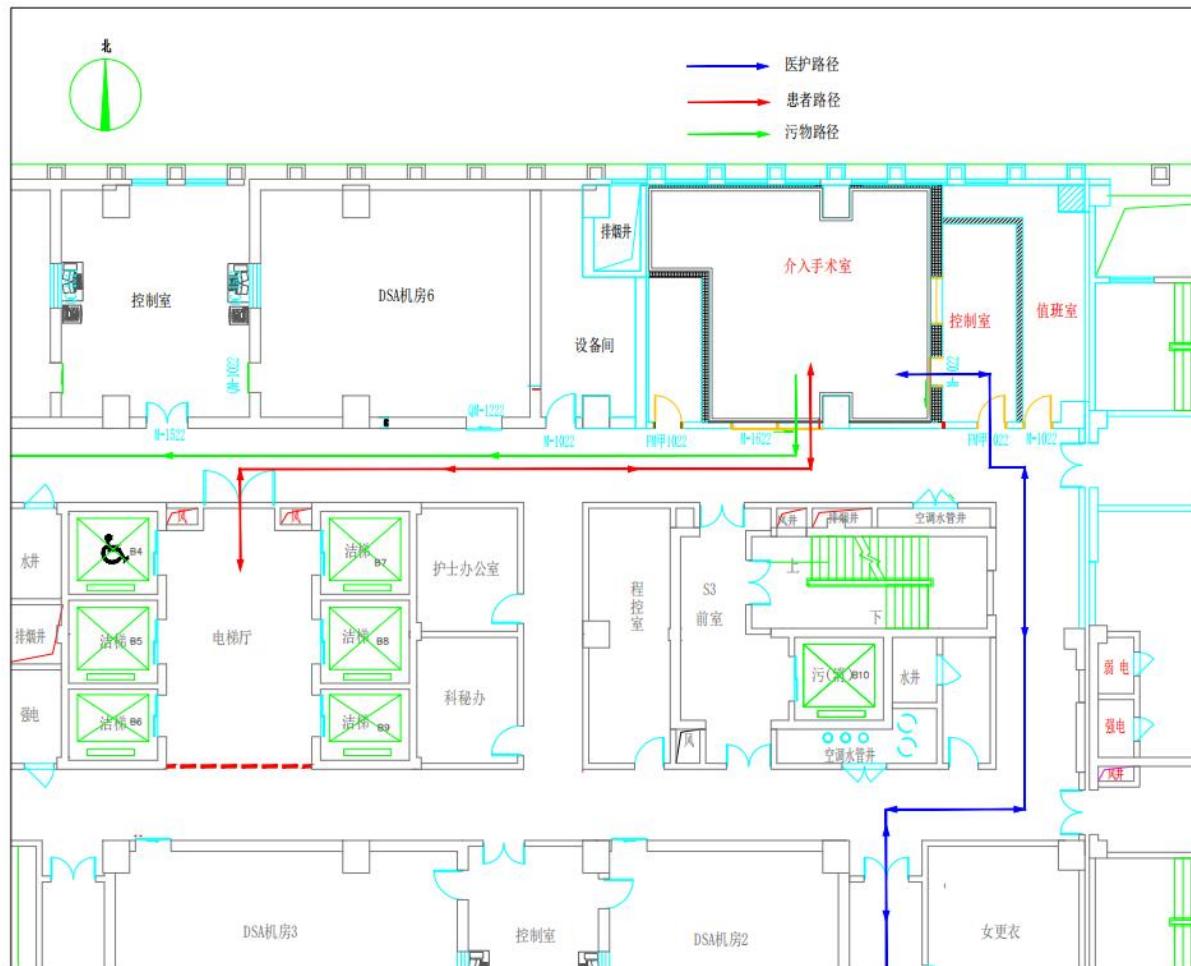


图 9-5 本项目介入手术室人流物流图

9.4 污染源项描述

9.4.1 电离辐射

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

(1) 有用线束

有用线束是指直接由 X 射线球管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射人体，形成诊断影像的射线。其射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数，加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

续表 9 项目工程分析与源项

由于本项目 X 射线能量较低，射线末端能量低于光核反应的阈能。

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

根据《医用外照射源的辐射防护》（第 55 页图 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。

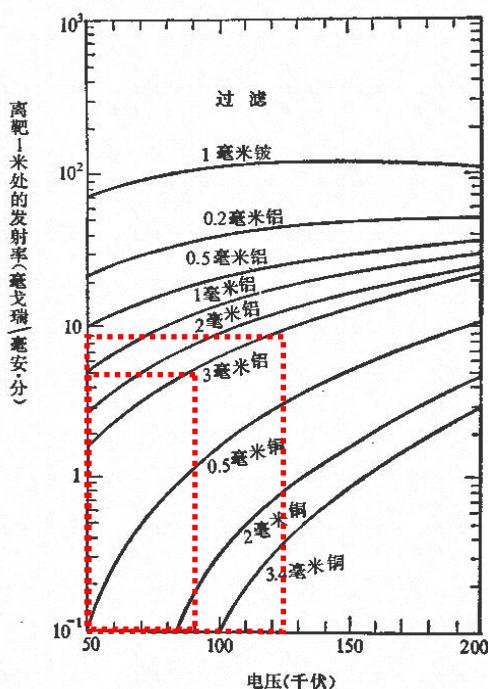


图 9-6 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

常用 DSA 过滤板为 3mmAl，查图可知，最大管电压和常用最大管电压距靶 1m 处有用线束的发射率见表 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-3 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 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率为 0.876mGy/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。根据 NCRP 报告第 147 号出版物，对于标称 X 射线管电压为 50kV~150kV 的 X 射线机，随着散射角由 0°~160° 变化，散射系数在 3.75×10^{-7} ~ 7.5×10^{-7} 之间变化，通常在 90° 散射角附近达到峰值。

9.4.2 “三废”排放情况

(1) 废气

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，并影响手术室的空气质量。本项目设置机械排风系统，DSA 运行产生的废气经机械排风系统废气经管道收集后引至所在楼层西侧外墙排放，离地面高约 15m，排放口朝向院内道路。

(2) 固废

①生活垃圾

项目产生的一般固废主要为医务人员产生的生活垃圾，集中放置于医院生活垃圾点，依托医院收运系统交环卫部门处理。

②危险废物

项目手术产生的一次性医疗用品、器械等医疗废物主要为感染性（废物代码：841-001-01）和损伤性废物（废物代码：841-002-01），属于《国家危险废物名录（2025 版）》中 HW01 医疗废物。当日手术结束后手术产生医疗废物收集在该层污物间，手术

续表 9 项目工程分析与源项

医疗经打包后利用该层污梯运至医院医疗废物暂存间。

DSA 报废时按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

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

(3) 废水

本项目产生的少量医疗废水进入医院污水处理站统一处理，处理达标后排入市政管网，最终进入鸡冠石污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准后排入长江。

9.5 原有工艺不足及改进情况

本项目的实施是为解决心内科手术室轮转不足的问题，改造用房原为心内科示教室及办公室，已划在三层手术区封闭管理，本项目介入手术室建成后，可依托手术区现有更衣室、通道等，根据现状监测，该手术区现有 DSA 手术室、ERCP 手术室外周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，无工艺不足。

9.6 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 9-4。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-4 污染因子一览表

工作场所	影响因素	主要污染因子	产排量
本项目 介入手 术室	电离辐射	X 射线	125kV 下距靶 1m 处的有用线束发射率不大于 9.8mGy•m ² /mA•min, 90kV 下距靶 1m 处的有用线束发射率不大于 5.3mGy•m ² /mA•min; 漏射线距焦点 1m 处平均空气比释动能率为 0.876mGy/h。
	非放射性 废气	O ₃ 、NO _x	少量（机械排风）
	非放射性 废水	医疗废水 生活污水	少量（排入医院污水处理站处理达标后接入市政污水管网）
	非放射性 固废	医疗废物 (841-001-01、 841-002-01)	少量（交由有资质单位处置）
		生活垃圾	少量（交环卫部门处置）
		废铅防护用品	少量（由医院收集、妥善暂存，做好记录，最后交由有资质单位处置）
		报废的 DSA	1 台，报废时按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

表 10 辐射安全与防护**10.1 项目布局和分区****10.1.1 布局合理性**

5号楼B栋3层为手术室层,该层北端、南端已布置4间DSA手术室及1间ERCP手术室,中部为电梯厅、楼梯,本次利用东北角示教室、办公室改建为介入手术室、控制室、设备间及值班室,不改变该层其他布局,利用手术层已有医护通道、污物间等。改建后,本项目介入手术室位于该层北端,西侧为设备间,之外为DSA机房6设备间、控制室等;北侧临空,东侧为控制室、值班室及楼梯间;南侧为手术层通道、楼梯、其他DSA机房等。本项目介入手术室对应楼下2层为多功能胃肠机机房等,对应楼上4层为健康管理中心诊室等。

本项目介入手术室利用现有示教室、办公室用房改造而成,因原房间内有结构柱,改造后介入手术室为不规则矩形,介入手术室周围布置有控制室、设备间、值班室、患者通道、其他手术室或辅助用房等,控制室邻介入手术室布置,并设置有观察窗便于观察手术室内情况。该区域封闭管理,患者家属在电梯厅等候,与手术室区域具有物理隔断。此外,手术层人流、物流通道相对独立,手术层内部主要是医护人员、患者活动,无其他公众成员长期停留。远离人流聚集区域,有利于辐射防护。

综上,本项目介入手术室的布局考虑到了周围场所的安全,有利于介入手术诊疗的辐射防护管理与安全控制,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,项目的平面布局合理。

10.1.2 机房建设尺寸

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,机房内最小单边长度为机房内有效使用面积的最小边长。根据附图7本项目介入手术室平面布置图可知,本项目介入手术室的有效使用面积和最小单边长度见表10-1。

表10-1 机房尺寸建设情况表

机房名称	使用设备	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	单管头 DSA	5.80	42.2	≥3.5	≥20	满足

从表10-1可知,本项目介入手术室有效使用面积及最小单边长度均满足《放射

续表 10 辐射安全与防护

诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求。

10.1.3 工作场所分区

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定：控制区是在辐射工作场所划分的区域，在这种区域内需要或可能需要采取专门的防护手段或安全措施，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；监督区是未被确定为控制区，通常不需要采取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的区域。

根据上述要求，医院拟对项目辐射工作场所进行分区管理，将各工作场所划设为控制区和监督区，具体划设情况见图 10-1 及表 10-2。

表 10-2 本项目控制区、监督区划设表

控制区范围	监督区范围
本项目介入手术室	控制室、设备间、值班室、通道、介入手术室楼上、楼下对应区域。

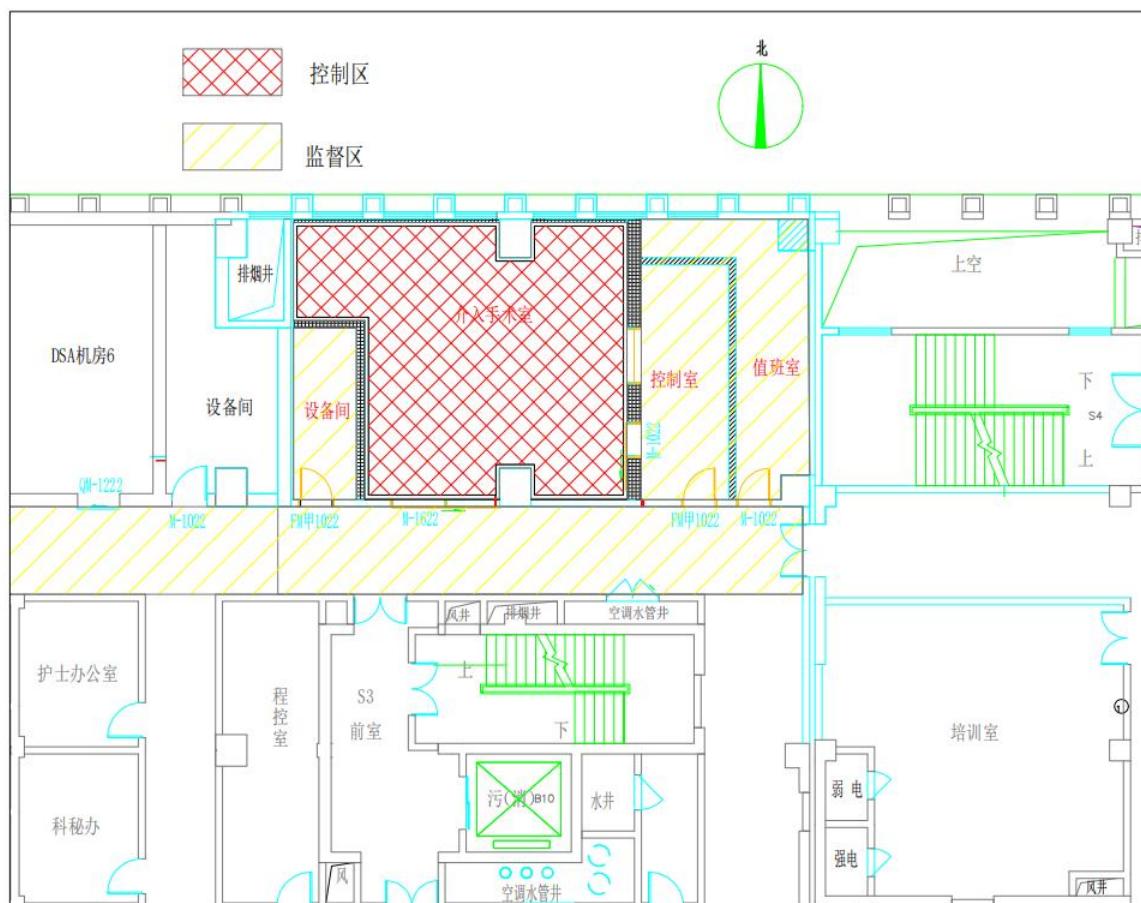


图 10-1 本项目介入手术室分区图

续表 10 辐射安全与防护

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。控制区边界防护门拟设置电离辐射警告标识、门灯联锁装置、控制区标识。在监督区入口处或适当位置设立标明监督区的标识，进行日常的监测和评估。

10.2 辐射安全与防护措施

(1) DSA 固有措施

本项目拟购的 DSA 自身采取多种固有安全防护措施：

①拟购 DSA 配置可调限束装置，使装置发射的线束照射面积尽量减小，以减少非必要照射。透视曝光开关为常断式开关，并配备透视显示装置。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，设备控制台和介入手术室内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或平板探测器的窗口处设置合适铝过滤板，以此消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应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 (lastimagehold, 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：拟配备铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏。

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

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

(2) 屏蔽防护措施

①根据医院提供资料，介入手术室东墙、西墙拟采用轻钢龙骨架+3mmPb 防辐射钢板，南墙拟贴 3mmPb 防辐射钢板，北墙拟采用轻钢龙骨架+2mmPb 防辐射钢板，顶棚

续表 10 辐射安全与防护

原始为 100mm 钢筋混凝土，在混凝土楼板下方贴 2mmPb 铅板，地板原始为 100mm/200mm 钢筋混凝土，在混凝土楼板上方增加 30mm 厚硫酸钡水泥，防护门均为 3mmPb、观察窗为 3mmPb。根据后文核算，本项目介入手术室等效铅当量和手术室外周围剂量当量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。施工单位在施工过程中应保证施工质量，顶棚铅板贴在原始混凝土楼板上。铅板安装在轻钢龙骨上，利用钉子固定，钉子穿孔和铅板拼接处采用 3mmPb 铅皮遮盖，且错缝覆盖 5cm 宽。防辐射钢板应使用合格厂家，并保存检测报告。全部穿墙管道拟采用铅皮、铅板补偿包裹完成后，最后进行墙面装饰。

②穿墙风管防护：本项目介入手术室层高 4.8m，吊顶后介入手术室空高 3.0m。根据设计单位提供的送排风管网图，本项目介入手术室南侧屏蔽墙体有 3 根风管直穿，风管穿墙高度离地约 3.5m，2 根截面尺寸为 320mm×100mm 排风管，1 截面尺寸为 500mm×200mm 送风管。在介入手术室穿墙风管包裹“L”形 3mmPb 铅板，在介入手术室（DSA 机房）一侧包裹“L”形 3mmPb 铅板作为防护补偿，风管包裹长 500mm，墙体一侧包裹 150mm。穿墙风管大样图见图 10-2。

③穿墙电缆沟防护：本项目介入手术室原始地面标高不同，靠近控制室一侧地面标高为 10.5m，靠近设备间一侧地面标高为 10.2m，电缆沟宽 250mm，深 50mm，地板做法为原始混凝土楼板+30mm 厚硫酸钡水泥+15mm 水泥砂浆找平+3mm 自流平+2mm PVC 面层。对于电缆沟穿东侧控制室墙体、西侧设备间墙体在靠近介入手术室一侧墙体贴高 100mm，地沟设置 500mm 长，300mm 宽的“L”形 3mmPb 防护铅盖板屏蔽补偿。电缆沟大样图见图 10-3、10-4。

(4) 防护门、窗

本项目介入手术室拟设置 2 扇防护铅门和 1 扇铅防护观察窗，均为 3mmPb。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。防护门与门洞之间有足够的搭接宽度，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。本项目介入手术室 2 个防护门均为电动推拉门拟设防夹装置。

续表 10 辐射安全与防护

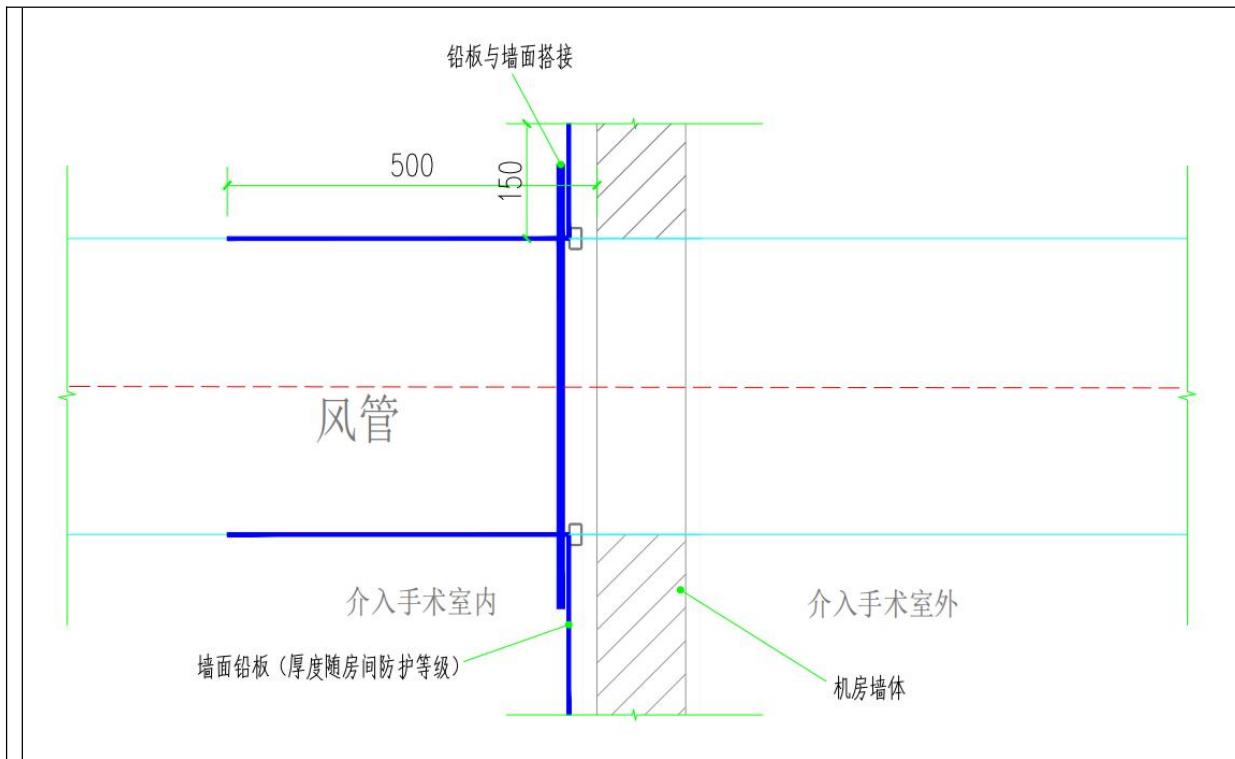


图10-2 穿墙风管补偿大样图

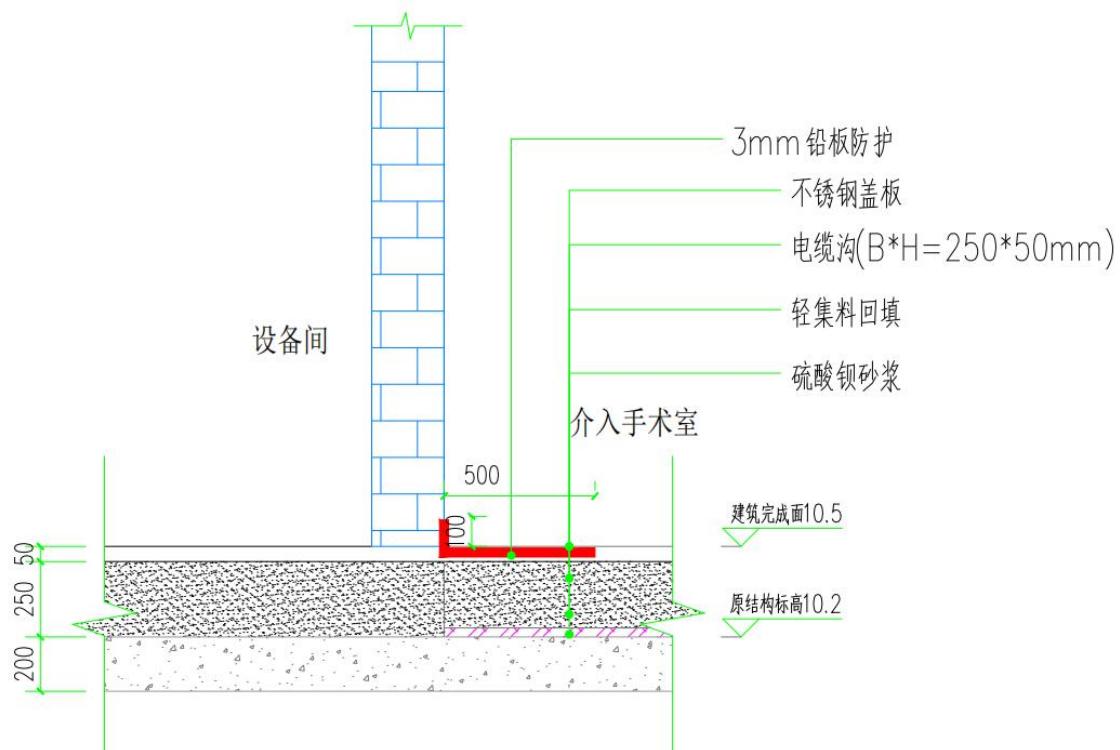


图10-3 电缆沟补偿大样图

(5) 通风

本项目介入手术室拟在吊顶设置 1 个送风口，2 个排风口，可保持机房内有良好的

续表 10 辐射安全与防护

通风。介入手术室南墙的排风管道依托该层已有排风主管引至所在楼层西侧外墙排放，离地面高约 15m，排放口朝向院内道路。

(6) 联锁系统

本项目介入手术室各防护门拟设置门灯联锁系统，灯箱上“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮，警示无关人员远离手术室区域。

(7) 警示标识及放射防护注意事项

拟在介入手术室各防护门外设置电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯等，提醒周围人员尽量远离该区域。拟在介入手术室门口张贴放射防护注意事项。

(8) 对讲、监控系统

介入手术室拟设置对讲系统，便于操作间技师与手术医护人员的交流。介入手术室内设置 2 个全景摄像头，全方位观察手术室内人员流动情况，防止无关人员在手术过程中滞留在 DSA 机房内。

(9) 辐射防护用品

根据建设单位提供的资料，本项目介入手术室拟配备个人防护用品和辅助防护设施，具体见表 10-3。

表 10-3 本项目拟配置的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(套)	名称	铅当量	数量(套)
手术室工作人员	铅橡胶围裙、帽子、颈套	≥0.5mmPb	4 套	床侧防护帘/床侧防护屏	≥0.25mmPb	1 套
	铅防护眼镜	≥0.25mmPb	4 套	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	≥0.25mmPb	1 套
	铅橡胶防护手套	≥0.025mmPb	4 套	移动铅防护屏风	≥2mmPb	1 套
手术室患者	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套	≥0.5mmPb	1 套	/	/	/

备注：如为儿童患者个人防护用品，则铅当量为 0.5mmPb。个人防护用品不使用时，妥善存放，不折叠放置。

(10) 管理

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

续表 10 辐射安全与防护

②合理布置手术室内急救及手术用辅助设备。该手术室为不规则矩形，设置摄像头全方位观察手术室内人员流动情况，防止无关人员在手术过程中滞留在 DSA 机房内。

③医院合理安排医疗废物运出时间，手术过程中严禁进入手术室进行医疗废物转运；待手术室停止工作时，方可进行医疗废物运送。

综上所述，本项目介入手术室主要辐射防护设施布置图见图 10-5。

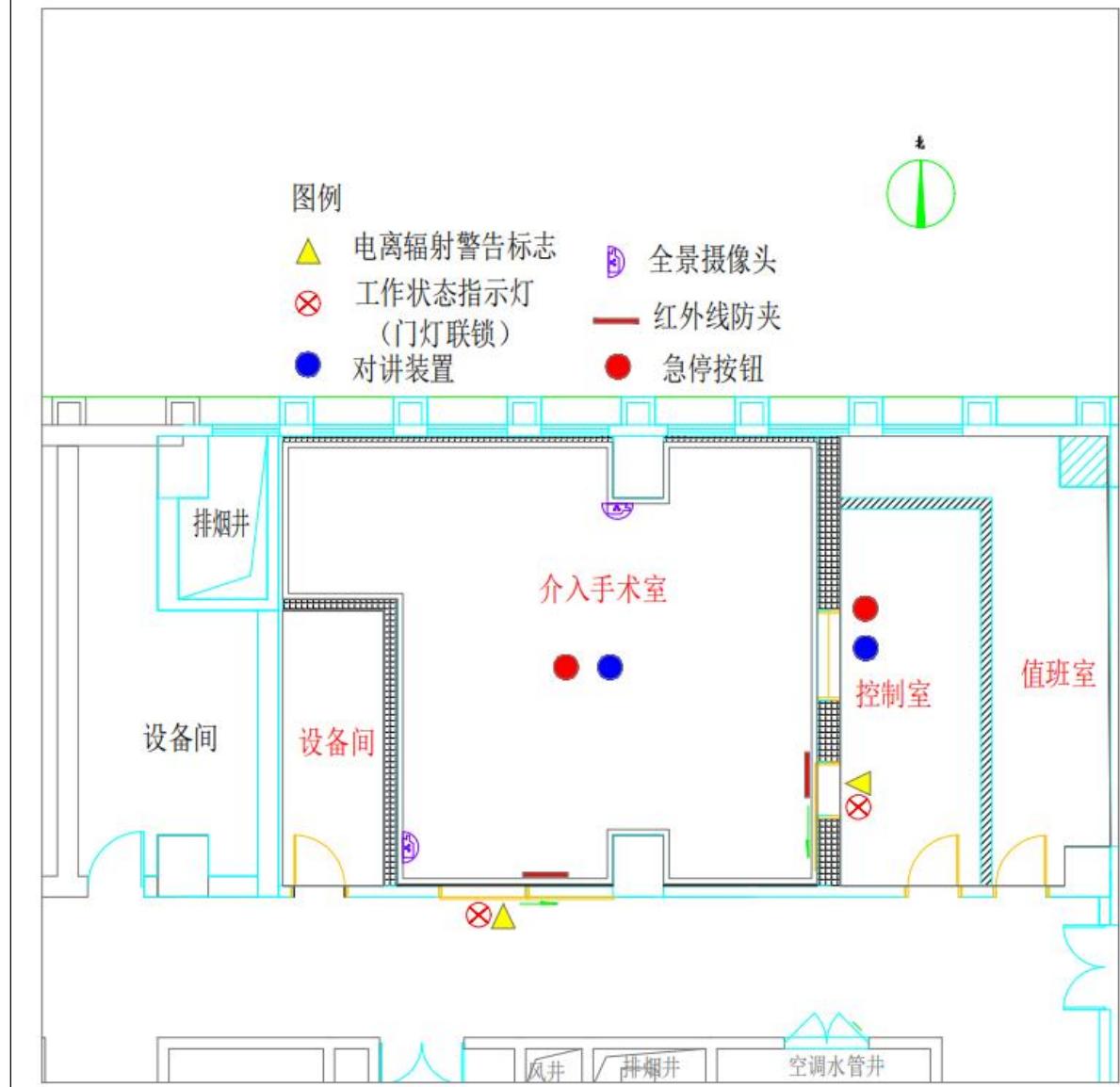


图10-5 本项目介入手术室辐射安全防护设施布置图

本项目 DSA 安全联锁逻辑见图 10-6，只有在急停按钮复位、系统自检正常的情况下，设备才能启动，同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停开关，设备会立即停止运行，工作状态指示灯与防护门联锁。

续表 10 辐射安全与防护

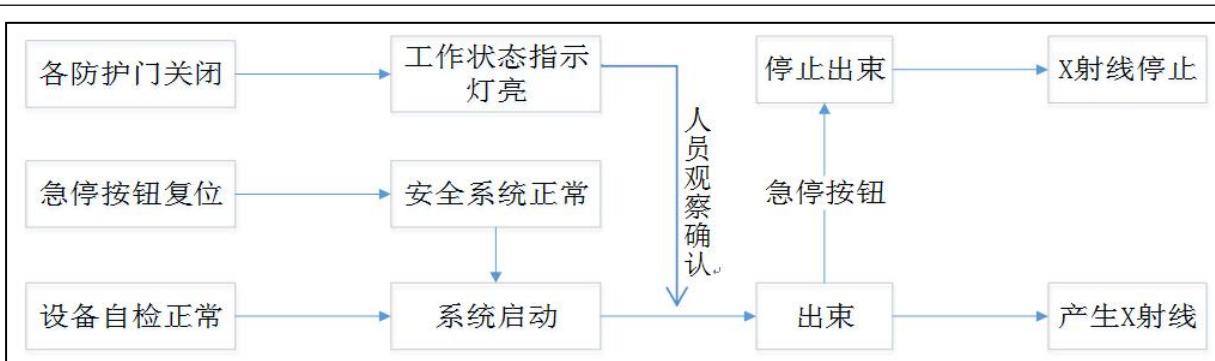


图10-6 辐射安全联锁逻辑图

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 10-5 所示。

续表10 辐射安全与防护

表 10-5 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	
GBZ130-2 020	5.1 一般要求	5.1.1 X 射线设备出线口上应安装限束系统(如限束器、光阑等)。	拟购买满足标准要求的设备。
		5.1.2 X 射线管组件上应有清晰的焦点位。	
		5.1.3 X 射线组件上应标明固有过滤，所有附加滤过片应标明其材料和厚度。	
		5.1.4 随机文件应说明与防护有关的性能：CT 随机文件应提供等剂量图，描述设备周围的杂散辐射值，便于工作人员选择防护方案；介入放射学、近台同室操作（非普通荧光透视）用 X 射线设备随机文件中应提供等剂量图，描述设备周围的杂散辐射的分布以及工作人员典型位置的杂散辐射值，便于工作人员选择防护方案。	
	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。	常规 DSA 的焦皮距为 38cm，满足标准要求。
		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。	拟采购满足上述要求的 DSA。
		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的设备。
		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。	拟采购满足上述要求的 DSA。
		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。	拟购具备在控制台和介入手术室内显示器上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的设备。

	6.1 X 射线设备机房布局	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	本项目各设备主射线均被影像接收器屏蔽，故介入手术室的门、窗、管线口和工作人员操作位均避免了有用线束直接照射。观察窗紧邻医护人员进出防护门布置，可避免有用线束直接照射。
	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，介入手术室的屏蔽防护能力能满足表 3 的要求。
	6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平	<p>6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：</p> <p>a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；</p> <p>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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$，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。</p>	根据后文核算本项目 DSA 在透视工况下，介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，在摄影工况下介入手术室屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。
	6.4 X 射线设备工作场所防护	<p>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。</p> <p>6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。</p> <p>6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。</p>	<p>介入手术室设置观察窗，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。</p> <p>介入手术室内除必要的配套设施外，将不堆放其他杂物。</p> <p>介入手术室拟设置机械送排风，能保证良好的通风。</p>

	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。	介入手术室各防护门外均拟张贴电离辐射警示标志，拟设置门灯联锁系统，即在开机时，门上方设置的“正在照射”指示灯亮。 拟在介入手术室门口张贴放射防护注意事项。
6.4 X 射线设备工作场所防护	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。	介入手术室各防护门上拟设电离辐射警示标志和工作状态指示灯，并设置门灯联锁，警示无关人员不得打开防护门。拟建立管理制度，手术期间，介入手术室的防护门处于关闭状态，任何人不得擅自打开。
	6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	本项目介入手术室的 2 个防护铅门均为电动推拉式门，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。	本项目为专用手术室，该区域封闭管理，拟制定工作制度，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。	介入手术室各防护门均处于散射辐射相对低的靠近角落位置。
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。	医院根据工作内容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 10-4。
	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。	介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb，移动铅防护屏风铅当量不小于 2mmPb，铅眼镜、铅悬挂防护屏/铅防护吊帘不小于 0.25mmPb，其余防护用品和辅助防护设施铅当量均不小于 0.5mmPb。
	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。	本项目拟为儿童患者配备的防护用品铅当量不小于 0.5mmPb，满足儿童防护用品的要求。
	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。	项目拟采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。
7.1 一般要求	7.1.1 放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。	医院拟配置的放射工作人员具有一定的操作经验，已接受放射防护和有关法律知识培训，满足放射工作人员岗位要求。

	7.1.2 根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。	本项目工作人员在手术过程中将根据患者及手术情况，使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。
	7.1.3 合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。	本项目工作人员在手术过程中拟合理选择参数使受检者所受到的照射剂量最低。
	7.1.4 如设备具有儿童检查模式可选项时，对儿童实施检查时应使用该模式；如无儿童检查模式，应适当调整照射参数（如管电压、管电流、照射时间等），并严格限制照射野。	有儿童检查时，将调整适当的参数并严格限值照射野。
	7.1.5 X 射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。	介入手术室内射线装置曝光时，将关闭手术室防护门。
	7.1.6 放射工作人员应按 GBZ128 的要求接受个人剂量监测。	本项目放射工作人员在工作过程中佩戴个人剂量计，且每三个月送检一次。
	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。	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。	本项目不使用胶片，均为数字成像。
	7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。	工作人员在有屏蔽防护设施的手术室内进行曝光操作，并通过观察窗等密切观察受检者状态。
7.8 介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）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。	拟购设备具有可准确记录受检者剂量的功能，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，其个人剂量计佩戴要求应符合 GBZ128 的规定。	医院拟为技师配置 1 枚个人剂量计，其余手术室内的放射工作人员在铅防护衣内外各配置 1 枚，满足要求。

		7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影像增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。	拟制定操作规程及人员岗位职责，将 DSA 球管旋转至病人身体下方，手术人员在操作过程中合理站位，避开有用线束。
GBZ128-2 019	5.3 剂量计的佩戴	<p>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。</p> <p>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）。</p>	医院为每名介入医生和护士在铅围裙内左胸前和铅围裙外锁骨对应的领口位置各配置 1 枚个人剂量计，为每名技师左胸前配备 1 枚个人剂量计，满足要求。

根据表 10-5 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。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响

本项目是在现有房间增加隔墙建成，按照屏蔽防护要求进行机房建设、装饰及设备安装，工程量很小。

施工期扬尘采取洒水等措施，可以减少扬尘的扩散；施工噪声采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施可以减少施工噪声影响；施工人员产生的生活污水较少，无机械废水，依托医院现有的废水处理系统处理；施工期产生的建筑垃圾运至市政指定的弃渣场，施工人员产生的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 介入手术室屏蔽效能核算

(1) 根据 DSA 的工作原理及工作方式可知，其工作场所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”2.2.2 节（P11）、2.2.6 节（P14）及 5.1 节（P72）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。根据 NCRP147 号报告可知，医用 X 射线装置漏射线剂量率很小。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 125kV 对应的 90° 非有用线束折算介入手术室屏蔽体铅当量。因《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.3 未给出硫酸钡水泥拟合参数，故本报告根据《辐射防护手册》（第三分册）中表 3.3 中 150kV 条件下 2mmPb 相当于 33mm 硫酸钡水泥（密度 3.2g/cm³）、100kV 条件下 2mmPb 相当于 17mm 硫酸钡水泥，本次采用 150kV、100kV 的相关数据进行内插法计算，则 125kV 条件下 30mm 硫酸钡水泥对应的铅当量为 2.4mmPb。

(2) 《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。从而可根据《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）计算出各屏蔽材料的折算铅当量。在折算屏蔽体铅当量时，对于介入手术室内靠南北墙处的 900mm 厚混凝土结构柱，其铅当量大于 3mmPb，且搭接处采用与该侧墙体防护等级相同的防辐射钢板包裹，介入手术室屏蔽体折算统一按照墙体新增防辐射钢板铅当量计算。

续表 11 环境影响分析

(3) 本项目在屏蔽体外周围剂量当量率计算时，采用常用工况下设备相关参数，选用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中常用管电压拟合参数进行估算，并保守采用最大管电压下折算铅当量进行计算，根据《电离辐射剂量学》Sv 与 Gy 之间的转换系数取 1。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）进行推导公式（本报告式 11-3）。

(4) 根据医院提供资料确定的射线源点，设备参数按照常规设备参数取值，见表 9-1。设备离地高度按 1.0m 考虑。四周墙体（含防护门、观察窗）计算点为屏蔽体外 30cm 处，防护门、窗计算距离直接按门所在墙体最近距离计算；顶棚核算到介入手术室顶上方 1m 处，地板核算到下一层高于地面 1.7m 处。

(5) 估算公式

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。

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

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。

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《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：

续表 11 环境影响分析

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

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）1 m 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；

 F— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米 (m^2)，DSA 运行时的最大照射野面积为 400cm^2 ($20\text{cm} \times 20\text{cm}$)；

α —散射因子，入射辐射被单位面积 (1cm^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；根据 NCRP147 号报告第 137 页附图 C.1，90kV 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 6.8×10^{-6} 。

R_s —辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为米（m），根据表 9-1 设备参数取值；

R_0 —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

11.1.2 介入手术室屏蔽铅当量折算

本项目 DSA 最大管电压均为 125kV，根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130 -2020) 表 C.2 中管电压为 125kV (90°散射) 的相关参数对屏蔽体铅当量进行核算。参数见表 11-1。

表 11-1 铅当量核算参数

屏蔽材料	125kV (散射) 拟合参数		
	α	β	γ
铅	2.233	7.888	0.7295
混凝土	0.0351	0.066	0.7832

根据建设单位提供的屏蔽防护方案，本项目介入手术室屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-2。

续表 11 环境影响分析

表 11-2 介入手术室屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表

使用设备	屏蔽体	屏蔽防护设计方案	折算铅当量	标准要求	评价结果
单管头 DSA (125kV)	四周墙体	南墙: 3mmPb 防辐射钢板	3.0mmPb	2.0mmPb	满足要求
		东墙、西墙: 3mmPb 防辐射钢板	3.0mmPb	2.0mmPb	满足要求
		北墙: 2mmPb 防辐射钢板	2.0mmPb	2.0mmPb	满足要求
	顶棚	100mm 钢筋混凝土+2mmPb 铅板	3.3mmPb	2.0mmPb	满足要求
	地板	靠近设备间一侧: 200mm 钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡水泥	5.2mmPb	2.0mmPb	满足要求
		靠近控制室一侧: 100mm 钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡水泥	3.7mmPb	2.0mmPb	满足要求
	铅玻璃窗、防护铅门	3mmPb	3.0mmPb	2.0mmPb	满足要求

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。

11.1.3 介入手术室外周围剂量当量率

采用常用工况下相关参数见表 11-3, 介入手术室外计算点见图 11-1、11-2, 介入手术室外周围剂量当量率核算结果见表 11-4 至 11-7。

表 11-3 核算参数

设备名称	管电压(kV)	对应管电流 I (mA)	单管头输出量 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
铅拟合参数			α	β	γ		
电压 90kV			3.067	18.83	0.7726		

续表 11 环境影响分析

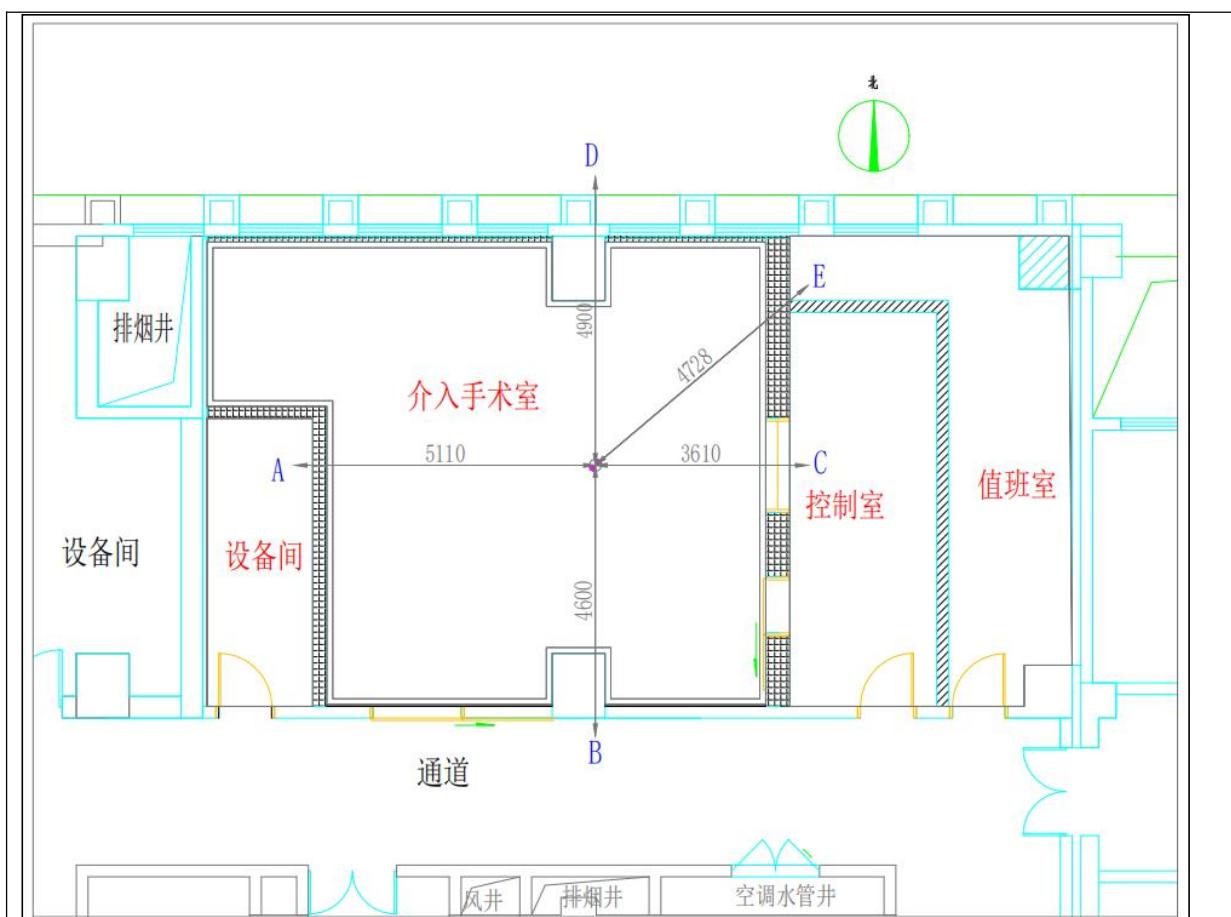


图 11-1 介入手术室外计算点图

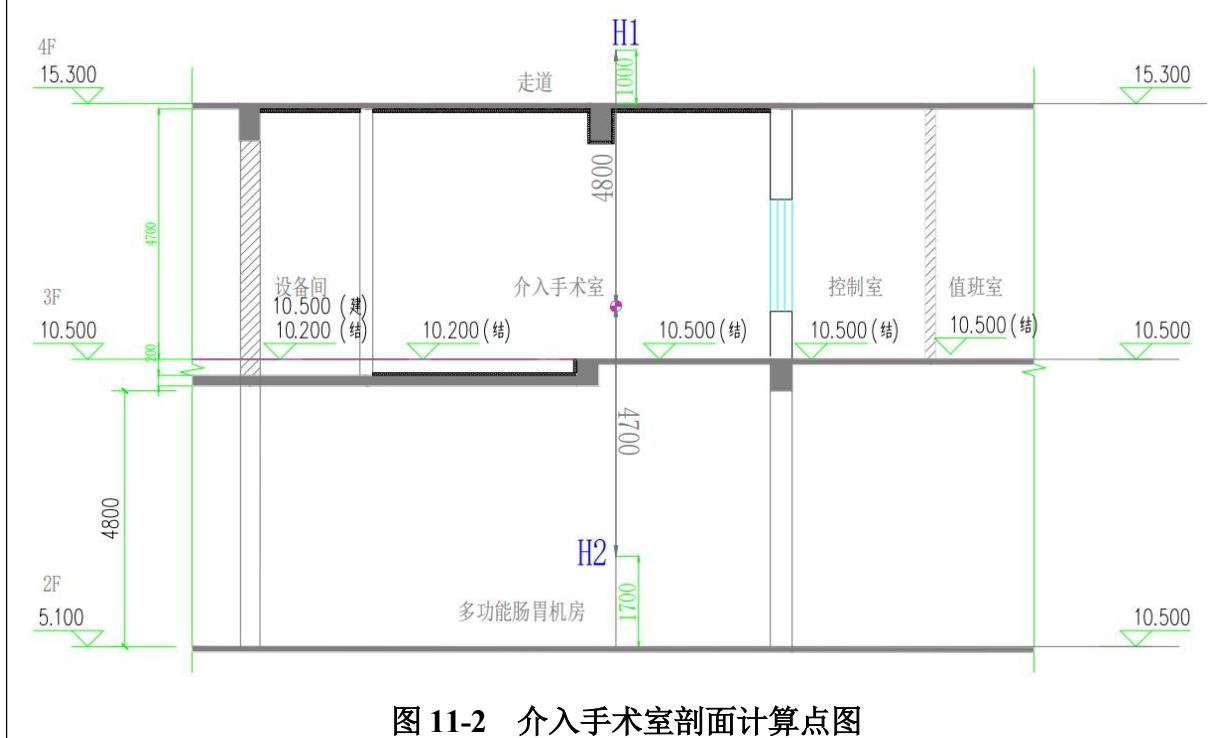


图 11-2 介入手术室剖面计算点图

续表 11 环境影响分析

表 11-4 介入手术室外周围剂量当量率核算结果

设备	墙体名称	距离 (m)	屏蔽情况	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		是否满足 屏蔽要求	
				透视	采集		
单管头 DSA	东 (C)	墙体(控制室)	3.6	3mmPb 防辐射钢板	0.07	1.83	是
		防护门/窗	3.6	3mmPb	0.07	1.83	是
	东 (E)	墙体(值班室)	4.7	3mmPb 防辐射钢板	0.04	1.08	是
	西 (A)	墙体(设备间)	5.1	3mmPb 防辐射钢板	0.04	0.91	是
	南 (B)	墙体 (通道)	4.6	3mmPb 防辐射钢板	0.04	1.12	是
		防护门	4.6	3mmPb	0.04	1.12	是
	北 (D)	墙体 (临空)	4.9	2mmPb 防辐射钢板	0.86	21.45	是
	楼上 (H1)	顶棚	4.8	100mm 钢筋混凝土 +2mmPb 铅板	0.02	0.41	是
	楼下 (H2)	地板	4.7	100mm 钢筋混凝土 +30mm 厚硫酸钡水泥	0.01	0.13	是

备注：距离四舍五入保留一位小数。地板按不利情况取 100mm 钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡水泥

根据表 11-4 计算结果可知，DSA 常用透视条件下，本项目介入手术室屏蔽体外周围剂量当量率最大为北侧墙体外 $0.86\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求；常用采集条件下，介入手术室屏蔽体外周围剂量当量率最大为 $21.45\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“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 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。本项目介入手术室周围剂量当量率最大值在北侧墙体外 30cm 处，其余侧墙体外透视、采集模式周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，北侧临空，人员无法到达，但仍满足屏蔽体外剂量率要求。

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：

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

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， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t ：X 或 γ 射线照射时间， h/a 。

续表 11 环境影响分析

11.3.2 放射工作人员剂量估算

(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

控制室放射工作人员有效剂量估算见表 11-5。

表 11-5 介入手术室控制室放射工作人员有效剂量估算一览表

手术室	控制室周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		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	0.07	1.83	400	13.3	2.80E-02	2.43E-02	5.23E-02

备注：本项目控制室与本层其他 X 射线装置机房距离大于 10m，且屏蔽体外剂量率处于本底水平，不再叠加其他 X 射线装置影响。

根据上表可知，本项目介入手术室控制室内放射工作人员年有效剂量最大为 0.05mSv/a，医院拟为本项目配置多名技师，技师现状年剂量最大值为 0.175mSv/a，叠加现状年剂量，则控制室内技师年剂量为 0.227mSv/a，仍低于本项目放射工作人员年有效剂量管理目标值 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手术室内医护人员

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

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

DSA 运行时，介入手术室内医护人员铅衣内外的周围剂量当量率计算结果见表 11-6 所示。

续表 11 环境影响分析

表 11-6 介入手术室内医护人员铅衣内外的周围剂量年剂量估算表

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 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年出束时间 (h)	年剂量估算 (mSv/a)
90kV	心内科介入手术	采集	3.68E-05	49.05	13.2	0.65
		透视	2.52E-02	10.06	400	4.02
运行管电压	手术类别	透射因子		铅衣外周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年出束时间 (h)	年剂量估算 (mSv/a)
90kV	心内科介入手术	采集	1.72E-04	228.86	13.2	3.02
		透视	/	400	400	160.00

备注：采集时医生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。
根据估算，本项目周其他 X 射线装置运行对本项目介入手术室内医护人员周围剂量当量率已接近本底值，不再叠加计算。

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。

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

式中： E —有效剂量中的外照射分量，单位为 mSv

α —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

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

β —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.1；

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

介入手术室内手术医护人员受到的年有效剂量估算结果见表 11-7 所示。

表 11-7 手术医护人员受到的年有效剂量估算结果

手术类别	α	H_u (mSv)	β	H_o (mSv)	医护人员受到的年有效剂量 E (mSv)	手术医生配置情况	每组手术医护人员受到的年有效剂量 (mSv/a)
心内科介入手术	0.79	4.67	0.05	163.02	11.84	3 组	3.95

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。本项目未运营，按照理论值进行估算。

本项目建成后，医院心内科共使用 4 个介入手术室，根据调查，心内科共计 12 个手术组，按照各手术室平均轮转，则本项目手术室配置 3 组手术人员，计划工作量对应每组手术医护人员受到的年有效剂量约 3.95mSv/a，医师现状年剂量最大值为

续表 11 环境影响分析

0.166mSv/a。因此，叠加现状年剂量，则手术室内医师年剂量约 4.11mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

此外，上述透视工作条件下的估算按照透视防护区测试平面上的周围剂量当量率不大于 $400\mu\text{Sv}/\text{h}$ 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，实际工作中的工作负荷可能不会均分，则手术医生的受照剂量会有一定的变化。因此，介入手术医生实际受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，医院应根据最大手术工作时间对手术医生进行工作调配，以确保辐射安全，在个人剂量计季度受照剂量超过 1.25mSv 时应及时减少工作量并密切关注个人剂量计。

另外，医院还应采取以下措施确保辐射安全工作：

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

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

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

（2）公众成员剂量估算

同一方位的环境保护目标的年剂量估算均以最近的距离、最大的居留因子进行计算，故更远的环境保护目标年剂量将更小。本项目介入手术室外公众成员受到的年剂量估算见表 11-8。

续表 11 环境影响分析

表 11-8 本项目介入手术室环境保护目标预测结果

序号	名称	方位	距离(m)	周围剂量当量率预测结果 $\mu\text{Sv}/\text{h}$		年受照时间(h)		居留因子	年剂量/mSv/a
				DSA 透视	DSA 采集	DSA 透视	DSA 采集		
1	值班室	东	0~5	7.00E-02	1.83	400	13.3	1/5	1.05E-02
2	楼梯间、教学实验室	东	约 5~50	1.23E-02	3.21E-01	400	13.3	1/2	4.59E-03
3	培训室、学习室等	东南	约 5~50	1.23E-02	3.21E-01	400	13.3	1/2	4.59E-03
4	本项目设备间、DSA机房3设备间	西	0~5	4.00E-02	9.10E-01	400	13.3	1/20	1.41E-03
5	DSA机房3、4、控制室、设备间、卫生间		约 5~43	1.02E-02	2.32E-01	400	13.3	1	7.17E-03
6	过道	南	0~2.5	4.00E-02	1.12	400	13.3	1/5	6.18E-03
7	消防电梯、楼梯、过道		约 2.5~14	1.68E-02	4.70E-01	400	13.3	1/5	2.59E-03
8	DSA机房2、控制室、医护通道等		约 14~29	2.45E-03	6.85E-02	400	13.3	1	1.89E-03
9	过道、电梯厅、DSA机房3、污物间、医生办公室、ERCP手术室等	西南	0~50	4.00E-02	1.12	400	13.3	1	3.09E-02
10	2F放射科多功能胃肠室、控制室等	楼下	/	1.00E-02	1.30E-01	400	13.3	1	5.73E-03
11	1F、-1F、-2F放射科、体检中心大厅、住院大厅、病案统计、核医学科PET中心1、2车库等		/	2.35E-03	3.05E-02	400	13.3	1	1.35E-03
12	4F健康管理中心肺通气室、诊室等	楼上	/	2.00E-02	4.10E-01	400	13.3	1	1.35E-03
13	5-19F健康管理中心、重症医学科、血液实验室、血液内科病房、内分泌科病房、心血管内科病房等		/	4.80E-03	9.84E-02	400	13.3	1/2	1.61E-03
14	院内道路	北	0~10	8.60E-01	21.50	400	13.3	1/40	1.57E-02
15	学术报告厅		10~50	9.30E-02	2.32	400	13.3	1/2	3.40E-02
16	9号楼	西北	47~50	7.67E-03	1.91E-01	400	13.3	1	5.61E-03
17	院内道路	西	43~50	7.08E-04	1.61E-02	400	13.3	1/40	1.24E-05
18	院内道路	南	29~50	7.50E-04	2.10E-02	400	13.3	1/40	1.45E-05

本项目介入手术室外有其他X射线装置机房屏蔽防护方案与本项目相当,根据现状

续表 11 环境影响分析

监测结果可知，其他机房内射线装置经多层楼板、墙体屏蔽后与本项目贡献值叠加，基本处于本底水平，因此，叠加后对本项目周围公众成员年剂量影响很小，仍低于医院年剂量管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求。

(3) 剂量估算结论

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

11.4 环境保护目标辐射环境影响分析

本项目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 11-8 可知，本项目介入手术室外 50m 范围内环境保护目标周围剂量当量率远低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，本项目手术室外公众成员受到的年剂量低于 0.1mSv/a 。因此，本项目所致手术室周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微，对环境的影响可以接受。

11.5 “三废”环境影响分析

11.5.1 废气影响

X 射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对介入手术室的影响，关键在于加强室内通风。本项目 DSA 运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，拟在介入手术室设置 2 个排风口，废气经排风管收集引至同层西侧外墙排放，离地面高约 15m ，排放口朝向院内道路。

11.5.2 废水影响

本项目医疗废水接入医院污水处理站，经处理满足《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 中预处理标准后排入市政污水管网，接入鸡冠石污水处理厂深度

续表 11 环境影响分析

处理后排入长江。医院污水处理站处理能力为 3000m³/d。本项目的放射工作人员在医院劳动定员内，污水处理站设计时已经考虑这部分废水，故医院污水处理站能接纳本项目产生的废水。因此，本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

本项目产生的生活垃圾经收集后，统一经医院的收运系统交环卫部门处理。

本项目产生的医疗废物分类收集，当日手术结束后手术产生医疗废物收集在该层污物间，手术医疗经打包后利用该层污梯运至医院医疗废物暂存间，最终交由有资质单位处理。医疗废物暂存间内设置感染性废物和损伤性废物收集桶，相应类别的塑料桶上粘贴中文标签，医疗废物暂存间大门张贴危险废物标识。医疗废物暂存间为封闭空间，日常不使用时锁闭大门，设专人管理，防止非工作人员接触医疗废物；医疗废物暂存间的面积足够暂存医院 2 天内产生的医疗废物。医疗废物暂存间内设置紫外线消毒装置，空调通风换气装置。因此，本项目产生医疗废物及时运送至医疗废物暂存间，此种处理措施依托可行。

本项目拟配置多套含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品按有关规定由医院收集后妥善保存，做好记录，交有资质单位处理。

DSA 报废时按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

综上所述，本项目产生的固体废物均能得到合理处理，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 技术在严格操作规范下安全性较高，术后并发症发生率低的特点。目前利用 DSA 的实时动态血管成像、介入诊疗一体化已成为心血管疾病防治提供长期支持。DSA 在重庆医科大学附属第一医院心内科的实践中正当性充分，它既满足了临床对精准、微创治疗的需求，也助力了医疗质量的整体提升。除了冠状动脉造影和支架植入，还可用于主动脉球囊反搏、血管内超声、起搏器植入等多样化手术，在医疗诊断和手术辅助等

续表 11 环境影响分析

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。

本项目运营以后，介入手术室为病人提供一个优越的诊断治疗环境，具有明显的社会效益，同时将提高医院的档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，医院在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。本项目介入手术室的屏蔽体和辐射安全与防护措施也符合要求。

因此，本项目 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）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

本项目主要使用 DSA 从事介入手术工作。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类中第十三项、第 4 条：“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”，本项目属于鼓励类中的“高性能医学影像设备”的应用，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（即介入手术室），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：

- ①手术室外人员误照射：在 DSA 偏离常用运行工况下造成手术室外人员的误照射。
- ②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，造成手术室内公众成员的误照射。

续表 11 环境影响分析

(2) 后果分析

①介入手术室内人员误照射

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。

在最大运行参数条件下运行，介入手术室外人员最大剂量估算情况见表 11-9。

表 11-9 介入手术室外误照射人员所受辐射剂量估算表

手术室	事故情景	手术室外最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	单台手术最大曝光时间 (min)	有效剂量 (mSv)	有效剂量 (mSv)	吸收剂量 (mGy)
介入手术室	DSA 透视最大运行参数 125kV, 110mA 条件下运行， 人员位于手术室外	1.62E+01	20	5.41E-03	6.27E-03	6.27E-03
	DSA 采集最大运行参数 125kV, 500mA 条件下运行， 人员位于手术室外	7.38E+01	0.7	8.60E-04		

备注：仅考虑散射线， $\text{Sv}/\text{Gy}=1$ 。125kV 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}

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 $6.27 \times 10^{-3}\text{mGy}$ 。

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，按照最不利情况即设备最大运行参数，考虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m 考虑。

因手术床旁、设备和操作间均拟设置急停按钮，发现人员误入或滞留介入手术室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，从最不利情况考虑单台手术的最大采集、透视时间（分别约 0.7min、20min）进行估算。其剂量估算情况见表 11-10。

续表 11 环境影响分析

表 11-10 介入手术室内误照射人员所受辐射剂量估算表

手术室	工作模式	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	吸收剂量 (mGy)	吸收剂量 (Gy)
介入手术室	DSA 透视	2min (发现后使用急停按钮)	1.34E+06	44.79	0.04
		20min	1.34E+06	447.92	0.45
	DSA 采集	10s (发现后使用急停按钮)	6.11E+06	16.97	0.02
		0.7min	6.11E+06	71.26	0.07
	DSA 采集+透视	20.7min (单台手术采集+透视最长时间)	/	519.18	0.52

备注：仅考虑散射线， $\text{Sv/Gy}=1$ 。125kV 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}

根据以上后果分析可知，介入手术室内人员误照射情况下，人员滞留手术室内且未穿戴防护用品时，可能发生超年剂量照射的事故，造成一般辐射事故。

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

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

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

确定性效应定义为已存在阈值剂量并且反应严重程度随剂量增加而加重为特征的

续表 11 环境影响分析

细胞群体的损伤，也被称为“组织反应”。确定性效应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

根据上述后果分析可知，两种事故情景导致人员在手术室内或手术室外单次误照射所受到辐射剂量超过年剂量，为一般辐射事故，单次事故不会导致严重辐射损伤，但会增加随机性效应的概率。全年多次误照射的情况基本不存在。

(4) 风险事故防范措施分析

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

①撤离介入手术室时应清点人数，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。在介入手术室内设备旁设置紧急停机按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

②医院加强管理，手术医生在开展手术时，需要在介入手术室透视曝光时，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，增强放射工作人员个人防护意识，在开展血管造影介入手术时正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，放射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训。防护用品不使用时，采用悬挂或平铺方式妥善存放，防止断裂。加强介入医护人员职业健康体检，发现医护人员不适合参与放射工作应及时停止工作。

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

11.9 环保投资

续表 11 环境影响分析

本项目环保投资估算约 26 万元，占总投资的 3.1%，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	**
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	介入手术室屏蔽体防护（防护铅板、钡板、防护门窗等）计入主体投资，手术室门灯联锁、电动推拉门防夹装置等	**
防护用品	个人防护用品及辅助防护设施，包括铅橡胶围裙、帽子、颈套、眼镜，床侧防护帘/床侧防护屏、铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、移动铅屏风等	**
环保手续	环评、验收、监测、办证等	**
合计	/	**

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。

重庆医科大学附属第一医院已成立放射防护领导小组（以下简称“小组”），小组组成包括组长、副组长、成员，学历均为本科及以上，文件规定了小组的工作职责，全面领导医院放射防护工作的开展，制定放射防护管理制度；组织放射防护措施的实施，督导检查落实情况。对新建、改扩建放射诊疗建设项目提出放射防护建议；定期组织对放射工作场所进行放射防护检测。组织放射工作人员进行个人剂量监测、定期进行放射防护知识培训、定期进行职业健康检查。

医院现有的放射防护领导小组设置符合《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 放射工作人员配置及辐射安全培训

医院为本项目配置的放射工作人员包括医师、技师、护士等，其中有4名放射工作人员为自主考核合格，应取得辐射防护与安全培训合格证书后方可上岗。根据表11预测分析，拟配置放射工作人员数量满足手术工作负荷需要。

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：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，应当定期接受一次再培训。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，五年有效。

续表 12 辐射安全管理

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

因此，医院应及时梳理在岗放射工作人员，核查其培训情况及持证到期情况，督促其做到持在有效期内相应类别辐射安全与防护培训合格证上岗，新招聘的放射工作人员也按照上述要求管理。

12.1.3 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中医院。

医院现有放射工作人员均配置了个人剂量计，按GBZ128相关要求进行一次个人剂量监测（一般为1个月，最长不应超过3个月），并安排了专人负责个人剂量监测管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。此外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互转借，不允许将个人剂量计带出医院。本项目配置的放射工作人员按照医院相关个人剂量计管理制度执行。

12.1.4 职业健康检查

医院现有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，无疑似职业病人员，满足管理要求。必要时可增加临时性检查。放射工作人员脱离辐射工作岗位，离岗前的职业健康检查，并保存放射工作人员的健康档案。医院继续按照现有制度对放射工作人员的职业健康体检进行管理。

12.2 辐射安全管理制度、档案等

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

续表 12 辐射安全管理

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。

目前医院已制定了一系列管理制度，现有《放射防护管理制度》《放射工作人员档案管理制度》《放射工作人员健康管理制度》《放射工作人员培训制度》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射监测计划》《放射防护注意事项》《放射事故应急领导小组成员及职责分工》《放射事故应急预案》《放射诊疗设备维修保养制度》《DSA 操作规程》等。现有制度可指导医院现有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，医院到目前为止未曾发生过放射事故。

在本项目介入手术室投入运营前，医院应根据项目情况修订相应管理制度，如本项目 DSA 操作规程、介入手术室管理制度、岗位职责，并将年度评估相关内容纳入放射防护管理制度中，以便满足项目的管理要求，将上述部分制度悬挂于辐射工作场所，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。

12.2.2 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，医院每年编制《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。

12.2.3 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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工

续表 12 辐射安全管理

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、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。

12.3 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建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化，核安全文化表现在从事核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，增强并保持核安全意识。

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

具体操作参考如下：

- ① 医院组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；
- ② 医院建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工

续表 12 辐射安全管理

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）的相关规定，医院从事本项目辐射活动的能力评价如下表 12-1。

表 12-1 医院从事本项目辐射活动能力评价表

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。	已成立放射防护领导小组，负责医院的辐射安 全与防护管理工作，成员学历均为本科及以上。
(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。	本项目放射工作人员为心内科现有放射工作人 员，医院已制定培训计划，对于考核合格的放 射工作人员应在上岗前取得辐射防护与安全培 训合格证后方可上岗，其他已取得合格证的放 射工作人员5年参加复训。
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所有防止 误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安 全措施。	设备自带急停按钮，介入手术室各防护门拟设 置门灯联锁装置，门口显眼位置设置电离辐射 警示标识等。
(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。	项目拟配置工作人员和患者的铅防护用品，也 按要求拟配置铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧 防护帘/床侧防护屏等防护设施。
(六) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护 和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同 位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院现有辐射环境管理制度较齐全。本项目投 运前拟修订 DSA 操作规程、介入手术室管理制 度、岗位职责，并按照要求将项目相关制度张 贴上墙。
(七) 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，并规定典型辐 射事故场景的事故应急措施。

医院现有多台 DSA 已投入使用，医院已建立相应的管理体系。本项目参照现有介
入手术室管理，本项目的辐射安全管理工作依托医院现有的管理体系。医院已具备一定
辐射安全管理能力，但还应加强对医院射线装置的管理，认真落实上述要求，放射工作
人员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
活动的能力，应及时完成项目竣工环境保护验收，并按照要求办理《辐射安全许可证》，
在许可范围内从事辐射工作，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。

续表 12 辐射安全管理

12.5 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》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。医院制定有《辐射监测计划》，包括定期对各 DSA 机房周围活动人员和环境进行监测，做好监测记录，存档备查。根据调查，医院委托有资质单位每三个月对放射工作人员个人剂量进行监测，监测结果远低于中医院年剂量管理目标值。医院已按照相关要求委托有资质的单位每年对现有辐射工作场所进行了监测。根据监测结果，医院现有辐射工作场所的辐射环境影响满足相关标准的要求。

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：一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月；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。

①验收监测：项目建成后、辐射防护设施等发生大的变化、设备大修等之后进行验收监测，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

②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。

③日常监测：按照监测计划开展日常监测，加强日常监测。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：按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求监测。主要监测位置为：机房（手术室）四周墙体、门、窗外 30cm 处；顶棚上方（楼上）距离顶棚地

续表 12 辐射安全管理

面 100cm、地板下方（楼下）距离下层地面 170cm 处等关注点位，通风管道及其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置；重点关注穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《重庆市辐射污染防治办法》等要求，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。

12.6.1 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。

根据本报告表 11 分析，本项目射线装置在事故工况下导致人员的误照射可能超过年剂量限值，即造成一般辐射事故的发生。

12.6.2 事故应急方案与措施

医院目前已制定了《放射事故应急预案》，并成立了放射事故应急领导小组，组长由副院长担任，成员由相关科室负责人组成；应急领导小组的主要职责是负责编制应急处置预案，对突发辐射事故事件的统一领导、统一指挥，作出处置的重大决策，决定辐射事故的应急响应终止。《预案》还明确了辐射事故的预防、应急处置措施、辐射事故报告电话及流程、应急响应的启动和终止等。医院还应在制度上完善应急能力的培训、演练等要求。

（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，并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。

（2）辐射事故应急处置措施

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（介入手术室）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

续表 12 辐射安全管理

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。

另外，医院运行至今，尚未发生过辐射事故，故目前未启动过放射安全事件应急处理预案，但开展过应急演习。医院应继续完善现有放射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演习，并做好演习记录和资料归档，并根据应急演习情况，进一步完善辐射事故应急预案，在本项目建成后，将本项目纳入现有放射事故应急预案中。

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，中医院应进行自主竣工环保验收，按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的要求开展验收工作，完善验收程序与相关手续。

本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

续表 12 辐射安全管理

表 12-2 项目环保设施竣工验收内容及管理要求一览表

序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	建设内容	介入手术室内使用 1 台 DSA（单管头，II类射线装置，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA）。	/
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 GBZ130-2020 及医院管理要求
4	人员要求	组织放射工作人员参加辐射安全与防护知识的培训，并经考核合格后上岗，按要求定期组织复训	公告 2019 年第 57 号等相关要求
5	剂量率控制	透视条件下，距离机房墙体、门、窗表面 30cm，机房顶棚上方距楼上地面 100cm，机房地板下方距楼下地面 170cm 处的周围剂量当量率≤2.5μSv/h。	GBZ130-2020
6	辐射安全防护措施	①介入手术室各防护门均设置门灯联锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。 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，同时在患者入口处设置放射防护注意事项告知栏。 ③制度上墙（DSA操作规程及人员岗位职责、应急流程等）。 ④介入手术室内设置机械通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物。 ⑤设备自带急停开关，控制台上设置急停开关；控制室与介入手术室设对讲装置；防护用品与辅助防护设施齐全。 ⑥介入手术室四周墙体、顶棚、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。电动推拉门设置防夹装置。	
7	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，技师配置 1 枚个人剂量计。 橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各 4 套，介入防护手套若干；床侧防护帘/床侧防护屏、铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 1 套，移动铅屏风 1 扇；铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 1 套。防护用品的铅当量满足标准要求。	
8	管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射工作安全防护管理制度、设备维修保养制度、人员培训计划、辐射监测制度、年度评估制度等。	

表 13 结论及建议

13.1 项目概况

重庆医科大学附属第一医院拟实施“重庆医科大学附属第一医院 5 号楼 DSA 建设项目”拟将重庆市渝中区袁家岗友谊路 1 号袁家岗院区 5 号楼 3 层办公室、示教室改建为 DSA 介入手术室并配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（DSA，II类射线装置，单管头设备，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA）开展心内科介入手术，项目总建筑面积约 104m²。

项目总投资约**万元，其中环保投资约**万元。

13.2 实践正当性

医院利用 DSA 从事心内科介入诊疗手术，在疾病诊断和手术辅助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，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

本项目主要使用 DSA 从事心内科介入诊疗手术，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，符合国家的产业政策。

13.4 辐射环境现状

为了解本项目拟建地的辐射环境质量现状，重庆新绿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 112nGy/h~130nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），根据《2024 年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》，2024 年重庆市环境 γ 辐射剂量率各点位测量均值范围为 79.2~108nGy/h、全市各点位年均值为 96.1nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境现状调查表明，拟建址及周围的环境 γ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内。

13.5 选址可行性及布局合理性

本项目选址于医院 5 号楼 B 栋 3 层北侧，B 栋三层已封闭管理为专用的手术区，并设置 4 间 DSA 介入手术室、1 间 ERCP 手术室，该手术区配置有专用更衣室、医护通道、污物间、洗手槽等手术区辅助用房，选址于此，手术辅助用房齐全且与该层手术室功能相匹配。本项目建成后，纳入手术区统一独立、封闭管理，周围一般公众成员较少，同时本项目 DSA 机房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，

续表 13 结论及建议

场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

5号楼B栋3层为手术室层，该层北端、南端已布置4间DSA手术室及1间ERCP手术室，中部为电梯厅、楼梯，本次利用东北角示教室、办公室改建为介入手术室、控制室及值班室，不改变该层其他布局，利用该手术层已有医护通道、污物间等。改建后，本项目介入手术室位于该层北端，西侧为其设备间，之外为DSA机房6设备间、控制室等，北侧临空，南侧为手术层通道、楼梯、其他DSA机房等。本项目介入手术室周围布置有控制室、设备间、患者通道、其他手术室或辅助用房等，控制室邻介入手术室布置，并设置有观察窗便于观察手术室内情况。本项目介入手术室对应楼下2层为多功能胃肠机机房等，对应楼上4层为健康管理中心诊室等。该区域封闭管理，患者家属在电梯厅等候，与手术室区域具有物理隔断。此外，手术层人流、物流通道相对独立，手术层内部主要是医护人员、患者活动，无其他公众成员长期停留。远离人流聚集区域，有利于辐射防护。

从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行，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

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求，将辐射工作场所划为控制区和监督区，将本项目介入手术室划设为控制区，将控制室、设备间、值班室、通道、介入手术室楼上、楼下对应区域划设为监督区。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，控制区边界防护门拟设置电离辐射警告标志、门灯联锁装置。在控制区、监督区入口处或适当位置设立监督区标识，并在监督区进行日常的监测和评估。

(2) 介入手术室(DSA机房)屏蔽防护

本项目介入手术有效使用面积、最小单边长度满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求。介入手术室东墙、西墙、南墙拟采用3mmPb防辐射钢板，北墙为轻钢龙骨架+2mmPb防辐射钢板，顶棚为100mm钢筋混凝土+2mmPb铅板，地板为原始100mm/200mm钢筋混凝土基础上增加30mm厚硫酸钡水泥，防护门均为3mmPb、观察窗为3mmPb。

(3) 安全联锁装置及其他措施

续表 13 结论及建议

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，设备上及控制台上均拟设置急停开关，介入手术室内拟配置 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；并按有关标准要求配备介入手术人员及患者防护用品。介入手术室各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”指示灯。并将门与灯形成联锁，警示无关人员远离介入室区域。电动推拉门拟设置防夹装置。

本项目介入手术室吊顶设置 1 个送风口和 2 个排风口，可保持机房内有良好的通风；拟在控制室与手术室之间设置双向对讲系统，便于手术室内放射工作人员与操作室内人员沟通。介入手术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，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

(1) 介入手术室屏蔽能力：根据核算，在常用工况条件下，本项目介入手术室屏蔽防护能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 6.3.1 的要求。

(2) 年剂量估算：项目在合理配置介入手术医生情况下，本项目放射工作人员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附加年有效剂量亦低于剂量管理目标（ 0.1mSv/a ），介入医护人员正确佩戴和按时监测个人剂量计，保证医护人员的年剂量低于放射工作人员剂量管理目标（ 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。

(3) 环境保护目标影响：通过核算可知，介入手术室外公众成员的年有效剂量低于 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 运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，少量废气经机械排风系统废气经管道收集后引至所在楼层西侧外墙排放，离地面高约 15m，排放口朝向院内道路。项目放射工作人员等产生的废水依托医院的污水处理站处理，医疗废物依托医院医疗废物暂存间暂存后交有资质单位处理，生活垃圾交市政环卫部门处理。铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品按有关规定由医院收集后妥善保存，做好记录，交有资质单位处理。DSA 报废时按照相关要求去功能化后根据建

续表 13 结论及建议

设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

(5) 事故风险：本项目运行期间的风险事故等级为一般辐射事故，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紧急停机按钮、加强医院管理、放射工作人员加强专业知识学习、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、正确使用防护用品、正确佩戴个人剂量计，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

医院成立了放射防护领导小组，制定了相应辐射环境管理相关制度，后续还应根据项目情况修订相应管理制度，如本项目 DSA 操作规程、介入手术室管理制度、岗位职责，并将年度评估相关内容纳入放射防护管理制度中。本项目配置的放射工作人员已取得介入放射学等相关专业类别的辐射安全与防护培训考核合格证，部分自主考核合格人员在上岗前取得辐射安全与防护培训考核合格证。后期将按照 5 年有效期按时进行复训。项目落实本次环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。医院加强日常应急响应的准备工作及应急演练，根据应急演习情况，进一步完善辐射事故应急预案，并在今后的工作中，加强管理，满足辐射环境管理要求，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，重庆医科大学附属第一医院 5 号楼 DSA 建设项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在采取辐射安全防护措施、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 1 本项目地理位置