

核技术利用建设项目
重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目
(DSA 部分)

环 境 影 响 报 告 表

重庆市公共卫生医疗救治中心

二〇二三年一月

生态环境部监制

编制单位和编制人员情况表

项目编号	4smtkk		
建设项目名称	重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA部分）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	重庆市公共卫生医疗救治中心		
统一社会信用代码	125000004503887271		
法定代表人（签章）	刘松涛		
主要负责人（签字）	江红武		
直接负责的主管人员（签字）	任德荣		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆昌步环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91500108MA60BX7TX9		
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
李姜华	2014035550350000003507550187	BH004055	李姜华
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
杨蓉	评价依据、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理	BH031757	杨蓉
李姜华	项目基本情况、保护目标与评价标准、结论及建议	BH004055	李姜华

关于《重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目 (DSA 部分) 环境影响报告表》的公示说明

重庆市生态环境局：

我单位委托重庆昌步环保科技有限公司编制的《重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA 部分）环境影响报告表》目前处于上报审批阶段。环境影响报告表（公示版）中不涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私，不涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，同意环境影响报告表（公示版）全文公开。本单位愿意承担由该环评文件带来的一切后果和法律责任。

重庆市公共卫生医疗救治中心

年 月 日



目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	11
表 3 非密封性放射物质	11
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	22
表 9 项目工程分析与源项	26
表 10 辐射安全与防护	37
表 11 环境影响分析	47
表 12 辐射安全管理	63
表 13 结论与建议	70

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA 部分）				
建设单位		重庆市公共卫生医疗救治中心				
法人代表	刘**	联系人	米*	联系电话	188*****58	
注册地址		重庆市沙坪坝歌乐山镇保育路 109 号、小龙坎黄角湾 2 号				
项目建设地点		重庆市巴南区南彭街道医疗救治中心应急医院医疗综合楼 2F				
立项审批部门		重庆市发展和改革委员会	批准文号	2020-500000-84-01-110483		
建设项目总投资 (万元)	1000	项目环保投资 (万元)	100	投资比例(环保 投资/总投资)	10%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积(m ²)	/	
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他					

1.1 建设单位概况

重庆市公共卫生医疗救治中心（以下简称“医疗救治中心”）由创建于 1943 年的原重庆市胸科医院和创建于 1945 年的原重庆市传染病医院合并成立，是重庆市唯一的三级传染病专科医院，重庆公卫中心由歌乐山院区、平顶山院区和在建的应急医院（巴南区）三部分组成，总占地面积 690 余亩（其中在建应急医院 550 亩），歌乐山、平顶山院区编制床位共 800 张，在建应急医院编制床位 2500 张（含固定床位 500 张，临时应急床位 2000 张），现有职工 1105 人。

重庆市公共卫生医疗救治中心是重庆市传染病诊断及治疗权威机构，是重庆市结核病、耐多药结核病、艾滋病治疗定点医院，同时也是重庆市结核病、艾滋病、呼吸道传染病医疗质量控制中心，中国肝炎研究中心临床基地。

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

由于 2020 年起新冠肺炎疫情严峻，为配建一个高标准的公共卫生中心以应对后期的疫情发展以及今后可能发生的重大突发公共卫生事件，完善公共卫生医疗救治体系，提升全市应对疫情的能力，医疗救治中心在重庆市巴南区南彭街道实施“重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目”（以下简称“应急医院项目”），已编制了《重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目环境影响报告书》（2020.11），并取得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（巴）环准〔2020〕095 号），应急医院项目正在建设过程中。为进一步提高医院的医疗服务水平，更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，医疗救治中心拟开展“重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA 部分）”（以下简称“本项目”或“项目”），本项目位于医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角，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），本项目 DSA 装置属于 II 类射线装置，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》以及《建设项目环境保护管理条例》的相关规定，“重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA 部分）”应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“172 核技术利用建设项目使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

医疗救治中心委托重庆昌步环保科技有限公司对“重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA 部分）”进行环境影响评价。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，结合项目特点、性质、规模和环境状况，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，国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了《重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA 部分）环境影响报告表》。

1.3 评价构思

本项目位于在建应急医院医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角，本项目四周墙体、上下楼板以及控制室等辅助用房工程与综合楼主体工程一起施工，综合楼

续表 1 项目基本情况

主体工程目前正在建设中，本项目施工期主要为防护铅门、铅玻璃窗的安装、硫酸钡水泥敷设及通风系统安装等建设与 DSA 设备安装等内容。手术区的女更衣室、男更衣室、男卫、女卫、医生办公室、护士办公室、无菌库、麻醉库等辅助用房为本项目与其他手术室共用建筑，本项目介入手术室（DSA 机房）周边控制室、设备间、污物处置间等为本项目专用的配套辅助用房。本项目辐射工作人员均为“重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目”确定的劳动定员（600 人）范围内，不属于医疗救治中心新增人员，不增加生活污水、生活垃圾等污染物。

1.4 项目概况

1.3.1 项目组成

项目名称：重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA 部分）

建设单位：重庆市公共卫生医疗救治中心

建设地址：重庆市巴南区南彭街道医疗救治中心应急医院医疗综合楼 2F

建设性质：新建

建设工期：3 个月

项目投资：总投资约 1000 万元，其中环保投资约 100 万元。

建设规模和内容：在医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角建设介入手术室（DSA 机房）及相关配套用房，并配置 1 台 DSA，开展介入手术。本项目总建筑面积 416m²（包括①DSA 机房；②控制室、设备间、污物处置间等本项目专用的配套辅助用房；③女更衣室、男更衣室、男卫、女卫、医生办公室、护士办公室、无菌库、麻醉库等与其他手术室共用的辅助用房），其中 DSA 机房建筑面积约 84.28m²。

本项目组成情况见下表。

表 1.3-1 项目组成一览表

序号	项目组成		建设内容	备注
1	主体工程	介入手术室（DSA 机房）	机房尺寸：长×宽×高 9.8m×8.6m×5.1m，建筑面积约 84.28m ² ，装修后有效内空尺寸 8.56m×7.2m×2.77m，有效使用面积约 61.63m ² 。	装修改造后依托
		设备	拟安装 1 台 DSA（Ⅱ类射线装置），最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	新购
	辅助	辅助用房	控制室、设备间、缓冲间、污物处置间等。	依托

续表 1 项目基本情况

			女更衣室、男更衣室、男卫、女卫、医生办公室、护士办公室、无菌库、麻醉库等	
2	公用工程	供电	由市政电网供电，依托医供配电系统	依托
		供水	由城市供水管网提供，依托医院供水管网	依托
		排水	实行雨污分流。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
		通风	DSA 机房拟设置 1 根进风管道和 1 根排风管道，并在西侧与污物处置间之间的天棚装饰吊顶面设置 1 个进风管和 1 个排风管；DSA 机房与控制室和缓冲间之间的天棚装饰吊顶面各设置 1 个进风管和 1 个排风管，分别与 DSA 机房 2 根进风支管和 2 根排风支管链接；废气汇总后经排风管引至所在楼层手术区域西侧排风井，最终在所在楼楼顶排放至室外。	新建
3	环保工程	废水	依托医疗综合楼东侧污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的表 1 传染病、结核病医疗机构水污染物排放限值后，接入市政污水管网然后接入惠民镇污水处理厂。	依托
		固废	生活垃圾收集后交市政环卫部门处理。	依托
			医院的医疗废物暂存间位于，建筑面积 600m ² ；医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域西侧设置医疗废物暂存间，建筑面积 24.75m ² ；手术过程产生的棉签、纱布、手套等医疗废物分类收集，在 DSA 机房西侧污物处置间打包整理后经污物通道运至本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理；废含铅防护用品按有关规定收集、妥善保管和暂存后，交有资质单位处置,并做好相应记录；报废后的 DSA 按照相关要求对射线装置内的高压射线管进行拆解、去功能化，拆解后废阴极射线管暂存于本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理，拆解后的其他部件交设备制造单位或交由物资回收单位处置。	依托
		废气	DSA 机房内天棚装饰吊顶面设置 1 个排风管，废气经排风管引至所在楼层手术区域西侧排风井最终在医疗综合楼楼顶排放至室外。	新建
		噪声	选用低噪声设备，各类噪声设备均设置与设备用房内，采用消声、基础减震、建筑隔声等措施降噪。	
		辐射防护	采用硫酸钡水泥、铅玻璃、铅防护门等屏蔽材料进行机房屏蔽。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。	新建

1.3.2 屏蔽防护设计

本项目位于医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角，本项目用房建设、布局、辐射屏蔽防护设计委托相关资质单位进行。

项目机房屏蔽防护方案具体情况见表 1.3-2。

续表 1 项目基本情况

表 1.3-2 项目机房屏蔽情况表							
机房名称	方位	机房辐射防护设计情况					备注
DSA 机房	四周墙体	4.0mm 铅板					新建
	顶棚	120mm 混凝土+4mm 铅板					
	地板	120mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥					
	铅门	4mmpb 的铅防护门					
	铅窗	4mmpb 的铅玻璃					
备注：混凝土（砣）密度 2.35g/cm³，铅密度 11.3g/cm³，硫酸钡水泥密度 3.2g/cm³。							
1.3.3 相关设备配置							
本项目拟配置的主要设备情况见表 1.3-3 所示。							
表 1.3-3 项目拟配置的主要设备情况一览表							
序号	名称	数量	厂家、型号	管电压 管电流	用途	位置	备注
1	医用血管造影 X 射线机（DSA）	1 台	/	125kV 1000mA	介入手术	医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角的 DSA 机房	拟购
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	病人供氧			介入手术室内	手术配套设备
7	除颤仪	1 台	手术配套用			介入手术室内	
8	高压注射器	1 台	手术配套用			介入手术室内	
9	吸痰器	1 台	手术配套用			介入手术室内	
10	电生理仪	1 台	手术配套用			介入手术室内	
11	中心负压吸引	1 台	手术配套用			介入手术室内	
12	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜套	5 套	工作人员防护			工作人员穿戴	不小于 0.5mmPb
13	介入防护手套	若干					不小于 0.025mmPb
14	铅悬挂防护屏/铅防护帘、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 0.25mmPb
15	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
16	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	2 套	患者防护			患者穿戴，包含成人和儿童各一套	不小于 0.5mmPb

续表 1 项目基本情况

17	个人剂量计	20 个	工作人员个人剂量监测	工作人员佩戴	/
1.4 劳动定员和工作制度 本项目拟配置 10 名辐射工作人员，其中包括 4 名手术医生、2 名放射影像技师技师和 4 名护士，本项目辐射工作人员均在应急医院项目人员定额内，培训合格后上岗，医院不新增劳动定员。 工作制度：放射工作人员年工作 250 天，实行 8 小时单班工作制度。 1.5 工作负荷 根据医院提供资料，本项目预计年开展介入手术共 600 台，手术类型包括神经介入手术、心血管介入手术和综合介入手术。 1.6 外环境概况 应急医院位于重庆市巴南区南彭街道，医院占地约 550 亩，南侧紧邻中国安能集团第三工程局有限公司(重庆分公司)，西侧和北侧大部分为农田和池塘，东侧紧邻 239 县道，所在地周边无成片居民区、工厂等。本项目所在医疗综合楼位于应急医院东南部，其南侧距离用地红线约 14m，东侧约 26.5m 为停车场 2 和污水处理区，约 28.5m 为液氧站，西北侧约 9.6m 为 3#医技楼、约 60m 为 4#科研楼，西侧约 23m 为能源站及 2#食堂。 医疗综合楼地上 5 层，地下 1 层，总建筑高度 23.1m，地上建筑面积 43017.39m²。一层主要功能为传染病门诊、急诊、ICU、消毒供应中心、中心药房、住院部大堂、病人食堂；二层主要功能为手术室、病案室、医办、病理和血库、病房、营养科；三层主要功能为内镜、手术室机房、静配中心、病房；四至五主要功能为住院部病房。医疗综合楼布局采用“E”字型布局，并按功能及病种进行分区，由南向北分别为门诊区（5F/-1F）、呼吸道传染区 1（5F/-1F）、内院 1（1~3F）、呼吸道传染区 2（5F/-1F）、内院 2（-1~3F）、肠道艾滋区（5F/-1F）。 项目所在楼外环境关系见表 1.6-1。					

续表 1 项目基本情况

表 1.6-1 项目所在楼外环境关系一览表

序号	名称	方位	距所在楼水平最近距离/m	环境特征
1	停车场 1	东侧	8	公众成员, 约 5 人
2	停车场 2		26.5	公众成员, 约 10 人
3	污水处理区		26.5	公众成员, 约 2 人
4	液氧站		28.5	公众成员, 平时无人
5	停车场 3	南侧	39	公众成员, 约 5 人
6	能源站	西侧	23	公众成员, 约 5 人
7	2#食堂		23	公众成员, 约 1400 人
8	3#医技楼	西北侧	9.6	公众成员, 约 200 人
9	4#科研楼		60	公众成员, 约 50 人

1.7 选址合理性

医院位于重庆市巴南区南彭街道, 本项目所在医疗综合楼位于医院东南部, 根据现状监测结果, 呼吸道传染区 2 区的辐射环境质量状况良好, 有利于项目的建设。

项目拟建的 DSA 机房及其配套用房选址于医疗综合楼呼吸道传染区域内, 布置在该区域 2 层手术区域东南角, 即位于手术室区域的一端, 所在位置为手术区, 除东侧临近过道外, 本项目距离有病人常驻的病房较远, 距离办公室较远, 机房周围公众成员活动较少, 紧邻的楼上和楼下常驻人员较少, 减少了对公众的影响; 同时, 医院考虑了保守的辐射防护方案, 对周围环境影响微小。

综上, 机房尽量避开了公众成员密集区域, 所在位置既方便就诊、满足科室诊疗需要, 也能够降低人员受到意外照射的可能性, 并做了保守的辐射防护方案, 对公众成员和外环境影响微小。因此, 从辐射环境保护角度分析, 项目选址可行。试

1.8 与项目有关的环境保护问题

1.8.1 原有环保手续情况及原有环境保护问题

2020 年 11 月, 中煤科工重庆设计研究院(集团)有限公司编制完成了《重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目环境影响报告书》, 并于 2020 年 11 月 25 日取得了重庆市巴南区生态环境局下发的《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》, 文号: 渝(巴)环准(2020)095 号, 医院项目正在建设过程中。

医院建设期间未发生环境污染事故和环保投诉, 无环保遗留问题。

续表 1 项目基本情况

1.8.2 与项目有关辐射环境问题

医院于 2021 年 11 月 12 日办理了《辐射安全许可证》(渝环(辐)证 13019 号),有效期至 2025 年 11 月 9 日。原有辐射相关项目位于歌乐山院区和平顶山院区,根据医院提供的资料可知,医院目前正在使用的有 24 台医用 X 射线诊断装置,除 DSA 外的 23 台 X 射线诊断装置均在许可范围内,DSA 为 2022 年建设项目,医院正在换证过程中。

医院现有医用 X 射线装置见表 1.8-1。

表 1.8-1 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	移动式高频 X 射线拍片机	III	1	歌乐山院区	2 号楼一楼放射科
2	移动式 X 射线机	III	1		2 号楼一楼放射科
3	多功能数字化 X 光机	III	1		2 号楼一楼放射科第一照片室
4	X 射线计算机体层摄影 设备	III	1		2 号楼一楼放射科第一 CT 室
5	移动 X 射线机	III	1		2 号楼一楼放射科
6	X 射线计算机断层摄影 设备	III	1		2 号楼一楼放射科第二 CT 室
7	移动式 X 射线机	III	1		2 号楼一楼放射科
8	移动式 C 型 X 射线机	III	1		3 号楼手术室手术间二
9	X 射线计算机断层摄影 设备 (车载 CT)	III	1		车载 CT
10	X 射线骨密度检测仪	III	1		感染门诊骨密度室
11	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	III	1		歌乐山院区
12	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	III	1		歌乐山院区
13	数字化口腔全景 X 射线机	III	1		1 号楼 2 楼口腔全景机室
14	高频移动式 X 射线摄影机	III	1		歌乐山院区
15	医用数字 X 射线摄影 (DR) 系统	III	1		2 号楼一楼医学影像科照片室二
16	数字血管减影机 DSA	II	1		歌乐山院区 14 号楼
17	移动式 X 射线机	III	1	平顶山院区 (重庆市沙坪坝区)	综合楼负一楼放射科
18	X 射线计算机断层摄影 设备	III	1		综合楼负一楼放射科 CT 室
19	移动式 C 臂机 X 射线机	III	1		综合楼八楼手术室 1 号手术间

续表 1 项目基本情况

20	数字化 X 线摄影系统	III	1	区小龙坎湾黄桷湾 2 号)	综合楼负一楼放射科照片室二
21	移动 X 射线机	III	1		综合楼负一楼放射科
22	X 射线骨密度检测仪	III	1		综合楼四楼肾内内分泌科骨密度室
23	数字胃肠 X 线机	III	1		综合楼负一楼放射科照片室一
24	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	III	1		综合楼负一楼医学影像科

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，重庆市公共卫生医疗救治中心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均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。

本项目为在建的应急医院（巴南区）新建项目，应急医院院区为首次从事核技术利用建设项目，未产生辐射相关环保纠纷，无辐射环境问题。

1.8.3 本项目与医院的依托关系

本项目主要依托医院医疗综合楼建筑主体、公用工程、废水处理站、医疗废物及生活垃圾收运系统。依托可行性分析详见表 1.8-2。

表 1.8-2 项目依托可行性分析

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
主体工程	建筑主体	项目所在楼的主体结构正在修建中，并有完善的环保手续。项目所在区域为呼吸道传染区 2 区手术区域，本项目使用该区域后，不影响医院整体的布局与运营。	可依托
公用工程	供电、供水	医院供电系统、供水管网等完善，依托可行。	可依托
环保工程	废水	依托医院医疗废水处理站，处理能力为 40m ³ /h，本项目废水主要是项目相关人员洗手水、场地保洁水，产生量很少，且本项目废水量已计入医院污水处理站处理量。因此，项目废水依托医院污水处理站处理可行。	可依托
	固体废物	生活垃圾	可依托
		一般固废	

续表 1 项目基本情况

		医疗废物	依托医院医院建设有医疗废物暂存间，建筑面积 24.75m ² ，本项目医疗废物产生量很少，医疗废物分类收集后由污物通道运至医疗废物暂存间暂存，并定期交资质单位转运并处置。	
		工作人员	10 人，在应急医院项目人员定额内，培训合格后上岗。	可依托
项目依托医院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和工作人员等是可行的。 1.8.4 本项目与医院的衔接 应急医院项目按传染病医院建设，总建筑面积为 245981.17 m²，分为永久建筑和临时建筑两部分，永久建筑包括医技楼、医疗综合楼、行政培训中心大楼、科研楼、医护休息宿舍、食堂、综合库房、医疗设备库房、药品库房、后勤管理用房、液氧站。临时建筑包括临时病房楼和临时医护休息区。医院建成后，医院病床为 500 床，临时病区可建设 2000 床，每天门诊病人约 500 人次。 本项目主要是通过使用射线装置开展神经、心血管介入及综合介入等介入手术，对完善医院医疗服务能力，提高区域医疗水平有重要意义，与医院的发展相适应。				

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
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 非密封性放射物质

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，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	II类	1 台	/	125	1000	介入手术	医疗综合楼 2 层呼吸道 传染区 2 区手术区域 DSA 机房	拟购

（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 (μA)	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
本项目不产生放射性废物。								
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

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日实施； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日实施； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日实施； (7) 《医疗废物管理条例》，中华人民共和国国务院令第 380 号，2011 年 1 月 8 日修订； (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，2017 年 12 月 20 日实施； (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 日起实施； (10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起实施。 (11) 关于发布《射线装置分类》的公告，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日实施； (12) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 6 月 15 日发布； (13) 《重庆市辐射污染防治办法》渝府令〔2020〕338 号，2021 年 1 月 1 日实施； (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。
------	--

续表 6 评价依据

技术标准规范	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； (3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； (4) 《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）； (5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (6) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）； (7) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）； (8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (9) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）； (10) 《医疗废物集中处置技术规范（试行）》。
其他	(1) 《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（巴）环准〔2020〕095 号）； (2) 监测报告（渝联放环检字【2022】I16112 号）； (3) 《辐射防护导论》； (4) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities》； (5) 医院提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，并结合项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以项目 DSA 机房边界外 50m 区域作为本项目辐射环境影响评价的评价范围。

因 DSA 设备位于固定的 DSA 机房内，四周墙体有良好的屏蔽作用，垂直方向上评价主要关注与 DSA 机房相邻的上层（3F）及下层（1F）对应项目用房对应区域。

7.2 环境保护目标

项目拟建的 DSA 机房及其配套用房位于医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角，本项目 DSA 机房周围 50m 范围均在医院用地范围内，主要为机房所在楼及楼外东侧污水处理站、救护车停车位等区域。机房所在楼：DSA 机房东侧紧邻 4.5m 宽的过道，过道东侧排风井、气体井和上下楼梯等；DSA 机房北侧紧邻控制室、缓冲间，控制室北侧为洁净通道、缓冲间、谈话间及等候区等；DSA 机房西侧紧邻手术室 2，再西侧有其他手术室、手术室前室、设备间、UPS、保洁间、污物处置间及污物通道等；南侧紧邻 DSA 设备间、再南侧有值班室、医生护士办公室、病房等。医院项目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。

项目评价范围（50m）内主要关注对象见表 7.2-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7.2-1 项目环评范围内主要关注对象一览表								
序号	位置	名称	方位	距 DSA 机房外墙水平最近距离/m	高差/m	环境特征	受影响人群	影响因素
1	所在楼同层	过道	东侧	紧邻	0	医院用房, 约 10 人	公众成员	电离辐射
2		气体井、排风井		4.5	0	气体井、排风井, 一般无人	公众成员	
3		楼梯间		6.5	0	楼梯间, 约 5 人	公众成员	
4		设备间	南侧	紧邻	0	项目辅助用房, 约 1 人	放射工作人员	
5		医护值班室、医护办公室、病房等		2.9	0	医院用房, 约 100 人	公众成员	
6		手术室 2~6	西侧	紧邻	0	医院用房, 约 15 人	公众成员	
7		污物处理间、污物通道		紧邻	0	医院用房, 约 2 人	公众成员	
8		UPS、医废暂存间、电梯(病床梯)、过道		38.3	0	医院用房, 约 10 人	公众成员	
9		标本间、保洁间、标本接收、取材室等		38.3	0	医院用房, 约 5 人	公众成员	
10		司机值班室、医护值班室、医护办公室、会议/学习室、病房等	西南侧	1.2	0	医院用房, 约 100 人	公众成员	
11		控制室	北侧	紧邻	0	项目辅助用房, 约 1 人	放射工作人员	
12		缓冲间、手术前室		紧邻		医院用房, 约 1 人	公众成员	
13		洁净通道		2.5	0	医院用房, 约 5 人	公众成员	
14		缓冲间、谈话间及等候区等		5	0	医院用房, 约 10 人	公众成员	
15		麻醉准备室、麻醉复苏室	西北侧	3.6	0	医院用房, 约 2 人	公众成员	
16		麻醉库房、一次性物品库、无菌库、药品库房、		5	0	医院用房, 约 5 人	公众成员	
17		手术前室、设备间、医护办公室、值班室、卫生间、更衣室、缓冲间、病房等		12.8	0	医院用房, 约 100 人	公众成员	

续表 7 保护目标与评价标准

18	所在楼 3 层	汇流排间及净化机 房	楼上	/	-5.7	医院用房，一般无人	公众成员	
19	所在楼 1 层	走廊、开水间、缓冲 间、倒污区及污区暂 存间	楼下	/	-5.7	医院用房，约 10 人	公众成员	
20	所在楼 楼外	停车场 1、停车场 2、 污水处理站等	东侧	22.4	-5.7	公众成员，约 20 人	公众成员	
备注：“+”表示建筑 1F 地面高于项目用房地面，“-”表示建筑 1F 地面低于项目用房地面。								

根据本项目周围环境保护目标的分布情况，确定本项目环境保护对象为该医院的工作人员、病人及公众成员。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

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。剂量限值：

（1）放射工作人员

第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。眼晶体的年当量剂量不超过 150mSv。

（2）公众照射

B1.2.1 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

7.3.2 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

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

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

续表 7 保护目标与评价标准

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，其最小机房面积、最小单边长度应符合表 2（本报告表 7.3-1）的规定。

表 7.3-1 X 射线设备机房（照射室） 使用面积及单边长度的要求（摘录）

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

b 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

d 机房内机房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机房面积的最小边长。

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低于表 3（即下表 7.3-2）的规定。

表 7.3-2 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求（摘录）

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

备注：DSA 为 C 形臂 X 射线设备。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即表 7-3）的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

续表 7 保护目标与评价标准

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 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（即下表 7.3-3）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 7.3-3 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：“—”表示不做要求。

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

续表 7 保护目标与评价标准

用品，特别是非铅介入防护手套。
6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。
6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。
6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。
附录 B
B.1 检测条件 X 射线设备机房防护检测条件和散射模体应按表 B.1 的要求。
表 B.1 中备注 1：介入放射学设备按透视条件进行检测。
B.2 关注点检测的位置要求
B.2.1 距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。
7.3.3 《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。
7.3.4 医疗废物
医疗废物属于危险废物，按国家危险废物名录分为医疗废物 HW01，主要包括感染性废物（841-001-01）、损伤性废物（841-002-01），按《医疗废物管理条例》和《重庆市人民政府关于进一步加强医疗废物管理的通告》（渝府发[2007]71 号）要求进行收集处置；其贮存按《医疗废物集中处置技术规范（试行）》（环发[2003]206 号）、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）执行。
7.3.5 评价标准及相关参数值
根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，放射工作人员年有效剂量不超过 20mSv，公众成员年有效剂量不超过 1mSv；条款 11.4.3.2 规定：

续表 7 保护目标与评价标准

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%-30%（即 0.1mSv/a-0.3mSv/a）的范围之内。

根据医院提供的资料，医院取 GB18871-2002 中工作人员职业照射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，取其公众照射平均剂量估计值的十分之一即 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取值为 10%在上述取值范围内，满足 GB18871-2002 要求。

综上所述，结合本项目医用射线装置的实际情况，确定本项目的评价要求见表 7.3-4 所示。

表 7.3-4 辐射评价标准及相关参数汇总表

年有效剂量控制			执行依据
执行对象	标准限值 (mSv/a)	年有效剂量管理目标 (mSv/a)	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及医院管理要求
放射工作人员	20	5	
公众成员	1	0.1	
环境剂量控制			执行依据
距离 DSA 机房墙体、门、窗表面 30cm，顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处，透视工况下周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，摄影工况下周围剂量当量率均不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。			《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	机房内最小有效使用面积(m^2)	机房内最小单边长度(m)	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
DSA	20	3.5	

注：本项目 DSA 为单管头，按照单管头 X 射线设备（含 C 形臂）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 环境质量和辐射现状

医院位于重庆市巴南区南彭街道，本项目位于医院 1#医疗综合楼 2 层，地理位置图见附图一。

8.2 环境质量和辐射现状

为了掌握本项目拟建辐射装置安装场地的辐射环境背景水平，为辐射环境影响评价提供基础数据，委托重庆朕尔医学研究院有限公司对本项目区域的环境 γ 辐射环境剂量率背景值进行了监测。

(1) 监测时间：2022 年 12 月 20 日

(2) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率

(3) 渝朕放环检字[2022]I6112 号

(4) 监测方法和依据

监测方法和依据见表 8.1-1。

表 8.1-1 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； 《辐射环境监测技术规范》 HJ 61-2021

(5) 监测仪器

监测仪器情况见表 8.1-2。

表 8.1-2 监测使用仪器一览表

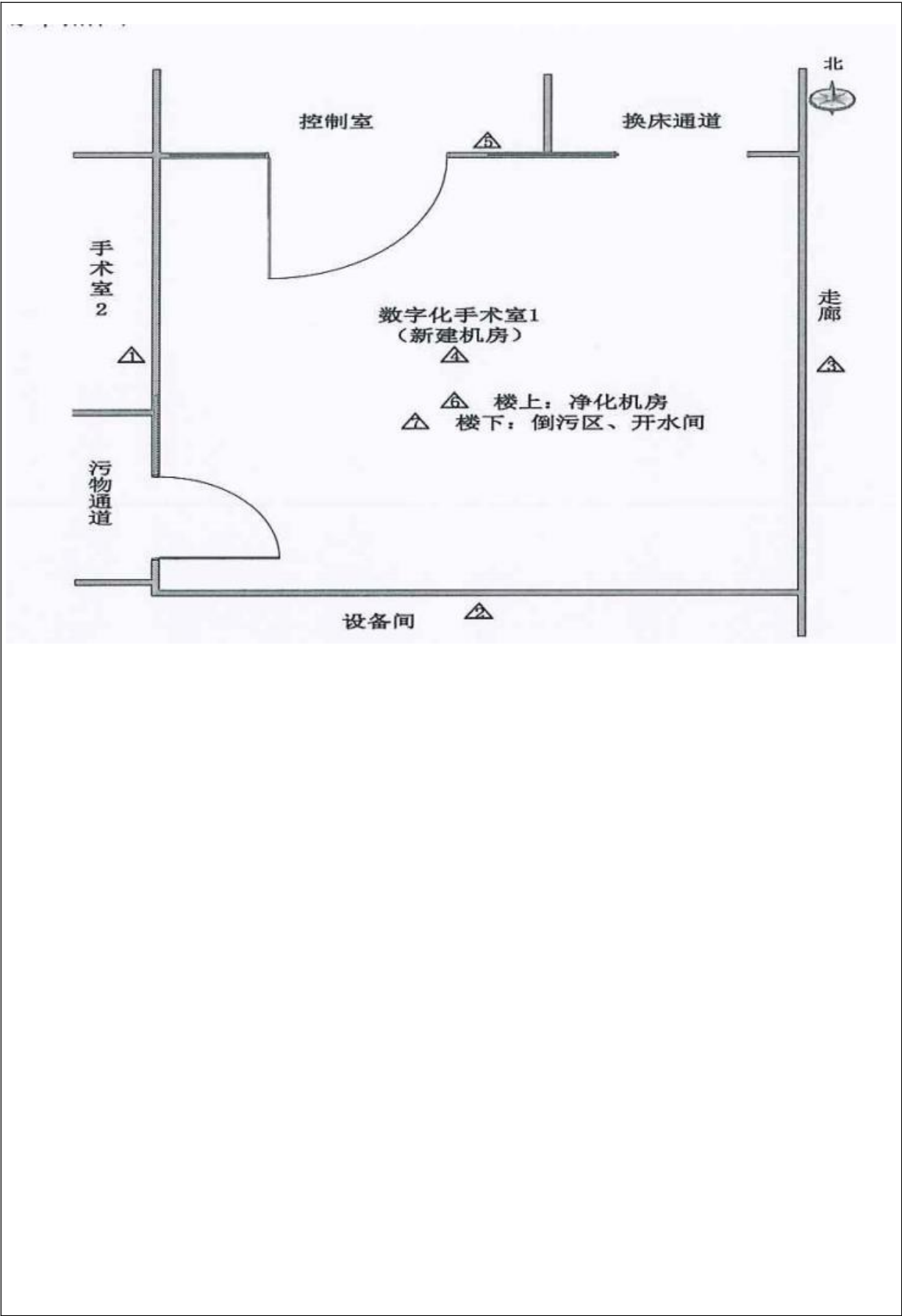
仪器名称	仪器型号	仪器编号	有效期至	校准因子
便携式 X- γ 剂量率仪	BH3103B	ZRSB-FS-30	2023.5.31	1.03

(6) 质量保证措施

监测人员持证上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度；监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

(7) 监测点位：共设 7 个点。具体监测布点见图 8.1-1。

续表 8 环境质量和辐射现状



续表 8 环境质量和辐射现状

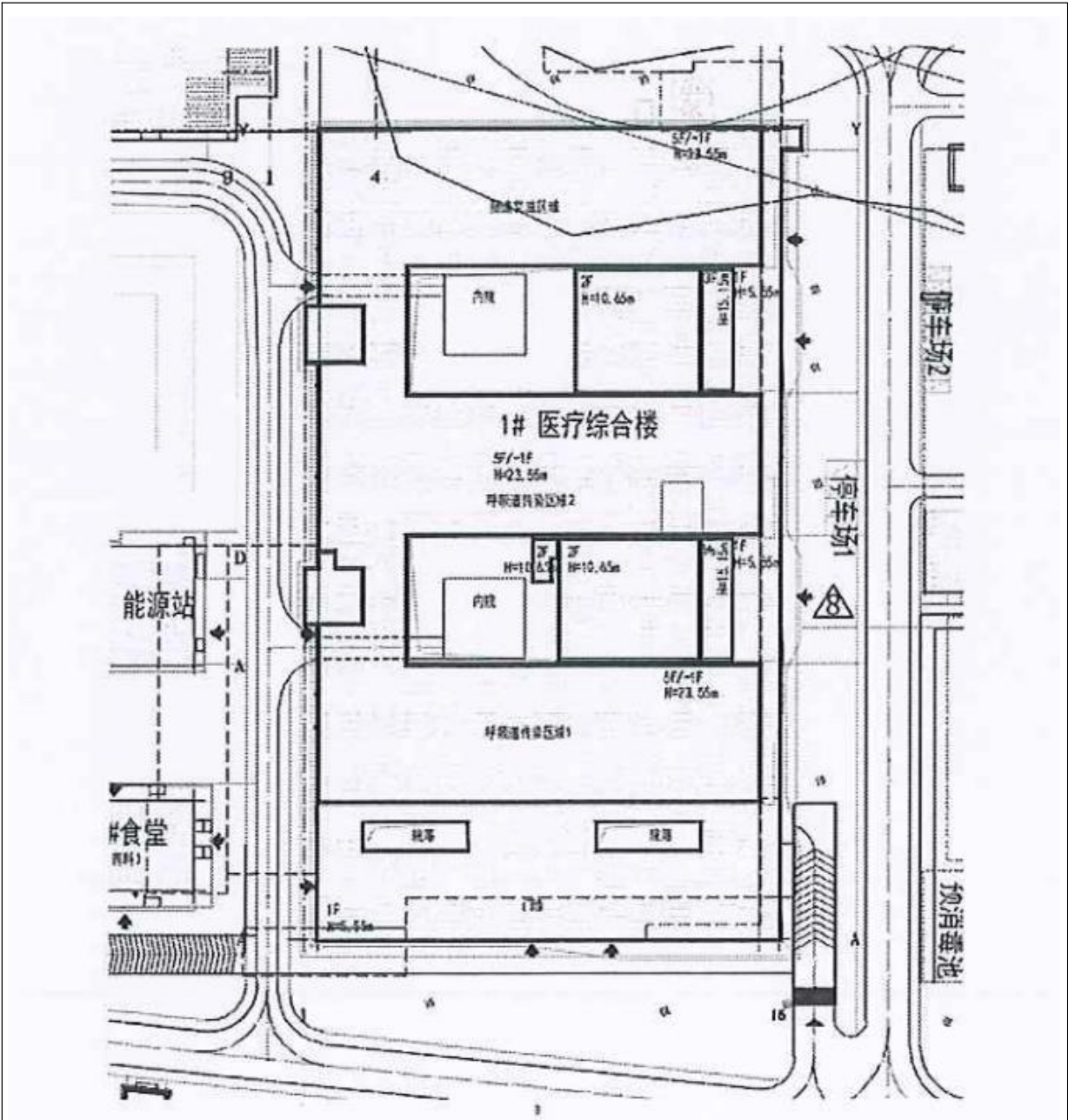


图 8.1-1 监测布点图

根据监测布点情况，各监测点位的布设能够反映本项目用房及其周围的辐射环境背景水平。因此，项目监测布点合理可行。

(8) 监测结果统计：监测结果统计见表 8.1-3

表 8.1-3 本项目区域环境 γ 辐射剂量率背景值监测结果

监测 点位	监测点位描述	环境 γ 辐射剂 量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	环境 γ 辐射剂 量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	环境 γ 辐射剂 量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
1	拟建介入手术室西侧手术室	0.08	0.08	0.001

续表 8 环境质量和辐射现状

2	拟建介入手术室南侧设备间	0.08	0.08	0.004
3	拟建介入手术室东侧外走廊	0.08	0.08	0.001
4	拟建介入手术室所在房间	0.08	0.08	0.001
5	拟建介入手术室北侧控制室	0.07	0.07	0.002
6	拟建介入手术室所在房间楼下投影区	0.07	0.07	0.004
7	拟建介入手术室所在房间楼上投影区	0.08	0.08	0.002
8	机房所在楼栋前空地	0.08	0.08	0.005
备注	结果=平均值×校准因子，监测结果未扣除宇宙射线响应值。			

(9) 现状监测评价

根据监测统计结果可知，本项目所在位置环境 γ 辐射剂量率的监测值在 $0.07\mu\text{Gy/h} \sim 0.08\mu\text{Gy/h}$ 之间（未扣除宇宙射线），根据《2021 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），项目所在场址环境 γ 辐射剂量率在正常涨落范围内，区域辐射环境质量良好。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

项目与医疗综合楼主体工程一起施工，产生的施工期污染物一起收集和处置。项目涉及的辐射工作场所在建中，项目施工期主要为防护铅门、铅玻璃窗的安装、硫酸钡敷设及通风系统安装等与 DSA 设备安装等内容，主要污染因子有：施工机械噪声、扬尘、施工人员生活废水、建筑垃圾与生活垃圾等固废。

扬尘：主要为装修机械敲打、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：主要为墙体装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成及工作方式

（1）设备组成

血管造影机系统组成：Gantry，俗称“机架”或“C 形臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括了数字平板探测器、球管、束光器等部件；专业手术床；Atlas 机柜，该机柜由 DL、RTAC、JEDI 构成；球管和数字平板探测器分别通过各自的水冷机控制温度；图像处理系统。该项目设备采用平板探测器 (FD) 技术成像：FD 技术可以即时采集到患者图像，对图像进行后期处理，轻松保存和传送图像。DSA 典型照片见图 9.2-1。

（2）工作方式

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。DSA 工作示意图见图 9.2-2 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

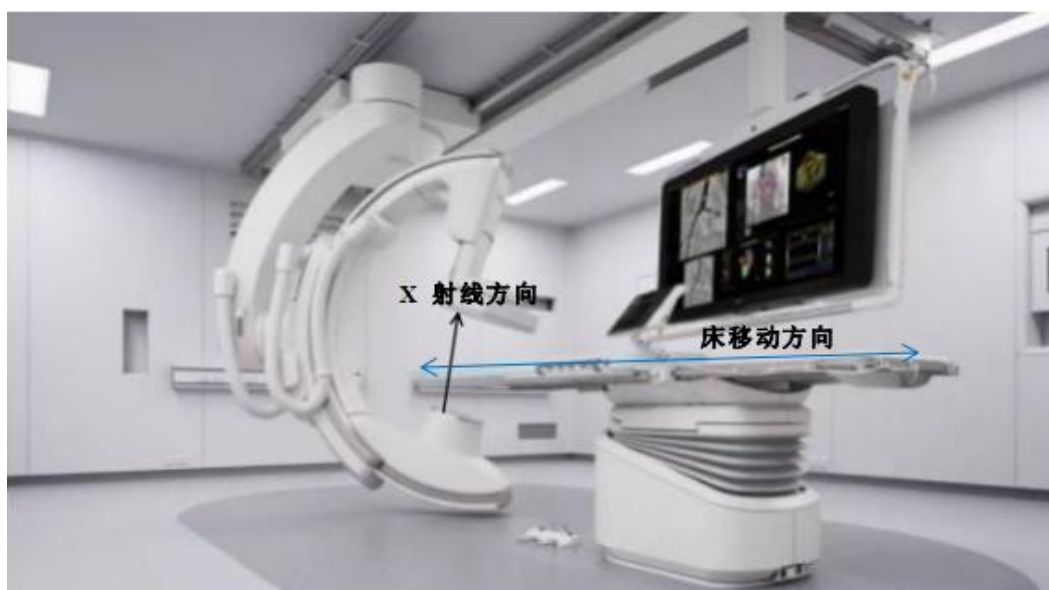


图 9.2-1 DSA 实物照片（示例）

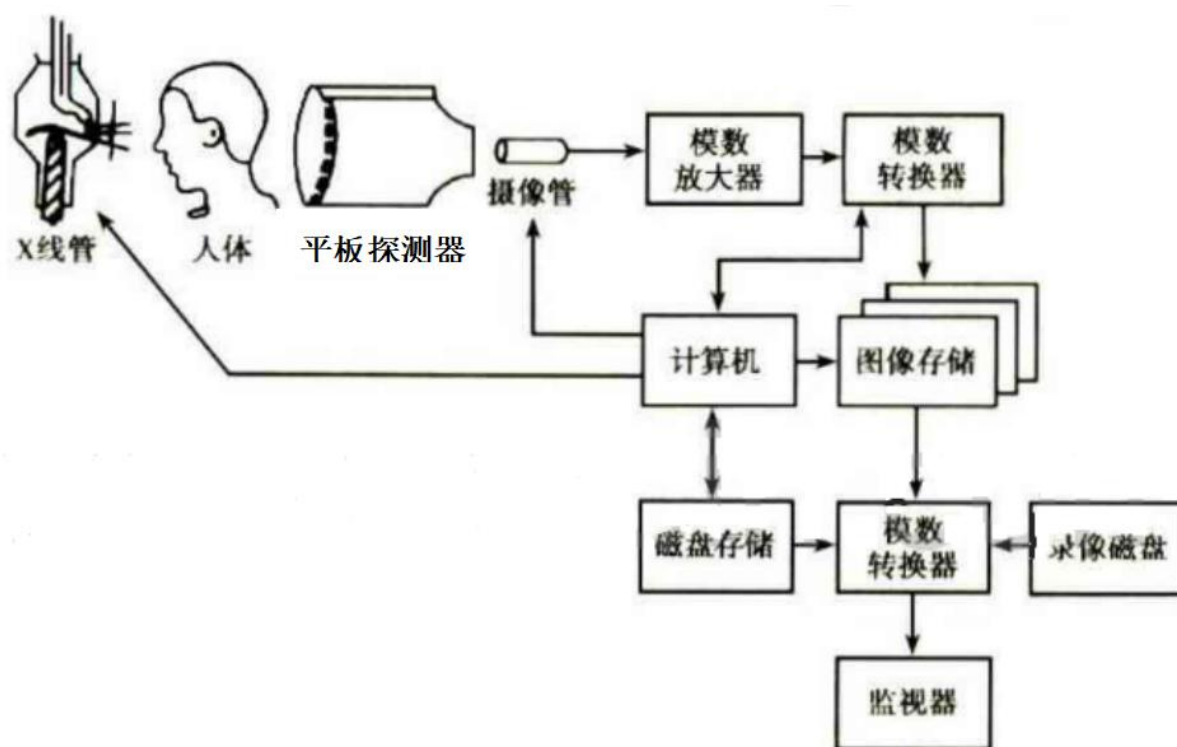


图 9.2-2 DSA 工作示意图

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 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。X 射线管结构见图 9.2-3，X 射线管的阴极是

续表 9 项目工程分析与源项

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。

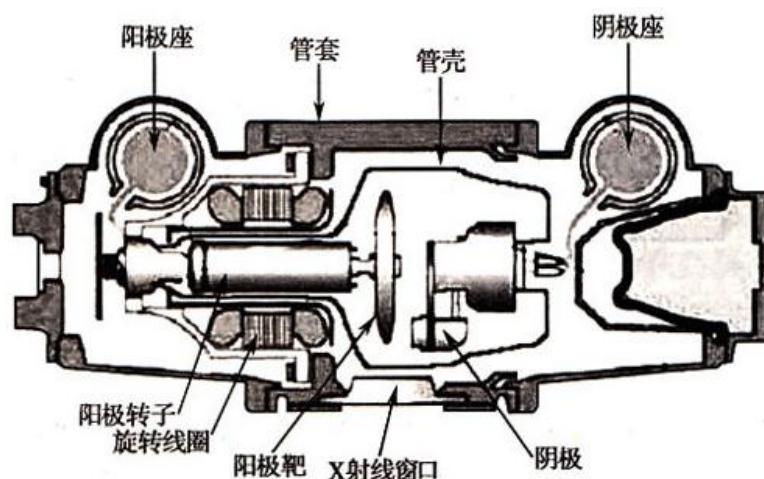


图 9.2-3 典型 X 射线管结构图

（2）DSA 工作原理

DSA 的基本原理是先后将没有注入造影剂和注入造影剂后通过人体 X 线信号进行成像，分别经影像接收器后，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、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

9.2.3 介入治疗

续表 9 项目工程分析与源项

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管（约 1.5-2 毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施治疗。基于医院特色本项目运行后主要开展项目为心血管介入应用、神经介入应用、综合介入应用和肿瘤介入应用，主要涉及的病人为门诊和住院病人，以下以典型手术为例进行简要原理介绍。 心血管介入 心血管介入是一种新型诊断与治疗心血管疾病技术，经过穿刺体表血管，在数字减影的连续投照下，送入心脏导管，通过特定的心脏导管操作技术对心脏病进行确诊和治疗的诊治。它是目前较为先进的心血管病诊治方法，进展也非常迅速，它介于内科治疗与外科手术治疗之间，是一种超微创的诊治技术。 神经介入 神经介入是指医生利用 DSA 透视功能，通过股动脉穿刺，导管放置于狭窄部位，根据狭窄血管不同可预先于狭窄动脉处的远端置入脑保护伞，然后将球囊放置狭窄部位扩张，之后支架植入狭窄动脉内，支撑狭窄部位，使血流畅通，改善脑组织供血。 综合介入 综合介入诊疗技术是指除神经血管介入、心血管介入和外周血管介入以外其他介入诊疗技术的总称，主要包括对非血管疾病和肿瘤进行诊断和治疗的介入技术。其中，非血管介入疾病诊疗技术是在医学影像设备引导下，经皮穿刺或经体表孔道途径对非血管疾病进行诊断和治疗的技术。 9.2.3 诊疗流程 本项目介入诊疗流程如下所示： （1）病人候诊、准备、检查：由主管医生写介入诊疗申请单；介入接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。 （2）向病人告知可能受到的辐射危害：介入主管医生向病人或其家属详细介绍介
--

续表 9 项目工程分析与源项

入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。

(3) 设置参数，病人进入 DSA 手术室、摆位：根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；引导病人进入 DSA 手术室并进行摆位。

(4) 根据不同的治疗方案，医师、技师及护士密切配合，完成介入手术或检查；
产污：数字减影血管造影机（DSA）出束过程中将产生 X 射线；X 射线电离空气产生臭氧和氮氧化物。

(5) 治疗完毕关机：手术医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片，急症病人应尽快将胶片交给病人；对单纯接受介入造影检查的病人，手术医师应在 24 小时内将诊断报告写出由病人家属取回。

产污：手术过程中的耗材将转化为医疗废物。

本项目 DSA 工作流程及产污环节如图 9-3：

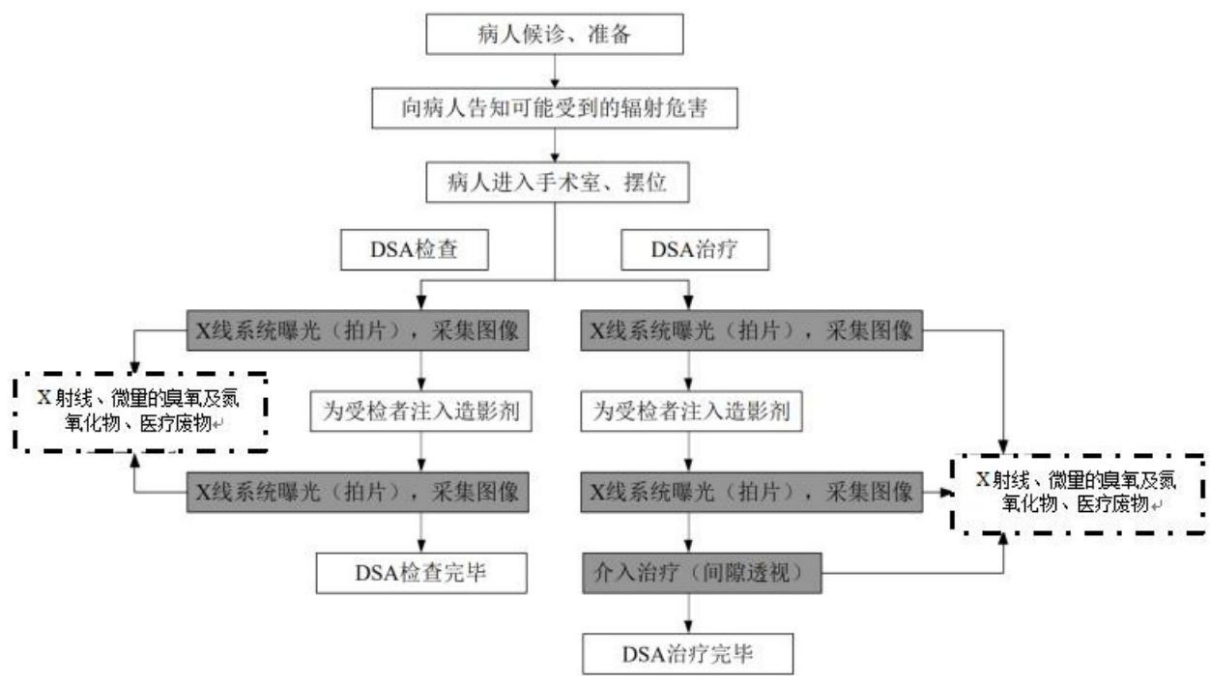


图 9.2-4 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

DSA 主要操作流程：诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于动脉内，经鞘插入导管，

续表 9 项目工程分析与源项

推送导管，在 X 线透视下将导管送达目标部位，进行介入诊断，留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。在手术过程中，操作人员必须在床旁并在 X 线导视下进行。手术过程包含两种拍片和透视两种情况。（本项目将检查/治疗统一按照介入手术的复杂情况进行保守评价）。

项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。采集包括电影和减影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，电影模式下是医生在 DSA 机房内由手术医生直接采集，医生与病人直接交流；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操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。实际操作过程中，减影模式下手术医生也可能在 DSA 机房内。无论哪种工作模式，医护 DSA 机房内必须身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅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、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施后身着铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅防护手套等个人防护用品在 DSA 机房内对病人进行直接的介入手术操作。

9.2.5 污染因子

1. 放射性污染因子

（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轫致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。

（2）放射性废物

DSA 运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

2. 非放射性污染物

废气：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

续表 9 项目工程分析与源项

氮氧化物和臭氧，其中以 X 射线为评价重点。

固废：手术时产生的少量医疗废物分类收集，在 DSA 机房西侧污物处置间打包整理后经污物通道运至本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理；废铅防护用品由医院收集、暂存后妥善处置，并做好相应记录。

废水：手术时产生的少量医疗废水依托医院污水处理站处理。

9.2.6 工作负荷

根据医院提供的资料，医院介入手术工作负荷情况见表 9.2-1。

表 9.2-1 医院 DSA 介入手术有效开机时间表

透视					
手术类别	年开展工作量（台）		每台手术透视曝光时间（min）		年透视曝光时间（h）
心血管介入	200		21		70
神经介入	100		21		70
综合介入	300		21		70
合计	/		/		210
采集					
手术类别	年开展工作量（台）	单次采集时间（S）	单台手术采集次数（次）	单台手术最大采集时间（min）	年采集时间（h）
心血管介入	200	6~10s	4~10 次	1.7	5.7
神经介入	100	6~10s	4~10 次	1.7	2.8
综合介入	300	3~8s	7~15 次	2	10
合计	/	/	/	/	18.5

由上表可知，本项目 DSA 年透视时间约 210h，采集时间约 18.5h，DSA 总年有效开机时间约 228.5h。

9.3 路径规划

（1）放射工作人员通道（医生通道）：医护人员经洁净通道进入控制室和介入手术室。手术完成后，医护人员原路返回。

（2）病人通道：病人从等待区经换床间进入缓冲间，再通过防护门进入介入手术室接受手术，手术完成后经缓冲间进入谈话间，再进入复苏室复苏后离开。

（3）污物通道：手术期间产生的医疗废物，在手术结束后在西侧污物处置间分类打包后通过西侧的污物走廊暂存至手术区域东侧的医废暂存间。

续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

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。为防止 X 射线球管烧毁并延长其使用寿命，在实际使用时，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及重庆市多家医院 DSA 的设备工作条件发现：①在极端情况下，DSA 透视工况运行管电压为最大管电压，即 125kV，电流不大于 110mA；在极端情况下，DSA 采集工况运行管电压也为最大管电压，即 125kV，电流不大于 500mA。②常用透视工况为 60~90kV/5~20mA，采集工况为 60~90kV/300~500mA。

根据射线衰减原理和《辐射防护导论》（P342，附图 3），不同过滤条件下离靶 1 米处的 X 射线发射率如下图 9.4-1 所示。

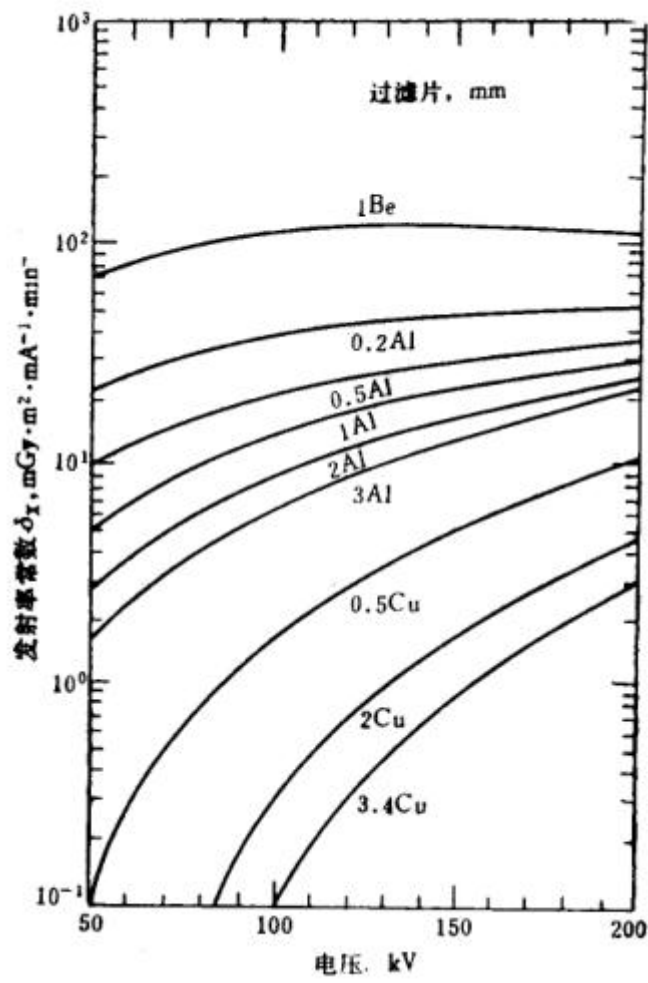


图 9.4-1 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

续表 9 项目工程分析与源项

本项目 DSA 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 9.4-1。

表 9.4-1 最大管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。

9.4.2 “三废”（非放射性）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，影响室内空气质量。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体。

(2) 固废

本项目 10 名辐射工作人员全部在应急医院项目人员定额内，不增新人员，不新增生活垃圾，生活垃圾统一收集后，交由市政环卫部门处理；介入手术产生的棉签、纱布、手套等医疗废物分类收集，在 DSA 机房西侧污物处置间打包整理后经污物通道运至本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理；DSA 在运行时均采用实时成像系统，不洗片，无废片产生；项目拟配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在破损等情况下，屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，含铅防护用品报废后按有关规定收集、妥善保管和暂存后，交有资质单位处置，并做好相应记录；DSA 使用年限 10 年以上，报废的 DSA 成为固体废物，报废后的 DSA 按照相

续表 9 项目工程分析与源项

关要求对射线装置内的高压射线管进行拆解、去功能化，拆解后废阴极射线管暂存于本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理，拆解后的其他部件交设备制造单位或交由物资回收单位处置。

(3) 废水

本项目 10 名辐射工作人员全部在应急医院项目人员定额内，不新人员，不新增生活污水。项目产生的少量医疗废水进入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政管网。

(4) 噪声

本项目 DSA 手术室的噪声主要来自通排风系统、空调等设备，以及进出医院的机动车辆产生的交通噪声及就诊病人及家属产生的人群活动噪声，声级较小，噪声影响小。

9.4.3 项目污染因子统计

综上所述，本项目污染因子一览表见表 9.4-2。

表 9.4-2 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 $9.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，90kV 不大于 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ；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	生活垃圾	不新增
		医疗废物	少量（分类收集，在 DSA 机房西侧污物处置间打包整理后经污物通道运至本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理）
		废阴极射线管	少量（拆解后废阴极射线管暂存于本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理，拆解后的其他部件交设备制造单位或交由物资回收单位处置）
		废铅防护用品	少量（由医院收集、暂存后妥善处置，并做好相应记录）
	废水	生活污水	不新增
		医疗废水	少量（排入医院污水处理站处理）

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

(1) 布局

本项目 DSA 机房布置于医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角，控制室位于 DSA 机房北侧，设备间位于 DSA 机房南侧，污物处置间布置于 DSA 机房西侧，男更、女更、男卫、女卫、复苏室等其他辅助配套用房于其他手术室共用，配套设施齐全，满足开展介入手术要求。

DSA 机房远离人流聚集区域，区域内仅医护人员和病人活动，无其他公众成员停留，其位置与其它科室相对独立，有利于辐射防护。DSA 机房医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角，设置有分别用于工作人员和病人进出的防护门，并设置单独的污物处置间，污物在每天工作结束后运输。项目布局利于病患就医，人流、物流各通道相对独立，其设置布局利于辐射防护安全控制。

综上，项目布局便于介入手术放射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。

(2) 机房面积

本项目机房内空尺寸和标准要求见表 10.1-1 所示。

表 10.1-1 射线装置机房建设要求对比表

名称	机房设计		标准要求		是否满足要求
	机房有效内空尺寸 (长×宽×高, m)	机房面积 (m ²)	最小单边长 (m)	面积 (m ²)	
DSA 机房	8.56m×7.2m×2.77m	61.63	≥3.5	≥20	满足

由上表可知，本项目射线装置机房的最小单边长度和面积均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

(3) 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的定义，控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。监督区：这种区域未被确定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照

射条件进行监督和评价。

表 10.1-2 本项目控制区、监督区划分表

分区类型	划分区域
控制区范围	DSA 机房
监督区范围	DSA 机房东侧过道；DSA 机房南侧设备间；DSA 机房西侧手术室 2 及污物处置间；DSA 机房北侧控制室、缓冲间；DSA 机房楼上及楼下投影区域。

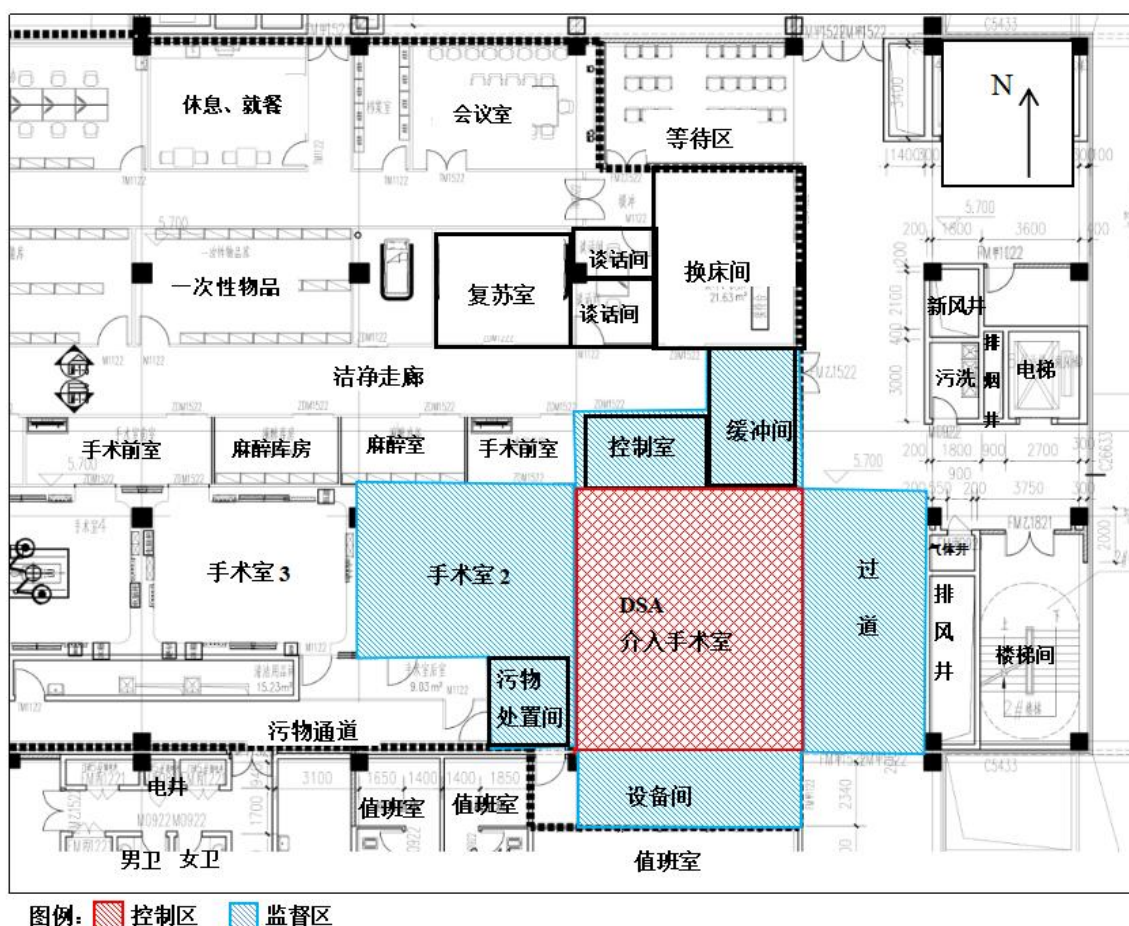


图 10.1-1 项目分区图布置示意图

10.2 辐射安全与防护

续表 10 辐射安全与防护

10.2.1 医院拟采取的辐射安全与防护措施

(1) 设备固有措施

本项目拟购 DSA 装置自身采取多种固有安全防护措施：

- ①本项目 DSA 拟设可调限束装置，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，并拟配备透视限时装置。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放置合适铝过滤板，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 不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。平板探测器前面可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应急开关：DSA 设备上自带急停开关，控制台上拟设置急停开关，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 10.2-1。

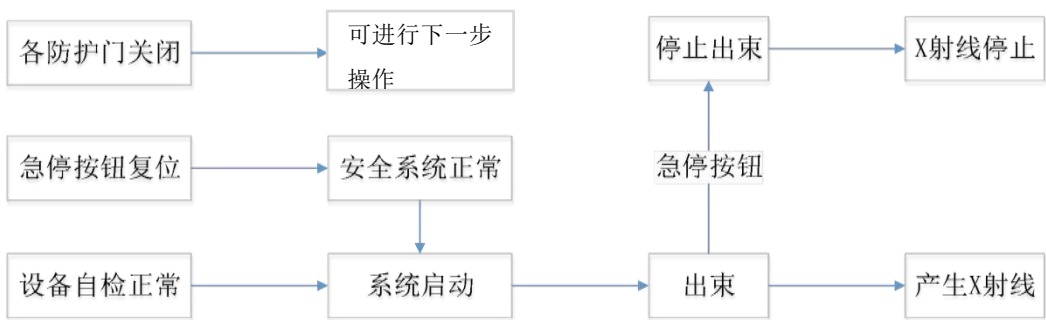


图 10.2-1 辐射安全联锁逻辑图

续表 10 辐射安全与防护

(2) 机房采取的辐射安全与防护措施

①本项目机房的有效使用面积约 61.63m²、最小单边长度 7.2m，四周墙体均采用 4mm 厚铅板；顶棚为 120mm 混凝土（密度 2.35g/cm³）+4mm 厚铅板；地板为 120mm 混凝土+70mm 厚硫酸钡水泥（密度 3.2g/cm³），防护门及观察窗均为 4mmPb。根据核算，本项目机房屏蔽防护能力满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

②机房设置多个防护门和 1 个观察窗，其中机房与医护进出防护门、污物处置间或与污物走廊相连的门为平开门，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，DSA 机房防护门、观察窗与墙体之间拟采取足够的搭接宽度。防护门、铅玻璃窗的生产和安装均交有专业的厂家负责，保证墙体、铅玻璃及铅门的屏蔽能力。

③铅板连接处需要用钉子固定，钉子穿孔和铅板拼接处采用 2mmPb 铅皮遮盖，射线经多次散射后对机房外的剂量满足要求，不影响墙体的屏蔽防护效果。

(3) 通风

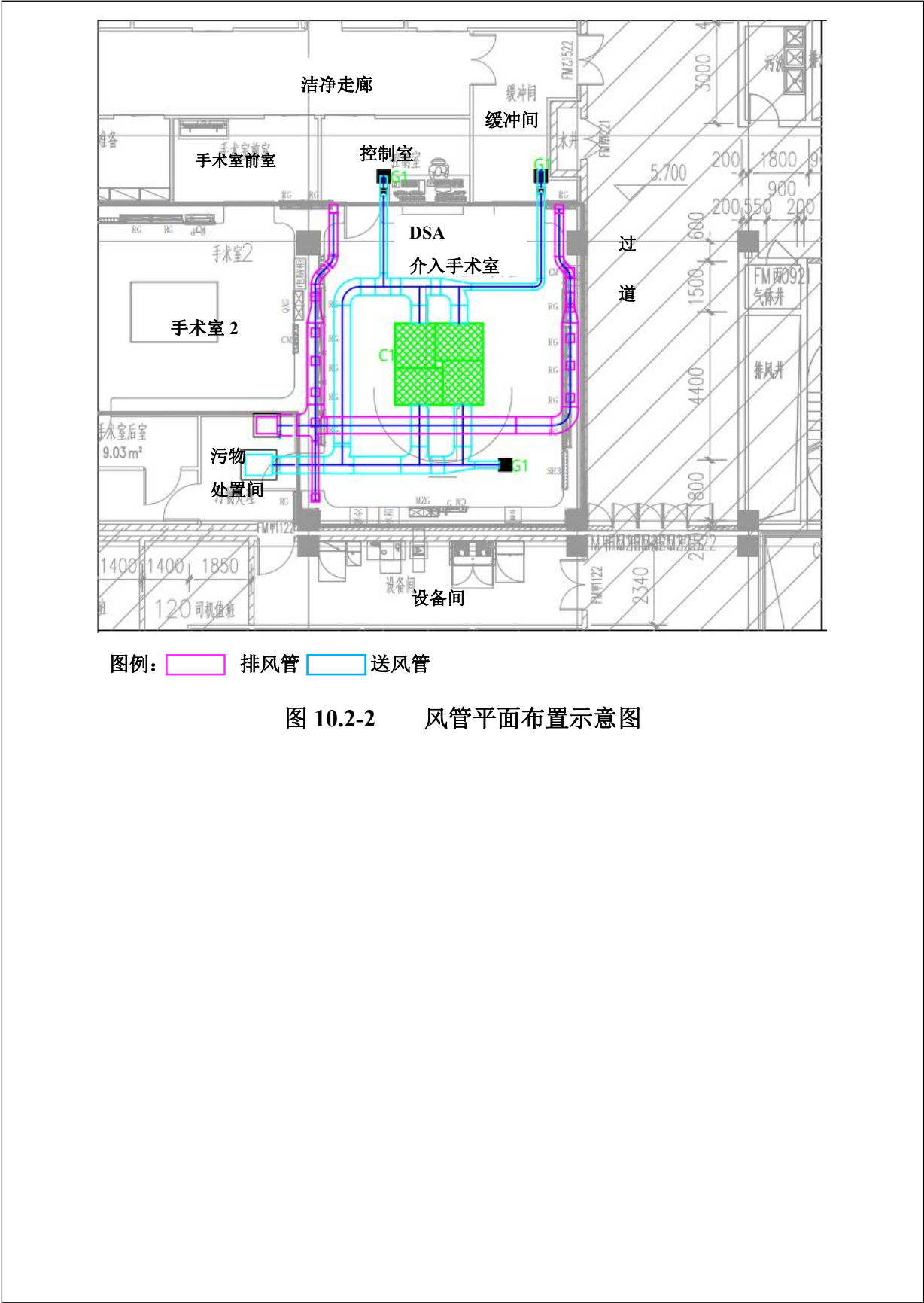
DSA 机房拟设置 1 根进风管道和 1 根排风管道，并在西侧与污物处置间之间的天棚装饰吊顶面设置 1 个进风管和 1 个排风管；DSA 机房与控制室和缓冲间之间的天棚装饰吊顶面各设置 1 个进风管和 1 个排风管，与 DSA 机房进风支管和排风支管链接；废气汇总后经排风管引至所在楼层手术区域西侧排风井，最终在所在楼楼顶排放至室外。

(4) 管线进出口防护

穿墙电缆管线：穿越机房防护墙的电缆导线、导管拟设置在机房角落墙底部，并在管线上敷设 3mmPb 铅板遮盖，不影响墙体屏蔽防护效果。

穿墙风管：根据机房屏蔽防护方案，DSA 机房高 5.1m，吊顶后内空高约 2.77m，机房通风管道排风管穿墙位置均位于机房吊顶上方，穿墙高度离地约 3.3m，拟包裹长度约 0.2m 的 3mmPb 铅皮进行屏蔽补偿，管道穿墙穿墙口位置较高，且远离人员活动频繁区域，射线对环境影响很小。

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

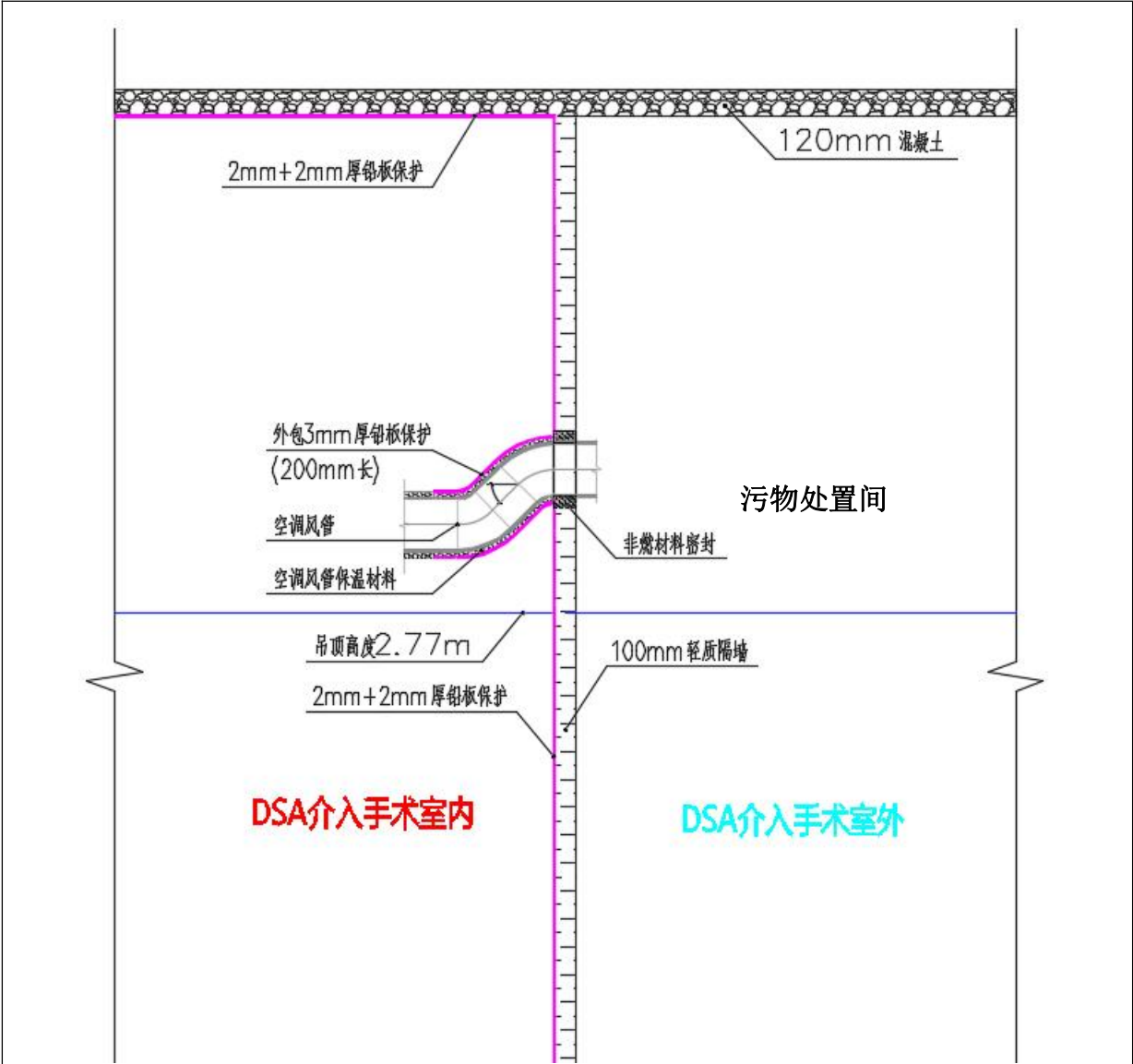


图 10.2-3 通风管道立面布置示意图

(5) 联锁系统

DSA 机房的出入口各防护铅门均设置门灯联锁系统，即在关门时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮，警示无关人员远离机房区域。设备间门为常闭状态，设备间内无人员停留。

(6) 警示标识

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

(7) 辐射防护用品

续表 10 辐射安全与防护

根据医院提供的资料，医院拟配备个人防护用品，具体见表 10.2-1。

表 10.2-1 项目拟配置个人防护用品和辅助防护设施情况

使用对象	个人防护用品			个人防护用品		
	名称	铅当量	总数	名称	铅当量	总数
工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	10 套	铅悬挂防护屏/床侧防护屏	$\geq 0.5\text{mmPb}$	1 套
	铅防护眼镜	$\geq 0.25\text{mmPb}$	10 套	铅防护吊帘/床侧防护帘	$\geq 0.25\text{mmPb}$	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	$\geq 0.5\text{mmPb}$	2 套	/	/	/

备注：若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。

对比《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），医院拟配置的个人防护用品及辅助防护设施符合要求。

（8）其他

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

②合理布置机房内急救及手术用辅助设备，机房内安装对讲装置。

③医院应合理安排医疗废物运出时间，DSA 机房工作时，严禁医疗废物运出；待 DSA 机房停止工作时，方可进行医疗废物运送。

④保证施工质量，确保 DSA 机房的屏蔽防护能力均不低于设计要求。

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）等相关要求对比情况见表 10.3-1 所示。

根据表 10.3-1 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。医院严格按照上述要求建设，认真落实上述辐射安全与防护措施后，能保障 DSA 的运行对环境和人员的影响满足相关标准要求。

表 10.3-1 项目辐射安全与防护设施与标准要求对比情况表

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	一般要求	5.1.1X 射线设备出线口上应安装线束系统（如限速器、光阑等）。	本项目拟配置具备可调限束功能的装置。
		5.1.2X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标示。	本项目拟配置具有满足标准要求的 X 射线管组件的装置。
		5.1.3X 射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材质和厚度。	本项目 DSA 的 X 射线管组件上拟标明固有滤过材质和厚度。
	X 射线设备防护性能的技术要求	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。	拟配置常断式开关并配有透视计时及限时报警装置的透视曝光开关。
		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。	机房内拟设置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。
		5.8.3X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置。	拟配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 装置的设备。
		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。	拟配置能在设备控制台和机房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装置。
	X 射线设备机房防护设施的技术要求	6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	拟将门窗、管线出口和工作人员操作位设置在有用线束不会直接照射的位置。
		6.1.2X 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。	机房四周墙体和顶棚、地板均采用足够厚的屏蔽材料进行防护。
		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；	设备拟设置独立的机房，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，其最小机房面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。	拟建机房有效使用面积约 61.63m ² 、最小单边长度 7.2m，均满足标准要求。
		6.2.1 不同类型 X 设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护不低于表 3 的规定。	拟建机房按不低于表 3 的屏蔽防护要求建设。
		6.3.1 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不大于仪器响	根据后文核算，能确保透视时机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5 μSv/h，在摄影工况下机房屏蔽体外的周围剂

标准号	标准要求		项目情况
		应时间；	量当量率均不大于 25 μ Sv/h。
	6.3.1	c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量率应不大于 25 μ 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；	
	6.4.1	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。
	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。	机房拟设置新风系统和机械排风，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。	铅防护门均拟设置电离辐射警告标志，DSA 机房的出入口防护铅门均拟设置门灯联锁装置，门关闭，显示“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，同时拟在缓冲间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联动。	机房与医护进出防护门、污物处置间或与污物走廊相连的门为平开门，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；工作状态指示灯拟与机房门有效联动。
	6.4.6	电动推拉门宜设置防夹装置。	机房与病人进出口之间的门为推拉式门，拟设置防夹装置。
	6.4.7	受检者不应在机房内候诊；检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	受检者在机房外候诊，非特殊情况，陪检者不允许滞留机房。
	6.4.10	机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	机房出入门拟设置在散射辐射相对低的位置。
	6.5.1	每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。	拟配置相应的辐射防护用品，数量和铅当量均满足要求。具体配置设施数量和铅当量见表 10.2-1。
	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	

标准号	标准要求		项目情况
		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，按要求执行。
	X 射线 设备操 作的防 护安全 要求	7.8.2 介入放射学用 X 射线设备应具有可准确记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。	拟配备具有可准确记录受检者剂量的装置的设备，医院拟将每次诊疗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。	医院拟为每名介入手术的医生在铅防护衣内外各配置 1 枚个人剂量计，满足要求。
		7.8.5 移动式 C 形臂 X 射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于影响增强器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。	拟加强工作人员管理，项目运行前对放射工作人员进行培训，并制定相应制度，按照标准规定执行。
GBZ128-2019	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。	医院拟为实施介入手术的工作人员配置双剂量计，并在左胸（铅防护用品内侧）和领口位置（铅防护用品外侧）分别佩戴一枚剂量计。
		5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。	

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

项目与医疗综合楼主体工程一起施工，产生的施工期污染物一起收集和处置。根据《重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目环境影响报告书》的施工期环境影响评价结论可知，项目施工期产生的扬尘、噪声、废水对周围环境影响较小，固废能妥善处理，对环境的影响小。

项目施工期主要为防护铅门、铅玻璃窗的安装、硫酸钡敷设及通风系统安装等防护设施建设与 DSA 设备安装等内容，施工扬尘主要为装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘为机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘，项目位于在建大楼内，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用房装修及现场处理等，采取合理安排施工时间，禁止在夜间（22：00-6：00）作业，选择低噪声、低振动施工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，生活污水依托医院的废水处理系统处理。

固体废物：主要为用房装修过程产生的建筑垃圾、包装废物以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至合法的弃渣场处置，生活垃圾和包装废物交环卫部门统一收运处置。

项目在医疗综合楼建筑物内施工，工程量较小，施工期较短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。

施工单位做好施工组织工作，文明施工，切实落实相应环保措施后，项目施工对环境产生的影响较小。

11.2 营运期辐射环境影响分析

11.2.1 机房屏蔽能力核算

（1）屏蔽体铅当量核算公式

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录 C 的式 C. 1.2 所列方法和公式（本报告式 11-1）核算不同屏蔽物质的铅当量。

①对给定的铅厚度的屏蔽透射因子 B 按下式核算：

续表 11 环境影响分析

$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots \text{(公式 11-1)}$ 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。 ②在给出透射因子 B 的情况下，可根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中附录 C 的式 C.2 (本报告式 11-2) 计算出各屏蔽物质的铅当量厚度： $X = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln \left[\frac{B^{-\gamma} - \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right] \dots\dots\dots \text{(公式 11-2)}$ 式中：X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；其余同上。 (2) 相关参数 根据 DSA 工作原理及工作方式可知，DSA 的辐射场由三种射线组成：主射线、 散射线、漏射线。根据 NCRP147 号报告“Examples of Shielding Calculations”5.1 节(P72) 指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知，DSA 的漏射线剂量率很小 (一般不大于 1mGy/h) 。因此，在屏蔽防护时主要考虑非有用线束的影响，而 90°非有用线束的影响最大，因此本评价以 90°非有用线束屏蔽厚度要求作为核算依据。本项目 DSA 最大管电压为 125kV ，对于顶棚、地板查《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 表 C.2 混凝土拟合参数进行核算。拟合参数见表 11.2-1。 表 11.2-1 125kV 拟合参数 <table><tr><th rowspan="2">屏蔽材料</th><th colspan="3">125kV (90°非有用线束)</th><th rowspan="2">屏蔽材料的密度 g/cm³</th></tr><tr><th>α</th><th>β</th><th>γ</th></tr><tr><td>铅</td><td>2.233</td><td>7.888</td><td>0.7295</td><td>11.3</td></tr><tr><td>混凝土</td><td>0.0351</td><td>0.0660</td><td>0.7832</td><td>2.35</td></tr></table> 根据《辐射防护导论》 (方杰、李士骏) P88，混凝土的相当厚度可用密度进行换算，					屏蔽材料	125kV (90°非有用线束)			屏蔽材料的密度 g/cm ³	α	β	γ	铅	2.233	7.888	0.7295	11.3	混凝土	0.0351	0.0660	0.7832	2.35
屏蔽材料	125kV (90°非有用线束)			屏蔽材料的密度 g/cm ³																		
	α	β	γ																			
铅	2.233	7.888	0.7295	11.3																		
混凝土	0.0351	0.0660	0.7832	2.35																		

续表 11 环境影响分析

具体公式如下，具体公式如下： $d1 / d2 = \rho2 / \rho1 \dots\dots\dots (公式 11-3)$ 式中：d1、d2—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的厚度， ρ1、ρ2—屏蔽材料 1 和屏蔽材料 2 的密度。 根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 表 C.5 中 125kV 的 90°非 有用线束条件下 1mm 铅当量相当于 80mm 混凝土，对混凝土进行换算。 另外，根据《辐射防护手册》（第三分册）表 3.3 可知，150kV 条件下 15mm 密度 为 3.2g/cm³ 钡水泥相当于 1mmPb、100kV 条件下 9mm 密度为 3.2g/cm³ 钡水泥相当于 1mmPb，本项目保守按 150kV 条件对硫酸钡水泥进行换算。 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 11.2-2。 表 11.2-2 DSA 机房屏蔽厚度与 GBZ130-2020 要求对比表 <table><tr><th>机房名称</th><th>屏蔽防护体</th><th>屏蔽防护设计</th><th>折合铅当量</th><th>标准要求</th><th>评价结果</th></tr><tr><td rowspan="4">DSA 机房</td><td>四周墙体</td><td>4mm 铅板</td><td>4mmPb</td><td>2mmPb</td><td>满足</td></tr><tr><td>顶棚</td><td>120mm 混凝土+4mm 铅板</td><td>5.5mmPb</td><td>2mmPb</td><td>满足</td></tr><tr><td>地板</td><td>120mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥</td><td>6.17mmPb</td><td>2mmPb</td><td>满足</td></tr><tr><td>铅门、铅窗</td><td>4mmPb 当量</td><td>4mmPb</td><td>2mmPb</td><td>满足</td></tr></table> 备注：混凝土（砣）密度 2.35g/cm³、铅密度 11.3g/cm³、硫酸钡水泥 3.2g/cm³。 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 DSA 机房屏蔽能力不得 低于 2mmPb 当量。根据上表核算和对比分析，本项目机房墙体的屏蔽能力均能满足《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 根据公式 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$\dot{H}$（μSv/h）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						机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计	折合铅当量	标准要求	评价结果	DSA 机房	四周墙体	4mm 铅板	4mmPb	2mmPb	满足	顶棚	120mm 混凝土+4mm 铅板	5.5mmPb	2mmPb	满足	地板	120mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥	6.17mmPb	2mmPb	满足	铅门、铅窗	4mmPb 当量	4mmPb	2mmPb	满足
机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计	折合铅当量	标准要求	评价结果																											
DSA 机房	四周墙体	4mm 铅板	4mmPb	2mmPb	满足																											
	顶棚	120mm 混凝土+4mm 铅板	5.5mmPb	2mmPb	满足																											
	地板	120mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥	6.17mmPb	2mmPb	满足																											
	铅门、铅窗	4mmPb 当量	4mmPb	2mmPb	满足																											

续表 11 环境影响分析

得出项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \dots\dots\dots (\text{公式 11-4})$$

式中：

$\dot{H}$ ——关注点散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I——X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ，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，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 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.1，125kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的散射系数为 7.5×10^{-6} ；90kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的散射系数为 6.83×10^{-6} 。

R_s ——辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为米（m）；

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

本项目 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。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。

本项目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，本项目铅门、铅窗和顶棚核算采用前文已换算的铅当量及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中管电压 90kV 下铅的拟合参数进行计算，预测参数见表 11.2-3。

续表 11 环境影响分析

表 11.2-3 核算参数

设备名称	管电压 (kV)	对应管电流 I (mA)	输出量 H ₀ μSv•m ² / (mA•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	6.83×10 ⁻⁶	0.38	根据设备布置 位置确定
管电压		材质	拟合参数				
			α	β		γ	
90kV 拟合参数		铅	3.067	18.83		0.7726	
		混凝土	0.04228	0.1137		0.4690	

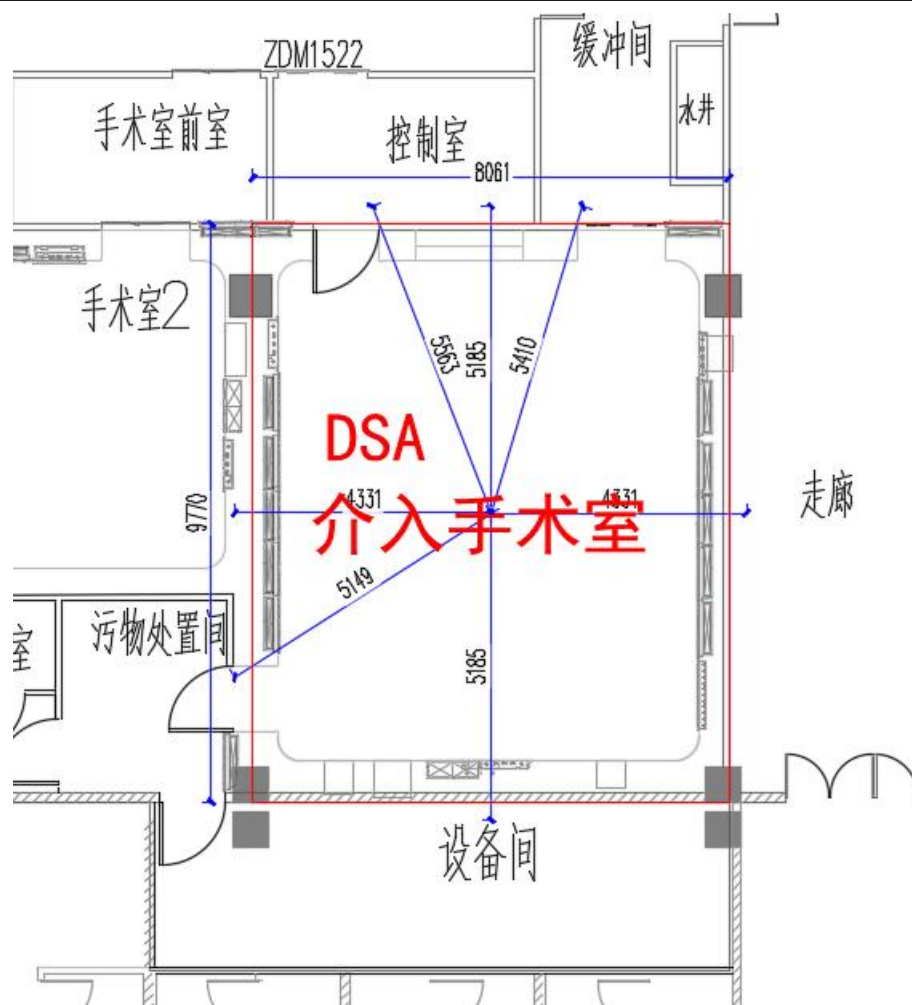


图 11.2-1 各计算点核算距离示意图

(3) 机房外周围剂量当量率核算结果

根据核算公式和表 11.2-3 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分别见表 11.2-4 所示。

续表 11 环境影响分析

表 11.2-4 DSA 机房屏蔽核算结果

墙体名称		射线类型	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	
东侧（走廊、楼梯间）	墙体	散射	4.69	4mmPb	2.02×10^{-3}	5.05×10^{-2}	是
南侧（设备间）	墙体	散射	5.68	4mmPb	1.38×10^{-3}	3.44×10^{-2}	是
西侧（手术室前室、手术室及手术室后室、污物处置间及污物通道）	墙体	散射	4.54	4mmPb	2.15×10^{-3}	5.39×10^{-2}	是
	铅门	散射		4mmPb	2.15×10^{-3}	5.39×10^{-2}	是
北侧（控制室、缓冲间、缓冲间、谈话间、洁净通道及等候区等）	墙体	散射	5.03	4mmPb	1.76×10^{-3}	4.39×10^{-2}	是
	铅窗	散射		4mmPb	1.76×10^{-3}	4.39×10^{-2}	是
	铅门	散射		4mmPb	1.76×10^{-3}	4.39×10^{-2}	是
楼上（汇流排间及净化机房）	顶棚	散射	5.1	120mm 混凝土+4mmPb	1.72×10^{-5}	4.29×10^{-4}	是
楼下（走廊、开水间、缓冲间、倒污区及污区暂存间）	地板	散射	5.0	120mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥	2.29×10^{-6}	5.72×10^{-5}	是

备注：①医疗综合楼 1F 为 5.7m、2F 为 5.1m（含地板厚度）；②设备离地高度按 1.0m 考虑，球管位于机房中心点；③顶棚核算到楼上地面 1m 处，楼下核算至距地面 1.7m 处；四周墙体计算参考点位于四周墙体、门窗外 0.3m 处。

根据计算可知，常用透视工况及采集工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

11.2.3 剂量估算

（1）剂量估算公式

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000 年报告附录 A 公式以及居留因子的选取，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算：

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad \dots\dots\dots \text{（公式 11-5）}$$

其中： H_1 ：X 射线外照射有效剂量当量，mSv；

H_0 ：X 射线束造成的空气比释动能率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T：居留因子（控制室居留因子取 1）；

t：X 射线年照射时间，h/a。

续表 11 环境影响分析

(2) 放射工作人员剂量估算

根据医院提供的资料,医院使用 DSA 进行介入手术治疗的工作负荷约 600 人次/年;年有效采集曝光时间约为 18.5h,透视曝光时间约 210h。

A. 控制室放射工作人员有效剂量估算

控制室放射工作人员有效剂量估算见表 11.2-5。

表 11.2-5 控制室放射工作人员有效剂量核算结果一览表

关注点位置	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	
控制室	1.76×10^{-3}	4.39×10^{-2}	210	18.5	3.69×10^{-4}	8.12×10^{-4}	1.18×10^{-3}

根据上表可知,从最不利情况考虑,即使本项目 DSA 机房的控制室的工作由 1 名技师完成,则该名放射工作人员受到的年有效剂量最大为 1.18×10^{-3} ,远小于 5mSv/a ;本项目拟配置 2 名技师,轮换操作,其受到的年有效剂量能够满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

B. 介入手术室医护人员有效剂量估算

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,考虑医护人员在机房铅屏风后操作,医护人员均穿戴个人防护设施(考虑 0.5mmPb),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衰减距离因素最近为 0.5m ,核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

介入手术室医护人员年附加有效剂量估算见下表。

续表 11 环境影响分析

表 11.2-6 透视时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剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年出束时间 (h/a)	年有效剂量估算 (mSv/a)	
90kV	采集	3.68×10^{-5}	27.8	18.5	0.513	3.713
	透视	2.52×10^{-2}	15.2	210	3.2	

根据上表可知，从最不利情况考虑，即使是本项目 DSA 机房的手术由 1 组医护人员完成，则该组医护人员受到的最大年有效剂量为 3.713mSv/a ，小于 5mSv/a 。本项目拟配置 2 组医护人员，轮换作业，各组组医护人员受到的最大年有效剂量均满足本项目放射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a ，同时也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

此外，上述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 $400 \mu\text{Sv/h}$ 的基础上计算的，实际手术过程中，手术医生受到的照射剂量与铅悬挂防护屏位置、铅防护用品质量、手术医生的手术熟练度及习惯等相关。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。

另外，手术医生在机房内手部和眼晶体可能受到较大剂量的照射，医院应做好医生的个人防护，并佩戴手腕或指环式剂量计，定期对剂量计进行监测，确保医生手部和眼晶体不会受到过高的年有效剂量。

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，手术室医护人员应在防护铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计；

b.医院应定期对个人剂量计进行监测，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

DSA 机房外公众成员剂量估算结果如下。

续表 11 环境影响分析

表 11.2-7 环境保护目标周围剂量当量率预测结果								
墙体名称		机房外墙与环境 保护目标最近水 平距离(m)	预测结果 (μSv/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		
东 侧	过道	紧邻	2.02×10^{-3}	5.05×10^{-2}	210	18.50	1/5	2.72×10^{-4}
	楼梯间	6.5	3.55×10^{-4}	8.87×10^{-3}	210	18.50	1/5	4.77×10^{-5}
	停车场 1、停车场 2、污水处理站等	22.4	6.05×10^{-5}	1.51×10^{-3}	210	18.50	1/40	1.02×10^{-6}
南 侧	设备间	紧邻	1.38×10^{-3}	3.44×10^{-2}	210	18.50	1	9.26×10^{-4}
	医护值班室	2.9	6.03×10^{-4}	1.51×10^{-2}	210	18.50	1	4.06×10^{-4}
	医护办公室、病房 等	13.2	1.25×10^{-4}	3.12×10^{-3}	210	18.50	1	8.38×10^{-5}
西 侧	手术室 2~6 及手术 室后室	紧邻	2.15×10^{-3}	5.39×10^{-2}	210	18.50	1/2	7.25×10^{-4}
	污物处理间、污物 通道	紧邻	2.15×10^{-3}	5.39×10^{-2}	210	18.50	1/5	2.90×10^{-4}
	UPS、医废暂存间、 电梯（病床梯）、 过道	38.3	2.42×10^{-5}	6.05×10^{-4}	210	18.50	1/5	3.26×10^{-6}
	标本间、保洁间、 标本接收、取材室 等	38.3	2.42×10^{-5}	6.05×10^{-4}	210	18.50	1	1.63×10^{-5}
西 南 侧	医护值班室、医护 办公室、会议/学习 室、病房等	1.2	7.49×10^{-4}	1.87×10^{-2}	210	18.50	1	5.04×10^{-4}
北 侧	控制室、手术前室	紧邻	1.76×10^{-3}	4.39×10^{-2}	210	18.50	1	1.18×10^{-3}
	缓冲间	紧邻	1.76×10^{-3}	4.39×10^{-2}	210	18.50	1/5	2.36×10^{-4}
	洁净通道	2.5	7.83×10^{-4}	1.96×10^{-2}	210	18.50	1/5	1.05×10^{-4}
	缓冲间、谈话间及 等候区等	5	4.42×10^{-4}	1.10×10^{-2}	210	18.50	1/5	5.94×10^{-5}
西 北 侧	麻醉准备室、麻醉 复苏室	3.6	4.82×10^{-4}	1.20×10^{-2}	210	18.50	1/5	6.48×10^{-5}
	麻醉库房、一次性 物品库、无菌库、 药品库房、	5	2.33×10^{-4}	5.83×10^{-3}	210	18.50	1/20	7.84×10^{-6}

续表 11 环境影响分析

	手术前室、设备间、医护办公室、值班室、卫生间、更衣室、缓冲间、病房等	12.8	1.34×10^{-4}	3.35×10^{-3}	210	18.50	1	9.02×10^{-5}
楼上	汇流排间及净化机房	/	1.72×10^{-5}	4.29×10^{-4}	210	18.50	1/5	2.31×10^{-6}
楼下	走廊、开水间、缓冲间、倒污区及污区暂存间	/	2.29×10^{-6}	5.72×10^{-5}	210	18.50	1/5	3.08×10^{-7}

备注：居留因子参照 NCRP147 号报告 P31 表 4.1 取值：办公室、药房等工作区域、等候室、儿童室内游戏区、护士站、控制室等取 1；检查、治疗室取 1/2；走廊、病房、员工休息室等取 1/5；走廊门 1/8；公厕、储藏室、室外休息区、病人留观区等取 1/20；过路行人或车辆、无人看管的停车场、楼梯等取 1/40。缓冲间按走廊考虑取 1/5。

根据上表核算，DSA 机房周围公众成员受到的年附加有效剂量最大约为 0.00118mSv/a，低于年剂量管理目标值 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，在合理分配手术量以及放射工作人员正确、有效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（5mSv/a），公众成员受到年有效剂量也满足管理目标值 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。

11.2.4 环境保护目标受影响情况分析

DSA 机房的屏蔽防护能力能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，各关注点周围剂量当量率满足国家相关标准要求。本项目环境保护目标主要受本项目 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 11.2-7 可知，DSA 机房周围公众成员（手术前室）受到的年附加有效剂量最大约为 0.00118mSv/a，低于年剂量管理目标值 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。因此，本项目建设对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。

11.3 其他影响

续表 11 环境影响分析

11.3.1 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，消除有害气体对诊断室的影响，关键在于加强室内通风。本项目 DSA 机房设计有排风系统，能满足 DSA 机房通风换气需要。

本项目 DSA 机房内天棚装饰吊顶面设置 1 个排风管，废气经排风管引至所在楼层同层手术区域西侧排风井最终在医疗综合楼楼顶排放至室外，不会对公众造成危害，不会对环境带来影响。

11.3.2 废水

项目工作人员在医院总劳动定员内，生活污水和少量医疗废水进入医院废水处理设施进行处理，达标后排入市政管网。

医院污水处理站，接纳整个医院医疗废水。DSA 机房废水依托医院废水处理站处理是可行的。

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。

11.3.3 固体废物

项目工作人员在医院总劳动定员内，生活垃圾收集后交环卫部门处理。

医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区西侧（污梯旁）设有医疗废物暂存间，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，相应类别的塑料桶旁墙上贴有中文标签，医疗废物暂存间大门贴有警示标识；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。

项目介入手术产生的医疗废物分类收集，在手术室打包整理后暂存在污物暂存间，每天及时转运至医疗废物暂存间，并由资质单位转运、处置，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，不能达到原有使用功能后成为报废铅防护用品，含铅防护用品报废后按有关规定由医院收集、暂存后由出售厂家进行回收，并做好相应记录；报废后的 DSA 按照相关要求对射线装置内的高压射线管进行拆解、去功能化，拆解后废阴极射线管暂存于本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再

续表 11 环境影响分析

统一交有资质单位处理，拆解后的其他部件交设备制造单位或交由物资回收单位处置。

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。

11.4 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。

11.5 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。

11.6 事故风险分析及对策

（1）风险事故类型

续表 11 环境影响分析

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 射线装置设置在专用机房内，机房四周墙体、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因为设备故障和违反操作规程等，而导致无关人员受到误照射或者放射工作人员受到超剂量照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

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

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

（2）后果分析

①DSA 机房外人员误照射

根据核算，在极端情况下，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 11.6-1，核算过程见支撑性材料。

表 11.6-1 DSA 机房外误照射人员所受辐射剂量估算表

墙体外最大周围剂量当量率			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)
位置	事故情景	周围剂量当量率 (μSv/h)				
DSA 机房防护门、窗外	最大运行参数条件下透视	4.07×10^{-1}	21	1.42×10^{-4}	2.04×10^{-4}	2.04×10^{-4}
	运行，人员位于机房外采集	1.85	2	6.17×10^{-5}		

根据核算可知，在极端风险条件下，项目 DSA 机房外人员受到的单台手术有效剂量最大约 2.04×10^{-4} mSv。

②DSA 机房内人员误照射

续表 11 环境影响分析

因各种原因导致 X 射线装置在运行过程中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（90kV，500mA），考虑人员受到照射的位置距离 X 射线装置靶点约 1m，正常情况下，介入手术时，设备会发出束警报，同时治疗室内设置有视频监控，工作人员或公众成员听到声响后可就近按下治疗室内急停按钮或者控制室放射工作人员发现后可按下紧急停止按钮，该反应时间考虑为 10s；非正常情况下，设备不发生束警报，视频监控不显示，工作人员不能及时按下急停按钮，该受照时间考虑为单次介入手术时间单次采集模式最长时间约 2min、单次透视模式最长时间约 21min，其剂量估算情况见表 11.6-2。

表 11.6-2 DSA 机房内误照射人员所受辐射剂量估算表

设备	1m 处发射率	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（发现后使用急停按钮）	3.01×10^6	8.4	8.4
		2min	3.01×10^5	100.3	100.3
	透视模式：1m 处发射率 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA min}$	10s（发现后使用急停按钮）	1.2×10^5	0.3	0.3
		21min	1.2×10^5	42.1	4

备注：仅考虑散射线， $\text{Sv/Gy}=1$ 。

根据以上后果分析可知，DSA 机房内人员误照射情况下，可能发生超年有效剂量限值误照射事故，造成一般辐射事故。

此外，手术医生受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，医院每季度对放射工作人员个人剂量计测读一次值，如发现异常加密监测频率，医院应根据最大手术工作时间对手术医生进行工作调配，以确保其受到的剂量不超过年剂量管理目标值。因此要求放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计。

（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

续表 11 环境影响分析

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 11.6-3。

表 11.6-3 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	/		不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5			可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
1~2	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
2~3.5		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
3.5~5.5		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
5.5~10		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

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

项目运行产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。DSA 属于 II 类射线装置，其事故工况造成误照射事故时可能使人员受到较大的辐射剂量照射。经估算，事故工况下人员可能受到超过年剂量限值的照射，即造成一般辐射事故的发生；项目对 DSA 机房外人员造成单次误照射及滞留机房内人员受到事故误照射时，一般不会导致确定性效应和严重辐射损伤，但可能增加发生随机性效应的概率。全年多次误照射的情况基本不存在。

（4）风险事故防范措施分析

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

①撤离 DSA 机房时应清点人数，确认没有无关人员停留 DSA 机房后才开始操作。此外，在设备及控制台设置有紧急停机按钮，可避免此类事故的发生。DSA 机房内应设置此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。

续表 11 环境影响分析

③放射工作人员须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照 DSA 机房管理要求开展手术；所有辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，II 类射线装置辐射工作人员报考核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。

④定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，并建立射线装置维护、维修台账，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。

医院在认真落实上述措施后，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。

11.7 环保投资

本项目环保投资约 100 万，占总投资的 10%，具体情况见表 11.7-1。

表 11.7-1 项目环保投资一览表

序号	辐射安全与防护设施和措施	投资（万元）
1	各含铅防护门、铅玻璃窗、铅皮补偿等防护措施	76
2	辐射安全联锁等	5
3	管理制度、标识标牌、警示标志等	1
4	辐射安全与防护培训与考核、个人剂量检测、职业健康体检、档案建立等	5
5	个人防护用品	3
7	环境影响评价、竣工验收、辐射安全许可证办理等	10
合计	/	100

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

(1) 辐射安全与环境保护管理机构

按照《电离辐射防护与辐射安全基本标准》关于“营运管理”的要求，为确保辐射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，尽可能地避免事故的发生，医院应培植和保持良好的核安全文化素养，减少因人为因素导致人员意外照射事故的发生。另外，《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。

医院目前成立了放射安全防护工作领导小组，明确了放射防护领导小组成员组成及职责，根据调查，医院放射防护领导小组具体负责成员学历能满足上述要求，本项目所在的应急医院 (巴南区) 为新建辐射利用项目，在项目投入运行前，医院拟增加本区域医院管理人员作为放射防护领导小组成员，辐照工作人员须按照规定参加培训并考核合格。

(2) 放射工作人员配置

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的辐射工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：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《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年 第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识，并参加考核，取得辐射安全培训合格证书，持证上岗。按照《辐射工作人员健康标准》、《辐射工作人员职业健康管理暂行办法》和《辐射工作人员职业健康监护技术规范》的相关

续表 12 辐射安全管理

规定，辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前培训和考核。 本项目介入放射工作人员共 10 人，均在应急医院项目人员定额内，公司拟按照要求组织放射工作人员报名参加辐射安全与防护培训，经过培训考核合格后方可上岗，并定期安排辐射工作人员复训，建立培训档案。 12.2 辐射安全管理规章制度、档案 （1）辐射安全管理规章制度 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求，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：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；第七款要求，使用射线装置的单位有完善的辐射事故应急措施。 目前，医院已制定了《放射安全防护管理制度》、《射线装置辐射事故应急预案》、《X 射线影像诊断质量保证方案》、《安全防护管理与质量控制管理制度》、《放射诊疗设备维修保养制度》、《放射防护档案管理制度》、《放射科工作制度》、《个人剂量管理制度》、《放射科主治医师职责》、《医学影像科受检者防护制度》、《辐射监测计划》、《放射工作人员健康监护制度》、《放射工作人员培训计划》、《DSA 操作规程》等各项管理规章制度，详见附件 7。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，医院在运营过程中也按上述制度执行，具有一定的可操作性。另外，应急医院（巴南区）应补充制定本医院片区的相关管理制度，在今后工作中认真落实相关制度，并不断更新和完善。 （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。 医院按照上述要求每年均提交了上一年度的年度评估报告，医院今后还将制定并落实年度评估制度，继续于每年 1 月 31 日前均向发证机关提交年度评估报告。年度评

续表 12 辐射安全管理

估报告应包括医用 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。

(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心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在核技术利用单位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。

医院拟建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责，将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①在院内开展展核安全文化宣贯推进专项培训，严格落实岗位职责，对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。

②医院应不断总结、汲取经验教训，培植核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

(4) 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，建立放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放射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

医院已制定了辐射工作人员个人剂量管理相关制度，本项目运营后，医院将认真落实相关制度和规定，安排放射工作人员进行职业健康体检（两次检查的时间间隔不超过 2 年）、配置个人剂量计、参加辐射安全与防护培训并取得合格证，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保存。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。

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

续表 12 辐射安全管理

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。

12.3 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》，医院从事本项目辐射活动能力评价见下表 12.3-1。

表 12.3-1 从事本项目辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
使用Ⅱ类射线装置的工作单位，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或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作	医院成立了辐射安全与环境保护工作领导小组。
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	在本项目投运前制定培训计划，对新上岗辐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。
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	拟在 DSA 机房设置急停按钮，同时拟设置有门灯连锁装置、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。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	已建立了相关规章制度，待在本项目建成后，完善和补充相关制度，并在本项目放射工作场所张贴上墙和对人员培训相关制度。
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，包括个人剂量计	医院拟为每名放射工作人员配备了个人剂量计，并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。
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，但医院已有 DSA 及其他射线装置运行，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

续表 12 辐射安全管理

作人员遵守医院辐射安全管理制度。

医院拟根据项目开展配置符合要求的辐射工作人员，并组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，合格后方可上岗；项目营运中应加强核安全文化建设，建立并落实年度评估、辐射监测与安全设施检查制度；进一步补充、完善环评提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。

12.5 辐射环境监测

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》、《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。

本项目在投入运营前应制定监测计划，包括工作场所监测及个人剂量监测等，包括对定期 DSA 机房周围人员和环境进行监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

（1）个人剂量监测

拟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佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

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。

（2）工作场所环境监测

医院应对机房外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

监测频度：验收时监测一次；日常监测每年监测一次；涉及设备发射剂量率或防护设施维修后监测一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：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。

续表 12 辐射安全管理

12.6 辐射事故应急 (1) 医院辐射事故应急预案 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，建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。 医院应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。 (2) 辐射事故应急处置措施 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。 ①一旦发生辐射事故，立即按下应急开关按钮或直接停机断电，撤出机房内人员。 ②事故状态下，确需工作人员进入机房关机的，工作人员应佩戴防护用品及个人剂量计。 ③应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，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派专人对事故进行调查，查明事故原因。 ⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，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》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。医院应按规定组织自主验收，编制验收报告。本项目竣工环境保护验收一览表见表 12.7-1。

续表 12 辐射安全管理

表 12.7-1 竣工环境保护验收要求一览表			
序号	验收内容	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、 GBZ130-2020 及医 院管理要求
3	人员要求	按照要求组织放射工作人员均持证上岗，按要求定期组织复训	环境保护部令第 3 号、第 18 号、生态 环境部 7 号令、公告 2019 年第 57 号
4	剂量率控制	距离 DSA 机房墙体、门、窗表面 30cm，顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处，透视工况下周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，摄影工况下周围剂量当量率均不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。	GBZ130-2020
5	建设内容	1 台 DSA（II类射线装置）	/
6	机房面积	机房内最小机房面积不低于 20m ² ，最小单边长度不小于 3.5m	GBZ130-2020
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 枚个人剂量计按表 10.2-1 执行，具体为：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各 5 套；铅悬挂防护屏、铅防护帘、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、铅橡胶颈套各 1 套（成人和儿童各一套）。	
8	辐射安全防护措施	①DSA 机房各进出防护门设置门灯连锁系统，防护门外上方拟设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。 ②DSA 机房各防护门外均设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区域，同时在等候区西侧墙上设置放射防护注意事项告知栏。 ③制度上墙（操作规程、人员岗位职责、应急程序等）。 ④机房设置机械通风系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物。 ⑤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。 ⑥机房四周墙体、顶棚、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。 ⑦DSA 机房各进出防护门，平开门设置自动闭门装置；电动推拉式门设置防夹装置。	
9	管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、年度评估制度等	

表 13 结论与建议

13.1 项目概况

重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA 部分）位于重庆市巴南区南彭街道医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角，主要建设内容：建设 DSA 机房及相关配套用房，配置 1 台数字减影血管造影 X 射线装置（DSA，II 类射线装置），开展介入手术工作。总投资 1000 万元，其中环保投资约 100 万元。

13.2 实践正当性

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。

13.3 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》（2019 年本），本项目属于鼓励类中“数字化医学影像设备的应用”。因此，本项目符合相关产业政策。

13.4 辐射环境质量现状

根据监测统计结果可知，本项目所在位置环境 γ 辐射剂量率的监测值在 $0.07\mu\text{Gy/h} \sim 0.08\mu\text{Gy/h}$ 之间（未扣除宇宙射线），根据《2021 年重庆市生态环境状况公报》，重庆市 2021 年环境地表 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），该监测结果处于重庆市天然本底涨落范围内，区域辐射环境质量良好。

13.5 选址可行性及布局合理性

医院位于重庆市巴南区南彭街道，医院所在地周边无成片居民区、工厂等，本项目所在医疗综合楼位于医院东南部，四周均为医院内部建筑，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。项目选址可行。

本项目 DSA 机房位于医疗综合楼 2 层呼吸道传染区 2 区手术区域东南角，远离人

续表 13 结论与建议

流聚集区域，区域内仅医护人员和病人活动，无其他公众成员停留，其位置与其它科室相对独立，有利于辐射防护。DSA 机房属于独立的手术间，设置有分别用于工作人员和病人进出的防护门，并设置单独的污物通道，污物在每天工作结束后运输。项目布局利于病患就医，人流、物流各通道相对独立，其设置布局利于辐射防护安全控制，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。

13.6 辐射防护与安全措施

(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 DSA 机房划分为控制区，控制室、设备室等机房相邻区域及楼上楼下相邻区域划分为监督区，实行辐射安全分区管理，并采取相应的防护安全措施。

(2) 机房屏蔽防护

本项目 DSA 机房有效使用面积为 61.63m²，最小单边长度 7.2m，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)机房面积和最小单边长度的要求。项目机房四周墙体、顶棚及地板屏蔽防护设计折合铅当量均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的屏蔽防护铅当量厚度要求。

(3) 安全联锁装置及其他措施

使用具有多种固有安全防护措施并符合相关标准要求的 DSA，机房配置 1 套铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏等辅助防护设施；并拟按有关标准要求配备介入手术人员及患者防护用品；机房设置多个防护门和 1 个观察窗，其中机房与医护进出防护门、污物处置间或与污物走廊相连的门为平开门，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。项目 DSA 机房拟采取机械排风系统进行通风换气，废气经排风管引至所在楼层排风井最终在医疗综合楼楼顶排放至室外；DSA 机房医护人员拟在铅衣内外各佩戴 1 枚个人剂量计，合理分配工作量。

经分析，本项目已采取的辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》

续表 13 结论与建议

（GBZ130-2020）要求。

13.8 环境影响分析

（1）机房屏蔽能力：DSA 机房有效使用面积、最小单边长度及机房屏蔽防护铅当量厚度均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的屏蔽厚度要求，其屏蔽防护墙体（包括顶棚、地板）、防护门及观察窗辐射防护亦满足屏蔽防护要求。经环评核算，在常用透视、采集工况下 DSA 机房屏蔽体外的周围剂量当量率均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，符合相关标准及辐射防护安全要求。

（2）剂量估算：根据医院提供的计划手术量，通过核算，在合理分配手术量，并正确、有效使用防护设施与防护用品的前提下，项目介入手术相关医技人员人所受到的年有效剂量低于放射工作人员剂量管理目标（ 5mSv/a ），项目所致非辐射工作人员和公众成员的附加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，在评价范围内（距 DSA 机房外 50m）各环境敏感点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：DSA 运行中 X 射线与空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物，本项目采用机械排风，可保持机房良好的通风；项目生活污水和少量医疗依托医院废水处理站处理；医疗废物分类收集，在 DSA 机房西侧污物处置间打包整理后经污物通道运至本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理，生活垃圾交环卫部门处理，废含铅防护用品按有关规定收集、妥善保管和暂存后，交有资质单位处置,并做好相应记录;拆解后废阴极射线管暂存于本层楼手术区域西侧的医疗废物暂存间暂存，再统一交有资质单位处理。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、合理设置防护门、放射工作人员须加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备稳定性检测和质控检测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，放射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施

续表 13 结论与建议

后，本项目风险可控。

13.1.9 辐射环境管理

项目尚在拟建中，医院成立了辐射安全与环境保护管理机构，设立专职辐射安全管理人员，承诺在项目建成运营前，制定辐射安全与环境管理措施，建立辐射安全责任制，职责落实到人，并制定相应的安全操作规程、人员培训计划、辐射监测方案、设备检修与安全设施检查等制度，以及事故应急措施与辐射事故应急预案。医院实现上述承诺方具备有满足从事辐射活动的的能力，在严格执行规定的辐射安全和管理制度，项目的运行安全是有保障的。

环评提出医院应根据项目开展配置符合要求的辐射工作人员，并组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，合格后方可上岗；项目营运中应加强核安全文化建设，建立并落实年度评估、辐射监测与安全设施检查制度；进一步补充、完善环评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，重庆市公共卫生医疗救治中心拟开展的“重庆市公共卫生医疗救治中心应急医院项目（DSA 部分）”在完善相应的污染防治措施和管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求。在项目运行中，严格落实各项辐射安全与防护措施及辐射安全管理对环境及周围公众的影响可接受。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

（1）加强对辐射工作人员专业知识和业务工作的定期培训，提高操作熟练程度，从而最大程度地降低受照剂量、避免辐射事故的发生。

（2）根据新的法律法规和行业标准并结合实际工作，不断对规章制度进行补充完善。

