

核技术利用建设项目

重庆涪陵康达医院有限公司
新增医用血管造影X射线机建设项目
环境影响报告表
(公示版)

建设单位：重庆涪陵康达医院有限公司

编制单位：重庆联尔医学研究院有限公司

编制时间：2024年05月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

重庆涪陵康达医院有限公司 新增医用血管造影X射线机建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：重庆涪陵康达医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：重庆市涪陵区百胜镇紫竹村一组

邮政编码：408000

联系人：张学玉

电子邮箱：23*****72@qq.com

联系电话：187*****300



重庆涪陵康达医院有限公司

关于同意对《重庆涪陵康达医院有限公司新增医用血管造影 X 射线机建设项目环境影响报告表》（公示版） 进行公示的说明

重庆市生态环境局：

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》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，我单位委托重庆联尔医学研究院有限公司编制了《重庆涪陵康达医院有限公司新增医用血管造影 X 射线机建设项目环境影响报告表》，报告表内容及附图附件等资料均真实有效，我单位作为环境保护主体责任，愿意承担相应的责任。报告表（公示版）不涉及技术和商业秘密的章节。我单位同意对报告表（公示版）进行公示。

特此说明。

重庆涪陵康达医院有限公司

2024 年 5 月



编制单位和编制人员情况表

项目编号	5f1gwo		
建设项目名称	重庆涪陵康达医院有限公司新增医用血管造影X射线机建设项目		
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）	重庆涪陵康达医院有限公司		
统一社会信用代码	91500102MA61CJPPX5		
法定代表人（签章）	薛友海		
主要负责人（签字）	夏平		
直接负责的主管人员（签字）	薛友德		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆联尔医学研究院有限公司		
统一社会信用代码	91500103MA5U53FM41		
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
孟楠	2016035410352015411801000074	BH005013	孟楠
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
孟楠	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、评价依据、保护目标与评价标准	BH005013	孟楠
李高福	环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH064832	李高福
刘涛	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	BH063232	刘涛

环评编制主持人职业资格证书（复印件）

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部：环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00019684
No.



孟楠
HP00019684

持证人签名:
Signature of the Bearer

姓名: 孟楠
Full Name
性别: 男
Sex
出生年月: 1988.06
Date of Birth
专业类别:
Professional Type
批准日期: 2016.05
Approval Date

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2016 12 月 30 日
Issued on

管理号: 2016035410352
证书编号: HP00019684

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	32
表 11 环境影响分析	45
表 12 辐射安全管理	60
表 13 结论与建议	68

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆涪陵康达医院有限公司新增医用血管造影 X 射线机建设项目			
建设单位		重庆涪陵康达医院有限公司			
法人代表	薛友海	联系人	张学玉	联系电话	187*****300
注册地址		重庆市涪陵区百胜镇紫竹村一组			
项目建设地点		重庆市涪陵区百胜镇紫竹村一组 重庆涪陵康达医院有限公司消毒供应区北侧新建 6 号楼 1 层			
立项审批部门		重庆市涪陵区发展和改革委员会	批准文号	2401-500102-04-05-439546	
建设项目总投资（万元）		350	项目环保投资（万元）	20	投资比例（环保投资/总投资） 5.71%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²) 120
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 重庆涪陵康达医院有限公司（以下简称：医院）是 2021 年 4 月成立的一所集医疗、康复、教学、科研为一体的综合性民营医院，是在其前身涪陵协和医院的基础上发展而成，其管理理念更加完善，医疗服务更加优质。医院位于重庆市涪陵区百胜镇紫竹村一组，距涪陵城区 20 公里，服务涪陵、丰都、垫江等周边区县，服务人口约 60 万人。医院占地面积 45 亩，医疗业务用房 1.3 万平方米，设置 17 个临床一级科室，13 个职能管理科室，编制床位 105 张，在职职工 160 人。 随着涪陵区建设的提速，城镇人口大幅度增加，医院门诊量、住院的病人数量大幅度增加，医院现有规模不能满足广大干部群众就医需求；因此，医院根据自身发展需要，在原占地范围内扩大经营规模，并以“涪陵协和医院”名义重新报批环评文件，于 2020				

年8月24日取得重庆市涪陵区建设项目环境影响评价文件批准书(渝(涪)环准〔2022〕70号)，目前已通过环境竣工验收。

根据国家卫生健康委办公厅、民政部办公厅、国家市场监管总局办公厅、国家中医药管理局办公厅《关于进一步规范医疗机构名称管理工作的通知》(国卫办医函[2020]611号)禁止医院名字使用“协和”相关字词要求，为落实国家相关部委局要求涪陵协和医院于2021年4月7日已注销，2021年4月7日经区卫健委批准，在涪陵区百胜镇紫竹村一组（原协和医院地址）成立涪陵康达医院，详见附件6。

1.2 项目由来

为满足医院自身发展的需要和病人需求，重庆涪陵康达医院有限公司拟在消毒供应区北侧新建6号楼（-1F/2F），目前6号楼主体框架结构已浇筑完成；建设单位拟在新建6号楼1层建设“重庆涪陵康达医院有限公司新增医用血管造影X射线机建设项目”，建设内容主要为新建DSA机房及其设备间、控制室等辅助用房，并购置1台医用血管造影X射线机（以下简称“DSA装置”，II类射线装置，额定电压为125kV，额定电流为1000mA，单管头设备），开展血管造影介入手术工作。

根据《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2017年第66号），DSA装置属于血管造影用X射线装置的分类范围，为II类射线装置。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，环境影响评价文件类别为环境影响报告表。

为此，重庆涪陵康达医院有限公司委托重庆联尔医学研究院有限公司开展“重庆涪陵康达医院有限公司新增医用血管造影X射线机建设项目”（简称“本项目”）的环境评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、收集资料和现状监测等工作，并结合项目特点，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）等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.3 项目建设内容和规模

1.3.1 项目建设内容和规模

- (1) 项目名称：重庆涪陵康达医院有限公司新增医用血管造影 X 射线机建设项目
- (2) 建设地点：重庆市涪陵区百胜镇紫竹村一组重庆涪陵康达医院有限公司消毒供应区北侧新建6号楼1层
- (3) 建设性质：新建
- (4) 建设单位：重庆涪陵康达医院有限公司
- (5) 建设规模：拟新建1间DSA机房及其配套的控制室、设备间、更衣间、污物通道、缓冲区、卫生淋浴间等辅助用房。拟新增一台DSA装置（II类射线装置），厂家：GE，型号：Optima IGS Venus 30（单管头），其最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA。
- (6) 项目总建筑面积：约120平方米。
- (7) 项目投资：总投资约350万元，其中环保投资约20万元。
- (8) 施工期：约5个月。
- 项目组成情况见下表1-1。

表1-1 本项目组成一览表

分类	项目	项目组成	依托关系
主体工程	DSA 机房	DSA 机房内最小有效内空尺寸约 8.3m×5.8m，层高约 5.0m（吊顶后顶部到地面的净空高度约 2.8m），有效使用面积约 48.14m ² 。	新建
	设备	DSA 机房内拟安装 1 台 DSA 装置（II类射线装置，单管头，生产厂家：GE，型号：Optima IGS Venus 30），最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	新增
辅助工程	辅助用房	DSA 机房南侧拟设置设备间，东侧拟设置控制室。	新建
		配套拟设置更衣间、污物通道、缓冲区、卫生淋浴间等。	新建
公用工程	供水	由市政供水管网提供，依托院内供水管网。	依托
	排水	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
	供电	由城市电网供给，依托医院供电系统；同时设置 1 台柴油发电机，解决停电时临时需要。	依托
	通风	采取机械进风、机械排风。新建排风系统。	新建
环保工程	废水处理措施	项目产生的少量废水依托医院的污水管网收集至本项目东北侧污水处理站（处理能力 60m ³ /d，目前剩余处理能力约为 15m ³ /d），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理排放标准后接入市政污水管网。	依托

	废气处理措施	DSA 机房拟设置机械排风系统，排风口拟布置在吊顶上方，废气经废气管道引至 DSA 机房西侧墙体外排放。	新建
	固废处理措施	介入手术过程中产生的医疗废物及时收集清理，并采取消毒措施，由污物通道及时运送医院东南侧医疗废物暂存间（20m ² ），定期交有资质单位处理。	依托
		辐射工作人员产生的生活垃圾，在医院宿舍楼（7F）西侧生活垃圾分类处分类后，运至医院西南侧生活垃圾存放处暂存，统一交环卫部门收集处理。 废弃铅防护用品由医院按有关规定收集、妥善保存，交由有资质单位处理，并做好相应记录。 DSA 装置报废后高压球管去功能化后交物资回收单位处置，报废的阴极射线管作为危险废物，不暂存，及时交有资质的单位进行处置。	依托
	辐射防护	采用实心砖墙、现浇混凝土、硫酸钡水泥、铅玻璃、铅板、铅防护门等屏蔽材料进行屏蔽。设置对讲装置、门灯联动、电离辐射警示标志、工作状态指示灯、急停开关等。	新建

1.3.2 辐射防护方案设计

本项目拟建于重庆涪陵康达医院有限公司消毒供应区北侧新建6号楼1层，机房四周墙体、顶板、地板、防护门及观察窗的防护方案见表1-2。

表1-2 机房屏蔽防护方案

房间	面积、尺寸	屏蔽体	屏蔽防护方案
DSA 机房	DSA 机房内最小有效内空尺寸约 8.3m×5.8m，层高约 5.0m，地面的净空高度约 2.8m），有效使用面积约 48.14m²。	四面墙体	200mm 实心砖+25mm 硫酸钡水泥
		机房顶板	130mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
		机房地板	180mm 混凝土+25mm 硫酸钡水泥
		3 个铅防护门	各防护门内嵌 4mmPb 铅板
		控制室观察窗	4mmPb 铅玻璃
备注：铅密度11.3 g/cm³，实心砖密度1.65 g/cm³，混凝土密度2.35g/cm³，硫酸钡水泥密度3.2g/cm³（后文不再赘述）。			

1.3.3 设备配置

本项目主要配套设施设备见表1-3。

表1-3 DSA机房配套设施设备配置一览表

序号	名称	数量	位置	用途	备注
1	DSA 装置	1 台	DSA 机房	介入手术	II类射线装置，型号：Optima IGS Venus 30，单管头
2	电源柜	1 套	设备间	DSA 配电	DSA 装置配套设备
3	高压发生柜	1 套	设备间	DSA 装置高压装置	
4	系统控制柜	1 套	设备间	设备控制和数据传输	
5	控制系统	1 套	控制室	DSA 装置操作	
6	中心供氧装置	1 套	DSA 机房	患者供氧	介入手术配套设备

7	除颤仪	1 套	DSA 机房	手术配套用	
8	高压注射器	1 套	DSA 机房	手术配套用	
9	吸痰器	1 套	DSA 机房	手术配套用	
10	电生理仪	1 套	DSA 机房	手术配套用	
11	中心负压吸引	1 套	DSA 机房	手术配套用	
12	空气消毒机	1 套	DSA 机房	空气消毒	
13	铅衣、防辐射裙、铅防辐射围领、铅橡胶帽、铅防护眼镜	4 套	DSA 机房	工作人员防护，0.5mmPb	新购
14	介入防护手套	4 双	DSA 机房	工作人员防护，0.025mmPb	新购
15	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏	1 套	DSA 机房	工作人员防护，0.5mmPb	设备配套
16	移动铅防护屏风（含观察窗）	1 个	DSA 机房	工作人员防护，2mmPb	新购
17	防辐射裙、铅防辐射围领、铅橡胶帽	2 套	DSA 机房	患者防护，0.5mmPb	新购，成人、儿童各一套
18	个人剂量计	若干	DSA 机房和控制室	工作人员个人剂量监测	新购

1.4 项目劳动定员、工作制度

本项目拟配备10名辐射工作人员，包括6名介入医生、2名护士、1名影像医师和1名影像技师，拟采取招聘和医院现有辐射工作人员中调配等方式。

工作制度：辐射工作人员年工作250天，实行轮休制。

1.5 工作负荷

根据医院提供的资料，本项目预计年开展介入手术约500台，手术类型包括心脏介入手术（200台/年）、神经介入手术（200台/年）和综合介入手术（100台/年）。

本项目DSA年透视时间共约171.67h，采集时间约11.33h，总年有效开机时间约183.00h。

1.6 外环境概况

本项目拟位于医院消毒供应区北侧新建6号楼（-1F/2F）1层，新建6号楼位于医院用地的中偏北部，新建6号楼北侧约6m外为建材堆放区，中间为院内道路；东北侧约35m外为紫竹村村委会，中间为建材堆放区及院内道路；东北侧约36m外为居民用房，中间为空坝及院内道路；南侧约33m外为居民用房，中间为院内消毒供应区、院外农用地；东南侧约43m为居民用房，中间为院内消毒供应区、院外农用地。本项目保护目标分布图见附图2-1，项目所在楼外环境见表1-4。

表 1-4 项目所在楼外环境关系表

序号	名称	方位	距离	高差	环境特征
1	建材堆放区	北侧	约 6m	-10m	外环境公共区域
2	院内道路	北侧	紧邻	-1m	院内公共区域
3	紫竹村村委会	东北侧	约 35m	-6m	外环境建筑物，3F
4	居民用房	东北侧	约 36m	-5m	外环境建筑物，2F
5	空坝	东北侧	约 4m	-6m	院外公共区域
6	院内道路	东北侧	紧邻	0m	院内公共区域
7	实验室	东侧	约 6m	0m	医院辅助用房，1F
8	发热肠道门诊区	东南侧	约 3m	0m	医院辅助用房，2F
9	变压器室	东南侧	约 17m	0m	医院辅助用房，1F
10	配电房	东南侧	约 20m	0m	医院辅助用房，1F
11	医疗废物暂存间	东南侧	约 26m	0m	医院辅助用房，1F
12	宿舍楼（7F）	东南侧	约 25m	0m	院内员工宿舍楼，7F
13	浴室	南侧	约 0.5m	0m	医院辅助用房，1F
14	消毒供应区	南侧	约 5m	0m	医院辅助用房，2F
15	居民用房	南侧	约 33m	+5m	外环境建筑物，2F
16	居民用房	西南侧	约 43m	+5m	外环境建筑物，2F
17	停车场	西北侧	约 46m	-3m	院内公共区域
18	空坝	西侧	紧邻	-2m	院内公共区域

备注：“-”表示低于新建 6 号楼 1F 室外地面，“+”表示高于新建 6 号楼 1F 室外地面。

1.7 项目选址可行性分析

根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。

本项目主要使用 DSA 从事介入手术工作，DSA 运行过程中产生电离辐射影响；本项目拟建 DSA 机房选址于医院消毒供应区北侧新建 6 号楼 1 层，项目外围区域为污物通道、缓冲区、设备间等配套辅助用房及院内道路、空坝等，机房楼上为阳台、过道及一般档案室；楼下为夹层；项目所在区域相对独立，远离公众聚集区域，周围一般公众成员较少，同时医院考虑了保守的屏蔽防护方案，对周围环境影响甚微。

因此，从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

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

医院于 2020 年 8 月 24 日取得重庆市涪陵区建设项目环境影响评价文件批准书（渝（涪）环准〔2020〕70 号），批复建设内容及规模为：项目总建筑面积为 18944.3m²，设置床位 125 张、牙椅 2 张，年门诊量 20000 人次，住院约 5000 人次；于 2021 年 6 月进行了该项目竣工验收，并经整改复核后于 2021 年 11 月通过环境竣工验收；详见附件 3。

医院运营至今，未收到过环保投诉，无环保遗留问题。

1.8.2 医院核技术利用项目开展情况

医院已取得《辐射安全许可证》（渝环辐证[41033]，有效期至2028年11月27日），医院开展的核技术利用项目为使用III类射线装置。

根据现场调查，医院现有射线装置具体情况见表1-5所示。

表 1-5 医院现有射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	数量	工作场所	备注
1	DR 机	DP520B	III类	1 台	DR 检查室	在用
2	CT 机	东软 16	III类	1 台	CT 检查室	在用

（2）辐射管理情况

经调查，重庆涪陵康达医院有限公司现有辐射工作人员 3 人，已为每名辐射工作人员配置个人剂量计，建立了个人剂量监测档案和职业健康体检档案，并按要求进行了定期监测，根据医院辐射工作人员个人剂量监测报告可知，现有辐射工作人员 2023 年度个人剂量监测结果均低于管理目标值 5mSv/a，未发生辐射工作人员的年剂量超标情况，辐射工作人员均进行了辐射安全考核，详见表 1-6；委托了有资质单位对现有各辐射场所的周围剂量当量率进行了监测，屏蔽能力满足要求。医院运营至今，未发生辐射事故，也未收到辐射类环保投诉和纠纷。

表1-6 现有辐射工作人员辐射安全考核、个人剂量监测和职业健康检查情况汇总表

序号	姓名	辐射安全自主培训 考核时间	2023 年总有效剂量（mSv）	体检情况
1	欧荣洪	2023.01	0.35	2023 年 7 月 26 日 体检合格
2	谭旭林	2023.01	0.58	2024 年 4 月 2 日 体检合格
3	王旋	2023.01	0.51	2024 年 4 月 21 日 体检合格

1.8.3与医院整体的依托可行性分析

本项目与医院依托关系及可行性分析详见表 1-7。

表1-7 本项目与医院依托关系表

依托工程		可行性分析
主体工程		本项目拟位于医院消毒供应区北侧新建 6 号楼 1 层，新建主体结构及本项目相关功能用房。因此，项目依托主体建筑结构可行。
公用工程	给水	医院由市政生活给水管网供给，项目位于医院内，依托院内给水管网供水。因此，本项目给水依托可行。
	排水	医院实行雨污分流。雨水经场区内雨水管道收集后进入市政雨水管网；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。因此，本项目排水依托可行。
	供电	由城市电网供给，依托医院供电系统；同时设置 1 台柴油发电机，解决停电时临时需要。因此，本项目供配电依托可行。
环保工程	废水	本项目产生的少量废水依托医院的污水管网收集至本项目东北侧污水处理站（处理能力 60m ³ /d，目前剩余处理能力约为 15m ³ /d），本项目在污水处理站的接纳范围。因此，本项目废水处理依托可行。
	固废	本项目手术过程中产生医疗废物分类收集，在 DSA 机房打包整理后，由污物通道及时运送医院东南侧医疗废物暂存间（20m ² ），定期交有资质单位处理。医院生活垃圾在医院宿舍楼（7F）西侧生活垃圾分类处分类后，运至医院西南侧生活垃圾存放处暂存，统一交环卫部门收集处理。因此，本项目固废处理依托可行。
辐射工作人员		拟采取招聘和医院现有辐射工作人员中调配等方式，为本项目配备 10 名辐射工作人员，10 名辐射工作人员拟配置个人剂量计，拟建立职业健康体检档案，本项目新增和调配的辐射工作人员拟参加辐射安全与防护考核，考核合格后上岗等。因此，本项目拟配备的辐射工作人员依托可行。
辐射安全管理		医院已成立了放射安全与防护管理小组和应急救援领导小组，并制定了相应的辐射安全管理制度和应急预案等。因此，辐射安全管理依托可行。

根据上表可知，本项目依托医院主体结构、公用工程、环保工程、辐射工作人员和辐射安全管理是可行的。

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)	活动种类	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	医用血管造影 X 射线机	II	1	Optima IGS Venus 30	125	1000	介入诊疗	医院消毒供应区北侧新建 6 号楼 1 层 DSA 机房	新增
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（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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	0.01t/a	/	/	通过排放口直接排入大气
医疗废水	液态	/	/	/	0.03t/a	/	/	排入医院污水处理站统一处理,达标后排入市政管网
生活垃圾	固态	/	/	/	0.1t/a	/	于医院宿舍楼（7F）西侧生活垃圾分类处分类后,运至医院西南侧生活垃圾存放处暂存	交环卫部门处置
医疗废物	固态	/	/	/	0.05t/a	/	暂存于医院东南侧医疗废物暂存间	交有资质单位处理
废阴极射线管	固态	/	/	/	/	/	/	交有资质的单位处置
去功能化后的高压球管	固态	/	/	/	/	/	/	交由物资回收单位处置
废弃铅防护用品	固态	/	/	/	/	/	/	由医院收集交有资质单位处理,并做好相应记录
本项目不产生放射性废物。								

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 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》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过;2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订), 中华人民共和国主席令第 9 号, 2015 年 1 月 1 日施行修订版; (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过, 根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改<中华人民共和国节约能源法>等六部法律的决定》修正, 根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改<中华人民共和国劳动法>等七部法律的决定》修正); (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过), 中华人民共和国主席令第六号, 2003 年 10 月 1 日施行; (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》, 2020 年 9 月 1 日施行修订版; (5) 《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布施行;2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院令第 682 号修订), 自 2017 年 10 月 1 日起施行修订版; (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 9 月 14 日经中华人民共和国国务院令第 449 号公布, 2014 年 7 月 29 日经中华人民共和国国务院令第 653 号修订, 2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令第 709 号修订), 自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版; (7) 《医疗废物管理条例》(中华人民共和国国务院令第 380 号), 2003 年 6 月 16 日发布并实施; (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布, 2008 年 12 月 6 日经原环境保护部令第 3 号修正, 2017 年 12 月 20 日经原环境保护部令第 47 号修正, 2019 年 7 月 11 日经生态环境部令第 7 号修改, 2020 年 12 月 25 日经生态环境部令第 20 号修改), 2021 年 1 月 4 日施行修改版; (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011 年 4 月 18 日原环境保护部令第 18 号), 自 2011 年 5 月 1 日起施行; (10) 《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 2017 年第 66 号), 2017 年 12 月 5 日起施行;
------	--

	(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(中华人民共和国生态环境部令第16号),自2021年1月1日起施行; (12) 《国家危险废物名录(2021年版)》,中华人民共和国生态环境部令第15号,2021年1月1日起施行; (13) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》(2019年10月30日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号公布,自2020年1月1日起施行;2021年12月30日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第49号,自2021年12月30日起施行;2023年12月27日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号修改,自2024年2月1日起施行)。 (14) 《重庆市环境保护条例》,2022年11月1日修订版实施; (15) 《重庆市辐射污染防治办法》,渝府令〔2020〕338号,自2021年1月1日起施行; (16) 《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; (17) 《医疗废物集中处置技术规范(试行)》,环发〔2003〕206号。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016); (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响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) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023); (5) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020); (6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021); (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021); (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (9) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》(WS76-2020)。
其他	(1) 环境影响评价委托书,见附件1; (2) 重庆市企业投资项目备案证,见附件2; (3) 环境现状监测报告(渝联辐环检字[2024]0002号),见附件7; (4) NCRP147 号 报 告 《Structural shielding Design for Medical X-ray ImagingFacilities》; (5) 《辐射防护导论》; (6) 《辐射防护手册》—(第三分册)辐射安全; (7) 医院提供的图纸、防护方案、支撑性文件、制度等其他资料。

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，确定以该项目 DSA 机房实体屏蔽物外 50m 区域作为辐射环境的评价范围，本项目保护目标分布图见附图 2-1。

7.2 环境保护目标

本项目 DSA 机房位于消毒供应区北侧新建 6 号楼 1 层，DSA 机房北侧紧邻为院内道路；西侧紧邻为空坝；南侧紧邻为设备间、污物通道、缓冲区；东侧紧邻为控制室；机房楼上紧邻为阳台、过道及一般档案室；楼下为夹层。

DSA 机房周围 50m 范围包括院内 DSA 机房四周相邻房间，DSA 机房所在大楼北侧院内道路，东侧实验室，东南侧发热肠道门诊区、变压器室、配电房、医疗废物暂存间及宿舍楼（7F），南侧消毒供应区，西北侧停车场、西侧空坝；以及院外北侧建材堆放区，东北侧紫竹村村委会，南侧居民用房，西南侧居民用房；其中北侧建材堆放区距 DSA 机房边界最近距离约为 6m，东北侧紫竹村村委会距 DSA 机房边界最近距离约为 48m，南侧居民用房距 DSA 机房边界最近距离约为 37m，西南侧居民用房距 DSA 机房边界最近距离约为 48m。

结合本项目的评价范围，确定本评价项目的环境保护目标是从事该项目辐射工作人员及辐射工作场所周围 50m 范围内活动的公众成员。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内环境保护目标的名称、规模及其与本项目的方位和距离详见表 7-1。

表7-1 DSA机房周围环境保护目标情况一览表

编号	名称	方位	最近水平距离	高差	环境特征	人员类型	规模	影响因子
1	院内道路	北侧	紧邻	-2m~0m	医院公共区域	公众成员	约 20 人	电离辐射
2	建材堆放区		约 6~50m	-10m	院外区域	公众成员	约 20 人	
3	院内道路、建材堆放区、空坝、紫竹村村委	东北侧	约 0~50m	-10~0m	医院公共区域及院外区域	公众成员	约 50 人	
4	实验室	东侧	约 32~38m	0m	医院用房	公众成员	约 10 人	

5	发热肠道门诊区、变压器室、配电房、医疗废物暂存间、宿舍楼（7F）	东南侧	约 22~50m	0m	医院用房	公众成员	约 120 人
6	浴室	南侧	约 3m	0m	医院辅助用房	公众成员	约 2 人
7	消毒供应区		约 8m	0m	医院用房	公众成员	约 10 人
8	居民用房		约 37m	+5m	院外区域	公众成员	约 10 人
9	居民用房	西南侧	约 48m	+5m	院外区域	公众成员	约 10 人
10	停车场	西北侧	约 46m	-3m	医院公共区域	公众成员	约 20 人
11	院内道路、过道、空坝等	四周	紧邻	-2m~0m	院内区域	公众成员	约 20 人

注：1. “-”表示低于 DSA 机房所在楼层地面；2. “+”表示高于 DSA 机房所在楼层地面。

7.3 评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

1) 放射工作人员

应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述控制值。

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

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

2) 公众照射

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

（2）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

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。

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

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 ^d , m ²	机房内最小单边长度 ^e , m
单管头 X 射线机 ^b (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5
b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内; d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形面积; e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

注：本项目 DSA 属于单管头 C 形臂，按单管头 X 射线设备执行。

第 6.2.1 条不同类型 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（本报告表 7-3）的要求。

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

注：本项目 DSA 属于 C 形臂 X 射线设备，按其机房屏蔽防护铅当量厚度执行。

第 6.2.3 条 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即表 7-3）的要求。

第 6.3.1 条 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

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

第 6.4.3 条 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅衣、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：“——”表示不要求。

注 2：各类个人防护用品和肤质防护设施，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。

第 6.5.3 条 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。

第 6.5.4 条 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。

第 6.5.5 条 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；顶板上方（楼上）距顶板地面 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，辐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。

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 作为辐射工作人员的年有效剂量管理目标值；取其公众年有效剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的年有效剂量管理目标值。上述取值范围满足 GB18871-2002 要求。

综上所述，确定本项目的评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5 评价标准汇总表

年有效剂量限值要求			执行依据
分类	年有效剂量管理目标值	年有效剂量限值	
辐射工作人员	5mSv/a	20mSv/a	
公众成员	0.1mSv/a	1mSv/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
环境辐射剂量率控制			执行依据
透视条件下，DSA 机房外	具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下测时，距离 DSA 机房四周墙体、门、窗表面 30cm，顶板上方（楼上）距地面 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 2.5μSv/h。		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
摄影条件下，DSA 机房外	具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。		
机房尺寸控制			执行依据
设备名称	机房内最小有效面积（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 装置	20	3.5	
通风要求			执行依据
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）

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

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

重庆涪陵康达医院有限公司位于重庆市涪陵区百胜镇紫竹村一组，地理位置图见附图1。本项目拟建于医院消毒供应区北侧新建6号楼1层，本项目所在楼1层DSA机房平面图3-1。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

(1) 环境现状评价对象：拟建址及周边环境

(2) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率

(3) 监测点位：本项目共设 11 个监测点位。本次监测对拟新建机房所在地块，并根据周围环境情况对周围环境及敏感目标进行布点，监测布点既考虑了 DSA 机房所在区域，又考虑了可能受影响环境保护目标，布点设置整体合理。监测点位见图 8。

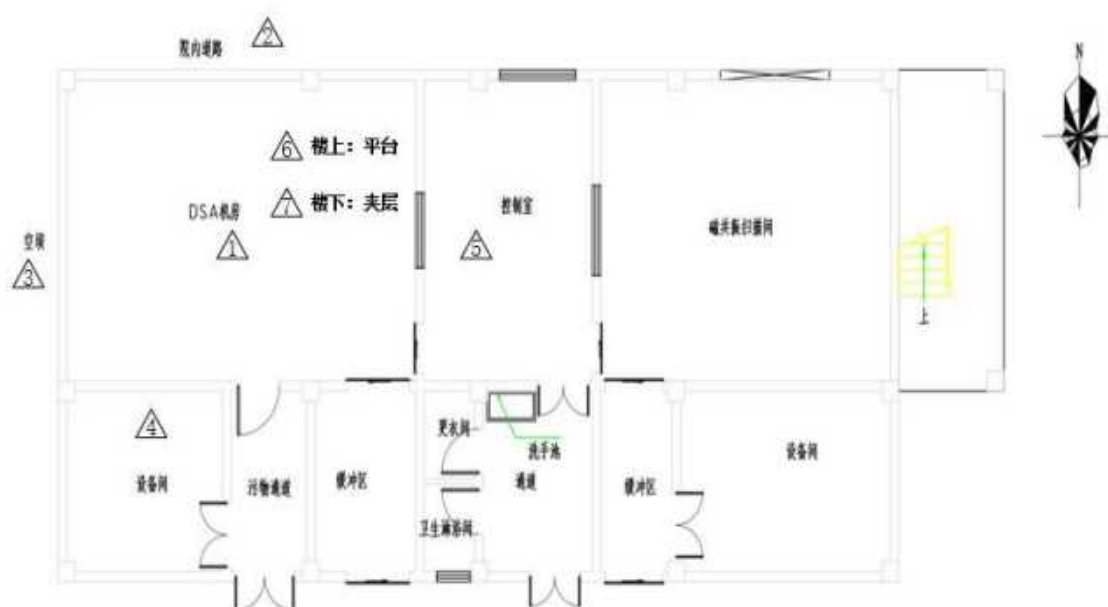


图8-1 本项目监测点位图



图8-2 本项目监测点位图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，重庆联尔医学研究院有限公司于2024年5月6日对本项目所在地的环境 γ 辐射剂量率进行了监测，监测报告编号为：渝联辐环检字[2024]0002号。

(1) 监测单位：重庆联尔医学研究院有限公司

(2) 监测日期：2024年5月6日

(3) 监测方式：现场监测

(4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

(5) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

仪器名称	便携式 X- γ 剂量率仪
仪器型号	BH3103B
生产厂家	中核（北京）核仪器厂
仪器编号	2016008
能量范围	25KeV~3MeV
量 程	1~10000 $\times 10^{-8}$ Gy/h

检定单位	中国计量科学研究院
检定证书	DLjl2023-07768
检定有效期至	2024 年 6 月 13 日
校准因子	0.98

8.3.2 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为重庆联尔医学研究院有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照重庆联尔医学研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建场所及周围 X-γ辐射剂量率监测结果

监测点位	测量位置及描述	监测结果 (nGy/h)							
		测量值					平均值	修正值	标准偏差
△1	拟建 DSA 机房内	93	96	95	91	89	92	90	2.41
		89	92	89	90	93			
△2	拟建 DSA 机房北侧墙外院内道路	94	92	88	95	92	92	90	1.97
		93	90	92	91	94			
△3	拟建 DSA 机房西侧墙外空坝	93	92	94	93	95	92	91	1.56
		92	91	93	92	89			
△4	拟建 DSA 机房南侧墙外设备间	91	92	89	86	88	90	88	2.41
		92	93	88	94	90			

△5	拟建 DSA 机房东侧墙外控制室	91	89	94	93	92	91	89	1.90
		93	89	88	91	90			
△6	拟建 DSA 机房楼上（二层平台）	92	95	89	90	92	91	90	1.91
		92	91	92	93	88			
△7	拟建 DSA 机房楼上（负一层夹层）	90	88	89	89	88	90	88	1.43
		89	92	88	92	90			
△8	拟建 DSA 机房所在 6 号楼东北侧外院外（空坝）	90	85	89	92	89	89	87	1.89
		89	91	88	91	88			
△9	拟建 DSA 机房所在 6 号楼北侧外（院外建材堆放区）	89	88	89	87	91	89	88	1.85
		90	91	88	87	93			
△10	拟建 DSA 机房所在 6 号楼南侧外（院外居民楼前）	92	88	87	89	88	89	88	1.56
		90	90	88	91	91			
△11	拟建 DSA 机房所在 6 号楼西南侧外（院外居民楼前）	91	88	92	90	88	90	88	1.37
		92	90	89	91	90			

注：监测结果未扣除宇宙射线响应值。

8.4 环境现状调查结果的评价

根据监测统计结果可知，本项目拟建址及周边环境 γ 辐射剂量率的监测值在 87nGy/h~91nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》中辐射环境质量状况数据，重庆市累积剂量法测得的 γ 空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 78.0nGy/h~119nGy/h，全市点位年均值为 94.5nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），因此本项目拟建址及周边环境的辐射水平在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内，未见辐射异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期

本次环评涉及的 DSA 机房等房间依托医院新建 6 号楼主体工程，新建主体工程位于医院用地范围内中偏北部预留空地，项目施工期涉及 DSA 机房依托主体结构的修建，以及机房的防护装饰工程以及对 DSA 装置进行安装、调试。其工艺流程及产污环节见图 9-1。

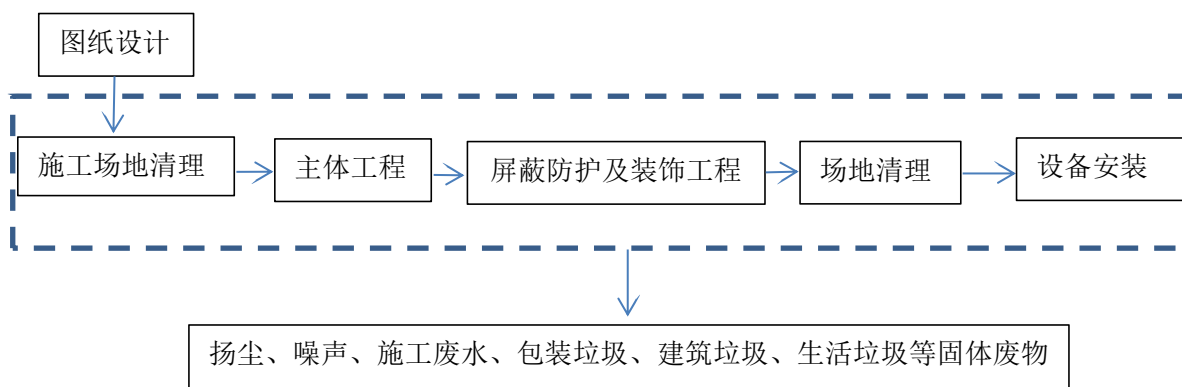


图9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

根据上图，项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

扬尘：主要为屏蔽防护施工及装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘；

噪声：主要为屏蔽防护施工及装修等产生的噪声；

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：主要为屏蔽施工及装修过程产生的建筑垃圾，设备安装产生的包装垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾，产生量很少。

9.2 运行期

9.2.1 DSA 工作原理及产污环节

(1) DSA 装置组成及工作方式

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 装置典型实物照片见图 9-2。

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，在实际操作过程中采取透视和采集的方式。本项目 DSA 机架、X 射线管组合体可在水平和垂直两个方向上转动。介入手术过程中，介入手术医生须在手术床旁并在 X 射线导视下进行操作 DSA。DSA 装置工作示意图见图 9-3。

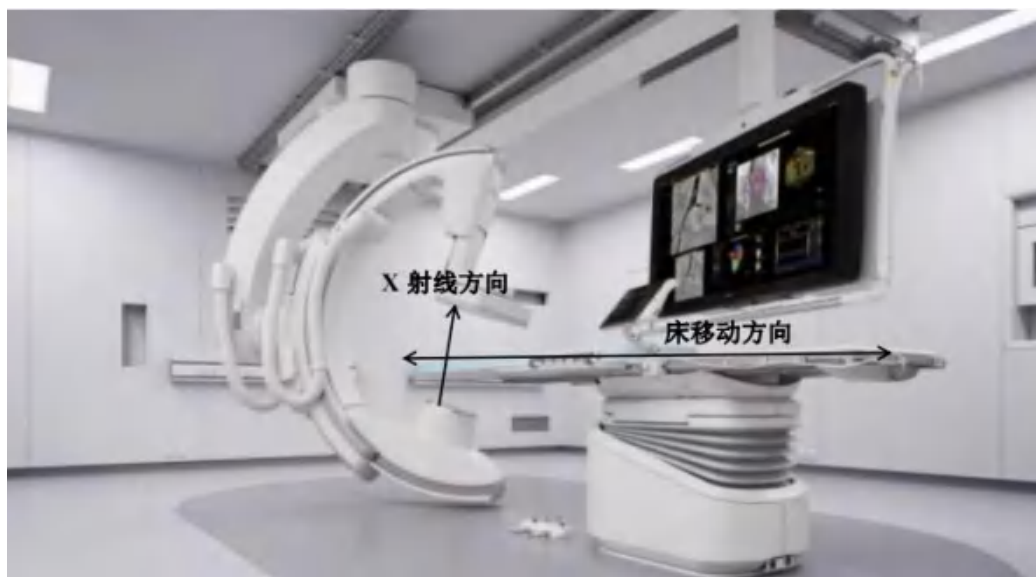


图9-2 DSA装置典型实物照片（示例）

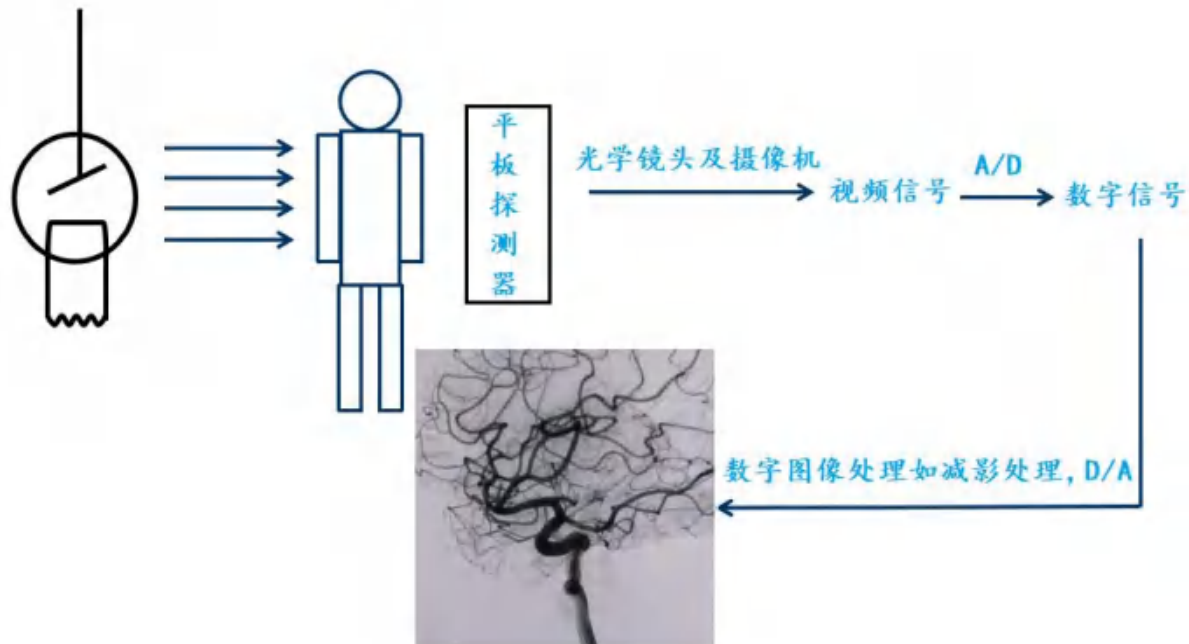


图9-3 DSA装置工作示意图

(2) DSA 工作原理

①X 射线产生及成像原理

DSA 装置属于 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 9-4，X 射线管的阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶体所突然阻挡从而产生 X 射线。

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

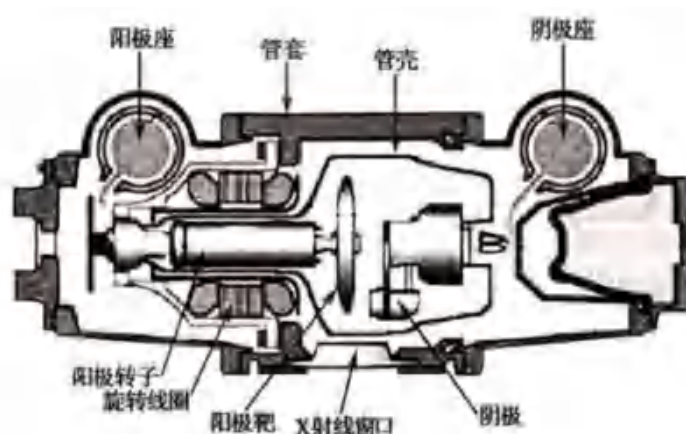


图 9-4 典型 X 射线管结构图

②DSA 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、肌肉和其他软组织，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。

（3）操作流程

DSA 主要操作流程为：在 DSA 装置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 装置在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。采集包括电影和减影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，电影模式下是医生在 DSA 机房内由手术医生直接采集。在减影模式下则采取隔室操作的方式（即 DSA 技师在控制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 机房内，但在铅屏风后。无论哪种工作模式，医生在 DSA 机房内身着铅衣、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，并身着铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品在 DSA 机房内对病人进行直接的介入手术操作。

DSA 操作流程及产污环节示意图见图 9-5 所示。

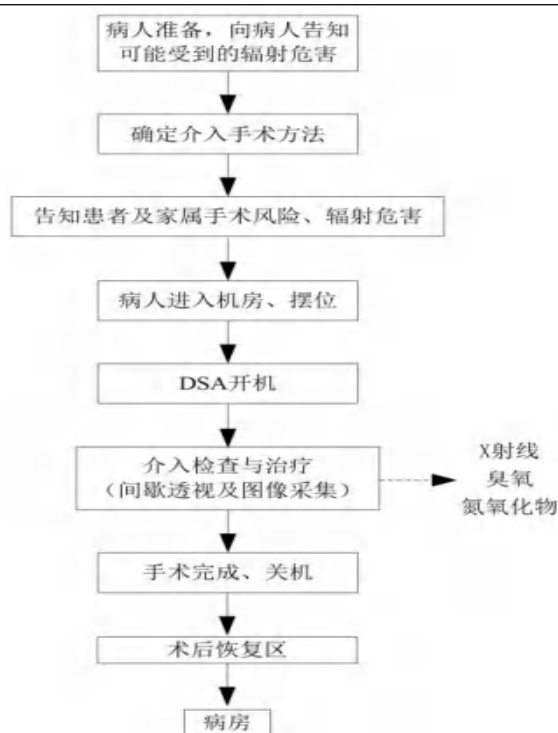


图9-5 DSA操作流程及产污环节示意图

(4) 污染因子

(1) X 射线

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

(2) 其他

DSA 运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

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

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

(5) 路径规划

①医护人员通道：医护人员在更衣间内更换衣物，经医务通道进入控制室内，穿戴好个人防护用品并消毒后，经 DSA 机房东侧控制室防护门进入 DSA 机房；手术完成后，医护人员原路返回。

②病人通道：病人通过 DSA 机房南侧缓冲区经南侧机房防护门进入 DSA 机房内接受手术，手术完成后原路返回。

③污物走廊：手术期间产生医疗废物，待手术结束后，通过 DSA 机房南侧的污物通道防护门经污物通道，转运至医院东南侧医疗废物暂存间。

本项目工作区域相对独立，与其他场所不交叉，利于开展介入诊疗工作。本项目人流物流规划示意图见图 9-6 所示。



图9-6 本项目人流物流规划示意图

（6）工作负荷

根据医院提供的资料，DSA 以心脏介入、神经介入、综合介入为主。本项目 DSA 预计工作负荷见表 9-1。

表9-1 本项目DSA介入手术有效开机时间表

透视					
手术类别	工作人员及数量	年开展工作量	每台手术透视曝光时间	年透视曝光时间	
心脏介入	辐射工作人员 10人	200台	约20min	约66.67h	
神经介入		200台	约21min	约70h	
综合介入		100台	约21min	约35h	
小计	/	/	/	约171.67h	
采集					
手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数	单台手术最大采集时间	年采集时间
心脏介入	200台	3~4s	6~10次	约0.7min	约2.33h
神经介入	200台	6~10s	4~10次	约1.7min	约5.67h
综合介入	100台	3~8s	7~15次	约2min	约3.33h
小计	/	/	/	/	约11.33h
总计	/	/	/	/	约183.00h

根据介入手术年工作负荷可知，本项目 DSA 年透视时间共约 171.67h，采集时间约 11.33h，总年有效开机时间约 183.00h。

9.3 污染源项描述

(1) 电离辐射

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

①有用线束：直接由X射线球管产生的电子通过打靶获得X射线并通过辐射窗口用来照射人体，形成诊断影像的射线。其射线能量、强度与X射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质加在X射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。由于本项目X射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

DSA装置具有自动照射量控制调节功能（AEC），采集时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有约30%的裕量。根据医院提供资料并调查了重庆市多家医院DSA装置工作条件，从中发现：①在极端情况下，本项目DSA装置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装置采集工况运行管电压也为最大管电压，即125kV，电流自动跟随电压，电流不大于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《医用外照射源的辐射防护》P55图2，不同过滤条件下距靶1m处的X射线发射率如下图9-7所示。

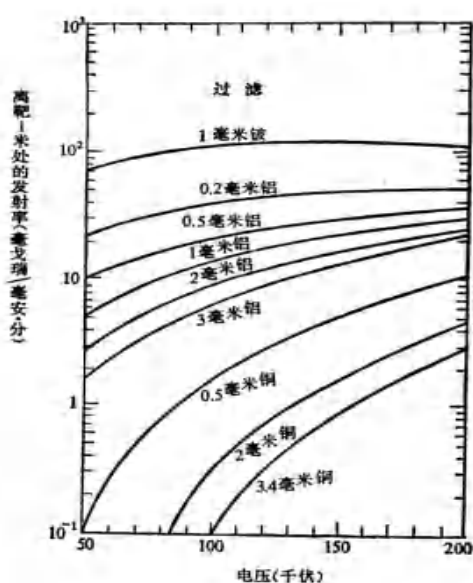


图 9-7 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在距靶 1m 处的发射率

本项目DSA装置常规过滤板为3mmAl，最大管电压和常用最大电压距靶1m处有用线束的发射率见表9-2。

表9-2 最大电压和常用最大电压距靶1m处有用线束的发射率

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

②漏射线：由X射线管发射的透过X射线管组装体的射线。根据NCRP147号报告第138页C.2可知，DSA装置的漏射线剂量率很小，泄漏辐射距焦点1m处，在任一100cm²区域内的平均空气比释动能不超过1mGy/h。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（限束装置、受检者、射线接收装置及检查床、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与X射线能量、X射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离等有关。

（2）废气

X射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物，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。

（3）废水

本项目产生的少量医疗废水和生活污水排入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政管网。

（4）固废

介入手术产生废一次性医疗用品、器械等主要为感染性和损伤性废物，属于《国家危险废物名录》中HW01 医疗废物。医院在DSA机房内设置感染性废物（841-001-01）和损伤性废物（841-002-01）收集桶，并粘贴标识。手术过程中产生废物经打包整理后，经污物通道转运至医院东南侧医疗废物暂存间，再统一交有资质单位处理。

DSA装置在运行时采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。本项目产生生活垃圾于医院宿舍楼（7F）西侧生活垃圾分类处分类后，运至医院西南侧生活垃圾存放处暂存，统一交环卫部门处理。项目拟配置多套铅橡胶衣、帽子等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不再使用的铅防护用品，由医院收集，交有资质单位处理，并做好相应记录。DSA装置报废后高压球管去功能化后交物资回收单位处置，报废的阴极射线管作为危险废物（废物代码：900-044-49），交有资质的单位处置。

9.4 本项目主要产排污汇总

综上，本项目主要污染物产生情况统计汇总见表 9-3。

表9-3 污染因子一览表

工作场所	影响因素	主要污染因子	产排量
DSA机房	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）
	废水	医疗废水	少量（排入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政管网。
	固废	生活垃圾	少量（交环卫部门处置）
		医疗废物	少量（医院东南侧医疗废物暂存间（ 20m^2 ）暂存后交有资质单位处置）
		废阴极射线管（900-044-49）	少量（交有资质的单位处置）
		去功能化后的高压球管	少量（交由物资回收单位处置）

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 工作场所布局

本项目 DSA 机房拟建于消毒供应区北侧新建 6 号楼 1 层, 本项目 DSA 机房拟配备控制室、设备间、污物通道、缓冲区、卫生淋浴间、更衣间等, 同时配套有手术室专用仪器和设备, 配套设施齐全, DSA 机房周围公众成员较少。DSA 装置工作时基本位于 DSA 机房中部偏西侧位置, 与周围均有一定的距离, 机房和设备的布局考虑到了周围场所的安全。

本项目 DSA 机房出入口拟位于其东南角, 公众成员较少停留, 有利于辐射防护。DSA 机房所在区域内仅医护人员和病人活动。DSA 机房拟为单独的手术间, 拟分别设置医护通道、患者通道、污物通道, DSA 机房拟分别设置用于医护人员、病人进出的防护门, 拟设置单独的污物通道, 每台手术完成后, 手术过程中产生废物及时打包整理后, 经污物通道转运至医院东南侧医疗废物暂存间。项目布局利于病患就医, 人流、物流通道相对独立, 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。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

为了便于加强管理, 切实做好辐射安全防范工作, 按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求, 在辐射工作场所内划出控制区和监督区, 在项目运营期间采取分区管理措施。

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

根据上述分区原则, 将工作场所划分为控制区和监督区, DSA 机房以防护门、观察窗和屏蔽墙体为界, 设置为控制区; 防护门、观察窗和防屏蔽墙体外邻近区域以及楼上楼下对应区域划分为监督区。具体划分见表 10-1 及图 10-1。

表10-1 本项目控制区、监督区划分

工作场所	控制区范围	监督区范围
DSA机房	DSA机房内	控制室、缓冲区、污物通道、设备间、空坝、更衣间、院内道路，机房楼上阳台、过道及一般档案室；楼下夹层。

控制区管理：在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联动装置）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，定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界，保障该区的辐射安全。

监督区管理：在 DSA 机房外墙上醒目位置张贴辐射防护注意事项告知栏，采用适当的手段划出监督区的边界，在监督区的适当地点设立表明监督区的标牌，并定期检查工作状况，进行工作场所的辐射监测，根据监测结果确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，以及是否需要更改监督区的边界。



图 10-1 项目布局与分区图

本项目工作场所按照相关要求进行了分区，控制区、监督区互不交叉，分区合理。

10.1.3 机房面积及尺寸

本项目DSA机房的面积尺寸和标准要求见表10-2所示。

表10-2 机房建设要求对比表

机房名称	设计情况		标准要求		是否满足要求
	机房内最小单边长度, m	机房内有效使用面积, m ²	机房内最小单边长度, m	机房内最小有效使用面积, m ²	
DSA 机房	5.8	48.14 (8.3m×5.8m)	≥3.5	≥20	满足

根据上表可知, 本项目 DSA 机房最小单边长度及最小有效使用面积均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 等相关要求。

10.2 辐射工作场所屏蔽防护设计

10.2.1 计算公式

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中附录C中C.1.2所列方法和公式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:

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (10-1)$$

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, 使用下式计算出各屏蔽物质的铅当量厚度X:

$$X = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln \left[\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right] \quad (10-2)$$

式中: X——不同屏蔽物质的铅当量厚度; 其余同上。

③根据《辐射防护导论》(方杰、李士骏) P88, 实心砖和混凝土的相当厚度可用密度进行换算, 公式如下:

$$d_1 / d_2 = \rho_2 / \rho_1 \quad (10-3)$$

式中: d_1 、 d_2 ——屏蔽材料1和屏蔽材料2的厚度;

ρ_1 、 ρ_2 —屏蔽材料1和屏蔽材料2的密度。

10.2.2 参数取值

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，对于顶板和地板查《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.2 混凝土拟合参数进行核算。

10.2.3 计算结果

依据建设单位提供的资料，DSA 机房拟采取的屏蔽防护设计及达标性分析详见表 10-3。

表 10-3 本项目 DSA 机房屏蔽防护措施及达标性分析

机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计	折合铅当量 (mmPb)	标准要求 (mmPb)	达标 分析
DSA 机房	四面墙体	200mm 实心砖+25mm 硫酸钡水泥	3.91	2	达标
	顶板	130mm 现浇混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.14	2	达标
	地板	180mm 现浇混凝土+25mm 硫酸钡水泥	4.51	2	达标
	防护门	内嵌 4mmPb 铅板	4.0	2	达标
	控制室观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0	2	达标

注：①混凝土、实心砖折算铅当量依据 GBZ 130-2020 标准附录 C；②硫酸钡水泥折算铅当量依据辐射防护手册（第三分册）辐射安全中表 3.3 插值法取得。

根据上表可知，本项目 DSA 机房拟采取的屏蔽防护设计符合 GBZ130-2020 标准的相关规定要求。

10.3 辐射安全与防护

10.3.1 固有安全防护措施

本项目拟购 DSA 装置自身采取多种固有安全防护措施：

①拟购 DSA 装置配置可调限束装置，使装置发射的线束照射面积尽量减小，以减少泄漏辐射。透视曝光开关为常断式开关，并配备透视限时装置。DSA 具备工作人员

在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。

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

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

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

⑤应急开关：DSA 装置上及控制台上设置急停开关，按下急停按钮，DSA 装置立即停止出束。

⑥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。

10.3.2 机房拟采取的辐射安全与防护措施

①机房出入口内的所有区域为控制区，机房毗邻区域为监督区。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，减少辐射工作人员和周围公众的受照射时间。

②DSA 机房拟设置 3 扇防护门和 1 扇观察窗。DSA 机房各防护门、观察窗与墙体之间采取足够的搭接宽度。DSA 机房各防护门拟设置门灯联动装置和防夹装置或门灯联动装置和自动闭门装置，并拟设置曝光时关闭机房门的管理措施。

③在 DSA 机房各防护门均拟设置门灯联动系统，各防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置警示语句“射线有害、灯亮勿入”，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。DSA 设备上及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。

只有在安全防护装置正常的情况下，设备才能启动。各防护门关闭，工作状态指示灯亮起，急停按钮复位，设备自检正常，安全系统正常即可出束。同理，设备运行过程中，如果按下任何一个急停按钮，设备会立即停止运行。辐射安全联动逻辑见图 10-2。

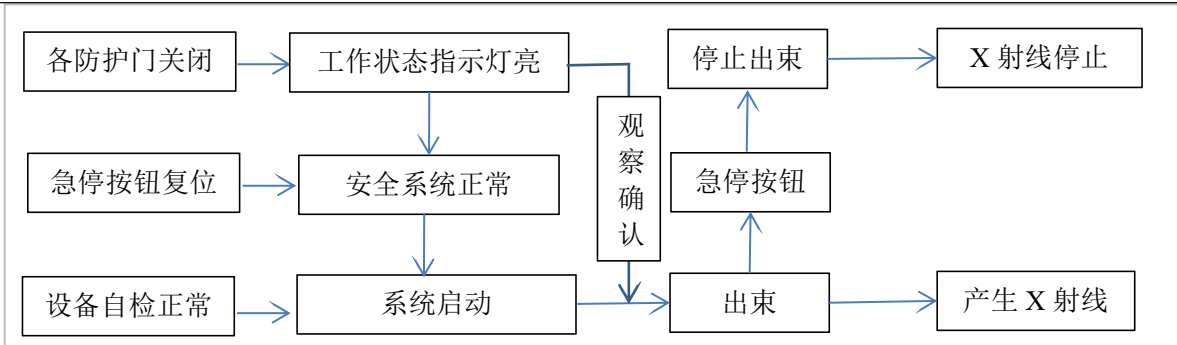


图10-2 本项目DSA辐射安全联动逻辑图

④DSA机房各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并拟在DSA机房外墙上醒目位置张贴辐射防护注意事项告知栏。

⑤本项目拟在控制室和机房之间设置双向对讲系统，便于机房内辐射工作人员与控制室内人员沟通。

⑥本项目DSA机房内拟设置视频监控系统，其中摄像头拟位于机房内靠西北角墙上，显示器拟位于控制室墙上，以便控制室内辐射工作人员观察到缓冲区防护门及污物通道防护门开闭情况。

⑦本项目拟为DSA技师和DSA医师各配备1枚个人剂量计。拟为介入手术医生和护士配备双剂量计，介入手术医生和护士应在铅围裙外锁骨对应的领口位置和铅围裙内躯干上戴剂量计，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反，及时对剂量计送检，监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月，建立个人剂量档案。

10.3.3 辐射防护用品

根据医院提供的资料，医院拟配备辐射防护用品，具体见表10-4。

表 10-4 本项目拟配备的个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
本项目 DSA 机房	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	拟配置 0.5mmPb 的铅衣、防辐射裙、铅防辐射围领、铅橡胶帽 4 套、铅防护眼镜 4 副，0.025mmPb 介入防护手套 4 双。	拟配置 0.5mmPb 铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏 1 套，2mmPb 移动铅防护屏风(含观察窗) 1 个	符合

	患者和受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——	拟配置 0.5mmPb 防辐射裙、铅防辐射围领、铅橡胶帽 2 套（成人、儿童各 1 套）。	——	符合
说明（GBZ130-2020 要求）：除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb；儿童的 X 射线检查配备的防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb；另外，可以根据工作人员及患者需要选配铅橡胶帽子，铅当量不低于 0.25mmPb。 根据医院提供资料，本项目介入手术一般由 2~3 人在 DSA 机房内操作，故工作人员的防护用品数量可以满足要求，拟配备的防护用品及辅助防护设施的铅当量满足 GBZ 130-2020 要求。 10.3.4 通风 DSA 机房拟设置机械排风系统，拟设置 1 个排风口，排风口拟布置在吊顶上方，废气经废气管道引至 DSA 机房西侧墙体外排放，能保证机房内良好的通风。 10.3.5 管线进出口防护 穿墙风管：排风管穿墙口距离地面约 3.6m，高于吊顶高度（DSA 机房层高 5.0m，吊顶高度 2.8m），其穿墙高度离室外地面约 5.6m；以直穿墙体方式穿越，穿墙管径约为Φ200mm，穿越机房墙体 1 次；穿墙处拟在机房内侧包裹长度不低于 2 倍管径宽度的 2mmPb 铅皮，以进行屏蔽补偿，射线需经过多次散射才能穿出，能保证机房的屏蔽能力，对环境的影响很小。风管穿越墙体示意图见图 10-3。						

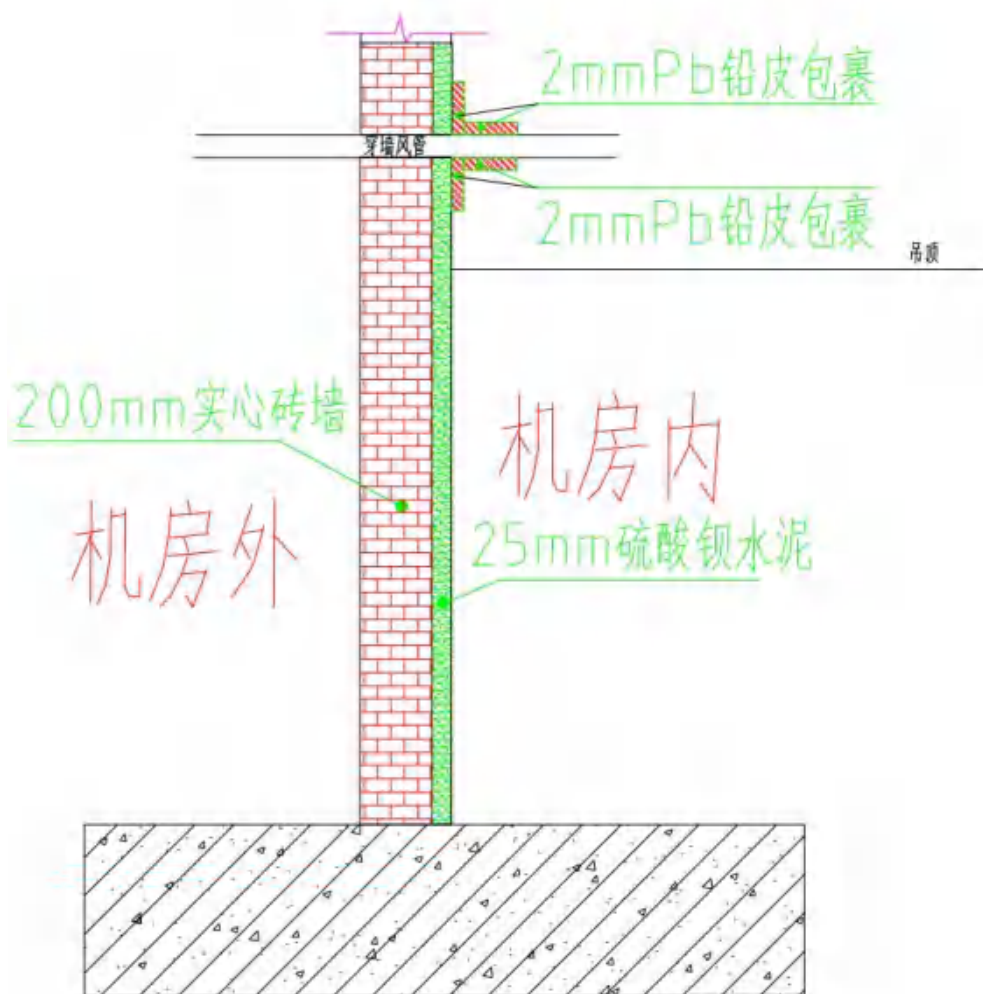


图10-3 风管穿越墙体示意图

穿墙电缆管线：DSA 机房与控制室之间设有穿墙线缆沟，线缆沟采用直穿方式从东侧墙体下方进入控制室内，穿越处尺寸为 $200 \times 200\text{mm}$ ，机房内电缆沟穿墙洞口位置采取包裹铅皮进行屏蔽补偿，铅皮水平和垂直包裹长度均不低于 2 倍电缆沟沟径宽度，以形成完整的防护层，以免射线泄漏；DSA 机房与设备间之间设有穿墙线缆沟，线缆沟采用直穿方式从南侧墙体下方进入设备间内，穿越处尺寸为 $300 \times 200\text{mm}$ ，机房内电缆沟穿墙洞口位置采取包裹铅皮进行屏蔽补偿，铅皮水平和垂直包裹长度均不低于 2 倍电缆沟沟径宽度，以形成完整的防护层，以免射线泄漏。在采取上述穿墙部位屏蔽补偿措施后，穿墙部分不会影响墙体整体的防护性能。线缆沟防护大样图见图 10-4、线缆沟走向图见附图 10-5。

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
GBZ130-2020	5.1一般要求	5.1.1 X射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。	本项目 DSA 拟设可调限束装置。
		5.1.2 X射线管组件上应有清晰的焦点位置。	本项目 DSA 的 X 射线管组件上拟设置清晰的焦点位置标示。
		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。	本项目 DSA 的 X 射线管组件上拟标明固有滤过材质和厚度（拟采购设备为 3mmAl）。
	5.2透视用X射线设备防护性能的专用要求	5.2.2透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。	设备自带，透视曝光开关为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。
	5.8 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专用要求	5.8.1介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。	拟购防护性能满足要求的设备。
		5.8.2在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键。	设备自带，设备具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的脚踩控制键。
		5.8.3 X射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于20cm的装置。	拟购设备焦皮距大于20cm，满足要求。
		5.8.4 介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。	设备自带，设备控制台和机房内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。
	6.1X射线设备机房布局	6.1.1 应合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	拟合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，以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。	本项目DSA机房四周墙体、楼上、楼下均拟采用足够厚的屏蔽材料进行防护，已考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。
		6.1.3 每台固定使用的X射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。	本项目DSA设置有独立的机房，能满足使用设备的布局要求。
		6.1.5除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断X射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的X射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表2的规定。	本项目DSA机房有效使用面积约为48.14m ² ，最小单边长约为5.8m，均能满足标准要求。
	6.2 X射线设	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）	根据前文计算，本项目DSA机房的屏蔽防护能力均

	备机房屏蔽	机房的屏蔽防护应不低于表3的规定。	大于2mmPb，满足要求。
	6.3 X射线设备机房屏蔽体外剂量水平	6.3.1机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求： a) 具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h；测量时，X射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间； c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于0.25mSv。	根据后文核算，本项目DSA装置在透视工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于2.5μSv/h。 根据后文核算，本项目DSA装置在采集工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于25μSv/h。
	6.4 X射线设备工作场所防护	6.4.1机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	本项目DSA机房拟设置观察窗，能观察到受检者状态情况；拟设置对讲装置便于患者与控制室医生沟通；拟设置视频监控系统，其中摄像头拟位于机房内靠西北角墙上，显示器拟位于控制室墙上，以便控制室内辐射工作人员观察到缓冲区防护门及废物通道防护门开闭情况。
		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。	本项目DSA机房拟设置机械排风系统，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。	本项目DSA机房拟设置3扇防护门均拟张贴电离辐射警告标志，设置工作状态指示灯，即在开机时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮。拟在DSA机房外候诊区墙上醒目位置张贴辐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。	各防护门拟分别设置门灯联动装置和防夹装置或门灯联动装置和自动闭门装置，并拟设置曝光时关闭机房门的管理措施。
		6.4.6电动推拉门宜设置防夹装置。	各防护门拟分别设置门灯联动装置和防夹装置或门灯联动装置和自动闭门装置。
		6.4.7受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	医院制定相应管理制度进行管理，拟设置铅观察窗，可观察到机房内人员情况，确保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。
		6.4.10机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	机房出入门均处于散射辐射相对低的位置。

	6.5 X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求	6.5.1每台X射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表4基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。	拟配置相应的辐射防护用品，数量和铅当量均满足要求。
		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。	
	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培训，满足放射工作人员岗位要求。	投运前，项目辐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培训，满足放射工作人员岗位要求。
		7.1.2 根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。	本项目工作人员在手术过程中将根据患者及手术类型，使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品
		7.1.3 合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。	本项目工作人员在手术过程中合理选择参数使受检者所受到的照射剂量最低。
		7.1.4 如设备具有儿童检查模式可选项时，对儿童实施检查时应使用该模式；如无儿童检查模式，应适当调整照射参数（如管电压、管电流、照射时间等），并严格限制照射野。	有儿童检查时，将调整适当的参数并严格限制照射野。
		7.1.5 X射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。机房内射线装置曝光时，将关闭机房门窗。	机房内射线装置曝光时，将关闭机房门。
		7.1.6 放射工作人员应按 GBZ 128 的要求接受个人剂量监测。	放射工作人员在工作过程中佩戴个人剂量计，且监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月。
		7.1.7 在进行病例示教时，不应随意增加曝光时间和曝光次数。进行病例示教时，不会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 不会使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果	不会使用加大摄影曝光条件的方法，为自动条件，数字显影，不适用胶片。
		7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。	工作人员在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并通过观察窗等密切观察受检者状态。

	7.8介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备操作的防护安全要求	7.8.2介入放射学用X射线设备应具有可准确记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。	设备具有可准确记录受检者剂量的装置，医院拟将每次介入手术后受检者受照剂量记录在病历中，需要时可追溯。
		7.8.3除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。	拟加强管理，图像采集时工作人员尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。
		7.8.4穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合GBZ128的规定。	医院拟为DSA技师和DSA医师各配备1枚个人剂量计，拟为介入医生和护士在铅防护衣内外各配置1枚个人剂量计，满足要求。
		7.8.5C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，工作人员可位于平板探测器一侧，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。
GBZ128-2019	5.3剂量计的佩戴	5.3.2对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。	医院拟为DSA技师和DSA医师各配备1枚个人剂量计，拟为介入医生和护士在铅防护衣内外各配置1枚个人剂量计，一枚佩戴在铅防护衣内，一枚佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置。
		5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计(如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等)。	

表 11 环境影响分析

11.1 施工期环境影响

11.1.1 屏蔽施工及装饰施工阶段

施工期的主要污染因素有粉尘、噪声，以施工机械、装修和设备安装为主，但因施工期短，施工范围小，通过控制作业时间、加强施工现场的管理等手段，对周围大气环境、声环境产生较小的影响，该影响是暂时的，随着建设期的结束而消除。

具体针对施工期的污染防治措施如下：

（1）噪声及防治措施

噪声主要来自于机房防护装修过程。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间，禁止在夜间（22：00-6：00）作业，减少施工噪声影响。

（2）废水及防治措施

建设阶段产生的废水主要为施工人员的生活污水。生活污水依托医院污水处理站处理后纳入市政污水管网。

（3）固体废物及防治措施

固体废物主要为少量的建筑垃圾、包装垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。其中少量的建筑垃圾应由施工方统一清运至住建部门指定堆放点。临时堆放场应设置围挡，通过加盖防尘网、洒水降尘等措施减少对周围环境的影响。建筑垃圾应及时清运，清运过程中应进行加盖防护，并适时清理运输路线，避免泥土撒落造成环境影响。

施工期产生的生活垃圾以及装修垃圾均统一收集后交由市政环卫部门处理。

（4）建筑扬尘及防治措施

项目所在地属于医院用地范围内中偏北部预留空地处，且本项目位于新建 6 号楼 1 层西北侧，施工扬尘主要为墙面防护装饰时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘，采取洒水等措施，可以减少扬尘的扩散。

本项目工程量小，施工范围在医院于新建 6 号楼 1 层内，项目施工期产生的扬尘、噪声、废水对周围环境影响较小，固体废物能妥善处理，并且本项目施工期短，施工期产生的影响随着施工的结束而消失，环境影响很小。在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，切实落实相应环保措施后，项目施工对环境产生的影响可接受。

11.1.2 设备安装阶段

本项目在建设或安装过程不产生 X 射线，不会对周围辐射环境产生影响。射线装置安装调试会产生 X 射线，但时间很短，辐射影响很小。本项目 DSA 装置的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装过程中，院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 营运期辐射环境影响分析

11.2.1 屏蔽体外剂量率核算

根据式10-1计算得到屏蔽透射因子B后，关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$ 可根据《辐射防护导论》（原子能出版社）第三章第三节（P116-P117）散射线的屏蔽计算公式（3.66）进行推导得出，按最不利情况考虑居留因子取1，管电压修正系数取1，推导出本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times \alpha}{R_0^2} \quad (11-1)$$

式中： I ——X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，Sv/Gy 转换系数取值为 1。

B ——屏蔽透射因子，根据公式 10-1 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 （ $20\text{cm}\times 20\text{cm}$ ）；

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.1，125kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的散射系数为 7.38×10^{-6} ；90kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的散射系数为 6.82×10^{-6} 。

R_s ——辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为米（m），根据设备参数，本项目取 0.38m；

R_0 ——散射体至关注点的距离，单位为米（m），根据设备布设位置确定。

11.2.2 核算参数

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

相关参数详见表11-1。

表11-1 核算参数表

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装置	90	20 (透视) 500 (采集)	3.18×10 ⁵	400	6.82×10 ⁻⁶	0.38	根据设备布置位置确定
90kV拟合参数			铅	α: 3.067	β: 18.83	γ: 0.7726	

X射线管头位置根据厂家设备布置图进行机房外关注点距离取值，各计算点距离见图11-1和图11-2所示。



图11-1 各计算点距离示意图

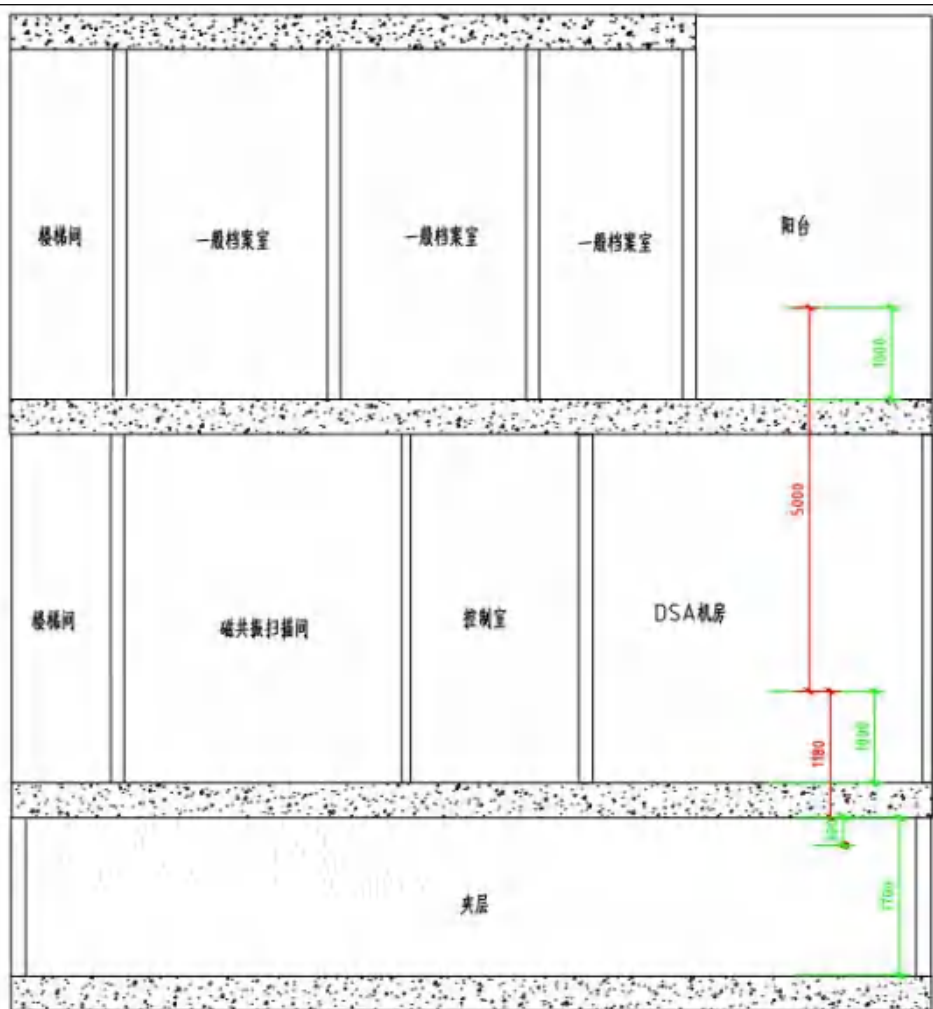


图 11-2 本项目剖面计算点位图

11.2.3 机房外周围剂量当量率核算结果

根据核算公式和表11-1相关参数，透视、采集状态下DSA机房外周围剂量当量率核算结果见表11-2所示。

表11-2 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)		建设厚度是否满足要求
					透视	采集	
北侧 (院内道路、建材堆放区)	屏蔽体	散射	3.325	200mm实心砖+25mm硫酸钡水泥	5.29E-03	1.32E-01	是
南侧 (设备间、污物通道、缓冲区)	屏蔽体	散射	3.724	200mm 实心砖+25mm 硫酸钡水泥	4.21E-03	1.05E-01	是
	污物通道铅门	散射		4mmPb	3.20E-03	8.00E-02	是
	缓冲区铅门	散射		4mmPb	3.20E-03	8.00E-02	是

西侧 (空坝)	屏蔽体	散射	3.825	200mm实心砖 +25mm硫酸钡 水泥	4.00E-03	9.99E-02	是
东侧 (控制室)	屏蔽体	散射	5.525	200mm 实心砖 +25mm 硫酸钡 水泥	1.91E-03	4.79E-02	是
	控制室 铅门	散射		4mmPb	1.45E-03	3.63E-02	是
	控制室 观察窗	散射		4mmPb	1.45E-03	3.63E-02	是
顶板(阳 台、过道及 一般档案)	顶板	散射	5.00	130mm混凝土 +30mm硫酸钡 水泥	1.15E-03	2.89E-02	是
地板 (夹层)	地板	散射	1.48	180mm混凝土 +25mm硫酸钡 水泥	4.24E-03	1.06E-01	是
备注：①新建6号楼1F层高为5.0m，2F核算到距离地面1.0m处；四周屏蔽体计算参考点位于四周屏蔽体、门窗外0.3m处；②球管离地高度按1.0m考虑；③楼下为夹层，层高约为1.7m，保守估计核算到距1F顶板0.3m处。							

根据计算可知，在透视和采集条件下DSA机房屏蔽体外30cm的周围剂量当量率均小于2.5μSv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

11.3 剂量估算

11.3.1 剂量估算公式

X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er}=H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-2)$$

式中： H_{Er} ：X或γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H^*_{(10)}$ ：X或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X或γ射线照射时间，h。

11.3.2 辐射工作人员剂量估算

根据医院提供的资料，本项目DSA年透视时间共约171.67h，采集时间约11.33h，总年有效开机时间约183.00h。

(1) 辐射工作人员剂量估算

①控制室辐射工作人员有效剂量估算

透视情况及采集情况下控制室辐射工作人员有效剂量估算见表11-3。

表11-3 本项目DSA机房控制室辐射工作人员有效剂量估算一览表

机房名称	控制室最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		年出束时间 (h)		年有效剂量 (mSv/a)		总年有效剂量 (mSv/a)
	透视	采集	透视	采集	透视	采集	
DSA机房	1.91E-03	4.79E-02	171.67	11.33	3.29E-04	5.42E-04	8.71E-04

根据上表可知,本项目DSA机房控制室的工作由1名技师完成,考虑最不利情况下,本项目拟配备技师同时操作医院其他X射线设备;根据表1-6可知,医院现有放射工作人员2023年度有效剂量在0.35~0.58mSv/a之间,叠加2023年度放射工作人员个人剂量监测结果和本项目年有效剂量的预测结果不超过0.58mSv,满足本项目辐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。

②手术医护人员

本项目DSA装置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0.5mmPb),以公式10-1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,同时,参照《医用X射线诊断设备质量控制检测规范》(WS 76-2020)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,考虑医护人员全部在机房铅屏风后操作,医护人员均穿戴个人防护设施(考虑铅当量 0.5mmPb),并在移动铅屏风(考虑铅当量 2mmPb)后操作,以公式 10-1 计算其透射因子,考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素最近为 1m,核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。计算结果见表 11-4 所示。

表11-4 机房医护人员最大手术负荷时间表

运行管电压	透射因子		手术人员铅衣内周围剂量当量率 (μSv/h)	手术类型	年出束时间（h）	年有效剂量估算 (mSv/a)
90kV	透视	2.52×10 ⁻²	10.06	心脏介入	66.67	0.67
			10.06	神经介入	70	0.70
			10.06	综合介入	35	0.35
	采集	3.68×10 ⁻⁵	110.68	心脏介入	2.33	0.26
			110.68	神经介入	5.67	0.63
			110.68	综合介入	3.33	0.37
运行管电压	透射因子		手术人员铅衣外周围剂量当量率 (μSv/h)	手术类型	年出束时间（h）	年有效剂量估算 (mSv/a)
90kV	透视	/	400	心脏介入	66.67	26.67

			400	神经介入	70	28.00
			400	综合介入	35	14.00
	采集	1.72×10 ⁻⁴	516.44	心脏介入	2.33	1.20
			516.44	神经介入	5.67	2.93
			516.44	综合介入	3.33	1.72
备注：采集时医生均有可能在机房内，故按照最不利情况进行核算，核算考虑采集时间。						

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中6.2.4佩戴铅围裙内外两个剂量计时，宜采用式（11-5）估算有效剂量：

$$E=\alpha H_u+\beta H_o \quad (11-3)$$

其中：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。

根据医院提供资料，结合实际情况考虑，医院拟配备介入手术医生共6人，仅在DSA机房工作；医院介入手术目前拟配备手术医生6人共3组（其中心脏介入手术医生1组，神经介入手术医生1组，综合介入手术医生1组）。

则：E（心脏介入）=0.79×（0.26+0.67）+0.051×（1.20+26.67）=2.16mSv

E（神经介入）=0.79×（0.63+0.70）+0.051×（2.93+28.00）=2.63mSv

E（综合介入）=0.79×（0.37+0.35）+0.051×（1.72+14.00）=1.37mSv

根据计算可知，本项目心脏介入手术医护人员受到的年有效剂量约2.16mSv/a，神经介入手术医护人员受到的年有效剂量约2.63mSv/a，综合介入手术医护人员受到的年有效剂量约1.37mSv/a，均小于年有效剂量管理目标限值5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

上述估算中透视是按照透视防护区测试平面上的周围剂量当量率不大于400μSv/h、0.5mmPb铅防护用品计算的，采集是按照移动铅屏风2mmPb、距离1m，以及0.5mmPb铅防护用品计算的。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设置位

置、铅防护用品质量、手术医生的手术熟练度、习惯、移动铅屏风的厚度及位置等相关。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以及每周期的个人剂量监测结果，对手术医生手术数量进行控制，若出现个人剂量超过管理目标值的情况应及时降低其手术数量，以确保辐射安全。

另外，医院还应采取以下措施确保辐射安全工作：

A、要求从事介入手术人员在实际工作中，应正确佩戴个人剂量计，介入手术医生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，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。当职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，并作进一步调查。本标准建议的年调查水平为有效剂量5mSv，单周期的调查水平为5mSv/（年监测周期数）。

（2）公众成员

机房外公众成员受到的年有效剂量见表11-5。

表11-5 机房外公众成员年有效剂量预测结果

序号	名称	方位	最小距离	预测结果 $\mu\text{Sv/h}$		出束时间 h		居留因子 ^①	年有效剂量 mSv/a
				透视	采集	透视	采集		
1	院内道路	北侧	紧邻	5.29E-03	1.32E-01	171.67	11.33	1/5	4.81E-04
2	建材堆放区		约 6m	7.18E-04	1.79E-02	171.67	11.33	1/5	6.53E-05
3	院内道路、建材堆放区、紫竹村村委、空坝	东北侧	紧邻	5.29E-03	1.32E-01	171.67	11.33	1	2.41E-03
4	实验室	东侧	约 32m	4.22E-05	1.05E-03	171.67	11.33	1	1.92E-05
5	发热肠道门诊区、变压器室、配电房、医疗废物暂存间、宿舍楼（7F）	东南侧	约 22m	9.04E-05	2.26E-03	171.67	11.33	1	2.56E-05
6	浴室	南侧	约 3m	1.42E-03	3.54E-02	171.67	11.33	1/20	3.22E-05
7	消毒供应区		约 8m	4.48E-04	1.12E-02	171.67	11.33	1	2.04E-04
8	居民用房		约 37m	3.58E-05	8.94E-04	171.67	11.33	1	1.63E-05
9	居民用房	西南侧	约 48m	2.21E-05	5.53E-04	171.67	11.33	1	1.01E-05

10	停车场	西北侧	约46m	2.43E-05	6.08E-04	171.67	11.33	1/5	2.21E-06
11	院内道路、过道、空坝等	四周	紧邻	5.29E-03	1.32E-01	171.67	11.33	1	2.41E-03
12	6号楼2F~天台	楼上	/	1.15E-03	2.89E-02	171.67	11.33	1	5.25E-04
13	6号楼-1F	楼下	/	4.24E-03	1.06E-01	171.67	11.33	1/40	4.82E-05

注：①同一处的环境保护目标的年有效剂量估算均以最近的距离进行计算，故更远的环境保护目标年有效剂量将更小；②居留因子参照 NCRP147 号报告 P31 表 4.1 取值；③表格中所述最小距离为关注点到 DSA 机房墙体外的距离；④按水平距离进行保守计算，未考虑高差。

根据上表核算，机房外公众成员受到的年有效剂量最大为 $2.41 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，均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。根据X射线衰减主要包括距离的衰减（与传播距离平方成反比）和物质吸收的衰减，若同时考虑距离及物质吸收衰减因素，距离机房越远，辐射剂量率越低，则距离机房更远处的公众人员受照剂量不会大于上述保守预测值。因此，50m评价范围内的其他公众人员受照剂量已能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和本项目提出的公众剂量管理目标值不超过 0.1mSv/a 的要求。

（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、辐射工作人员正确、有效使用防护用品的前提下，从事介入手术的辐射工作人员所受到的年有效剂量低于辐射工作人员剂量管理目标值 5mSv/a ，公众成员受到年有效剂量也低于公众管理目标值 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DSA机房外50m评价范围内大部分为医院内部区域，主要包括DSA机房四周相邻房间，院内道路、实验室，发热肠道门诊区、变压器室、配电房、医疗废物暂存间、宿舍楼（7F）、消毒供应区、停车场、空坝；院外建材堆放区、紫竹村村委会、居民用房等，公众主要是医院内部和医院外部的非辐射工作人员、患者及家属和医院外公众人员等。通过对本项目机房的辐射防护设计分析，机房相邻区域公众人员受照剂量已能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，根据剂量率与距离平方成反比的关系，距离机房越远，辐射剂量率越低，因此在项目机房周围50米范围内，距离机房越远，辐射剂量率越低，人员可能受到的照射剂量更小。

11.5 “三废”环境影响分析

11.5.1 废气

X射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对诊断室的影响，关键在于加强室内通风。DSA机房内少量废气经废气经废气管道引至DSA机房西侧墙体外排放。该区域人员活动较少，少量废气经空气扩散，将很快恢复到原来的空气浓度水平，不会对公众造成危害，不会对环境带来不利影响。

11.5.2 废水

手术时产生的少量医疗废水和生活污水依托医院污水处理站处理，达标后排入市政管网。

本项目东北侧污水处理站（处理能力60m³/d，目前剩余处理能力约为15m³/d），接纳整个包括本项目在内的医院废水，项目产生少量医疗废水和生活污水依托该污水处理站处理是可行的。

项目产生的少量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

本项目工作人员产生的生活垃圾收集后交环卫部门处理。

医务人员、病人诊疗过程产生少量的医疗废物（HW01），及时打包整理后，经污物通道转运至医院东南侧医疗废物暂存间（20m²），定期委托有资质单位外运处置。

本项目配备的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等含铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，废弃铅防护用品由医院交有资质的单位处置，并做好相应记录。

DSA装置报废后高压球管去功能化后交物资回收单位处置，报废的阴极射线管作为危险废物（废物代码：900-044-49），交有资质的单位处置。

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。

11.6 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

项目DSA应用于介入手术，对疾病诊断和手术辅助方面有其他技术无法替代的特点，可实现对血管病灶的精准定位，对保障健康、拯救生命可起到十分重要的作用。项目将为患者提供更多医疗服务和便捷的就医条件，具有明显的社会效益；随着医院医疗技术以及服务水平的提高，将吸引更多的就诊人员，医院在为患者健康服务的同时也将创造更大的经济效益。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，项目射线装置的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

11.7 产业政策符合性

项目拟采取的辐射安全与防护措施满足相关标准的要求，射线装置运行时对周围环境和人员的影响满足相关国家法律、法规和标准的要求，射线装置使用过程中不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》第一类鼓励类中十三、医药4、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。因此，本项目属于产业结构鼓励类，符合相关产业政策。

11.8 事故影响分析

11.8.1 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射线装置设置专用机房，机房四周屏蔽体、顶板、地板、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辐射工作人员受到超剂量照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

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

②DSA机房内人员误照射：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，造成机房内人员的误照射。

11.8.2 后果分析

①机房外人员误照射

在极端情况下，项目DSA装置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装置采集工况运行管电压也为最大管电压，即125kV，电流自动跟随电压，电流不大于500mA。DSA装置在最大运行参数条件下运行，单台手术时间内机房外最大剂量估算情况见表11-6。

表11-6 机房外误照射人员所受辐射剂量估算表

位置	事故情景	机房外周围剂量当量率	单台手术最大曝光时间（min）	有效剂量（mSv）	总有效剂量（mSv）	吸收剂量（mGy）
DSA 北侧墙体外	最大运行参数条件下运行，人员位于机房外	2.44μSv/h（透视）	21	8.53E-04	1.22E-03	1.22E-03
		11.1μSv/h（采集）	2	3.69E-04		
备注：仅考虑散射射线，Sv/Gv=1。						

根据估算可知，在理论可预知风险条件下，本项目DSA机房外人员误照射受到的单台手术有效剂量最大约 1.22×10^{-3} mSv。

②机房内人员误照射

因各种原因导致X射线装置在运行过程中人员滞留机房内发生误照射辐射事故，按照DSA正常运行参数（透视工况为90kV/20mA，采集工况为90kV/500mA），考虑人员受到照射的位置距离X射线装置靶点约1m考虑，其剂量估算情况见表11-7。

表11-7 机房内误照射人员所受辐射剂量估算表

工作模式	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率 (μ Sv/h)	有效剂量 (mSv)	吸收剂量 (mGy)
采集模式：1m 处发射率 5.3mGy·m ² /mA min	10s (单次最长采集)	3.00×10^6	8.34	8.34
	2min	3.00×10^6	100.13	100.13
透视模式：1m 处发射率 5.3mGy·m ² /mA min	2min (发现后使用急停按钮)	1.20×10^5	4.01	4.01
	21min	1.20×10^5	42.05	42.05
备注：仅考虑散射射线，Sv/Gy=1。				

据以上后果分析可知，当单次透视和采集完成后，发现DSA机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故，则该滞留机房人员总吸收剂量为12.35mGy；当1台手术完成后，才发现DSA机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故，则该滞留机房人员总吸收剂量为142.18mGy；这两种情况下可能发生超年有效剂量限值照射的事故，造成一般辐射事故。

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

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

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

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈值的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

不同照射剂量的X、 γ 射线对人体损伤估计见表11-8。

表11-8 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，血液学变化，但不伴有临床症状
1~2	骨髓型	轻度	乏力，不适，食欲减退

2~4 4~6 6~10	急性放射病	中度 重度 极重度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降 多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降 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		意识障碍、定向力丧失、共济失调、肌张力增强等
备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33。			

根据上述后果分析可知，两种事故情景导致人员在机房内或机房外单次误照射所受到辐射剂量可能会发生不明显和不易察觉的病变等情况。事故后果不会造成严重的辐射损伤，但可能会增加随机性效应的概率。项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

11.8.3 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。根据DSA装置运行原理，DSA装置在开机出束状态下才会产生辐射影响，未出束则不会产生辐射影响。因此，发生误照射事故时应第一时间切断装置电源（就近按下急停按钮），确保装置停止出束，再对人员进行救治。

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设备操作前，先进行安全检查，检查门灯联动、各防护措施是否正常。

②撤离机房时应清点人数，确认没有无关人员停留在机房后才开始操作。此外，在设备及控制台设置有急停按钮，可立即停止此类事故的发生。在机房内设置紧急停机按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

③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。

④辐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，保证按照机房管理要求开展手术。

⑤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。

⑥培植辐射工作人员的安全文化素养，提高辐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，辐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。

医院按照规范要求做好辐射防护与安全措施定期检查，使设备及各项辐射防护安全

措施始终保持在有效状态下工作。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。

11.9 环保投资

本项目环保投资估算共约20万，占总投资的5.71%，具体情况见表11-9。

表11-9 项目环保投资一览表

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框上墙、人员培训考核等	2
电离辐射警示标志	张贴正确、有中文说明	
辐射防护与安全措施	铅防护门、铅窗、硫酸钡水泥、工作状态指示灯、屏蔽室门灯联动等	6
防护监测设备	个人剂量计	1
DSA机房四面屏蔽体	实心砖+硫酸钡水泥	3
防护用品	铅防护用品、铅屏风等	3
环保手续	环评、验收、监测、办证等	5
合计	/	20
备注：屏蔽墙体（顶棚、地板）依托新建6号楼主体工程。		

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

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；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。

重庆涪陵康达医院有限公司已制定了放射防护相关管理制度，并于2024年1月对其进行了修订，成立了放射安全与防护管理小组，明确了各成员的职责。管理机构设置符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的，设置了专职技术人员刘金军负责辐射安全与环境保护管理工作。

12.1.2 辐射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年第9号），仅从事III类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。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。

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。新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

本项目拟配置辐射工作人员10人，其中6名介入医生、2名护士、1名影像医师和1名影像技师，拟采取招聘和医院现有辐射工作人员中调配等方式，人员配置计划满足开展介入诊疗工作需要。医院承诺在开展介入诊疗工作过程中，根据项目开展情况适时配置符合要求的辐射工作人员，并按照规定接受考核，做到考核合格后方才上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 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》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

目前，建设单位已制定了《关于印发医院放射安全与防护管理小组人员组成以及有关工作制度职责的通知》《放射性事故应急处理预案》《放射科工作场所放射防护管理制度》《放射防护监测制度》《放射防护台账管理制度》《放射工作人员学习培训计划》《放射个人剂量管理制度》《放射工作档案管理制度》《放射防护注意事项》《放射影像诊断质量保证方案》《DSA 机房岗位职责》《放射工作人员健康管理规定》《DSA 设备操作规程》《DSA 机房消毒隔离制度》《放射设备自行检查及年度评估制度》等辐射防护管理制度。

上述各种制度考虑到了核技术利用项目的操作使用和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性。医院在此之前按照各项管理制度执行，到目前为止未发生过放射事故。

本项目运行后，医院还应根据实际使用情况和新发布更新的法律法规等，对现有制度进行不断的完善和修订。

12.2.2 个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。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七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

建设单位制定了《放射个人剂量管理制度》，拟为每名介入手术医师、护士配置2枚个人剂量计，每名DSA技师和DSA医师各配置1枚个人剂量计，并安排专人负责个人

剂量监测管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。此外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互转借，不允许将个人剂量计带出医院。

建设单位现有辐射工作人员均配置了个人剂量计，建立了个人剂量监测档案，个人剂量监测结果均低于管理目标值5mSv/a，未发生辐射工作人员的年剂量超标情况。

12.2.3 职业健康体检

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第二十九条规定：生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

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

建设单位制定了《放射工作人员健康管理规定》，规定医院医务科负责为辐射工作人员建立个人健康档案；辐射工作人员每2年到有资质的体检机构进行体检，脱离放射工作岗位时应进行离岗前职业健康检查；发现不宜继续从事放射工作的，根据体检机构的意见及时调离放射工作岗位并妥善安置；辐射工作人员脱离放射岗位时，进行离岗前的职业健康体检。

建设单位现有辐射工作人员已建立职业健康体检档案，均进行了上岗前或在岗期间放射性职业健康检查，且体检合格。

12.2.4 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全

和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

医院已制定并落实了年度评估制度，于每年1月31日前均向原发证机关提交上一年度的年度评估报告。年度评估报告主要内容应包括医院基本信息、核技术应用项目内容、辐射安全和防护设施和监测设备的运行与维护情况、辐射安全管理制度、辐射工作人员安全培训管理情况、辐射工作人员个人剂量监测情况、本年度核技术应用项目的办理情况、工作场所辐射环境监测、辐射事故及应急响应情况、存在的安全隐患及其整改情况、其他有关法律法规的落实情况等内容。后续应将本项目的设备纳入评估，每年按要求提交。

12.3 核安全文化建设

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

医院建立了核安全管理体系，明确了核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别医院内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化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，具体包括在院内开展核安全文化宣贯推进专项培训，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，并通过专项的管理让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并向患者、公众宣传，提高核安全意识，确保项目的辐射安全。同时在日常工作中不断识别医院内部核安全文化的不足并加以纠正，让核安全文化建设和发挥的作用更加有效。

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，医院从事的辐射活动能力评价如表12-1。

表12-1 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。	已成立放射安全与防护管理小组，并有1名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	拟配备的10名辐射工作人员计划参加辐射安全与防护考核，确保考核合格后上岗。
射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	设备及控制台拟设置急停按钮，同时本项目拟设置有门灯联动装置，防夹装置，工作状态指示灯，各防护门拟张贴电离辐射警示标识和警示语，并拟设置曝光时关闭机房门的管理措施，
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	已经建立了操作规程、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。
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	本项目拟为DSA技师和DSA医师各配备1枚个人剂量计，拟为每名介入手术医生和护士配备双个人剂量计，并配备一定数量的辐射防护用品（见表10-5）供辐射工作人员和病员使用。
有完善的辐射事故应急措施	已制定了《放射性事故应急处理预案》，成立了应急救护领导小组，领导小组下设办公室在医务科，负责处理日常工作，并规定了发生放射性事故时的应急处置程序，设置了应急联系方式，应急预案较为完善。

根据上表可知，本项目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（辐射工作人员考核合格上岗，设置门灯联动装置、防夹装置、辐射警示标志、曝光时关闭机房门的管理措施，制度上墙，DSA 技师和 DSA 医师各配备 1 枚个人剂量计，每名介入手术医生和护士配备双个人剂量计，配备一定数量的辐射防护用品，完善应急预案并定期演练等）后，方具备从事本项目辐射活动的的能力，并及时按照辐射环境管理要求办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事辐射工作，最终在本项目通过竣工环境保护验收后，方可投入运行。

12.5 辐射监测计划

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

根据调查，医院已制定有监测计划，包括工作场所监测及个人剂量监测等，医院每

年均委托有资质单位对现有射线装置等屏蔽体外辐射环境及辐射工作人员个人剂量进行监测，根据 2023 年度个人剂量监测报告和现有射线装置周围环境的监测结果，均未见异常，满足相关要求。

本项目建成后，定期对 DSA 机房周围人员和环境进行监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

(1) 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐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：常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率。

(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年度监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

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

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：机房四周墙体、门、窗外 30cm 处；楼上距顶板地面 100cm 处，楼下距楼下地面 170cm 处等关注点位，通风管道及其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置；重点关注穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

12.6 辐射事故应急

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

医院目前已制定了《放射性事故应急处理预案》，预案内容包括应急救护领导小组人员及其职责等内容。

应急救护领导小组人员组成：

组 长：李洁琼 业务副院长

副组长：夏 平 行政副院长

梅 浪 医务科主任

欧荣洪 放射科主任

成员：薛友德、张金秀、赵安会、张学玉、邓红。

领导小组下设办公室在医务科，负责处理日常工作。

医院制定的《放射性事故应急处理预案》明确了应急救护领导小组人员的职责，并规定了发生放射性事故时应急救援应遵循的原则、应急处理程序，以及事故后调查，设置了应急联系人及联系方式；应急预案较为完善，符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，且具有较高可行性的应急预案。建设单位后期应根据具体情况完善应急预案的内容，及时更新、完善应急管理部门名称及联系方式；并结合自身实际情况细化完善应急预案，并定期组织开展应急预案演练工作，防止辐射事故的发生。

12.7 竣工环保验收

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、同时投产使用的“三同时”制度。项目正式投产运行前，医院应进行自主竣工环保验收。

本项目环境保护验收一览表见表12-2。

表12-2 项目竣工环保验收内容及管理要求一览表

序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全。	/
2	剂量控制	辐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 及医院管理要求
3	人员要求	配备相应数量和职责的满足介入诊疗工作需求的辐射工作人员，按照要求组织辐射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期复训。	原环境保护部令第3号、第18号
4	剂量率控制	DSA机房四周墙体外30cm处、楼上距顶板地面100cm处、楼下距楼下地面170cm处、防护门外30cm处、观察窗外30cm处、其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置，在透视条件下检测时，距离机房屏蔽体外表面30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h。	GBZ130-2020
5	建设内容	1台DSA装置（最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA，单管头设备）；DSA机房及其配套的控制室、设备间、更衣间、污物通道、缓冲区、卫生淋浴间等辅助用房。	/
6	防护用品	DSA技师和DSA医师各配备1枚个人剂量计，每名介入手术医生和护士在铅防护服内外各佩戴1枚个人剂量计，根据工作场所配置适宜数量的个人剂量报警仪。 铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜4套（成人）、介入防护手套4双；防辐射裙、铅防辐射围领、铅橡胶帽2套（成人、儿童各1套）；铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏1套、移动铅屏风（含观察窗）1个。	
7	辐射安全	①机房防护门拟设置门灯联动装置，各防护门外上方拟设置醒目的工作状态	

	防护措施	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各防护门外拟设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区域，同时拟在患者进出机房防护门墙上醒目位置张贴辐射防护注意事项。 ③制度上墙（操作规程、人员岗位职责、应急程序等）。 ④机房设置排放系统，保持良好通风，机房内不得堆放无关杂物。 ⑤各防护门拟分别设置门灯联动装置和防夹装置或门灯联动装置和自动闭门装置，并拟设置曝光时关闭机房门的管理措施。 ⑥设备上自带急停开关；控制台设置急停开关；控制室与机房设对讲装置；配备防护用品与辅助防护设施。 ⑦机房四周墙体、顶板、地板、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力，穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。
8	管理	成立放射安全与防护管理小组和应急救护领导小组，设置健全的操作规程、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

重庆涪陵康达医院有限公司拟在其消毒供应区北侧新建6号楼1层新建1间DSA机房及其配套的控制室、设备间、更衣间、污物通道、缓冲区、卫生淋浴间等辅助用房。拟新增一台DSA装置（II类射线装置），型号：Optima IGS Venus 30（单管头），其最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA。

项目投资：总投资约350万元，其中环保投资约20万元。

13.2 实践正当性

本项目的建设对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.3 产业政策符合性

本项目主要使用DSA装置从事介入手术工作，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，符合相关产业政策。

13.4 辐射环境质量现状

为了解本项目拟建址及周边环境辐射环境质量现状，重庆朕尔医学研究院有限公司对本项目拟建址及周边环境进行了辐射水平现状监测，监测结果表明，本项目拟建址及周边环境 γ 辐射剂量率的监测值在87nGy/h~91nGy/h之间（未扣除宇宙射线响应值），根据《2022年重庆市辐射环境质量报告书》中辐射环境质量状况数据，重庆市累积剂量法测得的 γ 空气吸收剂量率全市点位年均值范围为78.0nGy/h~119nGy/h，全市点位年均值为94.5nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），因此本项目拟建址及周边环境的辐射水平在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内，未见辐射异常。

13.5 选址可行性及布局合理性

本项目拟建DSA机房选址于医院消毒供应区北侧新建6号楼1层，项目外围区域为污物通道、缓冲区、设备间等配套辅助用房及院内道路、空坝等，机房楼上为阳台、过道及一般档案室；楼下为夹层；项目所在区域相对独立，远离公众聚集区域，周围一般公众成员较少，同时医院考虑了保守的屏蔽防护方案，对周围环境影响甚微。

本项目DSA机房拟建于消毒供应区北侧新建6号楼1层，本项目DSA机房配备了

控制室、设备间、卫生淋浴间、更衣间、污物通道、缓冲区等，同时配套有手术室专用仪器和设备，配套设施齐全，DSA 机房周围公众成员较少。DSA 装置工作时基本位于 DSA 机房中心位置，与周围均有一定的距离，机房和设备的布局考虑到了周围场所的安全。

本项目 DSA 机房出入口拟位于其东南角，公众成员较少停留，有利于辐射防护。DSA 机房所在区域内仅医护人员和病人活动。DSA 机房为单独的手术间，拟分别设置医护通道、患者通道、污物通道，DSA 机房拟分别设置用于医护人员、病人进出的防护门，拟设置单独的污物通道，每台手术完成后，手术过程中产生废物及时打包整理后，经污物通道转运至医院东南侧医疗废物暂存间。项目布局利于病患就医，人流、物流通道相对独立，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。

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 DSA 机房内划为控制区；将控制室、缓冲区、污物通道、设备间、更衣间、院内道路，机房楼上阳台、过道及一般档案室；楼下夹层划为监督区，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

本项目机房内有效使用面积、最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）机房有效使用面积和最小单边长度的要求。本项目机房四周墙体、顶板、地板以及铅门、铅窗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）安全联动装置及其他措施

本项目 DSA 装置拟配置可调限束装置、光谱过滤技术等多种固有安全防护措施的射线装置，射线装置上及控制台上拟设置急停开关，机房拟设置门灯联动装置、防夹装置、工作信号指示灯、警示标识、曝光时关闭机房门的管理措施，拟设置对讲系统，机房外适当位置拟张贴放射防护注意事项。

机房拟设置机械排风系统并保持良好的通风，穿墙管线均拟采取屏蔽防护措施，不影响墙体的屏蔽防护效果。拟为辐射工作人员和患者配备个人防护用品和辅助防护设施，数量和铅当量满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关要求。

经分析，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等相关的辐射防护要求。

13.7 环境影响分析

（1）机房屏蔽能力：根据计算可知，在透视和采集条件下DSA机房屏蔽体外30cm的周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，机房屏蔽能力满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求。

（2）剂量估算：根据医院提供的计划手术量，通过核算，项目在合理配置介入手术医生情况下，本项目介入手术医生、护士和医师等相关职业人员所受职业照射年有效剂量低于辐射工作人员年有效剂量管理目标（ 5mSv/a ），项目所致公众成员的年有效剂量亦低于年有效剂量管理目标（ 0.1mSv/a ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

（3）环境保护目标影响：通过核算可知50m范围内各环境保护目标位置的年有效剂量均远低于年有效剂量管理目标值。因此，项目所致周围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。

（4）“三废”影响：本项目运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废弃物。DSA装置运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，机房拟设置机械排风系统，废气经废气管道引至DSA机房西侧墙体外排放。项目辐射工作人员等产生的少量生活污水和医疗废水依托医院污水处理站处理后纳入市政污水管道，医疗废物及时运送至医院东南侧医疗废物暂存间（ 20m^2 ），统一交有资质单位处理，生活垃圾交环卫部门处理，废弃铅防护用品由医院交有资质单位处理，并做好相应记录。DSA装置报废后高压球管去功能化后交物资回收单位处置，报废的阴极射线管作为危险废物，交有资质的单位处置。项目各污染物均能得到有效处理。

（5）事故风险：通过事故风险分析，本项目可能发生超年有效剂量限值照射的事故，造成一般辐射事故。事故状态可能导致人员在机房内或机房外单次误照射所受到辐射剂量可能会发生不明显和不易察觉的病变等情况。事故后果不会造成严重的辐射损伤，但可能会增加随机性效应的概率。通过落实撤离机房时应清点人数、在设备上及控

制台设置有紧急停机按钮、加强医院管理、辐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，辐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，本项目事故风险可防可控。

13.8 辐射与环境保护管理

医院已成立放射安全与防护管理小组，负责医院的辐射安全与环境保护管理工作，并明确了相应职责与分工，医院制定了辐射环境管理相关规章制度及放射性事故应急处理预案，满足从事辐射活动的能力。待本项目建成后，后续应针对本项目设备情况更新、完善相关辐射管理制度；项目营运中应加强核安全文化建设，进一步完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。在严格执行规定的辐射安全和环境管理制度前提下，项目的运行安全是有保障的，能满足辐射环境管理要求。

综上所述，重庆涪陵康达医院有限公司新增医用血管造影X射线机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。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

附图

- 附图 1 拟建项目地理位置图
- 附图 2-1 本项目保护目标分布图
- 附图 2-2 医院总平面布置图



附图1 拟建项目地理位置图



- 1号楼：综合大楼
- 2号楼：宿舍楼（6F）
- 3号楼：宿舍楼（7F）
- 4号楼：消毒供应区、发热肠道门诊区
- 5号楼：实验室
- 6号楼：DSA机房所在楼

附图2-1 本项目保护目标分布图

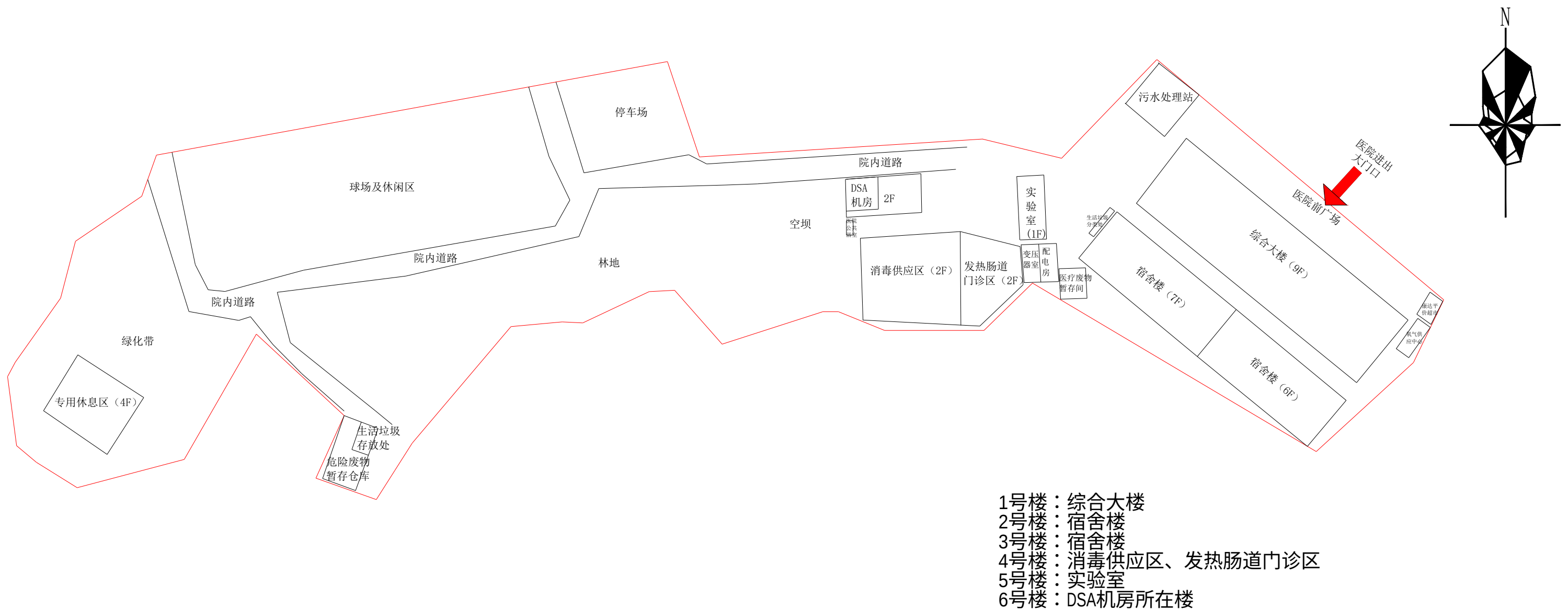
50m

图例

医院红线

50m评价范围

DSA机房位置



附图2-2 医院总平面布置图